

本資料のうち、枠囲みの内容は  
営業秘密又は防護上の観点から  
公開できません。

|                  |                 |
|------------------|-----------------|
| 東海第二発電所 工事計画審査資料 |                 |
| 資料番号             | 補足-340-8 改 24   |
| 提出年月日            | 平成 30 年 7 月 9 日 |

工事計画に係る補足説明資料

耐震性に関する説明書のうち

補足-340-8

【屋外重要土木構造物の耐震安全性評価について】

平成 30 年 7 月

日本原子力発電株式会社



## 改定履歴

| 改定   | 改定日<br>(提出年月日) | 改定内容   |
|------|----------------|--|
| 改 0  | H30. 2. 5      | 補足-348 改 0 として提出<br>・ 1. 1 章, 1. 4. 1 章, 1. 4. 4～1. 4. 7 章を提出  |
| 改 1  | H30. 2. 15     | 補足-348 改 1 として提出<br>・ 1. 5 章を新規作成し, 改 0 に追加  |
| 改 2  | H30. 2. 19     | 補足-348 改 2 として提出<br>・ 改 1 のうち, 1. 1 章, 1. 4. 4～1. 4. 7 章を修正  |
| 改 0  | H30. 3. 7      | 資料番号を修正 補足-340-8 改 0<br>・ 「1. 4. 屋外重要土木構造物の耐震評価における断面選定の考え方」のうち, 1. 4. 3 章, 1. 4. 8～1. 4. 10 章, 1. 4. 12 章を新規作成し, 追加                                     |
| 改 1  | H30. 3. 26     | ・ P. 3～5 に補足説明資料と添付書類との関連を記載<br>・ 1. 4. 1 章, 1. 4. 4 章～1. 4. 7 章を修正<br>・ 4 章を新規作成し, 追加   |
| 改 2  | H30. 4. 6      | ・ 1. 4. 2 章, 1. 4. 11 章, 1. 4. 17 章を新規作成し, 追加<br>・ 4 章を修正<br>・ 12 章を新規作成し, 追加  |
| 改 3  | H30. 4. 9      | ・ 1. 3 章, 2 章を新規作成し, 追加<br>・ 4. 4 章を修正   |
| 改 4  | H30. 4. 9      | ・ 1. 2 章, 8 章, 11 章を新規作成し, 追加  |
| 改 5  | H30. 4. 12     | ・ 10 章を新規作成し, 追加   |
| 改 6  | H30. 4. 13     | ・ 1. 4. 13 章, 1. 4. 14 章, 1. 4. 15 章, 1. 4. 16 章, 1. 4. 18 章を新規作成し, 追加<br>・ 1. 5 章, 1. 6 章を新規作成し, 追加<br>・ 5 章, 6 章, 7 章, 9 章, 14 章, 16 章, 17 章を新規作成し, 追加 |
| 改 7  | H30. 4. 23     | ・ 10 章, 11 章, 17 章を修正<br>・ 3 章, 13 章, 15 章, 18 章を新規作成し, 追加   |
| 改 8  | H30. 4. 27     | ・ 既提出分を一式取り纏めて, 再提出  |
| 改 9  | H30. 5. 2      | ・ 改 6 のうち, 1. 6 章及び 5 章を改定<br>・ 改 3 のうち, 4 章を改訂  |
| 改 10 | H30. 5. 14     | ・ 1. 7 章, 1. 8 章を新規作成し, 追加   |
| 改 11 | H30. 5. 23     | ・ 改 0 のうち, 1. 4. 10 章を改定<br>・ 改 7 のうち, 10 章を改定<br>・ 改 9 のうち, 1. 6 章を改定   |
| 改 12 | H30. 5. 28     | ・ 改 3 のうち, 1. 4. 2 章を改定<br>・ 改 3 のうち, 2 章を改定   |
| 改 13 | H30. 5. 31     | ・ 改 0 のうち, 1. 4. 3 章を改定  |
| 改 14 | H30. 6. 6      | ・ 1. 9 章を新規作成し, 追加<br>・ 1. 10 章を新規作成し, 追加<br>・ 改 7 のうち, 3 章を改定   |
| 改 15 | H30. 6. 7      | ・ 改 7 のうち, 17 章, 18 章を改定<br>・ 改 14 のうち, 3 章を改定   |
| 改 16 | H30. 6. 12     | ・ 改 14 のうち, 1. 10 章を改定   |
| 改 17 | H30. 6. 18     | ・ 改 13 のうち, 1. 4. 3 章を改定<br>・ 改 3 のうち, 1. 4. 11 章を改定   |



| 改定   | 改定日<br>(提出年月日) | 改定内容  |
|------|----------------|---|
| 改 18 | H30. 6. 20     | <ul style="list-style-type: none"> <li>・改 6 のうち、1. 4. 13 章及び 1. 4. 15 章を改定</li> <li>・改 7 のうち、13 章及び 14 章を改定</li> </ul>  |
| 改 19 | H30. 6. 25     | <ul style="list-style-type: none"> <li>・改 7 のうち、11 章を改定</li> <li>・改 15 のうち、3 章を改定</li> </ul>  |
| 改 20 | H30. 6. 28     | <ul style="list-style-type: none"> <li>・改 6 のうち、1. 5 章を改定</li> <li>・改 14 のうち、1. 9 章を改定</li> <li>・改 19 のうち、11 章を改定</li> </ul>  |
| 改 21 | H30. 7. 5      | <ul style="list-style-type: none"> <li>・改 9 のうち、4 章及び 5 章を改定</li> </ul>   |
| 改 22 | H30. 7. 5      | <ul style="list-style-type: none"> <li>・改 12 のうち、2 章を改定</li> <li>・改 20 のうち、1. 9 章を改定</li> </ul>   |
| 改 23 | H30. 7. 6      | <ul style="list-style-type: none"> <li>・改 6 のうち、7 章を改定</li> </ul>   |
| 改 24 | H30. 7. 9      | <ul style="list-style-type: none"> <li>・改 6 のうち、14 章及び 16 章を改定</li> <li>・改 11 のうち、10 章を改定</li> <li>・改 15 のうち、17 章及び 18 章を改定</li> <li>・改 18 のうち、13 章及び 15 章を改定</li> <li>・改 19 のうち、3 章を改定</li> <li>・改 20 のうち、11 章を改定</li> </ul> |



## 目 次

[ ]内は、当該箇所を提出（最新）したときの改訂を示す。

### 1. 共通事項

- 1.1 対象設備[改 7 H30. 4. 23]
- 1.2 屋外重要土木構造物の要求性能と要求性能に対する耐震評価内容[改 4 H30. 4. 9]
- 1.3 安全係数[改 3 H30. 4. 9]
- 1.4 屋外重要土木構造物の耐震評価における断面選定の考え方
  - 1.4.1 方針[改 3 H30. 4. 9]
  - 1.4.2 取水構造物の断面選定の考え方[改 12 H30. 5. 28]
  - 1.4.3 屋外二重管の断面選定の考え方[改 17 H30. 6. 18]
  - 1.4.4 常設代替高圧電源装置置場及び西側淡水貯水設備の断面選定の考え方[改 1 H30. 3. 26]
  - 1.4.5 常設代替高圧電源装置用カルバート（トンネル部）の断面選定の考え方[改 1 H30. 3. 26]
  - 1.4.6 常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）の断面選定の考え方[改 1 H30. 3. 26]
  - 1.4.7 常設代替高圧電源装置用カルバート（カルバート部）の断面選定の考え方[改 1 H30. 3. 26]
  - 1.4.8 代替淡水貯槽の断面選定の考え方[改 0 H30. 3. 8]
  - 1.4.9 常設低圧代替注水系ポンプ室の断面選定の考え方[改 0 H30. 3. 8]
  - 1.4.10 常設低圧代替注水系配管カルバートの断面選定の考え方[改 11 H30. 3. 8]
  - 1.4.11 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの断面選定の考え方[改 17 H30. 6. 18]
  - 1.4.12 緊急用海水ポンプピットの断面選定の考え方[改 0 H30. 3. 8]
  - 1.4.13 緊急用海水取水管の断面選定の考え方[改 18 H30. 6. 20]
  - 1.4.14 S A用海水ピットの断面選定の考え方[改 6 H30. 4. 16]
  - 1.4.15 海水引込み管の断面選定の考え方[改 18 H30. 6. 20]
  - 1.4.16 S A用海水ピット取水塔の断面選定の考え方[改 6 H30. 4. 16]
  - 1.4.17 緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎の断面選定の考え方[改 3 H30. 4. 9]
  - 1.4.18 可搬型設備用軽油タンク基礎の断面選定の考え方[改 6 H30. 4. 16]
- 1.5 地盤物性のばらつきの考慮方法[改 20 H30. 6. 28]
- 1.6 許容応力度法における許容限界について[改 11 H30. 5. 23]
- 1.7 ジョイント要素のばね設定について[改 10 H30. 5. 14]
- 1.8 有効応力解析モデルへの入力地震動の算定方法について[改 10 H30. 5. 14]
- 1.9 地震応答解析における構造物の減衰定数について[改 22 H30. 7. 5]
- 1.10 屋外重要土木構造物の地震応答解析結果及び耐震評価結果の記載方針について[改 16 H30. 6. 15]

### 2. 取水構造物の耐震安全性評価[改 22 H30. 7. 5]

### 3. 屋外二重管の耐震安全性評価[改 24 H30. 7. 9]

- 4. 常設代替高圧電源装置置場及び西側淡水貯水設備の耐震安全性評価[改 21 H30. 7. 5]
- 5. 常設代替高圧電源装置用カルバート（トンネル部）の耐震安全性評価[改 21 H30. 7. 5]
- 6. 常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）の耐震安全性評価[改 6 H30. 4. 16]
- 7. 常設代替高圧電源装置用カルバート（カルバート部）の耐震安全性評価[改 23 H30. 7. 6]



8. 代替淡水貯槽の耐震安全性評価[改 4 H30. 4. 9]
9. 常設低圧代替注水系ポンプ室の耐震安全性評価[改 6 H30. 4. 16]
10. 常設低圧代替注水系配管カルバートの耐震安全性評価[改 24 H30. 7. 9]
11. 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの耐震安全性評価[改 24 H30. 7. 9]
12. 緊急用海水ポンプピットの耐震安全性評価[改 3 H30. 4. 9]
13. 緊急用海水取水管の耐震安全性評価[改 24 H30. 7. 9]
14. S A用海水ピットの耐震安全性評価[改 24 H30. 7. 9]
15. 海水引込み管の耐震安全性評価[改 18 H30. 6. 20]
16. S A用海水ピット取水塔の耐震安全性評価[改 24 H30. 7. 9]
17. 緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎の耐震安全性評価[改 24 H30. 7. 9]
18. 可搬型設備用軽油タンク基礎の耐震安全性評価[改 24 H30. 7. 9]



本補足説明資料は、耐震性に関する説明書のうち屋外重要土木構造物の耐震安全性評価についての内容を補足するものである。本補足説明資料と添付書類との関連を以下に示す。

補足説明資料と添付書類との関連

| 工事計画に係る補足説明資料<br>耐震性に関する説明書のうち<br>補足-340-8<br>【屋外重要土木構造物の耐震安全性評価について】 |                                   | 該当添付書類                                      |
|---|-----------------------------------|---|
| 1.<br>共通<br>事項  | 1.1 対象設備                          | 共通事項  |
|   | 1.2 屋外重要土木構造物の要求性能と要求性能に対する耐震評価内容 | 共通事項  |
|   | 1.3 安全係数                          | 共通事項  |
|   | 1.4                               | 共通事項  |
|   | 1.4.1 方針                          | 共通事項  |
|   | 1.4.2 取水構造物の断面選定の考え方              | V-2-2-6 取水構造物の地震応答計算書                       |
|   | 1.4.3 屋外二重管                       | V-2-2-8 屋外二重管の地震応答計算書                       |
|   | 1.4.4 常設代替高圧電源装置置場及び西側淡水貯水設備      | V-2-2-21-1 常設代替高圧電源装置置場及び西側淡水貯水設備の地震応答計算書   |
|   | 1.4.5 常設代替高圧電源装置用カルバート（トンネル部）     | V-2-2-21-3 常設代替高圧電源装置用カルバート（トンネル部）の地震応答計算書  |
|   | 1.4.6 常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）       | V-2-2-21-4 常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）の地震応答計算書    |
|   | 1.4.7 常設代替高圧電源装置用カルバート（カルバート部）    | V-2-2-21-2 常設代替高圧電源装置用カルバート（カルバート部）の地震応答計算書 |
|   | 1.4.8 代替淡水貯槽                      | V-2-2-27 代替淡水貯槽の地震応答計算書                     |
|   | 1.4.9 常設低圧代替注水系ポンプ室               | V-2-2-25 常設低圧代替注水系ポンプ室の地震応答計算書              |
|   | 1.4.10 常設低圧代替注水系配管カルバート           | V-2-2-29 常設低圧代替注水系配管カルバートの地震応答計算書           |
|   | 1.4.11 格納容器圧力逃がし装置用カルバート          | V-2-2-19 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの地震応答計算書        |
|   | 1.4.12 緊急用海水ポンプピット                | V-2-2-33 緊急用海水ポンプピットの地震応答計算書                |
|   | 1.4.13 緊急用海水取水管                   | V-2-10-4-5 緊急用海水取水管の耐震性についての計算書             |
|   | 1.4.14 SA用海水ピット                   | V-2-2-31 SA用海水ピットの地震応答計算書                   |
|   | 1.4.15 海水引込み管                     | V-2-10-4-3 海水引込み管の耐震性についての計算書               |
|   | 1.4.16 SA用海水ピット取水塔                | V-2-10-4-2 SA用海水ピット取水塔の耐震性についての計算書          |
|   | 1.4.17 緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎       | V-2-2-11 緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎の地震応答計算書       |
|   | 1.4.18 可搬型設備用軽油タンク基礎              | V-2-2-23 可搬型設備用軽油タンク基礎の地震応答計算書              |



|     |                                  |  |
|-----|----------------------------------|--|
|     | 1.5 地盤物性・材料物性のばらつきの考慮方法          | 共通事項   |
|     | 1.6 許容応力度法における許容限界について           | 共通事項   |
|     | 1.7 ジョイント要素のばね設定について             | 共通事項   |
|     | 1.8 有効応力解析モデルへの入力地震動の算定方法について    | 共通事項   |
| 2.  | 取水構造物の耐震安全性評価                    | V-2-2-6 取水構造物の地震応答計算書<br>V-2-2-7 取水構造物の耐震性についての計算書   |
| 3.  | 屋外二重管の耐震安全性評価                    | V-2-2-8 屋外二重管の地震応答計算書<br>V-2-2-9 屋外二重管の耐震性についての計算書   |
| 4.  | 常設代替高圧電源装置置場及び西側淡水貯水設備の耐震安全性評価   | V-2-2-21-1 常設代替高圧電源装置置場及び西側淡水貯水設備の地震応答計算書<br>V-2-2-22-1 常設代替高圧電源装置置場及び西側淡水貯水設備の耐震性についての計算書     |
| 5.  | 常設代替高圧電源装置用カルバート（トンネル部）の耐震安全性評価  | V-2-2-21-3 常設代替高圧電源装置用カルバート（トンネル部）の地震応答計算書<br>V-2-2-22-3 常設代替高圧電源装置用カルバート（トンネル部）の耐震性についての計算書   |
| 6.  | 常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）の耐震安全性評価    | V-2-2-21-4 常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）の地震応答計算書<br>V-2-2-22-4 常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）の耐震性についての計算書       |
| 7.  | 常設代替高圧電源装置用カルバート（カルバート部）の耐震安全性評価 | V-2-2-21-2 常設代替高圧電源装置用カルバート（カルバート部）の地震応答計算書<br>V-2-2-22-2 常設代替高圧電源装置用カルバート（カルバート部）の耐震性についての計算書 |
| 8.  | 代替淡水貯槽の耐震安全性評価                   | V-2-2-27 代替淡水貯槽の地震応答計算書<br>V-2-2-28 代替淡水貯槽の耐震性についての計算書   |
| 9.  | 常設低圧代替注水系ポンプ室の耐震安全性評価            | V-2-2-25 常設低圧代替注水系ポンプ室の地震応答計算書<br>V-2-2-26 常設低圧代替注水系ポンプ室の耐震性についての計算書                           |
| 10. | 常設低圧代替注水系配管カルバートの耐震安全性評価         | V-2-2-29 常設低圧代替注水系配管カルバートの地震応答計算書<br>V-2-2-30 常設低圧代替注水系配管カルバートの耐震性についての計算書                     |



|                                  |  |
|----------------------------------|--|
| 11. 格納容器圧力逃がし装置用カルバートの耐震安全性評価    | V-2-2-19 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの地震応答計算書<br>V-2-2-20 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの耐震性についての計算書   |
| 12. 緊急用海水ポンプピットの耐震安全性評価          | V-2-2-33 緊急用海水ポンプピットの地震応答計算書<br>V-2-2-34 緊急用海水ポンプピットの耐震性についての計算書                   |
| 13. 緊急用海水取水管の耐震安全性評価             | V-2-10-4-5 緊急用海水取水管の耐震性についての計算書  |
| 14. S A用海水ピットの耐震安全性評価            | V-2-2-31 S A用海水ピットの地震応答計算書<br>V-2-2-32 S A用海水ピットの耐震性についての計算書                       |
| 15. 海水引込み管の耐震安全性評価               | V-2-10-4-3 海水引込み管の耐震性についての計算書  |
| 16. S A用海水ピット取水塔の耐震安全性評価         | V-2-10-4-2 S A用海水ピット取水塔の耐震性についての計算書  |
| 17. 緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎の耐震安全性評価 | V-2-2-11 緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎の地震応答計算書<br>V-2-2-12 緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎の耐震性についての計算書 |
| 18. 可搬型設備用軽油タンク基礎の耐震安全性評価        | V-2-2-23 可搬型設備用軽油タンク基礎の地震応答計算書<br>V-2-2-24 可搬型設備用軽油タンク基礎の耐震性についての計算書               |







## 1. 共通事項



## 1.1 対象設備

耐震安全性評価の対象とする屋外重要土木構造物は、Sクラスの機器・配管の間接支持構造物若しくは非常時における海水の通水機能・貯水機能を求められる取水構造物、屋外二重管、貯留堰、常設代替高圧電源装置置場及び常設代替高圧電源装置用カルバートである。

また、同様に耐震安全性評価の対象とする「常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備」及び「常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設」に該当する土木構造物である代替淡水貯槽、常設低圧代替注水系ポンプ室、常設低圧代替注水系配管カルバート、格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート、緊急用海水ポンプピット、緊急用海水取水管、SA用海水ピット、海水引込み管、SA用海水ピット取水塔、緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎、可搬型設備用軽油タンク基礎についても記載する。

なお、防潮堤及び貯留堰については、津波防護施設としての耐震安全性評価を別途実施する。これらの屋外重要土木構造物等の位置図を図1.1-1に示す。



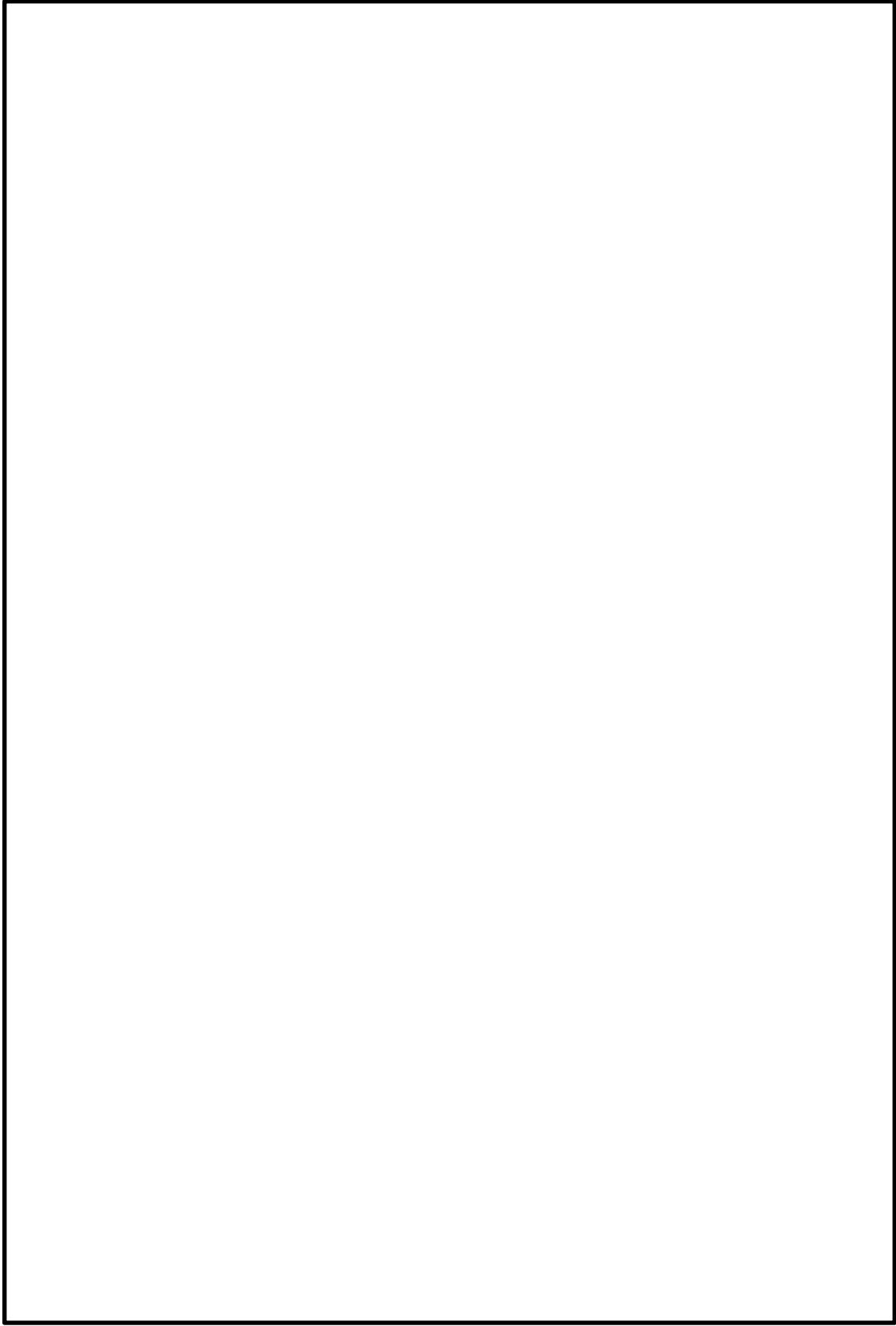


图 1.1-1 屋外重要土木构造物等位置图



### 3. 屋外二重管基礎の耐震安全性評価

#### 目 次

|                     |     |
|---------------------|-----|
| 3. 屋外二重管基礎の耐震安全性評価  | 1   |
| 3.1 評価方針            | 1   |
| 3.2 評価条件            | 2   |
| 3.2.1 適用基準          | 2   |
| 3.2.2 耐震安全性評価フロー    | 3   |
| 3.2.3 評価対象断面の方向     | 4   |
| 3.2.4 評価対象断面の選定     | 5   |
| 3.2.5 使用材料及び材料定数    | 12  |
| 3.2.6 評価構造物諸元       | 16  |
| 3.2.7 荷重伝達          | 18  |
| 3.2.8 地下水位          | 20  |
| 3.2.9 地震応答解析手法      | 20  |
| 3.2.10 解析モデルの設定     | 22  |
| 3.2.11 減衰特性         | 42  |
| 3.2.12 荷重の組合せ       | 52  |
| 3.2.13 地震応答解析の検討ケース | 54  |
| 3.3 評価内容            | 56  |
| 3.3.1 入力地震動の設定      | 56  |
| 3.3.2 許容限界の設定       | 89  |
| 3.3.3 評価方法          | 96  |
| 3.4 評価結果            | 97  |
| 3.4.1 地震応答解析結果      | 97  |
| 3.4.2 耐震評価結果        | 145 |
| 3.5 まとめ             | 201 |
| 資料1 耐震評価結果（ばらつきケース） | 202 |



### 3.1 評価方針

屋外二重管基礎は、耐震安全上重要な機器・配管系を間接支持する機能を求められる土木構造物である。この屋外二重管基礎の耐震評価は、基準地震動  $S_s$  による耐震安全性評価として、構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を実施する。

構造部材の健全性評価については、杭基礎部材に発生する応力が許容限界以下であることを確認し、地盤改良体の仮想すべり面上におけるすべり安全率が許容限界以下であることを確認する。

基礎地盤の支持性能評価については、屋外二重管を直接支持する地盤改良体及び屋外二重管基礎の支持岩盤（ $K_m$  層）において、地震応答解析に基づく接地圧が許容限界以下であることを確認する。



### 3.2 評価条件

#### 3.2.1 適用基準

屋外二重管基礎の耐震評価に当たっては、原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社) 日本電気協会) 及び道路橋示方書 ( I 共通編・IV下部構造編)・同解説 ((社) 日本道路協会, 平成 14 年 3 月), 並びに道路橋示方書 (V耐震設計編編)・同解説 ((社) 日本道路協会, 平成 24 年 3 月) を適用する。

適用する規格, 基準類を表 3.2-1 に示す。

表 3.2-1 適用する規格, 基準類

| 項目             | 適用する規格, 基準類   | 備考   |
|----------------|---|--|
| 使用材料及び<br>材料定数 | ・道路橋示方書 ( I 共通編・IV下部構造編)・同解説 (平成 14 年 3 月)                            | —  |
| 荷重及び荷重の<br>組合せ | ・道路橋示方書 ( I 共通編・IV下部構造編)・同解説 (平成 14 年 3 月)                            | ・活荷重及び衝撃以外の主荷重＋地震の影響の組合せについて, 最も不利となる条件を考慮して検討する。  |
| 許容限界           | ・道路橋示方書 ( I 共通編・IV下部構造編)・同解説 (平成 14 年 3 月)<br>・ J E A G 4 6 0 1 -1987 | ・杭基礎及び鋼製桁の曲げ軸力及びせん断に対する照査は, 発生応力が短期許容応力度以下であることを確認する。<br>・地盤改良体のすべりに対する照査は, すべり安全率が 1.2 以上であることを確認する。<br>・地盤改良体及び岩盤に発生する接地圧が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認する。 |
| 地震応答解析         | ・ J E A G 4 6 0 1 -1987<br>・道路橋示方書 (V耐震設計編)・同解説 (平成 24 年 3 月)         | ・有限要素法による 2 次元モデルを用いた時刻歴非線形解析である。  |



### 3.2.2 耐震安全性評価フロー

図 3.2-1 に屋外二重管の地震応答計算及び屋外二重管基礎の耐震性能評価の評価フローを示す。

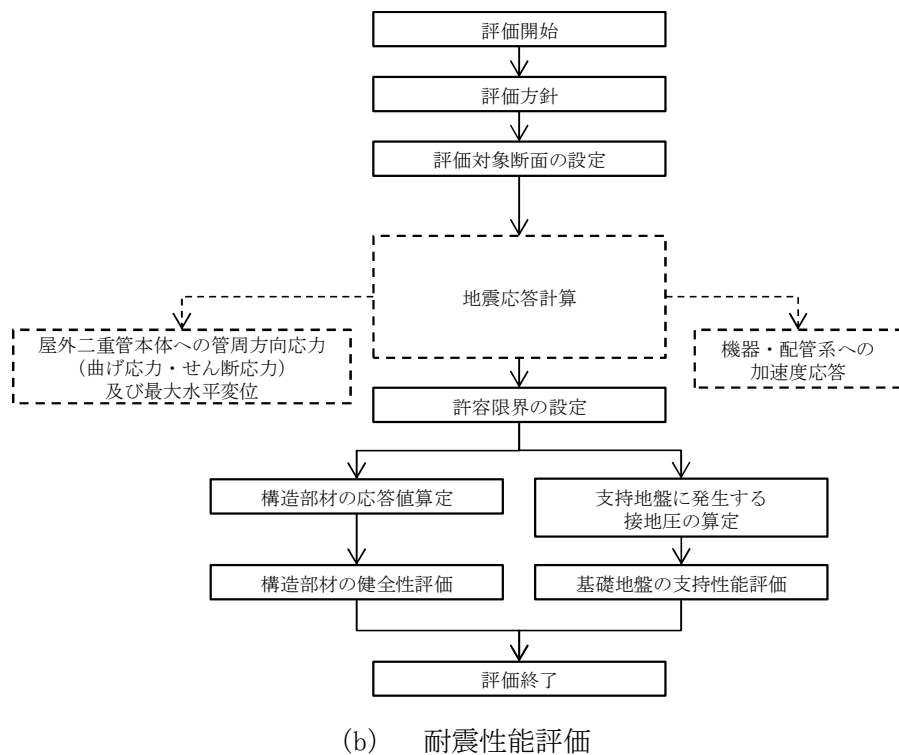
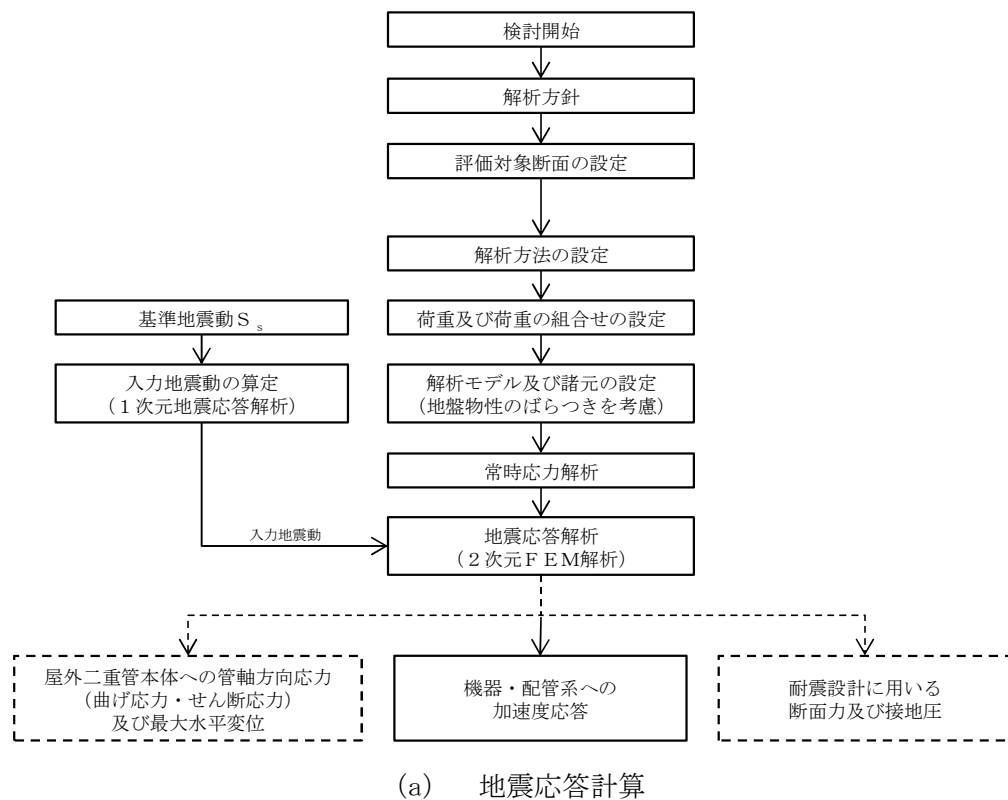


図 3.2-1 屋外二重管の地震応答計算及び屋外二重管基礎の耐震安全性評価フロー



### 3.2.3 評価対象断面の方向

屋外二重管の位置を図 3.2-2 に示す。

屋外二重管は、S クラス機器である残留熱除去系海水系配管、非常用ディーゼル発電機海水系配管及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水系配管の間接支持機能を有する延長約 215 m、内径 2.0 m 及び 1.8 m の 2 本の鋼管の地中構造物であり、杭基礎及び地盤改良体を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置する。排気筒付近に位置する可とう管から海水ポンプ室までの区間は、水平方向の鋼製桁と鉛直方向の鋼管杭を結合したラーメン構造である杭基礎により支持する構造とする。一方、原子炉建屋から排気筒付近に位置する可とう管までの区間は、他構造物（原子炉建屋、排気筒、主排気筒ダクト基礎など）と近接していることから、杭基礎ではなく屋外二重管直下に造成した地盤改良体により支持する構造とする。

杭基礎構造部における鋼製桁及び鋼管杭は、強軸断面方向と弱軸断面方向が明確でなく、横断方向と縦断方向で地質断面に差異があるため、直交する横断方向と縦断方向の両方向を評価対象断面の方向とする。

杭基礎構造部及び地盤改良体基礎構造部における地盤改良体は、横断方向の幅が縦断方向と比較して小さいことから横断方向が弱軸方向断面となる。したがって、横断方向断面を評価対象断面の方向とする。なお、杭基礎構造部における鋼製桁の下方に位置する既設の地盤改良体は、当該箇所を非液状化層とすることを目的としたものであり、屋外二重管本体の荷重を支持しているものではない。また、杭基礎構造部における屋外二重管本体の縦断方向に進行する表面波に対する検討にて実施する応答変位法では、地盤改良体は保守的に剛性低減や強度低下を考慮しない。

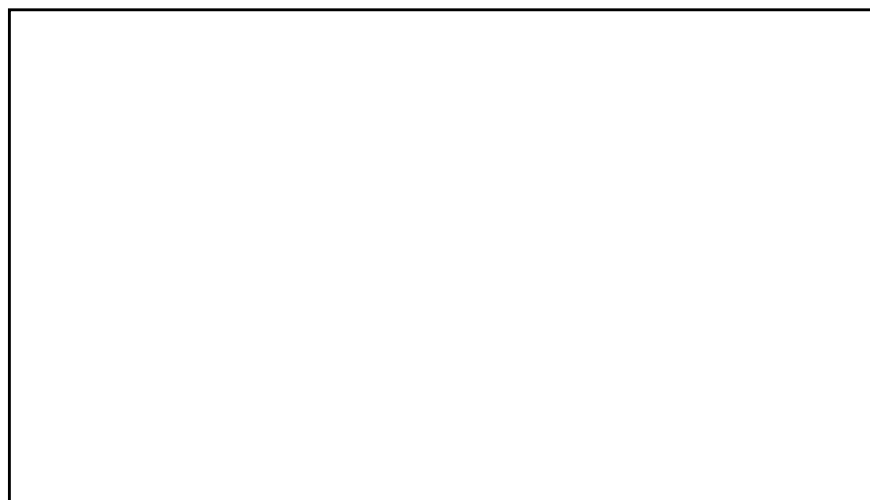


図 3.2-2 屋外二重管の位置図



#### 3.2.4 評価対象断面の選定

屋外二重管基礎の平面図を図 3.2-3 に、断面図を図 3.2-4 に示す。

屋外二重管基礎の杭基礎構造部は、水平方向の鋼製桁と鉛直方向の鋼管杭を剛結したラーメン構造であり、鋼製桁上に設置された屋外二重管本体を、地盤改良体及び鋼管杭を介して十分な支持機能を有する岩盤に支持させる。**地盤改良体基礎構造部**は、屋外二重管本体を岩盤相当の地盤に置換した地盤改良体で支持する構造である。

評価対象断面は、「1.4.3 屋外二重管の断面選定の考え方」で記載したとおり、基礎構造物の構造的特徴や周辺の状況も考慮して、杭基礎構造部は図 3.2-5 に示す A-A 断面、B-B 断面及び C-C 断面を、**地盤改良体基礎構造部**は C-C 断面を代表として耐震評価を実施する。屋外二重管基礎の評価対象断面を図 3.2-6 に示す。

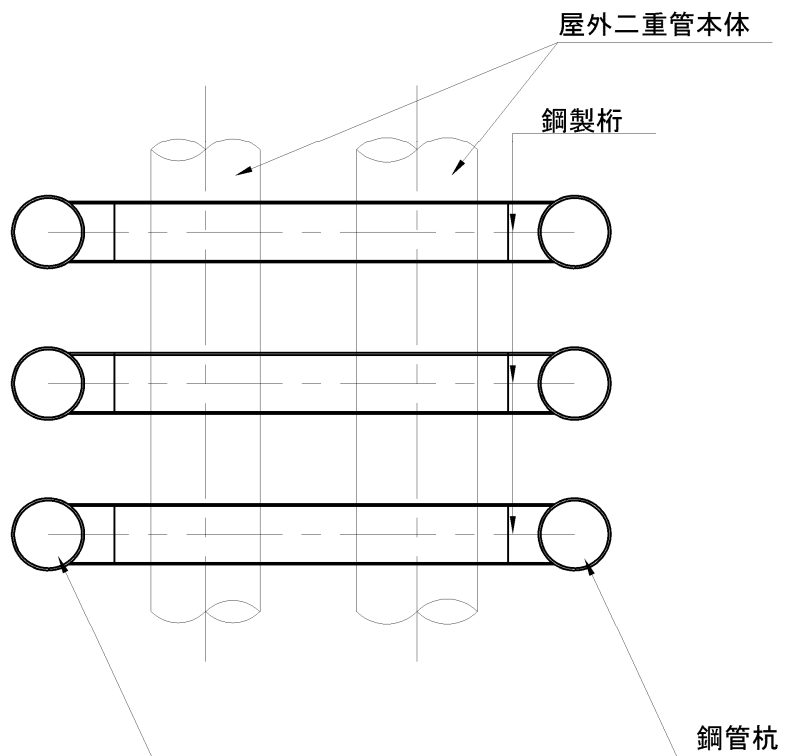
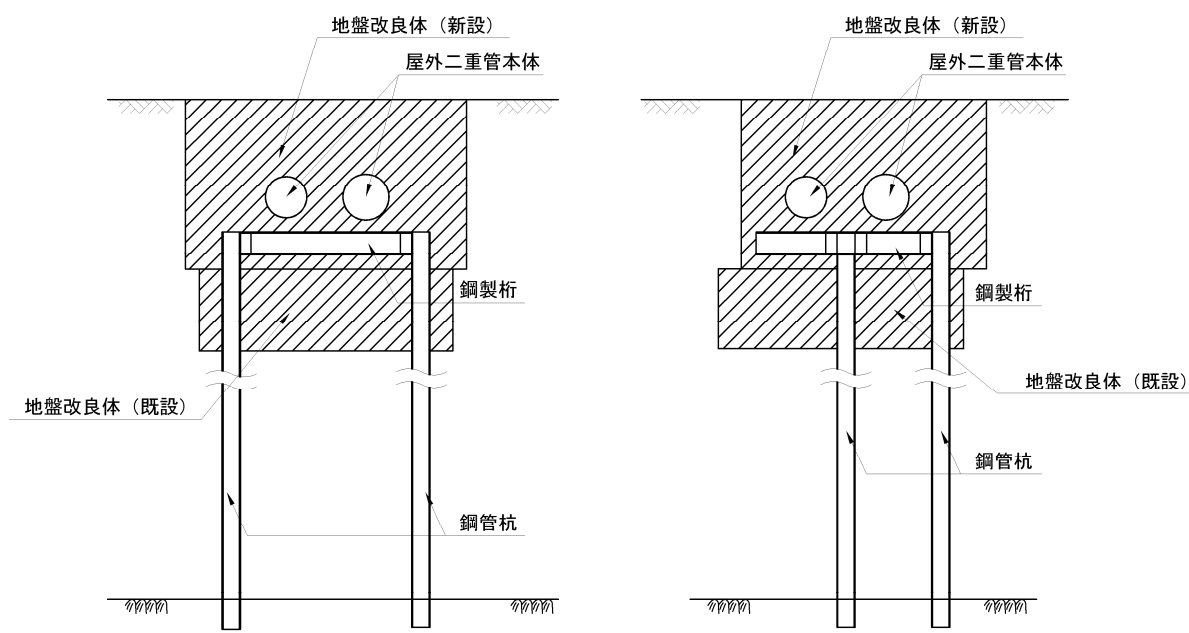


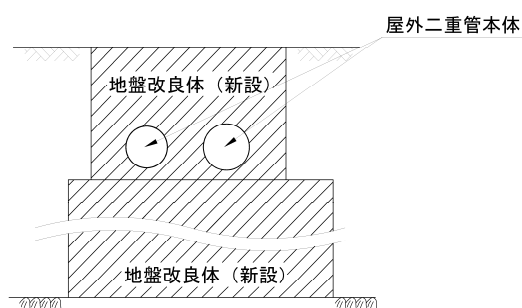
図 3.2-3 屋外二重管基礎の平面図





B-B断面 (杭基礎構造部)

C-C断面 (杭基礎構造部)



C-C断面 (地盤改良体基礎構造部)

図 3.2—4 屋外二重管基礎の断面図





図 3.2-5 屋外二重管基礎の評価対象断面位置図



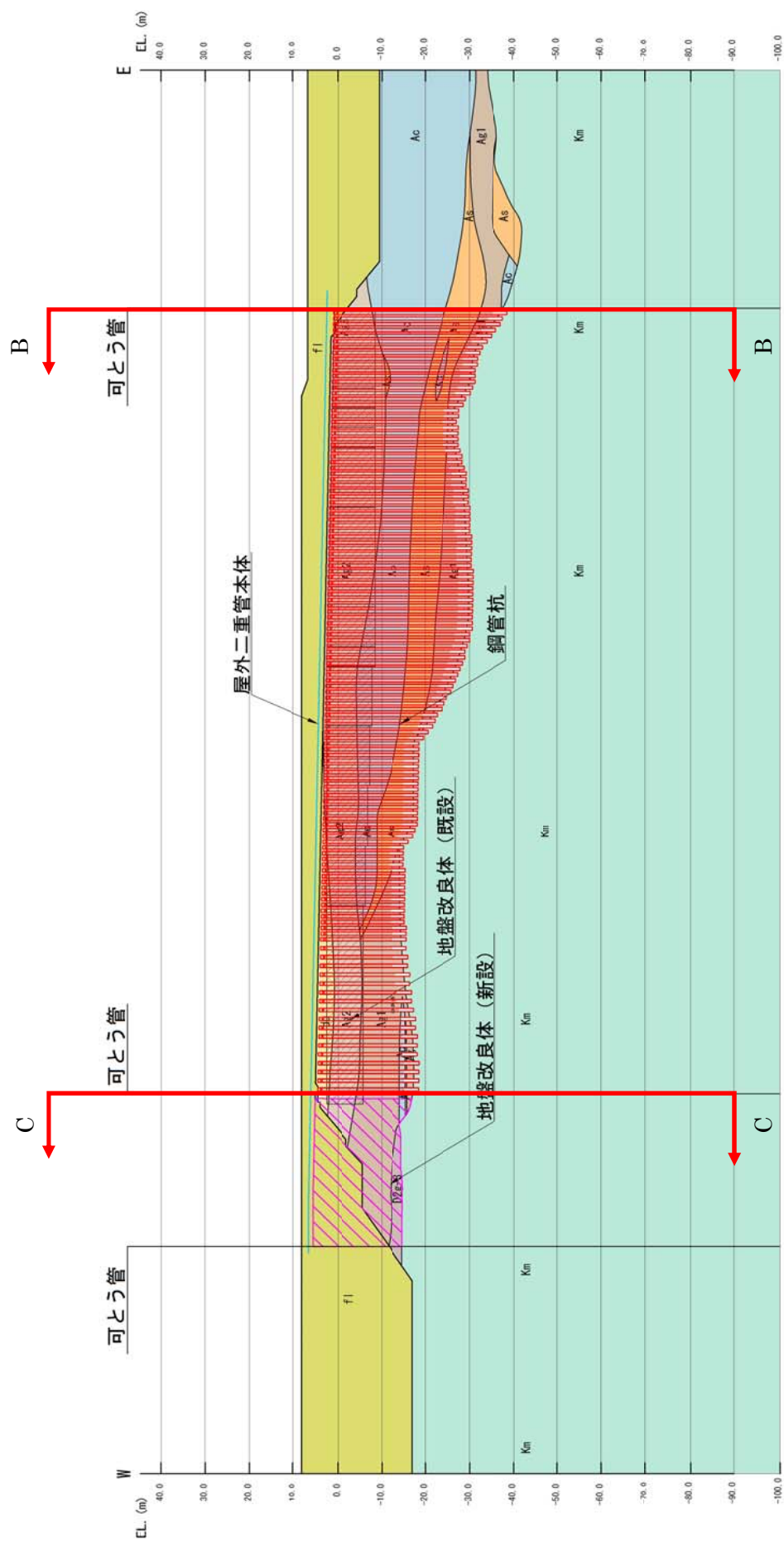


図 3.2-6 (1) 屋外二重管基礎の評価対象断面図 (A-A 断面)



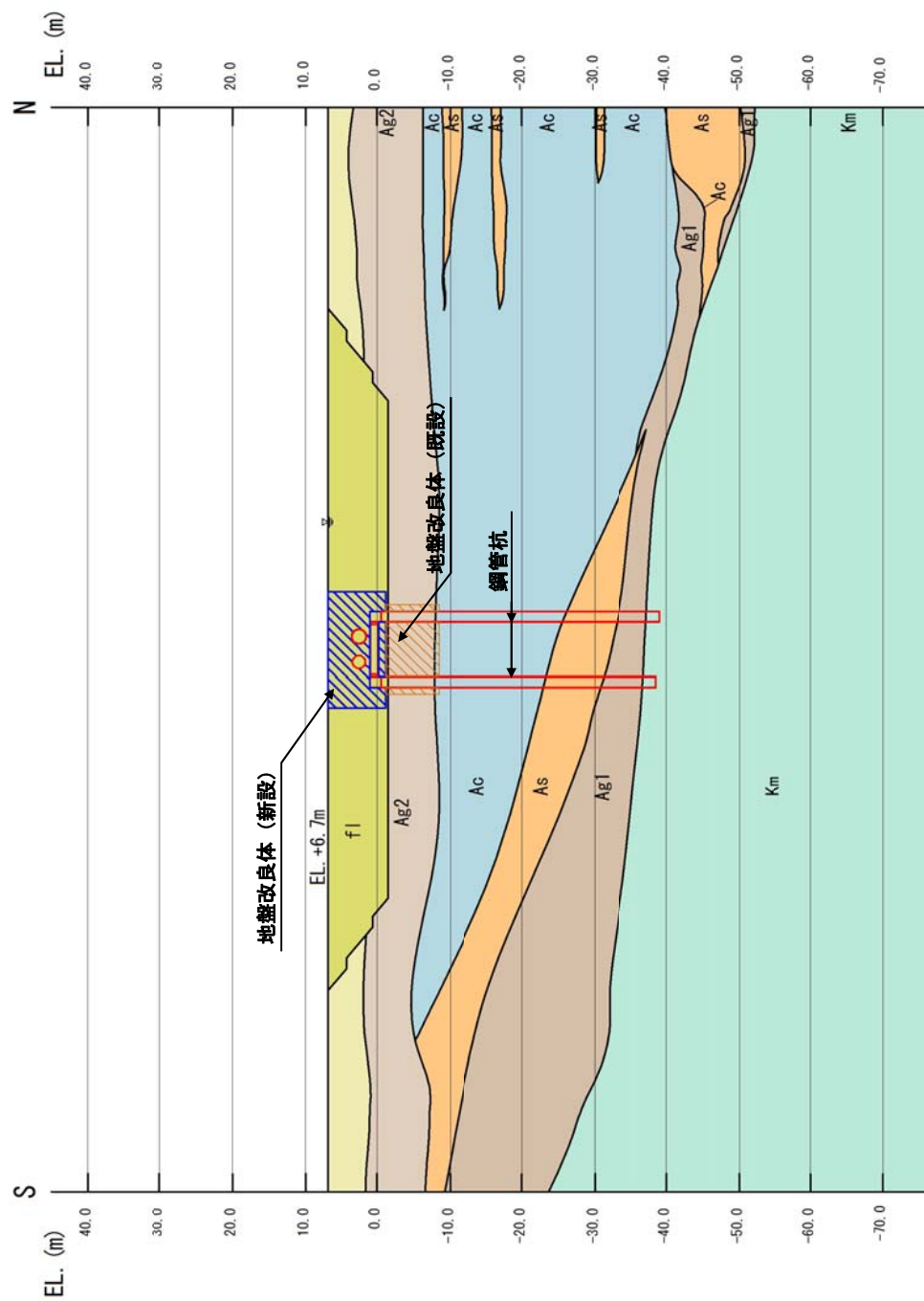


図 3.2-6 (2) 屋外二重管基礎の評価対象断面図 (B-B 断面)



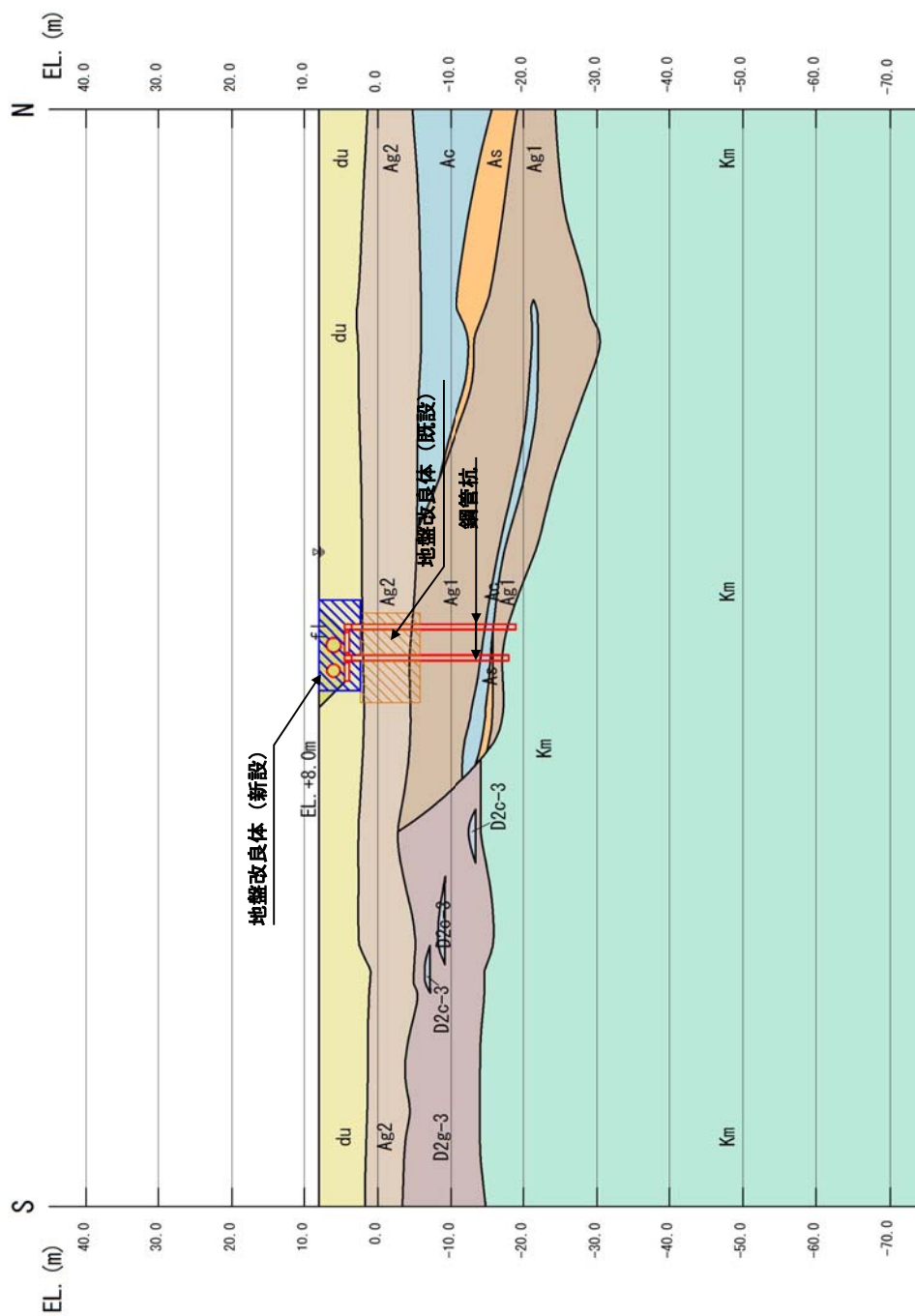


図 3.2-6 (3) 屋外二重管基礎の評価対象断面図 (C-C 断面・杭基礎構造部)







### 3.2.5 使用材料及び材料定数

耐震評価に用いる材料定数は、道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成14年3月）に基づいて設定する。構造物の使用材料を表3.2-2に，材料物性値を表3.2-3に示す。

地盤及び地盤改良体の諸元は，Ⅴ-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値を用いる。地盤物性値を表3.2-4に，地盤改良体の物性値を表3.2-5に示す。なお，地盤改良体の一軸圧縮強度は，新設の地盤改良体において $1.5 \text{ N/mm}^2$ ，既設の地盤改良体において $3.0 \text{ N/mm}^2$ とし，表3.2-5に基づき動的変形特性及び強度特性を設定する。

表 3.2-2 使用材料

| 使用箇所  | 材料  | 諸元               |
|-------|-----|------------------|
| 屋外二重管 | 鋼管  | SM400 相当 (SM41B) |
| 鋼製桁   | 鋼板  | SM570            |
| 鋼管杭   | 鋼管杭 | SM570            |

表 3.2-3 材料の物性値

| 材料  | 単位体積重量<br>( $\text{kN/m}^3$ ) | ヤング係数<br>( $\text{N/mm}^2$ ) | ポアソン比      | 減衰定数<br>(%) |
|-----|-------------------------------|------------------------------|------------|-------------|
| 鋼管  | $77.0^{*1}$                   | $2.00 \times 10^5^{*1}$      | $0.3^{*1}$ | $3^{*2}$    |
| 鋼板  |                               |                              |            |             |
| 鋼管杭 |                               |                              |            |             |

注記 \*1：道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成14年3月）

\*2：道路橋示方書（Ⅴ耐震設計編）・同解説（（社）日本道路協会，平成24年3月）



表 3.2-4 (1) 地盤の解析用物性値一覧（液状化検討対象層）

| パラメータ |                        |                |                   | 原地盤                |                    |                    |        |                    |        |                      |                    | 豊浦標準砂 |       |
|-------|------------------------|----------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------|--------------------|--------|----------------------|--------------------|-------|-------|
|       |                        |                |                   | 埋戻土                | 第四系（液状化検討対象層）      |                    |        |                    |        |                      |                    |       |       |
|       |                        |                |                   |                    | f1                 | du                 | Ag2    | As                 | Ag1    | D2s-3                | D2g-3              |       | D1g-1 |
| 物理特性  | 密度<br>（）は地下水位以浅        | $\rho$         | g/cm <sup>3</sup> | 1.98<br>(1.82)     | 1.98<br>(1.82)     | 2.01<br>(1.89)     | 1.74   | 2.01<br>(1.89)     | 1.92   | 2.15<br>(2.11)       | 2.01<br>(1.89)     | 1.958 |       |
|       | 間隙比                    | e              | —                 | 0.75               | 0.75               | 0.67               | 1.2    | 0.67               | 0.79   | 0.43                 | 0.67               | 0.702 |       |
| 変形特性  | ボアソン比                  | $\nu_{CD}$     | —                 | 0.26               | 0.26               | 0.25               | 0.26   | 0.25               | 0.19   | 0.26                 | 0.25               | 0.333 |       |
|       | 基準平均有効主応力<br>（）は地下水位以浅 | $\sigma'_{mn}$ | kN/m <sup>2</sup> | 358<br>(312)       | 358<br>(312)       | 497<br>(299)       | 378    | 814<br>(814)       | 966    | 1167<br>(1167)       | 1695<br>(1710)     | 12.6  |       |
|       | 基準初期せん断剛性<br>（）は地下水位以浅 | $G_{mn}$       | kN/m <sup>2</sup> | 253529<br>(220739) | 253529<br>(220739) | 278087<br>(167137) | 143284 | 392073<br>(392073) | 650611 | 1362035<br>(1362035) | 947946<br>(956776) | 18975 |       |
|       | 最大履歴減衰率                | $h_{max}$      | —                 | 0.220              | 0.220              | 0.233              | 0.216  | 0.221              | 0.192  | 0.130                | 0.233              | 0.287 |       |
|       | 強度特性                   | 粘着力            | $C_{CD}$          | N/mm <sup>2</sup>  | 0                  | 0                  | 0      | 0.012              | 0      | 0.01                 | 0                  | 0     | 0     |
| 強度特性  | 内部摩擦角                  | $\phi_{CD}$    | 度                 | 37.3               | 37.3               | 37.4               | 41     | 37.4               | 35.8   | 44.4                 | 37.4               | 30    |       |
| 液状化特性 | 液状化パラメータ               | $\phi_p$       | —                 | 34.8               | 34.8               | 34.9               | 38.3   | 34.9               | 33.4   | 41.4                 | 34.9               | 28    |       |
|       | 液状化パラメータ               | $S_1$          | —                 | 0.047              | 0.047              | 0.028              | 0.046  | 0.029              | 0.048  | 0.030                | 0.020              | 0.005 |       |
|       | 液状化パラメータ               | $W_1$          | —                 | 6.5                | 6.5                | 56.5               | 6.9    | 51.6               | 17.6   | 45.2                 | 10.5               | 5.06  |       |
|       | 液状化パラメータ               | $P_1$          | —                 | 1.26               | 1.26               | 9.00               | 1.00   | 12.00              | 4.80   | 8.00                 | 7.00               | 0.57  |       |
|       | 液状化パラメータ               | $P_2$          | —                 | 0.80               | 0.80               | 0.60               | 0.75   | 0.60               | 0.96   | 0.60                 | 0.50               | 0.80  |       |
|       | 液状化パラメータ               | $C_1$          | —                 | 2.00               | 2.00               | 3.40               | 2.27   | 3.35               | 3.15   | 3.82                 | 2.83               | 1.44  |       |

表 3.2-4 (2) 地盤の解析用物性値一覧（非液状化層）

| パラメータ |                         |                |                   | 原地盤        |        |                  |        |                                 |
|-------|-------------------------|----------------|-------------------|------------|--------|------------------|--------|---------------------------------|
|       |                         |                |                   | 第四系（非液状化層） |        |                  |        | 新第三系                            |
|       |                         |                |                   | Ac         | D2c-3  | lm               | D1c-1  | Km                              |
| 物理特性  | 密度<br>() は地下水位以浅        | $\rho$         | g/cm <sup>3</sup> | 1.65       | 1.77   | 1.47<br>(1.43)   | 1.77   | 1.72-1.03×10 <sup>-4</sup> ・z   |
|       | 間隙比                     | e              | —                 | 1.59       | 1.09   | 2.8              | 1.09   | 1.16                            |
| 変形特性  | ポアソン比                   | $\nu_{CD}$     | —                 | 0.10       | 0.22   | 0.14             | 0.22   | 0.16+0.00025・z                  |
|       | 基準平均有効主応力<br>() は地下水位以浅 | $\sigma'_{mn}$ | kN/m <sup>2</sup> | 480        | 696    | 249<br>(223)     | 696    | 動的変形特性に基づき<br>z（標高）毎に物性値を<br>設定 |
|       | 基準初期せん断剛性<br>() は地下水位以浅 | $G_{mn}$       | kN/m <sup>2</sup> | 121829     | 285223 | 38926<br>(35783) | 285223 |                                 |
|       | 最大履歴減衰率                 | $h_{max}$      | —                 | 0.200      | 0.186  | 0.151            | 0.186  |                                 |
| 強度特性  | 粘着力                     | $C_{CD}$       | N/mm <sup>2</sup> | 0.025      | 0.026  | 0.042            | 0.026  | 0.358-0.00603・z                 |
|       | 内部摩擦角                   | $\phi_{CD}$    | 度                 | 29.1       | 35.6   | 27.3             | 35.6   | 23.2+0.0990・z                   |

z：標高（m）



表 3.2-4 (3) 地盤の解析用物性値一覧 (新第三系 Km 層)

| 区分<br>番号 | 設定深度<br>TP (m)<br>Z | 適用深度 TP (m) | 密度<br>$\rho$<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | 静ポアソン比<br>$\nu_{co}$ | 粘着力<br>$C_{co}$<br>(kN/mf) | 内部摩擦角<br>$\phi_{co}$<br>(°) | せん断波<br>速度Vs<br>(m/s) | 基準初期<br>せん断剛性 G <sub>ma</sub> | 基準体積<br>弾性係数 K <sub>ma</sub><br>(kN/mf) | 基準平均有効<br>主応力 $\sigma'_{ma}$<br>(kN/mf) | 拘束圧<br>依存係数<br>mG, mK | 最大履歴<br>減衰率<br>h <sub>max</sub> (-) | 動ポアソン比<br>$\nu_d$ | 疎密波<br>速度Vp<br>(m/s) | 1000*Vp   |
|----------|---------------------|-------------|--------------------------------------|----------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------|-------------------------------|---|---|-----------------------|-------------------------------------|-------------------|----------------------|-----------|
| 1        | 10                  | 9.5 ~ 10.5  | 1.72                                 | 0.16                 | 298                        | 24.2                        | 425                   | 310,675                       | 353,317                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.105                               | 0.464             | 1,640                | 1,640,000 |
| 2        | 9                   | 8.5 ~ 9.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 304                        | 24.1                        | 426                   | 312,139                       | 354,982                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.105                               | 0.464             | 1,644                | 1,644,000 |
| 3        | 8                   | 7.5 ~ 8.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 310                        | 24.0                        | 427                   | 313,606                       | 356,650                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.105                               | 0.464             | 1,648                | 1,648,000 |
| 4        | 7                   | 6.5 ~ 7.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 316                        | 23.9                        | 428                   | 315,076                       | 358,322                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.105                               | 0.464             | 1,651                | 1,651,000 |
| 5        | 6                   | 5.5 ~ 6.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 322                        | 23.8                        | 428                   | 315,076                       | 358,322                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.106                               | 0.464             | 1,651                | 1,651,000 |
| 6        | 5                   | 4.5 ~ 5.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 328                        | 23.7                        | 429                   | 316,551                       | 359,999                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.106                               | 0.464             | 1,655                | 1,655,000 |
| 7        | 4                   | 3.5 ~ 4.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 334                        | 23.6                        | 430                   | 318,028                       | 361,679                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.106                               | 0.463             | 1,638                | 1,638,000 |
| 8        | 3                   | 2.5 ~ 3.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 340                        | 23.5                        | 431                   | 319,509                       | 363,363                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.107                               | 0.463             | 1,642                | 1,642,000 |
| 9        | 2                   | 1.5 ~ 2.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 346                        | 23.4                        | 431                   | 319,509                       | 363,363                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.107                               | 0.463             | 1,642                | 1,642,000 |
| 10       | 1                   | 0.5 ~ 1.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 352                        | 23.3                        | 432                   | 320,993                       | 365,051                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.107                               | 0.463             | 1,646                | 1,646,000 |
| 11       | 0                   | -0.5 ~ 0.5  | 1.72                                 | 0.16                 | 358                        | 23.2                        | 433                   | 322,481                       | 366,743                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.107                               | 0.463             | 1,650                | 1,650,000 |
| 12       | -1                  | -1.5 ~ -0.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 364                        | 23.1                        | 434                   | 323,972                       | 368,439                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.108                               | 0.463             | 1,653                | 1,653,000 |
| 13       | -2                  | -2.5 ~ -1.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 370                        | 23.0                        | 435                   | 325,467                       | 370,139                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.108                               | 0.463             | 1,657                | 1,657,000 |
| 14       | -3                  | -3.5 ~ -2.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 376                        | 22.9                        | 435                   | 325,467                       | 370,139                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.108                               | 0.463             | 1,657                | 1,657,000 |
| 15       | -4                  | -4.5 ~ -3.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 382                        | 22.8                        | 436                   | 326,965                       | 371,843                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.108                               | 0.463             | 1,661                | 1,661,000 |
| 16       | -5                  | -5.5 ~ -4.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 388                        | 22.7                        | 437                   | 328,467                       | 373,551                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.109                               | 0.462             | 1,644                | 1,644,000 |
| 17       | -6                  | -6.5 ~ -5.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 394                        | 22.6                        | 438                   | 329,972                       | 375,262                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.109                               | 0.462             | 1,648                | 1,648,000 |
| 18       | -7                  | -7.5 ~ -6.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 400                        | 22.5                        | 438                   | 329,972                       | 375,262                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.109                               | 0.462             | 1,648                | 1,648,000 |
| 19       | -8                  | -8.5 ~ -7.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 406                        | 22.4                        | 439                   | 331,480                       | 376,977                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.109                               | 0.462             | 1,652                | 1,652,000 |
| 20       | -9                  | -9.5 ~ -8.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 412                        | 22.3                        | 440                   | 332,992                       | 378,697                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.110                               | 0.462             | 1,656                | 1,656,000 |
| 21       | -10                 | -11 ~ -9.5  | 1.72                                 | 0.16                 | 418                        | 22.2                        | 441                   | 334,507                       | 380,420                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.110                               | 0.462             | 1,659                | 1,659,000 |
| 22       | -12                 | -13 ~ -11   | 1.72                                 | 0.16                 | 430                        | 22.0                        | 442                   | 336,026                       | 382,147                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.110                               | 0.462             | 1,663                | 1,663,000 |
| 23       | -14                 | -15 ~ -13   | 1.72                                 | 0.16                 | 442                        | 21.8                        | 444                   | 339,074                       | 385,614                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.111                               | 0.462             | 1,671                | 1,671,000 |
| 24       | -16                 | -17 ~ -15   | 1.72                                 | 0.16                 | 454                        | 21.6                        | 445                   | 340,603                       | 387,352                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.111                               | 0.461             | 1,654                | 1,654,000 |
| 25       | -18                 | -19 ~ -17   | 1.72                                 | 0.16                 | 467                        | 21.4                        | 447                   | 343,671                       | 390,842                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.112                               | 0.461             | 1,662                | 1,662,000 |
| 26       | -20                 | -21 ~ -19   | 1.72                                 | 0.16                 | 479                        | 21.2                        | 448                   | 345,211                       | 392,593                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.112                               | 0.461             | 1,665                | 1,665,000 |
| 27       | -22                 | -23 ~ -21   | 1.72                                 | 0.15                 | 491                        | 21.0                        | 450                   | 348,300                       | 381,471                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.112                               | 0.461             | 1,673                | 1,673,000 |
| 28       | -24                 | -25 ~ -23   | 1.72                                 | 0.15                 | 503                        | 20.8                        | 452                   | 351,403                       | 384,870                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.113                               | 0.461             | 1,680                | 1,680,000 |
| 29       | -26                 | -27 ~ -25   | 1.72                                 | 0.15                 | 515                        | 20.6                        | 453                   | 352,959                       | 386,574                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.113                               | 0.460             | 1,664                | 1,664,000 |
| 30       | -28                 | -29 ~ -27   | 1.72                                 | 0.15                 | 527                        | 20.4                        | 455                   | 356,083                       | 389,996                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.114                               | 0.460             | 1,672                | 1,672,000 |
| 31       | -30                 | -31 ~ -29   | 1.72                                 | 0.15                 | 539                        | 20.2                        | 456                   | 357,650                       | 391,712                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.114                               | 0.460             | 1,675                | 1,675,000 |
| 32       | -32                 | -33 ~ -31   | 1.72                                 | 0.15                 | 551                        | 20.0                        | 458                   | 360,794                       | 395,155                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.115                               | 0.460             | 1,683                | 1,683,000 |
| 33       | -34                 | -35 ~ -33   | 1.72                                 | 0.15                 | 563                        | 19.8                        | 459                   | 362,371                       | 396,883                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.115                               | 0.459             | 1,667                | 1,667,000 |
| 34       | -36                 | -37 ~ -35   | 1.72                                 | 0.15                 | 575                        | 19.6                        | 461                   | 365,536                       | 400,349                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.115                               | 0.459             | 1,675                | 1,675,000 |
| 35       | -38                 | -39 ~ -37   | 1.72                                 | 0.15                 | 587                        | 19.4                        | 462                   | 367,124                       | 402,088                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.116                               | 0.459             | 1,678                | 1,678,000 |
| 36       | -40                 | -41 ~ -39   | 1.72                                 | 0.15                 | 599                        | 19.2                        | 464                   | 370,309                       | 405,577                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.116                               | 0.459             | 1,685                | 1,685,000 |
| 37       | -42                 | -43 ~ -41   | 1.72                                 | 0.15                 | 611                        | 19.0                        | 465                   | 371,907                       | 407,327                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.117                               | 0.459             | 1,689                | 1,689,000 |
| 38       | -44                 | -45 ~ -43   | 1.72                                 | 0.15                 | 623                        | 18.8                        | 467                   | 375,113                       | 410,838                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.117                               | 0.458             | 1,678                | 1,678,000 |
| 39       | -46                 | -47 ~ -45   | 1.72                                 | 0.15                 | 635                        | 18.6                        | 468                   | 376,721                       | 412,599                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.117                               | 0.458             | 1,681                | 1,681,000 |
| 40       | -48                 | -49 ~ -47   | 1.72                                 | 0.15                 | 647                        | 18.4                        | 470                   | 379,948                       | 416,134                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.118                               | 0.458             | 1,688                | 1,688,000 |
| 41       | -50                 | -51 ~ -49   | 1.73                                 | 0.15                 | 660                        | 18.3                        | 472                   | 385,416                       | 422,122                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.118                               | 0.458             | 1,696                | 1,696,000 |
| 42       | -52                 | -53 ~ -51   | 1.73                                 | 0.15                 | 672                        | 18.1                        | 473                   | 387,051                       | 423,913                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.118                               | 0.458             | 1,699                | 1,699,000 |
| 43       | -54                 | -55 ~ -53   | 1.73                                 | 0.15                 | 684                        | 17.9                        | 475                   | 390,331                       | 427,505                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.118                               | 0.457             | 1,688                | 1,688,000 |
| 44       | -56                 | -57 ~ -55   | 1.73                                 | 0.15                 | 696                        | 17.7                        | 476                   | 391,976                       | 429,307                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.119                               | 0.457             | 1,692                | 1,692,000 |
| 45       | -58                 | -59 ~ -57   | 1.73                                 | 0.15                 | 708                        | 17.5                        | 478                   | 395,277                       | 432,922                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.119                               | 0.457             | 1,699                | 1,699,000 |
| 46       | -60                 | -61 ~ -59   | 1.73                                 | 0.15                 | 720                        | 17.3                        | 479                   | 396,933                       | 434,736                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.120                               | 0.457             | 1,702                | 1,702,000 |
| 47       | -62                 | -63 ~ -61   | 1.73                                 | 0.14                 | 732                        | 17.1                        | 481                   | 400,255                       | 422,491                                 | 492                                     | 0.0                   | 0.120                               | 0.457             | 1,709                | 1,709,000 |
| 48       | -64                 | -65 ~ -63   | 1.73                                 | 0.14                 | 744                        | 16.9                        | 482                   | 401,921                       | 424,250                                 | 492                                     | 0.0                   | 0.120                               | 0.456             | 1,695                | 1,695,000 |
| 49       | -66                 | -67 ~ -65   | 1.73                                 | 0.14                 | 756                        | 16.7                        | 484                   | 405,263                       | 427,778                                 | 492                                     | 0.0                   | 0.120                               | 0.456             | 1,702                | 1,702,000 |
| 50       | -68                 | -69 ~ -67   | 1.73                                 | 0.14                 | 768                        | 16.5                        | 485                   | 406,939                       | 429,547                                 | 492                                     | 0.0                   | 0.121                               | 0.456             | 1,705                | 1,705,000 |
| 51       | -70                 | -71 ~ -69   | 1.73                                 | 0.14                 | 780                        | 16.3                        | 487                   | 410,302                       | 433,097                                 | 492                                     | 0.0                   | 0.121                               | 0.456             | 1,712                | 1,712,000 |
| 52       | -72                 | -73 ~ -71   | 1.73                                 | 0.14                 | 792                        | 16.1                        | 489                   | 413,679                       | 436,661                                 | 492                                     | 0.0                   | 0.121                               | 0.456             | 1,719                | 1,719,000 |
| 53       | -74                 | -75 ~ -73   | 1.73                                 | 0.14                 | 804                        | 15.9                        | 490                   | 415,373                       | 438,449                                 | 492                                     | 0.0                   | 0.122                               | 0.455             | 1,705                | 1,705,000 |
| 54       | -76                 | -77 ~ -75   | 1.73                                 | 0.14                 | 816                        | 15.7                        | 492                   | 418,771                       | 442,036                                 | 492                                     | 0.0                   | 0.122                               | 0.455             | 1,712                | 1,712,000 |
| 55       | -78                 | -79 ~ -77   | 1.73                                 | 0.14                 | 828                        | 15.5                        | 493                   | 420,475                       | 443,835                                 | 492                                     | 0.0                   | 0.122                               | 0.455             | 1,716                | 1,716,000 |
| 56       | -80                 | -81 ~ -79   | 1.73                                 | 0.14                 | 840                        | 15.3                        | 495                   | 423,893                       | 447,443                                 | 492                                     | 0.0                   | 0.122                               | 0.455             | 1,723                | 1,723,000 |
| 57       | -82                 | -83 ~ -81   | 1.73                                 | 0.14                 | 852                        | 15.1                        | 496                   | 425,608                       | 449,253                                 | 492                                     | 0.0                   | 0.123                               | 0.455             | 1,726                | 1,726,000 |
| 58       | -88                 | -90 ~ -85   | 1.73                                 | 0.14                 | 889                        | 14.5                        | 501                   | 434,232                       | 458,356                                 | 492                                     | 0.0                   | 0.124                               | 0.454             | 1,726                | 1,726,000 |
| 59       | -92                 | -95 ~ -90   | 1.73                                 | 0.14                 | 913                        | 14.1                        | 504                   | 439,448                       | 463,862                                 | 492                                     | 0.0                   | 0.124                               | 0.454             | 1,736                | 1,736,000 |
| 60       | -98                 | -101 ~ -95  | 1.73                                 | 0.14                 | 949                        | 13.5                        | 509                   | 448,210                       | 473,111                                 | 492                                     | 0.0                   | 0.125                               | 0.453             | 1,736                | 1,736,000 |
| 61       | -104                | -108 ~ -101 | 1.73                                 | 0.13                 | 985                        | 12.9                        | 513                   | 455,282                       | 463,485                                 | 486                                     | 0.0                   | 0.126                               | 0.452             | 1,733                | 1,733,000 |
| 62       | -112                | -115 ~ -108 | 1.73                                 | 0.13                 | 1,033                      | 12.1                        | 519                   | 465,995                       | 474,391                                 | 486                                     | 0.0                   | 0.127                               | 0.451             | 1,737                | 1,737,000 |
| 63       | -118                | -122 ~ -115 | 1.73                                 | 0.13                 | 1,070                      | 11.5                        | 524                   | 475,016                       | 483,575                                 | 486                                     | 0.0                   | 0.127                               | 0.451             | 1,754                | 1,754,000 |
| 64       | -126                | -130 ~ -122 | 1.73                                 | 0.13                 | 1,118                      | 10.7                        | 530                   | 485,957                       | 494,713                                 | 486                                     | 0.0                   | 0.128                               | 0.450             | 1,758                | 1,758,000 |



表 3.2-5 地盤改良体の物性値一覧

| 項目     |  | 地盤改良体（セメント改良）   |  |
|--------|--|---|--|
|        |  | 一軸圧縮強度（ $\leq 8.5\text{N/mm}^2$ の場合）  | 一軸圧縮強度（ $> 8.5\text{N/mm}^2$ の場合）  |
| 物理特性   | 密度<br>$\rho_t (\text{g/cm}^3)$         | 改良対象の原地盤の平均密度 $\times 1.1$  |  |
| 静的変形特性 | 静弾性係数<br>( $\text{N/mm}^2$ )           | 581   | 2159   |
|        | 静ポアソン比<br>$\nu_s$                      | 0.260   |  |
| 動的変形特性 | 初期せん断剛性<br>$G_0 (\text{N/mm}^2)$       | $G_0 = \rho_t / 1000 \times V_s^2$<br>$V_s = 147.6 \times q_u^{0.417} (\text{m/s})$<br>$q_u$ : 一軸圧縮強度 ( $\text{kgf/cm}^2$ ) |  |
|        | 動ポアソン比<br>$\nu_d$                      | 0.431   |  |
|        | 動せん断弾性係数のひずみ依存性<br>$G/G_0 \sim \gamma$ | $G/G_0 = \frac{1}{1 + \gamma / 0.000537}$<br>$\gamma$ : せん断ひずみ (—)  | $G/G_0 = \frac{1}{1 + \gamma / 0.001560}$<br>$\gamma$ : せん断ひずみ (—)                   |
|        | 減衰定数<br>$h \sim \gamma$                | $h = 0.152 \frac{\gamma / 0.000537}{1 + \gamma / 0.000537}$<br>$\gamma$ : せん断ひずみ (—)  | $h = 0.178 \frac{\gamma / 0.001560}{1 + \gamma / 0.001560}$<br>$\gamma$ : せん断ひずみ (—) |
| 強度特性   | 粘着力<br>$C (\text{N/mm}^2)$             | $C = q_u / 2$<br>$q_u$ : 一軸圧縮強度 ( $\text{N/mm}^2$ )   |  |

注記：地盤改良体（新設）の一軸圧縮強度：1.5  $\text{N/mm}^2$   
 ：地盤改良体（既設）の一軸圧縮強度：3.0  $\text{N/mm}^2$



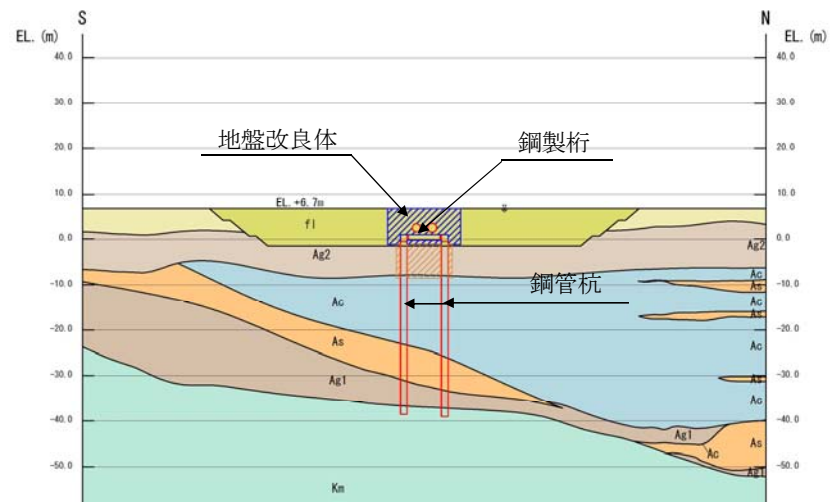
### 3.2.6 評価構造物諸元

許容応力度による照査を行う屋外二重管基礎の評価部位とその諸元を表 3.2-6 に、評価部位を図 3.2-7 に示す。

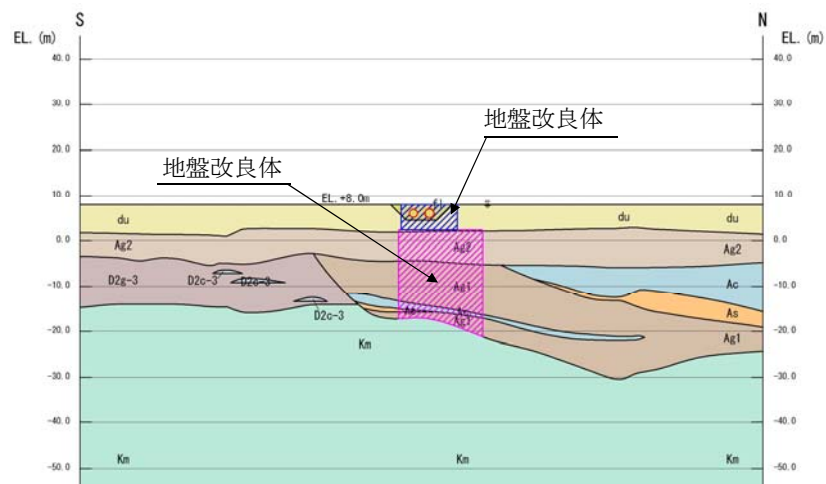
表 3.2-6 評価構造物の諸元

| 名称    | 断面寸法                         | 材料          | 機能要求                               |
|-------|------------------------------|-------------|------------------------------------|
| 鋼製桁   | 幅 800mm×高さ 650mm<br>(t=40mm) | SM570       | ・屋外二重管本体を支持する。                     |
| 鋼管杭   | φ 800<br>(t=40mm)            | SM570       |                                    |
| 地盤改良体 | —                            | セメント<br>改良土 | ・屋外二重管本体を支持する。<br>・屋外二重管の浮上りを防止する。 |





(a) 杭基礎構造部



(b) 地盤改良体基礎構造部

図 3.2-7 評価部位

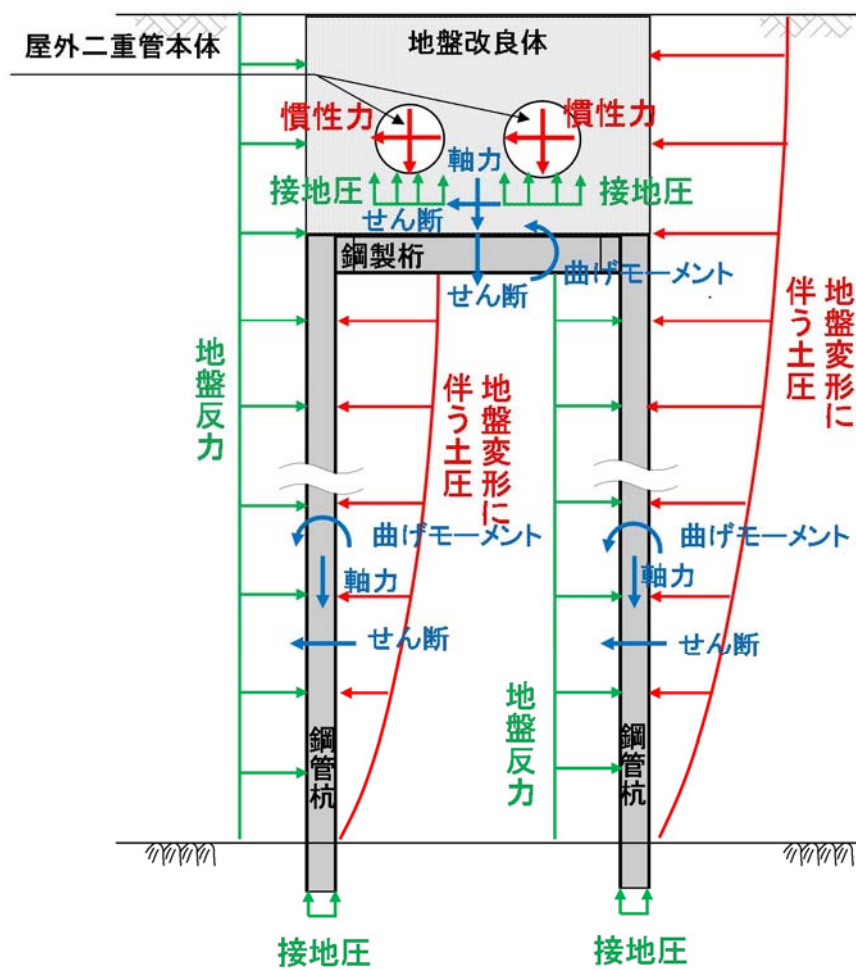


### 3.2.7 荷重伝達

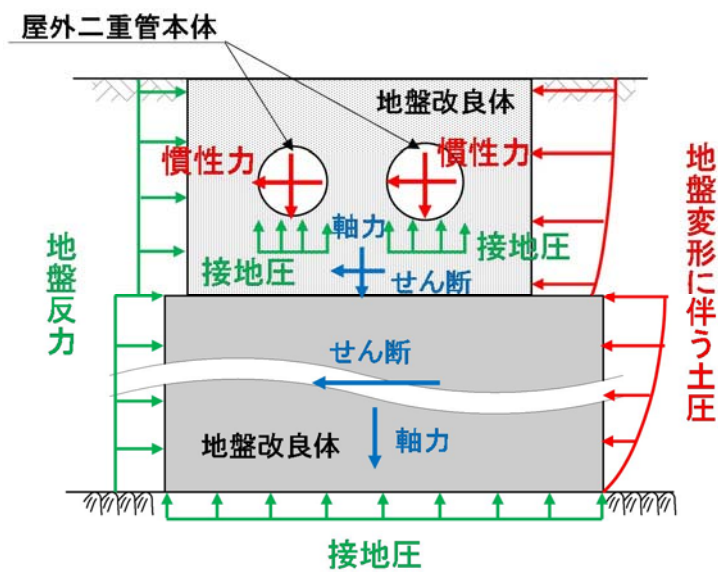
屋外二重管本体に対し、地震に伴う慣性力及び土圧が作用することによって変位が生じ、管体周囲の地盤改良体に接地圧が発生し、杭基礎構造部においては杭基礎に、地盤改良体基礎構造部においては下方の地盤改良体に鉛直荷重が伝達される。

屋外二重管本体を支持する杭基礎及び地盤改良体については、管体周囲の地盤改良体から鉛直荷重が作用するとともに、地盤変形に伴う水平変位が発生し、杭基礎構造部においては鋼製桁及び鋼管杭に曲げモーメント、軸力及びせん断力が、地盤改良体基礎構造部においては地盤改良体に軸力及びせん断力が伝達される。これらに伴う発生応力は、水平方向については周辺地盤に、鉛直方向については下方の岩盤に伝達され、水平方向では地盤反力が、鉛直方向では鋼管杭下端、又は地盤改良体直下の岩盤に接地圧が生じる。地震時における荷重伝達概念図を図 3.2-8 に示す。





(a) 杭基礎構造部



(b) 地盤改良体基礎構造部

図 3.2-8 荷重伝達概念図



### 3.2.8 地下水位

地下水位は地表面として設定する。

### 3.2.9 地震応答解析手法

屋外二重管の地震応答解析は、地盤と構造物の相互作用を考慮できる2次元有限要素法を用いて、基準地震動に基づき設定した水平地震動と鉛直地震動の同時加振による逐次時間積分の時刻歴応答解析にて行う。部材については、線形はり要素を用いることとする。また、地盤については、有効応力の変化に応じた地震時挙動を適切に考慮できるようにモデル化する。地震応答解析については、解析コード「FLIP ver. 7.3.0\_2」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、V-5-10「計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

地震応答解析手法の選定フローを図3.2-9に示す。

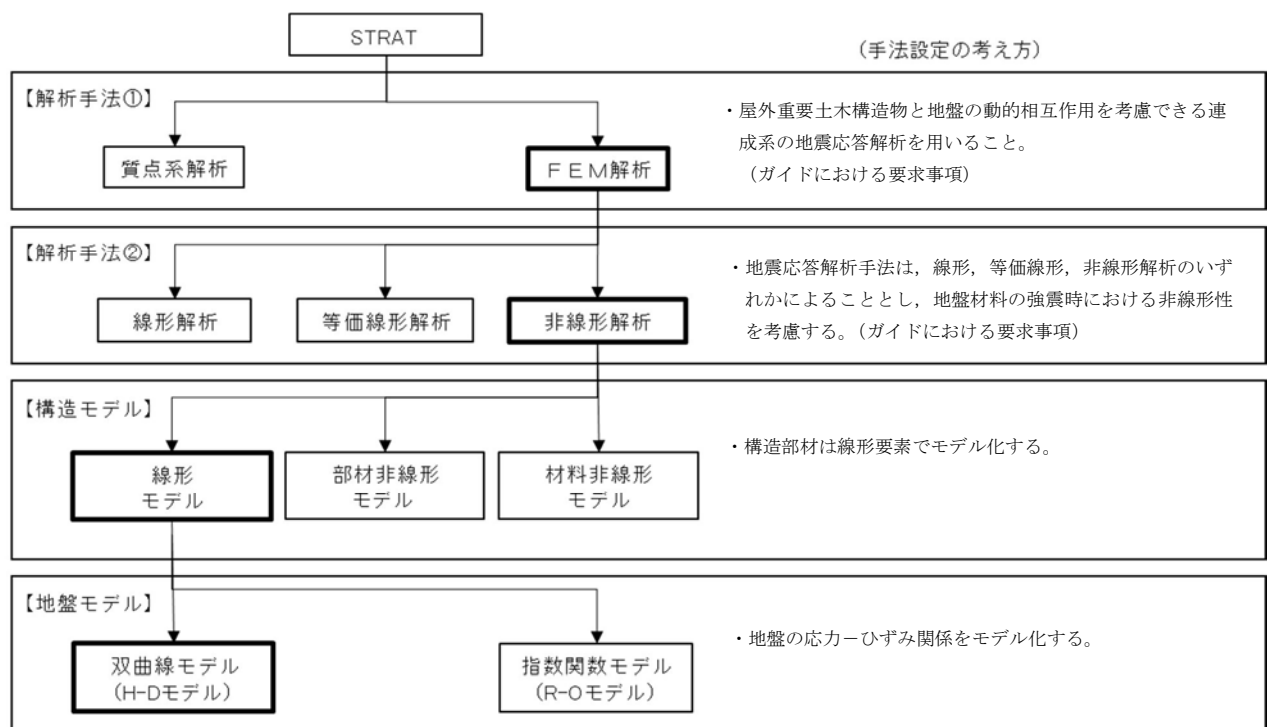


図 3.2-9 地震応答解析手法の選定フロー



地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線の構成則を有効応力解析へ適用する際は、地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線に関するせん断ひずみ及び有効応力の変化に応じた特徴を適切に表現できるモデルを用いる必要がある。

一般に、地盤は荷重を与えることによりせん断ひずみを増加させていくと、地盤のせん断応力は上限値に達し、それ以上はせん断応力が増加しなくなる特徴がある。また、地盤のせん断応力の上限値は有効応力に応じて変化する特徴がある。

よって、耐震評価における有効応力解析では、地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線の構成則として、地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線に関するせん断ひずみ及び有効応力の変化に応じたこれら2つの特徴を表現できる双曲線モデル（H-Dモデル）を選定する。



### 3.2.10 解析モデルの設定

#### (1) 解析モデル領域

地震応答解析モデルは、境界条件の影響が地盤及び構造物の応力状態に影響を及ぼさないよう、十分広い領域とする。具体的には、J E A G 4 6 0 1 - 1987 を参考に、図 3.2-10 に示すとおりモデル幅を構造物基礎幅の 5 倍以上、モデル高さを構造物幅の 2 倍以上確保する。

地盤の要素分割については、地盤の波動をなめらかに表現するために、最大周波数 20 Hz 及びせん断波速度  $V_s$  で算定される波長の 5 または 4 分割，すなわち  $V_s/100$  又は  $V_s/80$  を考慮し、要素高さを 1 m 程度まで細分割して設定する。

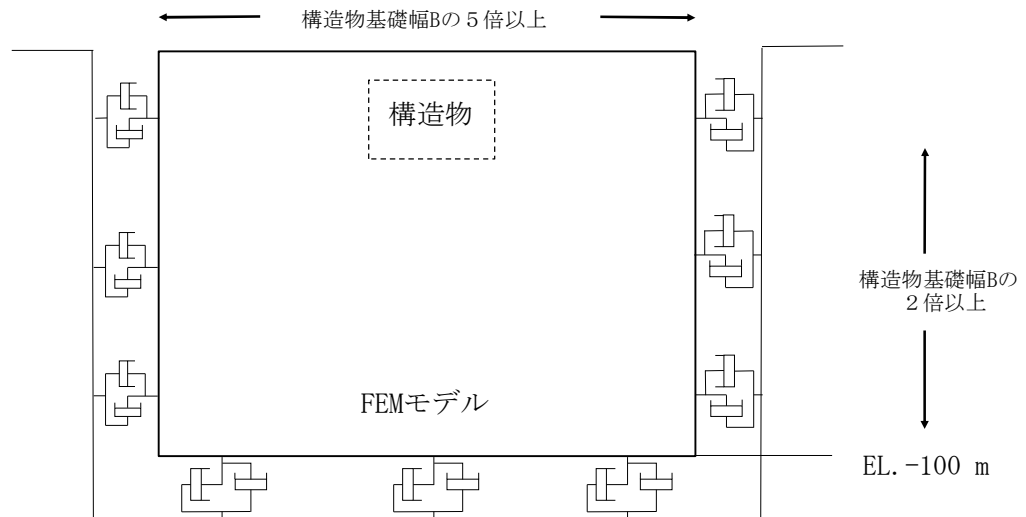


図 3.2-10 モデル範囲の考え方



2次元有効応力解析モデルは、検討対象構造物とその周辺地盤をモデル化した不整形地盤に加え、この不整形地盤の左右に広がる地盤をモデル化した自由地盤で構成される。この自由地盤は、不整形地盤の左右端と同じ地層構成を有する1次元地盤モデル（不整形地盤左右端のそれぞれ縦1列の要素列と同じ地層構成で、水平方向に連続することを表現するために循環境界条件を設定したモデル）である。2次元有効応力解析における自由地盤の初期応力解析から不整形地盤の地震応答解析までのフローを図3.2-11に示す。また、屋外二重管周辺の地質断面図を図3.2-12に示す。

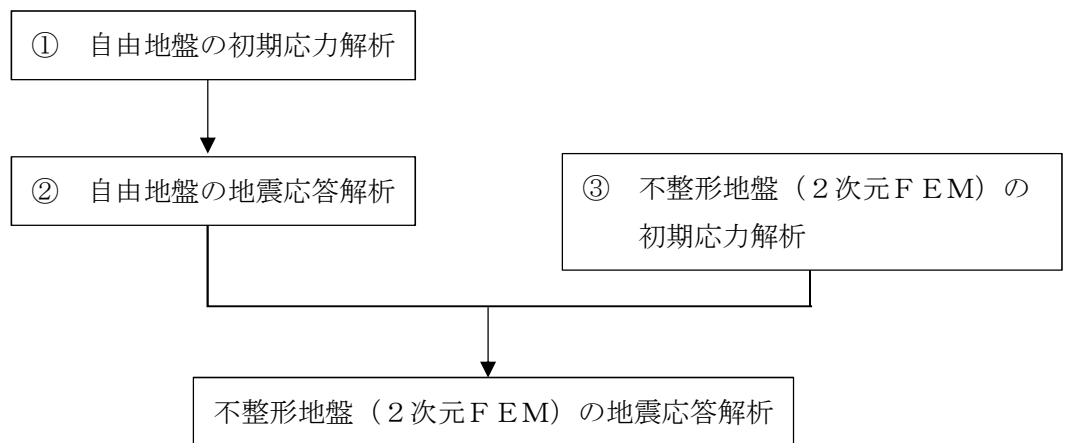


図 3.2-11 自由地盤の初期応力解析から不整形地盤（2次元FEM）の地震応答解析までのフロー



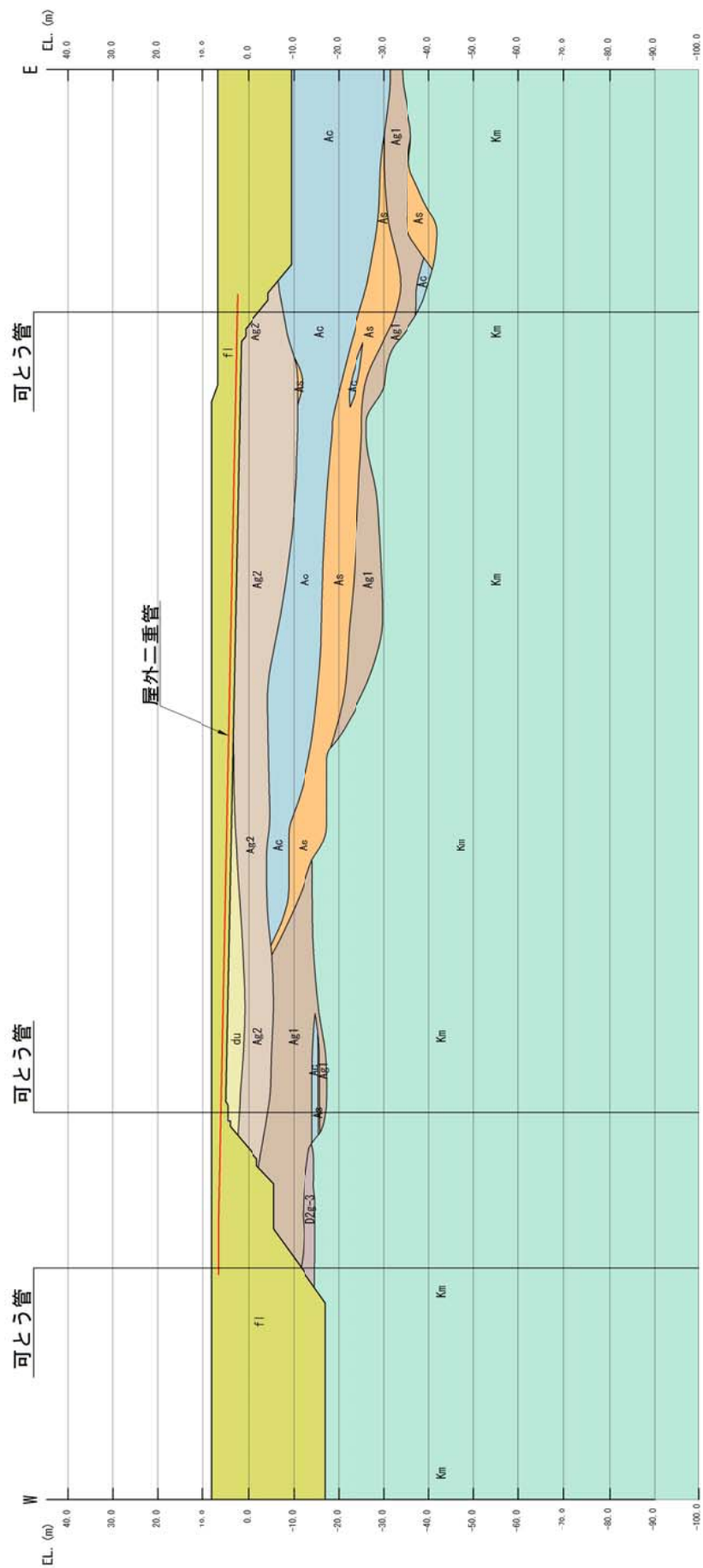


図 3.2-12 (1) 地質断面図 (A-A 断面)



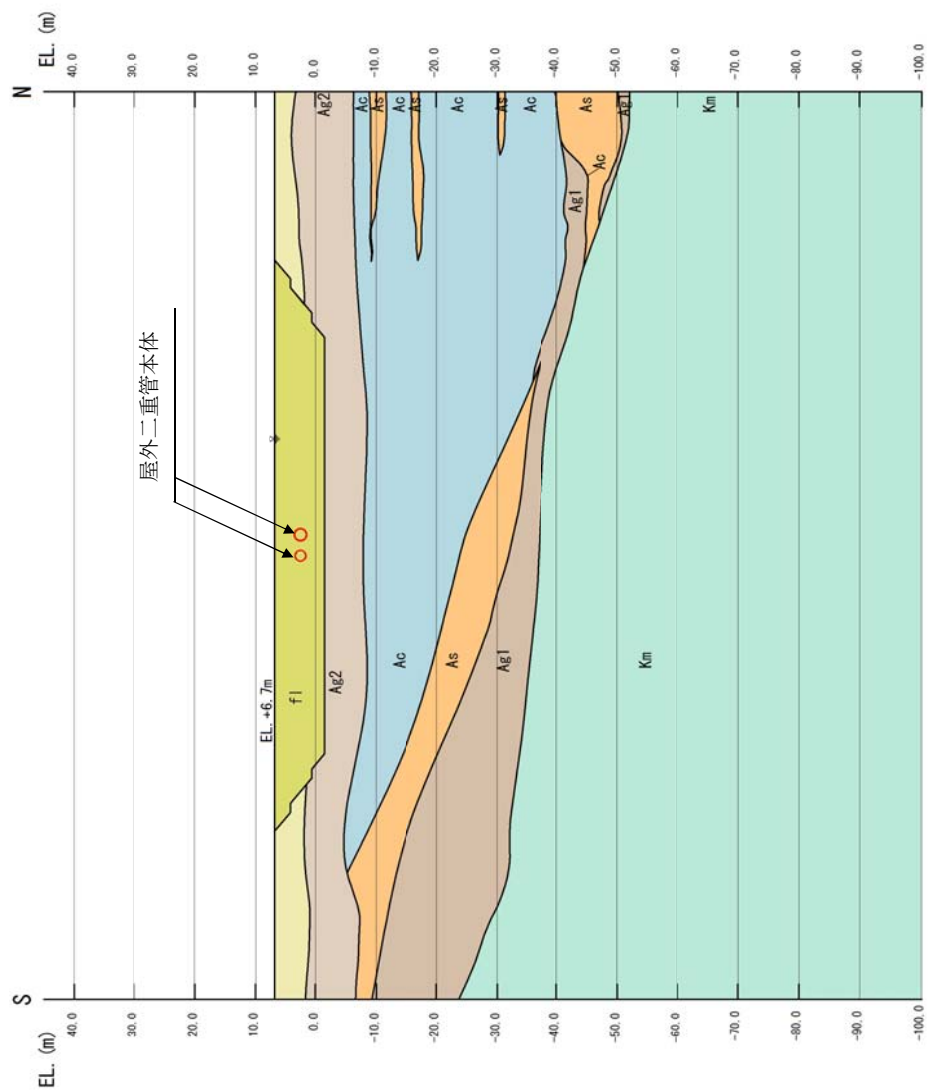


图 3.2-12 (2) 地质断面图 (B-B 断面)







## (2) 境界条件

### a. 固有値解析時

固有値解析を実施する際の境界条件は、境界が構造物を含めた周辺地盤の振動特性に影響を与えないよう設定する。ここで、底面境界は地盤のせん断方向の卓越変形モードを把握するために固定とし、側面は実地盤が側方に連続していることを模擬するため水平ローラーとする。境界条件の概念図を図 3.2-13 に示す。

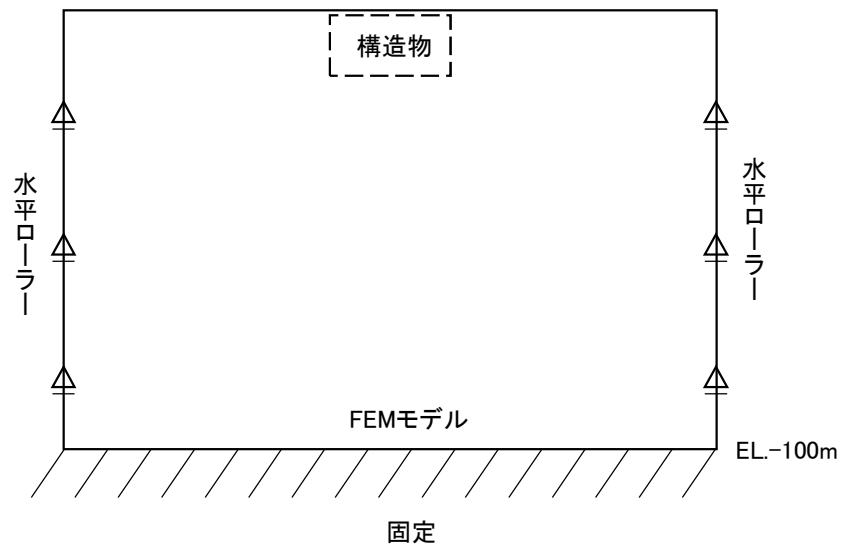


図 3.2-13 固有値解析における境界条件の概念図

### b. 初期応力解析時

初期応力解析は、地盤や構造物の自重及び風荷重等の静的な荷重を載荷することによる常時の初期応力を算定するために行う。そこで、初期応力解析時の境界条件は底面固定とし、側方は自重による地盤の鉛直方向の変形を拘束しないよう鉛直ローラーとする。境界条件の概念図を図 3.2-14 に示す。

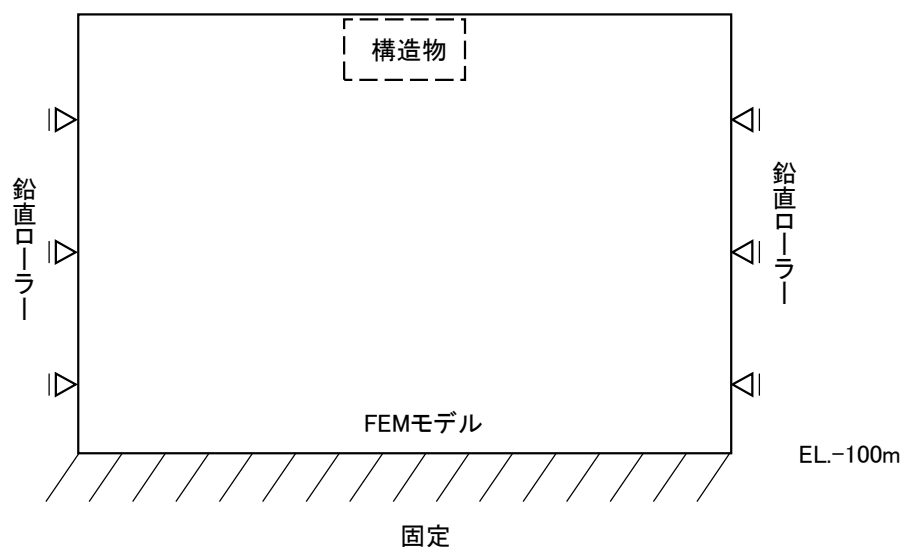


図 3.2-14 常時解析における境界条件の概念図



c. 地震応答解析時

地震応答解析時の境界条件については，有限要素解析における半無限地盤を模擬するため，粘性境界を設ける。底面の粘性境界については，地震動の下降波がモデル底面境界から半無限地盤へ通過していく状態を模擬するため，ダッシュポットを設定する。側方の粘性境界については，自由地盤の地盤振動と不成形地盤側方の地盤振動の差分が側方を通過していく状態を模擬するため，自由地盤の側方にダッシュポットを設定する。

地震応答解析モデルを図 3.2-15 に示す。



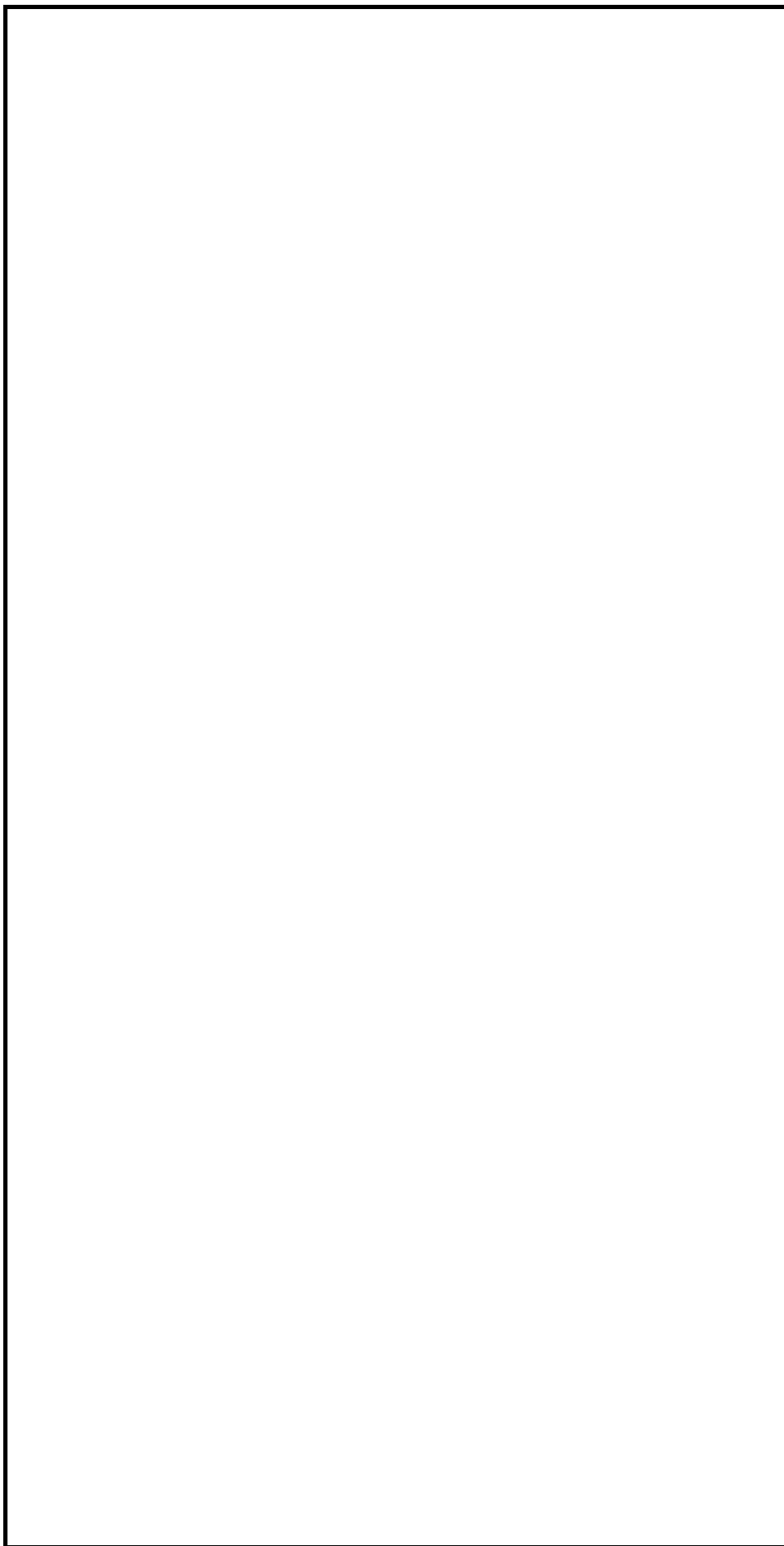


図 3.2-15 (1) 屋外二重管基礎の地震応答解析モデル (A-A断面)



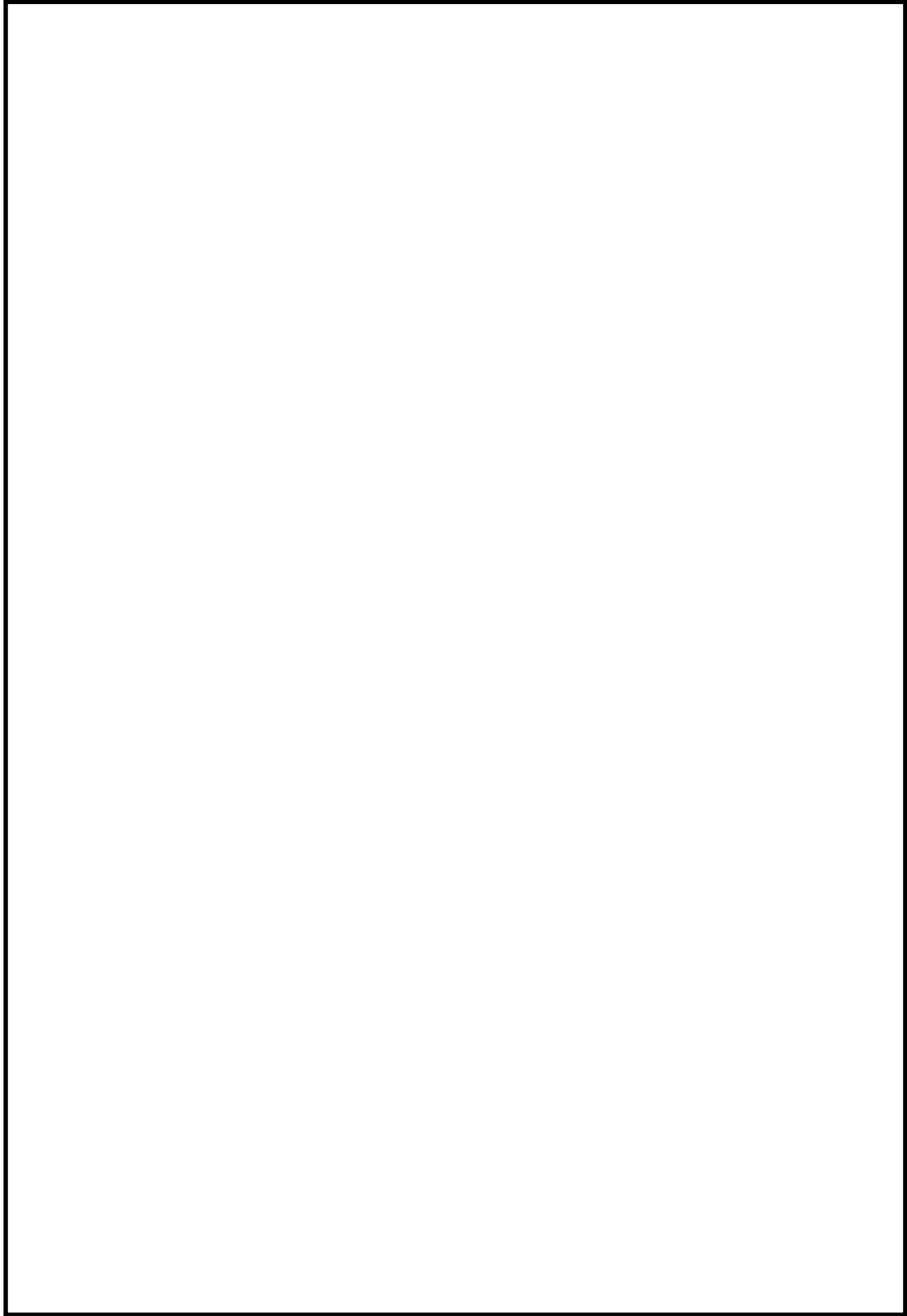


図 3.2-15 (2) 屋外二重管基礎の地震応答解析モデル (B-B断面)



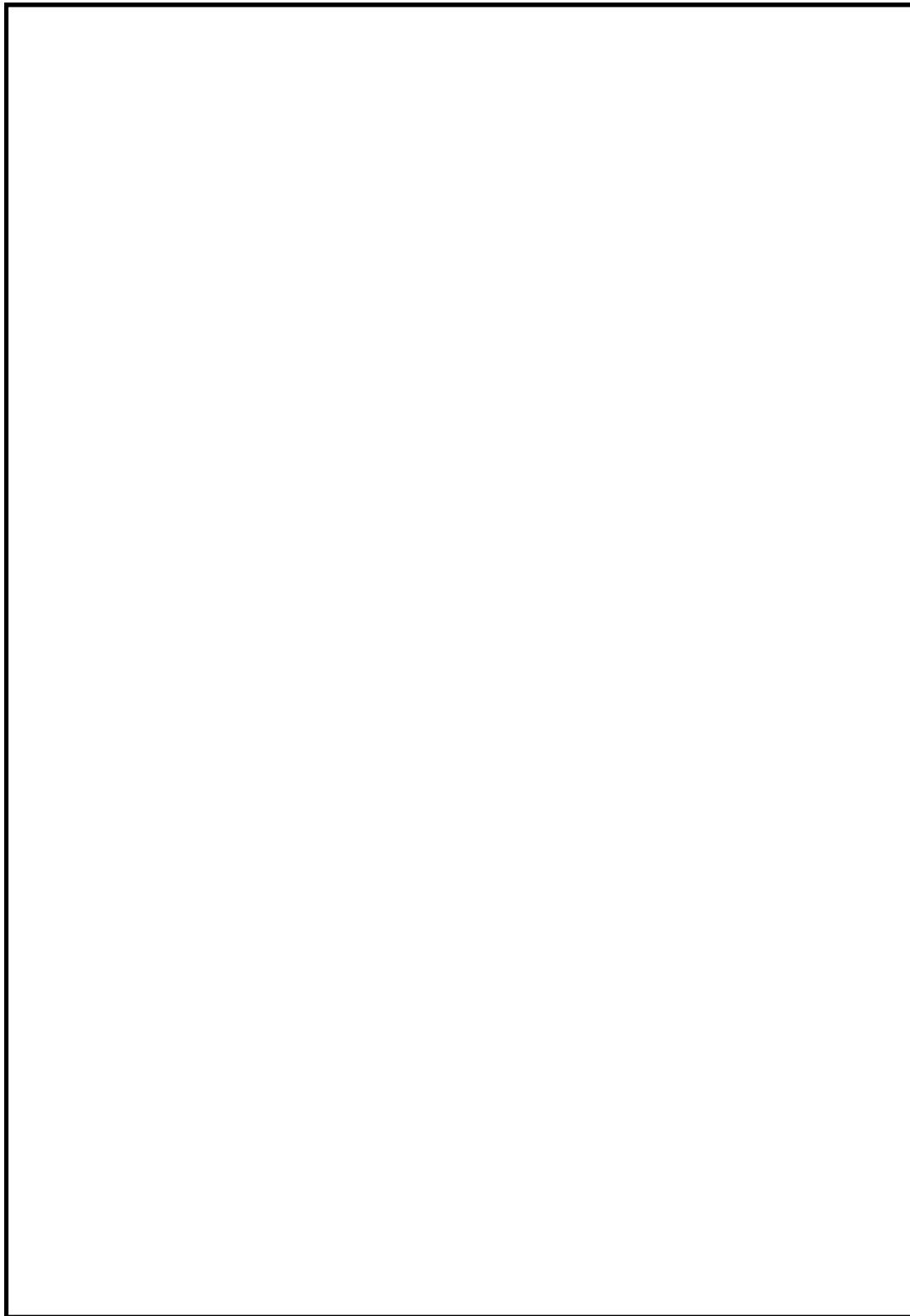


図 3.2-15 (3) 屋外二重管基礎の地震応答解析モデル (C-C断面：杭基礎構造部)



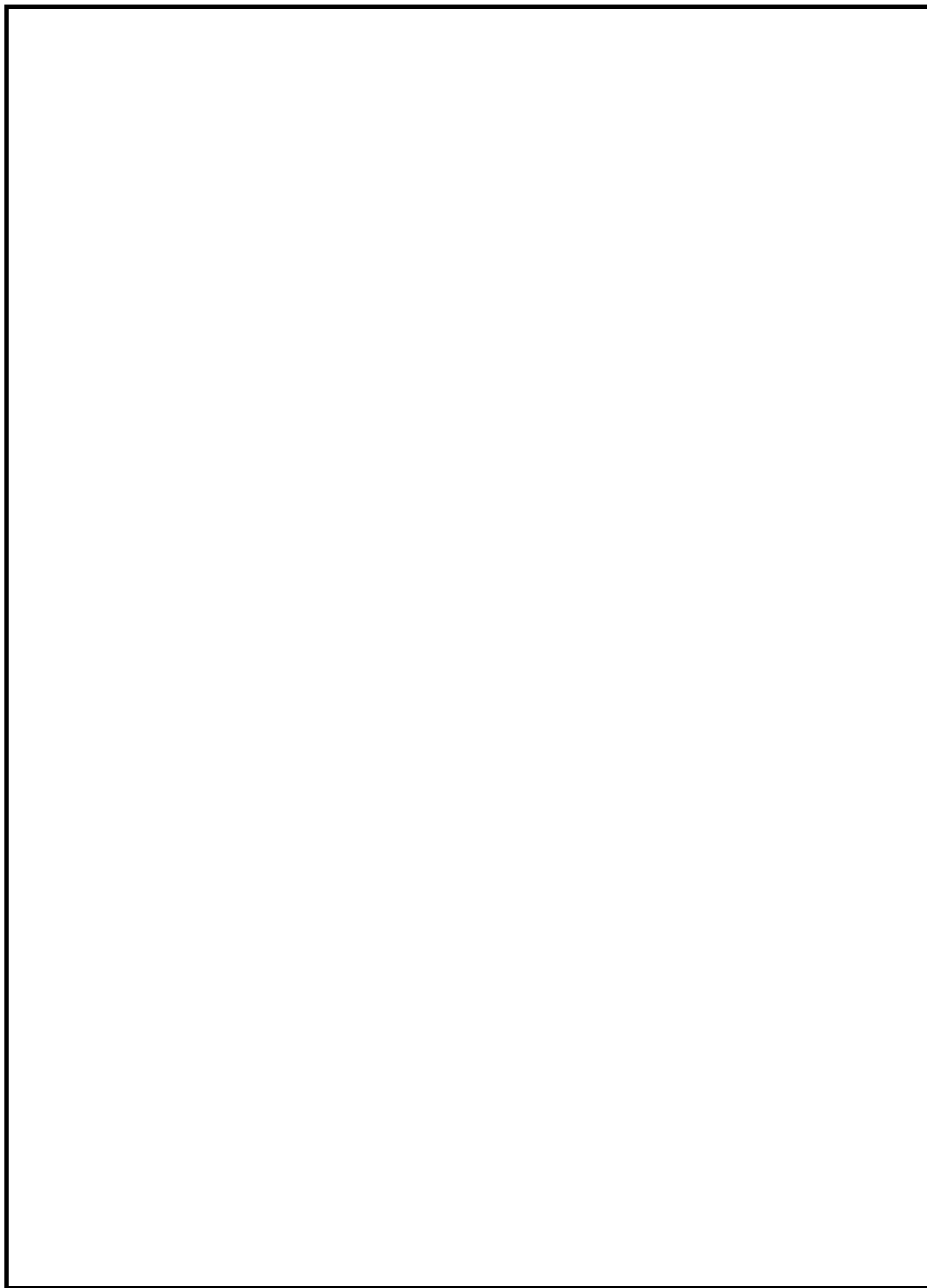


図 3.2-15 (4) 屋外二重管基礎の地震応答解析モデル (C-C断面：地盤改良体基礎構造部)



### (3) 構造物のモデル化

屋外二重管基礎の鋼製桁及び鋼管杭は、部材軸線における線形はり要素としてモデル化する。地盤と鋼製桁及び地盤と改良体の接合面にはジョイント要素を配置し、地盤と鋼管杭の間には杭－地盤相互作用ばねを設ける。また、屋外二重管本体は、地震時に発生する応力を評価するため、屋外二重管横断方向の評価対象断面では管体を線形はり要素でモデル化する。

構造物のモデル化における要素分割は、「道路橋示方書（Ⅴ耐震設計編）・同解説（平成24年3月）」に基づき、断面剛性の変化点や、その中間点の重心位置に節点を設け、ジョイント要素、又は杭－地盤相互作用ばねを配置している地盤と同様の分割とする。なお、地盤の要素分割では、地盤変位の変化点となる地層境界に節点を設けている。

モデル化の概要図を図3.2-16に示す。

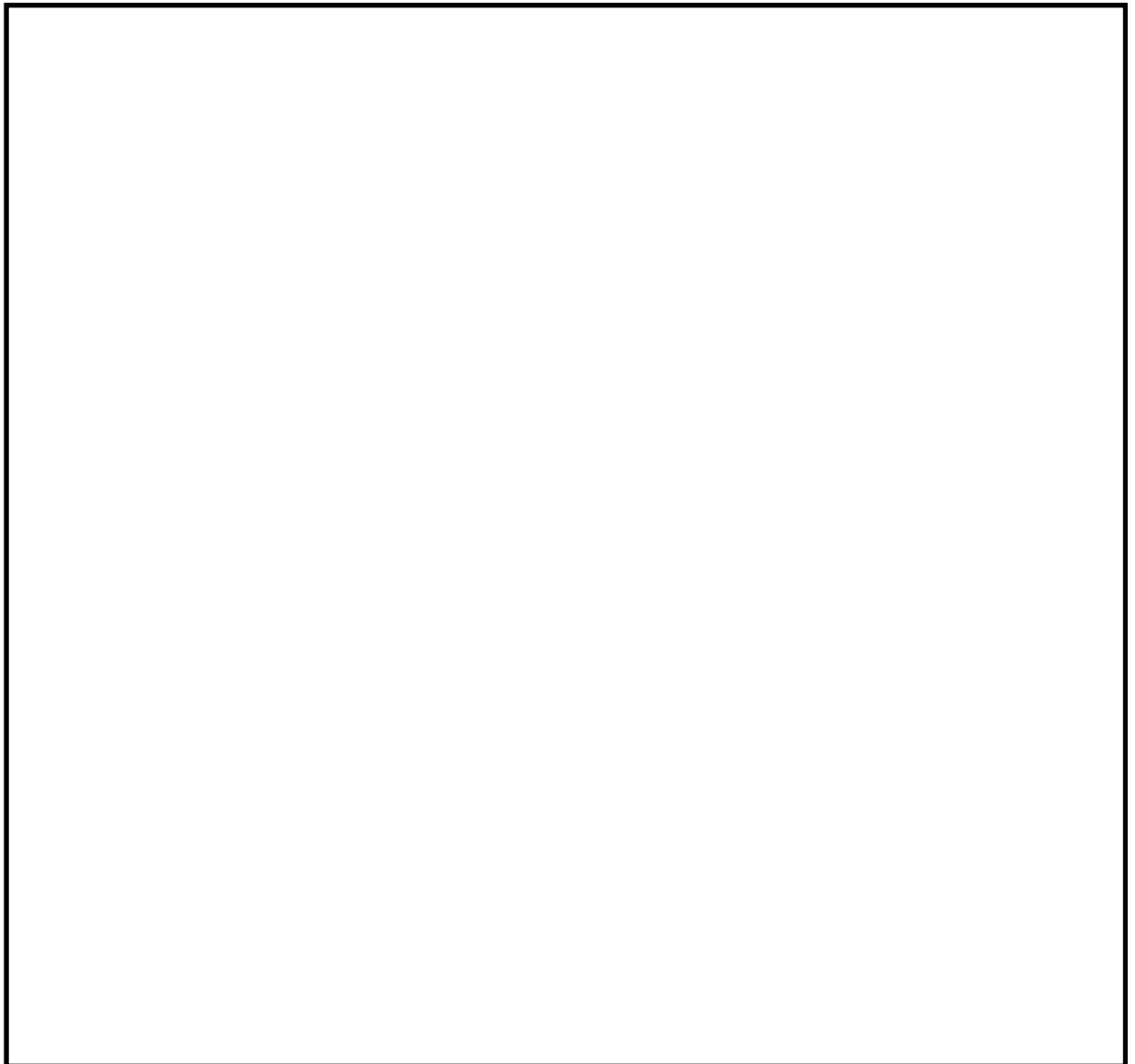


図 3.2-16 屋外二重管基礎のモデル概要図



(4) ジョイント要素の設定

地盤と構造体の接合面にジョイント要素を設けることにより，強震時の地盤と構造体の接合面における剥離及びすべりを考慮する。

ジョイント要素は，地盤と構造体の接合面で法線方向及びせん断方向に対して設定する。法線方向については，常時状態以上の引張荷重が生じた場合，剛性及び応力をゼロとし，剥離を考慮する。せん断方向については，地盤と構造体の接合面におけるせん断抵抗力以上のせん断荷重が生じた場合，せん断剛性をゼロとし，すべりを考慮する。

なお，せん断強度  $\tau_f$  は次式の Mohr-Coulomb 式により規定される。 $c$ ， $\phi$  は周辺地盤の  $c$ ， $\phi$  とする。(表 3.2-7 参照)

$$\tau_f = c + \sigma' \tan \phi$$

ここで，

$\tau_f$  : せん断強度

$c$  : 粘着力

$\phi$  : 内部摩擦角

表 3.2-7 周辺地盤及び隣接構造物との境界に用いる強度特性

| 周辺の状況 |         | 粘着力 $c$ (N/mm <sup>2</sup> )  | 内部摩擦角 $\phi$ (度)               | 備考 |
|-------|---------|-------------------------------|--------------------------------|----|
| 第四紀層  | f1 層    | 0                             | 37.3                           | —  |
|       | du 層    | 0                             | 37.3                           | —  |
|       | Ac 層    | 0.025                         | 29.1                           | —  |
|       | As 層    | 0                             | 41.0                           | —  |
|       | Ag1 層   | 0                             | 37.4                           | —  |
|       | Ag2 層   | 0                             | 37.4                           | —  |
|       | D2g-3 層 | 0                             | 44.4                           | —  |
|       | D2c-3 層 | 0.026                         | 35.6                           | —  |
| 新第三系  | Km 層    | $c = 0.358 - 0.00603 \cdot z$ | $\phi = 23.2 + 0.0990 \cdot z$ | —  |
| 地盤改良体 |         | $1/2 q_u$                     | 0                              | —  |

$z$  : 標高 (m)

$q_u$  : 一軸圧縮強さ (N/mm<sup>2</sup>)



ジョイント要素のばね定数は、数値計算上不安定な挙動を起こさない程度に十分大きな値として、港湾構造物設計事例集（沿岸技術研究センター）に従い、表 3.2-8 のとおり設定する。ジョイント要素の設定位置を図 3.2-17 に、ジョイント要素設定の考え方を図 3.2-18 に示す。

表 3.2-8 周辺地盤及び隣接構造物との境界に用いる強度特性

|        | せん断剛性 $k_s$<br>( $\text{kN/m}^3$ ) | 圧縮剛性 $k_n$<br>( $\text{kN/m}^3$ ) |
|--------|------------------------------------|-----------------------------------|
| 側方及び底面 | $1.0 \times 10^6$                  | $1.0 \times 10^6$                 |

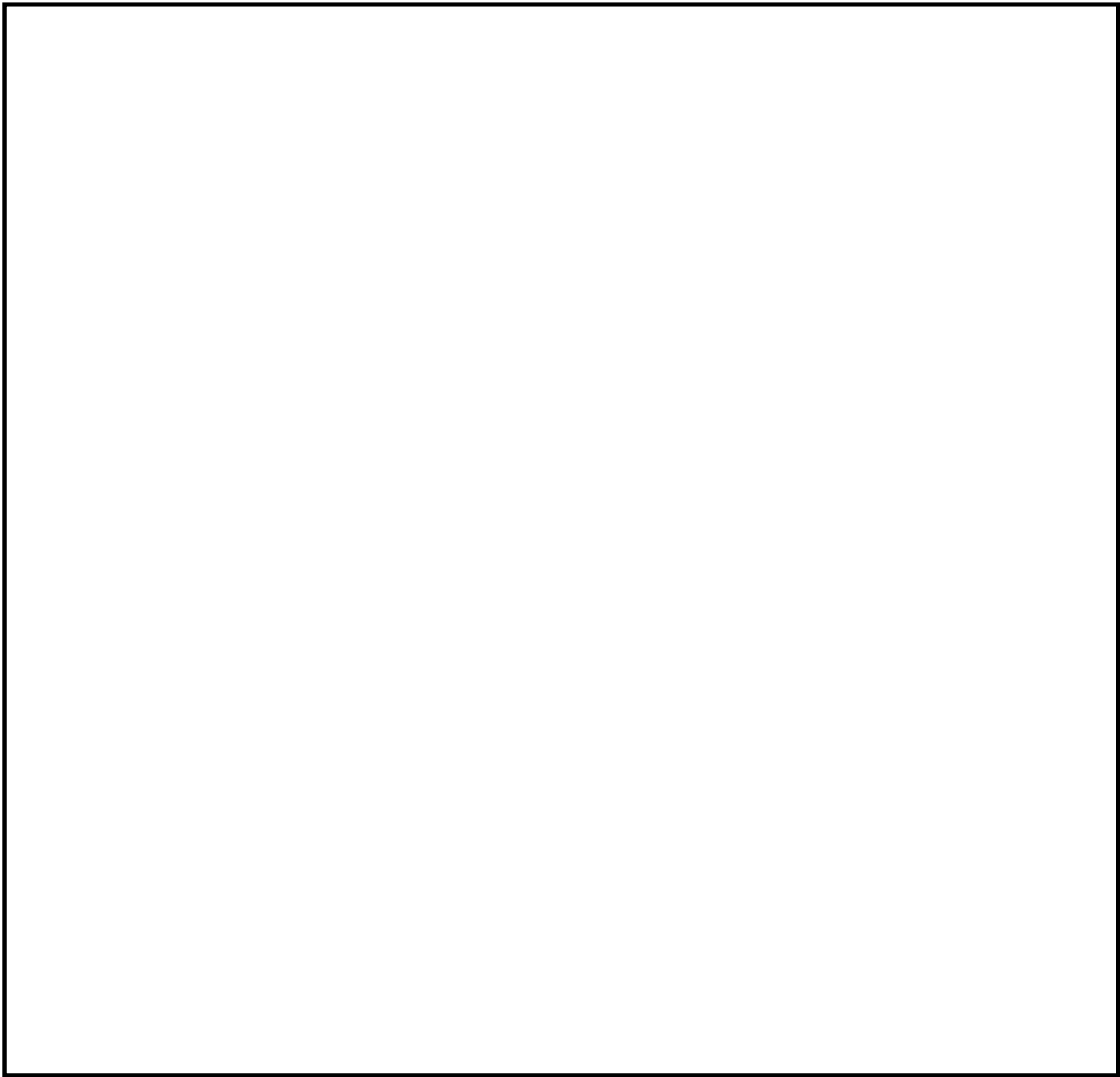


図 3.2-17 ジョイント要素の設定位置



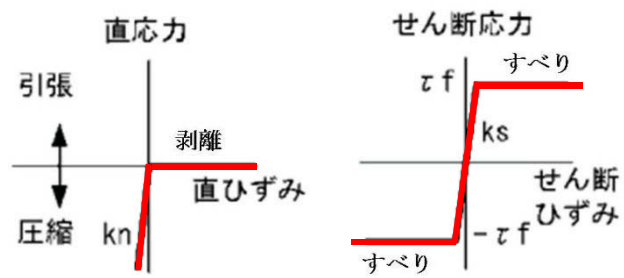


図 3.2-18 ジョイント要素設定の考え方



(5) 杭－地盤相互作用ばねの設定

地盤と杭の接合面に杭－地盤相互作用ばねを設けることにより，地盤と杭の接合面における，強震時の相互作用の 3 次元効果を 2 次元モデルで適切に考慮する。

杭－地盤相互作用ばねの杭軸方向については，地盤と杭の接合面におけるせん断抵抗力以上のせん断荷重が発生した場合，せん断剛性をゼロとし，すべりを考慮する。なお，せん断強度  $\tau_f$  は次式の Mohr－Coulomb 式により規定される。 $c$ ， $\phi$  は周辺地盤の  $c$ ， $\phi$  とする。(表 3.2－9 参照)

$$\tau_f = c + \sigma' \tan \phi$$

ここで，

$\tau_f$  : せん断強度

$c$  : 粘着力

$\phi$  : 内部摩擦角

表 3.2－9 周辺地盤及び杭との境界に用いる強度特性

| 周辺の状況 |         | 粘着力 $c$ (N/mm <sup>2</sup> )  | 内部摩擦角 $\phi$ (度)               | 備考 |
|-------|---------|-------------------------------|--------------------------------|----|
| 第四紀層  | Ac 層    | 0.025                         | 29.1                           | —  |
|       | As 層    | 0                             | 41.0                           | —  |
|       | Ag1 層   | 0                             | 37.4                           | —  |
|       | Ag2 層   | 0                             | 37.4                           | —  |
|       | D2g-3 層 | 0                             | 44.4                           | —  |
|       | D2c-3 層 | 0.026                         | 35.6                           | —  |
| 新第三系  | Km 層    | $c = 0.358 - 0.00603 \cdot z$ | $\phi = 23.2 + 0.0990 \cdot z$ | —  |
| 地盤改良体 |         | $1/2 q_u$                     | 0                              | —  |

$z$  : 標高 (m)

$q_u$  : 一軸圧縮強さ (N/mm<sup>2</sup>)

杭－地盤相互作用ばねの杭軸方向のばね定数は，数値解析上不安定な挙動を起こさない程度に十分大きな値として表 3.2－10 のとおり設定する。

また，杭－地盤相互作用ばねの杭軸直角方向のばね定数については，杭径及び杭間隔より設定される\*。

図 3.2－19 に杭－地盤相互作用ばね設定の考え方を示す。

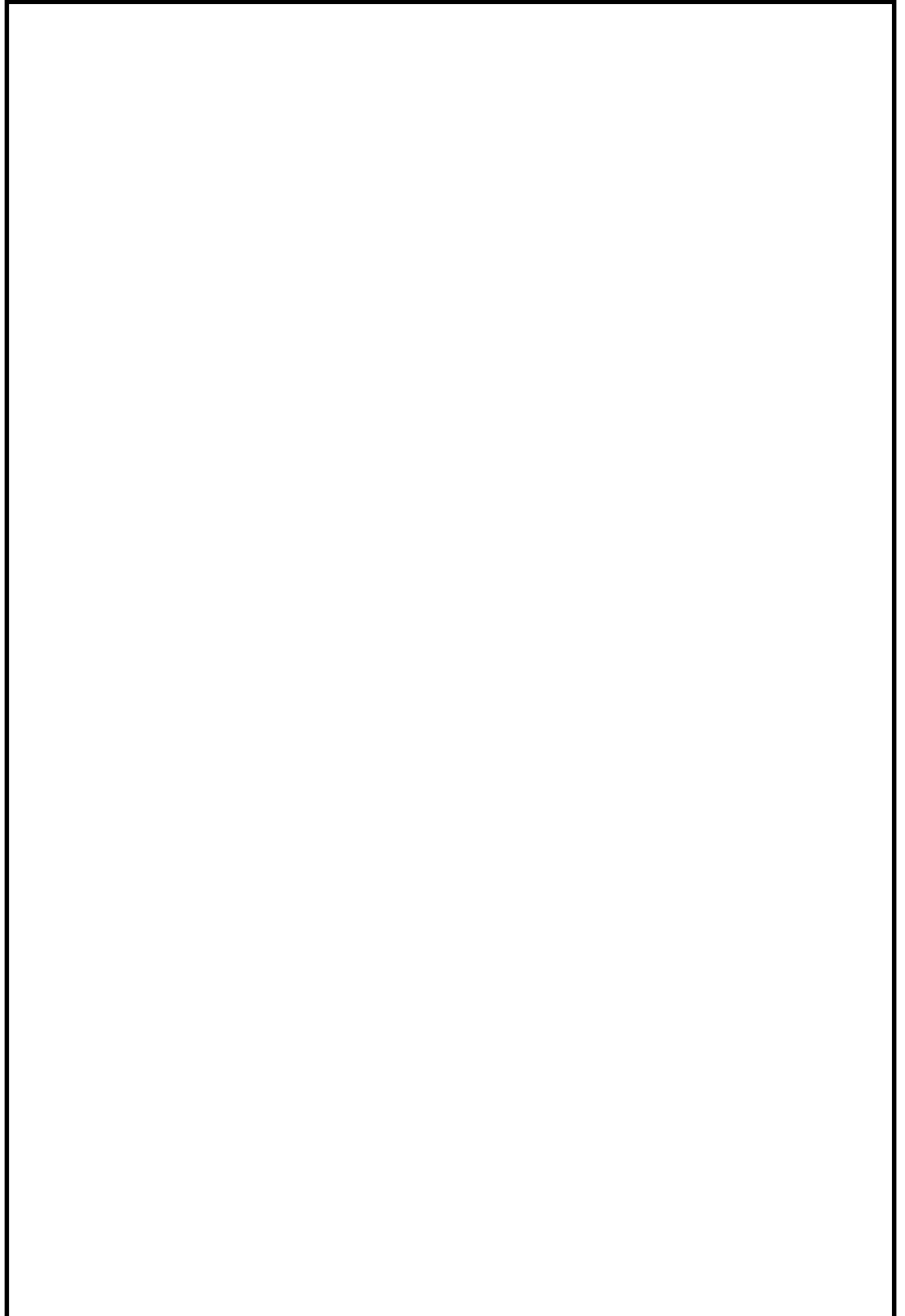
注記 \* : FLIP 研究会 14 年間の検討成果のまとめ「理論編」



表 3.2-10 杭-地盤相互作用ばねのばね定数

|      | せん断剛性 $k_s$<br>( $\text{kN/m}^3$ ) |
|------|------------------------------------|
| 杭軸方向 | $1.0 \times 10^6$                  |

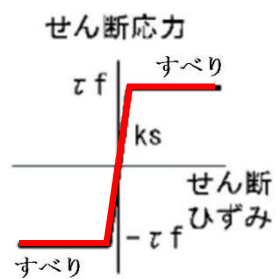




(a) 杭－地盤相互作用ばね配置図

図 3.2－19 (1) 杭－地盤相互作用ばね設定の考え方





(b) 杭－地盤相互作用ばね（杭軸方向）の力学的特性

図 3.2－19 (2) 杭－地盤相互作用ばね設定の考え方



(6) 杭下端ジョイントばねの設定

杭下端境界部に圧縮応力の上限値を有さないジョイントばねを設けることにより，杭下端における地盤と杭の相互作用を適切に考慮する。

杭下端の杭軸方向について設定するジョイントばねは，常時状態以上の引張荷重が生じた場合，剛性及び応力をゼロとし，剥離を考慮する。

杭下端ジョイントばねのばね定数は，数値解析上不安定な挙動を起こさない程度に十分大きい値として，表 3.2-11 のとおり設定する。杭下端ジョイントばね設定の考え方を図 3.2-20 に示す。

表 3.2-11 杭下端ジョイントばねのばね定数

|      | 圧縮剛性 $k_v$<br>(kN/m) |
|------|----------------------|
| 杭軸方向 | $1.0 \times 10^6$    |

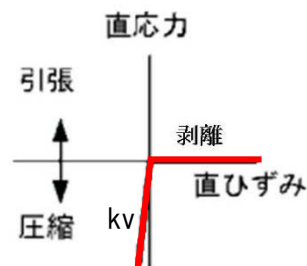


図 3.2-20 杭下端ジョイントばね設定の考え方



### 3.2.11 減衰特性

動的解析における地盤及び構造物の減衰については、固有値解析にて求まる固有周期及び減衰比に基づき、質量マトリックス及び剛性マトリックスの線形結合で表される以下のRayleigh 減衰にて与える。なお、Rayleigh 減衰は、 $\alpha = 0$  となる剛性比例型減衰とする。

有効応力解析では、時系列で地盤の1次固有振動数が低振動数側へシフトしていくことから、Rayleigh 減衰の係数 $\alpha$ 、 $\beta$ の両方を用いると、質量比例項の減衰 $\alpha [M]$ の影響により、有効応力解析における減衰定数が低振動数帯で過減衰となる場合がある。

一方、有効応力解析における低振動数帯で減衰 $\alpha [M]$ の影響がない剛性比例型減衰では、地盤の1次固有振動数が時系列で低振動数側へシフトしていくのに伴い、1次固有振動モードに対する減衰定数が初期減衰定数より保守的に小さい側へ変化していくことを考慮できる。

ゆえに、有効応力解析では、地震力による時系列での地盤剛性の軟化に伴う1次固有振動数の低振動数側へのシフトに応じて、1次固有振動モードに対する減衰定数として、初期減衰定数よりも保守的に小さい側のモード減衰定数を適用し、地盤応答の適切な評価が行えるように、低振動数帯で減衰 $\alpha [M]$ の影響がない剛性比例型減衰を採用した。

$$[C] = \alpha [M] + \beta [K]$$

ここで、

$[C]$  : 減衰係数マトリックス

$[M]$  : 質量マトリックス

$[K]$  : 剛性マトリックス

$\alpha$ 、 $\beta$  : 係数

係数 $\alpha$ 、 $\beta$ は、以下のように求めている。

$$\alpha = 0$$

$$\beta = \frac{h}{\pi f}$$

ここで、

$f$  : 固有値解析により求められた1次固有振動数

$h$  : 各材料の減衰定数

地盤の減衰定数は1 %（解析における減衰は、ひずみが大きい領域では履歴減衰が支配的となる。このため、解析上の安定のためになるべく小さい値として1 %を採用している。）とする。また、線形材料としてモデル化する鋼材の減衰定数は3 %（道路橋示方書（V耐震設計編）・同解説（平成24年3月））とする。

Rayleigh 減衰の設定フローを図3.2-21に、固有値解析結果を表3.2-12～表3.2-15に示す。



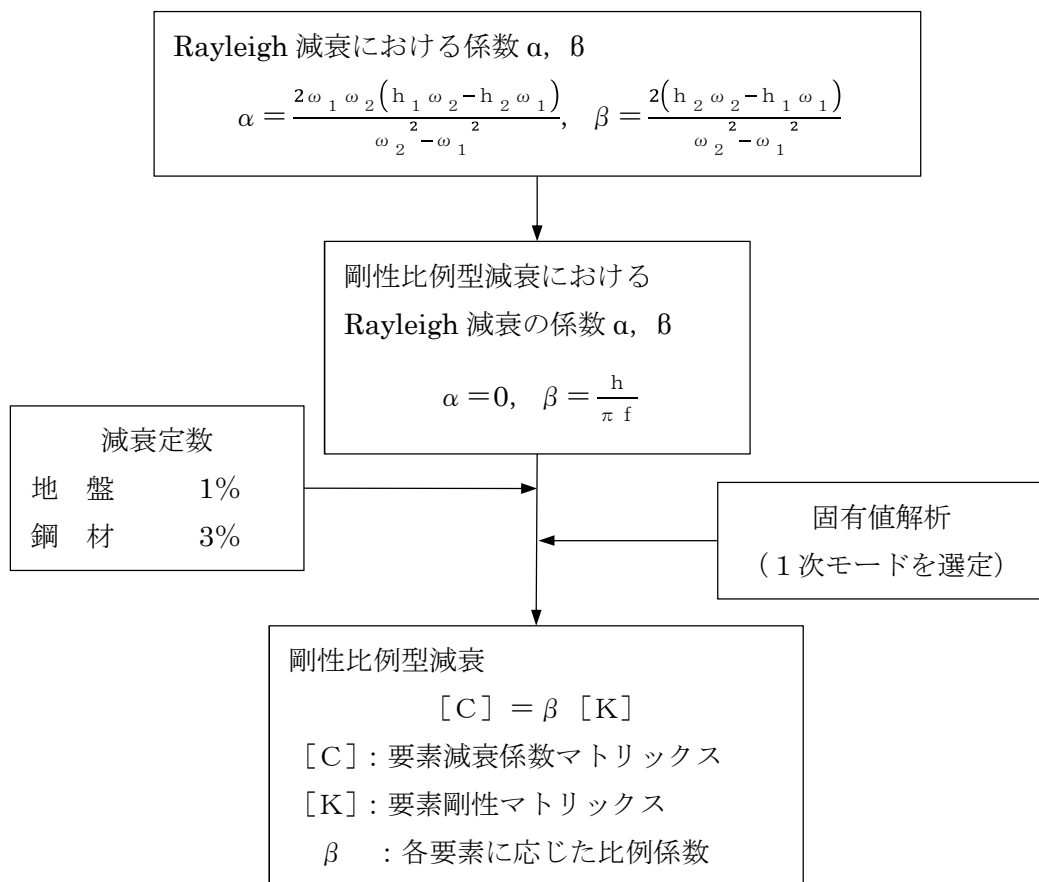


図 3.2-21 Rayleigh 減衰の設定フロー



表 3.2-12 (1) 固有値解析結果  
 (検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)  
 (a) B-B断面

| モード次数 | 固有振動数 (Hz) | 刺激係数   | 備考      |
|-------|------------|--------|---------|
| 1     | 0.768      | 148.39 | 1次として採用 |
| 2     | 1.271      | 51.43  | —       |
| 3     | 1.680      | 47.16  | —       |
| 4     | 1.785      | 22.00  | —       |
| 5     | 1.895      | 62.88  | —       |
| 6     | 1.976      | 11.30  | —       |
| 7     | 2.212      | 9.68   | —       |
| 8     | 2.548      | -4.58  | —       |
| 9     | 2.765      | 16.93  | —       |



表 3.2-12 (2) 固有値解析結果  
 (検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)  
 (b) C-C断面 (杭基礎構造部)

| モード次数 | 固有振動数 (Hz) | 刺激係数   | 備考      |
|-------|------------|--------|---------|
| 1     | 0.903      | 211.47 | 1次として採用 |
| 2     | 1.595      | 32.07  | —       |
| 3     | 1.783      | −27.99 | —       |
| 4     | 2.267      | −34.14 | —       |
| 5     | 2.301      | −1.85  | —       |
| 6     | 2.444      | 54.38  | —       |
| 7     | 2.791      | −3.46  | —       |
| 8     | 3.148      | 2.26   | —       |
| 9     | 3.237      | −25.53 | —       |

(c) C-C断面 (地盤改良体基礎構造部)

| モード次数 | 固有振動数 (Hz) | 刺激係数   | 備考      |
|-------|------------|--------|---------|
| 1     | 0.872      | 148.96 | 1次として採用 |
| 2     | 1.535      | 26.16  | —       |
| 3     | 1.717      | −18.67 | —       |
| 4     | 2.095      | −19.24 | —       |
| 5     | 2.196      | 4.68   | —       |
| 6     | 2.386      | −38.40 | —       |
| 7     | 2.627      | 8.02   | —       |
| 8     | 2.954      | −2.05  | —       |
| 9     | 3.064      | −20.31 | —       |



表 3.2-13 (1) 固有値解析結果  
 (検討ケース②：地盤物性のばらつきを考慮 (+1 $\sigma$ ) した解析ケース)  
 (a) B-B断面

| モード次数 | 固有振動数 (Hz) | 刺激係数   | 備考      |
|-------|------------|--------|---------|
| 1     | 0.802      | 153.26 | 1次として採用 |
| 2     | 1.346      | 46.16  | —       |
| 3     | 1.797      | 47.00  | —       |
| 4     | 1.830      | 16.66  | —       |
| 5     | 1.987      | 60.02  | —       |
| 6     | 2.130      | -2.93  | —       |
| 7     | 2.313      | -8.53  | —       |
| 8     | 2.677      | 1.40   | —       |
| 9     | 2.929      | -14.71 | —       |



表 3.2-13 (2) 固有値解析結果  
 (検討ケース②：地盤物性のばらつきを考慮 (+1 $\sigma$ ) した解析ケース)  
 (b) C-C断面 (杭基礎構造部)

| モード次数 | 固有振動数 (Hz) | 刺激係数   | 備考      |
|-------|------------|--------|---------|
| 1     | 0.909      | 212.59 | 1次として採用 |
| 2     | 1.632      | 22.57  | —       |
| 3     | 1.839      | -31.75 | —       |
| 4     | 2.310      | -3.91  | —       |
| 5     | 2.376      | -41.39 | —       |
| 6     | 2.513      | -48.97 | —       |
| 7     | 2.922      | -1.75  | —       |
| 8     | 3.200      | 1.49   | —       |
| 9     | 3.309      | -25.96 | —       |

(c) C-C断面 (地盤改良体基礎構造部)

| モード次数 | 固有振動数 (Hz) | 刺激係数   | 備考      |
|-------|------------|--------|---------|
| 1     | 0.878      | 149.90 | 1次として採用 |
| 2     | 1.590      | 17.68  | —       |
| 3     | 1.768      | -22.84 | —       |
| 4     | 2.201      | 13.82  | —       |
| 5     | 2.223      | 18.39  | —       |
| 6     | 2.456      | -37.10 | —       |
| 7     | 2.773      | -7.10  | —       |
| 8     | 3.008      | 0.80   | —       |
| 9     | 3.145      | -22.51 | —       |



表 3.2-14 (1) 固有値解析結果  
 (検討ケース③：地盤物性のばらつきを考慮 ( $-1\sigma$ ) した解析ケース)  
 (a) B-B断面

| モード次数 | 固有振動数 (Hz) | 刺激係数   | 備考      |
|-------|------------|--------|---------|
| 1     | 0.728      | 142.83 | 1次として採用 |
| 2     | 1.196      | 53.77  | —       |
| 3     | 1.561      | 52.63  | —       |
| 4     | 1.729      | -24.80 | —       |
| 5     | 1.792      | 52.90  | —       |
| 6     | 1.831      | 40.69  | —       |
| 7     | 2.103      | -10.25 | —       |
| 8     | 2.413      | -9.90  | —       |
| 9     | 2.582      | 14.60  | —       |



表 3.2-14 (2) 固有値解析結果  
 (検討ケース③：地盤物性のばらつきを考慮 ( $-1\sigma$ ) した解析ケース)  
 (b) C-C断面 (杭基礎構造部)

| モード次数 | 固有振動数 (Hz) | 刺激係数   | 備考      |
|-------|------------|--------|---------|
| 1     | 0.895      | 209.73 | 1次として採用 |
| 2     | 1.529      | 42.59  | —       |
| 3     | 1.745      | -21.64 | —       |
| 4     | 2.130      | 30.05  | —       |
| 5     | 2.292      | 5.47   | —       |
| 6     | 2.372      | -56.87 | —       |
| 7     | 2.645      | 6.35   | —       |
| 8     | 3.070      | 5.64   | —       |
| 9     | 3.155      | 24.39  | —       |

(c) C-C断面 (地盤改良体基礎構造部)

| モード次数 | 固有振動数 (Hz) | 刺激係数   | 備考      |
|-------|------------|--------|---------|
| 1     | 0.857      | 146.26 | 1次として採用 |
| 2     | 1.403      | -39.45 | —       |
| 3     | 1.676      | -12.51 | —       |
| 4     | 1.885      | -16.94 | —       |
| 5     | 2.175      | -3.82  | —       |
| 6     | 2.294      | 38.16  | —       |
| 7     | 2.440      | 8.81   | —       |
| 8     | 2.814      | 3.34   | —       |
| 9     | 2.917      | 20.65  | —       |



表 3.2-15 (1) 固有値解析結果  
(検討ケース④)：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により  
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)

(a) A-A断面

| モード次数 | 固有振動数 (Hz) | 刺激係数   | 備考      |
|-------|------------|--------|---------|
| 1     | 0.864      | 202.75 | 1次として採用 |
| 2     | 1.244      | 28.79  | —       |
| 3     | 1.411      | 31.90  | —       |
| 4     | 1.656      | −3.92  | —       |
| 5     | 1.769      | −22.99 | —       |
| 6     | 1.869      | −45.85 | —       |
| 7     | 1.974      | 11.12  | —       |
| 8     | 2.169      | −45.43 | —       |
| 9     | 2.236      | −41.06 | —       |

(b) B-B断面

| モード次数 | 固有振動数 (Hz) | 刺激係数   | 備考      |
|-------|------------|--------|---------|
| 1     | 0.733      | 145.87 | 1次として採用 |
| 2     | 1.168      | 42.29  | —       |
| 3     | 1.545      | −9.25  | —       |
| 4     | 1.690      | 19.07  | —       |
| 5     | 1.718      | 82.54  | —       |
| 6     | 1.866      | 16.68  | —       |
| 7     | 1.953      | 26.22  | —       |
| 8     | 2.263      | −3.45  | —       |
| 9     | 2.294      | 0.26   | —       |



表 3.2-15 (2) 固有値解析結果

(検討ケース④)：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により  
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)

(c) C-C断面 (杭基礎構造部)

| モード次数 | 固有振動数 (Hz) | 刺激係数   | 備考      |
|-------|------------|--------|---------|
| 1     | 0.865      | 202.42 | 1次として採用 |
| 2     | 1.404      | 43.29  | —       |
| 3     | 1.735      | -14.99 | —       |
| 4     | 1.862      | -6.51  | —       |
| 5     | 1.914      | 78.93  | —       |
| 6     | 2.181      | 9.72   | —       |
| 7     | 2.281      | 2.03   | —       |
| 8     | 2.601      | -9.43  | —       |
| 9     | 2.700      | 0.95   | —       |

(d) C-C断面 (地盤改良体基礎構造部)

| モード次数 | 固有振動数 (Hz) | 刺激係数   | 備考      |
|-------|------------|--------|---------|
| 1     | 0.838      | 143.24 | 1次として採用 |
| 2     | 1.342      | 30.96  | —       |
| 3     | 1.683      | -12.48 | —       |
| 4     | 1.747      | 1.37   | —       |
| 5     | 1.825      | 50.73  | —       |
| 6     | 2.043      | 14.19  | —       |
| 7     | 2.196      | 3.84   | —       |
| 8     | 2.341      | -12.20 | —       |
| 9     | 2.551      | 3.76   | —       |



### 3.2.12 荷重の組合せ

耐震安全性評価にて考慮する荷重は、通常運転時の荷重（永久荷重）及び地震時荷重を抽出し、それぞれ組合せて設定する。地震時荷重には、地震時土圧、動水圧、機器・配管系からの反力による荷重が含まれるものとする。

変動荷重（積雪荷重、風荷重、温度荷重）については、発電所の立地特性や屋外二重管が地中に埋設された構造物であることを考慮すると、構造物に与える影響は軽微であると判断し、地震力と組合せる荷重としては除外した。

なお、屋外二重管は、地盤内に埋設されている構造物であることから、運転時の異常な過渡変化時の状態及び設計基準事故時の状態の影響を受けないと考えられるため、当該状態についての組合せは考慮しないものとする。また、重大事故等対処時においても、地盤内で設計基準事故時の条件を上回るような事象は発生しないため、当該状態についての組合せは考慮しないものとする。

荷重の組合せを表 3.2-16 に示す。

地震時に屋外二重管基礎に作用する機器・配管荷重については、解析モデルに付加質量として与えることで考慮する。

表 3.2-16 荷重の組合せ

| 種別   |        | 荷重                  |   | 算定方法  |
|------|--------|---------------------|---|---|
| 永久荷重 | 常時考慮荷重 | 躯体自重                | ○ | ・設計図書に基づいて、対象構造物の体積に材料の単位体積重量を乗じて設定する。              |
|      |        | 機器・配管荷重             | ○ | ・機器・配管荷重の重量に基づいて設定する。                               |
|      |        | 土被り荷重               | ○ | ・常時応力解析により設定する。                                     |
|      |        | 永久上載荷重              | — | ・恒常的に配置された設備等はないことから、考慮しない。                         |
|      | 静止土圧   |                     | ○ | ・常時応力解析により算定する。                                     |
|      | 外水圧    |                     | ○ | ・地下水位に応じた静水圧として設定する。<br>・水の単位体積重量を考慮する。             |
|      | 内水圧    |                     | — | ・内水がないことから、考慮しない。                                   |
| 変動荷重 |        | 積雪荷重<br>風荷重<br>温度荷重 | — | ・発電所の立地特性及び構造物の配置状況を踏まえると、偶発荷重（地震荷重）と組合せるべき変動荷重はない。 |
| 偶発荷重 | 水平地震動  |                     | ○ | ・基準地震動 $S_h$ による水平・鉛直同時加振をする。                       |
|      | 鉛直地震動  |                     | ○ | ・躯体、機器・配管系の慣性力、動土圧を考慮する。                            |
|      | 動水圧    |                     | — | ・内水がないことから、考慮しない。                                   |



(1) 機器・配管荷重

機器・配管荷重は、屋外二重管の外管に付加質量として考慮する。付加質量は、外管の密度に含める。外管の密度を表 3.2-17 に示す。

表 3.2-17 外管密度 (付加質量を含む)

| 外管径 (mm) | 外管密度 (g/cm <sup>3</sup> ) |
|----------|---------------------------|
| φ 1800   | 13.99                     |
| φ 2000   | 14.18                     |

(2) 外水圧

地下水位は地表面として設定する。



### 3.2.13 地震応答解析の検討ケース

#### (1) 耐震設計における検討ケース

屋外二重管の耐震設計における検討ケースを表 3.2-18 に示す。

すべての基準地震動  $S_s$  に対して実施する①の検討ケースにおいて、曲げ軸力照査及びせん断力照査をはじめとしたすべての照査項目について、各照査値が最も厳しい（許容限界に対する余裕が最も小さい）地震動を用い、②～⑥の中から追加検討ケースを実施する。

表 3.2-18 屋外二重管の耐震設計における検討ケース

| 検討ケース      | ①<br>原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース<br>(基本ケース) | ②<br>地盤物性のばらつきを考慮<br>( $+1\sigma$ )した解析ケース | ③<br>地盤物性のばらつきを考慮<br>( $-1\sigma$ )した解析ケース | ④<br>地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース | ⑤<br>原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース | ⑥<br>地盤物性のばらつきを考慮<br>( $+1\sigma$ )して非液状化の条件を仮定した解析ケース |
|------------|---|--|--|--------------------------------|-------------------------------|--|
| 液状化強度特性の設定 | 原地盤に基づく液状化強度特性(標準偏差を考慮)                 | 原地盤に基づく液状化強度特性(標準偏差を考慮)                    | 原地盤に基づく液状化強度特性(標準偏差を考慮)                    | 敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく液状化強度特性       | 液状化パラメータを非適用                  | 液状化パラメータを非適用   |



(2) 機器・配管系に対する加速度応答抽出のための検討ケース

機器・配管系に対する加速度応答の抽出における検討ケースを表 3.2-19 に示す。

表 3.2-19 機器・配管系への加速度応答の抽出における検討ケース

| 検討ケース      |                     |      | ④<br>地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース                     | ⑤<br>原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース | ⑥<br>地盤物性のばらつきを考慮（+ 1 σ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース        |
|------------|---------------------|------|--|-------------------------------|--|
| 液状化強度特性の設定 |                     |      | 敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく液状化強度特性                           | 液状化パラメータを非適用                  | 液状化パラメータを非適用                                       |
| 地震波（位相）    | S <sub>s</sub> -D 1 | (++) | ⑤において、上載される機器・配管系の固有振動数帯で加速度応答が最も大きくなる地震動を用いて実施する。 | 1                             | ⑤において、上載される機器・配管系の固有振動数帯で加速度応答が最も大きくなる地震動を用いて実施する。 |
|            |                     | (+-) |  | 1                             |  |
|            |                     | (-+) |  | 1                             |  |
|            |                     | (--) |  | 1                             |  |
|            | S <sub>s</sub> -1 1 | (++) |  | 1                             |  |
|            | S <sub>s</sub> -1 2 | (++) |  | 1                             |  |
|            | S <sub>s</sub> -1 3 | (++) |  | 1                             |  |
|            | S <sub>s</sub> -1 4 | (++) |  | 1                             |  |
|            | S <sub>s</sub> -2 1 | (++) |  | 1                             |  |
|            | S <sub>s</sub> -2 2 | (++) |  | 1                             |  |
|            | S <sub>s</sub> -3 1 | (++) |  | 1                             |  |
|            |                     | (-+) |  | 1                             |  |
| 計          |                     |      | 1  | 12                            | 1  |



### 3.3 評価内容

#### 3.3.1 入力地震動の設定

地震応答解析に用いる入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動  $S_s$  を 1 次元波動論によって、地震応答解析モデルの底面位置で評価したものをを用いる。

入力地震動算定の概念図を図 3.3-1 に、管軸方向の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを図 3.3-2 に、管軸直角方向の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを図 3.3-3 に示す。

入力地震動の算定には、解析コード「k-SHAKE Ver. 6.2.0」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、V-5-17「計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

なお、特定の方向性を有しない地震動については、位相を反転させた場合の影響も確認する。断層モデル波である  $S_s-11 \sim S_s-22$  については、特定の方向性を有することから、構造物の評価対象断面方向を考慮し、方位補正を行う。具体的には、南北方向及び東西方向の地震動について構造物の評価対象断面方向の成分を求め、各々を足し合わせることで方位補正した地震動を設定する。

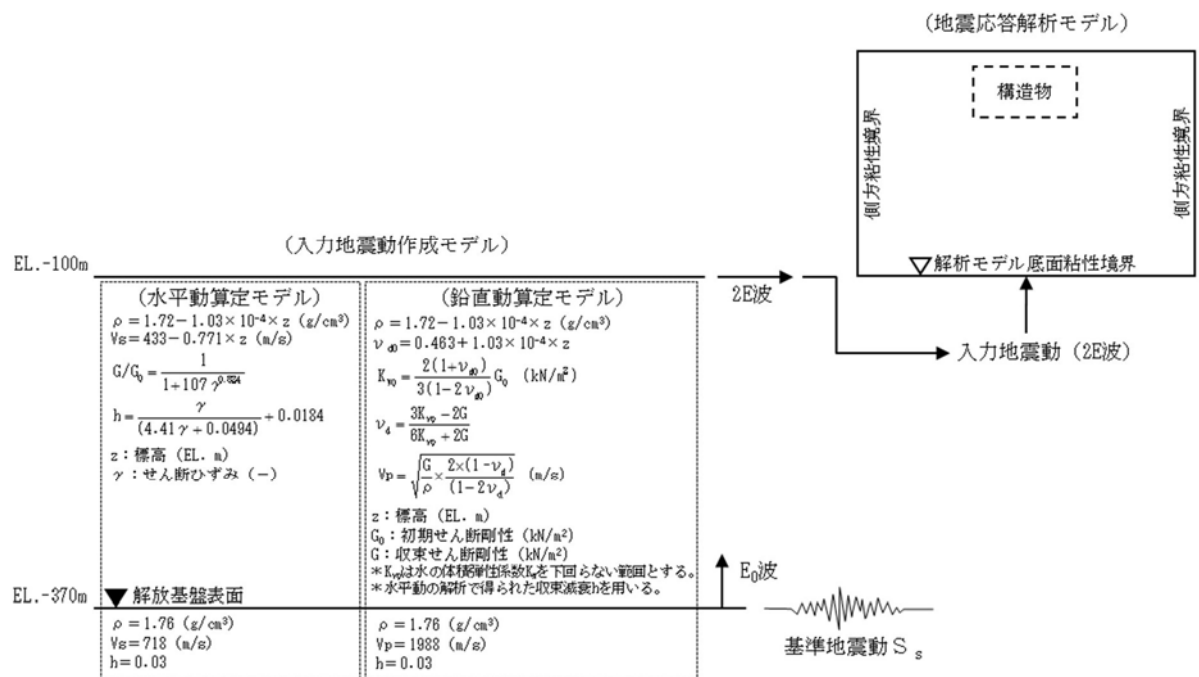
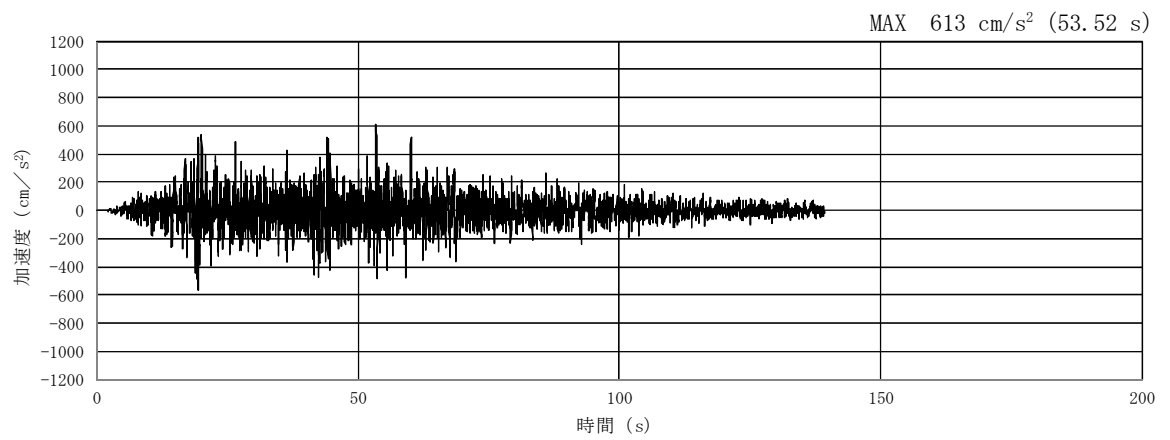
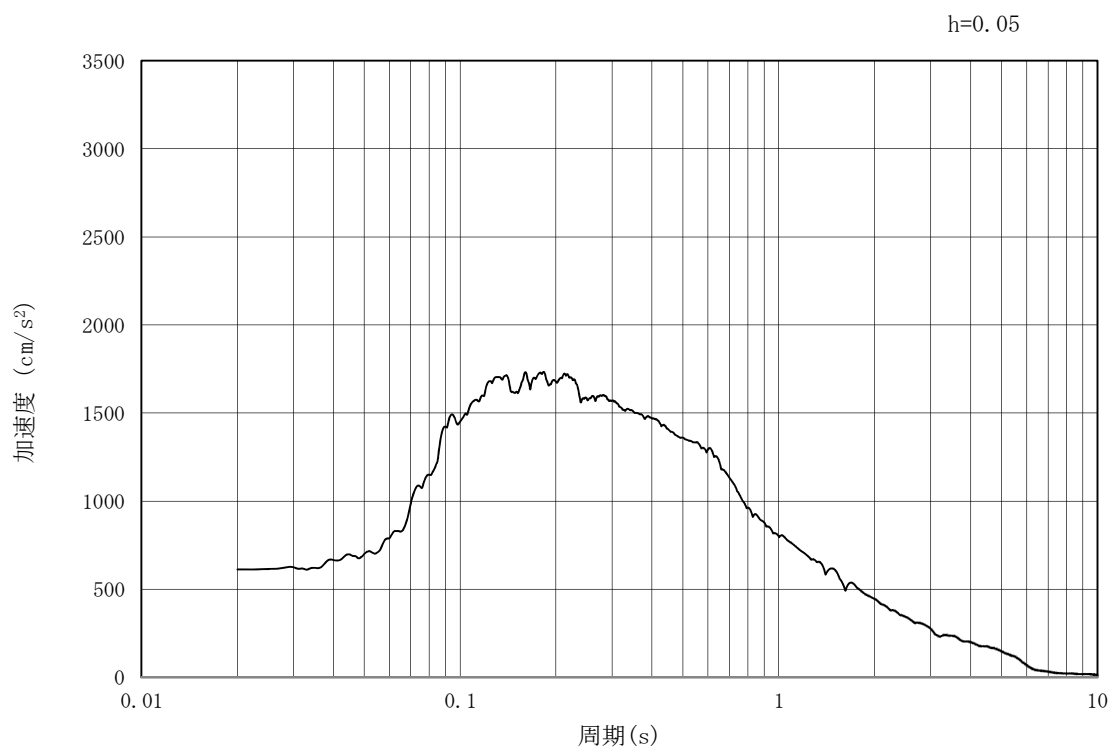


図 3.3-1 入力地震動算定の概念図





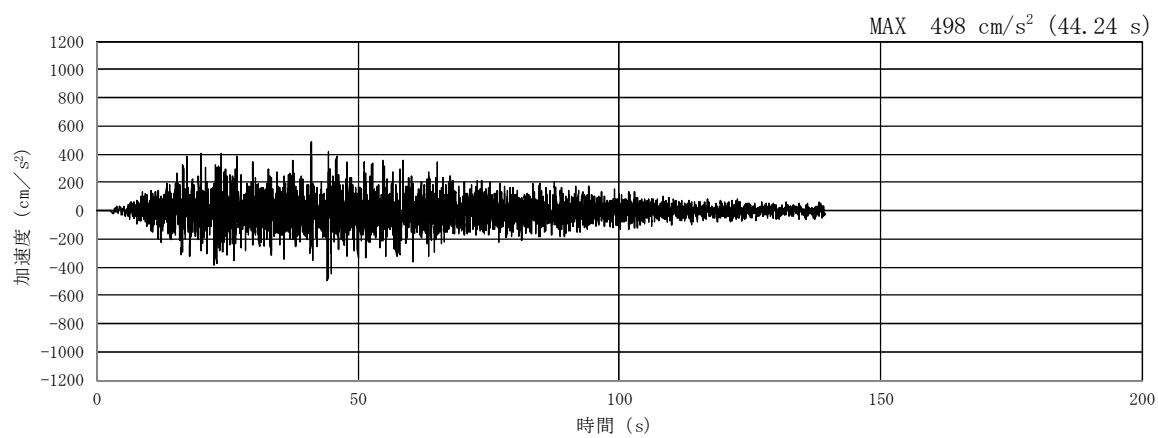
(a) 加速度時刻歴波形



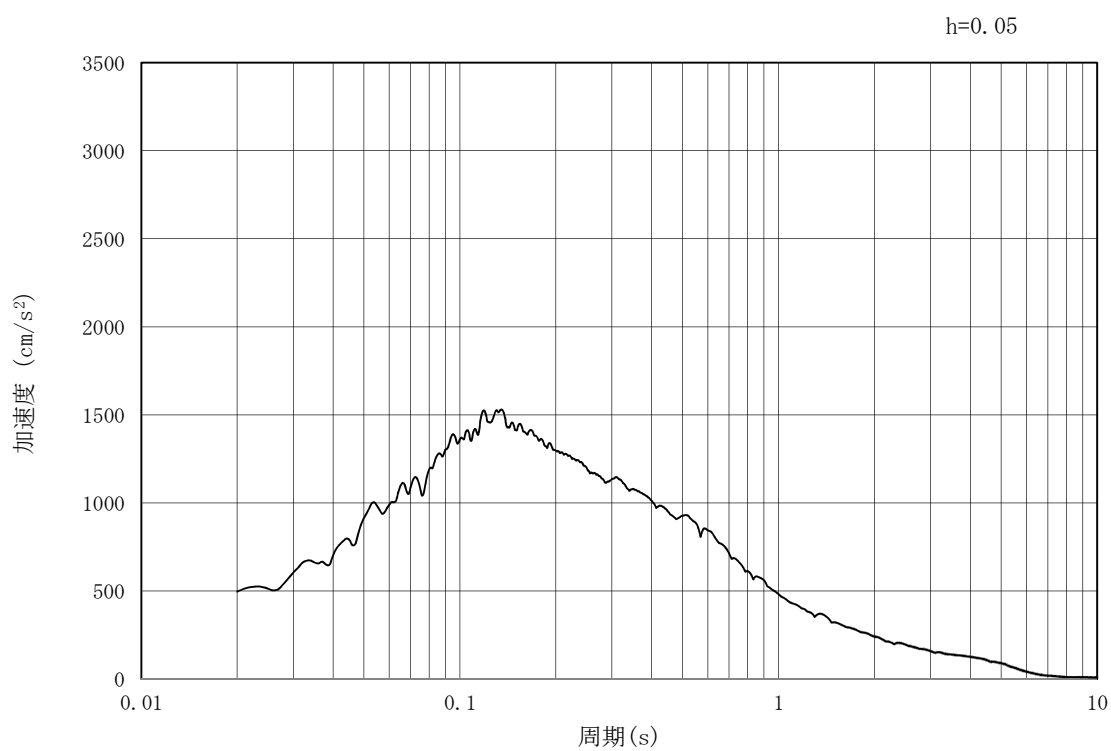
(b) 加速度応答スペクトル

図 3.3-2 (1) 管軸方向の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平方向 :  $S_s - D1$ )





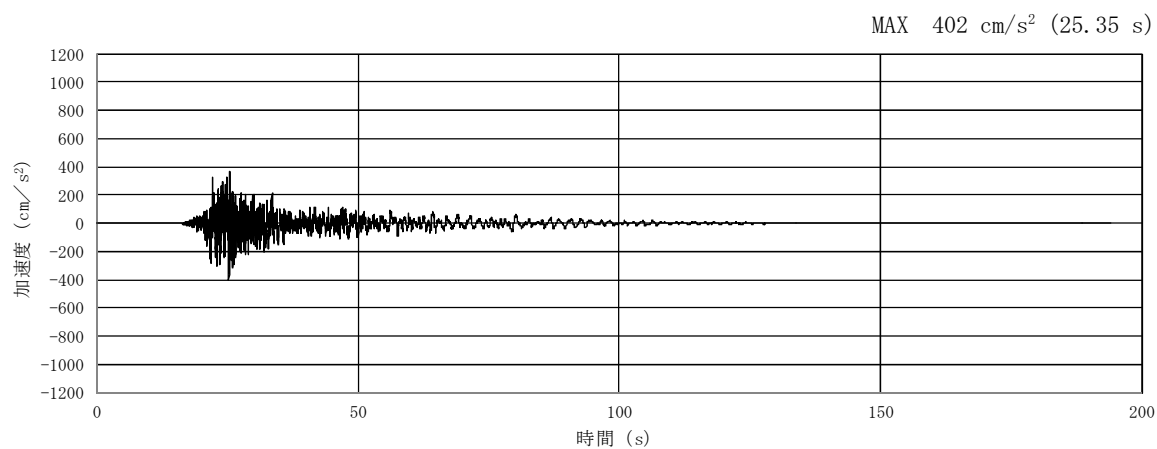
(a) 加速度時刻歴波形



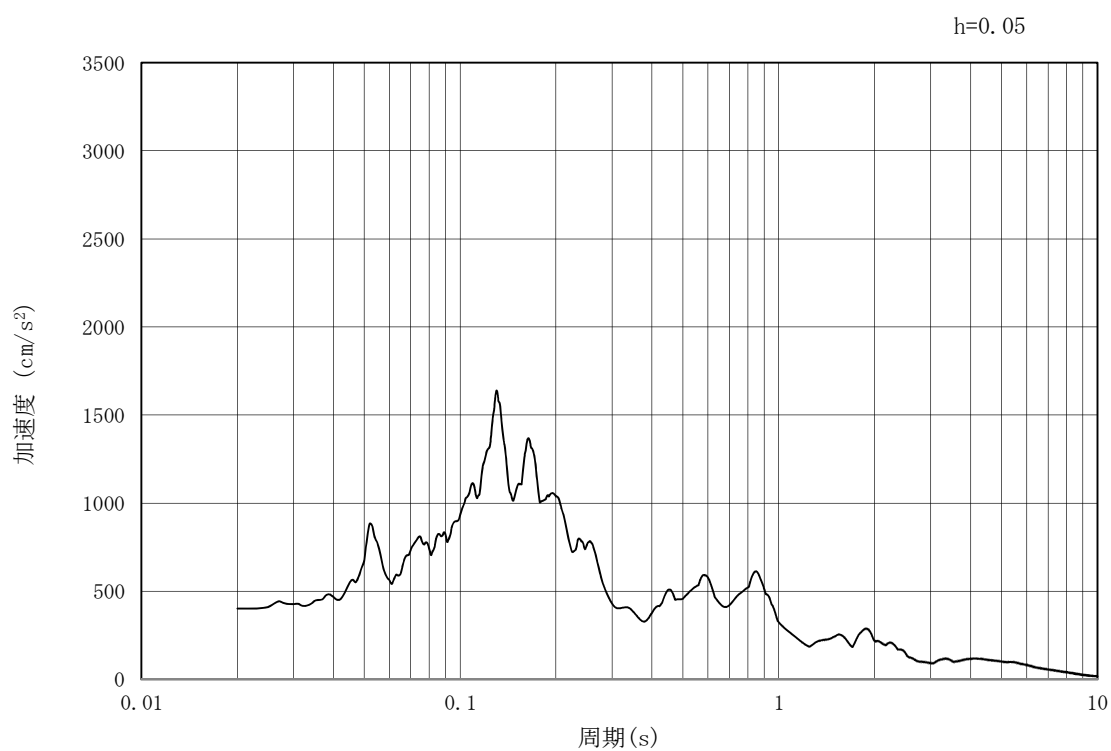
(b) 加速度応答スペクトル

図 3.3-2 (2) 管軸方向の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直方向：S<sub>s</sub>-D 1)





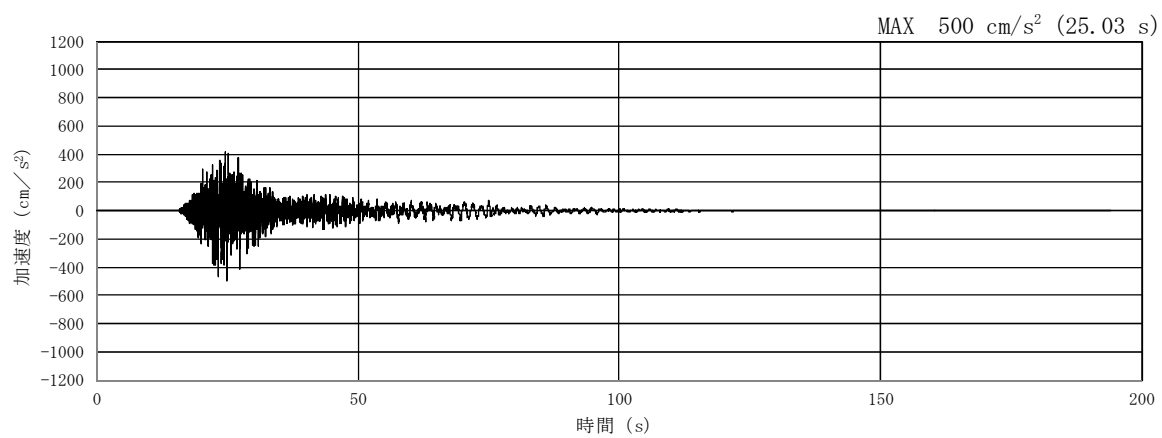
(a) 加速度時刻歴波形



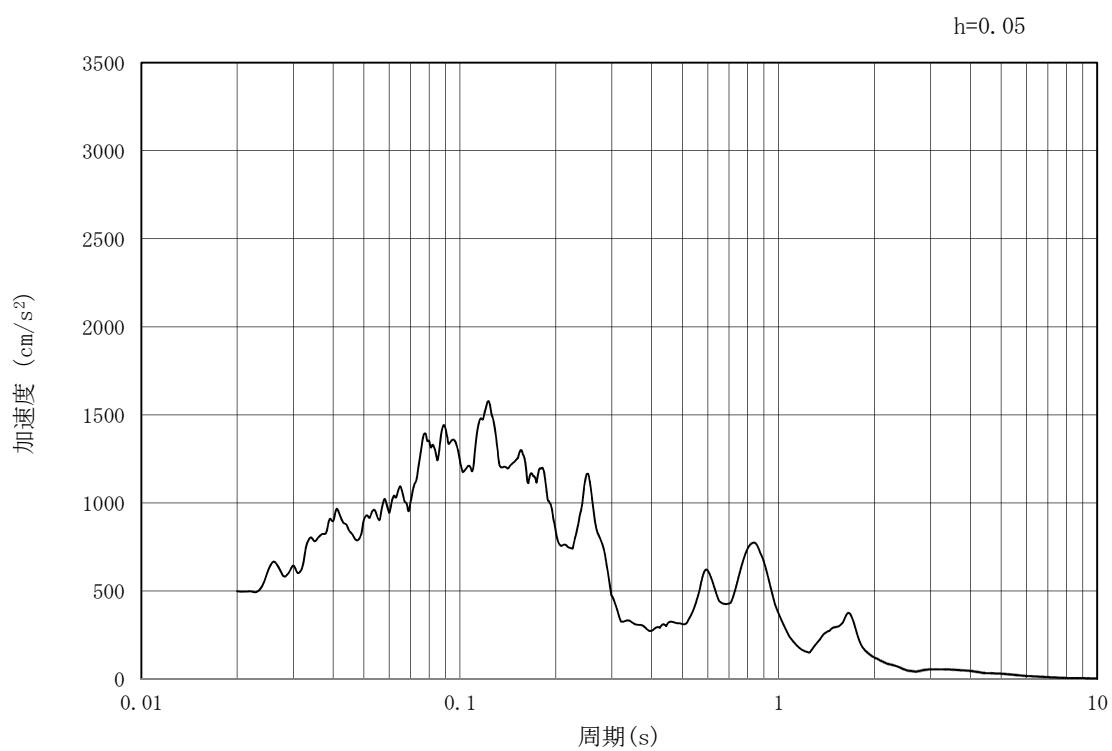
(b) 加速度応答スペクトル

図 3.3-2 (3) 管軸方向の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平方向 :  $S_s - 1.1$ )





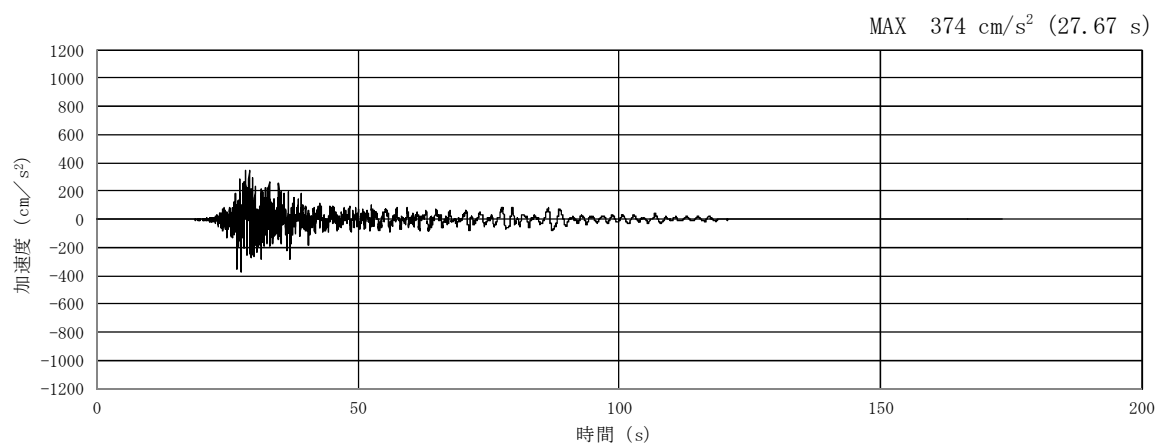
(a) 加速度時刻歴波形



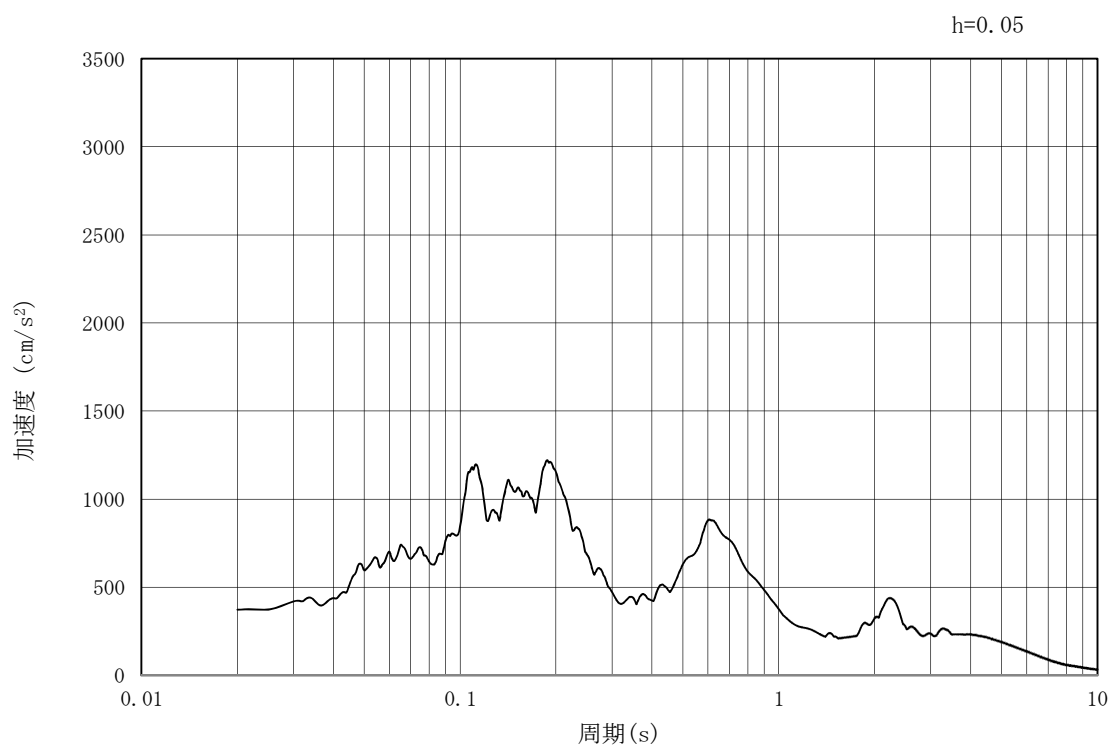
(b) 加速度応答スペクトル

図 3.3-2 (4) 管軸方向の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直方向： $S_s - 1.1$ )





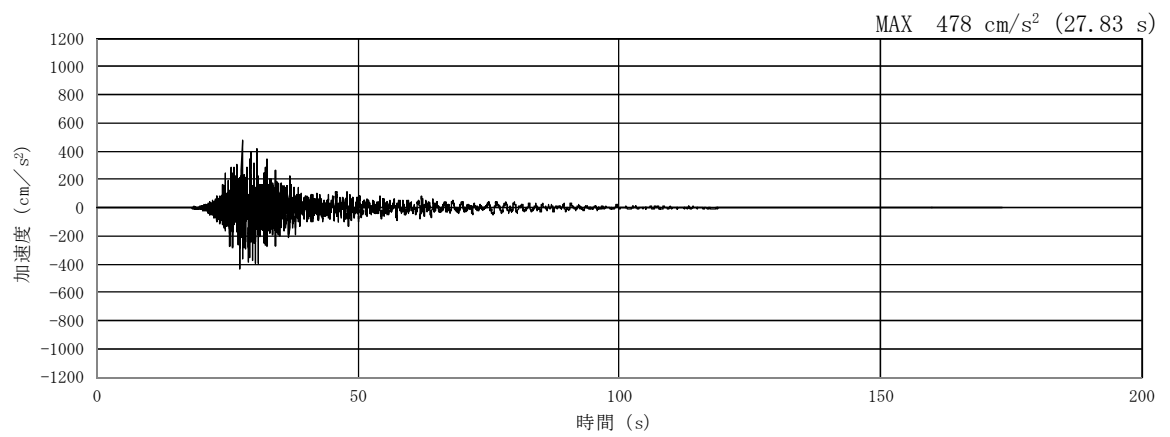
(a) 加速度時刻歴波形



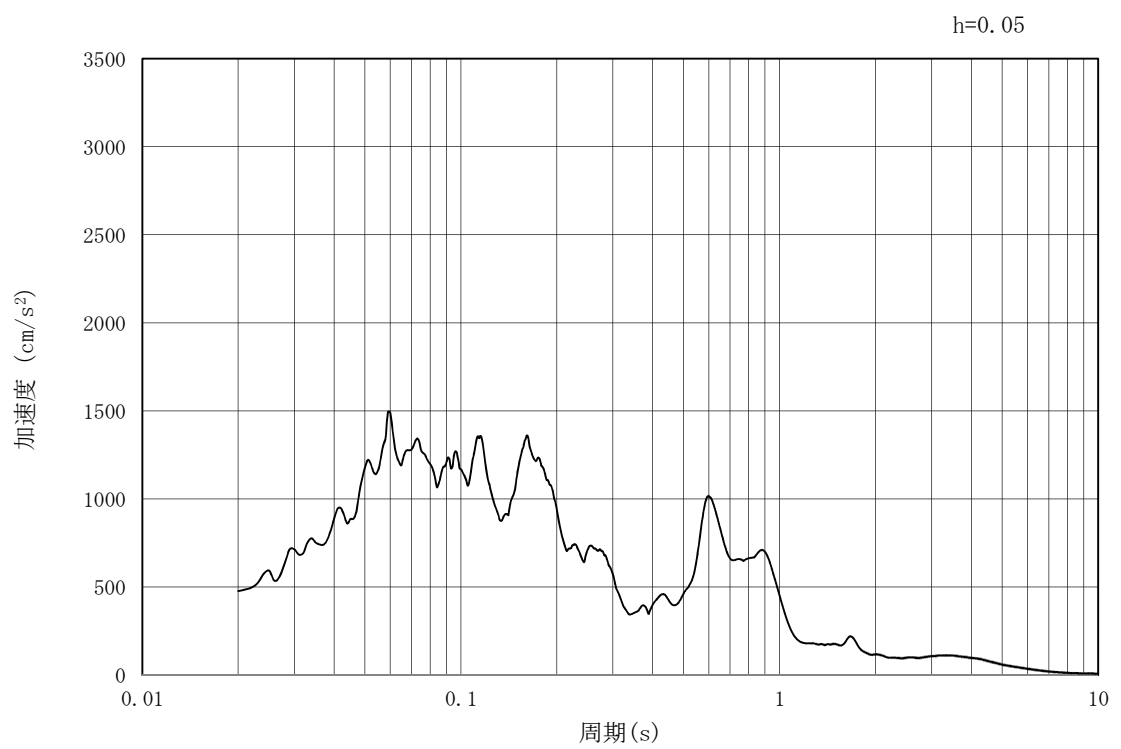
(b) 加速度応答スペクトル

図 3.3-2 (5) 管軸方向の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平方向 :  $S_s - 1.2$ )





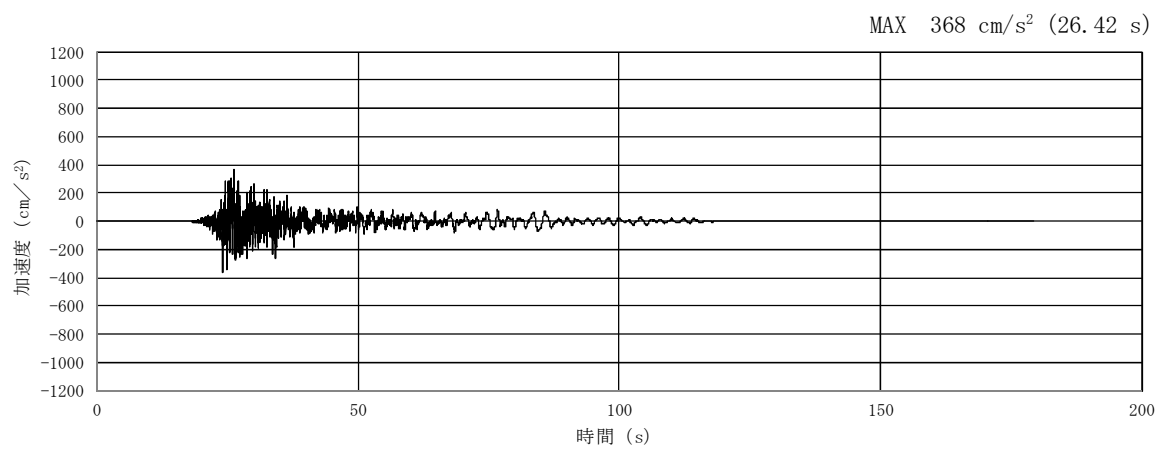
(a) 加速度時刻歴波形



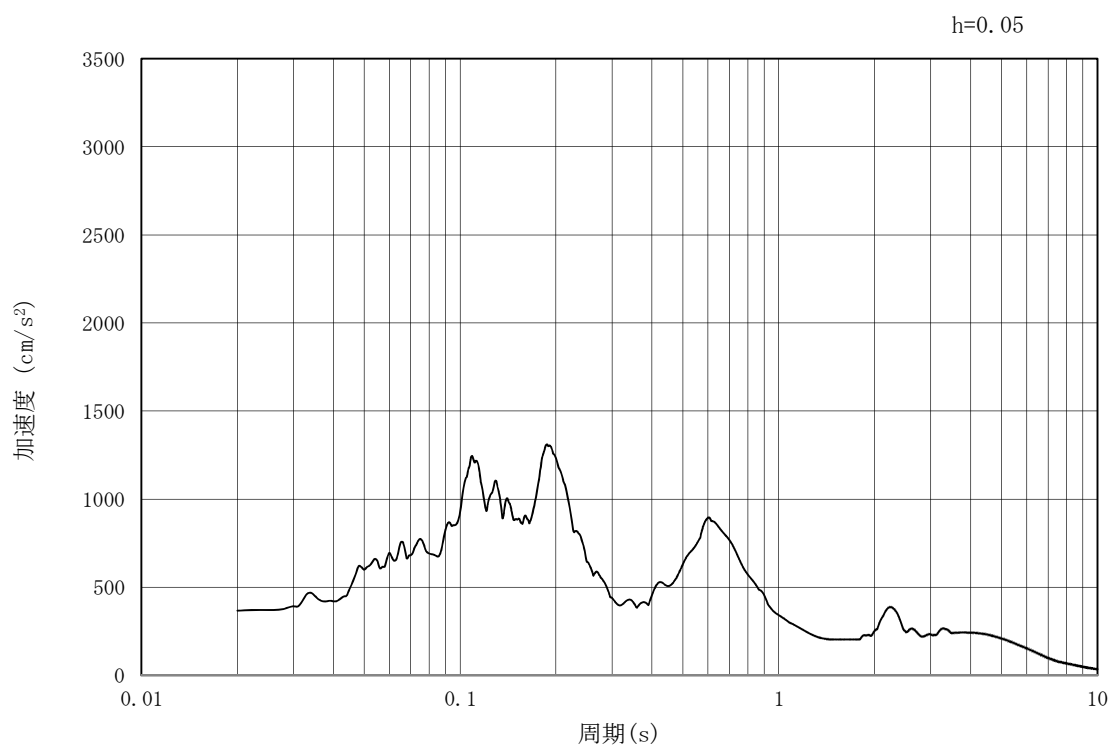
(b) 加速度応答スペクトル

図 3.3-2 (6) 管軸方向の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直方向:  $S_s - 1.2$ )





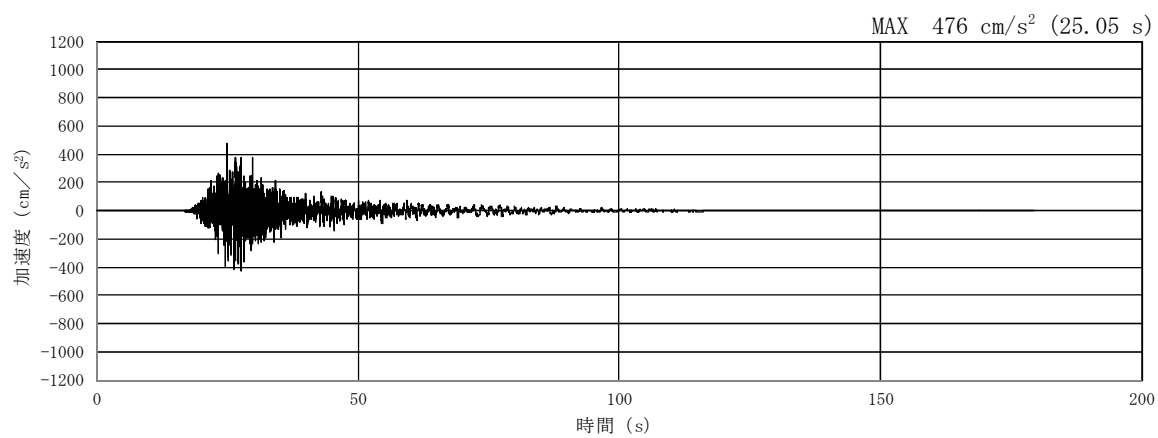
(a) 加速度時刻歴波形



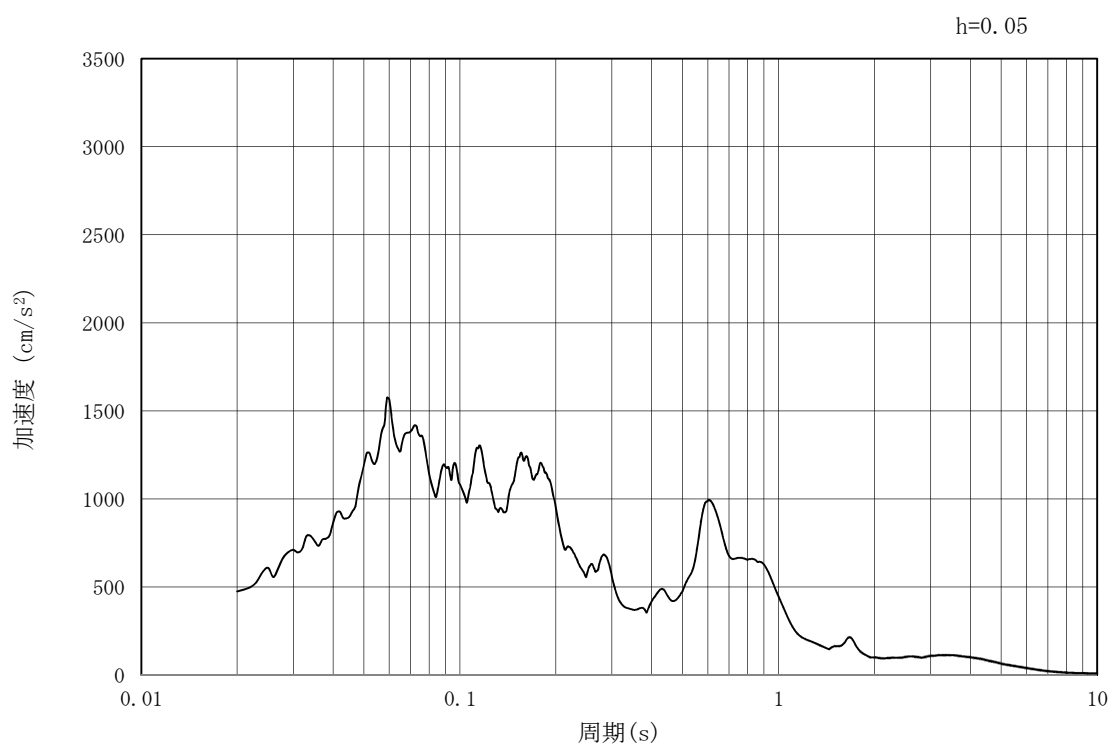
(b) 加速度応答スペクトル

図 3.3-2 (7) 管軸方向の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平方向 :  $S_s - 1.3$ )





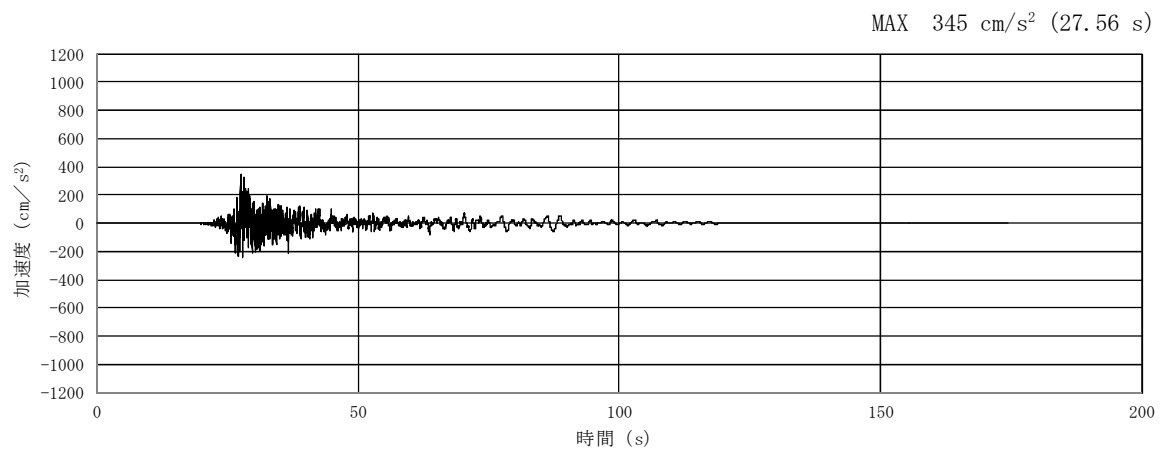
(a) 加速度時刻歴波形



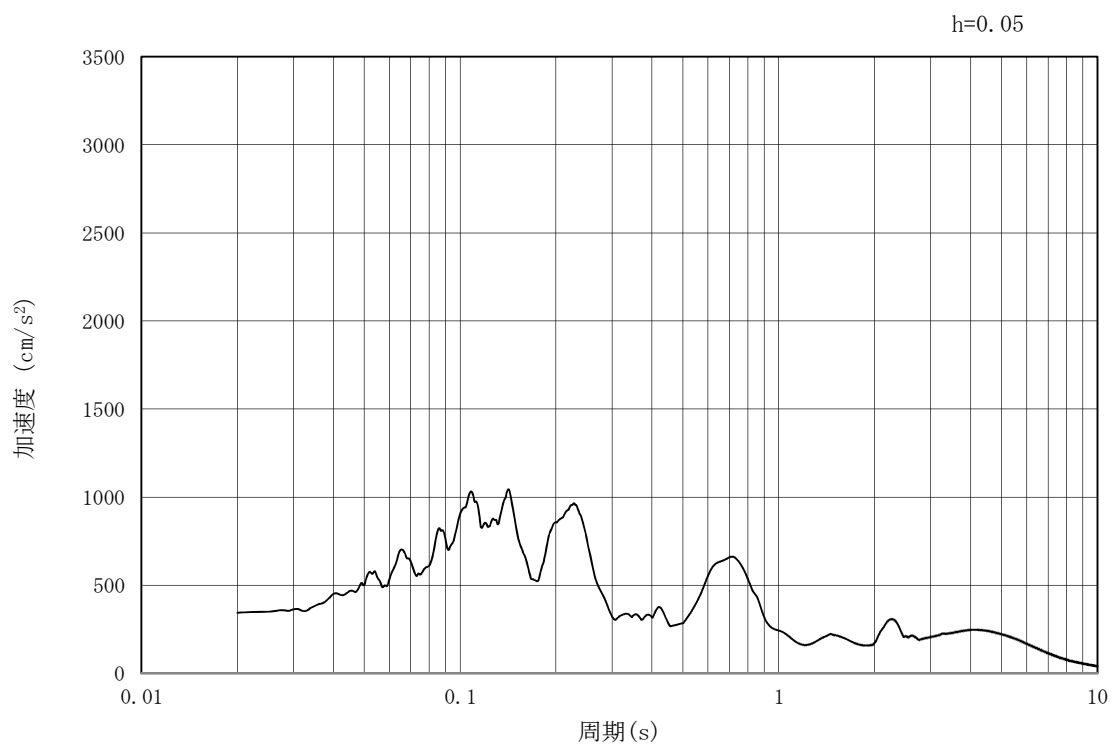
(b) 加速度応答スペクトル

図 3.3-2 (8) 管軸方向の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直方向:  $S_s - 1.3$ )





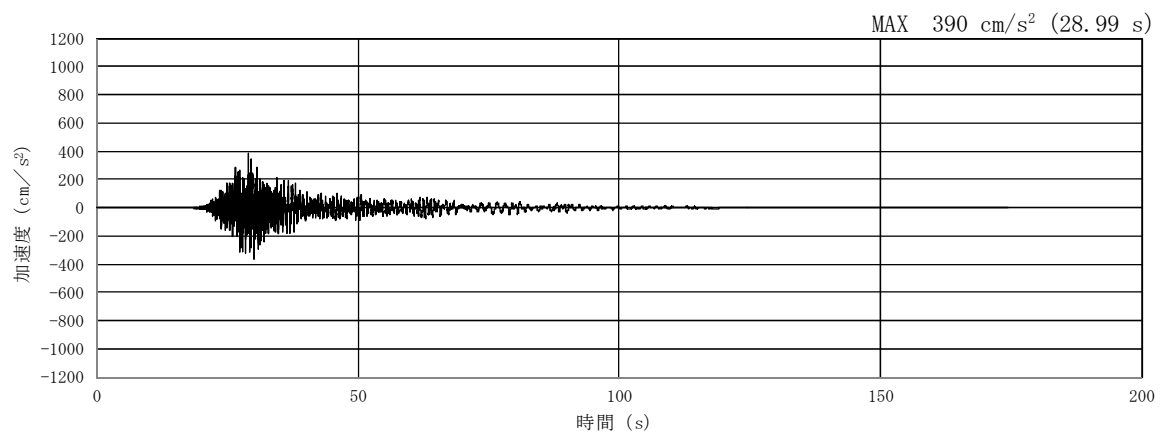
(a) 加速度時刻歴波形



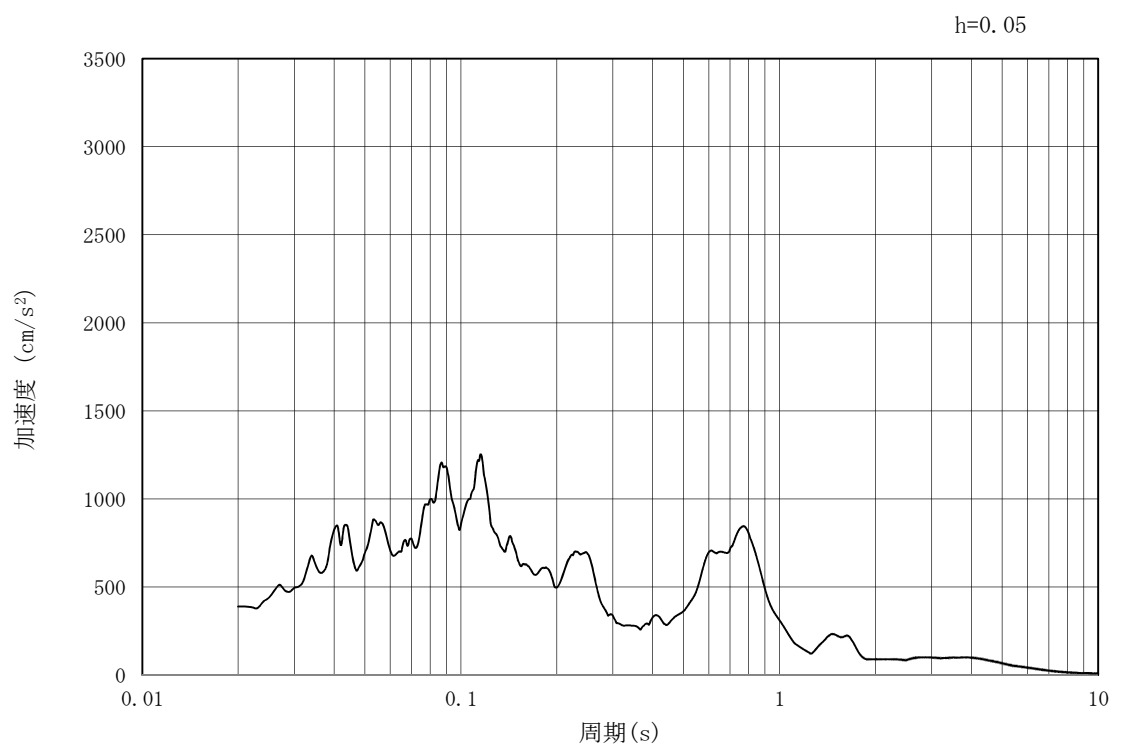
(b) 加速度応答スペクトル

図 3.3-2 (9) 管軸方向の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平方向 :  $S_s - 1.4$ )





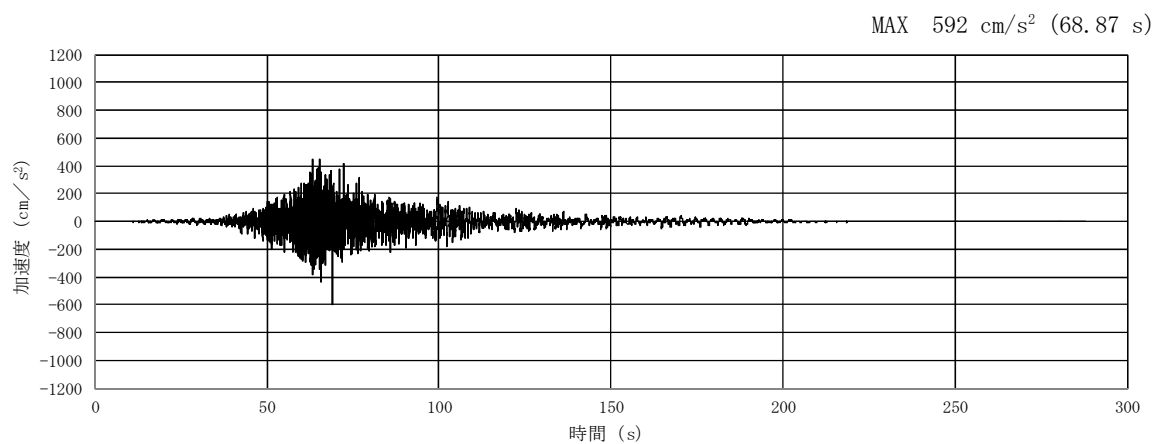
(a) 加速度時刻歴波形



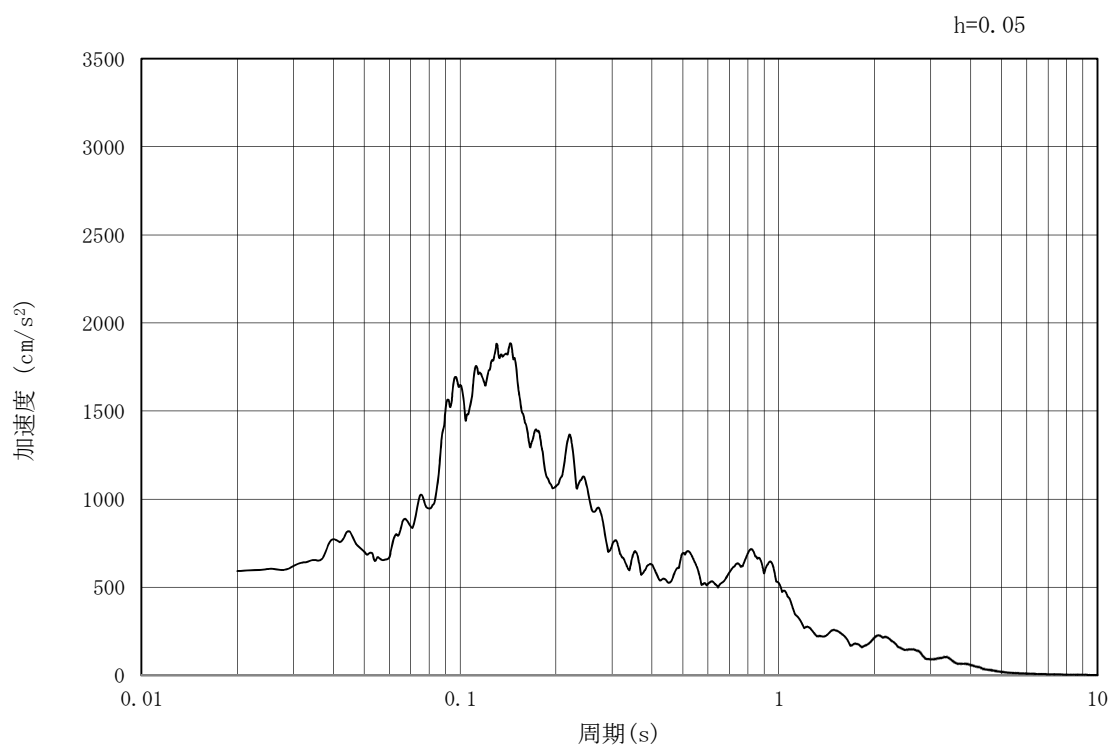
(b) 加速度応答スペクトル

図 3.3-2 (10) 管軸方向の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直方向 :  $S_s - 1.4$ )





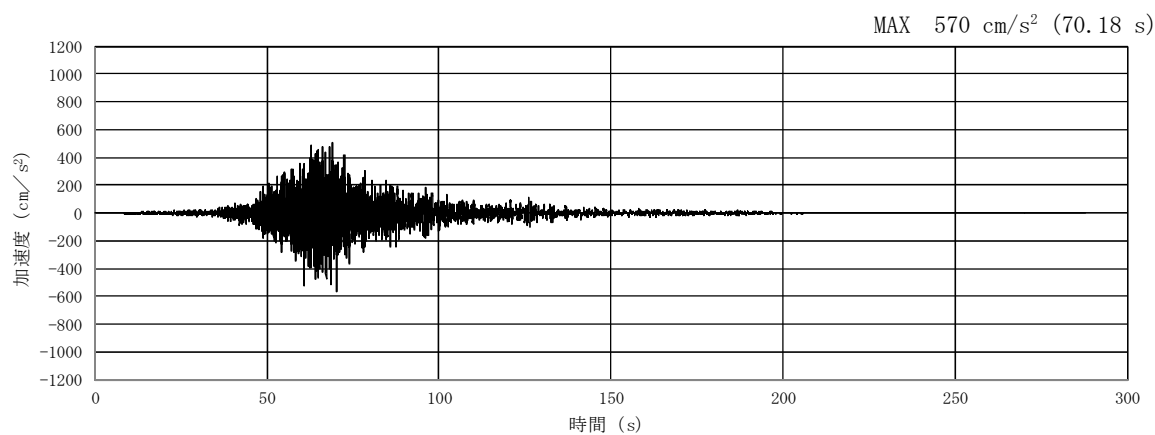
(a) 加速度時刻歴波形



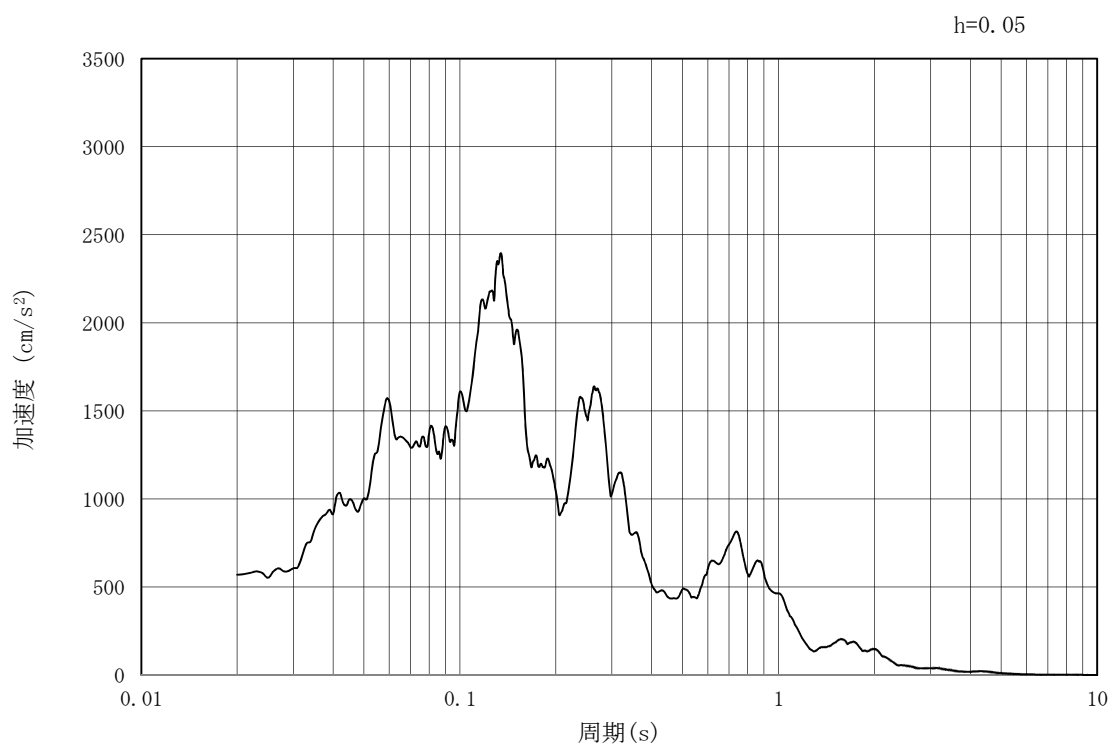
(b) 加速度応答スペクトル

図 3.3-2 (11) 管軸方向の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平方向 :  $S_s - 2.1$ )





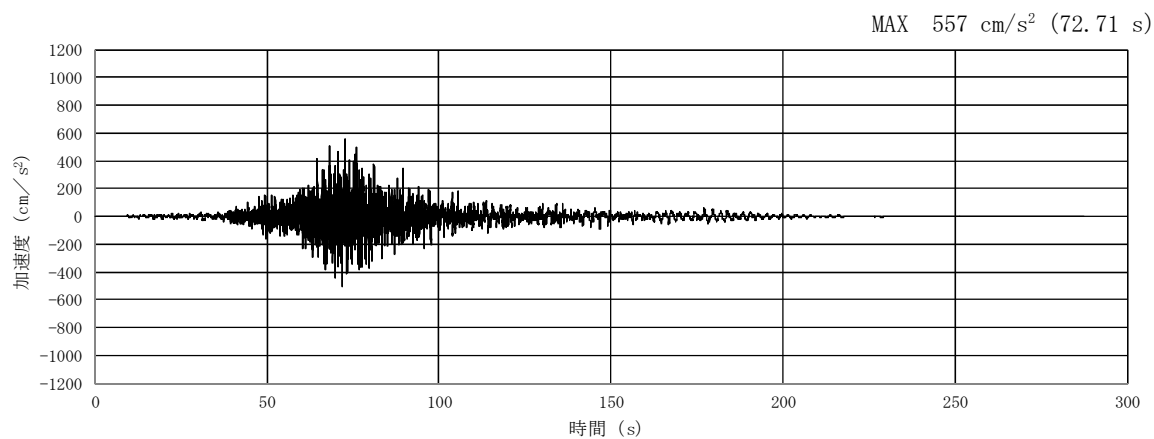
(a) 加速度時刻歴波形



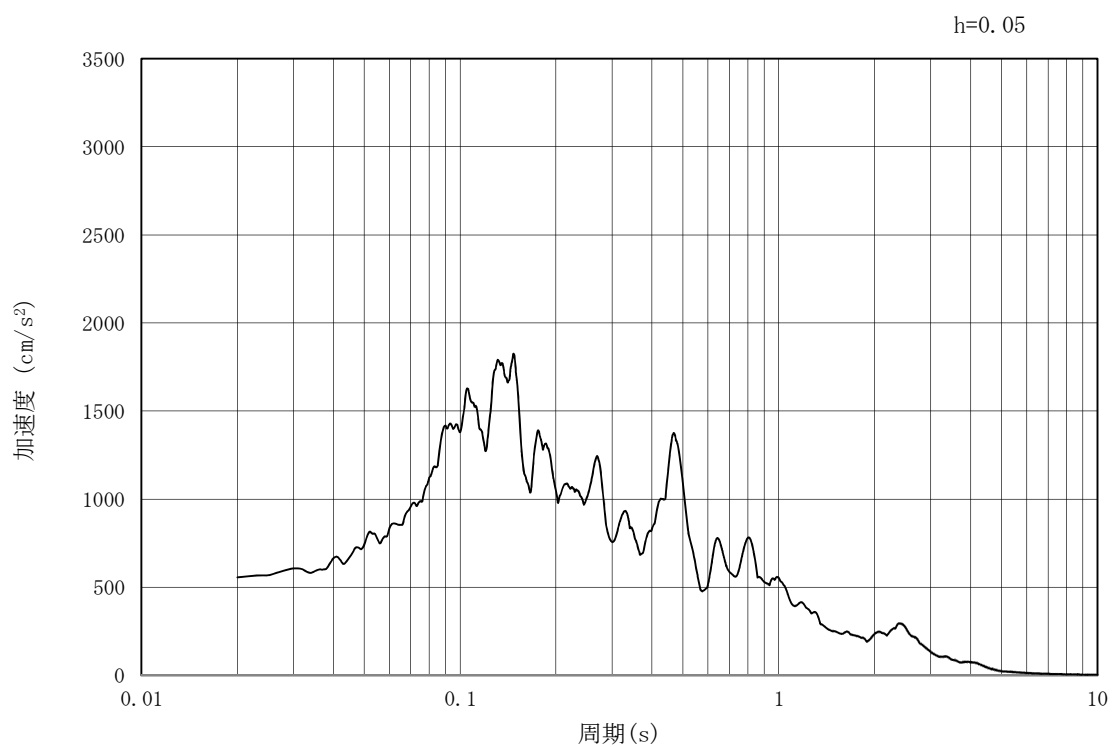
(b) 加速度応答スペクトル

図 3.3-2 (12) 管軸方向の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直方向 :  $S_s - 2.1$ )





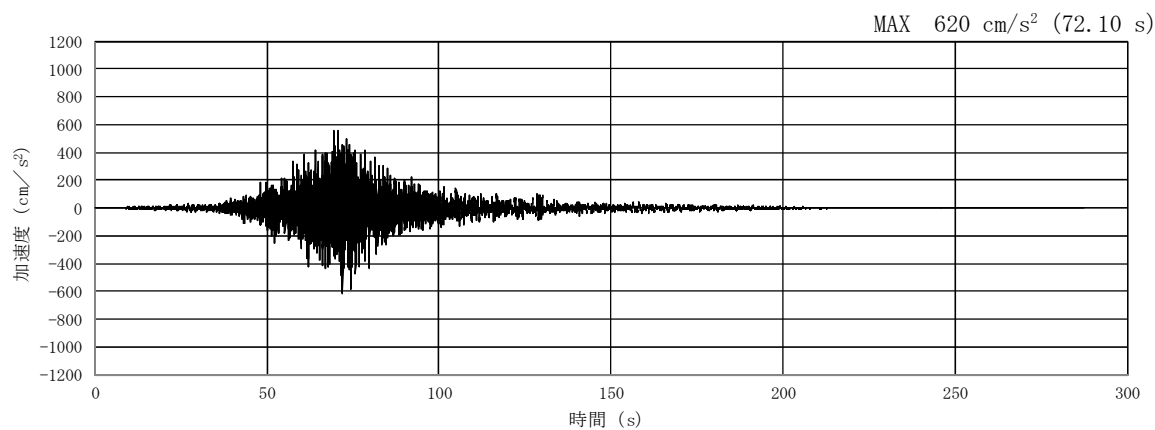
(a) 加速度時刻歴波形



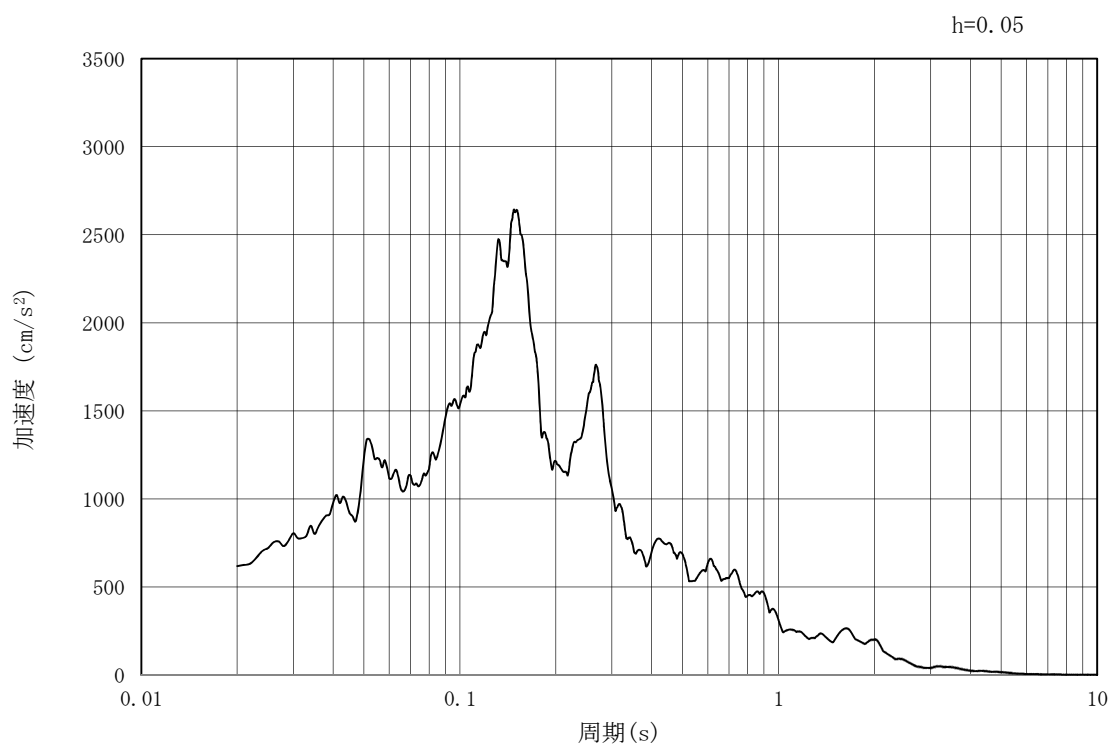
(b) 加速度応答スペクトル

図 3.3-2 (13) 管軸方向の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平方向:  $S_s - 2.2$ )





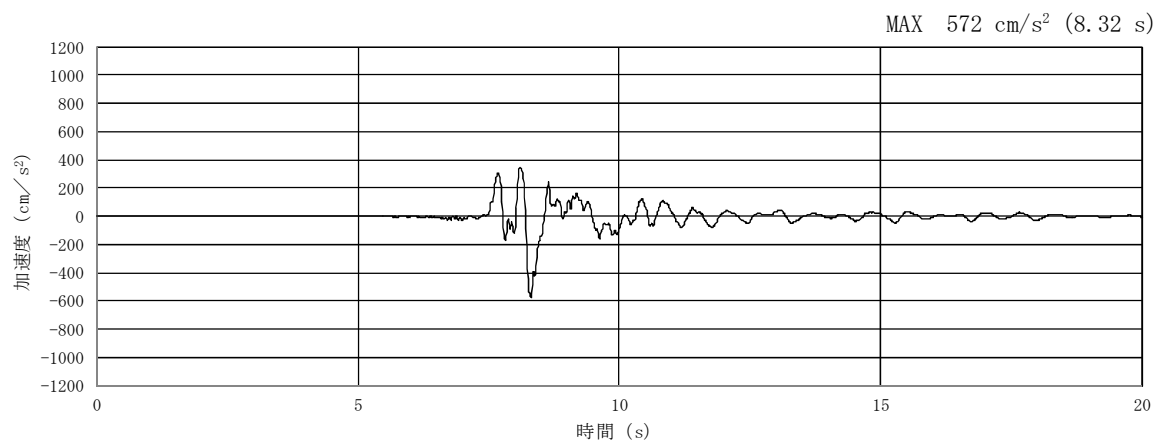
(a) 加速度時刻歴波形



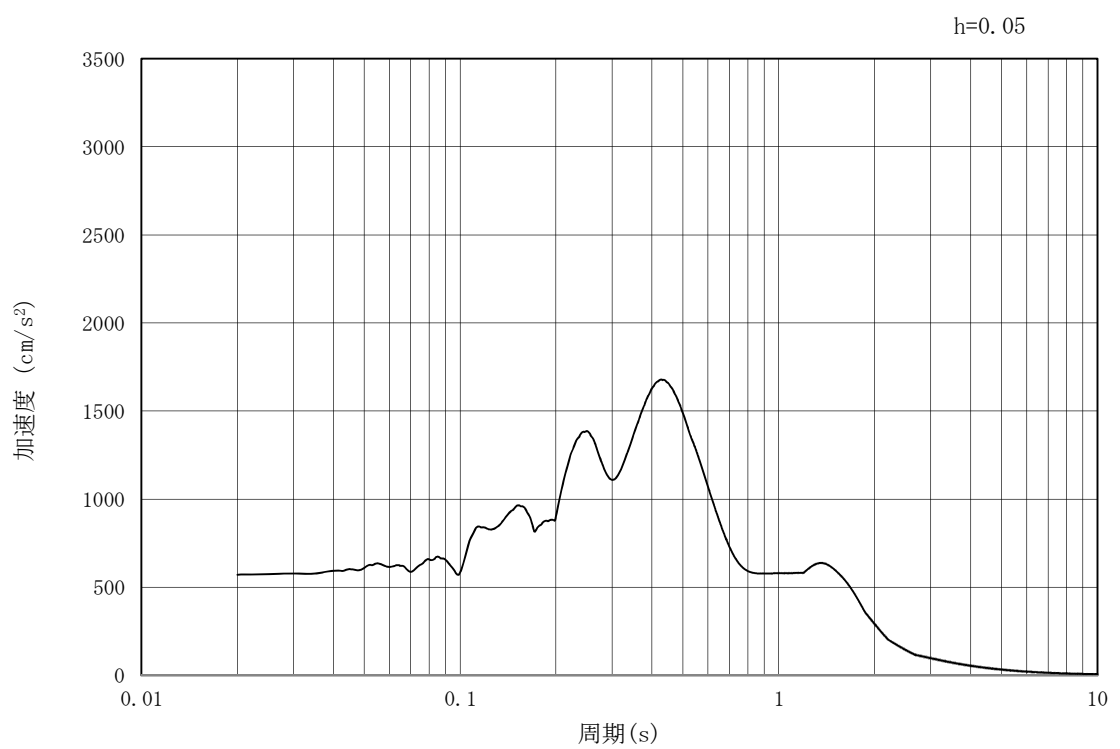
(b) 加速度応答スペクトル

図 3.3-2 (14) 管軸方向の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直方向： $S_s - 2.2$ )





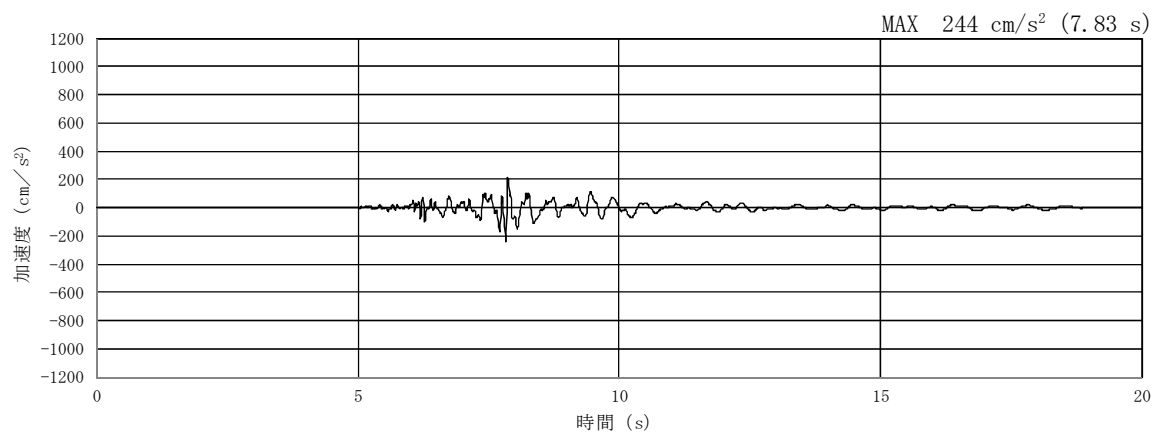
(a) 加速度時刻歴波形



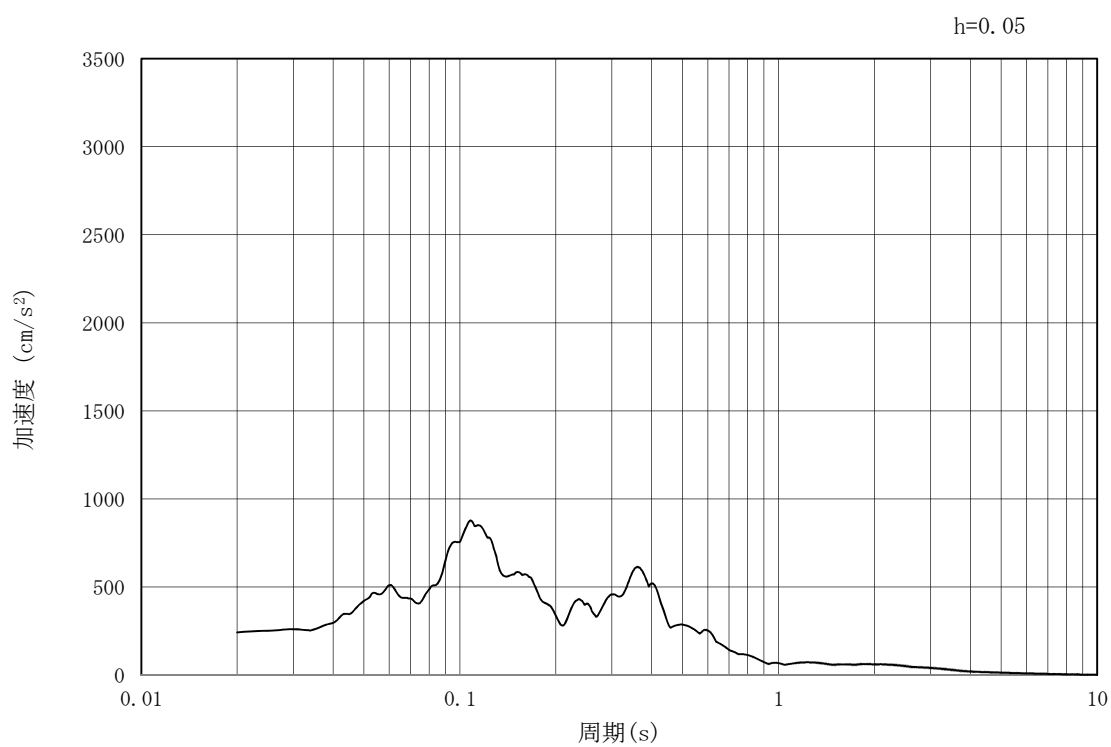
(b) 加速度応答スペクトル

図 3.3-2 (15) 管軸方向の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平方向 :  $S_s - 3.1$ )





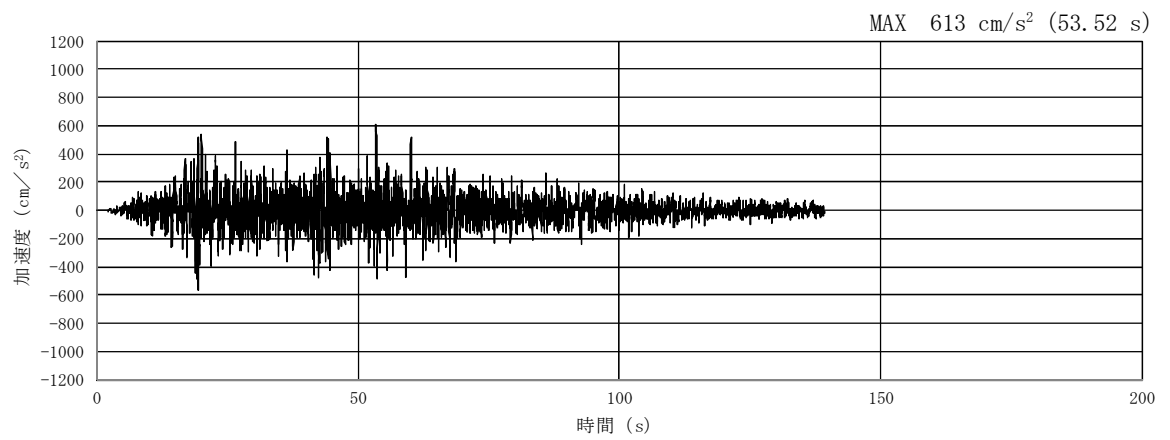
(a) 加速度時刻歴波形



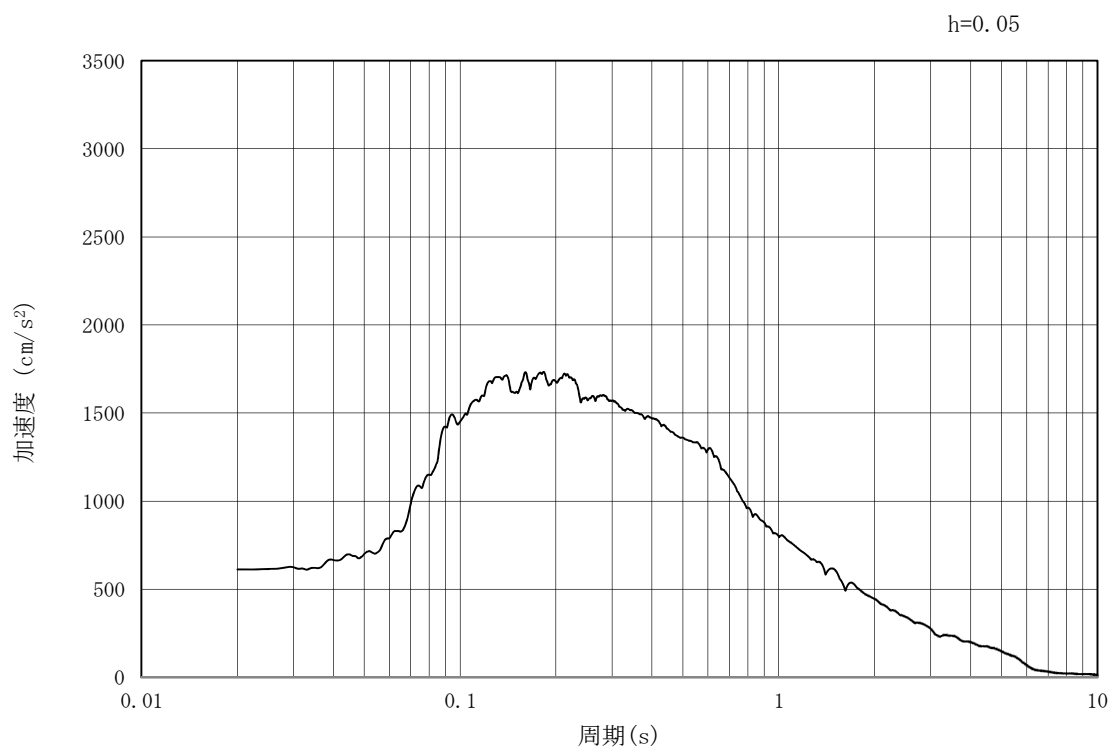
(b) 加速度応答スペクトル

図 3.3-2 (16) 管軸方向の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直方向： $S_s - 3.1$ )





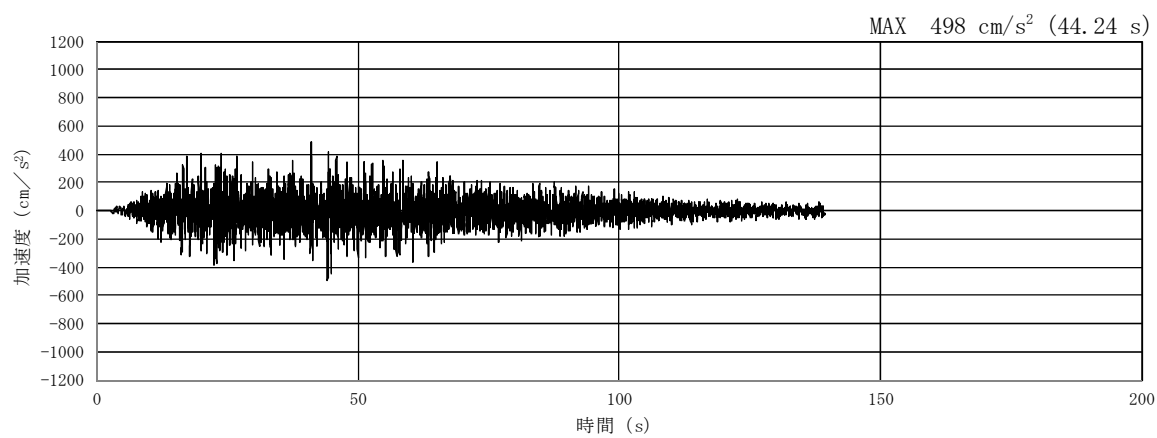
(a) 加速度時刻歴波形



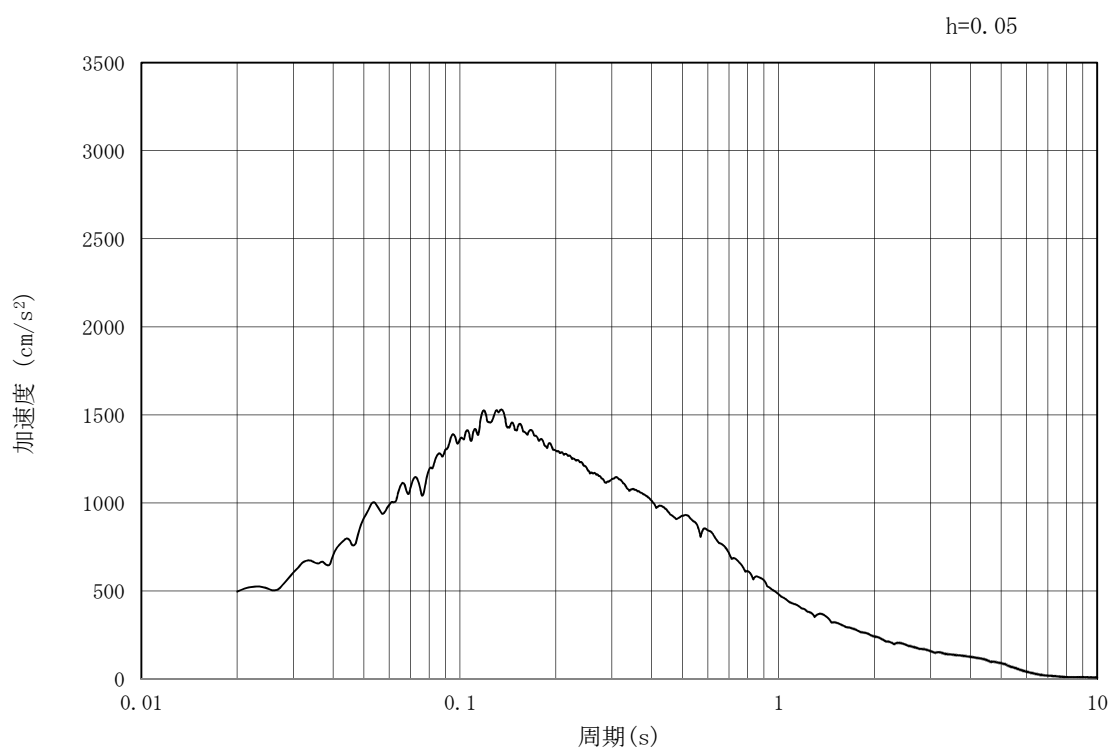
(b) 加速度応答スペクトル

図 3.3-3 (1) 管軸直角方向の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平方向 :  $S_s - D1$ )





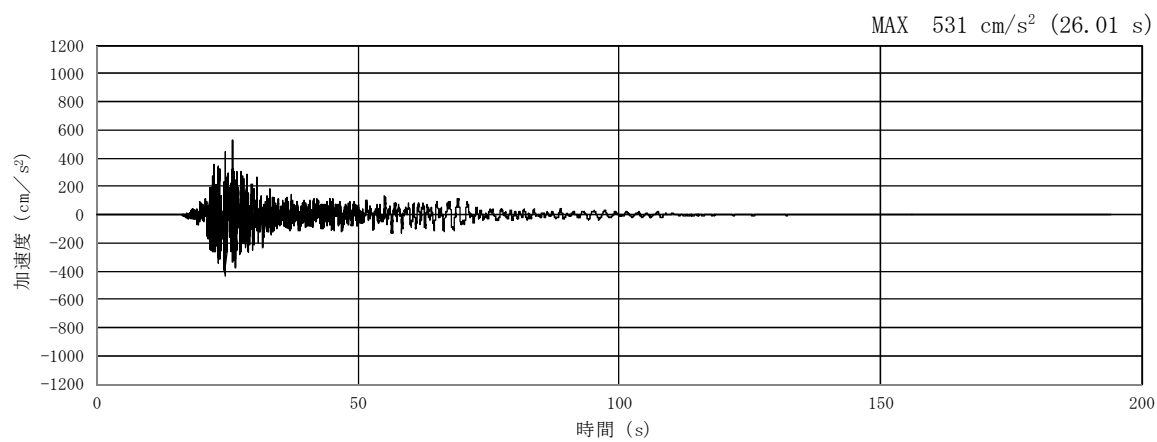
(a) 加速度時刻歴波形



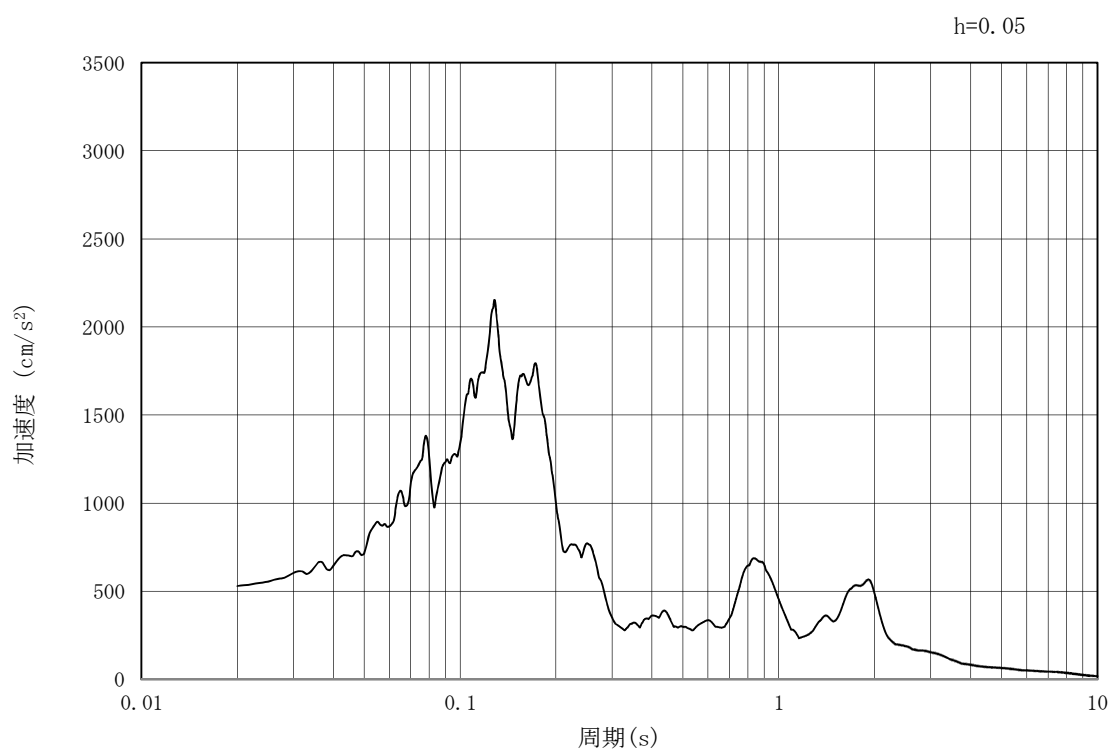
(b) 加速度応答スペクトル

図 3.3-3 (2) 管軸直角方向の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直方向： $S_s - D1$ )





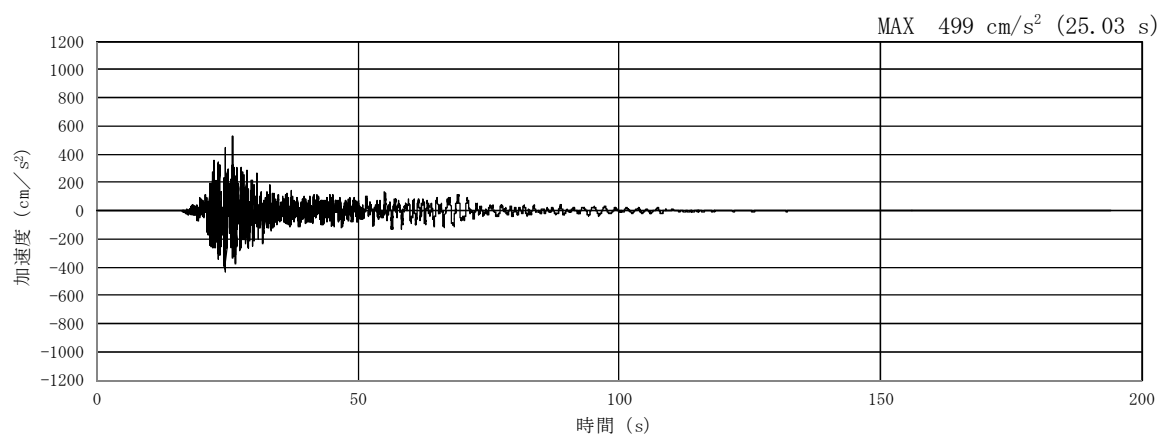
(a) 加速度時刻歴波形



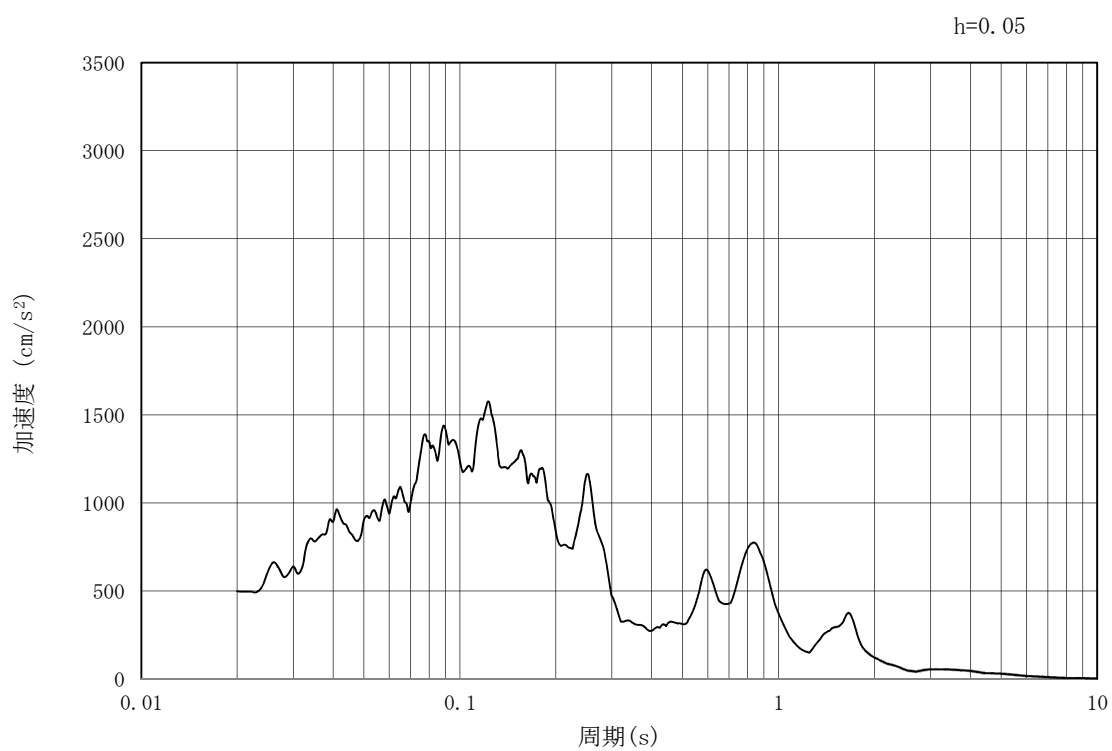
(b) 加速度応答スペクトル

図 3.3-3 (3) 管軸直角方向の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平方向:  $S_s - 1.1$ )





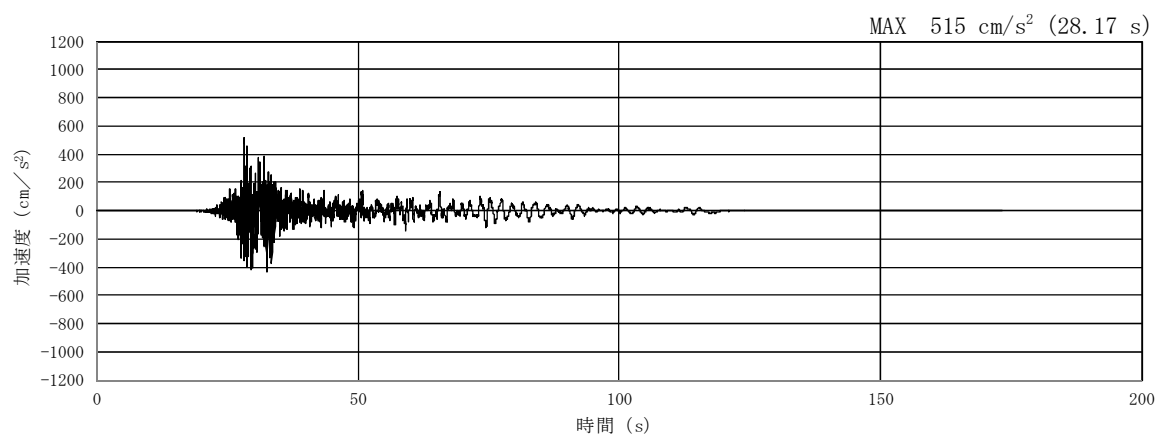
(a) 加速度時刻歴波形



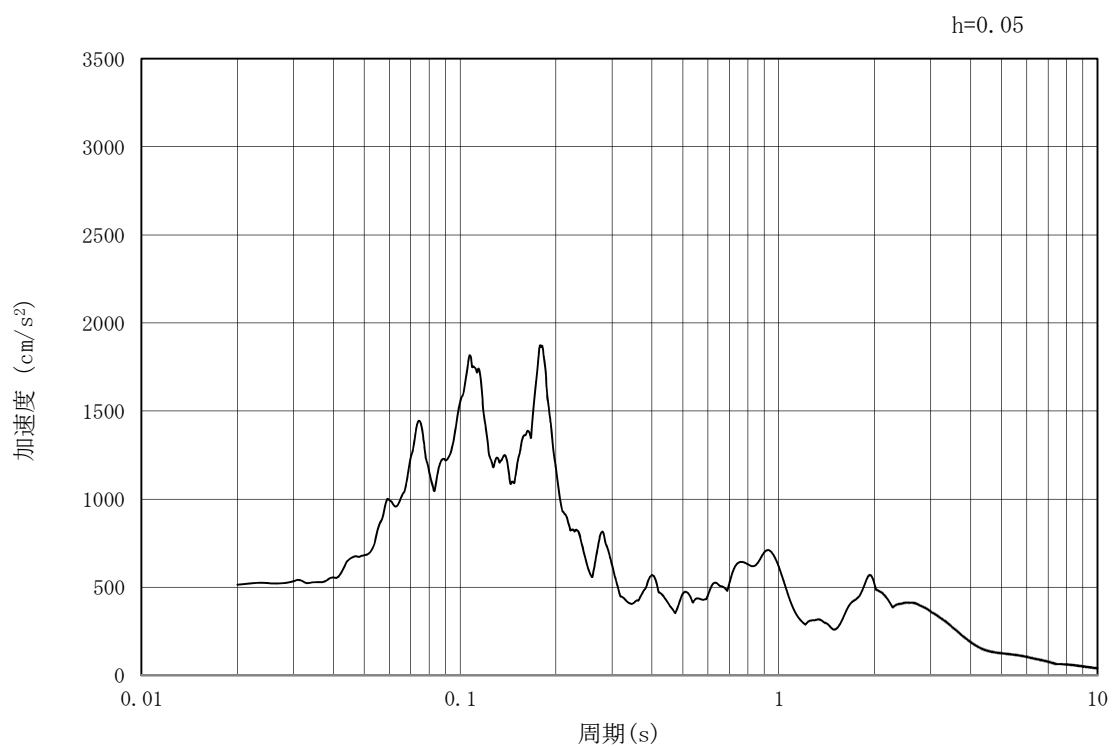
(b) 加速度応答スペクトル

図 3.3-3 (4) 管軸直角方向の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直方向 :  $S_s - 1.1$ )





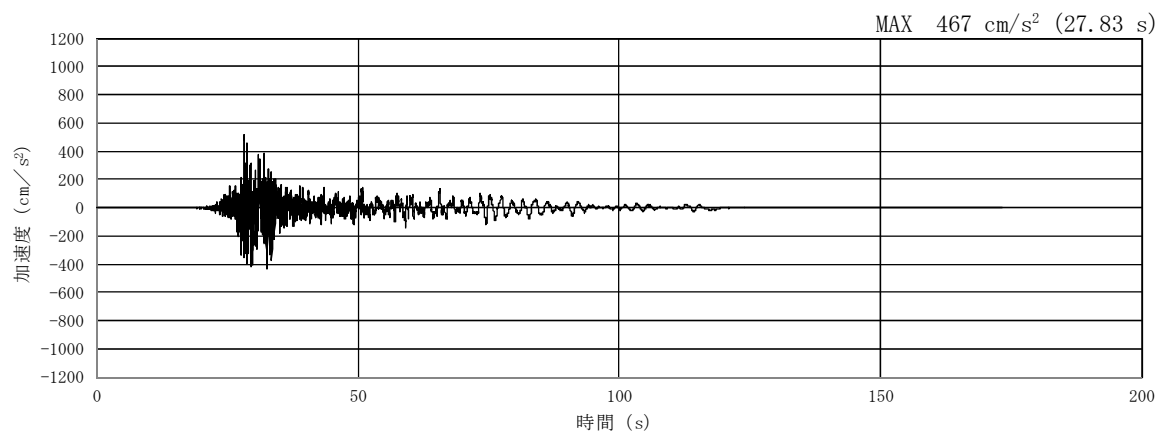
(a) 加速度時刻歴波形



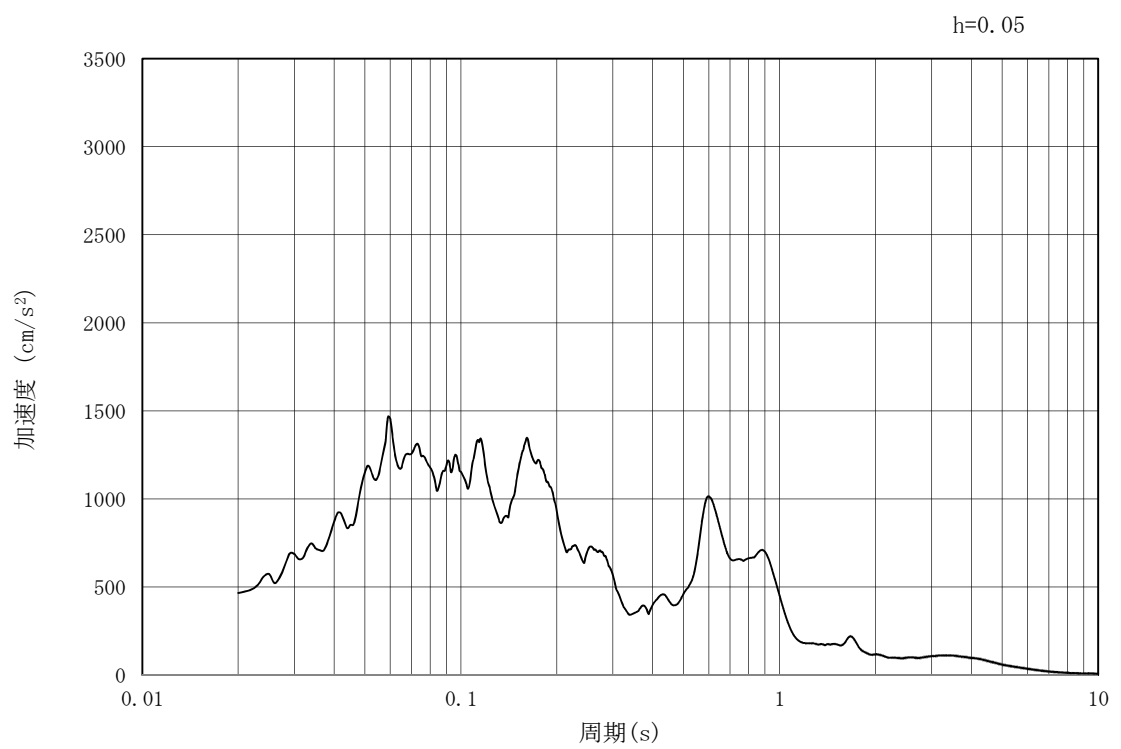
(b) 加速度応答スペクトル

図 3.3-3 (5) 管軸直角方向の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平方向:  $S_s - 1.2$ )





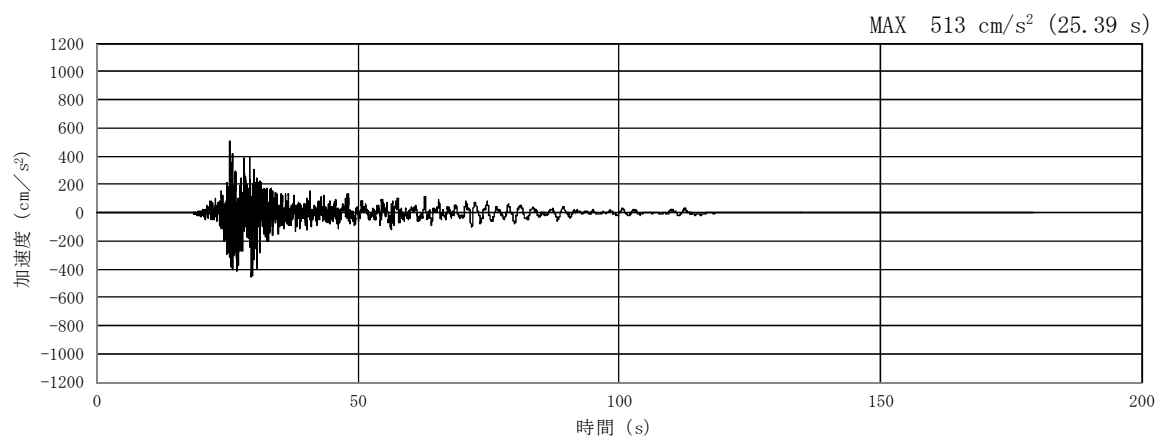
(a) 加速度時刻歴波形



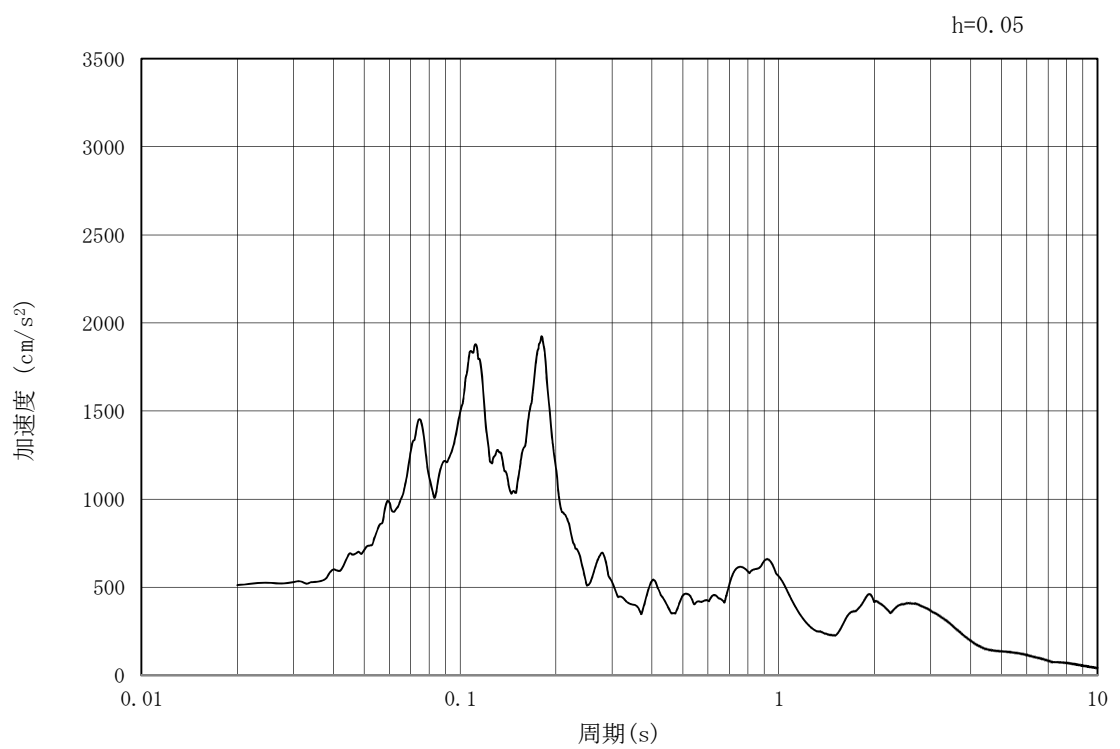
(b) 加速度応答スペクトル

図 3.3-3 (6) 管軸直角方向の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直方向:  $S_s - 1.2$ )





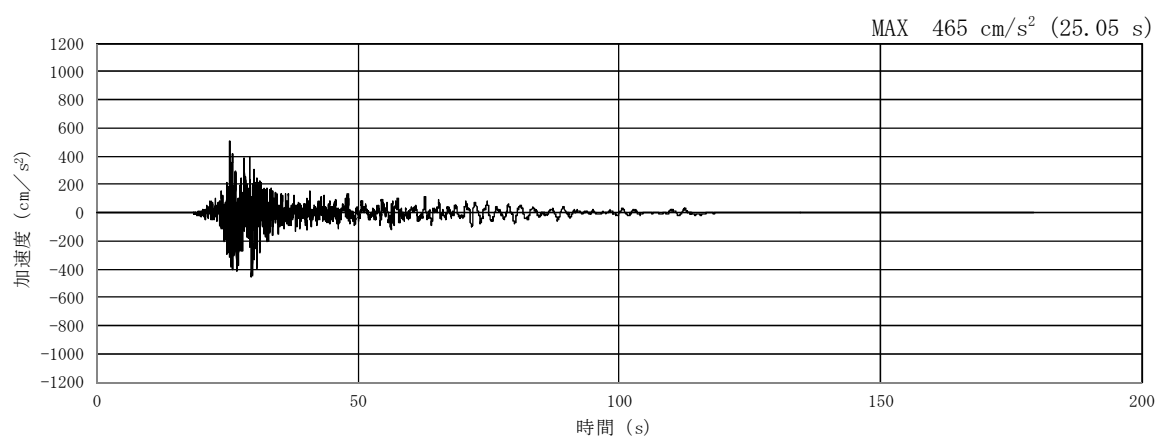
(a) 加速度時刻歴波形



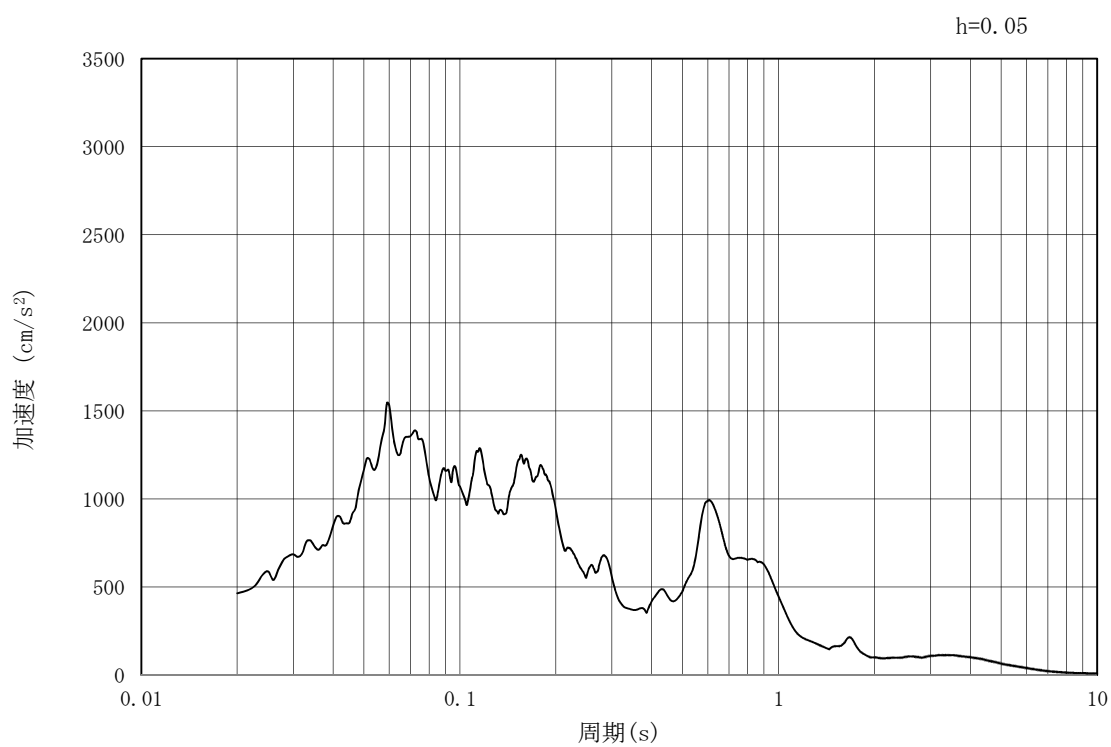
(b) 加速度応答スペクトル

図 3.3-3 (7) 管軸直角方向の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平方向 :  $S_s - 1.3$ )





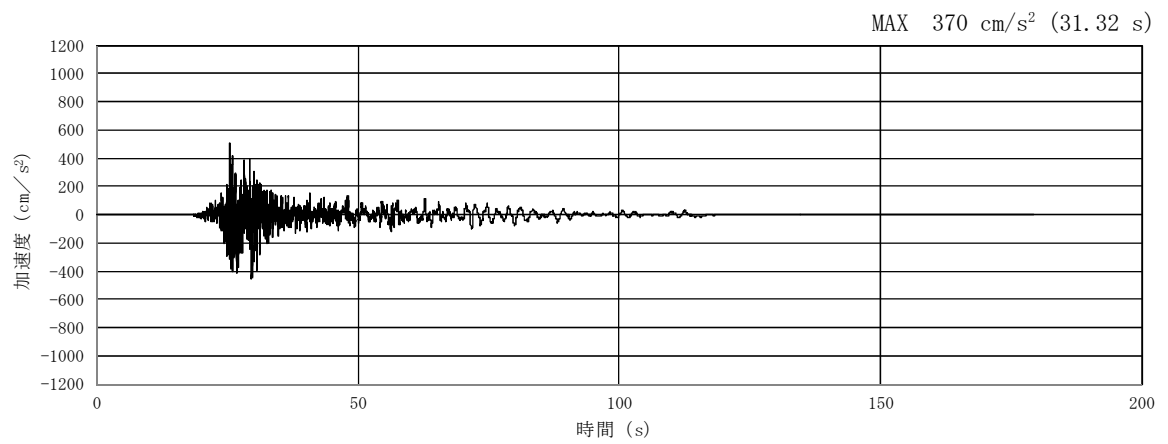
(a) 加速度時刻歴波形



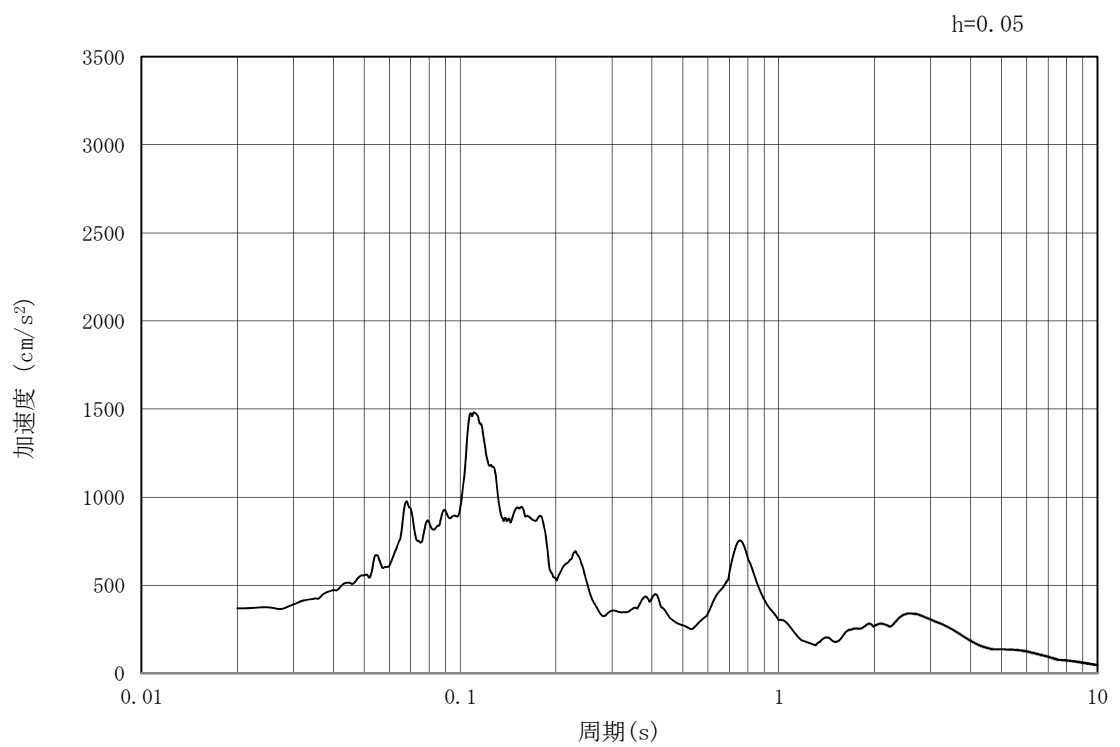
(b) 加速度応答スペクトル

図 3.3-3 (8) 管軸直角方向の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直方向:  $S_s - 1.3$ )





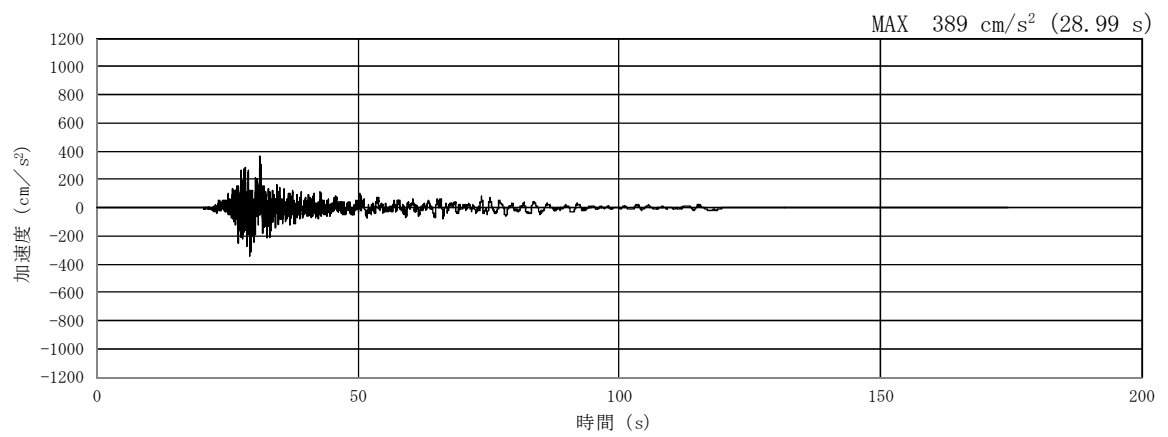
(a) 加速度時刻歴波形



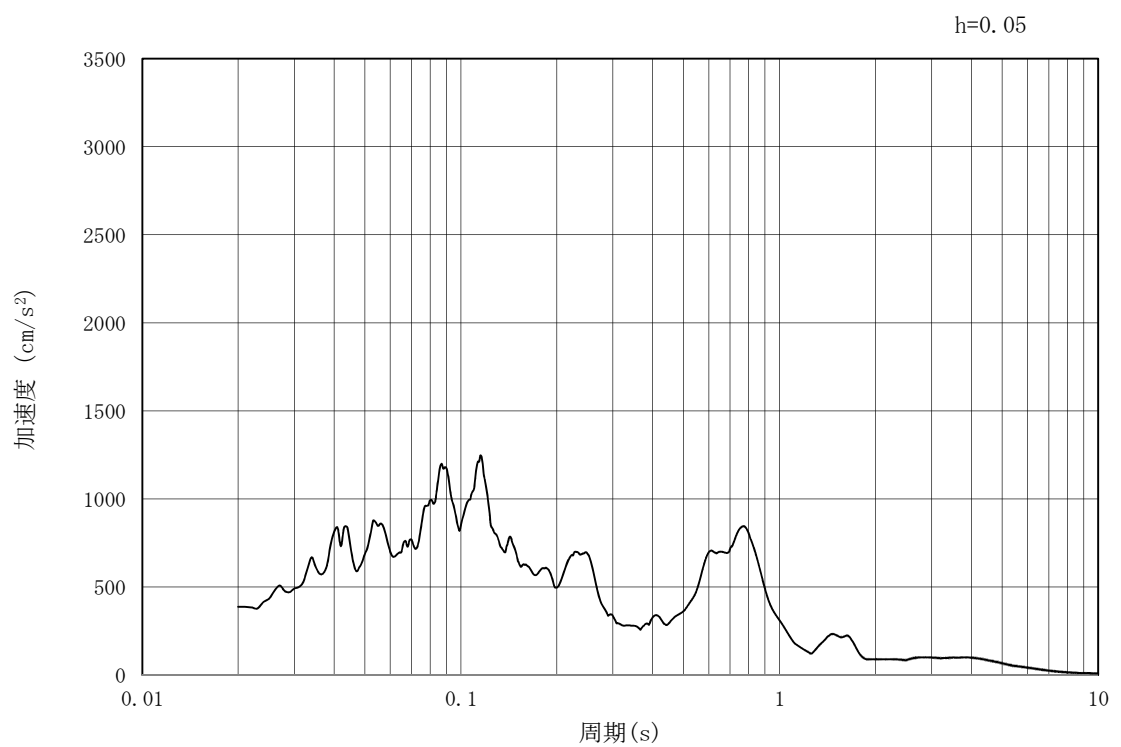
(b) 加速度応答スペクトル

図 3.3-3 (9) 管軸直角方向の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平方向:  $S_s - 1.4$ )





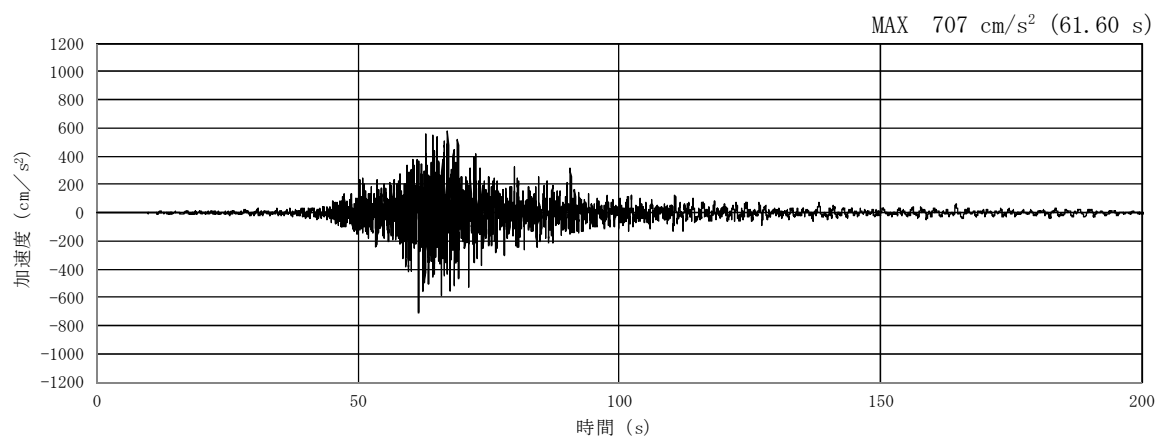
(a) 加速度時刻歴波形



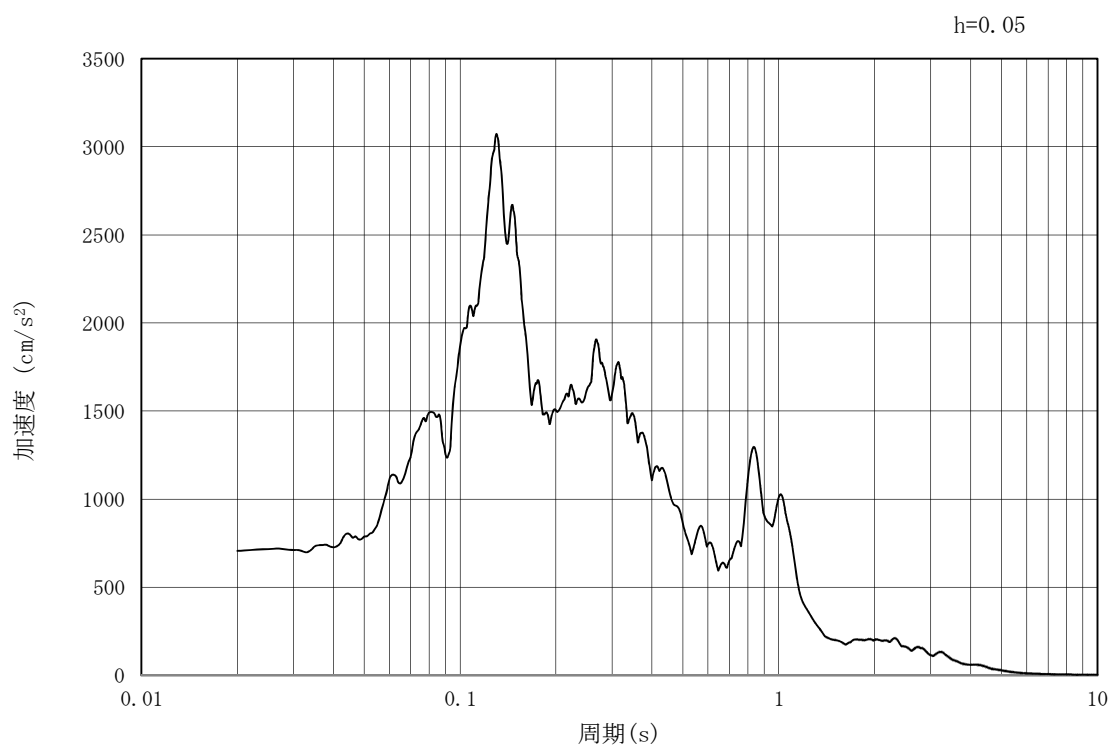
(b) 加速度応答スペクトル

図 3.3-3 (10) 管軸直角方向の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直方向 :  $S_s - 1.4$ )





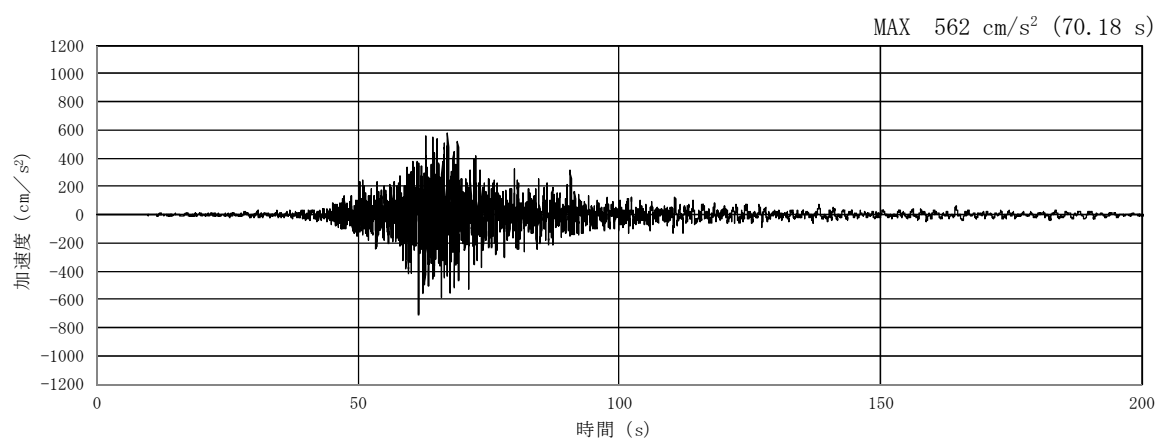
(a) 加速度時刻歴波形



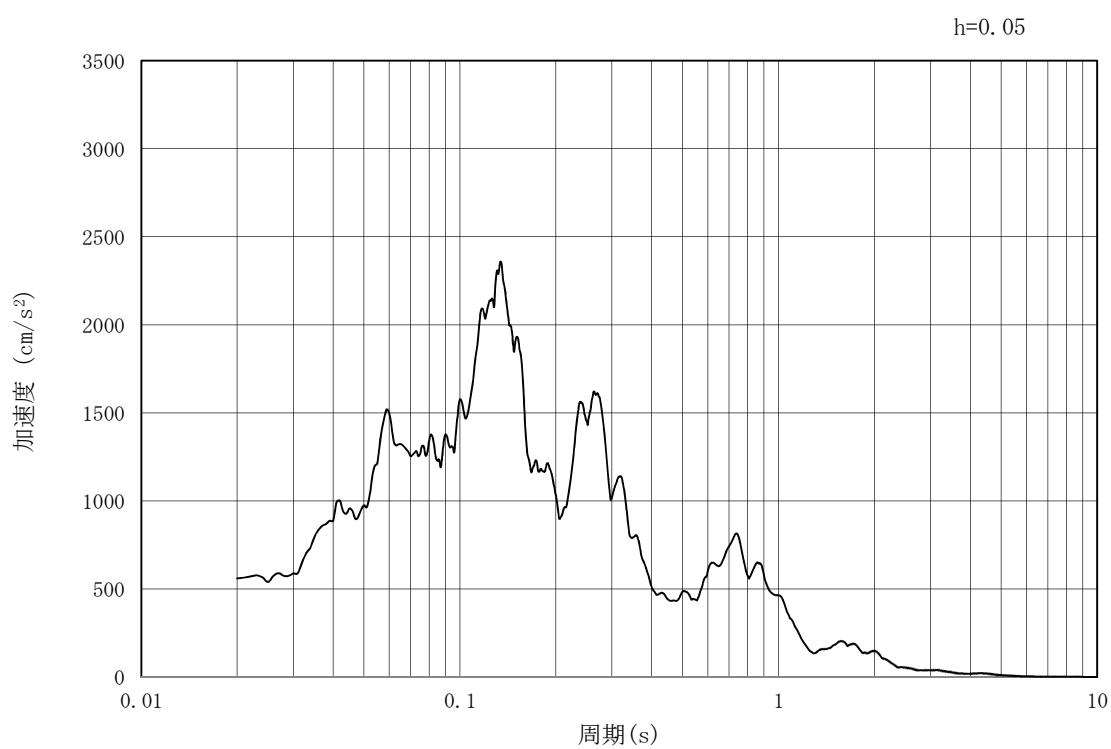
(b) 加速度応答スペクトル

図 3.3-3 (11) 管軸直角方向の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平方向:  $S_s - 2.1$ )





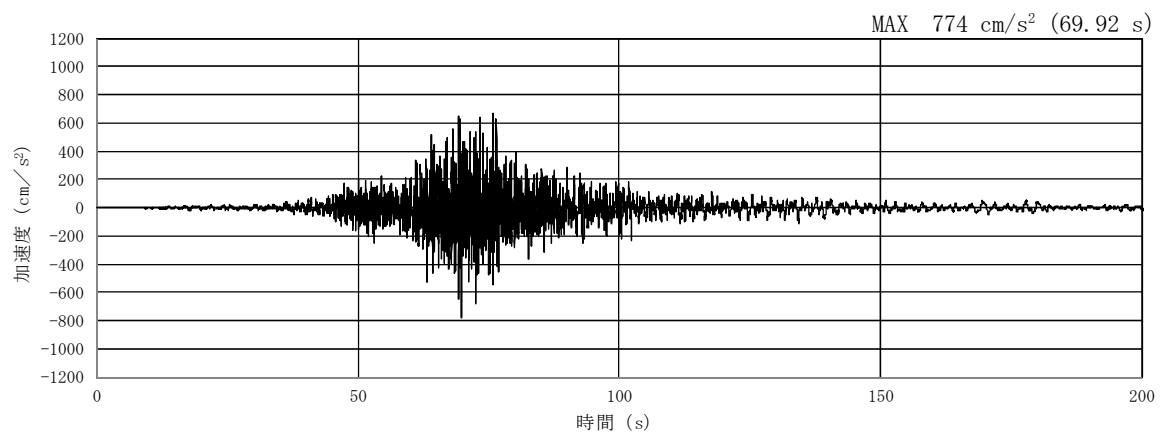
(a) 加速度時刻歴波形



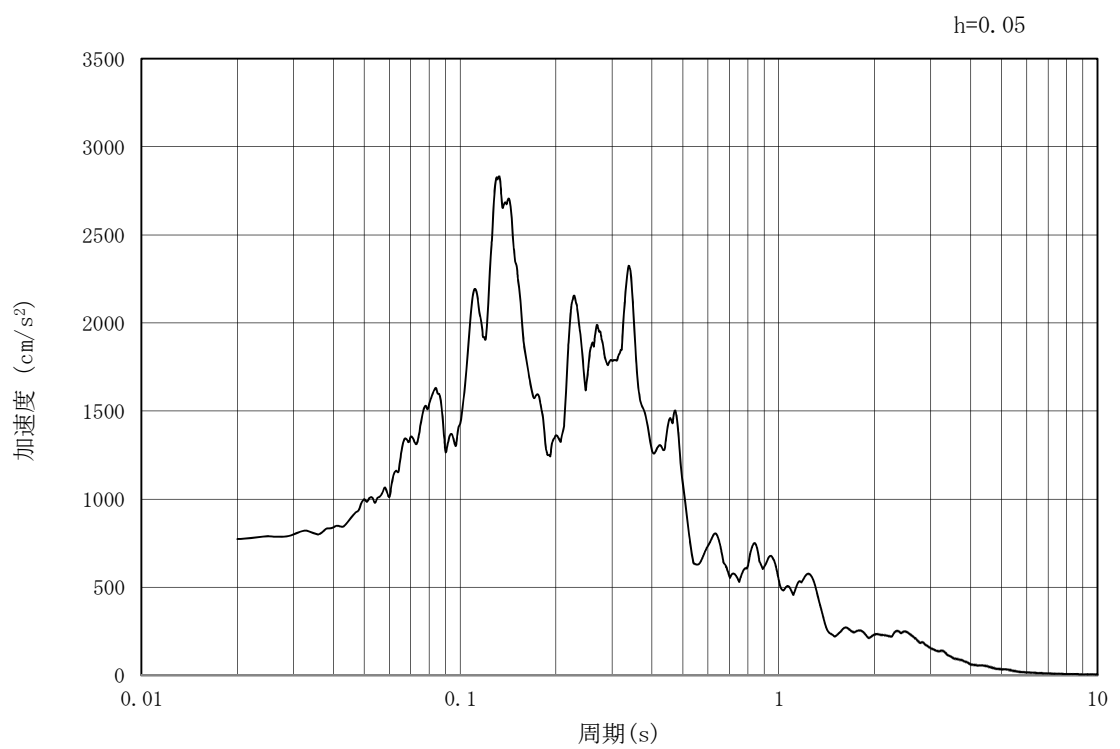
(b) 加速度応答スペクトル

図 3.3-3 (12) 管軸直角方向の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直方向 :  $S_s - 2.1$ )





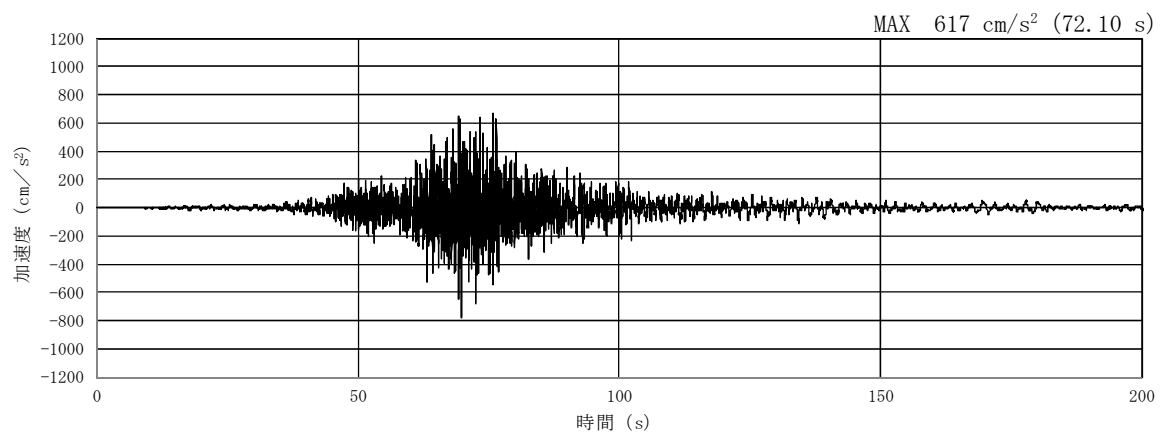
(a) 加速度時刻歴波形



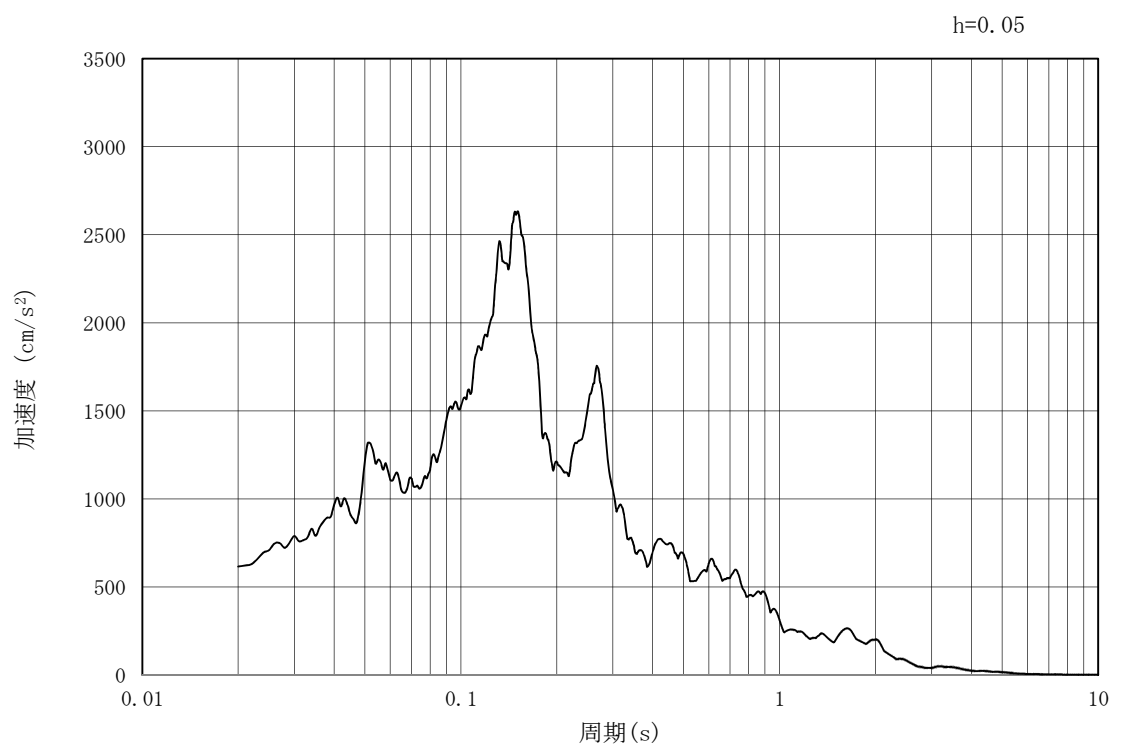
(b) 加速度応答スペクトル

図 3.3-3 (13) 管軸直角方向の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平方向:  $S_s - 2.2$ )





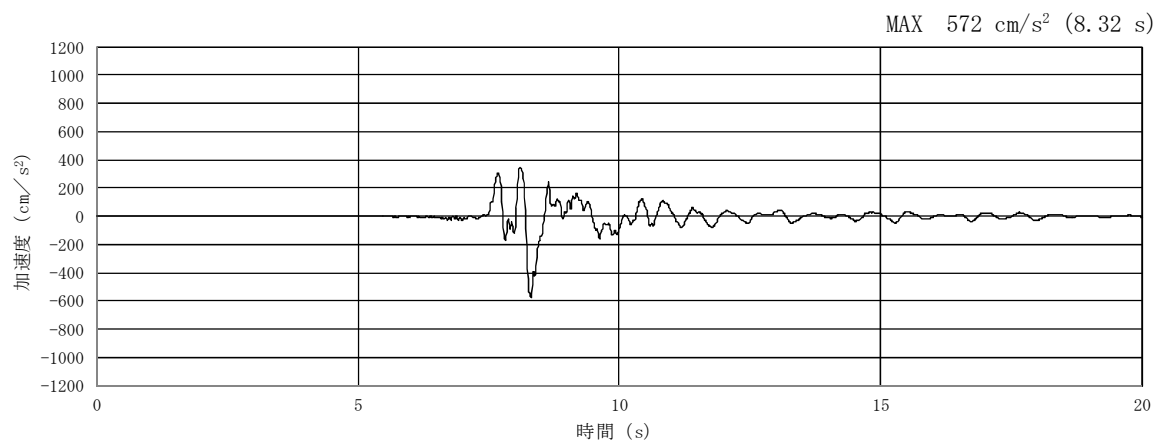
(a) 加速度時刻歴波形



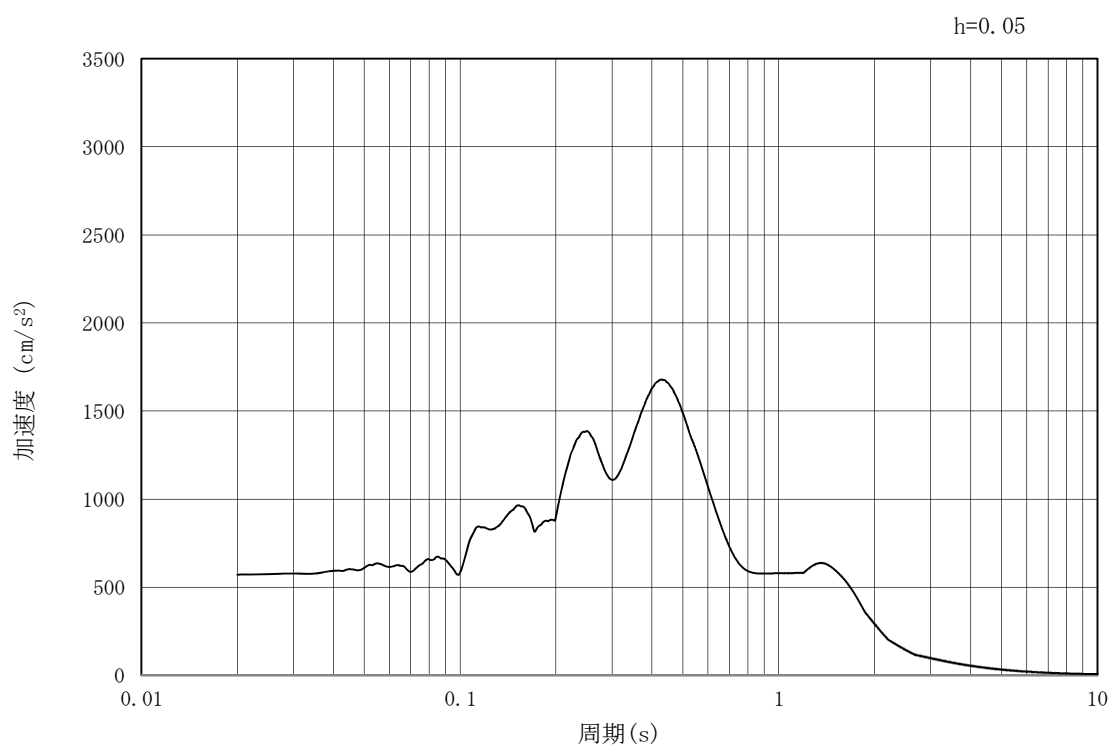
(b) 加速度応答スペクトル

図 3.3-3 (14) 管軸直角方向の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直方向:  $S_s - 2.2$ )





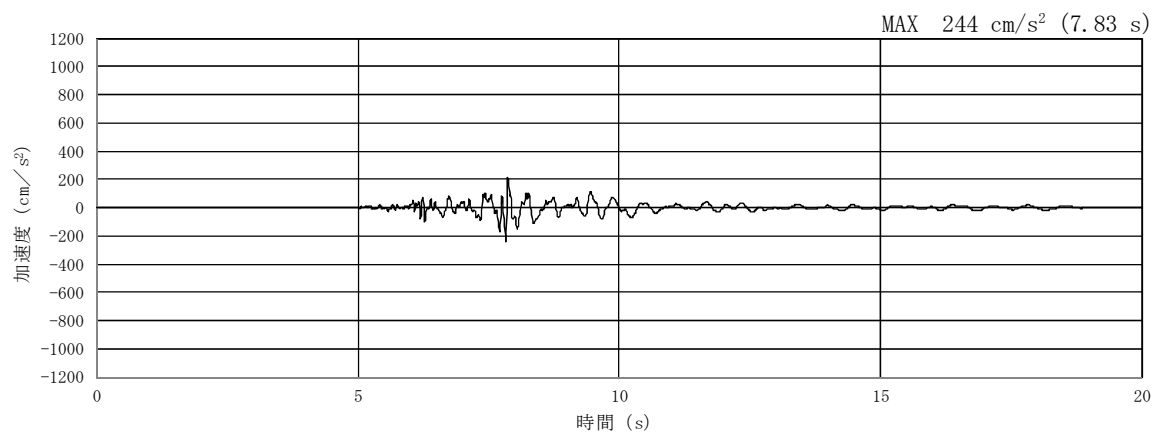
(a) 加速度時刻歴波形



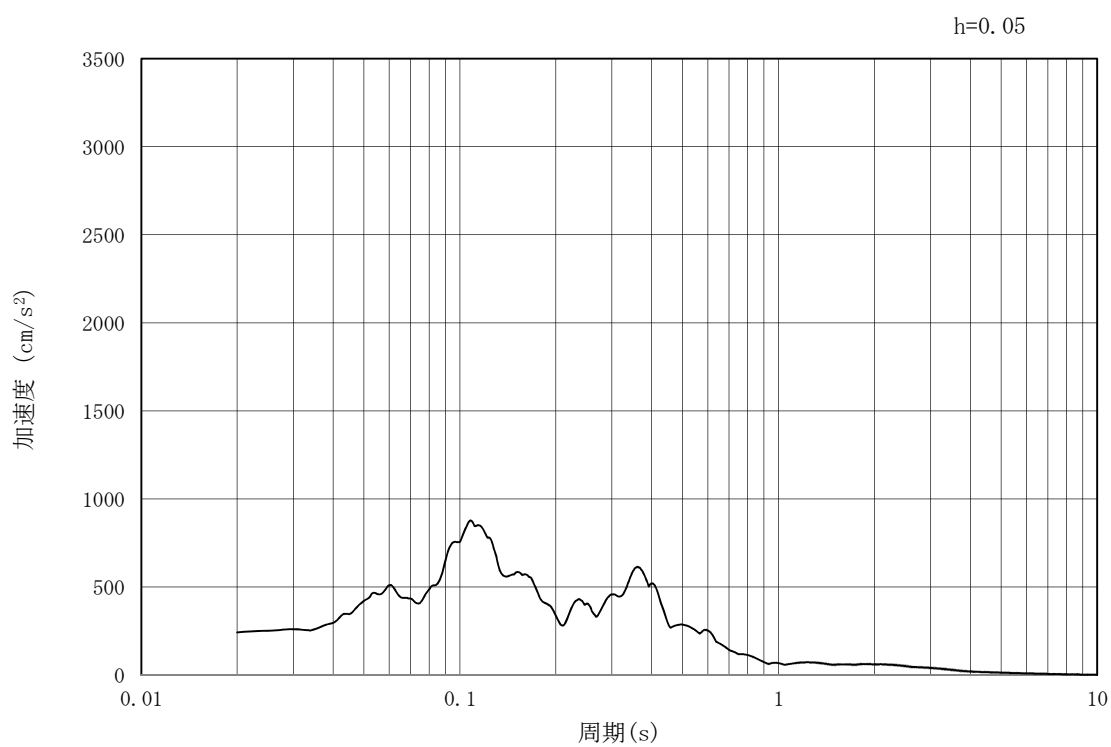
(b) 加速度応答スペクトル

図 3.3-3 (15) 管軸直角方向の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平方向:  $S_s - 3.1$ )





(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

図 3.3-3 (16) 管軸直角方向の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直方向:  $S_s - 3.1$ )



### 3.3.2 許容限界の設定

#### (1) 構造部材に対する許容限界

##### a. 杭基礎の鋼製桁及び鋼管杭

屋外二重管基礎の構造部材となる杭基礎の鋼製桁及び鋼管杭の許容限界は、道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会、平成14年3月）に基づき、表3.3-1に示す短期許容応力度とする。短期許容応力度は、耐震設計上考慮する荷重が地震荷重であることを考慮し、鋼材の許容応力度に対して1.5倍の割増しを考慮する。

表 3.3-1 許容限界

| 評価項目 |        |                               | 短期許容応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) |
|------|--------|-------------------------------|---------------------------------|
| 鋼製桁  | SM570* | 許容引張応力度，許容圧縮応力度 $\sigma_{sa}$ | 382.5                           |
|      |        | 許容せん断応力度 $\tau_a$             | 217.5                           |
| 鋼管杭  | SM570* | 許容引張応力度，許容圧縮応力度 $\sigma_{sa}$ | 382.5                           |
|      |        | 許容せん断応力度 $\tau_a$             | 217.5                           |

注記 \*：道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説  
（（社）日本道路協会、平成14年3月）

##### b. 地盤改良体

地盤改良体の健全性に係る許容限界は、原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1-1987（（社）日本電気協会）に基づき、表3.3-2のとおり、すべり安全率1.2とする。すべり安全率は、仮定した**仮想すべり面**上のせん断抵抗力を発生せん断力で除した値として次式により算定する。

$$F_s = \frac{\sum(R_i \times L_i)}{\sum(\tau_i \times L_i)}$$

ここで、

$F_s$ ：すべり安全率

$R_i$ ：**仮想すべり面**上の各要素のせん断強度（kN/m<sup>2</sup>）

$\tau_i$ ：**仮想すべり面**上の各要素の発生せん断応力（kN/m<sup>2</sup>）

$L_i$ ：**仮想すべり面上**の各要素のすべり面長さ（m）

表 3.3-2 地盤改良体の許容限界

| 評価項目   | 許容限界 |
|--------|------|
| すべり安全率 | 1.2  |



(2) 支持力に対する許容限界

a. 屋外二重管本体下の地盤改良体

屋外二重管本体下の地盤改良体に作用する接地圧に対する許容限界は、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき、極限支持力を設定する。ここで評価に用いるの最大接地圧は、管周方向の地震応答解析にて求まる屋外二重管本体下の最大接地圧とする。屋外二重管本体下の地盤改良体の極限支持力は、「道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会、平成14年）」に基づき、以下の式にて算定する。

$$Q_u = A_e \left\{ \alpha \kappa c N_c S_c + \kappa q N_q S_q + \frac{1}{2} \gamma_1 \beta B_e N_\gamma S_\gamma \right\}$$

ここで、

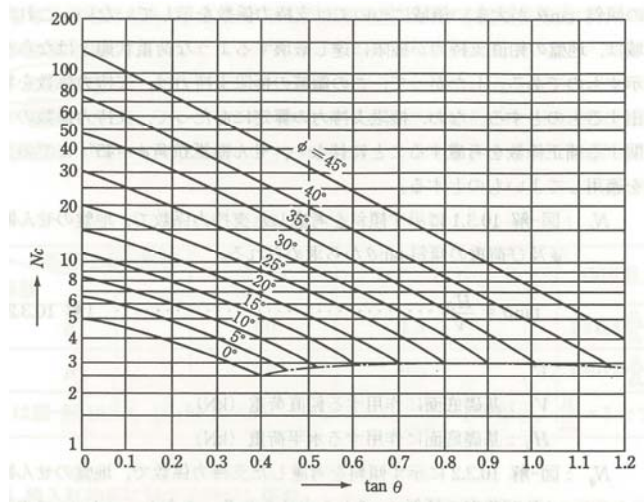
- $Q_u$  : 荷重の偏心傾斜，支持力係数の寸法効果を考慮した地盤の極限支持力 (kN)
- $c$  : 地盤の粘着力 ( $\text{kN/m}^2$ )  
\* $c$  は表 3.2-5 における地盤改良体の粘着力
- $q$  : 上載荷重 ( $\text{kN/m}^2$ ) で， $q = \gamma_2 D_f$
- $A_e$  : 有効載荷面積 ( $\text{m}^2$ )
- $\gamma_1, \gamma_2$  : 支持地盤及び根入れ地盤の単位体積重量 ( $\text{kN/m}^3$ )  
ただし，地下水位以下では水中単位体積重量とする。
- $B_e$  : 荷重の偏心を考慮した基礎の有効載荷幅 (m)  
 $B_e = B - 2e_B$
- $B$  : 基礎幅 (m)
- $e_B$  : 荷重の偏心量 (m)
- $D_f$  : 基礎の有効根入れ深さ (m)
- $\alpha, \beta$  : 表 3.3-3 に示す基礎の形状係数
- $\kappa$  : 根入れ効果に対する割増し係数
- $N_c, N_q, N_\gamma$  : 図 3.3-4 に示す荷重の傾斜を考慮した支持力係数
- $S_c, S_q, S_\gamma$  : 支持力係数の寸法効果に関する補正係数

表 3.3-3 形状係数

| 基礎底面の形状<br>形状係数 | 帯 状 | 正方形，円形 | 長方形，楕円形，小判形               |
|-----------------|-----|--------|---------------------------|
| $\alpha$        | 1.0 | 1.3    | $1 + 0.3 \frac{B_e}{D_e}$ |
| $\beta$         | 1.0 | 0.6    | $1 - 0.4 \frac{B_e}{D_e}$ |

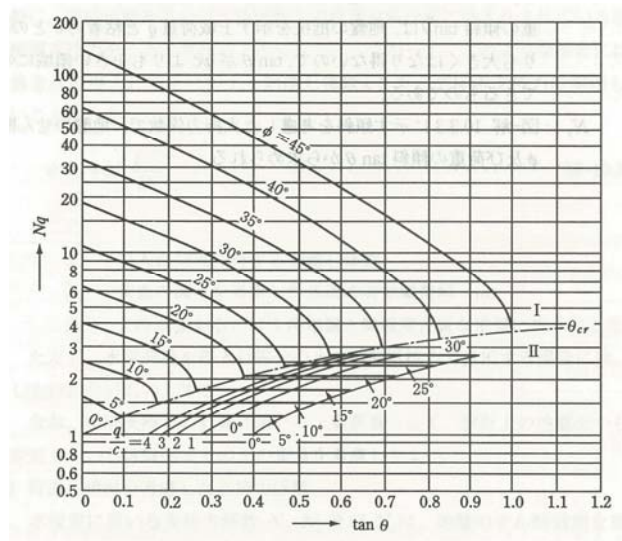
「道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会、平成14年3月）」より





「道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 14 年 3 月）」より

(a) 支持力係数  $N_c$  を求めるグラフ

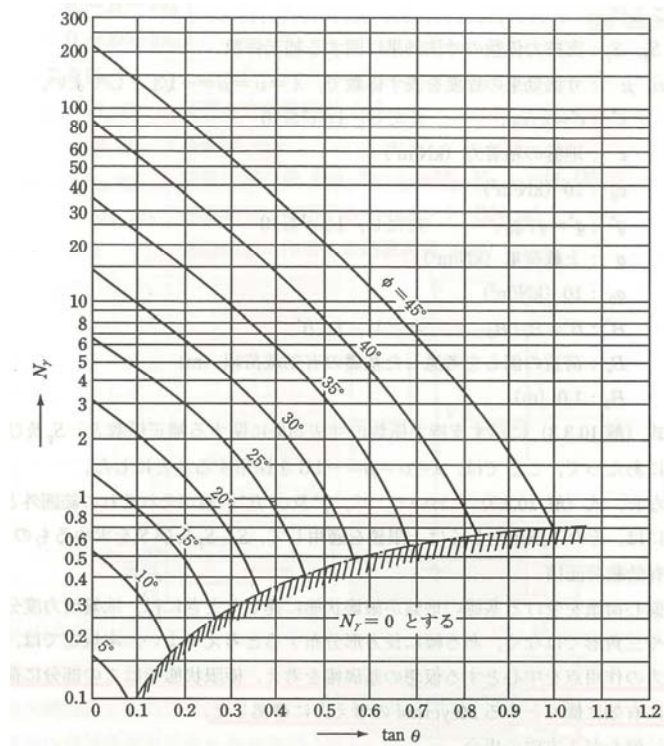


「道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 14 年 3 月）」より

(b) 支持力係数  $N_q$  を求めるグラフ

図 3.3-4 (1) 支持力係数





「道路橋示方書（Ⅰ 共通編・Ⅳ 下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 14 年 3 月）」より」

(c) 支持力係数  $N_\gamma$  を求めるグラフ

図 3.3-4 (2) 支持力係数



b. 杭基礎構造部の支持岩盤（Km 層）

杭基礎構造部における支持岩盤に作用する接地圧に対する許容限界は、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき、極限支持力を設定する。

押し込み力に対する支持力評価において、豊浦標準砂の液状化強度特性により強制的に液状化させることを仮定した耐震設計を行う場合は、第四系の杭周面摩擦力を支持力として考慮せず、杭先端の支持岩盤への接地圧に対する支持力評価を行うことを基本とする。ただし、杭を根入れした岩盤及び岩着している地盤改良体とその上方の非液状化層が連続している場合は、その杭周面摩擦力を支持力として考慮する。

杭基礎構造部における支持岩盤の極限支持力は、「道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会、平成 14 年）」に基づき設定する。

極限支持力算定式（中掘り杭工法：コンクリート打設方式）

$$R_u = q_d A + U \sum L_i f_i$$

ここで、

$R_u$  : 地盤から決まる杭の極限支持力（kN）

$q_d$  : 杭先端における単位面積あたりの極限支持力度（kN/m<sup>2</sup>）

$$q_d = 3 \cdot q_u$$

$q_u$  : 支持岩盤の一軸圧縮強度（kN/m<sup>2</sup>）

（ $q_u$ は Km 層の非排水せん断強度×2）

$A$  : 杭先端面積（m<sup>2</sup>）

$U$  : 杭の周長（m）

$L_i$  : 周面摩擦力を考慮する層の層厚（m）

$f_i$  : 周面摩擦力を考慮する層の最大周面摩擦力度（kN/m<sup>2</sup>）



c. 地盤改良体基礎構造部の支持岩盤（Km 層）

地盤改良体基礎構造部における支持岩盤に作用する接地圧に対する許容限界は、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき、極限支持力を設定する。

地盤改良体基礎構造部における支持岩盤の極限支持力は、「道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成14年）」に基づき、以下に示すケーソン基礎の支持力算定式にて設定する。

$$q_d = \alpha c N_c + \frac{1}{2} \beta \gamma_1 B N_\gamma + \gamma_2 D_f N_q$$

ここで、

$q_d$  : 基礎底面地盤の極限支持力度（kN/m<sup>2</sup>）

$c$  : 基礎底面より下にある地盤の粘着力（kN/m<sup>2</sup>）  
（ $c$ は、Km 層の非排水せん断強度）

$\gamma_1$  : 基礎底面より下にある地盤の単位体積重量（kN/m<sup>3</sup>）  
ただし、地下水位以下では水中単位体積重量とする

$\gamma_2$  : 基礎底面より上にある周辺地盤の単位体積重量（kN/m<sup>3</sup>）  
ただし、地下水位以下では水中単位体積重量とする

$\alpha, \beta$  : 表 3.3-4 に示す基礎底面の形状係数

$D$  : 基礎幅（m）

$D_f$  : 基礎の有効根入れ深さ（m）

$N_c, N_q, N_\gamma$  : 図 3.3-5 に示す支持力係数

表 3.3-4 基礎底面の形状係数

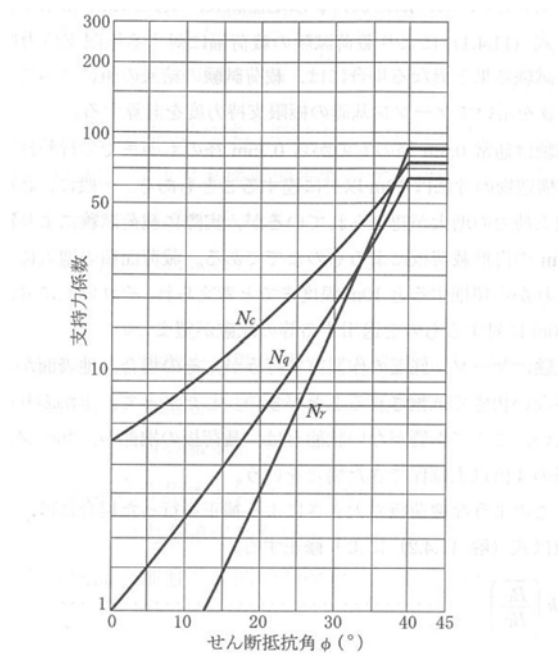
| 基礎底面の形状<br>形状係数 | 帯 状 | 正方形，円形 | 長方形，小判形             |
|-----------------|-----|--------|---------------------|
| $\alpha$        | 1.0 | 1.3    | $1+0.3 \frac{B}{D}$ |
| $\beta$         | 1.0 | 0.6    | $1-0.4 \frac{B}{D}$ |

$D$ : ケーソン前面幅（m）， $B$ : ケーソン側面幅（m）

ただし、 $B/D > 1$  の場合、 $B/D = 1$  とする。

「道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成14年3月）」より」





「道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（(社)日本道路協会，平成14年3月）」より」

図 3.3-5 支持力係数を求めるグラフ



### 3.3.3 評価方法

#### (1) 鋼製桁及び鋼管杭

鋼製桁及び鋼管杭の評価は、鋼管杭に発生する曲げモーメント及び軸力から算定される応力度、発生せん断力より算定されるせん断応力度が「3.3.2 許容限界の設定」で示される許容限界以下であることを確認する。

##### a. 曲げ軸力に対する照査

曲げモーメント及び軸力を用いて次式により算定される応力が「3.3.2 許容限界の設定」で示される許容限界以下であることを確認する。

$$\sigma = \frac{N}{A} \pm \frac{M}{Z}$$

ここで、

$\sigma$  : 鋼製桁及び鋼管杭の最大曲げモーメント及び最大軸力より算定される応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$M$  : 最大曲げモーメント (N・mm)

$Z$  : 断面係数 (mm<sup>3</sup>)

$N$  : 最大軸力 (N)

$A$  : 腐食代(1 mm)を考慮した有効断面積 (mm<sup>2</sup>)

##### b. せん断力に対する照査

せん断力を用いて次式により算定されるせん断応力度が「3.3.2 許容限界の設定」で示される許容限界以下であることを確認する。

$$\tau = \kappa \frac{S}{A}$$

ここで、

$\tau$  : 鋼管杭のせん断力より算定されるせん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$S$  : 最大せん断力 (N)

$A$  : 有効断面積 (mm<sup>2</sup>)

$\kappa$  : せん断応力の分布係数 (2.0)

#### (2) 基礎地盤の支持力

基礎地盤の支持性能評価においては、基礎地盤に作用する接地圧が「3.3.2 許容限界の設定」で示される許容限界以下であることを確認する。

#### (3) 地盤改良体

地盤改良体の支持性能評価及び健全性評価においては、接地圧及びすべり安全率が「3.3.2 許容限界の設定」で示される許容限界以下であることを確認する。



### 3.4 評価結果

#### 3.4.1 地震応答解析結果

屋外二重管基礎のA－A断面、B－B断面及びC－C断面（杭基礎構造部）における基準地震動 $S_s$ による鋼製桁及び鋼管杭の断面力分布（曲げモーメント、軸力、せん断力）を図3.4－1～図3.4－3に、その照査結果を表3.4－1～表3.4－6に示す。本図は、各部材の曲げモーメント及びせん断力が最大となる評価時刻におけるの断面力を示したものである。

また、最大せん断ひずみ分布図を図3.4－4～図3.4－7に示し、過剰間隙水圧比の分布図を図3.4－8～図3.4－11に示す。これらの図は、各要素に発生したせん断ひずみ及び過剰間隙水圧比の全時刻における最大値の分布を示したものである。

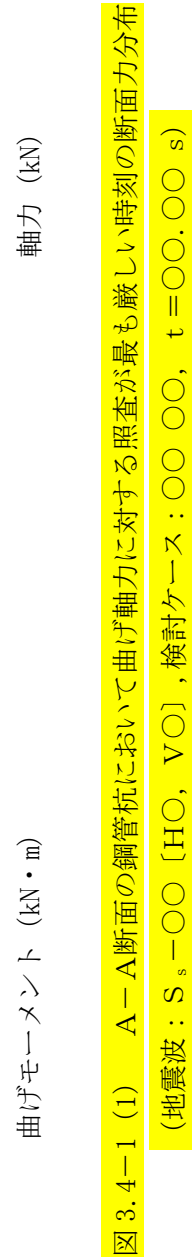
表 3.4－1 曲げ軸力に対する照査（A－A断面）

| 検討対象 | 仕様    | 発生曲げ<br>応力<br>( $\text{N}/\text{mm}^2$ ) | 短期許容<br>応力度<br>( $\text{N}/\text{mm}^2$ ) | 照査値 | 検討<br>ケース | 地震波<br>位相 |
|------|-------|--|---|-----|-----------|-----------|
| 鋼管杭  | SM570 |  |   |     |           |           |

表 3.4－2 せん断力に対する照査（A－A断面）

| 検討対象 | 仕様    | 発生せん断<br>応力<br>( $\text{N}/\text{mm}^2$ ) | 短期許容<br>応力度<br>( $\text{N}/\text{mm}^2$ ) | 照査値 | 検討<br>ケース | 地震波<br>位相 |
|------|-------|---|---|-----|-----------|-----------|
| 鋼管杭  | SM570 |   |   |     |           |           |







せん断力 (kN)

図 3. 4-1 (2) A-A断面の鋼管杭においてせん断力に対する照査が最も厳しい時刻の断面力分布  
(地震波 : S<sub>s</sub>-00 [HO, VO], 検討ケース : 00 00, t = 00.00 s)



表 3.4-3 曲げ軸力に対する照査（B-B断面）

| 検討対象 | 仕様    | 発生曲げ<br>応力<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値  | 検討<br>ケース | 地震波<br>位相                    |
|------|-------|------------------------------------|-------------------------------------|------|-----------|------------------------------|
| 鋼製桁  | SM570 | 24                                 | 382.5                               | 0.07 | ①         | S <sub>s</sub> -31<br>H-, V+ |
| 鋼管杭  | SM570 | 250                                | 382.5                               | 0.66 | ④         | S <sub>s</sub> -D1<br>H+, V- |

表 3.4-4 せん断力に対する照査（B-B断面）

| 検討対象 | 仕様    | 発生せん断<br>応力<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値  | 検討<br>ケース | 地震波<br>位相                    |
|------|-------|-------------------------------------|-------------------------------------|------|-----------|------------------------------|
| 鋼製桁  | SM570 | 6                                   | 217.5                               | 0.03 | ⑤         | S <sub>s</sub> -D1<br>H+, V- |
| 鋼管杭  | SM570 | 38                                  | 217.5                               | 0.18 | ④         | S <sub>s</sub> -D1<br>H+, V- |



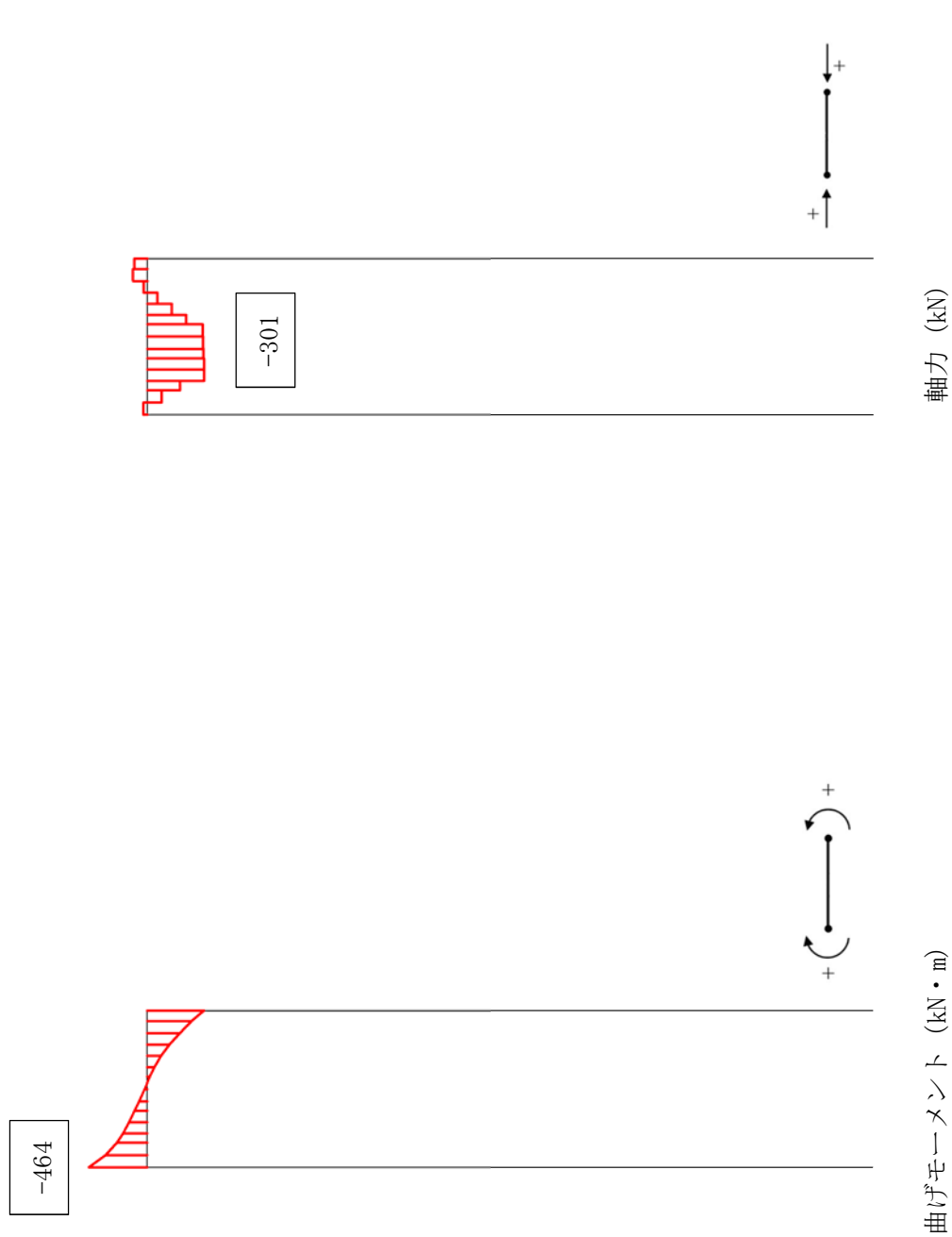


図 3. 4-2 (1) B-B 断面の鋼製桁において曲げ軸力に対する照査が最も厳しい時刻の断面力分布

(S<sub>s</sub>-3 1 [H-, V+], 検討ケース①: 原地盤に基づく液化化強度特性を用いた解析ケース (基本ケース), t=9.02 s)





せん断力 (kN)

図 3. 4-2 (2) B-B 断面の鋼製桁においてせん断力に対する照査が最も厳しい時刻の断面力分布

( $S_s - D 1$  [H+, V-], 検討ケース⑤: 原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース,  $t = 22.62$  s)



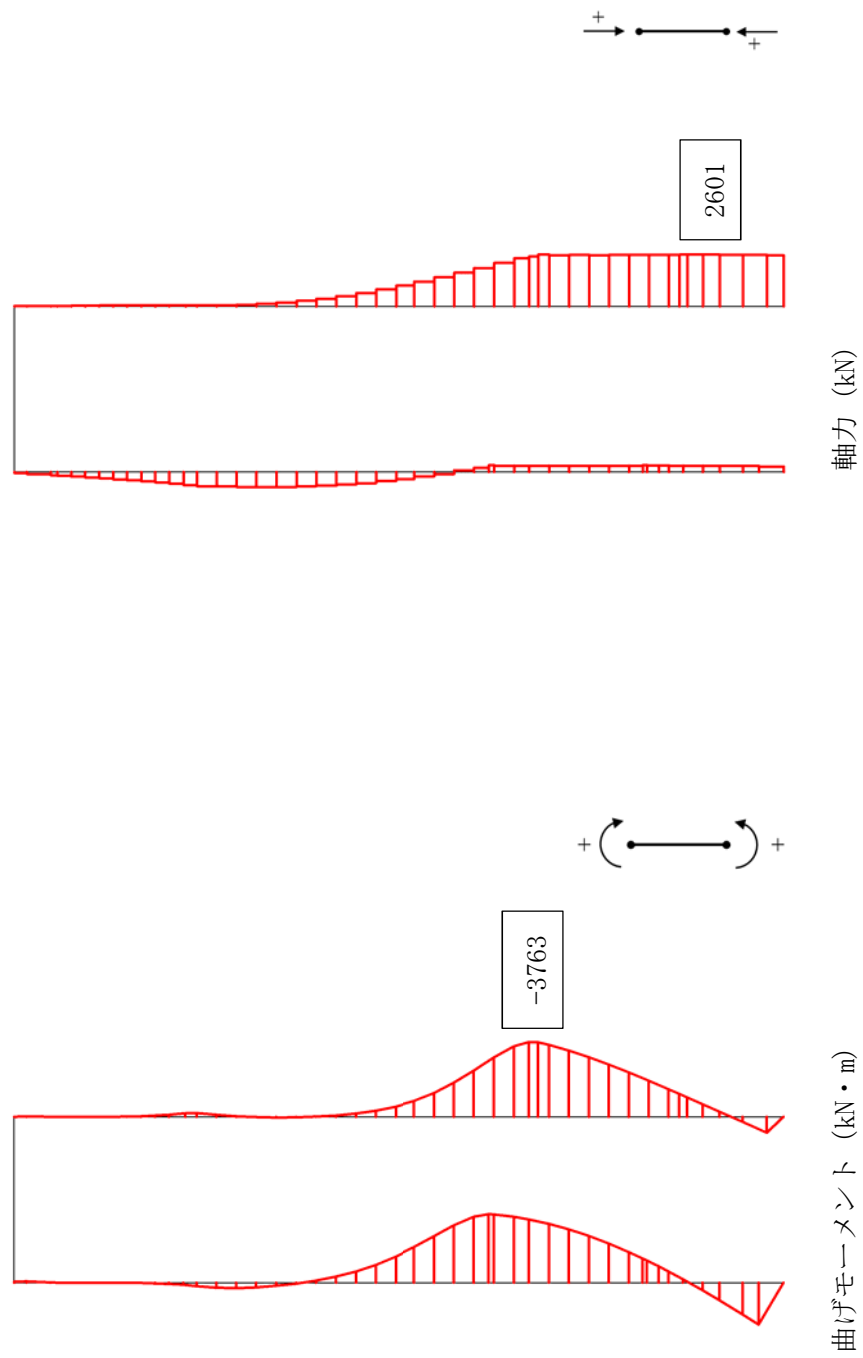


図 3.4-2 (3) B-B 断面の鋼管杭において曲げ軸力に対する照査が最も厳しい時刻の断面力分布  
 (地震波 :  $S_s - D1$  [H+, V-], 検討ケース④ : 敷地に存在しない豊浦標準砂の液化化強度特性により  
 地盤を強制的に液化化させることを仮定した解析ケース,  $t = 57.58$  s)



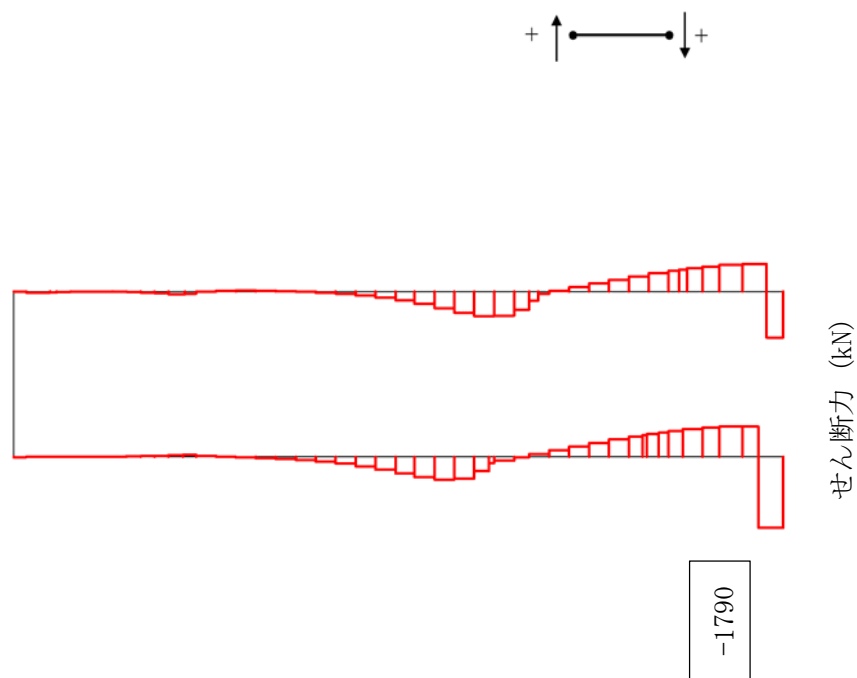


図 3. 4-2 (4) B-B断面の鋼管杭においてせん断力に対する照査が最も厳しい時刻の断面力分布

(地震波 :  $S_s-D1$  [H+, V-], 検討ケース④ : 敷地に存在しない豊浦標準砂の液化強度特性により地盤を強制的に液化させることを仮定した解析ケース,  $t = 53.62$  s)



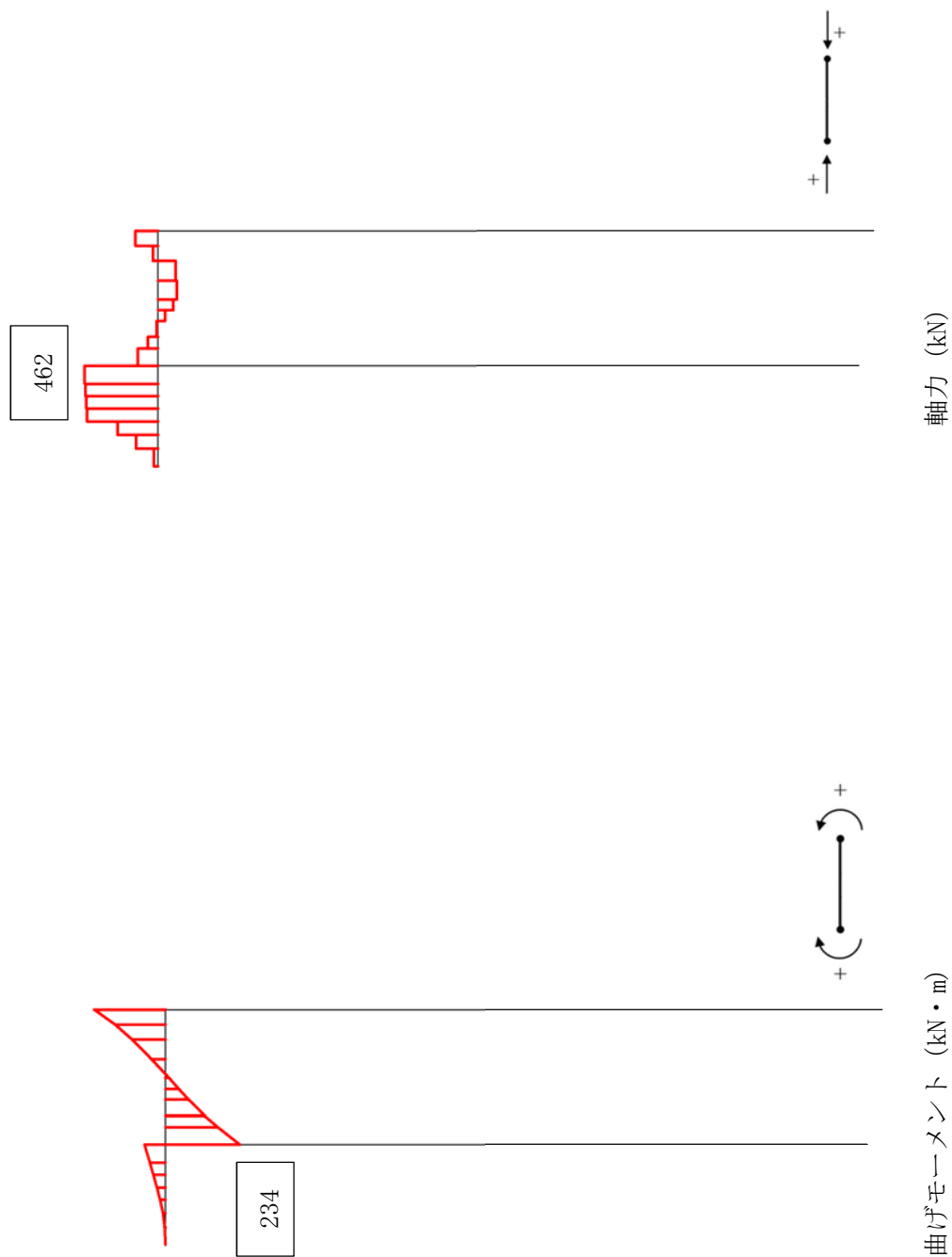
表 3.4-5 曲げ軸力に対する照査（C-C断面・杭基礎構造部）

| 検討対象 | 仕様    | 発生曲げ<br>応力<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値  | 検討<br>ケース | 地震波<br>位相                    |
|------|-------|------------------------------------|-------------------------------------|------|-----------|------------------------------|
| 鋼製桁  | SM570 | 15                                 | 382.5                               | 0.04 | ⑤         | S <sub>s</sub> -D1<br>H-, V+ |
| 鋼管杭  | SM570 | 219                                | 382.5                               | 0.58 | ④         | S <sub>s</sub> -D1<br>H-, V+ |

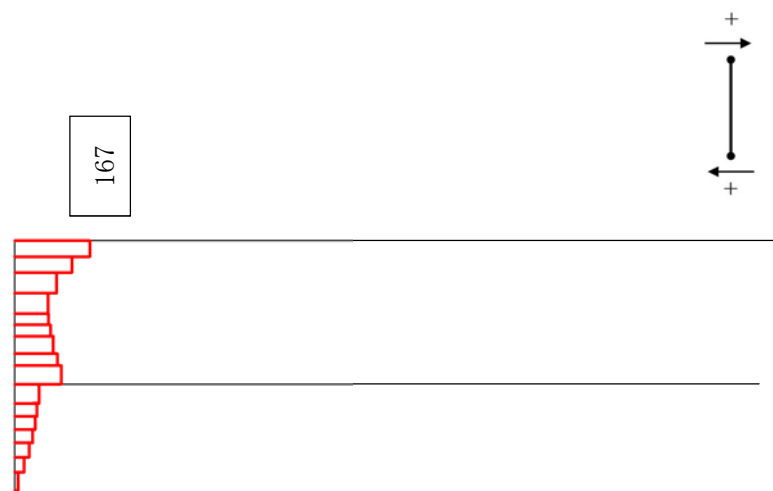
表 3.4-6 せん断力に対する照査（C-C断面・杭基礎構造部）

| 検討対象 | 仕様    | 発生せん断<br>応力<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値  | 検討<br>ケース | 地震波<br>位相                    |
|------|-------|-------------------------------------|-------------------------------------|------|-----------|------------------------------|
| 鋼製桁  | SM570 | 4                                   | 217.5                               | 0.02 | ⑤         | S <sub>s</sub> -D1<br>H-, V+ |
| 鋼管杭  | SM570 | 37                                  | 217.5                               | 0.17 | ④         | S <sub>s</sub> -D1<br>H-, V+ |









せん断力 (kN)

図 3. 4-3 (2) C-C断面 (杭基礎構造部) の鋼製桁においてせん断力に対する照査が最も厳しい時刻の断面力分布

(地震波 :  $S_s - D 1$  [H-, V+], 検討ケース⑤ : 原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース,  $t = 54.03$  s)



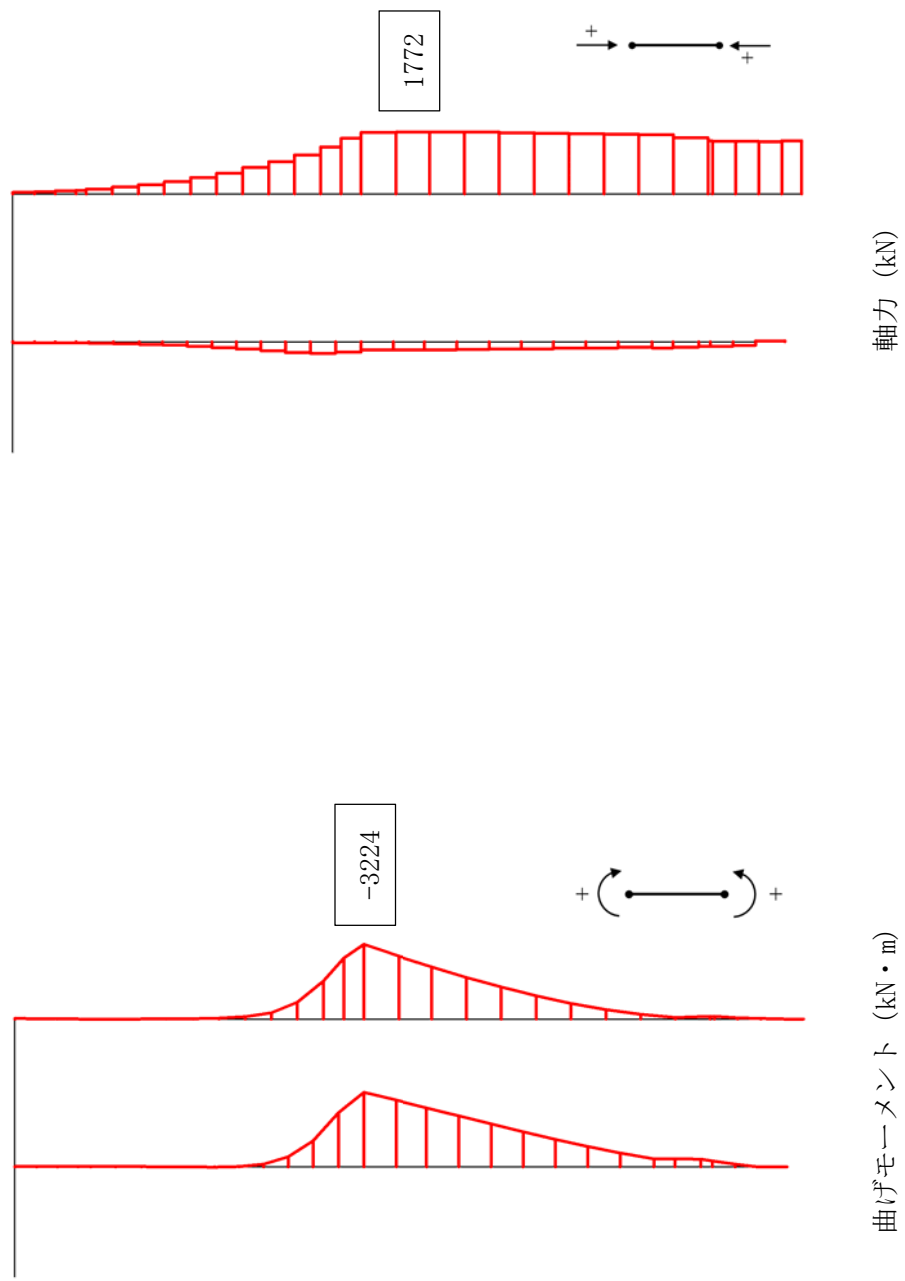
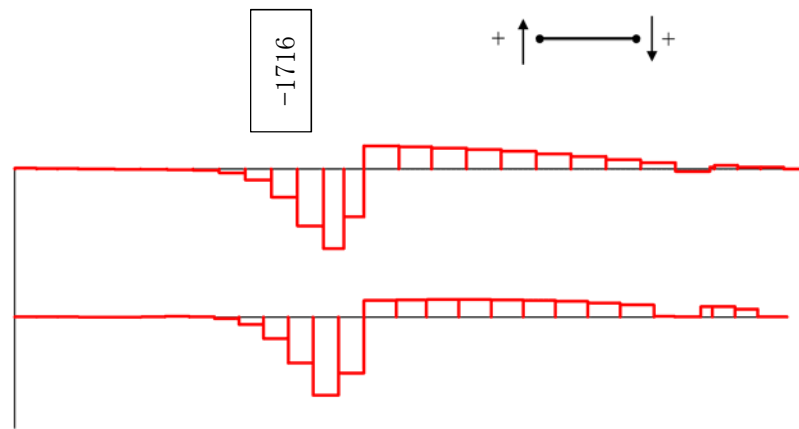


図 3.4-3 (3) C-C断面 (杭基礎構造部) の鋼管杭において曲げ軸力に対する照査が最も厳しい時刻の断面力分布  
 (地震波 :  $S_s - D1$  [H-, V+], 検討ケース④ : 敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により  
 地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース,  $t = 55.95$  s)





せん断力 (kN)

図 3. 4-3 (4) C-C 断面 (杭基礎構造部) の鋼管杭においてせん断力に対する照査が最も厳しい時刻の断面力分布

(地震波 :  $S_s - D 1$  [H-, V+], 検討ケース④ : 敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により

地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース,  $t = 55.95$  s)



図 3.4-4 (1) A-A断面の最大せん断ひずみ分布 (地震波:  $S_s-D1$  [H+, V-])

図 3.4-4 (2) A-A断面の最大せん断ひずみ分布 (地震波:  $S_s-D1$  [H-, V+])



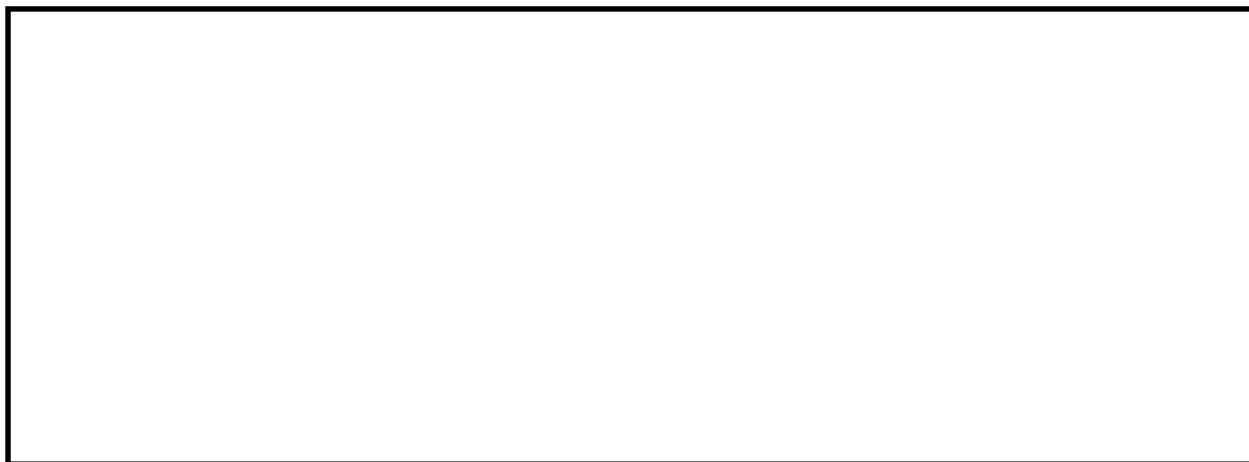


図 3.4-5 (1) B-B断面の最大せん断ひずみ分布

(地震波： $S_s-D 1$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース (基本ケース))

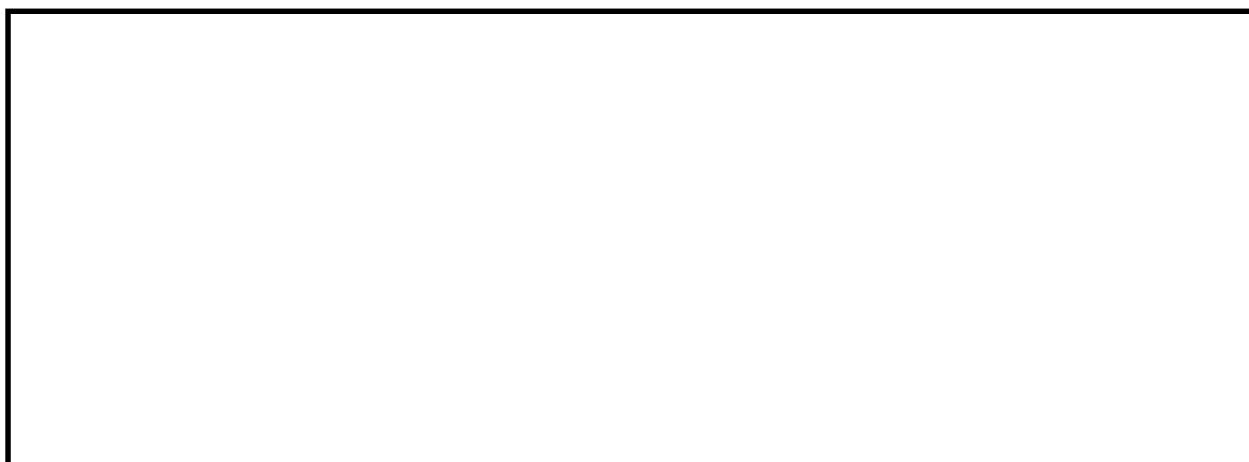


図 3.4-5 (2) B-B断面の最大せん断ひずみ分布

(地震波： $S_s-D 1$  [H+, V-], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース (基本ケース))



図 3.4-5 (3) B-B断面の最大せん断ひずみ分布

(地震波： $S_s-D 1$  [H-, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース (基本ケース))



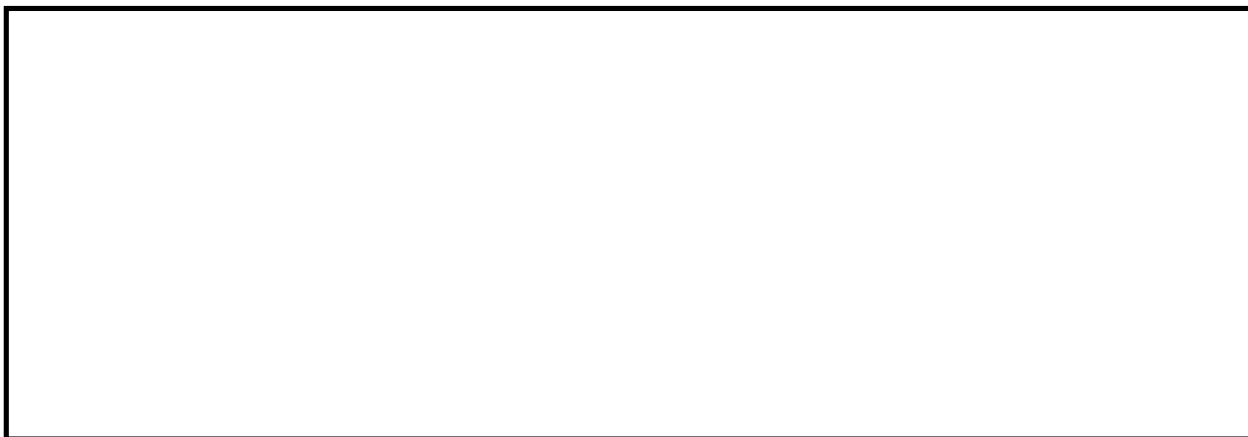


図 3.4-5 (4) B-B断面の最大せん断ひずみ分布

(地震波： $S_s-D 1$  [H-, V-], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース (基本ケース))

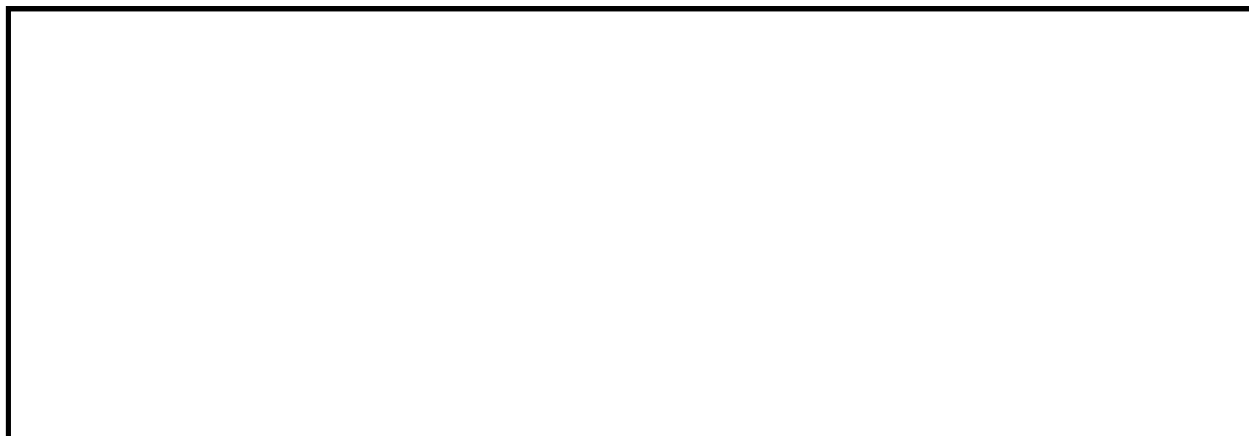


図 3.4-5 (5) B-B断面の最大せん断ひずみ分布

(地震波： $S_s-1 1$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース (基本ケース))



図 3. 4-5 (6) B-B断面の最大せん断ひずみ分布

(地震波： $S_s-1 2$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース (基本ケース))



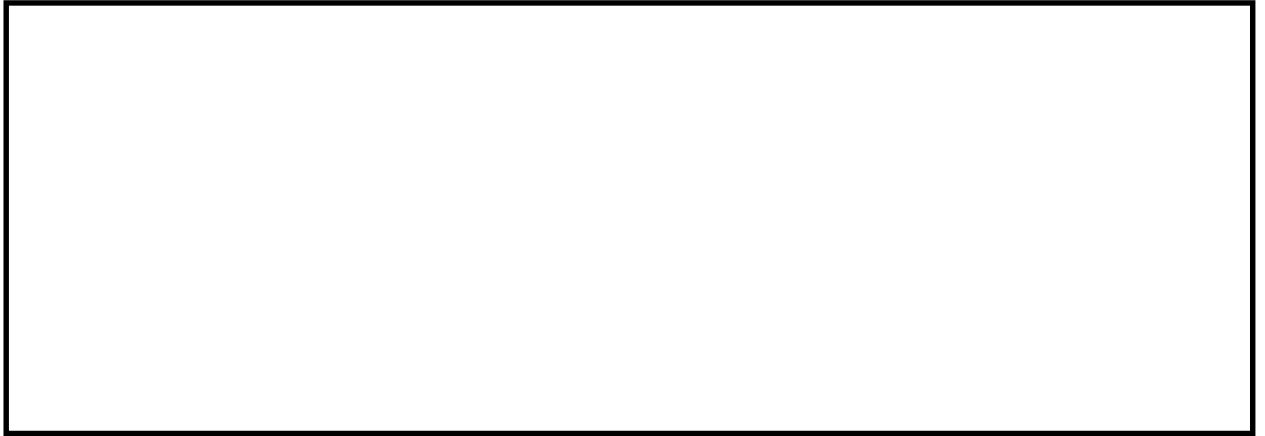


図 3.4-5 (7) B-B断面の最大せん断ひずみ分布

(地震波： $S_s-13$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析  
ケース (基本ケース))



図 3.4-5 (8) B-B断面の最大せん断ひずみ分布

(地震波： $S_s-14$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース (基本ケース))



図 3.4-5 (9) B-B断面の最大せん断ひずみ分布

(地震波： $S_s-21$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース (基本ケース))



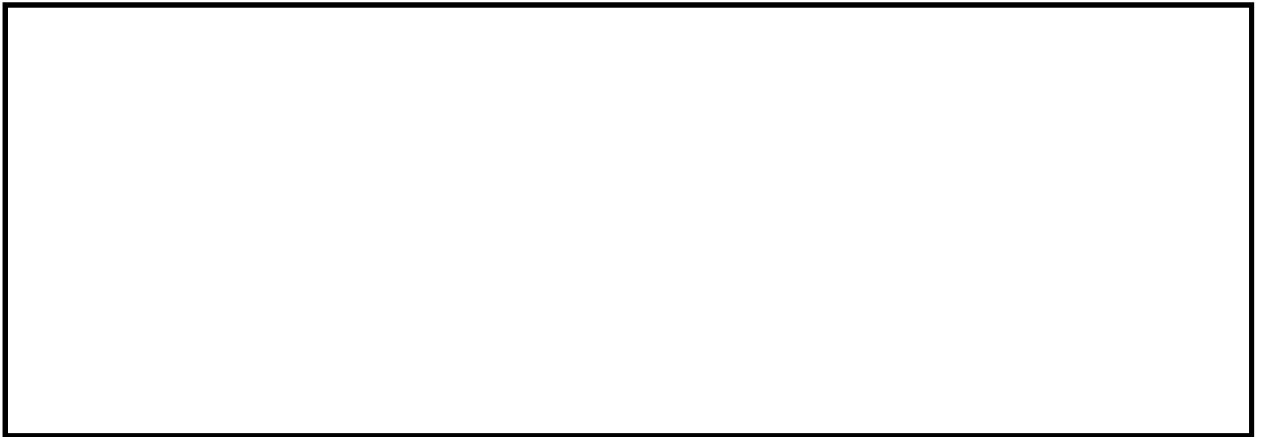


図 3.4-5 (10) B-B断面の最大せん断ひずみ分布

(地震波： $S_s-22$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース (基本ケース))



図 3.4-5 (11) B-B断面の最大せん断ひずみ分布

(地震波： $S_s-31$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース (基本ケース))



図 3.4-5 (12) B-B断面の最大せん断ひずみ分布

(地震波： $S_s-31$  [H-, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース (基本ケース))



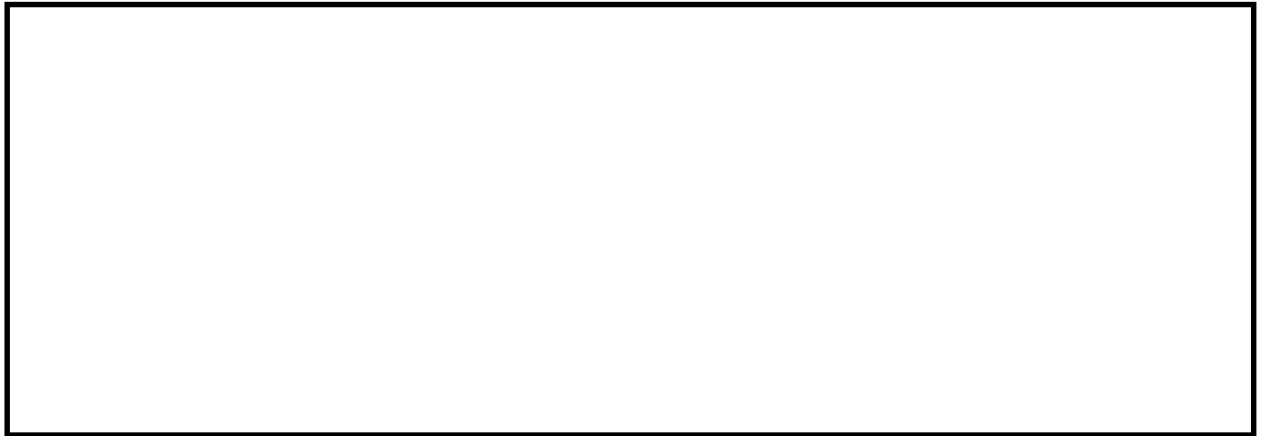


図 3.4-5 (13) B-B断面の最大せん断ひずみ分布

(地震波： $S_s-D1$  [H+, V-], 検討ケース②：地盤物性のばらつきを考慮 ( $+1\sigma$ ) した解析ケース)



図 3.4-5 (14) B-B断面の最大せん断ひずみ分布

(地震波： $S_s-D1$  [H+, V-], 検討ケース③：地盤物性のばらつきを考慮 ( $-1\sigma$ ) した解析ケース)

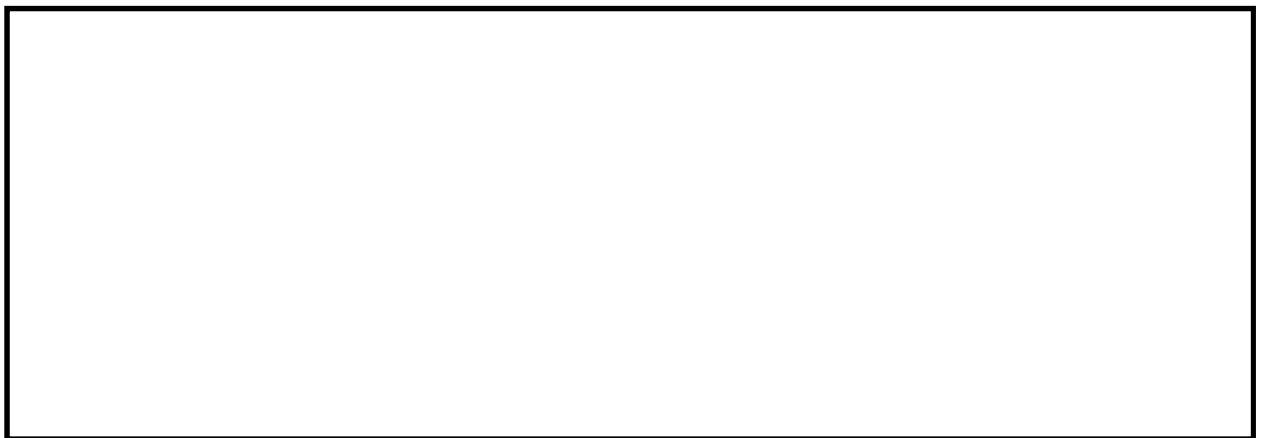


図 3.4-5 (15) B-B断面の最大せん断ひずみ分布

(地震波： $S_s-D1$  [H+, V-], 検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)



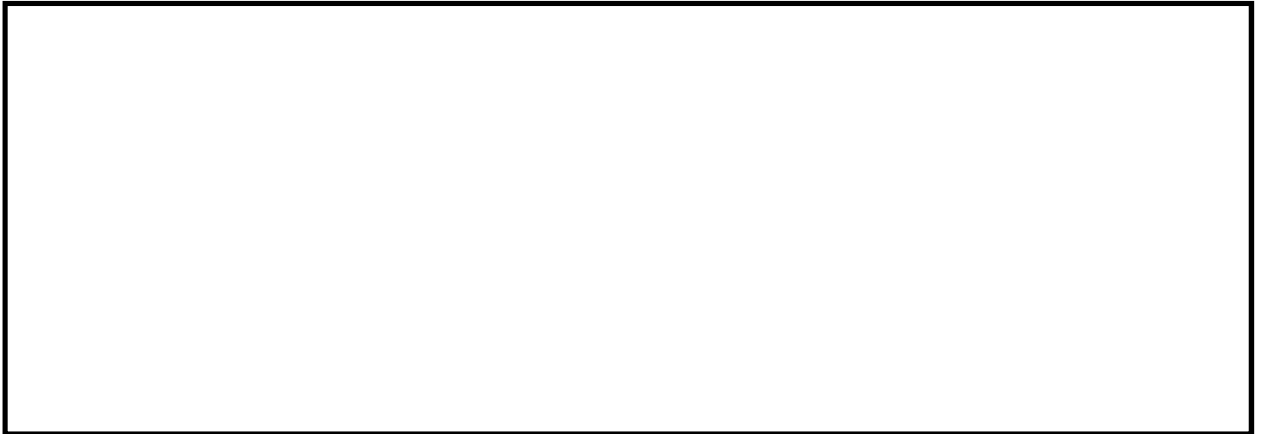


図 3.4-5 (16) B-B断面の最大せん断ひずみ分布

(地震波： $S_s-D1$  [H+, V-], 検討ケース⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース)



図 3.4-5 (17) B-B断面の最大せん断ひずみ分布

(地震波： $S_s-D1$  [H+, V-], 検討ケース⑥：地盤物性のばらつきを考慮 (+1 $\sigma$ ) して非液状化の条件を仮定した解析ケース)





図 3.4-6 (1) C-C断面（杭基礎構造部）の最大せん断ひずみ分布

（地震波： $S_s-D 1$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース（基本ケース））



図 3.4-6 (2) C-C断面（杭基礎構造部）の最大せん断ひずみ分布

（地震波： $S_s-D 1$  [H+, V-], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース（基本ケース））

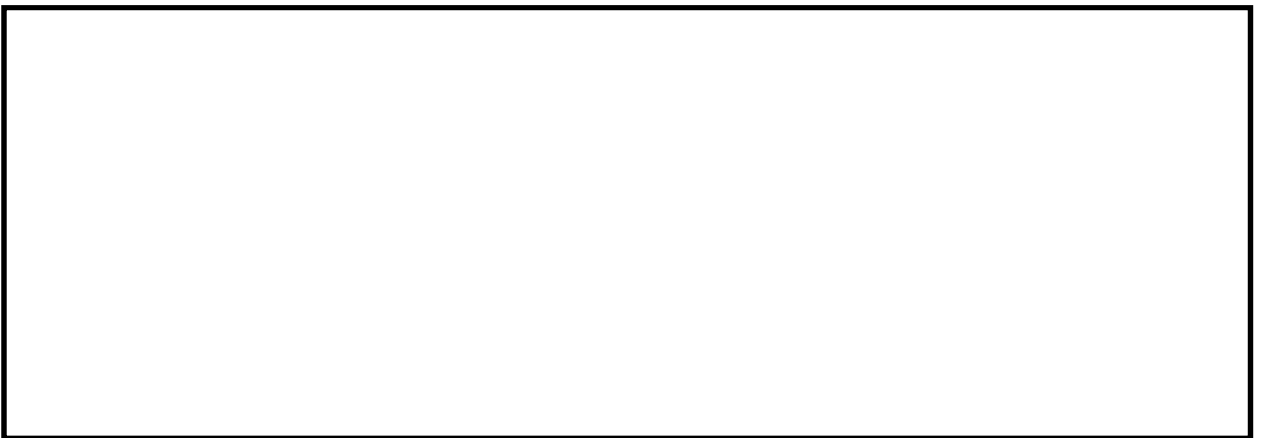


図 3.4-6 (3) C-C断面（杭基礎構造部）の最大せん断ひずみ分布

（地震波： $S_s-D 1$  [H-, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース（基本ケース））





図 3.4-6 (4) C-C断面（杭基礎構造部）の最大せん断ひずみ分布

（地震波： $S_s-D1$  [H-, V-], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース（基本ケース））



図 3.4-6 (5) C-C断面（杭基礎構造部）の最大せん断ひずみ分布

（地震波： $S_s-11$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース（基本ケース））



図 3.4-6 (6) C-C断面（杭基礎構造部）の最大せん断ひずみ分布

（地震波： $S_s-12$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース（基本ケース））





図 3.4-6 (7) C-C断面（杭基礎構造部）の最大せん断ひずみ分布

（地震波： $S_s-13$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース（基本ケース））

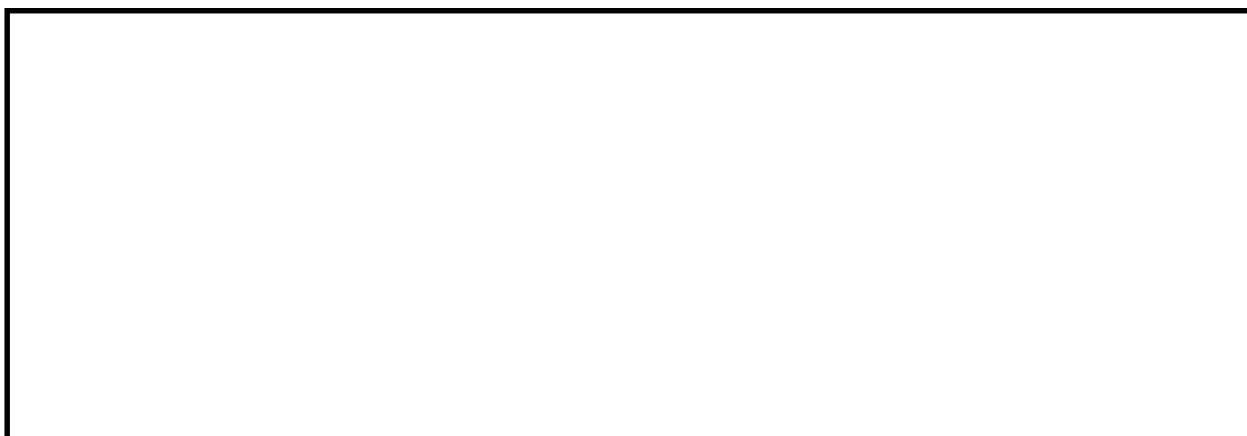


図 3.4-6 (8) C-C断面（杭基礎構造部）の最大せん断ひずみ分布

（地震波： $S_s-14$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース（基本ケース））

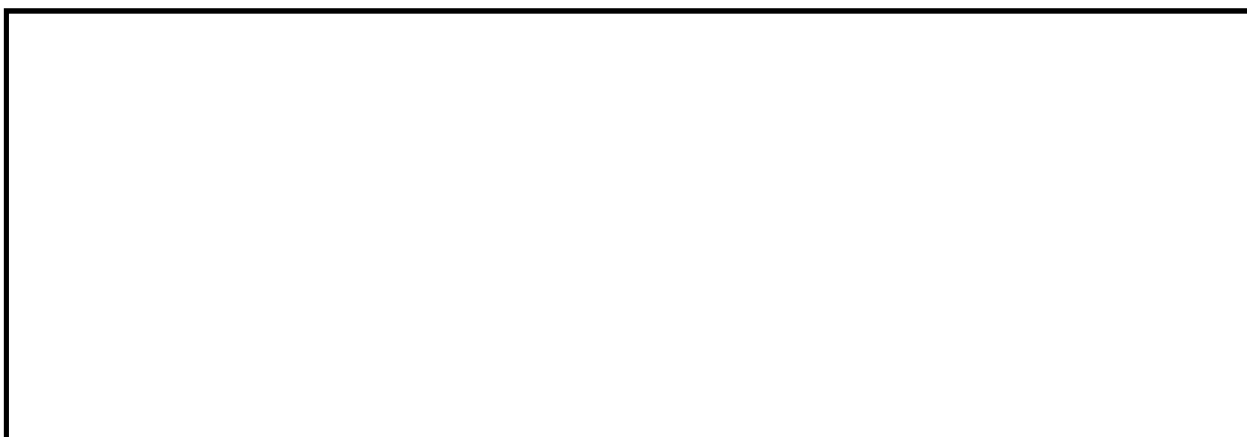


図 3.4-6 (9) C-C断面（杭基礎構造部）の最大せん断ひずみ分布

（地震波： $S_s-21$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース（基本ケース））





図 3.4-6 (10) C-C断面（杭基礎構造部）の最大せん断ひずみ分布

（地震波： $S_s-22$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース（基本ケース））

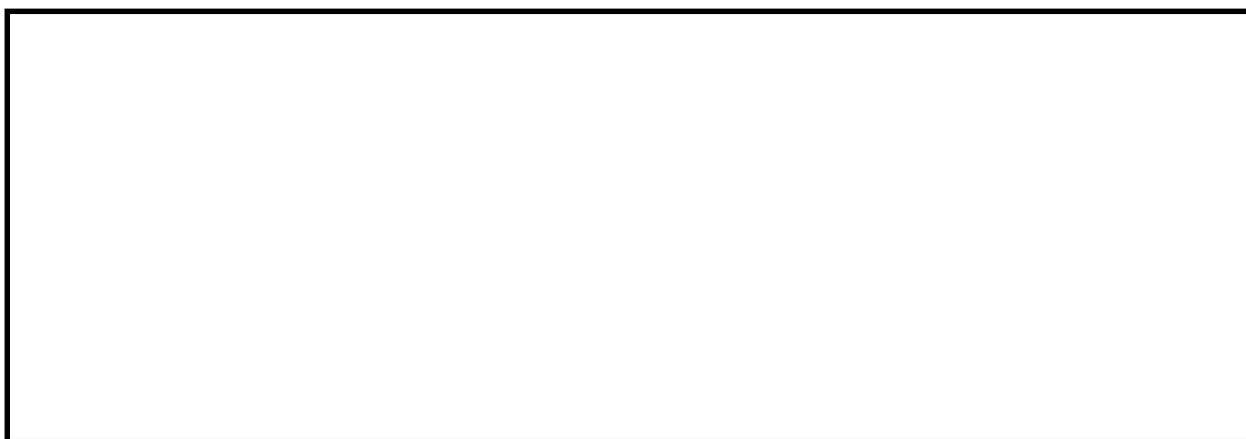


図 3.4-6 (11) C-C断面（杭基礎構造部）の最大せん断ひずみ分布

（地震波： $S_s-31$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース（基本ケース））



図 3.4-6 (12) C-C断面（杭基礎構造部）の最大せん断ひずみ分布

（地震波： $S_s-31$  [H-, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース（基本ケース））





図 3.4-6 (13) C-C 断面（杭基礎構造部）の最大せん断ひずみ分布  
（地震波：S<sub>s</sub>-D 1 [H+, V-]，検討ケース②：地盤物性のばらつきを考慮（+1σ）した  
解析ケース）

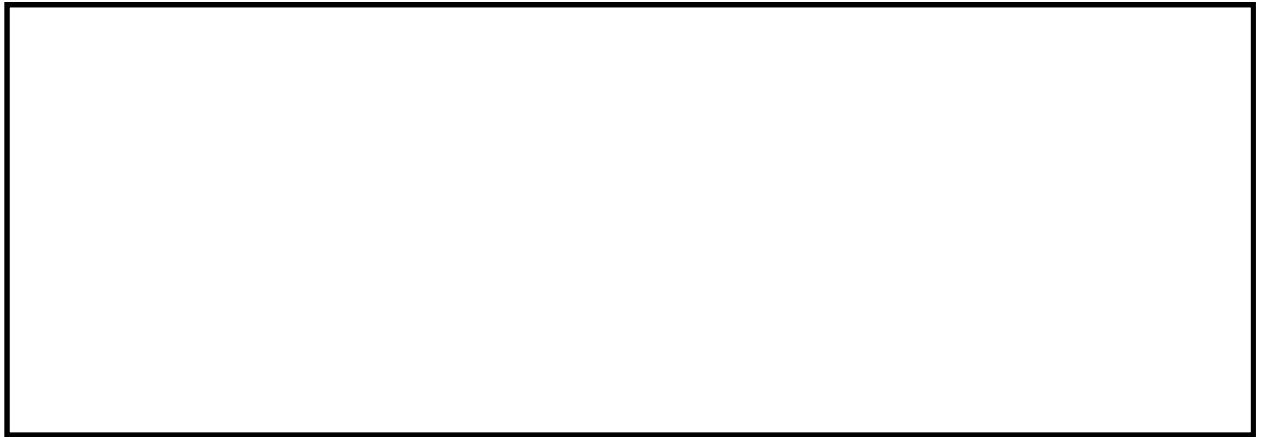


図 3.4-6 (14) C-C 断面（杭基礎構造部）の最大せん断ひずみ分布  
（地震波：S<sub>s</sub>-D 1 [H+, V-]，検討ケース③：地盤物性のばらつきを考慮（-1σ）した  
解析ケース）



図 3.4-6 (15) C-C 断面（杭基礎構造部）の最大せん断ひずみ分布  
（地震波：S<sub>s</sub>-D 1 [H+, V-]，検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の  
液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース）





図 3.4-6 (16) C-C 断面（杭基礎構造部）の最大せん断ひずみ分布  
(地震波： $S_s-D1$  [H-, V+], 検討ケース⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した  
解析ケース)



図 3.4-6 (17) C-C 断面（杭基礎構造部）の最大せん断ひずみ分布  
(地震波： $S_s-D1$  [H-, V+], 検討ケース⑥：地盤物性のばらつきを考慮 ( $+1\sigma$ ) して  
非液状化の条件を仮定した解析ケース)





図 3.4-7 (1) C-C断面（地盤改良体基礎構造部）の最大せん断ひずみ分布  
(地震波： $S_s-D1$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース（基本ケース）)



図 3.4-7 (2) C-C断面（地盤改良体基礎構造部）の最大せん断ひずみ分布  
(地震波： $S_s-D1$  [H+, V-], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース（基本ケース）)



図 3.4-7 (3) C-C断面（地盤改良体基礎構造部）の最大せん断ひずみ分布  
(地震波： $S_s-D1$  [H-, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース（基本ケース）)





図 3.4-7 (4) C-C断面（地盤改良体基礎構造部）の最大せん断ひずみ分布  
（地震波： $S_s-D1$  [H-, V-], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース（基本ケース））



図 3.4-7 (5) C-C断面（地盤改良体基礎構造部）の最大せん断ひずみ分布  
（地震波： $S_s-11$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース（基本ケース））



図 3.4-7 (6) C-C断面（地盤改良体基礎構造部）の最大せん断ひずみ分布  
（地震波： $S_s-12$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース（基本ケース））



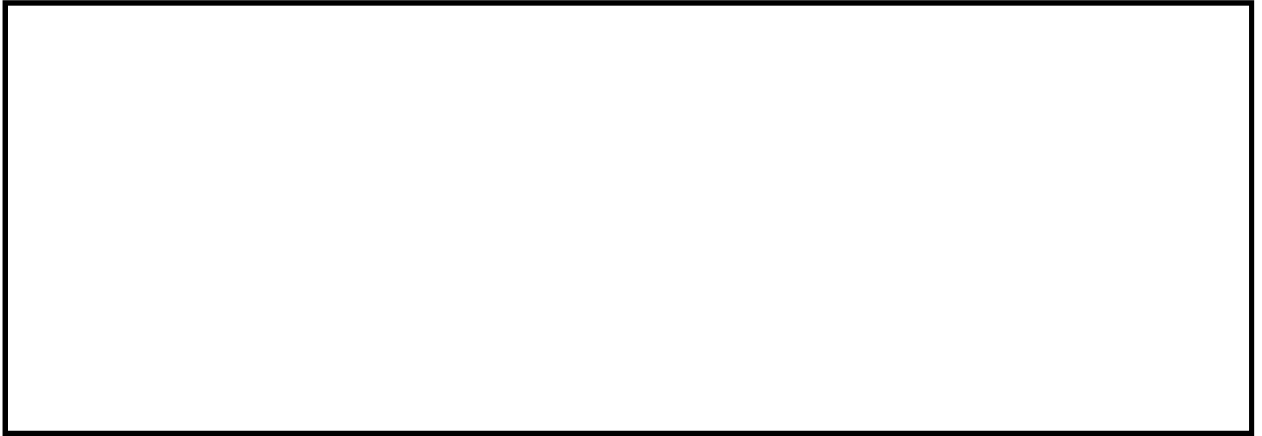


図 3.4-7 (7) C-C断面（地盤改良体基礎構造部）の最大せん断ひずみ分布  
(地震波： $S_s-13$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース（基本ケース）)



図 3.4-7 (8) C-C断面（地盤改良体基礎構造部）の最大せん断ひずみ分布  
(地震波： $S_s-14$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース（基本ケース）)

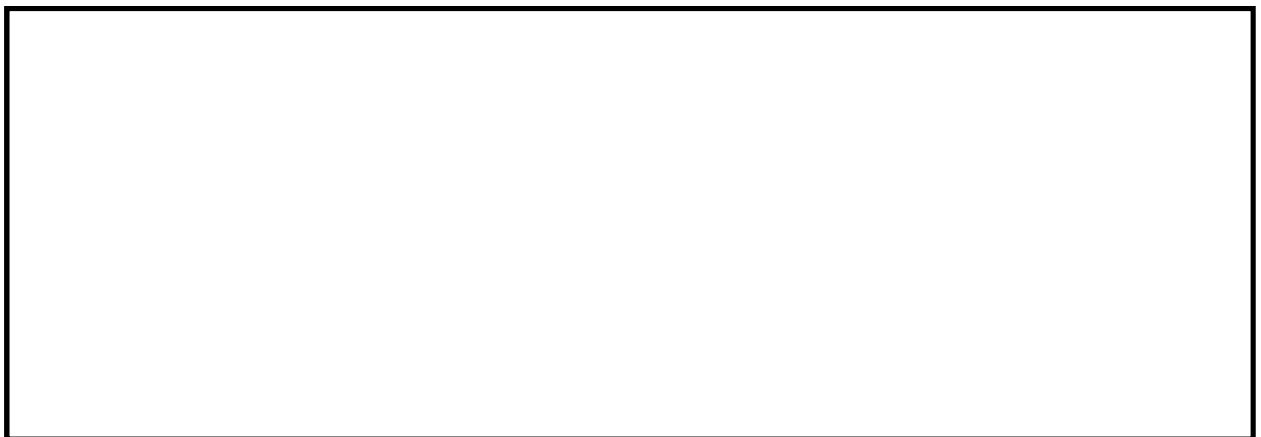


図 3.4-7 (9) C-C断面（地盤改良体基礎構造部）の最大せん断ひずみ分布  
(地震波： $S_s-21$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース（基本ケース）)





図 3.4-7 (10) C-C断面（地盤改良体基礎構造部）の最大せん断ひずみ分布  
(地震波： $S_s-22$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース（基本ケース）)



図 3.4-7 (11) C-C断面（地盤改良体基礎構造部）の最大せん断ひずみ分布  
(地震波： $S_s-31$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース（基本ケース）)



図 3.4-7 (12) C-C断面（地盤改良体基礎構造部）の最大せん断ひずみ分布  
(地震波： $S_s-31$  [H-, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース（基本ケース）)



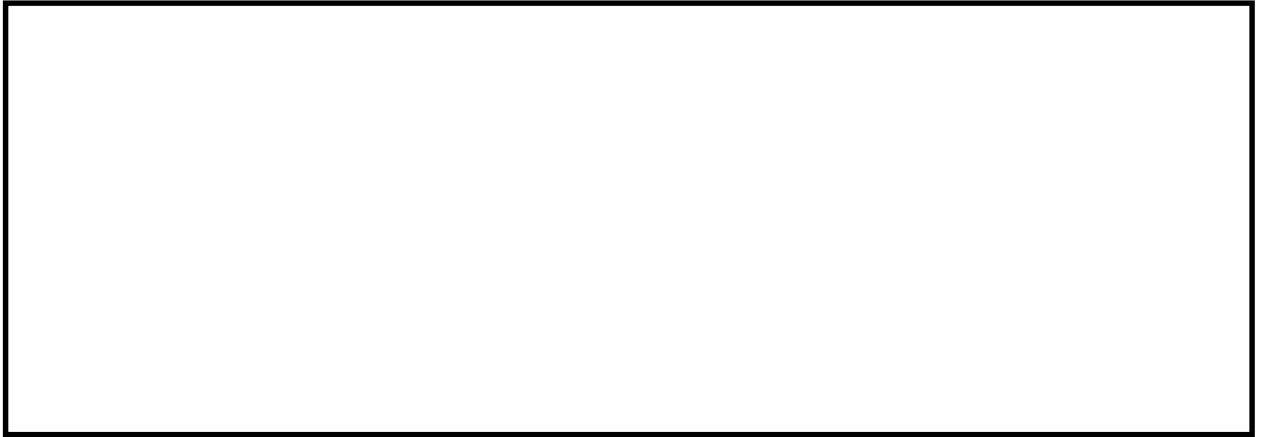


図 3.4-7 (13) C-C断面（地盤改良体基礎構造部）の最大せん断ひずみ分布  
(地震波： $S_s-D1$  [H+, V-], 検討ケース②：地盤物性のばらつきを考慮 ( $+1\sigma$ ) した  
解析ケース)



図 3.4-7 (14) C-C断面（地盤改良体基礎構造部）の最大せん断ひずみ分布  
(地震波： $S_s-D1$  [H+, V-], 検討ケース③：地盤物性のばらつきを考慮 ( $-1\sigma$ ) した  
解析ケース)

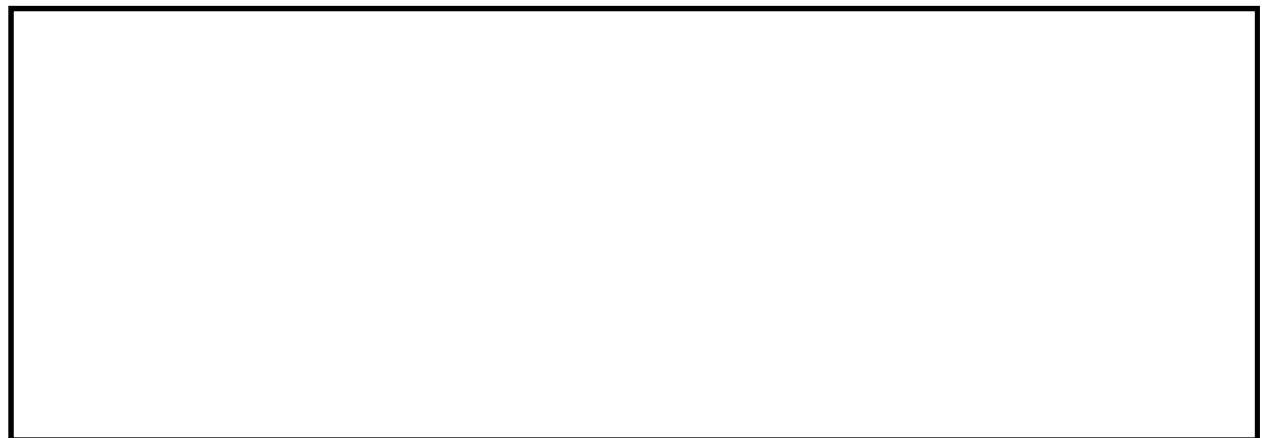


図 3.4-7 (15) C-C断面（地盤改良体基礎構造部）の最大せん断ひずみ分布  
(地震波： $S_s-D1$  [H+, V-], 検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の  
液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)





図 3.4-7 (16) C-C断面（地盤改良体基礎構造部）の最大せん断ひずみ分布  
(地震波： $S_s - 3.1$  [H+, V+], 検討ケース⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した  
解析ケース)



図 3.4-7 (17) C-C断面（地盤改良体基礎構造部）の最大せん断ひずみ分布  
(地震波： $S_s - 3.1$  [H+, V+], 検討ケース⑥：地盤物性のばらつきを考慮 (+1 $\sigma$ ) して  
非液状化の条件を仮定した解析ケース)



図 3.4-8 (1) A-A断面の過剰間隙水圧比分布（地震波： $S_s-D1$  [H+, V-]）

↓

図 3.4-8 (2) A-A断面の過剰間隙水圧比分布（地震波： $S_s-D1$  [H-, V+]）





図 3.4-9 (1) B-B断面の過剰間隙水圧比分布

(地震波： $S_s-D1$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース (基本ケース))



図 3.4-9 (2) B-B断面の過剰間隙水圧比分布

(地震波： $S_s-D1$  [H+, V-], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース (基本ケース))

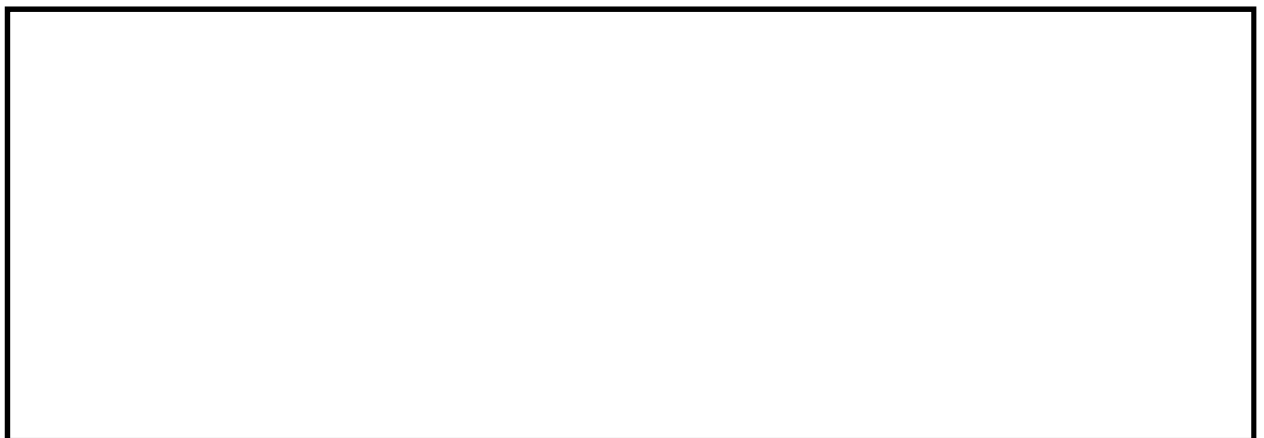


図 3.4-9 (3) B-B断面の過剰間隙水圧比分布

(地震波： $S_s-D1$  [H-, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース (基本ケース))





図 3.4-9 (4) B-B断面の過剰間隙水圧比分布

(地震波： $S_s-D 1$  [H-, V-], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース (基本ケース))



図 3.4-9 (5) B-B断面の過剰間隙水圧比分布

(地震波： $S_s-1 1$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース (基本ケース))



図 3.4-9 (6) B-B断面の過剰間隙水圧比分布

(地震波： $S_s-1 2$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース (基本ケース))





図 3.4-9 (7) B-B断面の過剰間隙水圧比分布

(地震波： $S_s-13$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース (基本ケース))

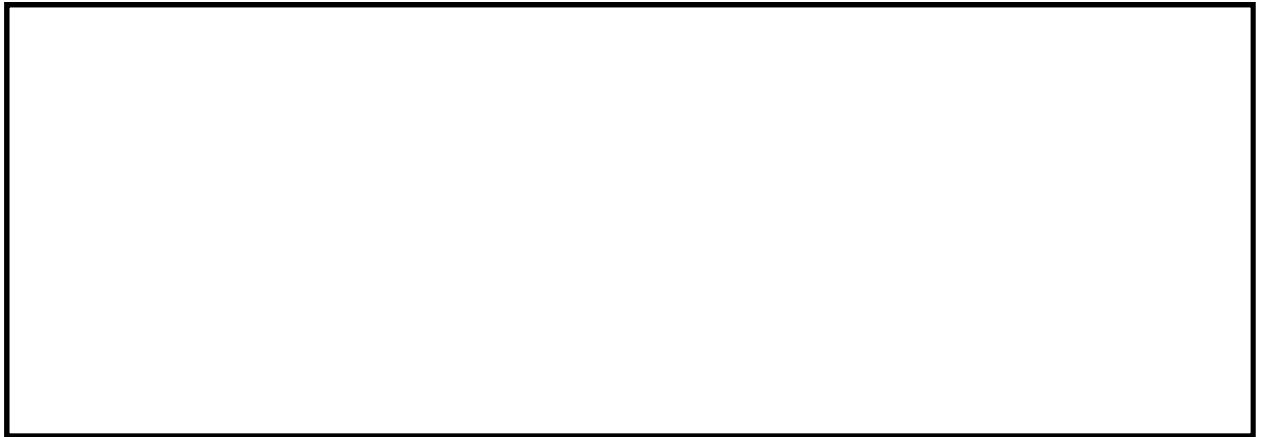


図 3.4-9 (8) B-B断面の過剰間隙水圧比分布

(地震波： $S_s-14$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース (基本ケース))



図 3.4-9 (9) B-B断面の過剰間隙水圧比分布

(地震波： $S_s-21$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース (基本ケース))





図 3.4-9 (10) B-B断面の過剰間隙水圧比分布

(地震波： $S_s - 2.2$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース (基本ケース))

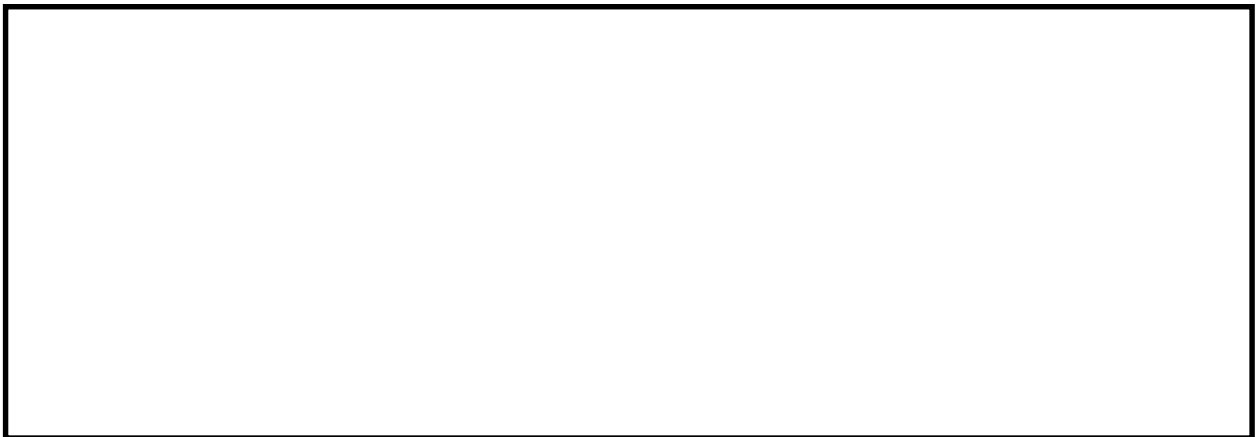


図 3.4-9 (11) B-B断面の過剰間隙水圧比分布

(地震波： $S_s - 3.1$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース (基本ケース))



図 3.4-9 (12) B-B断面の過剰間隙水圧比分布

(地震波： $S_s - 3.1$  [H-, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース (基本ケース))



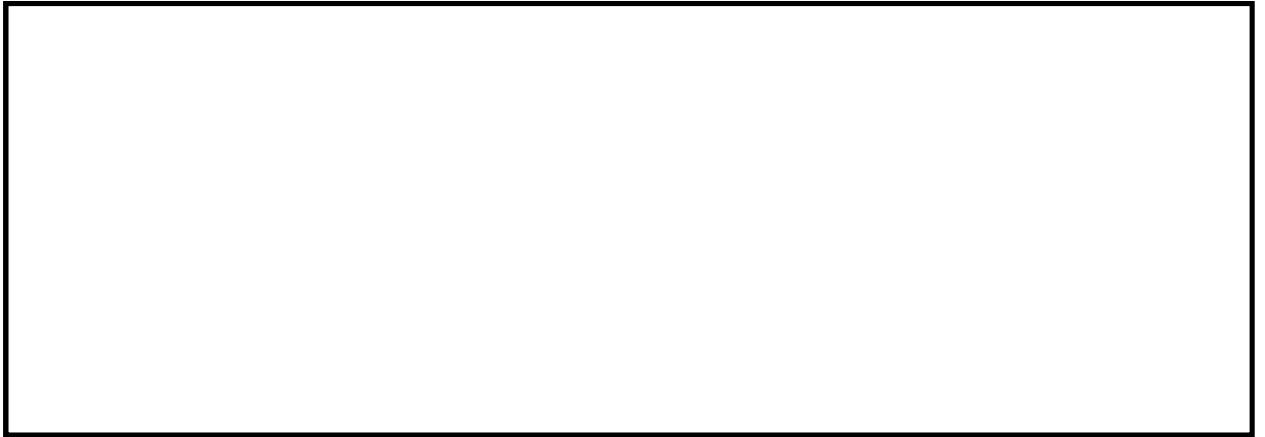


図 3.4-9 (13) B-B断面の過剰間隙水圧比分布

(地震波： $S_s-D1$  [H+, V-], 検討ケース②：地盤物性のばらつきを考慮 ( $+1\sigma$ ) した解析ケース)



図 3.4-9 (14) B-B断面の過剰間隙水圧比分布

(地震波： $S_s-D1$  [H+, V-], 検討ケース③：地盤物性のばらつきを考慮 ( $-1\sigma$ ) した解析ケース)



図 3.4-9 (15) B-B断面の過剰間隙水圧比分布

(地震波： $S_s-D1$  [H+, V-], 検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)





図 3.4-10 (1) C-C 断面（杭基礎構造部）の過剰間隙水圧比分布

（地震波： $S_s-D1$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース（基本ケース））



図 3.4-10 (2) C-C 断面（杭基礎構造部）の過剰間隙水圧比分布

（地震波： $S_s-D1$  [H+, V-], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース（基本ケース））

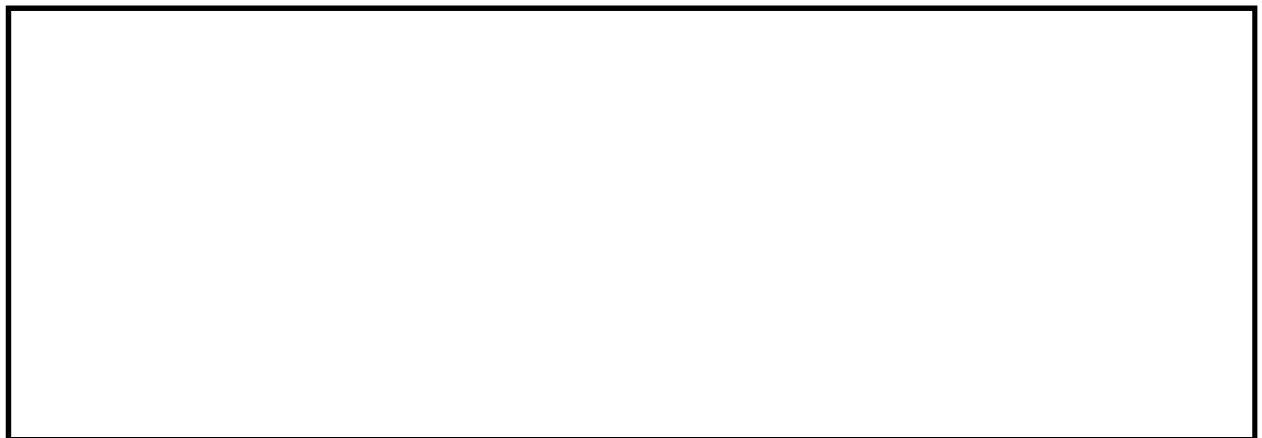


図 3.4-10 (3) C-C 断面（杭基礎構造部）の過剰間隙水圧比分布

（地震波： $S_s-D1$  [H-, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース（基本ケース））



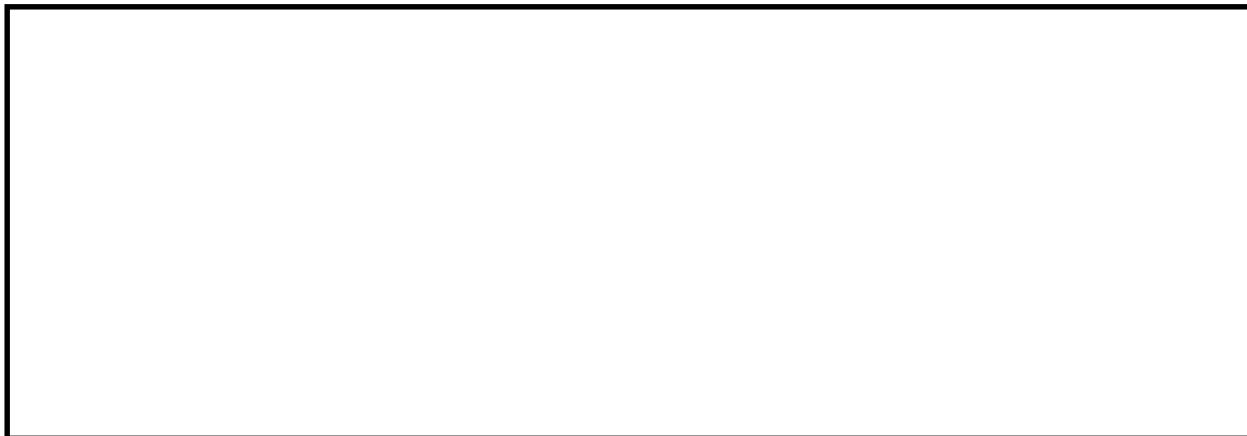


図 3.4-10 (4) C-C 断面（杭基礎構造部）の過剰間隙水圧比分布

（地震波： $S_s - D1$  [H-, V-], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース（基本ケース））

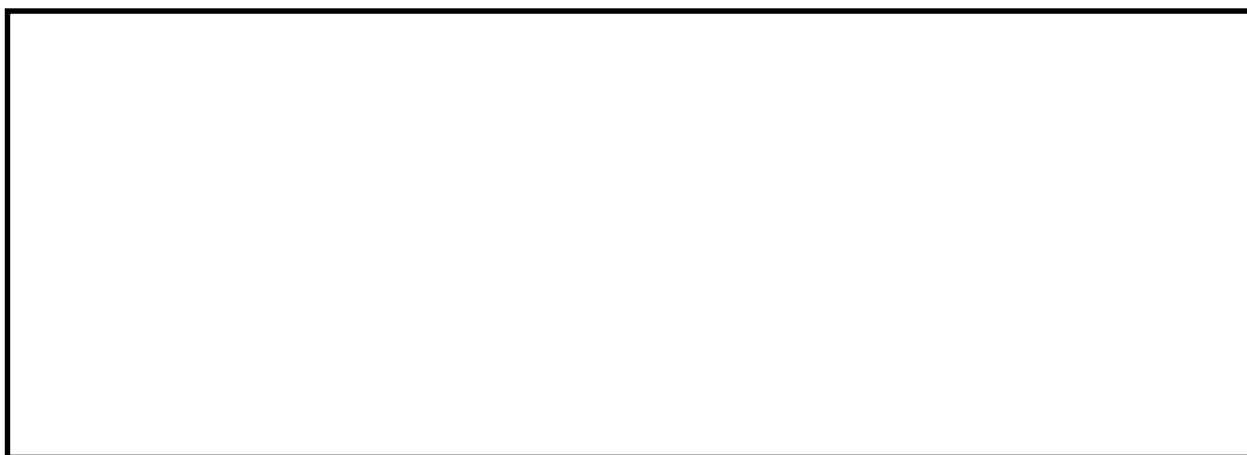


図 3.4-10 (5) C-C 断面（杭基礎構造部）の過剰間隙水圧比分布

（地震波： $S_s - 11$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース（基本ケース））

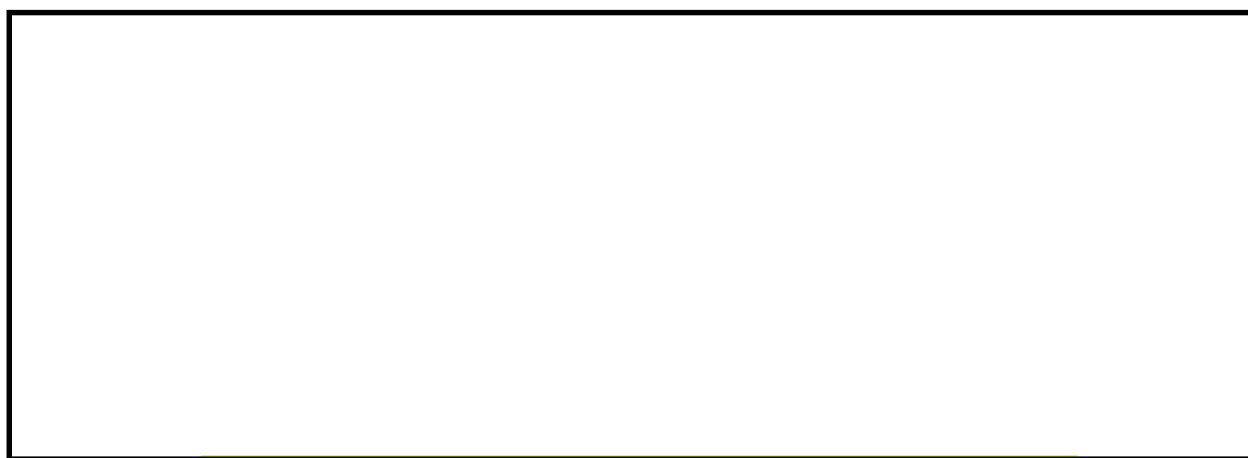


図 3.4-10 (6) C-C 断面（杭基礎構造部）の過剰間隙水圧比分布

（地震波： $S_s - 12$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース（基本ケース））





図 3.4-10 (7) C-C 断面（杭基礎構造部）の過剰間隙水圧比分布

（地震波： $S_s - 1.3$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース（基本ケース））



図 3.4-10 (8) C-C 断面（杭基礎構造部）の過剰間隙水圧比分布

（地震波： $S_s - 1.4$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース（基本ケース））



図 3.4-10 (9) C-C 断面（杭基礎構造部）の過剰間隙水圧比分布

（地震波： $S_s - 2.1$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース（基本ケース））





図 3.4-10 (10) C-C 断面（杭基礎構造部）の過剰間隙水圧比分布

（地震波： $S_s-22$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース（基本ケース））

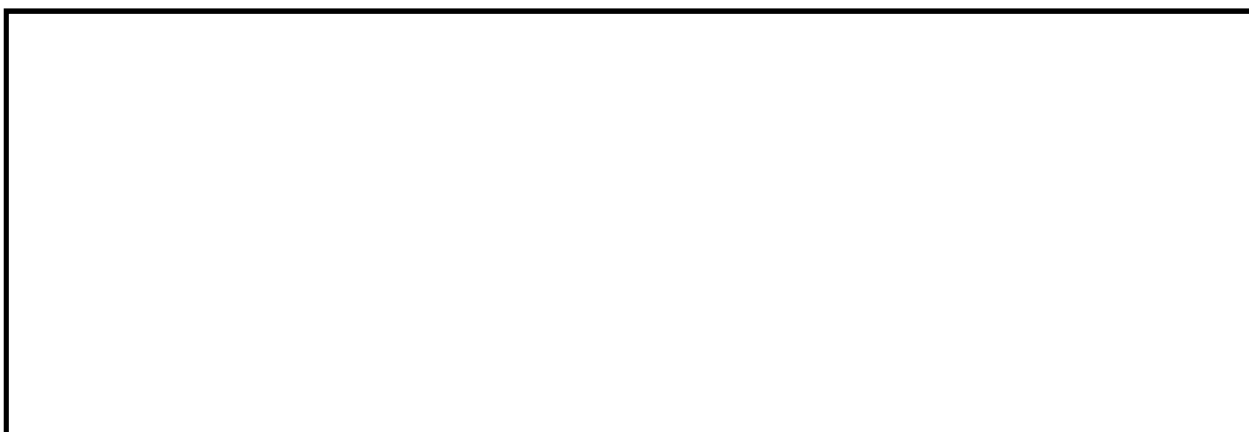


図 3.4-10 (11) C-C 断面（杭基礎構造部）の過剰間隙水圧比分布

（地震波： $S_s-31$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース（基本ケース））

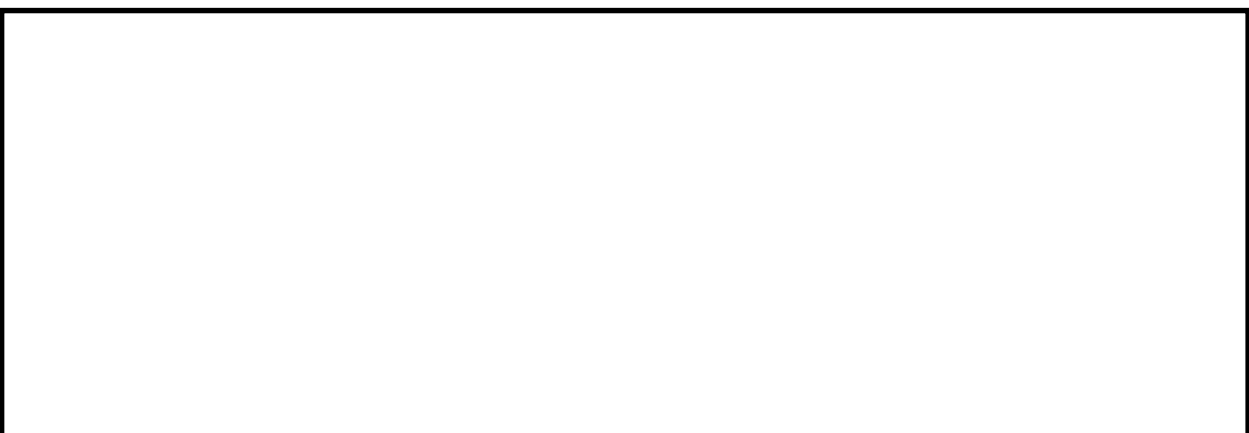


図 3.4-10 (12) C-C 断面（杭基礎構造部）の過剰間隙水圧比分布

（地震波： $S_s-31$  [H-, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース（基本ケース））



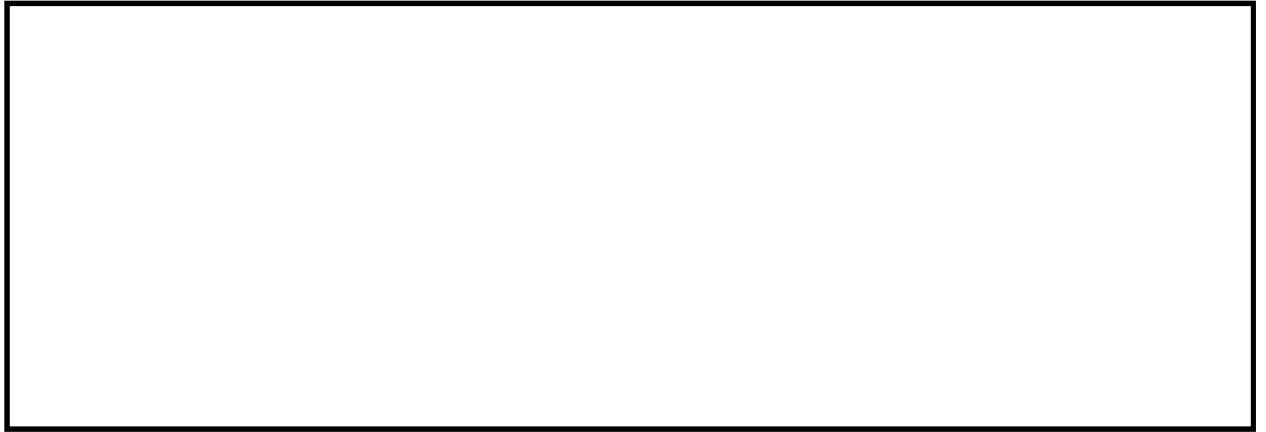


図 3.4-10 (13) C-C 断面（杭基礎構造部）の過剰間隙水圧比分布  
（地震波： $S_s-D1$  [H-, V+], 検討ケース②：地盤物性のばらつきを考慮（ $+1\sigma$ ）した  
解析ケース）



図 3.4-10 (14) C-C 断面（杭基礎構造部）の過剰間隙水圧比分布  
（地震波： $S_s-D1$  [H-, V+], 検討ケース③：地盤物性のばらつきを考慮（ $-1\sigma$ ）した  
解析ケース）

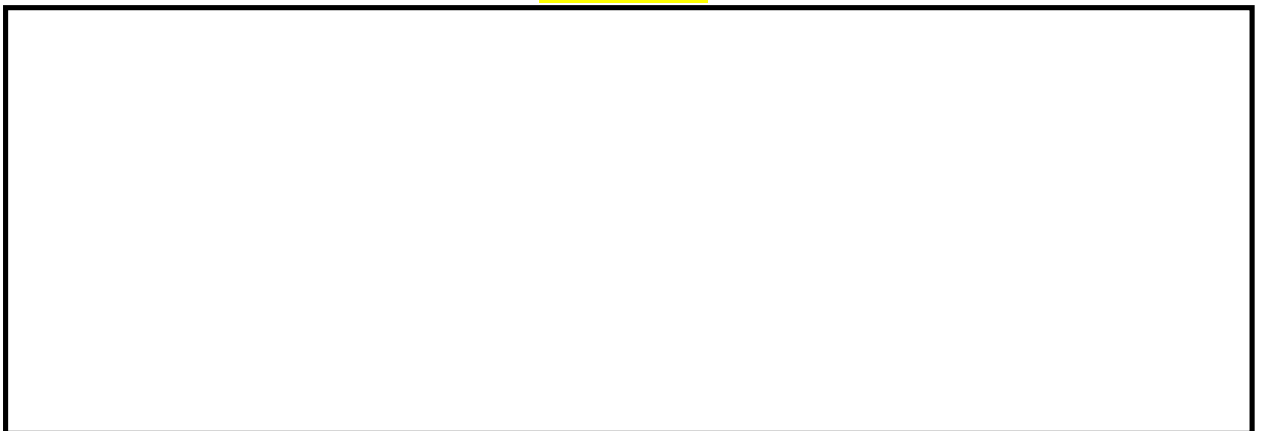


図 3.4-10 (15) C-C 断面（杭基礎構造部）の過剰間隙水圧比分布  
（地震波： $S_s-D1$  [H-, V+], 検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の  
液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース）



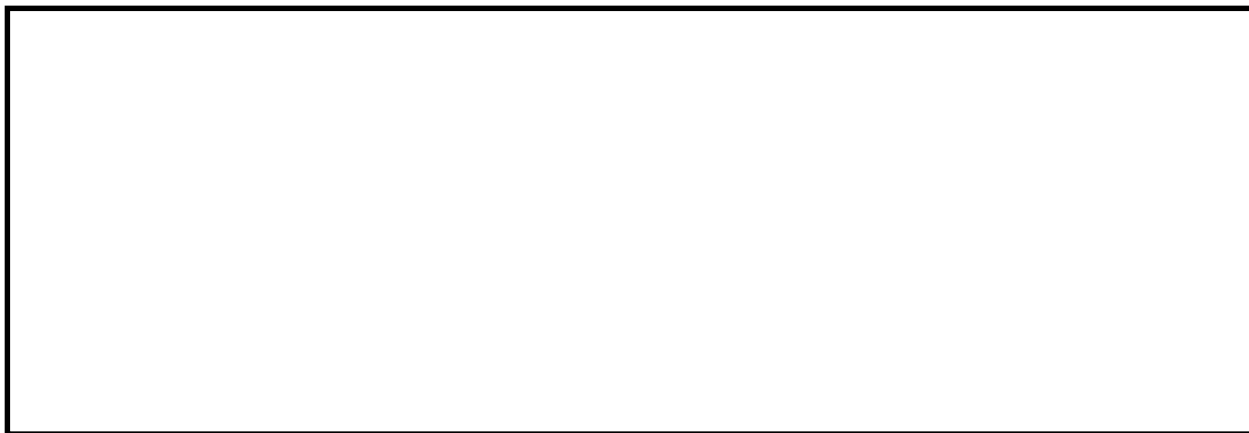


図 3.4-11 (1) C-C断面（地盤改良体基礎構造部）の過剰間隙水圧比分布  
（地震波： $S_s-D 1$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース（基本ケース））

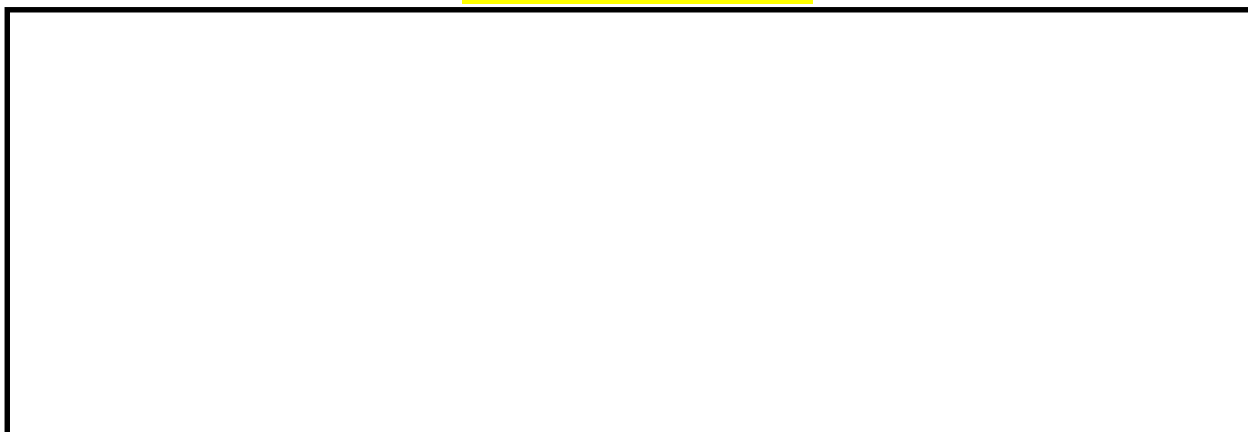


図 3.4-11 (2) C-C断面（地盤改良体基礎構造部）の過剰間隙水圧比分布  
（地震波： $S_s-D 1$  [H+, V-], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース（基本ケース））

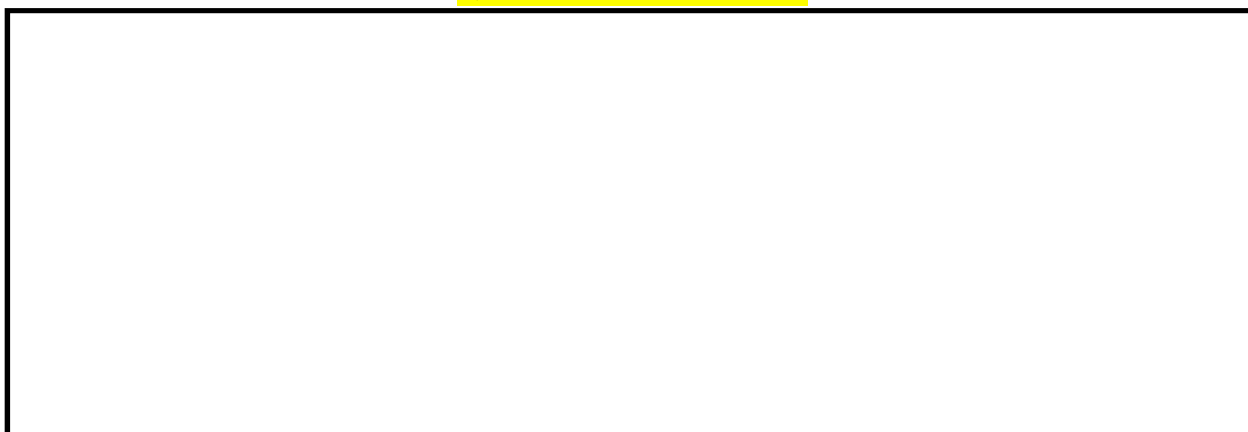


図 3.4-11 (3) C-C断面（地盤改良体基礎構造部）の過剰間隙水圧比分布  
（地震波： $S_s-D 1$  [H-, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース（基本ケース））





図 3.4-11 (4) C-C断面（地盤改良体基礎構造部）の過剰間隙水圧比分布  
(地震波： $S_s-D1$  [H-, V-], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析  
ケース（基本ケース）)

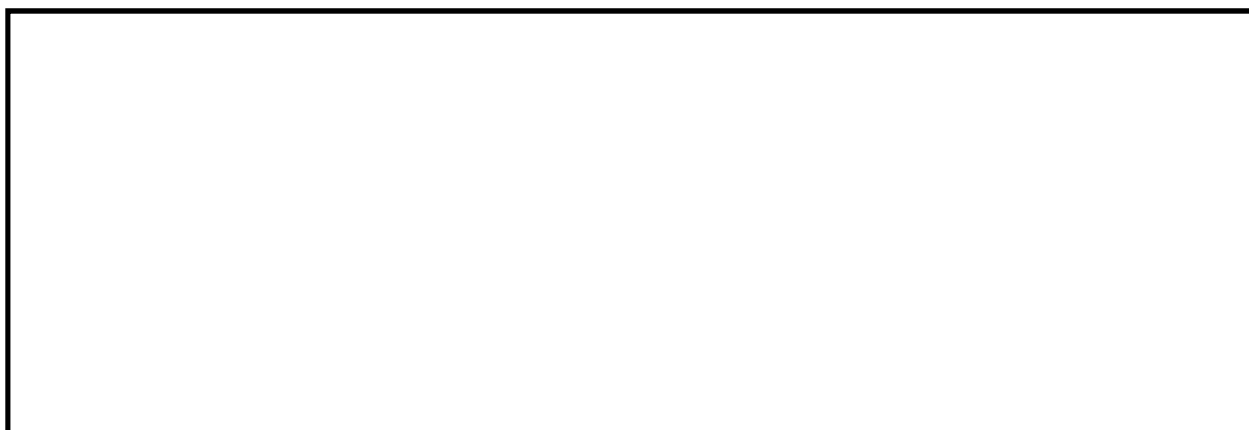


図 3.4-11 (5) C-C断面（地盤改良体基礎構造部）の過剰間隙水圧比分布  
(地震波： $S_s-11$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析  
ケース（基本ケース）)



図 3.4-11 (6) C-C断面（地盤改良体基礎構造部）の過剰間隙水圧比分布  
(地震波： $S_s-12$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析  
ケース（基本ケース）)



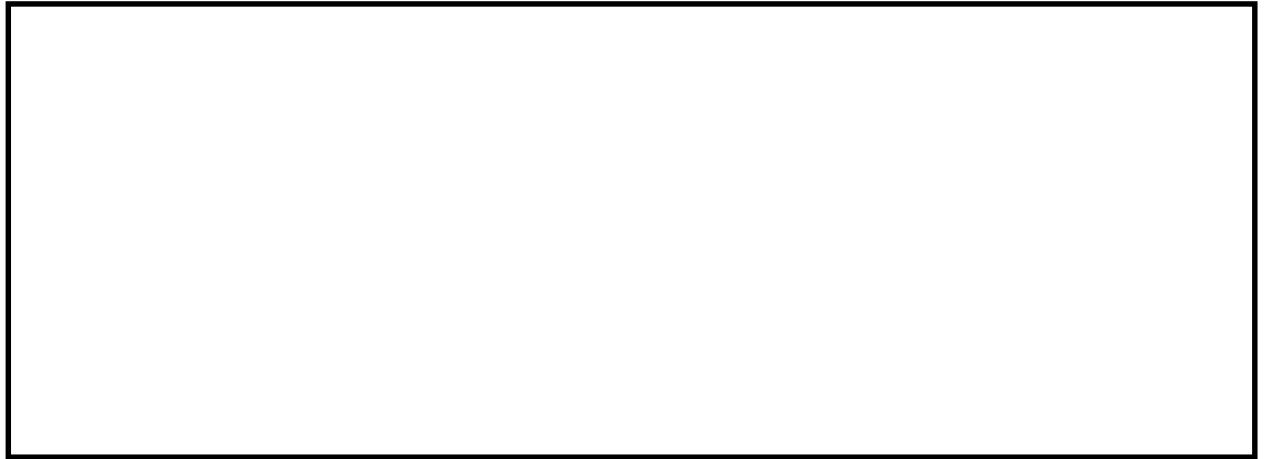


図 3.4-11 (7) C-C断面（地盤改良体基礎構造部）の過剰間隙水圧比分布  
(地震波： $S_s-13$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース（基本ケース）)



図 3.4-11 (8) C-C断面（地盤改良体基礎構造部）の過剰間隙水圧比分布  
(地震波： $S_s-14$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース（基本ケース）)

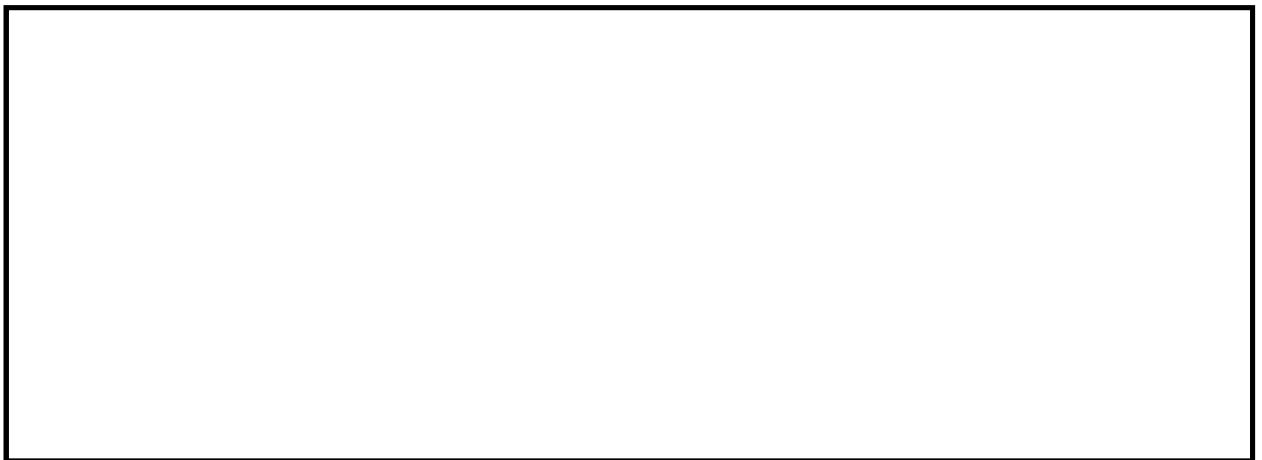


図 3.4-11 (9) C-C断面（地盤改良体基礎構造部）の過剰間隙水圧比分布  
( $S_s-2$  地震波：1 [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース（基本ケース）)



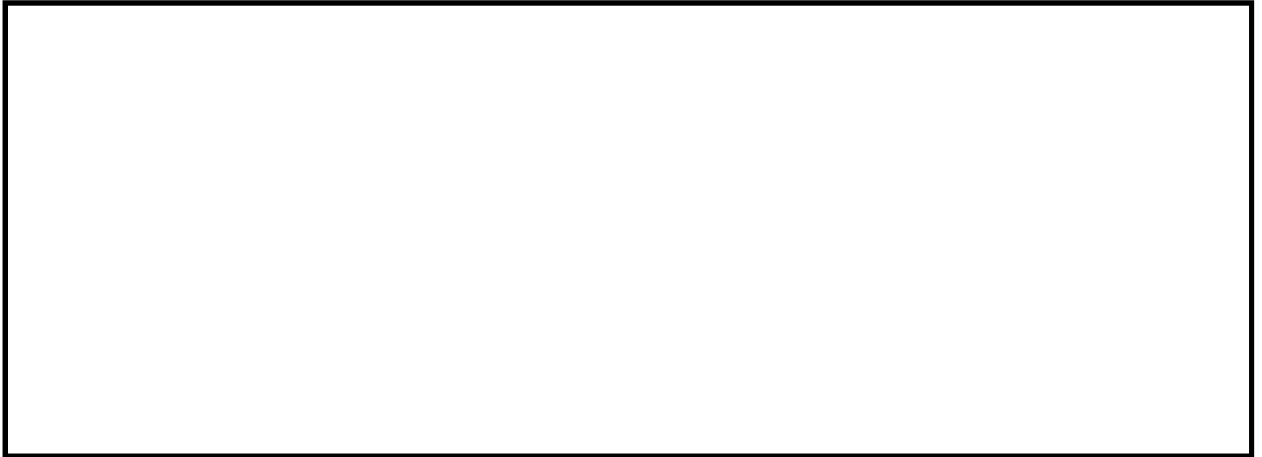


図 3.4-11 (10) C-C 断面（地盤改良体基礎構造部）の過剰間隙水圧比分布  
（地震波： $S_s - 2.2$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース（基本ケース））



図 3.4-11 (11) C-C 断面（地盤改良体基礎構造部）の過剰間隙水圧比分布  
（地震波： $S_s - 3.1$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース（基本ケース））



図 3.4-11 (12) C-C 断面（地盤改良体基礎構造部）の過剰間隙水圧比分布  
（地震波： $S_s - 3.1$  [H-, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース（基本ケース））





図 3.4-11 (13) C-C断面（地盤改良体基礎構造部）の過剰間隙水圧比分布  
（地震波： $S_s - 31$  [H+, V+], 検討ケース②：地盤物性のばらつきを考慮（ $+1\sigma$ ）した  
解析ケース）

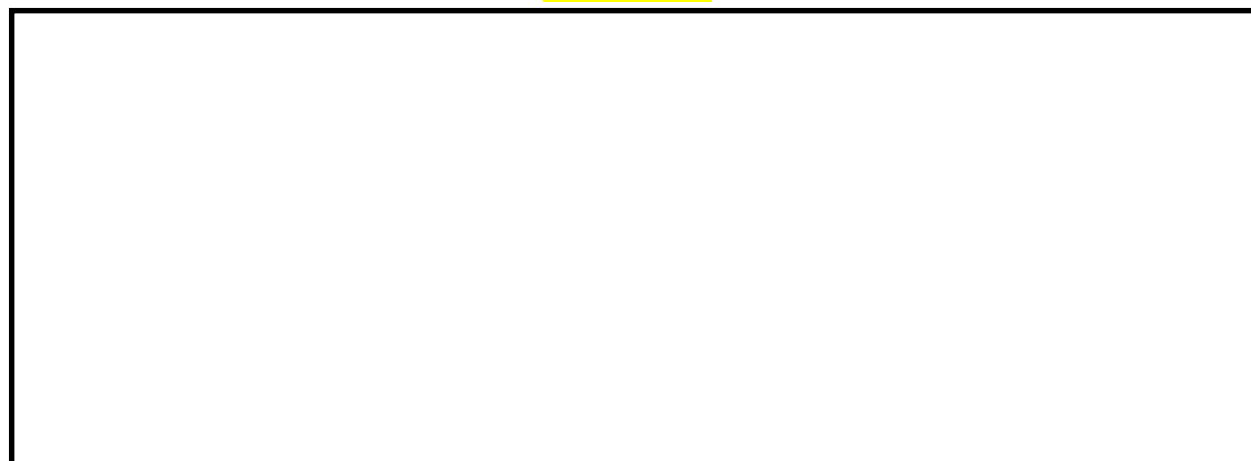


図 3.4-11 (14) C-C断面（地盤改良体基礎構造部）の過剰間隙水圧比分布  
（地震波： $S_s - 31$  [H+, V+], 検討ケース③：地盤物性のばらつきを考慮（ $-1\sigma$ ）した  
解析ケース）

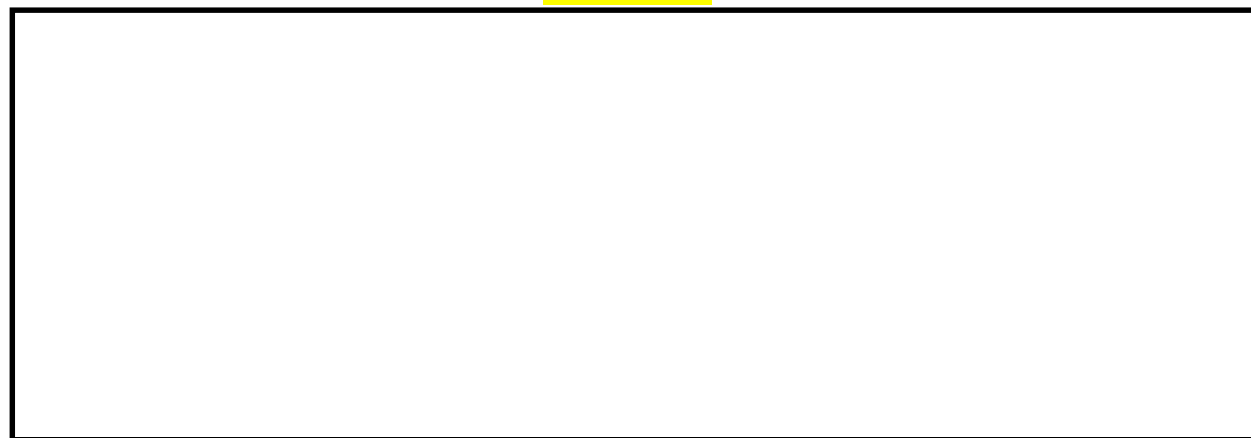


図 3.4-11 (15) C-C断面（地盤改良体基礎構造部）の過剰間隙水圧比分布  
（地震波： $S_s - 31$  [H+, V+], 検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の  
液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース）



### 3.4.2 耐震評価結果

#### (1) 鋼製桁及び鋼管杭の健全性に対する評価結果

##### a. 曲げ軸力に対する照査

断面計算に用いた断面諸元を表 3.4-7 に、曲げ軸力に対する照査結果を表 3.4-8 に示す。鋼製桁及び鋼管杭に対して許容応力度法による照査を行った結果、曲げ応力が短期許容応力度以下であることを確認した。なお、発生応力度は各地震動において最大となる値を示している。

表 3.4-7 鋼管杭及び鋼製桁（SM570）の断面諸元

| 構造物 | 板厚<br>(mm) | 断面積<br>( $\text{m}^2$ ) | 断面係数<br>( $\text{m}^3$ ) | 備考          |
|-----|------------|-------------------------|--------------------------|-------------|
| 鋼製桁 | 39         | 0.107                   | 0.022                    | 腐食代 1 mm 考慮 |
| 鋼管杭 | 39         | 0.093                   | 0.017                    | 腐食代 1 mm 考慮 |



表 3.4-8 (1) 曲げ軸力に対する照査 (A-A断面)

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース (基本ケース))

| 地震波                | 位相     | 検討対象 | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 発生曲げ<br>応力<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値 |
|--------------------|--------|------|-----------------------|------------|------------------------------------|-------------------------------------|-----|
| S <sub>s</sub> -D1 | H+, V- | 鋼管杭  |                       |            |                                    | 382.5                               |     |
| S <sub>s</sub> -D1 | H-, V+ | 鋼管杭  |                       |            |                                    | 382.5                               |     |



表 3.4-8 (2) 曲げ軸力に対する照査 (B-B断面)

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース (基本ケース))

| 地震波   | 位相     | 検討対象    | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 発生曲げ<br>応力<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値  |
|-------|--------|---------|-----------------------|------------|------------------------------------|-------------------------------------|------|
| Ss-D1 | H+, V+ | 鋼製桁     | 310                   | 260        | 17                                 | 382.5                               | 0.05 |
|       |        | 鋼管杭 (左) | 3534                  | 2903       | 239                                | 382.5                               | 0.63 |
|       |        | 鋼管杭 (右) | 3105                  | 2232       | 207                                | 382.5                               | 0.55 |
| Ss-D1 | H+, V- | 鋼製桁     | 301                   | 196        | 16                                 | 382.5                               | 0.05 |
|       |        | 鋼管杭 (左) | 3554                  | 2935       | 241                                | 382.5                               | 0.63 |
|       |        | 鋼管杭 (右) | 3105                  | 2233       | 207                                | 382.5                               | 0.55 |
| Ss-D1 | H-, V+ | 鋼製桁     | 285                   | 193        | 15                                 | 382.5                               | 0.04 |
|       |        | 鋼管杭 (左) | 3386                  | 2039       | 221                                | 382.5                               | 0.58 |
|       |        | 鋼管杭 (右) | 2804                  | 1883       | 185                                | 382.5                               | 0.49 |
| Ss-D1 | H-, V- | 鋼製桁     | 293                   | 186        | 15                                 | 382.5                               | 0.04 |
|       |        | 鋼管杭 (左) | 3369                  | 1917       | 219                                | 382.5                               | 0.58 |
|       |        | 鋼管杭 (右) | 2796                  | 1780       | 184                                | 382.5                               | 0.49 |
| Ss-11 | H+, V+ | 鋼製桁     | 212                   | 152        | 11                                 | 382.5                               | 0.03 |
|       |        | 鋼管杭 (左) | 2313                  | 1510       | 152                                | 382.5                               | 0.40 |
|       |        | 鋼管杭 (右) | 1778                  | 1402       | 120                                | 382.5                               | 0.32 |
| Ss-12 | H+, V+ | 鋼製桁     | 240                   | 135        | 12                                 | 382.5                               | 0.04 |
|       |        | 鋼管杭 (左) | 3735                  | 1506       | 236                                | 382.5                               | 0.62 |
|       |        | 鋼管杭 (右) | 3116                  | 2885       | 214                                | 382.5                               | 0.57 |
| Ss-13 | H+, V+ | 鋼製桁     | 222                   | 132        | 11                                 | 382.5                               | 0.03 |
|       |        | 鋼管杭 (左) | 3480                  | 1587       | 222                                | 382.5                               | 0.58 |
|       |        | 鋼管杭 (右) | 2917                  | 2992       | 204                                | 382.5                               | 0.54 |
| Ss-14 | H+, V+ | 鋼製桁     | 207                   | 127        | 11                                 | 382.5                               | 0.03 |
|       |        | 鋼管杭 (左) | 2940                  | 1280       | 187                                | 382.5                               | 0.49 |
|       |        | 鋼管杭 (右) | 2422                  | 2231       | 166                                | 382.5                               | 0.44 |
| Ss-21 | H+, V+ | 鋼製桁     | 315                   | 206        | 16                                 | 382.5                               | 0.05 |
|       |        | 鋼管杭 (左) | 2222                  | 1458       | 146                                | 382.5                               | 0.39 |
|       |        | 鋼管杭 (右) | 1919                  | 1849       | 133                                | 382.5                               | 0.35 |
| Ss-22 | H+, V+ | 鋼製桁     | 295                   | 189        | 15                                 | 382.5                               | 0.04 |
|       |        | 鋼管杭 (左) | 2800                  | 1624       | 182                                | 382.5                               | 0.48 |
|       |        | 鋼管杭 (右) | 2468                  | 1583       | 162                                | 382.5                               | 0.43 |
| Ss-31 | H+, V+ | 鋼製桁     | 424                   | 302        | 22                                 | 382.5                               | 0.06 |
|       |        | 鋼管杭 (左) | 2146                  | 1614       | 144                                | 382.5                               | 0.38 |
|       |        | 鋼管杭 (右) | 2457                  | 2486       | 171                                | 382.5                               | 0.45 |
| Ss-31 | H-, V+ | 鋼製桁     | 464                   | 310        | 24                                 | 382.5                               | 0.07 |
|       |        | 鋼管杭 (左) | 2605                  | 2121       | 176                                | 382.5                               | 0.47 |
|       |        | 鋼管杭 (右) | 2339                  | 1766       | 157                                | 382.5                               | 0.41 |



表 3.4-8 (3) 曲げ軸力に対する照査 (C-C断面・杭基礎構造部)

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース (基本ケース))

| 地震波   | 位相     | 検討対象    | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 発生曲げ<br>応力<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値  |
|-------|--------|---------|-----------------------|------------|------------------------------------|-------------------------------------|------|
| Ss-D1 | H+, V+ | 鋼製桁     | 141                   | 207        | 8                                  | 382.5                               | 0.03 |
|       |        | 鋼管杭 (左) | 2398                  | 1730       | 160                                | 382.5                               | 0.42 |
|       |        | 鋼管杭 (右) | 2176                  | 2679       | 157                                | 382.5                               | 0.41 |
| Ss-D1 | H+, V- | 鋼製桁     | 155                   | 367        | 10                                 | 382.5                               | 0.03 |
|       |        | 鋼管杭 (左) | 2350                  | 1742       | 157                                | 382.5                               | 0.42 |
|       |        | 鋼管杭 (右) | 2102                  | 2774       | 153                                | 382.5                               | 0.41 |
| Ss-D1 | H-, V+ | 鋼製桁     | 172                   | 236        | 10                                 | 382.5                               | 0.03 |
|       |        | 鋼管杭 (左) | 2501                  | 1861       | 167                                | 382.5                               | 0.44 |
|       |        | 鋼管杭 (右) | 2331                  | 3178       | 171                                | 382.5                               | 0.45 |
| Ss-D1 | H-, V- | 鋼製桁     | 152                   | 276        | 10                                 | 382.5                               | 0.03 |
|       |        | 鋼管杭 (左) | 2544                  | 1873       | 170                                | 382.5                               | 0.45 |
|       |        | 鋼管杭 (右) | 2370                  | 2849       | 170                                | 382.5                               | 0.45 |
| Ss-11 | H+, V+ | 鋼製桁     | 80                    | 136        | 5                                  | 382.5                               | 0.02 |
|       |        | 鋼管杭 (左) | 454                   | 639        | 34                                 | 382.5                               | 0.09 |
|       |        | 鋼管杭 (右) | 403                   | 998        | 34                                 | 382.5                               | 0.10 |
| Ss-12 | H+, V+ | 鋼製桁     | 140                   | 225        | 8                                  | 382.5                               | 0.03 |
|       |        | 鋼管杭 (左) | 1417                  | 1342       | 98                                 | 382.5                               | 0.26 |
|       |        | 鋼管杭 (右) | 1252                  | 2069       | 96                                 | 382.5                               | 0.26 |
| Ss-13 | H+, V+ | 鋼製桁     | 132                   | 221        | 8                                  | 382.5                               | 0.03 |
|       |        | 鋼管杭 (左) | 1198                  | 1079       | 82                                 | 382.5                               | 0.22 |
|       |        | 鋼管杭 (右) | 1049                  | 1760       | 81                                 | 382.5                               | 0.22 |
| Ss-14 | H+, V+ | 鋼製桁     | 117                   | 191        | 7                                  | 382.5                               | 0.02 |
|       |        | 鋼管杭 (左) | 833                   | 746        | 57                                 | 382.5                               | 0.15 |
|       |        | 鋼管杭 (右) | 707                   | 1450       | 57                                 | 382.5                               | 0.15 |
| Ss-21 | H+, V+ | 鋼製桁     | 145                   | 155        | 8                                  | 382.5                               | 0.03 |
|       |        | 鋼管杭 (左) | 1484                  | 1542       | 104                                | 382.5                               | 0.28 |
|       |        | 鋼管杭 (右) | 1375                  | 2355       | 106                                | 382.5                               | 0.28 |
| Ss-22 | H+, V+ | 鋼製桁     | 139                   | 182        | 8                                  | 382.5                               | 0.03 |
|       |        | 鋼管杭 (左) | 1499                  | 1691       | 106                                | 382.5                               | 0.28 |
|       |        | 鋼管杭 (右) | 1354                  | 2504       | 107                                | 382.5                               | 0.28 |
| Ss-31 | H+, V+ | 鋼製桁     | 231                   | 428        | 15                                 | 382.5                               | 0.04 |
|       |        | 鋼管杭 (左) | 2126                  | 1254       | 139                                | 382.5                               | 0.37 |
|       |        | 鋼管杭 (右) | 1856                  | 3096       | 142                                | 382.5                               | 0.38 |
| Ss-31 | H-, V+ | 鋼製桁     | 191                   | 279        | 11                                 | 382.5                               | 0.03 |
|       |        | 鋼管杭 (左) | 1901                  | 995        | 123                                | 382.5                               | 0.33 |
|       |        | 鋼管杭 (右) | 1683                  | 2261       | 123                                | 382.5                               | 0.33 |



b. せん断力に対する照査

断面計算に用いた断面諸元は前出の表 3.4-7 に、せん断力に対する照査結果を表 3.4-9 に示す。

鋼製桁及び鋼管杭に対して許容応力度法による照査を行った結果、せん断応力が短期許容応力度以下であることを確認した。なお、発生応力は各地震動において最大となる値を示している。

追而

表 3.4-9 (1) せん断力に対する照査 (A-A断面)

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース (基本ケース))

| 地震波                | 位相     | 検討対象 | せん断力<br>(kN) | 発生せん断<br>応力<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値 |
|--------------------|--------|------|--------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-----|
| S <sub>s</sub> -D1 | H+, V- | 鋼管杭  |              |                                     | 217.5                               |     |
| S <sub>s</sub> -D1 | H-, V+ | 鋼管杭  |              |                                     | 217.5                               |     |



表 3.4-9 (2) せん断力に対する照査 (B-B断面)

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース (基本ケース))

| 地震波   | 位相     | 検討対象    | せん断力<br>(kN) | 発生せん断<br>応力<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値  |
|-------|--------|---------|--------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------|
| Ss-D1 | H+, V+ | 鋼製桁     | 170          | 4                                   | 217.5                               | 0.02 |
|       |        | 鋼管杭 (左) | 796          | 17                                  | 217.5                               | 0.08 |
|       |        | 鋼管杭 (右) | 1001         | 22                                  | 217.5                               | 0.10 |
| Ss-D1 | H+, V- | 鋼製桁     | 179          | 4                                   | 217.5                               | 0.02 |
|       |        | 鋼管杭 (左) | 801          | 17                                  | 217.5                               | 0.08 |
|       |        | 鋼管杭 (右) | 997          | 21                                  | 217.5                               | 0.10 |
| Ss-D1 | H-, V+ | 鋼製桁     | 149          | 3                                   | 217.5                               | 0.02 |
|       |        | 鋼管杭 (左) | 763          | 16                                  | 217.5                               | 0.08 |
|       |        | 鋼管杭 (右) | 863          | 19                                  | 217.5                               | 0.09 |
| Ss-D1 | H-, V- | 鋼製桁     | 191          | 4                                   | 217.5                               | 0.02 |
|       |        | 鋼管杭 (左) | 755          | 16                                  | 217.5                               | 0.08 |
|       |        | 鋼管杭 (右) | 834          | 18                                  | 217.5                               | 0.09 |
| Ss-11 | H+, V+ | 鋼製桁     | 126          | 3                                   | 217.5                               | 0.02 |
|       |        | 鋼管杭 (左) | 670          | 14                                  | 217.5                               | 0.07 |
|       |        | 鋼管杭 (右) | 564          | 12                                  | 217.5                               | 0.06 |
| Ss-12 | H+, V+ | 鋼製桁     | 198          | 4                                   | 217.5                               | 0.03 |
|       |        | 鋼管杭 (左) | 789          | 17                                  | 217.5                               | 0.08 |
|       |        | 鋼管杭 (右) | 955          | 21                                  | 217.5                               | 0.10 |
| Ss-13 | H+, V+ | 鋼製桁     | 210          | 5                                   | 217.5                               | 0.03 |
|       |        | 鋼管杭 (左) | 756          | 16                                  | 217.5                               | 0.08 |
|       |        | 鋼管杭 (右) | 874          | 19                                  | 217.5                               | 0.09 |
| Ss-14 | H+, V+ | 鋼製桁     | 129          | 3                                   | 217.5                               | 0.02 |
|       |        | 鋼管杭 (左) | 698          | 15                                  | 217.5                               | 0.07 |
|       |        | 鋼管杭 (右) | 721          | 16                                  | 217.5                               | 0.08 |
| Ss-21 | H+, V+ | 鋼製桁     | 158          | 4                                   | 217.5                               | 0.02 |
|       |        | 鋼管杭 (左) | 692          | 15                                  | 217.5                               | 0.07 |
|       |        | 鋼管杭 (右) | 735          | 16                                  | 217.5                               | 0.08 |
| Ss-22 | H+, V+ | 鋼製桁     | 173          | 4                                   | 217.5                               | 0.02 |
|       |        | 鋼管杭 (左) | 684          | 15                                  | 217.5                               | 0.07 |
|       |        | 鋼管杭 (右) | 720          | 15                                  | 217.5                               | 0.08 |
| Ss-31 | H+, V+ | 鋼製桁     | 211          | 5                                   | 217.5                               | 0.03 |
|       |        | 鋼管杭 (左) | 1032         | 22                                  | 217.5                               | 0.11 |
|       |        | 鋼管杭 (右) | 1192         | 26                                  | 217.5                               | 0.12 |
| Ss-31 | H-, V+ | 鋼製桁     | 207          | 5                                   | 217.5                               | 0.03 |
|       |        | 鋼管杭 (左) | 1266         | 27                                  | 217.5                               | 0.13 |
|       |        | 鋼管杭 (右) | 985          | 21                                  | 217.5                               | 0.10 |



表 3.4-9 (3) せん断力に対する照査 (C-C断面・杭基礎構造部)

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース (基本ケース))

| 地震波   | 位相     | 検討対象    | せん断力<br>(kN) | 発生せん断<br>応力<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値  |
|-------|--------|---------|--------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------|
| Ss-D1 | H+, V+ | 鋼製桁     | 109          | 2                                   | 217.5                               | 0.02 |
|       |        | 鋼管杭 (左) | 1266         | 27                                  | 217.5                               | 0.13 |
|       |        | 鋼管杭 (右) | 1169         | 25                                  | 217.5                               | 0.12 |
| Ss-D1 | H+, V- | 鋼製桁     | 118          | 3                                   | 217.5                               | 0.02 |
|       |        | 鋼管杭 (左) | 1240         | 27                                  | 217.5                               | 0.13 |
|       |        | 鋼管杭 (右) | 1130         | 24                                  | 217.5                               | 0.12 |
| Ss-D1 | H-, V+ | 鋼製桁     | 101          | 2                                   | 217.5                               | 0.02 |
|       |        | 鋼管杭 (左) | 1367         | 29                                  | 217.5                               | 0.14 |
|       |        | 鋼管杭 (右) | 1254         | 27                                  | 217.5                               | 0.13 |
| Ss-D1 | H-, V- | 鋼製桁     | 100          | 2                                   | 217.5                               | 0.02 |
|       |        | 鋼管杭 (左) | 1397         | 30                                  | 217.5                               | 0.14 |
|       |        | 鋼管杭 (右) | 1272         | 27                                  | 217.5                               | 0.13 |
| Ss-11 | H+, V+ | 鋼製桁     | 62           | 1                                   | 217.5                               | 0.01 |
|       |        | 鋼管杭 (左) | 242          | 5                                   | 217.5                               | 0.03 |
|       |        | 鋼管杭 (右) | 225          | 5                                   | 217.5                               | 0.03 |
| Ss-12 | H+, V+ | 鋼製桁     | 104          | 2                                   | 217.5                               | 0.02 |
|       |        | 鋼管杭 (左) | 748          | 16                                  | 217.5                               | 0.08 |
|       |        | 鋼管杭 (右) | 681          | 15                                  | 217.5                               | 0.07 |
| Ss-13 | H+, V+ | 鋼製桁     | 102          | 2                                   | 217.5                               | 0.02 |
|       |        | 鋼管杭 (左) | 638          | 14                                  | 217.5                               | 0.07 |
|       |        | 鋼管杭 (右) | 574          | 12                                  | 217.5                               | 0.06 |
| Ss-14 | H+, V+ | 鋼製桁     | 83           | 2                                   | 217.5                               | 0.01 |
|       |        | 鋼管杭 (左) | 445          | 10                                  | 217.5                               | 0.05 |
|       |        | 鋼管杭 (右) | 386          | 8                                   | 217.5                               | 0.04 |
| Ss-21 | H+, V+ | 鋼製桁     | 109          | 2                                   | 217.5                               | 0.02 |
|       |        | 鋼管杭 (左) | 785          | 17                                  | 217.5                               | 0.08 |
|       |        | 鋼管杭 (右) | 748          | 16                                  | 217.5                               | 0.08 |
| Ss-22 | H+, V+ | 鋼製桁     | 100          | 2                                   | 217.5                               | 0.02 |
|       |        | 鋼管杭 (左) | 803          | 17                                  | 217.5                               | 0.08 |
|       |        | 鋼管杭 (右) | 744          | 16                                  | 217.5                               | 0.08 |
| Ss-31 | H+, V+ | 鋼製桁     | 163          | 4                                   | 217.5                               | 0.02 |
|       |        | 鋼管杭 (左) | 1122         | 24                                  | 217.5                               | 0.12 |
|       |        | 鋼管杭 (右) | 993          | 21                                  | 217.5                               | 0.10 |
| Ss-31 | H-, V+ | 鋼製桁     | 151          | 3                                   | 217.5                               | 0.02 |
|       |        | 鋼管杭 (左) | 1054         | 23                                  | 217.5                               | 0.11 |
|       |        | 鋼管杭 (右) | 904          | 19                                  | 217.5                               | 0.09 |



(2) 地盤改良体の健全性に対する評価結果

屋外二重管を支持する地盤改良体のすべりに対して評価した結果を表 3.4-10 に示す。

地盤改良体に対してすべり安全率による照査を行った結果、最小すべり安全率が必要安全率を確保することを確認した。なお、最小すべり安全率は、想定したすべり面のうち、各地震動において最小となる値を示している。

表 3.4-10 地盤改良体のすべりに対する照査（C-C断面・地盤改良体基礎構造部）

（検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース）

| 地震波      | 位相     | すべり安全率 |
|----------|--------|--------|
| $S_s-D1$ | H+, V+ | 3.24   |
| $S_s-D1$ | H+, V- | 3.22   |
| $S_s-D1$ | H-, V+ | 2.92   |
| $S_s-D1$ | H-, V- | 2.93   |
| $S_s-11$ | H+, V+ | 5.90   |
| $S_s-12$ | H+, V+ | 4.42   |
| $S_s-13$ | H+, V+ | 4.57   |
| $S_s-14$ | H+, V+ | 4.97   |
| $S_s-21$ | H+, V+ | 3.55   |
| $S_s-22$ | H+, V+ | 4.12   |
| $S_s-31$ | H+, V+ | 2.67   |
| $S_s-31$ | H-, V+ | 3.08   |



(3) 屋外二重管下の地盤改良体における支持性能に対する評価結果

屋外二重管下の地盤改良体に作用する接地圧に対する支持性能評価結果を表 3.4-11 に、接地圧分布図を図 3.4-12～図 3.4-14 に示す。なお、横軸で示す角度は、屋外二重管基礎横断面図の屋外二重管本体について、水平方向左端を 0 度として反時計回りに示している。90 度は屋外二重管本体直下を表す。

地盤改良体における基礎地盤の最大接地圧は、C-C 断面（地盤改良体基礎構造部） $S_s-D1$  [H+, V+] で  $235 \text{ kN/m}^2$  であり、極限支持力度  $1793 \text{ kN/m}^2$  以下である。

以上から、屋外二重管下の地盤改良体は基準地震動  $S_s$  に対し支持性能を有する。

表 3.4-11 (1) 屋外二重管下の地盤改良体の支持性能評価結果（B-B 断面）

（検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース））

| 二重管<br>本体径  | 地震波      | 位相     | 最大接地圧<br>( $\text{kN/m}^2$ ) | 極限支持力度<br>( $\text{kN/m}^2$ ) |
|-------------|----------|--------|------------------------------|-------------------------------|
| $\phi 1800$ | $S_s-D1$ | H+, V+ | 199                          | 1804                          |
|             | $S_s-D1$ | H+, V- | 204                          | 1804                          |
|             | $S_s-D1$ | H-, V+ | 180                          | 1804                          |
|             | $S_s-D1$ | H-, V- | 200                          | 1804                          |
|             | $S_s-11$ | H+, V+ | 133                          | 1804                          |
|             | $S_s-12$ | H+, V+ | 136                          | 1804                          |
|             | $S_s-13$ | H+, V+ | 125                          | 1804                          |
|             | $S_s-14$ | H+, V+ | 130                          | 1804                          |
|             | $S_s-21$ | H+, V+ | 188                          | 1804                          |
|             | $S_s-22$ | H+, V+ | 204                          | 1804                          |
|             | $S_s-31$ | H+, V+ | 164                          | 1804                          |
|             | $S_s-31$ | H-, V+ | 223                          | 1804                          |
| $\phi 2000$ | $S_s-D1$ | H+, V+ | 187                          | 1804                          |
|             | $S_s-D1$ | H+, V- | 172                          | 1804                          |
|             | $S_s-D1$ | H-, V+ | 173                          | 1804                          |
|             | $S_s-D1$ | H-, V- | 169                          | 1804                          |
|             | $S_s-11$ | H+, V+ | 147                          | 1804                          |
|             | $S_s-12$ | H+, V+ | 143                          | 1804                          |
|             | $S_s-13$ | H+, V+ | 145                          | 1804                          |
|             | $S_s-14$ | H+, V+ | 134                          | 1804                          |
|             | $S_s-21$ | H+, V+ | 183                          | 1804                          |
|             | $S_s-22$ | H+, V+ | 221                          | 1804                          |
|             | $S_s-31$ | H+, V+ | 213                          | 1804                          |
|             | $S_s-31$ | H-, V+ | 143                          | 1804                          |



表 3.4-11 (2) 屋外二重管下の地盤改良体の支持性能評価結果 (C-C断面・杭基礎構造部)  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース (基本ケース))

| 二重管<br>本体径 | 地震波                | 位相     | 最大接地圧<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 極限支持力度<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 照査値  |
|------------|--------------------|--------|-------------------------------|--------------------------------|------|
| φ 1800     | S <sub>s</sub> -D1 | H+, V+ | 149                           | 1793                           | 0.09 |
|            | S <sub>s</sub> -D1 | H+, V- | 134                           | 1793                           | 0.08 |
|            | S <sub>s</sub> -D1 | H-, V+ | 152                           | 1793                           | 0.09 |
|            | S <sub>s</sub> -D1 | H-, V- | 159                           | 1793                           | 0.09 |
|            | S <sub>s</sub> -11 | H+, V+ | 115                           | 1793                           | 0.07 |
|            | S <sub>s</sub> -12 | H+, V+ | 167                           | 1793                           | 0.10 |
|            | S <sub>s</sub> -13 | H+, V+ | 156                           | 1793                           | 0.09 |
|            | S <sub>s</sub> -14 | H+, V+ | 144                           | 1793                           | 0.09 |
|            | S <sub>s</sub> -21 | H+, V+ | 141                           | 1793                           | 0.08 |
|            | S <sub>s</sub> -22 | H+, V+ | 138                           | 1793                           | 0.08 |
|            | S <sub>s</sub> -31 | H+, V+ | 149                           | 1793                           | 0.09 |
|            | S <sub>s</sub> -31 | H-, V+ | 230                           | 1793                           | 0.13 |
| φ 2000     | S <sub>s</sub> -D1 | H+, V+ | 129                           | 1793                           | 0.08 |
|            | S <sub>s</sub> -D1 | H+, V- | 116                           | 1793                           | 0.07 |
|            | S <sub>s</sub> -D1 | H-, V+ | 115                           | 1793                           | 0.07 |
|            | S <sub>s</sub> -D1 | H-, V- | 120                           | 1793                           | 0.07 |
|            | S <sub>s</sub> -11 | H+, V+ | 84                            | 1793                           | 0.05 |
|            | S <sub>s</sub> -12 | H+, V+ | 121                           | 1793                           | 0.07 |
|            | S <sub>s</sub> -13 | H+, V+ | 122                           | 1793                           | 0.07 |
|            | S <sub>s</sub> -14 | H+, V+ | 100                           | 1793                           | 0.06 |
|            | S <sub>s</sub> -21 | H+, V+ | 149                           | 1793                           | 0.09 |
|            | S <sub>s</sub> -22 | H+, V+ | 134                           | 1793                           | 0.08 |
|            | S <sub>s</sub> -31 | H+, V+ | 185                           | 1793                           | 0.11 |
|            | S <sub>s</sub> -31 | H-, V+ | 145                           | 1793                           | 0.09 |



表 3.4-11 (3) 屋外二重管下の地盤改良体の支持性能評価結果

(C-C断面・地盤改良体基礎構造部)

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース）)

| 二重管<br>本体径 | 地震波                | 位相     | 最大接地圧<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 極限支持力度<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 照査値  |
|------------|--------------------|--------|-------------------------------|--------------------------------|------|
| φ 1800     | S <sub>s</sub> -D1 | H+, V+ | 173                           | 1793                           | 0.10 |
|            | S <sub>s</sub> -D1 | H+, V- | 165                           | 1793                           | 0.10 |
|            | S <sub>s</sub> -D1 | H-, V+ | 153                           | 1793                           | 0.09 |
|            | S <sub>s</sub> -D1 | H-, V- | 154                           | 1793                           | 0.09 |
|            | S <sub>s</sub> -11 | H+, V+ | 80                            | 1793                           | 0.05 |
|            | S <sub>s</sub> -12 | H+, V+ | 97                            | 1793                           | 0.06 |
|            | S <sub>s</sub> -13 | H+, V+ | 96                            | 1793                           | 0.06 |
|            | S <sub>s</sub> -14 | H+, V+ | 90                            | 1793                           | 0.06 |
|            | S <sub>s</sub> -21 | H+, V+ | 127                           | 1793                           | 0.08 |
|            | S <sub>s</sub> -22 | H+, V+ | 113                           | 1793                           | 0.07 |
|            | S <sub>s</sub> -31 | H+, V+ | 134                           | 1793                           | 0.08 |
|            | S <sub>s</sub> -31 | H-, V+ | 157                           | 1793                           | 0.09 |
| φ 2000     | S <sub>s</sub> -D1 | H+, V+ | 235                           | 1793                           | 0.14 |
|            | S <sub>s</sub> -D1 | H+, V- | 229                           | 1793                           | 0.13 |
|            | S <sub>s</sub> -D1 | H-, V+ | 232                           | 1793                           | 0.13 |
|            | S <sub>s</sub> -D1 | H-, V- | 227                           | 1793                           | 0.13 |
|            | S <sub>s</sub> -11 | H+, V+ | 86                            | 1793                           | 0.05 |
|            | S <sub>s</sub> -12 | H+, V+ | 112                           | 1793                           | 0.07 |
|            | S <sub>s</sub> -13 | H+, V+ | 110                           | 1793                           | 0.07 |
|            | S <sub>s</sub> -14 | H+, V+ | 102                           | 1793                           | 0.06 |
|            | S <sub>s</sub> -21 | H+, V+ | 168                           | 1793                           | 0.10 |
|            | S <sub>s</sub> -22 | H+, V+ | 155                           | 1793                           | 0.09 |
|            | S <sub>s</sub> -31 | H+, V+ | 172                           | 1793                           | 0.10 |
|            | S <sub>s</sub> -31 | H-, V+ | 180                           | 1793                           | 0.11 |



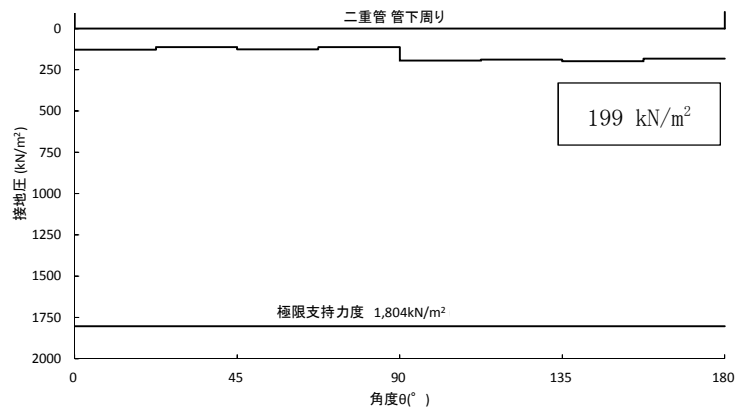


図 3.4-12 (1) B-B断面の接地圧分布図

(二重管本体径：φ1800，地震波：S<sub>s</sub>-D1〔H+，V+〕，検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース）)

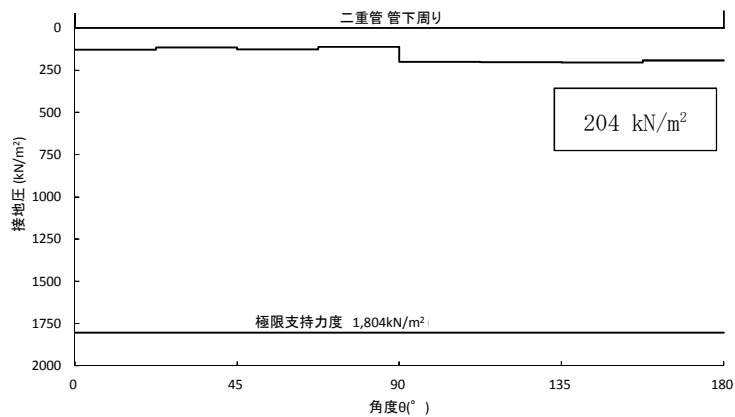


図 3.4-12 (2) B-B断面の接地圧分布図

(二重管本体径：φ1800，地震波：S<sub>s</sub>-D1〔H+，V-〕，検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース）)

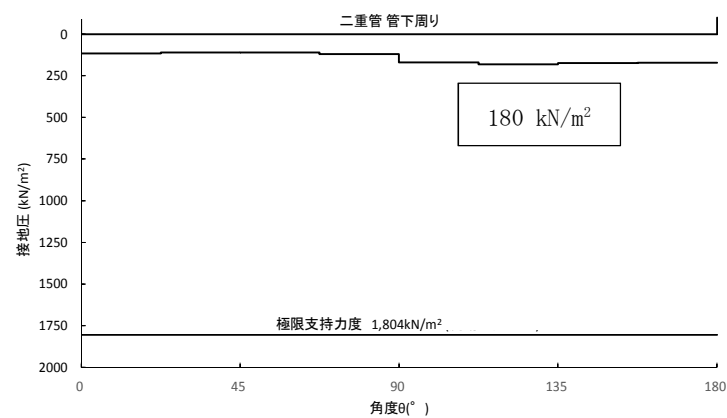


図 3.4-12 (3) B-B断面の接地圧分布図

(二重管本体径：φ1800，地震波：S<sub>s</sub>-D1〔H-，V+〕，検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース）)



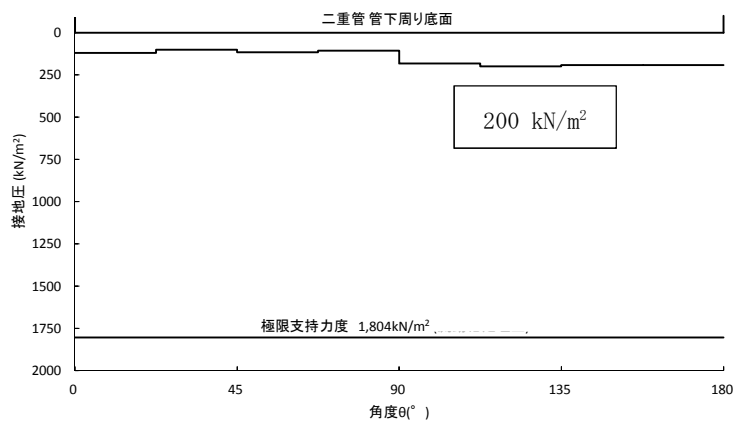


図 3.4-12 (4) B-B断面の接地圧分布図

(二重管本体径：φ1800，地震波： $S_s-D1$  [H-, V-]，検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース）)

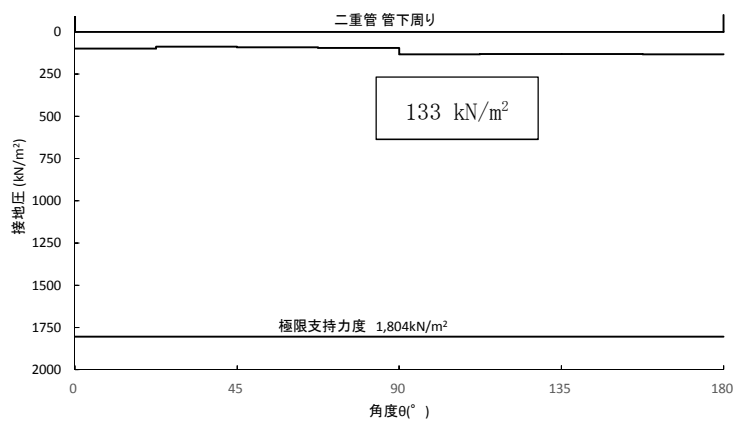


図 3.4-12 (5) B-B断面の接地圧分布図

(二重管本体径：φ1800，地震波： $S_s-11$  [H+, V+]，検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース）)

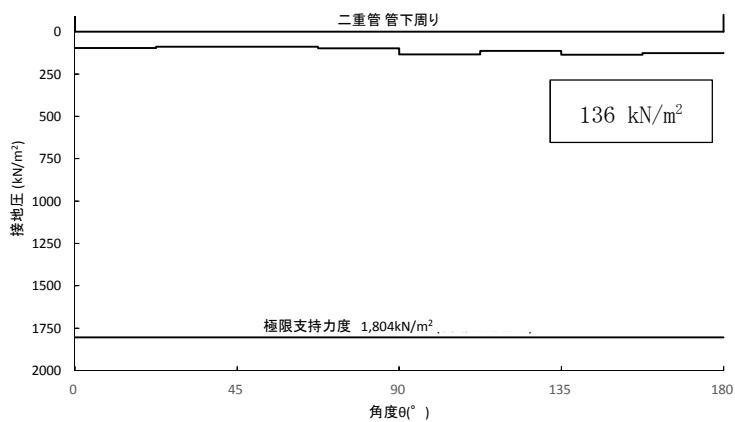


図 3.4-12 (6) B-B断面の接地圧分布図

(二重管本体径：φ1800，地震波： $S_s-12$  [H+, V+]，検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース）)



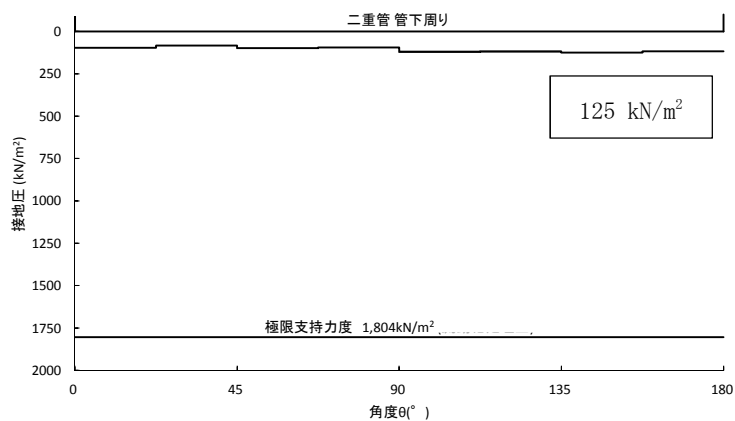


図 3.4-12 (7) B-B断面の接地圧分布図

(二重管本体径：φ1800，地震波：S<sub>s</sub>-1 3 [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく  
液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース）)

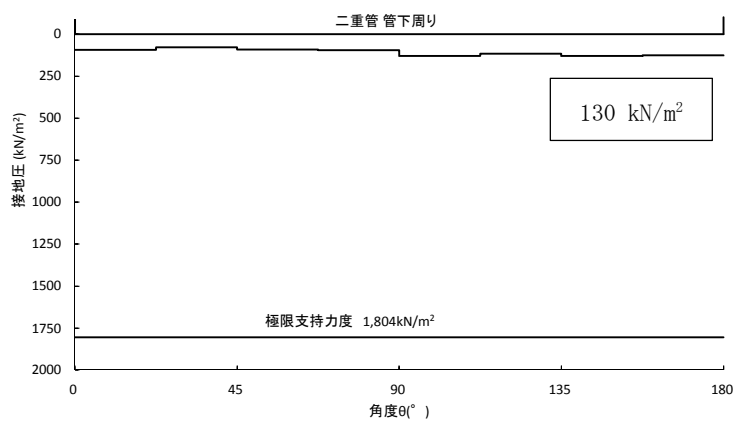


図 3.4-12 (8) B-B断面の接地圧分布図

(二重管本体径：φ1800，地震波：S<sub>s</sub>-1 4 [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく  
液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース）)

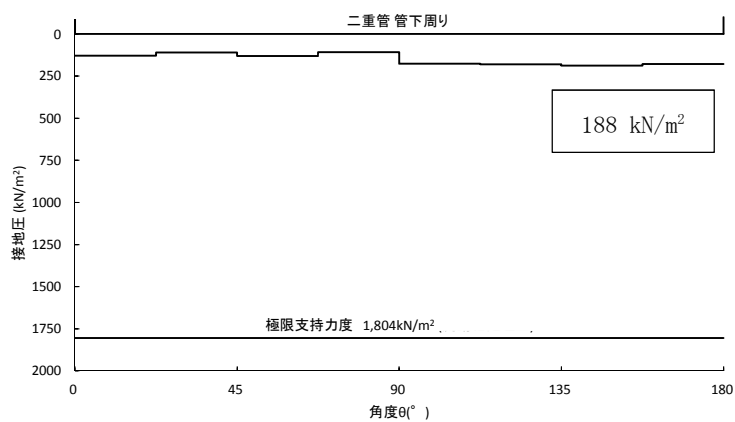


図 3.4-12 (9) B-B断面の接地圧分布図

(二重管本体径：φ1800，地震波：S<sub>s</sub>-2 1 [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく  
液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース）)



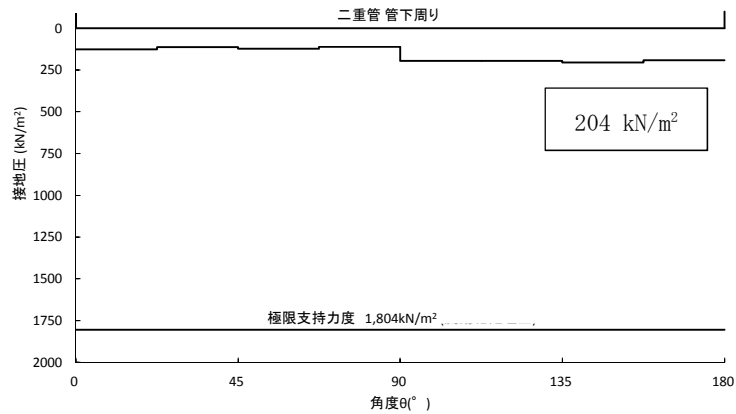


図 3.4-12 (10) B-B断面の接地圧分布図

(二重管本体径： $\phi 1800$ ，地震波： $S_s - 2.2$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース）)

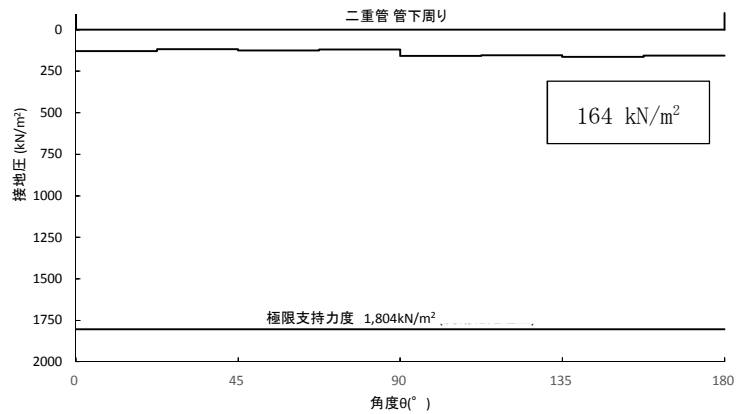


図 3.4-12 (11) B-B断面の接地圧分布図

(二重管本体径： $\phi 1800$ ，地震波： $S_s - 3.1$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース）)

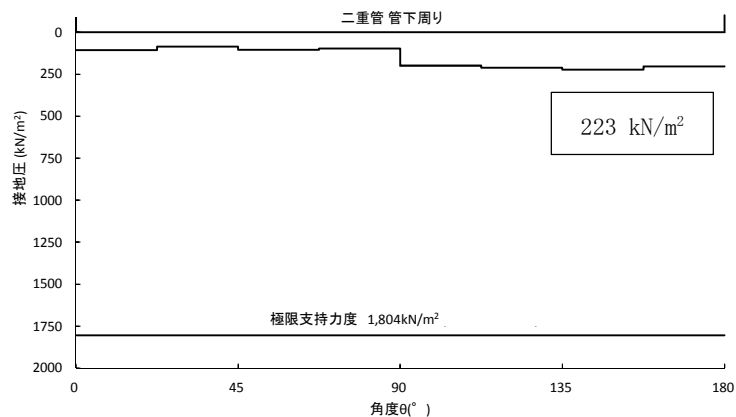


図 3.4-12 (12) B-B断面の接地圧分布図

(二重管本体径： $\phi 1800$ ，地震波： $S_s - 3.1$  [H-, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース）)



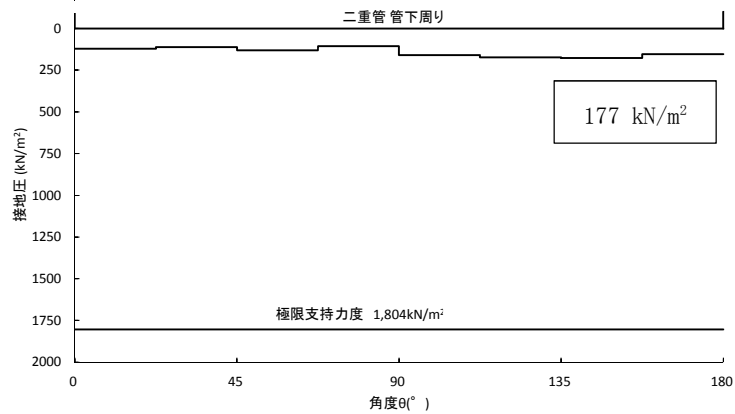


図 3.4-12 (13) B-B 断面の接地圧分布図

(二重管本体径： $\phi 1800$ ，地震波： $S_s-D1$  [H+, V-]，検討ケース②：地盤物性のばらつきを考慮 (+1 $\sigma$ ) した解析ケース)

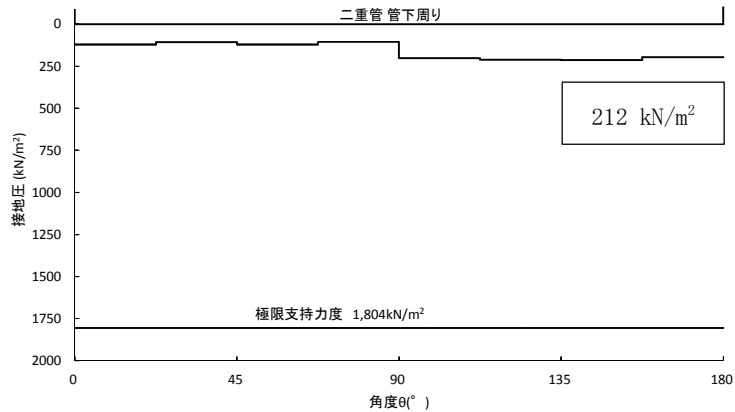


図 3.4-12 (14) B-B 断面の接地圧分布図

(二重管本体径： $\phi 1800$ ，地震波： $S_s-D1$  [H+, V-]，検討ケース③：地盤物性のばらつきを考慮 (-1 $\sigma$ ) した解析ケース)

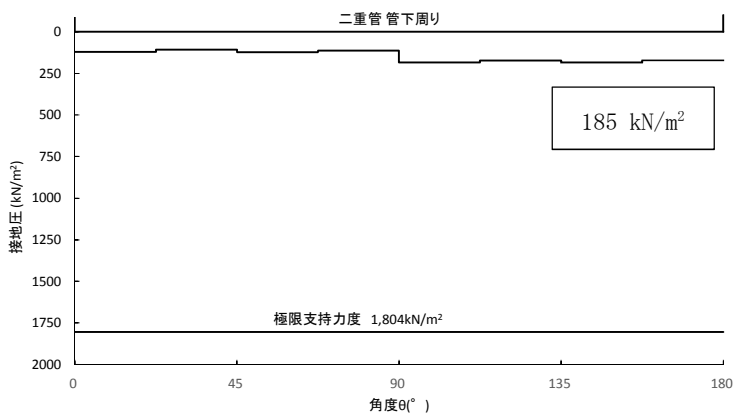


図 3.4-12 (15) B-B 断面の接地圧分布図

(二重管本体径： $\phi 1800$ ，地震波： $S_s-D1$  [H+, V-]，検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)



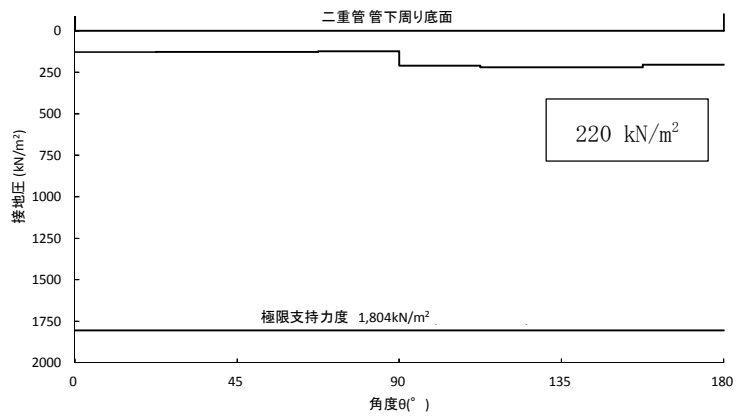


図 3.4-12 (16) B-B 断面の接地圧分布図

(二重管本体径：φ1800，地震波：S<sub>s</sub>-D 1〔H+，V-〕，検討ケース⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース)

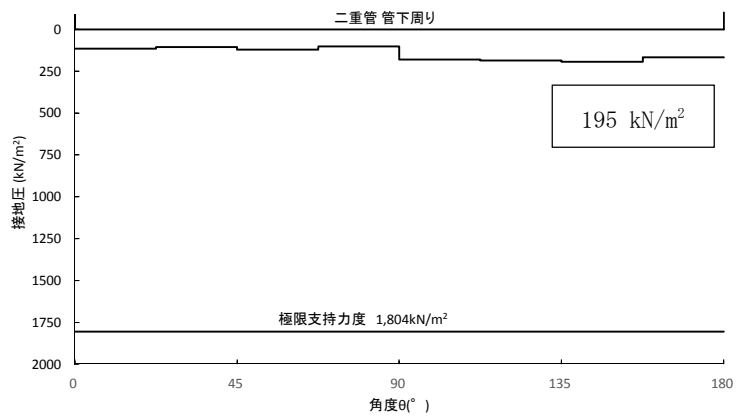


図 3.4-12 (17) B-B 断面の接地圧分布図

(二重管本体径：φ1800，地震波：S<sub>s</sub>-D 1〔H+，V-〕，検討ケース⑥：地盤物性のばらつきを考慮 (+1σ) して非液状化の条件を仮定した解析ケース)



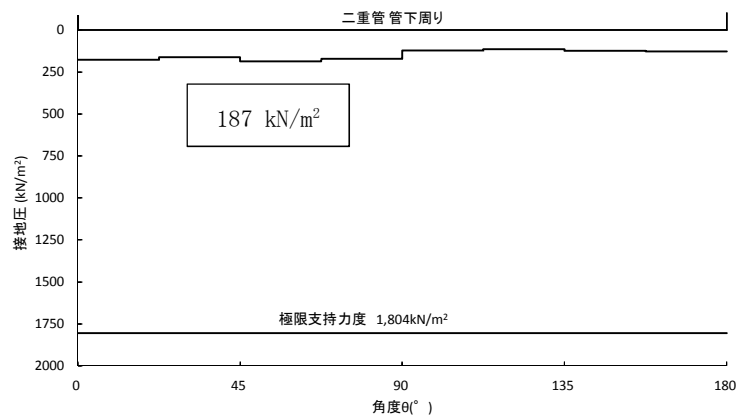


図 3.4-12 (18) B-B 断面の接地圧分布図

(二重管本体径： $\phi 2000$ ，地震波： $S_s-D1$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく  
液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース）)

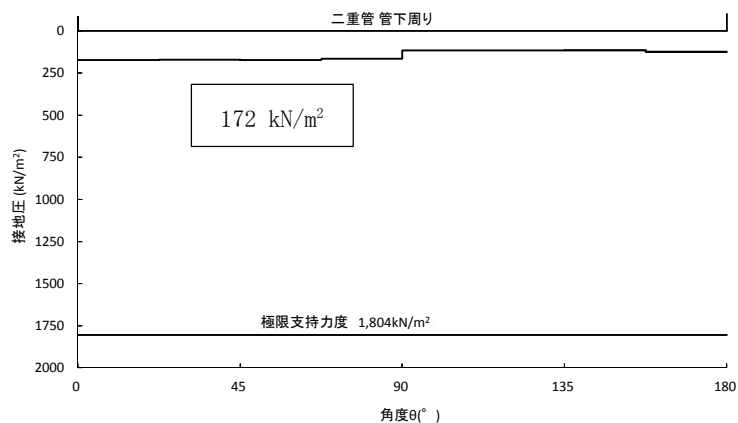


図 3.4-12 (19) B-B 断面の接地圧分布図

(二重管本体径： $\phi 2000$ ，地震波： $S_s-D1$  [H+, V-], 検討ケース①：原地盤に基づく  
液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース）)

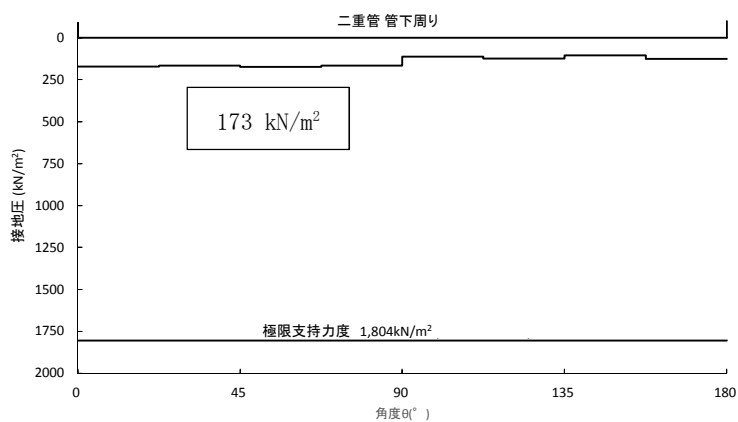


図 3.4-12 (20) B-B 断面の接地圧分布図

(二重管本体径： $\phi 2000$ ，地震波： $S_s-D1$  [H-, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく  
液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース）)



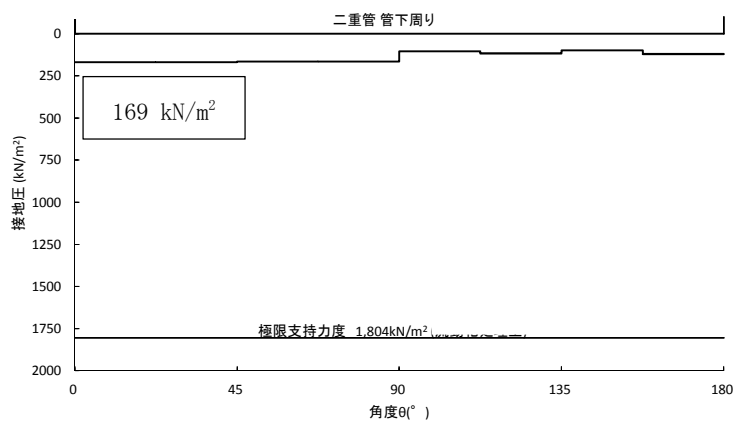


図 3.4-12 (21) B-B断面の接地圧分布図

(二重管本体径：φ2000，地震波：S<sub>s</sub>-D1〔H-，V-〕，検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース）)

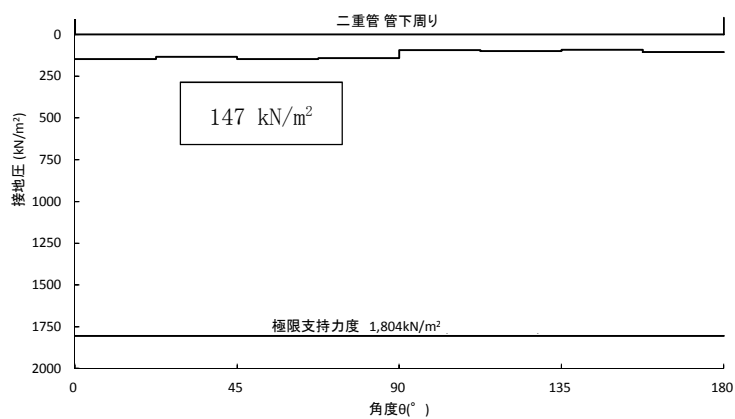


図 3.4-12 (22) B-B断面の接地圧分布図

(二重管本体径：φ2000，地震波：S<sub>s</sub>-11〔H+，V+〕，検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース）)

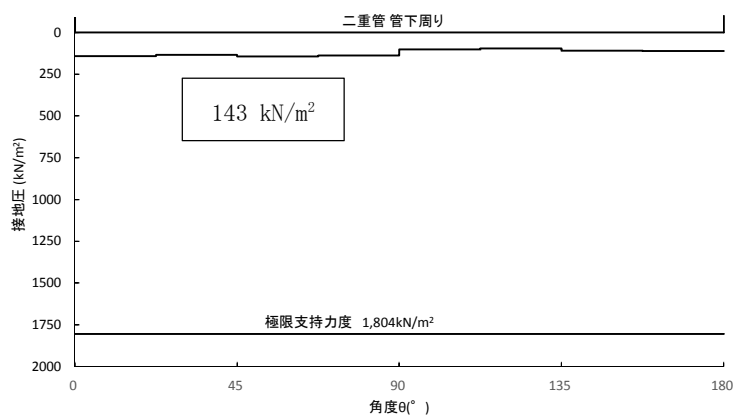


図 3.4-12 (23) B-B断面の接地圧分布図

(二重管本体径：φ2000，地震波：S<sub>s</sub>-12〔H+，V+〕，検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース）)



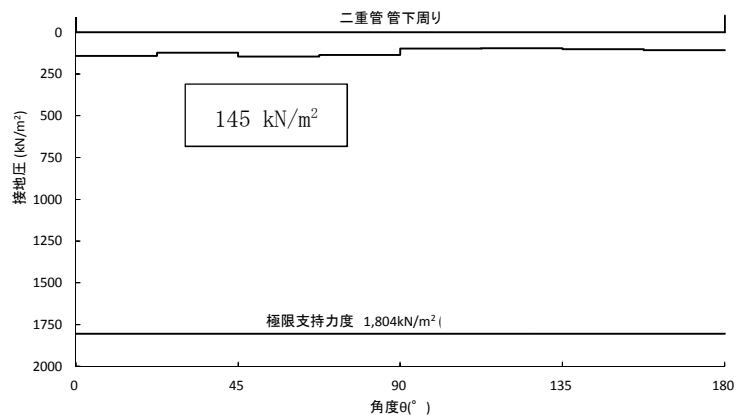


図 3.4-12 (24) B-B 断面の接地圧分布図

(二重管本体径：φ2000，地震波：S<sub>s</sub>-1 3 [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく  
液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース）)

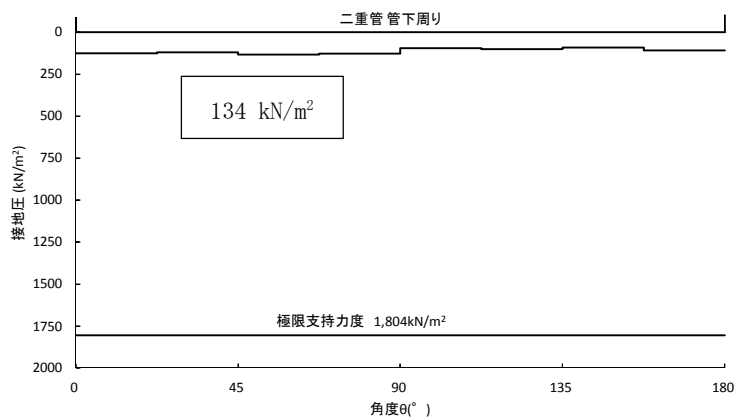


図 3.4-12 (25) B-B 断面の接地圧分布図

(二重管本体径：φ2000，地震波：S<sub>s</sub>-1 4 [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく  
液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース）)

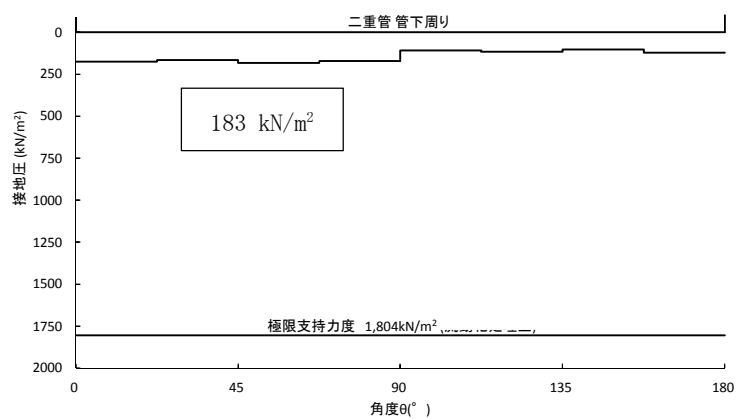


図 3.4-12 (26) B-B 断面の接地圧分布図

(二重管本体径：φ2000，地震波：S<sub>s</sub>-2 1 [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく  
液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース）)



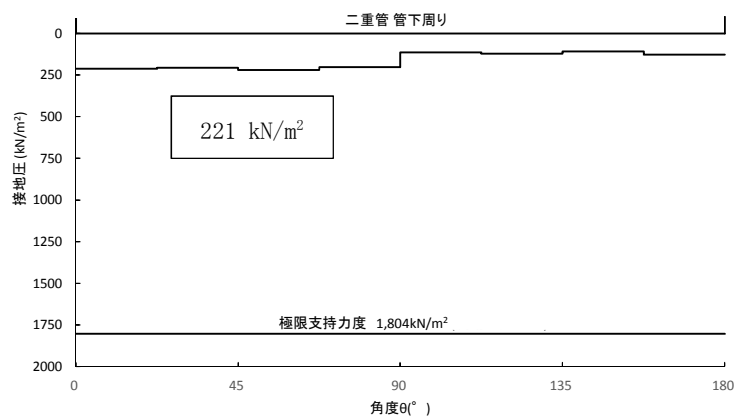


図 3.4-12 (27) B-B断面の接地圧分布図

(二重管本体径： $\phi 2000$ ，地震波： $S_s - 2.2$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース）)

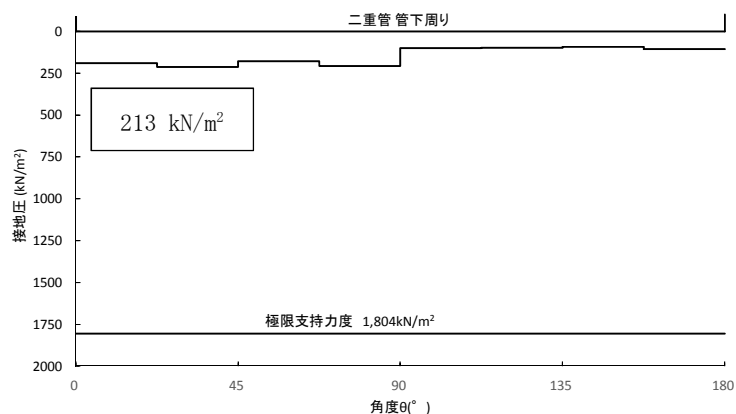


図 3.4-12 (28) B-B断面の接地圧分布図

(二重管本体径： $\phi 2000$ ，地震波： $S_s - 3.1$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース）)

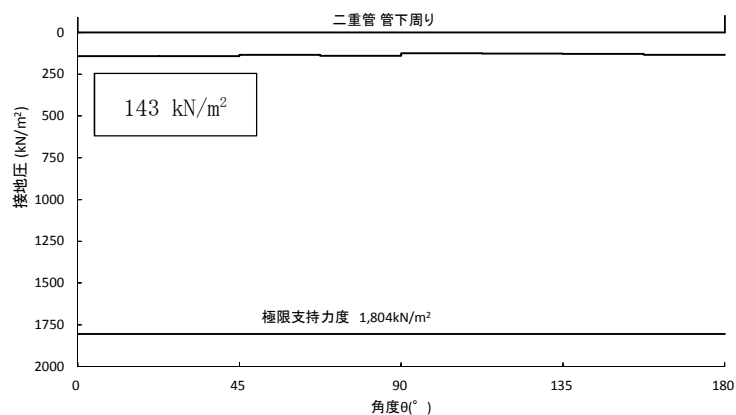


図 3.4-12 (29) B-B断面の接地圧分布図

(二重管本体径： $\phi 2000$ ，地震波： $S_s - 3.1$  [H-, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース）)



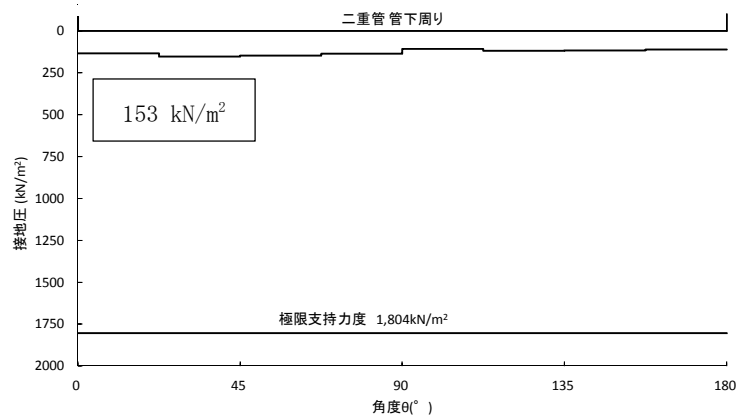


図 3.4-12 (30) B-B断面の接地圧分布図

(二重管本体径：φ2000，地震波： $S_s-D1$ 〔H+，V-〕，検討ケース②：地盤物性のばらつきを考慮（+1 $\sigma$ ）した解析ケース）

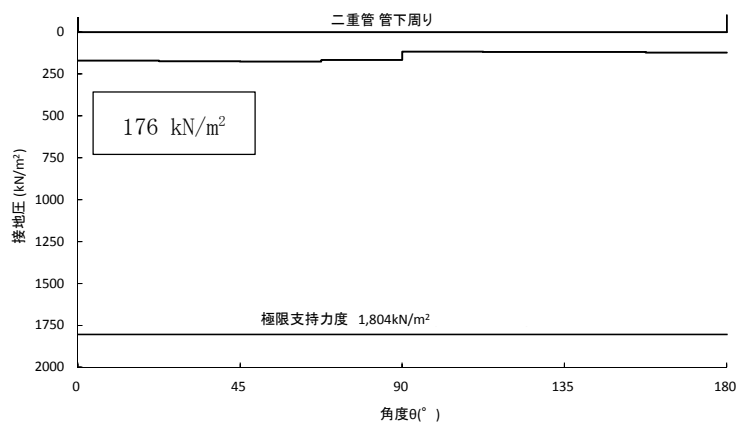


図 3.4-12 (31) B-B断面の接地圧分布図

(二重管本体径：φ2000，地震波： $S_s-D1$ 〔H+，V-〕，検討ケース③：地盤物性のばらつきを考慮（-1 $\sigma$ ）した解析ケース）

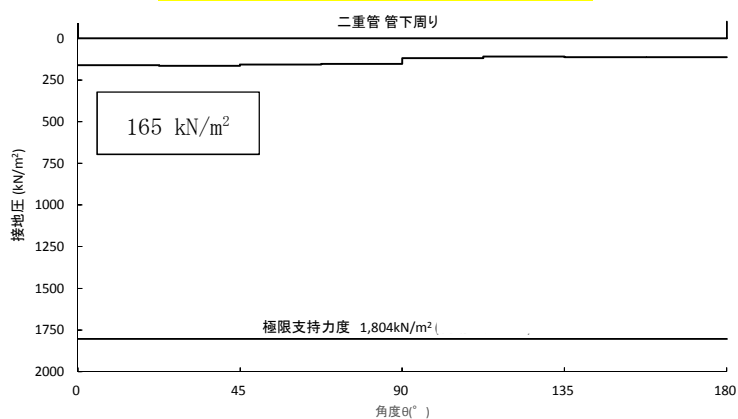


図 3.4-12 (32) B-B断面の接地圧分布図

(二重管本体径：φ2000，地震波： $S_s-D1$ 〔H+，V-〕，検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース）



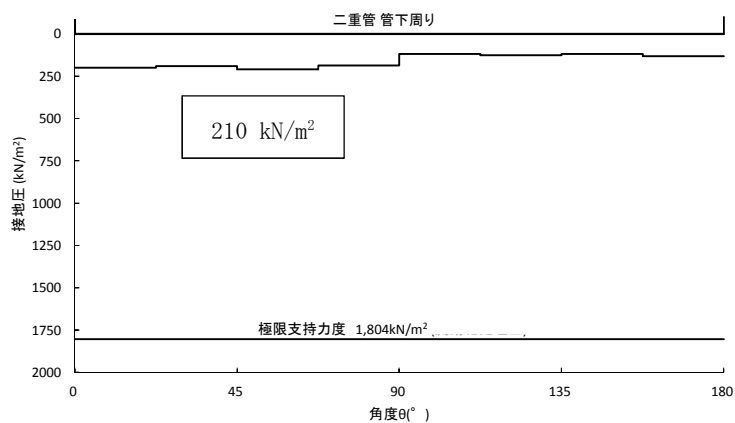


図 3.4-12 (33) B-B 断面の接地圧分布図

(二重管本体径：φ2000，地震波：S<sub>s</sub>-D 1〔H+，V-〕，検討ケース⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース)

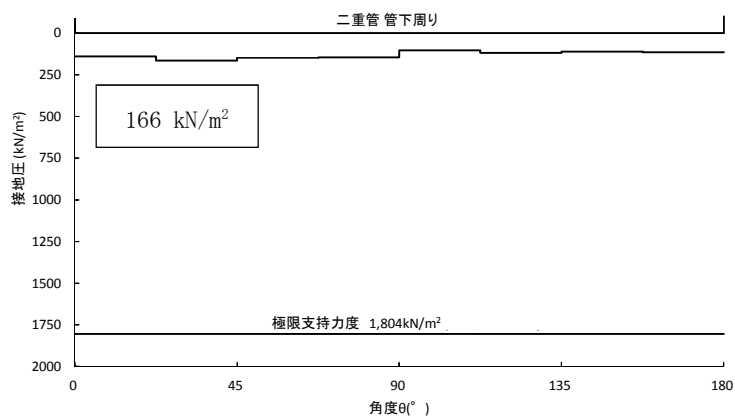


図 3.4-12 (34) B-B 断面の接地圧分布図

(二重管本体径：φ2000，地震波：S<sub>s</sub>-D 1〔H+，V-〕，検討ケース⑥：地盤物性のばらつきを考慮（+1σ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース）



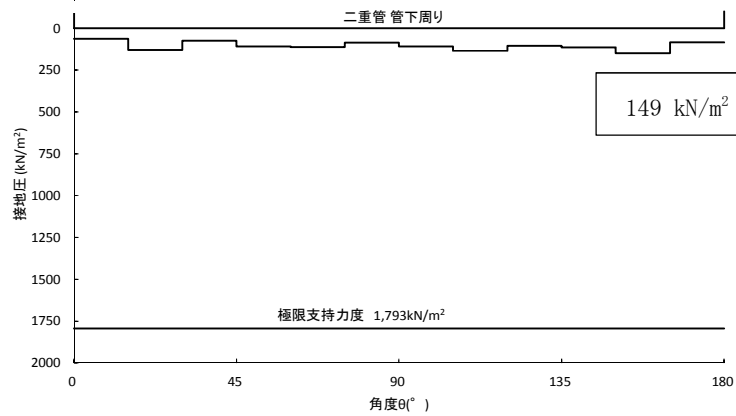


図 3.4-13 (1) C-C 断面（杭基礎構造部）の接地圧分布図

（二重管本体径： $\phi 1800$ ，地震波： $S_s-D1$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース））

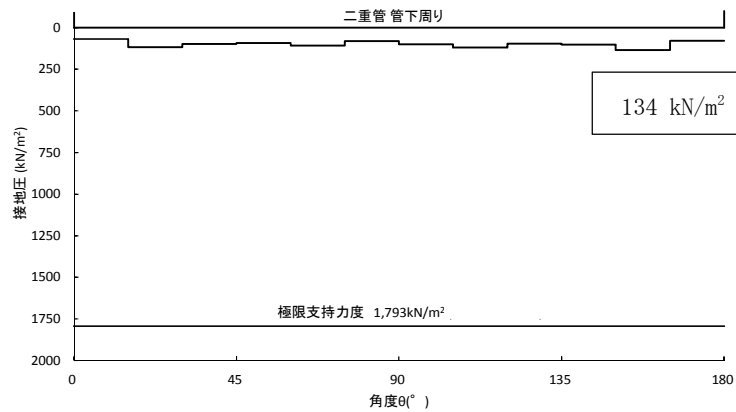


図 3.4-13 (2) C-C 断面（杭基礎構造部）の接地圧分布図

（二重管本体径： $\phi 1800$ ，地震波： $S_s-D1$  [H+, V-], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース））

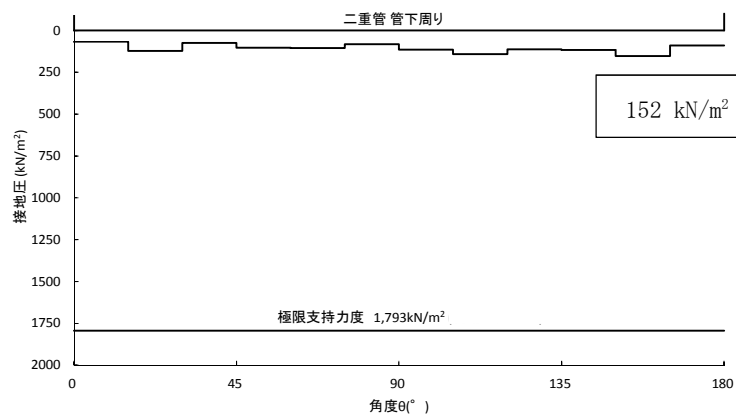


図 3.4-13 (3) C-C 断面（杭基礎構造部）の接地圧分布図

（二重管本体径： $\phi 1800$ ，地震波： $S_s-D1$  [H-, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース））



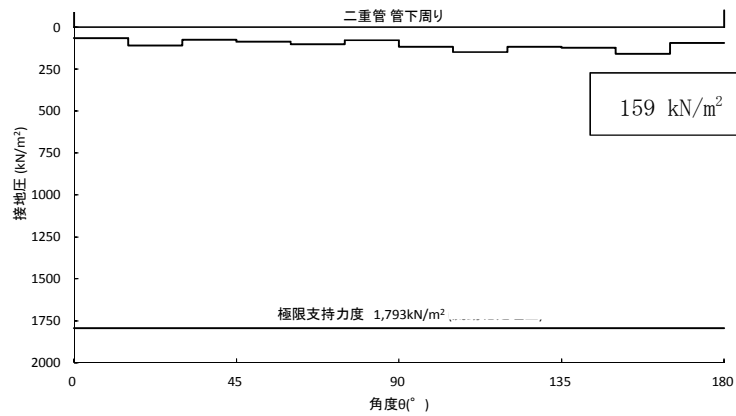


図 3.4-13 (4) C-C 断面（杭基礎構造部）の接地圧分布図

（二重管本体径： $\phi 1800$ ，地震波： $S_s - D1$  [H-, V-]，検討ケース①：原地盤に基づく  
液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース））

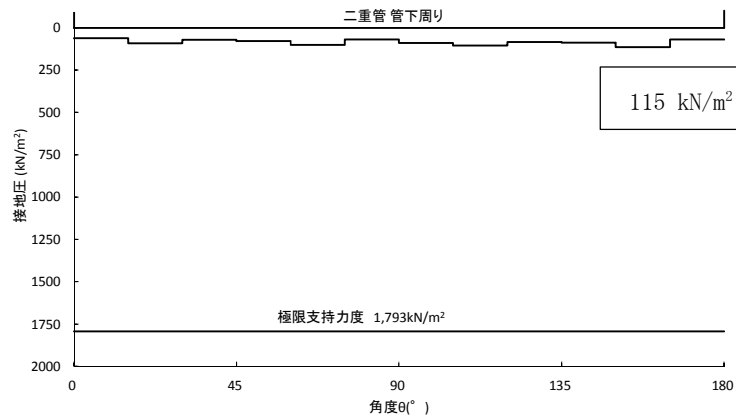


図 3.4-13 (5) C-C 断面（杭基礎構造部）の接地圧分布図

（二重管本体径： $\phi 1800$ ，地震波： $S_s - 11$  [H+, V+]，検討ケース①：原地盤に基づく  
液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース））

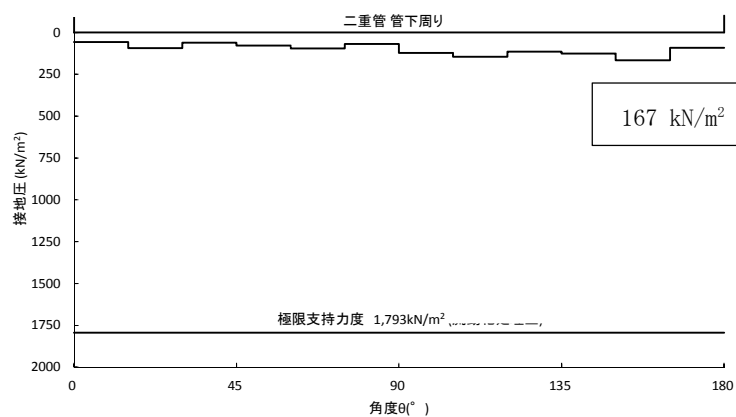


図 3.4-13 (6) C-C 断面（杭基礎構造部）の接地圧分布図

（二重管本体径： $\phi 1800$ ，地震波： $S_s - 12$  [H+, V+]，検討ケース①：原地盤に基づく  
液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース））



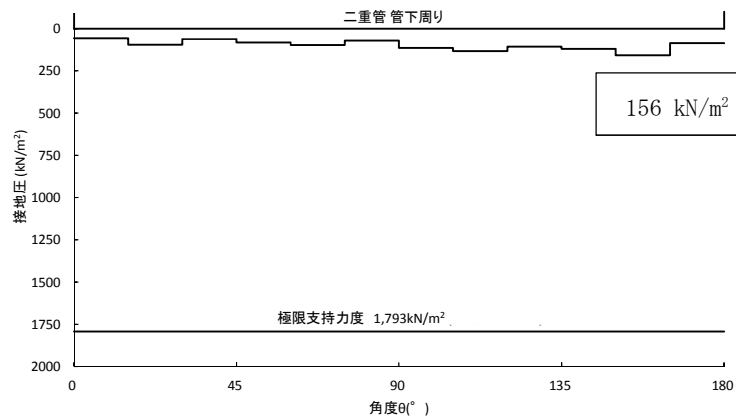


図 3.4-13 (7) C-C 断面（杭基礎構造部）の接地圧分布図

（二重管本体径： $\phi 1800$ ，地震波： $S_s - 13$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース））

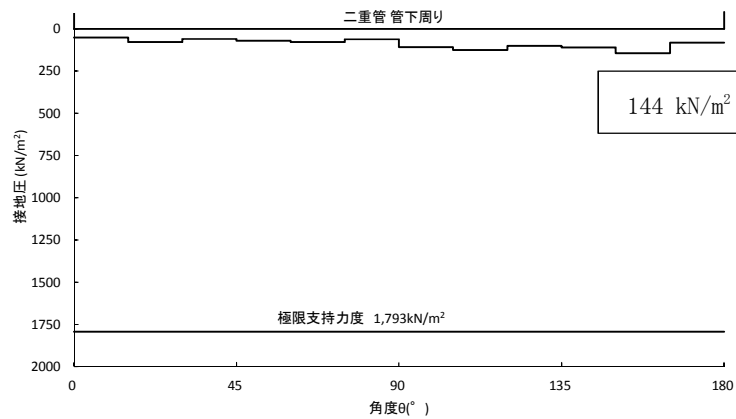


図 3.4-13 (8) C-C 断面（杭基礎構造部）の接地圧分布図

（二重管本体径： $\phi 1800$ ，地震波： $S_s - 14$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース））

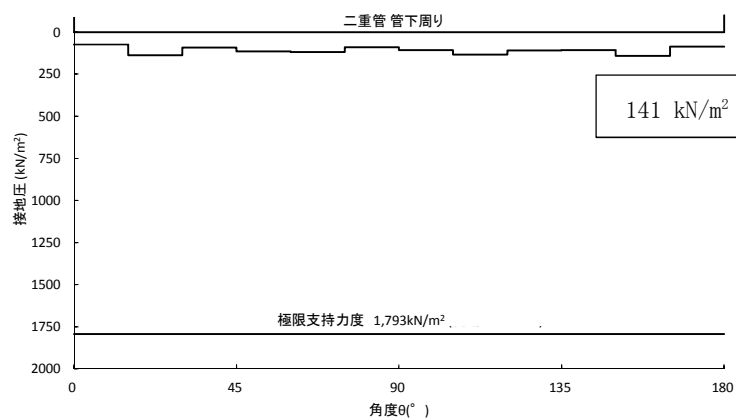


図 3.4-13 (9) C-C 断面（杭基礎構造部）の接地圧分布図

（二重管本体径： $\phi 1800$ ，地震波： $S_s - 21$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース））



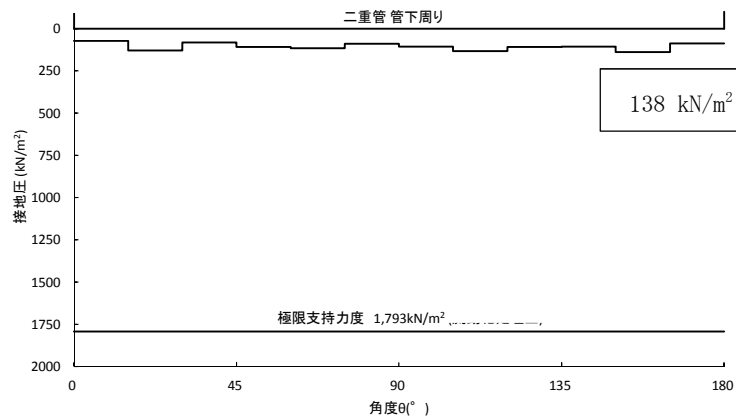


図 3.4-13 (10) C-C 断面（杭基礎構造部）の接地圧分布図

（二重管本体径： $\phi 1800$ ，地震波： $S_s - 2.2$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく  
液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース））

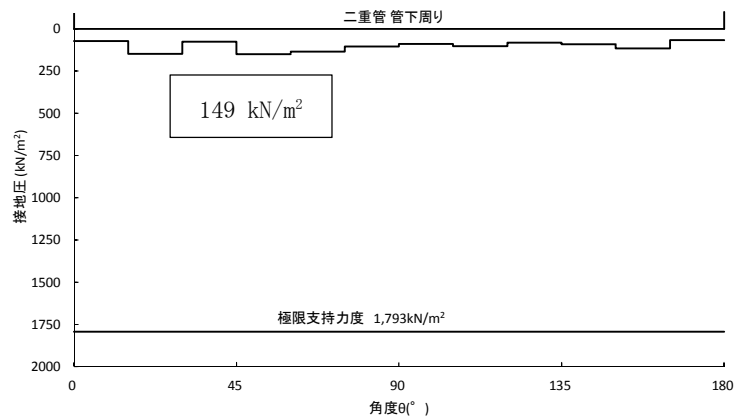


図 3.4-13 (11) C-C 断面（杭基礎構造部）の接地圧分布図

（二重管本体径： $\phi 1800$ ，地震波： $S_s - 3.1$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく  
液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース））

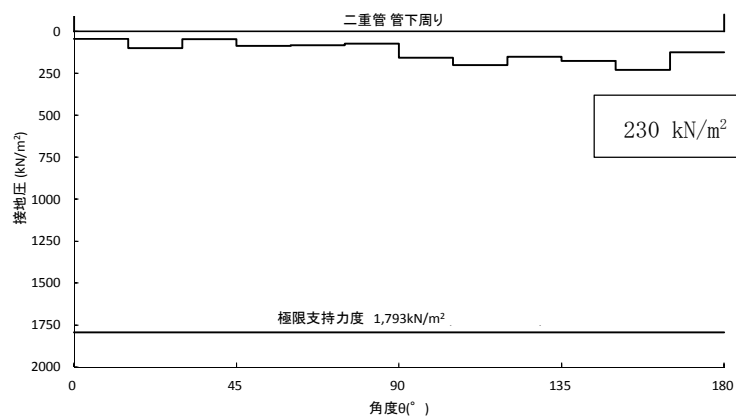


図 3.4-13 (12) C-C 断面（杭基礎構造部）の接地圧分布図

（二重管本体径： $\phi 1800$ ，地震波： $S_s - 3.1$  [H-, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく  
液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース））



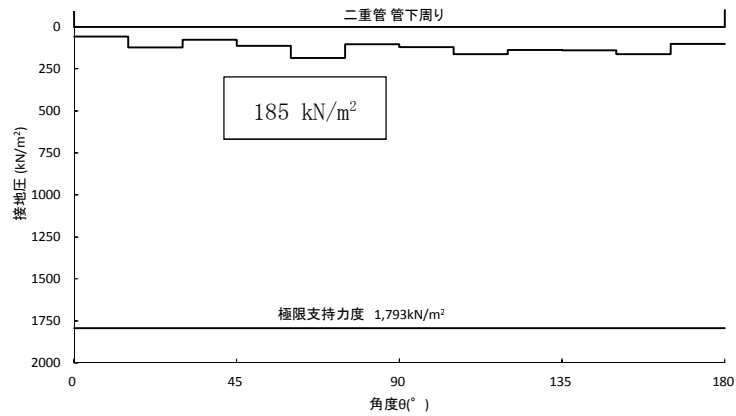


図 3.4-13 (13) C-C 断面（杭基礎構造部）の接地圧分布図

（二重管本体径： $\phi 1800$ ，地震波： $S_s-D1$ 〔H-，V+〕，検討ケース②：地盤物性のばらつきを考慮（ $+1\sigma$ ）した解析ケース）

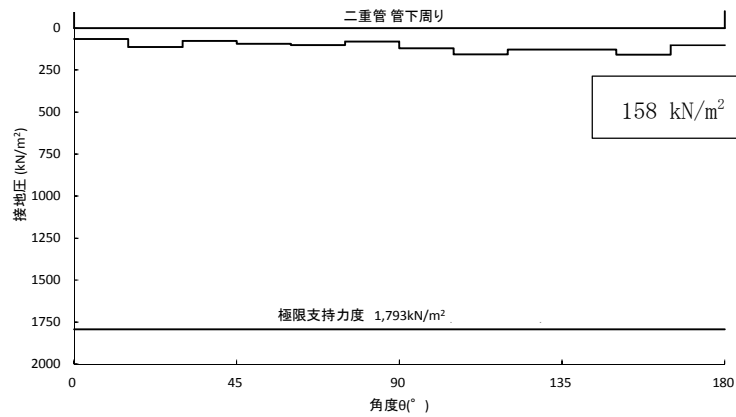


図 3.4-13 (14) C-C 断面（杭基礎構造部）の接地圧分布図

（二重管本体径： $\phi 1800$ ，地震波： $S_s-D1$ 〔H-，V+〕，検討ケース③：地盤物性のばらつきを考慮（ $-1\sigma$ ）した解析ケース）

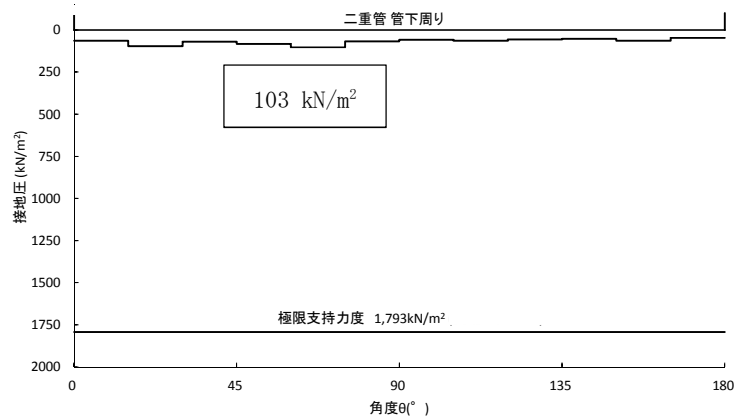


図 3.4-13 (15) C-C 断面（杭基礎構造部）の接地圧分布図

（二重管本体径： $\phi 1800$ ，地震波： $S_s-D1$ 〔H-，V+〕，検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース）



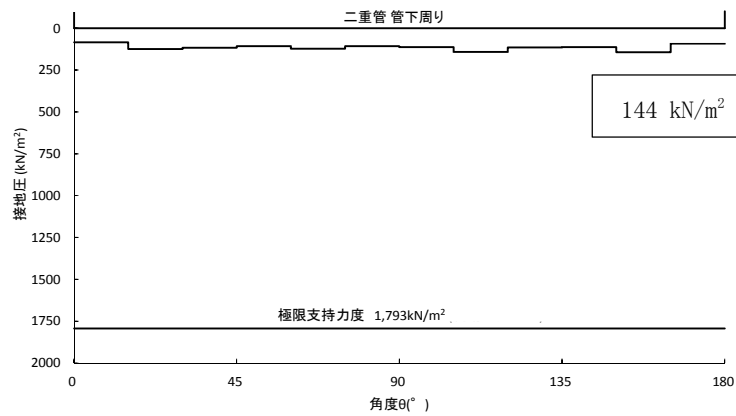


図 3.4-13 (16) C-C 断面（杭基礎構造部）の接地圧分布図

（二重管本体径： $\phi 1800$ ，地震波： $S_s-D1$ 〔H-，V+〕，検討ケース⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース）

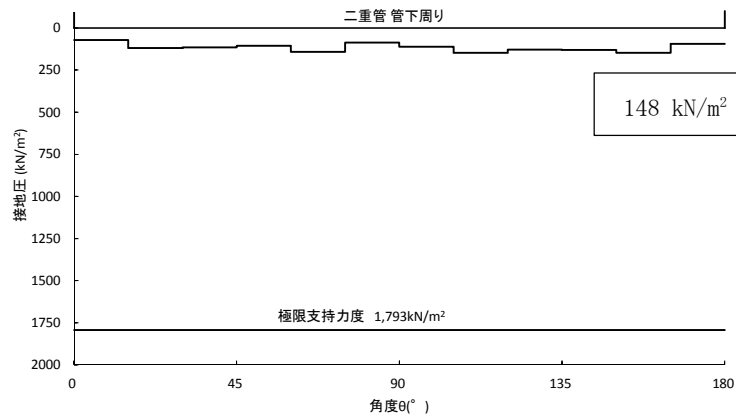


図 3.4-13 (17) C-C 断面（杭基礎構造部）の接地圧分布図

（二重管本体径： $\phi 1800$ ，地震波： $S_s-D1$ 〔H-，V+〕，検討ケース⑥：地盤物性のばらつきを考慮（ $+1\sigma$ ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース）



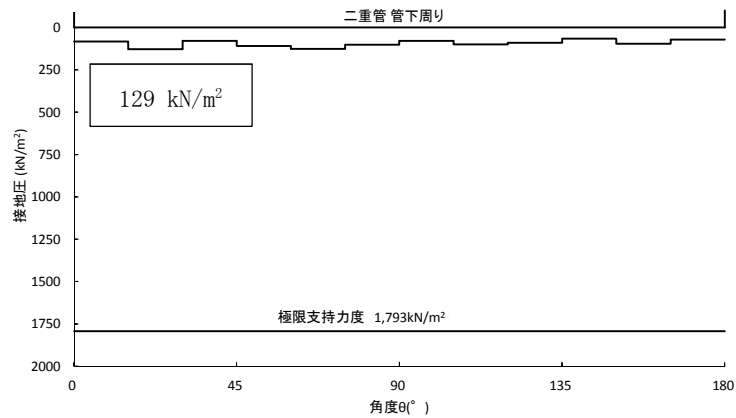


図 3.4-13 (18) C-C 断面（杭基礎構造部）の接地圧分布図

（二重管本体径： $\phi 2000$ ，地震波： $S_s-D1$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく  
液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース））

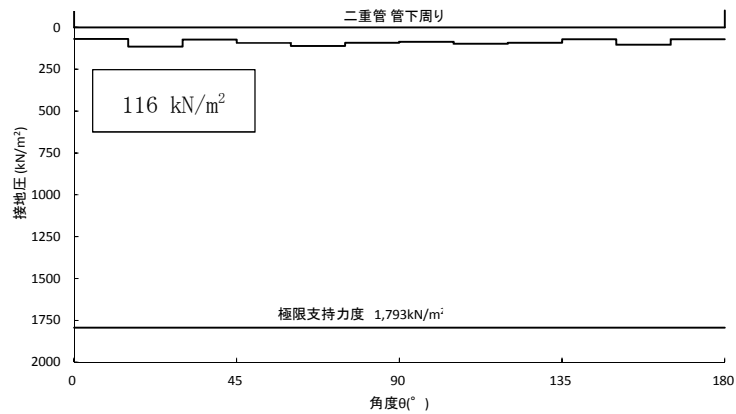


図 3.4-13 (19) C-C 断面（杭基礎構造部）の接地圧分布図

（二重管本体径： $\phi 2000$ ，地震波： $S_s-D1$  [H+, V-], 検討ケース①：原地盤に基づく  
液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース））

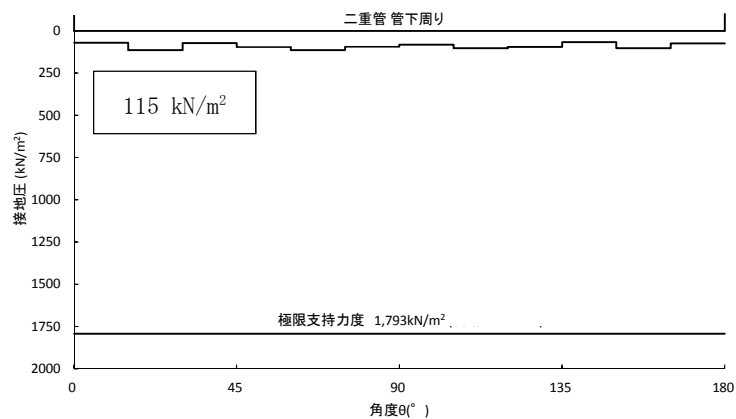


図 3.4-13 (20) C-C 断面（杭基礎構造部）の接地圧分布図

（二重管本体径： $\phi 2000$ ，地震波： $S_s-D1$  [H-, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく  
液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース））



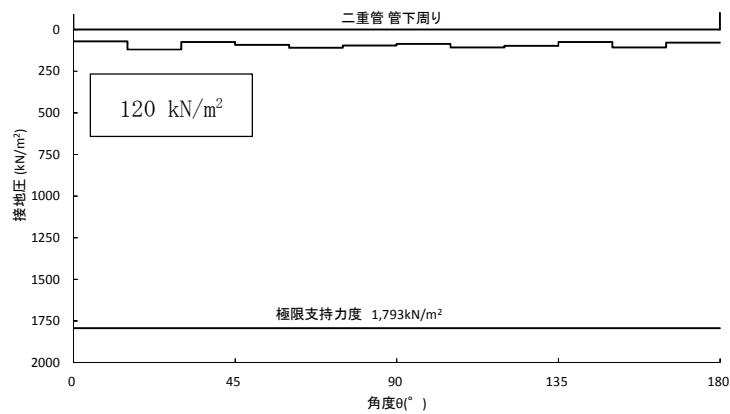


図 3.4-13 (21) C-C 断面（杭基礎構造部）の接地圧分布図

（二重管本体径：φ2000，地震波：S<sub>s</sub>-D1〔H-，V-〕，検討ケース①：原地盤に基づく  
液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース））

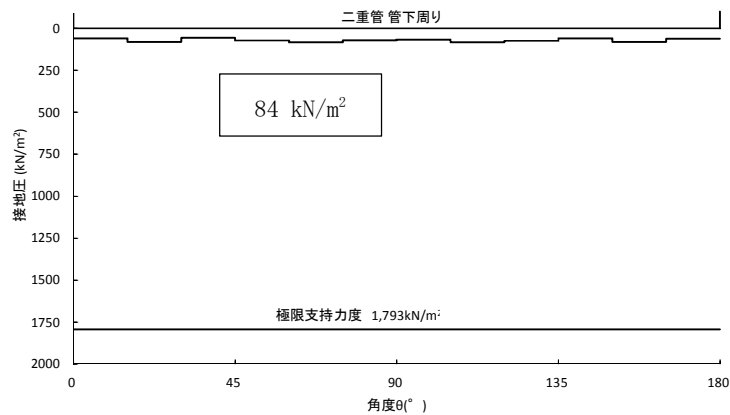


図 3.4-13 (22) C-C 断面（杭基礎構造部）の接地圧分布図

（二重管本体径：φ2000，地震波：S<sub>s</sub>-11〔H+，V+〕，検討ケース①：原地盤に基づく  
液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース））

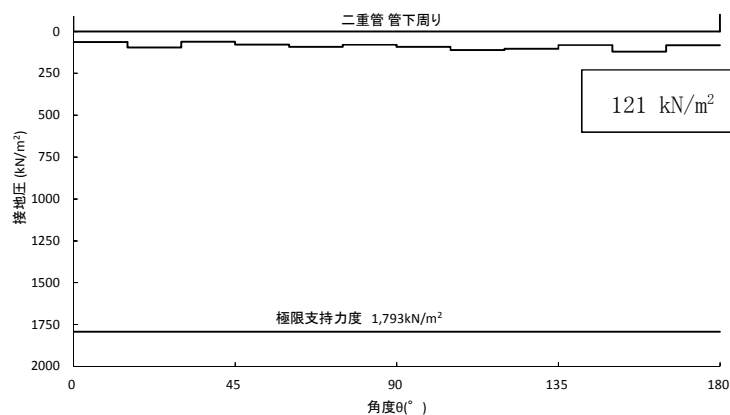


図 3.4-13 (23) C-C 断面（杭基礎構造部）の接地圧分布図

（二重管本体径：φ2000，地震波：S<sub>s</sub>-12〔H+，V+〕，検討ケース①：原地盤に基づく  
液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース））



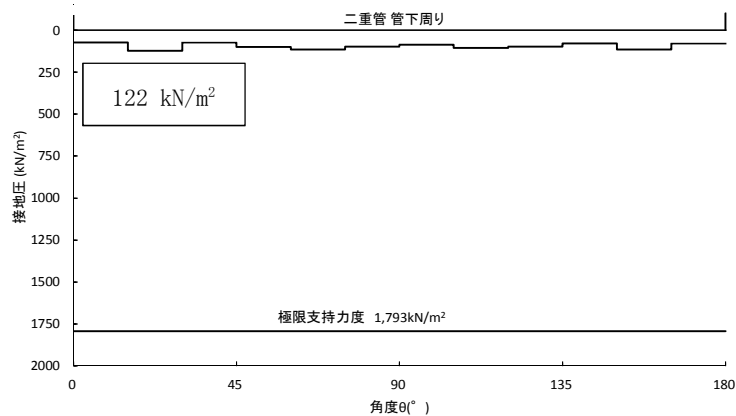


図 3.4-13 (24) C-C 断面（杭基礎構造部）の接地圧分布図

（二重管本体径： $\phi 2000$ ，地震波： $S_s - 1.3$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく  
液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース））

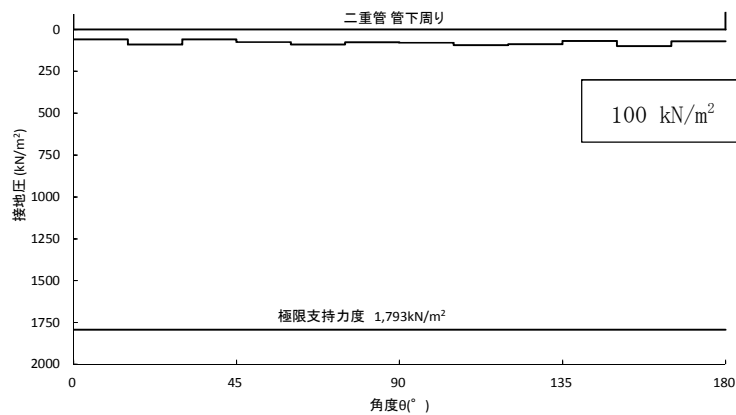


図 3.4-13 (25) C-C 断面（杭基礎構造部）の接地圧分布図

（二重管本体径： $\phi 2000$ ，地震波： $S_s - 1.4$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく  
液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース））

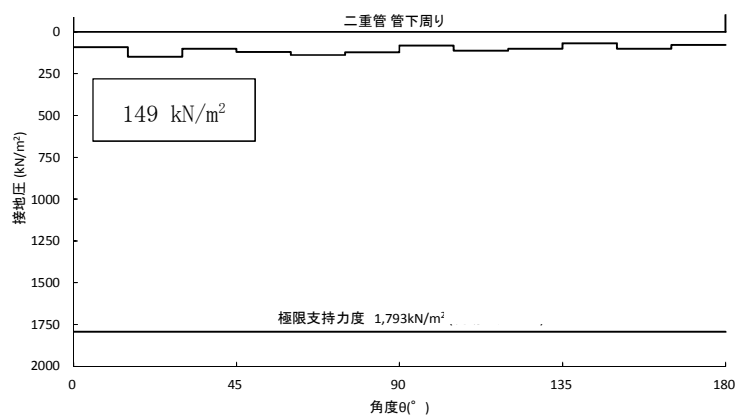


図 3.4-13 (26) C-C 断面（杭基礎構造部）の接地圧分布図

（二重管本体径： $\phi 2000$ ，地震波： $S_s - 2.1$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく  
液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース））



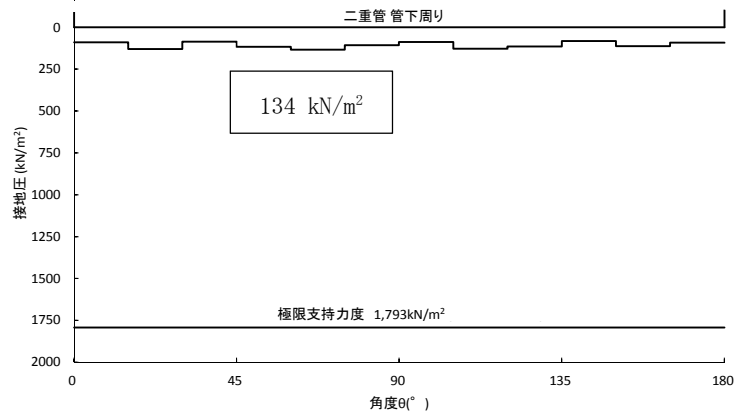


図 3.4-13 (27) C-C 断面（杭基礎構造部）の接地圧分布図

（二重管本体径： $\phi 2000$ ，地震波： $S_s - 2.2$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース））

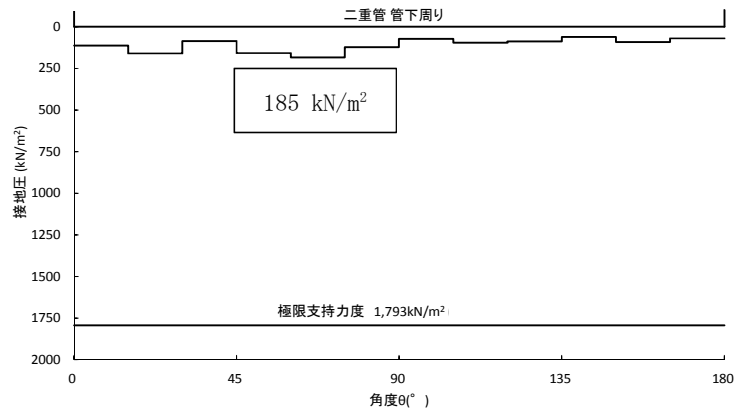


図 3.4-13 (28) C-C 断面（杭基礎構造部）の接地圧分布図

（二重管本体径： $\phi 2000$ ，地震波： $S_s - 3.1$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース））

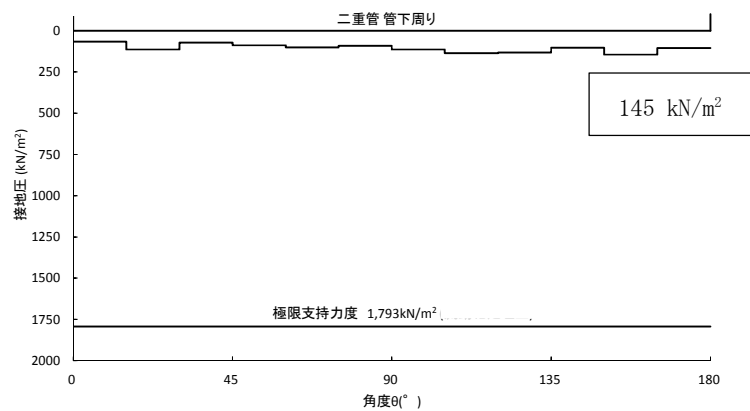


図 3.4-13 (29) C-C 断面（杭基礎構造部）の接地圧分布図

（二重管本体径： $\phi 2000$ ，地震波： $S_s - 3.1$  [H-, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース））



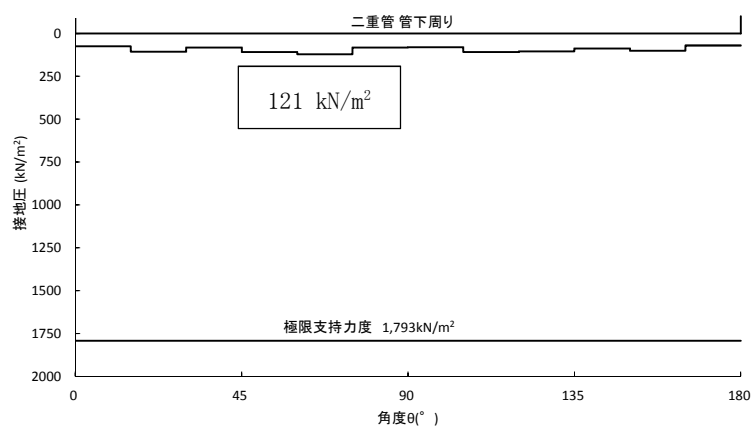


図 3.4-13 (30) C-C 断面（杭基礎構造部）の接地圧分布図

（二重管本体径： $\phi 2000$ ，地震波： $S_s-D1$ 〔H-, V+〕，検討ケース②：地盤物性のばらつきを考慮（ $+1\sigma$ ）した解析ケース）

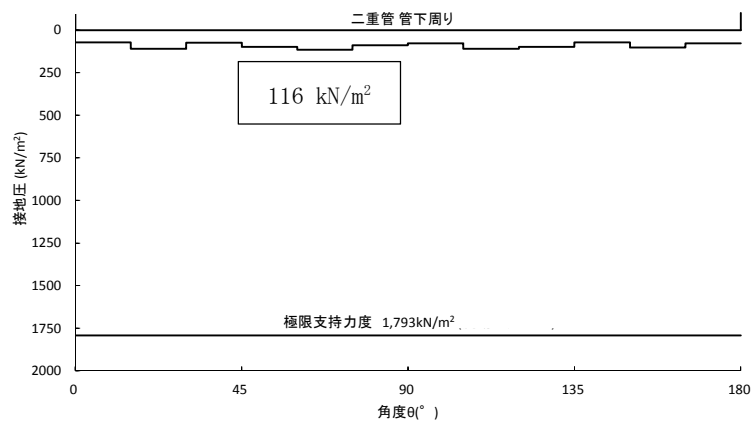


図 3.4-13 (31) C-C 断面（杭基礎構造部）の接地圧分布図

（二重管本体径： $\phi 2000$ ，地震波： $S_s-D1$ 〔H-, V+〕，検討ケース③：地盤物性のばらつきを考慮（ $-1\sigma$ ）した解析ケース）

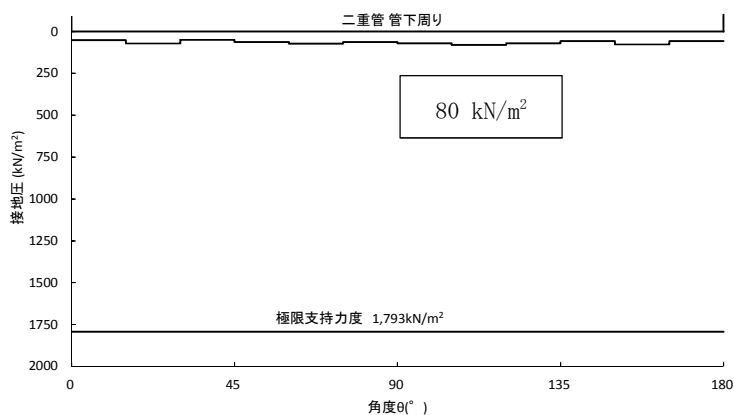


図 3.4-13 (32) C-C 断面（杭基礎構造部）の接地圧分布図

（二重管本体径： $\phi 2000$ ，地震波： $S_s-D1$ 〔H-, V+〕，検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース）



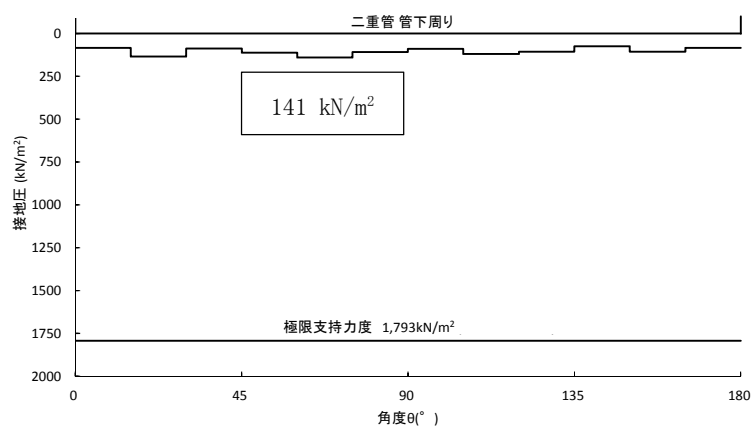


図 3.4-13 (33) C-C 断面（杭基礎構造部）の接地圧分布図

（二重管本体径： $\phi 2000$ ，地震波： $S_s-D1$ 〔H-，V+〕，検討ケース⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース）

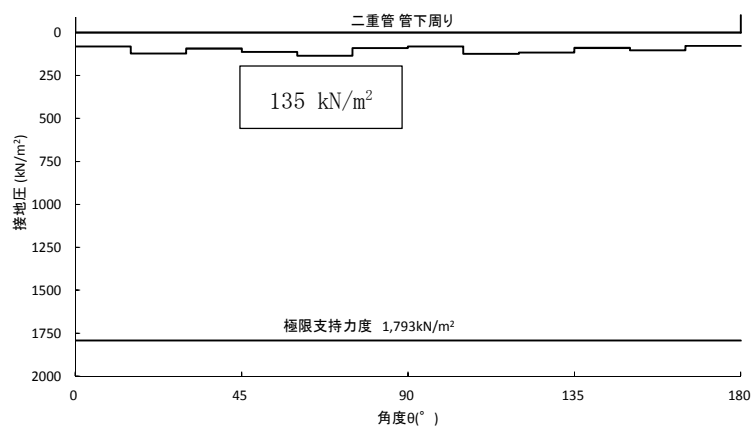


図 3.4-13 (34) C-C 断面（杭基礎構造部）の接地圧分布図

（二重管本体径： $\phi 2000$ ，地震波： $S_s-D1$ 〔H-，V+〕，検討ケース⑥：地盤物性のばらつきを考慮（ $+1\sigma$ ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース）



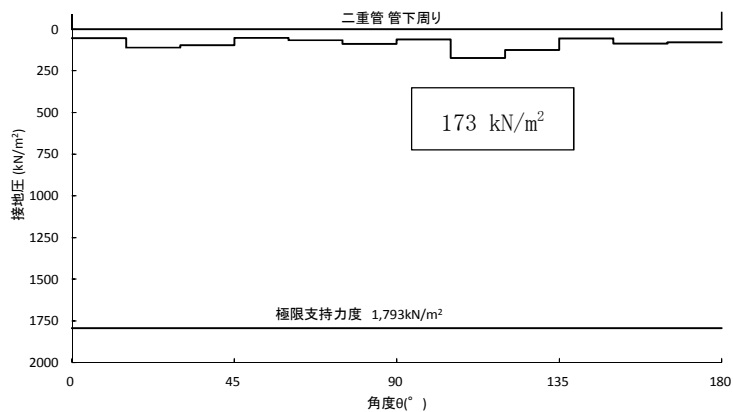


図 3.4-14 (1) C-C断面（地盤改良体基礎構造部）の接地圧分布図

（二重管本体径： $\phi 1800$ ，地震波： $S_s-D1$ 〔H+, V+〕，検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース））

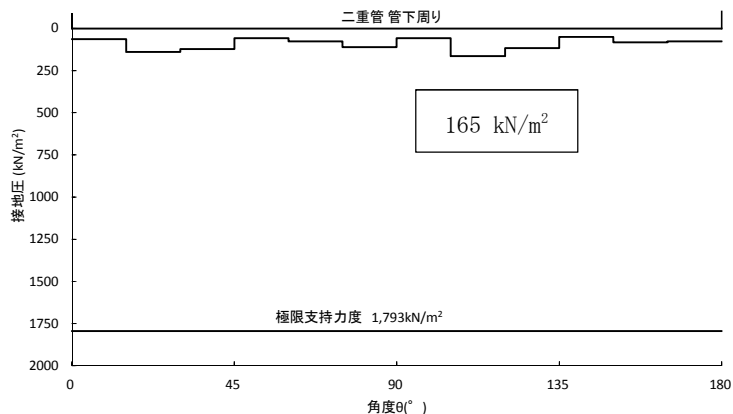


図 3.4-14 (2) C-C断面（地盤改良体基礎構造部）の接地圧分布図

（二重管本体径： $\phi 1800$ ，地震波： $S_s-D1$ 〔H+, V-〕，検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース））

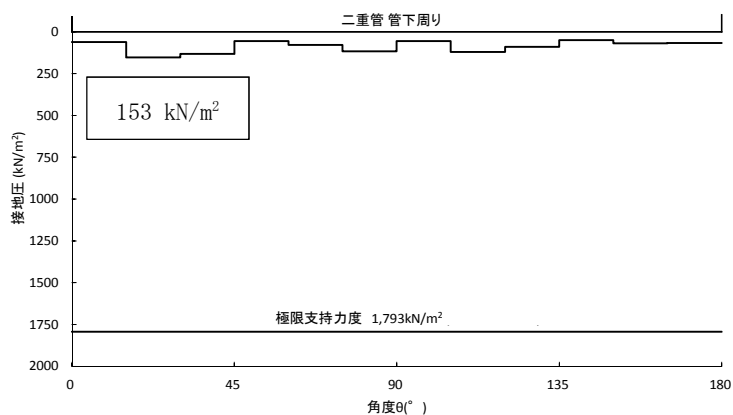


図 3.4-14 (3) C-C断面（地盤改良体基礎構造部）の接地圧分布図

（二重管本体径： $\phi 1800$ ，地震波： $S_s-D1$ 〔H-, V+〕，検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース））



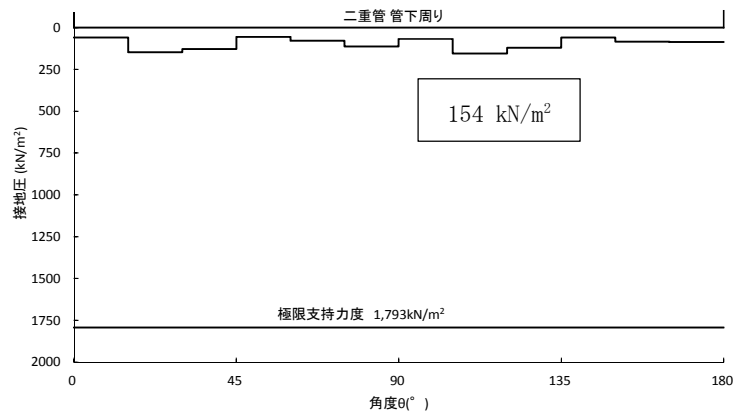


図 3.4-14 (4) C-C 断面（地盤改良体基礎構造部）の接地圧分布図

（二重管本体径： $\phi 1800$ ，地震波： $S_s - D1$  [H-, V-]，検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース））

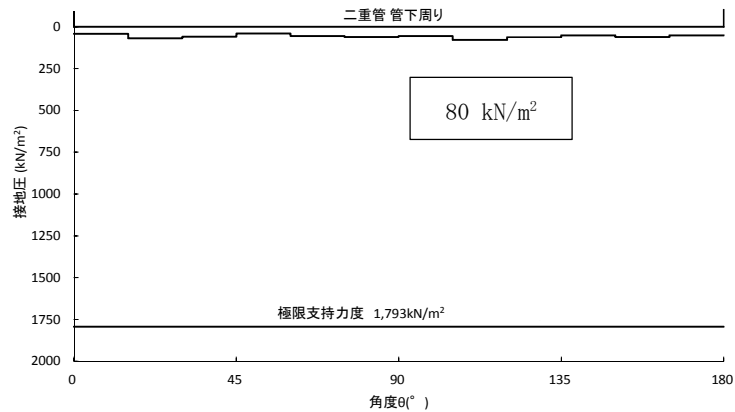


図 3.4-14 (5) C-C 断面（地盤改良体基礎構造部）の接地圧分布図

（二重管本体径： $\phi 1800$ ，地震波： $S_s - 11$  [H+, V+]，検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース））

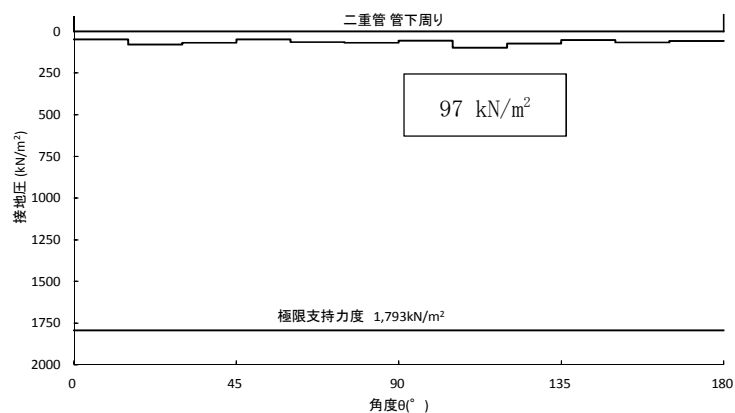


図 3.4-14 (6) C-C 断面（地盤改良体基礎構造部）の接地圧分布図

（二重管本体径： $\phi 1800$ ，地震波： $S_s - 12$  [H+, V+]，検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース））



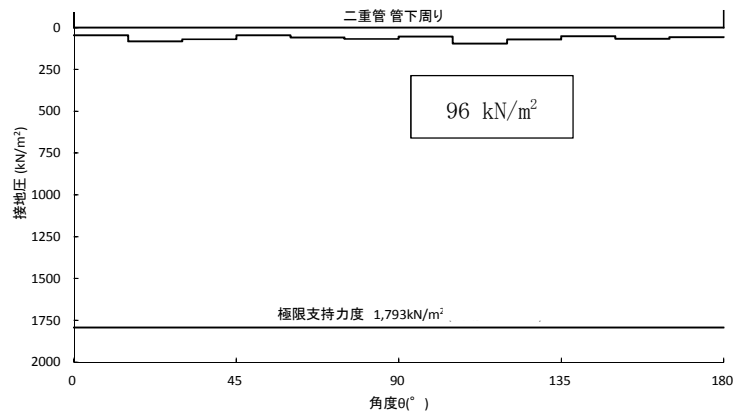


図 3.4-14 (7) C-C 断面（地盤改良体基礎構造部）の接地圧分布図

（二重管本体径： $\phi 1800$ ，地震波： $S_s - 1.3$  [H+, V+]，検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース））

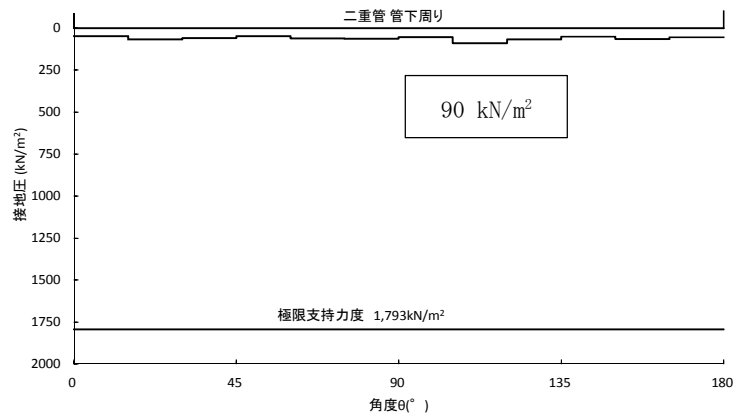


図 3.4-14 (8) C-C 断面（地盤改良体基礎構造部）の接地圧分布図

（二重管本体径： $\phi 1800$ ，地震波： $S_s - 1.4$  [H+, V+]，検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース））

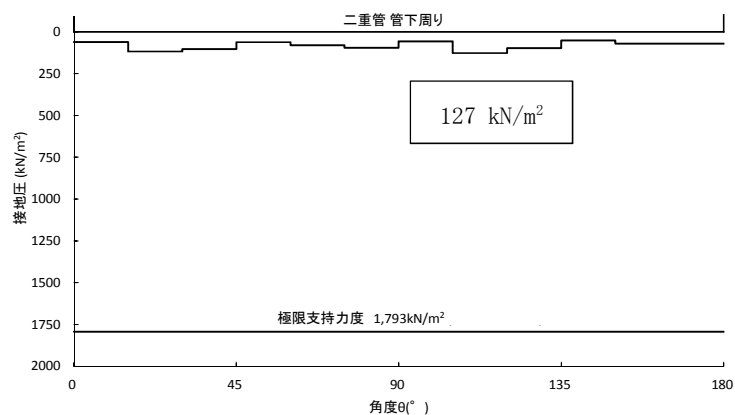


図 3.4-14 (9) C-C 断面（地盤改良体基礎構造部）の接地圧分布図

（二重管本体径： $\phi 1800$ ，地震波： $S_s - 2.1$  [H+, V+]，検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース））



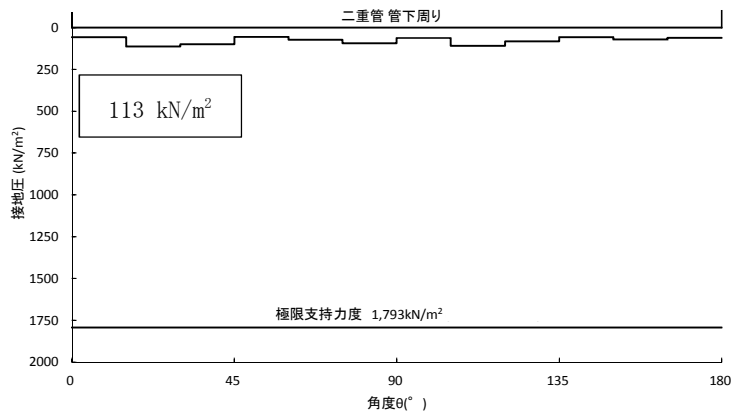


図 3.4-14 (10) C-C断面（地盤改良体基礎構造部）の接地圧分布図

（二重管本体径： $\phi 1800$ ，地震波： $S_s - 2.2$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース））

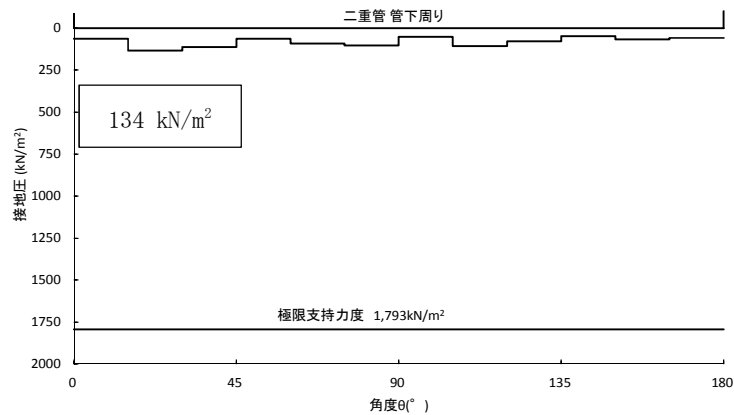


図 3.4-14 (11) C-C断面（地盤改良体基礎構造部）の接地圧分布図

（二重管本体径： $\phi 1800$ ，地震波： $S_s - 3.1$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース））

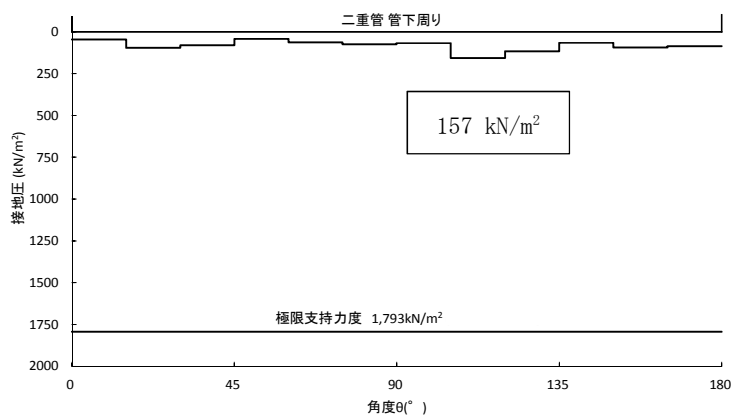


図 3.4-14 (12) C-C断面（地盤改良体基礎構造部）の接地圧分布図

（二重管本体径： $\phi 1800$ ，地震波： $S_s - 3.1$  [H-, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース））



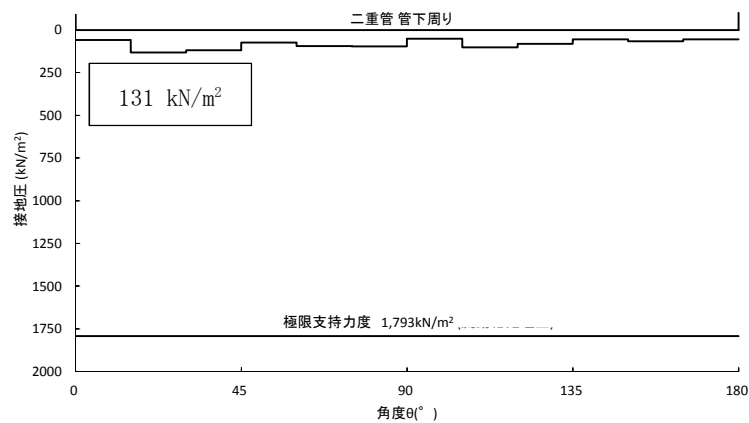


図 3.4-14 (13) C-C断面（地盤改良体基礎構造部）の接地圧分布図

（二重管本体径： $\phi 1800$ ，地震波： $S_s - 31$ 〔H+，V+〕，検討ケース②：地盤物性のばらつきを考慮（ $+1\sigma$ ）した解析ケース）

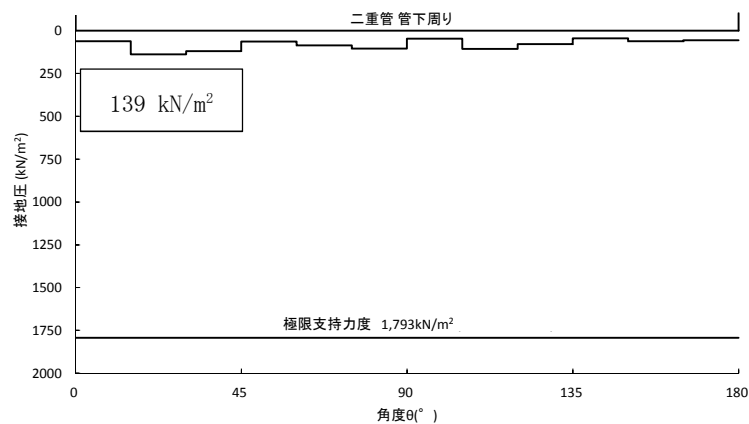


図 3.4-14 (14) C-C断面（地盤改良体基礎構造部）の接地圧分布図

（二重管本体径： $\phi 1800$ ，地震波： $S_s - 31$ 〔H+，V+〕，検討ケース③：地盤物性のばらつきを考慮（ $-1\sigma$ ）した解析ケース）

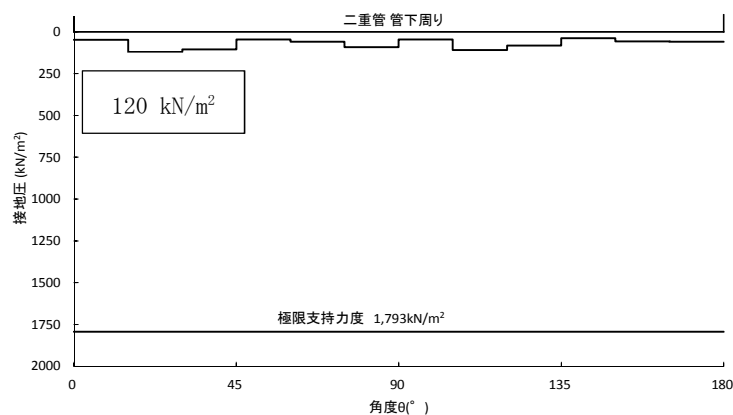


図 3.4-14 (15) C-C断面（地盤改良体基礎構造部）の接地圧分布図

（二重管本体径： $\phi 1800$ ，地震波： $S_s - 31$ 〔H+，V+〕，検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース）



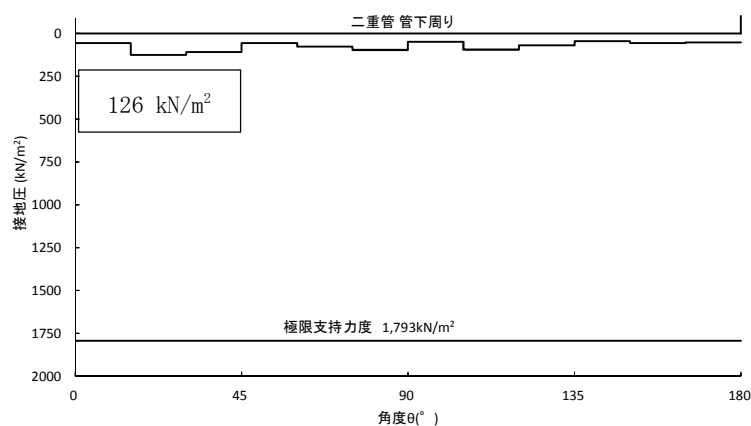


図 3.4-14 (16) C-C断面（地盤改良体基礎構造部）の接地圧分布図

（二重管本体径： $\phi 1800$ ，地震波： $S_s - 3.1$  [H+, V+], 検討ケース⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース）

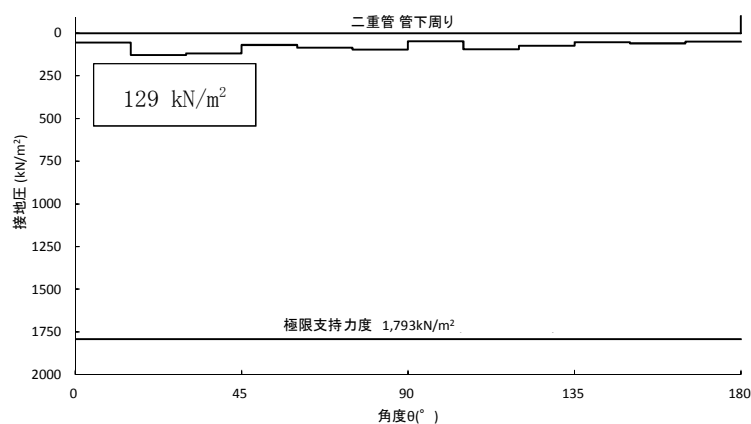


図 3.4-14 (17) C-C断面（地盤改良体基礎構造部）の接地圧分布図

（二重管本体径： $\phi 1800$ ，地震波： $S_s - 3.1$  [H+, V+], 検討ケース⑥：地盤物性のばらつきを考慮（ $+1\sigma$ ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース）



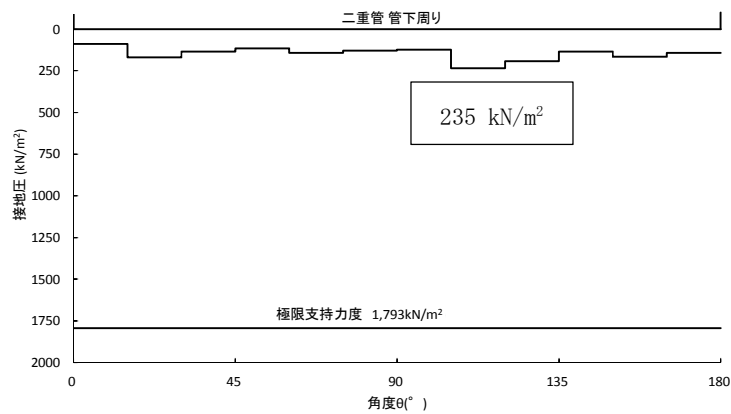


図 3.4-14 (18) C-C断面（地盤改良体基礎構造部）の接地圧分布図

（二重管本体径： $\phi 2000$ ，地震波： $S_s-D1$ 〔H+, V+〕，検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース））

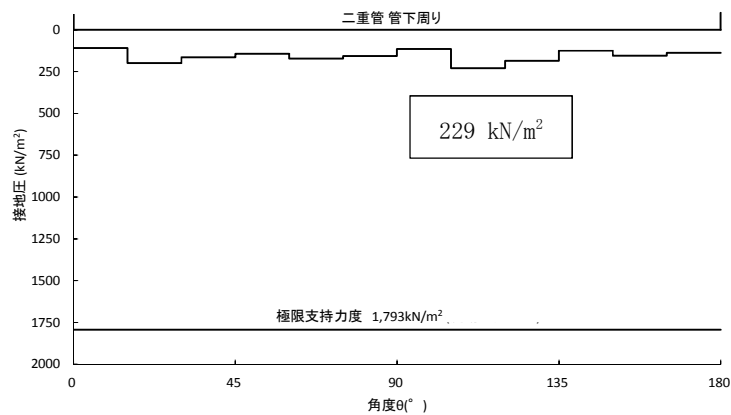


図 3.4-14 (19) C-C断面（地盤改良体基礎構造部）の接地圧分布図

（二重管本体径： $\phi 2000$ ，地震波： $S_s-D1$ 〔H+, V-〕，検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース））

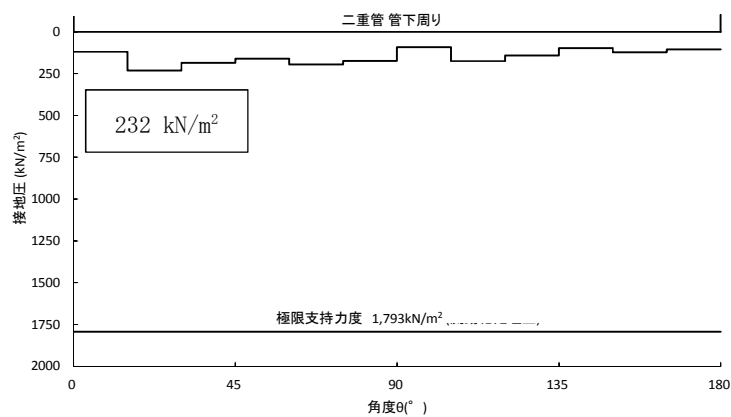


図 3.4-14 (20) C-C断面（地盤改良体基礎構造部）の接地圧分布図

（二重管本体径： $\phi 2000$ ，地震波： $S_s-D1$ 〔H-, V+〕，検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース））



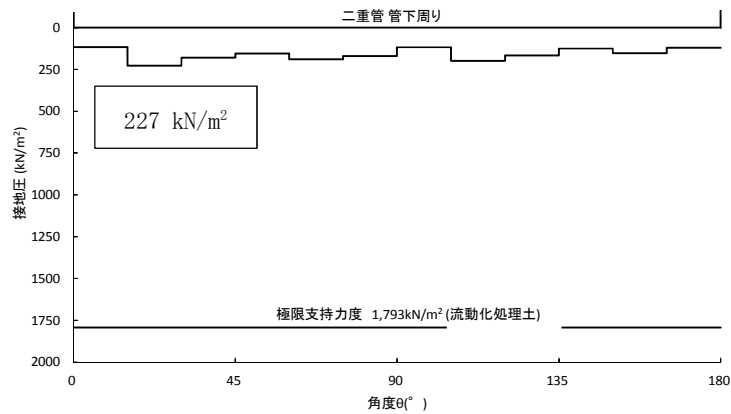


図 3.4-14 (21) C-C断面（地盤改良体基礎構造部）の接地圧分布図

（二重管本体径： $\phi 2000$ ，地震波： $S_s - D1$  [H-, V-]，検討ケース①：原地盤に基づく  
液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース））

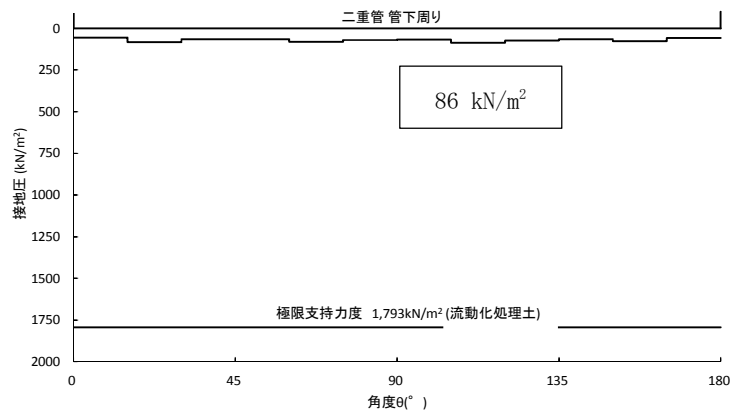


図 3.4-14 (22) C-C断面（地盤改良体基礎構造部）の接地圧分布図

（二重管本体径： $\phi 2000$ ，地震波： $S_s - 11$  [H+, V+]，検討ケース①：原地盤に基づく  
液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース））

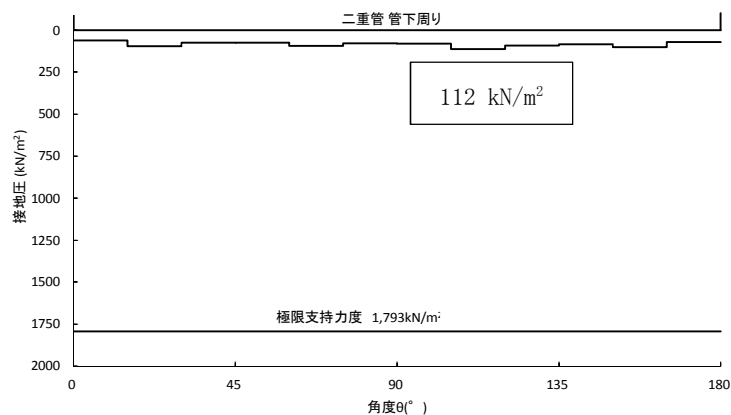


図 3.4-14 (23) C-C断面（地盤改良体基礎構造部）の接地圧分布図

（二重管本体径： $\phi 2000$ ，地震波： $S_s - 12$  [H+, V+]，検討ケース①：原地盤に基づく  
液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース））



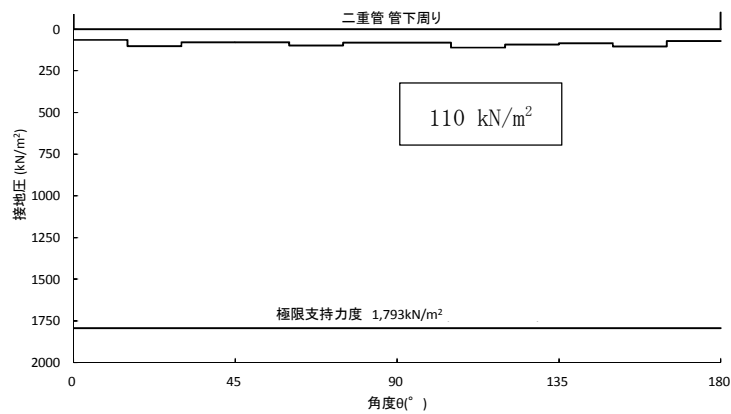


図 3.4-14 (24) C-C断面（地盤改良体基礎構造部）の接地圧分布図

（二重管本体径： $\phi 2000$ ，地震波： $S_s - 1.3$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく  
液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース））

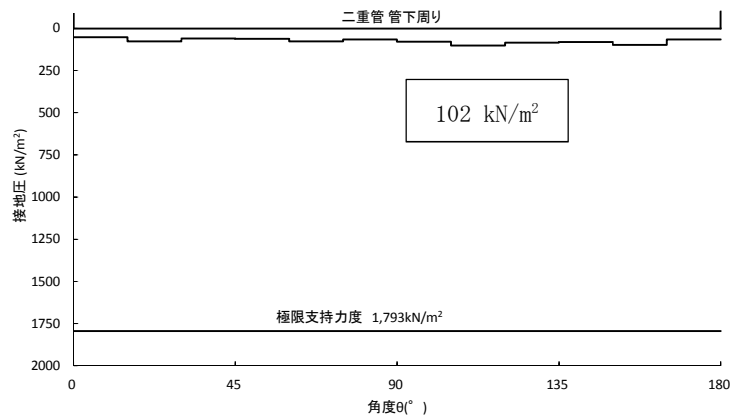


図 3.4-14 (25) C-C断面（地盤改良体基礎構造部）の接地圧分布図

（二重管本体径： $\phi 2000$ ，地震波： $S_s - 1.4$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく  
液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース））

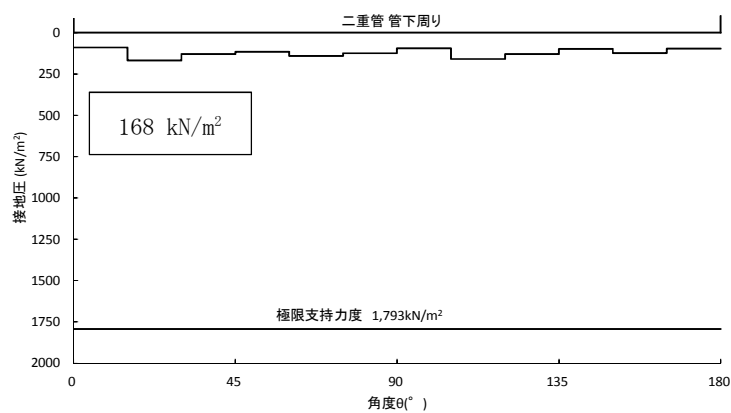


図 3.4-14 (26) C-C断面（地盤改良体基礎構造部）の接地圧分布図

（二重管本体径： $\phi 2000$ ，地震波： $S_s - 2.1$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく  
液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース））



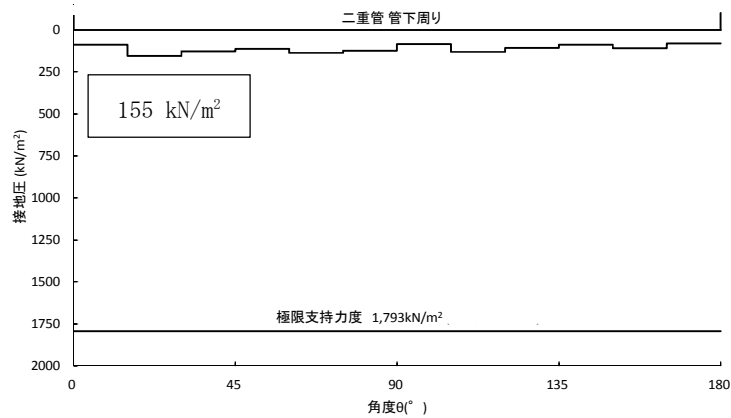


図 3.4-14 (27) C-C断面（地盤改良体基礎構造部）の接地圧分布図

（二重管本体径： $\phi 2000$ ，地震波： $S_s - 2.2$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく  
液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース））

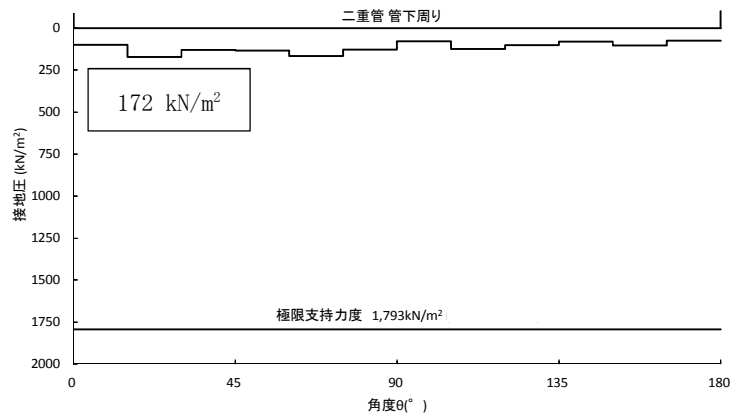


図 3.4-14 (28) C-C断面（地盤改良体基礎構造部）の接地圧分布図

（二重管本体径： $\phi 2000$ ，地震波： $S_s - 3.1$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく  
液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース））

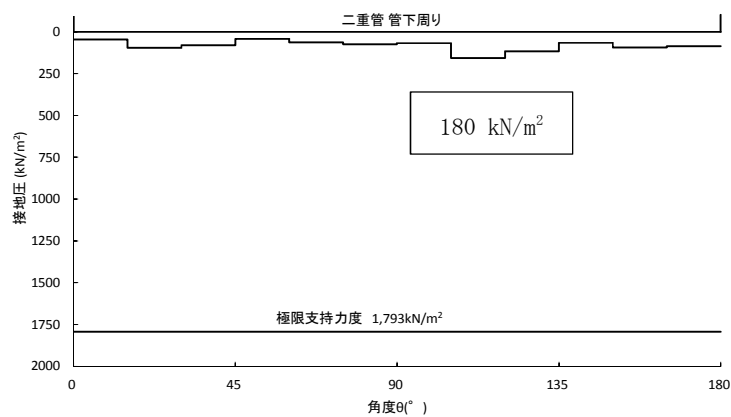


図 3.4-14 (29) C-C断面（地盤改良体基礎構造部）の接地圧分布図

（二重管本体径： $\phi 2000$ ，地震波： $S_s - 3.1$  [H-, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく  
液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース））



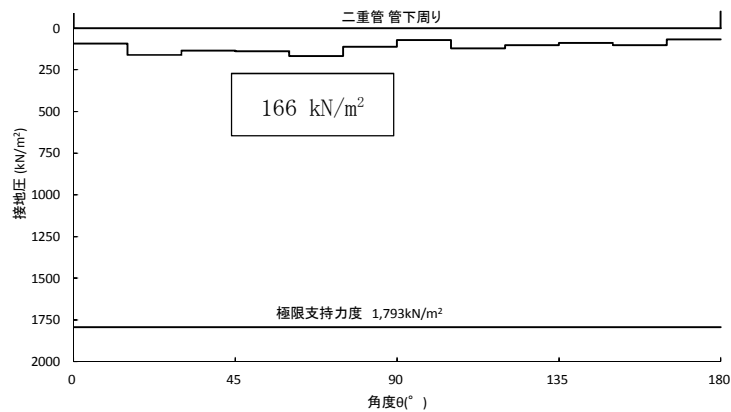


図 3.4-14 (30) C-C断面（地盤改良体基礎構造部）の接地圧分布図

（二重管本体径： $\phi 2000$ ，地震波： $S_s - 31$ 〔H+，V+〕，検討ケース②：地盤物性のばらつきを考慮（ $+1\sigma$ ）した解析ケース）

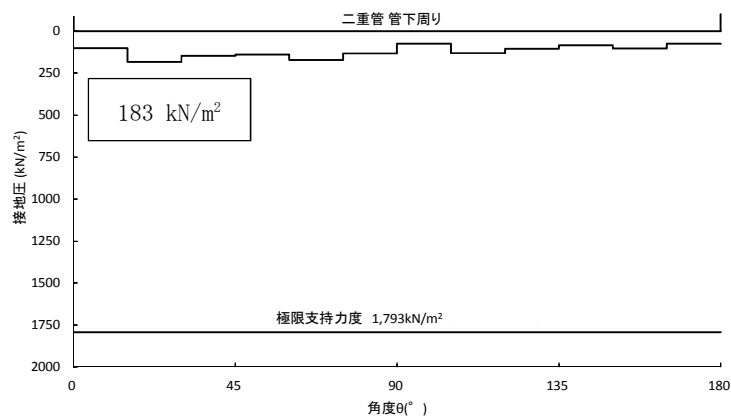


図 3.4-14 (31) C-C断面（地盤改良体基礎構造部）の接地圧分布図

（二重管本体径： $\phi 2000$ ，地震波： $S_s - 31$ 〔H+，V+〕，検討ケース③：地盤物性のばらつきを考慮（ $-1\sigma$ ）した解析ケース）

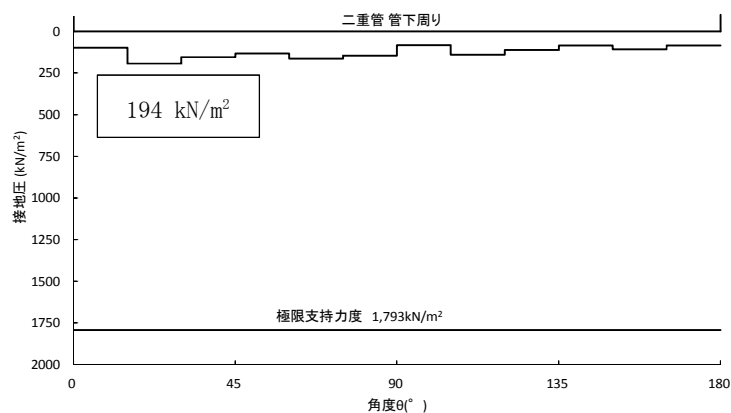


図 3.4-14 (32) C-C断面（地盤改良体基礎構造部）の接地圧分布図

（二重管本体径： $\phi 2000$ ，地震波： $S_s - 31$ 〔H+，V+〕，検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース）



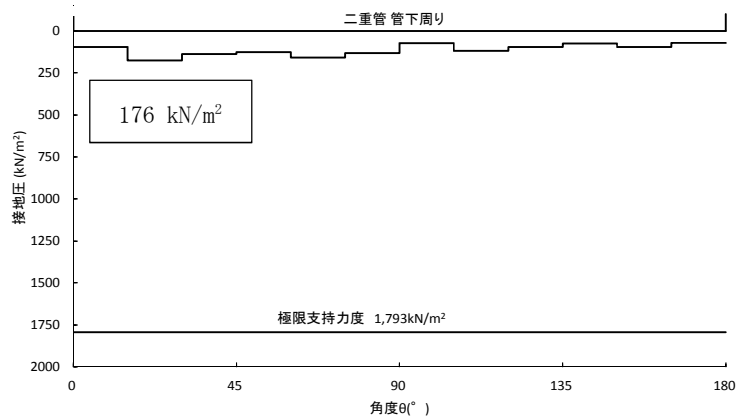


図 3.4-14 (33) C-C 断面（地盤改良体基礎構造部）の接地圧分布図

（二重管本体径： $\phi 2000$ ，地震波： $S_s - 31$  [H+, V+]，検討ケース⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース）

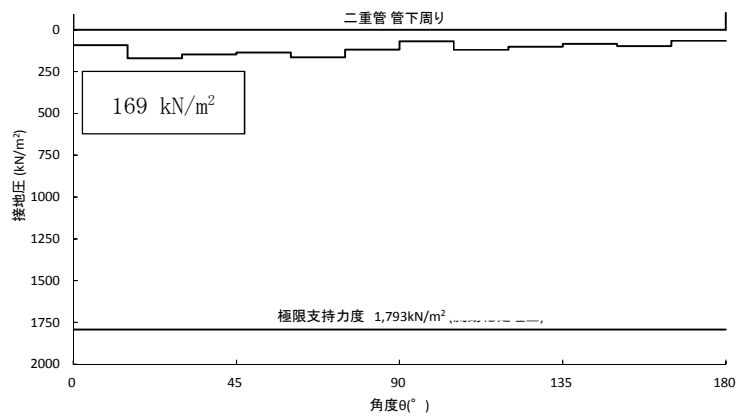


図 3.4-14 (34) C-C 断面（地盤改良体基礎構造部）の接地圧分布図

（二重管本体径： $\phi 2000$ ，地震波： $S_s - 31$  [H+, V+]，検討ケース⑥：地盤物性のばらつきを考慮（+1 $\sigma$ ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(4) 杭基礎構造部の支持岩盤における支持性能に対する評価結果

杭基礎構造部における支持岩盤 (Km 層) の支持性能評価結果を表 3.4-12 に示す。

杭基礎構造部における支持岩盤 (Km 層) の最大接地圧は、C-C 断面 (杭基礎構造部)  $S_s-31$  [H+, V+] で  $1595 \text{ kN/m}^2$  であり、極限支持力  $5346 \text{ kN/m}^2$  以下である。

以上から、杭基礎構造部における支持岩盤 (Km 層) は基準地震動  $S_s$  に対し支持性能を有する。

表 3.4-12 (1) 杭基礎構造部における支持岩盤の支持性能評価結果  
(A-A 断面)

| 地震波      | 位相     | 最大接地圧<br>( $\text{kN/m}^2$ ) | 極限支持力度<br>( $\text{kN/m}^2$ ) |
|----------|--------|------------------------------|-------------------------------|
| $S_s-D1$ | H+, V- |                              |                               |
| $S_s-D1$ | H-, V+ |                              |                               |

表 3.4-12 (2) 杭基礎構造部における支持岩盤の支持性能評価結果  
(B-B 断面)

| 地震波      | 位相     | 最大接地圧<br>( $\text{kN/m}^2$ ) | 極限支持力度<br>( $\text{kN/m}^2$ ) |
|----------|--------|------------------------------|-------------------------------|
| $S_s-D1$ | H+, V+ | 1193                         | 5333                          |
| $S_s-D1$ | H+, V- | 1283                         | 5333                          |
| $S_s-D1$ | H-, V+ | 1168                         | 5333                          |
| $S_s-D1$ | H-, V- | 1033                         | 5333                          |
| $S_s-11$ | H+, V+ | 891                          | 5333                          |
| $S_s-12$ | H+, V+ | 1317                         | 5333                          |
| $S_s-13$ | H+, V+ | 1317                         | 5333                          |
| $S_s-14$ | H+, V+ | 987                          | 5333                          |
| $S_s-21$ | H+, V+ | 887                          | 5333                          |
| $S_s-22$ | H+, V+ | 979                          | 5333                          |
| $S_s-31$ | H+, V+ | 1030                         | 5333                          |
| $S_s-31$ | H-, V+ | 904                          | 5333                          |



表 3.4-12 (3) 杭基礎構造部における支持岩盤の支持性能評価結果

(C-C断面・杭基礎構造部)

| 地震波      | 位相     | 最大接地圧<br>( $\text{kN/m}^2$ ) | 極限支持力度<br>( $\text{kN/m}^2$ ) |
|----------|--------|------------------------------|-------------------------------|
| $S_s-D1$ | H+, V+ | 1479                         | 5346                          |
| $S_s-D1$ | H+, V- | 1507                         | 5346                          |
| $S_s-D1$ | H-, V+ | 1581                         | 5346                          |
| $S_s-D1$ | H-, V- | 1450                         | 5346                          |
| $S_s-11$ | H+, V+ | 667                          | 5346                          |
| $S_s-12$ | H+, V+ | 1197                         | 5346                          |
| $S_s-13$ | H+, V+ | 936                          | 5346                          |
| $S_s-14$ | H+, V+ | 736                          | 5346                          |
| $S_s-21$ | H+, V+ | 1248                         | 5346                          |
| $S_s-22$ | H+, V+ | 1206                         | 5346                          |
| $S_s-31$ | H+, V+ | 1595                         | 5346                          |
| $S_s-31$ | H-, V+ | 918                          | 5346                          |



(5) 地盤改良体基礎構造部の支持岩盤における支持性能に対する評価結果

地盤改良体基礎構造部における支持岩盤（Km 層）の支持性能評価結果を表 3.4-13 に、  
接地圧分布図を図 3.4-18 に示す。

地盤改良体基礎構造部における支持岩盤（Km 層）の最大接地圧は、 $S_s-D1$ 〔H+, V+〕で  $1550 \text{ kN/m}^2$  であり、極限支持力  $4703 \text{ kN/m}^2$  以下である。

以上から、地盤改良体基礎構造部における支持岩盤（Km 層）は基準地震動  $S_s$  に対し支持性能を有する。

表 3.4-13 地盤改良体基礎構造部における支持岩盤の支持性能評価結果

（C-C 断面・地盤改良体基礎構造部）

| 地震波      | 位相     | 最大接地圧<br>( $\text{kN/m}^2$ ) | 極限支持力度<br>( $\text{kN/m}^2$ ) |
|----------|--------|------------------------------|-------------------------------|
| $S_s-D1$ | H+, V+ | 1550                         | 4703                          |
| $S_s-D1$ | H+, V- | 1483                         | 4703                          |
| $S_s-D1$ | H-, V+ | 1457                         | 4703                          |
| $S_s-D1$ | H-, V- | 1510                         | 4703                          |
| $S_s-11$ | H+, V+ | 671                          | 4703                          |
| $S_s-12$ | H+, V+ | 849                          | 4703                          |
| $S_s-13$ | H+, V+ | 813                          | 4703                          |
| $S_s-14$ | H+, V+ | 738                          | 4703                          |
| $S_s-21$ | H+, V+ | 1171                         | 4703                          |
| $S_s-22$ | H+, V+ | 1197                         | 4703                          |
| $S_s-31$ | H+, V+ | 1253                         | 4703                          |
| $S_s-31$ | H-, V+ | 1176                         | 4703                          |



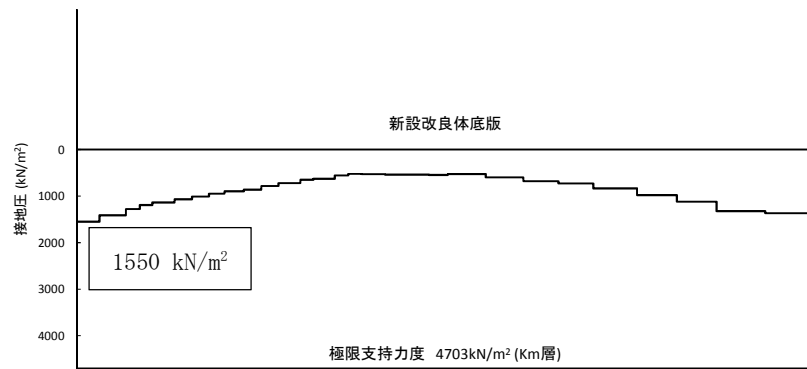


図 3.4-18 (1) C-C断面（地盤改良体基礎構造部）の接地圧分布図

（地震波： $S_s-D1$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース（基本ケース））

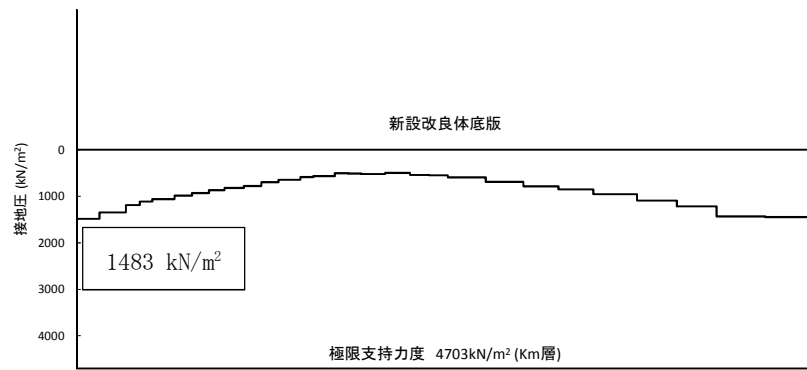


図 3.4-18 (2) C-C断面（地盤改良体基礎構造部）の接地圧分布図

（地震波： $S_s-D1$  [H+, V-], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース（基本ケース））

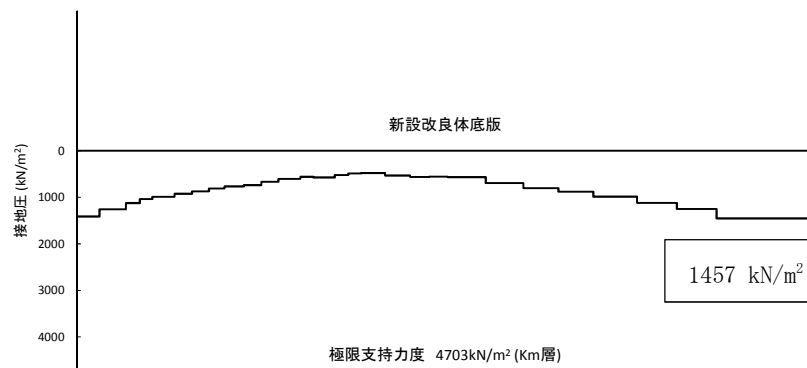


図 3.4-18 (3) C-C断面（地盤改良体基礎構造部）の接地圧分布図

（地震波： $S_s-D1$  [H-, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース（基本ケース））



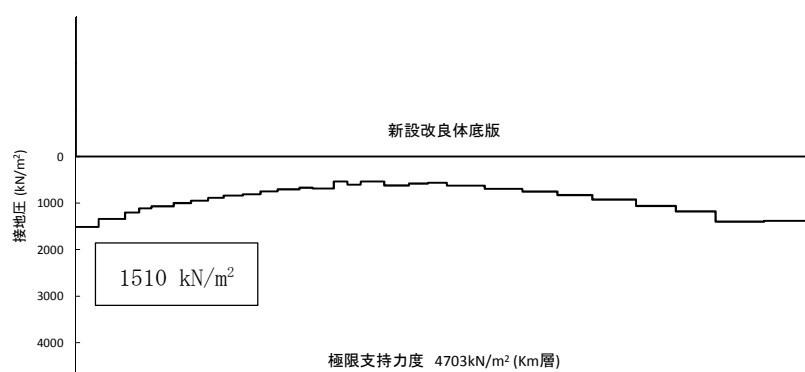


図 3.4-18 (4) C-C断面（地盤改良体基礎構造部）の接地圧分布図

（地震波： $S_s - D1$  [H-, V-], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース（基本ケース））

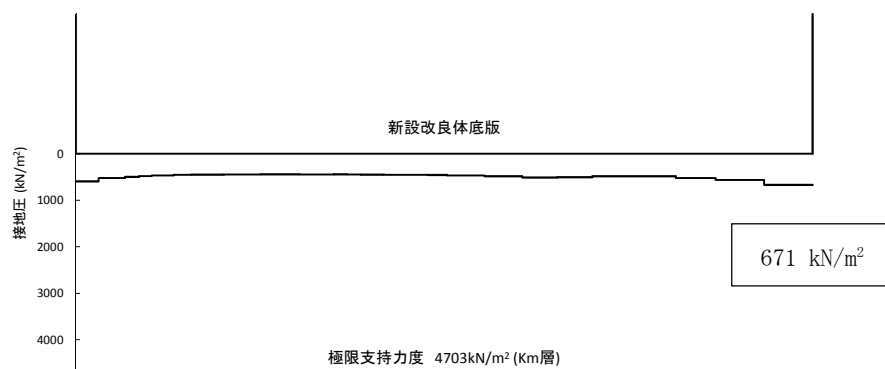


図 3.4-18 (5) C-C断面（地盤改良体基礎構造部）の接地圧分布図

（地震波： $S_s - 11$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース（基本ケース））

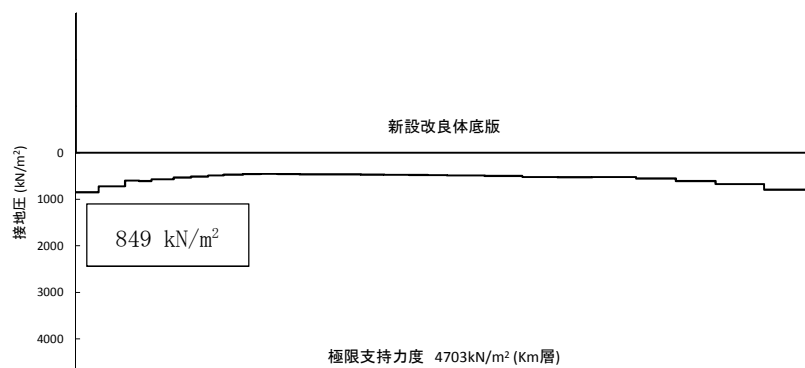


図 3.4-18 (6) C-C断面（地盤改良体基礎構造部）の接地圧分布図

（地震波： $S_s - 12$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース（基本ケース））



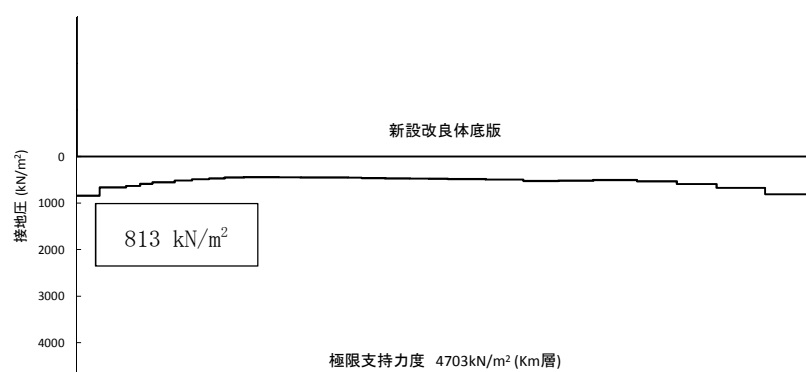


図 3.4-18 (7) C-C断面（地盤改良体基礎構造部）の接地圧分布図

（地震波： $S_s - 1.3$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース（基本ケース））

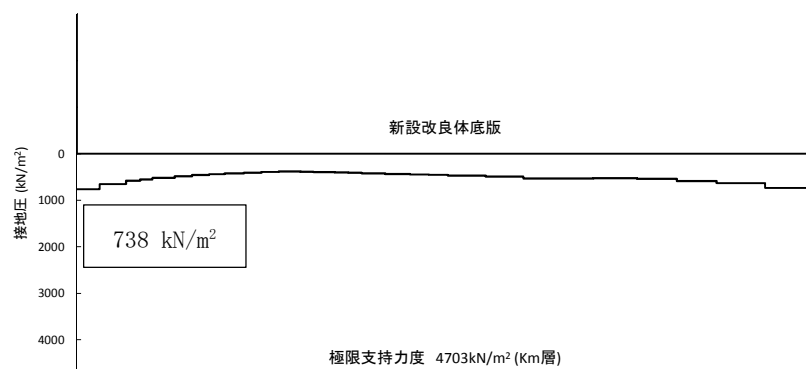


図 3.4-18 (8) C-C断面（地盤改良体基礎構造部）の接地圧分布図

（地震波： $S_s - 1.4$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース（基本ケース））

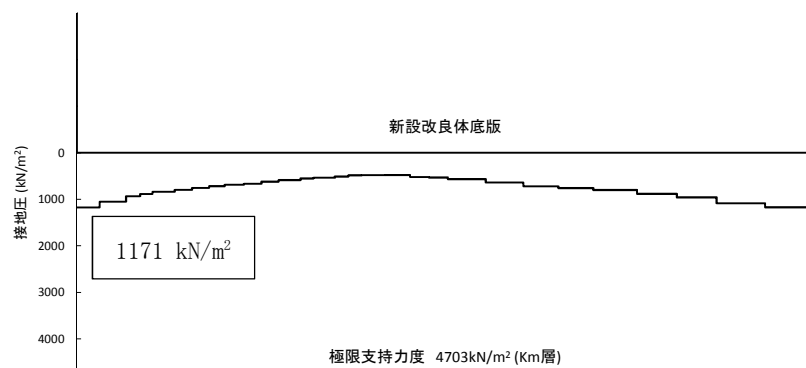


図 3.4-18 (9) C-C断面（地盤改良体基礎構造部）の接地圧分布図

（地震波： $S_s - 2.1$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた  
解析ケース（基本ケース））



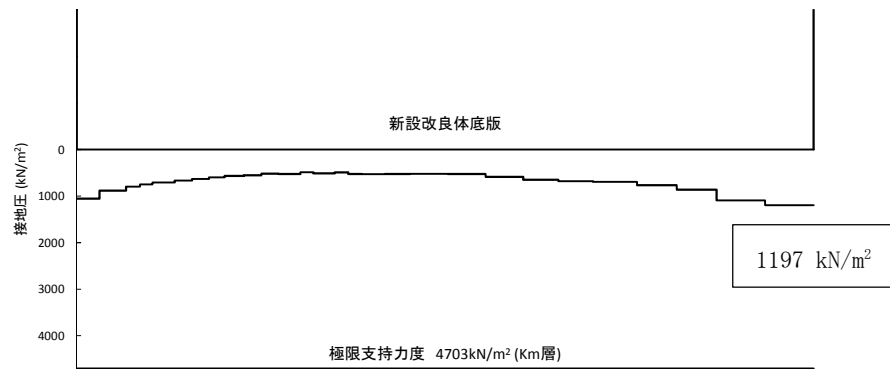


図 3.4-18 (10) C-C断面（地盤改良体基礎構造部）の接地圧分布図

（地震波： $S_s - 2.2$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース））

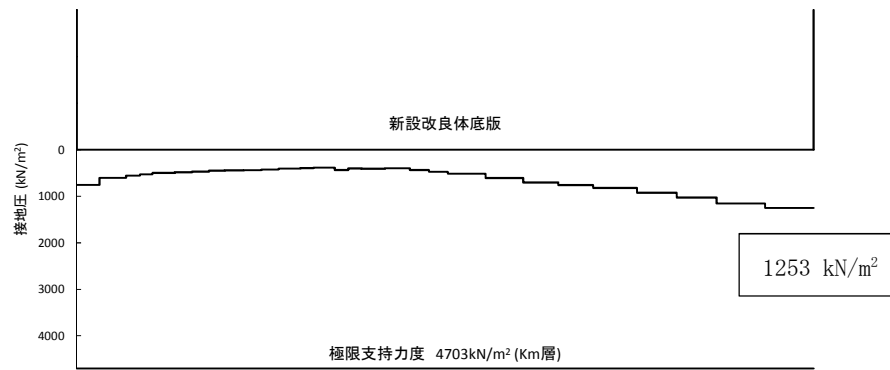


図 3.4-18 (11) C-C断面（地盤改良体基礎構造部）の接地圧分布図

（地震波： $S_s - 3.1$  [H+, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース））

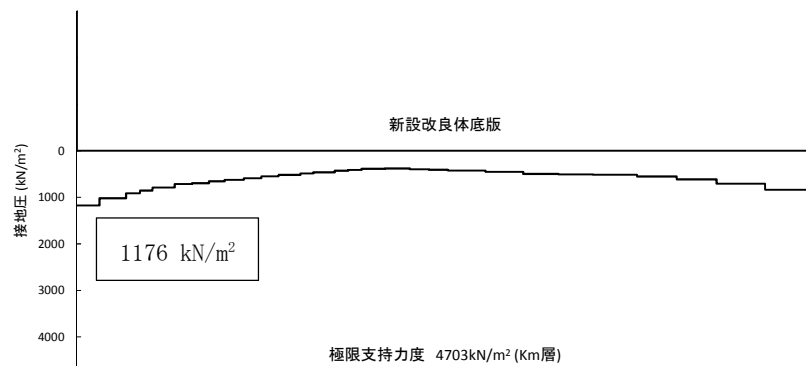


図 3.4-18 (12) C-C断面（地盤改良体基礎構造部）の接地圧分布図

（地震波： $S_s - 3.1$  [H-, V+], 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース））



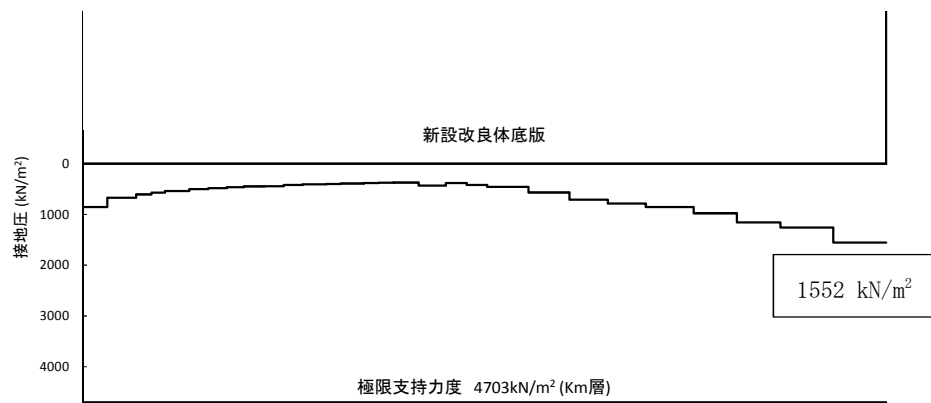


図 3.4-18 (13) C-C断面（地盤改良体基礎構造部）の接地圧分布図

（地震波： $S_s - 3.1$  [H+, V+], 検討ケース②：地盤物性のばらつきを考慮（ $+1\sigma$ ）した解析ケース）

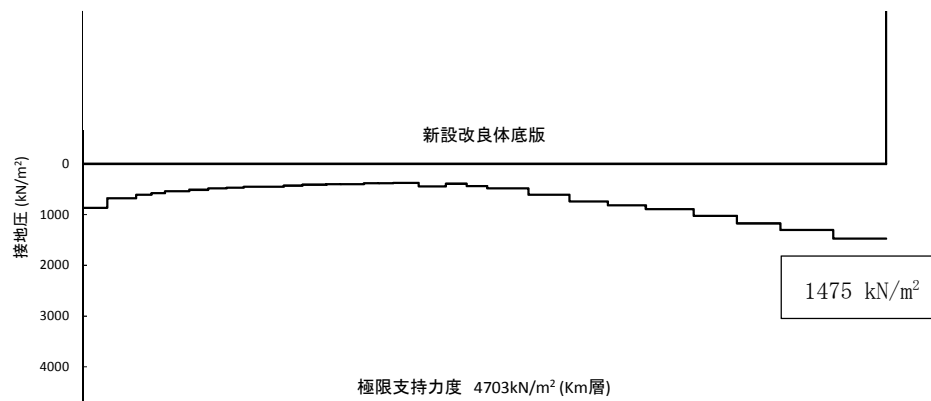


図 3.4-18 (14) C-C断面（地盤改良体基礎構造部）の接地圧分布図

（地震波： $S_s - 3.1$  [H+, V+], 検討ケース③：地盤物性のばらつきを考慮（ $-1\sigma$ ）した解析ケース）

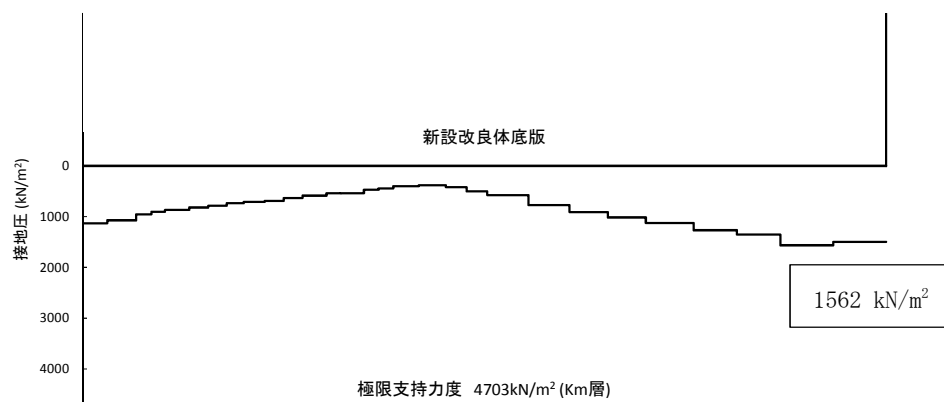


図 3.4-18 (15) C-C断面（地盤改良体基礎構造部）の接地圧分布図

（地震波： $S_s - 3.1$  [H+, V+], 検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース）



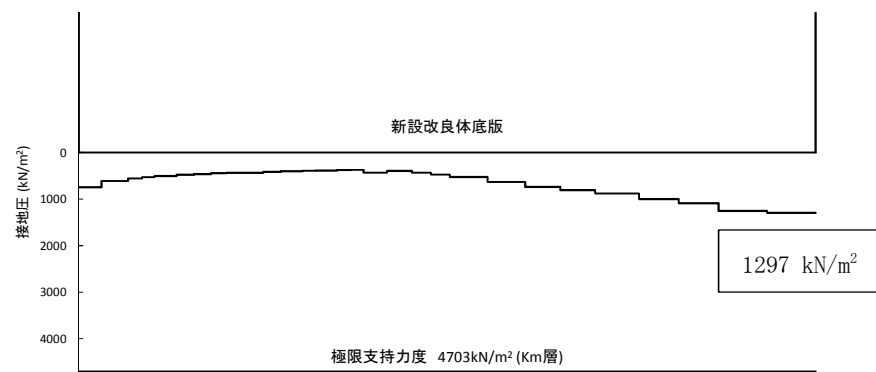


図 3.4-18 (16) C-C断面（地盤改良体基礎構造部）の接地圧分布図

（地震波： $S_s - 3.1$  [H+, V+], 検討ケース⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース）

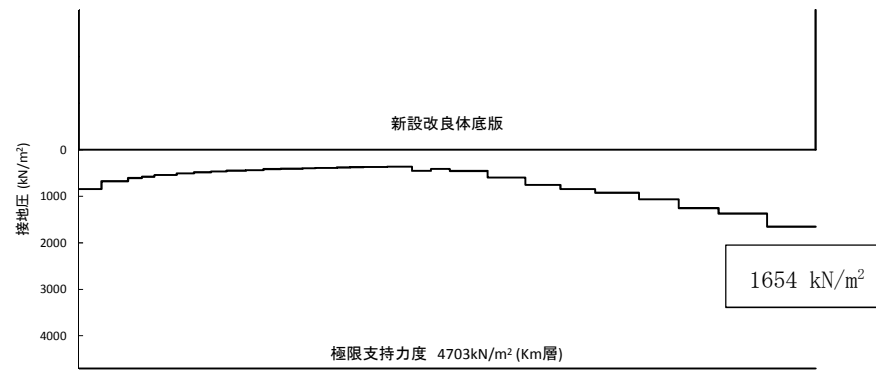


図 3.4-18 (17) C-C断面（地盤改良体基礎構造部）の接地圧分布図

（地震波： $S_s - 3.1$  [H+, V+], 検討ケース⑥：地盤物性のばらつきを考慮（ $+1\sigma$ ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース）



### 3.5 まとめ

屋外二重管基礎について、基準地震動  $S_s$  による地震動に対し、杭基礎部材の曲げ軸力及びせん断力、地盤改良体のすべり安全率、並びに基礎地盤に発生する接地圧が許容限界以下であることを確認した。

以上のことから、屋外二重管基礎は、基準地震動  $S_s$  による地震動に対して、要求性能を維持できる。



資料1 耐震評価結果（ばらつきケース）

各断面において、全部材のうち最も厳しい照査値となる地震波について、地盤物性のばらつき検討を実施した。地盤物性のバラつき検討ケースを参考表-1に示す。

参考表-1 地盤物性のばらつき検討ケース

|                       | 地震波      | 位相     | 照査項目 | 照査部位  | 照査値  |
|-----------------------|----------|--------|------|-------|------|
| B-B断面                 | $S_s-D1$ | H+, V- | 曲げ軸力 | 鋼管杭   | 0.63 |
| C-C断面<br>(杭基礎構造部)     | $S_s-D1$ | H-, V+ | 曲げ軸力 | 鋼管杭   | 0.45 |
|                       | 地震波      | 位相     | 照査項目 | 照査部位  | 安全率  |
| C-C断面<br>(地盤改良体基礎構造部) | $S_s-31$ | H+, V+ | すべり  | 地盤改良体 | 2.67 |

(1) 鋼製桁及び鋼管杭の評価結果

a. 曲げ軸力に対する照査

曲げ軸力に対する照査結果を参考表-2に示す。

鋼製桁及び鋼管杭に対して許容応力度法による照査を行った結果、曲げ応力が短期許容応力度以下であることを確認した。なお、発生応力度は各地震動において最大となる値を示している。

参考表-2 (1) 曲げ軸力に対する照査（B-B断面）

| 地震波      | 位相     | 地盤物性                    | 検討対象    | 曲げモーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 発生曲げ<br>応力<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値  |
|----------|--------|-------------------------|---------|-------------------|------------|------------------------------------|-------------------------------------|------|
| $S_s-D1$ | H+, V- | +1 $\sigma$ 剛性<br>液状化考慮 | 鋼製桁     | 113               | 162        | 7                                  | 382.5                               | 0.02 |
|          |        |                         | 鋼管杭 (左) | 3665              | 3129       | 249                                | 382.5                               | 0.66 |
|          |        |                         | 鋼管杭 (右) | 3215              | 2489       | 216                                | 382.5                               | 0.57 |
| $S_s-D1$ | H+, V- | -1 $\sigma$ 剛性<br>液状化考慮 | 鋼製桁     | 263               | 231        | 14                                 | 382.5                               | 0.04 |
|          |        |                         | 鋼管杭 (左) | 3333              | 2823       | 226                                | 382.5                               | 0.60 |
|          |        |                         | 鋼管杭 (右) | 2880              | 1838       | 189                                | 382.5                               | 0.50 |
| $S_s-D1$ | H+, V- | 豊浦標準砂                   | 鋼製桁     | 148               | 179        | 8                                  | 382.5                               | 0.03 |
|          |        |                         | 鋼管杭 (左) | 3467              | 2014       | 226                                | 382.5                               | 0.59 |
|          |        |                         | 鋼管杭 (右) | 3763              | 2673       | 250                                | 382.5                               | 0.66 |
| $S_s-D1$ | H+, V- | 平均剛性<br>非液状化            | 鋼製桁     | 445               | 267        | 23                                 | 382.5                               | 0.06 |
|          |        |                         | 鋼管杭 (左) | 2297              | 2253       | 159                                | 382.5                               | 0.42 |
|          |        |                         | 鋼管杭 (右) | 2252              | 2593       | 160                                | 382.5                               | 0.42 |
| $S_s-D1$ | H+, V- | +1 $\sigma$ 剛性<br>非液状化  | 鋼製桁     | 122               | 199        | 7                                  | 382.5                               | 0.02 |
|          |        |                         | 鋼管杭 (左) | 2719              | 2249       | 184                                | 382.5                               | 0.49 |
|          |        |                         | 鋼管杭 (右) | 2499              | 2283       | 172                                | 382.5                               | 0.45 |



参考表－2 (2) 曲げ軸力に対する照査 (C－C断面・杭基礎構造部)

| 地震波                | 位相     | 地盤物性            | 検討対象    | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 発生曲げ<br>応力<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値  |
|--------------------|--------|-----------------|---------|-----------------------|------------|------------------------------------|-------------------------------------|------|
| S <sub>s</sub> －D1 | H－, V＋ | +1σ 剛性<br>液状化考慮 | 鋼製桁     | 87                    | 259        | 6                                  | 382.5                               | 0.02 |
|                    |        |                 | 鋼管杭 (左) | 2605                  | 1874       | 173                                | 382.5                               | 0.46 |
|                    |        |                 | 鋼管杭 (右) | 2432                  | 3199       | 177                                | 382.5                               | 0.47 |
| S <sub>s</sub> －D1 | H－, V＋ | -1σ 剛性<br>液状化考慮 | 鋼製桁     | 134                   | 187        | 8                                  | 382.5                               | 0.03 |
|                    |        |                 | 鋼管杭 (左) | 2493                  | 1770       | 166                                | 382.5                               | 0.44 |
|                    |        |                 | 鋼管杭 (右) | 2442                  | 3231       | 178                                | 382.5                               | 0.47 |
| S <sub>s</sub> －D1 | H－, V＋ | 豊浦標準砂           | 鋼製桁     | 145                   | 135        | 8                                  | 382.5                               | 0.03 |
|                    |        |                 | 鋼管杭 (左) | 3210                  | 2690       | 218                                | 382.5                               | 0.57 |
|                    |        |                 | 鋼管杭 (右) | 3224                  | 2747       | 219                                | 382.5                               | 0.58 |
| S <sub>s</sub> －D1 | H－, V＋ | 平均剛性<br>非液状化    | 鋼製桁     | 234                   | 462        | 15                                 | 382.5                               | 0.04 |
|                    |        |                 | 鋼管杭 (左) | 1912                  | 832        | 121                                | 382.5                               | 0.32 |
|                    |        |                 | 鋼管杭 (右) | 1703                  | 2665       | 129                                | 382.5                               | 0.34 |
| S <sub>s</sub> －D1 | H－, V＋ | +1σ 剛性<br>非液状化  | 鋼製桁     | 157                   | 509        | 12                                 | 382.5                               | 0.04 |
|                    |        |                 | 鋼管杭 (左) | 2043                  | 932        | 130                                | 382.5                               | 0.35 |
|                    |        |                 | 鋼管杭 (右) | 2036                  | 2734       | 149                                | 382.5                               | 0.39 |



b. せん断力に対する照査

せん断力に対する照査結果を参考表－3 に示す。

鋼製桁及び鋼管杭に対して許容応力度法による照査を行った結果、せん断応力が短期許容応力度以下であることを確認した。なお、発生応力は各地震動において最大となる値を示している。

参考表－3 (1) せん断力に対する照査 (B－B断面)

| 地震波                | 位相     | 地盤物性            | 検討対象    | せん断力<br>(kN) | 発生せん断<br>応力<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値  |
|--------------------|--------|-----------------|---------|--------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------|
| S <sub>s</sub> －D1 | H＋, V－ | ＋1σ 剛性<br>液状化考慮 | 鋼製桁     | 121          | 3                                   | 217.5                               | 0.02 |
|                    |        |                 | 鋼管杭 (左) | 825          | 18                                  | 217.5                               | 0.09 |
|                    |        |                 | 鋼管杭 (右) | 1039         | 22                                  | 217.5                               | 0.11 |
| S <sub>s</sub> －D1 | H＋, V－ | －1σ 剛性<br>液状化考慮 | 鋼製桁     | 186          | 4                                   | 217.5                               | 0.02 |
|                    |        |                 | 鋼管杭 (左) | 763          | 16                                  | 217.5                               | 0.08 |
|                    |        |                 | 鋼管杭 (右) | 944          | 20                                  | 217.5                               | 0.10 |
| S <sub>s</sub> －D1 | H＋, V－ | 豊浦標準砂           | 鋼製桁     | 125          | 3                                   | 217.5                               | 0.02 |
|                    |        |                 | 鋼管杭 (左) | 1790         | 38                                  | 217.5                               | 0.18 |
|                    |        |                 | 鋼管杭 (右) | 1161         | 25                                  | 217.5                               | 0.12 |
| S <sub>s</sub> －D1 | H＋, V－ | 平均剛性<br>非液状化    | 鋼製桁     | 278          | 6                                   | 217.5                               | 0.03 |
|                    |        |                 | 鋼管杭 (左) | 1130         | 24                                  | 217.5                               | 0.12 |
|                    |        |                 | 鋼管杭 (右) | 1089         | 23                                  | 217.5                               | 0.11 |
| S <sub>s</sub> －D1 | H＋, V－ | ＋1σ 剛性<br>非液状化  | 鋼製桁     | 111          | 3                                   | 217.5                               | 0.02 |
|                    |        |                 | 鋼管杭 (左) | 1632         | 35                                  | 217.5                               | 0.17 |
|                    |        |                 | 鋼管杭 (右) | 1449         | 31                                  | 217.5                               | 0.15 |

参考表－3 (2) せん断力に対する照査 (C－C断面・杭基礎構造部)

| 地震波                | 位相     | 地盤物性            | 検討対象    | せん断力<br>(kN) | 発生せん断<br>応力<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値  |
|--------------------|--------|-----------------|---------|--------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------|
| S <sub>s</sub> －D1 | H－, V＋ | ＋1σ 剛性<br>液状化考慮 | 鋼製桁     | 67           | 2                                   | 217.5                               | 0.01 |
|                    |        |                 | 鋼管杭 (左) | 1571         | 34                                  | 217.5                               | 0.16 |
|                    |        |                 | 鋼管杭 (右) | 1564         | 34                                  | 217.5                               | 0.16 |
| S <sub>s</sub> －D1 | H－, V＋ | －1σ 剛性<br>液状化考慮 | 鋼製桁     | 82           | 2                                   | 217.5                               | 0.01 |
|                    |        |                 | 鋼管杭 (左) | 1488         | 32                                  | 217.5                               | 0.15 |
|                    |        |                 | 鋼管杭 (右) | 1405         | 30                                  | 217.5                               | 0.14 |
| S <sub>s</sub> －D1 | H－, V＋ | 豊浦標準砂           | 鋼製桁     | 104          | 2                                   | 217.5                               | 0.02 |
|                    |        |                 | 鋼管杭 (左) | 1698         | 37                                  | 217.5                               | 0.17 |
|                    |        |                 | 鋼管杭 (右) | 1716         | 37                                  | 217.5                               | 0.17 |
| S <sub>s</sub> －D1 | H－, V＋ | 平均剛性<br>非液状化    | 鋼製桁     | 167          | 4                                   | 217.5                               | 0.02 |
|                    |        |                 | 鋼管杭 (左) | 1024         | 22                                  | 217.5                               | 0.11 |
|                    |        |                 | 鋼管杭 (右) | 913          | 20                                  | 217.5                               | 0.10 |
| S <sub>s</sub> －D1 | H－, V＋ | ＋1σ 剛性<br>非液状化  | 鋼製桁     | 119          | 3                                   | 217.5                               | 0.02 |
|                    |        |                 | 鋼管杭 (左) | 1233         | 27                                  | 217.5                               | 0.13 |
|                    |        |                 | 鋼管杭 (右) | 1235         | 27                                  | 217.5                               | 0.13 |



(2) 地盤改良体の健全性に対する評価結果

屋外二重管を支持する地盤改良体のすべりに対して評価した結果を参考表－4 に示す。  
地盤改良体に対してすべり安全率による照査を行った結果、最小すべり安全率が必要安全率を確保することを確認した。なお、最小すべり安全率は、想定したすべり面のうち、各地震動において最小となる値を示している。

参考表－4 地盤改良体のすべり安全率（C－C断面・地盤改良体基礎構造部）

| 地震波                | 位相    | 地盤物性            | すべり安全率 |
|--------------------|-------|-----------------|--------|
| S <sub>s</sub> －31 | H＋，V＋ | +1σ 剛性<br>液状化考慮 | 6.04   |
| S <sub>s</sub> －31 | H＋，V＋ | -1σ 剛性<br>液状化考慮 | 3.76   |
| S <sub>s</sub> －31 | H＋，V＋ | 豊浦標準砂           | 2.44   |
| S <sub>s</sub> －31 | H＋，V＋ | 平均剛性<br>非液状化    | 2.62   |
| S <sub>s</sub> －31 | H＋，V＋ | +1σ 剛性<br>非液状化  | 5.87   |



(3) 屋外二重管下の地盤改良体における支持性能に対する評価結果

屋外二重管下の地盤改良体に作用する接地圧に対する支持性能評価結果を参考表－5 に示す。

地盤改良体における基礎地盤の最大接地圧は、B－B断面の $S_s-D1$ 〔H＋, V－〕平均剛性非液状化で $220 \text{ kN/m}^2$ であり、極限支持力度 $1804 \text{ kN/m}^2$ 以下である。

以上から、屋外二重管下の地盤改良体は基準地震動 $S_s$ に対し支持性能を有する。

参考表－5 (1) 地盤改良体の支持性能評価結果 (B－B断面)

| 二重管<br>本体径  | 地震波      | 位相     | 地盤物性                    | 最大接地圧<br>( $\text{kN/m}^2$ ) | 極限支持力度<br>( $\text{kN/m}^2$ ) |
|-------------|----------|--------|-------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| $\phi 1800$ | $S_s-D1$ | H＋, V－ | +1 $\sigma$ 剛性<br>液状化考慮 | 177                          | 1804                          |
|             | $S_s-D1$ | H＋, V－ | -1 $\sigma$ 剛性<br>液状化考慮 | 212                          | 1804                          |
|             | $S_s-D1$ | H＋, V－ | 豊浦標準砂                   | 185                          | 1804                          |
|             | $S_s-D1$ | H＋, V－ | 平均剛性<br>非液状化            | 220                          | 1804                          |
|             | $S_s-D1$ | H＋, V－ | +1 $\sigma$ 剛性<br>非液状化  | 195                          | 1804                          |
| $\phi 2000$ | $S_s-D1$ | H＋, V－ | +1 $\sigma$ 剛性<br>液状化考慮 | 153                          | 1804                          |
|             | $S_s-D1$ | H＋, V－ | -1 $\sigma$ 剛性<br>液状化考慮 | 176                          | 1804                          |
|             | $S_s-D1$ | H＋, V－ | 豊浦標準砂                   | 165                          | 1804                          |
|             | $S_s-D1$ | H＋, V－ | 平均剛性<br>非液状化            | 210                          | 1804                          |
|             | $S_s-D1$ | H＋, V－ | +1 $\sigma$ 剛性<br>非液状化  | 166                          | 1804                          |



参考表－5 (2) 地盤改良体の支持性能評価結果 (C－C断面・杭基礎構造部)

| 二重管<br>本体径 | 地震波                | 位相     | 地盤物性             | 最大接地圧<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 極限支持力度<br>(kN/m <sup>2</sup> ) |
|------------|--------------------|--------|------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| φ 1800     | S <sub>s</sub> －D1 | H－, V＋ | +1 σ 剛性<br>液状化考慮 | 185                           | 1793                           |
|            | S <sub>s</sub> －D1 | H－, V＋ | －1 σ 剛性<br>液状化考慮 | 158                           | 1793                           |
|            | S <sub>s</sub> －D1 | H－, V＋ | 豊浦標準砂            | 103                           | 1793                           |
|            | S <sub>s</sub> －D1 | H－, V＋ | 平均剛性<br>非液状化     | 144                           | 1793                           |
|            | S <sub>s</sub> －D1 | H－, V＋ | +1 σ 剛性<br>非液状化  | 148                           | 1793                           |
| φ 2000     | S <sub>s</sub> －D1 | H－, V＋ | +1 σ 剛性<br>液状化考慮 | 121                           | 1793                           |
|            | S <sub>s</sub> －D1 | H－, V＋ | －1 σ 剛性<br>液状化考慮 | 116                           | 1793                           |
|            | S <sub>s</sub> －D1 | H－, V＋ | 豊浦標準砂            | 80                            | 1793                           |
|            | S <sub>s</sub> －D1 | H－, V＋ | 平均剛性<br>非液状化     | 141                           | 1793                           |
|            | S <sub>s</sub> －D1 | H－, V＋ | +1 σ 剛性<br>非液状化  | 135                           | 1793                           |

参考表－5 (3) 地盤改良体の支持性能評価結果 (C－C断面・地盤改良体基礎構造部)

| 二重管<br>本体径 | 地震波                | 位相     | 地盤物性             | 最大接地圧<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 極限支持力度<br>(kN/m <sup>2</sup> ) |
|------------|--------------------|--------|------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| φ 1800     | S <sub>s</sub> －31 | H＋, V＋ | +1 σ 剛性<br>液状化考慮 | 131                           | 1793                           |
|            | S <sub>s</sub> －31 | H＋, V＋ | －1 σ 剛性<br>液状化考慮 | 139                           | 1793                           |
|            | S <sub>s</sub> －31 | H＋, V＋ | 豊浦標準砂            | 120                           | 1793                           |
|            | S <sub>s</sub> －31 | H＋, V＋ | 平均剛性<br>非液状化     | 126                           | 1793                           |
|            | S <sub>s</sub> －31 | H＋, V＋ | +1 σ 剛性<br>非液状化  | 129                           | 1793                           |
| φ 2000     | S <sub>s</sub> －31 | H＋, V＋ | +1 σ 剛性<br>液状化考慮 | 166                           | 1793                           |
|            | S <sub>s</sub> －31 | H＋, V＋ | －1 σ 剛性<br>液状化考慮 | 183                           | 1793                           |
|            | S <sub>s</sub> －31 | H＋, V＋ | 豊浦標準砂            | 194                           | 1793                           |
|            | S <sub>s</sub> －31 | H＋, V＋ | 平均剛性<br>非液状化     | 176                           | 1793                           |
|            | S <sub>s</sub> －31 | H＋, V＋ | +1 σ 剛性<br>非液状化  | 169                           | 1793                           |



(4) 杭基礎構造部の支持岩盤における支持性能に対する評価結果

杭基礎構造部における支持岩盤（Km 層）の支持性能評価結果を参考表－6 に示す。

杭基礎構造部における支持岩盤（Km 層）の最大接地圧は、B－B断面の  $S_s-D1$ 〔H＋, V－〕豊浦標準砂で  $1898 \text{ kN/m}^2$  であり、極限支持力  $5333 \text{ kN/m}^2$  以下である。

以上から、杭基礎構造部における支持岩盤（Km 層）は基準地震動  $S_s$  に対し支持性能を有する。

参考表－6 (1) 極限支持力に対する照査（B－B断面）

| 地震波      | 位相     | 地盤物性                    | 最大接地圧<br>( $\text{kN/m}^2$ ) | 極限支持力度<br>( $\text{kN/m}^2$ ) |
|----------|--------|-------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| $S_s-D1$ | H＋, V－ | +1 $\sigma$ 剛性<br>液状化考慮 | 1340                         | 5333                          |
| $S_s-D1$ | H＋, V－ | -1 $\sigma$ 剛性<br>液状化考慮 | 1131                         | 5333                          |
| $S_s-D1$ | H＋, V－ | 豊浦標準砂                   | 1898                         | 5333                          |
| $S_s-D1$ | H＋, V－ | 平均剛性<br>非液状化            | 1203                         | 5333                          |
| $S_s-D1$ | H＋, V－ | +1 $\sigma$ 剛性<br>非液状化  | 1159                         | 5333                          |

参考表－6 (2) 極限支持力に対する照査（C－C断面・杭基礎構造部）

| 地震波      | 位相     | 地盤物性                    | 最大接地圧<br>( $\text{kN/m}^2$ ) | 極限支持力度<br>( $\text{kN/m}^2$ ) |
|----------|--------|-------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| $S_s-D1$ | H－, V＋ | +1 $\sigma$ 剛性<br>液状化考慮 | 1592                         | 5346                          |
| $S_s-D1$ | H－, V＋ | -1 $\sigma$ 剛性<br>液状化考慮 | 1603                         | 5346                          |
| $S_s-D1$ | H－, V＋ | 豊浦標準砂                   | 1854                         | 5346                          |
| $S_s-D1$ | H－, V＋ | 平均剛性<br>非液状化            | 1357                         | 5346                          |
| $S_s-D1$ | H－, V＋ | +1 $\sigma$ 剛性<br>非液状化  | 1362                         | 5346                          |



(5) 地盤改良体基礎構造部の支持岩盤における支持性能に対する評価結果

地盤改良体基礎構造部における支持岩盤（Km 層）の支持性能評価結果を参考表－7 に示す。

地盤改良体基礎構造部における支持岩盤（Km 層）の最大接地圧は、 $S_s-31$ 〔H+, V+〕+1 $\sigma$  剛性非液状化で 1654 kN/m<sup>2</sup> であり、極限支持力 4703kN/m<sup>2</sup> 以下である。

以上から、地盤改良体基礎構造部における支持岩盤（Km 層）は基準地震動  $S_s$  に対し支持性能を有する。

参考表－7 極限支持力に対する照査（C－C 断面・地盤改良体基礎構造部）

| 地震波      | 位相     | 地盤物性                    | 最大接地圧<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 極限支持力度<br>(kN/m <sup>2</sup> ) |
|----------|--------|-------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| $S_s-31$ | H+, V+ | +1 $\sigma$ 剛性<br>液状化考慮 | 1552                          | 4703                           |
| $S_s-31$ | H+, V+ | -1 $\sigma$ 剛性<br>液状化考慮 | 1475                          | 4703                           |
| $S_s-31$ | H+, V+ | 豊浦標準砂                   | 1562                          | 4703                           |
| $S_s-31$ | H+, V+ | 平均剛性<br>非液状化            | 1297                          | 4703                           |
| $S_s-31$ | H+, V+ | +1 $\sigma$ 剛性<br>非液状化  | 1654                          | 4703                           |



屋外二重管基礎の耐震安全性評価に関する参考資料



## 1. 減衰の設定について

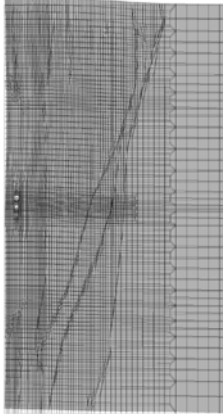
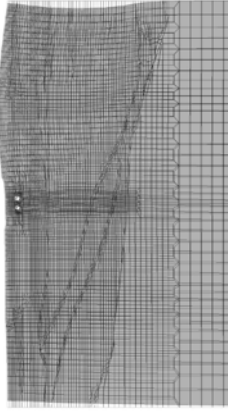
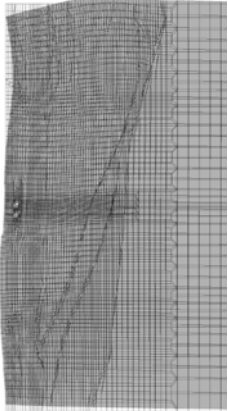
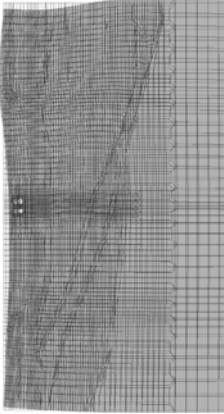
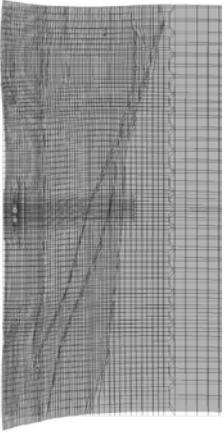
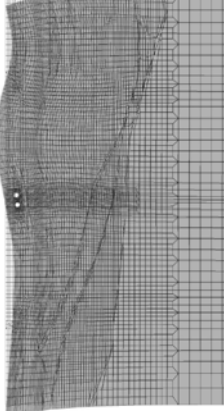
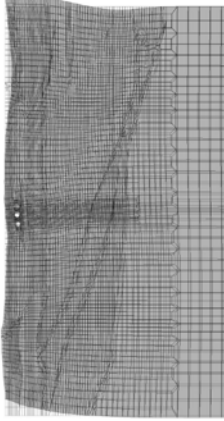
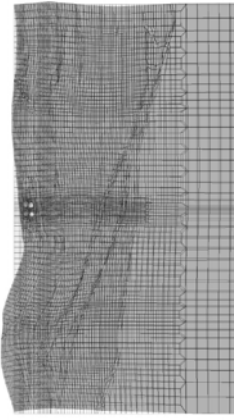
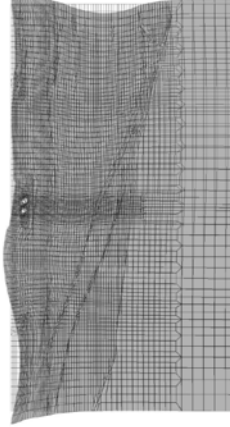
地震応答解析における減衰については、固有値解析にて求まる固有周期及び減衰比に基づき、質量マトリックス及び剛性マトリックスの線形結合で表される以下の Rayleigh 減衰にて与える。なお、Rayleigh 減衰を  $\alpha = 0$  となる剛性比例型減衰とする。Rayleigh 減衰の設定は、地盤の低次のモードの変形が特に支配的となる地中埋設構造物のような地盤及び構造系全体に対して、その特定の振動モードの影響が大きいことを考慮し、かつ、振動モードの影響が全体系に占める割合の観点から、刺激係数に着目し行う。

固有値解析による刺激係数及びモード図を図 3.1-1～図 3-4 に示す。また、設定した Rayleigh 減衰を図 3-5～図 3-8 に示す。

1 次の基準モードについては、地盤及び構造系全体がせん断変形しているモードを選定している。

なお、初期減衰定数は、地盤については 1 %（解析における減衰は、ひずみが大きい領域では履歴減衰が支配的となる。そのため、解析上の安定のためになるべく小さい値として 1 %を採用している。）とする。また、線形材料としてモデル化する鋼材については 3 %（道路橋示方書（V耐震設計編）・同解説（平成 24 年 3 月））とする。

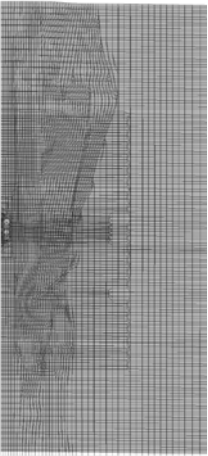
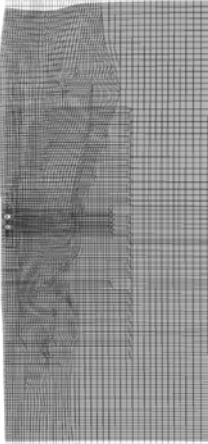
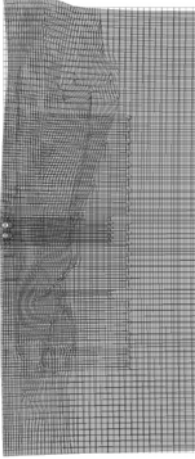
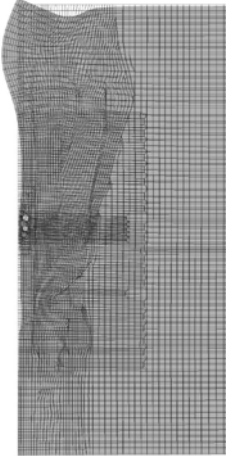
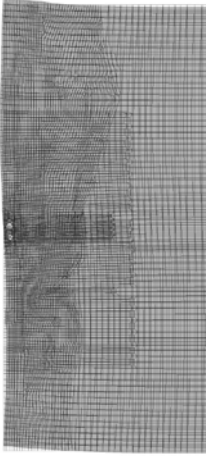
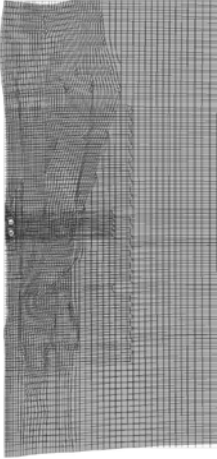
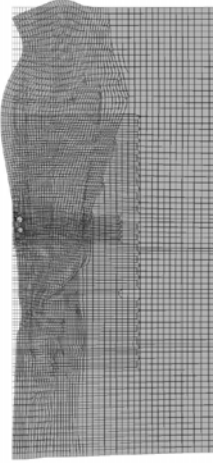
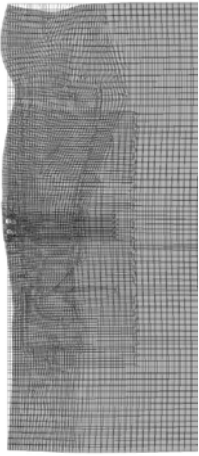
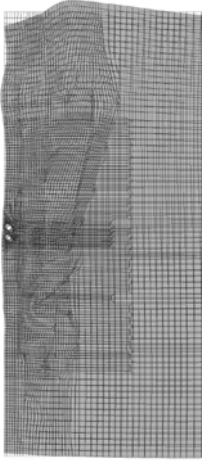


| 1 次モード  | 2 次モード  | 3 次モード   |
|---|---|--|
| <div>0.768 Hz (刺激係数 : 148.39)</div>  | <div>1.271 Hz (刺激係数 : 51.43)</div>    | <div>1.680 Hz (刺激係数 : 47.16)</div>    |
| 4 次モード  | 5 次モード  | 6 次モード   |
| <div>1.785 Hz (刺激係数 : 22.00)</div>   | <div>1.895 Hz (刺激係数 : 62.88)</div>    | <div>1.976 Hz (刺激係数 : 11.30)</div>    |
| 7 次モード  | 8 次モード  | 9 次モード   |
| <div>2.212 Hz (刺激係数 : 9.68)</div>  | <div>2.548 Hz (刺激係数 : -4.58)</div>  | <div>2.765 Hz (刺激係数 : 16.93)</div>  |

(a) B-B 断面

図 3-1 (1) 屋外二重管基礎の固有値解析結果 (検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

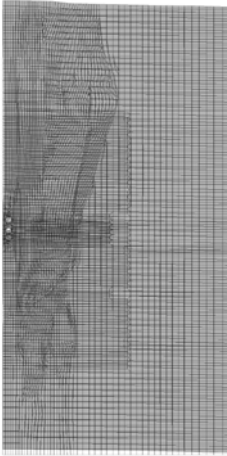
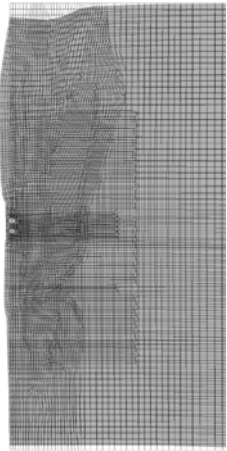
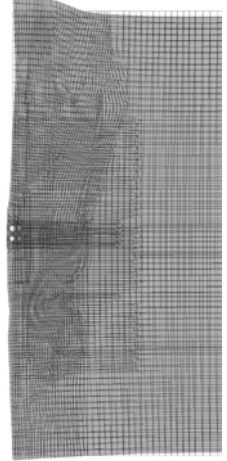
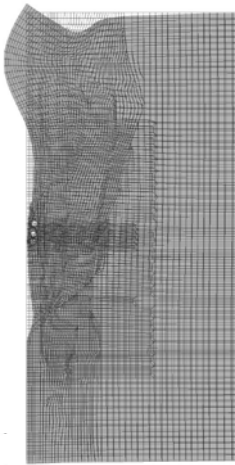
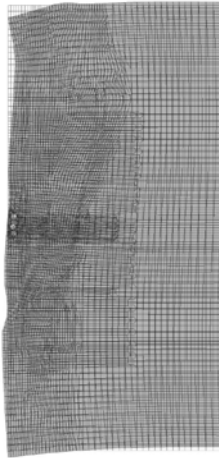
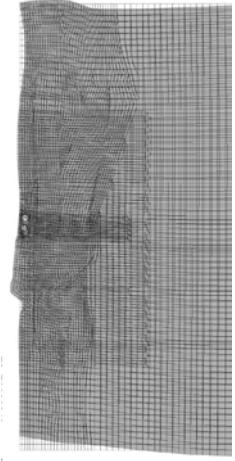
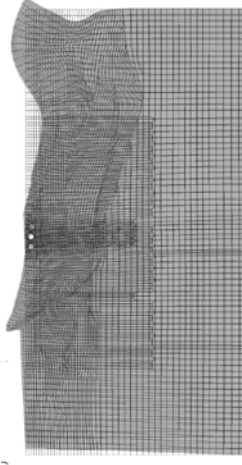
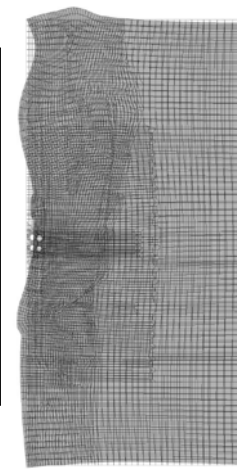
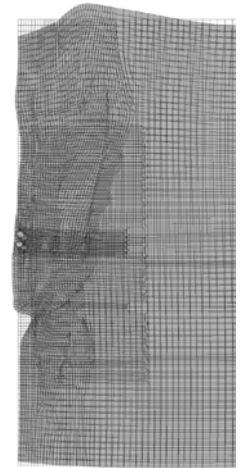


| 1 次モード   | 2 次モード   | 3 次モード  |
|--|--|---|
| <div>0.903 Hz (刺激係数 : 211.47)</div>   | <div>1.595 Hz (刺激係数 : 32.07)</div>   | <div>1.783 Hz (刺激係数 : -27.99)</div>    |
| 4 次モード   | 5 次モード   | 6 次モード  |
| <div>2.267 Hz (刺激係数 : -34.14)</div>   | <div>2.301 Hz (刺激係数 : -1.85)</div>   | <div>2.444 Hz (刺激係数 : 54.38)</div>     |
| 7 次モード   | 8 次モード   | 9 次モード  |
| <div>2.791 Hz (刺激係数 : -3.46)</div>  | <div>3.148 Hz (刺激係数 : 2.26)</div>  | <div>3.237 Hz (刺激係数 : -25.53)</div>  |

(b) C-C断面 (杭基礎部)

図 3-1 (2) 屋外二重管基礎の固有値解析結果 (検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

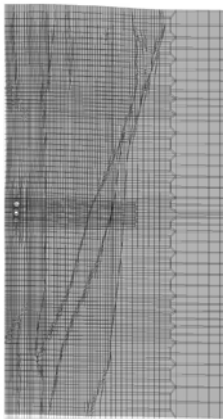
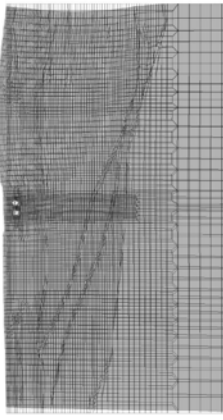
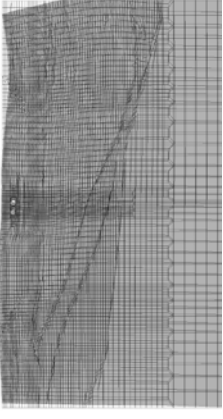
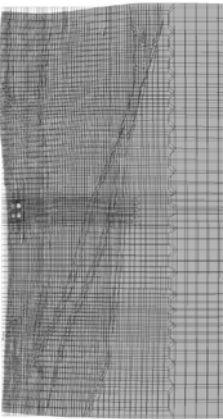
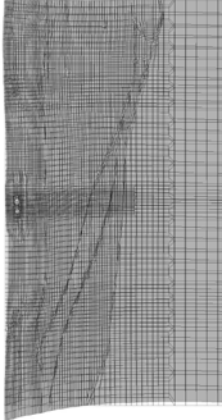
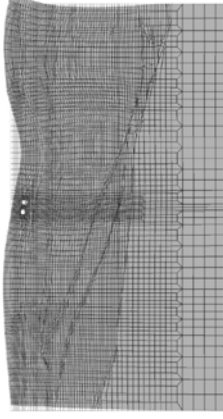
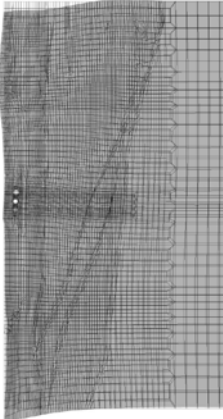
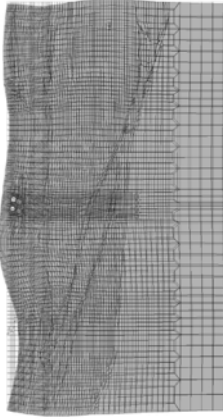
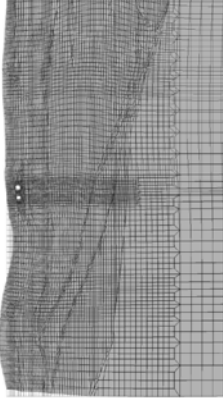


| 1 次モード  | 2 次モード  | 3 次モード  |
|---|---|---|
| <div>0.872 Hz (刺激係数 : 148.96)</div>  | <div>1.535 Hz (刺激係数 : 26.16)</div>    | <div>1.717 Hz (刺激係数 : -18.67)</div>    |
| 4 次モード  | 5 次モード  | 6 次モード  |
| <div>2.095 Hz (刺激係数 : -19.24)</div>  | <div>2.196 Hz (刺激係数 : 4.68)</div>     | <div>2.386 Hz (刺激係数 : -38.40)</div>    |
| 7 次モード  | 8 次モード  | 9 次モード  |
| <div>2.627 Hz (刺激係数 : 8.02)</div>  | <div>2.954 Hz (刺激係数 : -2.05)</div>  | <div>3.064 Hz (刺激係数 : -20.31)</div>  |

(c) C-C 断面 (地盤改良部)

図 3-1 (3) 屋外二重管基礎の固有値解析結果 (検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

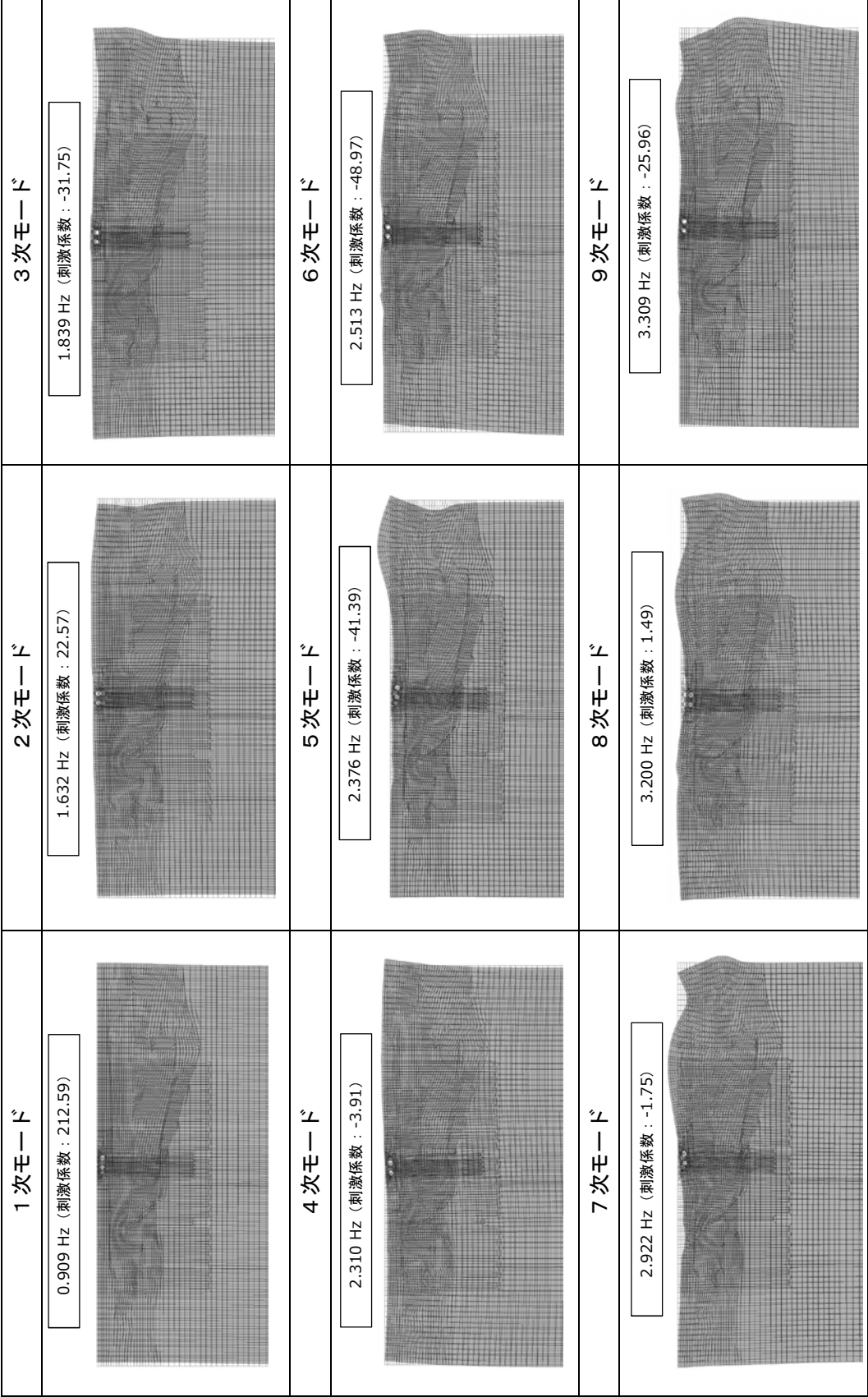


| 1 次モード   | 2 次モード   | 3 次モード  |
|--|--|---|
| <div>0.802 Hz (刺激係数 : 153.26)</div>   | <div>1.346 Hz (刺激係数 : 46.16)</div>   | <div>1.797 Hz (刺激係数 : 47.00)</div>     |
| 4 次モード   | 5 次モード   | 6 次モード  |
| <div>1.830 Hz (刺激係数 : 16.66)</div>    | <div>1.987 Hz (刺激係数 : 60.02)</div>   | <div>2.130 Hz (刺激係数 : -2.93)</div>     |
| 7 次モード   | 8 次モード   | 9 次モード  |
| <div>2.313 Hz (刺激係数 : -8.53)</div>  | <div>2.677 Hz (刺激係数 : 1.40)</div>  | <div>2.929 Hz (刺激係数 : -14.71)</div>  |

(a) B－B 断面

図 3-2 (1) 屋外二重管基礎の固有値解析結果 (検討ケース②) : 地盤物性のばらつきを考慮 (+1σ) した解析ケース)

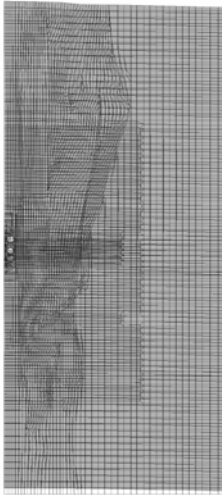
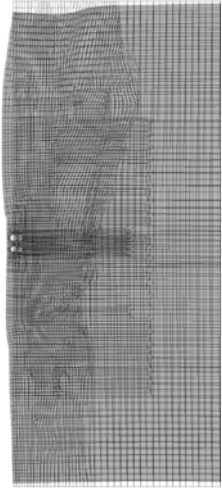
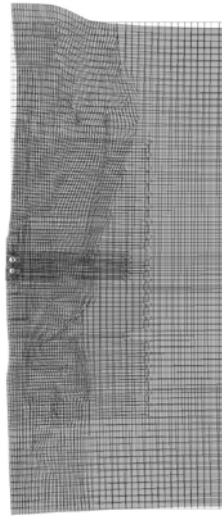
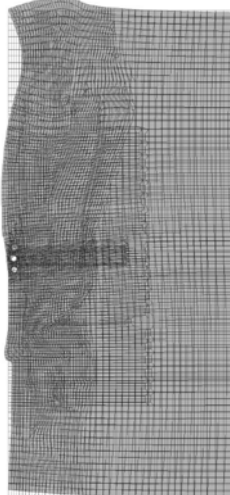
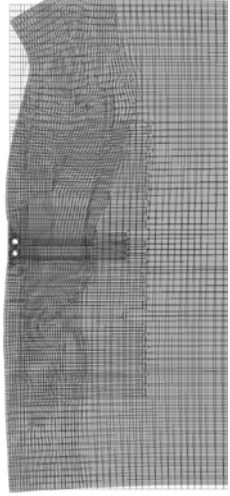
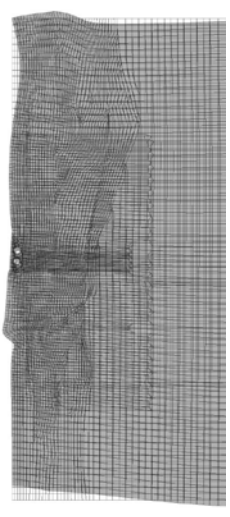
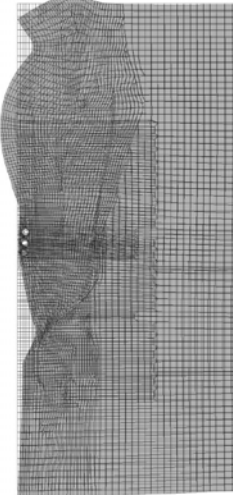
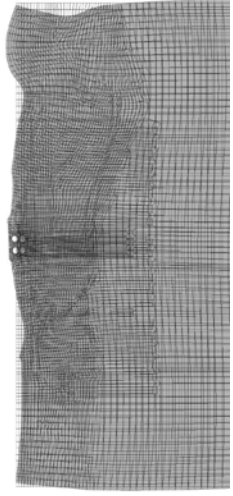
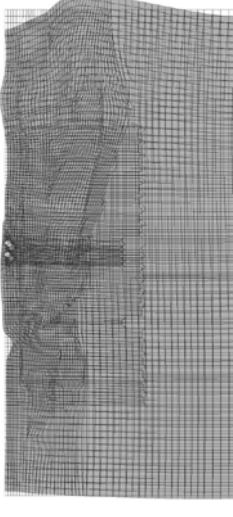




(b) C-C断面 (杭基礎部)

図 3-2 (2) 屋外二重管基礎の固有値解析結果 (検討ケース② : 地盤物性のばらつきを考慮 (+1σ) した解析ケース)

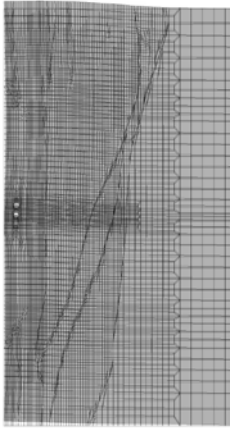
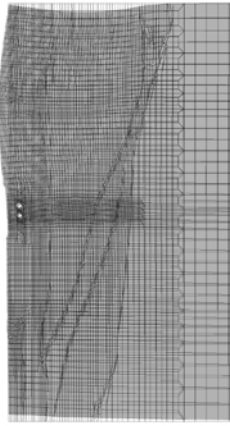
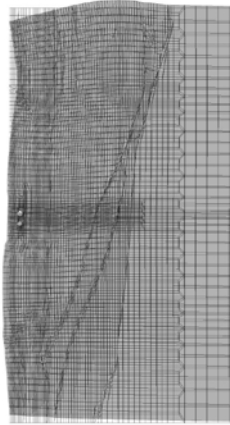
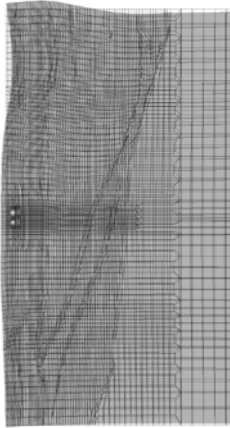
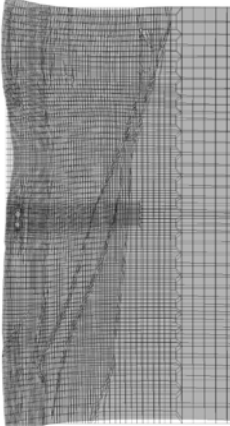
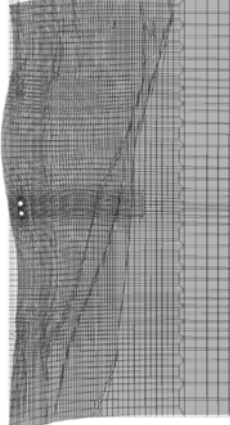
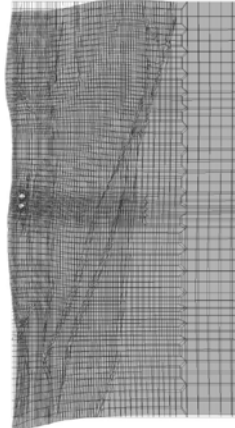
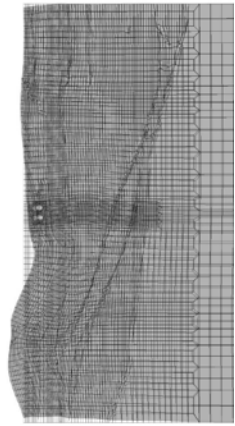
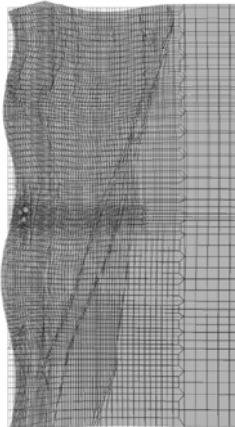


| 1 次モード   | 2 次モード   | 3 次モード  |
|--|--|---|
| <div>0.878 Hz (刺激係数 : 149.90)</div>   | <div>1.590 Hz (刺激係数 : 17.68)</div>   | <div>1.768 Hz (刺激係数 : -22.84)</div>    |
| 4 次モード   | 5 次モード   | 6 次モード  |
| <div>2.201 Hz (刺激係数 : 13.82)</div>    | <div>2.223 Hz (刺激係数 : 18.39)</div>   | <div>2.456 Hz (刺激係数 : -37.10)</div>    |
| 7 次モード   | 8 次モード   | 9 次モード  |
| <div>2.773 Hz (刺激係数 : -7.10)</div>  | <div>3.008 Hz (刺激係数 : 0.80)</div>  | <div>3.145 Hz (刺激係数 : -22.51)</div>  |

(c) C-C断面 (地盤改良部)

図 3-2 (3) 屋外二重管基礎の固有値解析結果 (検討ケース②：地盤物性のばらつきを考慮 (+1σ) した解析ケース)

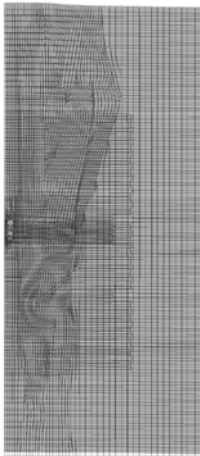
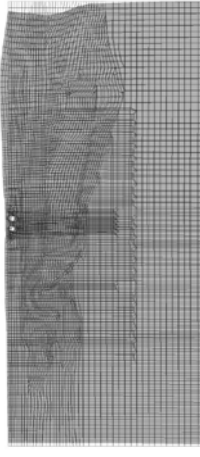
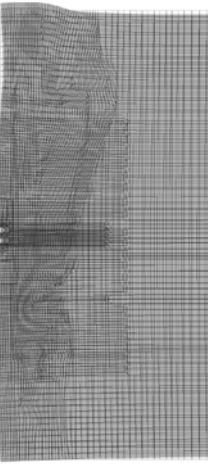
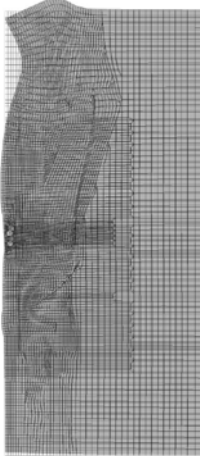
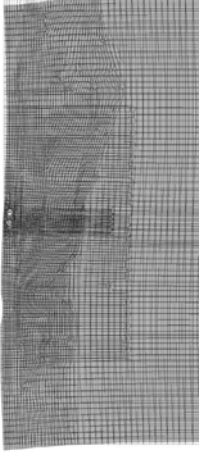

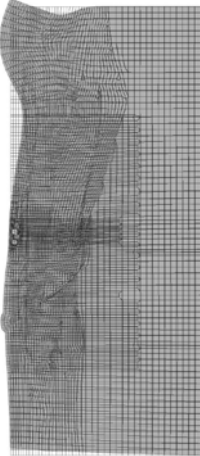
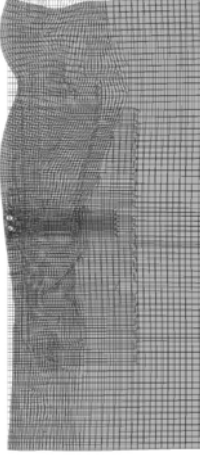
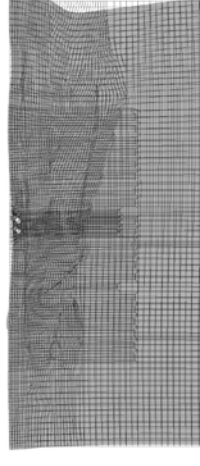


| 1 次モード  | 2 次モード  | 3 次モード   |
|---|---|--|
| <div>0.728 Hz (刺激係数 : 142.83)</div>    | <div>1.196 Hz (刺激係数 : 53.77)</div>    | <div>1.561 Hz (刺激係数 : 52.63)</div>    |
| 4 次モード  | 5 次モード  | 6 次モード   |
| <div>1.729 Hz (刺激係数 : -24.80)</div>    | <div>1.792 Hz (刺激係数 : 52.90)</div>    | <div>1.831 Hz (刺激係数 : 40.69)</div>    |
| 7 次モード  | 8 次モード  | 9 次モード   |
| <div>2.103 Hz (刺激係数 : -10.25)</div>  | <div>2.413 Hz (刺激係数 : -9.90)</div>  | <div>2.582 Hz (刺激係数 : 14.60)</div>  |

(a) B－B 断面

図 3-3 (1) 屋外二重管基礎の固有値解析結果 (検討ケース③：地盤物性のばらつきを考慮 (−1σ) した解析ケース)

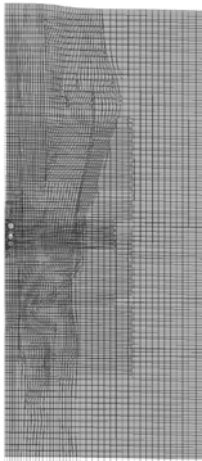
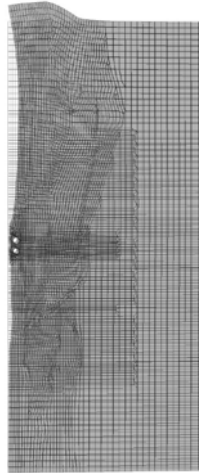
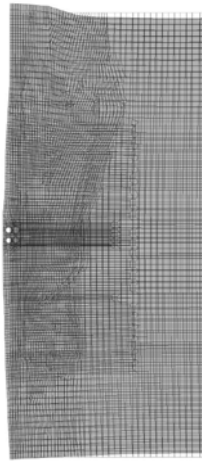
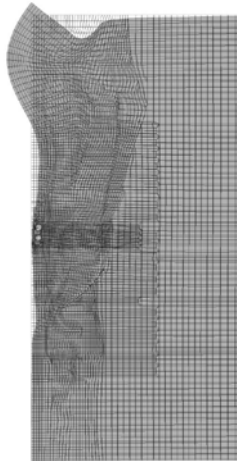
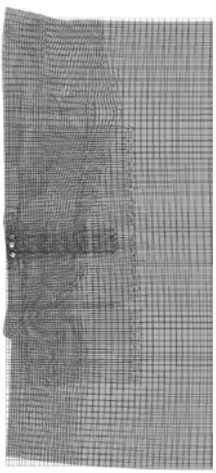
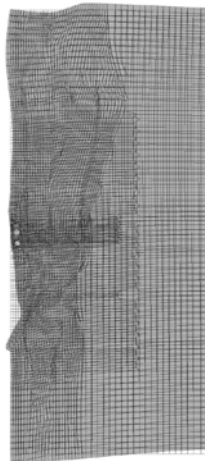
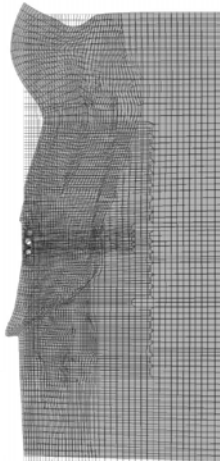
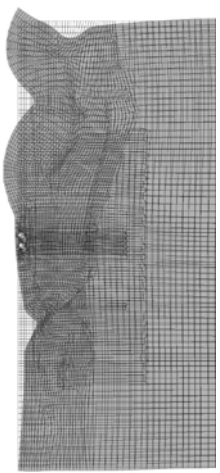
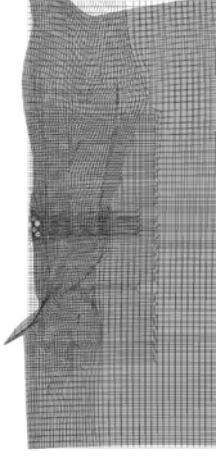


| 1 次モード  | 2 次モード   | 3 次モード   |
|---|--|--|
| <div>0.895 Hz (刺激係数 : 209.73)</div>  | <div>1.529 Hz (刺激係数 : 42.59)</div>   | <div>1.745 Hz (刺激係数 : -21.64)</div>   |
| 4 次モード  | 5 次モード   | 6 次モード   |
| <div>2.130 Hz (刺激係数 : 30.05)</div>   | <div>2.292 Hz (刺激係数 : 5.47)</div>    | <div>2.372 Hz (刺激係数 : -56.87)</div>   |
| 7 次モード  | 8 次モード   | 9 次モード   |
| <div>2.645 Hz (刺激係数 : 6.35)</div>  | <div>3.070 Hz (刺激係数 : 5.64)</div>  | <div>3.155 Hz (刺激係数 : 24.39)</div>  |

(b) C-C断面 (杭基礎部)

図 3-3 (2) 屋外二重管基礎の固有値解析結果 (検討ケース③ : 地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース)

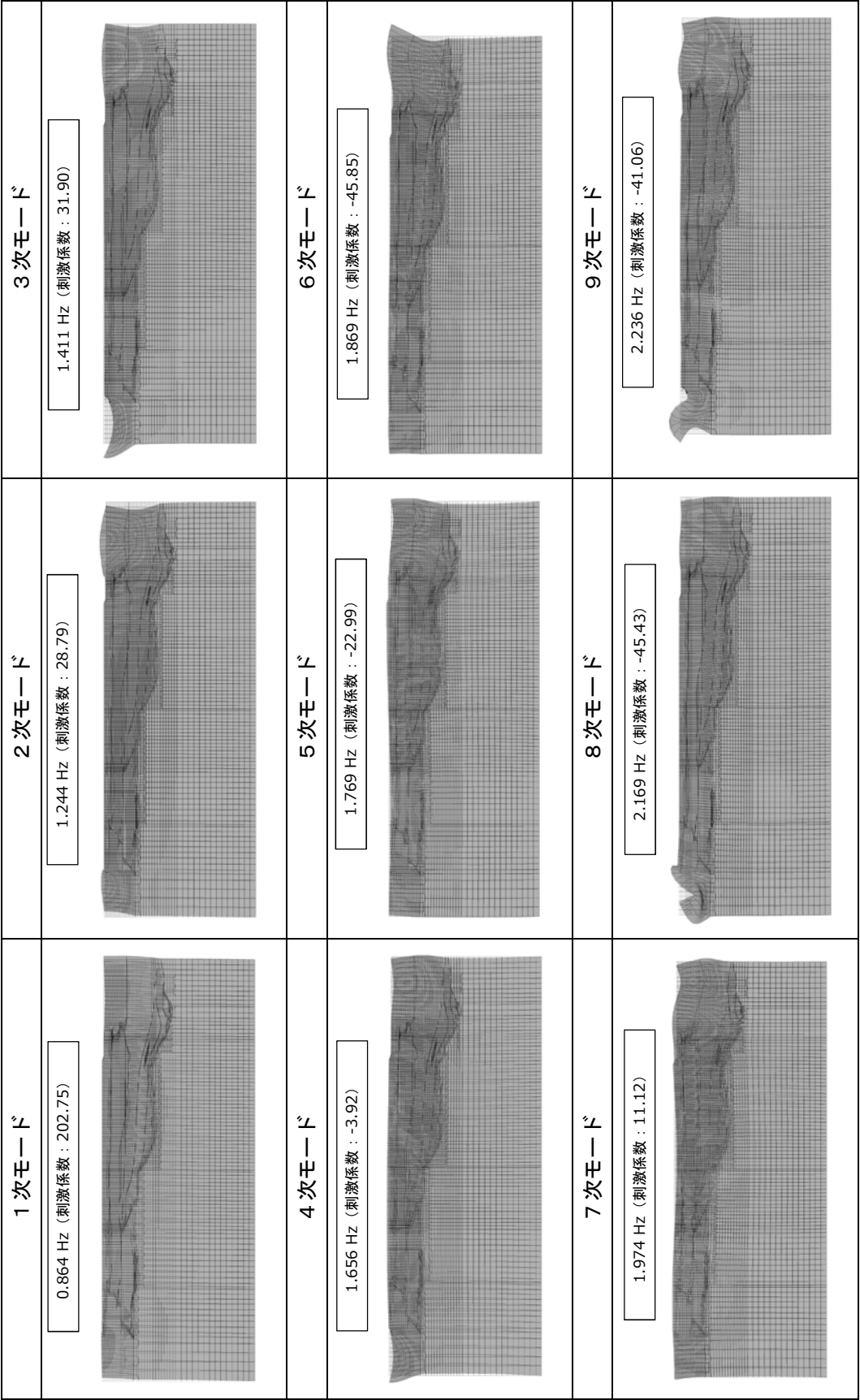


| 1 次モード  | 2 次モード   | 3 次モード   |
|---|--|--|
| <div>0.857 Hz (刺激係数 : 146.26)</div>  | <div>1.403 Hz (刺激係数 : -39.45)</div>  | <div>1.676 Hz (刺激係数 : -12.51)</div>   |
| 4 次モード  | 5 次モード   | 6 次モード   |
| <div>1.885 Hz (刺激係数 : -16.94)</div>  | <div>2.175 Hz (刺激係数 : -3.82)</div>   | <div>2.294 Hz (刺激係数 : 38.16)</div>    |
| 7 次モード  | 8 次モード   | 9 次モード   |
| <div>2.440 Hz (刺激係数 : 8.81)</div>  | <div>2.814 Hz (刺激係数 : 3.34)</div>  | <div>2.917 Hz (刺激係数 : 20.65)</div>  |

(c) C-C 断面 (地盤改良部)

図 3-3 (3) 屋外二重管基礎の固有値解析結果 (検討ケース③ : 地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース)



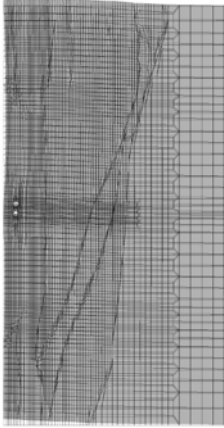
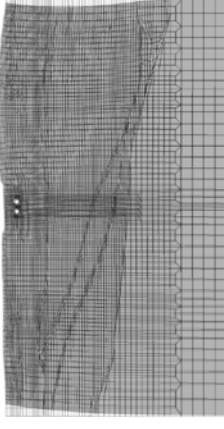
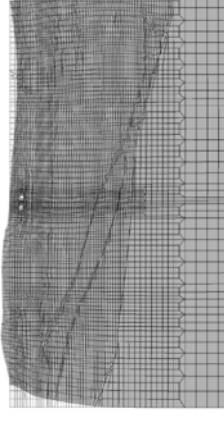
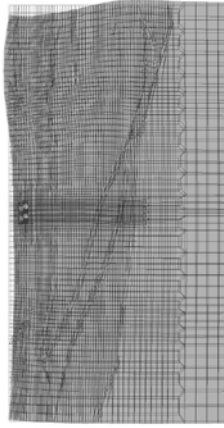
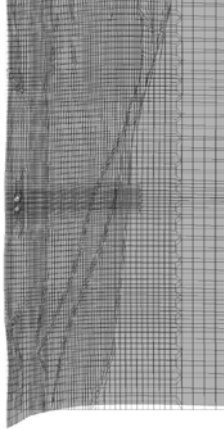
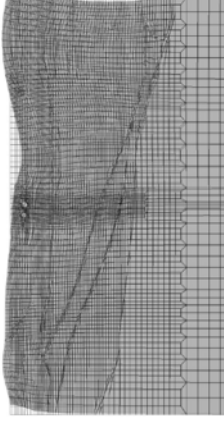
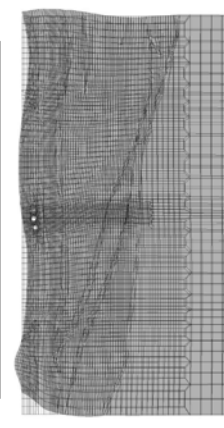
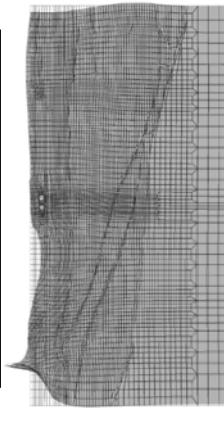
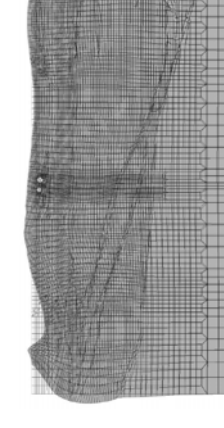


(a) A - A断面

図 3-4 (1) 屋外二重管基礎の固有値解析結果

(検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液化強度特性により地盤を強制的に液化化させることを仮定した解析ケース)



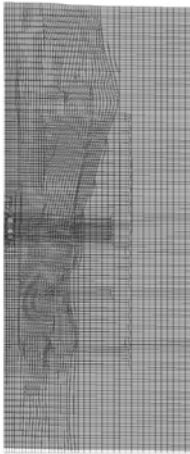
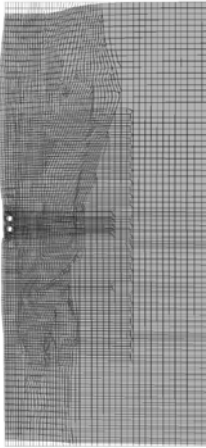
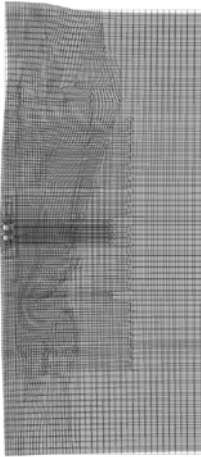
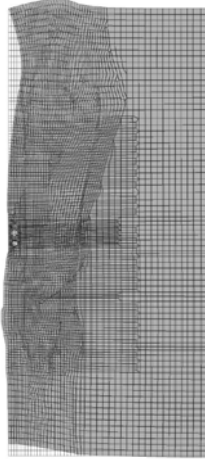
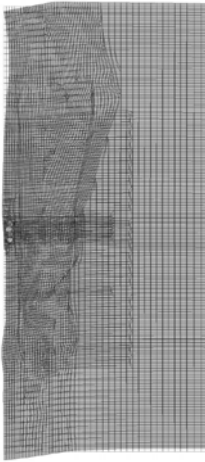
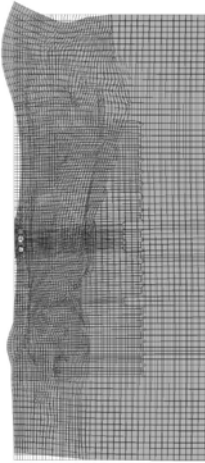
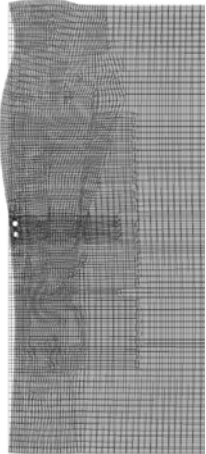
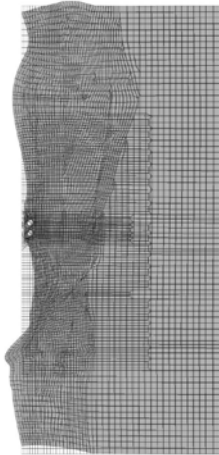
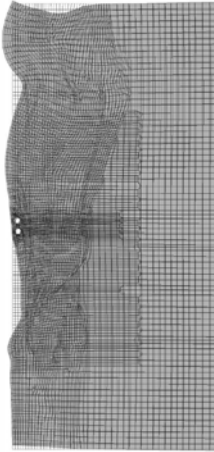
| 1 次モード   | 2 次モード  | 3 次モード  |
|--|---|---|
| <div>0.733 Hz (刺激係数 : 145.87)</div>   | <div>1.168 Hz (刺激係数 : 42.29)</div>    | <div>1.545 Hz (刺激係数 : -9.25)</div>   |
| 4 次モード   | 5 次モード  | 6 次モード  |
| <div>1.690 Hz (刺激係数 : 19.07)</div>    | <div>1.718 Hz (刺激係数 : 82.54)</div>    | <div>1.866 Hz (刺激係数 : 16.68)</div>   |
| 7 次モード   | 8 次モード  | 9 次モード  |
| <div>1.953 Hz (刺激係数 : 26.22)</div>  | <div>2.263 Hz (刺激係数 : -3.45)</div>  | <div>2.294 Hz (刺激係数 : 0.26)</div>  |

(b) B-B断面

図 3-4 (2) 屋外二重管基礎の固有値解析結果

(検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)



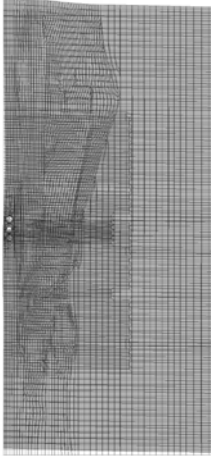
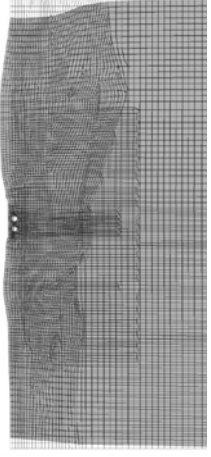
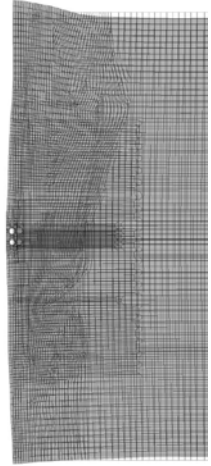
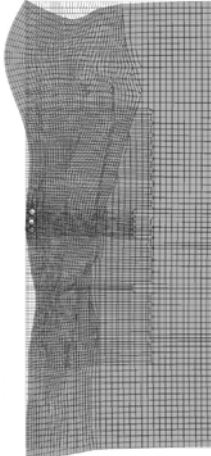
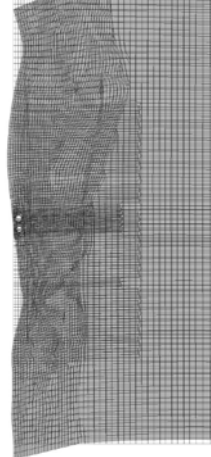
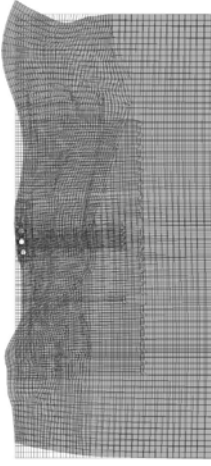
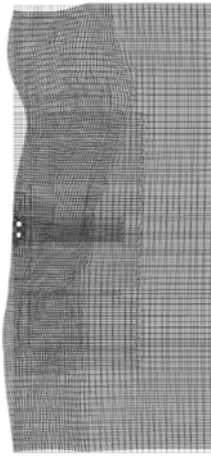
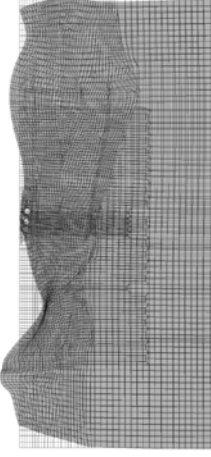
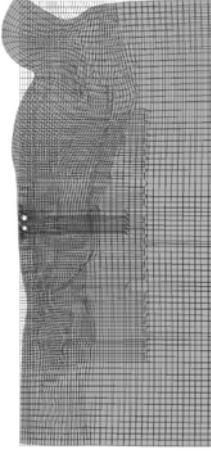
| 1 次モード  | 2 次モード  | 3 次モード  |
|---|---|---|
| <div>0.865 Hz (刺激係数 : 202.42)</div>  | <div>1.404 Hz (刺激係数 : 43.29)</div>    | <div>1.735 Hz (刺激係数 : -14.99)</div>  |
| 4 次モード  | 5 次モード  | 6 次モード  |
| <div>1.862 Hz (刺激係数 : -6.51)</div>   | <div>1.914 Hz (刺激係数 : 78.93)</div>    | <div>2.181 Hz (刺激係数 : 9.72)</div>    |
| 7 次モード  | 8 次モード  | 9 次モード  |
| <div>2.281 Hz (刺激係数 : 2.03)</div>  | <div>2.601 Hz (刺激係数 : -9.43)</div>  | <div>2.700 Hz (刺激係数 : 0.95)</div>  |

(c) C - C 断面 (杭基礎部)

図 3-4 (3) 屋外二重管基礎の固有値解析結果

(検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液化強度特性により地盤を強制的に液化化させることを仮定した解析ケース)



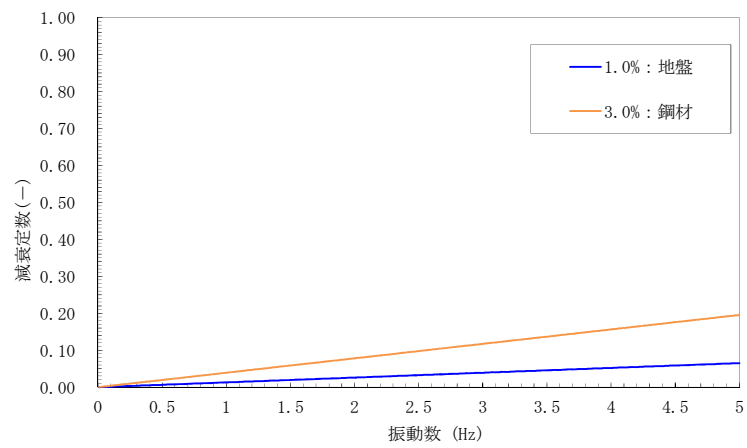
| 1 次モード  | 2 次モード   | 3 次モード  |
|---|--|---|
| <div>0.838 Hz (刺激係数 : 143.24)</div>  | <div>1.342 Hz (刺激係数 : 30.96)</div>     | <div>1.683 Hz (刺激係数 : -12.48)</div>  |
| 4 次モード  | 5 次モード   | 6 次モード  |
| <div>1.747 Hz (刺激係数 : 1.37)</div>    | <div>1.825 Hz (刺激係数 : 50.73)</div>     | <div>2.043 Hz (刺激係数 : 14.19)</div>   |
| 7 次モード  | 8 次モード   | 9 次モード  |
| <div>2.196 Hz (刺激係数 : 3.84)</div>  | <div>2.341 Hz (刺激係数 : -12.20)</div>  | <div>2.551 Hz (刺激係数 : 3.76)</div>  |

(d) C－C断面 (地盤改良部)

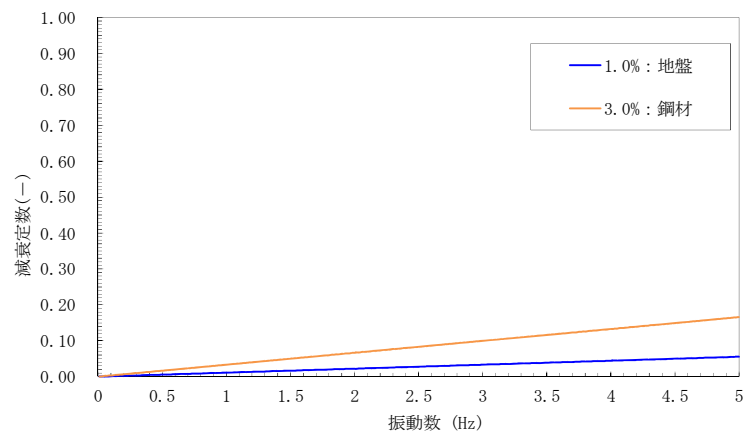
図 3－4 (4) 屋外二重管基礎の固有値解析結果

(検討ケース④)：敷地に存在しない豊浦標準砂の液化強度特性により地盤を強制的に液化化させることを仮定した解析ケース)

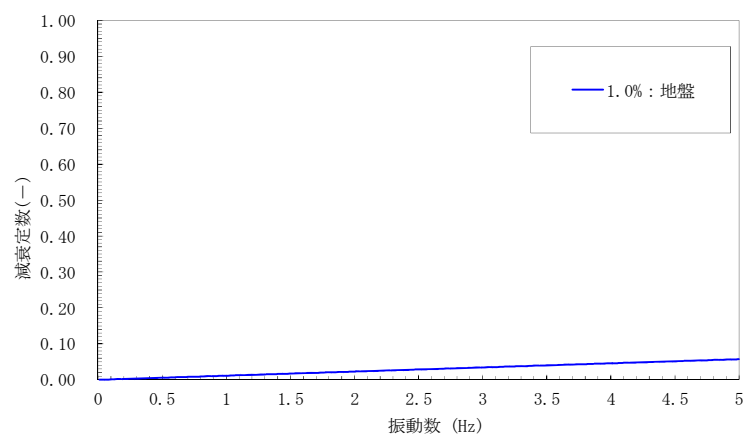




(a) B－B断面



(b) C－C断面（杭基礎部）

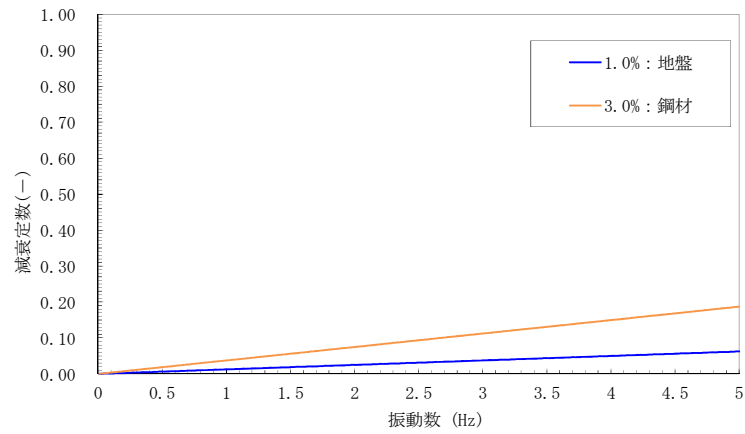


(c) C－C断面（地盤改良部）

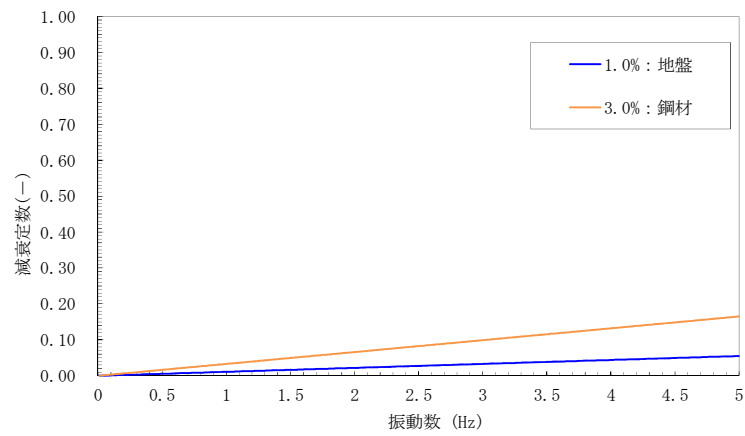
図 3－5 設定した Rayleigh 減衰

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

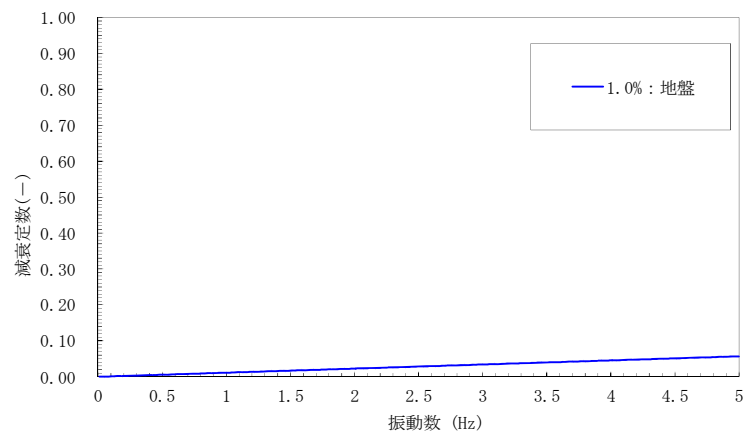




(a) B－B断面



(b) C－C断面（杭基礎部）

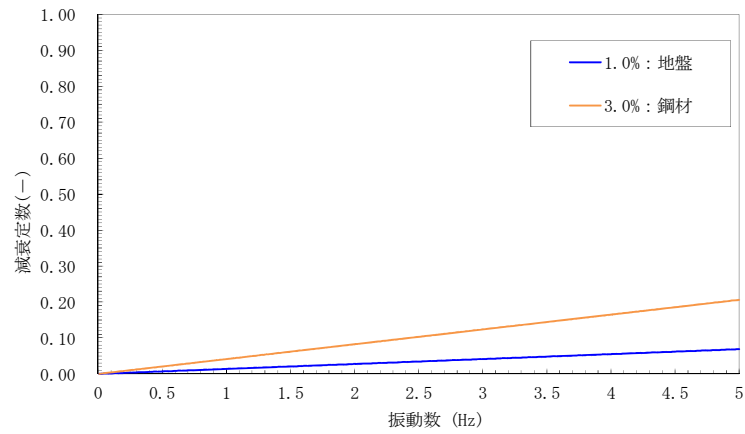


(c) C－C断面（地盤改良部）

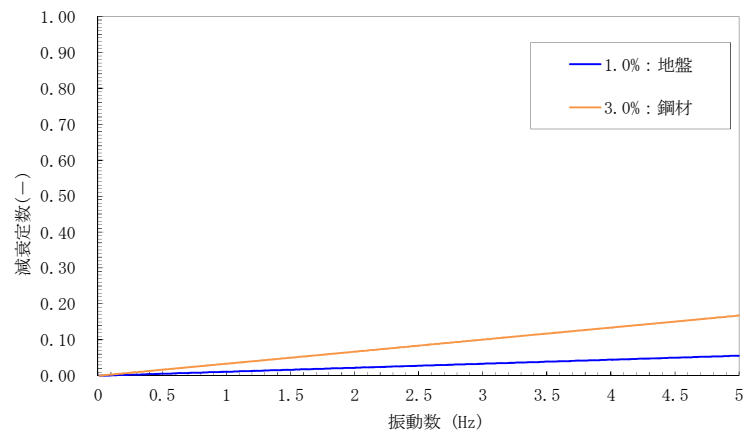
図 3-6 設定した Rayleigh 減衰

（検討ケース②：地盤物性のばらつきを考慮（+1 $\sigma$ ）した解析ケース）

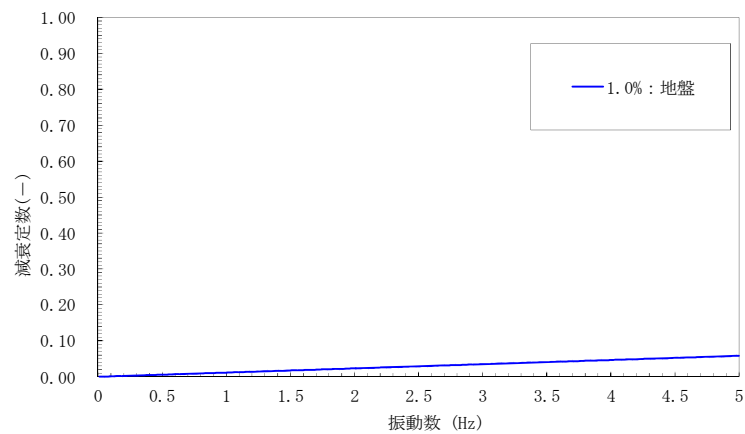




(a) B－B断面



(b) C－C断面（杭基礎部）

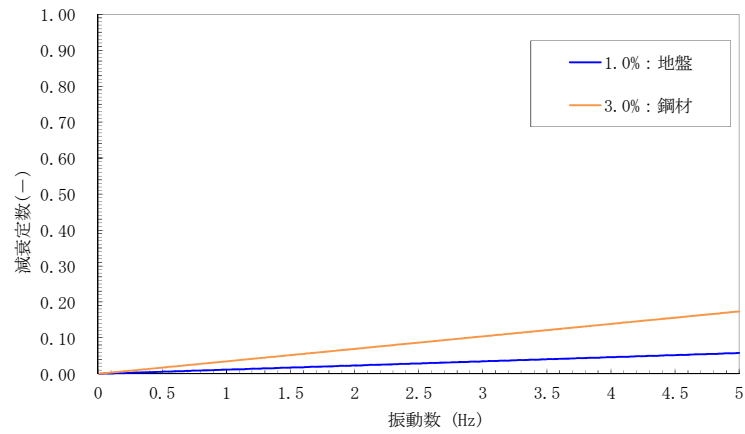


(c) C－C断面（地盤改良部）

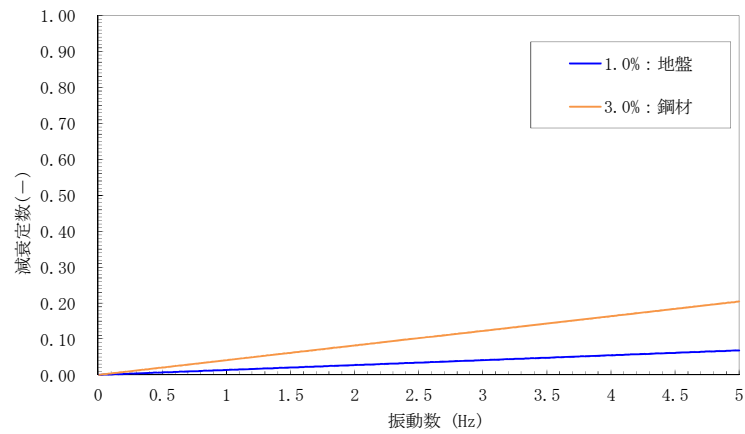
図 3－7 設定した Rayleigh 減衰

（検討ケース③：地盤物性のばらつきを考慮（ $-1\sigma$ ）した解析ケース）





(a) A-A断面

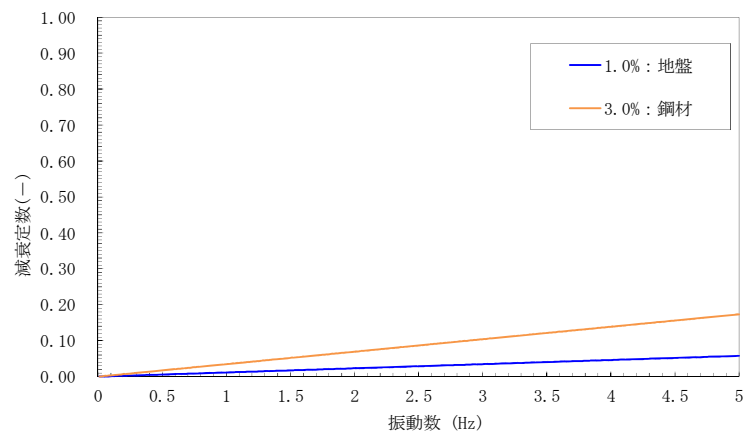


(b) B-B断面

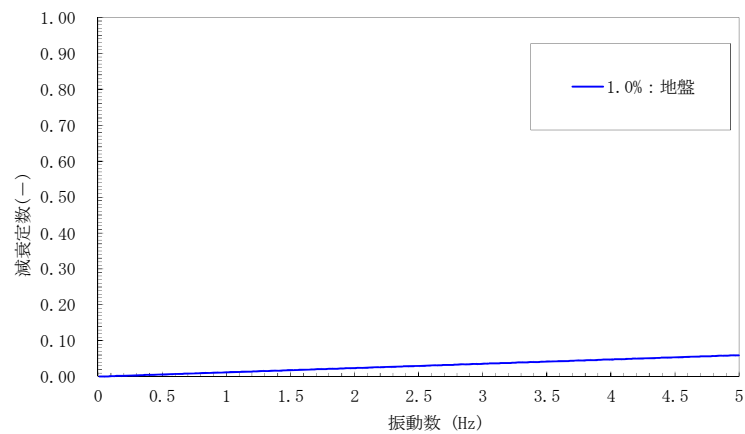
図 3-8 (1) 設定した Rayleigh 減衰

(検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により  
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)





(c) C-C断面 (杭基礎部)



(d) C-C断面 (地盤改良部)

図 3-8 (2) 設定した Rayleigh 減衰

(検討ケース④)：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により  
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)



## 10. 常設低圧代替注水系配管カルバートの耐震安全性評価

### 目次

|         |              |     |
|---------|--------------|-----|
| 10.1    | 評価方法         | 1   |
| 10.2    | 評価条件         | 2   |
| 10.2.1  | 適用基準         | 2   |
| 10.2.2  | 耐震安全性評価フロー   | 3   |
| 10.2.3  | 評価対象断面の方向    | 4   |
| 10.2.4  | 評価対象断面の選定    | 6   |
| 10.2.5  | 使用材料及び材料定数   | 10  |
| 10.2.6  | 評価構造物諸元      | 13  |
| 10.2.7  | 地下水位         | 14  |
| 10.2.8  | 地震応答解析手法     | 14  |
| 10.2.9  | 解析モデルの設定     | 15  |
| 10.2.10 | 減衰特性         | 24  |
| 10.2.11 | 荷重の組合せ       | 28  |
| 10.2.12 | 地震応答解析の検討ケース | 30  |
| 10.3    | 評価内容         | 32  |
| 10.3.1  | 入力地震動の設定     | 32  |
| 10.3.2  | 許容限界の設定      | 49  |
| 10.4    | 評価結果         | 51  |
| 10.4.1  | 地震応答解析結果     | 51  |
| 10.4.2  | 耐震評価結果       | 111 |
| 10.5    | まとめ（追而）      | 131 |
| 10.6    | 標準配筋図        | 132 |



## 10.1 評価方法

常設低圧代替注水系配管カルバートは、常設耐震重大事故防止設備及び常設重大事故緩和施設が設置される重大事故等対処施設に分類され、常設低圧代替注水系における複数の代替淡水源に対応するために設置し、常設低圧代替注水系配管の間接支持機能を有する。常設低圧代替注水系配管カルバートは、原子炉建屋と常設低圧代替注水ポンプ室間をつないでいる。常設低圧代替注水系配管カルバートについて基準地震動  $S_s$  による耐震安全性評価として、構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持力性能評価を実施する。

構造部材の健全性評価については、構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認する。基礎地盤の支持性能評価については、基礎地盤に作用する接地圧が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認する。



## 10.2 評価条件

### 10.2.1 適用基準

常設低圧代替注水系配管カルバートの耐震評価にあたっては、原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987（（社）日本電気協会）、コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（（社）土木学会、2002 年制定）、原子力施設鉄筋コンクリート構造計算基準・同解説（（社）日本建築学会、2005 年）を適用するが、鉄筋コンクリートの曲げ及びせん断の許容限界については、道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会、平成 24 年 3 月）を適用する。

表 10.2-1 に適用する規格、基準類を示す。

表 10.2-1 適用する規格、基準類

| 項目         | 適用する規格、基準類  | 備考  |
|------------|---|---|
| 使用材料及び材料定数 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（2002 年制定）</li> <li>・原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（2005 年）</li> </ul>                                       | —   |
| 荷重及び荷重の組合せ | <ul style="list-style-type: none"> <li>・コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（2002 年制定）</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・永久荷重+偶発荷重+従たる変動荷重の適切な組合せを検討</li> </ul>  |
| 許容限界       | <ul style="list-style-type: none"> <li>・コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（2002 年制定）</li> <li>・道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（平成 24 年 3 月）</li> <li>・ J E A G 4 6 0 1 -1987</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・曲げに対する照査は、発生応力度が、許容応力度以下であることを確認</li> <li>・せん断に対する照査は、発生応力度又は発生せん断力が、許容応力度又は許容せん断力以下であることを確認</li> </ul> |
| 地震応答解析     | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ J E A G 4 6 0 1 -1987</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・有限要素法による 2 次元モデルを用いた時刻歴非線形解析</li> </ul>   |



## 10.2.2 耐震安全性評価フロー

図 10.2-1 に常設低圧代替注水系配管カルバートの耐震安全性フローを示す。

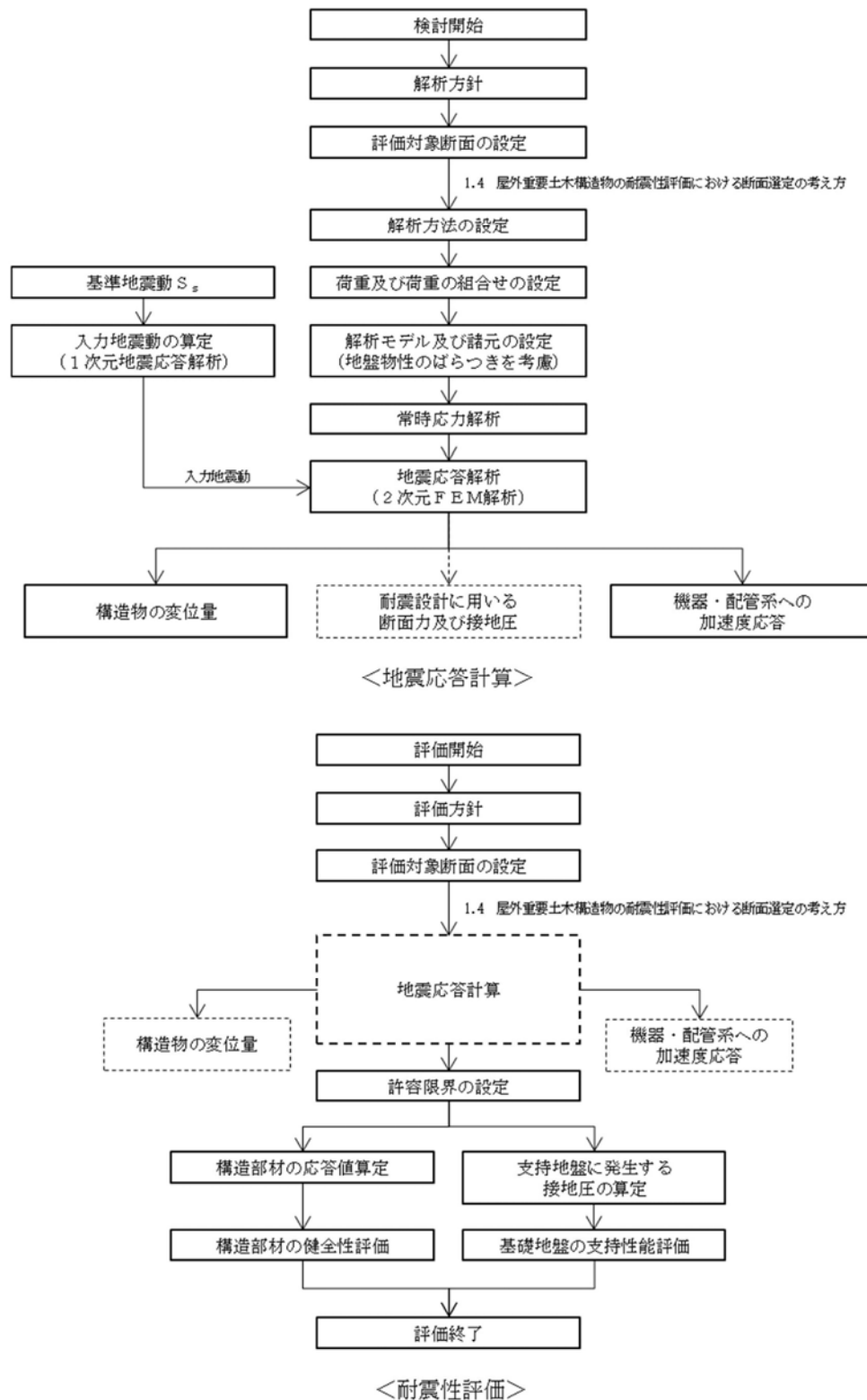


図 10.2-1 耐震安全性評価フロー



### 10.2.3 評価対象断面の方向

常設低圧代替注水系配管カルバートの位置を図 10.2-2 に示す。

常設低圧代替注水系配管カルバートは、延長 19.5 m (南北方向)、内空及び内空高さ 2.3 m の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり、軸方向に対して内空寸法が一様で、人工岩盤を介して十分な支持性能を有する岩盤で支持する。構造物の軸直角方向が弱軸断面方向となるため、軸直角方向を評価対象断面とする。

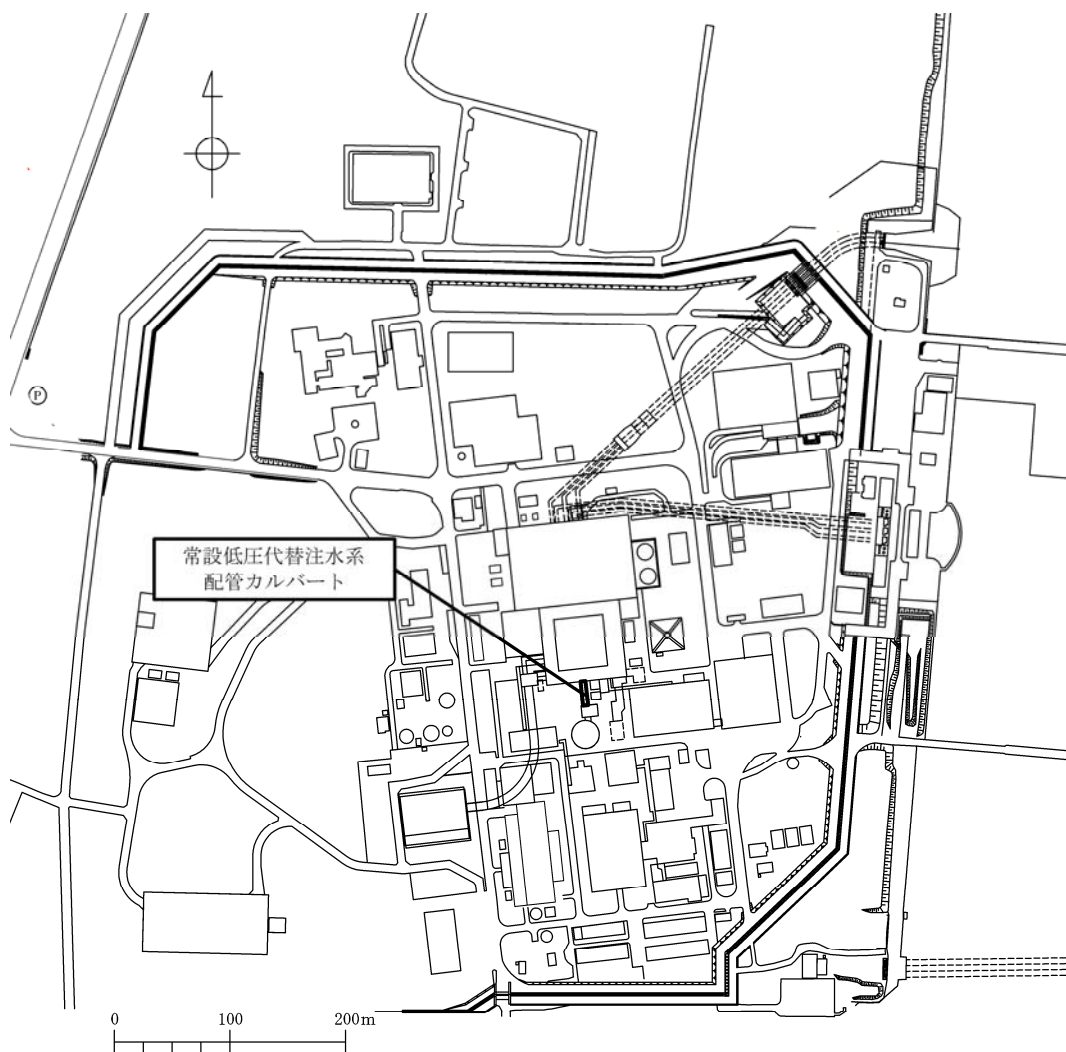


図 10.2-2 (1) 常設低圧代替注水系配管カルバート位置図



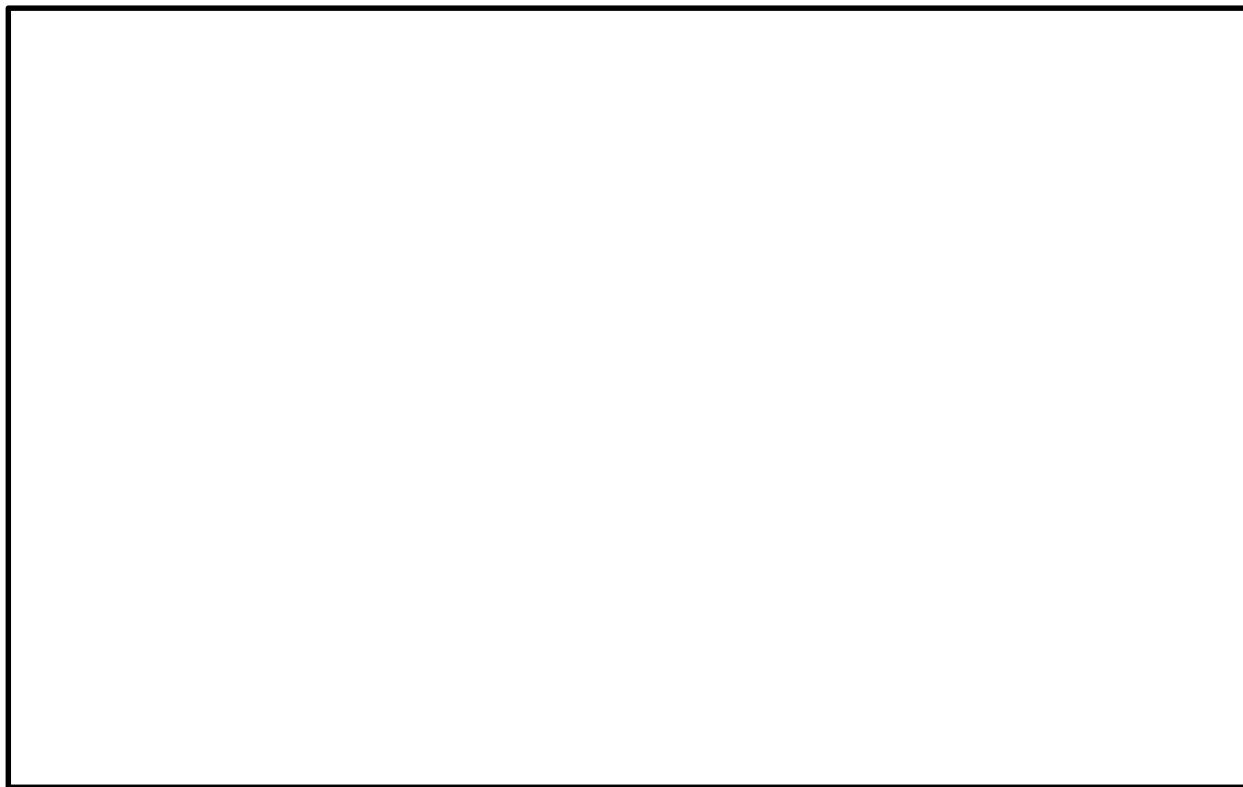


図 10.2-2 (2) 常設低圧代替注水系配管カルバート位置図



#### 10.2.4 評価対象断面の選定

図 10.2-3 に常設低圧代替注水系配管カルバートの断面図を示す。

常設低圧代替注水系配管カルバートは、延長 19.5 m、内空及び内空高さ 2.3 m の一連のボックスカルバート構造の鉄筋コンクリート造である。埋戻土内に埋設するため、人工岩盤を介して十分な支持性能を有する岩盤で支持する。

評価対象断面は、「1.4.10 常設低圧代替注水系配管カルバートの断面算定の考え方」で記載したとおり、常設低圧代替注水系カルバートは、内空寸法が一様なボックスカルバート構造の鉄筋コンクリート構造物であるため、軸直角方向 1 断面を選定し、耐震評価では基準地震動  $S_s$  に対する耐震評価を実施する。

評価対象断面位置図を図 10.2-4 に、評価対象断面図を図 10.2-5 に示す。



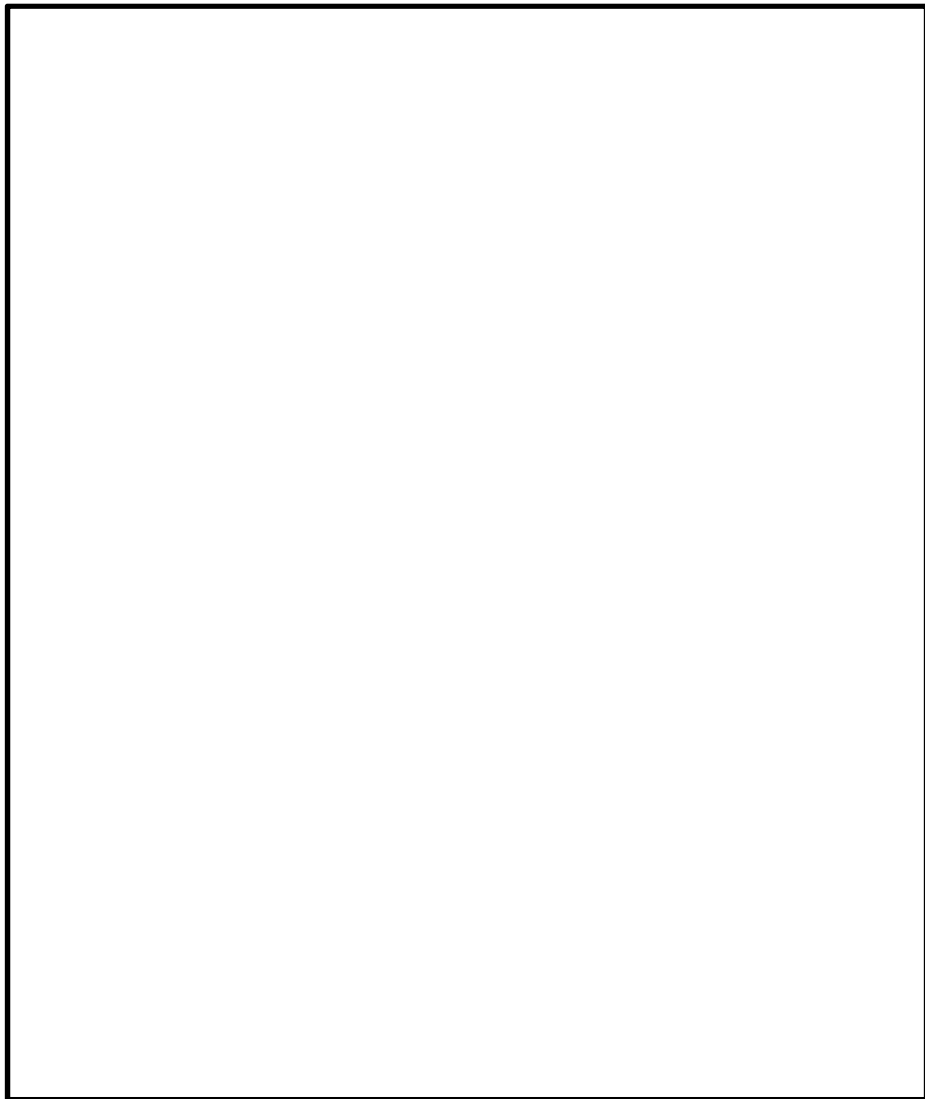


図 10.2-3 常設低圧代替注水系配管カルバート断面図



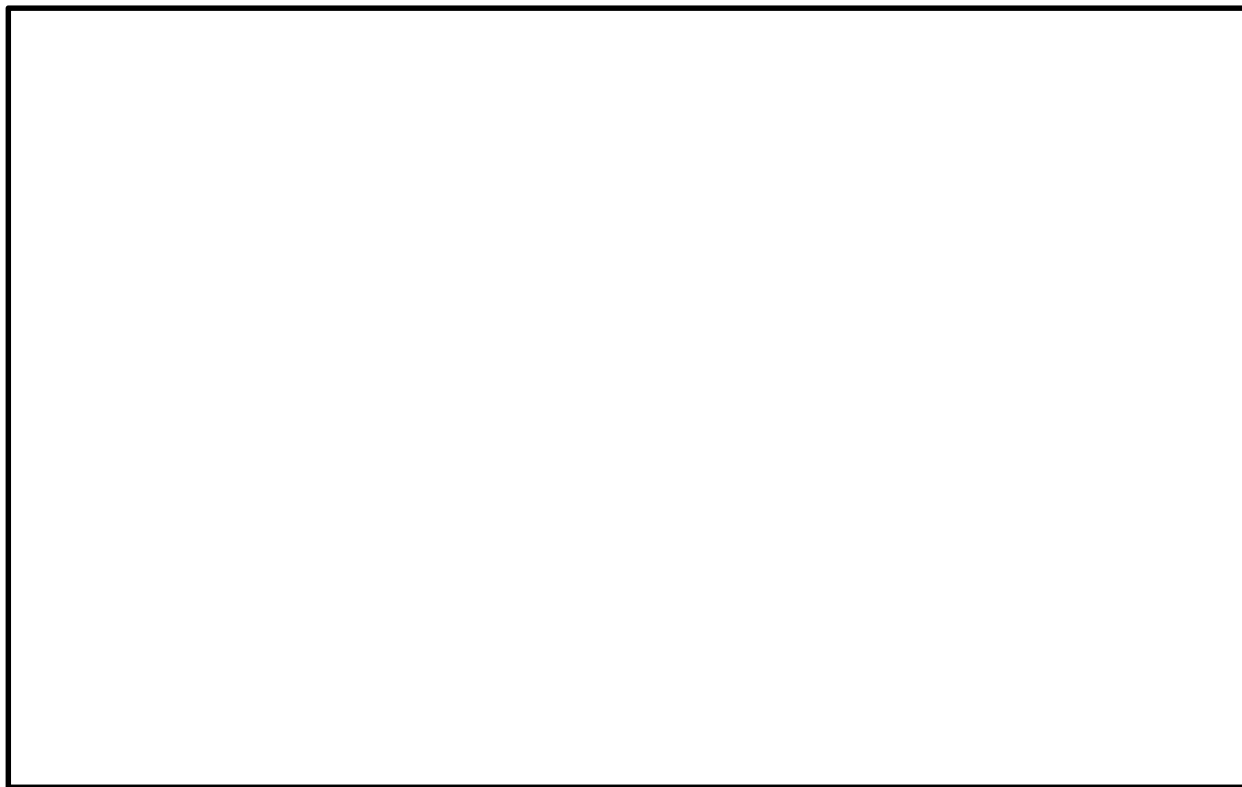


図 10.2-4 常設低圧代替注水系配管カルバート 耐震評価対象断面選定位置



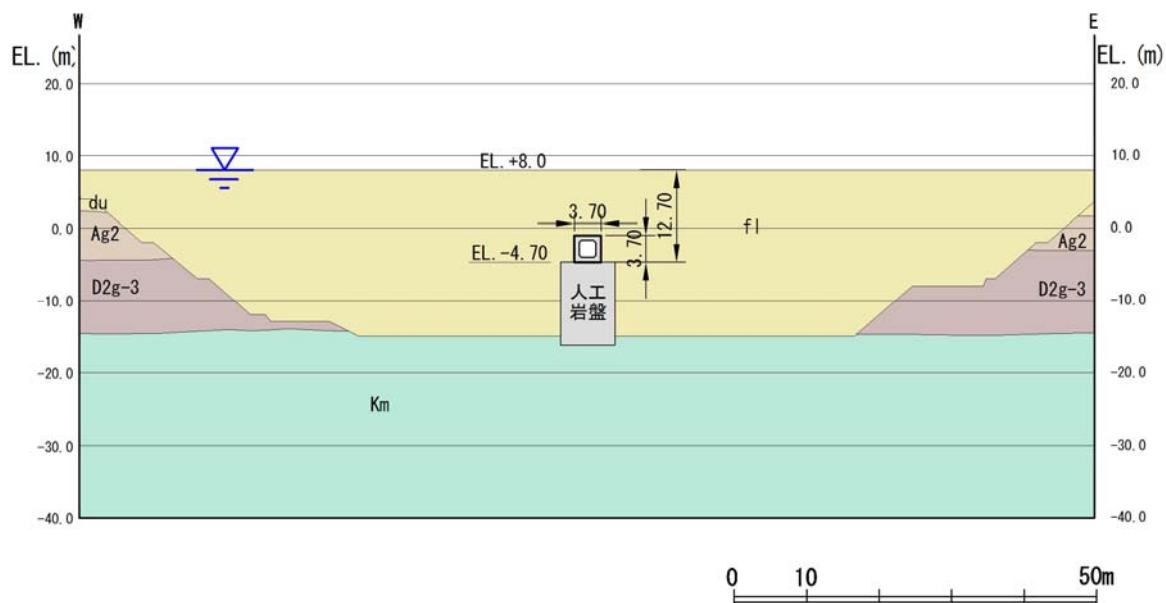


図 10.2-5 常設低圧代替注水系配管カルバート評価対象断面図



### 10.2.5 使用材料及び材料定数

耐震評価に用いる材料定数は、適用する基準類を基に設定する。構造物の使用材料を表 10.2-2 に、材料物性値を表 10.2-3 に示す。

地盤の諸元は、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値を用いる。なお、地盤については、有効応力の変化に応じた地震時挙動を適切に考慮できるモデル化とする。地盤の物性値を表 10.2-4 に示す。

表 10.2-2 使用材料

| 材料       | 諸元                          |
|----------|-----------------------------|
| コンクリート   | 設計基準強度 40 N/mm <sup>2</sup> |
| 鉄筋       | SD345, SD390                |
| 人工岩盤（新設） | 設計基準強度 18 N/mm <sup>2</sup> |

表 10.2-3 材料物性値

| 材料           |                                | 単位体積重量<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | ヤング係数<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | ポアソン比  | 減衰定数<br>(%) |
|--------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------|-------------|
| 鉄筋コン<br>クリート | 設計基準強度 40 N/mm <sup>2</sup> *1 | 24.5 *1                        | 3.1×10 <sup>4</sup> *1        | 0.2 *1 | 5 *2        |
| 人工岩盤         | 設計基準強度 18 N/mm <sup>2</sup> *3 | 23.0 *3                        | 2.06×10 <sup>4</sup> *3       | 0.2 *3 | 5 *2        |

注記 \*1：コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（土木学会，2002 年制定）

\*2：J E A G 4 6 0 1 -1987（（社）日本電気協会）

\*3：原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（2005 年）



表 10.2-4 (1) 地盤の解析用物性値一覧（液状化検討対象層）

| パラメータ |                        |                |                   | 原地盤                |                    |                    |        |                    |        |                      |                    | 豊浦標準砂 |
|-------|------------------------|----------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------|--------------------|--------|----------------------|--------------------|-------|
|       |                        |                |                   | 埋戻土                | 第四系（液状化検討対象層）      |                    |        |                    |        |                      |                    |       |
|       |                        |                |                   |                    | f1                 | du                 | Ag2    | As                 | Ag1    | D2s-3                | D2g-3              |       |
| 物理特性  | 密度<br>（）は地下水位以浅        | $\rho$         | g/cm <sup>3</sup> | 1.98<br>(1.82)     | 1.98<br>(1.82)     | 2.01<br>(1.89)     | 1.74   | 2.01<br>(1.89)     | 1.92   | 2.15<br>(2.11)       | 2.01<br>(1.89)     | 1.958 |
|       | 間隙比                    | e              | —                 | 0.75               | 0.75               | 0.67               | 1.2    | 0.67               | 0.79   | 0.43                 | 0.67               | 0.702 |
| 変形特性  | ボアソン比                  | $\nu_{CD}$     | —                 | 0.26               | 0.26               | 0.25               | 0.26   | 0.25               | 0.19   | 0.26                 | 0.25               | 0.333 |
|       | 基準平均有効主応力<br>（）は地下水位以浅 | $\sigma'_{ma}$ | kN/m <sup>2</sup> | 358<br>(312)       | 358<br>(312)       | 497<br>(299)       | 378    | 814<br>(814)       | 966    | 1167<br>(1167)       | 1695<br>(1710)     | 12.6  |
|       | 基準初期せん断剛性<br>（）は地下水位以浅 | $G_{ma}$       | kN/m <sup>2</sup> | 253529<br>(220739) | 253529<br>(220739) | 278087<br>(167137) | 143284 | 392073<br>(392073) | 650611 | 1362035<br>(1362035) | 947946<br>(956776) | 18975 |
|       | 最大履歴減衰率                | $h_{max}$      | —                 | 0.220              | 0.220              | 0.233              | 0.216  | 0.221              | 0.192  | 0.130                | 0.233              | 0.287 |
| 強度特性  | 粘着力                    | $C_{CD}$       | N/mm <sup>2</sup> | 0                  | 0                  | 0                  | 0.012  | 0                  | 0.01   | 0                    | 0                  | 0     |
|       | 内部摩擦角                  | $\phi_{CD}$    | 度                 | 37.3               | 37.3               | 37.4               | 41     | 37.4               | 35.8   | 44.4                 | 37.4               | 30    |
| 液状化特性 | 液状化パラメータ               | $\phi_p$       | —                 | 34.8               | 34.8               | 34.9               | 38.3   | 34.9               | 33.4   | 41.4                 | 34.9               | 28    |
|       | 液状化パラメータ               | $S_1$          | —                 | 0.047              | 0.047              | 0.028              | 0.046  | 0.029              | 0.048  | 0.030                | 0.020              | 0.005 |
|       | 液状化パラメータ               | $W_1$          | —                 | 6.5                | 6.5                | 56.5               | 6.9    | 51.6               | 17.6   | 45.2                 | 10.5               | 5.06  |
|       | 液状化パラメータ               | $P_1$          | —                 | 1.26               | 1.26               | 9.00               | 1.00   | 12.00              | 4.80   | 8.00                 | 7.00               | 0.57  |
|       | 液状化パラメータ               | $P_2$          | —                 | 0.80               | 0.80               | 0.60               | 0.75   | 0.60               | 0.96   | 0.60                 | 0.50               | 0.80  |
|       | 液状化パラメータ               | $C_1$          | —                 | 2.00               | 2.00               | 3.40               | 2.27   | 3.35               | 3.15   | 3.82                 | 2.83               | 1.44  |

表 10.2-4(2) 地盤の解析用物性値一覧（非液状化層）

| パラメータ |                         |                |                   | 原地盤        |        |                  |        |                                 |
|-------|-------------------------|----------------|-------------------|------------|--------|------------------|--------|---------------------------------|
|       |                         |                |                   | 第四系（非液状化層） |        |                  |        | 新第三系                            |
|       |                         |                |                   | Ac         | D2c-3  | lm               | D1c-1  | Km                              |
| 物理特性  | 密度<br>() は地下水位以浅        | $\rho$         | g/cm <sup>2</sup> | 1.65       | 1.77   | 1.47<br>(1.43)   | 1.77   | 1.72-1.03×10 <sup>-4</sup> ・z   |
|       | 間隙比                     | e              | —                 | 1.59       | 1.09   | 2.8              | 1.09   | 1.16                            |
| 変形特性  | ポアソン比                   | $\nu_{CD}$     | —                 | 0.10       | 0.22   | 0.14             | 0.22   | 0.16+0.00025・z                  |
|       | 基準平均有効主応力<br>() は地下水位以浅 | $\sigma'_{ma}$ | kN/m <sup>2</sup> | 480        | 696    | 249<br>(223)     | 696    | 動的変形特性に基づき<br>z（標高）毎に物性値を<br>設定 |
|       | 基準初期せん断剛性<br>() は地下水位以浅 | $G_{ma}$       | kN/m <sup>2</sup> | 121829     | 285223 | 38926<br>(35783) | 285223 |                                 |
|       | 最大履歴減衰率                 | $h_{max}$      | —                 | 0.200      | 0.186  | 0.151            | 0.186  |                                 |
| 強度特性  | 粘着力                     | $C_{CD}$       | N/mm <sup>2</sup> | 0.025      | 0.026  | 0.042            | 0.026  | 0.358-0.00603・z                 |
|       | 内部摩擦角                   | $\phi_{CD}$    | 度                 | 29.1       | 35.6   | 27.3             | 35.6   | 23.2+0.0990・z                   |

z：標高(m)



表 10.2-4 (3) 地盤の解析用物性値一覧 (新第三系 Km 層)

| 区分<br>番号 | 設定深度<br>TP (m)<br>Z | 適用深度 TP (m) | 密度<br>$\rho$<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | 静ポアソン比<br>$\nu_{co}$ | 粘着力<br>$C_{co}$<br>(kN/mf) | 内部摩擦角<br>$\phi_{co}$<br>(°) | せん断波<br>速度Vs<br>(m/s) | 基準初期<br>せん断剛性 G <sub>ma</sub><br>(kN/mf) | 基準体積<br>弾性係数 K <sub>ma</sub><br>(kN/mf) | 基準平均有効<br>主応力 $\sigma'_{ma}$<br>(kN/mf) | 拘束圧<br>依存係数<br>mG, mK | 最大履歴<br>減衰率<br>h <sub>max</sub> (-) | 動ポアソン比<br>$\nu_d$ | 疎密波<br>速度Vp<br>(m/s) | 1000*Vp   |
|----------|---------------------|-------------|--------------------------------------|----------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------|--|---|---|-----------------------|-------------------------------------|-------------------|----------------------|-----------|
| 1        | 10                  | 9.5 ~ 10.5  | 1.72                                 | 0.16                 | 298                        | 24.2                        | 425                   | 310,675                                  | 353,317                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.105                               | 0.464             | 1,640                | 1,640,000 |
| 2        | 9                   | 8.5 ~ 9.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 304                        | 24.1                        | 426                   | 312,139                                  | 354,982                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.105                               | 0.464             | 1,644                | 1,644,000 |
| 3        | 8                   | 7.5 ~ 8.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 310                        | 24.0                        | 427                   | 313,606                                  | 356,650                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.105                               | 0.464             | 1,648                | 1,648,000 |
| 4        | 7                   | 6.5 ~ 7.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 316                        | 23.9                        | 428                   | 315,076                                  | 358,322                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.105                               | 0.464             | 1,651                | 1,651,000 |
| 5        | 6                   | 5.5 ~ 6.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 322                        | 23.8                        | 428                   | 315,076                                  | 358,322                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.106                               | 0.464             | 1,651                | 1,651,000 |
| 6        | 5                   | 4.5 ~ 5.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 328                        | 23.7                        | 429                   | 316,551                                  | 359,999                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.106                               | 0.464             | 1,655                | 1,655,000 |
| 7        | 4                   | 3.5 ~ 4.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 334                        | 23.6                        | 430                   | 318,028                                  | 361,679                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.106                               | 0.463             | 1,638                | 1,638,000 |
| 8        | 3                   | 2.5 ~ 3.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 340                        | 23.5                        | 431                   | 319,509                                  | 363,363                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.107                               | 0.463             | 1,642                | 1,642,000 |
| 9        | 2                   | 1.5 ~ 2.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 346                        | 23.4                        | 431                   | 319,509                                  | 363,363                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.107                               | 0.463             | 1,642                | 1,642,000 |
| 10       | 1                   | 0.5 ~ 1.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 352                        | 23.3                        | 432                   | 320,993                                  | 365,051                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.107                               | 0.463             | 1,646                | 1,646,000 |
| 11       | 0                   | -0.5 ~ 0.5  | 1.72                                 | 0.16                 | 358                        | 23.2                        | 433                   | 322,481                                  | 366,743                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.107                               | 0.463             | 1,650                | 1,650,000 |
| 12       | -1                  | -1.5 ~ -0.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 364                        | 23.1                        | 434                   | 323,972                                  | 368,439                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.108                               | 0.463             | 1,653                | 1,653,000 |
| 13       | -2                  | -2.5 ~ -1.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 370                        | 23.0                        | 435                   | 325,467                                  | 370,139                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.108                               | 0.463             | 1,657                | 1,657,000 |
| 14       | -3                  | -3.5 ~ -2.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 376                        | 22.9                        | 435                   | 325,467                                  | 370,139                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.108                               | 0.463             | 1,657                | 1,657,000 |
| 15       | -4                  | -4.5 ~ -3.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 382                        | 22.8                        | 436                   | 326,965                                  | 371,843                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.108                               | 0.463             | 1,661                | 1,661,000 |
| 16       | -5                  | -5.5 ~ -4.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 388                        | 22.7                        | 437                   | 328,467                                  | 373,551                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.109                               | 0.462             | 1,644                | 1,644,000 |
| 17       | -6                  | -6.5 ~ -5.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 394                        | 22.6                        | 438                   | 329,972                                  | 375,262                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.109                               | 0.462             | 1,648                | 1,648,000 |
| 18       | -7                  | -7.5 ~ -6.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 400                        | 22.5                        | 438                   | 329,972                                  | 375,262                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.109                               | 0.462             | 1,648                | 1,648,000 |
| 19       | -8                  | -8.5 ~ -7.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 406                        | 22.4                        | 439                   | 331,480                                  | 376,977                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.109                               | 0.462             | 1,652                | 1,652,000 |
| 20       | -9                  | -9.5 ~ -8.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 412                        | 22.3                        | 440                   | 332,992                                  | 378,697                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.110                               | 0.462             | 1,656                | 1,656,000 |
| 21       | -10                 | -11 ~ -9.5  | 1.72                                 | 0.16                 | 418                        | 22.2                        | 441                   | 334,507                                  | 380,420                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.110                               | 0.462             | 1,659                | 1,659,000 |
| 22       | -12                 | -13 ~ -11   | 1.72                                 | 0.16                 | 430                        | 22.0                        | 442                   | 336,026                                  | 382,147                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.110                               | 0.462             | 1,663                | 1,663,000 |
| 23       | -14                 | -15 ~ -13   | 1.72                                 | 0.16                 | 442                        | 21.8                        | 444                   | 339,074                                  | 385,614                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.111                               | 0.462             | 1,671                | 1,671,000 |
| 24       | -16                 | -17 ~ -15   | 1.72                                 | 0.16                 | 454                        | 21.6                        | 445                   | 340,603                                  | 387,352                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.111                               | 0.461             | 1,654                | 1,654,000 |
| 25       | -18                 | -19 ~ -17   | 1.72                                 | 0.16                 | 467                        | 21.4                        | 447                   | 343,671                                  | 390,842                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.112                               | 0.461             | 1,662                | 1,662,000 |
| 26       | -20                 | -21 ~ -19   | 1.72                                 | 0.16                 | 479                        | 21.2                        | 448                   | 345,211                                  | 392,593                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.112                               | 0.461             | 1,665                | 1,665,000 |
| 27       | -22                 | -23 ~ -21   | 1.72                                 | 0.15                 | 491                        | 21.0                        | 450                   | 348,300                                  | 381,471                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.112                               | 0.461             | 1,673                | 1,673,000 |
| 28       | -24                 | -25 ~ -23   | 1.72                                 | 0.15                 | 503                        | 20.8                        | 452                   | 351,403                                  | 384,870                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.113                               | 0.461             | 1,680                | 1,680,000 |
| 29       | -26                 | -27 ~ -25   | 1.72                                 | 0.15                 | 515                        | 20.6                        | 453                   | 352,959                                  | 386,574                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.113                               | 0.460             | 1,664                | 1,664,000 |
| 30       | -28                 | -29 ~ -27   | 1.72                                 | 0.15                 | 527                        | 20.4                        | 455                   | 356,083                                  | 389,996                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.114                               | 0.460             | 1,672                | 1,672,000 |
| 31       | -30                 | -31 ~ -29   | 1.72                                 | 0.15                 | 539                        | 20.2                        | 456                   | 357,650                                  | 391,712                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.114                               | 0.460             | 1,675                | 1,675,000 |
| 32       | -32                 | -33 ~ -31   | 1.72                                 | 0.15                 | 551                        | 20.0                        | 458                   | 360,794                                  | 395,155                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.115                               | 0.460             | 1,683                | 1,683,000 |
| 33       | -34                 | -35 ~ -33   | 1.72                                 | 0.15                 | 563                        | 19.8                        | 459                   | 362,371                                  | 396,883                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.115                               | 0.459             | 1,667                | 1,667,000 |
| 34       | -36                 | -37 ~ -35   | 1.72                                 | 0.15                 | 575                        | 19.6                        | 461                   | 365,536                                  | 400,349                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.115                               | 0.459             | 1,675                | 1,675,000 |
| 35       | -38                 | -39 ~ -37   | 1.72                                 | 0.15                 | 587                        | 19.4                        | 462                   | 367,124                                  | 402,088                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.116                               | 0.459             | 1,678                | 1,678,000 |
| 36       | -40                 | -41 ~ -39   | 1.72                                 | 0.15                 | 599                        | 19.2                        | 464                   | 370,309                                  | 405,577                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.116                               | 0.459             | 1,685                | 1,685,000 |
| 37       | -42                 | -43 ~ -41   | 1.72                                 | 0.15                 | 611                        | 19.0                        | 465                   | 371,907                                  | 407,327                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.117                               | 0.459             | 1,689                | 1,689,000 |
| 38       | -44                 | -45 ~ -43   | 1.72                                 | 0.15                 | 623                        | 18.8                        | 467                   | 375,113                                  | 410,838                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.117                               | 0.458             | 1,678                | 1,678,000 |
| 39       | -46                 | -47 ~ -45   | 1.72                                 | 0.15                 | 635                        | 18.6                        | 468                   | 376,721                                  | 412,599                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.117                               | 0.458             | 1,681                | 1,681,000 |
| 40       | -48                 | -49 ~ -47   | 1.72                                 | 0.15                 | 647                        | 18.4                        | 470                   | 379,948                                  | 416,134                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.118                               | 0.458             | 1,688                | 1,688,000 |
| 41       | -50                 | -51 ~ -49   | 1.73                                 | 0.15                 | 660                        | 18.3                        | 472                   | 385,416                                  | 422,122                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.118                               | 0.458             | 1,696                | 1,696,000 |
| 42       | -52                 | -53 ~ -51   | 1.73                                 | 0.15                 | 672                        | 18.1                        | 473                   | 387,051                                  | 423,913                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.118                               | 0.458             | 1,699                | 1,699,000 |
| 43       | -54                 | -55 ~ -53   | 1.73                                 | 0.15                 | 684                        | 17.9                        | 475                   | 390,331                                  | 427,505                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.118                               | 0.457             | 1,688                | 1,688,000 |
| 44       | -56                 | -57 ~ -55   | 1.73                                 | 0.15                 | 696                        | 17.7                        | 476                   | 391,976                                  | 429,307                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.119                               | 0.457             | 1,692                | 1,692,000 |
| 45       | -58                 | -59 ~ -57   | 1.73                                 | 0.15                 | 708                        | 17.5                        | 478                   | 395,277                                  | 432,922                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.119                               | 0.457             | 1,699                | 1,699,000 |
| 46       | -60                 | -61 ~ -59   | 1.73                                 | 0.15                 | 720                        | 17.3                        | 479                   | 396,933                                  | 434,736                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.120                               | 0.457             | 1,702                | 1,702,000 |
| 47       | -62                 | -63 ~ -61   | 1.73                                 | 0.14                 | 732                        | 17.1                        | 481                   | 400,255                                  | 422,491                                 | 492                                     | 0.0                   | 0.120                               | 0.457             | 1,709                | 1,709,000 |
| 48       | -64                 | -65 ~ -63   | 1.73                                 | 0.14                 | 744                        | 16.9                        | 482                   | 401,921                                  | 424,250                                 | 492                                     | 0.0                   | 0.120                               | 0.456             | 1,695                | 1,695,000 |
| 49       | -66                 | -67 ~ -65   | 1.73                                 | 0.14                 | 756                        | 16.7                        | 484                   | 405,263                                  | 427,778                                 | 492                                     | 0.0                   | 0.120                               | 0.456             | 1,702                | 1,702,000 |
| 50       | -68                 | -69 ~ -67   | 1.73                                 | 0.14                 | 768                        | 16.5                        | 485                   | 406,939                                  | 429,547                                 | 492                                     | 0.0                   | 0.121                               | 0.456             | 1,705                | 1,705,000 |
| 51       | -70                 | -71 ~ -69   | 1.73                                 | 0.14                 | 780                        | 16.3                        | 487                   | 410,302                                  | 433,097                                 | 492                                     | 0.0                   | 0.121                               | 0.456             | 1,712                | 1,712,000 |
| 52       | -72                 | -73 ~ -71   | 1.73                                 | 0.14                 | 792                        | 16.1                        | 489                   | 413,679                                  | 436,661                                 | 492                                     | 0.0                   | 0.121                               | 0.456             | 1,719                | 1,719,000 |
| 53       | -74                 | -75 ~ -73   | 1.73                                 | 0.14                 | 804                        | 15.9                        | 490                   | 415,373                                  | 438,449                                 | 492                                     | 0.0                   | 0.122                               | 0.455             | 1,705                | 1,705,000 |
| 54       | -76                 | -77 ~ -75   | 1.73                                 | 0.14                 | 816                        | 15.7                        | 492                   | 418,771                                  | 442,036                                 | 492                                     | 0.0                   | 0.122                               | 0.455             | 1,712                | 1,712,000 |
| 55       | -78                 | -79 ~ -77   | 1.73                                 | 0.14                 | 828                        | 15.5                        | 493                   | 420,475                                  | 443,835                                 | 492                                     | 0.0                   | 0.122                               | 0.455             | 1,716                | 1,716,000 |
| 56       | -80                 | -81 ~ -79   | 1.73                                 | 0.14                 | 840                        | 15.3                        | 495                   | 423,893                                  | 447,443                                 | 492                                     | 0.0                   | 0.122                               | 0.455             | 1,723                | 1,723,000 |
| 57       | -82                 | -83 ~ -81   | 1.73                                 | 0.14                 | 852                        | 15.1                        | 496                   | 425,608                                  | 449,253                                 | 492                                     | 0.0                   | 0.123                               | 0.455             | 1,726                | 1,726,000 |
| 58       | -88                 | -90 ~ -85   | 1.73                                 | 0.14                 | 889                        | 14.5                        | 501                   | 434,232                                  | 458,356                                 | 492                                     | 0.0                   | 0.124                               | 0.454             | 1,726                | 1,726,000 |
| 59       | -92                 | -95 ~ -90   | 1.73                                 | 0.14                 | 913                        | 14.1                        | 504                   | 439,448                                  | 463,862                                 | 492                                     | 0.0                   | 0.124                               | 0.454             | 1,736                | 1,736,000 |
| 60       | -98                 | -101 ~ -95  | 1.73                                 | 0.14                 | 949                        | 13.5                        | 509                   | 448,210                                  | 473,111                                 | 492                                     | 0.0                   | 0.125                               | 0.453             | 1,736                | 1,736,000 |
| 61       | -104                | -108 ~ -101 | 1.73                                 | 0.13                 | 985                        | 12.9                        | 513                   | 455,282                                  | 463,485                                 | 486                                     | 0.0                   | 0.126                               | 0.452             | 1,733                | 1,733,000 |
| 62       | -112                | -115 ~ -108 | 1.73                                 | 0.13                 | 1,033                      | 12.1                        | 519                   | 465,995                                  | 474,391                                 | 486                                     | 0.0                   | 0.127                               | 0.451             | 1,737                | 1,737,000 |
| 63       | -118                | -122 ~ -115 | 1.73                                 | 0.13                 | 1,070                      | 11.5                        | 524                   | 475,016                                  | 483,575                                 | 486                                     | 0.0                   | 0.127                               | 0.451             | 1,754                | 1,754,000 |
| 64       | -126                | -130 ~ -122 | 1.73                                 | 0.13                 | 1,118                      | 10.7                        | 530                   | 485,957                                  | 494,713                                 | 486                                     | 0.0                   | 0.128                               | 0.450             | 1,758                | 1,758,000 |



### 10.2.6 評価構造物諸元

許容応力度による照査を行う常設低圧代替注水系配管カルバートの諸元を表 10.2-5 に示す。また、評価部位を図 10.2-6 に示す。

表 10.2-5 評価構造物諸元

| 部位 | 仕様         |            | 材料                                       |                | 機能要求              |
|----|------------|------------|--|----------------|-------------------|
|    | 部材幅<br>(m) | 部材高<br>(m) | コンクリート<br>$f'_{ck}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | 鉄筋             |                   |
| 底版 | 1.000      | 0.700      | 40                                       | SD390<br>SD490 | 常設低圧注水系配管等の間接支持機能 |
| 側壁 | 1.000      | 0.700      | 40                                       | SD390<br>SD490 |                   |
| 頂版 | 1.000      | 0.700      | 40                                       | SD390<br>SD490 |                   |

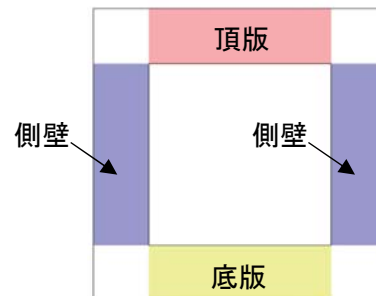


図 10.2-6 評価部位



### 10.2.7 地下水位

地下水位は地表面として設定する。

### 10.2.8 地震応答解析手法

常設低圧代替注水系配管カルバートの地震応答解析は、地盤と構造物の相互作用を考慮できる2次元動的有限要素法解析を用いて、基準地震動に基づき設定した水平地震動と鉛直地震動の同時加振による時刻歴非線形解析にて行う。部材については、はり要素を用いることとする。また、地盤については、有効応力の変化に応じた地震時挙動を適切に考慮できるモデル化とする。地震応答解析については、解析コード「FLIP ver. 7.3.0\_2」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、V-5-10「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

地震応答解析手法の選定フローを図 10.2-7 に示す。

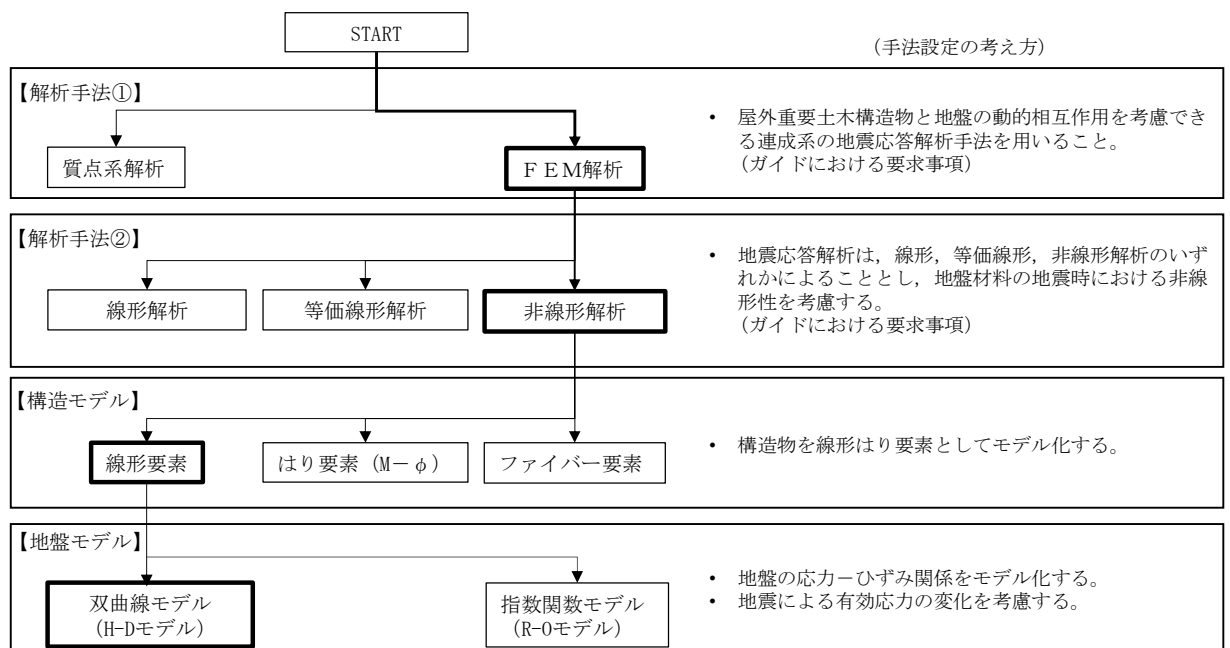


図 10.2-7 地震応答解析手法の選定フロー

地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線の構成則を有効応力解析へ適用する際は、地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線に関するせん断ひずみ及び有効応力の変化に応じた特徴を適切に表現できるモデルを用いる必要がある。

一般に、地盤は荷重を与えることによりせん断ひずみを増加させていくと、地盤のせん断応力は上限値に達し、それ以上はせん断応力が増加しなくなる特徴がある。また、地盤のせん断応力の上限値は有効応力に応じて変化する特徴がある。

よって、耐震評価における有効応力解析では、地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線の構成則として、地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線に関するせん断ひずみ及び有効応力の変化に応じたこれら2つの特徴を表現できる双曲線モデル (H-D モデル) を選定する。



### 10.2.9 解析モデルの設定

#### (1) 解析モデル領域

地震応答解析モデルは、境界条件の影響が地盤及び構造物の応力状態に影響を及ぼさないよう、十分広い領域とする。具体的には、J E A G 4 6 0 1 -1987 を参考に、図 10.2-8 に示すとおりモデル幅を構造物基礎幅の 5 倍以上、モデル高さを構造物幅の 2 倍以上を確保する。

地盤の要素分割については、地盤の波動をなめらかに表現するために、最大周波数 20Hz 及びせん断波速度  $V_s$  で算定される波長の 5 又は 4 分割，すなわち  $V_s/100$  又は  $V_s/80$  を考慮し、要素高さを 1m 程度まで細分割して設定する。

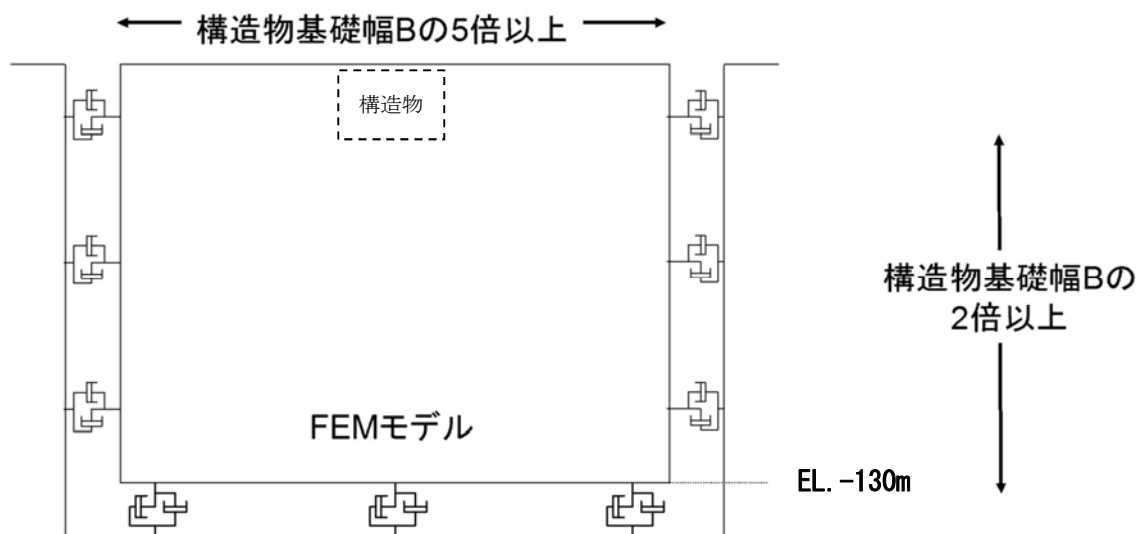


図 10.2-8 モデル範囲の考え方



2次元有効応力解析モデルは、検討対象構造物とその周辺地盤をモデル化した不整形地盤に加え、この不整形地盤の左右に広がる地盤をモデル化した自由地盤で構成される。この自由地盤は、不整形地盤の左右端と同じ地層構成を有する1次元地盤モデル（不整形地盤左右端のそれぞれ縦1列の要素列と同じ地層構成で、水平方向に連続することを表現するために循環境界条件を設定したモデル）である。2次元有効応力解析における自由地盤の初期応力解析から不整形地盤の地震応答解析までのフローを図10.2-9に示す。また、代替注水系配管カルバート周辺の地質断面図を図10.2-10に示す。

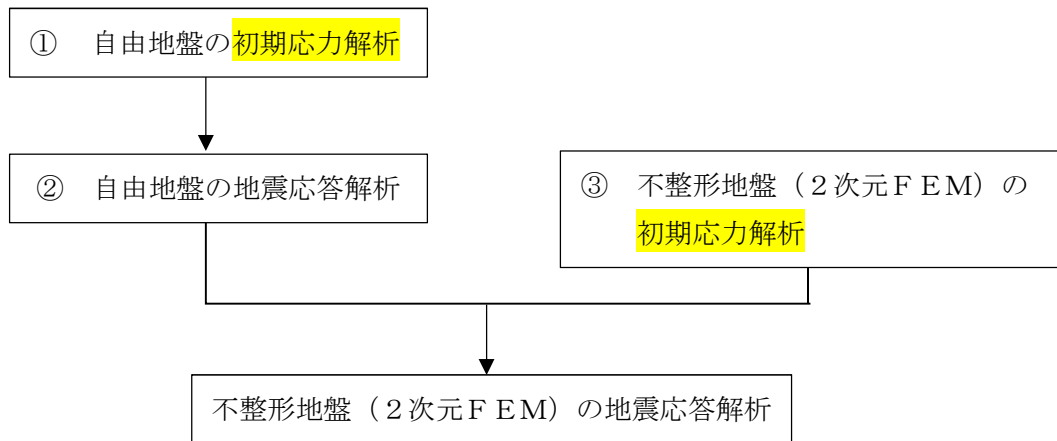


図 10.2-9 自由地盤の初期応力解析から不整形地盤（2次元FEM）の地震応答解析までのフロー

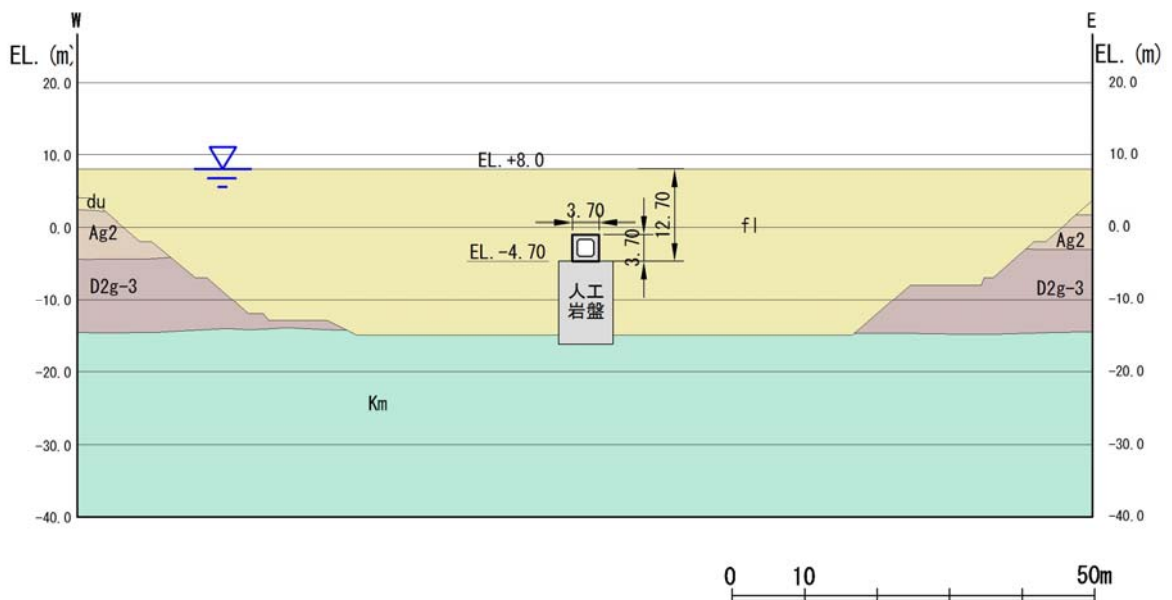


図 10.2-10 地質断面図



(2) 境界条件

a. 固有値解析時

固有値解析を実施する際の境界条件は、境界が構造物を含めた周辺地盤の振動特性に影響を与えないよう設定する。ここで、底面境界は地盤のせん断方向の卓越変形モードを把握するために固定とし、側面は実地盤が側方に連続していることを模擬するため水平ローラーとする。境界条件の概念図を図 10.2-11 に示す。

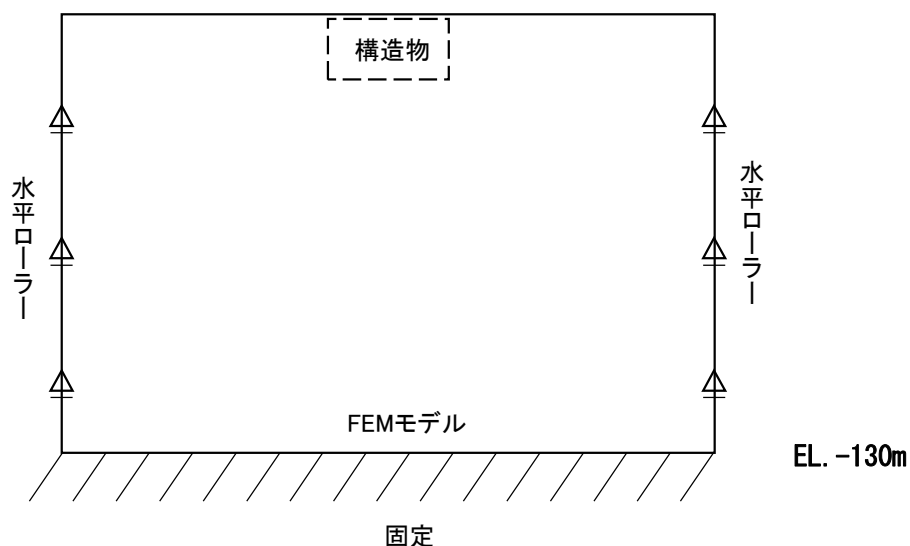


図 10.2-11 固有値解析における境界条件の概念図

b. 初期応力解析時

初期応力解析は、地盤や構造物の自重及び風荷重等の静的な荷重を載荷することによる常時の初期応力を算定するために行う。そこで、初期応力解析時の境界条件は底面固定とし、側方は自重による地盤の鉛直方向の変形を拘束しないよう鉛直ローラーとする。境界条件の概念図を図 10.2-12 に示す。

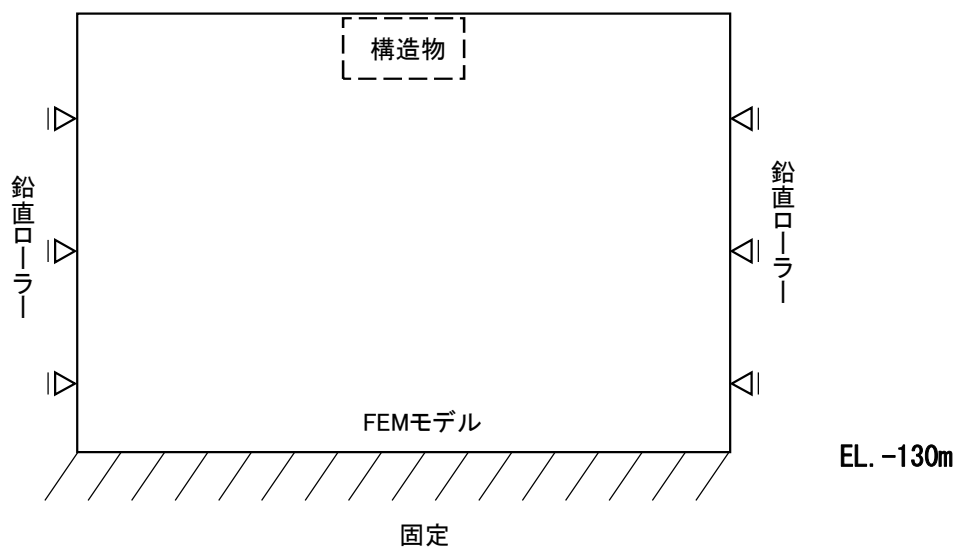


図 10.2-12 常時解析における境界条件の概念図



c. 地震応答解析時

地震応答解析時の境界条件については、有限要素解析における半無限地盤を模擬するため、粘性境界を設ける。底面の粘性境界については、地震動の下降波がモデル底面境界から半無限地盤へ通過していく状態を模擬するため、ダッシュポットを設定する。側方の粘性境界については、自由地盤の地盤振動と不成形地盤側方の地盤振動の差分が側方を通過していく状態を模擬するため、自由地盤の側方にダッシュポットを設定する。

地震応答解析モデルを図 10.2-13 に示す。





図 10.2-13 常設低圧代替注水系配管カルバートの地震応答解析モデル



### (3) 構造物のモデル化

常設低圧代替注水系配管カルバートの東西断面は、構造物本体は、構造部材としての側壁、底版及び頂版を線形はり要素でモデル化する。

それぞれの線形はり要素の交点には、「コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（（社）土木学会，2002 年制定）」に基づき，剛性を設ける。

常設低圧代替注水系配管カルバートを支持する人工岩盤は，線形平面要素としてモデル化する。

常設低圧代替注水系配管カルバートの解析モデルにおける，解析モデル図を図 10.2-14 に示す。

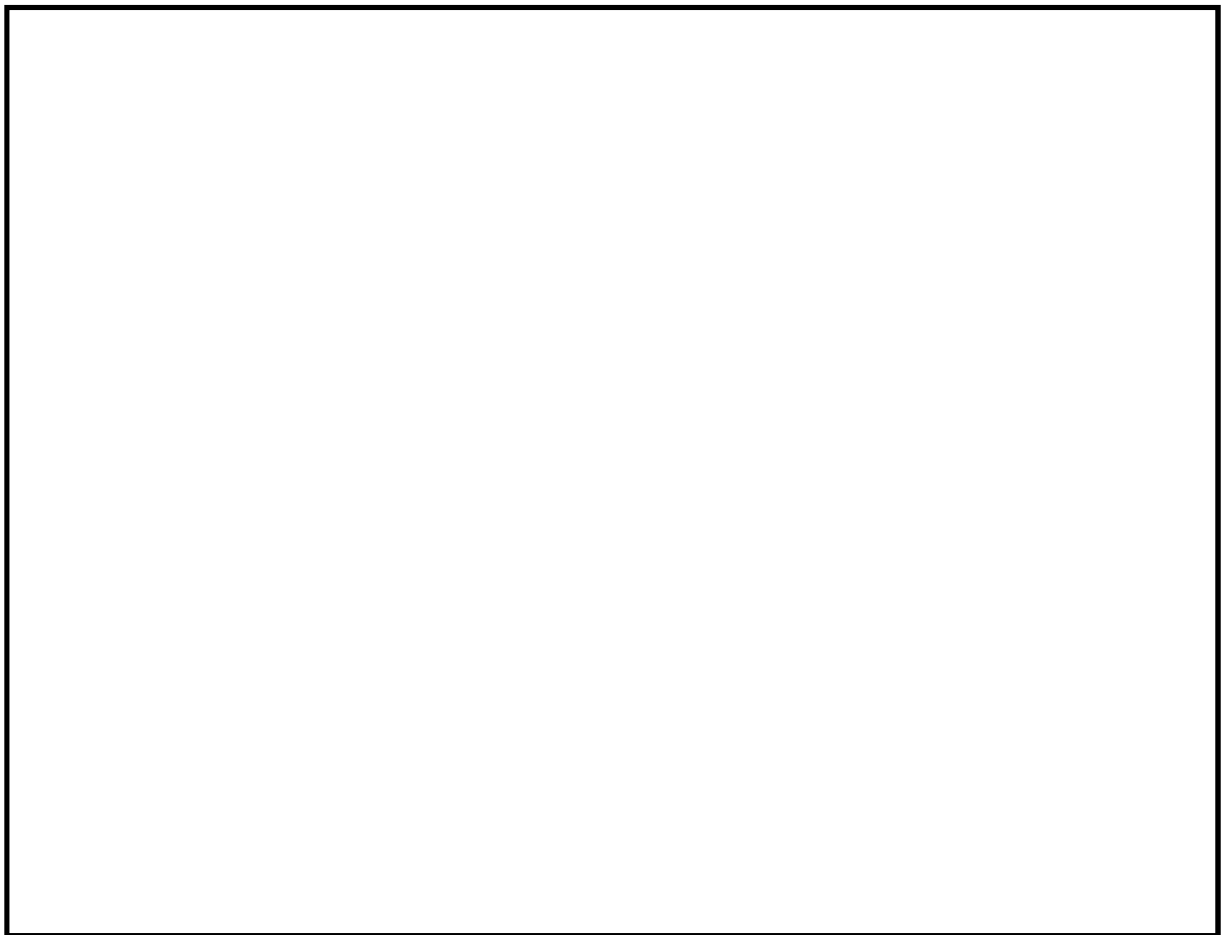


図 10.2-14 (1) 常設低圧代替注水系配管カルバートの解析モデル



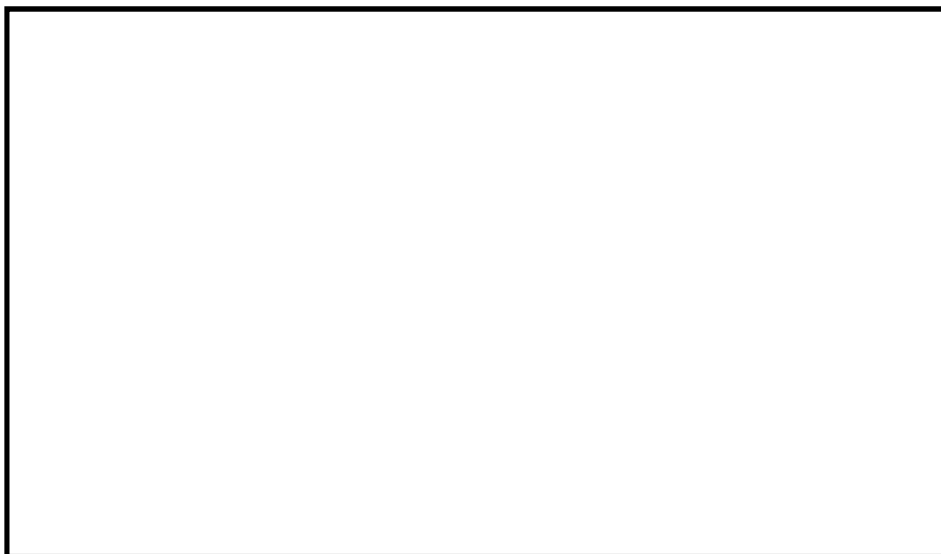


図 10.2-14 (2) 常設低圧代替注水系配管カルバートの解析モデル (構造物部分拡大図)



(4) ジョイント要素の設定

地盤と構造体の接合面にジョイント要素を設けることにより、強震時の地盤と構造体の接合面における剥離及びすべりを考慮する。

ジョイント要素は、地盤と構造体の接合面で法線方向及びせん断方向に対して設定する。法線方向については、常時状態以上の引張荷重が生じた場合、剛性及び応力をゼロとし、剥離を考慮する。せん断方向については、地盤と構造体の接合面におけるせん断抵抗力以上のせん断荷重が生じた場合、せん断剛性をゼロとし、すべりを考慮する。図 10.2-15 に、ジョイント要素の考え方を示す。

なお、せん断強度  $\tau_f$  は次式の Mohr-Coulomb 式により規定される。 $c$ 、 $\phi$  は周辺地盤の  $c$ 、 $\phi$  とする。(表 10.2-6 参照)

$$\tau_f = c + \sigma' \tan \phi$$

ここで、 $\tau_f$  : せん断強度

$c$  : 粘着力

$\phi$  : 内部摩擦角

表 10.2-6 周辺地盤及び隣接構造物との境界に用いる強度特性

| 周辺の状況       |         | 粘着力 $c$ (N/mm <sup>2</sup> )  | 内部摩擦角 (度)                      | 備考 |
|-------------|---------|-------------------------------|--------------------------------|----|
| 第四紀層        | f1 層    | 0                             | 37.3                           | —  |
|             | du 層    | 0                             | 37.3                           | —  |
|             | Ag2 層   | 0                             | 37.4                           | —  |
|             | D2c-3 層 | 0.026                         | 35.6                           | —  |
|             | D2g-3 層 | 0                             | 44.4                           | —  |
| 新第三系        | Km 層    | $c = 0.358 - 0.00603 \cdot z$ | $\phi = 23.2 + 0.0990 \cdot z$ | —  |
| カルバートー人工岩盤間 |         | 0                             | 26.6 <sup>*1</sup>             | —  |

$z$  : 標高 (m)

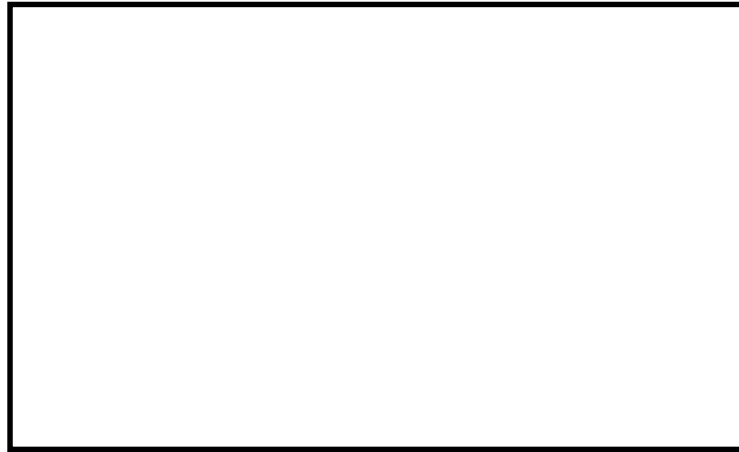
注記 \*1 : 「港湾の施設の技術上の基準・同解説」上巻 (H19.7 社団法人 日本港湾協会)「コンクリートとコンクリート間の静止摩擦係数に基づく

ジョイント要素のばね定数は、数値計算上不安定な挙動を起こさない程度に十分大きい値として、港湾構造物設計事例集 (沿岸技術研究センター) に従い、表 10.2-7 のとおり設定する。

表 10.2-7 ジョイント要素のばね定数

|        | せん断剛性 $k_s$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | 圧縮剛性 $k_n$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) |
|--------|-------------------------------------|------------------------------------|
| 側方及び底面 | $1.0 \times 10^6$                   | $1.0 \times 10^6$                  |





(東西方向断面)

— : ジョイント要素

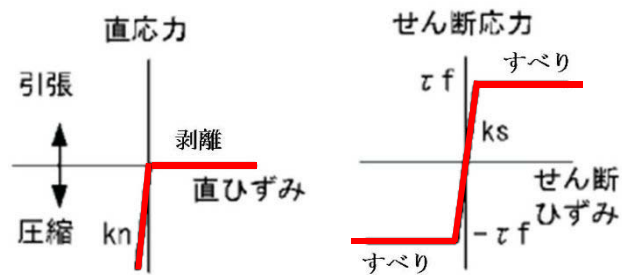


図 10.2-15 ジョイント要素の考え方

##### (5) 材料特性の設定

構造部材は、線形はり要素、及び、質点と地盤間をつなぐ仮想剛梁要素によりモデル化する。

地盤は、マルチスプリング要素及び間隙水要素にてモデル化し、地震時の有効応力の変化に応じた非線形せん断応力～せん断ひずみ関係を考慮する。



## 10.2.10 減衰特性

動的解析における地盤及び構造物の減衰については、固有値解析にて求まる固有周期及び減衰比に基づき、質量マトリックス及び剛性マトリックスの線形結合で表される以下のRayleigh減衰にて与える。なお、Rayleigh減衰を $\alpha=0$ となる剛性比例型減衰とする。

有効応力解析では、時系列で地盤の1次固有振動数が低振動数側へシフトして行くことから、Rayleigh減衰の係数 $\alpha$ 、 $\beta$ の両方を用いると、質量比例項の減衰 $\alpha$  [M]の影響により、有効応力解析における減衰定数が低振動数帯で過減衰となる場合がある。

一方、有効応力解析における低振動数帯で減衰 $\alpha$  [M]の影響がない剛性比例型減衰では、地盤の1次固有振動数が時系列で低振動数側へシフトしていくのに伴い、1次固有振動モードに対する減衰定数が初期減衰定数より保守的に小さい側へ変化していくことを考慮できる。

ゆえに、有効応力解析では、地震力による時系列での地盤剛性の軟化に伴う1次固有振動数の低振動数側へのシフトに応じて、1次固有振動モードに対する減衰定数として、初期減衰定数よりも保守的に小さい側のモード減衰定数を適用し、地盤応答の適切な評価が行えるように、低振動数帯で減衰 $\alpha$  [M]の影響がない剛性比例型減衰を採用した。

$$[C] = \alpha [M] + \beta [K]$$

ここで、

[C] : 減衰係数マトリックス

[M] : 質量マトリックス

[K] : 剛性マトリックス

$\alpha$ 、 $\beta$  : 係数

係数 $\alpha$ 、 $\beta$ は以下のように求めている。

$$\alpha = 0$$

$$\beta = \frac{h}{\pi f}$$

ここで、

f : 固有値解析により求められた1次固有振動数

h : 各材料の減衰定数

地盤の減衰定数は1%（解析における減衰は、ひずみが大きい領域では履歴減衰が支配的となる。このため、解析上の安定のためになるべく小さい値として1%を採用している）とする。また、線形材料としてモデル化するコンクリートの減衰定数は5%（J E A G 4 6 0 1-1987）とする。

図 10.2-16 に Rayleigh 減衰の設定フローを、表 10.2-8 に固有値解析結果を示す。



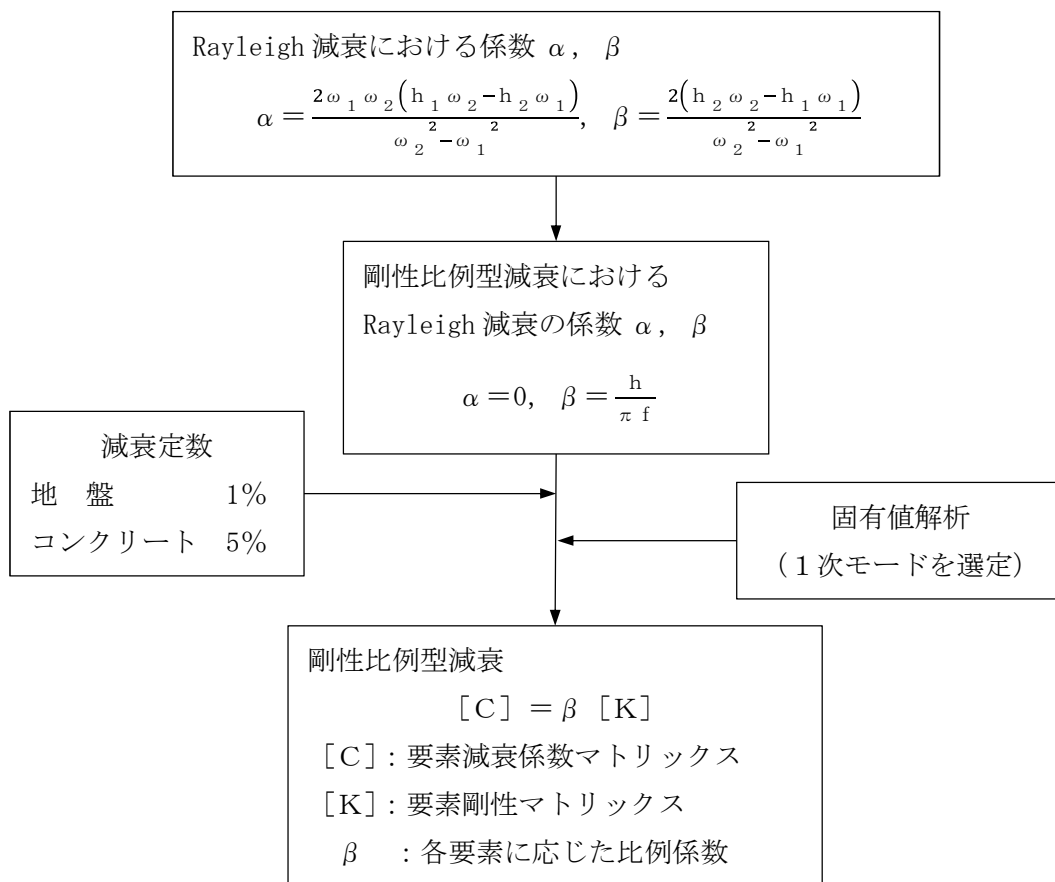


図 10.2-16 Rayleigh 減衰の設定フロー



表 10.2-8 (1) 固有値解析結果（東西方向断面）

（ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース）

| モード次数 | 固有振動数 (Hz) | 刺激係数    | 備考      |
|-------|------------|---------|---------|
| 1     | 0.729      | 164.940 | 1次として採用 |
| 2     | 1.464      | 0.001   | —       |
| 3     | 1.934      | -0.819  | —       |
| 4     | 2.039      | -55.120 | —       |
| 5     | 2.332      | 4.091   | —       |
| 6     | 2.809      | -0.025  | —       |
| 7     | 2.979      | 0.776   | —       |
| 8     | 3.137      | -32.158 | —       |
| 9     | 3.177      | -7.842  | —       |

表 10.2-8 (2) 固有値解析結果（東西方向断面）

（検討ケース②：地盤物性のばらつきを考慮（+1 $\sigma$ ）した解析ケース）

| モード次数 | 固有振動数 (Hz) | 刺激係数    | 備考      |
|-------|------------|---------|---------|
| 1     | 0.729      | 164.980 | 1次として採用 |
| 2     | 1.464      | 0.003   | —       |
| 3     | 1.947      | 0.270   | —       |
| 4     | 2.046      | -55.181 | —       |
| 5     | 2.334      | 4.073   | —       |
| 6     | 2.831      | -1.727  | —       |
| 7     | 2.992      | -0.780  | —       |
| 8     | 3.150      | -32.200 | —       |
| 9     | 3.183      | -6.323  | —       |



表 10.2-8 (3) 固有値解析結果（東西方向断面）

（検討ケース③：地盤物性のばらつきを考慮（ $-1\sigma$ ）した解析ケース）

| モード次数 | 固有振動数 (Hz) | 刺激係数    | 備考      |
|-------|------------|---------|---------|
| 1     | 0.729      | 164.890 | 1次として採用 |
| 2     | 1.464      | 0.016   | —       |
| 3     | 1.919      | -1.840  | —       |
| 4     | 2.031      | -55.042 | —       |
| 5     | 2.333      | 3.877   | —       |
| 6     | 2.788      | 1.703   | —       |
| 7     | 2.969      | -0.070  | —       |
| 8     | 3.127      | -32.716 | —       |
| 9     | 3.179      | 6.595   | —       |

表 10.2-8 (4) 固有値解析結果（東西方向断面）

（検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により  
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース）

| モード次数 | 固有振動数 (Hz) | 刺激係数    | 備考      |
|-------|------------|---------|---------|
| 1     | 0.720      | 162.580 | 1次として採用 |
| 2     | 1.442      | 1.983   | —       |
| 3     | 1.553      | -6.784  | —       |
| 4     | 1.705      | 51.243  | —       |
| 5     | 2.091      | 7.983   | —       |
| 6     | 2.349      | -3.917  | —       |
| 7     | 2.403      | -1.287  | —       |
| 8     | 2.599      | -0.498  | —       |
| 9     | 2.699      | 39.761  | —       |



### 10.2.11 荷重の組合せ

耐震安全性評価にて考慮する荷重は、通常運転時の荷重（永久荷重）及び地震時荷重を抽出し、それぞれ組合せて設定する。地震時荷重には、地震時土圧、動水圧、機器・配管系からの反力による荷重が含まれるものとする。

変動荷重（雪荷重・風荷重・温度荷重）については、発電所の立地特性や常設低圧代替注水系配管カルバートが地中に埋設された構造物であることを考慮すると、構造物に与える影響は軽微であると判断し、地震力と組合せる荷重としては除外した。

なお、常設低圧代替注水系配管カルバートは、地盤内に埋設する構造物であることから、運転時の異常な過渡変化時の状態及び設計基準事故時の状態の影響を受けないと考えられるため、当該状態についての組合せは考慮しないものとする。また、重大事故等対処時においても、地盤内で設計基準事故時の条件を上回るような事象は発生しないため、設計基準事故時の条件を上回る荷重はない。

荷重の組合せを表 10.2-9 に示す。地震時に常設低圧代替注水系配管カルバートに作用する機器・配管系からの反力については、機器・配管系を、解析モデルに付加質量として与えることで考慮する。

表 10.2-9 荷重の組合せ

| 種別       |            | 荷重      |   | 算定方法   |
|----------|------------|---------|---|--|
| 永久<br>荷重 | 常時考慮<br>荷重 | 躯体自重    | ○ | ・設計図書に基づいて、対象構造物の体積に材料の単位体積重量を乗じて設定                |
|          |            | 機器・配管荷重 | ○ | ・機器・配管荷重の重量に基づいて設定                                 |
|          |            | 土被り荷重   | ○ | ・常時応力解析により設定                                       |
|          |            | 永久上載荷重  | — | ・恒常的に配置された設備はないことから、考慮しない。                         |
|          | 静止土圧       |         | ○ | ・常時応力解析により設定                                       |
|          | 外水圧        |         | ○ | ・地下水位に応じた静水圧として設定<br>・水の単位体積重量を考慮                  |
| 変動荷重     |            |         | — | ・発電所の立地特性及び構造物の配置状況を踏まえると、偶発荷重（地震荷重）と組合せるべき変動荷重はない |
| 偶発荷重     |            | 水平地震動   | ○ | ・基準地震動 $S_s$ による水平・鉛直同時加振<br>・躯体、機器・配管の慣性力、動土圧を考慮  |
|          |            | 鉛直地震動   | ○ |  |



(1) 機器・配管荷重

底版には図 10.2-17 に示すとおり配管の荷重を考慮する。配管の荷重は、全荷重を内空幅で除した単位奥行き当たりの荷重として考慮する。

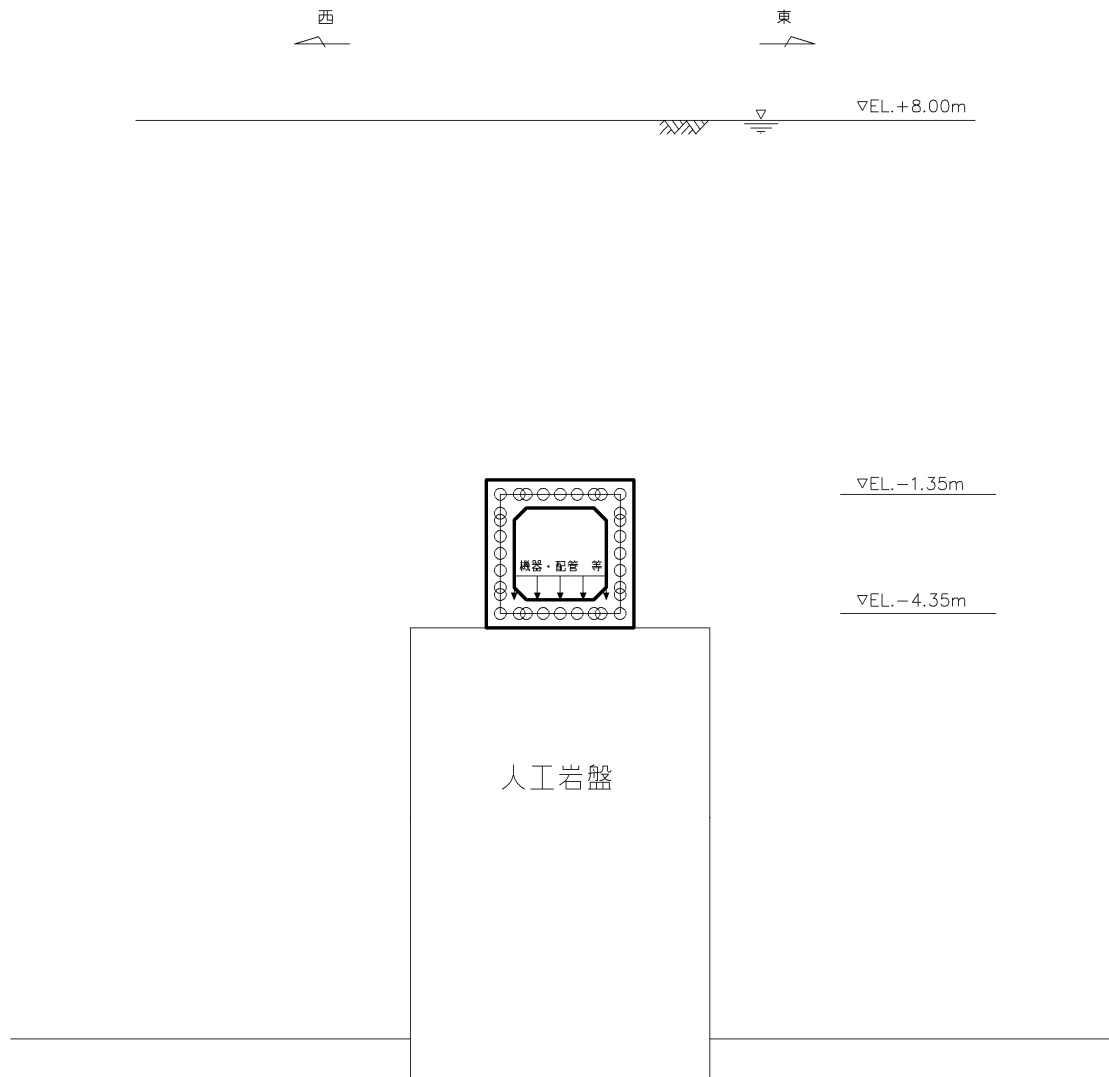


図 10.2-17 作用荷重図

(2) 外水圧

水の密度として  $1.00 \text{ g/cm}^3$  を考慮する。



## 10.2.12 地震応答解析の検討ケース

### (1) 耐震設計における検討ケース

常設低圧代替注水系配管カルバートの耐震設計における検討ケースを表 10.2-10 に示す。

全ての基準地震動  $S_s$  に対して実施する①の検討ケースにおいて、せん断力照査及び曲げ軸力照査をはじめとした全ての照査項目について、各照査値が最も厳しい（許容限界に対する余裕が最も小さい）地震動を用い、②～⑥の中から追加検討ケースを実施する。

表 10.2-10 常設低圧代替注水系配管カルバートの耐震設計における検討ケース

| 検討ケース      | ①<br>原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース<br>(基本ケース) | ②<br>地盤物性のばらつきを考慮<br>( $+1\sigma$ )した解析ケース | ③<br>地盤物性のばらつきを考慮<br>( $-1\sigma$ )した解析ケース | ④<br>地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース | ⑤<br>原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース | ⑥<br>地盤物性のばらつきを考慮<br>( $+1\sigma$ )して非液状化の条件を仮定した解析ケース |
|------------|---|--|--|--------------------------------|-------------------------------|--|
| 液状化強度特性の設定 | 原地盤に基づく液状化強度特性（標準偏差を考慮）                 | 原地盤に基づく液状化強度特性（標準偏差を考慮）                    | 原地盤に基づく液状化強度特性（標準偏差を考慮）                    | 敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく液状化強度特性       | 液状化パラメータを非適用                  | 液状化パラメータを非適用   |

異なる構築物間の相対変位の算定は、上記ケースの中で、相対変位量が最も大きいケースにて行う。



(2) 機器・配管系に対する加速度応答抽出のための検討ケース

機器・配管系に対する加速度応答抽出における検討ケースを表 10.2-11 に示す。

表 10.2-11 機器・配管系への加速度応答の抽出における検討ケース

| 検討ケース      |                    |      | ④<br>地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース                              | ⑤<br>原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース | ⑥<br>地盤物性のばらつきを考慮(+ 1 σ)して非液状化の条件を仮定した解析ケース                 |
|------------|--------------------|------|---|-------------------------------|---|
| 液状化強度特性の設定 |                    |      | 敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく液状化強度特性                                    | 液状化パラメータを非適用                  | 液状化パラメータを非適用  |
| 地震波(位相)    | S <sub>s</sub> -D1 | (++) | 1<br><br>⑤において、上載される機器・配管系の固有振動数帯で加速度応答が最も大きくなる地震動を用いて実施する。 | 1                             | 1<br><br>⑤において、上載される機器・配管系の固有振動数帯で加速度応答が最も大きくなる地震動を用いて実施する。 |
|            |                    | (+-) |   | 1                             |   |
|            |                    | (-+) |   | 1                             |   |
|            |                    | (--) |   | 1                             |   |
|            | S <sub>s</sub> -11 | (++) |   | 1                             |   |
|            | S <sub>s</sub> -12 | (++) |   | 1                             |   |
|            | S <sub>s</sub> -13 | (++) |   | 1                             |   |
|            | S <sub>s</sub> -14 | (++) |   | 1                             |   |
|            | S <sub>s</sub> -21 | (++) |   | 1                             |   |
|            | S <sub>s</sub> -22 | (++) |   | 1                             |   |
|            | S <sub>s</sub> -31 | (++) |   | 1                             |   |
|            |                    | (-+) |   | 1                             |   |
| 計          |                    |      | 1   | 12                            | 1   |



### 10.3 評価内容

#### 10.3.1 入力地震動の設定

地震応答解析に用いる入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動  $S_s$  を 1 次元波動論により地震応答解析モデルの底面位置で評価したものをを用いる。入力地震動算定の概念図を図 10.3-1 に、入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを図 10.3-2 に示す。

入力地震動の算定には、解析コード「k-SHAKE Ver. 6.2.0」を使用する。

なお、特定の方向性を有しない地震動については、位相を反転させた場合の影響も確認する。断層モデル波である  $S_s-11 \sim S_s-22$  については、特定の方向性を有することから、構造物の評価対象断面方向を考慮し、方位補正を行う。具体的には南北方向及び東西方向の地震動について構造物の評価断面方向の成分を求め、各々を足し合わせることで方位補正した地震動を設定する。

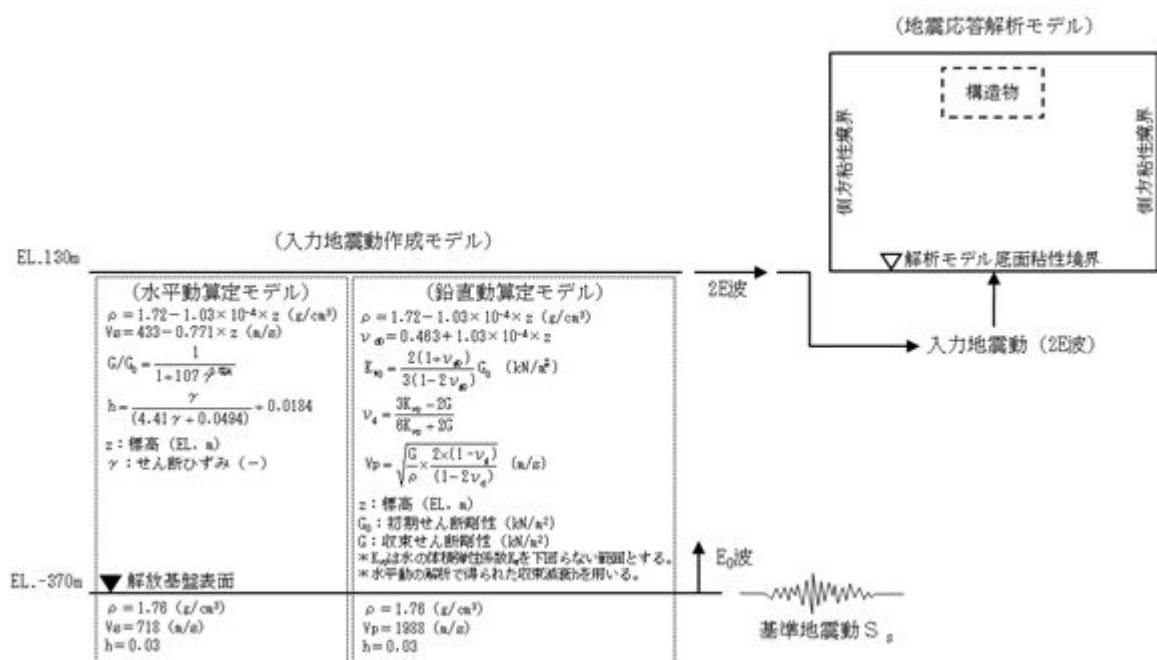
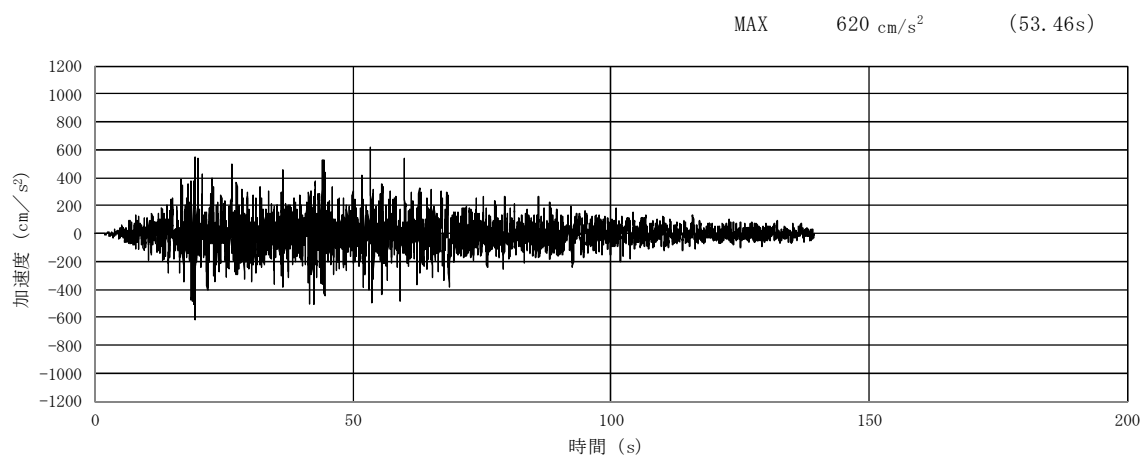
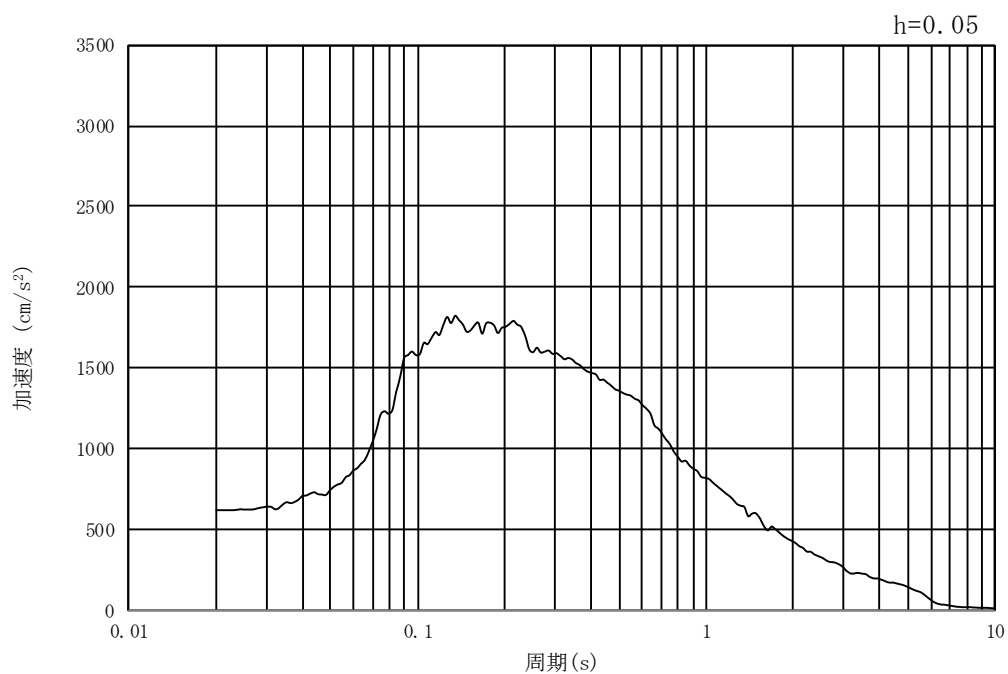


図 10.3-1 入力地震動算定の概念図





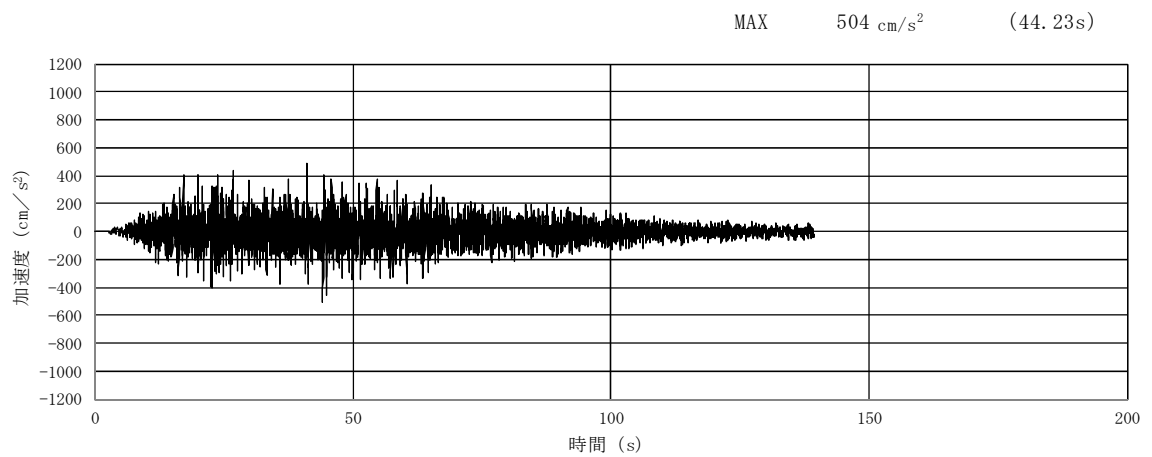
(a) 加速度時刻歴波形



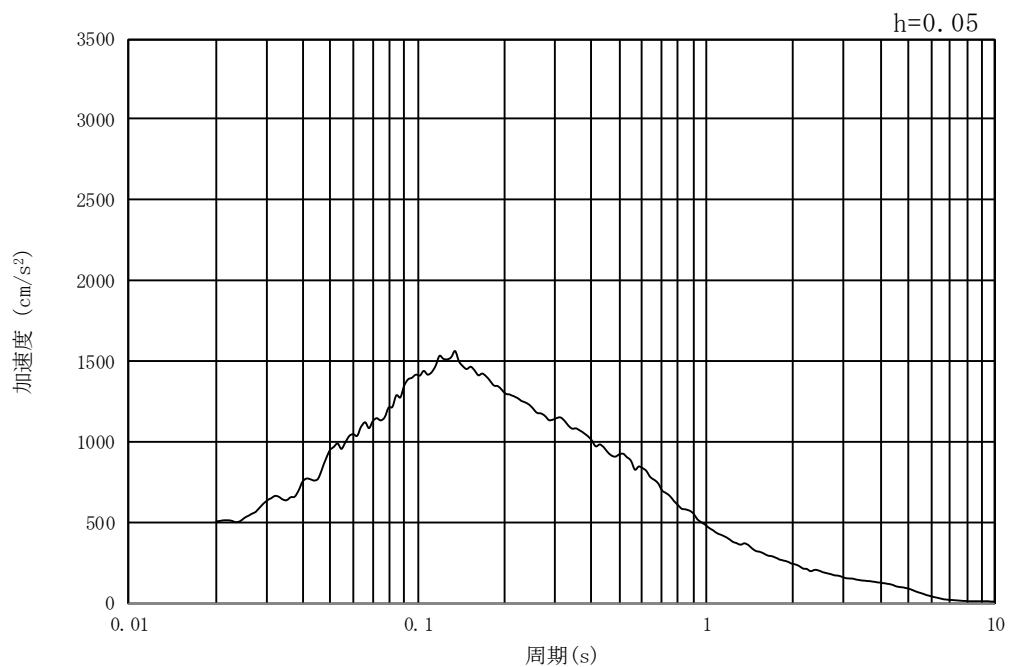
(b) 加速度応答スペクトル

図 10.3-2 (1) 東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平方向：S<sub>s</sub>-D1)





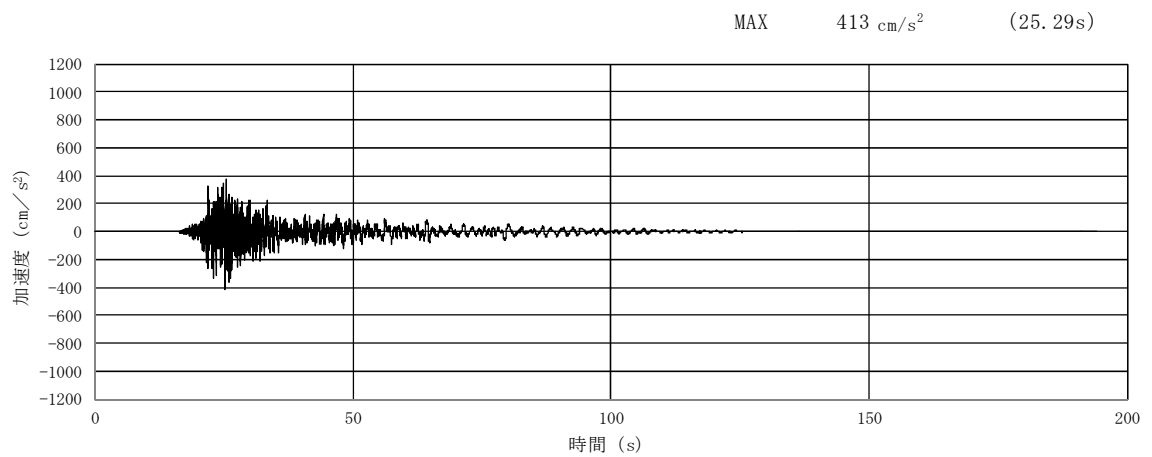
(a) 加速度時刻歴波形



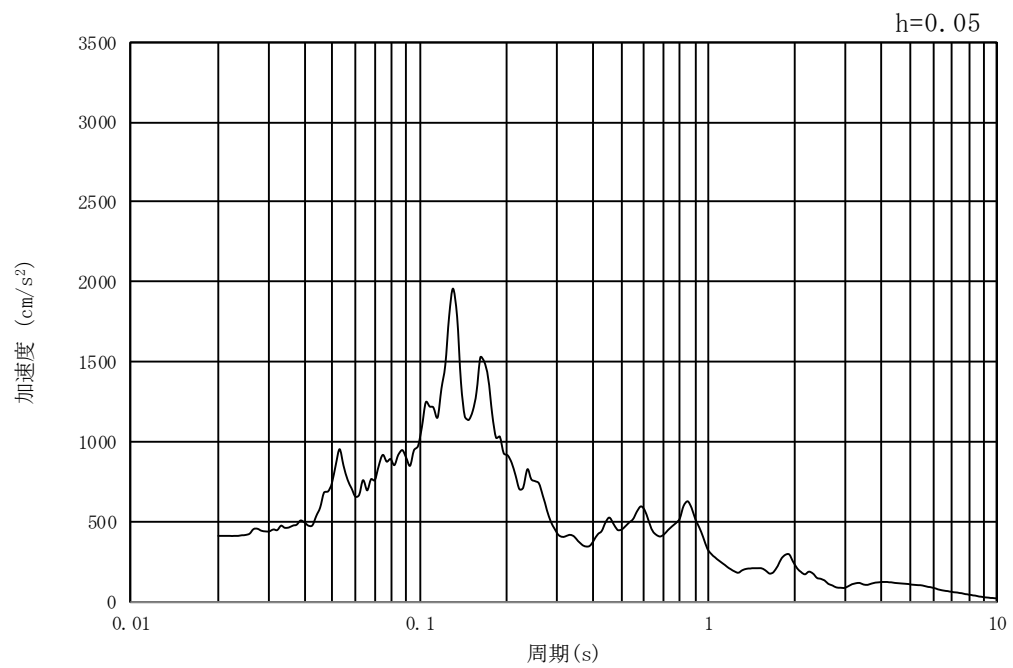
(b) 加速度応答スペクトル

図 10.3-2 (2)    東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直方向：S<sub>s</sub>-D1)





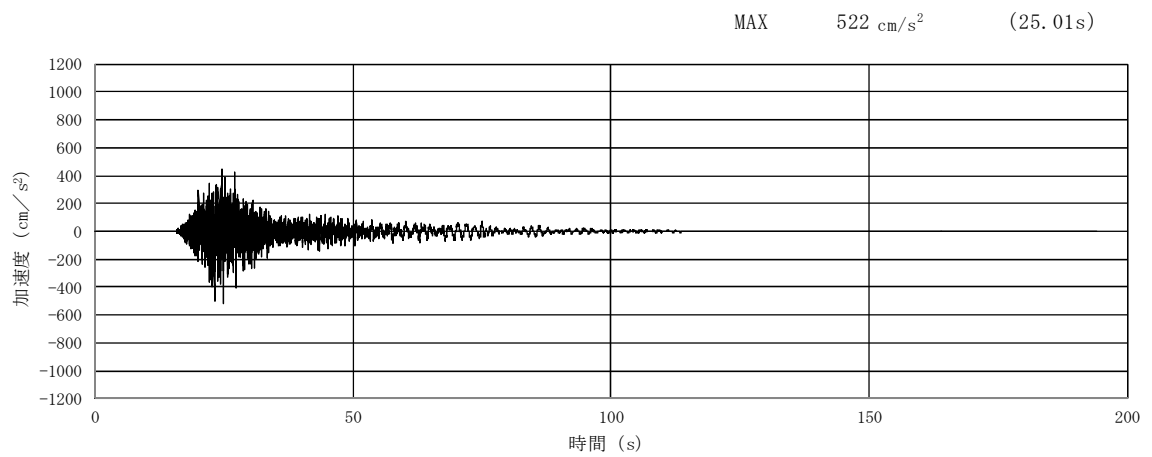
(a) 加速度時刻歴波形



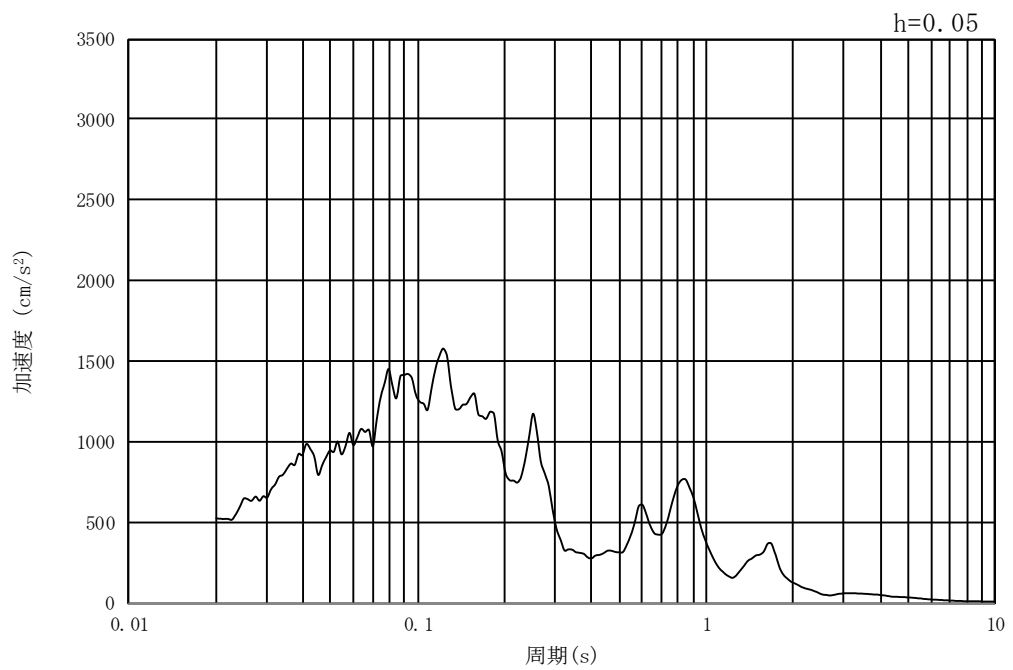
(b) 加速度応答スペクトル

図 10.3-2 (3) 東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平方向:  $S_s - 1.1$ )





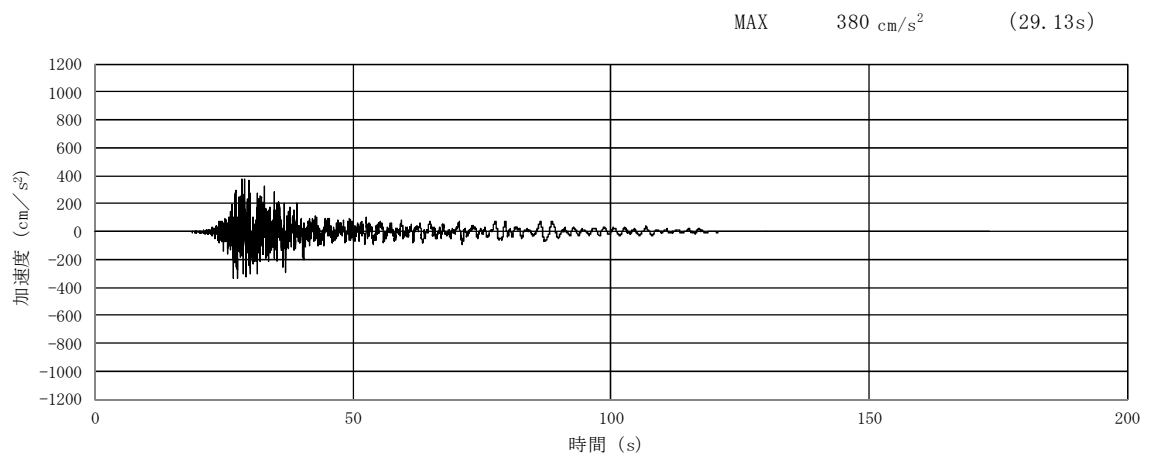
(a) 加速度時刻歴波形



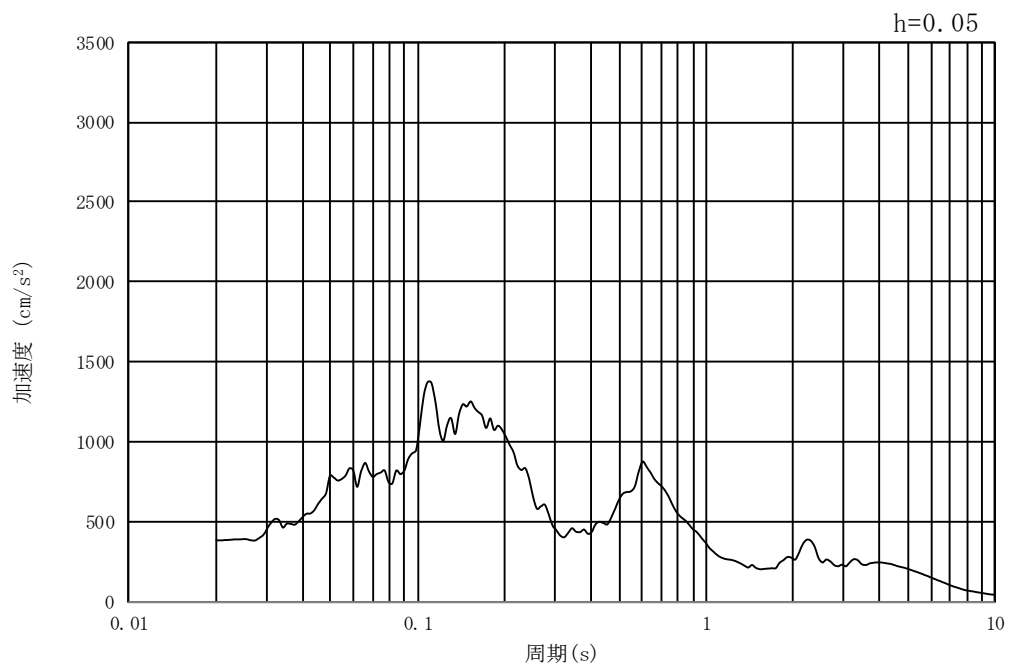
(b) 加速度応答スペクトル

図 10.3-2 (4) 東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直方向:  $S_s - 1.1$ )





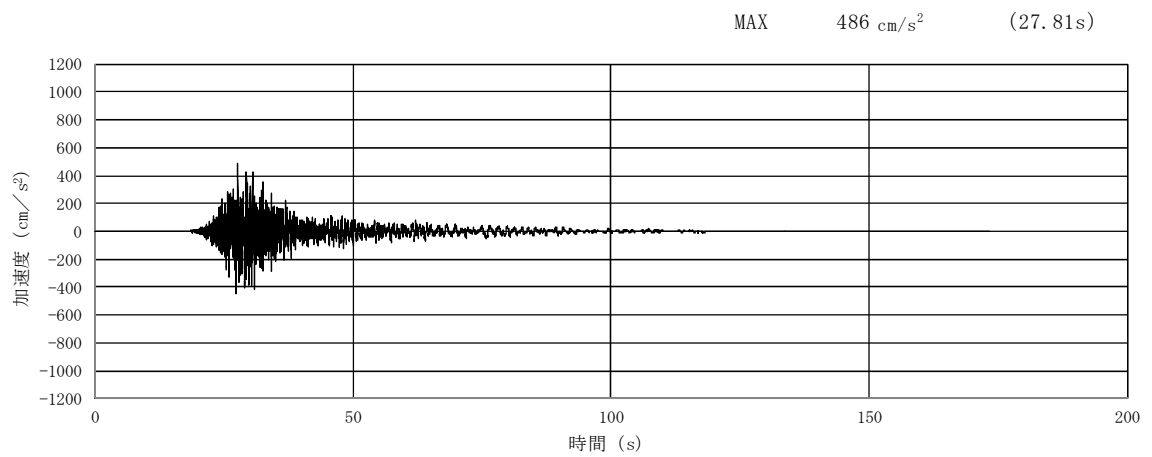
(a) 加速度時刻歴波形



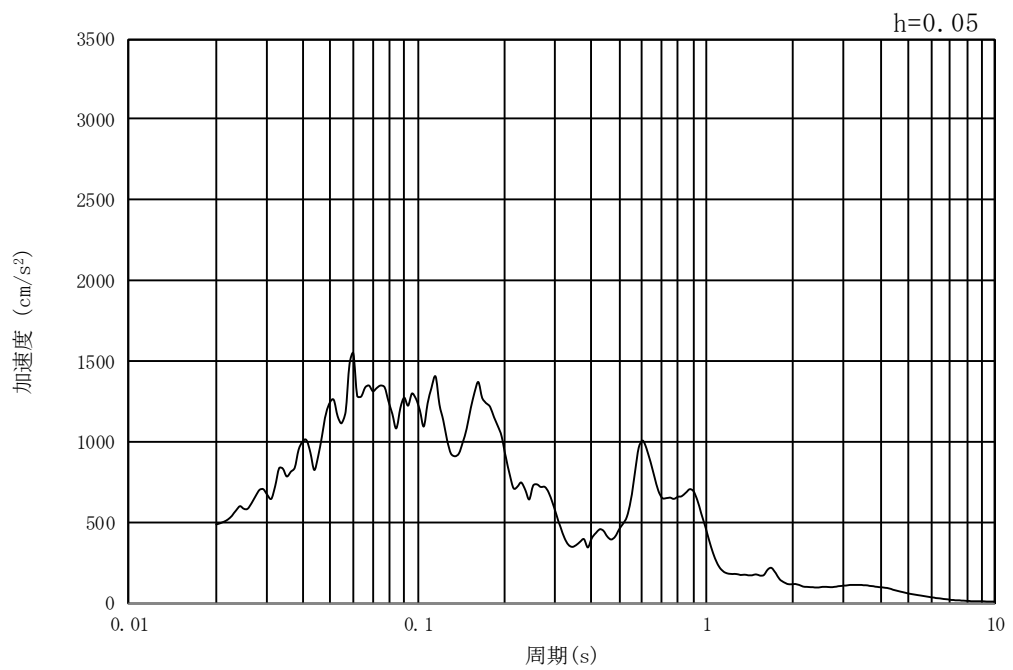
(b) 加速度応答スペクトル

図 10.3-2 (5) 東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平方向:  $S_s - 1.2$ )





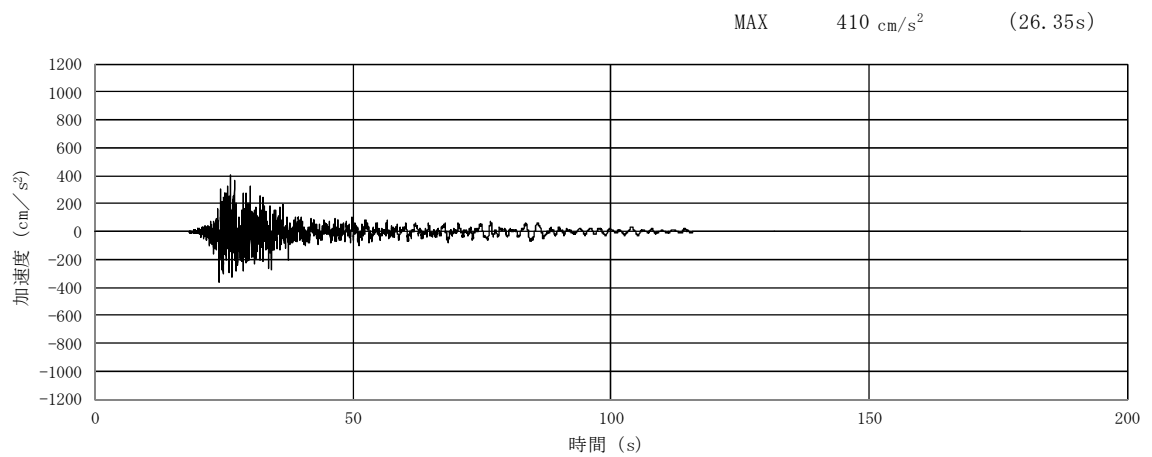
(a) 加速度時刻歴波形



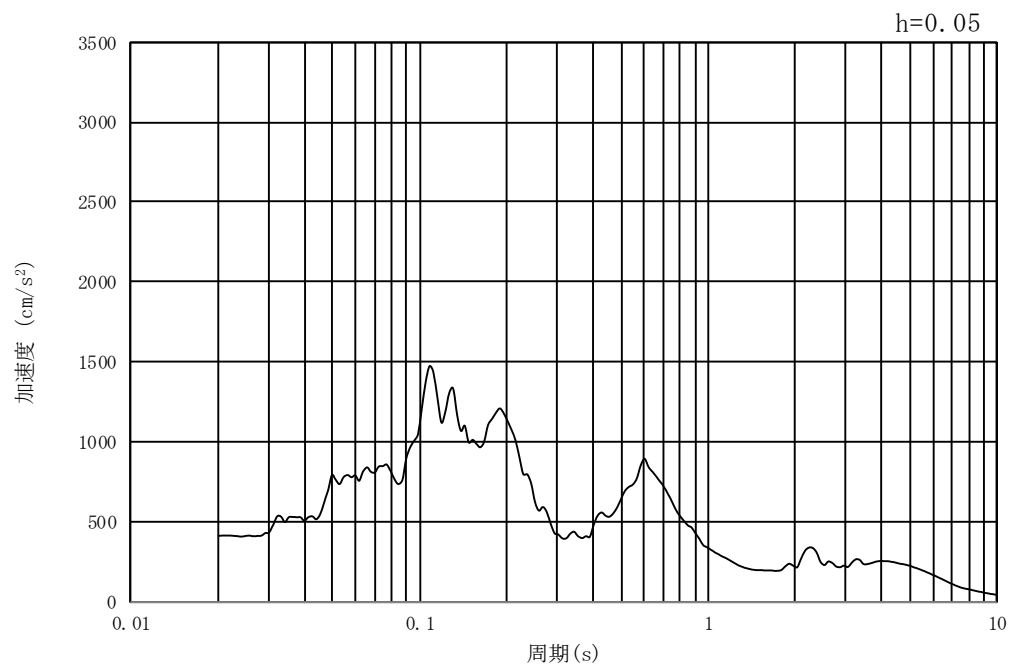
(b) 加速度応答スペクトル

図 10.3-2 (6) 東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直方向 :  $S_s - 1.2$ )





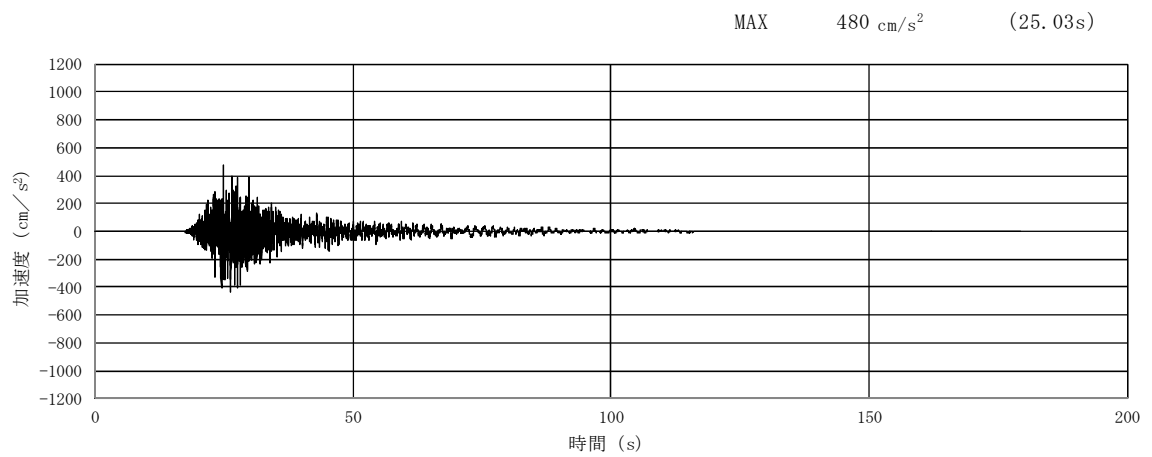
(a) 加速度時刻歴波形



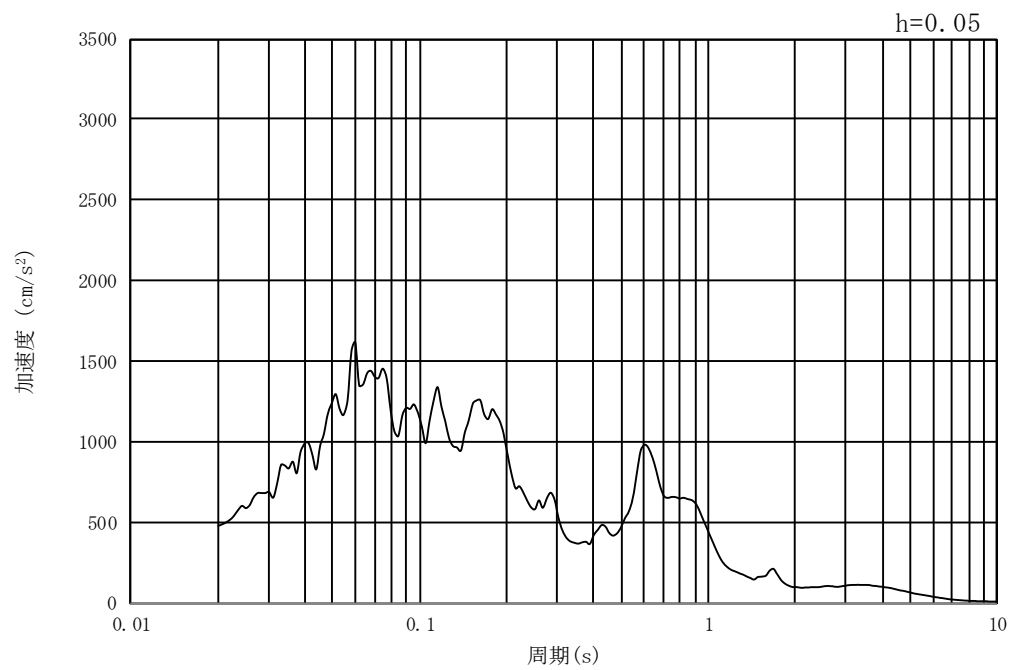
(b) 加速度応答スペクトル

図 10.3-2 (7)      東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平方向 :  $S_s - 1.3$ )





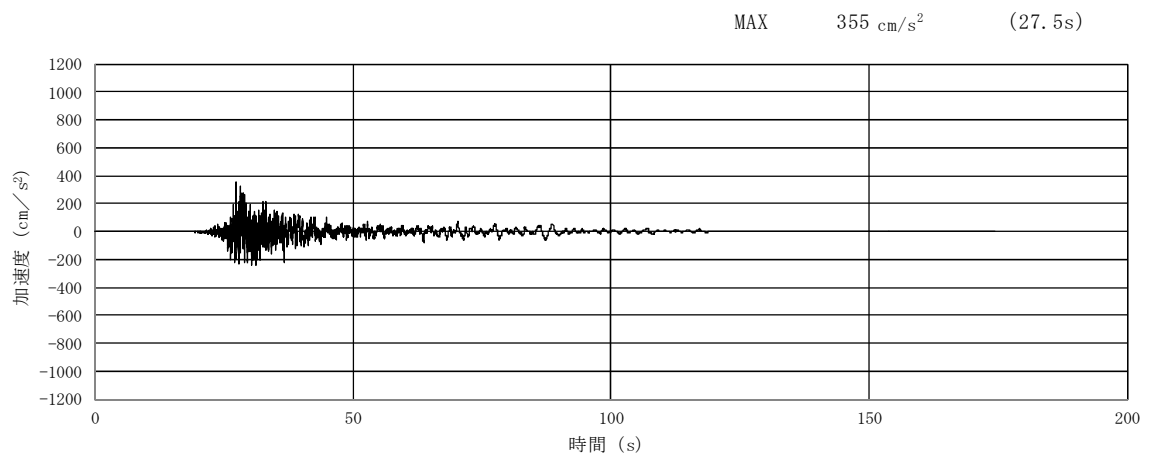
(a) 加速度時刻歴波形



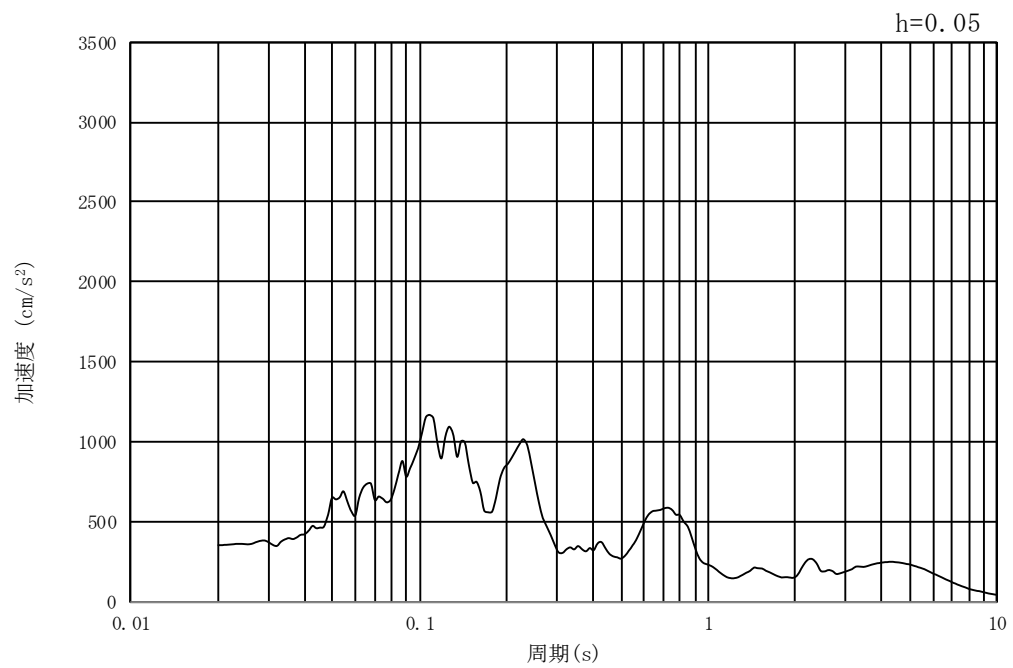
(b) 加速度応答スペクトル

図 10.3-2 (8)    東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直方向： $S_s - 1.3$ )





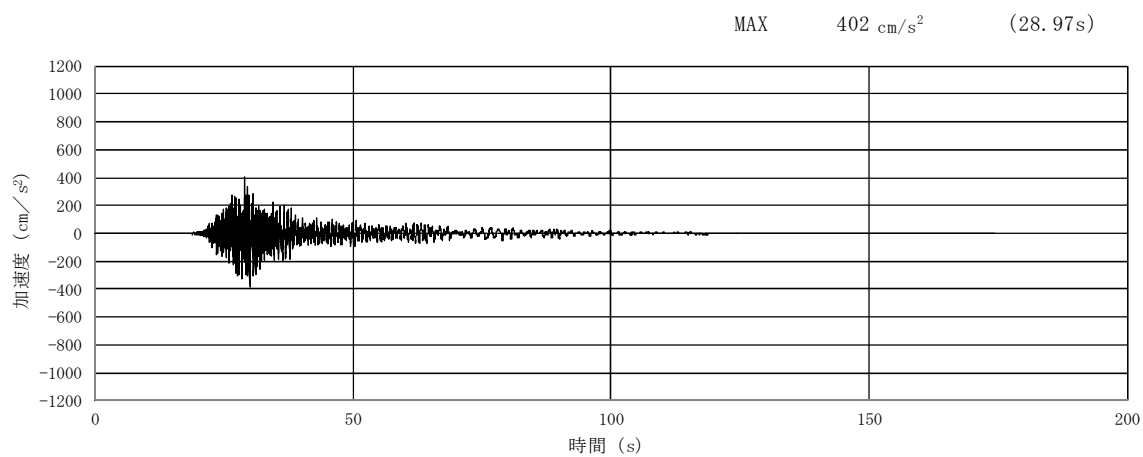
(a) 加速度時刻歴波形



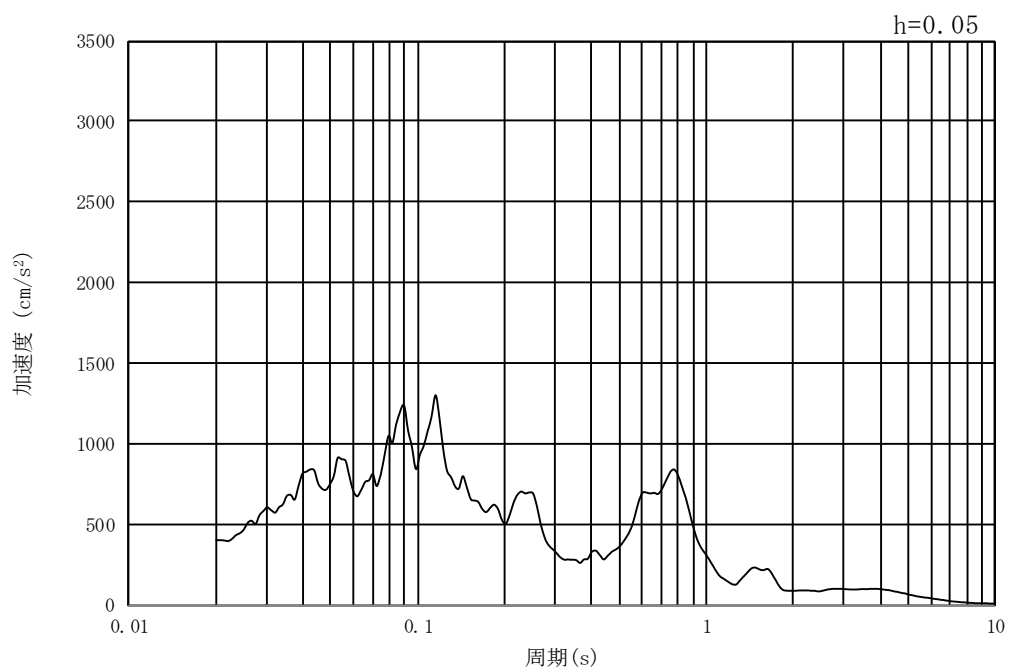
(b) 加速度応答スペクトル

図 10.3-2 (9) 東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平方向:  $S_s - 1.4$ )





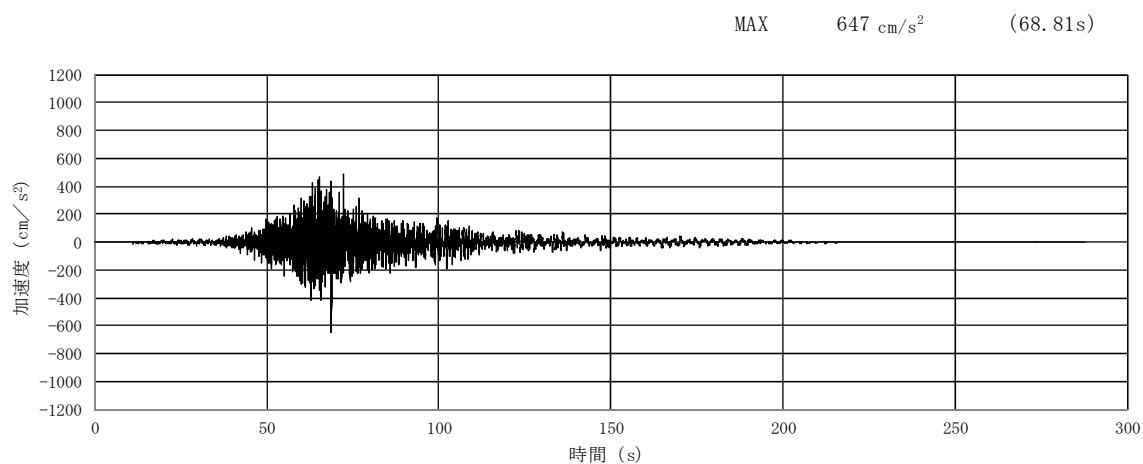
(a) 加速度時刻歴波形



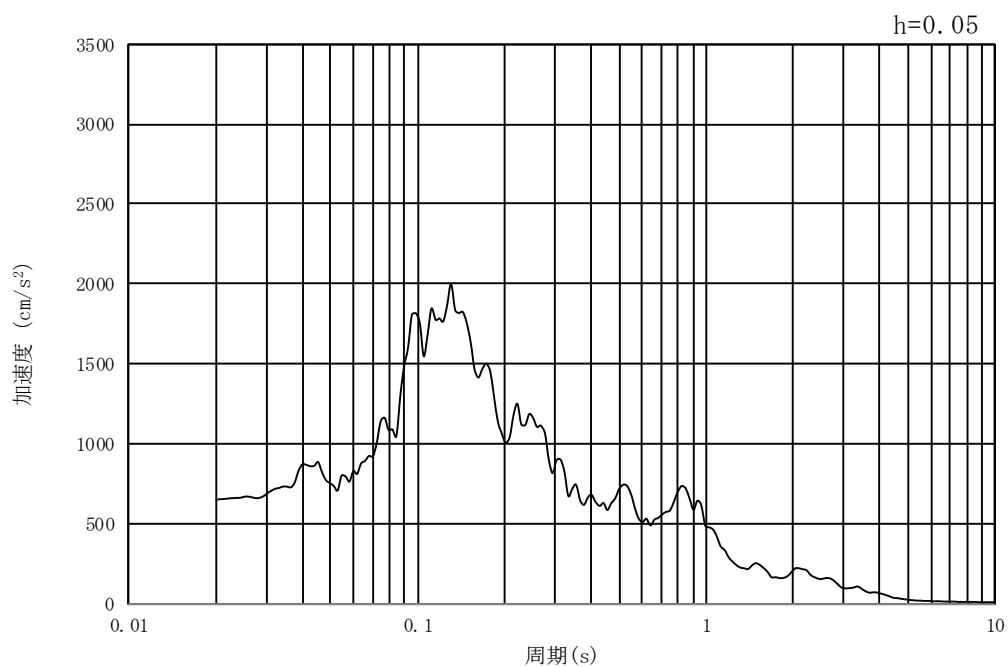
(b) 加速度応答スペクトル

図 10.3-2 (10)    東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直方向： $S_s - 1.4$ )





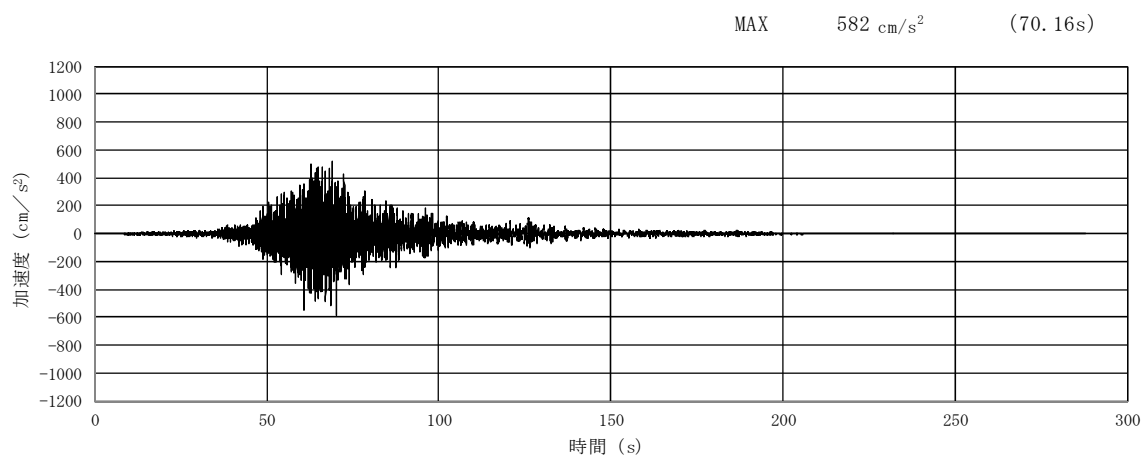
(a) 加速度時刻歴波形



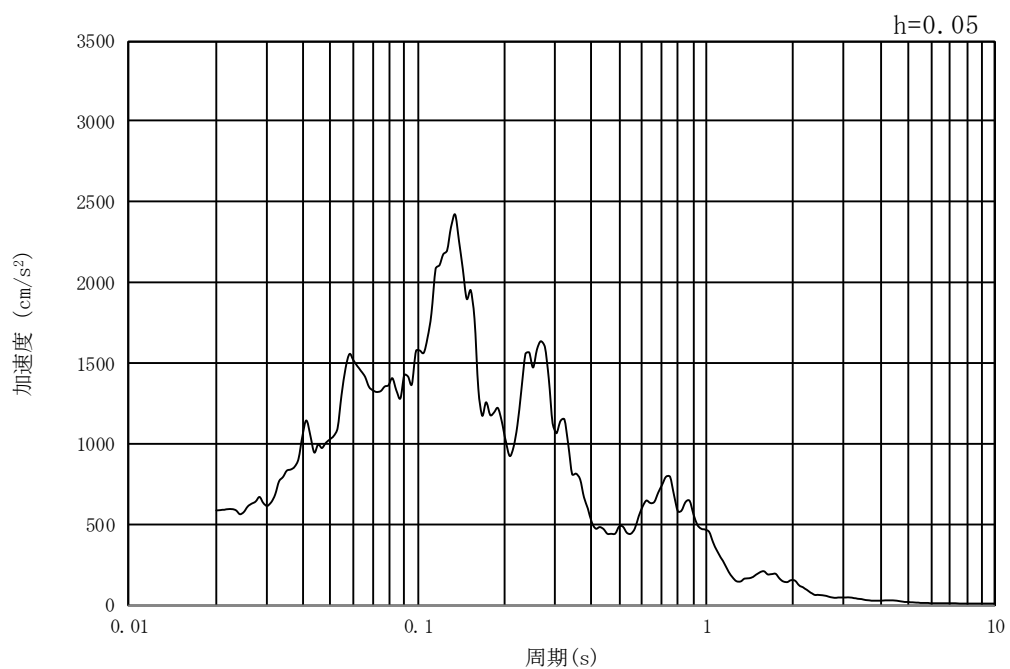
(b) 加速度応答スペクトル

図 10.3-2 (11) 東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平方向:  $S_s - 2.1$ )





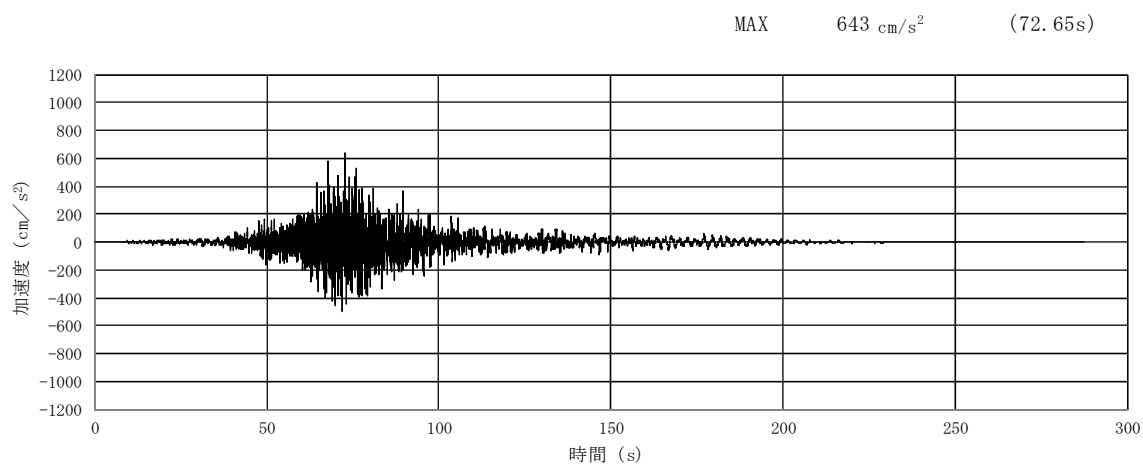
(a) 加速度時刻歴波形



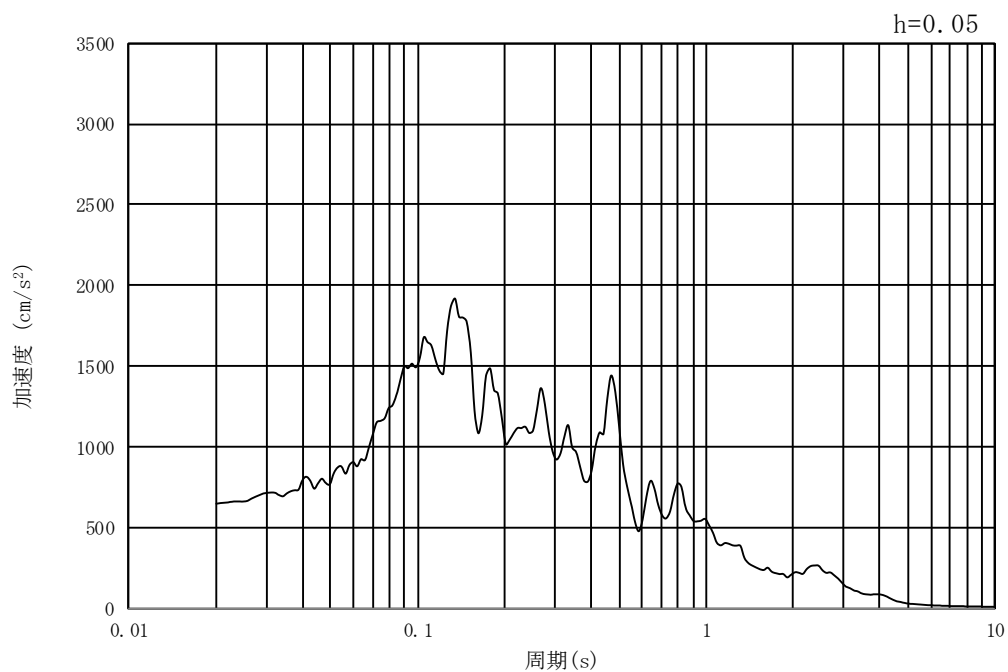
(b) 加速度応答スペクトル

図 10.3-2 (12) 東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直方向： $S_s - 2.1$ )





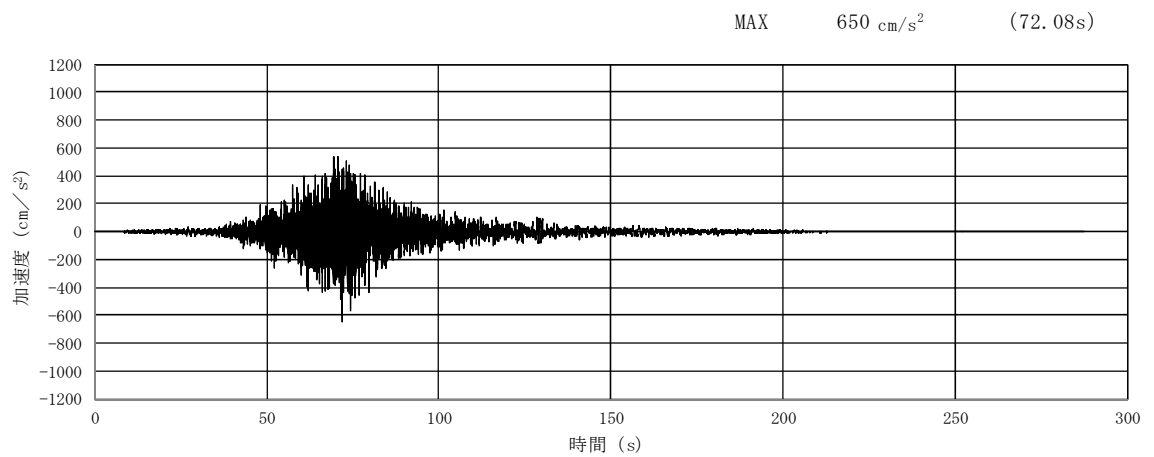
(a) 加速度時刻歴波形



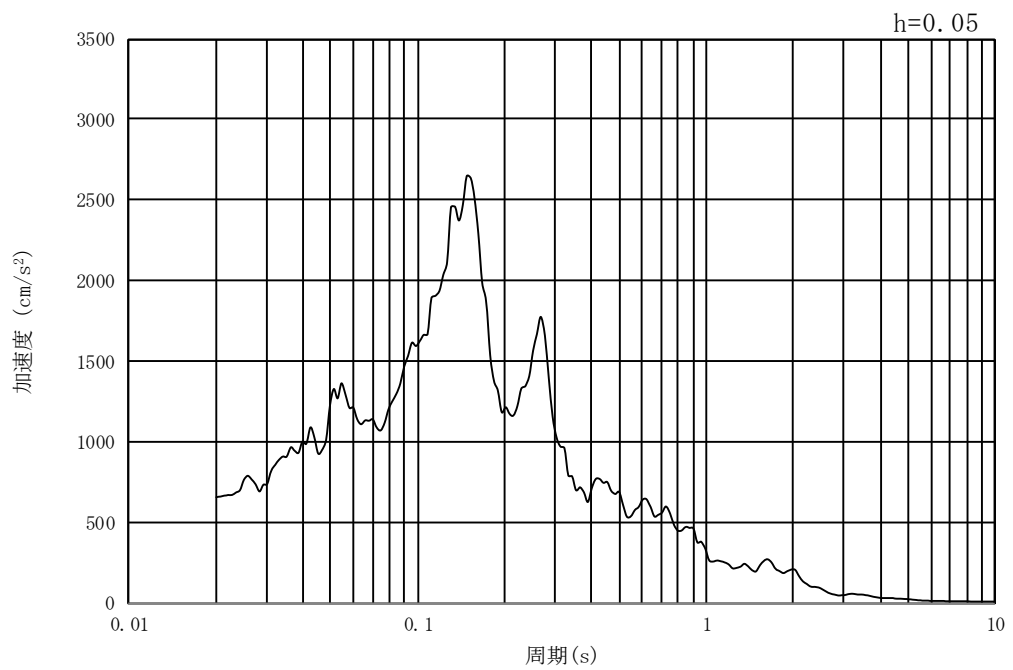
(b) 加速度応答スペクトル

図 10.3-2 (13)    東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平方向： $S_s - 2.2$ )





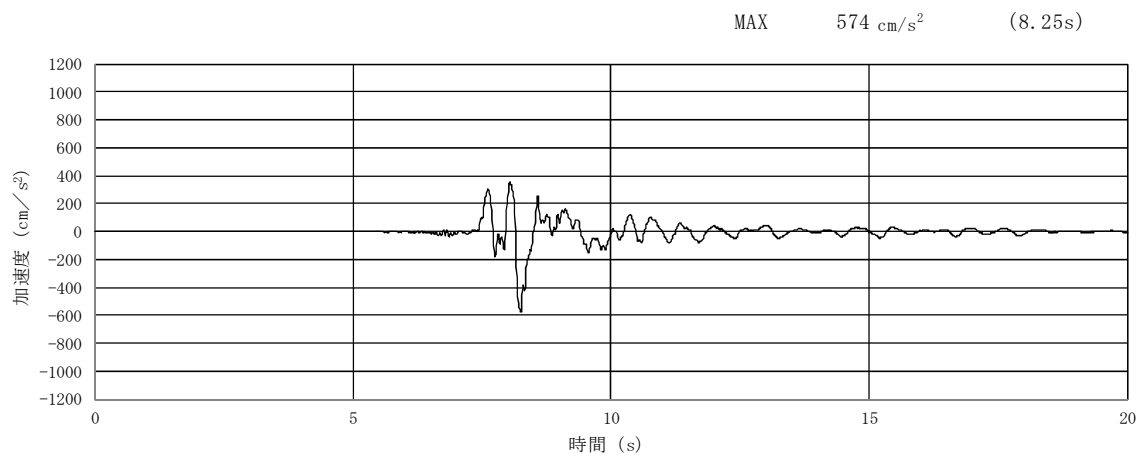
(a) 加速度時刻歴波形



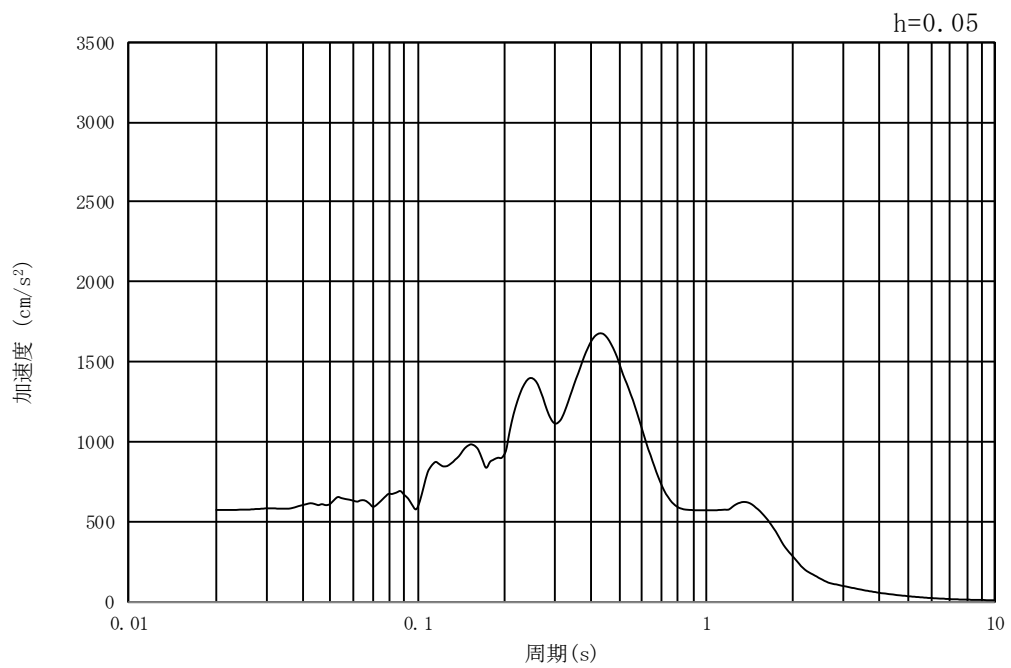
(b) 加速度応答スペクトル

図 10.3-2 (14)    東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直方向：S<sub>s</sub>-22)





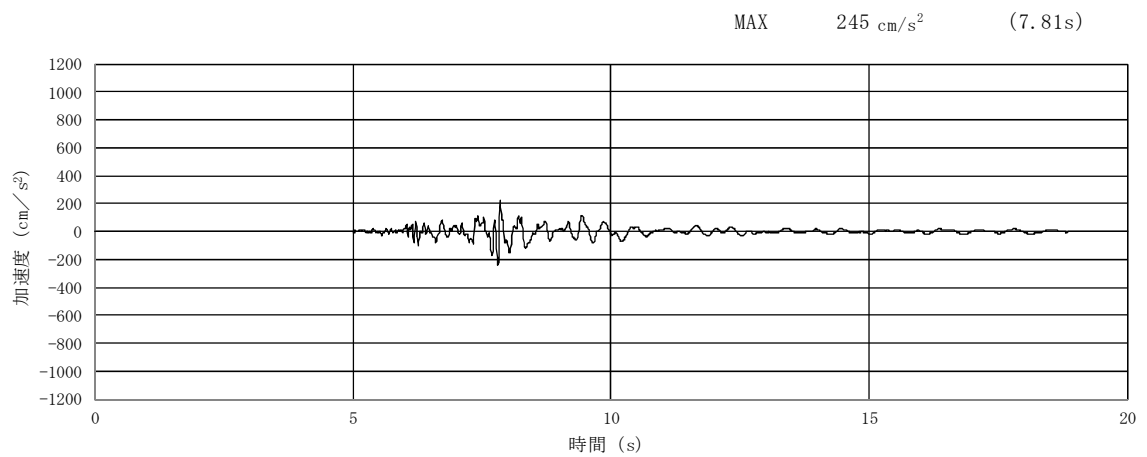
(a) 加速度時刻歴波形



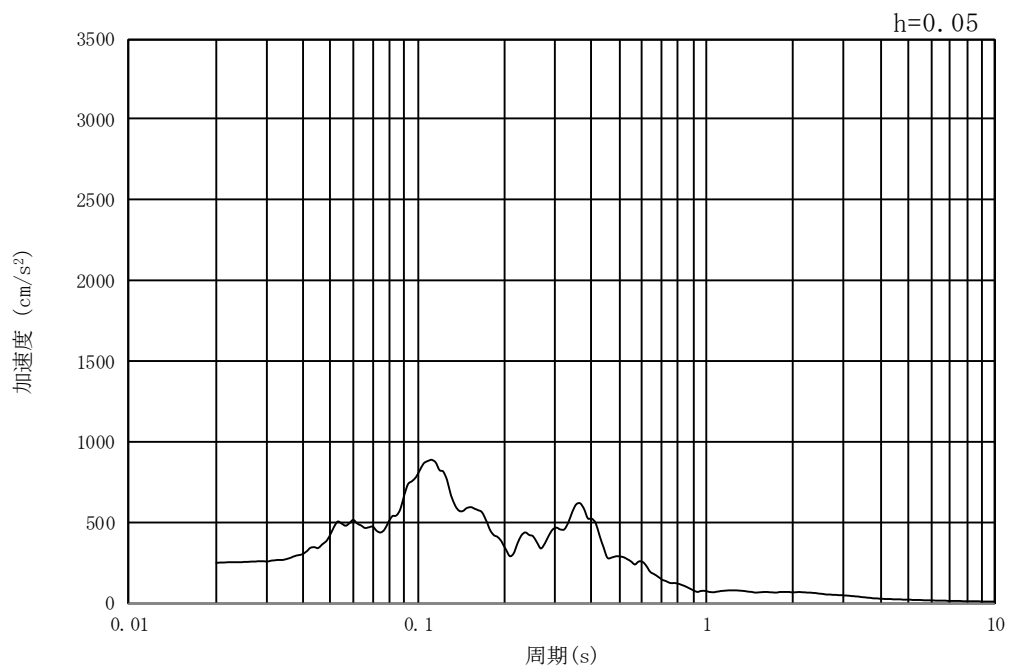
(b) 加速度応答スペクトル

図 10.3-2 (15)      東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平方向:  $S_s - 3.1$ )





(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

図 10.3-2 (16) 東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直方向： $S_s - 3.1$ )



### 10.3.2 許容限界の設定

#### (1) 許容応力度による許容限界

##### a. 構造部材に対する許容限界

常設低圧代替注水系配管カルバートの構造部材は，許容応力度による照査を行う。評価位置においてコンクリートの圧縮応力度，鉄筋の引張応力度，コンクリートのせん断応力度が許容応力度以下であることを確認する。許容応力度については，「コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（(社)土木学会，2002年制定）」に基づき，コンクリート及び鉄筋の許容応力度に対して割増係数 1.5 を考慮し，表 10.3-1 のとおり設定する。

表 10.3-1 短期許容応力度

| 評価項目   |                         | 短期許容応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) |
|--|-------------------------|---------------------------------|
| コンクリート*1<br>( $f'_{ck}=40$ N/mm <sup>2</sup> ) | 許容曲げ圧縮応力度 $\sigma_{ca}$ | 21.0                            |
|  | 許容せん断応力度 $\tau_{a1}$    | 0.825*2                         |
| 鉄筋   | SD345*1                 | 許容引張応力度 $\sigma_{sa}$<br>294    |
|  | SD390*1                 | 許容引張応力度 $\sigma_{sa}$<br>309    |

注記 \*1：コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（(社)土木学会，2002年制定）

\*2：斜め引張鉄筋を考慮する場合は，「コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（(社)土木学会，2002年制定）」に準拠し，次式により求められる許容せん断力（ $V_a$ ）を許容限界とする。各部材における許容限界を表 10.3-2 に示す。

$$V_a = V_{ca} + V_{sa}$$

ここで，  $V_{ca}$  ：コンクリートの負担するせん断力

$$V_{ca} = 1/2 \cdot \tau_{a1} \cdot b_w \cdot j \cdot d$$

$V_{sa}$  ：斜め引張鉄筋の負担するせん断力

$$V_{sa} = A_w \cdot \sigma_{sa} \cdot j \cdot d / s$$

$\tau_{a1}$  ：斜め引張鉄筋を考慮しない場合の許容せん断応力度

$b_w$  ：有効幅

$j$  ：1/1.15

$d$  ：有効高さ

$A_w$  ：斜め引張鉄筋断面積

$\sigma_{sa}$  ：鉄筋の許容引張応力度

$s$  ：斜め引張鉄筋間隔

表 10.3-2 斜め引張鉄筋を配置する部材のせん断力に対する許容限界



| 部材 | 許容せん断力 (kN) |
|----|-------------|
| 底版 | 895         |
| 頂版 | 895         |
| 側壁 | 895         |

b. 人工岩盤に対する許容限界

人工岩盤の健全性に係る許容限界は、原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 - 1987 ((社) 日本電気協会) に基づき、表 11.3-3 のとおり、すべり安全率 1.2 とする。すべり安全率は、仮定した仮想すべり面上のせん断抵抗力を発生せん断力で除した値として次式により算定する。

$$F_s = \frac{\sum(R_i \times L_i)}{\sum(\tau_i \times L_i)}$$

ここで、

$F_s$  : すべり安全率

$R_i$  : 仮想すべり面上の各要素のせん断強度 (kN/m<sup>2</sup>)

$\tau_i$  : 仮想すべり面上の各要素の発生せん断応力 (kN/m<sup>2</sup>)

$L_i$  : 仮想すべり面上の各要素の長さ (m)

表 11.3-3 人工岩盤の許容限界

| 評価項目   | 許容限界 |
|--------|------|
| すべり安全率 | 1.2  |

(2) 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

基礎地盤の支持性能については、構造物の接地圧が基礎地盤の極限支持力以下であることを確認する。

常設低圧代替注水系配管カルバートの基礎地盤に作用する接地圧に対する許容限界は、コンクリート標準示方書に基づきコンクリート（人工岩盤）の設計基準強度から得られる許容支圧強度に対して割増係数 1.5 を考慮した値を許容限界とする。

常設低圧代替注水系配管カルバートにおける許容限界を表 10.3-3 に示す。

表 10.3-3 基礎地盤の支持力に対する許容限界

| 評価項目        | 短期許容応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) |
|-------------|---------------------------------|
| 人工岩盤の許容支圧強度 | 8100                            |



## 10.4 評価結果

### 10.4.1 地震応答解析結果

#### (1) 地震時断面力図（部材に着目した地震時断面力図）

代替淡水貯槽の基準地震動  $S_s$  による断面力（曲げモーメント，軸力，せん断力）を図 10.4-3 に示す。本図は構造部材の曲げ，せん断照査結果が最も厳しくなる部材の評価時刻における断面力を示したものである。各部材において最も厳しい照査値とその地震波を表 10.4-1 に示す。



表 10.4-1 (1) コンクリートの曲げ軸力に対する照査結果

| 評価位置 |   | 断面性状 (mm) |        |        | 鉄筋仕様<br>(引張鉄筋) | 発生断面力    |        | 圧縮<br>応力度<br>$\sigma_c$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>$\sigma_{ca}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値<br>$\sigma_c / \sigma_{ca}$ | 基準地震動<br>(検討ケース) | 地震波                             |
|------|---|-----------|--------|--------|----------------|----------|--------|---|--|---------------------------------|------------------|---------------------------------|
|      |   | 部材幅       | 部材高    | 有効高さ   |                | 曲げモーメント  | 軸力     |   |  |                                 |                  |                                 |
|      |   | b (mm)    | h (mm) | d (mm) |                | (kN・m/m) | (kN/m) |   |  |                                 |                  |                                 |
| 底版   | 1 | 1,000     | 800    | 580    | 1-D22, D25@150 | 546      | 640    | 9.90  | 21.0   | 0.48                            | ⑤                | S <sub>s</sub> -3 1<br>(H+, V+) |
| 頂版   | 4 | 1,000     | 800    | 580    | 1-D19, D22@150 | 380      | 406    | 7.80  | 21.0   | 0.38                            | ⑤                | S <sub>s</sub> -3 1<br>(H+, V+) |
| 側壁   | 5 | 1,000     | 800    | 580    | 1-D22, D25@150 | 398      | 141    | 7.51  | 21.0   | 0.36                            | ⑤                | S <sub>s</sub> -3 1<br>(H+, V+) |

※1 評価位置は下図に示す

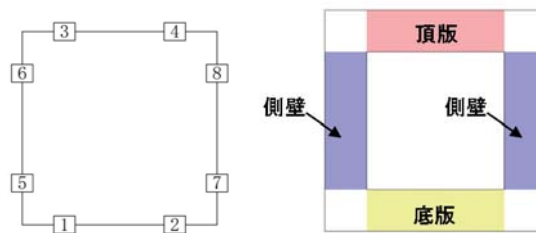


表 10.4-1 (2) 鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果

| 評価位置 |   | 断面性状 (mm) |        |        | 鉄筋仕様<br>(引張鉄筋) | 発生断面力    |        | 引張<br>応力度<br>$\sigma_s$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>$\sigma_{sa}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値<br>$\sigma_s / \sigma_{sa}$ | 基準地震動<br>(検討ケース) | 地震波                             |
|------|---|-----------|--------|--------|----------------|----------|--------|---|--|---------------------------------|------------------|---------------------------------|
|      |   | 部材幅       | 部材高    | 有効高さ   |                | 曲げモーメント  | 軸力     |   |  |                                 |                  |                                 |
|      |   | b (mm)    | h (mm) | d (mm) |                | (kN・m/m) | (kN/m) |   |  |                                 |                  |                                 |
| 底版   | 1 | 1,000     | 800    | 580    | 1-D22, D25@150 | 546      | 640    | 231.52  | 309  | 0.75                            | ⑤                | S <sub>s</sub> -3 1<br>(H+, V+) |
| 頂版   | 4 | 1,000     | 800    | 580    | 1-D19, D22@150 | 380      | 406    | 218.07  | 309  | 0.71                            | ⑤                | S <sub>s</sub> -3 1<br>(H+, V+) |
| 側壁   | 5 | 1,000     | 800    | 580    | 1-D22, D25@150 | 398      | 135    | 233.12  | 309  | 0.76                            | ⑤                | S <sub>s</sub> -3 1<br>(H+, V+) |

※1 評価位置は下図に示す

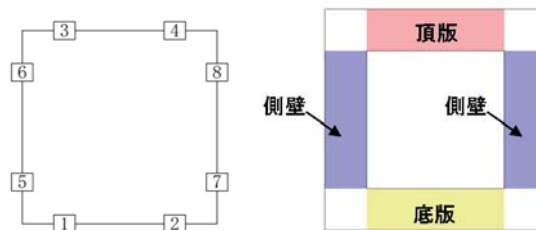
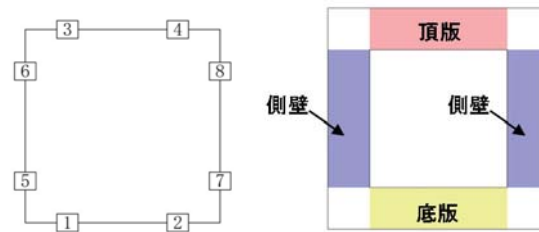




表 10.4-1 (3) せん断力に対する照査結果

| 評価位置 |   | 断面性状 (mm) |        |        | 鉄筋仕様<br>(せん断補強筋) | 発生<br>せん断力<br>V<br>(kN/m) | 短期許容<br>せん断力<br>V <sub>a</sub><br>(kN/m) | 照査値<br>V/V <sub>a</sub> | 基準地震動<br>(検討ケース) | 地震波                             |
|------|---|-----------|--------|--------|------------------|---------------------------|--|-------------------------|------------------|---------------------------------|
|      |   | 部材幅       | 部材高    | 有効高さ   |                  |                           |  |                         |                  |                                 |
|      |   | b (mm)    | h (mm) | d (mm) |                  |                           |  |                         |                  |                                 |
| 底版   | 2 | 1,000     | 700    | 580    | D16@150×300      | 595                       | 895                                      | 0.67                    | ⑤                | S <sub>s</sub> -3 1<br>(H+, V+) |
| 頂版   | 4 | 1,000     | 700    | 580    | D16@150×300      | 495                       | 895                                      | 0.56                    | ⑤                | S <sub>s</sub> -3 1<br>(H+, V+) |
| 側壁   | 7 | 1,000     | 700    | 580    | D16@150×300      | 550                       | 895                                      | 0.62                    | ①                | S <sub>s</sub> -3 1<br>(H-, V+) |

※1 評価位置は下図に示す





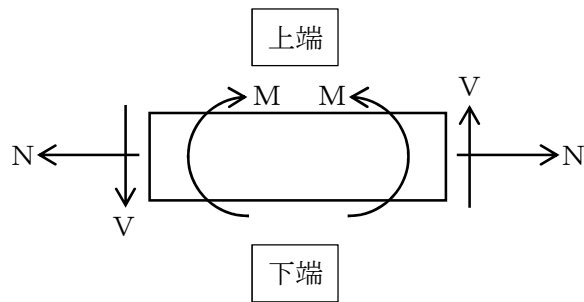


図 10.4-1 応力の方向

記号の説明

曲げモーメント :  $M$

軸力 :  $N$

せん断力 :  $V$

断面力の符号

曲げモーメント ( $M$ ) 正 : 上端が圧縮となる曲げモーメント

負 : 上端が引張となる曲げモーメント

軸力 ( $N$ ) 正 : 引張

負 : 圧縮

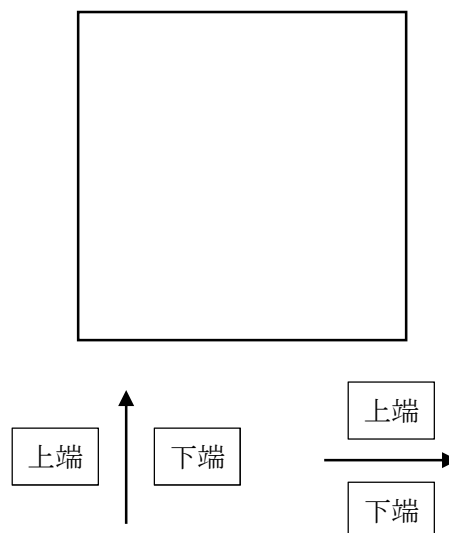


図 10.4-2 はり要素の方向 (常設低圧代替注水系配管カルバート)



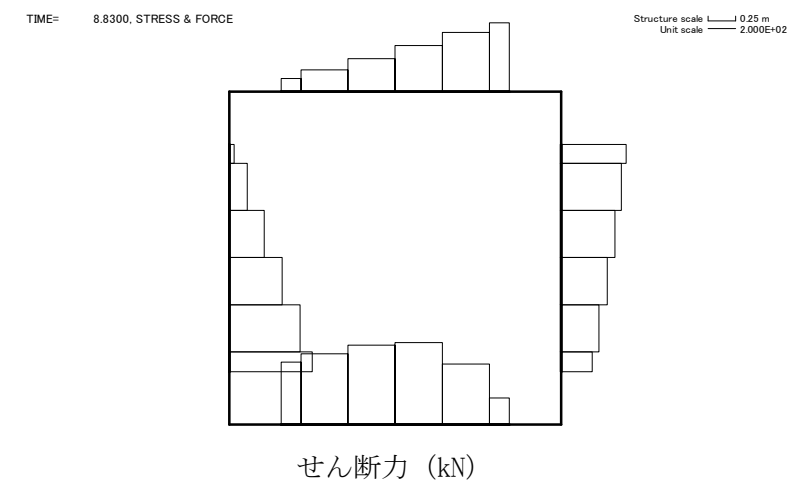
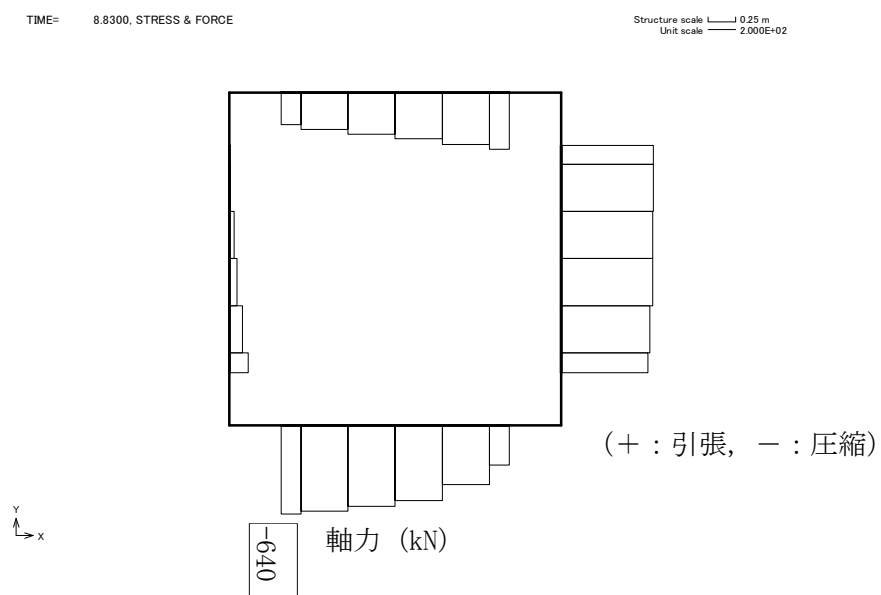
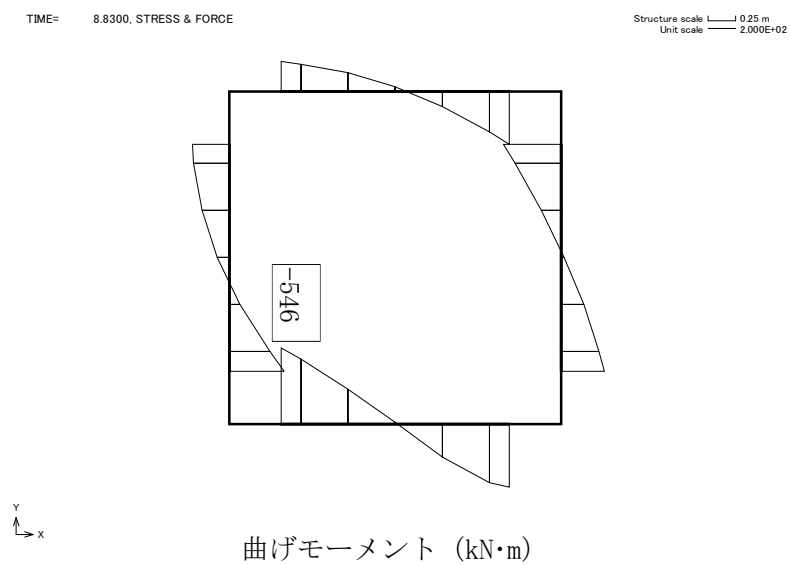


図 10.4-3 (1) 底版において最も厳しいコンクリートの曲げ軸力の照査値となる時刻の断面力

( $S_s - 31$  [H+, V+],  $t = 8.83s$ )

(検討ケース⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース)



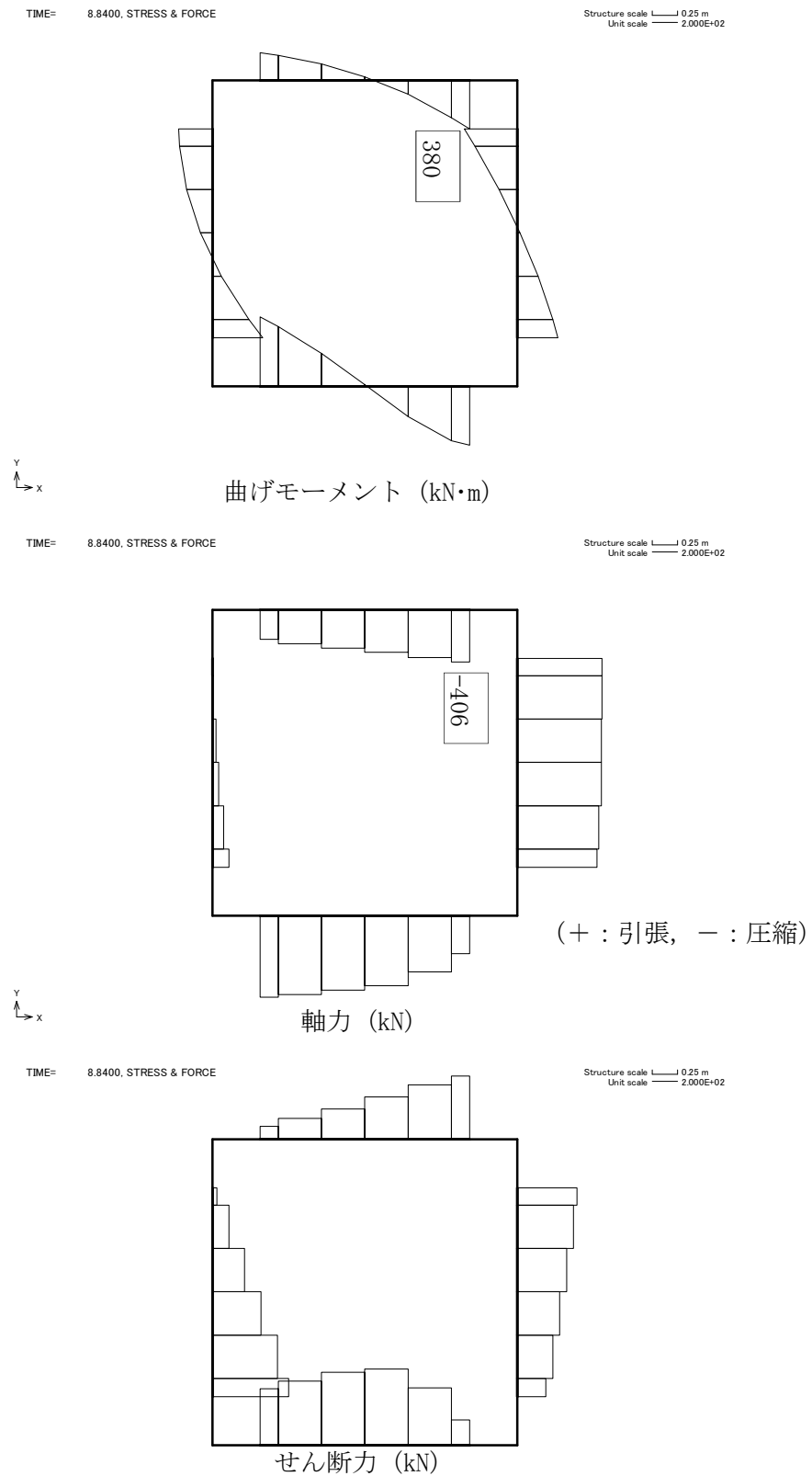


図 10.4-3 (2) 預版において最も厳しいコンクリートの曲げ軸力の照査値となる時刻の断面力

( $S_s - 31$  [H+, V+],  $t = 8.84s$ )

(検討ケース⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース)



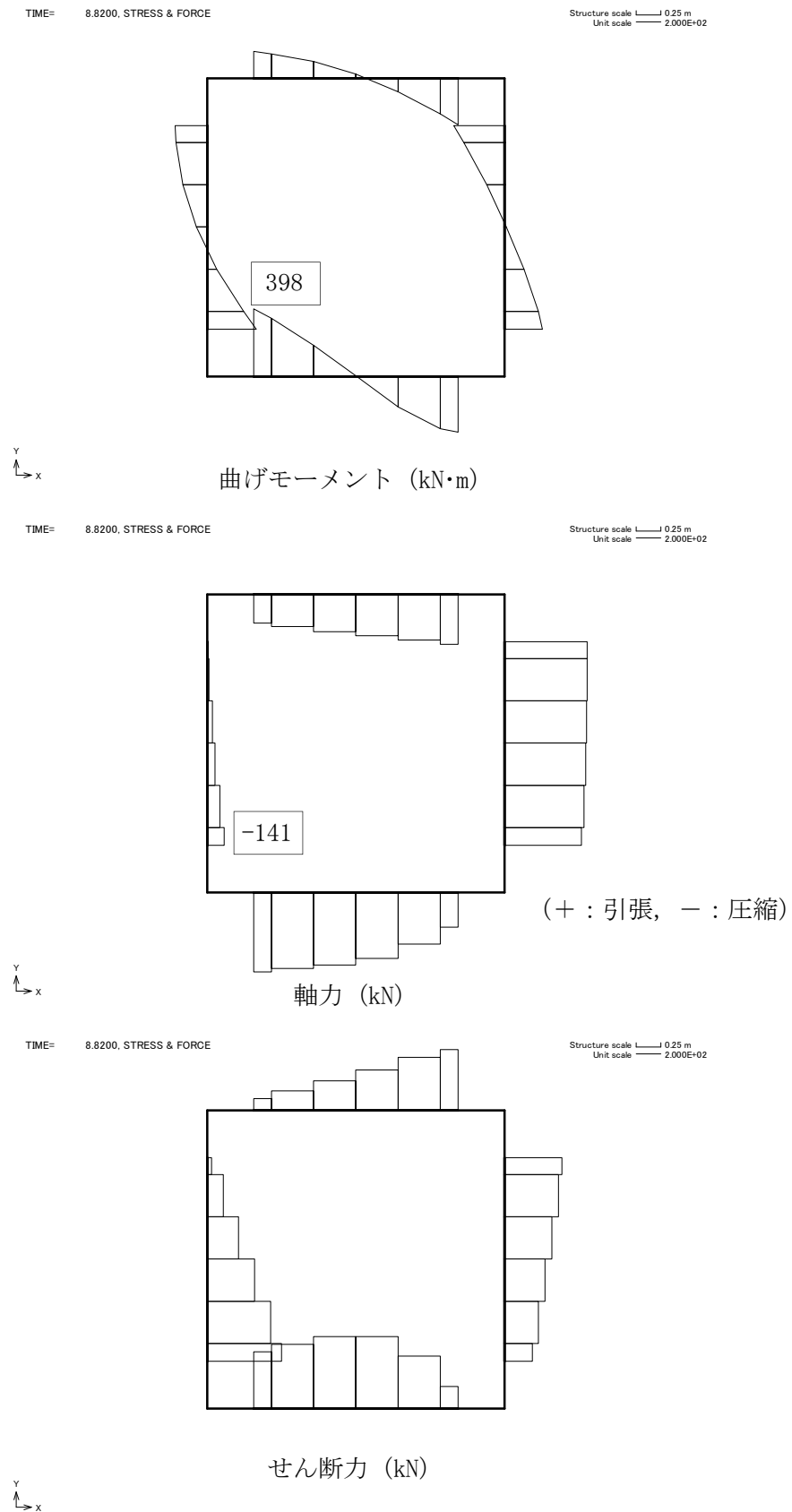


図 10.4-3 (3) 側壁において最も厳しいコンクリートの曲げ軸力の照査値となる時刻の断面力

( $S_s - 3.1$  [H+, V+],  $t = 8.82$  s)

(検討ケース⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース)



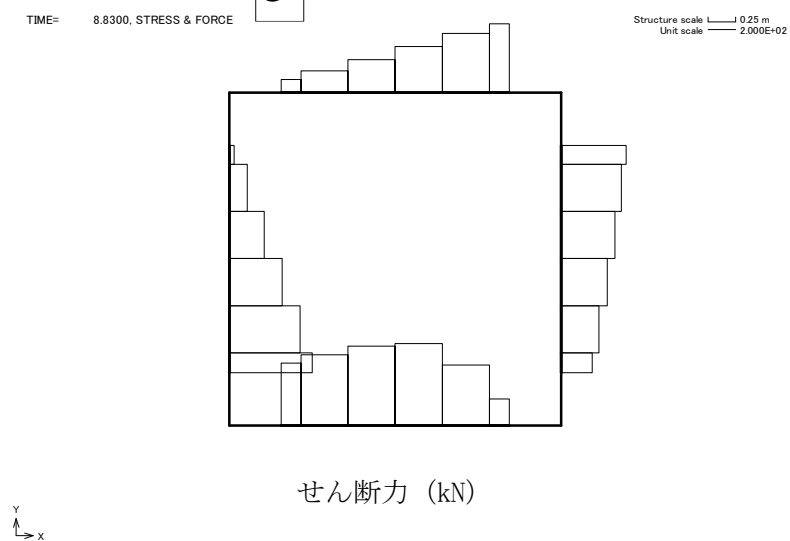
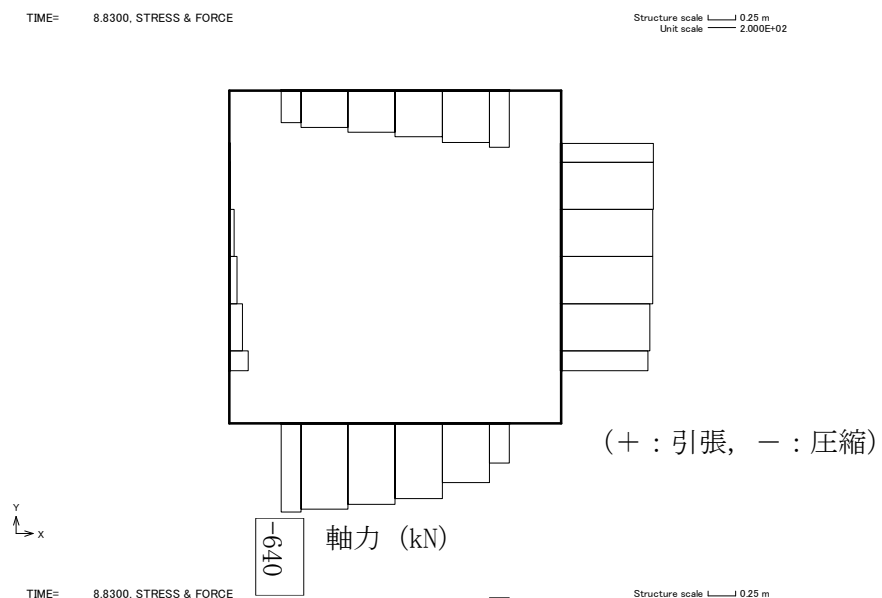
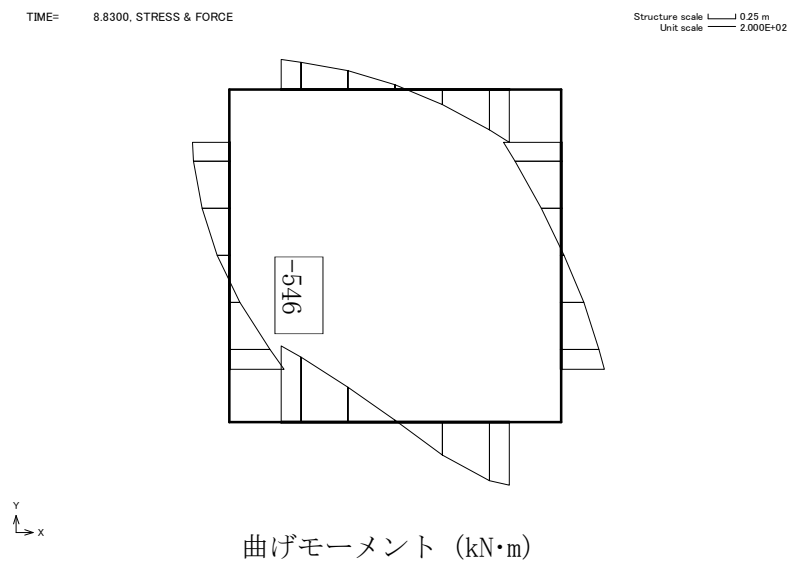


図 10.4-3 (4) 底版において最も厳しい鉄筋の曲げ軸力の照査値となる時刻の断面力  
( $S_s - 31$  [H+, V+],  $t = 8.83s$ )  
(検討ケース⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース)



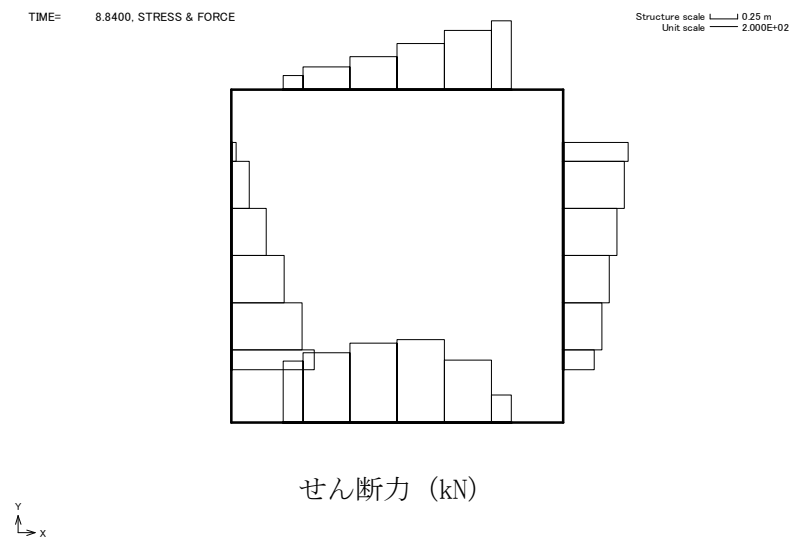
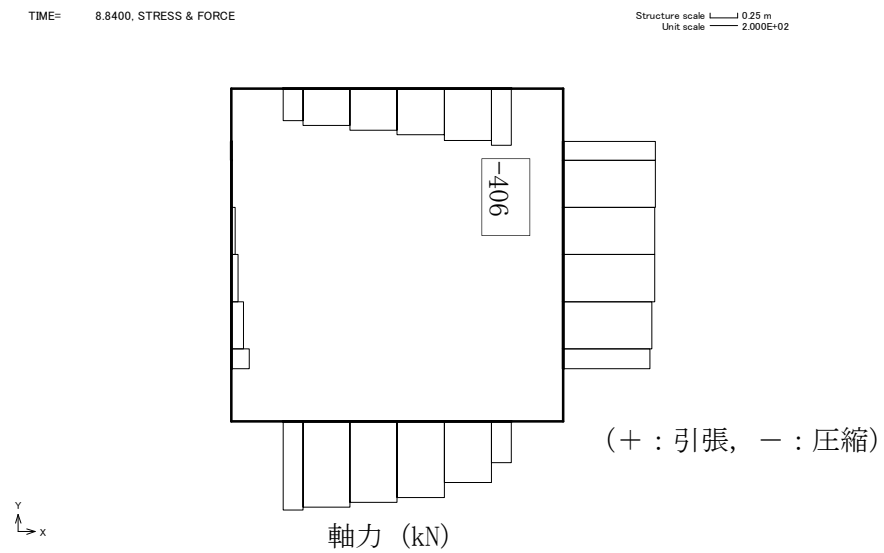
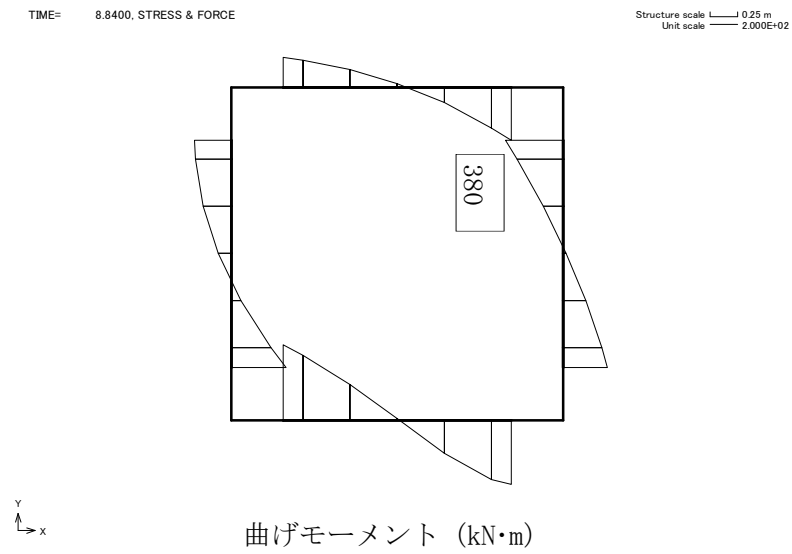


図 10.4-3 (5) 頂版において最も厳しい鉄筋の曲げ軸力の照査値となる時刻の断面力

( $S_s - 31$  [H+, V+],  $t = 8.84s$ )

(検討ケース⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース)



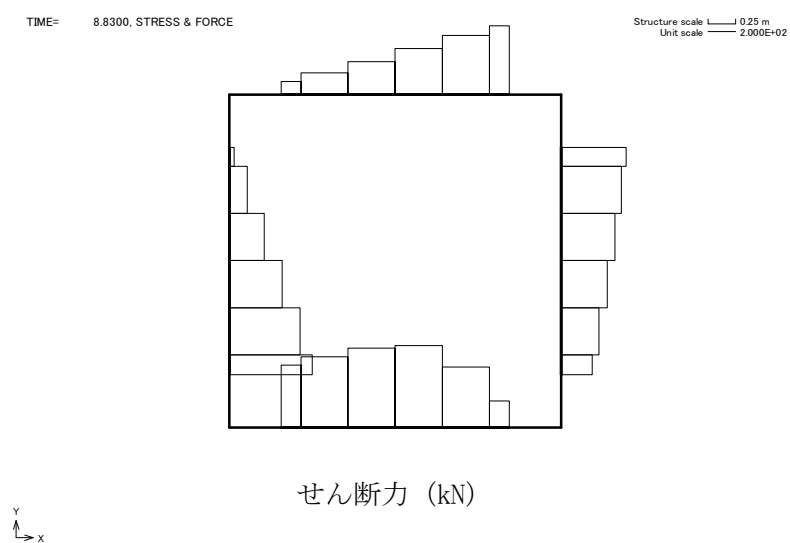
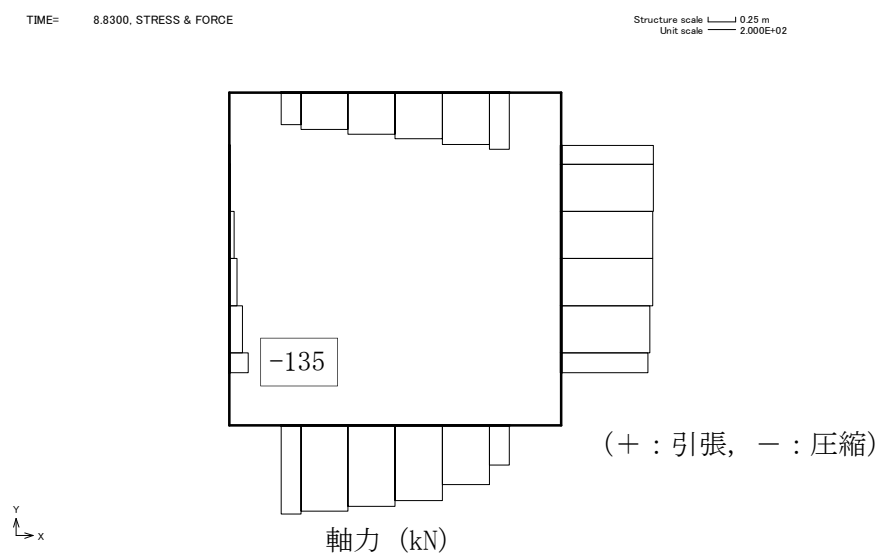
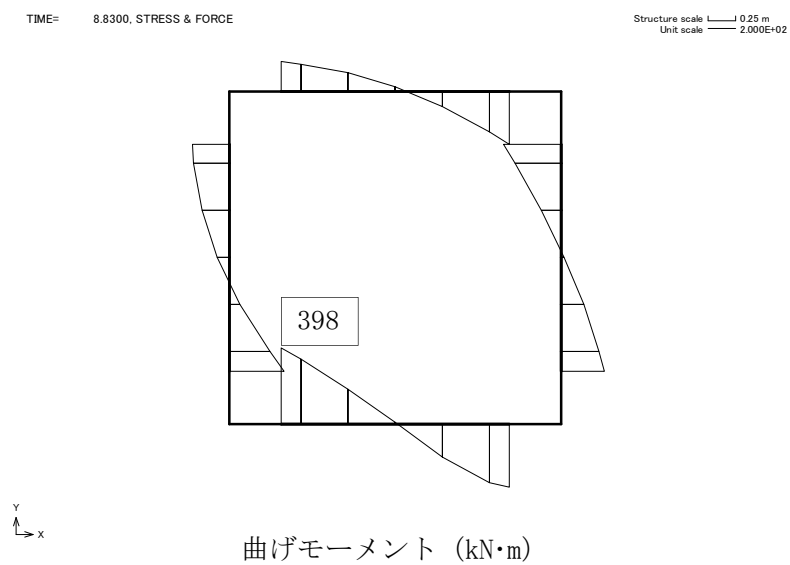


図 10.4-3 (6) 側壁において最も厳しい鉄筋の曲げ軸力の照査値となる時刻の断面力  
( $S_s - 31$  [H+, V+],  $t = 8.83s$ )  
(検討ケース⑤：原地盤において非液化化の条件を仮定した解析ケース)



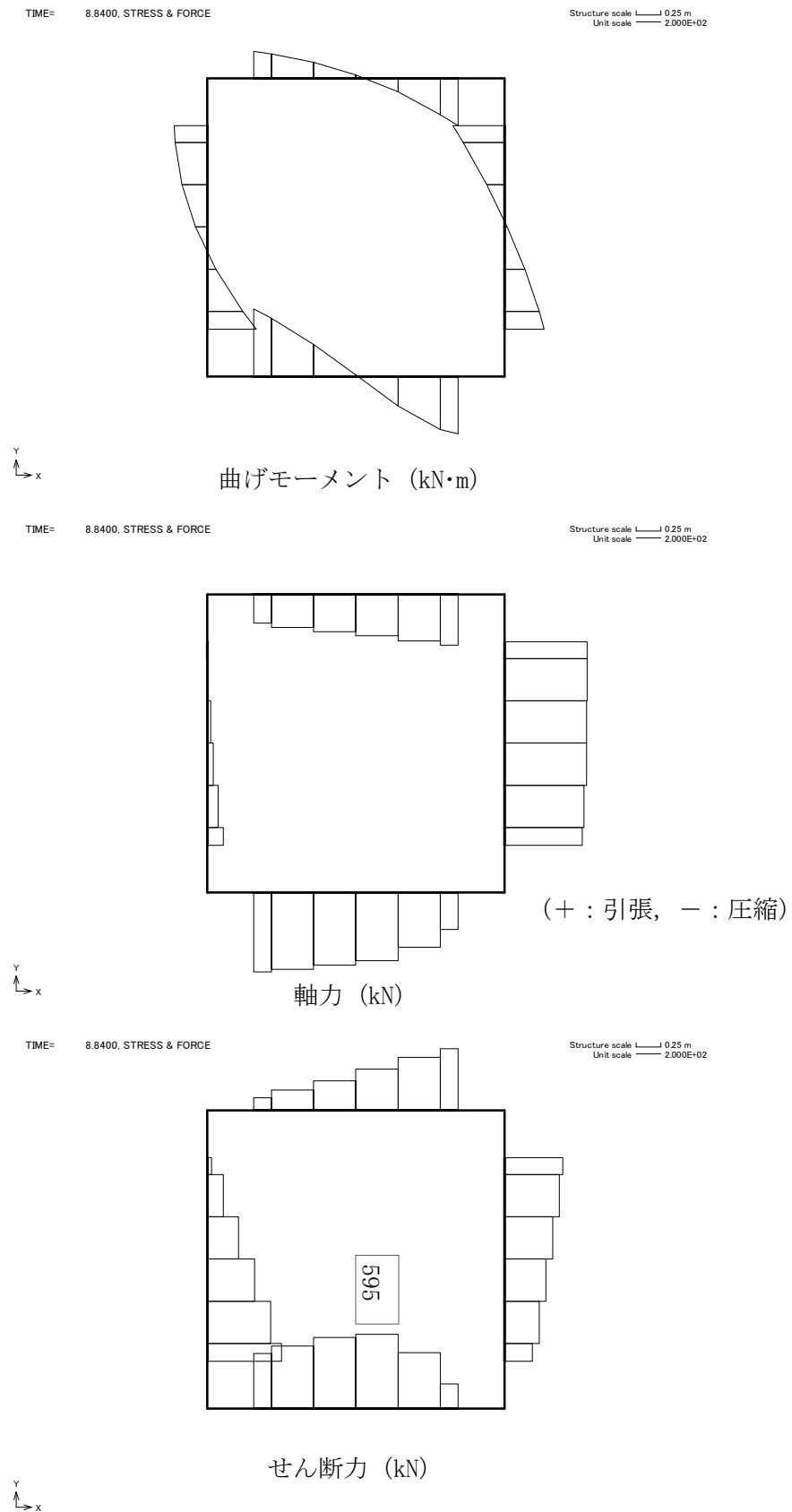


図 10.4-3 (7) 底版において最も厳しいせん断力の照査値となる時刻の断面力

( $S_s - 31$  [H+, V+],  $t = 8.84$  s)

(検討ケース⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース)



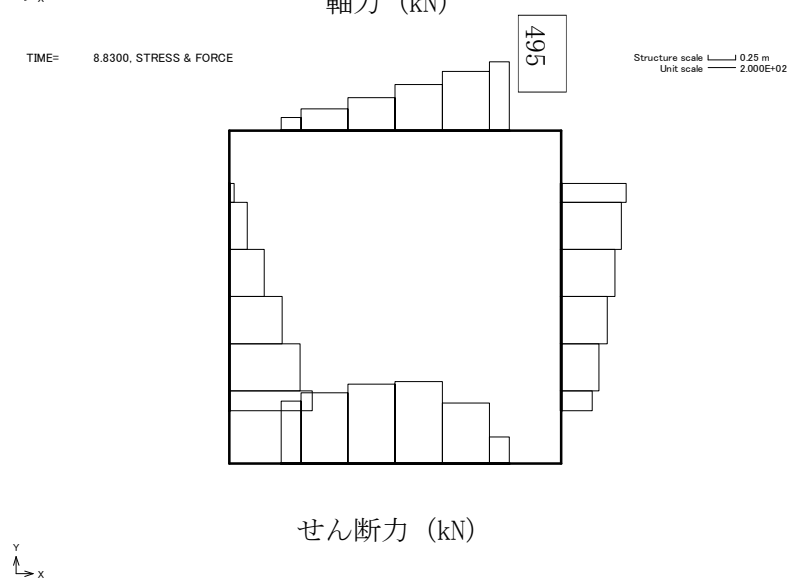
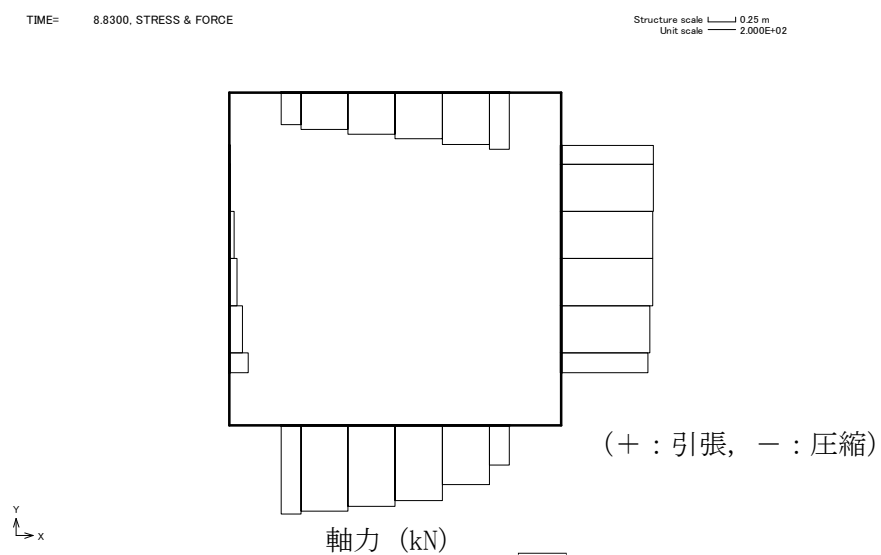
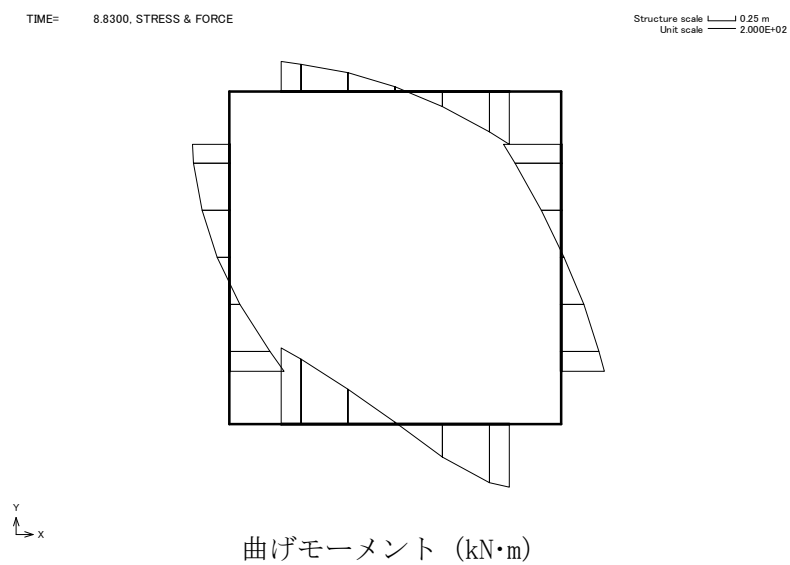


図 10.4-3 (8) 頂版において最も厳しいせん断力の照査値となる時刻の断面力  
( $S_s - 31$  [H+, V+],  $t = 8.83s$ )  
(検討ケース⑤：原地盤において非液化化の条件を仮定した解析ケース)



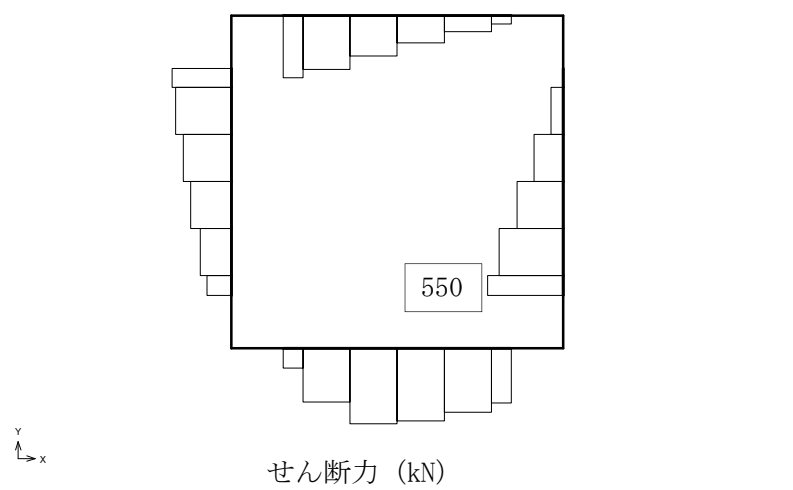
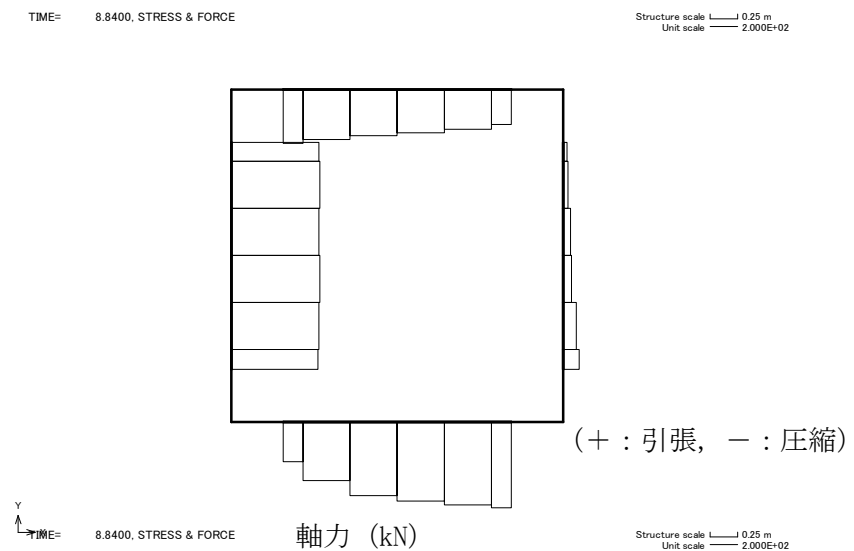
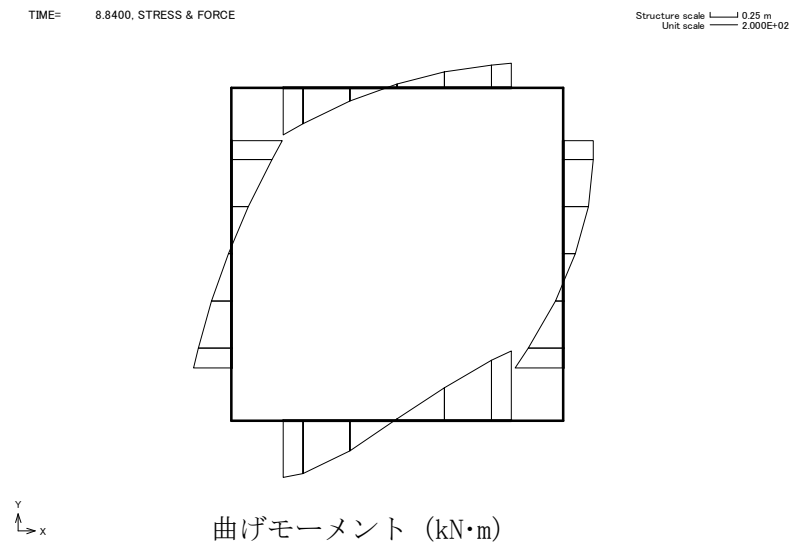


図 10.4-3 (9) 側壁において最も厳しいせん断力の照査値となる時刻の断面力

( $S_s - 31$  [H-, V+],  $t = 8.84s$ )

(検討ケース⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース)



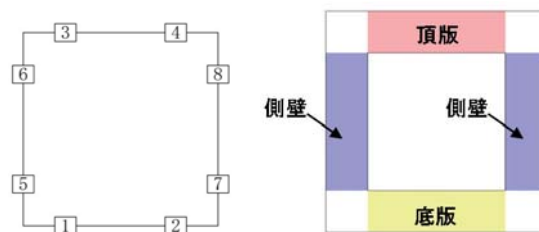
(2) 地震時断面力図（検討ケースに着目した地震時断面力図）

代替淡水貯槽の基準地震動 $S_s$ による断面力（曲げモーメント，軸力，せん断力）を図 10.4-4 に示す。本図は各検討ケースにおいて，コンクリートの曲げに対する照査，鉄筋の曲げに対する照査及びせん断に対する照査のうち，照査値が最も厳しくなる部材の評価時刻における断面力を示したものである。各検討ケースにおける最も厳しい照査値と照査項目を表 10.4-2 に示す。

表 10.4-2 各検討ケースにおいて最も厳しい照査値とその照査項目及び評価位置結果

| 検討ケース      |        | 抽出照査値と照査項目 |       |      |
|------------|--------|------------|-------|------|
|            |        | 照査値        | 照査項目  | 評価位置 |
| ① $S_s-D1$ | H+, V+ | 0.524      | せん断   | 7    |
| ① $S_s-D1$ | H+, V- | 0.523      | 鉄筋の曲げ | 2    |
| ① $S_s-D1$ | H-, V+ | 0.518      | 鉄筋の曲げ | 1    |
| ① $S_s-D1$ | H-, V- | 0.523      | 鉄筋の曲げ | 1    |
| ① $S_s-11$ | H+, V+ | 0.422      | せん断   | 7    |
| ① $S_s-12$ | H+, V+ | 0.507      | せん断   | 7    |
| ① $S_s-13$ | H+, V+ | 0.505      | せん断   | 7    |
| ① $S_s-14$ | H+, V+ | 0.470      | せん断   | 7    |
| ① $S_s-21$ | H+, V+ | 0.401      | せん断   | 7    |
| ① $S_s-22$ | H+, V+ | 0.476      | せん断   | 7    |
| ① $S_s-31$ | H+, V+ | 0.670      | 鉄筋の曲げ | 1    |
| ① $S_s-31$ | H-, V+ | 0.668      | 鉄筋の曲げ | 2    |
| ② $S_s-31$ | H+, V+ | 0.673      | 鉄筋の曲げ | 1    |
| ③ $S_s-31$ | H+, V+ | 0.663      | 鉄筋の曲げ | 1    |
| ④ $S_s-31$ | H+, V+ | 0.641      | 鉄筋の曲げ | 1    |
| ⑤ $S_s-31$ | H+, V+ | 0.754      | 鉄筋の曲げ | 5    |
| ⑥ $S_s-31$ | H+, V+ | 0.748      | 鉄筋の曲げ | 5    |

※1 評価位置は下図に示す





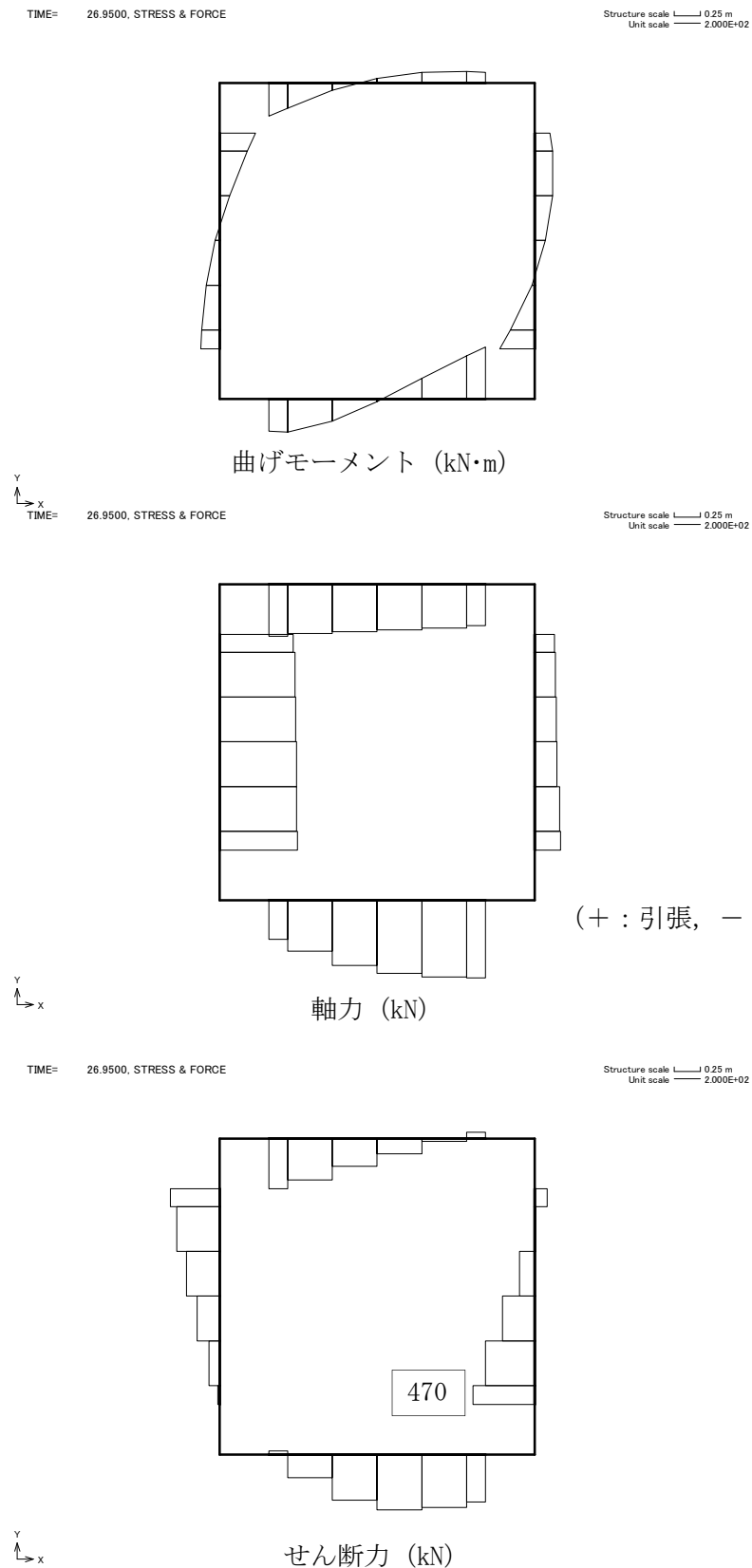


図 10.4-4 (1) S s - D 1 (H + , V + ) において最も厳しい照査値となる時刻の断面力  
(t=26.95s)

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



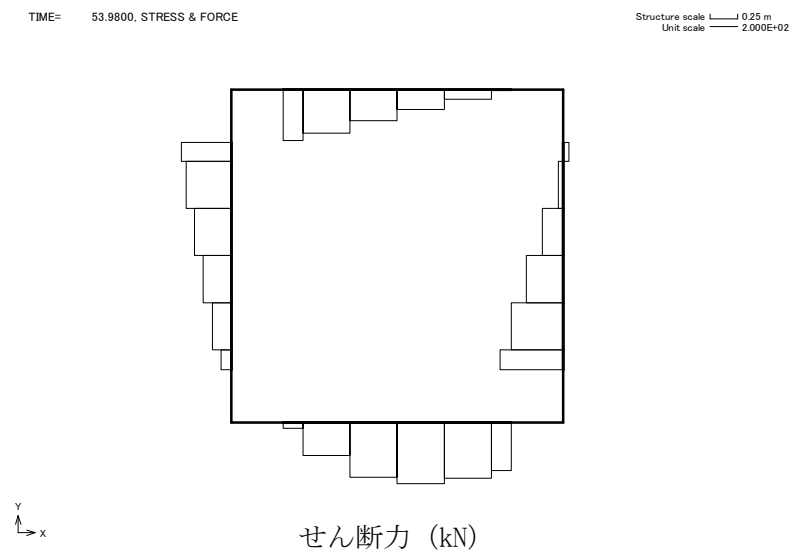
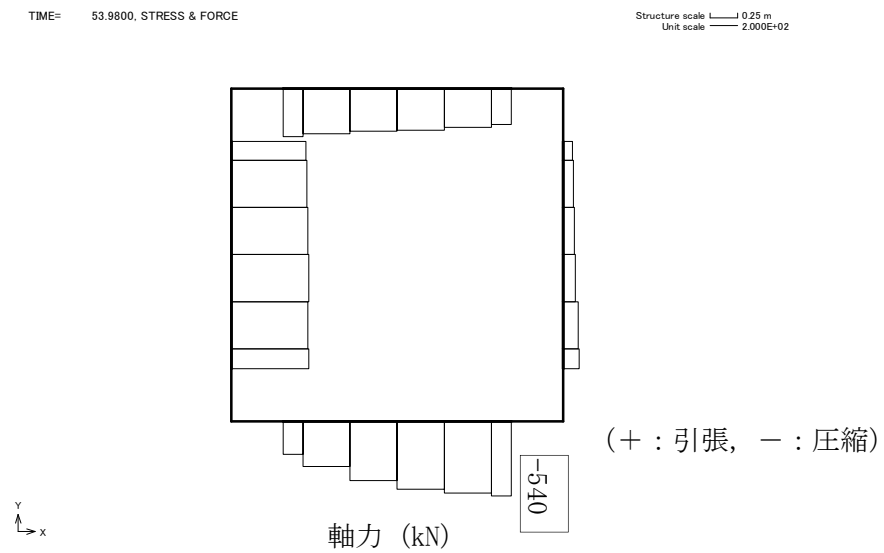
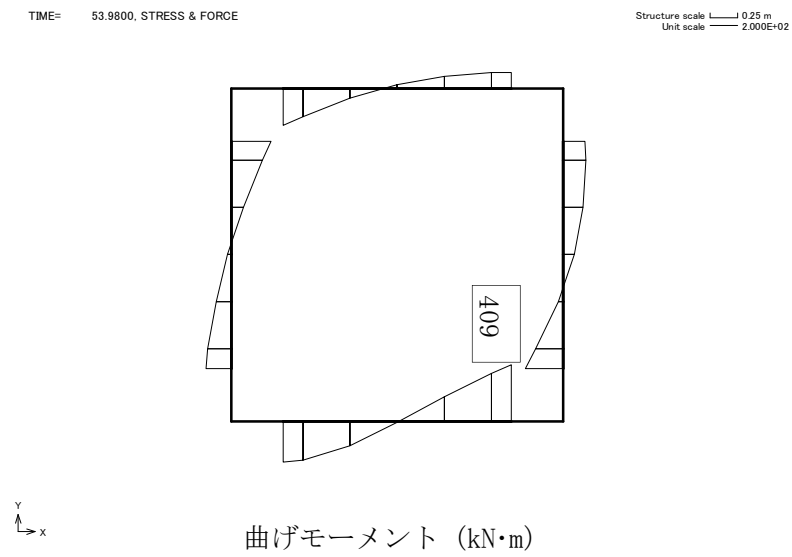
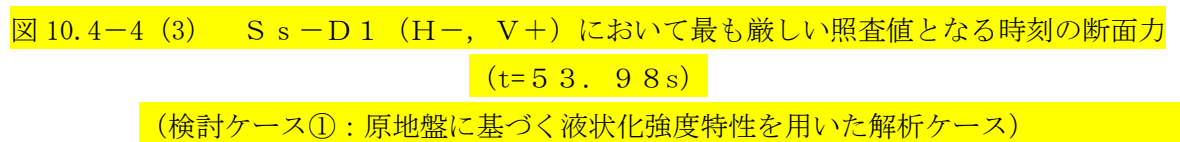
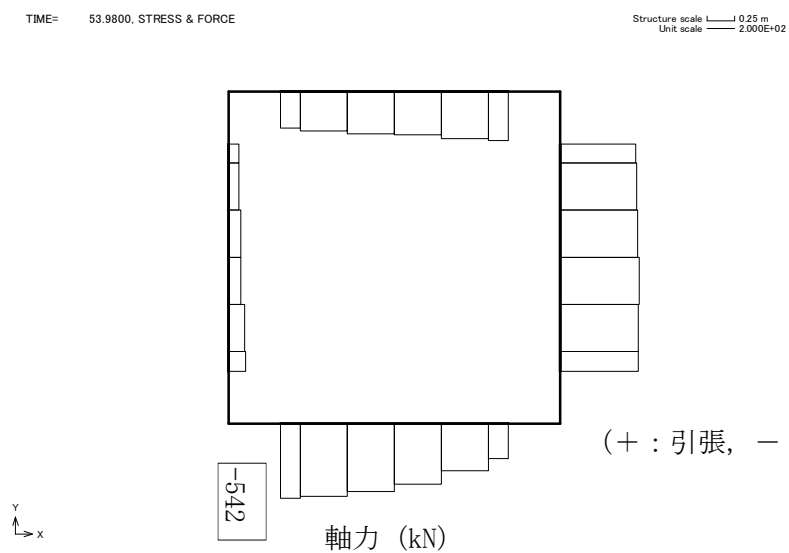


図 10.4-4 (2) S s - D 1 (H +, V -) において最も厳しい照査値となる時刻の断面力  
(t = 53.98 s)  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

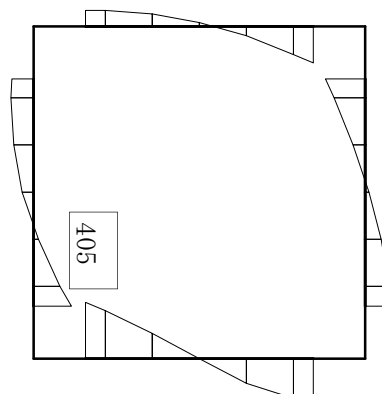






TIME= 53.9900, STRESS & FORCE

Structure scale 0.25 m  
Unit scale 2.000E+02

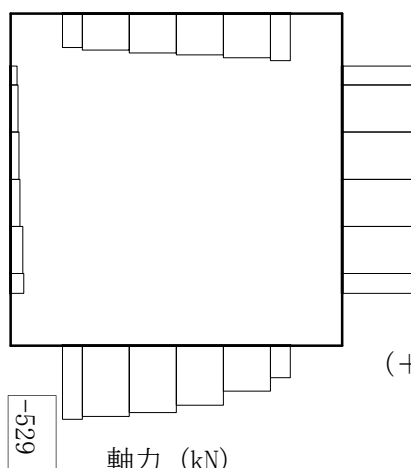


Y  
↑  
x

曲げモーメント (kN・m)

TIME= 53.9900, STRESS & FORCE

Structure scale 0.25 m  
Unit scale 2.000E+02



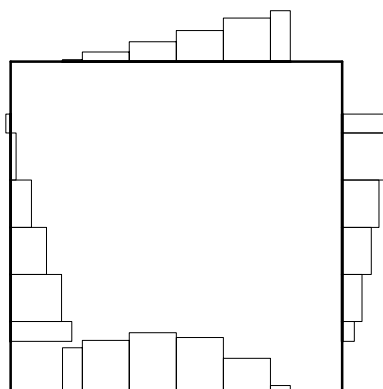
Y  
↑  
x

(+ : 引張, - : 圧縮)

軸力 (kN)

TIME= 53.9900, STRESS & FORCE

Structure scale 0.25 m  
Unit scale 2.000E+02



Y  
↑  
x

せん断力 (kN)

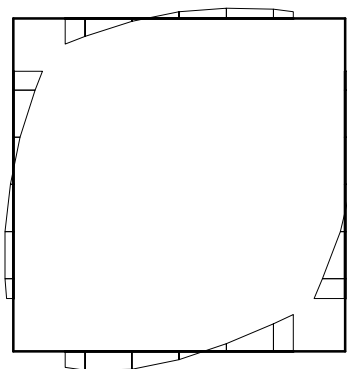
図 10.4-4 (4) S s - D 1 (H -, V -) において最も厳しい照査値となる時刻の断面力  
(t=53.99s)

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



TIME= 23.6600, STRESS & FORCE

Structure scale 0.25 m  
Unit scale 2.000E+02

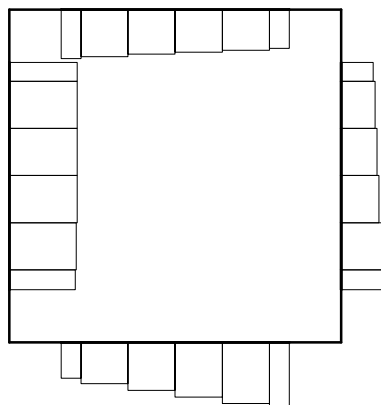


Y  
x

曲げモーメント (kN・m)

TIME= 23.6600, STRESS & FORCE

Structure scale 0.25 m  
Unit scale 2.000E+02



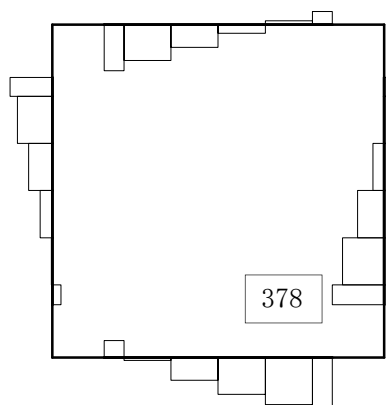
Y  
x

軸力 (kN)

(+ : 引張, - : 圧縮)

TIME= 23.6600, STRESS & FORCE

Structure scale 0.25 m  
Unit scale 2.000E+02



Y  
x

せん断力 (kN)

378

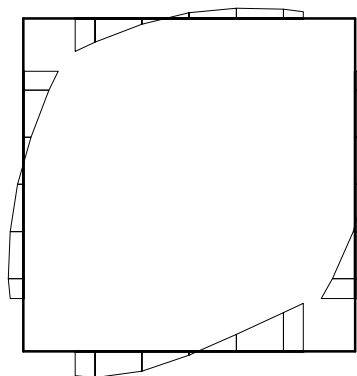
図 10.4-4 (5) S s - 1 1 (H+, V+) において最も厳しい照査値となる時刻の断面力  
(t=23.66s)

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



TIME= 29.5500, STRESS & FORCE

Structure scale 0.25 m  
Unit scale 2.000E+02

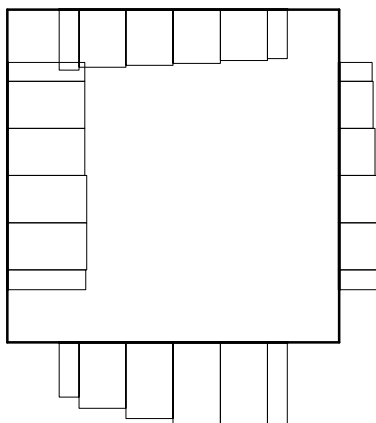


Y  
x

曲げモーメント (kN・m)

TIME= 29.5500, STRESS & FORCE

Structure scale 0.25 m  
Unit scale 2.000E+02



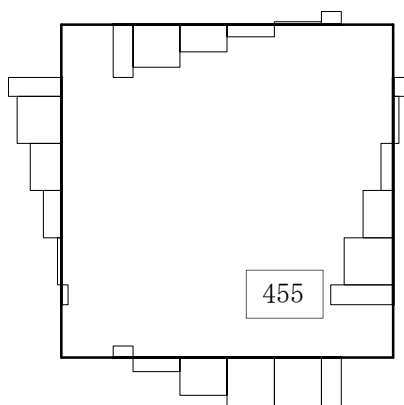
Y  
x

軸力 (kN)

(+ : 引張, - : 圧縮)

TIME= 29.5500, STRESS & FORCE

Structure scale 0.25 m  
Unit scale 2.000E+02



Y  
x

せん断力 (kN)

455

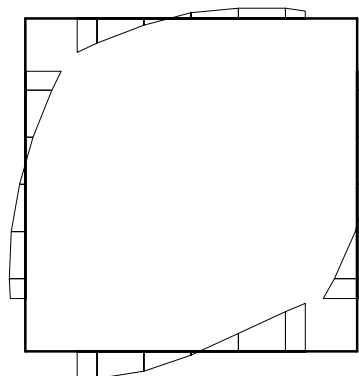
図 10.4-4 (6) S s - 1 2 (H +, V +) において最も厳しい照査値となる時刻の断面力  
(t = 29.55 s)

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



TIME= 26.7600, STRESS & FORCE

Structure scale 0.25 m  
Unit scale 2.000E+02

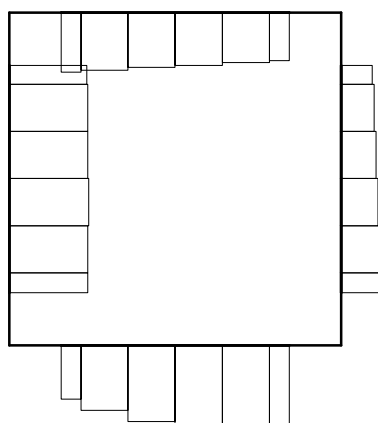


Y  
x

曲げモーメント (kN・m)

TIME= 26.7600, STRESS & FORCE

Structure scale 0.25 m  
Unit scale 2.000E+02



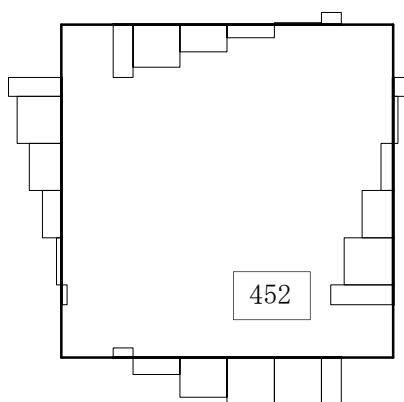
Y  
x

軸力 (kN)

(+ : 引張, - : 圧縮)

TIME= 26.7600, STRESS & FORCE

Structure scale 0.25 m  
Unit scale 2.000E+02



Y  
x

せん断力 (kN)

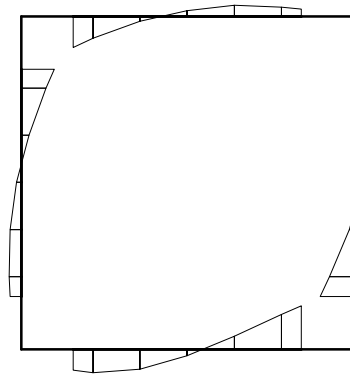
図 10.4-4 (7) S s - 1 3 (H +, V +) において最も厳しい照査値となる時刻の断面力  
(t = 26.76 s)

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



TIME= 29.0600, STRESS & FORCE

Structure scale 0.25 m  
Unit scale 2.000E+02

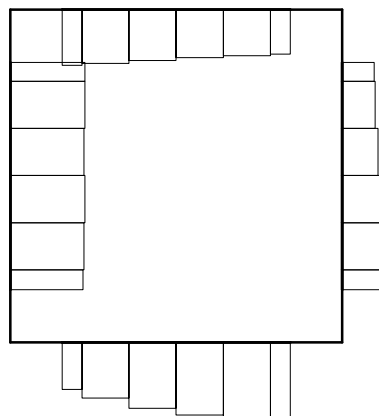


Y  
x

曲げモーメント (kN・m)

TIME= 29.0600, STRESS & FORCE

Structure scale 0.25 m  
Unit scale 2.000E+02



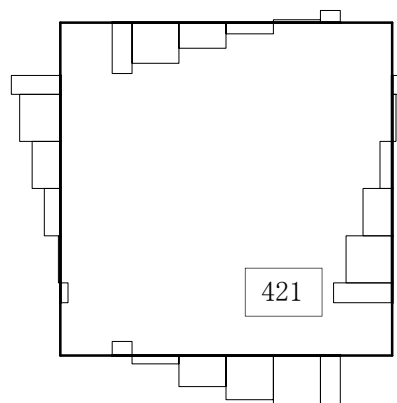
Y  
x

軸力 (kN)

(+ : 引張, - : 圧縮)

TIME= 29.0600, STRESS & FORCE

Structure scale 0.25 m  
Unit scale 2.000E+02



Y  
x

せん断力 (kN)

421

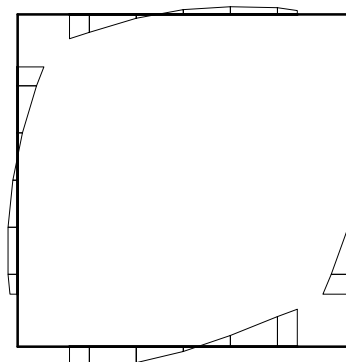
図 10.4-4 (8) S s - 1 4 (H +, V +) において最も厳しい照査値となる時刻の断面力  
(t = 29.06 s)

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



TIME= 103.1900, STRESS & FORCE

Structure scale 0.25 m  
Unit scale 2.000E+02

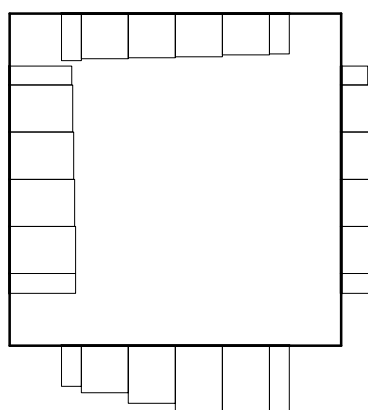


Y  
↑  
x

曲げモーメント (kN・m)

TIME= 103.1900, STRESS & FORCE

Structure scale 0.25 m  
Unit scale 2.000E+02



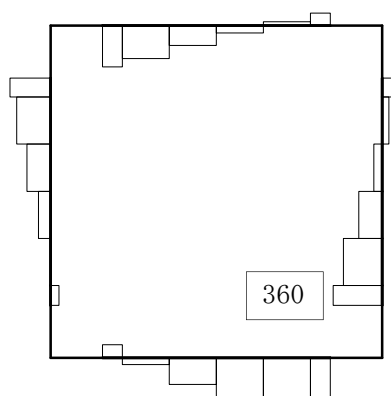
Y  
↑  
x

軸力 (kN)

(+ : 引張, - : 圧縮)

TIME= 103.1900, STRESS & FORCE

Structure scale 0.25 m  
Unit scale 2.000E+02



Y  
↑  
x

せん断力 (kN)

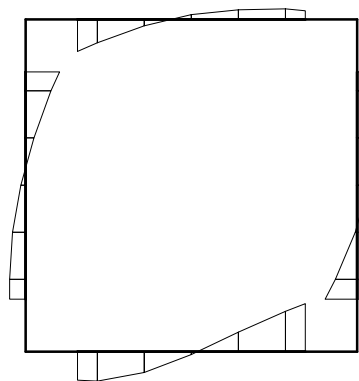
図 10.4-4 (9) S s - 2 1 (H+, V+) において最も厳しい照査値となる時刻の断面力  
(t=103.19s)

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



TIME= 89.9000, STRESS & FORCE

Structure scale  $\frac{1}{0.25 \text{ m}}$   
Unit scale  $\frac{1}{2.000\text{E}+02}$

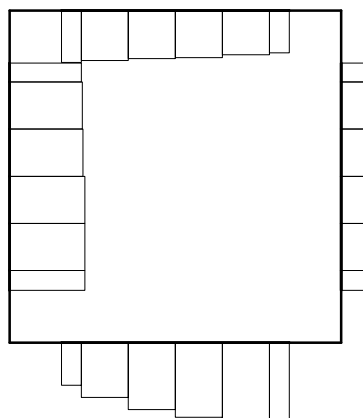


y  
x

曲げモーメント (kN・m)

TIME= 89.9000, STRESS & FORCE

Structure scale  $\frac{1}{0.25 \text{ m}}$   
Unit scale  $\frac{1}{2.000\text{E}+02}$



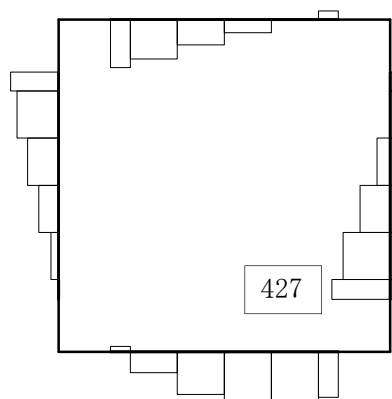
y  
x

軸力 (kN)

(+ : 引張, - : 圧縮)

TIME= 89.9000, STRESS & FORCE

Structure scale  $\frac{1}{0.25 \text{ m}}$   
Unit scale  $\frac{1}{2.000\text{E}+02}$



y  
x

せん断力 (kN)

図 10.4-4 (10) S s - 2 2 (H+, V+) において最も厳しい照査値となる時刻の断面力  
(t=89.90s)

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



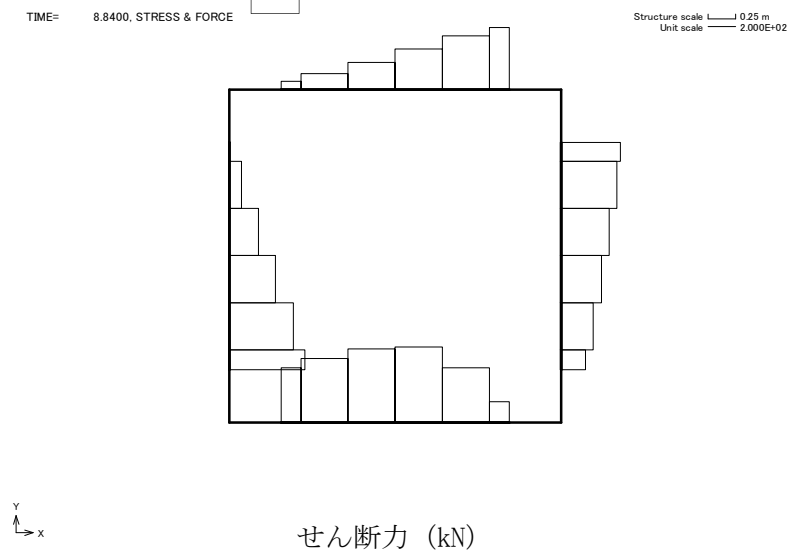
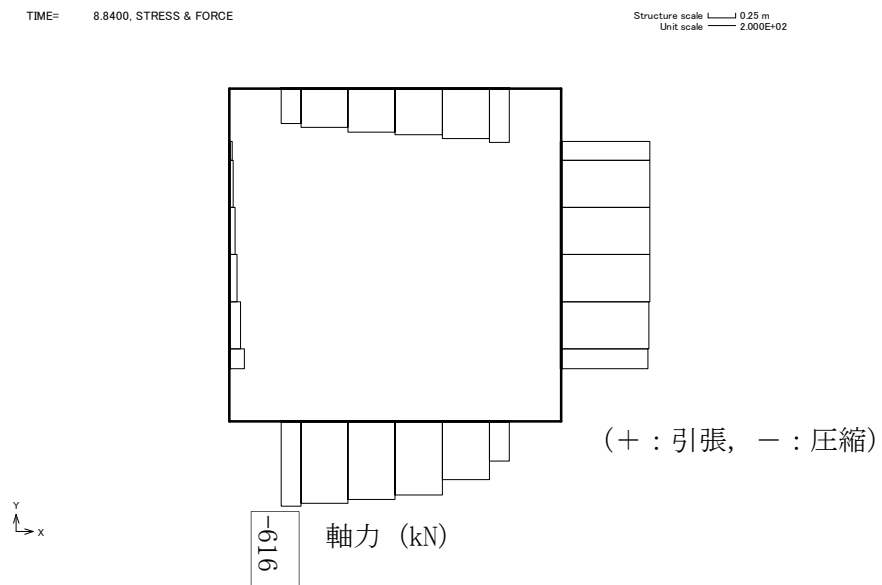
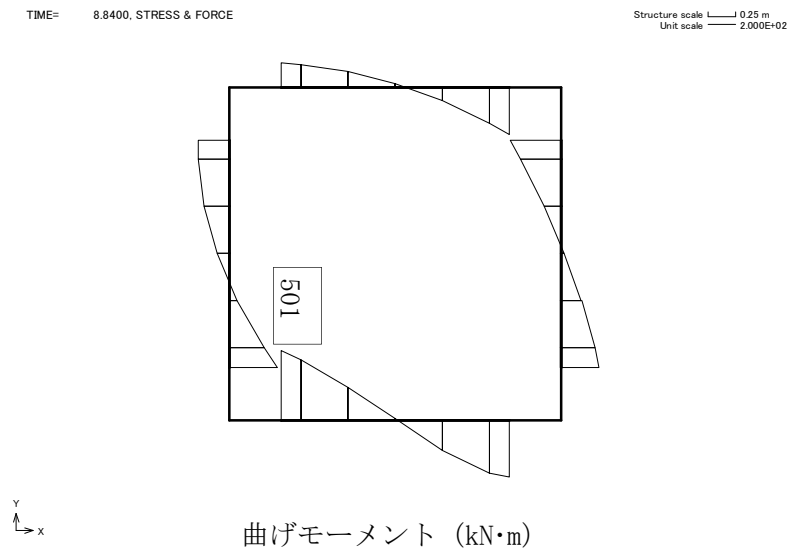
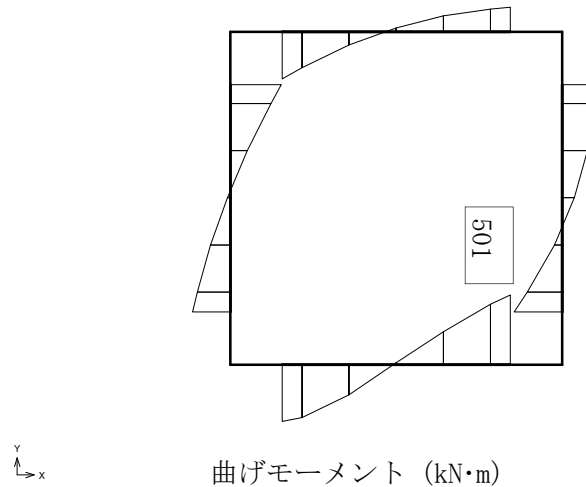


図 10.4-4 (11) S s - 3 1 (H+, V+) において最も厳しい照査値となる時刻の断面力  
(t=8.84s)  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



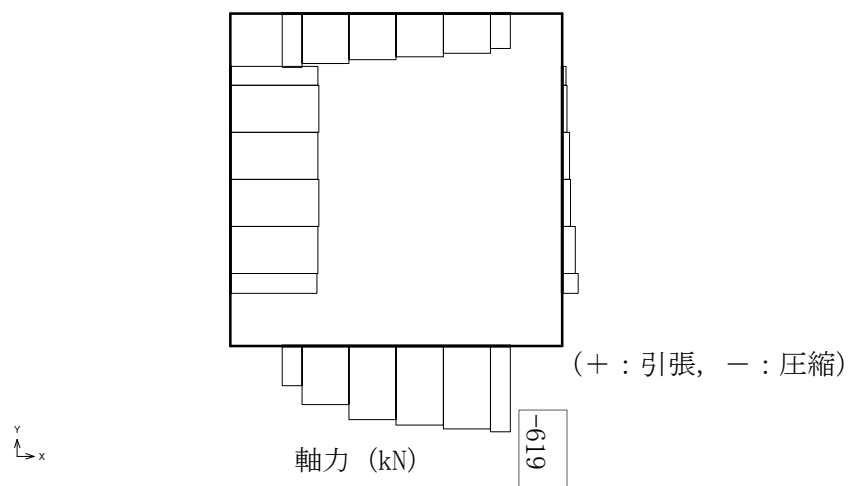
TIME= 8.8400, STRESS & FORCE

Structure scale 0.25 m  
Unit scale 2.000E+02



TIME= 8.8400, STRESS & FORCE

Structure scale 0.25 m  
Unit scale 2.000E+02



TIME= 8.8400, STRESS & FORCE

Structure scale 0.25 m  
Unit scale 2.000E+02

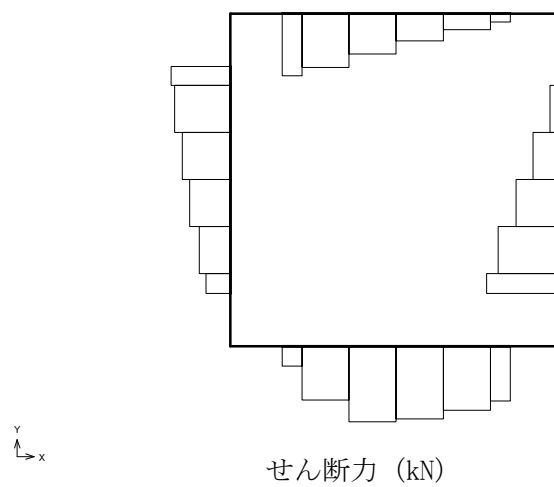


図 10.4-4 (12) S s - 3 1 (H-, V+) において最も厳しい照査値となる時刻の断面力  
(t=8.84s)

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



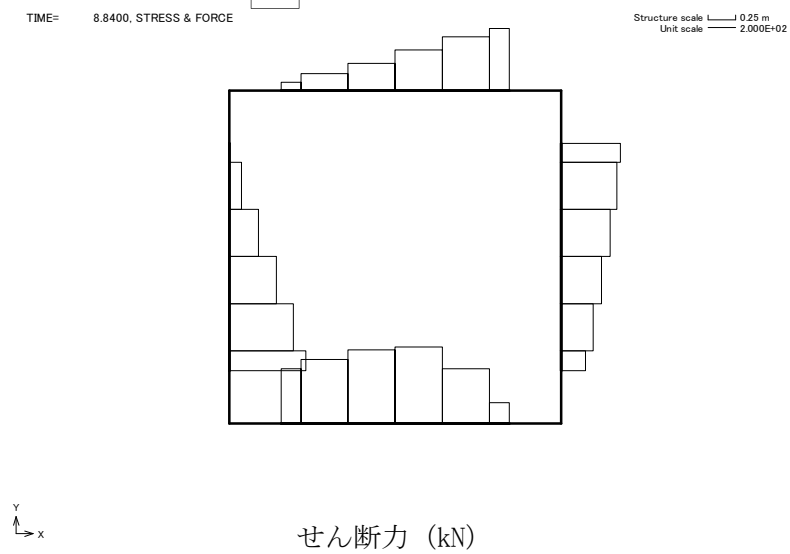
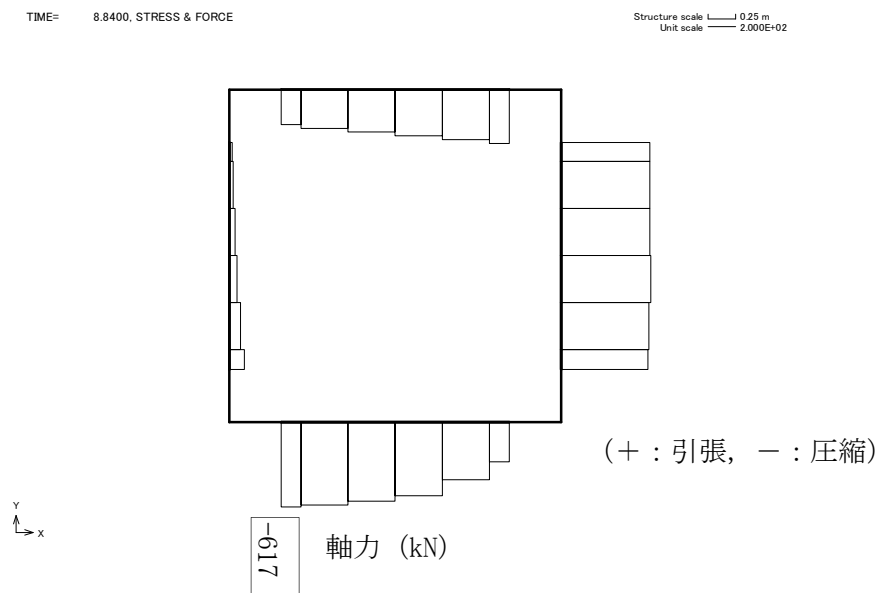
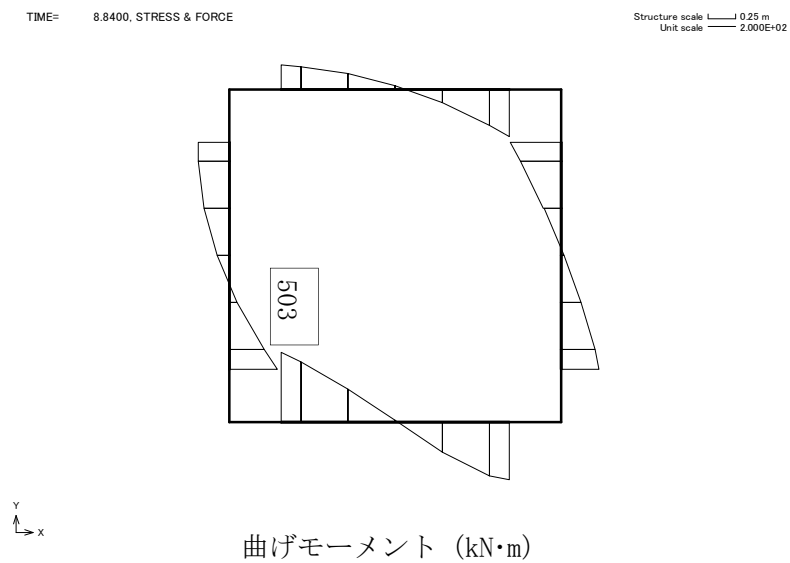


図 10.4-4 (13) S s - 3 1 (H+, V+) において最も厳しい照査値となる時刻の断面力  
(t=8.84s)  
(検討ケース②：地盤物性のばらつきを考慮 (+1σ) した解析ケース)



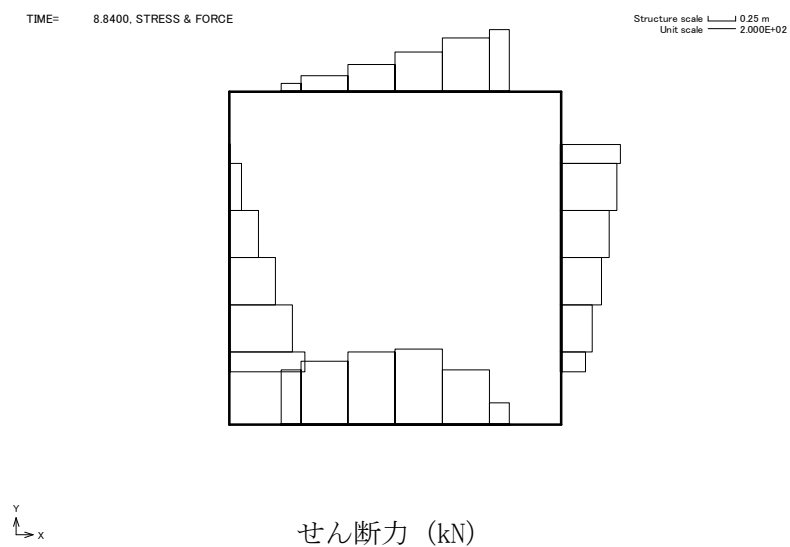
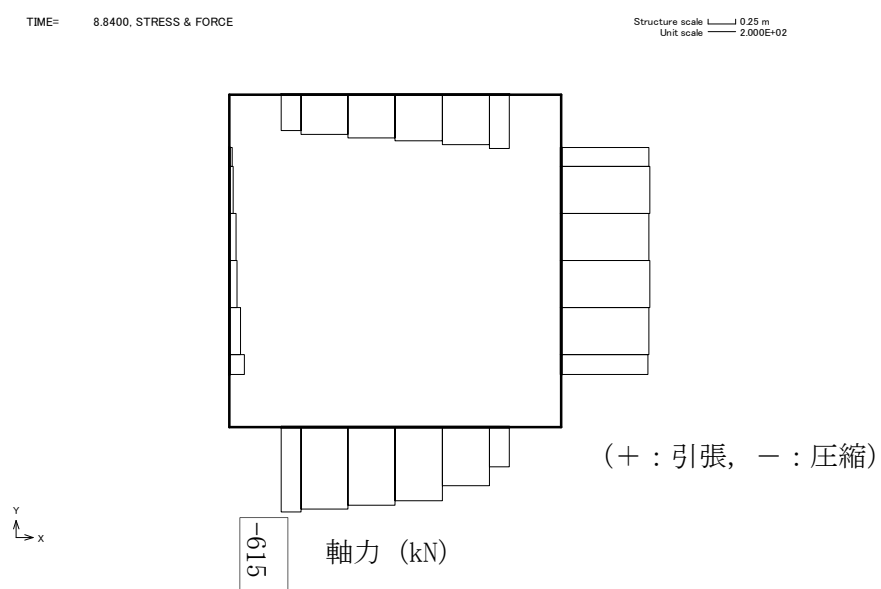
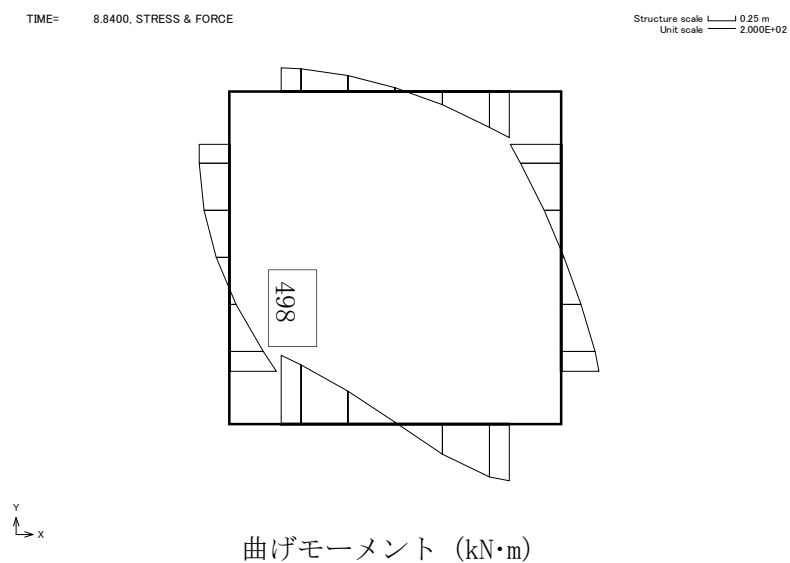


図 10.4-4 (14) S s - 3 1 (H+, V+) において最も厳しい照査値となる時刻の断面力  
(t=8.84s)

(検討ケース③：地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース)



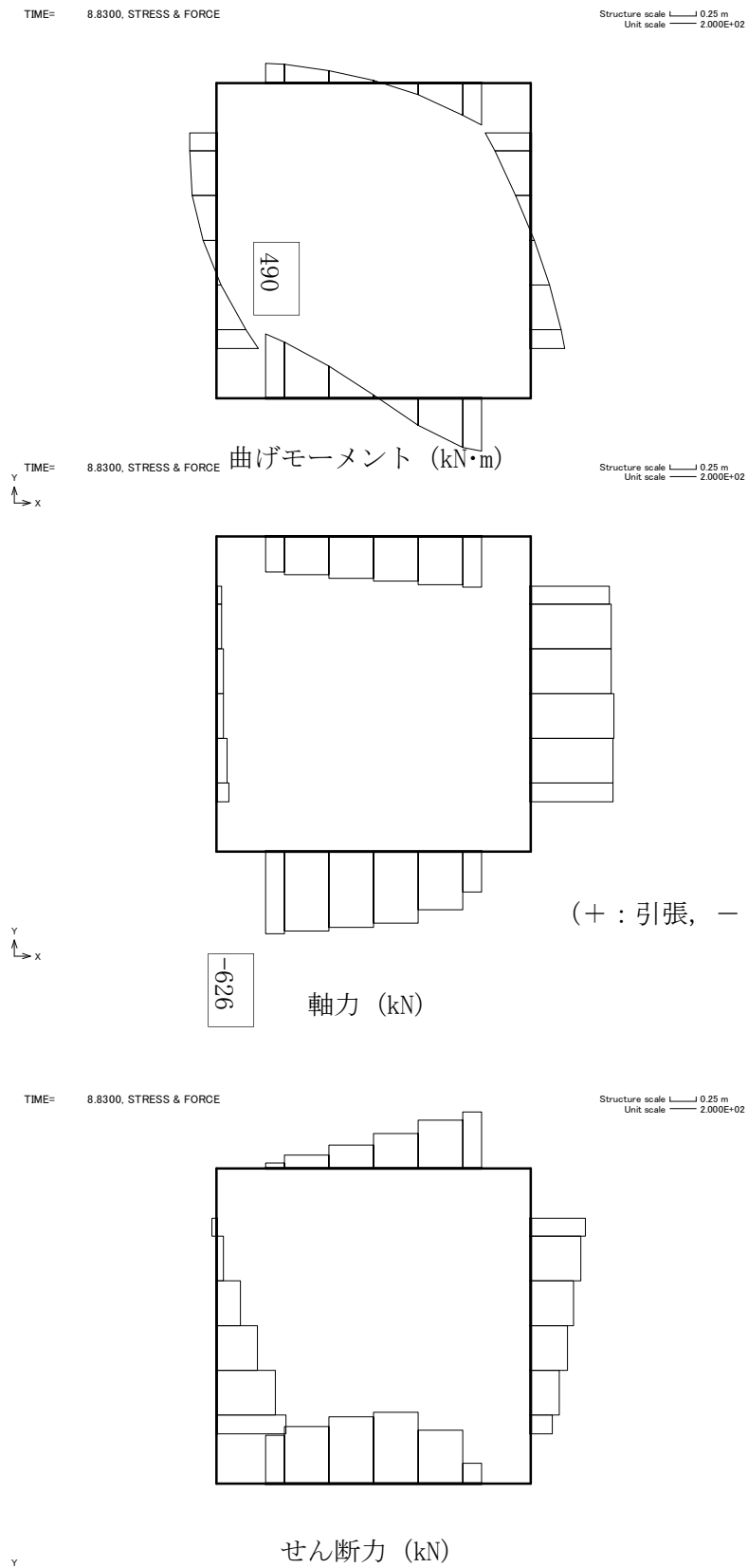


図 10.4-4 (15)  $S_s - 3.1$  (H+, V+) において最も厳しい照査値となる時刻の断面力  
( $t=8.83s$ )

(検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により  
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)



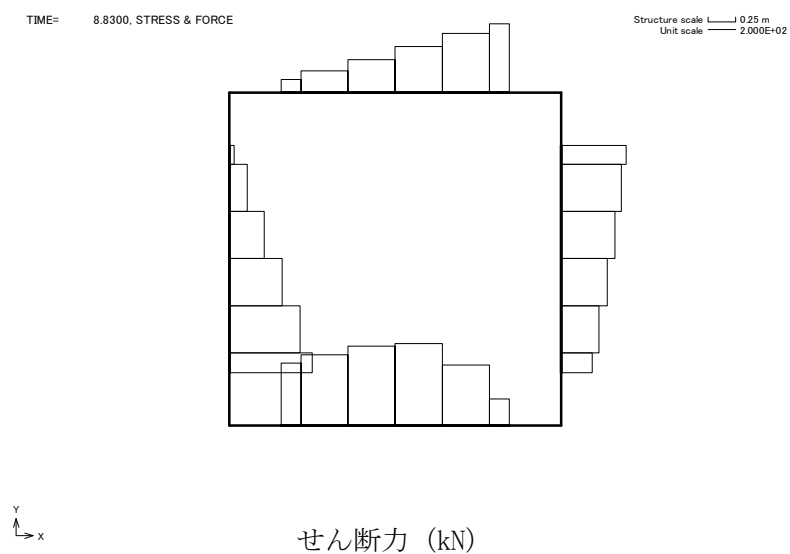
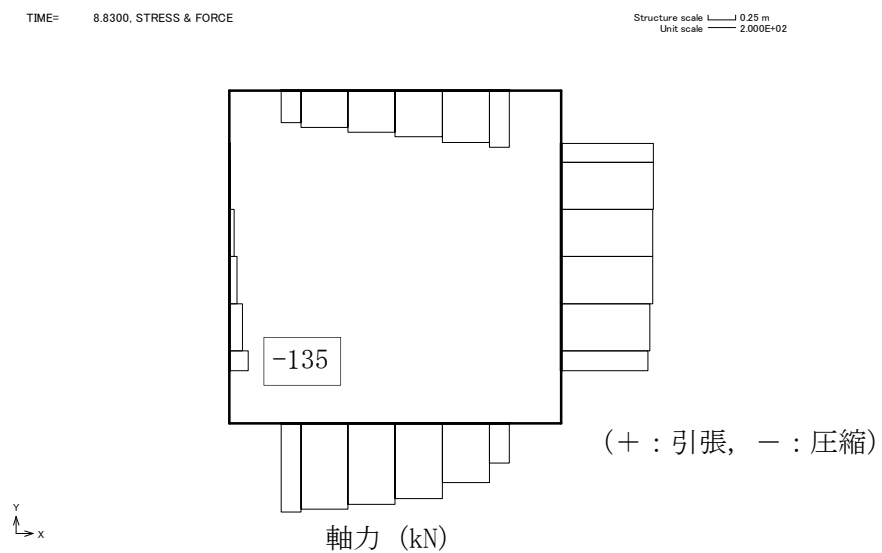
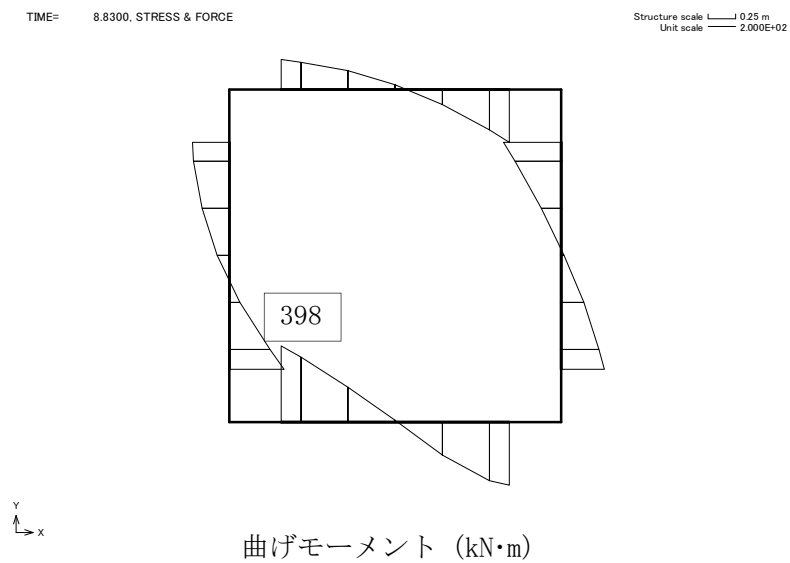


図 10.4-4 (16) S s - 3 1 (H+, V+) において最も厳しい照査値となる時刻の断面力  
(t=8.83s)  
(検討ケース⑤：原地盤において非液化化の条件を仮定した解析ケース)



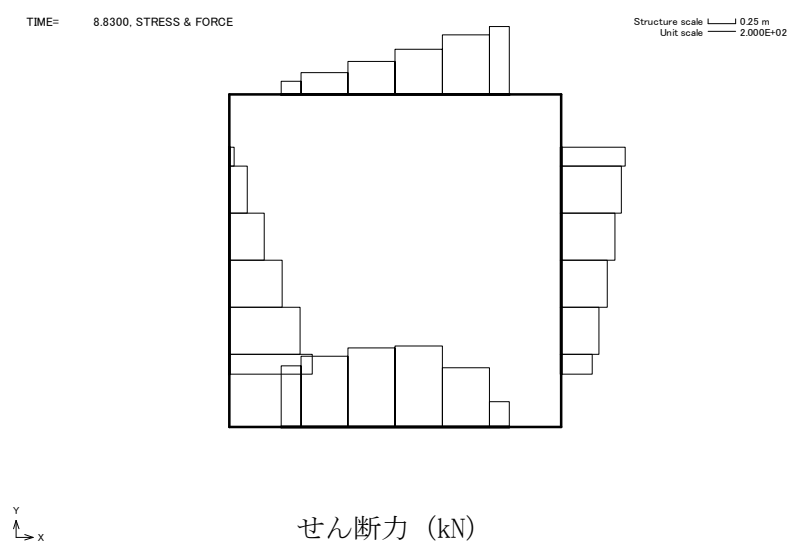
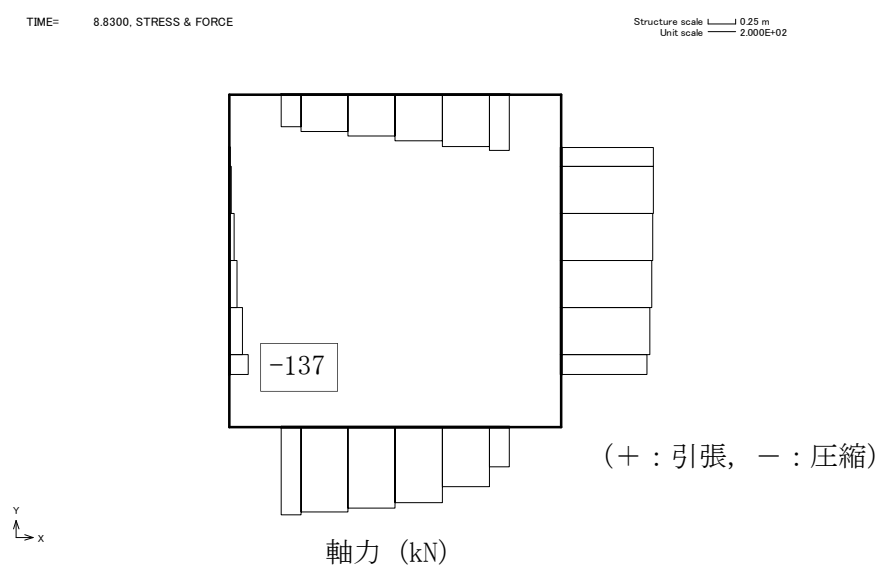
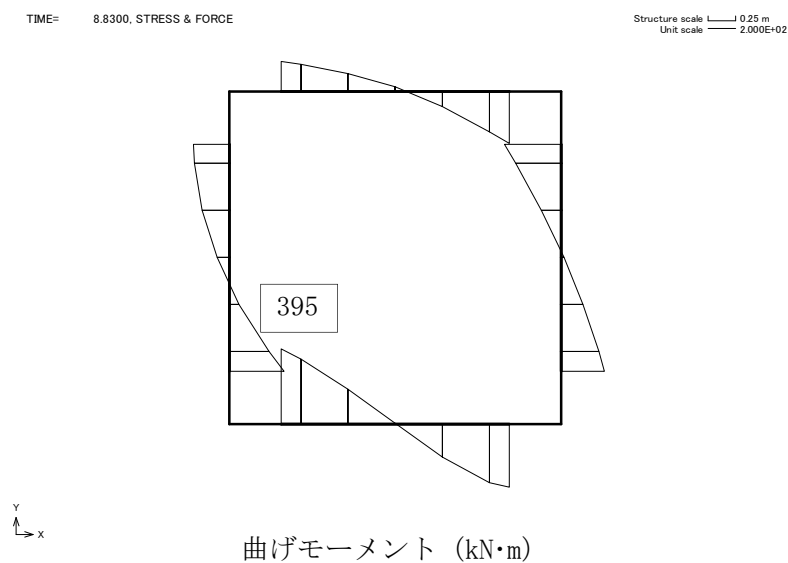


図 10.4-4 (17) S s - 3 1 (H+, V+) において最も厳しい照査値となる時刻の断面力  
(t=8.83s)

(検討ケース⑥: 地盤物性のばらつきを考慮(+1σ)して非液状化の条件を仮定した解析ケース)



(3) 最大せん断ひずみ分布

最大せん断ひずみ分布図を図 10.4-5 に示す。これらの図は、各要素に発生したせん断ひずみの全時刻における最大値の分布を示したものである。



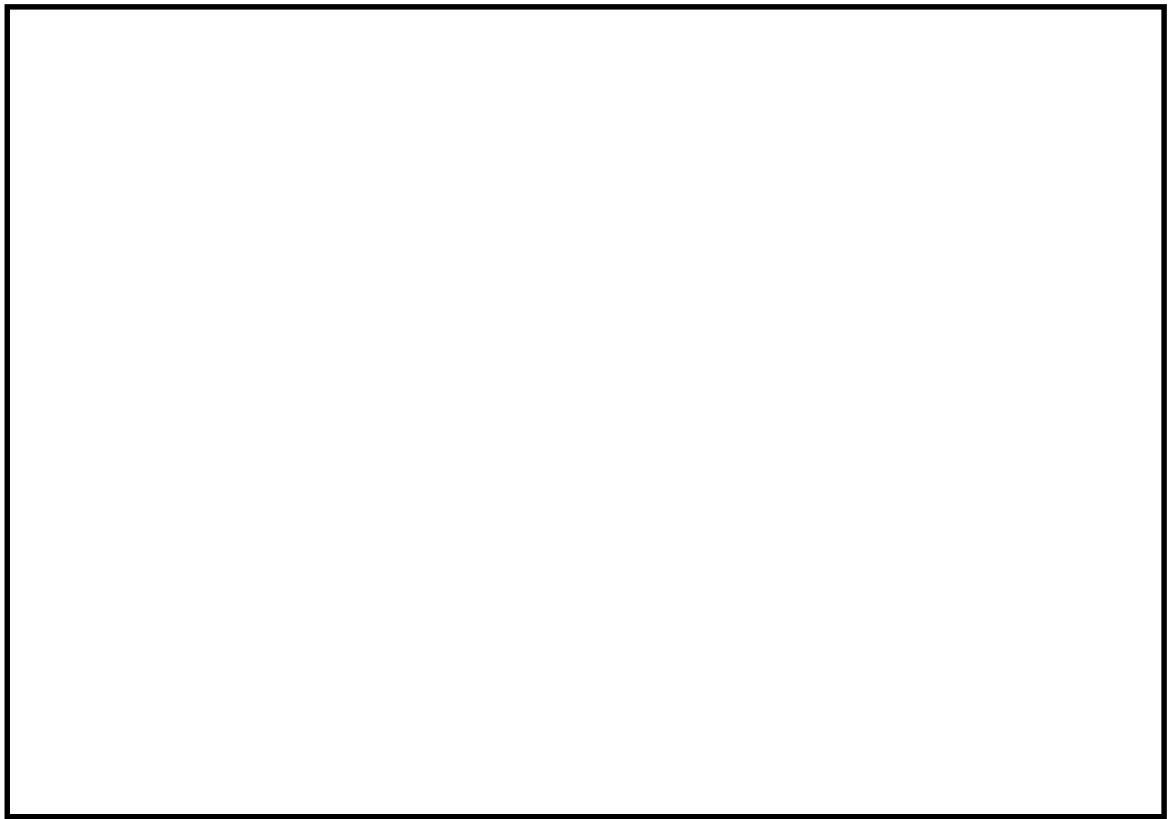


図 10.4-5 (1) 東西方向断面の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s - D 1 [H+, V+]$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



図 10.4-5 (2) 東西方向断面の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s - D 1 [H+, V-]$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)





図 10.4-5 (3) 東西方向断面の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s-D1$  [H-, V+])

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

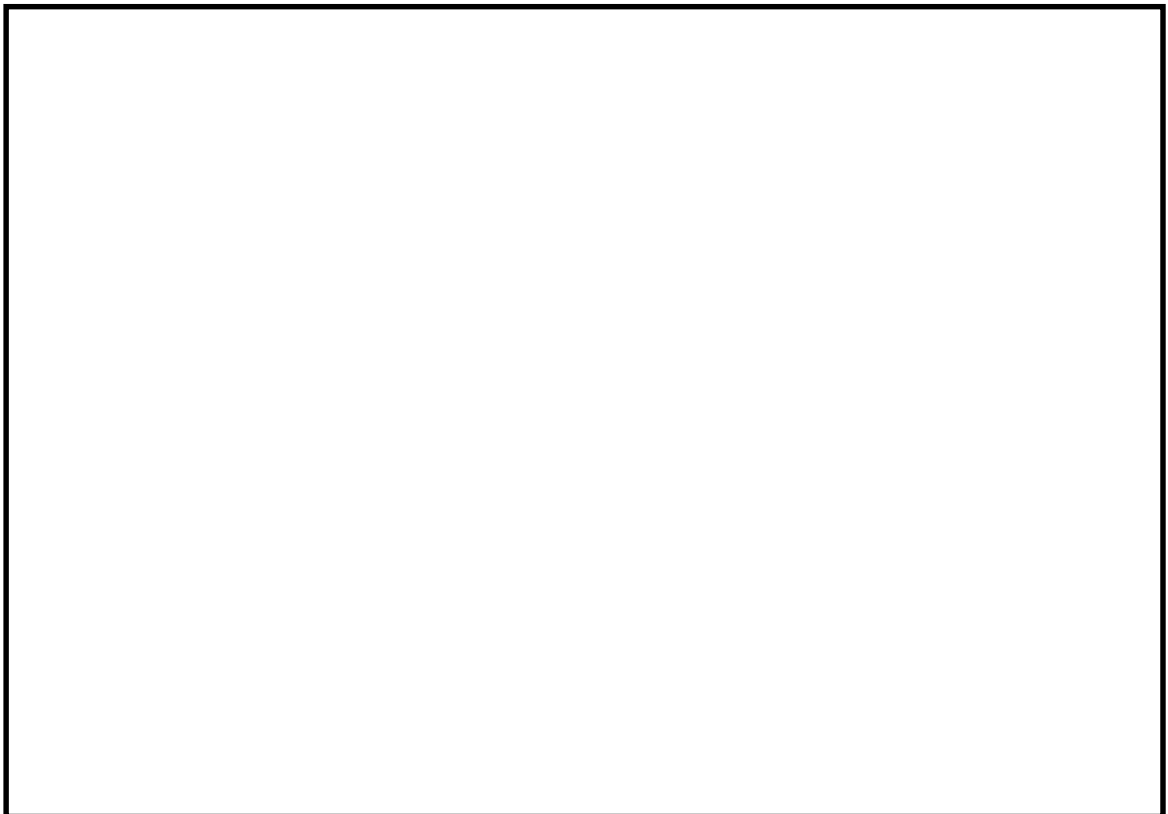


図 10.4-5 (4) 東西方向断面の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s-D1$  [H-, V-])

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



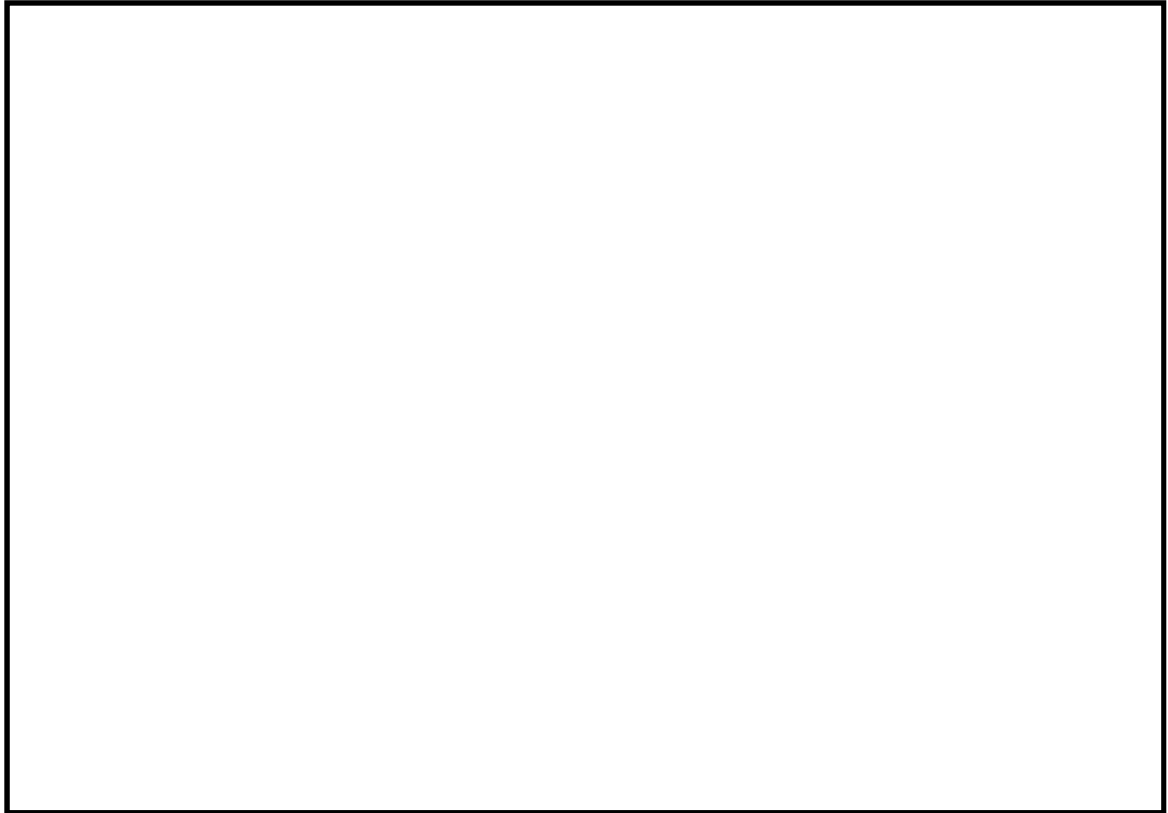


図 10.4-5 (5) 東西方向断面の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s-11$  [H+, V+])  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

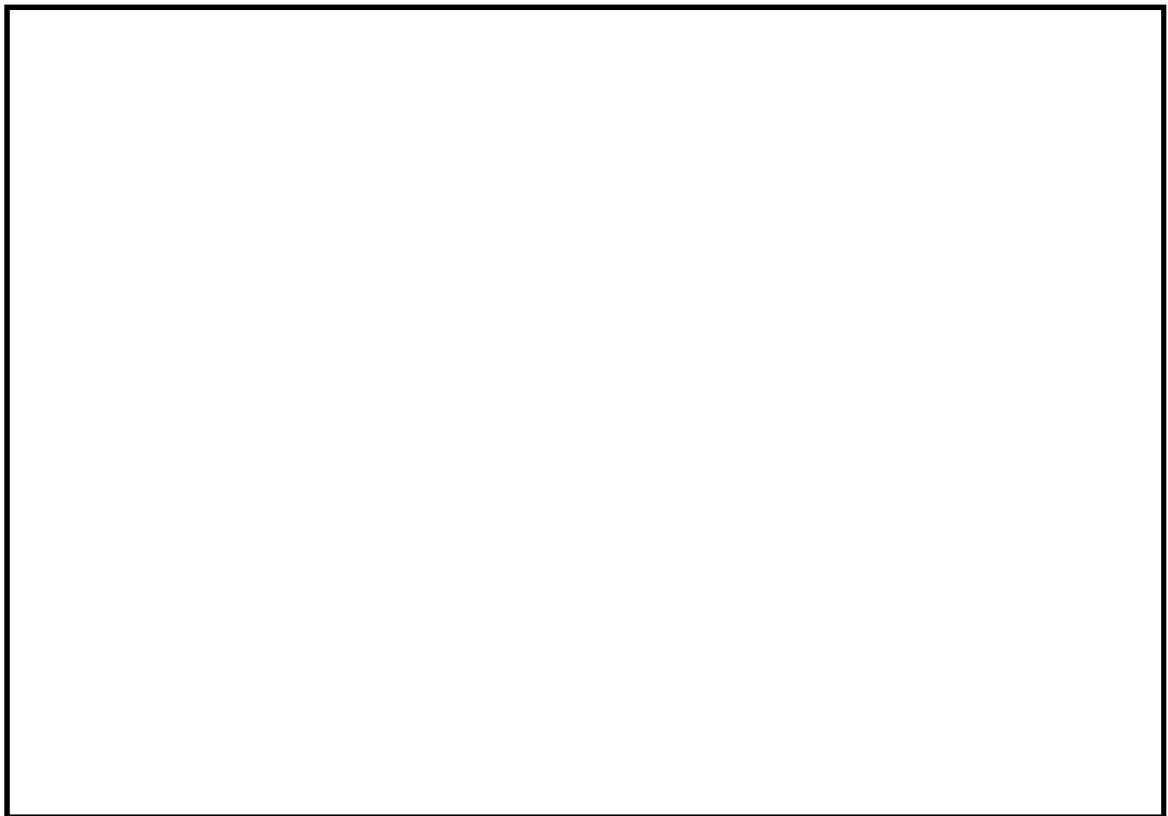


図 10.4-5 (6) 東西方向断面の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s-12$  [H+, V+])  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



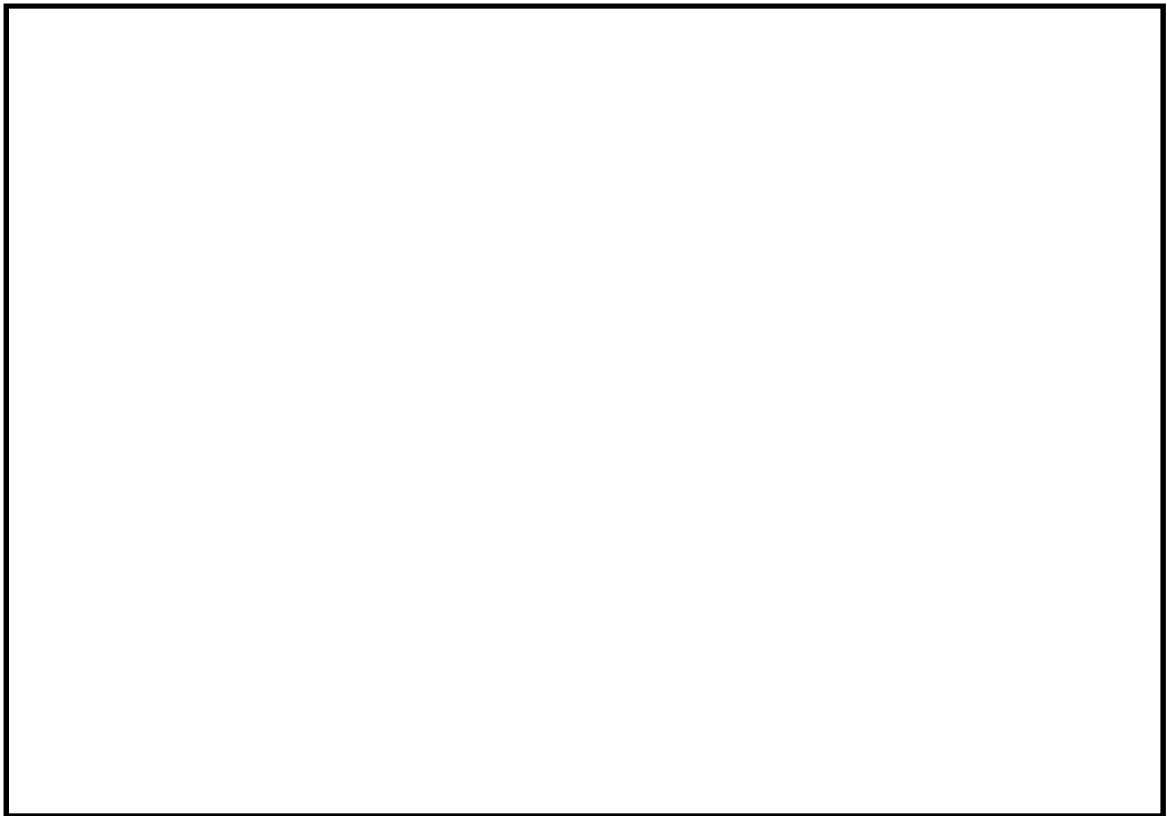


図 10.4-5 (7) 東西方向断面の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s-13$  [H+, V+])

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



図 10.4-5 (8) 東西方向断面の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s-14$  [H+, V+])

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



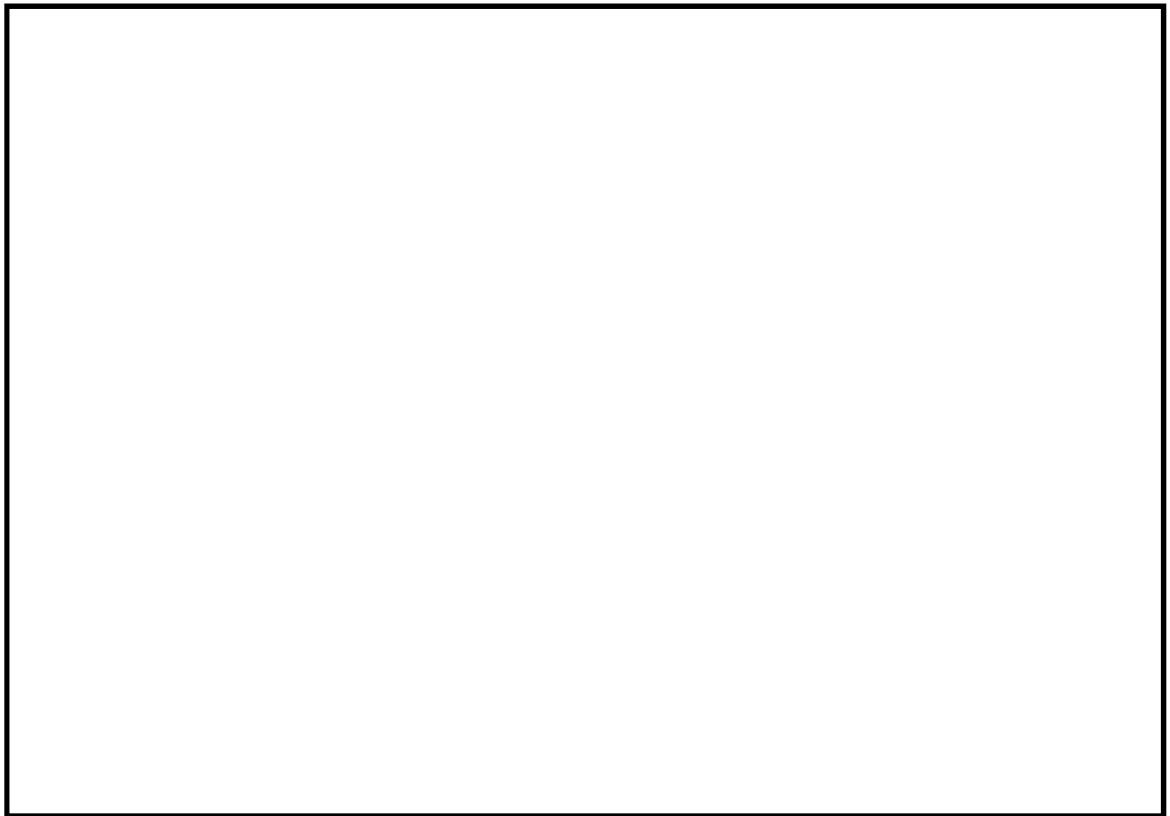


図 10.4-5 (9) 東西方向断面の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s-21$  [H+, V+])

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



図 10.4-5 (10) 東西方向断面の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s-22$  [H+, V+])

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



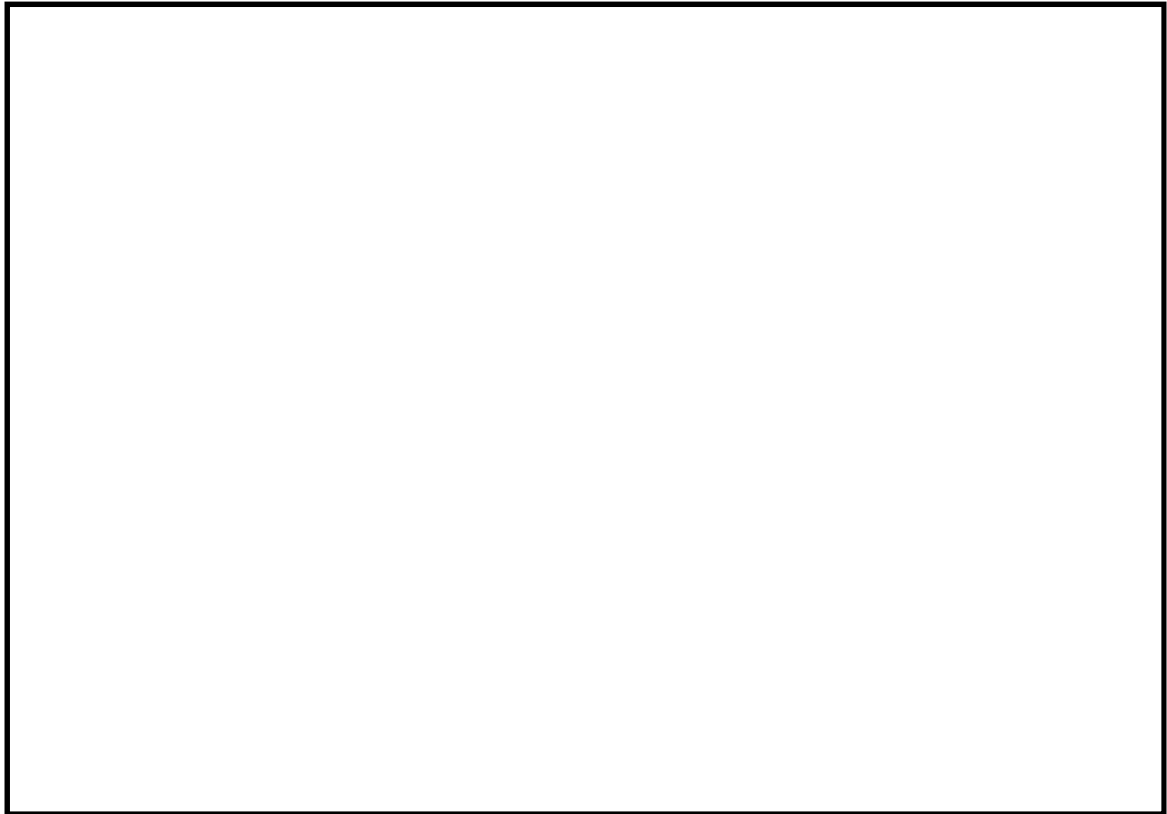


図 10.4-5 (11) 東西方向断面の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s - 3.1$  [H+, V+])

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

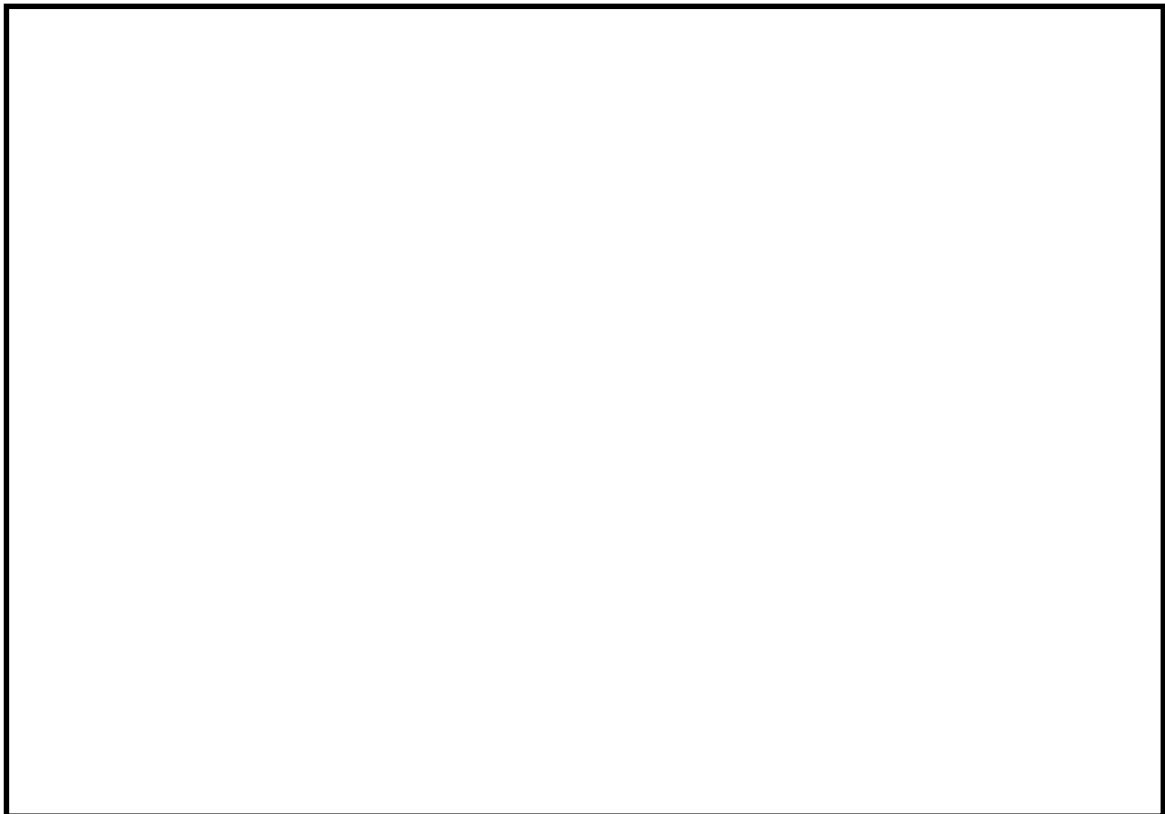


図 10.4-5 (12) 東西方向断面の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s - 3.1$  [H-, V+])

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



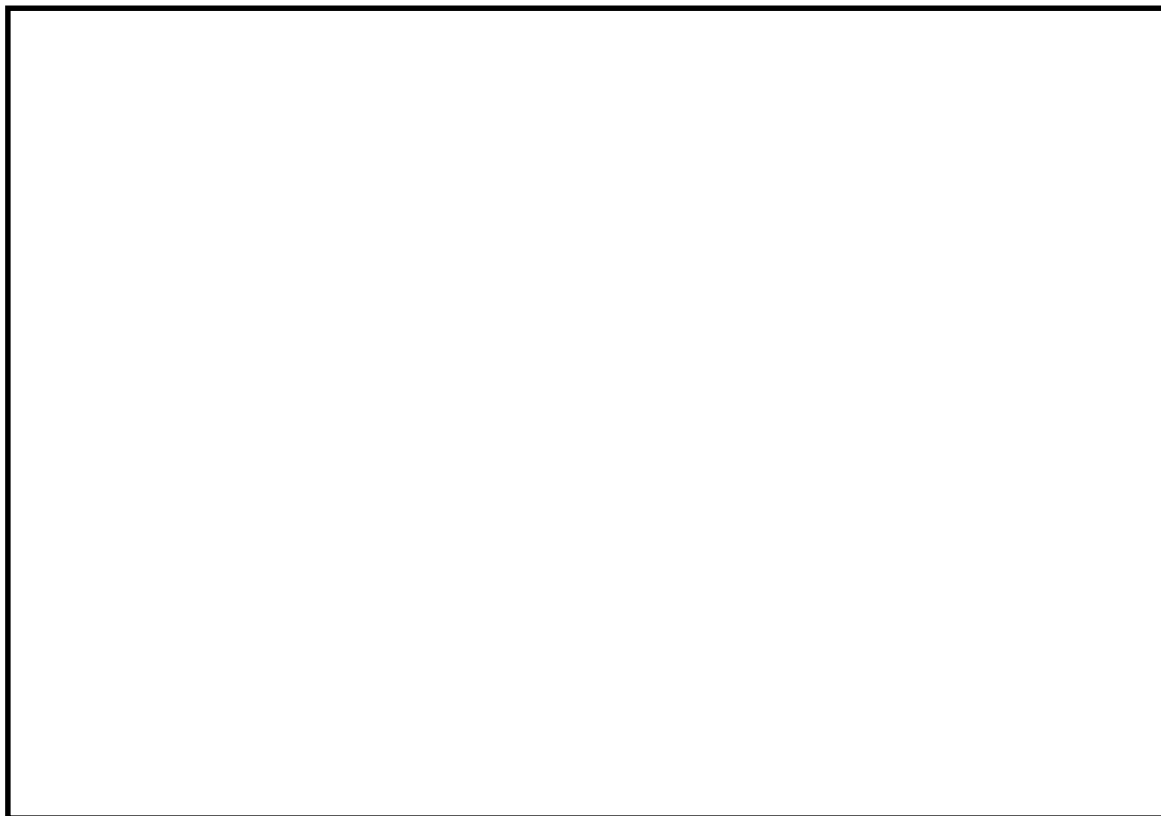


図 10.4-5 (13) 東西方向断面の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s - 3.1 [H+, V+]$ )  
 (検討ケース②：地盤物性のばらつきを考慮 (+1  $\sigma$ ) した解析ケース)



図 10.4-5 (14) 東西方向断面の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s - 3.1 [H+, V+]$ )  
 (検討ケース③：地盤物性のばらつきを考慮 (-1  $\sigma$ ) した解析ケース)



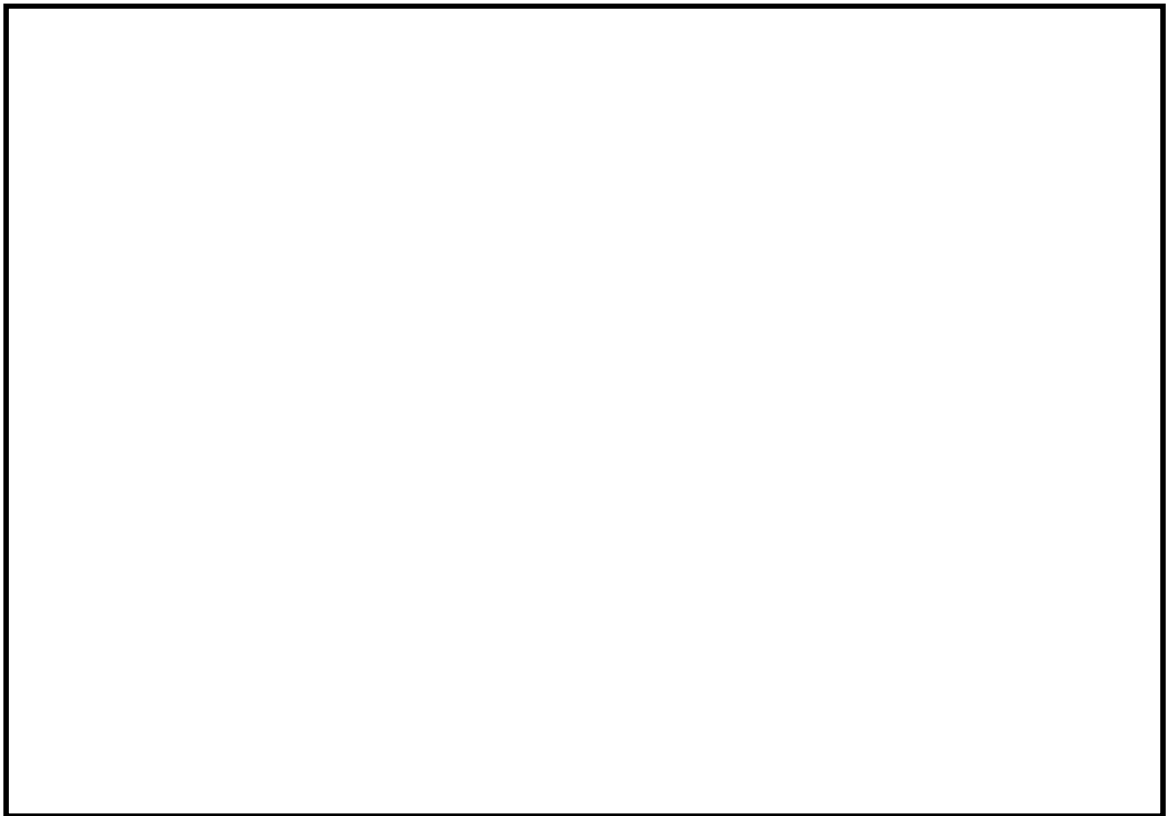


図 10.4-5 (15) 東西方向断面の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s - 3.1$  [H+, V+])

(検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により  
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)

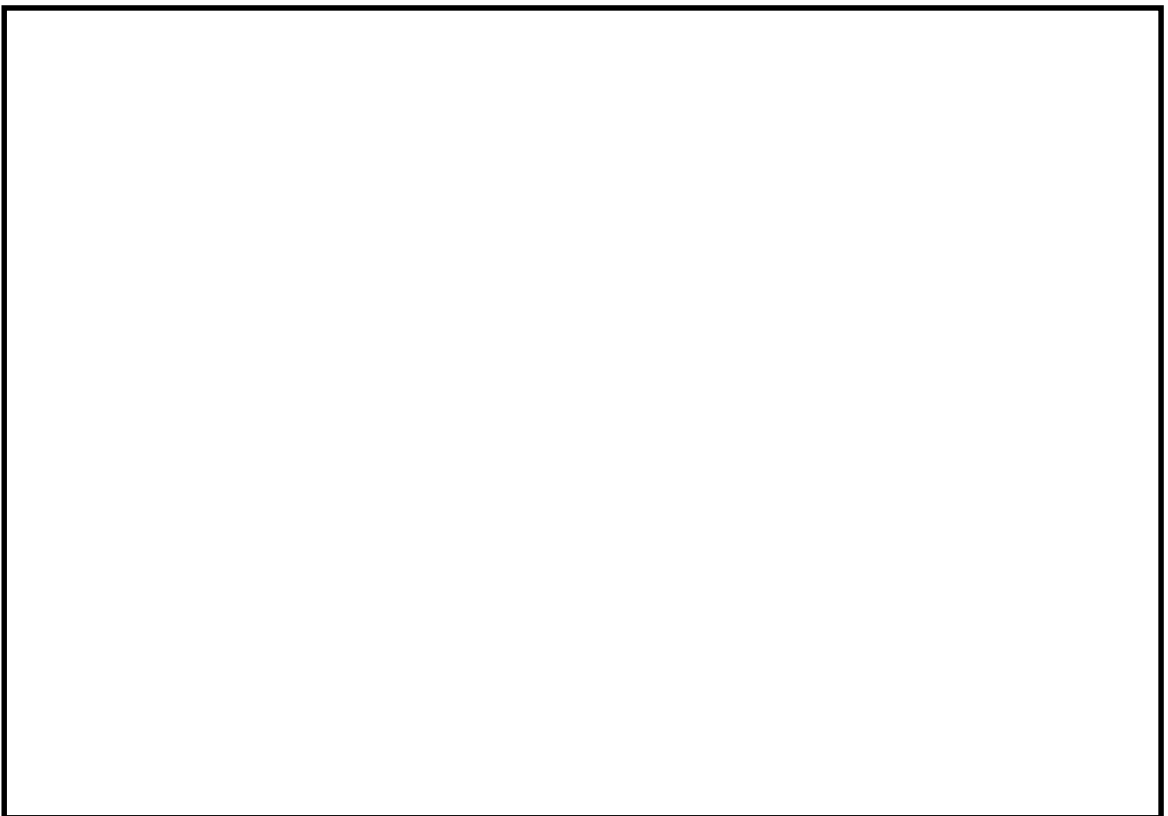


図 10.4-5 (16) 東西方向断面の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s - 3.1$  [H+, V+])

(検討ケース⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース)



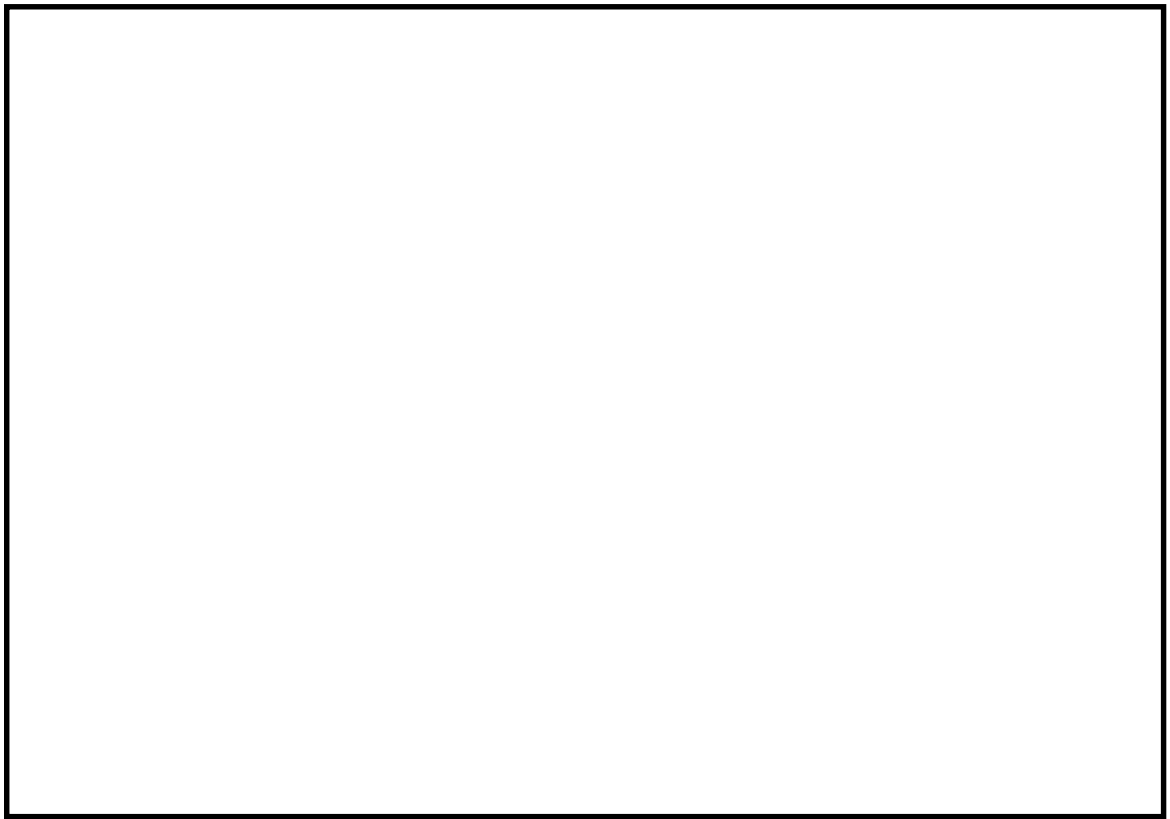


図 10.4-5 (17) 東西方向断面の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s - 3.1 [H + V]$ )  
(検討ケース⑥: 地盤物性のばらつきを考慮 ( $+1\sigma$ ) して非液化化の条件を仮定した解析ケース)



(4) 過剰間隙水圧比分布

過剰間隙水圧比分布図を図 10.4-6 に示す。これらの図は、各要素に発生した過剰間隙水圧比の全時刻における最大値の分布を示したものである。



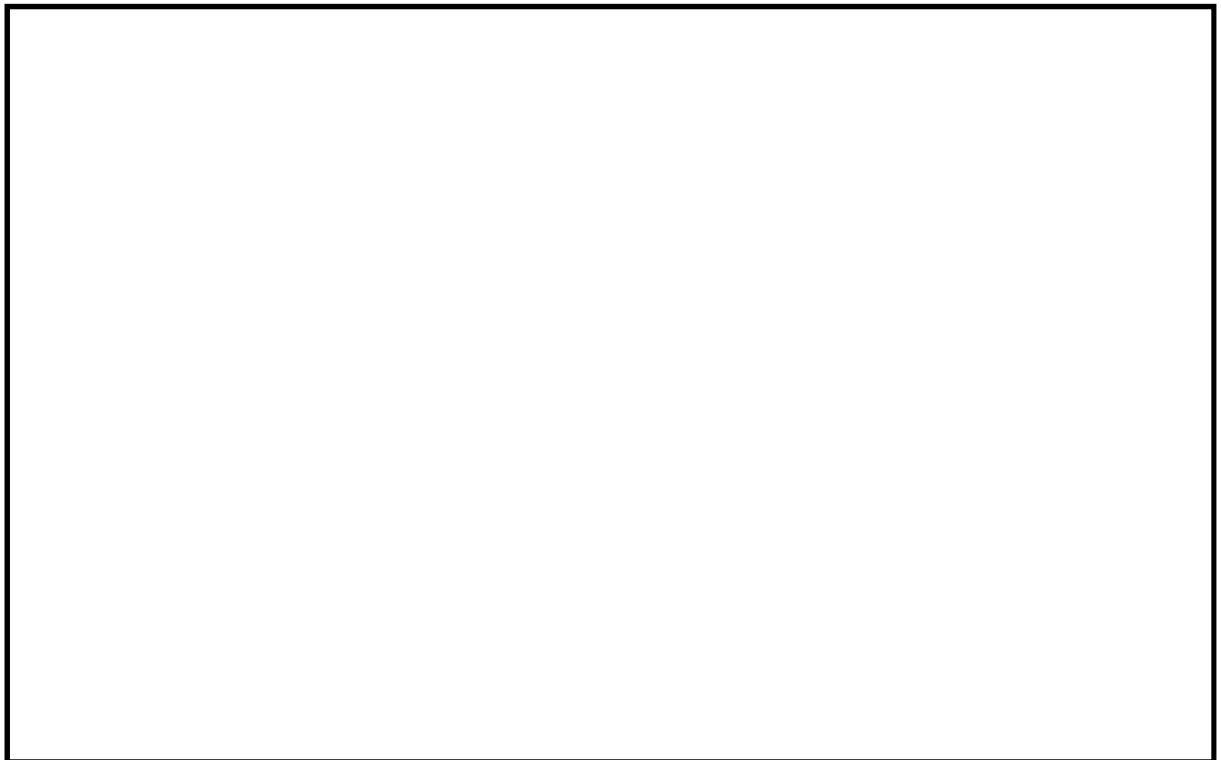


図 10.4-6 (1) 東西方向断面の過剰間隙水圧比分布 ( $S_s - D1$  [H+, V+])  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

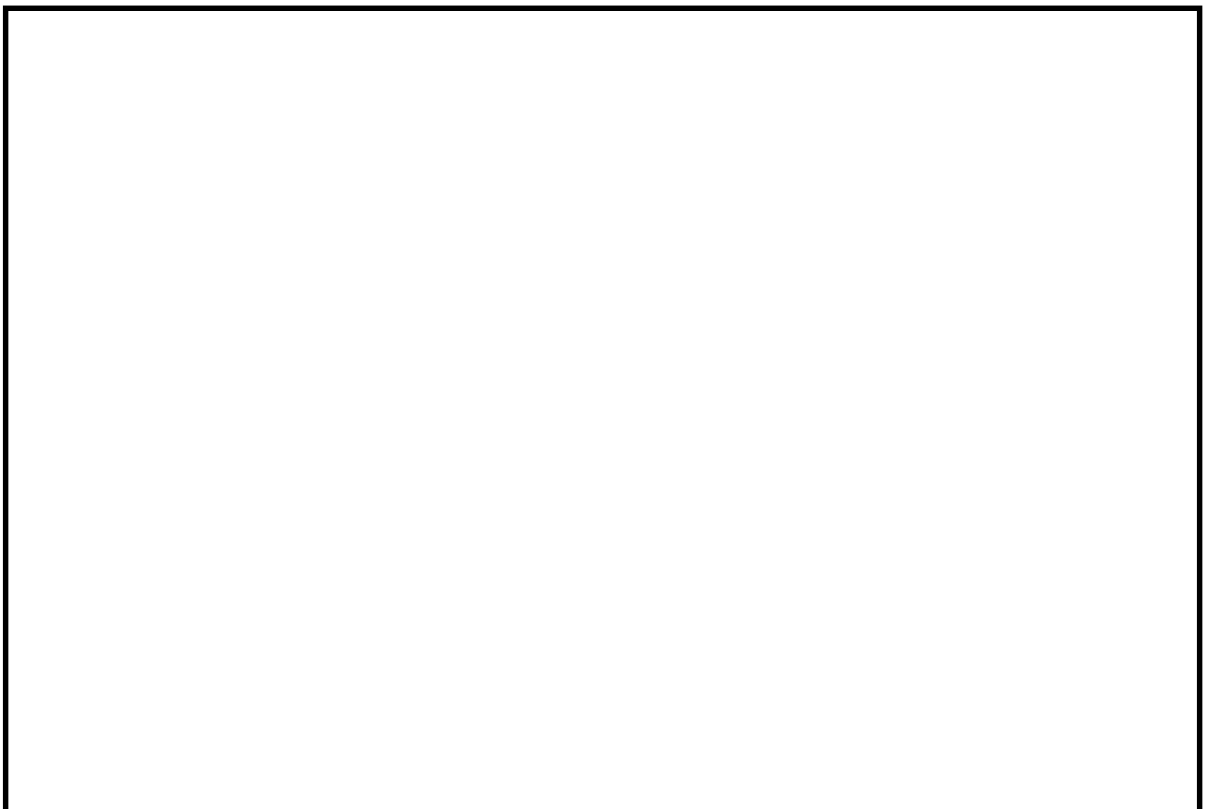


図 10.4-6 (2) 東西方向断面の過剰間隙水圧比分布 ( $S_s - D1$  [H+, V-])  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



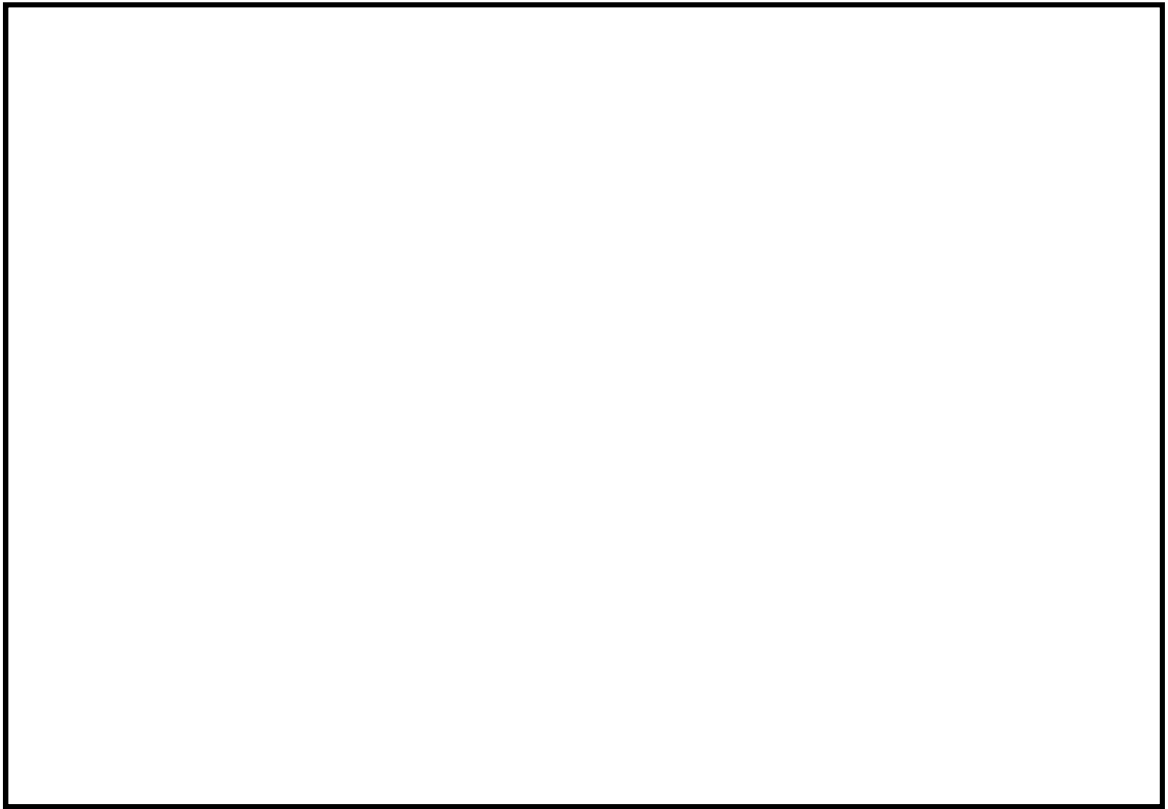


図 10.4-6 (3) 東西方向断面の過剰間隙水圧比分布 ( $S_s - D1$  [H-, V+])

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

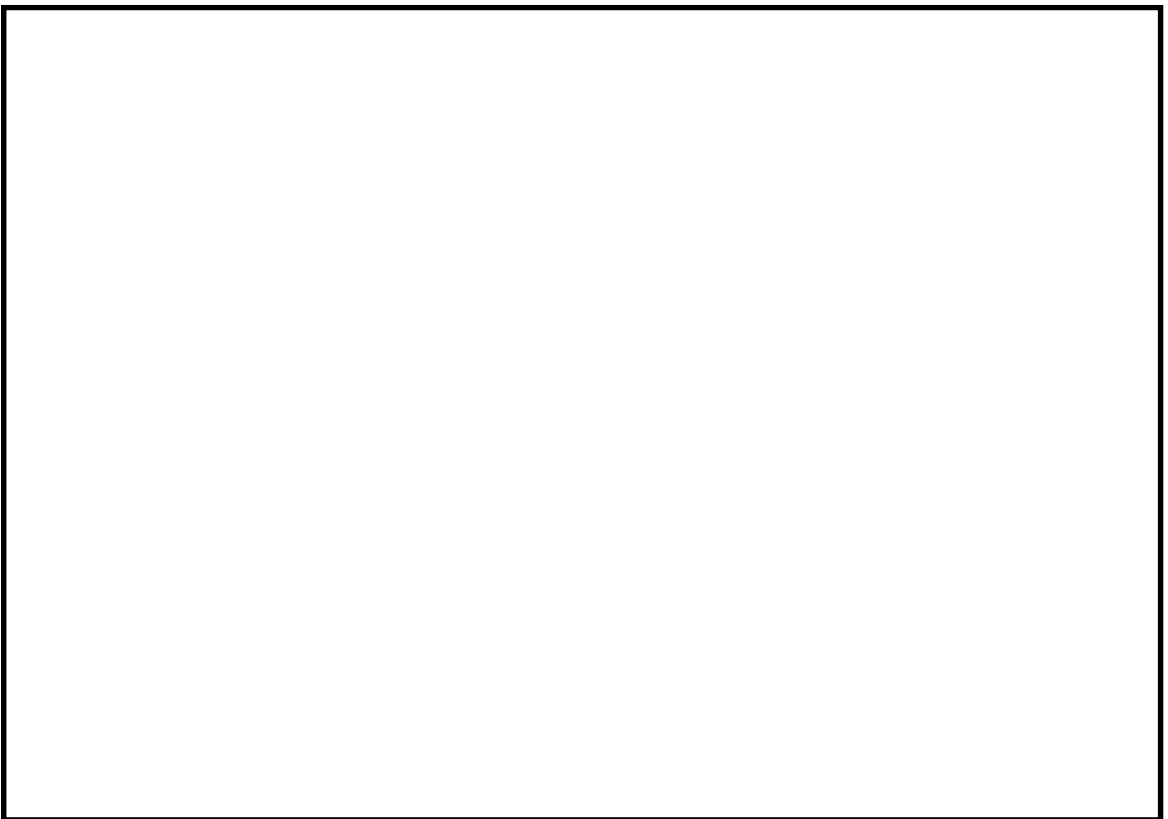


図 10.4-6 (4) 東西方向断面の過剰間隙水圧比分布 ( $S_s - D1$  [H-, V-])

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



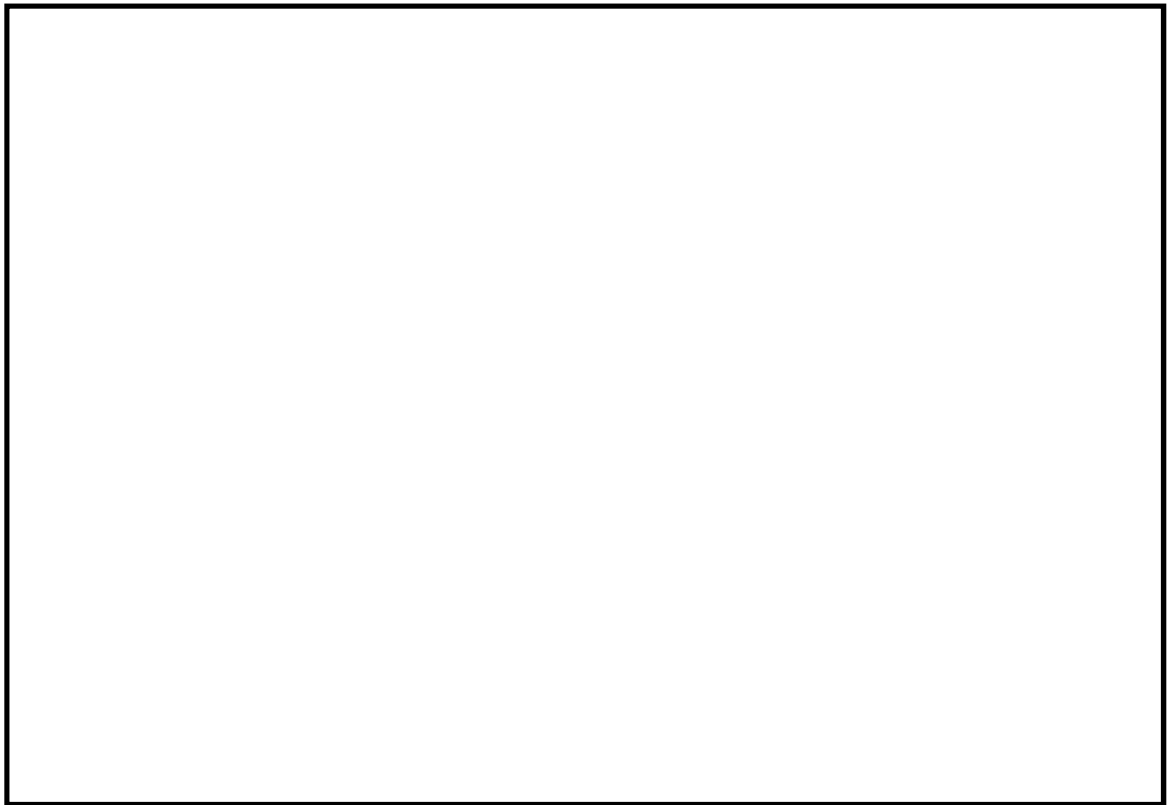


図 10.4-6 (5) 東西方向断面の過剰間隙水圧比分布 ( $S_s - 1.1$  [H+, V+])

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

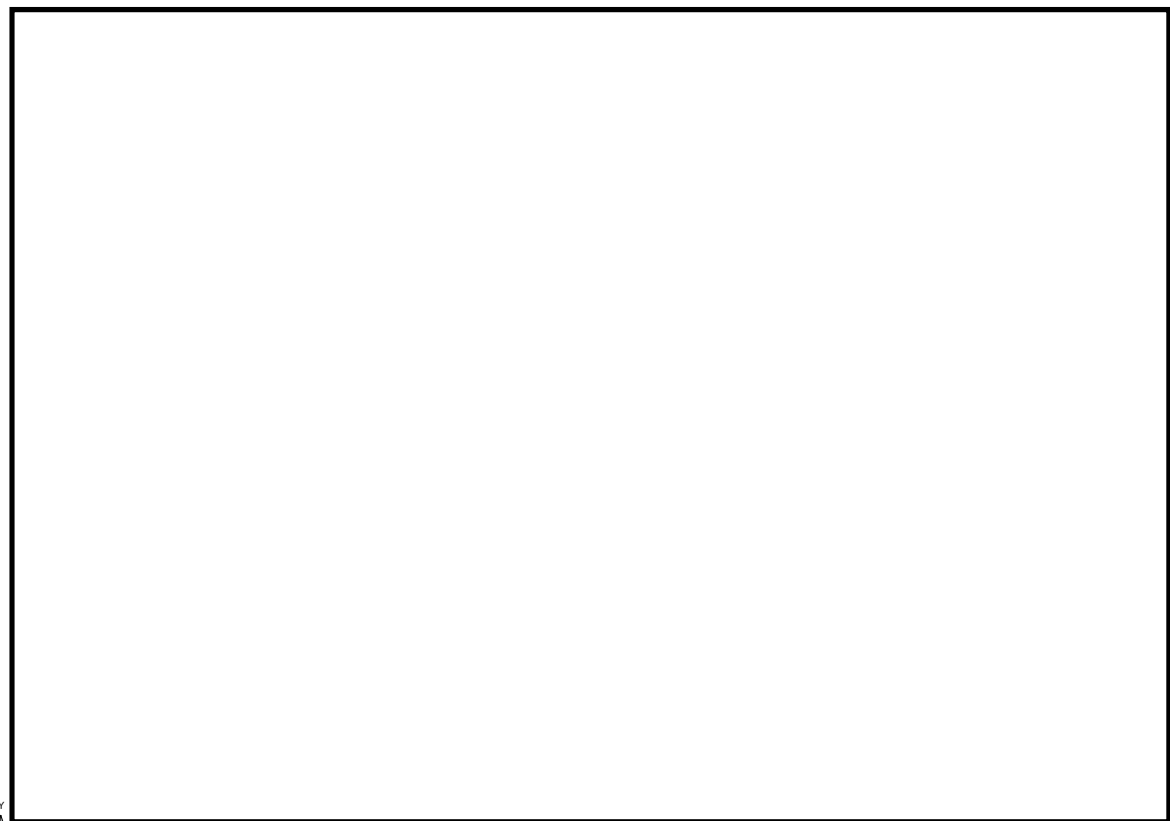


図 10.4-6 (6) 東西方向断面の過剰間隙水圧比分布 ( $S_s - 1.2$  [H+, V+])

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



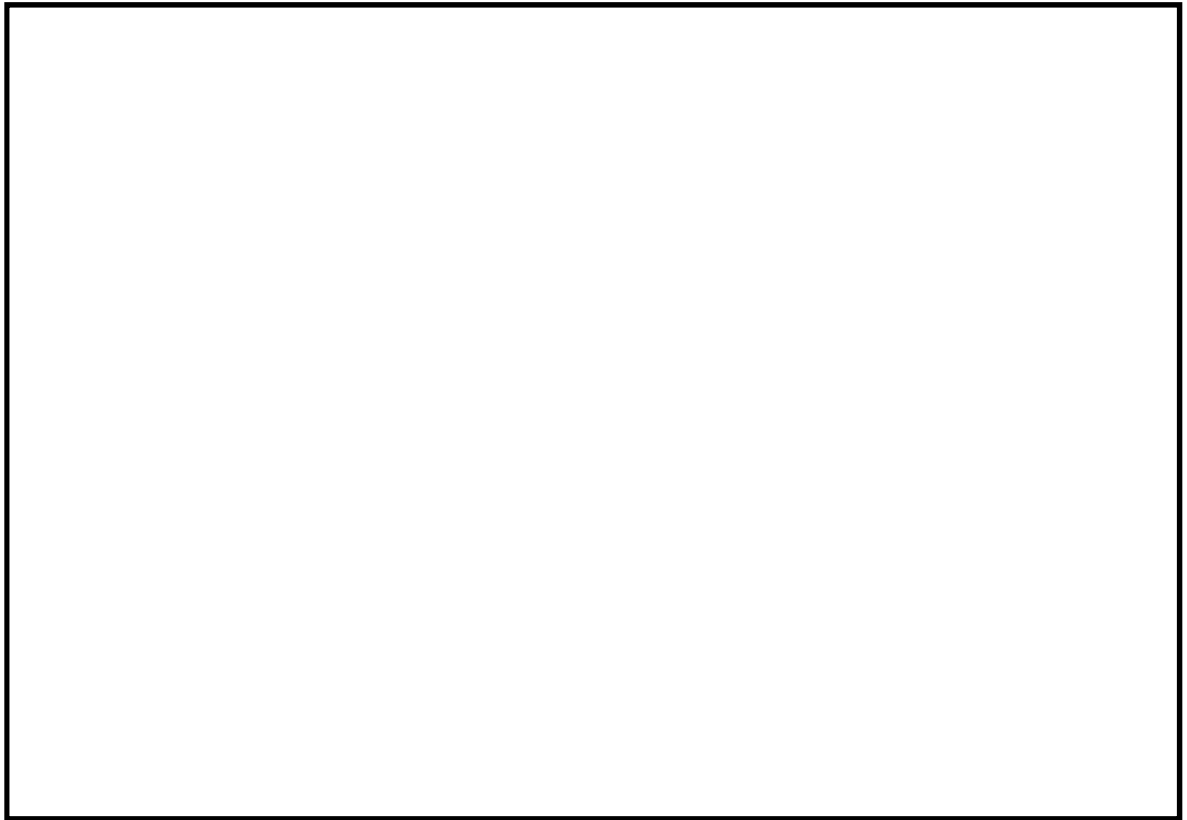


図 10.4-6 (7) 東西方向断面の過剰間隙水圧比分布 ( $S_s - 1\ 3$  [H+, V+])

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



図 10.4-6 (8) 東西方向断面の過剰間隙水圧比分布 ( $S_s - 1\ 4$  [H+, V+])

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



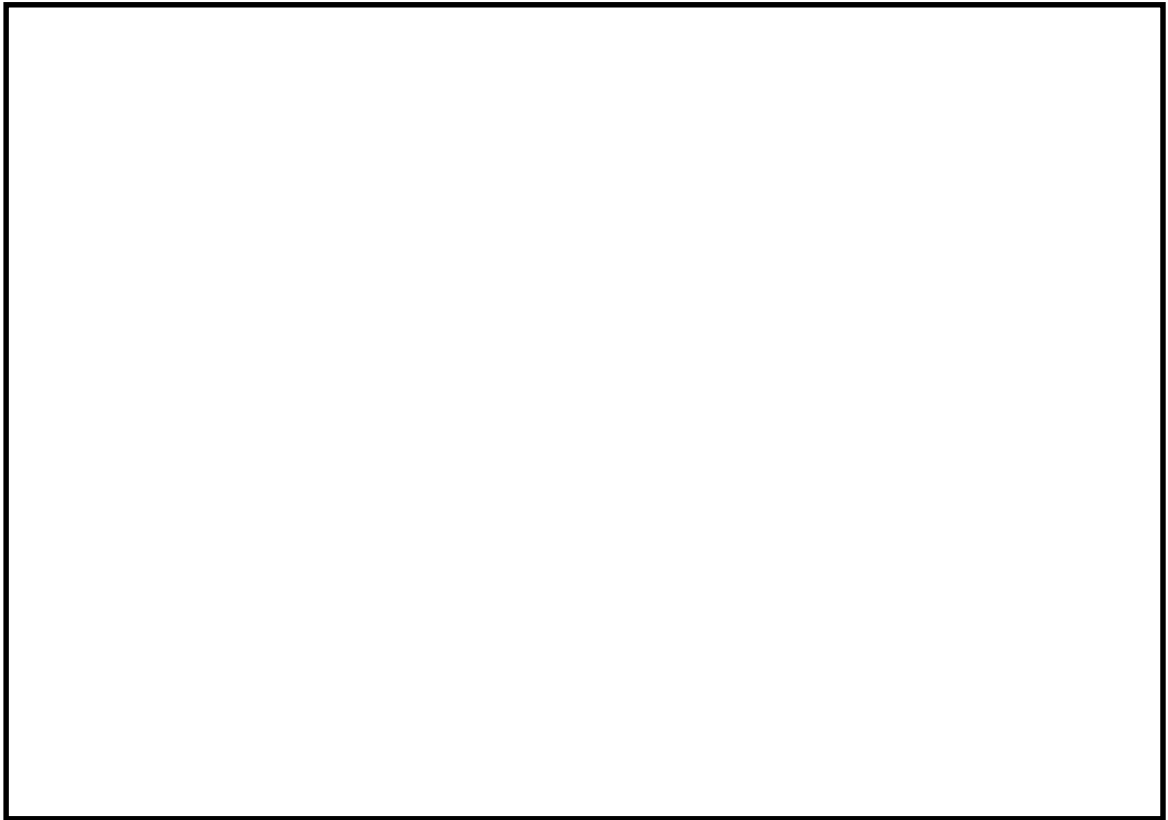


図 10.4-6 (9) 東西方向断面の過剰間隙水圧比分布 ( $S_s - 2.1$  [H+, V+])

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

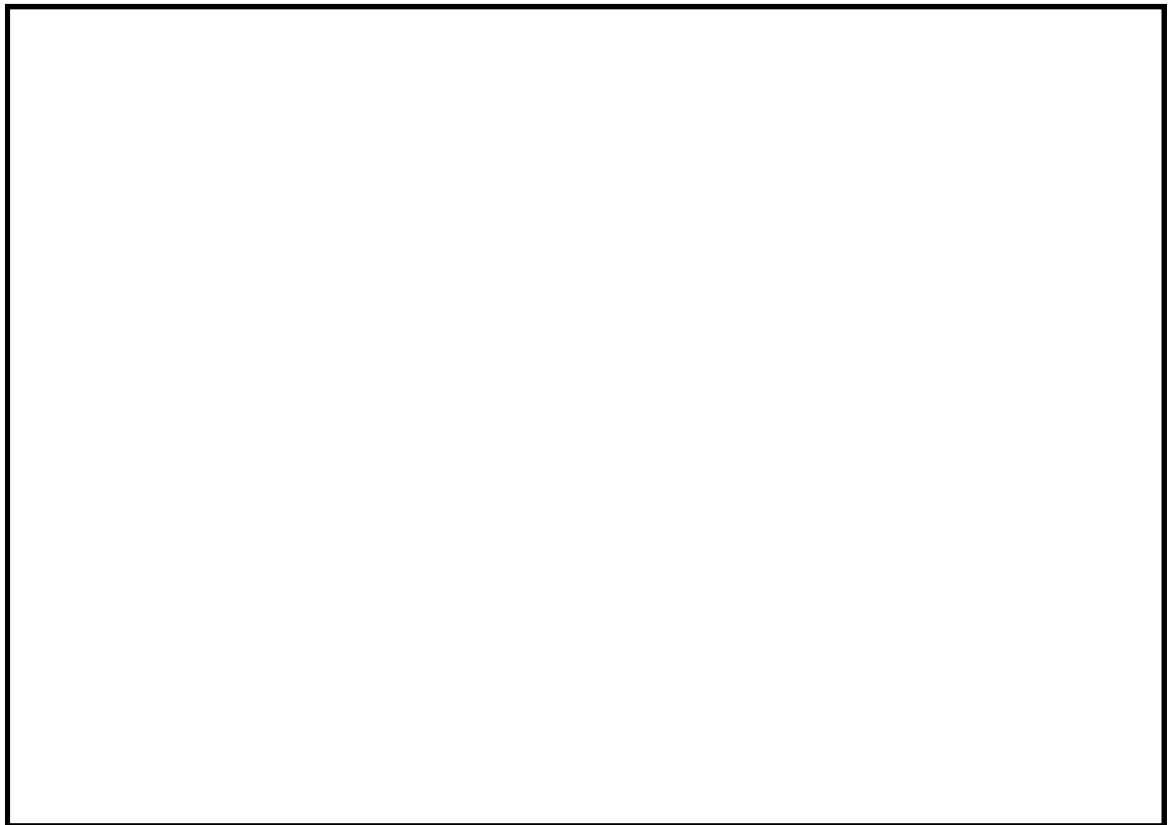


図 10.4-6 (10) 東西方向断面の過剰間隙水圧比分布 ( $S_s - 2.2$  [H+, V+])

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)





図 10.4-6 (11) 東西方向断面の過剰間隙水圧比分布 ( $S_s - 3.1$  [H+, V+])

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



図 10.4-6 (12) 東西方向断面の過剰間隙水圧比分布 ( $S_s - 3.1$  [H-, V+])

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



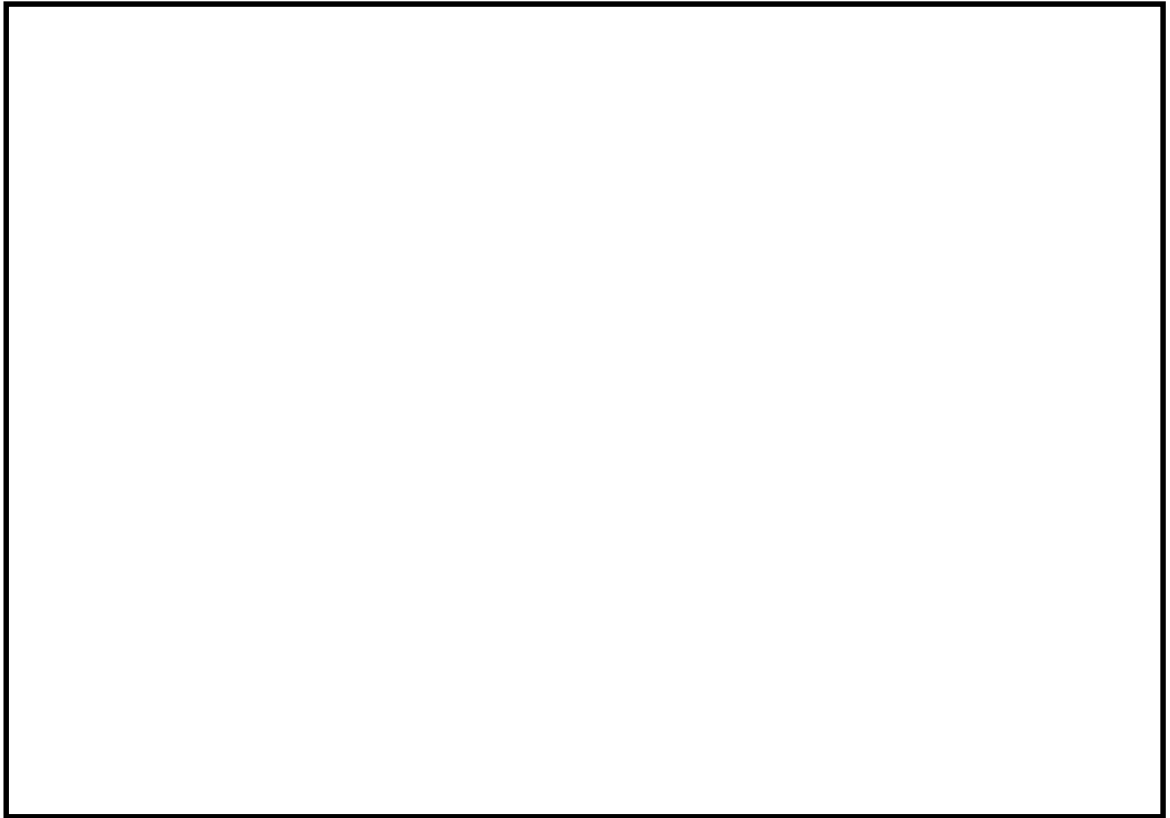


図 10.4-6 (13) 東西方向断面の過剰間隙水圧比分布 ( $S_s - 3.1 [H+, V+]$ )  
(検討ケース②: 地盤物性のばらつきを考慮 (+1  $\sigma$ ) した解析ケース)

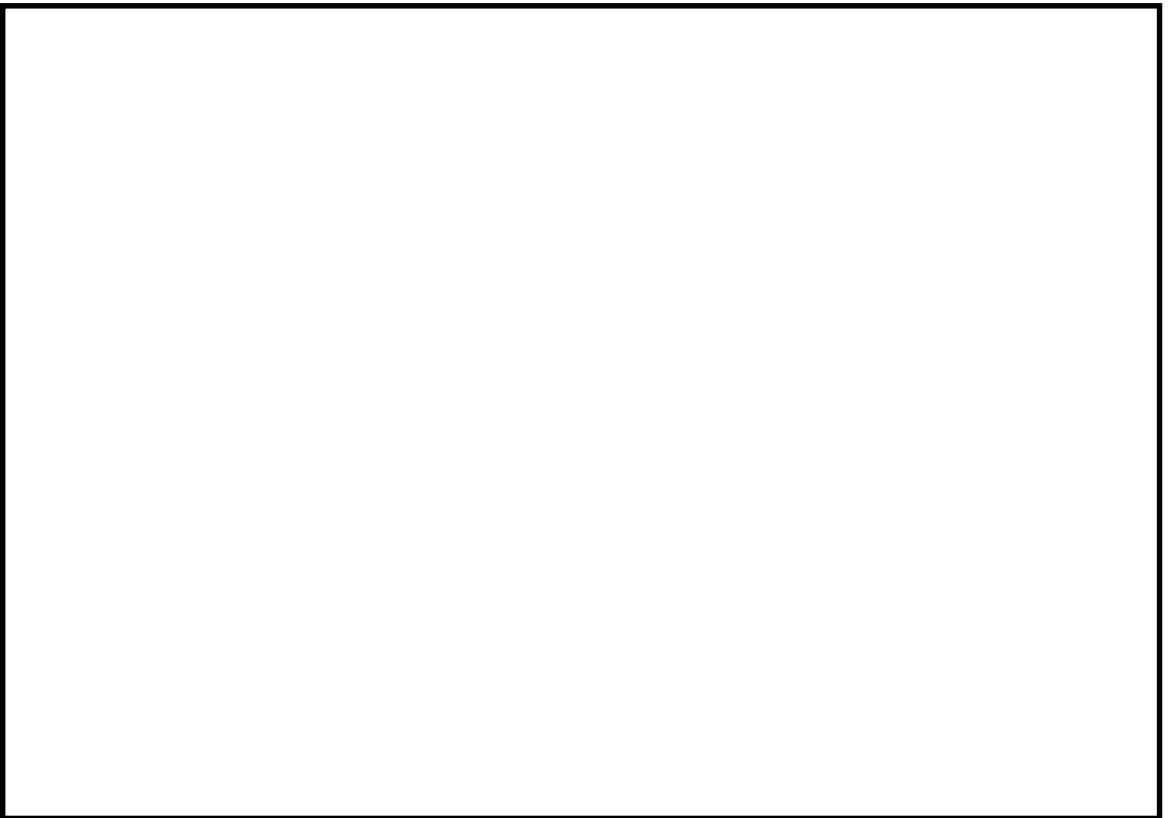


図 10.4-6 (14) 東西方向断面の過剰間隙水圧比分布 ( $S_s - 3.1 [H+, V+]$ )  
(検討ケース③: 地盤物性のばらつきを考慮 (-1  $\sigma$ ) した解析ケース)



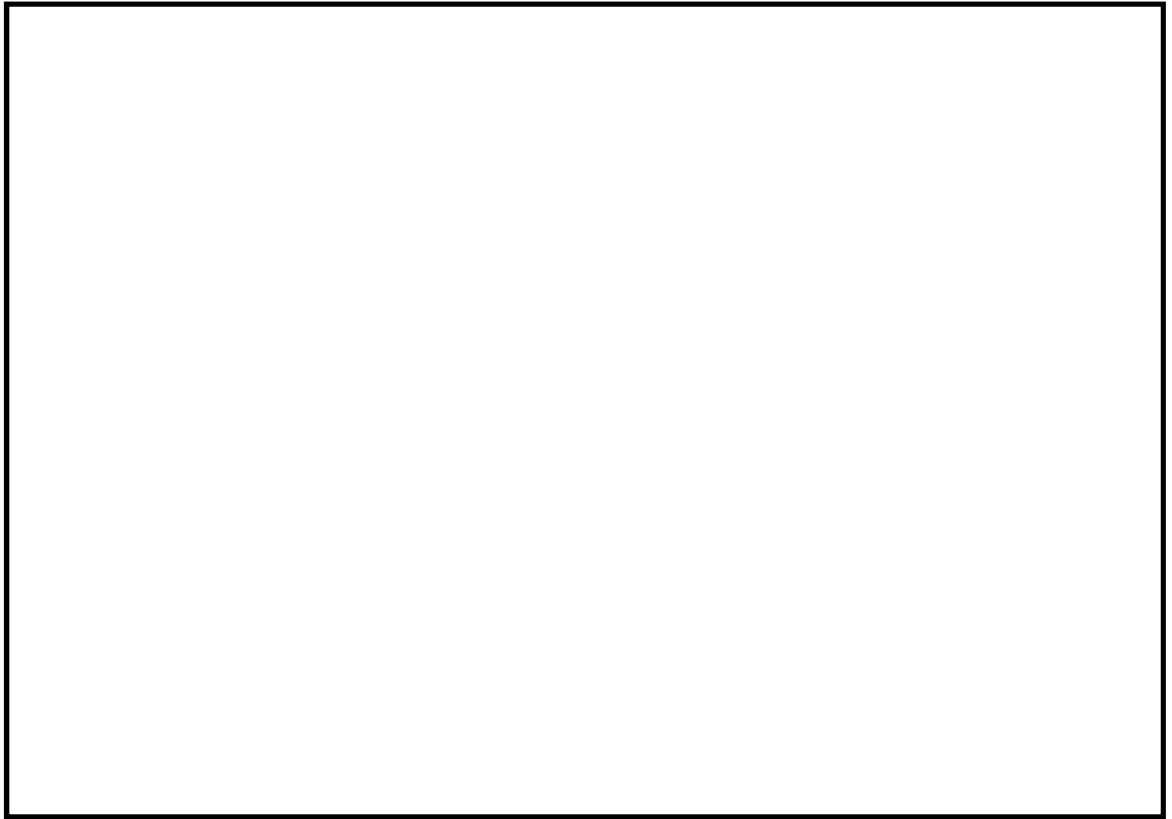


図 10.4-6 (15) 東西方向断面の過剰間隙水圧比分布 ( $S_s - 3.1 [H + V]$ )

(検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により  
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)



(5) 最大水平加速度分布

最大水平加速度分布図を図 10.4-7 に示す。これらの図は、各節点における水平加速度の全時刻における最大値の分布を示したものである。



図 10.4-7 (1) 東西方向断面の最大水平加速度分布 ( $S_s-D1$  [H+, V+])  
 (検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 10.4-7 (2) 東西方向断面の最大水平加速度分布 ( $S_s-D1$  [H+, V-])  
 (検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



図 10.4-7 (3) 東西方向断面の最大水平加速度分布 ( $S_s-D1$  [H-, V+])  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 10.4-7 (4) 東西方向断面の最大水平加速度分布 ( $S_s-D1$  [H-, V-])  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



図 10.4-7 (5) 東西方向断面の最大水平加速度分布 ( $S_s - 1.1$  [H+, V+])  
 (検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 10.4-7 (6) 東西方向断面の最大水平加速度分布 ( $S_s - 1.2$  [H+, V+])  
 (検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



図 10.4-7 (7) 東西方向断面の最大水平加速度分布 ( $S_s - 1.3$  [H+, V+])  
 (検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 10.4-7 (8) 東西方向断面の最大水平加速度分布 ( $S_s - 1.4$  [H+, V+])  
 (検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



図 10.4-7 (9) 東西方向断面の最大水平加速度分布 ( $S_s - 2.1$  [H+, V+])  
 (検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 10.4-7 (10) 東西方向断面の最大水平加速度分布 ( $S_s - 2.2$  [H+, V+])  
 (検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



図 10.4-7 (11) 東西方向断面の最大水平加速度分布 ( $S_s - 3.1$  [H+, V+])  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 10.4-7 (12) 東西方向断面の最大水平加速度分布 ( $S_s - 3.1$  [H-, V+])  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



図 10.4-7 (13) 東西方向断面の最大水平加速度分布 ( $S_s = 3.1$  [H+, V+])  
(検討ケース②: 地盤物性のばらつきを考慮 (+1 $\sigma$ ) した解析ケース)

図 10.4-7 (14) 東西方向断面の最大水平加速度分布 ( $S_s = 3.1$  [H+, V+])  
(検討ケース③: 地盤物性のばらつきを考慮 (-1 $\sigma$ ) した解析ケース)



図 10.4-7 (15) 東西方向断面の最大水平加速度分布 ( $S_s - 3.1 [H+, V+]$ )  
 (検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により  
 地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)

図 10.4-7 (16) 東西方向断面の最大水平加速度分布 ( $S_s - 3.1 [H+, V+]$ )  
 (検討ケース⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース)



図 10.4-7 (17) 東西方向断面の最大水平加速度分布 ( $S_s = 3.1$  [H+, V+])  
 (検討ケース⑥: 地盤物性のばらつきを考慮 (+1 $\sigma$ ) して非液化化の条件を仮定した解析ケース)



## 10.4.2 耐震評価結果

### (1) 構造部材の曲げ軸力に対する評価結果

曲げ軸力に対する照査結果を表 10.4-3 に示す。照査は、図 10.4-8 に示す手順で行った。

常設低圧代替注水系配管カルバートにおける許容応力度法による照査を行った結果、評価位置においてコンクリートの圧縮応力度と鉄筋の引張応力度が短期許容応力度以下であることを確認した。なお、発生応力度は各地震動、各部材において最大となる値を示している。

以上より、常設低圧代替注水系配管カルバートの構造部材の応答値は、許容限界以下であることを確認した。

図 10.4-9 に概略配筋図を、断面計算に用いた断面諸元の一覧を表 10.4-4 に示す。

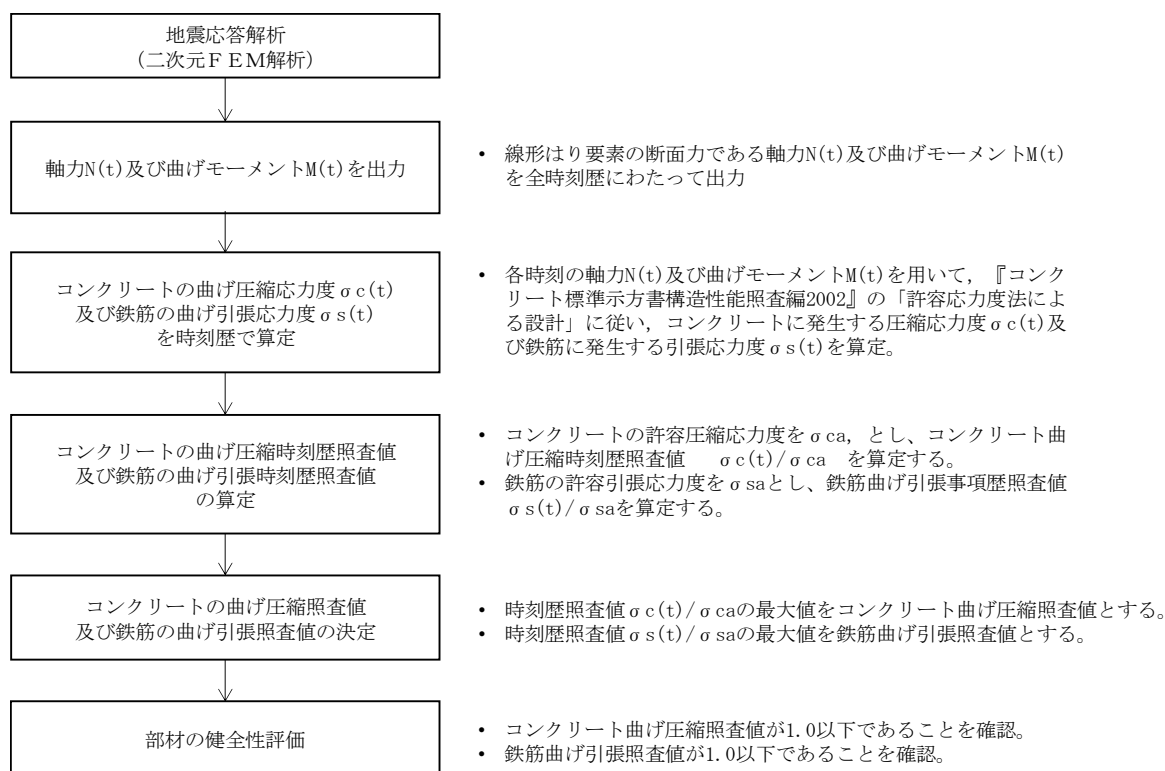


図 10.4-8 コンクリート曲げ照査及び鉄筋曲げ照査フロー



表 10.4-3 (1) コンクリートの曲げ軸力照査結果(1)

| 検討ケース              | 評価位置 |   | 断面性状   |        |        | 鉄筋仕様<br>(引張鉄筋) | 発生断面力               |              | 圧縮<br>応力度<br>σ c<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>σ ca<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値<br>σ c / σ ca |
|--------------------|------|---|--------|--------|--------|----------------|---------------------|--------------|--|---|-------------------|
|                    |      |   | 部材幅    | 部材高    | 有効高さ   |                | 曲げモーメント<br>(kN・m/m) | 軸力<br>(kN/m) |  |   |                   |
|                    |      |   | b (mm) | h (mm) | d (mm) |                |                     |              |  |   |                   |
| ①SS-D1<br>(H+, V+) | 底版   | 2 | 1000   | 800    | 580    | 1-D22, D25@150 | 411                 | 557          | 7.36                                     | 21.0  | 0.36              |
|                    | 頂版   | 3 | 1000   | 800    | 580    | 1-D19, D22@150 | 273                 | 375          | 5.47                                     | 21.0  | 0.27              |
|                    | 側壁   | 7 | 1000   | 800    | 580    | 1-D22, D25@150 | 279                 | 127          | 5.24                                     | 21.0  | 0.25              |
| ①SS-D1<br>(H+, V-) | 底版   | 2 | 1000   | 800    | 580    | 1-D22, D25@150 | 409                 | 540          | 7.34                                     | 21.0  | 0.35              |
|                    | 頂版   | 3 | 1000   | 800    | 580    | 1-D19, D22@150 | 266                 | 340          | 5.36                                     | 21.0  | 0.26              |
|                    | 側壁   | 7 | 1000   | 800    | 580    | 1-D22, D25@150 | 280                 | 132          | 5.26                                     | 21.0  | 0.26              |
| ①SS-D1<br>(H-, V+) | 底版   | 1 | 1000   | 800    | 580    | 1-D22, D25@150 | 410                 | 554          | 7.35                                     | 21.0  | 0.35              |
|                    | 頂版   | 4 | 1000   | 800    | 580    | 1-D19, D22@150 | 273                 | 374          | 5.47                                     | 21.0  | 0.27              |
|                    | 側壁   | 5 | 1000   | 800    | 580    | 1-D22, D25@150 | 278                 | 125          | 5.22                                     | 21.0  | 0.25              |
| ①SS-D1<br>(H-, V-) | 底版   | 1 | 1000   | 800    | 580    | 1-D22, D25@150 | 407                 | 537          | 7.32                                     | 21.0  | 0.35              |
|                    | 頂版   | 4 | 1000   | 800    | 580    | 1-D19, D22@150 | 271                 | 413          | 5.36                                     | 21.0  | 0.26              |
|                    | 側壁   | 5 | 1000   | 800    | 580    | 1-D22, D25@150 | 279                 | 129          | 5.24                                     | 21.0  | 0.25              |
| ①SS-11<br>(H+, V+) | 底版   | 2 | 1000   | 800    | 580    | 1-D22, D25@150 | 263                 | 462          | 4.59                                     | 21.0  | 0.22              |
|                    | 頂版   | 3 | 1000   | 800    | 580    | 1-D19, D22@150 | 187                 | 351          | 3.56                                     | 21.0  | 0.17              |
|                    | 側壁   | 7 | 1000   | 800    | 580    | 1-D22, D25@150 | 230                 | 321          | 4.11                                     | 21.0  | 0.20              |
| ①SS-12<br>(H+, V+) | 底版   | 2 | 1000   | 800    | 580    | 1-D22, D25@150 | 346                 | 536          | 6.11                                     | 21.0  | 0.30              |
|                    | 頂版   | 3 | 1000   | 800    | 580    | 1-D19, D22@150 | 240                 | 377          | 4.73                                     | 21.0  | 0.23              |
|                    | 側壁   | 7 | 1000   | 800    | 580    | 1-D22, D25@150 | 256                 | 233          | 4.71                                     | 21.0  | 0.23              |
| ①SS-13<br>(H+, V+) | 底版   | 2 | 1000   | 800    | 580    | 1-D22, D25@150 | 342                 | 535          | 6.05                                     | 21.0  | 0.29              |
|                    | 頂版   | 3 | 1000   | 800    | 580    | 1-D19, D22@150 | 244                 | 424          | 4.73                                     | 21.0  | 0.23              |
|                    | 側壁   | 7 | 1000   | 800    | 580    | 1-D22, D25@150 | 253                 | 244          | 4.64                                     | 21.0  | 0.23              |
| ①SS-14<br>(H+, V+) | 底版   | 2 | 1000   | 800    | 580    | 1-D22, D25@150 | 310                 | 480          | 5.49                                     | 21.0  | 0.27              |
|                    | 頂版   | 3 | 1000   | 800    | 580    | 1-D19, D22@150 | 222                 | 383          | 4.30                                     | 21.0  | 0.21              |
|                    | 側壁   | 7 | 1000   | 800    | 580    | 1-D22, D25@150 | 244                 | 247          | 4.46                                     | 21.0  | 0.22              |
| ①SS-21<br>(H+, V+) | 底版   | 2 | 1000   | 800    | 580    | 1-D22, D25@150 | 272                 | 498          | 4.70                                     | 21.0  | 0.23              |
|                    | 頂版   | 4 | 1000   | 800    | 580    | 1-D19, D22@150 | 179                 | 315          | 3.45                                     | 21.0  | 0.17              |
|                    | 側壁   | 5 | 1000   | 800    | 580    | 1-D22, D25@150 | 197                 | 219          | 3.58                                     | 21.0  | 0.18              |
| ①SS-22<br>(H+, V+) | 底版   | 2 | 1000   | 800    | 580    | 1-D22, D25@150 | 348                 | 557          | 6.14                                     | 21.0  | 0.30              |
|                    | 頂版   | 3 | 1000   | 800    | 580    | 1-D19, D22@150 | 233                 | 361          | 4.60                                     | 21.0  | 0.22              |
|                    | 側壁   | 6 | 1000   | 800    | 580    | 1-D22, D25@150 | 250                 | 517          | 4.35                                     | 21.0  | 0.21              |
| ①SS-31<br>(H+, V+) | 底版   | 1 | 1000   | 800    | 580    | 1-D22, D25@150 | 501                 | 616          | 9.05                                     | 21.0  | 0.44              |
|                    | 頂版   | 4 | 1000   | 800    | 580    | 1-D19, D22@150 | 339                 | 387          | 6.92                                     | 21.0  | 0.33              |
|                    | 側壁   | 8 | 1000   | 800    | 580    | 1-D22, D25@150 | 372                 | 634          | 6.67                                     | 21.0  | 0.32              |
| ①SS-31<br>(H-, V+) | 底版   | 2 | 1000   | 800    | 580    | 1-D22, D25@150 | 501                 | 619          | 9.05                                     | 21.0  | 0.44              |
|                    | 頂版   | 3 | 1000   | 800    | 580    | 1-D19, D22@150 | 338                 | 387          | 6.90                                     | 21.0  | 0.33              |
|                    | 側壁   | 6 | 1000   | 800    | 580    | 1-D22, D25@150 | 371                 | 637          | 6.65                                     | 21.0  | 0.32              |

※1 評価位置は下図に示す

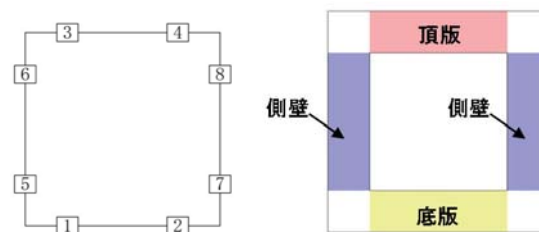




表 10.4-3 (2) コンクリートの曲げ軸力照査結果(2)

| 検討ケース                   | 評価位置 |   | 断面性状   |        |        | 鉄筋仕様<br>(引張鉄筋) | 発生断面力               |              | 圧縮<br>応力度<br>σ c<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>σ ca<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値<br>σ c / σ ca |
|-------------------------|------|---|--------|--------|--------|----------------|---------------------|--------------|--|---|-------------------|
|                         |      |   | 部材幅    | 部材高    | 有効高さ   |                | 曲げモーメント<br>(kN・m/m) | 軸力<br>(kN/m) |  |   |                   |
|                         |      |   | b (mm) | h (mm) | d (mm) |                |                     |              |  |   |                   |
| ② S s - 3 1<br>(H+, V+) | 底版   | 1 | 1000   | 800    | 580    | 1-D22, D25@150 | 503                 | 617          | 9.09                                     | 21.0  | 0.44              |
|                         | 頂版   | 4 | 1000   | 800    | 580    | 1-D19, D22@150 | 340                 | 384          | 6.94                                     | 21.0  | 0.34              |
|                         | 側壁   | 8 | 1000   | 800    | 580    | 1-D22, D25@150 | 373                 | 636          | 6.68                                     | 21.0  | 0.32              |
| ③ S s - 3 1<br>(H+, V+) | 底版   | 1 | 1000   | 800    | 580    | 1-D22, D25@150 | 498                 | 615          | 8.99                                     | 21.0  | 0.43              |
|                         | 頂版   | 4 | 1000   | 800    | 580    | 1-D19, D22@150 | 337                 | 387          | 6.87                                     | 21.0  | 0.33              |
|                         | 側壁   | 8 | 1000   | 800    | 580    | 1-D22, D25@150 | 369                 | 631          | 6.62                                     | 21.0  | 0.32              |
| ④ S s - 3 1<br>(H+, V+) | 底版   | 1 | 1000   | 800    | 580    | 1-D22, D25@150 | 490                 | 626          | 8.82                                     | 21.0  | 0.42              |
|                         | 頂版   | 4 | 1000   | 800    | 580    | 1-D19, D22@150 | 321                 | 387          | 6.52                                     | 21.0  | 0.32              |
|                         | 側壁   | 8 | 1000   | 800    | 580    | 1-D22, D25@150 | 349                 | 598          | 6.25                                     | 21.0  | 0.30              |
| ⑤ S s - 3 1<br>(H+, V+) | 底版   | 1 | 1000   | 800    | 580    | 1-D22, D25@150 | 546                 | 640          | 9.90                                     | 21.0  | 0.48              |
|                         | 頂版   | 4 | 1000   | 800    | 580    | 1-D19, D22@150 | 380                 | 406          | 7.80                                     | 21.0  | 0.38              |
|                         | 側壁   | 5 | 1000   | 800    | 580    | 1-D22, D25@150 | 398                 | 141          | 7.51                                     | 21.0  | 0.36              |
| ⑥ S s - 3 1<br>(H+, V+) | 底版   | 1 | 1000   | 800    | 580    | 1-D22, D25@150 | 543                 | 638          | 9.84                                     | 21.0  | 0.47              |
|                         | 頂版   | 4 | 1000   | 800    | 580    | 1-D19, D22@150 | 378                 | 405          | 7.75                                     | 21.0  | 0.37              |
|                         | 側壁   | 5 | 1000   | 800    | 580    | 1-D22, D25@150 | 396                 | 143          | 7.47                                     | 21.0  | 0.36              |

※1 評価位置は下図に示す

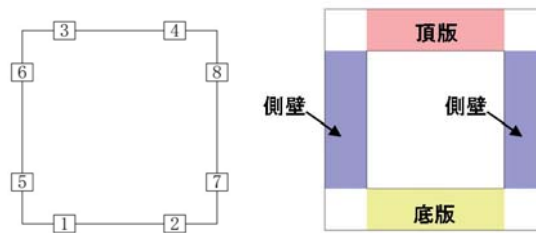




表 10.4-3 (3) 鉄筋の曲げ軸力照査結果(1)

| 検討ケース              | 評価位置 |   | 断面性状   |        |        | 鉄筋仕様<br>(引張鉄筋) | 発生断面力               |              | 引張<br>応力度<br>σ s<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>σ sa<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値<br>σ s/ σ sa |
|--------------------|------|---|--------|--------|--------|----------------|---------------------|--------------|--|---|------------------|
|                    |      |   | 部材幅    | 部材高    | 有効高さ   |                | 曲げモーメント<br>(kN・m/m) | 軸力<br>(kN/m) |  |   |                  |
|                    |      |   | b (mm) | h (mm) | d (mm) |                |                     |              |  |   |                  |
| ①SS-D1<br>(H+, V+) | 底版   | 2 | 1000   | 800    | 580    | 1-D22, D25@150 | 408                 | 545          | 160.04                                   | 309   | 0.52             |
|                    | 頂版   | 3 | 1000   | 800    | 580    | 1-D19, D22@150 | 272                 | 368          | 136.04                                   | 309   | 0.45             |
|                    | 側壁   | 7 | 1000   | 800    | 580    | 1-D22, D25@150 | 279                 | 127          | 156.85                                   | 309   | 0.51             |
| ①SS-D1<br>(H+, V-) | 底版   | 2 | 1000   | 800    | 580    | 1-D22, D25@150 | 409                 | 540          | 161.59                                   | 309   | 0.53             |
|                    | 頂版   | 3 | 1000   | 800    | 580    | 1-D19, D22@150 | 265                 | 335          | 138.26                                   | 309   | 0.45             |
|                    | 側壁   | 7 | 1000   | 800    | 580    | 1-D22, D25@150 | 277                 | 115          | 158.54                                   | 309   | 0.52             |
| ①SS-D1<br>(H-, V+) | 底版   | 1 | 1000   | 800    | 580    | 1-D22, D25@150 | 407                 | 542          | 160.02                                   | 309   | 0.52             |
|                    | 頂版   | 4 | 1000   | 800    | 580    | 1-D19, D22@150 | 271                 | 367          | 136.28                                   | 309   | 0.45             |
|                    | 側壁   | 5 | 1000   | 800    | 580    | 1-D22, D25@150 | 278                 | 125          | 156.79                                   | 309   | 0.51             |
| ①SS-D1<br>(H-, V-) | 底版   | 1 | 1000   | 800    | 580    | 1-D22, D25@150 | 405                 | 529          | 161.46                                   | 309   | 0.53             |
|                    | 頂版   | 4 | 1000   | 800    | 580    | 1-D19, D22@150 | 264                 | 334          | 138.49                                   | 309   | 0.45             |
|                    | 側壁   | 5 | 1000   | 800    | 580    | 1-D22, D25@150 | 276                 | 112          | 158.38                                   | 309   | 0.52             |
| ①SS-11<br>(H+, V+) | 底版   | 2 | 1000   | 800    | 580    | 1-D22, D25@150 | 263                 | 458          | 83.77                                    | 309   | 0.28             |
|                    | 頂版   | 3 | 1000   | 800    | 580    | 1-D19, D22@150 | 187                 | 351          | 70.11                                    | 309   | 0.23             |
|                    | 側壁   | 7 | 1000   | 800    | 580    | 1-D22, D25@150 | 230                 | 321          | 87.56                                    | 309   | 0.29             |
| ①SS-12<br>(H+, V+) | 底版   | 2 | 1000   | 800    | 580    | 1-D22, D25@150 | 345                 | 531          | 122.58                                   | 309   | 0.40             |
|                    | 頂版   | 3 | 1000   | 800    | 580    | 1-D19, D22@150 | 240                 | 374          | 108.06                                   | 309   | 0.35             |
|                    | 側壁   | 7 | 1000   | 800    | 580    | 1-D22, D25@150 | 256                 | 233          | 121.11                                   | 309   | 0.40             |
| ①SS-13<br>(H+, V+) | 底版   | 2 | 1000   | 800    | 580    | 1-D22, D25@150 | 342                 | 535          | 120.23                                   | 309   | 0.39             |
|                    | 頂版   | 3 | 1000   | 800    | 580    | 1-D19, D22@150 | 239                 | 376          | 106.92                                   | 309   | 0.35             |
|                    | 側壁   | 7 | 1000   | 800    | 580    | 1-D22, D25@150 | 253                 | 240          | 117.77                                   | 309   | 0.39             |
| ①SS-14<br>(H+, V+) | 底版   | 2 | 1000   | 800    | 580    | 1-D22, D25@150 | 310                 | 480          | 109.91                                   | 309   | 0.36             |
|                    | 頂版   | 3 | 1000   | 800    | 580    | 1-D19, D22@150 | 218                 | 340          | 98.13                                    | 309   | 0.32             |
|                    | 側壁   | 7 | 1000   | 800    | 580    | 1-D22, D25@150 | 244                 | 247          | 110.64                                   | 309   | 0.36             |
| ①SS-21<br>(H+, V+) | 底版   | 1 | 1000   | 800    | 580    | 1-D22, D25@150 | 261                 | 437          | 86.45                                    | 309   | 0.28             |
|                    | 頂版   | 4 | 1000   | 800    | 580    | 1-D19, D22@150 | 176                 | 304          | 72.23                                    | 309   | 0.24             |
|                    | 側壁   | 5 | 1000   | 800    | 580    | 1-D22, D25@150 | 196                 | 215          | 86.15                                    | 309   | 0.28             |
| ①SS-22<br>(H+, V+) | 底版   | 2 | 1000   | 800    | 580    | 1-D22, D25@150 | 348                 | 553          | 120.39                                   | 309   | 0.39             |
|                    | 頂版   | 3 | 1000   | 800    | 580    | 1-D19, D22@150 | 233                 | 361          | 106.02                                   | 309   | 0.35             |
|                    | 側壁   | 7 | 1000   | 800    | 580    | 1-D22, D25@150 | 232                 | 186          | 114.55                                   | 309   | 0.38             |
| ①SS-31<br>(H+, V+) | 底版   | 1 | 1000   | 800    | 580    | 1-D22, D25@150 | 501                 | 616          | 206.91                                   | 309   | 0.67             |
|                    | 頂版   | 4 | 1000   | 800    | 580    | 1-D19, D22@150 | 339                 | 384          | 188.40                                   | 309   | 0.61             |
|                    | 側壁   | 5 | 1000   | 800    | 580    | 1-D22, D25@150 | 347                 | 109          | 205.57                                   | 309   | 0.67             |
| ①SS-31<br>(H-, V+) | 底版   | 2 | 1000   | 800    | 580    | 1-D22, D25@150 | 501                 | 619          | 206.27                                   | 309   | 0.67             |
|                    | 頂版   | 3 | 1000   | 800    | 580    | 1-D19, D22@150 | 338                 | 384          | 187.52                                   | 309   | 0.61             |
|                    | 側壁   | 7 | 1000   | 800    | 580    | 1-D22, D25@150 | 348                 | 113          | 204.99                                   | 309   | 0.67             |

※1 評価位置は下図に示す

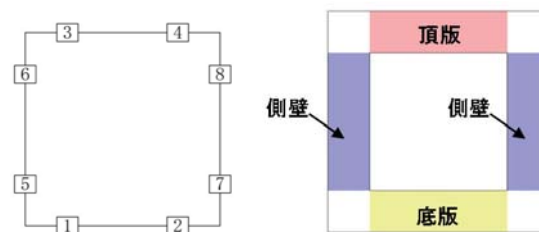
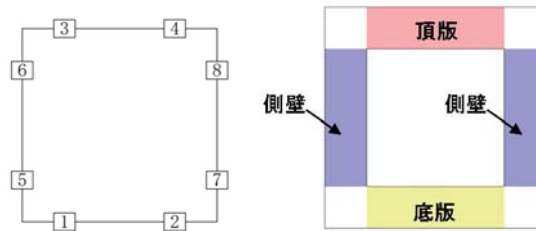




表 10.4-3 (4) 鉄筋の曲げ軸力照査結果(2)

| 検討ケース                    | 評価位置 |   | 断面性状   |        |        | 鉄筋仕様<br>(引張鉄筋) | 発生断面力  |                                | 引張<br>応力度<br>$\sigma_s$<br>( $\text{N}/\text{mm}^2$ ) | 短期許容<br>応力度<br>$\sigma_{sa}$<br>( $\text{N}/\text{mm}^2$ ) | 照査値<br>$\sigma_s / \sigma_{sa}$ |
|--------------------------|------|---|--------|--------|--------|----------------|--|--------------------------------|---|--|---------------------------------|
|                          |      |   | 部材幅    | 部材高    | 有効高さ   |                | 曲げモーメント<br>( $\text{kN}\cdot\text{m}/\text{m}$ ) | 軸力<br>( $\text{kN}/\text{m}$ ) |   |  |                                 |
|                          |      |   | b (mm) | h (mm) | d (mm) |                |  |                                |   |  |                                 |
| ② $S_s - 31$<br>(H+, V+) | 底版   | 1 | 1000   | 800    | 580    | 1-D22, D25@150 | 503  | 617                            | 208.01  | 309  | 0.68                            |
|                          | 頂版   | 4 | 1000   | 800    | 580    | 1-D19, D22@150 | 340  | 384                            | 189.79  | 309  | 0.62                            |
|                          | 側壁   | 5 | 1000   | 800    | 580    | 1-D22, D25@150 | 349  | 108                            | 206.92  | 309  | 0.67                            |
| ③ $S_s - 31$<br>(H+, V+) | 底版   | 1 | 1000   | 800    | 580    | 1-D22, D25@150 | 498  | 615                            | 204.92  | 309  | 0.67                            |
|                          | 頂版   | 4 | 1000   | 800    | 580    | 1-D19, D22@150 | 337  | 387                            | 186.58  | 309  | 0.61                            |
|                          | 側壁   | 5 | 1000   | 800    | 580    | 1-D22, D25@150 | 344  | 110                            | 203.06  | 309  | 0.66                            |
| ④ $S_s - 31$<br>(H+, V+) | 底版   | 1 | 1000   | 800    | 580    | 1-D22, D25@150 | 490  | 626                            | 197.92  | 309  | 0.65                            |
|                          | 頂版   | 4 | 1000   | 800    | 580    | 1-D19, D22@150 | 321  | 385                            | 173.26  | 309  | 0.57                            |
|                          | 側壁   | 5 | 1000   | 800    | 580    | 1-D22, D25@150 | 319  | 95                             | 189.74  | 309  | 0.62                            |
| ⑤ $S_s - 31$<br>(H+, V+) | 底版   | 1 | 1000   | 800    | 580    | 1-D22, D25@150 | 546  | 640                            | 231.52  | 309  | 0.75                            |
|                          | 頂版   | 4 | 1000   | 800    | 580    | 1-D19, D22@150 | 380  | 406                            | 218.07  | 309  | 0.71                            |
|                          | 側壁   | 5 | 1000   | 800    | 580    | 1-D22, D25@150 | 398  | 135                            | 233.12  | 309  | 0.76                            |
| ⑥ $S_s - 31$<br>(H+, V+) | 底版   | 1 | 1000   | 800    | 580    | 1-D22, D25@150 | 543  | 638                            | 229.64  | 309  | 0.75                            |
|                          | 頂版   | 4 | 1000   | 800    | 580    | 1-D19, D22@150 | 378  | 405                            | 216.40  | 309  | 0.71                            |
|                          | 側壁   | 5 | 1000   | 800    | 580    | 1-D22, D25@150 | 395  | 137                            | 231.23  | 309  | 0.75                            |

※1 評価位置は下図に示す





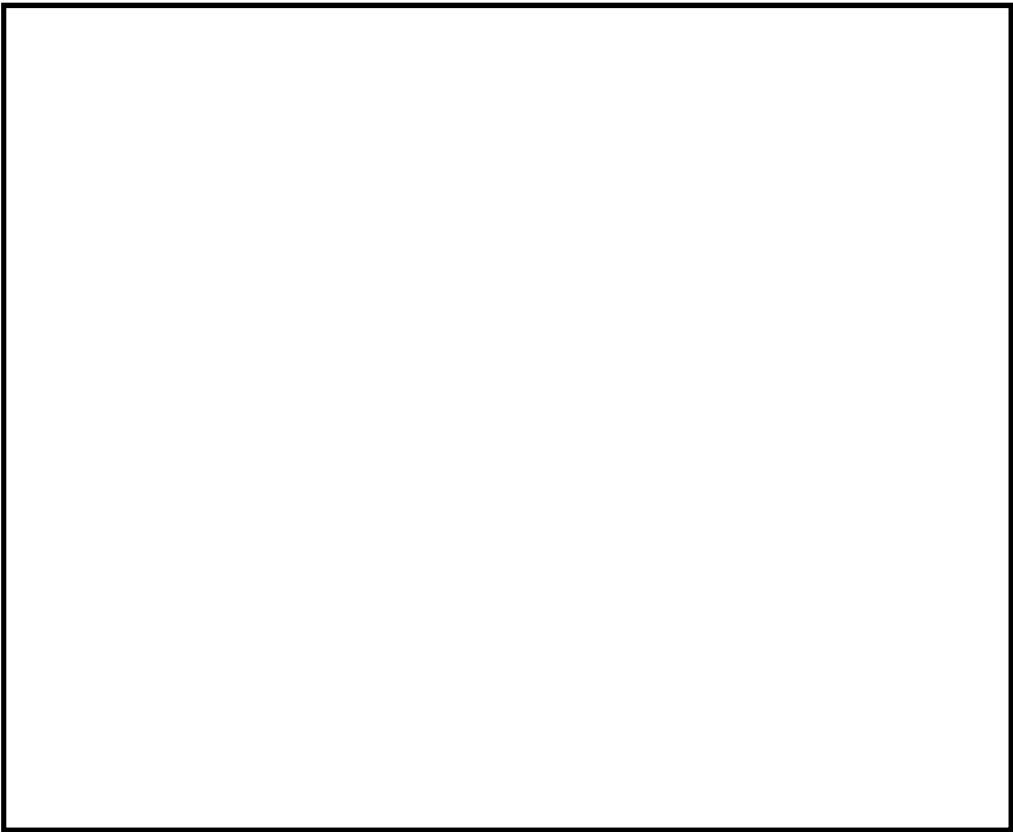
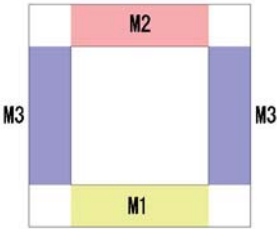


図 10.4－9 概略配筋図

表 10.4－4 断面諸元一覧表（曲げ軸力に対する評価）

| 部位 | 材料No. | 断面性状  |       |        |       | 主鉄筋   |      |     |      |                    |
|----|-------|-------|-------|--------|-------|-------|------|-----|------|--------------------|
|    |       | 部材幅   | 部材高   | かぶり    | 有効高さ  | 鉄筋種別  | 径    | 段数  | 鉄筋間隔 | 鉄筋量                |
|    |       | b (m) | h (m) | d' (m) | d (m) | (-)   | (mm) | (-) | (mm) | (cm <sup>2</sup> ) |
| 底版 | M1    | 1.000 | 0.700 | 0.120  | 0.580 | SD390 | 22   | 1   | 150  | 25.807             |
| 頂版 | M2    | 1.000 | 0.700 | 0.120  | 0.580 | SD390 | 19   | 1   | 150  | 19.100             |
| 側壁 | M3    | 1.000 | 0.700 | 0.120  | 0.580 | SD390 | 22   | 1   | 150  | 25.807             |





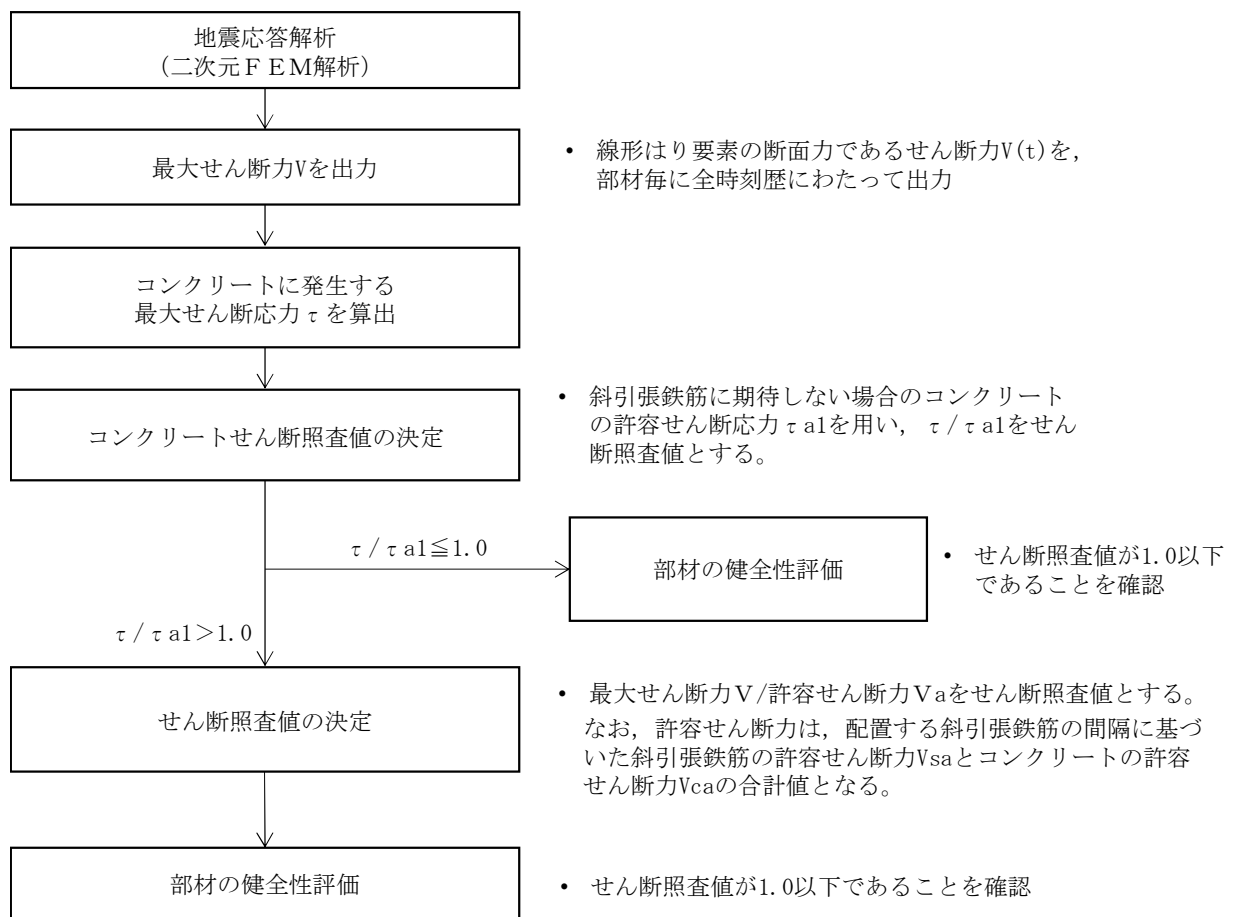
(2) 構造部材のせん断力に対する評価結果

表 10.4-5 にせん断力に対する照査結果を示す。また、せん断力照査の手順を図 10.4-10 に示す。

常設低圧代替注水系配管カルバートにおける許容応力度法による照査を行った結果、評価位置においてせん断応力度が許容せん断応力度以下又は発生せん断力がコンクリートの許容せん断力 ( $V_{ca}$ ) と、斜め引張鉄筋の許容せん断力 ( $V_{sa}$ ) を合わせた許容せん断力 ( $V_a$ ) 以下であることを確認した。なお、発生応力度及び発生断面力は各地震動、各部材において最大となる値を示している。

以上より、常設低圧代替注水系配管カルバートの構造部材の応答値は、許容限界以下であることを確認した。

図 10.4-11 に概略配筋図を、表 10.4-6 に断面計算に用いた断面諸元の一覧を示す。



※なお、斜引張鉄筋に期待しない場合にせん断照査値が 1.0 以下である場合でも、斜引張鉄筋を配置した場合のせん断照査のみを実施することもある。

図 10.4-10 せん断照査フロー



表 10.4-5(1) セン断力照査結果(1)

| 検討ケース              | 評価位置 |   | 断面性状  |       |       | 鉄筋仕様<br>(せん断補強筋) | 発生<br>せん断力<br>V<br>(kN/m) | 短期許容<br>せん断力<br>Va<br>(kN/m) | 照査値<br>V/Va |
|--------------------|------|---|-------|-------|-------|------------------|---------------------------|------------------------------|-------------|
|                    |      |   | 部材幅   | 部材高   | 有効高さ  |                  |                           |                              |             |
|                    |      |   | b(mm) | h(mm) | d(mm) |                  |                           |                              |             |
| ①SS-D1<br>(H+, V+) | 底版   | 1 | 1000  | 700   | 580   | D16@150×300      | 408                       | 895                          | 0.46        |
|                    | 頂版   | 4 | 1000  | 700   | 580   | D16@150×300      | 384                       | 895                          | 0.43        |
|                    | 側壁   | 7 | 1000  | 700   | 580   | D16@150×300      | 470                       | 895                          | 0.53        |
| ①SS-D1<br>(H+, V-) | 底版   | 1 | 1000  | 700   | 580   | D16@150×300      | 419                       | 895                          | 0.47        |
|                    | 頂版   | 4 | 1000  | 700   | 580   | D16@150×300      | 391                       | 895                          | 0.44        |
|                    | 側壁   | 7 | 1000  | 700   | 580   | D16@150×300      | 466                       | 895                          | 0.53        |
| ①SS-D1<br>(H-, V+) | 底版   | 1 | 1000  | 700   | 580   | D16@150×300      | 440                       | 895                          | 0.50        |
|                    | 頂版   | 4 | 1000  | 700   | 580   | D16@150×300      | 385                       | 895                          | 0.44        |
|                    | 側壁   | 7 | 1000  | 700   | 580   | D16@150×300      | 458                       | 895                          | 0.52        |
| ①SS-D1<br>(H-, V-) | 底版   | 1 | 1000  | 700   | 580   | D16@150×300      | 443                       | 895                          | 0.50        |
|                    | 頂版   | 4 | 1000  | 700   | 580   | D16@150×300      | 392                       | 895                          | 0.44        |
|                    | 側壁   | 7 | 1000  | 700   | 580   | D16@150×300      | 467                       | 895                          | 0.53        |
| ①SS-11<br>(H+, V+) | 底版   | 1 | 1000  | 700   | 580   | D16@150×300      | 298                       | 895                          | 0.34        |
|                    | 頂版   | 4 | 1000  | 700   | 580   | D16@150×300      | 258                       | 895                          | 0.29        |
|                    | 側壁   | 7 | 1000  | 700   | 580   | D16@150×300      | 378                       | 895                          | 0.43        |
| ①SS-12<br>(H+, V+) | 底版   | 1 | 1000  | 700   | 580   | D16@150×300      | 323                       | 895                          | 0.37        |
|                    | 頂版   | 4 | 1000  | 700   | 580   | D16@150×300      | 301                       | 895                          | 0.34        |
|                    | 側壁   | 7 | 1000  | 700   | 580   | D16@150×300      | 455                       | 895                          | 0.51        |
| ①SS-13<br>(H+, V+) | 底版   | 1 | 1000  | 700   | 580   | D16@150×300      | 321                       | 895                          | 0.36        |
|                    | 頂版   | 4 | 1000  | 700   | 580   | D16@150×300      | 298                       | 895                          | 0.34        |
|                    | 側壁   | 7 | 1000  | 700   | 580   | D16@150×300      | 452                       | 895                          | 0.51        |
| ①SS-14<br>(H+, V+) | 底版   | 1 | 1000  | 700   | 580   | D16@150×300      | 316                       | 895                          | 0.36        |
|                    | 頂版   | 4 | 1000  | 700   | 580   | D16@150×300      | 286                       | 895                          | 0.32        |
|                    | 側壁   | 7 | 1000  | 700   | 580   | D16@150×300      | 421                       | 895                          | 0.48        |
| ①SS-21<br>(H+, V+) | 底版   | 1 | 1000  | 700   | 580   | D16@150×300      | 322                       | 895                          | 0.36        |
|                    | 頂版   | 4 | 1000  | 700   | 580   | D16@150×300      | 290                       | 895                          | 0.33        |
|                    | 側壁   | 7 | 1000  | 700   | 580   | D16@150×300      | 360                       | 895                          | 0.41        |
| ①SS-22<br>(H+, V+) | 底版   | 1 | 1000  | 700   | 580   | D16@150×300      | 334                       | 895                          | 0.38        |
|                    | 頂版   | 4 | 1000  | 700   | 580   | D16@150×300      | 300                       | 895                          | 0.34        |
|                    | 側壁   | 7 | 1000  | 700   | 580   | D16@150×300      | 427                       | 895                          | 0.48        |
| ①SS-31<br>(H+, V+) | 底版   | 2 | 1000  | 700   | 580   | D16@150×300      | 551                       | 895                          | 0.62        |
|                    | 頂版   | 4 | 1000  | 700   | 580   | D16@150×300      | 452                       | 895                          | 0.51        |
|                    | 側壁   | 7 | 1000  | 700   | 580   | D16@150×300      | 430                       | 895                          | 0.49        |
| ①SS-31<br>(H-, V+) | 底版   | 1 | 1000  | 700   | 580   | D16@150×300      | 388                       | 895                          | 0.44        |
|                    | 頂版   | 4 | 1000  | 700   | 580   | D16@150×300      | 355                       | 895                          | 0.40        |
|                    | 側壁   | 7 | 1000  | 700   | 580   | D16@150×300      | 550                       | 895                          | 0.62        |

※1 評価位置は下図に示す

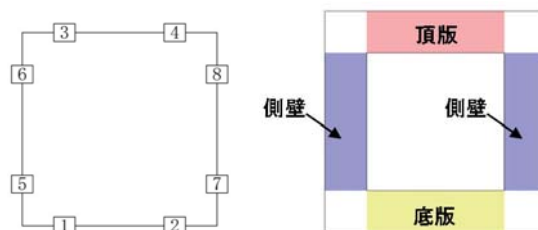
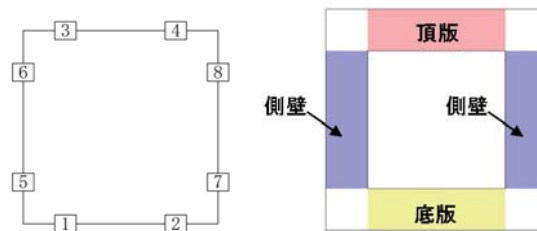




表 10.4-5(2) せん断力照査結果(2)

| 検討ケース                    | 評価位置 |   | 断面性状   |        |        | 鉄筋仕様<br>(せん断補強筋) | 発生<br>せん断力<br>V<br>(kN/m) | 短期許容<br>せん断力<br>Va<br>(kN/m) | 照査値<br>V/Va |
|--------------------------|------|---|--------|--------|--------|------------------|---------------------------|------------------------------|-------------|
|                          |      |   | 部材幅    | 部材高    | 有効高さ   |                  |                           |                              |             |
|                          |      |   | b (mm) | h (mm) | d (mm) |                  |                           |                              |             |
| ② $S_s - 31$<br>(H+, V+) | 底版   | 2 | 1000   | 700    | 580    | D16@150×300      | 554                       | 895                          | 0.62        |
|                          | 頂版   | 4 | 1000   | 700    | 580    | D16@150×300      | 452                       | 895                          | 0.51        |
|                          | 側壁   | 7 | 1000   | 700    | 580    | D16@150×300      | 431                       | 895                          | 0.49        |
| ③ $S_s - 31$<br>(H+, V+) | 底版   | 2 | 1000   | 700    | 580    | D16@150×300      | 547                       | 895                          | 0.62        |
|                          | 頂版   | 4 | 1000   | 700    | 580    | D16@150×300      | 450                       | 895                          | 0.51        |
|                          | 側壁   | 7 | 1000   | 700    | 580    | D16@150×300      | 430                       | 895                          | 0.49        |
| ④ $S_s - 31$<br>(H+, V+) | 底版   | 2 | 1000   | 700    | 580    | D16@150×300      | 544                       | 895                          | 0.61        |
|                          | 頂版   | 4 | 1000   | 700    | 580    | D16@150×300      | 431                       | 895                          | 0.49        |
|                          | 側壁   | 7 | 1000   | 700    | 580    | D16@150×300      | 420                       | 895                          | 0.47        |
| ⑤ $S_s - 31$<br>(H+, V+) | 底版   | 2 | 1000   | 700    | 580    | D16@150×300      | 595                       | 895                          | 0.67        |
|                          | 頂版   | 4 | 1000   | 700    | 580    | D16@150×300      | 495                       | 895                          | 0.56        |
|                          | 側壁   | 7 | 1000   | 700    | 580    | D16@150×300      | 475                       | 895                          | 0.54        |
| ⑥ $S_s - 31$<br>(H+, V+) | 底版   | 2 | 1000   | 700    | 580    | D16@150×300      | 590                       | 895                          | 0.66        |
|                          | 頂版   | 4 | 1000   | 700    | 580    | D16@150×300      | 492                       | 895                          | 0.55        |
|                          | 側壁   | 7 | 1000   | 700    | 580    | D16@150×300      | 472                       | 895                          | 0.53        |

※1 評価位置は下図に示す





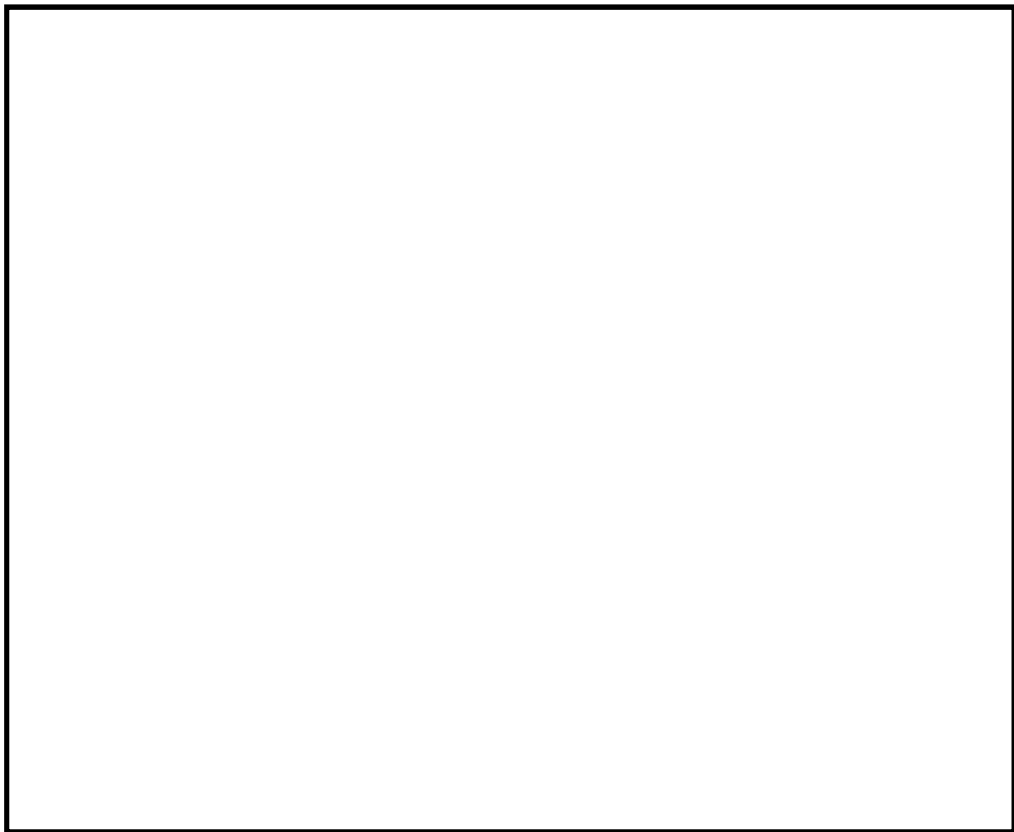
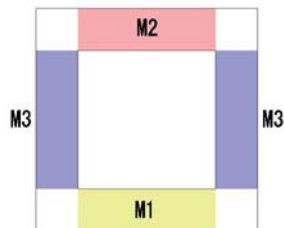


図 10.4－11 概略配筋図

表 10.4－6 断面諸元一覧表（せん断に対する評価）

| 部位 | 材料No. | 断面性状  |       |        |       | せん断補強鉄筋 |      |      |      |                    |
|----|-------|-------|-------|--------|-------|---------|------|------|------|--------------------|
|    |       | 部材幅   | 部材高   | かぶり    | 有効高さ  | 鉄筋種別    | 径    | Sb   | Ss   | 鉄筋量                |
|    |       | b (m) | h (m) | d' (m) | d (m) | (-)     | (mm) | (mm) | (mm) | (cm <sup>2</sup> ) |
| 底版 | M1    | 1.000 | 0.700 | 0.120  | 0.580 | SD390   | 16   | 300  | 150  | 6.620              |
| 頂版 | M2    | 1.000 | 0.700 | 0.120  | 0.580 | SD390   | 16   | 300  | 150  | 6.620              |
| 側壁 | M3    | 1.000 | 0.700 | 0.120  | 0.580 | SD390   | 16   | 300  | 150  | 6.620              |





(3) 基礎地盤の支持性能に対する評価結果

表 10.4-7 に基礎地盤の支持性能評価結果を、図 10.4-12 に接地圧分布図を示す。

常設低圧代替注水系配管カルバートの接地圧は⑤  $S_s - 3\ 1$  [H+, V+] (東西断面方向) で  $934\ \text{kN/m}^2$  であり、基礎地盤の極限支持力 (人工岩盤の許容支圧強度)  $8100\ \text{kN/m}^2$  以下である。

以上のことから、常設低圧代替注水系配管カルバートの基礎地盤は、基準地震動  $S_s$  に対し、支持性能を有する。

表 10.4-7 基礎地盤の支持性能評価結果

| 基準<br>地震動      | 位相     | 最大接地圧<br>( $\text{kN/m}^2$ ) | 極限支持力<br>( $\text{kN/m}^2$ ) |
|----------------|--------|------------------------------|------------------------------|
| ① $S_s - D\ 1$ | H+, V+ | 778                          | 8100                         |
| ① $S_s - D\ 1$ | H+, V- | 820                          | 8100                         |
| ① $S_s - D\ 1$ | H-, V+ | 778                          | 8100                         |
| ① $S_s - D\ 1$ | H-, V- | 821                          | 8100                         |
| ① $S_s - 1\ 1$ | H+, V+ | 515                          | 8100                         |
| ① $S_s - 1\ 2$ | H+, V+ | 673                          | 8100                         |
| ① $S_s - 1\ 3$ | H+, V+ | 681                          | 8100                         |
| ① $S_s - 1\ 4$ | H+, V+ | 600                          | 8100                         |
| ① $S_s - 2\ 1$ | H+, V+ | 551                          | 8100                         |
| ① $S_s - 2\ 2$ | H+, V+ | 698                          | 8100                         |
| ① $S_s - 3\ 1$ | H+, V+ | 913                          | 8100                         |
| ① $S_s - 3\ 1$ | H-, V+ | 913                          | 8100                         |
| ② $S_s - 3\ 1$ | H+, V+ | 916                          | 8100                         |
| ③ $S_s - 3\ 1$ | H+, V+ | 909                          | 8100                         |
| ④ $S_s - 3\ 1$ | H+, V+ | 924                          | 8100                         |
| ⑤ $S_s - 3\ 1$ | H+, V+ | 934                          | 8100                         |
| ⑥ $S_s - 3\ 1$ | H+, V+ | 928                          | 8100                         |



常設低圧代替注水系配管カルバート構造部材モデル

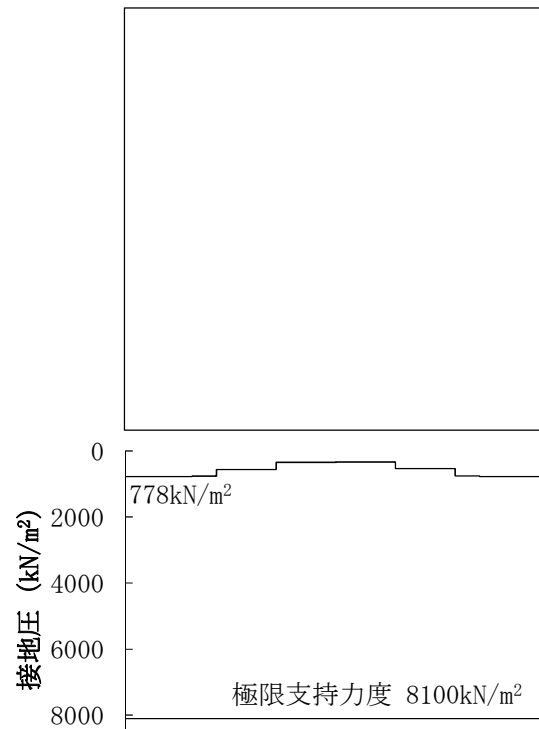


図 10.4-12 (1) 東西断面方向の接地圧分布図 ( $S_s-D1L [H+, V+]$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

常設低圧代替注水系配管カルバート構造部材モデル

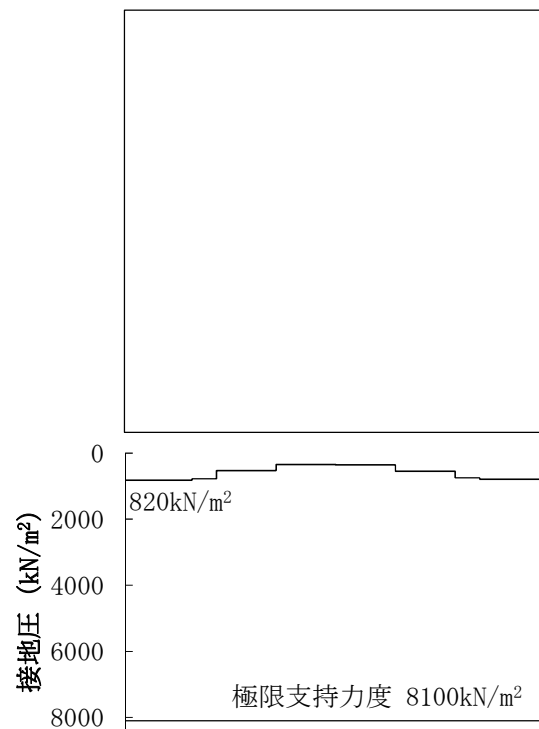


図 10.4-12 (2) 東西断面方向の接地圧分布図 ( $S_s-D1L [H+, V-]$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



常設低圧代替注水系配管カルバート構造部材モデル

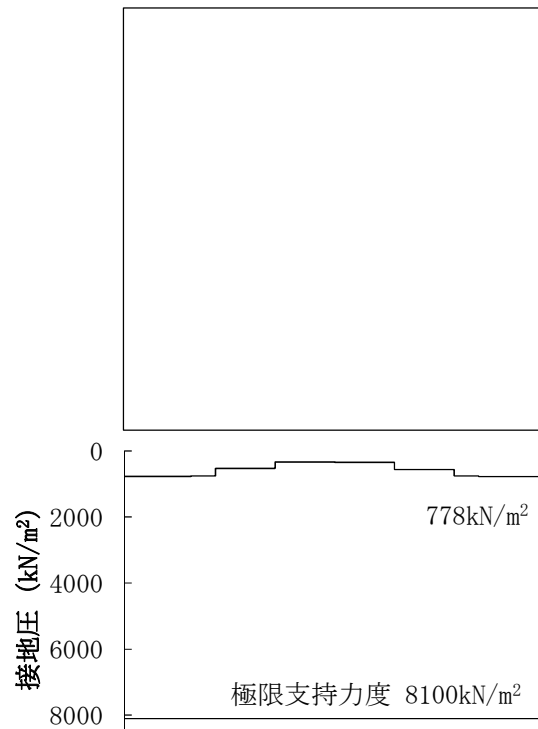


図 10.4-12 (3) 東西断面方向の接地圧分布図 ( $S_s-D 1 L [H-, V+]$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

常設低圧代替注水系配管カルバート構造部材モデル

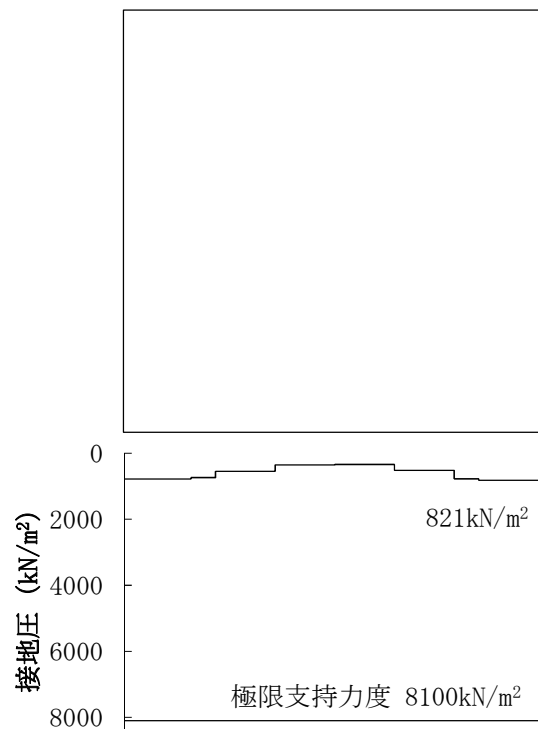


図 10.4-12 (4) 東西断面方向の接地圧分布図 ( $S_s-D 1 L [H-, V-]$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



常設低圧代替注水系配管カルバート構造部材モデル

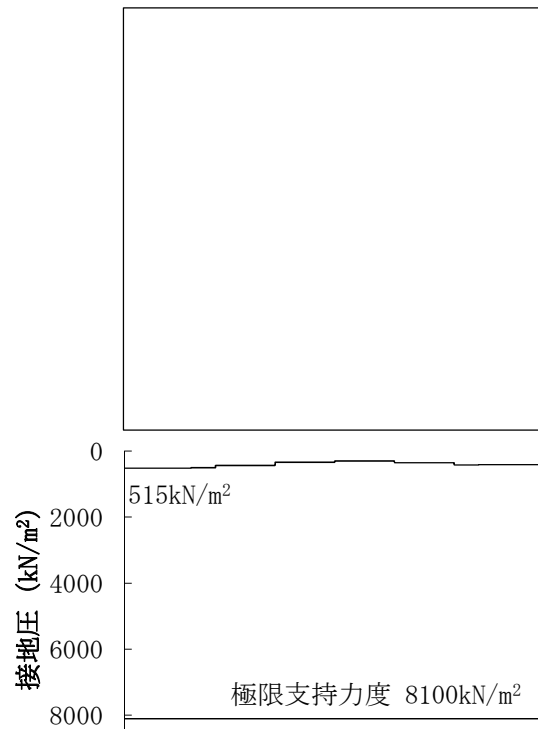


図 10.4-12 (5) 東西断面方向の接地圧分布図 ( $S_s - 1 1$  [H+, V+])  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

常設低圧代替注水系配管カルバート構造部材モデル

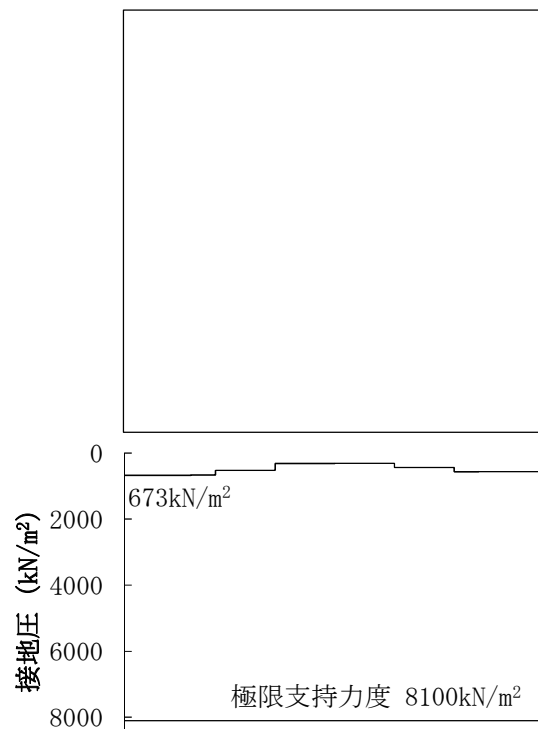


図 10.4-12 (6) 東西断面方向の接地圧分布図 ( $S_s - 1 2$  [H+, V+])  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



常設低圧代替注水系配管カルバート構造部材モデル

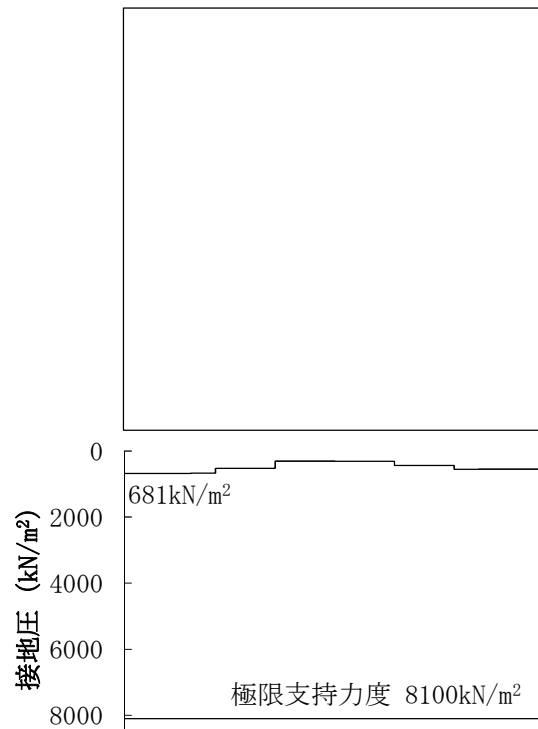


図 10.4-12 (7) 東西断面方向の接地圧分布図 ( $S_s-13$  [H+, V+])

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

常設低圧代替注水系配管カルバート構造部材モデル

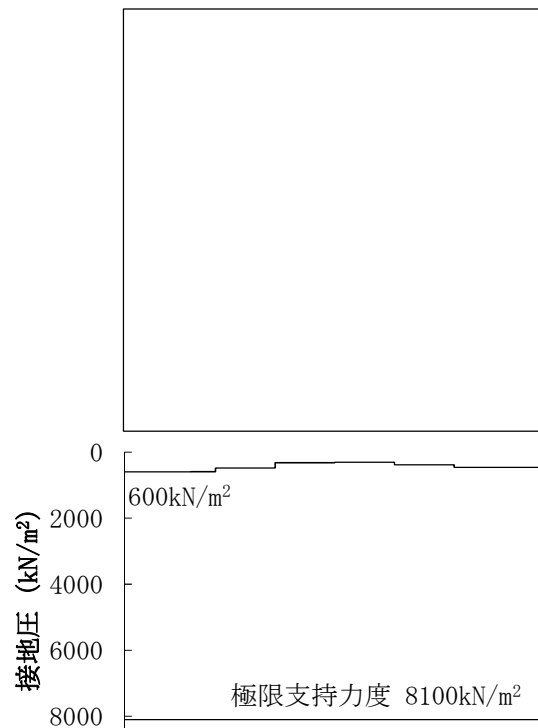


図 10.4-12 (8) 東西断面方向の接地圧分布図 ( $S_s-14$  [H+, V+])

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



常設低圧代替注水系配管カルバート構造部材モデル

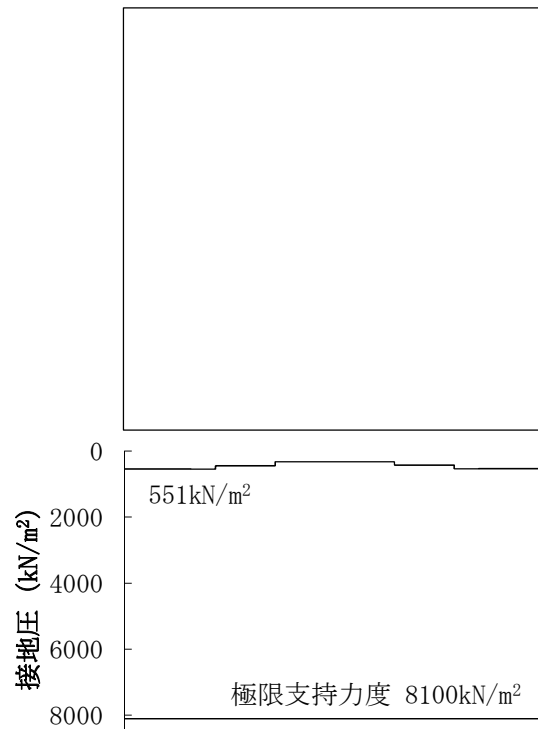


図 10.4-12 (9) 東西断面方向の接地圧分布図 (S<sub>s</sub>-2 1 [H+, V+])  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

常設低圧代替注水系配管カルバート構造部材モデル

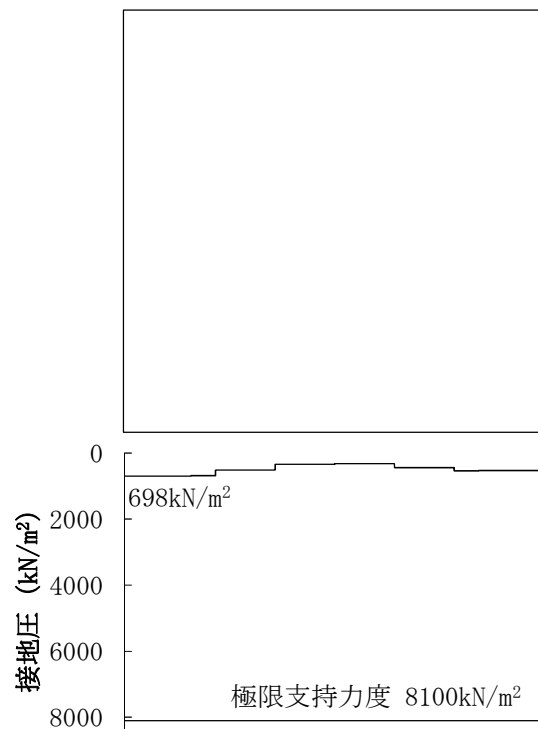


図 10.4-12 (10) 東西断面方向の接地圧分布図 (S<sub>s</sub>-2 2 [H+, V+])  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



常設低圧代替注水系配管カルバート構造部材モデル

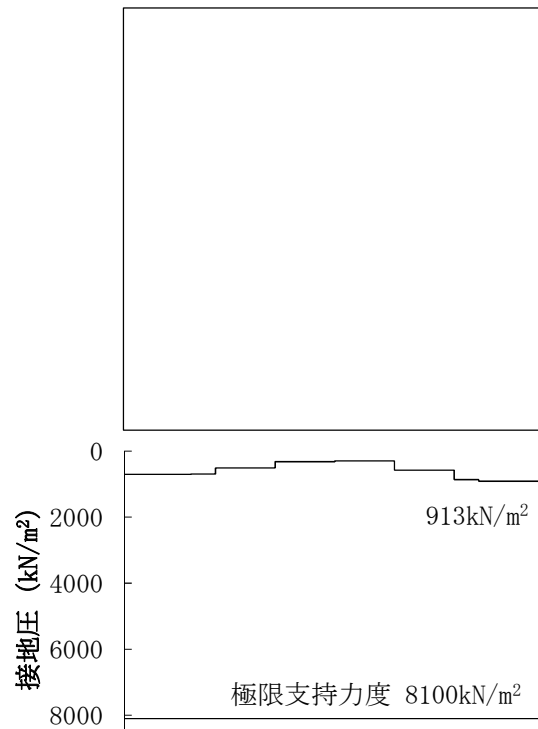


図 10.4-12 (11) 東西断面方向の接地圧分布図 ( $S_s-31$  [H+, V+])

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

常設低圧代替注水系配管カルバート構造部材モデル

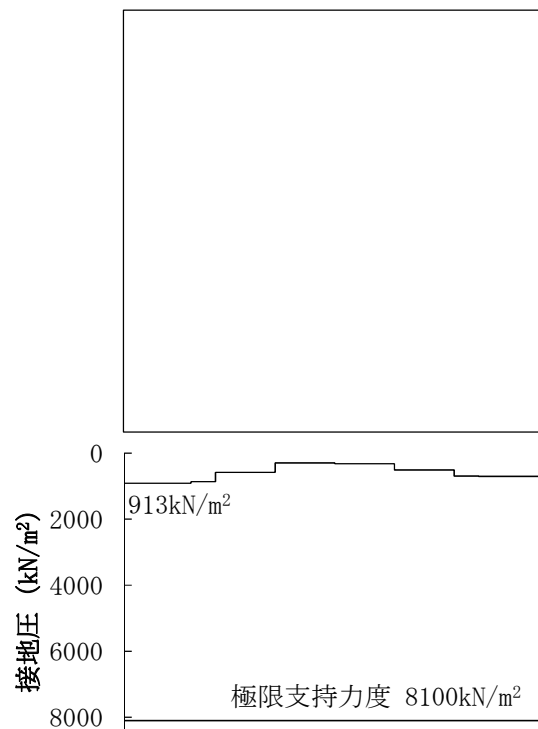


図 10.4-12 (12) 東西断面方向の接地圧分布図 ( $S_s-31$  [H-, V+])

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



常設低圧代替注水系配管カルバート構造部材モデル

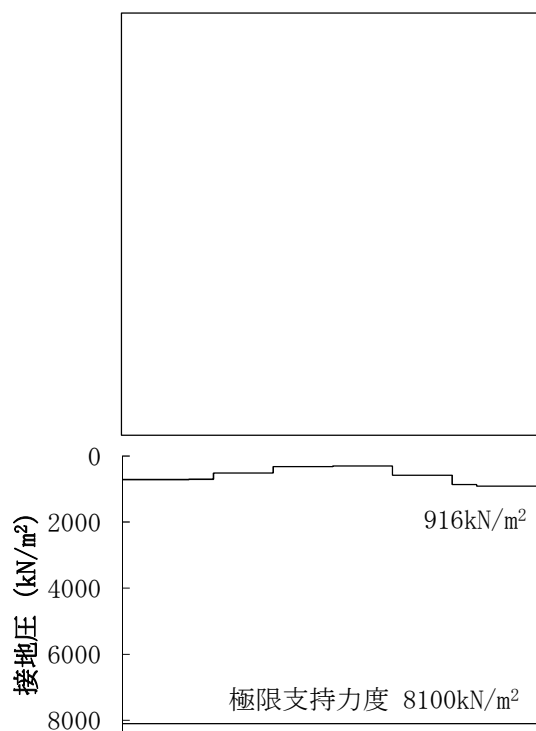


図 10.4-12 (13) 東西断面方向の接地圧分布図 ( $S_s - 3.1 [H+, V+]$ )  
(検討ケース②：地盤物性のばらつきを考慮 ( $+1\sigma$ ) した解析ケース)

常設低圧代替注水系配管カルバート構造部材モデル

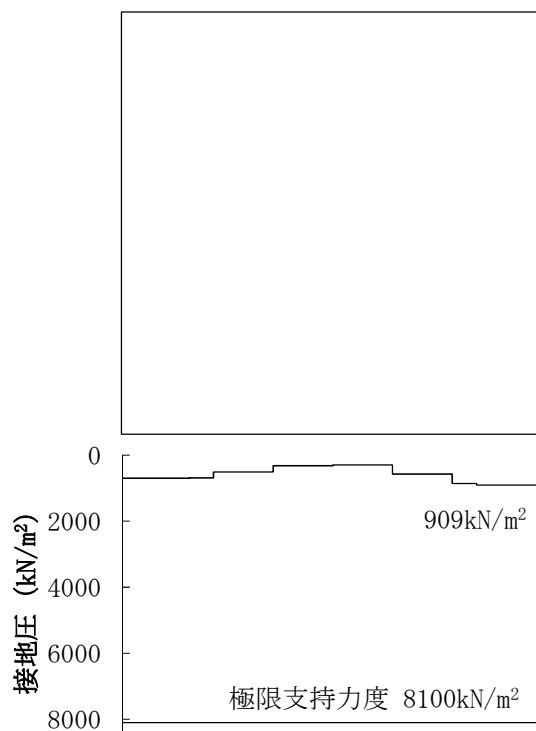


図 10.4-12 (14) 東西断面方向の接地圧分布図 ( $S_s - 3.1 [H+, V+]$ )  
(検討ケース③：地盤物性のばらつきを考慮 ( $-1\sigma$ ) した解析ケース)



常設低圧代替注水系配管カルバート構造部材モデル

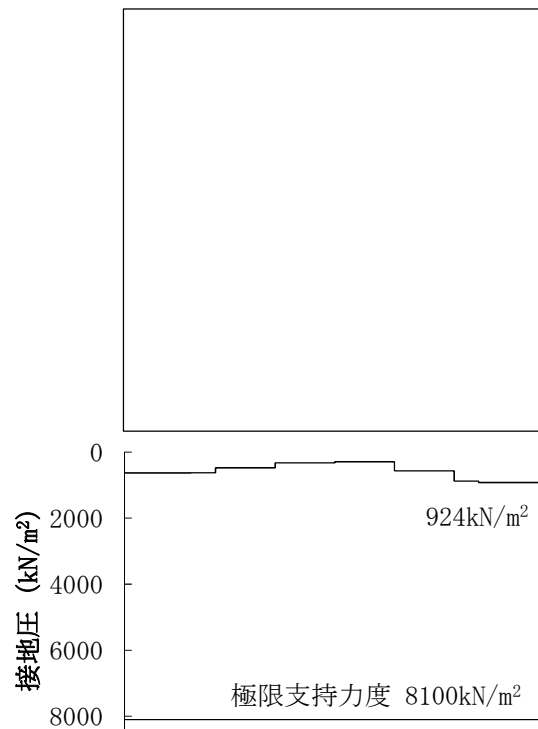


図 10.4-12 (15) 東西断面方向の接地圧分布図 ( $S_s - 31$  [H+, V+])

(検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により  
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)

常設低圧代替注水系配管カルバート構造部材モデル

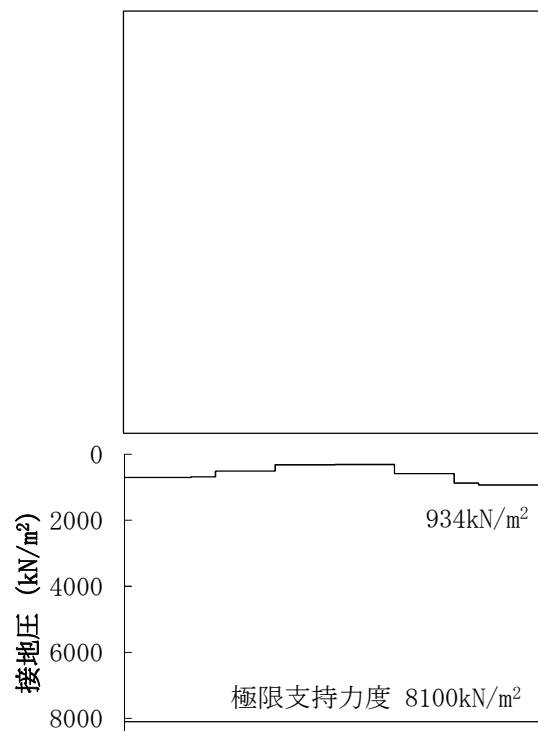


図 10.4-12 (16) 東西断面方向の接地圧分布図 ( $S_s - 31$  [H+, V+])

(検討ケース⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース)



常設低圧代替注水系配管カルバート構造部材モデル

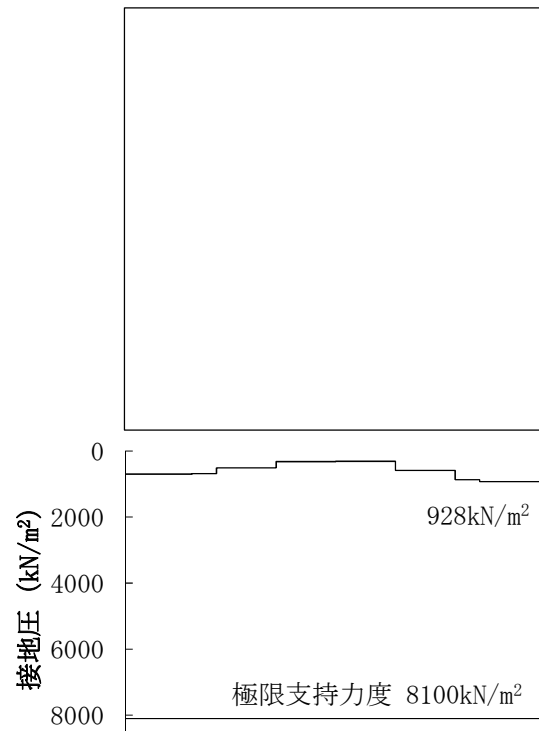


図 10.4-12 (17) 東西断面方向の接地圧分布図 ( $S_s - 3.1$  [H+, V+])

(検討ケース⑥: 地盤物性のばらつきを考慮 (+1σ) して非液状化の条件を仮定した解析ケース)

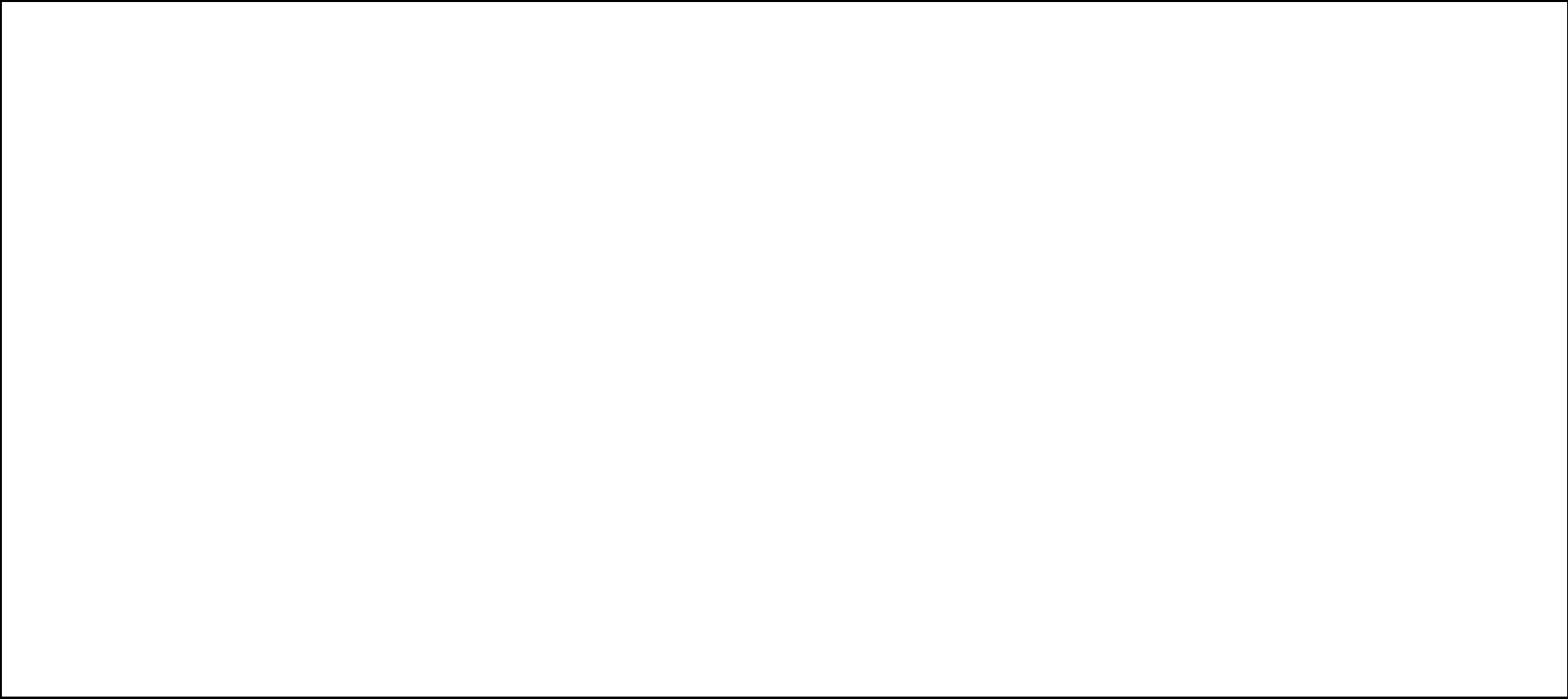


## 10.5 まとめ（追而）



## 10.6 標準配筋図







常設低圧代替注水系配管カルバートの耐震安全性評価に関する参考資料



## 1 減衰の設定について

地震応答解析における減衰については，固有値解析にて求まる固有周期及び減衰比に基づき，質量マトリックス及び剛性マトリックスの線形結合で表される以下の Rayleigh 減衰にて与える。なお，Rayleigh 減衰を  $\alpha=0$  となる剛性比例型減衰とする。

Rayleigh 減衰の設定は，地盤の低次のモードの変形が特に支配的となる地中埋設構造物のような地盤及び構造系全体に対して，その特定の振動モードの影響が大きいことを考慮し，かつ，振動モードの影響が全体系に占める割合の観点から，刺激係数に着目し行う。

固有値解析による刺激係数及びモード図を図 10-1 に示す。また，設定した Rayleigh 減衰を図 10-2 に示す。

1 次の基準モードについては，地盤がせん断変形しているモードを選定している。

なお，初期減衰定数は，地盤については 1%（解析における減衰は，ひずみが大きい領域では履歴減衰が支配的となる。そのため，解析上の安定のためになるべく小さい値として 1%を採用している。）とする。また，コンクリートについては 5%（J E A G 4 6 0 1 -1987）とする。



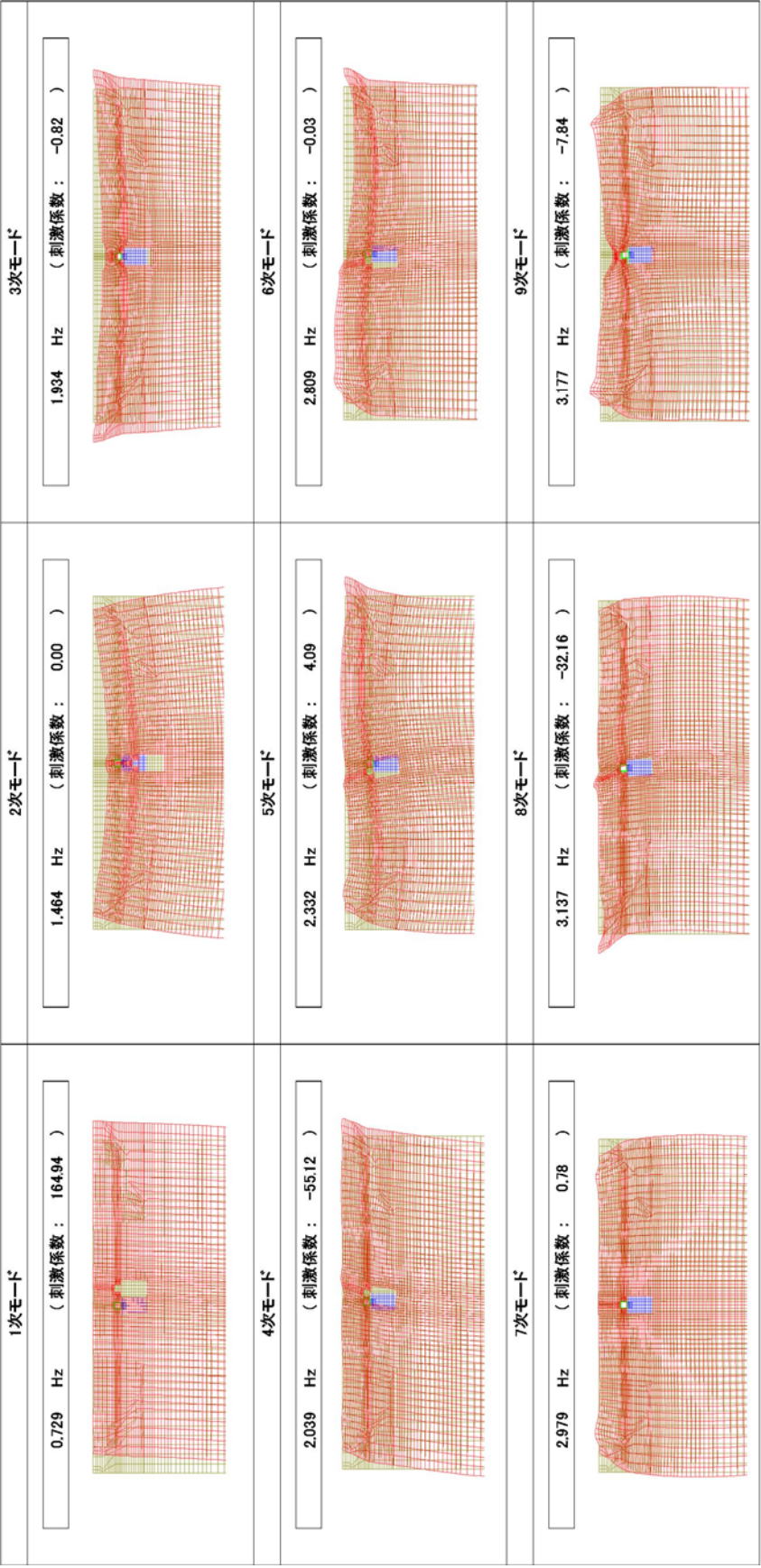


図 10-1 (1) 常設低圧代替淡カルバートの固有値解析結果  
 (東西方向断面 検討ケース①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



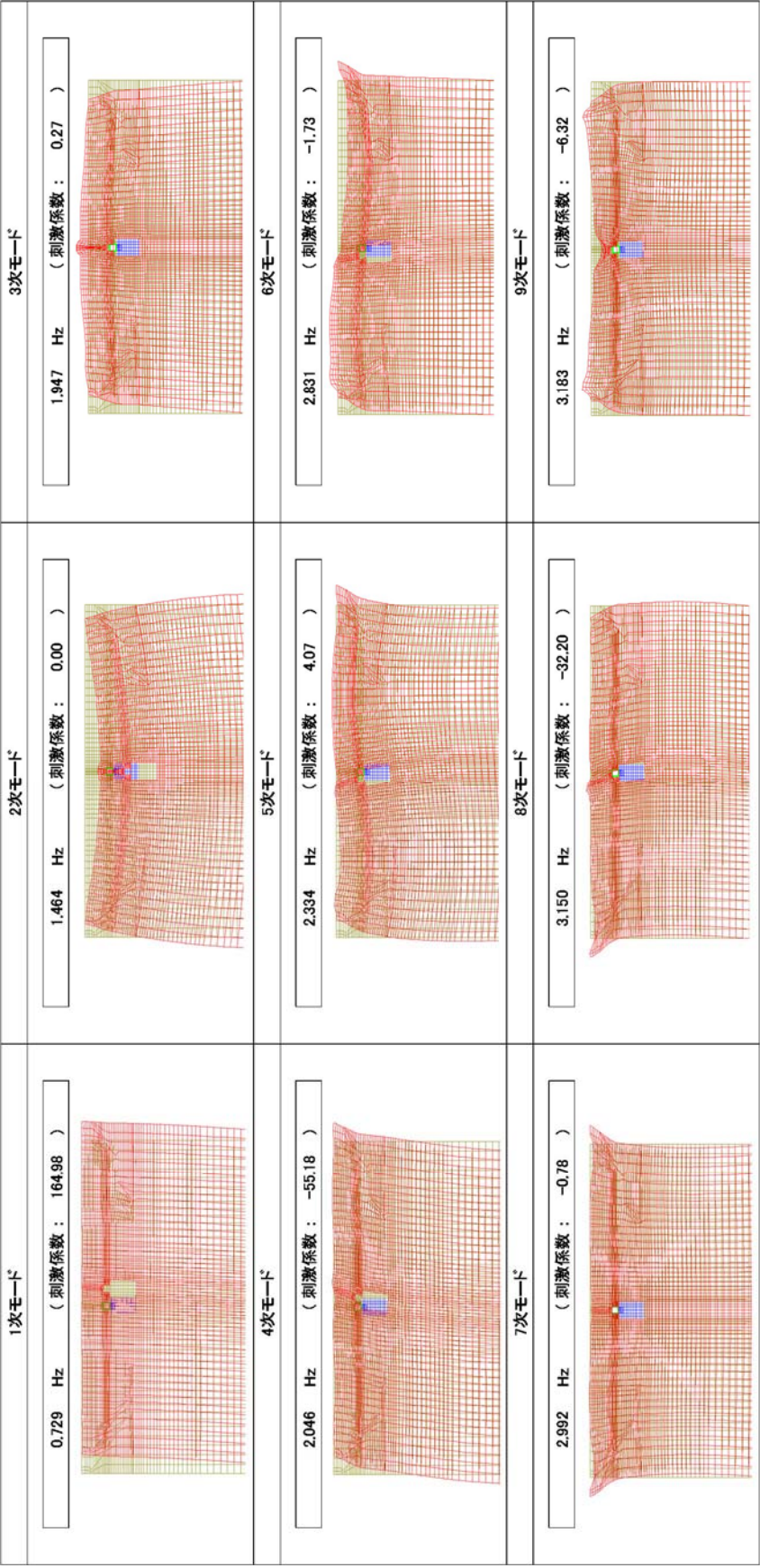


図 10-1 (2) 常設低圧代替淡カルバートの固有値解析結果  
(東西方向断面 検討ケース② : 地盤物性のばらつきを考慮 (+1  $\sigma$ ) した解析ケース)



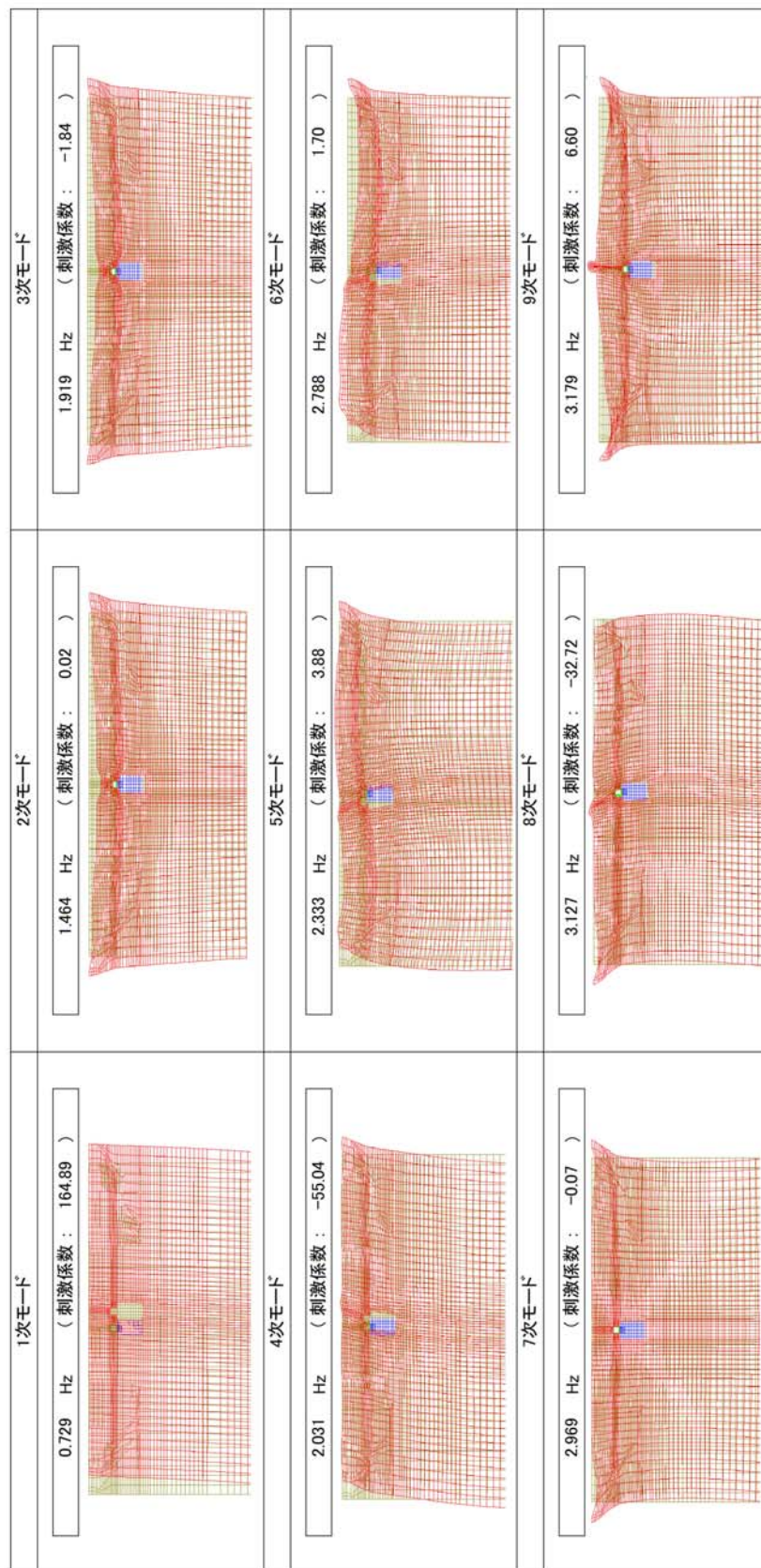


図 10-1 (3) 常設低圧代替淡カルバートの固有値解析結果  
(東西方向断面 検討ケース③：地盤物性のばらつきを考慮 (−1σ) した解析ケース)



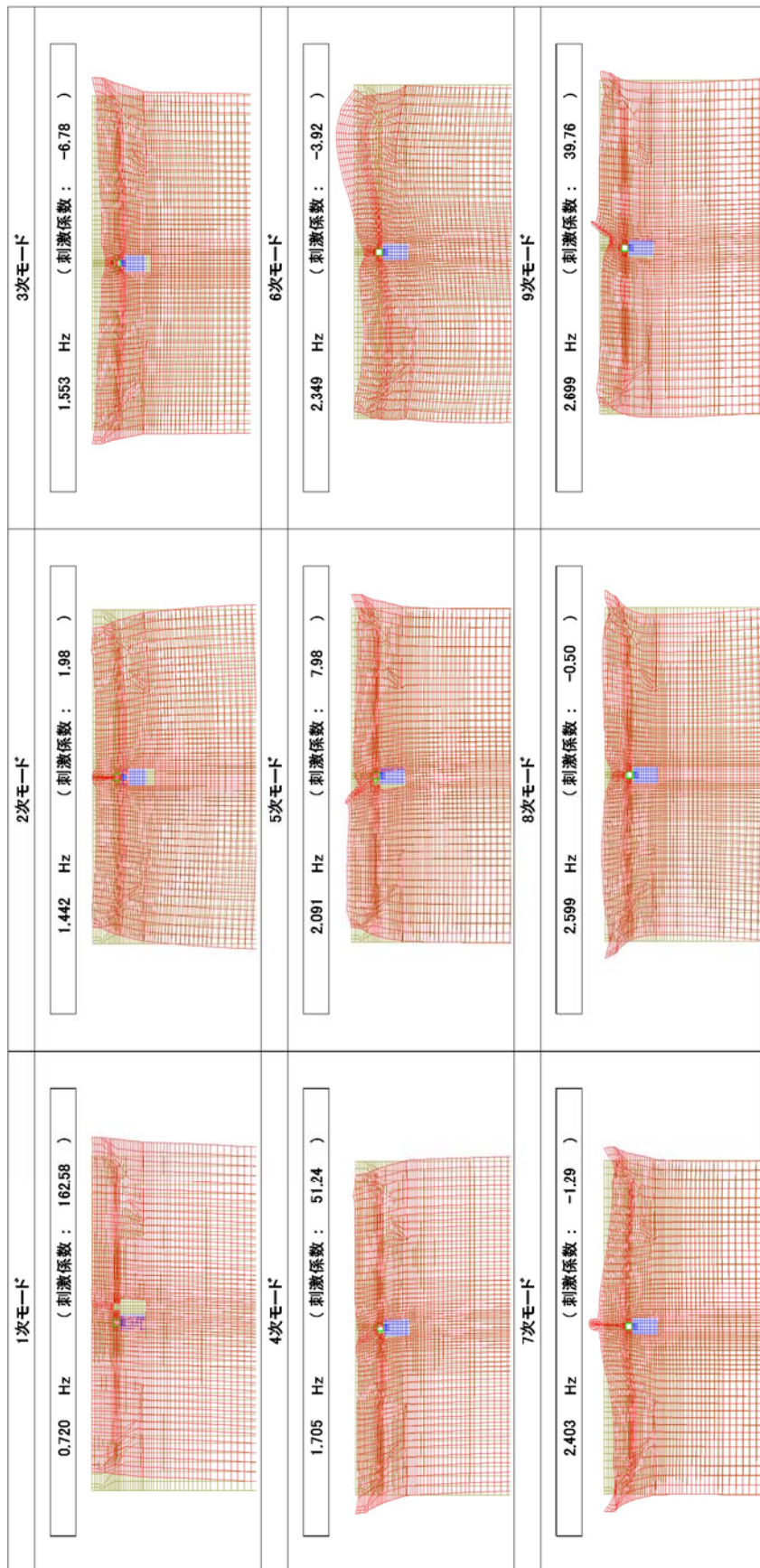


図 10-1 (4) 常設低圧代替淡カルバートの固有値解析結果

(東西方向断面 検討ケース④ : 敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)



|        | 1 次固有振動数<br>(Hz) | 減衰定数<br>(%) |
|--------|------------------|-------------|
| 地盤     | 0.729            | 1%          |
| コンクリート | 2.037            | 5%          |

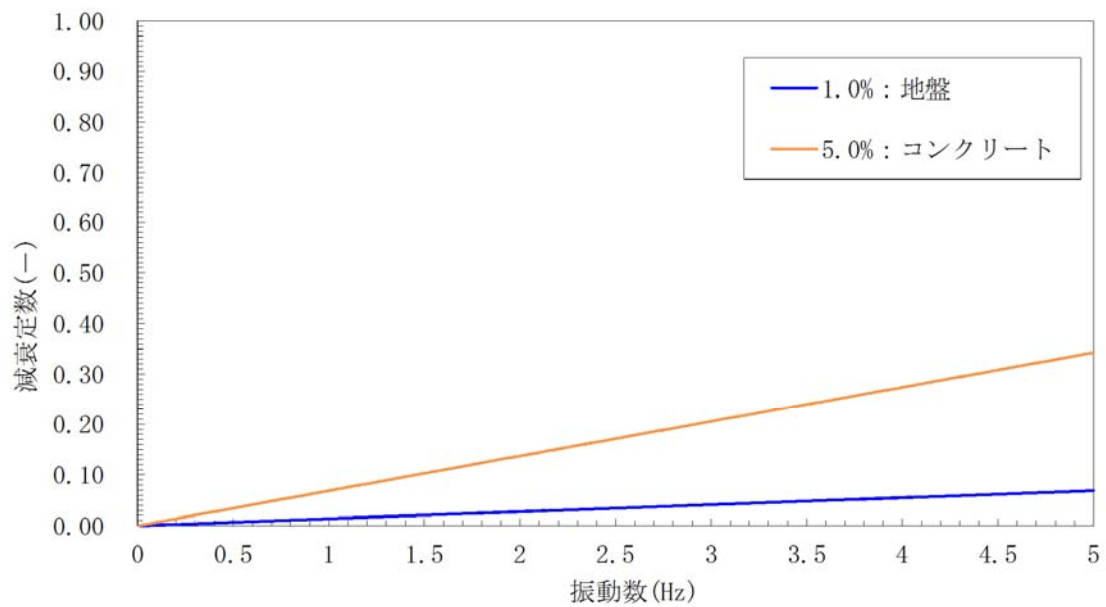


図 10-2 (1) 設定した Rayleigh 減衰  
(東西方向断面 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



|        | 1 次固有振動数<br>(Hz) | 減衰定数<br>(%) |
|--------|------------------|-------------|
| 地盤     | 0.729            | 1%          |
| コンクリート | 0.729            | 5%          |

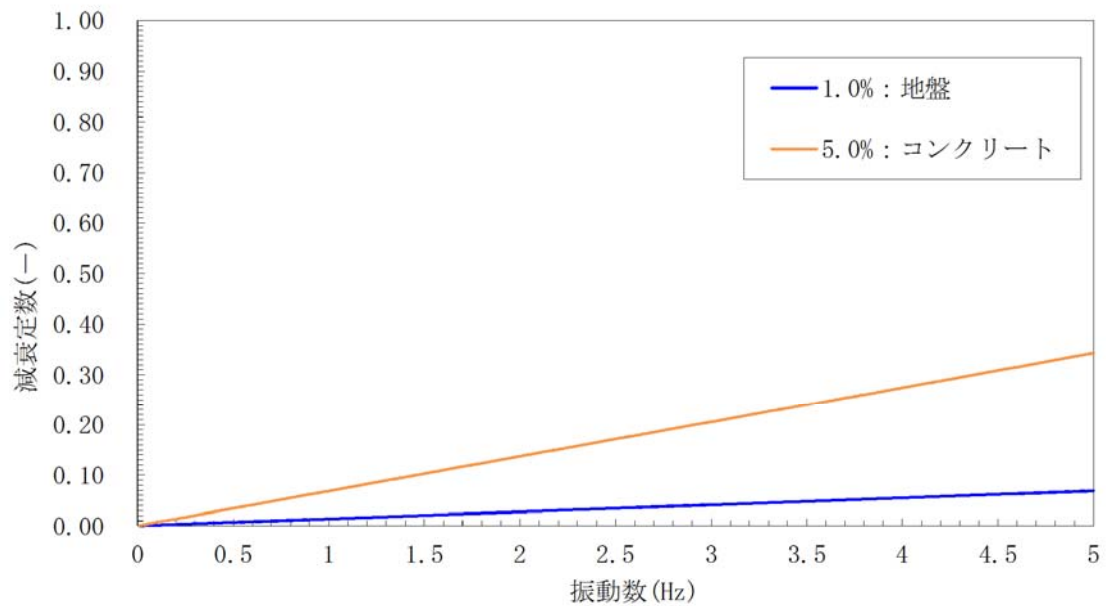


図 10-2 (2) 設定した Rayleigh 減衰  
(東西方向断面 検討ケース②：地盤物性のばらつきを考慮 (+1 $\sigma$ ) した解析ケース)



|        | 1 次固有振動数<br>(Hz) | 減衰定数<br>(%) |
|--------|------------------|-------------|
| 地盤     | 0.729            | 1%          |
| コンクリート | 0.729            | 5%          |

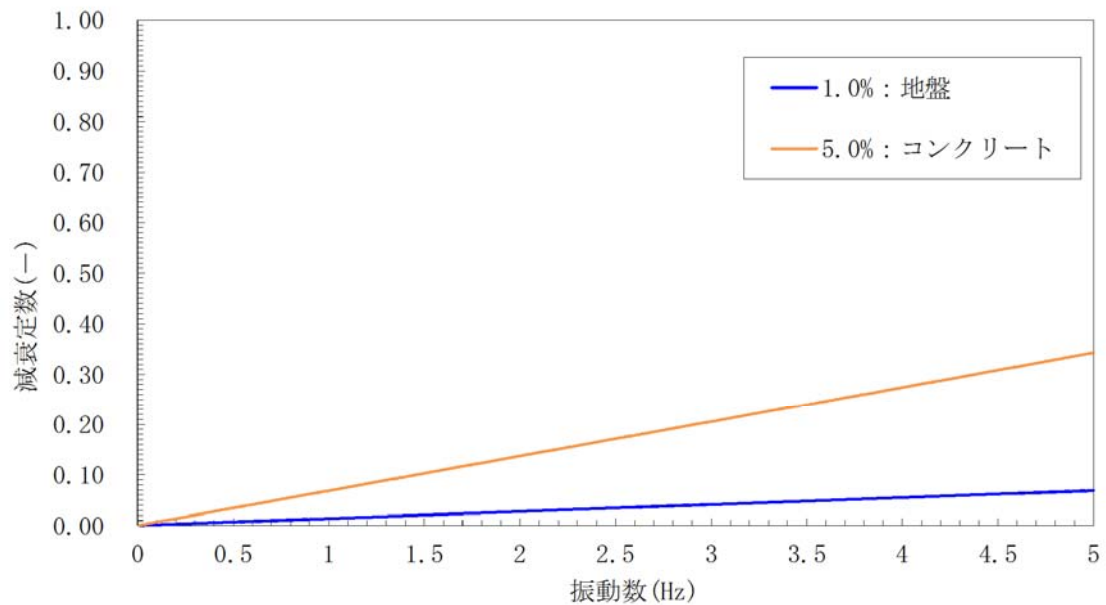


図 10-2 (3) 設定した Rayleigh 減衰  
(東西方向断面 検討ケース③：地盤物性のばらつきを考慮 ( $-1\sigma$ ) した解析ケース)



|        | 1 次固有振動数<br>(Hz) | 減衰定数<br>(%) |
|--------|------------------|-------------|
| 地盤     | 0.720            | 1%          |
| コンクリート | 0.720            | 5%          |

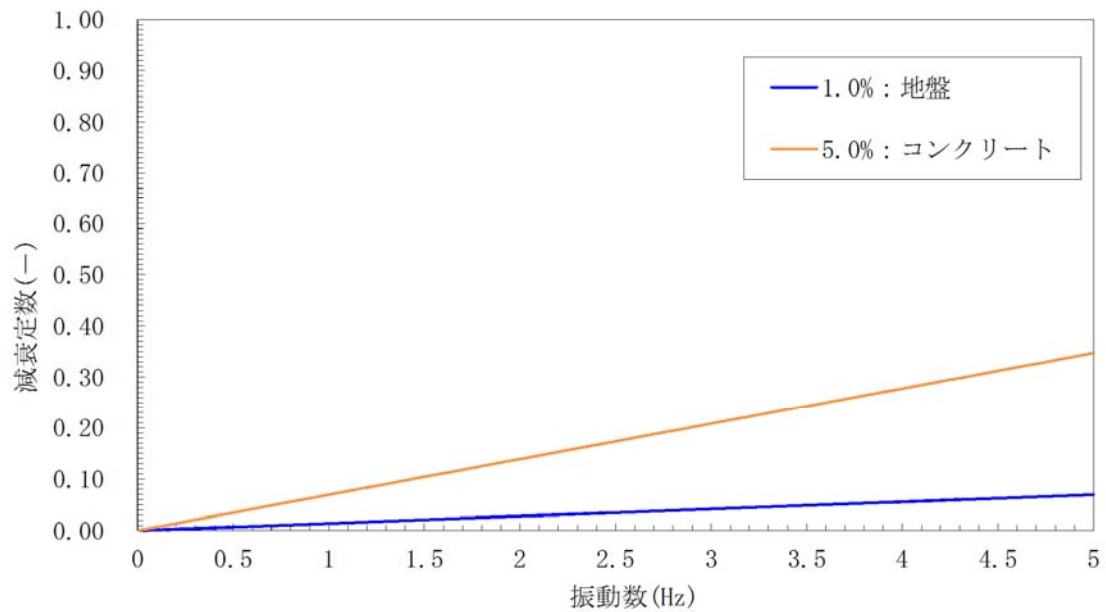


図 10-2 (4) 設定した Rayleigh 減衰  
(東西方向断面 検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により  
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)



## 11. 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの耐震安全性評価

### 目次

|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| 11.1 評価方法                         | 2   |
| 11.2 評価条件                         | 2   |
| 11.2.1 適用基準                       | 2   |
| 11.2.2 耐震安全性評価フロー                 | 4   |
| 11.2.3 評価対象断面の方向                  | 5   |
| 11.2.4 評価対象断面の選定                  | 7   |
| 11.2.5 使用材料及び材料定数                 | 11  |
| 11.2.6 評価構造物諸元                    | 14  |
| 11.2.7 地下水位                       | 15  |
| 11.2.8 地震応答解析手法                   | 15  |
| 11.2.9 解析モデルの設定                   | 16  |
| 11.2.10 減衰定数                      | 28  |
| 11.2.11 荷重の組合せ                    | 34  |
| 11.2.12 地震応答解析の検討ケース              | 36  |
| 11.3 評価内容                         | 38  |
| 11.3.1 入力地震動の設定                   | 38  |
| 11.3.2 許容限界の設定                    | 55  |
| 11.4 評価結果                         | 60  |
| 11.4.1 地震応答解析結果                   | 60  |
| 11.4.2 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの耐震評価結果 | 101 |
| 11.5 まとめ                          | 145 |



## 11.1 評価方法

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートは、格納容器圧力逃がし装置用配管及び格納容器圧力逃がし装置格納槽点検水密ハッチBを間接支持する内空寸法で延長約 37 m、幅約 3 m～9 m（東西方向）、高さ約 8 m の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり、人工岩盤を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置する。格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートについて基準地震動  $S_s$  による耐震安全性評価として、構造部材の曲げ、せん断評価及び地盤の支持性能評価を実施する。

構造部材の健全性評価については、構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認する。また、人工岩盤の想定すべり線上におけるすべり安全率が許容限界以下であることを確認する。

基礎地盤の支持性能評価については、人工岩盤に作用する接地圧が人工岩盤の支圧強度以下であること及び基礎地盤に作用する接地圧が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認する。

## 11.2 評価条件

### 11.2.1 適用基準

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの耐震評価に当たっては、原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987（（社）日本電気協会）、コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（（社）土木学会、2002 年制定）、原子力施設鉄筋コンクリート構造計算基準・同解説（（社）日本建築学会、2005 年）を適用するが、鉄筋コンクリートの曲げ及びせん断の許容限界については、道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会、平成 24 年 3 月）を適用する。

表 11.2-1 に適用する規格、基準類を示す。



表 11.2-1 適用する規格，基準類

| 項目         | 参考とする主な基準   | 備考  |
|------------|---|---|
| 使用材料及び材料定数 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（2002 年制定）</li> <li>・原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（2005 年）</li> </ul>                                     | —   |
| 荷重及び荷重の組合せ | <ul style="list-style-type: none"> <li>・コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（2002 年制定）</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・永久荷重＋偶発荷重＋従たる変動荷重の適切な組合せを検討する。</li> </ul>   |
| 許容限界       | <ul style="list-style-type: none"> <li>・コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（2002 年制定）</li> <li>・道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（平成 24 年 3 月）</li> <li>・J E A G 4 6 0 1－1987</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・曲げに対する照査は，発生応力が許容限界以下であることを確認する。</li> <li>・せん断に対する照査は，発生応力又は発生せん断力が許容限界以下であることを確認する。</li> <li>・人工岩盤のすべりに対する照査は，すべり安全率が 1.2 以上であることを確認する。</li> <li>・基礎地盤に発生する接地圧が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認する。</li> <li>・人工岩盤に発生する接地圧が人工岩盤の支圧強度以下であることを確認する。</li> </ul> |
| 地震応答解析     | <ul style="list-style-type: none"> <li>・J E A G 4 6 0 1－1987</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・有限要素法による 2 次元モデルを用いた時刻歴非線形解析である。</li> </ul>   |



### 11.2.2 耐震安全性評価フロー

図 11.2-1 に格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの耐震安全性評価フローを示す。

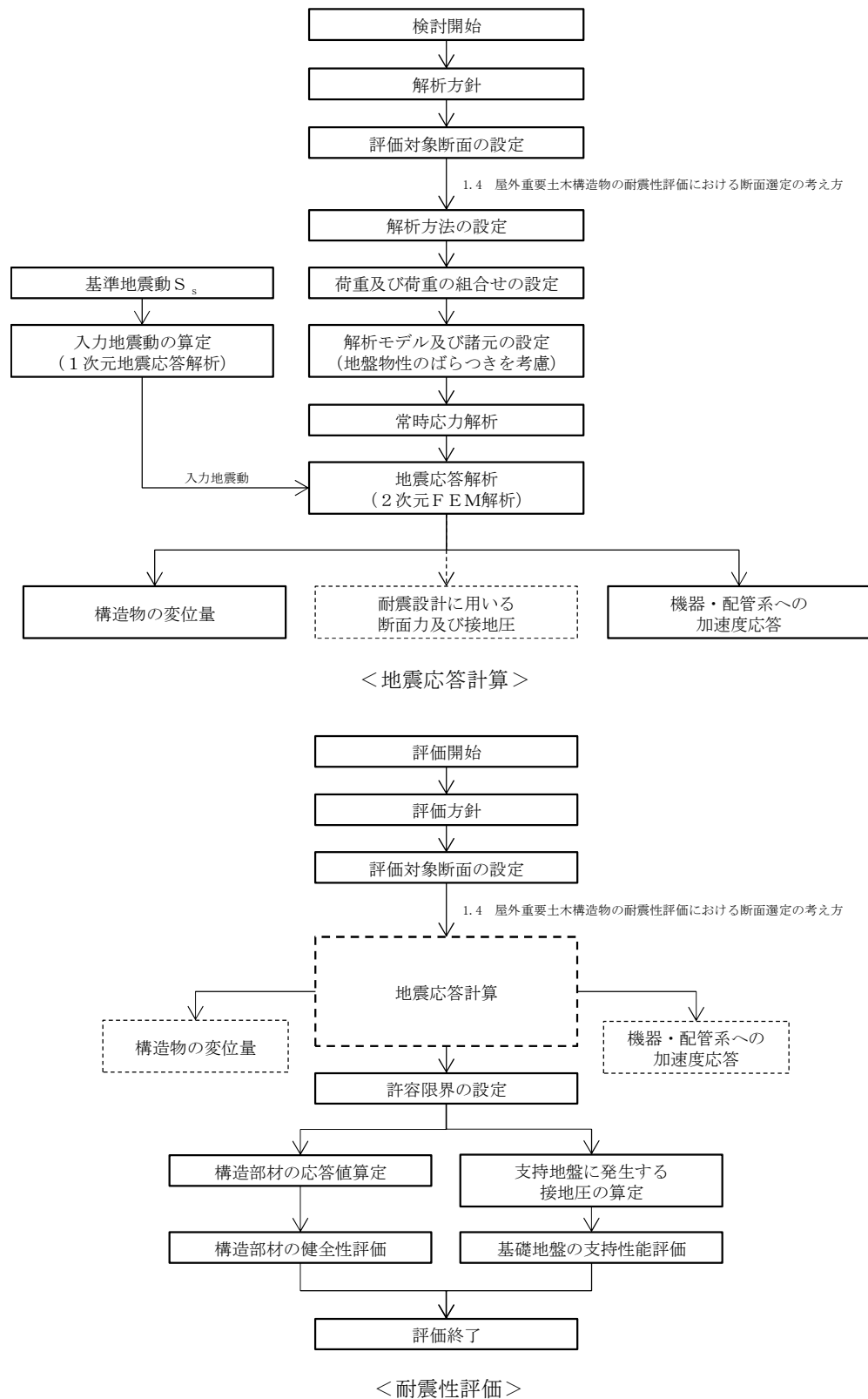


図 11.2-1 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの耐震安全性評価フロー



### 11.2.3 評価対象断面の方向

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの位置を図 11.2-2 に示す。

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートは、延長約 37 m の鉄筋コンクリート造である。格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの縦断方向（南北方向）は、加振方向と平行に配置される構造部材を耐震設計上見込むことができるため強軸断面方向となる。一方、横断方向（東西方向）は加振方向と平行に配置される構造部材が少ないことから、弱軸断面方向となる。

以上のことから、格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの耐震評価では、構造の安定性に支配的な弱軸断面方向である東西方向を評価対象断面の方向とする。



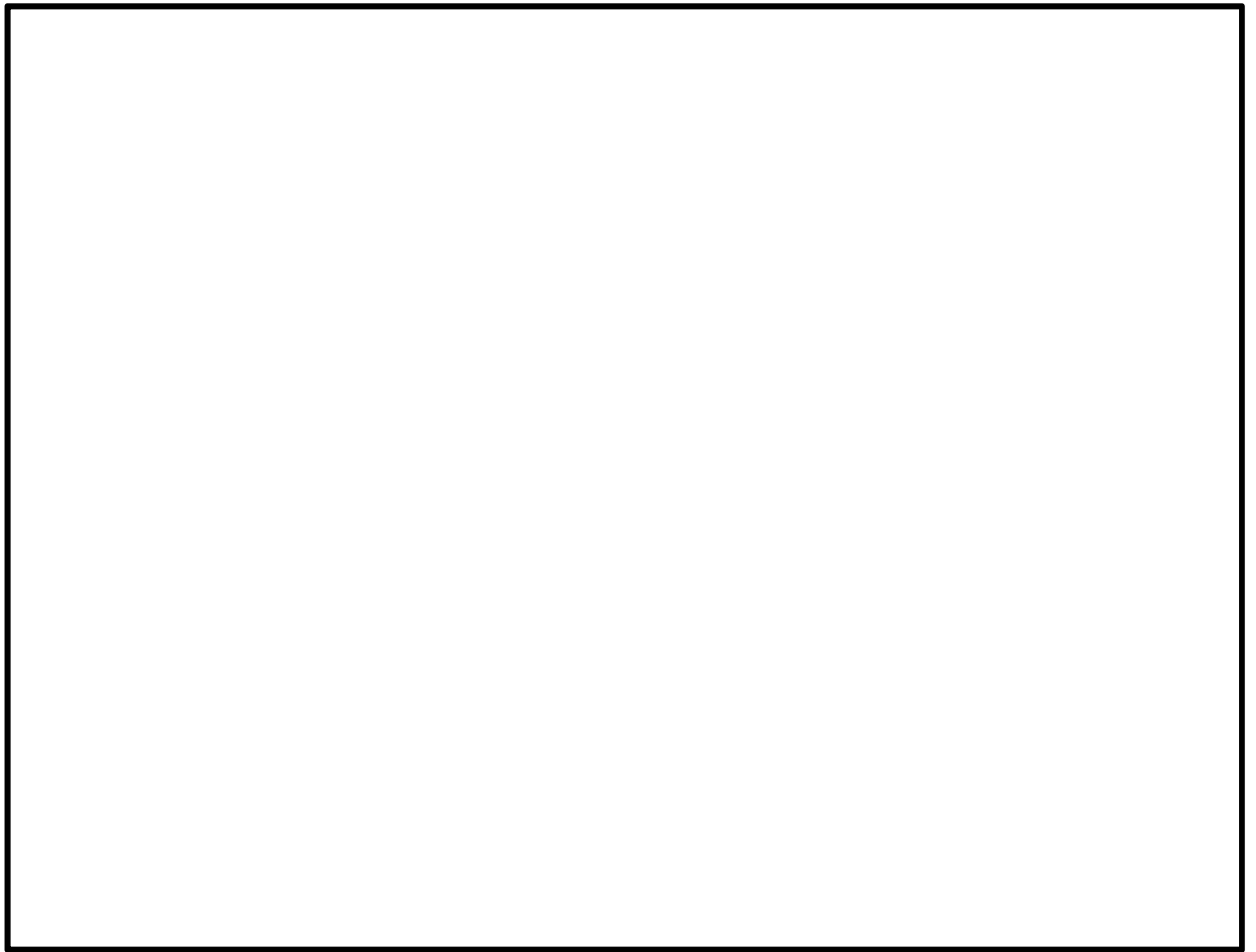


図 11.2-2 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの位置図（全体平面図）



#### 11.2.4 評価対象断面の選定

図 11.2-3、図 11.2-4 及び図 11.2-5 に格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの断面位置図、断面図及び構造概要を示す。

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートは、延長約 37 m の鉄筋コンクリート造である。

評価対象断面は、「1.4.11 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの断面選定の考え方」で記載したとおり、構造物のほぼ中央部の一般部であり、構造物の弱軸断面方向である A-A 断面及び格納容器圧力逃がし装置格納槽点検水密ハッチ B を含む D-D 断面を代表として耐震評価を実施する。



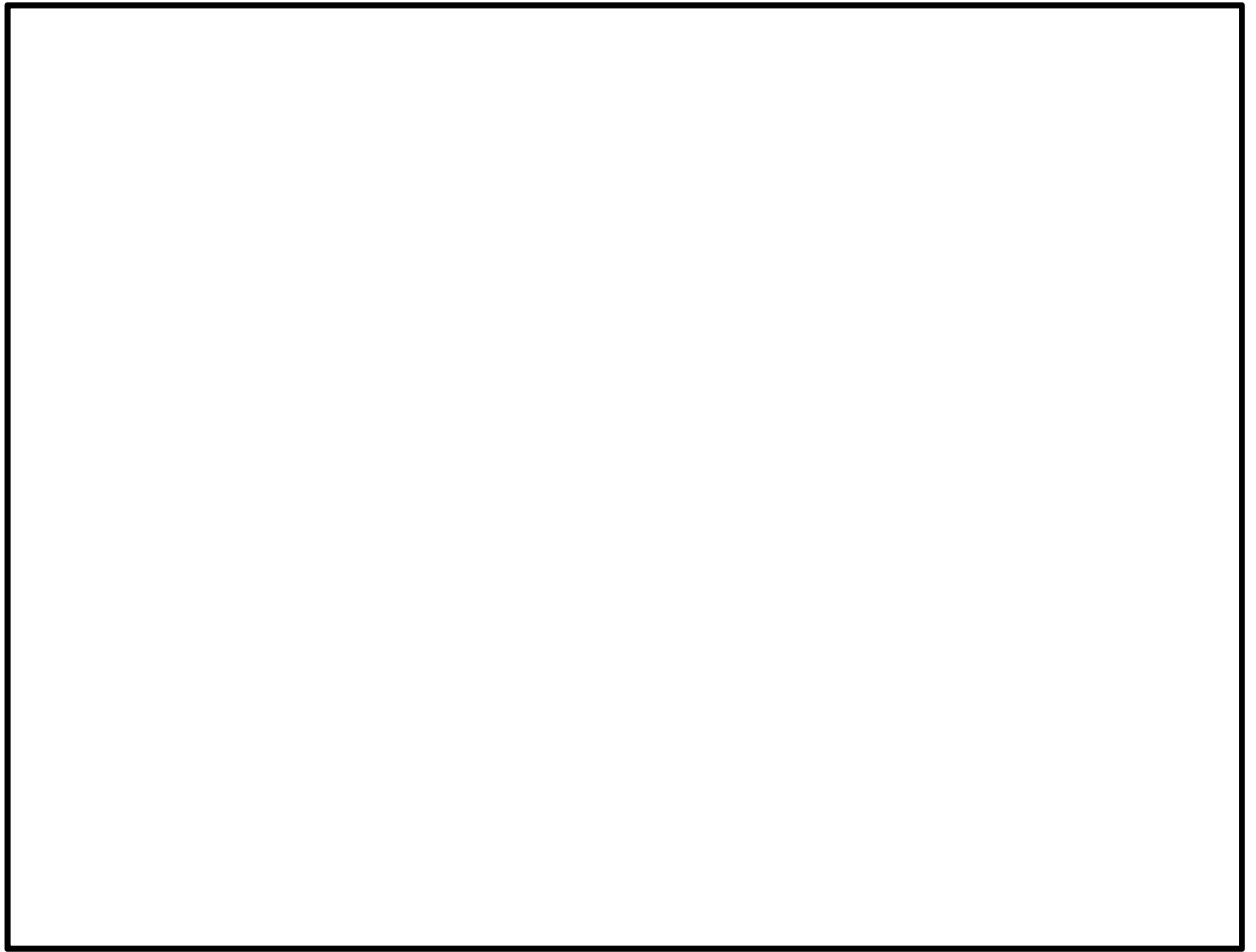


図 11.2-3 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの断面位置図



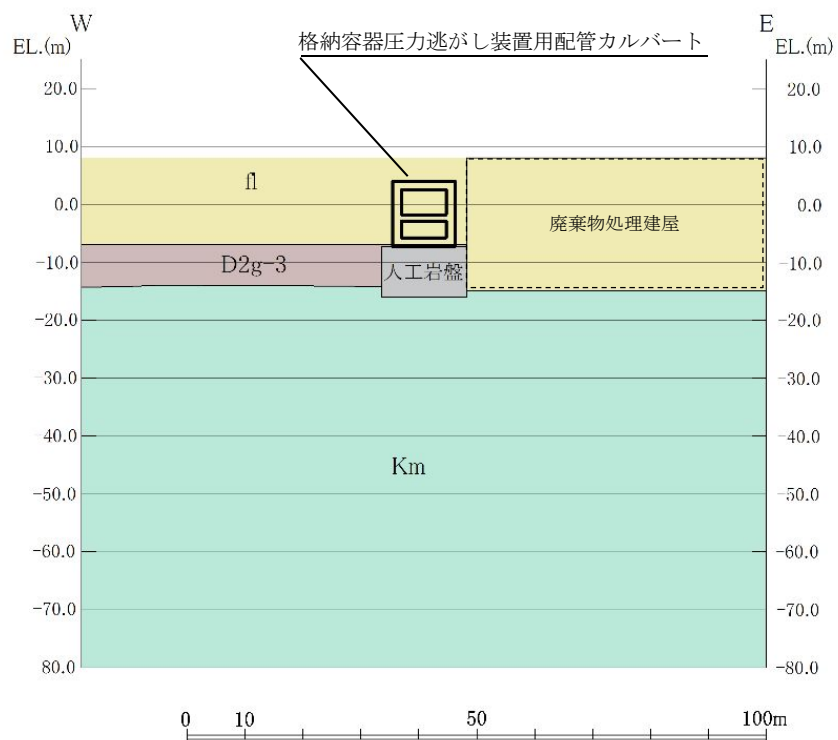


図 11.2-4 (1) 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの断面図 (A-A断面)

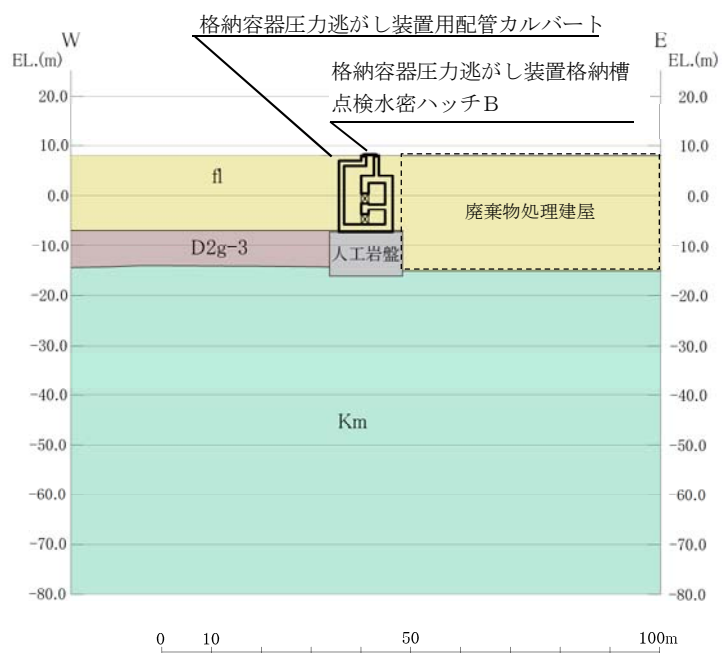


図 11.2-4 (2) 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの断面図 (D-D断面)



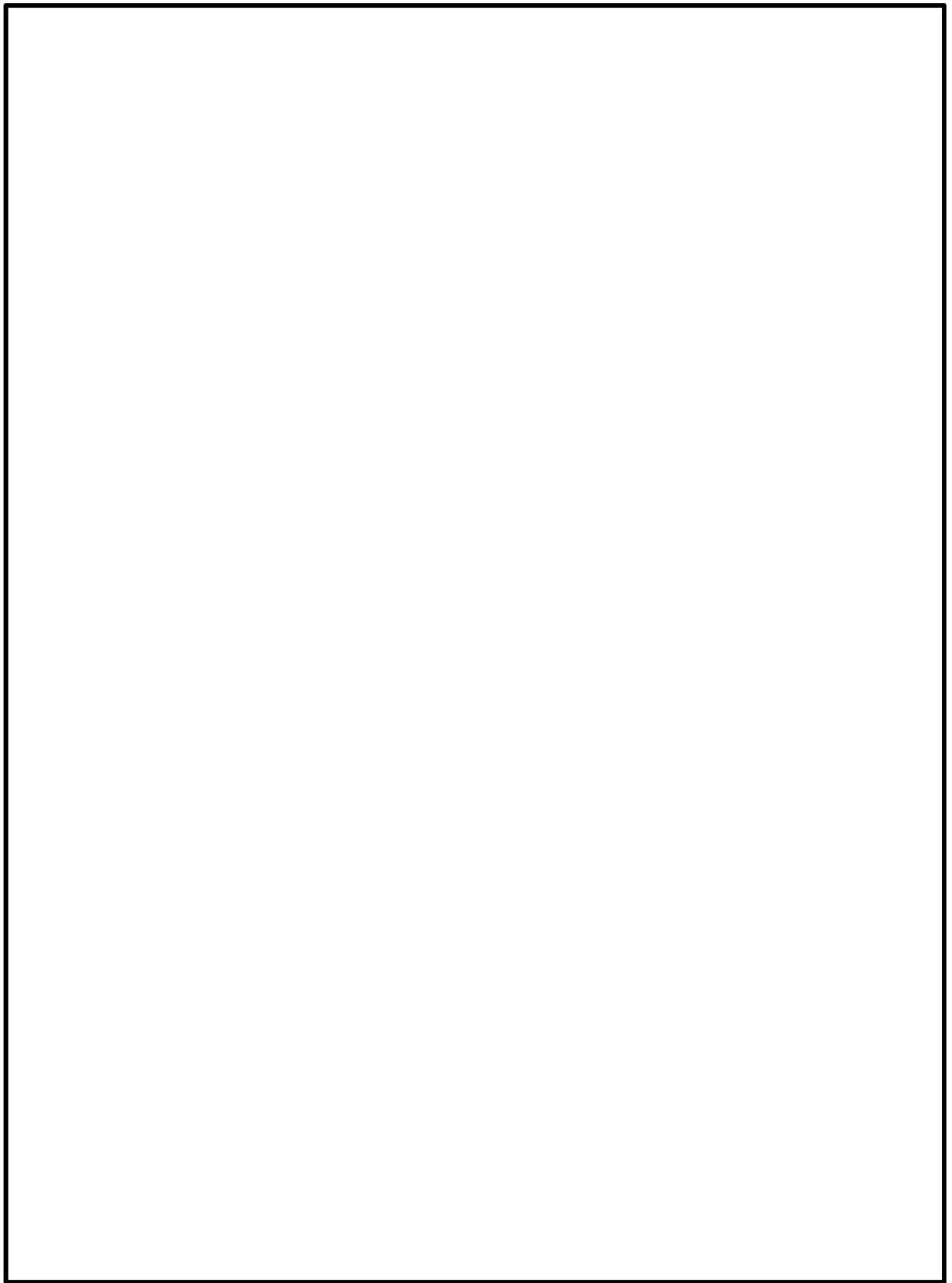


図 11.2-5 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの構造概要図



### 11.2.5 使用材料及び材料定数

耐震評価に用いる材料定数は、規格、基準類を基に設定する。構造物の使用材料を表 11.2-2 に、材料物性値を表 11.2-3 に示す。

地盤の諸元は、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値を用いる。なお、地盤については、有効応力の変化に応じた地震時挙動を適切に考慮できるモデル化とする。地盤の物性値を表 11.2-4 に示す。

表 11.2-2 使用材料

| 諸元       |                             |
|----------|-----------------------------|
| コンクリート   | 設計基準強度 40 N/mm <sup>2</sup> |
| 鉄筋       | SD490                       |
| 人工岩盤（新設） | 設計基準強度 18 N/mm <sup>2</sup> |

表 11.2-3 材料物性値

| 材料           |                                | 単位体積重量<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | ヤング係数<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | ポアソン<br>比 | 減衰定数<br>(%) |
|--------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-----------|-------------|
| 鉄筋コン<br>クリート | 設計基準強度 40 N/mm <sup>2</sup> *1 | 24.5*1                         | 3.1×10 <sup>4</sup> *1        | 0.2*1     | 5*2         |
| 人工岩盤         | 設計基準強度 18 N/mm <sup>2</sup> *3 | 23.0*3                         | 2.06×10 <sup>4</sup><br>*3    | 0.2*3     | 5*2         |

注記 \*1：コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（土木学会，2002 年制定）

\*2：J E A G 4 6 0 1 -1987（（社）日本電気協会）

\*3：原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（2005 年）



表 11.2-4(1) 地盤の解析用物性値一覧（液状化検討対象層）

| パラメータ |                         |                |                   | 原地盤                |                    |                    |        |                    |        |                      |                    | 豊浦標準砂 |       |
|-------|-------------------------|----------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------|--------------------|--------|----------------------|--------------------|-------|-------|
|       |                         |                |                   | 埋戻土                | 第四系（液状化検討対象層）      |                    |        |                    |        |                      |                    |       |       |
|       |                         |                |                   |                    | f1                 | du                 | Ag2    | As                 | Ag1    | D2s-3                | D2g-3              |       | D1g-1 |
| 物理特性  | 密度<br>（ ）は地下水位以浅        | $\rho$         | g/cm <sup>3</sup> | 1.98<br>(1.82)     | 1.98<br>(1.82)     | 2.01<br>(1.89)     | 1.74   | 2.01<br>(1.89)     | 1.92   | 2.15<br>(2.11)       | 2.01<br>(1.89)     | 1.958 |       |
|       | 間隙比                     | e              | —                 | 0.75               | 0.75               | 0.67               | 1.2    | 0.67               | 0.79   | 0.43                 | 0.67               | 0.702 |       |
| 変形特性  | ポアソン比                   | $\nu_{CD}$     | —                 | 0.26               | 0.26               | 0.25               | 0.26   | 0.25               | 0.19   | 0.26                 | 0.25               | 0.333 |       |
|       | 基準平均有効主応力<br>（ ）は地下水位以浅 | $\sigma'_{ms}$ | kN/m <sup>2</sup> | 358<br>(312)       | 358<br>(312)       | 497<br>(299)       | 378    | 814<br>(814)       | 966    | 1167<br>(1167)       | 1695<br>(1710)     | 12.6  |       |
|       | 基準初期せん断剛性<br>（ ）は地下水位以浅 | $G_{ms}$       | kN/m <sup>2</sup> | 253529<br>(220739) | 253529<br>(220739) | 278087<br>(167137) | 143284 | 392073<br>(392073) | 650611 | 1362035<br>(1362035) | 947946<br>(956776) | 18975 |       |
|       | 最大履歴減衰率                 | $h_{max}$      | —                 | 0.220              | 0.220              | 0.233              | 0.216  | 0.221              | 0.192  | 0.130                | 0.233              | 0.287 |       |
| 強度特性  | 粘着力                     | $C_{CD}$       | N/mm <sup>2</sup> | 0                  | 0                  | 0                  | 0.012  | 0                  | 0.01   | 0                    | 0                  | 0     |       |
|       | 内部摩擦角                   | $\phi_{CD}$    | 度                 | 37.3               | 37.3               | 37.4               | 41     | 37.4               | 35.8   | 44.4                 | 37.4               | 30    |       |
| 液状化特性 | 液状化パラメータ                | $\phi_p$       | —                 | 34.8               | 34.8               | 34.9               | 38.3   | 34.9               | 33.4   | 41.4                 | 34.9               | 28    |       |
|       | 液状化パラメータ                | $S_1$          | —                 | 0.047              | 0.047              | 0.028              | 0.046  | 0.029              | 0.048  | 0.030                | 0.020              | 0.005 |       |
|       | 液状化パラメータ                | $W_1$          | —                 | 6.5                | 6.5                | 56.5               | 6.9    | 51.6               | 17.6   | 45.2                 | 10.5               | 5.06  |       |
|       | 液状化パラメータ                | $P_1$          | —                 | 1.26               | 1.26               | 9.00               | 1.00   | 12.00              | 4.80   | 8.00                 | 7.00               | 0.57  |       |
|       | 液状化パラメータ                | $P_2$          | —                 | 0.80               | 0.80               | 0.60               | 0.75   | 0.60               | 0.96   | 0.60                 | 0.50               | 0.80  |       |
|       | 液状化パラメータ                | $C_1$          | —                 | 2.00               | 2.00               | 3.40               | 2.27   | 3.35               | 3.15   | 3.82                 | 2.83               | 1.44  |       |

表 11.2-4 (2) 地盤の解析用物性値一覧（非液状化層）

| パラメータ |                          |                |                   | 原地盤        |        |                  |        |                                    |
|-------|--------------------------|----------------|-------------------|------------|--------|------------------|--------|------------------------------------|
|       |                          |                |                   | 第四系（非液状化層） |        |                  |        | 新第三系                               |
|       |                          |                |                   | Ac         | D2c-3  | 1m               | D1c-1  | Km                                 |
| 物理特性  | 密度<br>( ) は地下水位以浅        | $\rho$         | g/cm <sup>2</sup> | 1.65       | 1.77   | 1.47<br>(1.43)   | 1.77   | $1.72-1.03 \times 10^{-4} \cdot z$ |
|       | 間隙比                      | e              | —                 | 1.59       | 1.09   | 2.8              | 1.09   | 1.16                               |
| 変形特性  | ポアソン比                    | $\nu_{CD}$     | —                 | 0.10       | 0.22   | 0.14             | 0.22   | $0.16+0.00025 \cdot z$             |
|       | 基準平均有効主応力<br>( ) は地下水位以浅 | $\sigma'_{ms}$ | kN/m <sup>2</sup> | 480        | 696    | 249<br>(223)     | 696    | 動的変形特性に基づき<br>z（標高）毎に物性値を<br>設定    |
|       | 基準初期せん断剛性<br>( ) は地下水位以浅 | $G_{ms}$       | kN/m <sup>2</sup> | 121829     | 285223 | 38926<br>(35783) | 285223 |                                    |
|       | 最大履歴減衰率                  | $h_{max}$      | —                 | 0.200      | 0.186  | 0.151            | 0.186  |                                    |
| 強度特性  | 粘着力                      | $C_{CD}$       | N/mm <sup>2</sup> | 0.025      | 0.026  | 0.042            | 0.026  | $0.358-0.00603 \cdot z$            |
|       | 内部摩擦角                    | $\phi_{CD}$    | 度                 | 29.1       | 35.6   | 27.3             | 35.6   | $23.2+0.0990 \cdot z$              |

z：標高（m）



表 11.2-4 (3) 地盤の解析用物性値一覧 (新第三系 Km 層)

| 区分<br>番号 | 設定深度<br>TP (m)<br>Z | 適用深度 TP (m) | 密度<br>$\rho$<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | 静ポアソン比<br>$\nu_{co}$ | 粘着力<br>$C_{co}$<br>(kN/mf) | 内部摩擦角<br>$\phi_{co}$<br>(°) | せん断波<br>速度Vs<br>(m/s) | 基準初期<br>せん断剛性 G <sub>ma</sub><br>(kN/mf) | 基準体積<br>弾性係数 K <sub>ma</sub><br>(kN/mf) | 基準平均有効<br>主応力 $\sigma'_{ma}$<br>(kN/mf) | 拘束圧<br>依存係数<br>mG, mK | 最大履歴<br>減衰率<br>h <sub>max</sub> (-) | 動ポアソン比<br>$\nu_d$ | 疎密波<br>速度Vp<br>(m/s) | 1000*Vp   |
|----------|---------------------|-------------|--------------------------------------|----------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------|--|---|---|-----------------------|-------------------------------------|-------------------|----------------------|-----------|
| 1        | 10                  | 9.5 ~ 10.5  | 1.72                                 | 0.16                 | 298                        | 24.2                        | 425                   | 310,675                                  | 353,317                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.105                               | 0.464             | 1,640                | 1,640,000 |
| 2        | 9                   | 8.5 ~ 9.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 304                        | 24.1                        | 426                   | 312,139                                  | 354,982                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.105                               | 0.464             | 1,644                | 1,644,000 |
| 3        | 8                   | 7.5 ~ 8.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 310                        | 24.0                        | 427                   | 313,606                                  | 356,650                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.105                               | 0.464             | 1,648                | 1,648,000 |
| 4        | 7                   | 6.5 ~ 7.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 316                        | 23.9                        | 428                   | 315,076                                  | 358,322                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.105                               | 0.464             | 1,651                | 1,651,000 |
| 5        | 6                   | 5.5 ~ 6.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 322                        | 23.8                        | 428                   | 315,076                                  | 358,322                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.106                               | 0.464             | 1,651                | 1,651,000 |
| 6        | 5                   | 4.5 ~ 5.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 328                        | 23.7                        | 429                   | 316,551                                  | 359,999                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.106                               | 0.464             | 1,655                | 1,655,000 |
| 7        | 4                   | 3.5 ~ 4.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 334                        | 23.6                        | 430                   | 318,028                                  | 361,679                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.106                               | 0.463             | 1,638                | 1,638,000 |
| 8        | 3                   | 2.5 ~ 3.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 340                        | 23.5                        | 431                   | 319,509                                  | 363,363                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.107                               | 0.463             | 1,642                | 1,642,000 |
| 9        | 2                   | 1.5 ~ 2.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 346                        | 23.4                        | 431                   | 319,509                                  | 363,363                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.107                               | 0.463             | 1,642                | 1,642,000 |
| 10       | 1                   | 0.5 ~ 1.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 352                        | 23.3                        | 432                   | 320,993                                  | 365,051                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.107                               | 0.463             | 1,646                | 1,646,000 |
| 11       | 0                   | -0.5 ~ 0.5  | 1.72                                 | 0.16                 | 358                        | 23.2                        | 433                   | 322,481                                  | 366,743                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.107                               | 0.463             | 1,650                | 1,650,000 |
| 12       | -1                  | -1.5 ~ -0.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 364                        | 23.1                        | 434                   | 323,972                                  | 368,439                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.108                               | 0.463             | 1,653                | 1,653,000 |
| 13       | -2                  | -2.5 ~ -1.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 370                        | 23.0                        | 435                   | 325,467                                  | 370,139                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.108                               | 0.463             | 1,657                | 1,657,000 |
| 14       | -3                  | -3.5 ~ -2.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 376                        | 22.9                        | 435                   | 325,467                                  | 370,139                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.108                               | 0.463             | 1,657                | 1,657,000 |
| 15       | -4                  | -4.5 ~ -3.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 382                        | 22.8                        | 436                   | 326,965                                  | 371,843                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.108                               | 0.463             | 1,661                | 1,661,000 |
| 16       | -5                  | -5.5 ~ -4.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 388                        | 22.7                        | 437                   | 328,467                                  | 373,551                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.109                               | 0.462             | 1,644                | 1,644,000 |
| 17       | -6                  | -6.5 ~ -5.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 394                        | 22.6                        | 438                   | 329,972                                  | 375,262                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.109                               | 0.462             | 1,648                | 1,648,000 |
| 18       | -7                  | -7.5 ~ -6.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 400                        | 22.5                        | 438                   | 329,972                                  | 375,262                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.109                               | 0.462             | 1,648                | 1,648,000 |
| 19       | -8                  | -8.5 ~ -7.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 406                        | 22.4                        | 439                   | 331,480                                  | 376,977                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.109                               | 0.462             | 1,652                | 1,652,000 |
| 20       | -9                  | -9.5 ~ -8.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 412                        | 22.3                        | 440                   | 332,992                                  | 378,697                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.110                               | 0.462             | 1,656                | 1,656,000 |
| 21       | -10                 | -11 ~ -9.5  | 1.72                                 | 0.16                 | 418                        | 22.2                        | 441                   | 334,507                                  | 380,420                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.110                               | 0.462             | 1,659                | 1,659,000 |
| 22       | -12                 | -13 ~ -11   | 1.72                                 | 0.16                 | 430                        | 22.0                        | 442                   | 336,026                                  | 382,147                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.110                               | 0.462             | 1,663                | 1,663,000 |
| 23       | -14                 | -15 ~ -13   | 1.72                                 | 0.16                 | 442                        | 21.8                        | 444                   | 339,074                                  | 385,614                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.111                               | 0.462             | 1,671                | 1,671,000 |
| 24       | -16                 | -17 ~ -15   | 1.72                                 | 0.16                 | 454                        | 21.6                        | 445                   | 340,603                                  | 387,352                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.111                               | 0.461             | 1,654                | 1,654,000 |
| 25       | -18                 | -19 ~ -17   | 1.72                                 | 0.16                 | 467                        | 21.4                        | 447                   | 343,671                                  | 390,842                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.112                               | 0.461             | 1,662                | 1,662,000 |
| 26       | -20                 | -21 ~ -19   | 1.72                                 | 0.16                 | 479                        | 21.2                        | 448                   | 345,211                                  | 392,593                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.112                               | 0.461             | 1,665                | 1,665,000 |
| 27       | -22                 | -23 ~ -21   | 1.72                                 | 0.15                 | 491                        | 21.0                        | 450                   | 348,300                                  | 381,471                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.112                               | 0.461             | 1,673                | 1,673,000 |
| 28       | -24                 | -25 ~ -23   | 1.72                                 | 0.15                 | 503                        | 20.8                        | 452                   | 351,403                                  | 384,870                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.113                               | 0.461             | 1,680                | 1,680,000 |
| 29       | -26                 | -27 ~ -25   | 1.72                                 | 0.15                 | 515                        | 20.6                        | 453                   | 352,959                                  | 386,574                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.113                               | 0.460             | 1,664                | 1,664,000 |
| 30       | -28                 | -29 ~ -27   | 1.72                                 | 0.15                 | 527                        | 20.4                        | 455                   | 356,083                                  | 389,996                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.114                               | 0.460             | 1,672                | 1,672,000 |
| 31       | -30                 | -31 ~ -29   | 1.72                                 | 0.15                 | 539                        | 20.2                        | 456                   | 357,650                                  | 391,712                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.114                               | 0.460             | 1,675                | 1,675,000 |
| 32       | -32                 | -33 ~ -31   | 1.72                                 | 0.15                 | 551                        | 20.0                        | 458                   | 360,794                                  | 395,155                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.115                               | 0.460             | 1,683                | 1,683,000 |
| 33       | -34                 | -35 ~ -33   | 1.72                                 | 0.15                 | 563                        | 19.8                        | 459                   | 362,371                                  | 396,883                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.115                               | 0.459             | 1,667                | 1,667,000 |
| 34       | -36                 | -37 ~ -35   | 1.72                                 | 0.15                 | 575                        | 19.6                        | 461                   | 365,536                                  | 400,349                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.115                               | 0.459             | 1,675                | 1,675,000 |
| 35       | -38                 | -39 ~ -37   | 1.72                                 | 0.15                 | 587                        | 19.4                        | 462                   | 367,124                                  | 402,088                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.116                               | 0.459             | 1,678                | 1,678,000 |
| 36       | -40                 | -41 ~ -39   | 1.72                                 | 0.15                 | 599                        | 19.2                        | 464                   | 370,309                                  | 405,577                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.116                               | 0.459             | 1,685                | 1,685,000 |
| 37       | -42                 | -43 ~ -41   | 1.72                                 | 0.15                 | 611                        | 19.0                        | 465                   | 371,907                                  | 407,327                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.117                               | 0.459             | 1,689                | 1,689,000 |
| 38       | -44                 | -45 ~ -43   | 1.72                                 | 0.15                 | 623                        | 18.8                        | 467                   | 375,113                                  | 410,838                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.117                               | 0.458             | 1,678                | 1,678,000 |
| 39       | -46                 | -47 ~ -45   | 1.72                                 | 0.15                 | 635                        | 18.6                        | 468                   | 376,721                                  | 412,599                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.117                               | 0.458             | 1,681                | 1,681,000 |
| 40       | -48                 | -49 ~ -47   | 1.72                                 | 0.15                 | 647                        | 18.4                        | 470                   | 379,948                                  | 416,134                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.118                               | 0.458             | 1,688                | 1,688,000 |
| 41       | -50                 | -51 ~ -49   | 1.73                                 | 0.15                 | 660                        | 18.3                        | 472                   | 385,416                                  | 422,122                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.118                               | 0.458             | 1,696                | 1,696,000 |
| 42       | -52                 | -53 ~ -51   | 1.73                                 | 0.15                 | 672                        | 18.1                        | 473                   | 387,051                                  | 423,913                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.118                               | 0.458             | 1,699                | 1,699,000 |
| 43       | -54                 | -55 ~ -53   | 1.73                                 | 0.15                 | 684                        | 17.9                        | 475                   | 390,331                                  | 427,505                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.118                               | 0.457             | 1,688                | 1,688,000 |
| 44       | -56                 | -57 ~ -55   | 1.73                                 | 0.15                 | 696                        | 17.7                        | 476                   | 391,976                                  | 429,307                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.119                               | 0.457             | 1,692                | 1,692,000 |
| 45       | -58                 | -59 ~ -57   | 1.73                                 | 0.15                 | 708                        | 17.5                        | 478                   | 395,277                                  | 432,922                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.119                               | 0.457             | 1,699                | 1,699,000 |
| 46       | -60                 | -61 ~ -59   | 1.73                                 | 0.15                 | 720                        | 17.3                        | 479                   | 396,933                                  | 434,736                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.120                               | 0.457             | 1,702                | 1,702,000 |
| 47       | -62                 | -63 ~ -61   | 1.73                                 | 0.14                 | 732                        | 17.1                        | 481                   | 400,255                                  | 422,491                                 | 492                                     | 0.0                   | 0.120                               | 0.457             | 1,709                | 1,709,000 |
| 48       | -64                 | -65 ~ -63   | 1.73                                 | 0.14                 | 744                        | 16.9                        | 482                   | 401,921                                  | 424,250                                 | 492                                     | 0.0                   | 0.120                               | 0.456             | 1,695                | 1,695,000 |
| 49       | -66                 | -67 ~ -65   | 1.73                                 | 0.14                 | 756                        | 16.7                        | 484                   | 405,263                                  | 427,778                                 | 492                                     | 0.0                   | 0.120                               | 0.456             | 1,702                | 1,702,000 |
| 50       | -68                 | -69 ~ -67   | 1.73                                 | 0.14                 | 768                        | 16.5                        | 485                   | 406,939                                  | 429,547                                 | 492                                     | 0.0                   | 0.121                               | 0.456             | 1,705                | 1,705,000 |
| 51       | -70                 | -71 ~ -69   | 1.73                                 | 0.14                 | 780                        | 16.3                        | 487                   | 410,302                                  | 433,097                                 | 492                                     | 0.0                   | 0.121                               | 0.456             | 1,712                | 1,712,000 |
| 52       | -72                 | -73 ~ -71   | 1.73                                 | 0.14                 | 792                        | 16.1                        | 489                   | 413,679                                  | 436,661                                 | 492                                     | 0.0                   | 0.121                               | 0.456             | 1,719                | 1,719,000 |
| 53       | -74                 | -75 ~ -73   | 1.73                                 | 0.14                 | 804                        | 15.9                        | 490                   | 415,373                                  | 438,449                                 | 492                                     | 0.0                   | 0.122                               | 0.455             | 1,705                | 1,705,000 |
| 54       | -76                 | -77 ~ -75   | 1.73                                 | 0.14                 | 816                        | 15.7                        | 492                   | 418,771                                  | 442,036                                 | 492                                     | 0.0                   | 0.122                               | 0.455             | 1,712                | 1,712,000 |
| 55       | -78                 | -79 ~ -77   | 1.73                                 | 0.14                 | 828                        | 15.5                        | 493                   | 420,475                                  | 443,835                                 | 492                                     | 0.0                   | 0.122                               | 0.455             | 1,716                | 1,716,000 |
| 56       | -80                 | -81 ~ -79   | 1.73                                 | 0.14                 | 840                        | 15.3                        | 495                   | 423,893                                  | 447,443                                 | 492                                     | 0.0                   | 0.122                               | 0.455             | 1,723                | 1,723,000 |
| 57       | -82                 | -85 ~ -81   | 1.73                                 | 0.14                 | 852                        | 15.1                        | 496                   | 425,608                                  | 449,253                                 | 492                                     | 0.0                   | 0.123                               | 0.455             | 1,726                | 1,726,000 |
| 58       | -88                 | -90 ~ -85   | 1.73                                 | 0.14                 | 889                        | 14.5                        | 501                   | 434,232                                  | 458,356                                 | 492                                     | 0.0                   | 0.124                               | 0.454             | 1,726                | 1,726,000 |
| 59       | -92                 | -95 ~ -90   | 1.73                                 | 0.14                 | 913                        | 14.1                        | 504                   | 439,448                                  | 463,862                                 | 492                                     | 0.0                   | 0.124                               | 0.454             | 1,736                | 1,736,000 |
| 60       | -98                 | -101 ~ -95  | 1.73                                 | 0.14                 | 949                        | 13.5                        | 509                   | 448,210                                  | 473,111                                 | 492                                     | 0.0                   | 0.125                               | 0.453             | 1,736                | 1,736,000 |
| 61       | -104                | -108 ~ -101 | 1.73                                 | 0.13                 | 985                        | 12.9                        | 513                   | 455,282                                  | 463,485                                 | 486                                     | 0.0                   | 0.126                               | 0.452             | 1,733                | 1,733,000 |
| 62       | -112                | -115 ~ -108 | 1.73                                 | 0.13                 | 1,033                      | 12.1                        | 519                   | 465,995                                  | 474,391                                 | 486                                     | 0.0                   | 0.127                               | 0.451             | 1,737                | 1,737,000 |
| 63       | -118                | -122 ~ -115 | 1.73                                 | 0.13                 | 1,070                      | 11.5                        | 524                   | 475,016                                  | 483,575                                 | 486                                     | 0.0                   | 0.127                               | 0.451             | 1,754                | 1,754,000 |
| 64       | -126                | -130 ~ -122 | 1.73                                 | 0.13                 | 1,118                      | 10.7                        | 530                   | 485,957                                  | 494,713                                 | 486                                     | 0.0                   | 0.128                               | 0.450             | 1,758                | 1,758,000 |



### 11.2.6 評価構造物諸元

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの評価構造物諸元を表 11.2-5 に示す。評価部位を図 11.2-6 に示す。

表 11.2-5 (1) 構造物の評価部位とその仕様 (A-A断面)

| 部位  | 仕様         |            | 材料  |       | 機能要求                      |
|-----|------------|------------|---|-------|---------------------------|
|     | 部材幅<br>(m) | 部材高<br>(m) | コンクリート<br>$f'_{ck}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 鉄筋    |                           |
| 底版  | 1.000      | 1.500      | 40  | SD490 | 格納容器圧力逃がし装置用配管<br>の間接支持機能 |
| 中床版 | 1.000      | 1.100      | 40  | SD490 |                           |
| 側壁  | 1.000      | 1.500      | 40  | SD490 |                           |
| 頂版  | 1.000      | 1.500      | 40  | SD490 |                           |

表 11.2-5 (2) 構造物の評価部位とその仕様 (D-D断面)

追而

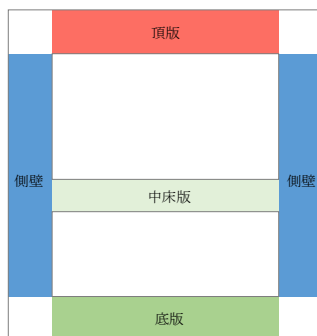


図 11.2-6 (1) 評価部位 (A-A断面)

追而

図 11.2-6 (2) 評価部位 (D-D断面)



### 11.2.7 地下水位

地下水位は地表面に設定する。

### 11.2.8 地震応答解析手法

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの地震応答解析は、地盤と構造物の相互作用を考慮できる2次元動的有限要素法解析を用いて、基準地震動に基づき設定した水平地震動と鉛直地震動の同時加振による逐次時間積分の時刻歴応答解析にて行う。部材については、はり要素及び平面ひずみ要素を用いることとする。また、地盤については、有効応力の変化に応じた地震時挙動を適切に考慮できるようにモデル化する。地震応答解析については、解析コード「FLIP ver. 7.3.0\_2」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、V-5-10「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

地震応答解析手法の選定フローを図11.2-7に示す。

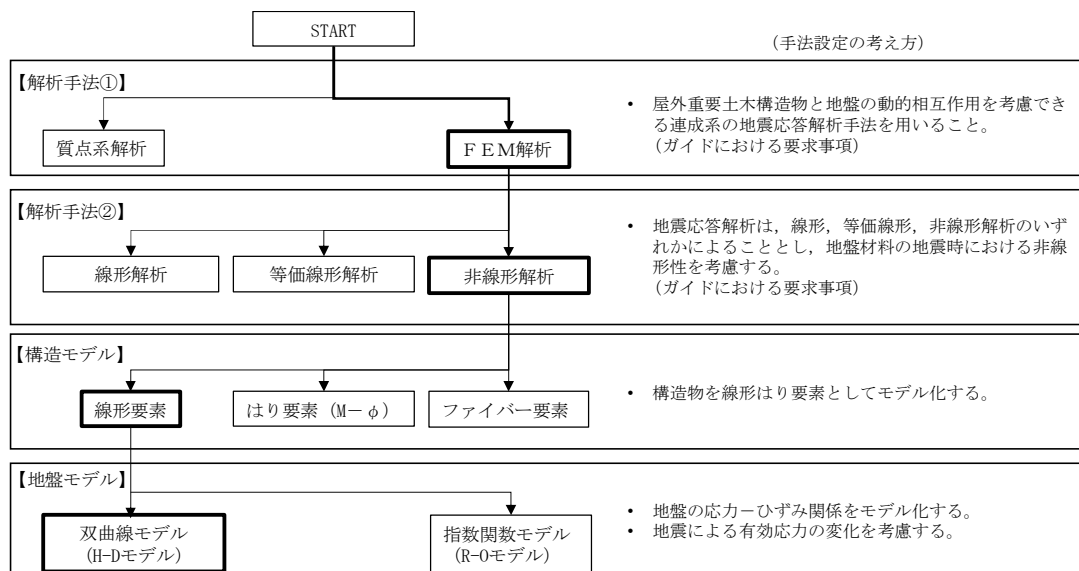


図 11.2-7 地震応答解析手法の選定フロー

地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線の構成則を有効応力解析へ適用する際は、地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線に関するせん断ひずみ及び有効応力の変化に応じた特徴を適切に表現できるモデルを用いる必要がある。

一般に、地盤は荷重を与えることによりせん断ひずみを増加させていくと、地盤のせん断応力は上限値に達し、それ以上はせん断応力が増加しなくなる特徴がある。また、地盤のせん断応力の上限値は有効応力に応じて変化する特徴がある。

よって、耐震評価における有効応力解析では、地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線の構成則として、地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線に関するせん断ひずみ及び有効応力の変化に応じた上記の2つの特徴を適切に表現できる双曲線モデル（H-Dモデル）を選定する。



### 11.2.9 解析モデルの設定

#### (1) 解析モデル領域

地震応答解析モデルは、境界条件の影響が地盤及び構造物の応力状態に影響を及ぼさないよう、十分広い領域とする。具体的には、J E A G 4 6 0 1 -1987 を参考に、図 11.2-8 に示すとおりモデル幅を構造物基礎幅の 5 倍以上、モデル高さを構造物幅の 2 倍以上確保する。

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート周辺の地質断面図を図 11.2-9 に示す。なお、解析モデルの境界条件は、側面及び底面ともに粘性境界とする。

地盤の要素分割については、地盤の波動をなめらかに表現するために、最大周波数 20 Hz 及びせん断波速度  $V_s$  で算定される波長の 5 または 4 分割、すなわち  $V_s/100$  又は  $V_s/80$  を考慮し、要素高さを 1 m 程度まで細分割して設定する。

構造物の要素分割については、「原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・同マニュアル」（土木学会原子力土木委員会，2002 年 5 月）に、線材モデルの要素分割については、要素長さを部材の断面厚さまたは有効高さの 2.0 倍以下とし、1.0 倍程度とするのが良い旨が示されていることを考慮し、部材の断面厚さまたは有効高さの 1.0 倍程度まで細分割して設定する。

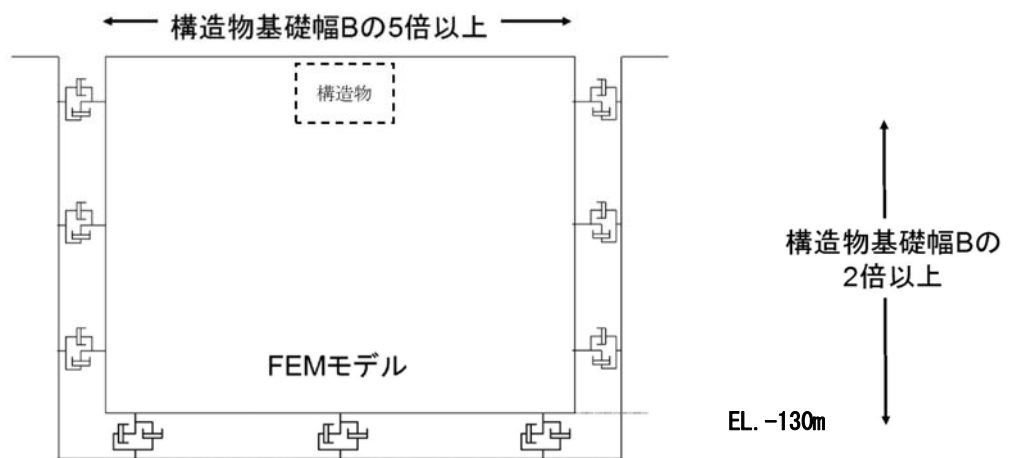


図 11.2-8 モデル範囲の考え方



2次元有効応力解析モデルは、検討対象構造物とその周辺地盤をモデル化した不整形地盤に加え、この不整形地盤の左右に広がる地盤をモデル化した自由地盤で構成される。この自由地盤は、不整形地盤の左右端と同じ地層構成を有する1次元地盤モデル（不整形地盤左右端のそれぞれ縦1列の要素列と同じ地層構成で、水平方向に連続することを表現するために循環境界条件を設定したモデル）である。2次元有効応力解析における自由地盤の初期応力解析から不整形地盤の地震応答解析までのフローを図11.2-9に示す。また、地質断面図を図11.2-10に示す。

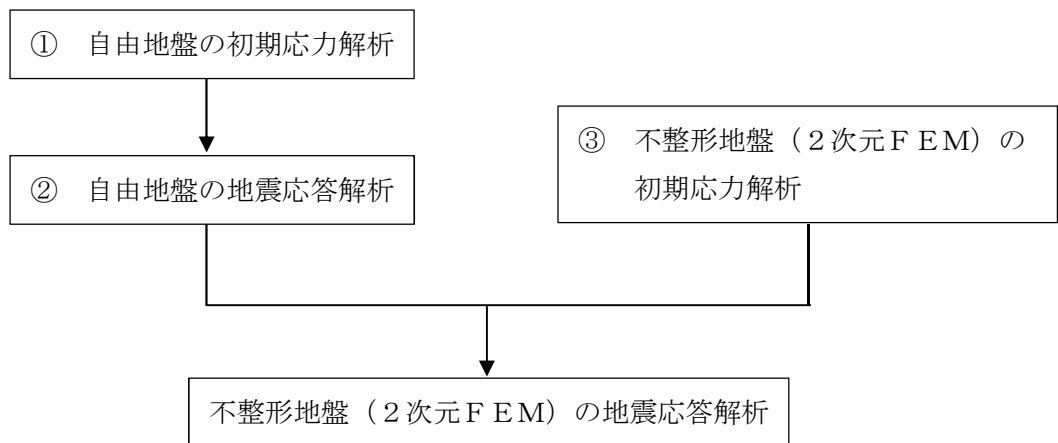
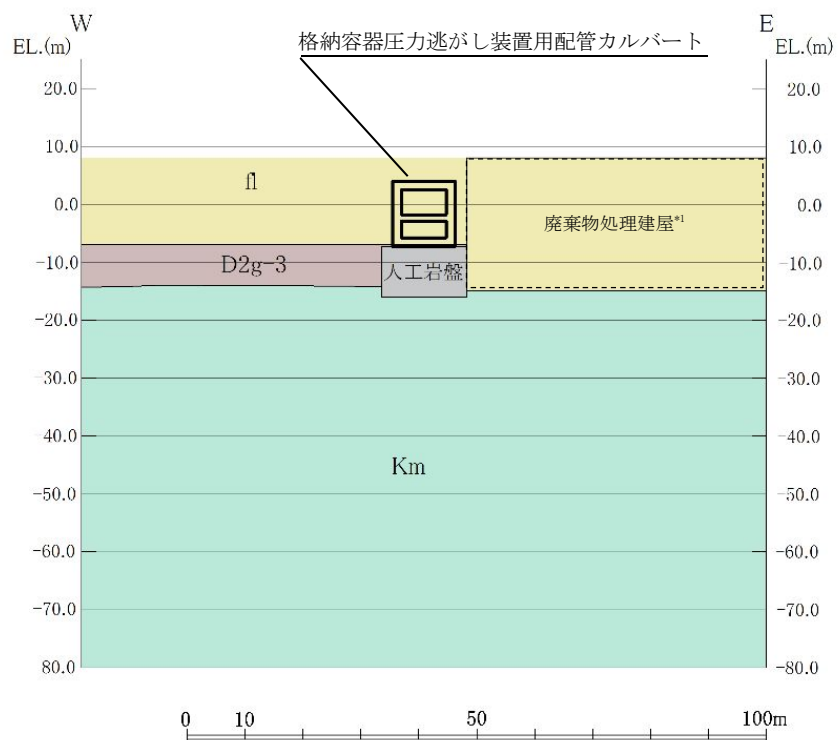


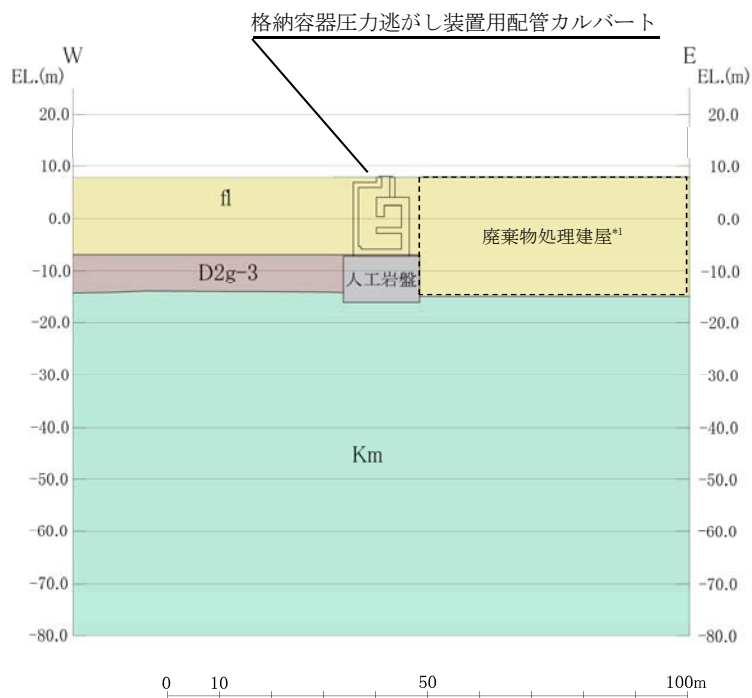
図 11.2-9 自由地盤の初期応力解析から不整形地盤（2次元FEM）の地震応答解析までのフロー





注記 \*1 廃棄物処理建屋は埋戻し層として評価

図 11.2-10 (1) 地質断面図 (A-A断面)



注記 \*1 廃棄物処理建屋は埋戻し層として評価

図 11.2-10 (2) 地質断面図 (D-D断面)



## (2) 境界条件

### a. 固有値解析時

固有値解析を実施する際の境界条件は、境界が構造物を含めた周辺地盤の振動特性に影響を与えないよう設定する。ここで、底面境界は地盤のせん断方向の卓越変形モードを把握するために固定とし、側面は実地盤が側方に連続していることを模擬するため水平ローラーとする。境界条件の概念図を図 11.2-11 に示す。

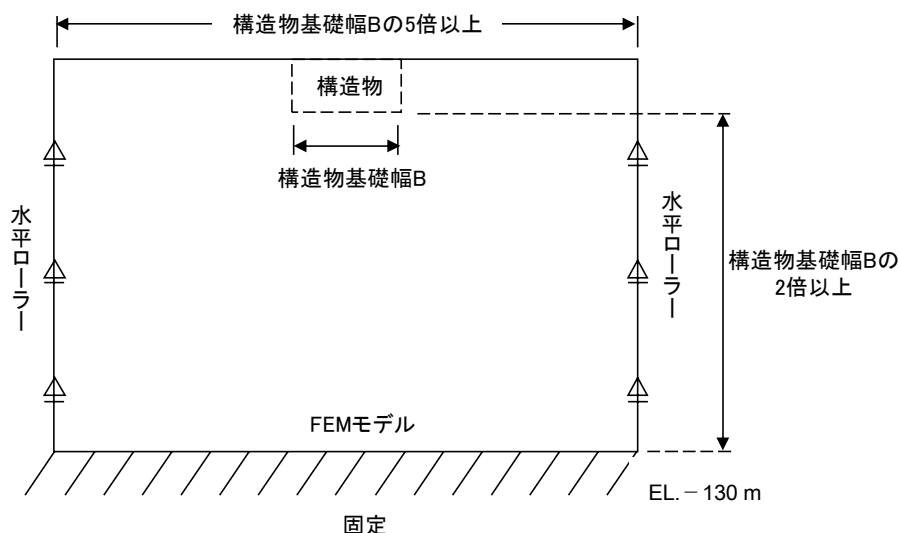


図 11.2-11 固有値解析における境界条件の概念図

### b. 初期応力解析時

初期応力解析は、地盤や構造物の自重及び風荷重等の静的な荷重を載荷することによる常時の初期応力を算定するために行う。そこで、初期応力解析時の境界条件は底面固定とし、側方は自重による地盤の鉛直方向の変形を拘束しないよう鉛直ローラーとする。境界条件の概念図を図 11.2-12 に示す。

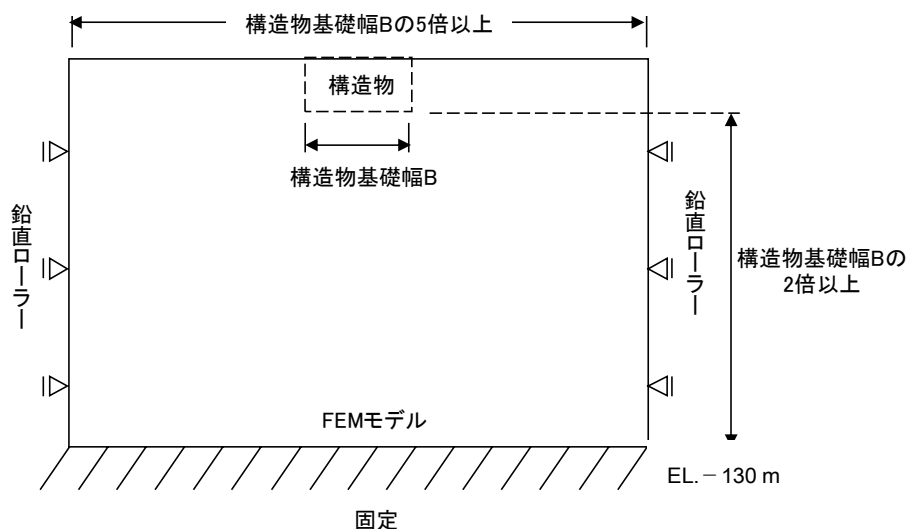


図 11.2-12 常時解析における境界条件の概念図



c. 地震応答解析時

地震応答解析時の境界条件については、有限要素解析における半無限地盤を模擬するため、粘性境界を設ける。底面の粘性境界については、地震動の下降波がモデル底面境界から半無限地盤へ通過していく状態を模擬するため、ダッシュポットを設定する。側方の粘性境界については、自由地盤の地盤振動と不成形地盤側方の地盤振動の差分が側方を通過していく状態を模擬するため、自由地盤の側方にダッシュポットを設定する。地震応答解析モデルを図 11.2-13 に示す。

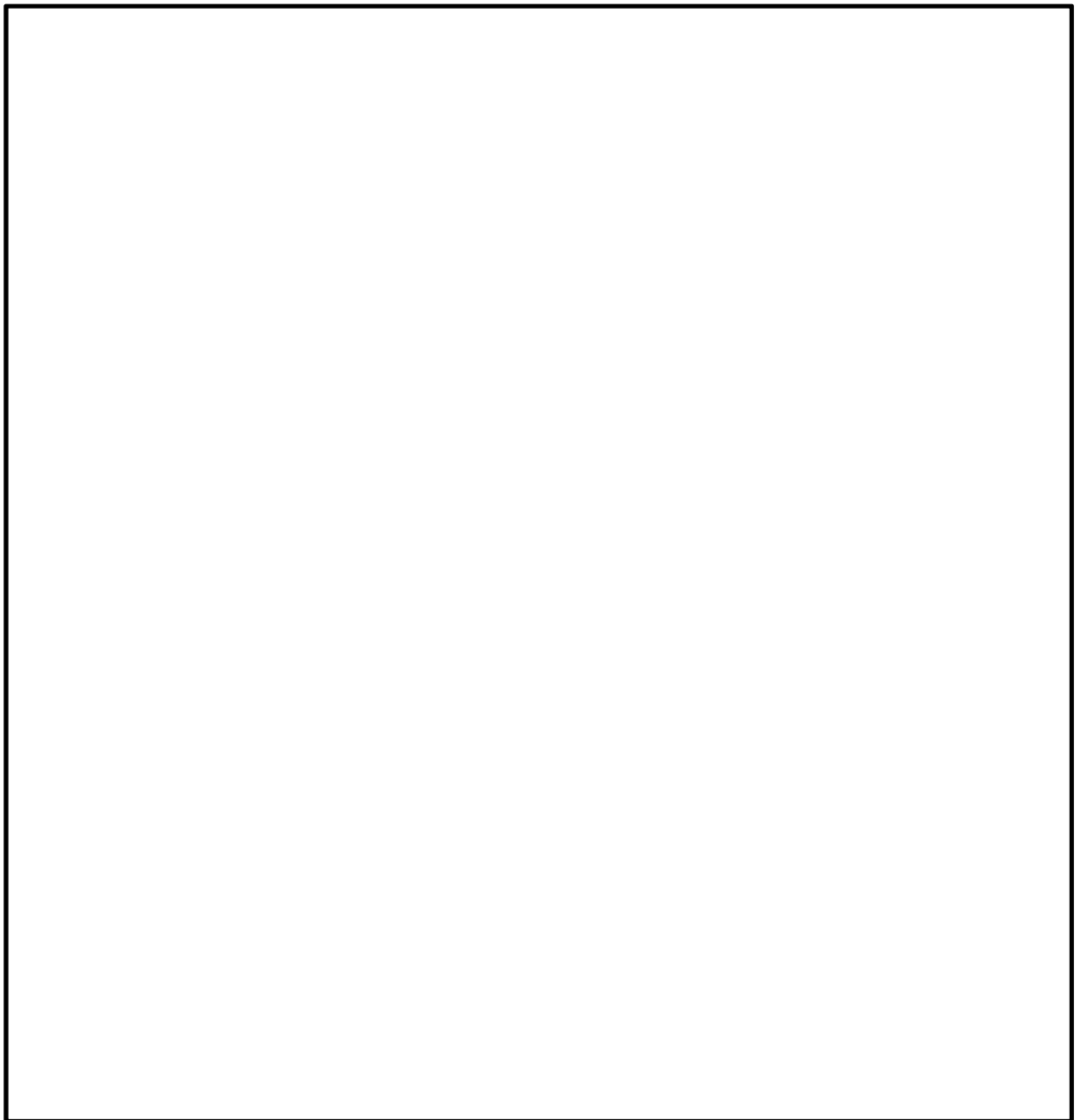


図 11.2-13 (1) 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの地震応答解析モデル (A-A断面)



追而

図 11.2-13 (2) 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの  
地震応答解析モデル (D-D 断面)



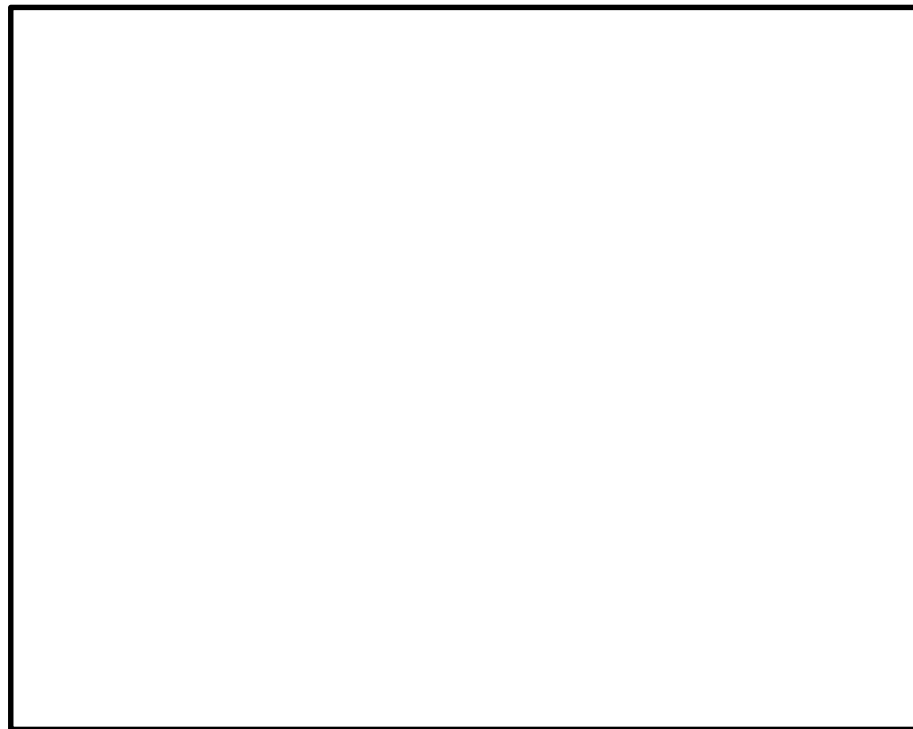
(3) 構造物のモデル化

(a) A-A断面

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの構造物本体は、構造部材としての側壁、底板、中床版及び頂版を線形はり要素でモデル化する。

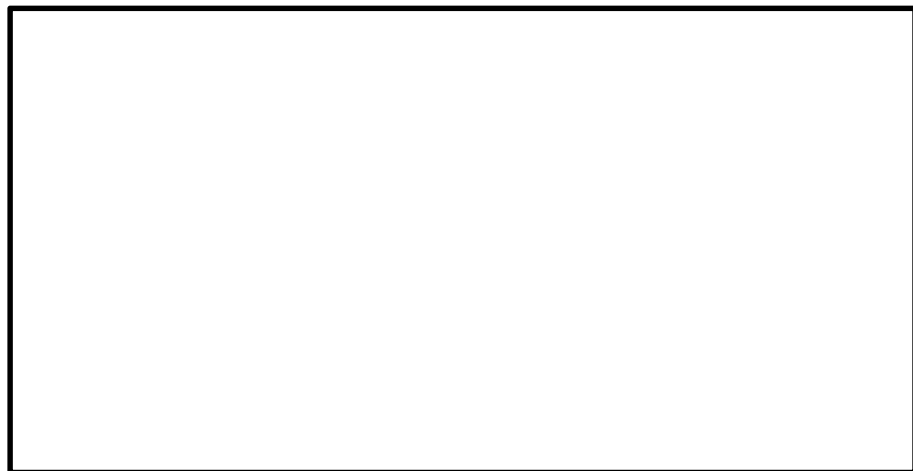
それぞれの線形はり要素の交点には、「コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（（社）土木学会，2002年制定）」に基づき，剛域を設ける。

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートを支持する人工岩盤は，平面ひずみ要素としてモデル化する。解析モデル図を図 11.2-14 に示す。



(A-A断面)

図 11.2-14 (1) 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの地震応答解析モデル



(A-A断面)

図 11.2-14 (2) 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの地震応答解析モデル  
(構造物拡大図)



(a) D-D断面

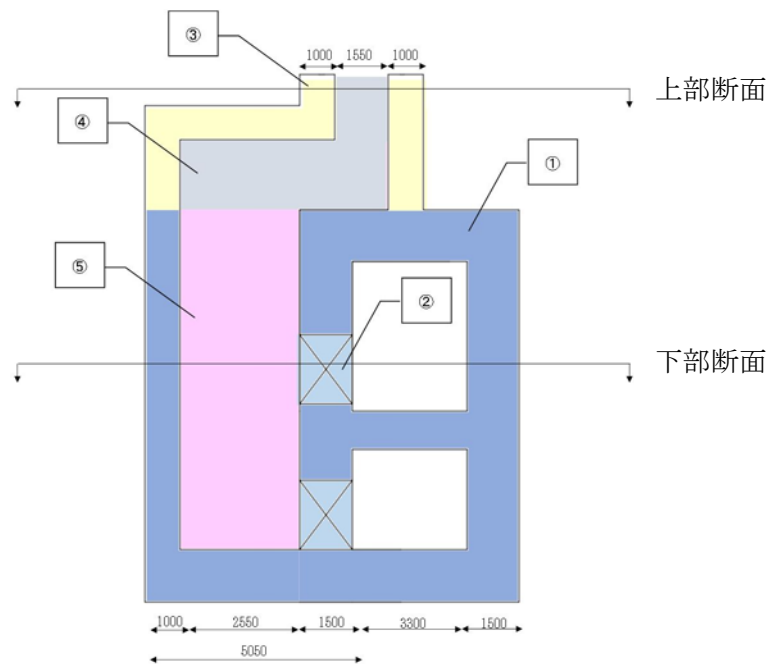
格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートのD-D断面は、カルバート一般部と点検用通路部に分かれる。点検用通路部は耐震壁としての効果を期待できる妻壁を有することから、D-D断面の解析モデルでは一般部における底盤、中床板、側壁、頂版並びに点検用通路部の側壁を線形はり要素で、点検用通路部の妻壁については平面ひずみ要素でモデル化する。モデル化の概要を図 11.2-15 に示す。

モデル化においては、点検用通路部の断面奥行方向幅を基準として、妻壁の壁圧及び開口部を考慮し、各要素の等価な剛性及び重量を設定する。

それぞれの線形はり要素の交点には、「コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（（社）土木学会，2002 年制定）」に基づき、剛域を設ける。

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートを支持する人工岩盤は、平面ひずみ要素としてモデル化する。解析モデル図を図 11.2-16 に示す。





| 部位        | 要素      |
|-----------|---------|
| ①一般部      | 線形はり要素  |
| ②一般部（開口部） | 線形はり要素  |
| ③側壁（上部）   | 線形はり要素  |
| ④妻壁（上部）   | 平面ひずみ要素 |
| ⑤妻壁（下部）   | 平面ひずみ要素 |

図 11.2-15 D-D断面の解析モデルの考え方



追而

(D-D断面)

図 11.2-16 (1) 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの地震応答解析モデル

追而

(D-D断面)

図 11.2-16 (2) 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの地震応答解析モデル  
(構造物拡大図)



#### (4) ジョイント要素の設定

地盤と構造体の接合面にジョイント要素を設けることにより，強震時の地盤と構造体の接合面における剥離及びすべりを考慮する。

ジョイント要素は，地盤と構造体の接合面で法線方向及びせん断方向に対して設定する。法線方向については，常時状態以上の引張荷重が生じた場合，剛性及び応力をゼロとし，剥離を考慮する。せん断方向については，地盤と構造体の接合面におけるせん断抵抗力以上のせん断荷重が生じた場合，せん断剛性をゼロとし，すべりを考慮する。

なお，せん断強度  $\tau_f$  は次式の Mohr－Coulomb 式により規定される。 $c$ ， $\phi$  は周辺地盤の  $c$ ， $\phi$  とする。（表 11.2－5 参照）

$$\tau_f = c + \sigma' \tan \phi$$

ここで，

$\tau_f$  : せん断強度

$c$  : 粘着力

$\phi$  : 内部摩擦角

表 11.2－5 周辺地盤及び隣接構造物との境界に用いる強度特性

| 周辺の状況       |         | 粘着力 $c$ (N/mm <sup>2</sup> )  | 内部摩擦角 (度)                      | 備考      |
|-------------|---------|-------------------------------|--------------------------------|---------|
| 第四紀層        | f1 層    | 0                             | 37.3                           | du 層で代用 |
|             | D2g-3 層 | 0                             | 44.4                           | —       |
| 新第三系        | Km 層    | $c = 0.358 - 0.00603 \cdot z$ | $\phi = 23.2 + 0.0990 \cdot z$ | —       |
| カルバートー人工岩盤間 |         | 0                             | 26.6 <sup>*1</sup>             | —       |

$z$  : 標高 (m)

注記 \*1: 「港湾の施設の技術上の基準・同解説\_\_上巻 (H19.7 社団法人 日本港湾協会)」コンクリートとコンクリート間の静止摩擦係数に基づく

ジョイント要素のばね定数は，数値解析上不安定な挙動を起こさない程度に十分に大きな値として，港湾構造物設計事例集（沿岸技術研究センター）に従い，表 11.2－6 のとおり設定する。

ジョイント要素の設定位置を図 18.2－17 に，ジョイント要素設定の考え方を図 18.2－18 に示す。

表 11.2－6 ジョイント要素のばね定数

|        | せん断剛性 $k_s$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | 圧縮剛性 $k_n$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) |
|--------|-------------------------------------|------------------------------------|
| 側方及び底面 | $1.0 \times 10^6$                   | $1.0 \times 10^6$                  |





(A-A断面)

追而

(D-D断面)

— : ジョイント要素

図 11.2-17 ジョイント要素の設定位置

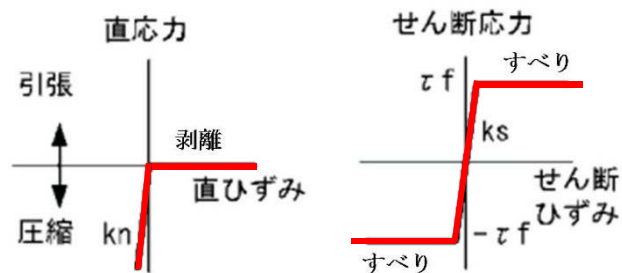


図 11.2-18 ジョイント要素の考え方

(5) 材料特性の設定

構造部材及び人工岩盤は、線形のはり要素及び平面ひずみ要素としてモデル化する。

地盤は、マルチスプリング要素及び間隙水要素にてモデル化し、地震時の有効応力の変化に応じた非線形せん断応力～せん断ひずみ関係を考慮する。



#### 11.2.10 減衰定数

動的解析における地盤及び構造物の減衰については、固有値解析にて求まる固有周期及び減衰比に基づき、質量マトリックス及び剛性マトリックスの線形結合で表される以下の Rayleigh 減衰にて与える。なお、Rayleigh 減衰を  $\alpha=0$  となる剛性比例型減衰とする。

有効応力解析では、時系列で地盤の 1 次固有振動数が低振動数側へシフトして行くことから、Rayleigh 減衰の係数  $\alpha$ 、 $\beta$  の両方を用いると、質量比例項の減衰  $\alpha$  [M] の影響により、有効応力解析における減衰定数が低振動数帯で過減衰となる場合がある。

一方、有効応力解析における低振動数帯で減衰  $\alpha$  [M] の影響がない剛性比例型減衰では、地盤の 1 次固有振動数が時系列で低振動数側へシフトしていくのに伴い、1 次固有振動モードに対する減衰定数が初期減衰定数より保守的に小さい側へ変化していくことを考慮できる。

ゆえに、有効応力解析では、地震力による時系列での地盤剛性の軟化に伴う 1 次固有振動数の低振動数側へのシフトに応じて、1 次固有振動モードに対する減衰定数として、初期減衰定数よりも保守的に小さい側のモード減衰定数を適用し、地盤応答の適切な評価が行えるように、低振動数帯で減衰  $\alpha$  [M] の影響がない剛性比例型減衰を採用した。

$$[C] = \alpha [M] + \beta [K]$$

ここで、

$[C]$  : 減衰係数マトリックス

$[M]$  : 質量マトリックス

$[K]$  : 剛性マトリックス

$\alpha, \beta$  : 係数

係数  $\alpha$ 、 $\beta$  は以下のように求めている。

$$\alpha = 0$$

$$\beta = \frac{h}{\pi f}$$

ここで、

$f$  : 固有値解析により求められた 1 次固有振動数

$h$  : 各材料の減衰定数

地盤の減衰定数は 1%（解析における減衰は、ひずみが大きい領域では履歴減衰が支配的となる。そのため、解析上の安定のためになるべく小さい値として 1%を採用している。）また、線形材料としてモデル化するコンクリートの減衰定数は 5%（J E A G 4 6 0 1－1987）とする。

Rayleigh 減衰の設定フローを図 11.2－19 に、固有値解析結果を表 11.2－7 に示す。



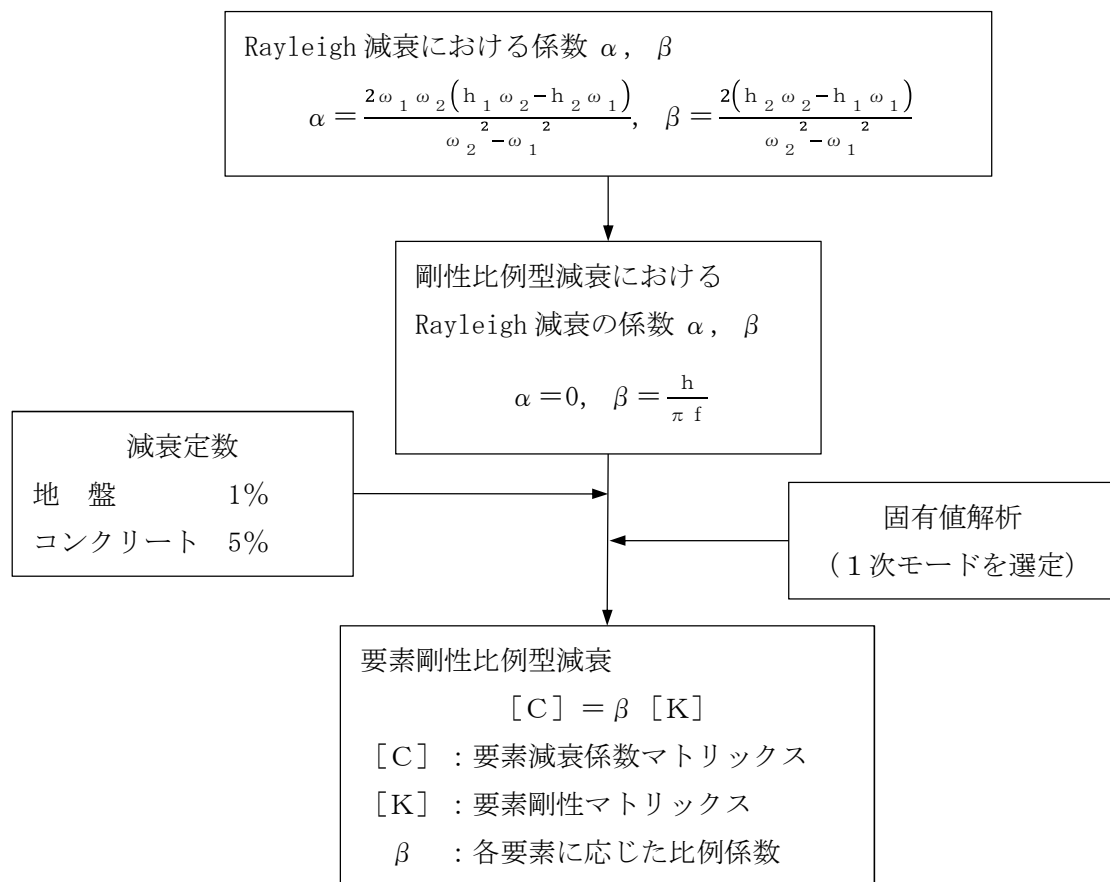


図 11.2-19 Rayleigh 減衰の設定フロー



表 11.2-7 (1) 固有値解析結果  
 (検討ケース①:原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)  
 (a) A-A断面

| モード次数 | 固有振動数<br>(Hz) | 刺激係数   | 備考      |
|-------|---------------|--------|---------|
| 1     | 0.730         | 151.50 | 1次として採用 |
| 2     | 1.570         | 0.95   | —       |
| 3     | 1.920         | -32.51 | —       |
| 4     | 2.119         | 38.56  | —       |
| 5     | 2.631         | -8.33  | —       |
| 6     | 2.735         | -2.03  | —       |
| 7     | 2.893         | 17.40  | —       |
| 8     | 3.160         | 13.91  | —       |
| 9     | 3.357         | 21.44  | —       |

(b) D-D断面  
 追而



表 11.2-7 (2) 固有値解析結果  
(検討ケース②:地盤物性のばらつきを考慮 (+1 $\sigma$ ) した解析ケース)

(a) A-A断面

| モード次数 | 固有振動数<br>(Hz) | 刺激係数   | 備考      |
|-------|---------------|--------|---------|
| 1     | 0.730         | 151.54 | 1次として採用 |
| 2     | 1.572         | 0.61   | —       |
| 3     | 1.940         | -34.36 | —       |
| 4     | 2.134         | 37.03  | —       |
| 5     | 2.675         | -9.54  | —       |
| 6     | 2.760         | 1.63   | —       |
| 7     | 2.911         | 16.76  | —       |
| 8     | 3.209         | 15.57  | —       |
| 9     | 3.392         | -20.20 | —       |

(b) D-D断面

追而



表 11.2-7 (3) 固有値解析結果  
 (検討ケース③:地盤物性のばらつきを考慮 ( $-1\sigma$ ) した解析ケース)

(a) A-A断面

| モード次数 | 固有振動数<br>(Hz) | 刺激係数   | 備考      |
|-------|---------------|--------|---------|
| 1     | 0.730         | 151.46 | 1次として採用 |
| 2     | 1.568         | 1.29   | —       |
| 3     | 1.900         | -30.78 | —       |
| 4     | 2.103         | -39.87 | —       |
| 5     | 2.583         | 6.85   | —       |
| 6     | 2.721         | -3.60  | —       |
| 7     | 2.877         | -17.65 | —       |
| 8     | 3.116         | 12.72  | —       |
| 9     | 3.317         | 22.40  | —       |

(b) D-D断面

追而



表 11.2-7 (4) 固有値解析結果  
 (検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により  
 地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)

(a) A-A断面

| モード次数 | 固有振動数<br>(Hz) | 刺激係数   | 備考      |
|-------|---------------|--------|---------|
| 1     | 0.725         | 149.91 | 1次として採用 |
| 2     | 1.547         | 1.03   | —       |
| 3     | 1.738         | -16.22 | —       |
| 4     | 1.784         | 44.66  | —       |
| 5     | 2.305         | 3.12   | —       |
| 6     | 2.656         | 6.22   | —       |
| 7     | 2.702         | 11.88  | —       |
| 8     | 2.762         | -34.37 | —       |
| 9     | 2.871         | 5.72   | —       |

(b) D-D断面

追而



### 11.2.11 荷重の組合せ

耐震性能照査にて考慮する荷重は、通常運転時の荷重（永久荷重）及び地震荷重を抽出し、それぞれを組み合わせて設定する。地震荷重には、地震時土圧、動水圧、機器・配管系からの反力による荷重が含まれるものとする。

変動荷重については、発電所の立地特性や格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートが埋設された構造物であると考慮すると、構造物に与える影響は軽微であると判断し、地震力と組合せる荷重としては除外した。

なお、格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートは、地盤内に埋設されている構造物であることから運転時の異常な過渡変化時の状態及び設計基準事故時の状態の影響を受けないと考えられるため、当該状態についての組合せは考慮しないものとする。また重大事故等対処時においても、地盤内で設計基準事故時の条件を上回るような事象は発生しないため、設計基準事故時の条件を上回る荷重はない。

荷重の組合せを表 11.2-8 に示す。地震時に格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートに作用する機器・配管系からの反力については、機器・配管系を、解析モデルに付加質量として与えることで考慮する。

表 11.2-8 荷重の組合せ

| 種別             |        | 荷重      |   | 算定方法                            |
|----------------|--------|---------|---|---------------------------------|
| 永久荷重           | 常時考慮荷重 | 躯体自重    | ○ | ・設計図書に基づいて、対象構造物の体積に材料の密度を乗じて設定 |
|                |        | 機器・配管自重 | ○ | ・機器・配管の重さに基づいて設定                |
|                |        | 土被り荷重   | ○ | ・常時応力解析により設定                    |
|                |        | 永久上載荷重  | — | ・恒常的に配置された設備等はないことから、考慮しない      |
|                | 静止土圧   |         | ○ | ・常時応力解析により設定                    |
|                | 外水圧    |         | ○ | ・地下水位に応じた静水圧として設定<br>・地下水の密度を考慮 |
|                | 内水圧    |         | — | ・水を保有しない設備であることから、考慮しない         |
| 変動荷重           |        | 雪荷重     | — | ・地中に埋設され地表面に構造物が現れないことから、考慮しない  |
|                |        | 風荷重     | — | ・地中に埋設された構造物であるため、考慮しない         |
| 偶発荷重<br>(地震荷重) |        | 水平地震動   | ○ | ・基準地震動 $S_s$ による水平・鉛直同時加振       |
|                |        | 鉛直地震動   | ○ | ・躯体、機器・配管の慣性力、動土圧を考慮            |
|                |        | 動水圧     | — | ・水を保有しない設備であることから、考慮しない         |



(1) 機器・配管荷重

図 11.2-20 に機器・配管荷重図を示す。

機器・配管荷重は解析の単位奥行き (1 m) あたりの付加質量として考慮する。

EL. -1.80 m レベル及び EL. -5.80 m レベルに機器・配管質量として  $110 \text{ kg/m}^2$  を考慮する。

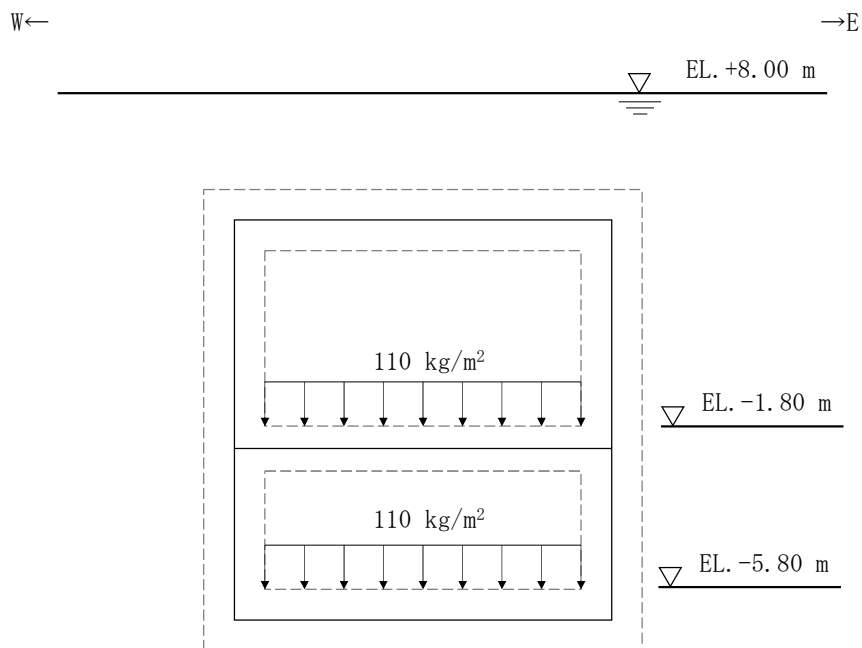


図 11.2-20 機器・配管荷重図 (A-A 断面)

(2) 外水圧

地下水位は地表面として設定する。設定の際は、地下水の密度として、 $1.00 \text{ g/cm}^3$  を考慮する。



## 11.2.12 地震応答解析の検討ケース

### (1) 耐震設計における検討ケース

耐震設計における検討ケースを表 11.2-9 に示す。

全ての基準地震動  $S_s$  に対して実施する①の検討ケースにおいて、せん断力照査及び曲げ軸力照査をはじめとした全ての照査項目について、各照査結果が最も厳しい（許容限界に対する余裕が最も小さい）地震動を用い、②～⑥の中から追加検討ケースを実施する。

表 11.2-9 耐震設計における検討ケース

| 検討ケース      | ①<br>原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース） | ②<br>地盤物性のばらつきを考慮（ $+1\sigma$ ）した解析ケース | ③<br>地盤物性のばらつきを考慮（ $-1\sigma$ ）した解析ケース | ④<br>地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース | ⑤<br>原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース | ⑥<br>地盤物性のばらつきを考慮（ $+1\sigma$ ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース |
|------------|-------------------------------------|--|--|--------------------------------|-------------------------------|--|
| 液状化強度特性の設定 | 原地盤に基づく液状化強度特性（標準偏差を考慮）             | 原地盤に基づく液状化強度特性（標準偏差を考慮）                | 原地盤に基づく液状化強度特性（標準偏差を考慮）                | 敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく液状化強度特性       | 液状化パラメータを非適用                  | 液状化パラメータを非適用                                       |

異なる構築物間の相対変位の算定は、上記ケースの中で、相対変位量が最も大きいケースにて行う。



(2) 機器・配管系に対する加速度応答抽出のための検討ケース

機器・配管系に対する加速度応答の抽出における検討ケースを表 11.2-10 に示す。

表 11.2-10 機器・配管系に対する加速度応答抽出のための検討ケース

| 検討ケース      |                    |      | ④<br>地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース                    | ⑤<br>原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース | ⑥<br>地盤物性のばらつきを考慮（＋１σ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース         |
|------------|--------------------|------|---|-------------------------------|---|
| 液状化強度特性の設定 |                    |      | 敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく液状化強度特性                          | 液状化パラメータを非適用                  | 液状化パラメータを非適用                                      |
| 地震波（位相）    | S <sub>s</sub> －D1 | （＋＋） | ⑤において上載される機器・配管系の固有振動数帯で加速度応答が最も大きくなる地震動を用いて実施する。 | 1                             | ⑤において上載される機器・配管系の固有振動数帯で加速度応答が最も大きくなる地震動を用いて実施する。 |
|            |                    | （＋－） |   | 1                             |   |
|            |                    | （－＋） |   | 1                             |   |
|            |                    | （－－） |   | 1                             |   |
|            | S <sub>s</sub> －11 | （＋＋） |   | 1                             |   |
|            | S <sub>s</sub> －12 | （＋＋） |   | 1                             |   |
|            | S <sub>s</sub> －13 | （＋＋） |   | 1                             |   |
|            | S <sub>s</sub> －14 | （＋＋） |   | 1                             |   |
|            | S <sub>s</sub> －21 | （＋＋） |   | 1                             |   |
|            | S <sub>s</sub> －22 | （＋＋） |   | 1                             |   |
|            | S <sub>s</sub> －31 | （＋＋） |   | 1                             |   |
|            |                    | （－＋） |   | 1                             |   |
| 計          |                    |      | 1   | 12                            | 1   |



## 11.3 評価内容

### 11.3.1 入力地震動の設定

地震応答解析に用いる入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動  $S_s$  を 1 次元波動論により地震応答解析モデルの底面位置で評価したものをを用いる。

図 11.3-1 に入力地震動算定の概念図を、図 11.3-2 に入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトルを示す。入力地震動の算定には解析コード「k-SHAKE Ver. 6.2.0」を使用する。

なお、特定の方向性を有しない地震動については、位相を反転させた場合の影響も確認する。断層モデル波である  $S_s-11 \sim S_s-22$  については、特定の方向性を有することから、構造物の評価対象断面方向を考慮し、方位補正を行う。具体的には南北方向及び東西方向の地震動について構造物の評価断面方向の成分を求め、各々を足し合わせることで方位補正した地震動を設定する。

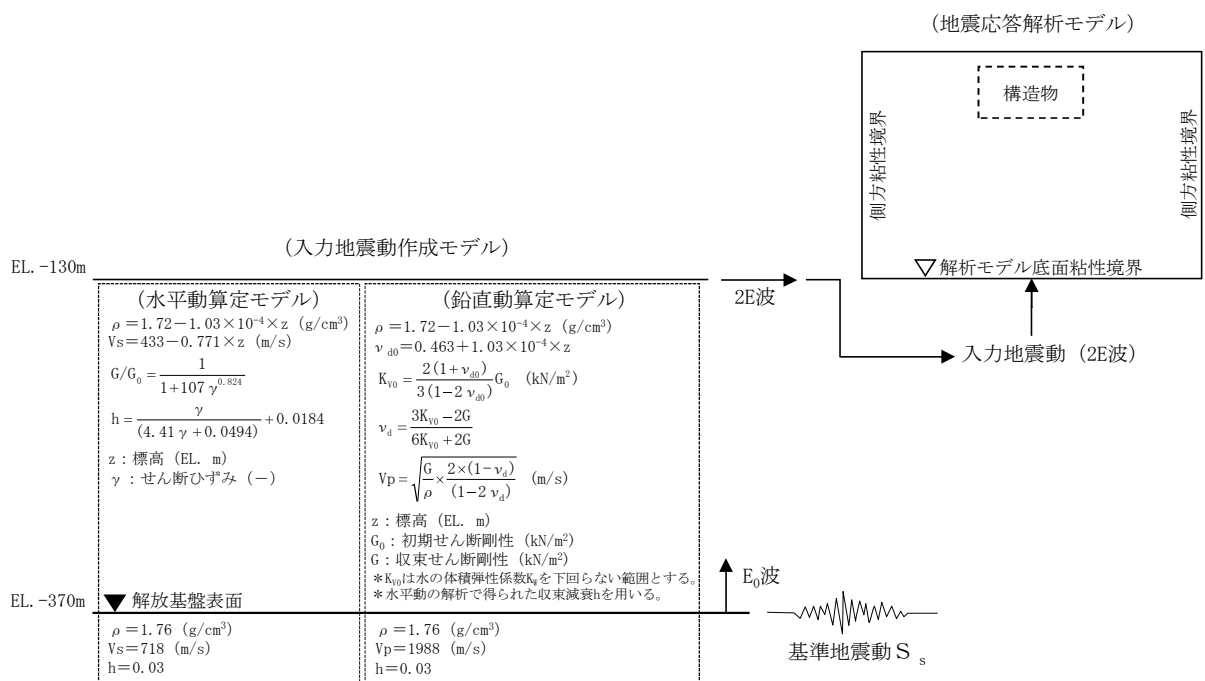
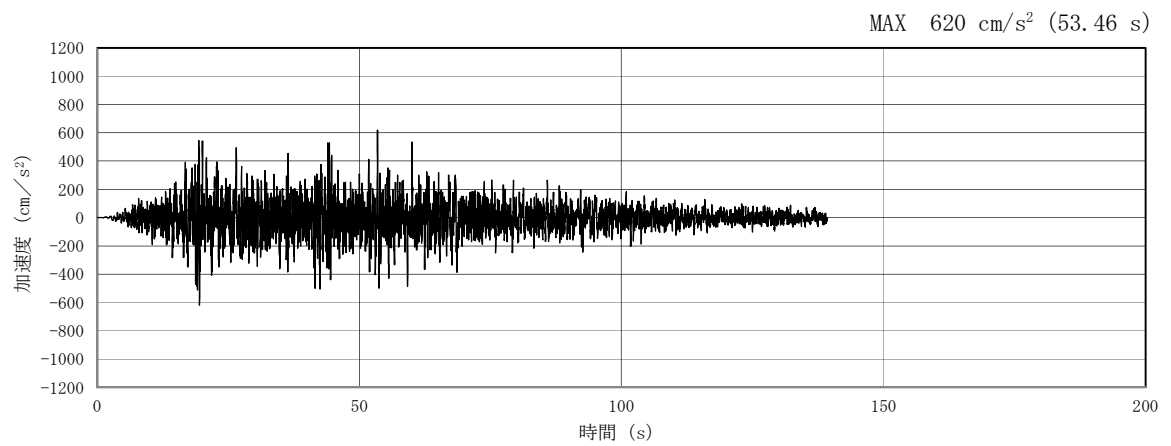
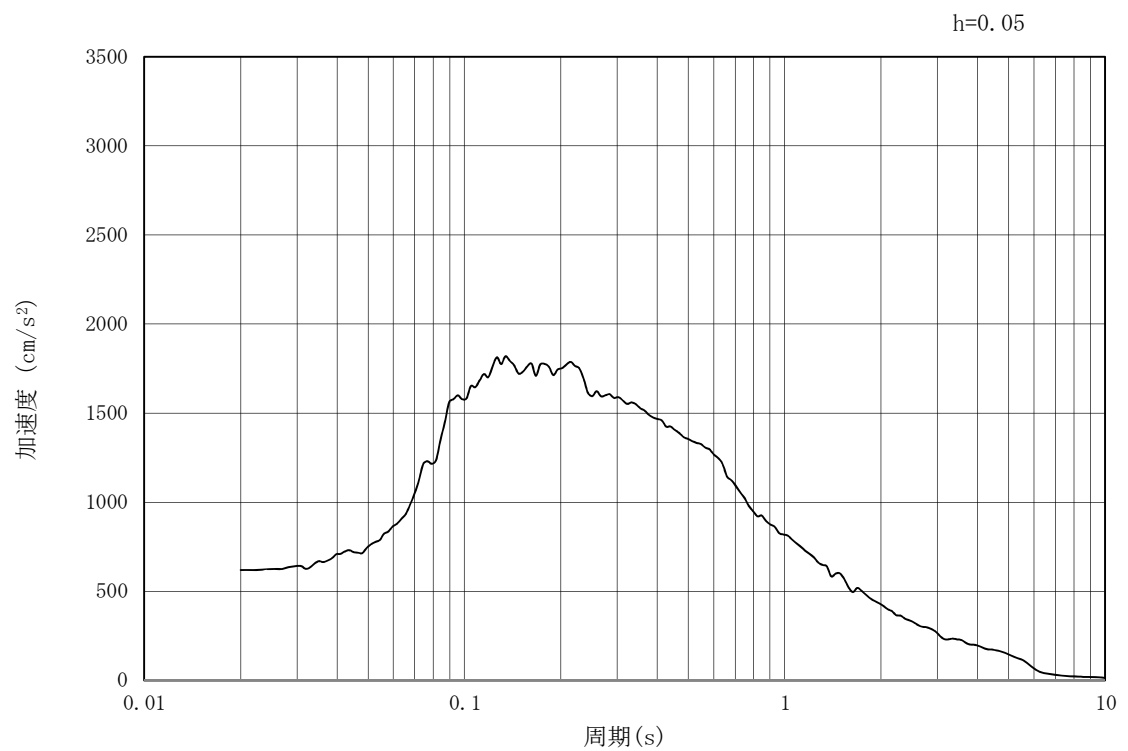


図 11.3-1 入力地震動算定の概念図





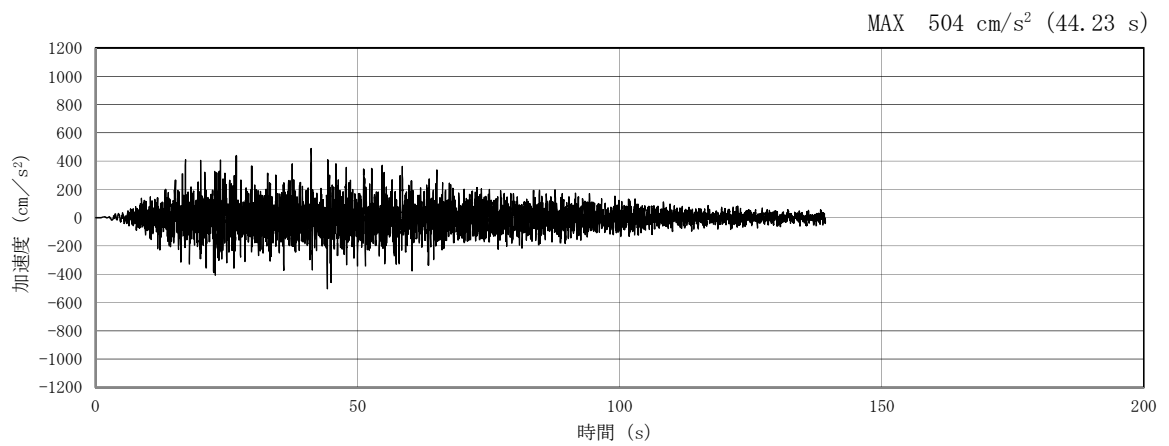
(a) 加速度時刻歴波形



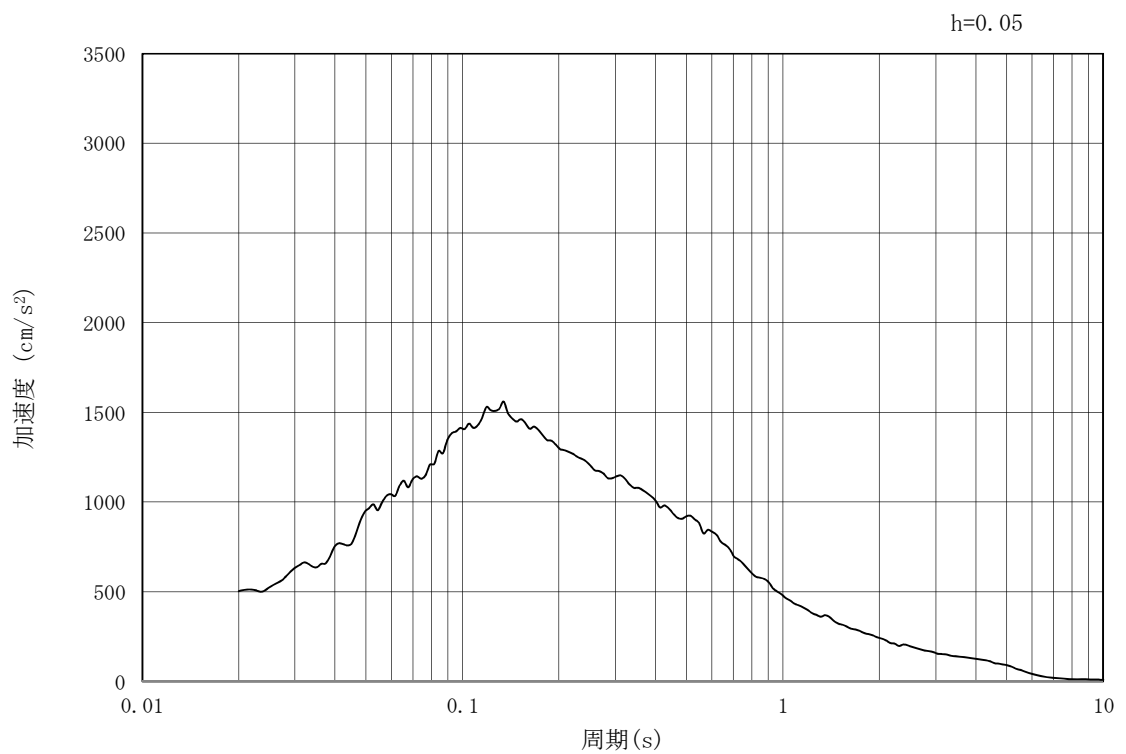
(b) 加速度応答スペクトル

図 11.3-2 (1) 東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平方向：S<sub>s</sub>-D 1)





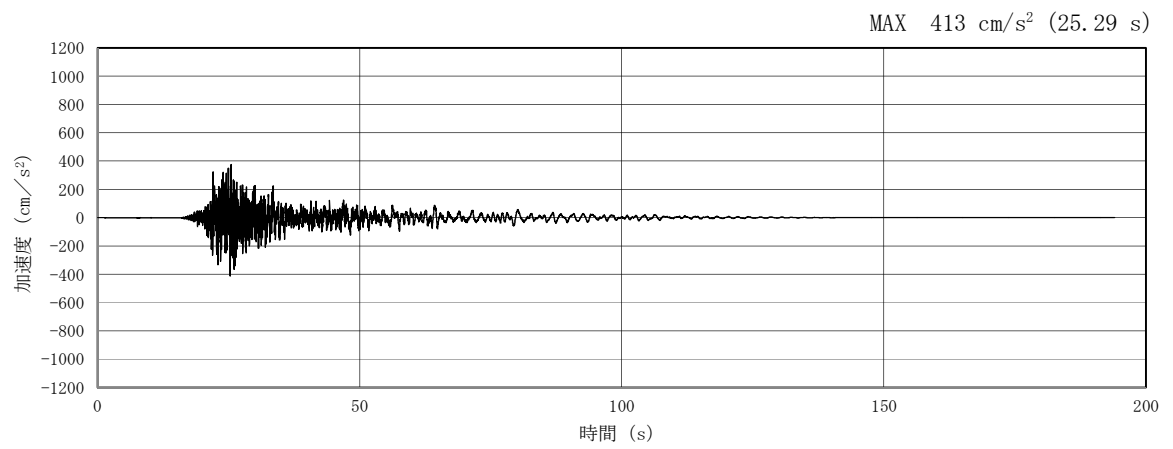
(a) 加速度時刻歴波形



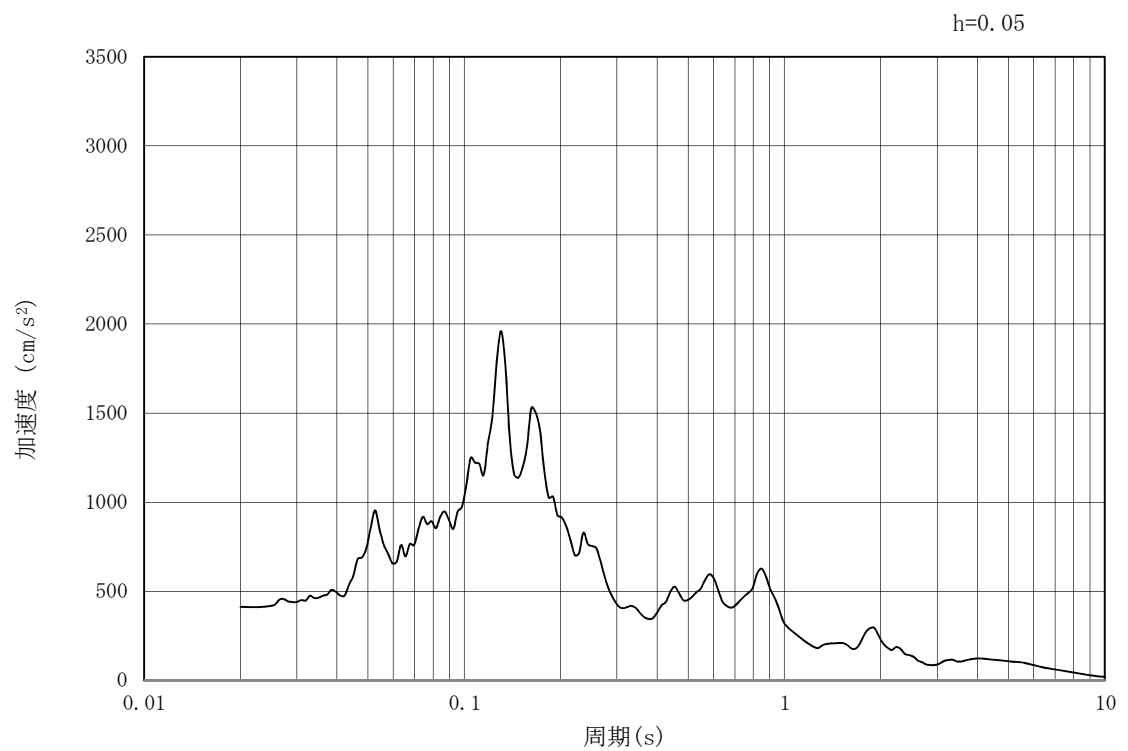
(b) 加速度応答スペクトル

図 11.3-2 (2) 東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直方向：S<sub>s</sub>-D 1)





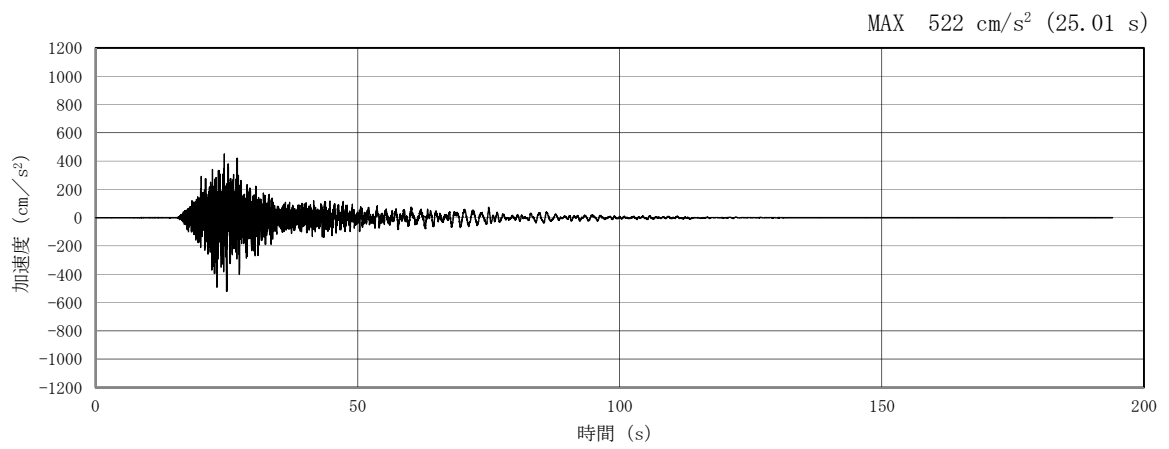
(a) 加速度時刻歴波形



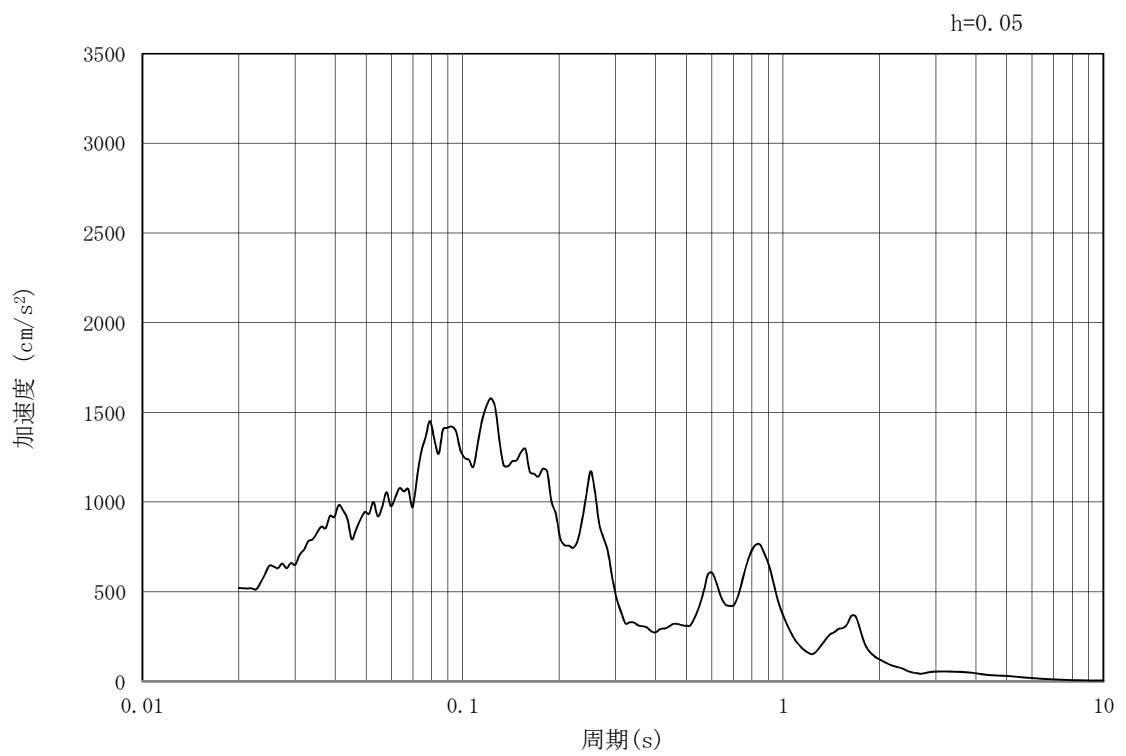
(b) 加速度応答スペクトル

図 11.3-2 (3) 東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平方向:  $S_s - 1.1$ )





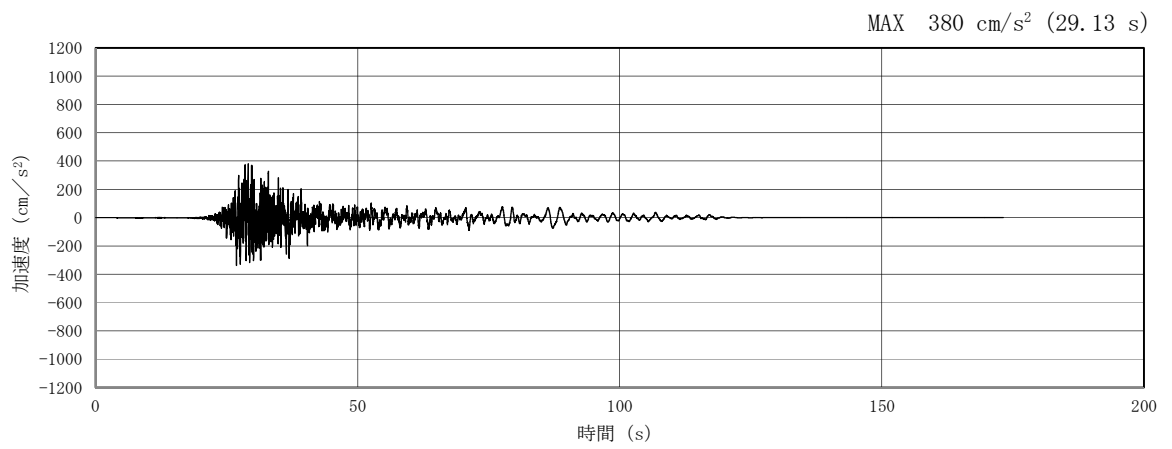
(a) 加速度時刻歴波形



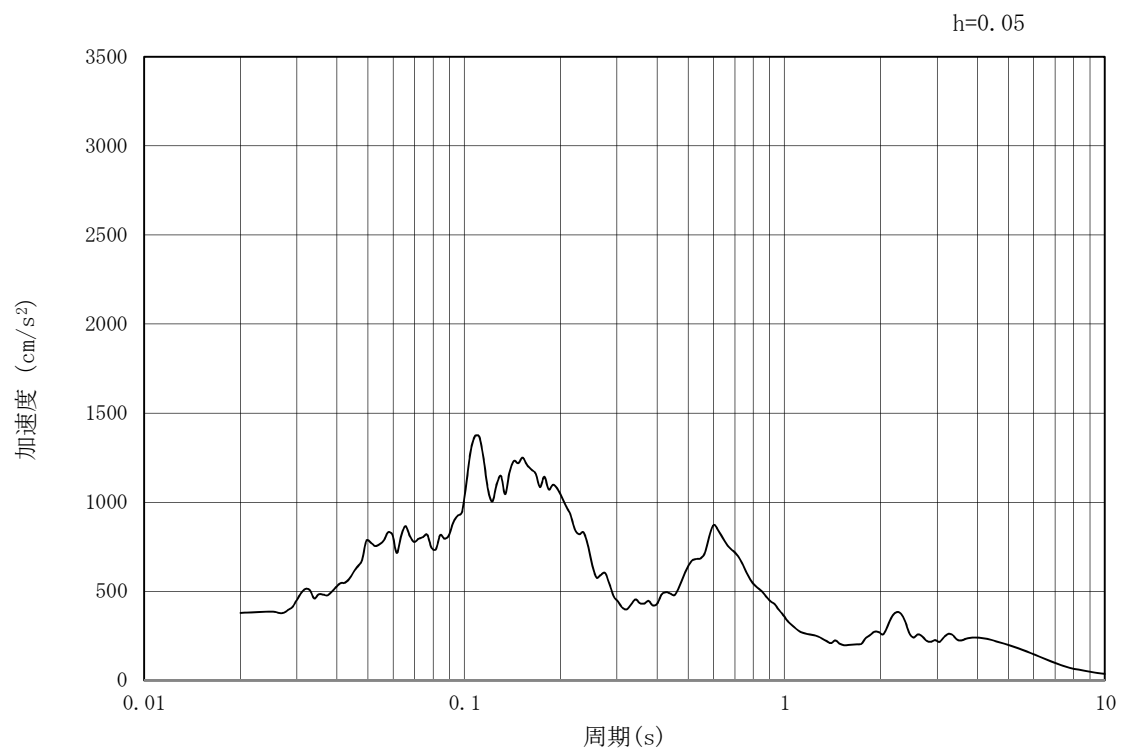
(b) 加速度応答スペクトル

図 11.3-2 (4) 東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直方向： $S_s - 1.1$ )





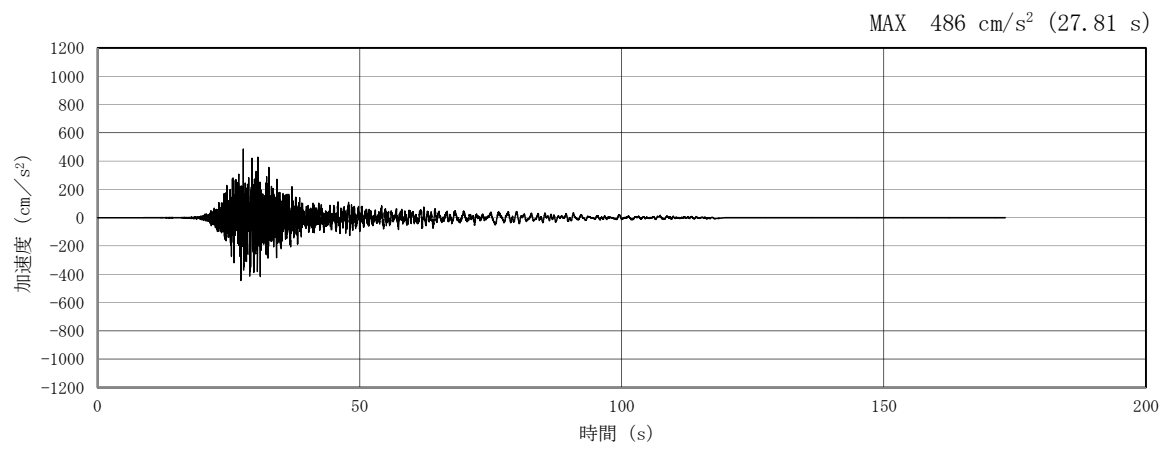
(a) 加速度時刻歴波形



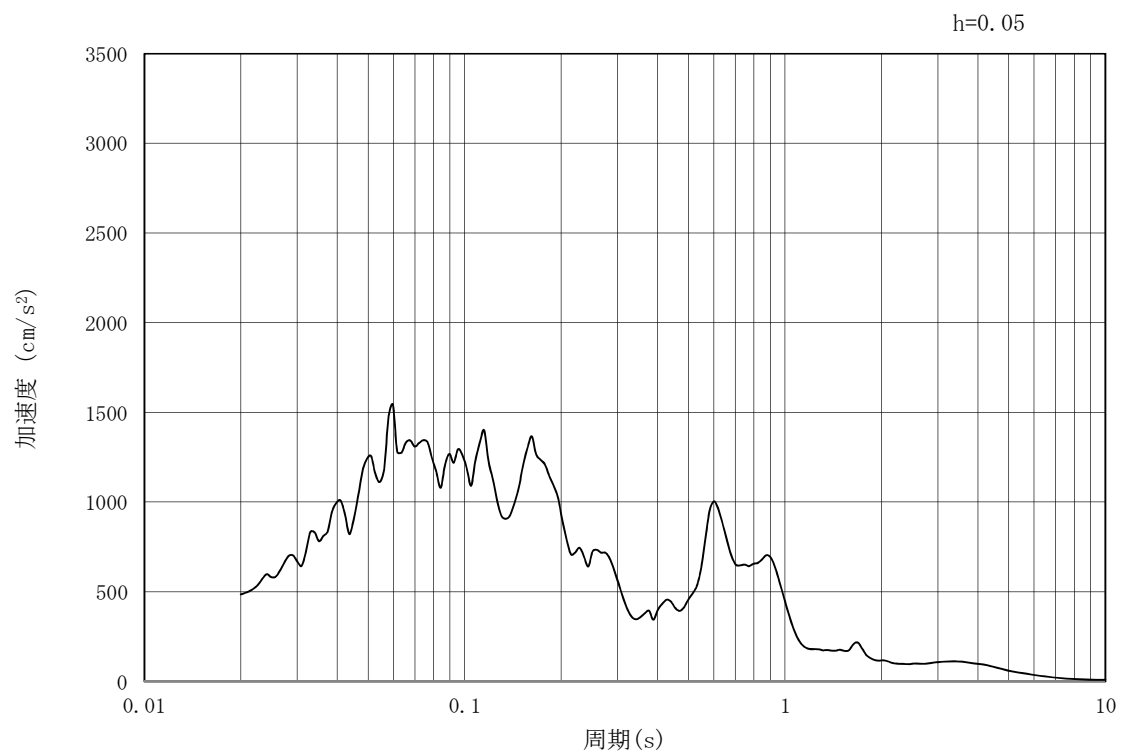
(b) 加速度応答スペクトル

図 11.3-2 (5) 東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平方向 :  $S_s - 1.2$ )





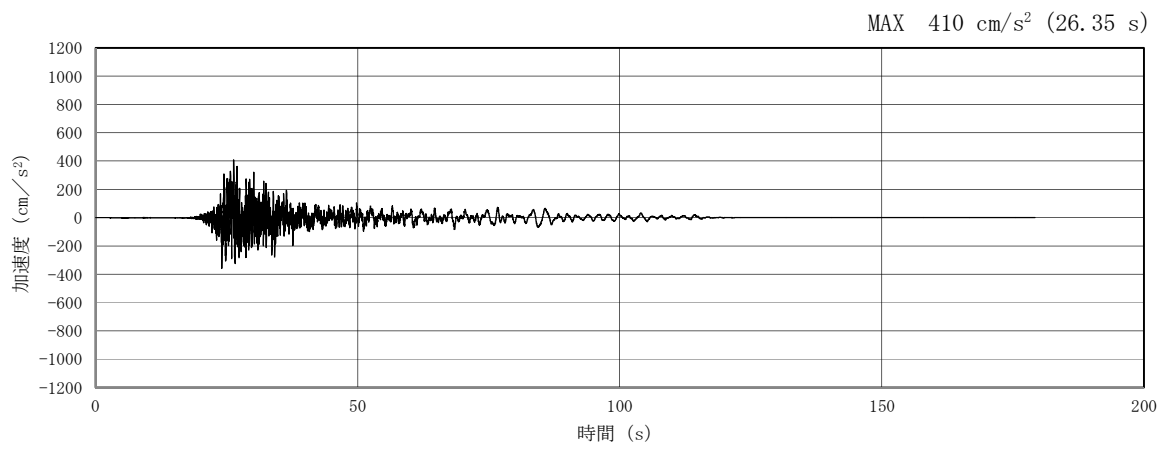
(a) 加速度時刻歴波形



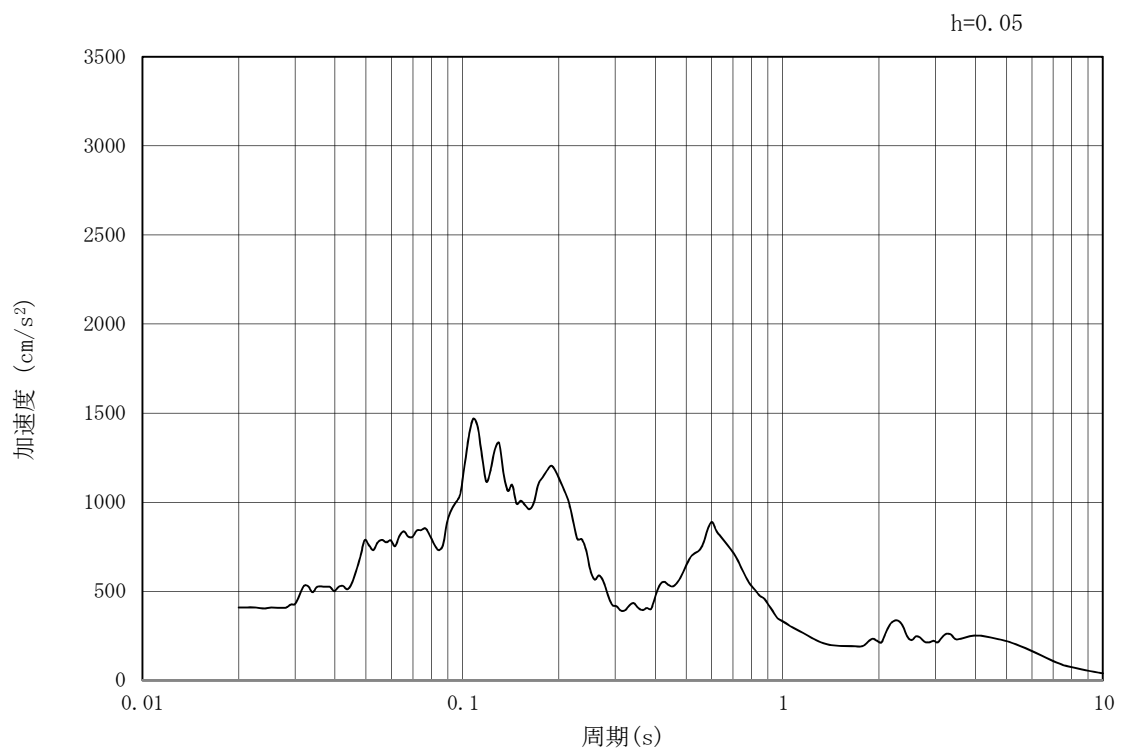
(b) 加速度応答スペクトル

図 11.3-2 (6) 東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直方向： $S_s - 1.2$ )





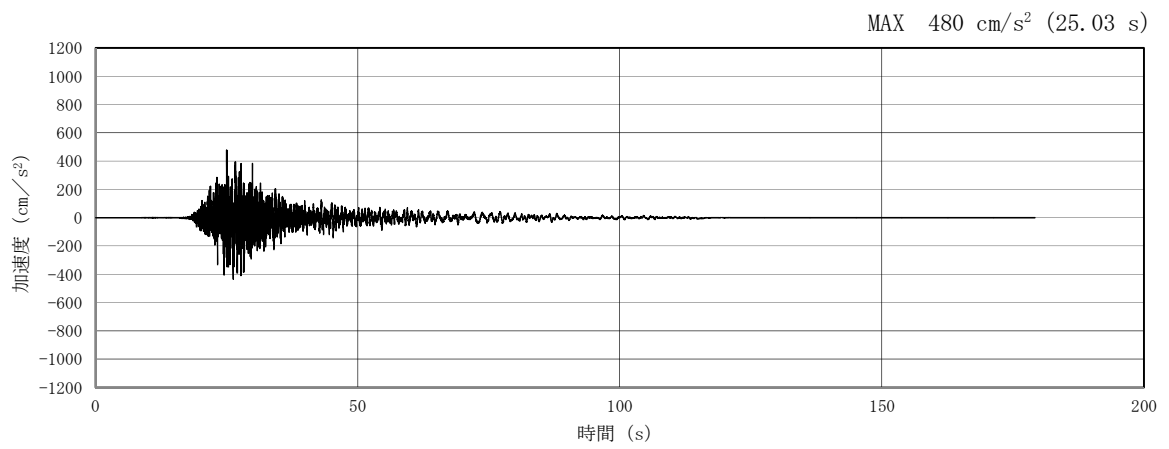
(a) 加速度時刻歴波形



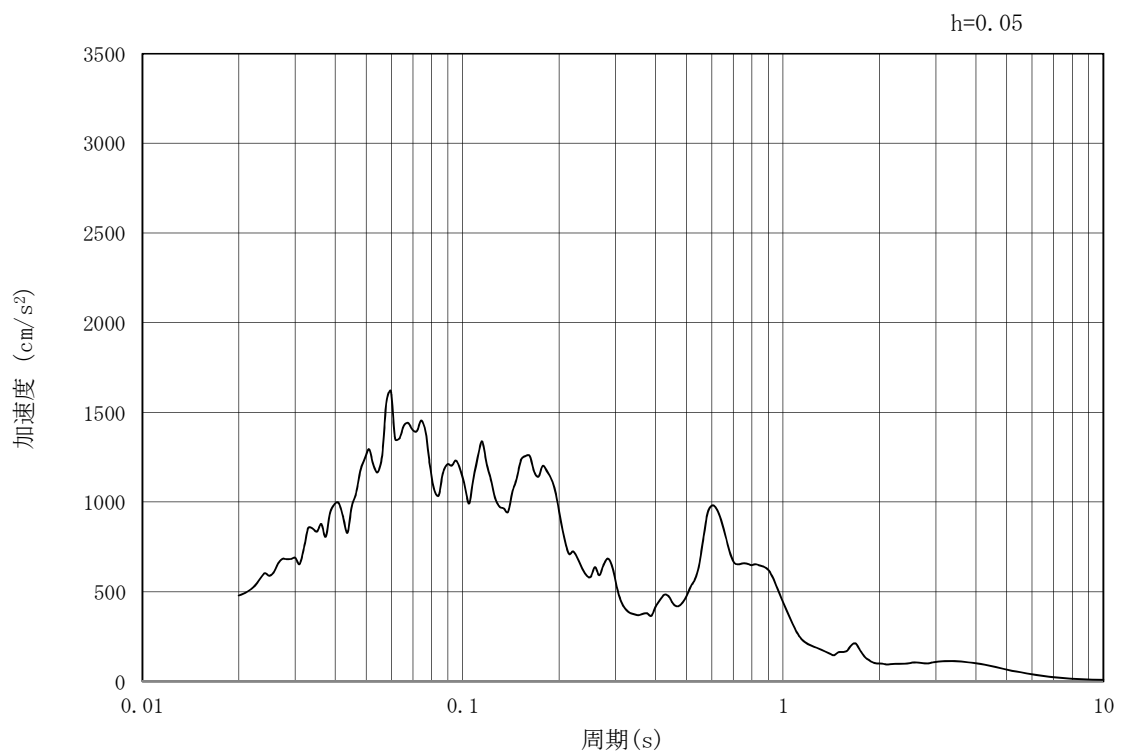
(b) 加速度応答スペクトル

図 11.3-2 (7) 東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平方向 :  $S_s - 1.3$ )





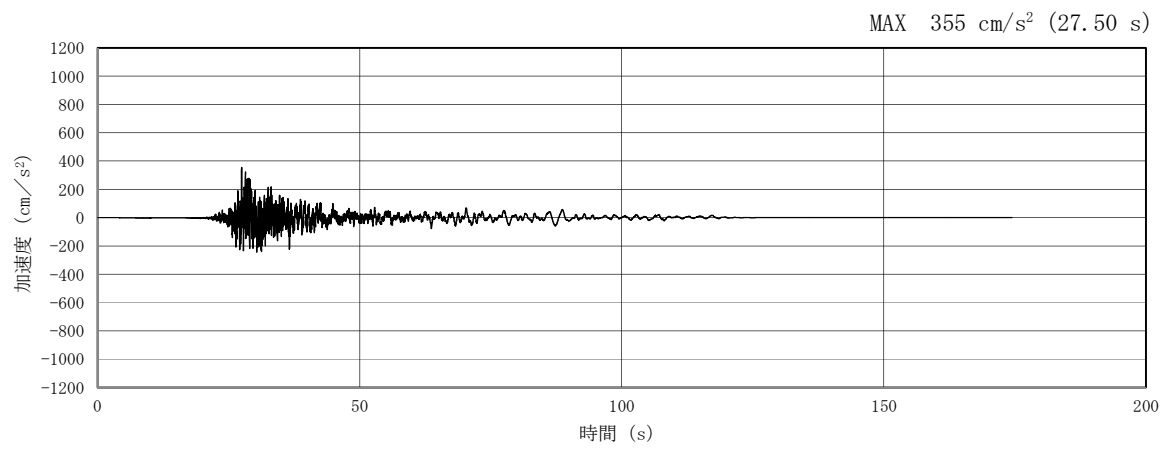
(a) 加速度時刻歴波形



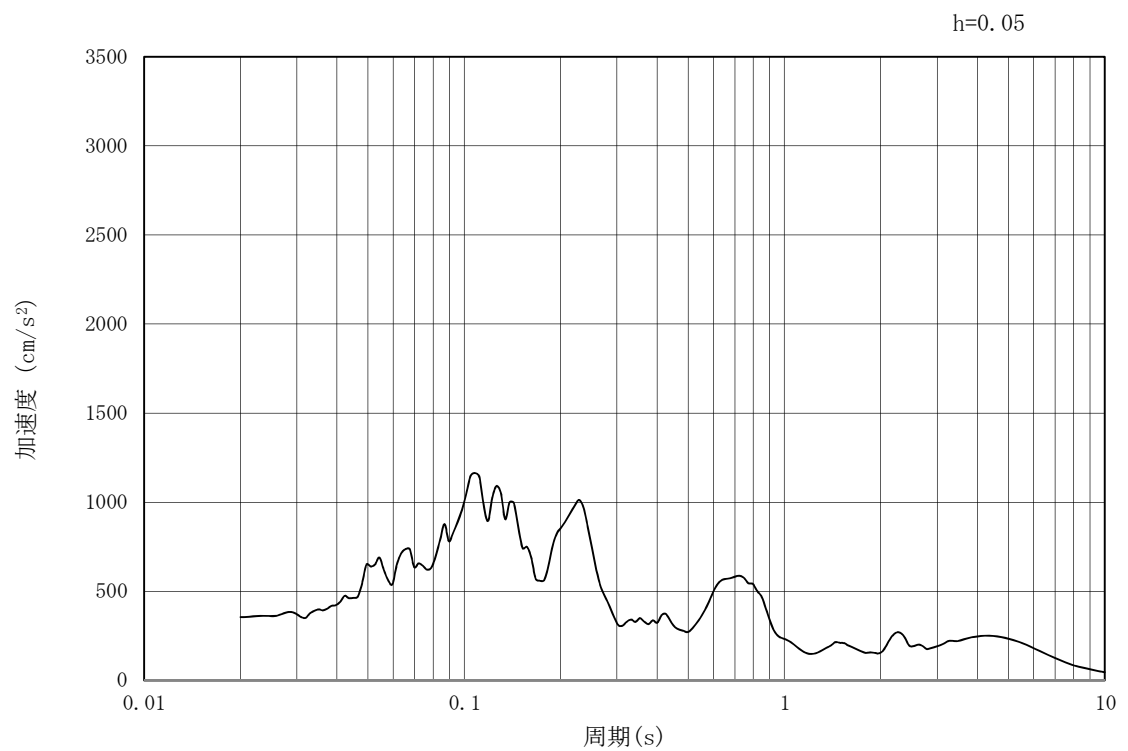
(b) 加速度応答スペクトル

図 11.3-2 (8) 東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直方向： $S_s - 1.3$ )





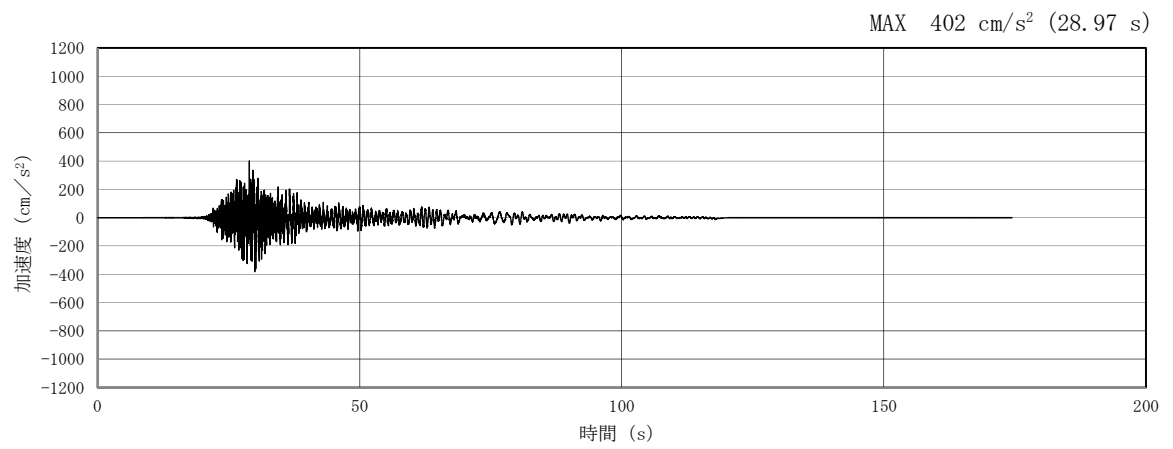
(a) 加速度時刻歴波形



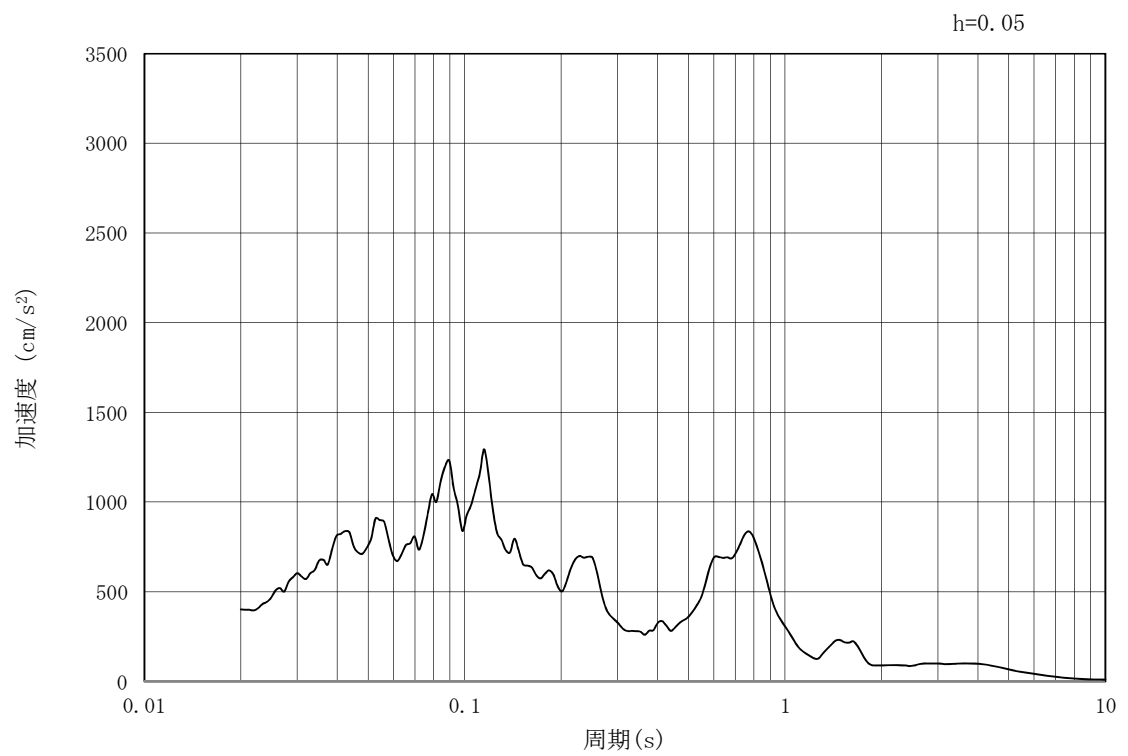
(b) 加速度応答スペクトル

図 11.3-2 (9) 東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平方向:  $S_s - 1.4$ )





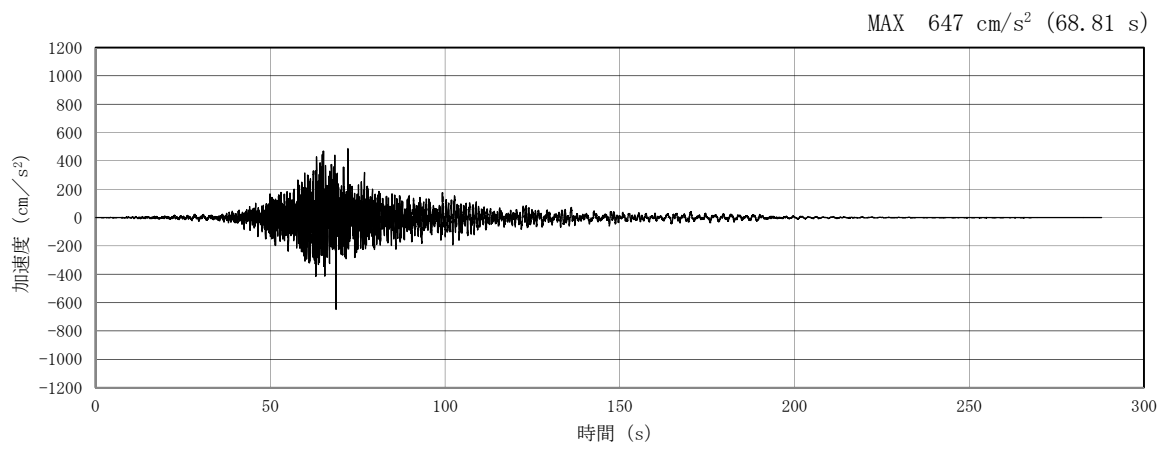
(a) 加速度時刻歴波形



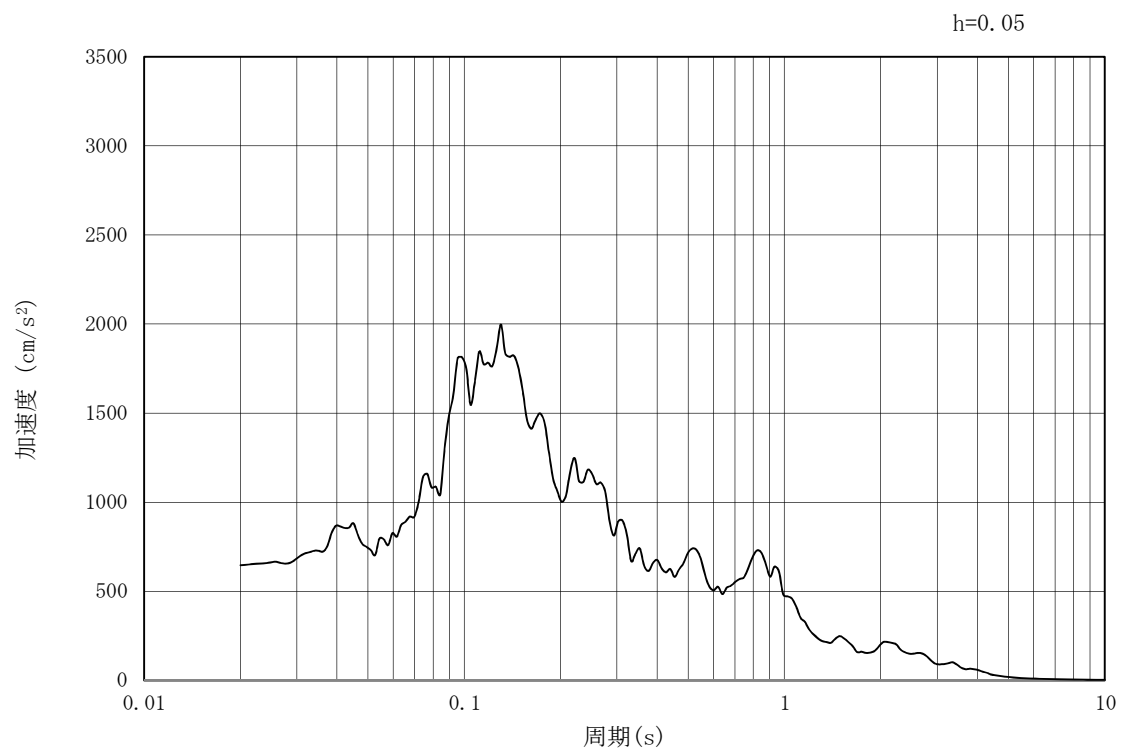
(b) 加速度応答スペクトル

図 11.3-2 (10) 東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直方向： $S_s - 1.4$ )





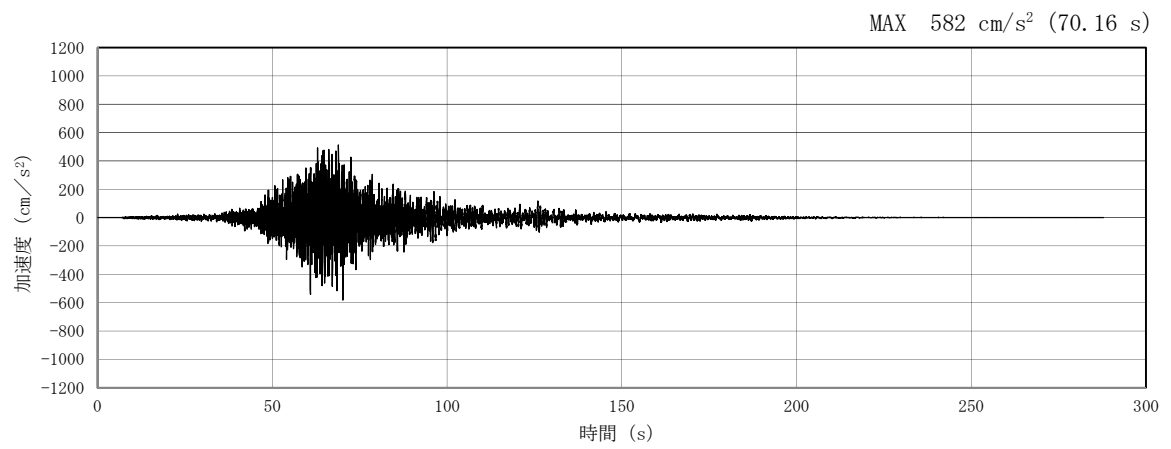
(a) 加速度時刻歴波形



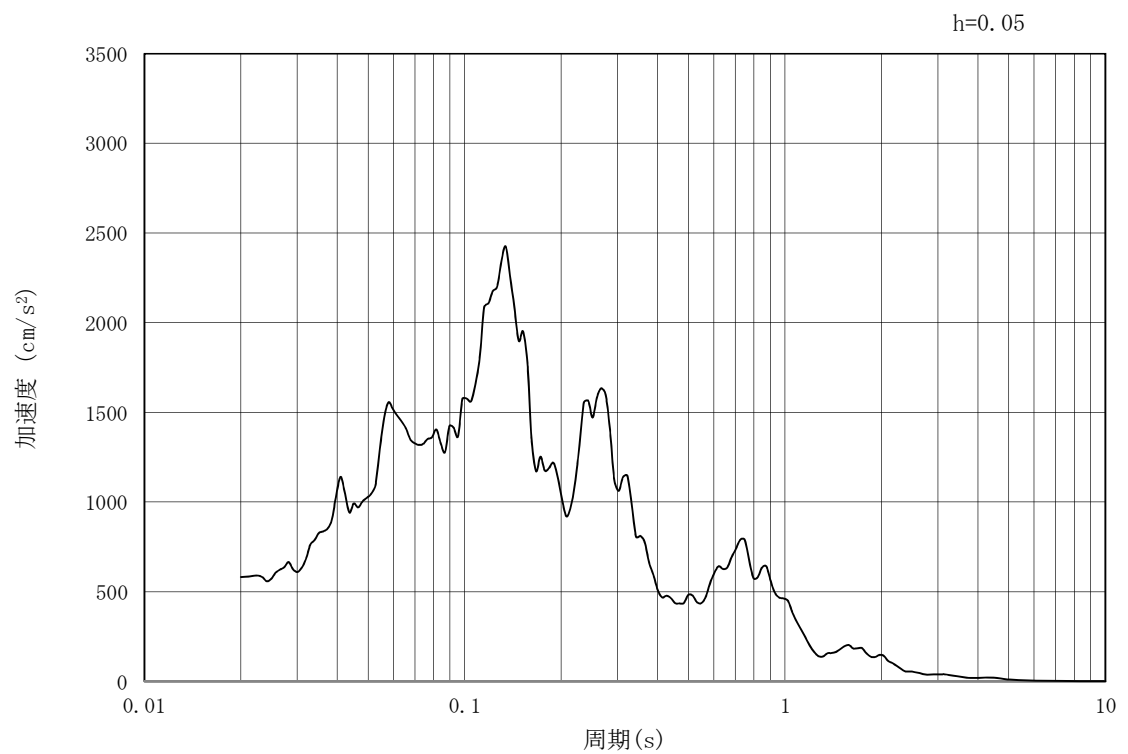
(b) 加速度応答スペクトル

第 11.3-4 図 (11) 東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平方向:  $S_s - 2.1$ )





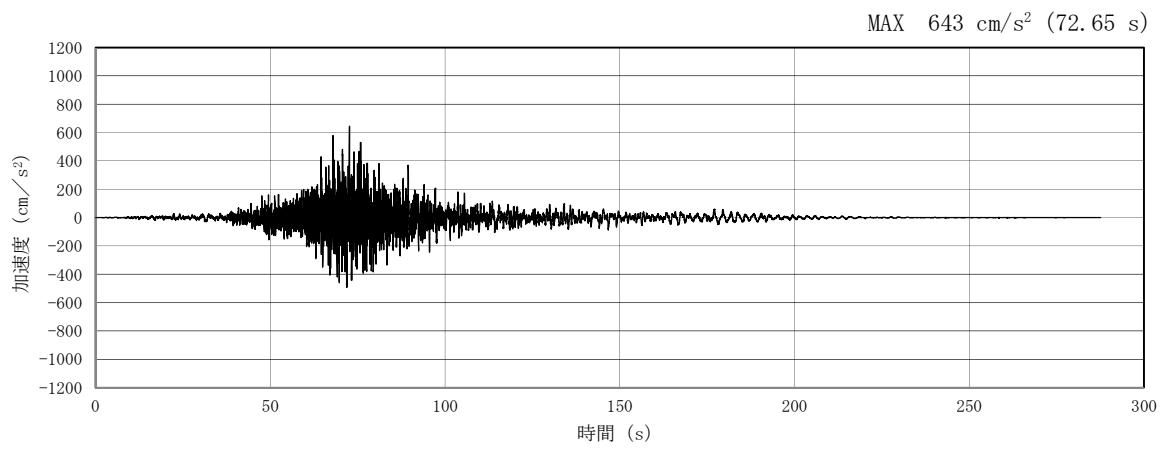
(a) 加速度時刻歴波形



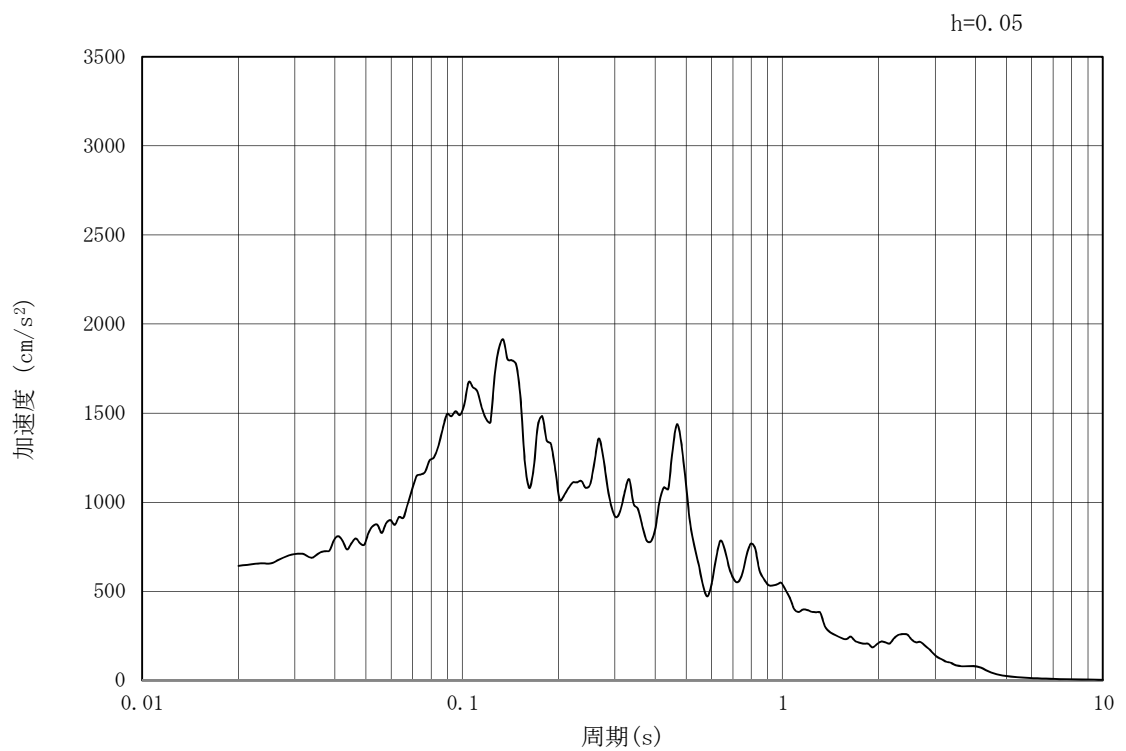
(b) 加速度応答スペクトル

図 11.3-2 (12) 東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直方向:  $S_s - 2.1$ )





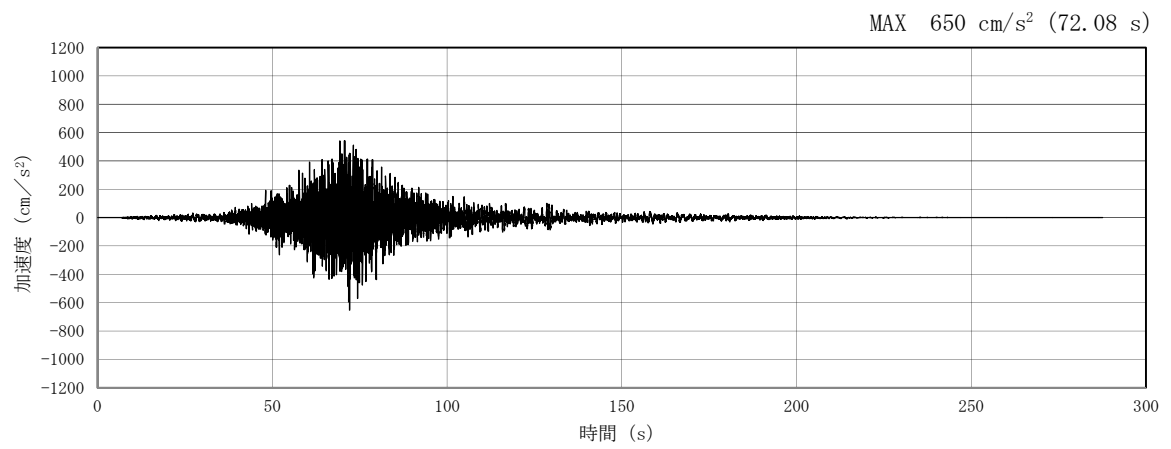
(a) 加速度時刻歴波形



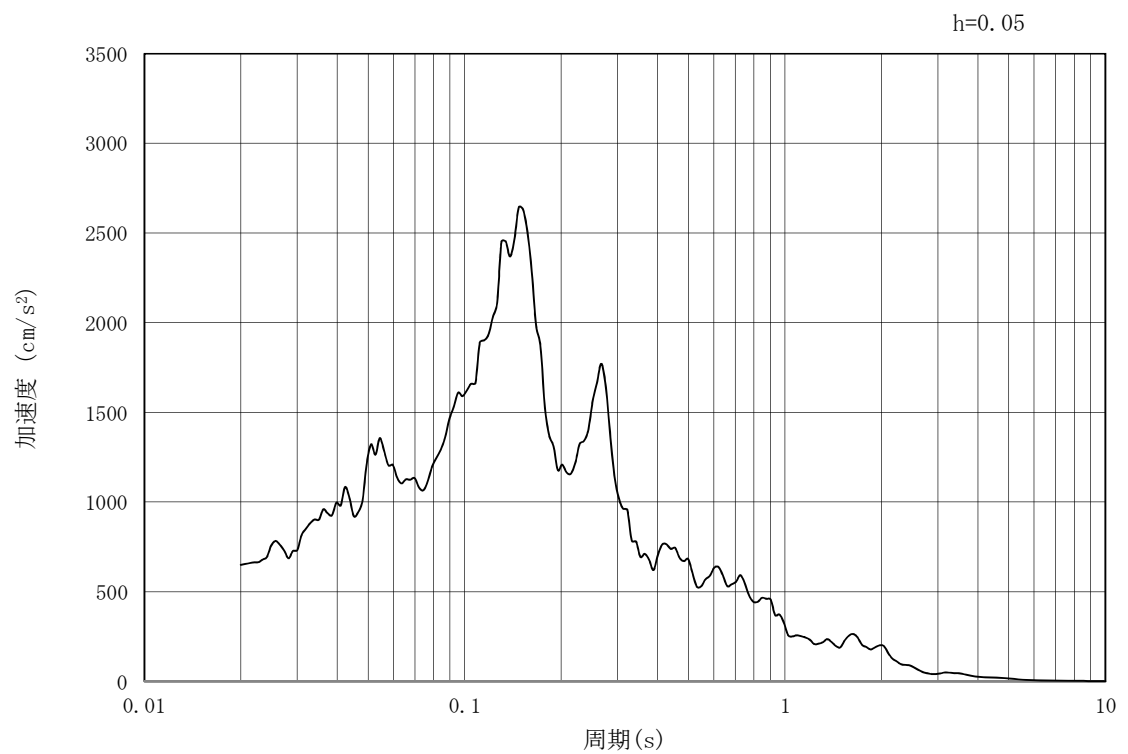
(b) 加速度応答スペクトル

図 11.3-2 (13) 東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平方向:  $S_s - 2.2$ )





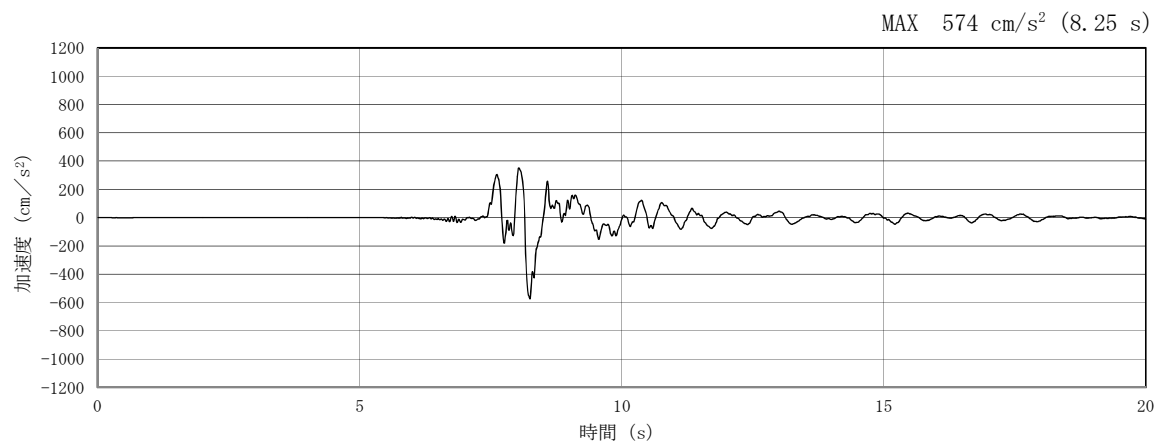
(a) 加速度時刻歴波形



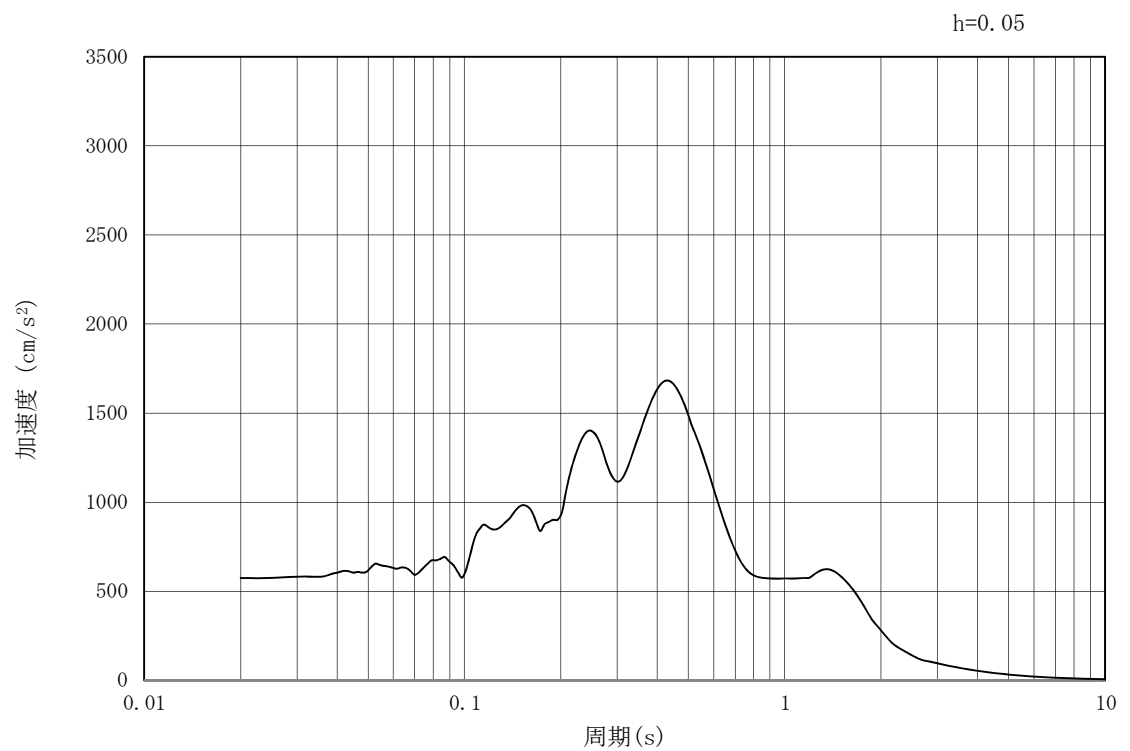
(b) 加速度応答スペクトル

図 11.3-2 (14) 東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直方向： $S_s - 2.2$ )





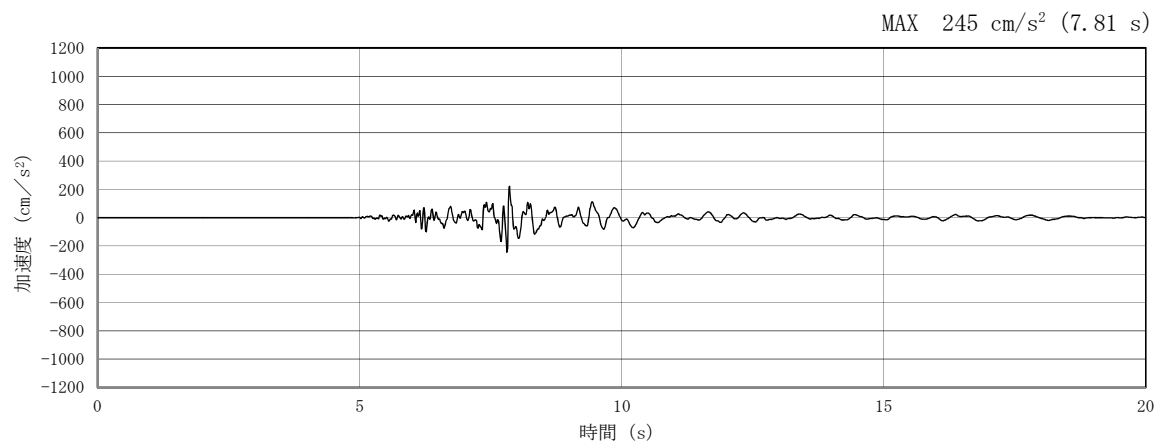
(a) 加速度時刻歴波形



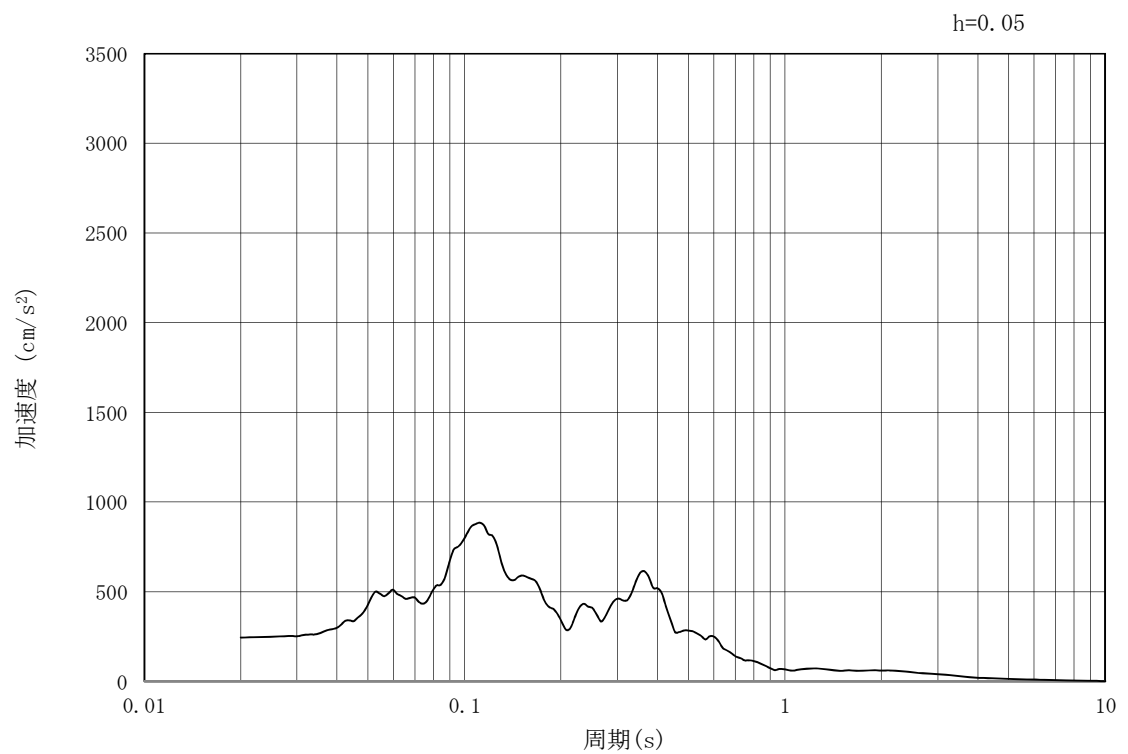
(b) 加速度応答スペクトル

図 11.3-2 (15) 東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平方向:  $S_s - 3.1$ )





(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

図 11.3-2 (16) 東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直方向： $S_s - 3.1$ )



### 11.3.2 許容限界の設定

#### (1) 許容応力度による許容限界

##### a. 構造部材に対する許容限界

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの構造部材は，許容応力度による照査を行う。評価位置においてコンクリートの圧縮応力度，鉄筋の引張応力度，コンクリートのせん断応力度が許容応力度以下であることを確認する。

**短期**許容応力度については，「コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（（社）土木学会，2002年制定）」に基づき，コンクリート及び鉄筋の許容応力度に対して割増係数1.5を考慮し，表11.3-1のとおり設定する。

表 11.3-1 許容応力度

| 評価項目  |                             | 短期許容応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) |
|---|-----------------------------|---------------------------------|
| コンクリート*1<br>(f' <sub>ck</sub> =40 N/mm <sup>2</sup> ) | 許容曲げ圧縮応力度 $\sigma_{ca}$     | 21.0                            |
|   | 許容せん断応力度 $\tau_{a1}$        | 0.825*3                         |
| 鉄筋(SD490)*2   | 許容引張応力度 $\sigma_{sa}$ (曲げ)  | 435                             |
|   | 許容引張応力度 $\sigma_{sa}$ (せん断) | 300                             |

注記 \*1：コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（（社）土木学会，2002年制定）

\*2：道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成24年3月）

\*3：斜め引張鉄筋を考慮する場合は，「コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（（社）土木学会，2002年制定）」を準拠し，次式により求められる許容せん断力を（ $V_a$ ）を許容限界とする。各部材における許容限界を表11.3-2に示す。

$$V_a = V_{ca} + V_{sa}$$

ここで，

$V_{ca}$  : コンクリートの許容せん断力

$$V_{ca} = 1/2 \cdot \tau_{a1} \cdot b_w \cdot j \cdot d$$

$V_{sa}$  : 斜め引張鉄筋の許容せん断力

$$V_{sa} = A_w \cdot \sigma_{sa2} \cdot j \cdot d / s$$

$\tau_{a1}$  : 斜め引張鉄筋を考慮しない場合の許容せん断応力度

$b_w$  : 有効幅

$j$  : 1/1.15

$d$  : 有効高さ

$A_w$  : 斜め引張鉄筋断面積

$\sigma_{sa2}$  : 鉄筋の許容引張応力度

$s$  : 斜め引張鉄筋間隔



表 11.3-2 斜め引張鉄筋を配置する部材のせん断力に対する許容限界

| 位置  | 断面形状        |             |             |             | せん断補強鉄筋 |               |               | 許容せん断力                     |                        | 短期許容<br>せん断力 $V_a$<br>( $=V_{ca}+V_{sa}$ )<br>(kN) |
|-----|-------------|-------------|-------------|-------------|---------|---------------|---------------|----------------------------|------------------------|--|
|     | 部材幅<br>(mm) | 部材高<br>(mm) | かぶり<br>(mm) | 有効高<br>(mm) | 径       | $S_b$<br>(mm) | $S_s$<br>(mm) | コンクリート<br>$V_{ca}$<br>(kN) | 鉄筋<br>$V_{sa}$<br>(kN) |  |
| 底版  | 1000        | 1500        | 140         | 1360        | D22     | 250           | 250           | 487.83                     | 2197.38                | 2685   |
| 側壁  | 1000        | 1500        | 140         | 1360        | D22     | 250           | 250           | 487.83                     | 2197.38                | 2685   |
| スラブ | 1000        | 1100        | 140         | 960         | D22     | 250           | 250           | 344.35                     | 1551.09                | 1895   |
| 頂版  | 1000        | 1500        | 140         | 1360        | D22     | 250           | 250           | 487.83                     | 2197.38                | 2685   |

b. 人工岩盤に対する許容限界

人工岩盤の健全性に係る許容限界は、原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 ( (社) 日本電気協会) に基づき、表 11.3-3 のとおり、すべり安全率 1.2 とする。すべり安全率は、仮定した**仮想すべり面**上のせん断抵抗力を発生せん断力で除した値として次式により算定する。

$$F_s = \frac{\sum(R_i \times L_i)}{\sum(\tau_i \times L_i)}$$

ここで、

$F_s$  : すべり安全率

$R_i$  : **仮想すべり面**上の各要素のせん断強度 (kN/m<sup>2</sup>)

$\tau_i$  : **仮想すべり面**上の各要素の発生せん断応力 (kN/m<sup>2</sup>)

$L_i$  : **仮想すべり面**上の各要素の長さ (m)

表 11.3-3 人工岩盤の許容限界

| 評価項目   | 許容限界 |
|--------|------|
| すべり安全率 | 1.2  |



(2) 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

a. 支持地盤 (Km 層)

極限支持力は、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき、道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会、平成14年3月）より設定する。

道路橋示方書によるケーソン基礎の支持力算定式を以下に示す。

$$q_d = \alpha c N_c + \frac{1}{2} \beta \gamma_1 B N_\gamma + \gamma_2 D_f N_q$$

$q_d$  : 基礎底面地盤の極限支持力度 ( $\text{kN/m}^2$ )

$c$  : 基礎底面より下にある地盤の粘着力 ( $\text{kN/m}^2$ )

\*  $c$  は Km 層の非排水せん断強度

$\gamma_1$  : 基礎底面より下にある地盤の単位体積重量 ( $\text{kN/m}^3$ )

ただし、地下水位以下では水中単位体積重量とする。

$\gamma_2$  : 基礎底面より上にある周辺地盤の単位体積重量 ( $\text{kN/m}^3$ )

ただし、地下水位以下では水中単位体積重量とする。

$\alpha$ ,  $\beta$  : 表 11.3-4 に示す基礎底面の形状係数

$B$  : 基礎幅 (m)

$D_f$  : 基礎の有効根入れ深さ (m)

$N_c$ ,  $N_q$ ,  $N_\gamma$  : 図 11.3-4 に示す支持力係数

表 11.3-4 基礎底面の形状係数

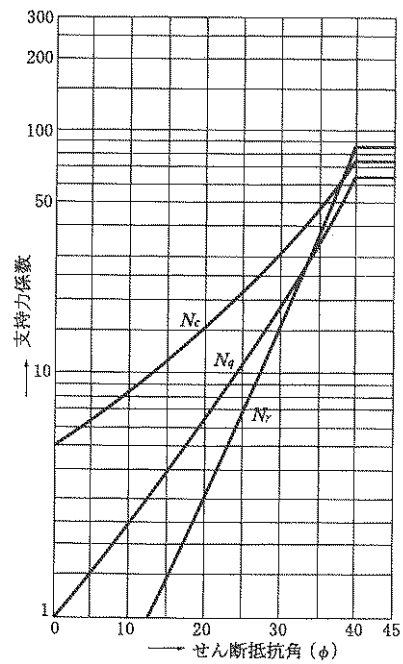
| 基礎底面の形状<br>形状係数 | 帯 状 | 正方形, 円形 | 長方形, 小判形              |
|-----------------|-----|---------|-----------------------|
| $\alpha$        | 1.0 | 1.3     | $1 + 0.3 \frac{B}{D}$ |
| $\beta$         | 1.0 | 0.6     | $1 - 0.4 \frac{B}{D}$ |

$D$  : ケーソン前面幅 (m),  $B$  : ケーソン側面幅 (m)

ただし、 $B/D > 1$  の場合、 $B/D = 1$  とする。

「道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会、平成14年3月）」より





「道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成14年3月）」より」

図 11.3-4 支持力係数を求めるグラフ

表 11.3-5 基礎地盤の極限支持力度

| 評価項目      | 極限支持力度 (kN/m <sup>2</sup> ) |
|-----------|-----------------------------|
| 基礎地盤の支持性能 | 4692                        |



b. 人工岩盤

人工岩盤の支圧強度は、コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（（社）土木学会，2002年制定）」に基づき設定する。

コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕による支圧強度の算定式を以下に示す。

$$\text{支圧強度 } f'_a = \eta \cdot f'_{ck}$$
$$\text{ただし, } \eta = \sqrt{A/A_a} \leq 2$$

ここで

$f'_{ck}$ ：設計基準強度

$A$ ：コンクリート面の支圧分布面積

$A_a$ ：接地圧を受ける面積

$$\text{許容せん断力応力 } \tau_{sa} = \frac{1}{2} \sigma_{sa}$$

ここで

$\sigma_{sa}$ ：コンクリートの許容曲げ圧縮応力度

人工岩盤の支圧強度を表11.3-4に示す。

表 11.3-4 人工岩盤の支圧強度（追而）

上記に基づき，地震時において人工岩盤上面に作用する接地圧が人工岩盤の支圧強度以下であることを確認する。



## 11.4 評価結果

### 11.4.1 地震応答解析結果

地震応答解析結果として「断面力分布」「最大せん断ひずみ分布」「過剰間隙水圧比分布」及び「格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート周辺に発生する最大加速度分布」を示す。

#### (1) 構造部材の断面力分布

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートのコンクリートの曲げ軸力に対する照査，鉄筋の曲げ軸力に対する照査，コンクリートのせん断力に対する照査の各照査に対して，全地震波のうち最も厳しい照査値となった照査結果を表 11.4-1～表 11.4-3 に示す。

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの断面力分布（曲げモーメント，軸力，せん断力）を図 11.4-1～図 11.4-4 に示す。本図は，構造部材の曲げ軸力，せん断力に対する照査の各照査に対して全地震波のうち最も厳しい照査値となった時刻における断面力分布を部材ごとに示したものである。

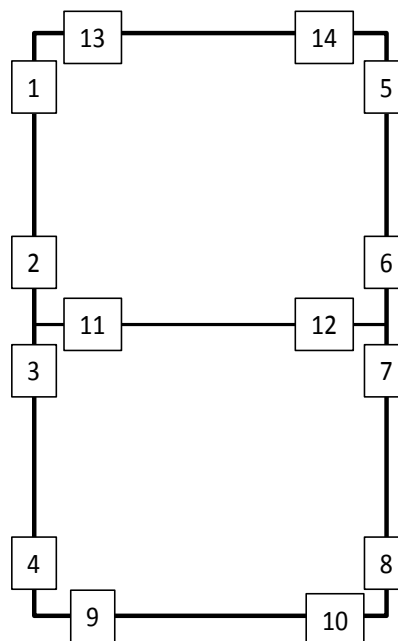


表 11.4-1 コンクリートの曲げ軸力に対する照査結果

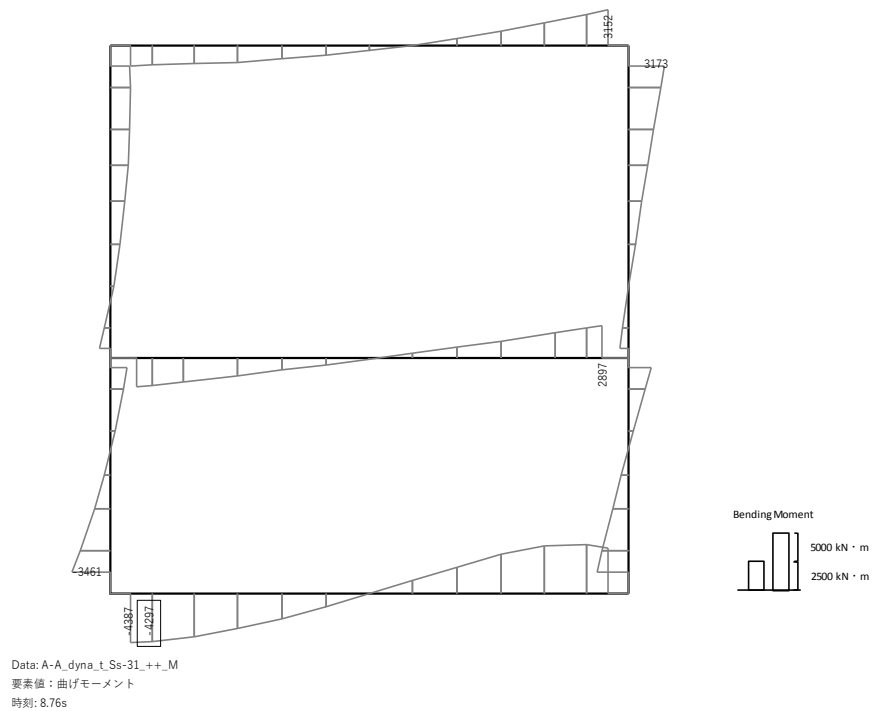
(各部材において最も厳しい照査値とその地震波)

| 評価位置 |    | 断面形状 (mm) |         |         | 引張<br>鉄筋量<br>(mm <sup>2</sup> ) | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 圧縮<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値  | 検討<br>ケース | 地震波          |
|------|----|-----------|---------|---------|---------------------------------|-----------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|------|-----------|--------------|
|      |    | 部材<br>幅   | 部材<br>高 | 有効<br>高 |                                 |                       |            |                                   |                                     |      |           |              |
| 底版   | 9  | 1000      | 1500    | 1360    | 10720                           | -4297                 | 2029       | 11.6                              | 21.0                                | 0.56 | ④         | Ss-<br>31_++ |
| 側壁   | 5  | 1000      | 1500    | 1360    | 9120                            | 2922                  | 1355       | 8.6                               | 21.0                                | 0.41 | ④         | Ss-<br>31_++ |
| スラブ  | 12 | 1000      | 1100    | 960     | 9120                            | 2724                  | 848        | 13.5                              | 21.0                                | 0.65 | ④         | Ss-<br>31_++ |
| 頂版   | 14 | 1000      | 1500    | 1360    | 9120                            | 2796                  | 715        | 8.0                               | 21.0                                | 0.39 | ④         | Ss-<br>31_++ |

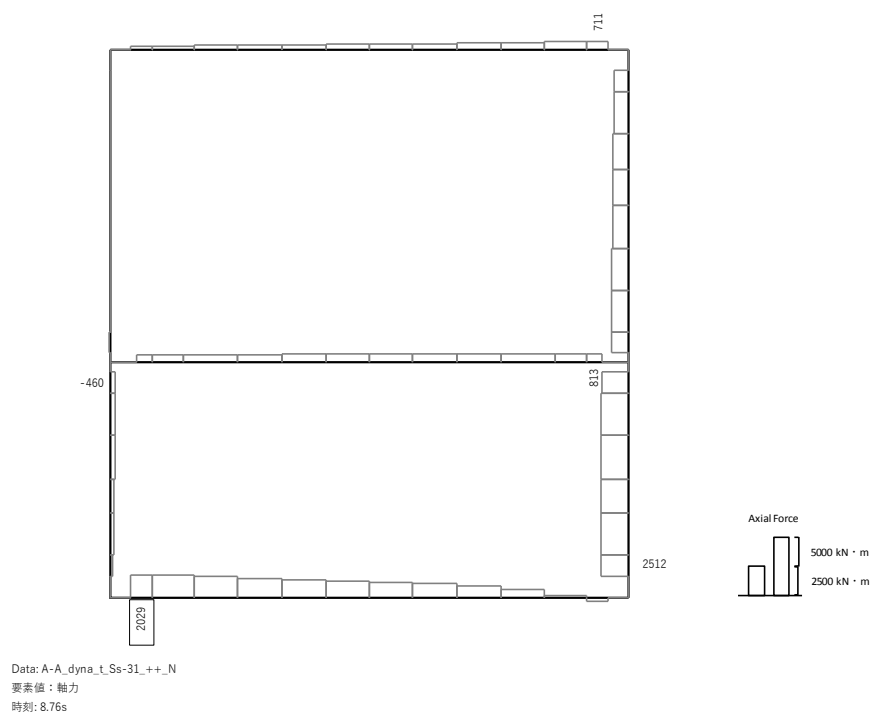
※1 評価位置は下図に示す





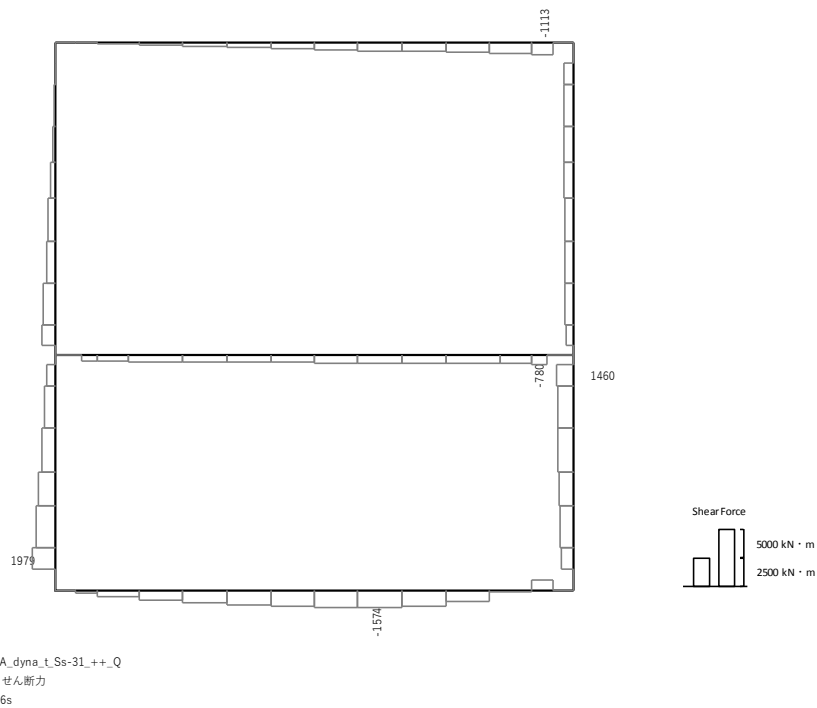


曲げモーメント (kN・m)



軸力 (kN) (+ : 圧縮、- : 引張)

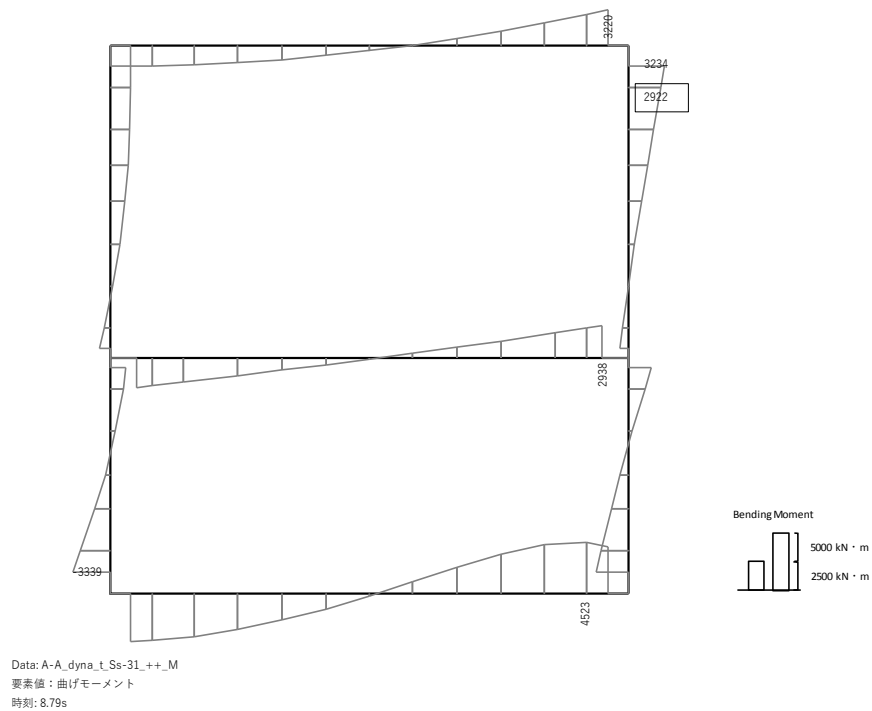




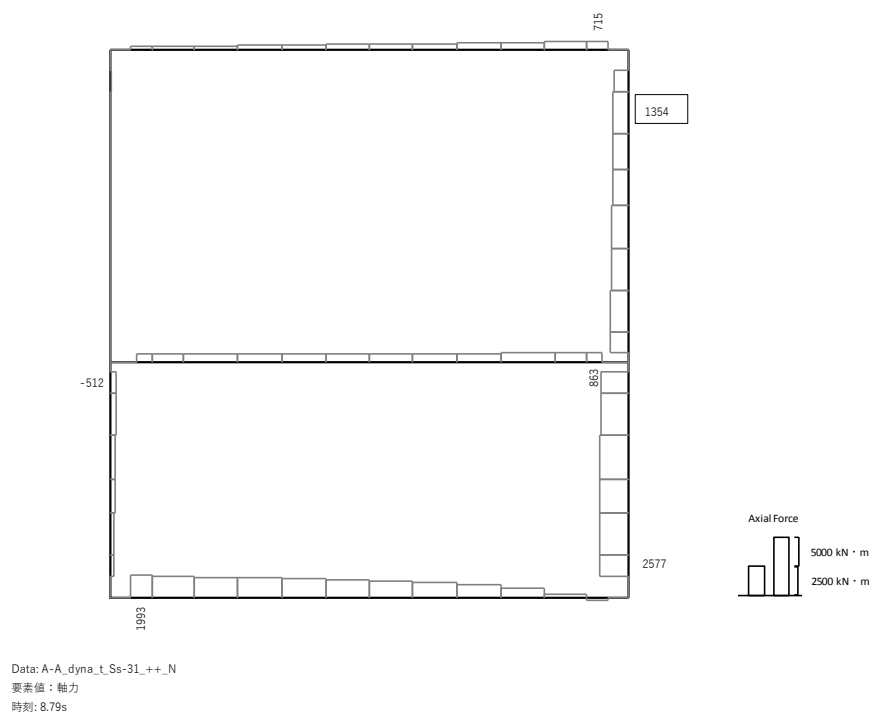
せん断力 (kN)

図 11.4-1(1) 底版において最も厳しい照査値となる時刻の断面力分布  
( $S_s - 31 (H+, V+)$ ,  $t = 8.76s$ )  
(検討ケース④: 敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により  
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)



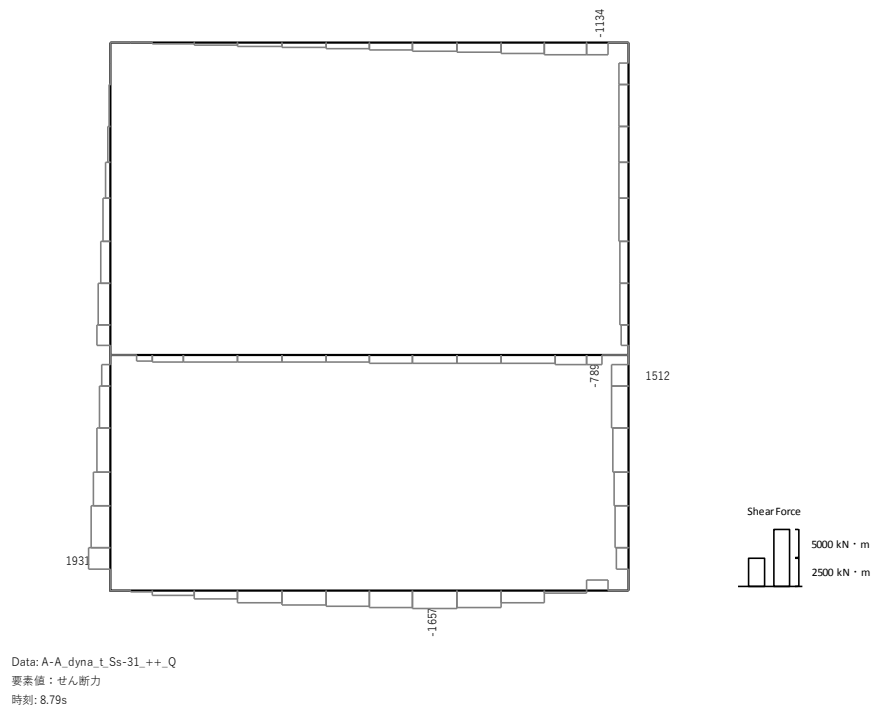


曲げモーメント (kN · m)



軸力 (kN) (+ : 圧縮、- : 引張)



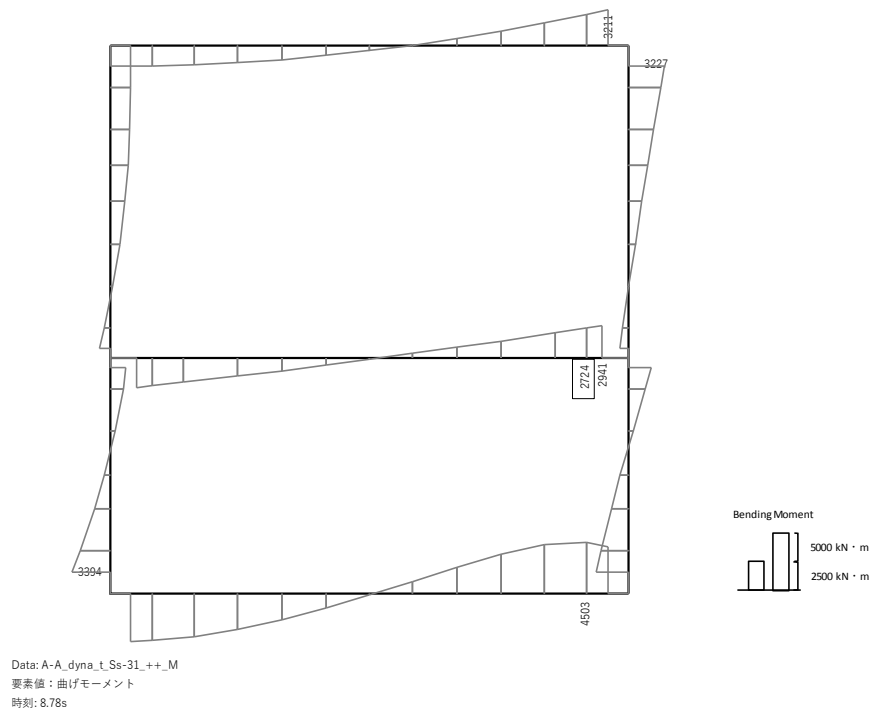


せん断力 (kN)

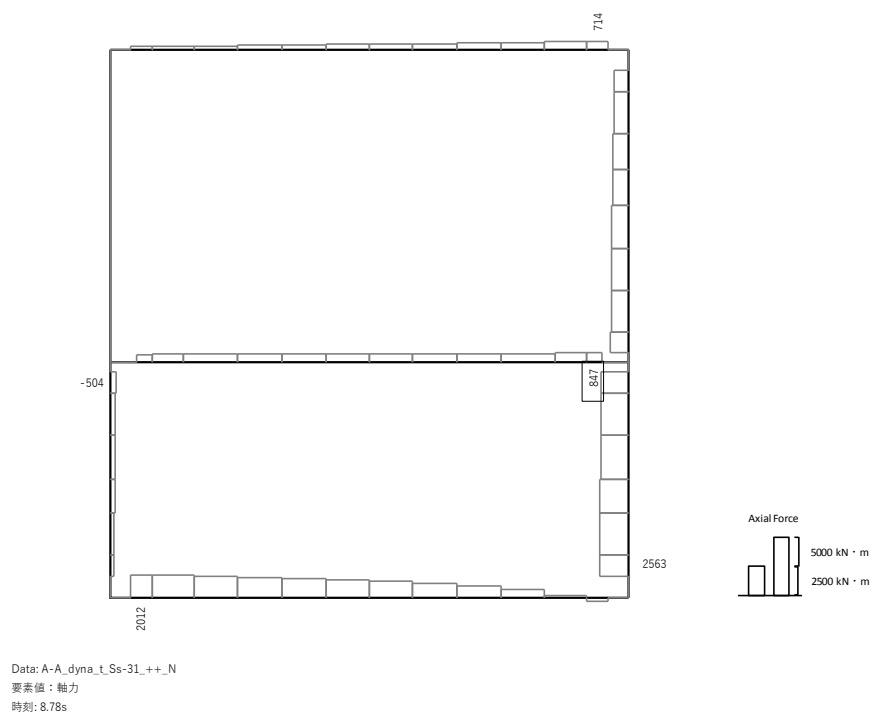
図 11.4-1(2) 側壁において最も厳しい照査値となる時刻の断面力分布  
( $S_s - 31 (H+, V+)$ ,  $t = 8.79s$ )

(検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により  
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)



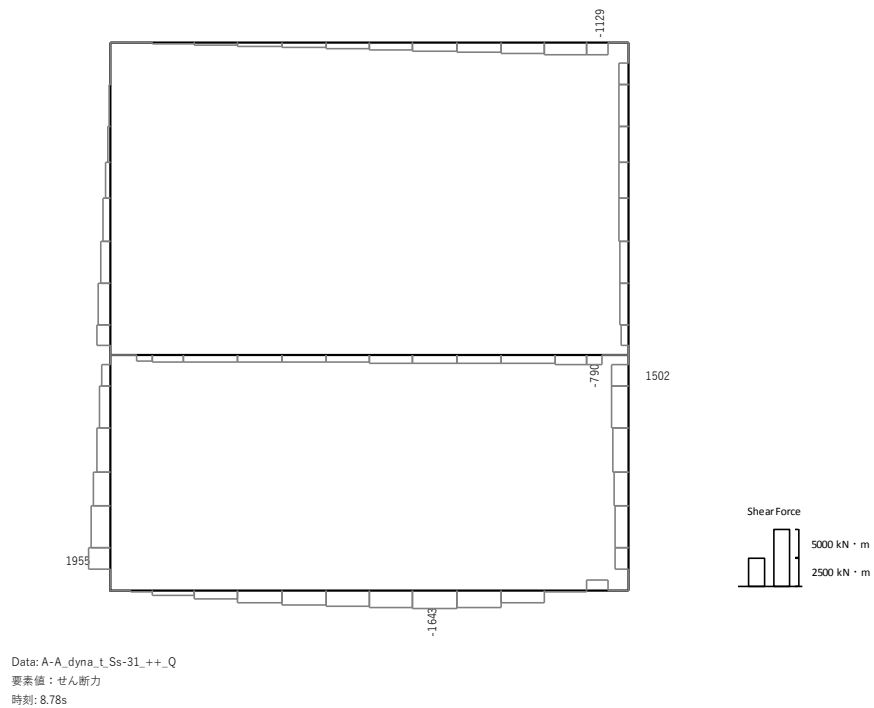


曲げモーメント (kN · m)



軸力 (kN) (+ : 圧縮、- : 引張)





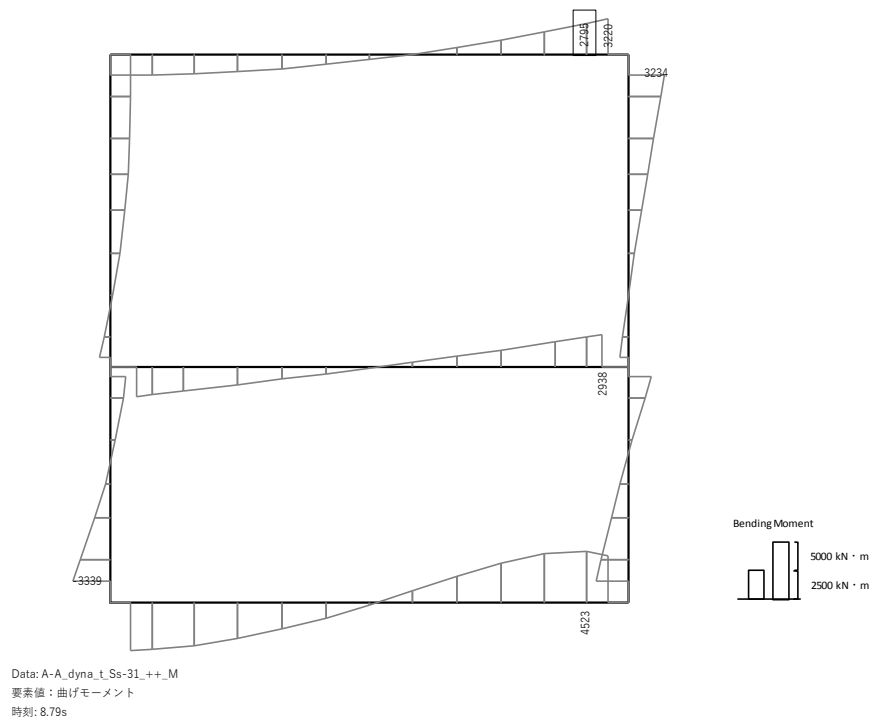
せん断力 (kN)

図 11.4-1(3) スラブにおいて最も厳しい照査値となる時刻の断面力分布

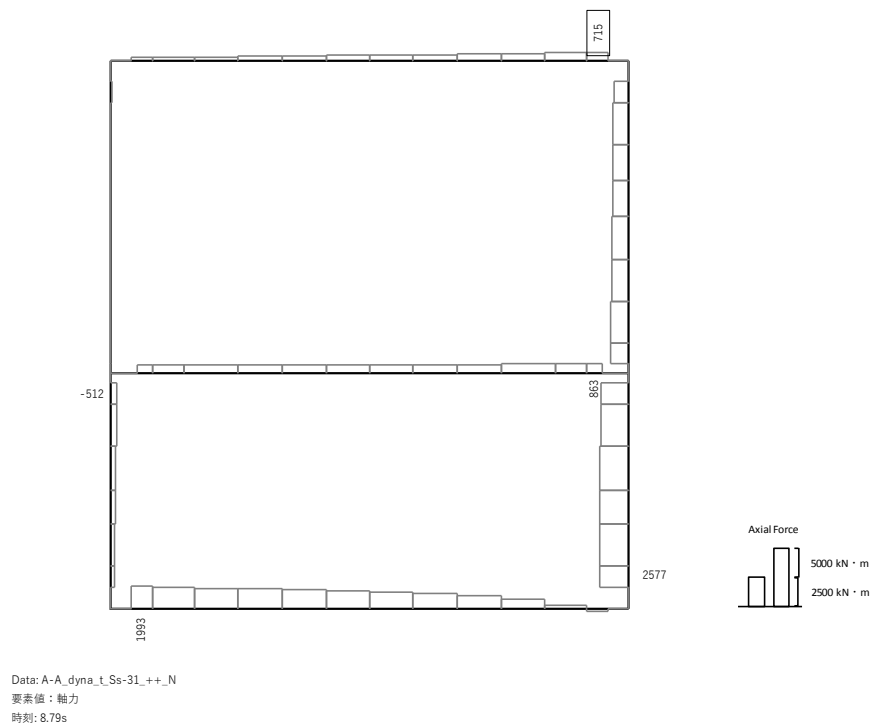
( $S_s - 31 (H+, V+)$ ,  $t = 8.78s$ )

(検討ケース④: 敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により  
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)



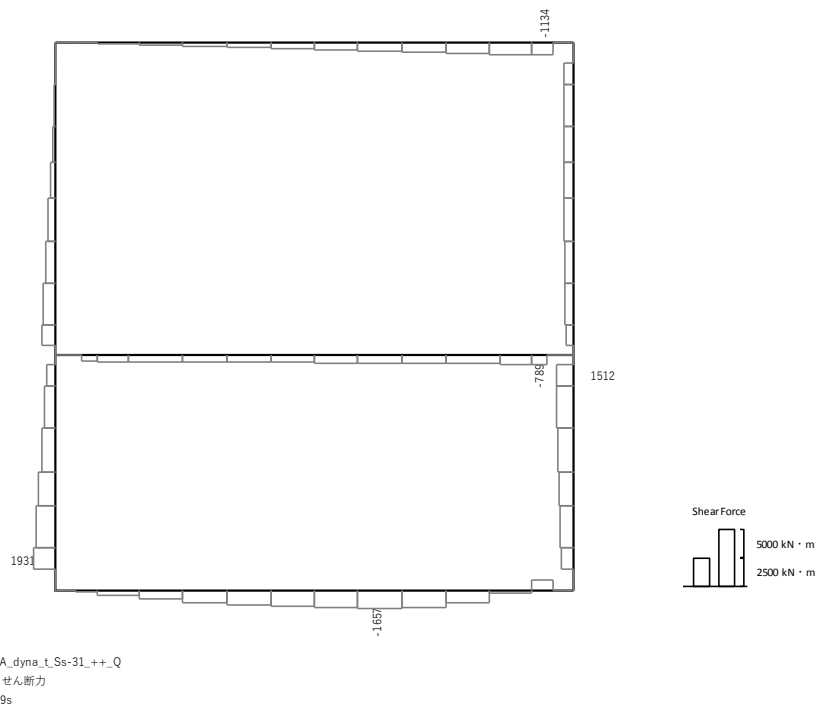


曲げモーメント (kN・m)



軸力 (kN) (+ : 圧縮、- : 引張)





せん断力 (kN)

図 11.4-1(4) 頂版において最も厳しい照査値となる時刻の断面力分布  
( $S_s - 31 (H+, V+)$ ,  $t = 8.79s$ )

(検討ケース④: 敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により  
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)

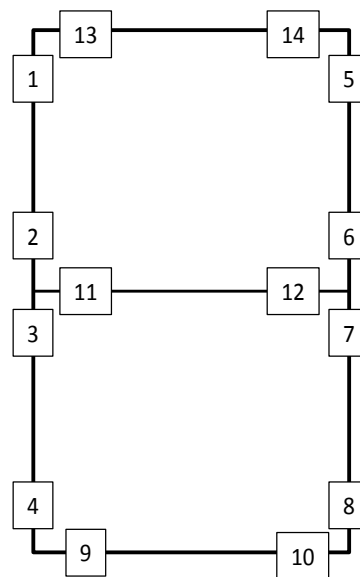


表 11.4-2 鉄筋の引張に対する照査結果

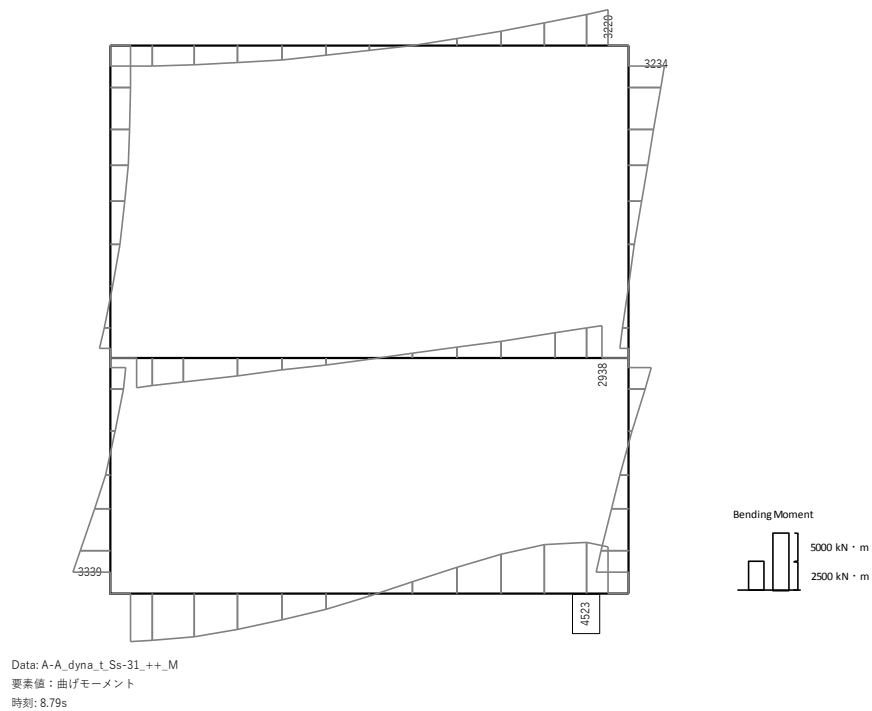
(各部材において最も厳しい照査値とその地震波)

| 評価位置 |    | 断面形状 (mm) |         |         | 引張<br>鉄筋量<br>(mm <sup>2</sup> ) | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 引張<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値  | 検討<br>ケース | 地震波          |
|------|----|-----------|---------|---------|---------------------------------|-----------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|------|-----------|--------------|
|      |    | 部材<br>幅   | 部材<br>高 | 有効<br>高 |                                 |                       |            |                                   |                                     |      |           |              |
| 底版   | 10 | 1000      | 1500    | 1360    | 10720                           | 4523                  | -316       | 362                               | 435                                 | 0.84 | ④         | Ss-<br>31_++ |
| 側壁   | 4  | 1000      | 1500    | 1360    | 9120                            | -2719                 | -306       | 261                               | 435                                 | 0.60 | ④         | Ss-<br>31_++ |
| スラブ  | 12 | 1000      | 1100    | 960     | 9120                            | 2724                  | 842        | 314                               | 435                                 | 0.73 | ④         | Ss-<br>31_++ |
| 頂版   | 14 | 1000      | 1500    | 1360    | 9120                            | 2796                  | 661        | 219                               | 435                                 | 0.51 | ④         | Ss-<br>31_++ |

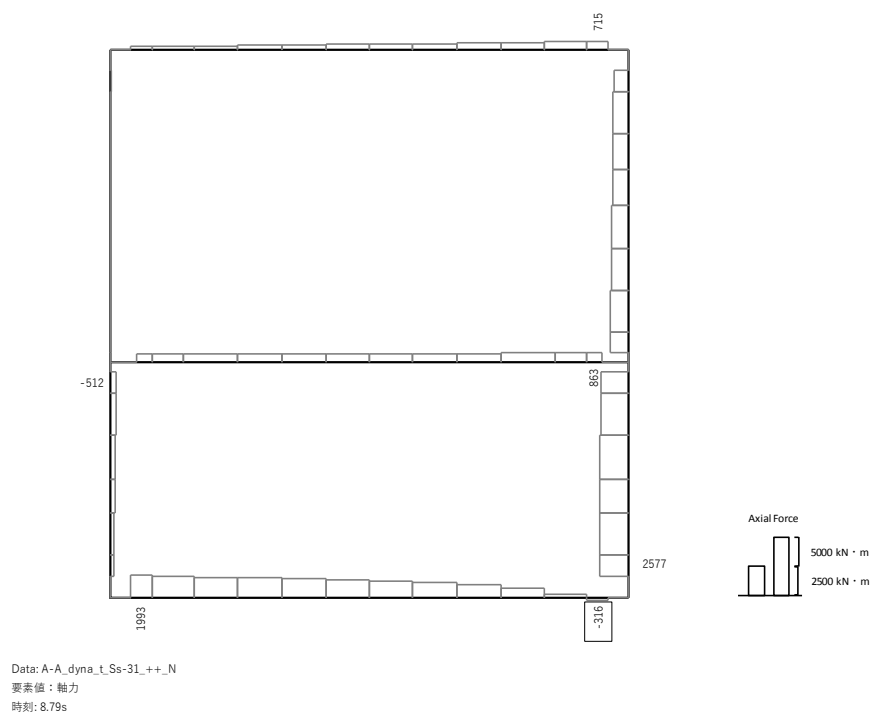
※1 評価位置は下図に示す





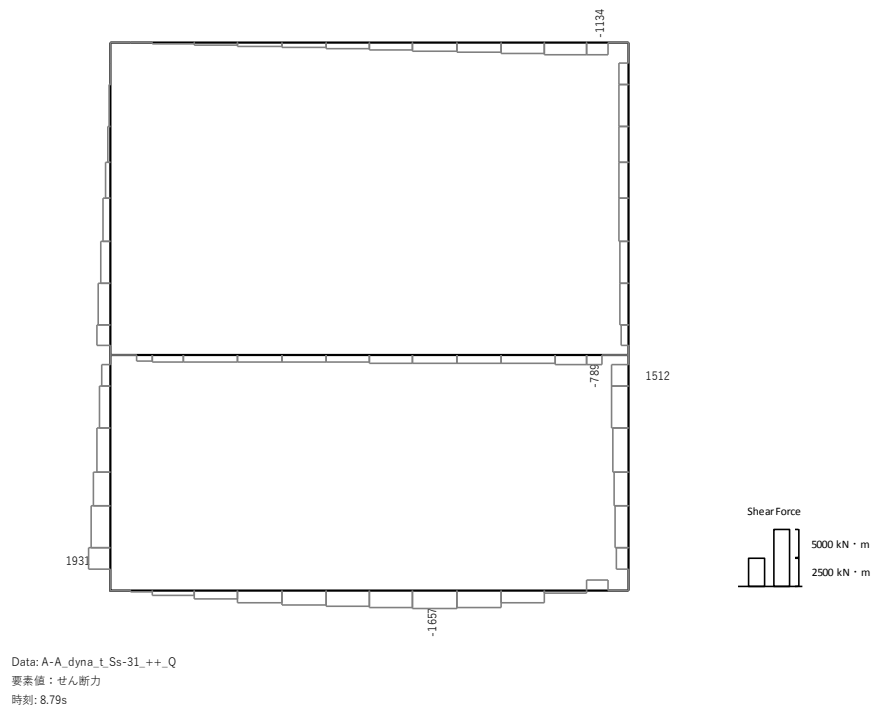


曲げモーメント (kN · m)



軸力 (kN) (+ : 圧縮、- : 引張)

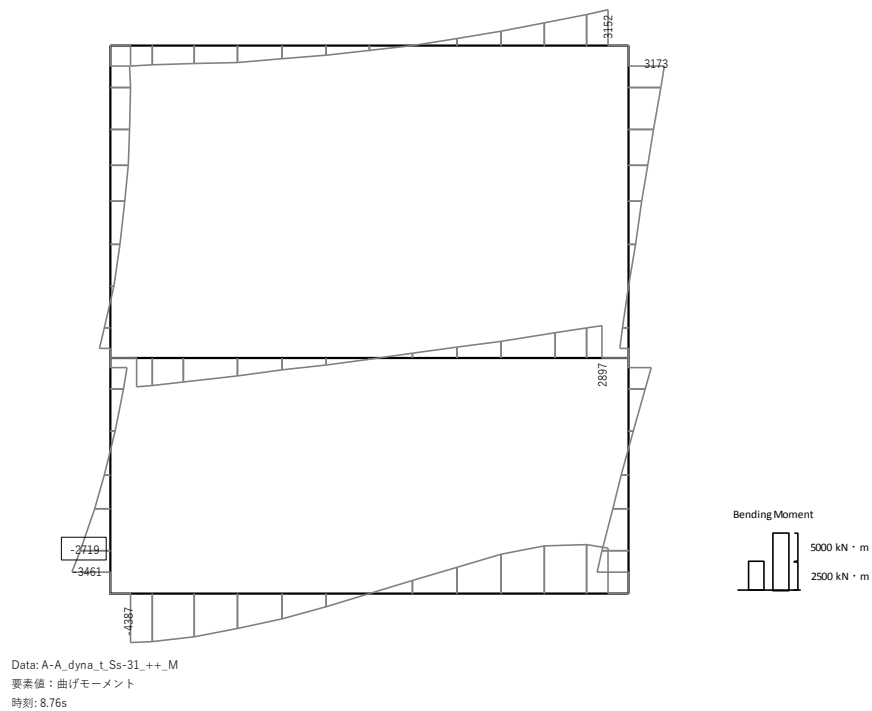




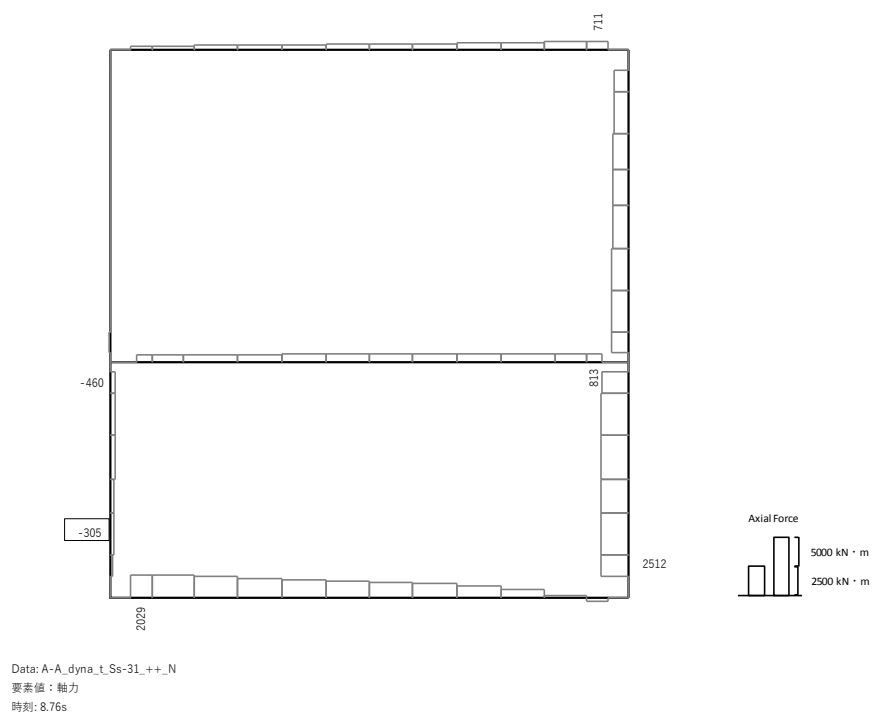
せん断力 (kN)

図 11.4-2(1) 底版において最も厳しい照査値となる時刻の断面力分布  
 ( $S_s - 31 (H+, V+)$ ,  $t = 8.79s$ )  
 (検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により  
 地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)



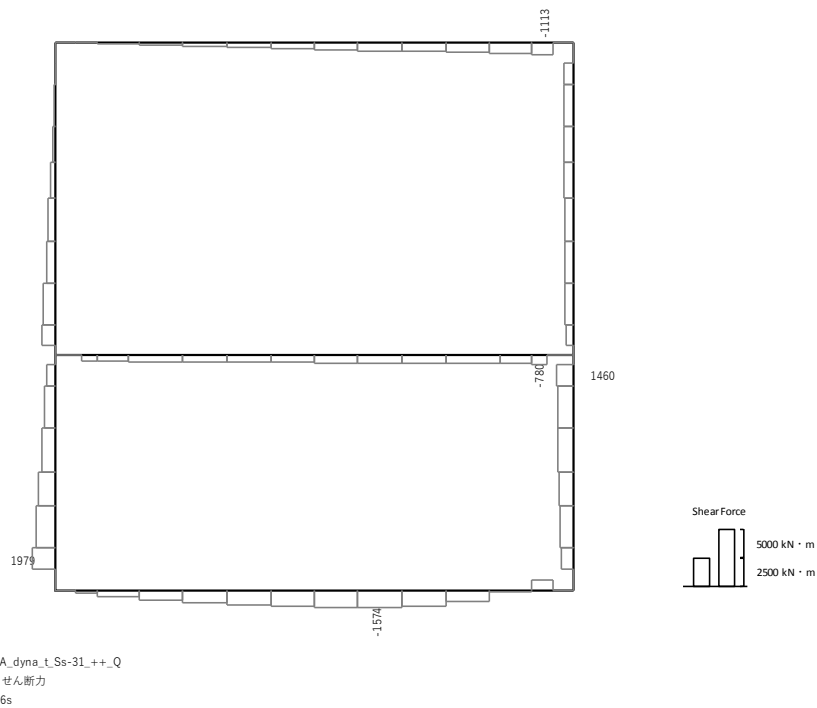


曲げモーメント (kN · m)



軸力 (kN) (+ : 圧縮、- : 引張)

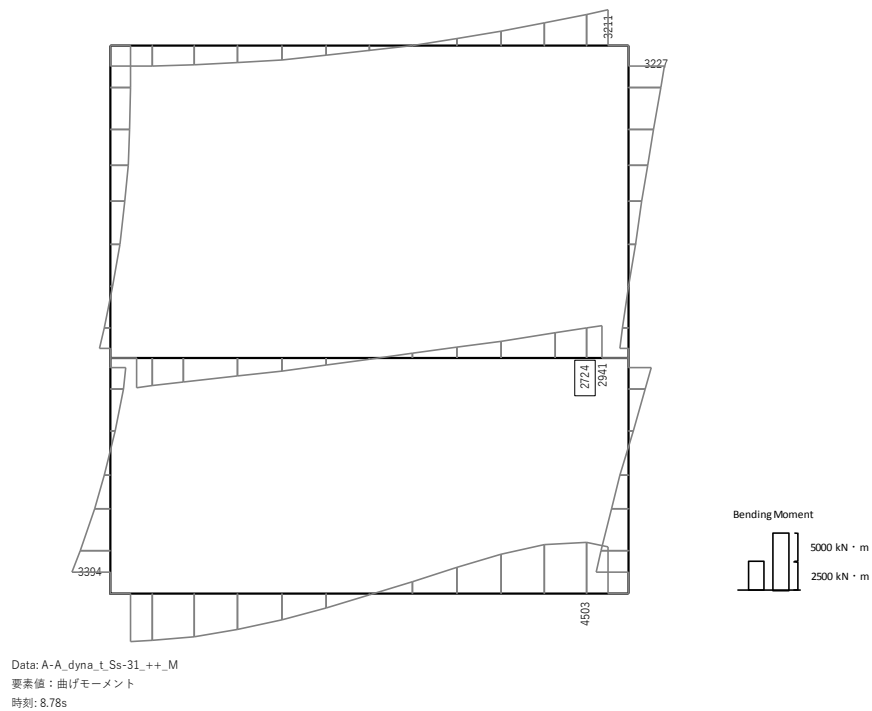




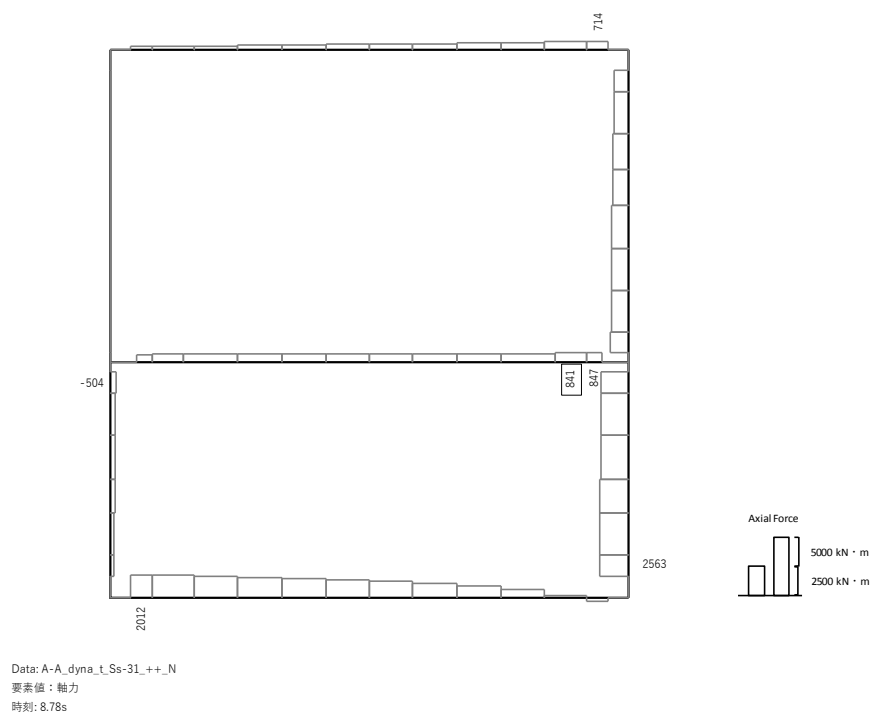
せん断力 (kN)

図 11.4-2(2) 側壁において最も厳しい照査値となる時刻の断面力分布  
 ( $S_s - 31 (H+, V+)$ ,  $t = 8.76s$ )  
 (検討ケース④: 敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により  
 地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)



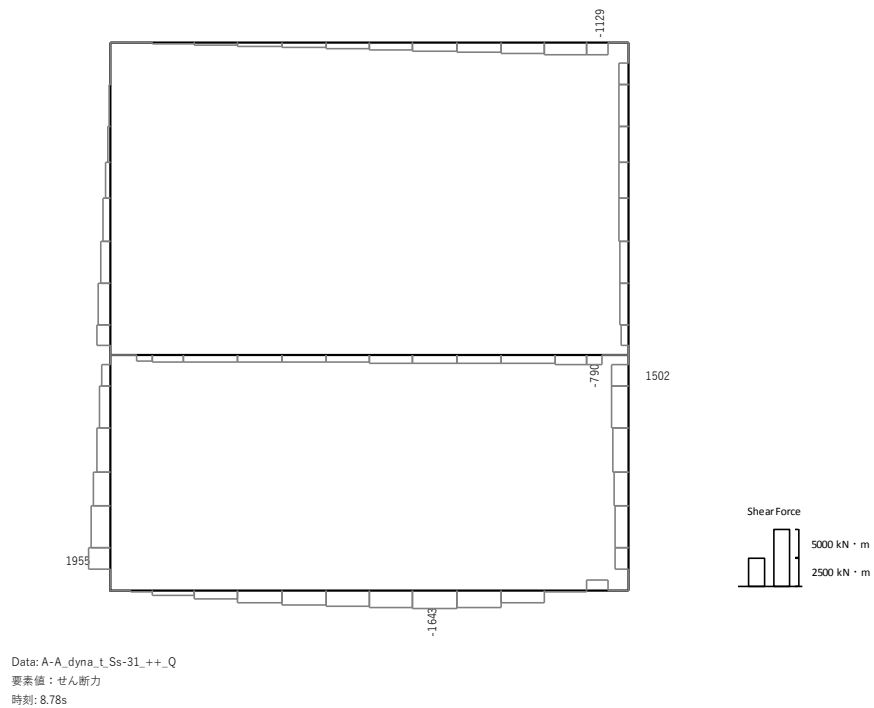


曲げモーメント (kN・m)



軸力 (kN) (+ : 圧縮、- : 引張)





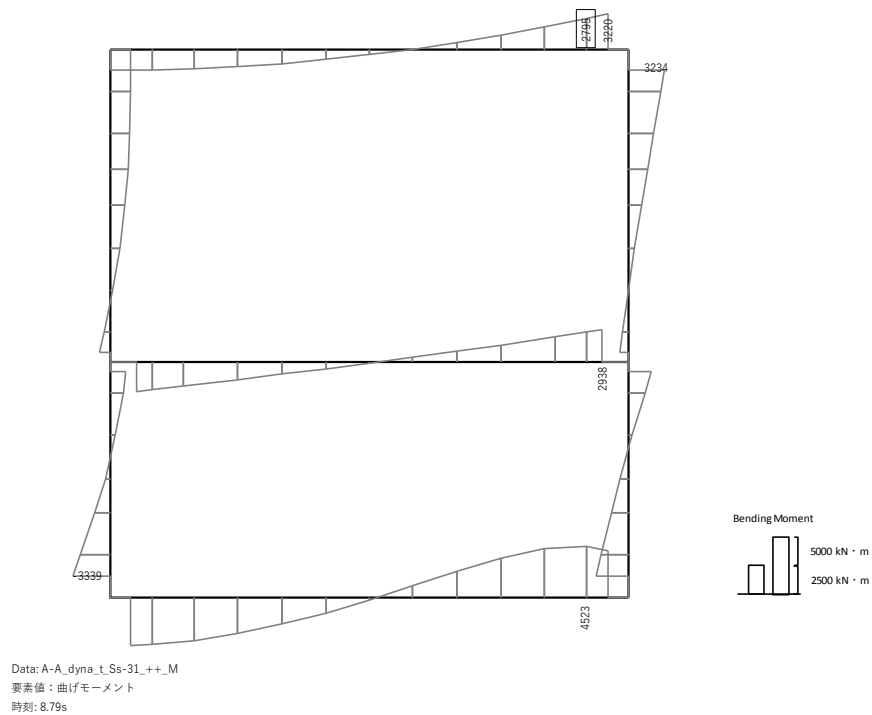
せん断力 (kN)

図 11.4-2(3) スラブにおいて最も厳しい照査値となる時刻の断面力分布

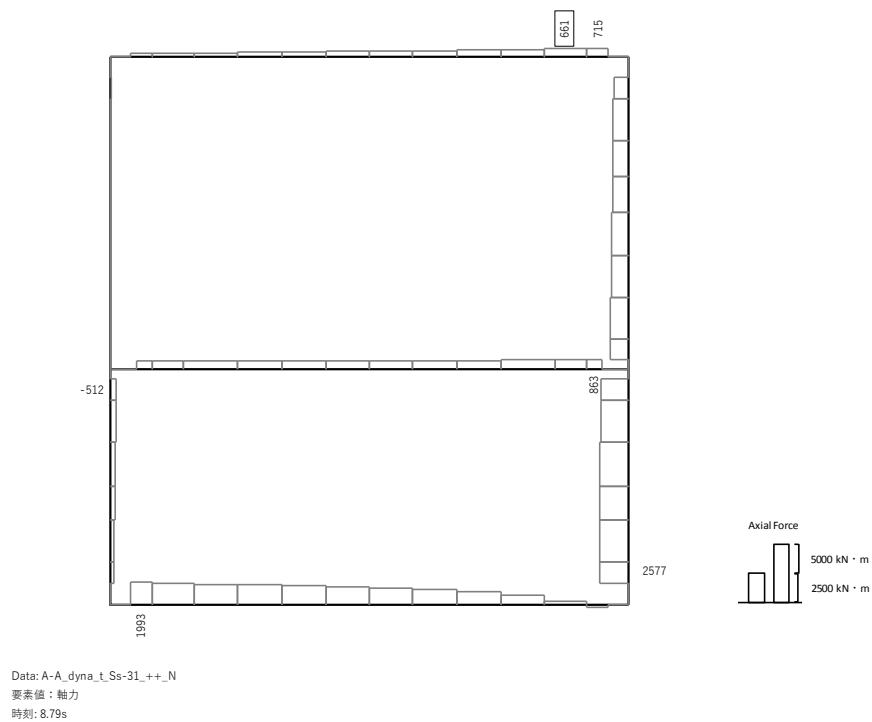
( $S_s - 31 (H+, V+)$ ,  $t = 8.78s$ )

(検討ケース④: 敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により  
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)



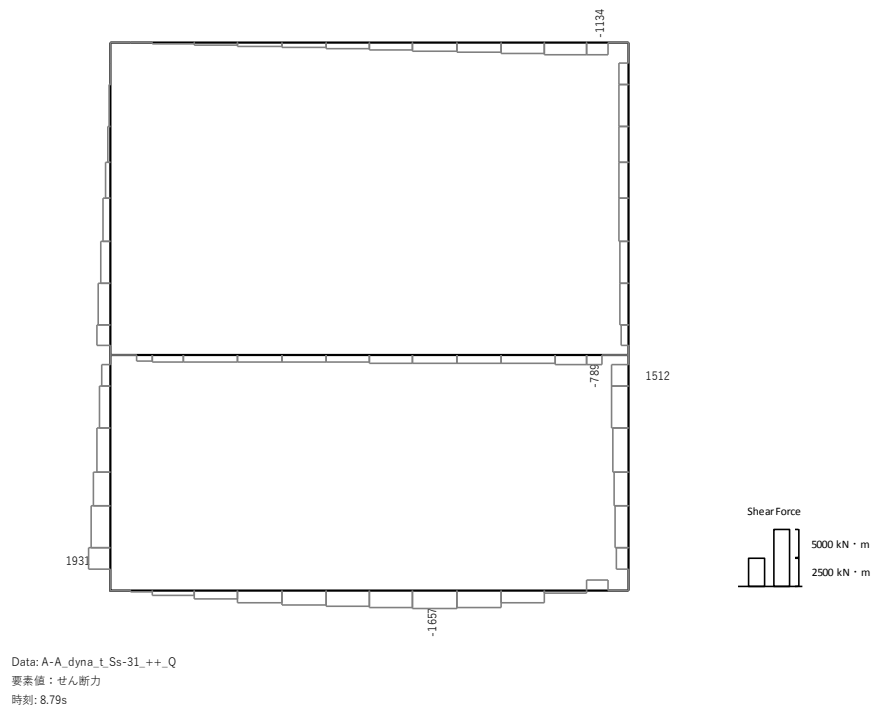


曲げモーメント (kN・m)



軸力 (kN) (+ : 圧縮、- : 引張)





せん断力 (kN)

図 11.4-2(4) 頂版において最も厳しい照査値となる時刻の断面力分布

( $S_s - 31 (H+, V+)$ ,  $t = 8.79s$ )

(検討ケース④: 敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により  
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)

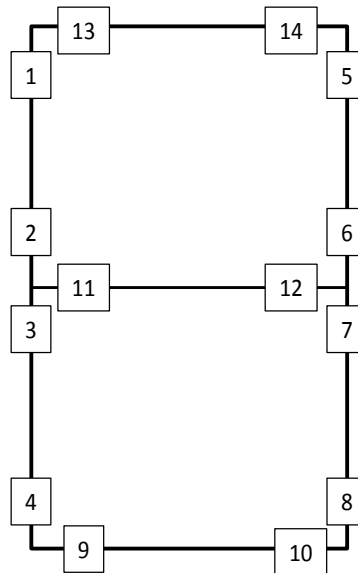


表 11.4-3 セン断力に対する照査結果

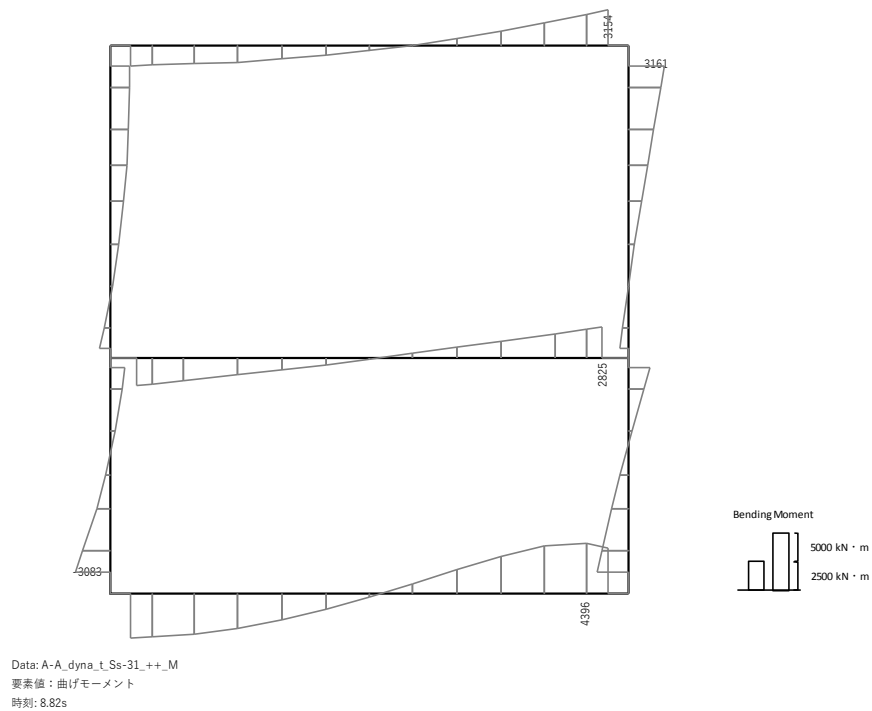
(各部材において最も厳しい照査値とその地震波)

| 評価位置 |    | 断面形状 (mm) |      |      | せん断<br>補強筋<br>(mm) | 発生<br>せん断力<br>(kN) | 短期許容<br>せん断力<br>(kN) | 照査値  | 検討<br>ケース | 地震波      |
|------|----|-----------|------|------|--------------------|--------------------|----------------------|------|-----------|----------|
|      |    | 部材幅       | 部材高  | 有効高  |                    |                    |                      |      |           |          |
| 底版   | 10 | 1000      | 1500 | 1360 | D22                | -1154              | 2685                 | 0.43 | ④         | Ss-31_++ |
| 側壁   | 4  | 1000      | 1500 | 1360 | D22                | 1756               | 2685                 | 0.66 | ④         | Ss-31_++ |
| スラブ  | 12 | 1000      | 1100 | 960  | D22                | -778               | 1895                 | 0.42 | ④         | Ss-31_++ |
| 頂版   | 14 | 1000      | 1500 | 1360 | D22                | -1061              | 2685                 | 0.40 | ④         | Ss-31_++ |

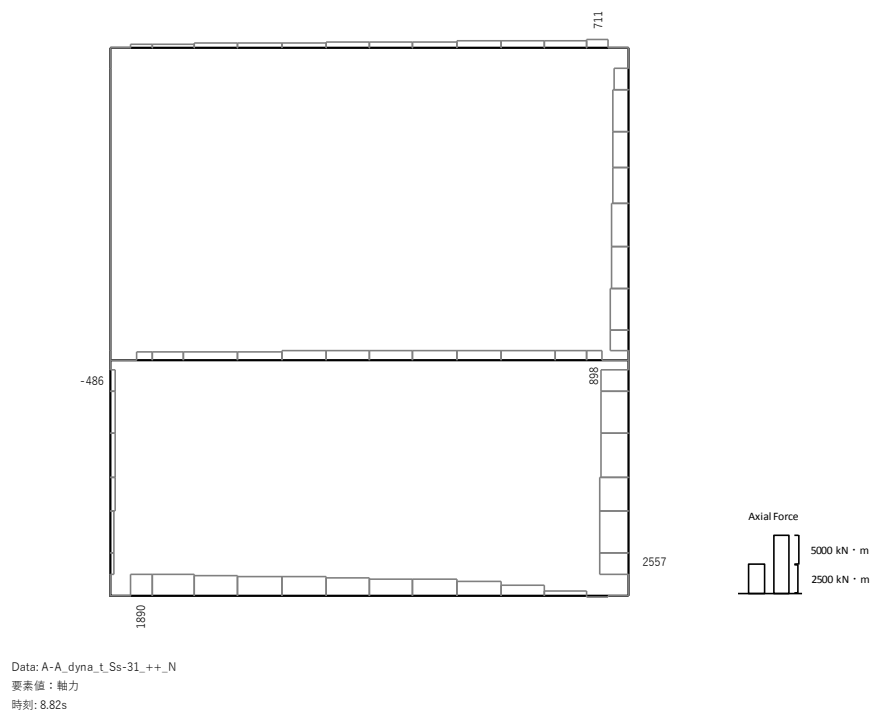
※1 評価位置は下図に示す





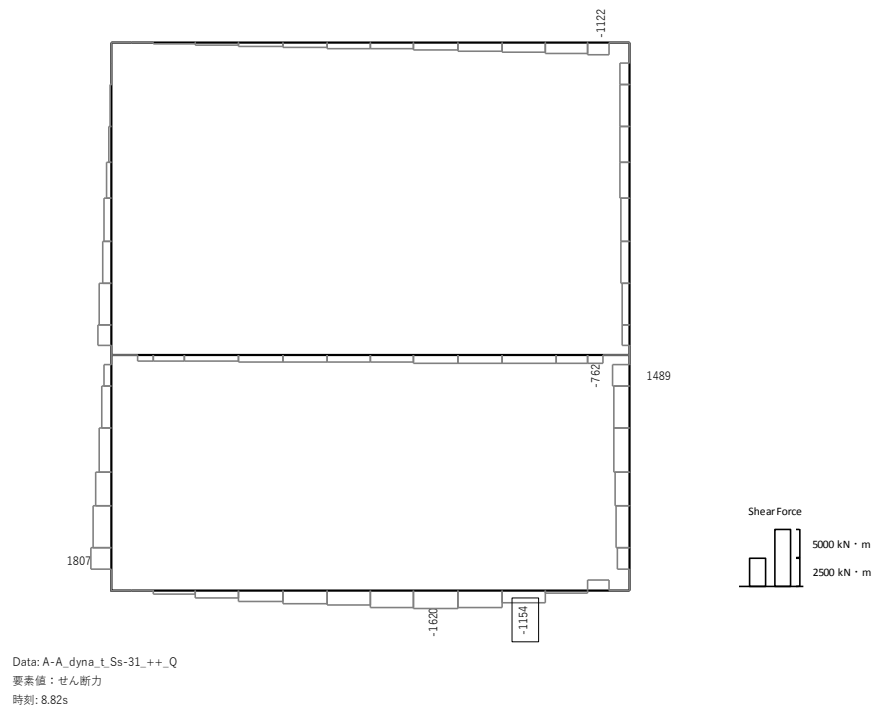


曲げモーメント (kN・m)



軸力 (kN) (+ : 圧縮、- : 引張)

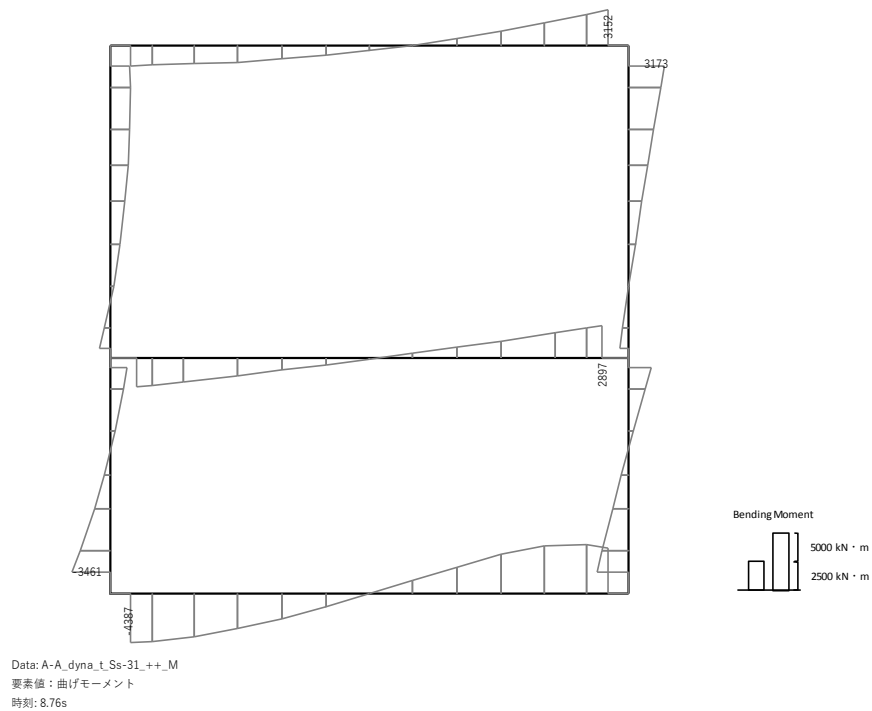




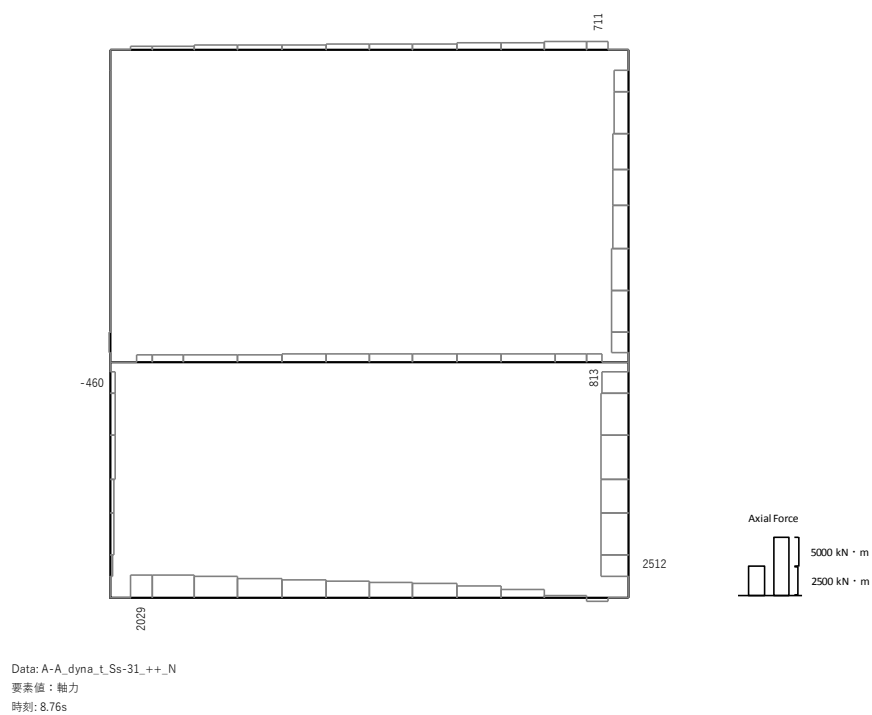
せん断力 (kN)

図 11.4-3(1) 底版において最も厳しい照査値となる時刻の断面力分布  
( $S_s - 3.1 (H+, V+)$ ,  $t = 8.82s$ )  
(検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により  
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)



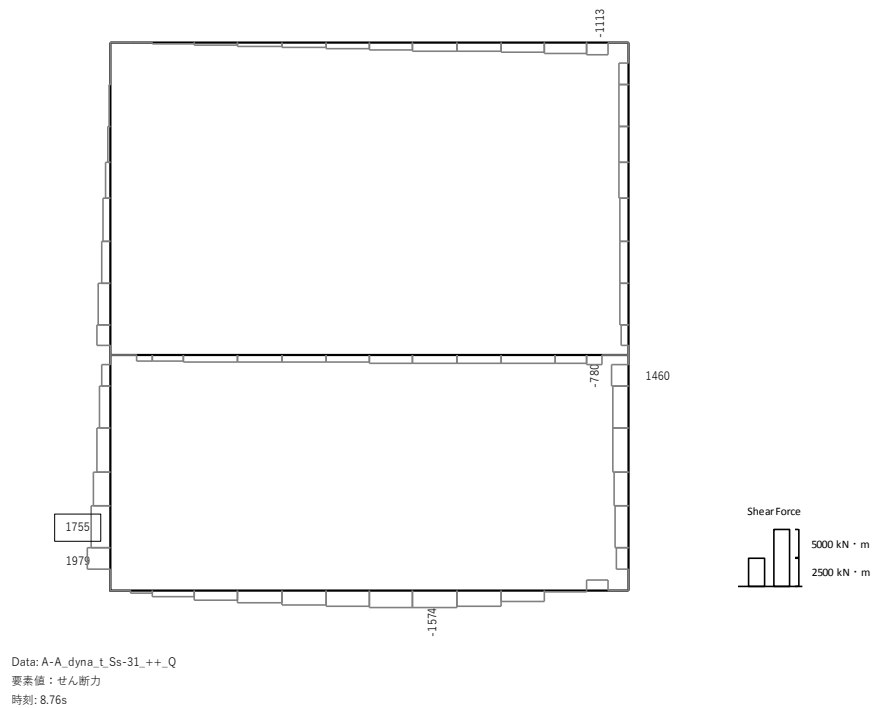


曲げモーメント (kN · m)



軸力 (kN) (+ : 圧縮、- : 引張)



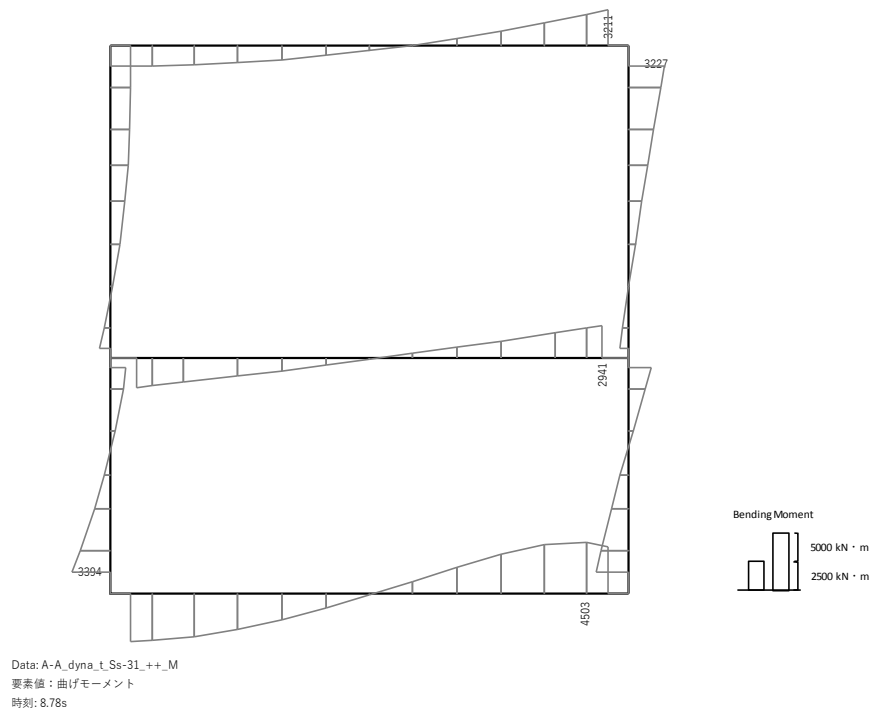


せん断力 (kN)

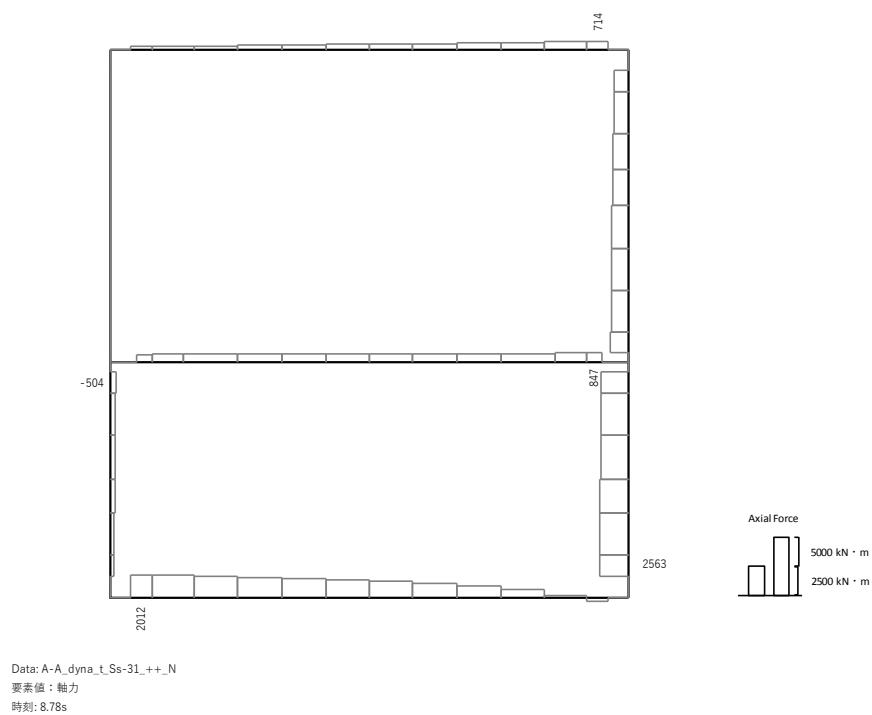
図 11.4-3(2) 側壁において最も厳しい照査値となる時刻の断面力分布  
( $S_s - 31 (H+, V+)$ ,  $t = 8.76s$ )

(検討ケース④: 敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により  
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)



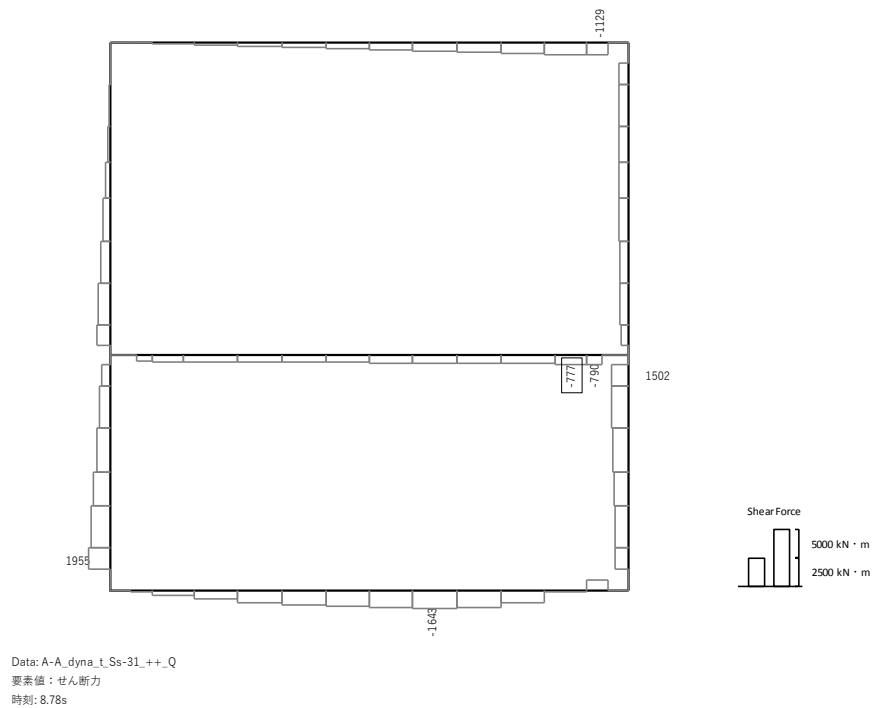


曲げモーメント (kN · m)



軸力 (kN) (+ : 圧縮、- : 引張)





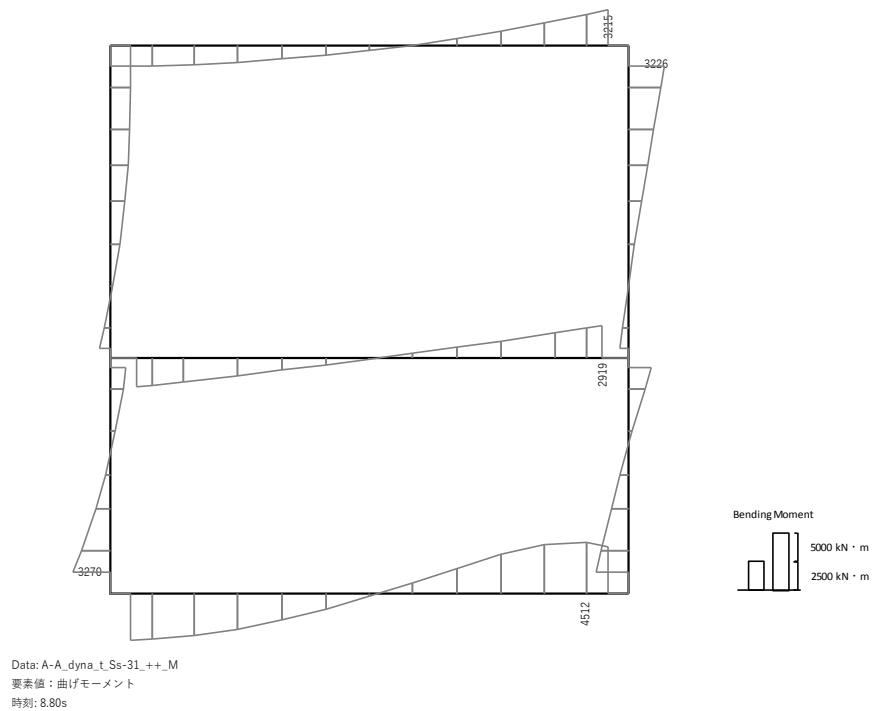
せん断力 (kN)

図 11.4-3(3) スラブにおいて最も厳しい照査値となる時刻の断面力分布

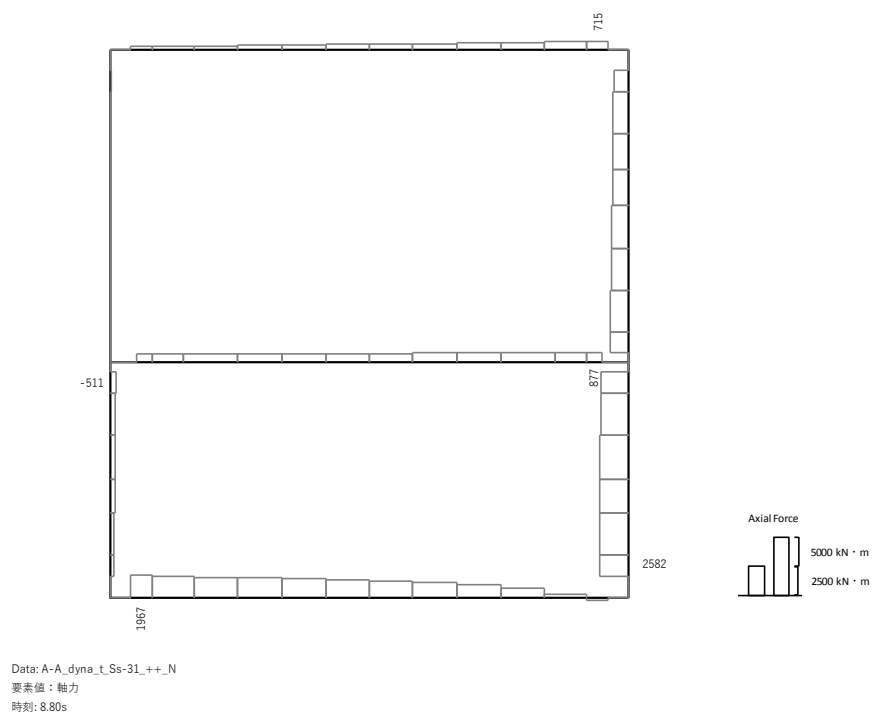
( $S_s - 31 (H+, V+)$ ,  $t = 8.78s$ )

(検討ケース④: 敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により  
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)



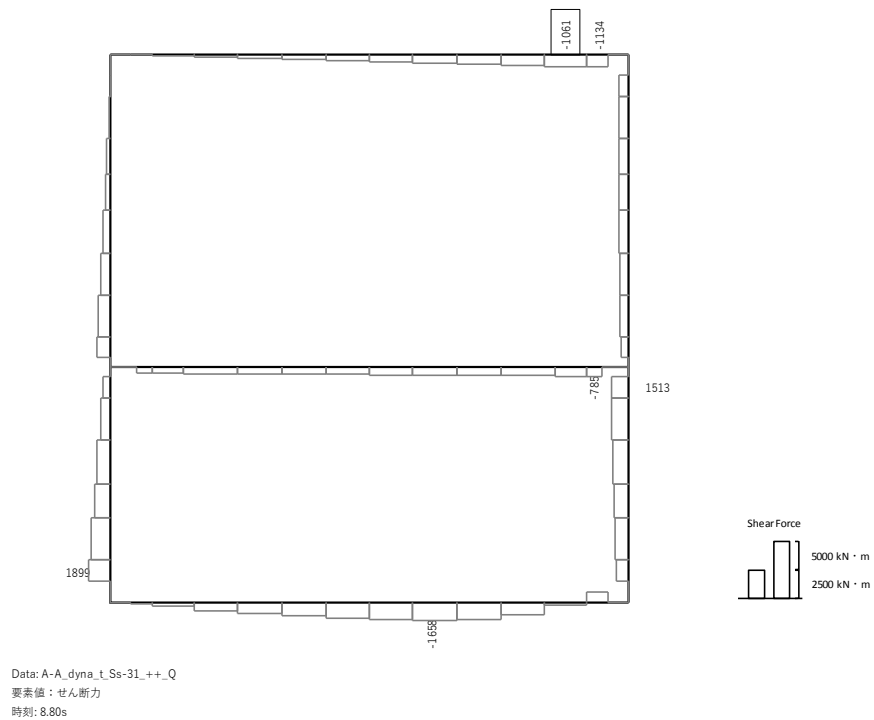


曲げモーメント (kN · m)



軸力 (kN) (+ : 圧縮、- : 引張)





せん断力 (kN)

図 11.4-3(4) 頂版において最も厳しい照査値となる時刻の断面力分布  
( $S_s - 31 (H+, V+)$ ,  $t = 8.80s$ )  
(検討ケース④: 敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により  
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)



(2) 最大せん断ひずみ分布

耐震設計用の検討ケースの最大せん断ひずみ分布図を図 11.4-4 に示す。本図は、各要素に発生したせん断ひずみの全時刻における最大値の分布を示したものである。

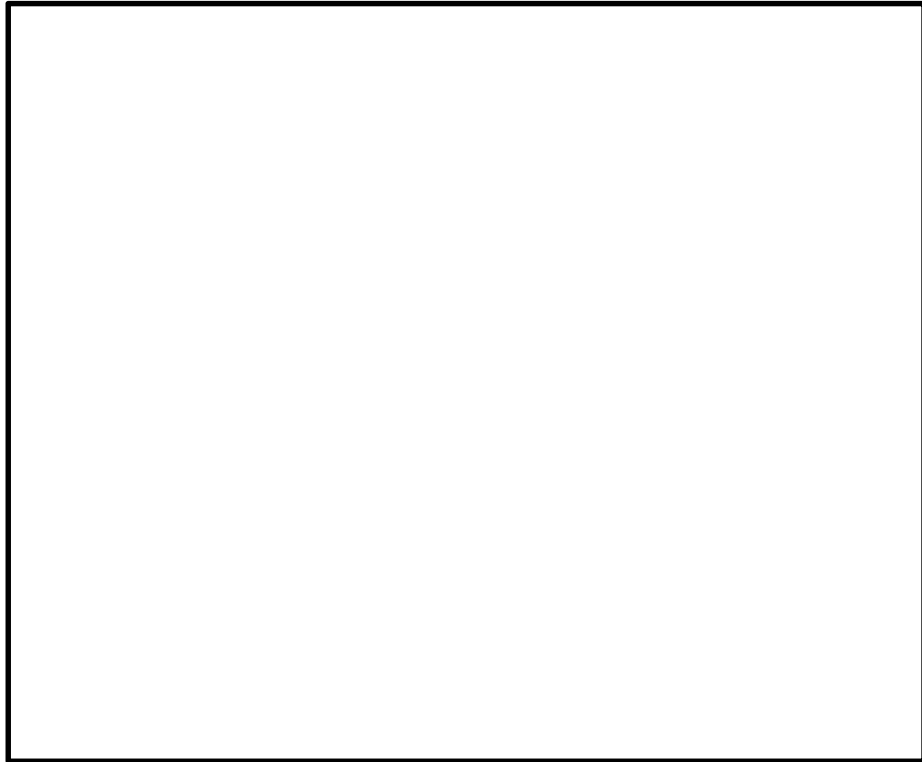


図 11.4-4 (1) A-A断面の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s-D1$  (H+, V+))  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

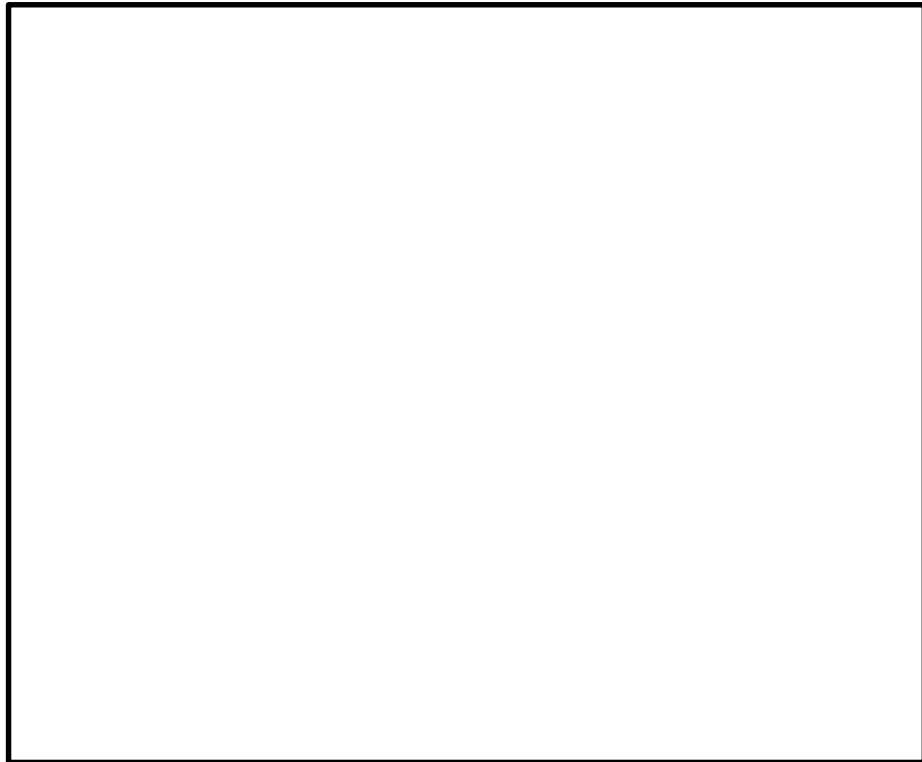


図 11.4-4 (2) A-A断面の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s-D1$  (H+, V-))  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)





図 11.4-4 (3) A-A断面の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s-D1$  (H-, V+))  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

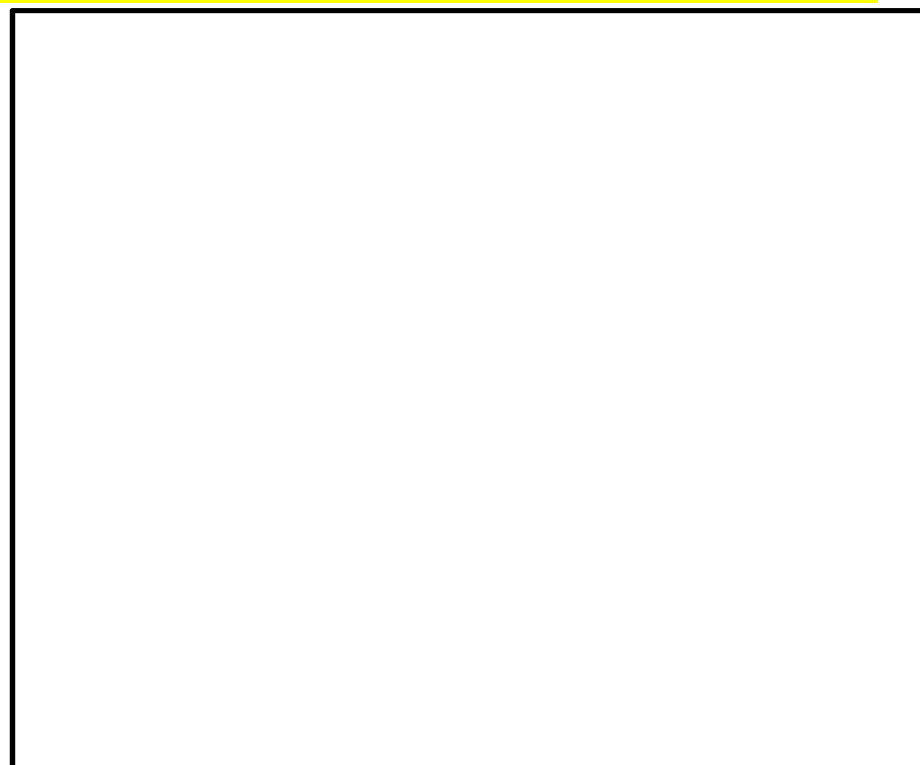


図 11.4-4 (4) A-A断面の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s-D1$  (H-, V-))  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



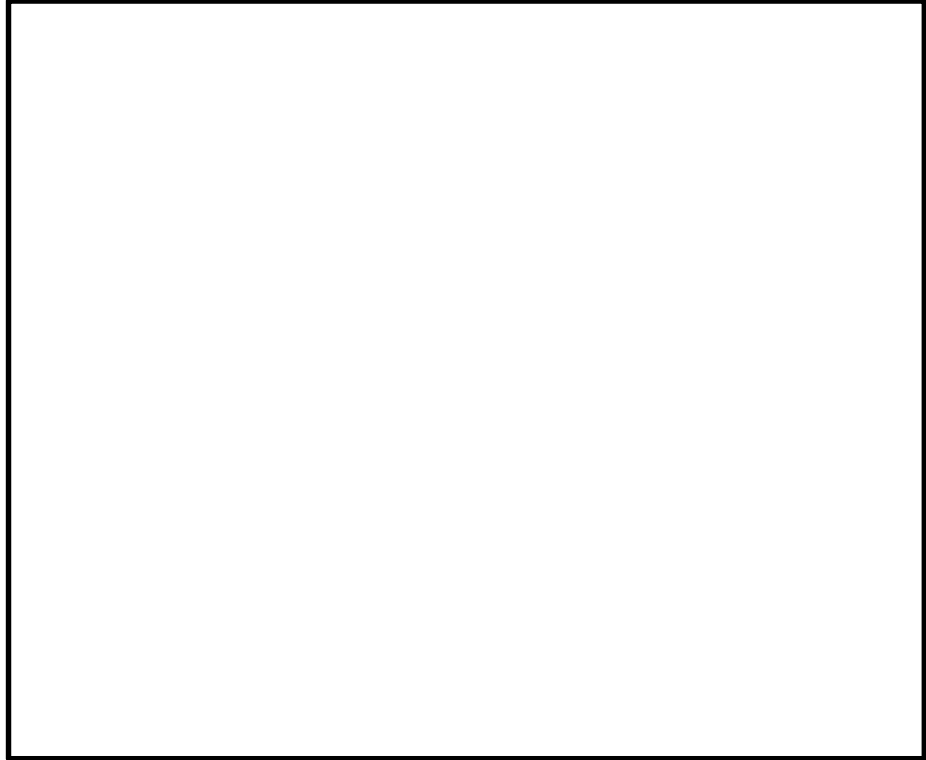


図 11.4-4 (5) A-A断面の最大せん断ひずみ分布 (S<sub>s</sub>-1.1)  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

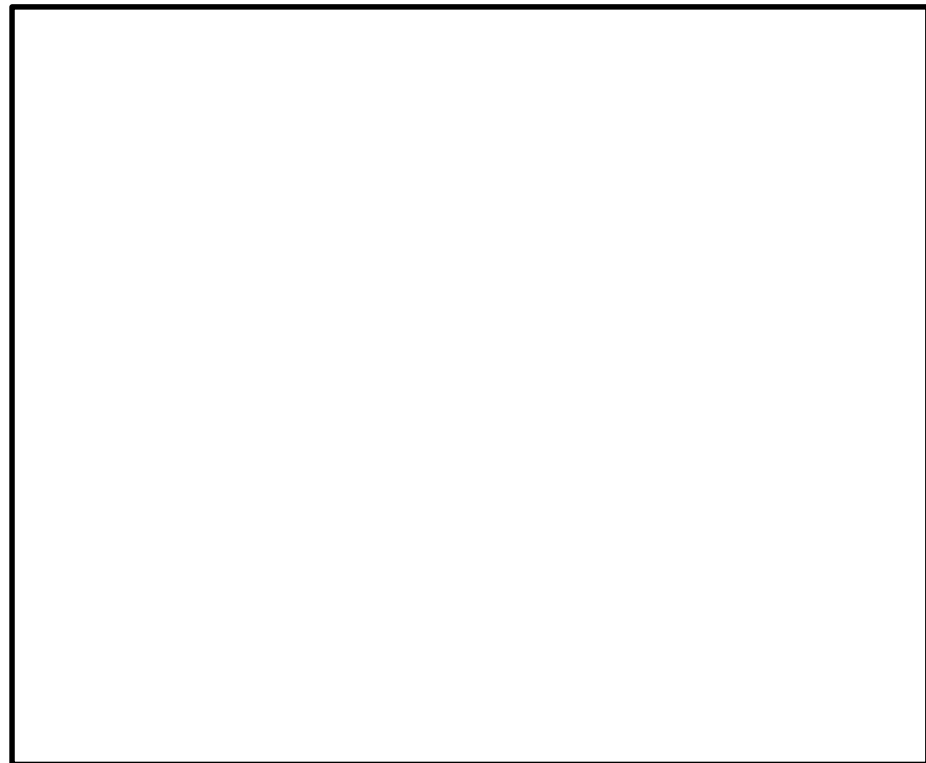


図 11.4-4 (6) A-A断面の最大せん断ひずみ分布 (S<sub>s</sub>-1.2)  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



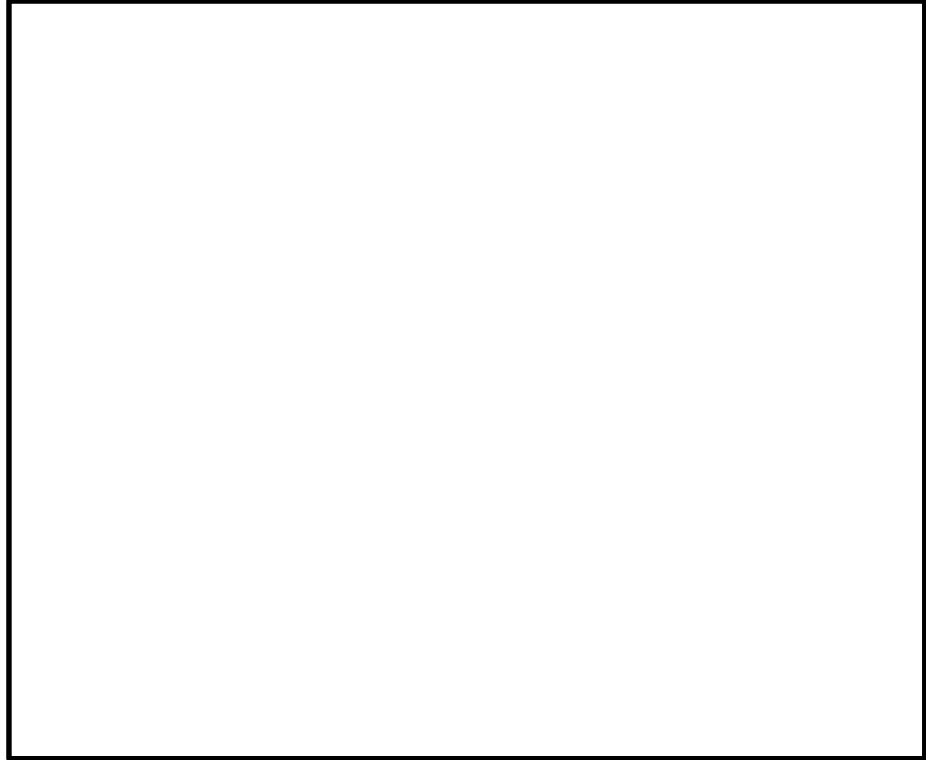


図 11.4-4 (7) A-A断面の最大せん断ひずみ分布 (S<sub>s</sub>-13)  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

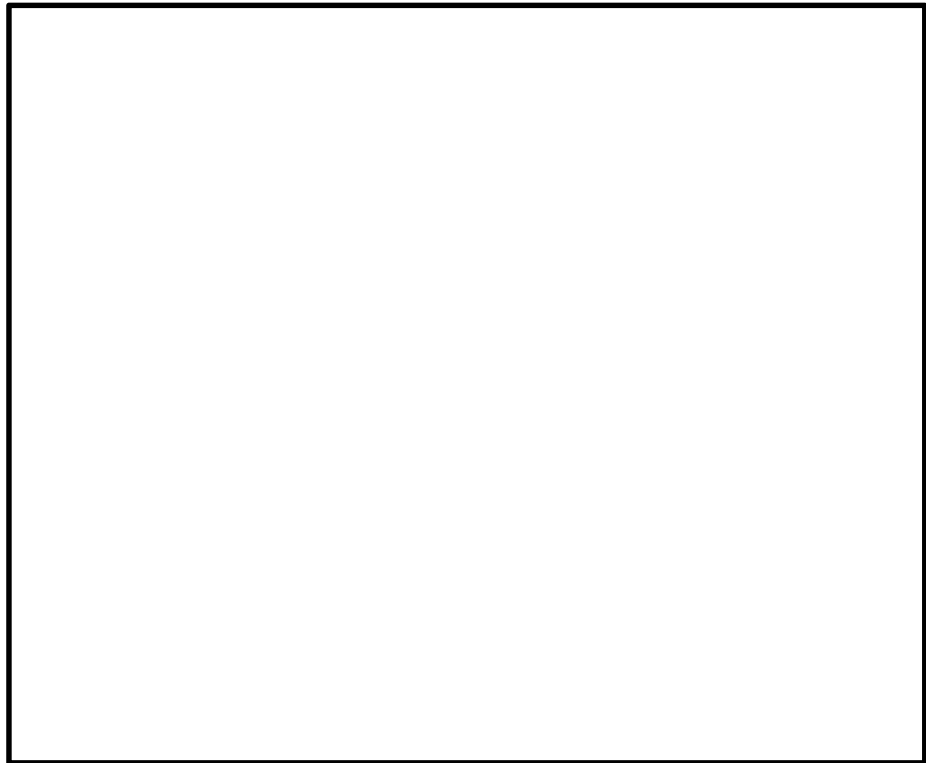


図 11.4-4 (8) A-A断面の最大せん断ひずみ分布 (S<sub>s</sub>-14)  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



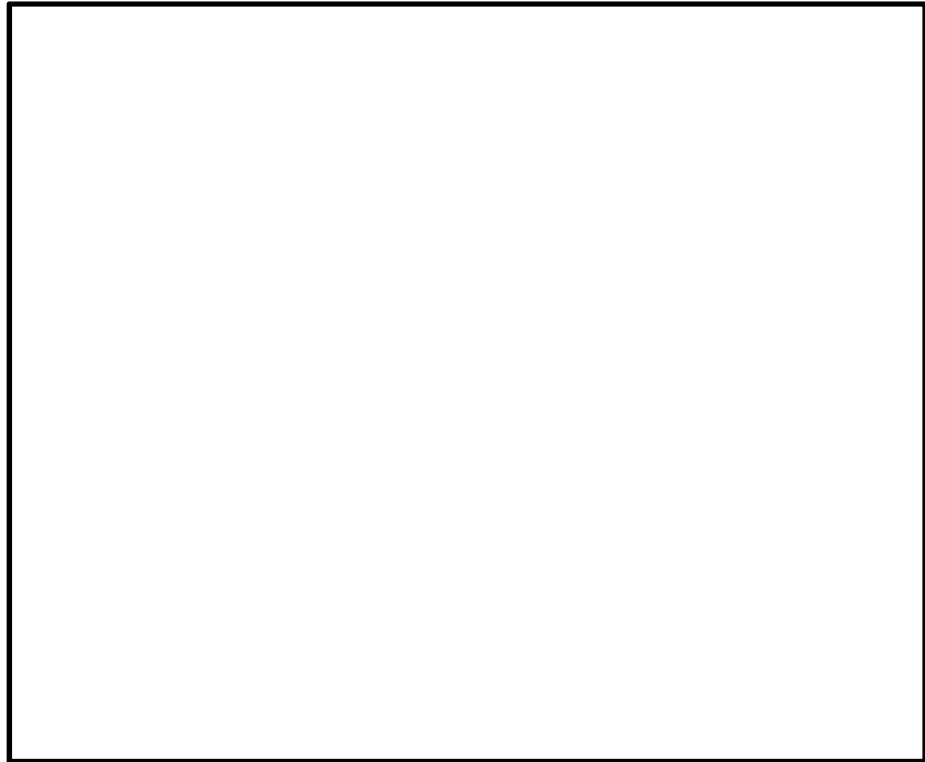


図 11.4-4 (9) A-A断面の最大せん断ひずみ分布 (S<sub>s</sub>-2 1)  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

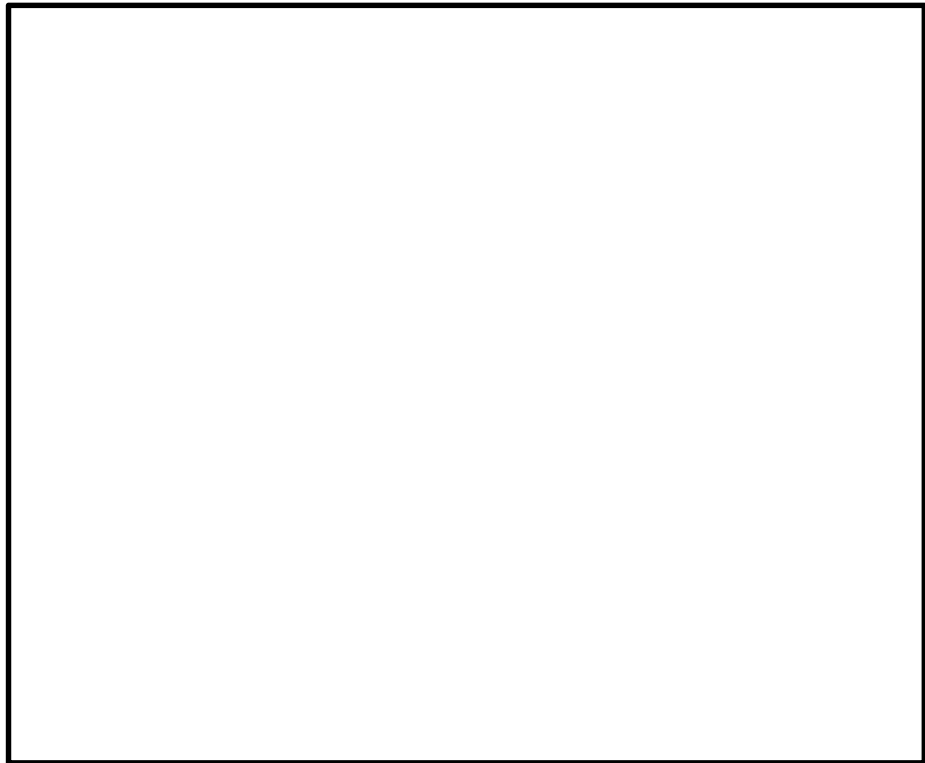


図 11.4-4 (10) A-A断面の最大せん断ひずみ分布 (S<sub>s</sub>-2 2)  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



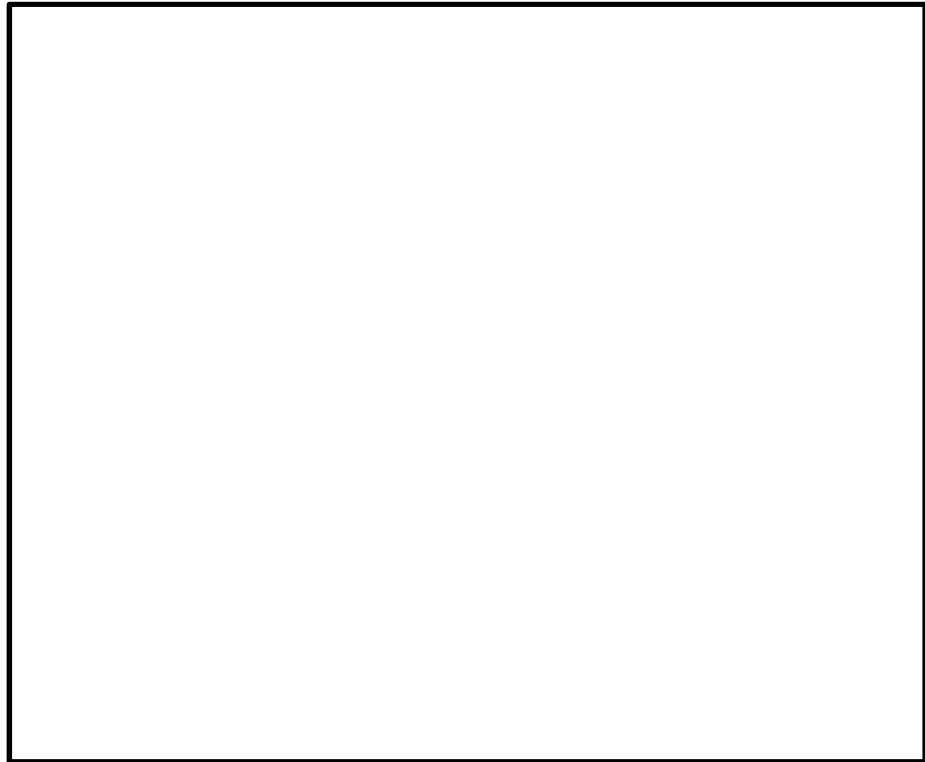


図 11.4-4 (11) A-A断面の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s-31$  (H+, V+))  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

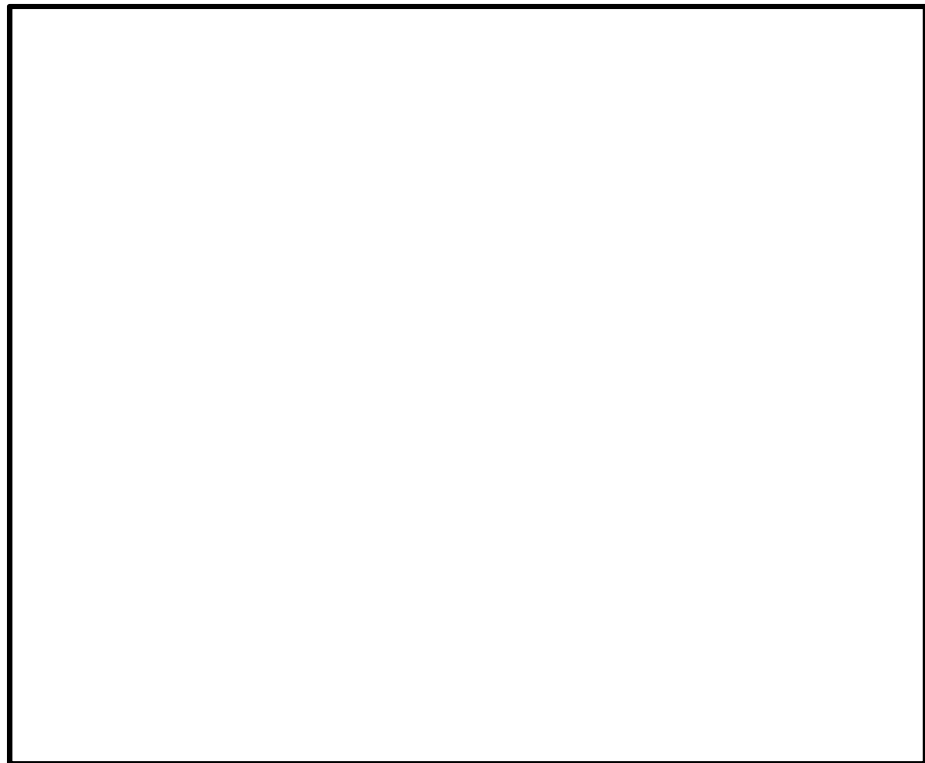


図 11.4-4 (12) A-A断面の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s-31$  (H-, V+))  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



(3) 最大過剰間隙水圧比分布

耐震設計用の検討ケースの過剰間隙水圧比の分布図を図 11.4-6 に示す。本図は、各要素に発生した過剰間隙水圧比の全時刻における最大値の分布を示したものである。

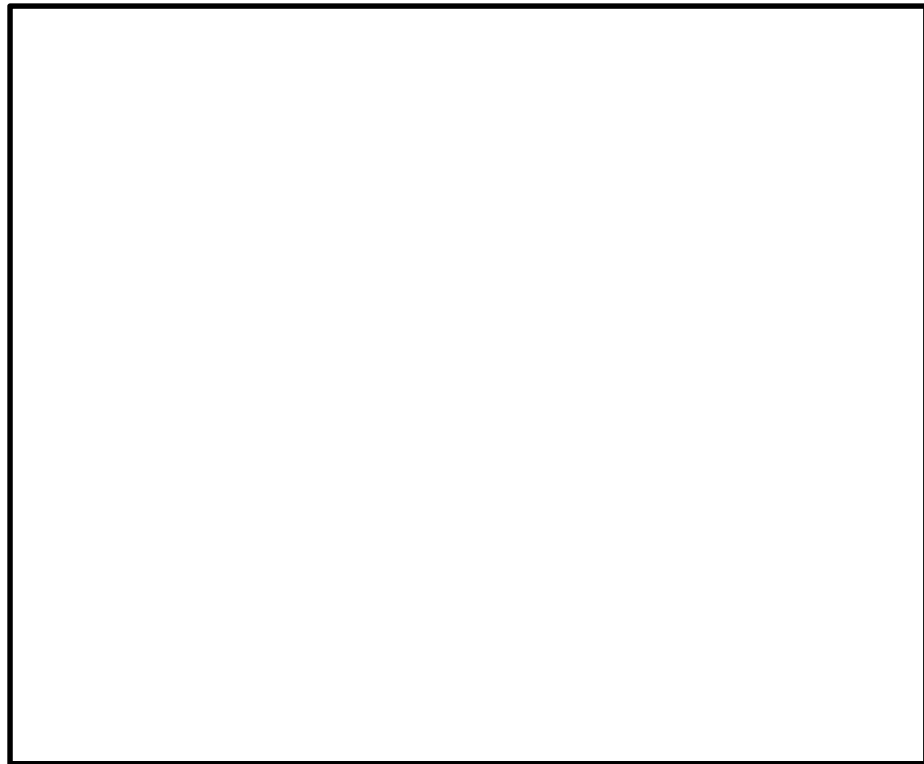


図 11.4-6 (1) A-A断面の過剰間隙水圧比分布 (S<sub>s</sub>-D 1 (H+, V+))  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

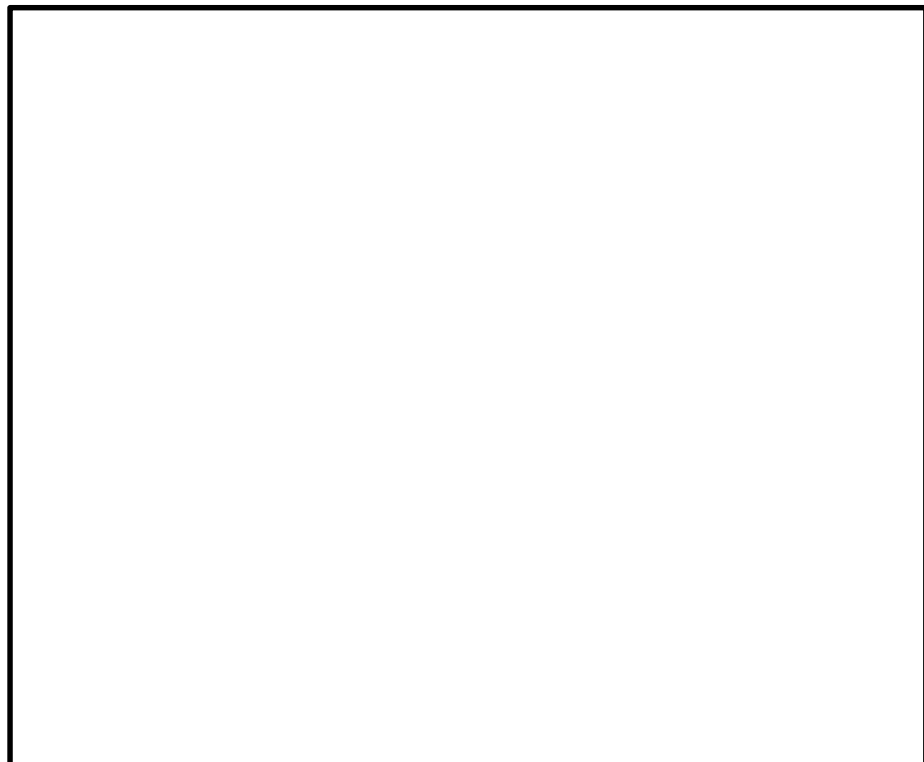


図 11.4-6 (2) A-A断面の過剰間隙水圧比分布 (S<sub>s</sub>-D 1 (H+, V-))  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



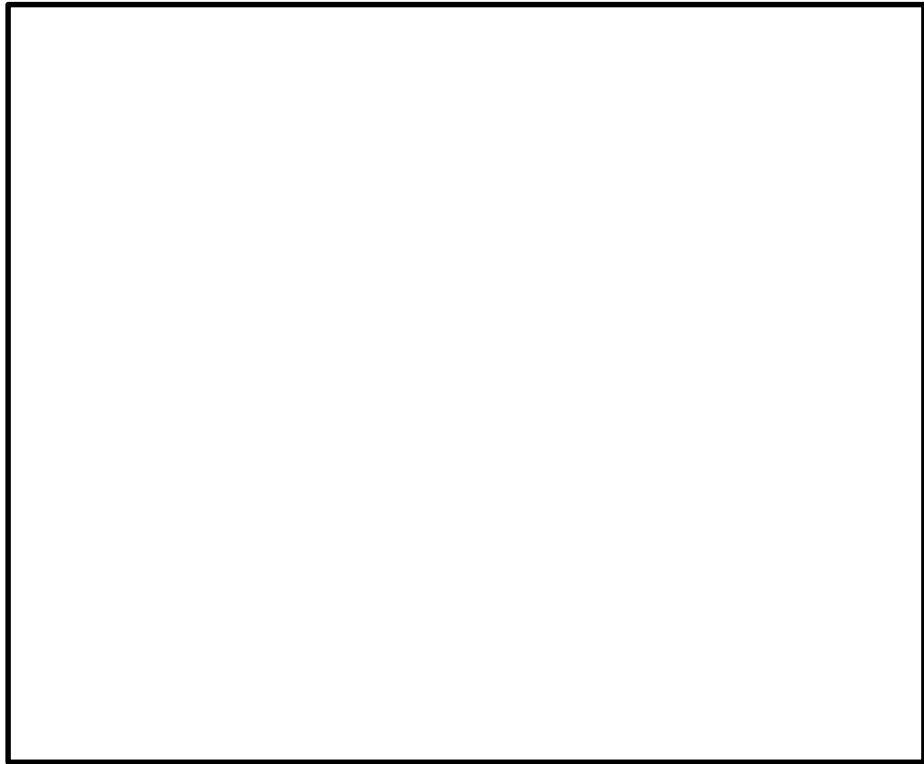


図 11.4-6 (3) A-A断面の過剰間隙水圧比分布 (S<sub>s</sub>-D1 (H-, V+))  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

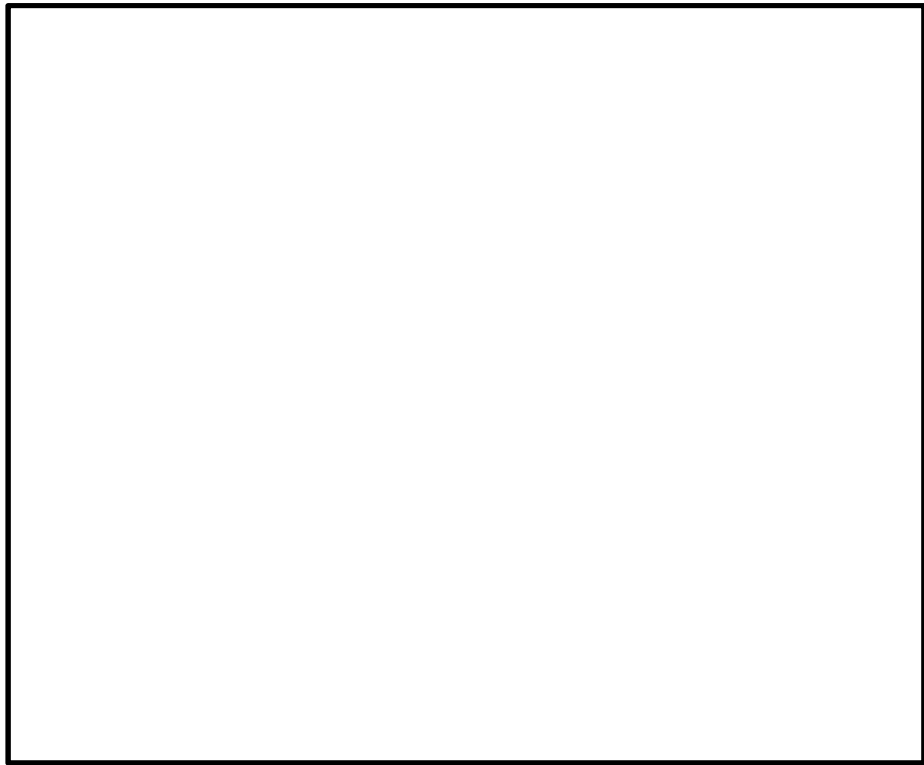


図 11.4-6 (4) A-A断面の過剰間隙水圧比分布 (S<sub>s</sub>-D1 (H-, V-))  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



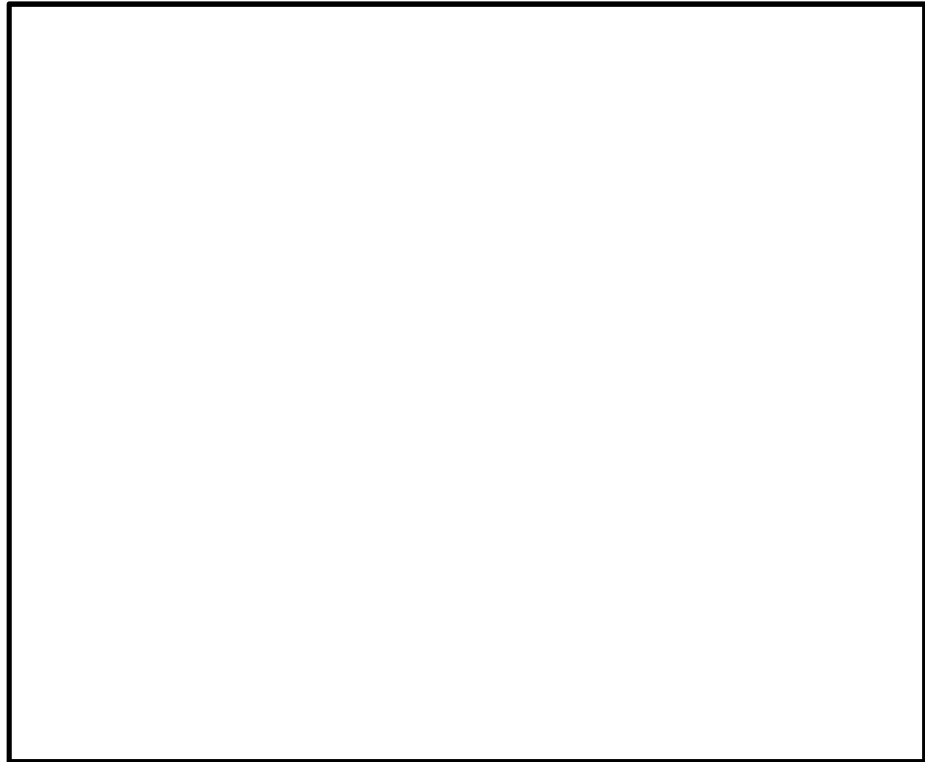


図 11.4-6 (5) A-A断面の過剰間隙水圧比分布 (S<sub>s</sub>-1 1)  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

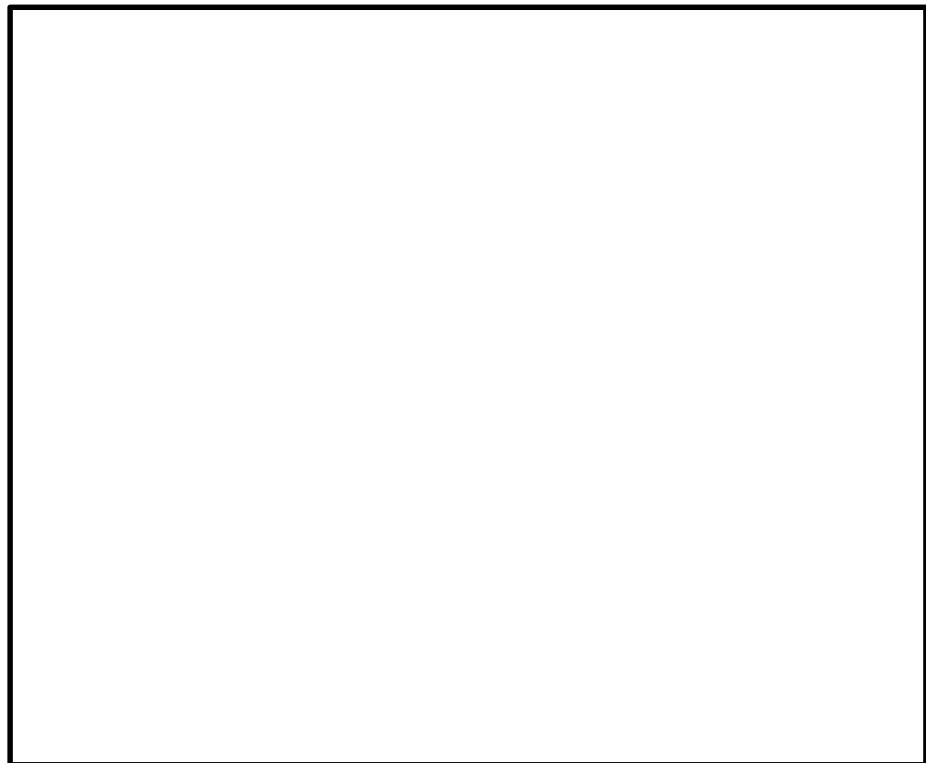


図 11.4-6 (6) A-A断面の過剰間隙水圧比分布 (S<sub>s</sub>-1 2)  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



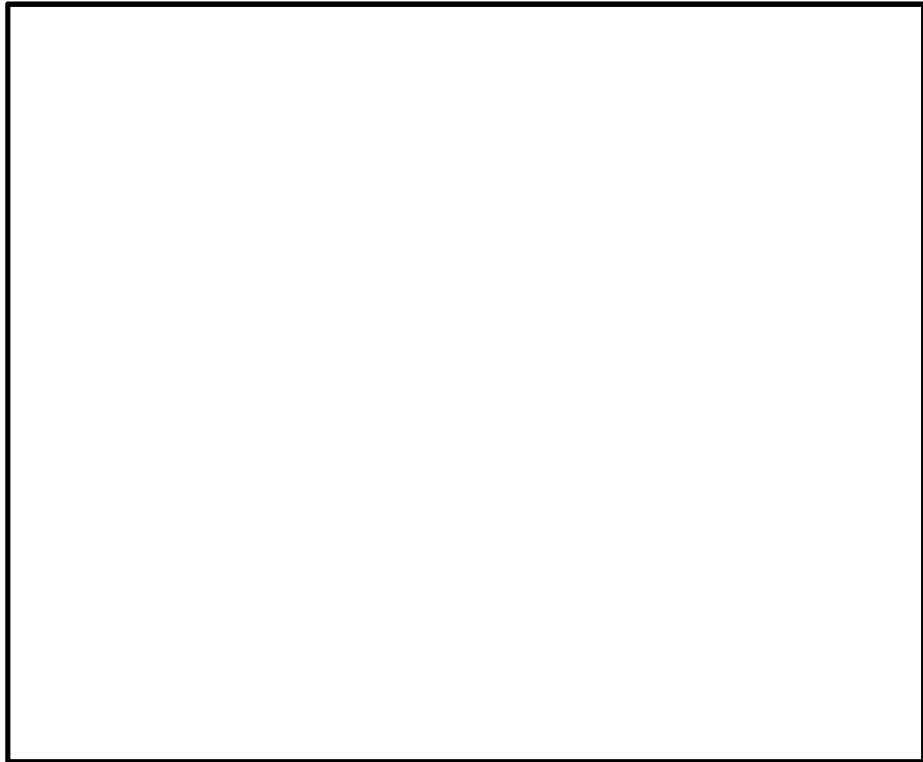


図 11.4-6 (7) A-A断面の過剰間隙水圧比分布 (S<sub>s</sub>-13)  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

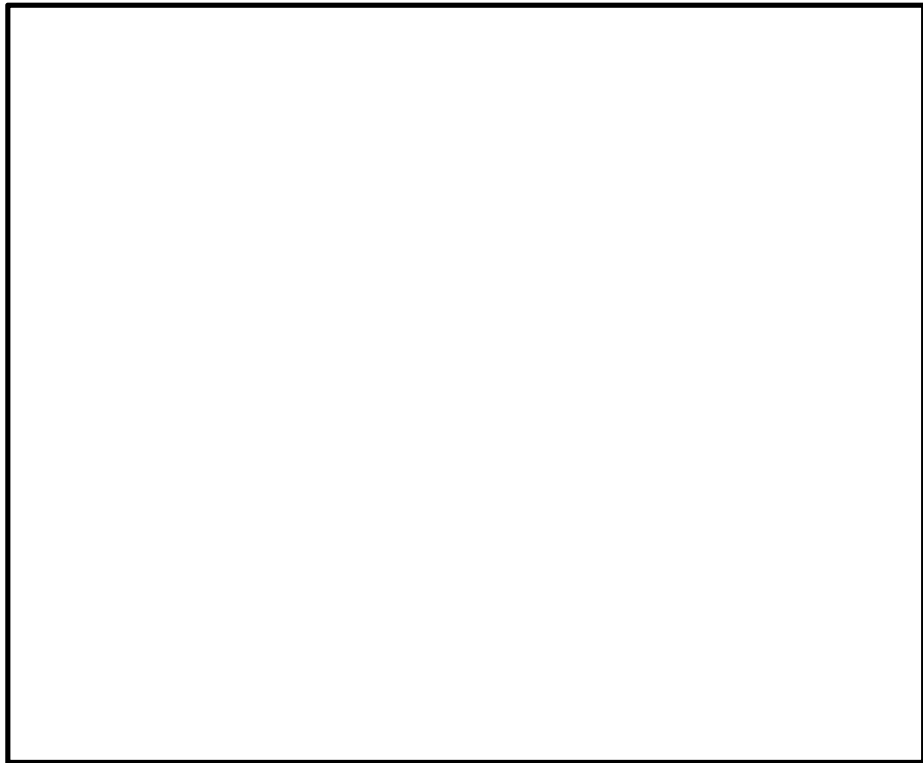


図 11.4-6 (8) A-A断面の過剰間隙水圧比分布 (S<sub>s</sub>-14)  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



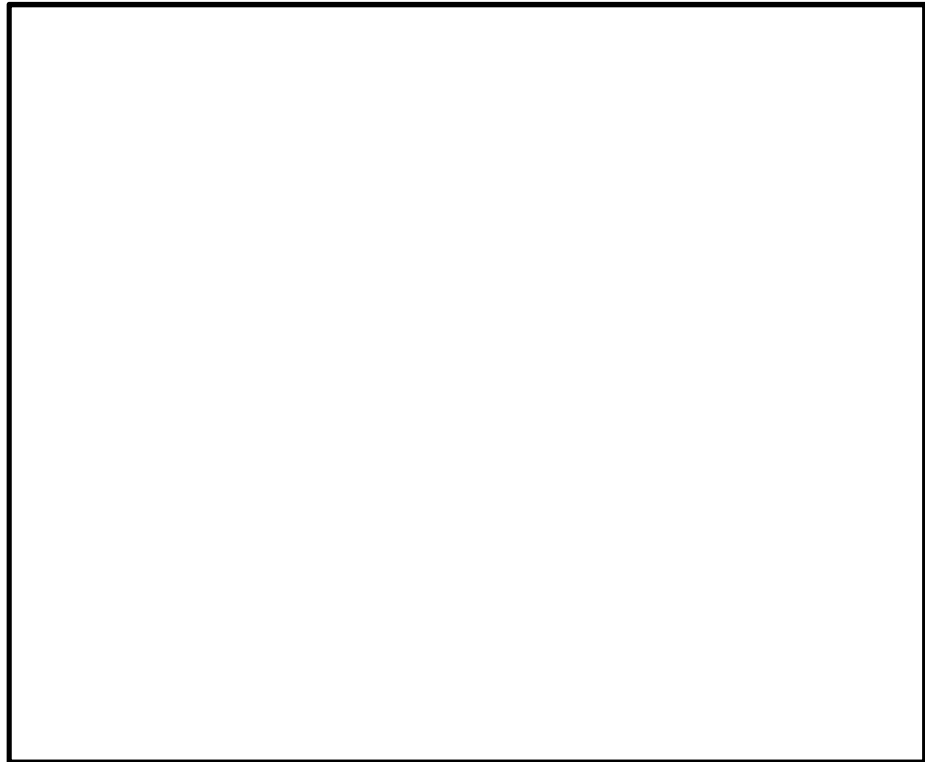


図 11.4-6 (9) A-A断面の過剰間隙水圧比分布 (S<sub>s</sub>-2 1)  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

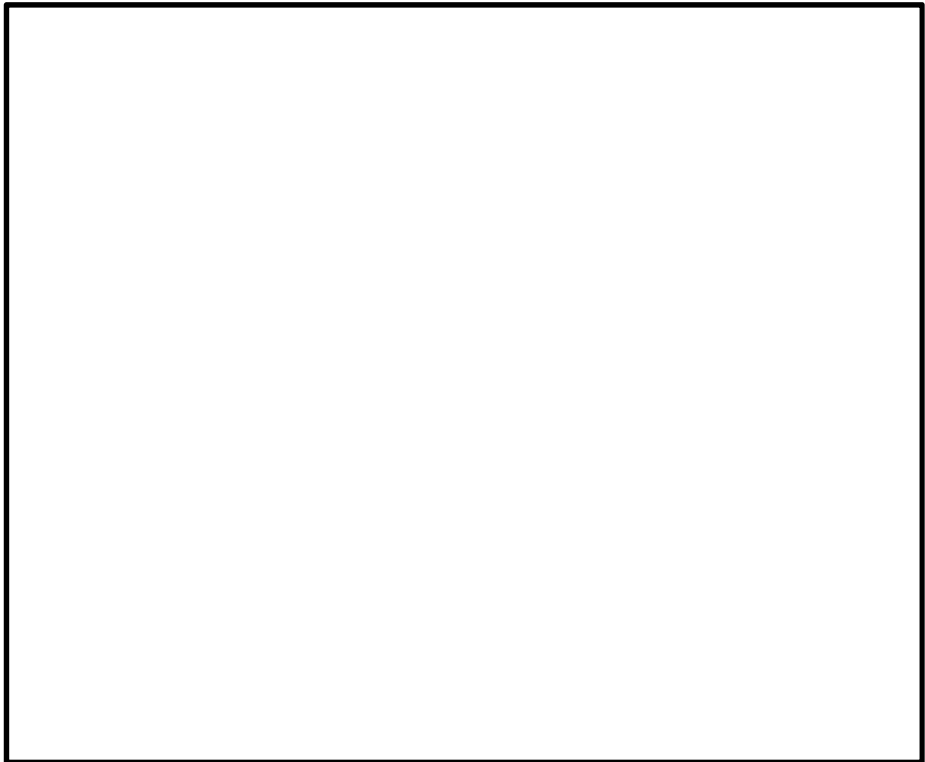


図 11.4-6 (10) A-A断面の過剰間隙水圧比分布 (S<sub>s</sub>-2 2)  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



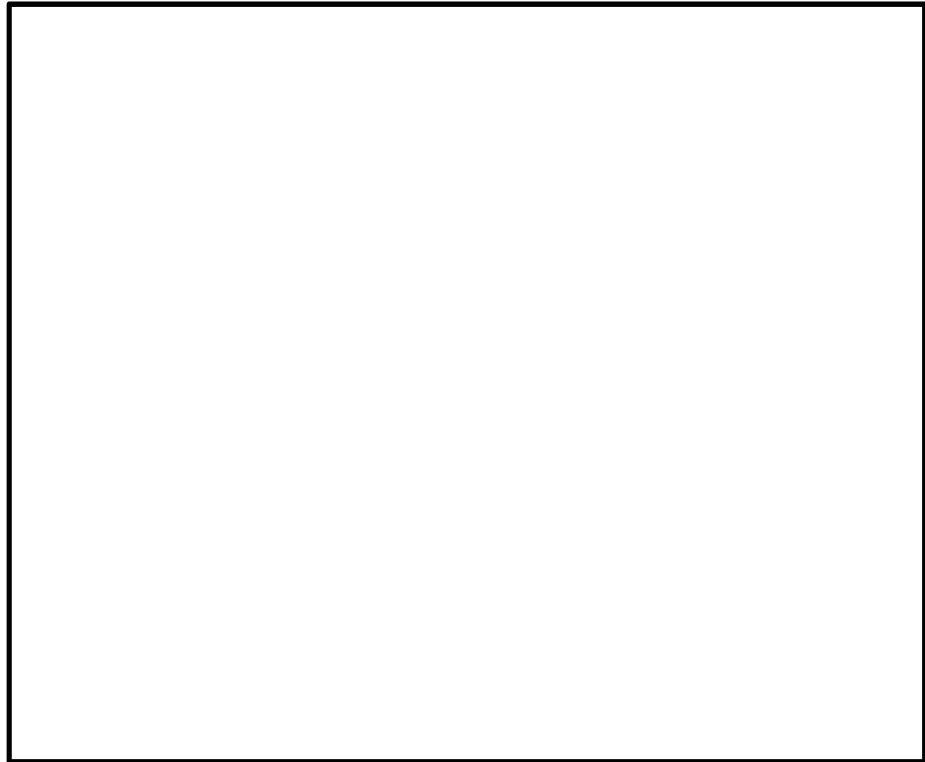


図 11.4-6 (11) A-A断面の過剰間隙水圧比分布 ( $S_s - 3.1$  (H+, V+))  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

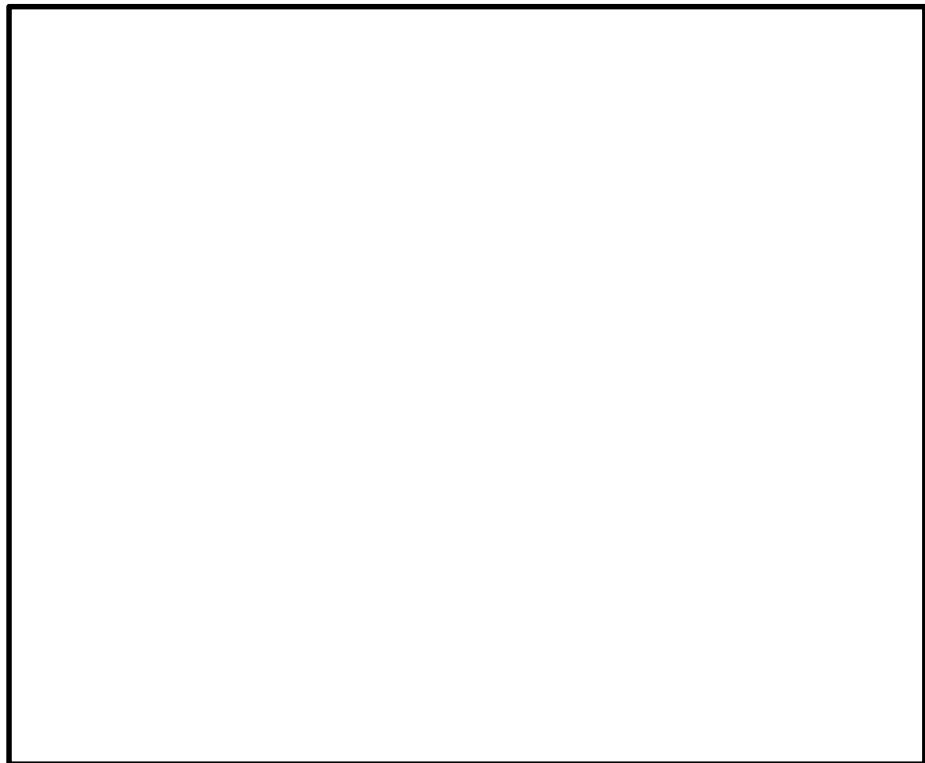


図 11.4-6 (12) A-A断面の過剰間隙水圧比分布 ( $S_s - 3.1$  (H-, V+))  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



(4) 構造物の最大加速度分布図（追而）

A—A断面の最大加速度の分布図を図 11.4-7 に示す。本図は、構造物周辺に発生している加速度分布を確認するため、各基準地震動における構造部材及び地盤の水平方向の最大加速度分布を示したものである。



図 18.4-7 (1) A—A断面の最大加速度分布 ( $S_s-D 1 (H+, V+)$ )  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



図 18.4-7 (12) A—A断面の最大加速度分布 ( $S_s-3 1 (H-, V+)$ )  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



#### 11.4.2 耐震評価結果

##### (1) 構造部材の曲げ軸力に対する評価結果

表 11.4-4、表 11.4-5 に曲げ軸力に対する照査結果を示す。

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートにおける許容応力度法による照査を行った結果、評価位置においてコンクリートの圧縮応力度と鉄筋の引張応力度が短期許容応力度以下であることを確認した。なお、発生応力は各地震動、各部材において最大となる値を示している。

以上より、格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの各部材の発生応力は、許容限界以下であることを確認した。

図 11.4-8 に概略配筋図を、表 11.4-6 に断面計算に用いた断面諸元の一覧を示す。



表 11.4-4 (1) コンクリートの曲げ軸力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位<br>相   | 評価位置 |    | 断面形状(mm) |         |         | 引張<br>鉄筋量<br>(mm <sup>2</sup> ) | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 圧縮<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査<br>値 |
|-----------|-----------|----------|------|----|----------|---------|---------|---------------------------------|-----------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|---------|
|           |           |          |      |    | 部材<br>幅  | 部材<br>高 | 有効<br>高 |                                 |                       |            |                                   |                                     |         |
| ①         | Ss-D1     | H+<br>V+ | 底版   | 10 | 1000     | 1500    | 1360    | 10720                           | -3768                 | 1714       | 10.2                              | 21.0                                | 0.49    |
|           |           |          | 側壁   | 1  | 1000     | 1500    | 1360    | 9120                            | -2586                 | 1225       | 7.6                               | 21.0                                | 0.37    |
|           |           |          | スラブ  | 11 | 1000     | 1100    | 960     | 9120                            | 2398                  | 793        | 11.9                              | 21.0                                | 0.57    |
|           |           |          | 頂版   | 13 | 1000     | 1500    | 1360    | 9120                            | 2552                  | 735        | 7.3                               | 21.0                                | 0.35    |
| ①         | Ss-D1     | H+<br>V- | 底版   | 10 | 1000     | 1500    | 1360    | 10720                           | -3848                 | 1812       | 10.4                              | 21.0                                | 0.50    |
|           |           |          | 側壁   | 1  | 1000     | 1500    | 1360    | 9120                            | -2663                 | 1284       | 7.8                               | 21.0                                | 0.38    |
|           |           |          | スラブ  | 11 | 1000     | 1100    | 960     | 9120                            | 2425                  | 866        | 12.1                              | 21.0                                | 0.58    |
|           |           |          | 頂版   | 13 | 1000     | 1500    | 1360    | 9120                            | 2618                  | 790        | 7.5                               | 21.0                                | 0.36    |

\*1 評価位置は下図に示す。

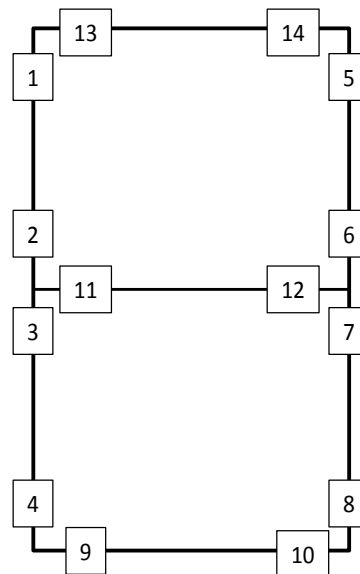




表 11.4-4 (2) コンクリートの曲げ軸力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位<br>相   | 評価位置 |    | 断面形状(mm) |         |         | 引張<br>鉄筋量<br>(mm <sup>2</sup> ) | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 圧縮<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査<br>値 |
|-----------|-----------|----------|------|----|----------|---------|---------|---------------------------------|-----------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|---------|
|           |           |          |      |    | 部材<br>幅  | 部材<br>高 | 有効<br>高 |                                 |                       |            |                                   |                                     |         |
| ①         | Ss-D1     | H-<br>V+ | 底版   | 9  | 1000     | 1500    | 1360    | 10720                           | -3893                 | 1796       | 10.5                              | 21.0                                | 0.50    |
|           |           |          | 側壁   | 5  | 1000     | 1500    | 1360    | 9120                            | 2653                  | 1285       | 7.8                               | 21.0                                | 0.38    |
|           |           |          | スラブ  | 12 | 1000     | 1100    | 960     | 9120                            | 2427                  | 746        | 12.1                              | 21.0                                | 0.58    |
|           |           |          | 頂版   | 14 | 1000     | 1500    | 1360    | 9120                            | 2601                  | 711        | 7.4                               | 21.0                                | 0.36    |
| ①         | Ss-D1     | H-<br>V- | 底版   | 9  | 1000     | 1500    | 1360    | 10720                           | -3987                 | 1901       | 10.8                              | 21.0                                | 0.52    |
|           |           |          | 側壁   | 5  | 1000     | 1500    | 1360    | 9120                            | 2728                  | 1347       | 8.0                               | 21.0                                | 0.39    |
|           |           |          | スラブ  | 12 | 1000     | 1100    | 960     | 9120                            | 2458                  | 819        | 12.2                              | 21.0                                | 0.59    |
|           |           |          | 頂版   | 14 | 1000     | 1500    | 1360    | 9120                            | 2661                  | 765        | 7.6                               | 21.0                                | 0.37    |

\*1 評価位置は下図に示す。

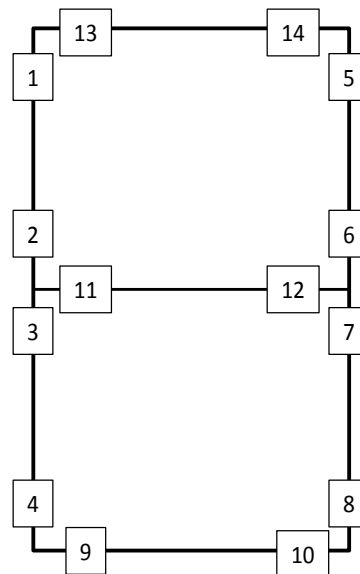




表 11.4-4 (3) コンクリートの曲げ軸力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位<br>相   | 評価位置 |    | 断面形状(mm) |         |         | 引張<br>鉄筋量<br>(mm <sup>2</sup> ) | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 圧縮<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査<br>値 |
|-----------|-----------|----------|------|----|----------|---------|---------|---------------------------------|-----------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|---------|
|           |           |          |      |    | 部材<br>幅  | 部材<br>高 | 有効<br>高 |                                 |                       |            |                                   |                                     |         |
| ①         | Ss-11     | H+<br>V+ | 底版   | 10 | 1000     | 1500    | 1360    | 10720                           | -1602                 | 1177       | 4.5                               | 21.0                                | 0.22    |
|           |           |          | 側壁   | 8  | 1000     | 1500    | 1360    | 9120                            | 1411                  | 839        | 4.2                               | 21.0                                | 0.20    |
|           |           |          | スラブ  | 11 | 1000     | 1100    | 960     | 9120                            | 843                   | 640        | 4.4                               | 21.0                                | 0.21    |
|           |           |          | 頂版   | 13 | 1000     | 1500    | 1360    | 9120                            | 1217                  | 658        | 3.6                               | 21.0                                | 0.18    |
| ①         | Ss-12     | H+<br>V+ | 底版   | 10 | 1000     | 1500    | 1360    | 10720                           | -2328                 | 1505       | 6.5                               | 21.0                                | 0.31    |
|           |           |          | 側壁   | 8  | 1000     | 1500    | 1360    | 9120                            | 1843                  | 740        | 5.4                               | 21.0                                | 0.26    |
|           |           |          | スラブ  | 11 | 1000     | 1100    | 960     | 9120                            | 1258                  | 823        | 6.5                               | 21.0                                | 0.31    |
|           |           |          | 頂版   | 13 | 1000     | 1500    | 1360    | 9120                            | 1645                  | 791        | 4.9                               | 21.0                                | 0.24    |

\*1 評価位置は下図に示す。

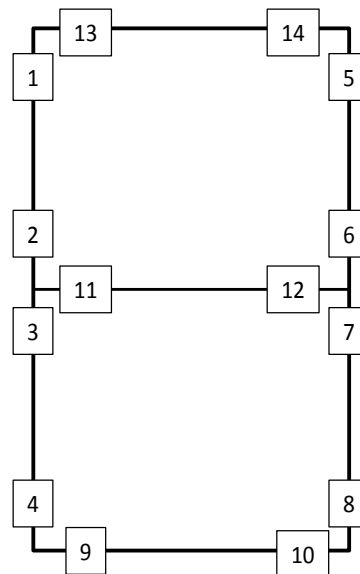




表 11.4-4 (4) コンクリートの曲げ軸力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位<br>相   | 評価位置 |    | 断面形状(mm) |         |         | 引張<br>鉄筋量<br>(mm <sup>2</sup> ) | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 圧縮<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査<br>値 |
|-----------|-----------|----------|------|----|----------|---------|---------|---------------------------------|-----------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|---------|
|           |           |          |      |    | 部材<br>幅  | 部材<br>高 | 有効<br>高 |                                 |                       |            |                                   |                                     |         |
| ①         | Ss-13     | H+<br>V+ | 底版   | 10 | 1000     | 1500    | 1360    | 10720                           | -2380                 | 1493       | 6.6                               | 21.0                                | 0.32    |
|           |           |          | 側壁   | 8  | 1000     | 1500    | 1360    | 9120                            | 1852                  | 696        | 5.4                               | 21.0                                | 0.26    |
|           |           |          | スラブ  | 11 | 1000     | 1100    | 960     | 9120                            | 1314                  | 805        | 6.8                               | 21.0                                | 0.33    |
|           |           |          | 頂版   | 13 | 1000     | 1500    | 1360    | 9120                            | 1677                  | 771        | 4.9                               | 21.0                                | 0.24    |
| ①         | Ss-14     | H+<br>V+ | 底版   | 10 | 1000     | 1500    | 1360    | 10720                           | -1778                 | 1201       | 5.0                               | 21.0                                | 0.24    |
|           |           |          | 側壁   | 8  | 1000     | 1500    | 1360    | 9120                            | 1516                  | 908        | 4.5                               | 21.0                                | 0.22    |
|           |           |          | スラブ  | 11 | 1000     | 1100    | 960     | 9120                            | 988                   | 660        | 5.1                               | 21.0                                | 0.25    |
|           |           |          | 頂版   | 13 | 1000     | 1500    | 1360    | 9120                            | 1354                  | 682        | 4.0                               | 21.0                                | 0.20    |

\*1 評価位置は下図に示す。

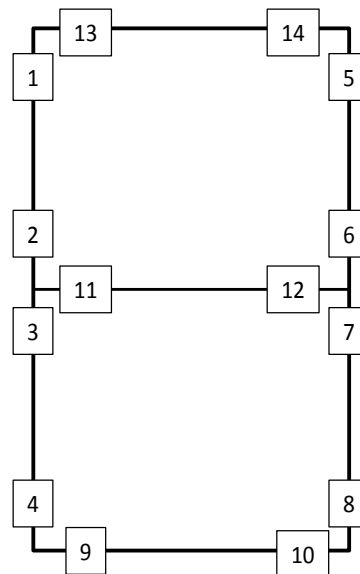




表 11.4-4 (5) コンクリートの曲げ軸力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位<br>相   | 評価位置 |    | 断面形状(mm) |         |         | 引張<br>鉄筋量<br>(mm <sup>2</sup> ) | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 圧縮<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査<br>値 |
|-----------|-----------|----------|------|----|----------|---------|---------|---------------------------------|-----------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|---------|
|           |           |          |      |    | 部材<br>幅  | 部材<br>高 | 有効<br>高 |                                 |                       |            |                                   |                                     |         |
| ①         | Ss-21     | H+<br>V+ | 底版   | 10 | 1000     | 1500    | 1360    | 10720                           | -2055                 | 1300       | 5.7                               | 21.0                                | 0.28    |
|           |           |          | 側壁   | 4  | 1000     | 1500    | 1360    | 9120                            | -1602                 | 566        | 4.7                               | 21.0                                | 0.23    |
|           |           |          | スラブ  | 12 | 1000     | 1100    | 960     | 9120                            | 1119                  | 576        | 5.7                               | 21.0                                | 0.28    |
|           |           |          | 頂版   | 13 | 1000     | 1500    | 1360    | 9120                            | 1361                  | 637        | 4.0                               | 21.0                                | 0.20    |
| ①         | Ss-22     | H+<br>V+ | 底版   | 10 | 1000     | 1500    | 1360    | 10720                           | -2927                 | 1514       | 8.0                               | 21.0                                | 0.39    |
|           |           |          | 側壁   | 1  | 1000     | 1500    | 1360    | 9120                            | -1977                 | 1030       | 5.9                               | 21.0                                | 0.29    |
|           |           |          | スラブ  | 11 | 1000     | 1100    | 960     | 9120                            | 1725                  | 719        | 8.7                               | 21.0                                | 0.42    |
|           |           |          | 頂版   | 13 | 1000     | 1500    | 1360    | 9120                            | 1944                  | 677        | 5.6                               | 21.0                                | 0.27    |

\*1 評価位置は下図に示す。

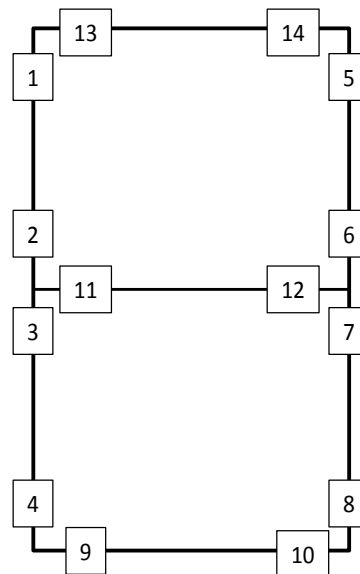




表 11.4-4 (6) コンクリートの曲げ軸力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位<br>相   | 評価位置 |    | 断面形状 (mm) |         |         | 引張<br>鉄筋量<br>(mm <sup>2</sup> ) | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 圧縮<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査<br>値 |
|-----------|-----------|----------|------|----|-----------|---------|---------|---------------------------------|-----------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|---------|
|           |           |          |      |    | 部材<br>幅   | 部材<br>高 | 有効<br>高 |                                 |                       |            |                                   |                                     |         |
| ①         | Ss-31     | H+<br>V+ | 底版   | 9  | 1000      | 1500    | 1360    | 10720                           | -4130                 | 1940       | 11.2                              | 21.0                                | 0.54    |
|           |           |          | 側壁   | 5  | 1000      | 1500    | 1360    | 9120                            | 2859                  | 1368       | 8.4                               | 21.0                                | 0.40    |
|           |           |          | スラブ  | 12 | 1000      | 1100    | 960     | 9120                            | 2600                  | 797        | 12.9                              | 21.0                                | 0.62    |
|           |           |          | 頂版   | 14 | 1000      | 1500    | 1360    | 9120                            | 2747                  | 754        | 7.9                               | 21.0                                | 0.38    |
| ①         | Ss-31     | H-<br>V+ | 底版   | 10 | 1000      | 1500    | 1360    | 10720                           | -3888                 | 1851       | 10.5                              | 21.0                                | 0.50    |
|           |           |          | 側壁   | 1  | 1000      | 1500    | 1360    | 9120                            | -2736                 | 1292       | 8.0                               | 21.0                                | 0.39    |
|           |           |          | スラブ  | 11 | 1000      | 1100    | 960     | 9120                            | 2501                  | 874        | 12.5                              | 21.0                                | 0.60    |
|           |           |          | 頂版   | 13 | 1000      | 1500    | 1360    | 9120                            | 2642                  | 785        | 7.6                               | 21.0                                | 0.37    |

\*1 評価位置は下図に示す。

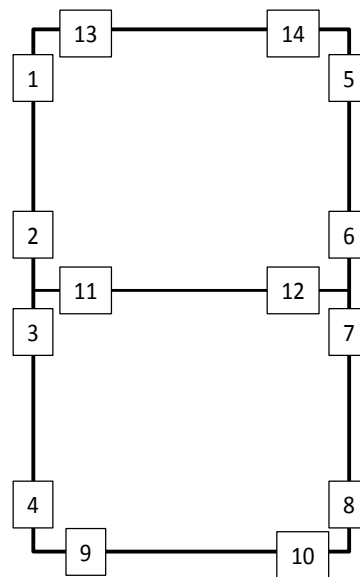




表 11.4-4 (7) コンクリートの曲げ軸力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位<br>相   | 評価位置 |    | 断面形状(mm) |         |         | 引張<br>鉄筋量<br>(mm <sup>2</sup> ) | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 圧縮<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査<br>値 |
|-----------|-----------|----------|------|----|----------|---------|---------|---------------------------------|-----------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|---------|
|           |           |          |      |    | 部材<br>幅  | 部材<br>高 | 有効<br>高 |                                 |                       |            |                                   |                                     |         |
| ②         | Ss-31     | H+<br>V+ | 底版   | 9  | 1000     | 1500    | 1360    | 10720                           | -4125                 | 1939       | 11.2                              | 21.0                                | 0.54    |
|           |           |          | 側壁   | 5  | 1000     | 1500    | 1360    | 9120                            | 2859                  | 1367       | 8.4                               | 21.0                                | 0.40    |
|           |           |          | スラブ  | 12 | 1000     | 1100    | 960     | 9120                            | 2599                  | 779        | 12.9                              | 21.0                                | 0.62    |
|           |           |          | 頂版   | 14 | 1000     | 1500    | 1360    | 9120                            | 2745                  | 750        | 7.8                               | 21.0                                | 0.38    |
| ③         | Ss-31     | H+<br>V+ | 底版   | 9  | 1000     | 1500    | 1360    | 10720                           | -4124                 | 1934       | 11.2                              | 21.0                                | 0.54    |
|           |           |          | 側壁   | 5  | 1000     | 1500    | 1360    | 9120                            | 2864                  | 1369       | 8.4                               | 21.0                                | 0.40    |
|           |           |          | スラブ  | 12 | 1000     | 1100    | 960     | 9120                            | 2603                  | 794        | 12.9                              | 21.0                                | 0.62    |
|           |           |          | 頂版   | 14 | 1000     | 1500    | 1360    | 9120                            | 2757                  | 763        | 7.9                               | 21.0                                | 0.38    |

\*1 評価位置は下図に示す。

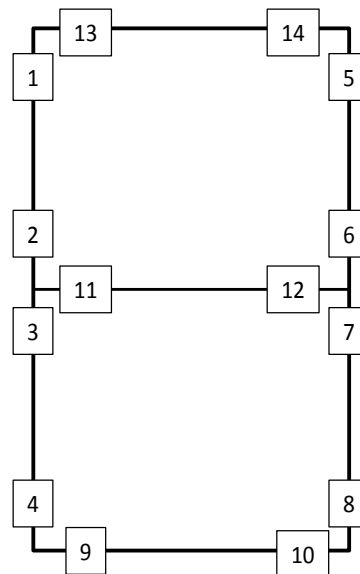




表 11.4-4 (8) コンクリートの曲げ軸力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位<br>相   | 評価位置 |    | 断面形状(mm) |         |         | 引張<br>鉄筋量<br>(mm <sup>2</sup> ) | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 圧縮<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査<br>値 |
|-----------|-----------|----------|------|----|----------|---------|---------|---------------------------------|-----------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|---------|
|           |           |          |      |    | 部材<br>幅  | 部材<br>高 | 有効<br>高 |                                 |                       |            |                                   |                                     |         |
| ④         | Ss-31     | H+<br>V+ | 底版   | 9  | 1000     | 1500    | 1360    | 10720                           | -4297                 | 2029       | 11.6                              | 21.0                                | 0.56    |
|           |           |          | 側壁   | 5  | 1000     | 1500    | 1360    | 9120                            | 2922                  | 1355       | 8.6                               | 21.0                                | 0.41    |
|           |           |          | スラブ  | 12 | 1000     | 1100    | 960     | 9120                            | 2724                  | 848        | 13.5                              | 21.0                                | 0.65    |
|           |           |          | 頂版   | 14 | 1000     | 1500    | 1360    | 9120                            | 2796                  | 715        | 8.0                               | 21.0                                | 0.39    |
| ⑤         | Ss-31     | H+<br>V+ | 底版   | 9  | 1000     | 1500    | 1360    | 10720                           | -3736                 | 1794       | 10.1                              | 21.0                                | 0.49    |
|           |           |          | 側壁   | 5  | 1000     | 1500    | 1360    | 9120                            | 2688                  | 1290       | 7.9                               | 21.0                                | 0.38    |
|           |           |          | スラブ  | 12 | 1000     | 1100    | 960     | 9120                            | 2363                  | 672        | 11.7                              | 21.0                                | 0.56    |
|           |           |          | 頂版   | 14 | 1000     | 1500    | 1360    | 9120                            | 2581                  | 758        | 7.4                               | 21.0                                | 0.36    |

\*1 評価位置は下図に示す。

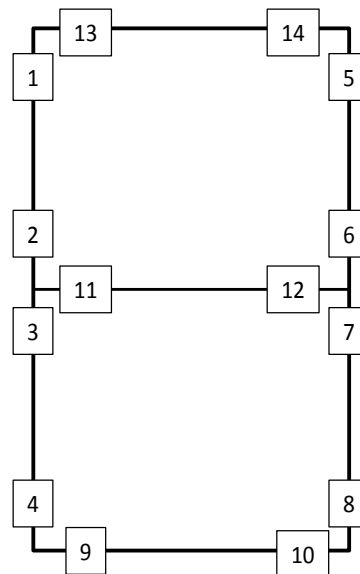




表 11.4-4 (9) コンクリートの曲げ軸力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位<br>相   | 評価位置 |    | 断面形状 (mm) |         |         | 引張<br>鉄筋量<br>(mm <sup>2</sup> ) | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 圧縮<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査<br>値 |
|-----------|-----------|----------|------|----|-----------|---------|---------|---------------------------------|-----------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|---------|
|           |           |          |      |    | 部材<br>幅   | 部材<br>高 | 有効<br>高 |                                 |                       |            |                                   |                                     |         |
| ⑥         | Ss-31     | H+<br>V+ | 底版   | 9  | 1000      | 1500    | 1360    | 10720                           | -3726                 | 1788       | 10.1                              | 21.0                                | 0.49    |
|           |           |          | 側壁   | 5  | 1000      | 1500    | 1360    | 9120                            | 2686                  | 1287       | 7.9                               | 21.0                                | 0.38    |
|           |           |          | スラブ  | 12 | 1000      | 1100    | 960     | 9120                            | 2357                  | 664        | 11.7                              | 21.0                                | 0.56    |
|           |           |          | 頂版   | 14 | 1000      | 1500    | 1360    | 9120                            | 2575                  | 755        | 7.4                               | 21.0                                | 0.36    |

\*1 評価位置は下図に示す。

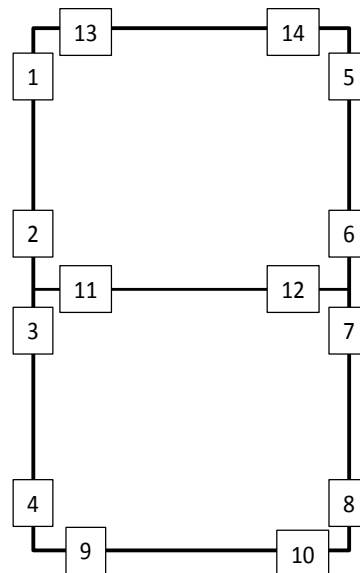




表 11.4-5 (1) 鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位<br>相   | 評価位置 |    | 断面形状 (mm) |         |         | 引張<br>鉄筋量<br>(mm <sup>2</sup> ) | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 引張<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査<br>値 |
|-----------|-----------|----------|------|----|-----------|---------|---------|---------------------------------|-----------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|---------|
|           |           |          |      |    | 部材<br>幅   | 部材<br>高 | 有効<br>高 |                                 |                       |            |                                   |                                     |         |
| ①         | Ss-D1     | H+<br>V+ | 底版   | 9  | 1000      | 1500    | 1360    | 10720                           | 3881                  | -306       | 312                               | 435                                 | 0.72    |
|           |           |          | 側壁   | 8  | 1000      | 1500    | 1360    | 9120                            | 2345                  | -371       | 230                               | 435                                 | 0.53    |
|           |           |          | スラブ  | 11 | 1000      | 1100    | 960     | 9120                            | 2398                  | 788        | 274                               | 435                                 | 0.63    |
|           |           |          | 頂版   | 13 | 1000      | 1500    | 1360    | 9120                            | 2549                  | 668        | 196                               | 435                                 | 0.46    |
| ①         | Ss-D1     | H+<br>V- | 底版   | 9  | 1000      | 1500    | 1360    | 10720                           | 3851                  | -223       | 306                               | 435                                 | 0.71    |
|           |           |          | 側壁   | 8  | 1000      | 1500    | 1360    | 9120                            | 2432                  | -257       | 232                               | 435                                 | 0.54    |
|           |           |          | スラブ  | 11 | 1000      | 1100    | 960     | 9120                            | 2425                  | 861        | 274                               | 435                                 | 0.63    |
|           |           |          | 頂版   | 13 | 1000      | 1500    | 1360    | 9120                            | 2618                  | 733        | 199                               | 435                                 | 0.46    |

\*1 評価位置は下図に示す。

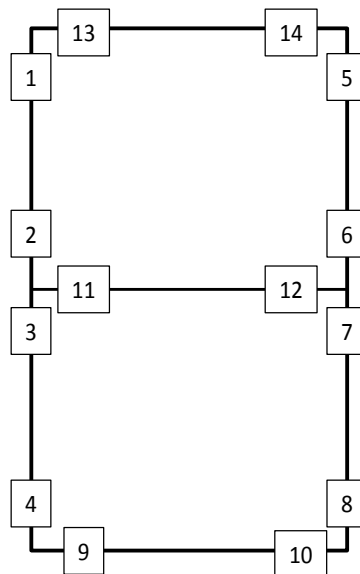




表 11.4-5 (2) 鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位<br>相   | 評価位置 |    | 断面形状 (mm) |         |         | 引張<br>鉄筋量<br>(mm <sup>2</sup> ) | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 引張<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査<br>値 |
|-----------|-----------|----------|------|----|-----------|---------|---------|---------------------------------|-----------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|---------|
|           |           |          |      |    | 部材<br>幅   | 部材<br>高 | 有効<br>高 |                                 |                       |            |                                   |                                     |         |
| ①         | Ss-D1     | H-<br>V+ | 底版   | 10 | 1000      | 1500    | 1360    | 10720                           | 3817                  | -265       | 305                               | 435                                 | 0.71    |
|           |           |          | 側壁   | 4  | 1000      | 1500    | 1360    | 9120                            | -2527                 | -187       | 237                               | 435                                 | 0.55    |
|           |           |          | スラブ  | 12 | 1000      | 1100    | 960     | 9120                            | 2427                  | 741        | 280                               | 435                                 | 0.65    |
|           |           |          | 頂版   | 14 | 1000      | 1500    | 1360    | 9120                            | 2601                  | 646        | 202                               | 435                                 | 0.47    |
| ①         | Ss-D1     | H-<br>V- | 底版   | 10 | 1000      | 1500    | 1360    | 10720                           | 3813                  | -162       | 300                               | 435                                 | 0.69    |
|           |           |          | 側壁   | 4  | 1000      | 1500    | 1360    | 9120                            | -2595                 | -122       | 240                               | 435                                 | 0.56    |
|           |           |          | スラブ  | 12 | 1000      | 1100    | 960     | 9120                            | 2458                  | 814        | 280                               | 435                                 | 0.65    |
|           |           |          | 頂版   | 14 | 1000      | 1500    | 1360    | 9120                            | 2660                  | 694        | 205                               | 435                                 | 0.48    |

\*1 評価位置は下図に示す。

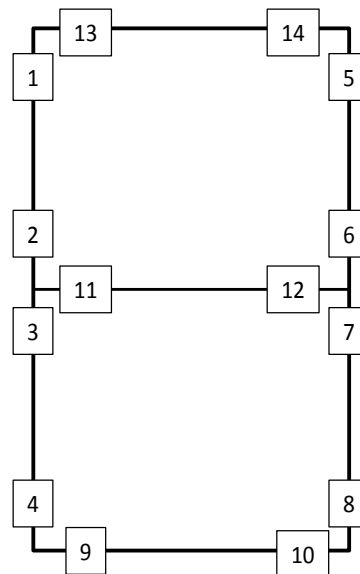




表 11.4-5 (3) 鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位<br>相   | 評価位置 |    | 断面形状 (mm) |         |         | 引張<br>鉄筋量<br>(mm <sup>2</sup> ) | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 引張<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査<br>値 |
|-----------|-----------|----------|------|----|-----------|---------|---------|---------------------------------|-----------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|---------|
|           |           |          |      |    | 部材<br>幅   | 部材<br>高 | 有効<br>高 |                                 |                       |            |                                   |                                     |         |
| ①         | Ss-11     | H+<br>V+ | 底版   | 10 | 1000      | 1500    | 1360    | 10720                           | -1602                 | 1128       | 78                                | 435                                 | 0.18    |
|           |           |          | 側壁   | 8  | 1000      | 1500    | 1360    | 9120                            | 1410                  | 770        | 90                                | 435                                 | 0.21    |
|           |           |          | スラブ  | 11 | 1000      | 1100    | 960     | 9120                            | 842                   | 628        | 79                                | 435                                 | 0.19    |
|           |           |          | 頂版   | 13 | 1000      | 1500    | 1360    | 9120                            | 1217                  | 635        | 79                                | 435                                 | 0.19    |
| ①         | Ss-12     | H+<br>V+ | 底版   | 9  | 1000      | 1500    | 1360    | 10720                           | -2278                 | 1345       | 120                               | 435                                 | 0.28    |
|           |           |          | 側壁   | 8  | 1000      | 1500    | 1360    | 9120                            | 1837                  | 668        | 133                               | 435                                 | 0.31    |
|           |           |          | スラブ  | 12 | 1000      | 1100    | 960     | 9120                            | 1247                  | 653        | 130                               | 435                                 | 0.30    |
|           |           |          | 頂版   | 13 | 1000      | 1500    | 1360    | 9120                            | 1645                  | 768        | 111                               | 435                                 | 0.26    |

\*1 評価位置は下図に示す。

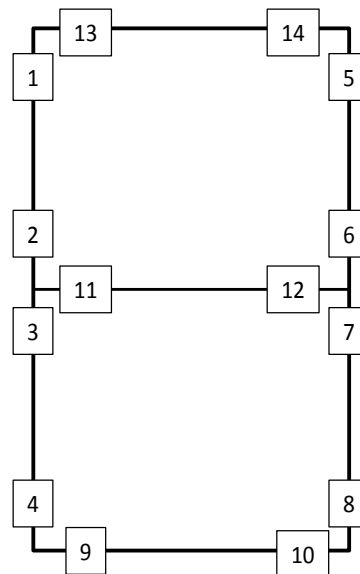




表 11.4-5 (4) 鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位<br>相   | 評価位置 |    | 断面形状(mm) |         |         | 引張<br>鉄筋量<br>(mm <sup>2</sup> ) | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 引張<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査<br>値 |
|-----------|-----------|----------|------|----|----------|---------|---------|---------------------------------|-----------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|---------|
|           |           |          |      |    | 部材<br>幅  | 部材<br>高 | 有効<br>高 |                                 |                       |            |                                   |                                     |         |
| ①         | Ss-13     | H+<br>V+ | 底版   | 10 | 1000     | 1500    | 1360    | 10720                           | -2374                 | 1474       | 123                               | 435                                 | 0.29    |
|           |           |          | 側壁   | 8  | 1000     | 1500    | 1360    | 9120                            | 1844                  | 593        | 137                               | 435                                 | 0.32    |
|           |           |          | スラブ  | 11 | 1000     | 1100    | 960     | 9120                            | 1310                  | 789        | 132                               | 435                                 | 0.31    |
|           |           |          | 頂版   | 13 | 1000     | 1500    | 1360    | 9120                            | 1677                  | 748        | 115                               | 435                                 | 0.27    |
| ①         | Ss-14     | H+<br>V+ | 底版   | 10 | 1000     | 1500    | 1360    | 10720                           | -1773                 | 1166       | 89                                | 435                                 | 0.21    |
|           |           |          | 側壁   | 8  | 1000     | 1500    | 1360    | 9120                            | 1487                  | 619        | 104                               | 435                                 | 0.24    |
|           |           |          | スラブ  | 11 | 1000     | 1100    | 960     | 9120                            | 988                   | 642        | 97                                | 435                                 | 0.23    |
|           |           |          | 頂版   | 13 | 1000     | 1500    | 1360    | 9120                            | 1350                  | 632        | 91                                | 435                                 | 0.21    |

\*1 評価位置は下図に示す。

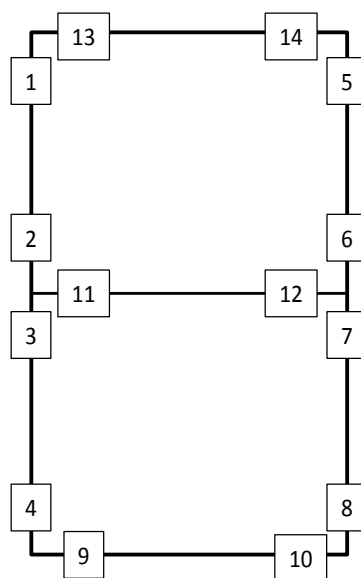




表 11.4-5 (5) 鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位<br>相   | 評価位置 |    | 断面形状(mm) |         |         | 引張<br>鉄筋量<br>(mm <sup>2</sup> ) | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 引張<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査<br>値 |
|-----------|-----------|----------|------|----|----------|---------|---------|---------------------------------|-----------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|---------|
|           |           |          |      |    | 部材<br>幅  | 部材<br>高 | 有効<br>高 |                                 |                       |            |                                   |                                     |         |
| ①         | Ss-21     | H+<br>V+ | 底版   | 9  | 1000     | 1500    | 1360    | 10720                           | -2062                 | 1194       | 110                               | 435                                 | 0.26    |
|           |           |          | 側壁   | 4  | 1000     | 1500    | 1360    | 9120                            | -1578                 | 418        | 122                               | 435                                 | 0.29    |
|           |           |          | スラブ  | 12 | 1000     | 1100    | 960     | 9120                            | 1117                  | 566        | 118                               | 435                                 | 0.28    |
|           |           |          | 頂版   | 14 | 1000     | 1500    | 1360    | 9120                            | 1364                  | 534        | 97                                | 435                                 | 0.23    |
| ①         | Ss-22     | H+<br>V+ | 底版   | 9  | 1000     | 1500    | 1360    | 10720                           | 2498                  | 5          | 192                               | 435                                 | 0.45    |
|           |           |          | 側壁   | 8  | 1000     | 1500    | 1360    | 9120                            | 1997                  | 127        | 174                               | 435                                 | 0.40    |
|           |           |          | スラブ  | 11 | 1000     | 1100    | 960     | 9120                            | 1721                  | 695        | 190                               | 435                                 | 0.44    |
|           |           |          | 頂版   | 13 | 1000     | 1500    | 1360    | 9120                            | 1940                  | 623        | 144                               | 435                                 | 0.34    |

\*1 評価位置は下図に示す。

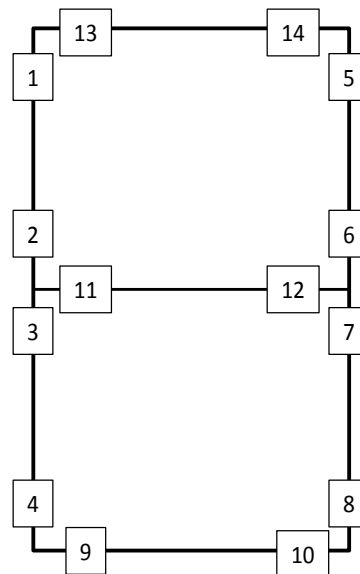




表 11.4-5 (6) 鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位<br>相   | 評価位置 |    | 断面形状 (mm) |         |         | 引張<br>鉄筋量<br>(mm <sup>2</sup> ) | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 引張<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査<br>値 |
|-----------|-----------|----------|------|----|-----------|---------|---------|---------------------------------|-----------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|---------|
|           |           |          |      |    | 部材<br>幅   | 部材<br>高 | 有効<br>高 |                                 |                       |            |                                   |                                     |         |
| ①         | Ss-31     | H+<br>V+ | 底版   | 10 | 1000      | 1500    | 1360    | 10720                           | 4115                  | -249       | 327                               | 435                                 | 0.76    |
|           |           |          | 側壁   | 4  | 1000      | 1500    | 1360    | 9120                            | -2737                 | -168       | 255                               | 435                                 | 0.59    |
|           |           |          | スラブ  | 12 | 1000      | 1100    | 960     | 9120                            | 2600                  | 774        | 301                               | 435                                 | 0.70    |
|           |           |          | 頂版   | 14 | 1000      | 1500    | 1360    | 9120                            | 2747                  | 686        | 213                               | 435                                 | 0.49    |
| ①         | Ss-31     | H-<br>V+ | 底版   | 9  | 1000      | 1500    | 1360    | 10720                           | 4001                  | -195       | 316                               | 435                                 | 0.73    |
|           |           |          | 側壁   | 8  | 1000      | 1500    | 1360    | 9120                            | 2485                  | -283       | 238                               | 435                                 | 0.55    |
|           |           |          | スラブ  | 11 | 1000      | 1100    | 960     | 9120                            | 2501                  | 869        | 283                               | 435                                 | 0.66    |
|           |           |          | 頂版   | 13 | 1000      | 1500    | 1360    | 9120                            | 2642                  | 726        | 202                               | 435                                 | 0.47    |

\*1 評価位置は下図に示す。

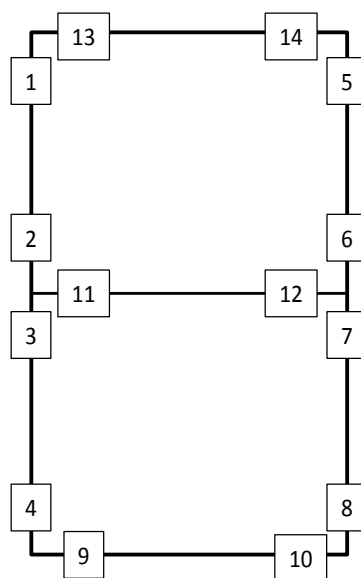




表 11.4-5 (7) 鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位<br>相   | 評価位置 |    | 断面形状(mm) |         |         | 引張<br>鉄筋量<br>(mm <sup>2</sup> ) | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 引張<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査<br>値 |
|-----------|-----------|----------|------|----|----------|---------|---------|---------------------------------|-----------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|---------|
|           |           |          |      |    | 部材<br>幅  | 部材<br>高 | 有効<br>高 |                                 |                       |            |                                   |                                     |         |
| ②         | Ss-31     | H+<br>V+ | 底版   | 10 | 1000     | 1500    | 1360    | 10720                           | 4109                  | -244       | 327                               | 435                                 | 0.76    |
|           |           |          | 側壁   | 4  | 1000     | 1500    | 1360    | 9120                            | -2732                 | -170       | 255                               | 435                                 | 0.59    |
|           |           |          | スラブ  | 12 | 1000     | 1100    | 960     | 9120                            | 2599                  | 774        | 301                               | 435                                 | 0.70    |
|           |           |          | 頂版   | 14 | 1000     | 1500    | 1360    | 9120                            | 2745                  | 682        | 213                               | 435                                 | 0.49    |
| ③         | Ss-31     | H+<br>V+ | 底版   | 10 | 1000     | 1500    | 1360    | 10720                           | 4111                  | -253       | 327                               | 435                                 | 0.76    |
|           |           |          | 側壁   | 4  | 1000     | 1500    | 1360    | 9120                            | -2741                 | -165       | 255                               | 435                                 | 0.59    |
|           |           |          | スラブ  | 12 | 1000     | 1100    | 960     | 9120                            | 2598                  | 771        | 301                               | 435                                 | 0.70    |
|           |           |          | 頂版   | 14 | 1000     | 1500    | 1360    | 9120                            | 2757                  | 697        | 214                               | 435                                 | 0.50    |

\*1 評価位置は下図に示す。

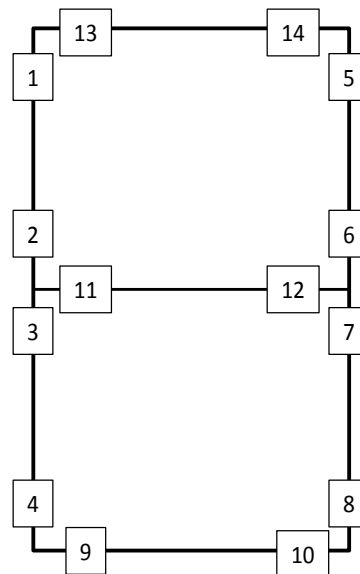




表 11.4-5 (8) 鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位<br>相   | 評価位置 |    | 断面形状(mm) |         |         | 引張<br>鉄筋量<br>(mm <sup>2</sup> ) | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 引張<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査<br>値 |
|-----------|-----------|----------|------|----|----------|---------|---------|---------------------------------|-----------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|---------|
|           |           |          |      |    | 部材<br>幅  | 部材<br>高 | 有効<br>高 |                                 |                       |            |                                   |                                     |         |
| ④         | Ss-31     | H+<br>V+ | 底版   | 10 | 1000     | 1500    | 1360    | 10720                           | 4523                  | -316       | 362                               | 435                                 | 0.84    |
|           |           |          | 側壁   | 4  | 1000     | 1500    | 1360    | 9120                            | -2719                 | -306       | 261                               | 435                                 | 0.60    |
|           |           |          | スラブ  | 12 | 1000     | 1100    | 960     | 9120                            | 2724                  | 842        | 314                               | 435                                 | 0.73    |
|           |           |          | 頂版   | 14 | 1000     | 1500    | 1360    | 9120                            | 2796                  | 661        | 219                               | 435                                 | 0.51    |
| ⑤         | Ss-31     | H+<br>V+ | 底版   | 10 | 1000     | 1500    | 1360    | 10720                           | 3447                  | -147       | 272                               | 435                                 | 0.63    |
|           |           |          | 側壁   | 4  | 1000     | 1500    | 1360    | 9120                            | -2668                 | 132        | 234                               | 435                                 | 0.54    |
|           |           |          | スラブ  | 12 | 1000     | 1100    | 960     | 9120                            | 2363                  | 667        | 275                               | 435                                 | 0.64    |
|           |           |          | 頂版   | 14 | 1000     | 1500    | 1360    | 9120                            | 2581                  | 700        | 198                               | 435                                 | 0.46    |

\*1 評価位置は下図に示す。

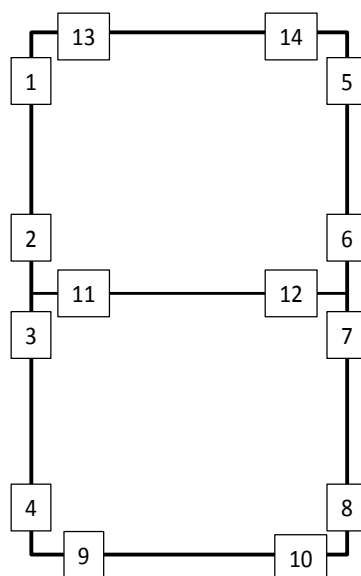
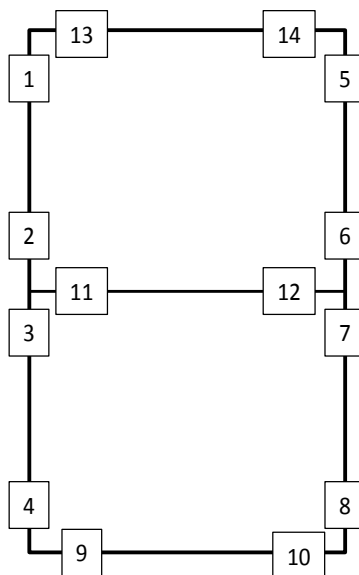




表 11.4-5 (9) 鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位<br>相   | 評価位置 |    | 断面形状 (mm) |         |         | 引張<br>鉄筋量<br>(mm <sup>2</sup> ) | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 引張<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査<br>値 |
|-----------|-----------|----------|------|----|-----------|---------|---------|---------------------------------|-----------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|---------|
|           |           |          |      |    | 部材<br>幅   | 部材<br>高 | 有効<br>高 |                                 |                       |            |                                   |                                     |         |
| ⑥         | Ss-31     | H+<br>V+ | 底版   | 10 | 1000      | 1500    | 1360    | 10720                           | 3432                  | -146       | 270                               | 435                                 | 0.63    |
|           |           |          | 側壁   | 4  | 1000      | 1500    | 1360    | 9120                            | -2669                 | 141        | 233                               | 435                                 | 0.54    |
|           |           |          | スラブ  | 12 | 1000      | 1100    | 960     | 9120                            | 2357                  | 660        | 275                               | 435                                 | 0.64    |
|           |           |          | 頂版   | 14 | 1000      | 1500    | 1360    | 9120                            | 2575                  | 696        | 197                               | 435                                 | 0.46    |

\*1 評価位置は下図に示す。





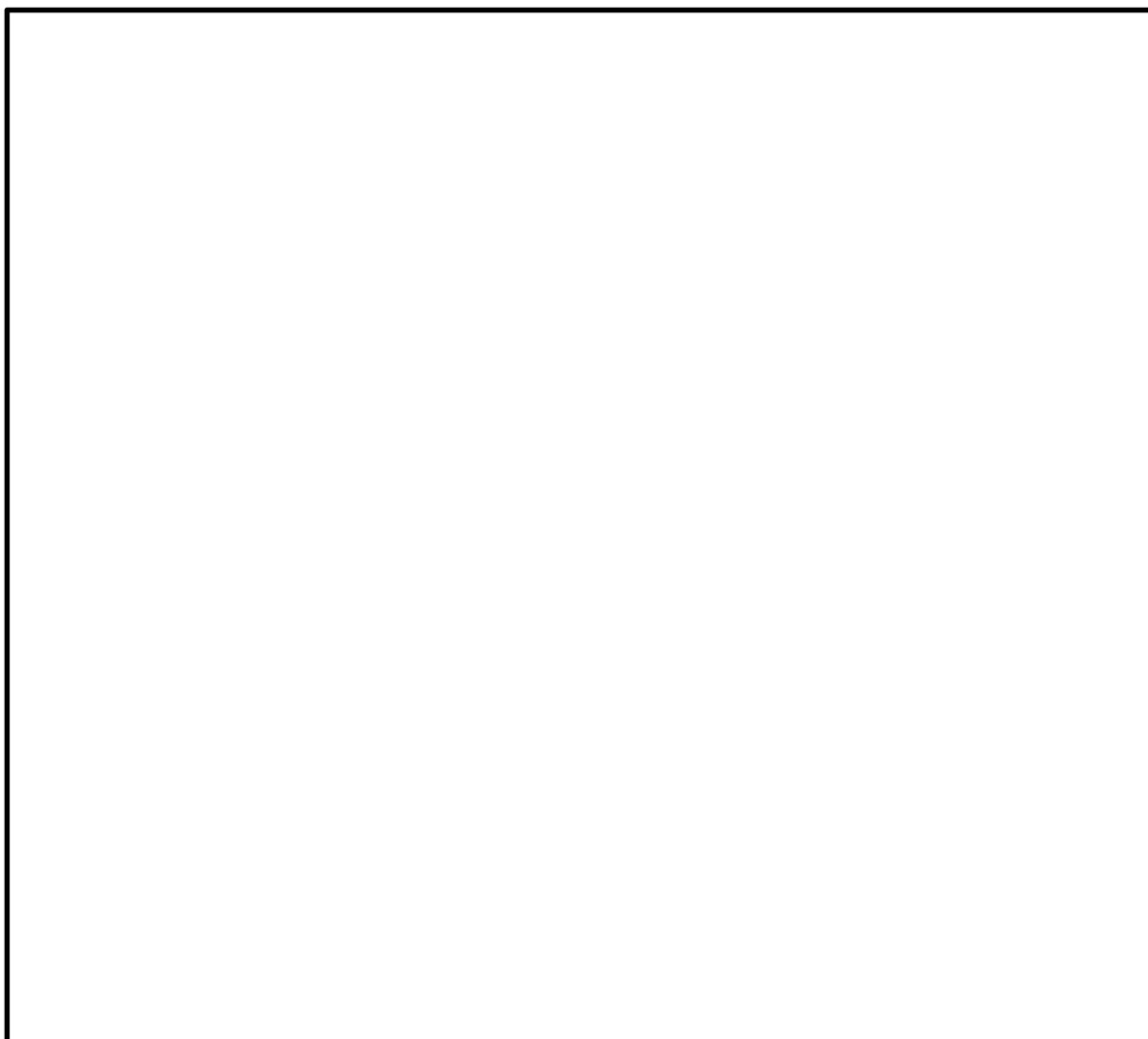


图 11.4-8 概略配筋图

表 11.4-6 断面諸元一覧表（曲げ軸力に対する評価）

[illegible]



(2) 構造部材のせん断力に対する評価結果

表 11.4-7 にせん断力に対する照査結果を示す。

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートにおける許容応力度法による照査を行った結果、評価位置において、発生せん断力がコンクリートの許容せん断力 ( $V_{c.a}$ ) と、斜め引張鉄筋の許容せん断力 ( $V_{s.a}$ ) を合わせた許容せん断力 ( $V_a$ ) 以下であることを確認した。なお、発生応力は各地震動、各部材において最大となる値を示している。

以上より、格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの構造部材の発生応力は、許容限界以下であることを確認した。

図 11.4-9 に概略配筋図を、表 11.4-8 に断面計算に用いた断面諸元の一覧を示す。



表 11.4-7 (1) せん断力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相       | 評価位置 |    | 断面形状(mm) |      |      | せん断<br>補強筋<br>(mm) | 発生<br>せん断力<br>(kN) | 短期許容<br>せん断力<br>(kN) | 照査値  |
|-----------|-----------|----------|------|----|----------|------|------|--------------------|--------------------|----------------------|------|
|           |           |          |      |    | 部材幅      | 部材高  | 有効高  |                    |                    |                      |      |
| ①         | Ss-D1     | H+<br>V+ | 底版   | 9  | 1000     | 1500 | 1360 | D22                | 945                | 2685                 | 0.36 |
|           |           |          | 側壁   | 8  | 1000     | 1500 | 1360 | D22                | -1496              | 2685                 | 0.56 |
|           |           |          | スラブ  | 11 | 1000     | 1100 | 960  | D22                | 685                | 1895                 | 0.37 |
|           |           |          | 頂版   | 13 | 1000     | 1500 | 1360 | D22                | 968                | 2685                 | 0.37 |
| ①         | Ss-D1     | H+<br>V- | 底版   | 10 | 1000     | 1500 | 1360 | D22                | 960                | 2685                 | 0.36 |
|           |           |          | 側壁   | 8  | 1000     | 1500 | 1360 | D22                | -1548              | 2685                 | 0.58 |
|           |           |          | スラブ  | 11 | 1000     | 1100 | 960  | D22                | 701                | 1895                 | 0.37 |
|           |           |          | 頂版   | 13 | 1000     | 1500 | 1360 | D22                | 1007               | 2685                 | 0.38 |

※1 評価位置は下図に示す。

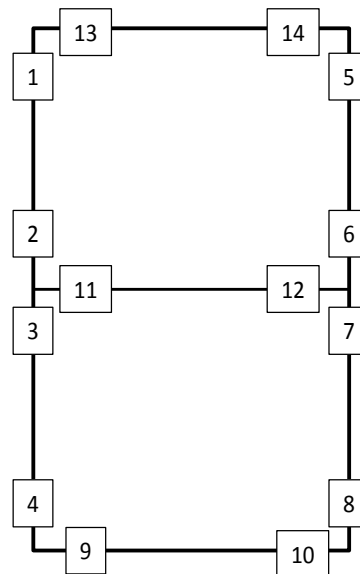




表 11.4-7 (2) せん断力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相       | 評価位置 |    | 断面形状 (mm) |      |      | せん断<br>補強筋<br>(mm) | 発生<br>せん断力<br>(kN) | 短期許容<br>せん断力<br>(kN) | 照査値  |
|-----------|-----------|----------|------|----|-----------|------|------|--------------------|--------------------|----------------------|------|
|           |           |          |      |    | 部材幅       | 部材高  | 有効高  |                    |                    |                      |      |
| ①         | Ss-D1     | H-<br>V+ | 底版   | 9  | 1000      | 1500 | 1360 | D22                | -987               | 2685                 | 0.37 |
|           |           |          | 側壁   | 4  | 1000      | 1500 | 1360 | D22                | 1565               | 2685                 | 0.59 |
|           |           |          | スラブ  | 12 | 1000      | 1100 | 960  | D22                | -697               | 1895                 | 0.37 |
|           |           |          | 頂版   | 14 | 1000      | 1500 | 1360 | D22                | -999               | 2685                 | 0.38 |
| ①         | Ss-D1     | H-<br>V- | 底版   | 9  | 1000      | 1500 | 1360 | D22                | -1026              | 2685                 | 0.39 |
|           |           |          | 側壁   | 4  | 1000      | 1500 | 1360 | D22                | 1626               | 2685                 | 0.61 |
|           |           |          | スラブ  | 12 | 1000      | 1100 | 960  | D22                | -714               | 1895                 | 0.38 |
|           |           |          | 頂版   | 14 | 1000      | 1500 | 1360 | D22                | -1040              | 2685                 | 0.39 |

\*1 評価位置は下図に示す。

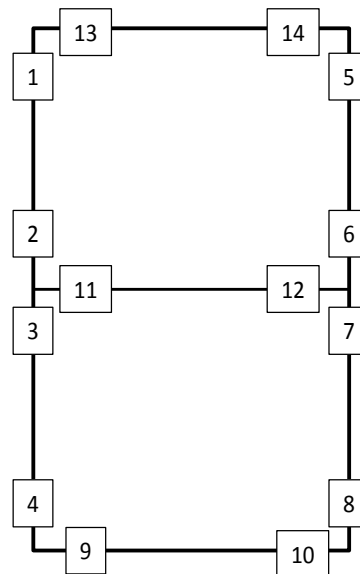




表 11.4-7 (3) せん断力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相       | 評価位置 |    | 断面形状(mm) |      |      | せん断<br>補強筋<br>(mm) | 発生<br>せん断力<br>(kN) | 短期許容<br>せん断力<br>(kN) | 照査値  |
|-----------|-----------|----------|------|----|----------|------|------|--------------------|--------------------|----------------------|------|
|           |           |          |      |    | 部材幅      | 部材高  | 有効高  |                    |                    |                      |      |
| ①         | Ss-11     | H+<br>V+ | 底版   | 10 | 1000     | 1500 | 1360 | D22                | 801                | 2685                 | 0.30 |
|           |           |          | 側壁   | 8  | 1000     | 1500 | 1360 | D22                | -857               | 2685                 | 0.32 |
|           |           |          | スラブ  | 11 | 1000     | 1100 | 960  | D22                | 301                | 1895                 | 0.16 |
|           |           |          | 頂版   | 13 | 1000     | 1500 | 1360 | D22                | 671                | 2685                 | 0.25 |
| ①         | Ss-12     | H+<br>V+ | 底版   | 10 | 1000     | 1500 | 1360 | D22                | 866                | 2685                 | 0.33 |
|           |           |          | 側壁   | 8  | 1000     | 1500 | 1360 | D22                | -1134              | 2685                 | 0.43 |
|           |           |          | スラブ  | 11 | 1000     | 1100 | 960  | D22                | 419                | 1895                 | 0.23 |
|           |           |          | 頂版   | 13 | 1000     | 1500 | 1360 | D22                | 840                | 2685                 | 0.32 |

\*1 評価位置は下図に示す。

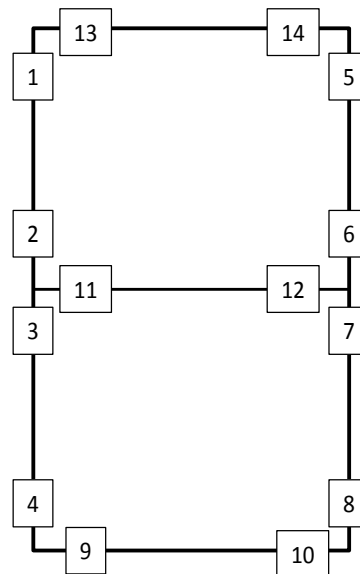




表 11.4-7 (4) せん断力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相       | 評価位置 |    | 断面形状(mm) |      |      | せん断<br>補強筋<br>(mm) | 発生<br>せん断力<br>(kN) | 短期許容<br>せん断力<br>(kN) | 照査値  |
|-----------|-----------|----------|------|----|----------|------|------|--------------------|--------------------|----------------------|------|
|           |           |          |      |    | 部材幅      | 部材高  | 有効高  |                    |                    |                      |      |
| ①         | Ss-13     | H+<br>V+ | 底版   | 10 | 1000     | 1500 | 1360 | D22                | 834                | 2685                 | 0.32 |
|           |           |          | 側壁   | 8  | 1000     | 1500 | 1360 | D22                | -1139              | 2685                 | 0.43 |
|           |           |          | スラブ  | 11 | 1000     | 1100 | 960  | D22                | 430                | 1895                 | 0.23 |
|           |           |          | 頂版   | 13 | 1000     | 1500 | 1360 | D22                | 842                | 2685                 | 0.32 |
| ①         | Ss-14     | H+<br>V+ | 底版   | 10 | 1000     | 1500 | 1360 | D22                | 840                | 2685                 | 0.32 |
|           |           |          | 側壁   | 8  | 1000     | 1500 | 1360 | D22                | -920               | 2685                 | 0.35 |
|           |           |          | スラブ  | 11 | 1000     | 1100 | 960  | D22                | 334                | 1895                 | 0.18 |
|           |           |          | 頂版   | 13 | 1000     | 1500 | 1360 | D22                | 724                | 2685                 | 0.27 |

\*1 評価位置は下図に示す。

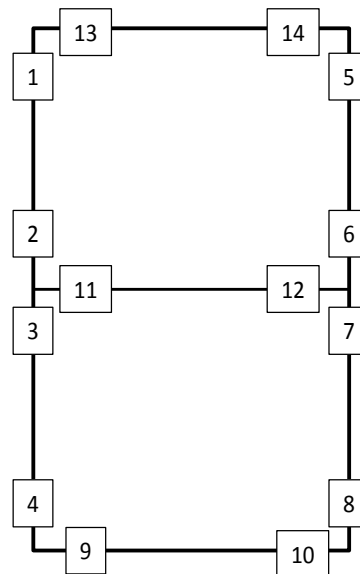




表 11.4-7 (5) せん断力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相       | 評価位置 |    | 断面形状 (mm) |      |      | せん断<br>補強筋<br>(mm) | 発生<br>せん断力<br>(kN) | 短期許容<br>せん断力<br>(kN) | 照査値  |
|-----------|-----------|----------|------|----|-----------|------|------|--------------------|--------------------|----------------------|------|
|           |           |          |      |    | 部材幅       | 部材高  | 有効高  |                    |                    |                      |      |
| ①         | Ss-21     | H+<br>V+ | 底版   | 10 | 1000      | 1500 | 1360 | D22                | 857                | 2685                 | 0.32 |
|           |           |          | 側壁   | 8  | 1000      | 1500 | 1360 | D22                | -1003              | 2685                 | 0.38 |
|           |           |          | スラブ  | 11 | 1000      | 1100 | 960  | D22                | 358                | 1895                 | 0.19 |
|           |           |          | 頂版   | 13 | 1000      | 1500 | 1360 | D22                | 696                | 2685                 | 0.26 |
| ①         | Ss-22     | H+<br>V+ | 底版   | 9  | 1000      | 1500 | 1360 | D22                | -960               | 2685                 | 0.36 |
|           |           |          | 側壁   | 8  | 1000      | 1500 | 1360 | D22                | -1260              | 2685                 | 0.47 |
|           |           |          | スラブ  | 11 | 1000      | 1100 | 960  | D22                | 518                | 1895                 | 0.28 |
|           |           |          | 頂版   | 14 | 1000      | 1500 | 1360 | D22                | -843               | 2685                 | 0.32 |

\*1 評価位置は下図に示す。

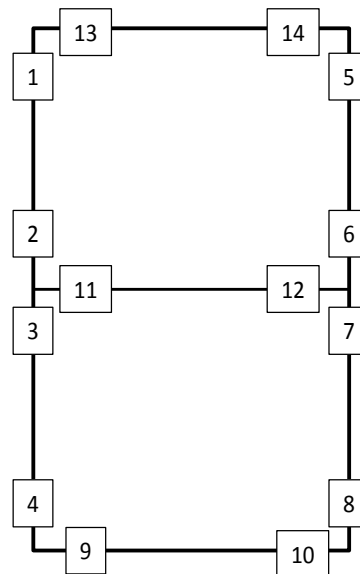




表 11.4-7 (6) せん断力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相       | 評価位置 |    | 断面形状(mm) |      |      | せん断<br>補強筋<br>(mm) | 発生<br>せん断力<br>(kN) | 短期許容<br>せん断力<br>(kN) | 照査値  |
|-----------|-----------|----------|------|----|----------|------|------|--------------------|--------------------|----------------------|------|
|           |           |          |      |    | 部材幅      | 部材高  | 有効高  |                    |                    |                      |      |
| ①         | Ss-31     | H+<br>V+ | 底版   | 9  | 1000     | 1500 | 1360 | D22                | -1012              | 2685                 | 0.38 |
|           |           |          | 側壁   | 4  | 1000     | 1500 | 1360 | D22                | 1695               | 2685                 | 0.64 |
|           |           |          | スラブ  | 12 | 1000     | 1100 | 960  | D22                | -748               | 1895                 | 0.40 |
|           |           |          | 頂版   | 14 | 1000     | 1500 | 1360 | D22                | -1057              | 2685                 | 0.40 |
| ①         | Ss-31     | H-<br>V+ | 底版   | 9  | 1000     | 1500 | 1360 | D22                | 994                | 2685                 | 0.38 |
|           |           |          | 側壁   | 8  | 1000     | 1500 | 1360 | D22                | -1591              | 2685                 | 0.60 |
|           |           |          | スラブ  | 11 | 1000     | 1100 | 960  | D22                | 717                | 1895                 | 0.38 |
|           |           |          | 頂版   | 13 | 1000     | 1500 | 1360 | D22                | 1009               | 2685                 | 0.38 |

\*1 評価位置は下図に示す。

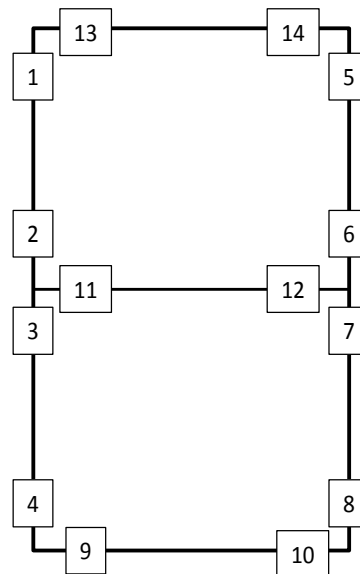




表 11.4-7 (7) せん断力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相       | 評価位置 |    | 断面形状(mm) |      |      | せん断<br>補強筋<br>(mm) | 発生<br>せん断力<br>(kN) | 短期許容<br>せん断力<br>(kN) | 照査値  |
|-----------|-----------|----------|------|----|----------|------|------|--------------------|--------------------|----------------------|------|
|           |           |          |      |    | 部材幅      | 部材高  | 有効高  |                    |                    |                      |      |
| ②         | Ss-31     | H+<br>V+ | 底版   | 9  | 1000     | 1500 | 1360 | D22                | -1011              | 2685                 | 0.38 |
|           |           |          | 側壁   | 4  | 1000     | 1500 | 1360 | D22                | 1693               | 2685                 | 0.64 |
|           |           |          | スラブ  | 12 | 1000     | 1100 | 960  | D22                | -748               | 1895                 | 0.40 |
|           |           |          | 頂版   | 14 | 1000     | 1500 | 1360 | D22                | -1056              | 2685                 | 0.40 |
| ③         | Ss-31     | H+<br>V+ | 底版   | 9  | 1000     | 1500 | 1360 | D22                | -1010              | 2685                 | 0.38 |
|           |           |          | 側壁   | 4  | 1000     | 1500 | 1360 | D22                | 1691               | 2685                 | 0.63 |
|           |           |          | スラブ  | 12 | 1000     | 1100 | 960  | D22                | -749               | 1895                 | 0.40 |
|           |           |          | 頂版   | 14 | 1000     | 1500 | 1360 | D22                | -1060              | 2685                 | 0.40 |

\*1 評価位置は下図に示す。

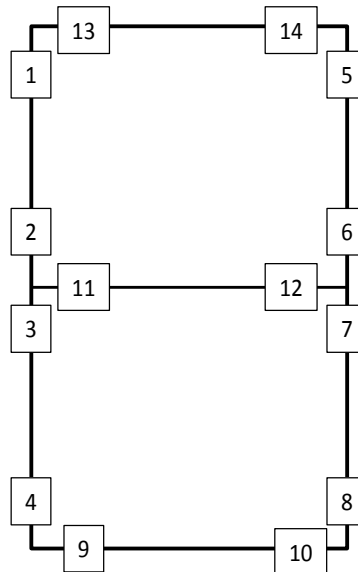




表 11.4-7 (8) せん断力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相       | 評価位置 |    | 断面形状(mm) |      |      | せん断<br>補強筋<br>(mm) | 発生<br>せん断力<br>(kN) | 短期許容<br>せん断力<br>(kN) | 照査値  |
|-----------|-----------|----------|------|----|----------|------|------|--------------------|--------------------|----------------------|------|
|           |           |          |      |    | 部材幅      | 部材高  | 有効高  |                    |                    |                      |      |
| ④         | Ss-31     | H+<br>V+ | 底版   | 10 | 1000     | 1500 | 1360 | D22                | -1154              | 2685                 | 0.43 |
|           |           |          | 側壁   | 4  | 1000     | 1500 | 1360 | D22                | 1756               | 2685                 | 0.66 |
|           |           |          | スラブ  | 12 | 1000     | 1100 | 960  | D22                | -778               | 1895                 | 0.42 |
|           |           |          | 頂版   | 14 | 1000     | 1500 | 1360 | D22                | -1061              | 2685                 | 0.40 |
| ⑤         | Ss-31     | H+<br>V+ | 底版   | 9  | 1000     | 1500 | 1360 | D22                | -1028              | 2685                 | 0.39 |
|           |           |          | 側壁   | 4  | 1000     | 1500 | 1360 | D22                | 1555               | 2685                 | 0.58 |
|           |           |          | スラブ  | 12 | 1000     | 1100 | 960  | D22                | -687               | 1895                 | 0.37 |
|           |           |          | 頂版   | 14 | 1000     | 1500 | 1360 | D22                | -1013              | 2685                 | 0.38 |

＊1 評価位置は下図に示す。

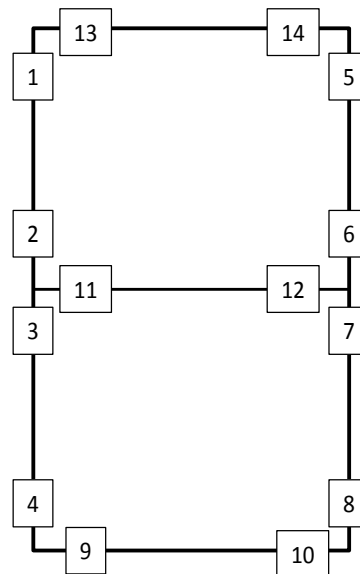
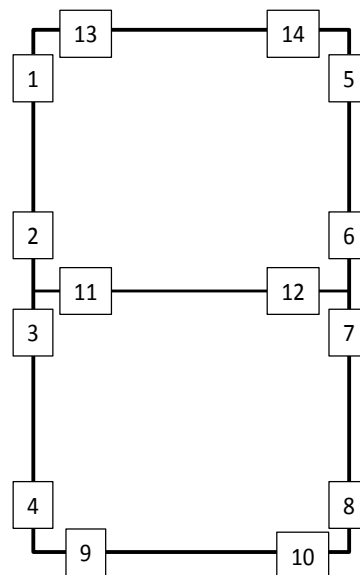




表 11.4-7 (9) せん断力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相       | 評価位置 |    | 断面形状(mm) |      |      | せん断<br>補強筋<br>(mm) | 発生<br>せん断力<br>(kN) | 短期許容<br>せん断力<br>(kN) | 照査値  |
|-----------|-----------|----------|------|----|----------|------|------|--------------------|--------------------|----------------------|------|
|           |           |          |      |    | 部材幅      | 部材高  | 有効高  |                    |                    |                      |      |
| ⑥         | Ss-31     | H+<br>V+ | 底版   | 9  | 1000     | 1500 | 1360 | D22                | -1031              | 2685                 | 0.39 |
|           |           |          | 側壁   | 4  | 1000     | 1500 | 1360 | D22                | 1551               | 2685                 | 0.58 |
|           |           |          | スラブ  | 12 | 1000     | 1100 | 960  | D22                | -686               | 1895                 | 0.37 |
|           |           |          | 頂版   | 14 | 1000     | 1500 | 1360 | D22                | -1011              | 2685                 | 0.38 |

\*1 評価位置は下図に示す。





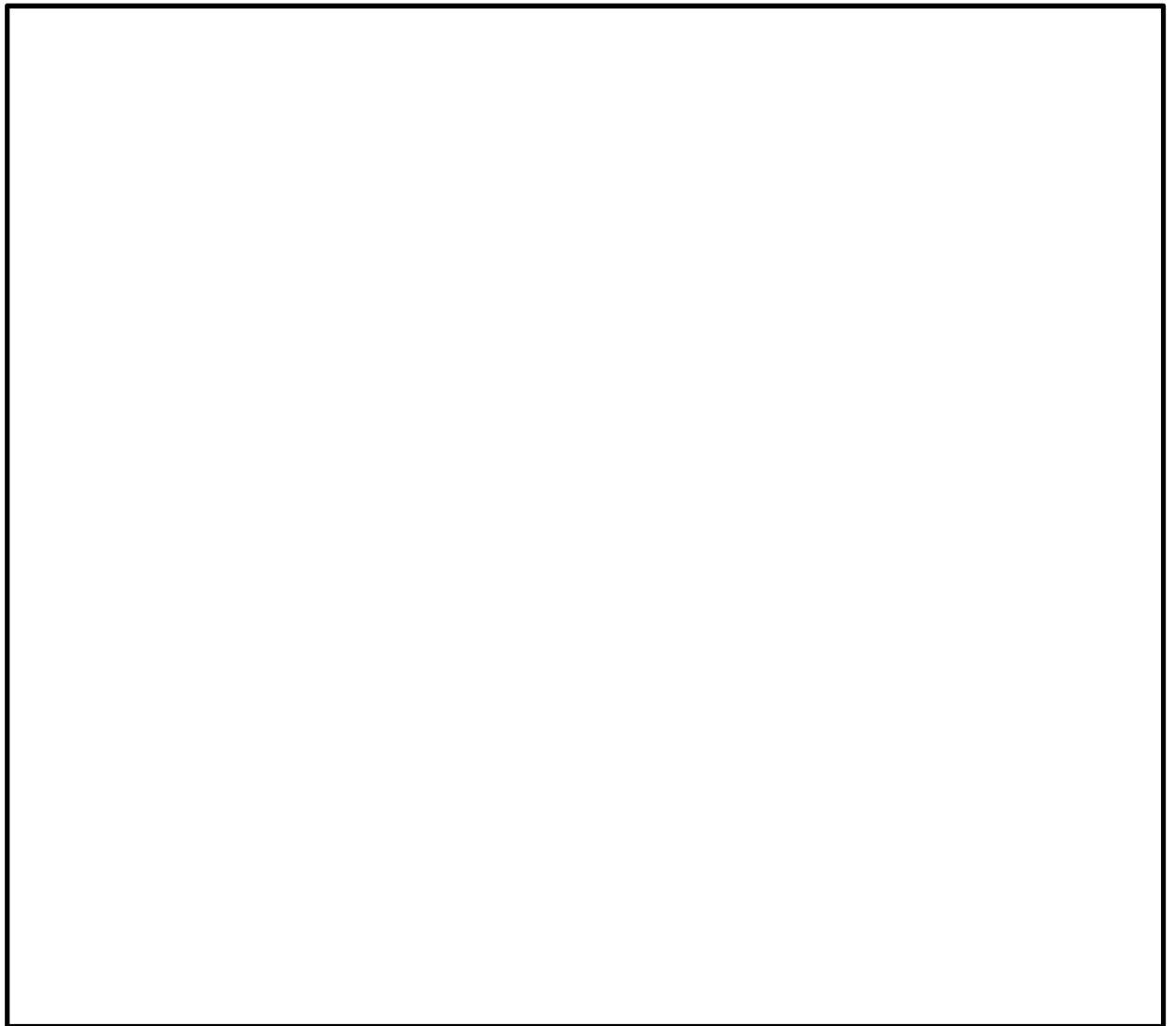


图 11.4—9 概略配筋图

表 11.4-8 断面諸元一覧表（せん断力に対する評価）

|                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| 表 11.1-3 目前船位 船名：( ) 船主：( ) 船主电话：( ) |  |
| 船主姓名：( ) 船主地址：( ) 船主电话：( )           |  |
| 船主身份证号：( ) 船主职业：( ) 船主年龄：( )         |  |
| 船主文化程度：( ) 船主婚姻状况：( ) 船主子女情况：( )     |  |
| 船主其他情况：( )                           |  |



(3) 人工岩盤に対する評価結果（追而）

表 11.4－9，図 11.4－10 に人工岩盤に対する照査結果を示す。



(4) 基礎地盤の支持性能に対する評価結果

a. 基礎地盤 (Km 層)

表 11.4-11 に基礎地盤の支持性能評価結果を、図 11.4-12 に接地圧分布図を示す。

基礎地盤の最大接地圧は検討ケース④  $S_s-31$  (H+, V+) で  $1886\text{kN/m}^2$  であり、基礎地盤の極限支持力度  $4692\text{kN/m}^2$  以下である。

以上のことから、格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの基礎地盤は、基準地震動  $S_s$  に対し、支持性能を有する。

表 11.4-10 基礎地盤の支持性能評価結果

| 検討<br>ケース           | 基準地震動    | 位相     | 最大接地圧<br>( $\text{kN/m}^2$ ) | 極限<br>支持力度<br>( $\text{kN/m}^2$ ) |
|---------------------|----------|--------|------------------------------|-----------------------------------|
| 平均 $V_s$            | $S_s-D1$ | H+, V+ | 1183                         | 4692                              |
|                     | $S_s-D1$ | H+, V- | 1237                         | 4692                              |
|                     | $S_s-D1$ | H-, V+ | 1504                         | 4692                              |
|                     | $S_s-D1$ | H-, V- | 1590                         | 4692                              |
|                     | $S_s-11$ | H+, V+ | 570                          | 4692                              |
|                     | $S_s-12$ | H+, V+ | 808                          | 4692                              |
|                     | $S_s-13$ | H+, V+ | 777                          | 4692                              |
|                     | $S_s-14$ | H+, V+ | 527                          | 4692                              |
|                     | $S_s-21$ | H+, V+ | 706                          | 4692                              |
|                     | $S_s-22$ | H+, V+ | 1034                         | 4692                              |
|                     | $S_s-31$ | H+, V+ | 1454                         | 4692                              |
|                     | $S_s-31$ | H-, V+ | 1050                         | 4692                              |
| +1 $\sigma$         | $S_s-31$ | H+, V+ | 1439                         | 4692                              |
| -1 $\sigma$         | $S_s-31$ | H+, V+ | 1489                         | 4692                              |
| 豊浦標準砂               | $S_s-31$ | H+, V+ | 1886                         | 4692                              |
| 非液状化<br>平均 $V_s$    | $S_s-31$ | H+, V+ | 1284                         | 4692                              |
| 非液状化<br>+1 $\sigma$ | $S_s-31$ | H+, V+ | 1263                         | 4692                              |



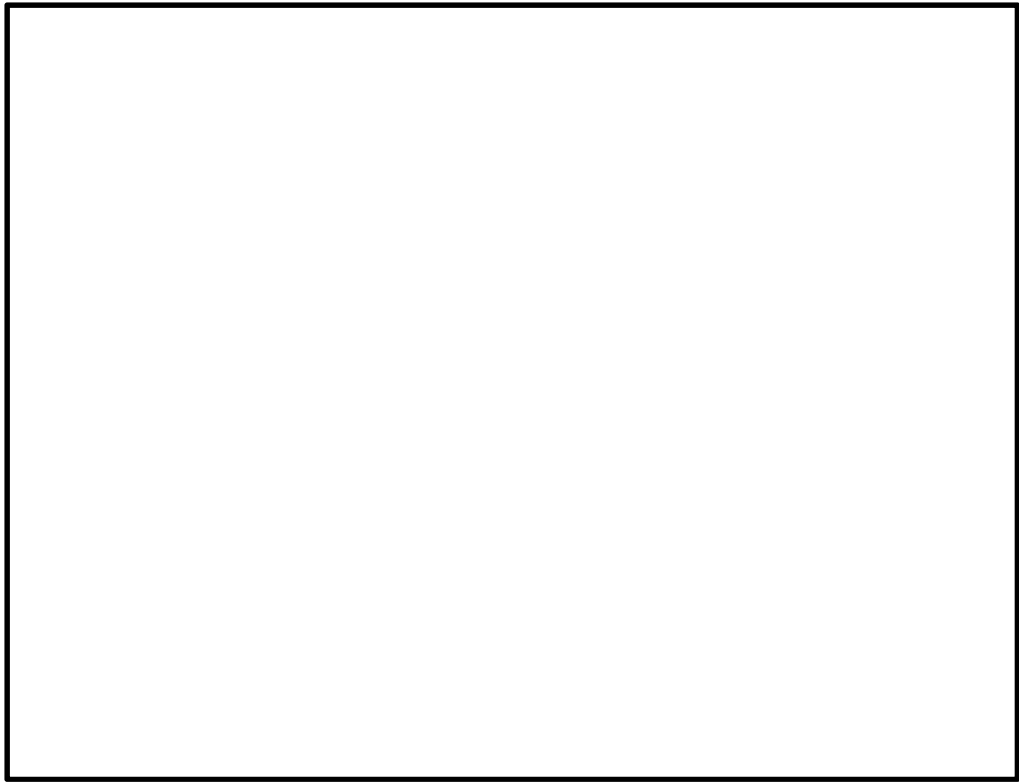


図 11.4-11 基礎地盤（Km 層）の支持性能評価位置（MMR 直下）



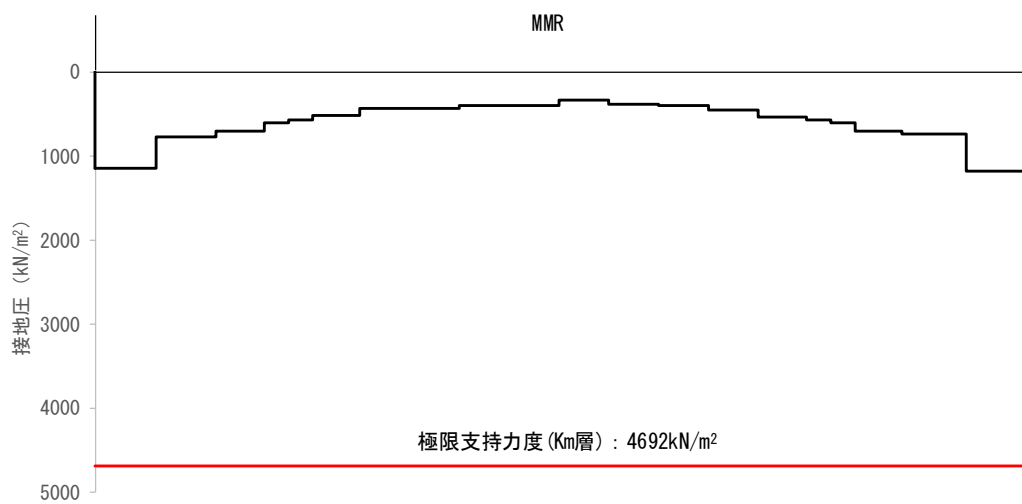


図 11.4-12 (1) 接地圧分布図 ( $S_s - D 1 (H+, V+)$ )  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

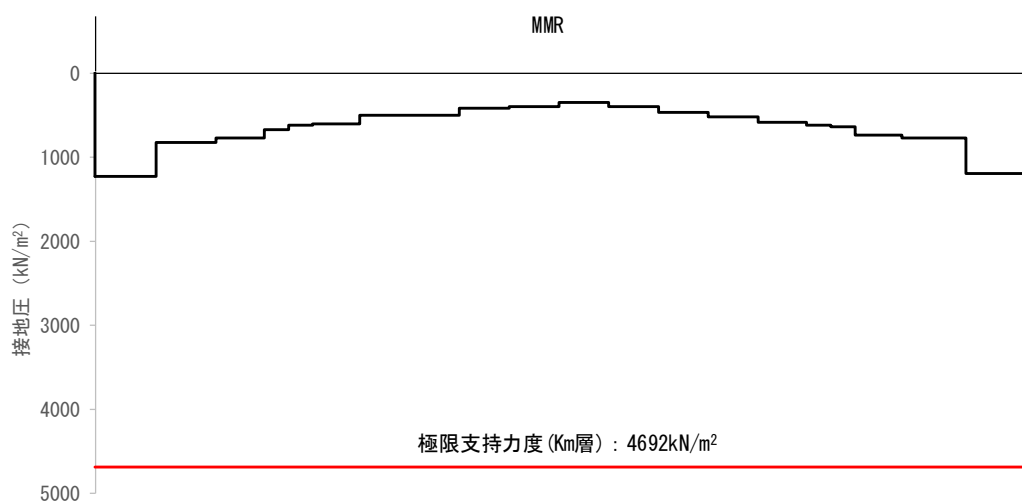


図 11.4-12 (2) 接地圧分布図 ( $S_s - D 1 (H+, V-)$ )  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



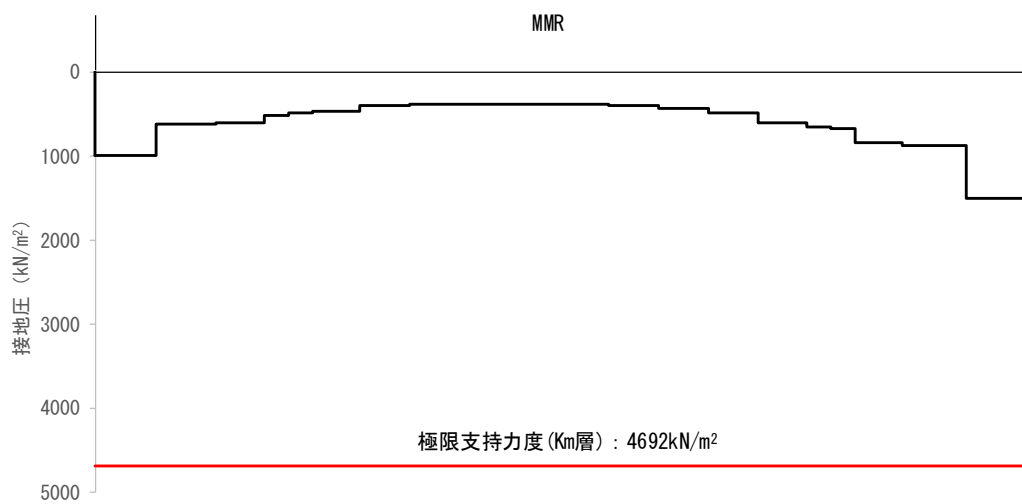


図 11.4-12 (3) 接地圧分布図 ( $S_s - D 1$  (H-, V+))  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

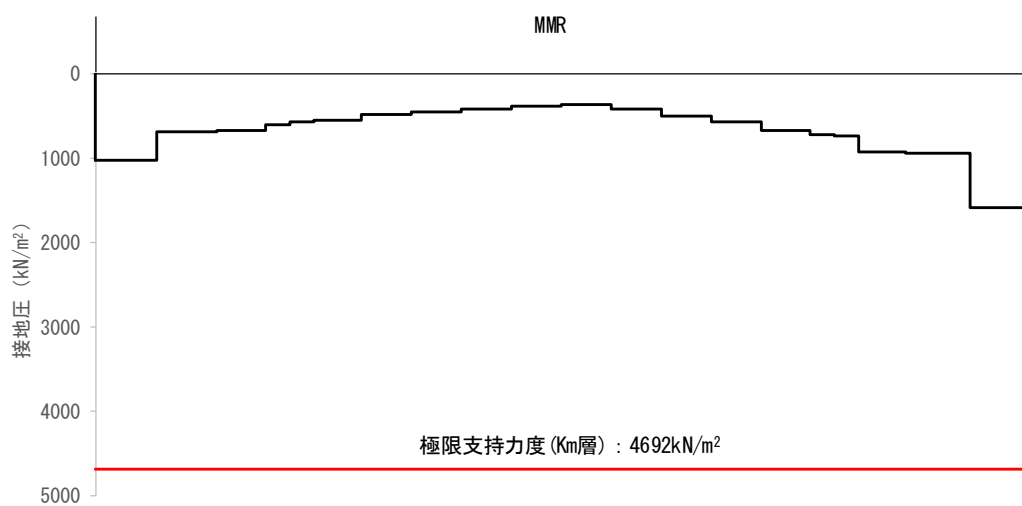


図 11.4-12 (4) 接地圧分布図 ( $S_s - D 1$  (H-, V-))  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



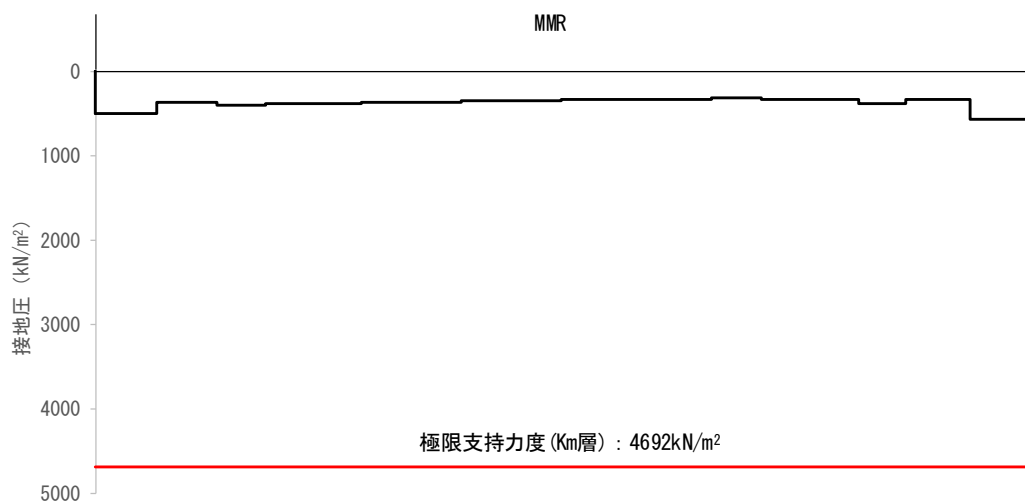


図 11.4-12 (5) 接地圧分布図 ( $S_s - 1.1$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

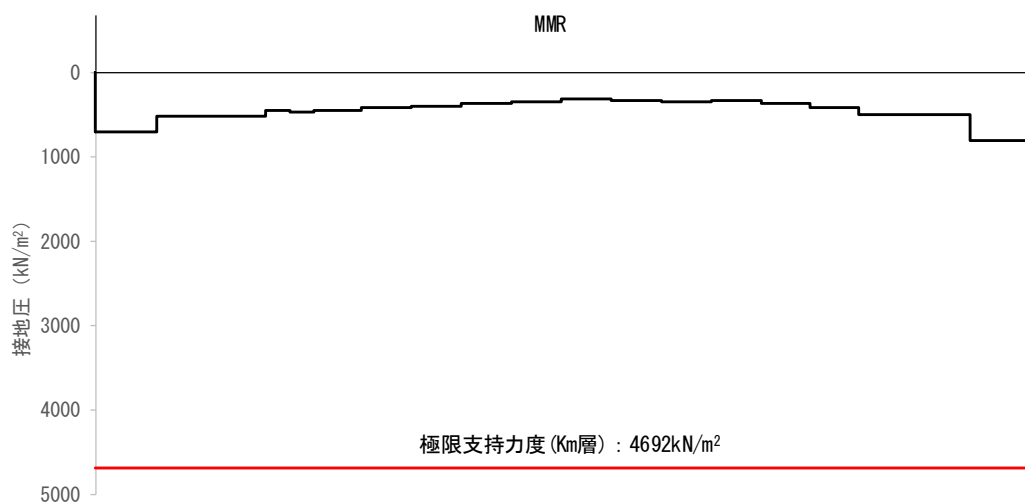


図 11.4-12 (6) 接地圧分布図 ( $S_s - 1.2$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



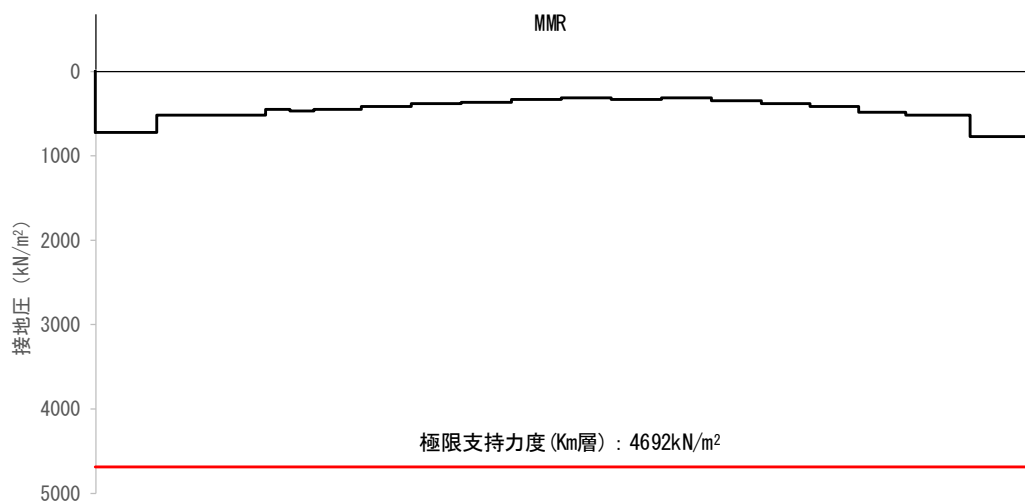


図 11.4-12 (7) 接地圧分布図 ( $S_s - 1.3$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

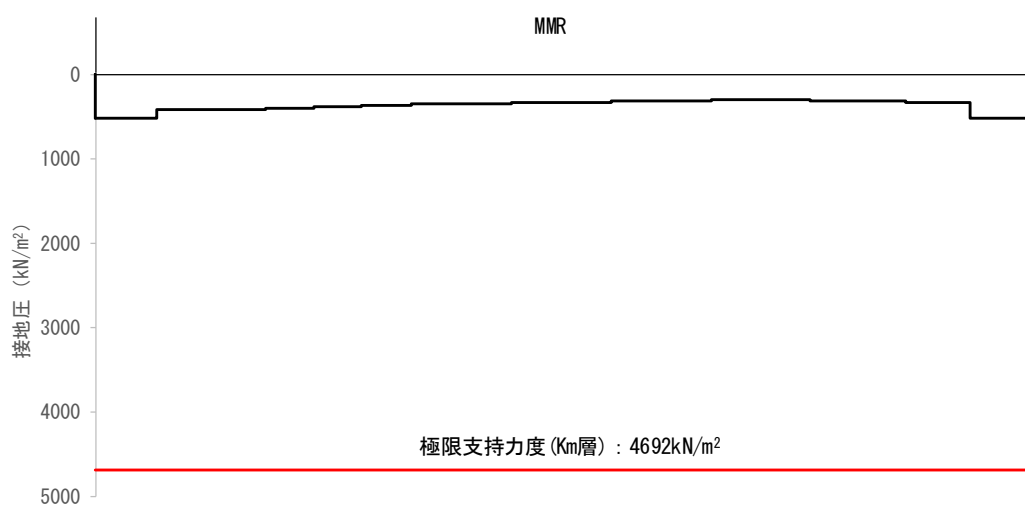


図 11.4-12 (8) 接地圧分布図 ( $S_s - 1.4$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



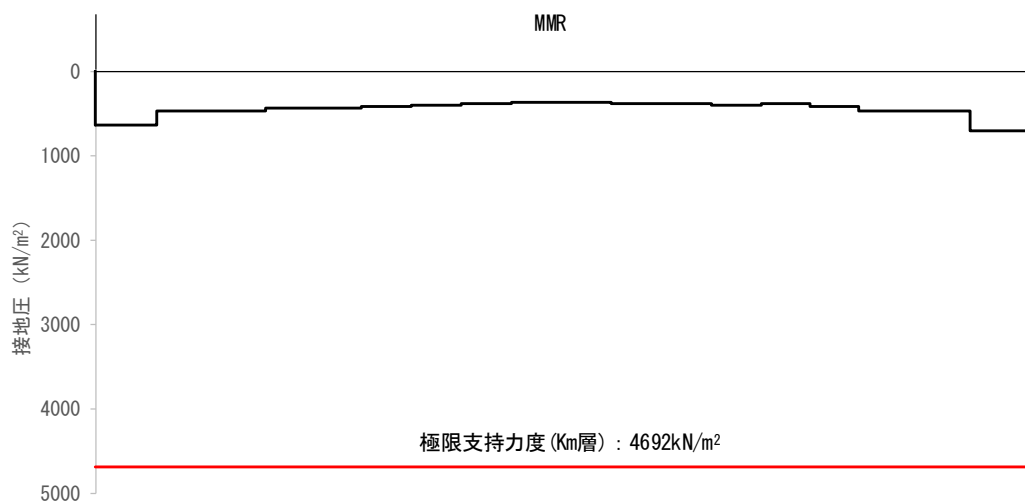


図 11.4-12 (9) 接地圧分布図 ( $S_s - 21$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

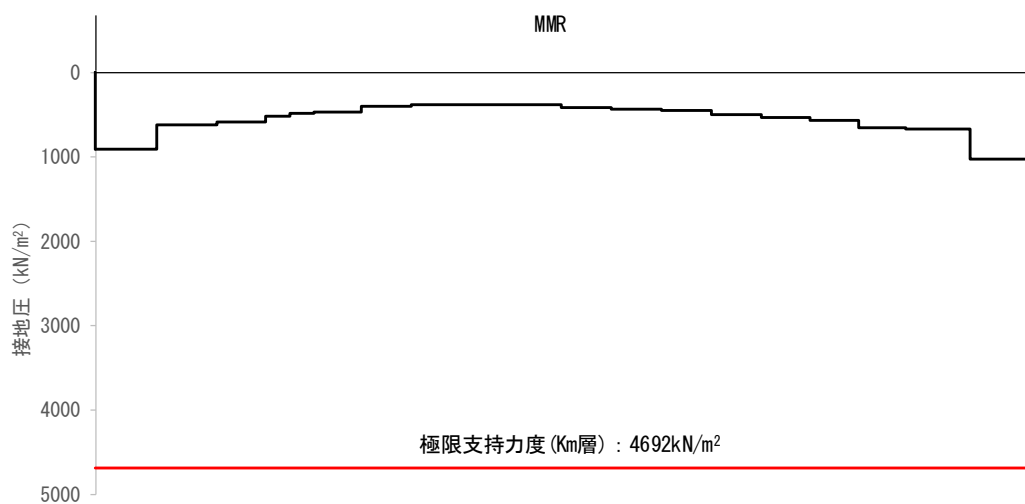


図 11.4-12 (10) 接地圧分布図 ( $S_s - 22$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



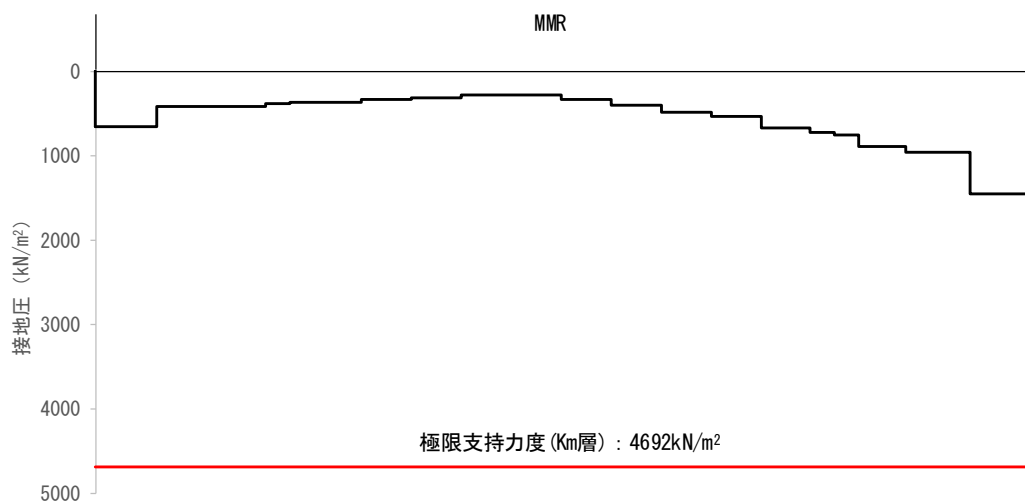


図 11.4-12 (11) 接地圧分布図 ( $S_s - 3.1$  (H+, V+))  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

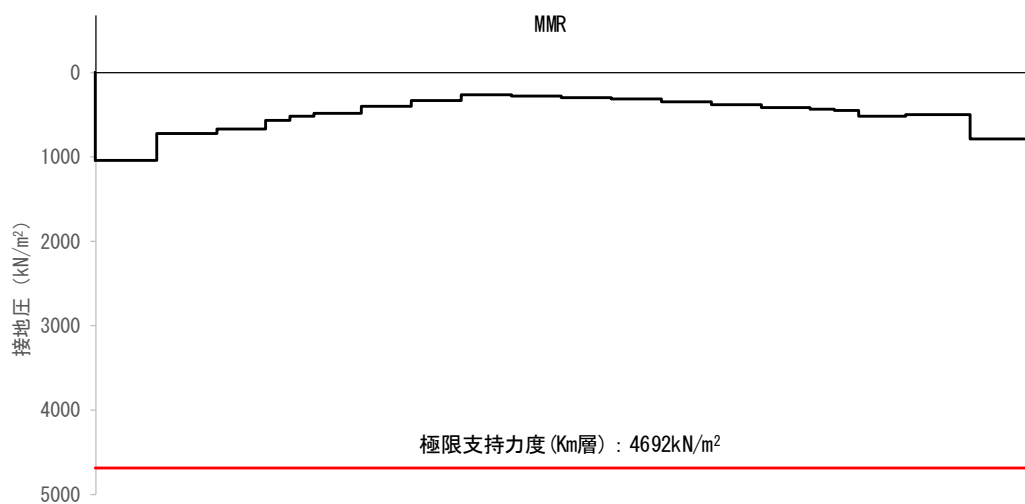


図 11.4-12 (12) 接地圧分布図 ( $S_s - 3.1$  (H-, V+))  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



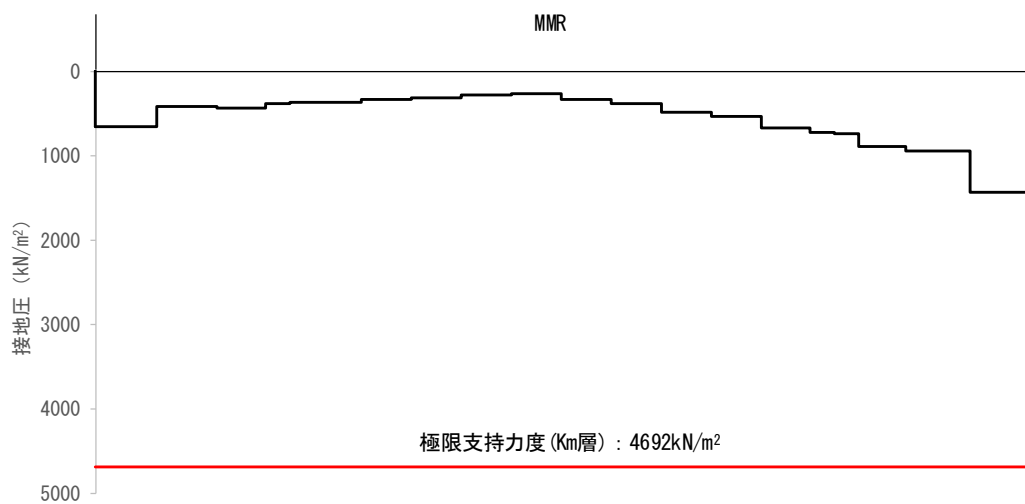


図 11.4-12 (13) 接地圧分布図 ( $S_s - 3.1$  (H+, V+))  
(検討ケース②: 地盤物性のばらつきを考慮 (+1 $\sigma$ ) した解析ケース)

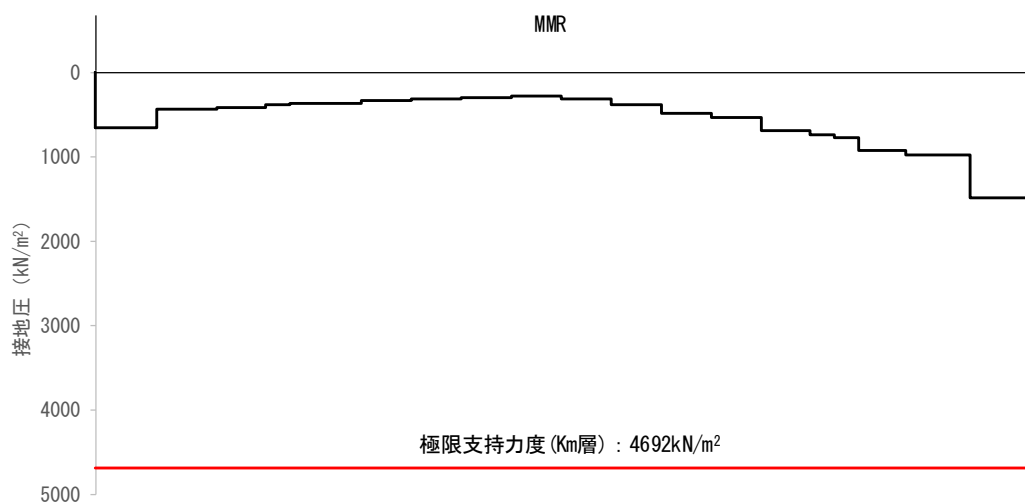


図 11.4-12 (14) 接地圧分布図 ( $S_s - 3.1$  (H+, V+))  
(検討ケース③: 地盤物性のばらつきを考慮 (-1 $\sigma$ ) した解析ケース)



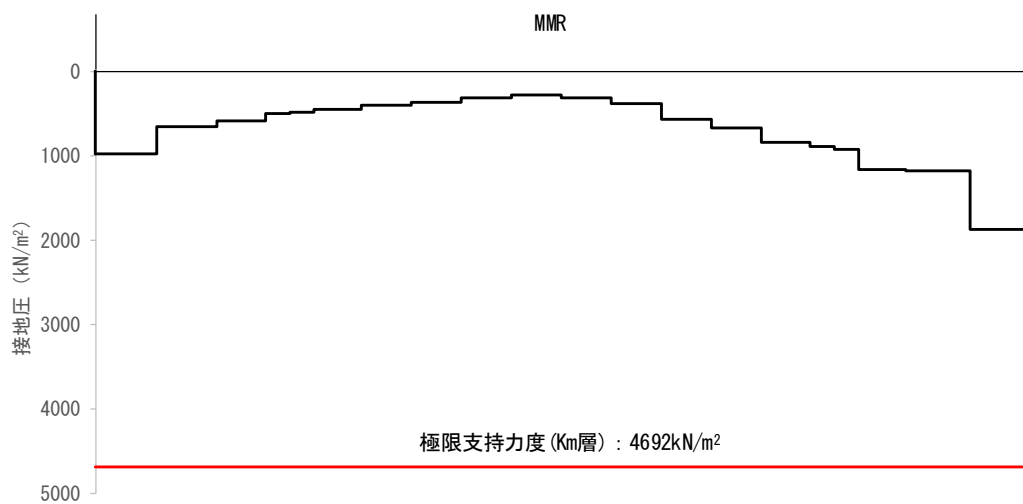


図 11.4-12 (15) 接地圧分布図 ( $S_s - 3.1$  (H+, V+))  
 (検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により  
 地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)

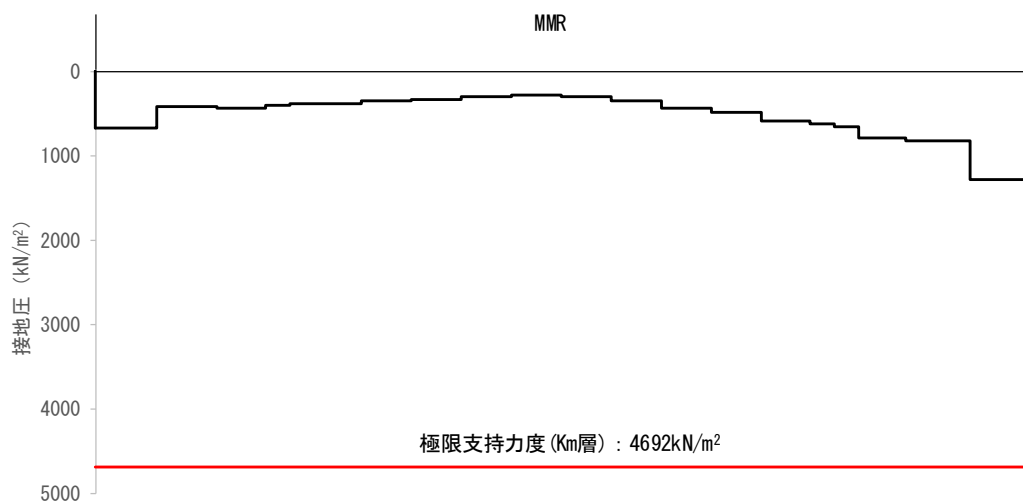


図 11.4-12 (16) 接地圧分布図 ( $S_s - 3.1$  (H+, V+))  
 (検討ケース⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定したケース)



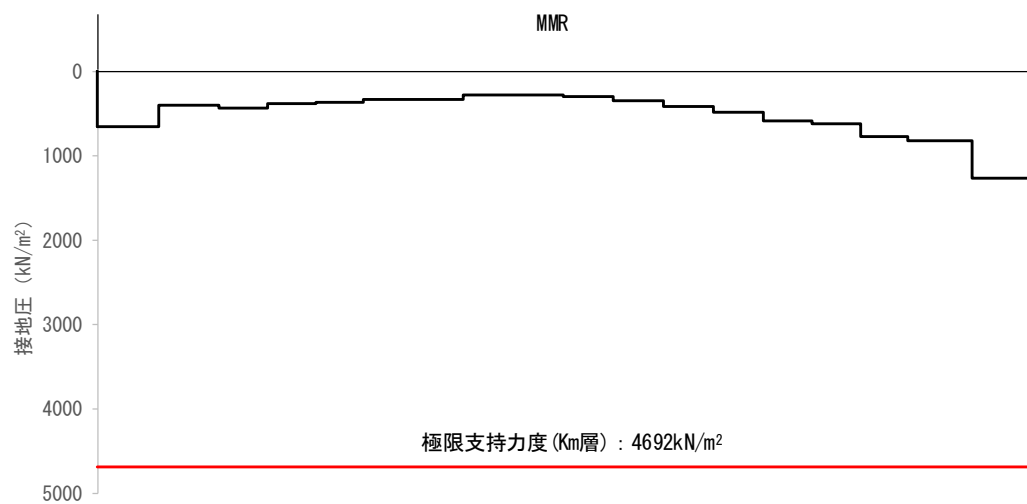


図 11.4-12 (17) 接地圧分布図 ( $S_s - 3.1$  (H+, V+))  
 (検討ケース⑥：地盤物性のばらつきを考慮 (+1 $\sigma$ ) して  
 非液状化の条件を仮定した解析ケース)



b. 人工岩盤（追而）

表 11.4－11 に人工岩盤の支持性能評価結果を，図 11.4－13 に接地圧分布図を示す。



## 11.5 まとめ

追而







格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの耐震安全性評価に関する参考資料



## 1 減衰の設定について

地震応答解析における減衰については，固有値解析にて求まる固有周期及び減衰比に基づき，質量マトリックス及び剛性マトリックスの線形結合で表される以下の Rayleigh 減衰にて与える。なお，Rayleigh 減衰を  $\alpha=0$  とする剛性比例型減衰とする。

Rayleigh 減衰の設定は，地盤の低次のモードの変形が特に支配的となる地中埋設構造物のような地盤及び構造系全体に対して，その特定の振動モードの影響が大きいことを考慮し，かつ，振動モードの影響が全体系に占める割合の観点から，刺激係数に着目し行う。

固有値解析による刺激係数及びモード図を図 11-1 に示す。また，設定した Rayleigh 減衰を図 11-2 に示す。

1 次の基準モードについては，地盤及び構造系全体がせん断変形しているモードを選定している。

なお，初期減衰定数は，地盤については 1%（解析における減衰は，ひずみが多い領域では履歴減衰が支配的となる。そのため，解析上の安定のためになるべく小さい値として 1%を採用している。）とする。また，線形材料としてモデル化するコンクリートの減衰定数は 5%（J E A G 4 6 0 1 -1987）とする。



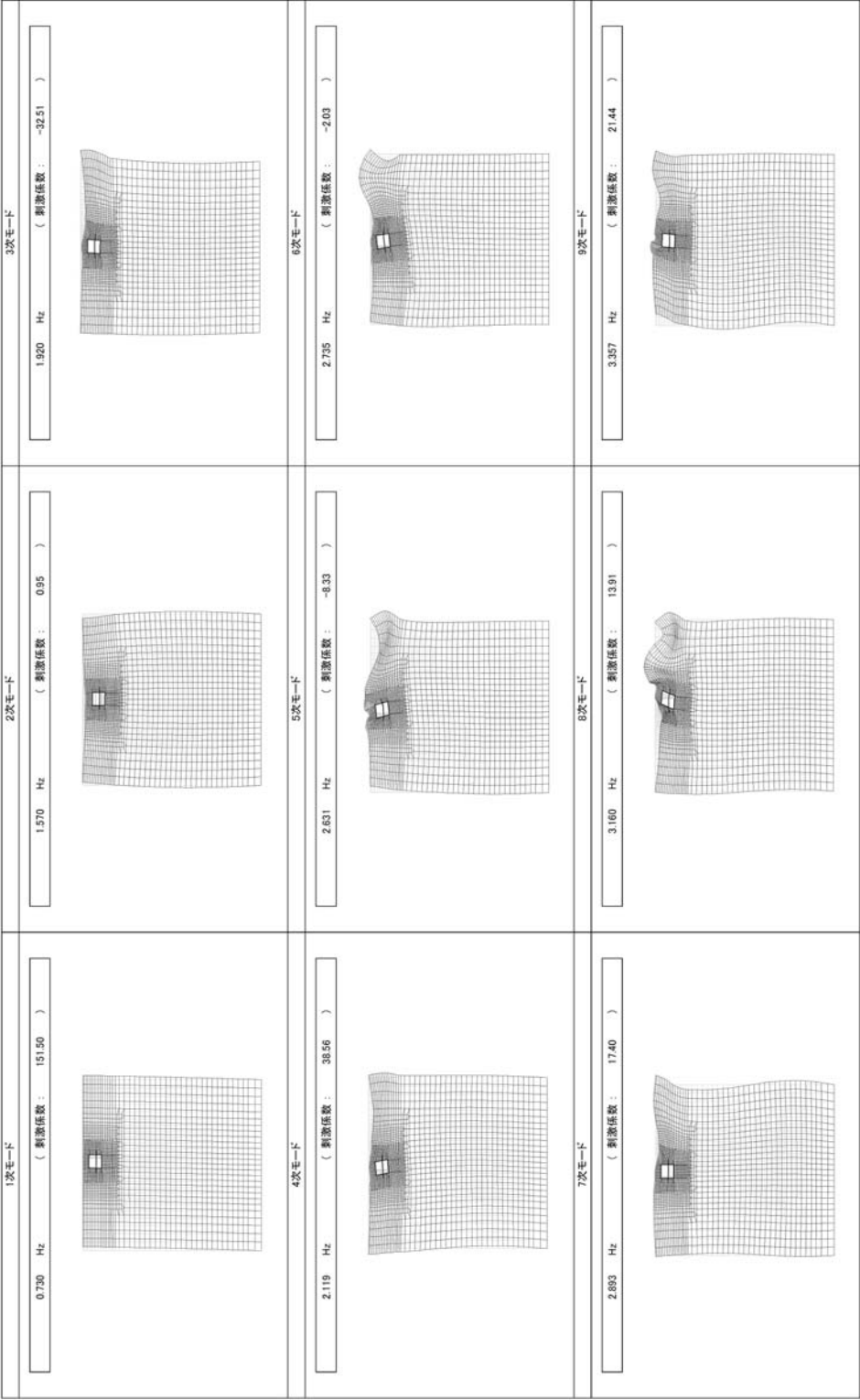


図 11-1 (1) 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの固有値解析結果  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

A-A 断面



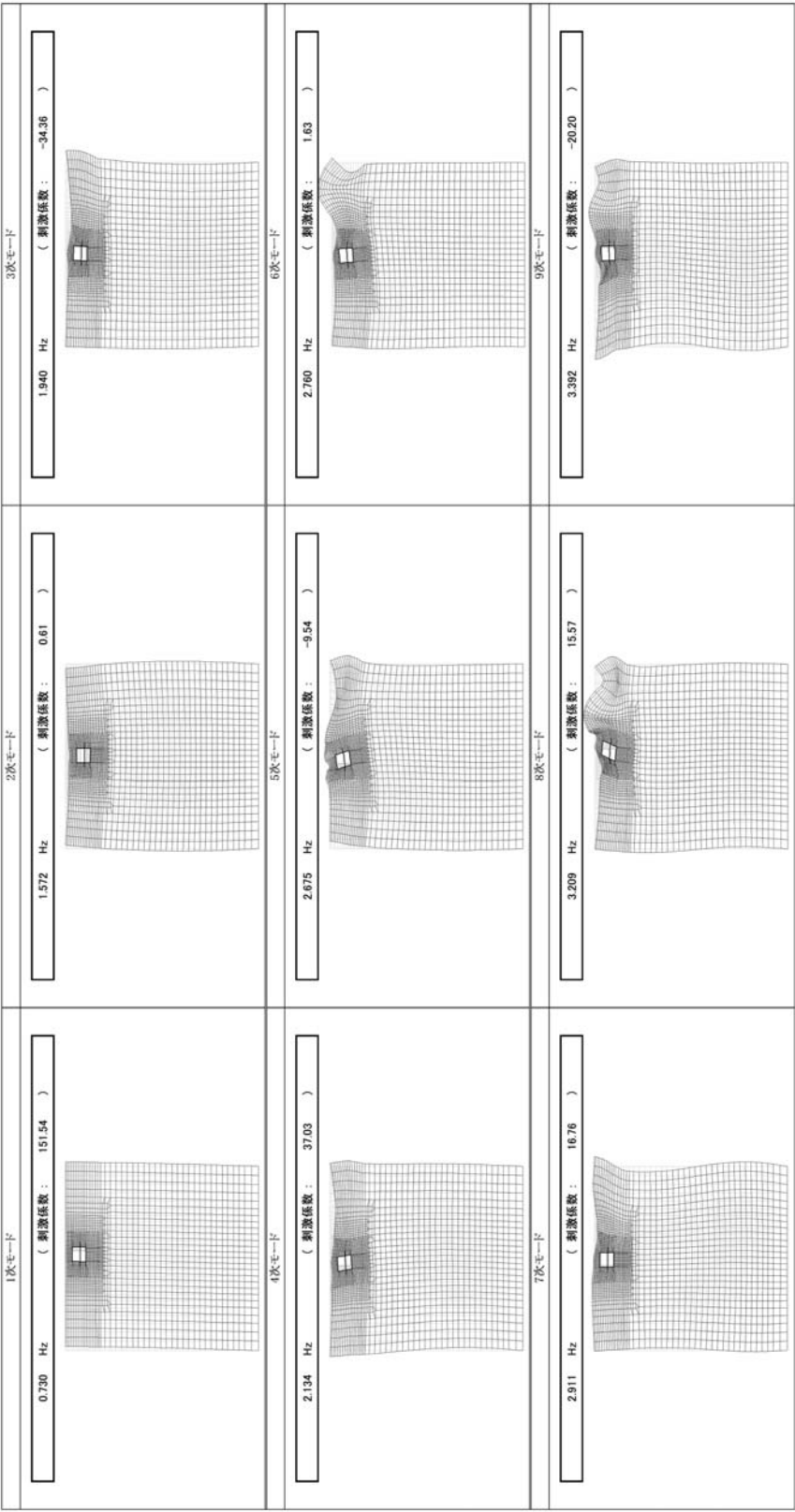


図 11-1 (2) 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの固有値解析結果  
 (検討ケース②：地盤物性のばらつきを考慮 (+1σ) した解析ケース)

A-A 断面



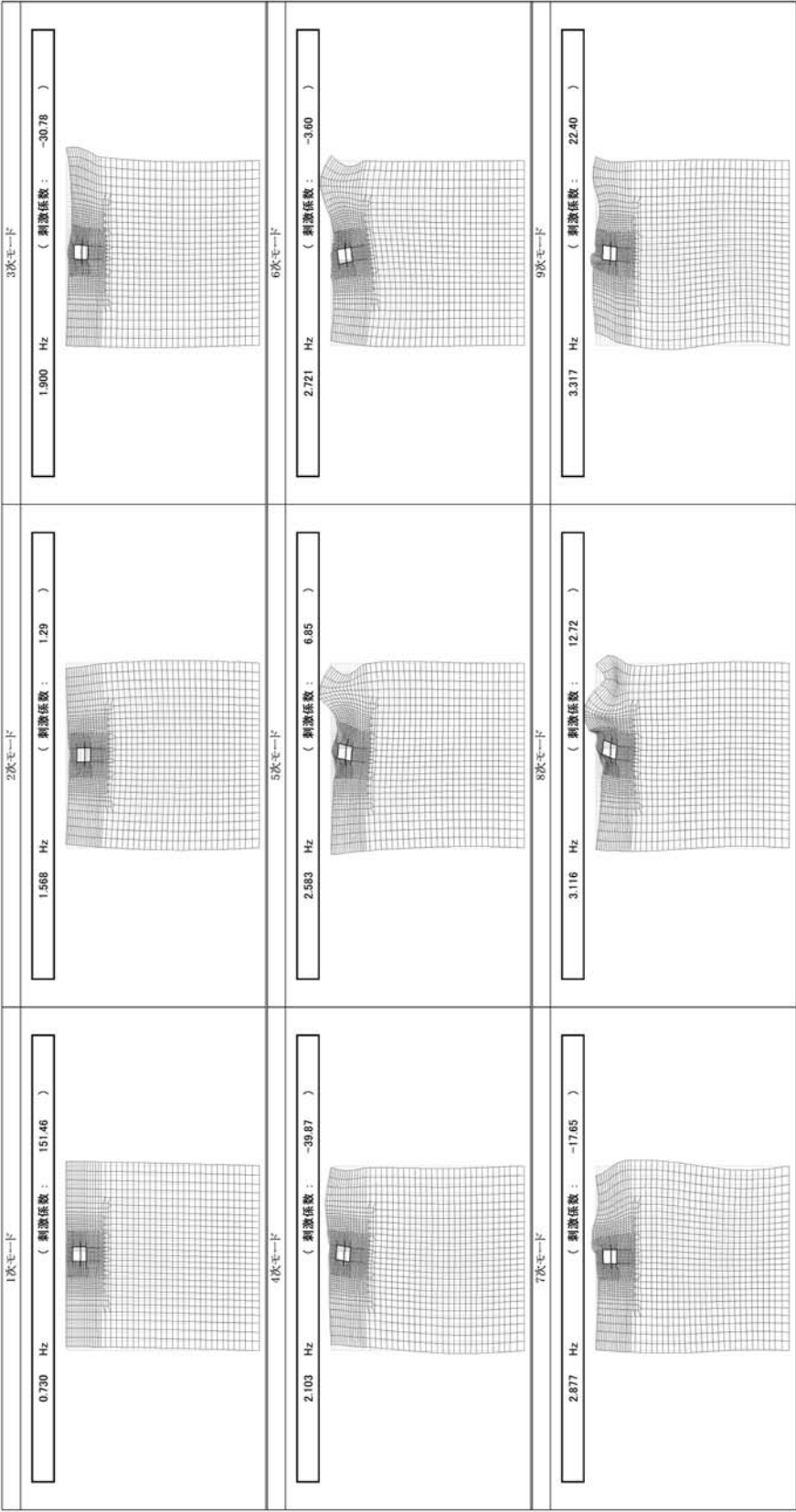
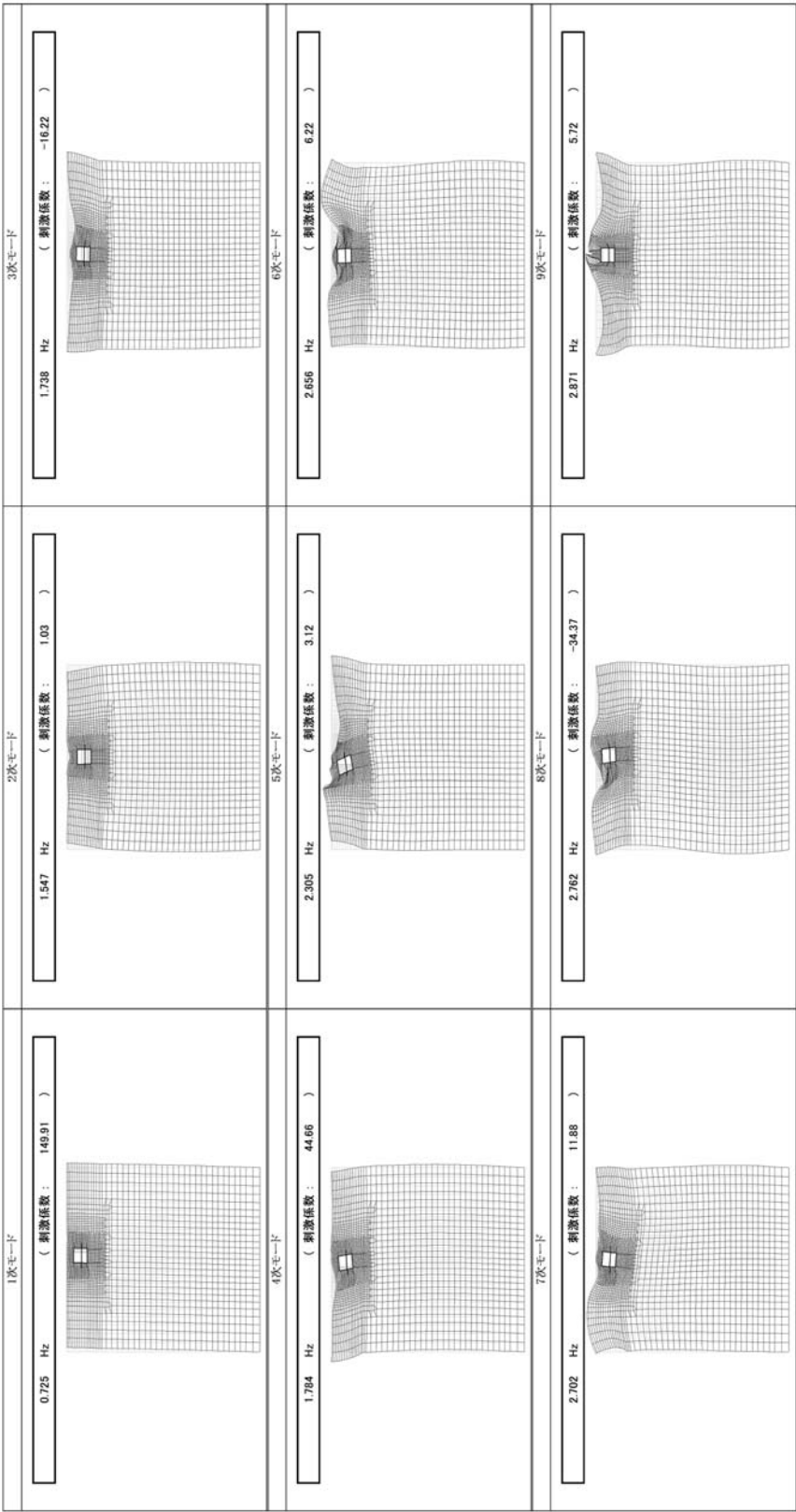


図 11-1 (3) 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの固有値解析結果  
(検討ケース③：地盤物性のばらつきを考慮 (−1σ) した解析ケース)

A-A 断面

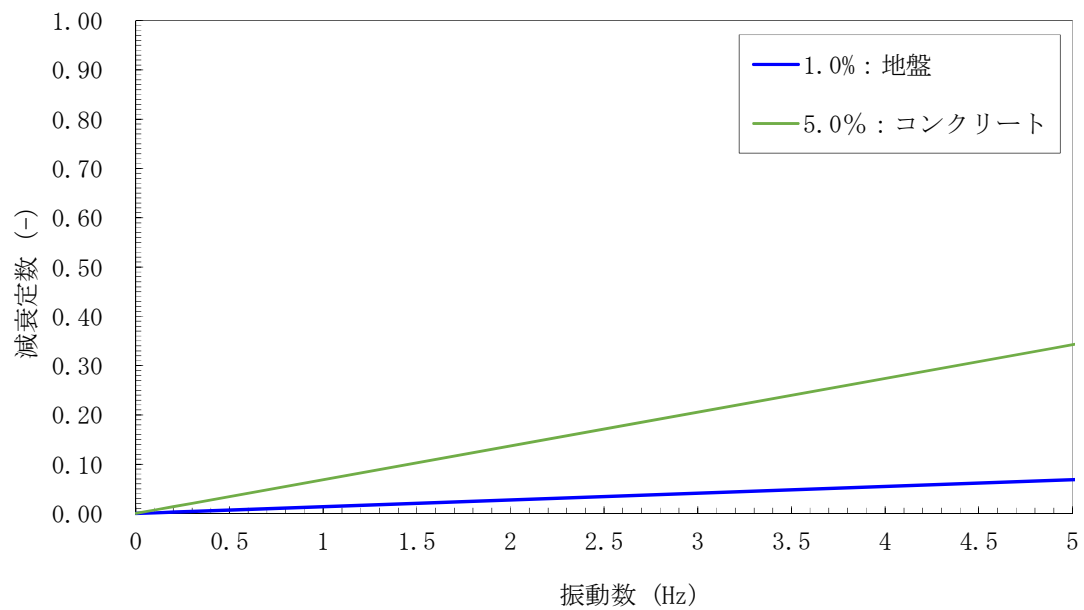




A-A 断面  
図 11-1 (4) 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの固有値解析結果

(検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)

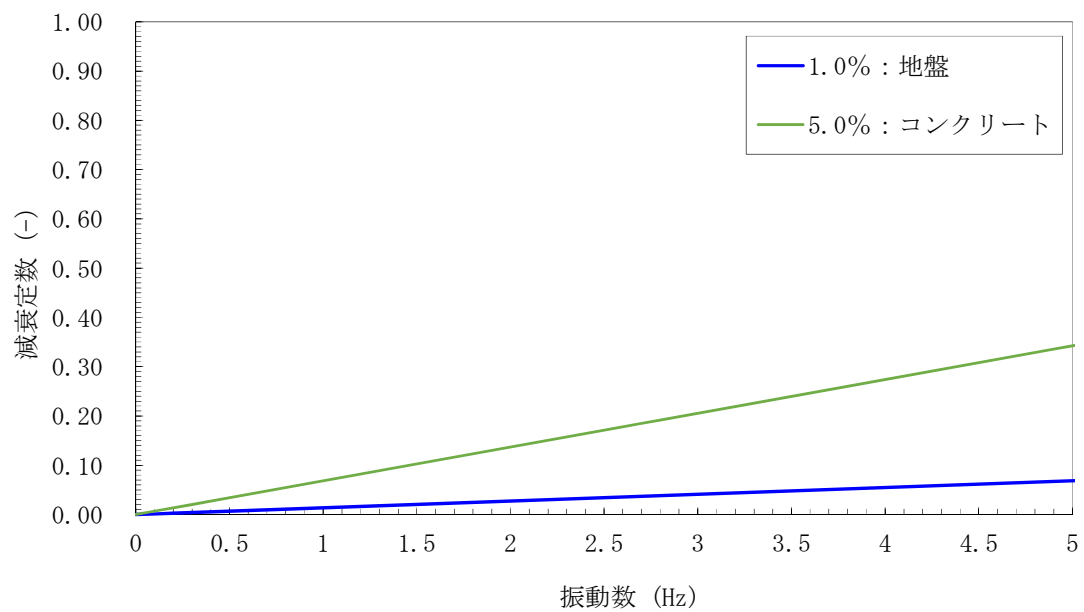




A-A 断面

図 11-2 (1) 設定した Rayleigh 減衰

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

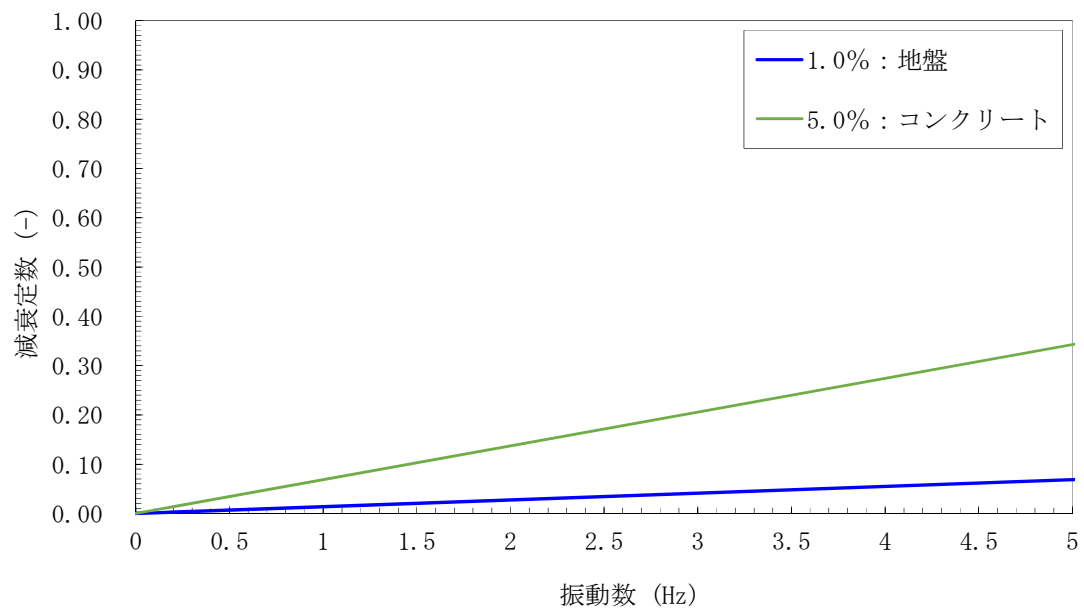


A-A 断面

図 11-2 (2) 設定した Rayleigh 減衰

(検討ケース②：地盤物性のばらつきを考慮 (+1 $\sigma$ ) した解析ケース)

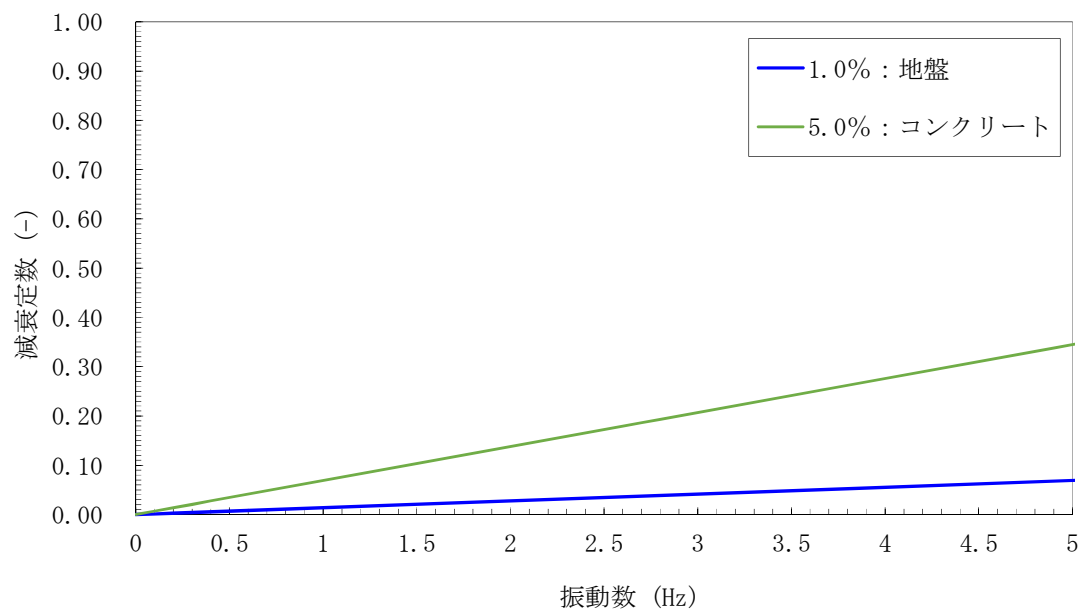




A-A 断面

図 11-2 (3) 設定した Rayleigh 減衰

(検討ケース③：地盤物性のばらつきを考慮 ( $-1\sigma$ ) した解析ケース)



A-A 断面

図 11-2 (4) 設定した Rayleigh 減衰

(検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)

(参考) 11-8



## 2 構造物の浮き上がりに係る評価

### 2.1 評価方針

追而

### 2.2 評価結果

追而







## 13. 緊急用海水取水管の耐震安全性評価

### 目次

|        |                |    |
|--------|----------------|----|
| 13.1   | 評価方針           | 1  |
| 13.2   | 評価条件           | 2  |
| 13.2.1 | 適用基準           | 2  |
| 13.2.2 | 耐震安全性評価フロー     | 8  |
| 13.2.3 | 評価対象箇所及び評価対象断面 | 9  |
| 13.2.4 | 使用材料及び材料定数     | 14 |
| 13.2.5 | 評価構造物諸元        | 17 |
| 13.2.6 | 地下水位           | 17 |
| 13.2.7 | 許容限界           | 17 |
| 13.3   | 横断面方向応力の評価方法   | 21 |
| 13.3.1 | 地震応答解析手法       | 21 |
| 13.3.2 | 解析モデルの設定       | 22 |
| 13.3.3 | 減衰定数           | 30 |
| 13.3.4 | 荷重の組合せ         | 34 |
| 13.3.5 | 地震応答解析の検討ケース   | 36 |
| 13.3.6 | 入力地震動の設定       | 37 |
| 13.4   | 縦断面方向応力の評価方法   | 54 |
| 13.4.1 | 1次元地震応答解析モデル   | 56 |
| 13.4.2 | 縦断面方向の応力解析     | 57 |
| 13.5   | 評価結果           | 67 |
| 13.5.1 | 地震応答解析結果       | 67 |
| 13.5.2 | 耐震評価結果         | 88 |
| 13.6   | まとめ            | 94 |



### 13.1 評価方針

緊急用海水取水管は、非常時における海水の通水機能を求められる土木構造物である。

緊急用海水取水管の耐震安全性評価では、基準地震動  $S_e$  を用いた地震応答解析及び応力解析を行い、緊急用海水取水管に生じる発生応力が許容限界以下であることを確認することで、地震時に通水機能を維持できることを確認する。



## 13.2 評価条件

### 13.2.1 適用基準

一般的な埋設鋼製管路の耐震設計に関する規格、基準類における耐震評価の概要を表 13.2-1 に示す。

管径が比較的小さい一般的な埋設鋼製管路は、断面の外周長と比較して、縦断面方向長が長いことから、周辺の地盤の変位に伴う縦断面方向の発生応力（または発生ひずみ）を中心に耐震評価を行う設計となっている。

一方、横断面方向（縦断面方向に対して直交方向）についても考慮する基準もあり（表 13.2-1（1）及び（2））、この場合、地震時における管路上の土被り等による鉛直荷重による横断面方向の発生応力を縦断面方向の発生応力と組み合わせた合成応力で評価する設計となっている。

緊急用海水取水管は、内径が 1.2 m と一般的な埋設管路と同等であることと、岩盤内を掘削して設置することから、横断面方向、縦断面方向ともに発生応力（または発生ひずみ）は顕著でない。

ただし、緊急用海水取水管は可とう管の設置スパンが比較的長く、縦断面方向に長大な構造であることを考慮し、縦断面方向の発生応力について保守的に考慮する。

そのため、基本的な耐震評価の流れについては、横断面方向と縦断面方向の発生応力の組合せを考慮した設計体系の規格、基準類のうち、既往の工事計画認可申請において実績のある「港湾の施設の技術上の基準・同解説（日本港湾協会、平成 19 年）」を適用する。

評価において、横断面方向については、上記基準における鉛直方向の地震力に加え、水平方向の地震力についても保守的に考慮することとする。

許容限界については、鋼製管路が優れた変形特性を有する材料であり、表 13.2-1 に示すように、塑性領域の許容限界として管体ひずみを採用している規格、基準類もあることから、弾性領域を越え塑性域に達しても、地盤の変形への追従性を失うことなく、通水断面を確保できるものと判断される。

しかし、緊急用海水取水管の耐震評価では、非常用取水設備の重要性を鑑み、鋼材の短期許容応力度を許容限界とすることとし、「道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会、平成 14 年 3 月）」を適用する。

適用する規格、基準類を表 13.2-2 に示す。



表 13.2-1 (1) 埋設管路の耐震設計に関する規格、基準類の概要 (1)

| 規格、基準*1   | 対象設備<br>(一般的な管径*2)                                | 要求性能*3  | 許容限界*4                               | 備考   |
|---|---|---|--------------------------------------|--|
| ①石油パイプライン事業の事業用施設<br>の技術上の基準の細目を定める告示<br>(昭和48年9月28日通商産業省・<br>運輸省・建設省・自治省告示第一号) | 送油導管<br>(～650 mm)                                 | 導管等の構造は、輸送される石油の<br>重量、導管等の内圧、導管等および<br>その附属設備の自重、土圧、水圧、<br>列車荷重、自動車荷重、浮力等の主<br>荷重ならびに風荷重、雪荷重、温度<br>変化の影響、振動の影響、地震の影響<br>、投錨による衝撃の影響、波浪お<br>よび潮流の影響、設置時における荷<br>重の影響、他工事による影響等の従<br>荷重によって生ずる応力に対して安<br>全なものでなければならぬ*5。 | 規格最小降伏応点力度の<br>90 % <sup>(4,5)</sup> | わが国で初めて埋設管路に対す<br>る応答変位法の考え方を設計法<br>として総合的に体系化した「石<br>油パイプライン技術基準」と<br>同様の設計手法。管路のひずみ<br>を算定するための地中の構造物の<br>耐震設計指針等で踏襲されてい<br>る。 |
| ②港湾の施設の技術上の基準・同解説<br>(日本港湾協会、平成19年)   | 送油導管<br>(特に無し)                                    | 作用による損傷等が軽微な修復によ<br>り施設の機能の回復に影響を及ぼさ<br>ない。(修復性)  | 導管の降伏応点力を構造<br>解析係数で除したもの            | 基本的に①の考え方を踏襲して<br>いる。  |
| ③水道施設耐震工法指針・解説1997版<br>(日本水道協会、1997)  | 水輸送用埋設鋼管路<br>(特に無し)                               | 人命に重大な影響を与えないこと。<br>個々の施設に軽微な被害が生じて<br>も、その機能保持が可能であること   | 管体歪み 46t/D 以下<br>(D は管外径, t は管厚)     | 基本的に①の考え方を踏襲して<br>いる。  |
| ④水道用埋設鋼管路耐震設計基準<br>WSP029-2006<br>(日本水道鋼管協会、平成18年)                              | 水輸送用埋設鋼管路<br>(～3000 mm)                           | 変形は生じてても、通水機能を保持す<br>ること。   | 許容ひずみ値 46t/D<br>(D は管外径, t は管厚)      | 基本的に①の考え方を踏襲して<br>いる。  |
| ⑤高圧ガス導管耐震設計指針<br>JGA 指 206-13<br>(日本ガス協会、2013)                                  | ゲージ圧力 1MPa 以上<br>の圧力ガスを輸送す<br>る埋設鋼管路<br>(～650 mm) | 導管に変形は生じるが、漏洩は生じ<br>ないこと。   | 許容ひずみは 3 %とす<br>る。                   | 当該指針における地盤変位は、<br>縦断面方向に伝播する進行波<br>(レイリー波)を仮定してお<br>り、縦断面方向の検討に限定し<br>ている。したがって、①で考慮<br>している波動伝播の重量は考慮<br>していない。                 |

注記 \*1：記載の規格、基準のうち、下線で示すものは、工事計画認可申請において実績があるもの。

\*2：各規格、基準において材料の規格として取り扱われているJIS規格等の最大径を記載したもので、適用範囲を限定するものではない。

\*3：要求性能は、施設の耐震レベル及び地震動レベルが高いもの(レベル2地震動等)について記載。

\*4：許容限界については、鋼材の許容応力度(降伏応力度)とするものより小さい。したがって、許容限界を鋼材の許容応力度とした場合の方が保守的な評価を与える。なお、⑤の規格・基準の許容ひずみは、3 %と、その他の規格、基準の許容ひずみよりかなり大きい(約30倍)。

\*5：石油パイプライン事業の事業用施設の技術上の基準を定める省令(昭和47年12月25日通商産業省・運輸省・建設省・自治省令第二号)を参照。

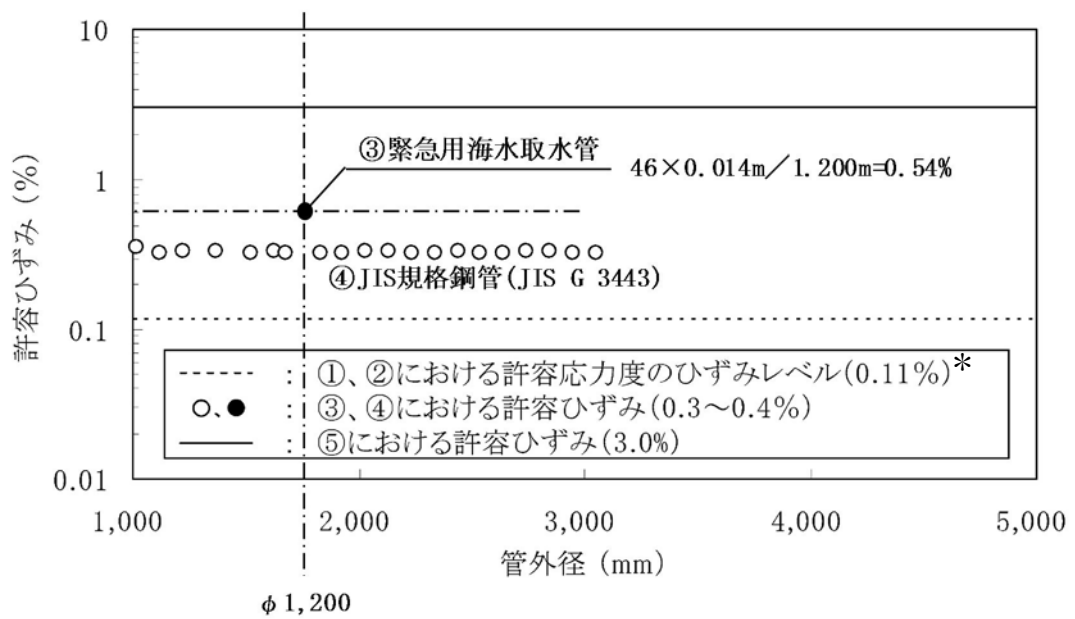


表 13.2-1 (2) 埋設管路の耐震設計に関する規格、基準類の概要 (2)

| 規格、基準 <sup>*1</sup>   | 耐震評価の概要  |   |         |  |
|---|--|---|---------|--|
|   | ① 縦断面方向 <sup>*2, *3</sup>  | ② 横断面方向 <sup>*3</sup>   |         | ①と②の組合せ  |
|   | 軸方向応力 $\sigma_L$ 又は軸方向ひずみ $\varepsilon_L$  | 鉛直方向地震力   | 水平方向地震力 |  |
| ① 石油パイプライン事業の事業用施設の技術上の基準の細目を定める告示 (昭和48年9月28日通商産業省・運輸省・建設省・自治省告示第一号) | <ul style="list-style-type: none"> <li>地盤変位を考慮した応答変位法</li> <li>管路に生じる軸応力<math>\sigma_L</math>と曲げ応力<math>\sigma_B</math>を合成する。</li> </ul> $\sigma_L = \sqrt{3.12 \cdot \sigma_L^2 + \sigma_B^2}$  | <ul style="list-style-type: none"> <li>管路のたわみ性を考慮した土圧分布モデル (IOWA 公式) により求める。</li> </ul> | 考慮しない。  | <ul style="list-style-type: none"> <li>①縦断面方向と②横断面方向応力を組み合わせる。</li> </ul> $\sigma = \sqrt{\sigma_L^2 + \sigma_C^2 - \sigma_L \sigma_C + 3\tau_s^2}$ <p>ここで、<br/> <math>\sigma_C</math>: 横断面方向応力<br/> <math>\tau_s</math>: 管直方向のせん断応力</p> |
| ② 港湾の施設の技術上の基準・同解説 (日本港湾協会, 平成19年)                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>地盤変位を考慮した応答変位法</li> <li>管路に生じる軸応力<math>\sigma_L</math>と曲げ応力<math>\sigma_B</math>を合成する。</li> </ul>   |   | 考慮しない。  |  |
| ③ 水道施設耐震工法指針・解説 1997 版 (日本水道協会, 1997)                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>地盤変位を考慮した応答変位法</li> <li>管路に生じる軸ひずみ<math>\varepsilon_L</math>と曲げひずみ<math>\varepsilon_B</math>を合成する。</li> </ul> $\varepsilon_L = \sqrt{\alpha \cdot \varepsilon_L^2 + \varepsilon_B^2}$ <p>但し, <math>\alpha = 1.00 \sim 3.12</math></p> | 考慮しない。  | 考慮しない。  | 考慮しない。   |
| ④ 水道用埋設鋼管耐震設計基準 WSP029-2006 (日本水道鋼管協会, 平成18年)                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>地盤変位を考慮した応答変位法</li> <li>管路に生じる軸ひずみ<math>\varepsilon_L</math>と曲げひずみ<math>\varepsilon_B</math>を合成する。</li> </ul> $\varepsilon_L = \sqrt{\varepsilon_L^2 + \varepsilon_B^2}$  | 考慮しない。  | 考慮しない。  | 考慮しない。   |

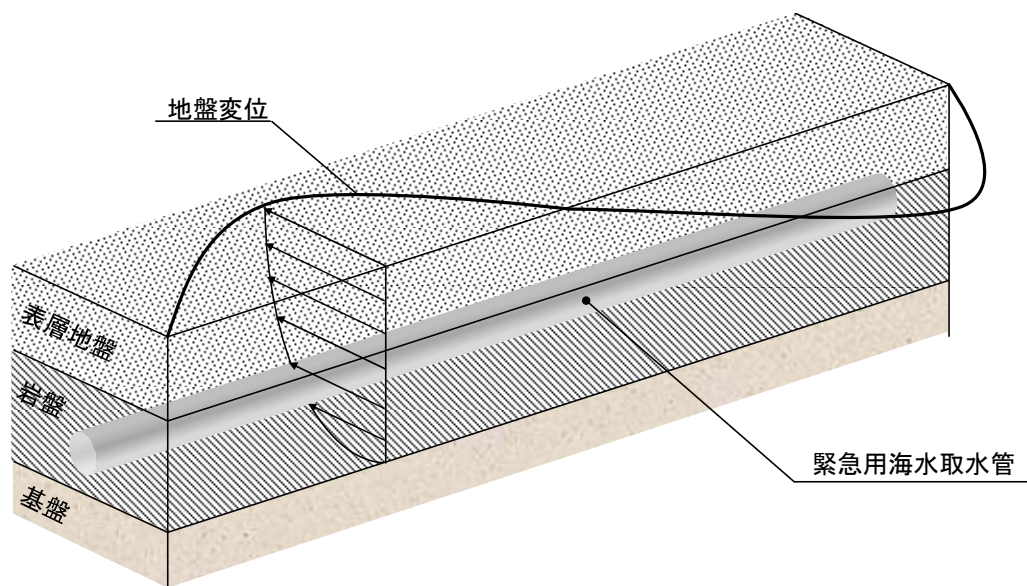
注記 \*1: 表13.2-1 (1) で示した規格、基準類のうち、鋼管の許容ひずみが3%とかなり大きい⑤については、除外した。  
 \*2: 各規格、基準では、応答変位法に用いる地盤変位を定めるためのパラメータ (水平震度、応答速度等) が地震動レベル毎に定められていることから、地震応答解析や構造計算を伴わずに、応力 (ひずみ) を算出可能。但し、緊急用海水取水管の耐震評価では、①基準地震動 $S_e$ を対象とすること②取水管路が屈曲していることを考慮して、地震応答解析及び数値計算 (構造計算) を基に $\sigma_L$ 及び $\sigma_B$ を算出。  
 \*3: 縦断面方向及び横断面方向の評価のイメージについては、図13.2-2及び図13.2-3を参考。





注記\*：①、②における許容応力度のひずみレベルは、許容応力度／ヤング係数で求めた

図 13.2-1 各規格、基準類における許容ひずみの比較



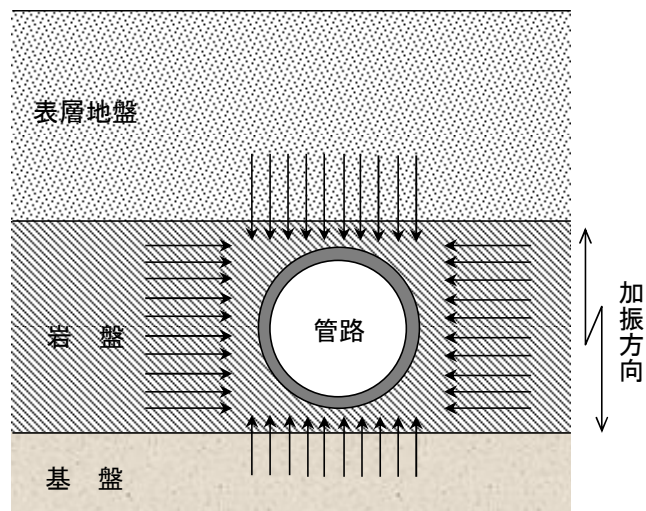
縦断面方向については、水平方向に見かけ上伝播する地震波（進行方向に直交する方向に振動する進行波）による、周辺地盤の変位を考慮する。

埋設された鋼製管路は、地震時に周辺地盤の変形に追従することが、多くの屋外、室内模型実験や実構造物からの地震観測結果から確かめられている。したがって、埋設された鋼製管路の耐震計算においては、上図のような地震時の周辺地盤の変位に基づいた耐震設計として、応答変位法が一般的に用いられる。

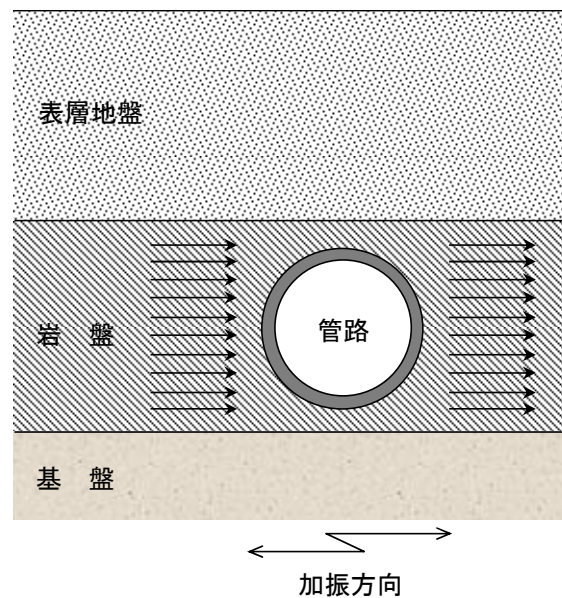
図 13.2-2 縦断面方向の耐震評価イメージ



(鉛直方向地震力)



(水平方向地震力)



横断面方向については埋設された鋼製管路上の土被り及び上載荷重により鋼製管路に作用する土圧を考慮する。

なお、表 13.2-1 に示した各規格、基準類では、一般式より横断面方向応力を求める手法が記載されているが、後述の横断面方向応力の算出では、その他の屋外重要土木構造物と同様に、2次元動的FEM解析（水平、鉛直同時加振）にて求める。

図 13.2-3 横断面方向の耐震評価イメージ



表 13.2-2 適用する規格，基準類

| 項目             | 適用する規格，基準類  | 備考  |
|----------------|---|---|
| 使用材料及び<br>材料定数 | ・道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 14 年 3 月）                         | —   |
| 荷重及び荷重の組合せ     | ・J E A G 4 6 0 1 -1987<br>（（社）日本電気協会）                                   | ・永久荷重＋偶発荷重の適切な組合せを検討  |
| 許容限界           | ・道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 14 年 3 月）                         | ・鋼材の発生応力が短期許容応力度以下であることを確認<br>・基礎地盤に作用する接地圧が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認                                   |
| 評価手法           | ・港湾の施設の技術上の基準・同解説（日本港湾協会，平成 19 年）<br>・水道施設耐震工法指針・解説 1997 版（日本水道協会，1997） | ・縦断面方向と横断面方向の発生応力を組み合わせた耐震評価<br>・管路に生じる軸応力 $\sigma_L$ と曲げ応力 $\sigma_B$ を合成する場合の係数 ( $\alpha = 3.12$ ) |
| 地震応答解析         | ・J E A G 4 6 0 1 -1987<br>（（社）日本電気協会）                                   | ・有限要素法による 2 次元モデルを用いた時刻歴非線形解析   |



### 13.2.2 耐震安全性評価フロー

図 13.2-4 に緊急用海水取水管の耐震安全性評価フローを示す。

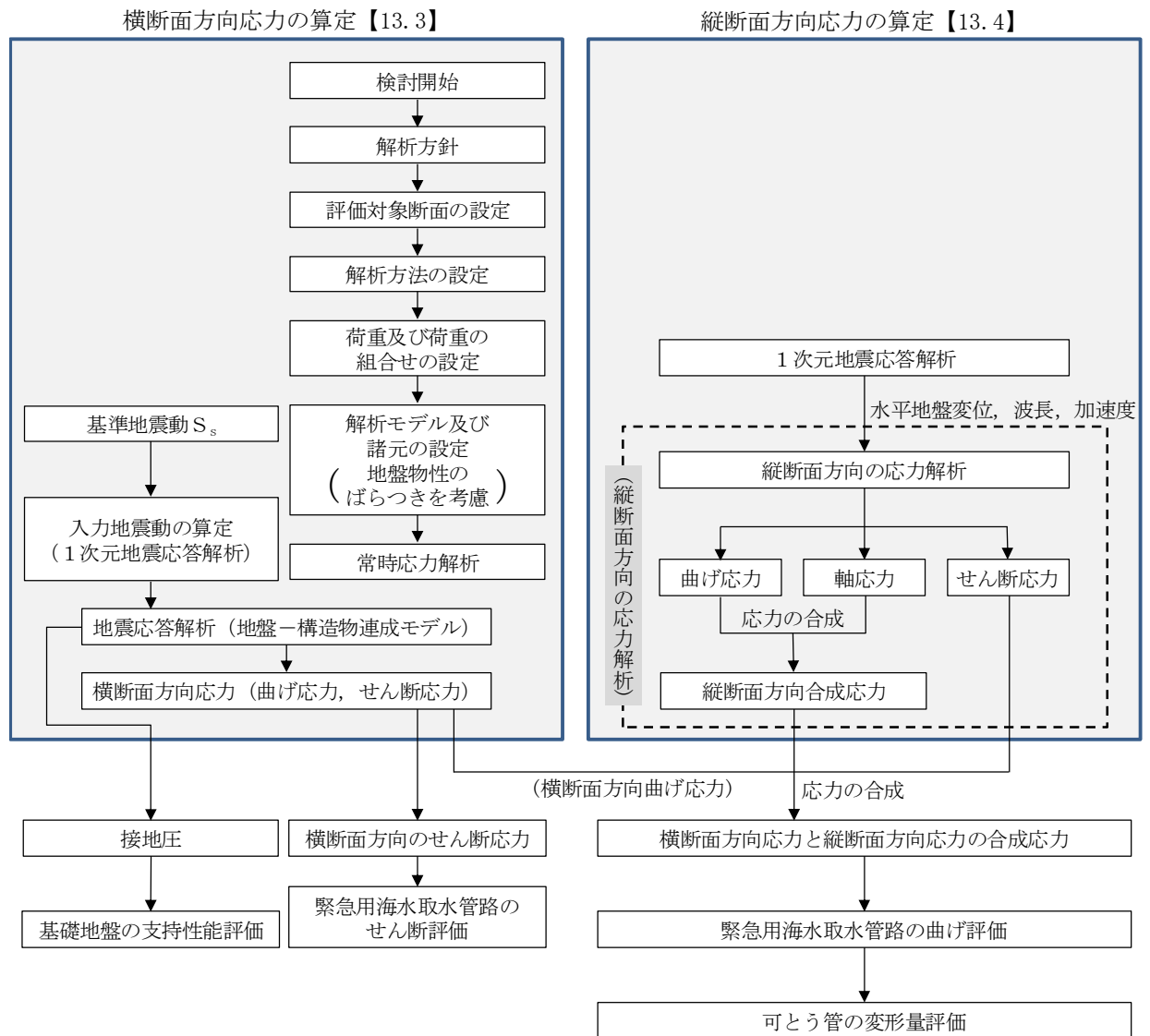


図 13.2-4 緊急用海水取水管の耐震安全性評価フロー



### 13.2.3 評価対象箇所及び評価対象断面

緊急用海水取水管は、S A用海水ピットと緊急用海水ポンプピットを接続する延長約168 m、内径1.2 mの鋼製の地中構造物であり、十分な支持性能を有する岩盤内に直接設置する。

緊急用海水取水管は線状構造物であり、カルバート構造物と同様に縦断面方向に対して一様の断面形状を有するため、縦断面方向の発生応力が耐震設計上有意であるが、保守性を考慮して横断面方向及び縦断面方向の発生応力を組み合わせて評価を行う。

横断面方向の評価対象断面は、「1.4.13 緊急用海水取水管の断面選定の考え方」で記載したとおり、緊急用海水ポンプピット付近の②-②断面を代表位置として選定し、基準地震動 $S_s$ による耐震評価を実施する。

縦断面方向については、管路全長をモデル化した静的フレーム解析により応答変位法を実施して縦断面方向の曲げ応力と軸応力を求め、横断面方向と縦断面方向を合成した応力の最大値を算定し、耐震評価を実施する。

緊急用海水取水管は、推進工法により岩盤中を掘進しながら外装管としての鉄筋コンクリート製推進管を設置した後、内装管としての鋼製管を設置する。鋼製管と推進管との空隙にはエアモルタルを充填する。緊急用海水取水管の耐震評価においては、推進管及びエアモルタルに強度は期待せず、鋼製管のみで応力を負担する設計とする。

可とう管は、緊急用海水取水管縦断面方向の地震応答解析から算定されるS A用海水ピットと緊急用海水ポンプピットとの相対変位及び管路中間部の相対変位を元に許容変形量を設定し、縦断面方向の評価における発生変形量が許容変形量以下に収まることを確認する。

緊急用海水取水管及び可とう管の位置図を図13.2-5に、構造図を図13.2-6に、評価対象断面図（縦断面）を図13.2-7に、評価対象断面図（横断面）を図13.2-8に示す。



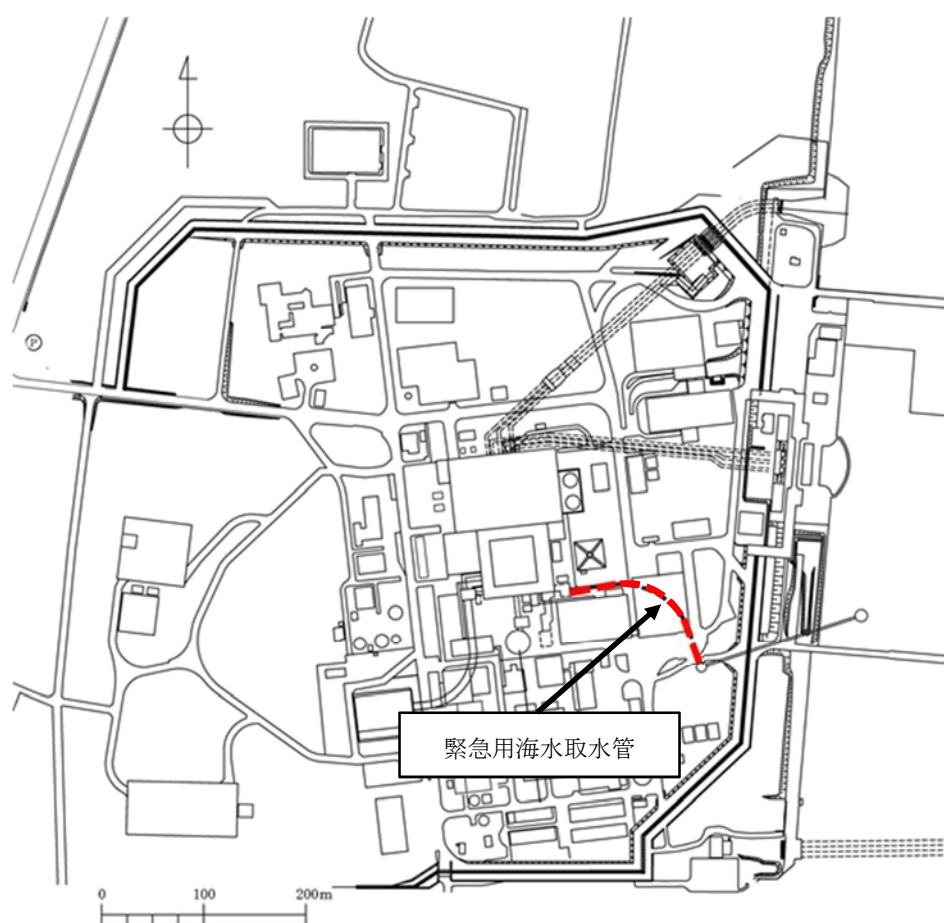


図 13.2-5 (1) 緊急用海水取水管 平面位置図 (全体図)

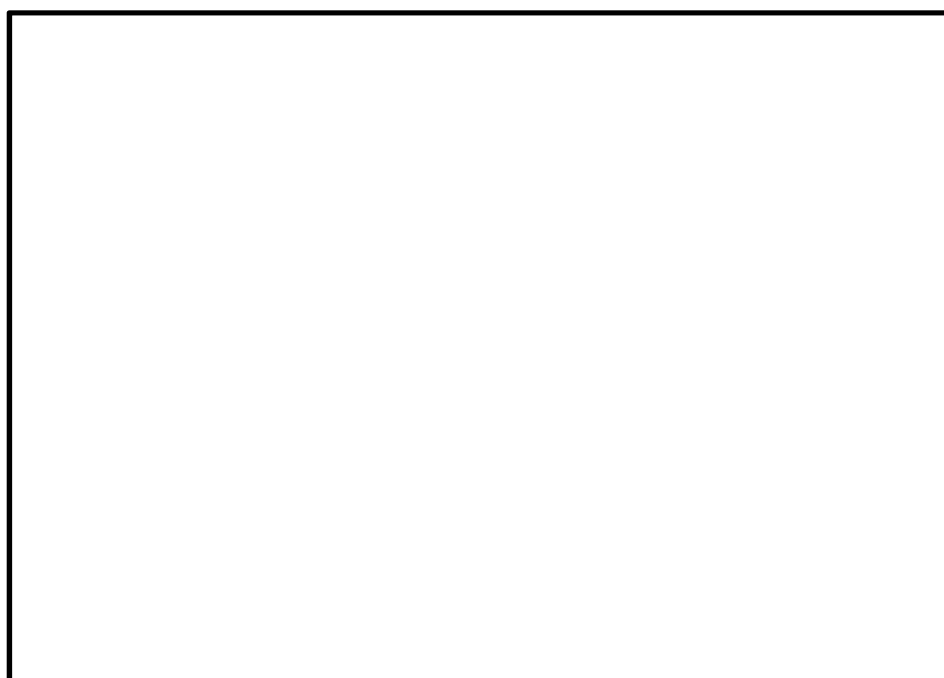


図 13.2-5 (2) 緊急用海水取水管 平面位置図 (拡大図)



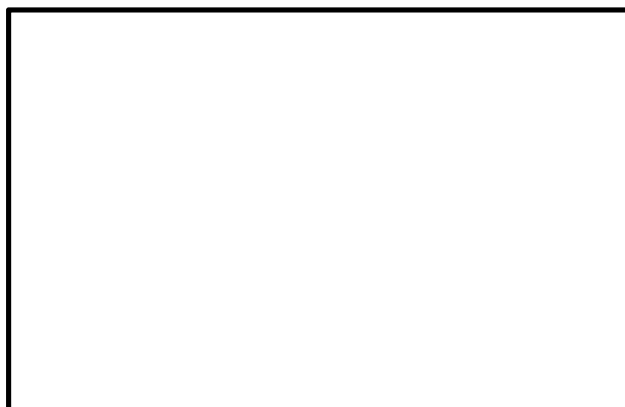


図 13.2-6 緊急用海水取水管 構造図



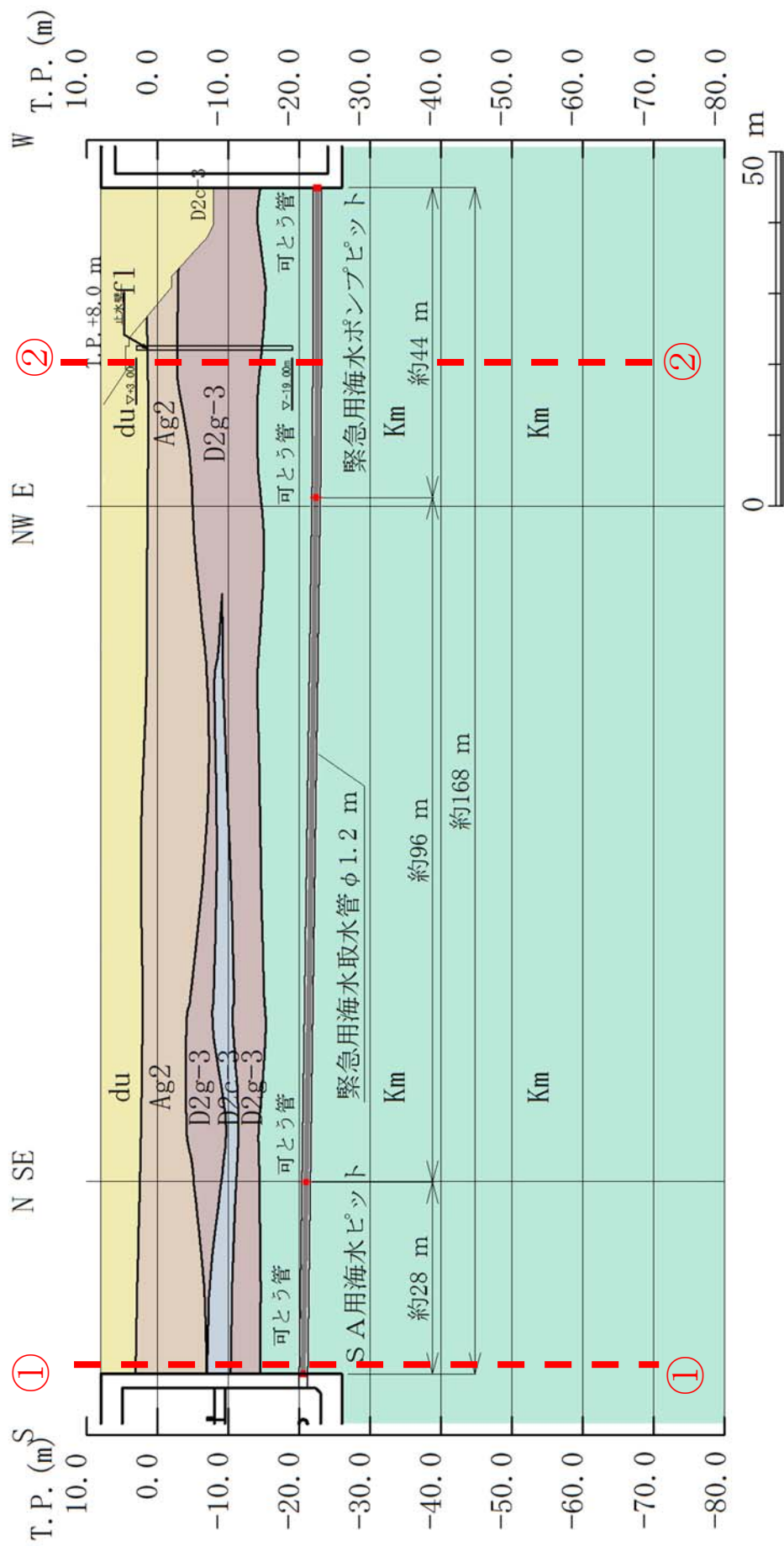


図 13.2-7 緊急用海水取水管 縦断面図 (A-A断面)



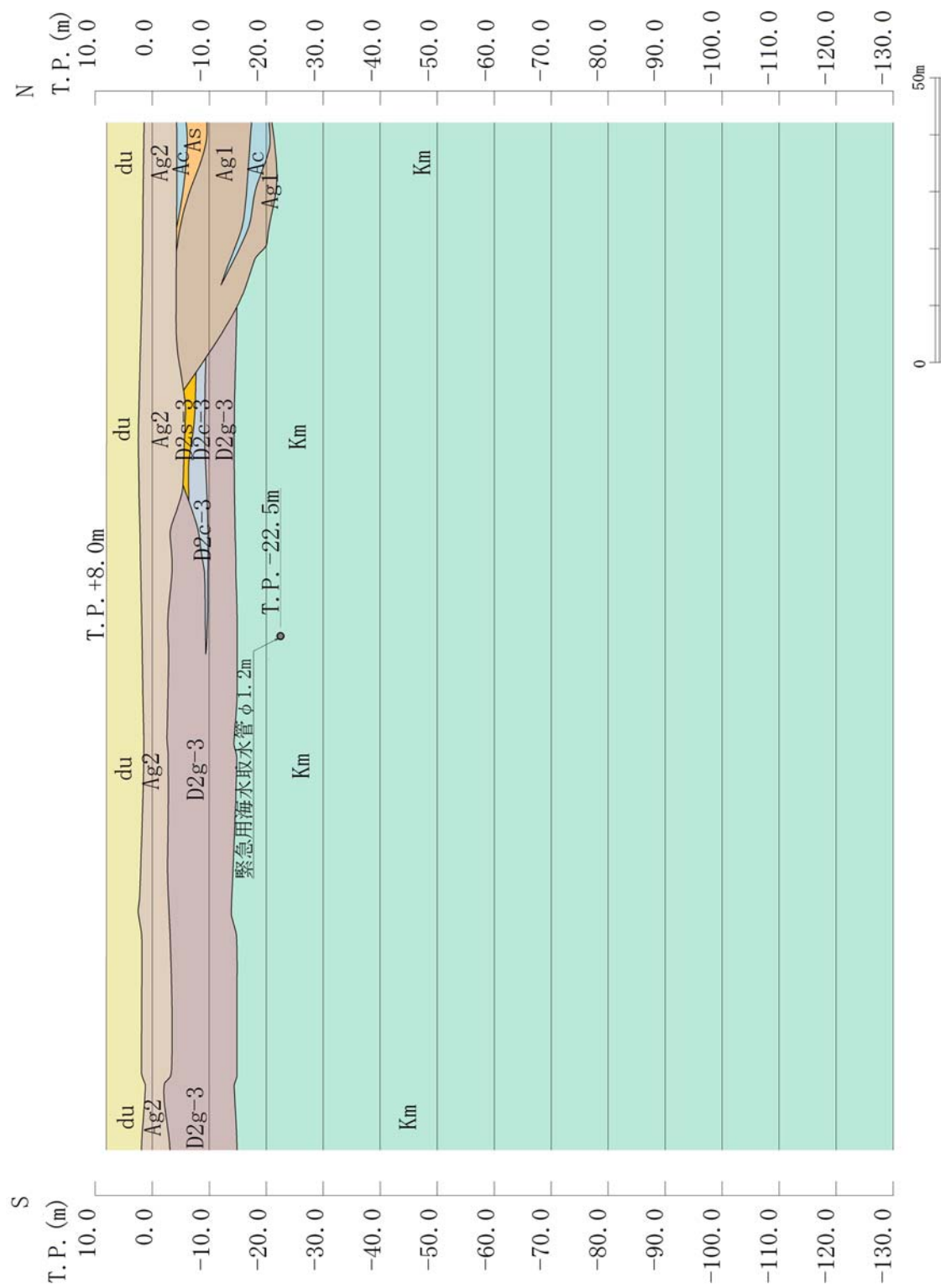


図 13.2-8 緊急用海水取水管 横断面図 (②-②断面)



#### 13.2.4 使用材料及び材料定数

耐震評価に用いる材料定数は、適用基準類に基づき設定する。構造物の使用材料を表 13.2-3 に、材料物性値を表 13.2-4 に示す。

地盤の諸元は、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値を用いる。なお、地盤については、有効応力の変化に応じた地震時挙動を考慮できるモデル化とする。地盤の物性値を表 13.2-5 に示す。

表 13.2-3 使用材料

| 材料  | 断面形状 (mm)   | 諸元    |
|-----|-------------|-------|
| 鋼製管 | 内径 1200×t14 | SM570 |

表 13.2-4 材料の物性値

| 材料  | 単位体積重量<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | ヤング係数<br>(N/mm <sup>2</sup> )     | ポアソン比             | 減衰定数<br>(%)     |
|-----|--------------------------------|-----------------------------------|-------------------|-----------------|
| 鋼製管 | 77.0 <sup>*1</sup>             | 2.0×10 <sup>5</sup> <sup>*1</sup> | 0.3 <sup>*1</sup> | 3 <sup>*2</sup> |

注記 \*1：道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 14 年 3 月）

\*2：J E A G 4 6 0 1－1987（（社）日本電気協会）



表 13.2-5 (1) 地盤の解析用物性値一覧 (液状化検討対象層)

| パラメータ |                         |                |                   | 原地盤                |                    |                    |        |                    |        |                      |                    | 豊浦標準砂 |       |
|-------|-------------------------|----------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------|--------------------|--------|----------------------|--------------------|-------|-------|
|       |                         |                |                   | 埋戻土                | 第四系（液状化検討対象層）      |                    |        |                    |        |                      |                    |       |       |
|       |                         |                |                   |                    | f1                 | du                 | Ag2    | As                 | Ag1    | D2s-3                | D2g-3              |       | D1g-1 |
| 物理特性  | 密度<br>（ ）は地下水位以浅        | $\rho$         | g/cm <sup>3</sup> | 1.98<br>(1.82)     | 1.98<br>(1.82)     | 2.01<br>(1.89)     | 1.74   | 2.01<br>(1.89)     | 1.92   | 2.15<br>(2.11)       | 2.01<br>(1.89)     | 1.958 |       |
|       | 間隙比                     | e              | —                 | 0.75               | 0.75               | 0.67               | 1.2    | 0.67               | 0.79   | 0.43                 | 0.67               | 0.702 |       |
| 変形特性  | ポアソン比                   | $\nu_{CD}$     | —                 | 0.26               | 0.26               | 0.25               | 0.26   | 0.25               | 0.19   | 0.26                 | 0.25               | 0.333 |       |
|       | 基準平均有効主応力<br>（ ）は地下水位以浅 | $\sigma'_{ma}$ | kN/m <sup>2</sup> | 358<br>(312)       | 358<br>(312)       | 497<br>(299)       | 378    | 814<br>(814)       | 966    | 1167<br>(1167)       | 1695<br>(1710)     | 12.6  |       |
|       | 基準初期せん断剛性<br>（ ）は地下水位以浅 | $G_{ma}$       | kN/m <sup>2</sup> | 253529<br>(220739) | 253529<br>(220739) | 278087<br>(167137) | 143284 | 392073<br>(392073) | 650611 | 1362035<br>(1362035) | 947946<br>(956776) | 18975 |       |
|       | 最大履歴減衰率                 | $h_{max}$      | —                 | 0.220              | 0.220              | 0.233              | 0.216  | 0.221              | 0.192  | 0.130                | 0.233              | 0.287 |       |
| 強度特性  | 粘着力                     | $C_{CD}$       | N/mm <sup>2</sup> | 0                  | 0                  | 0                  | 0.012  | 0                  | 0.01   | 0                    | 0                  | 0     |       |
|       | 内部摩擦角                   | $\phi_{CD}$    | 度                 | 37.3               | 37.3               | 37.4               | 41     | 37.4               | 35.8   | 44.4                 | 37.4               | 30    |       |
| 液状化特性 | 液状化パラメータ                | $\phi_p$       | —                 | 34.8               | 34.8               | 34.9               | 38.3   | 34.9               | 33.4   | 41.4                 | 34.9               | 28    |       |
|       | 液状化パラメータ                | $S_1$          | —                 | 0.047              | 0.047              | 0.028              | 0.046  | 0.029              | 0.048  | 0.030                | 0.020              | 0.005 |       |
|       | 液状化パラメータ                | $W_1$          | —                 | 6.5                | 6.5                | 56.5               | 6.9    | 51.6               | 17.6   | 45.2                 | 10.5               | 5.06  |       |
|       | 液状化パラメータ                | $P_1$          | —                 | 1.26               | 1.26               | 9.00               | 1.00   | 12.00              | 4.80   | 8.00                 | 7.00               | 0.57  |       |
|       | 液状化パラメータ                | $P_2$          | —                 | 0.80               | 0.80               | 0.60               | 0.75   | 0.60               | 0.96   | 0.60                 | 0.50               | 0.80  |       |
|       | 液状化パラメータ                | $C_1$          | —                 | 2.00               | 2.00               | 3.40               | 2.27   | 3.35               | 3.15   | 3.82                 | 2.83               | 1.44  |       |

表 13.2-5 (2) 地盤の解析用物性値一覧 (非液状化層)

| パラメータ |                        |                |                   | 原地盤        |        |                  |        |                                 |                |
|-------|------------------------|----------------|-------------------|------------|--------|------------------|--------|---------------------------------|----------------|
|       |                        |                |                   | 第四系（非液状化層） |        |                  |        | 新第三系                            | 捨石             |
|       |                        |                |                   |            |        |                  |        |                                 |                |
| 物理特性  | 密度<br>（）は地下水位以浅        | $\rho$         | g/cm <sup>3</sup> | 1.65       | 1.77   | 1.47<br>(1.43)   | 1.77   | 1.72-1.03×10 <sup>-4</sup> ・z   | 2.04<br>(1.84) |
|       | 間隙比                    | e              | —                 | 1.59       | 1.09   | 2.8              | 1.09   | 1.16                            | 0.82           |
| 変形特性  | ポアソン比                  | $\nu_{CD}$     | —                 | 0.10       | 0.22   | 0.14             | 0.22   | 0.16+0.00025・z                  | 0.33           |
|       | 基準平均有効主応力<br>（）は地下水位以浅 | $\sigma'_{ma}$ | kN/m <sup>2</sup> | 480        | 696    | 249<br>(223)     | 696    | 動的変形特性に基づき<br>z（標高）毎に物性値を<br>設定 | 98             |
|       | 基準初期せん断剛性<br>（）は地下水位以浅 | $G_{ma}$       | kN/m <sup>2</sup> | 121829     | 285223 | 38926<br>(35783) | 285223 |                                 | 180000         |
|       | 最大履歴減衰率                | $h_{max}$      | —                 | 0.200      | 0.186  | 0.151            | 0.186  |                                 | 0.24           |
| 強度特性  | 粘着力                    | $C_{CD}$       | N/mm <sup>2</sup> | 0.025      | 0.026  | 0.042            | 0.026  | 0.358-0.00603・z                 | 0.02           |
|       | 内部摩擦角                  | $\phi_{CD}$    | 度                 | 29.1       | 35.6   | 27.3             | 35.6   | 23.2+0.0990・z                   | 35             |



表 13.2-5 (3) 地盤の解析用物性値一覧 (新第三系 Km 層)

| 区分<br>番号 | 設定深度<br>TP (m)<br>Z | 適用深度 TP (m) | 密度<br>$\rho$<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | 静ポアソン比<br>$\nu_{CD}$ | 粘着力<br>C <sub>CD</sub><br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 内部摩擦角<br>$\phi_{CD}$<br>(°) | せん断波<br>速度Vs<br>(m/s) | 基準初期<br>せん断剛性 G <sub>ma</sub><br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 基準体積<br>弾性係数 K <sub>ma</sub><br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 基準平均有効<br>主応力 $\sigma'_{ma}$<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 拘束圧<br>依存係数<br>mG, mK | 最大履歴<br>減衰率<br>h <sub>max</sub> (-) | 動ポアソン比<br>$\nu_d$ | 疎密波<br>速度Vp<br>(m/s) | 1000*Vp   |
|----------|---------------------|-------------|--------------------------------------|----------------------|--|-----------------------------|-----------------------|---|--|--|-----------------------|-------------------------------------|-------------------|----------------------|-----------|
| 1        | 10                  | 9.5 ~ 10.5  | 1.72                                 | 0.16                 | 298  | 24.2                        | 425                   | 310,675   | 353,317  | 504  | 0.0                   | 0.105                               | 0.464             | 1,640                | 1,640,000 |
| 2        | 9                   | 8.5 ~ 9.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 304  | 24.1                        | 426                   | 312,139   | 354,982  | 504  | 0.0                   | 0.105                               | 0.464             | 1,644                | 1,644,000 |
| 3        | 8                   | 7.5 ~ 8.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 310  | 24.0                        | 427                   | 313,606   | 356,650  | 504  | 0.0                   | 0.105                               | 0.464             | 1,648                | 1,648,000 |
| 4        | 7                   | 6.5 ~ 7.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 316  | 23.9                        | 428                   | 315,076   | 358,322  | 504  | 0.0                   | 0.105                               | 0.464             | 1,651                | 1,651,000 |
| 5        | 6                   | 5.5 ~ 6.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 322  | 23.8                        | 428                   | 315,076   | 358,322  | 504  | 0.0                   | 0.106                               | 0.464             | 1,651                | 1,651,000 |
| 6        | 5                   | 4.5 ~ 5.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 328  | 23.7                        | 429                   | 316,551   | 359,999  | 504  | 0.0                   | 0.106                               | 0.464             | 1,655                | 1,655,000 |
| 7        | 4                   | 3.5 ~ 4.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 334  | 23.6                        | 430                   | 318,028   | 361,679  | 504  | 0.0                   | 0.106                               | 0.463             | 1,638                | 1,638,000 |
| 8        | 3                   | 2.5 ~ 3.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 340  | 23.5                        | 431                   | 319,509   | 363,363  | 504  | 0.0                   | 0.107                               | 0.463             | 1,642                | 1,642,000 |
| 9        | 2                   | 1.5 ~ 2.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 346  | 23.4                        | 431                   | 319,509   | 363,363  | 504  | 0.0                   | 0.107                               | 0.463             | 1,642                | 1,642,000 |
| 10       | 1                   | 0.5 ~ 1.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 352  | 23.3                        | 432                   | 320,993   | 365,051  | 504  | 0.0                   | 0.107                               | 0.463             | 1,646                | 1,646,000 |
| 11       | 0                   | -0.5 ~ 0.5  | 1.72                                 | 0.16                 | 358  | 23.2                        | 433                   | 322,481   | 366,743  | 504  | 0.0                   | 0.107                               | 0.463             | 1,650                | 1,650,000 |
| 12       | -1                  | -1.5 ~ -0.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 364  | 23.1                        | 434                   | 323,972   | 368,439  | 504  | 0.0                   | 0.108                               | 0.463             | 1,653                | 1,653,000 |
| 13       | -2                  | -2.5 ~ -1.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 370  | 23.0                        | 435                   | 325,467   | 370,139  | 504  | 0.0                   | 0.108                               | 0.463             | 1,657                | 1,657,000 |
| 14       | -3                  | -3.5 ~ -2.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 376  | 22.9                        | 435                   | 325,467   | 370,139  | 504  | 0.0                   | 0.108                               | 0.463             | 1,657                | 1,657,000 |
| 15       | -4                  | -4.5 ~ -3.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 382  | 22.8                        | 436                   | 326,965   | 371,843  | 504  | 0.0                   | 0.108                               | 0.463             | 1,661                | 1,661,000 |
| 16       | -5                  | -5.5 ~ -4.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 388  | 22.7                        | 437                   | 328,467   | 373,551  | 504  | 0.0                   | 0.109                               | 0.462             | 1,644                | 1,644,000 |
| 17       | -6                  | -6.5 ~ -5.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 394  | 22.6                        | 438                   | 329,972   | 375,262  | 504  | 0.0                   | 0.109                               | 0.462             | 1,648                | 1,648,000 |
| 18       | -7                  | -7.5 ~ -6.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 400  | 22.5                        | 438                   | 329,972   | 375,262  | 504  | 0.0                   | 0.109                               | 0.462             | 1,648                | 1,648,000 |
| 19       | -8                  | -8.5 ~ -7.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 406  | 22.4                        | 439                   | 331,480   | 376,977  | 504  | 0.0                   | 0.109                               | 0.462             | 1,652                | 1,652,000 |
| 20       | -9                  | -9.5 ~ -8.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 412  | 22.3                        | 440                   | 332,992   | 378,697  | 504  | 0.0                   | 0.110                               | 0.462             | 1,656                | 1,656,000 |
| 21       | -10                 | -11 ~ -9.5  | 1.72                                 | 0.16                 | 418  | 22.2                        | 441                   | 334,507   | 380,420  | 504  | 0.0                   | 0.110                               | 0.462             | 1,659                | 1,659,000 |
| 22       | -12                 | -13 ~ -11   | 1.72                                 | 0.16                 | 430  | 22.0                        | 442                   | 336,026   | 382,147  | 504  | 0.0                   | 0.110                               | 0.462             | 1,663                | 1,663,000 |
| 23       | -14                 | -15 ~ -13   | 1.72                                 | 0.16                 | 442  | 21.8                        | 444                   | 339,074   | 385,614  | 504  | 0.0                   | 0.111                               | 0.462             | 1,671                | 1,671,000 |
| 24       | -16                 | -17 ~ -15   | 1.72                                 | 0.16                 | 454  | 21.6                        | 445                   | 340,603   | 387,352  | 504  | 0.0                   | 0.111                               | 0.461             | 1,654                | 1,654,000 |
| 25       | -18                 | -19 ~ -17   | 1.72                                 | 0.16                 | 467  | 21.4                        | 447                   | 343,671   | 390,842  | 504  | 0.0                   | 0.112                               | 0.461             | 1,662                | 1,662,000 |
| 26       | -20                 | -21 ~ -19   | 1.72                                 | 0.16                 | 479  | 21.2                        | 448                   | 345,211   | 392,593  | 504  | 0.0                   | 0.112                               | 0.461             | 1,665                | 1,665,000 |
| 27       | -22                 | -23 ~ -21   | 1.72                                 | 0.15                 | 491  | 21.0                        | 450                   | 348,300   | 381,471  | 498  | 0.0                   | 0.112                               | 0.461             | 1,673                | 1,673,000 |
| 28       | -24                 | -25 ~ -23   | 1.72                                 | 0.15                 | 503  | 20.8                        | 452                   | 351,403   | 384,870  | 498  | 0.0                   | 0.113                               | 0.461             | 1,680                | 1,680,000 |
| 29       | -26                 | -27 ~ -25   | 1.72                                 | 0.15                 | 515  | 20.6                        | 453                   | 352,959   | 386,574  | 498  | 0.0                   | 0.113                               | 0.460             | 1,664                | 1,664,000 |
| 30       | -28                 | -29 ~ -27   | 1.72                                 | 0.15                 | 527  | 20.4                        | 455                   | 356,083   | 389,996  | 498  | 0.0                   | 0.114                               | 0.460             | 1,672                | 1,672,000 |
| 31       | -30                 | -31 ~ -29   | 1.72                                 | 0.15                 | 539  | 20.2                        | 456                   | 357,650   | 391,712  | 498  | 0.0                   | 0.114                               | 0.460             | 1,675                | 1,675,000 |
| 32       | -32                 | -33 ~ -31   | 1.72                                 | 0.15                 | 551  | 20.0                        | 458                   | 360,794   | 395,155  | 498  | 0.0                   | 0.115                               | 0.460             | 1,683                | 1,683,000 |
| 33       | -34                 | -35 ~ -33   | 1.72                                 | 0.15                 | 563  | 19.8                        | 459                   | 362,371   | 396,883  | 498  | 0.0                   | 0.115                               | 0.459             | 1,667                | 1,667,000 |
| 34       | -36                 | -37 ~ -35   | 1.72                                 | 0.15                 | 575  | 19.6                        | 461                   | 365,536   | 400,349  | 498  | 0.0                   | 0.115                               | 0.459             | 1,675                | 1,675,000 |
| 35       | -38                 | -39 ~ -37   | 1.72                                 | 0.15                 | 587  | 19.4                        | 462                   | 367,124   | 402,088  | 498  | 0.0                   | 0.116                               | 0.459             | 1,678                | 1,678,000 |
| 36       | -40                 | -41 ~ -39   | 1.72                                 | 0.15                 | 599  | 19.2                        | 464                   | 370,309   | 405,577  | 498  | 0.0                   | 0.116                               | 0.459             | 1,685                | 1,685,000 |
| 37       | -42                 | -43 ~ -41   | 1.72                                 | 0.15                 | 611  | 19.0                        | 465                   | 371,907   | 407,327  | 498  | 0.0                   | 0.117                               | 0.459             | 1,689                | 1,689,000 |
| 38       | -44                 | -45 ~ -43   | 1.72                                 | 0.15                 | 623  | 18.8                        | 467                   | 375,113   | 410,838  | 498  | 0.0                   | 0.117                               | 0.458             | 1,678                | 1,678,000 |
| 39       | -46                 | -47 ~ -45   | 1.72                                 | 0.15                 | 635  | 18.6                        | 468                   | 376,721   | 412,599  | 498  | 0.0                   | 0.117                               | 0.458             | 1,681                | 1,681,000 |
| 40       | -48                 | -49 ~ -47   | 1.72                                 | 0.15                 | 647  | 18.4                        | 470                   | 379,948   | 416,134  | 498  | 0.0                   | 0.118                               | 0.458             | 1,688                | 1,688,000 |
| 41       | -50                 | -51 ~ -49   | 1.73                                 | 0.15                 | 660  | 18.3                        | 472                   | 385,416   | 422,122  | 498  | 0.0                   | 0.118                               | 0.458             | 1,696                | 1,696,000 |
| 42       | -52                 | -53 ~ -51   | 1.73                                 | 0.15                 | 672  | 18.1                        | 473                   | 387,051   | 423,913  | 498  | 0.0                   | 0.118                               | 0.458             | 1,699                | 1,699,000 |
| 43       | -54                 | -55 ~ -53   | 1.73                                 | 0.15                 | 684  | 17.9                        | 475                   | 390,331   | 427,505  | 498  | 0.0                   | 0.118                               | 0.457             | 1,688                | 1,688,000 |
| 44       | -56                 | -57 ~ -55   | 1.73                                 | 0.15                 | 696  | 17.7                        | 476                   | 391,976   | 429,307  | 498  | 0.0                   | 0.119                               | 0.457             | 1,692                | 1,692,000 |
| 45       | -58                 | -59 ~ -57   | 1.73                                 | 0.15                 | 708  | 17.5                        | 478                   | 395,277   | 432,922  | 498  | 0.0                   | 0.119                               | 0.457             | 1,699                | 1,699,000 |
| 46       | -60                 | -61 ~ -59   | 1.73                                 | 0.15                 | 720  | 17.3                        | 479                   | 396,933   | 434,736  | 498  | 0.0                   | 0.120                               | 0.457             | 1,702                | 1,702,000 |
| 47       | -62                 | -63 ~ -61   | 1.73                                 | 0.14                 | 732  | 17.1                        | 481                   | 400,255   | 422,491  | 492  | 0.0                   | 0.120                               | 0.457             | 1,709                | 1,709,000 |
| 48       | -64                 | -65 ~ -63   | 1.73                                 | 0.14                 | 744  | 16.9                        | 482                   | 401,921   | 424,250  | 492  | 0.0                   | 0.120                               | 0.456             | 1,695                | 1,695,000 |
| 49       | -66                 | -67 ~ -65   | 1.73                                 | 0.14                 | 756  | 16.7                        | 484                   | 405,263   | 427,778  | 492  | 0.0                   | 0.120                               | 0.456             | 1,702                | 1,702,000 |
| 50       | -68                 | -69 ~ -67   | 1.73                                 | 0.14                 | 768  | 16.5                        | 485                   | 406,939   | 429,547  | 492  | 0.0                   | 0.121                               | 0.456             | 1,705                | 1,705,000 |
| 51       | -70                 | -71 ~ -69   | 1.73                                 | 0.14                 | 780  | 16.3                        | 487                   | 410,302   | 433,097  | 492  | 0.0                   | 0.121                               | 0.456             | 1,712                | 1,712,000 |
| 52       | -72                 | -73 ~ -71   | 1.73                                 | 0.14                 | 792  | 16.1                        | 489                   | 413,679   | 436,661  | 492  | 0.0                   | 0.121                               | 0.456             | 1,719                | 1,719,000 |
| 53       | -74                 | -75 ~ -73   | 1.73                                 | 0.14                 | 804  | 15.9                        | 490                   | 415,373   | 438,449  | 492  | 0.0                   | 0.122                               | 0.455             | 1,705                | 1,705,000 |
| 54       | -76                 | -77 ~ -75   | 1.73                                 | 0.14                 | 816  | 15.7                        | 492                   | 418,771   | 442,036  | 492  | 0.0                   | 0.122                               | 0.455             | 1,712                | 1,712,000 |
| 55       | -78                 | -79 ~ -77   | 1.73                                 | 0.14                 | 828  | 15.5                        | 493                   | 420,475   | 443,835  | 492  | 0.0                   | 0.122                               | 0.455             | 1,716                | 1,716,000 |
| 56       | -80                 | -81 ~ -79   | 1.73                                 | 0.14                 | 840  | 15.3                        | 495                   | 423,893   | 447,443  | 492  | 0.0                   | 0.122                               | 0.455             | 1,723                | 1,723,000 |
| 57       | -82                 | -85 ~ -81   | 1.73                                 | 0.14                 | 852  | 15.1                        | 496                   | 425,608   | 449,253  | 492  | 0.0                   | 0.123                               | 0.455             | 1,726                | 1,726,000 |
| 58       | -88                 | -90 ~ -85   | 1.73                                 | 0.14                 | 889  | 14.5                        | 501                   | 434,232   | 458,356  | 492  | 0.0                   | 0.124                               | 0.454             | 1,726                | 1,726,000 |
| 59       | -92                 | -95 ~ -90   | 1.73                                 | 0.14                 | 913  | 14.1                        | 504                   | 439,448   | 463,862  | 492  | 0.0                   | 0.124                               | 0.454             | 1,736                | 1,736,000 |
| 60       | -98                 | -101 ~ -95  | 1.73                                 | 0.14                 | 949  | 13.5                        | 509                   | 448,210   | 473,111  | 492  | 0.0                   | 0.125                               | 0.453             | 1,736                | 1,736,000 |
| 61       | -104                | -108 ~ -101 | 1.73                                 | 0.13                 | 985  | 12.9                        | 513                   | 455,282   | 463,485  | 486  | 0.0                   | 0.126                               | 0.452             | 1,733                | 1,733,000 |
| 62       | -112                | -115 ~ -108 | 1.73                                 | 0.13                 | 1,033  | 12.1                        | 519                   | 465,995   | 474,391  | 486  | 0.0                   | 0.127                               | 0.451             | 1,737                | 1,737,000 |
| 63       | -118                | -122 ~ -115 | 1.73                                 | 0.13                 | 1,070  | 11.5                        | 524                   | 475,016   | 483,575  | 486  | 0.0                   | 0.127                               | 0.451             | 1,754                | 1,754,000 |
| 64       | -126                | -130 ~ -122 | 1.73                                 | 0.13                 | 1,118  | 10.7                        | 530                   | 485,957   | 494,713  | 486  | 0.0                   | 0.128                               | 0.450             | 1,758                | 1,758,000 |



### 13.2.5 評価構造物諸元

許容応力による照査を行う管の評価構造物諸元を表 13.2-6 に示す。また，評価部位を図 13.2-9 に示す。

表 13.2-6 評価部位とその仕様

| 部位  | 仕様    |      | 材料    | 機能要求              |
|-----|-------|------|-------|-------------------|
|     | 内径    | 厚さ   | 鋼製管   |                   |
|     | (m)   | (mm) |       |                   |
| 鋼製管 | 1.200 | 14   | SM570 | 非常時における海水の通水機能の確保 |

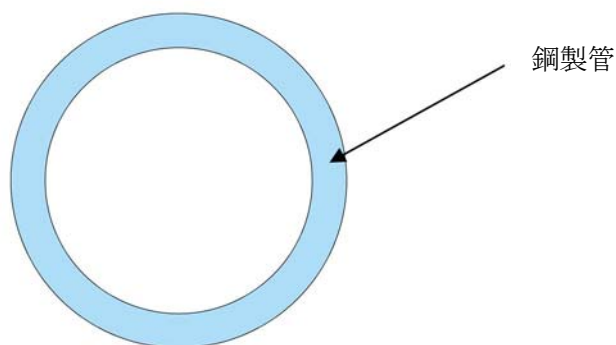


図 13.2-9 評価部位

### 13.2.6 地下水位

地下水位は地表面として設定する。

### 13.2.7 許容限界

許容限界は，V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。

#### (1) 緊急用海水取水管の許容限界

許容限界については，「道路橋示方書（Ⅰ 共通編・Ⅳ 下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 14 年 3 月）」に基づき表 13.2-7 のとおりに設定する。短期許容応力度は鋼材の許容応力度に対して 1.5 倍の割増しを考慮する。



表 13.2-7 許容限界

| 評価項目         |                         | 短期許容応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) |
|--------------|-------------------------|---------------------------------|
| 鋼材 (SM570) * | 許容曲げ引張応力度 $\sigma_{sa}$ | 382.5                           |
|              | 許容せん断応力度 $\tau_{sa}$    | 217.5                           |

注記 \* : 道路橋示方書 (I 共通編・IV 下部構造編)・同解説 ((社) 日本道路協会, 平成 14 年 3 月)

## (2) 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

極限支持力は、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき、道路橋示方書 (I 共通編・IV 下部構造編)・同解説 ((社) 日本道路協会, 平成 14 年 3 月) により設定する。

道路橋示方書による直接基礎の支持力算定式を以下に示す。

$$Q_u = A_e \left\{ \alpha \kappa c N_c S_c + \kappa q N_q S_q + \frac{1}{2} \gamma_1 \beta B_e N_\gamma S_\gamma \right\}$$

$Q_u$  : 荷重の偏心傾斜, 支持力係数の寸法効果を考慮した地盤の極限支持力 (kN)

$c$  : 地盤の粘着力 (kN/m<sup>2</sup>)

\*  $c$  は  $K_m$  層の非排水せん断強度

$q$  : 上載荷重 (kN/m<sup>2</sup>) で,  $q = \gamma_2 D_f$

$A_e$  : 有効載荷面積 (m<sup>2</sup>)

$\gamma_1, \gamma_2$  : 支持地盤及び根入れ地盤の単位体積重量 (kN/m<sup>3</sup>)  
ただし, 地下水位以下では水中単位体積重量とする。

$B_e$  : 荷重の偏心を考慮した基礎の有効載荷幅 (m)

$$B_e = B - 2e_B$$

$B$  : 基礎幅 (m)

$e_B$  : 荷重の偏心量 (m)

$D_f$  : 基礎の有効根入れ深さ (m)

$\alpha, \beta$  : 表 13.2-8 に示す基礎の形状係数

$\kappa$  : 根入れ効果に対する割増し係数

$N_c, N_q, N_\gamma$  : 図 13.2-10, 図 13.2-11 及び図 13.2-12 に示す荷重の傾斜を考慮した支持力係数

$S_c, S_q, S_\gamma$  : 支持力係数の寸法効果に関する補正係数

上記にて求まる基礎地盤の極限支持力を表 13.2-9 に示す。



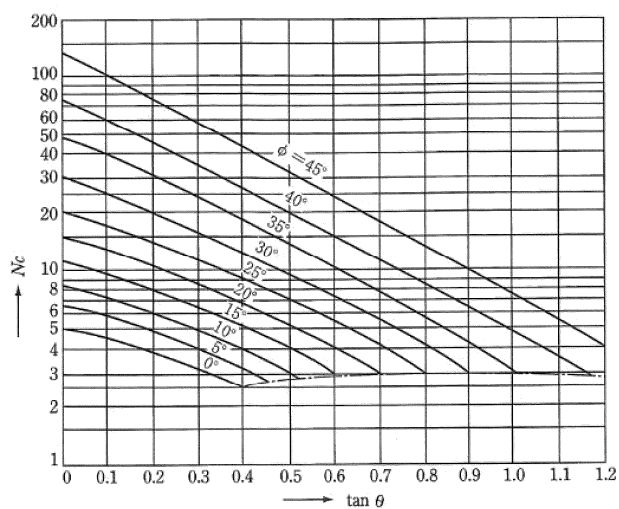


図 13.2-10 支持力係数 $N_c$ を求めるグラフ  
(道路橋示方書より)

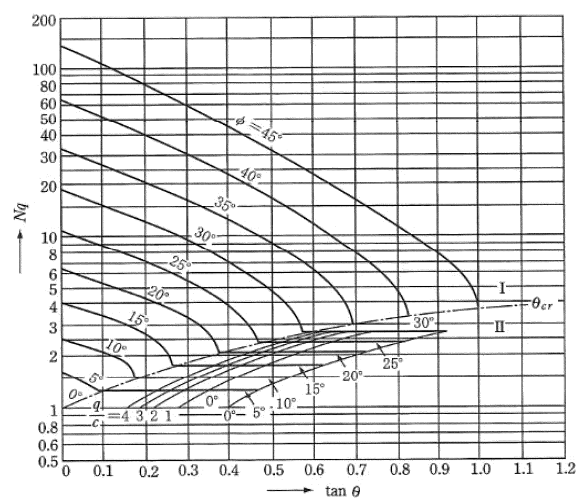


図 13.2-11 支持力係数 $N_q$ を求めるグラフ  
(道路橋示方書より)

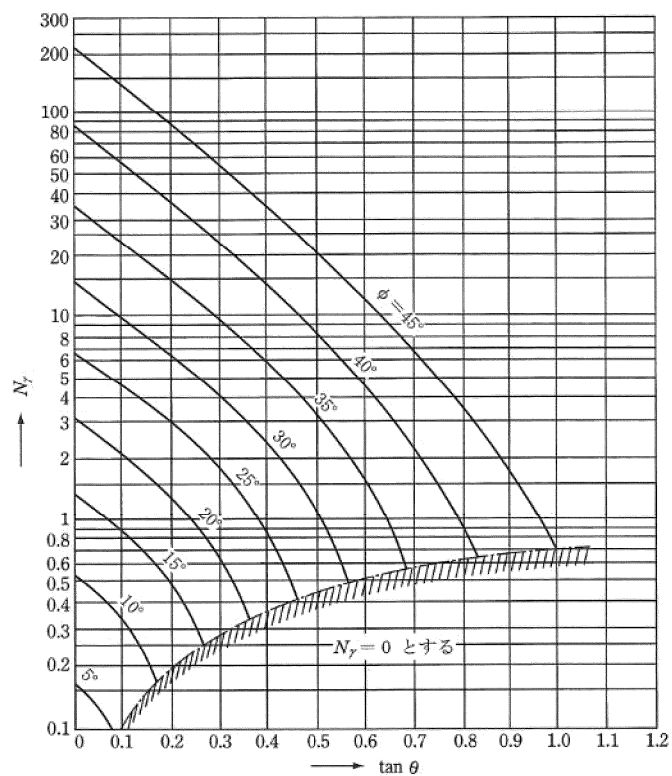


図 13.2-12 支持力係数 $N_γ$ を求めるグラフ  
(道路橋示方書より)



表 13.2－8 基礎底面の形状係数（道路橋示方書より）

| 基礎底面の形状<br>形状係数   | 帯 状 | 正方形，円形 | 長方形，楕円形，小判形            |
|---|-----|--------|------------------------|
| $\alpha$  | 1.0 | 1.3    | $1+0.3\frac{B_e}{D_e}$ |
| $\beta$   | 1.0 | 0.6    | $1-0.4\frac{B_e}{D_e}$ |
| $B_e, D_e$ は図-解 10.3.4, 図-解 10.3.5 による。ただし， $\frac{B_e}{D_e} > 1$ の場合， $\frac{B_e}{D_e} = 1$ とする。 |     |        |                        |

表 13.2－9 基礎地盤の極限支持力度

| 評価項目      | 極限支持力度（kN/m <sup>2</sup> ） |
|-----------|----------------------------|
| 基礎地盤の支持性能 | 2273                       |



### 13.3 横断面方向応力の評価方法

#### 13.3.1 地震応答解析手法

緊急用取水管の地震応答解析は、地盤と構造物の相互作用を考慮できる2次元有限要素法を用いて、基準地震動に基づき設定した水平地震動と鉛直地震動の同時加振による逐次時間積分の時刻歴応答解析にて行う。部材については、線形はり要素を用いることとする。また、地盤については、有効応力の変化に応じた地震時挙動を適切に考慮できるようにモデル化する。地震応答解析については、解析コード「FLIP Ver. 7.3.0\_2」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、V-5-10「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

地震応答解析手法の選定フローを図13.3-1に示す。

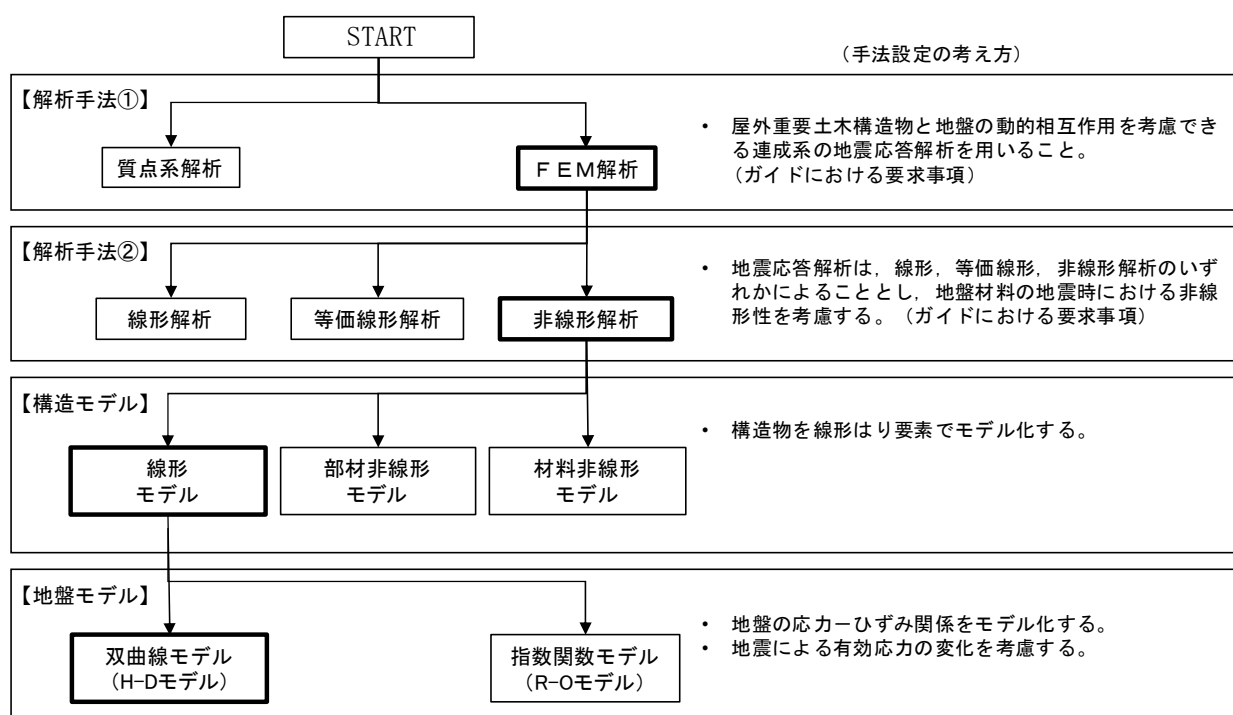


図 13.3-1 地震応答解析手法の選定フロー

地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線の構成則を有効応力解析へ適用する際は、地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線に関するせん断ひずみ及び有効応力の変化に応じた特徴を適切に表現できるモデルを用いる必要がある。

一般に、地盤は荷重を与えることによりせん断ひずみを増加させていくと、地盤のせん断応力は上限値に達し、それ以上はせん断応力が増加しなくなる特徴がある。また、地盤のせん断応力の上限値は有効応力に応じて変化する特徴がある。

よって、耐震評価における有効応力解析では、地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線の構成則として、地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線に関するせん断ひずみ及び有効応力の変化に応じたこれら2つの特徴を表現できる双曲線モデル（H-Dモデル）を選定する。



### 13.3.2 解析モデルの設定

#### (1) 解析モデル領域

地震応答解析モデルは、境界条件の影響が地盤及び構造物の応力状態に影響を及ぼさないよう、十分広い領域とする。具体的には、J E A G 4 6 0 1 -1987 を適用し、図 13.3-2 に示すとおりモデル幅を構造物基礎幅の 5 倍以上、構造物下端からモデル下端までの高さを構造物幅の 2 倍以上確保する。なお、解析モデルの境界条件は、側方における波動の反射の影響を低減するとともに、下方への波動の逸散を考慮するために側面及び底面ともに粘性境界とする。

地盤の要素分割については、地盤の波動をなめらかに表現するために、最大周波数 20 Hz 及びせん断波速度  $V_s$  で算定される波長の 5 又は 4 分割，すなわち  $V_s/100$  又は  $V_s/80$  を考慮し、要素高さを 1 m 程度まで細分割して設定する。

構造物の要素分割については、構造物が接している地盤と同じ要素幅に分割して設定する。

この図で示される 2 次元有効応力解析モデルは、検討対象構造物とその周辺の地盤をモデル化した不整形地盤に加え、この不整形地盤の左右に広がる地盤をモデル化した自由地盤で構成される。この自由地盤は、不整形地盤の左右端と同じ地層構成を持つ 1 次元地盤モデル（不整形地盤左右端のそれぞれ縦 1 列の要素列と同じ構造で、水平方向に連続することを表現するために循環境界条件を設定したモデル）である。2 次元有効応力解析における自由地盤の初期応力解析から不整形地盤の地震応答解析までのフローを図 13.3-3 に示す。

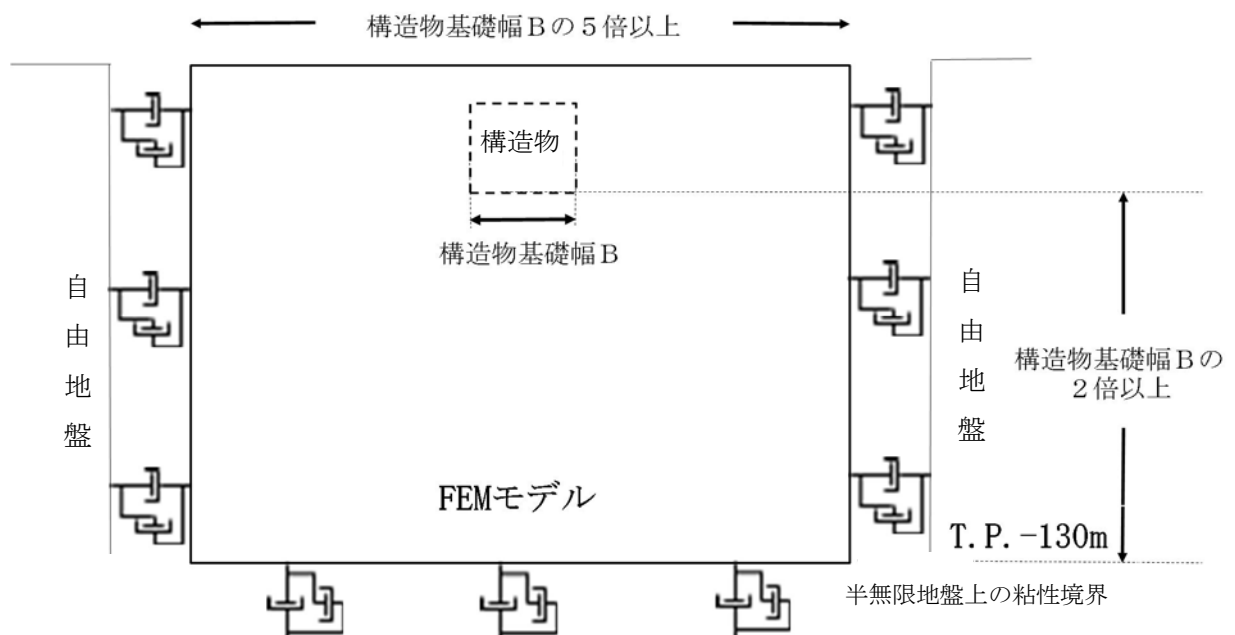


図 13.3-2 解析モデル領域の考え方



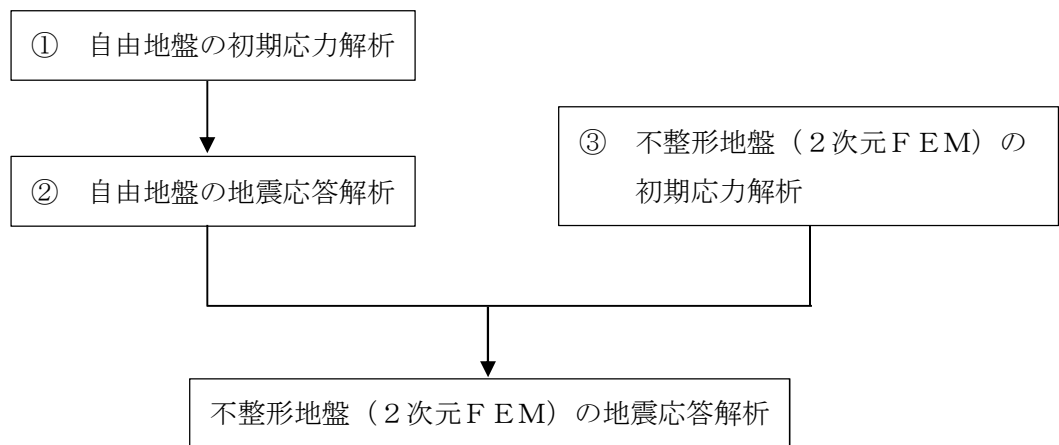


図 13.3-3 自由地盤の初期応力解析から不整形地盤（２次元F E M）の地震応答解析までのフロー



## (2) 境界条件

### a. 固有値解析時

固有値解析を実施する際の境界条件は、境界が構造物を含めた周辺地盤の振動特性に影響を与えないよう設定する。ここで、底面境界は地盤のせん断方向の卓越変形モードを把握するために固定とし、側面は実地盤が側方に連続していることを模擬するため水平ローラーとする。境界条件の概念図を図 13.3-4 に示す。

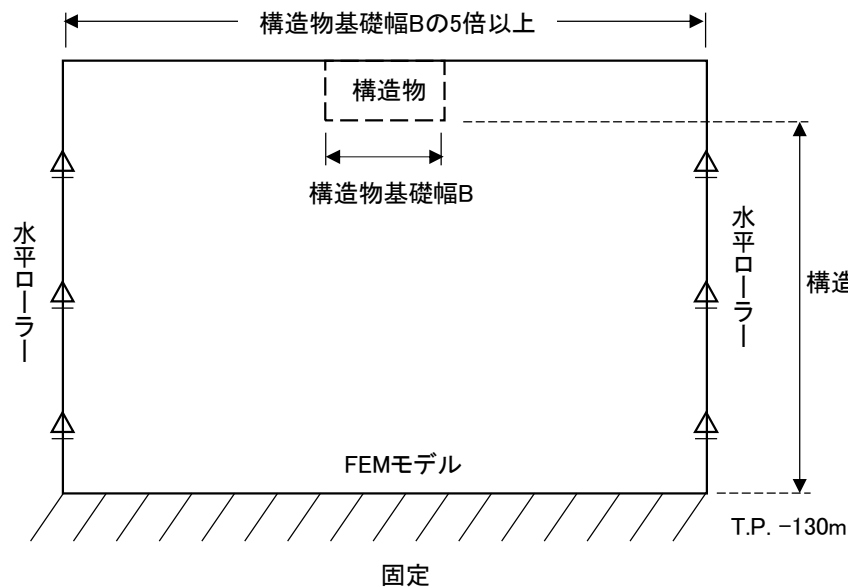


図 13.3-4 固有値解析における境界条件の概念図

### b. 初期応力解析時

初期応力解析は、地盤や構造物の自重及び風荷重等の静的な荷重を載荷することによる常時の初期応力を算定するために行う。そこで、初期応力解析時の境界条件は底面固定とし、側方は自重による地盤の鉛直方向の変形を拘束しないよう鉛直ローラーとする。境界条件の概念図を図 13.3-5 に示す。

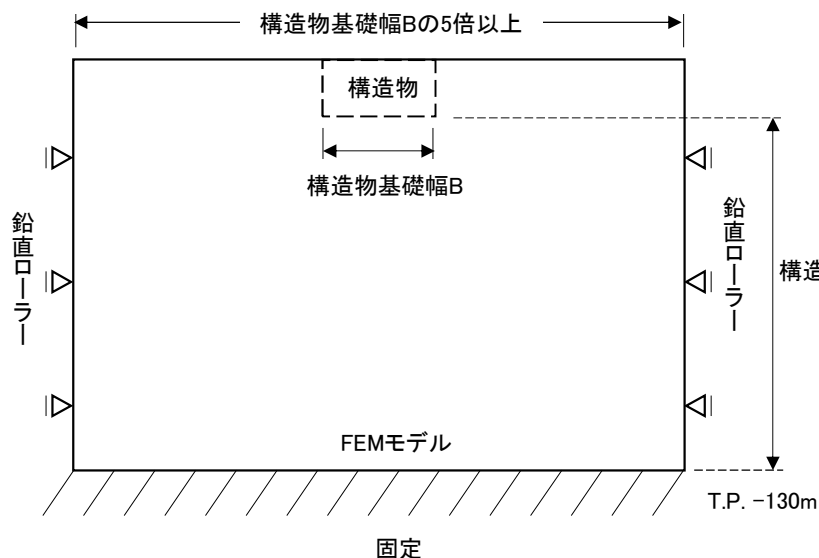


図 13.3-5 常時解析における境界条件の概念図



c. 地震応答解析時

地震応答解析時の境界条件については、有限要素解析における半無限地盤を模擬するため、粘性境界を設ける。底面の粘性境界については、地震動の下降波がモデル底面境界から半無限地盤へ通過していく状態を模擬するため、ダッシュポットを設定する。側方の粘性境界については、自由地盤の地盤振動と不形成地盤側方の地盤振動の差分が側方を通過していく状態を模擬するため、自由地盤の側方にダッシュポットを設定する。

緊急用海水取水管横断面方向の地震応答解析モデルを図 13.3-6 に示す。



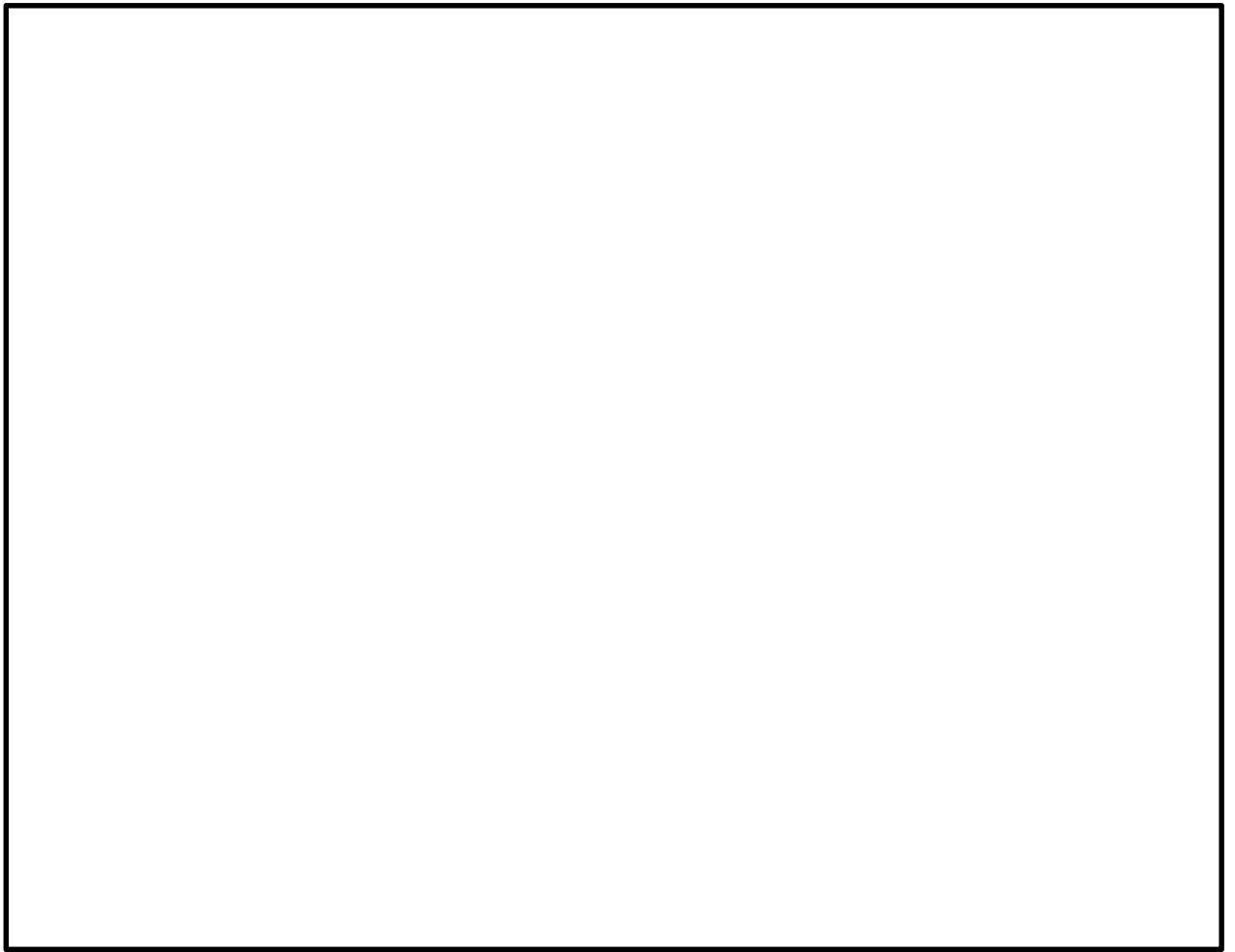


図 13.3-6 緊急用海水取水管横断面方向の地震応答解析モデル



(2) 構造物のモデル化

構造部材は線形はり要素によりモデル化する。

構造部材周面と地盤との間にジョイント要素を配置し，接合面との剥離及びすべりを考慮する。解析モデル概念図を図 13.3-7 に示す。

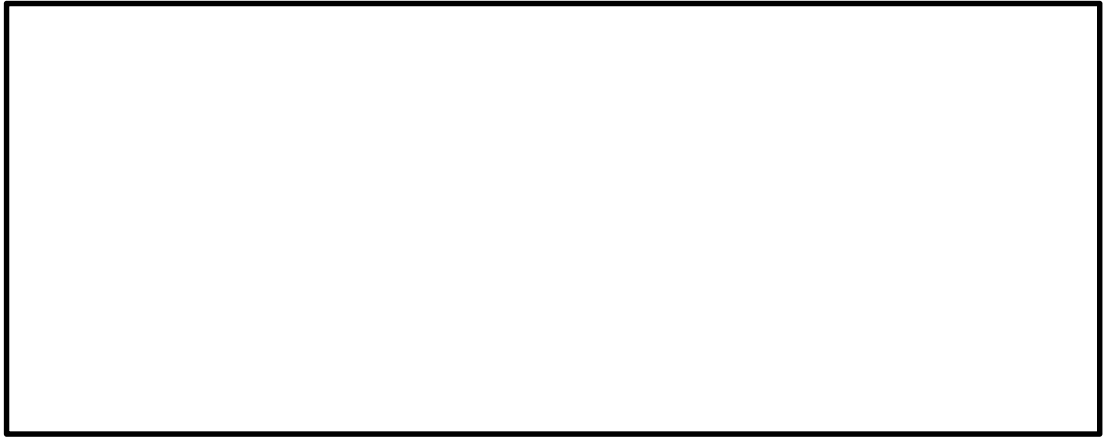


図 13.3-7 緊急用海水取水管の解析モデル概念図

(3) 地盤のモデル化

地盤は，マルチスプリング要素及び間隙水圧要素にてモデル化し，地震時の有効応力の変化に応じた非線形せん断応力～せん断ひずみ関係を考慮する。



(4) ジョイント要素の設定

地盤と構造体の接合面にジョイント要素を設けることにより，強震時の地盤と構造体の接合面における剥離及びすべりを考慮する。

ジョイント要素は，地盤と構造体の接合面で法線方向及びせん断方向に対して設定する。法線方向については，常時状態以上の引張荷重が生じた場合，剛性及び応力をゼロとし，剥離を考慮する。せん断方向については，地盤と構造体の接合面におけるせん断抵抗力以上のせん断荷重が生じた場合，せん断剛性をゼロとし，すべりを考慮する。

なお，せん断強度  $\tau_f$  は次式の Mohr－Coulomb 式により規定される。推進管及びエアモルタルはモデル化しないため，周辺の Km 層との粘着力は考慮しない（表 13.3－1 参照）。

$$\tau_f = c + \sigma' \tan \phi$$

ここで，

$\tau_f$  : せん断強度

$c$  : 粘着力

$\phi$  : 内部摩擦角

表 13.3－1 周辺地盤との境界に用いる強度特性

| 周辺の状況 |      | 粘着力 $c$ (N/mm <sup>2</sup> ) | 内部摩擦角 $\phi$ (°)               | 備考 |
|-------|------|------------------------------|--------------------------------|----|
| 新第三系  | Km 層 | 0.0                          | $\phi = 23.2 + 0.0990 \cdot z$ | －  |

$z$  : 標高 (m)

ジョイント要素のばね定数は，数値計算上の不安定挙動を起こさない程度に十分大きい値として，港湾構造物設計事例集（沿岸技術研究センター）に従い，表 13.3－2 のとおり設定する。図 13.3－8 にジョイント要素の設定の考え方を示す。

表 13.3－2 ジョイント要素のばね定数

|     | せん断剛性 $k_s$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | 圧縮剛性 $k_n$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) |
|-----|-------------------------------------|------------------------------------|
| 管周面 | $1.0 \times 10^6$                   | $1.0 \times 10^6$                  |



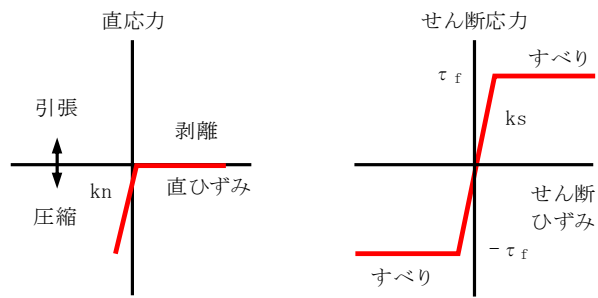


図 13. 3-8 ジョイント要素の考え方



### 13.3.3 減衰定数

動的解析における地盤及び構造物の減衰については、固有値解析にて求まる固有周期及び減衰比に基づき、質量マトリックス及び剛性マトリックスの線形結合で表される以下の Rayleigh 減衰にて与える。なお、Rayleigh 減衰を  $\alpha = 0$  となる剛性比例型減衰とする。

有効応力解析では、時系列で地盤の 1 次固有振動数が低振動数側へシフトして行くことから、Rayleigh 減衰の係数  $\alpha$ 、 $\beta$  の両方を用いると、質量比例項の減衰  $\alpha [M]$  の影響により、有効応力解析における減衰定数が低振動数帯で過減衰となる場合がある。

一方、有効応力解析における低振動数帯で減衰  $\alpha [M]$  の影響がない剛性比例型減衰では、地盤の 1 次固有振動数が時系列で低振動数側へシフトしていくのに伴い、1 次固有振動モードに対する減衰定数が初期減衰定数より保守的に小さい側へ変化していくことを考慮できる。

ゆえに、有効応力解析では、地震力による時系列での地盤剛性の軟化に伴う 1 次固有振動数の低振動数側へのシフトに応じて、1 次固有振動モードに対する減衰定数として、初期減衰定数よりも保守的に小さい側のモード減衰定数を適用し、地盤応答の適切な評価が行えるように、低振動数帯で減衰  $\alpha [M]$  の影響がない剛性比例型減衰を採用した。

$$[C] = \alpha [M] + \beta [K] : \text{減衰係数マトリックス}$$

ここで、

$[C]$  : 減衰係数マトリックス

$[M]$  : 質量マトリックス

$[K]$  : 剛性マトリックス

$\alpha, \beta$  : 係数

係数  $\alpha$ 、 $\beta$  は以下のように求めている。

$$\alpha = 0$$

$$\beta = \frac{h}{\pi f}$$

ここで、

$f$  : 固有値解析により求められた 1 次固有振動数

$h$  : 各材料の減衰定数

地盤の減衰定数は 1 %（解析における減衰は、ひずみが大きい領域では履歴減衰が支配的となる。このため、解析上の安定のためになるべく小さい値として 1 %を採用している。）とする。また、線形材料としてモデル化する鋼材の減衰定数は 3 %（道路橋示方書(V 耐震設計編)・同解説（平成 24 年 3 月））とする。

Rayleigh 減衰の設定フローを図 13.3-9 に、固有値解析結果を表 13.3-3 に示す。



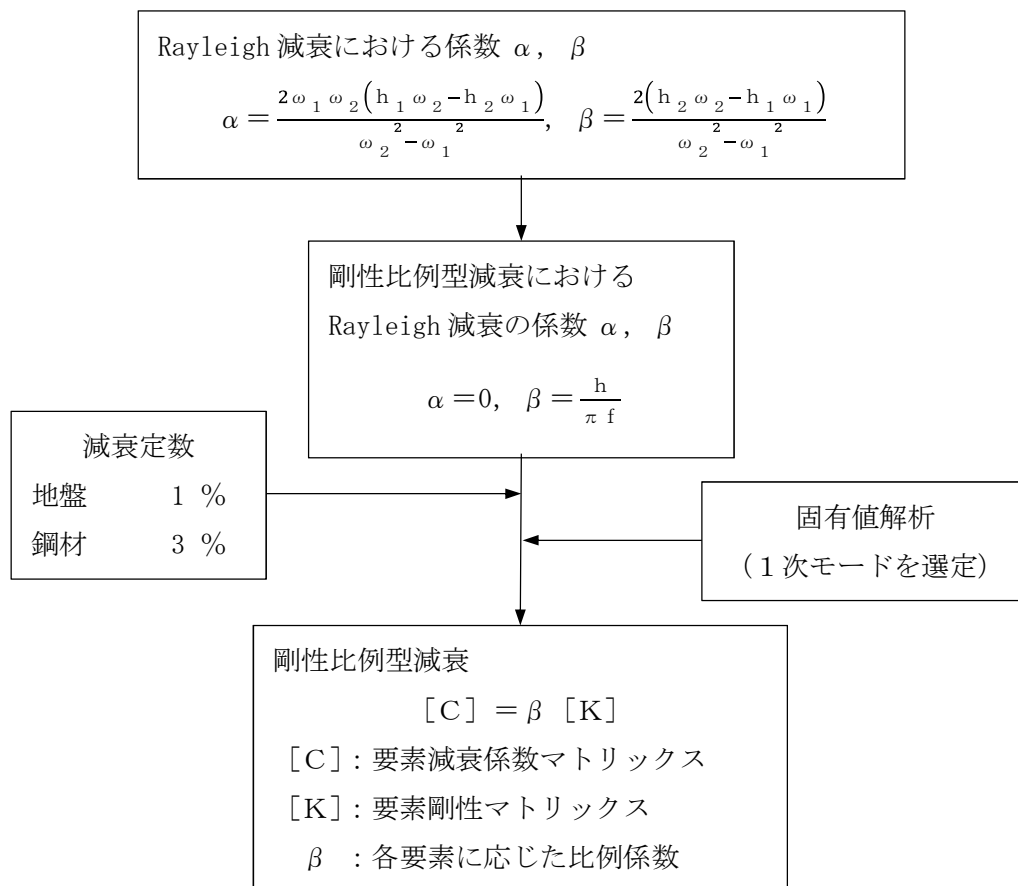


図 13.3-9 Rayleigh 減衰の設定フロー



表 13.3-3 (1) 固有値解析結果 (速報)

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

((②-②断面))

| モード次数 | 固有振動数 (Hz) | 刺激係数   | 備考      |
|-------|------------|--------|---------|
| 1     | 0.726      | 187.08 | 1次として採用 |
| 2     | 1.360      | 1.51   | —       |
| 3     | 1.641      | 21.50  | —       |
| 4     | 1.885      | -8.59  | —       |
| 5     | 2.082      | -57.10 | —       |
| 6     | 2.301      | -15.06 | —       |
| 7     | 2.641      | 2.52   | —       |
| 8     | 2.727      | 19.75  | —       |
| 9     | 2.911      | -8.97  | —       |

表 13.3-3 (2) 固有値解析結果 (追而)

(検討ケース②：地盤物性のばらつきを考慮 (+1 $\sigma$ ) した解析ケース)

((②-②断面))

| モード次数 | 固有振動数 (Hz) | 刺激係数 | 備考 |
|-------|------------|------|----|
| 1     |            |      |    |
| 2     |            |      |    |
| 3     |            |      |    |
| 4     |            |      |    |
| 5     |            |      |    |
| 6     |            |      |    |
| 7     |            |      |    |
| 8     |            |      |    |
| 9     |            |      |    |



表 13.3-3 (3) 固有値解析結果 (追報)

(検討ケース③：地盤物性のばらつきを考慮 ( $-1\sigma$ ) した解析ケース)

(②-②断面)

| モード次数 | 固有振動数 (Hz) | 刺激係数 | 備考 |
|-------|------------|------|----|
| 1     |            |      |    |
| 2     |            |      |    |
| 3     |            |      |    |
| 4     |            |      |    |
| 5     |            |      |    |
| 6     |            |      |    |
| 7     |            |      |    |
| 8     |            |      |    |
| 9     |            |      |    |

表 13.3-3 (4) 固有値解析結果 (速報)

(検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により

地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)

(②-②断面)

| モード次数 | 固有振動数 (Hz) | 刺激係数   | 備考      |
|-------|------------|--------|---------|
| 1     | 0.716      | 183.06 | 1次として採用 |
| 2     | 1.320      | -16.49 | —       |
| 3     | 1.389      | -7.54  | —       |
| 4     | 1.639      | 50.07  | —       |
| 5     | 1.707      | -29.86 | —       |
| 6     | 1.897      | -6.16  | —       |
| 7     | 2.026      | 2.79   | —       |
| 8     | 2.230      | 7.46   | —       |
| 9     | 2.490      | 12.23  | —       |



#### 13.3.4 荷重の組合せ

横断面方向応力算出のための地震応答解析では、通常運転時の荷重（永久荷重）及び地震荷重を抽出し、それぞれを組み合わせで設定する。地震荷重は、地震応答解析から得られる地震時土圧及び躯体に作用する慣性力を考慮する。

変動荷重のうち、積雪荷重及び風荷重については、緊急用海水取水管が地中構造物であることを考慮すると、構造物に与える影響は軽微であると判断し、地震力との組み合わせるべき荷重としては除外した。

なお、緊急用海水取水管は、運転時の異常な過渡変化時の状態及び設計基準事故時の状態あるいは重大事故等時の状態の影響を受けないと考えられるため、当該状態についての組合せは考慮しないものとする。

荷重の組合せを表 13.3-4 に示す。



表 13.3-4 荷重の組合せ

| 種別             |                | 荷重          | 考慮箇所      |                                 | 算定方法   |
|----------------|----------------|-------------|-----------|---------------------------------|--|
|                |                |             | 横断面<br>方向 | 縦断面<br>方向                       |  |
| 永久<br>荷重       | 常時<br>考慮<br>荷重 | 躯体自重        | ○         | —                               | ・対象構造物の体積に材料の密度を考慮して<br>設定する。  |
|                |                | 機器・配管<br>自重 | —         | —                               | ・機器・配管等は設置されない。  |
|                |                | 土被り荷重       | ○         | —                               | ・常時応力解析により設定する。  |
|                |                | 上載荷重        | —         | —                               | —  |
|                | 静止土圧           |             | ○         | —                               | ・常時応力解析により設定する。  |
|                | 外水圧            |             | ○         | —                               | ・地下水位に応じた静水圧として考慮する。<br>・地下水の密度を考慮する。                                |
|                | 水圧             |             | ○         | —                               | ・H.W.L T.P. +0.61 mからの内水圧を設定す<br>る。<br>・海水の密度を考慮する。                  |
| 変動荷重           |                | —           | —         | ・埋設構造物であるため、積雪荷重，風荷重<br>は作用しない。 |  |
| 偶発荷重<br>(地震荷重) |                | 水平地震動       | ○         | ○                               | ・基準地震動 $S_s$ によって水平及び鉛直同時<br>加振を考慮する。                                |
|                |                | 鉛直地震動       | ○         | —                               | ・躯体，機器・配管の慣性力，動土圧を考慮<br>する。<br>・縦断面方向は，応答変位法による応力解析<br>にて地盤変位を考慮*する。 |
|                |                | 動水圧         | ○         | —                               | ・水位条件，密度は，永久荷重と同様とす<br>る。  |

注記 \*：参考に縦断面方向の応力解析にて考慮する荷重についても記載

(1) 外水

緊急用海水取水管横断面周辺の地盤においては、地下水位を地表面に設定する。地下水の密度は  $1.00 \text{ g/cm}^3$  とする。

(2) 内水

緊急用海水取水管の内水圧水頭は海面と同じ朔望平均満潮位 (T.P. +0.61 m) とする。海水の密度は  $1.03 \text{ g/cm}^3$  とする。

緊急用海水取水管は全域にわたり朔望平均満潮位 (T.P. +0.61 m) 以深で常時満管状態であることから、常時応力解析においては T.P. +0.61 m からの静水圧、地震応答解析においては自由水面を持たない固定水として付加質量で考慮する。



### 13.3.5 地震応答解析の検討ケース

緊急用海水取水管の耐震設計における検討ケースを表 13.3-5 に示す。

全ての基準地震動  $S_s$  に対して実施する①の検討ケースにおいて、せん断力照査及び曲げ軸力照査をはじめとした全ての照査項目について、各照査値が最も厳しい（許容限界に対する余裕が最も小さい）地震動を用い、②～⑥の中から追加検討ケースを実施する。

表 13.3-5 緊急用海水取水管の耐震設計における検討ケース

| 検討ケース      | ①<br>原地盤に基づく<br>液状化強度特性を用いた解析ケース<br>(基本ケース) | ②<br>地盤物性のばらつきを考慮<br>( $+1\sigma$ )した解析ケース | ③<br>地盤物性のばらつきを考慮<br>( $-1\sigma$ )した解析ケース | ④<br>地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース | ⑤<br>原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース | ⑥<br>地盤物性のばらつきを考慮<br>( $+1\sigma$ )して非液状化の条件を仮定した解析ケース |
|------------|---|--|--|--------------------------------|-------------------------------|--|
| 液状化強度特性の設定 | 原地盤に基づく液状化強度特性(標準偏差を考慮)                     | 原地盤に基づく液状化強度特性(標準偏差を考慮)                    | 原地盤に基づく液状化強度特性(標準偏差を考慮)                    | 敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく液状化強度特性       | 液状化パラメータを非適用                  | 液状化パラメータを非適用   |



### 13.3.6 入力地震動の設定

入力地震動は、資料V-2-1-6「地震応答解析の基本方針」のうち「2.3 屋外重要土木構造物」に示す入力地震動の設定方針を踏まえて設定する。

地震応答解析に用いる入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動  $S_s$  を1次元波動論により地震応答解析モデルの底面位置で評価したものをを用いる。入力地震動算定の概念図を図13.3-10に示す。

入力地震動の算定には、解析コード「k-SHAKE Ver. 6.2.0」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、V-5-25「計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

なお、断層モデル波である  $S_s$ -11, 12, 13, 14, 21, 22 については、特定の方向性を有することから、構造物の評価対象断面方向に合わせて方位補正を行う。具体的にはN S方向及びE W方向の地震動について構造物の評価断面方向の成分を求め、各々を足し合わせることで方位補正した基準地震動を設定する。

図13.3-11～図13.3-26に入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを示す。

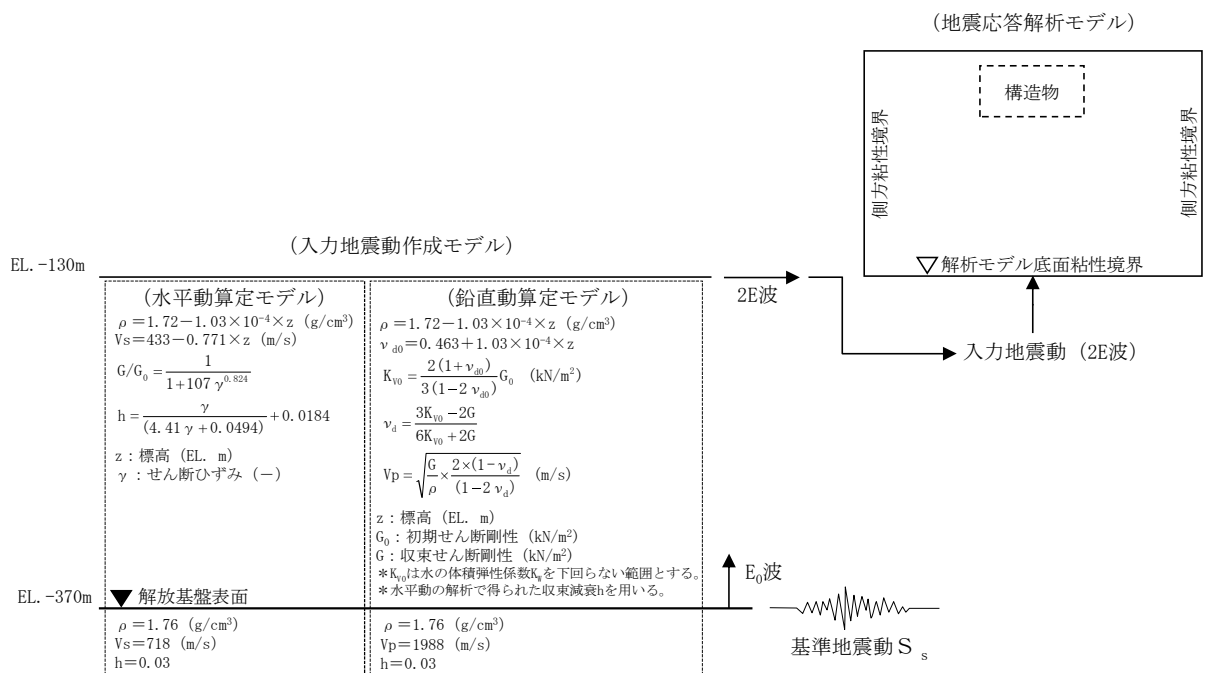
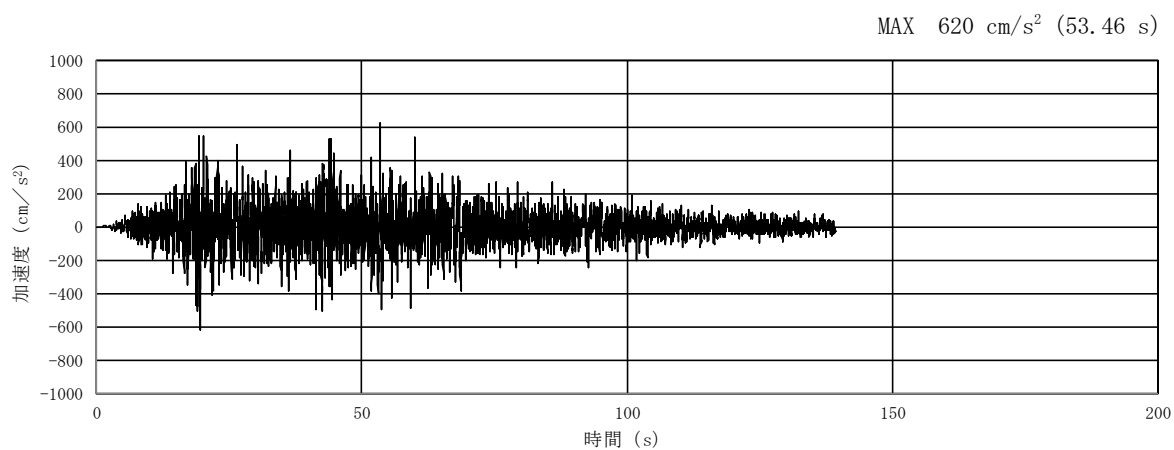
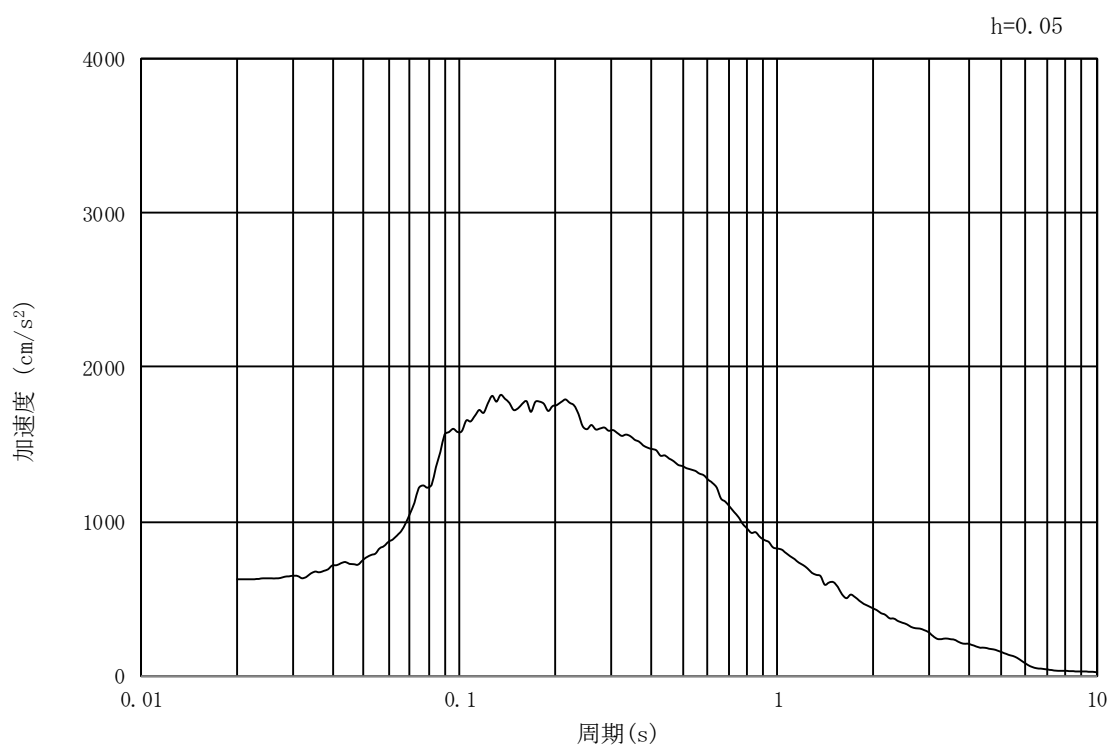


図13.3-10 入力地震動算定の概念図





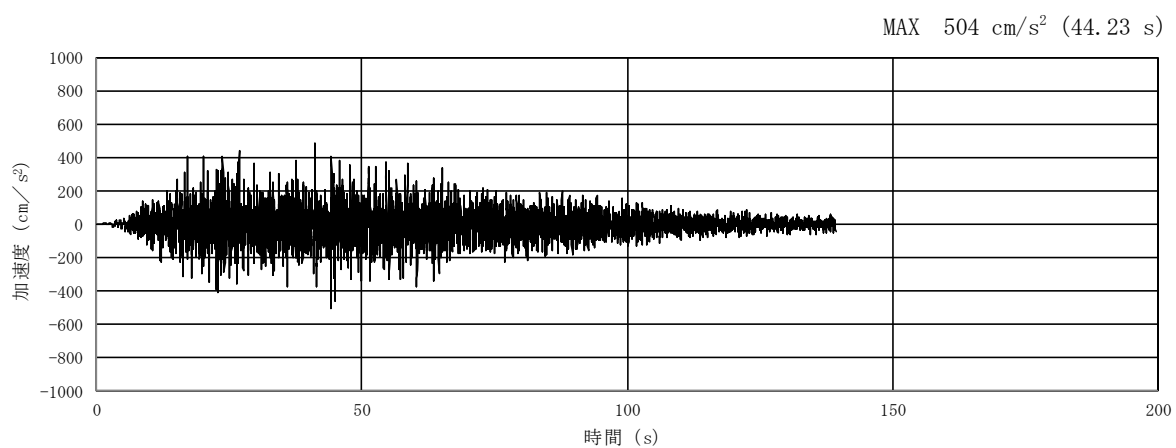
(a) 加速度時刻歴波形



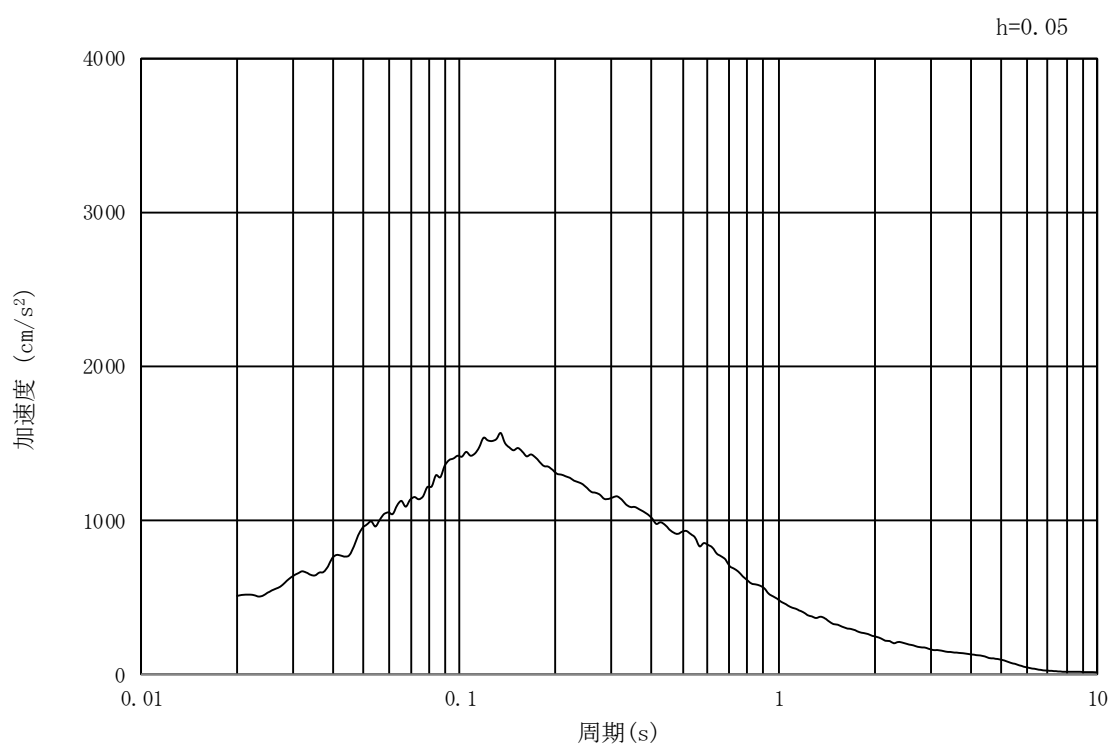
(b) 加速度応答スペクトル

図 13.3-11 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平成分：S<sub>s</sub>-D1)





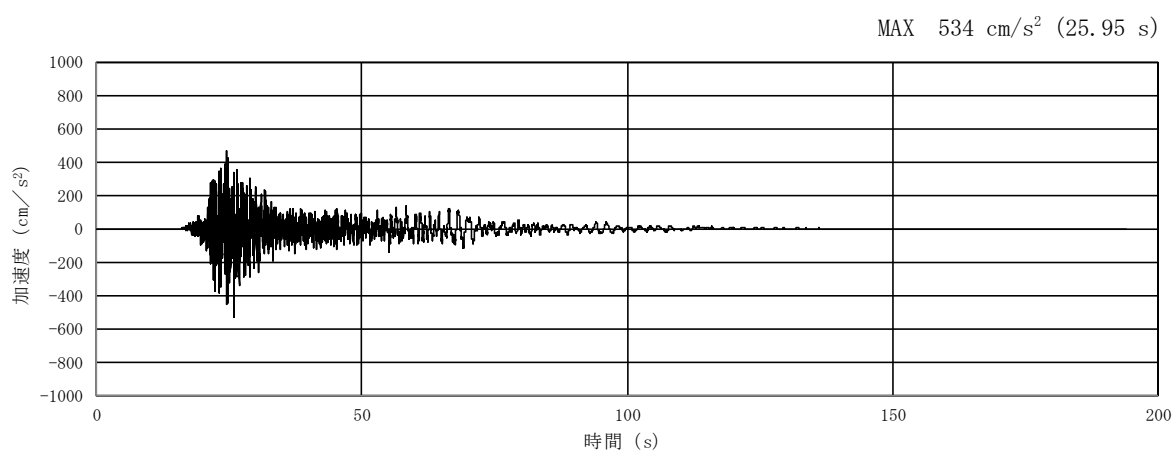
(a) 加速度時刻歴波形



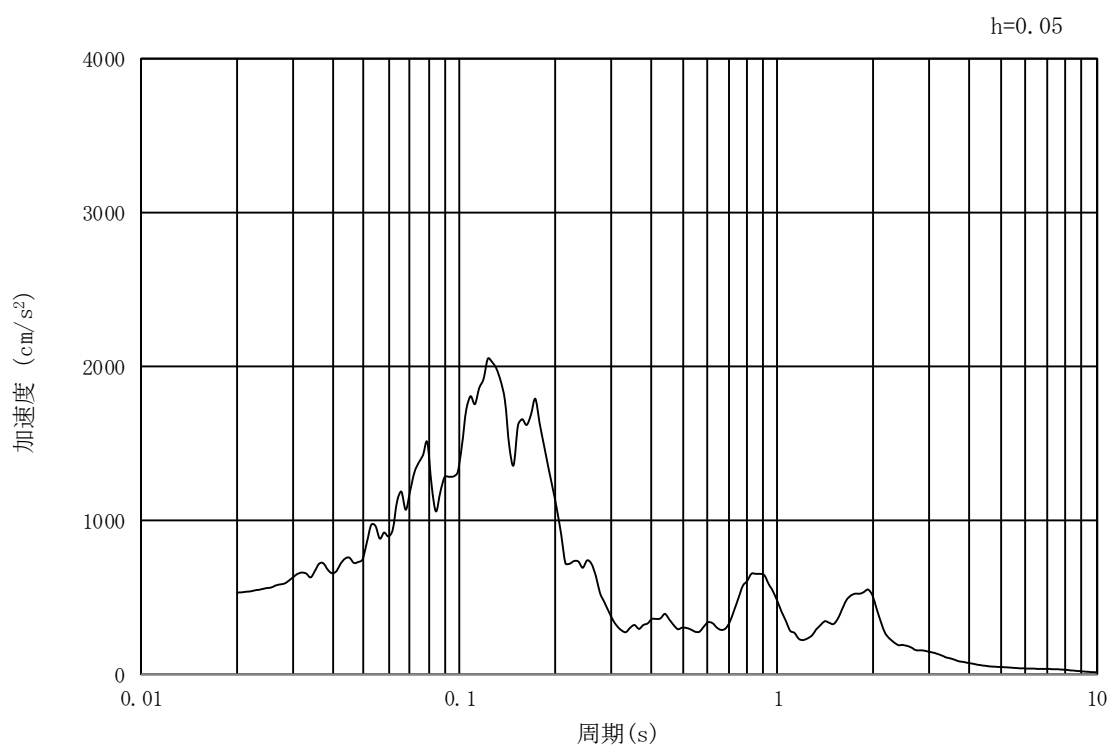
(b) 加速度応答スペクトル

図 13.3-12 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直成分：S<sub>s</sub>-D1)





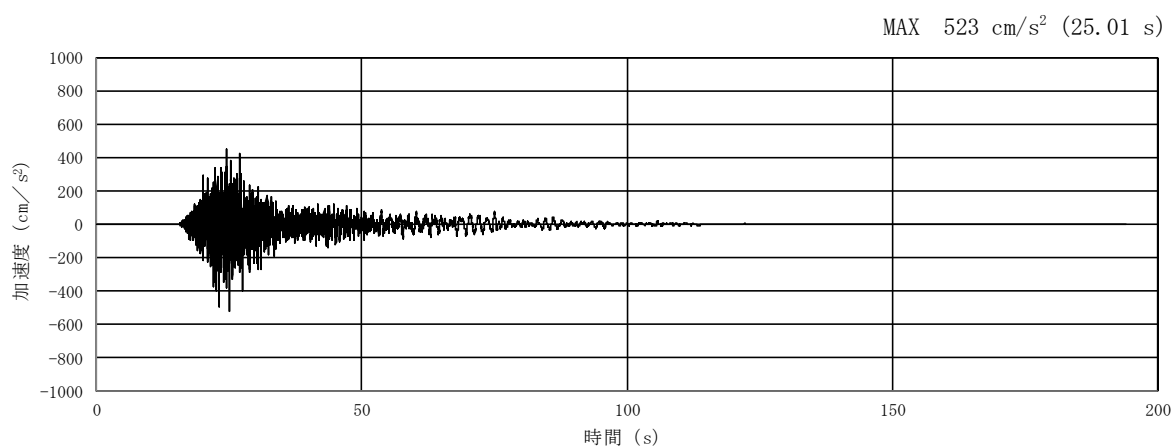
(a) 加速度時刻歴波形



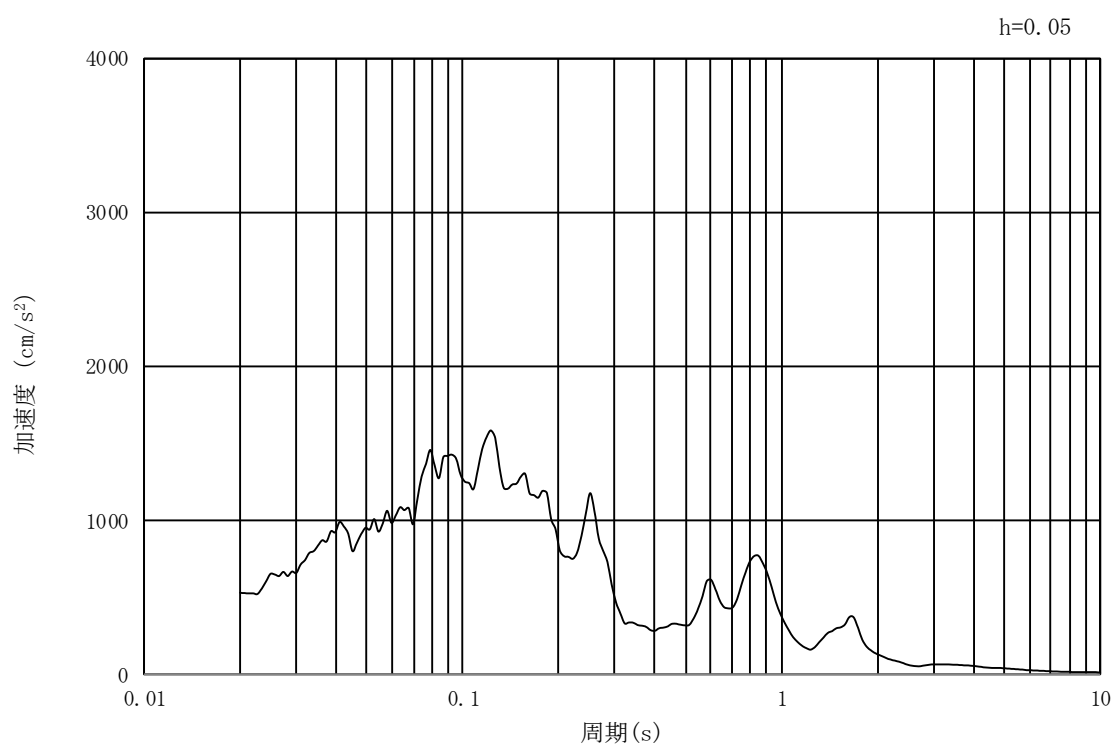
(b) 加速度応答スペクトル

図 13.3-13 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(横断面方向, 水平成分:  $S_s - 11$ )





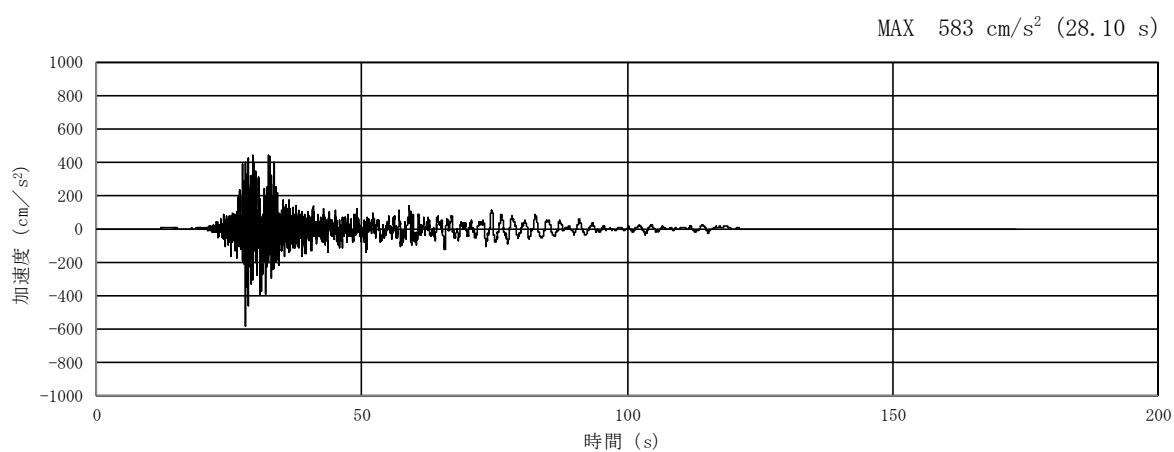
(a) 加速度時刻歴波形



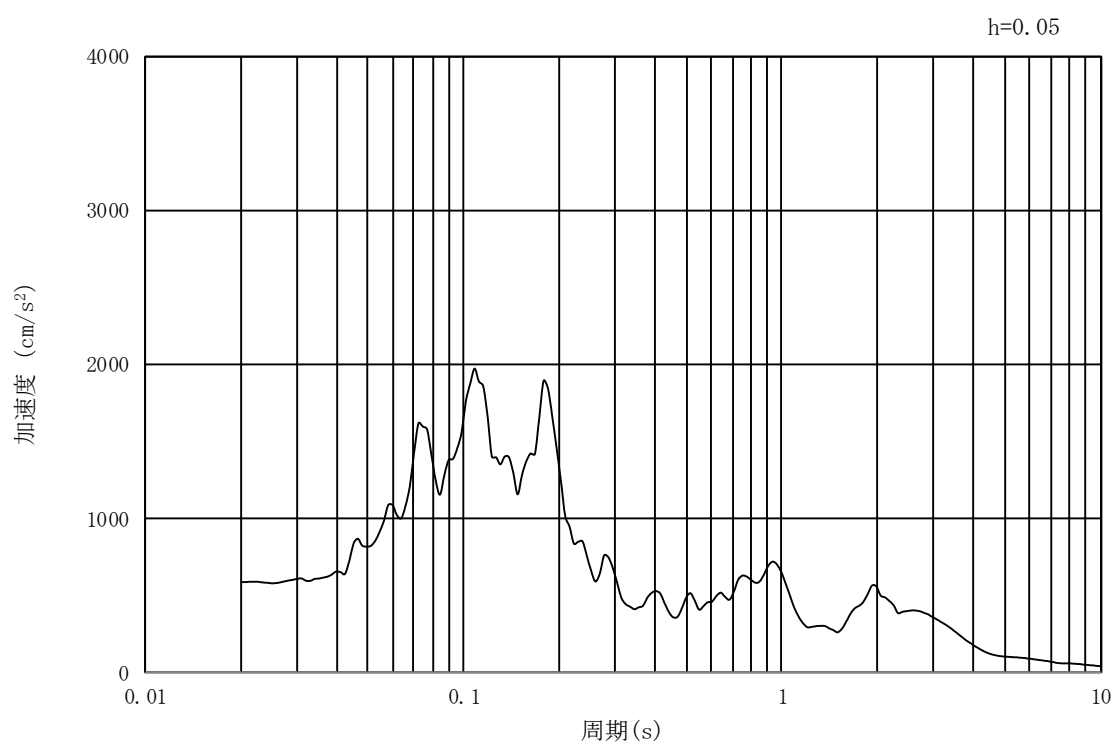
(b) 加速度応答スペクトル

図 13.3-14 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(横断面方向, 鉛直成分:  $S_s - 1.1$ )





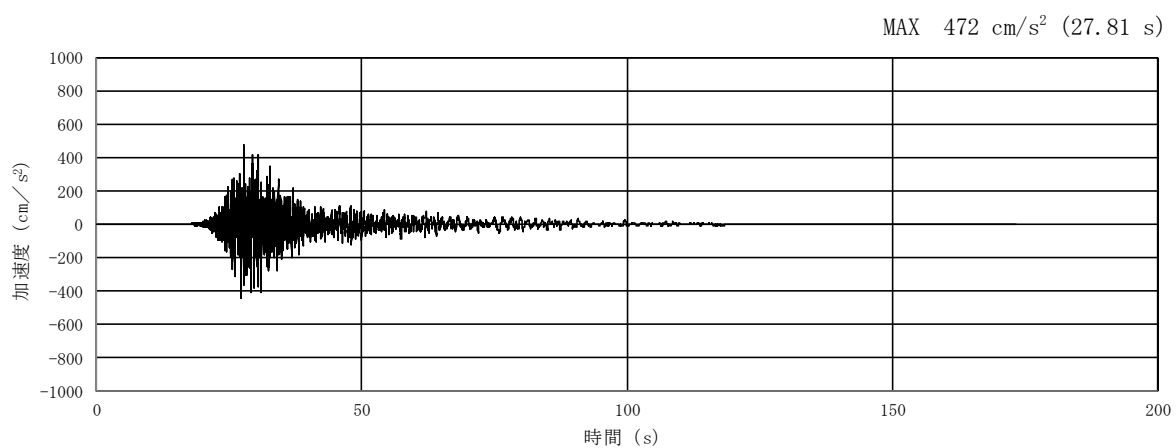
(a) 加速度時刻歴波形



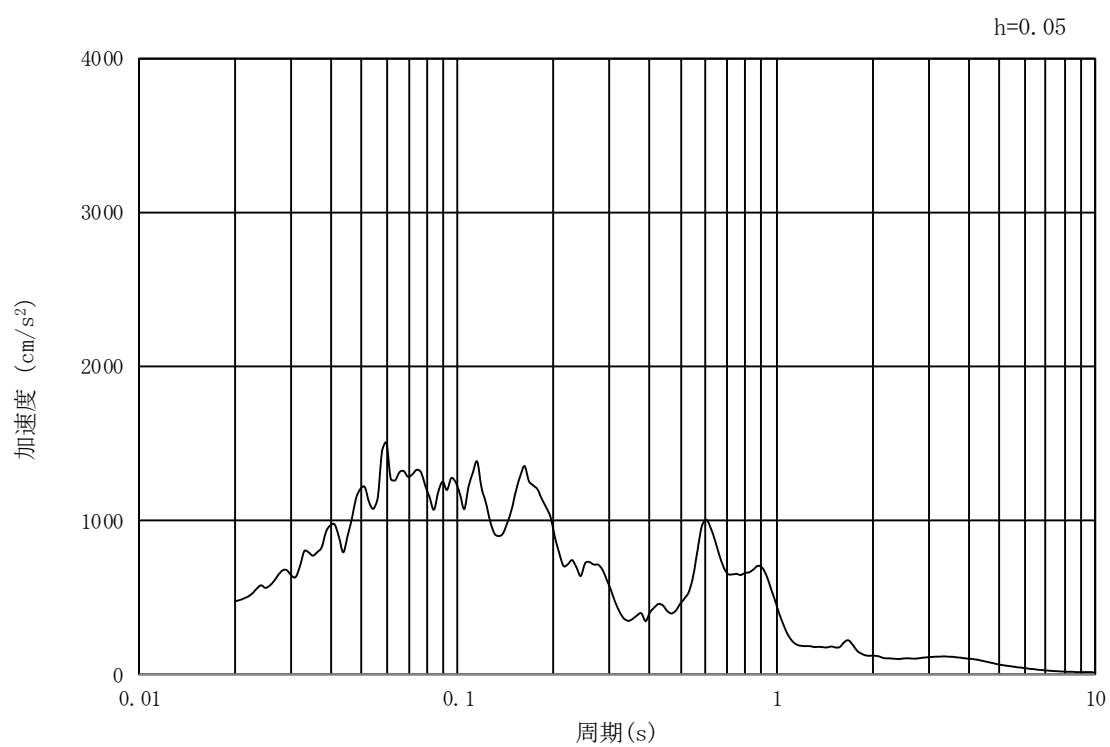
(b) 加速度応答スペクトル

図 13.3-15 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(横断面方向, 水平成分:  $S_s - 1.2$ )





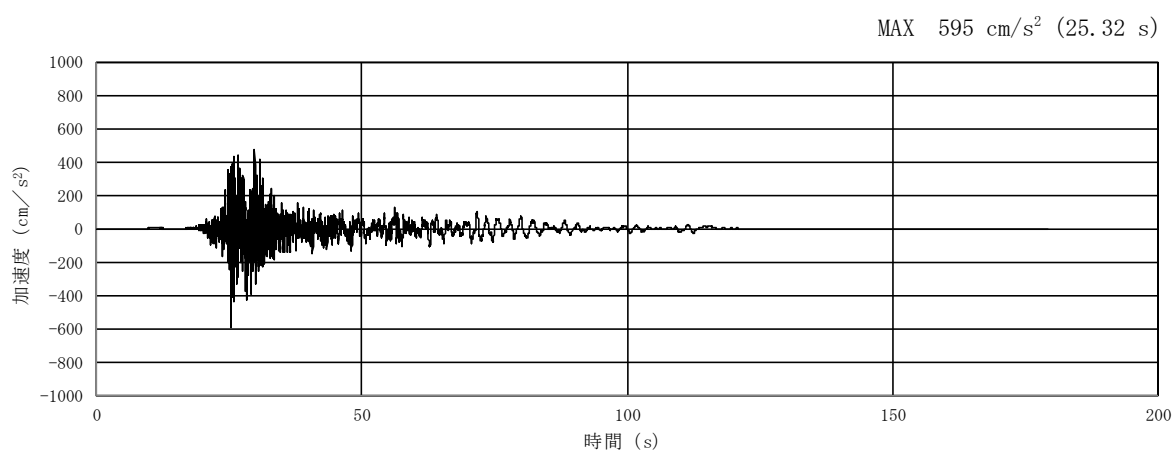
(a) 加速度時刻歴波形



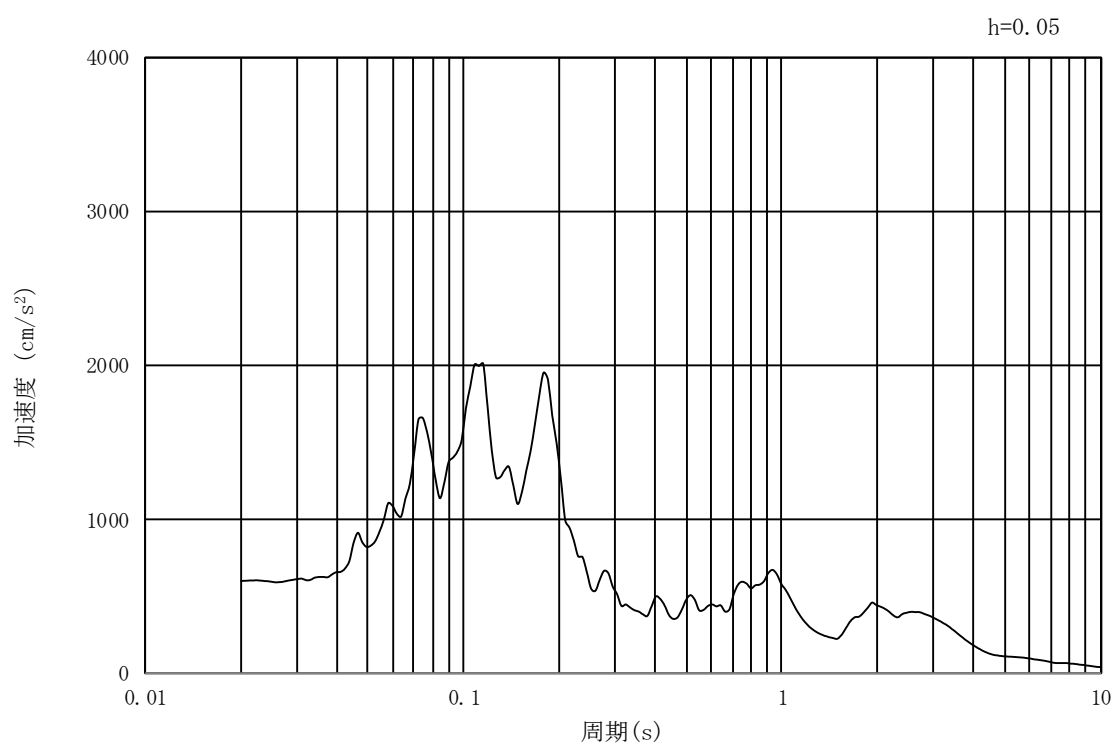
(b) 加速度応答スペクトル

図 13.3-16 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(横断面方向, 鉛直成分:  $S_s - 1.2$ )





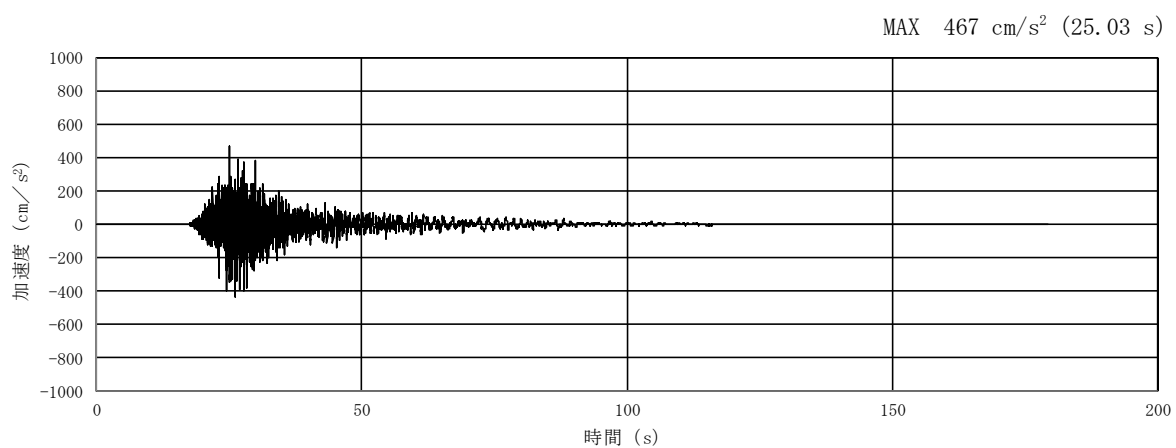
(a) 加速度時刻歴波形



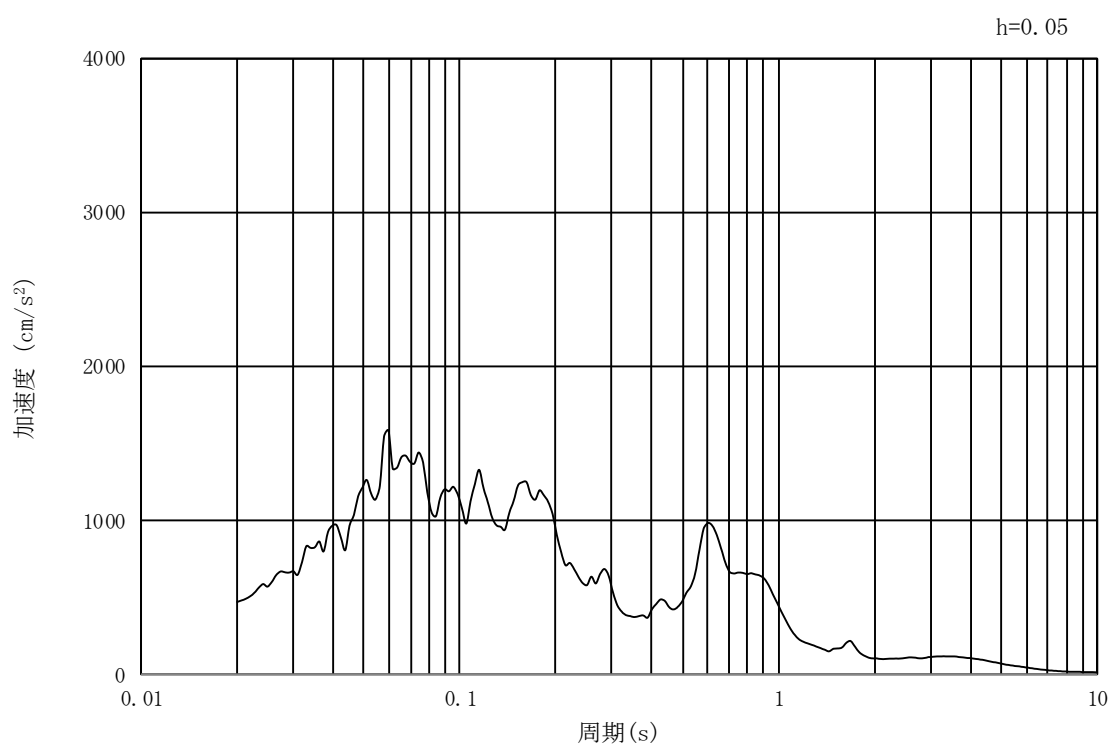
(b) 加速度応答スペクトル

図 13.3-17 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(横断面方向, 水平成分:  $S_s - 1.3$ )





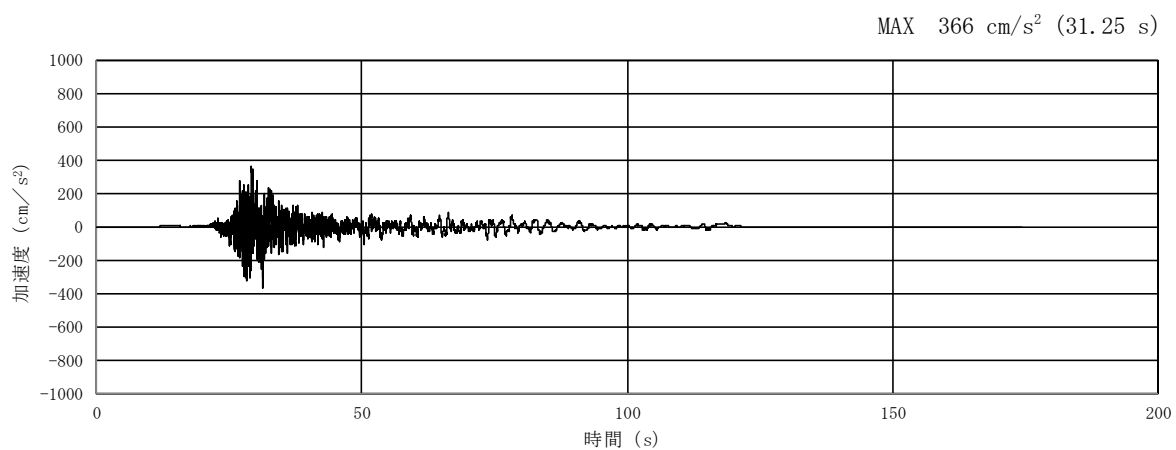
(a) 加速度時刻歴波形



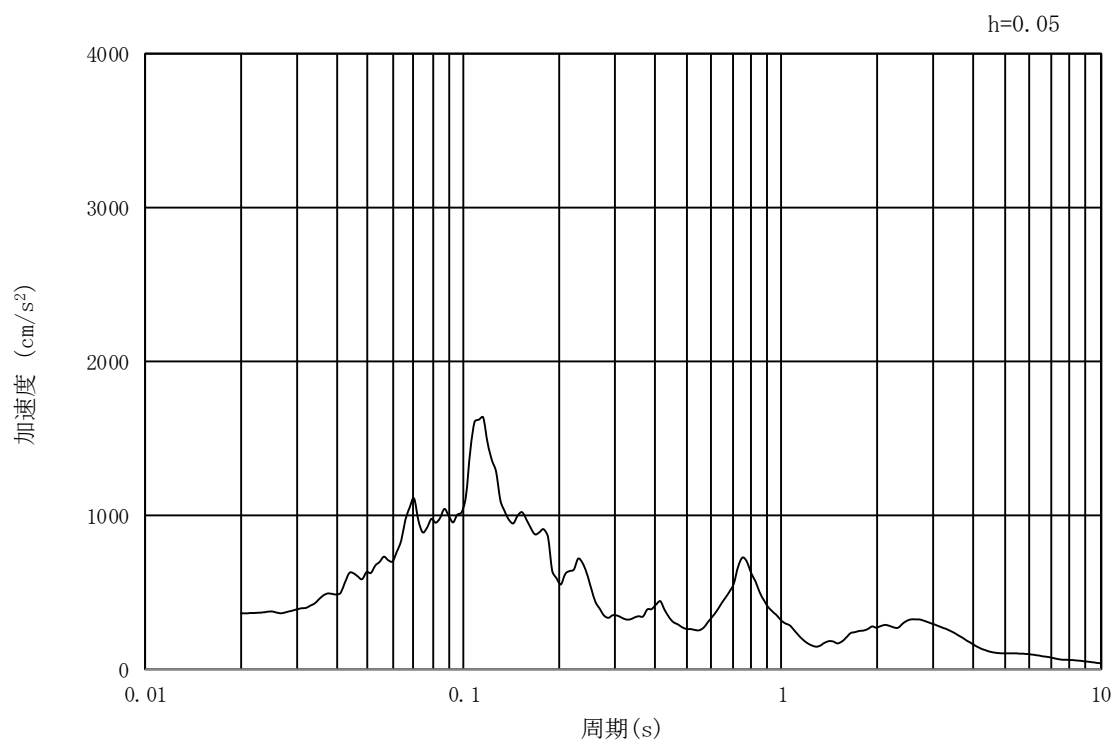
(b) 加速度応答スペクトル

図 13.3-18 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(横断面方向, 鉛直成分:  $S_s - 1.3$ )





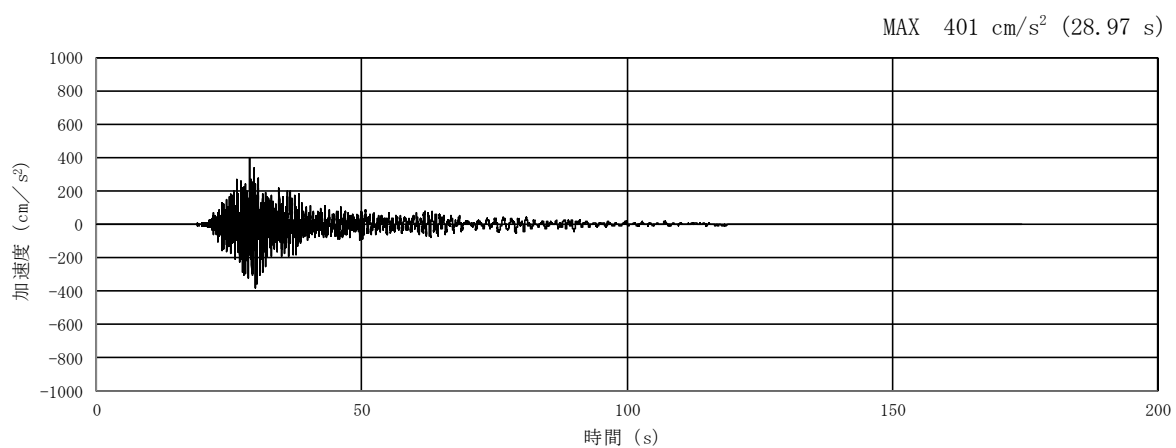
(a) 加速度時刻歴波形



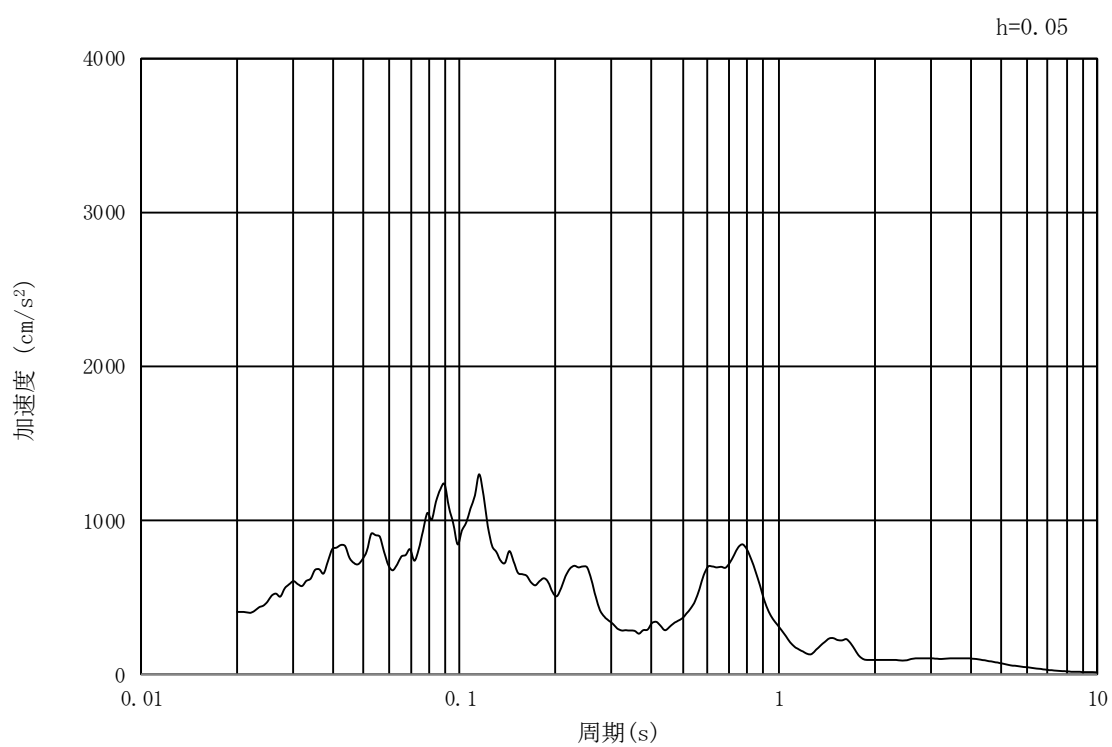
(b) 加速度応答スペクトル

図 13.3-19 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(横断面方向, 水平成分:  $S_s - 1.4$ )





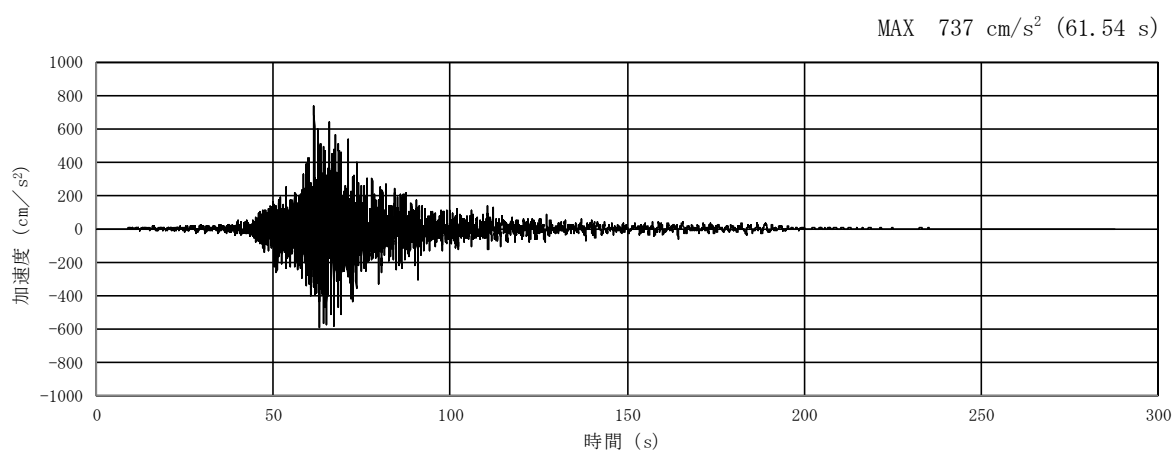
(a) 加速度時刻歴波形



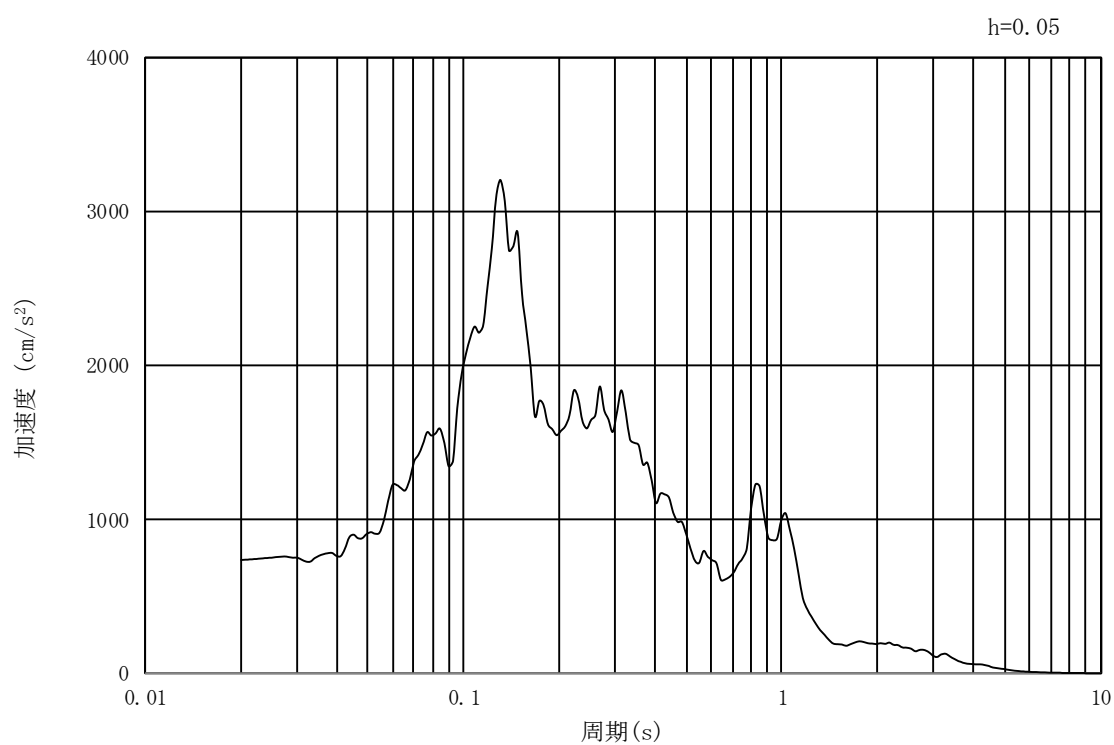
(b) 加速度応答スペクトル

図 13.3-20 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(横断面方向, 鉛直成分:  $S_s - 1.4$ )





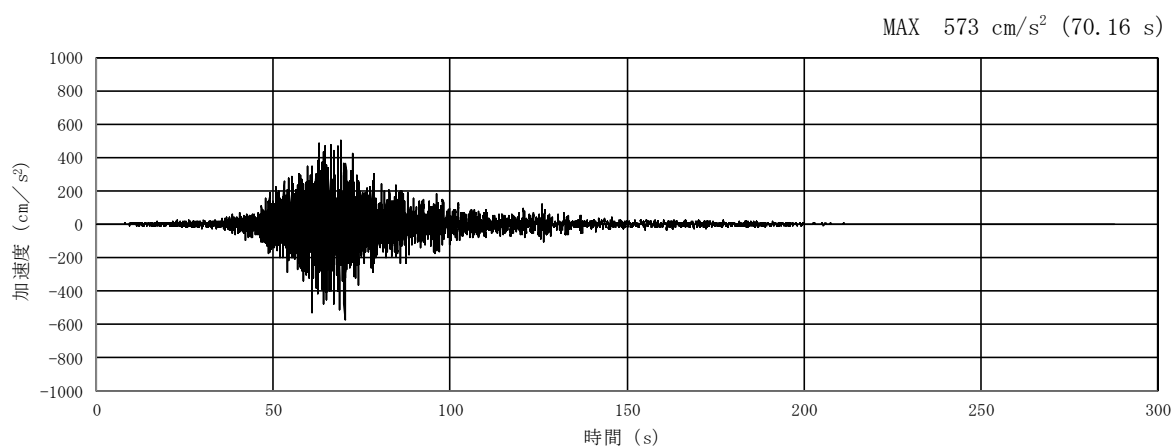
(a) 加速度時刻歴波形



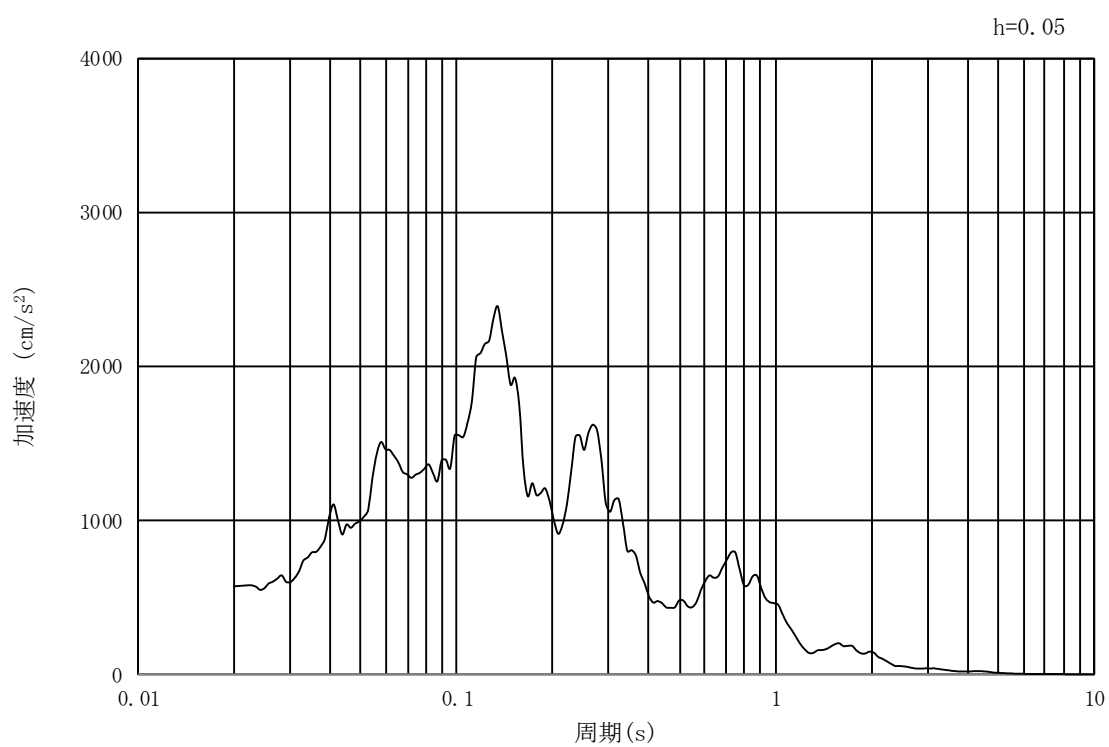
(b) 加速度応答スペクトル

図 13.3-21 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(横断面方向, 水平成分:  $S_s - 21$ )





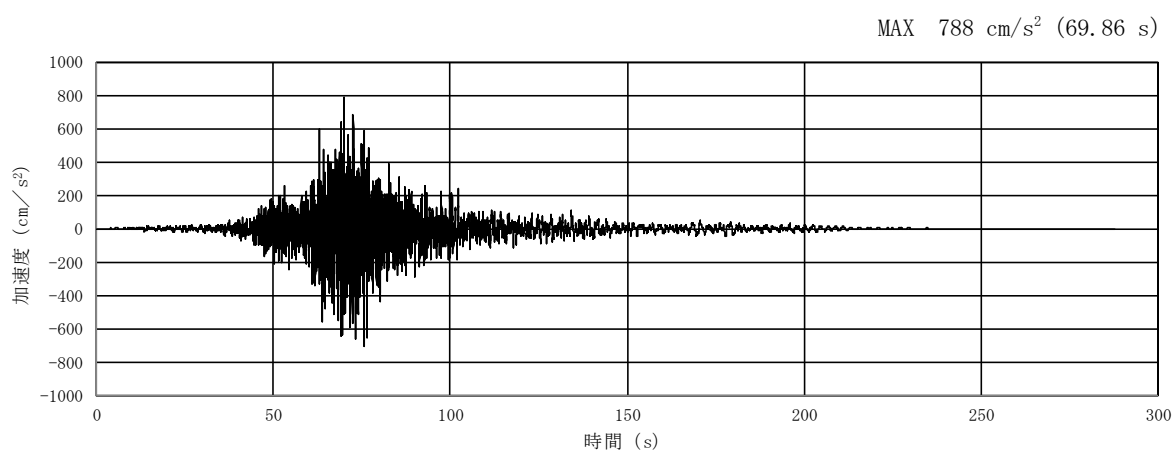
(a) 加速度時刻歴波形



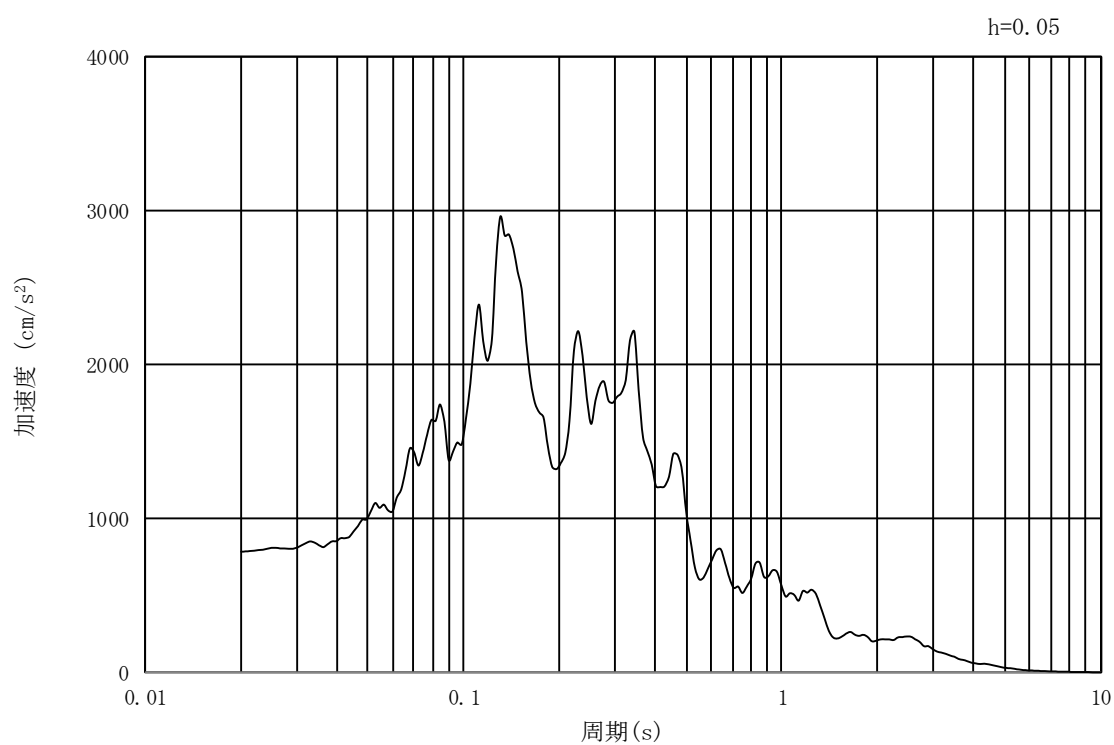
(b) 加速度応答スペクトル

図 13.3-20 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(横断面方向, 鉛直成分:  $S_s - 2.1$ )





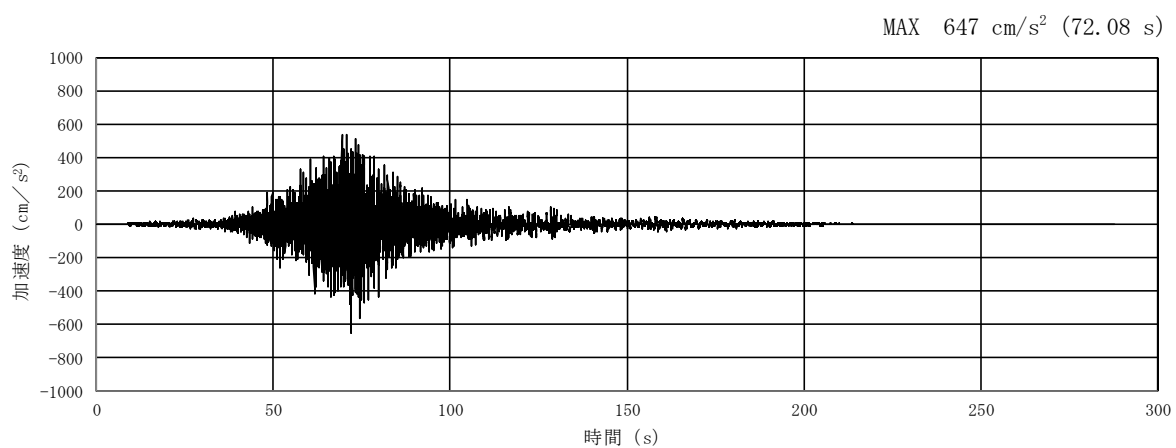
(a) 加速度時刻歴波形



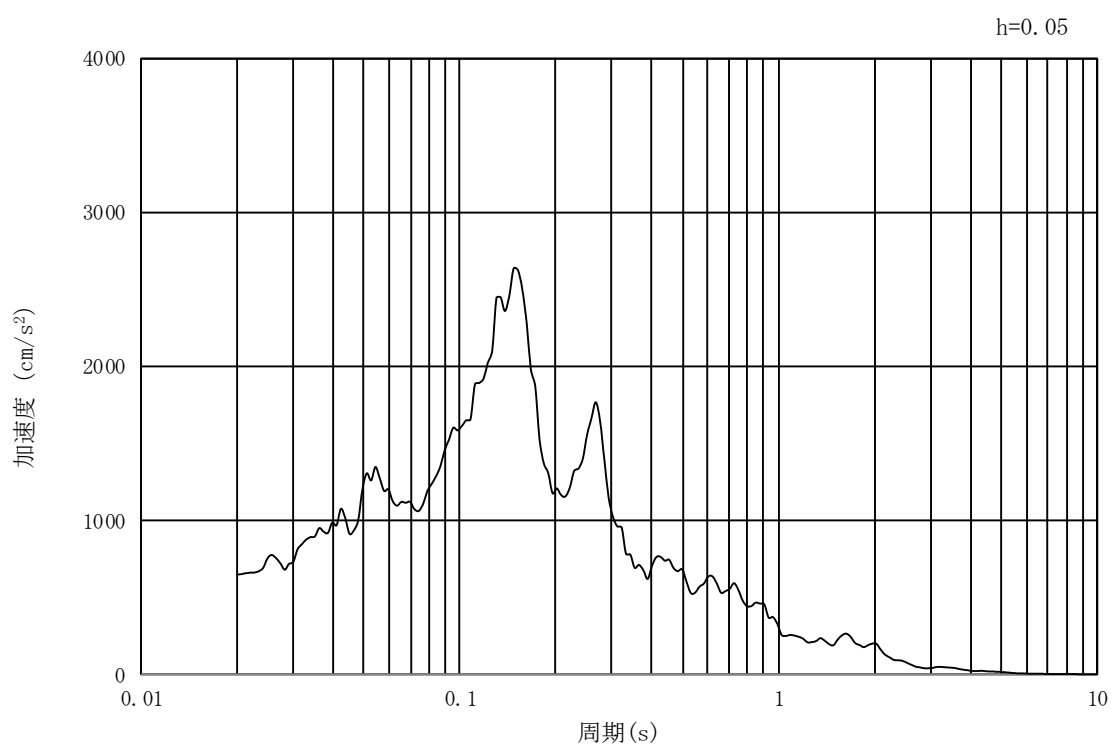
(b) 加速度応答スペクトル

図 13.3-23 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(横断面方向, 水平成分:  $S_s - 22$ )





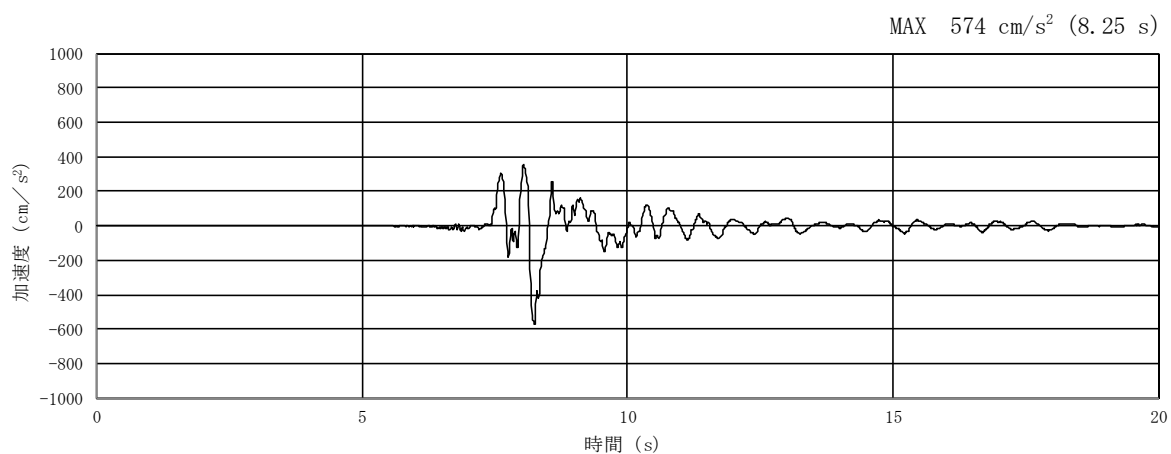
(a) 加速度時刻歴波形



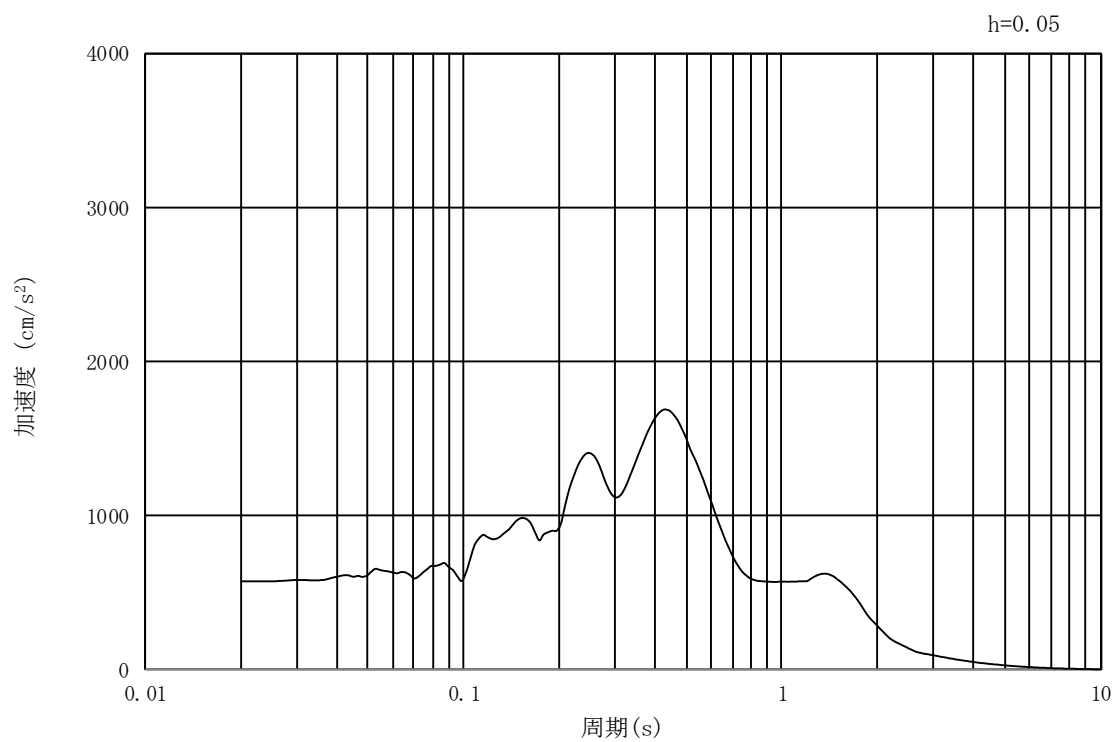
(b) 加速度応答スペクトル

図 13.3-24 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(横断面方向, 鉛直成分:  $S_s - 2.2$ )





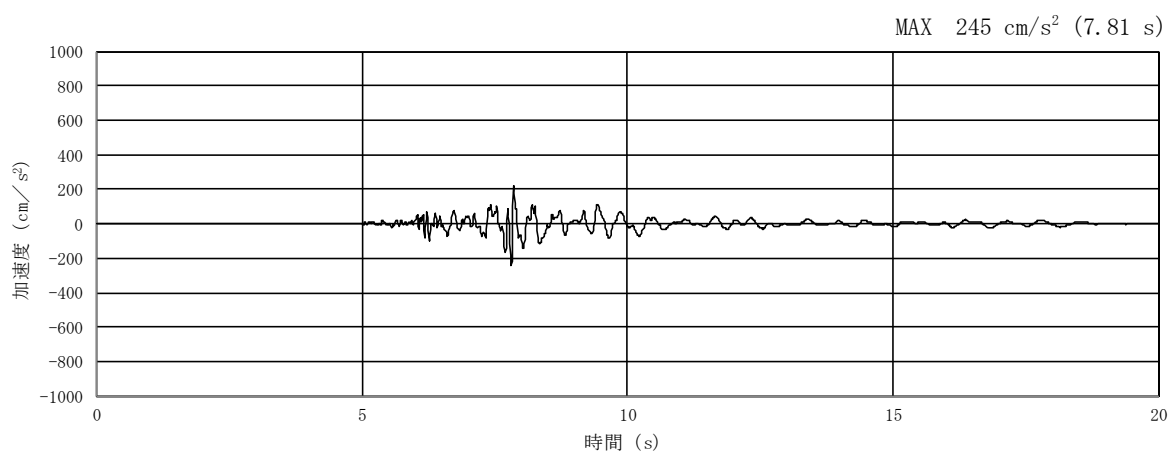
(a) 加速度時刻歴波形



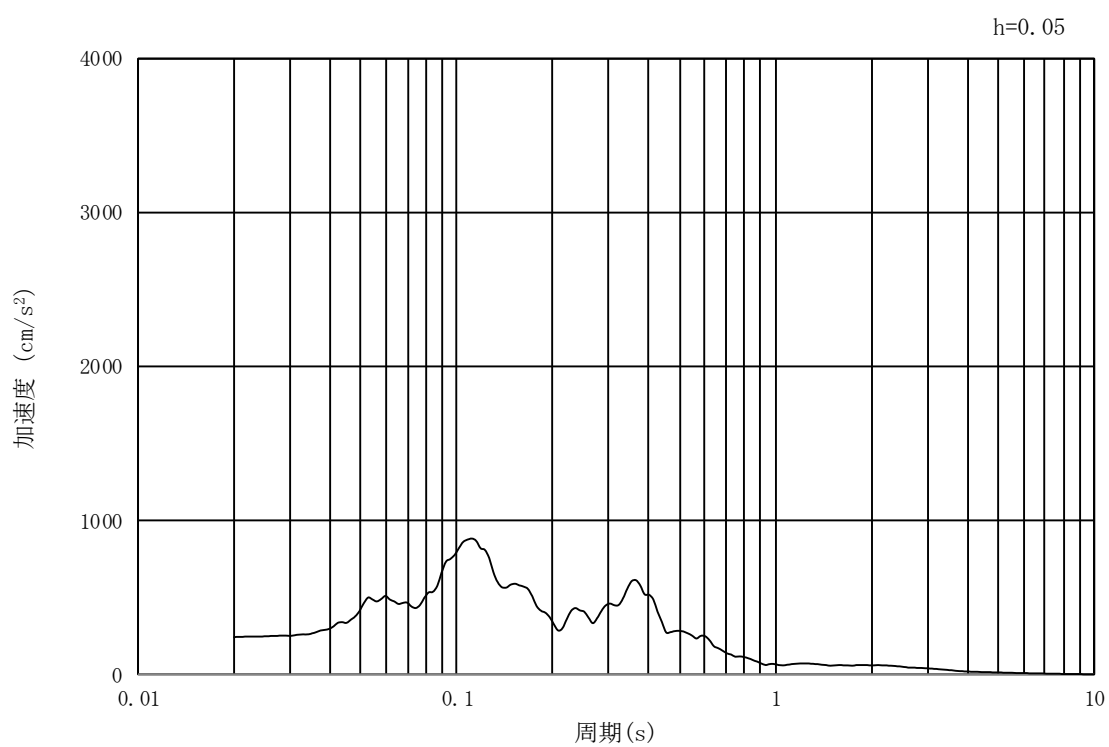
(b) 加速度応答スペクトル

図 13.3-25 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平成分：S<sub>s</sub> - 3 1)





(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

図 13.3-26 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直成分：S<sub>s</sub> - 31)



#### 13.4 縦断面方向応力の評価方法

緊急用海水取水管は、縦断面方向に長大な構造であることを考慮し、縦断面方向の発生応力についても評価する。

縦断面方向応力は、1次元地震応答解析から得られる水平地盤変位を考慮した応答変位法による応力解析にて求める。

埋設された鋼製管路は、地震時に周辺地盤の変形に追従することが知られている。したがって、緊急用海水取水管の縦断面方向の評価においては、図 13.4-1 に示すような水平方向に伝播する地震波（進行方向に対して直角方向に振動する進行波）による周辺地盤の変位を考慮する。

応答変位法による解析には、解析コード「Engineer's Studio Ver. 6.00.04」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、V-5-39「計算機プログラム」（解析コード）の概要」に示す。

縦断面方向応力の評価フローを図 13.4-2 に示す。

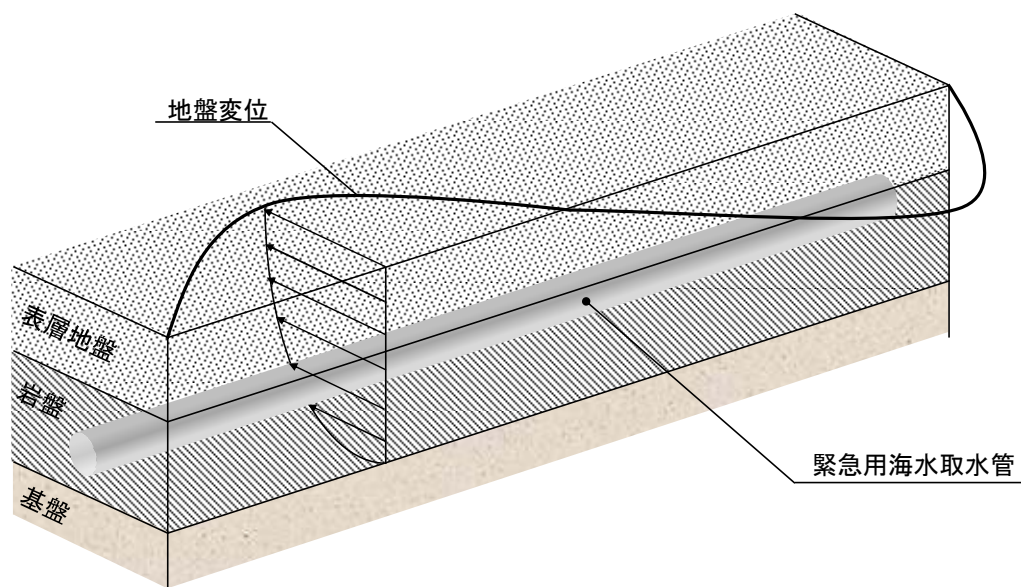


図 13.4-1 縦断面方向の耐震評価イメージ



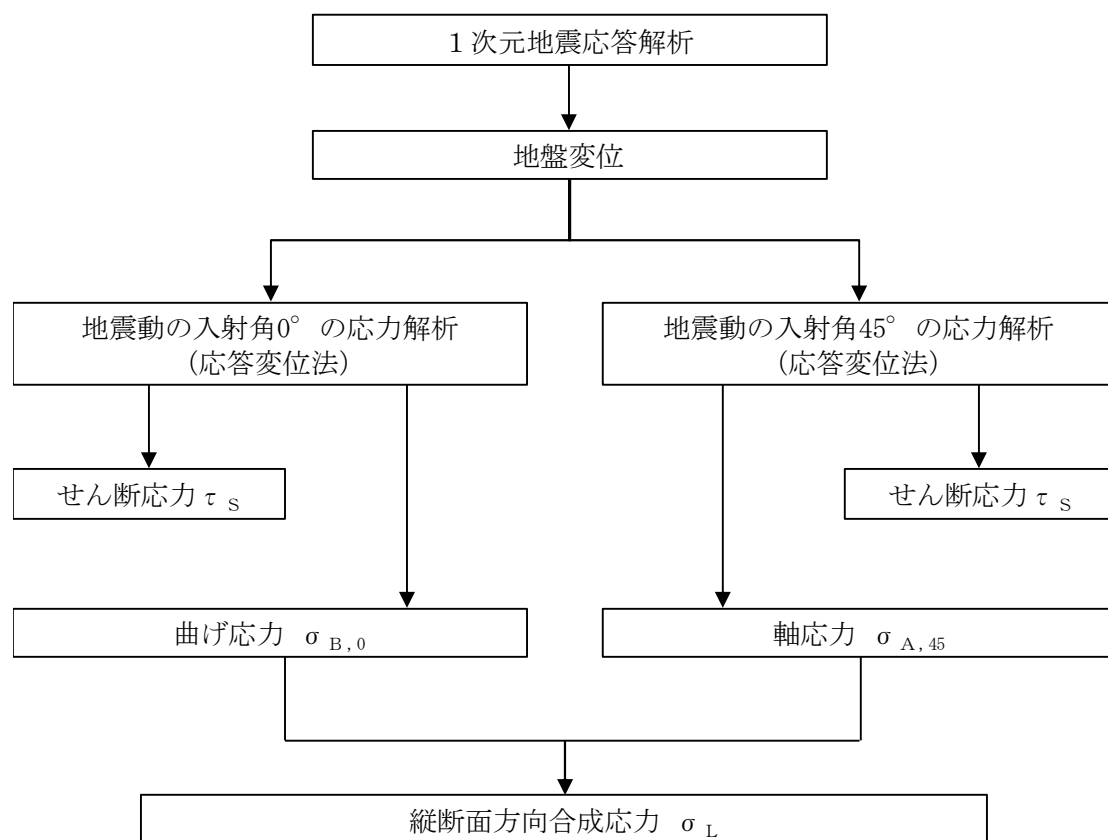


図 13.4-2 縦断面方向応力の評価フロー



#### 13.4.1 1次元地震応答解析モデル

##### (1) 解析領域

1次元地震応答解析モデル底面は T.P. -130 m とし、構造物中心位置の地層構成に基づき作成した地盤モデルを用いる。解析モデル底面には, T.P. -130 m 位置の密度, せん断波速度及び疎密波速度を有する粘性境界を設定する。1次元地震応答解析には解析コード「FLIP Ver. 7.3.0\_2」を使用する。なお, 解析コードの検証及び妥当性確認の概要については, V-5-10「計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。評価対象である②-②断面の1次元地震応答解析モデル概念図を図13.4-3に示す。

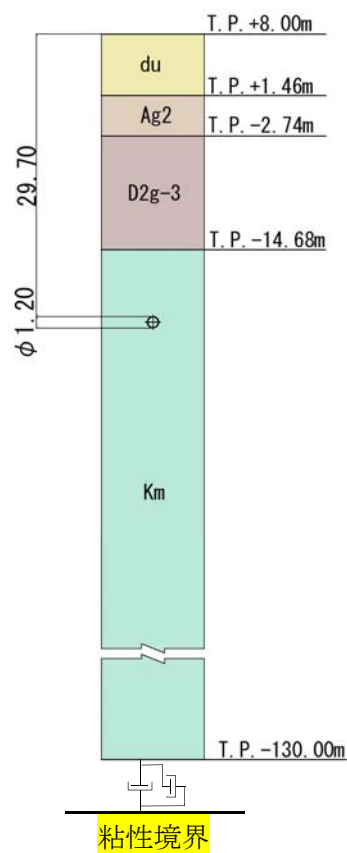


図 13.4-3 1次元地震応答解析モデル概念図 (②-②断面)

##### (2) 入力地震動

地震応答解析の入力地震動は,「13.3.6 入力地震動の設定」に従う。



#### 13.4.2 縦断面方向の応力解析

縦断面方向の応力解析（応答変位法）の概念図を図 13.4-4 に示す。

同図より，縦断面方向の応力解析においては，地盤に生じる水平変位と地震動の波長の関係，つまり，地盤ひずみに支配される。

地盤ひずみ  $\varepsilon_G(x)$  は，地盤に生じる変位と波長より，次式で与えられる。

$$\varepsilon_G(x) = \frac{dU(x)}{dx} = 2\pi \frac{U_0}{L} \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{L}x + \phi\right)$$

ここで，

$$U_h(x) = U_0 \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{L}x + \phi\right)$$

$U_h$  : 水平変位 (m)

$U_0$  : 管軸位置の地盤の水平方向最大応答変位 (m)  
(応答解析の結果より)

$L$  : 地震動の波長 (m)

$x$  : 地震動に沿った距離 (m)

$\phi$  : 地震動の位相 ( $^{\circ}$ )

以上より，最大地盤ひずみは次式で表される。

$$\varepsilon_G(x) = 2\pi \frac{U_0}{L}$$

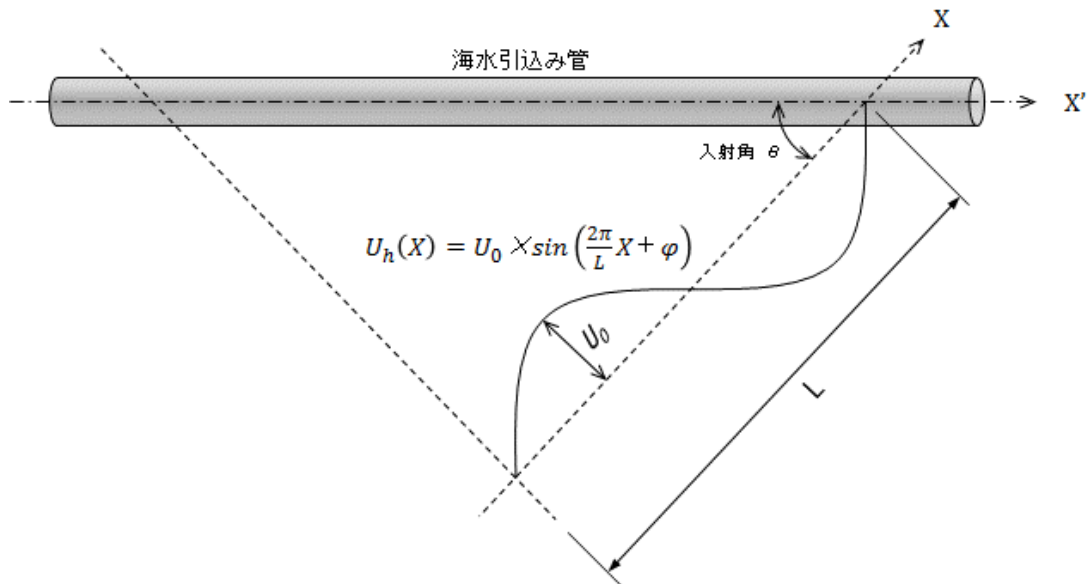
表 13.4-1 に，地震応答解析結果を基に算出した地盤ひずみの最大値を示す。

表 13.4-1 地盤の最大ひずみ

「追而」



(平面図)



$U_h$  : 水平変位 (m)

$U_0$  : 縦断面位置の地盤の水平方向最大応答変位<sup>\*1</sup> (m) (応答解析の結果より)

$L$  : 地震動の波長<sup>\*2</sup> (m)

$$L = \frac{2 \cdot L_1 \cdot L_2}{L_1 + L_2}$$

$$L_1 = V_{DS} \cdot T_G, \quad L_2 = V_{BS} \cdot T_G$$

ここで,

$V_{DS}$  : 管路中心以浅の地盤の平均せん断弾性波速度 (m/s)

$V_{BS}$  : 管路中心以深の平均せん断弾性波速度 (m/s)

$T_G$  : 管路中心以浅の地盤の固有周期 (s)

$x$  : 地震動に沿った距離 (m)

$\phi$  : 地震動の位相 (°)

90° ごとに变化させて入力する。

注記 \*1 : 応答解析における地盤変位は、水道施設耐震工法指針・解説 1997 版 (日本水道協会, 1997) に基づき、縦断面位置の水平変位を用いる。

\*2 : 水道施設耐震工法指針・解説 1997 版 (日本水道協会, 1997) に基づく。

図 13.4-4 縦断面方向の応力解析の概念図



(1) 縦断面方向の解析モデル

縦断面方向の応力解析モデルを図 13.4-5 に示す。

a. 構造部材

構造部材は、線形はり要素でモデル化する。

b. 境界条件

緊急用海水取水管の両端は S A 用海水ピットと緊急用海水ポンプピットに可とう管を介して接続されることから、可とう管位置の 2 重節点で縦断面方向及び回転方向については自由度を与え、横断面方向については固定条件で連結する。一方、管路中間部に可とう管が設置される箇所については、可とう管位置の 2 重節点で全方向に自由度を与えることにより、可とう管の応力解放効果を考慮するとともに、可とう管位置の 2 重節点の相対変位が可とう管の許容変位以下に収まることを確認する。

c. 地盤バネの設定

地盤は、非線形バネ要素でモデル化する。

地盤バネは 1 次元地震応答解析 (FLIP) を行い設定する。管応力にとって厳しくなる地震波を抽出し、その地震波で管深度の相対水平変位最大時刻  $t_{\max}$  における平均有効主応力とせん断ひずみの深度分布に着目し以下の手順で地盤反力係数を設定する。なお、地盤バネは、管軸方向地盤バネ及び管軸直交方向地盤バネを与える。

(a) 地盤バネ定数

ア. 管軸直交方向地盤バネ

水平方向及び鉛直方向の管軸直交方向地盤バネ定数は、次式により求める。

$$k_n = k_{n0} \left( \frac{B_n}{0.3} \right)^{-3/4}$$

$$K_n = A_n \cdot k_n$$

ここで、

$k_n$  : 管軸直交方向地盤反力係数 ( $\text{kN/m}^3$ )

$k_{n0}$  : 直径 0.3 m の剛体円板による平板載荷試験の値に相当する管軸直交方向地盤反力係数 ( $\text{kN/m}^3$ ) で、各種土質試験又は調査により求めた変形係数  $E_s$  から推定する場合は、 $k_{n0} = \frac{1}{0.3} \alpha E_s$  により求める。

$B_n$  : 基礎の換算載荷幅 (m) で、 $B_n = \sqrt{A_n}$  により求める

$\alpha$  : 地盤反力係数の換算係数 ( $\alpha = 1$  とする。)

$A_n$  : 載荷方向の投影面積  $= D \times L$  ( $\text{m}^2$ )

$D$  : 管径 (m)

$L$  : 分担長 (m)

$K_n$  : 管軸方向地盤バネ定数 ( $\text{kN/m}$ )

$$E_s = 2(1 + \nu_d)G_s$$



$$G_s = \frac{\tau_s}{\gamma}$$

$$\tau_s = \frac{\gamma}{\frac{1}{G_{ma} \times \left( \frac{\sigma'_m}{\sigma'_{ma}} \right)^{0.5}} + \left| \frac{\gamma}{c \times \cos \phi_{CD} + \sigma'_m \times \sin \phi_{CD}} \right|}$$

$\gamma$  : せん断ひずみ

$\sigma'_m$  : 平均有効主応力 (kN/m<sup>2</sup>)

$E_s$  : 変形係数 (kN/m<sup>2</sup>)

$\nu_d$  : 動ポアソン比

$G_s$  : 割線剛性 (kN/m<sup>2</sup>)

$\tau_s$  : 骨格曲線上のせん断応力 (kN/m<sup>2</sup>)

$G_{ma}$  : 基準せん断剛性,  $\sigma'_{ma}$  における微小せん断ひずみでの  
初期せん断剛性 (kN/m<sup>2</sup>)

$\sigma'_{ma}$  : 基準平均有効主応力 (kN/m<sup>2</sup>)

$c$  : 粘着力 (kN/m<sup>2</sup>)

$\phi_{CD}$  : 内部摩擦角 (°)

#### イ. 管軸方向地盤バネ

管軸方向地盤バネは次式により求める。

$$k_s = 0.3 \cdot k_n$$

$$K_s = k_s \cdot \pi \cdot D \cdot L$$

ここで,

$k_n$  : 管軸直交方向地盤反力係数 (kN/m<sup>3</sup>)

$k_s$  : 管軸方向地盤反力係数 (kN/m<sup>3</sup>)

$K_s$  : 管軸方向地盤バネ定数 (kN/m)

$D$  : 管外径 (m)

$L$  : 分担長 (m)

#### (b) 地盤バネの反力上限値

##### ア. 管軸直交方向地盤バネの反力上限値

管軸直交方向地盤バネの反力上限値を次式により求める。

$$\sigma_f = c \times \cos \phi_{CD} + \sigma'_m \times (1 + \sin \phi_{CD})$$

$$P_f = A_n \cdot \sigma_f$$

ここで,

$\sigma_f$  : 時刻  $t_{max}$  における各地盤深度の  $\sigma'_m$  に対応する軸圧縮応力の上限值 (kN/m<sup>2</sup>)

$t_{max}$  : 管上下間最大変位時刻

$P_f$  : 管軸直交方向の地盤バネの反力上限値 (kN)

$A_n$  : 載荷方向の投影面積 =  $D \times L$  (m<sup>2</sup>)



$D$  : 管外径 (m)

$L$  : 分担長 (m)

イ. 管軸方向地盤バネの反力上限値

管軸方向地盤バネの反力上限値を次式により求める。

$$\tau_f = c \times \cos\phi_{CD} + \sigma'_m \times \sin\phi_{CD}$$

$$S_f = \pi \cdot D \cdot L \cdot \tau_f$$

ここで,

$\tau_f$  : 時刻  $t_{max}$  における各地盤深度の  $\sigma'_m$  に対応するせん断応力の上限值 (kN/m<sup>2</sup>)

$t_{max}$  : 管上下間最大変位時刻

$S_f$  : 管軸方向地盤バネの反力上限値 (kN)

$D$  : 管外径 (m)

$L$  : 分担長 (m)



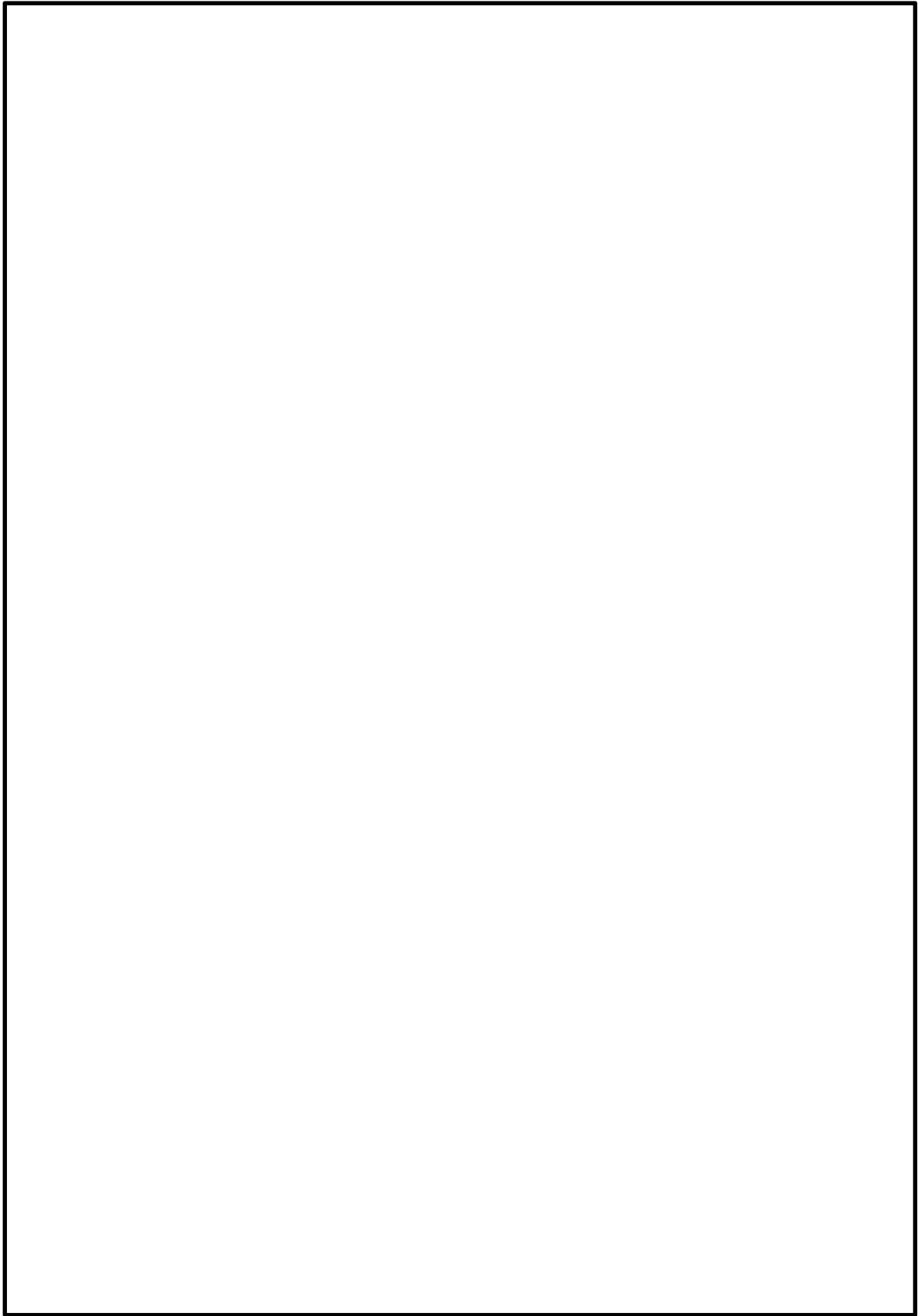


図 13. 4－5 縦断面方向の応力解析モデル



表 13.4-2 縦断面方向の応力解析に用いる地盤バネ定数

| 地震動 | 地盤バネ定数 (kN/m <sup>3</sup> ) |            |
|-----|-----------------------------|------------|
|     | 管軸方向地盤バネ                    | 管軸直交方向地盤バネ |
|     |                             |            |

## (2) 荷重及び荷重の組合せ

縦断面方向の応力解析にて考慮する荷重は、表 13.3-2 に示したとおり、地震時における動土圧（地盤変位）のみとし、躯体に作用する慣性力や内水压等は、横断面方向応力の評価にて考慮する。

## (3) 入力地盤変位

応力解析モデルに入力する地盤変位は、1次元地震応力解析（FLIP）結果から得られる地盤変位のうち、緊急用海水取水管の最深部の管軸中心標高に対する最浅部中心標高における最大水平相対変位及び地震動の波長を考慮して以下の式で与える。最大水平相対変位の算定概念図を図 13.4-6 に示す。

$$U_h(x) = U_0 \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{L}x + \phi\right)$$

ここで、

$U_h$  : 水平変位 (m)

$U_0$  : 1次元地震応力解析における海水引込み管最深部標高に対する接続標高での最大水平相対変位 (m)

$L$  : 地震動の波長 (m)

$x$  : 地震動に沿った距離 (m)

$\phi$  : 地震動の位相 (°)

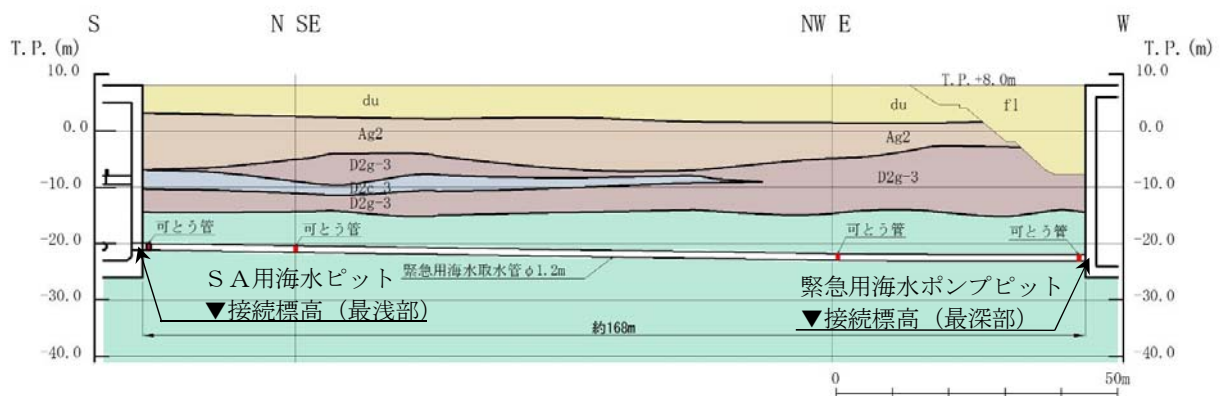


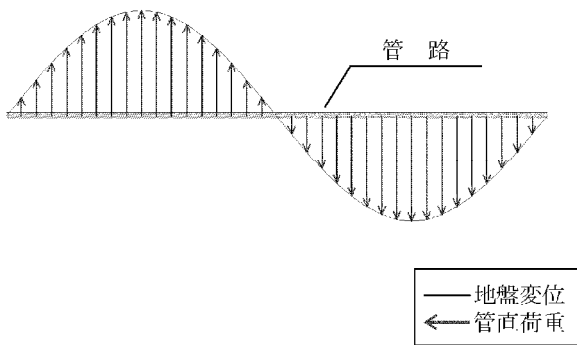
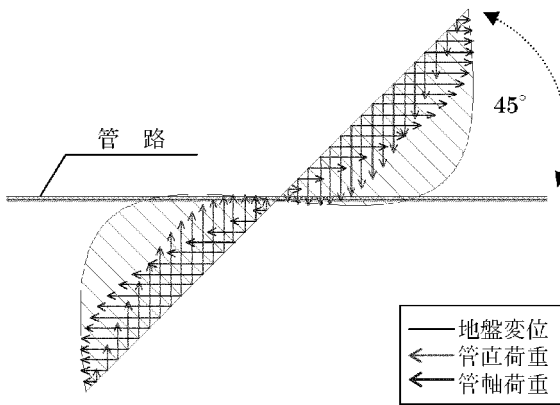
図 13.4-6 最大水平相対変位の算定概念図



ここで、縦断面方向の応力解析にて緊急用海水取水管に発生する応力は、地震動（地盤変位）の入射角  $\theta$  により発生値が変化する。表 13.4-3 に示すとおり、入射角  $0^\circ$  で曲げ応力、入射角  $45^\circ$  で軸応力が最大となることから、地震動の入射角は、 $0^\circ$  及び  $45^\circ$  とする。

なお、保守側の評価となるよう地盤の変位振幅が最大となる地震動の値を用いて設定する。図 13.4-7 に、入射角  $0^\circ$  の場合及び入射角  $45^\circ$  の場合の入力地盤変位  $U_h$  を示す。

表 13.4-3 縦断面方向応力解析における地震動の入射角と発生応力の関係

| 地震動の入射角 $\theta$ | 応力発生イメージ   | 備 考   |
|------------------|--|---|
| $0^\circ$        |   | 地震動の入射角が $0^\circ$ の場合、管路と直交方向の地盤変位が最大となるため、管路に発生する曲げ応力が最大となる。なお、軸方向の応力は発生しない。                      |
| $45^\circ$       |  | 地震動の入射角が $45^\circ$ の場合、管路と平行方向の地盤変位が最大となるため、管路に発生する軸応力が最大となる。なお、曲げ応力も発生するが、 $0^\circ$ 入射の場合よりも小さい。 |

「追而」

図 13.4-7 入力地盤変位



(4) 縦断面方向の合成応力

石油パイプライン事業の事業用施設の技術上の基準の細目を定める告示（昭和四十八年九月二十八日通商産業省・運輸省・建設省・自治省告示第一号）では、縦断面方向に作用する入射角  $0^\circ$  の場合と入射角  $45^\circ$  の場合の合成応力  $\sigma_{le}$  を次式で定義している。

$$\sigma_{le} = \sqrt{3.12\sigma_L^2 + \sigma_B^2}$$

ここで、

$$\sigma_L = \frac{3.14U_h E}{L} \frac{1}{1 + \left(\frac{4.44}{\lambda_1 L}\right)^2}$$

$$\sigma_B = \frac{19.72U_h E}{L^2} \frac{1}{1 + \left(\frac{6.28}{\lambda_2 L}\right)^4}$$

$U_h$  : 表層地盤面の水平変位振幅 (mm)

$E$  : 導管のヤング係数 (N/mm<sup>2</sup>)

$L$  : 表層地盤の地表面近傍における地震動の波長 (mm)

$D$  : 導管の外径 (mm)

$$\lambda_1 = \sqrt{\frac{K_1}{EA_p}}$$

$$\lambda_2 = \sqrt[4]{\frac{K_2}{EI_p}}$$

$K_1$  : 縦断面方向の変位に関する地盤の剛性係数 (N/mm<sup>2</sup>)

$K_2$  : 横断面方向の変位に関する地盤の剛性係数 (N/mm<sup>2</sup>)

$A_p$  : 導管の断面積 (mm<sup>2</sup>)

$I_p$  : 導管の断面二次モーメント (mm<sup>4</sup>)

また、水道施設耐震工法指針・解説 1997 版（日本水道協会，1997）では、縦断面方向の合成応力  $\sigma_x$  を次式で定義している。

$$\sigma_x = \sqrt{\gamma\sigma_L^2 + \sigma_B^2}$$

ここで、

$\sigma_L$  : 埋設管路の（入射角  $0^\circ$  の場合の地盤変位により管体に生じる）縦断面方向応力

$\sigma_B$  : 埋設管路の（入射角  $45^\circ$  の場合の地盤変位により管体に生じる）縦断面



方向応力

$\sigma_x$  :  $\sigma_L$ と $\sigma_B$ を二乗和の平方根で重畳した場合の合成応力

$\Gamma$  : 考慮する波動成分による重畳係数( $1.00 \leq \gamma \leq 3.12$ )

管軸上で交わり直交する 2 平面内で、それぞれ管軸に  $45^\circ$  の傾きをもつ直交した 2 成分の波動、計 4 成分の波動が入射し軸応力を生じ、また、同時に水平面内で管軸に平行な波動が入射し曲げ応力を生じた場合には、鉛直面内で入射する波動による応力は、水平面内で入射する波動による応力の 75 % として、次式で表される。

$$\begin{aligned}\sigma_x &= \sqrt{2(1 + 0.75^2)\sigma_L^2 + \sigma_B^2} \\ &= \sqrt{3.12\sigma_L^2 + \sigma_B^2}\end{aligned}$$

図 13.4-8 は、水平及び鉛直面内の波動が、縦断面(y 軸)方向に対して入射角  $\theta$  で入射した場合のイメージ図である。

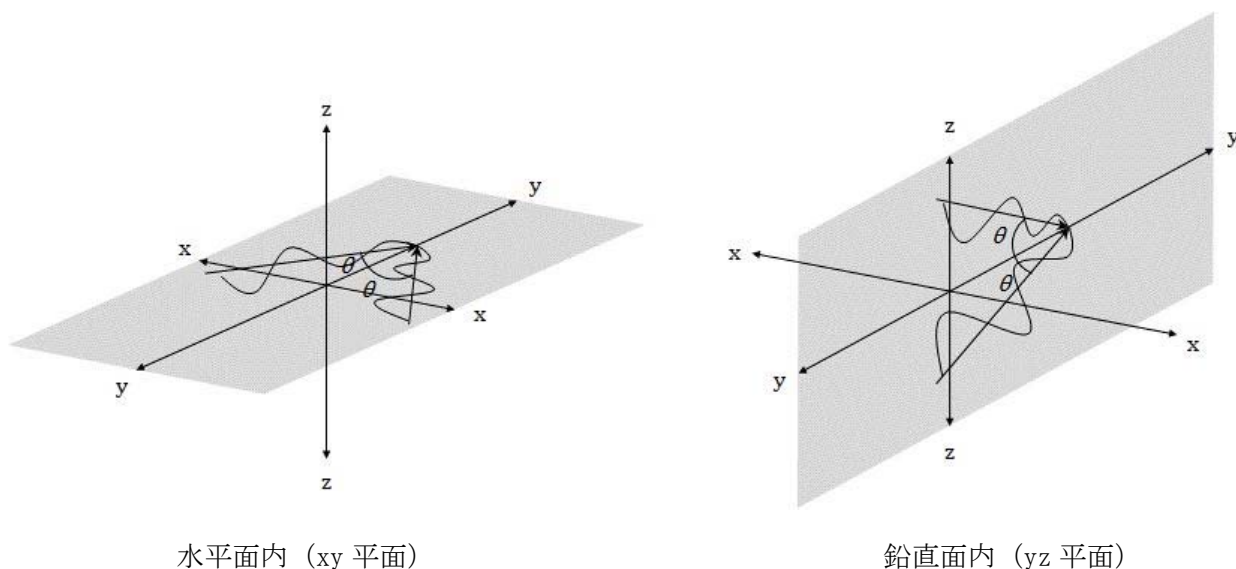


図 13.4-8 水平及び鉛直面内における入射角  $\theta$  のイメージ図

つまり、石油パイプライン事業の事業用施設の技術上の基準の細目を定める告示（昭和四十八年九月二十八日通商産業省・運輸省・建設省・自治省告示第一号）で定義している縦断面方向の合成応力と、水道施設耐震工法指針・解説 1997 版（日本水道協会，1997）で定義している縦断面方向の合成応力は同一であり、また、周辺地盤の最大水平変位による影響に加え、最大水平変位の 75 % の振幅を持つ鉛直地盤変位についても考慮されている。



## 13.5 評価結果

### 13.5.1 地震応答解析結果

緊急用海水取水管の標準断面図を図 13.5-1 に示す。

緊急用海水取水管の基準地震動  $S_s$  による横断面方向の断面力分布を図 13.5-2 に、縦断面方向の断面力分布を図 13.5-3 に示す。これらの図は、構造部材の曲げ軸力及びせん断力照査結果の照査値が最大となる時刻における要素ごとの断面力を示したものである。

また、最大せん断ひずみ分布を図 13.5-4 に示し、過剰間隙水圧比分布を図 13.5-5 に示す。なお、これらの図は、各要素に発生したせん断ひずみ及び過剰間隙水圧比の全時刻における最大値の分布を示したものである。

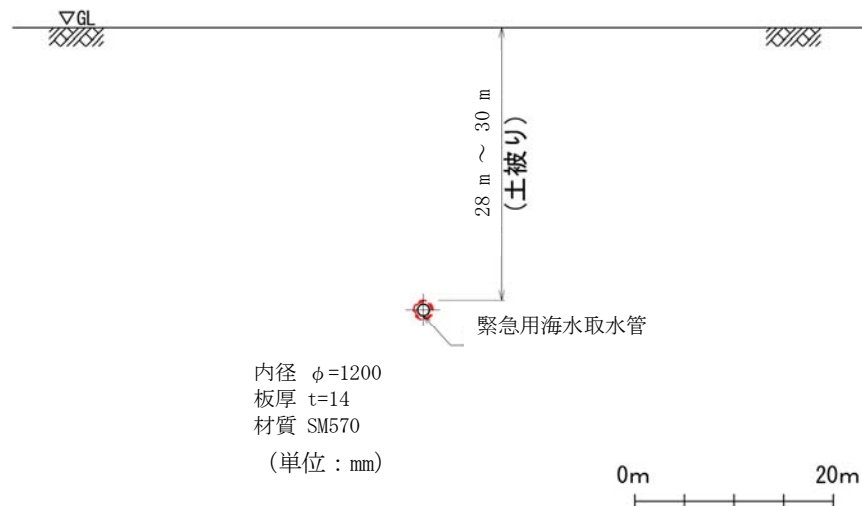


図 13.5-1 緊急用海水取水管 標準横断面図



「追而」

図 13.5-2 (1) 横断面方向の断面力分布図 ( $S_s-D1$  [H+, V+])

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 13.5-2 (2) 横断面方向の断面力分布図 ( $S_s-D1$  [H+, V-])

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



「追而」

図 13.5-2 (3) 横断面方向の断面力分布図 ( $S_s-D1$  [H-, V+])  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 13.5-2 (4) 横断面方向の断面力分布図 ( $S_s-D1$  [H-, V-])  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



「追而」

図 13.5-2 (5) 横断面方向の断面力分布図 ( $S_s-11$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 13.5-2 (6) 横断面方向の断面力分布図 ( $S_s-12$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



「追而」

図 13.5-2 (7) 横断面方向の断面力分布図 ( $S_s-13$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 13.5-2 (8) 横断面方向の断面力分布図 ( $S_s-14$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



「追而」

図 13.5-2 (9) 横断面方向の断面力分布図 ( $S_s-21$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 13.5-2 (10) 横断面方向の断面力分布図 ( $S_s-22$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



「追而」

図 13.5-2 (11) 横断面方向の断面力分布図 ( $S_s-31$  [H+, V+])  
(検討ケース①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 13.5-2 (12) 横断面方向の断面力分布図 ( $S_s-31$  [H-, V+])  
(検討ケース①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



「追而」

図 13.5-2 (13) 横断面方向の断面力分布図 ( $S_s - 3.1 [H+, V+]$ )  
(検討ケース④: 敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により  
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)



図 13.5-3 (1) 縦断面方向の断面力分布図 ( $S_s - D1 [H+, V+]$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 13.5-3 (2) 縦断面方向の断面力分布図 ( $S_s - D1 [H+, V-]$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 13.5-3 (3) 縦断面方向の断面力分布図 ( $S_s - D1 [H-, V+]$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 13.5-3 (4) 縦断面方向の断面力分布図 ( $S_s - D1 [H-, V-]$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 13.5-3 (5) 縦断面方向の断面力分布図 ( $S_s - 11$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 13.5-3 (6) 縦断面方向の断面力分布図 ( $S_s - 12$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 13.5-3 (7) 縦断面方向の断面力分布図 ( $S_s - 13$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 13.5-3 (8) 縦断面方向の断面力分布図 ( $S_s - 14$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 13.5-3 (9) 縦断面方向の断面力分布図 ( $S_s - 21$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 13.5-3 (10) 縦断面方向の断面力分布図 ( $S_s - 22$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 13.5-3 (11) 縦断面方向の断面力分布図 ( $S_s - 31 [H+, V+]$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 13.5-3 (12) 縦断面方向の断面力分布図 ( $S_s - 31 [H-, V+]$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)





図 13.5-4 (1) 横断面方向の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s - D 1$  [H+, V+])  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



図 13.5-4 (2) 横断面方向の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s - D 1$  [H+, V-])  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



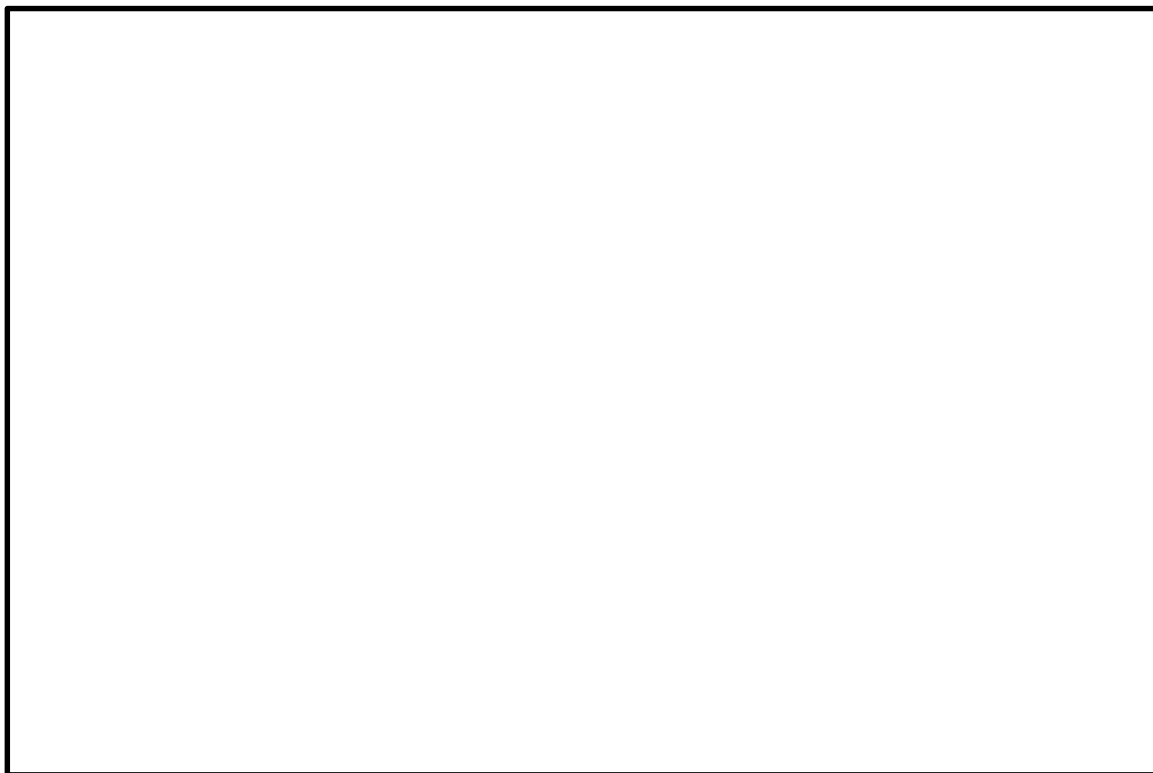


図 13.5-4 (3) 横断面方向の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s - D 1$  [H-, V+])  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



図 13.5-4 (4) 横断面方向の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s - D 1$  [H-, V-])  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)





図 13.5-4 (5) 横断面方向の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s - 1 1$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



図 13.5-4 (6) 横断面方向の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s - 1 2$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



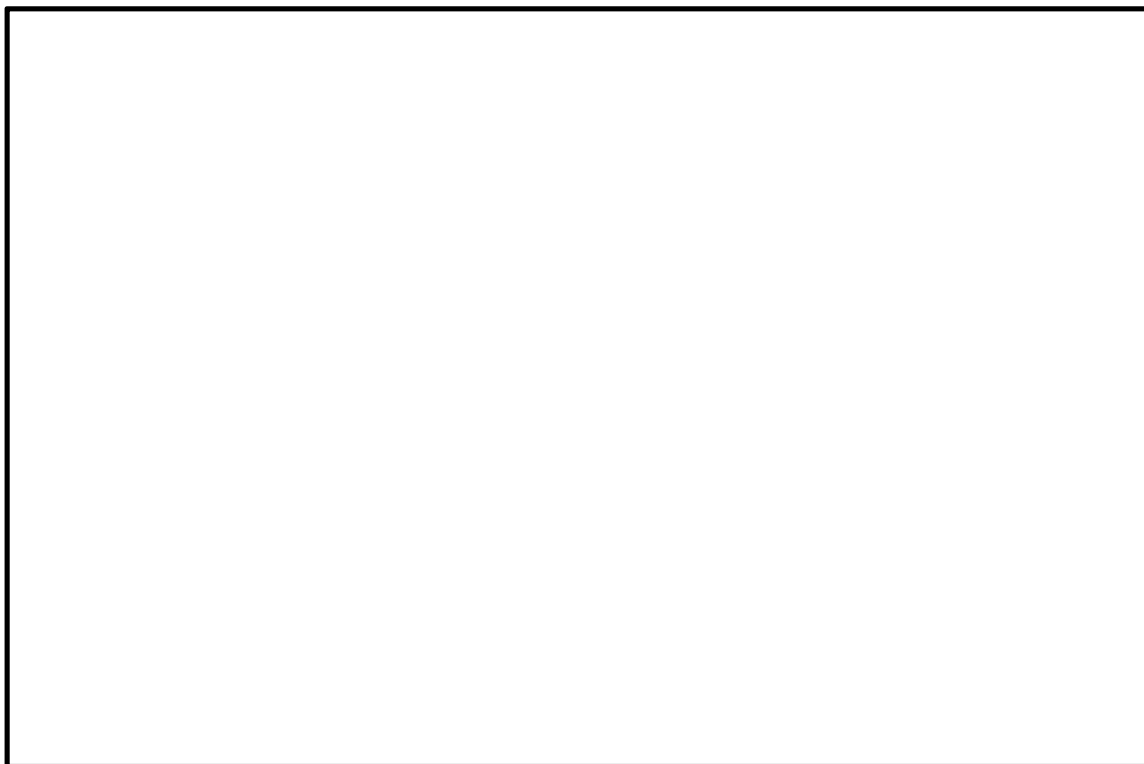


図 13.5-4 (7) 横断面方向の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s - 1\ 3$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



図 13.5-4 (8) 横断面方向の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s - 1\ 4$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



「追而」

図 13.5-4 (9) 横断面方向の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s-21$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 13.5-4 (10) 横断面方向の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s-22$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)





図 13.5-4 (11) 横断面方向の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s - 3.1 [H+, V+]$ )  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



図 13.5-4 (12) 横断面方向の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s - 3.1 [H-, V+]$ )  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



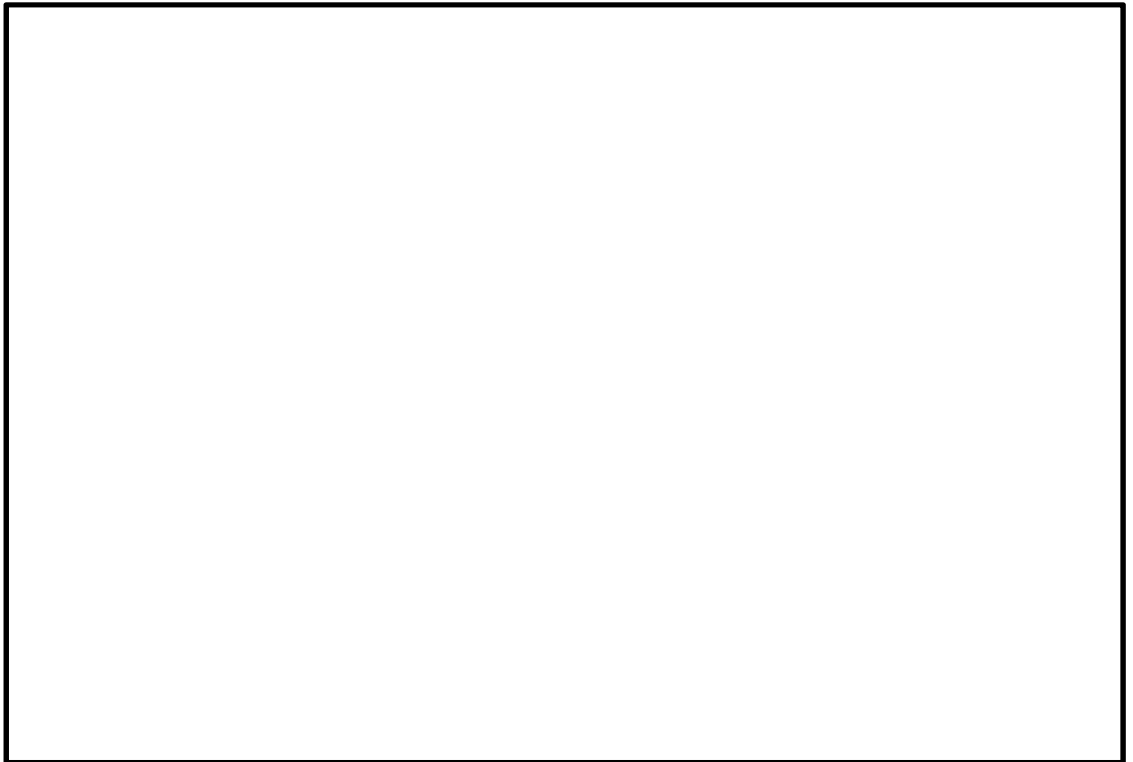


図 13.5-5 (1) 横断面方向の過剰間隙水圧比 ( $S_s - D 1 [H+, V+]$ )  
 (検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

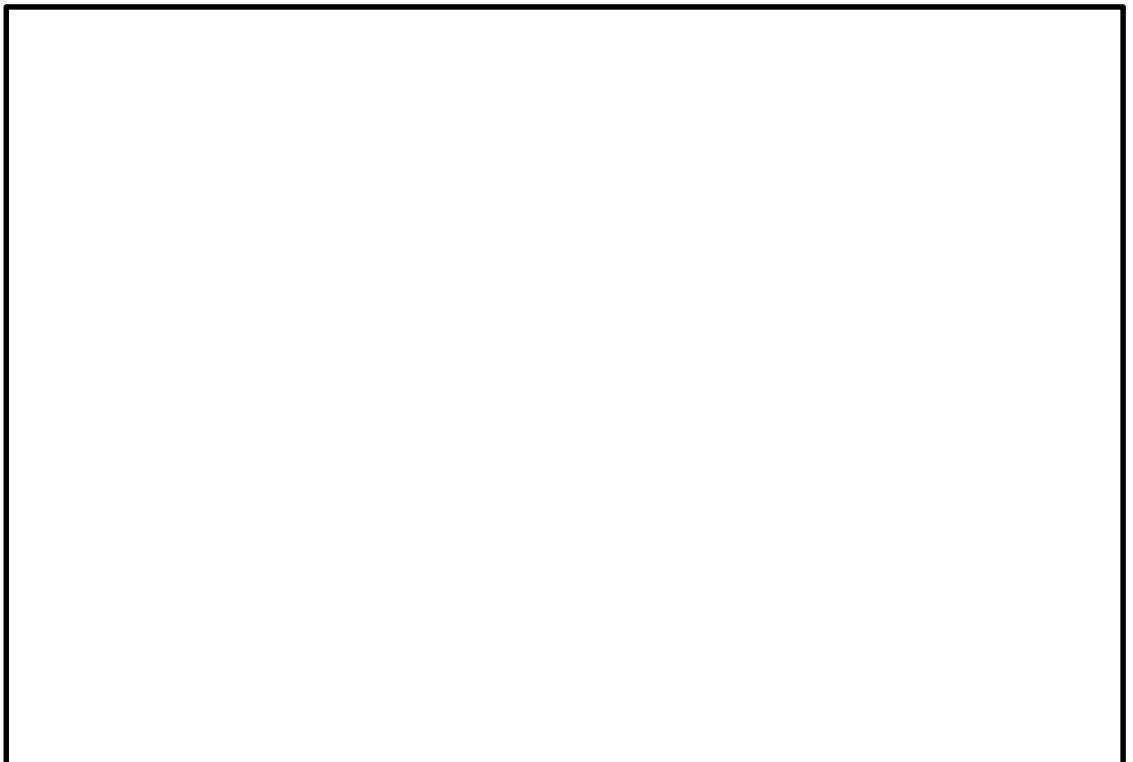


図 13.5-5 (2) 横断面方向の過剰間隙水圧比 ( $S_s - D 1 [H+, V-]$ )  
 (検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



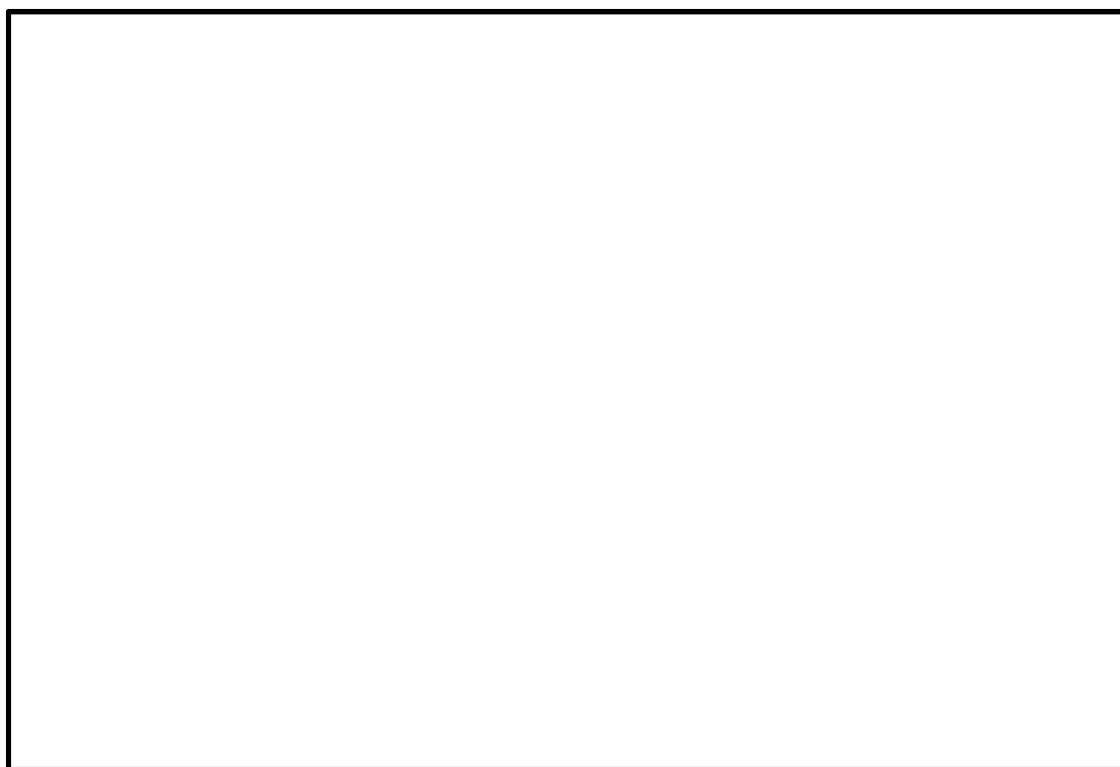


図 13.5-5 (3) 横断面方向の過剰間隙水圧比 ( $S_s - D1$  [H-, V+])  
 (検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



図 13.5-5 (4) 横断面方向の過剰間隙水圧比 ( $S_s - D1$  [H-, V-])  
 (検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



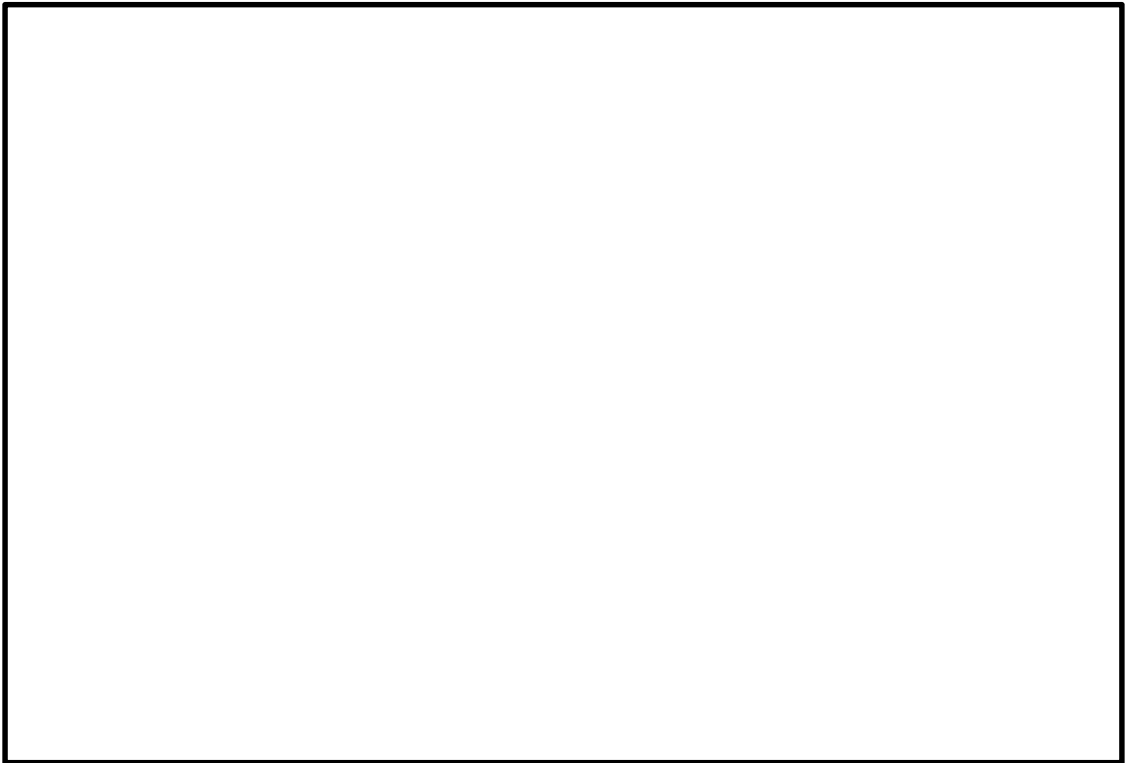


図 13.5-5 (5) 横断面方向の過剰間隙水圧比 ( $S_s - 1.1$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

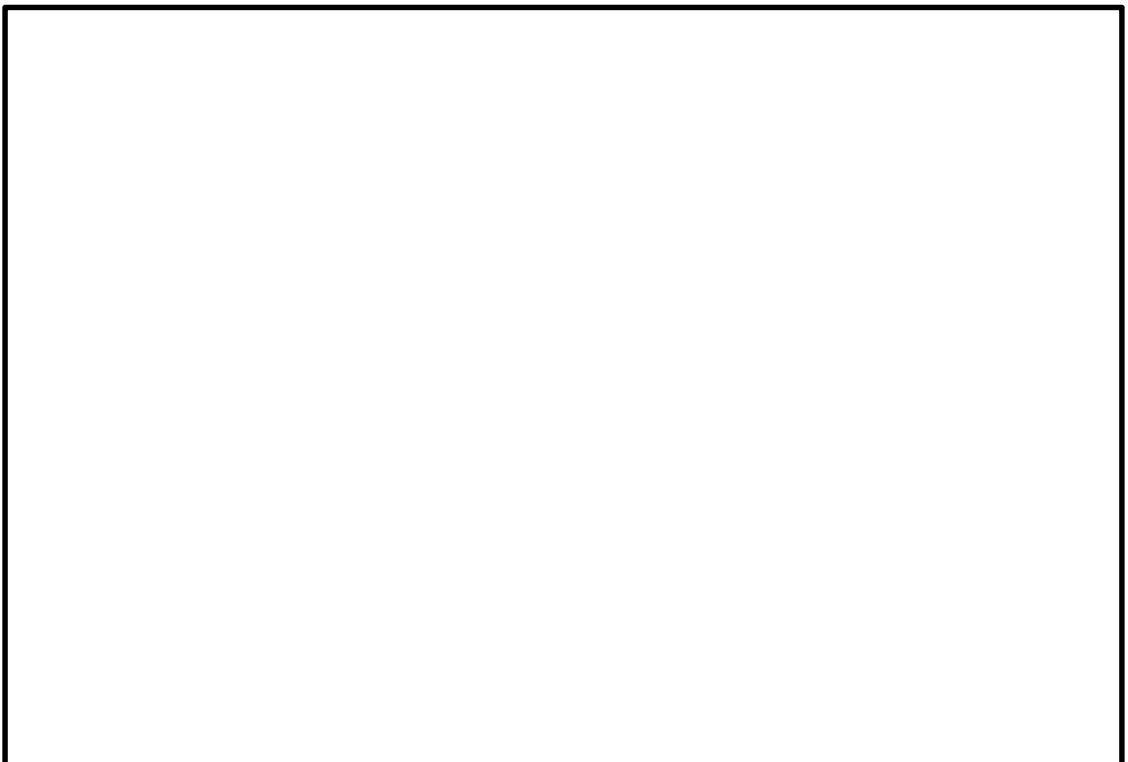


図 13.5-5 (6) 横断面方向の過剰間隙水圧比 ( $S_s - 1.2$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



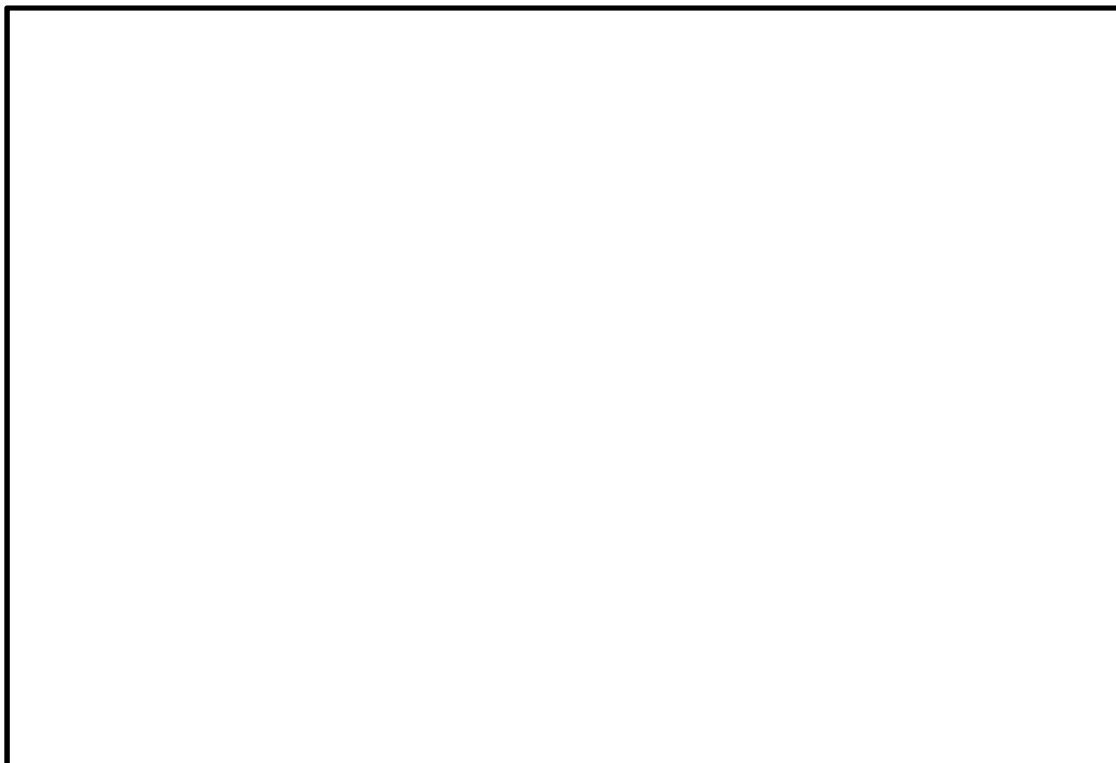


図 13.5-5 (7) 横断面方向の過剰間隙水圧比 ( $S_s - 1.3$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



図 13.5-5 (8) 横断面方向の過剰間隙水圧比 ( $S_s - 1.4$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



「追而」

図 13.5-5 (9) 横断面方向の過剰間隙水圧比 ( $S_s - 2.1$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 13.5-5 (10) 横断面方向の過剰間隙水圧比 ( $S_s - 2.2$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



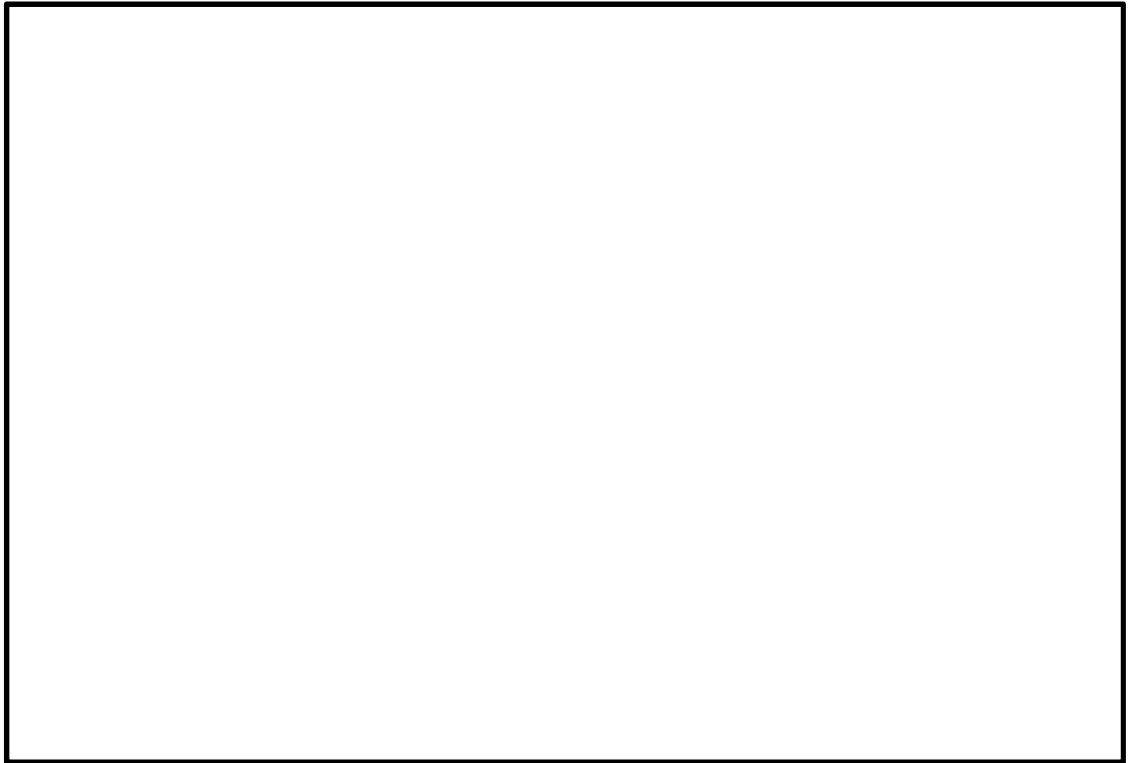


図 13.5-5 (11) 横断面方向の過剰間隙水圧比 ( $S_s - 3.1 [H+, V+]$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

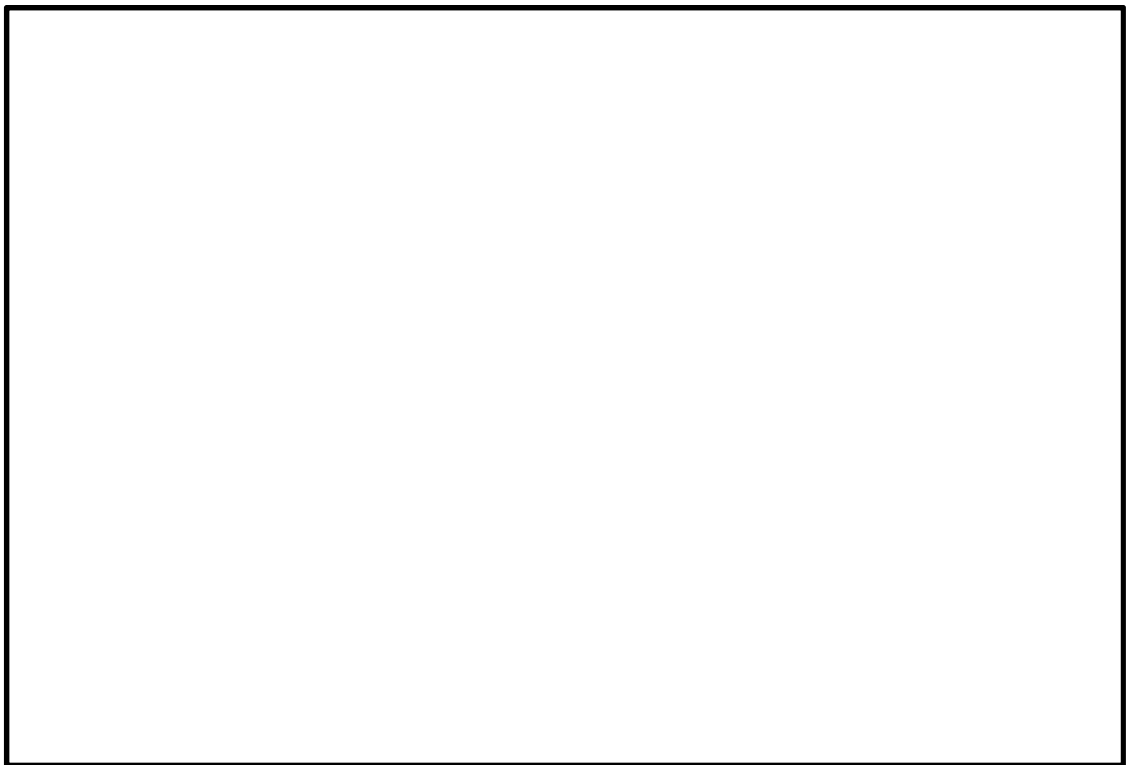


図 13.5-5 (12) 横断面方向の過剰間隙水圧比 ( $S_s - 3.1 [H-, V+]$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



### 13.5.2 耐震評価結果

#### (1) 構造部材の横断面方向の曲げ軸力に対する評価結果

鋼材の照査結果を表 13.5-1 に示す。

緊急用海水取水管における許容応力度法による照査を行った結果、評価位置において応力が短期許容応力度以下であることを確認した。

以上のことから、緊急用海水取水管の構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認した。なお、発生応力は各地震動、各部材において最大となる値を示している。

表 13.5-1 (1) 鋼材の曲げ軸力照査結果（横断面方向）

（検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース）

速 報

| 地震動                | 位相       | 板厚<br>(mm) | ①発生応力<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | ②短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値<br>①／② |
|--------------------|----------|------------|-------------------------------|--------------------------------------|------------|
| S <sub>s</sub> -D1 | [H+, V+] | 11         | 29                            | 382                                  | 0.08       |
|                    | [H+, V-] | 11         | 28                            | 382                                  | 0.08       |
|                    | [H-, V+] | 11         | 31                            | 382                                  | 0.09       |
|                    | [H-, V-] | 11         | 28                            | 382                                  | 0.08       |
| S <sub>s</sub> -11 | -        | 11         | 13                            | 382                                  | 0.04       |
| S <sub>s</sub> -12 | -        | 11         | 26                            | 382                                  | 0.07       |
| S <sub>s</sub> -13 | -        | 11         | 25                            | 382                                  | 0.07       |
| S <sub>s</sub> -14 | -        | 11         |                               | 382                                  |            |
| S <sub>s</sub> -21 | -        | 11         |                               | 382                                  |            |
| S <sub>s</sub> -22 | -        | 11         |                               | 382                                  |            |
| S <sub>s</sub> -31 | [H+, V+] | 11         | 49                            | 382                                  | 0.13       |
|                    | [H-, V+] | 11         | 46                            | 382                                  | 0.13       |

注記 ＊）板厚は初期 14mm に内側 1.0mm、外側 2.0mm の腐食しろを考慮

表 13.5-1 (2) 鋼材の曲げ軸力照査結果（横断面方向）

（検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により  
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース）

速 報

| 地震動                | 位相       | 板厚<br>(mm) | ①発生応力<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | ②短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値<br>①／② |
|--------------------|----------|------------|-------------------------------|--------------------------------------|------------|
| S <sub>s</sub> -31 | [H+, V+] | 11         | 24                            | 382                                  | 0.06       |

注記 ＊）板厚は初期 14mm に内側 1.0mm、外側 2.0mm の腐食しろを考慮



(2) 構造部材の横断面方向のせん断力に対する評価結果

せん断力に対する照査結果を表 13.5-2 に示す。

緊急用海水取水管における許容応力度法による照査を行った結果、評価位置においてせん断応力が短期許容応力度以下であることを確認した。

以上のことから、緊急用海水取水管の構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認した。なお、発生応力及び発生断面力は各地震動、各部材において最大となる値を示している。

表 13.5-2 (1) せん断力照査結果（横断面方向）

速 報

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

| 地震動                | 位相       | 板厚<br>(mm) | ①発生応力<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | ②短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値<br>①／② |
|--------------------|----------|------------|-------------------------------|--------------------------------------|------------|
| S <sub>s</sub> -D1 | [H+, V+] | 11         | 0.3                           | 217                                  | 0.001      |
|                    | [H+, V-] | 11         | 0.3                           | 217                                  | 0.001      |
|                    | [H-, V+] | 11         | 0.3                           | 217                                  | 0.001      |
|                    | [H-, V-] | 11         | 0.3                           | 217                                  | 0.001      |
| S <sub>s</sub> -11 | -        | 11         | 0.2                           | 217                                  | 0.001      |
| S <sub>s</sub> -12 | -        | 11         | 0.2                           | 217                                  | 0.001      |
| S <sub>s</sub> -13 | -        | 11         | 0.3                           | 217                                  | 0.001      |
| S <sub>s</sub> -14 | -        | 11         |                               | 217                                  |            |
| S <sub>s</sub> -21 | -        | 11         |                               | 217                                  |            |
| S <sub>s</sub> -22 | -        | 11         |                               | 217                                  |            |
| S <sub>s</sub> -31 | [H+, V+] | 11         | 0.4                           | 217                                  | 0.001      |
|                    | [H-, V+] | 11         | 0.4                           | 217                                  | 0.001      |

注記 ＊) 板厚は初期 14mm に内側 1.0mm, 外側 2.0mm の腐食しろを考慮

表 13.5-2 (2) せん断力照査結果（横断面方向）

速 報

(検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により  
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)

| 地震動                | 位相       | 板厚<br>(mm) | ①発生応力<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | ②短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値<br>①／② |
|--------------------|----------|------------|-------------------------------|--------------------------------------|------------|
| S <sub>s</sub> -31 | [H+, V+] | 11         | 0.3                           | 217                                  | 0.001      |

注記 ＊) 板厚は初期 14mm に内側 1.0mm, 外側 2.0mm の腐食しろを考慮



(3) 構造部材の合成応力に対する評価結果

緊急用海水取水管の発生応力は、「港湾の施設の技術上の基準・同解説（日本港湾協会，平成 19 年）」に基づき横断面方向応力と縦断面応力を以下の式にて組み合わせる。

$$\sigma = \sqrt{\sigma_C^2 + \sigma_L^2 - \sigma_C \sigma_L + 3\tau^2}$$

ここで，

- $\sigma$  : 合成応力度 (N/mm<sup>2</sup>)
- $\sigma_C$  : 横断面方向応力度 (N/mm<sup>2</sup>)
- $\sigma_L$  : 縦断面方向応力度 (N/mm<sup>2</sup>)
- $\tau$  : 縦断面方向せん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

合成応力に対する許容限界は，表 13.2-7 に示す許容応力度とする。

緊急用海水取水管の合成応力評価結果を表 13.5-3 に示す。

同表より，緊急用海水取水管に生じる合成応力が許容限界以下であることを確認した。

表 13.5-3 合成応力の評価結果

「追而」

| 地震動       | 位相       | 横断面方向                                      | 縦断面方向                                    |   | ①  | ②                                   | 照査値<br>①/② |
|-----------|----------|--|--|---|--|-------------------------------------|------------|
|           |          | 応力<br>* $\sigma_C$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 応力<br>$\sigma_L$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | せん断応力<br>$\tau$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 合成応力<br>$\sigma$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) |            |
| S s - D 1 | [H+, V+] |  |  |   |  |                                     |            |
|           | [H+, V-] |  |  |   |  |                                     |            |
|           | [H-, V+] |  |  |   |  |                                     |            |
|           | [H-, V-] |  |  |   |  |                                     |            |
| S s - 1 1 | -        |  |  |   |  |                                     |            |
| S s - 1 2 | -        |  |  |   |  |                                     |            |
| S s - 1 3 | -        |  |  |   |  |                                     |            |
| S s - 1 4 | -        |  |  |   |  |                                     |            |
| S s - 2 1 | -        |  |  |   |  |                                     |            |
| S s - 2 2 | -        |  |  |   |  |                                     |            |
| S s - 3 1 | [H+, V+] |  |  |   |  |                                     |            |
|           | [H-, V+] |  |  |   |  |                                     |            |

注記 \*：地震応答解析による曲げ応力に内圧による横断面方向応力を考慮したもの



(4) 基礎地盤の支持性能に対する評価結果

基礎地盤の支持性能評価結果を表 13.5-4 に、接地圧分布図を図 13.5-6 に示す。

緊急用海水取水管の最大接地圧は  $S_s-21$ （横断面方向）で 1003  $\text{kN/m}^2$  であり、基礎地盤の極限支持力度 2273  $\text{kN/m}^2$  以下である。

以上のことから、緊急用海水取水管の基礎地盤は、基準地震動  $S_s$  に対し、支持性能を有することを確認した。

速 報

表 13.5-4 基礎地盤の支持性能評価結果

| 地震動      | 位相       | 最大接地圧<br>( $\text{kN/m}^2$ ) | 極限支持力度<br>( $\text{kN/m}^2$ ) |
|----------|----------|------------------------------|-------------------------------|
| $S_s-D1$ | [H+, V+] | 977                          | 2273                          |
|          | [H+, V-] | 986                          | 2273                          |
|          | [H-, V+] | 981                          | 2273                          |
|          | [H-, V-] | 977                          | 2273                          |
| $S_s-11$ | —        | 957                          | 2273                          |
| $S_s-12$ | —        | 965                          | 2273                          |
| $S_s-13$ | —        | 959                          | 2273                          |
| $S_s-14$ | —        | 938                          | 2273                          |
| $S_s-21$ | —        | 1003                         | 2273                          |
| $S_s-22$ | —        | 1002                         | 2273                          |
| $S_s-31$ | [H+, V+] | 996                          | 2273                          |
|          | [H+, V-] | 954                          | 2273                          |



図 13.5-6 (1) 横断面方向の接地圧分布図 ( $S_s - D1 [H+, V+]$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 13.5-6 (2) 横断面方向の接地圧分布図 ( $S_s - D1 [H+, V-]$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 13.5-6 (3) 横断面方向の接地圧分布図 ( $S_s - D1 [H-, V+]$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 13.5-6 (4) 横断面方向の接地圧分布図 ( $S_s - D1 [H-, V-]$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 13.5-6 (5) 横断面方向の接地圧分布図 ( $S_s - 11$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 13.5-6 (6) 横断面方向の接地圧分布図 ( $S_s - 12$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 13.5-6 (7) 横断面方向の接地圧分布図 ( $S_s - 13$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 13.5-6 (8) 横断面方向の接地圧分布図 ( $S_s - 14$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



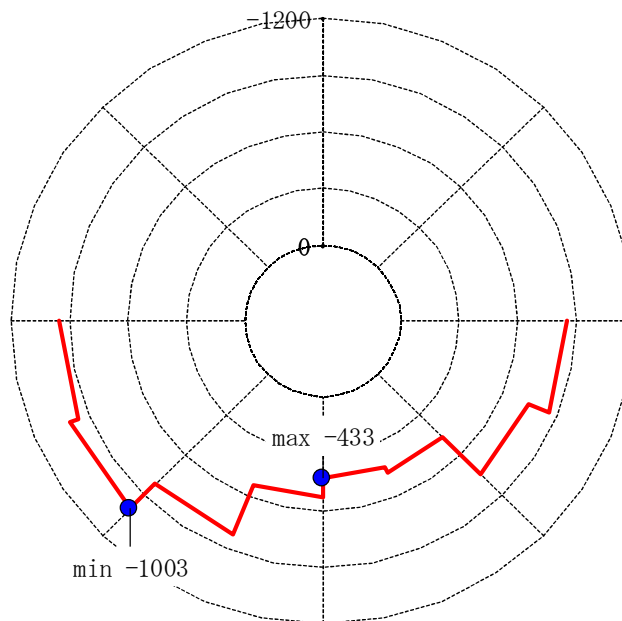


図 13.5-6 (9) 横断面方向の接地圧分布図 ( $S_s - 21$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 13.5-6 (10) 横断面方向の接地圧分布図 ( $S_s - 22$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 13.5-6 (11) 横断面方向の接地圧分布図 ( $S_s - 31$  [H+, V+])

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 13.5-6 (12) 横断面方向の接地圧分布図 ( $S_s - 31$  [H-, V+])

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



### 13.6 まとめ

緊急用海水取水管について、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、構造物の曲げ軸力及びせん断力並びに最大接地圧が許容限界以下であることを確認した。

以上のことから、緊急用海水取水管は、基準地震動  $S_s$  による地震力に対して、要求機能を維持できる



緊急用海水取水管の耐震安全性評価に関する参考資料



## 1 減衰の設定について

地震応答解析における減衰については、固有値解析にて求まる固有周期及び減衰比に基づき、質量マトリックス及び剛性マトリックスの線形結合で表される以下の Rayleigh 減衰にて与える。なお、Rayleigh 減衰を  $\alpha = 0$  となる剛性比例型減衰とする。Rayleigh 減衰の設定は、地盤の低次のモードの変形が特に支配的となる地中埋設構造物のような地盤及び構造系全体に対して、その特定の振動モードの影響が大きいことを考慮し、かつ、振動モードの影響が全体系に占める割合の観点から、刺激係数に着目し行う。

固有値解析によるモード図を図 13-1 に示す。また、設定した Rayleigh 減衰を図 13-2 に示す。

1 次の基準モードについては、地盤がせん断変形しているモードを選定している。

なお、初期減衰定数は、地盤については 1 %（解析における減衰は、ひずみが大きい領域では履歴減衰が支配的となる。そのため、解析上の安定のためになるべく小さい値として 1 %を採用している。）とする。また、線形材料としてモデル化する鋼材の減衰定数は 3 %（道路橋示方書（V 耐震設計編）同解説（平成 24 年 3 月））とする。



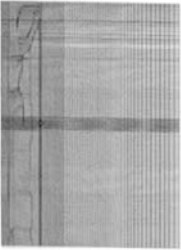
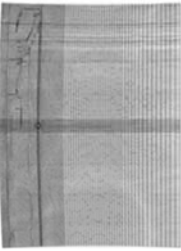
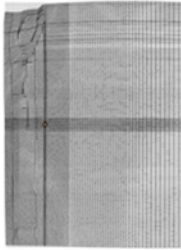
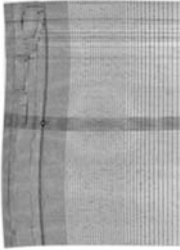
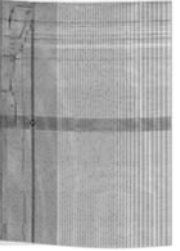
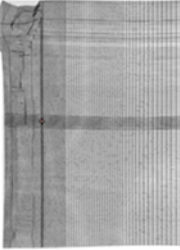

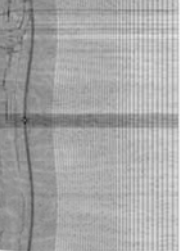
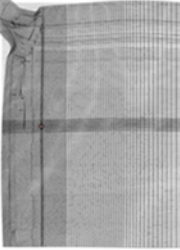
| 1次モード   | 2次モード   | 3次モード  |
|---|---|--|
| <div>0.726 Hz ( 刺激係数 : 187.08 )</div>  | <div>1.360 Hz ( 刺激係数 : 1.51 )</div>     | <div>1.641 Hz ( 刺激係数 : 21.50 )</div>    |
| 4次モード   | 5次モード   | 6次モード  |
| <div>1.885 Hz ( 刺激係数 : -8.59 )</div>   | <div>2.082 Hz ( 刺激係数 : -57.10 )</div>   | <div>2.301 Hz ( 刺激係数 : -15.06 )</div>   |
| 7次モード   | 8次モード   | 9次モード  |
| <div>2.641 Hz ( 刺激係数 : 2.52 )</div>  | <div>2.727 Hz ( 刺激係数 : 19.75 )</div>  | <div>2.911 Hz ( 刺激係数 : -8.97 )</div>  |

図 13-1(1) 緊急用海水取水管の固有値解析結果 ※速報  
 (検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)  
 (②-②断面)






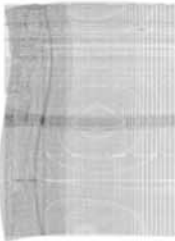





| 1次モード   | 2次モード  | 3次モード  |
|---|--|--|
| <div>0.727 Hz ( 刺激係数 : 187.29 )</div>  | <div>1.361 Hz ( 刺激係数 : 1.10 )</div>    | <div>1.714 Hz ( 刺激係数 : 21.52 )</div>  |
| 4次モード   | 5次モード  | 6次モード  |
| <div>1.897 Hz ( 刺激係数 : -8.50 )</div>   | <div>2.111 Hz ( 刺激係数 : -58.05 )</div>  | <div>2.411 Hz ( 刺激係数 : 15.00 )</div>  |
| 7次モード   | 8次モード  | 9次モード  |
| <div>2.672 Hz ( 刺激係数 : -3.61 )</div>  | <div>2.879 Hz ( 刺激係数 : 19.39 )</div>  | <div>2.980 Hz ( 刺激係数 : 3.03 )</div>  |

図 13-1 (2) 緊急用海水取水管の固有値解析結果 ※速報  
 (検討ケース②：地盤物性のばらつきを考慮 (+1  $\sigma$ ) した解析ケース)  
 (②-②断面)



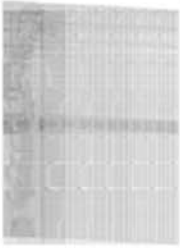



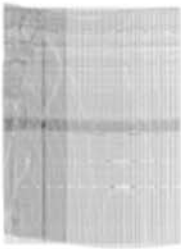
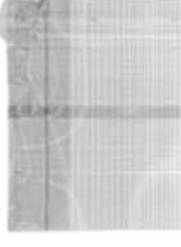

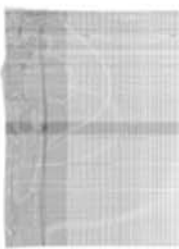

| 1次モード   | 2次モード  | 3次モード   |
|---|--|---|
| 0.724 Hz (刺激係数: 186.77)   | 1.358 Hz (刺激係数: 2.31)  | 1.560 Hz (刺激係数: 22.11)  |
|    |    |    |
| 4次モード   | 5次モード  | 6次モード   |
| 1.872 Hz (刺激係数: -9.03)  | 2.041 Hz (刺激係数: -55.51)  | 2.175 Hz (刺激係数: -14.60)   |
|    |    |    |
| 7次モード   | 8次モード  | 9次モード   |
| 2.540 Hz (刺激係数: -16.59)   | 2.611 Hz (刺激係数: -13.17)  | 2.832 Hz (刺激係数: -11.64)   |
|  |  |  |

図 13-1(3) 緊急用海水取水管の固有値解析結果 ※速報  
 (検討ケース③: 地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース)  
 (②-②断面)



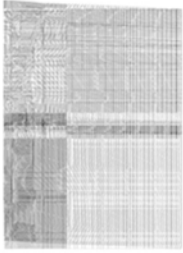
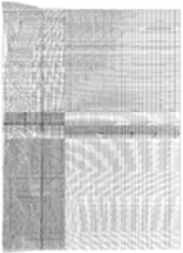
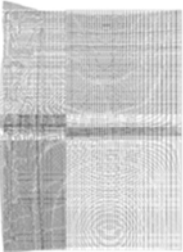
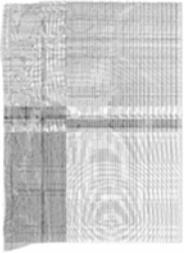
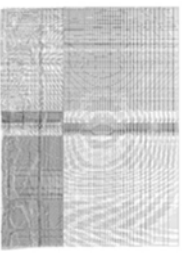
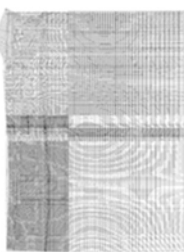
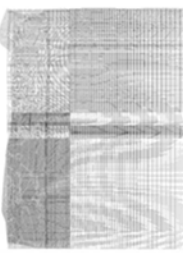
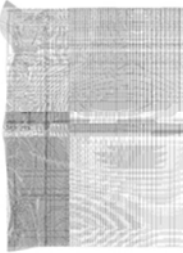
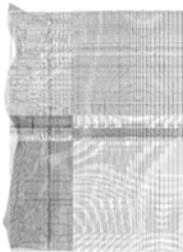
| 1次モード   | 2次モード   | 3次モード  |
|---|---|--|
| <div>0.716 Hz ( 刺激係数 : 183.06 )</div>  | <div>1.320 Hz ( 刺激係数 : -16.49 )</div>  | <div>1.389 Hz ( 刺激係数 : -7.54 )</div>    |
| 4次モード   | 5次モード   | 6次モード  |
| <div>1.639 Hz ( 刺激係数 : 5007 )</div>    | <div>1.707 Hz ( 刺激係数 : -29.86 )</div>  | <div>1.897 Hz ( 刺激係数 : -6.16 )</div>    |
| 7次モード   | 8次モード   | 9次モード  |
| <div>2.026 Hz ( 刺激係数 : 2.79 )</div>  | <div>2.230 Hz ( 刺激係数 : 7.46 )</div>  | <div>2.490 Hz ( 刺激係数 : 12.23 )</div>  |

図 13-1 (4) 緊急用海水取水管の固有値解析結果 ※速報

(検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)

(②-②断面)



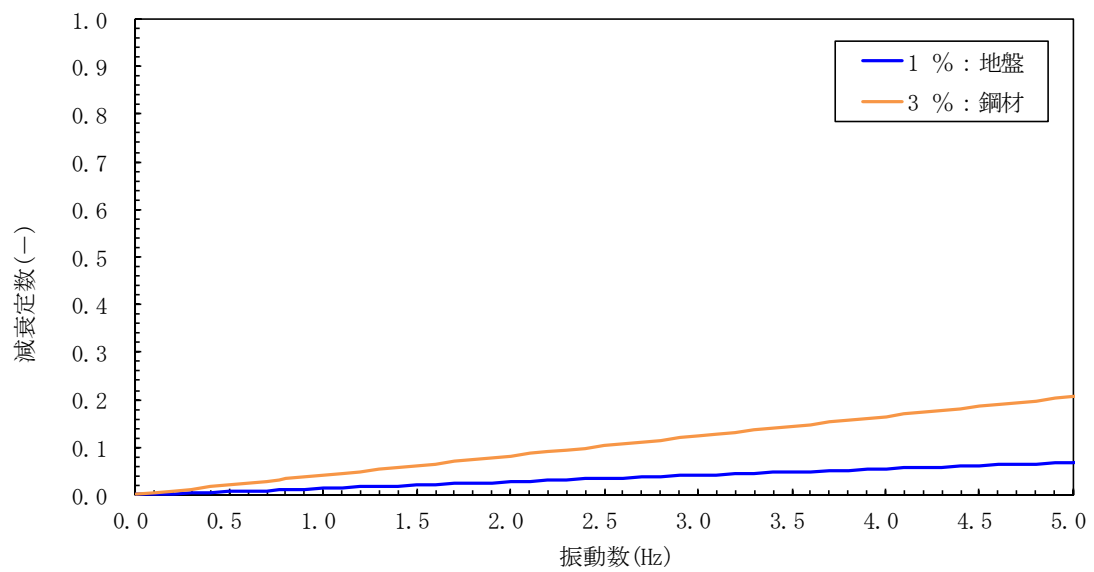


図 13-2(1) 緊急用海水取水管の固有値解析結果 ※速報

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

(②-②断面)

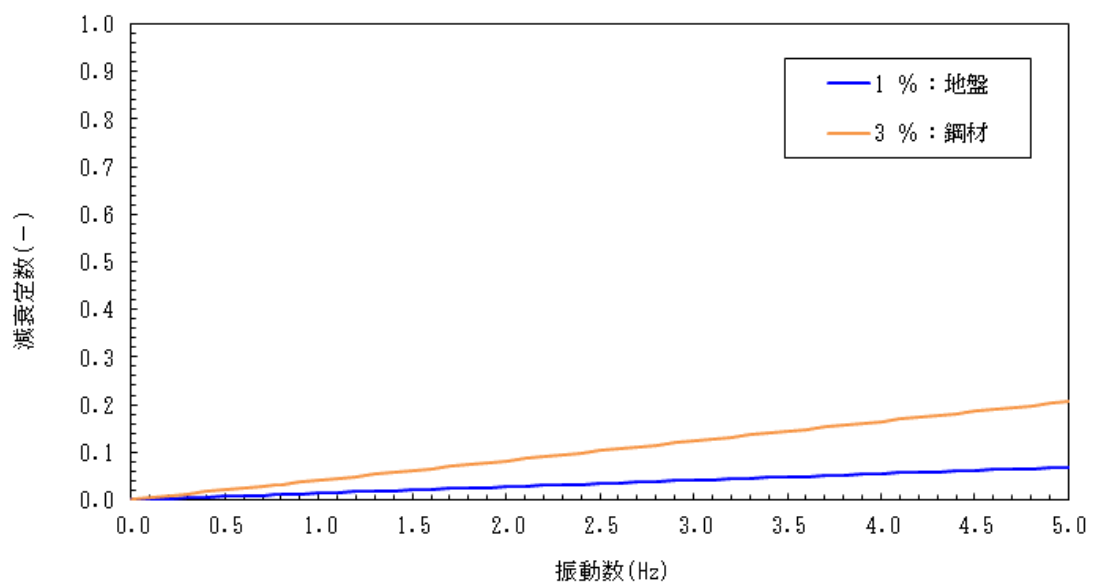


図 13-2(2) 緊急用海水取水管の固有値解析結果 ※速報

(検討ケース②：地盤物性のばらつきを考慮 (+1 $\sigma$ ) した解析ケース)

(②-②断面)



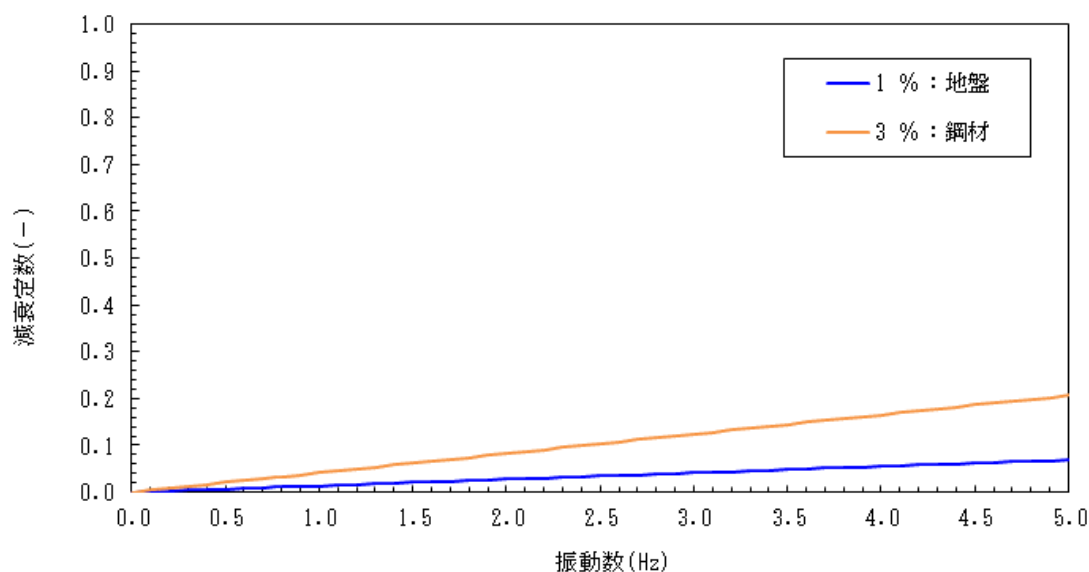


図 13-2(3) 緊急用海水取水管の固有値解析結果 ※速報

(検討ケース③：地盤物性のばらつきを考慮 ( $-1\sigma$ ) した解析ケース)

(②-②断面)

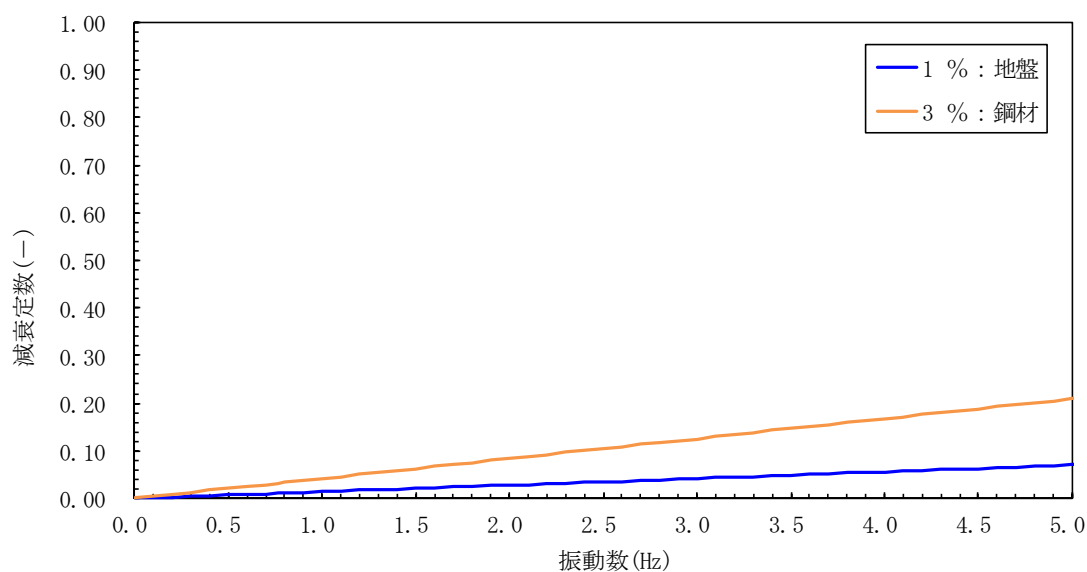


図 13-2(4) 緊急用海水取水管の固有値解析結果 ※速報

(検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)

(②-②断面)

(参考) 13-8







## 14. S A用海水ピットの耐震安全性評価

### 目次

|         |              |    |
|---------|--------------|----|
| 14.1    | 評価方針         | 1  |
| 14.2    | 評価条件         | 2  |
| 14.2.1  | 適用基準         | 2  |
| 14.2.2  | 耐震安全性評価フロー   | 3  |
| 14.2.3  | 評価対象断面       | 7  |
| 14.2.4  | 評価対象断面の選定    | 8  |
| 14.2.5  | 使用材料及び材料定数   | 12 |
| 14.2.6  | 評価構造物諸元      | 15 |
| 14.2.7  | 地下水位         | 15 |
| 14.2.8  | 地震応答解析手法     | 15 |
| 14.2.9  | 解析モデルの設定     | 17 |
| 14.2.10 | 減衰定数         | 26 |
| 14.2.11 | 荷重の組合せ       | 32 |
| 14.2.12 | 地震応答解析の検討ケース | 35 |
| 14.3    | 評価内容         | 37 |
| 14.3.1  | 入力地震動の設定     | 37 |
| 14.3.2  | 許容限界の設定      | 66 |
| 14.3.3  | 水平断面の評価      | 69 |
| 14.4    | 評価結果         | 75 |
| 14.4.1  | 地震応答解析結果     | 75 |
| 14.4.2  | 耐震評価結果       | 80 |
| 14.5    | まとめ          | 98 |



#### 14.1 評価方針

S A用海水ピットは、非常時における海水の通水機能を求められる土木構造物である。

また、浸水防止設備を間接支持する頂版においては止水機能を求められ常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。

S A用海水ピットの耐震評価は、地盤の2次元動的有効応力解析により得られた解析結果に基づき、設計基準対象施設及び重大事故等対処施設として、構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を行う。

構造部材の健全性評価については、地震応答解析に基づく発生応力が許容限界以下であることを確認する。また、浸水防止設備の間接支持構造物でもあるため、支持部材についても発生応力が許容限界以下であることを確認する。

基礎地盤の支持性能評価については、基礎地盤に作用する接地圧が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認する。



## 14.2 評価条件

### 14.2.1 適用基準

適用する規格，基準類を表 14.2-1 に示す。

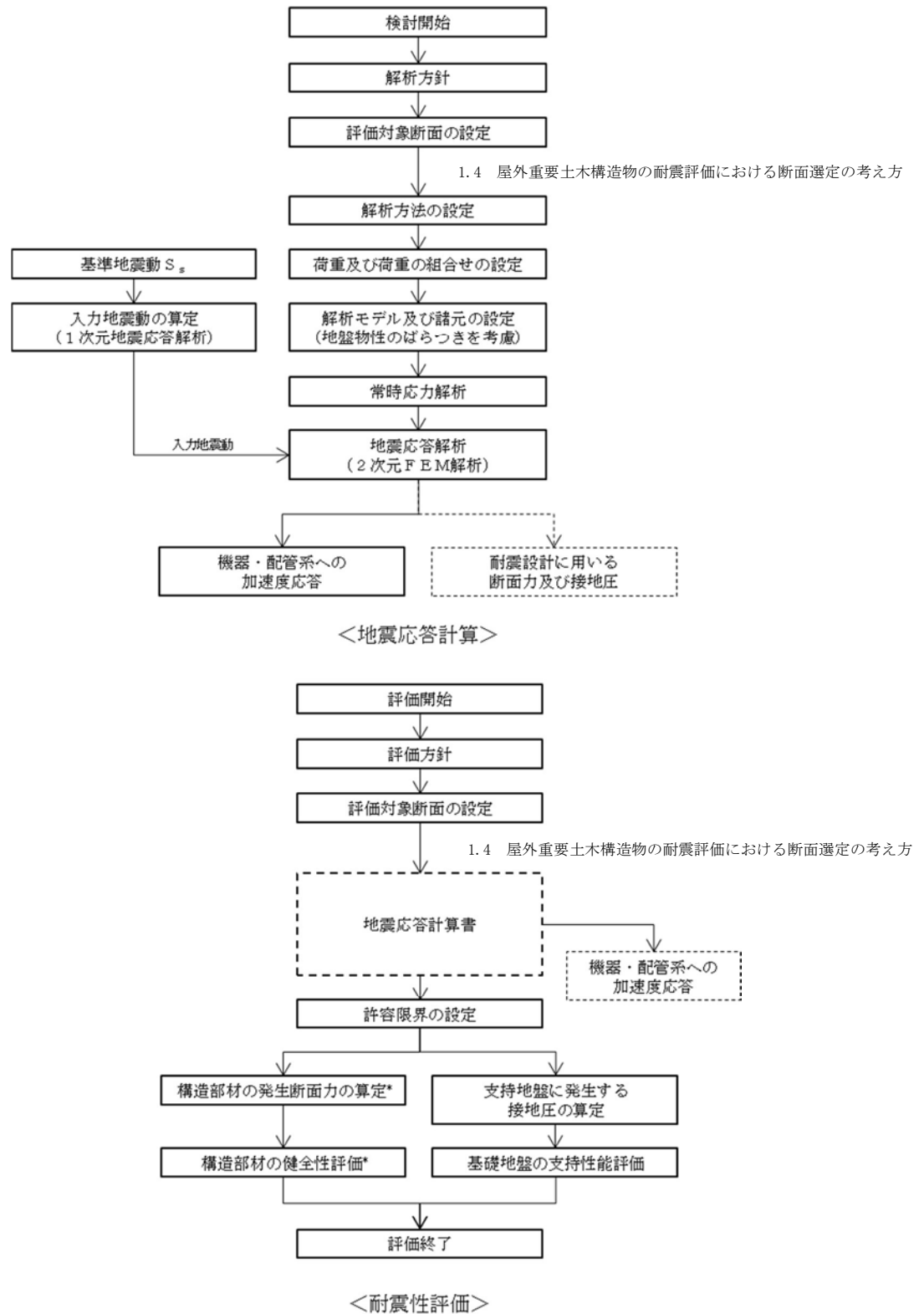
表 14.2-1 適用する規格，基準類

| 項目             | 適用する規格，基準類  | 備考   |
|----------------|---|--|
| 使用材料及び<br>材料定数 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・コンクリート標準示方書<br/>[構造性能照査編]<br/>( (社) 土木学会，2002 年制定)</li> <li>・道路橋示方書 ( I 共通編・IV 下部構造編) ・同解説 ( (社) 日本道路協会，平成 24 年 3 月)</li> </ul> | —  |
| 荷重及び<br>荷重の組合せ | <ul style="list-style-type: none"> <li>・コンクリート標準示方書<br/>[構造性能照査編]<br/>( (社) 土木学会，2002 年制定)</li> <li>・道路橋示方書 ( I 共通編・IV 下部構造編) ・同解説 ( (社) 日本道路協会，平成 24 年 3 月)</li> </ul> | ・永久荷重＋偶発荷重＋従たる変動荷重の適切な組合せを検討   |
| 許容限界           | <ul style="list-style-type: none"> <li>・コンクリート標準示方書<br/>[構造性能照査編]<br/>( (社) 土木学会，2002 年制定)</li> <li>・道路橋示方書 ( I 共通編・IV 下部構造編) ・同解説 ( (社) 日本道路協会，平成 24 年 3 月)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・耐震評価により算定した曲げ圧縮応力，曲げ引張応力及びせん断応力が短期許容限界以下であることを確認</li> <li>・基礎地盤に作用する接地圧が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認</li> </ul> |
| 地震応答解析         | ・J E A G 4 6 0 1 -1987 ( (社) 日本電気協会)  | ・有限要素法による 2 次元モデルを用いた時刻歴非線形解析  |



## 14.2.2 耐震安全性評価フロー

SA用海水ピットの耐震安全性評価フローを図 14.2-1 に示す。



注記 \* : 部材評価フローに詳細記述する。

図 14.2-1 SA用海水ピットの耐震安全性評価フロー



部材評価フローを図 14.2-2 に、部材評価概念図を図 14.2-3 に、各部材評価で照査対象とする鉄筋を図 14.2-4 に示す。また、各部材評価で照査対象とする鉄筋を表 14.2-2 に示す。

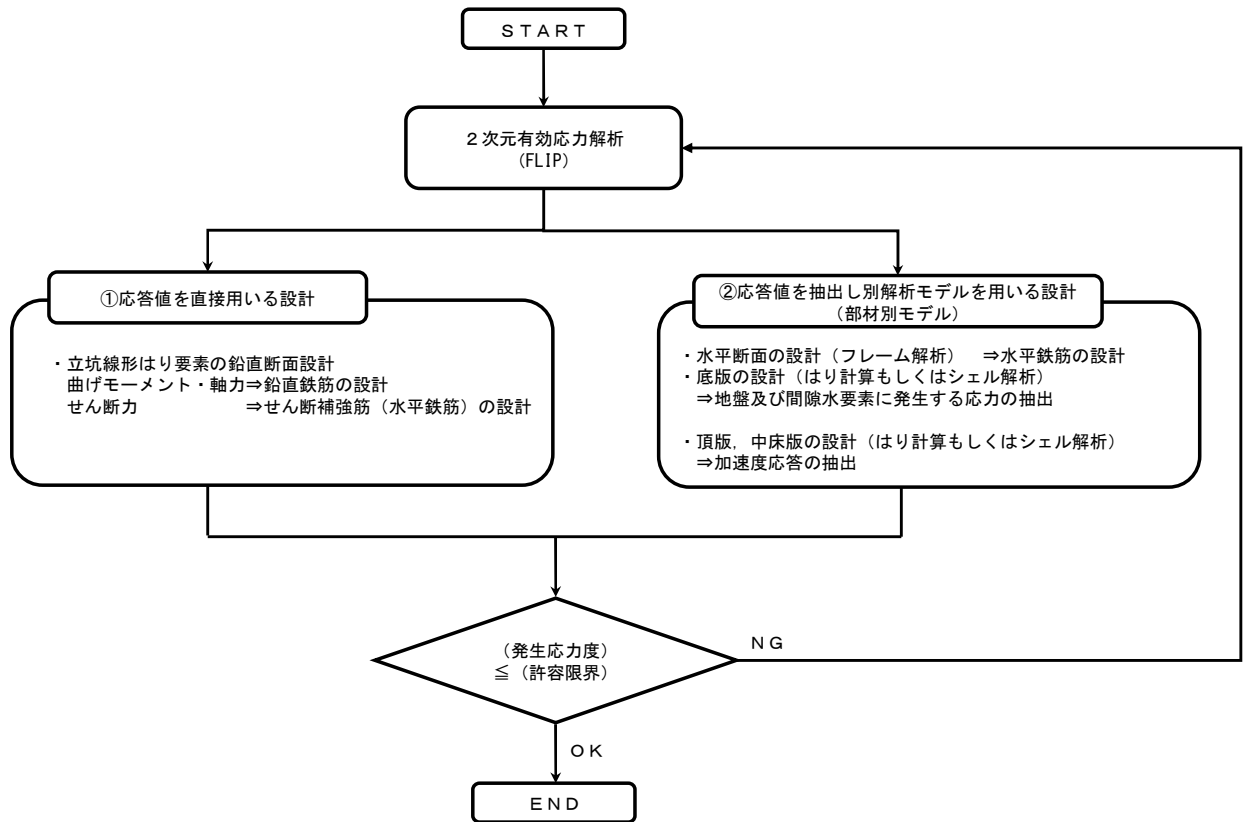
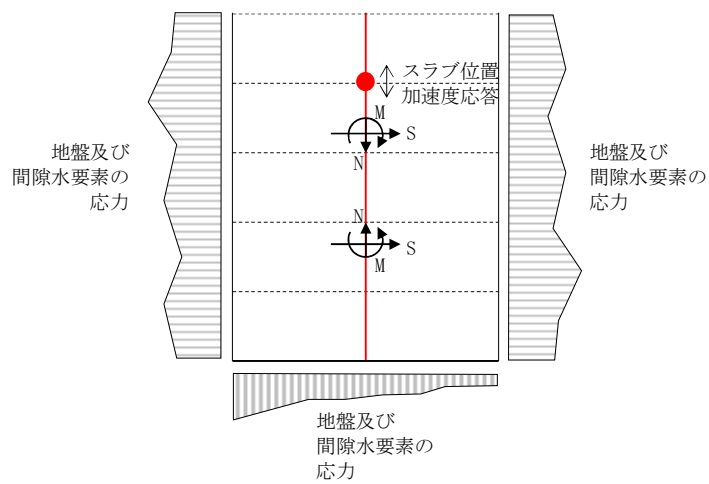
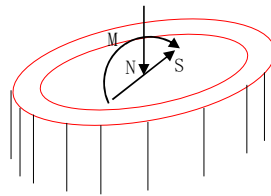


図 14.2-2 部材評価フロー

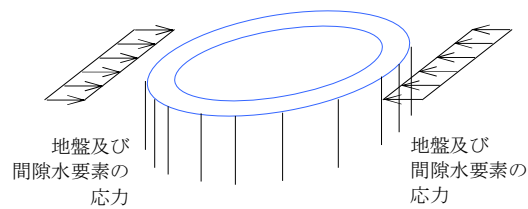




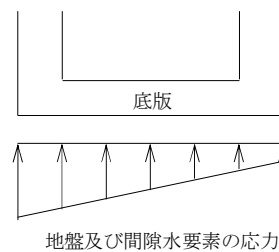
a) 2次元有効応力解析からの応答値の抽出



b) 立坑線形はり要素の鉛直断面設計



c) 水平断面の設計（フレーム計算）



d) スラブの設計

図 14.2-3 部材評価概念図



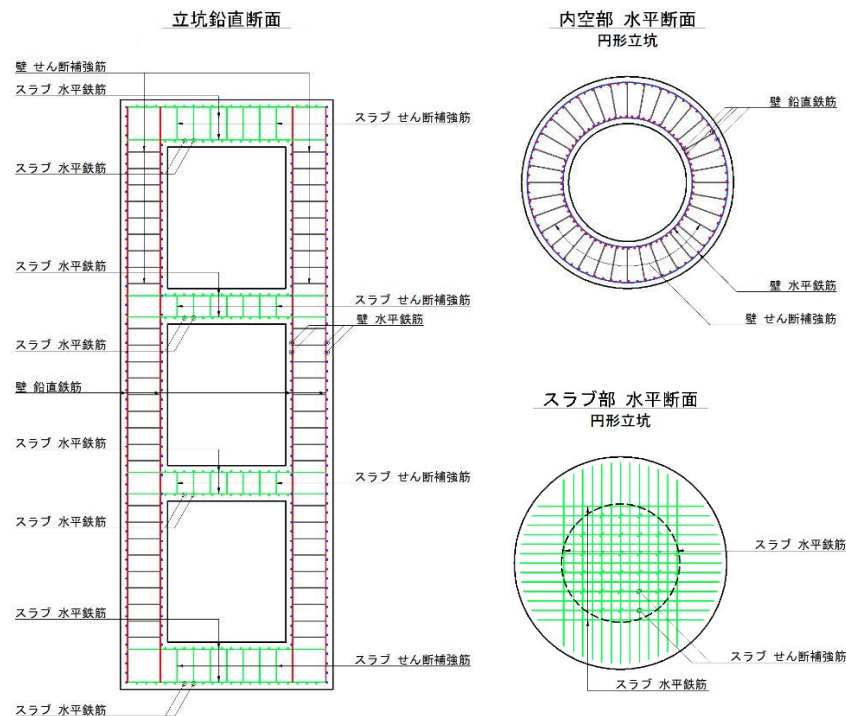


図 14.2-4 各部材評価で照査対象とする鉄筋種別概念図

表 14.2-2 各部材評価で照査対象とする鉄筋

| 部材      | 照査対象鉄筋 | 記号 | 部材評価                            | 備考 |
|---------|--------|----|---------------------------------|----|
| 壁       | 鉛直鉄筋   | —  | 立坑線形はり要素の鉛直断面設計<br>(曲げモーメント・軸力) |    |
|         | 水平鉄筋   | —  | 立坑線形はり要素の鉛直断面設計<br>(せん断力)       | *  |
|         | せん断補強筋 | —  | 水平断面の設計 (曲げモーメント・軸力)            |    |
| 底版      | 水平鉄筋   | —  | 底版の設計 (曲げモーメント)                 |    |
|         | せん断補強筋 | —  | 底版の設計 (せん断力)                    |    |
| 頂版, 中床版 | 水平鉄筋   | —  | 頂版, 中床版の設計 (曲げモーメント)            |    |
|         | せん断補強筋 | —  | 頂版, 中床版の設計 (せん断力)               |    |

注記 \* : 壁の水平鉄筋には、鉛直断面設計におけるせん断力と水平断面の設計における曲げモーメント・軸力が同時に作用するため、各々に対して必要となる鉄筋量を足し合わせた鉄筋量以上を配置する。



### 14.2.3 評価対象断面

S A用海水ピットの位置図を図 14.2-5、図 14.2-6 に示す。

S A用海水ピットは、内径約 10 m、内空高さ約 28 m の円筒形の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり、明確な弱軸断面方向は無いことから、接続する海水引込み管及び緊急用海水取水管に着目し、直交する両管路の縦断 2 方向の断面を評価対象断面とする。

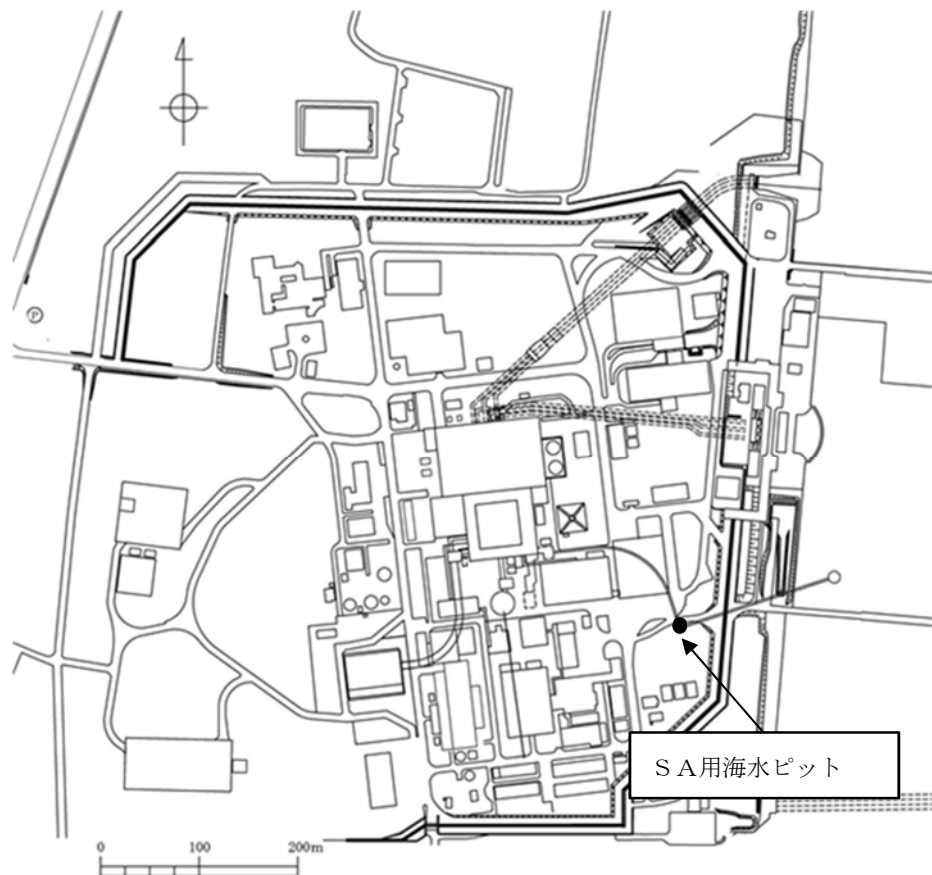


図 14.2-5 S A用海水ピット位置図（全体図）

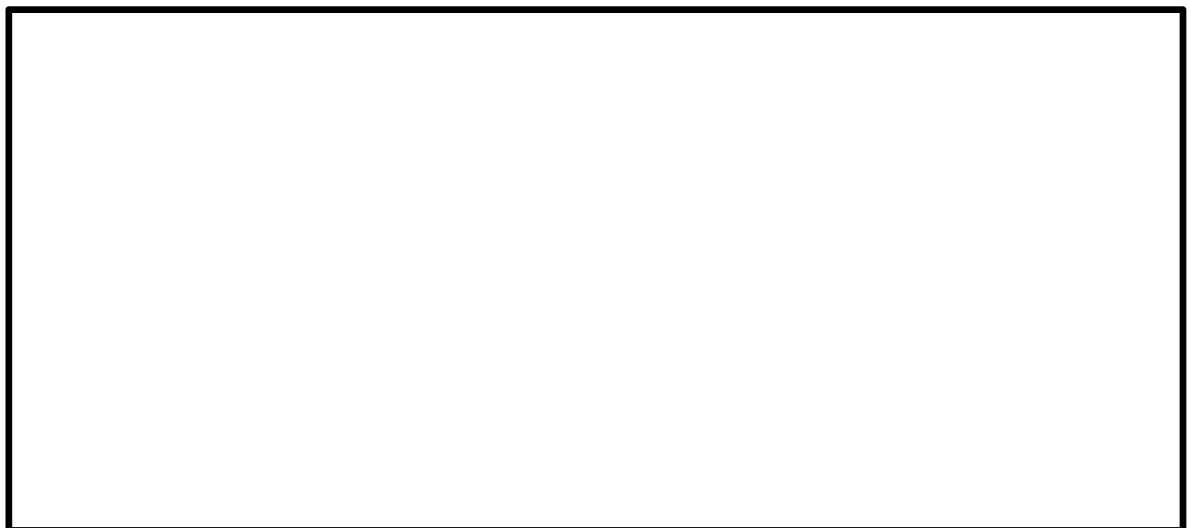


図 14.2-6 S A用海水ピット位置図(拡大図)



#### 14.2.4 評価対象断面の選定

S A用海水ピットの評価対象断面位置図を図 14.2-7 に、評価対象断面図を図 14.2-8 に、構造平面図を図 14.2-9 に、構造断面図を図 14.2-10 に示す。

評価対象断面は、「1.4.14 S A用海水ピットの断面選定の考え方」で記載したとおり、円筒状の鉄筋コンクリート構造物であり明確な弱軸断面方向がないことから、接続する海水引込み管の縦断面方向の①-①断面とそれに直交する横断面方向の②-②断面の両方向について選定して耐震評価を実施する。



図 14.2-7 S A用海水ピット 評価対象断面位置図



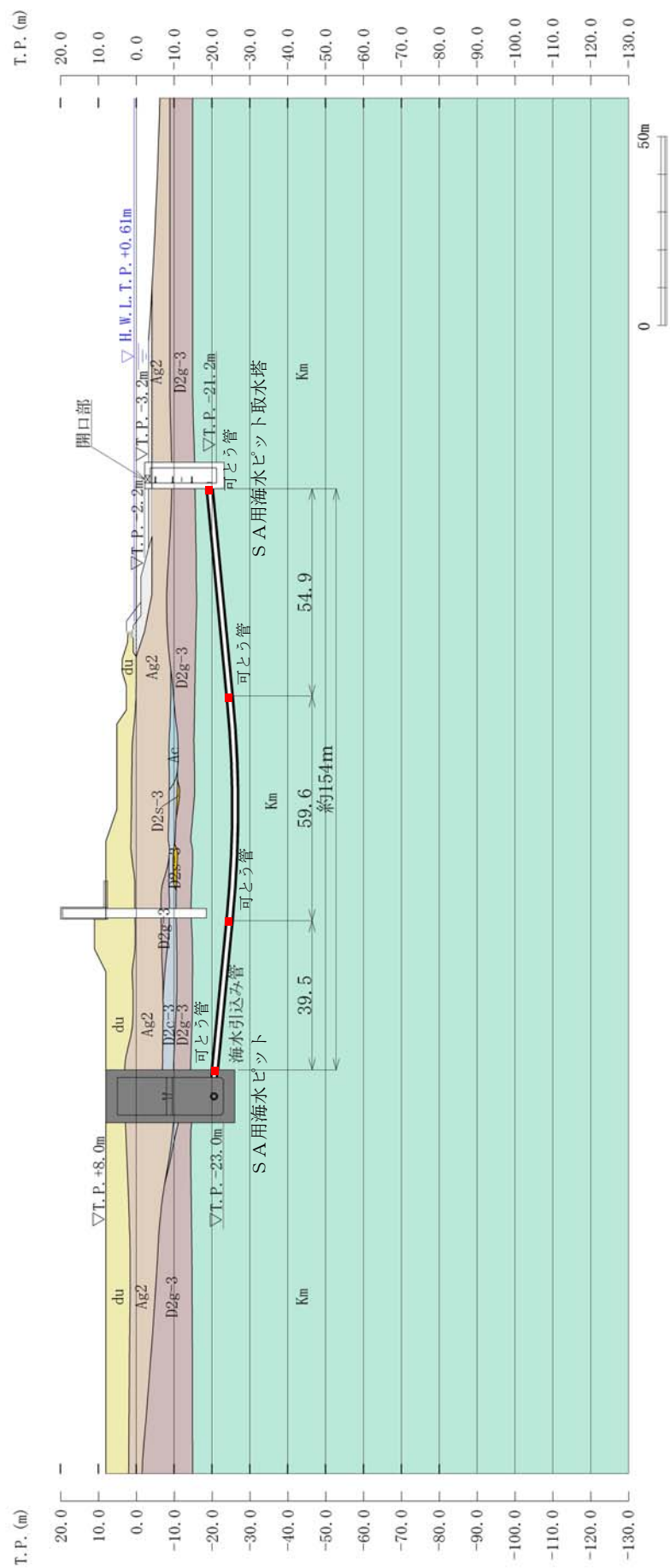


図 14.2-8 (1) SA用海水ビット 評価対象断面図 (①-①断面)



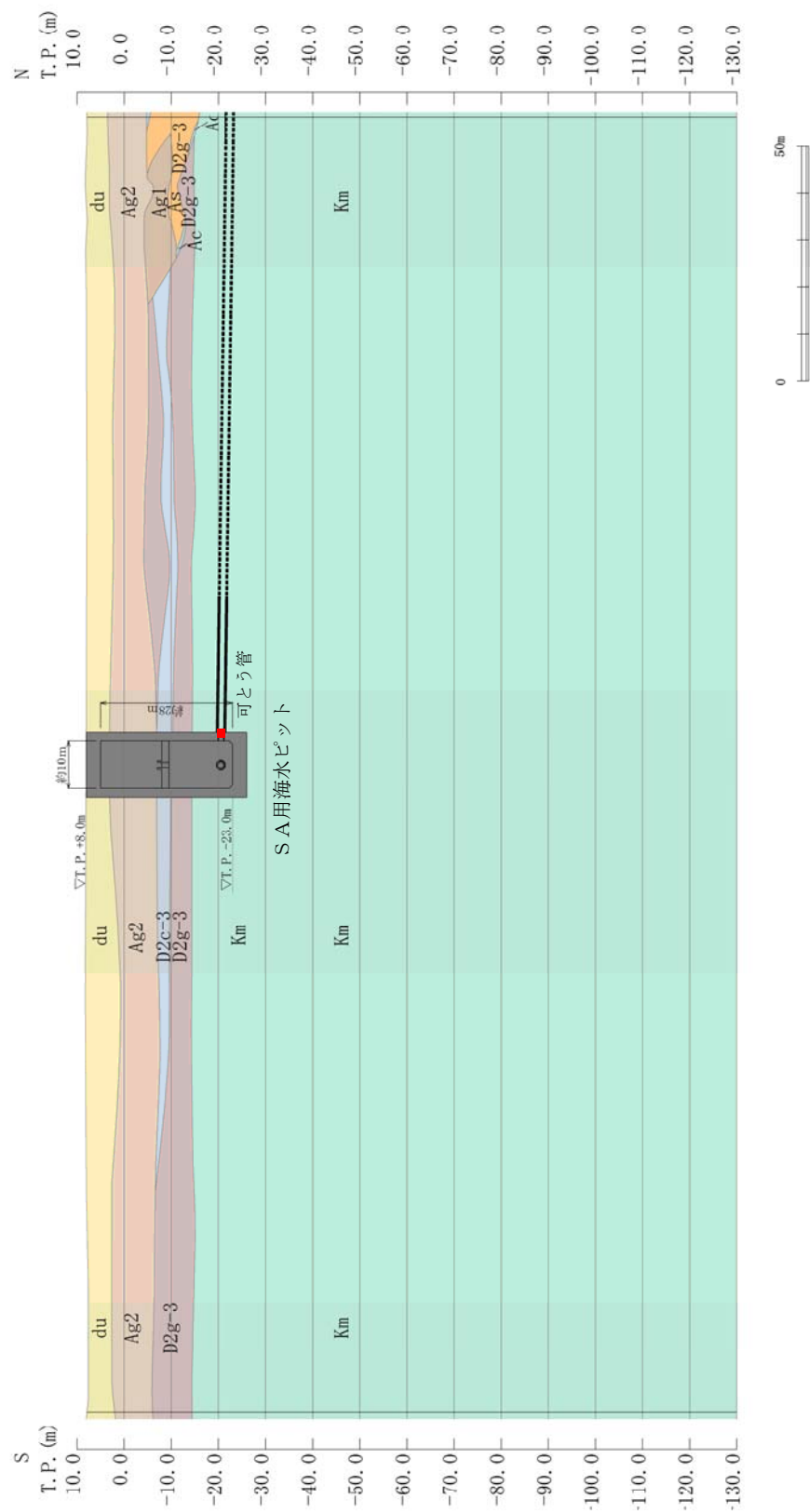
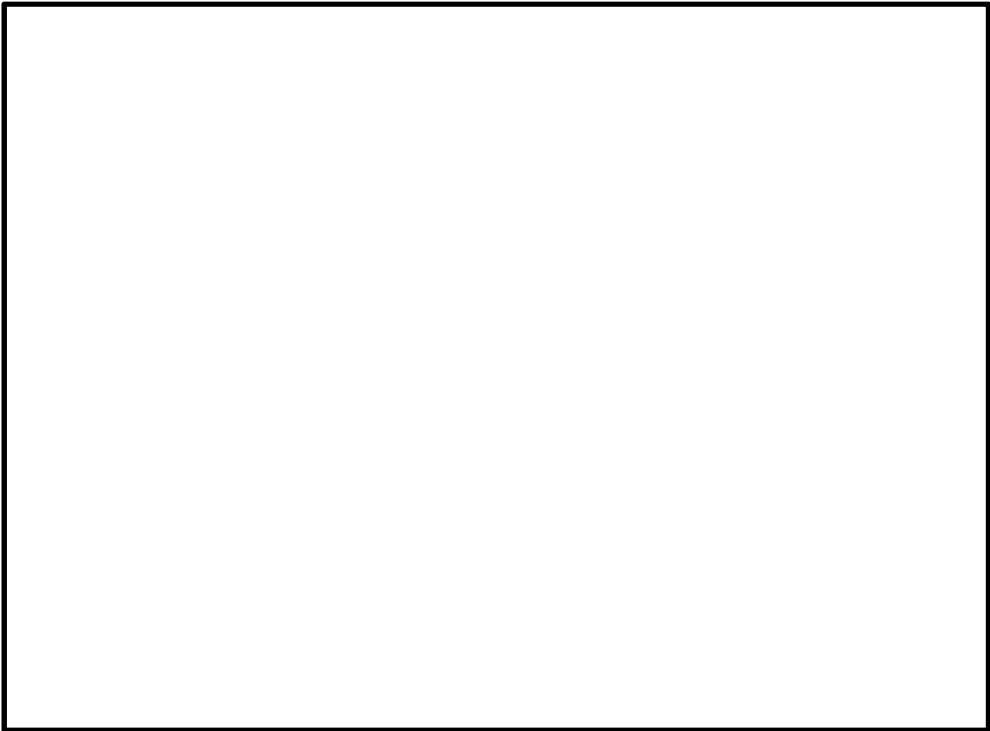


図 14.2-8 (2) SA用海水ピット 評価対象断面図 (②-②断面)





図 14.2-9 S A用海水ピット 構造平面図



注記 \* : ピットについては標準構造断面図を示す。

図 14.2-10 S A用海水ピット 構造断面図



#### 14.2.5 使用材料及び材料定数

耐震評価に用いる材料定数は、適用する規格、基準類に基づき設定する。構造物の使用材料を表 14.2-3 に、材料の物性値を表 14.2-4 に示す。

地盤の諸元は、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値を用いる。なお、地盤については、有効応力の変化に応じた地震時挙動を考慮できるモデル化とする。地盤の物性値を表 14.2-5 に示す。

表 14.2-3 使用材料

| 材料                  |        | 諸元                          |
|---------------------|--------|-----------------------------|
| S A用海水ピット           | コンクリート | 設計基準強度：40 N/mm <sup>2</sup> |
|                     | 鉄筋     | SD345, SD390, SD490         |
| 海水引込み管，<br>緊急用海水取水管 | 鋼製管    | SM570                       |

表 14.2-4 材料の物性値

| 材料       | 単位体積重量<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | ヤング係数<br>(N/mm <sup>2</sup> )     | ポアソン比             | 減衰定数<br>(%)     |
|----------|--------------------------------|-----------------------------------|-------------------|-----------------|
| 鉄筋コンクリート | 24.5 <sup>*1</sup>             | 3.1×10 <sup>4</sup> <sup>*1</sup> | 0.2 <sup>*1</sup> | 5 <sup>*2</sup> |

注記 \*1：コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（土木学会，2002 年制定）

\*2：J E A G 4 6 0 1－1987（（社）日本電気協会）



表 14.2-5 (1) 地盤の解析用物性値一覧（液状化検討対象層）

| パラメータ |                        |                |                   | 原地盤                |                    |                    |        |                    |        |                      |                    | 豊浦標準砂 |       |
|-------|------------------------|----------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------|--------------------|--------|----------------------|--------------------|-------|-------|
|       |                        |                |                   | 埋戻土                | 第四系（液状化検討対象層）      |                    |        |                    |        |                      |                    |       |       |
|       |                        |                |                   |                    | f1                 | du                 | Ag2    | As                 | Ag1    | D2s-3                | D2g-3              |       | D1g-1 |
| 物理特性  | 密度<br>（）は地下水位以浅        | $\rho$         | g/cm <sup>3</sup> | 1.98<br>(1.82)     | 1.98<br>(1.82)     | 2.01<br>(1.89)     | 1.74   | 2.01<br>(1.89)     | 1.92   | 2.15<br>(2.11)       | 2.01<br>(1.89)     | 1.958 |       |
|       | 間隙比                    | e              | —                 | 0.75               | 0.75               | 0.67               | 1.2    | 0.67               | 0.79   | 0.43                 | 0.67               | 0.702 |       |
| 変形特性  | ポアソン比                  | $\nu_{CD}$     | —                 | 0.26               | 0.26               | 0.25               | 0.26   | 0.25               | 0.19   | 0.26                 | 0.25               | 0.333 |       |
|       | 基準平均有効主応力<br>（）は地下水位以浅 | $\sigma'_{ma}$ | kN/m <sup>2</sup> | 358<br>(312)       | 358<br>(312)       | 497<br>(299)       | 378    | 814<br>(814)       | 966    | 1167<br>(1167)       | 1695<br>(1710)     | 12.6  |       |
|       | 基準初期せん断剛性<br>（）は地下水位以浅 | $G_{ma}$       | kN/m <sup>2</sup> | 253529<br>(220739) | 253529<br>(220739) | 278087<br>(167137) | 143284 | 392073<br>(392073) | 650611 | 1362035<br>(1362035) | 947946<br>(956776) | 18975 |       |
|       | 最大履歴減衰率                | $h_{max}$      | —                 | 0.220              | 0.220              | 0.233              | 0.216  | 0.221              | 0.192  | 0.130                | 0.233              | 0.287 |       |
| 強度特性  | 粘着力                    | $C_{CD}$       | N/mm <sup>2</sup> | 0                  | 0                  | 0                  | 0.012  | 0                  | 0.01   | 0                    | 0                  | 0     |       |
|       | 内部摩擦角                  | $\phi_{CD}$    | 度                 | 37.3               | 37.3               | 37.4               | 41     | 37.4               | 35.8   | 44.4                 | 37.4               | 30    |       |
| 液状化特性 | 液状化パラメータ               | $\phi_p$       | —                 | 34.8               | 34.8               | 34.9               | 38.3   | 34.9               | 33.4   | 41.4                 | 34.9               | 28    |       |
|       | 液状化パラメータ               | $S_1$          | —                 | 0.047              | 0.047              | 0.028              | 0.046  | 0.029              | 0.048  | 0.030                | 0.020              | 0.005 |       |
|       | 液状化パラメータ               | $W_1$          | —                 | 6.5                | 6.5                | 56.5               | 6.9    | 51.6               | 17.6   | 45.2                 | 10.5               | 5.06  |       |
|       | 液状化パラメータ               | $P_1$          | —                 | 1.26               | 1.26               | 9.00               | 1.00   | 12.00              | 4.80   | 8.00                 | 7.00               | 0.57  |       |
|       | 液状化パラメータ               | $P_2$          | —                 | 0.80               | 0.80               | 0.60               | 0.75   | 0.60               | 0.96   | 0.60                 | 0.50               | 0.80  |       |
|       | 液状化パラメータ               | $C_1$          | —                 | 2.00               | 2.00               | 3.40               | 2.27   | 3.35               | 3.15   | 3.82                 | 2.83               | 1.44  |       |

表 14.2-5 (2) 地盤の解析用物性値一覧（非液状化層）

| パラメータ |                        |                |                   | 原地盤        |        |                  |        |                                 |                |
|-------|------------------------|----------------|-------------------|------------|--------|------------------|--------|---------------------------------|----------------|
|       |                        |                |                   | 第四系（非液化化層） |        |                  |        | 新第三系                            | 捨石             |
|       |                        |                |                   |            |        |                  |        | Km                              |                |
|       |                        |                |                   | Ac         | D2c-3  | 1m               | D1c-1  |                                 |                |
| 物理特性  | 密度<br>（）は地下水位以浅        | $\rho$         | g/cm <sup>3</sup> | 1.65       | 1.77   | 1.47<br>(1.43)   | 1.77   | 1.72-1.03×10 <sup>-4</sup> ・z   | 2.04<br>(1.84) |
|       | 間隙比                    | e              | —                 | 1.59       | 1.09   | 2.8              | 1.09   | 1.16                            | 0.82           |
| 変形特性  | ポアソン比                  | $\nu_{CD}$     | —                 | 0.10       | 0.22   | 0.14             | 0.22   | 0.16+0.00025・z                  | 0.33           |
|       | 基準平均有効主応力<br>（）は地下水位以浅 | $\sigma'_{ma}$ | kN/m <sup>2</sup> | 480        | 696    | 249<br>(223)     | 696    | 動的変形特性に基づき<br>z（標高）毎に物性値を<br>設定 | 98             |
|       | 基準初期せん断剛性<br>（）は地下水位以浅 | $G_{ma}$       | kN/m <sup>2</sup> | 121829     | 285223 | 38926<br>(35783) | 285223 |                                 | 180000         |
|       | 最大履歴減衰率                | $h_{max}$      | —                 | 0.200      | 0.186  | 0.151            | 0.186  |                                 | 0.24           |
| 強度特性  | 粘着力                    | $C_{CD}$       | N/mm <sup>2</sup> | 0.025      | 0.026  | 0.042            | 0.026  | 0.358-0.00603・z                 | 0.02           |
|       | 内部摩擦角                  | $\phi_{CD}$    | 度                 | 29.1       | 35.6   | 27.3             | 35.6   | 23.2+0.0990・z                   | 35             |



表 14.2-5 (3) 地盤の解析用物性値一覧（新第三系 Km 層）

| 区分<br>番号 | 設定深度<br>TP (m) | 適用深度 TP (m) | 密度<br>$\rho$<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | 静ポアソン比<br>$\nu_{CD}$ | 粘着力<br>$C_{CD}$<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 内部摩擦角<br>$\phi_{CD}$<br>(°) | せん断波<br>速度Vs<br>(m/s) | 基準初期<br>せん断剛性 $G_{ma}$<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 基準体積<br>弾性係数 $K_{ma}$<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 基準平均有効<br>主応力 $\sigma'_{ma}$<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 拘束圧<br>依存係数<br>$m_5, mK$ | 最大履歴<br>減衰率<br>$\ln_{max}(-)$ | 動ポアソン比<br>$\nu_d$ | 疎密波<br>速度Vp<br>(m/s) |
|----------|----------------|-------------|--------------------------------------|----------------------|---|-----------------------------|-----------------------|--|---|--|--------------------------|-------------------------------|-------------------|----------------------|
| 1        | 10             | 9.5 ~ 10.5  | 1.72                                 | 0.16                 | 298                                     | 24.2                        | 425                   | 310,675  | 353,317                                       | 504  | 0.0                      | 0.105                         | 0.464             | 1,640                |
| 2        | 9              | 8.5 ~ 9.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 304                                     | 24.1                        | 426                   | 312,139  | 354,982                                       | 504  | 0.0                      | 0.105                         | 0.464             | 1,644                |
| 3        | 8              | 7.5 ~ 8.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 310                                     | 24.0                        | 427                   | 313,606  | 356,650                                       | 504  | 0.0                      | 0.105                         | 0.464             | 1,648                |
| 4        | 7              | 6.5 ~ 7.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 316                                     | 23.9                        | 428                   | 315,076  | 358,322                                       | 504  | 0.0                      | 0.105                         | 0.464             | 1,651                |
| 5        | 6              | 5.5 ~ 6.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 322                                     | 23.8                        | 428                   | 315,076  | 358,322                                       | 504  | 0.0                      | 0.106                         | 0.464             | 1,651                |
| 6        | 5              | 4.5 ~ 5.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 328                                     | 23.7                        | 429                   | 316,551  | 359,999                                       | 504  | 0.0                      | 0.106                         | 0.464             | 1,655                |
| 7        | 4              | 3.5 ~ 4.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 334                                     | 23.6                        | 430                   | 318,028  | 361,679                                       | 504  | 0.0                      | 0.106                         | 0.463             | 1,638                |
| 8        | 3              | 2.5 ~ 3.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 340                                     | 23.5                        | 431                   | 319,509  | 363,363                                       | 504  | 0.0                      | 0.107                         | 0.463             | 1,642                |
| 9        | 2              | 1.5 ~ 2.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 346                                     | 23.4                        | 431                   | 319,509  | 363,363                                       | 504  | 0.0                      | 0.107                         | 0.463             | 1,642                |
| 10       | 1              | 0.5 ~ 1.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 352                                     | 23.3                        | 432                   | 320,993  | 365,051                                       | 504  | 0.0                      | 0.107                         | 0.463             | 1,646                |
| 11       | 0              | -0.5 ~ 0.5  | 1.72                                 | 0.16                 | 358                                     | 23.2                        | 433                   | 322,481  | 366,743                                       | 504  | 0.0                      | 0.107                         | 0.463             | 1,650                |
| 12       | -1             | -1.5 ~ -0.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 364                                     | 23.1                        | 434                   | 323,972  | 368,439                                       | 504  | 0.0                      | 0.108                         | 0.463             | 1,653                |
| 13       | -2             | -2.5 ~ -1.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 370                                     | 23.0                        | 435                   | 325,467  | 370,139                                       | 504  | 0.0                      | 0.108                         | 0.463             | 1,657                |
| 14       | -3             | -3.5 ~ -2.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 376                                     | 22.9                        | 435                   | 325,467  | 370,139                                       | 504  | 0.0                      | 0.108                         | 0.463             | 1,657                |
| 15       | -4             | -4.5 ~ -3.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 382                                     | 22.8                        | 436                   | 326,965  | 371,843                                       | 504  | 0.0                      | 0.108                         | 0.463             | 1,661                |
| 16       | -5             | -5.5 ~ -4.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 388                                     | 22.7                        | 437                   | 328,467  | 373,551                                       | 504  | 0.0                      | 0.109                         | 0.462             | 1,644                |
| 17       | -6             | -6.5 ~ -5.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 394                                     | 22.6                        | 438                   | 329,972  | 375,262                                       | 504  | 0.0                      | 0.109                         | 0.462             | 1,648                |
| 18       | -7             | -7.5 ~ -6.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 400                                     | 22.5                        | 438                   | 329,972  | 375,262                                       | 504  | 0.0                      | 0.109                         | 0.462             | 1,648                |
| 19       | -8             | -8.5 ~ -7.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 406                                     | 22.4                        | 439                   | 331,480  | 376,977                                       | 504  | 0.0                      | 0.109                         | 0.462             | 1,652                |
| 20       | -9             | -9.5 ~ -8.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 412                                     | 22.3                        | 440                   | 332,992  | 378,697                                       | 504  | 0.0                      | 0.110                         | 0.462             | 1,656                |
| 21       | -10            | -11 ~ -9.5  | 1.72                                 | 0.16                 | 418                                     | 22.2                        | 441                   | 334,507  | 380,420                                       | 504  | 0.0                      | 0.110                         | 0.462             | 1,659                |
| 22       | -12            | -13 ~ -11   | 1.72                                 | 0.16                 | 430                                     | 22.0                        | 442                   | 336,026  | 382,147                                       | 504  | 0.0                      | 0.110                         | 0.462             | 1,663                |
| 23       | -14            | -15 ~ -13   | 1.72                                 | 0.16                 | 442                                     | 21.8                        | 444                   | 339,074  | 385,614                                       | 504  | 0.0                      | 0.111                         | 0.462             | 1,671                |
| 24       | -16            | -17 ~ -15   | 1.72                                 | 0.16                 | 454                                     | 21.6                        | 445                   | 340,603  | 387,352                                       | 504  | 0.0                      | 0.111                         | 0.461             | 1,654                |
| 25       | -18            | -19 ~ -17   | 1.72                                 | 0.16                 | 467                                     | 21.4                        | 447                   | 343,671  | 390,842                                       | 504  | 0.0                      | 0.112                         | 0.461             | 1,662                |
| 26       | -20            | -21 ~ -19   | 1.72                                 | 0.16                 | 479                                     | 21.2                        | 448                   | 345,211  | 392,593                                       | 504  | 0.0                      | 0.112                         | 0.461             | 1,665                |
| 27       | -22            | -23 ~ -21   | 1.72                                 | 0.15                 | 491                                     | 21.0                        | 450                   | 348,300  | 381,471                                       | 498  | 0.0                      | 0.112                         | 0.461             | 1,673                |
| 28       | -24            | -25 ~ -23   | 1.72                                 | 0.15                 | 503                                     | 20.8                        | 452                   | 351,403  | 384,870                                       | 498  | 0.0                      | 0.113                         | 0.461             | 1,680                |
| 29       | -26            | -27 ~ -25   | 1.72                                 | 0.15                 | 515                                     | 20.6                        | 453                   | 352,959  | 386,574                                       | 498  | 0.0                      | 0.113                         | 0.460             | 1,664                |
| 30       | -28            | -29 ~ -27   | 1.72                                 | 0.15                 | 527                                     | 20.4                        | 455                   | 356,083  | 389,996                                       | 498  | 0.0                      | 0.114                         | 0.460             | 1,672                |
| 31       | -30            | -31 ~ -29   | 1.72                                 | 0.15                 | 539                                     | 20.2                        | 456                   | 357,650  | 391,712                                       | 498  | 0.0                      | 0.114                         | 0.460             | 1,675                |
| 32       | -32            | -33 ~ -31   | 1.72                                 | 0.15                 | 551                                     | 20.0                        | 458                   | 360,794  | 395,155                                       | 498  | 0.0                      | 0.115                         | 0.460             | 1,683                |
| 33       | -34            | -35 ~ -33   | 1.72                                 | 0.15                 | 563                                     | 19.8                        | 459                   | 362,371  | 396,883                                       | 498  | 0.0                      | 0.115                         | 0.459             | 1,667                |
| 34       | -36            | -37 ~ -35   | 1.72                                 | 0.15                 | 575                                     | 19.6                        | 461                   | 365,536  | 400,349                                       | 498  | 0.0                      | 0.115                         | 0.459             | 1,675                |
| 35       | -38            | -39 ~ -37   | 1.72                                 | 0.15                 | 587                                     | 19.4                        | 462                   | 367,124  | 402,088                                       | 498  | 0.0                      | 0.116                         | 0.459             | 1,678                |
| 36       | -40            | -41 ~ -39   | 1.72                                 | 0.15                 | 599                                     | 19.2                        | 464                   | 370,309  | 405,577                                       | 498  | 0.0                      | 0.116                         | 0.459             | 1,685                |
| 37       | -42            | -43 ~ -41   | 1.72                                 | 0.15                 | 611                                     | 19.0                        | 465                   | 371,907  | 407,327                                       | 498  | 0.0                      | 0.117                         | 0.459             | 1,689                |
| 38       | -44            | -45 ~ -43   | 1.72                                 | 0.15                 | 623                                     | 18.8                        | 467                   | 375,113  | 410,838                                       | 498  | 0.0                      | 0.117                         | 0.458             | 1,678                |
| 39       | -46            | -47 ~ -45   | 1.72                                 | 0.15                 | 635                                     | 18.6                        | 468                   | 376,721  | 412,599                                       | 498  | 0.0                      | 0.117                         | 0.458             | 1,681                |
| 40       | -48            | -49 ~ -47   | 1.72                                 | 0.15                 | 647                                     | 18.4                        | 470                   | 379,948  | 416,134                                       | 498  | 0.0                      | 0.118                         | 0.458             | 1,688                |
| 41       | -50            | -51 ~ -49   | 1.73                                 | 0.15                 | 660                                     | 18.3                        | 472                   | 385,416  | 422,122                                       | 498  | 0.0                      | 0.118                         | 0.458             | 1,696                |
| 42       | -52            | -53 ~ -51   | 1.73                                 | 0.15                 | 672                                     | 18.1                        | 473                   | 387,051  | 423,913                                       | 498  | 0.0                      | 0.118                         | 0.458             | 1,699                |
| 43       | -54            | -55 ~ -53   | 1.73                                 | 0.15                 | 684                                     | 17.9                        | 475                   | 390,331  | 427,505                                       | 498  | 0.0                      | 0.118                         | 0.457             | 1,688                |
| 44       | -56            | -57 ~ -55   | 1.73                                 | 0.15                 | 696                                     | 17.7                        | 476                   | 391,976  | 429,307                                       | 498  | 0.0                      | 0.119                         | 0.457             | 1,692                |
| 45       | -58            | -59 ~ -57   | 1.73                                 | 0.15                 | 708                                     | 17.5                        | 478                   | 395,277  | 432,922                                       | 498  | 0.0                      | 0.119                         | 0.457             | 1,699                |
| 46       | -60            | -61 ~ -59   | 1.73                                 | 0.15                 | 720                                     | 17.3                        | 479                   | 396,933  | 434,736                                       | 498  | 0.0                      | 0.120                         | 0.457             | 1,702                |
| 47       | -62            | -63 ~ -61   | 1.73                                 | 0.14                 | 732                                     | 17.1                        | 481                   | 400,255  | 422,491                                       | 492  | 0.0                      | 0.120                         | 0.457             | 1,709                |
| 48       | -64            | -65 ~ -63   | 1.73                                 | 0.14                 | 744                                     | 16.9                        | 482                   | 401,921  | 424,250                                       | 492  | 0.0                      | 0.120                         | 0.456             | 1,695                |
| 49       | -66            | -67 ~ -65   | 1.73                                 | 0.14                 | 756                                     | 16.7                        | 484                   | 405,263  | 427,778                                       | 492  | 0.0                      | 0.120                         | 0.456             | 1,702                |
| 50       | -68            | -69 ~ -67   | 1.73                                 | 0.14                 | 768                                     | 16.5                        | 485                   | 406,939  | 429,547                                       | 492  | 0.0                      | 0.121                         | 0.456             | 1,705                |
| 51       | -70            | -71 ~ -69   | 1.73                                 | 0.14                 | 780                                     | 16.3                        | 487                   | 410,302  | 433,097                                       | 492  | 0.0                      | 0.121                         | 0.456             | 1,712                |
| 52       | -72            | -73 ~ -71   | 1.73                                 | 0.14                 | 792                                     | 16.1                        | 489                   | 413,679  | 436,661                                       | 492  | 0.0                      | 0.121                         | 0.456             | 1,719                |
| 53       | -74            | -75 ~ -73   | 1.73                                 | 0.14                 | 804                                     | 15.9                        | 490                   | 415,373  | 438,449                                       | 492  | 0.0                      | 0.122                         | 0.455             | 1,705                |
| 54       | -76            | -77 ~ -75   | 1.73                                 | 0.14                 | 816                                     | 15.7                        | 492                   | 418,771  | 442,036                                       | 492  | 0.0                      | 0.122                         | 0.455             | 1,712                |
| 55       | -78            | -79 ~ -77   | 1.73                                 | 0.14                 | 828                                     | 15.5                        | 493                   | 420,475  | 443,835                                       | 492  | 0.0                      | 0.122                         | 0.455             | 1,716                |
| 56       | -80            | -81 ~ -79   | 1.73                                 | 0.14                 | 840                                     | 15.3                        | 495                   | 423,893  | 447,443                                       | 492  | 0.0                      | 0.122                         | 0.455             | 1,723                |
| 57       | -82            | -85 ~ -81   | 1.73                                 | 0.14                 | 852                                     | 15.1                        | 496                   | 425,608  | 449,253                                       | 492  | 0.0                      | 0.123                         | 0.455             | 1,726                |
| 58       | -88            | -90 ~ -85   | 1.73                                 | 0.14                 | 889                                     | 14.5                        | 501                   | 434,232  | 458,356                                       | 492  | 0.0                      | 0.124                         | 0.454             | 1,726                |
| 59       | -92            | -95 ~ -90   | 1.73                                 | 0.14                 | 913                                     | 14.1                        | 504                   | 439,448  | 463,862                                       | 492  | 0.0                      | 0.124                         | 0.454             | 1,736                |
| 60       | -98            | -101 ~ -95  | 1.73                                 | 0.14                 | 949                                     | 13.5                        | 509                   | 448,210  | 473,111                                       | 492  | 0.0                      | 0.125                         | 0.453             | 1,736                |
| 61       | -104           | -108 ~ -101 | 1.73                                 | 0.13                 | 985                                     | 12.9                        | 513                   | 455,282  | 463,485                                       | 486  | 0.0                      | 0.126                         | 0.452             | 1,733                |
| 62       | -112           | -115 ~ -108 | 1.73                                 | 0.13                 | 1,033                                   | 12.1                        | 519                   | 465,995  | 474,391                                       | 486  | 0.0                      | 0.127                         | 0.451             | 1,737                |
| 63       | -118           | -122 ~ -115 | 1.73                                 | 0.13                 | 1,070                                   | 11.5                        | 524                   | 475,016  | 483,575                                       | 486  | 0.0                      | 0.127                         | 0.451             | 1,754                |
| 64       | -126           | -130 ~ -122 | 1.73                                 | 0.13                 | 1,118                                   | 10.7                        | 530                   | 485,957  | 494,713                                       | 486  | 0.0                      | 0.128                         | 0.450             | 1,758                |



#### 14.2.6 評価構造物諸元

許容応力度による照査を行う S A 用海水ピットの諸元を表 14.2-6 に示す。また、評価部位を図 14.2-11 に示す。

表 14.2-6 評価構造物諸元

| 部 位 |    | 仕 様    |        | 材 料                                   |       | 機 能 要 求           |
|-----|----|--------|--------|---------------------------------------|-------|-------------------|
|     |    | 部材幅    | 部材高    | コンクリート                                | 鉄筋    |                   |
|     |    | (m)    | (m)    | f' <sub>ck</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) |       |                   |
| 頂版  | 梁1 | 3. 200 | 3. 000 | 40                                    | SD390 | 非常時における海水の通水機能の確保 |
|     |    |        |        |                                       | SD490 |                   |
|     | 梁2 | 1. 300 | 3. 000 | 40                                    | SD390 |                   |
|     |    |        |        |                                       | SD490 |                   |
| 中床板 |    | 1. 000 | 1. 500 | 40                                    | SD390 |                   |
|     |    |        |        |                                       | SD490 |                   |
| 底板  |    | 1. 000 | 3. 000 | 40                                    | SD390 |                   |
|     |    |        |        |                                       | SD490 |                   |
| 側壁  |    | 1. 000 | 2. 000 | 40                                    | SD390 |                   |
|     |    |        |        |                                       | SD490 |                   |

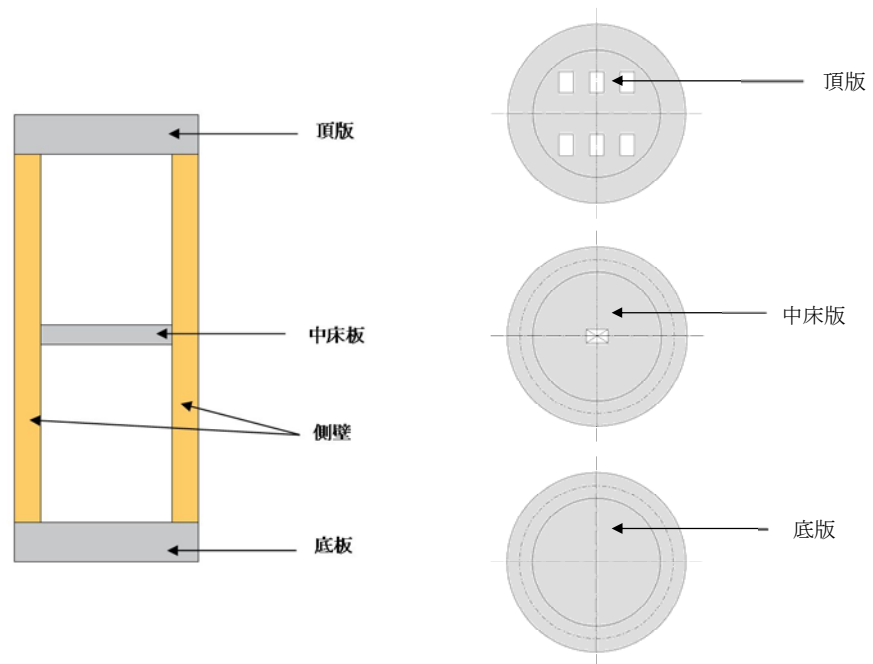


図 14.2-11 評価部位

#### 14.2.7 地下水位

地下水位は地表面として設定する。

#### 14.2.8 地震応答解析手法

S A 用海水ピットの地震応答解析は、地盤と構造物の相互作用を考慮できる 2 次元有限要素法を用いて、基準地震動  $S_s$  に基づき設定した水平地震動と鉛直地震動の同時加振による逐次時間積分の時刻歴応答解析にて行う。部材については、線形はり要素を用



いることとする。また地盤については、有効応力の変化に応じた地震時挙動を考慮できるようにモデル化する。地震応答解析については、解析コード「FLIP Ver. 7.3.0\_2」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、V-5-10「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

地震応答解析手法の選定フローを図 14.2-12 に示す。

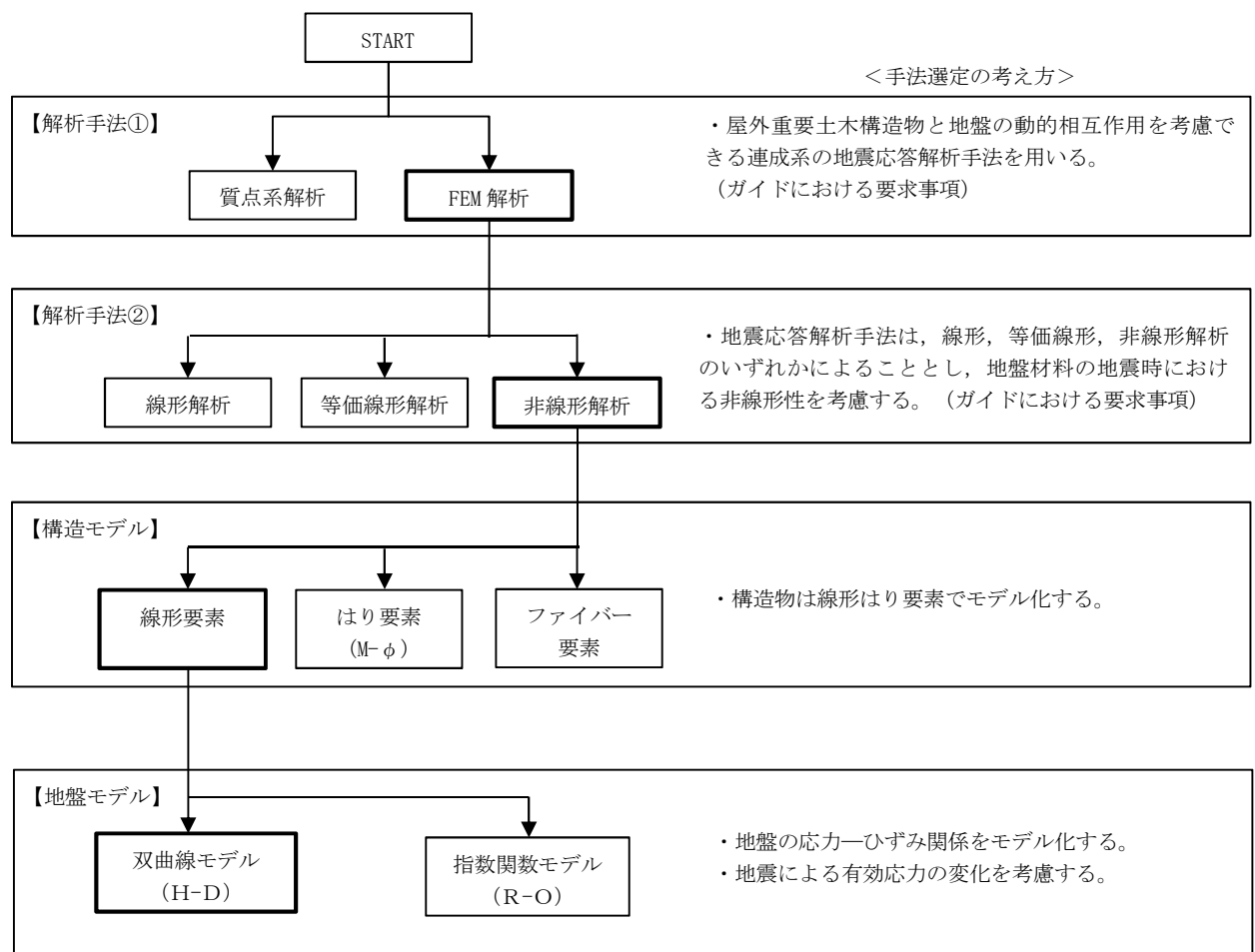


図 14.2-12 地震応答解析手法の選定フロー

地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線の構成則を有効応力解析へ適用する際は、地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線に関するせん断ひずみ及び有効応力の変化に応じた特徴を適切に表現できるモデルを用いる必要がある。

一般に、地盤は荷重を与えることによりせん断ひずみを増加させていくと、地盤のせん断応力は上限値に達し、それ以上はせん断応力が増加しなくなる特徴がある。また、地盤のせん断応力の上限値は有効応力に応じて変化する特徴がある。

よって、耐震評価における有効応力解析では、地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線の構成則として、地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線に関するせん断ひずみ及び有効応力の変化に応じたこれら 2 つの特徴を表現できる双曲線モデル（H-D モデル）を選定する。



#### 14.2.9 解析モデルの設定

##### (1) 解析モデル領域

地震応答解析モデル領域は、境界条件の影響が地盤及び構造物の応力状態に影響を及ぼさないよう、十分広い領域とする。具体的には、J E A G 4 6 0 1-1987 を参考に、図 14.2-13 に示すとおりモデル幅を構造物基礎幅の 5 倍以上、構造物下端からモデル下端までの高さを構造物幅の 2 倍以上確保する。なお、解析モデルの境界条件は、側方における波動の反射の影響を低減するとともに、下方への波動の逸散を考慮するために、側面及び底面ともに粘性境界とする。

地盤の要素分割については、波動をなめらかに表現するために、最大周波数 20 Hz 及びせん断波速度  $V_s$  で算定される波長の 5 又は又は 4 分割、すなわち  $V_s/100$  又は  $V_s/80$  を考慮し、要素高さを 1 m 程度まで細分割して設定する。構造物の要素分割については、「原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・同マニュアル」（土木学会原子力土木委員会，2002 年 5 月）に、線材モデルの要素分割については、要素長さを部材の断面厚さ又は有効高さの 2.0 倍以下とし、1.0 倍程度とするのが良い旨が示されていることを考慮し、部材の断面厚さ又は有効高さの 1.0 倍程度まで細分割して設定する。

この図で示される 2 次元有効応力解析モデルは、検討対象構造物とその周辺の地盤をモデル化した不整形地盤に加え、この不整形地盤の左右に広がる地盤をモデル化した自由地盤で構成される。この自由地盤は、不整形地盤の左右端と同じ地層構成を持つ 1 次元地盤モデル（不整形地盤左右端のそれぞれ縦 1 列の要素列と同じ構造で、水平方向に連続することを表現するために循環境界条件を設定したモデル）である。2 次元有効応力解析における自由地盤の初期応力解析から不整形地盤の地震応答解析までのフローを図 14.2-14 に示す。

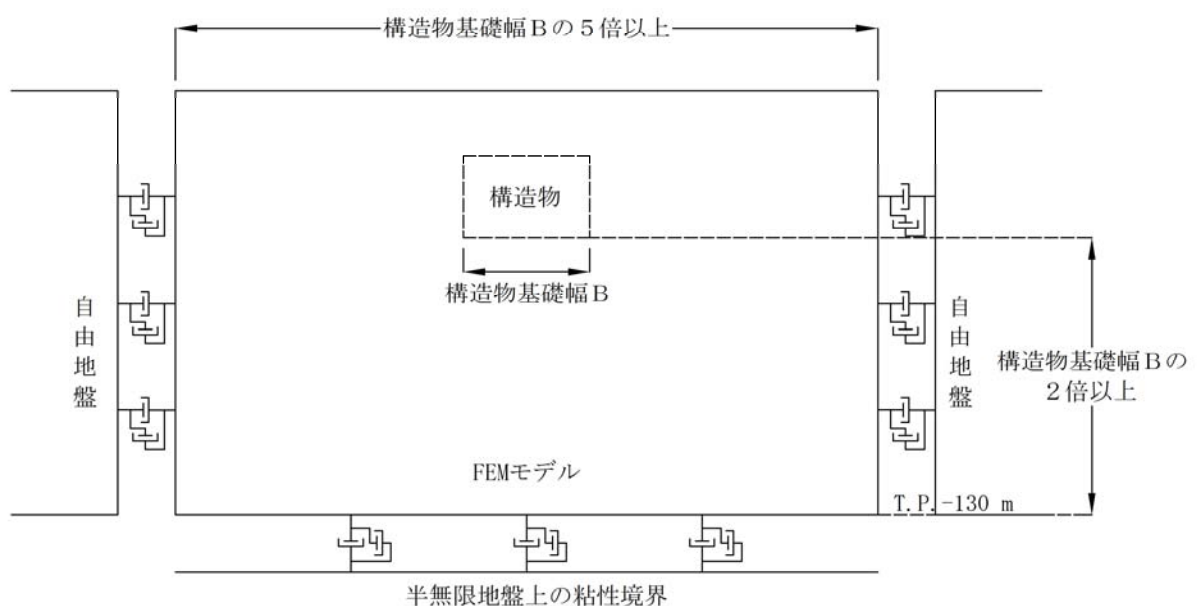


図 14.2-13 解析モデル領域の考え方



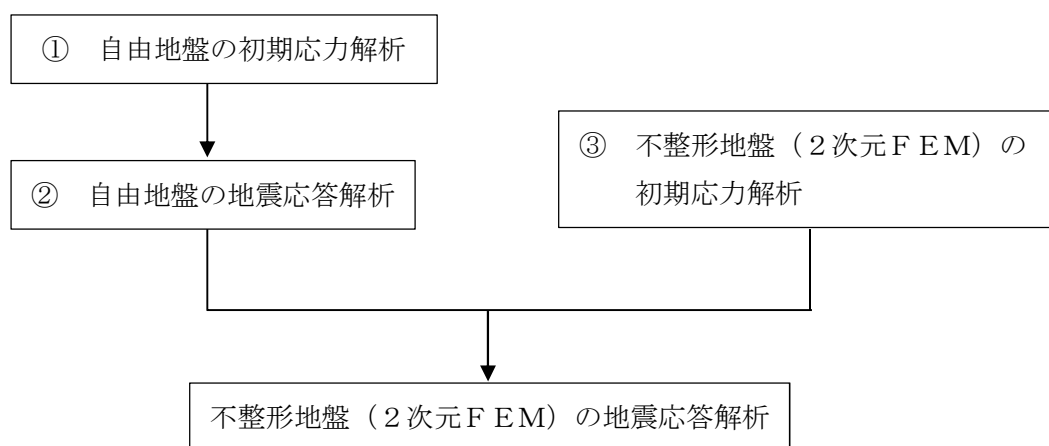


図 14.2-14 自由地盤の初期応力解析から不整形地盤（2次元FEM）の地震応答解析までのフロー



## (2) 境界条件

### a. 固有値解析時

固有値解析を実施する際の境界条件は、境界が構造物を含めた周辺地盤の振動特性に影響を与えないよう設定する。ここで、底面境界は地盤のせん断方向の卓越変形モードを把握するために固定とし、側面は実地盤が側方に連続していることを模擬するため水平ローラーとする。境界条件の概念図を図 14. 2-15 に示す。

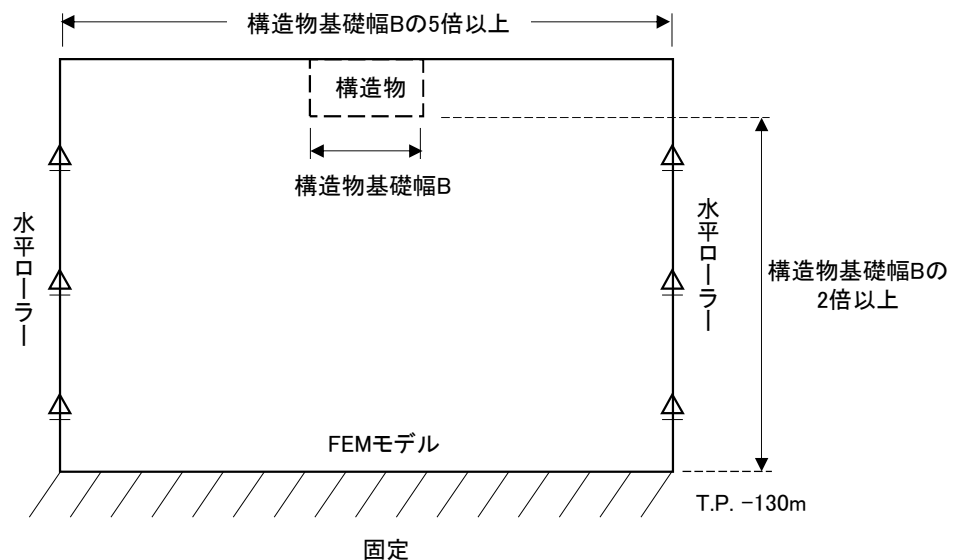


図 14. 2-15 固有値解析における境界条件の概念図

### b. 初期応力解析時

初期応力解析は、地盤や構造物の自重及び風荷重等の静的な荷重を載荷することによる常時の初期応力を算定するために行う。そこで、初期応力解析時の境界条件は底面固定とし、側方は自重による地盤の鉛直方向の変形を拘束しないよう鉛直ローラーとする。境界条件の概念図を図 14. 2-16 に示す。

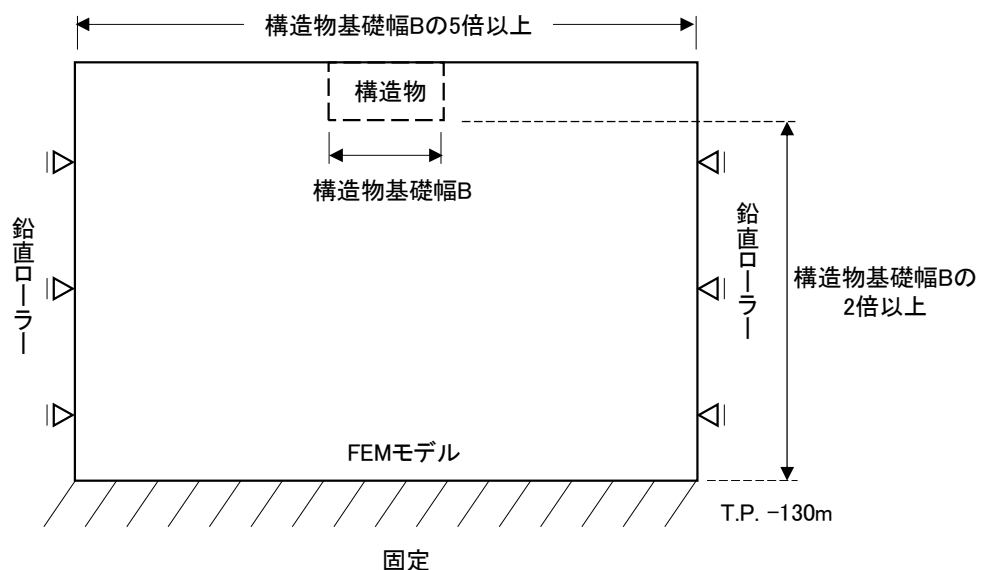


図 14. 2-16 常時解析における境界条件の概念図



c. 地震応答解析時

地震応答解析時の境界条件については、有限要素解析における半無限地盤を模擬するため、粘性境界を設ける。底面の粘性境界については、地震動の下降波がモデル底面境界から半無限地盤へ通過していく状態を模擬するため、ダッシュポットを設定する。側方の粘性境界については、自由地盤の地盤振動と不成形地盤側方の地盤振動の差分が側方を通過していく状態を模擬するため、自由地盤の側方にダッシュポットを設定する。

S A用海水ピットの地震応答解析モデルを図 14.2-17 に示す。



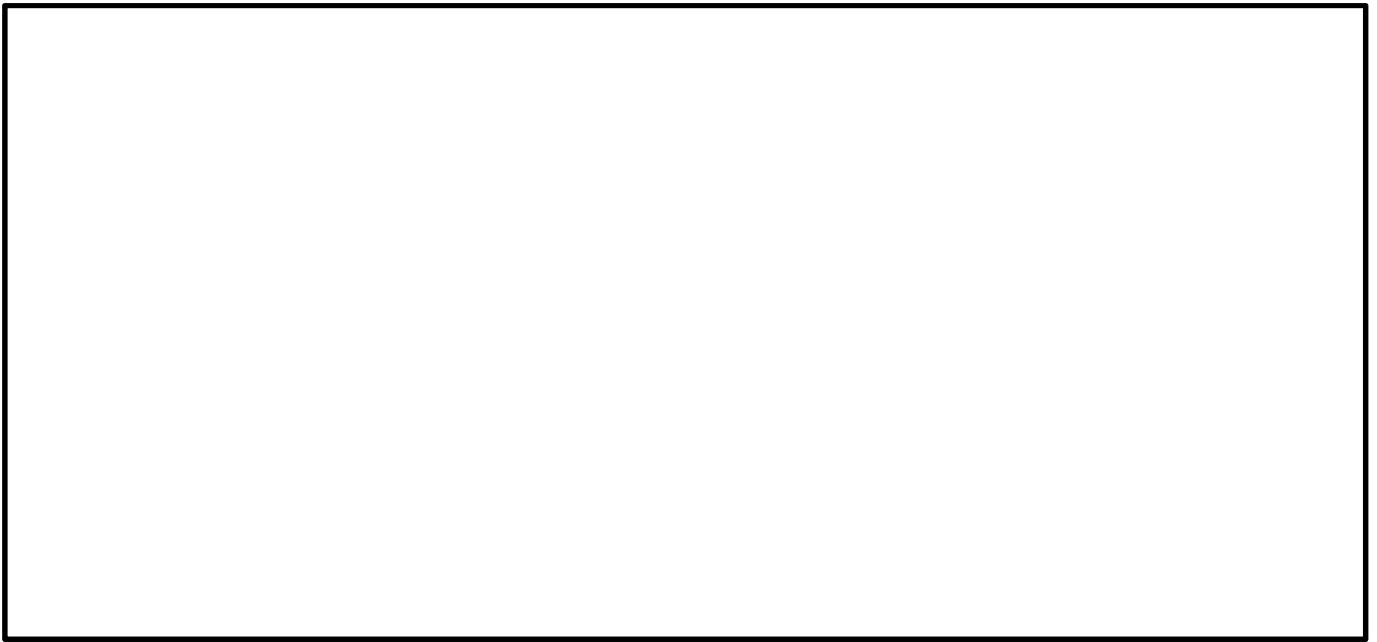


図 14.2-17 (1) S A用海水ピットの地震応答解析モデル全体図 (①-①断面)

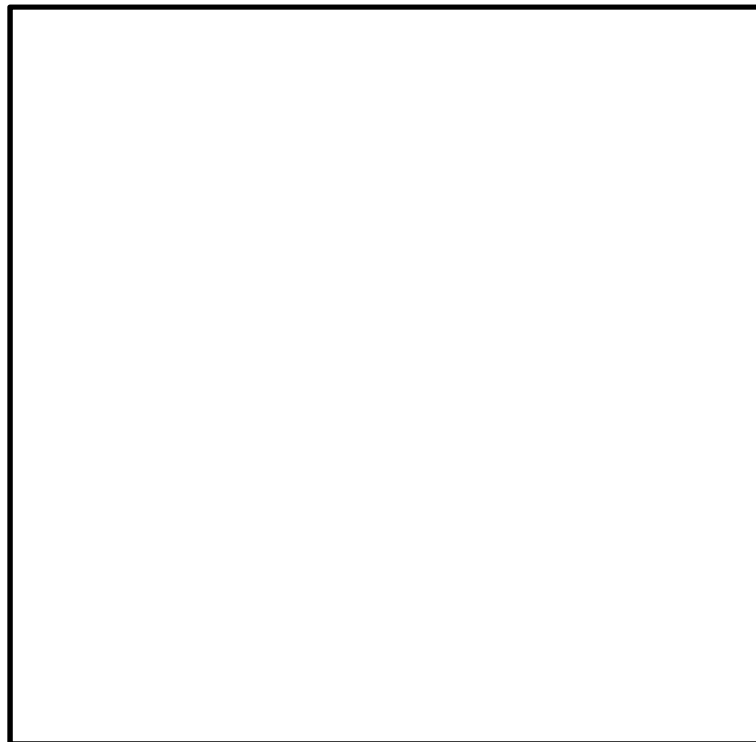


図 14.2-17 (2) S A用海水ピットの地震応答解析モデル拡大図 (①-①断面)



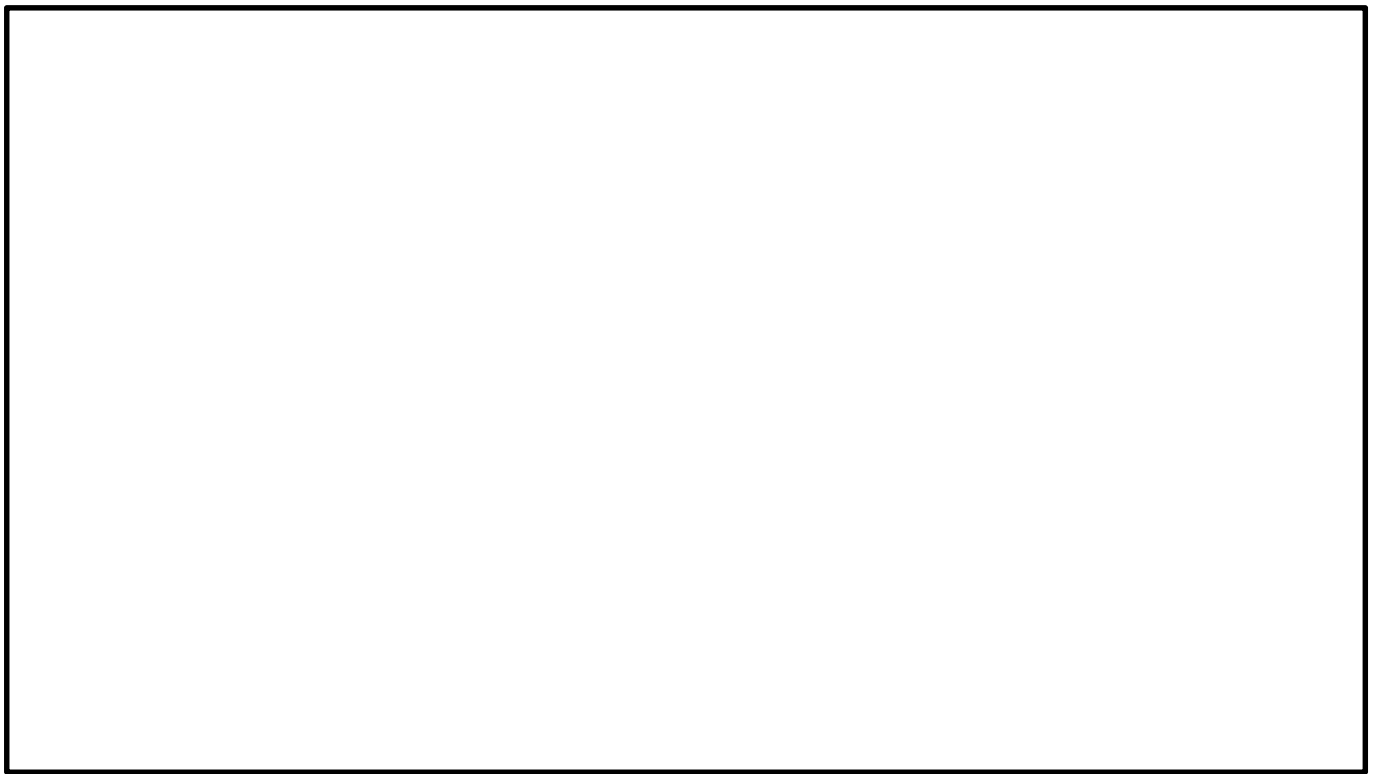


図 14.2-17 (3) S A用海水ピットの地震応答解析モデル全体図 (②-②断面)

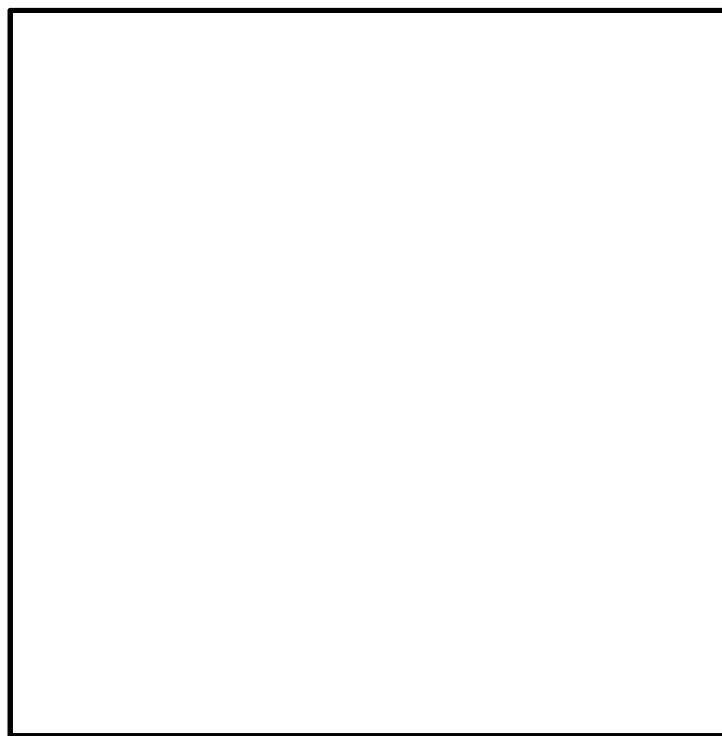


図 14.2-17 (4) S A用海水ピットの地震応答解析モデル拡大図 (②-②断面)



## (2) 構造物のモデル化

構造部材は線形はり要素でモデル化する。S A用海水ピットの質量は、各節点に質量としてモデル化する。

なお、①－①断面において、複数の構造物を同時にモデル化する際の奥行き幅は、S A用海水ピットと等価な平面積を有する正方形の1辺長を基準奥行きとして各構造物の断面性能を換算する。

S A用海水ピットの構造部材は、ピット中心位置での鉛直はり要素に縮合してモデル化し、立坑高さ方向の形状（頂版、中床版、底版）に応じた断面諸量（断面積A、断面2次モーメントI）を設定する。ピットの壁軸周長約37 m、壁厚2.0 mに対して開口部は1.2 mと小さい。また、海水取水管と海水引込み管とは岩盤内で接合し、開口部には適切な開口補強を実施することから、2次元有効応力解析では開口部の剛性低下を考慮せずモデル化する。

S A用海水ピットの解析モデル概念図を図14.2-18に示す。

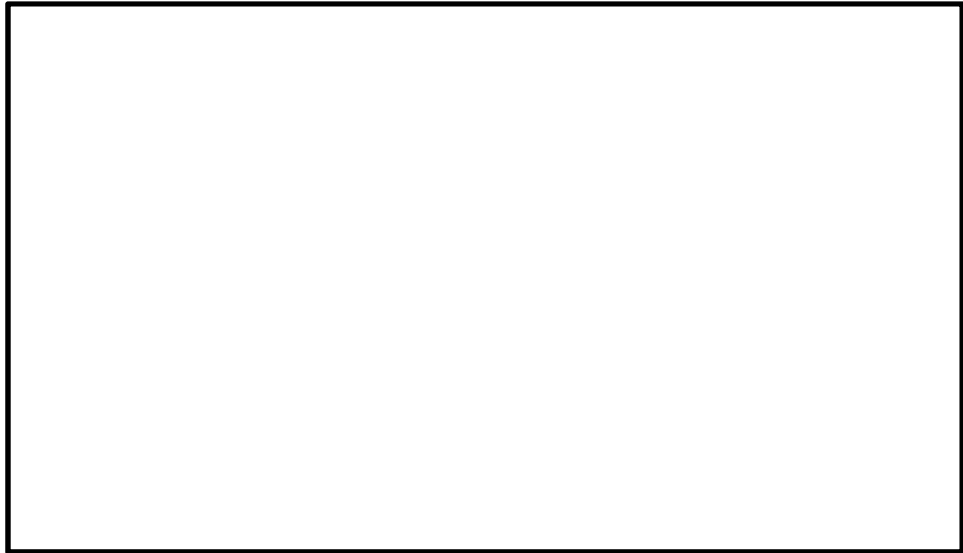


図 14.2-18 S A用海水ピットの解析モデル概念図

## (3) 地盤のモデル化

地盤は、マルチスプリング要素及び間隙水圧要素にてモデル化し、地震時の有効応力の変化に応じた非線形せん断応力～せん断ひずみ関係を考慮する。

## (4) ジョイント要素の設定

地盤と構造体の接合面にジョイント要素を設けることにより、強震時の地盤と構造体の接合面における剥離及びすべりを考慮する。

ジョイント要素は、地盤と構造体の接合面で法線方向及びせん断方向に対して設定する。法線方向については、常時状態以上の引張荷重が生じた場合、剛性及び応力をゼロとし、剥離を考慮する。せん断方向については、地盤と構造体の接合面におけるせん断抵抗力以上のせん断荷重が生じた場合、せん断剛性をゼロとし、すべりを考慮する。図14.2-19



に，ジョイント要素の考え方を示す。

なお，せん断強度  $\tau_f$  は次式の Mohr-Coulomb 式により規定される。 $c$ ， $\phi$  は周辺地盤の  $c$ ， $\phi$  とする。（表 14.2-7 参照）

$$\tau_f = c + \sigma' \tan \phi$$

ここで，

$\tau_f$  : せん断強度

$c$  : 粘着力

$\phi$  : 内部摩擦角

表 14.2-7 周辺地盤との境界に用いる強度特性

| 周辺の状況 |         | 粘着力 $c$ (N/mm <sup>2</sup> )  | 内部摩擦角 $\phi$ (°)               | 備考 |
|-------|---------|-------------------------------|--------------------------------|----|
| 第四紀層  | du 層    | 0                             | 37.3                           | —  |
|       | Ag2 層   | 0                             | 37.4                           | —  |
|       | D2c-3 層 | 0.026                         | 35.6                           | —  |
|       | D2g-3 層 | 0                             | 44.4                           | —  |
| 新第三系  | Km 層    | $c = 0.358 - 0.00603 \cdot z$ | $\phi = 23.2 + 0.0990 \cdot z$ | —  |

$z$  : 標高 (m)

ジョイント要素のバネ定数は，数値計算上の不安定挙動を起こさない程度に十分大きい値として，港湾構造物設計事例集（沿岸技術研究センター）に従い，表 14.2-8 のとおり設定する。図 14.2-19 にジョイント要素の設定の考え方を示す。

表 14.2-8 ジョイント要素のバネ定数

|        | せん断剛性 $k_s$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | 圧縮剛性 $k_n$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) |
|--------|-------------------------------------|------------------------------------|
| 側方及び底面 | $1.0 \times 10^6$                   | $1.0 \times 10^6$                  |



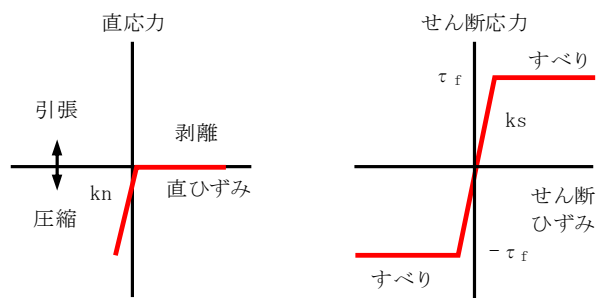
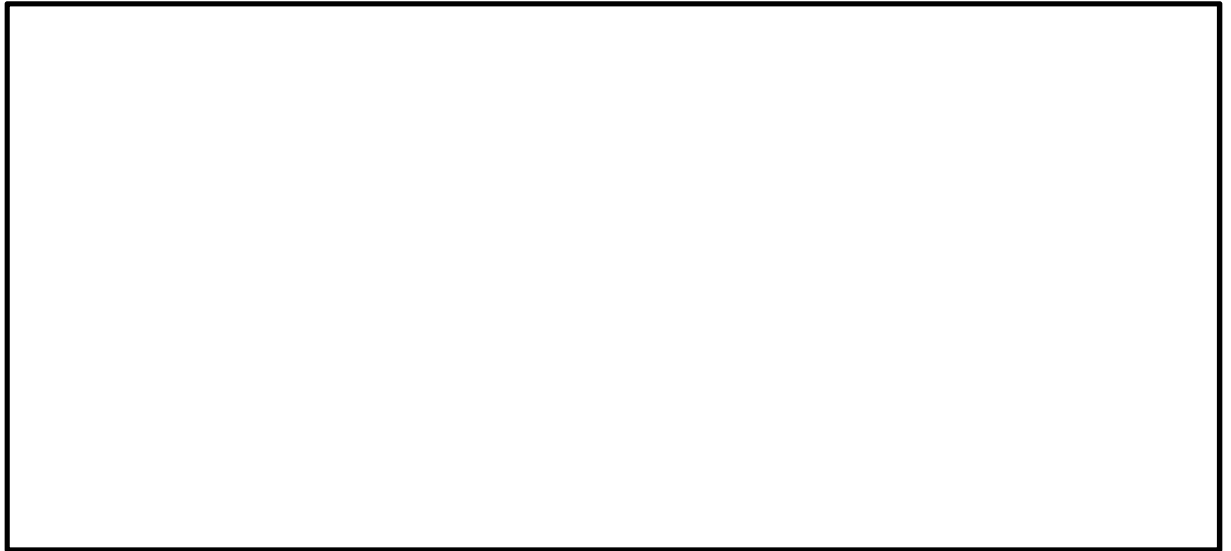


図 14.2-19 ジョイント要素の考え方



#### 14.2.10 減衰定数

動的解析における地盤及び構造物の減衰については、固有値解析にて求まる固有周期及び減衰比に基づき、質量マトリックス及び剛性マトリックスの線形結合で表される以下の Rayleigh 減衰にて与える。なお、Rayleigh 減衰を  $\alpha=0$  とする剛性比例型減衰とする。

有効応力解析では、時系列で地盤の 1 次固有振動数が低振動数側へシフトして行くことから、Rayleigh 減衰の係数  $\alpha$ 、 $\beta$  の両方を用いると、質量比例項の減衰  $\alpha$  [M] の影響により、有効応力解析における減衰定数が低振動数帯で過減衰となる場合がある。

一方、有効応力解析における低振動数帯で減衰  $\alpha$  [M] の影響がない剛性比例型減衰では、地盤の 1 次固有振動数が時系列で低振動数側へシフトしていくのに伴い、1 次固有振動モードに対する減衰定数が初期減衰定数より保守的に小さい側へ変化していくことを考慮できる。

ゆえに、有効応力解析では、地震力による時系列での地盤剛性の軟化に伴う 1 次固有振動数の低振動数側へのシフトに応じて、1 次固有振動モードに対する減衰定数として、初期減衰定数よりも保守的に小さい側のモード減衰定数を適用し、地盤応答の適切な評価が行えるように、低振動数帯で減衰  $\alpha$  [M] の影響がない剛性比例型減衰を採用した。

$$[C] = \alpha [M] + \beta [K]$$

ここで、

[C] : 減衰係数マトリックス

[M] : 質量マトリックス

[K] : 剛性マトリックス

$\alpha, \beta$  : 係数

係数  $\alpha$ 、 $\beta$  は以下のように求めている。

$$\alpha = 0$$

$$\beta = \frac{h}{\pi f}$$

ここで、

f : 固有値解析により求められた 1 次固有振動数

h : 各材料の減衰定数

地盤の減衰定数は 1 %（解析における減衰は、ひずみが大きい領域では履歴減衰が支配的となる。このため、解析上の安定のためになるべく小さい値として 1 %を採用している）とする。また、線形材料としてモデル化するコンクリートの減衰定数は 5 %（J E A G 4 6 0 1－1987）とする。

図 14.2－20 に Rayleigh 減衰の設定フローを、表 14.2－9 に固有値解析結果を示す。



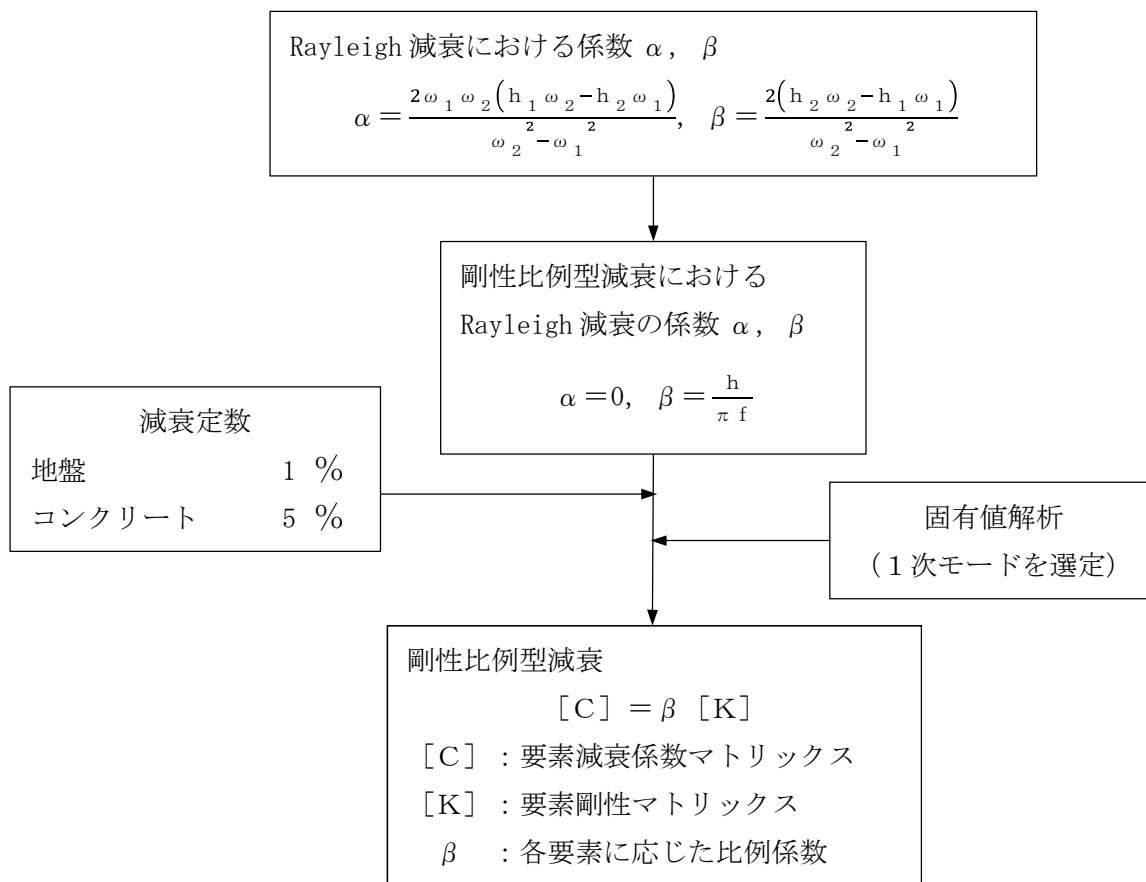


図 14.2-20 Rayleigh 減衰の設定フロー



表 14.2-9 (1) 固有値解析結果

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

(①-①断面)

| モード次数 | 固有振動数 (Hz) | 刺激係数   | 備考          |
|-------|------------|--------|-------------|
| 1     | 0.766      | 243.29 | 地盤の1次として採用  |
| 2     | 1.180      | 16.06  | —           |
| 3     | 1.474      | -0.25  | —           |
| 4     | 1.749      | -5.29  | —           |
| 5     | 1.897      | -35.79 | —           |
| 6     | 2.040      | 35.45  | —           |
| 7     | 2.169      | -3.02  | —           |
| 8     | 2.314      | -64.09 | 構造物の1次として採用 |
| 9     | 2.571      | 0.32   | —           |

表 14.2-9 (2) 固有値解析結果

(検討ケース②：地盤物性のばらつきを考慮 (+1 $\sigma$ ) した解析ケース)

(①-①断面)

| モード次数 | 固有振動数 (Hz) | 刺激係数   | 備考          |
|-------|------------|--------|-------------|
| 1     | 0.767      | 243.51 | 地盤の1次として採用  |
| 2     | 1.187      | 15.26  | —           |
| 3     | 1.475      | -0.28  | —           |
| 4     | 1.756      | -4.19  | —           |
| 5     | 1.919      | -34.94 | —           |
| 6     | 2.110      | 39.21  | —           |
| 7     | 2.183      | 5.98   | —           |
| 8     | 2.335      | -63.20 | 構造物の1次として採用 |
| 9     | 2.655      | -2.21  | —           |



表 14.2-9 (3) 固有値解析結果

(検討ケース③：地盤物性のばらつきを考慮 ( $-1\sigma$ ) した解析ケース)

(①-①断面)

| モード次数 | 固有振動数 (Hz) | 刺激係数   | 備考          |
|-------|------------|--------|-------------|
| 1     | 0.764      | 242.98 | 地盤の1次として採用  |
| 2     | 1.172      | 16.98  | —           |
| 3     | 1.473      | -0.16  | —           |
| 4     | 1.740      | -7.34  | —           |
| 5     | 1.870      | -37.74 | —           |
| 6     | 1.954      | -31.39 | —           |
| 7     | 2.153      | 2.02   | —           |
| 8     | 2.288      | -63.14 | 構造物の1次として採用 |
| 9     | 2.471      | -4.48  | —           |

表 14.2-9 (4) 固有値解析結果

(検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により  
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)

(①-①断面)

| モード次数 | 固有振動数 (Hz) | 刺激係数   | 備考          |
|-------|------------|--------|-------------|
| 1     | 0.764      | 240.42 | 地盤の1次として採用  |
| 2     | 1.160      | 19.18  | —           |
| 3     | 1.481      | 1.11   | —           |
| 4     | 1.671      | 3.73   | —           |
| 5     | 1.712      | -41.39 | —           |
| 6     | 1.749      | 36.13  | —           |
| 7     | 1.966      | -24.22 | —           |
| 8     | 2.126      | 7.33   | —           |
| 9     | 2.181      | 45.19  | 構造物の1次として採用 |



表 14.2-9 (5) 固有値解析結果

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

(②-②断面)

| モード次数 | 固有振動数 (Hz) | 刺激係数   | 備考          |
|-------|------------|--------|-------------|
| 1     | 0.732      | 231.30 | 地盤の1次として採用  |
| 2     | 1.194      | -0.90  | —           |
| 3     | 1.472      | -0.54  | —           |
| 4     | 1.693      | 6.75   | —           |
| 5     | 1.863      | -4.94  | —           |
| 6     | 1.977      | 22.85  | —           |
| 7     | 2.050      | 70.15  | 構造物の1次として採用 |
| 8     | 2.327      | 11.91  | —           |
| 9     | 2.417      | 20.88  | —           |

表 14.2-9 (6) 固有値解析結果

(検討ケース②：地盤物性のばらつきを考慮 (+1 $\sigma$ ) した解析ケース)

(②-②断面)

| モード次数 | 固有振動数 (Hz) | 刺激係数   | 備考          |
|-------|------------|--------|-------------|
| 1     | 0.733      | 231.54 | 地盤の1次として採用  |
| 2     | 1.202      | -0.62  | —           |
| 3     | 1.474      | -0.38  | —           |
| 4     | 1.727      | 5.48   | —           |
| 5     | 1.876      | -2.93  | —           |
| 6     | 2.042      | -33.27 | —           |
| 7     | 2.093      | 68.20  | 構造物の1次として採用 |
| 8     | 2.361      | -6.52  | —           |
| 9     | 2.522      | -19.46 | —           |



表 14.2-9 (7) 固有値解析結果

(検討ケース③：地盤物性のばらつきを考慮 ( $-1\sigma$ ) した解析ケース)

(②-②断面)

| モード次数 | 固有振動数 (Hz) | 刺激係数   | 備考          |
|-------|------------|--------|-------------|
| 1     | 0.730      | 230.96 | 地盤の1次として採用  |
| 2     | 1.185      | -1.34  | —           |
| 3     | 1.470      | -0.82  | —           |
| 4     | 1.649      | 8.48   | —           |
| 5     | 1.843      | 10.07  | —           |
| 6     | 1.908      | -16.90 | —           |
| 7     | 1.993      | -68.45 | 構造物の1次として採用 |
| 8     | 2.256      | -22.68 | —           |
| 9     | 2.330      | 15.03  | —           |

表 14.2-9 (8) 固有値解析結果

(検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により  
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)

(②-②断面)

| モード次数 | 固有振動数 (Hz) | 刺激係数   | 備考          |
|-------|------------|--------|-------------|
| 1     | 0.725      | 227.75 | 地盤の1次として採用  |
| 2     | 1.144      | -1.54  | —           |
| 3     | 1.467      | -6.29  | —           |
| 4     | 1.490      | -2.98  | —           |
| 5     | 1.619      | -33.46 | —           |
| 6     | 1.733      | 58.70  | 構造物の1次として採用 |
| 7     | 1.746      | 20.85  | —           |
| 8     | 1.952      | 1.77   | —           |
| 9     | 2.027      | -13.05 | —           |



#### 14.2.11 荷重の組合せ

耐震安全性評価にて考慮する荷重は、通常運転時の荷重（永久荷重）及び地震時荷重を抽出し、それぞれ組み合わせて設定する。地震時荷重には、地震時土圧、動水圧、機器・配管系からの反力による荷重が含まれるものとする。

雪荷重以外の変動荷重（風荷重）については、発電所の立地特性やS A用海水ピットが地中に埋設された構造物であることを考慮すると、構造物に与える影響は軽微であると判断し、地震力と組み合わせる荷重としては除外する。

なお、S A用海水ピットは地盤内に埋設されている構造物であることから、運転時の異常な過度変化時の状態及び設計基準事故時の状態の影響を受けないと考えられるため、当該状態についての組合せは考慮しないものとする。また、重大事故等対処時においても、地盤内で設計基準事故時の条件を上回るような事象は発生しないため、設計基準事故等の条件を上回る荷重はない。

地震時にS A用海水ピットに作用する機器・配管系からの反力については、機器・配管系を付加質量としてモデル化することで考慮する。荷重の組合せを表 14.2-10 に示す。



表 14.2-10 荷重の組合せ

| 種別   |        | 荷重      |   | 算定方法  |
|------|--------|---------|---|---|
| 永久荷重 | 常時考慮荷重 | 躯体自重    | ○ | ・対象構造物の体積に材料の密度を考慮して設定する。                                     |
|      |        | 機器・配管荷重 | — | ・頂版の開口を考慮しない。   |
|      |        | 土被り荷重   | — | ・躯体天端が地表面にあるため考慮しない。  |
|      |        | 永久上載荷重  | — | ・恒常的に配置される構造物等はないため、考慮しない。                                    |
|      | 静止土圧   |         | ○ | ・常時応力解析により設定する。   |
|      | 外水圧    |         | ○ | ・地下水位に応じた静水圧として考慮する。<br>・地下水の密度を考慮する。                         |
|      | 内水圧    |         | ○ | ・H.W.L T.P. +0.61 m からの内水圧を考慮する。<br>・海水の密度を考慮する。              |
| 変動荷重 |        | 雪荷重以外   | — | ・雪荷重以外には発電所の立地特性及び構造物の配置状況を踏まえると、偶発荷重（地震荷重）と組合せるべき変動荷重はない。    |
|      |        | 雪荷重     | ○ | ・躯体天端に雪荷重を考慮する。   |
| 偶発荷重 |        | 水平地震動   | ○ | ・基準地震動 $S_s$ によって水平及び鉛直同時加振を考慮する。<br>・躯体、機器・配管系の慣性力、動土圧を考慮する。 |
|      |        | 鉛直地震動   | ○ |   |
|      |        | 動水圧     | ○ | ・水位条件、密度は、永久荷重と同様とする。   |

## (1) 機器・配管荷重

S A用海水ピットの頂版開口部には浸水防止蓋、中床版開口部には整流装置が設置されるが、開口による質量及び剛性の低減は考慮せず、整流設備の質量も考慮しない。

## (2) 雪荷重

雪荷重については、「建築基準法施行令第 86 条」及び「茨城県建築基準法施工細則 第 23 条 第 2 項」に従って設定する。積雪の厚さ 1 cm あたりの重量を 20 N/m<sup>2</sup> として、積雪量は 30 cm と想定していることから常時の積雪荷重は 600 N/m<sup>2</sup> となる。地震時は、常時の雪荷重の 0.35 倍とすることから 210 N/m<sup>2</sup> として設定する。解析上は、頂版天端節点の付加質量に雪荷重を見込んでモデル化している。

## (3) 外水圧

S A用海水ピット周辺の地盤においては、地下水位を地表面に設定する。地下水の密度は 1.00 g/cm<sup>3</sup> とする。

## (4) 内水圧

S A用海水ピット内の内水圧水頭は海面と同じ朔望平均満潮位 (T.P. +0.61 m) とする。海水の密度は 1.03 g/cm<sup>3</sup> とする。

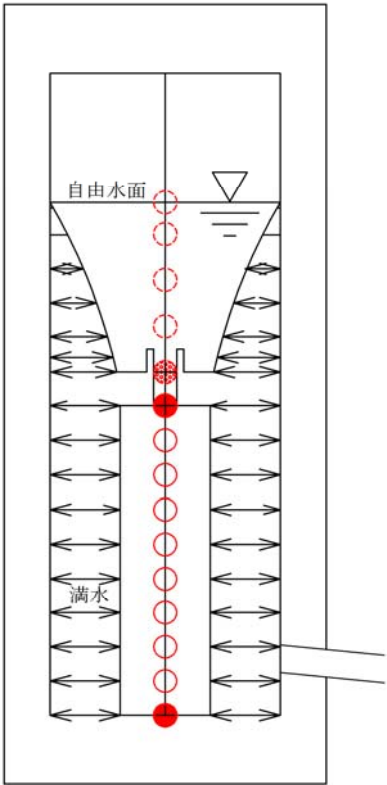
朔望平均満潮位 (T.P. +0.61 m) は、頂版下面標高 (T.P. +5.0 m) と中床版の上面標高 (T.P. -8.0 m) との間にあり、中床版以浅に自由水面を有する。したがって、中床版



以浅は自由水面を持つ Westergaard 式，中床版以深は自由水面を持たない固定水としてモデル化する。

内水圧は，構造物をモデル化したはり要素の節点に付加質量として考慮する。

S A用海水ピット内の内水圧の荷重モデルを図 14. 2－21 に示す。



| 記号 | 状態   | 水平 | 鉛直 | 内容   |
|----|------|----|----|--|
| ○  | 自由水面 | ○  |    | 負担高分の動水圧を付加質量として設定する。  |
| ●  | 自由水面 | ○  |    | 負担高分の動水圧を付加質量として設定する。  |
| ●  | 自由水面 |    | ○  | 中床版より上の容積の水重を付加質量として中床版上面に付加する。  |
| ○  | 満管   | ○  |    | 負担高分の水重を付加質量として付加する。   |
| ○  | 満管   | ○  |    | 負担高分の水重を付加質量として付加する。   |
| ●  | 満管   |    | ○  | 中床版より下の内空容積分の水重を 1/2 ずつ付加質量として中床版底面及び底盤上面に付加する。<br>初期応力解析時は全水重を底盤上面に付加質量として設定する。 |

注記 ： 内水の付加質量は躯体の自重による付加質量に加算する。

図 14. 2－21 S A用海水ピット内水圧の荷重モデル



#### 14.2.12 地震応答解析の検討ケース

##### (1) 耐震設計における検討ケース

S A用海水ピットの耐震設計における検討ケースを表 14.2-11 に示す。

全ての基準地震動  $S_s$  に対して実施する①の検討ケースにおいて、せん断力照査及び曲げ軸力照査をはじめとした全ての照査項目について、各照査値が最も厳しい（許容限界に対する余裕が最も小さい）地震動を用い、②～⑥の中から追加検討ケースを実施する。

表 14.2-11 S A用海水ピットの耐震設計における検討ケース

| 検討ケース      | ①<br>原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース） | ②<br>地盤物性のばらつきを考慮（ $+1\sigma$ ）した解析ケース | ③<br>地盤物性のばらつきを考慮（ $-1\sigma$ ）した解析ケース | ④<br>地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース | ⑤<br>原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース | ⑥<br>地盤物性のばらつきを考慮（ $+1\sigma$ ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース |
|------------|-------------------------------------|--|--|--------------------------------|-------------------------------|--|
| 液状化強度特性の設定 | 原地盤に基づく液状化強度特性（標準偏差を考慮）             | 原地盤に基づく液状化強度特性（標準偏差を考慮）                | 原地盤に基づく液状化強度特性（標準偏差を考慮）                | 敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく液状化強度特性       | 液状化パラメータを非適用                  | 液状化パラメータを非適用                                       |



(2) 機器・配管系に対する加速度応答抽出のための検討ケース

機器・配管系に対する加速度応答の抽出における検討ケースを表 14.2-12 に示す。

表 14.2-12 機器・配管系に対する加速度応答の抽出における検討ケース

| 検討ケース      |                     |      | ④<br>地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース                              | ⑤<br>原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース | ⑥<br>地盤物性のばらつきを考慮（+ 1 σ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース                 |
|------------|---------------------|------|---|-------------------------------|---|
| 液状化強度特性の設定 |                     |      | 敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく液状化強度特性                                    | 液状化パラメータを非適用                  | 液状化パラメータを非適用  |
| 地震波（位相）    | S <sub>s</sub> －D 1 | (++) | 1<br><br>⑤において、上載される機器・配管系の固有振動数帯で加速度応答が最も大きくなる地震動を用いて実施する。 | 1                             | 1<br><br>⑤において、上載される機器・配管系の固有振動数帯で加速度応答が最も大きくなる地震動を用いて実施する。 |
|            |                     | (+-) |   | 1                             |   |
|            |                     | (-+) |   | 1                             |   |
|            |                     | (--) |   | 1                             |   |
|            | S <sub>s</sub> －1 1 |      |   | 1                             |   |
|            | S <sub>s</sub> －1 2 |      |   | 1                             |   |
|            | S <sub>s</sub> －1 3 |      |   | 1                             |   |
|            | S <sub>s</sub> －1 4 |      |   | 1                             |   |
|            | S <sub>s</sub> －2 1 |      |   | 1                             |   |
|            | S <sub>s</sub> －2 2 |      |   | 1                             |   |
|            | S <sub>s</sub> －3 1 | (++) |   | 1                             |   |
|            |                     | (-+) |   | 1                             |   |
| 計          |                     |      | 1   | 12                            | 1   |



## 14.3 評価内容

### 14.3.1 入力地震動の設定

入力地震動は、資料V-2-1-6「地震応答解析の基本方針」のうち「2.3 屋外重量土木構造物」に示す入力地震動の設定方針を踏まえて設定する。

地震応答解析に用いる入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動  $S_s$  を1次元波動論により地震応答解析モデルの底面位置で評価したものをを用いる。入力地震動算定の概念図を図14.3-1に示す。

入力地震動の算定には、解析コード「k-SHAKE Ver. 6.2.0」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、V-5-25「計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

なお、断層モデル波である  $S_s-11, 12, 13, 14, 21, 22$  については、特定の方向性を有することから、構造物の評価対象断面方向に合わせて方位補正を行う。具体的にはNS方向及びEW方向の地震動について構造物の評価断面方向の成分を求め、各々を足し合わせることで方位補正した基準地震動を設定する。

図14.3-2～図14.3-29に入力地震動の加速度時刻歴波形並びに加速度応答スペクトルを示す。

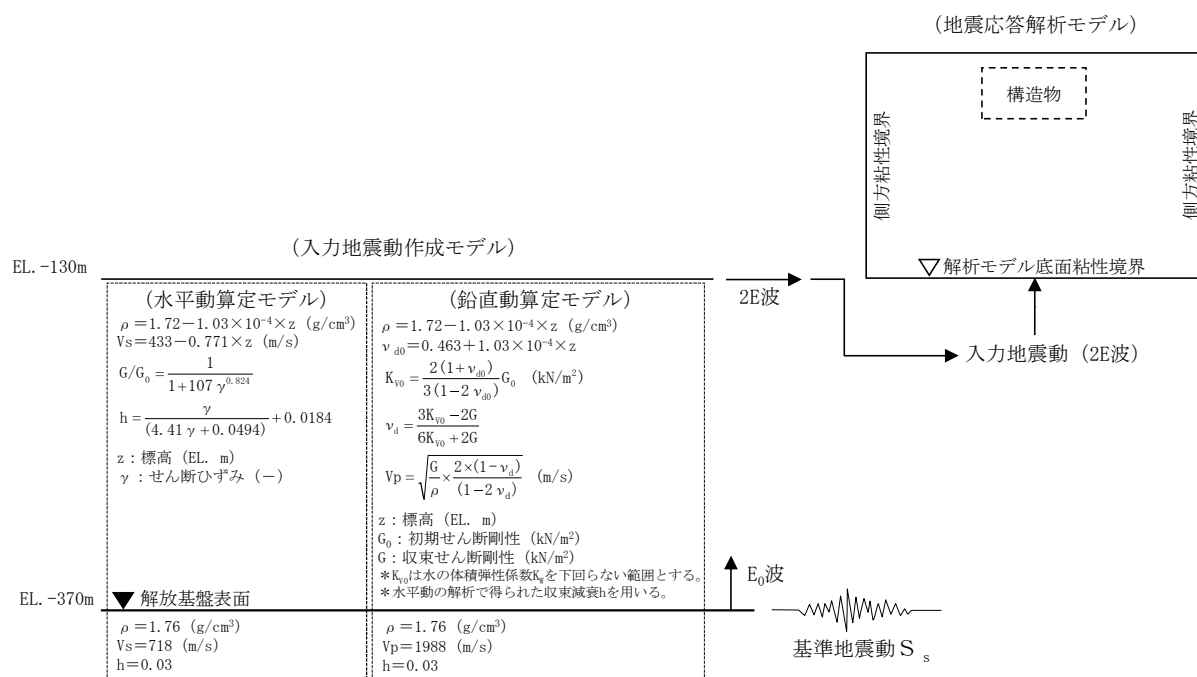
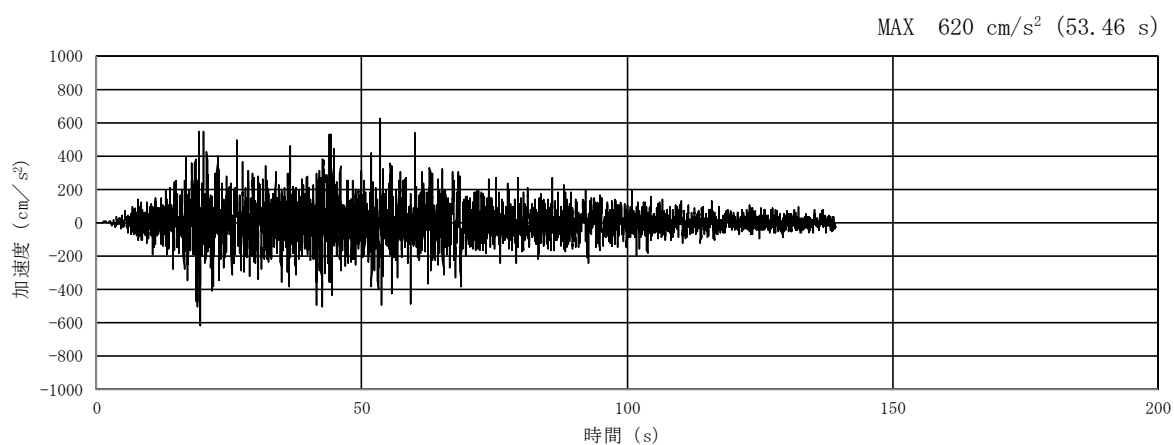
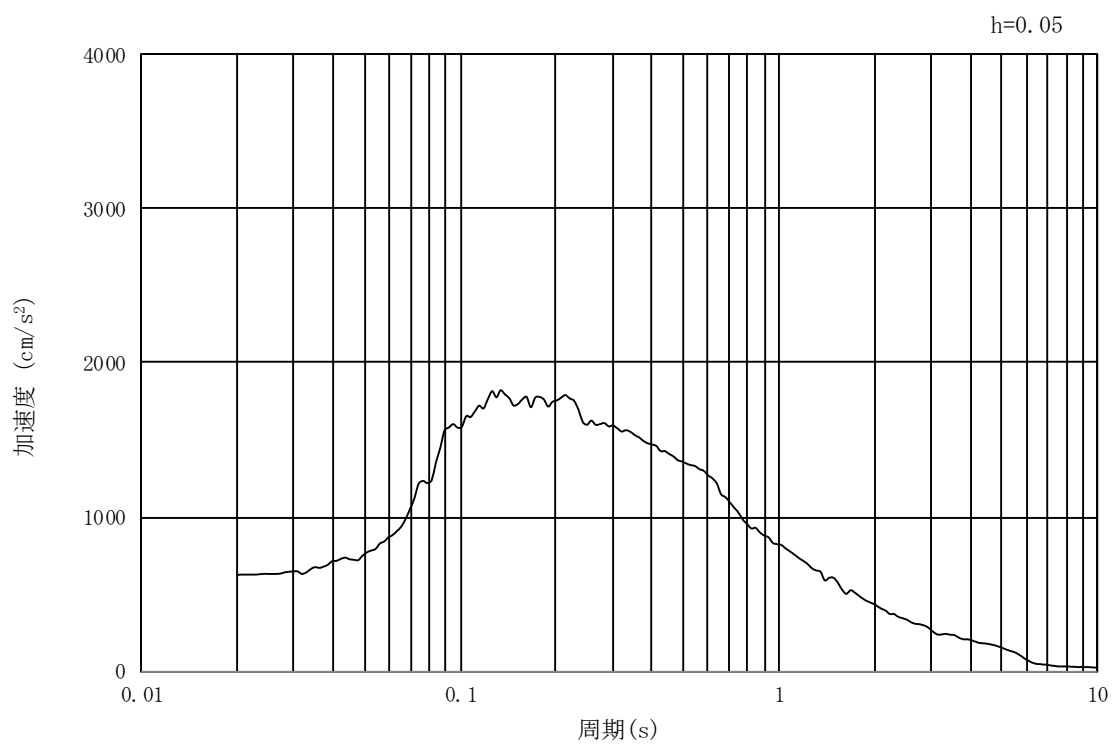


図14.3-1 入力地震動算定の概念図





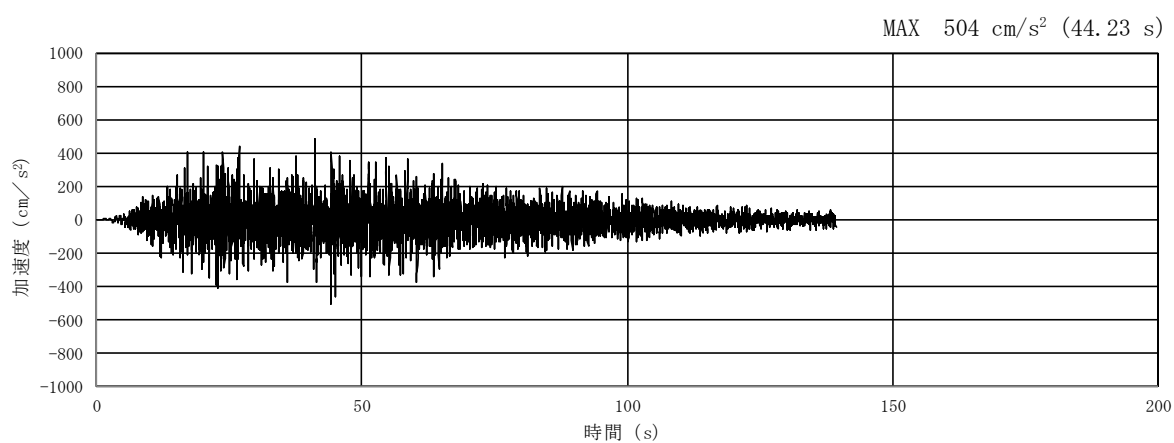
(a) 加速度時刻歴波形



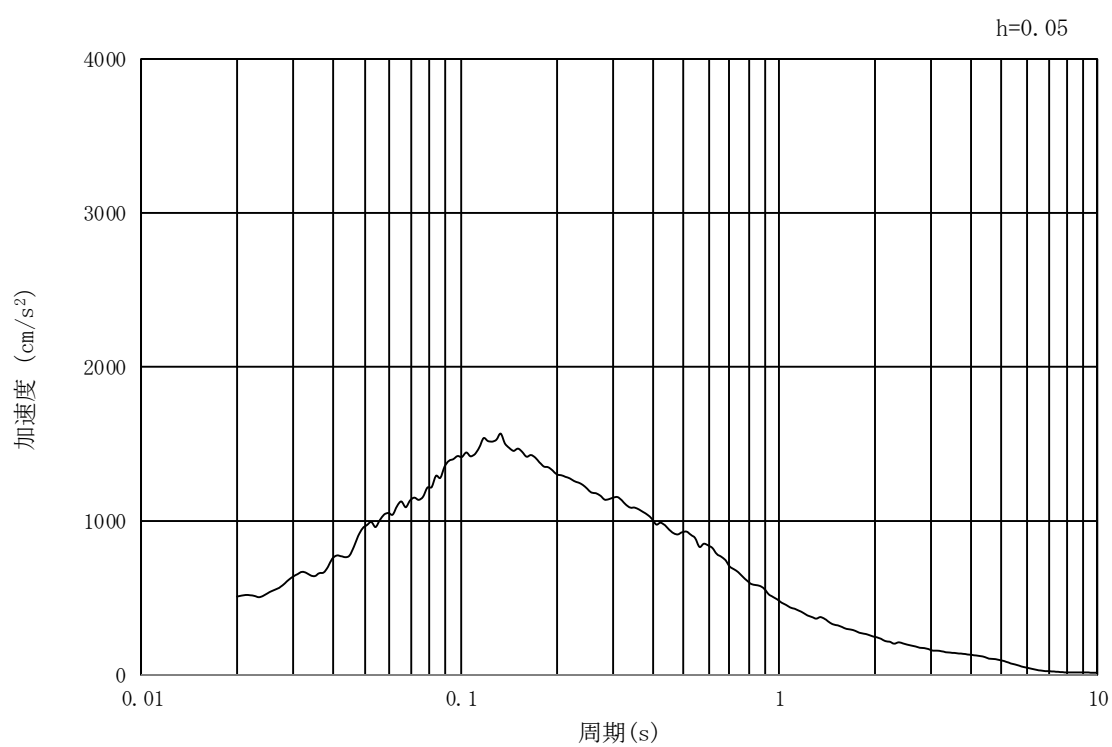
(b) 加速度応答スペクトル

図 14.3-2 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(①-①断面, ②-②断面, 水平成分:  $S_s - D1$ )





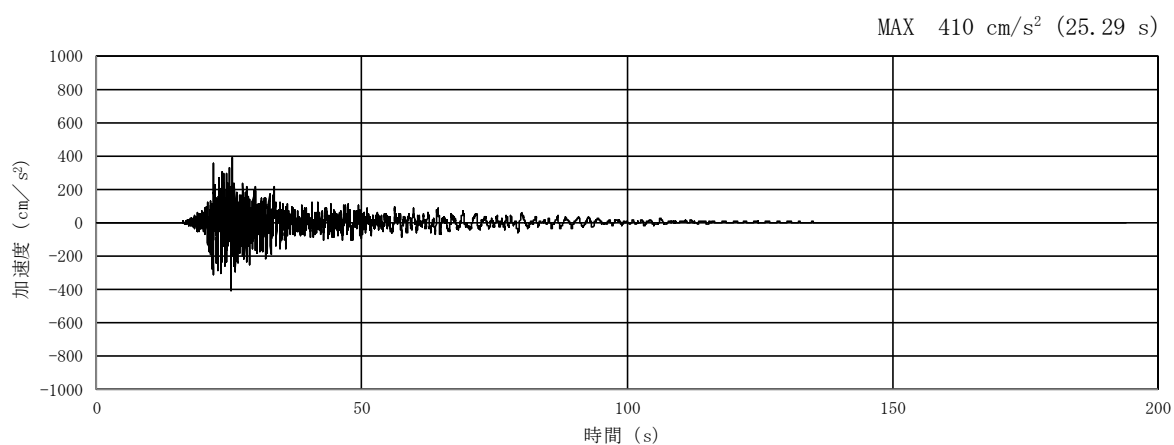
(a) 加速度時刻歴波形



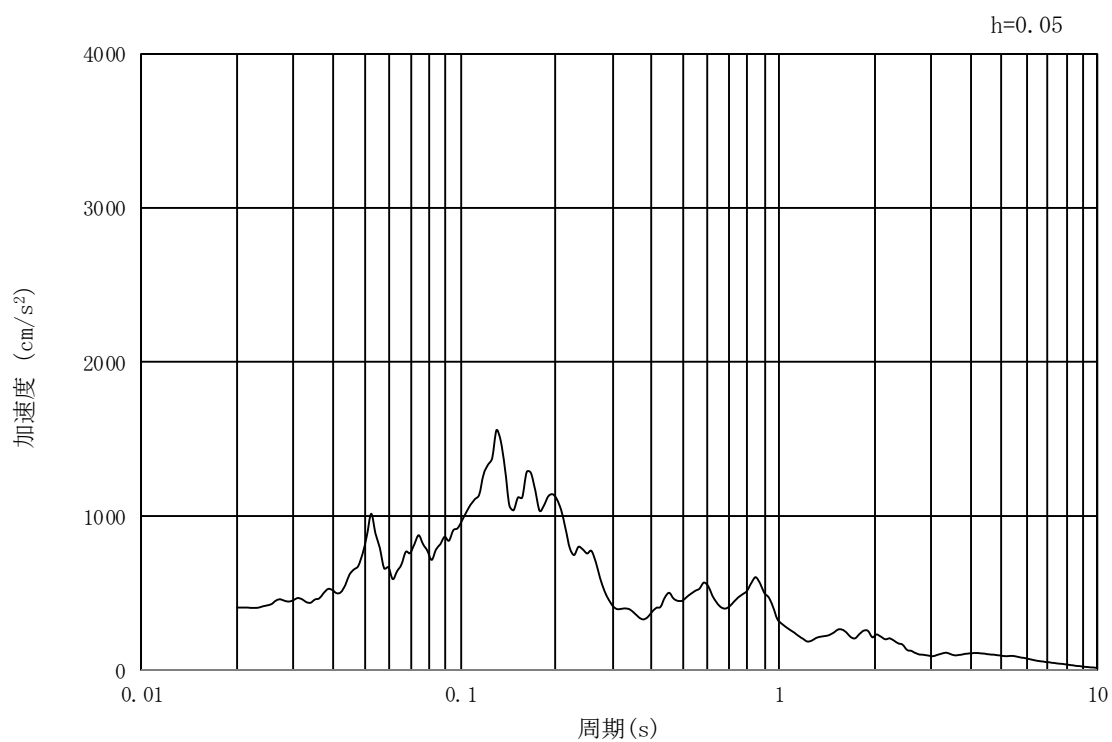
(b) 加速度応答スペクトル

図 14.3-3 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
 (①-①断面, ②-②断面, 鉛直成分:  $S_s - D1$ )





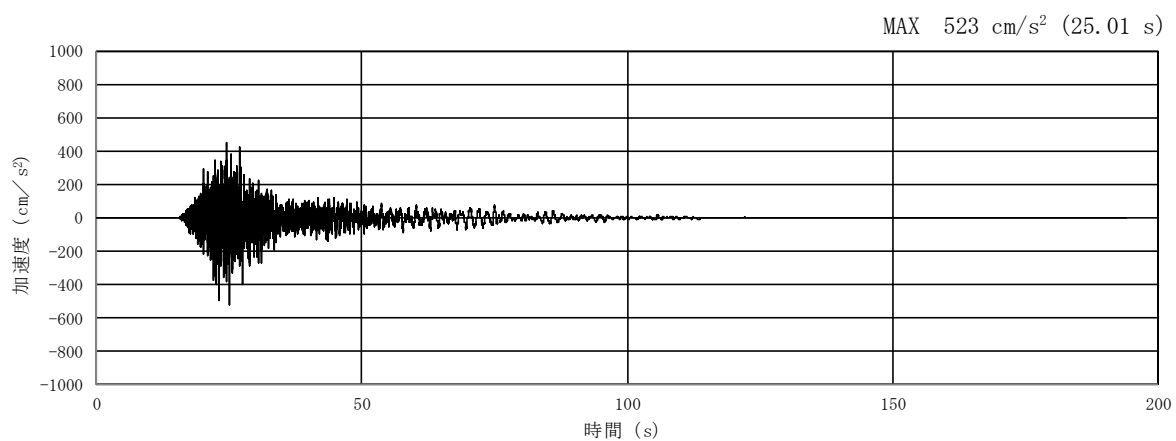
(a) 加速度時刻歴波形



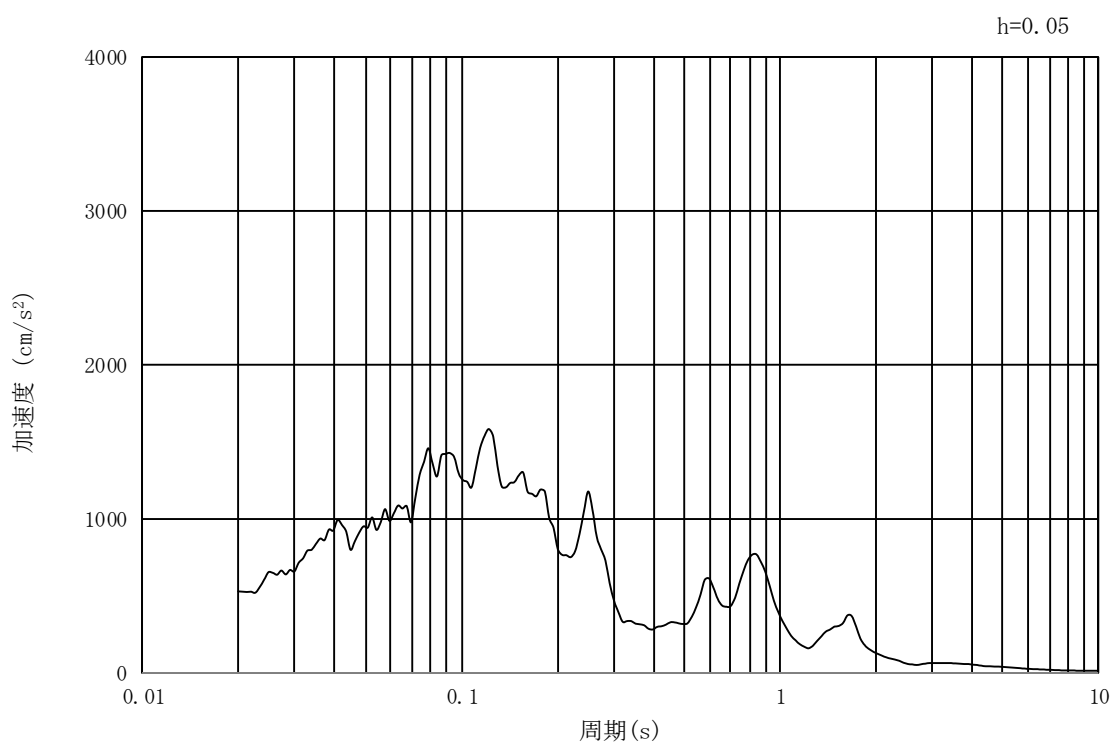
(b) 加速度応答スペクトル

図 14.3-4 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(①-①断面, 水平成分:  $S_s - 1.1$ )





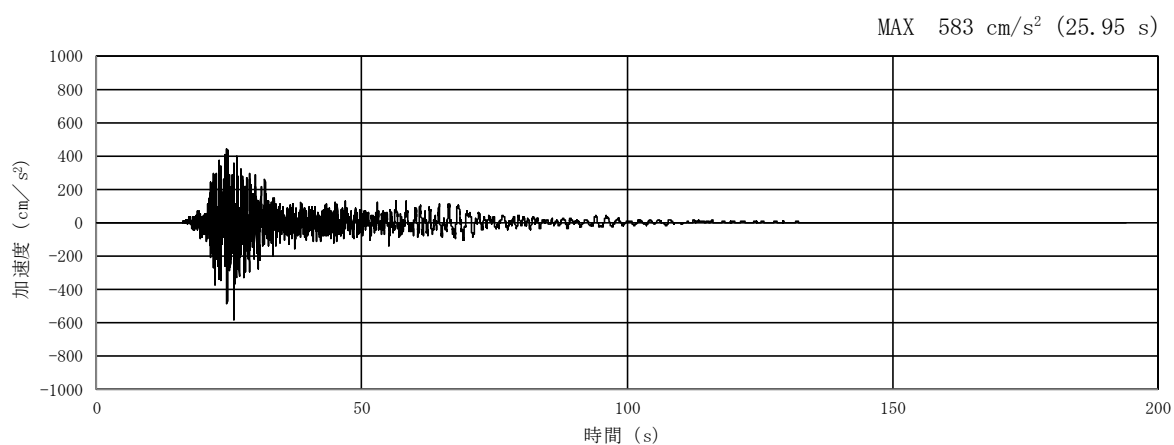
(a) 加速度時刻歴波形



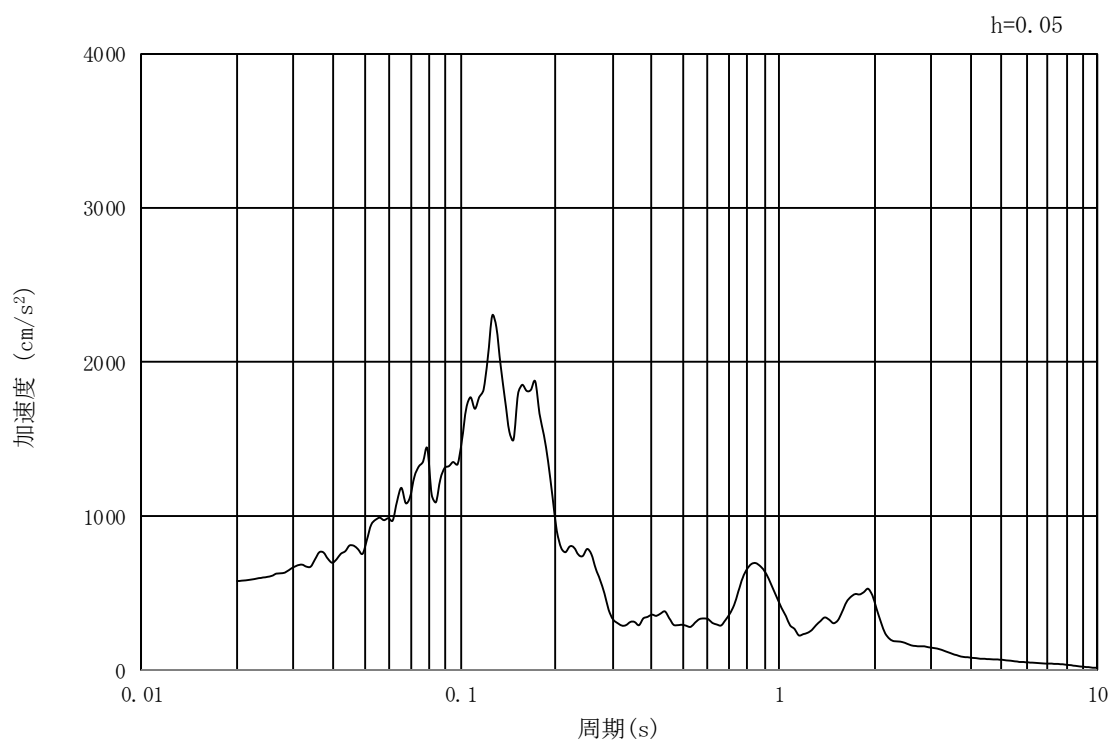
(b) 加速度応答スペクトル

図 14.3-5 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(①-①断面, 鉛直成分:  $S_s - 1.1$ )





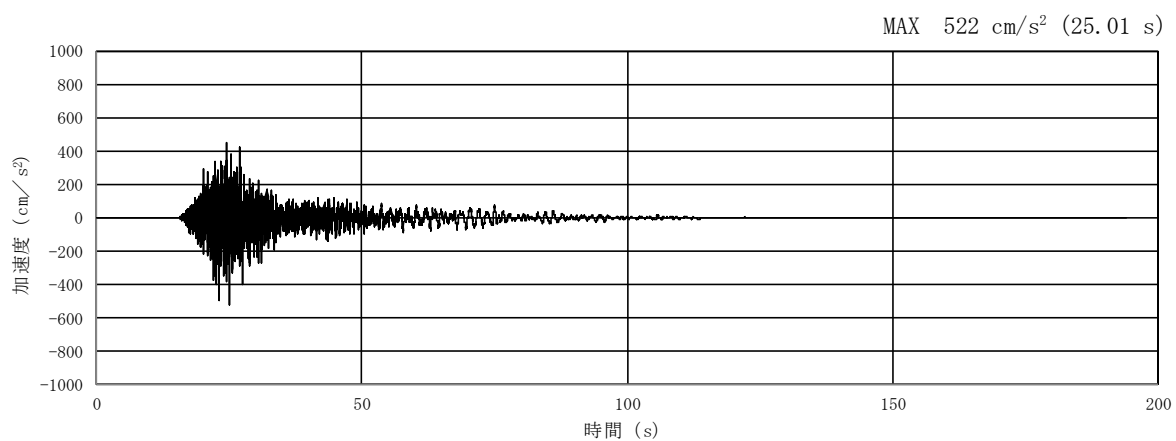
(a) 加速度時刻歴波形



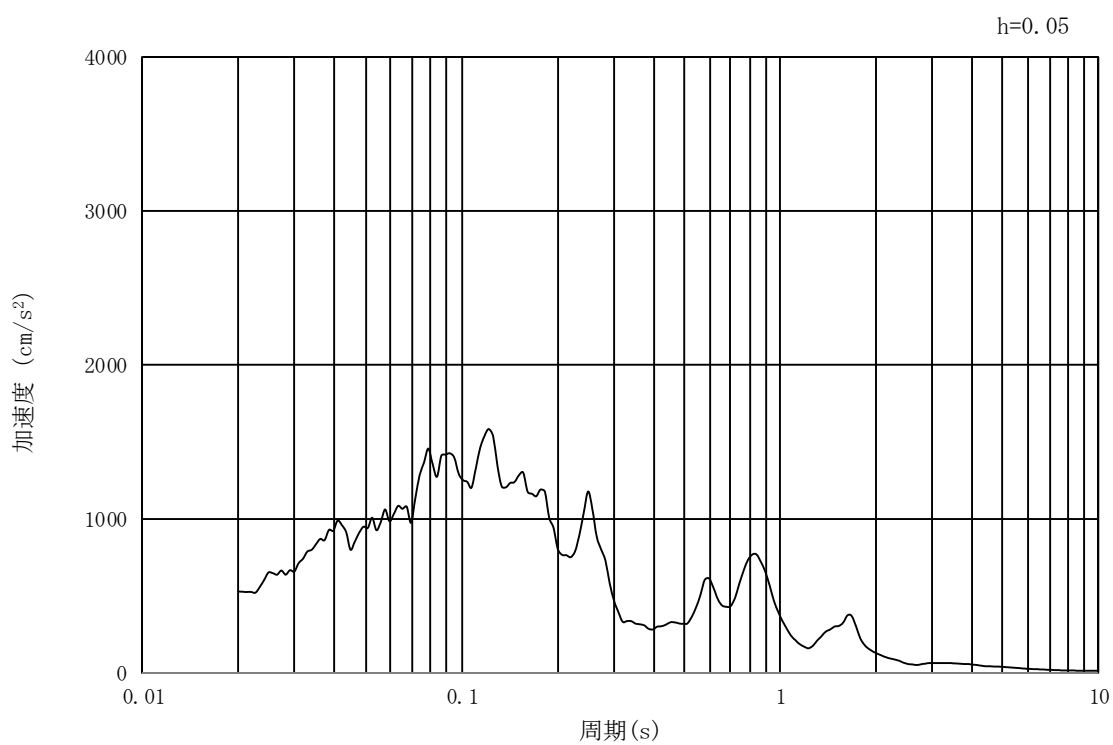
(b) 加速度応答スペクトル

図 14.3-6 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
 (②-②断面, 水平成分:  $S_s-11$ )





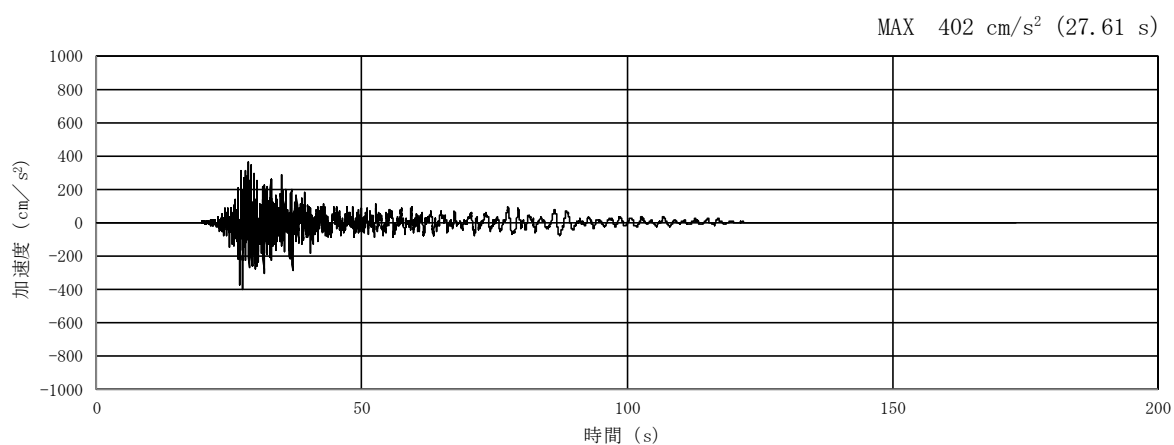
(a) 加速度時刻歴波形



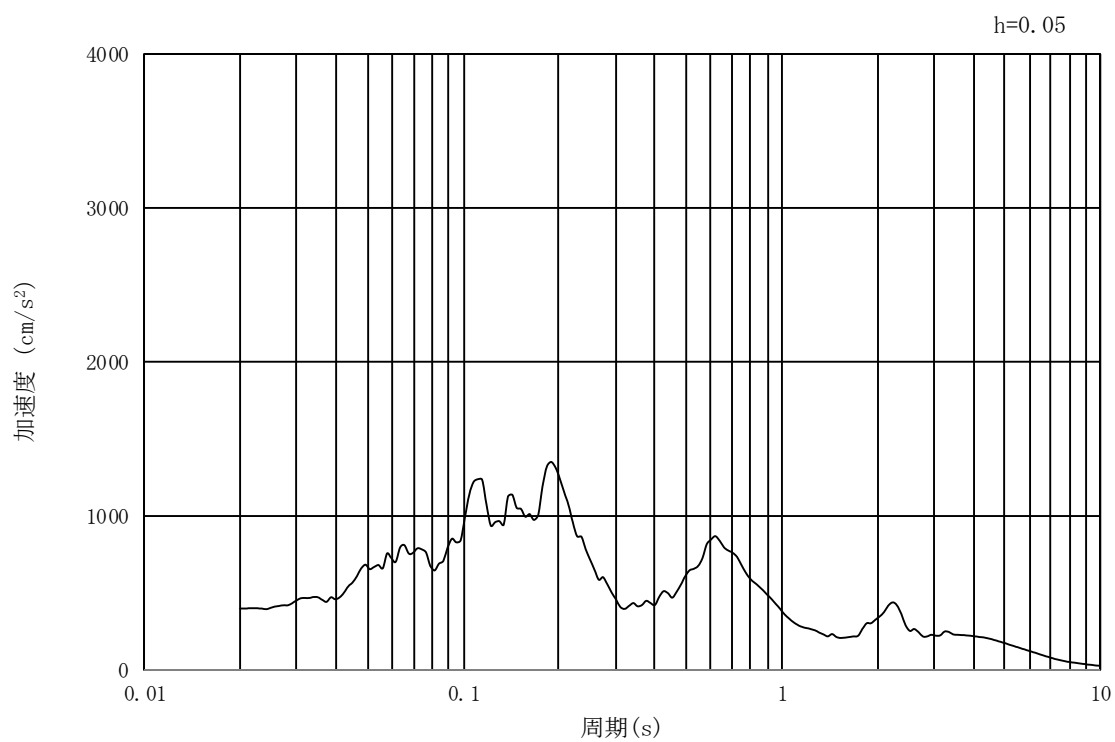
(b) 加速度応答スペクトル

図 14.3-7 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(②-②断面，鉛直成分： $S_s-11$ )





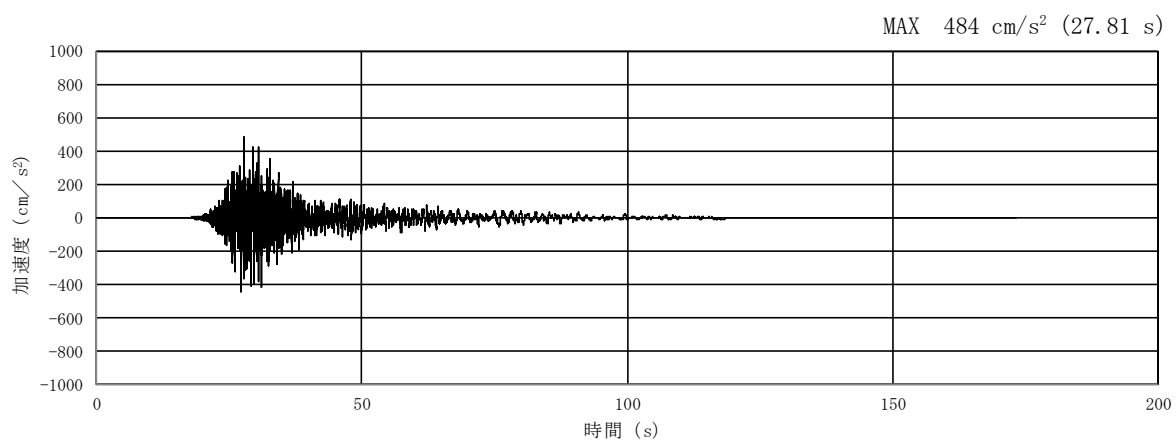
(a) 加速度時刻歴波形



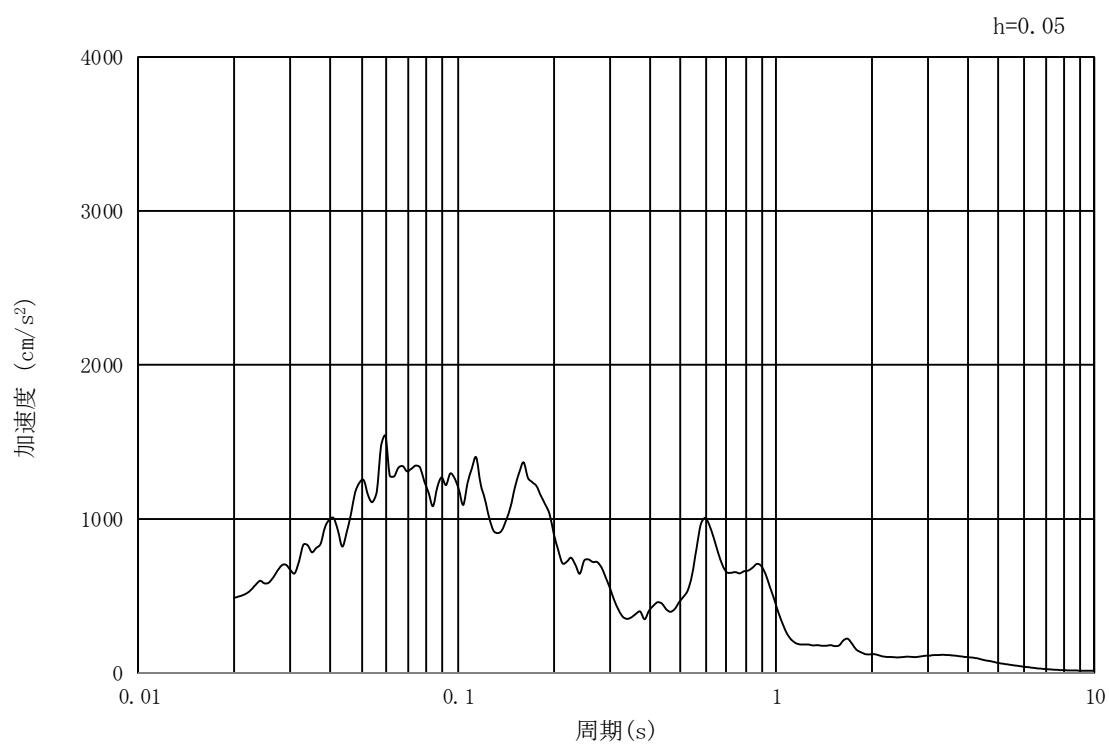
(b) 加速度応答スペクトル

図 14.3-8 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(①-①断面, 水平成分:  $S_s - 1.2$ )





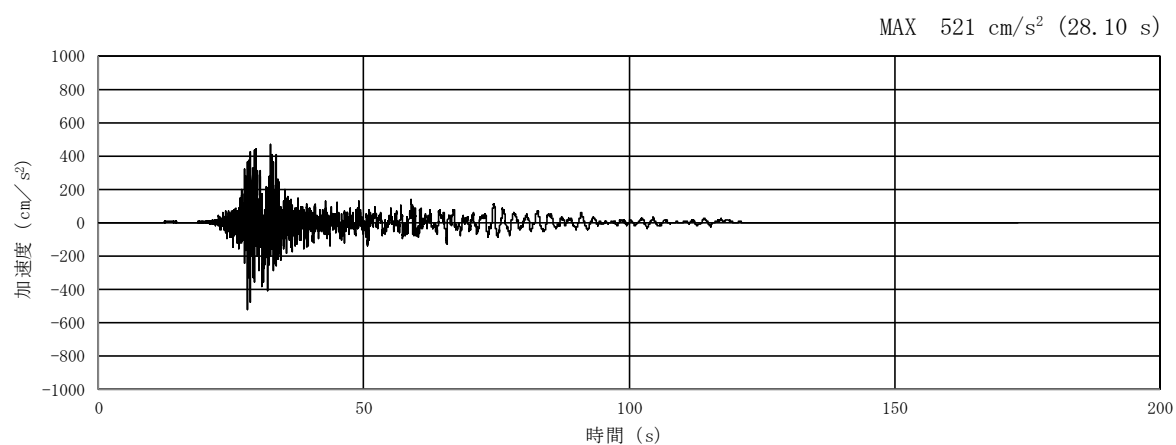
(a) 加速度時刻歴波形



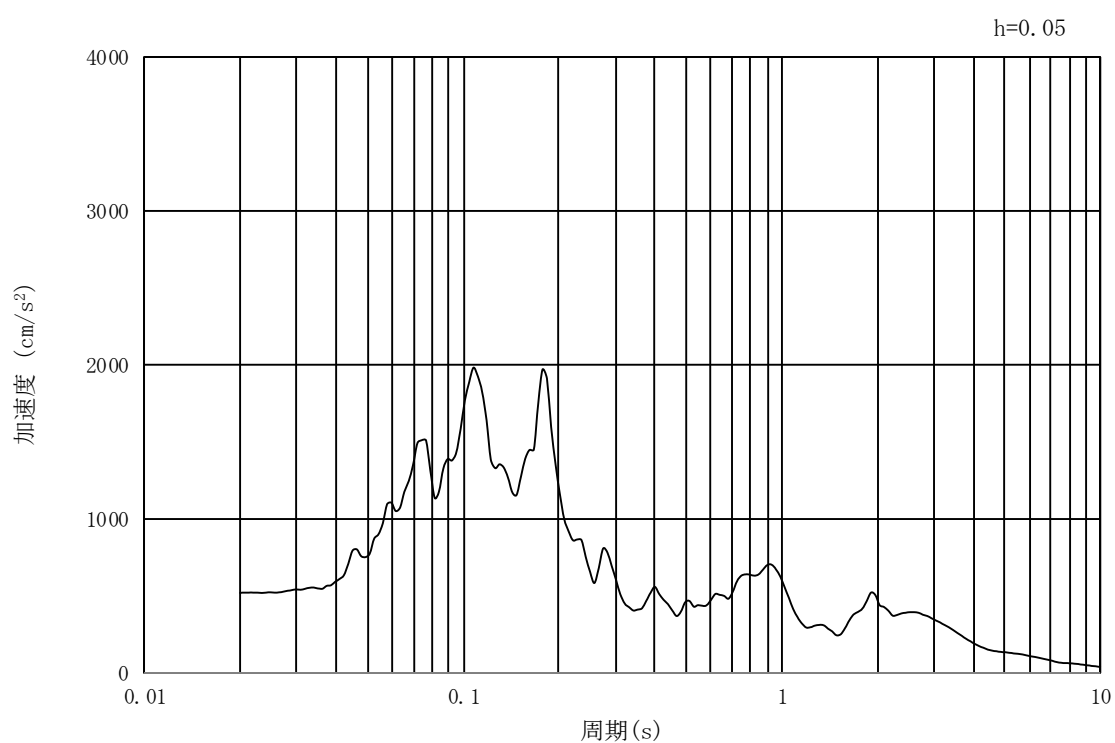
(b) 加速度応答スペクトル

図 14.3-9 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(①-①断面，鉛直成分： $S_s-12$ )





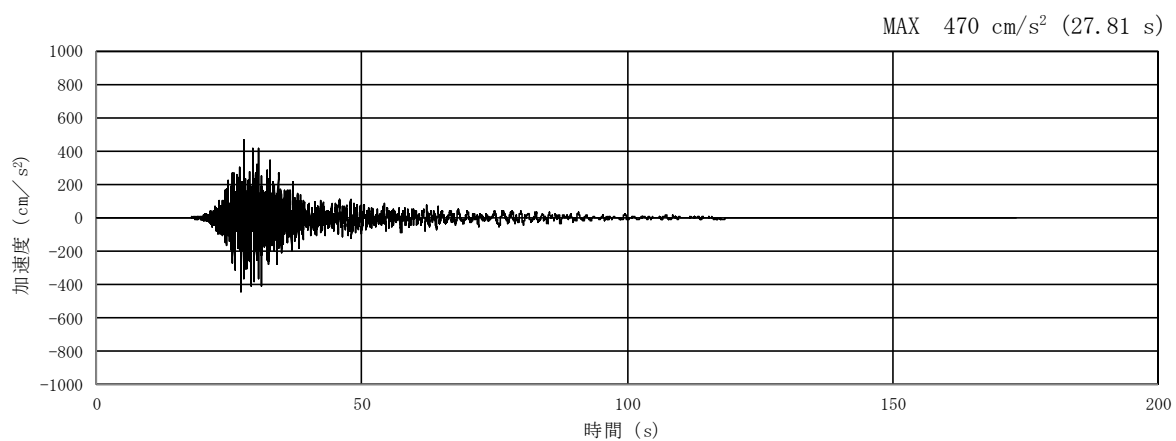
(a) 加速度時刻歴波形



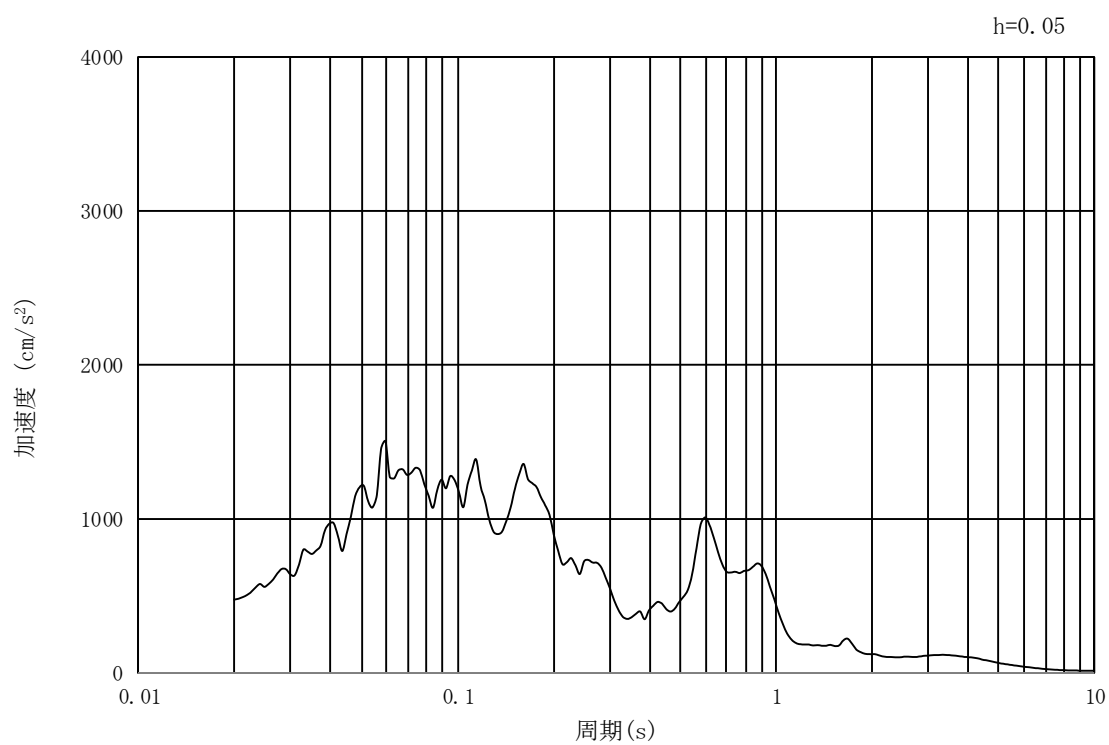
(b) 加速度応答スペクトル

図 14.3-10 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(②-②断面, 水平成分:  $S_s-12$ )





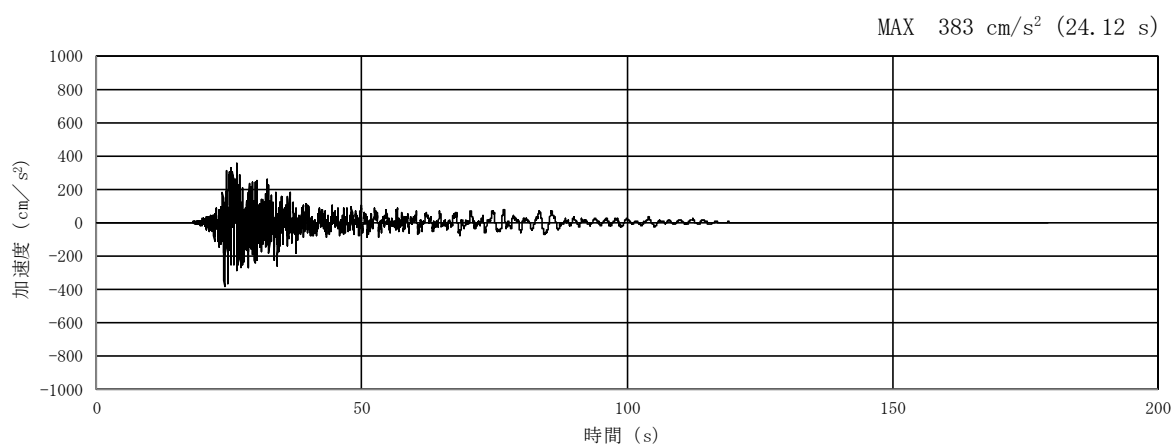
(a) 加速度時刻歴波形



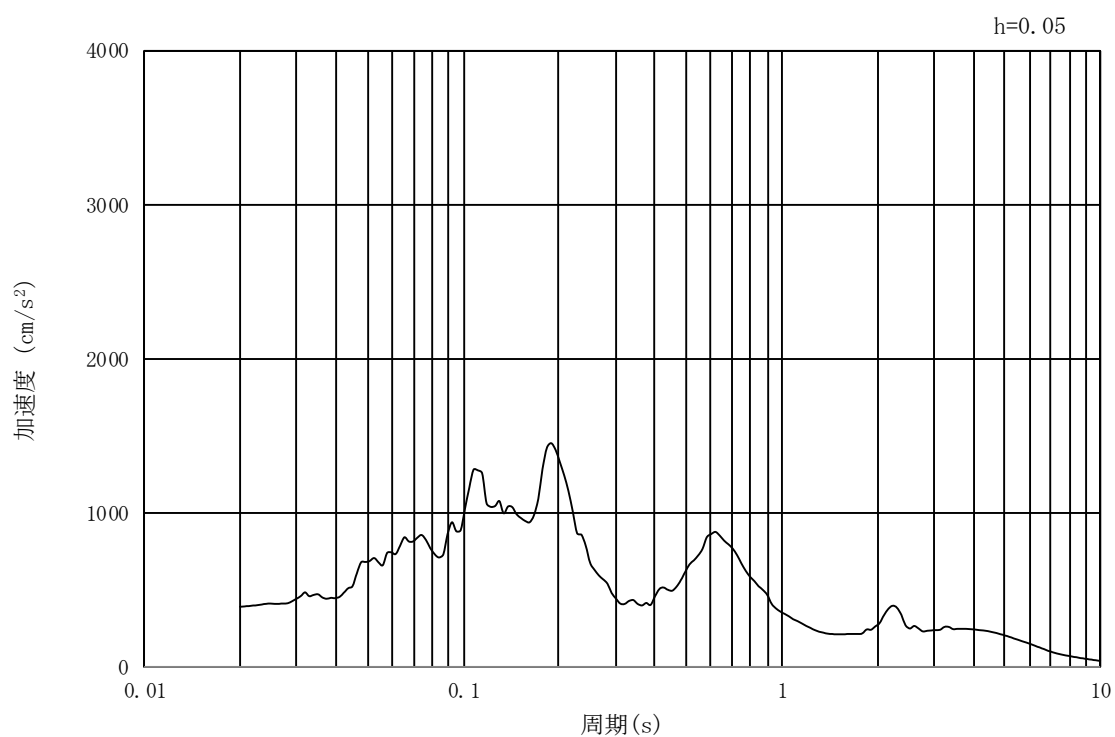
(b) 加速度応答スペクトル

図 14.3-11 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(②-②断面，鉛直成分： $S_s-12$ )





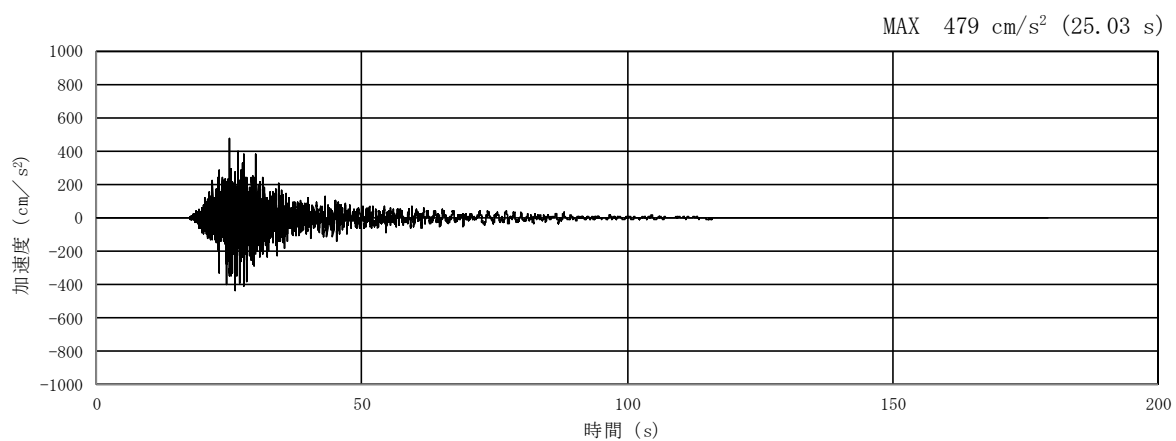
(a) 加速度時刻歴波形



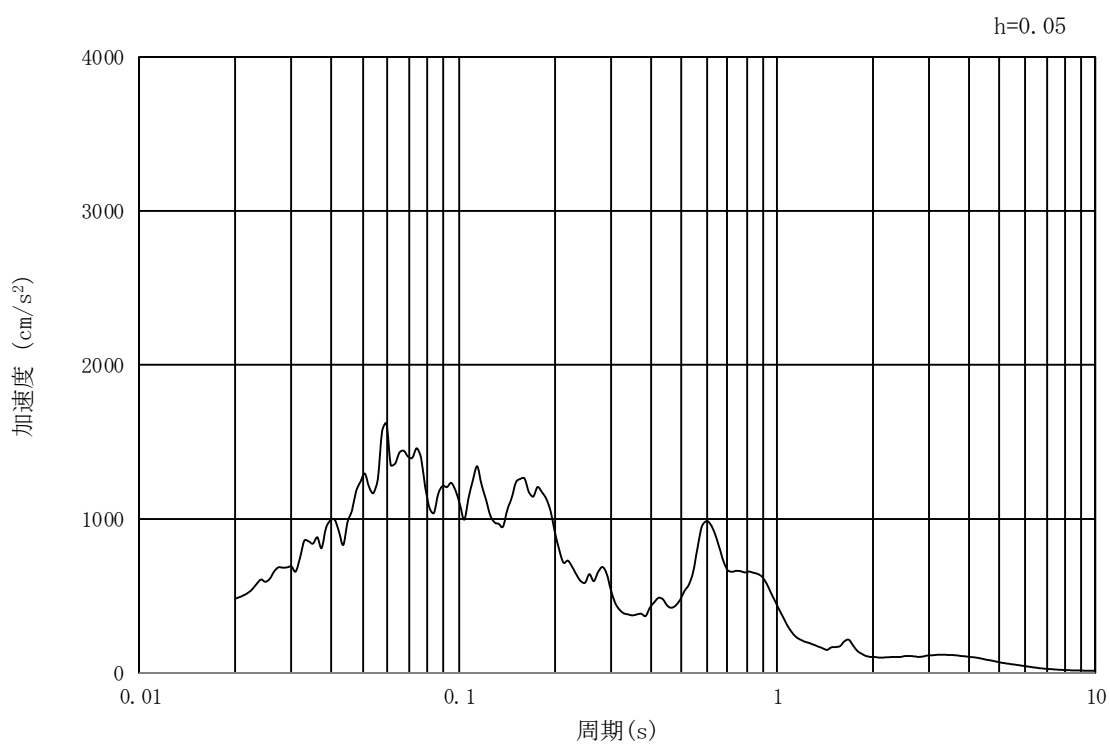
(b) 加速度応答スペクトル

図 14.3-12 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(①-①断面, 水平成分:  $S_s - 13$ )





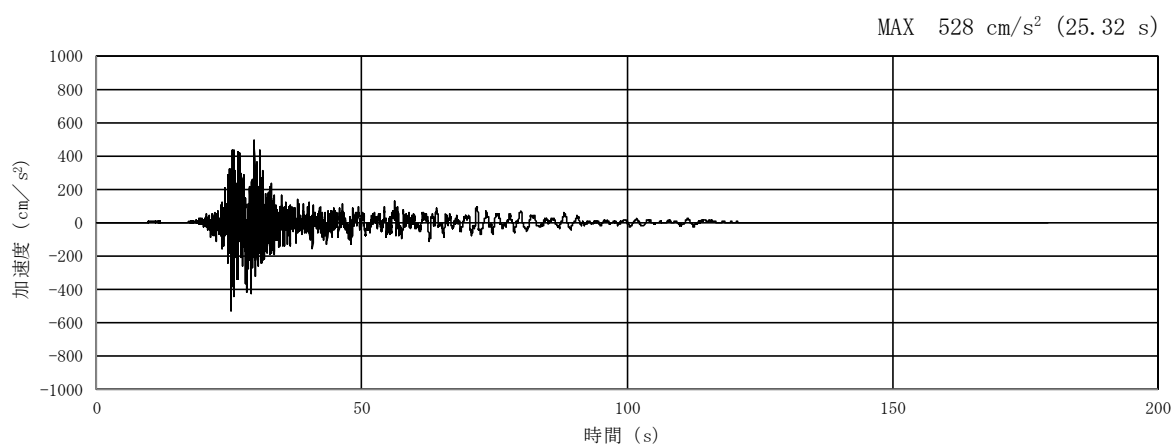
(a) 加速度時刻歴波形



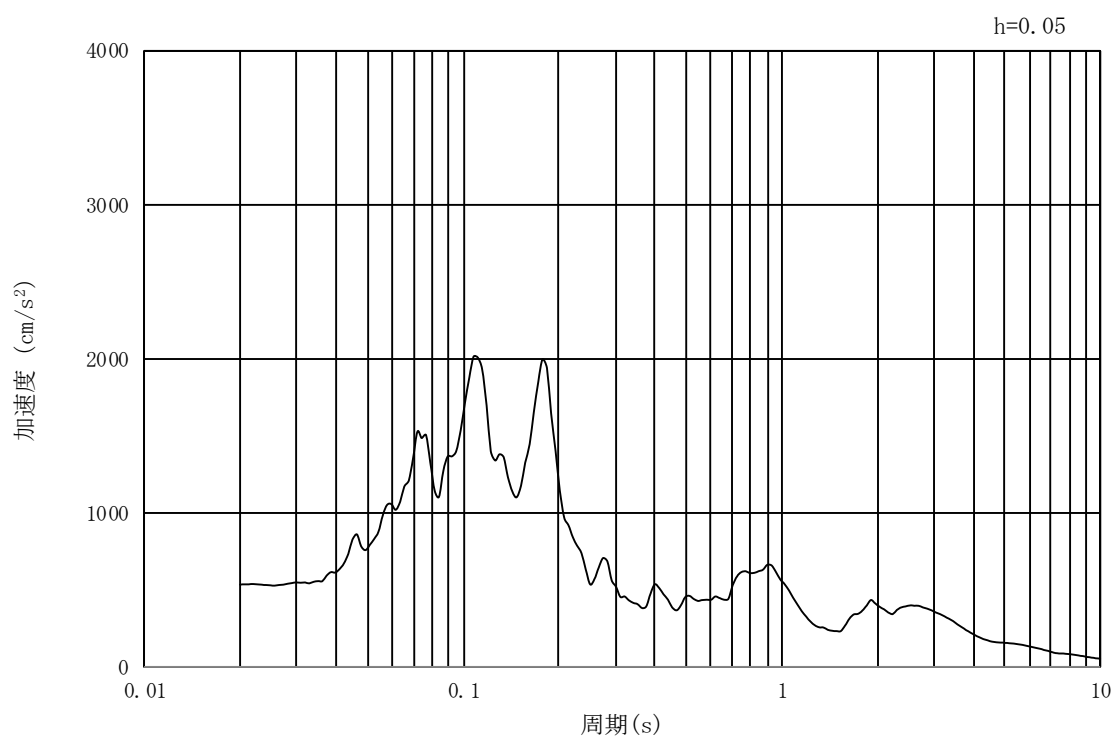
(b) 加速度応答スペクトル

図 14.3-13 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(①-①断面，鉛直成分：S<sub>s</sub>-13)





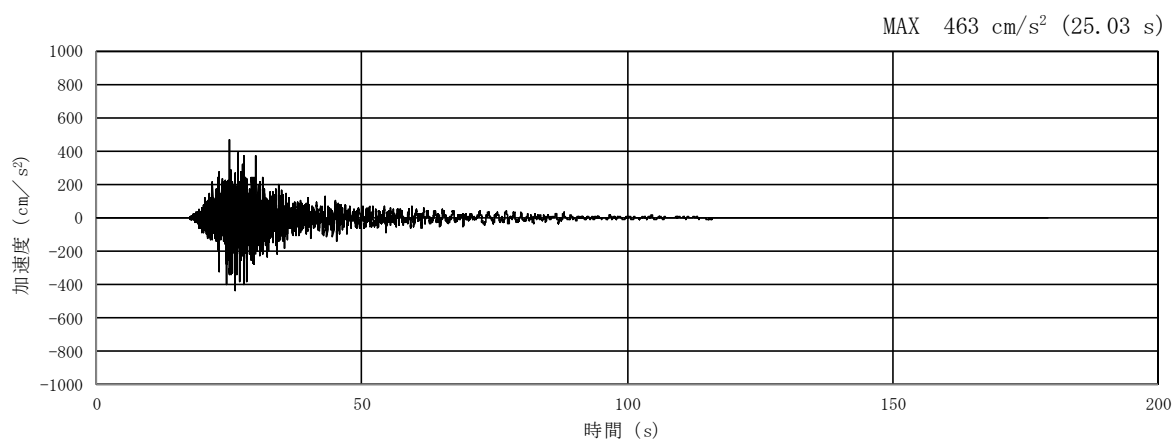
(a) 加速度時刻歴波形



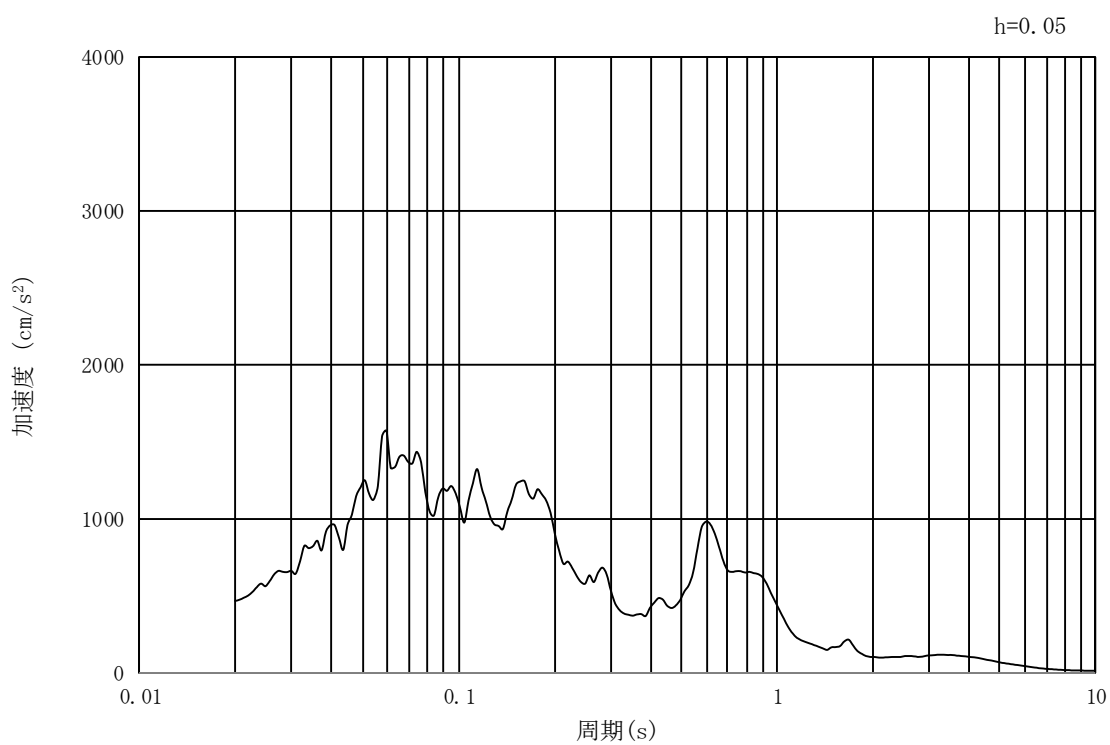
(b) 加速度応答スペクトル

図 14.3-14 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(②-②断面, 水平成分:  $S_s - 1.3$ )





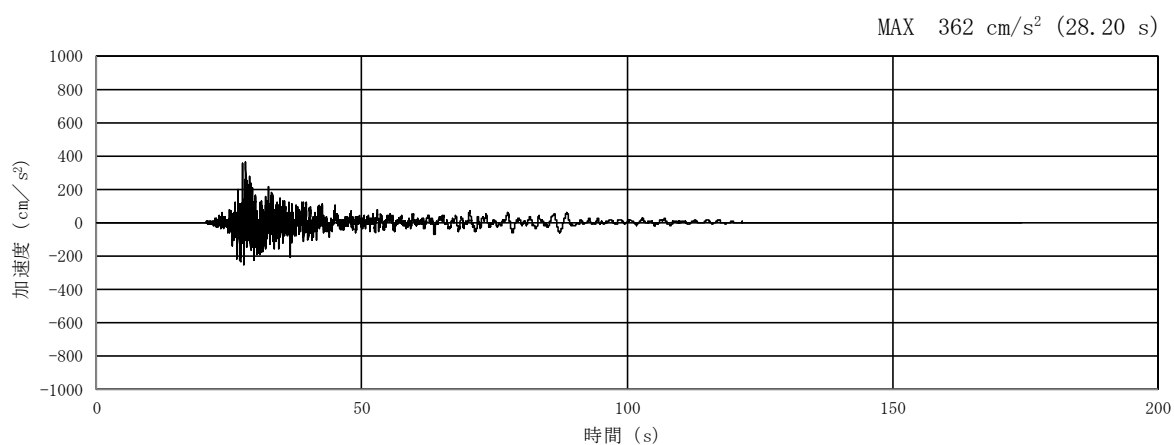
(a) 加速度時刻歴波形



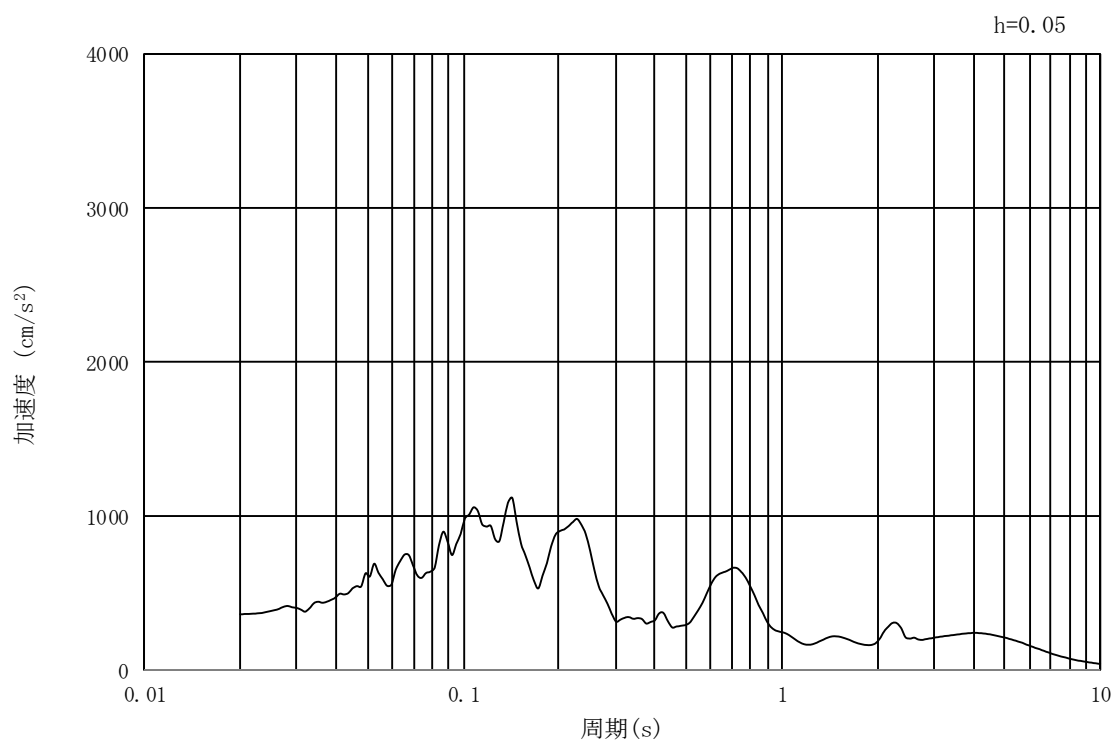
(b) 加速度応答スペクトル

図 14.3-15 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(②-②断面, 鉛直成分:  $S_s-13$ )





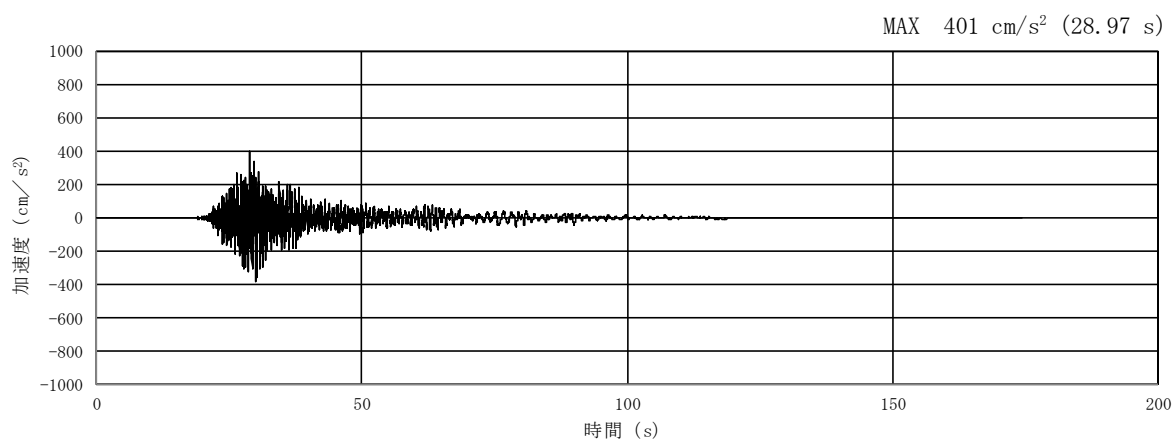
(a) 加速度時刻歴波形



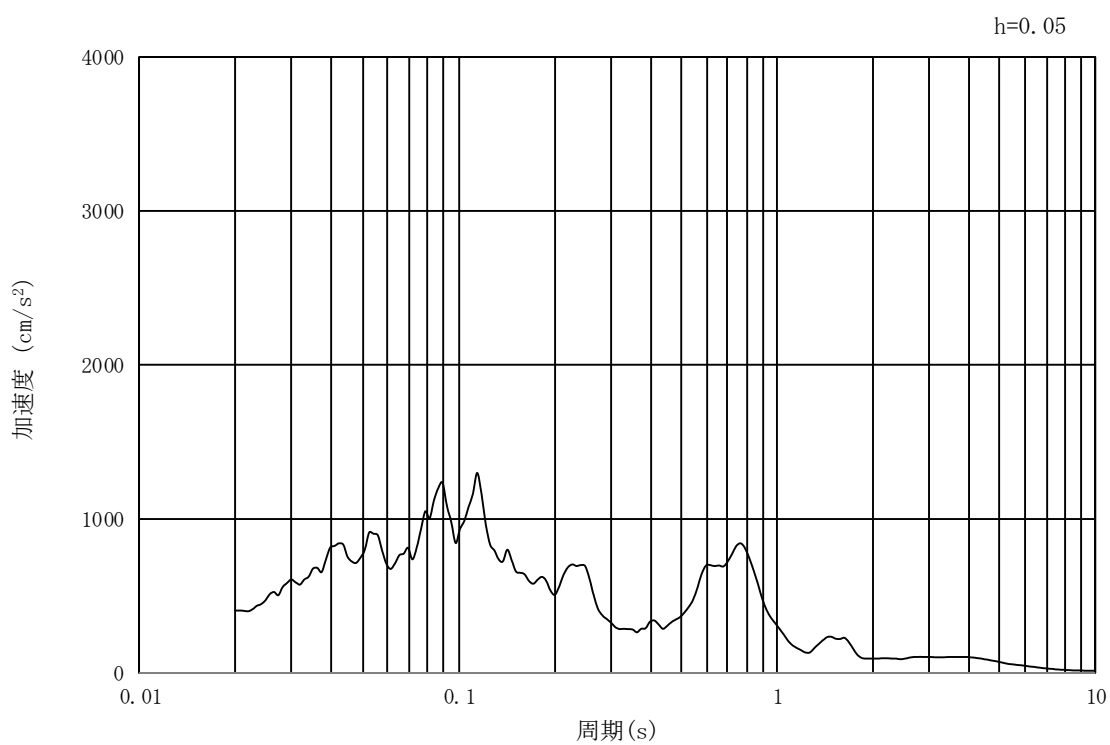
(b) 加速度応答スペクトル

図 14.3-16 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(①-①断面, 水平成分:  $S_s - 1.4$ )





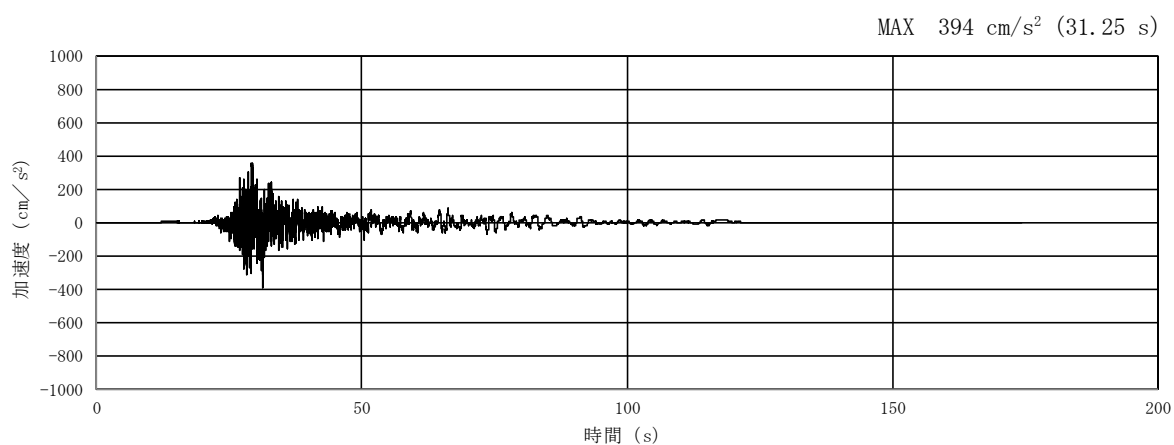
(a) 加速度時刻歴波形



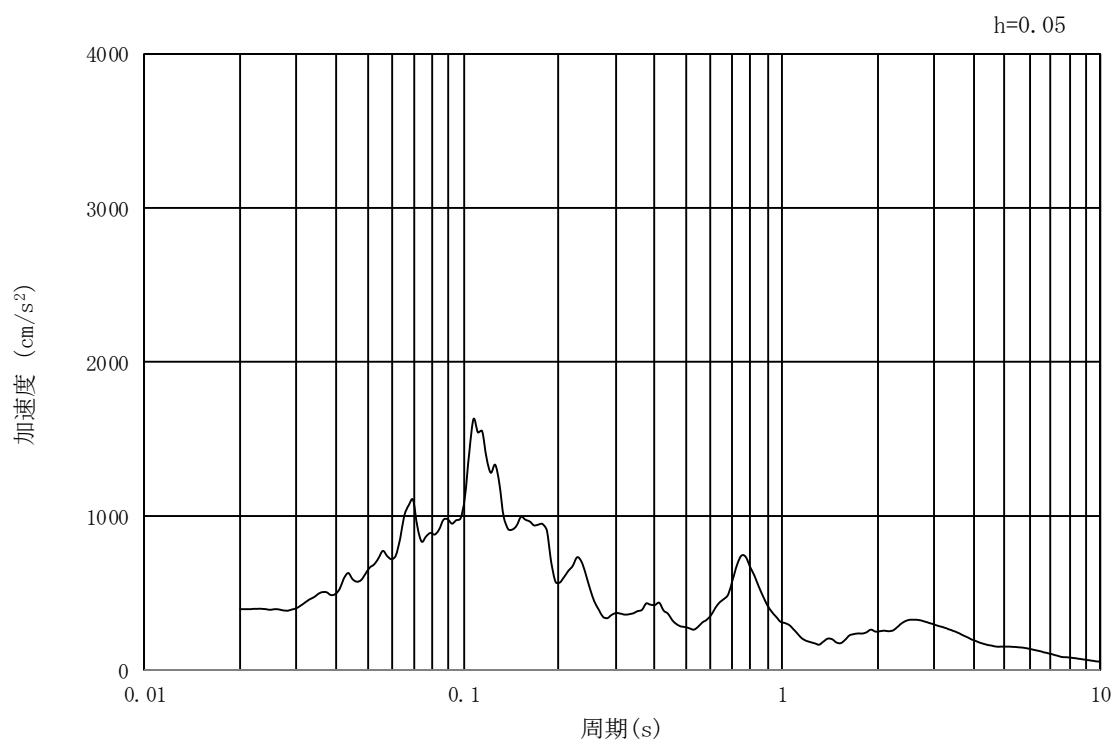
(b) 加速度応答スペクトル

図 14.3-17 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
 (①-①断面, 鉛直成分:  $S_s-1.4$ )





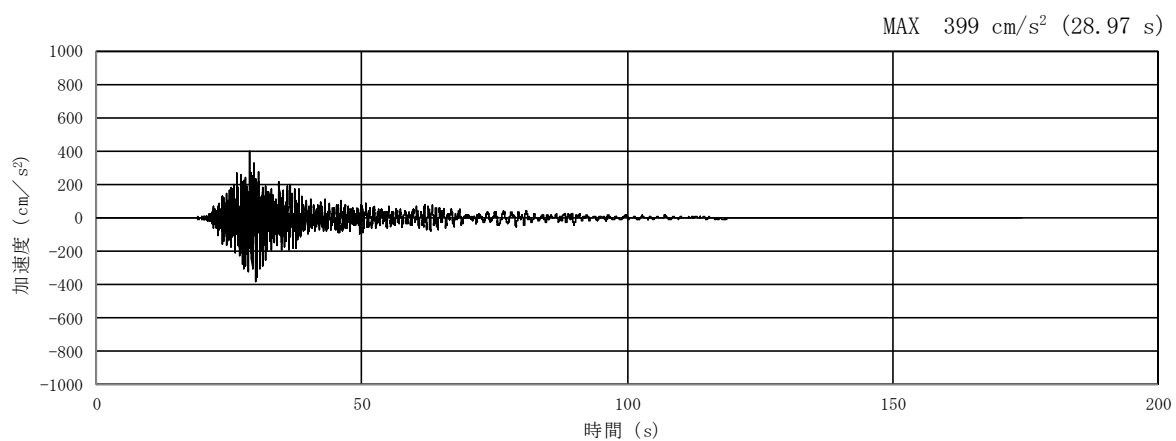
(a) 加速度時刻歴波形



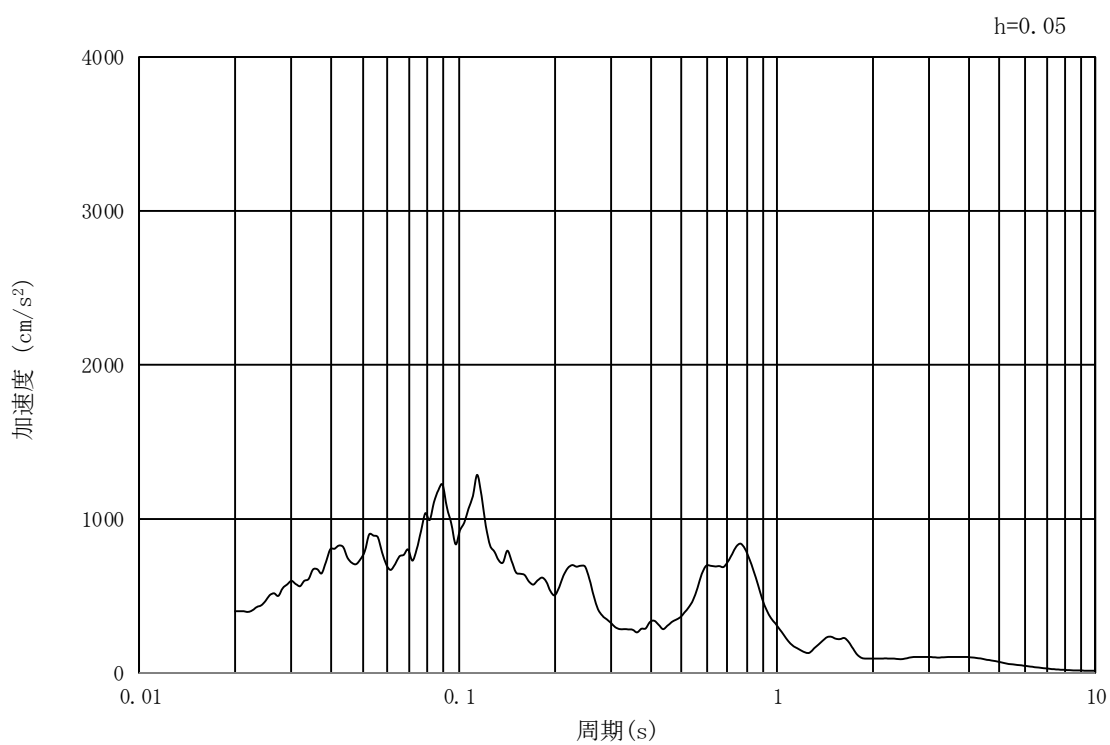
(b) 加速度応答スペクトル

図 14.3-18 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(②-②断面, 水平成分:  $S_s - 1.4$ )





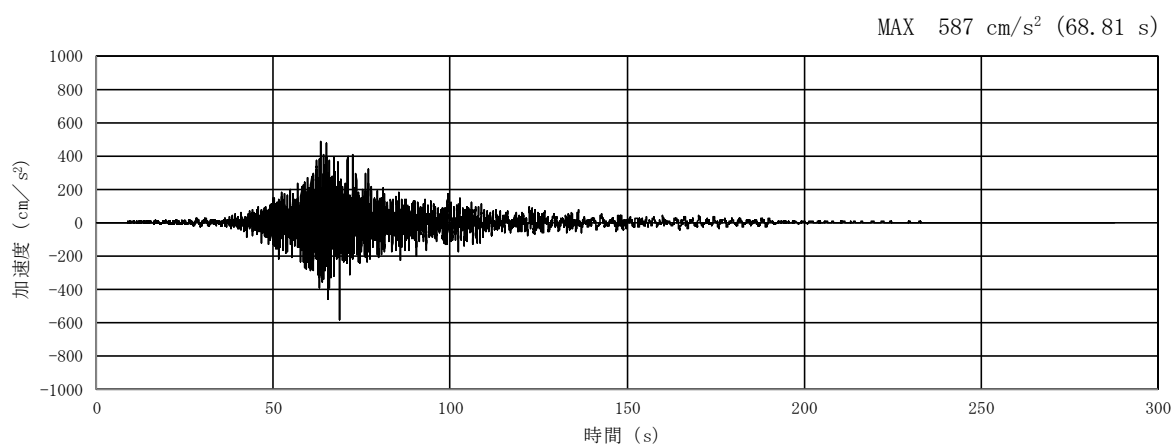
(a) 加速度時刻歴波形



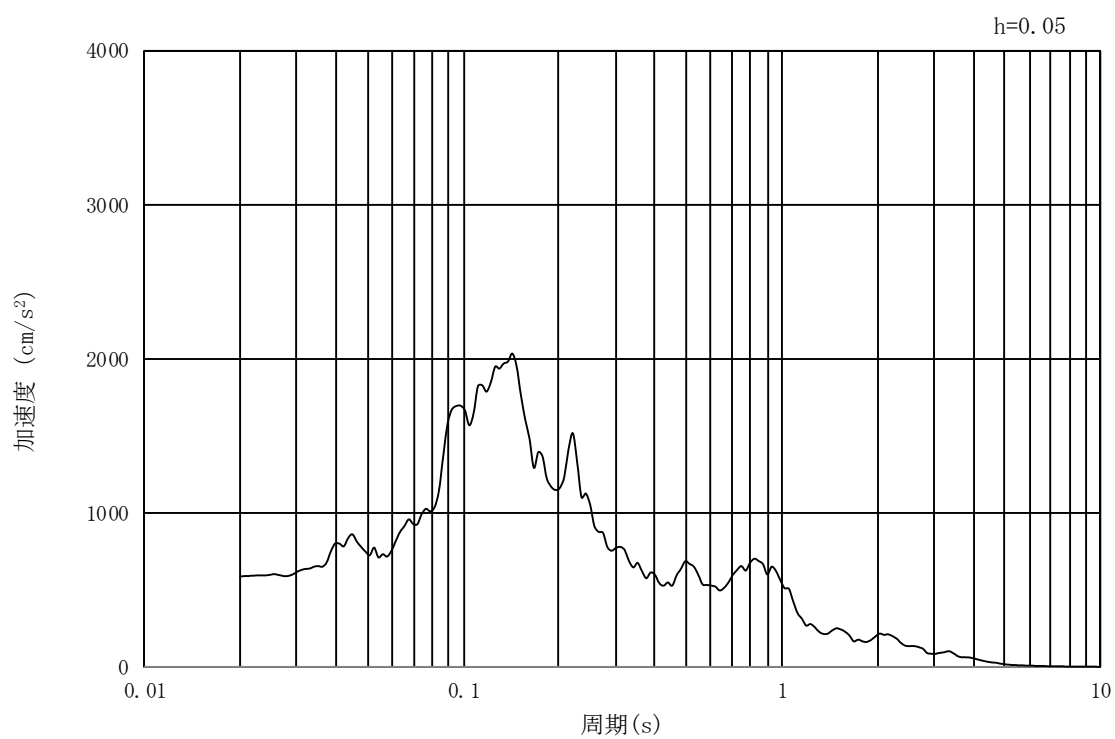
(b) 加速度応答スペクトル

図 14.3-19 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(②-②断面, 鉛直成分:  $S_s-1.4$ )





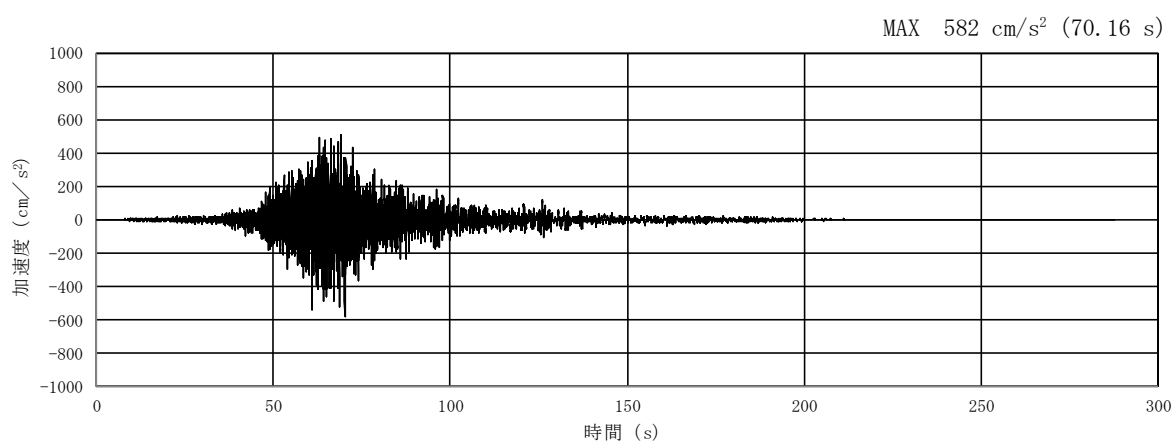
(a) 加速度時刻歴波形



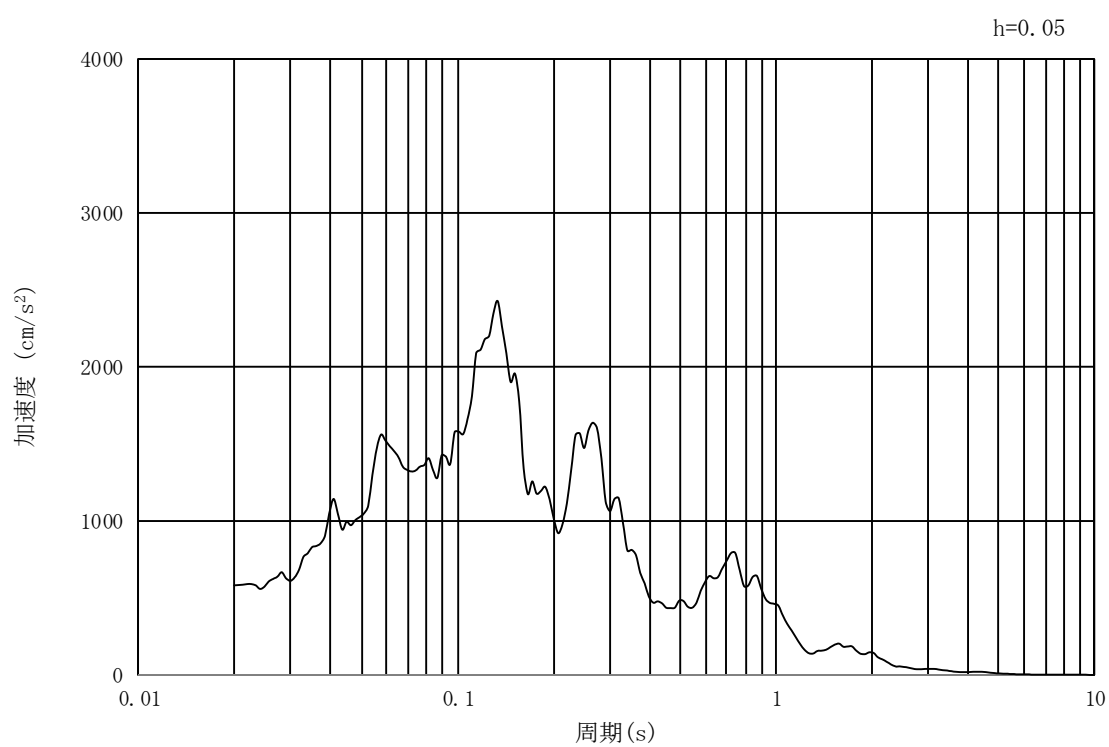
(b) 加速度応答スペクトル

図 14.3-20 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(①-①断面, 水平成分:  $S_s - 21$ )





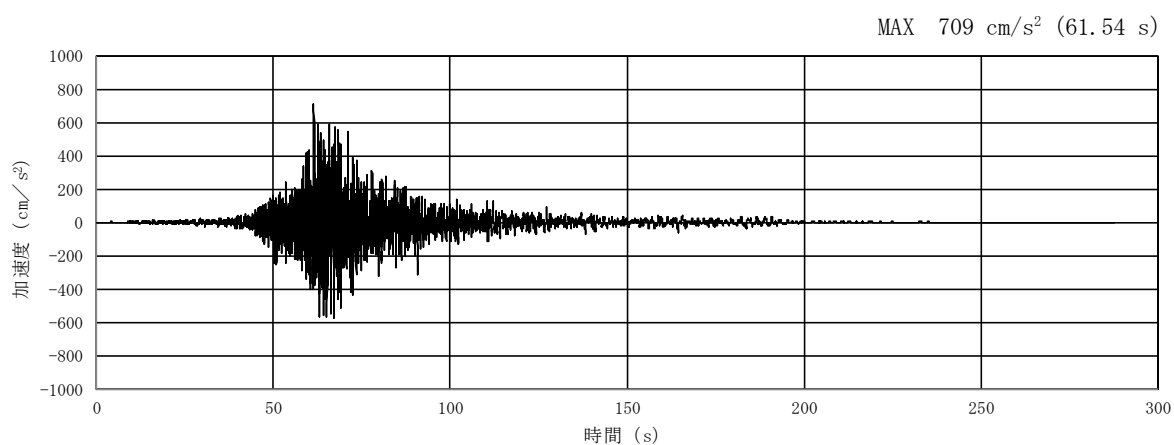
(a) 加速度時刻歴波形



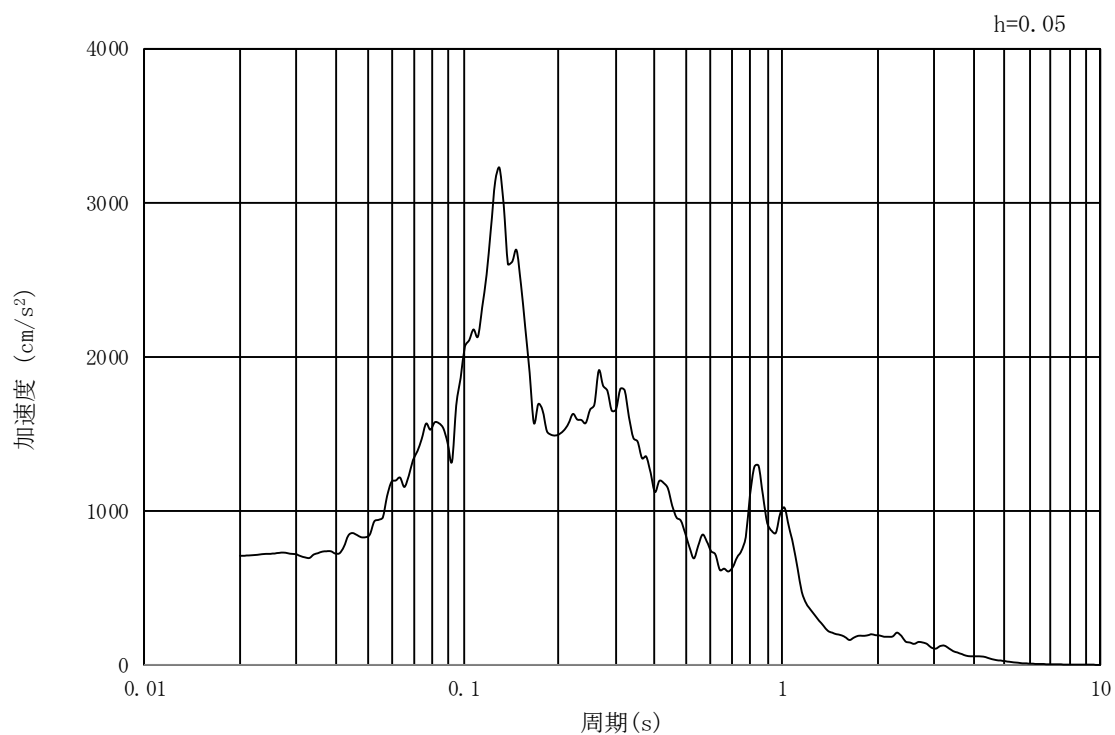
(b) 加速度応答スペクトル

図 14.3-21 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(①-①断面，鉛直成分：S<sub>s</sub>-2 1)





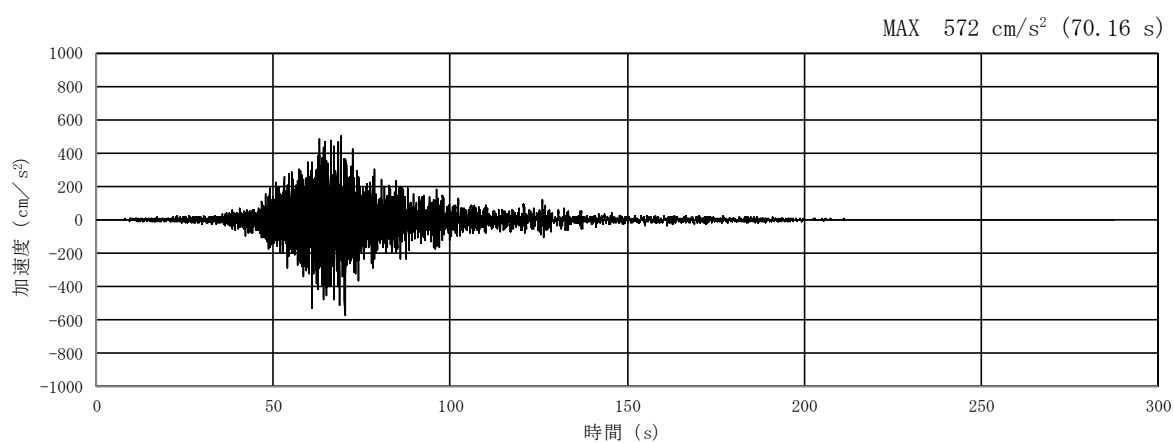
(a) 加速度時刻歴波形



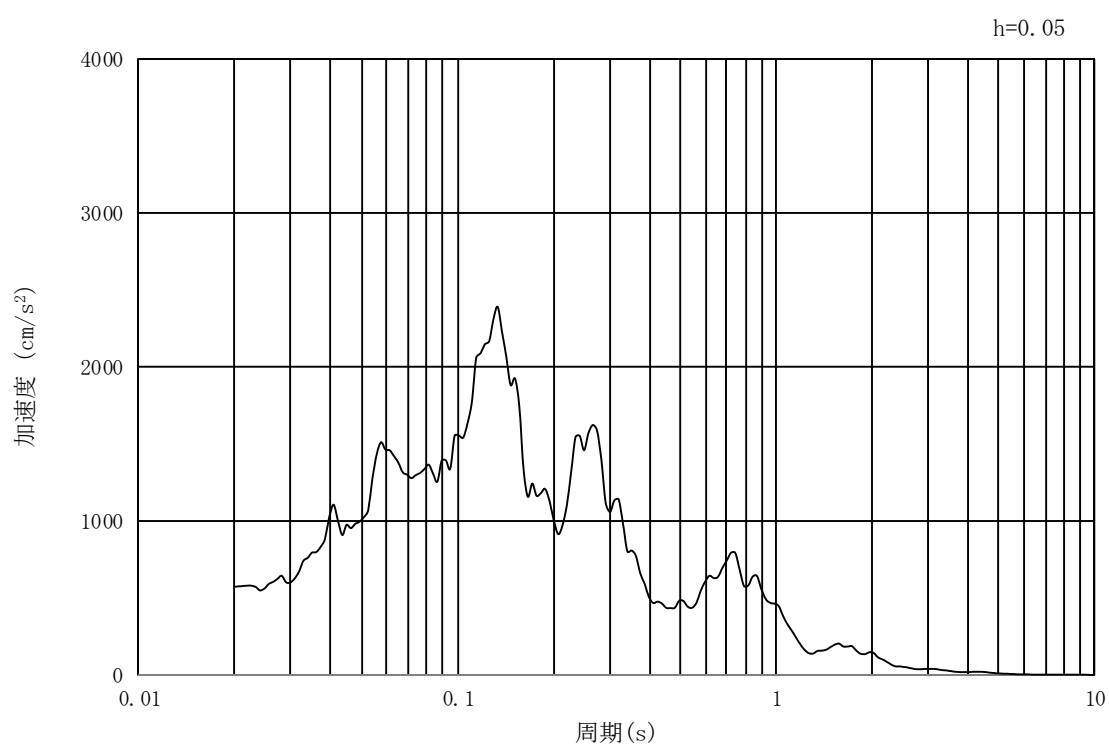
(b) 加速度応答スペクトル

図 14.3-22 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(②-②断面, 水平成分:  $S_s - 21$ )





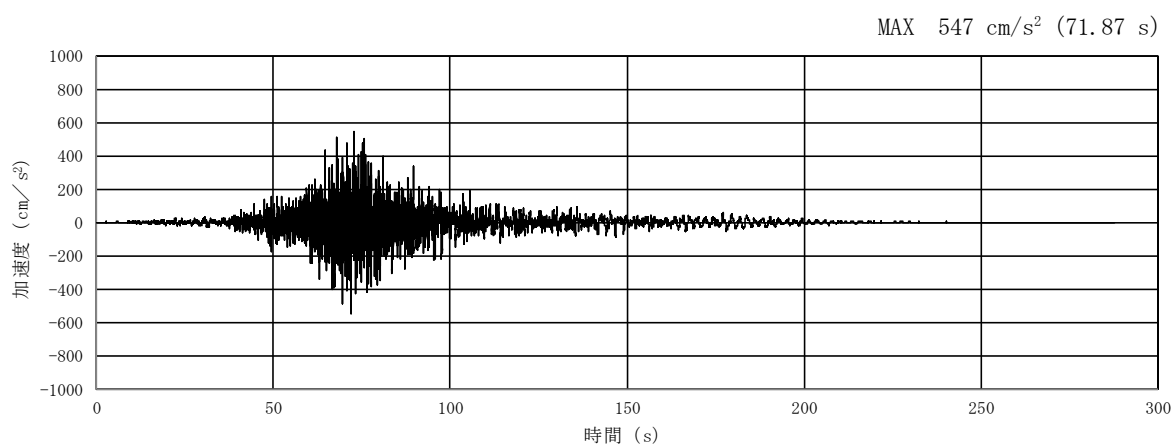
(a) 加速度時刻歴波形



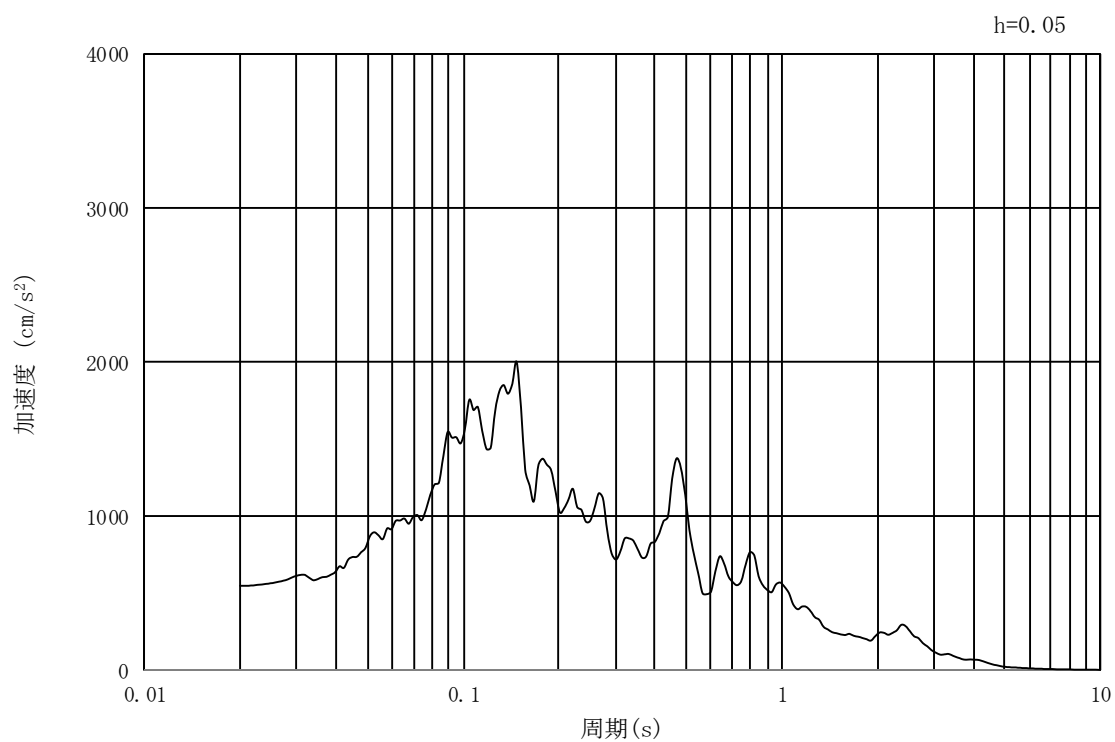
(b) 加速度応答スペクトル

図 14.3-23 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(②-②断面, 鉛直成分:  $S_s - 2.1$ )





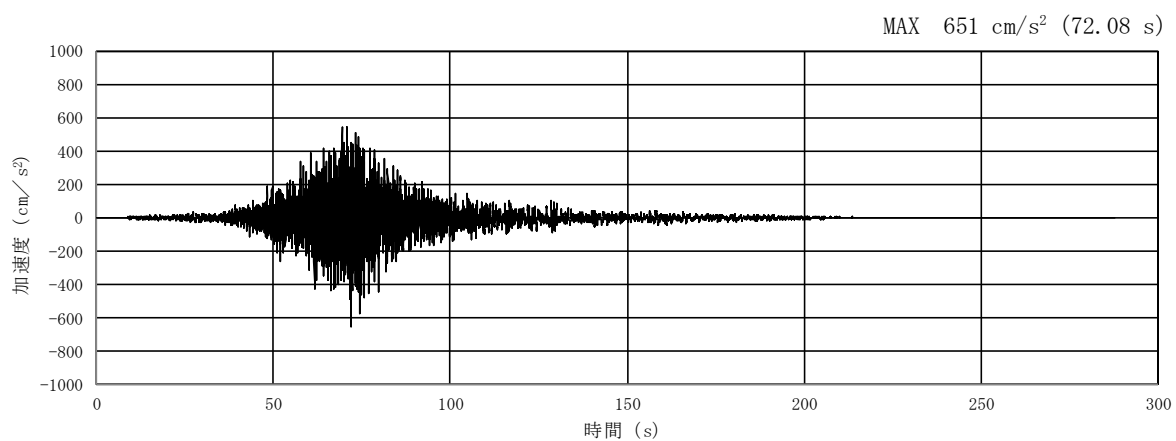
(a) 加速度時刻歴波形



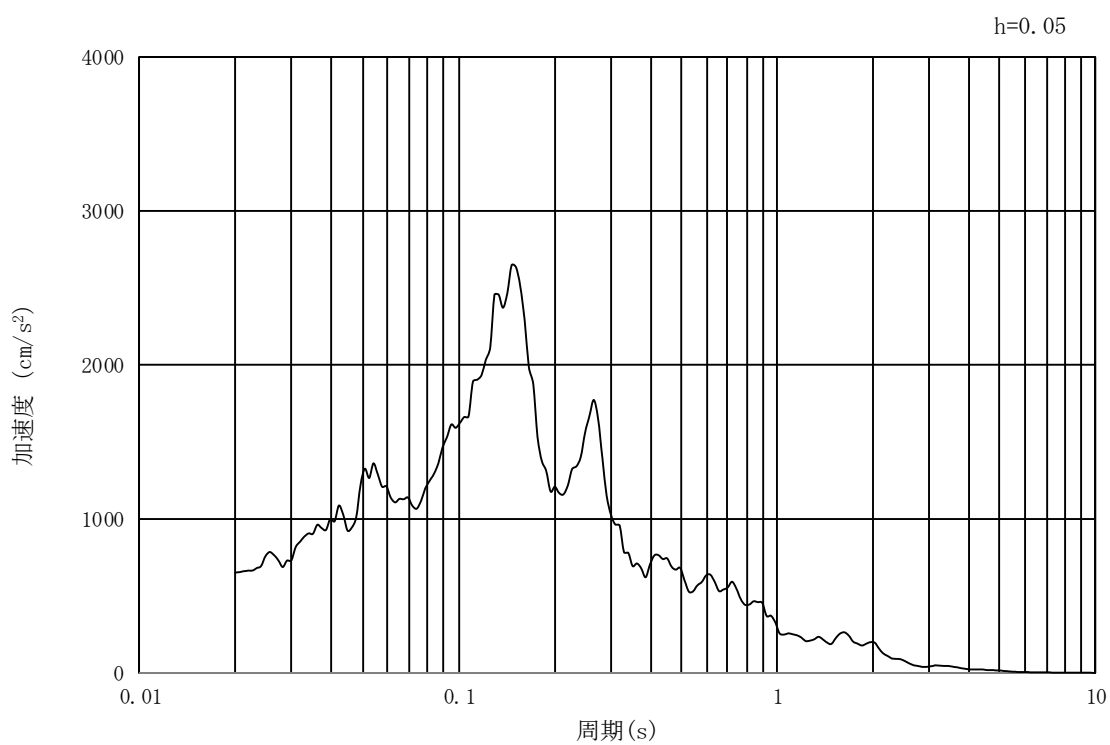
(b) 加速度応答スペクトル

図 14.3-24 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(①-①断面, 水平成分:  $S_s - 2.2$ )





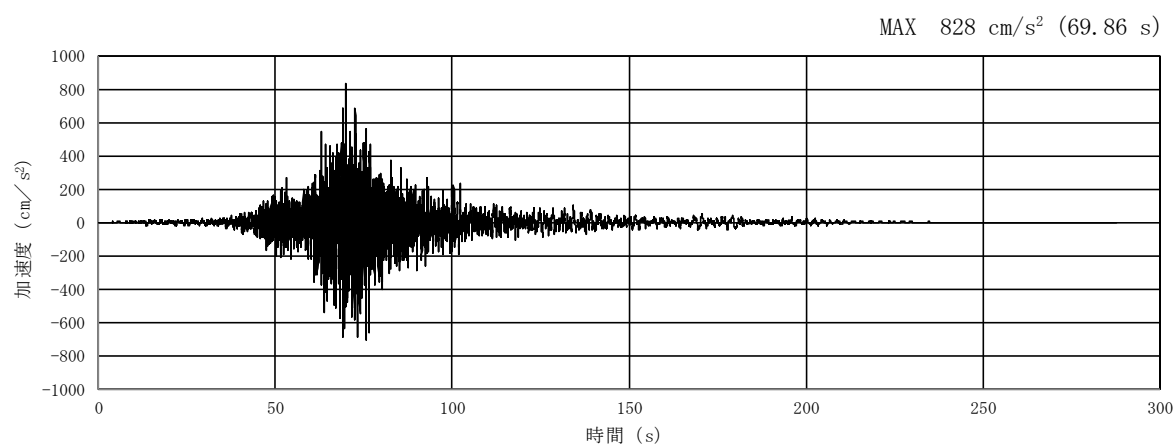
(a) 加速度時刻歴波形



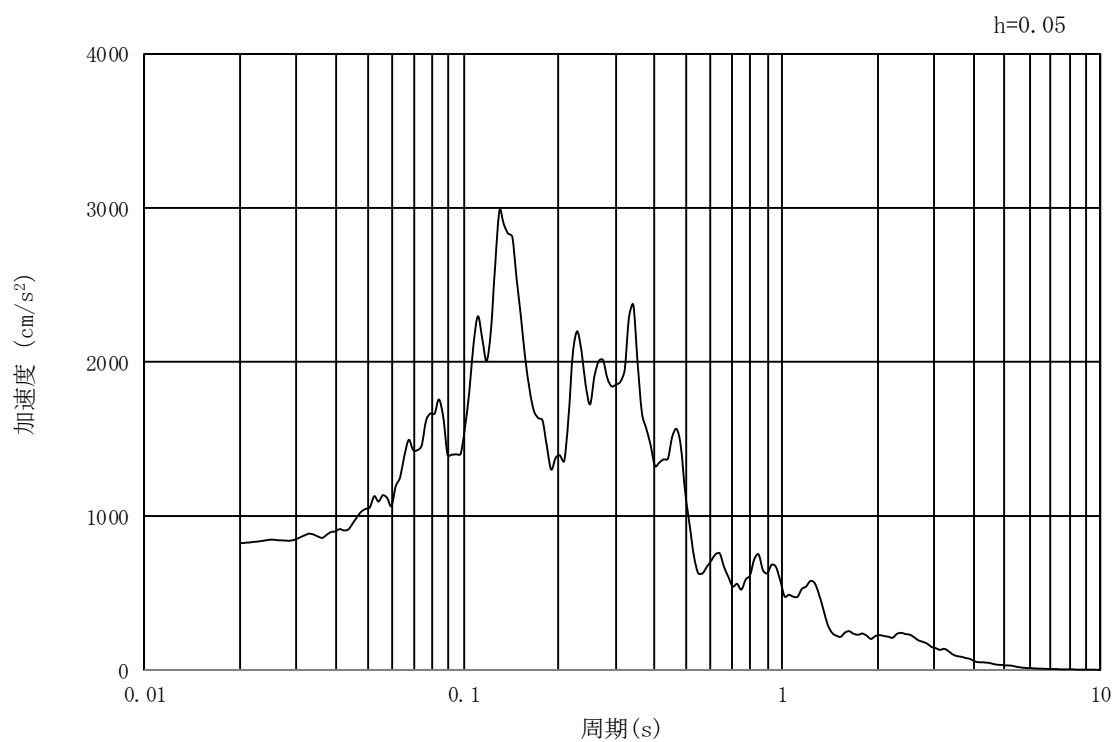
(b) 加速度応答スペクトル

図 14.3-25 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(①-①断面, 鉛直成分:  $S_s - 2.2$ )





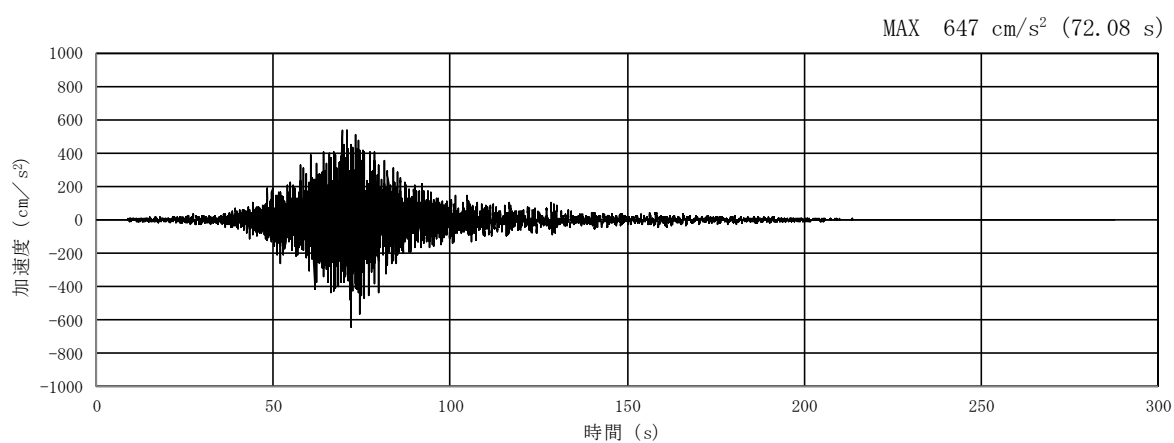
(a) 加速度時刻歴波形



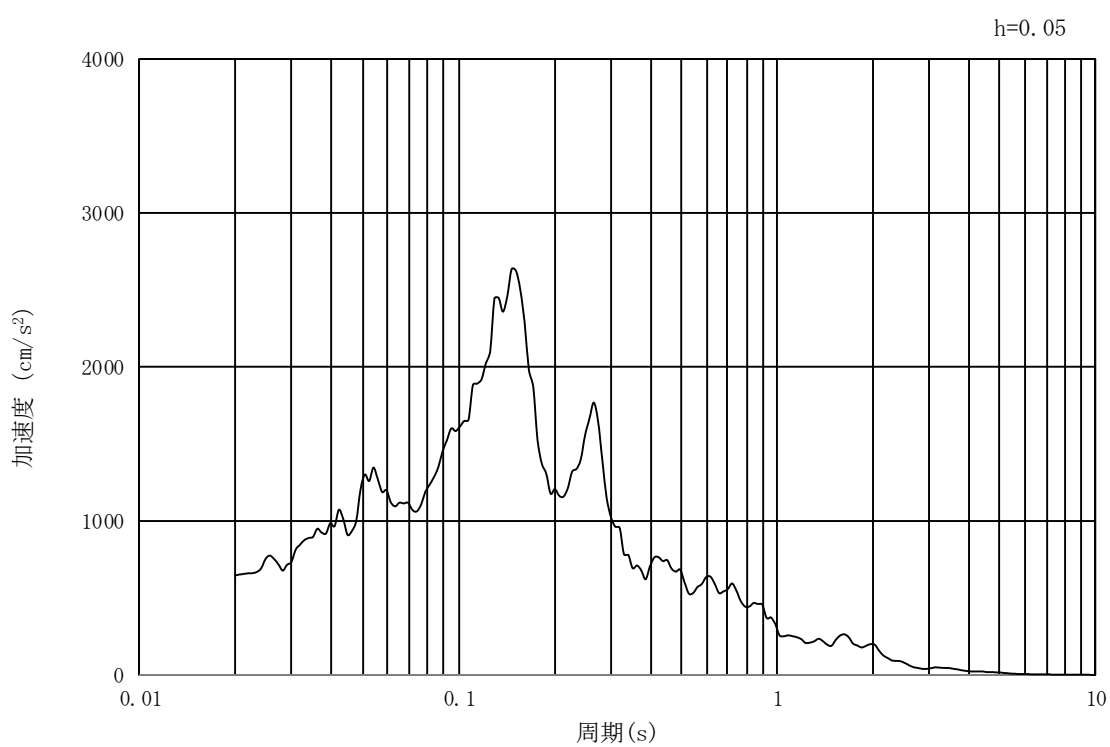
(b) 加速度応答スペクトル

図 14.3-26 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(②-②断面, 水平成分:  $S_s - 2.2$ )





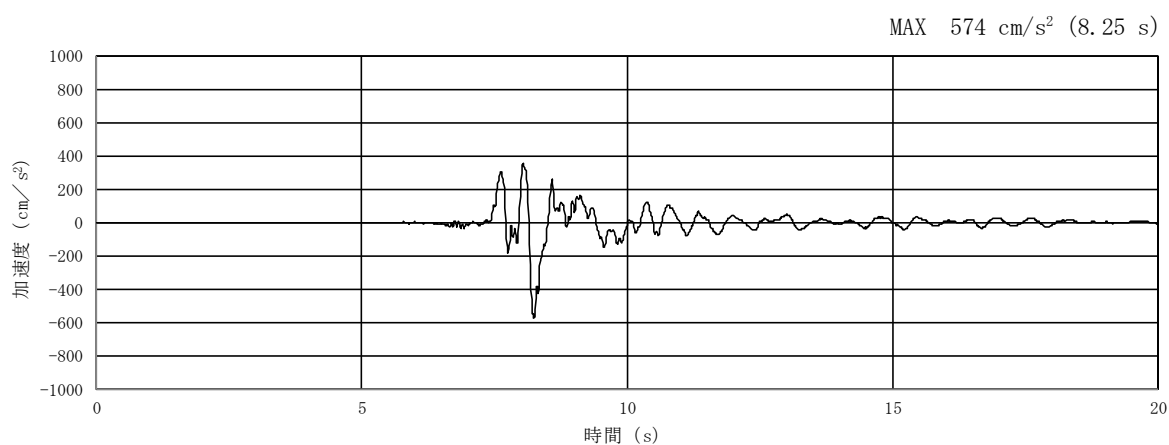
(a) 加速度時刻歴波形



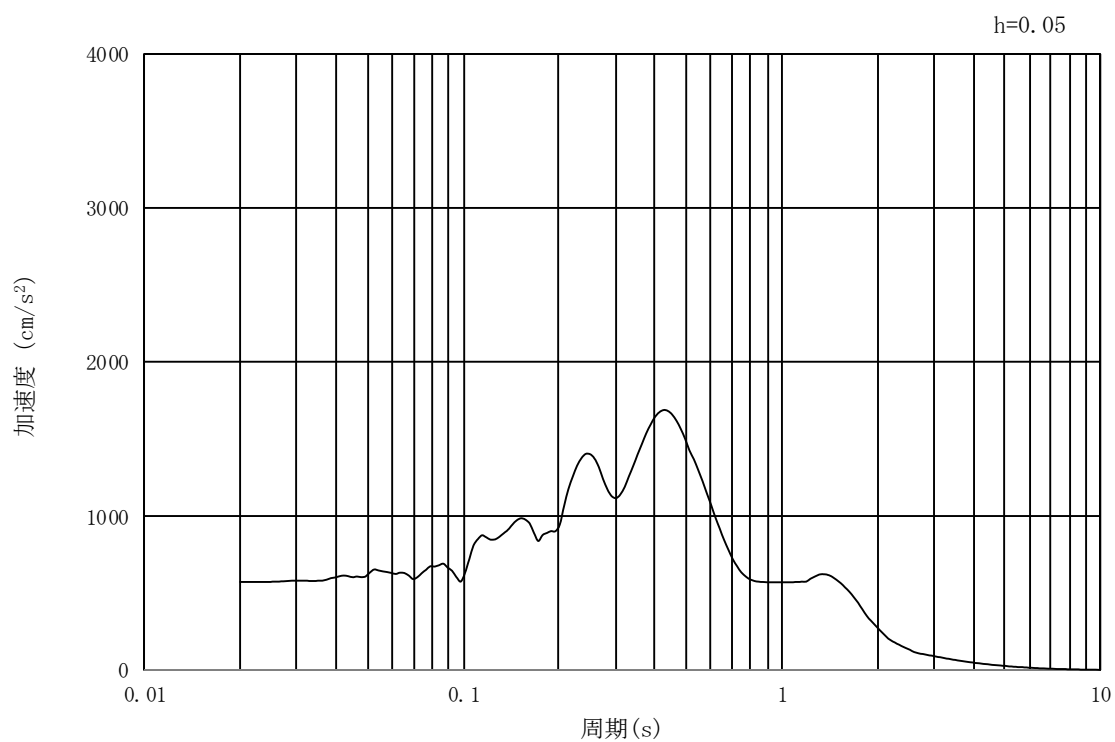
(b) 加速度応答スペクトル

図 14.3-27 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(②-②断面, 鉛直成分: S<sub>s</sub>-22)





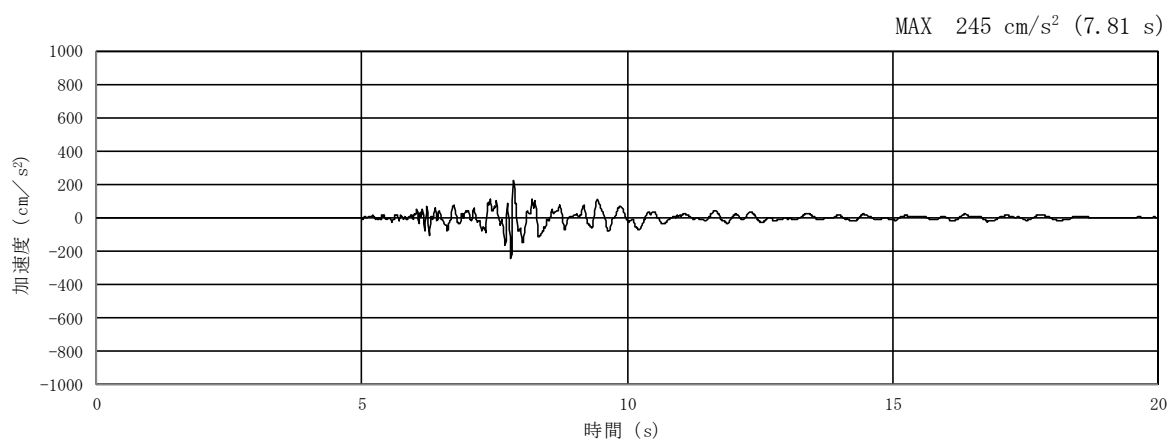
(a) 加速度時刻歴波形



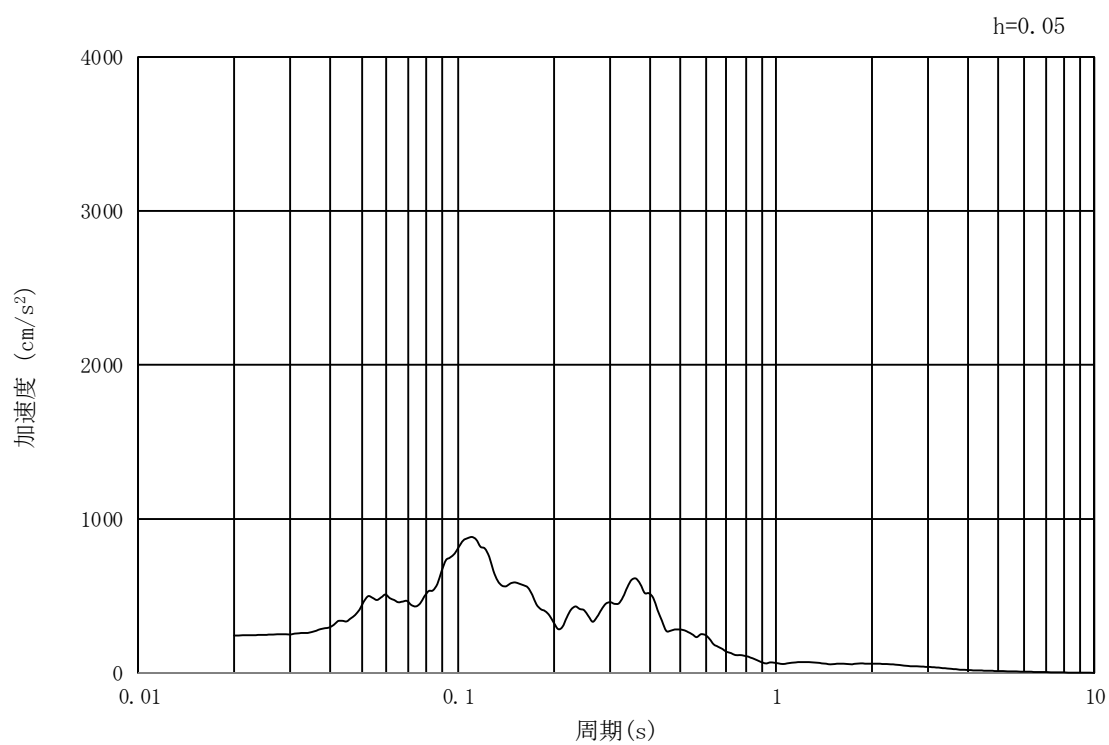
(b) 加速度応答スペクトル

図 14.3-28 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
 (①-①断面, ②-②断面, 水平成分:  $S_s - 31$ )





(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

図 14.3-29 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(①-①断面, ②-②断面, 鉛直成分:  $S_s - 31$ )



### 14.3.2 許容限界の設定

#### (1) 許容応力度による許容限界

**許容限界**については、コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（土木学会，2002年），道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成24年3月）に基づき，表14.3-1のとおり設定する。短期許容応力度は，コンクリート及び鉄筋の許容応力度に対して1.5倍の割増しを考慮する。

表 14.3-1 **許容限界**

| 評価項目  |                         | 短期許容応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) |
|---|-------------------------|---------------------------------|
| コンクリート* <sup>1</sup><br>(f' <sub>ck</sub> =40 N/mm <sup>2</sup> ) | 許容曲げ圧縮応力度 $\sigma_{ca}$ | 21.0                            |
|   | 許容せん断応力度 $\tau_{a1}$    | 0.825* <sup>3</sup>             |
| 鉄筋  | SD490* <sup>2</sup>     | 許容引張応力度 $\sigma_{sa}$<br>435    |
|   | SD390* <sup>1</sup>     | 許容引張応力度 $\sigma_{sa}$<br>309    |
|   | SD345* <sup>1</sup>     | 許容引張応力度 $\sigma_{sa}$<br>294    |

注記 \*1：コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（土木学会，2002年制定）

\*2：道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成24年3月）

\*3：斜め引張鉄筋を考慮する場合は，「コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（（社）土木学会，2002年制定）」に適用し，次式により求められる許容せん断力（ $V_a$ ）を許容限界とする。

$$V_a = V_{ca} + V_{sa}$$

ここで，

$V_{ca}$ ：コンクリートの許容せん断力

$$V_{ca} = 1/2 \cdot \tau_{a1} \cdot b_w \cdot j \cdot d$$

$V_{sa}$ ：斜め引張鉄筋の許容せん断力

$$V_{sa} = A_w \cdot \sigma_{sa} \cdot j \cdot d / s$$

$\tau_{a1}$ ：斜め引張鉄筋を考慮しない場合の許容せん断応力度

$b_w$ ：有効幅

$j$ ：1/1.15

$d$ ：有効高さ

$A_w$ ：斜め引張鉄筋断面積

$\sigma_{sa}$ ：鉄筋の許容引張応力度

$s$ ：斜め引張鉄筋間隔



(2) 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

極限支持力度は、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき、道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成14年3月）により設定する。

道路橋示方書によるケーソン基礎の支持力算定式を以下に示す。

$$q_d = \alpha c N_c + \frac{1}{2} \beta \gamma_1 B N_\gamma + \gamma_2 D_f N_q$$

ここで、

$q_d$ ：基礎底面地盤の極限支持力度（ $\text{kN/m}^2$ ）

$c$ ：基礎底面より下にある地盤の粘着力（ $\text{kN/m}^2$ ）

\* $c$ は $K_m$ 層の非排水せん断強度

$\gamma_1$ ：基礎底面より下にある地盤の単位体積重量（ $\text{kN/m}^3$ ）

ただし、地下水位以下では水中単位体積重量とする。

$\gamma_2$ ：基礎底面より上にある周辺地盤の単位体積重量（ $\text{kN/m}^3$ ）

ただし、地下水位以下では水中単位体積重量とする。

$\alpha$ ， $\beta$ ：表14.3-2に示す基礎底面の形状係数

$B$ ：基礎幅（m）

$D_f$ ：基礎の有効根入れ深さ（m）

$N_c$ ， $N_q$ ， $N_\gamma$ ：図14.3-30に示す支持力係数

上記にて求まる基礎地盤の極限支持力を表14.3-3に示す。

表14.3-2 基礎底面の形状係数（道路橋示方書より）

| 基礎底面の形状<br>形状係数 | 帯 状 | 正方形，円形 | 長方形，小判形               |
|-----------------|-----|--------|-----------------------|
| $\alpha$        | 1.0 | 1.3    | $1 + 0.3 \frac{B}{D}$ |
| $\beta$         | 1.0 | 0.6    | $1 - 0.4 \frac{B}{D}$ |

$D$ ：ケーソン前面幅（m）， $B$ ：ケーソン側面幅（m）

ただし、 $B/D > 1$ の場合、 $B/D = 1$ とする。



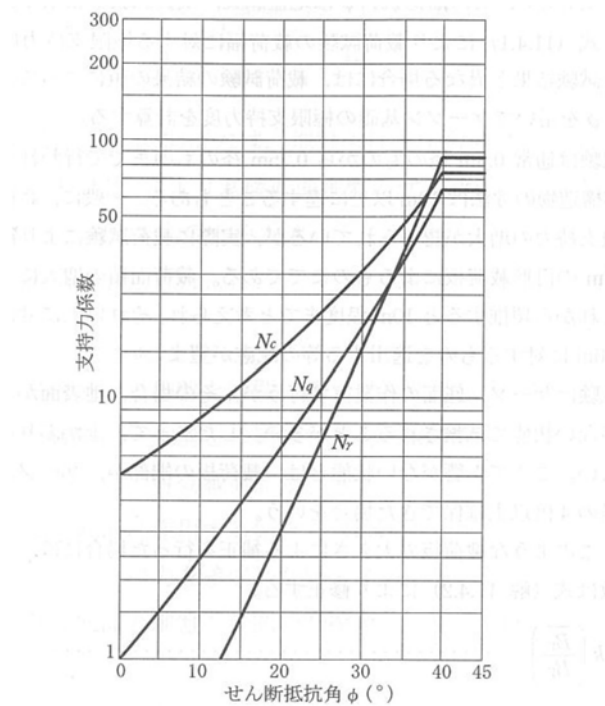


図 14.3-30 支持力係数を求めるグラフ（道路橋示方書より）

速 報

表 14.3-3 基礎地盤の極限支持力度

| 評価項目      | 極限支持力度 (kN/m <sup>2</sup> ) |
|-----------|-----------------------------|
| 基礎地盤の支持性能 | 6690                        |



### 14.3.3 水平断面の評価

#### (1) 側壁の評価

S A用海水ピットの側壁開口の最大箇所は、内径 1.2 m の鋼製管となる。立坑とは岩盤内で接続し、ピットの壁軸周長約 37 m、壁厚 2.0 m に対して開口部は 1.2 m と比較的小さい。開口部周辺には、補強鉄筋を配置するため、開口部による剛性低下を考慮しない設計とする。

水平断面については、側壁を線形はり要素としてモデル化した静的フレーム解析により照査を行なう。

地盤と立坑の連成系モデルによる 2 次元有効応力解析の結果に基づき、立坑水平断面の検討では、立坑の両側に地盤からの最大荷重を作用させる場合（両押し時）と、片側のみに地盤からの最大荷重を作用させる場合（片押し時）の 2 つの荷重状態について検討する。

水平断面の設計荷重として、図 14.3-31 に示すように、両押し時は、2 次元有効応力解析により得られる立坑側方の地震時地盤反力（地盤要素の水平有効直応力（ $\sigma_x'$ ）＋間隙水要素の発生応力（ $\Delta u$ ））の全時刻の最大値を抽出し、立坑平面の両側から同じ最大荷重を常時荷重と共に作用させる。

片押し時は、両押し時と同じ地震時地盤反力の最大値を立坑平面の片側から最大荷重として常時荷重と共に作用させる。

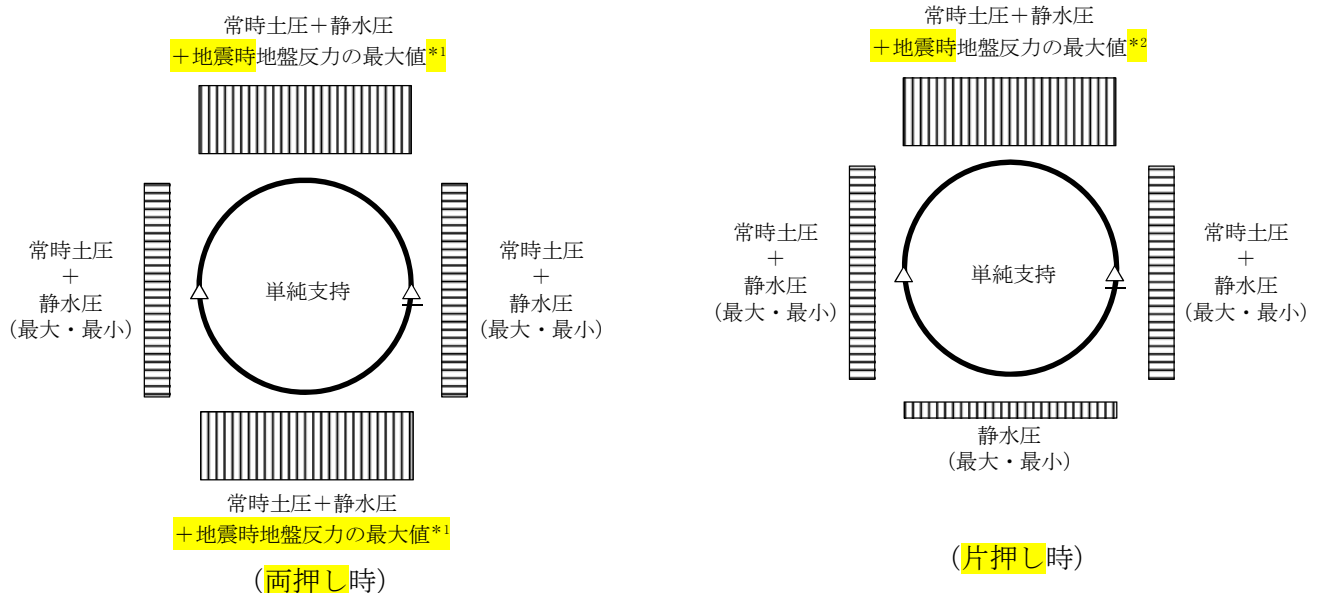
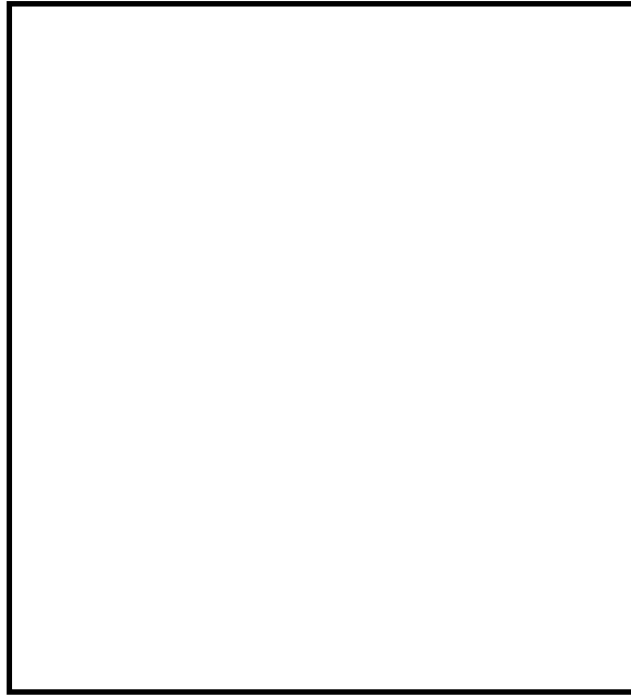
常時荷重については常時土圧及び静水圧を考慮する。設計断面の適用範囲ごとに最浅部（最小）及び最深部（最大）の常時荷重を算定し、図 14.3-31 に示すように、立坑水平断面の静的フレーム解析に用いる。

水平断面モデルに対して設計荷重を載荷すると、構造体が弾性変形するのに伴い地盤反力が生じることから、「シールド工事用立坑の設計（（社）土木学会、2015 年）」に従い、構造体の弾性変形に応じた地盤反力を考慮できるが、地盤反力による構造体の変形抑制効果を考慮しなくても構造成立する場合は、設計上の保守的な配慮として、構造体の弾性変形に応じた地盤反力を考慮しない設計とする。なお、「シールド工事用立坑の設計（（社）土木学会、2015 年）」に従い、構造体の弾性変形に応じた地盤反力を考慮する場合は、保守的に Km 層に限って適用する。

静的フレーム解析におけるはり要素の要素分割については、「原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・同マニュアル」（土木学会原子力土木委員会、2002 年 5 月）に、線材モデルの要素分割については、要素長さを部材の断面厚さ又は有効高さの 2.0 倍以下とし、1.0 倍程度とするのが良い旨が示されていることを考慮し、部材の断面厚又は有効高さの 1.0 倍程度まで細分割して設定する。

円形立坑の水平断面解析モデル概念図を図 14.3-31 に示す。





\*1: 立坑左右地盤の「常時土圧+静水圧+地震時地盤反力の最大値」を両側に作用させる。  
 \*2: 立坑左右地盤の「常時土圧+静水圧+地震時地盤反力の最大値」を片側に作用させる。

図 14.3-31 円形立坑の水平断面解析モデル概念図



## (2) 頂版の評価

内寸法 10.0 m の床版において 1.1 m×1.7 m の可搬用ポンプ投入口による開口は 6 か所あることから、開口については開口部周辺を補強する。

補強の設計は、開口の間の部材に開口部に作用する荷重を付加した桁高 3.0 m で幅 3.2 m の梁①部材と、幅 1.3 m の梁②部材として設計する。概念図を図 14.3-32 に示す。

スパンは頂版が接続する側壁の中心間距離とし、境界条件は単純支持とする。

設計荷重としては、面外方向に躯体及び積雪の慣性力を静的に作用させる。

中央の梁①の設計においては、頂版に作用する全荷重を負担するものとして設計することで、梁②の設計における支点反力を改めて考慮する必要はない。

慣性力については、2次元有効応力解析により各床版位置における最大鉛直加速度を算出し、重力加速度で除することで鉛直設計震度を求め算定する。

単純支持によるはり設計で求めた主鉄筋を、頂版上下面に配置する。

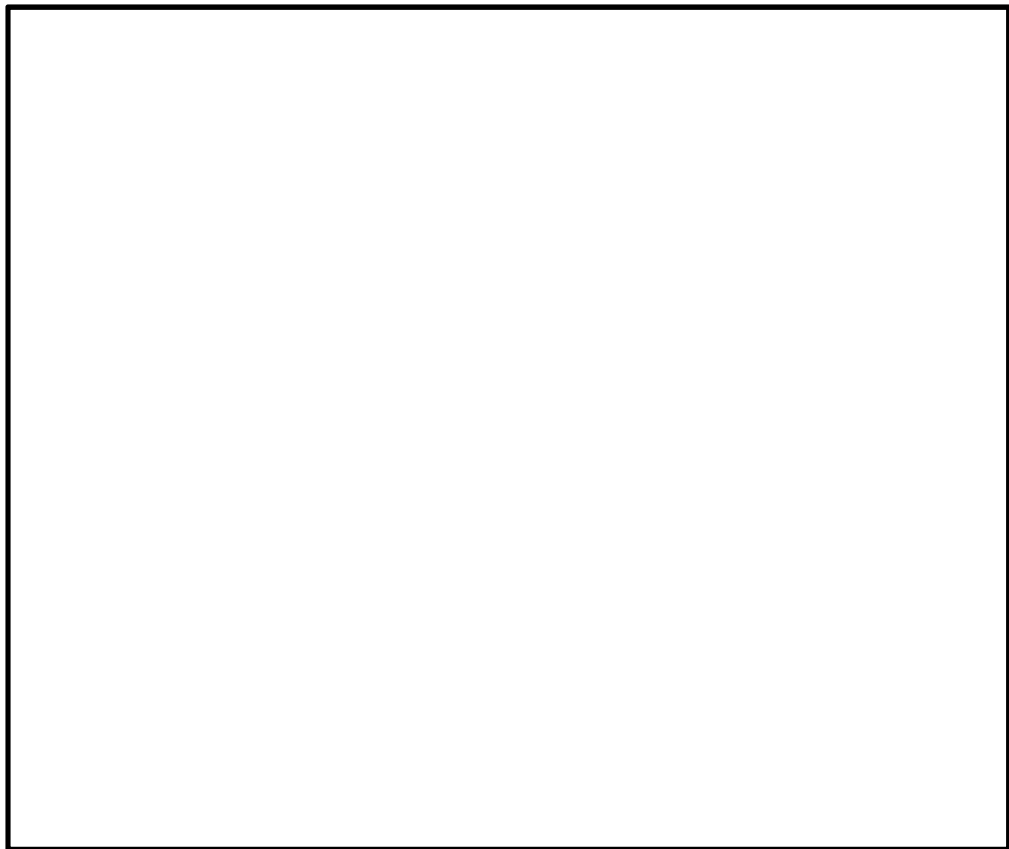


図 14.3-32 頂版の設計モデル概念図



### (3) 中床版の評価

中床版には、津波に伴う水位上昇による可搬型ポンプの揺動を低減するための開口を設ける。内寸法 10 m の床版において開口は 1.4 m×1.0 m である。版の周囲は円周状に支持されているが、中央の開口を考慮して半径分の片持ち梁としてモデル化した場合 (②) と、直径分の単純梁とした場合 (①) の最大曲げモーメントは一致する。従って、直径分のスパンを有する単位幅の 1 方向版としてモデル化し、直交方向の支持を考慮しないで断面力を算出し設計する。概念図を図 14.3-33 に示す。

スパンは頂版が接続する側壁の中心間距離とし、境界条件は単純支持とする。

設計荷重としては、面外方向に躯体の慣性力並びに内水の動水圧を静的に作用させる。

慣性力並びに内水の動水圧については、2 次元有効応力解析により各床版位置における最大鉛直加速度を算出し、重力加速度で除することで鉛直設計震度を求め算定する。

以上のことより、単純支持によるはり設計で求めた主鉄筋を、中床版上下面に格子状に配置することで、開口を考慮した設計となる。

一方、開口部以外 (例えば隣接部③) ではスパン長が直径よりも短くなるため、①の単純梁モデルよりも断面力は小さくなる。また、半スパン分の片側固定梁 (④) としてモデル化した場合、中央部には逆側の支持により断面力が発生することとなり、最大断面力は全スパン梁モデル中央部の最大断面力を下回ることになる。従って、最もスパンが長い直径分の単純梁としてモデル化した断面力を用いることで安全側の設計となる。



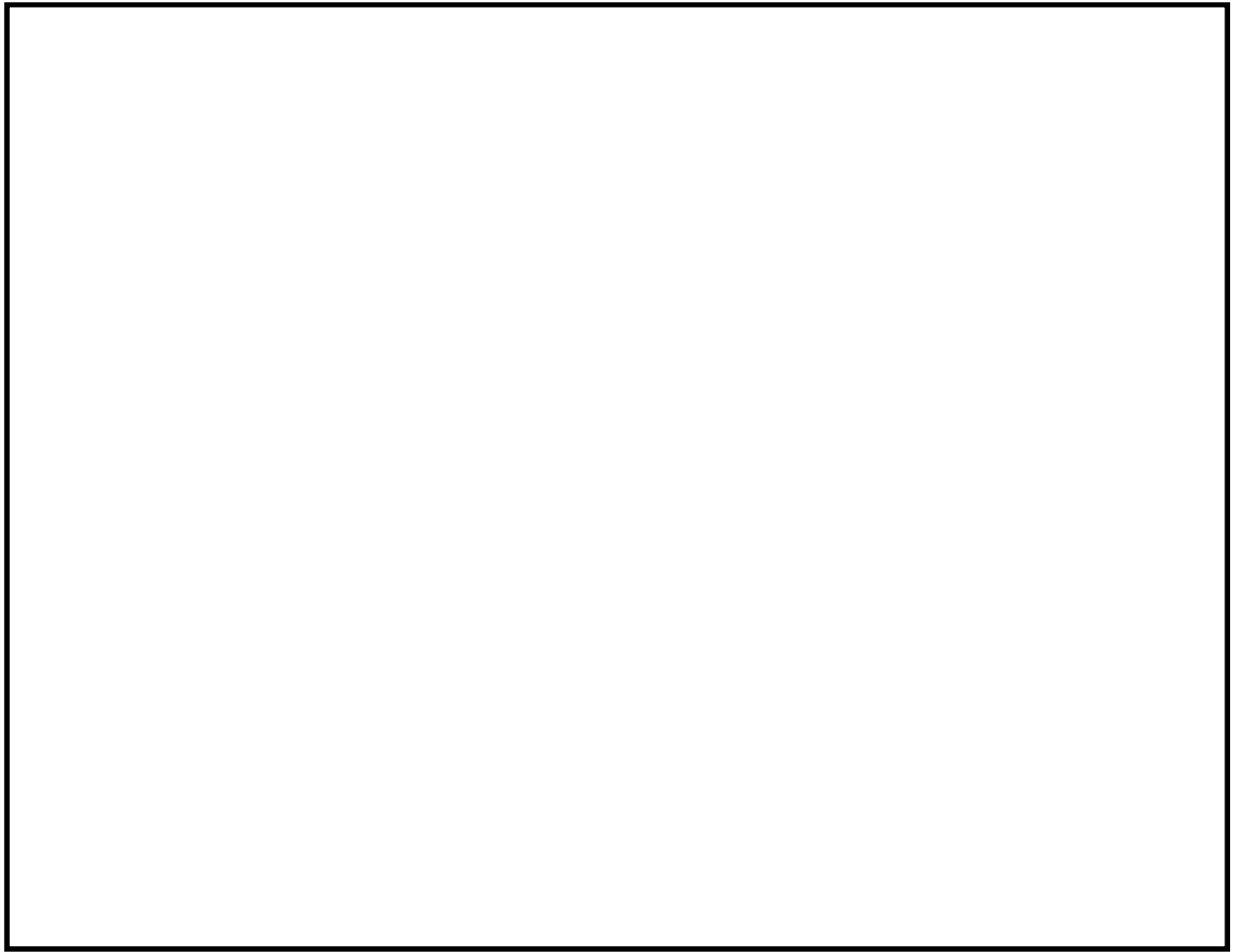


図 14.3-33 中床版の設計モデル概念図



#### (4) 底版の評価

底版の設計は、単位幅の 1 方向版（スラブ）としてモデル化し断面力を算出する。概念図を図 14.3-34 に示す。スパンは底版が接続する側壁の中心間距離とし、境界条件は単純支持とする。

設計荷重は 2 次元動的有効応力解析において、仮想剛梁要素（底面）下面の地盤要素に発生する鉛直方向有効直応力（ $\sigma_y'$ ）及び間隙水要素の発生応力（ $\Delta u$ ）の底版幅方向合力が最大となる時刻を抽出し、その時刻における地盤反力分布を作用させる。また、静水圧も分布荷重として考慮する。

単純支持による単位幅の版設計で求めた主鉄筋を、底版上下面に格子状に配置する。

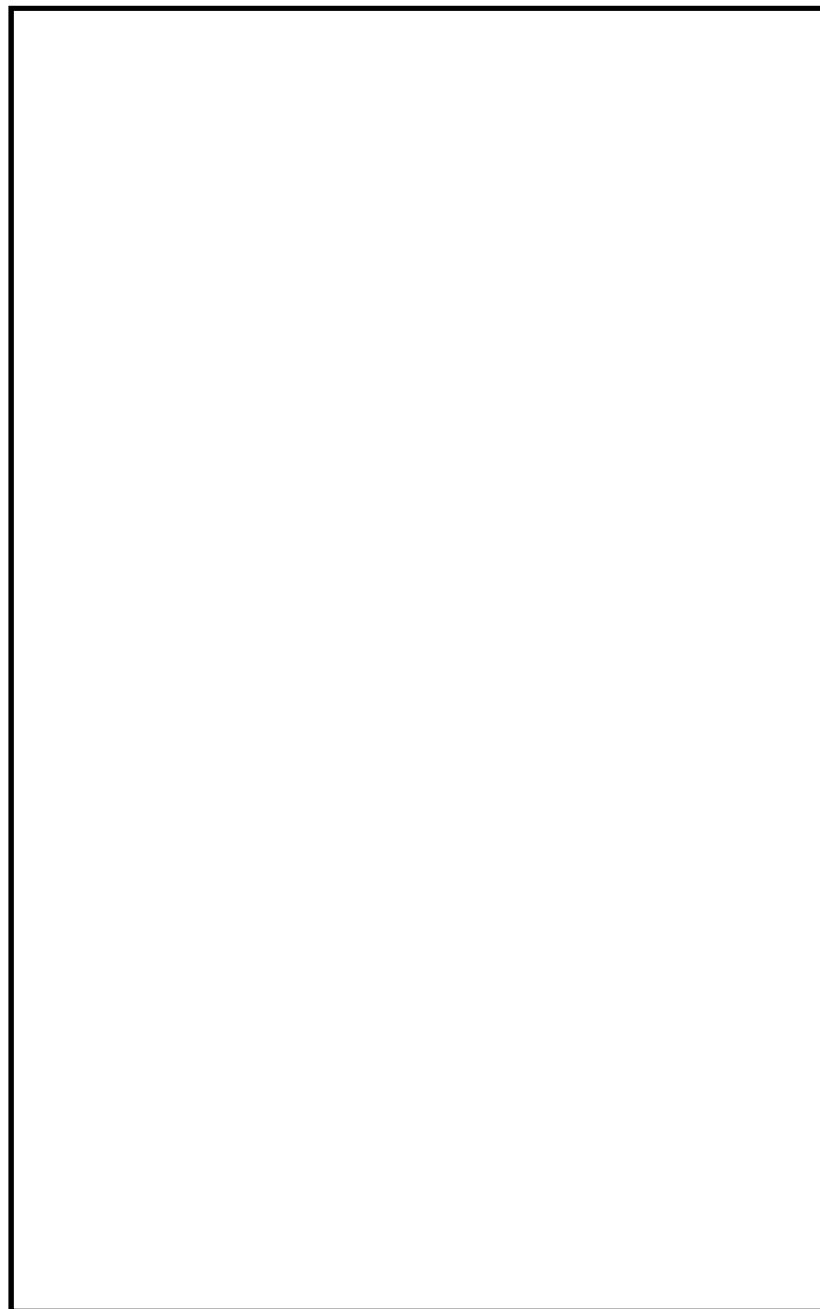


図 14.3-34 底版の設計モデル概念図



## 14.4 評価結果

### 14.4.1 地震応答解析結果

S A用海水ピットの基準地震動 $S_s$ による断面力（曲げモーメント，軸力，せん断力）を図 14.4-1 及び図 14.4-2 に示す。これらの図は，構造部材の曲げ軸力及びせん断力照査結果の照査値が最大となる時刻における要素ごとの断面力を示したものである。

また，最大せん断ひずみ分布を図 14.4-3 及び図 14.4-4 に示し，過剰間隙水圧比分布を図 14.4-5 及び図 14.4-6 に示す。なお，これらの図は，各要素に発生したせん断ひずみ及び過剰間隙水圧比の全時刻における最大値の分布を示したものである。



追 而

曲げモーメント図

軸力図

図 14.4-1 (1) ①-①断面の地震時断面力 ( $S_s-D1$  [H+, V-])  
(検討ケース①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

追 而

せん断力図

図 14.4-1 (2) ①-①断面の地震時断面力 ( $S_s-D1$  [H+, V-])  
(検討ケース①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



追 而

曲げモーメント図

軸力図

図 14.4-2 (1) ②-②断面の地震時断面力 ( $S_s-D1$  [H+, V-])  
(検討ケース①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

追 而

せん断力図

図 14.4-2 (2) ②-②断面の地震時断面力 ( $S_s-D1$  [H+, V-])  
(検討ケース①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



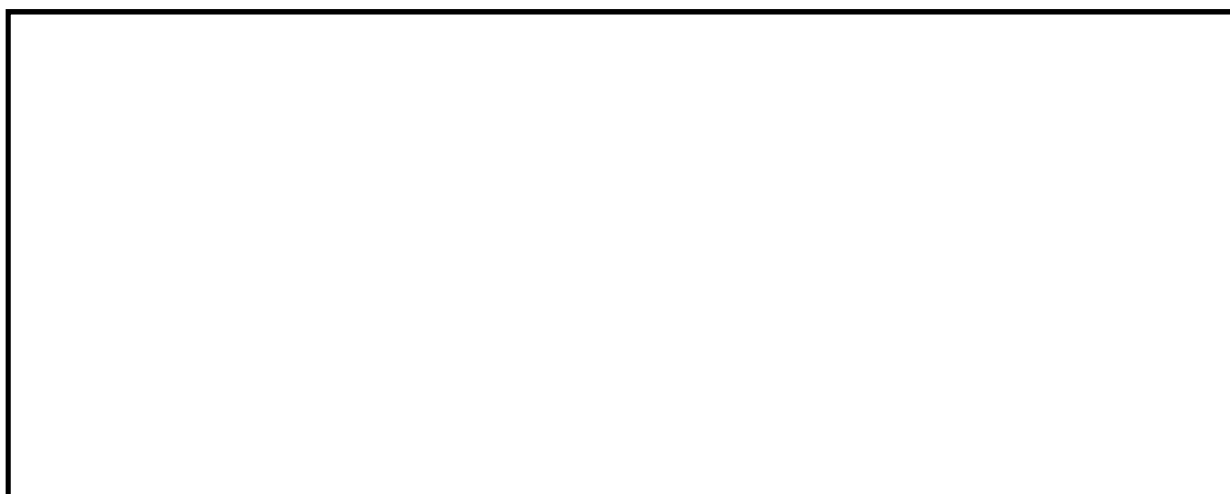


図 14.4-3 ①-①断面の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s-D1$  [H+, V-])  
(検討ケース①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



図 14.4-4 ②-②断面の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s-D1$  [H+, V-])  
(検討ケース①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)





図 14.4-5 ①-①断面の過剰間隙水圧比 ( $S_s - D 1 [H+, V-]$ )  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

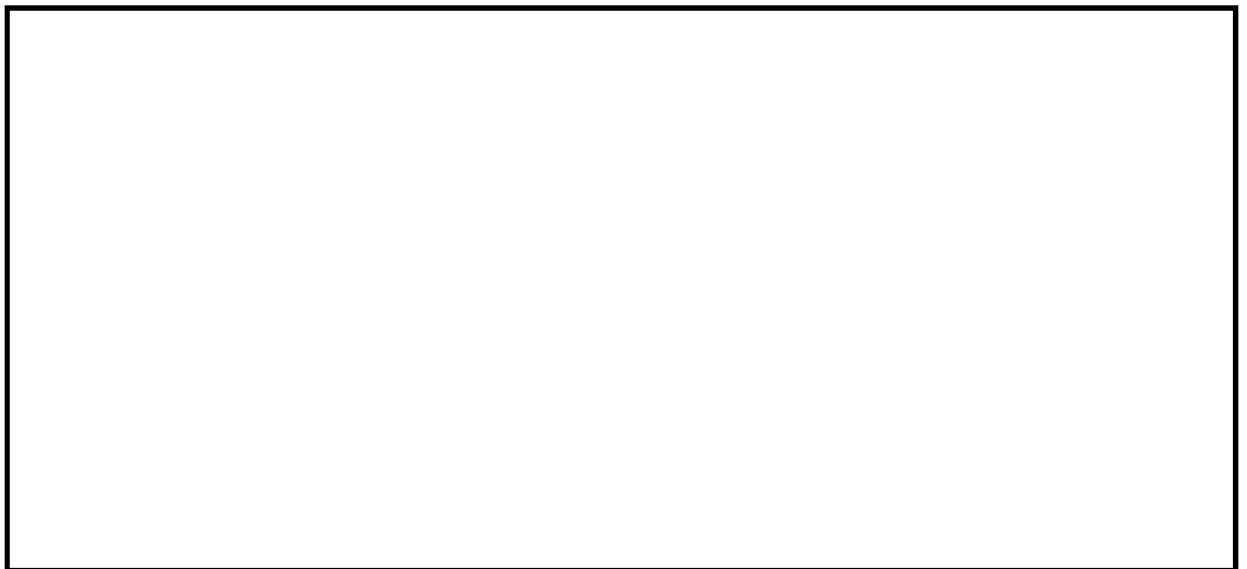


図 14.4-6 ②-②断面の過剰間隙水圧比 ( $S_s - D 1 [H+, V-]$ )  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



14. 4. 2 耐震評価結果

配筋要領図を図 14. 4－7 に，断面計算に用いた断面諸元の一覧を表 14. 4－1 に示す。

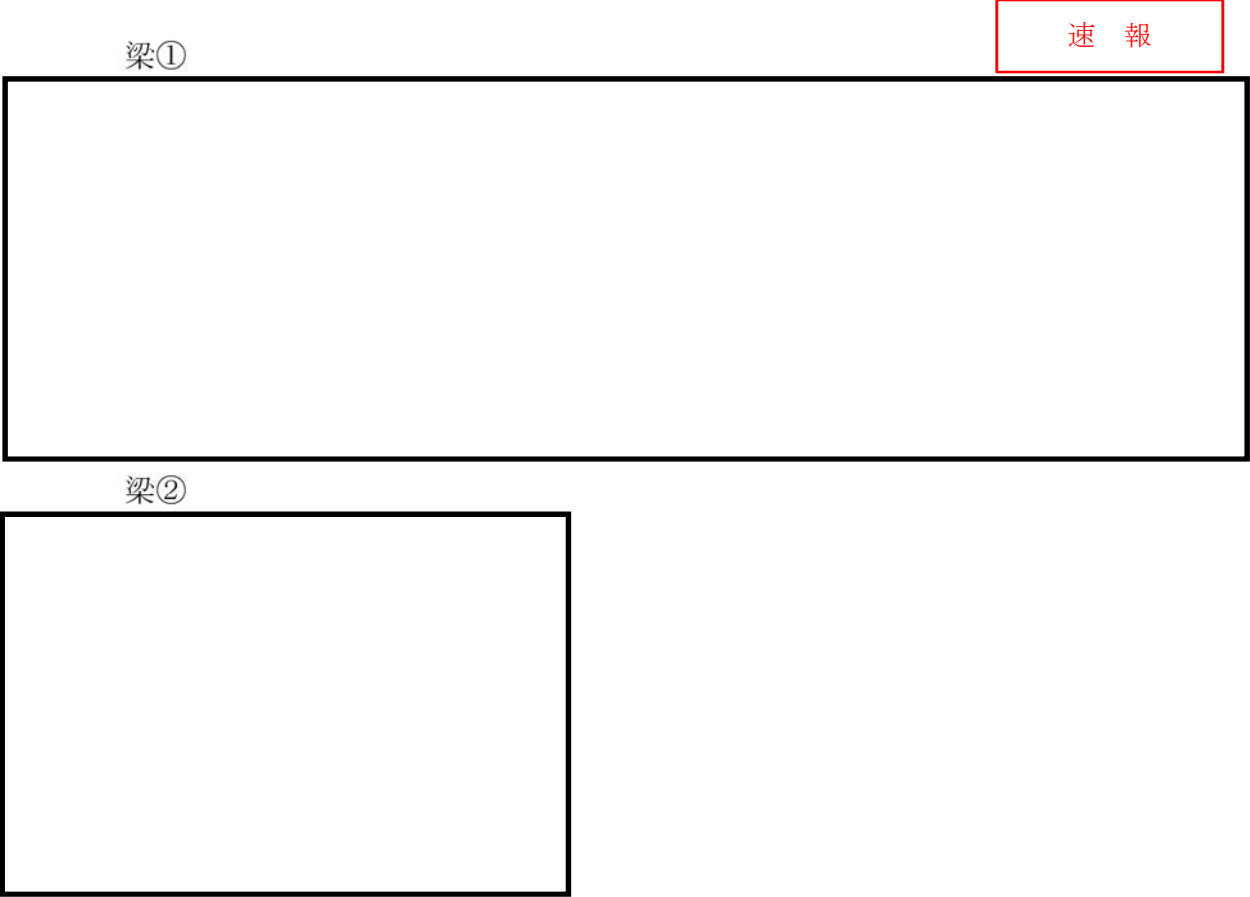


図 14. 4－7 （ 1 ） 頂版配筋要領図

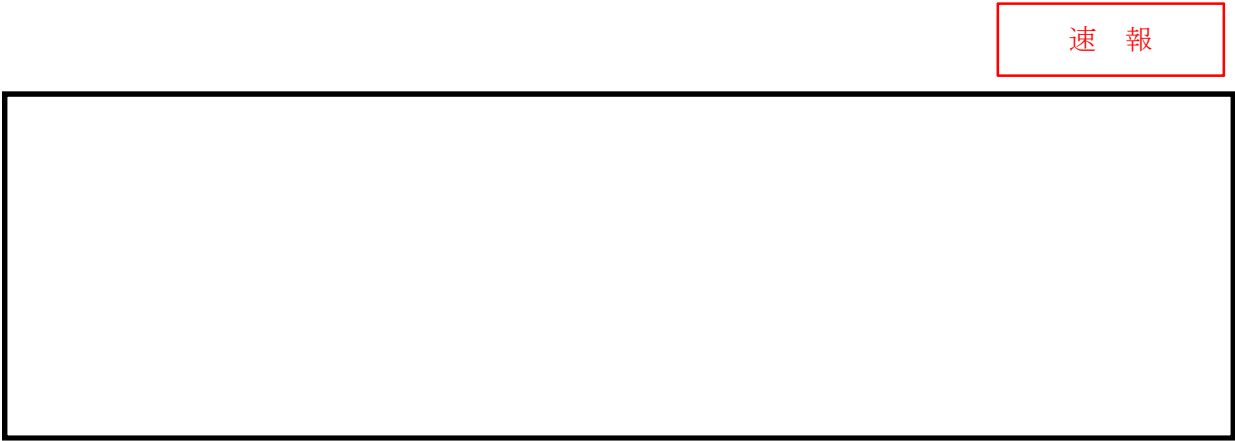


図 14. 4－7 （ 2 ） 中床板配筋要領図



## 断面諸元一覽表

|  |  |
|--|--|
|  |  |
|--|--|



(1) 鉛直断面の評価結果

a. 構造部材の曲げ軸力に対する評価結果

コンクリートの曲げ軸力照査結果を表 14.4-2 に、鉄筋の曲げ軸力照査結果を表 14.4-3 に示す。

S A用海水ピットにおける許容応力度法による照査を行った結果、評価位置においてコンクリートの圧縮応力度及び鉄筋の引張応力が許容限界以下であることを確認した。

以上のことから、S A用海水ピットの構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認した。なお、発生応力は各地震動、各部材において最大となる値を示している。

評価位置を図 14.4-8 に示す。

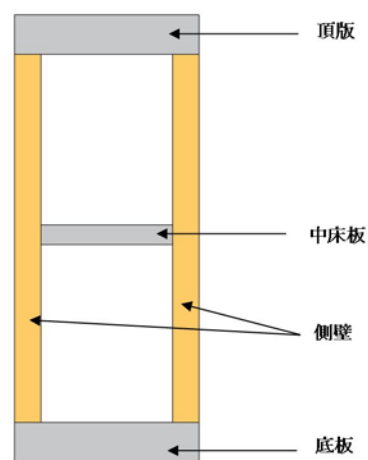


図 14.4-8 評価位置図



表 14.4-2 (1) コンクリートの曲げ軸力照査結果 (①-①断面)

| 地震時                 | 位相       | 位置 | ①発生<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | ②短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値<br>①／② |
|---------------------|----------|----|------------------------------------|--------------------------------------|------------|
| S <sub>s</sub> -D 1 | 〔H+, V+〕 | 上部 | 4.1                                | 21                                   | 0.19       |
|                     |          | 下部 | 3.4                                | 21                                   | 0.16       |
|                     | 〔H+, V-〕 | 上部 | 4.1                                | 21                                   | 0.20       |
|                     |          | 下部 | 3.4                                | 21                                   | 0.16       |
|                     | 〔H-, V+〕 | 上部 | 4.0                                | 21                                   | 0.19       |
|                     |          | 下部 | 3.3                                | 21                                   | 0.16       |
|                     | 〔H-, V-〕 | 上部 | 4.0                                | 21                                   | 0.19       |
|                     |          | 下部 | 3.3                                | 21                                   | 0.16       |
| S <sub>s</sub> -1 1 |          | 上部 | 1.5                                | 21                                   | 0.07       |
|                     |          | 下部 | 1.2                                | 21                                   | 0.06       |
| S <sub>s</sub> -1 2 |          | 上部 | 1.9                                | 21                                   | 0.09       |
|                     |          | 下部 | 2.1                                | 21                                   | 0.10       |
| S <sub>s</sub> -1 3 |          | 上部 | 1.8                                | 21                                   | 0.09       |
|                     |          | 下部 | 2.0                                | 21                                   | 0.10       |
| S <sub>s</sub> -1 4 |          | 上部 | 1.3                                | 21                                   | 0.06       |
|                     |          | 下部 | 1.6                                | 21                                   | 0.08       |
| S <sub>s</sub> -2 1 |          | 上部 | 1.5                                | 21                                   | 0.07       |
|                     |          | 下部 | 2.8                                | 21                                   | 0.13       |
| S <sub>s</sub> -2 2 |          | 上部 | 2.0                                | 21                                   | 0.10       |
|                     |          | 下部 | 2.1                                | 21                                   | 0.10       |
| S <sub>s</sub> -3 1 | 〔H+, V+〕 | 上部 | 3.5                                | 21                                   | 0.17       |
|                     |          | 下部 | 2.9                                | 21                                   | 0.14       |
|                     | 〔H-, V+〕 | 上部 | 3.4                                | 21                                   | 0.16       |
|                     |          | 下部 | 2.8                                | 21                                   | 0.13       |

注記 \* : 評価位置は図 14.4-8 に示す。



表 14.4-2 (2) コンクリートの曲げ軸力照査結果 (②-②断面)

| 地震時                 | 位相       | 位置 | ①発生応<br>力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | ②短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値<br>①／② |
|---------------------|----------|----|------------------------------------|--------------------------------------|------------|
| S <sub>s</sub> -D 1 | 〔H+, V+〕 | 上部 | 7.1                                | 21                                   | 0.34       |
|                     |          | 下部 | 6.6                                | 21                                   | 0.31       |
|                     | 〔H+, V-〕 | 上部 | 7.1                                | 21                                   | 0.34       |
|                     |          | 下部 | 6.6                                | 21                                   | 0.31       |
|                     | 〔H-, V+〕 | 上部 | 6.9                                | 21                                   | 0.33       |
|                     |          | 下部 | 6.5                                | 21                                   | 0.31       |
|                     | 〔H-, V-〕 | 上部 | 6.9                                | 21                                   | 0.33       |
|                     |          | 下部 | 6.5                                | 21                                   | 0.31       |
| S <sub>s</sub> -1 1 |          | 上部 | 2.9                                | 21                                   | 0.14       |
|                     |          | 下部 | 2.6                                | 21                                   | 0.12       |
| S <sub>s</sub> -1 2 |          | 上部 | 3.3                                | 21                                   | 0.16       |
|                     |          | 下部 | 4.1                                | 21                                   | 0.19       |
| S <sub>s</sub> -1 3 |          | 上部 | 3.1                                | 21                                   | 0.15       |
|                     |          | 下部 | 4.0                                | 21                                   | 0.19       |
| S <sub>s</sub> -1 4 |          | 上部 | 2.5                                | 21                                   | 0.12       |
|                     |          | 下部 | 3.5                                | 21                                   | 0.17       |
| S <sub>s</sub> -2 1 |          | 上部 | 2.8                                | 21                                   | 0.13       |
|                     |          | 下部 | 5.0                                | 21                                   | 0.24       |
| S <sub>s</sub> -2 2 |          | 上部 | 3.6                                | 21                                   | 0.17       |
|                     |          | 下部 | 4.2                                | 21                                   | 0.20       |
| S <sub>s</sub> -3 1 | 〔H+, V+〕 | 上部 | 5.6                                | 21                                   | 0.27       |
|                     |          | 下部 | 5.6                                | 21                                   | 0.27       |
|                     | 〔H-, V+〕 | 上部 | 5.6                                | 21                                   | 0.27       |
|                     |          | 下部 | 5.4                                | 21                                   | 0.26       |

注記 \* : 評価位置は図 14.4-8 に示す。



表 14.4-3 (1) 鉄筋の曲げ軸力照査結果 (①-①断面)

| 地震時                 | 位相       | 位置 | ①発生応<br>力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | ②短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値<br>①／② |
|---------------------|----------|----|------------------------------------|--------------------------------------|------------|
| S <sub>s</sub> -D 1 | 〔H+, V+〕 | 上部 | 128                                | 435                                  | 0.29       |
|                     |          | 下部 | 97                                 | 435                                  | 0.22       |
|                     | 〔H+, V-〕 | 上部 | 133                                | 435                                  | 0.31       |
|                     |          | 下部 | 95                                 | 435                                  | 0.22       |
|                     | 〔H-, V+〕 | 上部 | 117                                | 435                                  | 0.27       |
|                     |          | 下部 | 93                                 | 435                                  | 0.21       |
|                     | 〔H-, V-〕 | 上部 | 122                                | 435                                  | 0.28       |
|                     |          | 下部 | 94                                 | 435                                  | 0.22       |
| S <sub>s</sub> -1 1 |          | 上部 | 19                                 | 435                                  | 0.04       |
|                     |          | 下部 | 10                                 | 435                                  | 0.02       |
| S <sub>s</sub> -1 2 |          | 上部 | 39                                 | 435                                  | 0.09       |
|                     |          | 下部 | 42                                 | 435                                  | 0.10       |
| S <sub>s</sub> -1 3 |          | 上部 | 35                                 | 435                                  | 0.08       |
|                     |          | 下部 | 38                                 | 435                                  | 0.09       |
| S <sub>s</sub> -1 4 |          | 上部 | 13                                 | 435                                  | 0.03       |
|                     |          | 下部 | 23                                 | 435                                  | 0.05       |
| S <sub>s</sub> -2 1 |          | 上部 | 22                                 | 435                                  | 0.05       |
|                     |          | 下部 | 78                                 | 435                                  | 0.18       |
| S <sub>s</sub> -2 2 |          | 上部 | 43                                 | 435                                  | 0.10       |
|                     |          | 下部 | 48                                 | 435                                  | 0.11       |
| S <sub>s</sub> -3 1 | 〔H+, V+〕 | 上部 | 94                                 | 435                                  | 0.22       |
|                     |          | 下部 | 74                                 | 435                                  | 0.17       |
|                     | 〔H-, V+〕 | 上部 | 97                                 | 435                                  | 0.22       |
|                     |          | 下部 | 66                                 | 435                                  | 0.15       |

注記 \* : 評価位置は図 14.4-8 に示す。



表 14.4-3 (2) 鉄筋の曲げ軸力照査結果 (②-②断面)

| 地震時                 | 位相       | 位置 | ①発生応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | ②短期許<br>容応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値<br>①／② |
|---------------------|----------|----|--------------------------------|--------------------------------------|------------|
| S <sub>s</sub> -D 1 | 〔H+, V+〕 | 上部 | 185                            | 435                                  | 0.42       |
|                     |          | 下部 | 162                            | 435                                  | 0.37       |
|                     | 〔H+, V-〕 | 上部 | 186                            | 435                                  | 0.43       |
|                     |          | 下部 | 157                            | 435                                  | 0.36       |
|                     | 〔H-, V+〕 | 上部 | 169                            | 435                                  | 0.39       |
|                     |          | 下部 | 159                            | 435                                  | 0.36       |
|                     | 〔H-, V-〕 | 上部 | 170                            | 435                                  | 0.39       |
|                     |          | 下部 | 156                            | 435                                  | 0.36       |
| S <sub>s</sub> -1 1 |          | 上部 | 32                             | 435                                  | 0.07       |
|                     |          | 下部 | 26                             | 435                                  | 0.06       |
| S <sub>s</sub> -1 2 |          | 上部 | 56                             | 435                                  | 0.13       |
|                     |          | 下部 | 72                             | 435                                  | 0.17       |
| S <sub>s</sub> -1 3 |          | 上部 | 51                             | 435                                  | 0.12       |
|                     |          | 下部 | 68                             | 435                                  | 0.16       |
| S <sub>s</sub> -1 4 |          | 上部 | 24                             | 435                                  | 0.05       |
|                     |          | 下部 | 51                             | 435                                  | 0.12       |
| S <sub>s</sub> -2 1 |          | 上部 | 35                             | 435                                  | 0.08       |
|                     |          | 下部 | 118                            | 435                                  | 0.27       |
| S <sub>s</sub> -2 2 |          | 上部 | 59                             | 435                                  | 0.14       |
|                     |          | 下部 | 69                             | 435                                  | 0.16       |
| S <sub>s</sub> -3 1 | 〔H+, V+〕 | 上部 | 121                            | 435                                  | 0.28       |
|                     |          | 下部 | 116                            | 435                                  | 0.27       |
|                     | 〔H-, V+〕 | 上部 | 127                            | 435                                  | 0.29       |
|                     |          | 下部 | 110                            | 435                                  | 0.25       |

注記 \* : 評価位置は図 14.4-8 に示す。



b. 構造部材のせん断力に対する評価結果

せん断力に対する照査結果を表 14.4-4 に示す。

S A用海水ピットにおける許容応力度法による照査を行った結果、評価位置においてせん断応力度が許容限界以下、又は発生せん断力がコンクリートの許容せん断力 ( $V_{ca}$ ) と斜め引張鉄筋の許容せん断力 ( $V_{sa}$ ) を合わせた許容せん断力 ( $V_a$ ) 以下であることを確認した。

以上のことから、S A用海水ピットの構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認した。なお、発生応力及び発生断面力は各地震動、各部材において最大となる値を示している。



14.4-4 (1) せん断力照査結果 (①-①断面)

速報

| 地震時   | 位相                                 | 位置 | コンクリートせん断応力度の照査 |             |             |             |                           | せん断補強筋量の計算                   |      |                            |    |                          |                              |           |             |             |            | 照査値  |
|-------|------------------------------------|----|-----------------|-------------|-------------|-------------|---------------------------|------------------------------|------|----------------------------|----|--------------------------|------------------------------|-----------|-------------|-------------|------------|------|
|       |                                    |    | V<br>(kN)       | b w<br>(mm) | j<br>1/1.15 | d '<br>(mm) | τ<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | τ al<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 使用鉄筋 | 鉄筋面積<br>(mm <sup>2</sup> ) | 本数 | Aw<br>(mm <sup>2</sup> ) | σ sa<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | s<br>(mm) | Vca<br>(kN) | Vsa<br>(kN) | Va<br>(kN) |      |
|       |                                    |    |                 |             |             |             |                           |                              |      |                            |    |                          |                              |           |             |             |            |      |
| Ss-D1 | [H <sup>+</sup> , V <sup>+</sup> ] | 上部 | 56801           | 3544.908    | 0.870       | 12407.18    | 1.485                     | 0.825                        | 32   | 794.2                      | 4  | 3176.8                   | 309                          | 150       | 15776       | 70604       | 86381      | 0.66 |
|       |                                    | 下部 | 71436           | 3544.908    | 0.870       | 12407.18    | 1.868                     | 0.825                        | 25   | 506.7                      | 8  | 4053.6                   | 309                          | 150       | 15776       | 90091       | 105868     | 0.67 |
|       | [H <sup>+</sup> , V <sup>-</sup> ] | 上部 | 56917           | 3544.908    | 0.870       | 12407.18    | 1.488                     | 0.825                        | 32   | 794.2                      | 4  | 3176.8                   | 309                          | 150       | 15776       | 70604       | 86381      | 0.66 |
|       |                                    | 下部 | 71739           | 3544.908    | 0.870       | 12407.18    | 1.876                     | 0.825                        | 25   | 506.7                      | 8  | 4053.6                   | 309                          | 150       | 15776       | 90091       | 105868     | 0.68 |
|       | [H <sup>-</sup> , V <sup>+</sup> ] | 上部 | 55560           | 3544.908    | 0.870       | 12407.18    | 1.453                     | 0.825                        | 32   | 794.2                      | 4  | 3176.8                   | 309                          | 150       | 15776       | 70604       | 86381      | 0.64 |
|       |                                    | 下部 | 69762           | 3544.908    | 0.870       | 12407.18    | 1.824                     | 0.825                        | 25   | 506.7                      | 8  | 4053.6                   | 309                          | 150       | 15776       | 90091       | 105868     | 0.66 |
|       | [H <sup>-</sup> , V <sup>-</sup> ] | 上部 | 55551           | 3544.908    | 0.870       | 12407.18    | 1.452                     | 0.825                        | 32   | 794.2                      | 4  | 3176.8                   | 309                          | 150       | 15776       | 70604       | 86381      | 0.64 |
|       |                                    | 下部 | 69619           | 3544.908    | 0.870       | 12407.18    | 1.82                      | 0.825                        | 25   | 506.7                      | 8  | 4053.6                   | 309                          | 150       | 15776       | 90091       | 105868     | 0.66 |
| Ss-11 |                                    | 上部 | 21718           | 3544.908    | 0.870       | 12407.18    | 0.568                     | 0.825                        | -    | -                          | -  | -                        | -                            | -         | -           | -           | -          | 0.69 |
|       |                                    | 下部 | 23267           | 3544.908    | 0.870       | 12407.18    | 0.608                     | 0.825                        | -    | -                          | -  | -                        | -                            | -         | -           | -           | -          | 0.74 |
| Ss-12 |                                    | 上部 | 27038           | 3544.908    | 0.870       | 12407.18    | 0.707                     | 0.825                        | -    | -                          | -  | -                        | -                            | -         | -           | -           | -          | 0.86 |
|       |                                    | 下部 | 29405           | 3544.908    | 0.870       | 12407.18    | 0.769                     | 0.825                        | -    | -                          | -  | -                        | -                            | -         | -           | -           | -          | 0.93 |
| Ss-13 |                                    | 上部 | 25350           | 3544.908    | 0.870       | 12407.18    | 0.663                     | 0.825                        | -    | -                          | -  | -                        | -                            | -         | -           | -           | -          | 0.80 |
|       |                                    | 下部 | 27615           | 3544.908    | 0.870       | 12407.18    | 0.722                     | 0.825                        | -    | -                          | -  | -                        | -                            | -         | -           | -           | -          | 0.88 |
| Ss-14 |                                    | 上部 | 18359           | 3544.908    | 0.870       | 12407.18    | 0.48                      | 0.825                        | -    | -                          | -  | -                        | -                            | -         | -           | -           | -          | 0.58 |
|       |                                    | 下部 | 19972           | 3544.908    | 0.870       | 12407.18    | 0.522                     | 0.825                        | -    | -                          | -  | -                        | -                            | -         | -           | -           | -          | 0.63 |
| Ss-21 |                                    | 上部 | 21336           | 3544.908    | 0.870       | 12407.18    | 0.558                     | 0.825                        | -    | -                          | -  | -                        | -                            | -         | -           | -           | -          | 0.68 |
|       |                                    | 下部 | 25597           | 3544.908    | 0.870       | 12407.18    | 0.669                     | 0.825                        | -    | -                          | -  | -                        | -                            | -         | -           | -           | -          | 0.81 |
| Ss-22 |                                    | 上部 | 27106           | 3544.908    | 0.870       | 12407.18    | 0.709                     | 0.825                        | -    | -                          | -  | -                        | -                            | -         | -           | -           | -          | 0.86 |
|       |                                    | 下部 | 35146           | 3544.908    | 0.870       | 12407.18    | 0.919                     | 0.825                        | 25   | 506.7                      | 8  | 4053.6                   | 309                          | 150       | 15776       | 90091       | 105868     | 0.33 |
| Ss-31 | [H <sup>+</sup> , V <sup>+</sup> ] | 上部 | 47809           | 3544.908    | 0.870       | 12407.18    | 1.25                      | 0.825                        | 32   | 794.2                      | 4  | 3176.8                   | 309                          | 150       | 15776       | 70604       | 86381      | 0.55 |
|       |                                    | 下部 | 51300           | 3544.908    | 0.870       | 12407.18    | 1.341                     | 0.825                        | 25   | 506.7                      | 8  | 4053.6                   | 309                          | 150       | 15776       | 90091       | 105868     | 0.48 |
|       | [H <sup>-</sup> , V <sup>+</sup> ] | 上部 | 47479           | 3544.908    | 0.870       | 12407.18    | 1.241                     | 0.825                        | 32   | 794.2                      | 4  | 3176.8                   | 309                          | 150       | 15776       | 70604       | 86381      | 0.55 |
|       |                                    | 下部 | 50801           | 3544.908    | 0.870       | 12407.18    | 1.328                     | 0.825                        | 25   | 506.7                      | 8  | 4053.6                   | 309                          | 150       | 15776       | 90091       | 105868     | 0.48 |

注記 \* : 評価位置は図 14.4-8 に示す



表 14.4-4 (2) セン断力照査結果 (②-②断面)

| 地震時   | 位相                                 | コンクリートせん断応力度の照査 |          |          |          |          |                      |                      |       |                            |        | せん断補強筋量の計算               |                                       |           |             |             |            |      |  |  |  | 照査値 |
|-------|------------------------------------|-----------------|----------|----------|----------|----------|----------------------|----------------------|-------|----------------------------|--------|--------------------------|---------------------------------------|-----------|-------------|-------------|------------|------|--|--|--|-----|
|       |                                    | 位置              | V        | b w      | j        | d'       | $\tau$               | $\tau_{al}$          | 使用鉄筋  | 鉄筋面積<br>(mm <sup>2</sup> ) | 本数     | Aw<br>(mm <sup>2</sup> ) | $\sigma_{sa}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | s<br>(mm) | Vca<br>(kN) | Vsa<br>(kN) | Va<br>(kN) | V/Va |  |  |  |     |
|       |                                    |                 | (kN)     | (mm)     | 1/1.15   | (mm)     | (N/mm <sup>2</sup> ) | (N/mm <sup>2</sup> ) |       |                            |        |                          |                                       |           |             |             |            |      |  |  |  |     |
| Ss-D1 | [H <sup>+</sup> , V <sup>+</sup> ] | 上部              | 50488    | 3544.908 | 0.870    | 12407.18 | 1.32                 | 0.825                | 32    | 794.2                      | 4      | 3176.8                   | 309                                   | 150       | 15776       | 70604       | 86380      | 0.58 |  |  |  |     |
|       |                                    | 下部              | 69726    | 3544.908 | 0.870    | 12407.18 | 1.823                | 0.825                | 25    | 506.7                      | 8      | 4053.6                   | 309                                   | 150       | 15776       | 90091       | 105867     | 0.66 |  |  |  |     |
|       | [H <sup>+</sup> , V <sup>-</sup> ] | 上部              | 50627    | 3544.908 | 0.870    | 12407.18 | 1.324                | 0.825                | 32    | 794.2                      | 4      | 3176.8                   | 309                                   | 150       | 15776       | 70604       | 86380      | 0.59 |  |  |  |     |
|       |                                    | 下部              | 69675    | 3544.908 | 0.870    | 12407.18 | 1.822                | 0.825                | 25    | 506.7                      | 8      | 4053.6                   | 309                                   | 150       | 15776       | 90091       | 105867     | 0.66 |  |  |  |     |
|       | [H <sup>-</sup> , V <sup>+</sup> ] | 上部              | 50146    | 3544.908 | 0.870    | 12407.18 | 1.311                | 0.825                | 32    | 794.2                      | 4      | 3176.8                   | 309                                   | 150       | 15776       | 70604       | 86380      | 0.58 |  |  |  |     |
|       |                                    | 下部              | 69276    | 3544.908 | 0.870    | 12407.18 | 1.811                | 0.825                | 25    | 506.7                      | 8      | 4053.6                   | 309                                   | 150       | 15776       | 90091       | 105867     | 0.65 |  |  |  |     |
| Ss-11 | [H <sup>+</sup> , V <sup>-</sup> ] | 上部              | 50157    | 3544.908 | 0.870    | 12407.18 | 1.311                | 0.825                | 32    | 794.2                      | 4      | 3176.8                   | 309                                   | 150       | 15776       | 70604       | 86380      | 0.58 |  |  |  |     |
|       |                                    | 下部              | 69307    | 3544.908 | 0.870    | 12407.18 | 1.812                | 0.825                | 25    | 506.7                      | 8      | 4053.6                   | 309                                   | 150       | 15776       | 90091       | 105867     | 0.65 |  |  |  |     |
|       | Ss-12                              | 上部              | 18277    | 3544.908 | 0.870    | 12407.18 | 0.478                | 0.825                | -     | -                          | -      | -                        | -                                     | -         | -           | -           | -          | 0.58 |  |  |  |     |
|       |                                    | 下部              | 20297    | 3544.908 | 0.870    | 12407.18 | 0.531                | 0.825                | -     | -                          | -      | -                        | -                                     | -         | -           | -           | -          | 0.64 |  |  |  |     |
|       | Ss-13                              | 上部              | 31974    | 3544.908 | 0.870    | 12407.18 | 0.836                | 0.825                | 32    | 794.2                      | 4      | 3176.8                   | 309                                   | 150       | 15776       | 70604       | 86380      | 0.37 |  |  |  |     |
|       |                                    | 下部              | 34892    | 3544.908 | 0.870    | 12407.18 | 0.912                | 0.825                | 25    | 506.7                      | 8      | 4053.6                   | 309                                   | 150       | 15776       | 90091       | 105867     | 0.33 |  |  |  |     |
| Ss-14 | 上部                                 | 31115           | 3544.908 | 0.870    | 12407.18 | 0.814    | 0.825                | -                    | -     | -                          | -      | -                        | -                                     | -         | -           | -           | 0.99       |      |  |  |  |     |
|       | 下部                                 | 34191           | 3544.908 | 0.870    | 12407.18 | 0.894    | 0.825                | 25                   | 506.7 | 8                          | 4053.6 | 309                      | 150                                   | 15776     | 90091       | 105867      | 0.32       |      |  |  |  |     |
| Ss-21 | 上部                                 | 25848           | 3544.908 | 0.870    | 12407.18 | 0.676    | 0.825                | -                    | -     | -                          | -      | -                        | -                                     | -         | -           | -           | 0.82       |      |  |  |  |     |
|       | 下部                                 | 28656           | 3544.908 | 0.870    | 12407.18 | 0.749    | 0.825                | -                    | -     | -                          | -      | -                        | -                                     | -         | -           | -           | 0.91       |      |  |  |  |     |
| Ss-22 | Ss-21                              | 上部              | 38383    | 3544.908 | 0.870    | 12407.18 | 1.004                | 0.825                | 32    | 794.2                      | 4      | 3176.8                   | 309                                   | 150       | 15776       | 70604       | 86380      | 0.44 |  |  |  |     |
|       |                                    | 下部              | 50900    | 3544.908 | 0.870    | 12407.18 | 1.331                | 0.825                | 25    | 506.7                      | 8      | 4053.6                   | 309                                   | 150       | 15776       | 90091       | 105867     | 0.48 |  |  |  |     |
|       | Ss-22                              | 上部              | 30631    | 3544.908 | 0.870    | 12407.18 | 0.801                | 0.825                | -     | -                          | -      | -                        | -                                     | -         | -           | -           | -          | 0.97 |  |  |  |     |
|       |                                    | 下部              | 41988    | 3544.908 | 0.870    | 12407.18 | 1.098                | 0.825                | 25    | 506.7                      | 8      | 4053.6                   | 309                                   | 150       | 15776       | 90091       | 105867     | 0.40 |  |  |  |     |
|       | Ss-31                              | 上部              | 46281    | 3544.908 | 0.870    | 12407.18 | 1.21                 | 0.825                | 32    | 794.2                      | 4      | 3176.8                   | 309                                   | 150       | 15776       | 70604       | 86380      | 0.54 |  |  |  |     |
|       |                                    | 下部              | 51164    | 3544.908 | 0.870    | 12407.18 | 1.338                | 0.825                | 25    | 506.7                      | 8      | 4053.6                   | 309                                   | 150       | 15776       | 90091       | 105867     | 0.48 |  |  |  |     |
| Ss-31 | [H <sup>+</sup> , V <sup>+</sup> ] | 上部              | 43755    | 3544.908 | 0.870    | 12407.18 | 1.144                | 0.825                | 32    | 794.2                      | 4      | 3176.8                   | 309                                   | 150       | 15776       | 70604       | 86380      | 0.51 |  |  |  |     |
|       |                                    | 下部              | 48462    | 3544.908 | 0.870    | 12407.18 | 1.267                | 0.825                | 25    | 506.7                      | 8      | 4053.6                   | 309                                   | 150       | 15776       | 90091       | 105867     | 0.46 |  |  |  |     |

注記 \* : 評価位置は図 14.4-8 に示す



(2) 水平断面の評価結果

a. 構造部材の曲げ軸力に対する評価結果

コンクリートの曲げ軸力照査結果を表 14.4-5 に、鉄筋の曲げ軸力照査結果を表 14.4-6 に示す。

S A用海水ピットにおける許容応力度法による照査を行った結果、評価位置においてコンクリートの圧縮応力度及び鉄筋の引張応力が許容境界以下であることを確認した。

以上のことから、S A用海水ピットの構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認した。なお、発生応力は各地震動、各部材において最大となる値を示している。

評価位置を図 14.4-9 に示す。

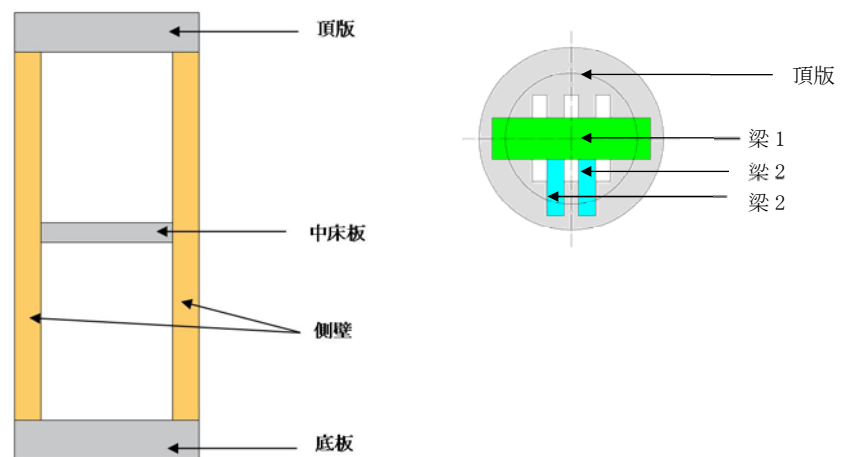


図 14.4-9 評価位置図



表 14.4-5 (1) コンクリートの曲げ軸力照査結果 (①-①断面)

| 位置  |    | ①発生応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | ②短期許容応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値<br>①/② |
|-----|----|--------------------------------|----------------------------------|------------|
| 頂版  | 梁① | 9.2                            | 21                               | 0.44       |
|     | 梁② | 1.3                            | 21                               | 0.07       |
| 中床版 |    | 12.8                           | 21                               | 0.61       |
| 底版  |    | 9.6                            | 21                               | 0.46       |

注記 \* : 評価位置は図 14.4-9 に示す。

表 14.4-5 (2) コンクリートの曲げ軸力照査結果 (②-②断面)

| 位置  |    | ①発生応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | ②短期許容応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値<br>①/② |
|-----|----|--------------------------------|----------------------------------|------------|
| 頂版  | 梁① | 7.1                            | 21                               | 0.34       |
|     | 梁② | 1.0                            | 21                               | 0.05       |
| 中床版 |    | 7.3                            | 21                               | 0.35       |
| 底版  |    | 9.4                            | 21                               | 0.45       |

注記 \* : 評価位置は図 14.4-9 に示す。

表 14.4-6(1) 鉄筋の曲げ軸力照査結果 (①-①断面)

| 位置  |    | ①発生応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | ②短期許容応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値<br>①/② |
|-----|----|--------------------------------|----------------------------------|------------|
| 頂版  | 梁① | 420                            | 435                              | 0.97       |
|     | 梁② | 59                             | 435                              | 0.14       |
| 中床板 |    | 373                            | 435                              | 0.86       |
| 底版  |    | 253                            | 435                              | 0.59       |

注記 \* : 評価位置は図 14.4-9 に示す。

表 14.4-6(2) 鉄筋の曲げ軸力照査結果 (②-②断面)

| 位置  |    | ①発生応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | ②短期許容応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値<br>①/② |
|-----|----|--------------------------------|----------------------------------|------------|
| 頂版  | 梁① | 324                            | 435                              | 0.75       |
|     | 梁② | 44                             | 435                              | 0.11       |
| 中床板 |    | 236                            | 435                              | 0.11       |
| 底版  |    | 247                            | 435                              | 0.57       |

注記 \* : 評価位置は図 14.4-9 に示す。



b. 構造部材のせん断力に対する評価結果

せん断力に対する照査結果を表 14.4-7 に示す。

S A用海水ピットにおける許容応力度法による照査を行った結果、評価位置においてせん断応力度が許容限界以下、又は発生せん断力がコンクリートの許容せん断力 ( $V_{c a}$ ) と斜め引張鉄筋の許容せん断力 ( $V_{s a}$ ) を合わせた許容せん断力 ( $V_a$ ) 以下であることを確認した。

以上のことから、S A用海水ピットの構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認した。なお、発生応力及び発生断面力は各地震動、各部材において最大となる値を示している。



表 14.4-7(1) せん断力照査結果(①-①断面)

| コンクリートせん断応力度の照査 |          |      |        |      |                      |                      |      |                            |       | せん断補強筋量の計算                           |  |           |                 |                 |                |                  |  |  |  |  |  |
|-----------------|----------|------|--------|------|----------------------|----------------------|------|----------------------------|-------|--------------------------------------|--|-----------|-----------------|-----------------|----------------|------------------|--|--|--|--|--|
| 位置              | V        | b w  | j      | d'   | τ                    | τ a1                 | 使用鉄筋 | 鉄筋面積<br>(mm <sup>2</sup> ) | 本数    | A <sub>w</sub><br>(mm <sup>2</sup> ) | σ s <sub>a</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | s<br>(mm) | V <sub>ca</sub> | V <sub>sa</sub> | V <sub>a</sub> | 照査値              |  |  |  |  |  |
|                 | (kN)     | (mm) | 1/1.15 | (mm) | (N/mm <sup>2</sup> ) | (N/mm <sup>2</sup> ) |      |                            |       |                                      |  |           | (kN)            | (kN)            | (kN)           | V/V <sub>a</sub> |  |  |  |  |  |
| 梁①              | 7775.663 | 3200 | 0.870  | 2800 | 0.998                | 0.825                | 29   | 642.4                      | 3.333 | 2141.119                             | 294                                      | 300       | 3214            | 5109            | 8323           | 0.93             |  |  |  |  |  |
| 梁②              | 1499.516 | 1300 | 0.870  | 2800 | 0.474                | 0.825                | -    | -                          | -     | -                                    | -  | -         | -               | -               | -              | 0.57             |  |  |  |  |  |
| 中床板             | 991.508  | 1000 | 0.870  | 1300 | 0.877                | 0.825                | 16   | 198.6                      | 3.333 | 661.9338                             | 294                                      | 300       | 466             | 733             | 1199           | 0.83             |  |  |  |  |  |

注記 \* : 評価位置は図 14.4-9 に示す。

表 14.4-7(2) せん断力照査結果(②-②断面)

| コンクリートせん断応力度の照査 |          |      |        |      |                      |                      |      |                            |    | せん断補強筋量の計算         |                    |                      |      |      |      |      |      |  |
|-----------------|----------|------|--------|------|----------------------|----------------------|------|----------------------------|----|--------------------|--------------------|----------------------|------|------|------|------|------|--|
| 位置              | V        | b w  | j      | d '  | τ                    | τ a1                 | 使用鉄筋 | 鉄筋面積<br>(mm <sup>2</sup> ) | 本数 | Aw                 | σ sa               | s                    | Vca  | Vsa  | Va   | 照査値  |      |  |
|                 | (kN)     | (mm) | 1/1.15 | (mm) | (N/mm <sup>2</sup> ) | (N/mm <sup>2</sup> ) |      |                            |    | (mm <sup>2</sup> ) | (mm <sup>2</sup> ) | (N/mm <sup>2</sup> ) | (mm) | (kN) | (kN) | (kN) | V/Va |  |
| 梁①              | 5894.458 | 3200 | 0.870  | 2800 | 0.757                | 0.825                | -    | -                          | -  | -                  | -                  | -                    | -    | -    | -    | 0.92 |      |  |
| 梁②              | 1136.731 | 1300 | 0.870  | 2800 | 0.359                | 0.825                | -    | -                          | -  | -                  | -                  | -                    | -    | -    | -    | 0.44 |      |  |
| 中床板             | 543.22   | 1000 | 0.870  | 1300 | 0.481                | 0.825                | -    | -                          | -  | -                  | -                  | -                    | -    | -    | -    | 0.58 |      |  |

注記 \* : 評価位置は図 14.4-9 に示す。



(3) 基礎地盤の支持性能に対する評価結果

基礎地盤の支持性能評価結果を表 14.4-8 に、接地圧分布図を図 14.4-10 及び図 14.4-11 に示す。

S A用海水ピットの最大接地圧は  $S_s-D1$  [H-, V-] (①-①断面) で  $1953 \text{ kN/m}^2$  であり、基礎地盤の極限支持力度  $6690 \text{ kN/m}^2$  以下である。

以上のことから、S A用海水ピットの基礎地盤は、基準地震動  $S_s$  に対し、支持性能を有する。



表 14.4-8 (1) 基礎地盤の支持性能評価結果 (①-①断面)

| 地震動                 | 位相       | 最大接地圧<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 極限支持力度<br>(kN/m <sup>2</sup> ) |
|---------------------|----------|-------------------------------|--------------------------------|
| S <sub>s</sub> -D 1 | [H+, V+] | 1912                          | 6690                           |
|                     | [H+, V-] | 1936                          | 6690                           |
|                     | [H-, V+] | 1932                          | 6690                           |
|                     | [H-, V-] | 1953                          | 6690                           |
| S <sub>s</sub> -1 1 | -        | 1082                          | 6690                           |
| S <sub>s</sub> -1 2 | -        | 1145                          | 6690                           |
| S <sub>s</sub> -1 3 | -        | 1102                          | 6690                           |
| S <sub>s</sub> -1 4 | -        | 958                           | 6690                           |
| S <sub>s</sub> -2 1 | -        | 1056                          | 6690                           |
| S <sub>s</sub> -2 2 | -        | 1276                          | 6690                           |
| S <sub>s</sub> -3 1 | [H+, V+] | 1790                          | 6690                           |
|                     | [H+, V-] | 1695                          | 6690                           |

表 14.4-8 (2) 基礎地盤の支持性能評価結果 (②-②断面)

| 地震動                 | 位相       | 最大接地圧<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 極限支持力度<br>(kN/m <sup>2</sup> ) |
|---------------------|----------|-------------------------------|--------------------------------|
| S <sub>s</sub> -D 1 | [H+, V+] | 1768                          | 6690                           |
|                     | [H+, V-] | 1776                          | 6690                           |
|                     | [H-, V+] | 1804                          | 6690                           |
|                     | [H-, V-] | 1790                          | 6690                           |
| S <sub>s</sub> -1 1 | -        | 1034                          | 6690                           |
| S <sub>s</sub> -1 2 | -        | 1292                          | 6690                           |
| S <sub>s</sub> -1 3 | -        | 1282                          | 6690                           |
| S <sub>s</sub> -1 4 | -        | 1127                          | 6690                           |
| S <sub>s</sub> -2 1 | -        | 1538                          | 6690                           |
| S <sub>s</sub> -2 2 | -        | 1379                          | 6690                           |
| S <sub>s</sub> -3 1 | [H+, V+] | 1674                          | 6690                           |
|                     | [H+, V-] | 1617                          | 6690                           |



図 14.4-10 (1) ①-①断面の接地圧分布図 ( $S_s-D1 [H+, V+]$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 14.4-10 (2) ①-①断面の接地圧分布図 ( $S_s-D1 [H+, V-]$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 14.4-10 (3) ①-①断面の接地圧分布図 ( $S_s-D1 [H-, V+]$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 14.4-10 (4) ①-①断面の接地圧分布図 ( $S_s-D1 [H-, V-]$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 14.4-10 (5) ①-①断面の接地圧分布図 ( $S_s-11$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 14.4-10 (6) ①-①断面の接地圧分布図 ( $S_s-12$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 14.4-10 (7) ①-①断面の接地圧分布図 ( $S_s-13$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 14.4-10 (8) ①-①断面の接地圧分布図 ( $S_s-14$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 14.4-10 (9) ①-①断面の接地圧分布図 ( $S_s-21$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 14.4-10 (10) ①-①断面の接地圧分布図 ( $S_s-22$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 14.4-10 (11) ①-①断面の接地圧分布図 ( $S_s-31 [H+, V+]$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 14.4-10 (12) ①-①断面の接地圧分布図 ( $S_s-31 [H-, V+]$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



図 14.4-11 (1) ②-②断面の接地圧分布図 ( $S_s-D1 [H+, V+]$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 14.4-11 (2) ②-②断面の接地圧分布図 ( $S_s-D1 [H+, V-]$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 14.4-11 (3) ②-②断面の接地圧分布図 ( $S_s-D1 [H-, V+]$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 14.4-11 (4) ②-②断面の接地圧分布図 ( $S_s-D1 [H-, V-]$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 14.4-11 (5) ②-②断面の接地圧分布図 ( $S_s-11$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 14.4-11 (6) ②-②断面の接地圧分布図 ( $S_s-12$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 14.4-11 (7) ②-②断面の接地圧分布図 ( $S_s-13$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 14.4-11 (8) ②-②断面の接地圧分布図 ( $S_s-14$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 14.4-11 (9) ②-②断面の接地圧分布図 ( $S_s-21$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 14.4-11 (10) ②-②断面の接地圧分布図 ( $S_s-22$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 14.4-11 (11) ②-②断面の接地圧分布図 ( $S_s-31 [H+, V+]$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 14.4-11 (12) ②-②断面の接地圧分布図 ( $S_s-31 [H-, V+]$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



#### 14.5 まとめ

S A用海水ピットについて，基準地震動 $S_s$ による地震力に対し，構造物の曲げ軸力及びせん断力並びに最大接地圧が許容限界以下であることを確認した。

以上のことから，S A用海水ピットは，基準地震動 $S_s$ による地震力に対して，要求機能を維持できる。



S A用海水ピットの耐震安全性評価に関する参考資料



## 1 減衰の設定について

地震応答解析における減衰については、固有値解析にて求まる固有周期及び減衰比に基づき、質量マトリックス及び剛性マトリックスの線形結合で表される以下の Rayleigh 減衰にて与える。なお、Rayleigh 減衰を  $\alpha = 0$  となる剛性比例型減衰とする。Rayleigh 減衰の設定は、地盤の低次のモードの変形が特に支配的となる地中埋設構造物のような地盤及び構造系全体に対して、その特定の振動モードの影響が大きいことを考慮し、かつ、振動モードの影響が全体系に占める割合の観点から、刺激係数に着目し行う。

固有値解析によるモード図を図 14-1 に示す。また、設定した Rayleigh 減衰を図 14-2 に示す。

構造物の 1 次モードについては、刺激係数を勘案し構造系がせん断変形しているモードに着目することにより選定している。

なお、初期減衰定数は、地盤については 1 %（解析における減衰は、ひずみが大きい領域では履歴減衰が支配的となる。そのため、解析上の安定のためになるべく小さい値として 1 %を採用している。）とする。また、線形材料としてモデル化するコンクリートについては 5 %（J E A G 4 6 0 1 -1987）とする。



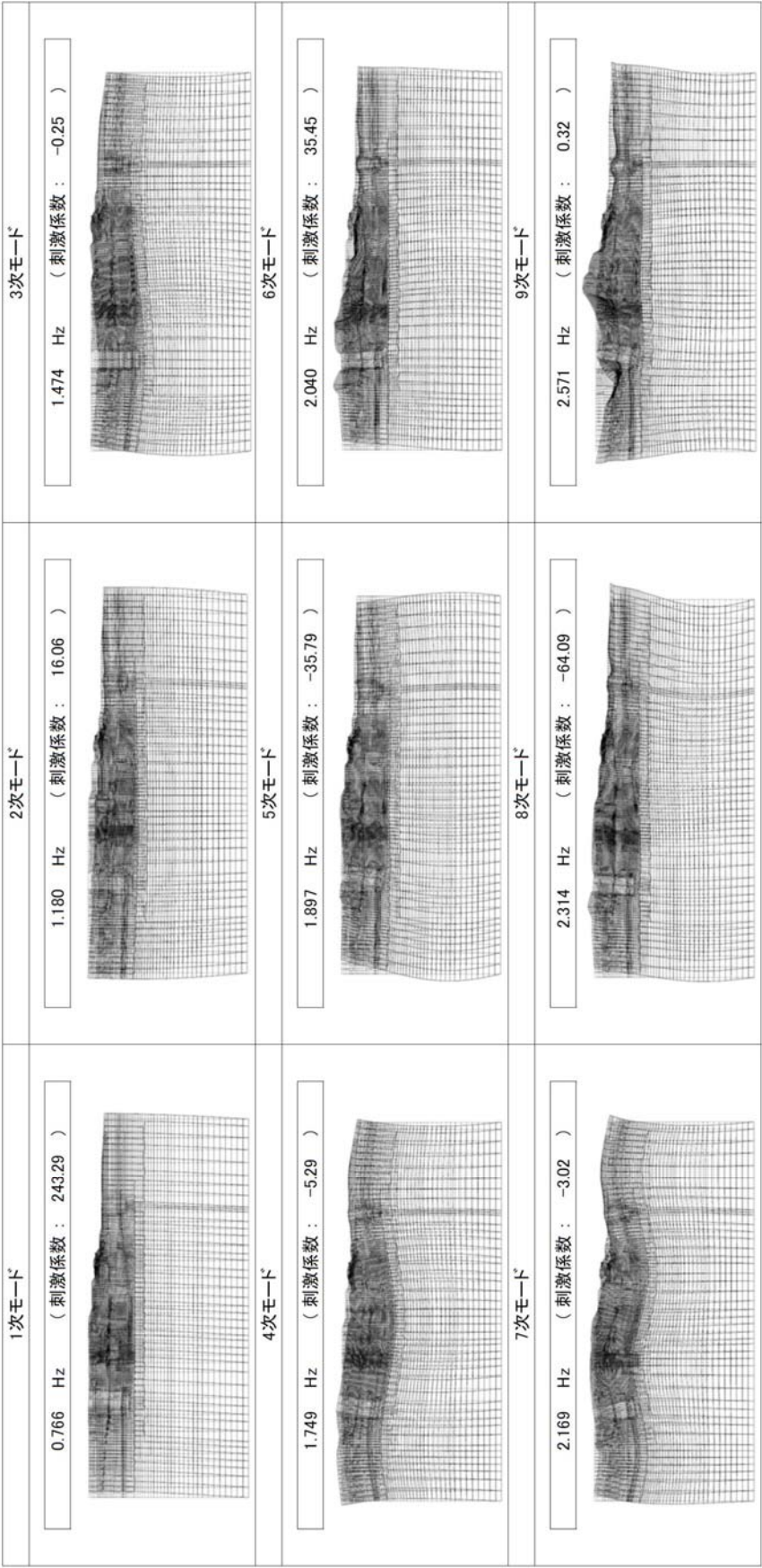


図 14-1(1) S A用海水ピットの固有値解析結果 ※速報  
 (検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)  
 (①-①断面)



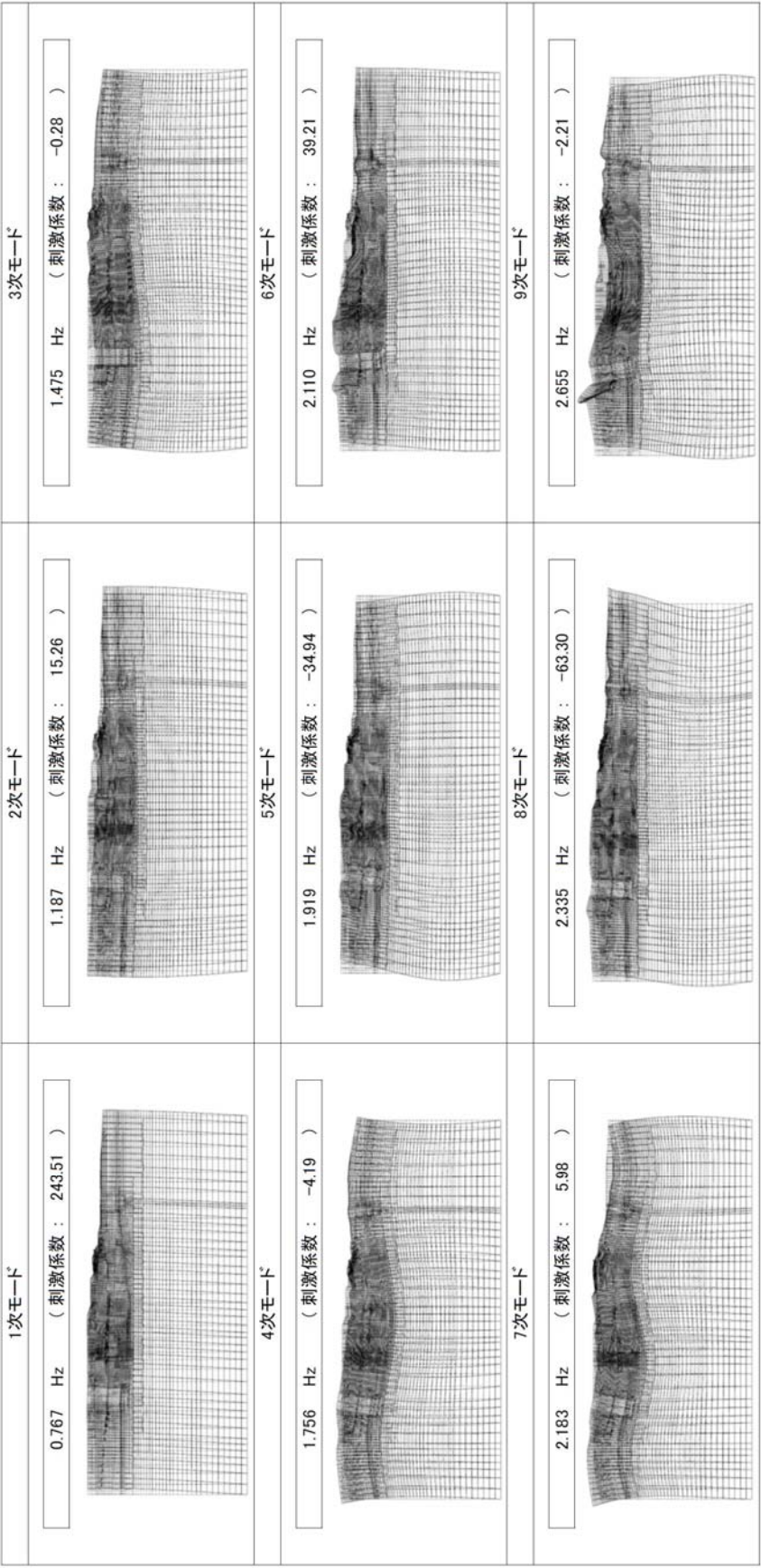


図 14-1-1 (2) SA用海水ピットの固有値解析結果 ※速報  
 (検討ケース②：地盤物性のばらつきを考慮 (+1σ) した解析ケース)  
 (①-①断面)



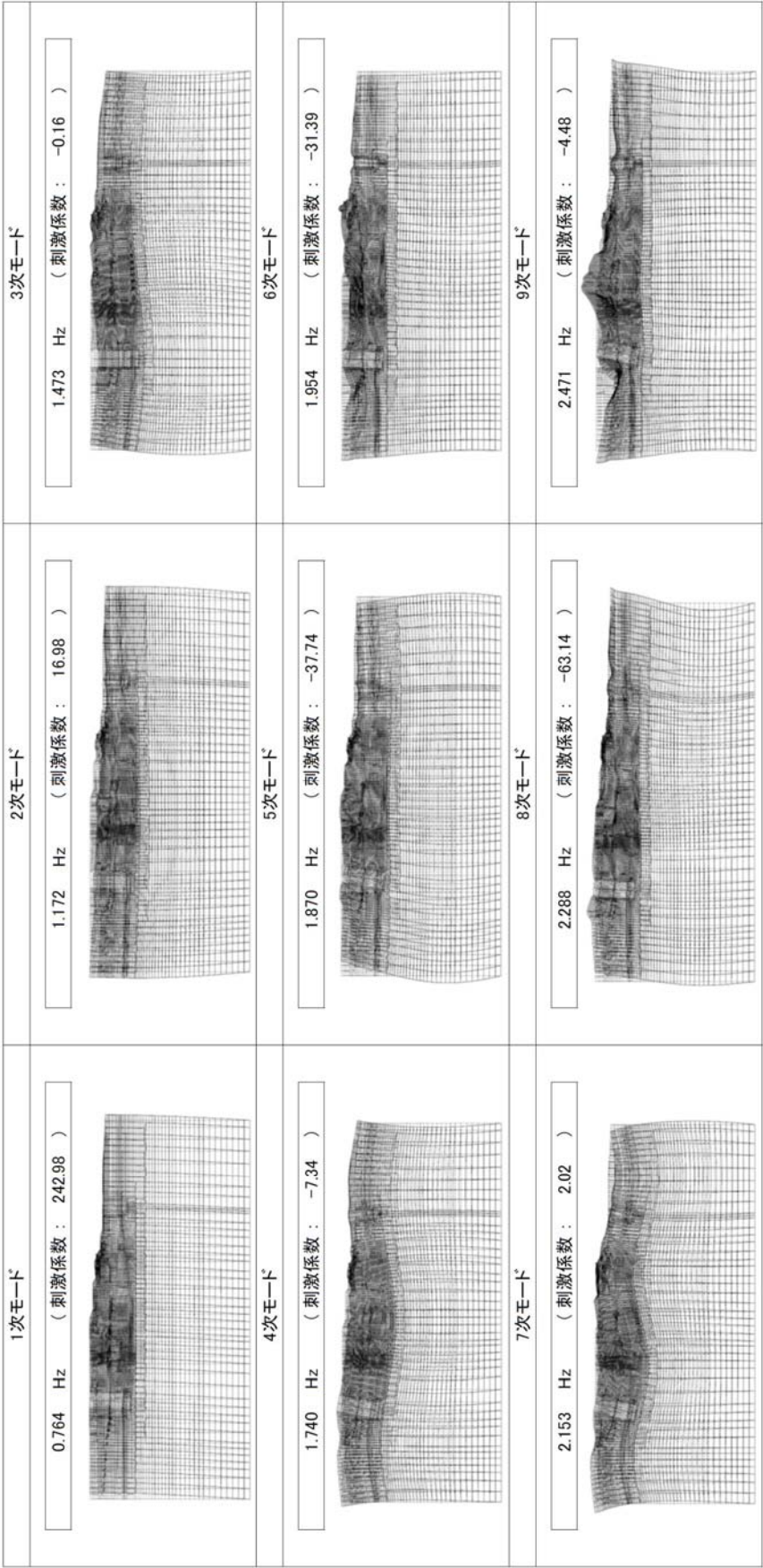


図 14-1 (3) SA用海水ピットの固有値解析結果 ※速報  
 (検討ケース③：地盤物性のばらつきを考慮 ( - 1  $\sigma$  ) し液状化強度特性を用いた解析ケース  
 (①-①断面)



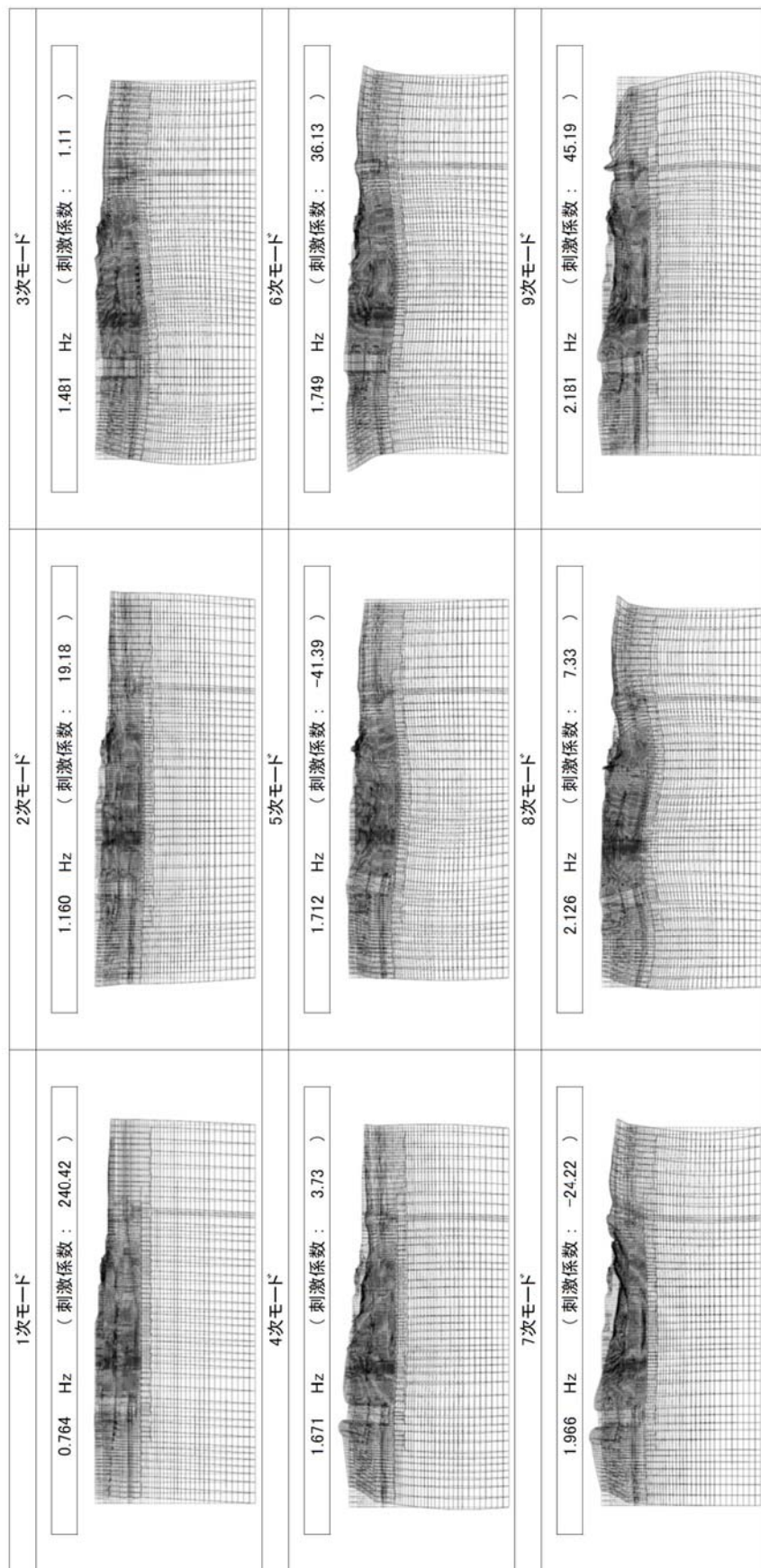


図 14-1(4) S A用海水ピットの固有値解析結果 ※速報  
 (検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液化強度特性により地盤を強制的に液化化させることを仮定した解析ケース)  
 (①-①断面)



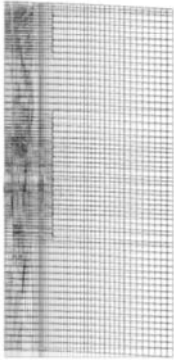
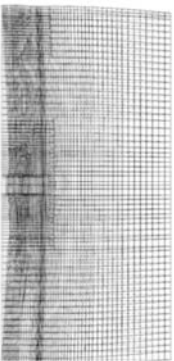
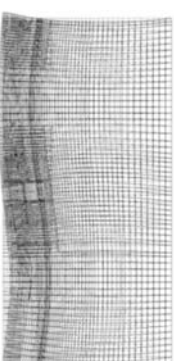
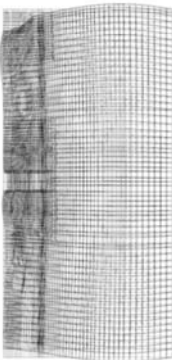
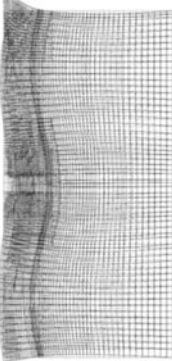
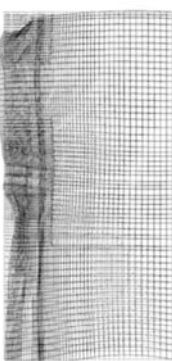
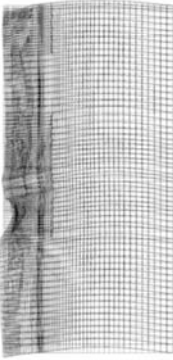
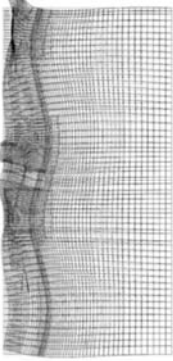
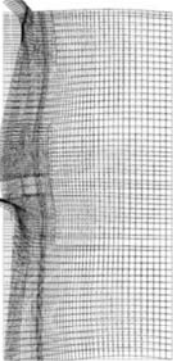
| 1次モード  | 2次モード   | 3次モード  |
|--|---|--|
| <div>0.732 Hz ( 刺激係数 : 231.30 )</div>   | <div>1.194 Hz ( 刺激係数 : -0.90 )</div>    | <div>1.472 Hz ( 刺激係数 : -0.54 )</div>    |
| 4次モード  | 5次モード   | 6次モード  |
| <div>1.693 Hz ( 刺激係数 : 6.75 )</div>     | <div>1.863 Hz ( 刺激係数 : -4.94 )</div>    | <div>1.977 Hz ( 刺激係数 : 22.85 )</div>    |
| 7次モード  | 8次モード   | 9次モード  |
| <div>2.050 Hz ( 刺激係数 : 70.15 )</div>  | <div>2.327 Hz ( 刺激係数 : 11.91 )</div>  | <div>2.417 Hz ( 刺激係数 : 20.88 )</div>  |

図 14-1(5) SA用海水ピットの固有値解析結果 ※速報  
 (検討ケース①：原地盤に基づく液化化強度特性を用いた解析ケース  
 (②-②断面))



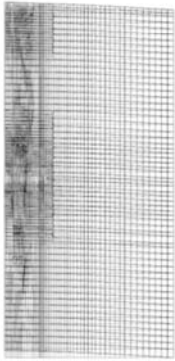
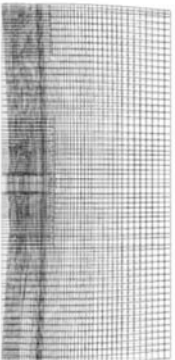
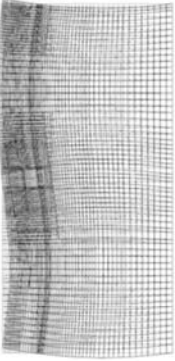
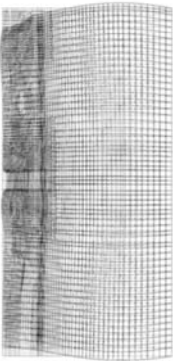
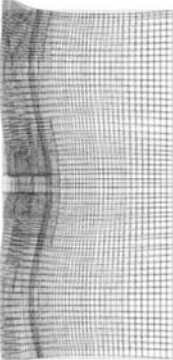
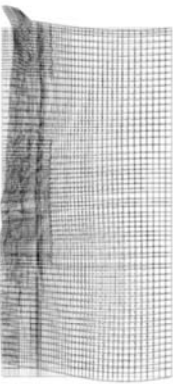
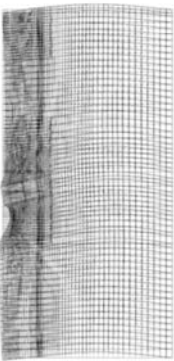
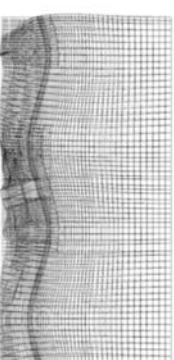

| 1次モード   | 2次モード  | 3次モード  |
|---|--|--|
| <div>0.733 Hz ( 刺激係数 : 231.54 )</div>  | <div>1.202 Hz ( 刺激係数 : -0.62 )</div>   | <div>1.474 Hz ( 刺激係数 : -0.38 )</div>    |
| 4次モード   | 5次モード  | 6次モード  |
| <div>1.727 Hz ( 刺激係数 : 5.48 )</div>    | <div>1.876 Hz ( 刺激係数 : -2.93 )</div>   | <div>2.042 Hz ( 刺激係数 : -33.27 )</div>   |
| 7次モード   | 8次モード  | 9次モード  |
| <div>2.093 Hz ( 刺激係数 : 68.20 )</div>  | <div>2.361 Hz ( 刺激係数 : -6.52 )</div>  | <div>2.522 Hz ( 刺激係数 : -19.46 )</div>  |

図 14-1 (6) SA用海水ピットの固有値解析結果 ※速報  
 (検討ケース②：地盤物性のばらつきを考慮 (+1σ) した解析ケース)  
 (②-②断面)



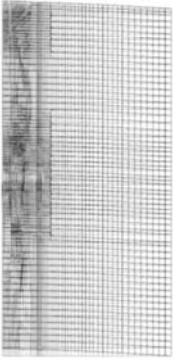
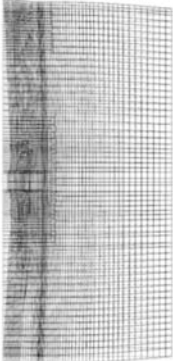
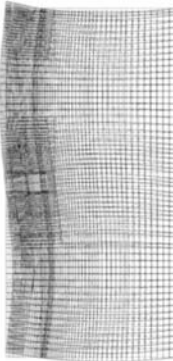
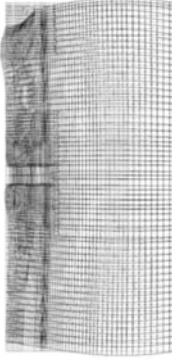
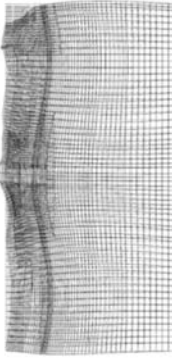
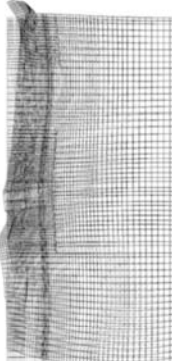
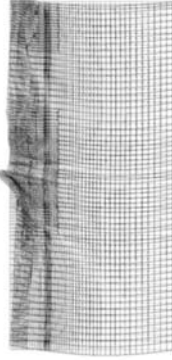
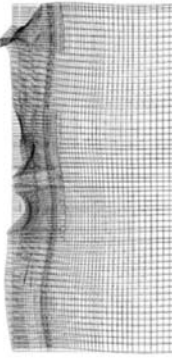
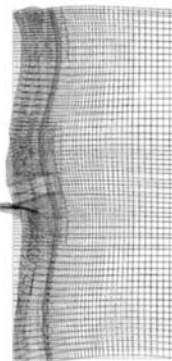
| 1次モード  | 2次モード   | 3次モード   |
|--|---|---|
| <div>0.730 Hz ( 刺激係数 : 230.96 )</div>   | <div>1.185 Hz ( 刺激係数 : -1.34 )</div>    | <div>1.470 Hz ( 刺激係数 : -0.82 )</div>   |
| 4次モード  | 5次モード   | 6次モード   |
| <div>1.649 Hz ( 刺激係数 : 8.48 )</div>     | <div>1.843 Hz ( 刺激係数 : 10.07 )</div>    | <div>1.908 Hz ( 刺激係数 : -16.90 )</div>  |
| 7次モード  | 8次モード   | 9次モード   |
| <div>1.993 Hz ( 刺激係数 : -68.45 )</div>  | <div>2.256 Hz ( 刺激係数 : -22.68 )</div>  | <div>2.330 Hz ( 刺激係数 : 15.03 )</div>  |

図 14-1(7) S A用海水ピットの固有値解析結果 ※速報  
 (検討ケース③：地盤物性のばらつきを考慮 (−1 σ) した解析ケース)  
 (②-②断面)



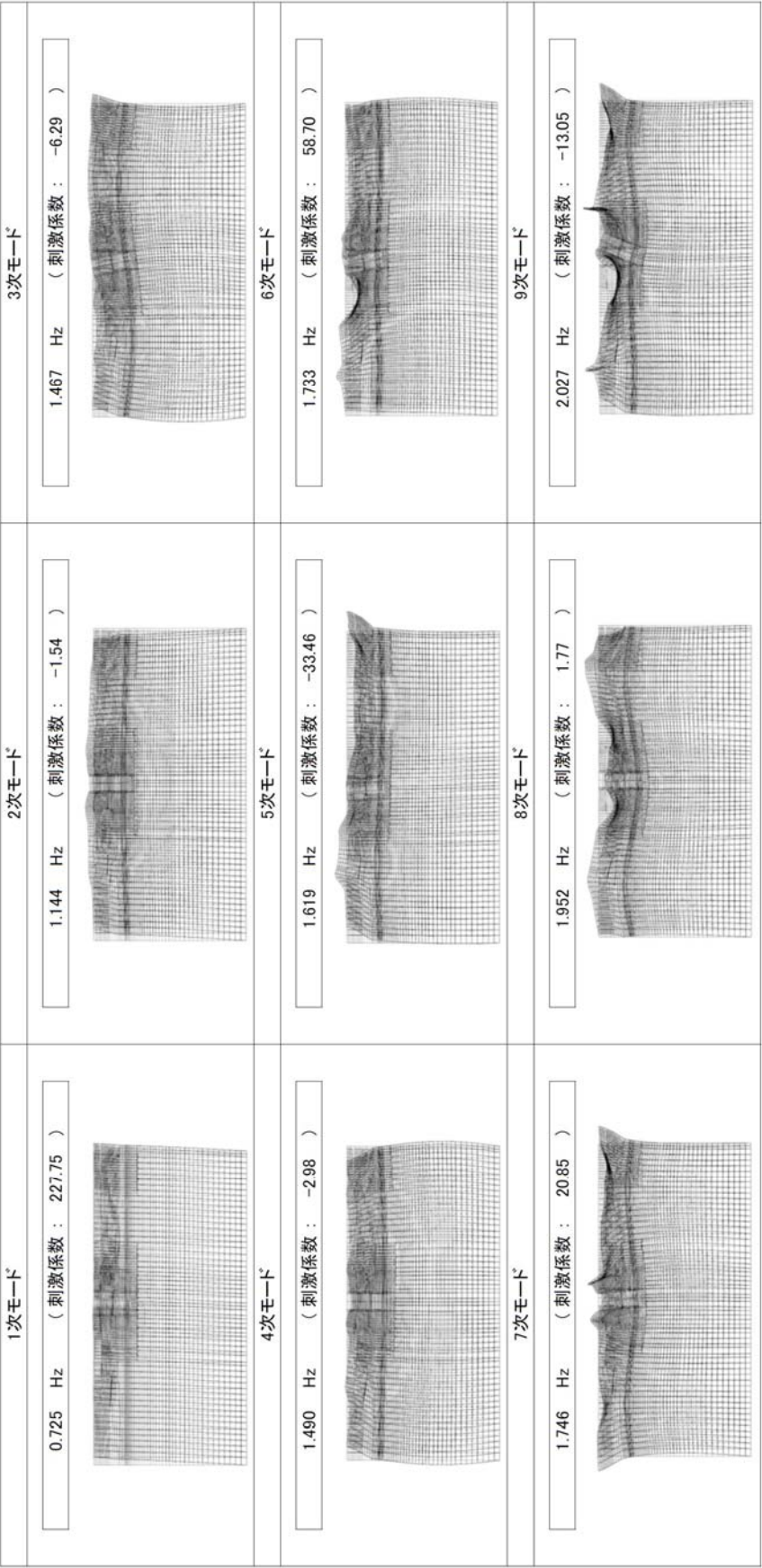


図 14-1 (8) S A用海水ピットの固有値解析結果 ※速報  
(検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)  
(②-②断面)



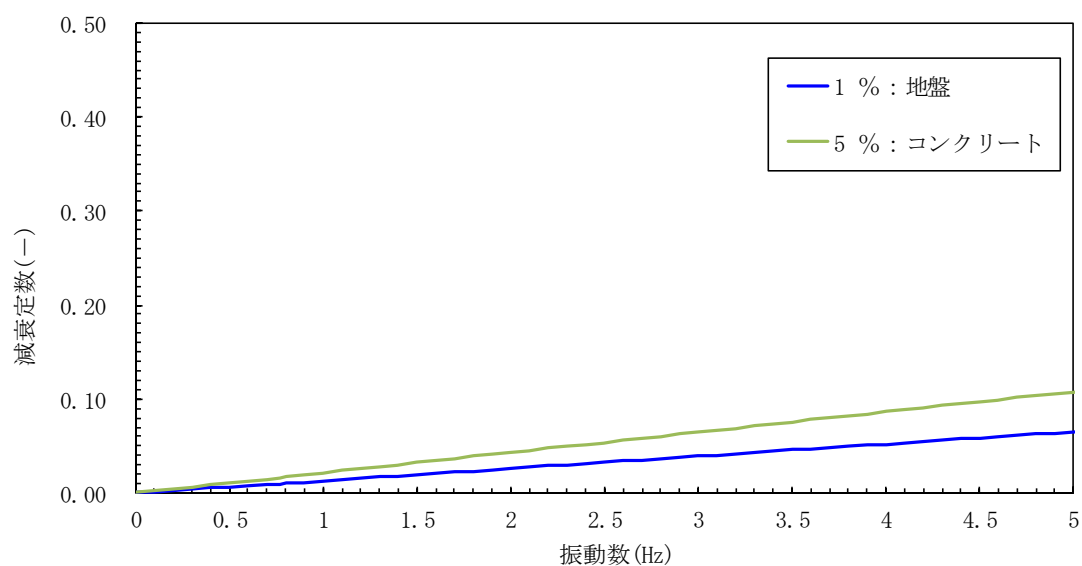


図 14-2(1) S A用海水ピットの固有値解析結果 ※速報  
 (検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)  
 (①-①断面)

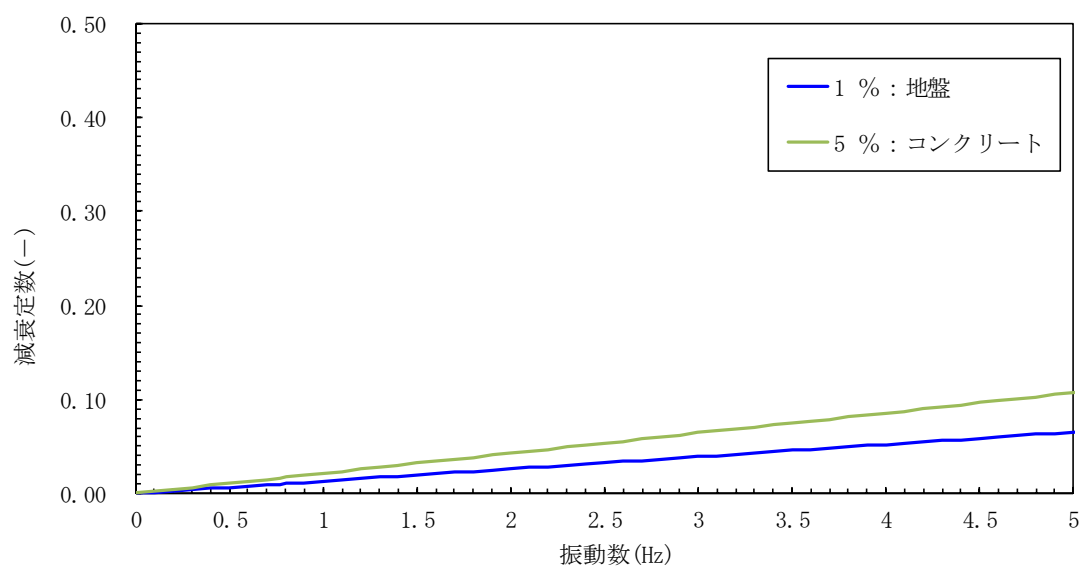


図 14-2(2) S A用海水ピットの固有値解析結果 ※速報  
 (検討ケース②：地盤物性のばらつきを考慮 (+1  $\sigma$ ) した解析ケース)  
 (①-①断面)



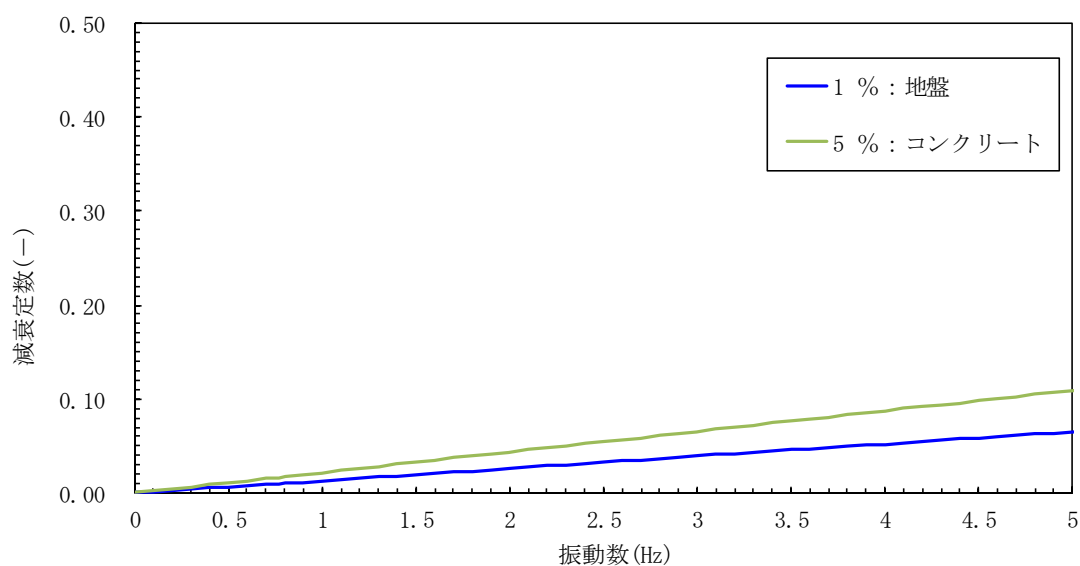


図 14-2 (3) S A用海水ピットの固有値解析結果 ※速報  
 (検討ケース③：地盤物性のばらつきを考慮 ( $-1\sigma$ ) し液状化強度特性を用いた解析ケース  
 (①-①断面))

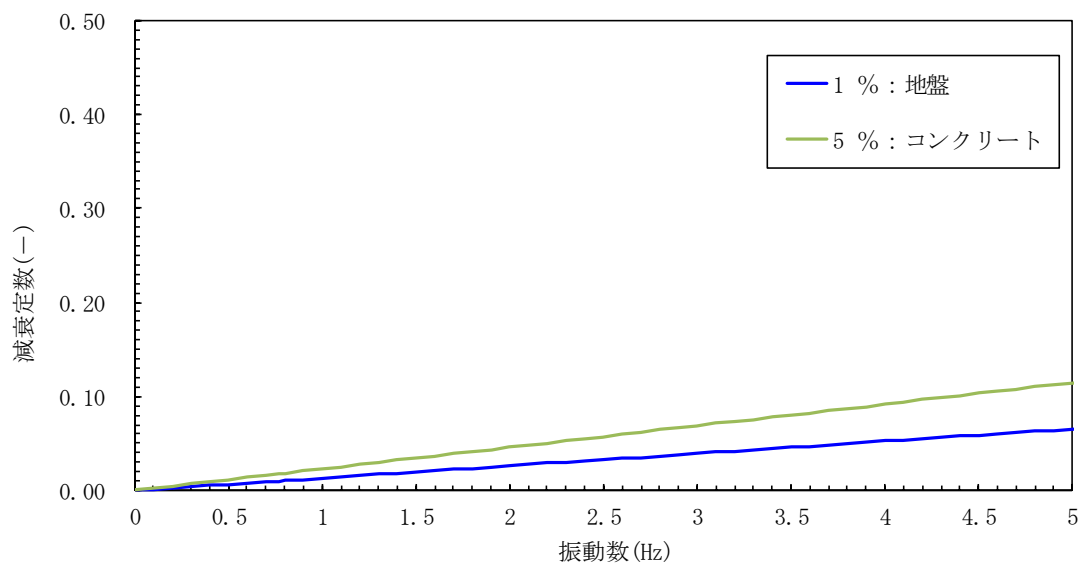


図 14-2 (4) S A用海水ピットの固有値解析結果 ※速報  
 (検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により  
 地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)  
 (①-①断面))



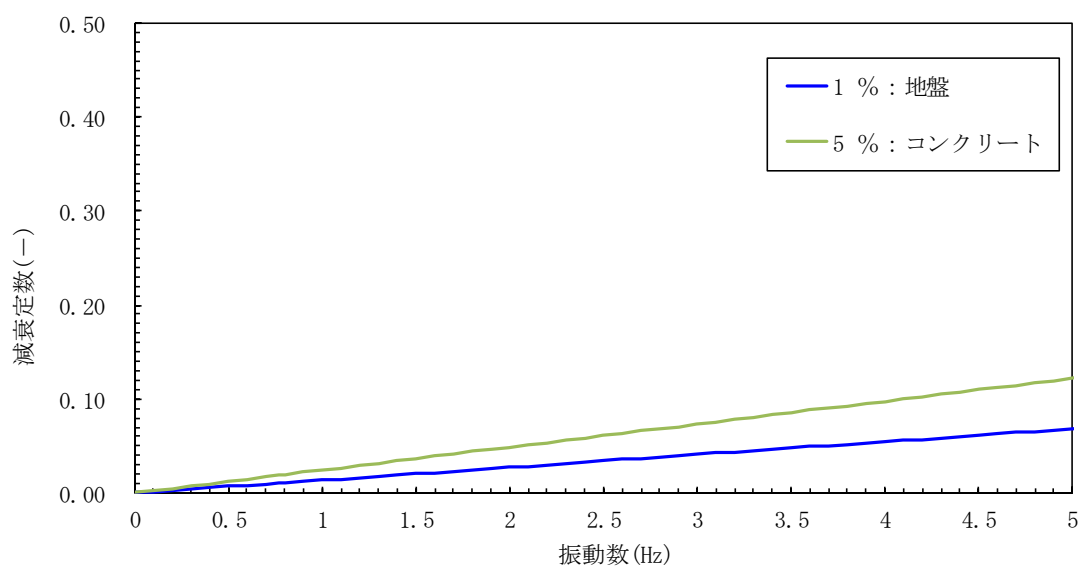


図 14-2(5) S A用海水ピットの固有値解析結果 ※速報  
 (検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース  
 (②-②断面))

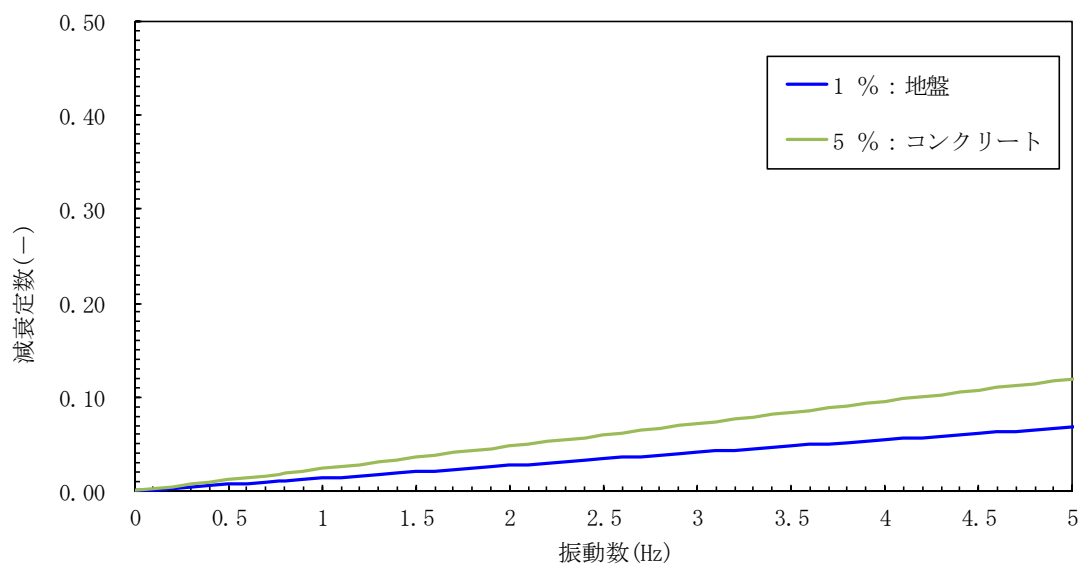


図 14-2(6) S A用海水ピットの固有値解析結果 ※速報  
 (検討ケース②：地盤物性のばらつきを考慮 (+1σ) した解析ケース)  
 (②-②断面))



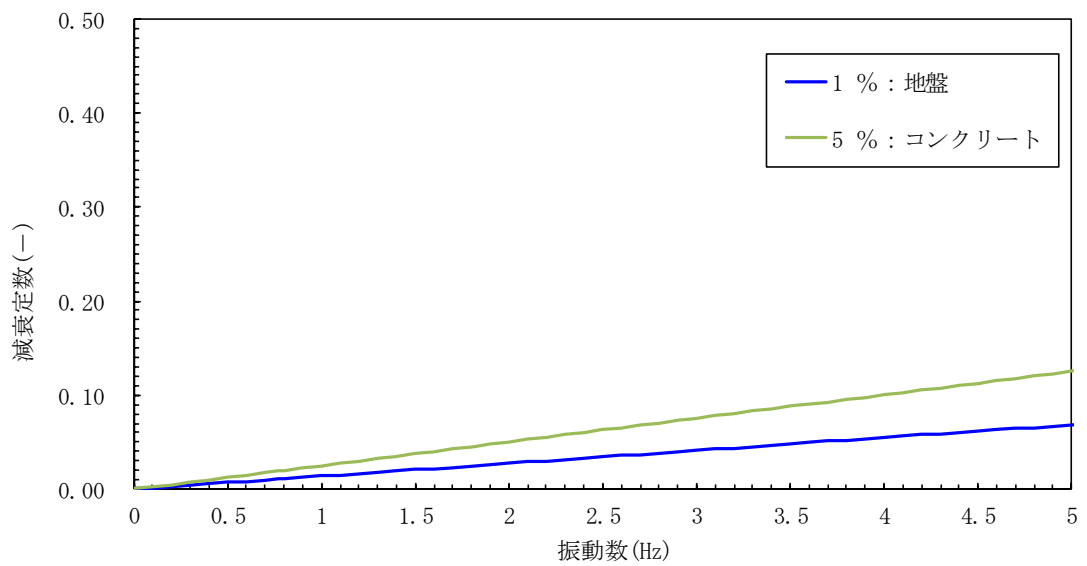


図 14-2(7) S A用海水ピットの固有値解析結果 ※速報  
 (検討ケース③：地盤物性のばらつきを考慮 ( $-1\sigma$ ) した解析ケース)  
 (②-②断面)

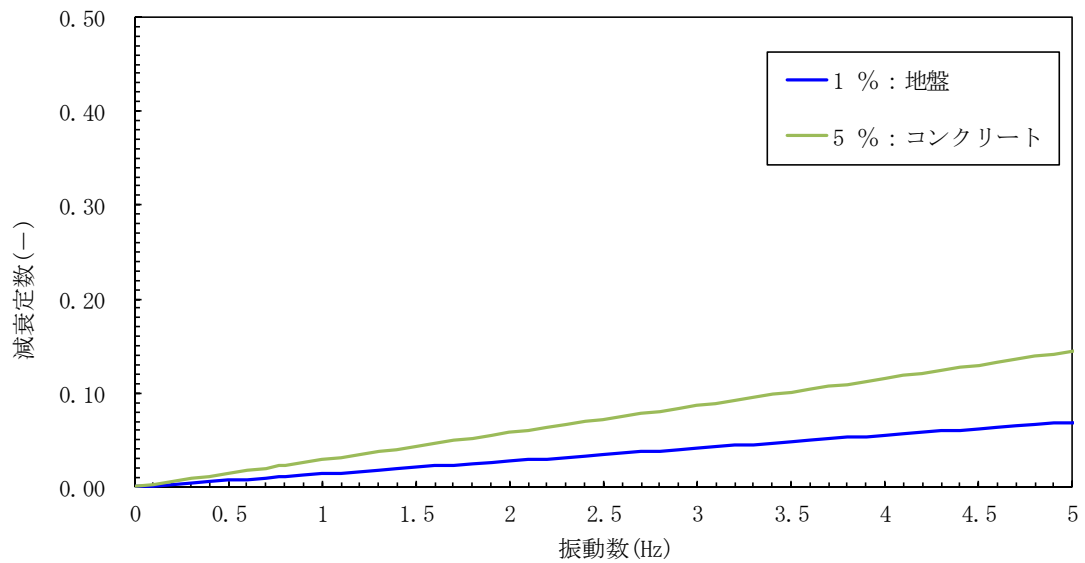


図 14-2(8) S A用海水ピットの固有値解析結果 ※速報  
 (検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により  
 地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)  
 (②-②断面)







## 15. 海水引込み管の耐震安全性評価

### 目次

|        |                |    |
|--------|----------------|----|
| 15.1   | 評価方針           | 1  |
| 15.2   | 評価条件           | 2  |
| 15.2.1 | 適用基準           | 2  |
| 15.2.2 | 耐震安全性評価フロー     | 8  |
| 15.2.3 | 評価対象箇所及び評価対象断面 | 9  |
| 15.2.4 | 使用材料及び材料定数     | 14 |
| 15.2.5 | 評価構造物諸元        | 17 |
| 15.2.6 | 地下水位           | 17 |
| 15.2.7 | 許容限界           | 17 |
| 15.3   | 横断面方向応力の評価方法   | 21 |
| 15.3.1 | 地震応答解析手法       | 21 |
| 15.3.2 | 解析モデルの設定       | 22 |
| 15.3.3 | 減衰定数           | 30 |
| 15.3.4 | 荷重の組合せ         | 34 |
| 15.3.5 | 地震応答解析の検討ケース   | 36 |
| 15.3.6 | 入力地震動の設定       | 37 |
| 15.4   | 縦断面方向応力の評価方法   | 54 |
| 15.4.1 | 1次元地震応答解析モデル   | 56 |
| 15.4.2 | 縦断面方向の応力解析     | 57 |
| 15.5   | 評価結果           | 67 |
| 15.5.1 | 地震応答解析結果       | 67 |
| 15.5.2 | 耐震評価結果         | 82 |
| 15.6   | まとめ            | 88 |



### 15.1 評価方針

海水引込み管は、非常時における海水の通水機能を求められる土木構造物である。

海水引込み管の耐震安全性評価では、基準地震動  $S_s$  を用いた地震応答解析及び応力解析を行い、海水引込み管に生じる発生応力が許容限界以下であることを確認することで、地震時に通水機能を維持できることを確認する。



## 15.2 評価条件

### 15.2.1 適用基準

一般的な埋設鋼製管路の耐震設計に関する規格、基準類における耐震評価の概要を表 15.2-1 に示す。

管径が比較的小さい一般的な埋設鋼製管路は、断面の外周長と比較して、縦断面方向長が長いことから、周辺の地盤の変位に伴う縦断面方向の発生応力（または発生ひずみ）を中心に耐震評価を行う設計となっている。

一方、横断面方向（縦断面方向に対して直交方向）についても考慮する基準もあり（表 15.2-1 (1) 及び (2)）、この場合、地震時における管路上の土被り等による鉛直荷重による横断面方向の発生応力を縦断面方向の発生応力と組み合わせた合成応力で評価する設計となっている。

海水引込み管は、内径が 1.2 m と一般的な埋設管路と同等であることと、岩盤内を掘削して設置することから、横断面方向、縦断面方向ともに発生応力（または発生ひずみ）は顕著でない。

ただし、海水引込み管は可とう管の設置スパンが比較的長く、縦断面方向に長大な構造であることを考慮し、縦断面方向の発生応力について保守的に考慮する。

そのため、基本的な耐震評価の流れについては、横断面方向と縦断面方向の発生応力の組合せを考慮した設計体系の規格、基準類のうち、既往の工事計画認可申請において実績のある「港湾の施設の技術上の基準・同解説（日本港湾協会、平成 19 年）」を適用する。

評価において、横断面方向については、上記基準における鉛直方向の地震力に加え、水平方向の地震力についても保守的に考慮することとする。

許容限界については、鋼製管路が優れた変形特性を有する材料であり、表 15.2-1 に示すように、塑性領域の許容限界として管体ひずみを採用している規格、基準類もあることから、弾性領域を越え塑性域に達しても、地盤の変形への追従性を失うことなく、通水断面を確保できるものと判断される。

しかし、海水引込み管の耐震評価では、非常用取水設備の重要性を鑑み、鋼材の短期許容応力度を許容限界とすることとし、「道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会、平成 14 年 3 月）」を適用する。

適用する規格、基準類を表 15.2-2 に示す。



表 15.2-1 (1) 埋設管路の耐震設計に関する規格、基準類の概要 (1)

| 規格、基準*1   | 対象設備<br>(一般的な管径*2)                                | 要求性能*3  | 許容限界*4                           | 備考   |
|---|---|---|----------------------------------|--|
| ①石油パイプライン事業の事業用施設<br>の技術上の基準の細目を定める告示<br>(昭和48年9月28日通商産業省・<br>運輸省・建設省・自治省告示第一号) | 送油導管<br>(～650 mm)                                 | 導管等の構造は、輸送される石油の重<br>量、導管等の内圧、導管等およびその<br>附属設備の自重、土圧、水圧、列車荷<br>重、自動車荷重、浮力等の主荷重なら<br>びに風荷重、雪荷重、温度変化の影<br>響、振動の影響、地震の影響、投錨に<br>よる衝撃の影響、波浪および潮流の影<br>響、設置時における荷重の影響、他工<br>事による影響等の従荷重によって生ず<br>る応力に対して安全なものとなれば<br>ならない。<br>*5 | 規格最小降伏点応力度の<br>90 % (*5)         | わが国で初めて埋設管路に対す<br>る応答変位法の考え方を設計法<br>として総合的に体系化した「石<br>油パイプライン技術基準案」と<br>同様の設計手法。管路のひずみ<br>を算定するための波動の重量方<br>法等は、その後の地中構造物の<br>耐震設計指針等で踏襲されてい<br>る。 |
| ②港湾の施設の技術上の基準・同解説<br>(日本港湾協会、平成19年)   | 送油導管<br>(特に無し)                                    | 作用による損傷等が軽微な修復により<br>施設の機能の回復に影響を及ぼさな<br>い。(修復性)  | 導管の降伏応力度を構造<br>解析係数で除したもの        | 基本的に①の考え方を踏襲して<br>いる。  |
| ③水道施設耐震工法指針・解説1997版<br>(日本水道協会、1997)  | 水輸送用埋設鋼管路<br>(特に無し)                               | 人命に重大な影響を与えないこと。<br>個々の施設に軽微な被害が生じても、<br>その機能保持が可能であること   | 管体歪み 46t/D 以下<br>(D は管外径, t は管厚) | 基本的に①の考え方を踏襲して<br>いる。  |
| ④水道用埋設鋼管路耐震設計基準<br>WSP029-2006<br>(日本水道鋼管協会、平成18年)                              | 水輸送用埋設鋼管路<br>(～3000 mm)                           | 変形は生じてても、通水機能を保持する<br>こと。   | 許容ひずみ値 46t/D<br>(D は管外径, t は管厚)  | 基本的に①の考え方を踏襲して<br>いる。  |
| ⑤高圧ガス導管耐震設計指針<br>JGA 指 206-13<br>(日本ガス協会、2013)                                  | ゲージ圧力 1MPa 以上<br>の圧力ガスを輸送す<br>る埋設鋼管路<br>(～650 mm) | 導管に変形は生じるが、漏洩は生じな<br>いこと。   | 許容ひずみは 3 % とす<br>る。              | 当該指針における地盤変位は、<br>縦断面方向に伝播する進行波<br>(レイリー波)を仮定してお<br>り、縦断面方向の検討に限定し<br>ている。したがって、①で考慮<br>している波動伝播の重量は考慮<br>していない。                                   |

注記

\*1：記載の規格、基準類のうち、下線で示すものは、工事計画認可申請において実績があるもの。

\*2：各規格、基準において材料の規格として取り扱われているJIS規格等の最大径を記載したもので、適用範囲を限定するものではない。

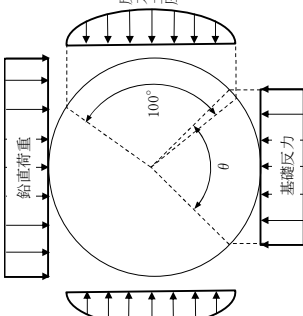
\*3：要求性能は、施設の耐震レベル及び地震動レベルが高いもの（レベル2地震動等）について記載。

\*4：許容限界については、鋼材の許容応力度（降伏応力度）とするものと許容ひずみとするものがあるが、図15.2-1に示すとおり鋼材の許容応力度のひずみレベル（降伏ひずみ）とするものは、鋼材の許容応力度（降伏応力度）とするものよりも小さい。したがって、許容限界を鋼材の許容応力度とした場合の方が保守的な評価を与える。なお、⑤の規格、基準類の許容ひずみは、3 % と、その他の規格、基準類の許容ひずみよりかなり大きい（約30倍）。

\*5：石油パイプライン事業の事業用施設の技術上の基準を定める省令（昭和47年12月25日通商産業省・運輸省・建設省・自治省令第二号）を参照。



表 15.2-1 (2) 埋設管路の耐震設計に関する規格、基準類の概要 (2)

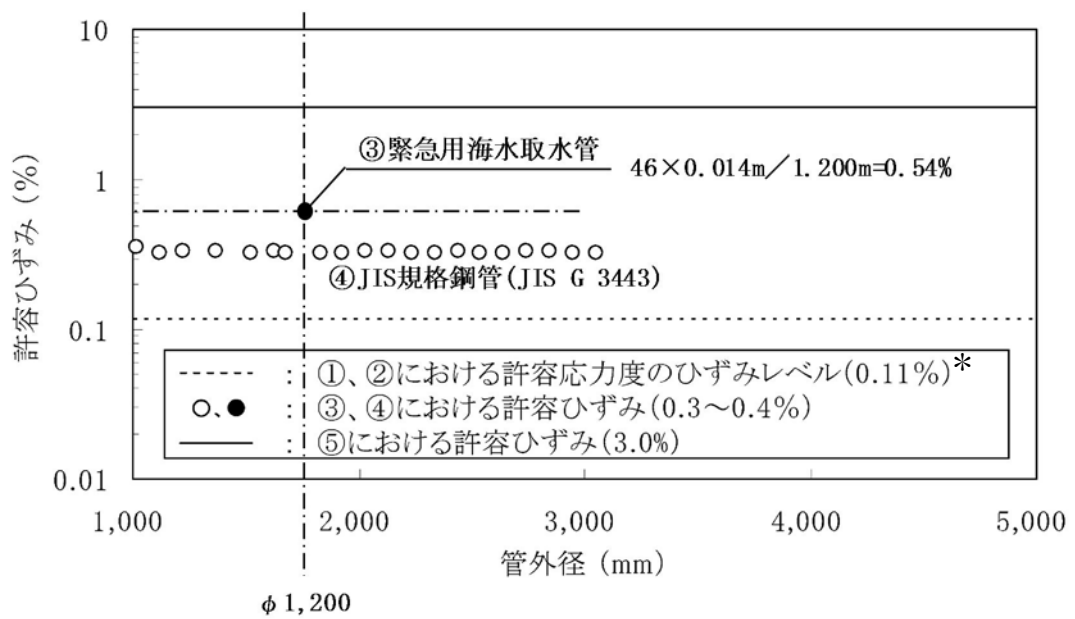
| 耐震評価の概要  |   |  |         |  |
|--|---|--|---------|--|
| 規格、基準*1  | ① 縦断面方向*2*3   | ②横断面方向*3   |         | ①と②の組合せ  |
|  | 軸方向応力 $\sigma_L$ 又は軸方向ひずみ $\varepsilon_L$   | 鉛直方向地震力  | 水平方向地震力 |  |
| ①石油パイプライン事業の事業用施設の技術上の基準の細目を定める告示 (昭和48年9月28日通商産業省・運輸省・建設省・自治省告示第一号) | <ul style="list-style-type: none"> <li>地盤変位を考慮した応答変位法</li> <li>管路に生じる軸応力<math>\sigma_L</math>と曲げ応力<math>\sigma_B</math>を合成する。</li> </ul> $\sigma_1 = \sqrt{3.12 \cdot \sigma_L^2 + \sigma_B^2}$   | <ul style="list-style-type: none"> <li>管路のたわみ性を考慮した土圧分布モデル (IOWA 公式) により求める。</li> </ul>  | 考慮しない。  | <ul style="list-style-type: none"> <li>①縦断面方向と②横断面方向応力を組み合わせる。</li> </ul> $\sigma = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_C^2 - \sigma_1 \sigma_C + 3\tau_S^2}$ <p>ここで、<br/> <math>\sigma_C</math>: 横断面方向応力<br/> <math>\tau_S</math>: 管直方向のせん断応力</p> |
| ②港湾の施設の技術上の基準・同解説 (日本港湾協会, 平成19年)                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>地盤変位を考慮した応答変位法</li> <li>管路に生じる軸応力<math>\sigma_L</math>と曲げ応力<math>\sigma_B</math>を合成する。</li> </ul>  |  |         |  |
| ③水道施設耐震工法指針・解説 1997版 (日本水道協会, 1997)                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>地盤変位を考慮した応答変位法</li> <li>管路に生じる軸ひずみ<math>\varepsilon_L</math>と曲げひずみ<math>\varepsilon_B</math>を合成する。</li> </ul> $\varepsilon_1 = \sqrt{\alpha \cdot \varepsilon_L^2 + \varepsilon_B^2}$ <p>但し、<math>\alpha = 1.00 \sim 3.12</math></p> | 考慮しない。   | 考慮しない。  | 考慮しない。   |
| ④水道用埋設鋼管耐震設計基準 WSP029-2006 (日本水道鋼管協会, 平成18年)                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>地盤変位を考慮した応答変位法</li> <li>管路に生じる軸ひずみ<math>\varepsilon_L</math>と曲げひずみ<math>\varepsilon_B</math>を合成する。</li> </ul> $\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_L^2 + \varepsilon_B^2}$   | 考慮しない。   | 考慮しない。  | 考慮しない。   |

注記 \*1: 表15.2-1 (1) で示した規格、基準類のうち、鋼管の許容ひずみが3%とかかなり大きい⑤については、除外した。

\*2: 各規格、基準では、応答変位法に用いる地盤変位を定めるためのパラメータ (水平震度、応答速度等) が地震動レベル毎に定められていることから、地震応答解析や構造計算を伴わずに、応力 (ひずみ) を算出可能。但し、海水引込み管の耐震評価では、①基準地震動 $S_E$ を対象とすること②取水管路が屈曲していることを考慮して、地震応答解析及び数値計算 (構造計算) を基に $\sigma_L$ 及び $\sigma_B$ を算出。

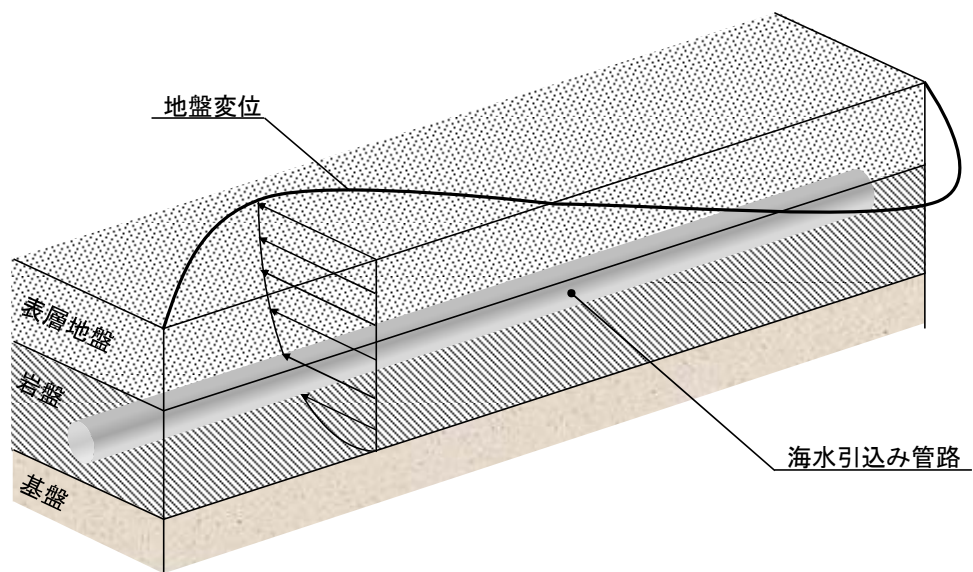
\*3: 縦断面方向及び横断面方向の評価のイメージについては、図15.2-2及び図15.2-3を参考。





注記＊：①、②における許容応力度のひずみレベルは、許容応力度／ヤング係数で求めた

図 15.2-1 各規格、基準類における許容ひずみの比較



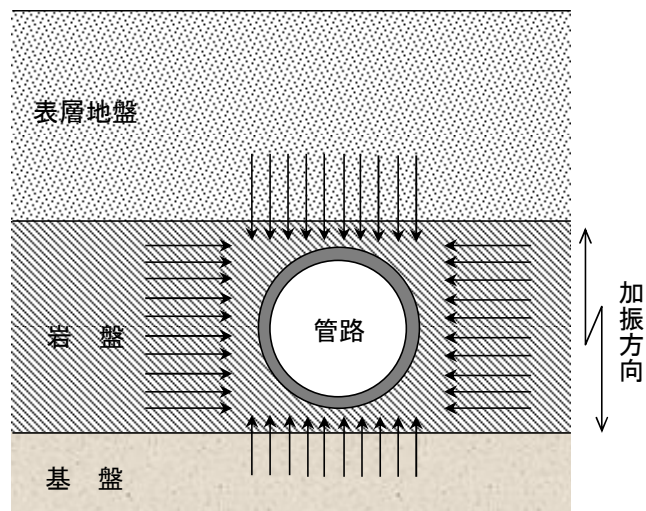
縦断面方向については、水平方向に見かけ上伝播する地震波（進行方向に直交する方向に振動する進行波）による、周辺地盤の変位を考慮する。

埋設された鋼製管路は、地震時に周辺地盤の変形に追従することが、多くの屋外、室内模型実験や実構造物からの地震観測結果から確かめられている。したがって、埋設された鋼製管路の耐震計算においては、上図のような地震時の周辺地盤の変位に基づいた耐震設計として、応答変位法が一般的に用いられる。

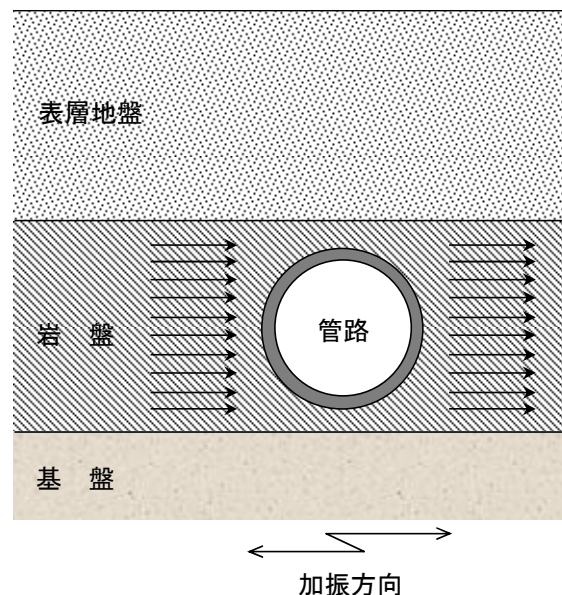
図 15.2-2 縦断面方向の耐震評価イメージ



(鉛直方向地震力)



(水平方向地震力)



横断面方向については埋設された鋼製管路上の土被り及び上載荷重により鋼製管路に作用する土圧を考慮する。

なお、表 15.2-1 に示した各規格、基準類では、一般式より横断面方向応力を求める手法が記載されているが、後述の横断面方向応力の算出では、その他の屋外重要土木構造物と同様に、2次元動的FEM解析（水平、鉛直同時加振）にて求める。

図 15.2-3 横断面方向の耐震評価イメージ



表 15.2-2 適用する規格，基準類

| 項目             | 適用する規格，基準類  | 備考   |
|----------------|---|--|
| 使用材料及び<br>材料定数 | ・道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 14 年 3 月）                         | —  |
| 荷重及び荷重の組合せ     | ・ J E A G 4 6 0 1 - 1987<br>（（社）日本電気協会）                                 | ・永久荷重＋偶発荷重の適切な組合せを検討   |
| 許容限界           | ・道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 14 年 3 月）                         | ・鋼材の発生応力度が短期許容応力度以下であることを確認<br>・基礎地盤に作用する接地圧が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認                                 |
| 評価手法           | ・港湾の施設の技術上の基準・同解説（日本港湾協会，平成 19 年）<br>・水道施設耐震工法指針・解説 1997 版（日本水道協会，1997） | ・縦断面方向と横断面方向の発生応力を組み合わせた耐震評価<br>・管路に生じる軸応力 $\sigma_L$ と曲げ応力 $\sigma_B$ を合成する場合の係数（ $\alpha = 3.12$ ） |
| 地震応答解析         | ・ J E A G 4 6 0 1 - 1987<br>（（社）日本電気協会）                                 | ・有限要素法による 2 次元モデルを用いた時刻歴非線形解析  |



### 15.2.2 耐震安全性評価フロー

図 15.2-4 に海水引込み管の耐震安全性評価フローを示す。

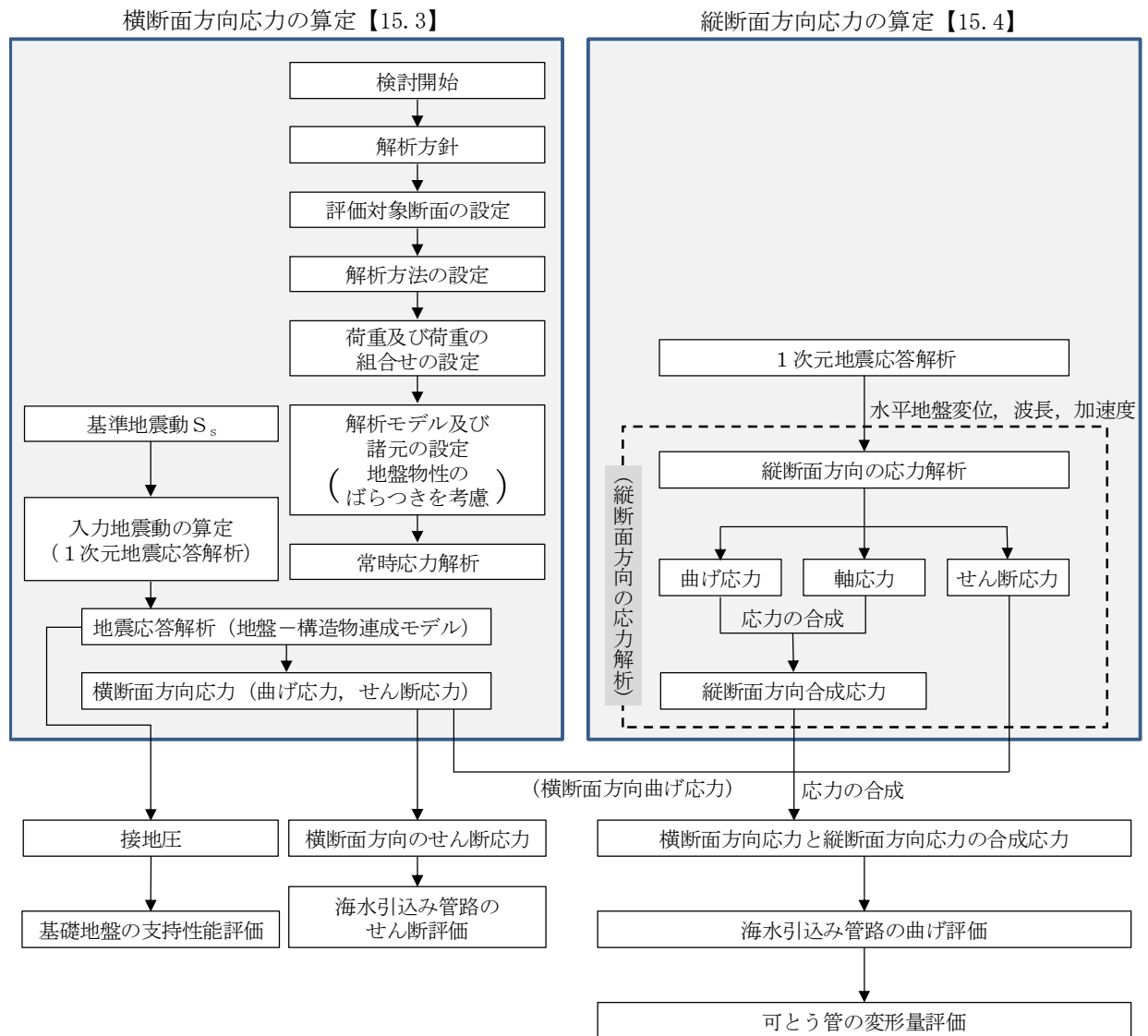


図 15.2-4 海水引込み管の耐震安全性評価フロー



### 15.2.3 評価対象箇所及び評価対象断面

海水引込み管は、S A用海水ピット取水塔とS A用海水ピットを接続する延長約154 m、内径1.2 mの鋼製の地中構造物であり、十分な支持性能を有する岩盤内に直接設置する。

海水引込み管は線状構造物であり、カルバート構造物と同様に縦断面方向に対して一様の断面形状を有するため、縦断面方向の発生応力が耐震設計上有意であるが、保守性を考慮して横断面方向及び縦断面方向の発生応力を組み合わせて評価を行う。

横断面方向の評価対象断面は、「1.4.15 海水引込み管の断面選定の考え方」で記載したとおり、土被り及び設置深度ともに最大の②-②断面を代表位置として選定し、基準地震動 $S_s$ による耐震評価を実施する。

縦断面方向については、管路全長をモデル化した静的フレーム解析により応答変位法を実施して縦断面方向の曲げ応力と軸応力を求め、横断面方向と縦断面方向を合成した応力の最大値を算定し、耐震評価を実施する。

海水引込み管は、推進工法により岩盤中を掘進しながら外装管としての鉄筋コンクリート製推進管を設置した後、内装管としての鋼製管を設置する。鋼製管と推進管との空隙にはエアモルタルを充填する。海水引込み管の耐震評価においては、推進管及びエアモルタルに強度は期待せず、鋼製管のみで応力を負担する設計とする。

可とう管は、海水引込み管縦断面方向の地震応答解析から算定されるS A用海水ピットとS A用海水ピット取水塔との相対変位及び管路中間部の相対変位を元に許容変形量を設定し、縦断面方向の評価における発生変形量が許容変形量以下に収まることを確認する。

海水引込み管及び可とう管の位置図を図15.2-5に、構造図を図15.2-6に、評価対象断面（縦断面）を図15.2-7に、評価対象断面（横断面）を図15.2-8に示す。



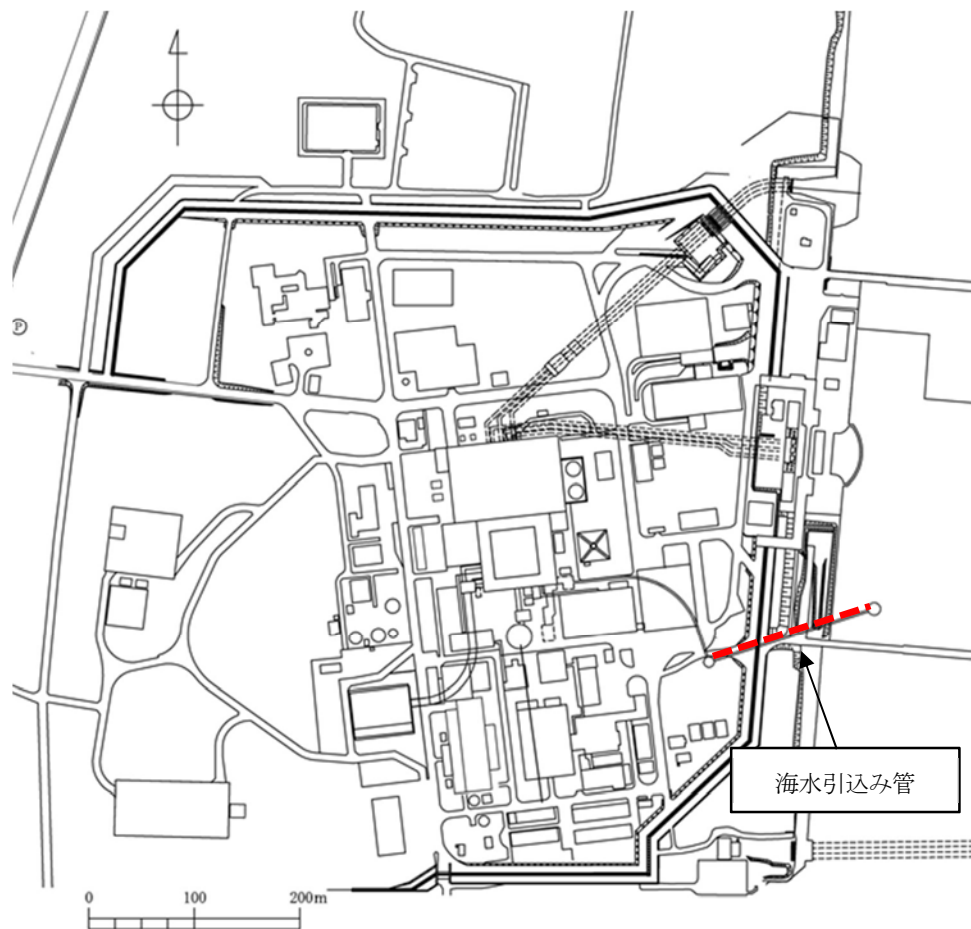


図 15.2-5 (1) 海水引込み管 位置図(全体図)

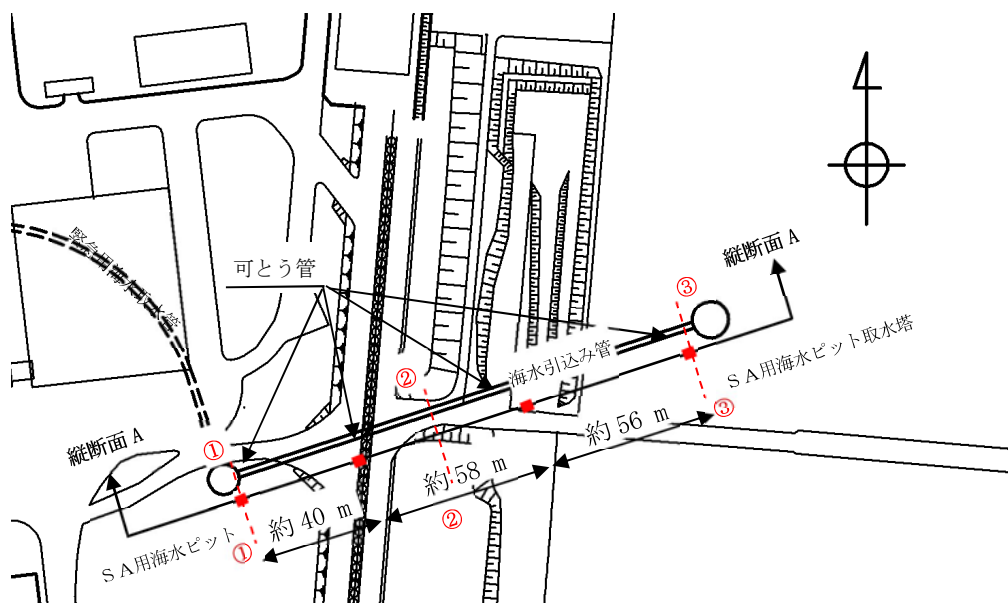


図 15.2-5 (2) 海水引込み管 位置図(拡大図)





図 15.2-6 海水引込み管 構造図







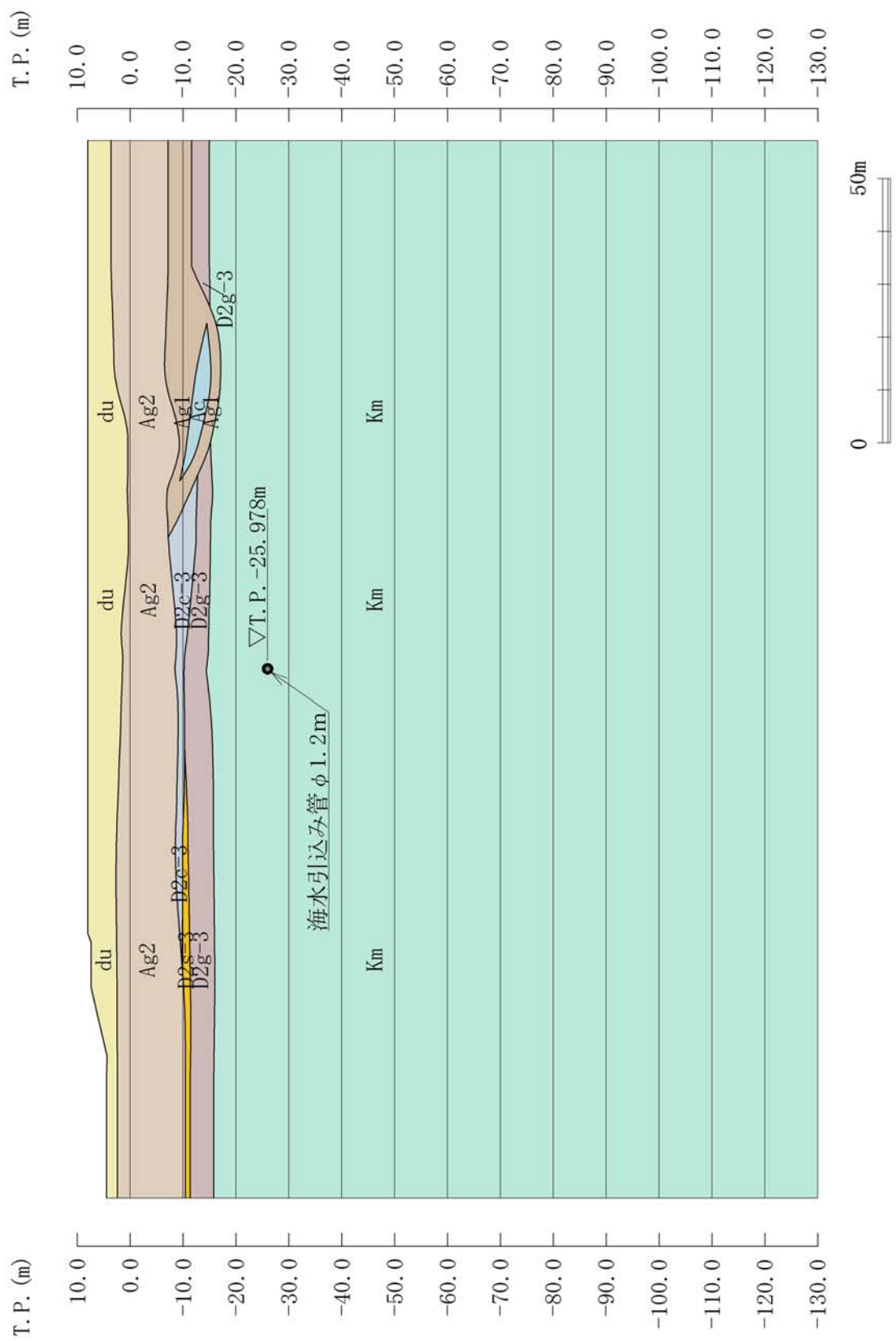


図 15.2-8 海水引込み管 横断面図 (②-②断面)



#### 15.2.4 使用材料及び材料定数

耐震評価に用いる材料定数は、適用基準類に基づき設定する。構造物の使用材料を表 15.2-3 に、材料物性値を表 15.2-4 に示す。

地盤の諸元は、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値を用いる。なお、地盤については、有効応力の変化に応じた地震時挙動を考慮できるモデル化する。地盤の物性値を表 15.2-5 に示す。

表 15.2-3 使用材料

| 材料  | 断面形状 (mm)   | 諸元    |
|-----|-------------|-------|
| 鋼製管 | 内径 1200×t14 | SM570 |

表 15.2-4 材料の物性値

| 材料  | 単位体積重量<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | ヤング係数<br>(N/mm <sup>2</sup> )     | ポアソン比             | 減衰定数<br>(%)     |
|-----|--------------------------------|-----------------------------------|-------------------|-----------------|
| 鋼製管 | 77.0 <sup>*1</sup>             | 2.0×10 <sup>5</sup> <sup>*1</sup> | 0.3 <sup>*1</sup> | 3 <sup>*2</sup> |

注記 \*1：道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 14 年 3 月）

\*2：J E A G 4 6 0 1－1987（（社）日本電気協会）



表 15.2-5 (1) 地盤の解析用物性値一覧（液状化検討対象層）

| パラメータ |                         |                |                   | 原地盤                |                    |                    |        |                    |        |                      |                    | 豊浦標準砂 |       |
|-------|-------------------------|----------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------|--------------------|--------|----------------------|--------------------|-------|-------|
|       |                         |                |                   | 埋戻土                | 第四系（液状化検討対象層）      |                    |        |                    |        |                      |                    |       |       |
|       |                         |                |                   |                    | f1                 | du                 | Ag2    | As                 | Ag1    | D2s-3                | D2g-3              |       | D1g-1 |
| 物理特性  | 密度<br>（ ）は地下水位以浅        | $\rho$         | g/cm <sup>3</sup> | 1.98<br>(1.82)     | 1.98<br>(1.82)     | 2.01<br>(1.89)     | 1.74   | 2.01<br>(1.89)     | 1.92   | 2.15<br>(2.11)       | 2.01<br>(1.89)     | 1.958 |       |
|       | 間隙比                     | e              | —                 | 0.75               | 0.75               | 0.67               | 1.2    | 0.67               | 0.79   | 0.43                 | 0.67               | 0.702 |       |
| 変形特性  | ポアソン比                   | $\nu_{CD}$     | —                 | 0.26               | 0.26               | 0.25               | 0.26   | 0.25               | 0.19   | 0.26                 | 0.25               | 0.333 |       |
|       | 基準平均有効主応力<br>（ ）は地下水位以浅 | $\sigma'_{ma}$ | kN/m <sup>2</sup> | 358<br>(312)       | 358<br>(312)       | 497<br>(299)       | 378    | 814<br>(814)       | 966    | 1167<br>(1167)       | 1695<br>(1710)     | 12.6  |       |
|       | 基準初期せん断剛性<br>（ ）は地下水位以浅 | $G_{ma}$       | kN/m <sup>2</sup> | 253529<br>(220739) | 253529<br>(220739) | 278087<br>(167137) | 143284 | 392073<br>(392073) | 650611 | 1362035<br>(1362035) | 947946<br>(956776) | 18975 |       |
|       | 最大履歴減衰率                 | $h_{max}$      | —                 | 0.220              | 0.220              | 0.233              | 0.216  | 0.221              | 0.192  | 0.130                | 0.233              | 0.287 |       |
| 強度特性  | 粘着力                     | $C_{CD}$       | N/mm <sup>2</sup> | 0                  | 0                  | 0                  | 0.012  | 0                  | 0.01   | 0                    | 0                  | 0     |       |
|       | 内部摩擦角                   | $\phi_{CD}$    | 度                 | 37.3               | 37.3               | 37.4               | 41     | 37.4               | 35.8   | 44.4                 | 37.4               | 30    |       |
| 液状化特性 | 液状化パラメータ                | $\phi_p$       | —                 | 34.8               | 34.8               | 34.9               | 38.3   | 34.9               | 33.4   | 41.4                 | 34.9               | 28    |       |
|       | 液状化パラメータ                | $S_1$          | —                 | 0.047              | 0.047              | 0.028              | 0.046  | 0.029              | 0.048  | 0.030                | 0.020              | 0.005 |       |
|       | 液状化パラメータ                | $W_1$          | —                 | 6.5                | 6.5                | 56.5               | 6.9    | 51.6               | 17.6   | 45.2                 | 10.5               | 5.06  |       |
|       | 液状化パラメータ                | $P_1$          | —                 | 1.26               | 1.26               | 9.00               | 1.00   | 12.00              | 4.80   | 8.00                 | 7.00               | 0.57  |       |
|       | 液状化パラメータ                | $P_2$          | —                 | 0.80               | 0.80               | 0.60               | 0.75   | 0.60               | 0.96   | 0.60                 | 0.50               | 0.80  |       |
|       | 液状化パラメータ                | $C_1$          | —                 | 2.00               | 2.00               | 3.40               | 2.27   | 3.35               | 3.15   | 3.82                 | 2.83               | 1.44  |       |

表 15.2-5 (2) 地盤の解析用物性値一覧（非液状化層）

| パラメータ |                        |                |                   | 原地盤        |        |                  |        |                                 |                |
|-------|------------------------|----------------|-------------------|------------|--------|------------------|--------|---------------------------------|----------------|
|       |                        |                |                   | 第四系（非液状化層） |        |                  |        | 新第三系                            | 捨石             |
|       |                        |                |                   |            |        |                  |        |                                 |                |
| 物理特性  | 密度<br>（）は地下水位以浅        | $\rho$         | g/cm <sup>3</sup> | 1.65       | 1.77   | 1.47<br>(1.43)   | 1.77   | 1.72-1.03×10 <sup>-4</sup> ・z   | 2.04<br>(1.84) |
|       | 間隙比                    | e              | —                 | 1.59       | 1.09   | 2.8              | 1.09   | 1.16                            | 0.82           |
| 変形特性  | ポアソン比                  | $\nu_{CD}$     | —                 | 0.10       | 0.22   | 0.14             | 0.22   | 0.16+0.00025・z                  | 0.33           |
|       | 基準平均有効主応力<br>（）は地下水位以浅 | $\sigma'_{ma}$ | kN/m <sup>2</sup> | 480        | 696    | 249<br>(223)     | 696    | 動的変形特性に基づき<br>z（標高）毎に物性値を<br>設定 | 98             |
|       | 基準初期せん断剛性<br>（）は地下水位以浅 | $G_{ma}$       | kN/m <sup>2</sup> | 121829     | 285223 | 38926<br>(35783) | 285223 |                                 | 180000         |
|       | 最大履歴減衰率                | $h_{max}$      | —                 | 0.200      | 0.186  | 0.151            | 0.186  |                                 | 0.24           |
| 強度特性  | 粘着力                    | $C_{CD}$       | N/mm <sup>2</sup> | 0.025      | 0.026  | 0.042            | 0.026  | 0.358-0.00603・z                 | 0.02           |
|       | 内部摩擦角                  | $\phi_{CD}$    | 度                 | 29.1       | 35.6   | 27.3             | 35.6   | 23.2+0.0990・z                   | 35             |



表 15.2-5 (3) 地盤の解析用物性値一覧 (新第三系 Km 層)

| 区分<br>番号 | 設定深度<br>TP (m)<br>Z | 適用深度 TP (m) | 密度<br>$\rho$<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | 静ポアソン比<br>$\nu_{CD}$ | 粘着力<br>Cc <sub>0</sub><br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 内部摩擦角<br>$\phi_{CD}$<br>(°) | せん断波<br>速度Vs<br>(m/s) | 基準初期<br>せん断剛性 G <sub>max</sub><br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 基準体積<br>弾性係数 K <sub>ms</sub><br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 基準平均有効<br>主応力 $\sigma'_{ms}$<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 拘束圧<br>依存係数<br>mG, mK | 最大履歴<br>減衰率<br>h <sub>max</sub> (-) | 動ポアソン比<br>$\nu_d$ | 疎密波<br>速度Vp<br>(m/s) | 1000*Vp   |
|----------|---------------------|-------------|--------------------------------------|----------------------|--|-----------------------------|-----------------------|--|--|--|-----------------------|-------------------------------------|-------------------|----------------------|-----------|
| 1        | 10                  | 9.5 ~ 10.5  | 1.72                                 | 0.16                 | 298  | 24.2                        | 425                   | 310,675  | 353,317  | 504  | 0.0                   | 0.105                               | 0.464             | 1,640                | 1,640,000 |
| 2        | 9                   | 8.5 ~ 9.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 304  | 24.1                        | 426                   | 312,139  | 354,982  | 504  | 0.0                   | 0.105                               | 0.464             | 1,644                | 1,644,000 |
| 3        | 8                   | 7.5 ~ 8.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 310  | 24.0                        | 427                   | 313,606  | 356,650  | 504  | 0.0                   | 0.105                               | 0.464             | 1,648                | 1,648,000 |
| 4        | 7                   | 6.5 ~ 7.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 316  | 23.9                        | 428                   | 315,076  | 358,322  | 504  | 0.0                   | 0.105                               | 0.464             | 1,651                | 1,651,000 |
| 5        | 6                   | 5.5 ~ 6.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 322  | 23.8                        | 428                   | 315,076  | 358,322  | 504  | 0.0                   | 0.106                               | 0.464             | 1,651                | 1,651,000 |
| 6        | 5                   | 4.5 ~ 5.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 328  | 23.7                        | 429                   | 316,551  | 359,999  | 504  | 0.0                   | 0.106                               | 0.464             | 1,655                | 1,655,000 |
| 7        | 4                   | 3.5 ~ 4.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 334  | 23.6                        | 430                   | 318,028  | 361,679  | 504  | 0.0                   | 0.106                               | 0.463             | 1,638                | 1,638,000 |
| 8        | 3                   | 2.5 ~ 3.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 340  | 23.5                        | 431                   | 319,509  | 363,363  | 504  | 0.0                   | 0.107                               | 0.463             | 1,642                | 1,642,000 |
| 9        | 2                   | 1.5 ~ 2.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 346  | 23.4                        | 431                   | 319,509  | 363,363  | 504  | 0.0                   | 0.107                               | 0.463             | 1,642                | 1,642,000 |
| 10       | 1                   | 0.5 ~ 1.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 352  | 23.3                        | 432                   | 320,993  | 365,051  | 504  | 0.0                   | 0.107                               | 0.463             | 1,646                | 1,646,000 |
| 11       | 0                   | -0.5 ~ 0.5  | 1.72                                 | 0.16                 | 358  | 23.2                        | 433                   | 322,481  | 366,743  | 504  | 0.0                   | 0.107                               | 0.463             | 1,650                | 1,650,000 |
| 12       | -1                  | -1.5 ~ -0.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 364  | 23.1                        | 434                   | 323,972  | 368,439  | 504  | 0.0                   | 0.108                               | 0.463             | 1,653                | 1,653,000 |
| 13       | -2                  | -2.5 ~ -1.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 370  | 23.0                        | 435                   | 325,467  | 370,139  | 504  | 0.0                   | 0.108                               | 0.463             | 1,657                | 1,657,000 |
| 14       | -3                  | -3.5 ~ -2.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 376  | 22.9                        | 435                   | 325,467  | 370,139  | 504  | 0.0                   | 0.108                               | 0.463             | 1,657                | 1,657,000 |
| 15       | -4                  | -4.5 ~ -3.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 382  | 22.8                        | 436                   | 326,965  | 371,843  | 504  | 0.0                   | 0.108                               | 0.463             | 1,661                | 1,661,000 |
| 16       | -5                  | -5.5 ~ -4.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 388  | 22.7                        | 437                   | 328,467  | 373,551  | 504  | 0.0                   | 0.109                               | 0.462             | 1,644                | 1,644,000 |
| 17       | -6                  | -6.5 ~ -5.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 394  | 22.6                        | 438                   | 329,972  | 375,262  | 504  | 0.0                   | 0.109                               | 0.462             | 1,648                | 1,648,000 |
| 18       | -7                  | -7.5 ~ -6.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 400  | 22.5                        | 438                   | 329,972  | 375,262  | 504  | 0.0                   | 0.109                               | 0.462             | 1,648                | 1,648,000 |
| 19       | -8                  | -8.5 ~ -7.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 406  | 22.4                        | 439                   | 331,480  | 376,977  | 504  | 0.0                   | 0.109                               | 0.462             | 1,652                | 1,652,000 |
| 20       | -9                  | -9.5 ~ -8.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 412  | 22.3                        | 440                   | 332,992  | 378,697  | 504  | 0.0                   | 0.110                               | 0.462             | 1,656                | 1,656,000 |
| 21       | -10                 | -11 ~ -9.5  | 1.72                                 | 0.16                 | 418  | 22.2                        | 441                   | 334,507  | 380,420  | 504  | 0.0                   | 0.110                               | 0.462             | 1,659                | 1,659,000 |
| 22       | -12                 | -13 ~ -11   | 1.72                                 | 0.16                 | 430  | 22.0                        | 442                   | 336,026  | 382,147  | 504  | 0.0                   | 0.110                               | 0.462             | 1,663                | 1,663,000 |
| 23       | -14                 | -15 ~ -13   | 1.72                                 | 0.16                 | 442  | 21.8                        | 444                   | 339,074  | 385,614  | 504  | 0.0                   | 0.111                               | 0.462             | 1,671                | 1,671,000 |
| 24       | -16                 | -17 ~ -15   | 1.72                                 | 0.16                 | 454  | 21.6                        | 445                   | 340,603  | 387,352  | 504  | 0.0                   | 0.111                               | 0.461             | 1,654                | 1,654,000 |
| 25       | -18                 | -19 ~ -17   | 1.72                                 | 0.16                 | 467  | 21.4                        | 447                   | 343,671  | 390,842  | 504  | 0.0                   | 0.112                               | 0.461             | 1,662                | 1,662,000 |
| 26       | -20                 | -21 ~ -19   | 1.72                                 | 0.16                 | 479  | 21.2                        | 448                   | 345,211  | 392,593  | 504  | 0.0                   | 0.112                               | 0.461             | 1,665                | 1,665,000 |
| 27       | -22                 | -23 ~ -21   | 1.72                                 | 0.15                 | 491  | 21.0                        | 450                   | 348,300  | 381,471  | 498  | 0.0                   | 0.112                               | 0.461             | 1,673                | 1,673,000 |
| 28       | -24                 | -25 ~ -23   | 1.72                                 | 0.15                 | 503  | 20.8                        | 452                   | 351,403  | 384,870  | 498  | 0.0                   | 0.113                               | 0.461             | 1,680                | 1,680,000 |
| 29       | -26                 | -27 ~ -25   | 1.72                                 | 0.15                 | 515  | 20.6                        | 453                   | 352,959  | 386,574  | 498  | 0.0                   | 0.113                               | 0.460             | 1,664                | 1,664,000 |
| 30       | -28                 | -29 ~ -27   | 1.72                                 | 0.15                 | 527  | 20.4                        | 455                   | 356,083  | 389,996  | 498  | 0.0                   | 0.114                               | 0.460             | 1,672                | 1,672,000 |
| 31       | -30                 | -31 ~ -29   | 1.72                                 | 0.15                 | 539  | 20.2                        | 456                   | 357,650  | 391,712  | 498  | 0.0                   | 0.114                               | 0.460             | 1,675                | 1,675,000 |
| 32       | -32                 | -33 ~ -31   | 1.72                                 | 0.15                 | 551  | 20.0                        | 458                   | 360,794  | 395,155  | 498  | 0.0                   | 0.115                               | 0.460             | 1,683                | 1,683,000 |
| 33       | -34                 | -35 ~ -33   | 1.72                                 | 0.15                 | 563  | 19.8                        | 459                   | 362,371  | 396,883  | 498  | 0.0                   | 0.115                               | 0.459             | 1,667                | 1,667,000 |
| 34       | -36                 | -37 ~ -35   | 1.72                                 | 0.15                 | 575  | 19.6                        | 461                   | 365,536  | 400,349  | 498  | 0.0                   | 0.115                               | 0.459             | 1,675                | 1,675,000 |
| 35       | -38                 | -39 ~ -37   | 1.72                                 | 0.15                 | 587  | 19.4                        | 462                   | 367,124  | 402,088  | 498  | 0.0                   | 0.116                               | 0.459             | 1,678                | 1,678,000 |
| 36       | -40                 | -41 ~ -39   | 1.72                                 | 0.15                 | 599  | 19.2                        | 464                   | 370,309  | 405,577  | 498  | 0.0                   | 0.116                               | 0.459             | 1,685                | 1,685,000 |
| 37       | -42                 | -43 ~ -41   | 1.72                                 | 0.15                 | 611  | 19.0                        | 465                   | 371,907  | 407,327  | 498  | 0.0                   | 0.117                               | 0.459             | 1,689                | 1,689,000 |
| 38       | -44                 | -45 ~ -43   | 1.72                                 | 0.15                 | 623  | 18.8                        | 467                   | 375,113  | 410,838  | 498  | 0.0                   | 0.117                               | 0.458             | 1,678                | 1,678,000 |
| 39       | -46                 | -47 ~ -45   | 1.72                                 | 0.15                 | 635  | 18.6                        | 468                   | 376,721  | 412,599  | 498  | 0.0                   | 0.117                               | 0.458             | 1,681                | 1,681,000 |
| 40       | -48                 | -49 ~ -47   | 1.72                                 | 0.15                 | 647  | 18.4                        | 470                   | 379,948  | 416,134  | 498  | 0.0                   | 0.118                               | 0.458             | 1,688                | 1,688,000 |
| 41       | -50                 | -51 ~ -49   | 1.73                                 | 0.15                 | 660  | 18.3                        | 472                   | 385,416  | 422,122  | 498  | 0.0                   | 0.118                               | 0.458             | 1,696                | 1,696,000 |
| 42       | -52                 | -53 ~ -51   | 1.73                                 | 0.15                 | 672  | 18.1                        | 473                   | 387,051  | 423,913  | 498  | 0.0                   | 0.118                               | 0.458             | 1,699                | 1,699,000 |
| 43       | -54                 | -55 ~ -53   | 1.73                                 | 0.15                 | 684  | 17.9                        | 475                   | 390,331  | 427,505  | 498  | 0.0                   | 0.118                               | 0.457             | 1,688                | 1,688,000 |
| 44       | -56                 | -57 ~ -55   | 1.73                                 | 0.15                 | 696  | 17.7                        | 476                   | 391,976  | 429,307  | 498  | 0.0                   | 0.119                               | 0.457             | 1,692                | 1,692,000 |
| 45       | -58                 | -59 ~ -57   | 1.73                                 | 0.15                 | 708  | 17.5                        | 478                   | 395,277  | 432,922  | 498  | 0.0                   | 0.119                               | 0.457             | 1,699                | 1,699,000 |
| 46       | -60                 | -61 ~ -59   | 1.73                                 | 0.15                 | 720  | 17.3                        | 479                   | 396,933  | 434,736  | 498  | 0.0                   | 0.120                               | 0.457             | 1,702                | 1,702,000 |
| 47       | -62                 | -63 ~ -61   | 1.73                                 | 0.14                 | 732  | 17.1                        | 481                   | 400,255  | 422,491  | 492  | 0.0                   | 0.120                               | 0.457             | 1,709                | 1,709,000 |
| 48       | -64                 | -65 ~ -63   | 1.73                                 | 0.14                 | 744  | 16.9                        | 482                   | 401,921  | 424,250  | 492  | 0.0                   | 0.120                               | 0.456             | 1,695                | 1,695,000 |
| 49       | -66                 | -67 ~ -65   | 1.73                                 | 0.14                 | 756  | 16.7                        | 484                   | 405,263  | 427,778  | 492  | 0.0                   | 0.120                               | 0.456             | 1,702                | 1,702,000 |
| 50       | -68                 | -69 ~ -67   | 1.73                                 | 0.14                 | 768  | 16.5                        | 485                   | 406,939  | 429,547  | 492  | 0.0                   | 0.121                               | 0.456             | 1,705                | 1,705,000 |
| 51       | -70                 | -71 ~ -69   | 1.73                                 | 0.14                 | 780  | 16.3                        | 487                   | 410,302  | 433,097  | 492  | 0.0                   | 0.121                               | 0.456             | 1,712                | 1,712,000 |
| 52       | -72                 | -73 ~ -71   | 1.73                                 | 0.14                 | 792  | 16.1                        | 489                   | 413,679  | 436,661  | 492  | 0.0                   | 0.121                               | 0.456             | 1,719                | 1,719,000 |
| 53       | -74                 | -75 ~ -73   | 1.73                                 | 0.14                 | 804  | 15.9                        | 490                   | 415,373  | 438,449  | 492  | 0.0                   | 0.122                               | 0.455             | 1,705                | 1,705,000 |
| 54       | -76                 | -77 ~ -75   | 1.73                                 | 0.14                 | 816  | 15.7                        | 492                   | 418,771  | 442,036  | 492  | 0.0                   | 0.122                               | 0.455             | 1,712                | 1,712,000 |
| 55       | -78                 | -79 ~ -77   | 1.73                                 | 0.14                 | 828  | 15.5                        | 493                   | 420,475  | 443,835  | 492  | 0.0                   | 0.122                               | 0.455             | 1,716                | 1,716,000 |
| 56       | -80                 | -81 ~ -79   | 1.73                                 | 0.14                 | 840  | 15.3                        | 495                   | 423,893  | 447,443  | 492  | 0.0                   | 0.122                               | 0.455             | 1,723                | 1,723,000 |
| 57       | -82                 | -85 ~ -81   | 1.73                                 | 0.14                 | 852  | 15.1                        | 496                   | 425,608  | 449,253  | 492  | 0.0                   | 0.123                               | 0.455             | 1,726                | 1,726,000 |
| 58       | -88                 | -90 ~ -85   | 1.73                                 | 0.14                 | 889  | 14.5                        | 501                   | 434,232  | 458,356  | 492  | 0.0                   | 0.124                               | 0.454             | 1,726                | 1,726,000 |
| 59       | -92                 | -95 ~ -90   | 1.73                                 | 0.14                 | 913  | 14.1                        | 504                   | 439,448  | 463,862  | 492  | 0.0                   | 0.124                               | 0.454             | 1,736                | 1,736,000 |
| 60       | -98                 | -101 ~ -95  | 1.73                                 | 0.14                 | 949  | 13.5                        | 509                   | 448,210  | 473,111  | 492  | 0.0                   | 0.125                               | 0.453             | 1,736                | 1,736,000 |
| 61       | -104                | -108 ~ -101 | 1.73                                 | 0.13                 | 985  | 12.9                        | 513                   | 455,282  | 463,485  | 486  | 0.0                   | 0.126                               | 0.452             | 1,733                | 1,733,000 |
| 62       | -112                | -115 ~ -108 | 1.73                                 | 0.13                 | 1,033  | 12.1                        | 519                   | 465,995  | 474,391  | 486  | 0.0                   | 0.127                               | 0.451             | 1,737                | 1,737,000 |
| 63       | -118                | -122 ~ -115 | 1.73                                 | 0.13                 | 1,070  | 11.5                        | 524                   | 475,016  | 483,575  | 486  | 0.0                   | 0.127                               | 0.451             | 1,754                | 1,754,000 |
| 64       | -126                | -130 ~ -122 | 1.73                                 | 0.13                 | 1,118  | 10.7                        | 530                   | 485,957  | 494,713  | 486  | 0.0                   | 0.128                               | 0.450             | 1,758                | 1,758,000 |



#### 15.2.5 評価構造物諸元

許容応力度による照査を行う管の評価構造物諸元を表 15.2-6 に示す。また、評価部位を図 15.2-9 に示す。

表 15.2-6 評価部位とその仕様

| 部位  | 仕様    |      | 材料    | 機能要求              |
|-----|-------|------|-------|-------------------|
|     | 内径    | 厚さ   | 鋼製管   |                   |
|     | (m)   | (mm) |       |                   |
| 鋼製管 | 1.200 | 14   | SM570 | 非常時における海水の通水機能の確保 |

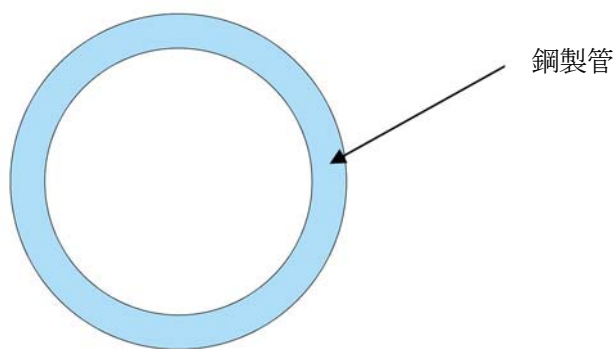


図 15.2-9 評価部位

#### 15.2.6 地下水位

地下水位は地表面として設定する。

#### 15.2.7 許容限界

許容限界は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。

##### (1) 海水引込み管の許容限界

許容限界については、「道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 14 年 3 月）」に基づき表 15.2-7 のとおりに設定する。短期許容応力度は鋼材の許容応力度に対して 1.5 倍の割増しを考慮する。



表 15.2-7 許容限界

| 評価項目         |                         | 短期許容応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) |
|--------------|-------------------------|---------------------------------|
| 鋼材 (SM570) * | 許容曲げ引張応力度 $\sigma_{sa}$ | 382.5                           |
|              | 許容せん断応力度 $\tau_{sa}$    | 217.5                           |

注記 \* : 道路橋示方書 (Ⅰ 共通編・Ⅳ 下部構造編)・同解説 ((社) 日本道路協会, 平成 14 年 3 月)

(2) 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

極限支持力度は, V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき, 道路橋示方書 (Ⅰ 共通編・Ⅳ 下部構造編)・同解説 ((社) 日本道路協会, 平成 14 年 3 月) により設定する。

道路橋示方書による直接基礎の支持力算定式を以下に示す。

$$Q_u = A_e \left\{ \alpha \kappa c N_c S_c + \kappa q N_q S_q + \frac{1}{2} \gamma_1 \beta B_e N_\gamma S_\gamma \right\}$$

$Q_u$  : 荷重の偏心傾斜, 支持力係数の寸法効果を考慮した地盤の極限支持力度 (kN)

$c$  : 地盤の粘着力 (kN/m<sup>2</sup>)

\*  $c$  は  $K_m$  層の非排水せん断強度

$q$  : 上載荷重 (kN/m<sup>2</sup>) で,  $q = \gamma_2 D_f$

$A_e$  : 有効載荷面積 (m<sup>2</sup>)

$\gamma_1, \gamma_2$  : 支持地盤及び根入れ地盤の単位体積重量 (kN/m<sup>3</sup>)  
ただし, 地下水位以下では水中単位体積重量とする。

$B_e$  : 荷重の偏心を考慮した基礎の有効載荷幅 (m)

$$B_e = B - 2e_B$$

$B$  : 基礎幅 (m)

$e_B$  : 荷重の偏心量 (m)

$D_f$  : 基礎の有効根入れ深さ (m)

$\alpha, \beta$  : 表 15.2-8 に示す基礎の形状係数

$\kappa$  : 根入れ効果に対する割増し係数

$N_c, N_q, N_\gamma$  : 図 15.2-10 図 15.2-11 及び図 15.2-12 に示す荷重の傾斜を考慮した支持力係数

$S_c, S_q, S_\gamma$  : 支持力係数の寸法効果に関する補正係数

上記にて求まる基礎地盤の極限支持力度を表 15.2-9 に示す。



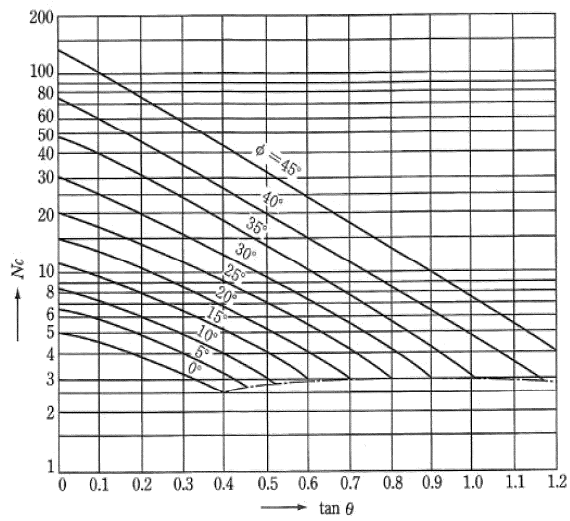


図 15.2-10 支持力係数 $N_c$ を求めるグラフ  
(道路橋示方書より)

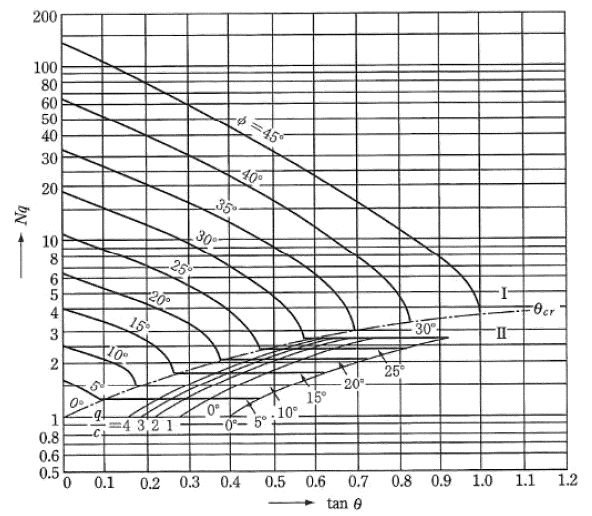


図 15.2-11 支持力係数 $N_q$ を求めるグラフ  
(道路橋示方書より)

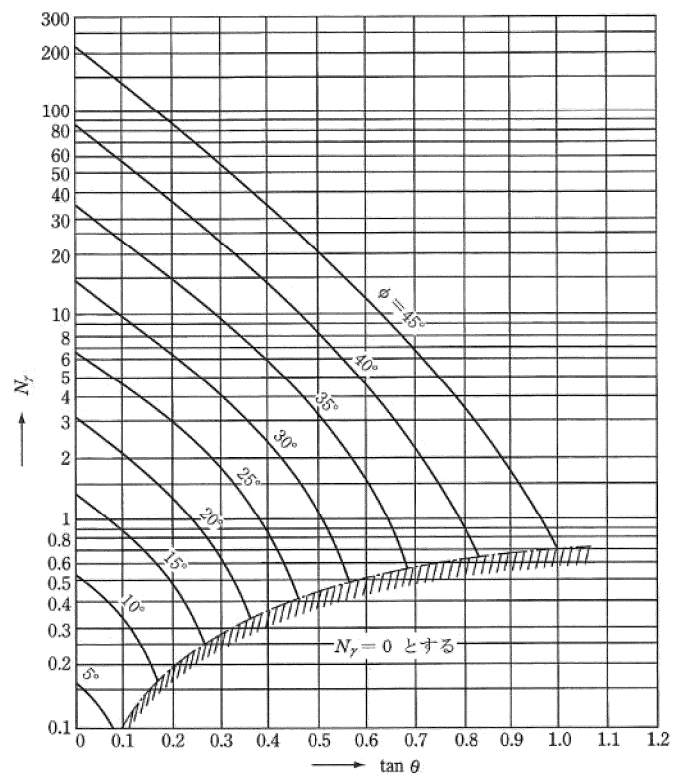


図 15.2-12 支持力係数 $N_\gamma$ を求めるグラフ  
(道路橋示方書より)



表 15.2-8 基礎底面の形状係数（道路橋示方書より）

| 基礎底面の形状<br>形状係数   | 帯 状 | 正方形，円形 | 長方形，楕円形，小判形            |
|---|-----|--------|------------------------|
| $\alpha$  | 1.0 | 1.3    | $1+0.3\frac{B_e}{D_e}$ |
| $\beta$   | 1.0 | 0.6    | $1-0.4\frac{B_e}{D_e}$ |
| $B_e, D_e$ は図-解 10.3.4, 図-解 10.3.5 による。ただし, $\frac{B_e}{D_e} > 1$ の場合, $\frac{B_e}{D_e} = 1$ とする。 |     |        |                        |

表 15.2-9 基礎地盤の極限支持力度

| 評価項目      | 極限支持力度 (kN/m <sup>2</sup> ) |
|-----------|-----------------------------|
| 基礎地盤の支持性能 | 2306                        |



## 15.3 横断面方向応力の評価方法

### 15.3.1 地震応答解析手法

海水引込み管の地震応答解析は、地盤と構造物の相互作用を考慮できる2次元有限要素法を用いて、基準地震動に基づき設定した水平地震動と鉛直地震動の同時加振による逐次時間積分の時刻歴応答解析にて行う。部材については、線形はり要素を用いることとする。また、地盤については、有効応力の変化に応じた地震時挙動を適切に考慮できるモデル化とする。地震応答解析については、解析コード「FLIP Ver. 7.3.0\_2」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、V-5-10「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

地震応答解析手法の選定フローを図15.3-1に示す。

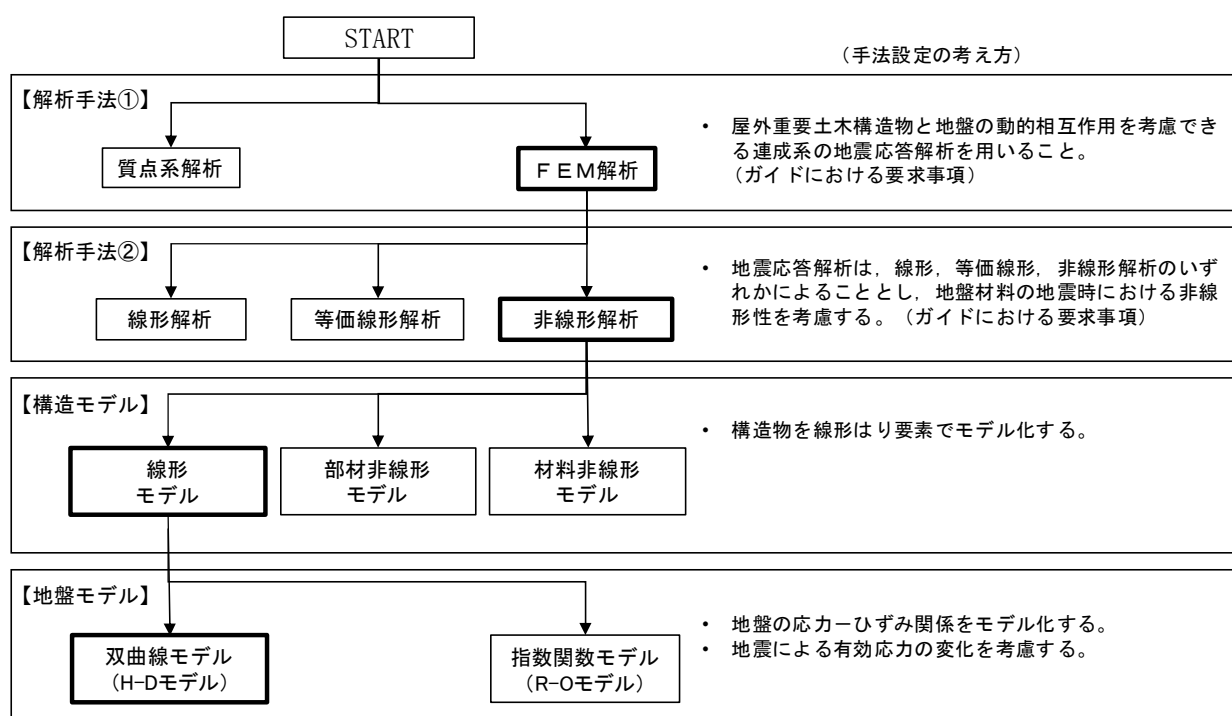


図 15.3-1 地震応答解析手法の選定フロー

地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線の構成則を有効応力解析へ適用する際は、地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線に関するせん断ひずみ及び有効応力の変化に応じた特徴を適切に表現できるモデルを用いる必要がある。

一般に、地盤は荷重を与えることによりせん断ひずみを増加させていくと、地盤のせん断応力は上限値に達し、それ以上はせん断応力が増加しなくなる特徴がある。また、地盤のせん断応力の上限値は有効応力に応じて変化する特徴がある。

よって、耐震評価における有効応力解析では、地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線の構成則として、地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線に関するせん断ひずみ及び有効応力の変化に応じたこれら2つの特徴を表現できる双曲線モデル（H-Dモデル）を選定する。



### 15.3.2 解析モデルの設定

#### (1) 解析モデル領域

地震応答解析モデルは、境界条件の影響が地盤及び構造物の応力状態に影響を及ぼさないよう、十分広い領域とする。具体的には、J E A G 4 6 0 1 -1987 を適用し、図 15.3-2 に示すとおりモデル幅を構造物基礎幅の 5 倍以上、構造物下端からモデル下端までの高さを構造物幅の 2 倍以上確保する。なお、解析モデルの境界条件は、側方における波動の反射の影響を低減するとともに、下方への波動の逸散を考慮するために側面及び底面ともに粘性境界とする。

地盤の要素分割については、地盤の波動をなめらかに表現するために、最大周波数 20 Hz 及びせん断波速度  $V_s$  で算定される波長の 5 または 4 分割、すなわち  $V_s/100$  または  $V_s/80$  を考慮し、要素高さを 1 m 程度まで細分割して設定する。

構造物の要素分割については、構造物が接している地盤と同じ要素幅に分割して設定する。

この図で示される 2 次元有効応力解析モデルは、検討対象構造物とその周辺の地盤をモデル化した不整形地盤に加え、この不整形地盤の左右に広がる地盤をモデル化した自由地盤で構成される。この自由地盤は、不整形地盤の左右端と同じ地層構成を持つ 1 次元地盤モデル（不整形地盤左右端のそれぞれ縦 1 列の要素列と同じ構造で、水平方向に連続することを表現するために循環境界条件を設定したモデル）である。2 次元有効応力解析における自由地盤の初期応力解析から不整形地盤の地震応答解析までのフローを図 15.3-3 に示す。

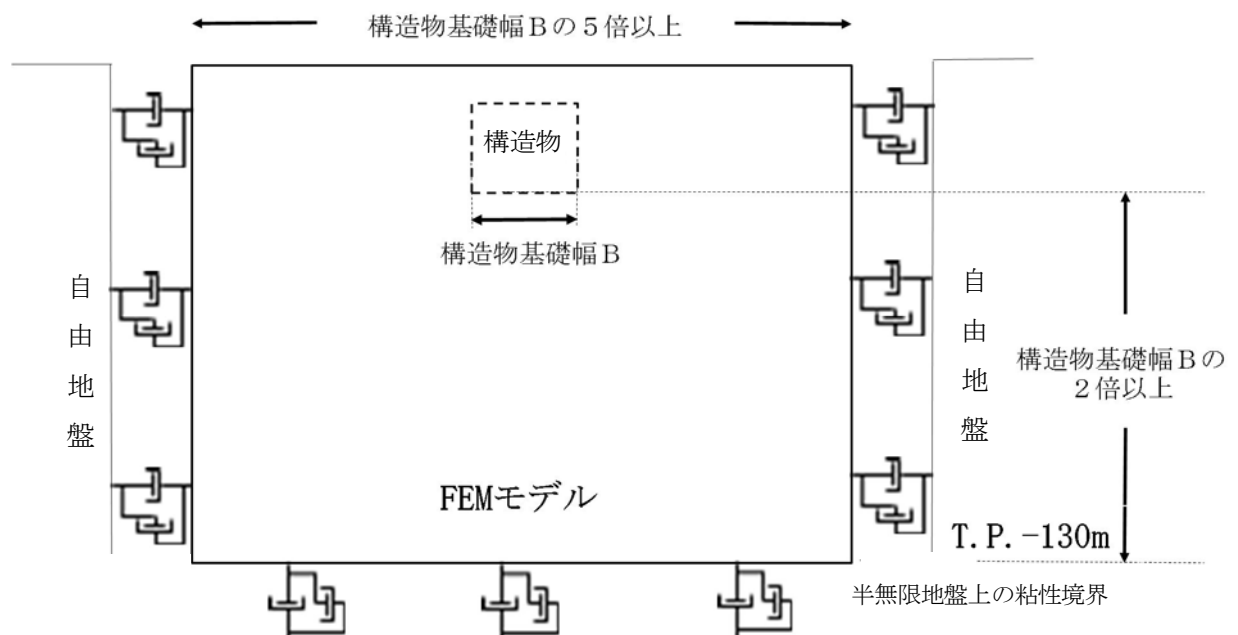


図 15.3-2 解析モデル領域の考え方



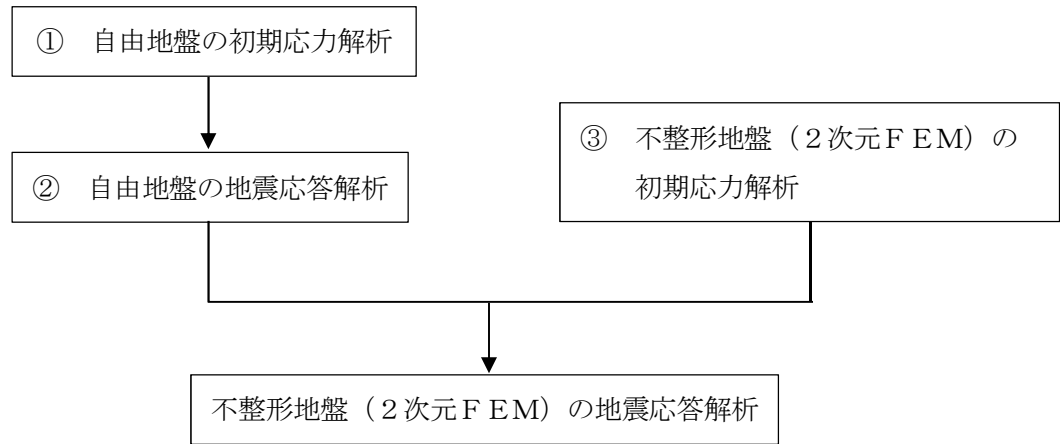


図 15.3-3 自由地盤の初期応力解析から不整形地盤（2次元FEM）の地震応答解析までのフロー



## (2) 境界条件

### a. 固有値解析時

固有値解析を実施する際の境界条件は、境界が構造物を含めた周辺地盤の振動特性に影響を与えないよう設定する。ここで、底面境界は地盤のせん断方向の卓越変形モードを把握するために固定とし、側面は実地盤が側方に連続していることを模擬するため水平ローラーとする。境界条件の概念図を図 15.3-4 に示す。

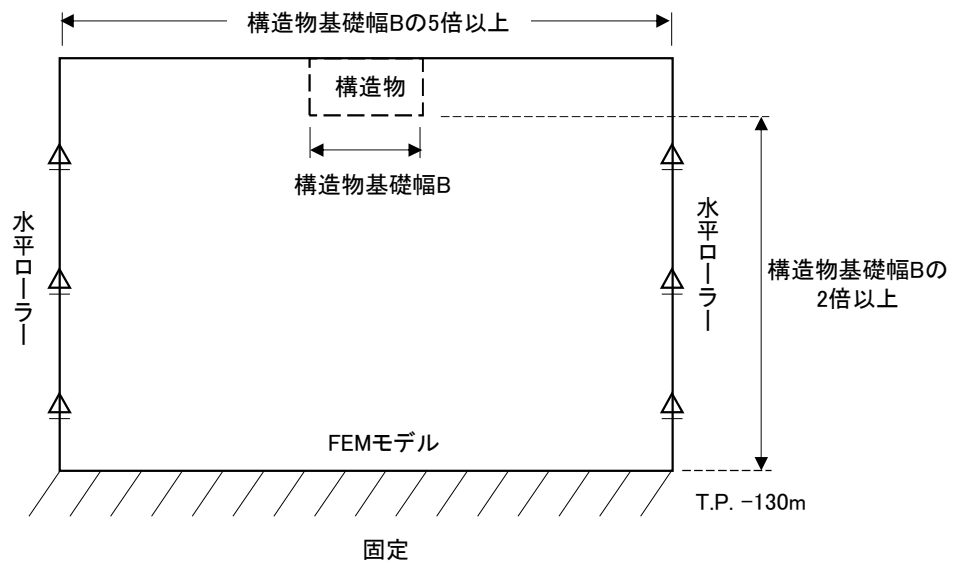


図 15.3-4 固有値解析における境界条件の概念図

### b. 初期応力解析時

初期応力解析は、地盤や構造物の自重及び風荷重等の静的な荷重を載荷することによる常時の初期応力を算定するために行う。そこで、初期応力解析時の境界条件は底面固定とし、側方は自重による地盤の鉛直方向の変形を拘束しないよう鉛直ローラーとする。

境界条件の概念図を図 15.3-5 に示す。

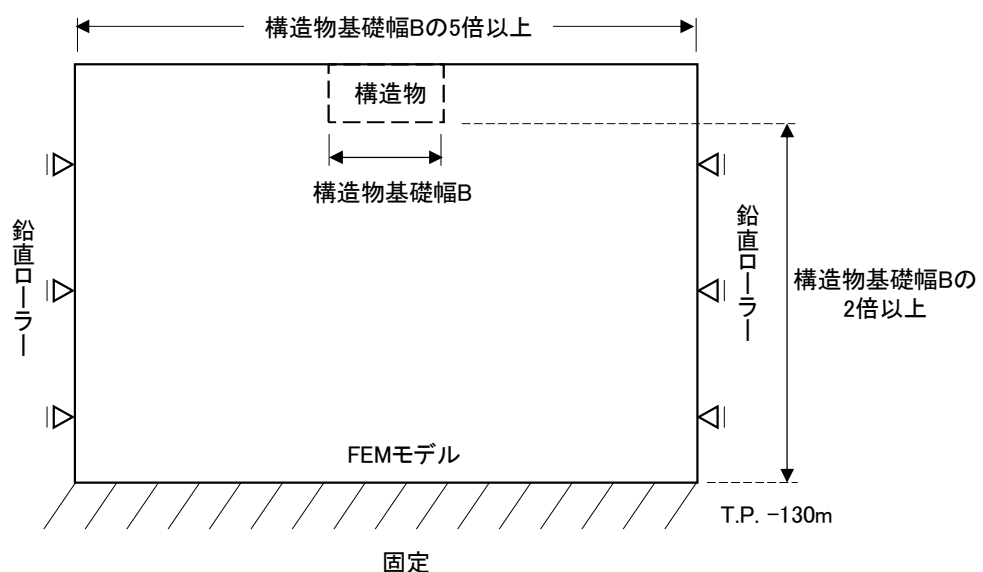


図 15.3-5 常時解析における境界条件の概念図



c. 地震応答解析時

地震応答解析時の境界条件については、有限要素解析における半無限地盤を模擬するため、粘性境界を設ける。底面の粘性境界については、地震動の下降波がモデル底面境界から半無限地盤へ通過していく状態を模擬するため、ダッシュポットを設定する。側方の粘性境界については、自由地盤の地盤振動と不成形地盤側方の地盤振動の差分が側方を通過していく状態を模擬するため、自由地盤の側方にダッシュポットを設定する。

海水引込み管横断面方向の地震応答解析モデルを図 15.3-6 に示す。



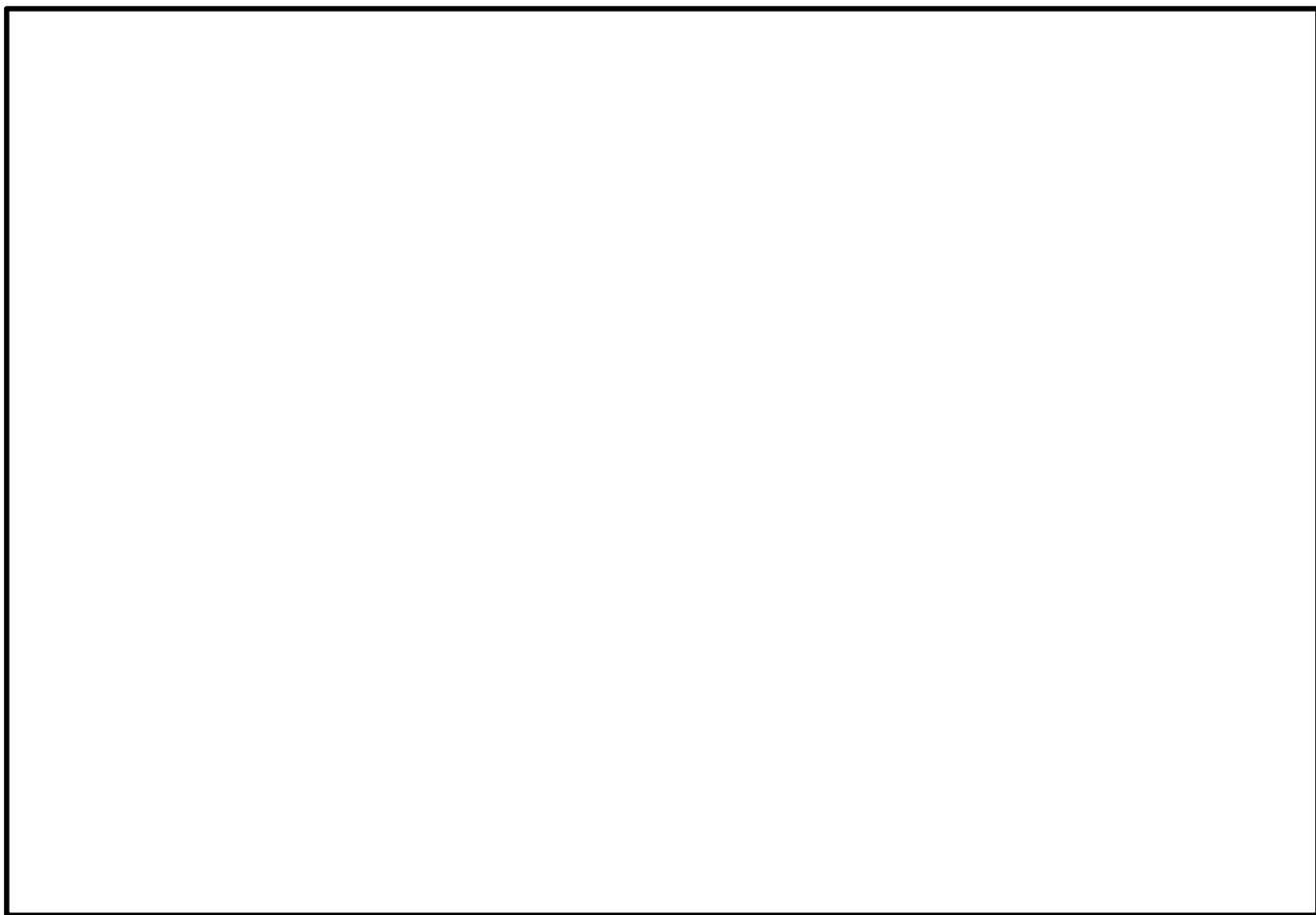


図 15.3-6 海水引込み管横断面方向の地震応答解析モデル



(2) 構造物のモデル化

構造部材は線形はり要素によりモデル化する。

構造部材周面と地盤との間にジョイント要素を配置し，接合面との剥離及びすべりを考慮する。解析モデル概念図を図 15.3-7 に示す。



図 15.3-7 海水引込み管の解析モデル概念図

(3) 地盤のモデル化

地盤は，マルチスプリング要素及び間隙水圧要素にてモデル化し，地震時の有効応力の変化に応じた非線形せん断応力～せん断ひずみ関係を考慮する。



#### (4) ジョイント要素の設定

地盤と構造体の接合面にジョイント要素を設けることにより，強震時の地盤と構造体の接合面における剥離及びすべりを考慮する。

ジョイント要素は，地盤と構造体の接合面で法線方向及びせん断方向に対して設定する。法線方向については，常時状態以上の引張荷重が生じた場合，剛性及び応力をゼロとし，剥離を考慮する。せん断方向については，地盤と構造体の接合面におけるせん断抵抗力以上のせん断荷重が生じた場合，せん断剛性をゼロとし，すべりを考慮する。図 15.3-7 に，ジョイント要素の考え方を示す。

なお，せん断強度  $\tau_f$  は次式の Mohr-Coulomb 式により規定される。推進管及びエアモルタルはモデル化しないため，周辺の  $K_m$  層との粘着力は考慮しない（表 13.3-1 参照）。

$$\tau_f = c + \sigma' \tan \phi$$

ここで，

$\tau_f$  : せん断強度

$c$  : 粘着力

$\phi$  : 内部摩擦角

表 15.3-1 周辺地盤との境界に用いる強度特性

| 周辺の状況 |         | 粘着力 $c$ (N/mm <sup>2</sup> ) | 内部摩擦角 $\phi$ (°)               | 備考 |
|-------|---------|------------------------------|--------------------------------|----|
| 新第三系  | $K_m$ 層 | 0.0                          | $\phi = 23.2 + 0.0990 \cdot z$ | —  |

$z$  : 標高 (m)

ジョイント要素のバネ定数は，数値計算上の不安定挙動を起こさない程度に十分大きい値として，港湾構造物設計事例集（沿岸技術研究センター）に従い，表 15.3-2 のとおり設定する。図 15.3-8 にジョイント要素の設定の考え方を示す。

表 15.3-2 ジョイント要素のバネ定数

|     | せん断剛性 $k_s$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | 圧縮剛性 $k_n$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) |
|-----|-------------------------------------|------------------------------------|
| 管周面 | $1.0 \times 10^6$                   | $1.0 \times 10^6$                  |



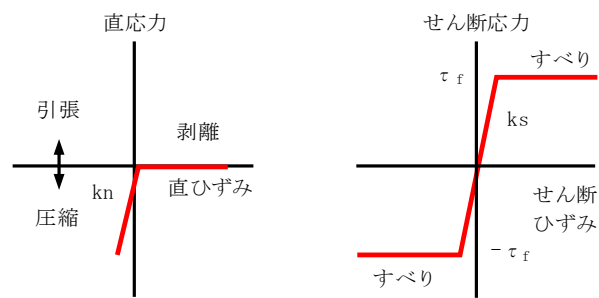


図 15.3-8 ジョイント要素の考え方



### 15.3.3 減衰定数

動的解析における地盤及び構造物の減衰については、固有値解析にて求まる固有周期及び減衰比に基づき、質量マトリックス及び剛性マトリックスの線形結合で表される以下のRayleigh減衰にて与える。なお、Rayleigh減衰を $\alpha=0$ となる剛性比例型減衰とする。

有効応力解析では、時系列で地盤の1次固有振動数が低振動数側へシフトして行くことから、Rayleigh減衰の係数 $\alpha$ 、 $\beta$ の両方を用いると、質量比例項の減衰 $\alpha$  [M]の影響により、有効応力解析における減衰定数が低振動数帯で過減衰となる場合がある。

一方、有効応力解析における低振動数帯で減衰 $\alpha$  [M]の影響がない剛性比例型減衰では、地盤の1次固有振動数が時系列で低振動数側へシフトしていくのに伴い、1次固有振動モードに対する減衰定数が初期減衰定数より保守的に小さい側へ変化していくことを考慮できる。

ゆえに、有効応力解析では、地震力による時系列での地盤剛性の軟化に伴う1次固有振動数の低振動数側へのシフトに応じて、1次固有振動モードに対する減衰定数として、初期減衰定数よりも保守的に小さい側のモード減衰定数を適用し、地盤応答の適切な評価が行えるように、低振動数帯で減衰 $\alpha$  [M]の影響がない剛性比例型減衰を採用した。

$$[C] = \alpha [M] + \beta [K] : \text{減衰係数マトリックス}$$

ここで、

$[C]$  : 減衰係数マトリックス

$[M]$  : 質量マトリックス

$[K]$  : 剛性マトリックス

$\alpha, \beta$  : 係数

係数 $\alpha$ 、 $\beta$ は以下のように求めている。

$$\alpha = 0$$

$$\beta = \frac{h}{\pi f}$$

ここで、

$f$  : 固有値解析により求められた1次固有振動数

$h$  : 各材料の減衰定数

地盤の減衰定数は1 %（解析における減衰は、ひずみが大きい領域では履歴減衰が支配的となる。このため、解析上の安定のためになるべく小さい値として1 %を採用している。）とする。また、線形材料としてモデル化する鋼材の減衰定数は3 %（道路橋示方書（V耐震設計編）・同解説（平成24年3月））とする。

Rayleigh減衰の設定フローを図15.3-9に、固有値解析結果を表15.3-3に示す。



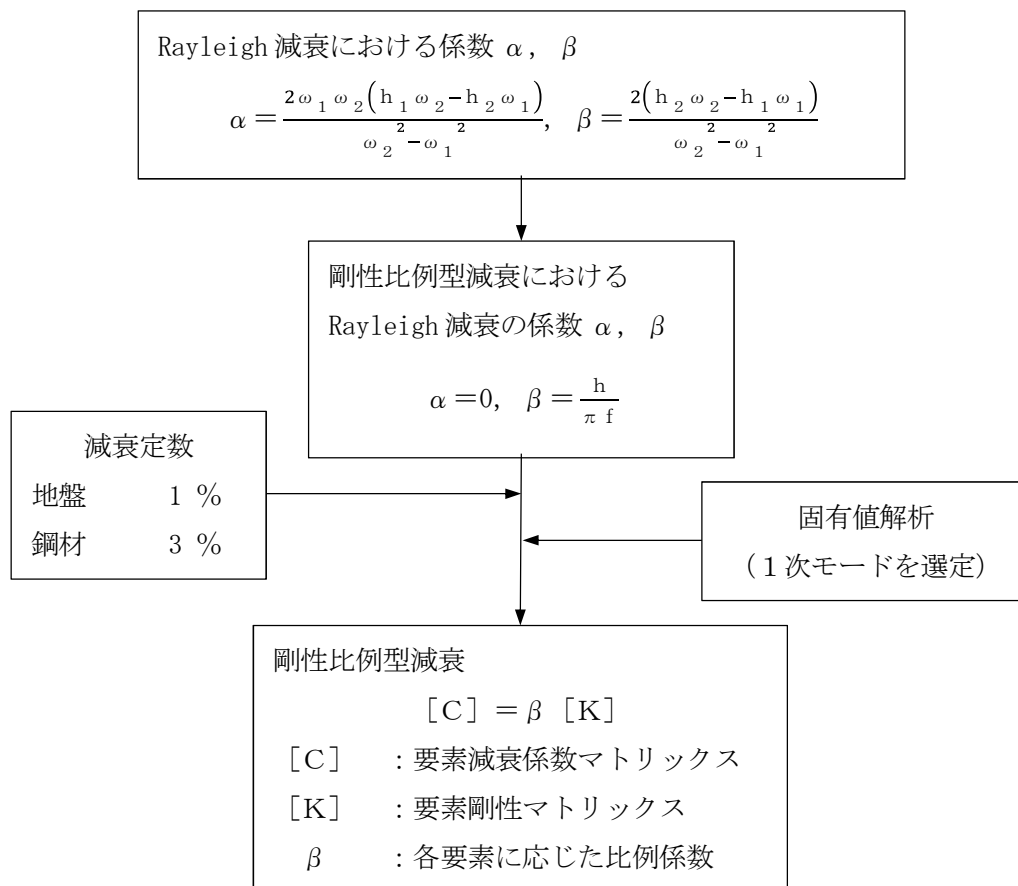


図 15.3-9 Rayleigh 減衰の設定フロー



表 15.3-3 (1) 固有値解析結果

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

(②-②断面)

| モード次数 | 固有振動数 (Hz) | 刺激係数   | 備考      |
|-------|------------|--------|---------|
| 1     | 0.727      | 196.83 | 1次として採用 |
| 2     | 1.329      | -1.12  | —       |
| 3     | 1.663      | 10.23  | —       |
| 4     | 1.750      | -4.53  | —       |
| 5     | 1.997      | 63.11  | —       |
| 6     | 2.274      | -7.42  | —       |
| 7     | 2.433      | -0.74  | —       |
| 8     | 2.640      | 18.06  | —       |
| 9     | 2.926      | -16.86 | —       |

表 15.3-3 (2) 固有値解析結果

(検討ケース②：地盤物性のばらつきを考慮 (+1 $\sigma$ ) した解析ケース)

(②-②断面)

| モード次数 | 固有振動数 (Hz) | 刺激係数   | 備考      |
|-------|------------|--------|---------|
| 1     | 0.729      | 197.09 | 1次として採用 |
| 2     | 1.332      | -0.87  | —       |
| 3     | 1.704      | 8.61   | —       |
| 4     | 1.769      | 6.01   | —       |
| 5     | 2.045      | 64.52  | —       |
| 6     | 2.366      | 4.37   | —       |
| 7     | 2.461      | 3.27   | —       |
| 8     | 2.780      | 18.43  | —       |
| 9     | 3.026      | 12.35  | —       |



表 15.3-3 (3) 固有値解析結果

(検討ケース③：地盤物性のばらつきを考慮 ( $-1\sigma$ ) した解析ケース)

(②-②断面)

| モード次数 | 固有振動数 (Hz) | 刺激係数   | 備考      |
|-------|------------|--------|---------|
| 1     | 0.725      | 196.44 | 1次として採用 |
| 2     | 1.326      | -1.53  | —       |
| 3     | 1.610      | 11.70  | —       |
| 4     | 1.732      | -4.17  | —       |
| 5     | 1.930      | 60.96  | —       |
| 6     | 2.165      | 10.90  | —       |
| 7     | 2.378      | 6.35   | —       |
| 8     | 2.507      | -16.28 | —       |
| 9     | 2.785      | 19.94  | —       |

表 15.3-3 (4) 固有値解析結果

(検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により  
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)

(②-②断面)

| モード次数 | 固有振動数 (Hz) | 刺激係数   | 備考      |
|-------|------------|--------|---------|
| 1     | 0.717      | 193.18 | 1次として採用 |
| 2     | 1.298      | -4.44  | —       |
| 3     | 1.413      | 8.64   | —       |
| 4     | 1.628      | -36.45 | —       |
| 5     | 1.644      | 50.74  | —       |
| 6     | 1.845      | 3.24   | —       |
| 7     | 1.971      | -7.04  | —       |
| 8     | 2.262      | -7.64  | —       |
| 9     | 2.401      | 3.15   | —       |



#### 15.3.4 荷重の組合せ

横断面方向応力算出のための地震応答解析では、通常運転時の荷重（永久荷重）及び地震荷重を抽出し、それぞれを組み合わせで設定する。地震荷重は、地震応答解析から得られる地震時土圧及び躯体に作用する慣性力を考慮する。

変動荷重のうち、積雪荷重及び風荷重については、海水引込み管が地中構造物であることを考慮すると、構造物に与える影響は軽微であると判断し、地震力との組み合わせるべき荷重としては除外した。

なお、海水引込み管は、運転時の異常な過渡変化時の状態及び設計基準事故時の状態あるいは重大事故等時の状態の影響を受けないと考えられるため、当該状態についての組合せは考慮しないものとする。

荷重の組合せを表 15.3-4 に示す。



表 15.3-4 荷重の組合せ

| 種別             |                | 荷重          | 考慮箇所      |                             | 算定方法   |
|----------------|----------------|-------------|-----------|-----------------------------|--|
|                |                |             | 横断面<br>方向 | 縦断面<br>方向                   |  |
| 永久<br>荷重       | 常時<br>考慮<br>荷重 | 躯体自重        | ○         | —                           | ・対象構造物の体積に材料の密度を考慮して設定する。                                    |
|                |                | 機器・配管<br>自重 | —         | —                           | ・機器・配管等は設置されない。  |
|                |                | 土被り荷重       | ○         | —                           | ・常時応力解析により設定する。  |
|                |                | 上載荷重        | —         | —                           | —  |
|                | 静止土圧           |             | ○         | —                           | ・常時応力解析により設定する。  |
|                | 外水圧            |             | ○         | —                           | ・地下水位に応じた静水圧として考慮する。<br>・地下水の密度を考慮する。                        |
|                | 水圧             |             | ○         | —                           | ・H. W. L. T. P. +0.61 mからの内水圧を設定する。<br>・海水の密度を考慮する。          |
| 変動荷重           |                | —           | —         | ・埋設構造物であるため、積雪荷重，風荷重は作用しない。 |  |
| 偶発荷重<br>(地震荷重) |                | 水平地震動       | ○         | ○                           | ・基準地震動 $S_s$ によって水平及び鉛直同時加振を考慮する。                            |
|                |                | 鉛直地震動       | ○         | —                           | ・躯体，機器・配管の慣性力，動土圧を考慮する。<br>・縦断面方向は，応答変位法による応力解析にて地盤変位を考慮*する。 |
|                |                | 動水圧         | ○         | —                           | ・水位条件，密度は，永久荷重と同様とする。  |

注記 \*：参考に縦断面方向の応力解析にて考慮する荷重についても記載

(1) 外水

海水引込み管横断面周辺の地盤においては，地下水位を地表面に設定する。地下水の密度は  $1.00 \text{ g/cm}^3$  とする。

(2) 内水

海水引込み管の内水圧水頭は海面と同じ朔望平均満潮位 (T.P. +0.61 m) とする。海水の密度は  $1.03 \text{ g/cm}^3$  とする。

海水引込み管は全域にわたり朔望平均満潮位 (T.P. +0.61 m) 以深で常時満管状態であることから，常時応力解析においては T.P. +0.61 m からの静水圧，地震応答解析においては自由水面を持たない固定水として付加質量で考慮する。



### 15.3.5 地震応答解析の検討ケース

海水引込み管耐震設計における検討ケースを表 15.3-5 に示す。

全ての基準地震動  $S_s$  に対して実施する①の検討ケースにおいて、せん断力照査及び曲げ軸力照査をはじめとした全ての照査項目について、各照査値が最も厳しい（許容限界に対する余裕が最も小さい）地震動を用い、②～⑥の中から追加検討ケースを実施する。

表 15.3-5 海水引込み管の耐震設計における検討ケース

| 検討ケース      | ①<br>原地盤に基づく<br>液状化強度特性を用いた解析ケース<br>(基本ケース) | ②<br>地盤物性のばらつきを考慮<br>( $+1\sigma$ )した解析ケース | ③<br>地盤物性のばらつきを考慮<br>( $-1\sigma$ )した解析ケース | ④<br>地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース | ⑤<br>原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース | ⑥<br>地盤物性のばらつきを考慮<br>( $+1\sigma$ )して非液状化の条件を仮定した解析ケース |
|------------|---|--|--|--------------------------------|-------------------------------|--|
| 液状化強度特性の設定 | 原地盤に基づく液状化強度特性(標準偏差を考慮)                     | 原地盤に基づく液状化強度特性(標準偏差を考慮)                    | 原地盤に基づく液状化強度特性(標準偏差を考慮)                    | 敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく液状化強度特性       | 液状化パラメータを非適用                  | 液状化パラメータを非適用   |



### 15.3.6 入力地震動の設定

入力地震動は、資料V-2-1-6「地震応答解析の基本方針」のうち「2.3 屋外重要土木構造物」に示す入力地震動の設定方針を踏まえて設定する。

地震応答解析に用いる入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動  $S_s$  を、1次元波動論により地震応答解析モデルの底面位置で評価したものをを用いる。入力地震動算定の概念図を図15.3-10に示す。

入力地震動の算定には、解析コード「k-SHAKE Ver. 6.2.0」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、V-5-25「計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

なお、断層モデル波である  $S_s$ -11, 12, 13, 14, 21, 22 については、特定の方向性を有することから、構造物の評価対象断面方向に合わせて方位補正を行う。具体的にはN S方向及びE W方向の地震動について構造物の評価断面方向の成分を求め、各々を足し合わせることで方位補正した基準地震動を設定する。

図15.3-11～図15.3-26に入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを示す。

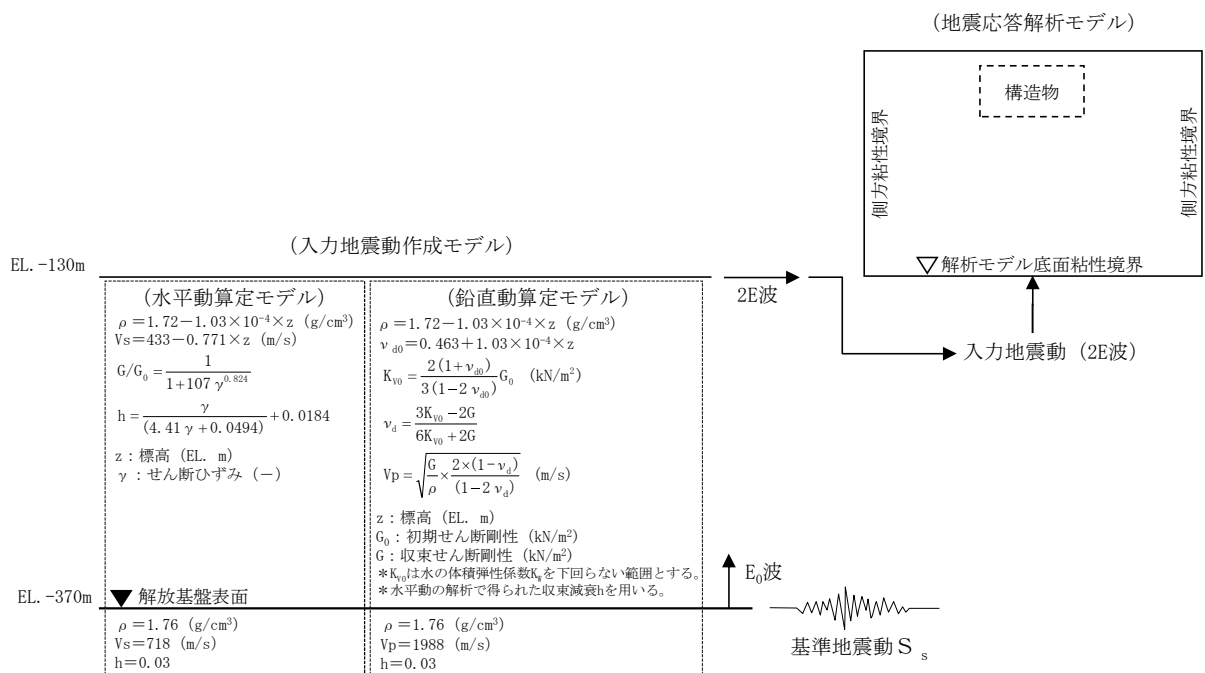
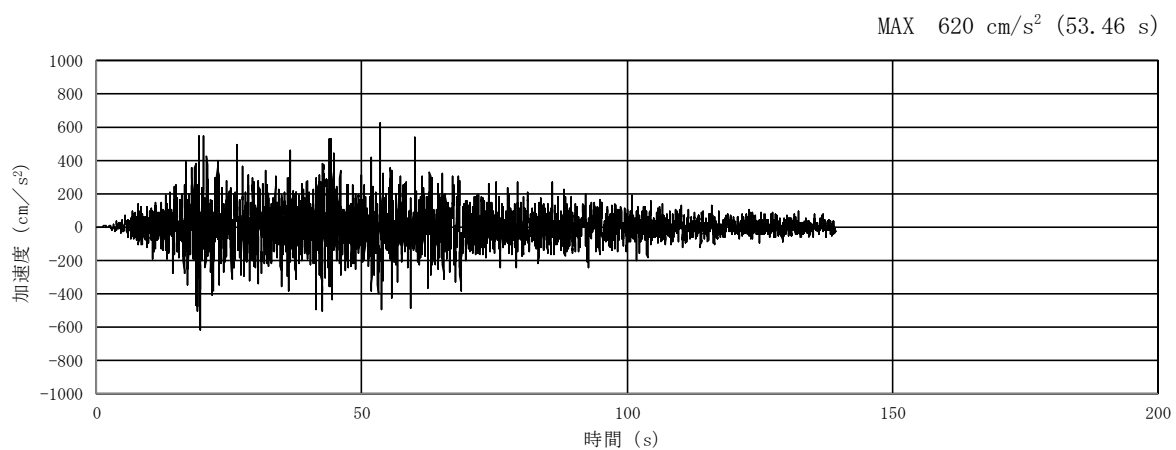
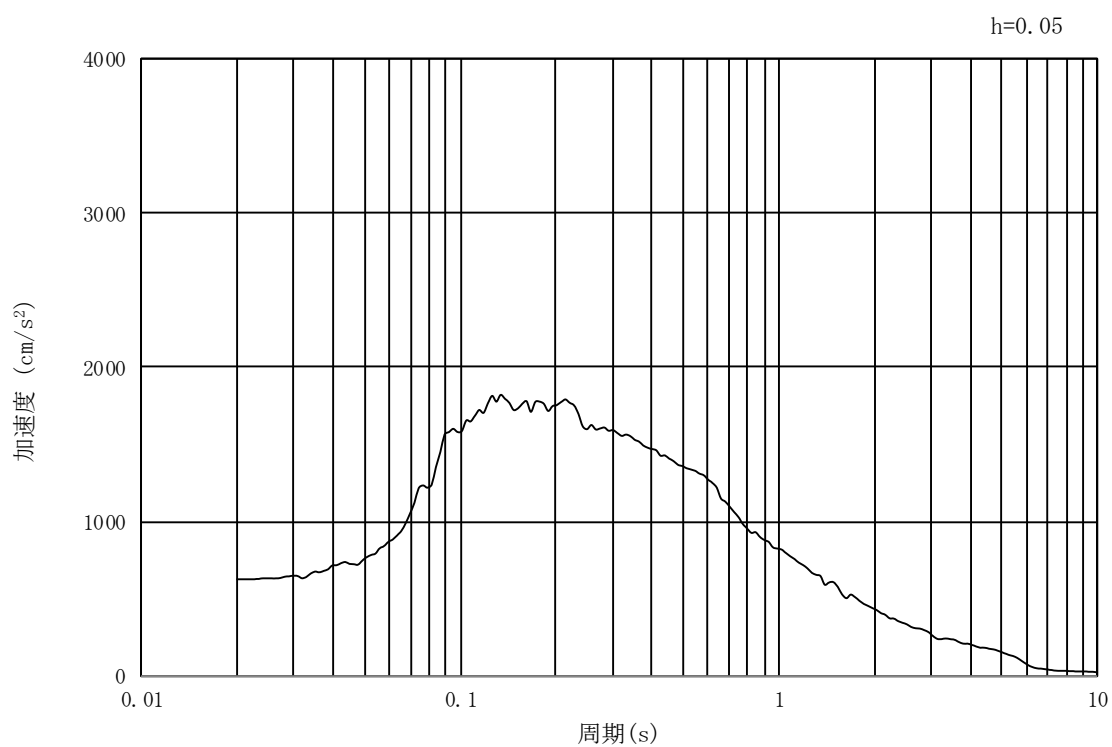


図15.3-10 入力地震動算定の概念図





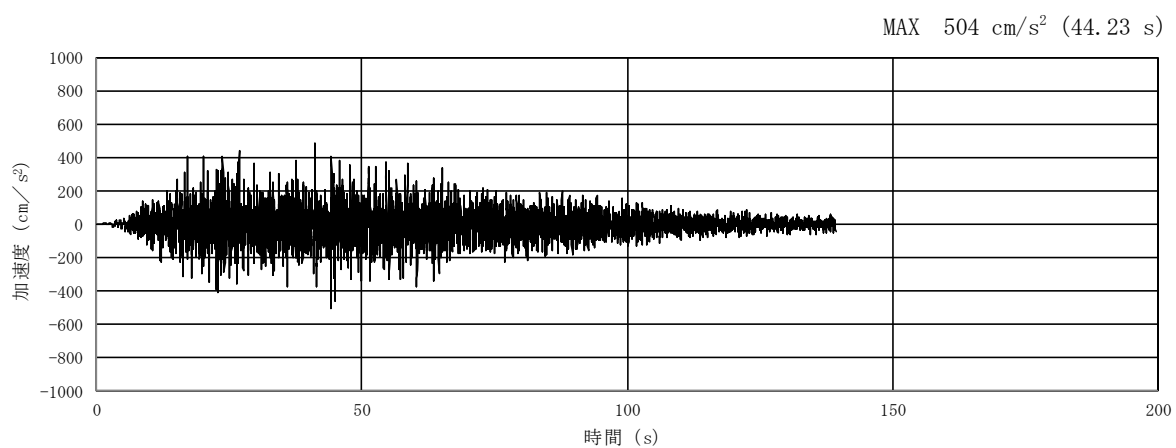
(a) 加速度時刻歴波形



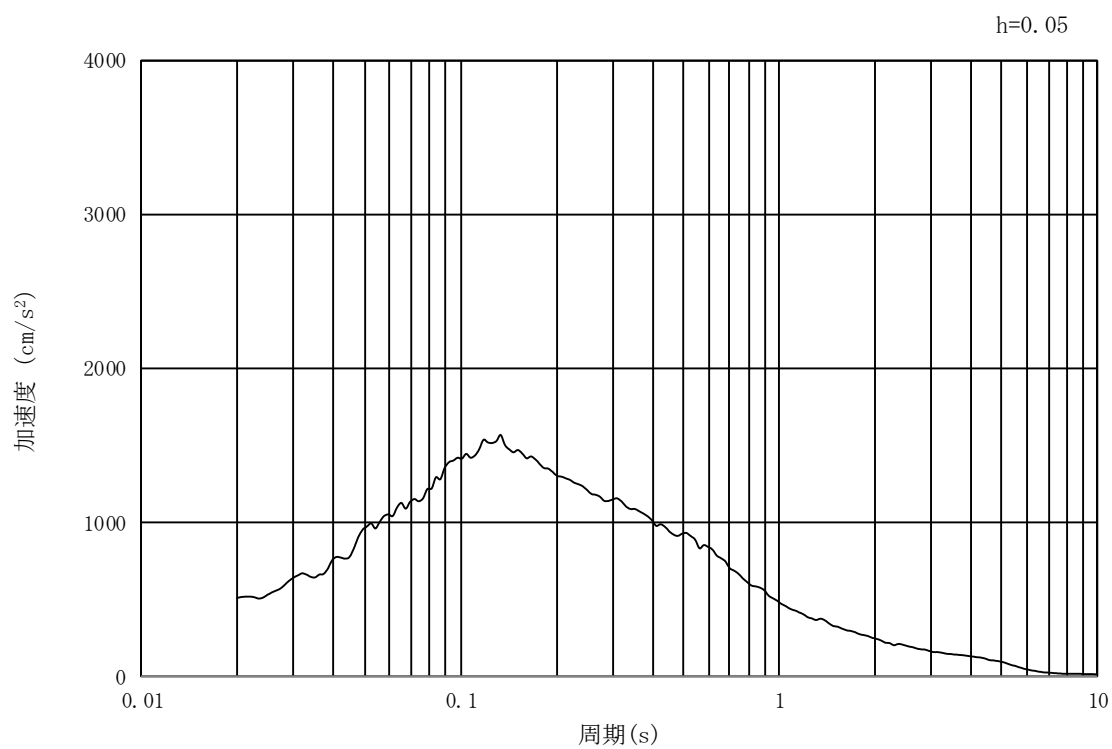
(b) 加速度応答スペクトル

図 15.3-11 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平成分：S<sub>s</sub>-D1)





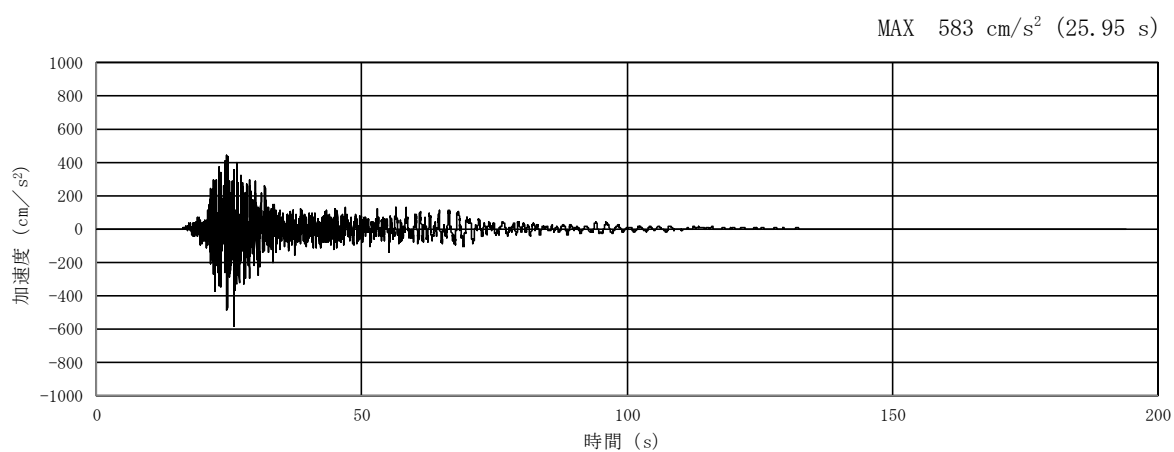
(a) 加速度時刻歴波形



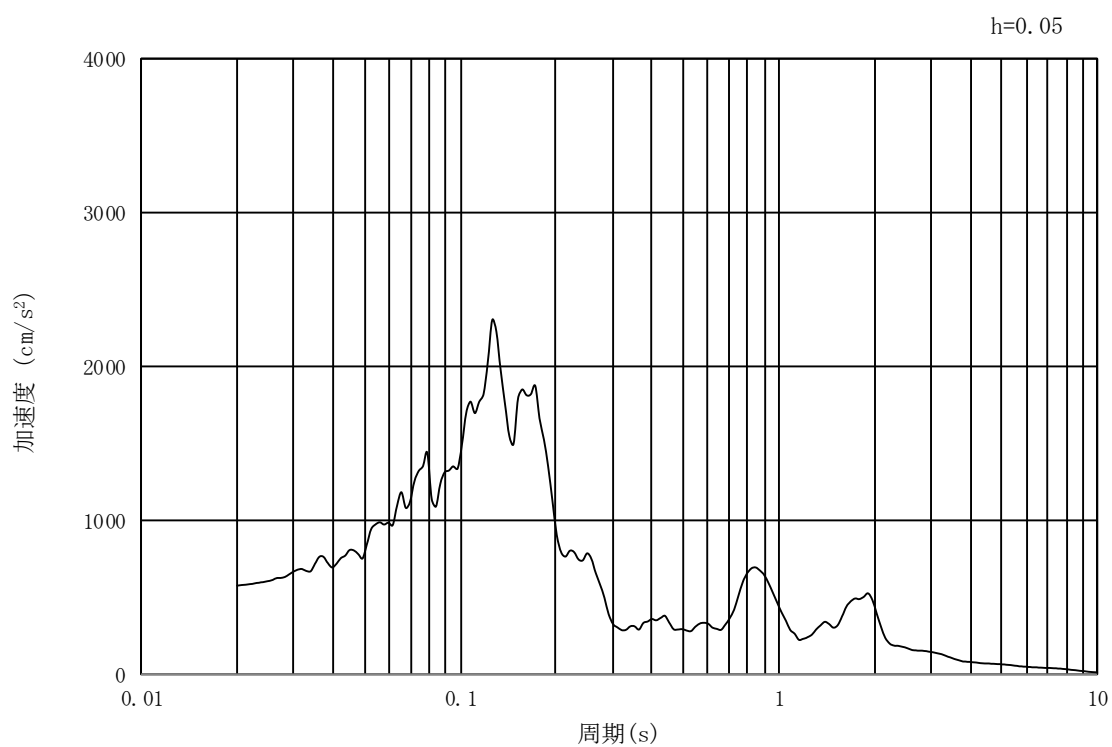
(b) 加速度応答スペクトル

図 15.3-12 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直成分：S<sub>s</sub>-D1)





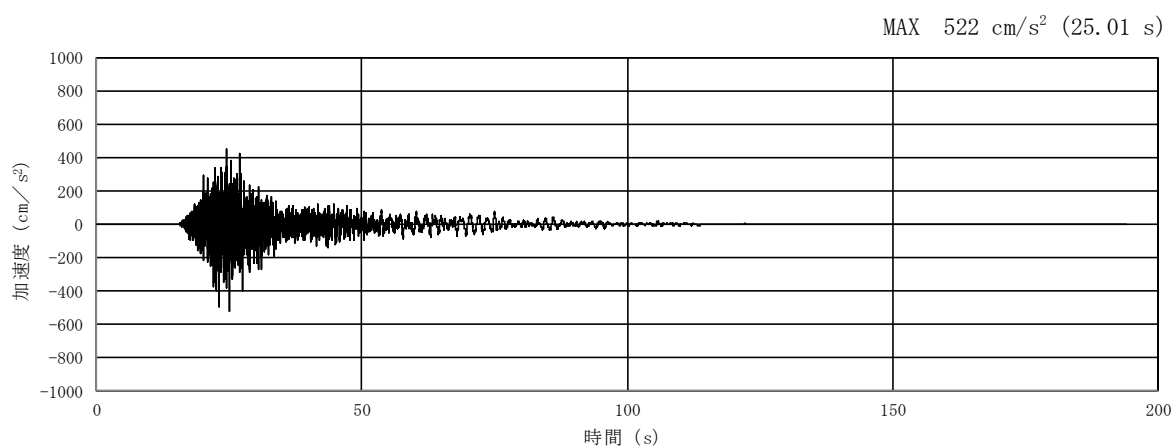
(a) 加速度時刻歴波形



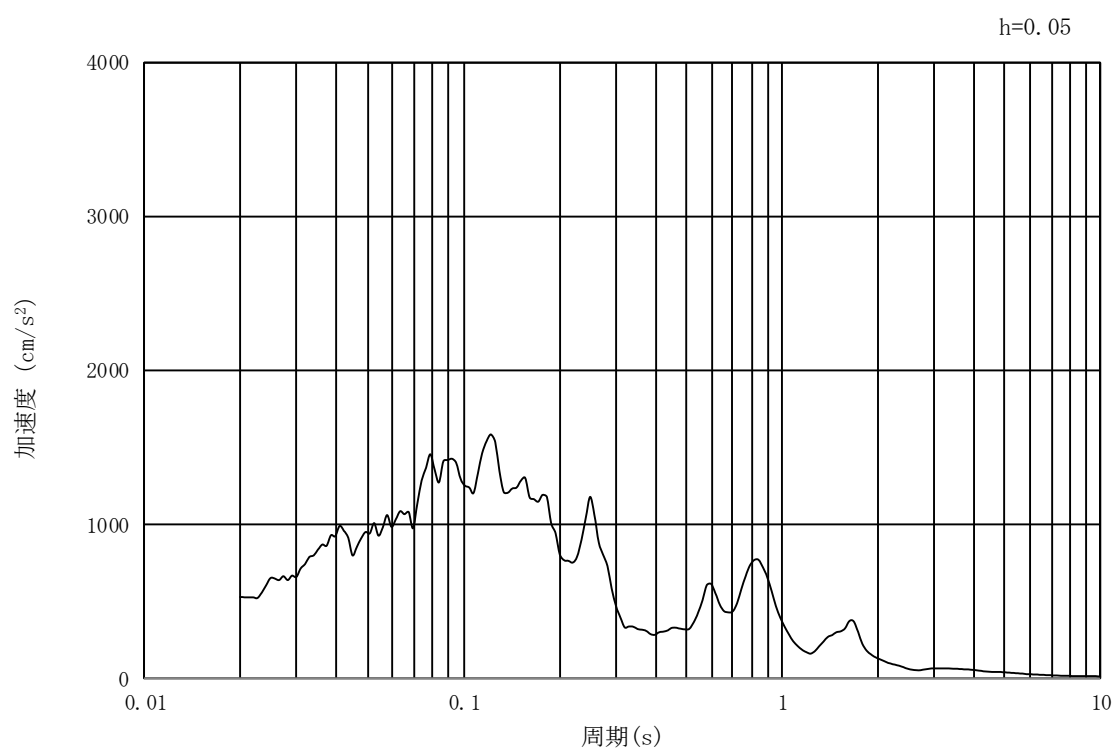
(b) 加速度応答スペクトル

図 15.3-13 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(横断面方向, 水平成分:  $S_s - 11$ )





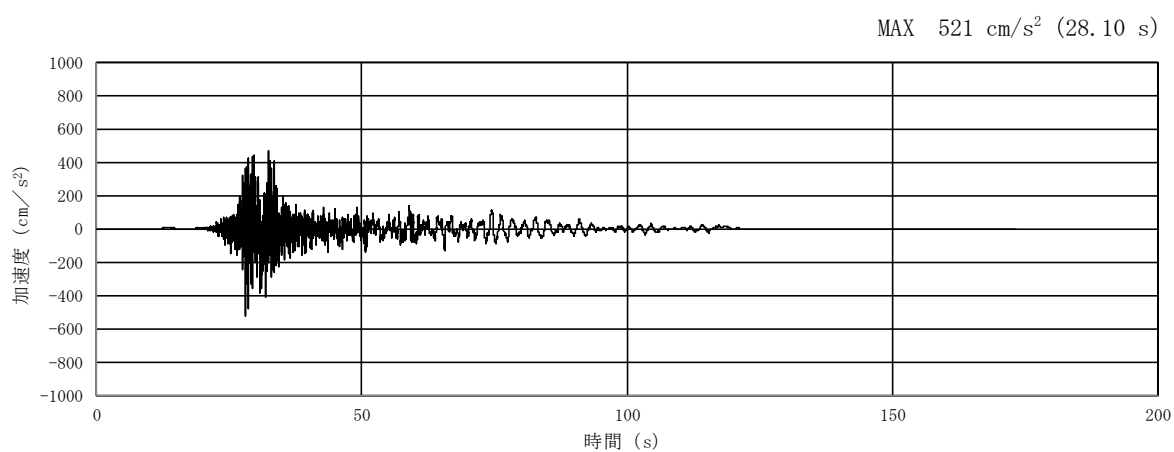
(a) 加速度時刻歴波形



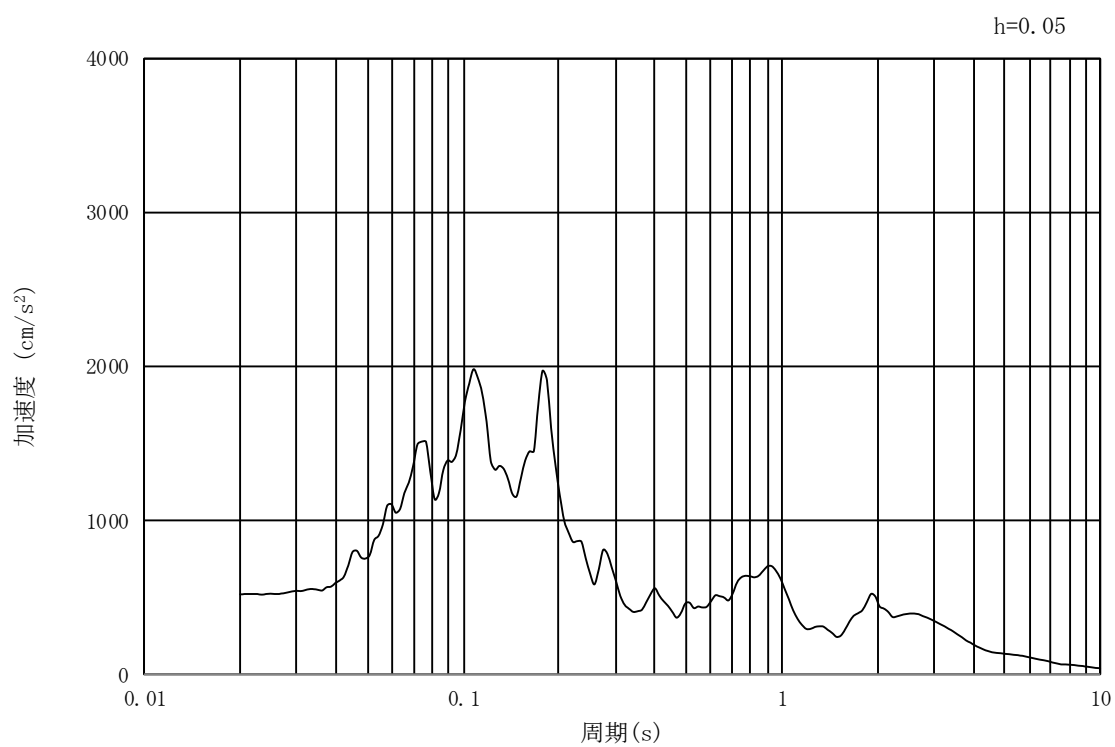
(b) 加速度応答スペクトル

図 15.3-14 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(横断面方向, 鉛直成分:  $S_s - 11$ )





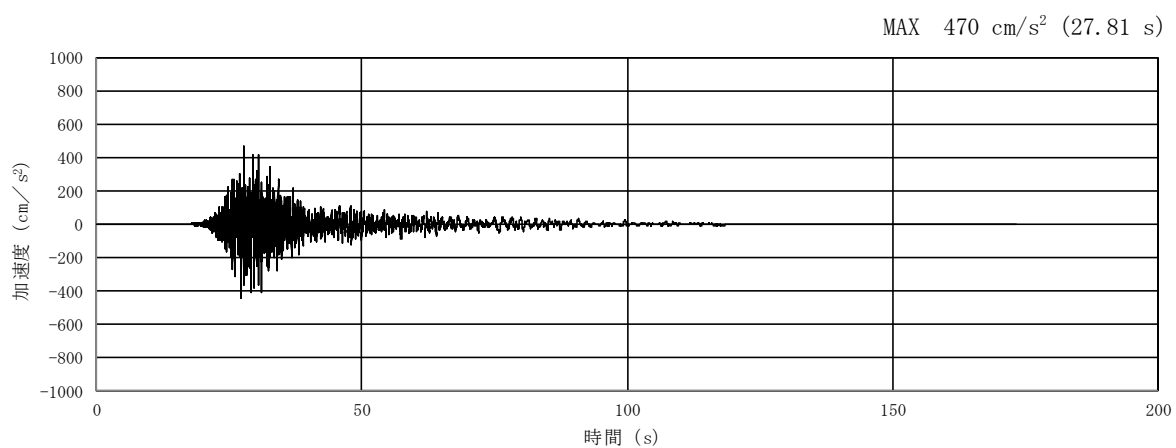
(a) 加速度時刻歴波形



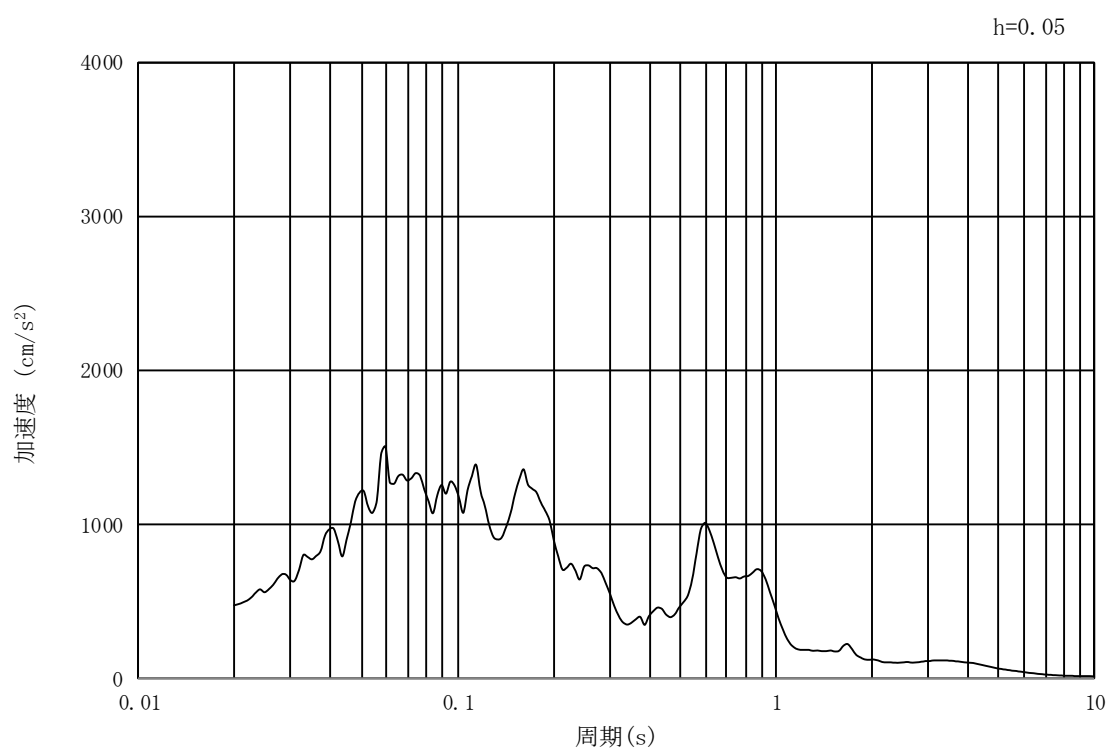
(b) 加速度応答スペクトル

図 15.3-15 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(横断面方向, 水平成分:  $S_s - 1.2$ )





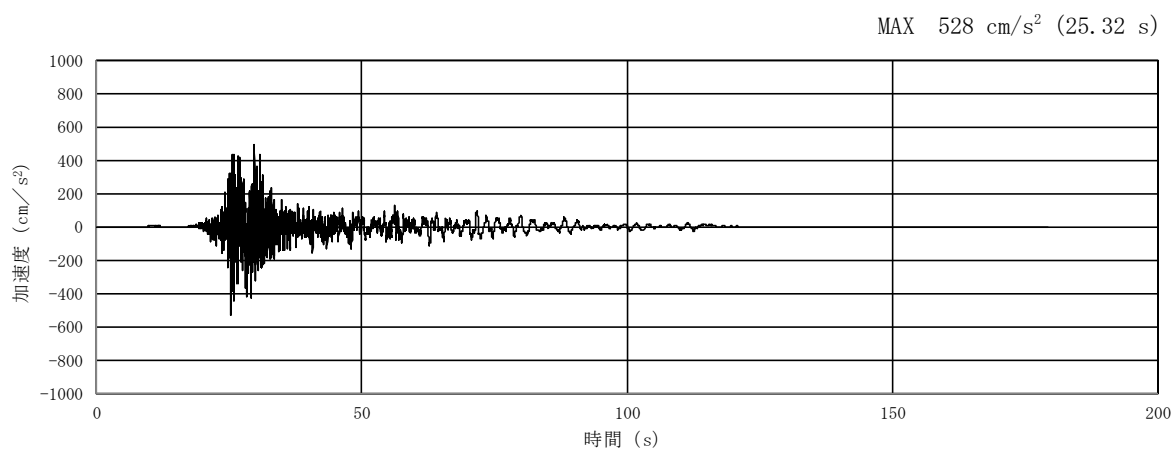
(a) 加速度時刻歴波形



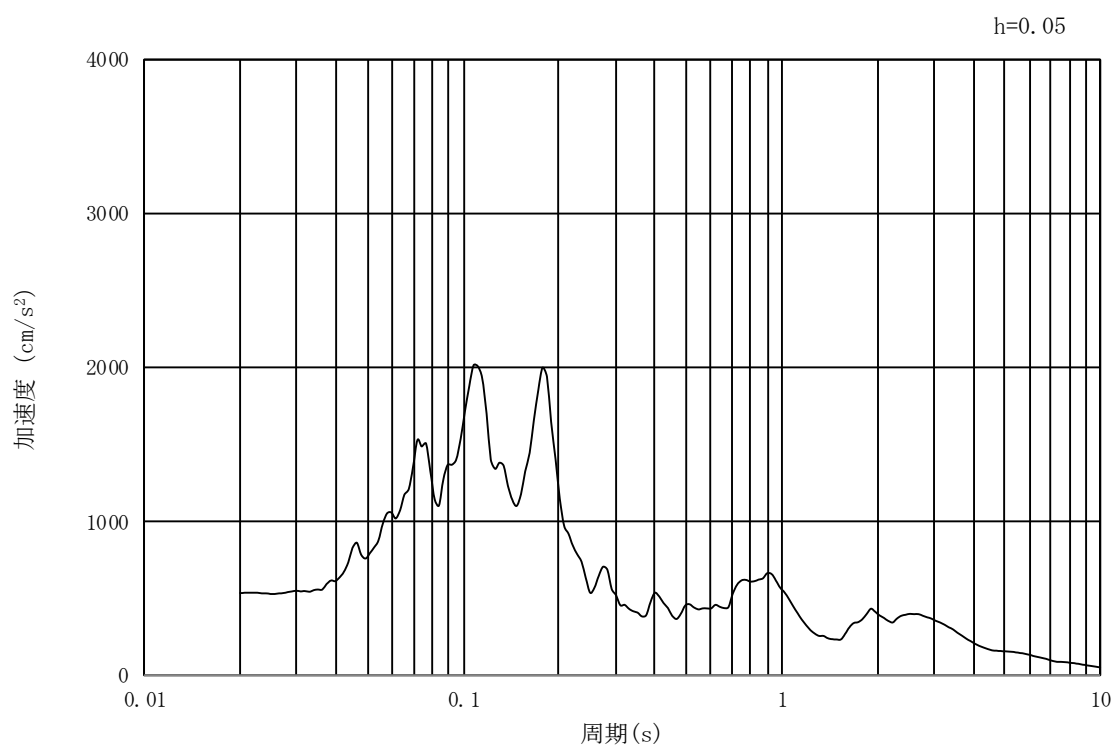
(b) 加速度応答スペクトル

図 15.3-16 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(横断面方向, 鉛直成分:  $S_s - 1.2$ )





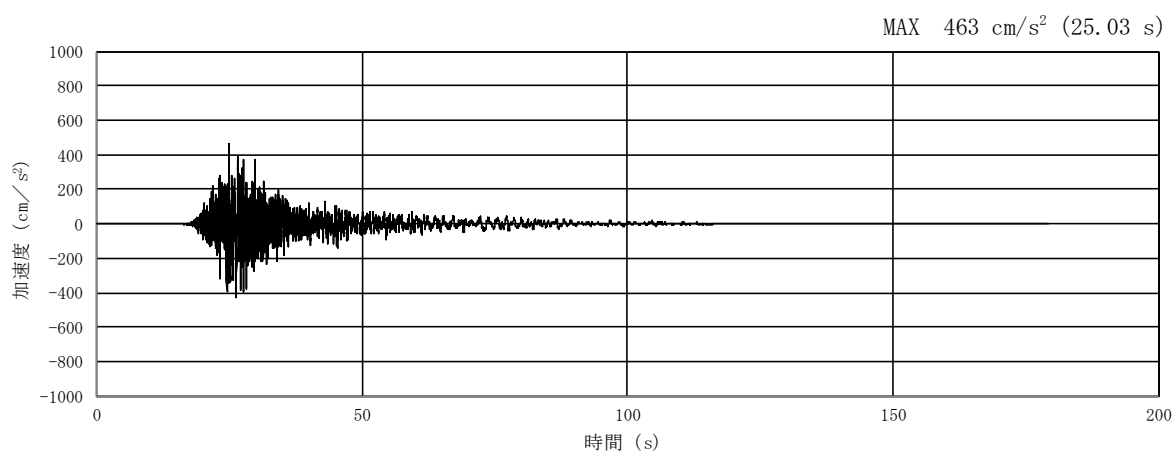
(a) 加速度時刻歴波形



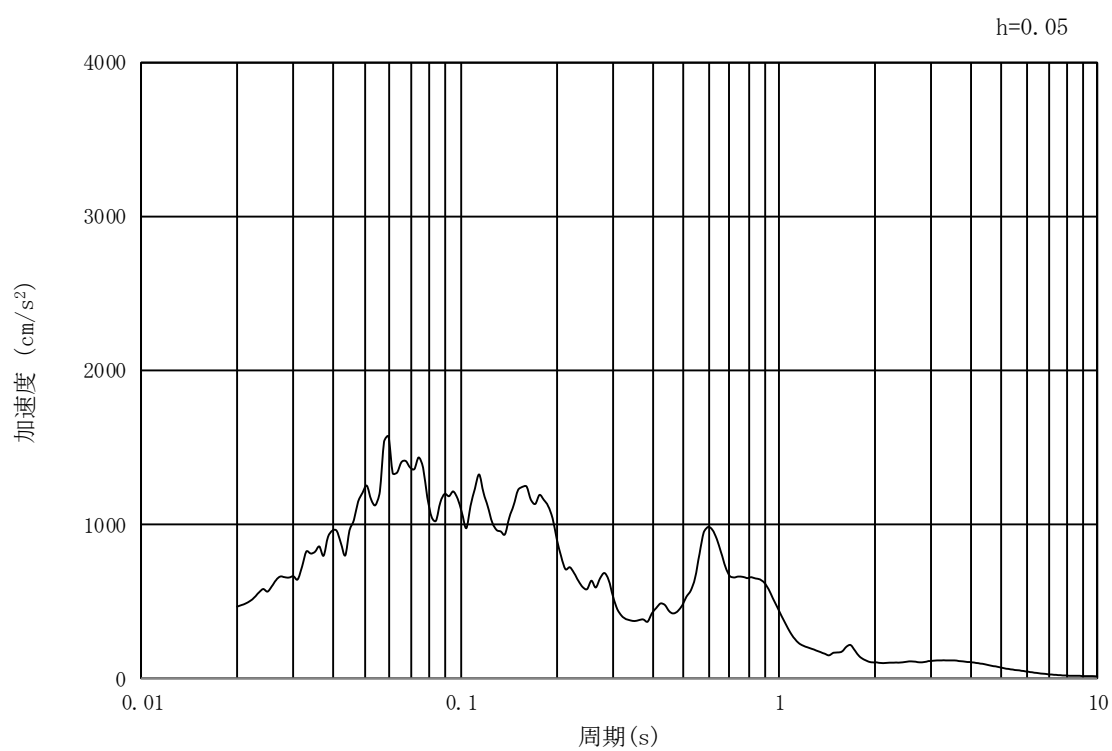
(b) 加速度応答スペクトル

図 15.3-17 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(横断面方向, 水平成分:  $S_s - 1.3$ )





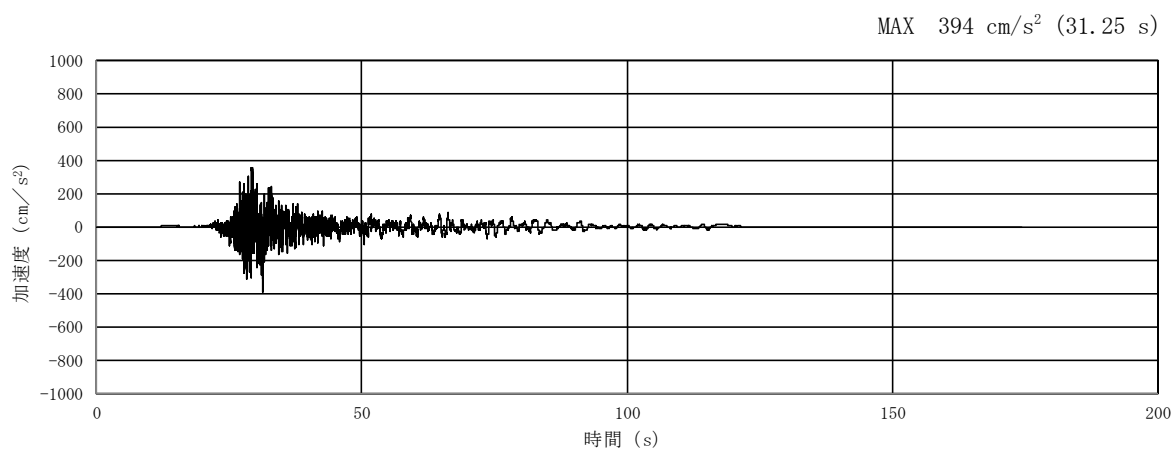
(a) 加速度時刻歴波形



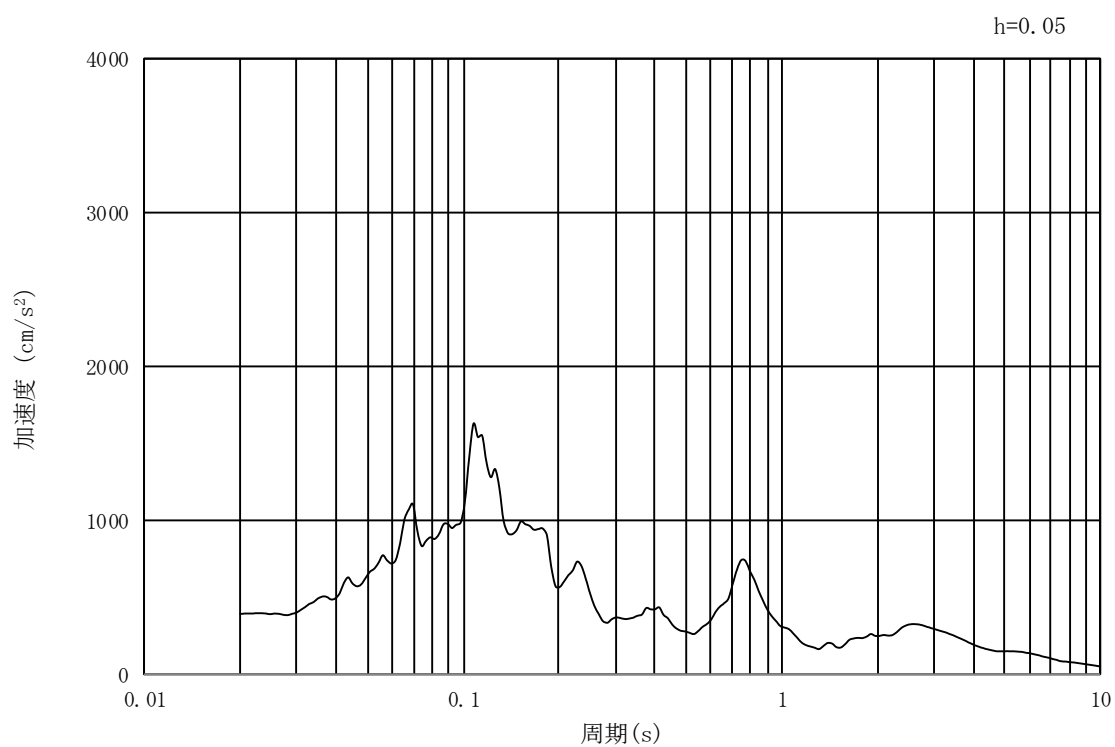
(b) 加速度応答スペクトル

図 15.3-18 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(横断面方向, 鉛直成分:  $S_s - 1.3$ )





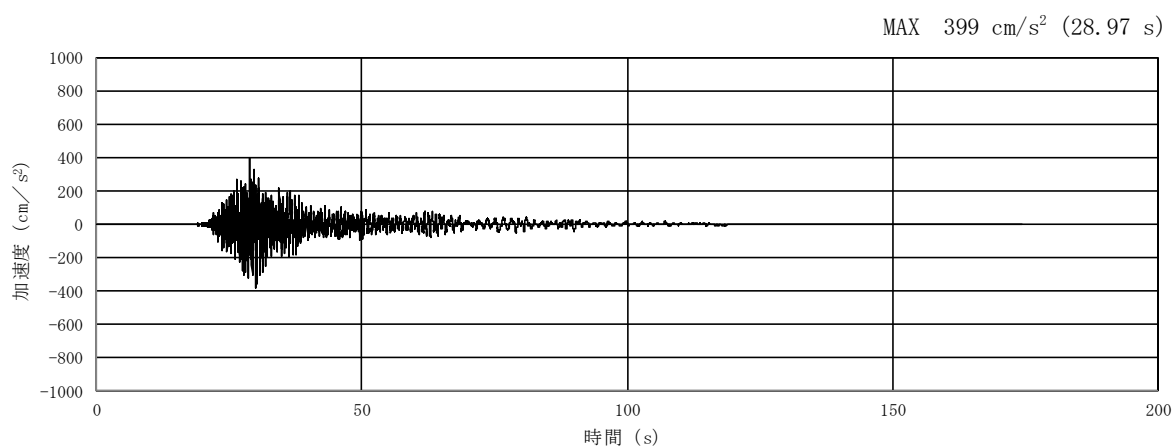
(a) 加速度時刻歴波形



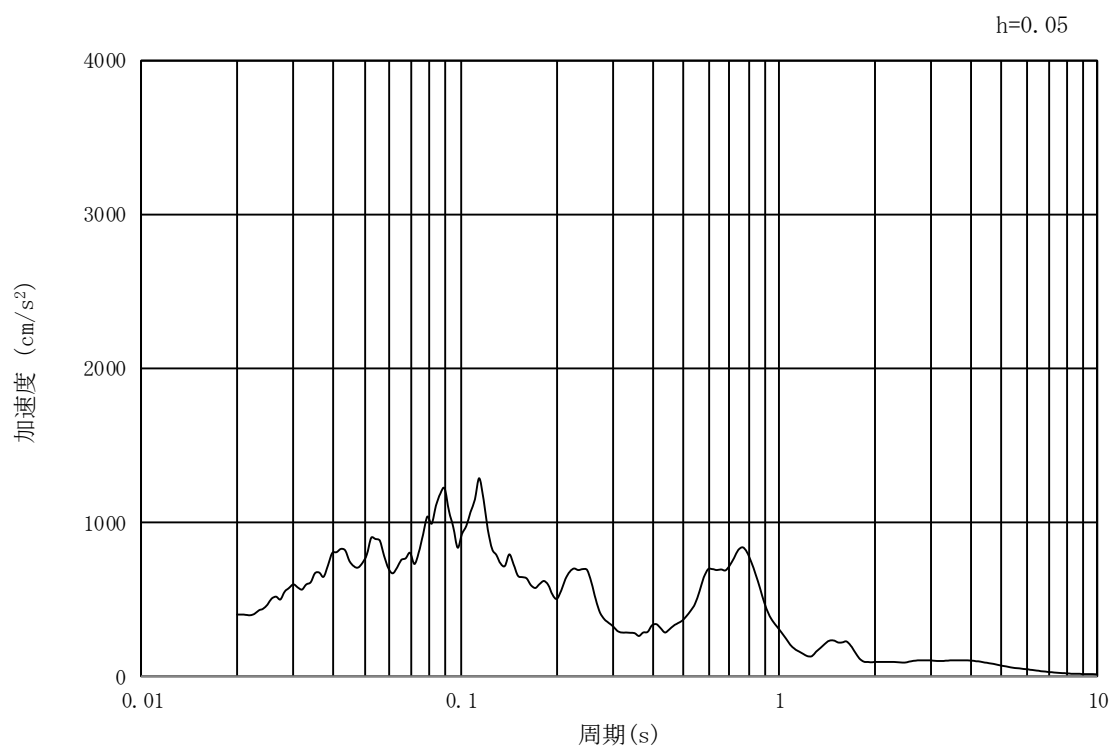
(b) 加速度応答スペクトル

図 15.3-19 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(横断面方向, 水平成分:  $S_s - 1.4$ )





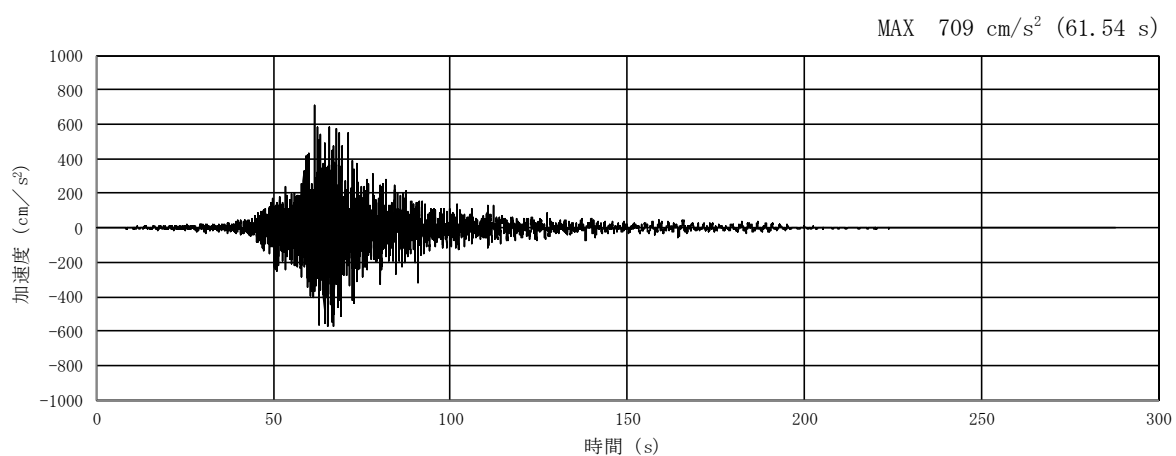
(a) 加速度時刻歴波形



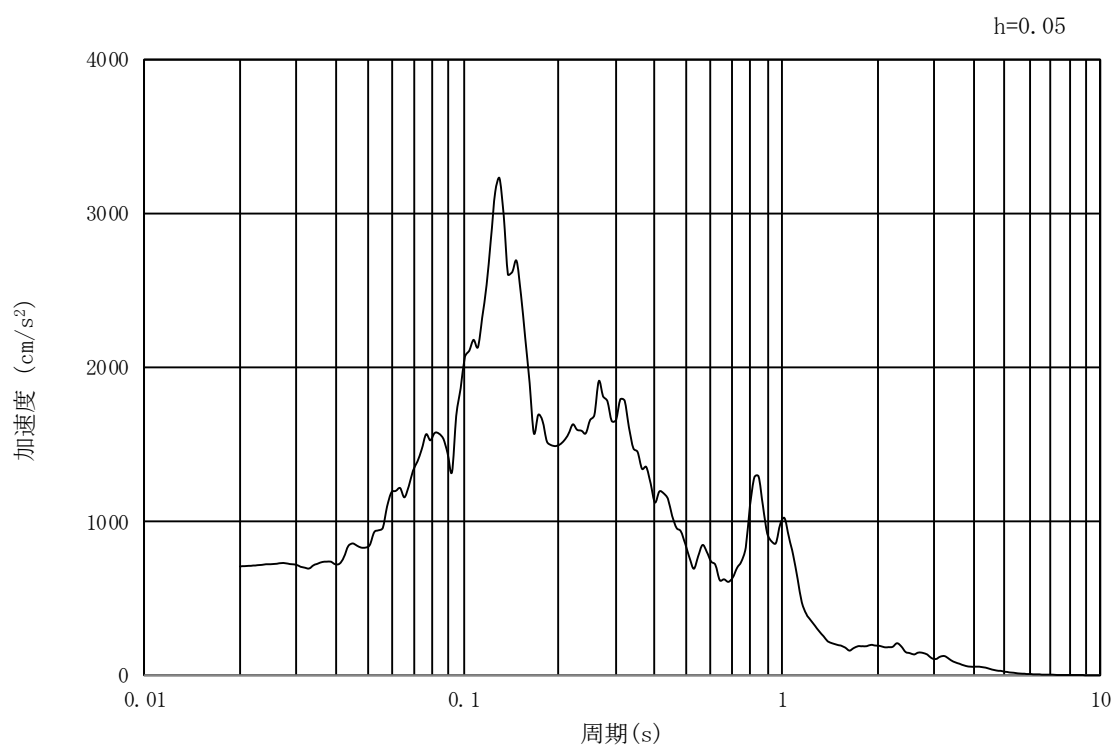
(b) 加速度応答スペクトル

図 15.3-20 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(横断面方向, 鉛直成分:  $S_s - 1.4$ )





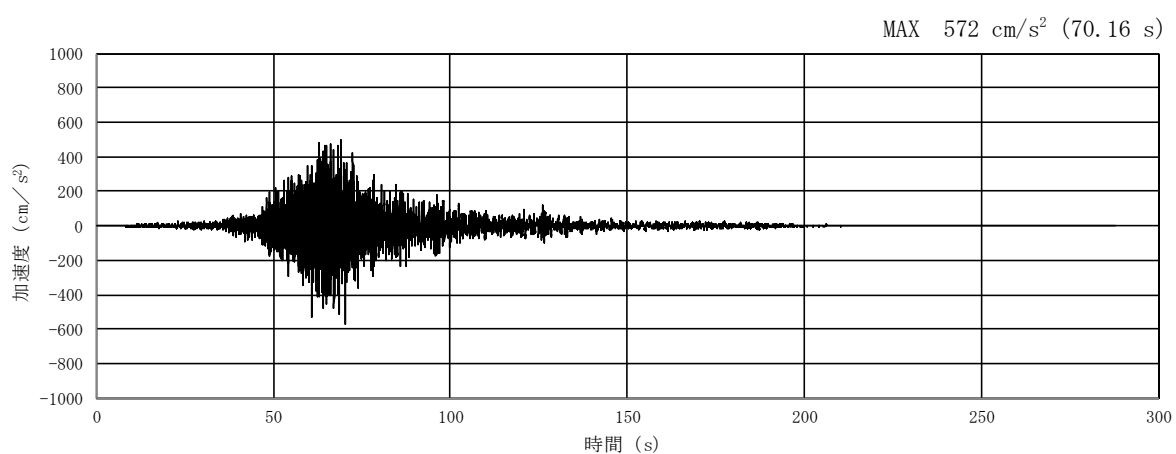
(a) 加速度時刻歴波形



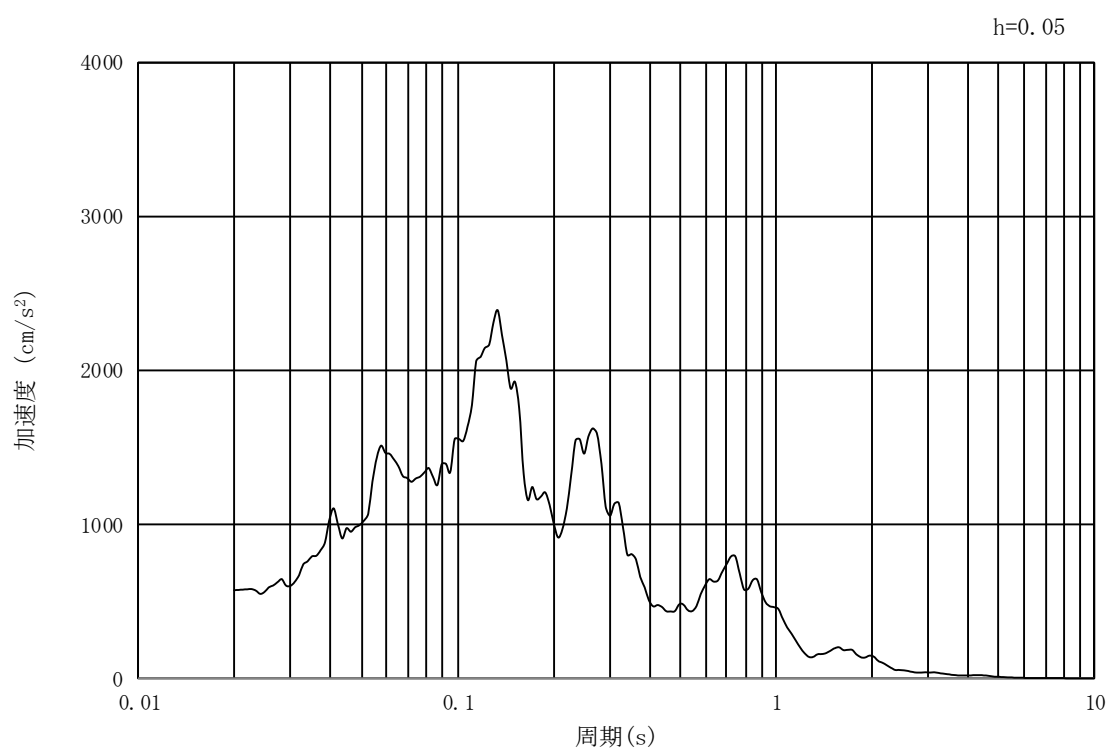
(b) 加速度応答スペクトル

図 15.3-21 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(横断面方向, 水平成分:  $S_s - 21$ )





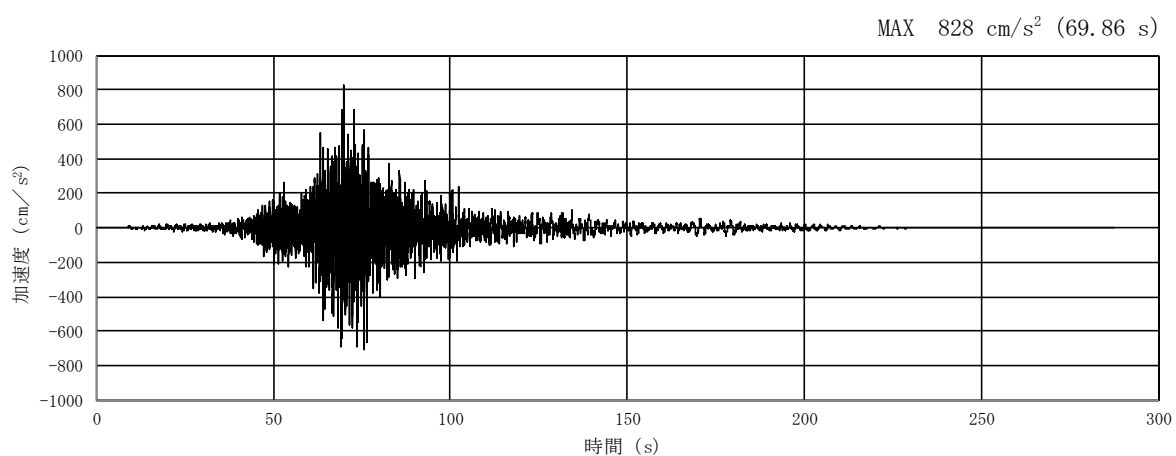
(a) 加速度時刻歴波形



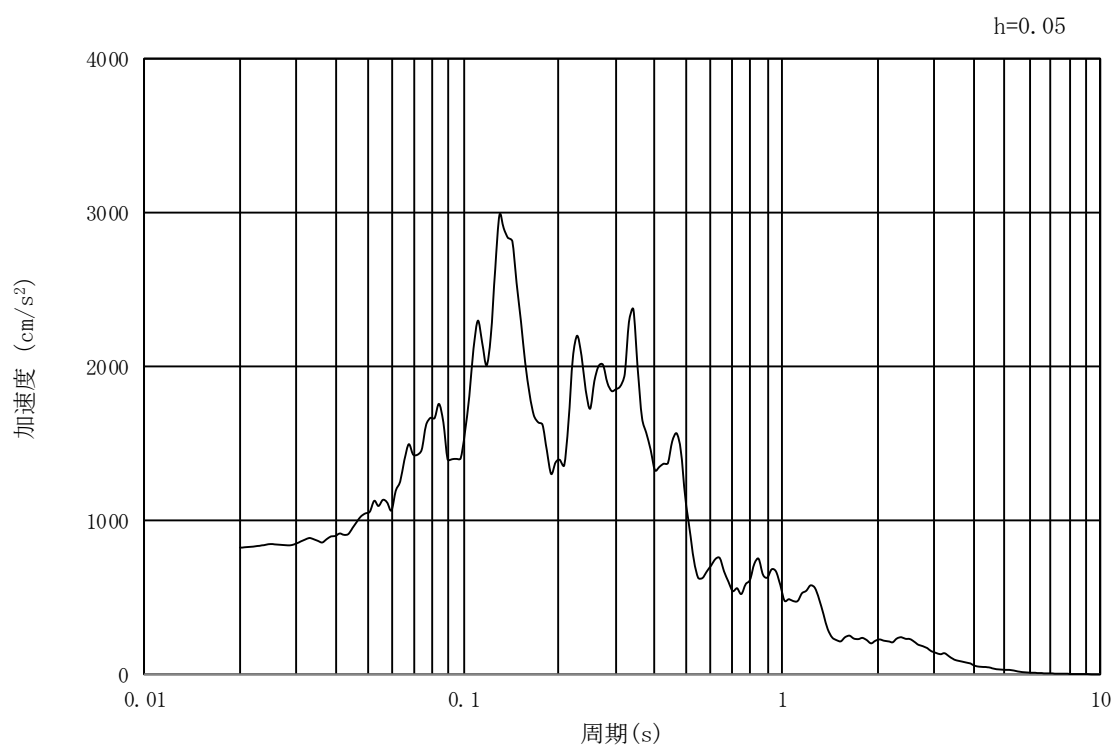
(b) 加速度応答スペクトル

図 15.3-22 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(横断面方向, 鉛直成分:  $S_s - 21$ )





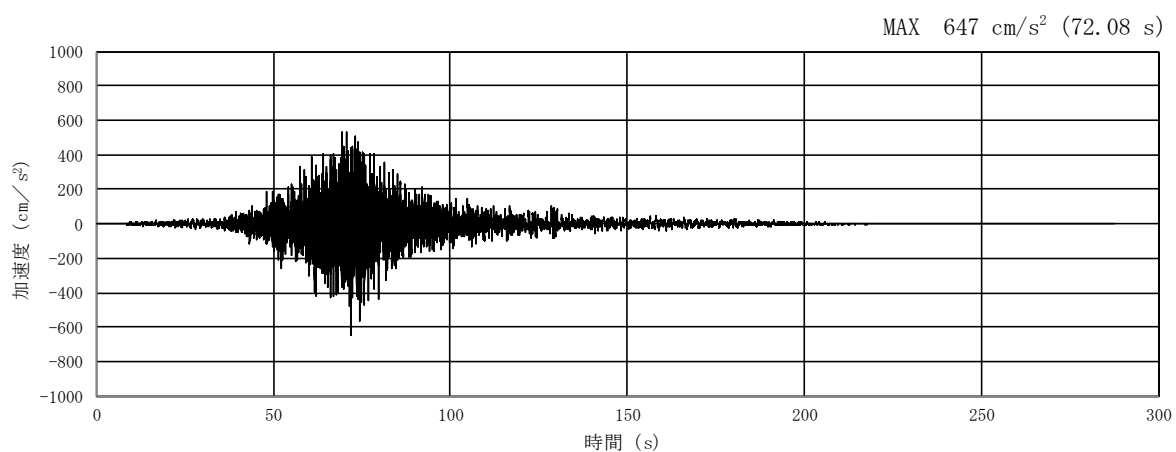
(a) 加速度時刻歴波形



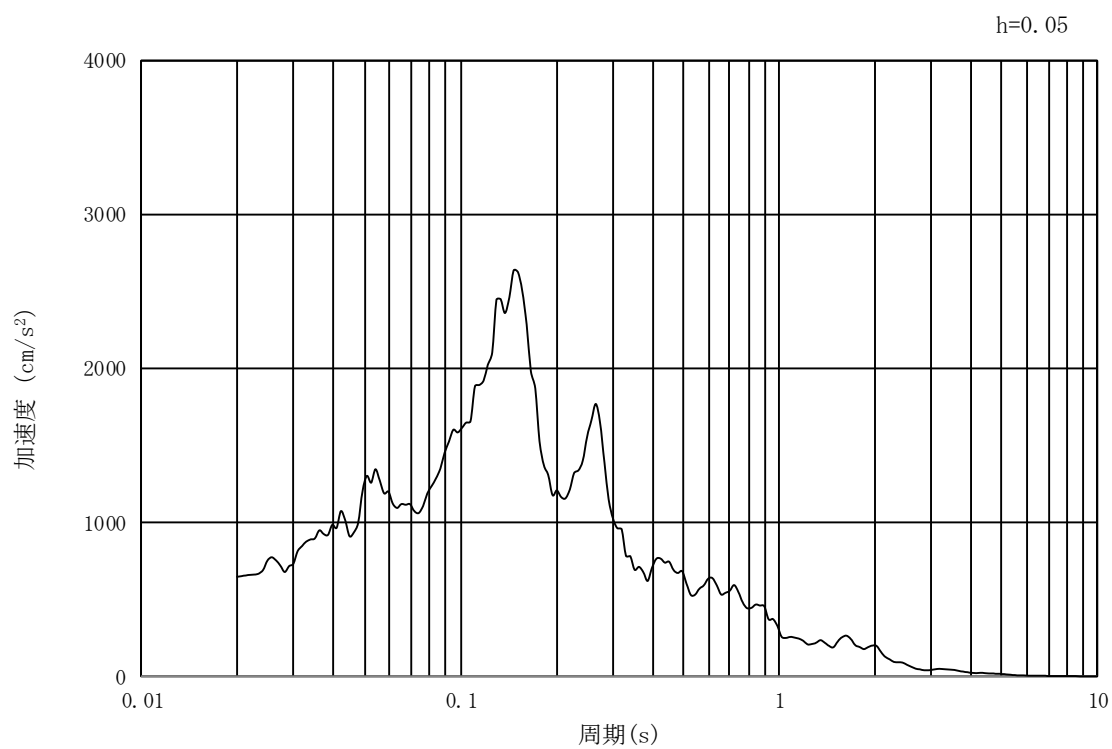
(b) 加速度応答スペクトル

図 15.3-23 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(横断面方向, 水平成分:  $S_s - 22$ )





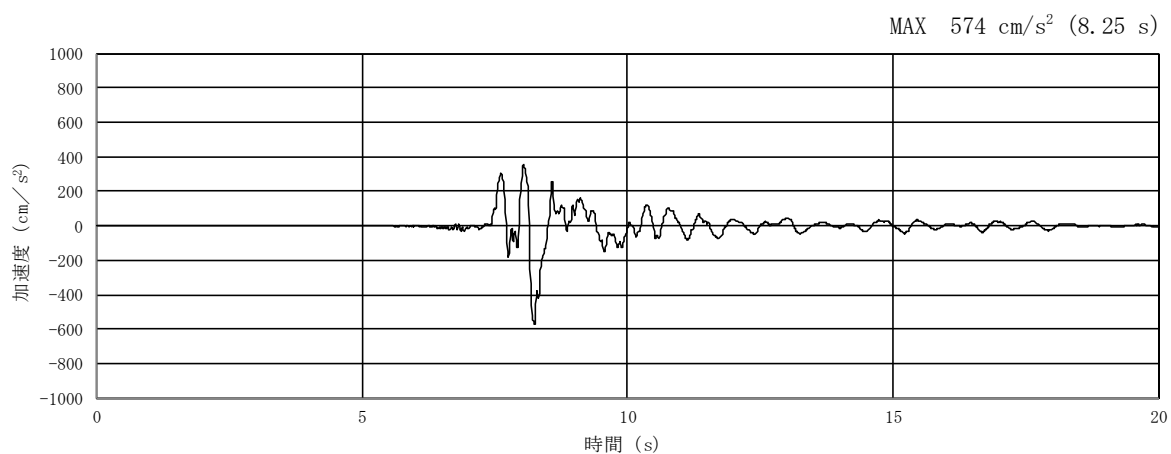
(a) 加速度時刻歴波形



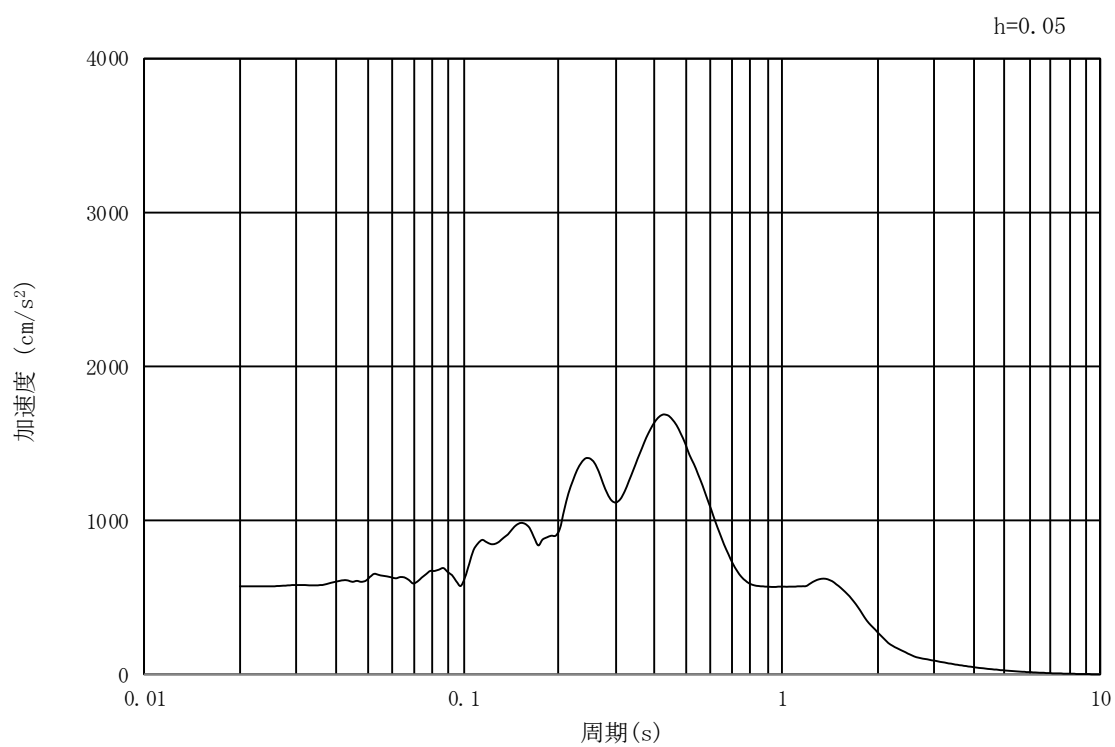
(b) 加速度応答スペクトル

図 15.3-24 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(横断面方向, 鉛直成分:  $S_s - 22$ )





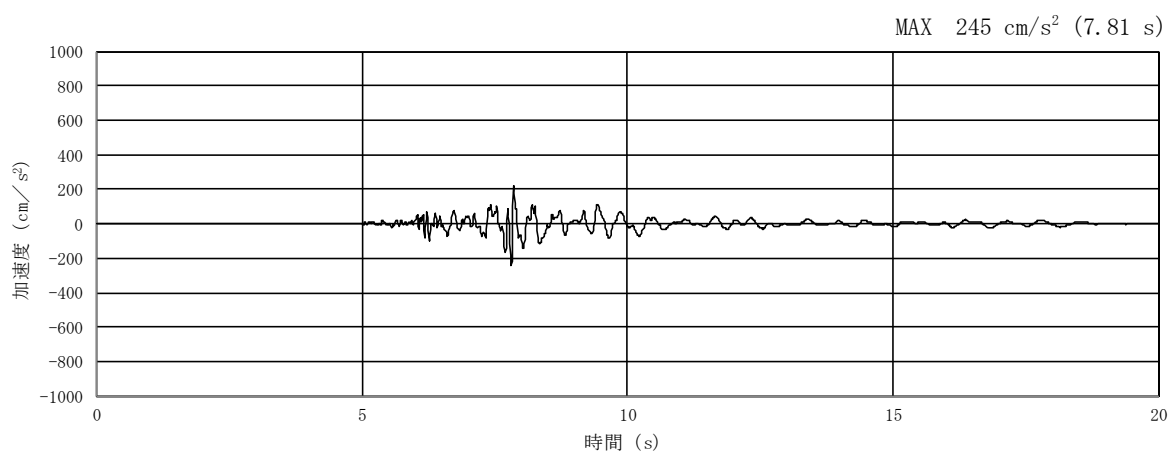
(a) 加速度時刻歴波形



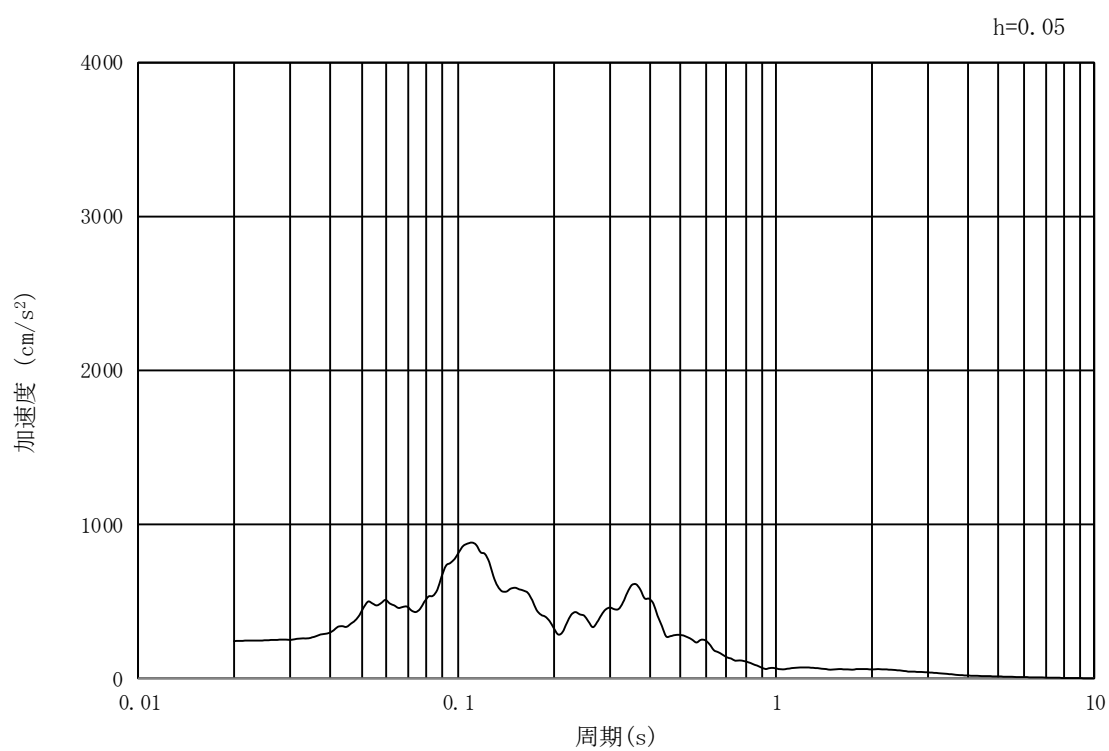
(b) 加速度応答スペクトル

図 15.3-25 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平成分：S<sub>s</sub> - 3 1)





(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

図 15.3-26 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直成分：S<sub>s</sub> - 31)



#### 15.4 縦断面方向応力の評価方法

海水引込み管は、縦断面方向に長大な構造であることを考慮し、縦断面方向の発生応力についても評価する。

縦断面方向応力は、1次元地震応答解析から得られる水平地盤変位を考慮した応答変位法による応力解析にて求める。

埋設された鋼製管路は、地震時に周辺地盤の変形に追従することが知られている。したがって、海水引込み管の縦断面方向の評価においては、図 15.4-1 に示すような水平方向に伝播する地震波（進行方向に対して直角方向に振動する進行波）による周辺地盤の変位を考慮する。

応答変位法による解析には、解析コード「Engineer's Studio Ver. 6.00.04」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、V-5-39「計算機プログラム」（解析コード）の概要」に示す。

縦断面方向応力の評価フローを図 15.4-2 に示す。

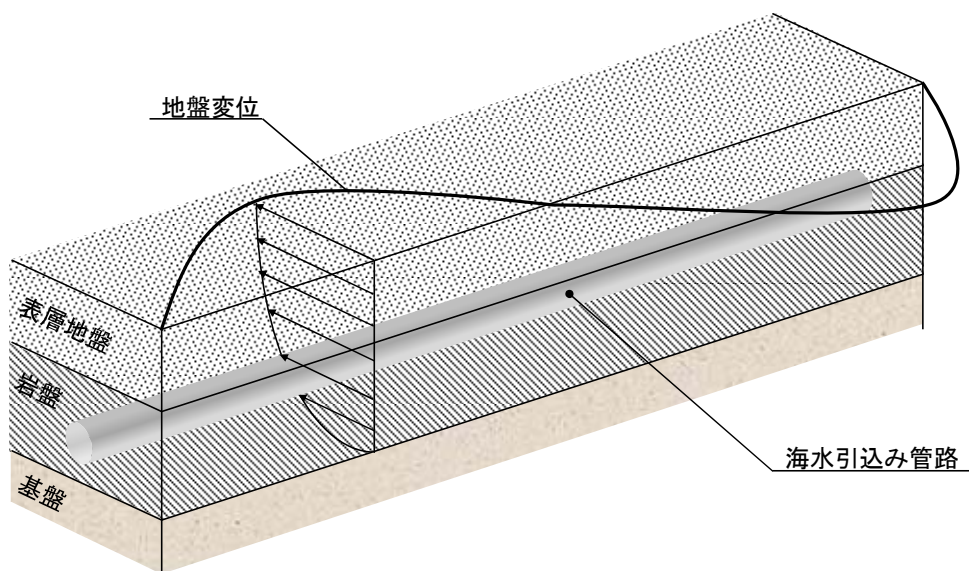


図 15.4-1 縦断面方向の耐震評価イメージ



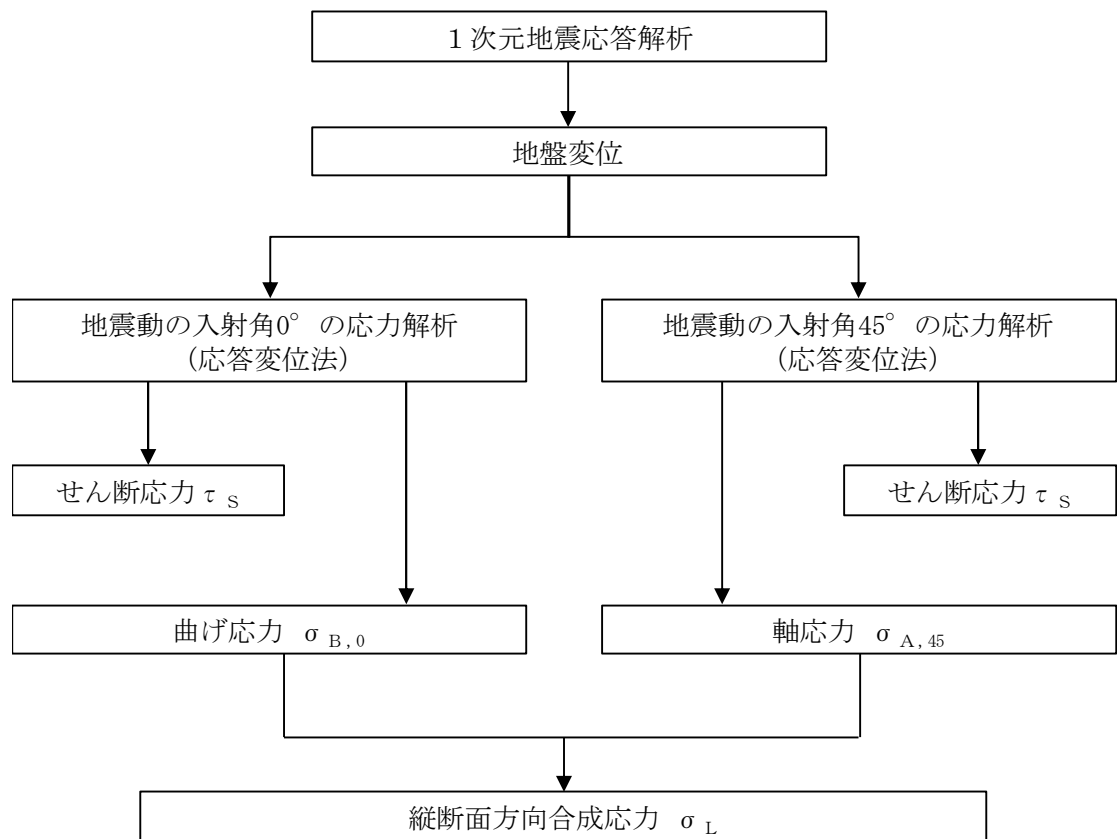


図 15.4-2 縦断面方向応力の評価フロー



#### 15.4.1 1次元地震応答解析モデル

##### (1) 解析領域

1次元地震応答解析モデル底面は T.P. -130 m とし、構造物中心位置の地層構成に基づき作成した地盤モデルを用いる。解析モデル底面には、T.P. -130 m 位置の密度、せん断波速度及び疎密波速度を有する粘性境界を設定する。1次元地震応答解析には解析コード「FLIP Ver. 7.3.0\_2」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、V-5-10「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。評価対象である②-②断面の1次元地震応答解析モデル概念図を図15.4-3に示す。

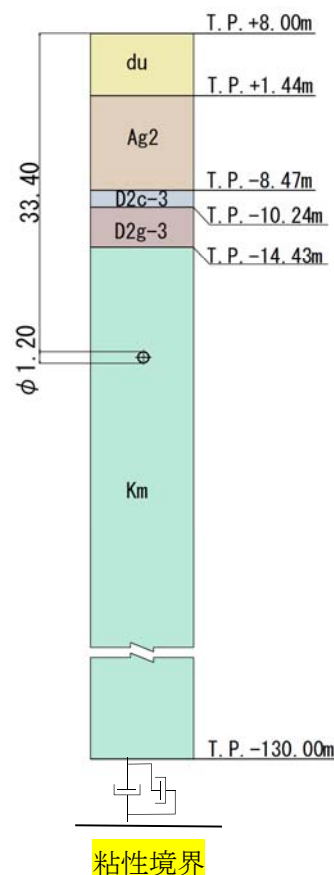


図 15.4-3 1次元地震応答解析モデル概念図（②-②断面）

##### (2) 入力地震動

地震応答解析の入力地震動は、「15.3.6 入力地震動の設定」に従う。



#### 15.4.2 縦断面方向の応力解析

縦断面方向の応力解析（応答変位法）の概念図を図 15.4-4 に示す。

同図より，縦断面方向の応力解析においては，地盤に生じる水平変位と地震動の波長  
の関係，つまり，地盤ひずみに支配される。

地盤ひずみ  $\varepsilon_G(x)$  は，地盤に生じる変位  $U_h(x)$  と波長  $L$  より，次式で与えられる。

$$\varepsilon_G(x) = \frac{dU(x)}{dx} = 2\pi \frac{U_0}{L} \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{L}x + \phi\right)$$

ここで，

$$U_h(x) = U_0 \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{L}x + \phi\right)$$

$U_h$  : 水平変位 (m)

$U_0$  : 管軸位置の地盤の水平方向最大応答変位 (m)  
(応答解析の結果より)

$L$  : 地震動の波長 (m)

$x$  : 地震動に沿った距離 (m)

$\phi$  : 地震動の位相 ( $^\circ$ )

以上より，最大地盤ひずみは次式で表される。

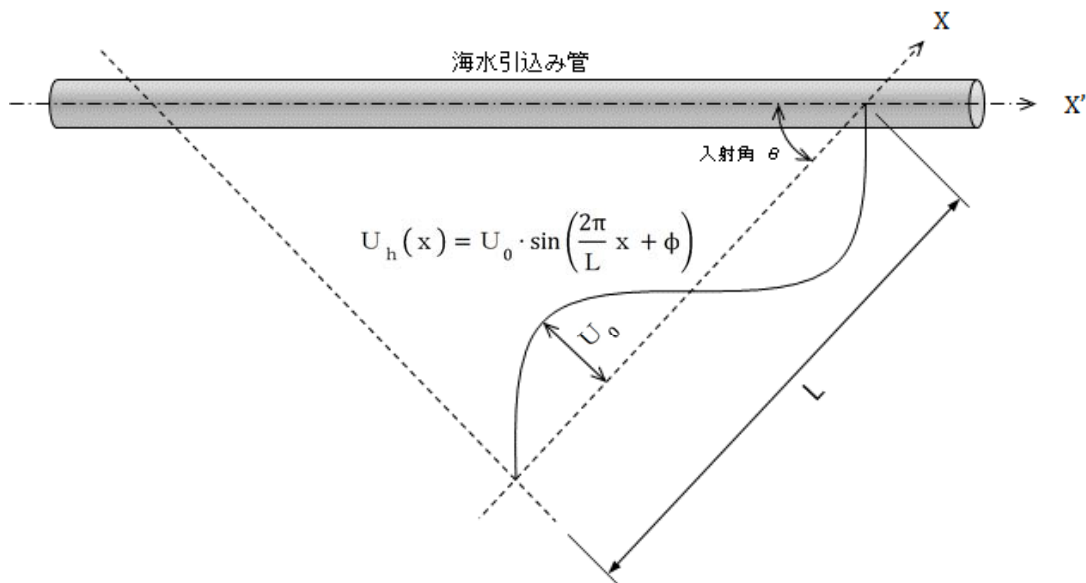
$$\varepsilon_G(x) = 2\pi \frac{U_0}{L}$$

表 15.4-1 に，地震応答解析結果を基に算出した地盤ひずみの最大値を示す。

表 15.4-1 地盤の最大ひずみ (追而)



(平面図)



$U_h$  : 水平変位 (m)

$U_0$  : 縦断面位置の地盤の水平方向最大応答変位<sup>\*1</sup> (m) (応答解析の結果より)

$L$  : 地震動の波長<sup>\*2</sup> (m)

$$L = \frac{2 \cdot L_1 \cdot L_2}{L_1 + L_2}$$

$$L_1 = V_{DS} \cdot T_G, \quad L_2 = V_{BS} \cdot T_G$$

ここで,

$V_{DS}$  : 管路中心以浅の地盤の平均せん断弾性波速度 (m/s)

$V_{BS}$  : 管路中心以深の平均せん断弾性波速度 (m/s)

$T_G$  : 管路中心以浅の地盤の固有周期 (s)

$x$  : 地震動に沿った距離 (m)

$\phi$  : 地震動の位相 (°)

90 ° ごとに变化させて入力する。

注記 \*1 : 応答解析における地盤変位は、水道施設耐震工法指針・解説 1997 版 (日本水道協会, 1997) に基づき、縦断面位置の水平変位を用いる。

\*2 : 水道施設耐震工法指針・解説 1997 版 (日本水道協会, 1997) に基づく。

図 15.4-4 縦断面方向の応力解析の概念図



(1) 縦断面方向の解析モデル

縦断面方向の応力解析モデルを図 15.4-5 に示す。

a. 構造部材

構造部材は、線形はり要素でモデル化する。

b. 境界条件

海水引込み管の両端は S A 用海水ピットと S A 用海水ピット取水塔に可とう管を介して接続されることから、可とう管位置の 2 重節点で縦断面方向及び水平鉛直面の曲げ方向については自由度を与え、水平鉛直方向については固定条件で連結する。一方、管路中間部に可とう管が設置される箇所については、可とう管位置の 2 重節点で全方向に自由度を与えることにより、可とう管の応力解放効果を考慮するとともに、可とう管位置の 2 重節点の相対変位が可とう管の許容変位以下に収まることを確認する。

c. 地盤バネの設定

地盤は、非線形バネ要素でモデル化する。

地盤バネは 1 次元地震応答解析 (FLIP) を行い設定する。管応力にとって厳しくなる地震波を抽出し、その地震波で管深度の相対水平変位最大時刻  $t_{\max}$  における平均有効主応力とせん断ひずみの深度分布に着目し以下の手順で地盤反力係数を設定する。なお、管軸方向地盤バネ及び管軸直交方向地盤バネは、道路橋示方書 (I 共通編・IV 下部構造編)・同解説 ((社) 日本道路協会, 平成 14 年 3 月) に基づき設定する。

(a) 地盤バネ定数

ア. 管軸直交方向地盤バネ

水平方向及び鉛直方向の管軸直交方向地盤バネ定数は、次式により求める。

$$k_n = k_{n0} \left( \frac{B_v}{0.3} \right)^{-3/4}$$

$$K_n = A_n \cdot k_n$$

ここで、

$k_n$  : 管軸直交方向地盤反力係数 ( $\text{kN/m}^3$ )

$k_{n0}$  : 直径 0.3 m の剛体円板による平板載荷試験の値に相当する管軸直交方向地盤反力係数 ( $\text{kN/m}^3$ ) で、各種土質試験又は調査により求めた変形係数  $E_s$  から推定する場合は、 $k_{n0} = \frac{1}{0.3} \alpha E_s$  により求める。

$B_n$  : 基礎の換算載荷幅 (m) で、 $B_n = \sqrt{A_n}$  により求める

$\alpha$  : 地盤反力係数の換算係数 ( $\alpha = 1$  とする。)

$A_n$  : 載荷方向の投影面積  $= D \times L$  ( $\text{m}^2$ )

$D$  : 管径 (m)

$L$  : 分担長 (m)

$K_n$  : 管軸方向地盤バネ定数 ( $\text{kN/m}$ )

$$E_s = 2(1 + \nu_d)G_s$$



$$G_s = \frac{\tau_s}{\gamma}$$

$$\tau_s = \frac{\gamma}{\frac{1}{G_{ma} \times \left( \frac{\sigma'_m}{\sigma'_{ma}} \right)^{0.5}} + \left| \frac{\gamma}{c \times \cos \phi_{CD} + \sigma'_m \times \sin \phi_{CD}} \right|}$$

$\gamma$  : せん断ひずみ

$\sigma'_m$  : 平均有効主応力 (kN/m<sup>2</sup>)

$E_s$  : 変形係数 (kN/m<sup>2</sup>)

$\nu_d$  : 動ポアソン比

$G_s$  : 割線剛性 (kN/m<sup>2</sup>)

$\tau_s$  : 骨格曲線上のせん断応力 (kN/m<sup>2</sup>)

$G_{ma}$  : 基準せん断剛性,  $\sigma'_{ma}$  における微小せん断ひずみでの  
初期せん断剛性 (kN/m<sup>2</sup>)

$\sigma'_{ma}$  : 基準平均有効主応力 (kN/m<sup>2</sup>)

$c$  : 粘着力 (kN/m<sup>2</sup>)

$\phi_{CD}$  : 内部摩擦角 (°)

#### イ. 管軸方向地盤バネ

管軸方向地盤バネは次式により求める。

$$k_s = 0.3 \cdot k_n$$

$$K_s = k_s \cdot \pi \cdot D \cdot L$$

ここで,

$k_n$  : 管軸直交方向地盤反力係数 (kN/m<sup>3</sup>)

$k_s$  : 管軸方向地盤反力係数 (kN/m<sup>3</sup>)

$K_s$  : 管軸方向地盤バネ定数 (kN/m)

$D$  : 管外径 (m)

$L$  : 分担長 (m)

#### (b) 地盤バネの反力上限値

##### ア. 管軸直交方向地盤バネの反力上限値

管軸直交方向地盤バネの反力上限値を次式により求める。

$$\sigma_f = c \times \cos \phi_{CD} + \sigma'_m \times (1 + \sin \phi_{CD})$$

$$P_f = A_n \cdot \sigma_f$$

ここで,

$\sigma_f$  : 時刻  $t_{max}$  における各地盤深度の  $\sigma'_m$  に対応する軸圧縮応力の上限值 (kN/m<sup>2</sup>)

$t_{max}$  : 管上下間最大変位時刻

$P_f$  : 管軸直交方向の地盤バネの反力上限値 (kN)

$A_n$  : 載荷方向の投影面積 =  $D \times L$  (m<sup>2</sup>)



D：管外径（m）

L：分担長（m）

イ． 管軸方向地盤バネの反力上限値

管軸方向地盤バネの反力上限値を次式により求める。

$$\tau_f = c \times \cos\phi_{CD} + \sigma'_m \times \sin\phi_{CD}$$

$$S_f = \pi \cdot D \cdot L \cdot \tau_f$$

ここで、

$\tau_f$ ：時刻  $t_{max}$  における各地盤深度の  $\sigma'_m$  に対応するせん断応力の上限值（kN/m<sup>2</sup>）

$t_{max}$ ：管上下間最大変位時刻

$S_f$ ：管軸方向地盤バネの反力上限値（kN）

D：管外径（m）

L：分担長（m）



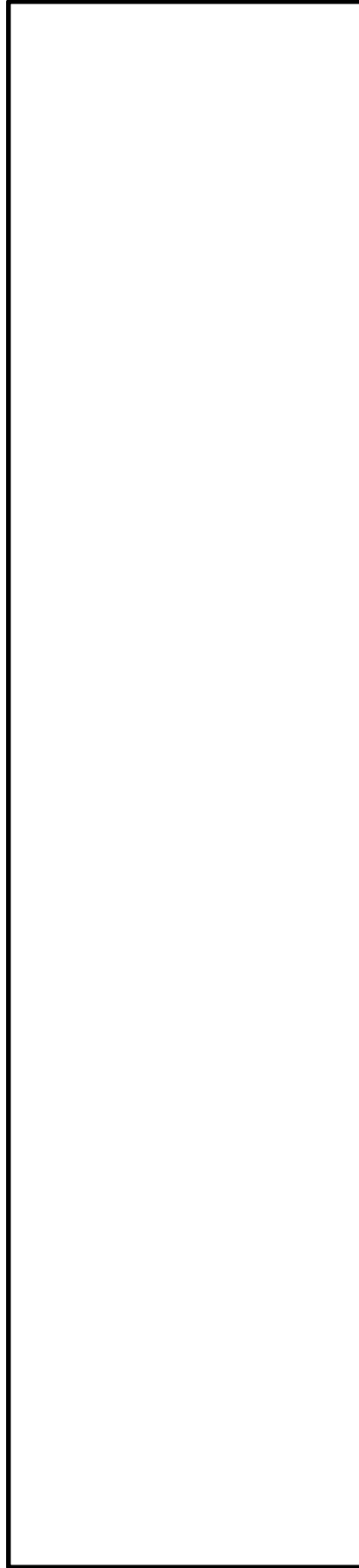


図 15.4-5 縦断面方向の応力解析モデル



表 15.4-2 縦断面方向の応力解析に用いる地盤バネ定数（追而）

| 地震動 | 地盤バネ定数 (kN/m <sup>3</sup> ) |            |
|-----|-----------------------------|------------|
|     | 管軸方向地盤バネ                    | 管軸直交方向地盤バネ |
|     |                             |            |

(2) 荷重及び荷重の組合せ

縦断面方向の応力解析にて考慮する荷重は、表 15.3-4 に示したとおり、地震時における動土圧（地盤変位）のみとし、躯体に作用する慣性力や内水压等は、横断面方向応力の評価にて考慮する。

(3) 入力地盤変位

応力解析モデルに入力する地盤変位は、1次元地震応力解析（FLIP）結果から得られる地盤変位のうち、海水引込み管の最深部の管軸中心標高に対する S A 用海水ピット取水塔、S A 用海水ピットそれぞれの接続箇所の管軸中心標高における最大水平相対変位及び地震動の波長を考慮して以下の式で与える。最大水平相対変位の算定概念図を図 15.4-6 に示す。

$$U_h(x) = U_0 \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{L}x + \phi\right)$$

ここで、

$U_h$  : 水平変位 (m)

$U_0$  : 1次元地震応力解析における海水引込み管最深部標高に対する接続標高での最大水平相対変位 (m)

$L$  : 地震動の波長 (m)

$x$  : 地震動に沿った距離 (m)

$\phi$  : 地震動の位相 (°)

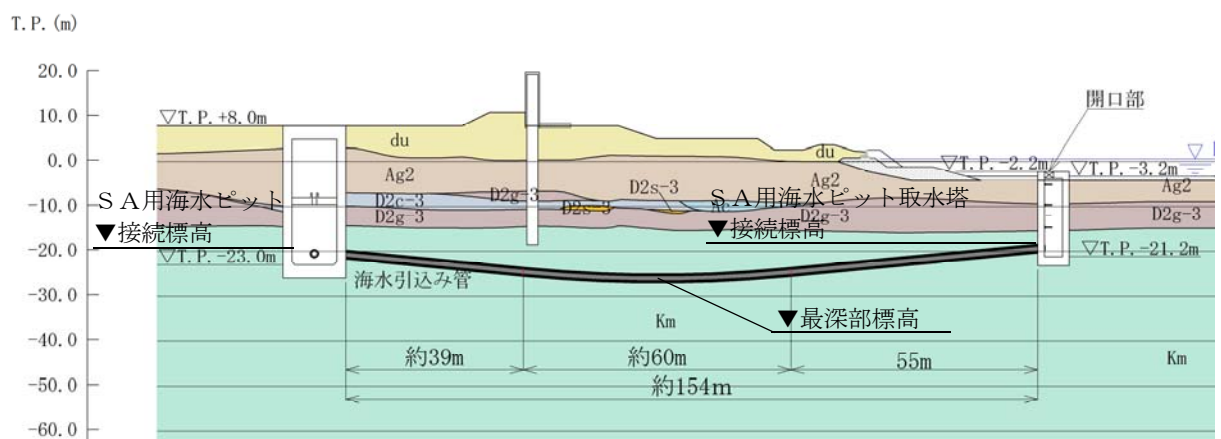


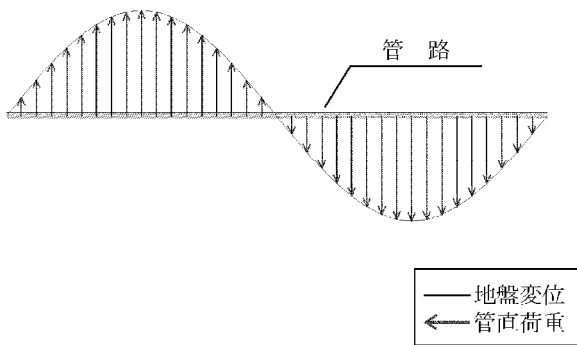
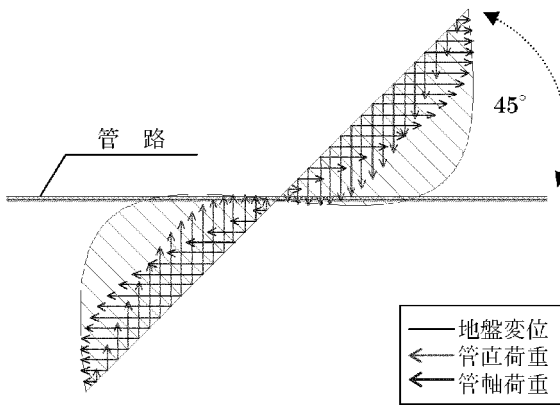
図 15.4-6 最大水平相対変位の算定概念図



ここで、縦断面方向の応力解析にて海水引込み管に発生する応力は、地震動（地盤変位）の入射角  $\theta$  により発生値が変化する。表 15.4-3 に示すとおり、入射角  $0^\circ$  で曲げ応力、入射角  $45^\circ$  で軸応力が最大となることから、地震動の入射角は、 $0^\circ$  及び  $45^\circ$  とする。

なお、保守側の評価となるよう地盤の変位振幅が最大となる地震動の値を用いて設定する。図 15.4-7 に、入射角  $0^\circ$  の場合及び入射角  $45^\circ$  の場合の入力地盤変位  $U_h$  を示す。

表 15.4-3 縦断面方向応力解析における地震動の入射角と発生応力の関係

| 地震動の入射角 $\theta$ | 応力発生イメージ   | 備 考   |
|------------------|--|---|
| $0^\circ$        |   | 地震動の入射角が $0^\circ$ の場合、管路と直交方向の地盤変位が最大となるため、管路に発生する曲げ応力が最大となる。なお、軸方向の応力は発生しない。                      |
| $45^\circ$       |  | 地震動の入射角が $45^\circ$ の場合、管路と平行方向の地盤変位が最大となるため、管路に発生する軸応力が最大となる。なお、曲げ応力も発生するが、 $0^\circ$ 入射の場合よりも小さい。 |

(追而)

図 15.4-7 入力地盤変位



(4) 縦断面方向の合成応力

石油パイプライン事業の事業用施設の技術上の基準の細目を定める告示（昭和四十八年九月二十八日通商産業省・運輸省・建設省・自治省告示第一号）では、縦断面方向に作用する入射角  $0^\circ$  の場合と入射角  $45^\circ$  の場合の合成応力  $\sigma_{le}$  を次式で定義している。

$$\sigma_{le} = \sqrt{3.12\sigma_L^2 + \sigma_B^2}$$

ここで、

$$\sigma_L = \frac{3.14U_h E}{L} \frac{1}{1 + \left(\frac{4.44}{\lambda_1 L}\right)^2}$$

$$\sigma_B = \frac{19.72U_h E}{L^2} \frac{1}{1 + \left(\frac{6.28}{\lambda_2 L}\right)^4}$$

$U_h$  : 表層地盤面の水平変位振幅 (mm)

$E$  : 導管のヤング係数 (N/mm<sup>2</sup>)

$L$  : 表層地盤の地表面近傍における地震動の波長 (mm)

$D$  : 導管の外径 (mm)

$$\lambda_1 = \sqrt{\frac{K_1}{EA_p}}$$

$$\lambda_2 = \sqrt[4]{\frac{K_2}{EI_p}}$$

$K_1$  : 縦断面方向の変位に関する地盤の剛性係数 (N/mm<sup>2</sup>)

$K_2$  : 横断面方向の変位に関する地盤の剛性係数 (N/mm<sup>2</sup>)

$A_p$  : 導管の断面積 (mm<sup>2</sup>)

$I_p$  : 導管の断面二次モーメント (mm<sup>4</sup>)

また、水道施設耐震工法指針・解説 1997 版（日本水道協会，1997）では、縦断面方向の合成応力  $\sigma_x$  を次式で定義している。

$$\sigma_x = \sqrt{\gamma\sigma_L^2 + \sigma_B^2}$$

ここで、

$\sigma_L$  : 埋設管路の（入射角  $0^\circ$  の場合の地盤変位により管体に生じる）縦断面方向応力

$\sigma_B$  : 埋設管路の（入射角  $45^\circ$  の場合の地盤変位により管体に生じる）縦断面



方向応力

$\sigma_x$  :  $\sigma_L$ と $\sigma_B$ を二乗和の平方根で重畳した場合の合成応力

$\Gamma$  : 考慮する波動成分による重畳係数( $1.00 \leq \gamma \leq 3.12$ )

管軸上で交わり直交する 2 平面内で、それぞれ管軸に  $45^\circ$  の傾きをもつ直交した 2 成分の波動、計 4 成分の波動が入射し軸応力を生じ、また、同時に水平面内で管軸に平行な波動が入射し曲げ応力を生じた場合には、鉛直面内で入射する波動による応力は、水平面内で入射する波動による応力の 75 % として、次式で表される。

$$\begin{aligned}\sigma_x &= \sqrt{2(1 + 0.75^2)\sigma_L^2 + \sigma_B^2} \\ &= \sqrt{3.12\sigma_L^2 + \sigma_B^2}\end{aligned}$$

図 15.4-8 は、水平及び鉛直面内の波動が、縦断面(y 軸)方向に対して入射角  $\theta$  で入射した場合のイメージ図である。

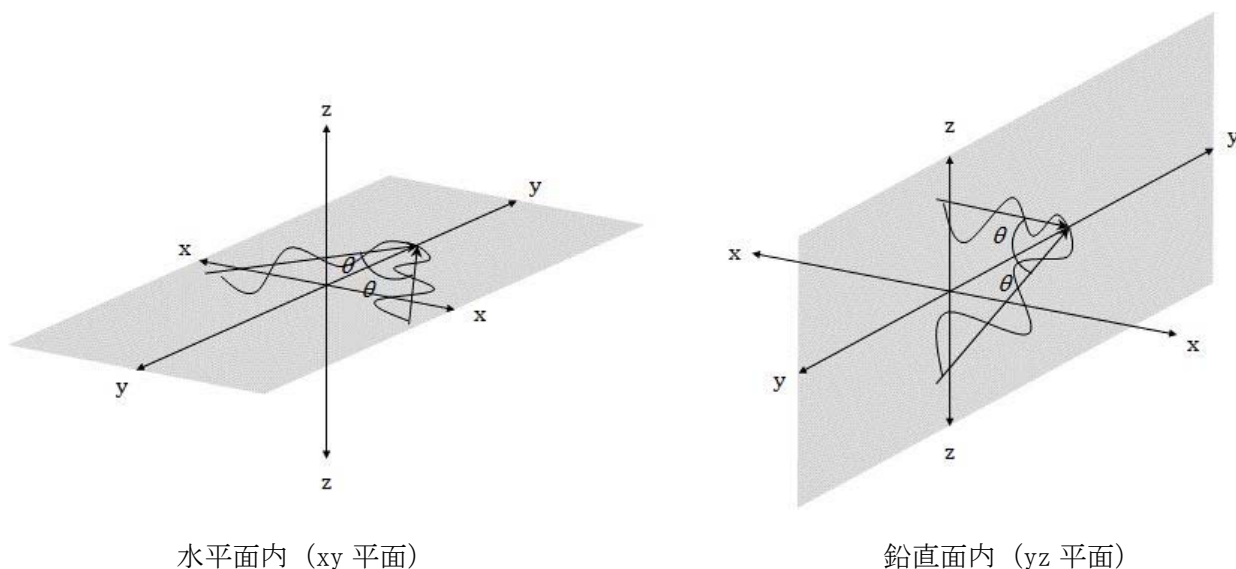


図 15.4-8 水平及び鉛直面内における入射角  $\theta$  のイメージ図

つまり、石油パイプライン事業の事業用施設の技術上の基準の細目を定める告示（昭和四十八年九月二十八日通商産業省・運輸省・建設省・自治省告示第一号）で定義している縦断面方向の合成応力と、水道施設耐震工法指針・解説 1997 版（日本水道協会，1997）で定義している縦断面方向の合成応力は同一であり、また周辺地盤の最大水平変位による影響に加え、最大水平変位の 75 % の振幅を持つ鉛直地盤変位についても考慮されている。



図 15.5-2 (1) 横断面方向の断面力分布図 ( $S_s-D1 [H+, V+]$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 15.5-2 (2) 横断面方向の断面力分布図 ( $S_s-D1 [H+, V-]$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 15.5-2 (3) 横断面方向の断面力分布図 ( $S_s-D1 [H-, V+]$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 15.5-2 (4) 横断面方向の断面力分布図 ( $S_s-D1 [H-, V-]$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 15.5-2 (5) 横断面方向の断面力分布図 ( $S_s-11$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 15.5-2 (6) 横断面方向の断面力分布図 ( $S_s-12$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 15.5-2 (7) 横断面方向の断面力分布図 ( $S_s-13$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 15.5-2 (8) 横断面方向の断面力分布図 ( $S_s-14$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 15.5-2 (9) 横断面方向の断面力分布図 ( $S_s-21$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 15.5-2 (10) 横断面方向の断面力分布図 ( $S_s-22$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 15.5-2 (11) 横断面方向の断面力分布図 ( $S_s-31 [H+, V+]$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 15.5-2 (12) 横断面方向の断面力分布図 ( $S_s-31 [H-, V+]$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



図 15.5-3 (1) 縦断面方向の断面力分布図 ( $S_s-D1 [H+, V+]$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 15.5-3 (2) 縦断面方向の断面力分布図 ( $S_s-D1 [H+, V-]$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 15.5-3 (3) 縦断面方向の断面力分布図 ( $S_s-D1 [H-, V+]$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 15.5-3 (4) 縦断面方向の断面力分布図 ( $S_s-D1 [H-, V-]$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 15.5-3 (5) 縦断面方向の断面力分布図 ( $S_s-11$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 15.5-3 (6) 縦断面方向の断面力分布図 ( $S_s-12$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 15.5-3 (7) 縦断面方向の断面力分布図 ( $S_s-13$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 15.5-3 (8) 縦断面方向の断面力分布図 ( $S_s-14$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 15.5-3 (9) 縦断面方向の断面力分布図 ( $S_s-21$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 15.5-3 (10) 縦断面方向の断面力分布図 ( $S_s-22$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 15.5-3 (11) 縦断面方向の断面力分布図 ( $S_s-31 [H+, V+]$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 15.5-3 (12) 縦断面方向の断面力分布図 ( $S_s-31 [H-, V+]$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)





図 15.5-4 (1) 横断面方向の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s-D1$  [H+, V+])  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

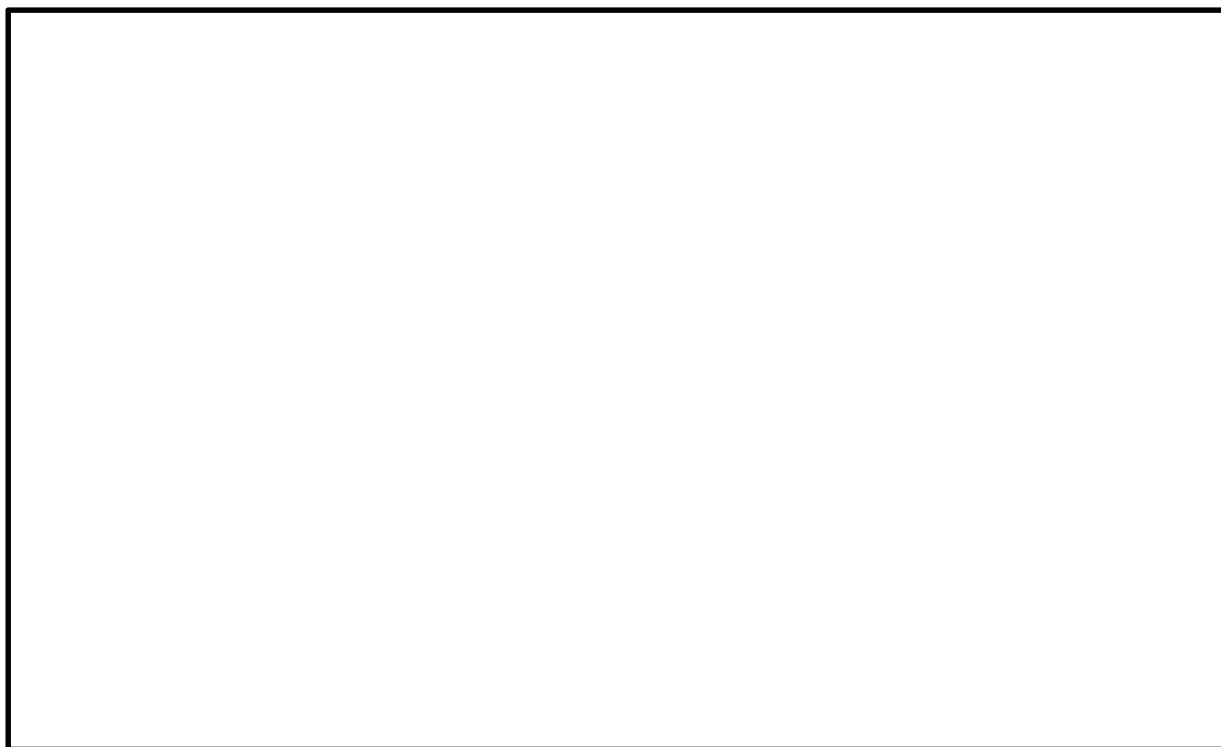


図 15.5-4 (2) 横断面方向の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s-D1$  [H+, V-])  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



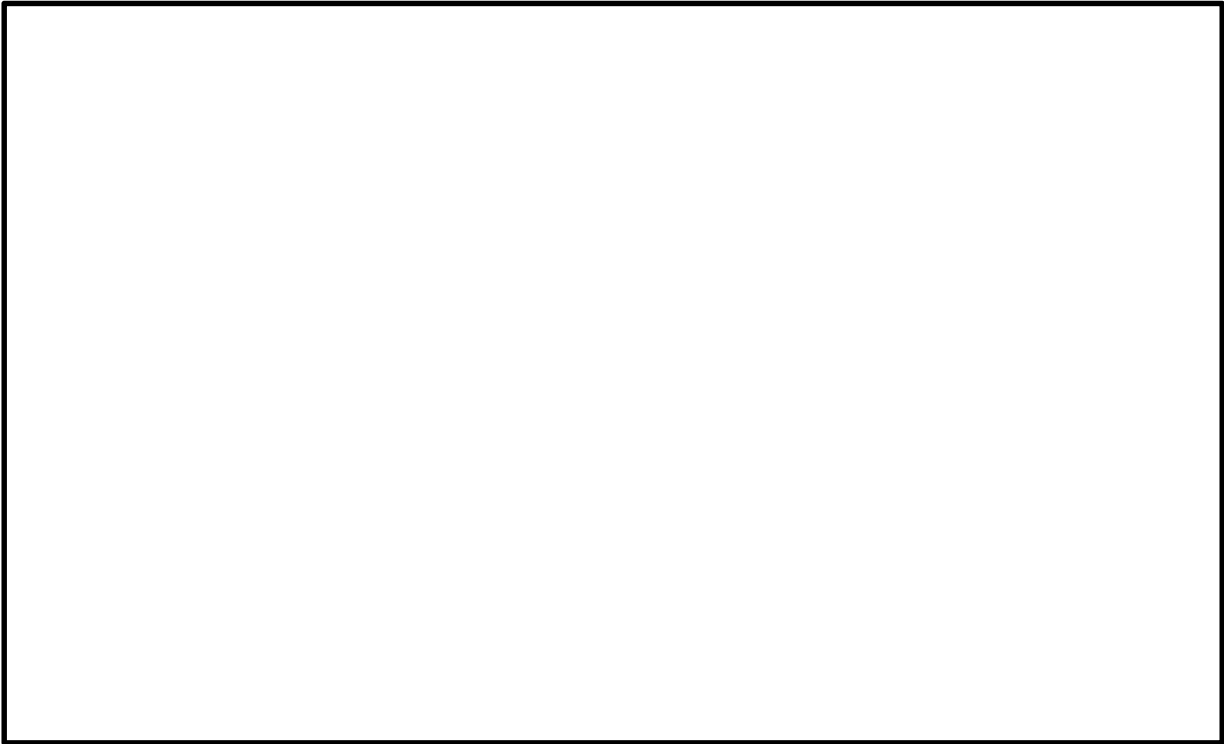


図 15.5-4 (3) 横断面方向の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s-D1$  [H-, V+])  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

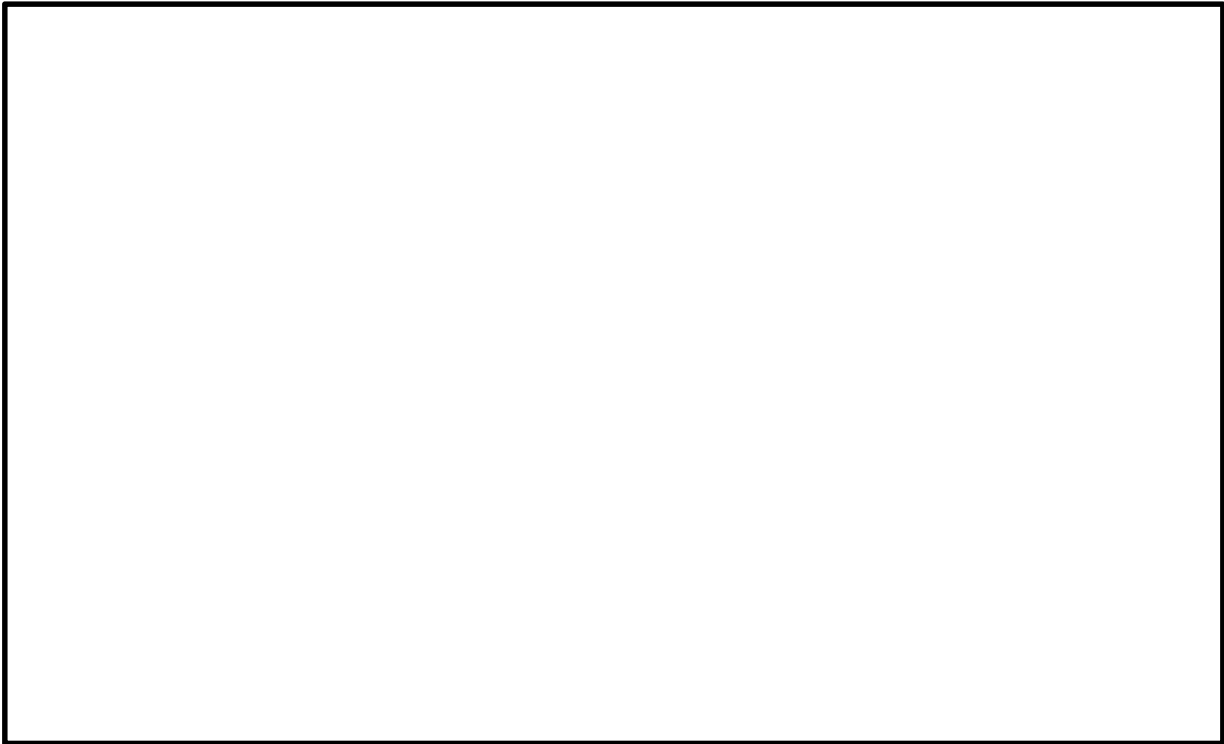


図 15.5-4 (4) 横断面方向の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s-D1$  [H-, V-])  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



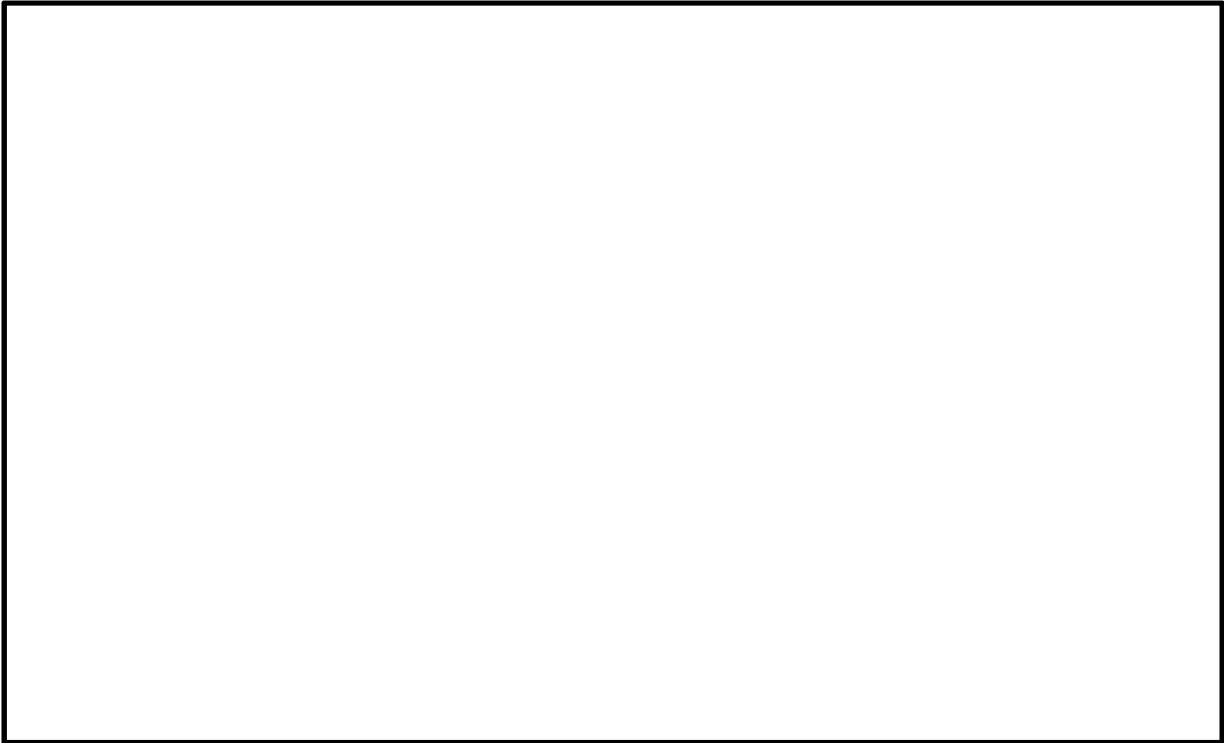


図 15.5-4 (5) 横断面方向の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s - 1\ 1$ )  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

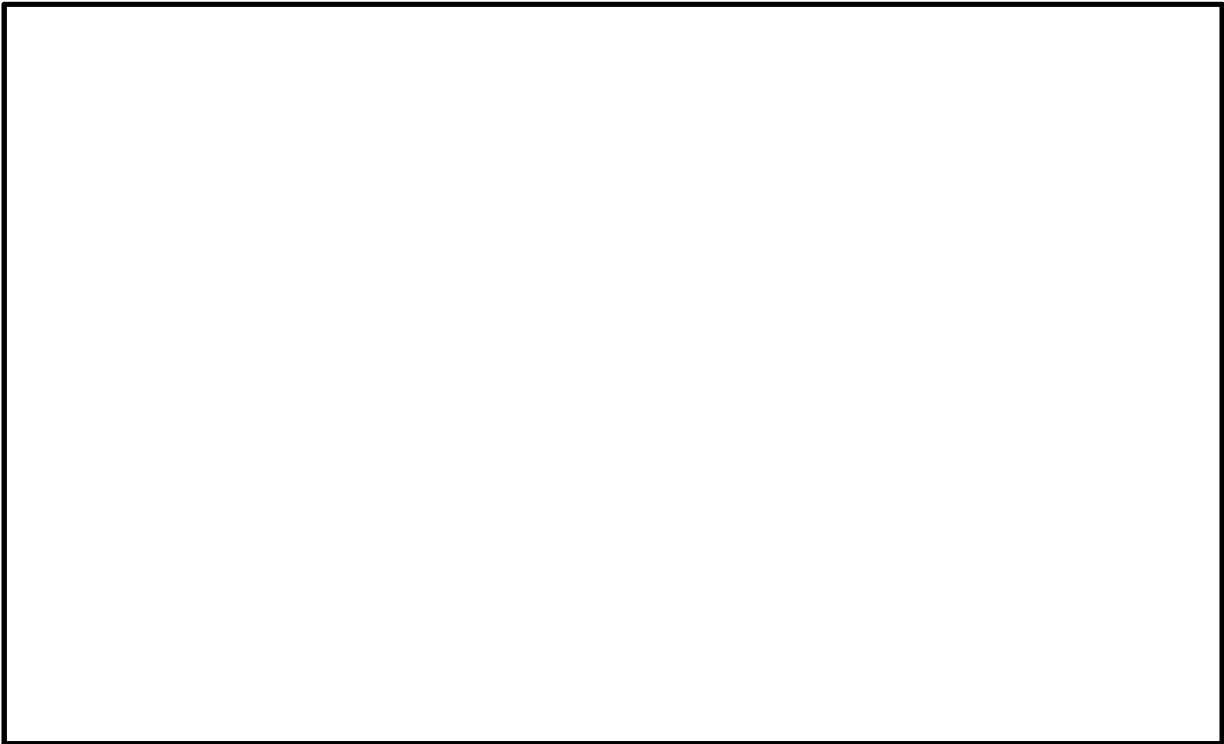


図 15.5-4 (6) 横断面方向の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s - 1\ 2$ )  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



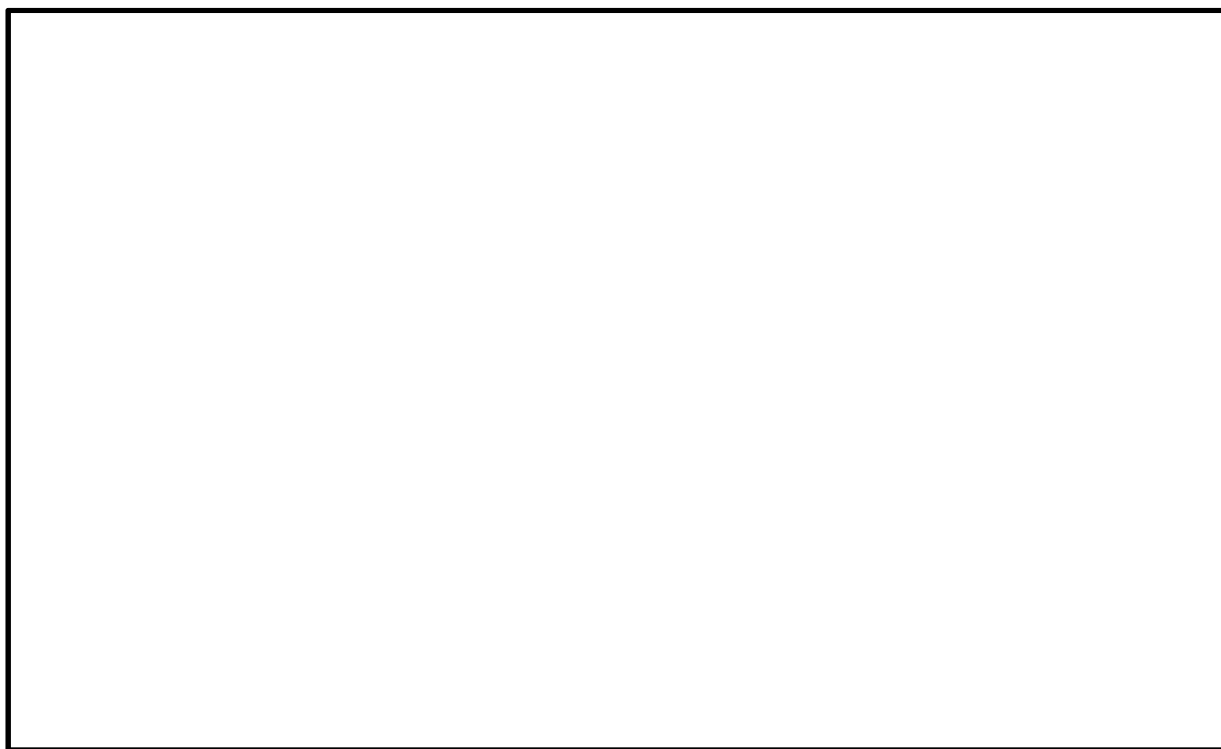


図 15.5-4 (7) 横断面方向の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s - 13$ )  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



図 15.5-4 (8) 横断面方向の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s - 14$ )  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



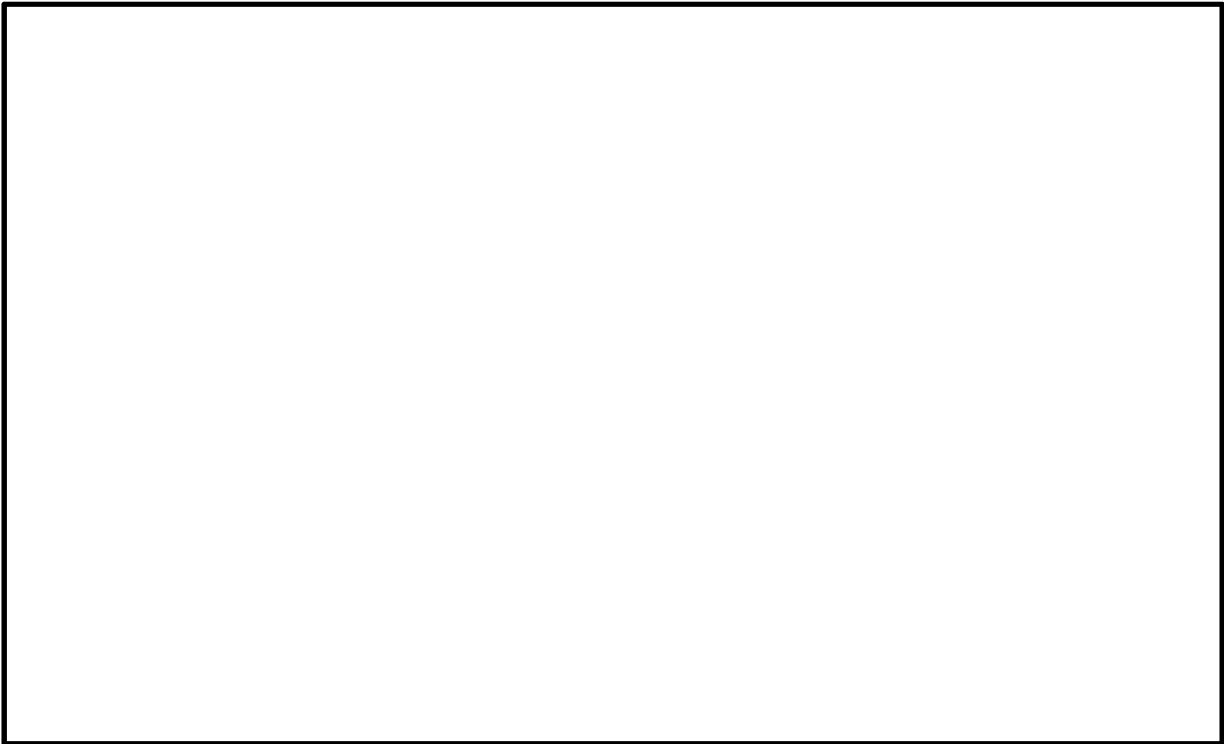


図 15.5-4 (9) 横断面方向の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s - 2\ 1$ )  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

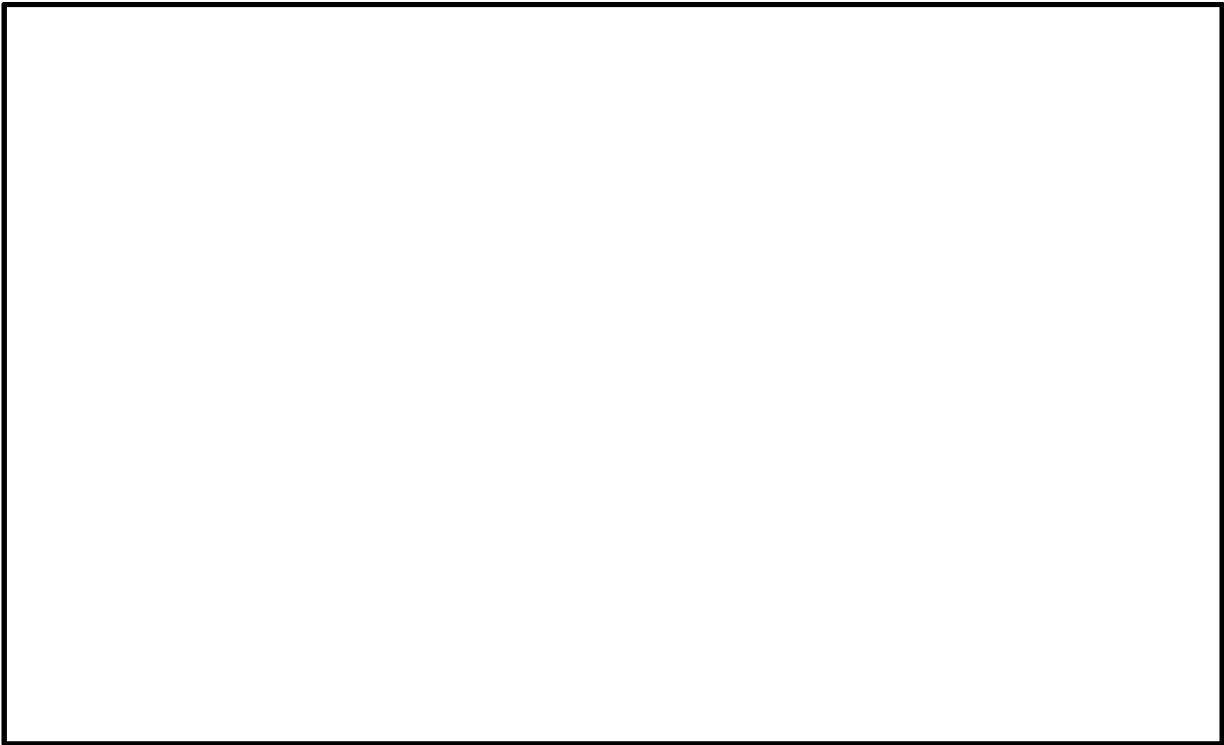


図 15.5-4 (10) 横断面方向の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s - 2\ 2$ )  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



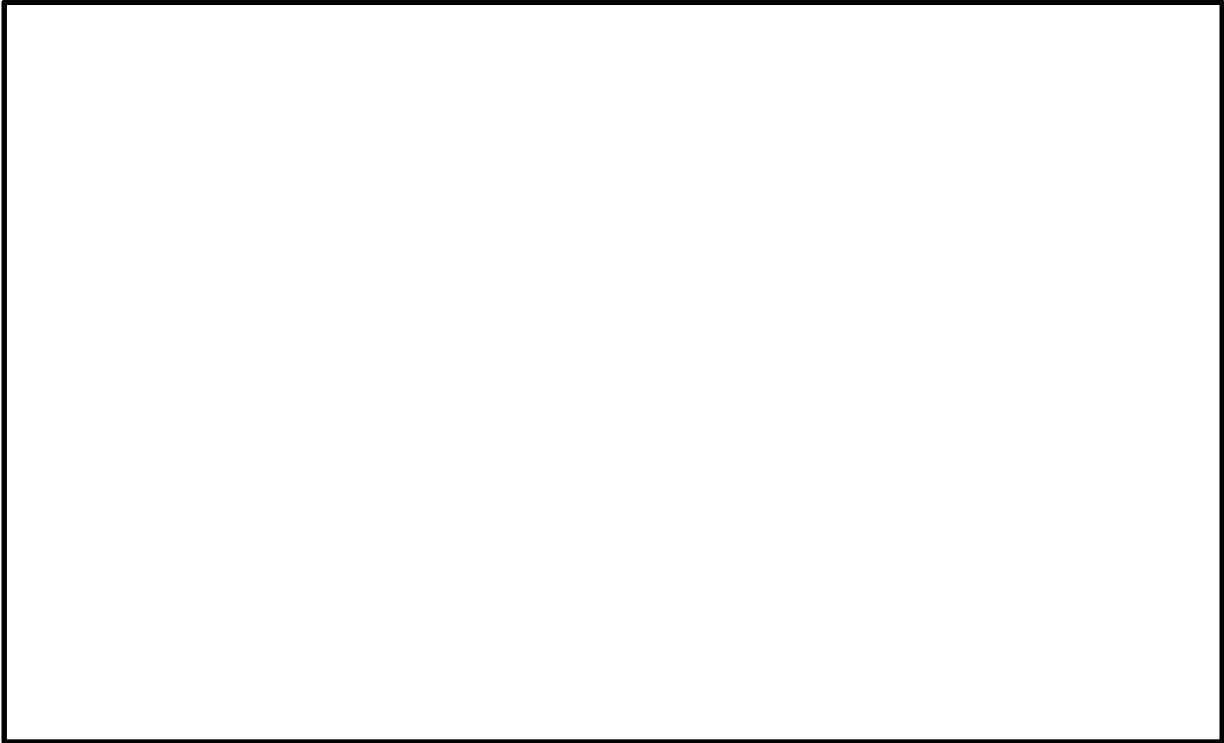


図 15.5-4 (11) 横断面方向の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s - 3.1 [H+, V+]$ )  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

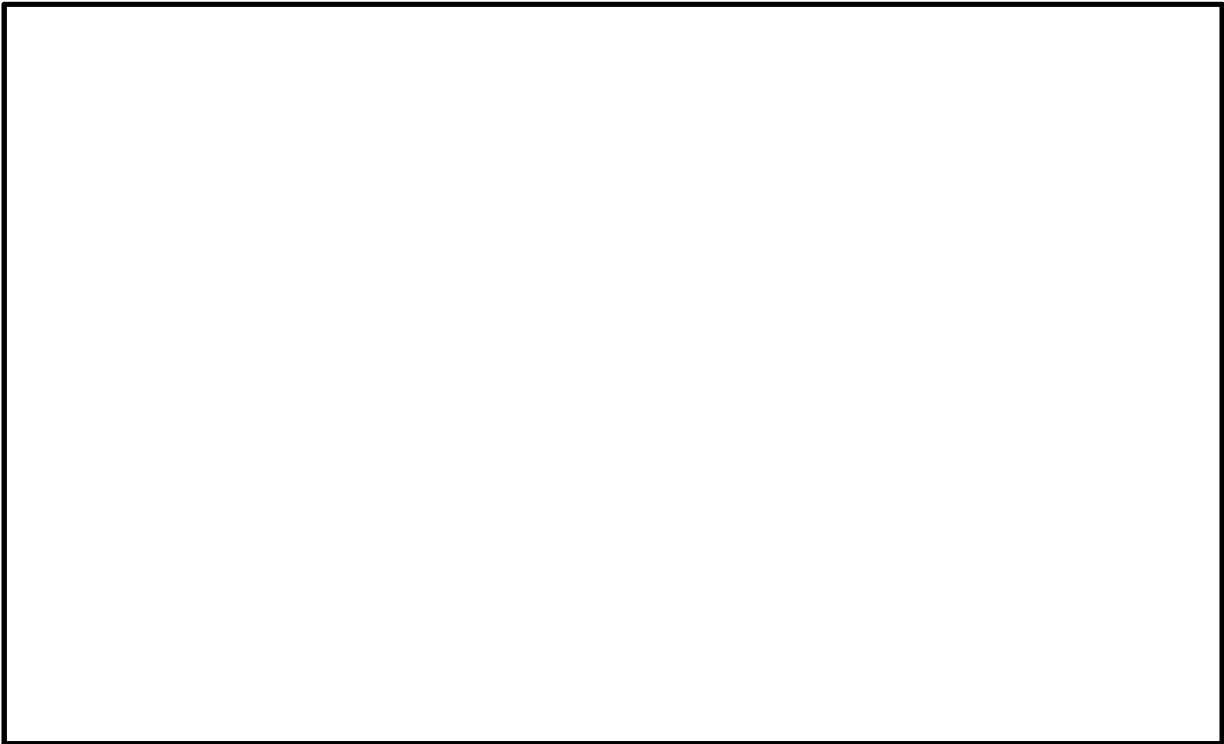


図 15.5-4 (12) 横断面方向の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s - 3.1 [H-, V+]$ )  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



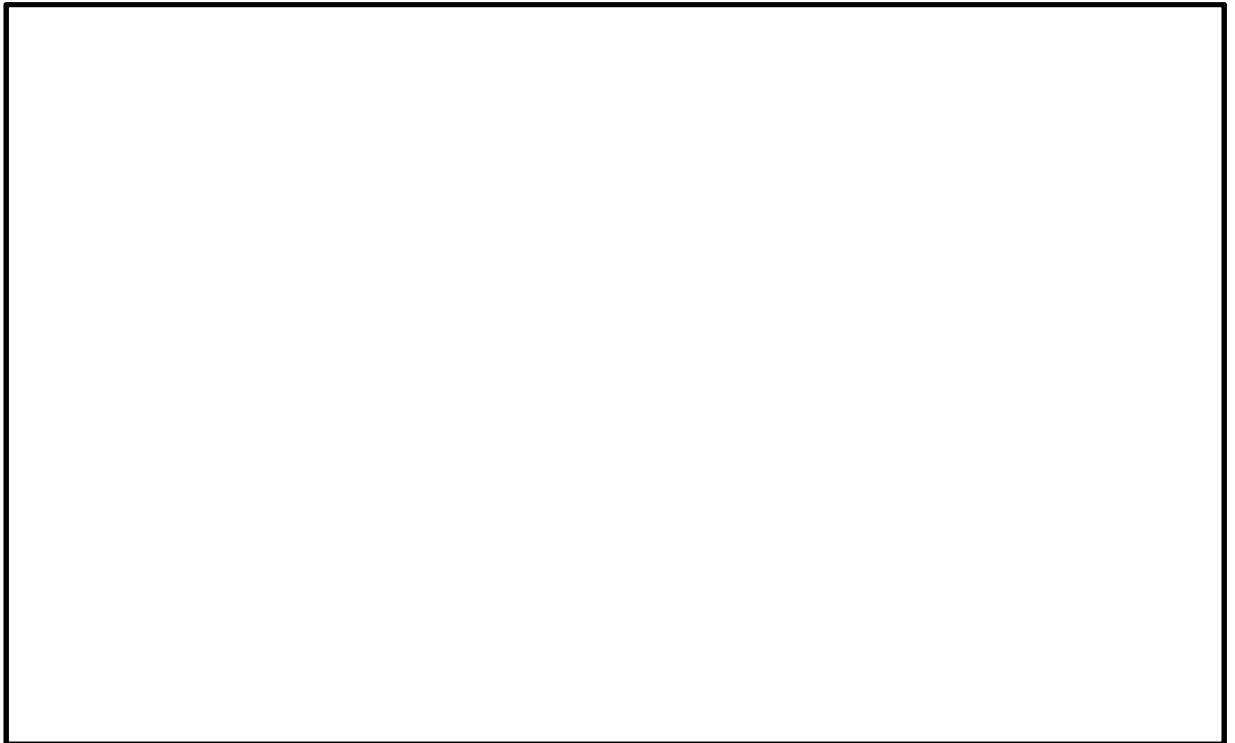


図 15.5-5 (1) 横断面方向の過剰間隙水圧比分布 ( $S_s - D 1 [H+, V+]$ )  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

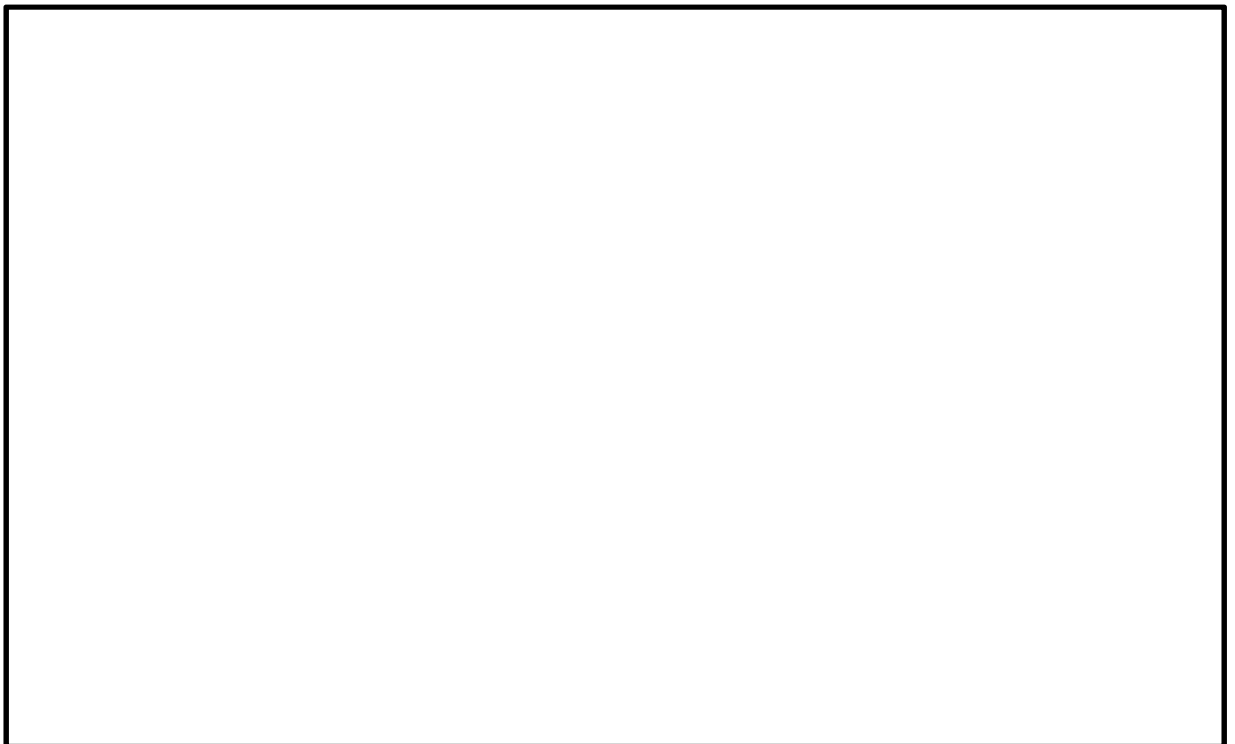


図 15.5-5 (2) 横断面方向の過剰間隙水圧比分布 ( $S_s - D 1 [H+, V-]$ )  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



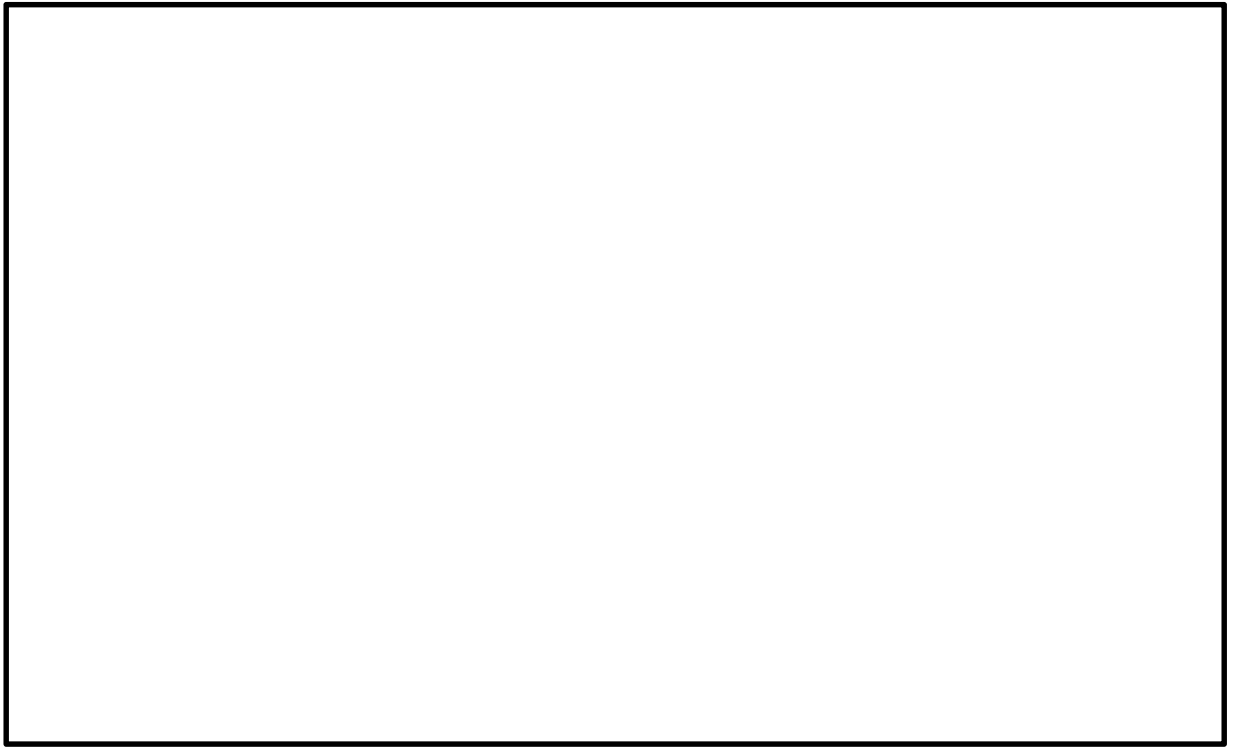


図 15.5-5 (3) 横断面方向の過剰間隙水圧比分布 ( $S_s - D 1 [H-, V+]$ )  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

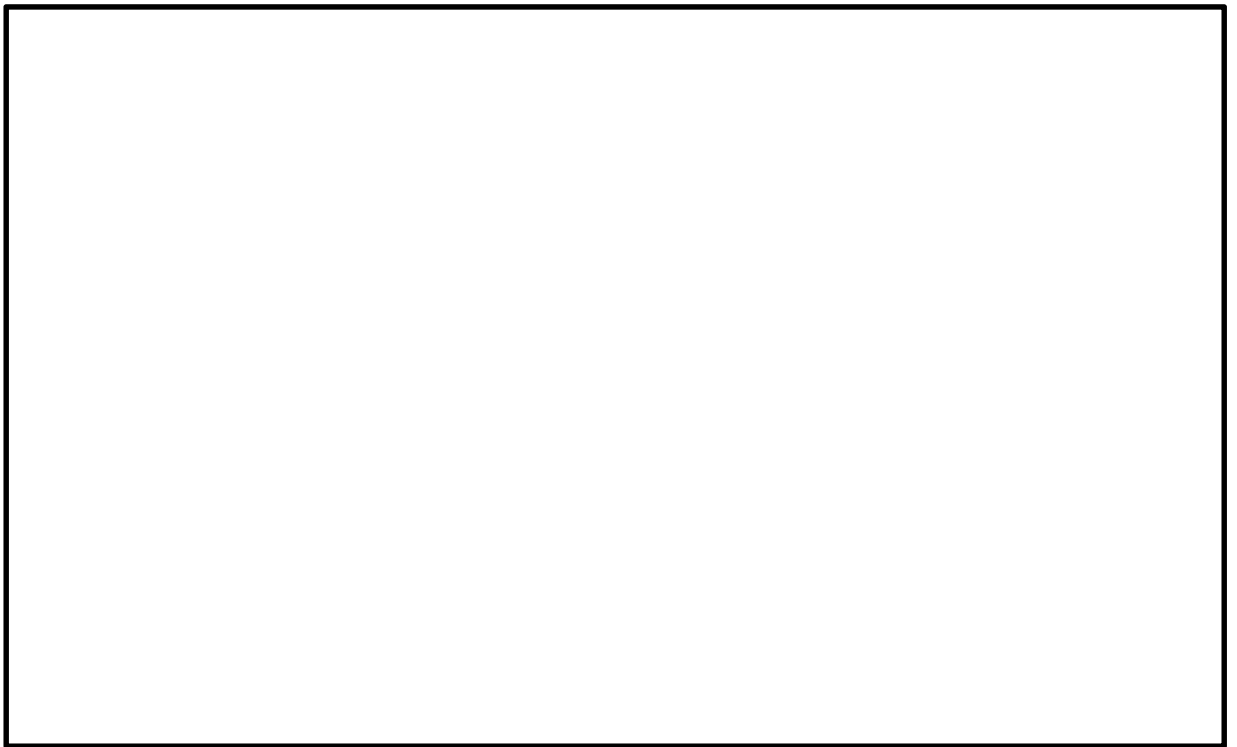


図 15.5-5 (4) 横断面方向の過剰間隙水圧比分布 ( $S_s - D 1 [H-, V-]$ )  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)





図 15.5-5 (5) 横断面方向の過剰間隙水圧比分布 ( $S_s - 1.1$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



図 15.5-5 (6) 横断面方向の過剰間隙水圧比分布 ( $S_s - 1.2$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



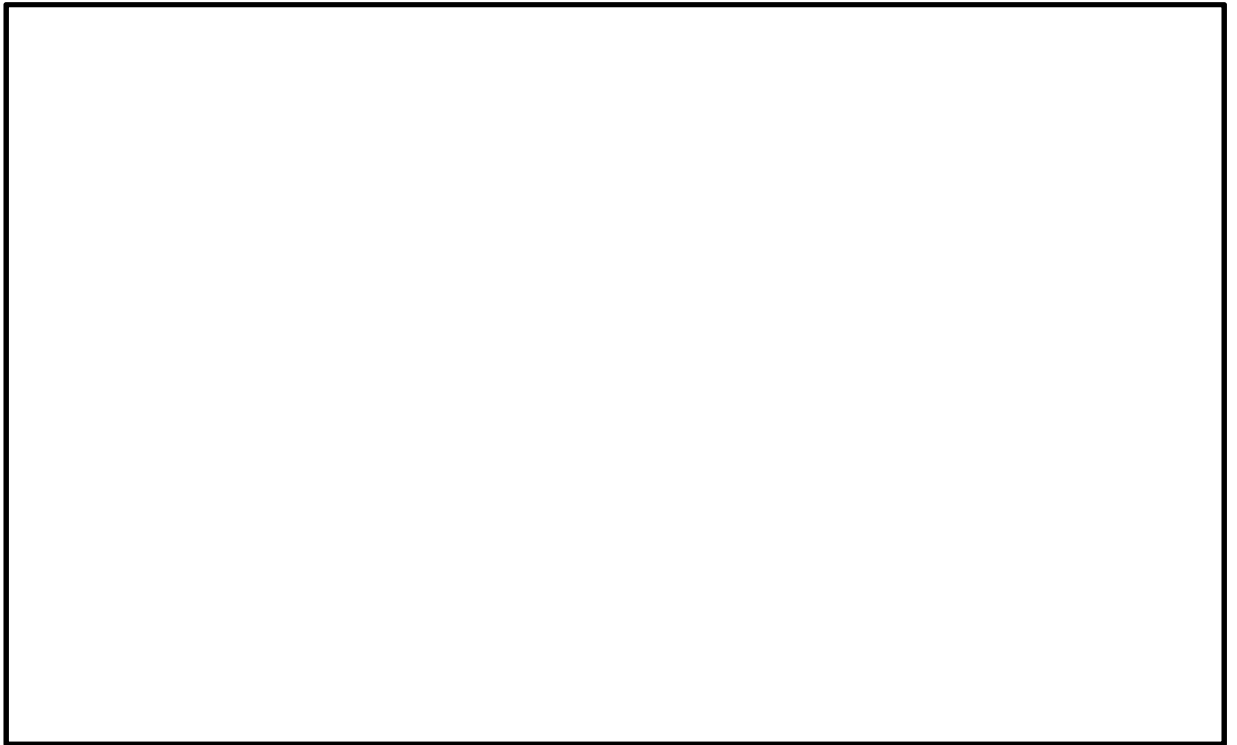


図 15.5-5 (7) 横断面方向の過剰間隙水圧比分布 ( $S_s - 1.3$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

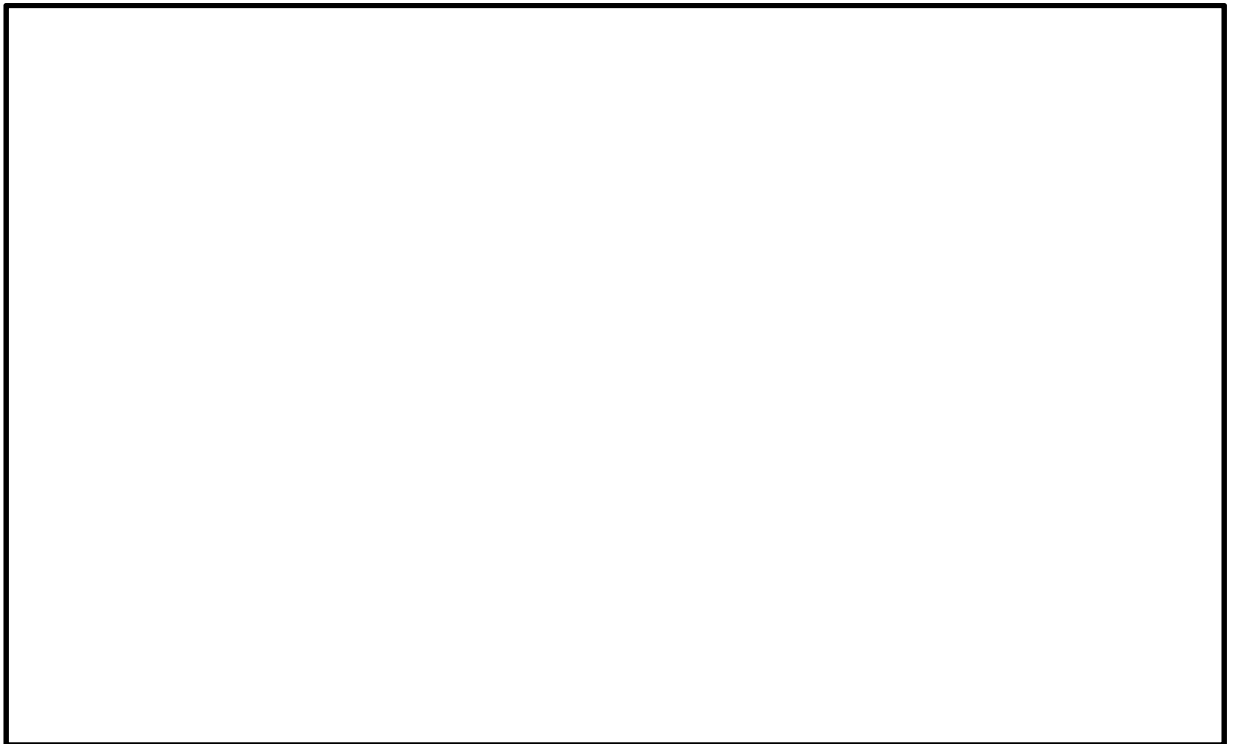


図 15.5-5 (8) 横断面方向の過剰間隙水圧比分布 ( $S_s - 1.4$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



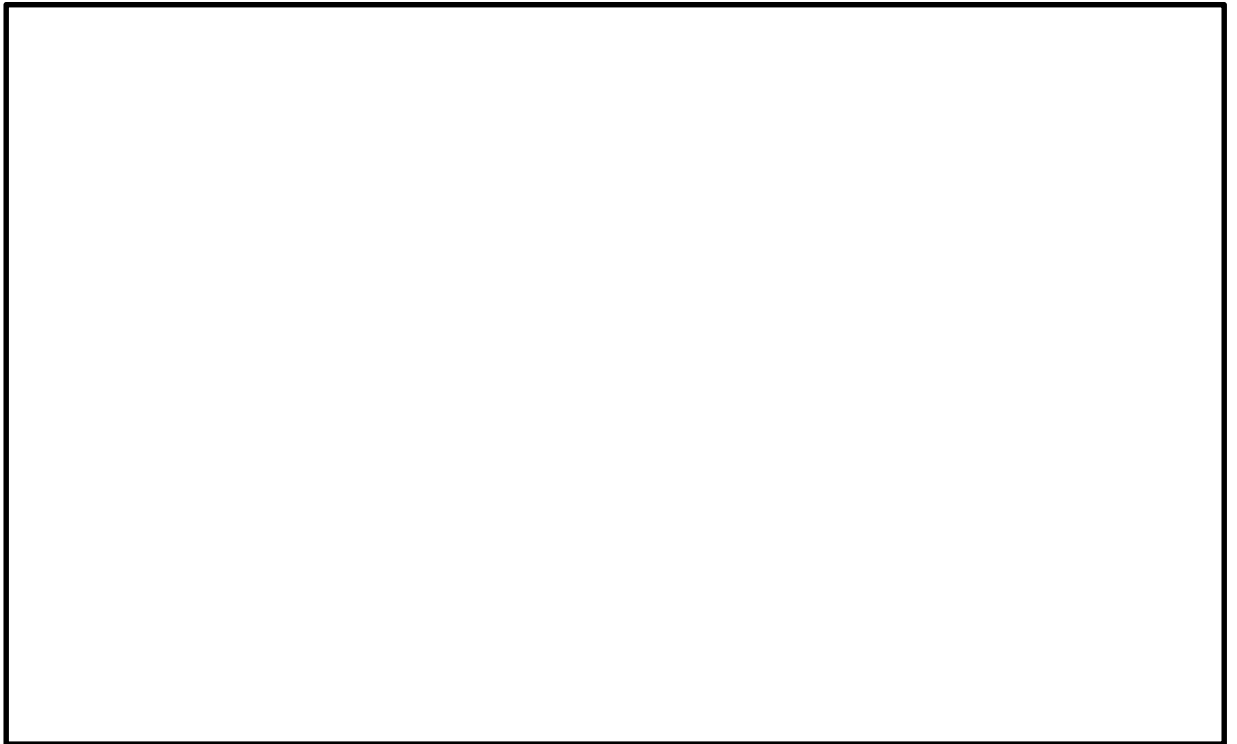


図 15.5-5 (9) 横断面方向の過剰間隙水圧比分布 ( $S_s - 2.1$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

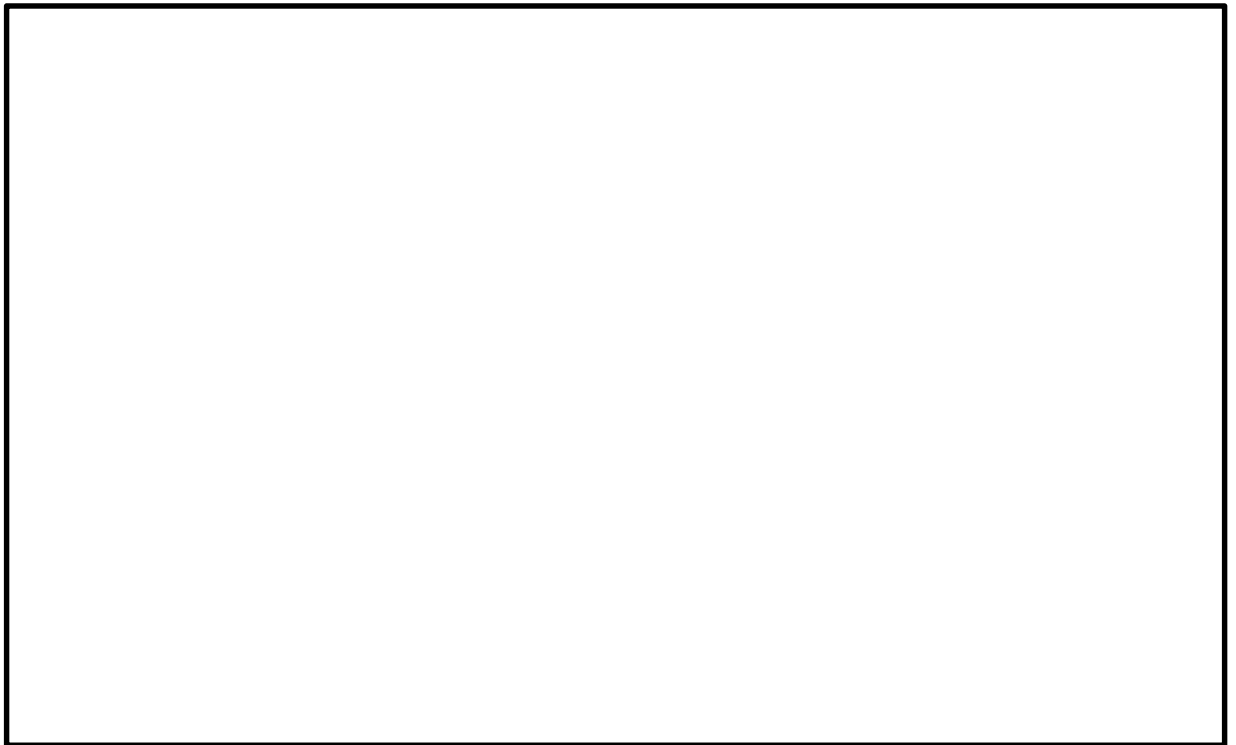


図 15.5-5 (10) 横断面方向の過剰間隙水圧比分布 ( $S_s - 2.2$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



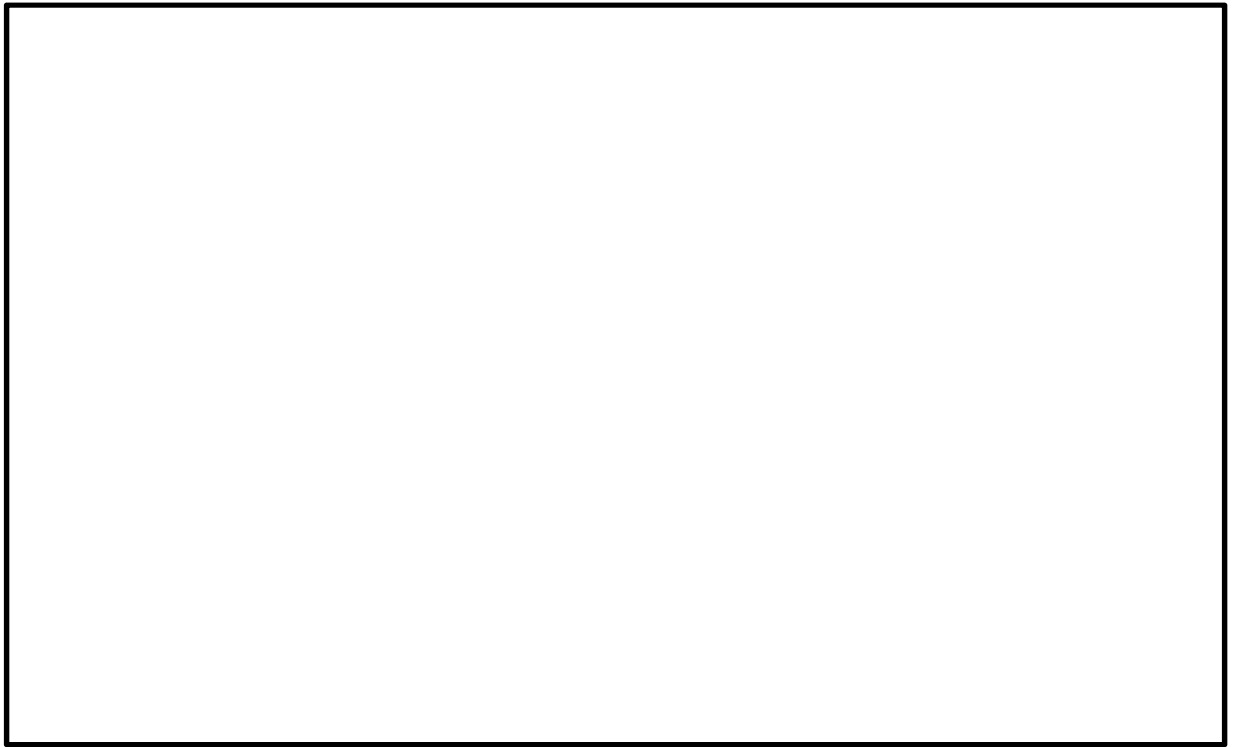


図 15.5-5 (11) 横断面方向の過剰間隙水圧比分布 ( $S_s - 3.1$  [H+, V+])

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

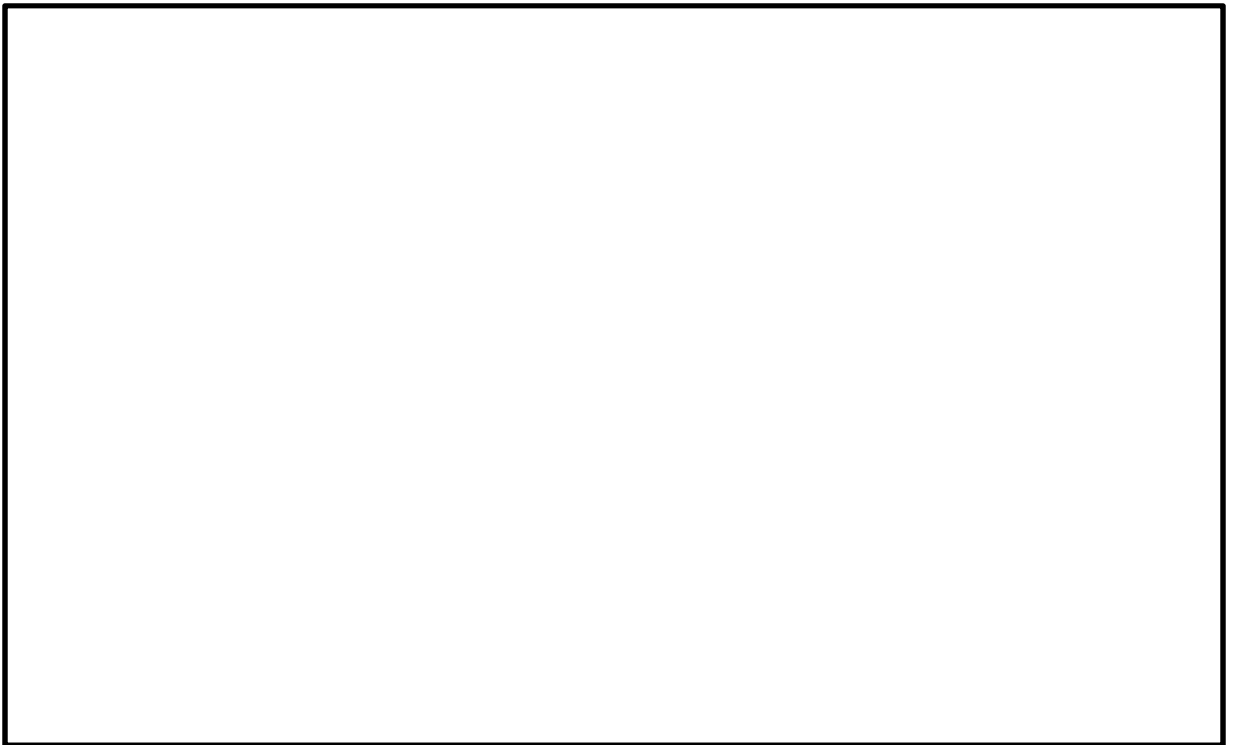


図 15.5-5 (12) 横断面方向の過剰間隙水圧比分布 ( $S_s - 3.1$  [H-, V+])

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



### 15.5.2 耐震評価結果

#### (1) 構造部材の横断面方向の曲げ軸力に対する評価結果

鋼材の照査結果を表 15.5-1 に示す。

海水引込み管における許容応力度法による照査を行った結果、評価位置において応力度が短期許容応力度以下であることを確認した。

以上のことから、海水引込み管の構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認した。なお、発生応力は各地震動、各部材において最大となる値を示している。

表 15.5-1 鋼材の曲げ軸力照査結果（横断面方向）

「追而」

（検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース）

| 地震動                 | 位相       | 板厚<br>(mm) | ①発生応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | ②短期許容応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値<br>①／② |
|---------------------|----------|------------|--------------------------------|----------------------------------|------------|
| S <sub>s</sub> -D 1 | [H+, V+] |            |                                |                                  |            |
|                     | [H+, V-] |            |                                |                                  |            |
|                     | [H-, V+] |            |                                |                                  |            |
|                     | [H-, V-] |            |                                |                                  |            |
| S <sub>s</sub> -1 1 | -        |            |                                |                                  |            |
| S <sub>s</sub> -1 2 | -        |            |                                |                                  |            |
| S <sub>s</sub> -1 3 | -        |            |                                |                                  |            |
| S <sub>s</sub> -1 4 | -        |            |                                |                                  |            |
| S <sub>s</sub> -2 1 | -        |            |                                |                                  |            |
| S <sub>s</sub> -2 2 | -        |            |                                |                                  |            |
| S <sub>s</sub> -3 1 | [H+, V+] |            |                                |                                  |            |
|                     | [H-, V+] |            |                                |                                  |            |



- (2) 構造部材の横断面方向のせん断力に対する評価結果  
せん断力に対する照査結果を表 15.5-2 に示す。

海水引込み管における許容応力度法による照査を行った結果、評価位置においてせん断  
応力度が短期許容応力度以下であることを確認した。

以上のことから、海水引込み管の構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認  
した。なお、発生応力及び発生断面力は各地震動、各部材において最大となる値を示して  
いる。

「追而」

表 15.5-2 せん断力照査結果（横断面方向）

（検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース）

| 地震動                 | 位相       | 板厚<br>(mm) | ①発生応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | ②短期許容応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値<br>①／② |
|---------------------|----------|------------|--------------------------------|----------------------------------|------------|
| S <sub>s</sub> -D 1 | [H+, V+] |            |                                |                                  |            |
|                     | [H+, V-] |            |                                |                                  |            |
|                     | [H-, V+] |            |                                |                                  |            |
|                     | [H-, V-] |            |                                |                                  |            |
| S <sub>s</sub> -1 1 | -        |            |                                |                                  |            |
| S <sub>s</sub> -1 2 | -        |            |                                |                                  |            |
| S <sub>s</sub> -1 3 | -        |            |                                |                                  |            |
| S <sub>s</sub> -1 4 | -        |            |                                |                                  |            |
| S <sub>s</sub> -2 1 | -        |            |                                |                                  |            |
| S <sub>s</sub> -2 2 | -        |            |                                |                                  |            |
| S <sub>s</sub> -3 1 | [H+, V+] |            |                                |                                  |            |
|                     | [H-, V+] |            |                                |                                  |            |



(3) 構造部材の合成応力に対する評価結果

海水引込み管の発生応力は、「港湾の施設の技術上の基準・同解説（日本港湾協会，平成 19 年）」に基づき横断面方向応力と縦断面応力を以下の式にて組み合わせる。

$$\sigma = \sqrt{\sigma_C^2 + \sigma_L^2 - \sigma_C \sigma_L + 3\tau^2}$$

ここで，

- $\sigma$  : 合成応力度 (N/mm<sup>2</sup>)  
 $\sigma_C$  : 横断面方向応力度 (N/mm<sup>2</sup>)  
 $\sigma_L$  : 縦断面方向応力度 (N/mm<sup>2</sup>)  
 $\tau$  : 縦断面方向せん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

合成応力に対する許容限界は，表 12-2-7 に示す許容応力度とする。

海水引込み管の曲げ軸力評価結果を表 15.5-3 に示す。

同表より，海水引込み管に生じる合成応力が許容限界以下であることを確認した。

表 15.5-3 合成応力の評価結果

「追而」

| 地震動       | 位相       | 横断面方向                                       | 縦断面方向                                     |  | ①   | ②                                   | 照査値<br>①/② |
|-----------|----------|---|---|--|---|-------------------------------------|------------|
|           |          | 応力度<br>* $\sigma_C$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 応力度<br>$\sigma_L$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | せん断応力度<br>$\tau$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 合成応力度<br>$\sigma$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) |            |
| S s - D 1 | [H+, V+] |   |   |  |   |                                     |            |
|           | [H+, V-] |   |   |  |   |                                     |            |
|           | [H-, V+] |   |   |  |   |                                     |            |
|           | [H-, V-] |   |   |  |   |                                     |            |
| S s - 1 1 | -        |   |   |  |   |                                     |            |
| S s - 1 2 | -        |   |   |  |   |                                     |            |
| S s - 1 3 | -        |   |   |  |   |                                     |            |
| S s - 1 4 | -        |   |   |  |   |                                     |            |
| S s - 2 1 | -        |   |   |  |   |                                     |            |
| S s - 2 2 | -        |   |   |  |   |                                     |            |
| S s - 3 1 | [H+, V+] |   |   |  |   |                                     |            |
|           | [H-, V+] |   |   |  |   |                                     |            |

注記 \*：地震応答解析による曲げ応力に内圧による横断面方向応力を考慮したもの



(4) 基礎地盤の支持性能に対する評価結果

基礎地盤の支持性能評価結果を表 15.5-4 に、接地圧分布図を図 15.5-6 に示す。

海水引込み管の最大接地圧は  $S_s-22$  (横断面方向) で  $984 \text{ kN/m}^2$  であり、基礎地盤の極限支持力度  $2306 \text{ kN/m}^2$  以下である。

以上のことから、海水引込み管の基礎地盤は、基準地震動  $S_s$  に対し、支持性能を有することを確認した。

速 報

表 15.5-4 基礎地盤の支持性能評価結果

| 地震動      | 位相       | 最大接地圧<br>( $\text{kN/m}^2$ ) | 極限支持力度<br>( $\text{kN/m}^2$ ) |
|----------|----------|------------------------------|-------------------------------|
| $S_s-D1$ | [H+, V+] | 953                          | 2306                          |
|          | [H+, V-] | 979                          | 2306                          |
|          | [H-, V+] | 948                          | 2306                          |
|          | [H-, V-] | 974                          | 2306                          |
| $S_s-11$ | -        | 936                          | 2306                          |
| $S_s-12$ | -        | 944                          | 2306                          |
| $S_s-13$ | -        | 939                          | 2306                          |
| $S_s-14$ | -        | 921                          | 2306                          |
| $S_s-21$ | -        | 976                          | 2306                          |
| $S_s-22$ | -        | 984                          | 2306                          |
| $S_s-31$ | [H+, V+] | 924                          | 2306                          |
|          | [H+, V-] | 908                          | 2306                          |



図 15.5-6 (1) 横断面方向の接地圧分布図 ( $S_s-D1 [H+, V+]$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 15.5-6 (2) 横断面方向の接地圧分布図 ( $S_s-D1 [H+, V-]$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 15.5-6 (3) 横断面方向の接地圧分布図 ( $S_s-D1 [H-, V+]$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 15.5-6 (4) 横断面方向の接地圧分布図 ( $S_s-D1 [H-, V-]$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 15.5-6 (5) 横断面方向の接地圧分布図 ( $S_s-11$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 15.5-6 (6) 横断面方向の接地圧分布図 ( $S_s-12$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 15.5-6 (7) 横断面方向の接地圧分布図 ( $S_s-13$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 15.5-6 (8) 横断面方向の接地圧分布図 ( $S_s-14$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 15.5-6 (9) 横断面方向の接地圧分布図 ( $S_s-21$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



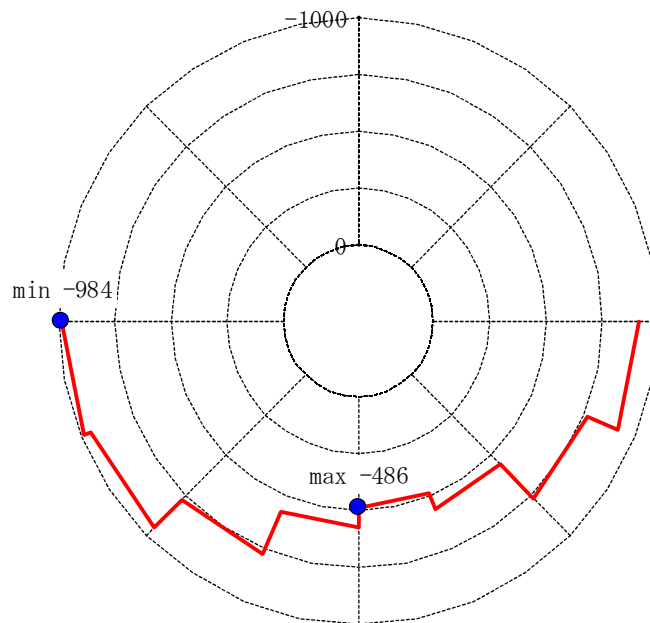


図 15.5-6 (10) 横断面方向の接地圧分布図 ( $S_s - 2.2$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 15.5-6 (11) 横断面方向の接地圧分布図 ( $S_s - 3.1$  [H+, V+])

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 15.5-6 (12) 横断面方向の接地圧分布図 ( $S_s - 3.1$  [H-, V+])

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



#### 15.6 まとめ

海水引込み管について、基準地震動 $S_s$ による地震力に対し、構造物の曲げ軸力及びせん断力並びに最大接地圧が許容限界以下であることを確認した。

以上のことから、海水引込み管は、基準地震動 $S_s$ による地震力に対して、要求機能を維持できる。



海水引込み管の耐震安全性評価に関する参考資料



## 1 減衰の設定について

地震応答解析における減衰については、固有値解析にて求まる固有周期及び減衰比に基づき、質量マトリックス及び剛性マトリックスの線形結合で表される以下の Rayleigh 減衰にて与える。なお、Rayleigh 減衰を  $\alpha = 0$  とする剛性比例型減衰とする。Rayleigh 減衰の設定は、地盤の低次のモードの変形が特に支配的となる地中埋設構造物のような地盤及び構造系全体に対して、その特定の振動モードの影響が大きいことを考慮し、かつ、振動モードの影響が全体系に占める割合の観点から、刺激係数に着目し行う。

固有値解析によるモード図を図 15-1 に示す。また、設定した Rayleigh 減衰を図 15-2 に示す。

1 次の基準モードについては、地盤がせん断変形しているモードを選定している。

なお、初期減衰定数は、地盤については 1 %（解析における減衰は、ひずみが大きい領域では履歴減衰が支配的となる。そのため、解析上の安定のためになるべく小さい値として 1 %を採用している。）とする。また、線形材料としてモデル化する鋼材の減衰定数は 3 %（道路橋示方書（V 耐震設計編）同解説（平成 24 年 3 月））とする。



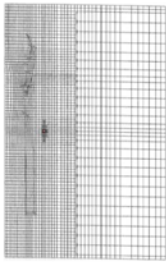
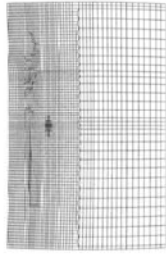
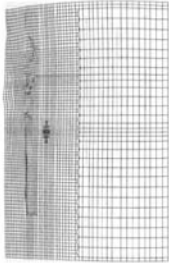
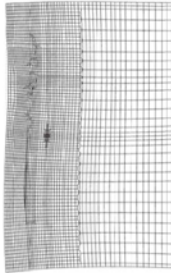
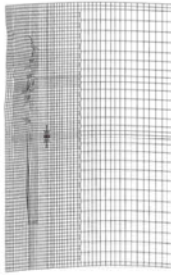
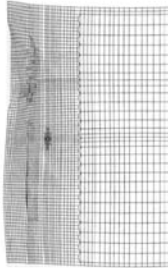
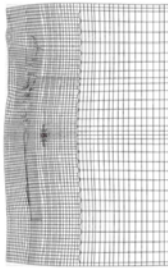
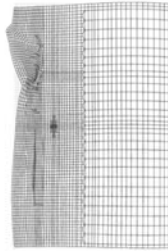
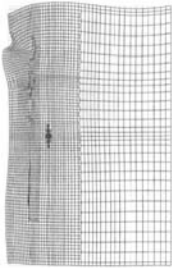
|   |  |  |
|---|--|--|
| <p>1次モード</p> <div>0.727 Hz ( 刺激係数 : 196.83 )</div>   | <p>2次モード</p> <div>1.329 Hz ( 刺激係数 : -1.12 )</div>    | <p>3次モード</p> <div>1.663 Hz ( 刺激係数 : 10.23 )</div>     |
| <p>4次モード</p> <div>1.750 Hz ( 刺激係数 : -4.53 )</div>    | <p>5次モード</p> <div>1.997 Hz ( 刺激係数 : 63.11 )</div>    | <p>6次モード</p> <div>2.274 Hz ( 刺激係数 : -7.42 )</div>     |
| <p>7次モード</p> <div>2.433 Hz ( 刺激係数 : -0.74 )</div>  | <p>8次モード</p> <div>2.640 Hz ( 刺激係数 : 18.06 )</div>  | <p>9次モード</p> <div>2.926 Hz ( 刺激係数 : -16.86 )</div>  |

図 15-1 (1) 海水引込み管の固有値解析結果 ※速報  
 (検討ケース①：原地盤に基づく液化化強度特性を用いた解析ケース)  
 (②-②断面)



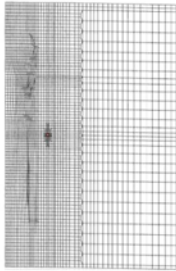
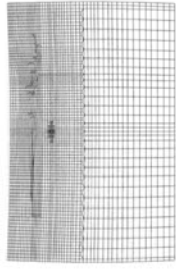
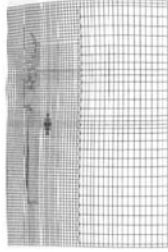
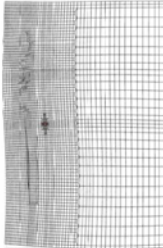
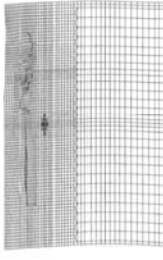
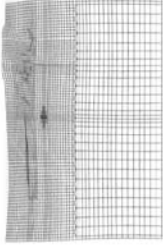
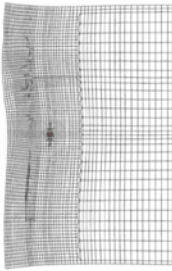
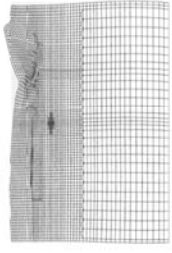
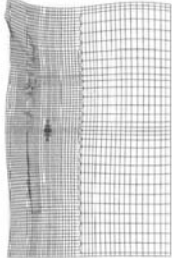
| 1次モード   | 2次モード  | 3次モード  |
|---|--|--|
| <div>0.729 Hz ( 刺激係数 : 197.09 )</div>  | <div>1.332 Hz ( 刺激係数 : -0.87 )</div>    | <div>1.704 Hz ( 刺激係数 : 8.61 )</div>     |
| 4次モード   | 5次モード  | 6次モード  |
| <div>1.769 Hz ( 刺激係数 : 6.01 )</div>    | <div>2.045 Hz ( 刺激係数 : 64.52 )</div>    | <div>2.366 Hz ( 刺激係数 : 4.37 )</div>     |
| 7次モード   | 8次モード  | 9次モード  |
| <div>2.461 Hz ( 刺激係数 : 3.27 )</div>  | <div>2.780 Hz ( 刺激係数 : 18.43 )</div>  | <div>3.026 Hz ( 刺激係数 : 12.35 )</div>  |

図 15-1 (2) 海水引込み管の固有値解析結果 ※速報  
 (検討ケース② : 地盤物性のばらつきを考慮 ( + 1  $\sigma$  ) した解析ケース)  
 (②-②断面)



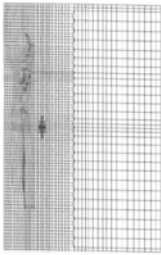
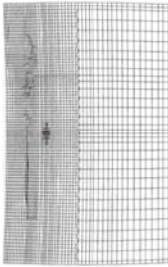
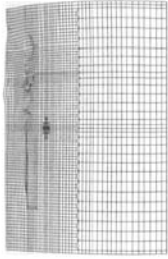
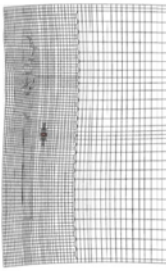
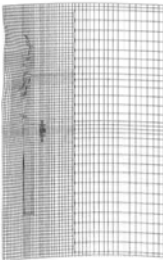
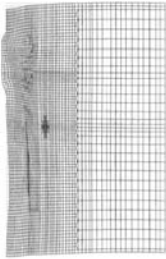
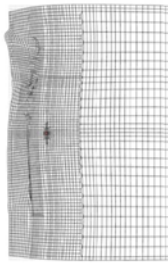
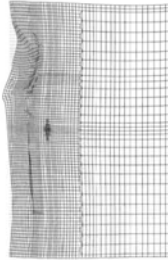
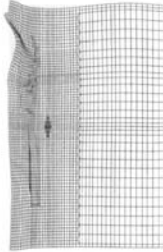
| 1次モード   | 2次モード   | 3次モード  |
|---|---|--|
| <div>0.725 Hz ( 刺激係数 : 196.44 )</div>  | <div>1.326 Hz ( 刺激係数 : -1.53 )</div>      | <div>1.610 Hz ( 刺激係数 : 11.70 )</div>    |
| 4次モード   | 5次モード   | 6次モード  |
| <div>1.732 Hz ( 刺激係数 : -4.17 )</div>   | <div>1.930 Hz ( 刺激係数 : 60.96 )</div>     | <div>2.165 Hz ( 刺激係数 : 10.90 )</div>    |
| 7次モード   | 8次モード   | 9次モード  |
| <div>2.378 Hz ( 刺激係数 : 6.35 )</div>  | <div>2.507 Hz ( 刺激係数 : -16.28 )</div>  | <div>2.785 Hz ( 刺激係数 : 19.94 )</div>  |

図 15-1 (3) 海水引込み管の固有値解析結果 ※速報  
 (検討ケース③ : 地盤物性のばらつきを考慮 ( - 1  $\sigma$  ) した解析ケース)  
 (②-②断面)



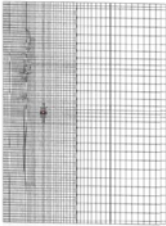
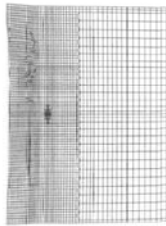
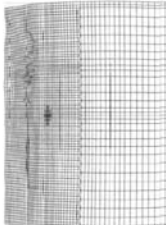
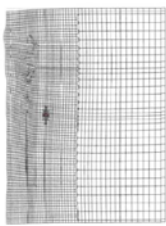
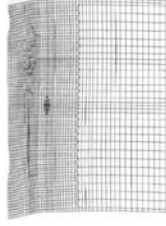
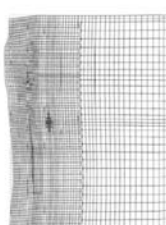
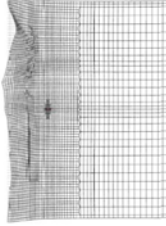
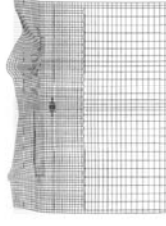
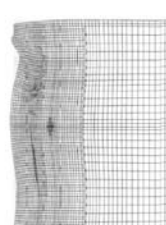
| 1次モード  | 2次モード  | 3次モード   |
|--|--|---|
| <div>0.717 Hz ( 刺激係数 : 193.18 )</div>   | <div>1.298 Hz ( 刺激係数 : -4.44 )</div>    | <div>1.413 Hz ( 刺激係数 : 8.64 )</div>    |
| 4次モード  | 5次モード  | 6次モード   |
| <div>1.628 Hz ( 刺激係数 : -36.45 )</div>   | <div>1.644 Hz ( 刺激係数 : 50.74 )</div>    | <div>1.845 Hz ( 刺激係数 : 3.24 )</div>    |
| 7次モード  | 8次モード  | 9次モード   |
| <div>1.971 Hz ( 刺激係数 : -7.04 )</div>  | <div>2.262 Hz ( 刺激係数 : -7.64 )</div>  | <div>2.401 Hz ( 刺激係数 : 3.15 )</div>  |

図 15-1 (4) 海水引込み管の固有値解析結果 ※速報

(検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)

(②-②断面)



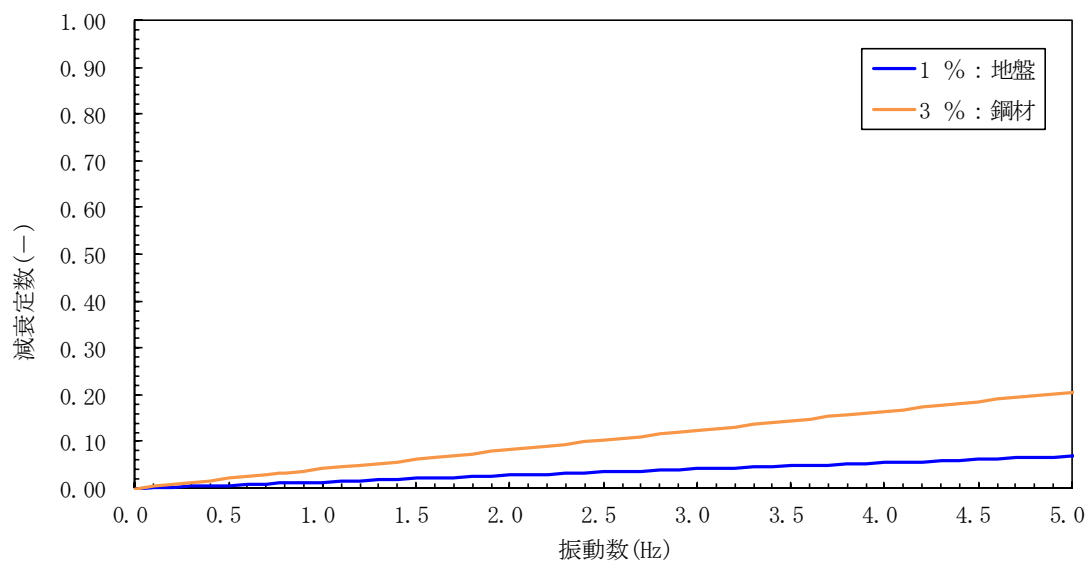


図 15-2 (1) 海水引込み管の固有値解析結果 ※速報

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

(②-②断面)

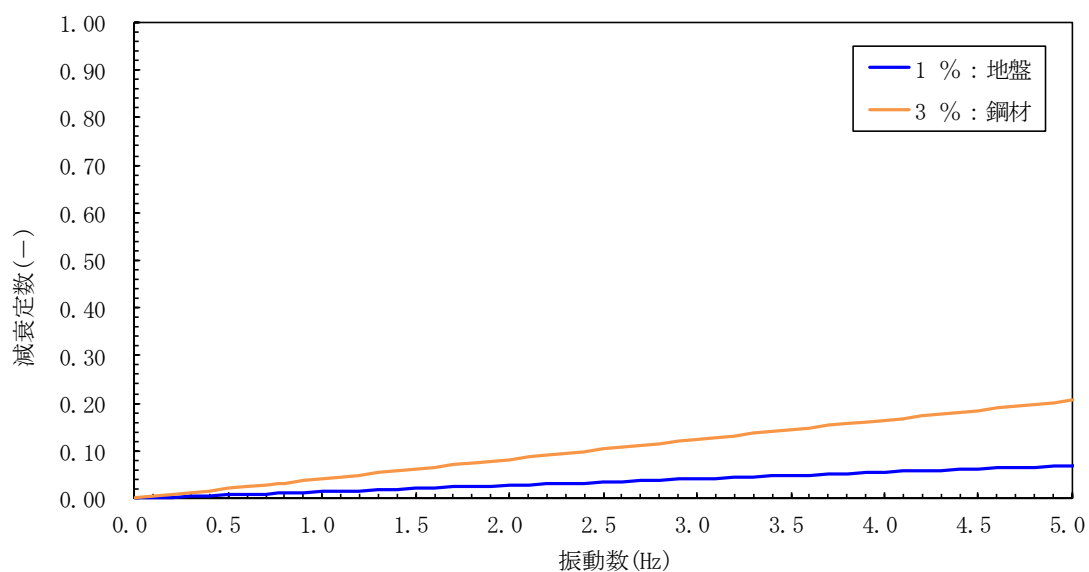


図 15-2 (2) 海水引込み管の固有値解析結果 ※速報

(検討ケース②：地盤物性のばらつきを考慮 (+ 1  $\sigma$ ) した解析ケース)

(②-②断面)



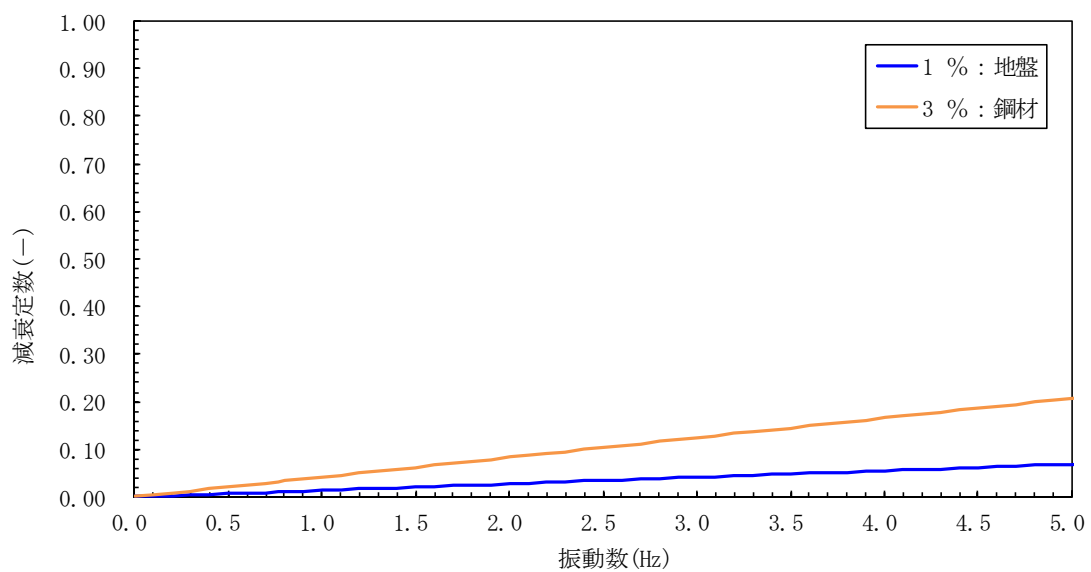


図 15-2(3) 海水引込み管の固有値解析結果 ※速報

(検討ケース③：地盤物性のばらつきを考慮 ( $-1\sigma$ ) した解析ケース)

(②-②断面)

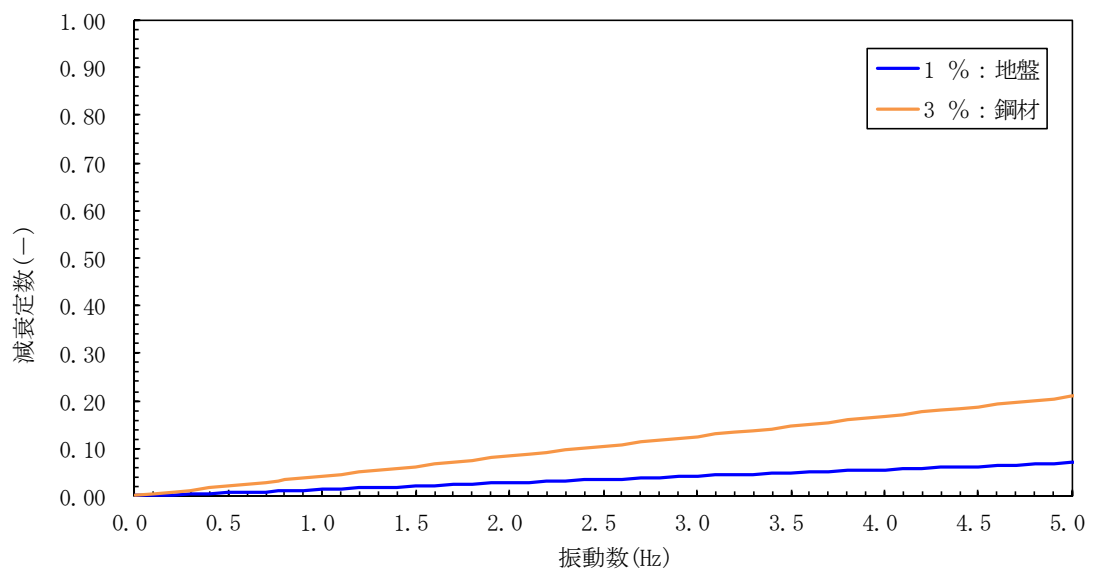


図 15-2(4) 海水引込み管の固有値解析結果 ※速報

(検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)

(参考) 15-8



## 16. SA用海水ピット取水塔の耐震安全性評価

### 目次

|         |              |    |
|---------|--------------|----|
| 16.1    | 評価方針         | 1  |
| 16.2    | 評価条件         | 2  |
| 16.2.1  | 適用基準         | 2  |
| 16.2.2  | 耐震安全性評価フロー   | 3  |
| 16.2.3  | 評価対象断面       | 7  |
| 16.2.4  | 評価対象断面の選定    | 8  |
| 16.2.5  | 使用材料及び材料定数   | 12 |
| 16.2.6  | 評価構造物諸元      | 15 |
| 16.2.7  | 地下水位         | 15 |
| 16.2.8  | 地震応答解析手法     | 15 |
| 16.2.9  | 解析モデルの設定     | 17 |
| 16.2.10 | 減衰定数         | 26 |
| 16.2.11 | 荷重の組合せ       | 32 |
| 16.2.12 | 地震応答解析の検討ケース | 35 |
| 16.3    | 評価内容         | 36 |
| 16.3.1  | 入力地震動の設定     | 36 |
| 16.3.2  | 許容限界の設定      | 65 |
| 16.3.3  | 内部配管の評価      | 68 |
| 16.3.4  | 上段鋼製蓋の評価     | 69 |
| 16.4    | 評価結果         | 74 |
| 16.4.1  | 地震応答解析結果     | 74 |
| 16.4.2  | 耐震評価結果       | 79 |
| 16.5    | まとめ          | 97 |



## 16.1 評価方針

S A用海水ピット取水塔は、非常時における海水の通水機能を求められる土木構造物である。

また、常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。

S A用海水ピット取水塔の耐震評価は、地盤の2次元動的有効応力解析により得られた解析結果に基づき、設計基準対象施設及び重大事故等対処施設として、構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を行う。

構造部材の健全性評価については、地震応答解析に基づく発生応力が許容限界以下であることを確認する。

基礎地盤の支持性能評価については、基礎地盤に作用する接地圧が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認する。



## 16.2 評価条件

### 16.2.1 適用基準

適用する規格，基準類を表 16.2-1 に示す。

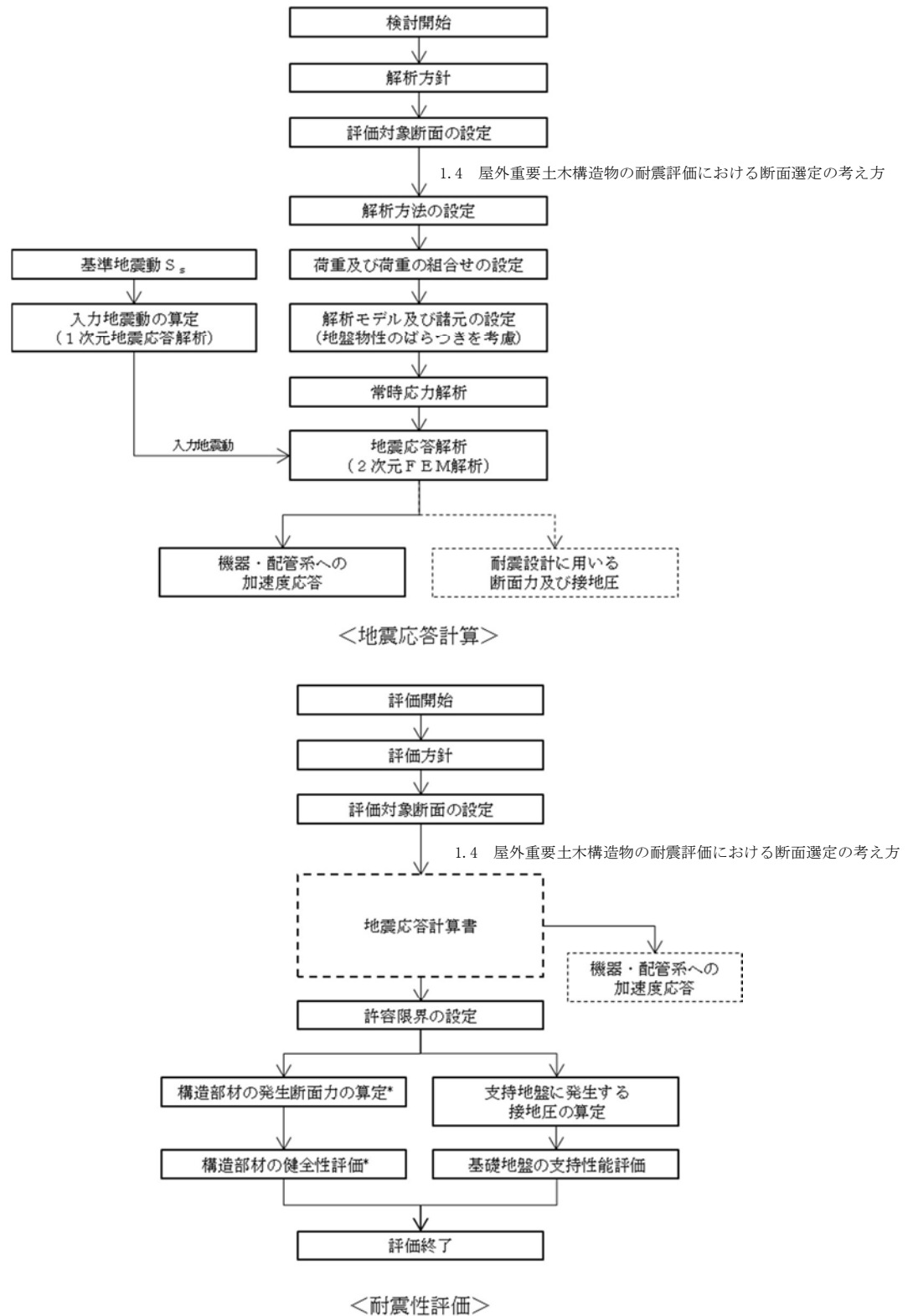
表 16.2-1 適用する規格，基準類

| 項目             | 適用する規格，基準類  | 備考   |
|----------------|---|--|
| 使用材料及び<br>材料定数 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・コンクリート標準示方書<br/>[構造性能照査編]<br/>( (社) 土木学会, 2002 年制定)</li> <li>・道路橋示方書 ( I 共通編・IV 下部<br/>構造編) ・同解説 ( (社) 日本道<br/>路協会, 平成 24 年 3 月)</li> </ul> | —  |
| 荷重及び<br>荷重の組合せ | <ul style="list-style-type: none"> <li>・コンクリート標準示方書<br/>[構造性能照査編]<br/>( (社) 土木学会, 2002 年制定)</li> </ul>  | ・永久荷重＋偶発荷重の適切な組合せを<br>検討   |
| 許容限界           | <ul style="list-style-type: none"> <li>・コンクリート標準示方書<br/>[構造性能照査編]<br/>( (社) 土木学会, 2002 年制定)</li> <li>・道路橋示方書 ( I 共通編・IV 下部<br/>構造編) ・同解説 ( (社) 日本道<br/>路協会, 平成 24 年 3 月)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・耐震評価により算定した曲げ圧縮応<br/>力，曲げ引張応力及びせん断応力が短<br/>期許容限界以下であることを確認</li> <li>・基礎地盤に作用する接地圧が極限支持<br/>力に基づく許容限界以下であることを<br/>確認</li> </ul> |
| 地震応答解析         | <ul style="list-style-type: none"> <li>・J E A G 4 6 0 1 -1987 ( (社)<br/>日本電気協会)</li> </ul>  | ・有限要素法による 2 次元モデルを用い<br>た時刻歴非線形解析  |



## 16.2.2 耐震安全性評価フロー

S A用海水ピット取水塔の耐震安全性評価フローを図 16.2-1 に示す。



注記 \* : 部材評価フローに詳細記述する。

図 16.2-1 S A用海水ピット取水塔の耐震安全性評価フロー



部材評価フローを図 16.2-2 に、部材評価概念図を図 16.2-3 に、各部材評価で照査対象とする鉄筋を図 16.2-4 に示す。また、各部材評価で照査対象とする鉄筋を表 16.2-2 に示す。

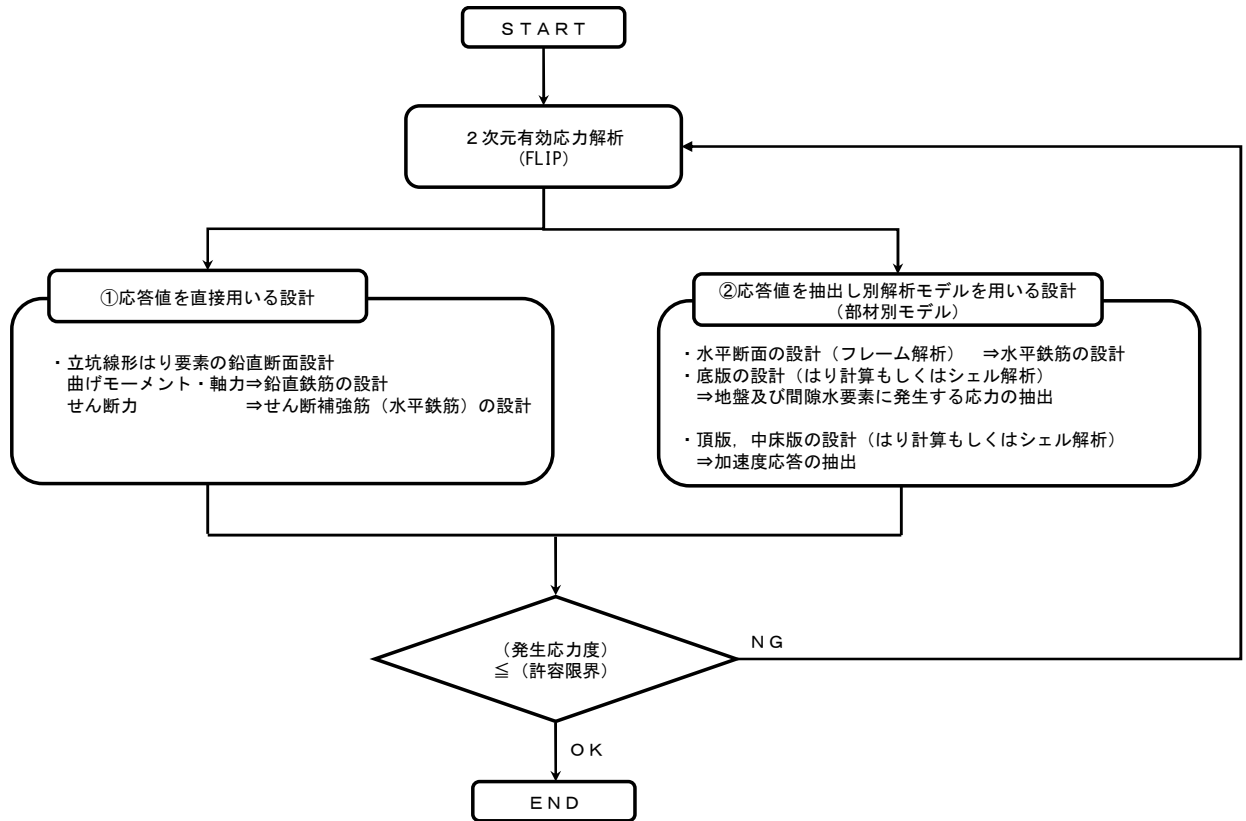
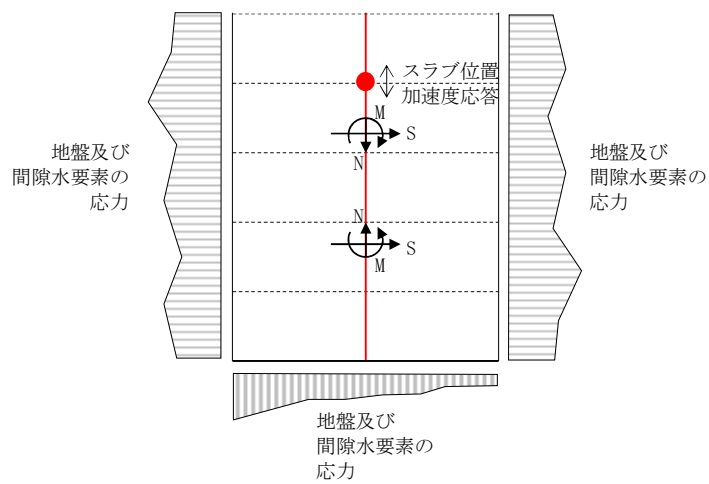
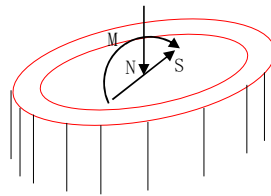


図 16.2-2 部材評価フロー

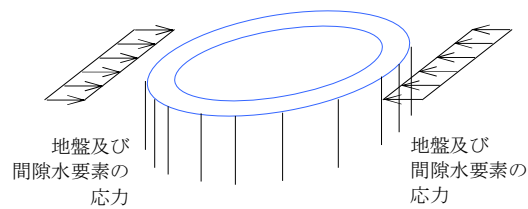




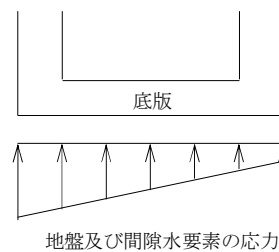
a) 2次元有効応力解析からの応答値の抽出



b) 立坑線形はり要素の鉛直断面設計



c) 水平断面の設計（フレーム計算）



d) スラブの設計

図 16.2-3 部材評価概念図



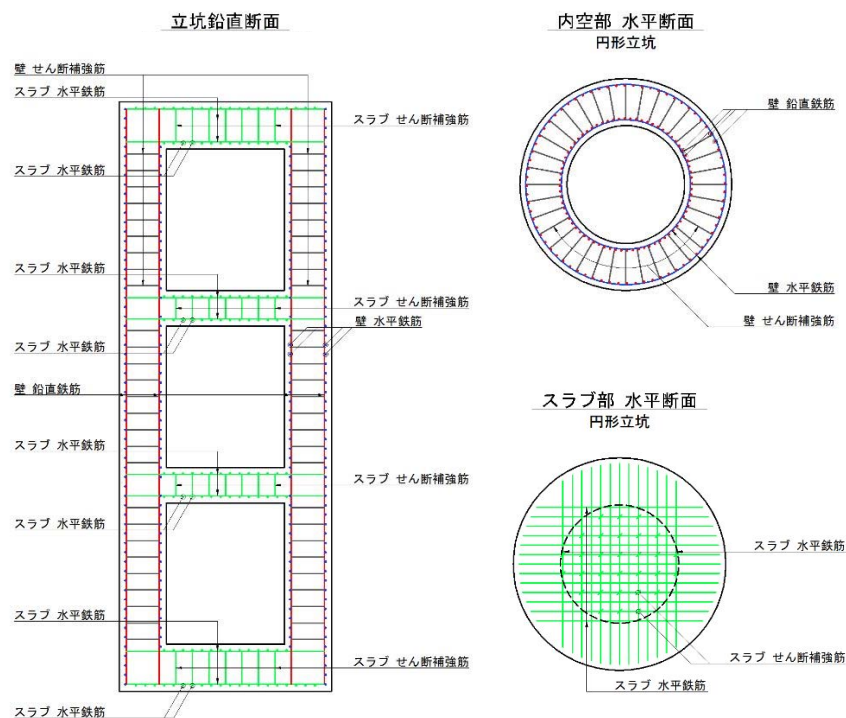


図 16.2-4 各部材評価で照査対象とする鉄筋種別概念図

表 16.2-2 各部材評価で照査対象とする鉄筋

| 部材      | 照査対象鉄筋 | 記号 | 部材評価                            | 備考 |
|---------|--------|----|---------------------------------|----|
| 壁       | 鉛直鉄筋   | —  | 立坑線形はり要素の鉛直断面設計<br>(曲げモーメント・軸力) |    |
|         | 水平鉄筋   | —  | 立坑線形はり要素の鉛直断面設計<br>(せん断力)       | *  |
|         | せん断補強筋 | —  | 水平断面の設計 (曲げモーメント・軸力)            |    |
| 底版      | 水平鉄筋   | —  | 底版の設計 (曲げモーメント)                 |    |
|         | せん断補強筋 | —  | 底版の設計 (せん断力)                    |    |
| 頂版, 中床版 | 水平鉄筋   | —  | 頂版, 中床版の設計 (曲げモーメント)            |    |
|         | せん断補強筋 | —  | 頂版, 中床版の設計 (せん断力)               |    |

注記 \* : 壁の水平鉄筋には, 鉛直断面設計におけるせん断力と水平断面の設計における曲げモーメント・軸力が同時に作用するため, 各々に対して必要となる鉄筋量を足し合わせた鉄筋量以上を配置する。



### 16.2.3 評価対象断面

S A用海水ピット取水塔の位置図を図 16.2-5, 図 16.2-6 に示す。

S A用海水ピット取水塔は、内径約 4 m、内空高さ約 18 m の円筒形の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり、明確な弱軸断面方向は無いことから、接続する海水引込み管に着目し、管路の縦断面方向の断面及びこれに直交する横断面方向の断面を評価対象断面とする。

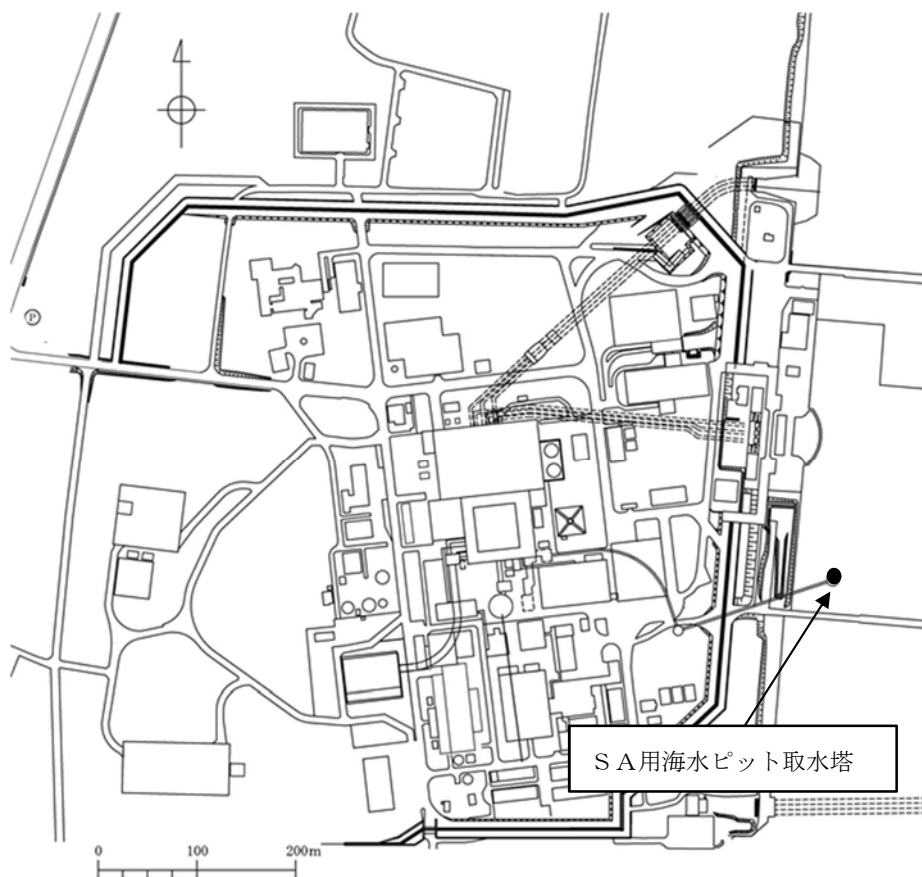


図 16.2-5 S A用海水ピット取水塔位置図（全体図）



図 16.2-6 S A用海水ピット取水塔位置図(拡大図)



#### 16.2.4 評価対象断面の選定

S A用海水ピット取水塔の評価対象断面位置図を図 16.2-7 に、評価対象断面図を図 16.2-8 に、構造平面図を図 16.2-9 に、構造断面図を図 16.2-10 に示す。

評価対象断面は、「1.4.16 S A用海水ピットの断面選定の考え方」で記載したとおり、円筒状の鉄筋コンクリート構造物であり明確な弱軸断面方向がないことから、接続する海水引込み管の縦断面方向の①-①断面とそれに直交する横断面方向の②-②断面の両方向について選定して耐震評価を実施する。

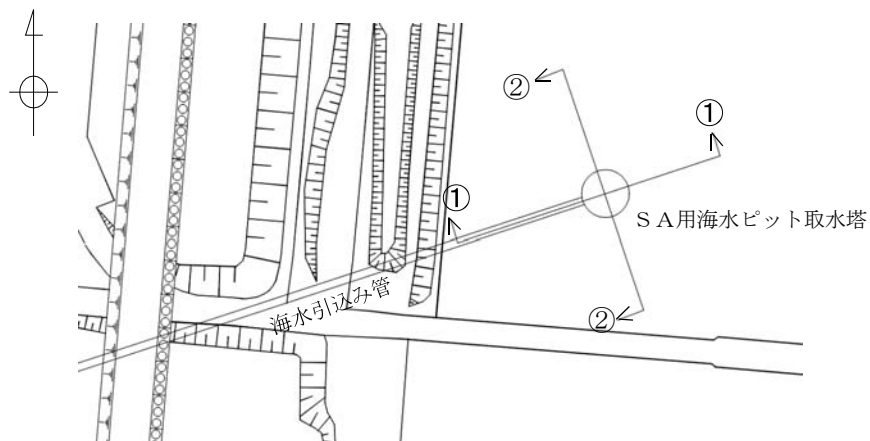


図 16.2-7 S A用海水ピット取水塔 評価対象断面位置図



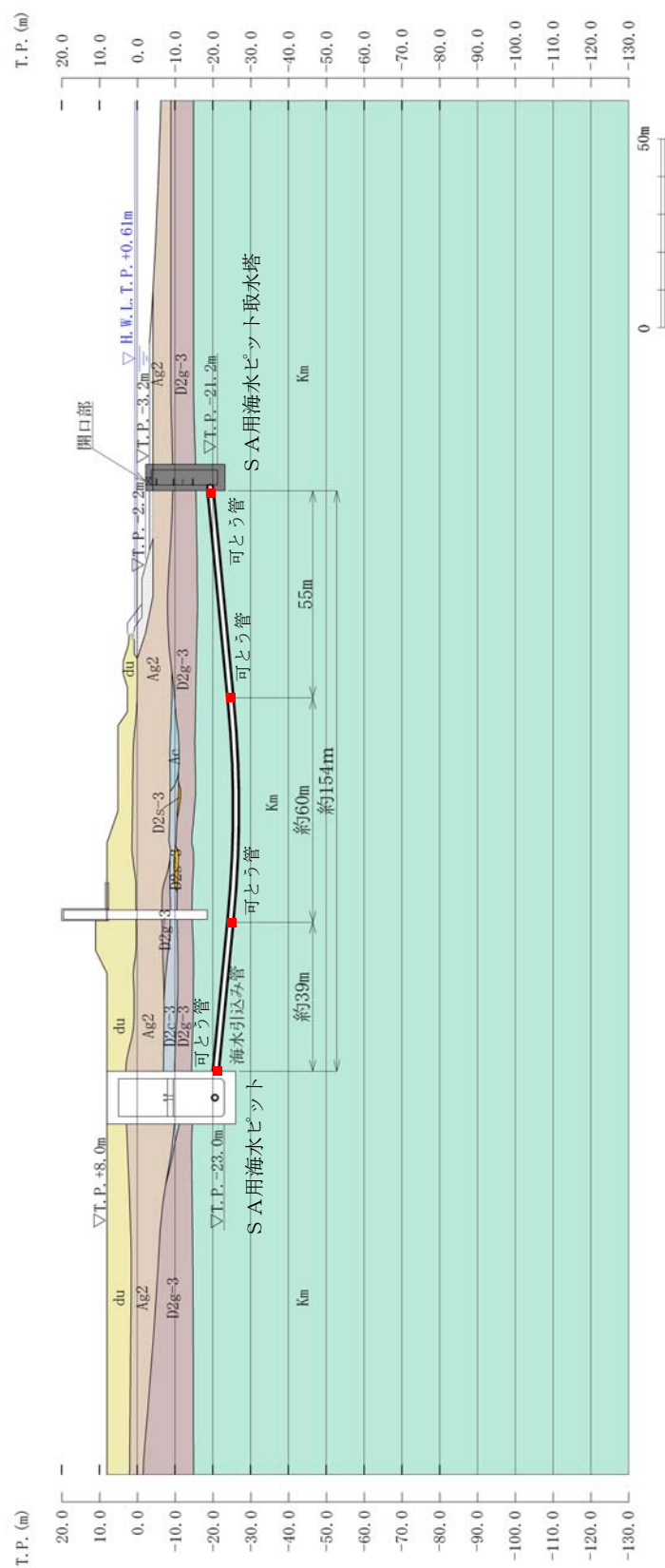


図 16.2-8 (1) S A用海水ピット取水塔 評価対象断面図 (①-①断面)



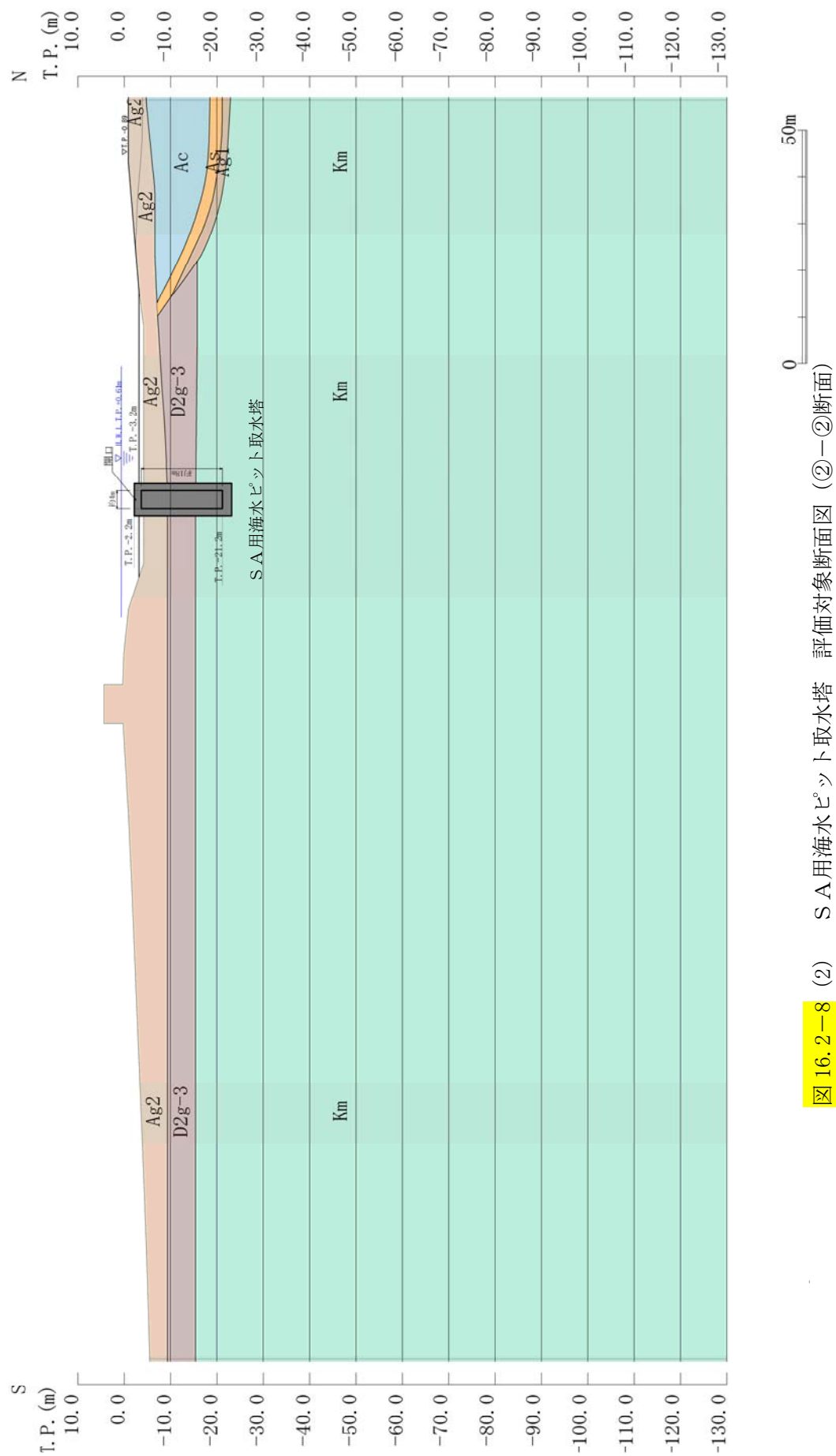


図 16.2-8 (2) SA用海水ピット取水塔 評価対象断面図 (②-②断面)



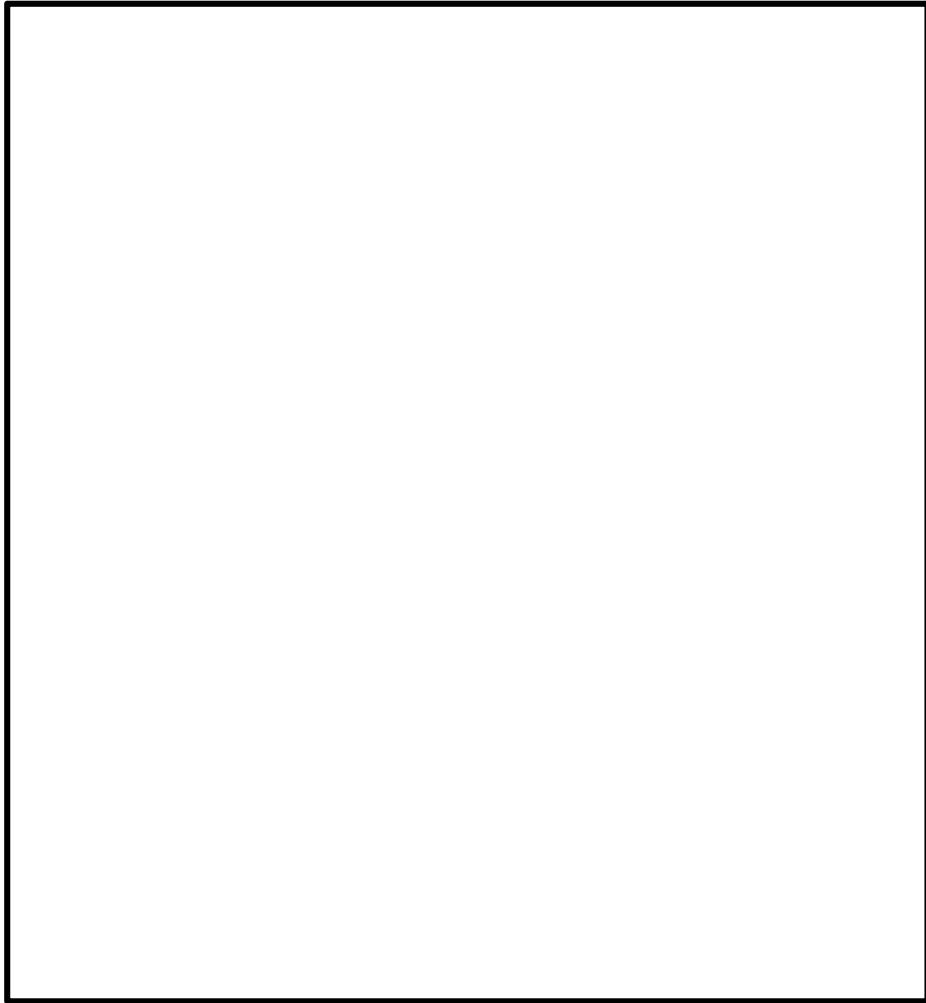


図 6.2-9 S A用海水ピット取水塔 構造平面図



注記 \* : ピットについては標準構造断面図を示す。

図 16.2-10 S A用海水ピット取水塔 構造断面図



#### 16.2.5 使用材料及び材料定数

耐震評価に用いる材料定数は、適用する規格、基準類に基づき設定する。構造物の使用材料を表 16.2-3 に、材料の物性値を表 16.2-4 に示す。

地盤の諸元は、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値を用いる。なお、地盤については、有効応力の変化に応じた地震時挙動を考慮できるモデル化とする。地盤の物性値を表 16.2-5 に示す。

表 16.2-3 使用材料

| 材料           |        | 諸元                          |
|--------------|--------|-----------------------------|
| S A用海水ピット取水塔 | コンクリート | 設計基準強度：40 N/mm <sup>2</sup> |
|              | 鉄筋     | SD345, SD390, SD490         |
| 上段鋼製蓋        | 鋼材     | SM490Y                      |
| 海水引込み管       | 鋼製管    | SM570                       |

表 16.2-4 材料の物性値

| 材料       | 単位体積重量<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | ヤング係数<br>(N/mm <sup>2</sup> )     | ポアソン比             | 減衰定数<br>(%)     |
|----------|--------------------------------|-----------------------------------|-------------------|-----------------|
| 鉄筋コンクリート | 24.5 <sup>*1</sup>             | 3.1×10 <sup>4</sup> <sup>*1</sup> | 0.2 <sup>*1</sup> | 5 <sup>*2</sup> |

注記 \*1：コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（土木学会，2002 年制定）

\*2：J E A G 4 6 0 1－1987（（社）日本電気協会）



表 16.2-5 (1) 地盤の解析用物性値一覧（液状化検討対象層）

| パラメータ |                        |                |                   | 原地盤                |                    |                    |        |                    |        |                      |                    | 豊浦標準砂 |       |
|-------|------------------------|----------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------|--------------------|--------|----------------------|--------------------|-------|-------|
|       |                        |                |                   | 埋戻土                | 第四系（液状化検討対象層）      |                    |        |                    |        |                      |                    |       |       |
|       |                        |                |                   |                    | f1                 | du                 | Ag2    | As                 | Ag1    | D2s-3                | D2g-3              |       | D1g-1 |
| 物理特性  | 密度<br>（）は地下水位以浅        | $\rho$         | g/cm <sup>3</sup> | 1.98<br>(1.82)     | 1.98<br>(1.82)     | 2.01<br>(1.89)     | 1.74   | 2.01<br>(1.89)     | 1.92   | 2.15<br>(2.11)       | 2.01<br>(1.89)     | 1.958 |       |
|       | 間隙比                    | e              | —                 | 0.75               | 0.75               | 0.67               | 1.2    | 0.67               | 0.79   | 0.43                 | 0.67               | 0.702 |       |
| 変形特性  | ポアソン比                  | $\nu_{CD}$     | —                 | 0.26               | 0.26               | 0.25               | 0.26   | 0.25               | 0.19   | 0.26                 | 0.25               | 0.333 |       |
|       | 基準平均有効主応力<br>（）は地下水位以浅 | $\sigma'_{ma}$ | kN/m <sup>2</sup> | 358<br>(312)       | 358<br>(312)       | 497<br>(299)       | 378    | 814<br>(814)       | 966    | 1167<br>(1167)       | 1695<br>(1710)     | 12.6  |       |
|       | 基準初期せん断剛性<br>（）は地下水位以浅 | $G_{ma}$       | kN/m <sup>2</sup> | 253529<br>(220739) | 253529<br>(220739) | 278087<br>(167137) | 143284 | 392073<br>(392073) | 650611 | 1362035<br>(1362035) | 947946<br>(956776) | 18975 |       |
|       | 最大履歴減衰率                | $h_{max}$      | —                 | 0.220              | 0.220              | 0.233              | 0.216  | 0.221              | 0.192  | 0.130                | 0.233              | 0.287 |       |
| 強度特性  | 粘着力                    | $C_{CD}$       | N/mm <sup>2</sup> | 0                  | 0                  | 0                  | 0.012  | 0                  | 0.01   | 0                    | 0                  | 0     |       |
|       | 内部摩擦角                  | $\phi_{CD}$    | 度                 | 37.3               | 37.3               | 37.4               | 41     | 37.4               | 35.8   | 44.4                 | 37.4               | 30    |       |
| 液状化特性 | 液状化パラメータ               | $\phi_p$       | —                 | 34.8               | 34.8               | 34.9               | 38.3   | 34.9               | 33.4   | 41.4                 | 34.9               | 28    |       |
|       | 液状化パラメータ               | $S_1$          | —                 | 0.047              | 0.047              | 0.028              | 0.046  | 0.029              | 0.048  | 0.030                | 0.020              | 0.005 |       |
|       | 液状化パラメータ               | $W_1$          | —                 | 6.5                | 6.5                | 56.5               | 6.9    | 51.6               | 17.6   | 45.2                 | 10.5               | 5.06  |       |
|       | 液状化パラメータ               | $P_1$          | —                 | 1.26               | 1.26               | 9.00               | 1.00   | 12.00              | 4.80   | 8.00                 | 7.00               | 0.57  |       |
|       | 液状化パラメータ               | $P_2$          | —                 | 0.80               | 0.80               | 0.60               | 0.75   | 0.60               | 0.96   | 0.60                 | 0.50               | 0.80  |       |
|       | 液状化パラメータ               | $C_1$          | —                 | 2.00               | 2.00               | 3.40               | 2.27   | 3.35               | 3.15   | 3.82                 | 2.83               | 1.44  |       |

表 16.2-5 (2) 地盤の解析用物性値一覧（非液状化層）

| パラメータ |                        |                |                   | 原地盤        |        |                  |        |                                 |                |
|-------|------------------------|----------------|-------------------|------------|--------|------------------|--------|---------------------------------|----------------|
|       |                        |                |                   | 第四系（非液化化層） |        |                  |        | 新第三系                            | 捨石             |
|       |                        |                |                   |            |        |                  |        | Km                              |                |
|       |                        |                |                   | Ac         | D2c-3  | 1m               | D1c-1  |                                 |                |
| 物理特性  | 密度<br>（）は地下水位以浅        | $\rho$         | g/cm <sup>3</sup> | 1.65       | 1.77   | 1.47<br>(1.43)   | 1.77   | 1.72-1.03×10 <sup>-4</sup> ・z   | 2.04<br>(1.84) |
|       | 間隙比                    | e              | —                 | 1.59       | 1.09   | 2.8              | 1.09   | 1.16                            | 0.82           |
| 変形特性  | ポアソン比                  | $\nu_{CD}$     | —                 | 0.10       | 0.22   | 0.14             | 0.22   | 0.16+0.00025・z                  | 0.33           |
|       | 基準平均有効主応力<br>（）は地下水位以浅 | $\sigma'_{ma}$ | kN/m <sup>2</sup> | 480        | 696    | 249<br>(223)     | 696    | 動的変形特性に基づき<br>z（標高）毎に物性値を<br>設定 | 98             |
|       | 基準初期せん断剛性<br>（）は地下水位以浅 | $G_{ma}$       | kN/m <sup>2</sup> | 121829     | 285223 | 38926<br>(35783) | 285223 |                                 | 180000         |
|       | 最大履歴減衰率                | $h_{max}$      | —                 | 0.200      | 0.186  | 0.151            | 0.186  |                                 | 0.24           |
| 強度特性  | 粘着力                    | $C_{CD}$       | N/mm <sup>2</sup> | 0.025      | 0.026  | 0.042            | 0.026  | 0.358-0.00603・z                 | 0.02           |
|       | 内部摩擦角                  | $\phi_{CD}$    | 度                 | 29.1       | 35.6   | 27.3             | 35.6   | 23.2+0.0990・z                   | 35             |



表 16.2-5 (3) 地盤の解析用物性値一覧（新第三系 Km 層）

| 区分<br>番号 | 設定深度<br>TP (m) | 適用深度 TP (m) | 密度<br>$\rho$<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | 静ポアソン比<br>$\nu_{CD}$ | 粘着力<br>$C_{CD}$<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 内部摩擦角<br>$\phi_{CD}$<br>(°) | せん断波<br>速度Vs<br>(m/s) | 基準初期<br>せん断剛性 $G_{ma}$<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 基準体積<br>弾性係数 $K_{ma}$<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 基準平均有効<br>主応力 $\sigma'_{ma}$<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 拘束圧<br>依存係数<br>$m_5, mK$ | 最大履歴<br>減衰率<br>$\ln_{max}(-)$ | 動ポアソン比<br>$\nu_d$ | 疎密波<br>速度Vp<br>(m/s) |
|----------|----------------|-------------|--------------------------------------|----------------------|---|-----------------------------|-----------------------|--|---|--|--------------------------|-------------------------------|-------------------|----------------------|
| 1        | 10             | 9.5 ~ 10.5  | 1.72                                 | 0.16                 | 298                                     | 24.2                        | 425                   | 310,675  | 353,317                                       | 504  | 0.0                      | 0.105                         | 0.464             | 1,640                |
| 2        | 9              | 8.5 ~ 9.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 304                                     | 24.1                        | 426                   | 312,139  | 354,982                                       | 504  | 0.0                      | 0.105                         | 0.464             | 1,644                |
| 3        | 8              | 7.5 ~ 8.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 310                                     | 24.0                        | 427                   | 313,606  | 356,650                                       | 504  | 0.0                      | 0.105                         | 0.464             | 1,648                |
| 4        | 7              | 6.5 ~ 7.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 316                                     | 23.9                        | 428                   | 315,076  | 358,322                                       | 504  | 0.0                      | 0.105                         | 0.464             | 1,651                |
| 5        | 6              | 5.5 ~ 6.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 322                                     | 23.8                        | 428                   | 315,076  | 358,322                                       | 504  | 0.0                      | 0.106                         | 0.464             | 1,651                |
| 6        | 5              | 4.5 ~ 5.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 328                                     | 23.7                        | 429                   | 316,551  | 359,999                                       | 504  | 0.0                      | 0.106                         | 0.464             | 1,655                |
| 7        | 4              | 3.5 ~ 4.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 334                                     | 23.6                        | 430                   | 318,028  | 361,679                                       | 504  | 0.0                      | 0.106                         | 0.463             | 1,638                |
| 8        | 3              | 2.5 ~ 3.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 340                                     | 23.5                        | 431                   | 319,509  | 363,363                                       | 504  | 0.0                      | 0.107                         | 0.463             | 1,642                |
| 9        | 2              | 1.5 ~ 2.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 346                                     | 23.4                        | 431                   | 319,509  | 363,363                                       | 504  | 0.0                      | 0.107                         | 0.463             | 1,642                |
| 10       | 1              | 0.5 ~ 1.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 352                                     | 23.3                        | 432                   | 320,993  | 365,051                                       | 504  | 0.0                      | 0.107                         | 0.463             | 1,646                |
| 11       | 0              | -0.5 ~ 0.5  | 1.72                                 | 0.16                 | 358                                     | 23.2                        | 433                   | 322,481  | 366,743                                       | 504  | 0.0                      | 0.107                         | 0.463             | 1,650                |
| 12       | -1             | -1.5 ~ -0.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 364                                     | 23.1                        | 434                   | 323,972  | 368,439                                       | 504  | 0.0                      | 0.108                         | 0.463             | 1,653                |
| 13       | -2             | -2.5 ~ -1.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 370                                     | 23.0                        | 435                   | 325,467  | 370,139                                       | 504  | 0.0                      | 0.108                         | 0.463             | 1,657                |
| 14       | -3             | -3.5 ~ -2.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 376                                     | 22.9                        | 435                   | 325,467  | 370,139                                       | 504  | 0.0                      | 0.108                         | 0.463             | 1,657                |
| 15       | -4             | -4.5 ~ -3.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 382                                     | 22.8                        | 436                   | 326,965  | 371,843                                       | 504  | 0.0                      | 0.108                         | 0.463             | 1,661                |
| 16       | -5             | -5.5 ~ -4.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 388                                     | 22.7                        | 437                   | 328,467  | 373,551                                       | 504  | 0.0                      | 0.109                         | 0.462             | 1,644                |
| 17       | -6             | -6.5 ~ -5.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 394                                     | 22.6                        | 438                   | 329,972  | 375,262                                       | 504  | 0.0                      | 0.109                         | 0.462             | 1,648                |
| 18       | -7             | -7.5 ~ -6.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 400                                     | 22.5                        | 438                   | 329,972  | 375,262                                       | 504  | 0.0                      | 0.109                         | 0.462             | 1,648                |
| 19       | -8             | -8.5 ~ -7.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 406                                     | 22.4                        | 439                   | 331,480  | 376,977                                       | 504  | 0.0                      | 0.109                         | 0.462             | 1,652                |
| 20       | -9             | -9.5 ~ -8.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 412                                     | 22.3                        | 440                   | 332,992  | 378,697                                       | 504  | 0.0                      | 0.110                         | 0.462             | 1,656                |
| 21       | -10            | -11 ~ -9.5  | 1.72                                 | 0.16                 | 418                                     | 22.2                        | 441                   | 334,507  | 380,420                                       | 504  | 0.0                      | 0.110                         | 0.462             | 1,659                |
| 22       | -12            | -13 ~ -11   | 1.72                                 | 0.16                 | 430                                     | 22.0                        | 442                   | 336,026  | 382,147                                       | 504  | 0.0                      | 0.110                         | 0.462             | 1,663                |
| 23       | -14            | -15 ~ -13   | 1.72                                 | 0.16                 | 442                                     | 21.8                        | 444                   | 339,074  | 385,614                                       | 504  | 0.0                      | 0.111                         | 0.462             | 1,671                |
| 24       | -16            | -17 ~ -15   | 1.72                                 | 0.16                 | 454                                     | 21.6                        | 445                   | 340,603  | 387,352                                       | 504  | 0.0                      | 0.111                         | 0.461             | 1,654                |
| 25       | -18            | -19 ~ -17   | 1.72                                 | 0.16                 | 467                                     | 21.4                        | 447                   | 343,671  | 390,842                                       | 504  | 0.0                      | 0.112                         | 0.461             | 1,662                |
| 26       | -20            | -21 ~ -19   | 1.72                                 | 0.16                 | 479                                     | 21.2                        | 448                   | 345,211  | 392,593                                       | 504  | 0.0                      | 0.112                         | 0.461             | 1,665                |
| 27       | -22            | -23 ~ -21   | 1.72                                 | 0.15                 | 491                                     | 21.0                        | 450                   | 348,300  | 381,471                                       | 498  | 0.0                      | 0.112                         | 0.461             | 1,673                |
| 28       | -24            | -25 ~ -23   | 1.72                                 | 0.15                 | 503                                     | 20.8                        | 452                   | 351,403  | 384,870                                       | 498  | 0.0                      | 0.113                         | 0.461             | 1,680                |
| 29       | -26            | -27 ~ -25   | 1.72                                 | 0.15                 | 515                                     | 20.6                        | 453                   | 352,959  | 386,574                                       | 498  | 0.0                      | 0.113                         | 0.460             | 1,664                |
| 30       | -28            | -29 ~ -27   | 1.72                                 | 0.15                 | 527                                     | 20.4                        | 455                   | 356,083  | 389,996                                       | 498  | 0.0                      | 0.114                         | 0.460             | 1,672                |
| 31       | -30            | -31 ~ -29   | 1.72                                 | 0.15                 | 539                                     | 20.2                        | 456                   | 357,650  | 391,712                                       | 498  | 0.0                      | 0.114                         | 0.460             | 1,675                |
| 32       | -32            | -33 ~ -31   | 1.72                                 | 0.15                 | 551                                     | 20.0                        | 458                   | 360,794  | 395,155                                       | 498  | 0.0                      | 0.115                         | 0.460             | 1,683                |
| 33       | -34            | -35 ~ -33   | 1.72                                 | 0.15                 | 563                                     | 19.8                        | 459                   | 362,371  | 396,883                                       | 498  | 0.0                      | 0.115                         | 0.459             | 1,667                |
| 34       | -36            | -37 ~ -35   | 1.72                                 | 0.15                 | 575                                     | 19.6                        | 461                   | 365,536  | 400,349                                       | 498  | 0.0                      | 0.115                         | 0.459             | 1,675                |
| 35       | -38            | -39 ~ -37   | 1.72                                 | 0.15                 | 587                                     | 19.4                        | 462                   | 367,124  | 402,088                                       | 498  | 0.0                      | 0.116                         | 0.459             | 1,678                |
| 36       | -40            | -41 ~ -39   | 1.72                                 | 0.15                 | 599                                     | 19.2                        | 464                   | 370,309  | 405,577                                       | 498  | 0.0                      | 0.116                         | 0.459             | 1,685                |
| 37       | -42            | -43 ~ -41   | 1.72                                 | 0.15                 | 611                                     | 19.0                        | 465                   | 371,907  | 407,327                                       | 498  | 0.0                      | 0.117                         | 0.459             | 1,689                |
| 38       | -44            | -45 ~ -43   | 1.72                                 | 0.15                 | 623                                     | 18.8                        | 467                   | 375,113  | 410,838                                       | 498  | 0.0                      | 0.117                         | 0.458             | 1,678                |
| 39       | -46            | -47 ~ -45   | 1.72                                 | 0.15                 | 635                                     | 18.6                        | 468                   | 376,721  | 412,599                                       | 498  | 0.0                      | 0.117                         | 0.458             | 1,681                |
| 40       | -48            | -49 ~ -47   | 1.72                                 | 0.15                 | 647                                     | 18.4                        | 470                   | 379,948  | 416,134                                       | 498  | 0.0                      | 0.118                         | 0.458             | 1,688                |
| 41       | -50            | -51 ~ -49   | 1.73                                 | 0.15                 | 660                                     | 18.3                        | 472                   | 385,416  | 422,122                                       | 498  | 0.0                      | 0.118                         | 0.458             | 1,696                |
| 42       | -52            | -53 ~ -51   | 1.73                                 | 0.15                 | 672                                     | 18.1                        | 473                   | 387,051  | 423,913                                       | 498  | 0.0                      | 0.118                         | 0.458             | 1,699                |
| 43       | -54            | -55 ~ -53   | 1.73                                 | 0.15                 | 684                                     | 17.9                        | 475                   | 390,331  | 427,505                                       | 498  | 0.0                      | 0.118                         | 0.457             | 1,688                |
| 44       | -56            | -57 ~ -55   | 1.73                                 | 0.15                 | 696                                     | 17.7                        | 476                   | 391,976  | 429,307                                       | 498  | 0.0                      | 0.119                         | 0.457             | 1,692                |
| 45       | -58            | -59 ~ -57   | 1.73                                 | 0.15                 | 708                                     | 17.5                        | 478                   | 395,277  | 432,922                                       | 498  | 0.0                      | 0.119                         | 0.457             | 1,699                |
| 46       | -60            | -61 ~ -59   | 1.73                                 | 0.15                 | 720                                     | 17.3                        | 479                   | 396,933  | 434,736                                       | 498  | 0.0                      | 0.120                         | 0.457             | 1,702                |
| 47       | -62            | -63 ~ -61   | 1.73                                 | 0.14                 | 732                                     | 17.1                        | 481                   | 400,255  | 422,491                                       | 492  | 0.0                      | 0.120                         | 0.457             | 1,709                |
| 48       | -64            | -65 ~ -63   | 1.73                                 | 0.14                 | 744                                     | 16.9                        | 482                   | 401,921  | 424,250                                       | 492  | 0.0                      | 0.120                         | 0.456             | 1,695                |
| 49       | -66            | -67 ~ -65   | 1.73                                 | 0.14                 | 756                                     | 16.7                        | 484                   | 405,263  | 427,778                                       | 492  | 0.0                      | 0.120                         | 0.456             | 1,702                |
| 50       | -68            | -69 ~ -67   | 1.73                                 | 0.14                 | 768                                     | 16.5                        | 485                   | 406,939  | 429,547                                       | 492  | 0.0                      | 0.121                         | 0.456             | 1,705                |
| 51       | -70            | -71 ~ -69   | 1.73                                 | 0.14                 | 780                                     | 16.3                        | 487                   | 410,302  | 433,097                                       | 492  | 0.0                      | 0.121                         | 0.456             | 1,712                |
| 52       | -72            | -73 ~ -71   | 1.73                                 | 0.14                 | 792                                     | 16.1                        | 489                   | 413,679  | 436,661                                       | 492  | 0.0                      | 0.121                         | 0.456             | 1,719                |
| 53       | -74            | -75 ~ -73   | 1.73                                 | 0.14                 | 804                                     | 15.9                        | 490                   | 415,373  | 438,449                                       | 492  | 0.0                      | 0.122                         | 0.455             | 1,705                |
| 54       | -76            | -77 ~ -75   | 1.73                                 | 0.14                 | 816                                     | 15.7                        | 492                   | 418,771  | 442,036                                       | 492  | 0.0                      | 0.122                         | 0.455             | 1,712                |
| 55       | -78            | -79 ~ -77   | 1.73                                 | 0.14                 | 828                                     | 15.5                        | 493                   | 420,475  | 443,835                                       | 492  | 0.0                      | 0.122                         | 0.455             | 1,716                |
| 56       | -80            | -81 ~ -79   | 1.73                                 | 0.14                 | 840                                     | 15.3                        | 495                   | 423,893  | 447,443                                       | 492  | 0.0                      | 0.122                         | 0.455             | 1,723                |
| 57       | -82            | -85 ~ -81   | 1.73                                 | 0.14                 | 852                                     | 15.1                        | 496                   | 425,608  | 449,253                                       | 492  | 0.0                      | 0.123                         | 0.455             | 1,726                |
| 58       | -88            | -90 ~ -85   | 1.73                                 | 0.14                 | 889                                     | 14.5                        | 501                   | 434,232  | 458,356                                       | 492  | 0.0                      | 0.124                         | 0.454             | 1,726                |
| 59       | -92            | -95 ~ -90   | 1.73                                 | 0.14                 | 913                                     | 14.1                        | 504                   | 439,448  | 463,862                                       | 492  | 0.0                      | 0.124                         | 0.454             | 1,736                |
| 60       | -98            | -101 ~ -95  | 1.73                                 | 0.14                 | 949                                     | 13.5                        | 509                   | 448,210  | 473,111                                       | 492  | 0.0                      | 0.125                         | 0.453             | 1,736                |
| 61       | -104           | -108 ~ -101 | 1.73                                 | 0.13                 | 985                                     | 12.9                        | 513                   | 455,282  | 463,485                                       | 486  | 0.0                      | 0.126                         | 0.452             | 1,733                |
| 62       | -112           | -115 ~ -108 | 1.73                                 | 0.13                 | 1,033                                   | 12.1                        | 519                   | 465,995  | 474,391                                       | 486  | 0.0                      | 0.127                         | 0.451             | 1,737                |
| 63       | -118           | -122 ~ -115 | 1.73                                 | 0.13                 | 1,070                                   | 11.5                        | 524                   | 475,016  | 483,575                                       | 486  | 0.0                      | 0.127                         | 0.451             | 1,754                |
| 64       | -126           | -130 ~ -122 | 1.73                                 | 0.13                 | 1,118                                   | 10.7                        | 530                   | 485,957  | 494,713                                       | 486  | 0.0                      | 0.128                         | 0.450             | 1,758                |



#### 16.2.6 評価構造物諸元

許容応力度による照査を行う取水塔の諸元を表 16.2-6 に示す。また、評価部位を図 16.2-11 に示す。

表 16.2-6 評価構造物諸元

| 部位 | 仕様    |       | 材料                             |       | 機能要求              |
|----|-------|-------|--------------------------------|-------|-------------------|
|    | 部材幅   | 部材高   | コンクリート                         | 鉄筋    |                   |
|    | (m)   | (m)   | $f'_{ck}$ (N/mm <sup>2</sup> ) |       |                   |
| 頂版 | 1.000 | 1.500 | 40                             | SD390 | 非常時における海水の通水機能の確保 |
|    |       |       |                                | SD490 |                   |
| 側壁 | 1.000 | 1.500 | 40                             | SD390 |                   |
|    |       |       |                                | SD490 |                   |
| 底板 | 1.000 | 2.000 | 40                             | SD390 |                   |
|    |       |       |                                | SD490 |                   |

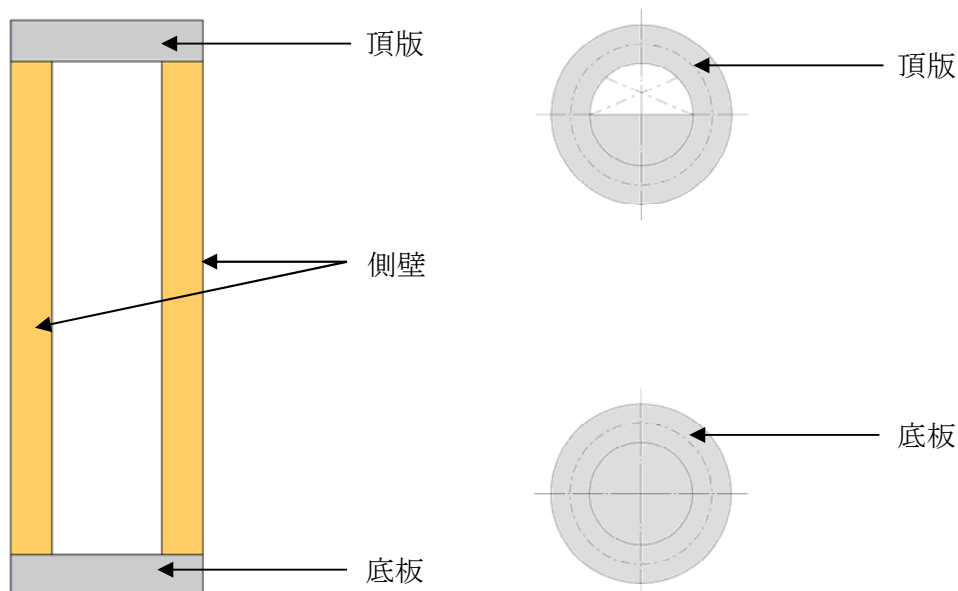


図 16.2-11 評価部位

#### 16.2.7 地下水位

S A用海水ピット取水塔が海上構造物であるため、地下水位は考慮しない。

#### 16.2.8 地震応答解析手法

S A用海水ピット取水塔の地震応答解析は、地盤と構造物の相互作用を考慮できる 2 次元有限要素法を用いて、基準地震動  $S_s$  に基づき設定した水平地震動と鉛直地震動の同時加振による逐次時間積分の時刻歴応答解析にて行う。部材については、線形はり要素を用いることとする。また地盤については、有効応力の変化に応じた地震時挙動を考慮できるようにモデル化する。地震応答解析については、解析コード「FLIP Ver.

7.3.0\_2」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、V-5-10



「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

地震応答解析手法の選定フローを図 16.2-12 に示す。

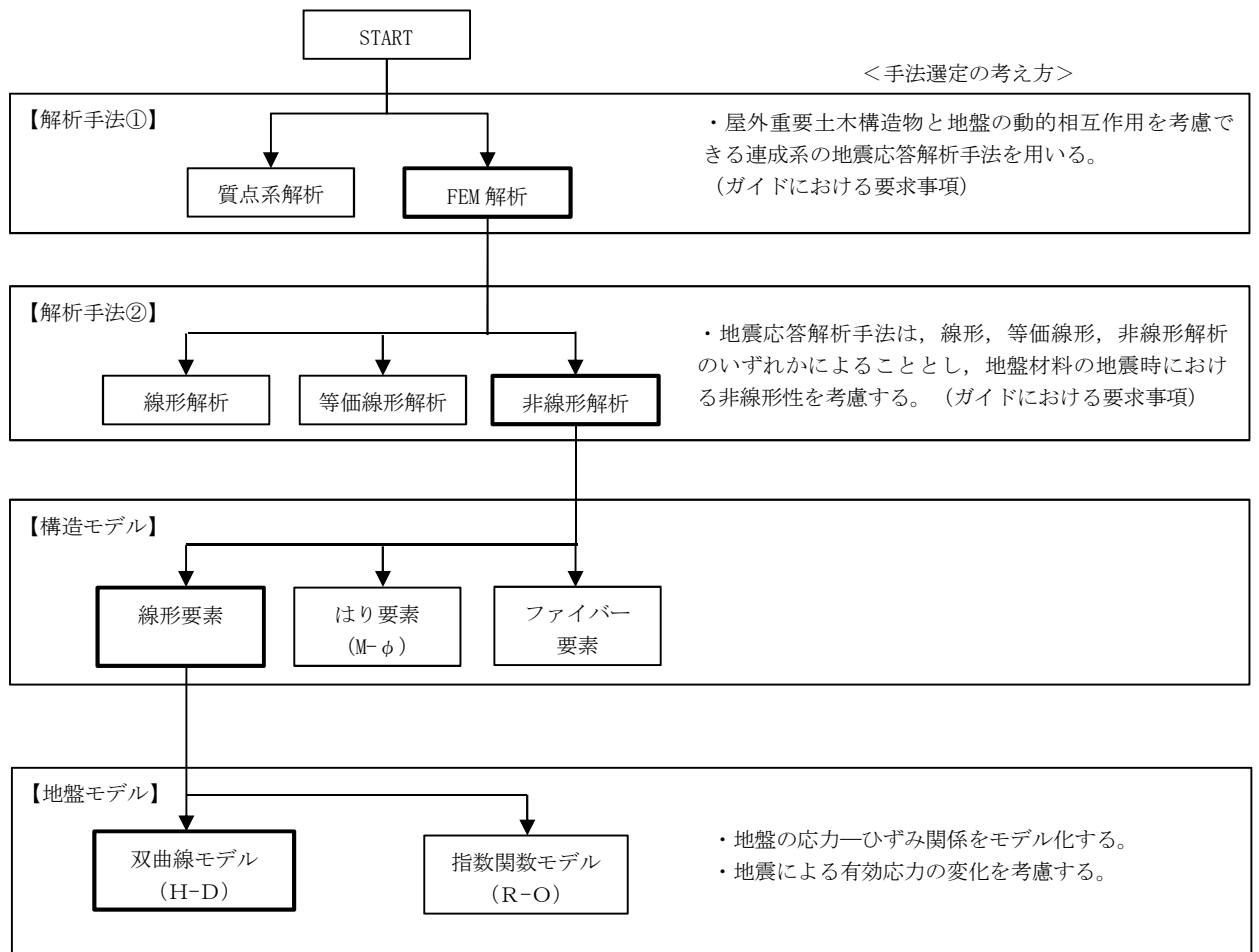


図 16.2-12 地震応答解析手法の選定フロー

地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線の構成則を有効応力解析へ適用する際は、地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線に関するせん断ひずみ及び有効応力の変化に応じた特徴を適切に表現できるモデルを用いる必要がある。

一般に、地盤は荷重を与えることによりせん断ひずみを増加させていくと、地盤のせん断応力は上限値に達し、それ以上はせん断応力が増加しなくなる特徴がある。また、地盤のせん断応力の上限値は有効応力に応じて変化する特徴がある。

よって、耐震評価における有効応力解析では、地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線の構成則として、地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線に関するせん断ひずみ及び有効応力の変化に応じたこれら 2 つの特徴を表現できる双曲線モデル（H-D モデル）を選定する。



### 16.2.9 解析モデルの設定

#### (1) 解析モデル領域

地震応答解析モデル領域は、境界条件の影響が地盤及び構造物の応力状態に影響を及ぼさないよう、十分広い領域とする。具体的には、J E A G 4 6 0 1-1987 を参考に、図 16.2-13 に示すとおりモデル幅を構造物基礎幅の 5 倍以上、構造物下端からモデル下端までの高さを構造物幅の 2 倍以上確保する。なお、解析モデルの境界条件は、側方における波動の反射の影響を低減するとともに、下方への波動の逸散を考慮するために、側面及び底面ともに粘性境界とする。

地盤の要素分割については、波動をなめらかに表現するために、最大周波数 20 Hz 及びせん断波速度  $V_s$  で算定される波長の 5 又は 4 分割、すなわち  $V_s/100$  又は  $V_s/80$  を考慮し、要素高さを 1 m 程度まで細分割して設定する。構造物の要素分割については、「原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・同マニュアル」（土木学会原子力土木委員会、2002 年 5 月）に、線材モデルの要素分割については、要素長さを部材の断面厚さ又は有効高さの 2.0 倍以下とし、1.0 倍程度とするのが良い旨が示されていることを考慮し、部材の断面厚さ又は有効高さの 1.0 倍程度まで細分割して設定する。

この図で示される 2 次元有効応力解析モデルは、検討対象構造物とその周辺の地盤をモデル化した不整形地盤に加え、この不整形地盤の左右に広がる地盤をモデル化した自由地盤で構成される。この自由地盤は、不整形地盤の左右端と同じ地層構成を持つ 1 次元地盤モデル（不整形地盤左右端のそれぞれ縦 1 列の要素列と同じ構造で、水平方向に連続することを表現するために循環境界条件を設定したモデル）である。2 次元有効応力解析における自由地盤の初期応力解析から不整形地盤の地震応答解析までのフローを図 16.2-14 に示す。

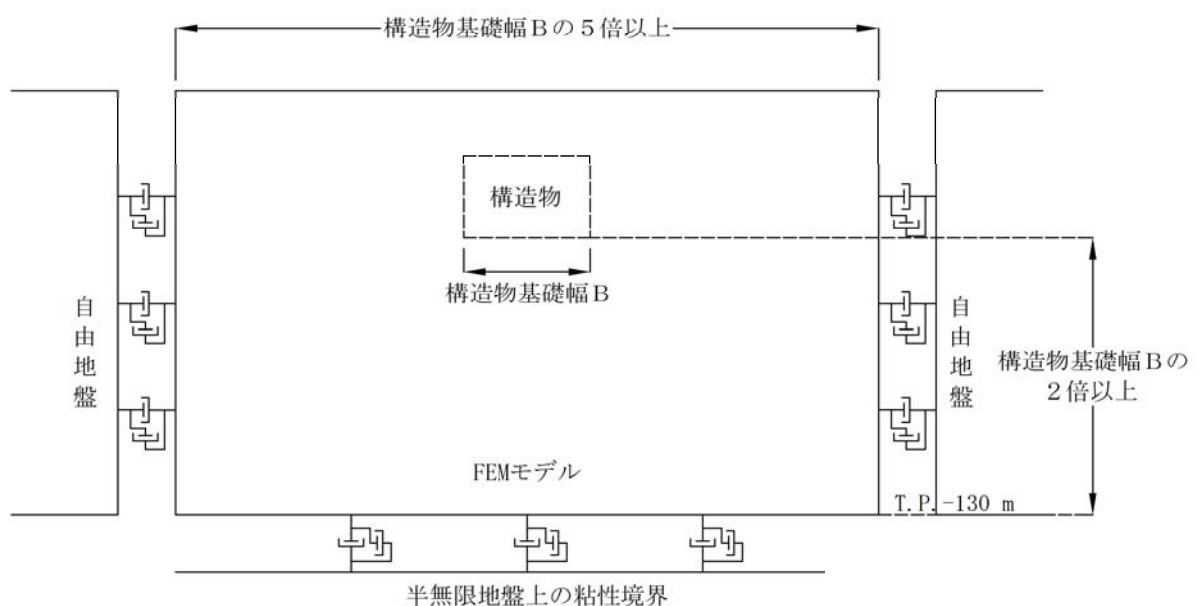


図 16.2-13 解析モデル領域の考え方



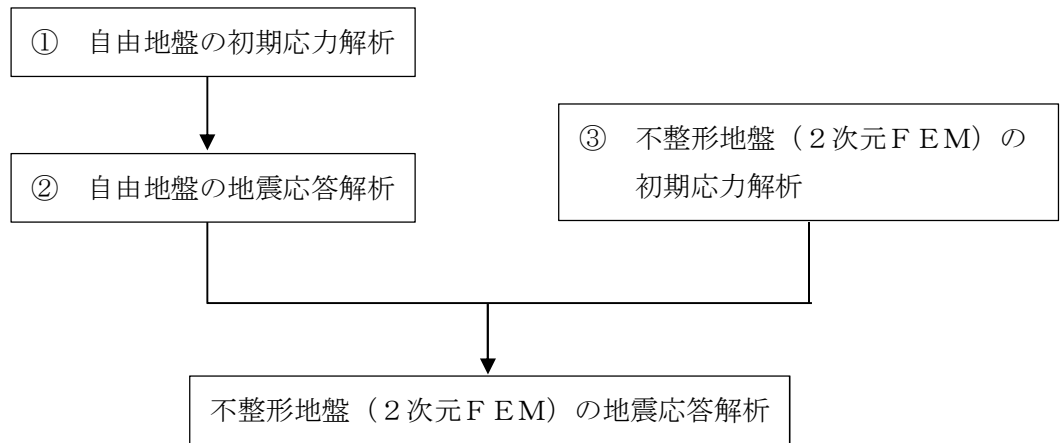


図 16. 2－14 自由地盤の初期応力解析から不整形地盤（2次元FEM）の地震応答解析までのフロー



(2) 境界条件

a. 固有値解析時

固有値解析を実施する際の境界条件は、境界が構造物を含めた周辺地盤の振動特性に影響を与えないよう設定する。ここで、底面境界は地盤のせん断方向の卓越変形モードを把握するために固定とし、側面は実地盤が側方に連続していることを模擬するため水平ローラーとする。境界条件の概念図を図 16.2-15 に示す。

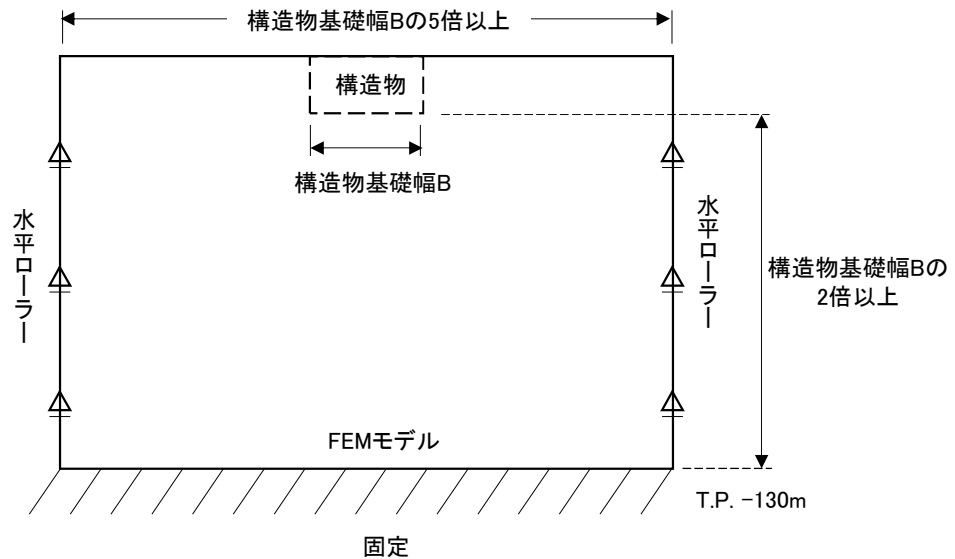


図 16.2-15 固有値解析における境界条件の概念図

b. 初期応力解析時

初期応力解析は、地盤や構造物の自重及び風荷重等の静的な荷重を載荷することによる常時の初期応力を算定するために行う。そこで、初期応力解析時の境界条件は底面固定とし、側方は自重による地盤の鉛直方向の変形を拘束しないよう鉛直ローラーとする。境界条件の概念図を図 16.2-16 に示す。

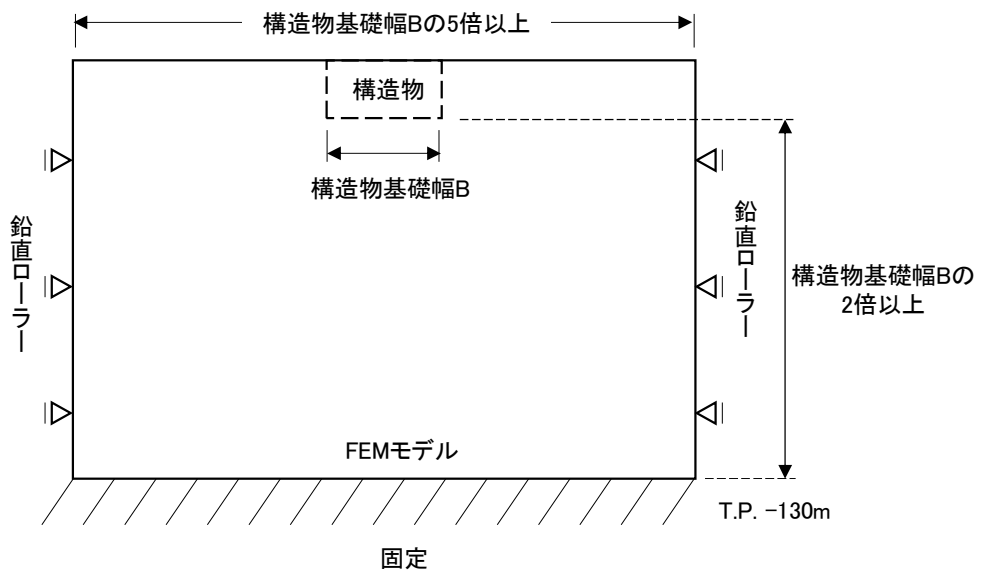


図 16.2-16 常時解析における境界条件の概念図



c. 地震応答解析時

地震応答解析時の境界条件については、有限要素解析における半無限地盤を模擬するため、粘性境界を設ける。底面の粘性境界については、地震動の下降波がモデル底面境界から半無限地盤へ通過していく状態を模擬するため、ダッシュポットを設定する。側方の粘性境界については、自由地盤の地盤振動と不成形地盤側方の地盤振動の差分が側方を通過していく状態を模擬するため、自由地盤の側方にダッシュポットを設定する。

S A用海水ピット取水塔地震応答解析モデルを図 16. 2-17 に示す。





図 16.2-17 (1) S A用海水ピット取水塔地震応答解析モデル全体図 (①-①断面)



図 16.2-17 (2) S A用海水ピット取水塔地震応答解析モデル拡大図 (①-①断面)



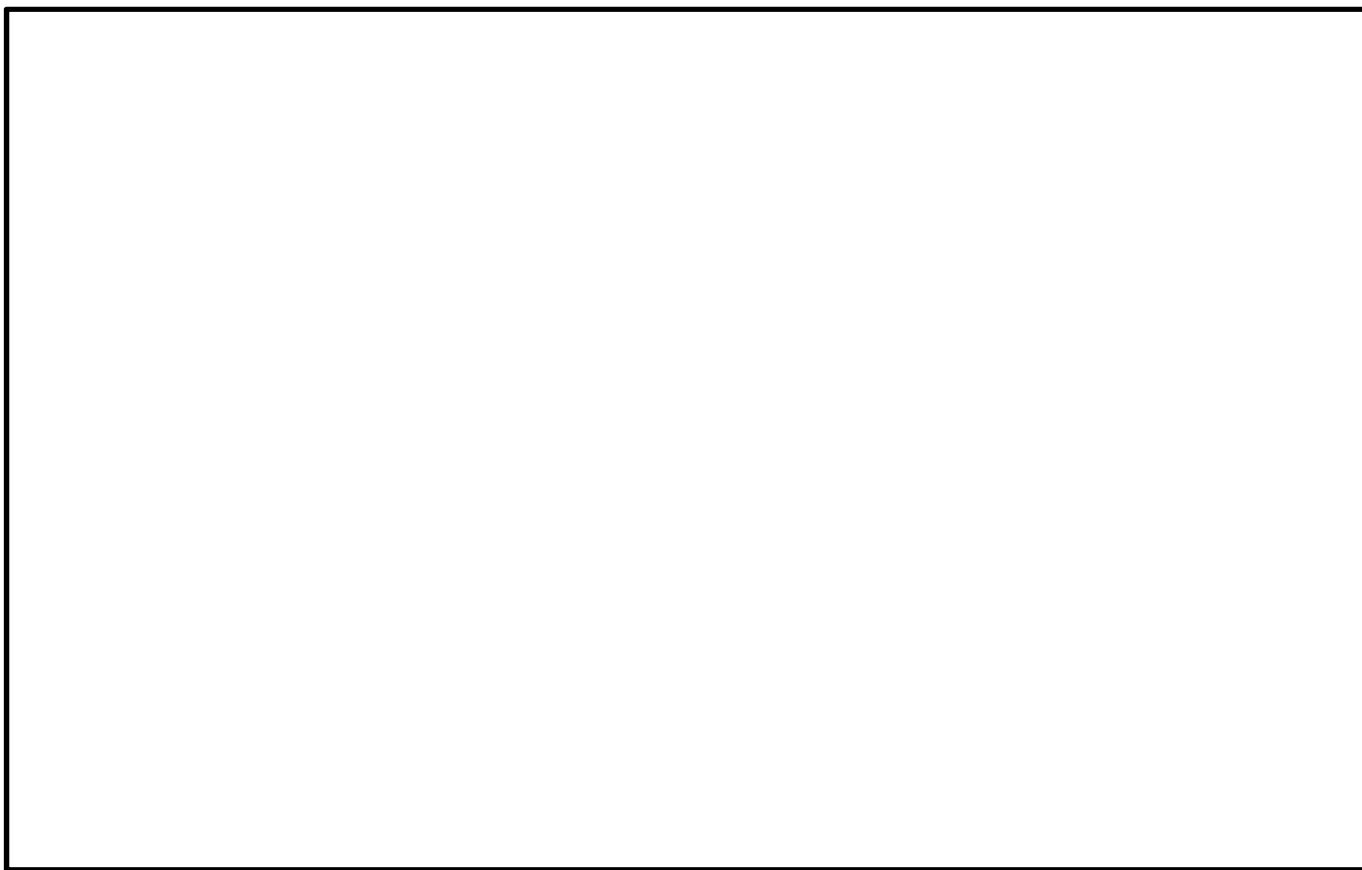


図 16.2-17 (3) S A用海水ピット取水塔地震応答解析モデル全体図 (②-②断面)

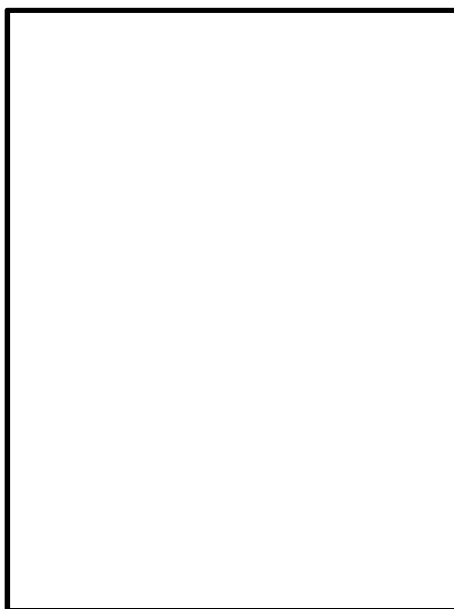


図 16.2-17 (4) S A用海水ピット取水塔地震応答解析モデル拡大図 (②-②断面)



## (2) 構造物のモデル化

構造部材は線形はり要素でモデル化する。S A用海水ピット取水塔の質量は、各節点に質量としてモデル化する。

なお、①-①断面において、複数の構造物を同時にモデル化する際の奥行幅は、S A用海水ピット取水塔と等価な平面積を有する正方形の1辺長を基準奥行きとして各構造物の断面性能を換算する。

S A用海水ピット取水塔の構造部材は、ピット中心位置での鉛直はり要素に縮合してモデル化し、立坑高さ方向の形状（頂版、中床版、底版）に応じた断面諸量（断面積A、断面2次モーメントI）を設定する。取水塔は壁軸周長約17 m、壁厚1.5 mであり開口部は壁厚に比べ小さい。また、取水塔は岩盤内に設置し、開口部には適切な開口補強を実施することから、2次元有効応力解析では開口部の剛性低下を考慮せずモデル化する。

S A用海水ピット取水塔の解析モデル概念図を図16.2-18に示す。

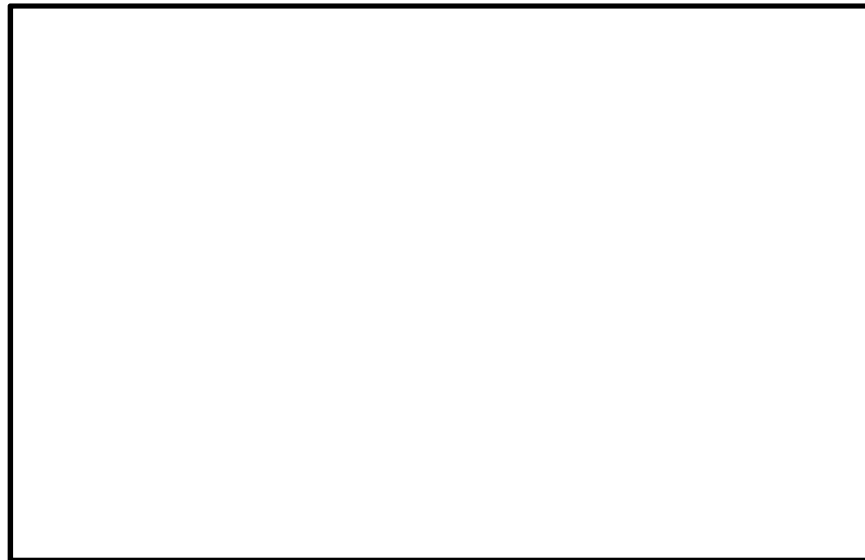


図16.2-18 S A用海水ピット取水塔の解析モデル概念図

## (3) 地盤のモデル化

地盤は、マルチスプリング要素及び間隙水圧要素にてモデル化し、地震時の有効応力の変化に応じた非線形せん断応力～せん断ひずみ関係を考慮する。

## (4) ジョイント要素の設定

地盤と構造体の接合面にジョイント要素を設けることにより、強震時の地盤と構造体の接合面における剥離及びすべりを考慮する。

ジョイント要素は、地盤と構造体の接合面で法線方向及びせん断方向に対して設定する。法線方向については、常時状態以上の引張荷重が生じた場合、剛性及び応力をゼロとし、剥離を考慮する。せん断方向については、地盤と構造体の接合面におけるせん断抵抗力以上のせん断荷重が生じた場合、せん断剛性をゼロとし、すべりを考慮する。図16.2-19



に，ジョイント要素の考え方を示す。

なお，せん断強度  $\tau_f$  は次式の Mohr-Coulomb 式により規定される。 $c$ ， $\phi$  は周辺地盤の  $c$ ， $\phi$  とする。（表 16.2-7 参照）

$$\tau_f = c + \sigma' \tan \phi$$

ここで，

$\tau_f$  : せん断強度

$c$  : 粘着力

$\phi$  : 内部摩擦角

表 16.2-7 周辺地盤及び隣接構造物との境界に用いる強度特性

| 周辺の状況 |         | 粘着力 $c$ (N/mm <sup>2</sup> )  | 内部摩擦角 $\phi$ (°)               | 備考 |
|-------|---------|-------------------------------|--------------------------------|----|
| 第四紀層  | du 層    | 0                             | 37.3                           | —  |
|       | Ag2 層   | 0                             | 37.4                           | —  |
|       | D2g-3 層 | 0                             | 44.4                           | —  |
| 新第三系  | Km 層    | $c = 0.358 - 0.00603 \cdot z$ | $\phi = 23.2 + 0.0990 \cdot z$ | —  |

$z$  : 標高 (m)

ジョイント要素のばね定数は，数値計算上の不安定挙動を起こさない程度に十分大きい値として，港湾構造物設計事例集（沿岸技術研究センター）に従い，表 16.2-8 のとおり設定する。図 16.2-19 にジョイント要素の設定の考え方を示す。

表 16.2-8 ジョイント要素のばね定数

|        | せん断剛性 $k_s$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | 圧縮剛性 $k_n$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) |
|--------|-------------------------------------|------------------------------------|
| 側方及び底面 | $1.0 \times 10^6$                   | $1.0 \times 10^6$                  |



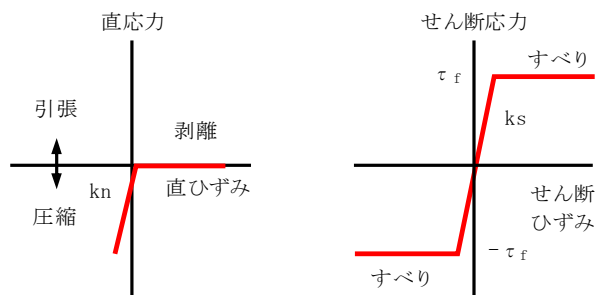
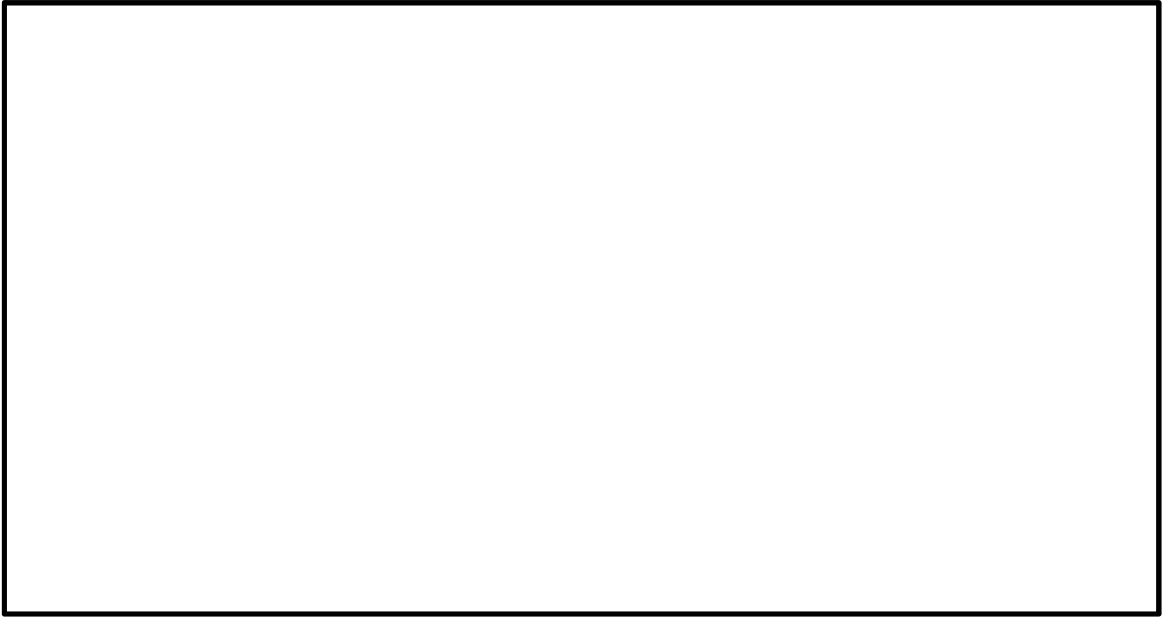


図 16.2-19 ジョイント要素の考え方



#### 16.2.10 減衰定数

動的解析における地盤及び構造物の減衰については、固有値解析にて求まる固有周期及び減衰比に基づき、質量マトリックス及び剛性マトリックスの線形結合で表される以下の Rayleigh 減衰にて与える。なお、Rayleigh 減衰を  $\alpha=0$  となる剛性比例型減衰とする。

有効応力解析では、時系列で地盤の 1 次固有振動数が低振動数側へシフトして行くことから、Rayleigh 減衰の係数  $\alpha$ 、 $\beta$  の両方を用いると、質量比例項の減衰  $\alpha [M]$  の影響により、有効応力解析における減衰定数が低振動数帯で過減衰となる場合がある。

一方、有効応力解析における低振動数帯で減衰  $\alpha [M]$  の影響がない剛性比例型減衰では、地盤の 1 次固有振動数が時系列で低振動数側へシフトしていくのに伴い、1 次固有振動モードに対する減衰定数が初期減衰定数より保守的に小さい側へ変化していくことを考慮できる。

ゆえに、有効応力解析では、地震力による時系列での地盤剛性の軟化に伴う 1 次固有振動数の低振動数側へのシフトに応じて、1 次固有振動モードに対する減衰定数として、初期減衰定数よりも保守的に小さい側のモード減衰定数を適用し、地盤応答の適切な評価が行えるように、低振動数帯で減衰  $\alpha [M]$  の影響がない剛性比例型減衰を採用した。

$$[C] = \alpha [M] + \beta [K]$$

ここで、

$[C]$  : 減衰係数マトリックス

$[M]$  : 質量マトリックス

$[K]$  : 剛性マトリックス

$\alpha, \beta$  : 係数

係数  $\alpha$ 、 $\beta$  は以下のように求めている。

$$\alpha = 0$$

$$\beta = \frac{h}{\pi f}$$

ここで、

$f$  : 固有値解析により求められた 1 次固有振動数

$h$  : 各材料の減衰定数

地盤の減衰定数は 1 %（解析における減衰は、ひずみが大きい領域では履歴減衰が支配的となる。このため、解析上の安定のためになるべく小さい値として 1 %を採用している。）とする。また、線形材料としてモデル化するコンクリートの減衰定数は 5 %（J E A G 4 6 0 1－1987）とする。

図 16.2－20 に Rayleigh 減衰の設定フローを、表 16.2－9 に固有値解析結果を示す。



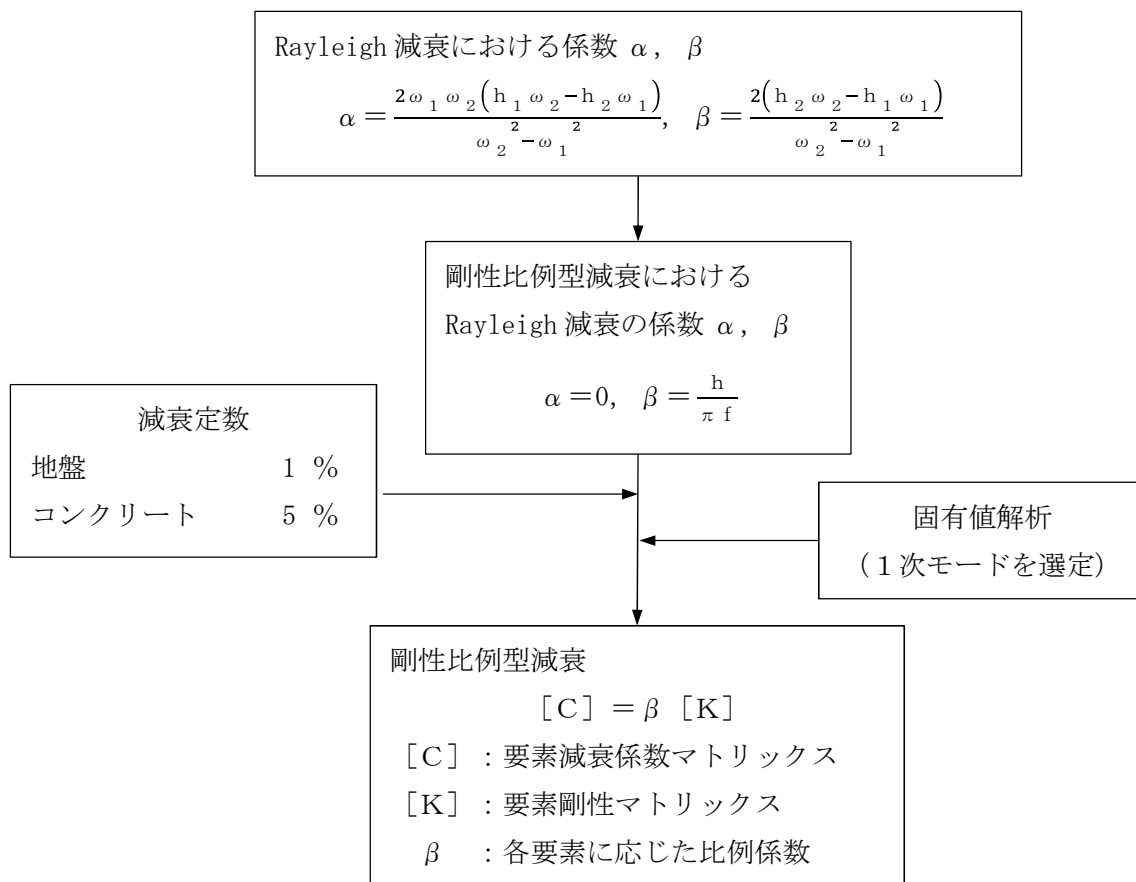


図 16.2-20 Rayleigh 減衰の設定フロー



表 16.2-9 (1) 固有値解析結果

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

(①-①断面)

| モード次数 | 固有振動数 (Hz) | 刺激係数   | 備考          |
|-------|------------|--------|-------------|
| 1     | 0.766      | 243.29 | 地盤の1次として採用  |
| 2     | 1.180      | 16.06  | —           |
| 3     | 1.474      | -0.25  | —           |
| 4     | 1.749      | -5.29  | —           |
| 5     | 1.897      | -35.79 | —           |
| 6     | 2.040      | 35.45  | —           |
| 7     | 2.169      | -3.02  | —           |
| 8     | 2.314      | -64.09 | 構造物の1次として採用 |
| 9     | 2.571      | 0.32   | —           |

表 16.2-9 (2) 固有値解析結果

(検討ケース②：地盤物性のばらつきを考慮 (+1 $\sigma$ ) した解析ケース)

(①-①断面)

| モード次数 | 固有振動数 (Hz) | 刺激係数   | 備考          |
|-------|------------|--------|-------------|
| 1     | 0.767      | 243.51 | 地盤の1次として採用  |
| 2     | 1.187      | 15.26  | —           |
| 3     | 1.475      | -0.28  | —           |
| 4     | 1.756      | -4.19  | —           |
| 5     | 1.919      | -34.94 | —           |
| 6     | 2.110      | 39.21  | —           |
| 7     | 2.183      | 5.98   | —           |
| 8     | 2.335      | -63.30 | 構造物の1次として採用 |
| 9     | 2.655      | -2.21  | —           |



表 16.2-9 (3) 固有値解析結果 (検討ケース②⑥)

(検討ケース③：地盤物性のばらつきを考慮 ( $-1\sigma$ ) した解析ケース)

(①-①断面)

| モード次数 | 固有振動数 (Hz) | 刺激係数   | 備考          |
|-------|------------|--------|-------------|
| 1     | 0.764      | 242.98 | 地盤の1次として採用  |
| 2     | 1.172      | 16.98  | —           |
| 3     | 1.473      | -0.16  | —           |
| 4     | 1.740      | -7.34  | —           |
| 5     | 1.870      | -37.74 | —           |
| 6     | 1.954      | -31.39 | —           |
| 7     | 2.153      | 2.02   | —           |
| 8     | 2.288      | -63.14 | 構造物の1次として採用 |
| 9     | 2.471      | -4.48  | —           |

表 16.2-9 (4) 固有値解析結果

(検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により

地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)

(①-①断面)

| モード次数 | 固有振動数 (Hz) | 刺激係数   | 備考          |
|-------|------------|--------|-------------|
| 1     | 0.764      | 240.42 | 地盤の1として採用   |
| 2     | 1.160      | 19.18  | —           |
| 3     | 1.481      | 1.11   | —           |
| 4     | 1.671      | 3.73   | —           |
| 5     | 1.712      | -41.39 | —           |
| 6     | 1.749      | 36.13  | —           |
| 7     | 1.966      | -24.22 | —           |
| 8     | 2.126      | 7.33   | —           |
| 9     | 2.181      | 45.19  | 構造物の1次として採用 |



表 16.2-9 (5) 固有値解析結果

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

(②-②断面)

| モード次数 | 固有振動数 (Hz) | 刺激係数   | 備考          |
|-------|------------|--------|-------------|
| 1     | 0.810      | 196.35 | 地盤の1次として採用  |
| 2     | 1.417      | -5.14  | —           |
| 3     | 1.658      | 18.61  | —           |
| 4     | 1.799      | 5.66   | —           |
| 5     | 2.201      | 34.40  | —           |
| 6     | 2.378      | 44.49  | 構造物の1次として採用 |
| 7     | 2.432      | -8.05  | —           |
| 8     | 2.528      | 28.58  | —           |
| 9     | 2.928      | -15.81 | —           |

表 16.2-9 (6) 固有値解析結果

(検討ケース②：地盤物性のばらつきを考慮 (+1 $\sigma$ ) した解析ケース)

(②-②断面)

| モード次数 | 固有振動数 (Hz) | 刺激係数   | 備考          |
|-------|------------|--------|-------------|
| 1     | 0.811      | 196.57 | 地盤の1次として採用  |
| 2     | 1.423      | -3.40  | —           |
| 3     | 1.755      | 14.86  | —           |
| 4     | 1.813      | -10.32 | —           |
| 5     | 2.247      | -41.39 | —           |
| 6     | 2.437      | -37.54 | 構造物の1次として採用 |
| 7     | 2.458      | 29.09  | —           |
| 8     | 2.694      | -12.71 | —           |
| 9     | 2.985      | 15.30  | —           |



表 16.2-9 (7) 固有値解析結果

(検討ケース③：地盤物性のばらつきを考慮 ( $-1\sigma$ ) した解析ケース)

(②-②断面)

| モード次数 | 固有振動数 (Hz) | 刺激係数   | 備考          |
|-------|------------|--------|-------------|
| 1     | 0.808      | 195.98 | 地盤の1次として採用  |
| 2     | 1.402      | -10.14 | —           |
| 3     | 1.545      | 19.72  | —           |
| 4     | 1.792      | 4.47   | —           |
| 5     | 2.138      | -23.31 | —           |
| 6     | 2.228      | 32.27  | —           |
| 7     | 2.411      | -32.10 | 構造物の1次として採用 |
| 8     | 2.430      | 35.68  | —           |
| 9     | 2.802      | -2.35  | —           |

表 16.2-9 (8) 固有値解析結果

(検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により  
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)

(②-②断面)

| モード次数 | 固有振動数 (Hz) | 刺激係数   | 備考          |
|-------|------------|--------|-------------|
| 1     | 0.808      | 194.69 | 地盤の1次として採用  |
| 2     | 1.408      | 4.63   | —           |
| 3     | 1.600      | 12.26  | —           |
| 4     | 1.778      | 3.86   | —           |
| 5     | 1.886      | -43.88 | —           |
| 6     | 2.045      | 15.63  | —           |
| 7     | 2.256      | 28.23  | 構造物の1次として採用 |
| 8     | 2.371      | -5.47  | —           |
| 9     | 2.458      | -6.03  | —           |



#### 16.2.11 荷重の組合せ

耐震安全性評価にて考慮する荷重は、通常運転時の荷重（永久荷重）及び地震時荷重を抽出し、それぞれ組み合わせて設定する。地震時荷重には、地震時土圧、動水圧、機器・配管系からの反力による荷重が含まれるものとする。

変動荷重（雪荷重、風荷重）については、S A用海水ピット取水塔が海水中に没するため考慮しない。

なお、S A用海水ピット取水塔は地盤内に埋設されている構造物であることから、運転時の異常な過度変化時の状態及び設計基準事故時の状態の影響を受けないと考えられるため、当該状態についての組合せは考慮しないものとする。また、重大事故等対処時においても、地盤内で設計基準事故時の条件を上回るような事象は発生しないため、設計基準事故等の条件を上回る荷重はない。

地震時にS A用海水ピット取水塔に作用する機器・配管系からの反力については、機器・配管系を付加質量としてモデル化することで考慮する。荷重の組合せを表 16.2-10 に示す。



表 16.2-10 荷重の組合せ

| 種別   |        | 荷重      |   | 算定方法  |
|------|--------|---------|---|---|
| 永久荷重 | 常時考慮荷重 | 躯体自重    | ○ | ・対象構造物の体積に材料の密度を考慮して設定する。                                     |
|      |        | 機器・配管荷重 | ○ | ・上段鋼製蓋，内部配管を付加質量で考慮する。  |
|      |        | 土被り荷重   | — | ・躯体天端が海底面上にあるため，考慮しない。  |
|      |        | 永久上載荷重  | — | ・恒常的に配置される構造物等はないため，考慮しない。                                    |
|      | 静止土圧   |         | ○ | ・常時応力解析により設定する。   |
|      | 外水圧    |         | ○ | ・地下水位及び海水位に応じた静水圧として考慮する。<br>・地下水及び海水位の密度を考慮する。               |
| 変動荷重 |        | 雪荷重，風荷重 | — | ・海水中に没するため考慮しない。  |
| 偶発荷重 | 水平地震動  |         | ○ | ・基準地震動 $S_s$ によって水平及び鉛直同時加振を考慮する。<br>・躯体，機器・配管系の慣性力，動土圧を考慮する。 |
|      | 鉛直地震動  |         | ○ |   |
|      | 動水圧    |         | ○ | ・水位条件，密度は，永久荷重と同様とする。   |

## (1) 機器・配管荷重

頂版に設置する上段鋼製蓋並びに取水塔内に設置する内部配管を付加質量として考慮する。開口による質量及び剛性の低減は考慮しない。

## (2) 外水圧

S A用海水ピット取水塔周辺は朔望平均満潮位 (T.P. +0.61 m) 以下であるため，地下水位は海底面に設定する。地下水の密度は  $1.00 \text{ g/cm}^3$  とする。

海水は流体要素として考慮し，密度は  $1.03 \text{ g/cm}^3$  とする。

## (3) 内水圧

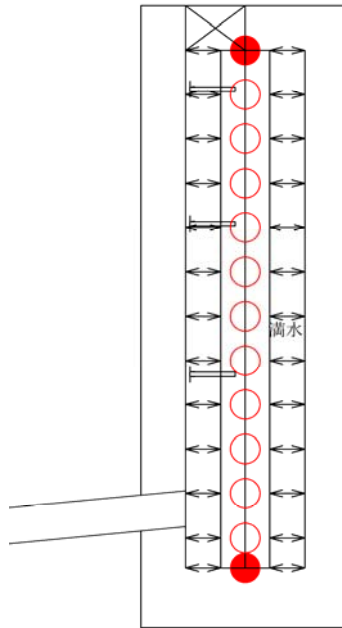
S A用海水ピット取水塔内の内水圧水頭は海面と同じ朔望平均満潮位 (T.P. +0.61 m) とする。海水の密度は  $1.03 \text{ g/cm}^3$  とする。

朔望平均満潮位 (T.P. +0.61 m) は，頂版下面標高 (T.P. -0.7 m) より高いため，取水塔の内水は自由水面を持たない固定水としてモデル化する。

内水圧は，構造物をモデル化したはり要素の節点に付加質量として考慮する。

S A用海水ピット取水塔内水圧の荷重モデルを図 16.2-21 に示す。





| 記号 | 状態 | 水平 | 鉛直 | 内容   |
|----|----|----|----|--|
| ○  | 満管 | ○  |    | 負担高分の水重を付加質量として付加する。   |
| ●  | 満管 | ○  |    | 負担高分の水重を付加質量として付加する。   |
|    |    |    | ○  | 内空容積分の水重を 1/2 ずつ付加質量として頂版及び底盤に付加する。<br>初期応力解析時は全水重を底盤上面に付加質量として設定する。 |

注記 : 内水圧の付加質量は躯体の自重による付加質量に加算する。

図 16.2-21 S A用海水ピット取水塔内水圧の荷重モデル



### 16.2.12 地震応答解析の検討ケース

S A用海水ピット取水塔の耐震設計における検討ケースを表 16.2-11 に示す。

全ての基準地震動  $S_s$  に対して実施する①の検討ケースにおいて、せん断力照査及び曲げ軸力照査をはじめとした全ての照査項目について、各照査値が最も厳しい（許容限界に対する余裕が最も小さい）地震動を用い、②～⑥の中から追加検討ケースを実施する。

表 16.2-11 S A用海水ピット取水塔の耐震設計における検討ケース

| 検討ケース      | ①<br>原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース） | ②<br>地盤物性のばらつきを考慮（ $+1\sigma$ ）した解析ケース | ③<br>地盤物性のばらつきを考慮（ $-1\sigma$ ）した解析ケース | ④<br>地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース | ⑤<br>原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース | ⑥<br>地盤物性のばらつきを考慮（ $+1\sigma$ ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース |
|------------|-------------------------------------|--|--|--------------------------------|-------------------------------|--|
| 液状化強度特性の設定 | 原地盤に基づく液状化強度特性（標準偏差を考慮）             | 原地盤に基づく液状化強度特性（標準偏差を考慮）                | 原地盤に基づく液状化強度特性（標準偏差を考慮）                | 敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく液状化強度特性       | 液状化パラメータを非適用                  | 液状化パラメータを非適用                                       |



## 16.3 評価内容

### 16.3.1 入力地震動の設定

地震応答解析に用いる入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動  $S_s$  を1次元波動論により地震応答解析モデルの底面位置で評価したものをを用いる。入力地震動算定の概念図を図16.3-1に示す。

入力地震動の算定には、解析コード「k-SHAKE Ver. 6.2.0」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、V-5-25「計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

なお、断層モデル波である  $S_s-11, 12, 13, 14, 21, 22$  については、特定の方向性を有することから、構造物の評価対象断面方向に合わせて方位補正を行う。具体的にはNS方向及びEW方向の地震動について構造物の評価断面方向の成分を求め、各々を足し合わせることで方位補正した基準地震動を設定する。

図16.3-2～図16.3-29に入力地震動の加速度時刻歴波形並びに加速度応答スペクトルを示す。

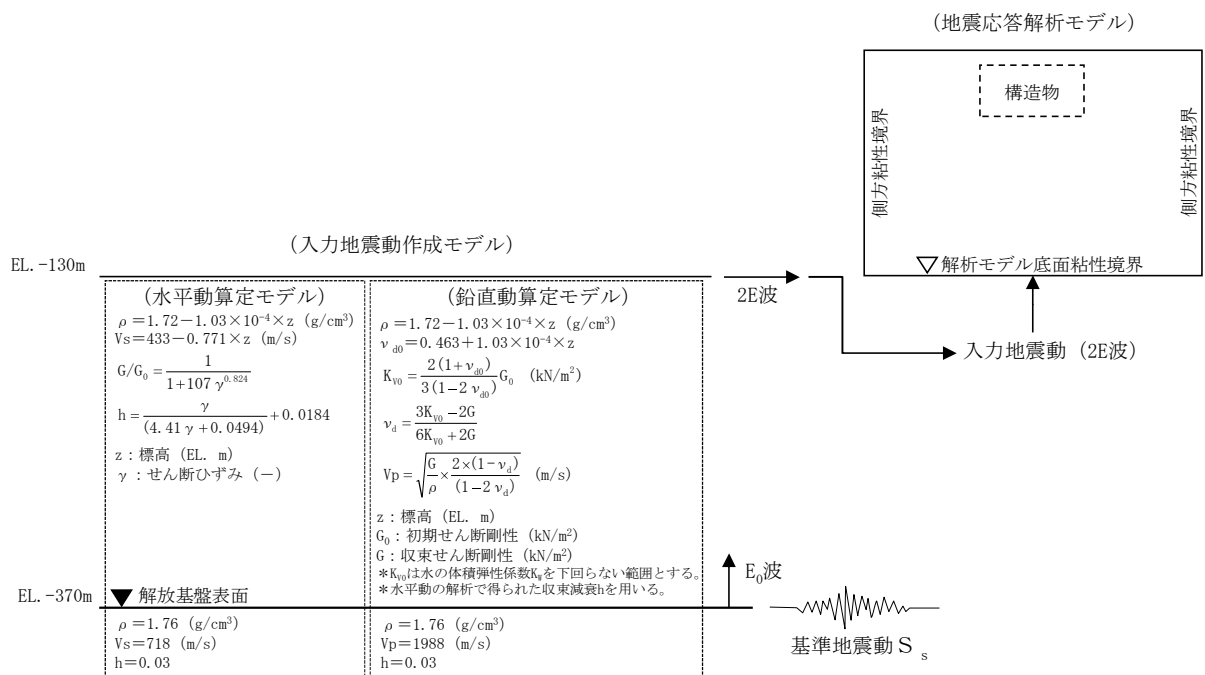
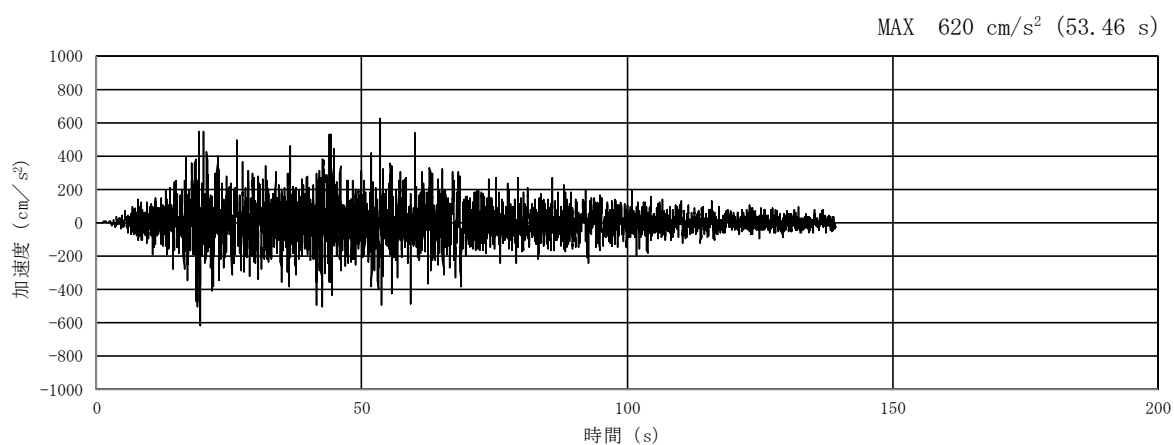
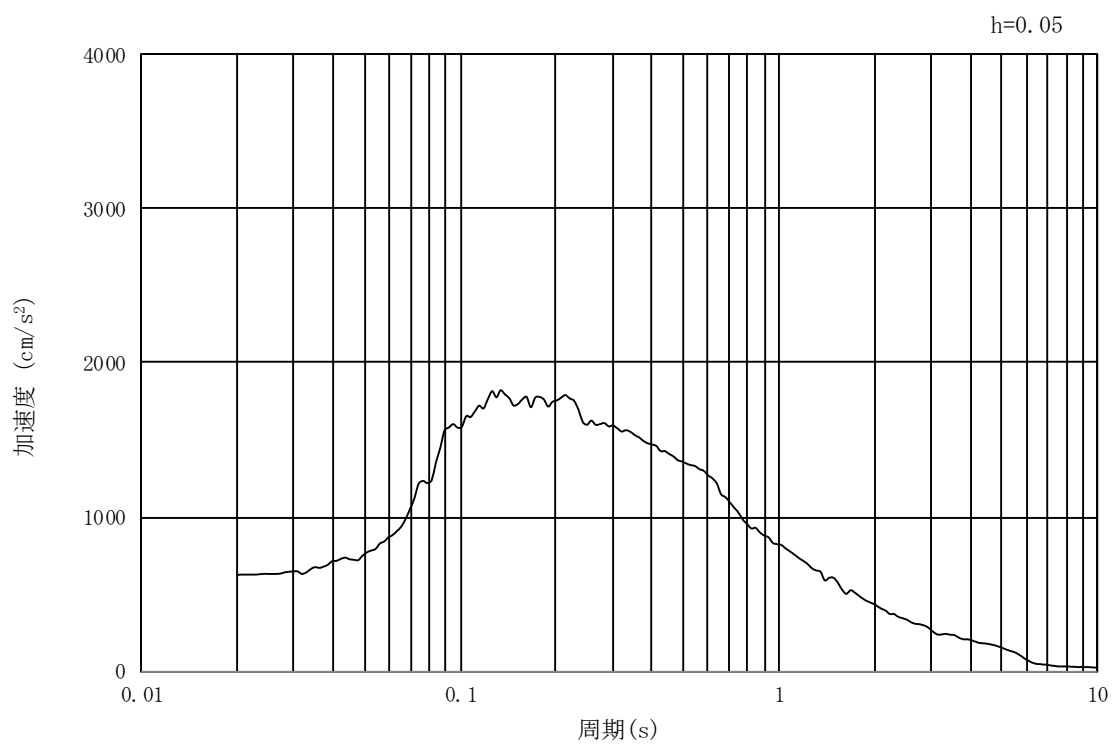


図16.3-1 入力地震動算定の概念図





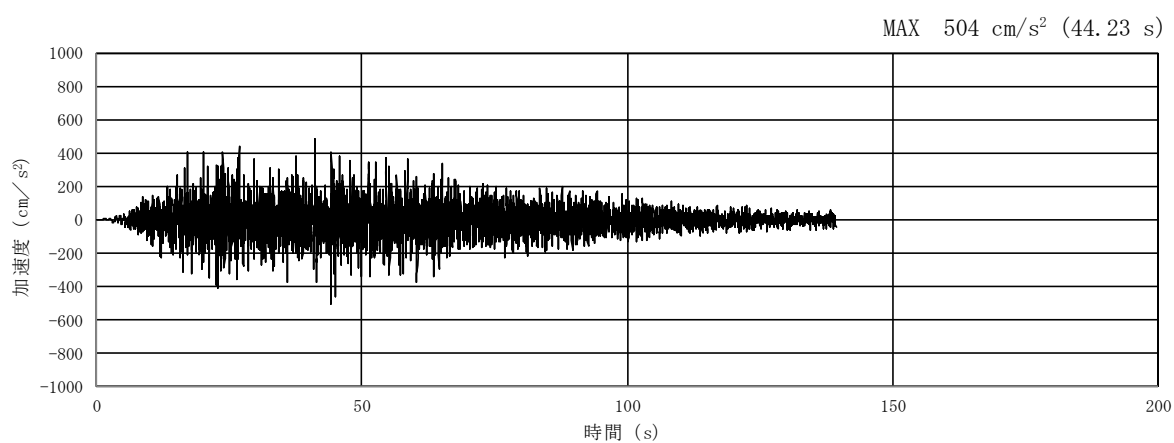
(a) 加速度時刻歴波形



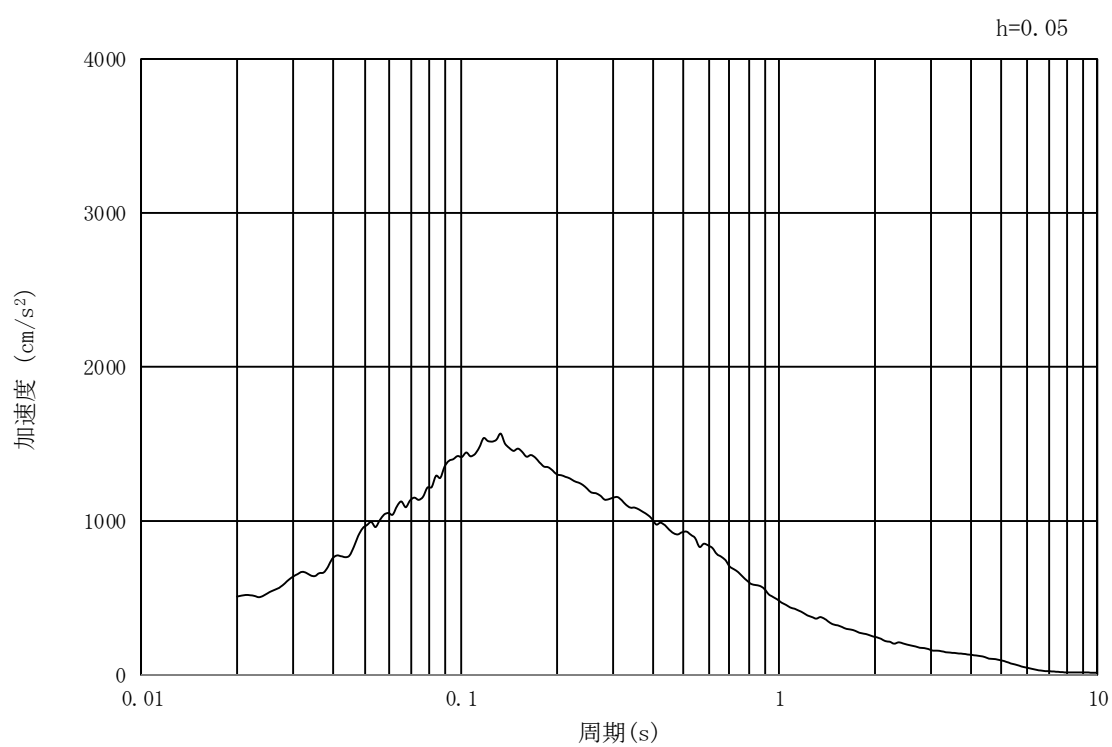
(b) 加速度応答スペクトル

図 16.3-2 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
 (①-①断面, ②-②断面, 水平成分:  $S_s - D1$ )





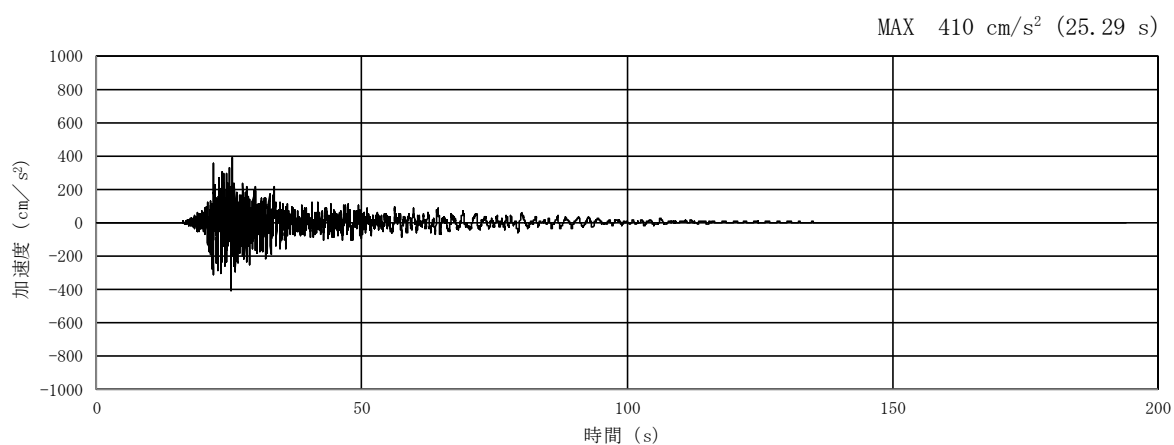
(a) 加速度時刻歴波形



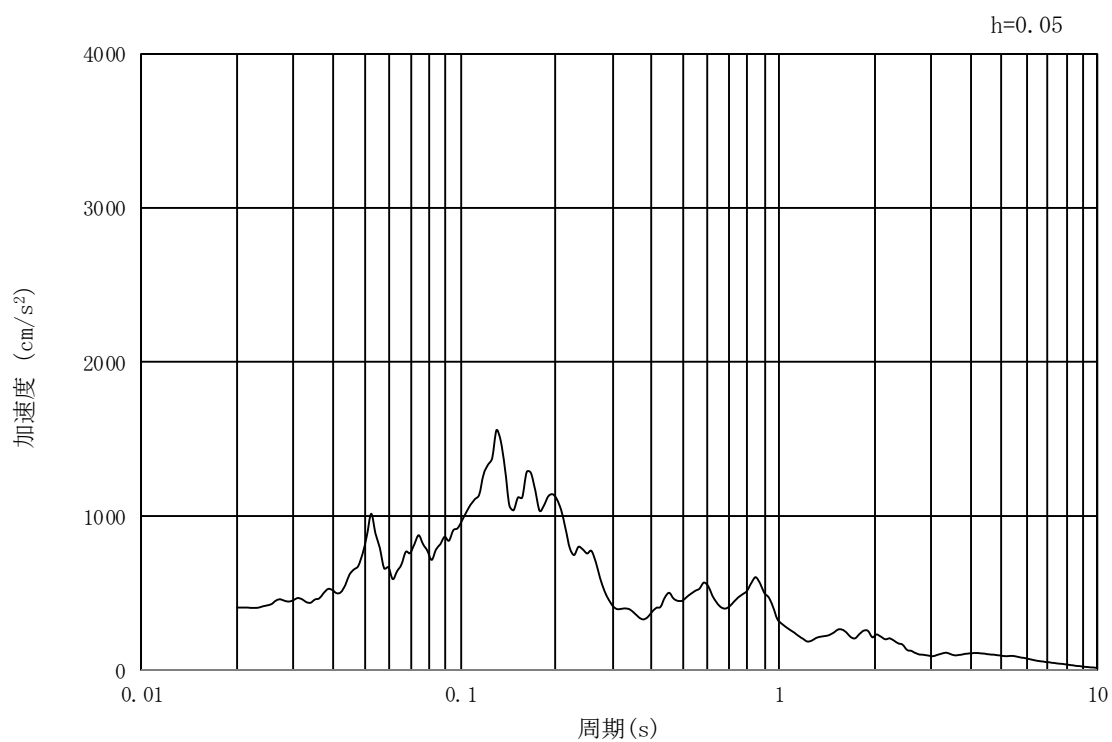
(b) 加速度応答スペクトル

図 16.3-3 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(①-①断面, ②-②断面, 鉛直成分:  $S_s - D1$ )





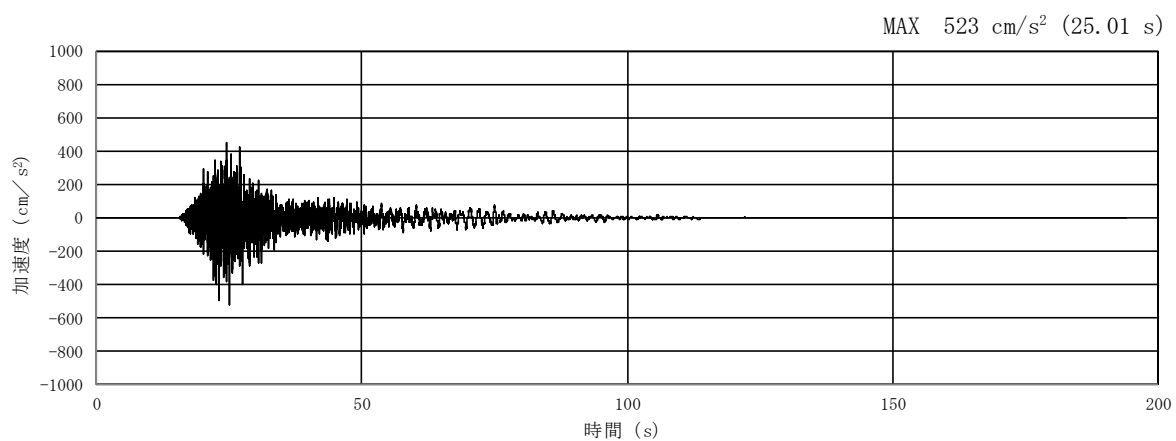
(a) 加速度時刻歴波形



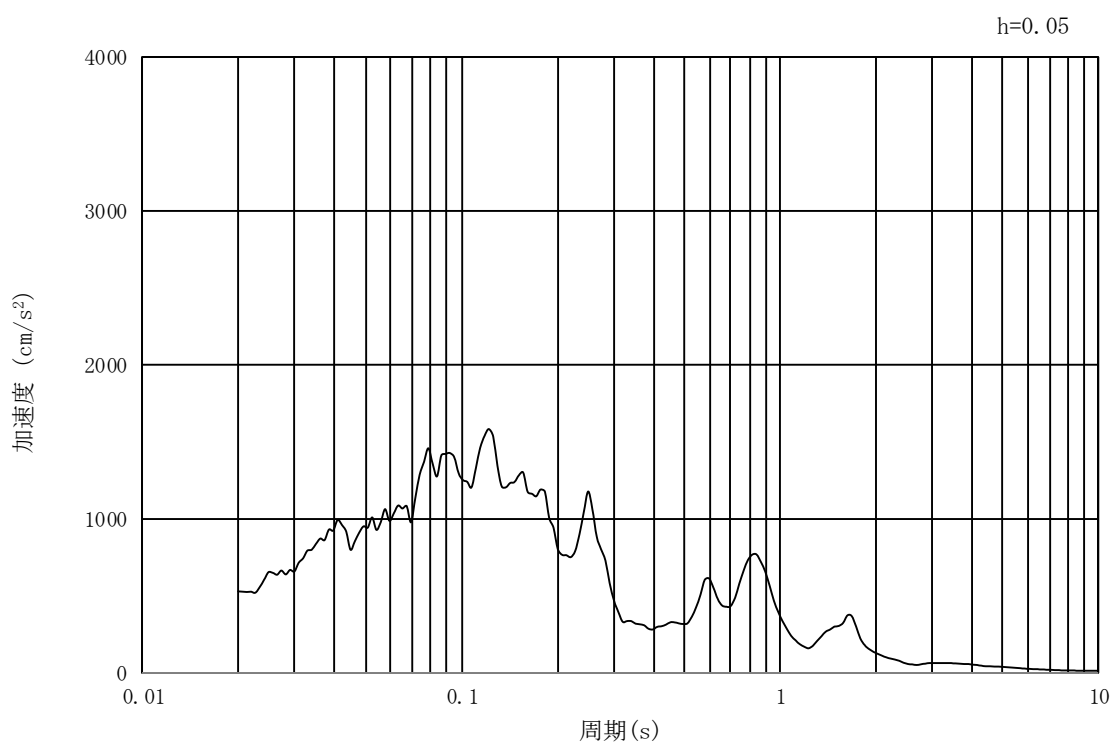
(b) 加速度応答スペクトル

図 16.3-4 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(①-①断面, 水平成分:  $S_s - 1.1$ )





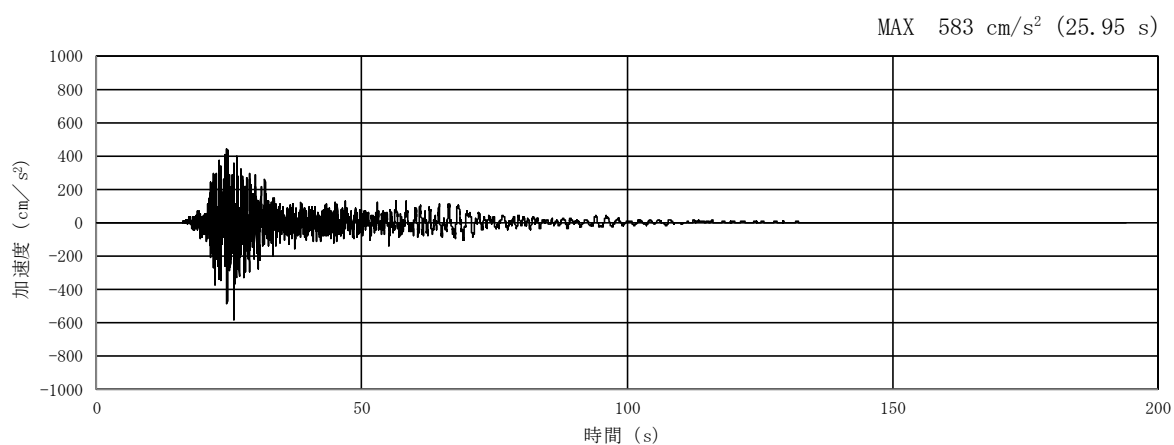
(a) 加速度時刻歴波形



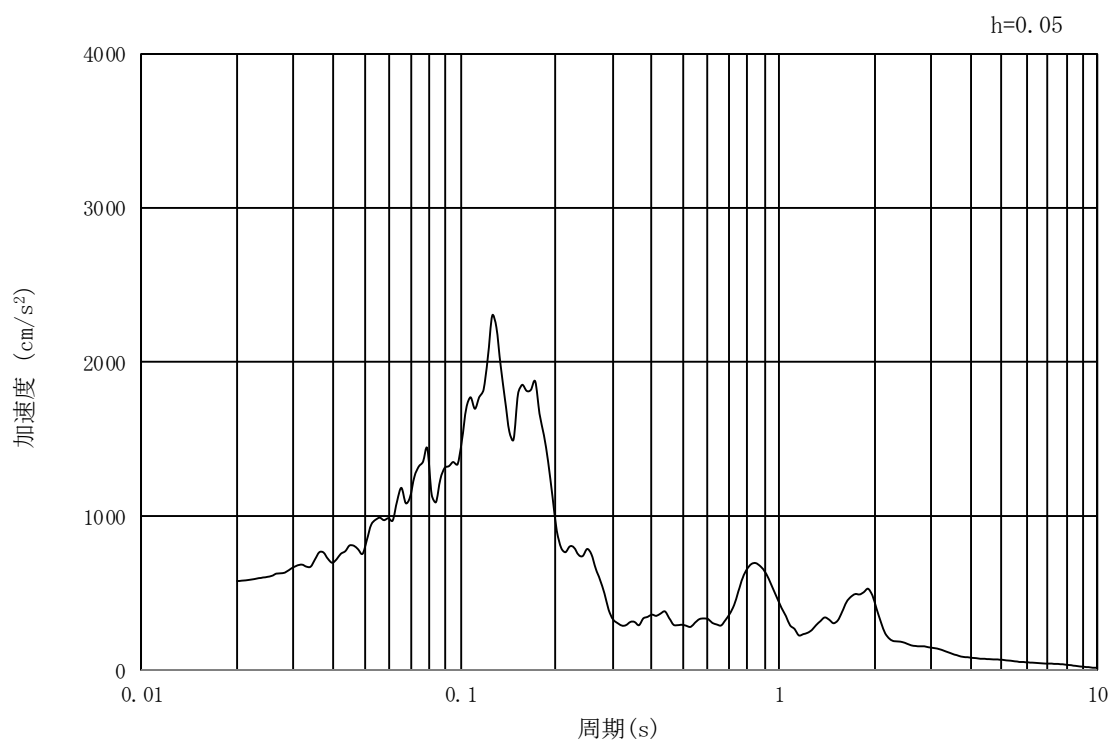
(b) 加速度応答スペクトル

図 16.3-5 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(①-①断面, 鉛直成分:  $S_s - 1.1$ )





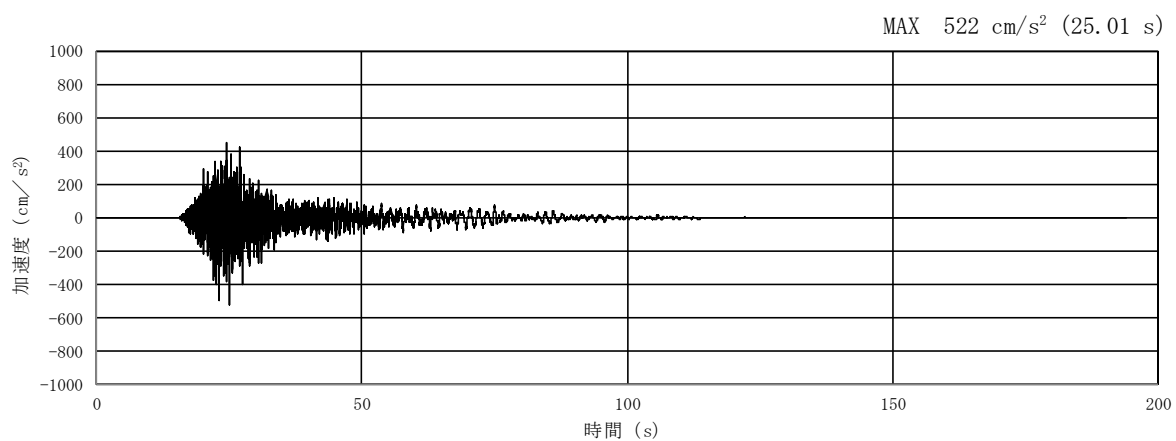
(a) 加速度時刻歴波形



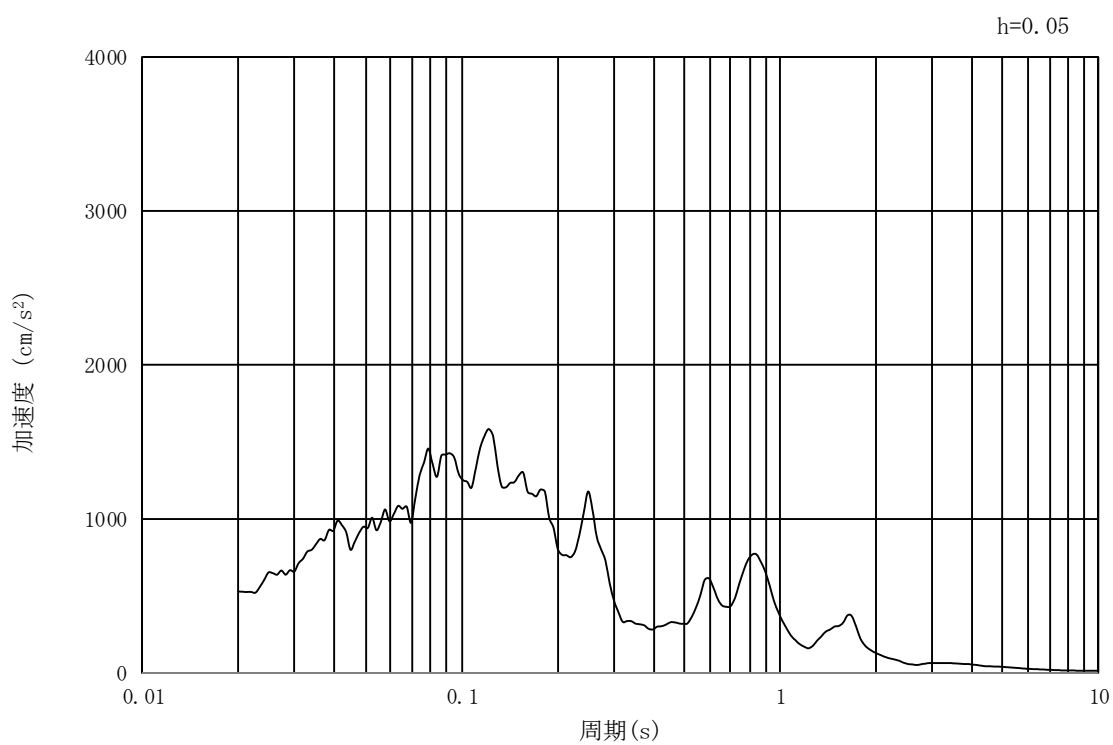
(b) 加速度応答スペクトル

図 16.3-6 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
 (②-②断面, 水平成分:  $S_s-11$ )





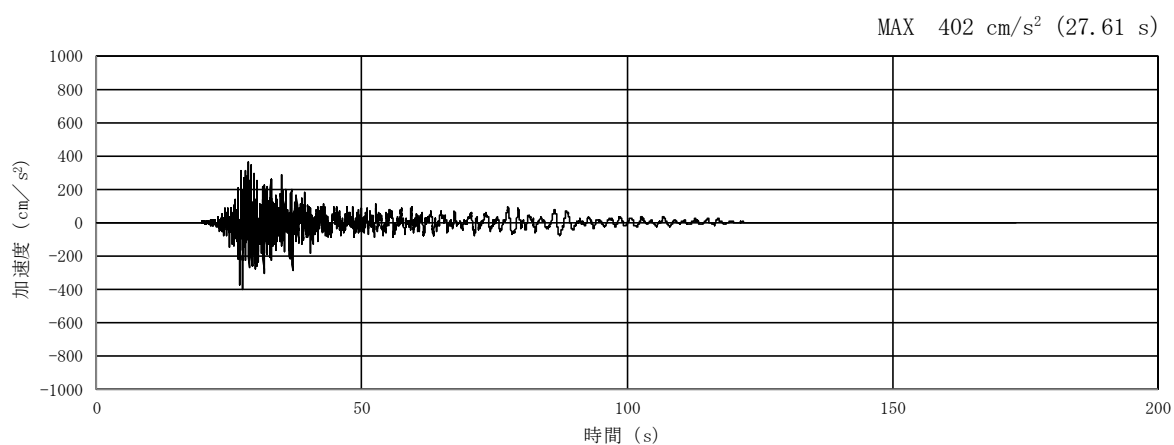
(a) 加速度時刻歴波形



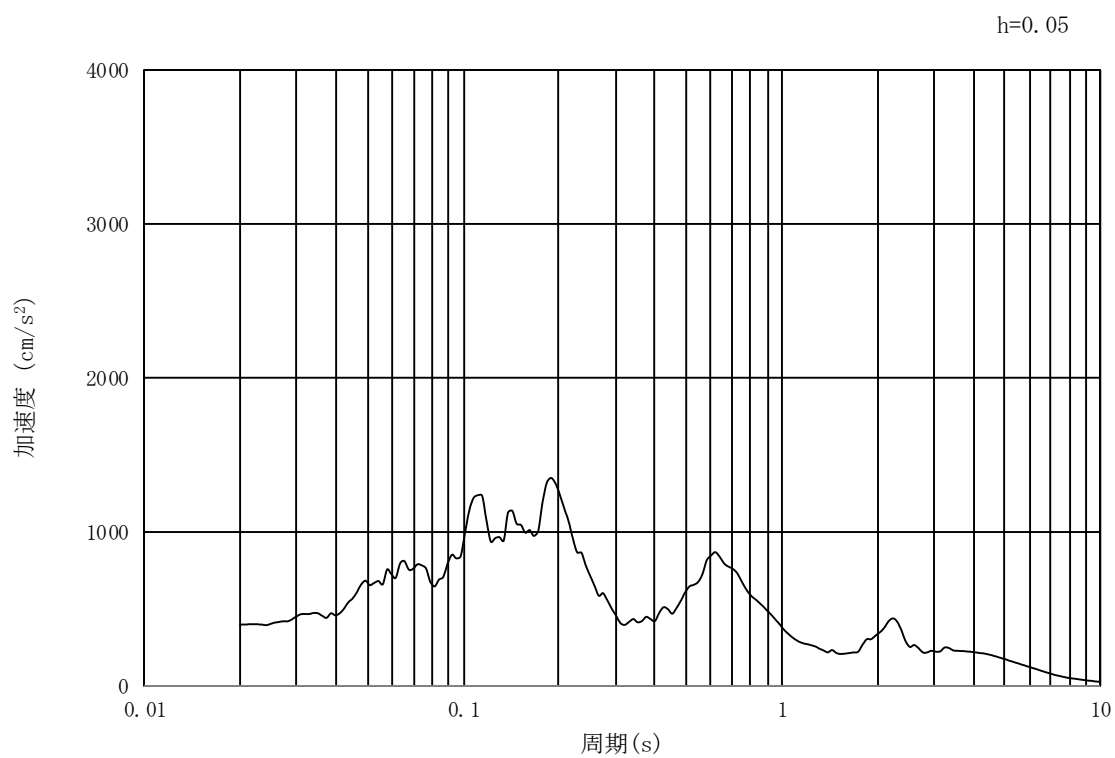
(b) 加速度応答スペクトル

図 16.3-7 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(②-②断面，鉛直成分： $S_s-11$ )





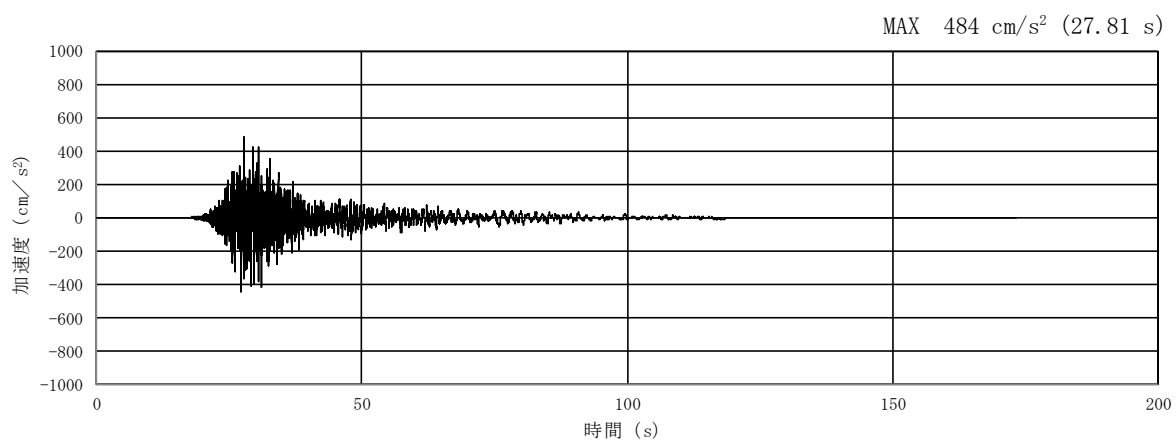
(a) 加速度時刻歴波形



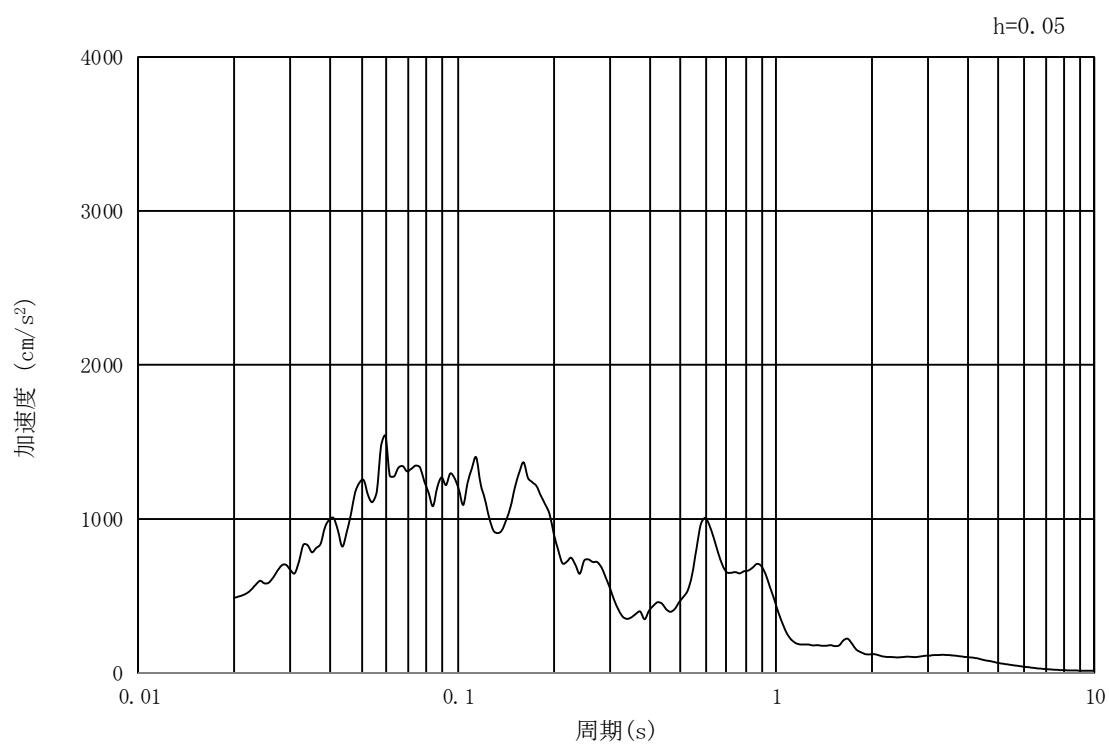
(b) 加速度応答スペクトル

図 16.3-8 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
 (①-①断面, 水平成分:  $S_s-12$ )





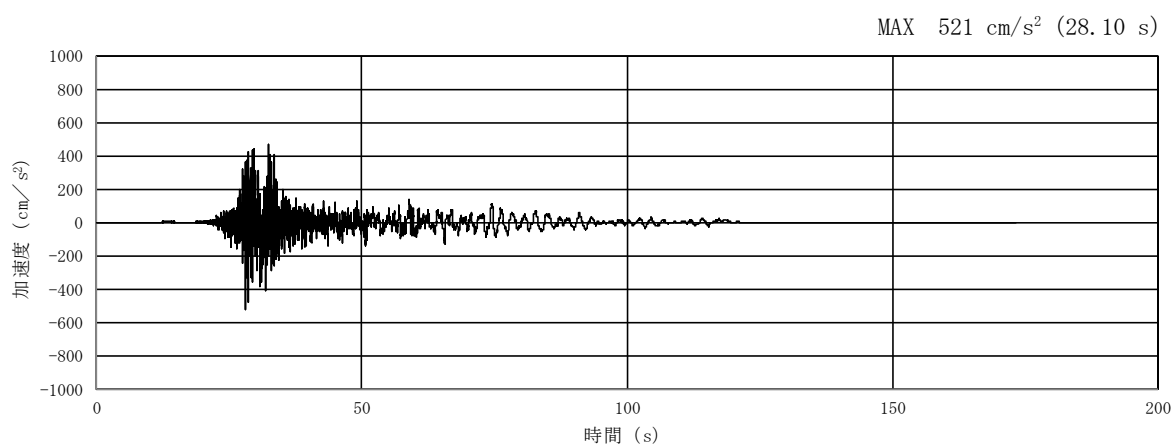
(a) 加速度時刻歴波形



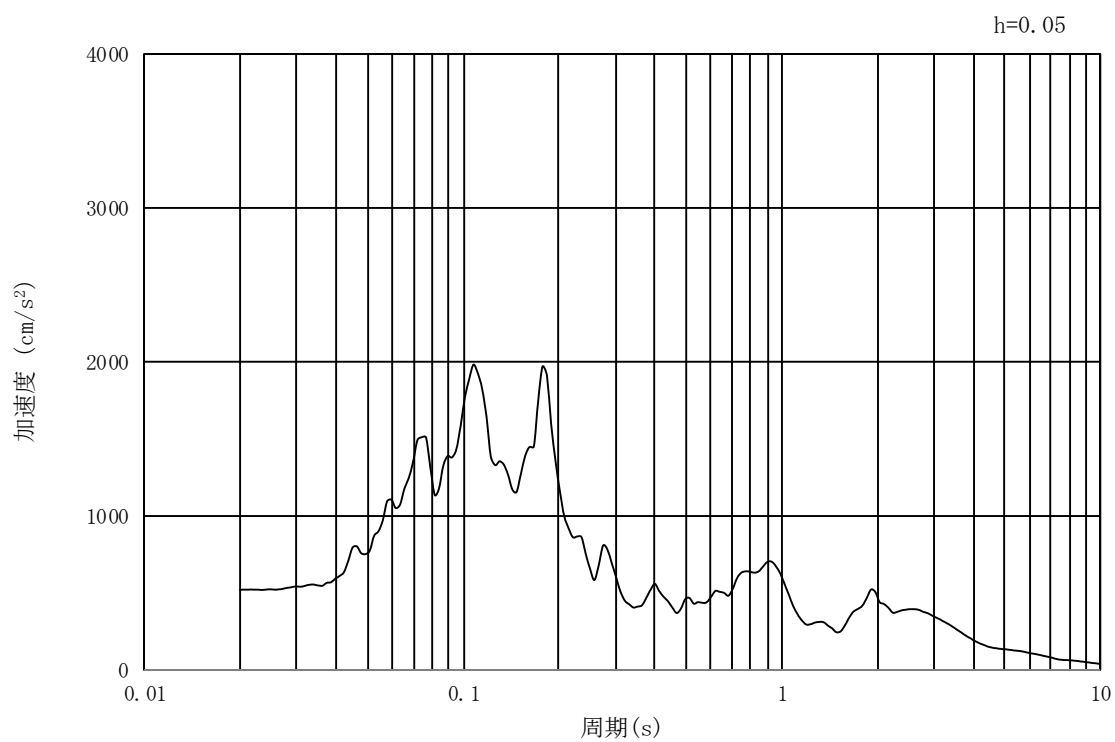
(b) 加速度応答スペクトル

図 16.3-9 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(①-①断面，鉛直成分：S<sub>s</sub>-1 2)





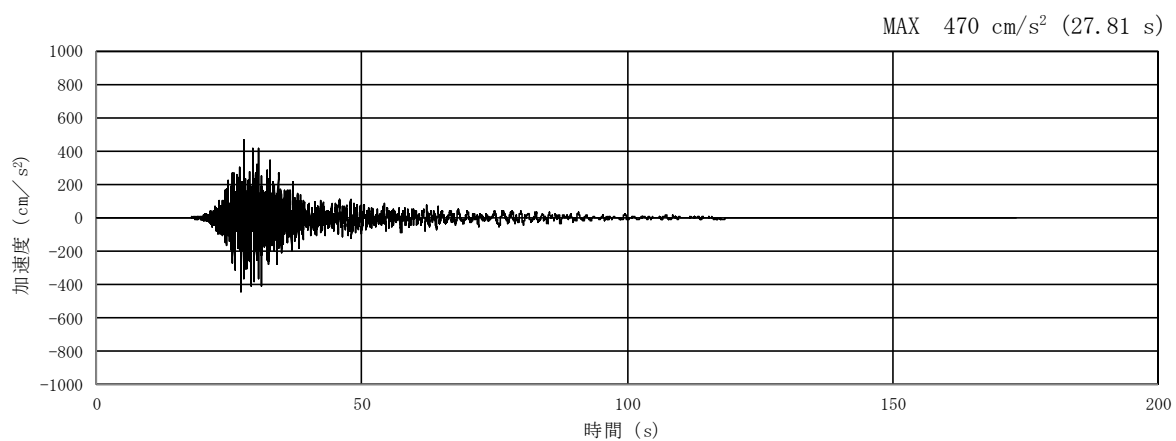
(a) 加速度時刻歴波形



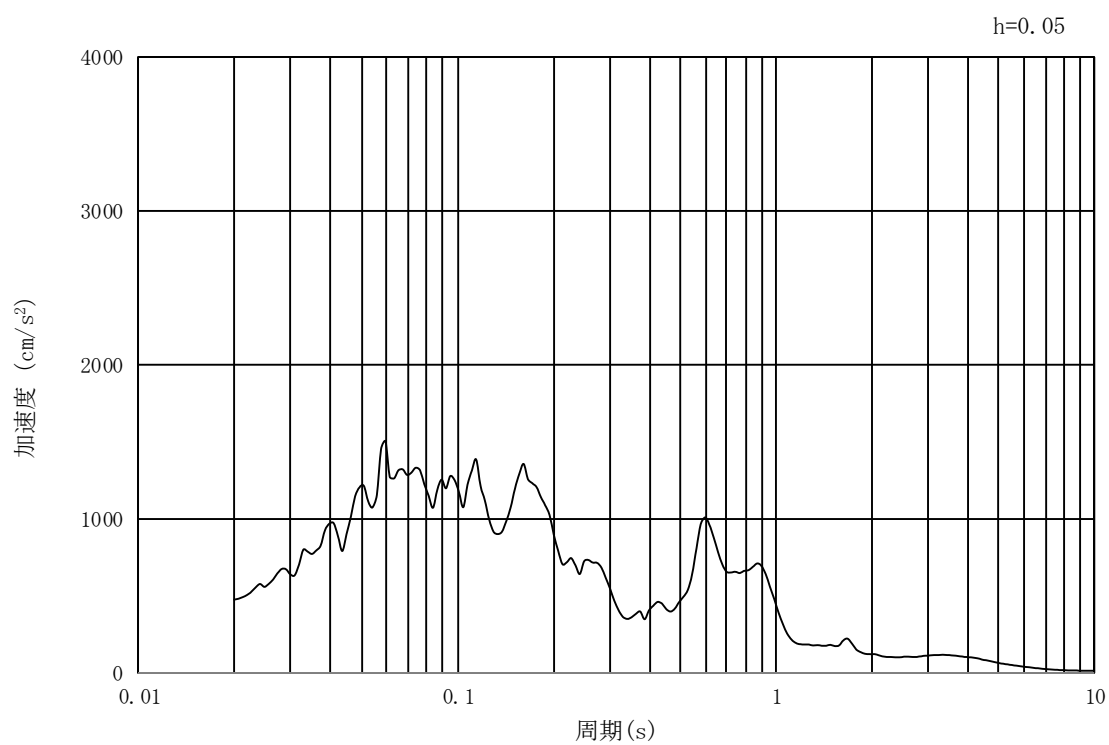
(b) 加速度応答スペクトル

図 16.3-10 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(②-②断面, 水平成分:  $S_s-12$ )





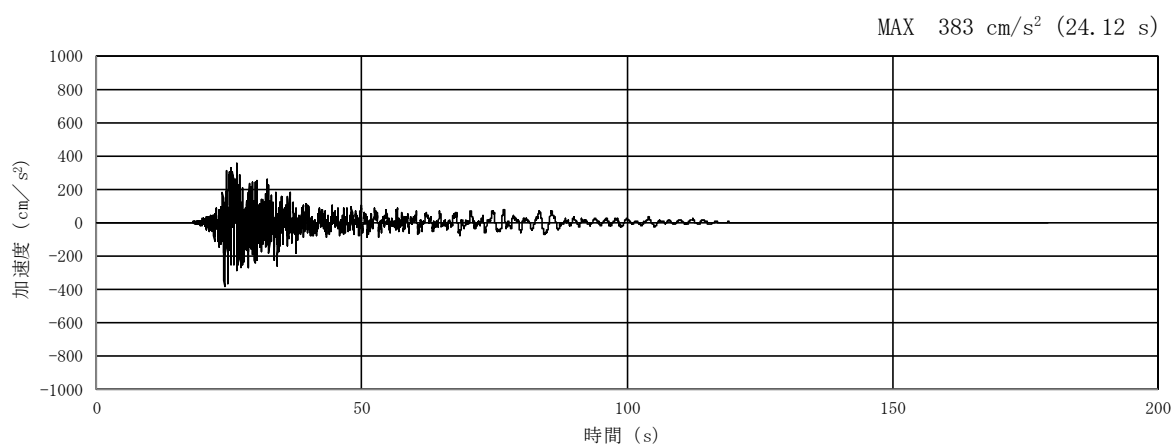
(a) 加速度時刻歴波形



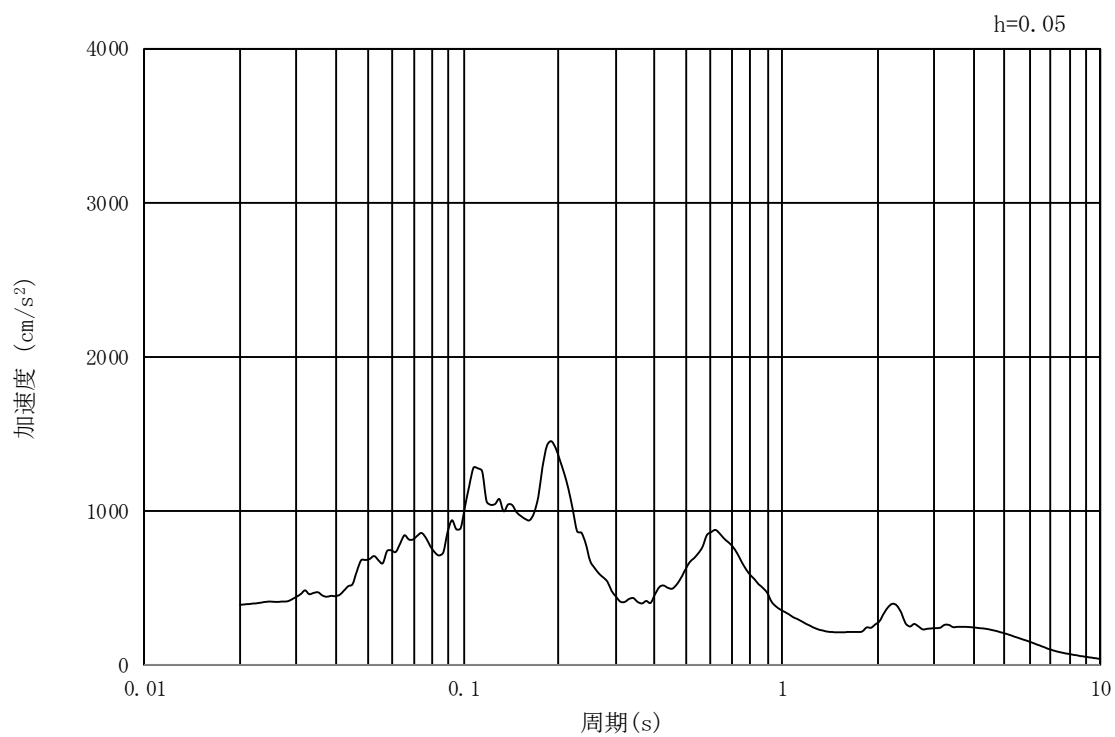
(b) 加速度応答スペクトル

図 16.3-11 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(②-②断面，鉛直成分： $S_s-12$ )





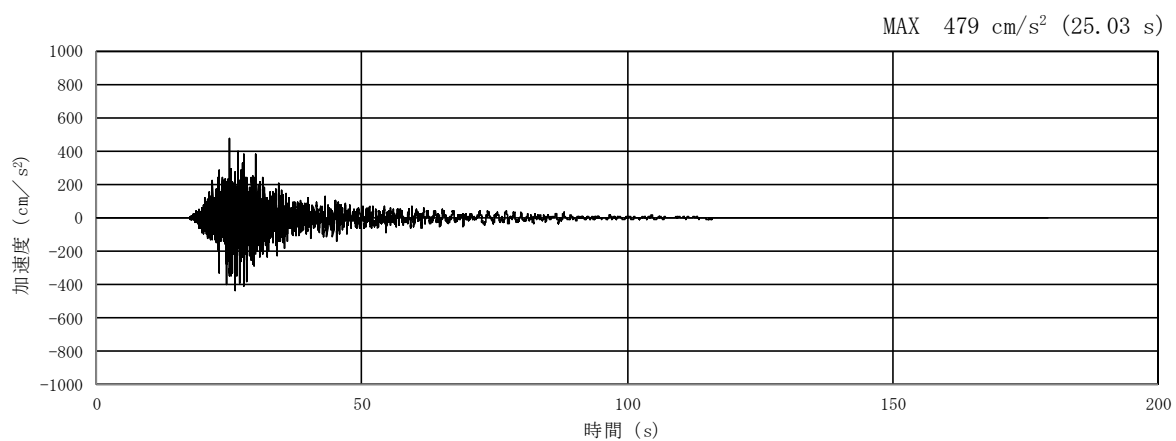
(a) 加速度時刻歴波形



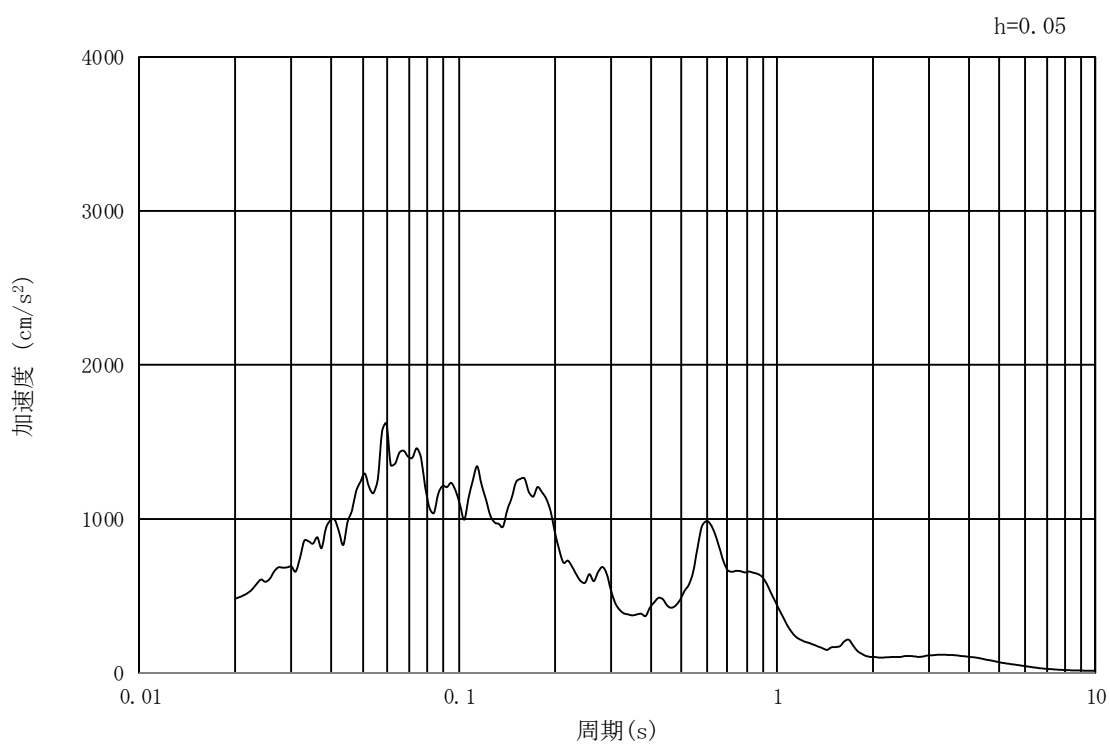
(b) 加速度応答スペクトル

図 16.3-12 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(①-①断面，水平成分： $S_s - 1.3$ )





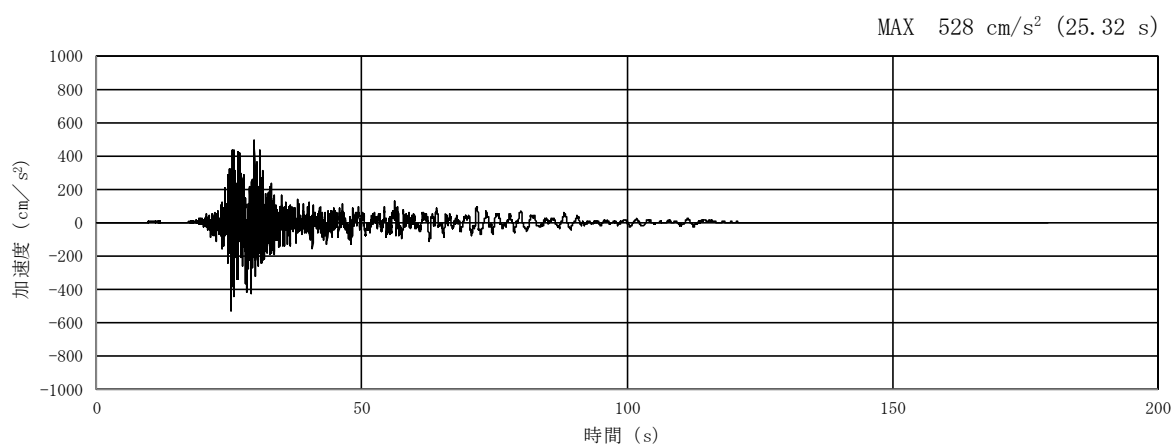
(a) 加速度時刻歴波形



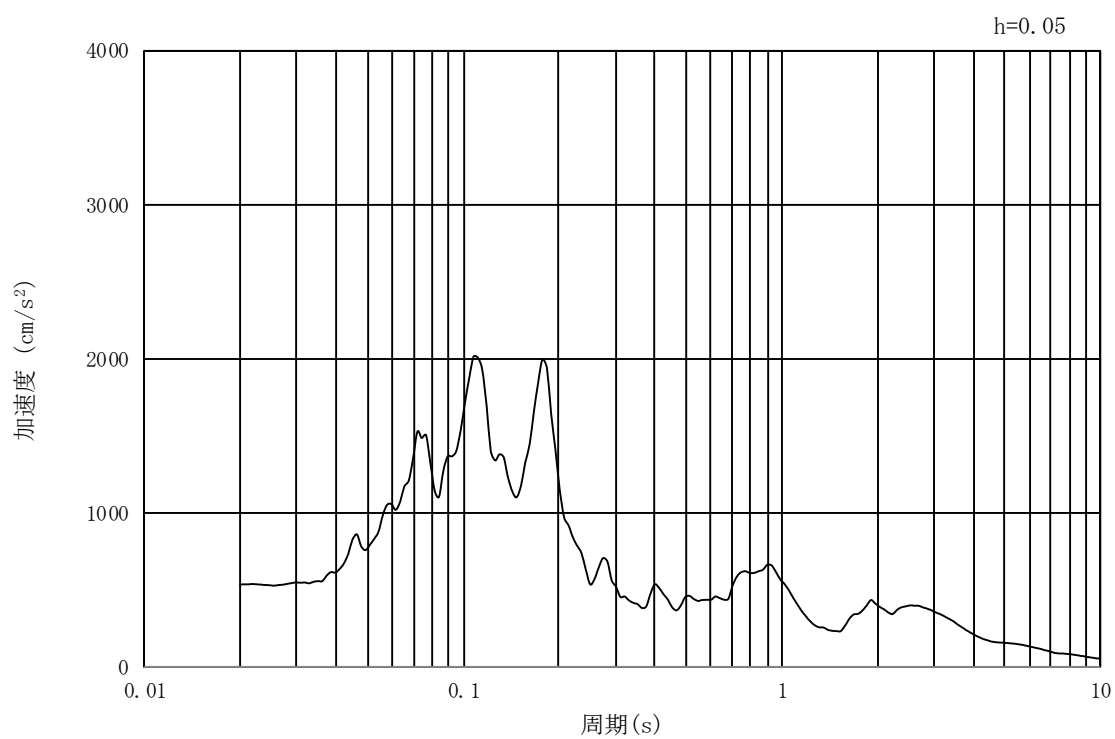
(b) 加速度応答スペクトル

図 16.3-13 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(①-①断面，鉛直成分：S<sub>s</sub>-13)





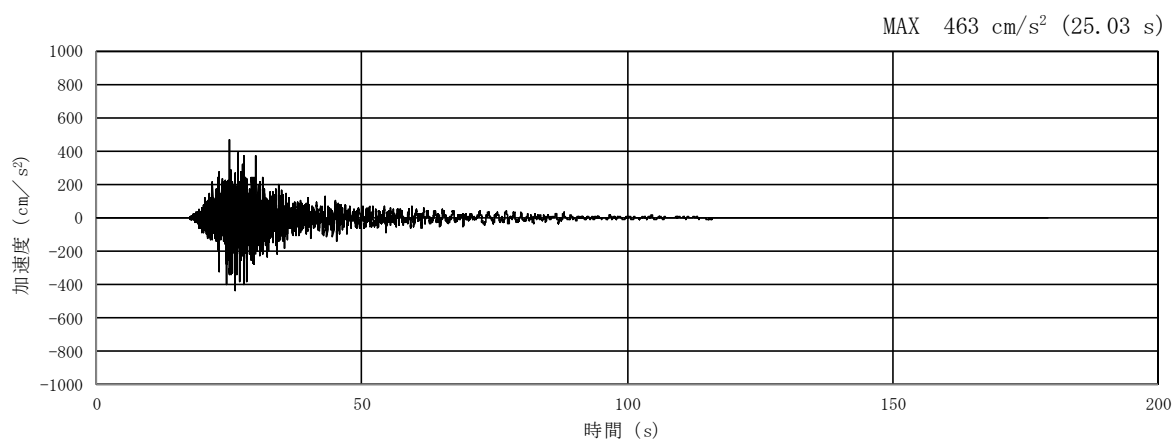
(a) 加速度時刻歴波形



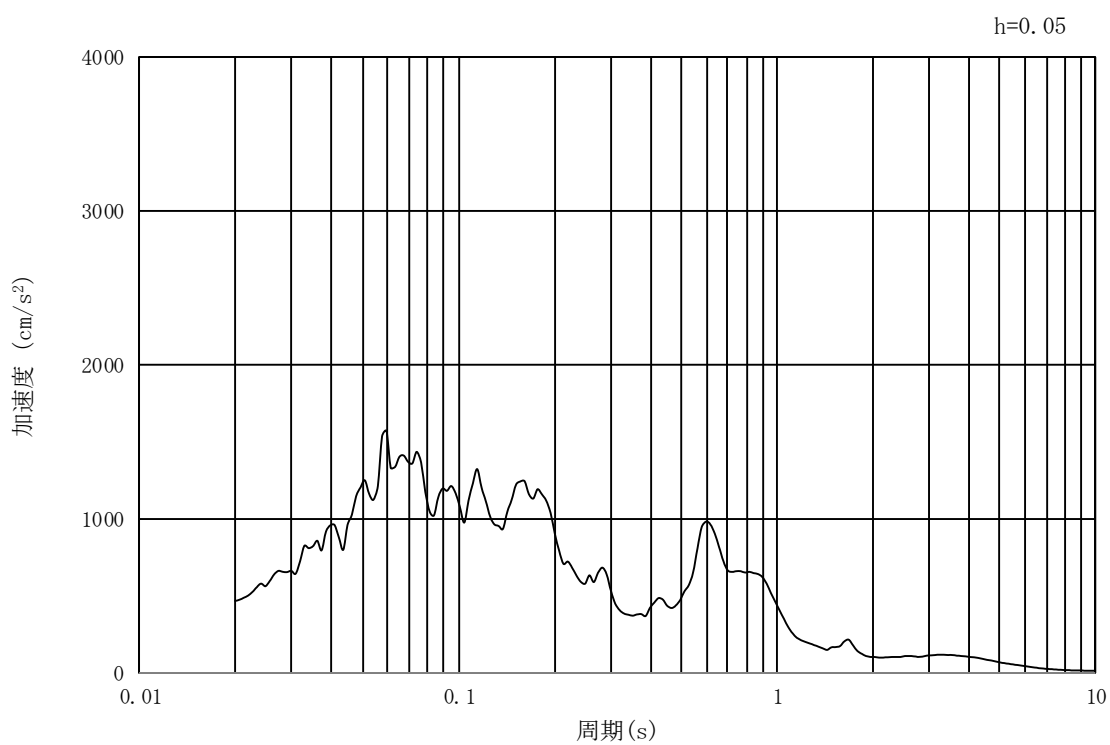
(b) 加速度応答スペクトル

図 16.3-14 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(②-②断面, 水平成分:  $S_s - 1.3$ )





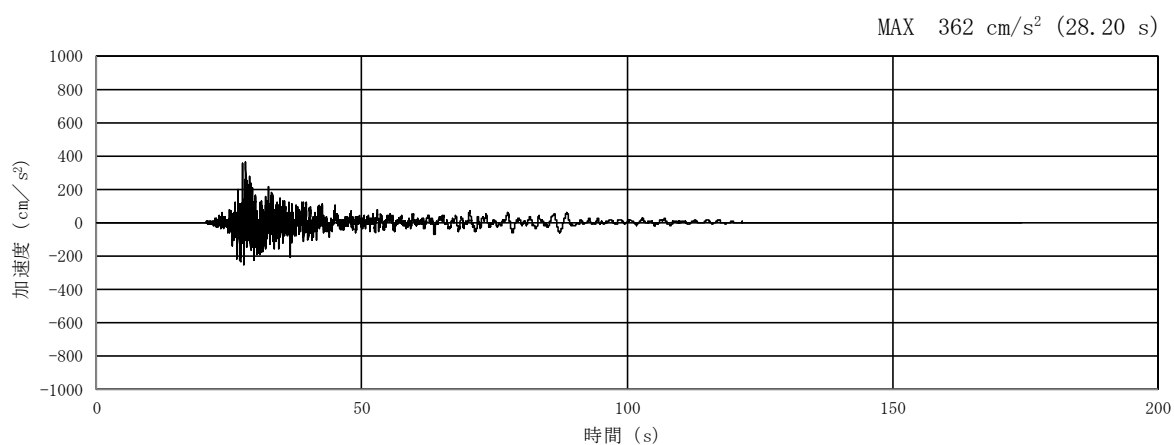
(a) 加速度時刻歴波形



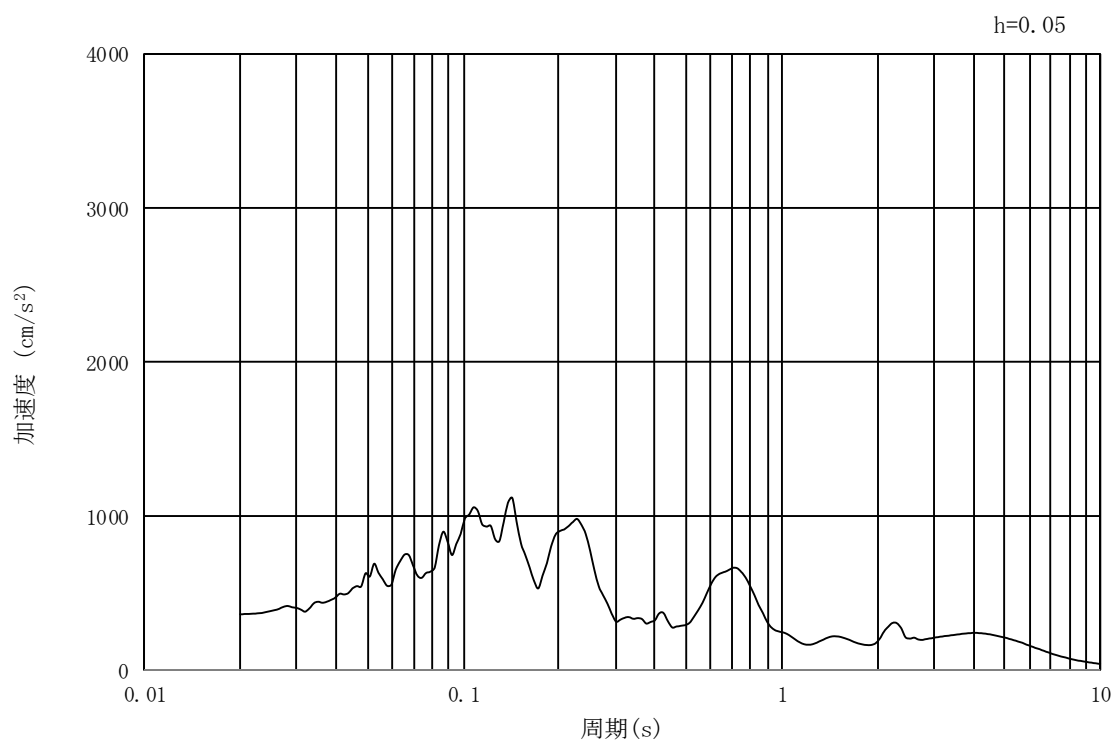
(b) 加速度応答スペクトル

図 16.3-15 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(②-②断面, 鉛直成分:  $S_s-13$ )





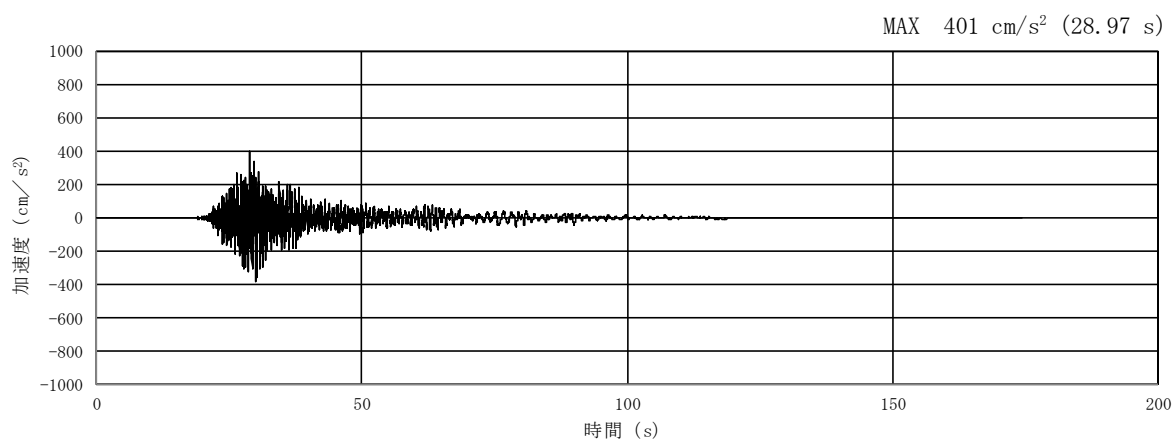
(a) 加速度時刻歴波形



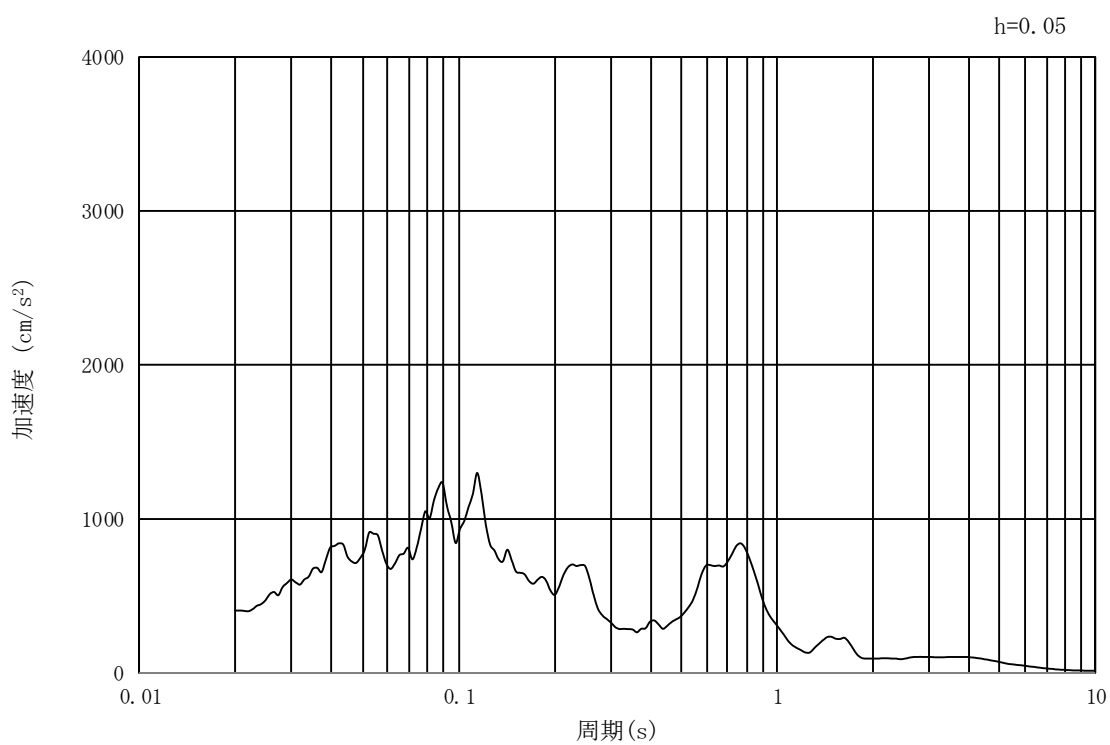
(b) 加速度応答スペクトル

図 16.3-16 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(①-①断面, 水平成分:  $S_s - 1.4$ )





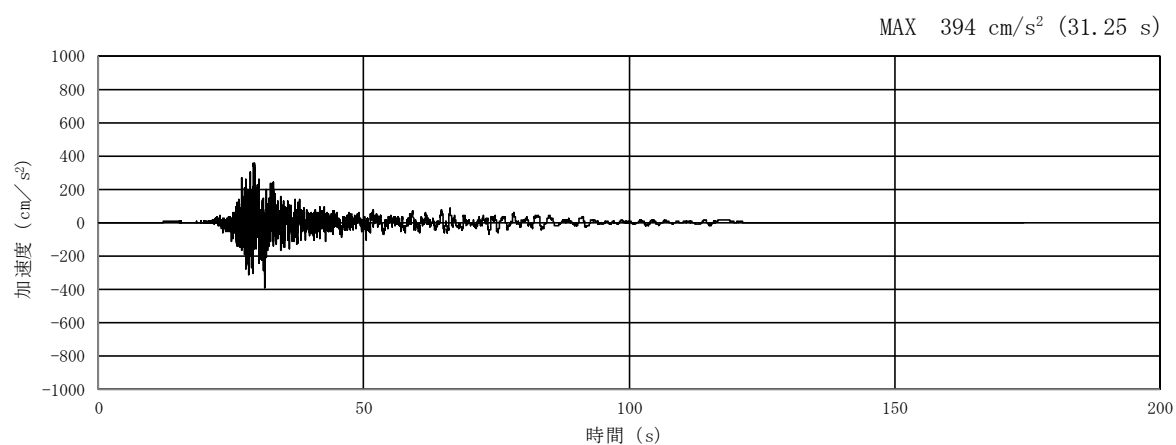
(a) 加速度時刻歴波形



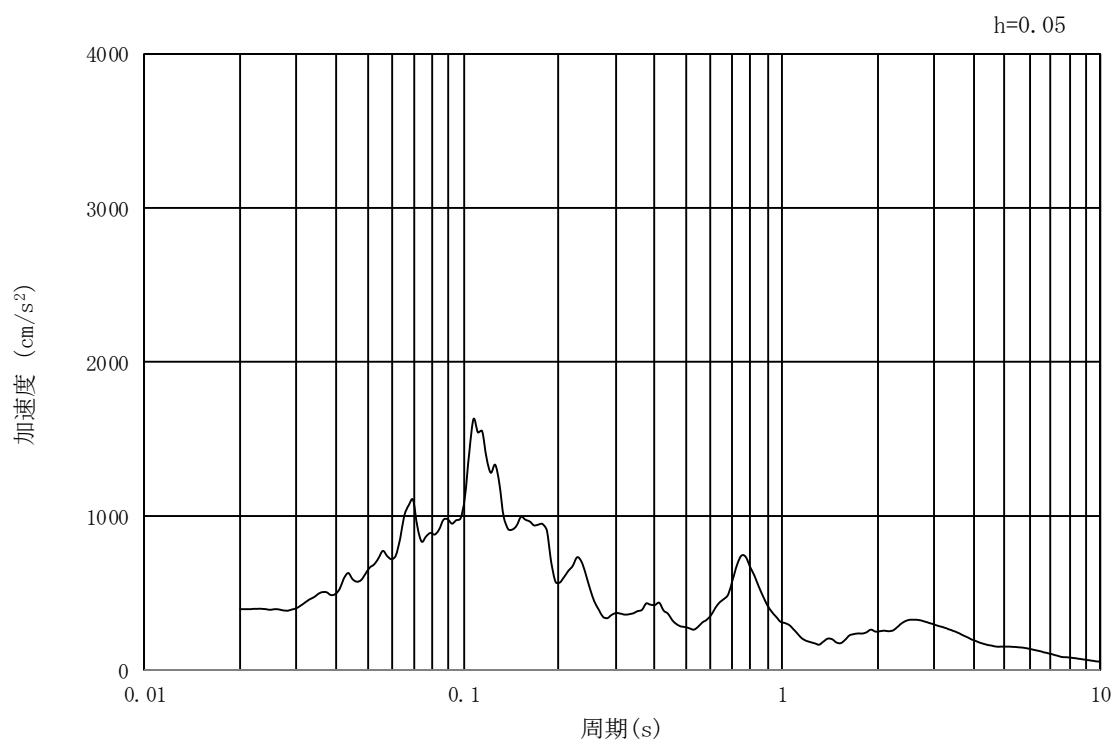
(b) 加速度応答スペクトル

図 16.3-17 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(①-①断面，鉛直成分： $S_s-1.4$ )





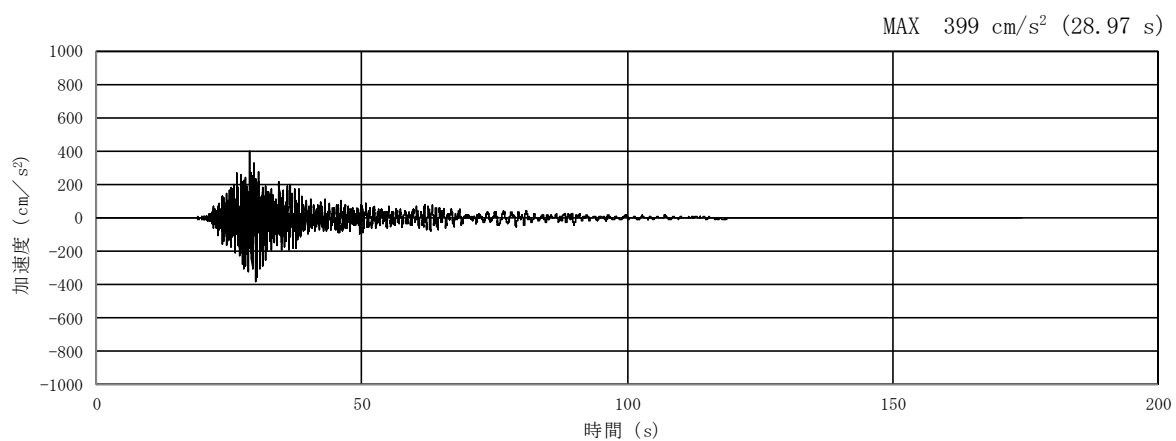
(a) 加速度時刻歴波形



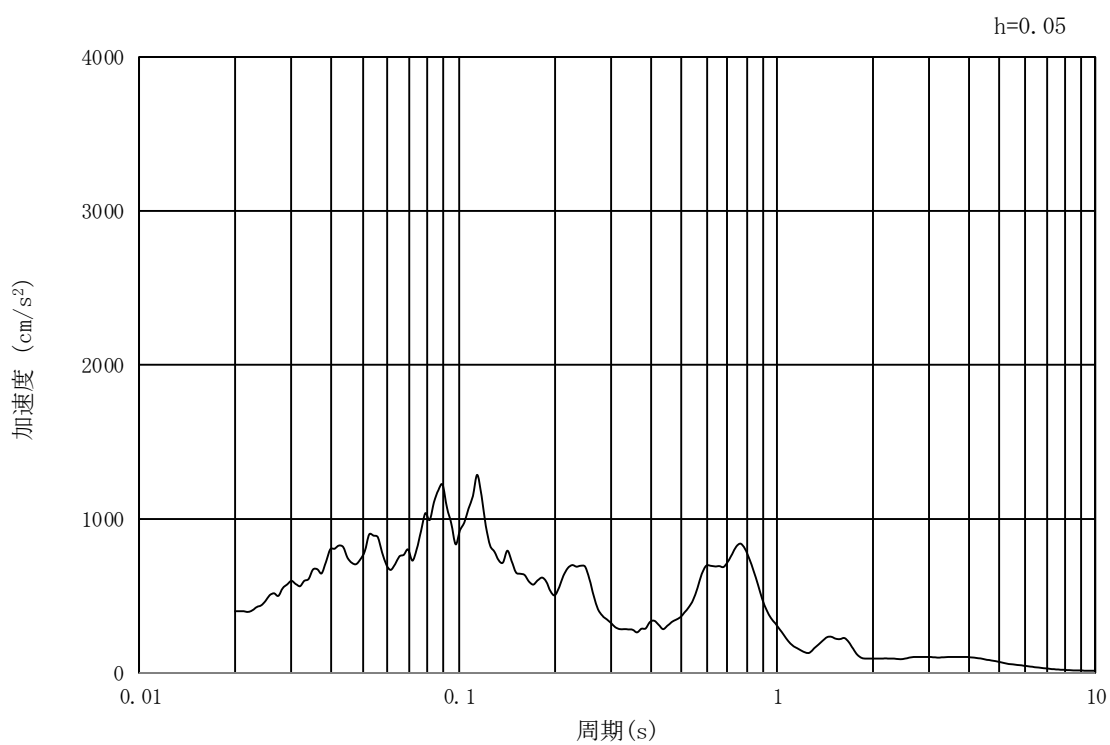
(b) 加速度応答スペクトル

図 16.3-18 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(②-②断面, 水平成分:  $S_s - 1.4$ )





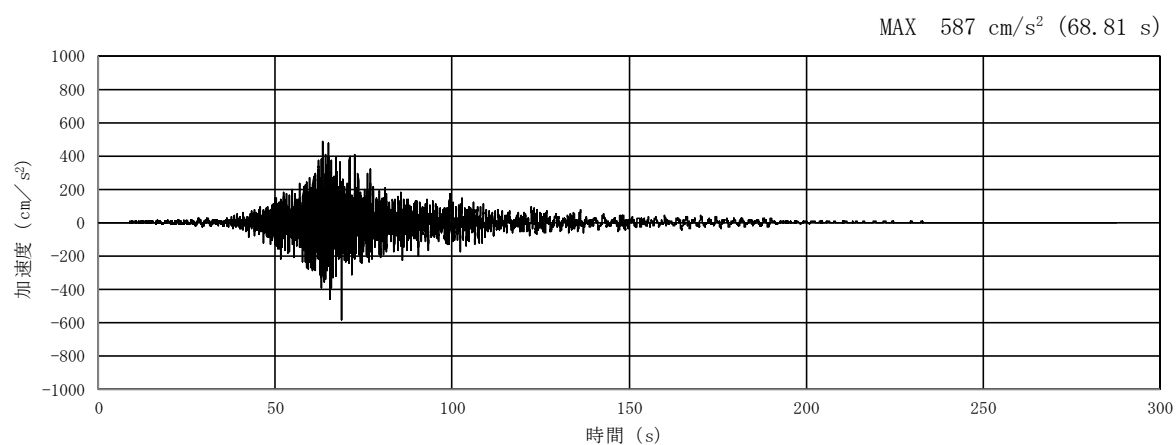
(a) 加速度時刻歴波形



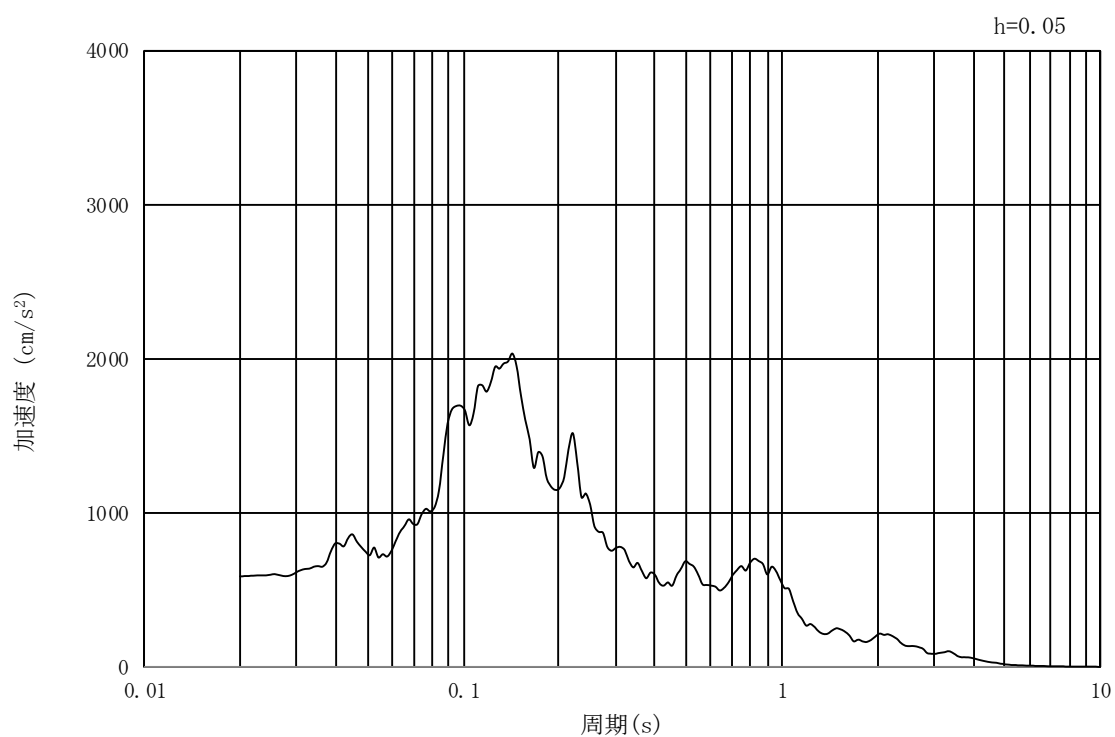
(b) 加速度応答スペクトル

図 16.3-19 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(②-②断面，鉛直成分： $S_s-1.4$ )





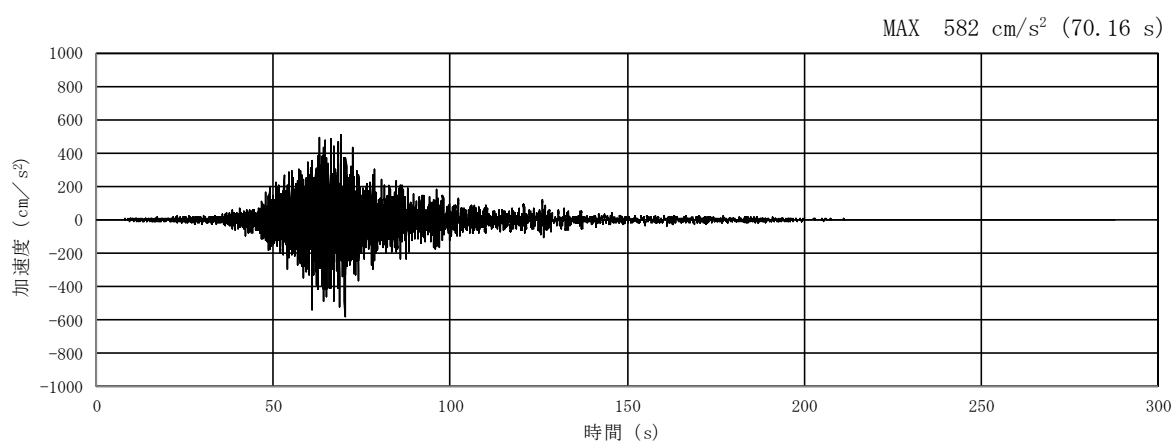
(a) 加速度時刻歴波形



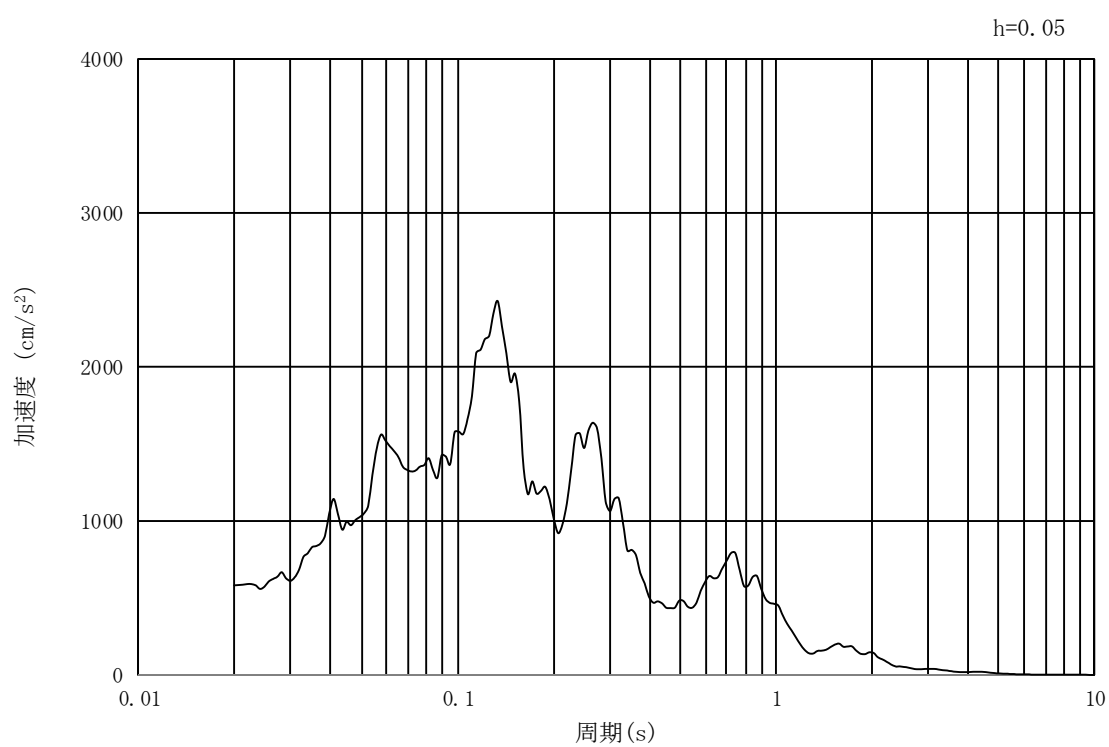
(b) 加速度応答スペクトル

図 16.3-20 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(①-①断面, 水平成分:  $S_s - 21$ )





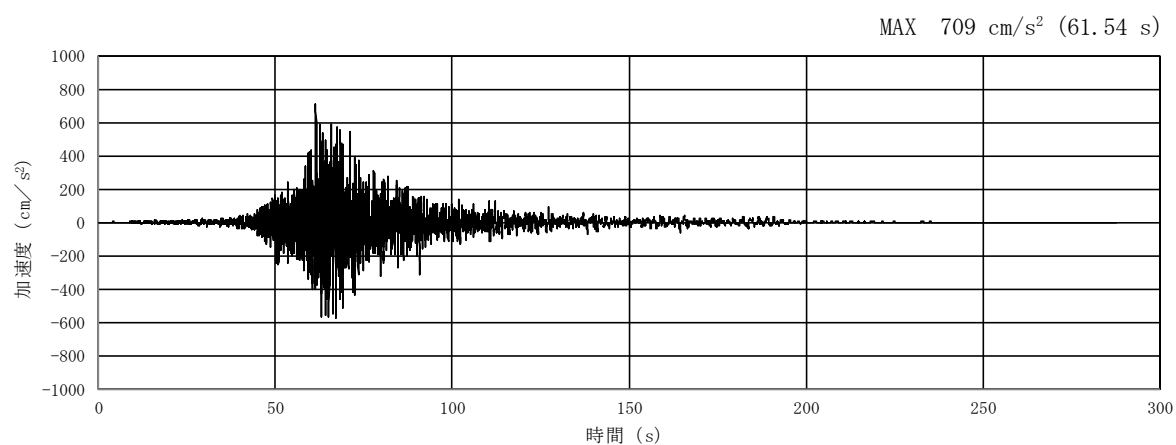
(a) 加速度時刻歴波形



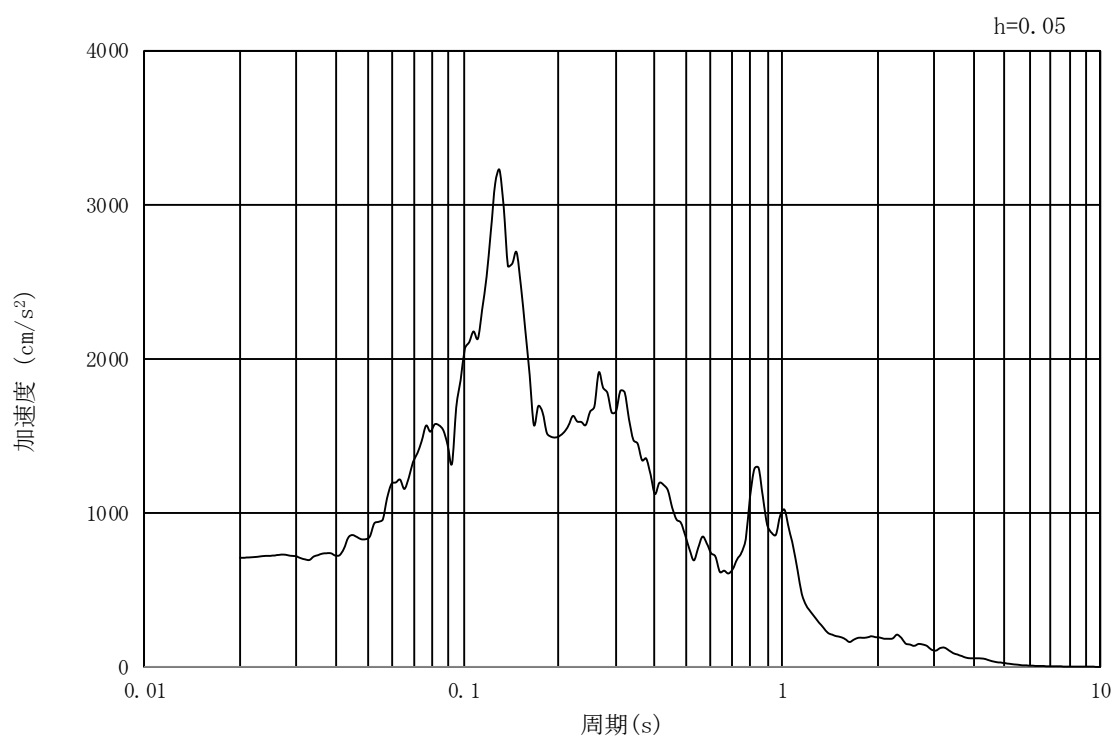
(b) 加速度応答スペクトル

図 16.3-21 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(①-①断面，鉛直成分：S<sub>s</sub>-2 1)





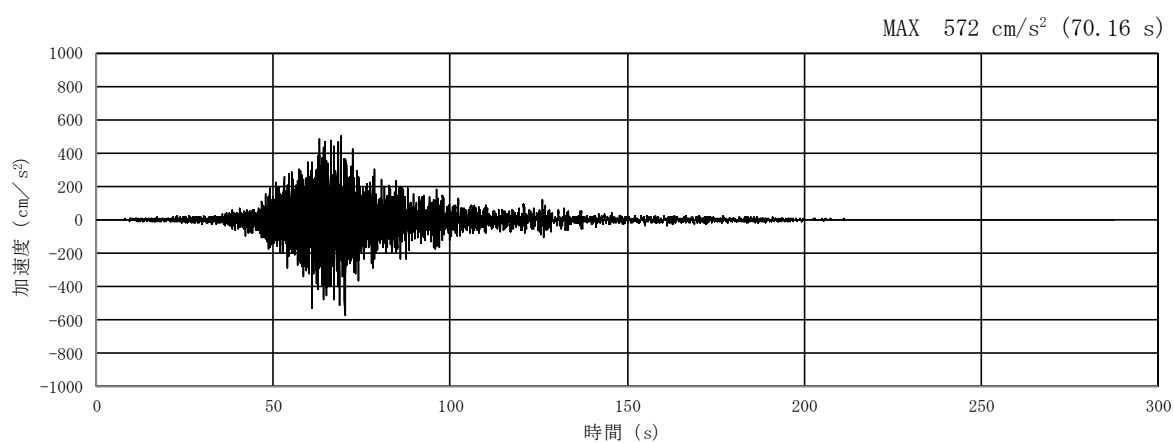
(a) 加速度時刻歴波形



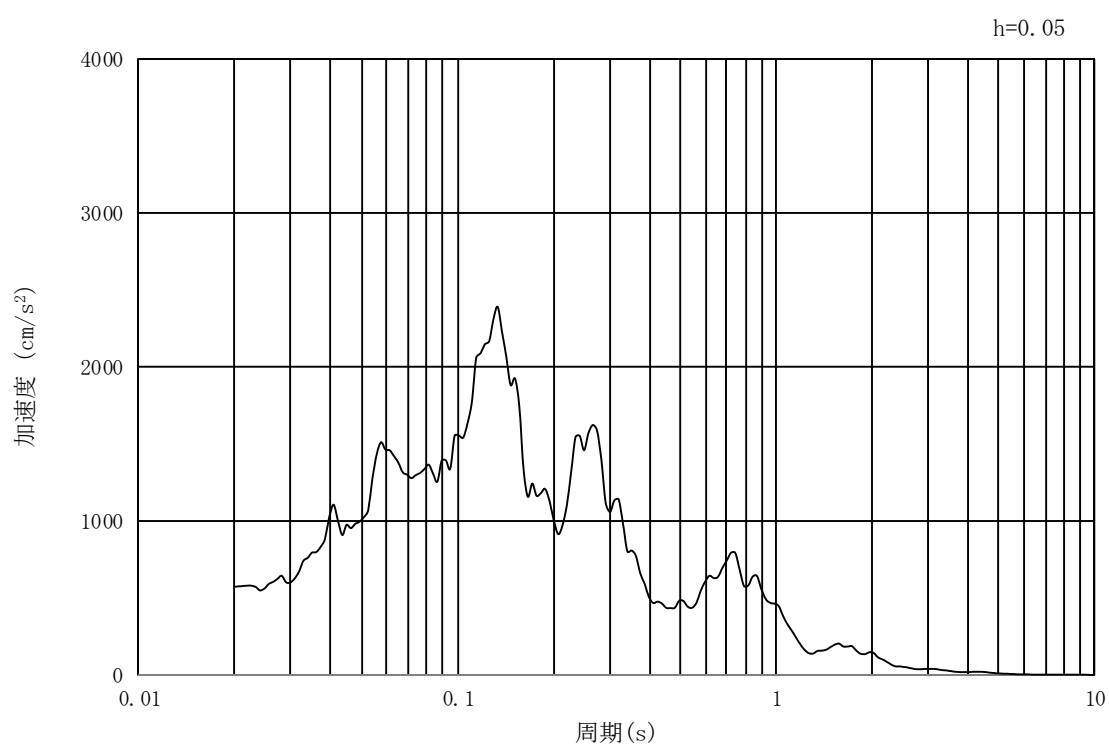
(b) 加速度応答スペクトル

図 16.3-22 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(②-②断面, 水平成分:  $S_s - 21$ )





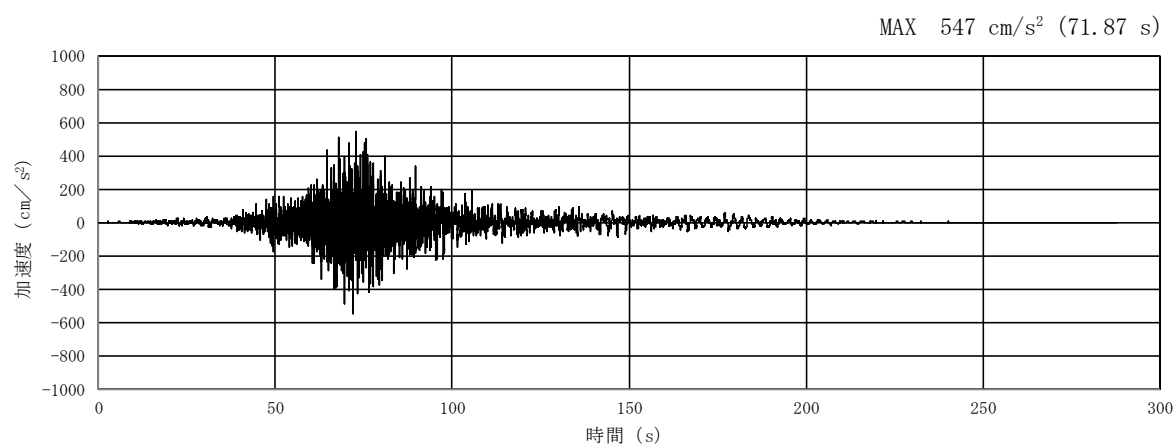
(a) 加速度時刻歴波形



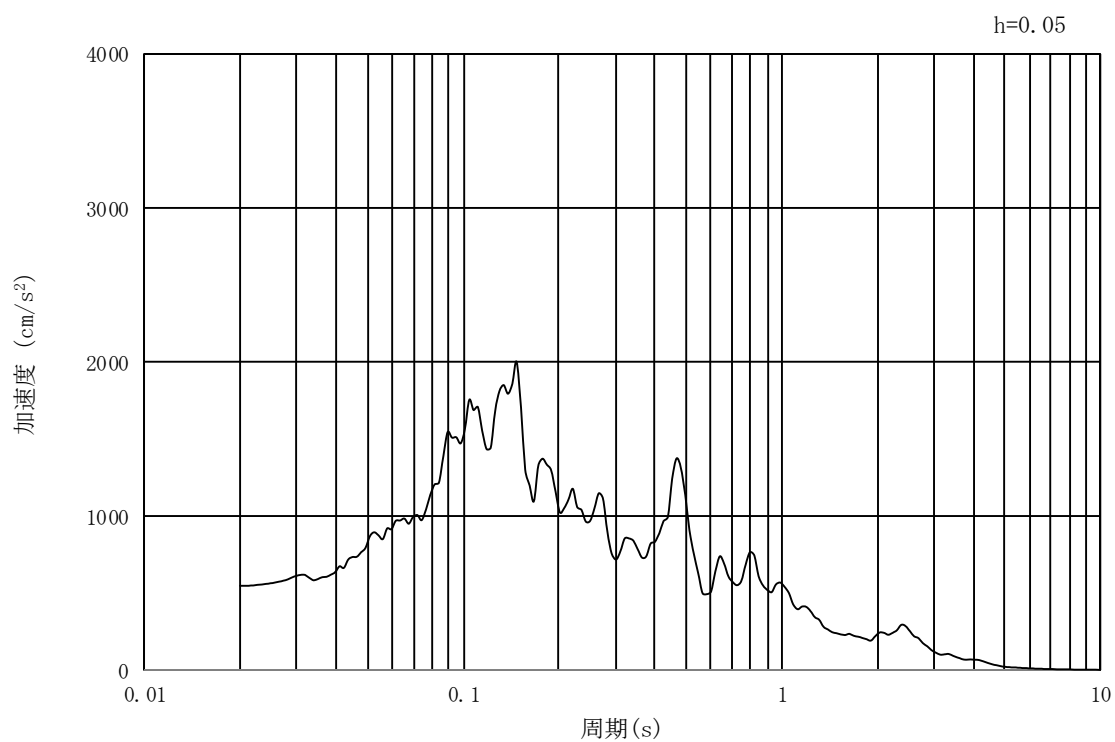
(b) 加速度応答スペクトル

図 16.3-23 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(②-②断面, 鉛直成分:  $S_s - 2.1$ )





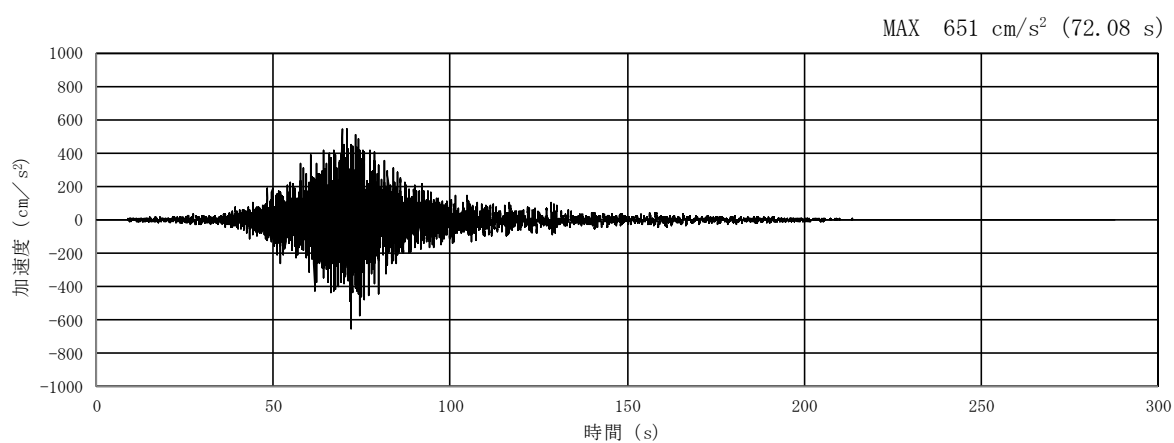
(a) 加速度時刻歴波形



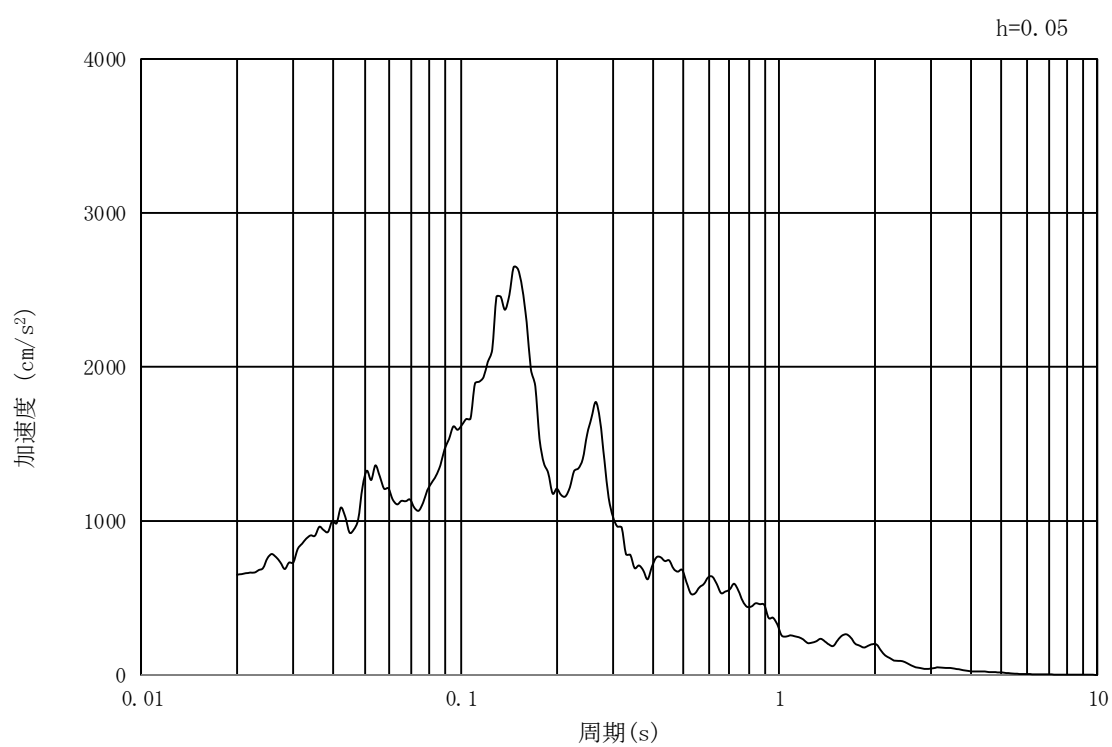
(b) 加速度応答スペクトル

図 16.3-24 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(①-①断面, 水平成分:  $S_s - 2.2$ )





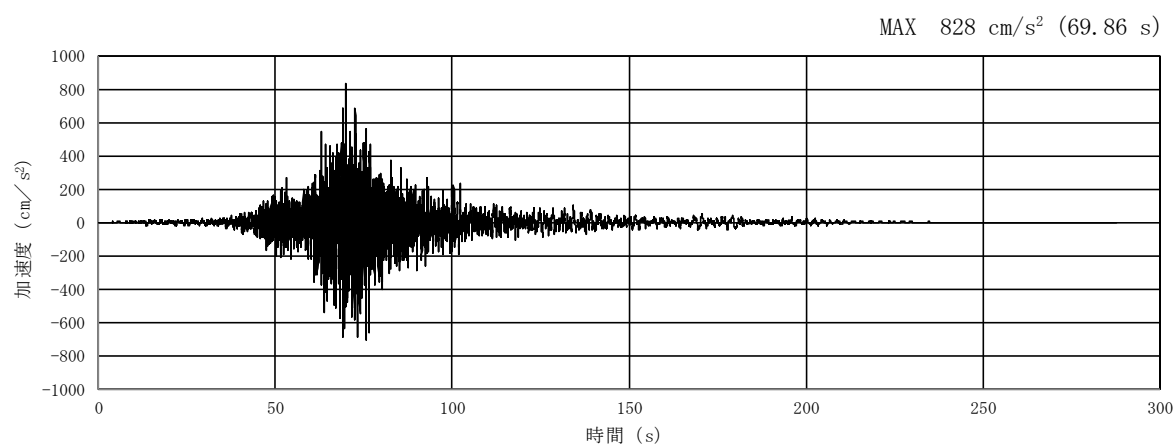
(a) 加速度時刻歴波形



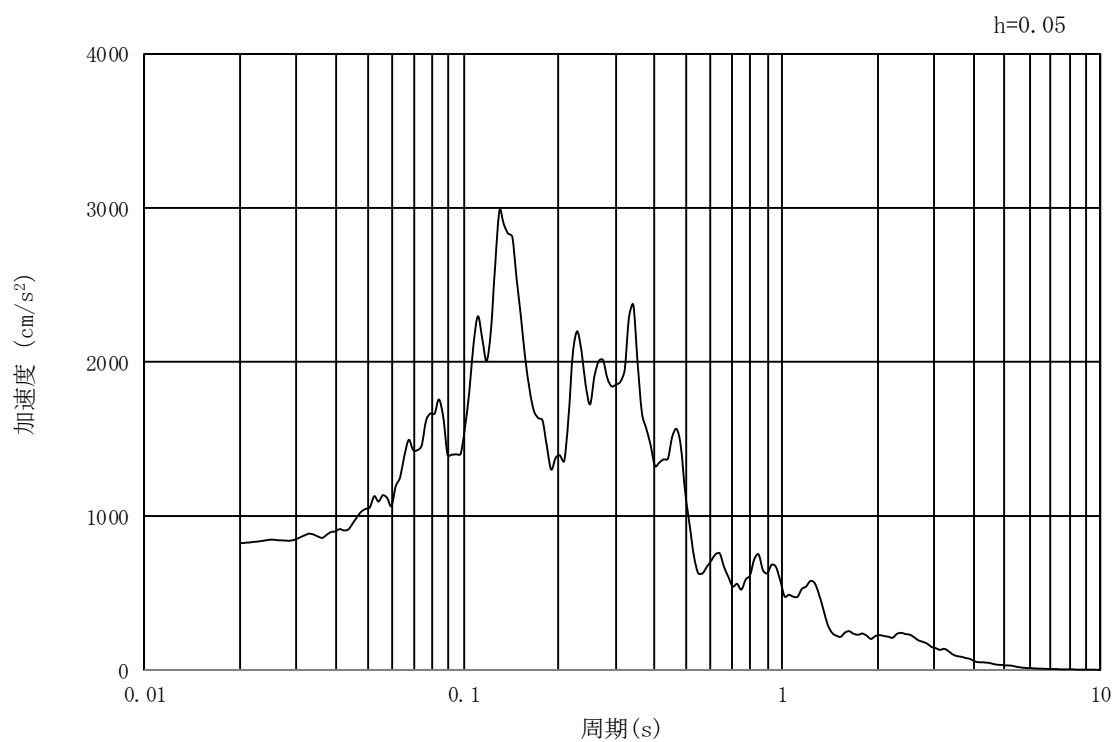
(b) 加速度応答スペクトル

図 16.3-25 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(①-①断面, 鉛直成分:  $S_s - 2.2$ )





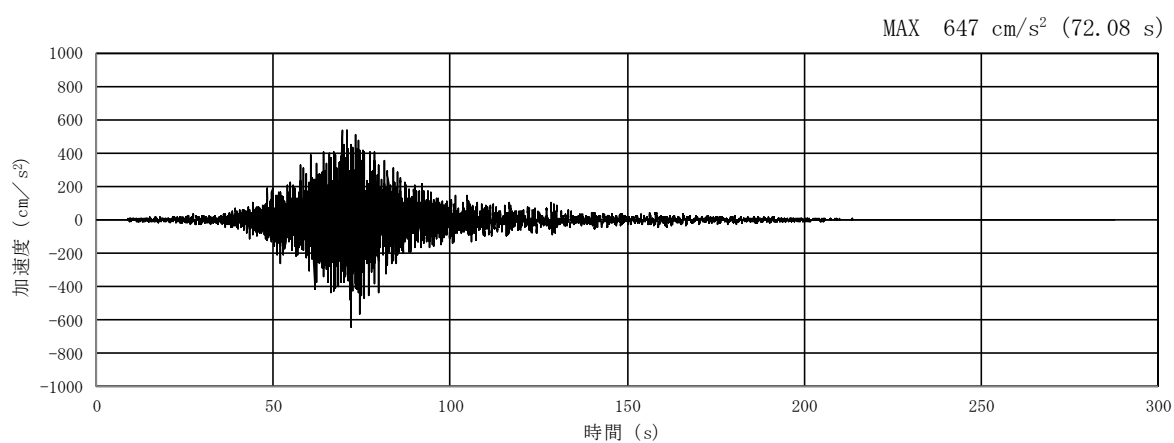
(a) 加速度時刻歴波形



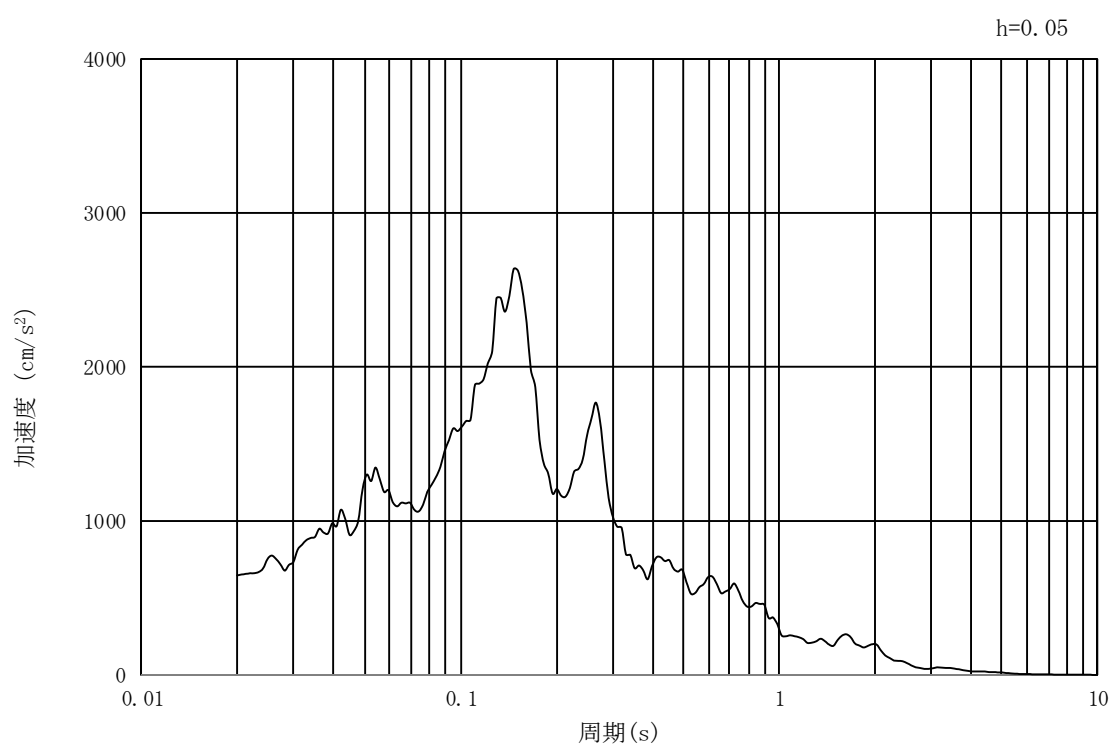
(b) 加速度応答スペクトル

図 16.3-26 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(②-②断面, 水平成分:  $S_s - 2.2$ )





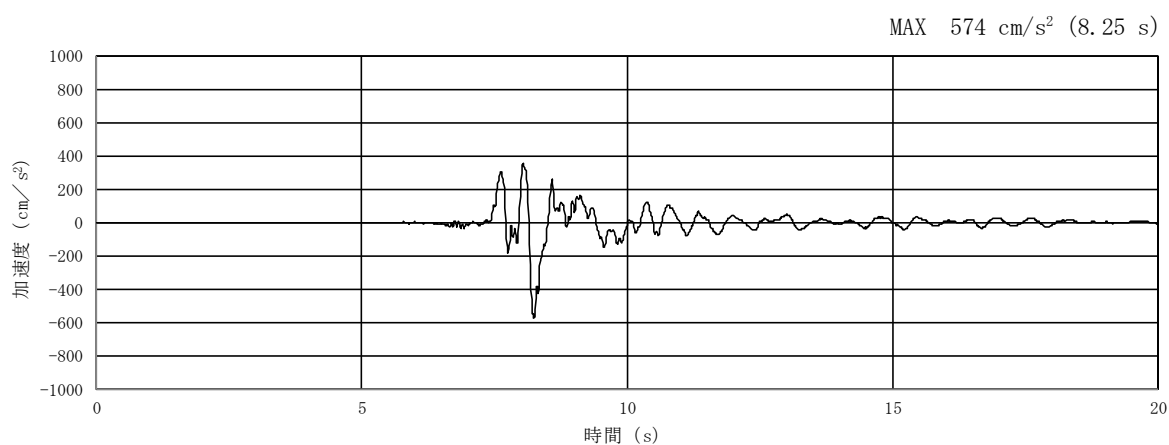
(a) 加速度時刻歴波形



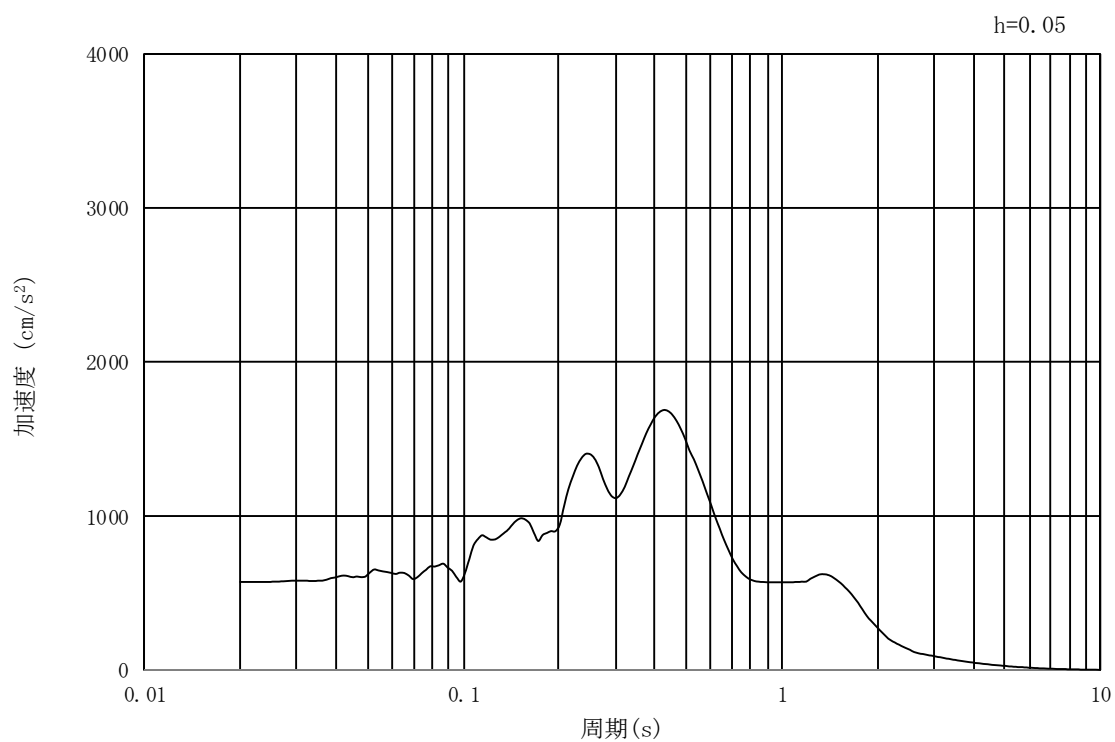
(b) 加速度応答スペクトル

図 16.3-27 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(②-②断面, 鉛直成分:  $S_s - 2.2$ )





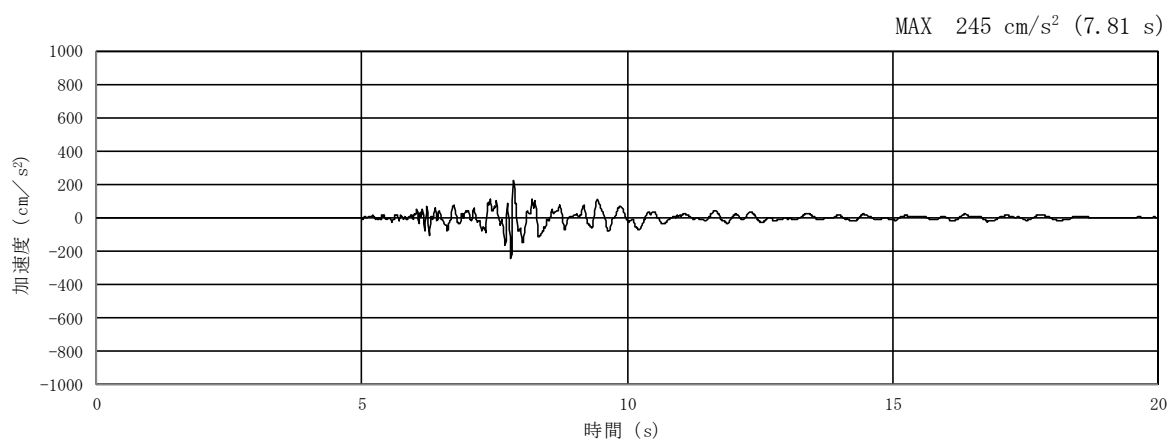
(a) 加速度時刻歴波形



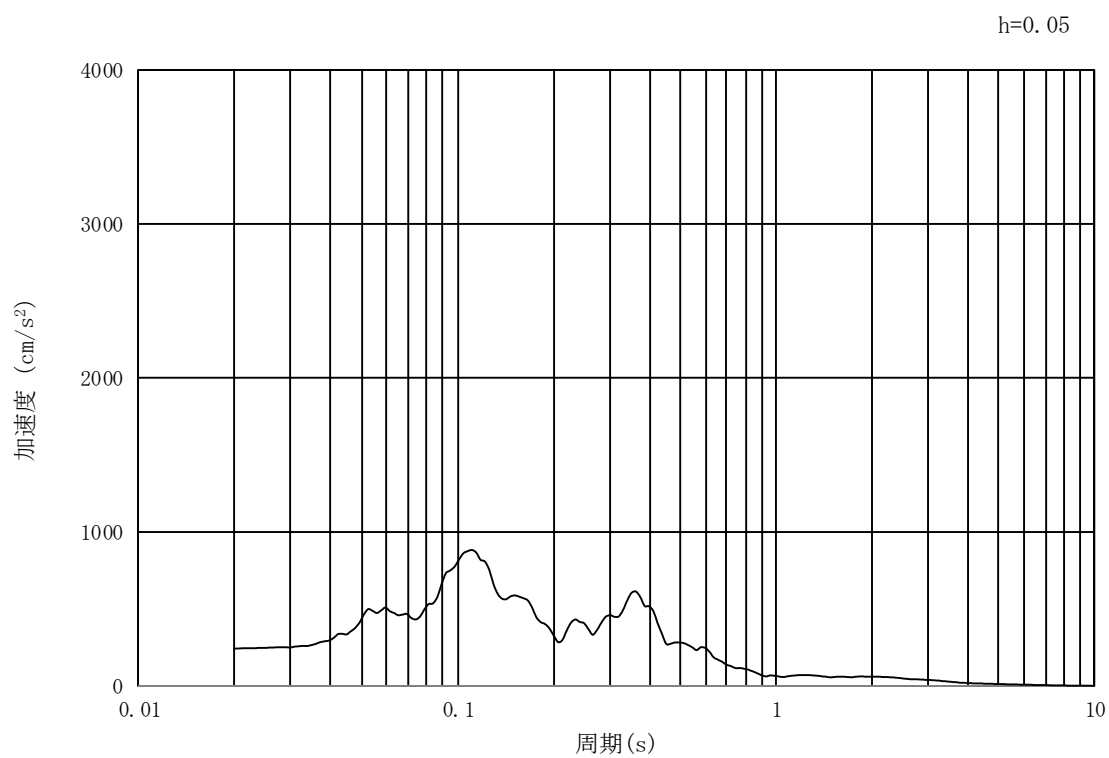
(b) 加速度応答スペクトル

図 16.3-28 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
 (①-①断面, ②-②断面, 水平成分: S<sub>s</sub>-3 1)





(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

図 16.3-29 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(①-①断面, ②-②断面, 鉛直成分:  $S_s - 3.1$ )



### 16.3.2 許容限界の設定

#### (1) 許容応力度による許容限界

許容限界については、コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（土木学会，2002年），道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成24年3月）に基づき，表16.3-1のとおり設定する。短期許容応力度は，コンクリート及び鉄筋の許容応力度に対して1.5倍の割増しを考慮する。

表 16.3-1 許容限界

| 評価項目  |                         |                         | 短期許容応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) |
|---|-------------------------|-------------------------|---------------------------------|
| コンクリート*1<br>(f' <sub>ck</sub> =40 N/mm <sup>2</sup> ) | 許容曲げ圧縮応力度 $\sigma_{ca}$ |                         | 21.0                            |
|   | 許容せん断応力度 $\tau_{a1}$    |                         | 0.825*3                         |
| 鉄筋  | SD490*2                 | 許容引張応力度 $\sigma_{sa}$   | 435                             |
|   | SD390*1                 | 許容引張応力度 $\sigma_{sa}$   | 309                             |
|   | SD345*1                 | 許容引張応力度 $\sigma_{sa}$   | 294                             |
| 鋼材  | SM490Y*2                | 許容曲げ引張応力度 $\sigma_{sa}$ | 315                             |
|   |                         | 許容せん断応力度 $\tau_{a1}$    | 180                             |

注記 \*1：コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（土木学会，2002年制定）

\*2：道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成24年3月）

\*3：斜め引張鉄筋を考慮する場合は，「コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（（社）土木学会，2002年制定）」に適用し，次式により求められる許容せん断力（ $V_a$ ）を許容限界とする。

$$V_a = V_{ca} + V_{sa}$$

ここで，

$V_{ca}$ ：コンクリートの許容せん断力

$$V_{ca} = 1/2 \cdot \tau_{a1} \cdot b_w \cdot j \cdot d$$

$V_{sa}$ ：斜め引張鉄筋の許容せん断力

$$V_{sa} = A_w \cdot \sigma_{sa} \cdot j \cdot d / s$$

$\tau_{a1}$ ：斜め引張鉄筋を考慮しない場合の許容せん断応力度

$b_w$ ：有効幅

$j$ ：1/1.15

$d$ ：有効高さ

$A_w$ ：斜め引張鉄筋断面積

$\sigma_{sa}$ ：鉄筋の許容引張応力度

$s$ ：斜め引張鉄筋間隔



(2) 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

極限支持力は、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき、道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成14年3月）により設定する。

道路橋示方書によるケーソン基礎の支持力算定式を以下に示す。

$$q_d = \alpha c N_c + \frac{1}{2} \beta \gamma_1 B N_\gamma + \gamma_2 D_f N_q$$

ここで、

$q_d$  : 基礎底面地盤の極限支持力度 ( $\text{kN/m}^2$ )

$c$  : 基礎底面より下にある地盤の粘着力 ( $\text{kN/m}^2$ )

\*  $c$  は  $K_m$  層の非排水せん断強度

$\gamma_1$  : 基礎底面より下にある地盤の単位体積重量 ( $\text{kN/m}^3$ )

ただし、地下水位以下では水中単位体積重量とする。

$\gamma_2$  : 基礎底面より上にある周辺地盤の単位体積重量 ( $\text{kN/m}^3$ )

ただし、地下水位以下では水中単位体積重量とする。

$\alpha, \beta$  : 表 16.3-2 に示す基礎底面の形状係数

$B$  : 基礎幅 (m)

$D_f$  : 基礎の有効根入れ深さ (m)

$N_c, N_q, N_\gamma$  : 図 16.3-30 に示す支持力係数

上記にて求まる基礎地盤の極限支持力を表 16.3-3 に示す。

表 16.3-2 基礎底面の形状係数（道路橋示方書より）

| 基礎底面の形状<br>形状係数 | 帯 状 | 正方形，円形 | 長方形，小判形               |
|-----------------|-----|--------|-----------------------|
| $\alpha$        | 1.0 | 1.3    | $1 + 0.3 \frac{B}{D}$ |
| $\beta$         | 1.0 | 0.6    | $1 - 0.4 \frac{B}{D}$ |

$D$  : ケーソン前面幅 (m) ,  $B$  : ケーソン側面幅 (m)

ただし、 $B/D > 1$  の場合、 $B/D = 1$  とする。



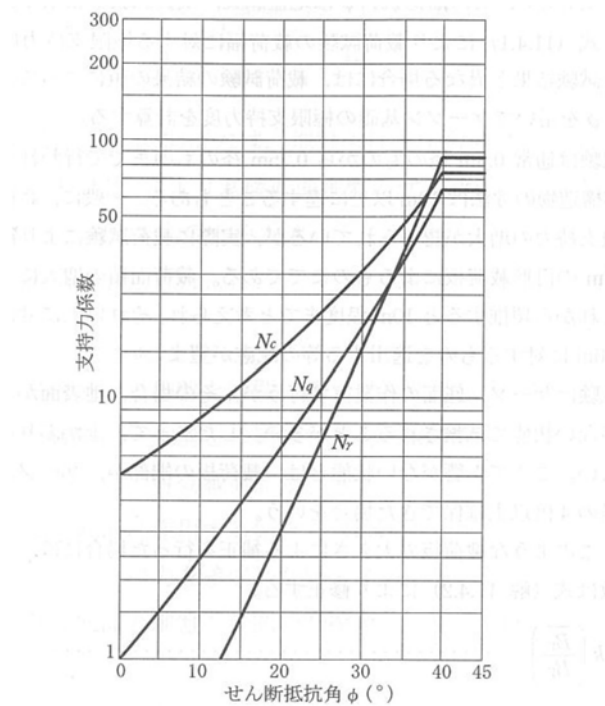


図 16.3-30 支持力係数を求めるグラフ（道路橋示方書より）

表 16.3-3 基礎地盤の極限支持力

速 報

| 評価項目      | 極限支持力度 (kN/m <sup>2</sup> ) |
|-----------|-----------------------------|
| 基礎地盤の支持性能 | 6349                        |



### 16.3.3 内部配管の評価

地震応答解析から得られるリングガーダ位置並びに海水引込み管接合位置の最大水平相対変位分布を強制変位とし，S A用海水ピット取水塔の最大加速度より算定した設計震度による慣性力との組合せ荷重に対して内部配管及びリングガーダ固定部アンカーボルトの応力が許容限界以下であることを確認する。

内部配管の応力照査モデルの概念図を図 16.3-31 に示す。

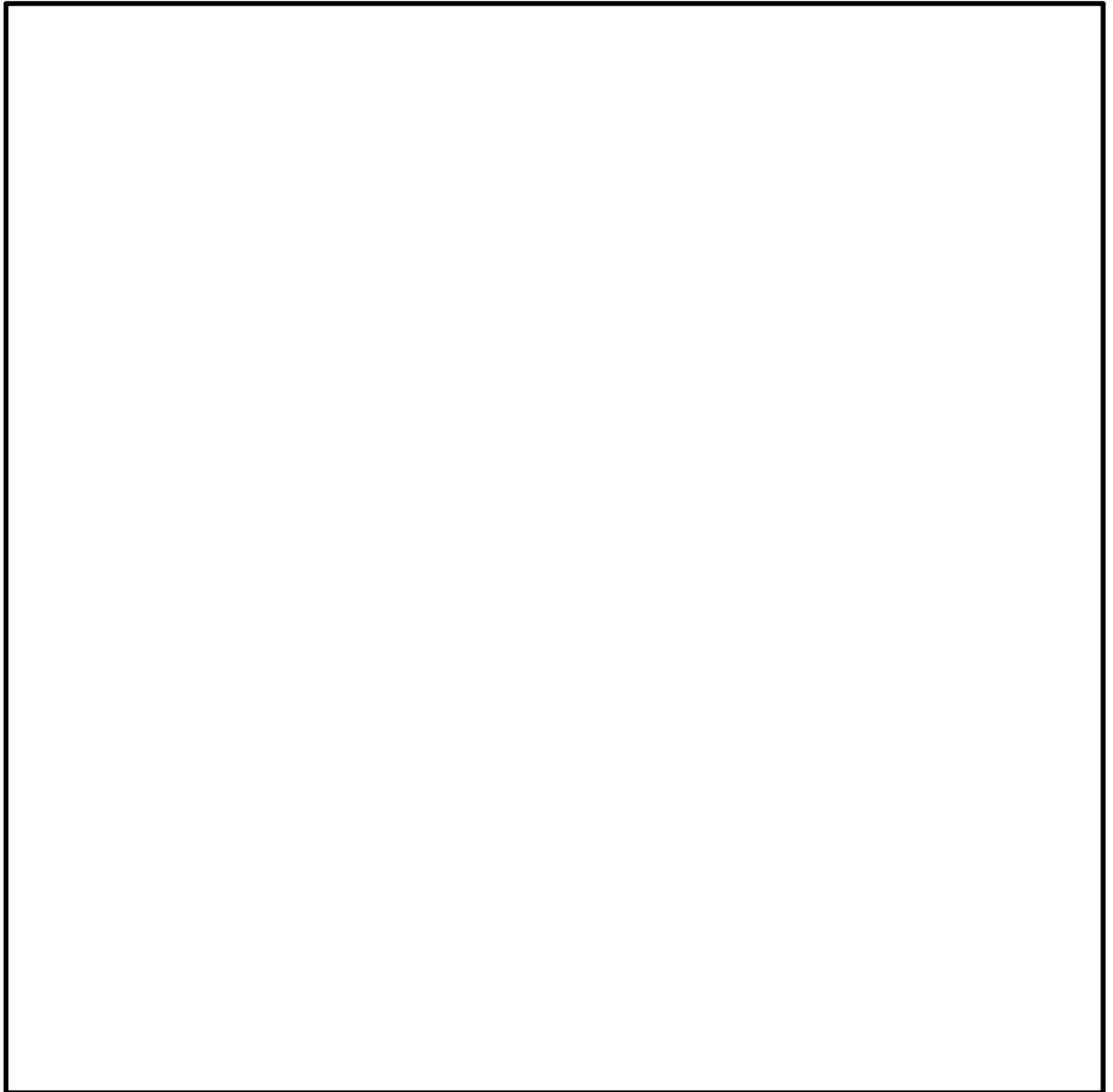


図 16.3-31 S A用海水ピット取水塔 内部配管の応力照査モデル概念図



#### 16.3.4 上段鋼製蓋の評価

2次元動的有効応力解析から得られる頂版の最大加速度より算定される慣性力に対して上段鋼製蓋及び固定部アンカーボルトの発生応力が許容限界以下であることを確認する。

追 而



### 16.3.5 水平断面の評価

#### (1) 側壁の評価

S A用海水ピット取水塔の側壁開口の最大箇所は、内径 1.2 m の鋼製管となる。立坑とは岩盤内で接続し、ピットの壁軸周長約 17 m、壁厚 2.0 m に対して開口部は 1.2 m と小さい。開口部周辺には、補強鉄筋を配置するため、開口部による剛性低下を考慮しない設計とする。

水平断面については、側壁を線形はり要素としてモデル化した静的フレーム解析により照査を行なう。

地盤と立坑の連成系モデルによる 2 次元有効応力解析の結果に基づき、立坑水平断面の検討では、立坑の両側に地盤からの最大荷重を作用させる場合（両押し時）と、片側のみに地盤からの最大荷重を作用させる場合（片押し時）の 2 つの荷重状態について検討する。

水平断面の設計荷重として、図 16.3-32 に示すように、両押し時は、2 次元有効応力解析により得られる立坑側方の地震時地盤反力（地盤要素の水平有効直応力（ $\sigma_x'$ ）＋間隙水要素の発生応力（ $\Delta u$ ））の全時刻の最大値を抽出し、立坑平面の両側から同じ最大荷重を常時荷重と共に作用させる。

片押し時は、両押し時と同じ地震時地盤反力の最大値を立坑平面の片側から最大荷重として常時荷重と共に作用させる。

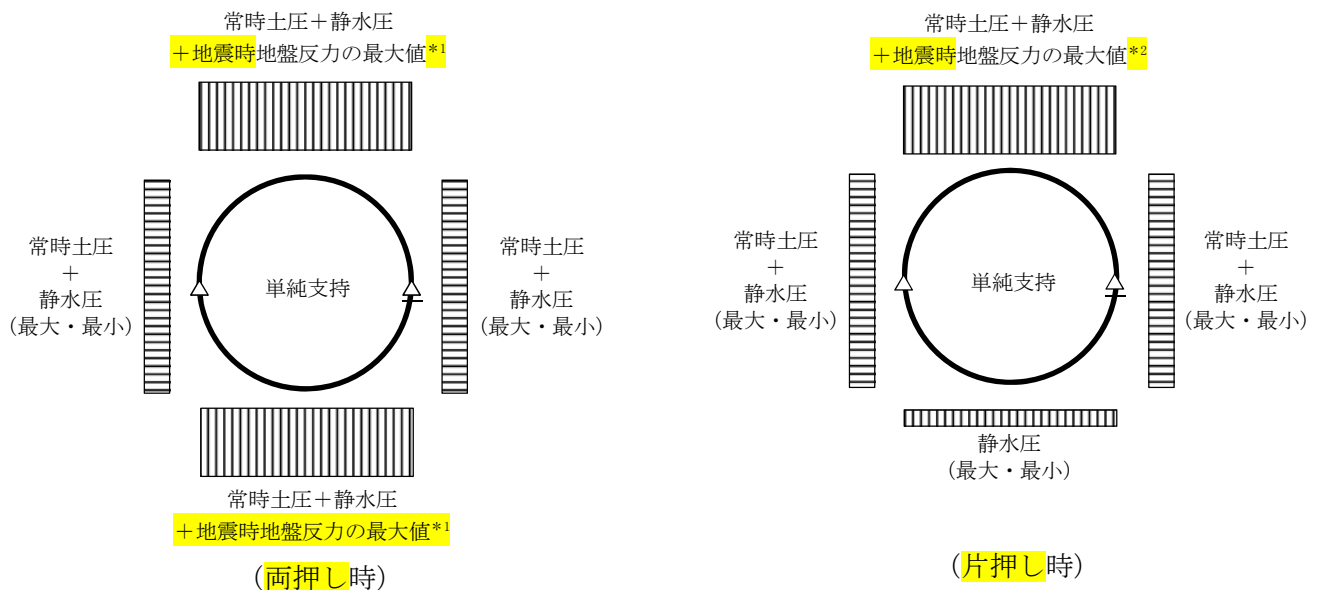
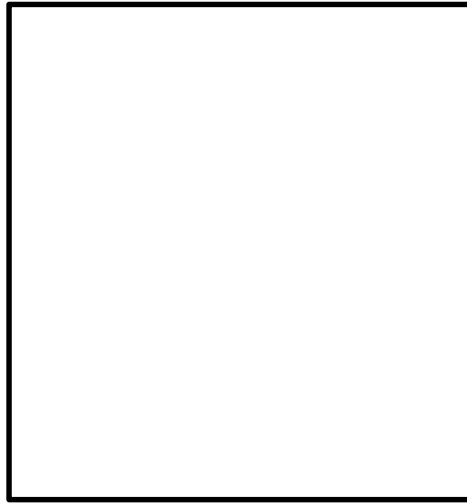
常時荷重については常時土圧及び静水圧を考慮する。設計断面の適用範囲ごとに最浅部（最小）及び最深部（最大）の常時荷重を算定し、図 16.3-32 に示すように、立坑水平断面の静的フレーム解析に用いる。

水平断面モデルに対して設計荷重を載荷すると、構造体が弾性変形するのに伴い地盤反力が生じることから、「シールド工事用立坑の設計（（社）土木学会、2015 年）」に従い、構造体の弾性変形に応じた地盤反力を考慮できるが、地盤反力による構造体の変形抑制効果を考慮しなくても構造成立する場合は、設計上の保守的な配慮として、構造体の弾性変形に応じた地盤反力を考慮しない設計とする。なお、「シールド工事用立坑の設計（（社）土木学会、2015 年）」に従い、構造体の弾性変形に応じた地盤反力を考慮する場合は、保守的に Km 層に限って適用する。

静的フレーム解析におけるはり要素の要素分割については、「原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・同マニュアル」（土木学会原子力土木委員会、2002 年 5 月）に、線材モデルの要素分割については、要素長さを部材の断面厚さ又は有効高さの 2.0 倍以下とし、1.0 倍程度とするのが良い旨が示されていることを考慮し、部材の断面厚又は有効高さの 1.0 倍程度まで細分割して設定する。

円形立坑の水平断面解析モデル概念図を図 16.3-32 に示す。





\*1：立坑左右地盤の「常時土圧＋静水圧＋地震時地盤反力の最大値」を両側に作用させる。  
\*2：立坑左右地盤の「常時土圧＋静水圧＋地震時地盤反力の最大値」を片側に作用させる。

図 16.3-32 円形立坑の水平断面解析モデル概念図



## (2) 頂版の評価

海水の取水口による開口が半月状に存在することから、開口を考慮した設計を行う。

版の周囲は円周状に支持されているが、開口を考慮して、直交方向に半径分の片持ち梁としてモデル化した場合でも、固定端の最大曲げモーメントは直径分の単純梁中央の曲げモーメントに一致することから、直径スパンを有する単位幅の1方向版としてモデル化し、直交方向の支持を考慮しないで断面力を算出し設計する。概念図を図 16.3-33 に示す。

スパンは頂版が接続する側壁の中心間距離とし、境界条件は単純支持として設計する。

設計荷重としては、面外方向に躯体の慣性力を静的に作用させる。

慣性力については、2次元有効応力解析により各床版位置における最大鉛直加速度を算出し、重力加速度で除することで鉛直設計震度を求め算定する。

単純支持によるはり設計で求めた主鉄筋を、頂版上下面に格子状に配置する。

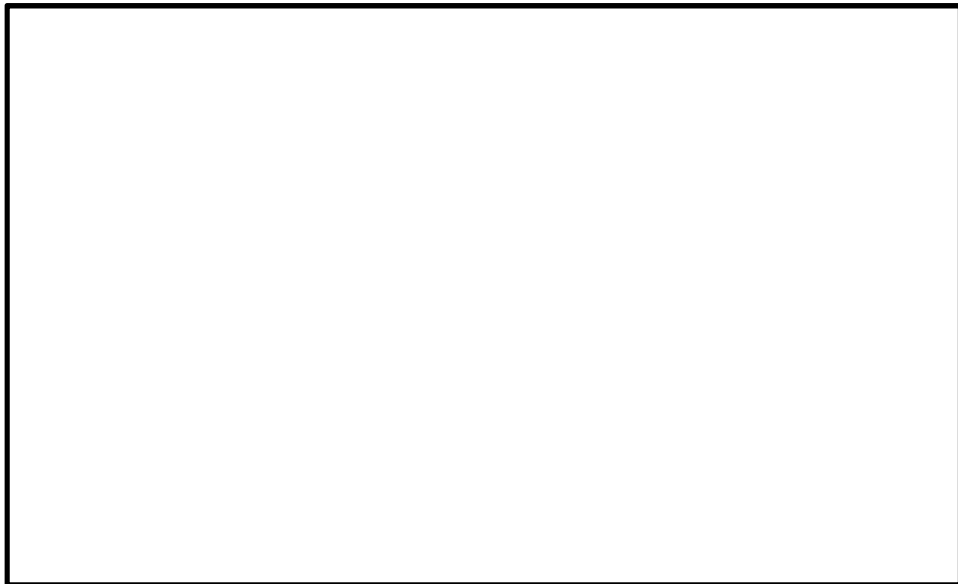


図 16.3-33 頂版の設計モデル概念図



### (3) 底版の評価

底版の設計は、単位幅の 1 方向版（スラブ）としてモデル化し断面力を算出する。版の概念図を図 16.3-34 に示す。スパンは底版が接続する側壁の中心間距離とし、境界条件は単純支持とする。

設計荷重は 2 次元動的有効応力解析において、仮想剛梁要素（底面）下面の地盤要素に発生する鉛直方向有効直応力（ $\sigma_y'$ ）及び間隙水要素の発生応力（ $\Delta u$ ）の底版幅方向合力が最大となる時刻を抽出し、その時刻における地盤反力分布を作用させる。また、静水圧も分布荷重として考慮する。

単純支持による単位幅の版設計で求めた主鉄筋を、底版上下面に格子状に配置する。

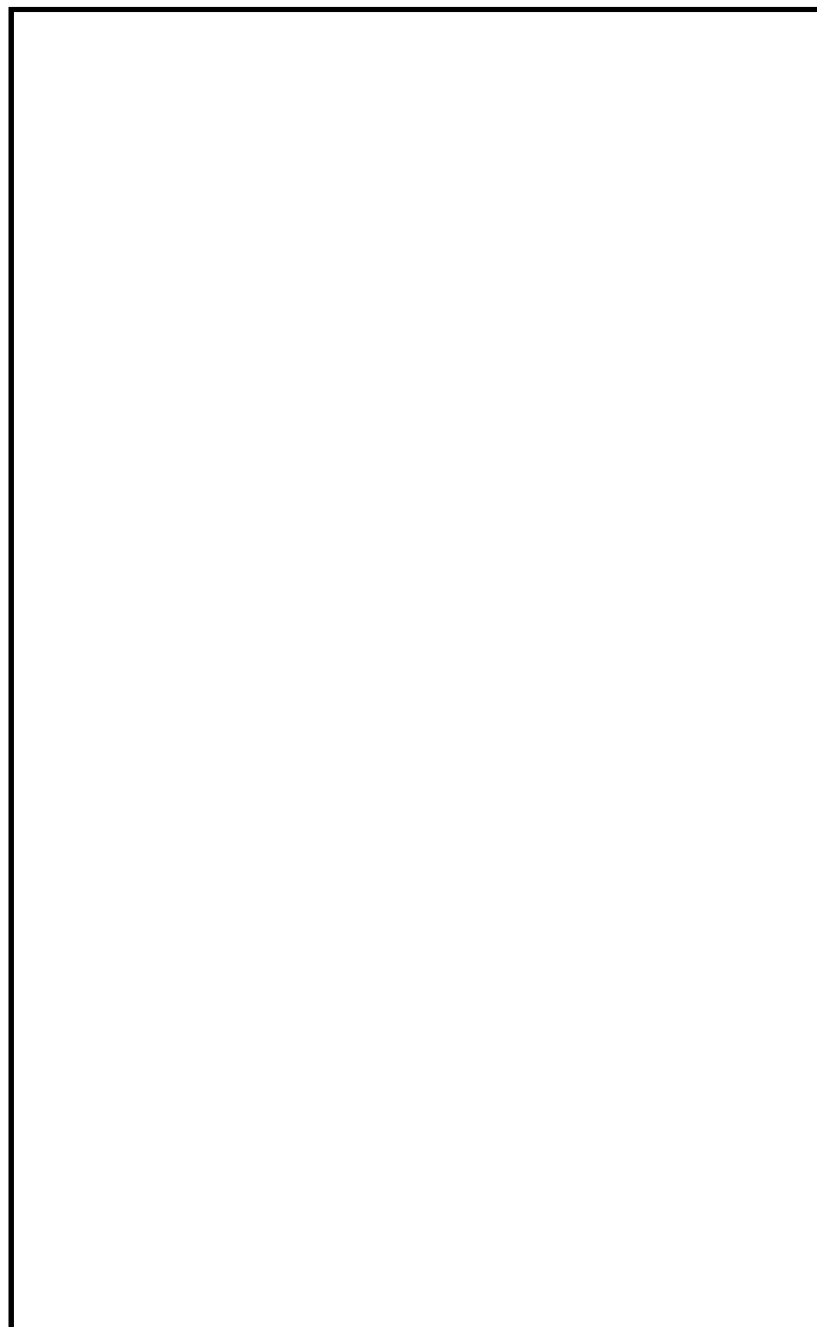


図 16.3-34 底版の設計モデル概念図



## 16.4 評価結果

### 16.4.1 地震応答解析結果

S A用海水ピット取水塔の基準地震動 $S_s$ による断面力（曲げモーメント，軸力，せん断力）を図 16.4-1 及び図 16.4-2 に示す。これらの図は，構造部材の曲げ軸力及びせん断力照査結果の照査値が最大となる時刻における要素ごとの断面力を示したものである。

また，最大せん断ひずみ分布図を図 16.4-3 及び図 16.4-4 に示し，過剰間隙水圧比の分布図を図 16.4-5 及び図 16.4-6 に示す。なお，これらの図は，各要素に発生したせん断ひずみ及び過剰間隙水圧比の全時刻における最大値の分布を示したものである。



追 而

曲げモーメント図

軸力図

図 16.4-1 (1) ①-①断面の地震時断面力 ( $S_s-D1$  [H-, V-])  
(検討ケース①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

追 而

せん断力図

図 16.4-1 (2) ①-①断面の地震時断面力 ( $S_s-D1$  [H-, V-])  
(検討ケース①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



追 而

曲げモーメント図

軸力図

図 16.4-2 (1) ②-②断面の地震時断面力 ( $S_s-D1$  [H-, V+])  
(検討ケース①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

追 而

せん断力図

図 16.4-2 (2) ②-②断面の地震時断面力 ( $S_s-D1$  [H-, V+])  
(検討ケース①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



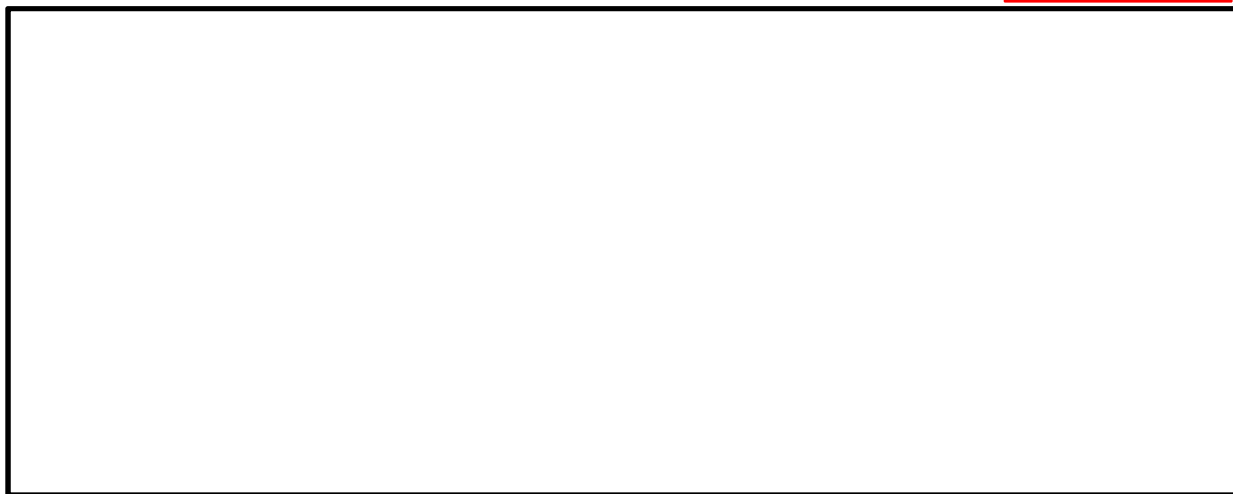


図 16.4-3 ①-①断面の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s-D1$  [H-, V-])  
 (検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

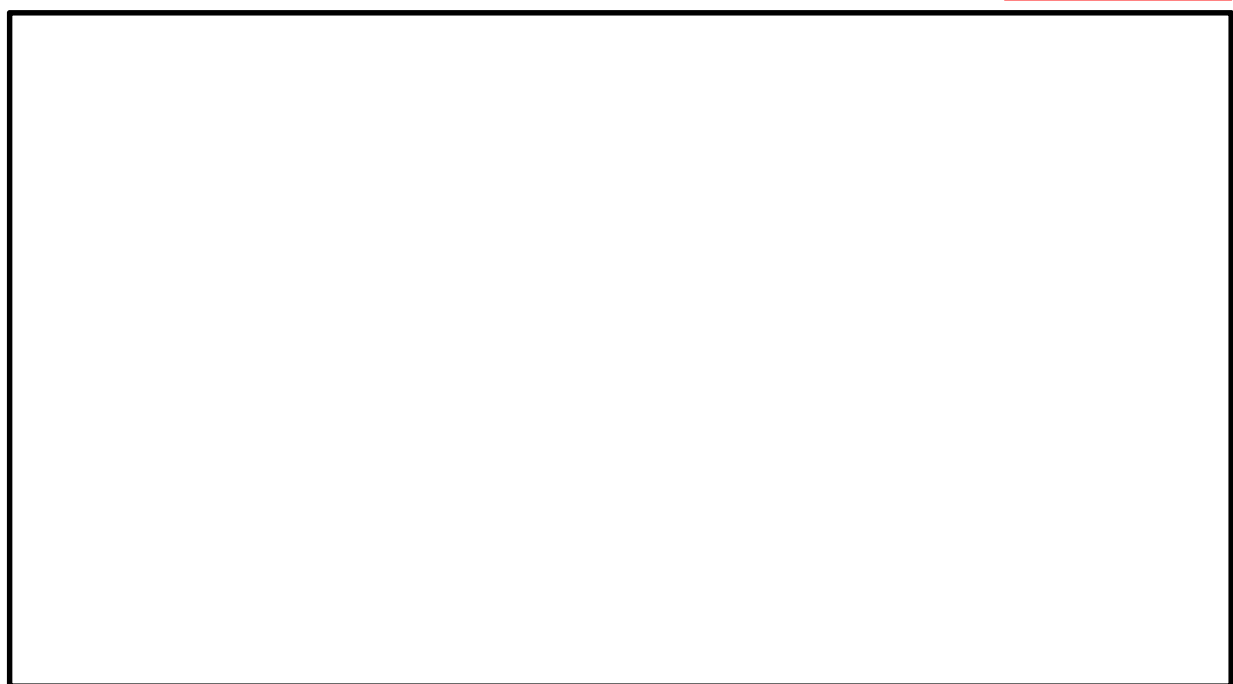


図 16.4-4 ②-②断面の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s-D1$  [H-, V+])  
 (検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



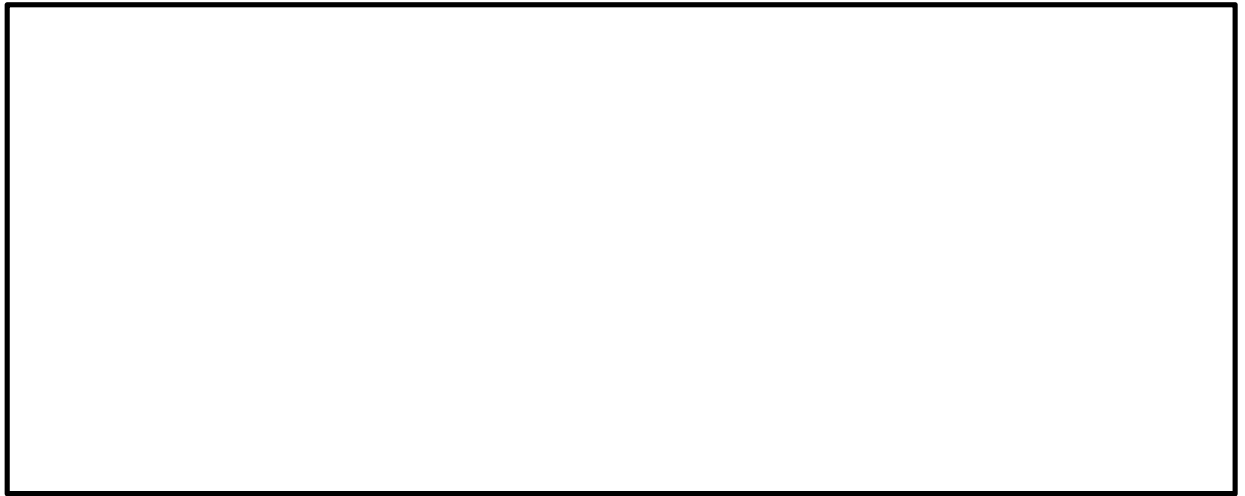


図 16.4-5 ①-①断面の過剰間隙水圧比 ( $S_s - D 1$  [H-, V-])  
 (検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



図 16.4-6 ②-②断面の過剰間隙水圧比 ( $S_s - D 1$  [H-, V+])  
 (検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



#### 16.4.2 耐震評価結果

配筋要領図を図 16.4-7 に、断面計算に用いた断面諸元の一覧を表 16.4-1 に示す。



速 報

図 16.4-7 配筋要領図



断面諸元一覧表

表 16.4-1

|  |
|--|
|  |
|--|



(1) 鉛直断面の評価結果

a. 構造部材の曲げ軸力に対する評価結果

コンクリートの曲げ軸力照査結果を表 16. 4－2 に、鉄筋の曲げ軸力照査結果を表 16. 4－3 に示す。

S A用海水ピット取水塔における許容応力度法による照査を行った結果、評価位置においてコンクリートの圧縮応力及び鉄筋の引張応力が許容限界以下であることを確認した。

以上のことから、S A用海水ピット取水塔の構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認した。なお、発生応力は各地震動、各部材において最大となる値を示している。評価位置は図 16. 4－8 に示す。

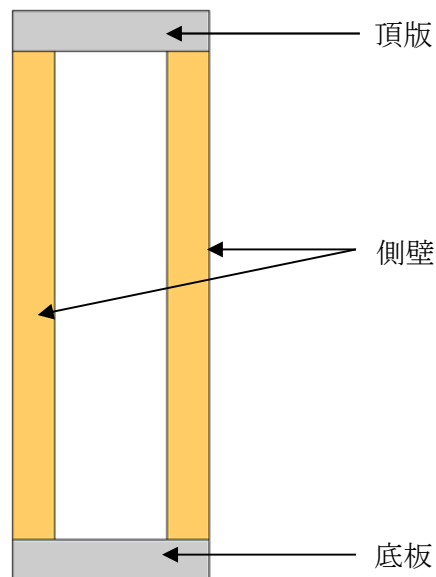


図 16. 4－8 評価位置



表 16.4-2 (1) コンクリートの曲げ軸力照査結果 (①-①断面)

| 地震時                 | 位相       | ①発生応<br>力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | ②短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値<br>①/② |
|---------------------|----------|------------------------------------|--------------------------------------|------------|
| S <sub>s</sub> -D 1 | [H+, V+] | 6.8                                | 21                                   | 0.33       |
|                     | [H+, V-] | 6.7                                | 21                                   | 0.32       |
|                     | [H-, V+] | 7.5                                | 21                                   | 0.36       |
|                     | [H-, V-] | 7.6                                | 21                                   | 0.36       |
| S <sub>s</sub> -1 1 |          | 2.6                                | 21                                   | 0.12       |
| S <sub>s</sub> -1 2 |          | 3.4                                | 21                                   | 0.16       |
| S <sub>s</sub> -1 3 |          | 3.1                                | 21                                   | 0.15       |
| S <sub>s</sub> -1 4 |          | 2.6                                | 21                                   | 0.12       |
| S <sub>s</sub> -2 1 |          | 3.8                                | 21                                   | 0.18       |
| S <sub>s</sub> -2 2 |          | 4.1                                | 21                                   | 0.19       |
| S <sub>s</sub> -3 1 | [H+, V+] | 5.6                                | 21                                   | 0.27       |
|                     | [H-, V+] | 5.4                                | 21                                   | 0.26       |

注記 \* : 評価位置は図 16.4-8 に示す。



表 16.4-2 (2) コンクリートの曲げ軸力照査結果 (②-②断面)

| 地震時                 | 位相       | ①発生応<br>力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | ②短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値<br>①／② |
|---------------------|----------|------------------------------------|--------------------------------------|------------|
| S <sub>s</sub> -D 1 | [H+, V+] | 5.3                                | 21                                   | 0.25       |
|                     | [H+, V-] | 5.3                                | 21                                   | 0.25       |
|                     | [H-, V+] | 5.5                                | 21                                   | 0.26       |
|                     | [H-, V-] | 5.5                                | 21                                   | 0.26       |
| S <sub>s</sub> -1 1 |          | 1.7                                | 21                                   | 0.08       |
| S <sub>s</sub> -1 2 |          | 2.2                                | 21                                   | 0.10       |
| S <sub>s</sub> -1 3 |          | 2.1                                | 21                                   | 0.10       |
| S <sub>s</sub> -1 4 |          | 1.9                                | 21                                   | 0.09       |
| S <sub>s</sub> -2 1 |          | 3.4                                | 21                                   | 0.16       |
| S <sub>s</sub> -2 2 |          | 4.3                                | 21                                   | 0.21       |
| S <sub>s</sub> -3 1 | [H+, V+] | 4.0                                | 21                                   | 0.19       |
|                     | [H-, V+] | 3.8                                | 21                                   | 0.18       |

注記 \* : 評価位置は図 16.4-8 に示す。



表 16.4-3 (1) 鉄筋の曲げ軸力照査結果 (①-①断面)

| 地震時                 | 位相       | ①発生<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | ②短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値<br>①/② |
|---------------------|----------|------------------------------------|--------------------------------------|------------|
| S <sub>s</sub> -D 1 | [H+, V+] | 160                                | 435                                  | 0.37       |
|                     | [H+, V-] | 158                                | 435                                  | 0.36       |
|                     | [H-, V+] | 178                                | 435                                  | 0.41       |
|                     | [H-, V-] | 181                                | 435                                  | 0.42       |
| S <sub>s</sub> -1 1 |          | 49                                 | 435                                  | 0.11       |
| S <sub>s</sub> -1 2 |          | 73                                 | 435                                  | 0.17       |
| S <sub>s</sub> -1 3 |          | 66                                 | 435                                  | 0.15       |
| S <sub>s</sub> -1 4 |          | 45                                 | 435                                  | 0.10       |
| S <sub>s</sub> -2 1 |          | 81                                 | 435                                  | 0.19       |
| S <sub>s</sub> -2 2 |          | 88                                 | 435                                  | 0.20       |
| S <sub>s</sub> -3 1 | [H+, V+] | 127                                | 435                                  | 0.29       |
|                     | [H-, V+] | 118                                | 435                                  | 0.27       |

注記 \* : 評価位置は図 16.4-8 に示す。



表 16.4-3 (2) 鉄筋の曲げ軸力照査結果 (②-②断面)

| 地震時                 | 位相       | ①発生応<br>力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | ②短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値<br>①/② |
|---------------------|----------|------------------------------------|--------------------------------------|------------|
| S <sub>s</sub> -D 1 | [H+, V+] | 117                                | 435                                  | 0.27       |
|                     | [H+, V-] | 115                                | 435                                  | 0.26       |
|                     | [H-, V+] | 124                                | 435                                  | 0.29       |
|                     | [H-, V-] | 123                                | 435                                  | 0.28       |
| S <sub>s</sub> -1 1 |          | 20                                 | 435                                  | 0.05       |
| S <sub>s</sub> -1 2 |          | 35                                 | 435                                  | 0.08       |
| S <sub>s</sub> -1 3 |          | 34                                 | 435                                  | 0.08       |
| S <sub>s</sub> -1 4 |          | 28                                 | 435                                  | 0.06       |
| S <sub>s</sub> -2 1 |          | 69                                 | 435                                  | 0.16       |
| S <sub>s</sub> -2 2 |          | 94                                 | 435                                  | 0.22       |
| S <sub>s</sub> -3 1 | [H+, V+] | 83                                 | 435                                  | 0.19       |
|                     | [H-, V+] | 74                                 | 435                                  | 0.17       |

注記 \* : 評価位置は図 16.4-8 に示す。



b. 構造部材のせん断力に対する評価結果

せん断力に対する照査結果を表 16.4-4 に示す。

S A用海水ピット取水塔における許容応力度法による照査を行った結果、評価位置においてせん断応力が許容限界以下、又は発生せん断力がコンクリートの許容せん断力 ( $V_{c a}$ ) と斜め引張鉄筋の許容せん断力 ( $V_{s a}$ ) を合わせた許容せん断力 ( $V_a$ ) 以下であることを確認した。

以上のことから、S A用海水ピット取水塔の構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認した。なお、発生応力及び発生断面力は各地震動、各部材において最大となる値を示している。



せん断力照査結果 (①-①断面)

表 16.4-4 (1)

| 地震時   | 位相       | コンクリートせん断応力度の照査 |             |             |          |                           |                              | せん断補強筋量の計算 |                            |    |                          |                              |           |             |             |            |      | 照査値 |
|-------|----------|-----------------|-------------|-------------|----------|---------------------------|------------------------------|------------|----------------------------|----|--------------------------|------------------------------|-----------|-------------|-------------|------------|------|-----|
|       |          | V<br>(kN)       | b w<br>(mm) | j<br>1/1.15 | d' (mm)  | τ<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | τ al<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 使用鉄筋       | 鉄筋面積<br>(mm <sup>2</sup> ) | 本数 | Aw<br>(mm <sup>2</sup> ) | σ sa<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | s<br>(mm) | Vca<br>(kN) | Vsa<br>(kN) | Va<br>(kN) | V/Va |     |
|       |          |                 |             |             |          |                           |                              |            |                            |    |                          |                              |           |             |             |            |      |     |
| Ss-D1 | [H+, V+] | 25300           | 2658.681    | 0.870       | 6203.588 | 1.764                     | 0.825                        | 32         | 794.2                      | 8  | 6353.6                   | 309                          | 300       | 5916        | 35302       | 41218      | 0.61 |     |
|       | [H+, V-] | 25129           | 2658.681    | 0.870       | 6203.588 | 1.752                     | 0.825                        | 32         | 794.2                      | 8  | 6353.6                   | 309                          | 300       | 5916        | 35302       | 41218      | 0.61 |     |
|       | [H-, V+] | 28027           | 2658.681    | 0.870       | 6203.588 | 1.954                     | 0.825                        | 32         | 794.2                      | 8  | 6353.6                   | 309                          | 300       | 5916        | 35302       | 41218      | 0.68 |     |
|       | [H-, V-] | 28431           | 2658.681    | 0.870       | 6203.588 | 1.982                     | 0.825                        | 32         | 794.2                      | 8  | 6353.6                   | 309                          | 300       | 5916        | 35302       | 41218      | 0.69 |     |
| Ss-11 |          | 6272            | 2658.681    | 0.870       | 6203.588 | 0.437                     | 0.825                        | -          | -                          | -  | -                        | -                            | -         | -           | -           | -          | 0.53 |     |
| Ss-12 |          | 9374            | 2658.681    | 0.870       | 6203.588 | 0.654                     | 0.825                        | -          | -                          | -  | -                        | -                            | -         | -           | -           | -          | 0.79 |     |
| Ss-13 |          | 8450            | 2658.681    | 0.870       | 6203.588 | 0.589                     | 0.825                        | -          | -                          | -  | -                        | -                            | -         | -           | -           | -          | 0.71 |     |
| Ss-14 |          | 6403            | 2658.681    | 0.870       | 6203.588 | 0.446                     | 0.825                        | -          | -                          | -  | -                        | -                            | -         | -           | -           | -          | 0.54 |     |
| Ss-21 |          | 12994           | 2658.681    | 0.870       | 6203.588 | 0.906                     | 0.825                        | 32         | 794.2                      | 8  | 6353.6                   | 309                          | 300       | 5916        | 35302       | 41218      | 0.32 |     |
| Ss-22 |          | 14525           | 2658.681    | 0.870       | 6203.588 | 1.013                     | 0.825                        | 32         | 794.2                      | 8  | 6353.6                   | 309                          | 300       | 5916        | 35302       | 41218      | 0.35 |     |
| Ss-31 | [H+, V+] | 17332           | 2658.681    | 0.870       | 6203.588 | 1.208                     | 0.825                        | 32         | 794.2                      | 8  | 6353.6                   | 309                          | 300       | 5916        | 35302       | 41218      | 0.42 |     |
|       | [H-, V+] | 16504           | 2658.681    | 0.870       | 6203.588 | 1.151                     | 0.825                        | 32         | 794.2                      | 8  | 6353.6                   | 309                          | 300       | 5916        | 35302       | 41218      | 0.40 |     |

注記 \* : 評価位置は図 16.4-8 に示す。



せん断力照査結果 (②-②断面)

表 16.4-4 (2)

| 地震時   | 位相       | コンクリートせん断応力度の照査 |             |             |          |                           | せん断補強筋量の計算                   |      |                            |    |                          |                              |           |             |             |            | 照査値  |      |
|-------|----------|-----------------|-------------|-------------|----------|---------------------------|------------------------------|------|----------------------------|----|--------------------------|------------------------------|-----------|-------------|-------------|------------|------|------|
|       |          | V<br>(kN)       | b w<br>(mm) | j<br>1/1.15 | d' (mm)  | τ<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | τ al<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 使用鉄筋 | 鉄筋面積<br>(mm <sup>2</sup> ) | 本数 | Aw<br>(mm <sup>2</sup> ) | σ sa<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | s<br>(mm) | Vca<br>(kN) | Vsa<br>(kN) | Va<br>(kN) |      | V/Va |
|       |          |                 |             |             |          |                           |                              |      |                            |    |                          |                              |           |             |             |            |      |      |
| Ss-D1 | [H+, V+] | 18473           | 2658.681    | 0.870       | 6203.588 | 1.288                     | 0.825                        | 32   | 794.2                      | 8  | 6353.6                   | 309                          | 300       | 5916        | 35302       | 41218      | 0.45 |      |
|       | [H+, V-] | 18416           | 2658.681    | 0.870       | 6203.588 | 1.284                     | 0.825                        | 32   | 794.2                      | 8  | 6353.6                   | 309                          | 300       | 5916        | 35302       | 41218      | 0.45 |      |
|       | [H-, V+] | 19193           | 2658.681    | 0.870       | 6203.588 | 1.338                     | 0.825                        | 32   | 794.2                      | 8  | 6353.6                   | 309                          | 300       | 5916        | 35302       | 41218      | 0.47 |      |
|       | [H-, V-] | 19197           | 2658.681    | 0.870       | 6203.588 | 1.339                     | 0.825                        | 32   | 794.2                      | 8  | 6353.6                   | 309                          | 300       | 5916        | 35302       | 41218      | 0.47 |      |
|       | Ss-11    | 4154            | 2658.681    | 0.870       | 6203.588 | 0.29                      | 0.825                        | -    | -                          | -  | -                        | -                            | -         | -           | -           | -          | 0.35 |      |
|       | Ss-12    | 5943            | 2658.681    | 0.870       | 6203.588 | 0.414                     | 0.825                        | -    | -                          | -  | -                        | -                            | -         | -           | -           | -          | 0.50 |      |
|       | Ss-13    | 5730            | 2658.681    | 0.870       | 6203.588 | 0.4                       | 0.825                        | -    | -                          | -  | -                        | -                            | -         | -           | -           | -          | 0.48 |      |
|       | Ss-14    | 4787            | 2658.681    | 0.870       | 6203.588 | 0.334                     | 0.825                        | -    | -                          | -  | -                        | -                            | -         | -           | -           | -          | 0.40 |      |
|       | Ss-21    | 11235           | 2658.681    | 0.870       | 6203.588 | 0.783                     | 0.825                        | -    | -                          | -  | -                        | -                            | -         | -           | -           | -          | 0.95 |      |
|       | Ss-22    | 14692           | 2658.681    | 0.870       | 6203.588 | 1.024                     | 0.825                        | 32   | 794.2                      | 8  | 6353.6                   | 309                          | 300       | 5916        | 35302       | 41218      | 0.36 |      |
| Ss-31 | [H+, V+] | 12185           | 2658.681    | 0.870       | 6203.588 | 0.85                      | 0.825                        | 32   | 794.2                      | 8  | 6353.6                   | 309                          | 300       | 5916        | 35302       | 41218      | 0.30 |      |
|       | [H-, V+] | 11132           | 2658.681    | 0.870       | 6203.588 | 0.776                     | 0.825                        | -    | -                          | -  | -                        | -                            | -         | -           | -           | -          | 0.94 |      |

注記 \* : 評価位置は図 16.4-8 に示す。



(2) 水平断面の評価結果

a. 構造部材の曲げ軸力に対する評価結果

コンクリートの曲げ軸力照査結果を表 16.4-5 に、鉄筋の曲げ軸力照査結果を表 16.4-6 に示す。

S A用海水ピット取水塔における許容応力度法による照査を行った結果、評価位置においてコンクリートの圧縮応力及び鉄筋の引張応力が許容限界以下であることを確認した。

以上のことから、S A用海水ピット取水塔の構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認した。なお、発生応力は各地震動、各部材において最大となる値を示している。評価位置は図 16.4-9 に示す。

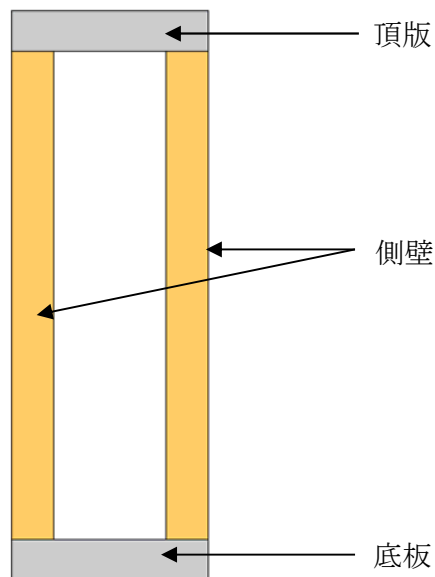


図 16.4-9 評価位置



表 16.4-5 (1) コンクリートの曲げ軸力照査結果 (①-①断面)

| 位置 | ①発生応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | ②短期許容応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値<br>①/② |
|----|--------------------------------|----------------------------------|------------|
| 頂版 | 2.6                            | 21                               | 0.13       |
| 底版 | 3.2                            | 21                               | 0.15       |

注記 \* : 評価位置は図 16.4-9 に示す。

表 16.4-5 (2) コンクリートの曲げ軸力照査結果 (②-②断面)

| 位置 | ①発生応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | ②短期許容応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値<br>①/② |
|----|--------------------------------|----------------------------------|------------|
| 頂版 | 1.7                            | 21                               | 0.08       |
| 底版 | 4.0                            | 21                               | 0.19       |

注記 \* : 評価位置は図 16.4-9 に示す。

表 16.4-6 (1) 鉄筋の曲げ軸力照査結果 (①-①断面)

| 位置 | ①発生応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | ②短期許容応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値<br>①/② |
|----|--------------------------------|----------------------------------|------------|
| 頂版 | 123                            | 435                              | 0.29       |
| 底版 | 101                            | 435                              | 0.24       |

注記 \* : 評価位置は図 16.4-9 に示す。

表 16.4-6 (2) 鉄筋の曲げ軸力照査結果 (②-②断面)

| 位置 | ①発生応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | ②短期許容応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値<br>①/② |
|----|--------------------------------|----------------------------------|------------|
| 頂版 | 80                             | 435                              | 0.19       |
| 底版 | 124                            | 435                              | 0.29       |

注記 \* : 評価位置は図 16.4-9 に示す。



b. 構造部材のせん断力に対する評価結果

S A用海水ピット取水塔における許容応力度法による照査を行った結果、評価位置においてせん断応力が許容限界以下、又は発生せん断力がコンクリートの許容せん断力 ( $V_{c a}$ ) と斜め引張鉄筋の許容せん断力 ( $V_{s a}$ ) を合わせた許容せん断力 ( $V_a$ ) 以下であることを確認した。

以上のことから、S A用海水ピット取水塔の構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認した。なお、発生応力及び発生断面力は各地震動、各部材において最大となる値を示している。



表 16.4-7 (1) せん断力照査結果 (①-①断面)

| 部材 | コンクリートせん断応力度の照査 |                        |             |           |           |                              | せん断補強筋量の計算 |       |                    |          |                                      |   |           |                         |                         |                        | 照査値              |      |
|----|-----------------|------------------------|-------------|-----------|-----------|------------------------------|------------|-------|--------------------|----------|--------------------------------------|---|-----------|-------------------------|-------------------------|------------------------|------------------|------|
|    | V<br>(kN)       | b <sub>w</sub><br>(mm) | j<br>1/1.15 | d<br>(mm) | τ<br>(kN) | τ a1<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 使用鉄筋       | 鉄筋面積  |                    | 本数       | A <sub>w</sub><br>(mm <sup>2</sup> ) | σ <sub>sa</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | s<br>(mm) | V <sub>ca</sub><br>(kN) | V <sub>sa</sub><br>(kN) | V <sub>a</sub><br>(kN) |                  |      |
|    |                 |                        |             |           |           |                              |            |       | (mm <sup>2</sup> ) |          |                                      |   |           |                         |                         |                        |                  |      |
|    |                 |                        |             |           |           |                              |            |       |                    |          |                                      |   |           |                         |                         |                        |                  |      |
| 頂版 | 321.69          | 1000                   | 0.870       | 1300      | 0.284     | 0.825                        | -          | -     | -                  | -        | -                                    | -                                       | -         | -                       | -                       | -                      | V/V <sub>a</sub> | 0.34 |
| 底版 | 1721.80         | 1000                   | 0.870       | 1800      | 1.099     | 0.825                        | 29         | 642.4 | 3.333              | 2141.119 | 294                                  | 300                                     | 646       | 3286                    | 3932                    |                        | V/V <sub>a</sub> | 0.44 |

注記 \* : 評価位置は図 16.4-9 に示す。

表 16.4-7 (2) せん断力照査結果 (②-②断面)

| 部材 | コンクリートせん断応力度の照査 |             |             |           |           |                              | せん断補強筋量の計算 |                            |       |                           |                              |           |              |              |             |   | 照査値  |
|----|-----------------|-------------|-------------|-----------|-----------|------------------------------|------------|----------------------------|-------|---------------------------|------------------------------|-----------|--------------|--------------|-------------|---|------|
|    | V<br>(kN)       | b w<br>(mm) | j<br>1/1.15 | d<br>(mm) | τ<br>(kN) | τ a1<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 使用鉄筋       | 鉄筋面積<br>(mm <sup>2</sup> ) | 本数    | A w<br>(mm <sup>2</sup> ) | σ sa<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | s<br>(mm) | V ca<br>(kN) | V sa<br>(kN) | V a<br>(kN) |   |      |
|    |                 |             |             |           |           |                              |            |                            |       |                           |                              |           |              |              |             |   |      |
| 頂版 | 214.63          | 1000        | 0.870       | 1300      | 0.19      | 0.825                        | -          | -                          | -     | -                         | -                            | -         | -            | -            | -           | - | 0.23 |
| 底版 | 2091.16         | 1000        | 0.870       | 1800      | 1.335     | 0.825                        | 29         | 642.4                      | 3.333 | 2141.119                  | 294                          | 300       | 646          | 3286         | 3932        |   | 0.53 |

注記 \* : 評価位置は図 16.4-9 に示す。



(3) 基礎地盤の支持性能に対する評価結果

基礎地盤の支持性能評価結果を表 16.4-8 に、接地圧分布図を図 16.4-10 及び図 16.4-11 に示す。

S A用海水ピット取水塔の最大接地圧は $S_s-D1$ 〔H-, V-〕（②-②断面）で 1349 kN/m<sup>2</sup>であり、基礎地盤の極限支持力度 6349 kN/m<sup>2</sup> 以下である。

以上のことから、S A用海水ピット取水塔の基礎地盤は、基準地震動 $S_s$ に対し、支持性能を有する。



表 16.4-8 (1) 基礎地盤の支持性能評価結果 (①-①断面)

| 地震動                | 位相       | 最大接地圧<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 極限支持力度<br>(kN/m <sup>2</sup> ) |
|--------------------|----------|-------------------------------|--------------------------------|
| S <sub>s</sub> -D1 | [H+, V+] | 617                           | 6349                           |
|                    | [H+, V-] | 607                           | 6349                           |
|                    | [H-, V+] | 563                           | 6349                           |
|                    | [H-, V-] | 591                           | 6349                           |
| S <sub>s</sub> -11 | -        | 432                           | 6349                           |
| S <sub>s</sub> -12 | -        | 430                           | 6349                           |
| S <sub>s</sub> -13 | -        | 252                           | 6349                           |
| S <sub>s</sub> -14 | -        | 200                           | 6349                           |
| S <sub>s</sub> -21 | -        | 241                           | 6349                           |
| S <sub>s</sub> -22 | -        | 460                           | 6349                           |
| S <sub>s</sub> -31 | [H+, V+] | 438                           | 6349                           |
|                    | [H+, V-] | 672                           | 6349                           |

表 16.4-8 (2) 基礎地盤の支持性能評価結果 (②-②断面)

| 地震動                | 位相       | 最大接地圧<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 極限支持力度<br>(kN/m <sup>2</sup> ) |
|--------------------|----------|-------------------------------|--------------------------------|
| S <sub>s</sub> -D1 | [H+, V+] | 1261                          | 6349                           |
|                    | [H+, V-] | 1307                          | 6349                           |
|                    | [H-, V+] | 1297                          | 6349                           |
|                    | [H-, V-] | 1349                          | 6349                           |
| S <sub>s</sub> -11 | -        | 684                           | 6349                           |
| S <sub>s</sub> -12 | -        | 748                           | 6349                           |
| S <sub>s</sub> -13 | -        | 736                           | 6349                           |
| S <sub>s</sub> -14 | -        | 681                           | 6349                           |
| S <sub>s</sub> -21 | -        | 1028                          | 6349                           |
| S <sub>s</sub> -22 | -        | 1001                          | 6349                           |
| S <sub>s</sub> -31 | [H+, V+] | 1139                          | 6349                           |
|                    | [H+, V-] | 1084                          | 6349                           |



図 16.4-10 (1) ①-①断面の接地圧分布図 ( $S_s-D1 [H+, V+]$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 16.4-10 (2) ①-①断面の接地圧分布図 ( $S_s-D1 [H+, V-]$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 16.4-10 (3) ①-①断面の接地圧分布図 ( $S_s-D1 [H-, V+]$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 16.4-10 (4) ①-①断面の接地圧分布図 ( $S_s-D1 [H-, V-]$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 16.4-10 (5) ①-①断面の接地圧分布図 ( $S_s-11$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 16.4-10 (6) ①-①断面の接地圧分布図 ( $S_s-12$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 16.4-10 (7) ①-①断面の接地圧分布図 ( $S_s-13$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 16.4-10 (8) ①-①断面の接地圧分布図 ( $S_s-14$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 16.4-10 (9) ①-①断面の接地圧分布図 ( $S_s-21$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 16.4-10 (10) ①-①断面の接地圧分布図 ( $S_s-22$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 16.4-10 (11) ①-①断面の接地圧分布図 ( $S_s-31 [H+, V+]$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 16.4-10 (12) ①-①断面の接地圧分布図 ( $S_s-31 [H-, V+]$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



図 16.4-11 (1) ②-②断面の接地圧分布図 ( $S_s-D1 [H+, V+]$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 16.4-11 (2) ②-②断面の接地圧分布図 ( $S_s-D1 [H+, V-]$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 16.4-11 (3) ②-②断面の接地圧分布図 ( $S_s-D1 [H-, V+]$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 16.4-11 (4) ②-②断面の接地圧分布図 ( $S_s-D1 [H-, V-]$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 16.4-11 (5) ②-②断面の接地圧分布図 ( $S_s-11$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 16.4-11 (6) ②-②断面の接地圧分布図 ( $S_s-12$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 16.4-11 (7) ②-②断面の接地圧分布図 ( $S_s-13$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 16.4-11 (8) ②-②断面の接地圧分布図 ( $S_s-14$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 16.4-11 (9) ②-②断面の接地圧分布図 ( $S_s-21$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 16.4-11 (10) ②-②断面の接地圧分布図 ( $S_s-22$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 16.4-11 (11) ②-②断面の接地圧分布図 ( $S_s-31 [H+, V+]$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

図 16.4-11 (12) ②-②断面の接地圧分布図 ( $S_s-31 [H-, V+]$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



#### 16.5 まとめ

S A用海水ピット取水塔について、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、構造物の曲げ軸力及びせん断力並びに最大接地圧が許容限界以下であることを確認した。

以上のことから、S A用海水ピット取水塔は、基準地震動  $S_s$  による地震力に対して、要求機能を維持できる。



S A用海水ピット取水塔の耐震安全性評価に関する参考資料



## 1 減衰の設定について

地震応答解析における減衰については、固有値解析にて求まる固有周期及び減衰比に基づき、質量マトリックス及び剛性マトリックスの線形結合で表される以下の Rayleigh 減衰にて与える。なお、Rayleigh 減衰を  $\alpha=0$  となる剛性比例型減衰とする。Rayleigh 減衰の設定は、地盤の低次のモードの変形が特に支配的となる地中埋設構造物のような地盤及び構造系全体に対して、その特定の振動モードの影響が大きいことを考慮し、かつ、振動モードの影響が全体系に占める割合の観点から、刺激係数に着目し行う。

固有値解析によるモード図を図 16-1 に示す。また、設定した Rayleigh 減衰を図 16-2 に示す。

構造物の 1 次モードについては、刺激係数を勘案し構造系がせん断変形しているモードに着目することにより選定している。

なお、初期減衰定数は、地盤については 1 %（解析における減衰は、ひずみが大きい領域では履歴減衰が支配的となる。そのため、解析上の安定のためになるべく小さい値として 1 %を採用している。）とする。また、線形材料としてモデル化するコンクリートについては 5 %（J E A G 4 6 0 1-1987）とする。



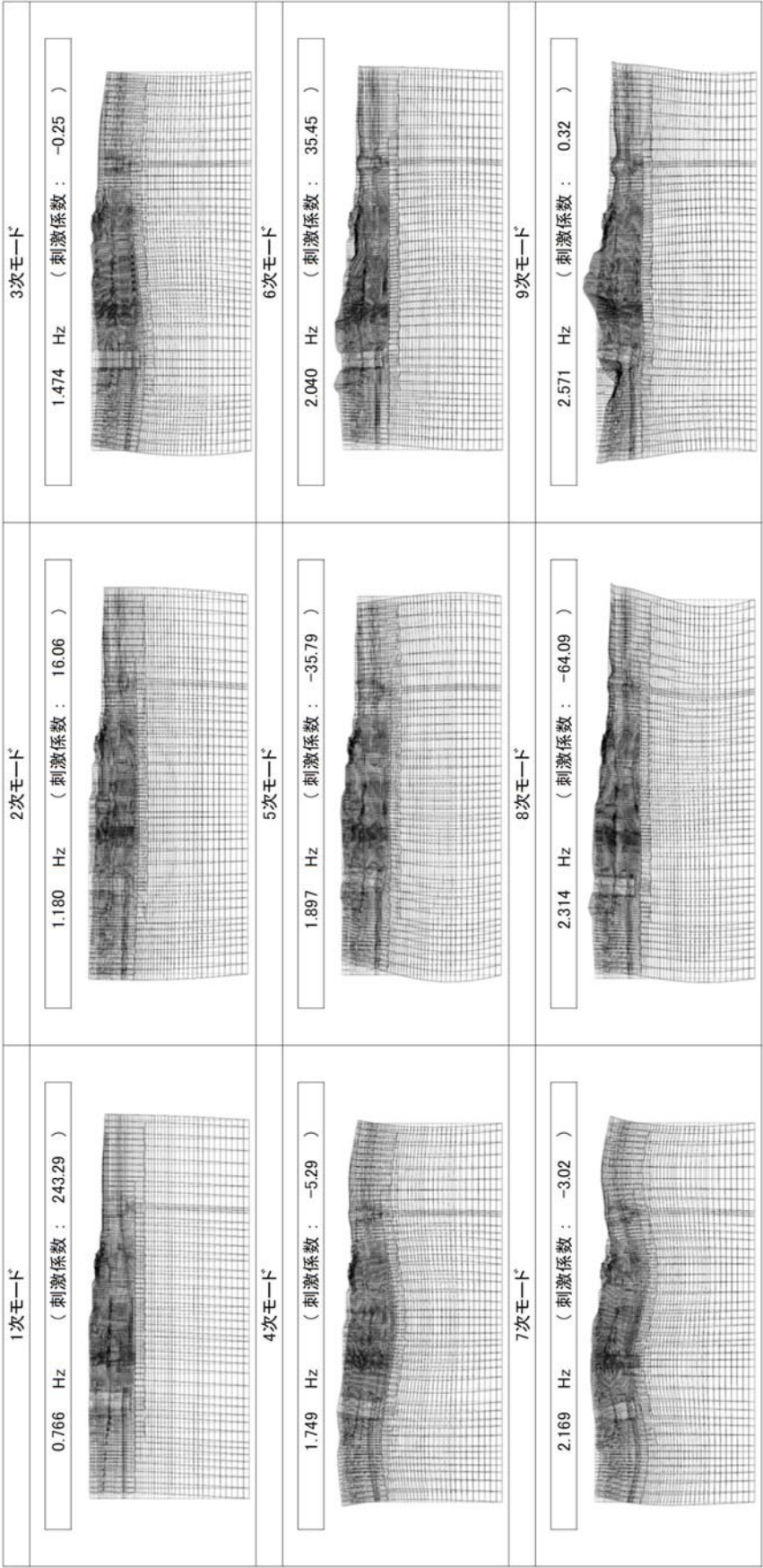
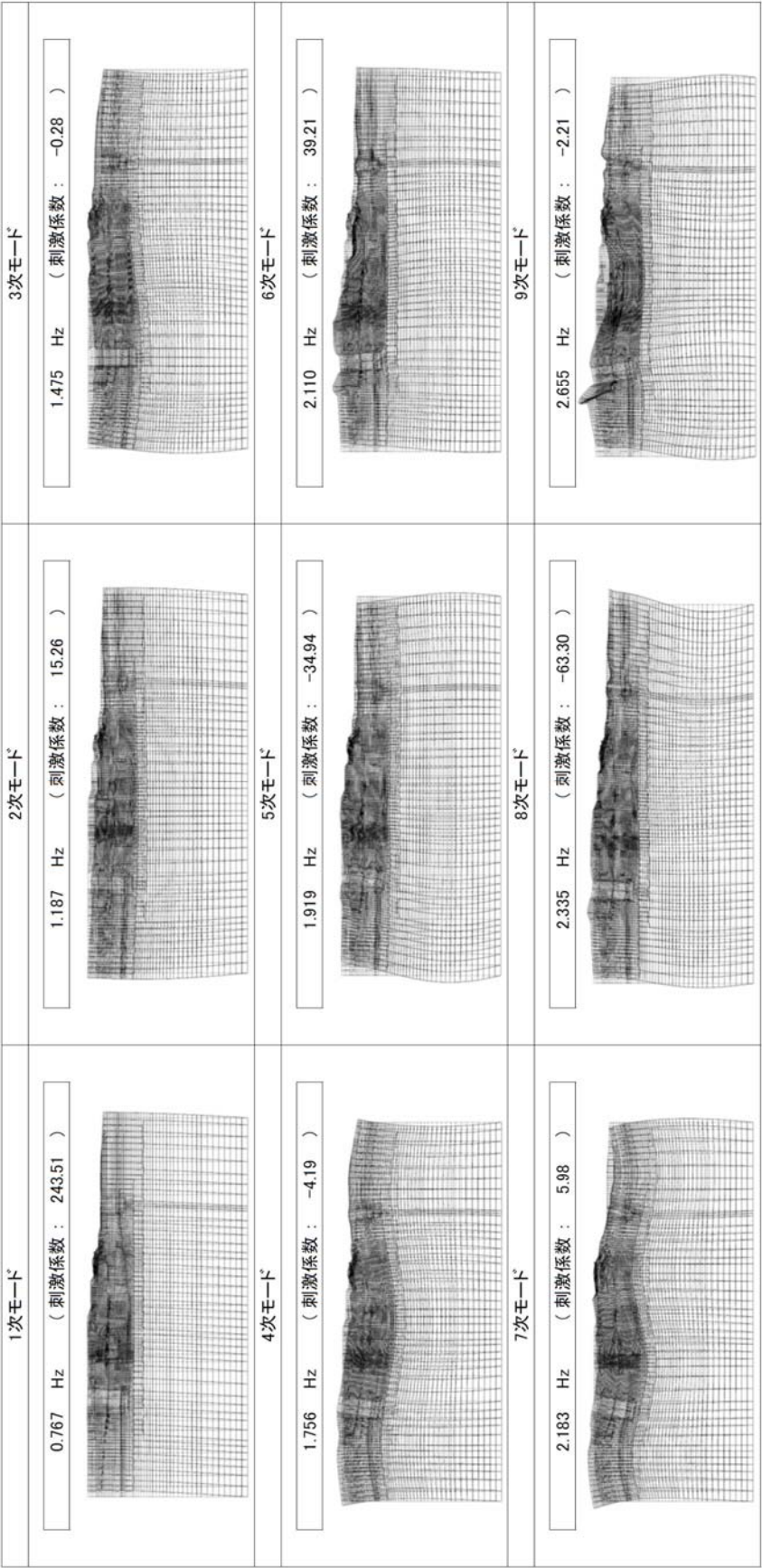


図 16-1 (1) S A用海水ピット取水塔の固有値解析結果 ※速報  
 (検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)  
 (①-①断面)





速報 図 16-1(2) S A用海水ピット取水塔の固有値解析結果 ※速報  
(検討ケース②: 地盤物性のばらつきを考慮 (+1σ) した解析ケース)  
(①-①断面)



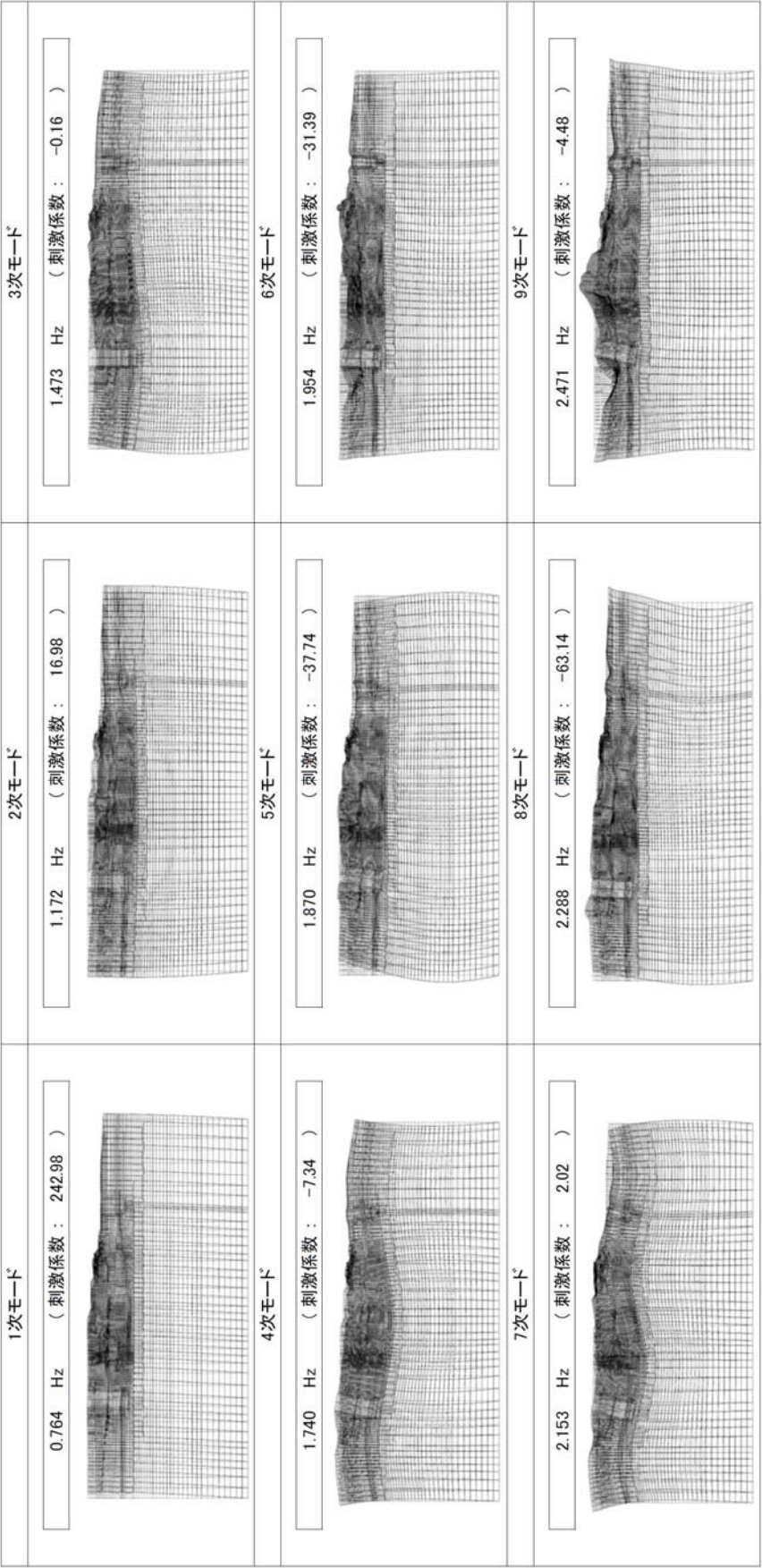


図 16-1 (3) S A 用海水ピット取水塔の固有値解析結果 ※速報

(検討ケース③：地盤物性のばらつきを考慮 (  $-1\sigma$  ) し液化化強度特性を用いた解析ケース)

(①-①断面)



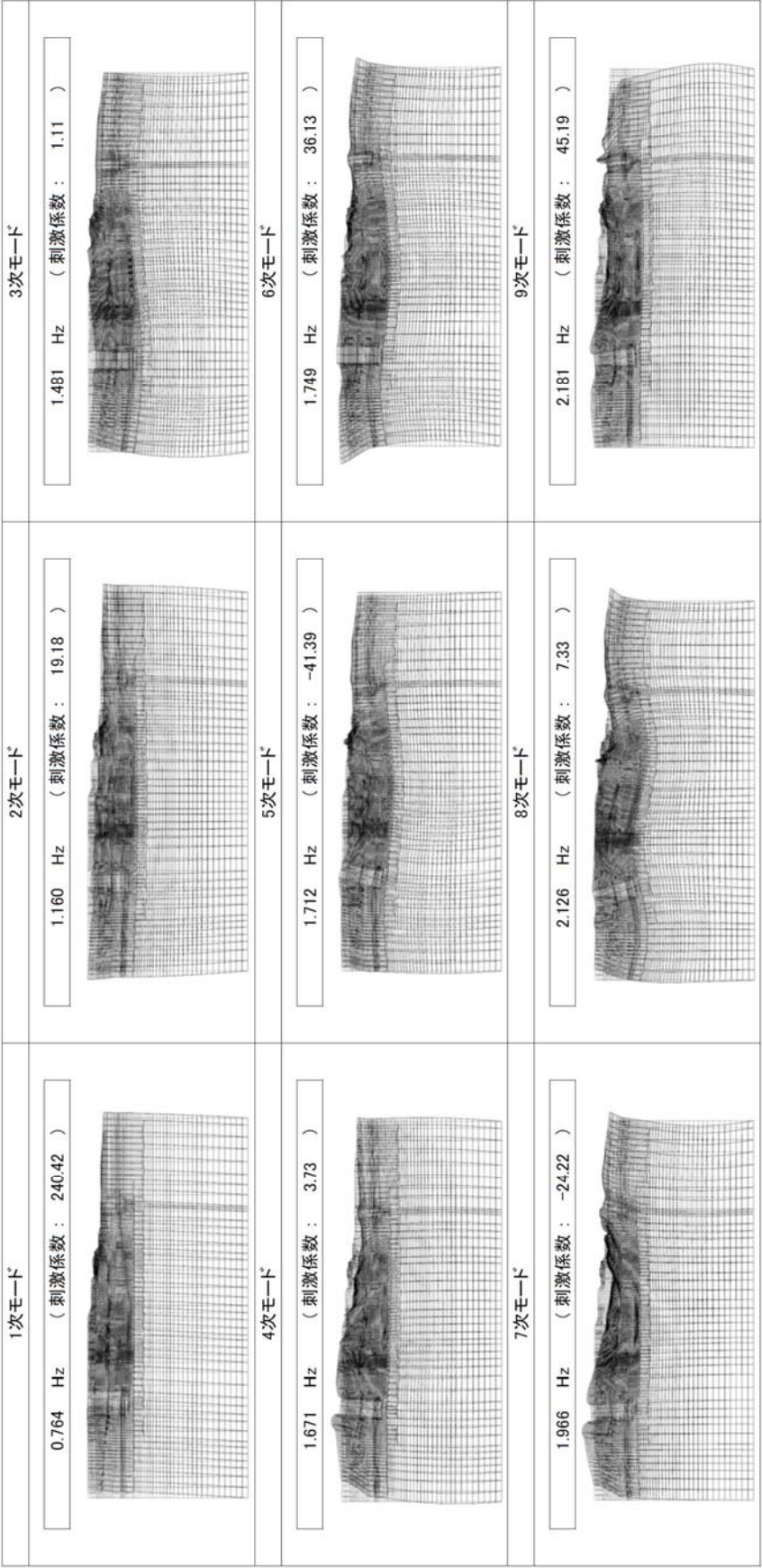


図 16-1 (4) S A用海水ピット取水塔の固有値解析結果 ※速報

(検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)

(①-①断面)



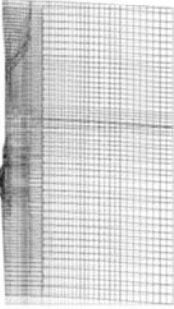
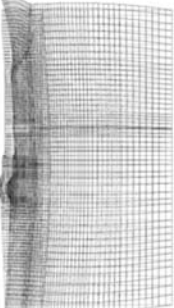


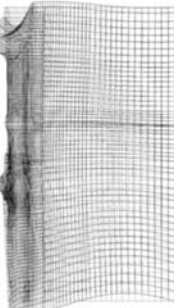
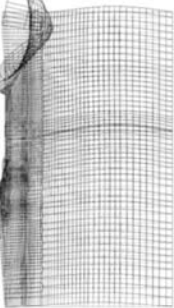
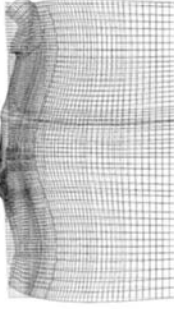


| 1次モード  | 2次モード   | 3次モード   |
|--|---|---|
| <div>0.810 Hz ( 刺激係数 : 196.35 )</div>   | <div>1.417 Hz ( 刺激係数 : -5.14 )</div>    | <div>1.658 Hz ( 刺激係数 : 18.61 )</div>     |
| 4次モード  | 5次モード   | 6次モード   |
| <div>1.799 Hz ( 刺激係数 : 5.66 )</div>     | <div>2.201 Hz ( 刺激係数 : 34.40 )</div>    | <div>2.378 Hz ( 刺激係数 : 44.49 )</div>     |
| 7次モード  | 8次モード   | 9次モード   |
| <div>2.432 Hz ( 刺激係数 : -8.05 )</div>  | <div>2.528 Hz ( 刺激係数 : 28.58 )</div>  | <div>2.928 Hz ( 刺激係数 : -15.81 )</div>  |

図 16-1(5) S A用海水ビット取水塔の固有値解析結果 ※速報  
 (検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース  
 (②-②断面)



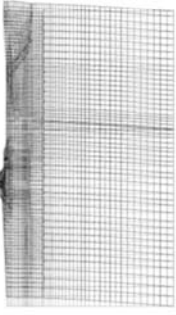
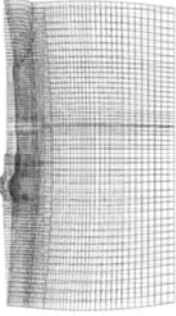
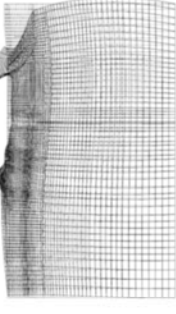

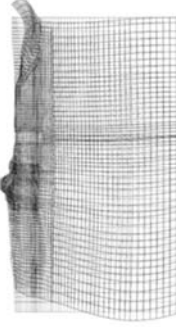
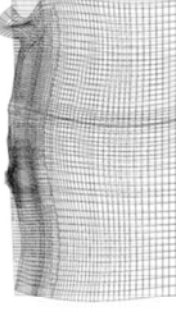

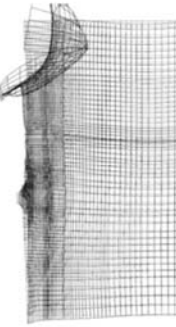
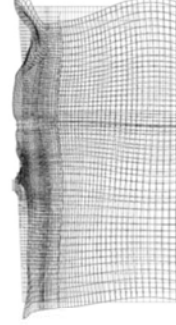
| 1次モード   | 2次モード   | 3次モード   |
|---|---|---|
| <div>0.811 Hz (刺激係数: 196.57)</div>   | <div>1.423 Hz (刺激係数: -3.40)</div>     | <div>1.755 Hz (刺激係数: 14.86)</div>    |
| 4次モード   | 5次モード   | 6次モード   |
| <div>1.813 Hz (刺激係数: -10.32)</div>   | <div>2.247 Hz (刺激係数: -41.39)</div>    | <div>2.437 Hz (刺激係数: -37.54)</div>   |
| 7次モード   | 8次モード   | 9次モード   |
| <div>2.458 Hz (刺激係数: 29.09)</div>  | <div>2.694 Hz (刺激係数: -12.71)</div>  | <div>2.985 Hz (刺激係数: 15.30)</div>  |

図 16-1 (6) S A用海水ピット取水塔の固有値解析結果 ※速報  
 (検討ケース②: 地盤物性のばらつきを考慮 (+1  $\sigma$ ) した解析ケース)  
 (②-②断面)



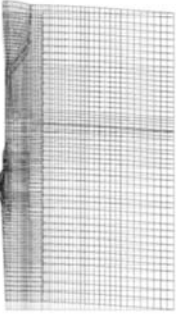
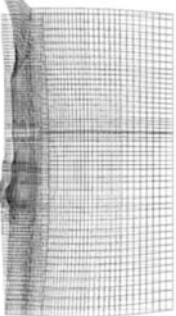
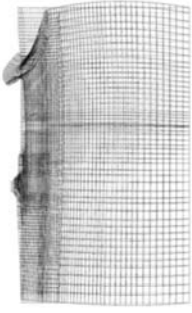
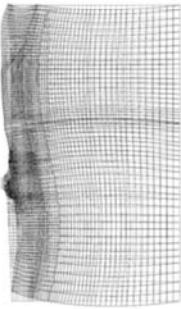
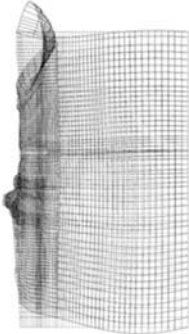
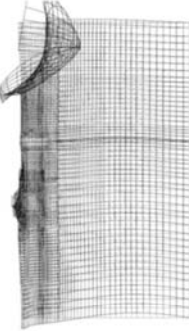

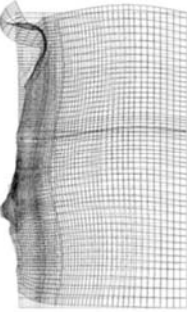
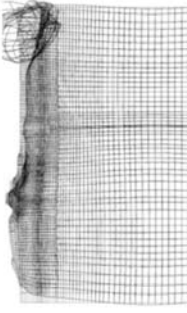
| 1次モード   | 2次モード   | 3次モード  |
|---|---|--|
| <div>0.808 Hz ( 刺激係数 : 195.98 )</div>    | <div>1.402 Hz ( 刺激係数 : -10.14 )</div>   | <div>1.545 Hz ( 刺激係数 : 19.72 )</div>    |
| 4次モード   | 5次モード   | 6次モード  |
| <div>1.792 Hz ( 刺激係数 : 4.47 )</div>      | <div>2.138 Hz ( 刺激係数 : -23.31 )</div>   | <div>2.228 Hz ( 刺激係数 : 32.27 )</div>    |
| 7次モード   | 8次モード   | 9次モード  |
| <div>2.411 Hz ( 刺激係数 : -32.10 )</div>  | <div>2.430 Hz ( 刺激係数 : 35.68 )</div>  | <div>2.802 Hz ( 刺激係数 : -2.35 )</div>  |

図 16-1(7) S A用海水ピット取水塔の固有値解析結果 ※速報  
 (検討ケース③：地盤物性のばらつきを考慮 ( - 1 σ ) した解析ケース)  
 (②-②断面)



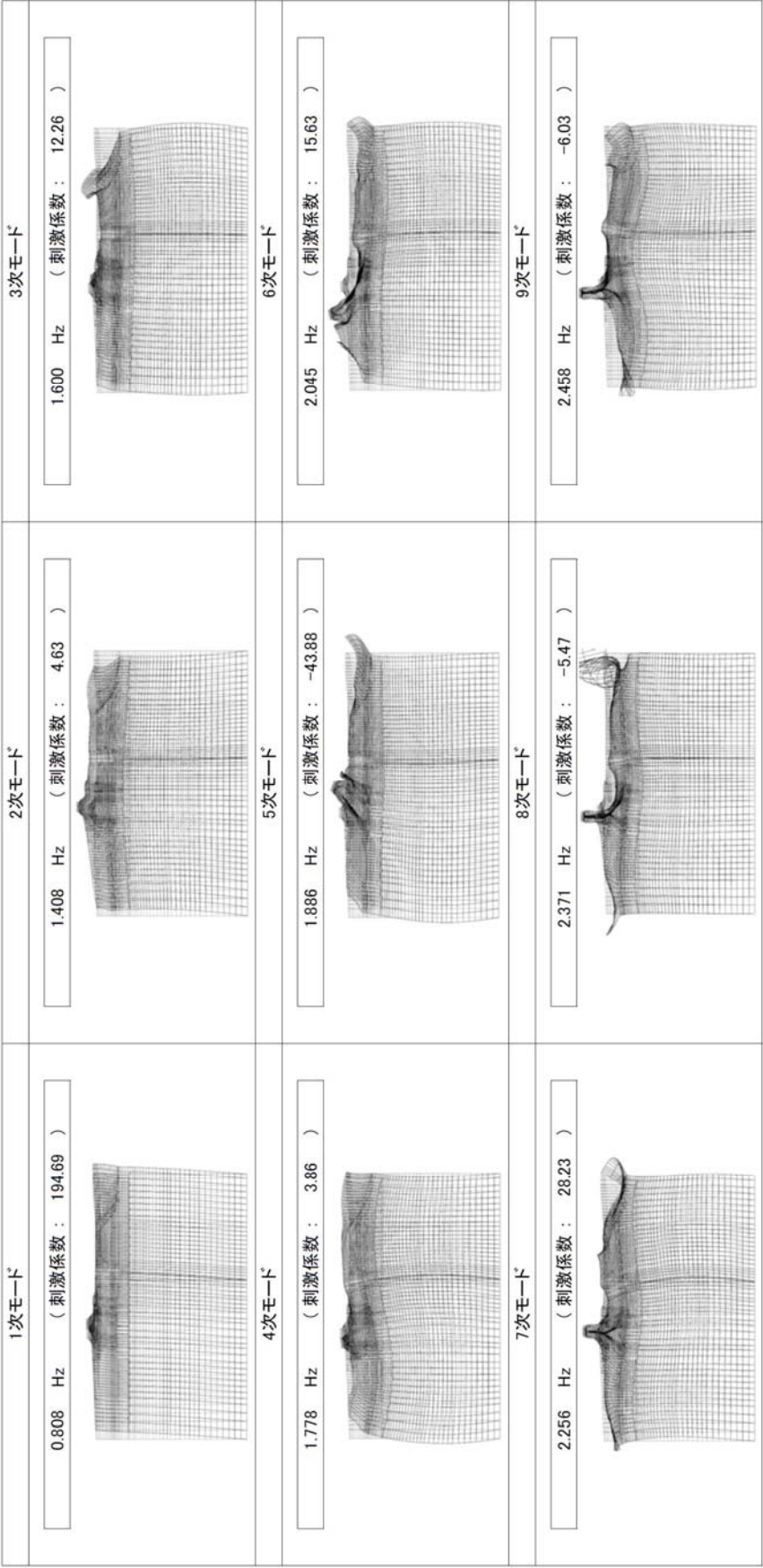


図 16-1 (8) S A用海水ピット取水塔の固有値解析結果 ※速報

(検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)  
 (②-②断面)



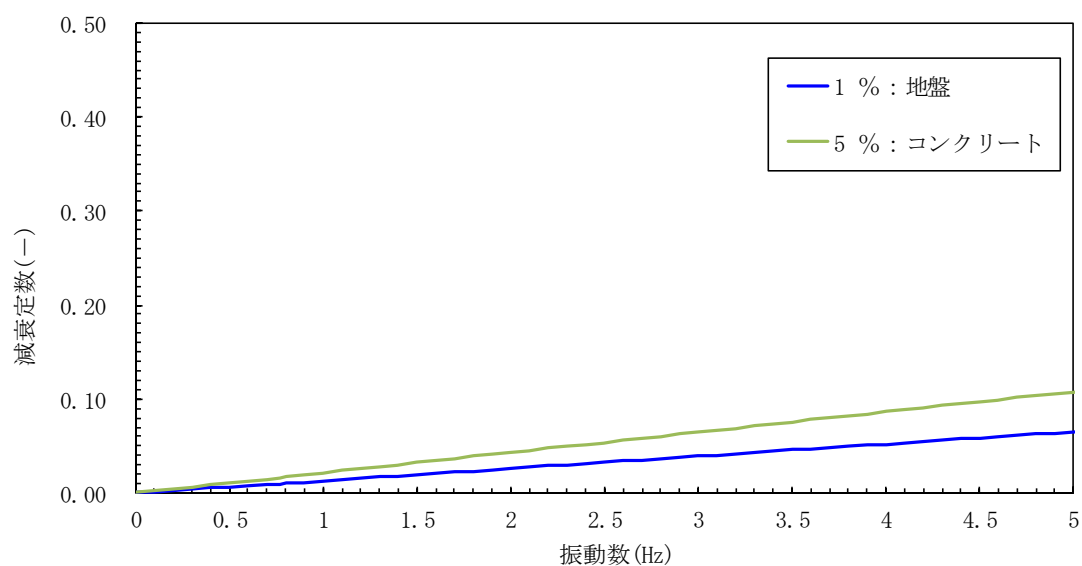


図 16-2(1) S A用海水ピット取水塔の固有値解析結果 ※速報  
 (検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)  
 (①-①断面)

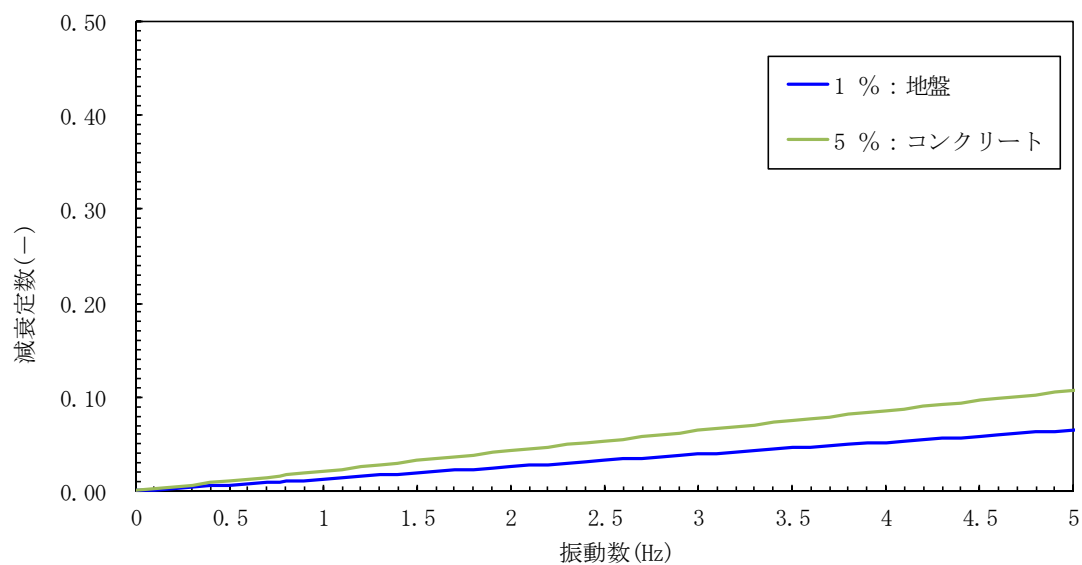


図 16-2(2) S A用海水ピット取水塔の固有値解析結果 ※速報  
 (検討ケース②：地盤物性のばらつきを考慮 (+1σ) した解析ケース)  
 (①-①断面)



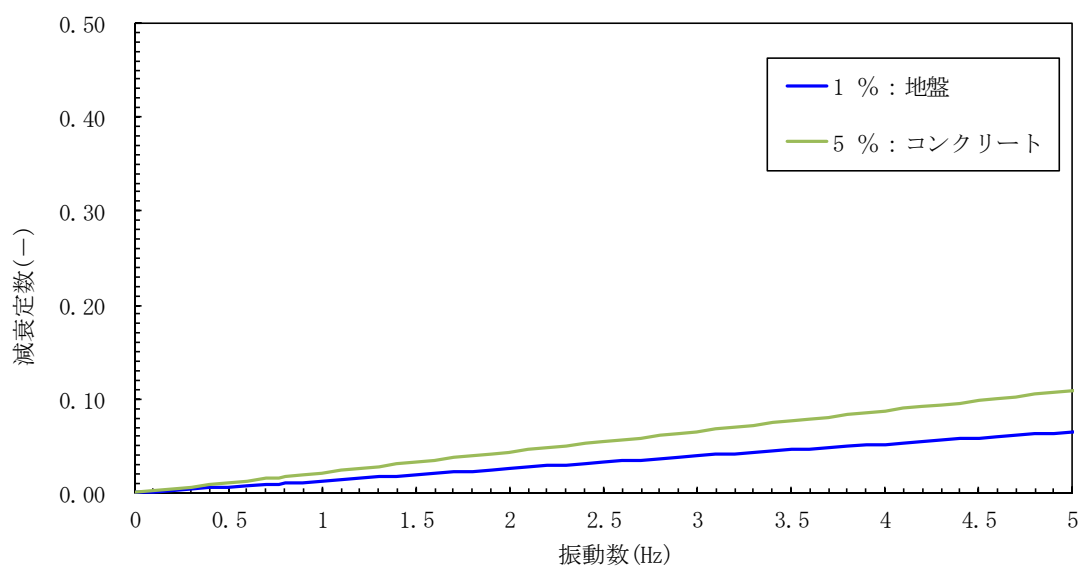


図 16-2 (3) S A用海水ピット取水塔の固有値解析結果 ※速報  
(検討ケース③：地盤物性のばらつきを考慮 ( $-1\sigma$ ) し液状化強度特性を用いた解析ケース)  
(①-①断面)

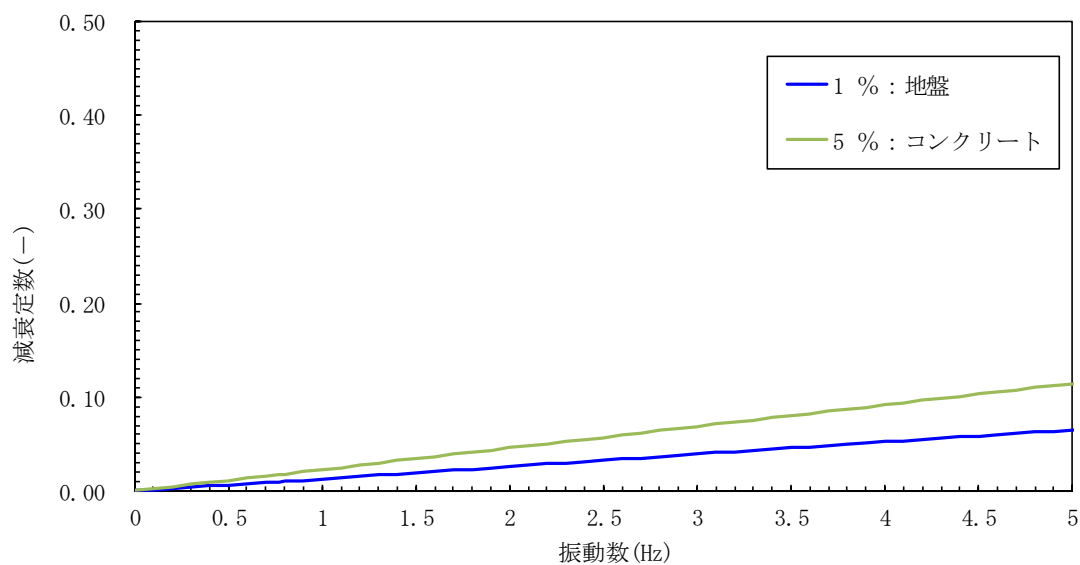


図 16-2 (4) S A用海水ピット取水塔の固有値解析結果 ※速報  
(検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により  
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)  
(①-①断面)



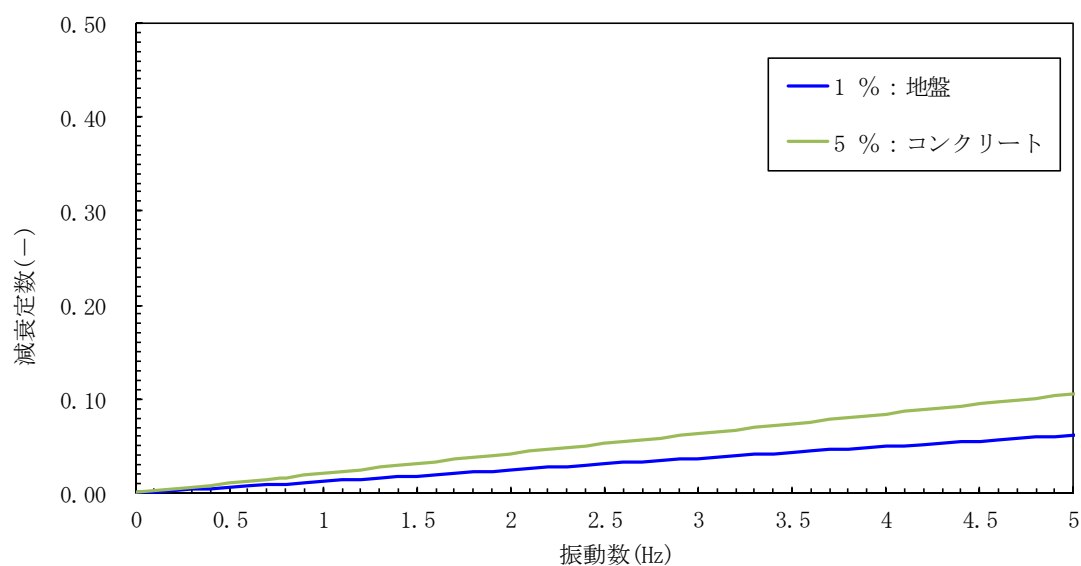


図 16-2 (5) S A用海水ピット取水塔の固有値解析結果 ※速報  
 (検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース  
 (②-②断面))

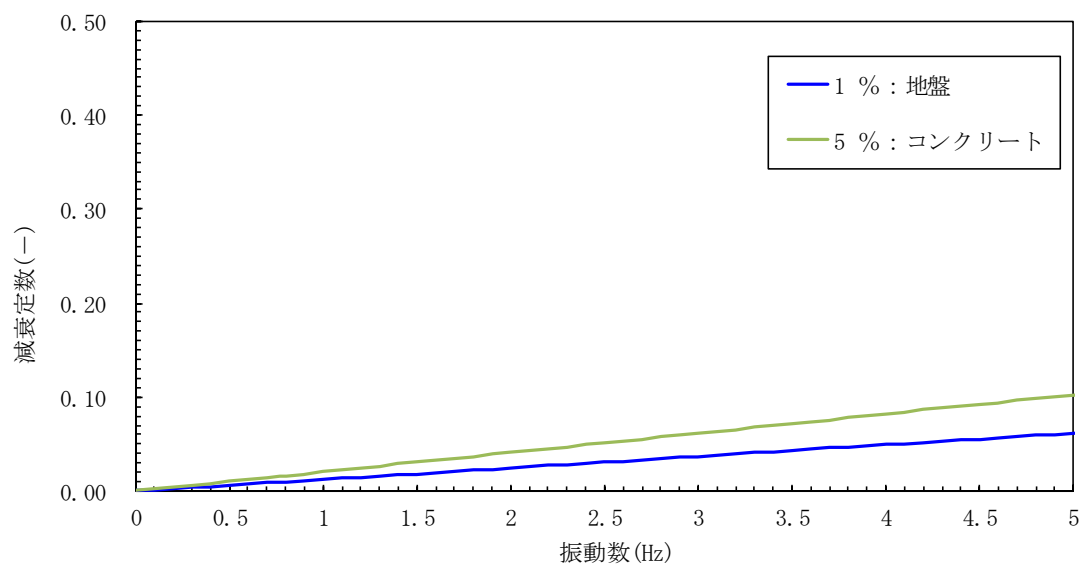


図 16-2 (6) S A用海水ピット取水塔の固有値解析結果 ※速報  
 (検討ケース②：地盤物性のばらつきを考慮 (+1  $\sigma$ ) した解析ケース  
 (②-②断面))



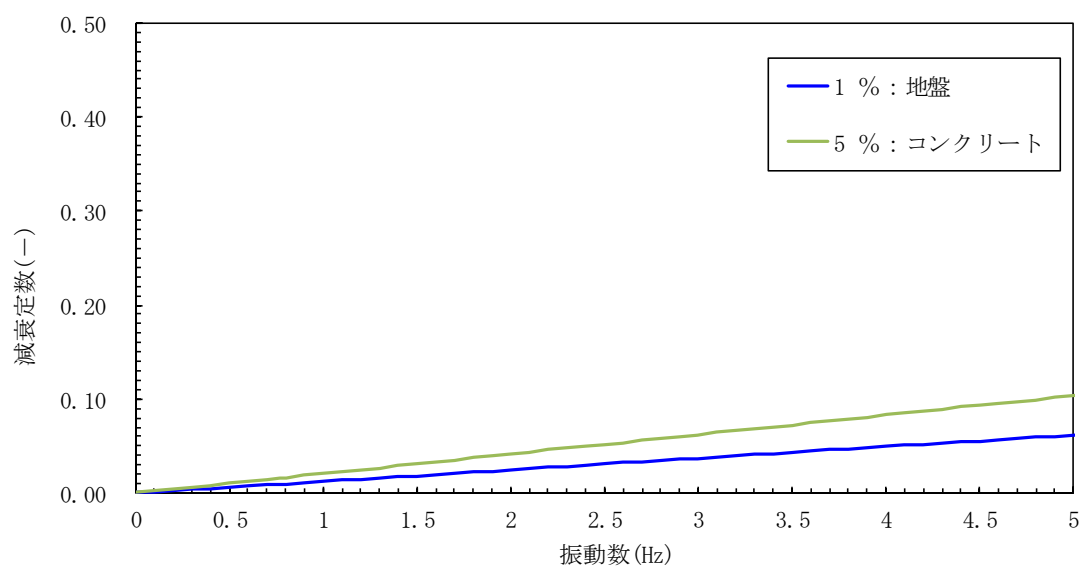


図 16-2(7) S A用海水ピット取水塔の固有値解析結果 ※速報  
 (検討ケース③：地盤物性のばらつきを考慮 ( $-1\sigma$ ) した解析ケース)  
 (②-②断面)

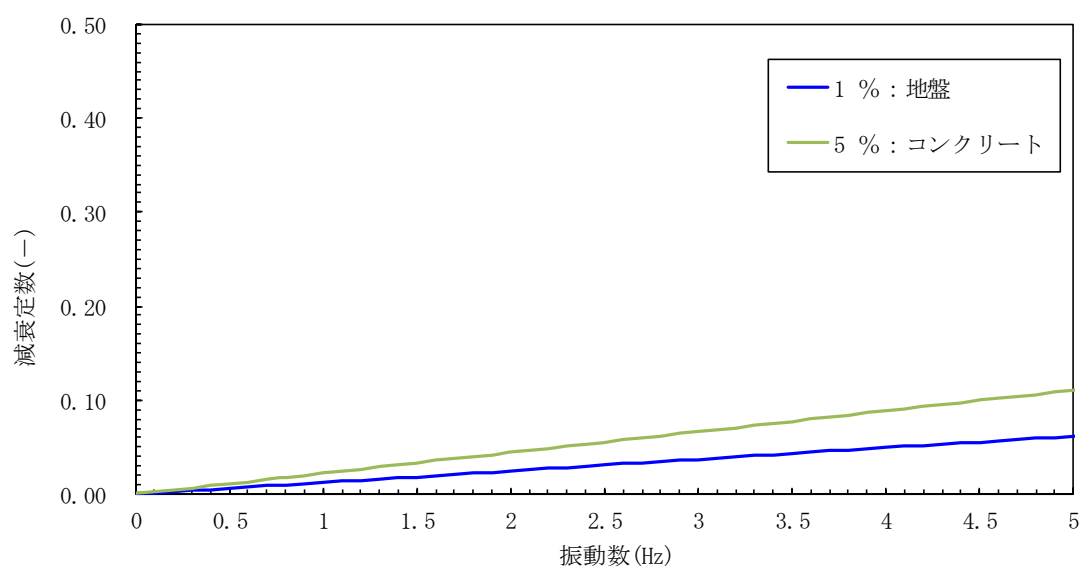


図 16-2(8) S A用海水ピット取水塔の固有値解析結果 ※速報  
 (検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により  
 地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)  
 (②-②断面)

(参考) 16-14



## 17. 緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎の耐震安全性評価

### 目次

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 17.1 評価方法            | 2   |
| 17.2 評価条件            | 2   |
| 17.2.1 適用基準          | 2   |
| 17.2.2 耐震安全性評価フロー    | 4   |
| 17.2.3 評価対象断面の方向     | 5   |
| 17.2.4 評価対象断面の選定     | 7   |
| 17.2.5 使用材料及び材料定数    | 12  |
| 17.2.6 評価構造物諸元       | 16  |
| 17.2.7 地下水位          | 17  |
| 17.2.8 地震応答解析手法      | 17  |
| 17.2.9 解析モデルの設定      | 18  |
| 17.2.10 減衰定数         | 35  |
| 17.2.11 荷重の組合せ       | 41  |
| 17.2.12 地震応答解析の検討ケース | 43  |
| 17.3 評価内容            | 45  |
| 17.3.1 入力地震動の設定      | 45  |
| 17.3.2 許容限界の設定       | 74  |
| 17.4 評価結果            | 77  |
| 17.4.1 地震応答解析結果      | 77  |
| 17.4.2 耐震評価結果        | 117 |
| 17.5 まとめ             | 169 |



## 17.1 評価方法

緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎は、緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンクを間接支持する内空幅 9 m（タンク軸方向）× 約 5 m（タンク横断方向）、内空高さ約 6 m の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり、杭を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置する。緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎について基準地震動  $S_s$  による耐震安全性評価として、構造部材の曲げ、せん断評価及び地盤の支持性能評価を実施する。

構造部材の曲げ、せん断評価については地震応答解析に基づく発生応力又は発生せん断力が許容限界以下であることを確認する。基礎地盤の支持性能評価については、地震応答解析に基づく接地圧が許容限界以下であることを確認する。

## 17.2 評価条件

### 17.2.1 適用基準

緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎の耐震評価に当たっては、原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987（（社）日本電気協会）、コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（（社）土木学会、2002 年制定）を適用するが、鉄筋コンクリートの曲げ及びせん断の許容限界については、道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会、平成 24 年 3 月）、鋼管杭の曲げ及びせん断の許容限界については道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会、平成 14 年 3 月）を適用する。

表 17.2-1 に適用する規格、基準類を示す。



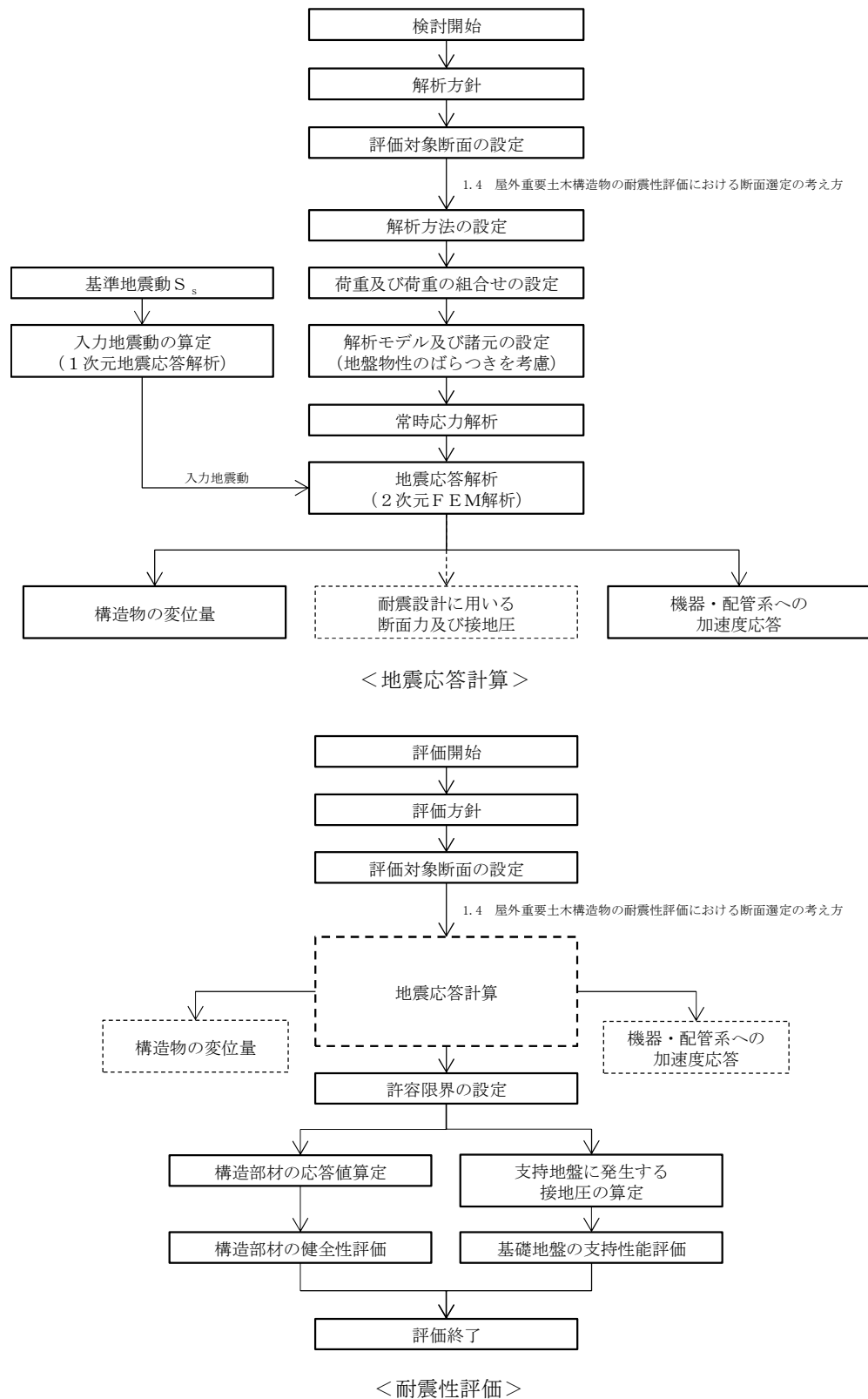
表 17.2-1 適用する規格，基準類

| 項目         | 適用する規格，基準類   | 備考  |
|------------|--|---|
| 使用材料及び材料定数 | ・コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（2002 年制定）  | —   |
| 荷重及び荷重の組合せ | ・コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（2002 年制定）  | ・永久荷重＋偶発荷重＋従たる変動荷重の適切な組合せを検討  |
| 許容限界       | <ul style="list-style-type: none"> <li>・コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（2002 年制定）</li> <li>・道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（平成 24 年 3 月）</li> <li>・道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（平成 14 年 3 月）</li> <li>・J E A G 4 6 0 1－1987</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・曲げに対する照査は，発生応力が，許容応力以下であることを確認</li> <li>・せん断に対する照査は，発生応力又は発生せん断力が，許容限界以下であることを確認</li> </ul> |
| 地震応答解析     | ・J E A G 4 6 0 1－1987  | ・有限要素法による 2 次元モデルを用いた時刻歴非線形解析   |



## 17.2.2 耐震安全性評価フロー

図 17.2-1 に緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎の耐震安全性評価フローを示す。





### 17.2.3 評価対象断面の方向

緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎の位置を図 17.2-2 に示す。

緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎は、内空幅 9 m（タンク軸方向）×約 5 m（タンク横断方向）、内空高さ約 6 m の鉄筋コンクリート造である。緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎の縦断方向（東西方向）は加振方向と平行に配置される側壁を耐震設計上見込むことができることから、強軸断面方向となる。一方、横断断面方向（南北方向）は、タンクを格納するため側壁の離隔が大きいことから、弱軸断面方向となる。

以上のことから、緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎の耐震評価では、構造の安定性に支配的な弱軸断面方向である南北方向を評価対象断面の方向とする。





図 17.2-2 緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎の位置図（全体平面図）



#### 17.2.4 評価対象断面の選定

図 17.2-3、図 17.2-4 及び図 17.2-5 に緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎の断面位置図、断面図及び構造概要を示す。

緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎は、内空幅 9 m（タンク軸方向）×約 5 m（タンク横断方向）、内空高さ約 6 m の鉄筋コンクリート造である。

評価対象断面は、「1.4.17 緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎の断面選定の考え方」で記載したとおり、第四紀層の液状化検討層の厚さが比較的厚く、構造物の弱軸断面方向である①-①断面を代表として耐震評価を実施する。なお、②-②断面についても、機器・配管系への加速度応答を抽出するため地震応答解析を実施する。



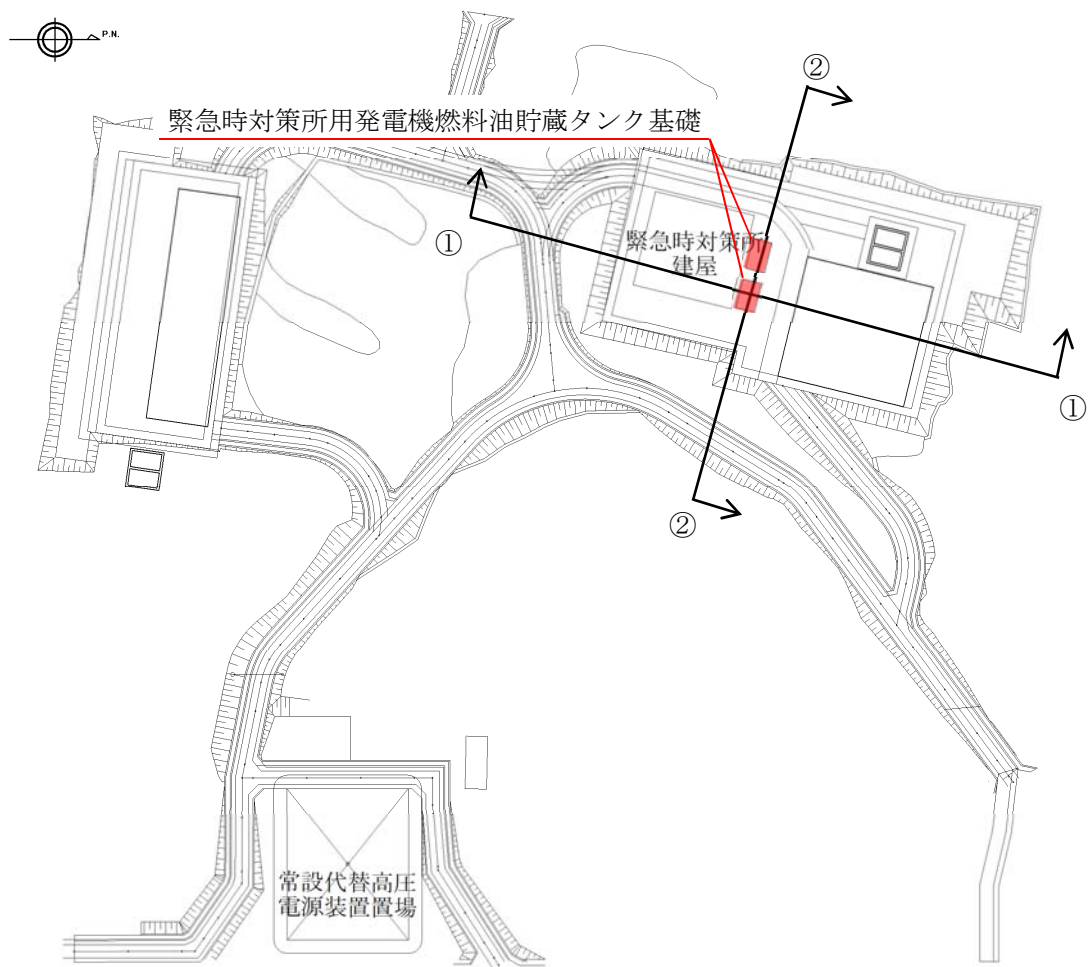
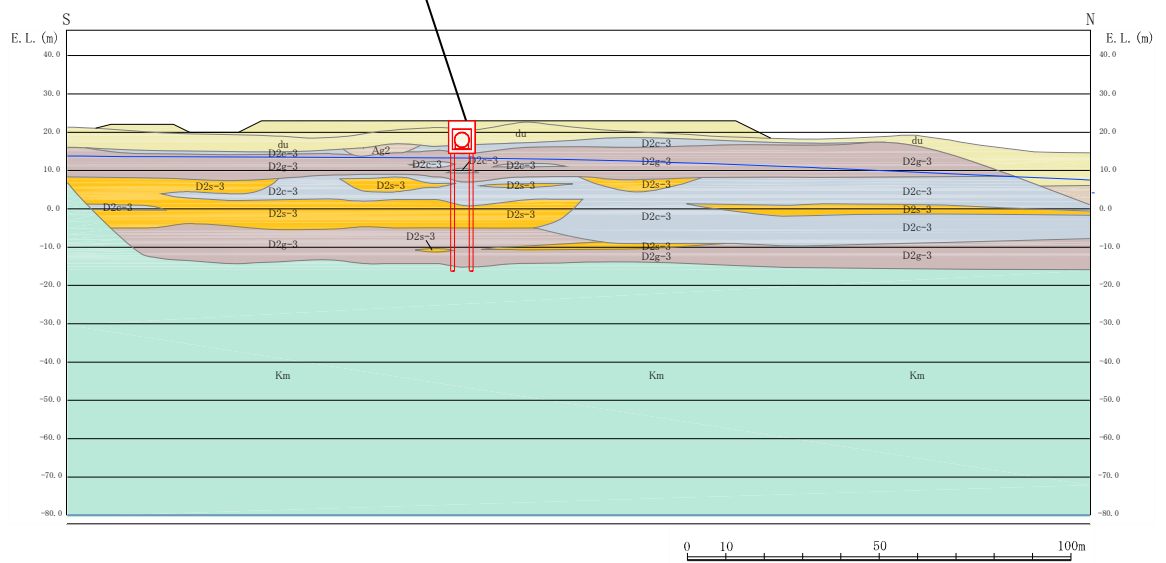


図 17.2-3 緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎の断面位置図



緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎



緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎

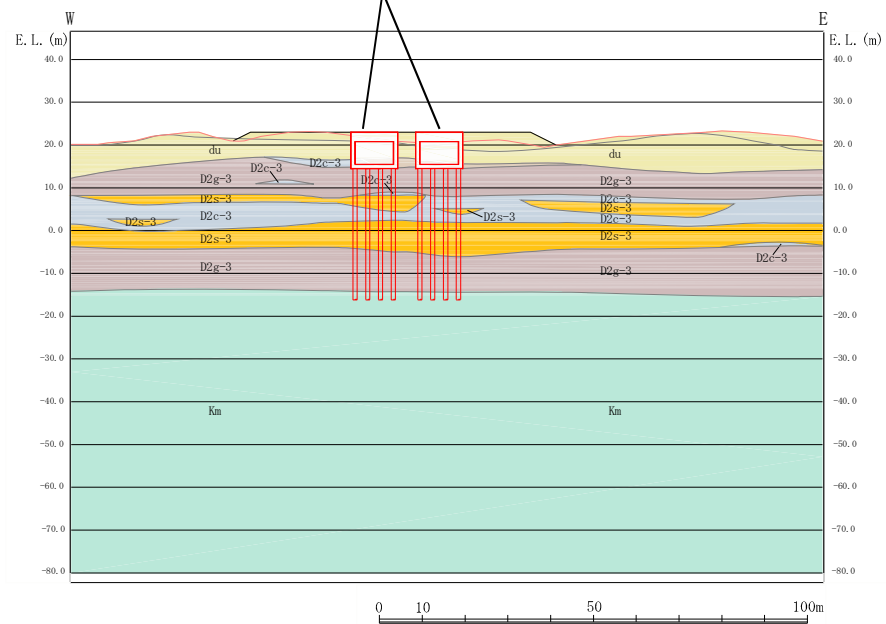


図 17.2-4 緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎の断面図





图 17.2—5 (1) 構造概要図 平面図



图 17.2—5 (2) 構造概要図 A—A断面図)



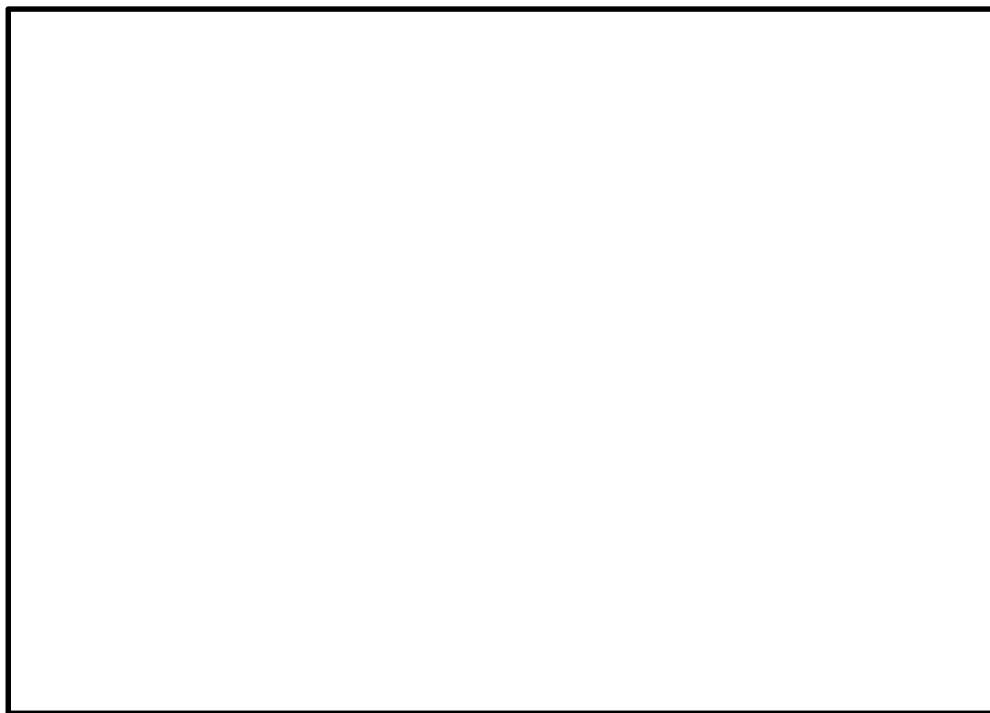


図 17.2-5 (3) 構造概要図 (B-B断面図)



### 17.2.5 使用材料及び材料定数

耐震評価に用いる材料定数は、規格、基準類を基に設定する。構造物の使用材料を表 17.2-2 に、材料物性値を表 17.2-3 に示す。

地盤の諸元は、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値を用いる。なお、地盤については、有効応力の変化に応じた地震時挙動を適切に考慮できるモデル化とする。地盤の物性値を表 17.2-4 に、地盤改良体（セメント改良）の物性値を表 17.2-5 に示す。また、地盤改良体（薬液注入）については、改良対象の原地盤の解析用物性値と同等の基礎物理特性を用いると共に、非液化化層とする。

表 17.2-2 使用材料

| 諸元     |                             |
|--------|-----------------------------|
| コンクリート | 設計基準強度 40 N/mm <sup>2</sup> |
| 鉄筋     | SD490                       |
| 鋼管杭    | SKK490                      |

表 17.2-3 材料物性値

| 材料       | 単位体積重量<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | ヤング係数<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | ポアソン比             | 減衰定数<br>(%)     |
|----------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------|-----------------|
| 鉄筋コンクリート | 24.5 <sup>*1</sup>             | 3.1×10 <sup>4*1</sup>         | 0.2 <sup>*1</sup> | 5 <sup>*2</sup> |
| 鋼管杭      | 77 <sup>*3</sup>               | 2.0×10 <sup>5*3</sup>         | 0.3 <sup>*3</sup> | 3 <sup>*4</sup> |

注記 \*1：コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（土木学会，2002 年制定）

\*2：J E A G 4 6 0 1 - 1987 （（社）日本電気協会）

\*3：道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 14 年 3 月）

\*4：道路橋示方書（V 耐震設計編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 14 年 3 月）



表 17.2-4(1) 地盤の解析用物性値一覧（液状化検討対象層）

| パラメータ |                        |                |                   | 原地盤                |        |                      | 豊浦標準砂 |
|-------|------------------------|----------------|-------------------|--------------------|--------|----------------------|-------|
|       |                        |                |                   | 第四系（液状化検討対象層）      |        |                      |       |
|       |                        |                |                   | du                 | D2s-3  | D2g-3                |       |
| 物理特性  | 密度<br>（）は地下水位以浅        | $\rho$         | g/cm <sup>3</sup> | 1.98<br>(1.82)     | 1.92   | 2.15<br>(2.11)       | 1.958 |
|       | 間隙比                    | e              | —                 | 0.75               | 0.79   | 0.43                 | 0.702 |
| 変形特性  | ポアソン比                  | $\nu_{CD}$     | —                 | 0.26               | 0.19   | 0.26                 | 0.333 |
|       | 基準平均有効主応力<br>（）は地下水位以浅 | $\sigma'_{ma}$ | kN/m <sup>2</sup> | 358<br>(312)       | 966    | 1167<br>(1167)       | 12.6  |
|       | 基準初期せん断剛性<br>（）は地下水位以浅 | $G_{ma}$       | kN/m <sup>2</sup> | 253529<br>(220739) | 650611 | 1362035<br>(1362035) | 18975 |
|       | 最大履歴減衰率                | $h_{max}$      | —                 | 0.220              | 0.192  | 0.130                | 0.287 |
| 強度特性  | 粘着力                    | $C_{CD}$       | N/mm <sup>2</sup> | 0                  | 0.01   | 0                    | 0     |
|       | 内部摩擦角                  | $\phi_{CD}$    | 度                 | 37.3               | 35.8   | 44.4                 | 30    |
| 液状化特性 | 液状化パラメータ               | $\phi_p$       | —                 | 34.8               | 33.4   | 41.4                 | 28    |
|       | 液状化パラメータ               | $S_1$          | —                 | 0.047              | 0.048  | 0.030                | 0.005 |
|       | 液状化パラメータ               | $W_1$          | —                 | 6.5                | 17.6   | 45.2                 | 5.06  |
|       | 液状化パラメータ               | $P_1$          | —                 | 1.26               | 4.80   | 8.00                 | 0.57  |
|       | 液状化パラメータ               | $P_2$          | —                 | 0.80               | 0.96   | 0.60                 | 0.80  |
|       | 液状化パラメータ               | $C_1$          | —                 | 2.00               | 3.15   | 3.82                 | 1.44  |

表 17.2-4 (2) 地盤の解析用物性値一覧（非液状化層）

| パラメータ |                         |                |                   | 原地盤        |                                    |
|-------|-------------------------|----------------|-------------------|------------|------------------------------------|
|       |                         |                |                   | 第四系（非液状化層） | 新第三系                               |
|       |                         |                |                   | D2c-3      | Km                                 |
| 物理特性  | 密度<br>() は地下水位以浅        | $\rho$         | g/cm <sup>3</sup> | 1.77       | $1.72-1.03 \times 10^{-4} \cdot z$ |
|       | 間隙比                     | e              | —                 | 1.09       | 1.16                               |
| 変形特性  | ポアソン比                   | $\nu_{CD}$     | —                 | 0.22       | $0.16+0.00025 \cdot z$             |
|       | 基準平均有効主応力<br>() は地下水位以浅 | $\sigma'_{ma}$ | kN/m <sup>2</sup> | 696        | 動の変形特性に基づき<br>z（標高）毎に物性値を<br>設定    |
|       | 基準初期せん断剛性<br>() は地下水位以浅 | $G_{ma}$       | kN/m <sup>2</sup> | 285223     |                                    |
|       | 最大履歴減衰率                 | $h_{max}$      | —                 | 0.186      |                                    |
| 強度特性  | 粘着力                     | $C_{CD}$       | N/mm <sup>2</sup> | 0.026      | $0.358-0.00603 \cdot z$            |
|       | 内部摩擦角                   | $\phi_{CD}$    | 度                 | 35.6       | $23.2+0.0990 \cdot z$              |

z：標高（m）



表 17.2-4 (3) 地盤の解析用物性値一覧 (新第三系 Km 層)

| 区分<br>番号 | 設定深度<br>TP (m)<br>Z | 適用深度 TP (m) | 密度<br>$\rho$<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | 静ポアソン比<br>$\nu_{co}$ | 粘着力<br>$C_{co}$<br>(kN/mf) | 内部摩擦角<br>$\phi_{co}$<br>(°) | せん断波<br>速度Vs<br>(m/s) | 基準初期<br>せん断剛性 G <sub>ma</sub><br>(kN/mf) | 基準体積<br>弾性係数 K <sub>ma</sub><br>(kN/mf) | 基準平均有効<br>主応力 $\sigma'_{ma}$<br>(kN/mf) | 拘束圧<br>依存係数<br>mG, mK | 最大履歴<br>減衰率<br>h <sub>max</sub> (-) | 動ポアソン比<br>$\nu_d$ | 疎密波<br>速度Vp<br>(m/s) | 1000*Vp   |
|----------|---------------------|-------------|--------------------------------------|----------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------|--|---|---|-----------------------|-------------------------------------|-------------------|----------------------|-----------|
| 1        | 10                  | 9.5 ~ 10.5  | 1.72                                 | 0.16                 | 298                        | 24.2                        | 425                   | 310,675                                  | 353,317                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.105                               | 0.464             | 1,640                | 1,640,000 |
| 2        | 9                   | 8.5 ~ 9.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 304                        | 24.1                        | 426                   | 312,139                                  | 354,982                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.105                               | 0.464             | 1,644                | 1,644,000 |
| 3        | 8                   | 7.5 ~ 8.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 310                        | 24.0                        | 427                   | 313,606                                  | 356,650                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.105                               | 0.464             | 1,648                | 1,648,000 |
| 4        | 7                   | 6.5 ~ 7.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 316                        | 23.9                        | 428                   | 315,076                                  | 358,322                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.105                               | 0.464             | 1,651                | 1,651,000 |
| 5        | 6                   | 5.5 ~ 6.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 322                        | 23.8                        | 428                   | 315,076                                  | 358,322                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.106                               | 0.464             | 1,651                | 1,651,000 |
| 6        | 5                   | 4.5 ~ 5.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 328                        | 23.7                        | 429                   | 316,551                                  | 359,999                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.106                               | 0.464             | 1,655                | 1,655,000 |
| 7        | 4                   | 3.5 ~ 4.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 334                        | 23.6                        | 430                   | 318,028                                  | 361,679                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.106                               | 0.463             | 1,638                | 1,638,000 |
| 8        | 3                   | 2.5 ~ 3.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 340                        | 23.5                        | 431                   | 319,509                                  | 363,363                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.107                               | 0.463             | 1,642                | 1,642,000 |
| 9        | 2                   | 1.5 ~ 2.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 346                        | 23.4                        | 431                   | 319,509                                  | 363,363                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.107                               | 0.463             | 1,642                | 1,642,000 |
| 10       | 1                   | 0.5 ~ 1.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 352                        | 23.3                        | 432                   | 320,993                                  | 365,051                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.107                               | 0.463             | 1,646                | 1,646,000 |
| 11       | 0                   | -0.5 ~ 0.5  | 1.72                                 | 0.16                 | 358                        | 23.2                        | 433                   | 322,481                                  | 366,743                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.107                               | 0.463             | 1,650                | 1,650,000 |
| 12       | -1                  | -1.5 ~ -0.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 364                        | 23.1                        | 434                   | 323,972                                  | 368,439                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.108                               | 0.463             | 1,653                | 1,653,000 |
| 13       | -2                  | -2.5 ~ -1.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 370                        | 23.0                        | 435                   | 325,467                                  | 370,139                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.108                               | 0.463             | 1,657                | 1,657,000 |
| 14       | -3                  | -3.5 ~ -2.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 376                        | 22.9                        | 435                   | 325,467                                  | 370,139                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.108                               | 0.463             | 1,657                | 1,657,000 |
| 15       | -4                  | -4.5 ~ -3.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 382                        | 22.8                        | 436                   | 326,965                                  | 371,843                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.108                               | 0.463             | 1,661                | 1,661,000 |
| 16       | -5                  | -5.5 ~ -4.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 388                        | 22.7                        | 437                   | 328,467                                  | 373,551                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.109                               | 0.462             | 1,644                | 1,644,000 |
| 17       | -6                  | -6.5 ~ -5.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 394                        | 22.6                        | 438                   | 329,972                                  | 375,262                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.109                               | 0.462             | 1,648                | 1,648,000 |
| 18       | -7                  | -7.5 ~ -6.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 400                        | 22.5                        | 438                   | 329,972                                  | 375,262                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.109                               | 0.462             | 1,648                | 1,648,000 |
| 19       | -8                  | -8.5 ~ -7.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 406                        | 22.4                        | 439                   | 331,480                                  | 376,977                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.109                               | 0.462             | 1,652                | 1,652,000 |
| 20       | -9                  | -9.5 ~ -8.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 412                        | 22.3                        | 440                   | 332,992                                  | 378,697                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.110                               | 0.462             | 1,656                | 1,656,000 |
| 21       | -10                 | -11 ~ -9.5  | 1.72                                 | 0.16                 | 418                        | 22.2                        | 441                   | 334,507                                  | 380,420                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.110                               | 0.462             | 1,659                | 1,659,000 |
| 22       | -12                 | -13 ~ -11   | 1.72                                 | 0.16                 | 430                        | 22.0                        | 442                   | 336,026                                  | 382,147                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.110                               | 0.462             | 1,663                | 1,663,000 |
| 23       | -14                 | -15 ~ -13   | 1.72                                 | 0.16                 | 442                        | 21.8                        | 444                   | 339,074                                  | 385,614                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.111                               | 0.462             | 1,671                | 1,671,000 |
| 24       | -16                 | -17 ~ -15   | 1.72                                 | 0.16                 | 454                        | 21.6                        | 445                   | 340,603                                  | 387,352                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.111                               | 0.461             | 1,654                | 1,654,000 |
| 25       | -18                 | -19 ~ -17   | 1.72                                 | 0.16                 | 467                        | 21.4                        | 447                   | 343,671                                  | 390,842                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.112                               | 0.461             | 1,662                | 1,662,000 |
| 26       | -20                 | -21 ~ -19   | 1.72                                 | 0.16                 | 479                        | 21.2                        | 448                   | 345,211                                  | 392,593                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.112                               | 0.461             | 1,665                | 1,665,000 |
| 27       | -22                 | -23 ~ -21   | 1.72                                 | 0.15                 | 491                        | 21.0                        | 450                   | 348,300                                  | 381,471                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.112                               | 0.461             | 1,673                | 1,673,000 |
| 28       | -24                 | -25 ~ -23   | 1.72                                 | 0.15                 | 503                        | 20.8                        | 452                   | 351,403                                  | 384,870                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.113                               | 0.461             | 1,680                | 1,680,000 |
| 29       | -26                 | -27 ~ -25   | 1.72                                 | 0.15                 | 515                        | 20.6                        | 453                   | 352,959                                  | 386,574                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.113                               | 0.460             | 1,664                | 1,664,000 |
| 30       | -28                 | -29 ~ -27   | 1.72                                 | 0.15                 | 527                        | 20.4                        | 455                   | 356,083                                  | 389,996                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.114                               | 0.460             | 1,672                | 1,672,000 |
| 31       | -30                 | -31 ~ -29   | 1.72                                 | 0.15                 | 539                        | 20.2                        | 456                   | 357,650                                  | 391,712                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.114                               | 0.460             | 1,675                | 1,675,000 |
| 32       | -32                 | -33 ~ -31   | 1.72                                 | 0.15                 | 551                        | 20.0                        | 458                   | 360,794                                  | 395,155                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.115                               | 0.460             | 1,683                | 1,683,000 |
| 33       | -34                 | -35 ~ -33   | 1.72                                 | 0.15                 | 563                        | 19.8                        | 459                   | 362,371                                  | 396,883                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.115                               | 0.459             | 1,667                | 1,667,000 |
| 34       | -36                 | -37 ~ -35   | 1.72                                 | 0.15                 | 575                        | 19.6                        | 461                   | 365,536                                  | 400,349                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.115                               | 0.459             | 1,675                | 1,675,000 |
| 35       | -38                 | -39 ~ -37   | 1.72                                 | 0.15                 | 587                        | 19.4                        | 462                   | 367,124                                  | 402,088                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.116                               | 0.459             | 1,678                | 1,678,000 |
| 36       | -40                 | -41 ~ -39   | 1.72                                 | 0.15                 | 599                        | 19.2                        | 464                   | 370,309                                  | 405,577                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.116                               | 0.459             | 1,685                | 1,685,000 |
| 37       | -42                 | -43 ~ -41   | 1.72                                 | 0.15                 | 611                        | 19.0                        | 465                   | 371,907                                  | 407,327                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.117                               | 0.459             | 1,689                | 1,689,000 |
| 38       | -44                 | -45 ~ -43   | 1.72                                 | 0.15                 | 623                        | 18.8                        | 467                   | 375,113                                  | 410,838                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.117                               | 0.458             | 1,678                | 1,678,000 |
| 39       | -46                 | -47 ~ -45   | 1.72                                 | 0.15                 | 635                        | 18.6                        | 468                   | 376,721                                  | 412,599                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.117                               | 0.458             | 1,681                | 1,681,000 |
| 40       | -48                 | -49 ~ -47   | 1.72                                 | 0.15                 | 647                        | 18.4                        | 470                   | 379,948                                  | 416,134                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.118                               | 0.458             | 1,688                | 1,688,000 |
| 41       | -50                 | -51 ~ -49   | 1.73                                 | 0.15                 | 660                        | 18.3                        | 472                   | 385,416                                  | 422,122                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.118                               | 0.458             | 1,696                | 1,696,000 |
| 42       | -52                 | -53 ~ -51   | 1.73                                 | 0.15                 | 672                        | 18.1                        | 473                   | 387,051                                  | 423,913                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.118                               | 0.458             | 1,699                | 1,699,000 |
| 43       | -54                 | -55 ~ -53   | 1.73                                 | 0.15                 | 684                        | 17.9                        | 475                   | 390,331                                  | 427,505                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.118                               | 0.457             | 1,688                | 1,688,000 |
| 44       | -56                 | -57 ~ -55   | 1.73                                 | 0.15                 | 696                        | 17.7                        | 476                   | 391,976                                  | 429,307                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.119                               | 0.457             | 1,692                | 1,692,000 |
| 45       | -58                 | -59 ~ -57   | 1.73                                 | 0.15                 | 708                        | 17.5                        | 478                   | 395,277                                  | 432,922                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.119                               | 0.457             | 1,699                | 1,699,000 |
| 46       | -60                 | -61 ~ -59   | 1.73                                 | 0.15                 | 720                        | 17.3                        | 479                   | 396,933                                  | 434,736                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.120                               | 0.457             | 1,702                | 1,702,000 |
| 47       | -62                 | -63 ~ -61   | 1.73                                 | 0.14                 | 732                        | 17.1                        | 481                   | 400,255                                  | 422,491                                 | 492                                     | 0.0                   | 0.120                               | 0.457             | 1,709                | 1,709,000 |
| 48       | -64                 | -65 ~ -63   | 1.73                                 | 0.14                 | 744                        | 16.9                        | 482                   | 401,921                                  | 424,250                                 | 492                                     | 0.0                   | 0.120                               | 0.456             | 1,695                | 1,695,000 |
| 49       | -66                 | -67 ~ -65   | 1.73                                 | 0.14                 | 756                        | 16.7                        | 484                   | 405,263                                  | 427,778                                 | 492                                     | 0.0                   | 0.120                               | 0.456             | 1,702                | 1,702,000 |
| 50       | -68                 | -69 ~ -67   | 1.73                                 | 0.14                 | 768                        | 16.5                        | 485                   | 406,939                                  | 429,547                                 | 492                                     | 0.0                   | 0.121                               | 0.456             | 1,705                | 1,705,000 |
| 51       | -70                 | -71 ~ -69   | 1.73                                 | 0.14                 | 780                        | 16.3                        | 487                   | 410,302                                  | 433,097                                 | 492                                     | 0.0                   | 0.121                               | 0.456             | 1,712                | 1,712,000 |
| 52       | -72                 | -73 ~ -71   | 1.73                                 | 0.14                 | 792                        | 16.1                        | 489                   | 413,679                                  | 436,661                                 | 492                                     | 0.0                   | 0.121                               | 0.456             | 1,719                | 1,719,000 |
| 53       | -74                 | -75 ~ -73   | 1.73                                 | 0.14                 | 804                        | 15.9                        | 490                   | 415,373                                  | 438,449                                 | 492                                     | 0.0                   | 0.122                               | 0.455             | 1,705                | 1,705,000 |
| 54       | -76                 | -77 ~ -75   | 1.73                                 | 0.14                 | 816                        | 15.7                        | 492                   | 418,771                                  | 442,036                                 | 492                                     | 0.0                   | 0.122                               | 0.455             | 1,712                | 1,712,000 |
| 55       | -78                 | -79 ~ -77   | 1.73                                 | 0.14                 | 828                        | 15.5                        | 493                   | 420,475                                  | 443,835                                 | 492                                     | 0.0                   | 0.122                               | 0.455             | 1,716                | 1,716,000 |
| 56       | -80                 | -81 ~ -79   | 1.73                                 | 0.14                 | 840                        | 15.3                        | 495                   | 423,893                                  | 447,443                                 | 492                                     | 0.0                   | 0.122                               | 0.455             | 1,723                | 1,723,000 |
| 57       | -82                 | -85 ~ -81   | 1.73                                 | 0.14                 | 852                        | 15.1                        | 496                   | 425,608                                  | 449,253                                 | 492                                     | 0.0                   | 0.123                               | 0.455             | 1,726                | 1,726,000 |
| 58       | -88                 | -90 ~ -85   | 1.73                                 | 0.14                 | 889                        | 14.5                        | 501                   | 434,232                                  | 458,356                                 | 492                                     | 0.0                   | 0.124                               | 0.454             | 1,726                | 1,726,000 |
| 59       | -92                 | -95 ~ -90   | 1.73                                 | 0.14                 | 913                        | 14.1                        | 504                   | 439,448                                  | 463,862                                 | 492                                     | 0.0                   | 0.124                               | 0.454             | 1,736                | 1,736,000 |
| 60       | -98                 | -101 ~ -95  | 1.73                                 | 0.14                 | 949                        | 13.5                        | 509                   | 448,210                                  | 473,111                                 | 492                                     | 0.0                   | 0.125                               | 0.453             | 1,736                | 1,736,000 |
| 61       | -104                | -108 ~ -101 | 1.73                                 | 0.13                 | 985                        | 12.9                        | 513                   | 455,282                                  | 463,485                                 | 486                                     | 0.0                   | 0.126                               | 0.452             | 1,733                | 1,733,000 |
| 62       | -112                | -115 ~ -108 | 1.73                                 | 0.13                 | 1,033                      | 12.1                        | 519                   | 465,995                                  | 474,391                                 | 486                                     | 0.0                   | 0.127                               | 0.451             | 1,737                | 1,737,000 |
| 63       | -118                | -122 ~ -115 | 1.73                                 | 0.13                 | 1,070                      | 11.5                        | 524                   | 475,016                                  | 483,575                                 | 486                                     | 0.0                   | 0.127                               | 0.451             | 1,754                | 1,754,000 |
| 64       | -126                | -130 ~ -122 | 1.73                                 | 0.13                 | 1,118                      | 10.7                        | 530                   | 485,957                                  | 494,713                                 | 486                                     | 0.0                   | 0.128                               | 0.450             | 1,758                | 1,758,000 |



表 17.2-5 地盤改良体の物性値一覧

| 項目     |  | 地盤改良体（セメント改良）   |  |
|--------|--|---|--|
|        |  | 一軸圧縮強度（ $\leq 8.5\text{N/mm}^2$ の場合）  | 一軸圧縮強度（ $> 8.5\text{N/mm}^2$ の場合）  |
| 物理特性   | 密度<br>$\rho_t (\text{g/cm}^3)$         | 改良対象の原地盤の平均密度 $\times 1.1$  |  |
| 静的変形特性 | 静弾性係数<br>( $\text{N/mm}^2$ )           | 581   | 2159   |
|        | 静ポアソン比<br>$\nu_s$                      | 0.260   |  |
| 動的変形特性 | 初期せん断剛性<br>$G_0 (\text{N/mm}^2)$       | $G_0 = \rho_t / 1000 \times V_s^2$<br>$V_s = 147.6 \times q_u^{0.417} (\text{m/s})$<br>$q_u$ : 一軸圧縮強度 ( $\text{kgf/cm}^2$ ) |  |
|        | 動ポアソン比<br>$\nu_d$                      | 0.431   |  |
|        | 動せん断弾性係数のひずみ依存性<br>$G/G_0 \sim \gamma$ | $G/G_0 = \frac{1}{1 + \gamma / 0.000537}$<br>$\gamma$ : せん断ひずみ (—)  | $G/G_0 = \frac{1}{1 + \gamma / 0.001560}$<br>$\gamma$ : せん断ひずみ (—)                   |
|        | 減衰定数<br>$h \sim \gamma$                | $h = 0.152 \frac{\gamma / 0.000537}{1 + \gamma / 0.000537}$<br>$\gamma$ : せん断ひずみ (—)  | $h = 0.178 \frac{\gamma / 0.001560}{1 + \gamma / 0.001560}$<br>$\gamma$ : せん断ひずみ (—) |
| 強度特性   | 粘着力<br>$C (\text{N/mm}^2)$             | $C = q_u / 2$<br>$q_u$ : 一軸圧縮強度 ( $\text{N/mm}^2$ )   |  |
|        | ピーク強度<br>$C_u (\text{N/mm}^2)$         | $1.44 P + 1.76$<br>$P$ : 圧密圧力 ( $\text{N/mm}^2$ )   | $1.60 P + 7.80$<br>$P$ : 圧密圧力 ( $\text{N/mm}^2$ )                                    |
|        | 残留強度<br>$\tau_0 (\text{N/mm}^2)$       | $1.44 P + 0.808$<br>$P$ : 圧密圧力 ( $\text{N/mm}^2$ )  | $1.60 P + 2.05$<br>$P$ : 圧密圧力 ( $\text{N/mm}^2$ )                                    |



### 17.2.6 評価構造物諸元

許容応力度による照査を行う緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎の評価構造物諸元を表 17.2-6 に示す。評価部位を図 17.2-6 に示す。

表 17.2-6 (1) 評価部位とその仕様 (その 1)

| 部位 | 仕様         |            | 材料  |       | 機能要求                              |
|----|------------|------------|---|-------|-----------------------------------|
|    | 部材幅<br>(m) | 部材高<br>(m) | コンクリート<br>$f'_{ck}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 鉄筋    |                                   |
| 底版 | 1.000      | 1.000      | 40  | SD490 | 緊急時対策所用発電機<br>燃料油貯蔵タンク<br>の間接支持機能 |
| 側壁 | 1.000      | 1.000      | 40  | SD490 |                                   |
| 頂版 | 1.000      | 0.700      | 40  | SD490 |                                   |

表 17.2-6 (2) 評価部位とその仕様 (その 2)

| 部位  | 仕様         |            | 材料     | 機能要求                          |
|-----|------------|------------|--------|-------------------------------|
|     | 杭径<br>(mm) | 板厚<br>(mm) |        |                               |
| 鋼管杭 | 1000       | 40         | SKK490 | 緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク<br>の間接支持機能 |

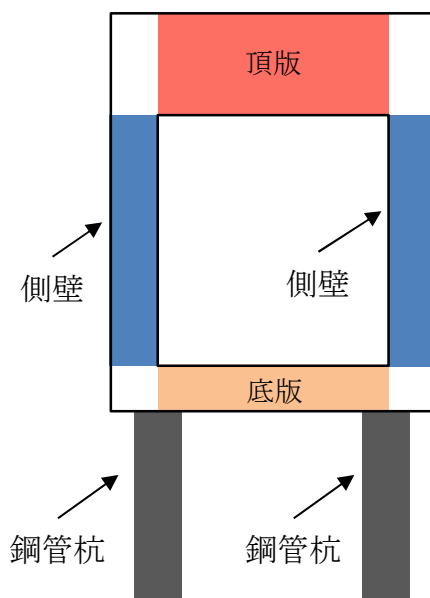


図 17.2-6 評価部位



### 17.2.7 地下水位

地下水位は地表面に設定する。

### 17.2.8 地震応答解析手法

緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎の地震応答解析は、地盤と構造物の相互作用を考慮できる2次元有限要素法を用いて、基準地震動に基づき設定した水平地震動と鉛直地震動の同時加振による逐次時間積分の時刻歴応答解析にて行う。部材については、線形はり要素及び平面ひずみ要素を用いることとする。また、地盤については、有効応力の変化に応じた地震時挙動を適切に考慮できるモデル化とする。地震応答解析については、解析コード「FLIP ver. 7.3.0\_2」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、V-5-10「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

地震応答解析手法の選定フローを図17.2-7に示す。

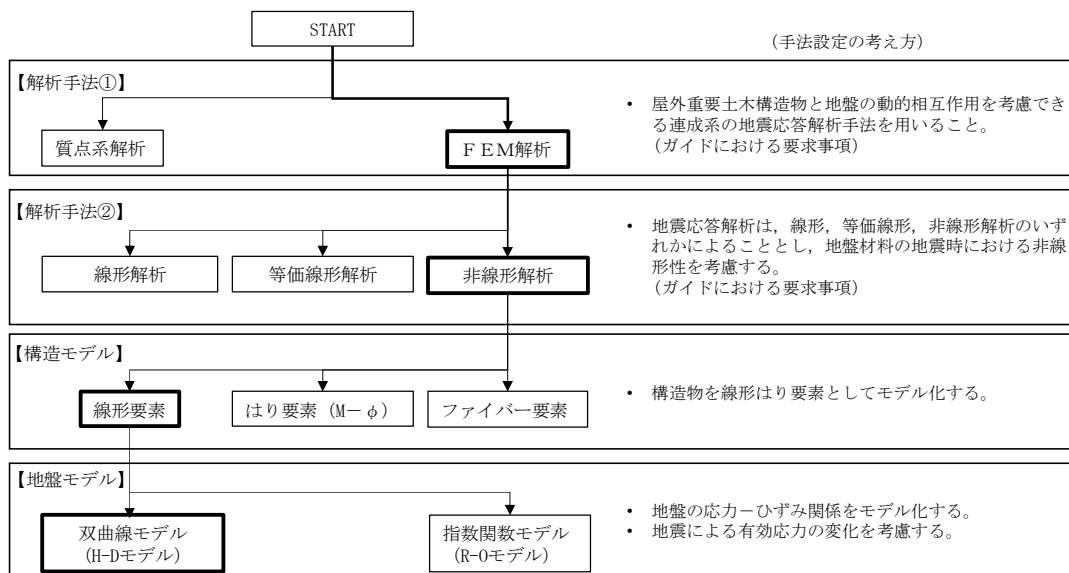


図 17.2-7 地震応答解析手法の選定フロー

地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線の構成則を有効応力解析へ適用する際は、地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線に関するせん断ひずみ及び有効応力の変化に応じた特徴を適切に表現できるモデルを用いる必要がある。

一般に、地盤は荷重を与えることによりせん断ひずみを増加させていくと、地盤のせん断応力は上限値に達し、それ以上はせん断応力が増加しなくなる特徴がある。また、地盤のせん断応力の上限値は有効応力に応じて変化する特徴がある。

よって、耐震評価における有効応力解析では、地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線の構成則として、地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線に関するせん断ひずみ及び有効応力の変化に応じた上記の2つの特徴を適切に表現できる双曲線モデル (H-D モデル) を選定する。



### 17.2.9 解析モデルの設定

#### (1) 解析モデル領域

地震応答解析モデルは、境界条件の影響が地盤及び構造物の応力状態に影響を及ぼさないよう、十分広い領域とする。具体的には、J E A G 4 6 0 1 -1987 を適応し、図 17.2-8 に示すとおりモデル幅を構造物基礎幅の 5 倍以上、モデル高さを構造物幅の 2 倍以上確保する。

緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎周辺の地質断面図を図 17.2-9 に示す。

なお、解析モデルの境界条件は、側方及び底面ともに粘性境界とする。

地盤の要素分割については、地盤の波動をなめらかに表現するために、最大周波数 20 Hz 及びせん断波速度  $V_s$  で算定される波長の 5 または 4 分割、すなわち  $V_s/100$  又は  $V_s/80$  を考慮し、要素高さを 1 m 程度まで細分割して設定する。

構造物の要素分割については、「原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・同マニュアル」（土木学会原子力土木委員会，2002 年 5 月）に、線材モデルの要素分割については、要素長さを部材の断面厚さまたは有効高さの 2.0 倍以下とし、1.0 倍程度とするのが良い旨が示されていることを考慮し、部材の断面厚さまたは有効高さの 1.0 倍程度まで細分割して設定する。なお、杭の要素分割については、杭に接する地盤の要素分割に合わせて設定する。

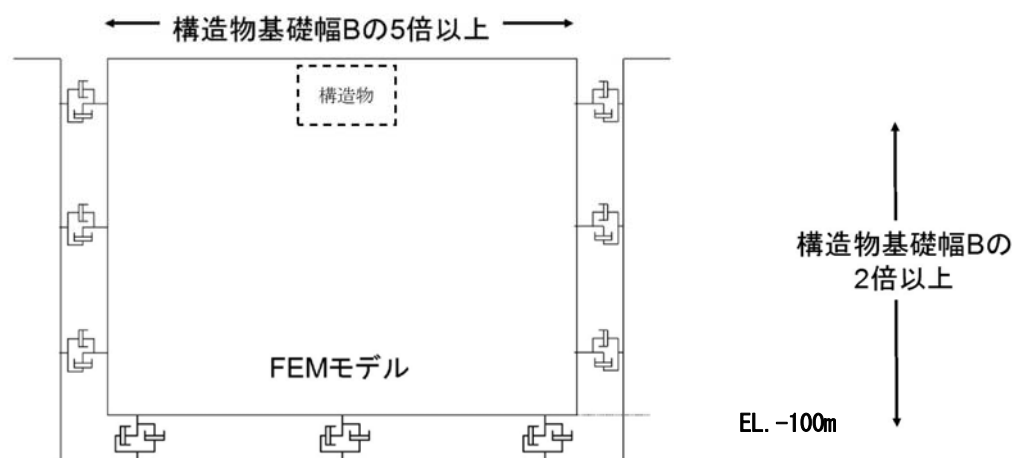


図 17.2-8 モデル範囲の考え方



2次元有効応力解析モデルは、検討対象構造物とその周辺地盤をモデル化した不整形地盤に加え、この不整形地盤の左右に広がる地盤をモデル化した自由地盤で構成される。この自由地盤は、不整形地盤の左右端と同じ地層構成を有する1次元地盤モデル（不整形地盤左右端のそれぞれ縦1列の要素列と同じ地層構成で、水平方向に連続することを表現するために循環境界条件を設定したモデル）である。2次元有効応力解析における自由地盤の初期応力解析から不整形地盤の地震応答解析までのフローを図17.2-9に示す。また、地質断面図を図17.2-10に示す。

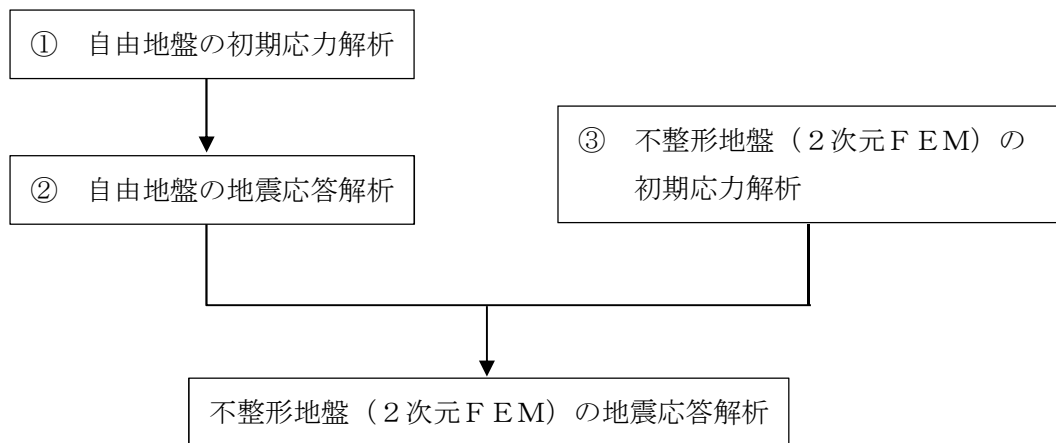


図17.2-9 自由地盤の初期応力解析から不整形地盤（2次元FEM）の地震応答解析までのフロー



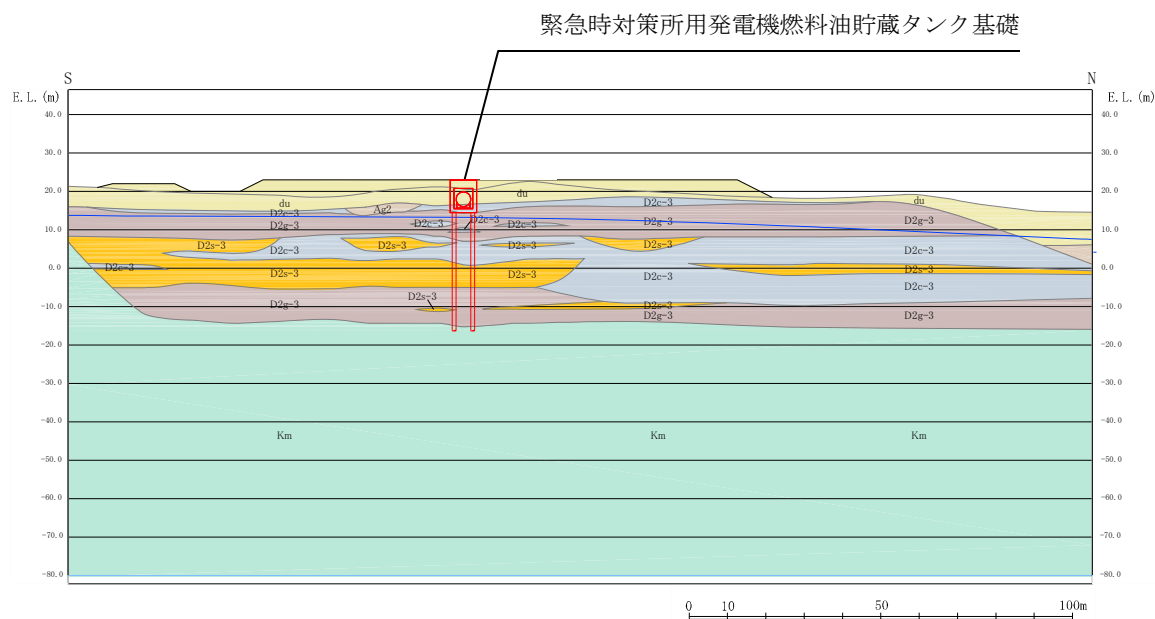


図 17.2-10 (1) 地質断面図 (①-①断面)

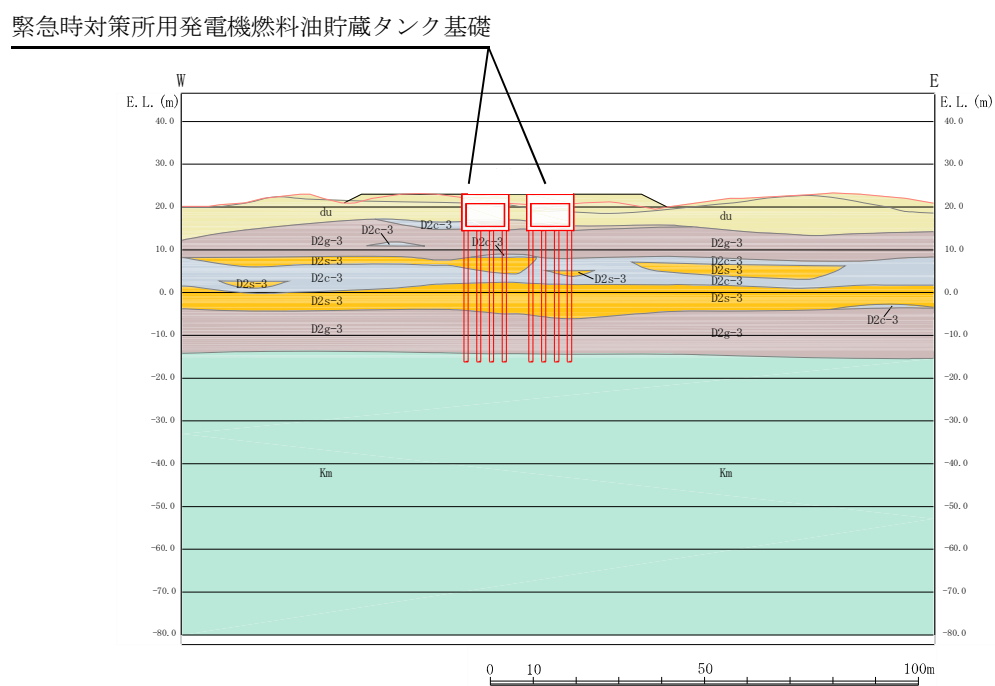


図 17.2-10 (2) 地質断面図 (②-②断面)



## (2) 境界条件

### a. 固有値解析時

固有値解析を実施する際の境界条件は、境界が構造物を含めた周辺地盤の振動特性に影響を与えないよう設定する。ここで、底面境界は地盤のせん断方向の卓越変形モードを把握するために固定とし、側面は実地盤が側方に連続していることを模擬するため水平ローラーとする。境界条件の概念図を図 17.2-11 に示す。

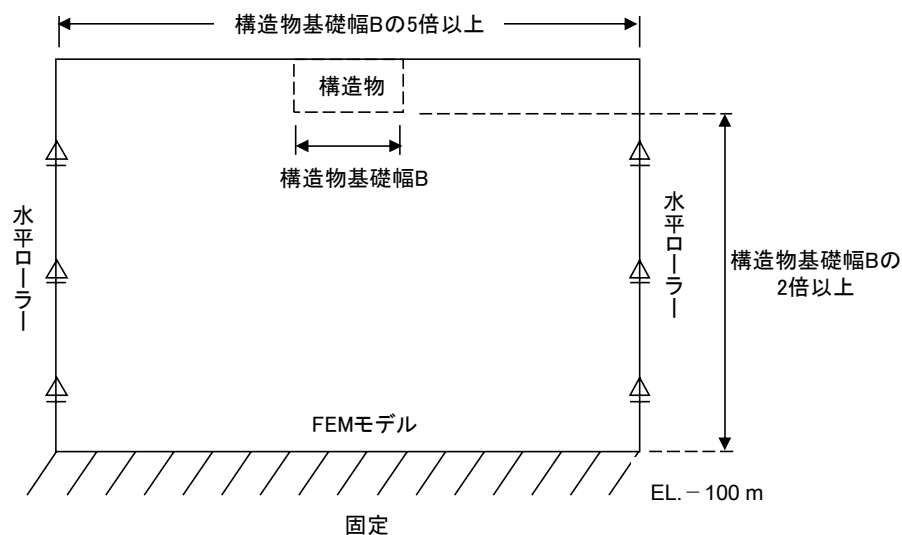


図 17.2-11 固有値解析における境界条件の概念図

### b. 初期応力解析時

初期応力解析は、地盤や構造物の自重及び風荷重等の静的な荷重を載荷することによる常時の初期応力を算定するために行う。そこで、初期応力解析時の境界条件は底面固定とし、側方は自重等による地盤の鉛直方向の変形を拘束しないよう鉛直ローラーとする。境界条件の概念図を図 17.2-12 に示す。

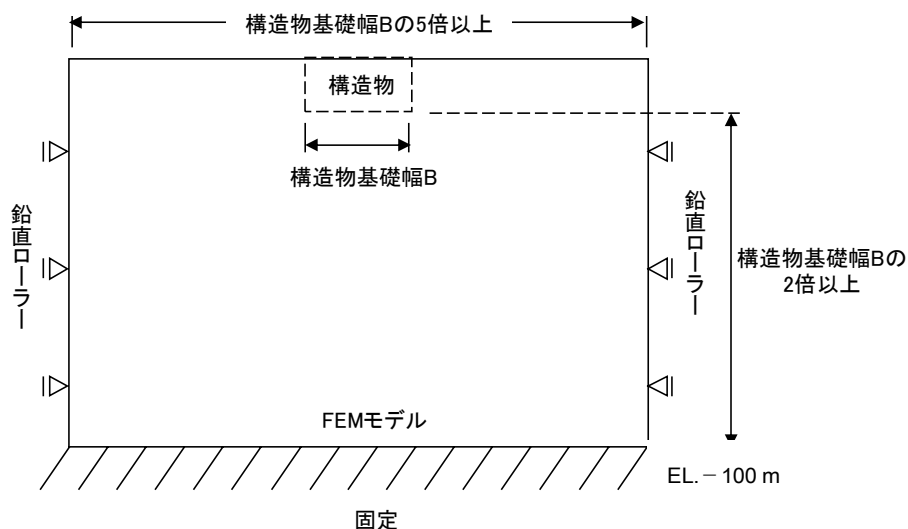


図 17.2-12 常時解析における境界条件の概念図



c. 地震応答解析時

地震応答解析時の境界条件については、有限要素解析における半無限地盤を模擬するため、粘性境界を設ける。底面の粘性境界については、地震動の下降波がモデル底面境界から半無限地盤へ通過していく状態を模擬するため、ダッシュポットを設定する。側方の粘性境界については、自由地盤の地盤振動と不成形地盤側方の地盤振動の差分が側方を通過していく状態を模擬するため、自由地盤の側方にダッシュポットを設定する。

地震応答解析モデルを図 17.2-13 に示す。



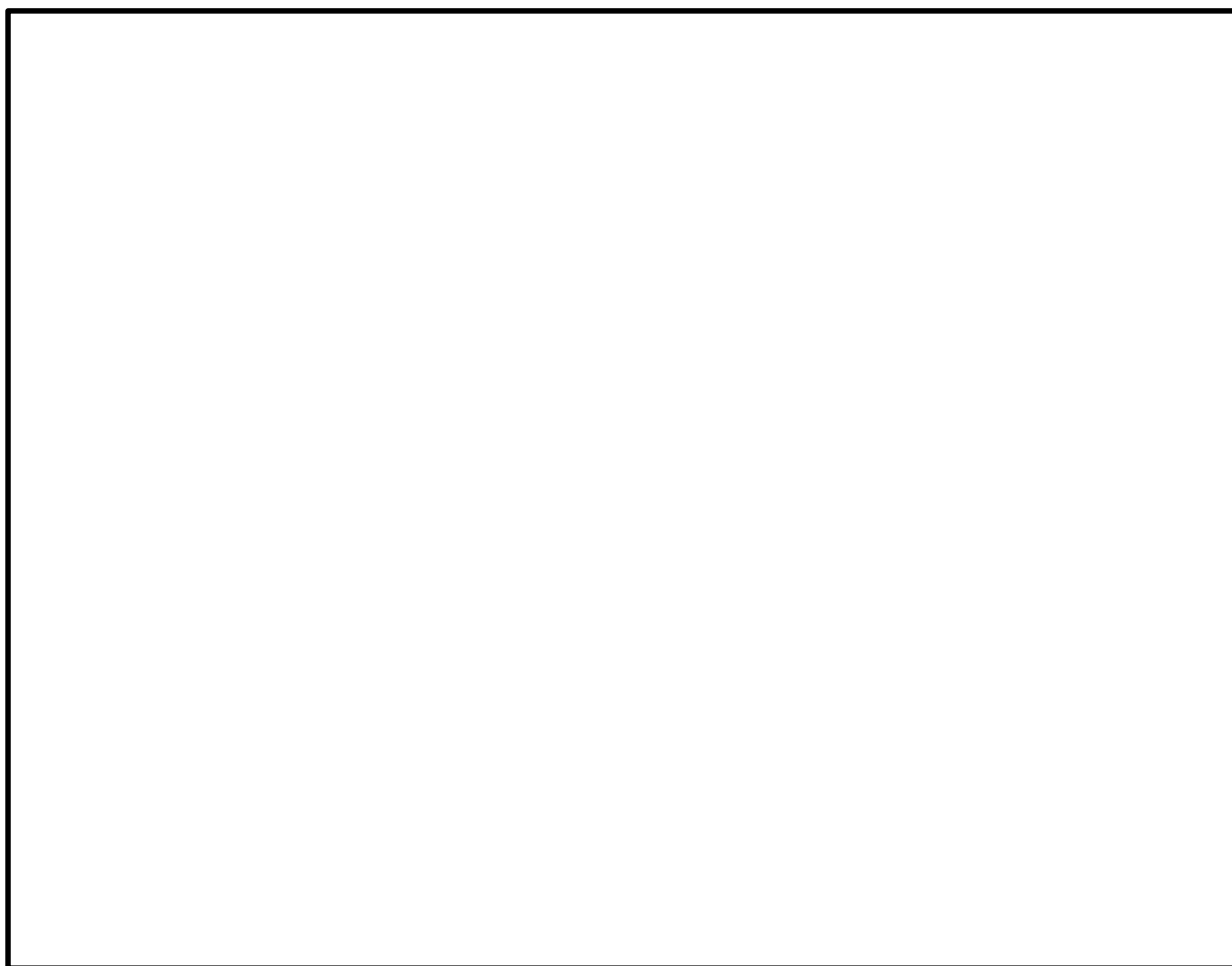


図 17.2-13 (1) 緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎の地震応答解析モデル  
(①-①断面)



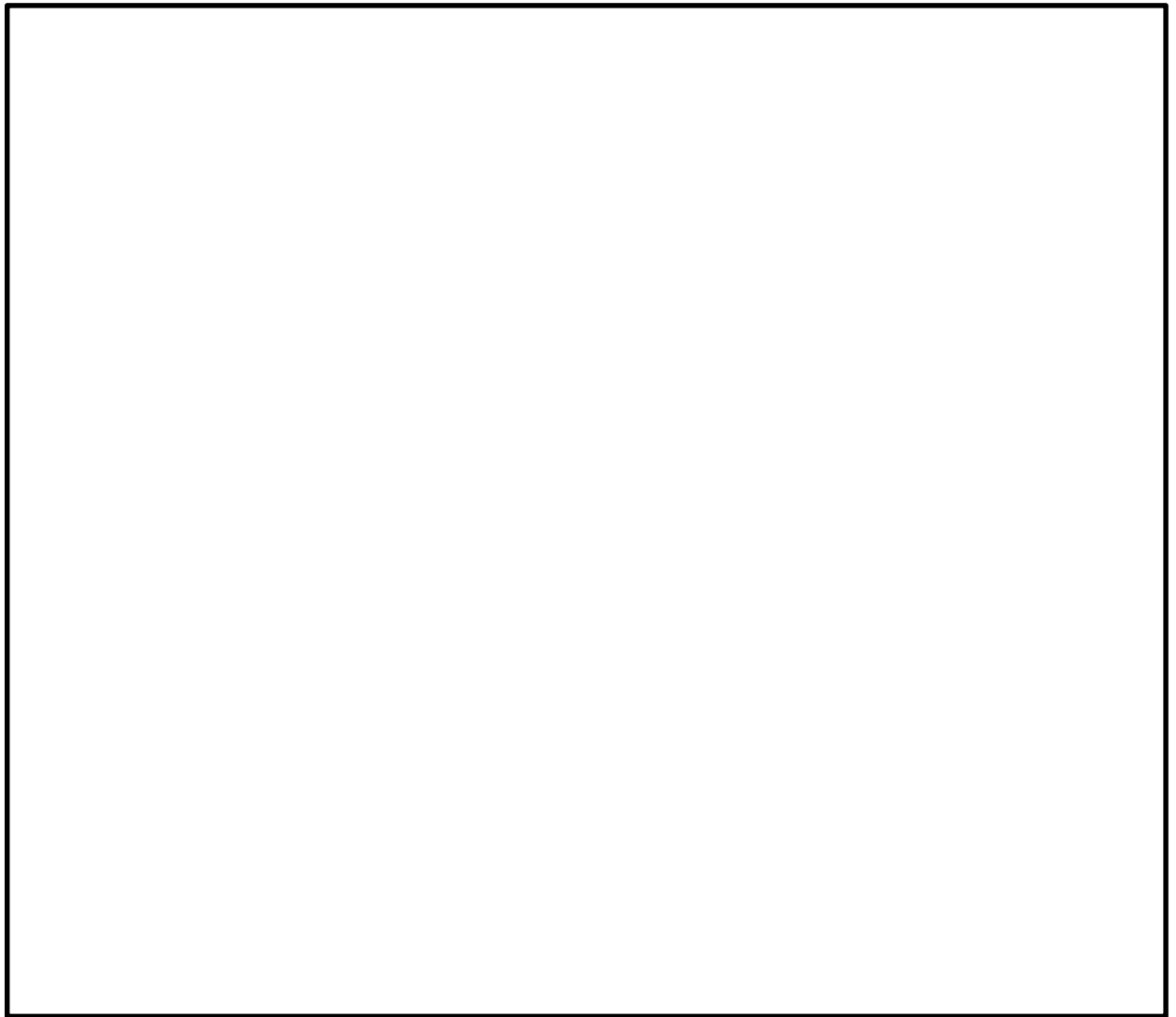


図 17.2-13 (2) 緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎の地震応答解析モデル  
(②-②断面)



(3) 構造物のモデル化

①－①断面における緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎は、底版、側壁、頂版及び鋼管杭を線形はり要素としてモデル化する。

②－②断面における緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎は、底版、側壁、頂版及び鋼管杭を線形はり要素としてモデル化する。②－②断面に平行である側壁は、耐震壁として考慮するために平面ひずみ要素としてモデル化する。

底版、側壁及び頂版の線形はり要素の交点には、「コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（（社）土木学会，2002年制定）」に基づき剛域を設ける。

モデル化の概要図を図 17.2－14 に示す。

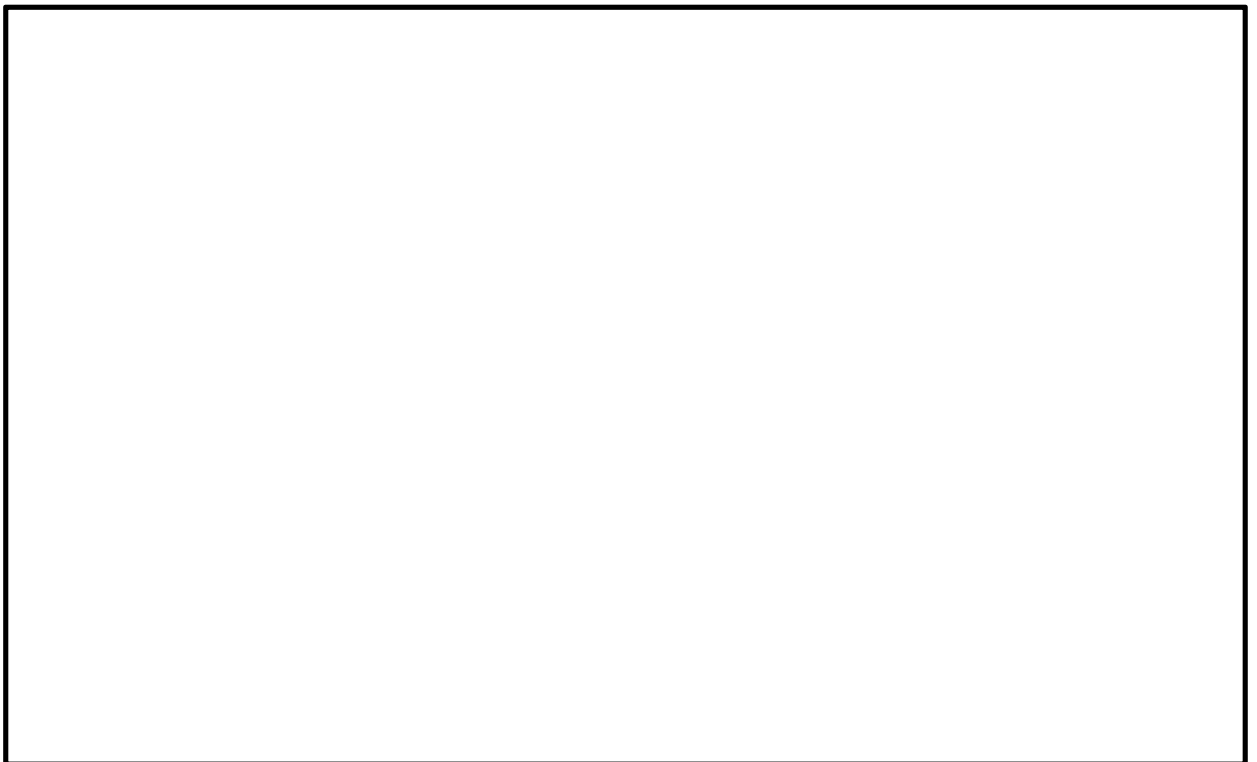


図 17.2－14 (1) 緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎のモデル概要（①－①断面）



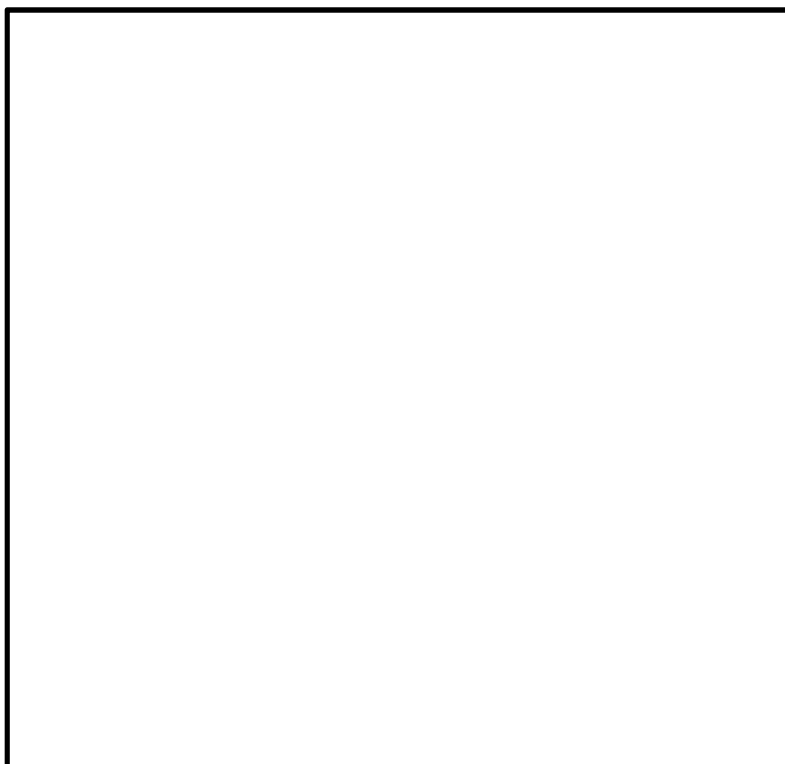


図 17.2-14 (2) 緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎のモデル概要 (①-①断面)  
(構造物部分拡大図)





図 17.2-14 (3) 緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎のモデル概要 (②-②断面)



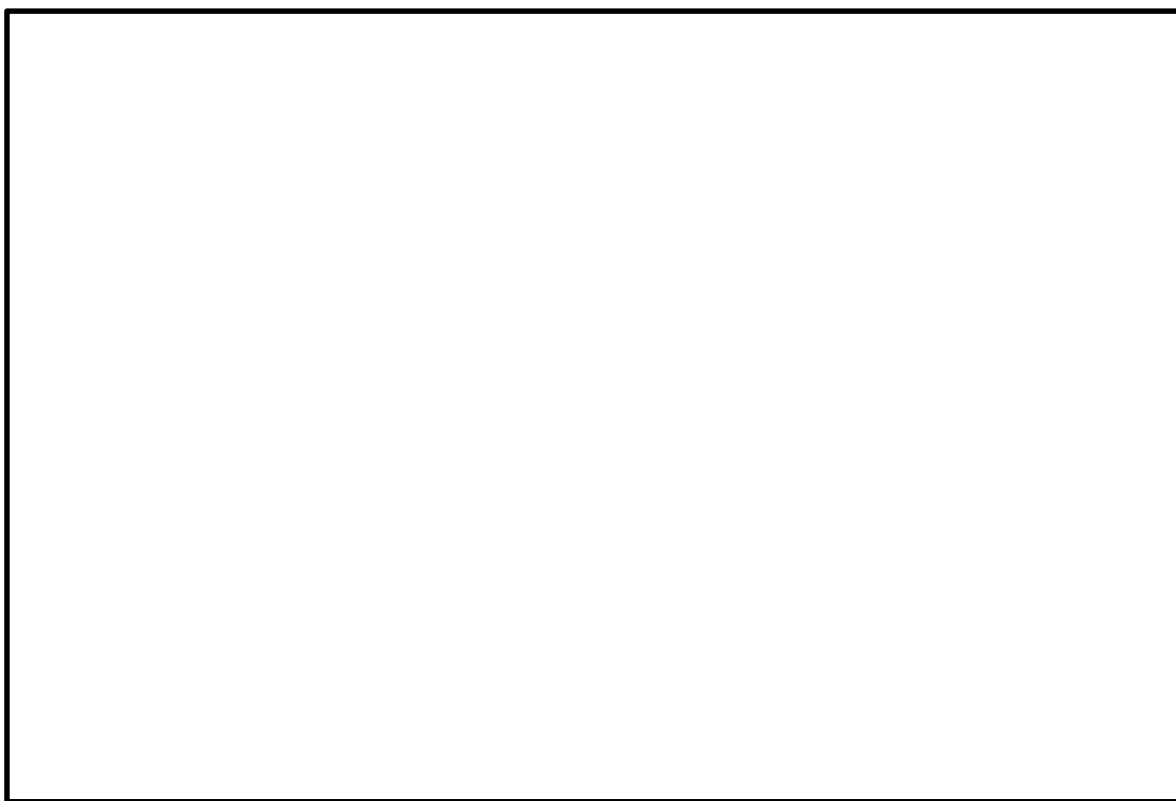


図 17.2-14 (4) 緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎のモデル概要 (②-②断面)  
(構造物部分拡大図)



#### (4) ジョイント要素の設定

地盤と構造物の接合面にジョイント要素を設けることにより，強震時の地盤と構造物の接合面における剥離及びすべりを考慮する。

ジョイント要素は，地盤と構造物の接合面で法線方向及びせん断方向に対して設定する。法線方向については，常時状態以上の引張荷重が生じた場合，剛性及び応力をゼロとし，剥離を考慮する。せん断方向については，地盤と構造物の接合面におけるせん断抵抗力以上のせん断応力が生じた場合，せん断剛性をゼロとし，すべりを考慮する。

なお，せん断強度  $\tau_f$  は次式の Mohr－Coulomb 式により規定される。 $c$ ， $\phi$  は周辺地盤の  $c$ ， $\phi$  とする。（表 17.2－5 参照）

$$\tau_f = c + \sigma' \tan \phi$$

ここで，

$\tau_f$  : せん断強度

$c$  : 粘着力

$\phi$  : 内部摩擦角

表 17.2－5 周辺地盤及び隣接構造物との境界に用いる強度特性

| 周辺の状況 |         | 粘着力 $c$ (N/mm <sup>2</sup> )  | 内部摩擦角 (度)                      | 備考 |
|-------|---------|-------------------------------|--------------------------------|----|
| 第四紀層  | du 層    | 0                             | 37.3                           | —  |
|       | D2c-3 層 | 0.026                         | 35.6                           | —  |
|       | D2s-3 層 | 0.01                          | 35.8                           | —  |
|       | D2g-3 層 | 0                             | 44.4                           | —  |
| 新第三系  | Km 層    | $c = 0.358 - 0.00603 \cdot z$ | $\phi = 23.2 + 0.0990 \cdot z$ | —  |
| 地盤改良体 |         | 0.5                           | 0                              | —  |

$z$  : 標高 (m)

ジョイント要素のばね定数は，数値解析上不安定な挙動を起こさない程度に十分に大きい値として，港湾構造物設計事例集（沿岸技術研究センター）に従い，表 17.2－6 のとおり設定する。ジョイント要素の設定値を図 17.2－15 に，ジョイント要素設定の考え方を図 17.2－16 に示す。

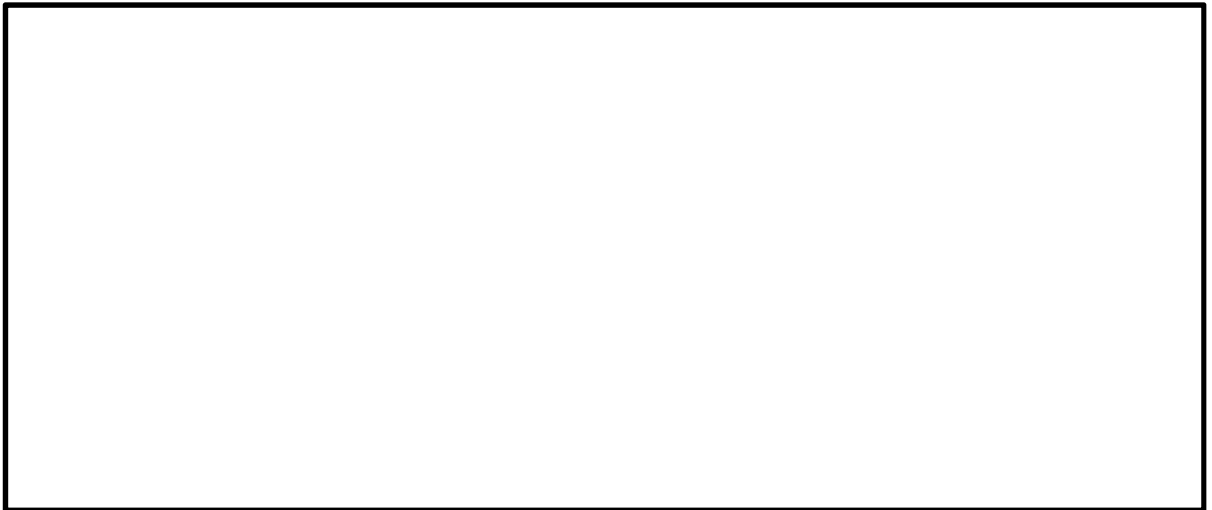
表 17.2－6 ジョイント要素のばね定数

|        | せん断剛性 $k_s$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | 圧縮剛性 $k_n$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) |
|--------|-------------------------------------|------------------------------------|
| 側方及び底面 | $1.0 \times 10^6$                   | $1.0 \times 10^6$                  |





(①－①断面)



(②－②断面)

\_\_\_\_\_ : ジョイント要素

図 17.2-15 ジョイント要素の設定位置

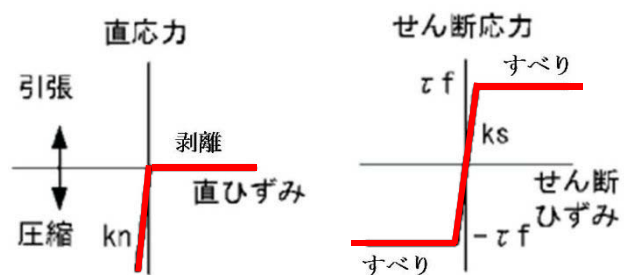


図 17.2-16 ジョイント要素の考え方



(5) 材料特性の設定

構造部材は、線形のはり要素及び平面ひずみ要素としてモデル化する。

地盤は、マルチスプリング要素及び間隙水要素にてモデル化し、地震時の有効応力の変化に応じた非線形せん断応力～せん断ひずみ関係を考慮する。

(6) 杭－地盤相互作用ばねの設定

地盤と杭の接合面に杭－地盤相互作用ばねを設けることにより、地震時の地盤と杭の接合面における相互作用の3次元効果を2次元モデルで適切に考慮する。

杭－地盤相互作用ばねの杭軸方向については、地盤と杭の接合面におけるせん断抵抗力以上のせん断荷重が発生した場合、せん断剛性をゼロとし、すべりを考慮する。図 17.2－17 に杭－地盤相互作用ばねの考え方を示す。

なお、せん断強度  $\tau_f$  は次式の Mohr－Coulomb 式により規定される。 $c$ 、 $\phi$  は周辺地盤の  $c$ 、 $\phi$  とする。（表 17.2－7 参照）

$$\tau_f = c + \sigma' \tan \phi$$

ここで、

$\tau_f$  : せん断強度

$c$  : 粘着力

$\phi$  : 内部摩擦角

表 17.2－7 周辺地盤と杭の境界に用いる強度特性

| 周辺の状況 |         | 粘着力 $c$ (N/mm <sup>2</sup> )  | 内部摩擦角 (度)                      | 備考 |
|-------|---------|-------------------------------|--------------------------------|----|
| 第四紀層  | du 層    | 0                             | 37.3                           | —  |
|       | D2c-3 層 | 0.026                         | 35.6                           | —  |
|       | D2s-3 層 | 0.01                          | 35.8                           | —  |
|       | D2g-3 層 | 0                             | 44.4                           | —  |
| 新第三系  | Km 層    | $c = 0.358 - 0.00603 \cdot z$ | $\phi = 23.2 + 0.0990 \cdot z$ | —  |
| 地盤改良体 |         | 0.5                           | 0                              | —  |

$z$  : 標高 (m)



杭－地盤相互作用ばねの杭軸方向のばね定数は、数値解析上不安定な挙動を起こさない程度に十分大きい値として、表 17.2－8 のとおり設定する。

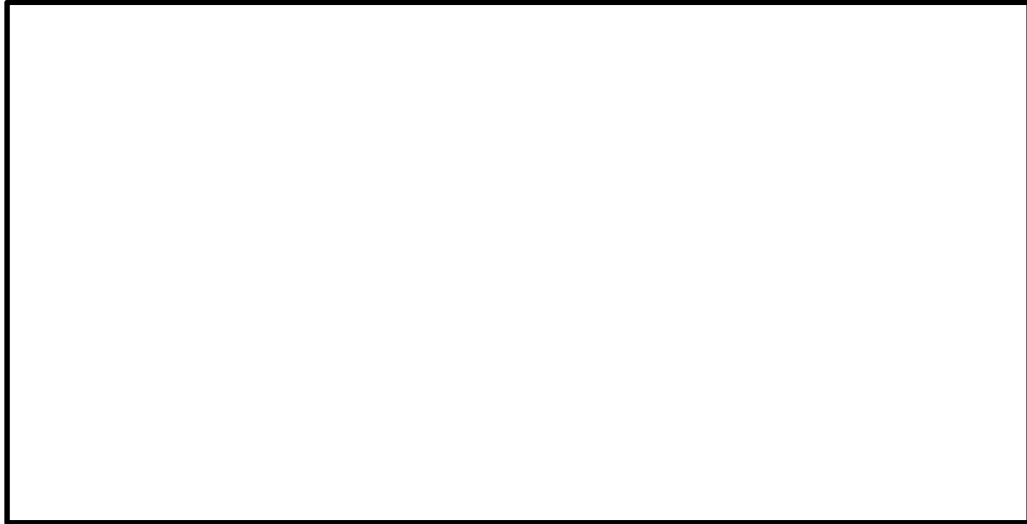
また、杭－地盤相互作用ばねの杭軸直角方向のばね定数については、杭径及び杭間隔より設定される\*。

\* FLIP 研究会 14 年間の検討成果のまとめ「理論編」

表 17.2－8 杭－地盤相互作用ばねのばね定数

|      | せん断剛性 $k_s$<br>( $\text{kN/m}^3$ ) |
|------|------------------------------------|
| 杭軸方向 | $1.0 \times 10^6$                  |





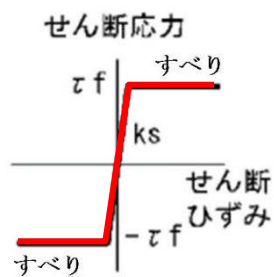
(①-①断面)



(②-②断面)

— : 杭-地盤相互作用ばね要素

(a) 杭-地盤相互作用ばね配置図



(b) 杭-地盤相互作用ばね（杭軸方向）の力学的特性

図 17.2-17 杭-地盤相互作用ばねの考え方



(7) 杭下端ジョイントばねの設定

杭下端境界部に圧縮応力の上限値を有さないジョイントばねを設けることにより，杭下端における地盤と杭の相互作用を適切に考慮する。

杭下端の杭軸方向について設定するジョイントばねは，常時状態以上の引張荷重が生じた場合，剛性及び応力をゼロとし，剥離を考慮する。

杭下端ジョイントばねのばね定数は，数値解析上不安定な挙動を起こさない程度に十分大きい値として，表 17.2-9 のとおり設定する。図 17.2-18 に杭下端ジョイントばねの考え方を示す。

表 17.2-9 杭下端ジョイントばねのばね定数

|      | 圧縮剛性 $k_v$<br>(kN/m) |
|------|----------------------|
| 杭軸方向 | $1.0 \times 10^6$    |

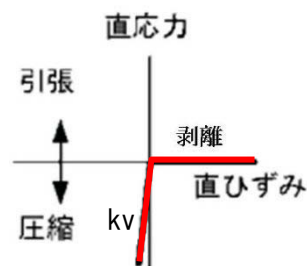


図 17.2-18 杭下端ジョイントばねの考え方



#### 17.2.10 減衰定数

動的解析における地盤及び構造物の減衰については、固有値解析にて求まる固有周期及び減衰比に基づき、質量マトリックス及び剛性マトリックスの線形結合で表される以下の Rayleigh 減衰にて与える。なお、Rayleigh 減衰を  $\alpha=0$  となる剛性比例型減衰とする。

有効応力解析では、時系列で地盤の 1 次固有振動数が低振動数側へシフトして行くことから、Rayleigh 減衰の係数  $\alpha$ 、 $\beta$  の両方を用いると、質量比例項の減衰  $\alpha$  [M] の影響により、有効応力解析における減衰定数が低振動数帯で過減衰となる場合がある。

一方、有効応力解析における低振動数帯で減衰  $\alpha$  [M] の影響がない剛性比例型減衰では、地盤の 1 次固有振動数が時系列で低振動数側へシフトしていくのに伴い、1 次固有振動モードに対する減衰定数が初期減衰定数より保守的に小さい側へ変化していくことを考慮できる。

ゆえに、有効応力解析では、地震力による時系列での地盤剛性の軟化に伴う 1 次固有振動数の低振動数側へのシフトに応じて、1 次固有振動モードに対する減衰定数として、初期減衰定数よりも保守的に小さい側のモード減衰定数を適用し、地盤応答の適切な評価が行えるように、低振動数帯で減衰  $\alpha$  [M] の影響がない剛性比例型減衰を採用した。

$$[C] = \alpha [M] + \beta [K]$$

ここで、

$[C]$  : 減衰係数マトリックス

$[M]$  : 質量マトリックス

$[K]$  : 剛性マトリックス

$\alpha, \beta$  : 係数

係数  $\alpha$ 、 $\beta$  は以下のように求めている。

$$\alpha = 0$$

$$\beta = \frac{h}{\pi f}$$

ここで、

$f$  : 固有値解析により求められた 1 次固有振動数

$h$  : 各材料の減衰定数

地盤の減衰定数は 1%（解析における減衰は、ひずみが大きい領域では履歴減衰が支配的となる。そのため、解析上の安定のためになるべく小さい値として 1%を採用している。）とする。また、線形材料としてモデル化する鋼材の減衰定数は 3%（道路橋示方書（V 耐震設計編）同解説（平成 14 年 3 月））とし、線形材料としてモデル化するコンクリートの減衰定数は 5%（J E A G 4 6 0 1 - 1987）とする。

図 17.2-19 に Rayleigh 減衰の設定フローを、表 17.2-10 に固有値解析結果を示す。



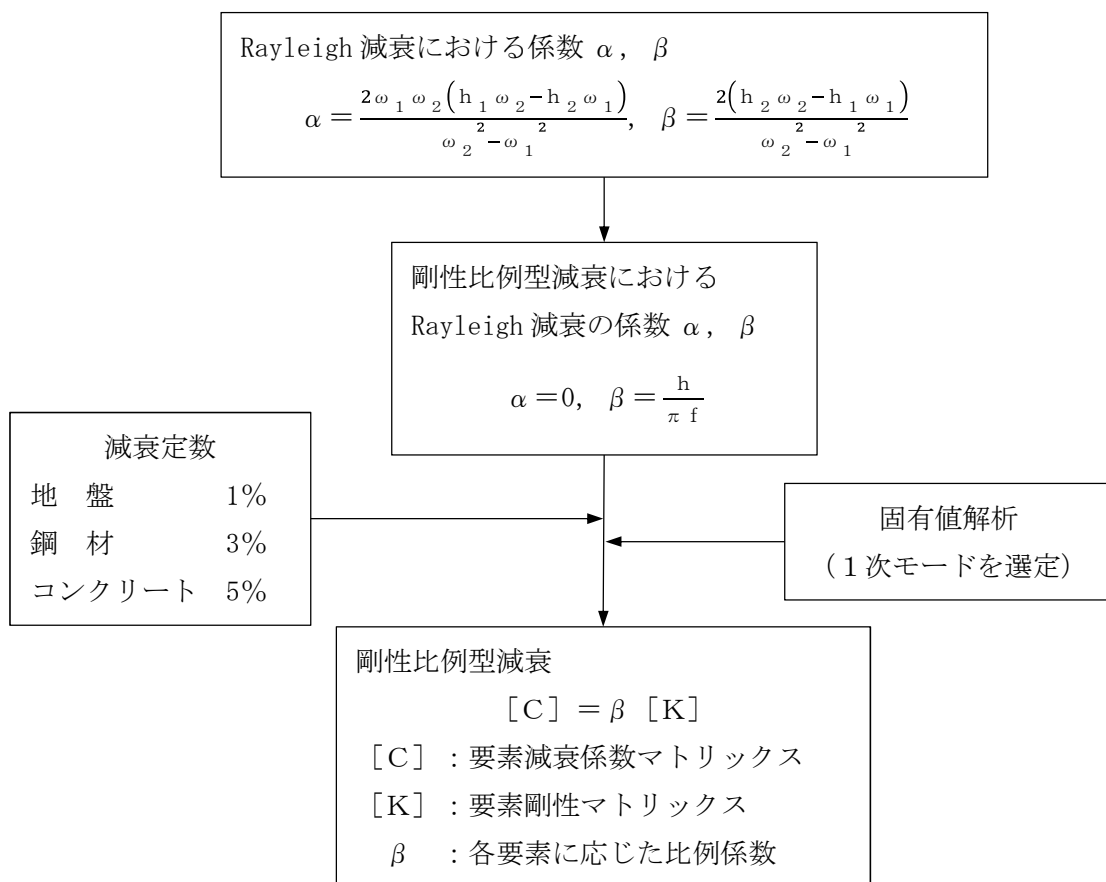


図 17.2-19 Rayleigh 減衰の設定フロー



表 17.2-10 (1) 固有値解析結果

(検討ケース①:原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

(a) ①-①断面

| モード次数 | 固有振動数<br>(Hz) | 刺激係数   | 備考      |
|-------|---------------|--------|---------|
| 1     | 0.770         | 148.26 | 1次として採用 |
| 2     | 1.527         | 2.63   | —       |
| 3     | 2.088         | 46.62  | —       |
| 4     | 2.321         | 9.98   | —       |
| 5     | 2.540         | -9.18  | —       |
| 6     | 3.148         | 13.15  | —       |
| 7     | 3.359         | -10.08 | —       |
| 8     | 3.447         | 25.54  | —       |
| 9     | 3.539         | -12.95 | —       |

(b) ②-②断面

| モード次数 | 固有振動数<br>(Hz) | 刺激係数   | 備考      |
|-------|---------------|--------|---------|
| 1     | 0.760         | 126.84 | 1次として採用 |
| 2     | 1.843         | 0.22   | —       |
| 3     | 2.138         | -41.14 | —       |
| 4     | 2.980         | 1.50   | —       |
| 5     | 3.245         | -16.23 | —       |
| 6     | 3.419         | -22.58 | —       |
| 7     | 3.911         | 2.97   | —       |
| 8     | 4.087         | -4.16  | —       |
| 9     | 4.557         | -5.55  | —       |



表 17.2-10 (2) 固有値解析結果

(検討ケース②:地盤物性のばらつきを考慮 (+1 $\sigma$ ) した解析ケース)

(a) ①-①断面

| モード次数 | 固有振動数<br>(Hz) | 刺激係数   | 備考      |
|-------|---------------|--------|---------|
| 1     | 0.774         | 148.75 | 1次として採用 |
| 2     | 1.537         | 2.07   | —       |
| 3     | 2.188         | -47.25 | —       |
| 4     | 2.441         | 6.46   | —       |
| 5     | 2.617         | -8.45  | —       |
| 6     | 3.282         | 15.16  | —       |
| 7     | 3.507         | 7.69   | —       |
| 8     | 3.571         | -25.40 | —       |
| 9     | 3.708         | 8.18   | —       |

(b) ②-②断面

| モード次数 | 固有振動数<br>(Hz) | 刺激係数   | 備考      |
|-------|---------------|--------|---------|
| 1     | 0.763         | 127.17 | 1次として採用 |
| 2     | 1.875         | 0.28   | —       |
| 3     | 2.223         | 41.43  | —       |
| 4     | 3.076         | 1.31   | —       |
| 5     | 3.401         | -18.43 | —       |
| 6     | 3.521         | -18.68 | —       |
| 7     | 4.014         | 1.73   | —       |
| 8     | 4.258         | -4.97  | —       |
| 9     | 4.657         | 8.93   | —       |



表 17.2-10 (3) 固有値解析結果  
(検討ケース③:地盤物性のばらつきを考慮 ( $-1\sigma$ ) した解析ケース)  
(a) ①-①断面

| モード次数 | 固有振動数<br>(Hz) | 刺激係数   | 備考      |
|-------|---------------|--------|---------|
| 1     | 0.764         | 147.49 | 1次として採用 |
| 2     | 1.515         | 3.66   | —       |
| 3     | 1.965         | -46.30 | —       |
| 4     | 2.184         | 13.98  | —       |
| 5     | 2.453         | -9.77  | —       |
| 6     | 3.001         | 9.41   | —       |
| 7     | 3.185         | -11.23 | —       |
| 8     | 3.305         | -17.45 | —       |
| 9     | 3.366         | 25.72  | —       |



表 17.2-10 (4) 固有値解析結果

(検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により  
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)

(a) ①-①断面

| モード次数 | 固有振動数<br>(Hz) | 刺激係数   | 備考      |
|-------|---------------|--------|---------|
| 1     | 0.754         | 144.77 | 1次として採用 |
| 2     | 1.502         | 10.38  | —       |
| 3     | 1.698         | -31.84 | —       |
| 4     | 1.869         | 40.40  | —       |
| 5     | 2.243         | -2.14  | —       |
| 6     | 2.570         | 2.47   | —       |
| 7     | 2.719         | -15.57 | —       |
| 8     | 2.831         | 2.27   | —       |
| 9     | 3.076         | 25.00  | —       |

(b) ②-②断面

| モード次数 | 固有振動数<br>(Hz) | 刺激係数   | 備考      |
|-------|---------------|--------|---------|
| 1     | 0.742         | 124.30 | 1次として採用 |
| 2     | 1.699         | -7.52  | —       |
| 3     | 1.798         | 42.10  | —       |
| 4     | 2.716         | 13.95  | —       |
| 5     | 2.807         | -12.89 | —       |
| 6     | 3.104         | -20.98 | —       |
| 7     | 3.338         | 13.92  | —       |
| 8     | 3.646         | 11.97  | —       |
| 9     | 3.757         | -0.27  | —       |



### 17.2.11 荷重の組合せ

耐震性能照査にて考慮する荷重は、通常運転時の荷重（永久荷重）及び地震荷重を抽出し、それぞれを組み合わせて設定する。地震荷重には、地震時土圧、動水圧、機器・配管系からの反力による荷重が含まれるものとする。

なお、緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎は、地盤内に埋設されている構造物であることから運転時の異常な過渡変化時の状態及び設計基準事故時の状態の影響を受けないと考えられるため、当該状態についての組合せは考慮しないものとする。また重大事故等対処時においても、地盤内で設計基準事故時の条件を上回るような事象は発生しないため、設計基準事故時の条件を上回る荷重はない。

荷重の組合せを表 17.2-10 に示す。地震時に緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎に作用する機器・配管系からの反力については、機器・配管系を、解析モデルに付加質量として与えることで考慮する。

表 17.2-10 荷重の組合せ

| 種別             |        | 荷重      |   | 算定方法                              |
|----------------|--------|---------|---|-----------------------------------|
| 永久荷重           | 常時考慮荷重 | 躯体自重    | ○ | ・設計図書に基づいて、対象構造物の体積に材料の密度を乗じて設定   |
|                |        | 機器・配管自重 | ○ | ・機器・配管の重さに基づいて設定<br>・内包される砂の荷重を考慮 |
|                |        | 土被り荷重   | — | ・天端が地表面であることから、考慮しない              |
|                |        | 永久上載荷重  | — | ・恒常的に配置された設備等はないことから、考慮しない        |
|                | 静止土圧   |         | ○ | ・常時応力解析により設定                      |
|                | 外水圧    |         | ○ | ・地下水位に応じた静水圧として設定<br>・地下水の密度を考慮   |
|                | 内水圧    |         | — | ・水を保有しない設備であることから、考慮しない           |
| 変動荷重           |        | 雪荷重     | ○ | ・雪荷重を考慮                           |
|                |        | 風荷重     | — | ・地中に埋設された構造物であるため、考慮しない           |
| 偶発荷重<br>(地震荷重) |        | 水平地震動   | ○ | ・基準地震動 $S_g$ による水平・鉛直同時加振         |
|                |        | 鉛直地震動   | ○ | ・躯体の慣性力、動土圧を考慮                    |
|                |        | 動水圧     | — | ・水を保有しない設備であることから、考慮しない           |



(1) 機器・配管荷重

図 17.2-16 に機器・配管荷重図を示す。

機器・配管荷重は解析の単位奥行き (1 m) あたりの付加質量として考慮する。緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンクの内空には砂が充填されているため、内空容積から緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンクの容積を除いた部分をすべて砂 (比重 1.7) として考慮する。

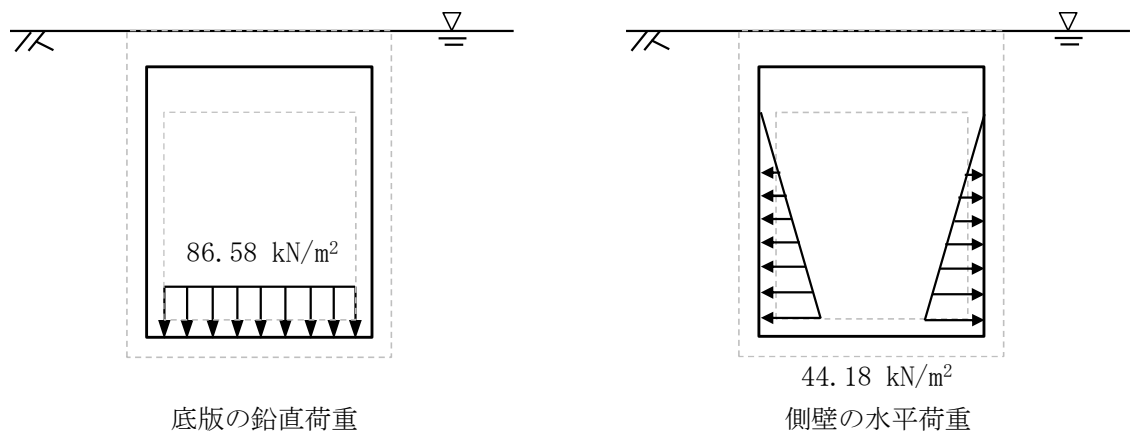


図 17.2-16 機器・配管荷重図

(2) 外水圧

地下水位は地表面として設定する。設定の際は、地下水の密度として、 $1.00 \text{ g/cm}^3$  を考慮する。

(3) 雪荷重

図 17.2-17 に雪荷重図を示す。

雪荷重については、「建築基準法施行令第 86 条」及び「茨城県建築基準法施行細則 第 16 条の 4」に従って設定する。積雪の厚さ 1 cm あたりの荷重を  $20 \text{ N/m}^2/\text{cm}$  として、積雪量は 30 cm としていることから積雪荷重は  $600 \text{ N/m}^2$  であるが、地震時短期荷重として積雪荷重の 0.35 倍である  $0.21 \text{ kN/m}^2$  を考慮する。

積雪荷重は構造物上面に付加質量として考慮する。

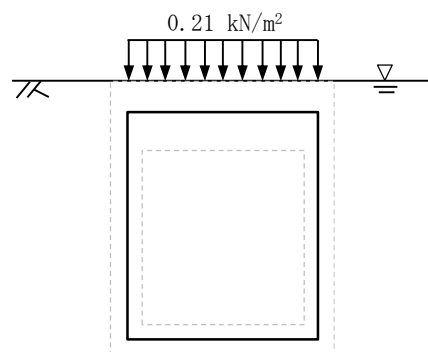


図 17.2-17 雪荷重図



## 17.2.12 地震応答解析の検討ケース

### (1) 耐震設計における検討ケース

耐震設計における検討ケースを表 17.2-11 に示す。

全ての基準地震動  $S_s$  に対して実施する①の検討ケースにおいて、せん断力照査及び曲げ軸力照査をはじめとした全ての照査項目について、各照査値が最も厳しい（許容限界に対する余裕が最も小さい）地震動を用い、②～⑥の中から追加検討ケースを実施する。

表 17.2-11 耐震設計における検討ケース

| 検討ケース      | ①<br>原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース） | ②<br>地盤物性のばらつきを考慮（+1 $\sigma$ ）した解析ケース | ③<br>地盤物性のばらつきを考慮（-1 $\sigma$ ）した解析ケース | ④<br>地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース | ⑤<br>原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース | ⑥<br>地盤物性のばらつきを考慮（+1 $\sigma$ ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース |
|------------|-------------------------------------|--|--|--------------------------------|-------------------------------|--|
| 液状化強度特性の設定 | 原地盤に基づく液状化強度特性（標準偏差を考慮）             | 原地盤に基づく液状化強度特性（標準偏差を考慮）                | 原地盤に基づく液状化強度特性（標準偏差を考慮）                | 敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく液状化強度特性       | 液状化パラメータを非適用                  | 液状化パラメータを非適用                                       |

異なる構造物間の相対変位の算定は、上記ケースの中で、相対変位量が最も大きいケースにて行う。



(2) 機器・配管系に対する加速度応答抽出のための検討ケース

機器・配管系に対する加速度応答の抽出における検討ケースを表 17.2-12 に示す。

表 17.2-12 機器・配管に対する加速度応答抽出のための検討ケース

| 検討ケース      |                    |      | ④<br>地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース                              | ⑤<br>原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース | ⑥<br>地盤物性のばらつきを考慮（+1σ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース                   |
|------------|--------------------|------|---|-------------------------------|---|
| 液状化強度特性の設定 |                    |      | 敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく液状化強度特性                                    | 液状化パラメータを非適用                  | 液状化パラメータを非適用  |
| 地震波（位相）    | S <sub>s</sub> -D1 | (++) | 1<br><br>⑤において、上載される機器・配管系の固有振動数帯で加速度応答が最も大きくなる地震動を用いて実施する。 | 1                             | 1<br><br>⑤において、上載される機器・配管系の固有振動数帯で加速度応答が最も大きくなる地震動を用いて実施する。 |
|            |                    | (+-) |   | 1                             |   |
|            |                    | (-+) |   | 1                             |   |
|            |                    | (--) |   | 1                             |   |
|            | S <sub>s</sub> -11 | (++) |   | 1                             |   |
|            | S <sub>s</sub> -12 | (++) |   | 1                             |   |
|            | S <sub>s</sub> -13 | (++) |   | 1                             |   |
|            | S <sub>s</sub> -14 | (++) |   | 1                             |   |
|            | S <sub>s</sub> -21 | (++) |   | 1                             |   |
|            | S <sub>s</sub> -22 | (++) |   | 1                             |   |
|            | S <sub>s</sub> -31 | (++) |   | 1                             |   |
|            |                    | (-+) |   | 1                             |   |
| 計          |                    |      | 1   | 12                            | 1   |



## 17.3 評価内容

### 17.3.1 入力地震動の設定

地震応答解析に用いる入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動  $S_s$  を 1 次元波動論により地震応答解析モデルの底面位置で評価したものをを用いる。

図 17.3-1 に入力地震動算定の概念図を、図 17.3-2 に入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトルを示す。入力地震動の算定には解析コード「k-SHAKE Ver. 6.2.0」を使用する。

なお、特定の方向性を有しない地震動については、位相を反転させた場合の影響も確認する。断層モデル波である  $S_s-11 \sim S_s-22$  については、特定の方向性を有することから、構造物の評価対象断面方向を考慮し、方位補正を行う。具体的には南北方向及び東西方向の地震動について構造物の評価断面方向の成分を求め、各々を足し合わせることで方位補正した地震動を設定する。

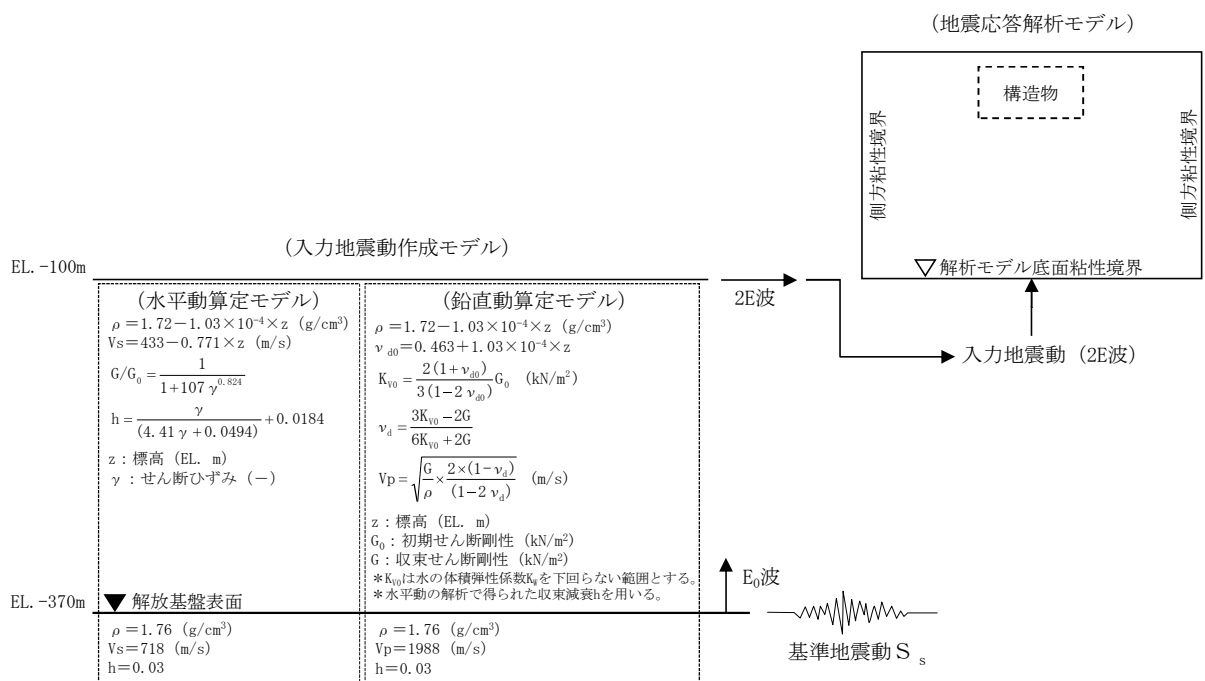
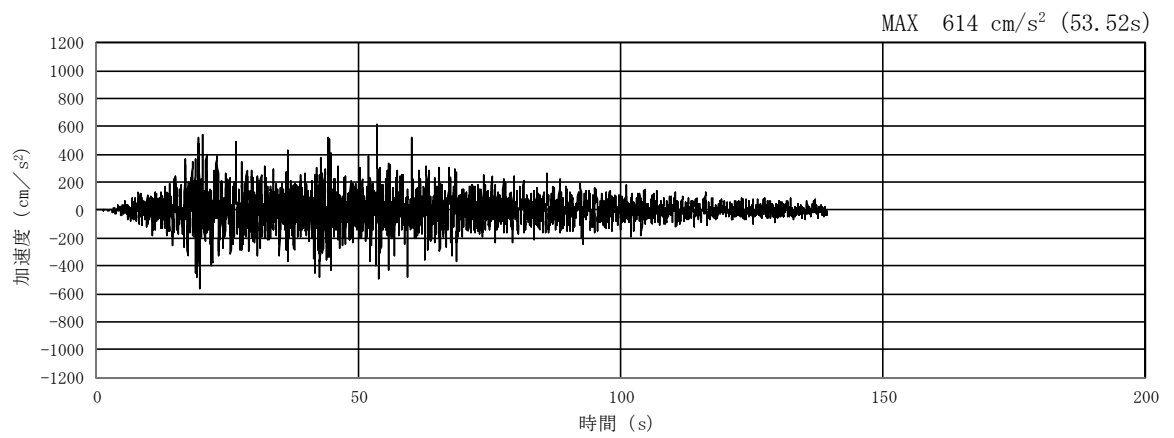
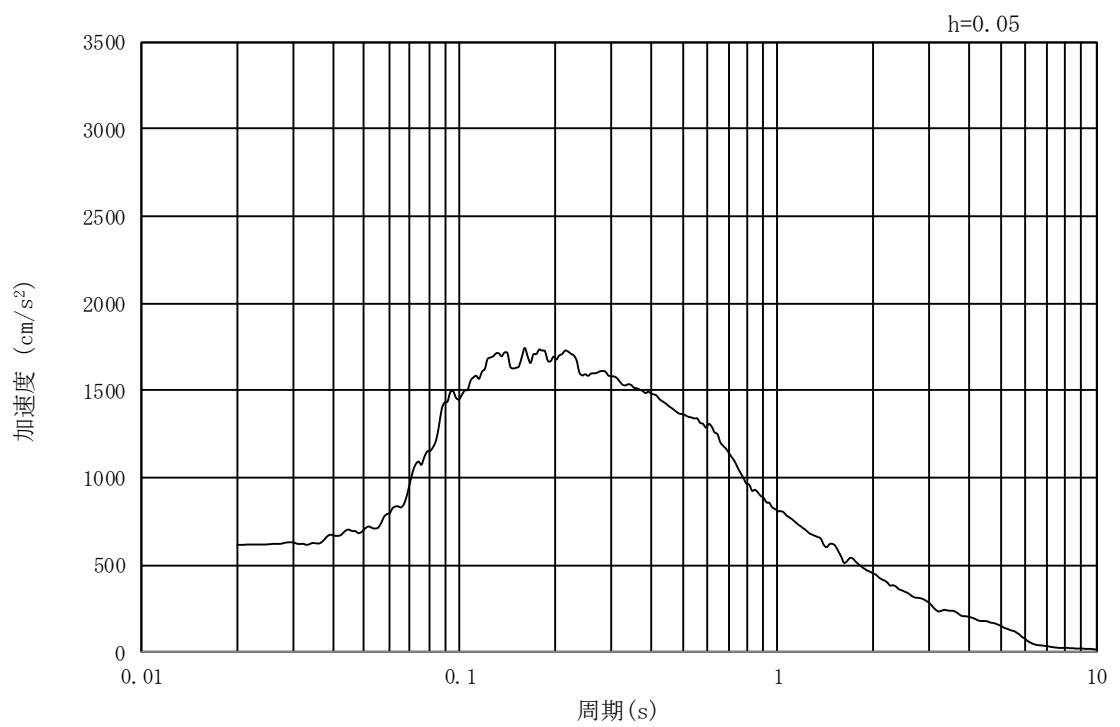


図 17.3-1 入力地震動算定の概念図





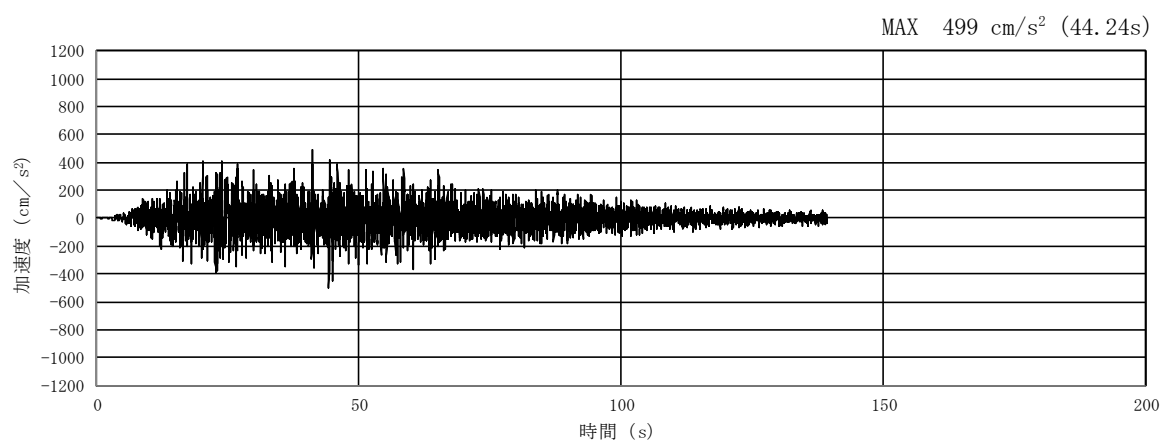
(a) 加速度時刻歴波形



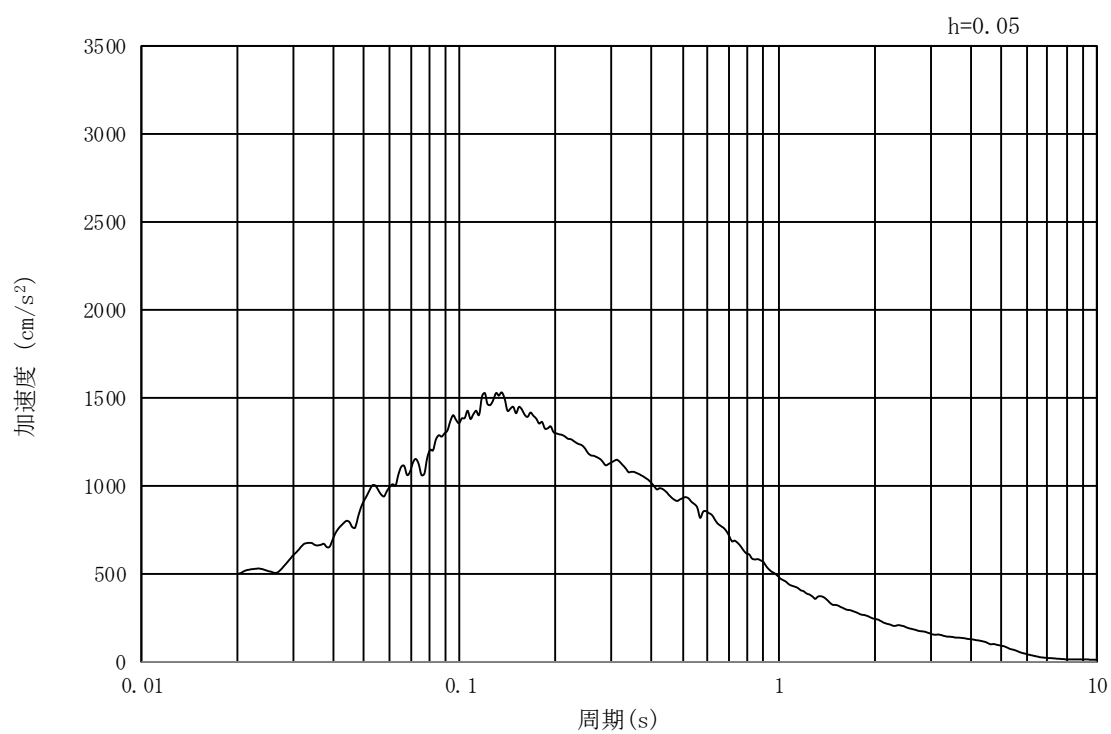
(b) 加速度応答スペクトル

図 17.3-2 (1) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平方向 :  $S_s - D1$ )





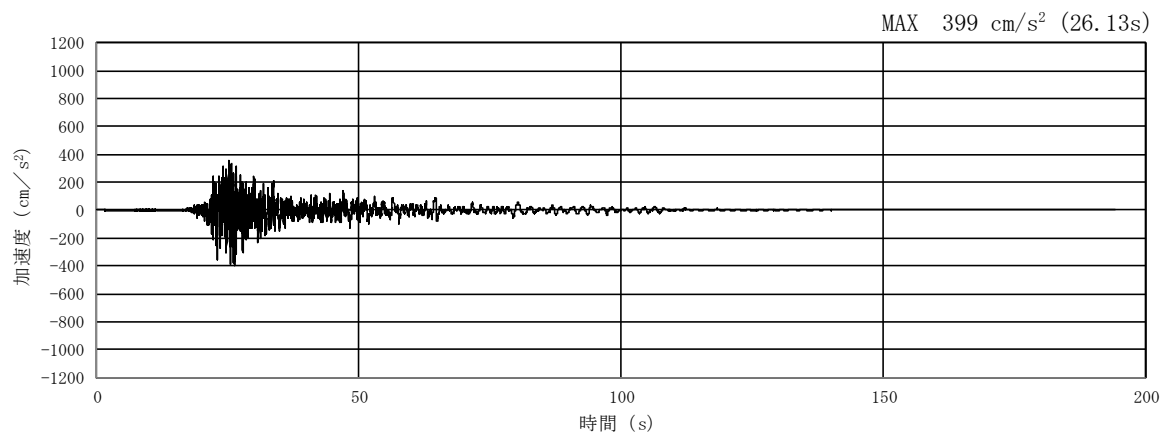
(a) 加速度時刻歴波形



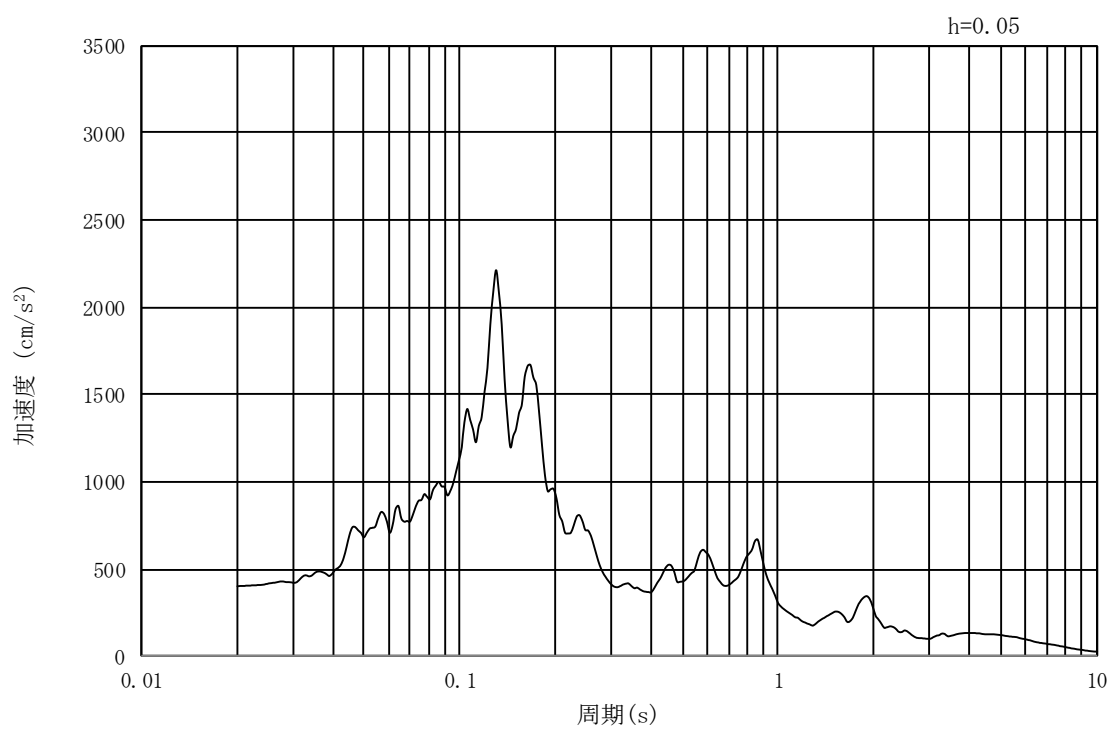
(b) 加速度応答スペクトル

図 17.3-2 (2) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直方向： $S_s-D1$ )





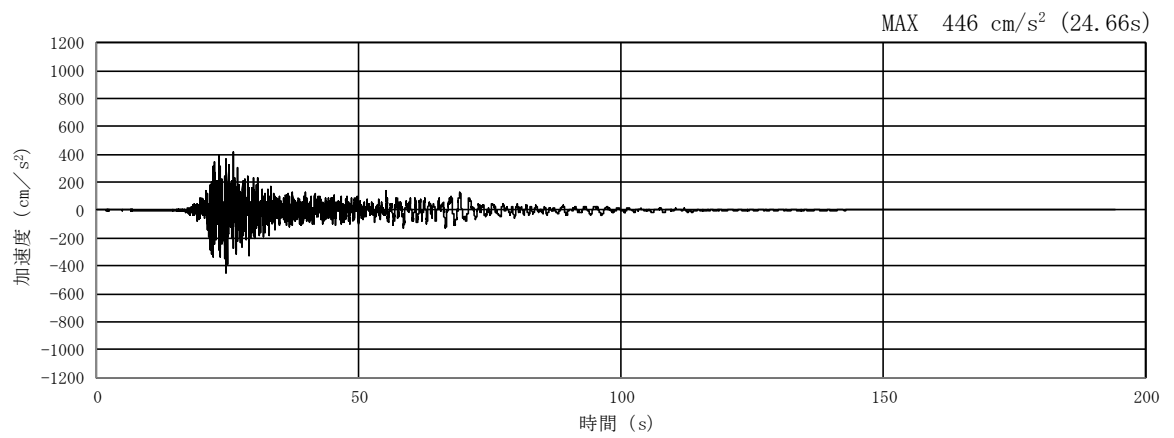
(a) 加速度時刻歴波形



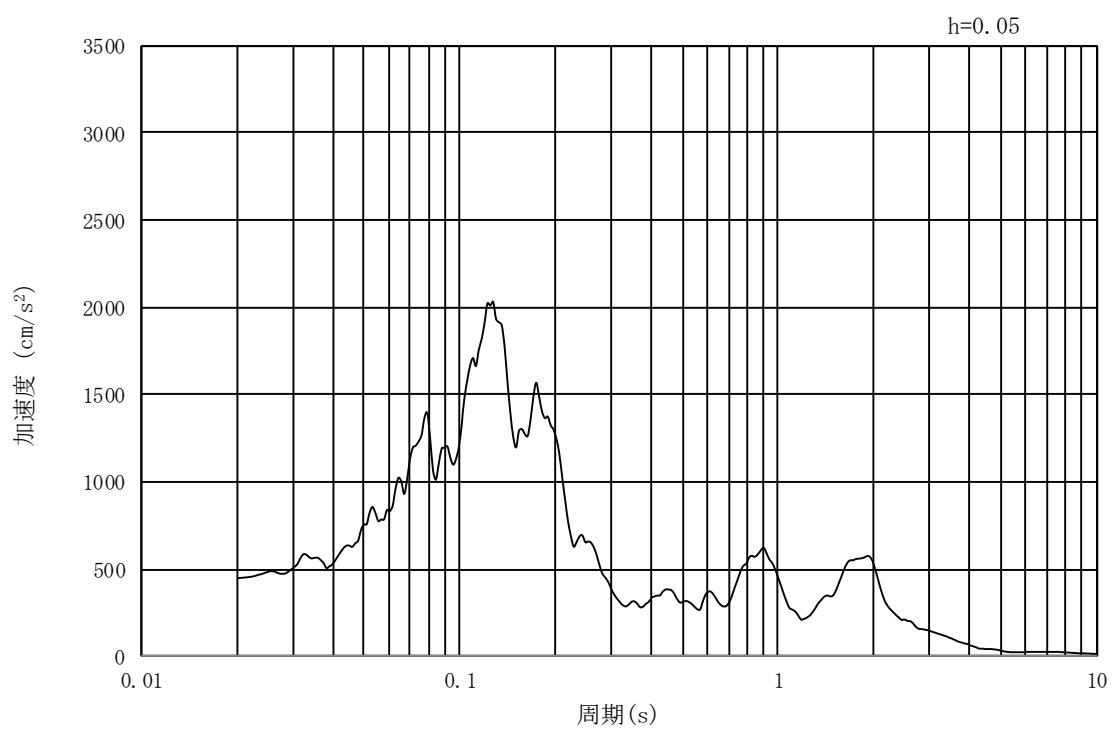
(b) 加速度応答スペクトル

図 17.3-2 (3) 東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平方向:  $S_s - 1.1$ )





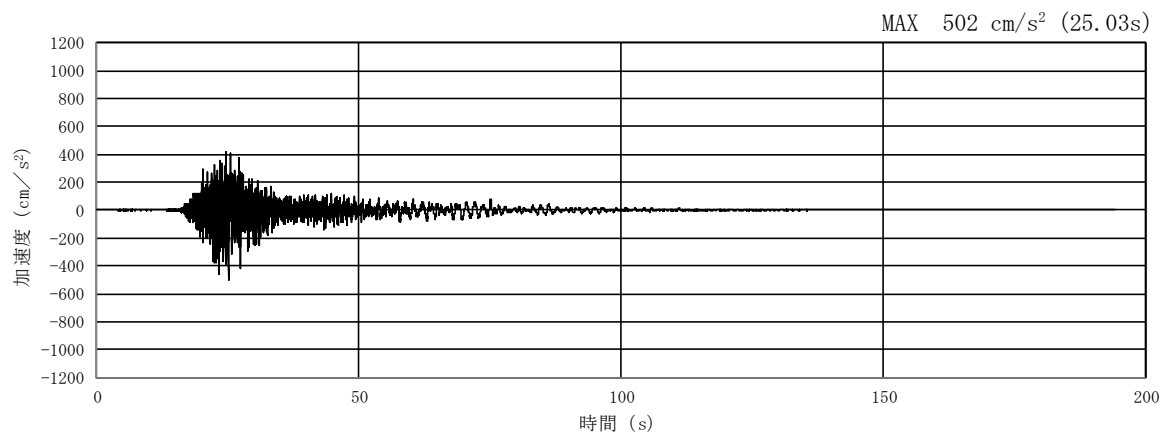
(a) 加速度時刻歴波形



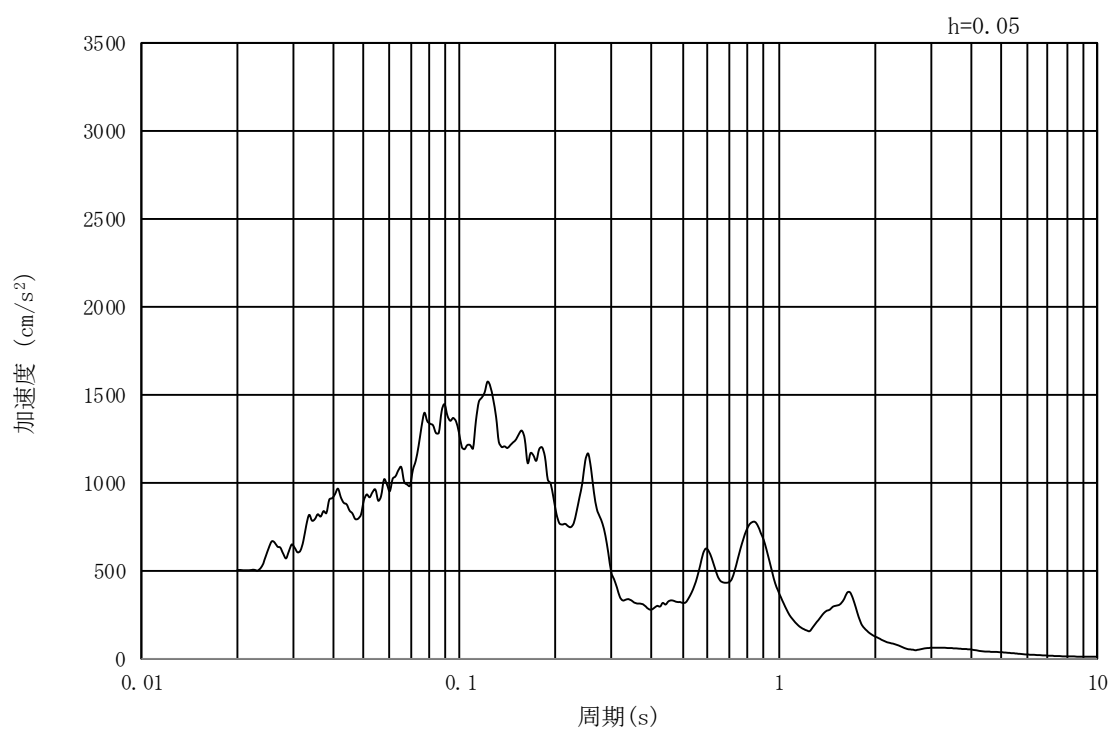
(b) 加速度応答スペクトル

図 17.3-2 (4) 南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平方向 :  $S_s - 1.1$ )





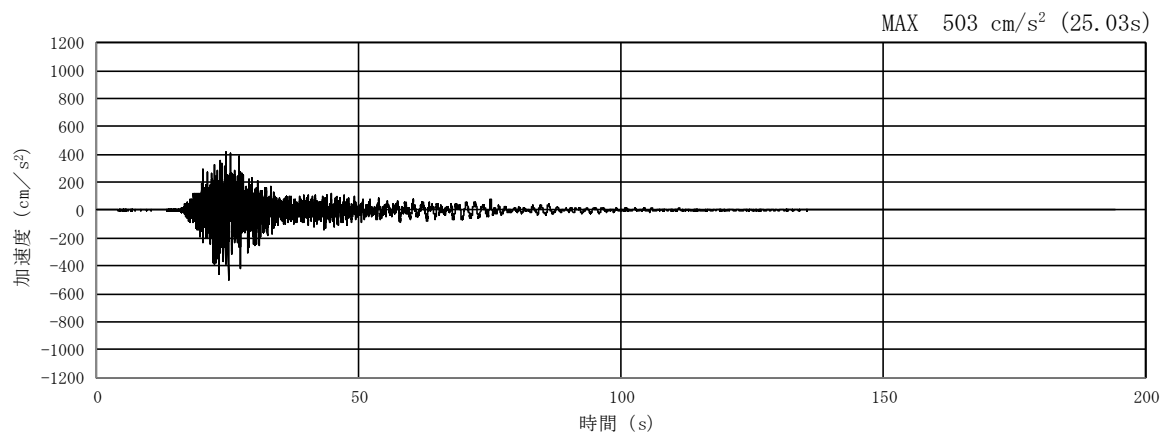
(a) 加速度時刻歴波形



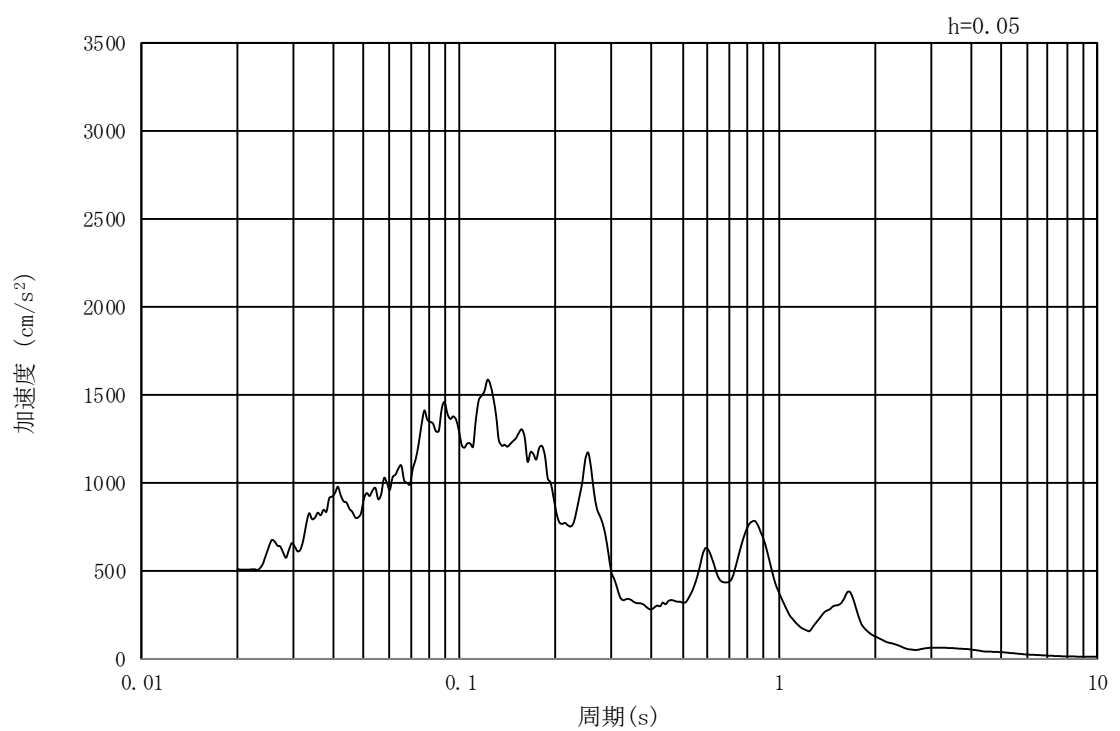
(b) 加速度応答スペクトル

図 17.3-2 (5) 東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直方向： $S_s - 1.1$ )





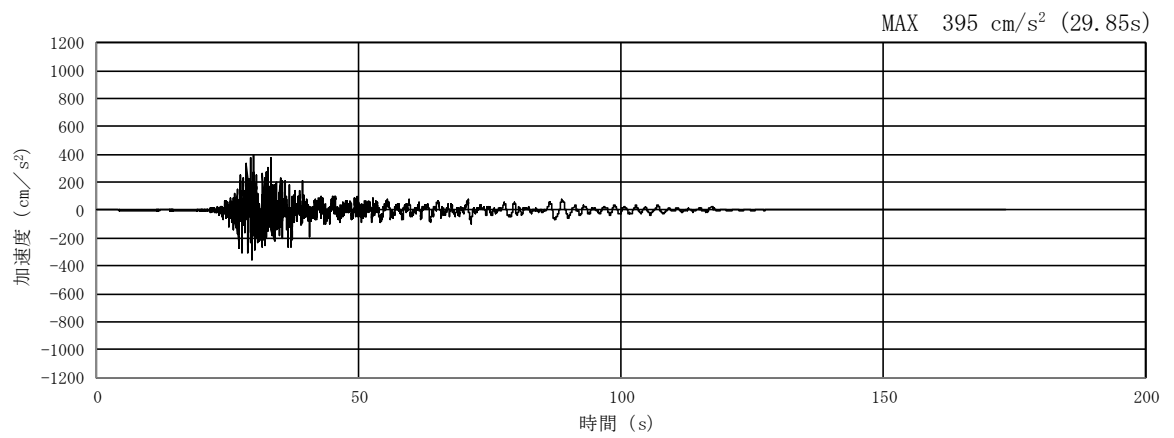
(a) 加速度時刻歴波形



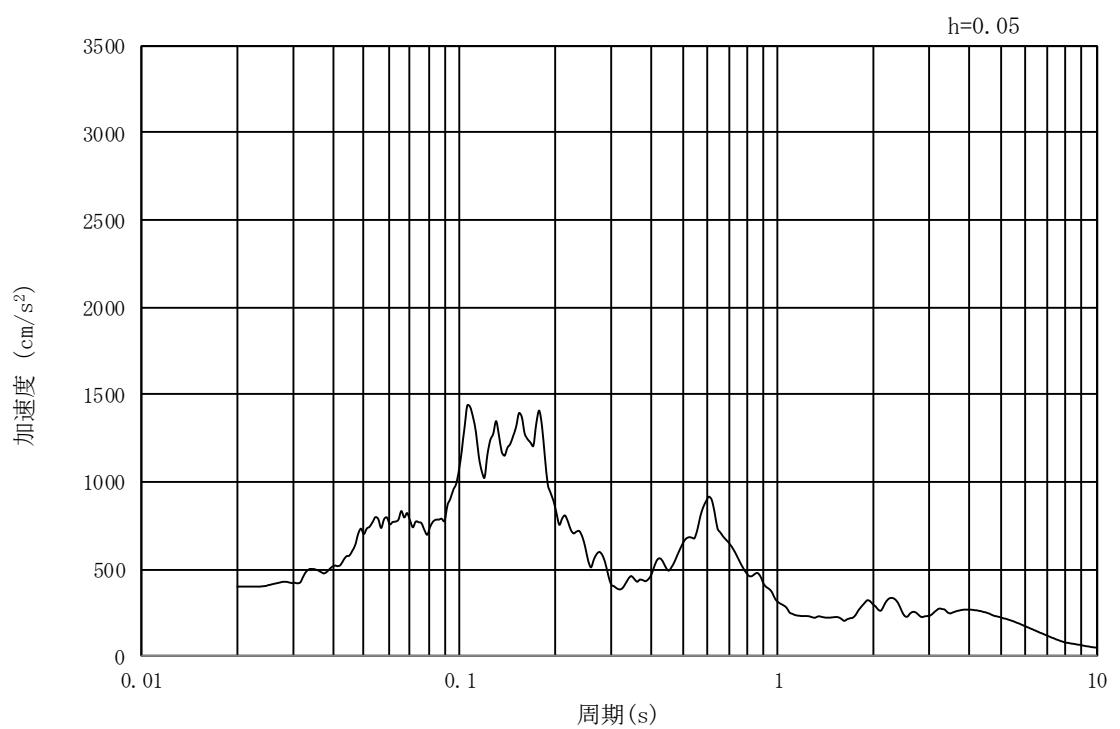
(b) 加速度応答スペクトル

図 17.3-2 (6) 南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直方向:  $S_s - 1.1$ )





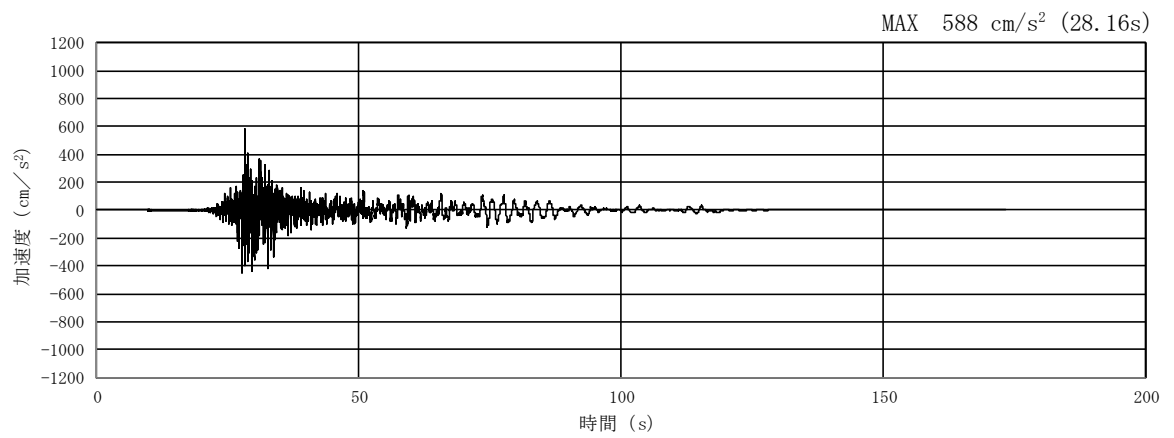
(a) 加速度時刻歴波形



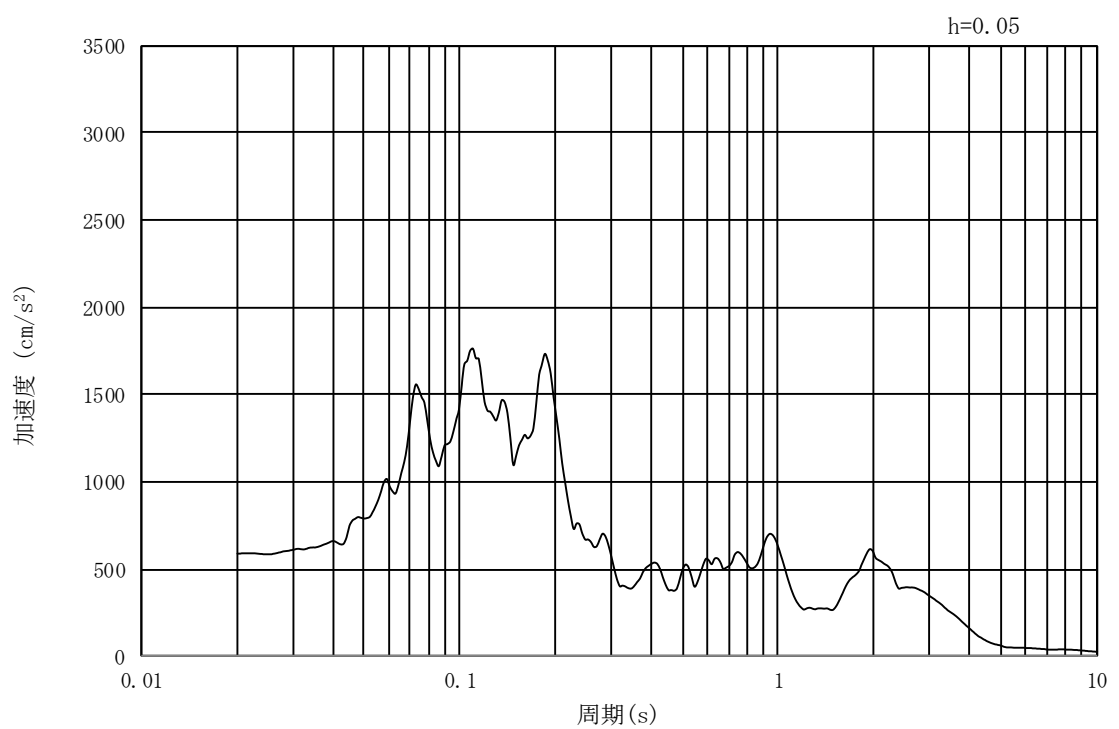
(b) 加速度応答スペクトル

図 17.3-2 (7) 東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平方向 :  $S_s - 1.2$ )





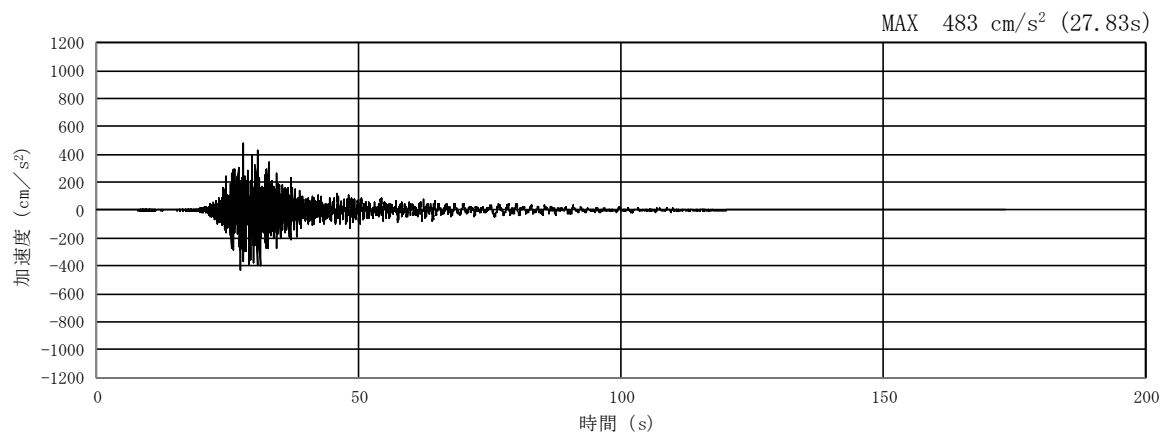
(a) 加速度時刻歴波形



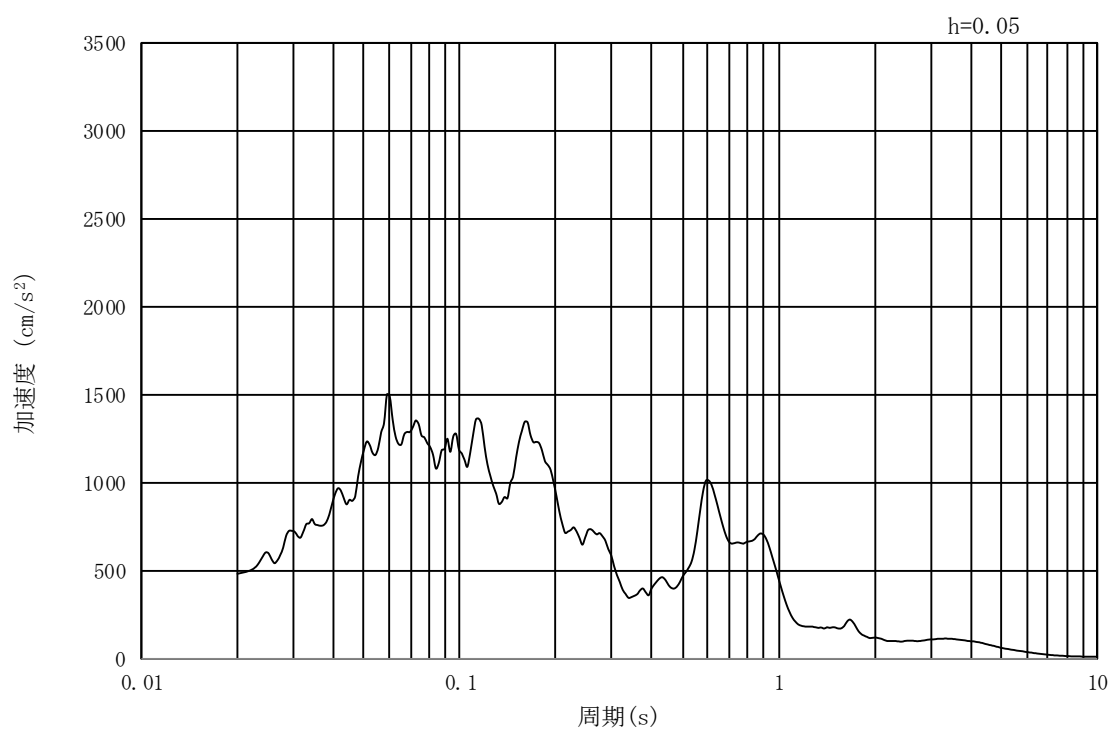
(b) 加速度応答スペクトル

図 17.3-2 (8) 南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平方向 :  $S_s - 1.2$ )





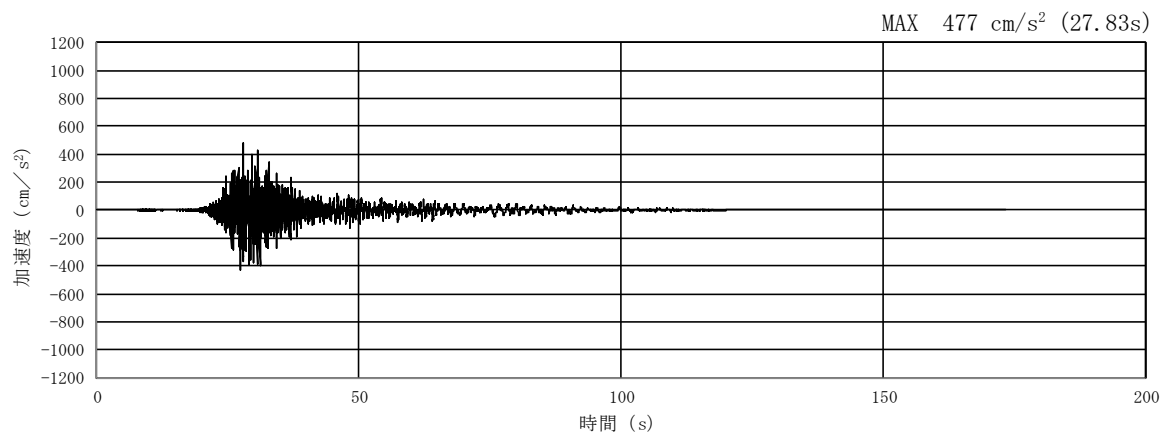
(a) 加速度時刻歴波形



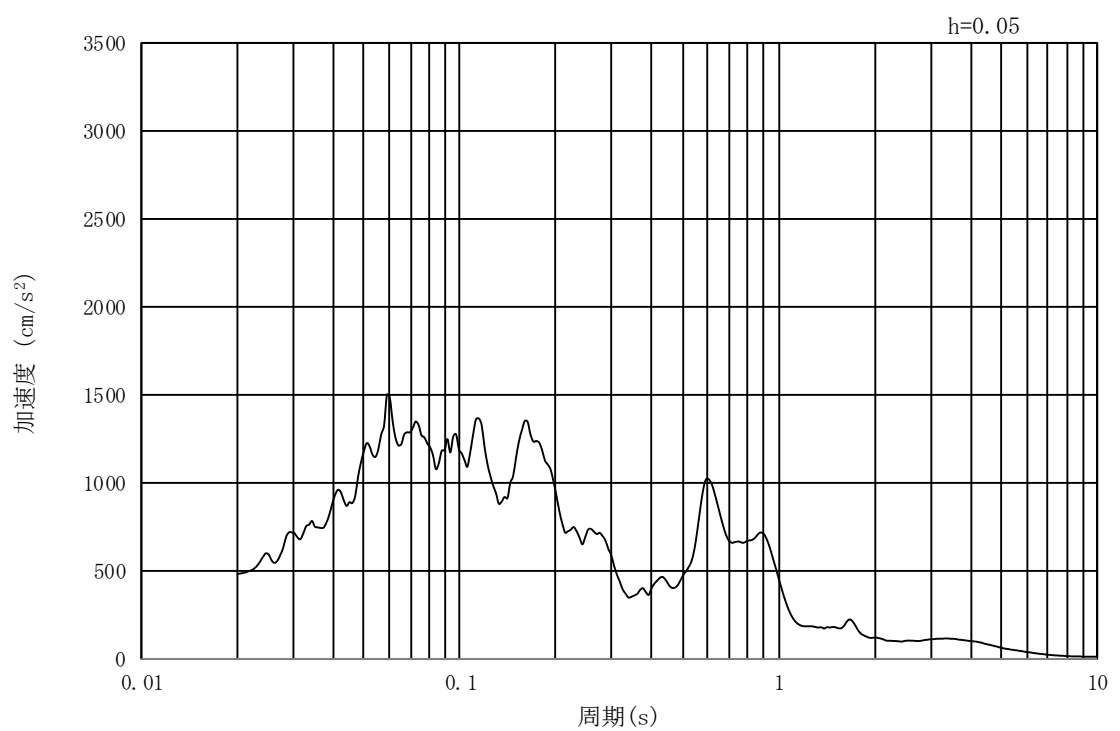
(b) 加速度応答スペクトル

図 17.3-2 (9) 東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直方向： $S_s - 1.2$ )





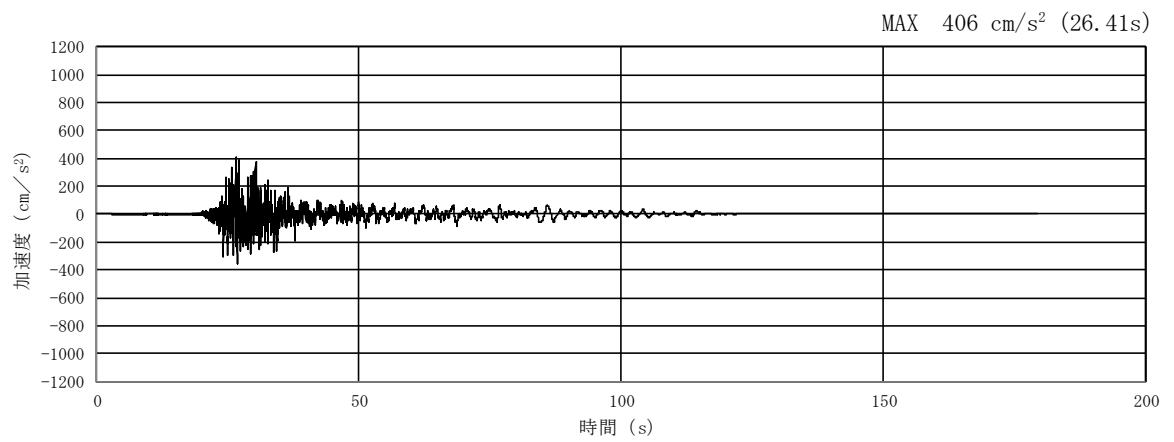
(a) 加速度時刻歴波形



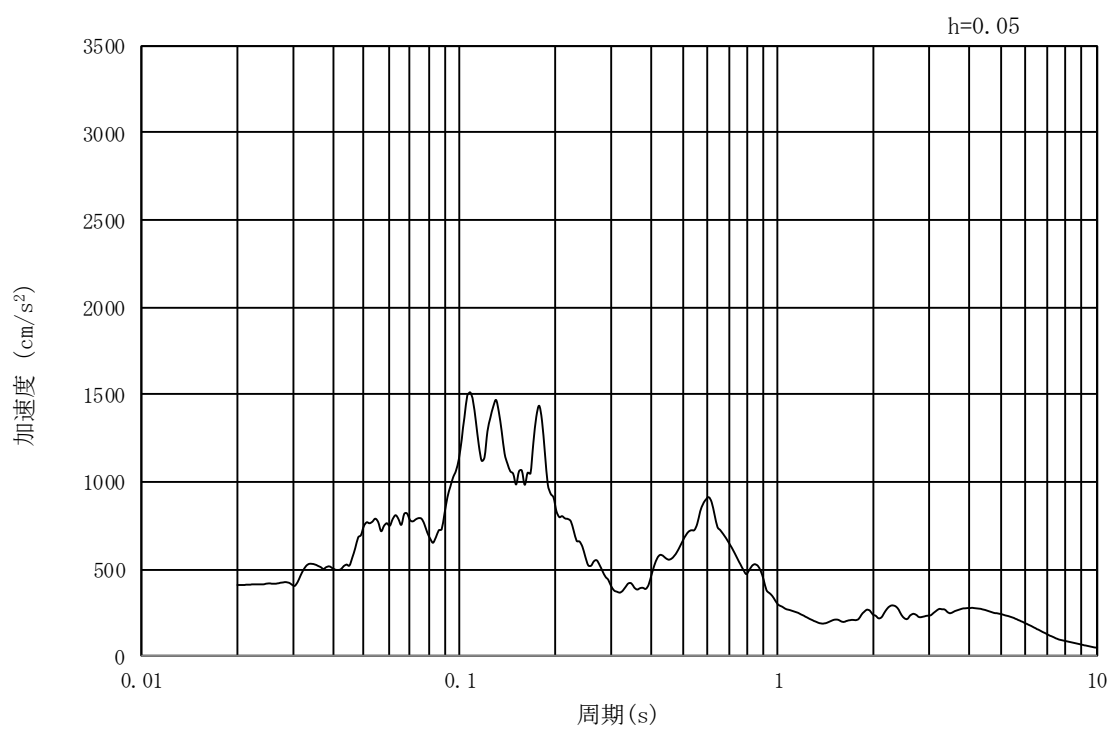
(b) 加速度応答スペクトル

図 17.3-2 (10) 南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直方向:  $S_s - 1.2$ )





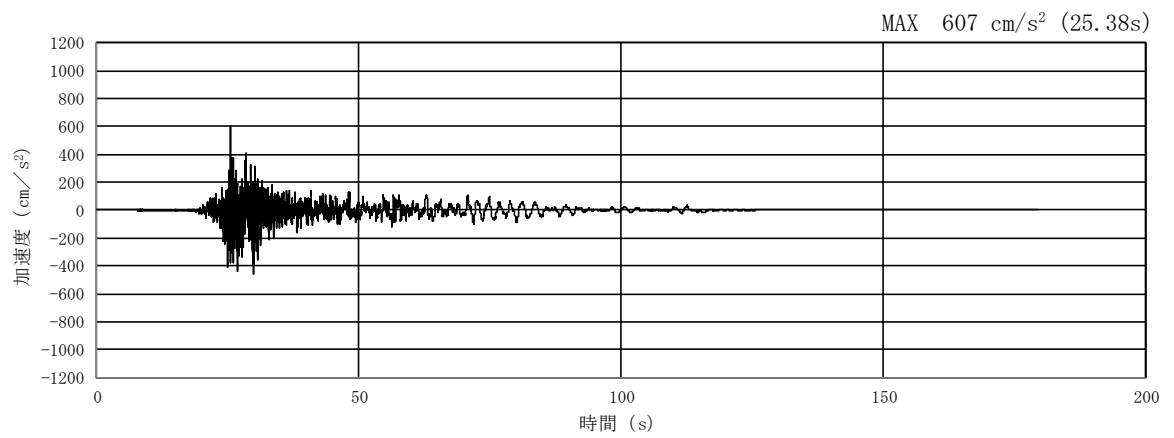
(a) 加速度時刻歴波形



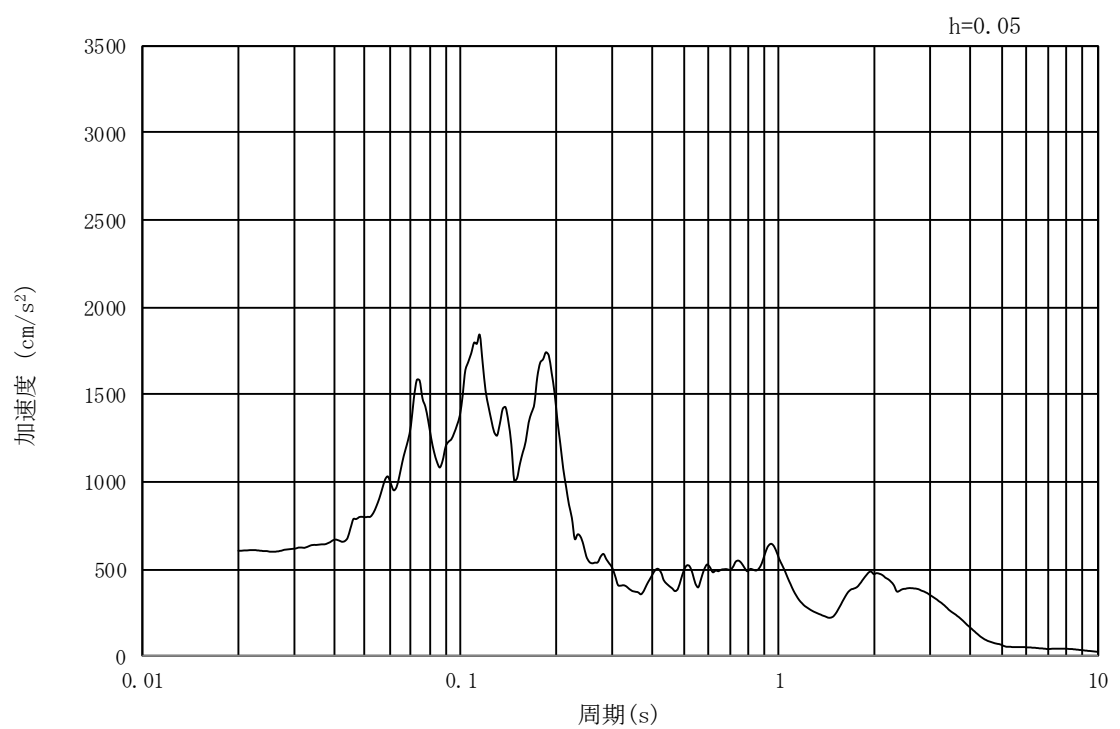
(b) 加速度応答スペクトル

図 17.3-2 (11) 東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平方向 :  $S_s - 1.3$ )





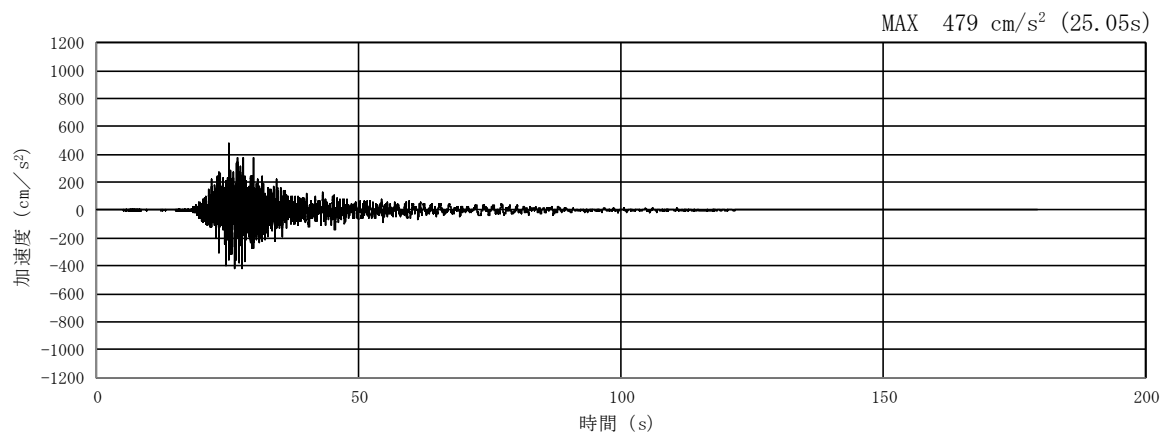
(a) 加速度時刻歴波形



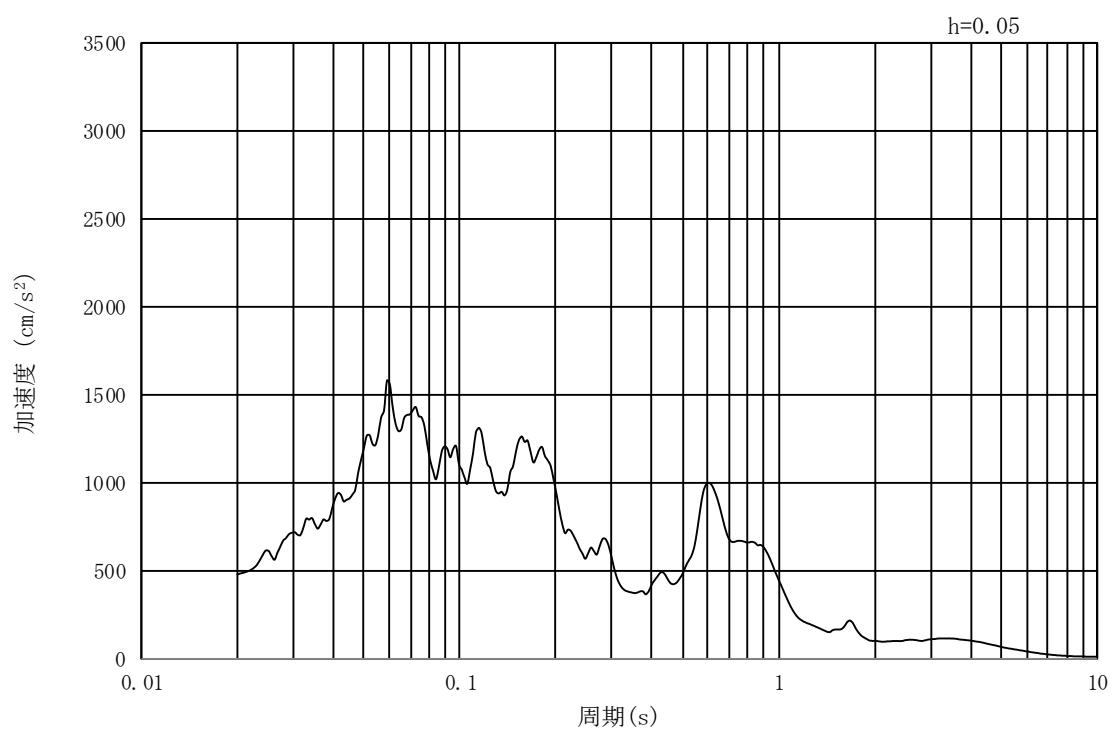
(b) 加速度応答スペクトル

図 17.3-2 (12) 南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平方向:  $S_s - 1.3$ )





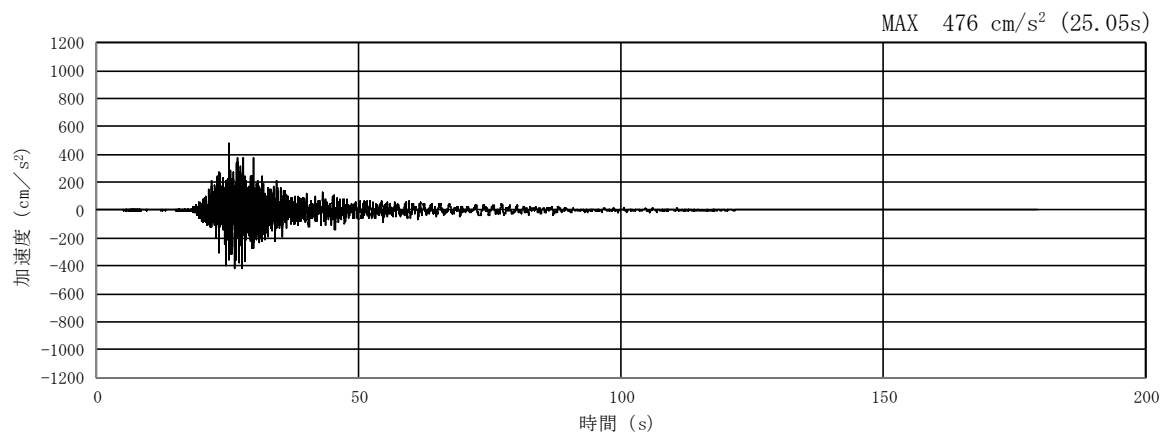
(a) 加速度時刻歴波形



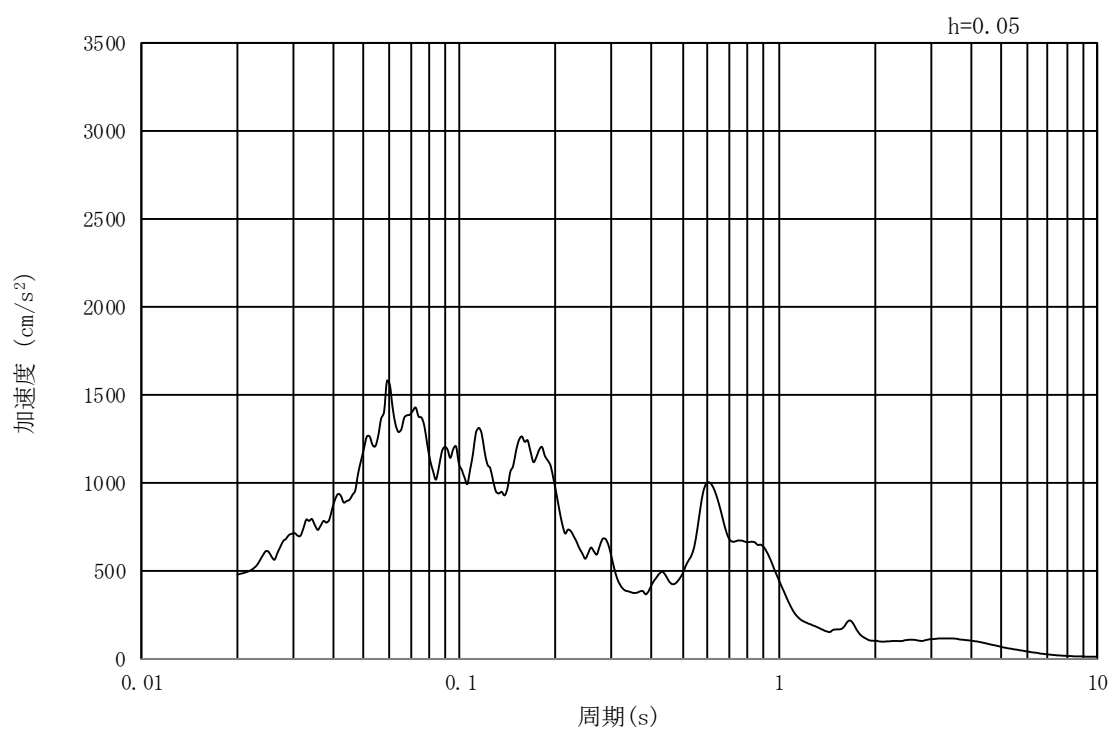
(b) 加速度応答スペクトル

図 17.3-2 (13) 東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直方向:  $S_s - 1.3$ )





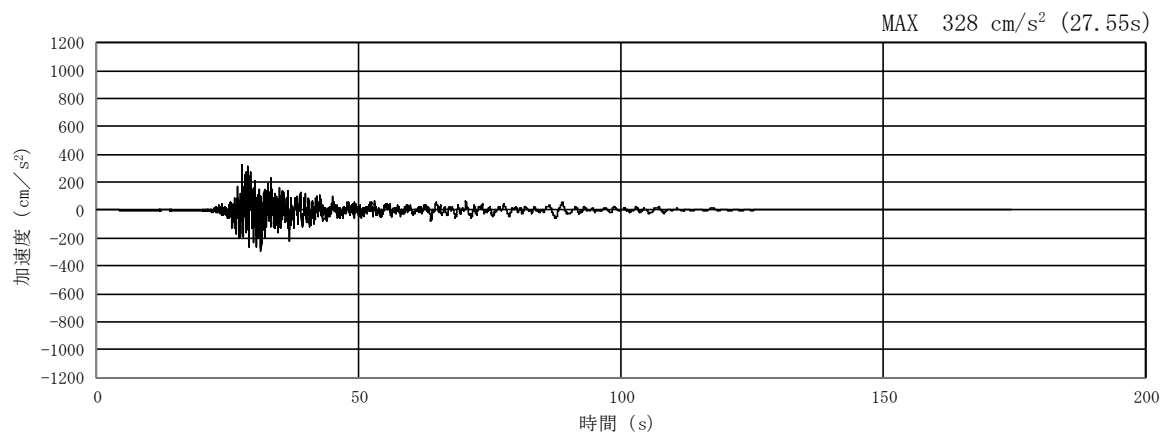
(a) 加速度時刻歴波形



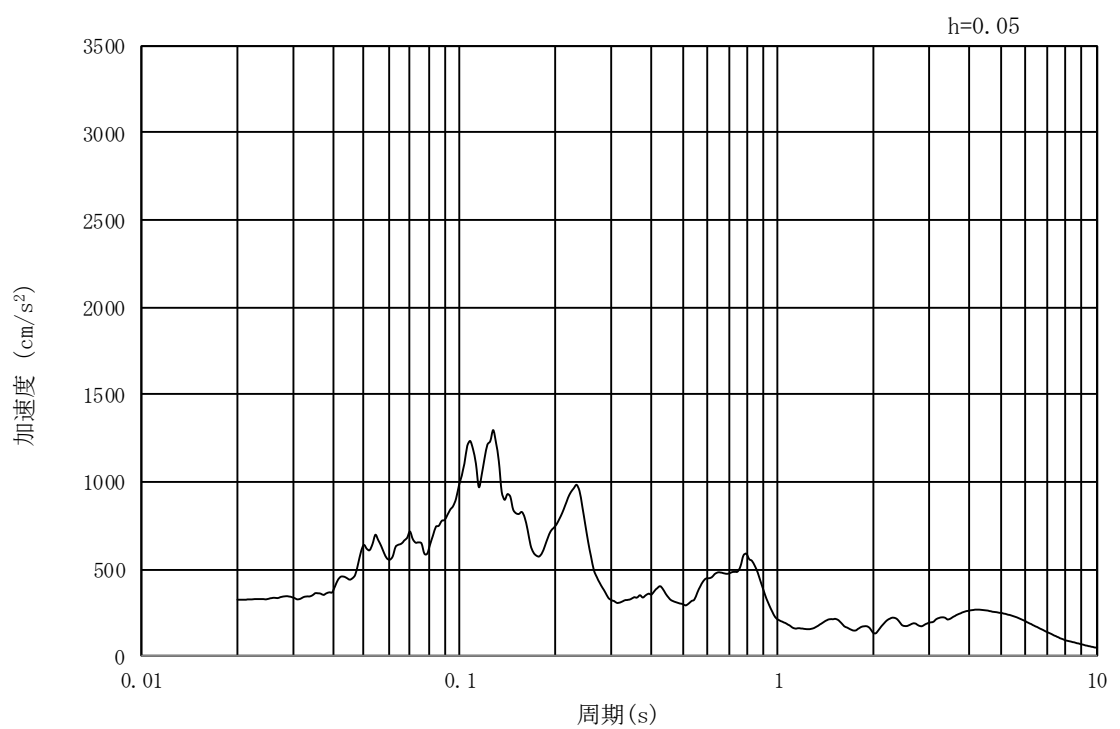
(b) 加速度応答スペクトル

図 17.3-2 (14) 南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直方向 :  $S_s - 1.3$ )





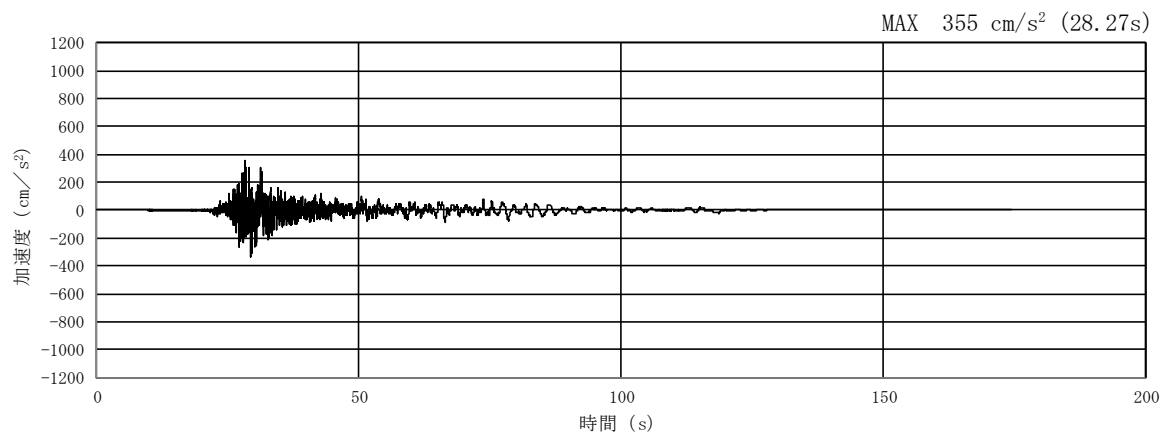
(a) 加速度時刻歴波形



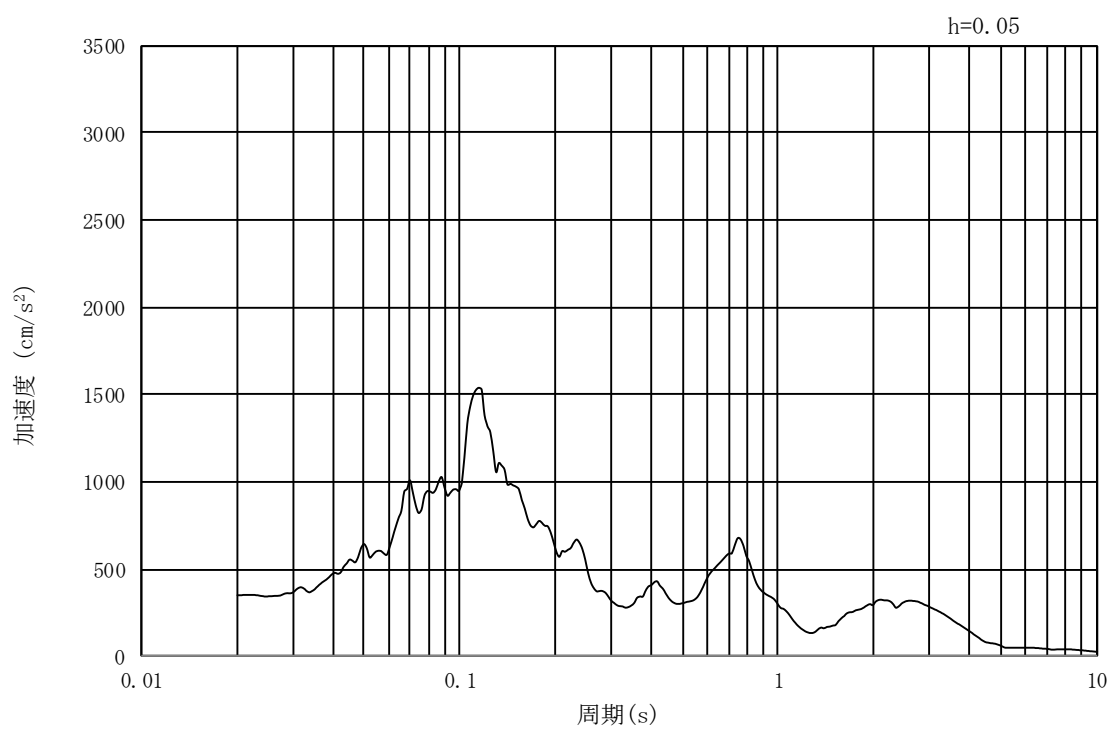
(b) 加速度応答スペクトル

図 17.3-2 (15) 東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平方向:  $S_s - 1.4$ )





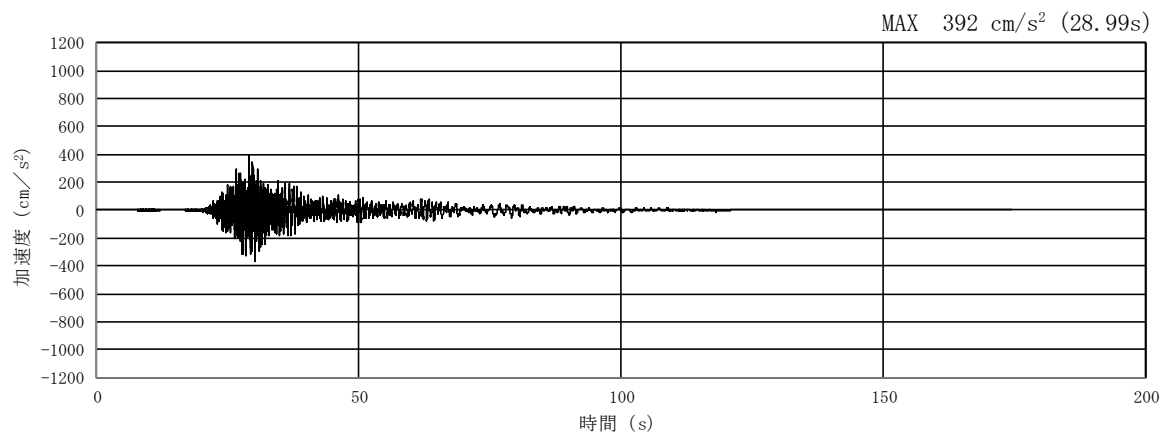
(a) 加速度時刻歴波形



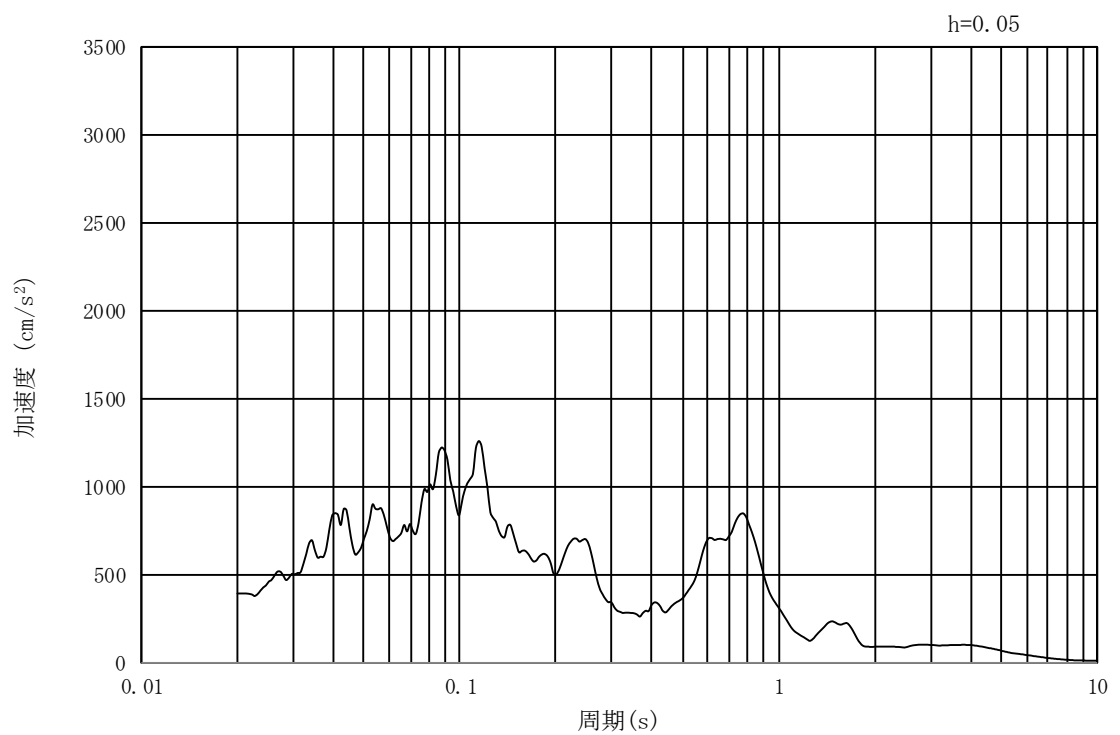
(b) 加速度応答スペクトル

図 17.3-2 (16) 南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平方向:  $S_s - 1.4$ )





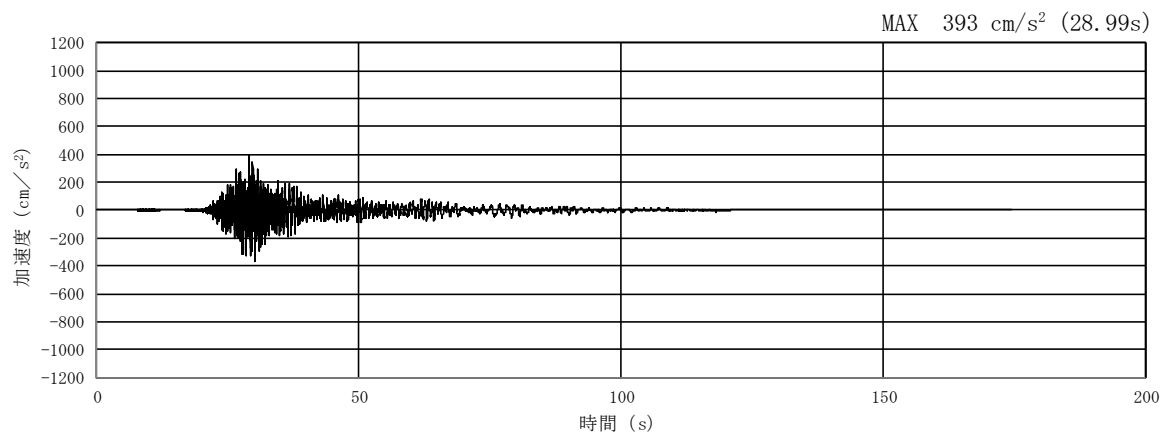
(a) 加速度時刻歴波形



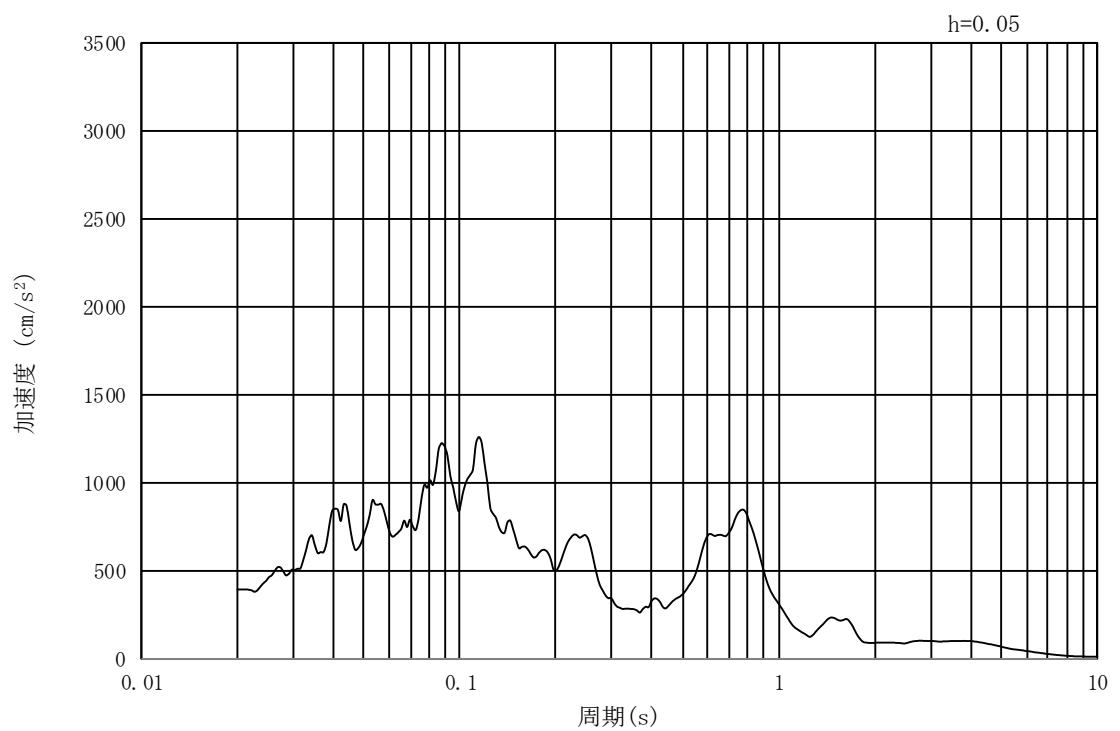
(b) 加速度応答スペクトル

図 17.3-2 (17) 東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直方向:  $S_s - 1.4$ )





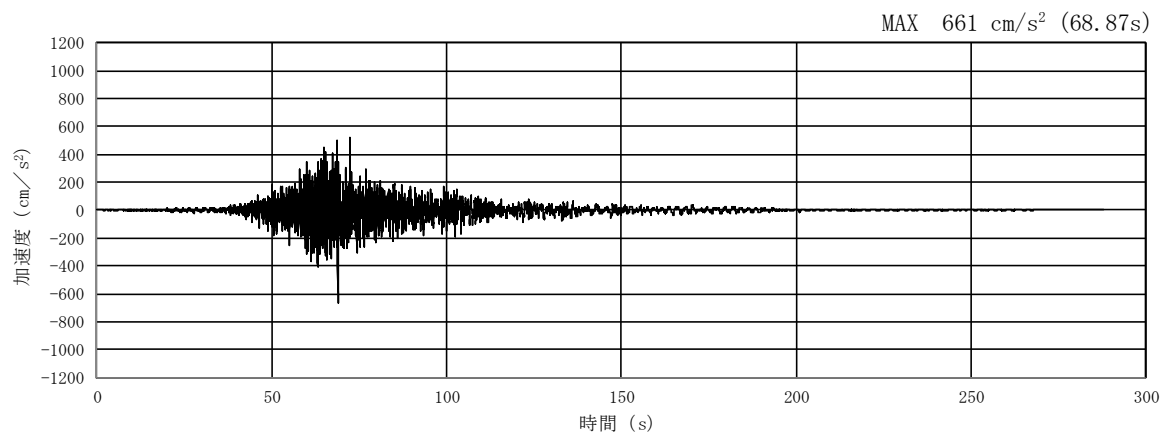
(a) 加速度時刻歴波形



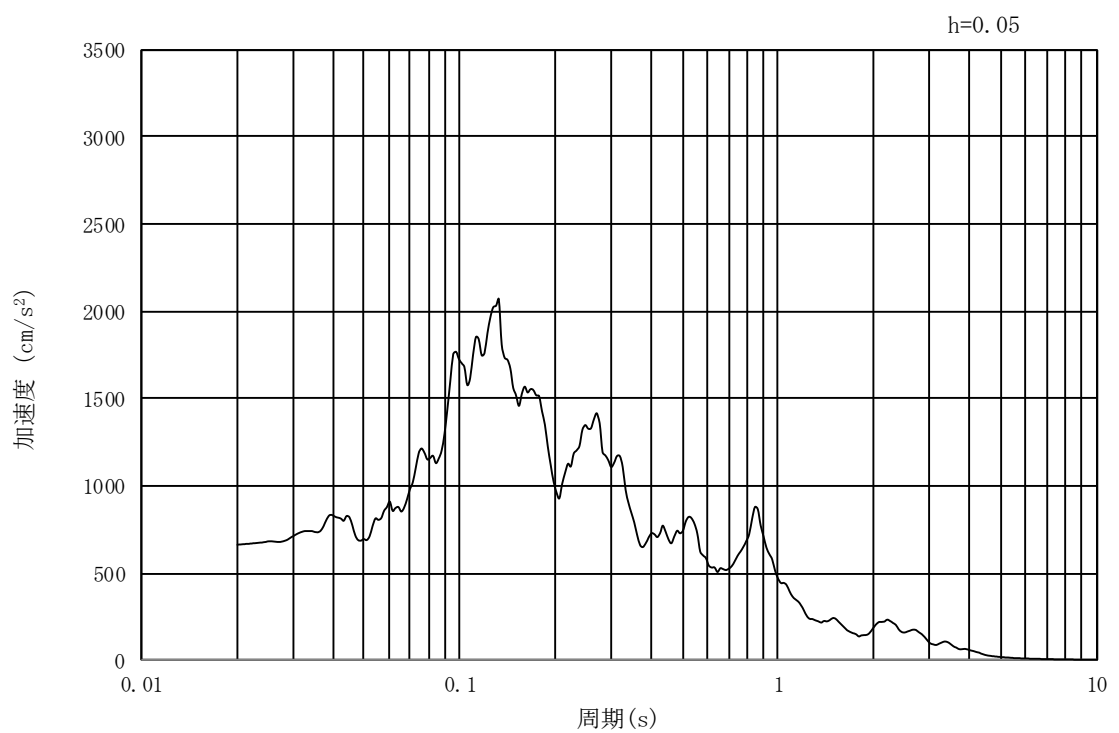
(b) 加速度応答スペクトル

図 17.3-2 (18) 南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直方向： $S_s - 1.4$ )





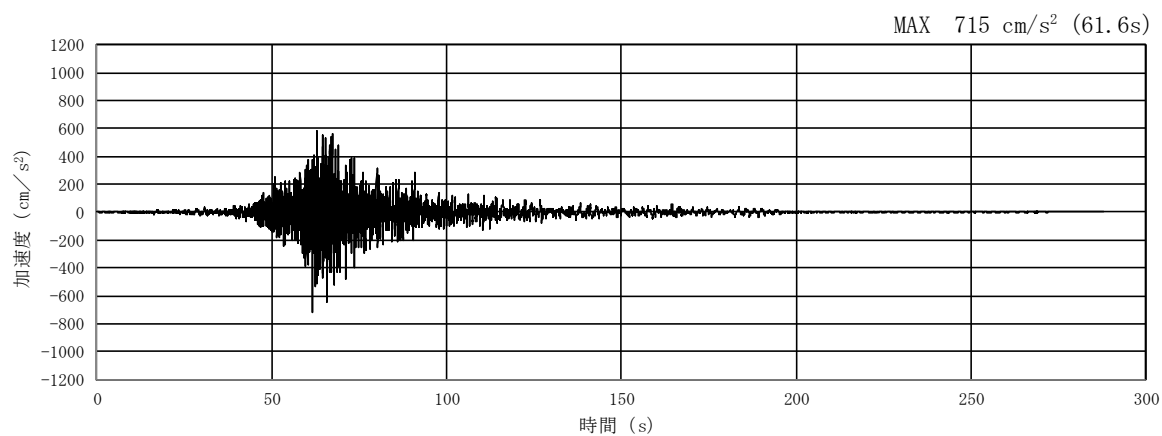
(a) 加速度時刻歴波形



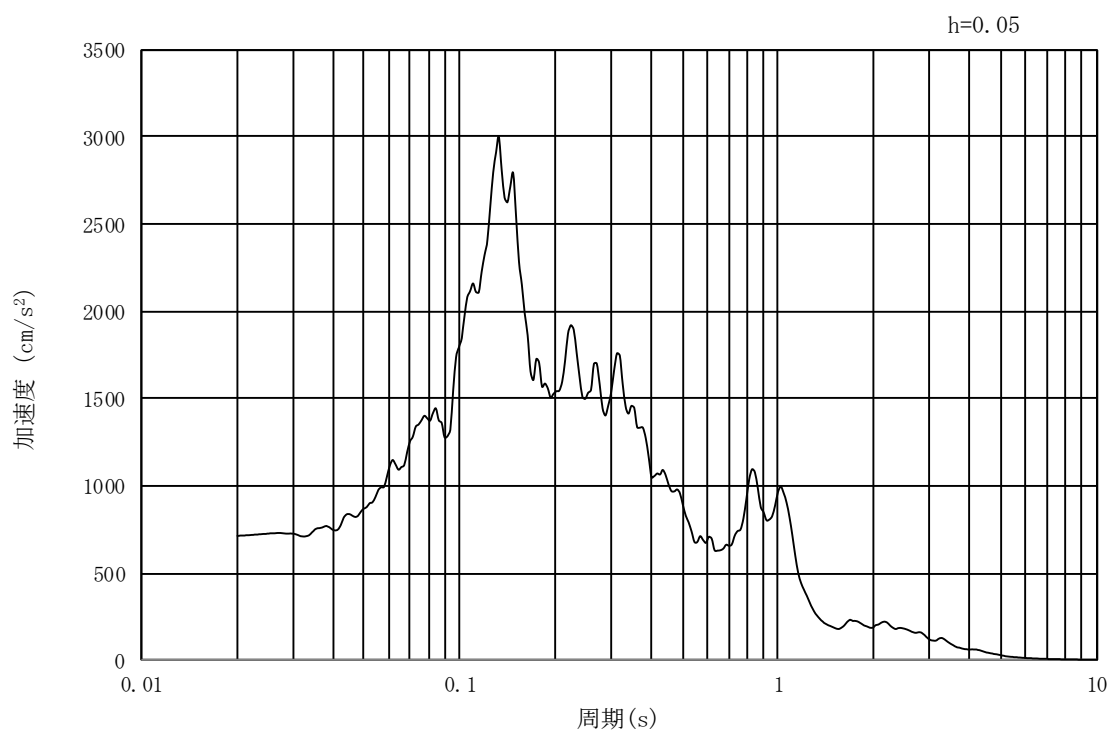
(b) 加速度応答スペクトル

図 17.3-2 (19) 東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平方向:  $S_s - 21$ )





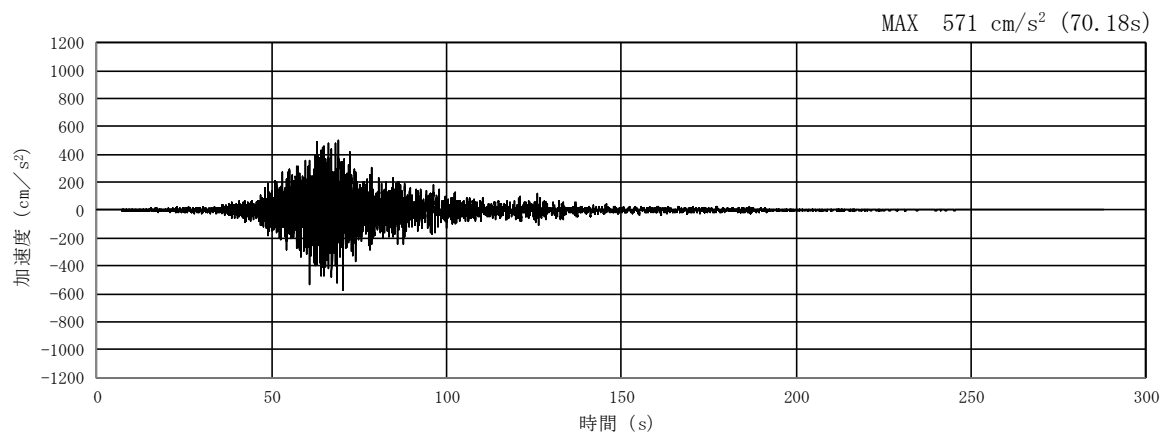
(a) 加速度時刻歴波形



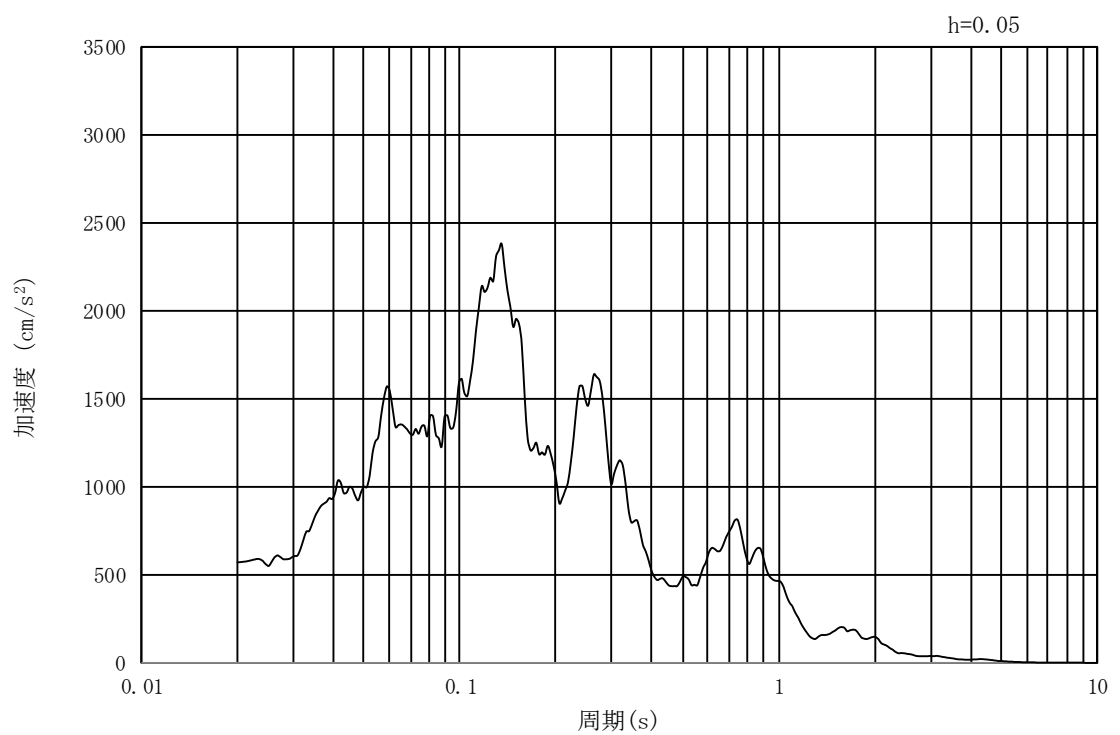
(b) 加速度応答スペクトル

図 17.3-2 (20) 南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平方向 :  $S_s - 21$ )





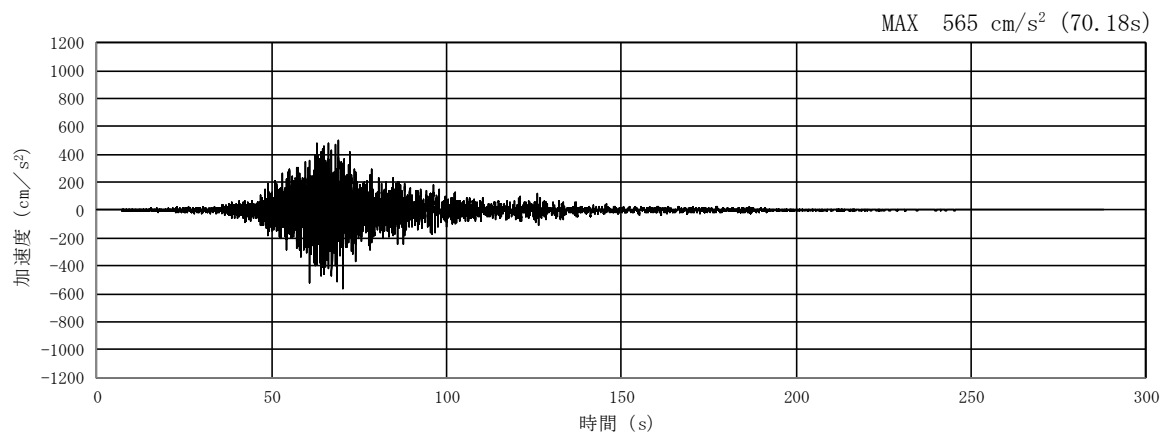
(a) 加速度時刻歴波形



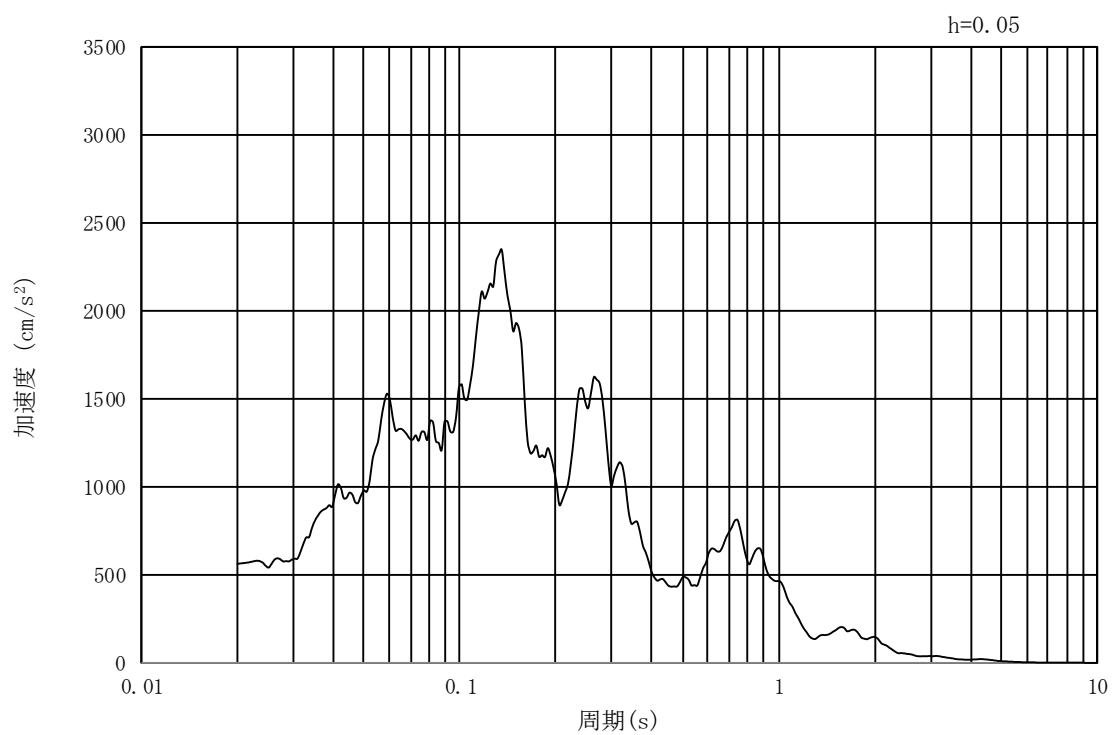
(b) 加速度応答スペクトル

図 17.3-2 (21) 東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直方向：S<sub>s</sub>-21)





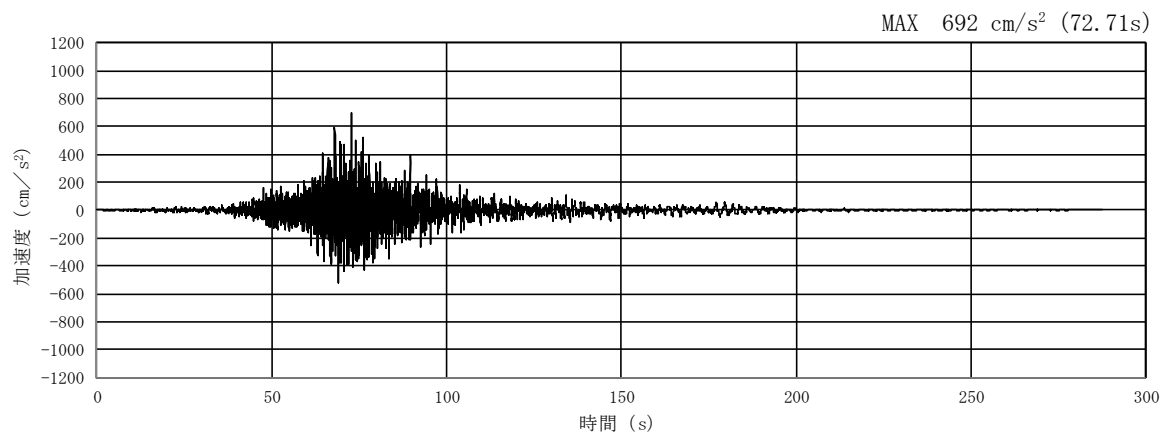
(a) 加速度時刻歴波形



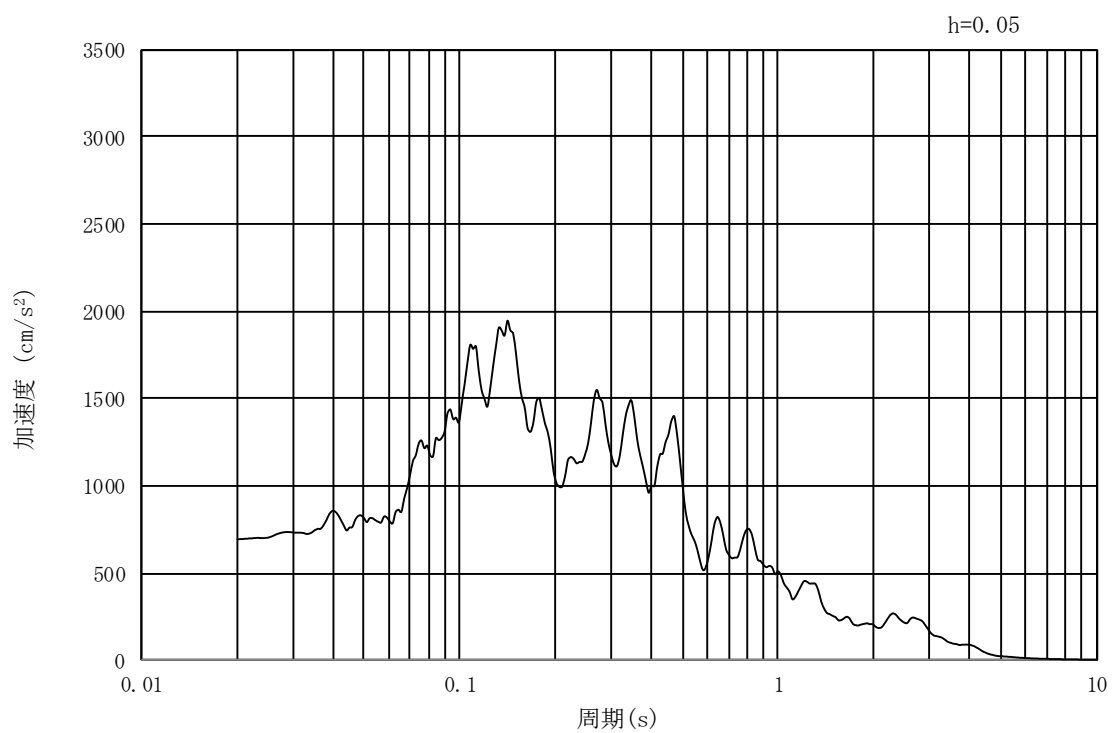
(b) 加速度応答スペクトル

図 17.3-2 (22) 南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直方向:  $S_s - 2.1$ )





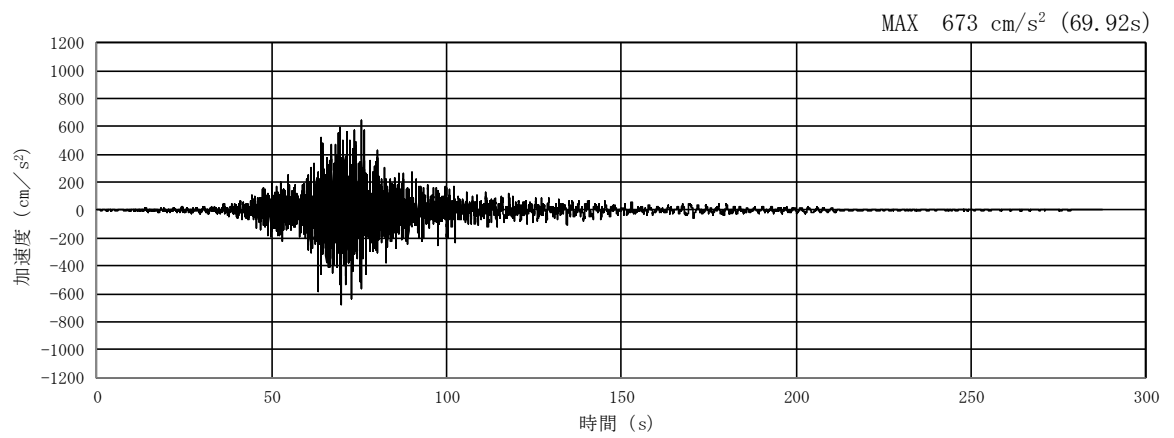
(a) 加速度時刻歴波形



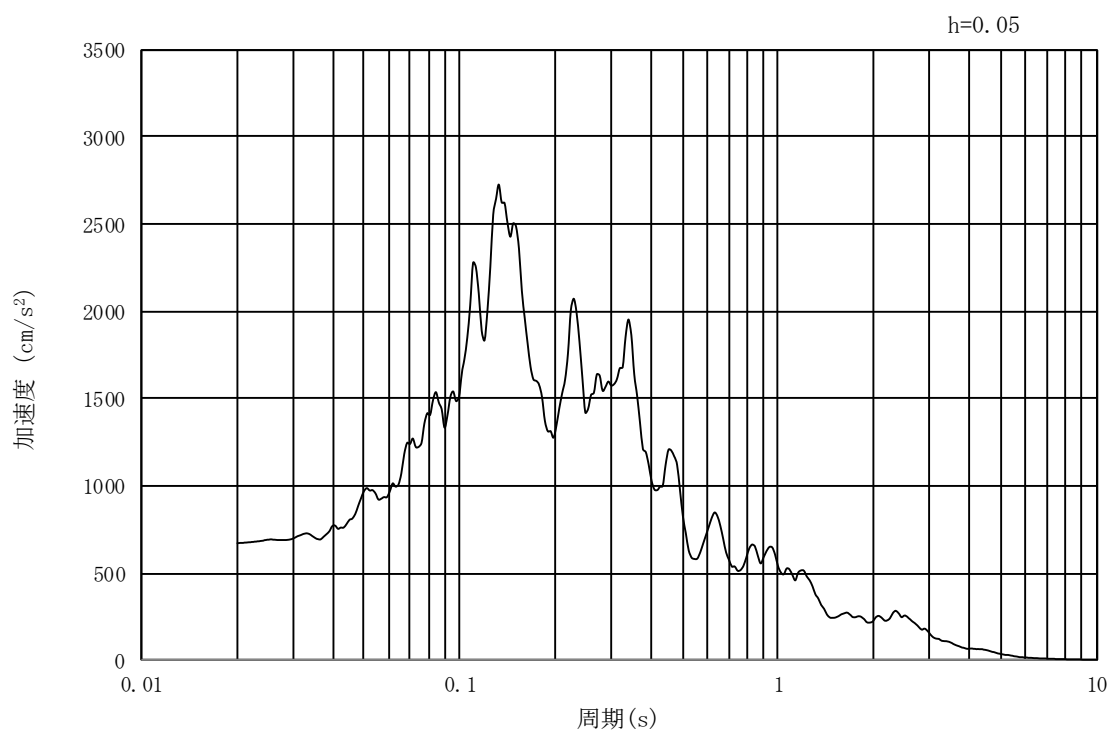
(b) 加速度応答スペクトル

図 17.3-2 (23) 東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平方向 :  $S_s - 2.2$ )





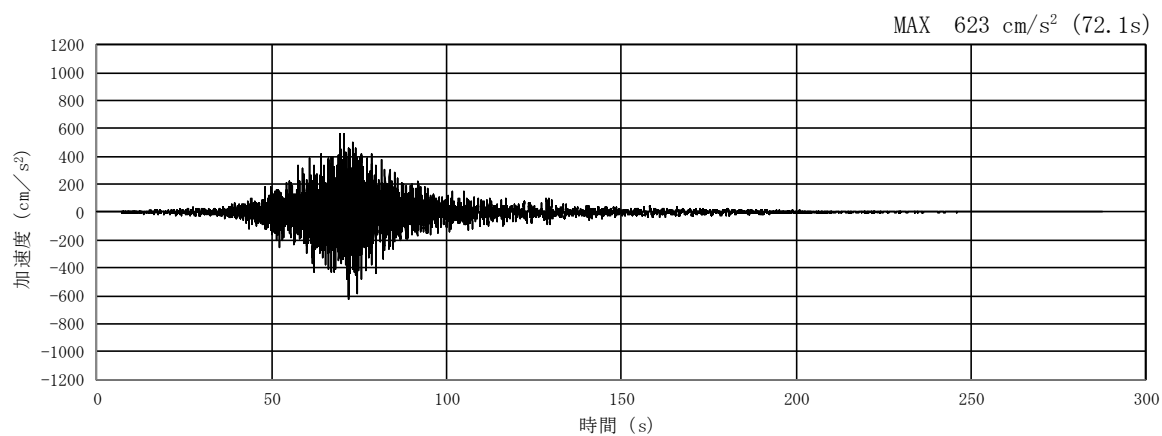
(a) 加速度時刻歴波形



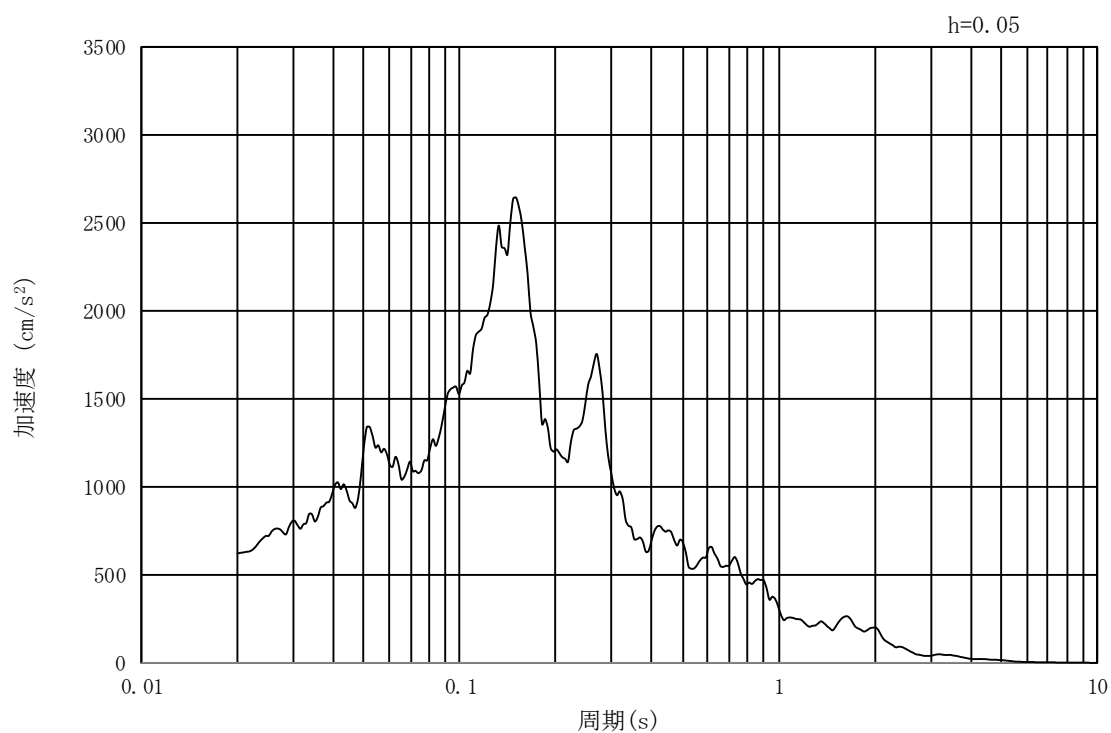
(b) 加速度応答スペクトル

図 17.3-2 (24) 南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平方向:  $S_s - 2.2$ )





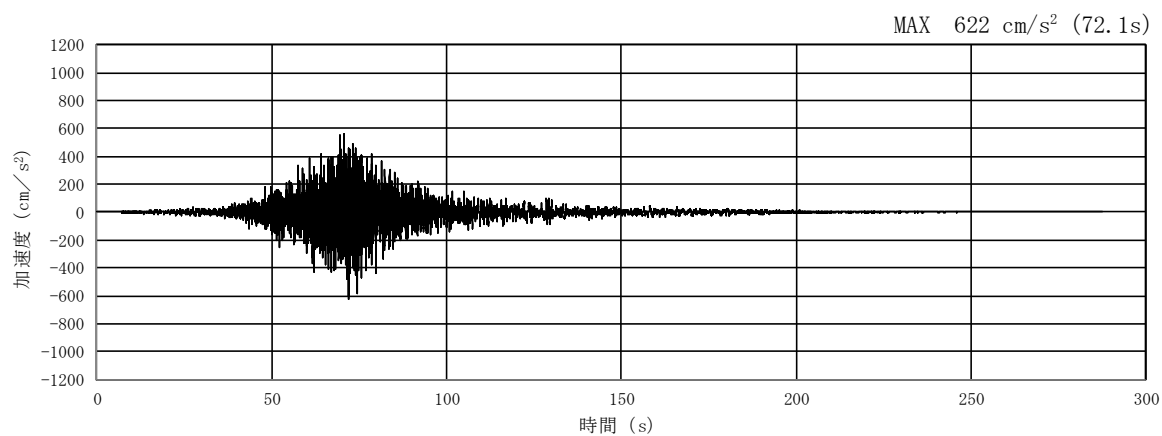
(a) 加速度時刻歴波形



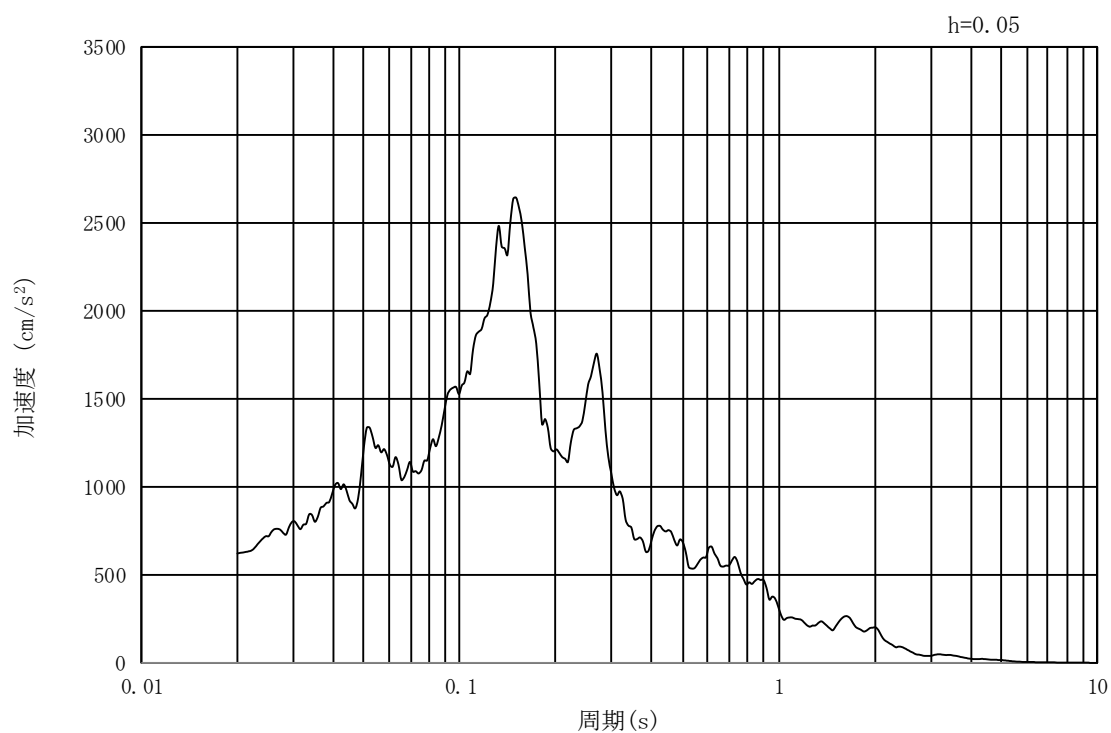
(b) 加速度応答スペクトル

図 17.3-2 (25) 東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直方向： $S_s - 2.2$ )





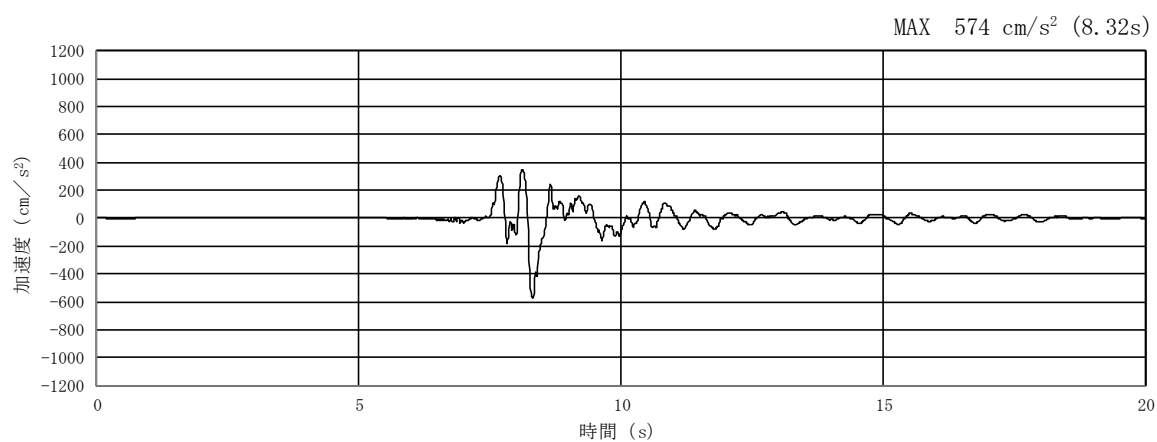
(a) 加速度時刻歴波形



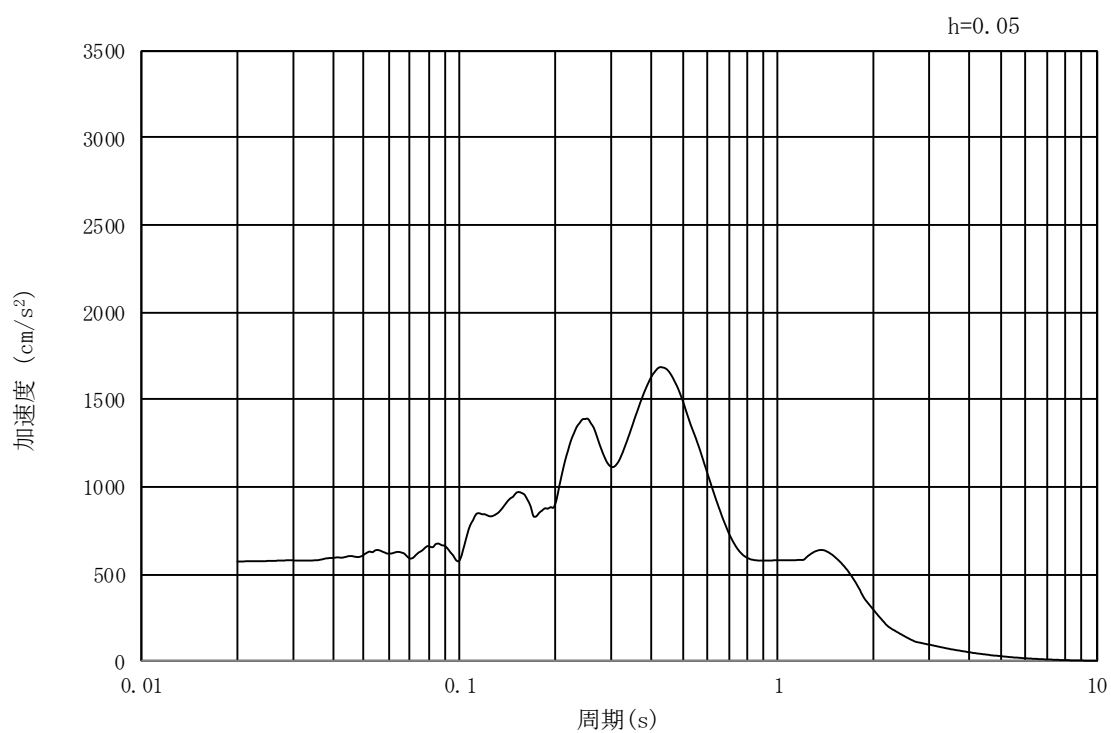
(b) 加速度応答スペクトル

図 17.3-2 (26) 南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直方向： $S_s - 2.2$ )





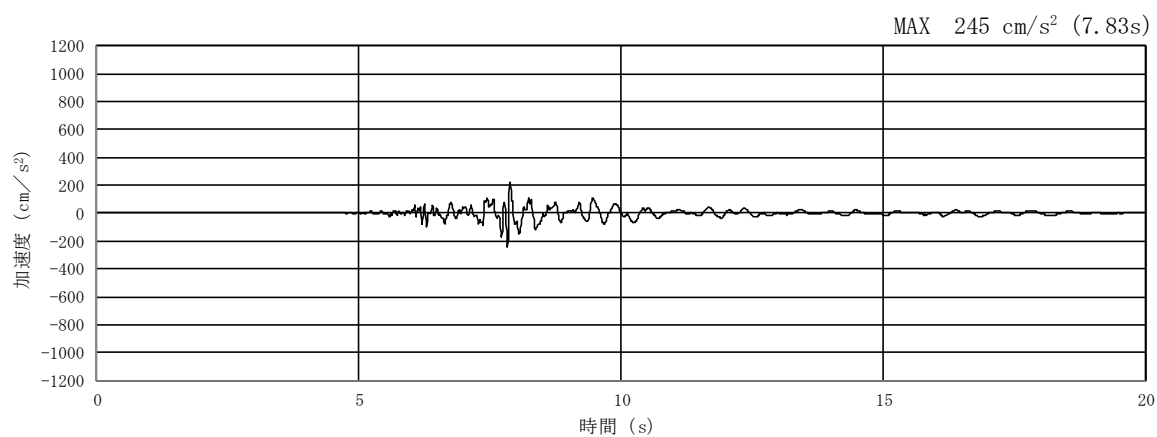
(a) 加速度時刻歴波形



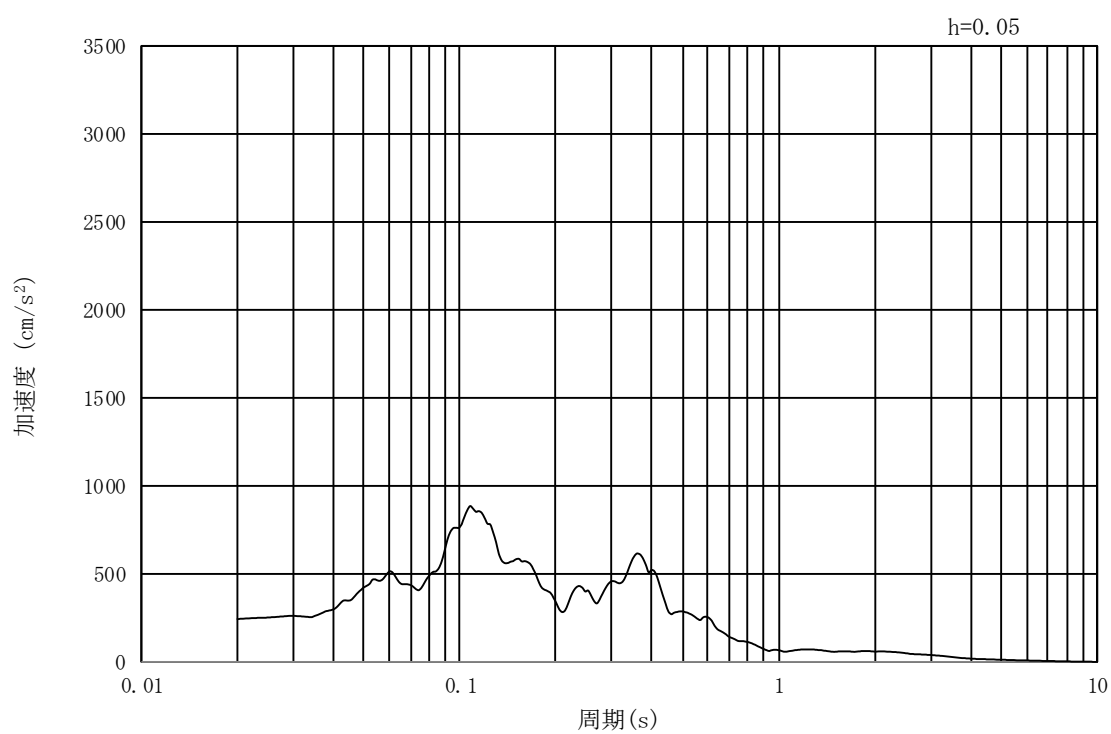
(b) 加速度応答スペクトル

図 17.3-2 (27) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平方向 :  $S_s - 3.1$ )





(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

図 17.3-2 (28) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直方向 : S<sub>s</sub> - 3 1)



### 17.3.2 許容限界の設定

#### (1) 許容応力度による許容限界

緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎の構造部材は、許容応力度による照査を行う。評価位置においてコンクリートの圧縮応力度、鉄筋の引張応力度、コンクリートのせん断応力度が許容応力度以下であることを確認する。

**短期**許容応力度については、「コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（（社）土木学会，2002年制定）」，「道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成14年3月）」に基づき，コンクリート，鉄筋及び鋼管杭の許容応力度に対して割増係数1.5を考慮し，表17.3-1のとおり設定する。

表 17.3-1 許容応力度

| 評価項目  |                             |     | 短期許容応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) |
|---|-----------------------------|-----|---------------------------------|
| コンクリート*1<br>(f' <sub>ck</sub> =40 N/mm <sup>2</sup> ) | 許容曲げ圧縮応力度 $\sigma_{ca}$     |     | 21.0                            |
|   | 許容せん断応力度 $\tau_{a1}$        |     | 0.825*4                         |
| 鉄筋(SD490)*2   | 許容引張応力度 $\sigma_{sa}$ (曲げ)  |     | 435                             |
|   | 許容引張応力度 $\sigma_{sa}$ (せん断) |     | 300                             |
| 鋼管杭(SKK490)*3   | 母材部<br>溶接部                  | 引張  | 277.5                           |
|   |                             | 圧縮  | 277.5                           |
|   |                             | せん断 | 157.5                           |

注記 \*1：コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（（社）土木学会，2002年制定）

\*2：道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成24年3月）

\*3：道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成14年3月）

\*4：斜め引張鉄筋を考慮する場合は，「コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（（社）土木学会，2002年制定）」を適用し，次式により求められる許容せん断力（ $V_a$ ）を許容限界とする。

$$V_a = V_{ca} + V_{sa}$$

ここで，

$V_{ca}$  : コンクリートの許容せん断力

$$V_{ca} = 1/2 \cdot \tau_{a1} \cdot b_w \cdot j \cdot d$$

$V_{sa}$  : 斜め引張鉄筋の許容せん断力

$$V_{sa} = A_w \cdot \sigma_{sa2} \cdot j \cdot d / s$$

$\tau_{a1}$  : 斜め引張鉄筋を考慮しない場合の許容せん断応力度

$b_w$  : 有効幅

$j$  : 1/1.15



d : 有効高さ  
A<sub>w</sub> : 斜め引張鉄筋断面積  
 $\sigma_{sa2}$  : 鉄筋の許容引張応力度  
s : 斜め引張鉄筋間隔

表 17.3-2 斜め引張鉄筋を配置する部材のせん断力に対する許容限界 (追而)



(2) 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

極限支持力は、道路橋示方書の支持力算定式等に基づき、対象施設の岩盤の室内試験結果（せん断強度）等より設定する。

道路橋示方書による杭基礎における支持力算定式を以下に示す。杭基礎構造を有する耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設について、豊浦標準砂の液状化強度特性により強制的に液状化させることを仮定した耐震設計を行う場合は、第四系の杭周面摩擦力を支持力として考慮せず、杭先端の支持岩盤への接地圧に対する支持力評価を行うことを基本とする。ただし、杭を根入れした岩盤及び岩着している地盤改良体とその上方の非液状化層が連続している場合は、杭周面摩擦力を支持力として考慮する場合がある。

極限支持力算定式（杭基礎〔中掘り工法〕）

$$R_u = q_d A + U \sum L_i f_i$$

$R_u$  : 地盤から決まる杭の極限支持力 (kN)

$q_d$  : 杭先端における単位面積あたりの極限支持力度 (kN/m<sup>2</sup>)

$$q_d = 3 \cdot q_u$$

$q_u$  : 支持岩盤の一軸圧縮強度 (kN/m<sup>2</sup>)

$A$  : 杭先端面積 (m<sup>2</sup>)

$U$  : 杭の周長 (m)

$L_i$  : 周面摩擦力を考慮する層の層厚 (m)

$f_i$  : 周面摩擦力を考慮する層の最大周面摩擦力度 (kN/m<sup>2</sup>)

緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎における許容限界を表 17.3-3 に示す。

表 17.3-3 基礎地盤の支持力に対する許容限界（追而）



## 17.4 評価結果

### 17.4.1 地震応答解析結果

地震応答解析結果として「断面力分布」「最大せん断ひずみ分布」「過剰間隙水圧比分布」及び「緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎周辺に発生する最大加速度分布」を示す。

#### (1) 構造部材の断面力分布

緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎のコンクリートの曲げ軸力に対する照査、鉄筋の曲げ軸力に対する照査、コンクリートのせん断力に対する照査の各照査に対して、全地震波のうち最も厳しい照査値となった照査結果を表 17.4-1～表 17.4-3 に示す。

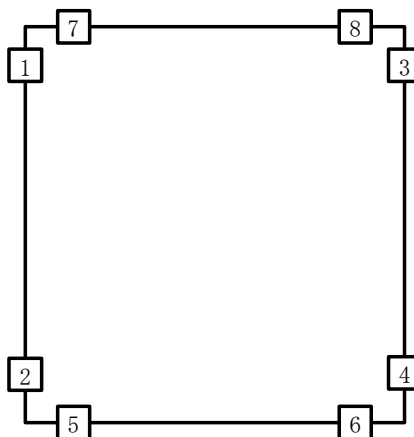
緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎躯体の断面力分布（曲げモーメント、軸力、せん断力）を図 17.4-1 に示す。本図は構造部材の曲げ軸力、せん断力照査結果が最も厳しくなる部材の評価時刻における断面力分布を示したものである。

また、最大せん断ひずみ分布図を図 17.4-2 に示し、過剰間隙水圧比の分布図を図 17.4-3 に示す。これらの図は、各要素に発生したせん断ひずみ及び過剰間隙水圧比の全時刻における最大値の分布を示したものである。

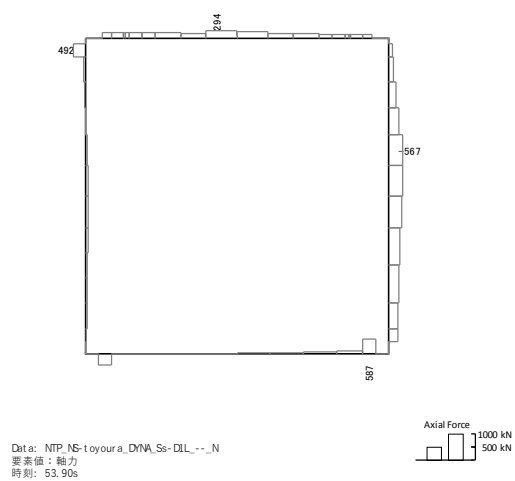
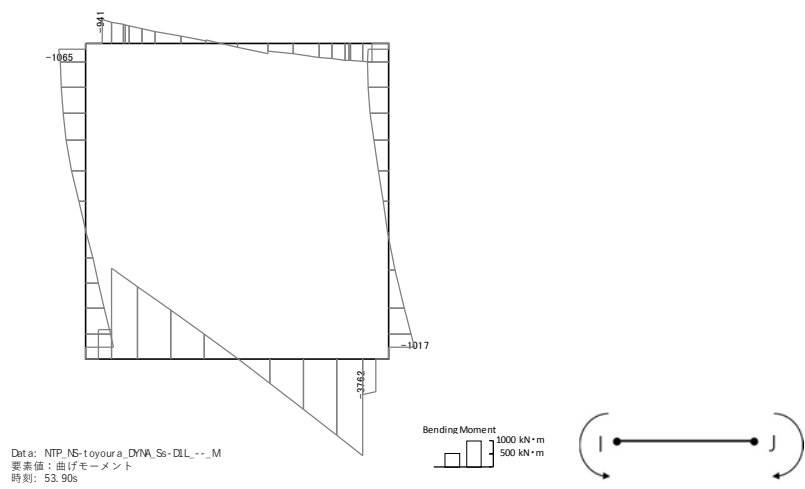
表 17.4-1 コンクリートの曲げ軸力に対する照査結果  
(各部材において最も厳しい照査値とその地震波)

| 評価位置 |   | 断面形状 (mm) |         |         | 引張<br>鉄筋量<br>(mm <sup>2</sup> ) | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 圧縮<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値   | 検討<br>ケース | 地震波      |
|------|---|-----------|---------|---------|---------------------------------|-----------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-------|-----------|----------|
|      |   | 部材<br>幅   | 部材<br>高 | 有効<br>高 |                                 |                       |            |                                   |                                     |       |           |          |
| 底版   | 6 | 1000      | 1000    | 750     | 21440                           | -3762                 | 587        | 20.9                              | 21.0                                | 0.996 | ④         | Ss-D1_-- |
| 側壁   | 1 | 1000      | 1000    | 860     | 7652.8                          | -1056                 | 513        | 7.0                               | 21.0                                | 0.353 | ④         | Ss-D1_-- |
| 頂版   | 7 | 1000      | 700     | 560     | 5139.2                          | -872                  | 191        | 14.2                              | 21.0                                | 0.677 | ④         | Ss-D1_-- |

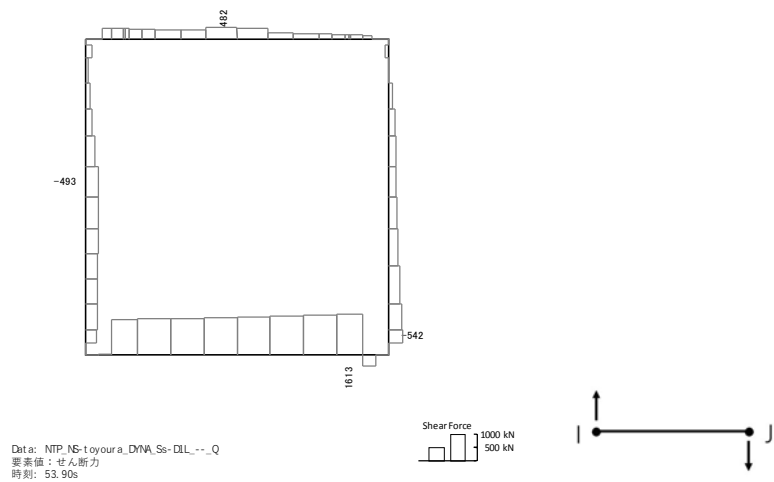
※1 評価位置は下図に示す











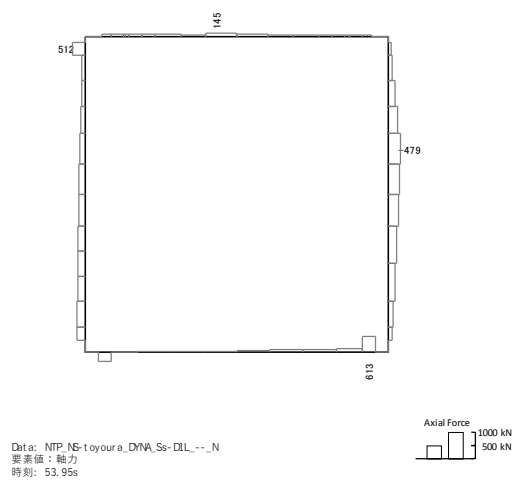
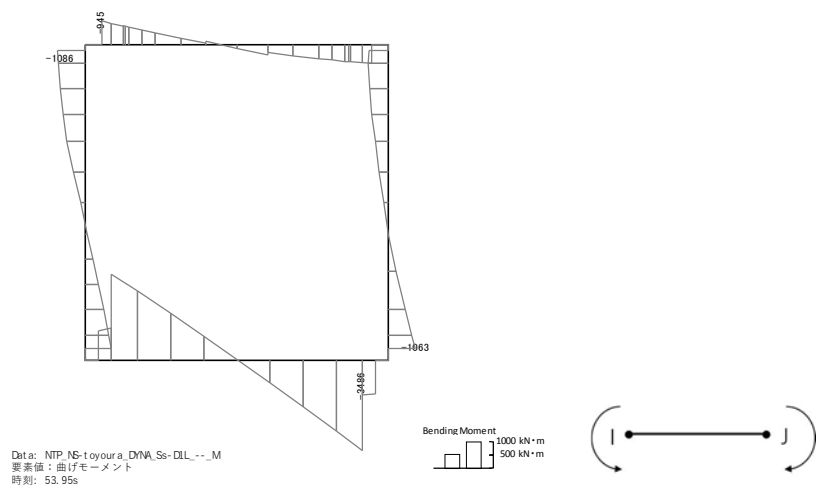
せん断力 (kN)

図 17.4-1 (1) 底版において最も厳しい照査値となる時刻の断面力分布

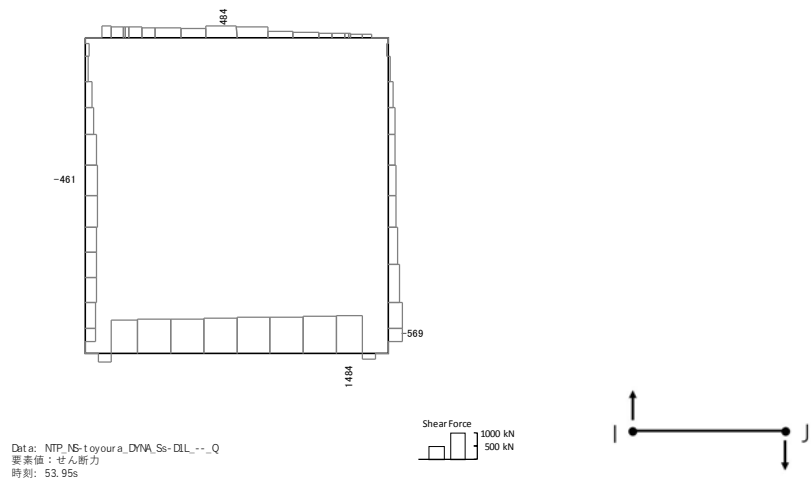
( $S_s-D 1$  (H-, V-),  $t=53.90s$ )

(検討ケース④: 敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により  
 地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)





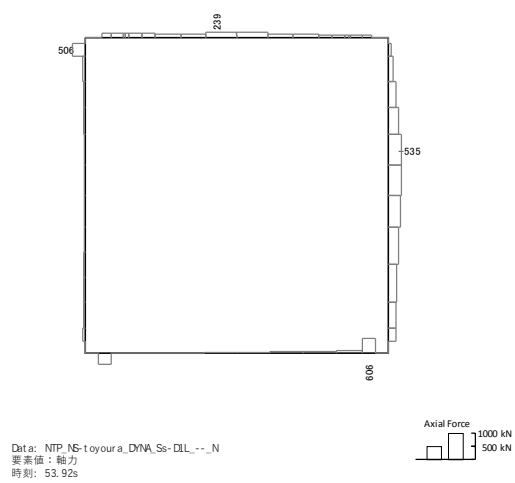
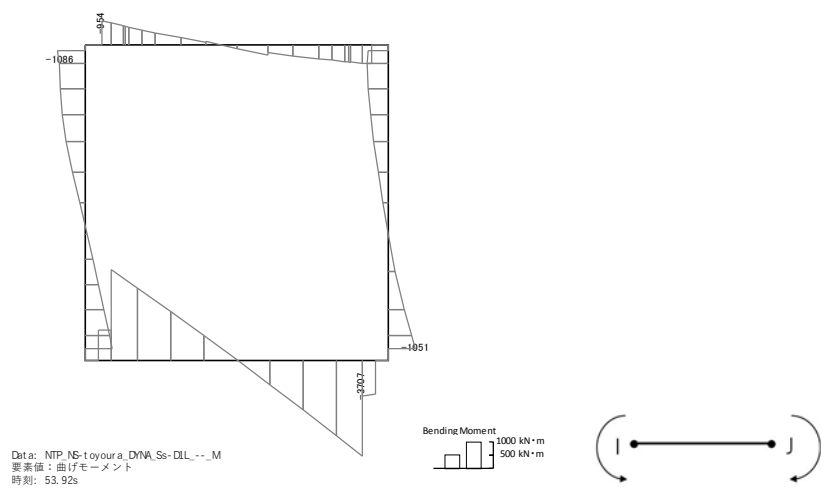




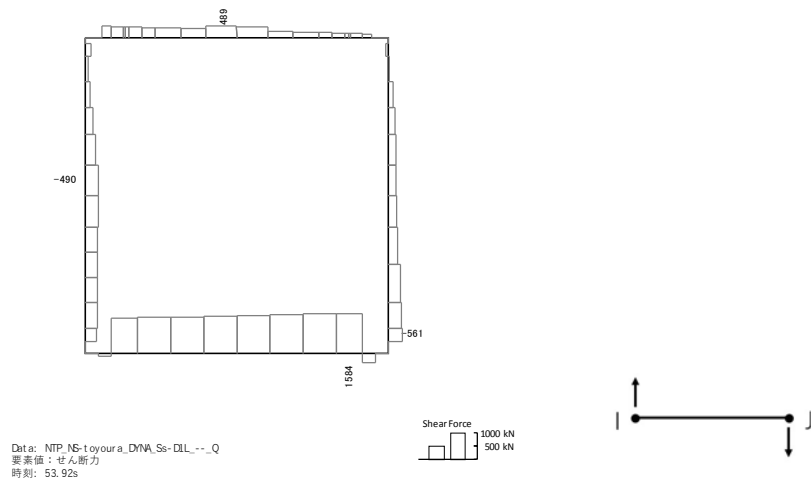
せん断力 (kN)

図 17.4-1 (2) 側壁において最も厳しい照査値となる時刻の断面力分布  
 (S<sub>s</sub>-D 1 (H-, V-), t=53.95s)  
 (検討ケース④: 敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により  
 地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)









せん断力 (kN)

図 17.4-1 (3) 頂版において最も厳しい照査値となる時刻の断面力分布

( $S_s-D 1$  (H-, V-),  $t=53.92s$ )

(検討ケース④: 敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により  
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)

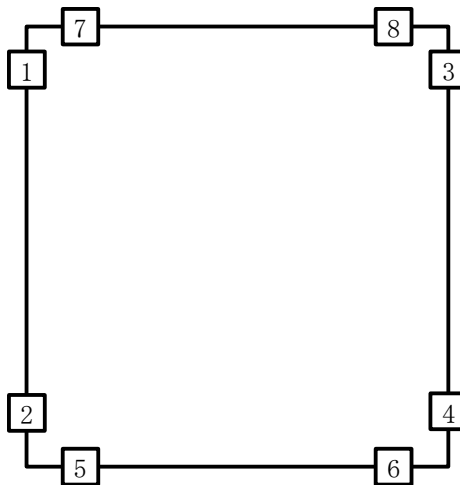


表 17. 4-2 鉄筋の引張に対する照査結果

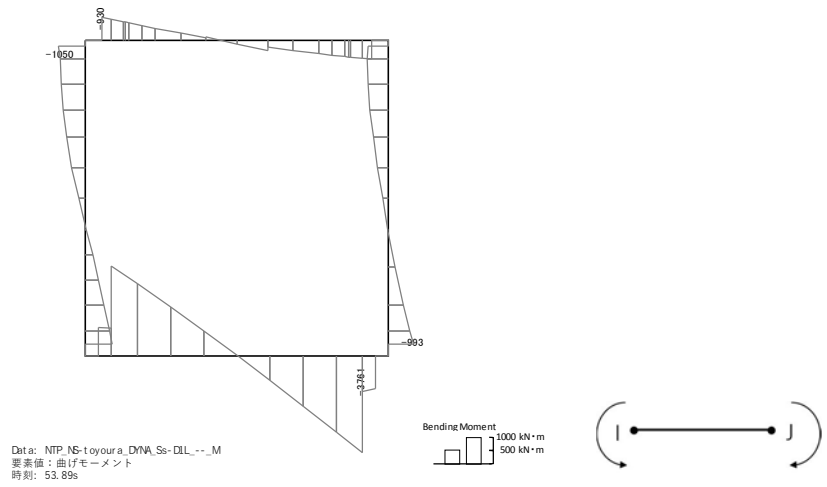
(各部材において最も厳しい照査値とその地震波)

| 評価位置 |   | 断面形状 (mm) |         |         | 引張                        | 曲げ              | 軸力   | 引張                          | 短期許容                        | 照査値   | 検討<br>ケース | 地震波      |
|------|---|-----------|---------|---------|---------------------------|-----------------|------|-----------------------------|-----------------------------|-------|-----------|----------|
|      |   | 部材<br>幅   | 部材<br>高 | 有効<br>高 | 鉄筋量<br>(mm <sup>2</sup> ) | モーメント<br>(kN・m) | (kN) | 応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) |       |           |          |
| 底版   | 6 | 1000      | 1000    | 750     | 21440                     | -3761           | 98   | 353                         | 435                         | 0. 82 | ④         | Ss-D1_-- |
| 側壁   | 4 | 1000      | 1000    | 860     | 7652. 8                   | -899            | -339 | 179                         | 435                         | 0. 42 | ④         | Ss-D1_-- |
| 頂版   | 7 | 1000      | 700     | 560     | 5139. 2                   | -869            | 142  | 341                         | 435                         | 0. 79 | ④         | Ss-D1_-- |

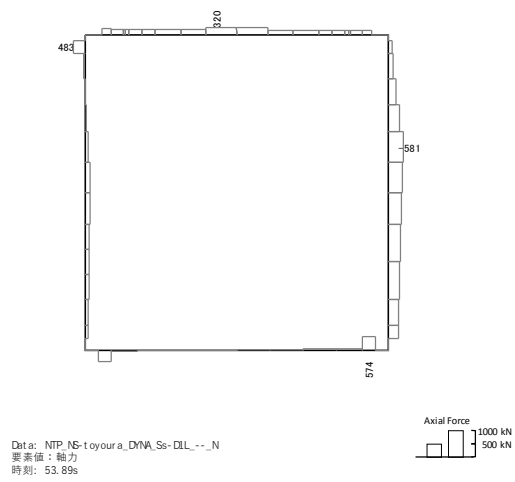
※1 評価位置は下図に示す





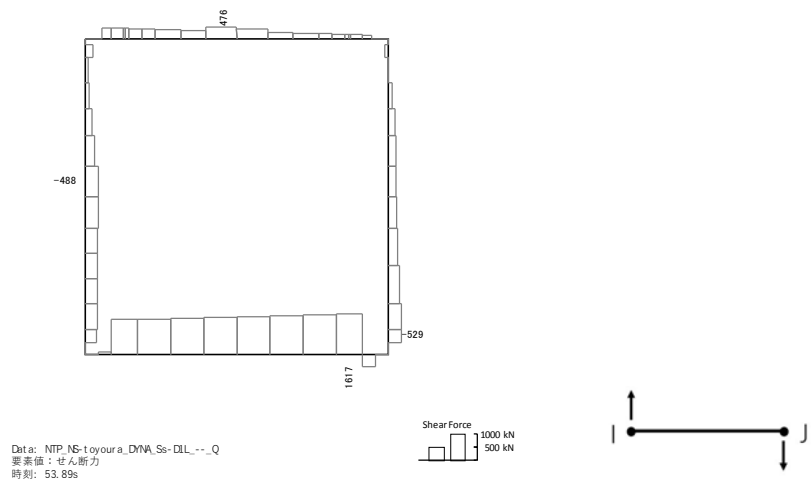


曲げモーメント (kN・m)



軸力 (kN) (+ : 圧縮、- : 引張)





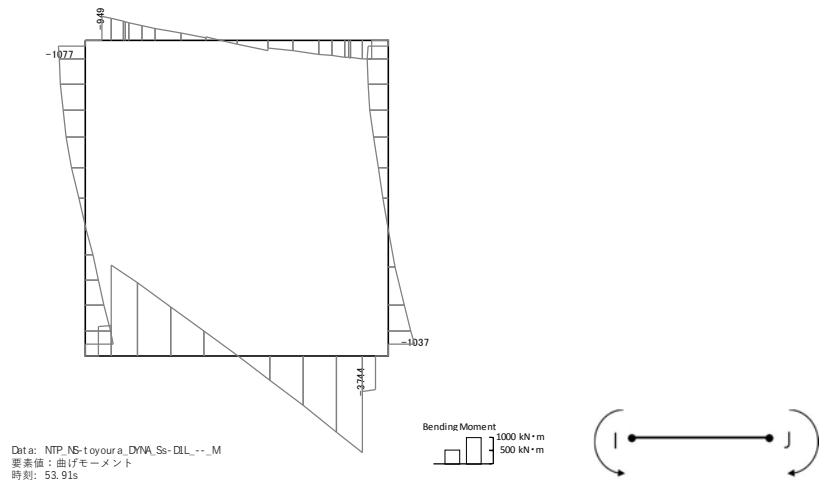
せん断力 (kN)

図 17.4-2 (1) 底版において最も厳しい照査値となる時刻の断面力分布

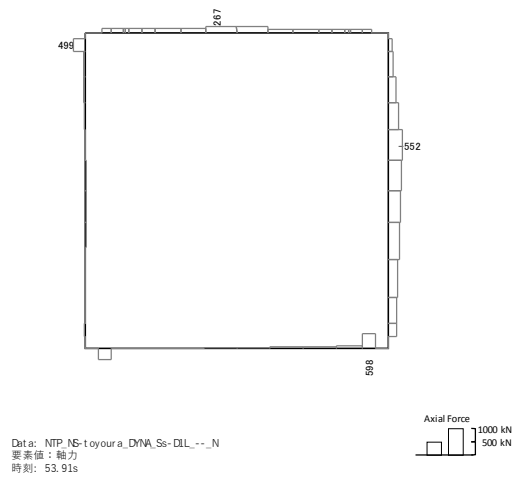
( $S_s-D 1$  (H-, V-),  $t=53.89s$ )

(検討ケース④: 敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により  
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)



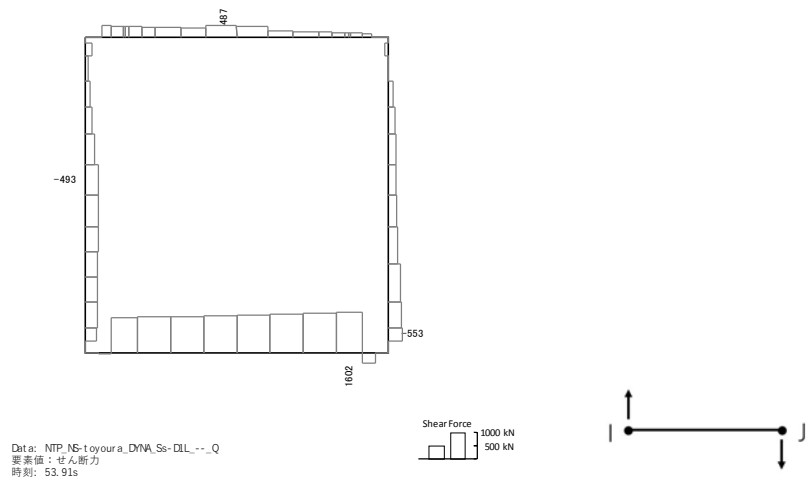


曲げモーメント (kN・m)



軸力 (kN) (+ : 圧縮、- : 引張)





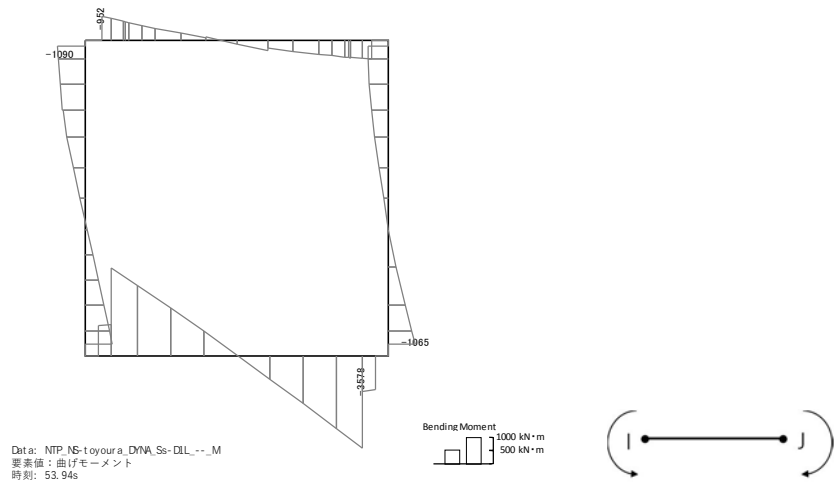
せん断力 (kN)

図 17.4-2 (2) 側壁において最も厳しい照査値となる時刻の断面力分布

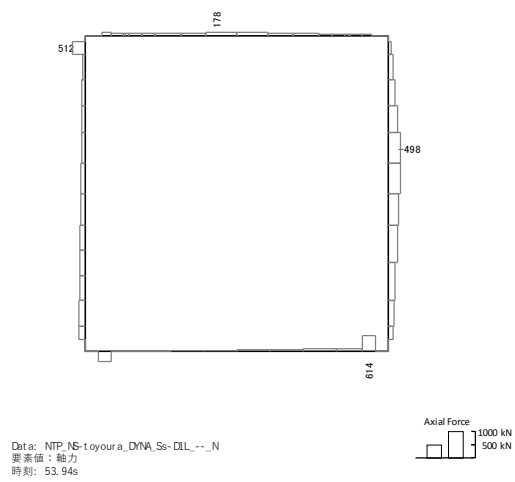
( $S_s-D1$  (H-, V-),  $t=53.91s$ )

(検討ケース④: 敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により  
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)



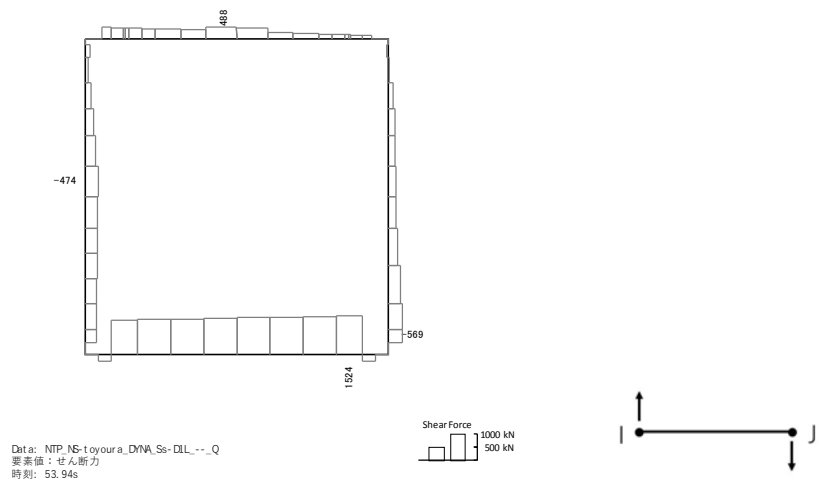


曲げモーメント (kN・m)



軸力 (kN) (+ : 圧縮、- : 引張)





せん断力 (kN)

図 17.4-2 (3) 頂版において最も厳しい照査値となる時刻の断面力分布

( $S_s-D 1 (H-, V-)$ ,  $t=53.94s$ )

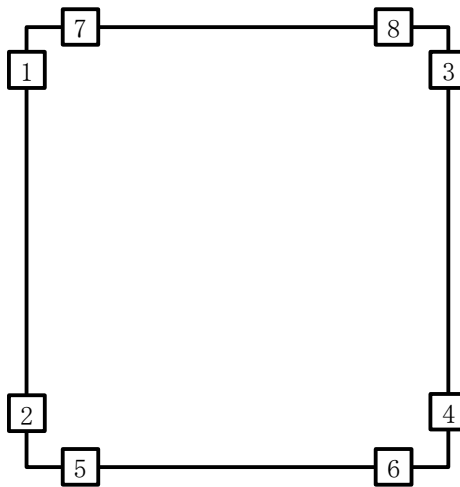
(検討ケース④: 敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により  
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)



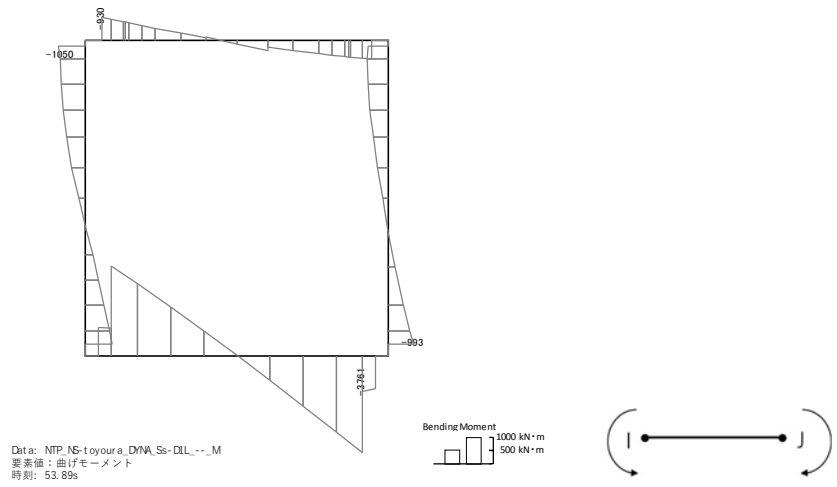
表 17.4-3 コンクリートのせん断力に対する照査結果  
(各部材において最も厳しい照査値とその地震波)

| 評価位置 |   | 断面形状 (mm) |      |     | せん断<br>補強筋<br>(mm) | 発生<br>せん断力<br>(kN) | 短期許容<br>せん断力<br>(kN) | 照査値  | 検討<br>ケース | 地震波      |
|------|---|-----------|------|-----|--------------------|--------------------|----------------------|------|-----------|----------|
|      |   | 部材幅       | 部材高  | 有効高 |                    |                    |                      |      |           |          |
| 底版   | 6 | 1000      | 1000 | 750 | D25                | 1617               | 1855                 | 0.88 | ④         | Ss-D1_-- |
| 側壁   | 2 | 1000      | 1000 | 860 | D25                | 591                | 2127                 | 0.28 | ①         | Ss-13    |
| 頂版   | 7 | 1000      | 700  | 560 | D25                | 452                | 1385                 | 0.33 | ④         | Ss-D1_-- |

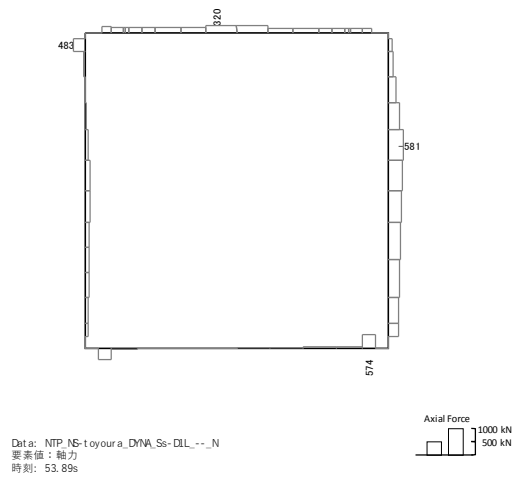
※1 評価位置は下図に示す





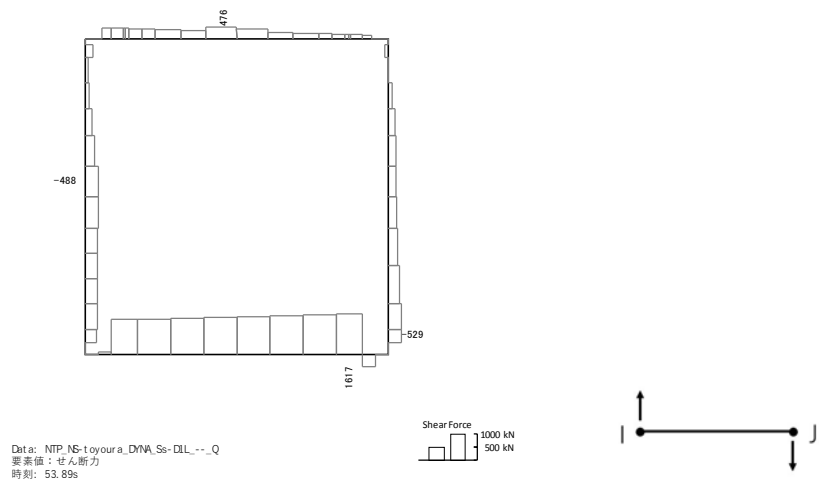


曲げモーメント (kN・m)



軸力 (kN) (+ : 圧縮、- : 引張)





Data: NTP NS-10yoursa\_DINA Ss-DLL\_1\_1\_Q  
要素値: せん断力  
時刻: 53.89s

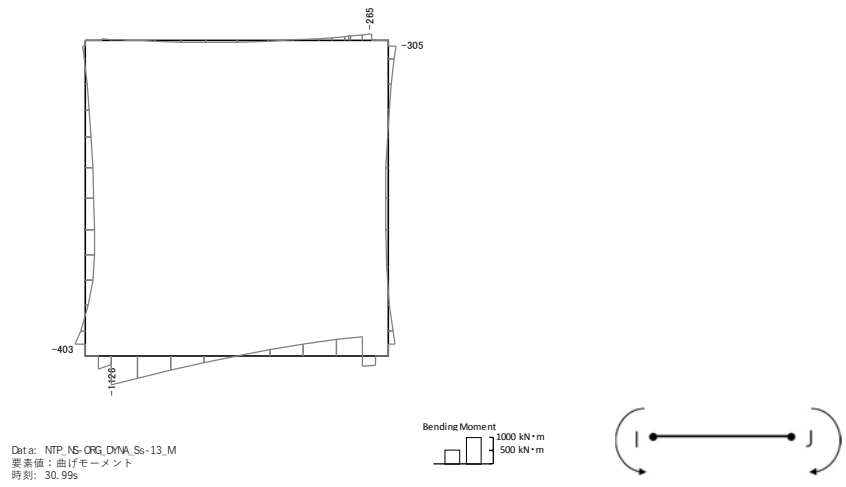
せん断力 (kN)

図 17.4-3 (1) 底版において最も厳しい照査値となる時刻の断面力分布

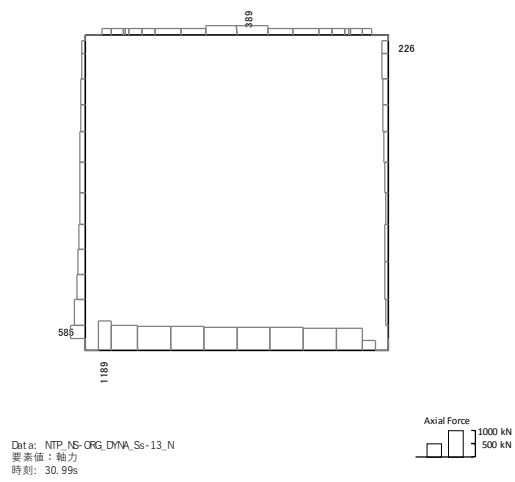
( $S_s-D 1$  (H-, V-),  $t=53.89s$ )

(検討ケース④: 敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により  
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)



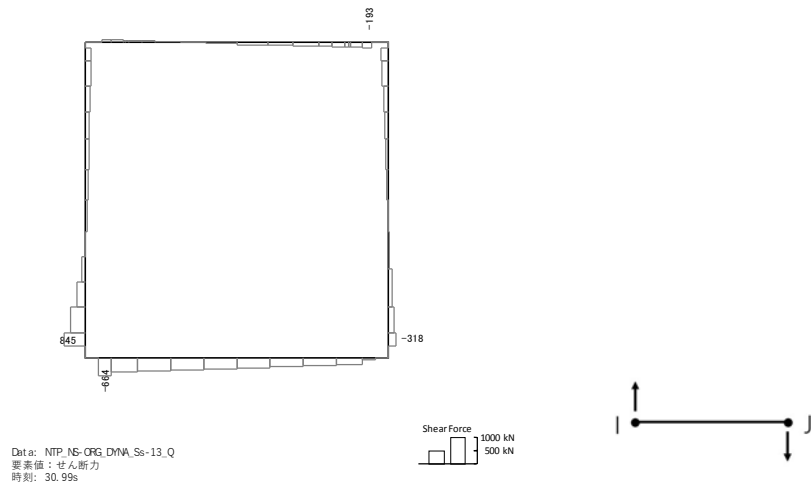


曲げモーメント (kN・m)



軸力 (kN) (+ : 圧縮、- : 引張)





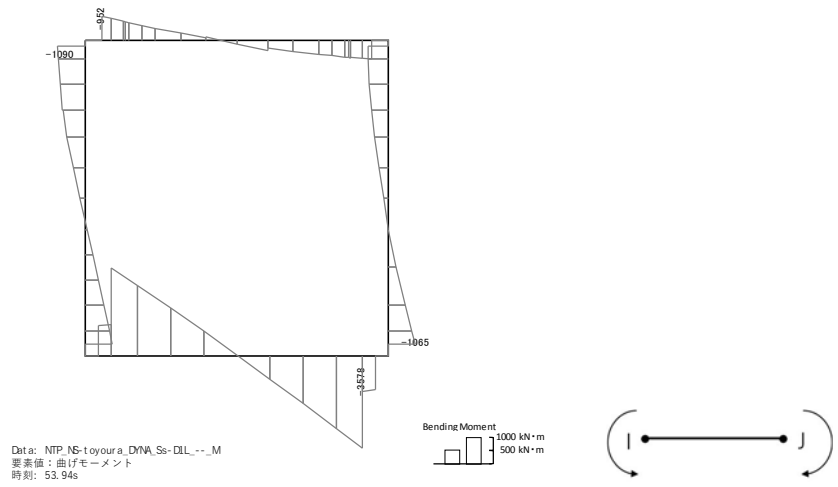
せん断力 (kN)

図 17.4-3 (2) 側壁において最も厳しい照査値となる時刻の断面力分布

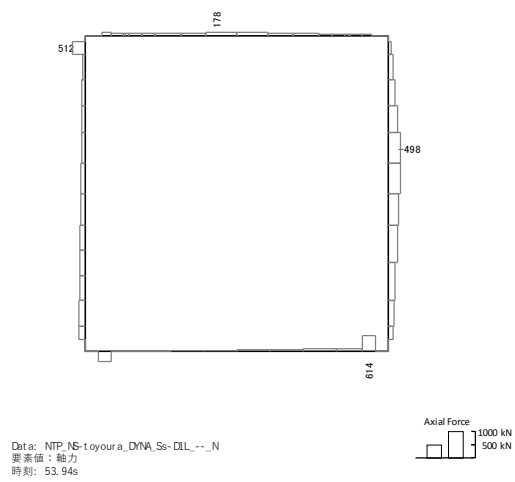
( $S_s-D 1$  (H-, V-),  $t=30.99s$ )

(検討ケース①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



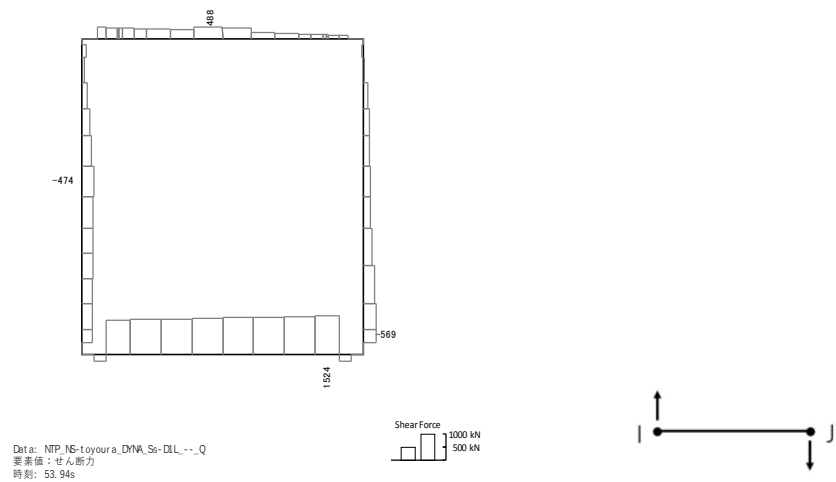


曲げモーメント (kN・m)



軸力 (kN) (+ : 圧縮、- : 引張)





せん断力 (kN)

図 17.4-3 (3) 頂版において最も厳しい照査値となる時刻の断面力分布

( $S_s-D1$  (H-, V-),  $t=53.94s$ )

(検討ケース④: 敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により  
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)



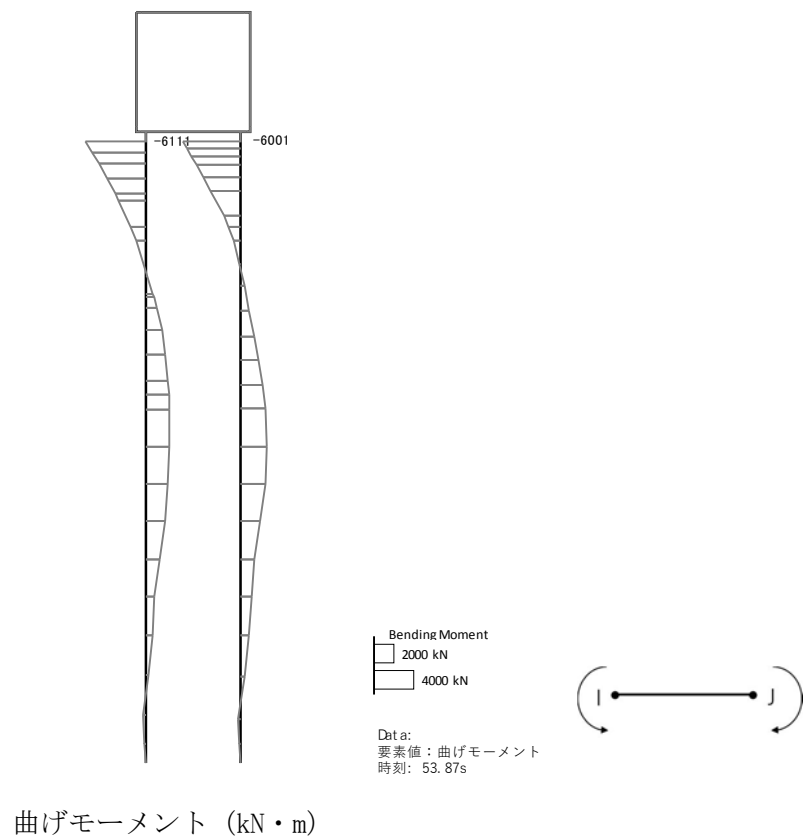
(2) 鋼管杭の断面力分布

緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク杭基礎の曲げ軸力に対する照査及びせん断力に対する照査に対して，全地震波のうち最も厳しい照査値となった照査結果を表 17.4-4～表 17.4-5 に示す。

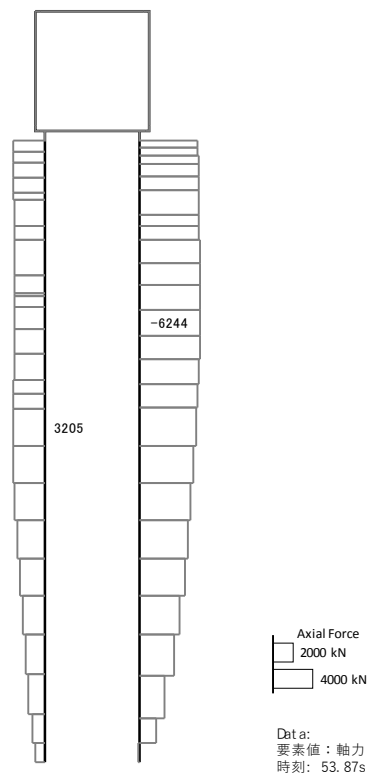
緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク杭基礎の断面力分布（曲げモーメント，軸力，せん断力）を図 17.4-4～図 17.4-5 に示す。本図は，鋼管杭の曲げ軸力に対する照査及びせん断力に対する照査に対して，全地震波のうち最も厳しい照査値となった時刻における断面力を示したものである。

表 17.4-4 鋼管杭の曲げ軸力に対する照査結果  
(最も厳しい照査値とその地震波)

| 評価位置 | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 発生<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値  | 検討<br>ケース | 地震波      |
|------|-----------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|------|-----------|----------|
| 鋼管杭  | -6001                 | -5931      | -271.8                            | -277.5                              | 0.98 | ④         | Ss-D1_-- |

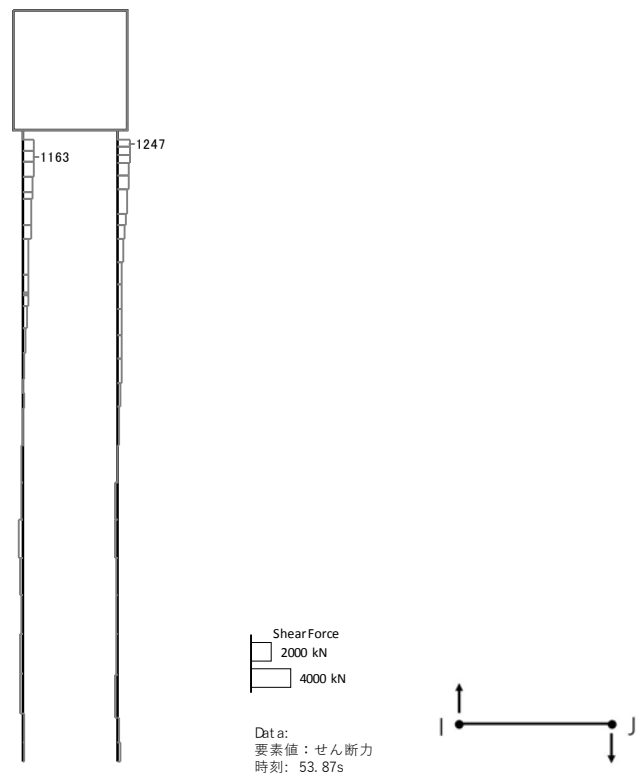






軸力 (kN) (+ : 引張、- : 圧縮)





せん断力 (kN)

図 17.4-4 鋼管杭において最も厳しい照査値となる時刻の断面力分布

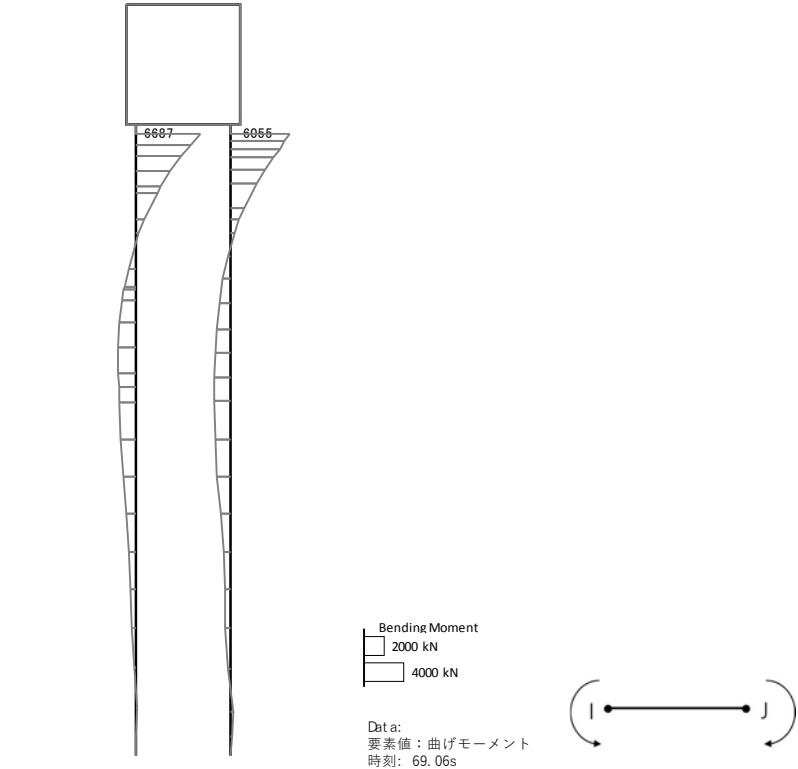
( $S_s-D1$  (H-, V-),  $t=53.87s$ )

(検討ケース④: 敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により  
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)



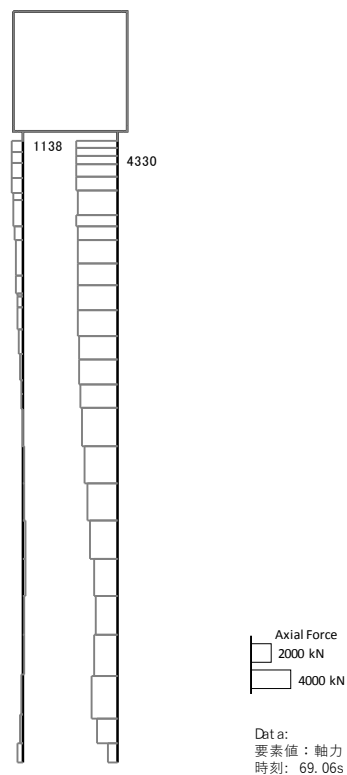
表 17.4-5 鋼管杭のせん断力に対する照査結果  
(最も厳しい照査値とその地震波)

| 評価位置 | 発生<br>せん断力<br>(kN) | せん断<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値  | 検討<br>ケース | 地震波      |
|------|--------------------|------------------------------------|-------------------------------------|------|-----------|----------|
| 鋼管杭  | 1810               | 30.81                              | 157.5                               | 0.20 | ④         | Ss-D1_-- |



曲げモーメント (kN・m)





軸力 (kN) (+ : 引張、- : 圧縮)



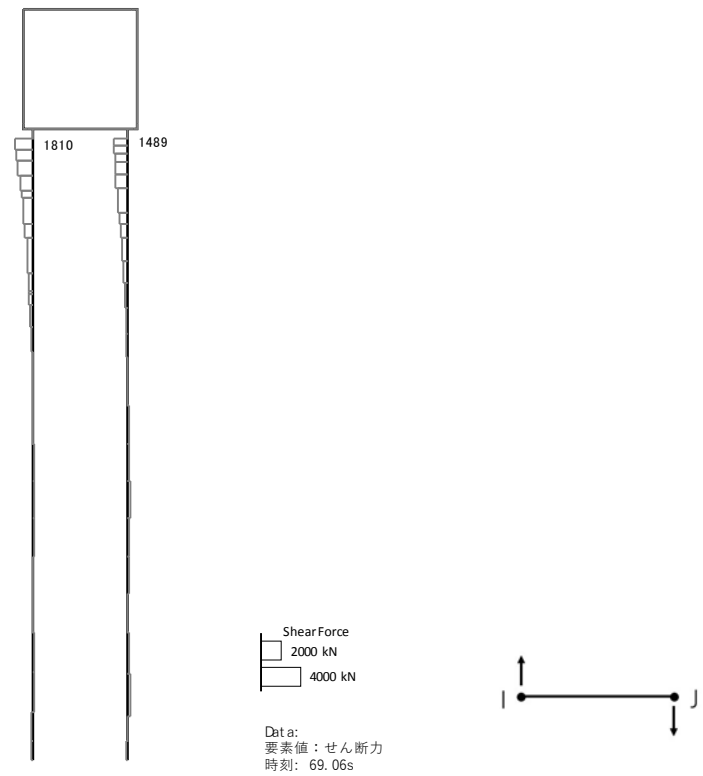


図 17.4-5 鋼管杭において最も厳しい照査値となる時刻の断面力分布  
 $(S_s - D 1 (H-, V-), t=69.06s)$   
 (検討ケース④: 敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により  
 地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)



(3) 最大せん断ひずみ分布

①－①断面の最大せん断ひずみ分布図を図 17.4-6 に示す。本図は、各要素に発生したせん断ひずみの全時刻における最大値の分布を示したものである。



図 17.4-6 (1) ①－①断面の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s-D1 (H+, V+)$ )  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



図 17.4-6 (2) ①－①断面の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s-D1 (H+, V-)$ )



(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

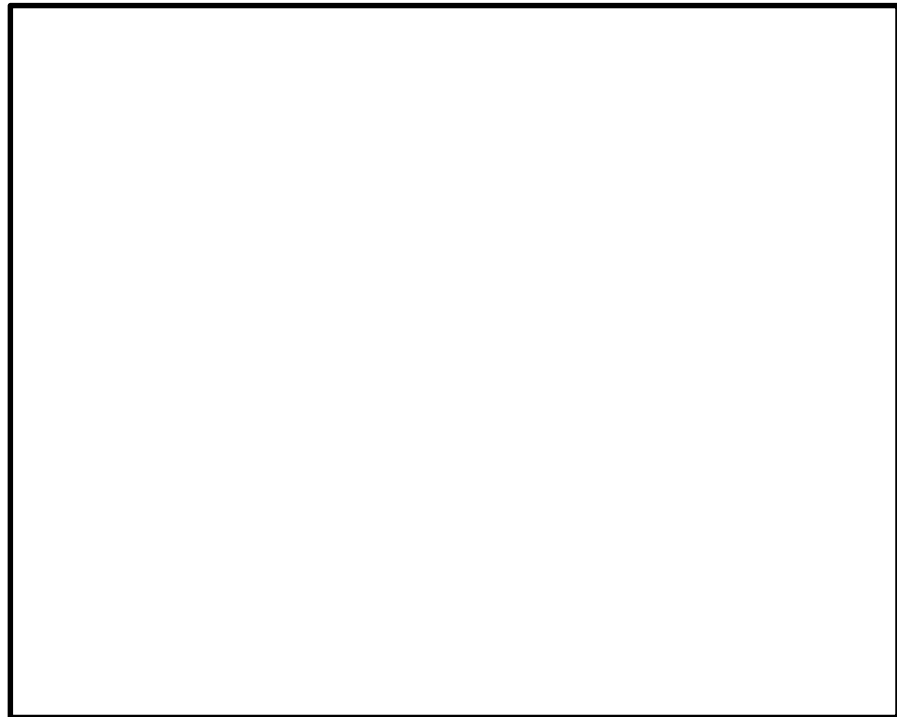


図 17.4-6 (3) ①-①断面の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s-D 1 (H-, V+)$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

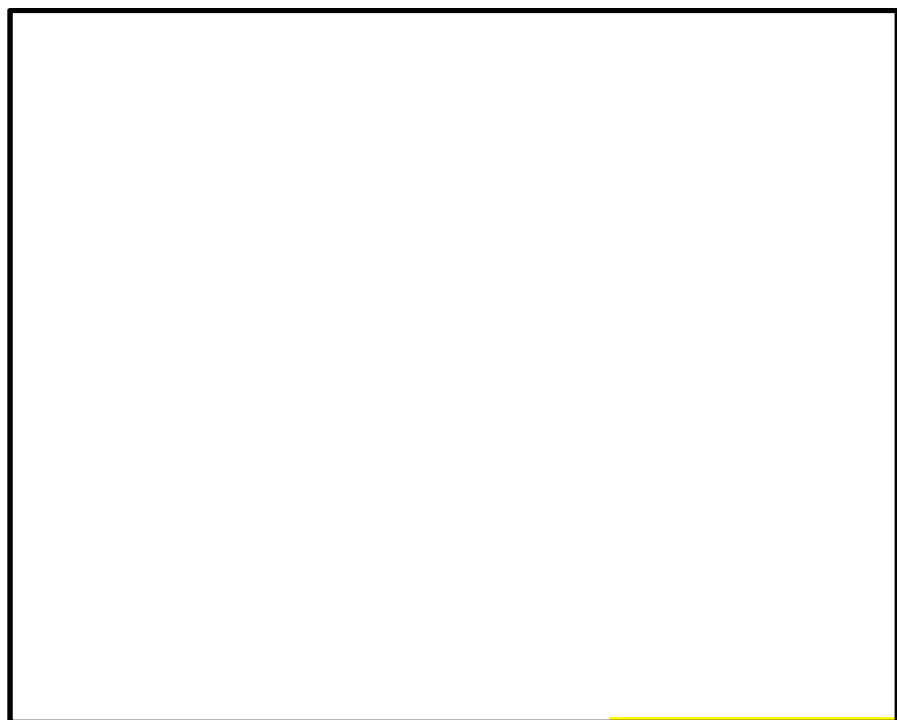


図 17.4-6 (4) ①-①断面の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s-D 1 (H-, V-)$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



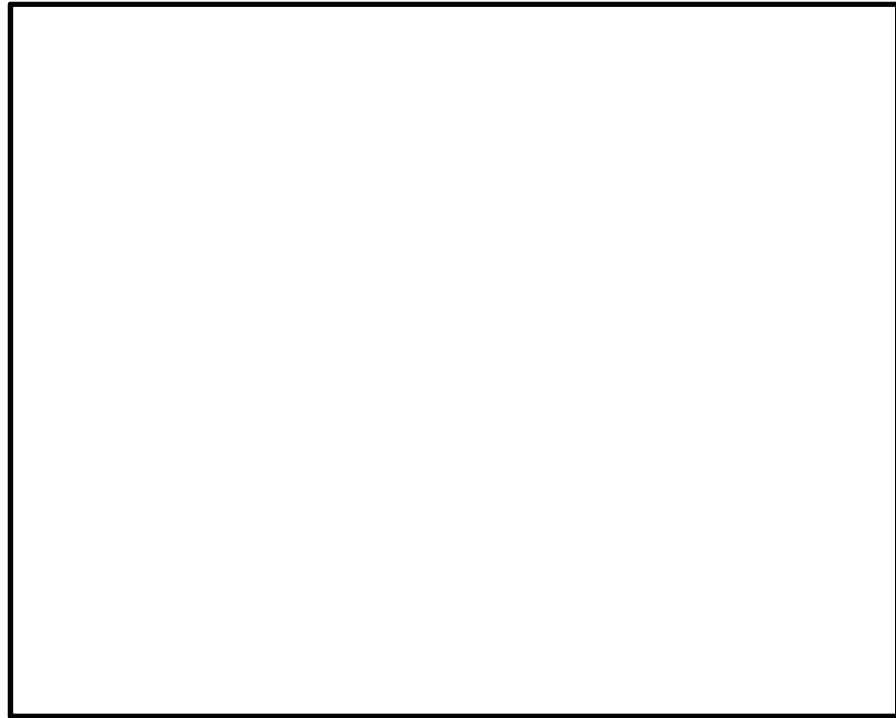


図 17.4-6 (5) ①-①断面の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s-1.1$ )  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

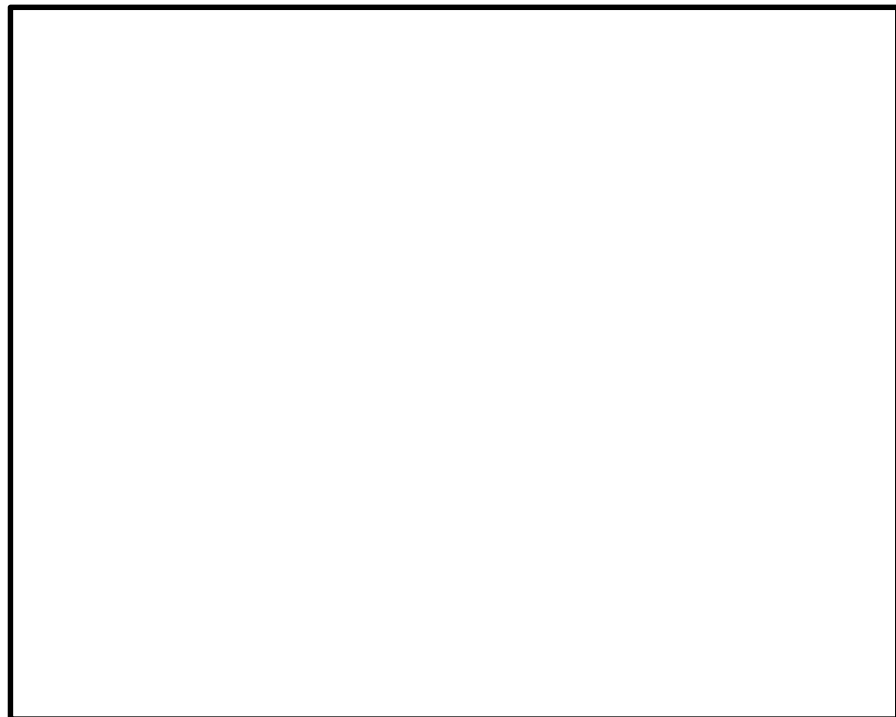


図 17.4-6 (6) ①-①断面の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s-1.2$ )  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



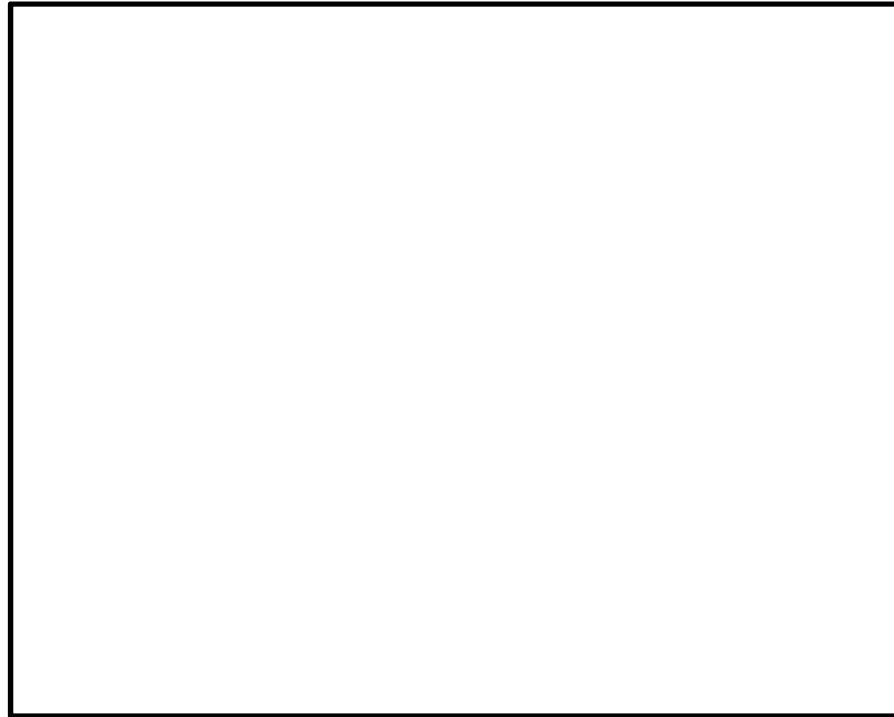


図 17.4-6 (7) ①-①断面の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s-13$ )  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

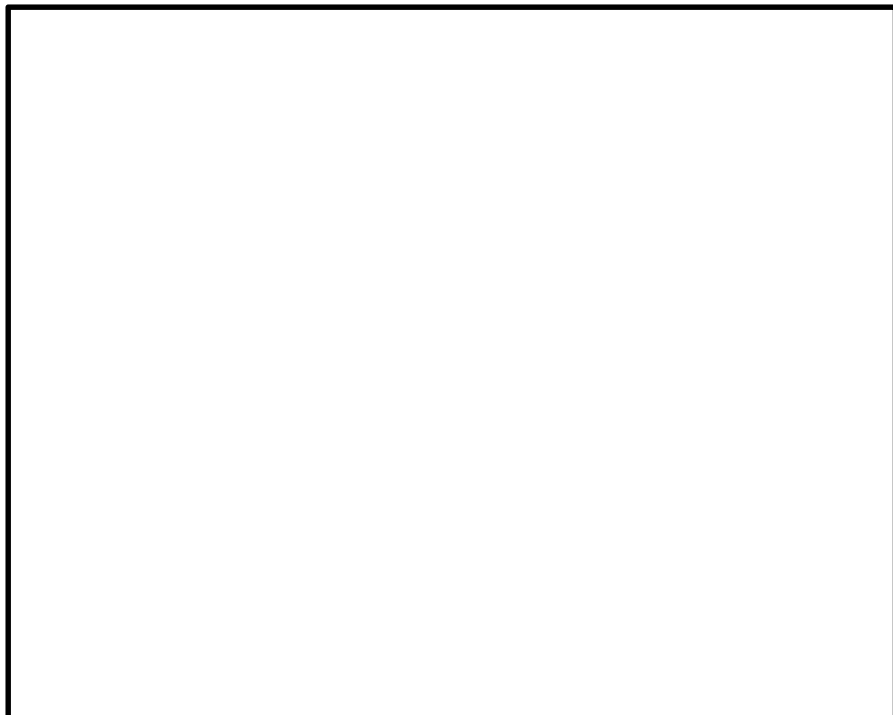


図 17.4-6 (8) ①-①断面の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s-14$ )  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



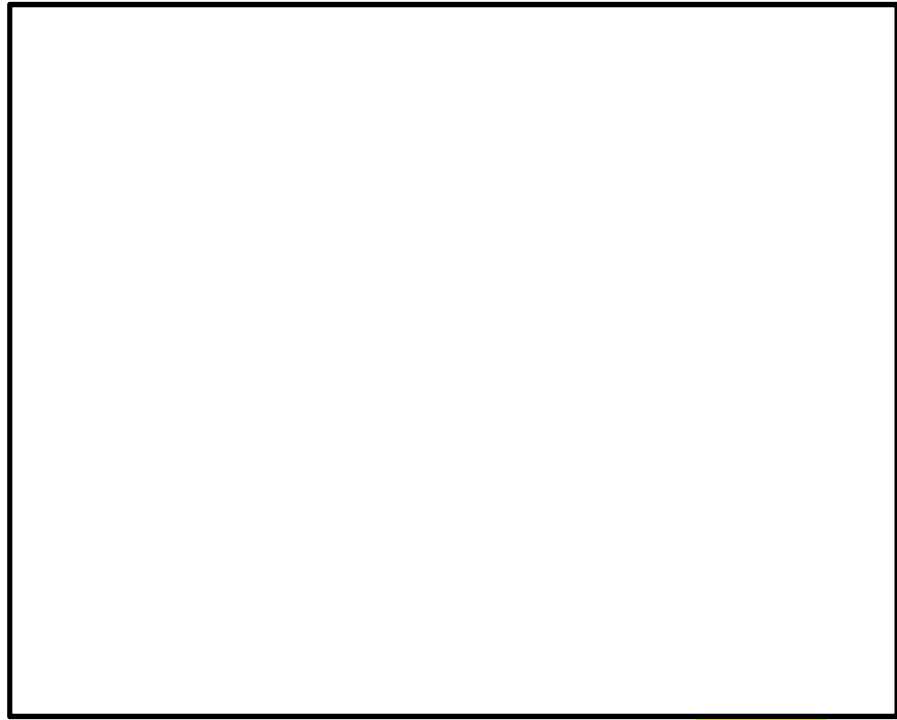


図 17.4-6 (9) ①-①断面の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s-21$ )  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

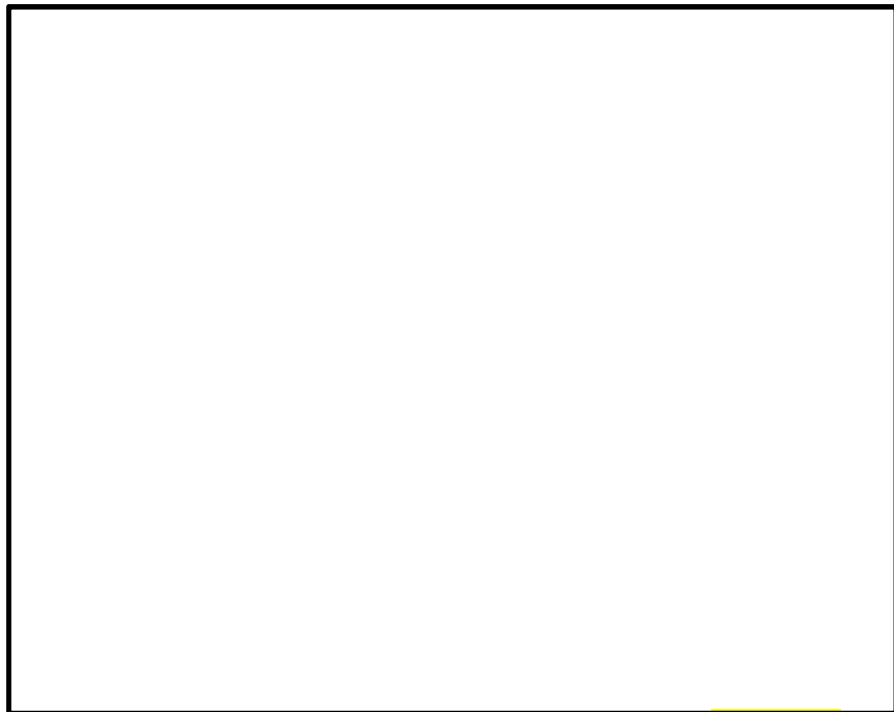


図 17.4-6 (10) ①-①断面の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s-22$ )  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)





図 17.4-6 (11) ①-①断面の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s - 3.1 (H+, V+)$ )  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



図 17.4-6 (12) ①-①断面の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s - 3.1 (H-, V+)$ )  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



(4) 最大過剰間隙水圧比分布

①－①断面の過剰間隙水圧比の分布図を図 17.4-7 に示す。本図は、各要素に発生した過剰間隙水圧比の全時刻における最大値の分布を示したものである。



図 17.4-7 (1) ①－①断面の過剰間隙水圧比分布 ( $S_s-D1 (H+, V+)$ )  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

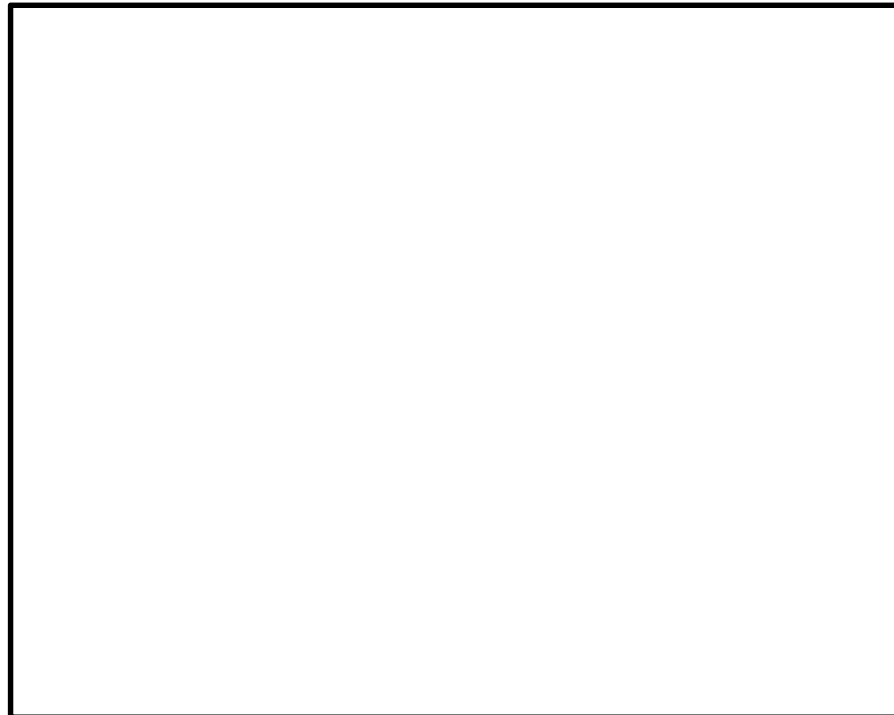


図 17.4-7 (2) ①－①断面の過剰間隙水圧比分布 ( $S_s-D1 (H+, V-)$ )  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



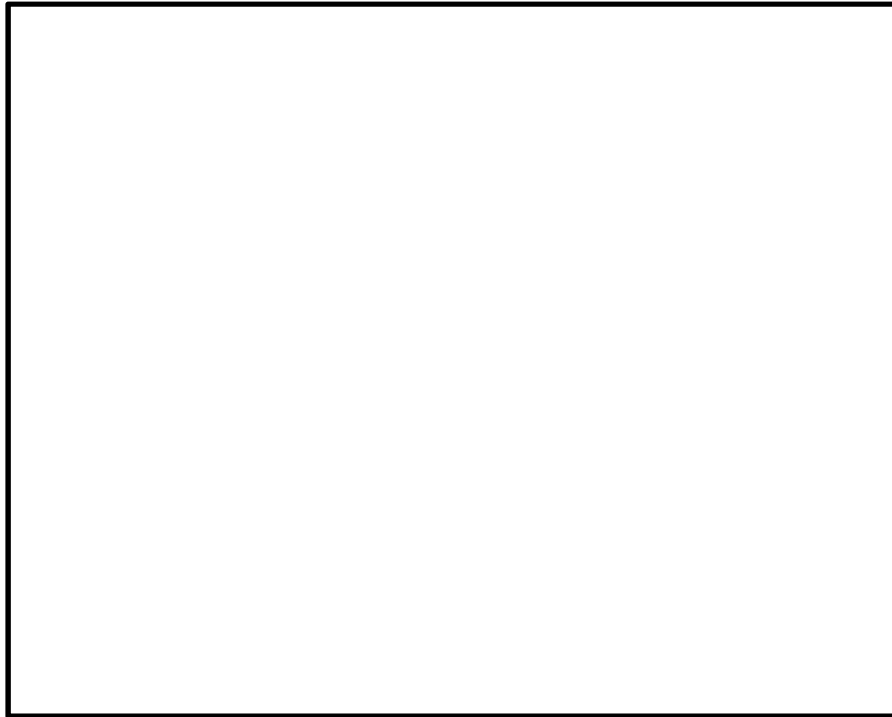


図 17.4-7 (3) ①-①断面の過剰間隙水圧比分布 ( $S_s-D1 (H-, V+)$ )  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



図 17.4-7 (4) ①-①断面の過剰間隙水圧比分布 ( $S_s-D1 (H-, V-)$ )  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



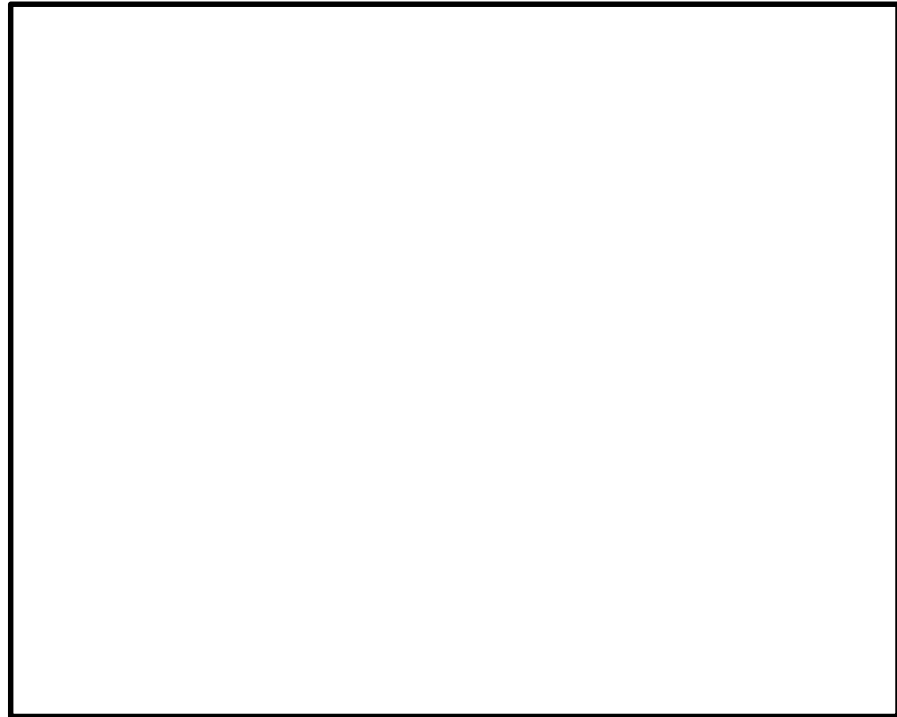


図 17.4-7 (5) ①-①断面の過剰間隙水圧比分布 ( $S_s-1.1$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

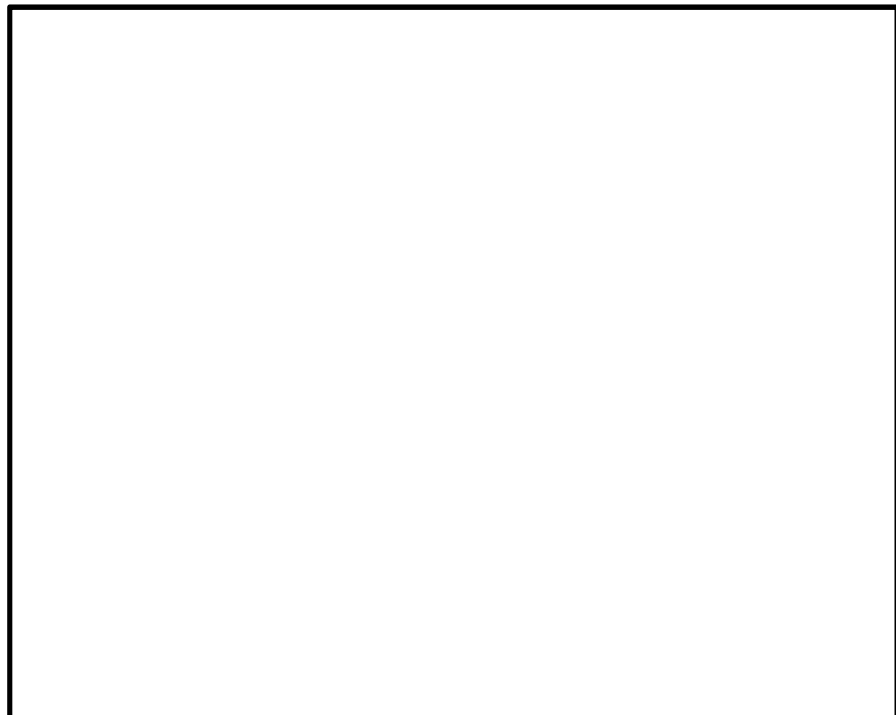


図 17.4-7 (6) ①-①断面の過剰間隙水圧比分布 ( $S_s-1.2$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



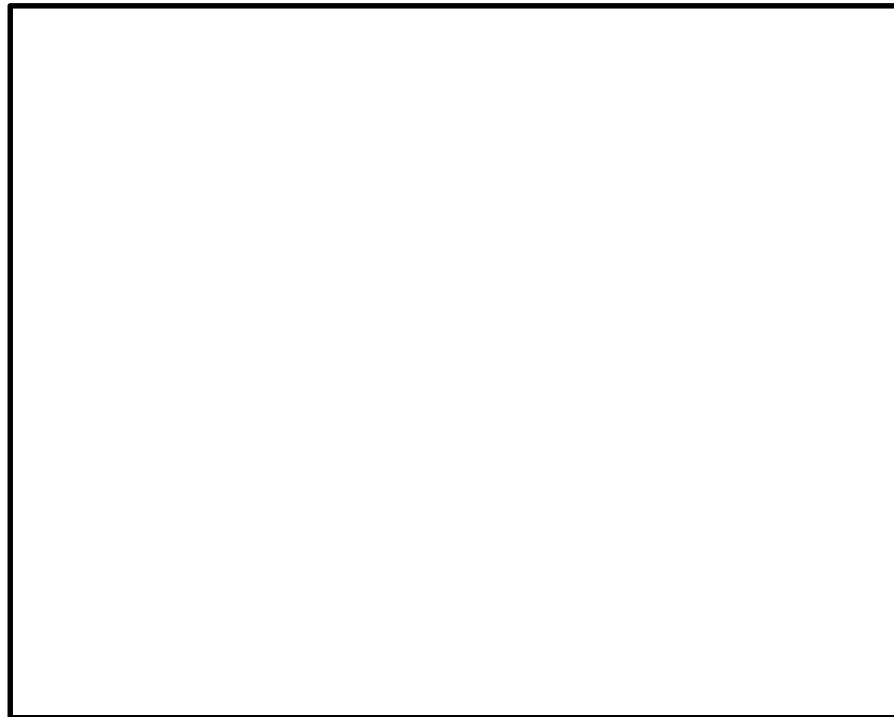


図 17.4-7 (7) ①-①断面の過剰間隙水圧比分布 ( $S_s-13$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



図 17.4-7 (8) ①-①断面の過剰間隙水圧比分布 ( $S_s-14$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



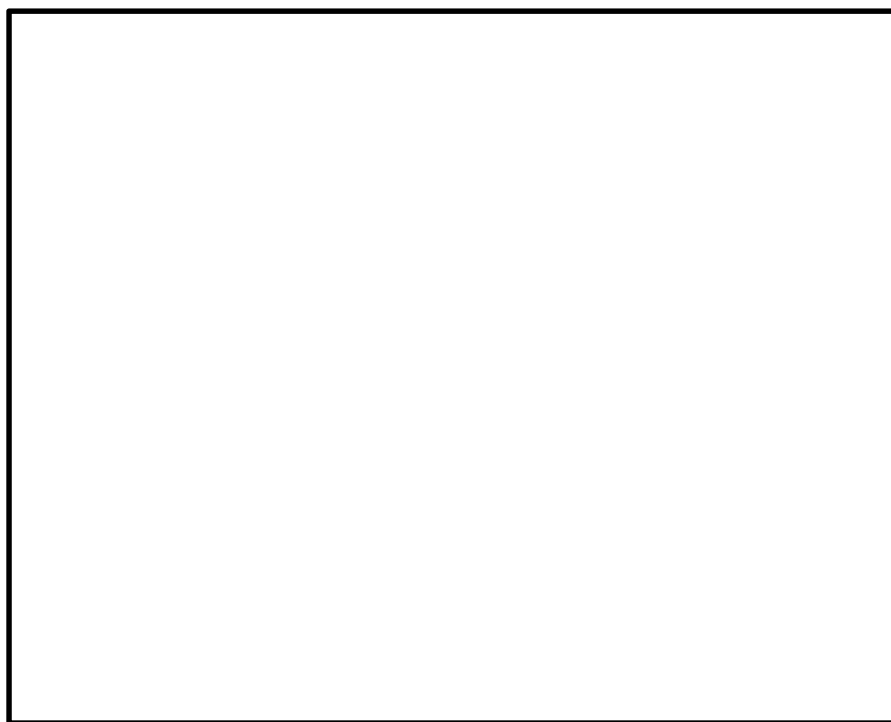


図 17.4-7 (9) ①-①断面の過剰間隙水圧比分布 ( $S_s-2\ 1$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



図 17.4-7 (10) ①-①断面の過剰間隙水圧比分布 ( $S_s-2\ 2$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



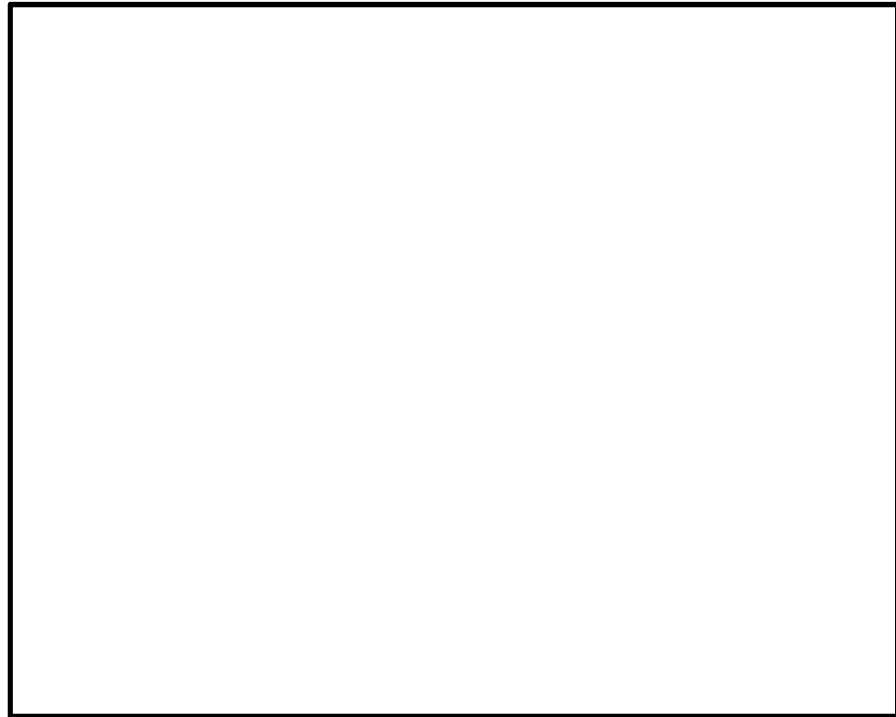


図 17.4-7 (11) ①-①断面の過剰間隙水圧比分布 ( $S_s - 3.1$  (H+, V+))  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

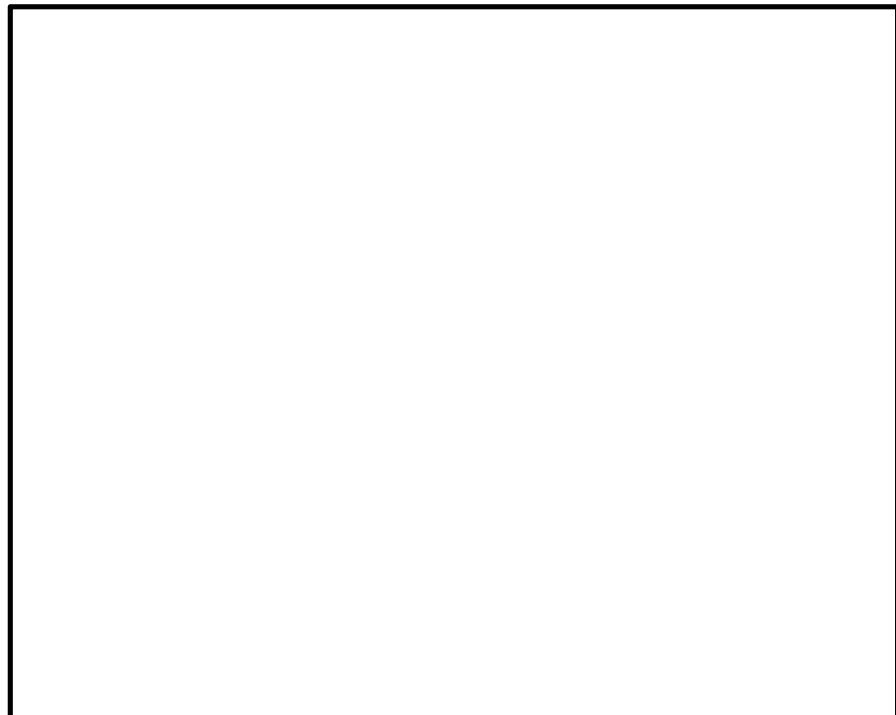


図 17.4-7 (12) ①-①断面の過剰間隙水圧比分布 ( $S_s - 3.1$  (H-, V+))  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



(5) 構造物の最大加速度分布図（追而）

①－①断面の最大加速度の分布図を図 17.4-8 に示す。本図は、構造物周辺に発生している加速度分布を確認するため、各基準地震動における構造部材及び地盤の水平方向の最大加速度分布を示したものである。



図 17.4-8 (1) ①－①断面の最大加速度分布 ( $S_s-D 1 (H+, V+)$ )  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



図 17.4-8 (12) ①－①断面の最大加速度分布 ( $S_s-3 1 (H-, V+)$ )  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



#### 17.4.2 耐震評価結果

##### (1) 構造部材の曲げ軸力に対する評価結果

表 17.4-6 にコンクリートの曲げ軸力、表 17.4-7 に鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果を示す。

緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎における許容応力度法による照査を行った結果、評価位置においてコンクリートの圧縮応力度と鉄筋の引張応力度が短期許容応力度以下であることを確認した。なお、発生応力は各地震動、各部材において最大となる値を示している。

以上より、緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎の構造部材の発生応力は、許容限界以下であることを確認した。

概略配筋図を図 17.4-9 に、断面計算に用いた断面諸元の一覧を表 17.4-8 に示す。



表 17.4-6 (1) コンクリートの曲げ軸力に対する照査結果

| 検討<br>ケー<br>ス | 基準<br>地震動 | 位相       | 評価位置 |   | 断面形状 (mm) |         |         | 引張<br>鉄筋量<br>(mm <sup>2</sup> ) | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 圧縮<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査<br>値 |
|---------------|-----------|----------|------|---|-----------|---------|---------|---------------------------------|-----------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|---------|
|               |           |          |      |   | 部材<br>幅   | 部材<br>高 | 有効<br>高 |                                 |                       |            |                                   |                                     |         |
| ①             | Ss-D1     | H+<br>V+ | 底版   | 6 | 1000      | 1000    | 750     | 21440                           | -1849                 | 265        | 10.3                              | 21.0                                | 0.50    |
|               |           |          | 側壁   | 2 | 1000      | 1000    | 860     | 7652.8                          | -496                  | 58         | 3.2                               | 21.0                                | 0.16    |
|               |           |          | 頂版   | 7 | 1000      | 700     | 560     | 5139.2                          | -332                  | 281        | 5.5                               | 21.0                                | 0.27    |
| ①             | Ss-D1     | H+<br>V- | 底版   | 6 | 1000      | 1000    | 750     | 21440                           | -1860                 | 267        | 10.3                              | 21.0                                | 0.50    |
|               |           |          | 側壁   | 2 | 1000      | 1000    | 860     | 7652.8                          | -494                  | 91         | 3.2                               | 21.0                                | 0.16    |
|               |           |          | 頂版   | 8 | 1000      | 700     | 560     | 5139.2                          | -346                  | 320        | 5.7                               | 21.0                                | 0.28    |

\*1 評価位置は下図に示す。

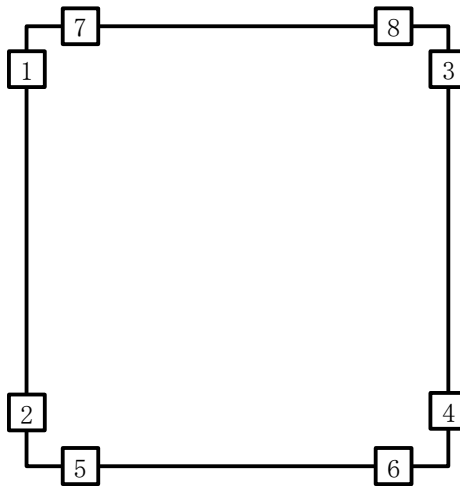




表 17.4-6 (2) コンクリートの曲げ軸力に対する照査結果

| 検討<br>ケー<br>ス | 基準<br>地震動 | 位相       | 評価位置 |   | 断面形状 (mm) |         |         | 引張<br>鉄筋量<br>(mm <sup>2</sup> ) | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 圧縮<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査<br>値 |
|---------------|-----------|----------|------|---|-----------|---------|---------|---------------------------------|-----------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|---------|
|               |           |          |      |   | 部材<br>幅   | 部材<br>高 | 有効<br>高 |                                 |                       |            |                                   |                                     |         |
| ①             | Ss-D1     | H-<br>V+ | 底版   | 6 | 1000      | 1000    | 750     | 21440                           | -2125                 | 349        | 11.8                              | 21.0                                | 0.57    |
|               |           |          | 側壁   | 1 | 1000      | 1000    | 860     | 7652.8                          | -568                  | 316        | 3.8                               | 21.0                                | 0.19    |
|               |           |          | 頂版   | 7 | 1000      | 700     | 560     | 5139.2                          | -410                  | 8          | 6.7                               | 21.0                                | 0.32    |
| ①             | Ss-D1     | H-<br>V- | 底版   | 6 | 1000      | 1000    | 750     | 21440                           | -2181                 | 341        | 12.1                              | 21.0                                | 0.58    |
|               |           |          | 側壁   | 1 | 1000      | 1000    | 860     | 7652.8                          | -568                  | 313        | 3.8                               | 21.0                                | 0.19    |
|               |           |          | 頂版   | 7 | 1000      | 700     | 560     | 5139.2                          | -426                  | 110        | 7.0                               | 21.0                                | 0.34    |

\*1 評価位置は下図に示す。

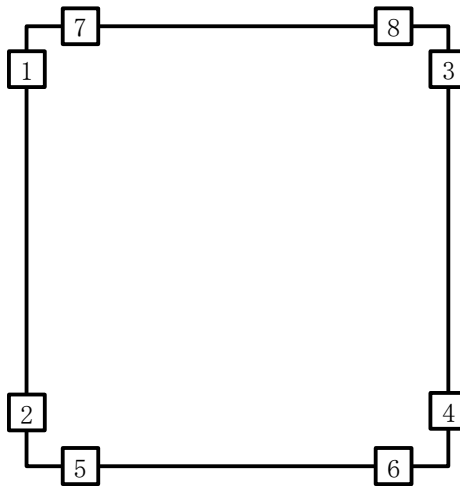




表 17.4-6 (3) コンクリートの曲げ軸力に対する照査結果

| 検討<br>ケー<br>ス | 基準<br>地震動 | 位相       | 評価位置 |   | 断面形状 (mm) |         |         | 引張<br>鉄筋量<br>(mm <sup>2</sup> ) | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 圧縮<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査<br>値 |
|---------------|-----------|----------|------|---|-----------|---------|---------|---------------------------------|-----------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|---------|
|               |           |          |      |   | 部材<br>幅   | 部材<br>高 | 有効<br>高 |                                 |                       |            |                                   |                                     |         |
| ①             | Ss-11     | H+<br>V+ | 底版   | 6 | 1000      | 1000    | 750     | 21440                           | -963                  | 167        | 5.4                               | 21.0                                | 0.26    |
|               |           |          | 側壁   | 1 | 1000      | 1000    | 860     | 7652.8                          | -315                  | 233        | 2.2                               | 21.0                                | 0.11    |
|               |           |          | 頂版   | 8 | 1000      | 700     | 560     | 5139.2                          | -234                  | 219        | 3.9                               | 21.0                                | 0.19    |
| ①             | Ss-12     | H+<br>V+ | 底版   | 6 | 1000      | 1000    | 750     | 21440                           | -1783                 | 214        | 9.9                               | 21.0                                | 0.48    |
|               |           |          | 側壁   | 2 | 1000      | 1000    | 860     | 7652.8                          | -501                  | 621        | 3.5                               | 21.0                                | 0.17    |
|               |           |          | 頂版   | 8 | 1000      | 700     | 560     | 5139.2                          | -354                  | 325        | 5.9                               | 21.0                                | 0.29    |

\*1 評価位置は下図に示す。

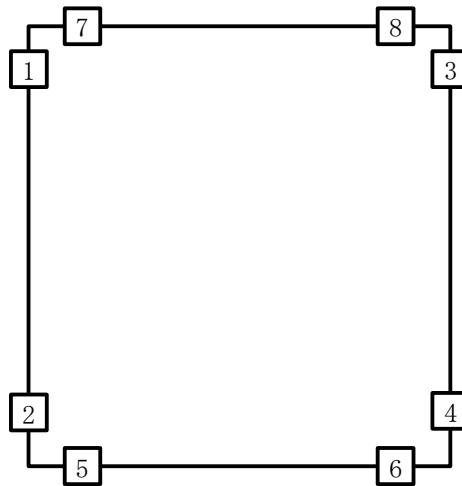




表 17.4-6 (4) コンクリートの曲げ軸力に対する照査結果

| 検討<br>ケー<br>ス | 基準<br>地震動 | 位相       | 評価位置 |   | 断面形状 (mm) |         |         | 引張<br>鉄筋量<br>(mm <sup>2</sup> ) | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 圧縮<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査<br>値 |
|---------------|-----------|----------|------|---|-----------|---------|---------|---------------------------------|-----------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|---------|
|               |           |          |      |   | 部材<br>幅   | 部材<br>高 | 有効<br>高 |                                 |                       |            |                                   |                                     |         |
| ①             | Ss-13     | H+<br>V+ | 底版   | 6 | 1000      | 1000    | 750     | 21440                           | -1490                 | 240        | 8.3                               | 21.0                                | 0.40    |
|               |           |          | 側壁   | 2 | 1000      | 1000    | 860     | 7652.8                          | -402                  | 674        | 2.9                               | 21.0                                | 0.14    |
|               |           |          | 頂版   | 8 | 1000      | 700     | 560     | 5139.2                          | -337                  | 289        | 5.6                               | 21.0                                | 0.27    |
| ①             | Ss-14     | H+<br>V+ | 底版   | 6 | 1000      | 1000    | 750     | 21440                           | -801                  | 232        | 4.5                               | 21.0                                | 0.22    |
|               |           |          | 側壁   | 4 | 1000      | 1000    | 860     | 7652.8                          | -292                  | 542        | 2.1                               | 21.0                                | 0.10    |
|               |           |          | 頂版   | 7 | 1000      | 700     | 560     | 5139.2                          | -238                  | 186        | 4.0                               | 21.0                                | 0.20    |

\*1 評価位置は下図に示す。

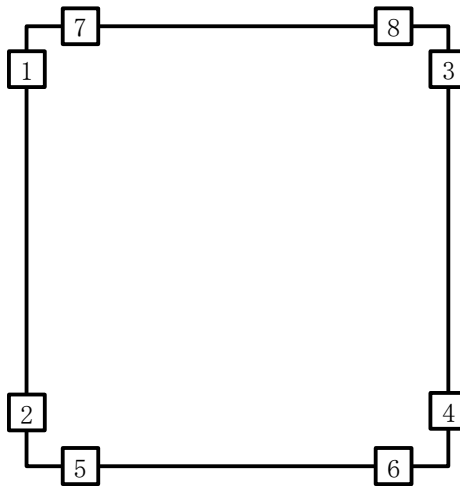




表 17.4-6 (5) コンクリートの曲げ軸力に対する照査結果

| 検討<br>ケー<br>ス | 基準<br>地震動 | 位相       | 評価位置 |   | 断面形状 (mm) |         |         | 引張<br>鉄筋量<br>(mm <sup>2</sup> ) | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 圧縮<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査<br>値 |
|---------------|-----------|----------|------|---|-----------|---------|---------|---------------------------------|-----------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|---------|
|               |           |          |      |   | 部材<br>幅   | 部材<br>高 | 有効<br>高 |                                 |                       |            |                                   |                                     |         |
| ①             | Ss-21     | H+<br>V+ | 底版   | 6 | 1000      | 1000    | 860     | 21440                           | 1004                  | 651        | 5.6                               | 21.0                                | 0.27    |
|               |           |          | 側壁   | 3 | 1000      | 1000    | 860     | 7652.8                          | -263                  | 218        | 1.8                               | 21.0                                | 0.09    |
|               |           |          | 頂版   | 7 | 1000      | 700     | 560     | 5139.2                          | -219                  | 360        | 3.7                               | 21.0                                | 0.18    |
| ①             | Ss-22     | H+<br>V+ | 底版   | 6 | 1000      | 1000    | 750     | 21440                           | -1072                 | 238        | 6.0                               | 21.0                                | 0.29    |
|               |           |          | 側壁   | 1 | 1000      | 1000    | 860     | 7652.8                          | -314                  | 242        | 2.1                               | 21.0                                | 0.10    |
|               |           |          | 頂版   | 7 | 1000      | 700     | 560     | 5139.2                          | -238                  | 205        | 4.0                               | 21.0                                | 0.20    |

\*1 評価位置は下図に示す。

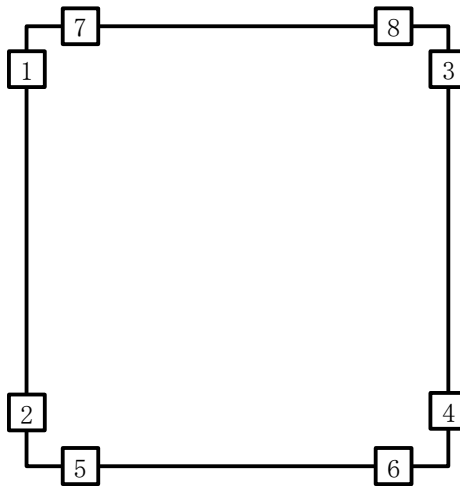




表 17.4-6 (6) コンクリートの曲げ軸力に対する照査結果

| 検討<br>ケー<br>ス | 基準<br>地震動 | 位相       | 評価位置 |   | 断面形状 (mm) |         |         | 引張<br>鉄筋量<br>(mm <sup>2</sup> ) | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 圧縮<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査<br>値 |
|---------------|-----------|----------|------|---|-----------|---------|---------|---------------------------------|-----------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|---------|
|               |           |          |      |   | 部材<br>幅   | 部材<br>高 | 有効<br>高 |                                 |                       |            |                                   |                                     |         |
| ①             | Ss-31     | H+<br>V+ | 底版   | 6 | 1000      | 1000    | 750     | 21440                           | -1601                 | 150        | 8.9                               | 21.0                                | 0.43    |
|               |           |          | 側壁   | 1 | 1000      | 1000    | 860     | 7652.8                          | -447                  | 262        | 3.0                               | 21.0                                | 0.15    |
|               |           |          | 頂版   | 7 | 1000      | 700     | 560     | 5139.2                          | -271                  | -105       | 4.4                               | 21.0                                | 0.21    |
| ①             | Ss-31     | H-<br>V+ | 底版   | 6 | 1000      | 1000    | 750     | 21440                           | -2036                 | 211        | 11.3                              | 21.0                                | 0.54    |
|               |           |          | 側壁   | 2 | 1000      | 1000    | 860     | 7652.8                          | -422                  | 137        | 2.8                               | 21.0                                | 0.14    |
|               |           |          | 頂版   | 8 | 1000      | 700     | 560     | 5139.2                          | -345                  | 288        | 5.7                               | 21.0                                | 0.28    |

\*1 評価位置は下図に示す。

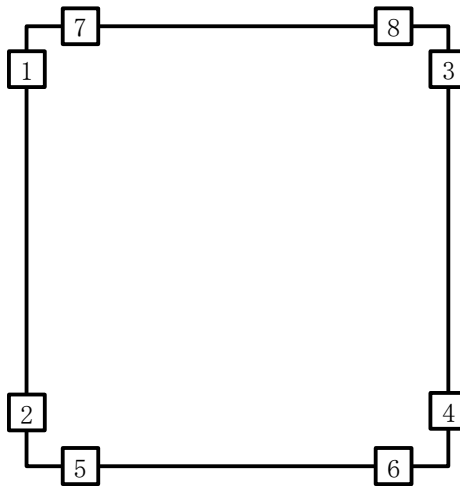




表 17.4-6 (7) コンクリートの曲げ軸力に対する照査結果

| 検討<br>ケー<br>ス | 基準<br>地震動 | 位相       | 評価位置 |   | 断面形状 (mm) |         |         | 引張<br>鉄筋量<br>(mm <sup>2</sup> ) | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 圧縮<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査<br>値 |
|---------------|-----------|----------|------|---|-----------|---------|---------|---------------------------------|-----------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|---------|
|               |           |          |      |   | 部材<br>幅   | 部材<br>高 | 有効<br>高 |                                 |                       |            |                                   |                                     |         |
| ②             | Ss-D1     | H-<br>V- | 底版   | 6 | 1000      | 1000    | 750     | 21440                           | -2117                 | 323        | 11.8                              | 21.0                                | 0.57    |
|               |           |          | 側壁   | 1 | 1000      | 1000    | 860     | 7652.8                          | -575                  | 316        | 3.8                               | 21.0                                | 0.19    |
|               |           |          | 頂版   | 7 | 1000      | 700     | 560     | 5139.2                          | -432                  | 95         | 7.1                               | 21.0                                | 0.34    |
| ③             | Ss-D1     | H-<br>V- | 底版   | 6 | 1000      | 1000    | 750     | 21440                           | -2311                 | 338        | 12.8                              | 21.0                                | 0.61    |
|               |           |          | 側壁   | 4 | 1000      | 1000    | 860     | 7652.8                          | -586                  | 294        | 3.9                               | 21.0                                | 0.19    |
|               |           |          | 頂版   | 7 | 1000      | 700     | 560     | 5139.2                          | -423                  | 123        | 6.9                               | 21.0                                | 0.33    |

\*1 評価位置は下図に示す。

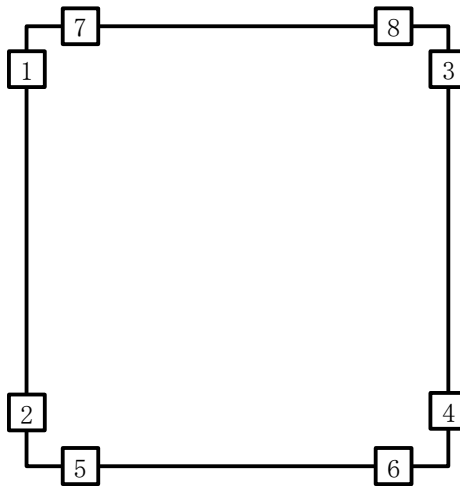




表 17.4-6 (8) コンクリートの曲げ軸力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相       | 評価位置 |   | 断面形状 (mm) |         |         | 引張<br>鉄筋量<br>(mm <sup>2</sup> ) | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 圧縮<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査<br>値 |
|-----------|-----------|----------|------|---|-----------|---------|---------|---------------------------------|-----------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|---------|
|           |           |          |      |   | 部材<br>幅   | 部材<br>高 | 有効<br>高 |                                 |                       |            |                                   |                                     |         |
| ④         | Ss-D1     | H-<br>V- | 底版   | 6 | 1000      | 1000    | 750     | 21440                           | -3762                 | 587        | 20.9                              | 21.0                                | 0.996   |
|           |           |          | 側壁   | 1 | 1000      | 1000    | 860     | 7652.8                          | -1056                 | 513        | 7.0                               | 21.0                                | 0.334   |
|           |           |          | 頂版   | 7 | 1000      | 700     | 560     | 5139.2                          | -872                  | 191        | 14.2                              | 21.0                                | 0.677   |
| ⑤         | Ss-D1     | H-<br>V- | 底版   | 5 | 1000      | 1000    | 750     | 21440                           | -1523                 | 948        | 8.6                               | 21.0                                | 0.410   |
|           |           |          | 側壁   | 3 | 1000      | 1000    | 860     | 7652.8                          | -320                  | 266        | 2.2                               | 21.0                                | 0.105   |
|           |           |          | 頂版   | 7 | 1000      | 700     | 560     | 5139.2                          | -268                  | 333        | 4.5                               | 21.0                                | 0.215   |

\*1 評価位置は下図に示す。

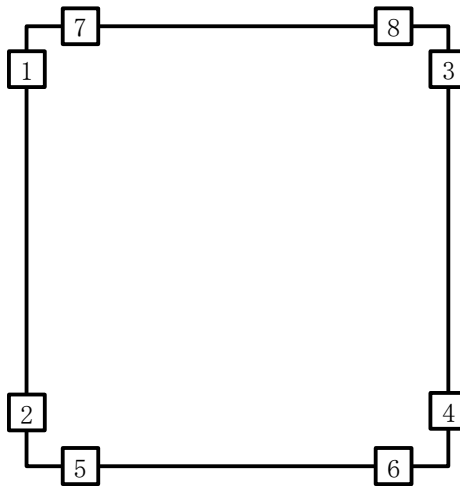




表 17.4-6 (9) コンクリートの曲げ軸力に対する照査結果

| 検討<br>ケー<br>ス | 基準<br>地震動 | 位相       | 評価位置 |   | 断面形状 (mm) |         |         | 引張<br>鉄筋量<br>(mm <sup>2</sup> ) | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 圧縮<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査<br>値 |
|---------------|-----------|----------|------|---|-----------|---------|---------|---------------------------------|-----------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|---------|
|               |           |          |      |   | 部材<br>幅   | 部材<br>高 | 有効<br>高 |                                 |                       |            |                                   |                                     |         |
| ⑥             | Ss-D1     | H-<br>V- | 底版   | 5 | 1000      | 1000    | 750     | 21440                           | -1318                 | 854        | 7.4                               | 21.0                                | 0.36    |
|               |           |          | 側壁   | 3 | 1000      | 1000    | 860     | 7652.8                          | -314                  | 262        | 2.2                               | 21.0                                | 0.11    |
|               |           |          | 頂版   | 7 | 1000      | 700     | 560     | 5139.2                          | -267                  | 336        | 4.5                               | 21.0                                | 0.22    |

＊1 評価位置は下図に示す。

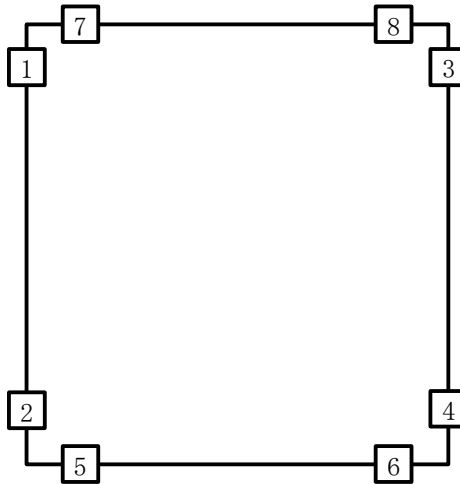




表 17. 4-7 (1) 鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果

| 検討<br>ケー<br>ス | 基準<br>地震動 | 位相       | 評価位置 |   | 断面形状 (mm) |         |         | 引張<br>鉄筋量<br>(mm <sup>2</sup> ) | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 引張<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査<br>値 |
|---------------|-----------|----------|------|---|-----------|---------|---------|---------------------------------|-----------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|---------|
|               |           |          |      |   | 部材<br>幅   | 部材<br>高 | 有効<br>高 |                                 |                       |            |                                   |                                     |         |
| ①             | Ss-D1     | H+<br>V+ | 底版   | 6 | 1000      | 1000    | 750     | 21440                           | -1849                 | -71        | 177                               | 435                                 | 0. 41   |
|               |           |          | 側壁   | 2 | 1000      | 1000    | 860     | 7652. 8                         | -481                  | -50        | 88                                | 435                                 | 0. 21   |
|               |           |          | 頂版   | 7 | 1000      | 700     | 560     | 5139. 2                         | -294                  | -48        | 125                               | 435                                 | 0. 29   |
| ①             | Ss-D1     | H+<br>V- | 底版   | 6 | 1000      | 1000    | 750     | 21440                           | -1860                 | -69        | 178                               | 435                                 | 0. 41   |
|               |           |          | 側壁   | 2 | 1000      | 1000    | 860     | 7652. 8                         | -390                  | -305       | 88                                | 435                                 | 0. 21   |
|               |           |          | 頂版   | 7 | 1000      | 700     | 560     | 5139. 2                         | -326                  | 16         | 132                               | 435                                 | 0. 31   |

\*1 評価位置は下図に示す。

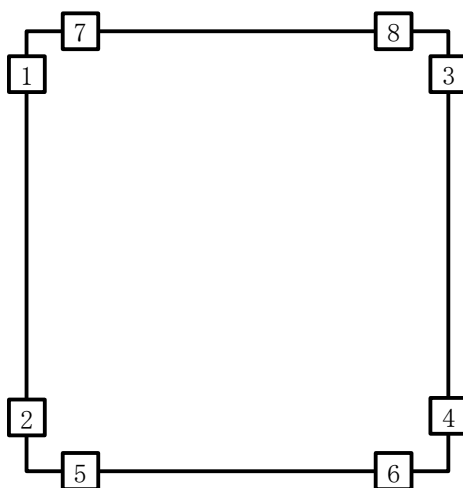




表 17. 4-7 (2) 鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果

| 検討<br>ケー<br>ス | 基準<br>地震動 | 位相       | 評価位置 |   | 断面形状 (mm) |         |         | 引張<br>鉄筋量<br>(mm <sup>2</sup> ) | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 引張<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査<br>値 |
|---------------|-----------|----------|------|---|-----------|---------|---------|---------------------------------|-----------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|---------|
|               |           |          |      |   | 部材<br>幅   | 部材<br>高 | 有効<br>高 |                                 |                       |            |                                   |                                     |         |
| ①             | Ss-D1     | H-<br>V+ | 底版   | 6 | 1000      | 1000    | 750     | 21440                           | -2125                 | -32        | 202                               | 435                                 | 0.47    |
|               |           |          | 側壁   | 1 | 1000      | 1000    | 860     | 7652.8                          | -545                  | -60        | 99                                | 435                                 | 0.23    |
|               |           |          | 頂版   | 7 | 1000      | 700     | 560     | 5139.2                          | -410                  | 4          | 167                               | 435                                 | 0.39    |
| ①             | Ss-D1     | H-<br>V- | 底版   | 6 | 1000      | 1000    | 750     | 21440                           | -2181                 | -57        | 208                               | 435                                 | 0.48    |
|               |           |          | 側壁   | 2 | 1000      | 1000    | 860     | 7652.8                          | 440                   | -379       | 102                               | 435                                 | 0.24    |
|               |           |          | 頂版   | 7 | 1000      | 700     | 560     | 5139.2                          | -412                  | -8         | 169                               | 435                                 | 0.39    |

\*1 評価位置は下図に示す。

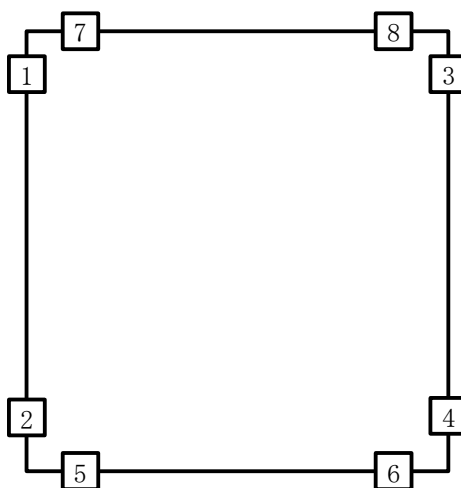




表 17. 4-7 (3) 鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果

| 検討<br>ケー<br>ス | 基準<br>地震動 | 位相       | 評価位置 |   | 断面形状 (mm) |         |         | 引張<br>鉄筋量<br>(mm <sup>2</sup> ) | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 引張<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査<br>値 |
|---------------|-----------|----------|------|---|-----------|---------|---------|---------------------------------|-----------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|---------|
|               |           |          |      |   | 部材<br>幅   | 部材<br>高 | 有効<br>高 |                                 |                       |            |                                   |                                     |         |
| ①             | Ss-11     | H+<br>V+ | 底版   | 6 | 1000      | 1000    | 750     | 21440                           | -963                  | -123       | 95                                | 435                                 | 0.22    |
|               |           |          | 側壁   | 2 | 1000      | 1000    | 860     | 7652.8                          | 187                   | -341       | 56                                | 435                                 | 0.13    |
|               |           |          | 頂版   | 7 | 1000      | 700     | 560     | 5139.2                          | -221                  | 61         | 85                                | 435                                 | 0.20    |
| ①             | Ss-12     | H+<br>V+ | 底版   | 6 | 1000      | 1000    | 750     | 21440                           | -1781                 | -401       | 180                               | 435                                 | 0.42    |
|               |           |          | 側壁   | 1 | 1000      | 1000    | 860     | 7652.8                          | -464                  | 134        | 73                                | 435                                 | 0.17    |
|               |           |          | 頂版   | 7 | 1000      | 700     | 560     | 5139.2                          | -331                  | 6          | 135                               | 435                                 | 0.32    |

\*1 評価位置は下図に示す。

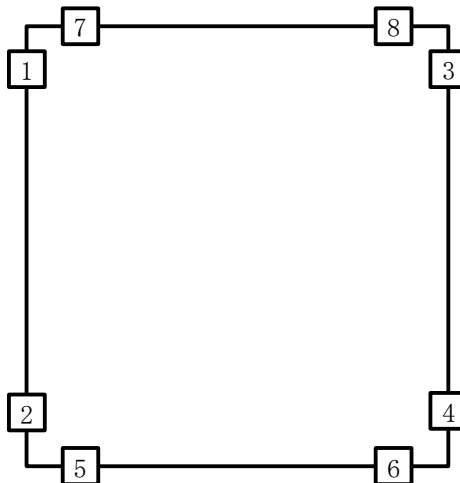




表 17. 4-7 (4) 鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果

| 検討<br>ケー<br>ス | 基準<br>地震動 | 位相       | 評価位置 |   | 断面形状 (mm) |         |         | 引張<br>鉄筋量<br>(mm <sup>2</sup> ) | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 引張<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査<br>値 |
|---------------|-----------|----------|------|---|-----------|---------|---------|---------------------------------|-----------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|---------|
|               |           |          |      |   | 部材<br>幅   | 部材<br>高 | 有効<br>高 |                                 |                       |            |                                   |                                     |         |
| ①             | Ss-13     | H+<br>V+ | 底版   | 6 | 1000      | 1000    | 750     | 21440                           | -1490                 | -262       | 149                               | 435                                 | 0.35    |
|               |           |          | 側壁   | 1 | 1000      | 1000    | 860     | 7652.8                          | -420                  | 188        | 62                                | 435                                 | 0.15    |
|               |           |          | 頂版   | 7 | 1000      | 700     | 560     | 5139.2                          | -316                  | 83         | 121                               | 435                                 | 0.28    |
| ①             | Ss-14     | H+<br>V+ | 底版   | 6 | 1000      | 1000    | 750     | 21440                           | -800                  | -71        | 78                                | 435                                 | 0.18    |
|               |           |          | 側壁   | 1 | 1000      | 1000    | 860     | 7652.8                          | -287                  | 196        | 39                                | 435                                 | 0.09    |
|               |           |          | 頂版   | 7 | 1000      | 700     | 560     | 5139.2                          | -238                  | 184        | 80                                | 435                                 | 0.19    |

\*1 評価位置は下図に示す。

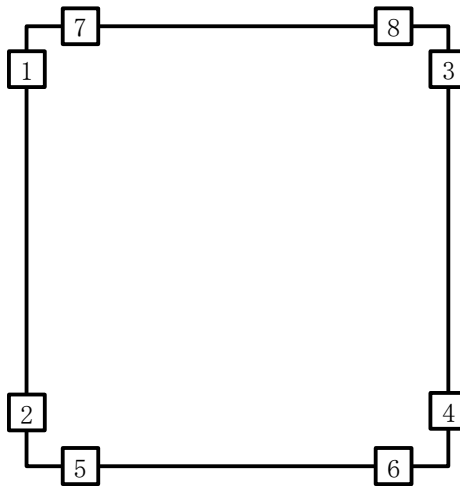




表 17. 4-7 (5) 鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果

| 検討<br>ケー<br>ス | 基準<br>地震動 | 位相       | 評価位置 |   | 断面形状 (mm) |         |         | 引張<br>鉄筋量<br>(mm <sup>2</sup> ) | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 引張<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査<br>値 |
|---------------|-----------|----------|------|---|-----------|---------|---------|---------------------------------|-----------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|---------|
|               |           |          |      |   | 部材<br>幅   | 部材<br>高 | 有効<br>高 |                                 |                       |            |                                   |                                     |         |
| ①             | Ss-21     | H+<br>V+ | 底版   | 6 | 1000      | 1000    | 750     | 21440                           | -998                  | -99        | 98                                | 435                                 | 0.23    |
|               |           |          | 側壁   | 2 | 1000      | 1000    | 860     | 7652.8                          | -193                  | -141       | 43                                | 435                                 | 0.10    |
|               |           |          | 頂版   | 8 | 1000      | 700     | 560     | 5139.2                          | -181                  | 11         | 73                                | 435                                 | 0.17    |
| ①             | Ss-22     | H+<br>V+ | 底版   | 6 | 1000      | 1000    | 750     | 21440                           | -1072                 | -20        | 102                               | 435                                 | 0.24    |
|               |           |          | 側壁   | 1 | 1000      | 1000    | 860     | 7652.8                          | -303                  | 138        | 45                                | 435                                 | 0.11    |
|               |           |          | 頂版   | 7 | 1000      | 700     | 560     | 5139.2                          | -205                  | 15         | 83                                | 435                                 | 0.20    |

\*1 評価位置は下図に示す。

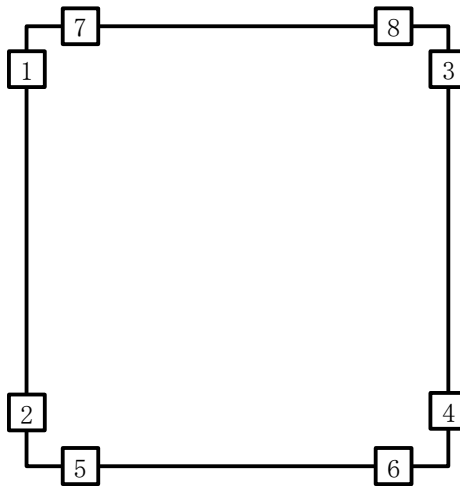




表 17. 4-7 (6) 鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果

| 検討<br>ケー<br>ス | 基準<br>地震動 | 位相       | 評価位置 |   | 断面形状 (mm) |         |         | 引張<br>鉄筋量<br>(mm <sup>2</sup> ) | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 引張<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査<br>値 |
|---------------|-----------|----------|------|---|-----------|---------|---------|---------------------------------|-----------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|---------|
|               |           |          |      |   | 部材<br>幅   | 部材<br>高 | 有効<br>高 |                                 |                       |            |                                   |                                     |         |
| ①             | Ss-31     | H+<br>V+ | 底版   | 6 | 1000      | 1000    | 750     | 21440                           | -1601                 | -329       | 161                               | 435                                 | 0.38    |
|               |           |          | 側壁   | 1 | 1000      | 1000    | 860     | 7652.8                          | -405                  | 96         | 65                                | 435                                 | 0.15    |
|               |           |          | 頂版   | 7 | 1000      | 700     | 560     | 5139.2                          | -266                  | -153       | 124                               | 435                                 | 0.29    |
| ①             | Ss-31     | H-<br>V+ | 底版   | 6 | 1000      | 1000    | 750     | 21440                           | -2036                 | -372       | 204                               | 435                                 | 0.47    |
|               |           |          | 側壁   | 2 | 1000      | 1000    | 860     | 7652.8                          | -446                  | -157       | 88                                | 435                                 | 0.21    |
|               |           |          | 頂版   | 8 | 1000      | 700     | 560     | 5139.2                          | -340                  | 250        | 115                               | 435                                 | 0.27    |

\*1 評価位置は下図に示す。

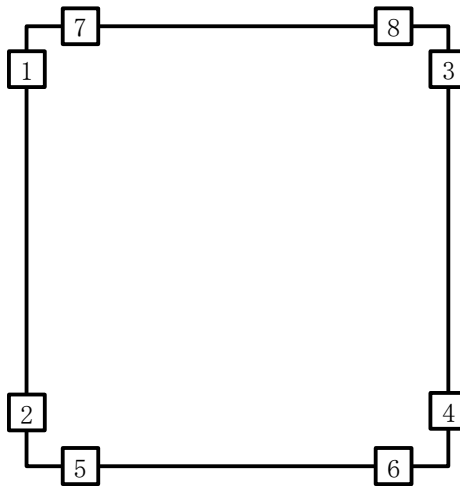




表 17. 4-7 (7) 鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果

| 検討<br>ケー<br>ス | 基準<br>地震動 | 位相       | 評価位置 |   | 断面形状 (mm) |         |         | 引張<br>鉄筋量<br>(mm <sup>2</sup> ) | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 引張<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査<br>値 |
|---------------|-----------|----------|------|---|-----------|---------|---------|---------------------------------|-----------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|---------|
|               |           |          |      |   | 部材<br>幅   | 部材<br>高 | 有効<br>高 |                                 |                       |            |                                   |                                     |         |
| ②             | Ss-D1     | H-<br>V- | 底版   | 6 | 1000      | 1000    | 750     | 21440                           | -2117                 | -123       | 204                               | 435                                 | 0.47    |
|               |           |          | 側壁   | 2 | 1000      | 1000    | 860     | 7652.8                          | 458                   | -356       | 103                               | 435                                 | 0.24    |
|               |           |          | 頂版   | 7 | 1000      | 700     | 560     | 5139.2                          | -418                  | -7         | 172                               | 435                                 | 0.40    |
| ③             | Ss-D1     | H-<br>V- | 底版   | 6 | 1000      | 1000    | 750     | 21440                           | -2311                 | -99        | 222                               | 435                                 | 0.52    |
|               |           |          | 側壁   | 1 | 1000      | 1000    | 860     | 7652.8                          | -551                  | -84        | 102                               | 435                                 | 0.24    |
|               |           |          | 頂版   | 7 | 1000      | 700     | 560     | 5139.2                          | -399                  | -110       | 174                               | 435                                 | 0.40    |

\*1 評価位置は下図に示す。

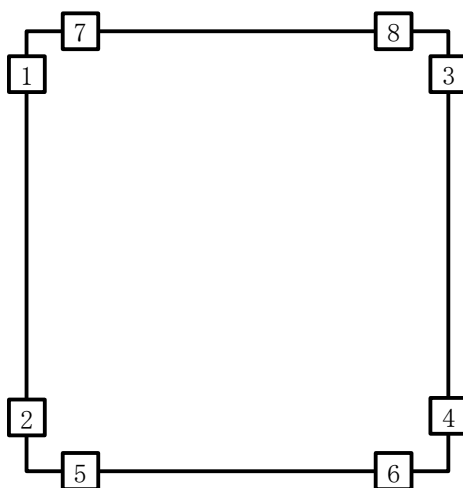




表 17.4-7 (8) 鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相       | 評価位置 |   | 断面形状 (mm) |         |         | 引張<br>鉄筋量<br>(mm <sup>2</sup> ) | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 引張<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査<br>値 |
|-----------|-----------|----------|------|---|-----------|---------|---------|---------------------------------|-----------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|---------|
|           |           |          |      |   | 部材<br>幅   | 部材<br>高 | 有効<br>高 |                                 |                       |            |                                   |                                     |         |
| ④         | Ss-D1     | H-<br>V- | 底版   | 6 | 1000      | 1000    | 750     | 21440                           | -3761                 | 98         | 353                               | 435                                 | 0.82    |
|           |           |          | 側壁   | 4 | 1000      | 1000    | 860     | 7652.8                          | -899                  | -339       | 179                               | 435                                 | 0.42    |
|           |           |          | 頂版   | 7 | 1000      | 700     | 560     | 5139.2                          | -869                  | 142        | 341                               | 435                                 | 0.79    |
| ⑤         | Ss-D1     | H-<br>V- | 底版   | 6 | 1000      | 1000    | 750     | 21440                           | -1404                 | -12        | 133                               | 435                                 | 0.31    |
|           |           |          | 側壁   | 3 | 1000      | 1000    | 860     | 7652.8                          | -319                  | 256        | 41                                | 435                                 | 0.10    |
|           |           |          | 頂版   | 8 | 1000      | 700     | 560     | 5139.2                          | -244                  | 85         | 92                                | 435                                 | 0.22    |

\*1 評価位置は下図に示す。

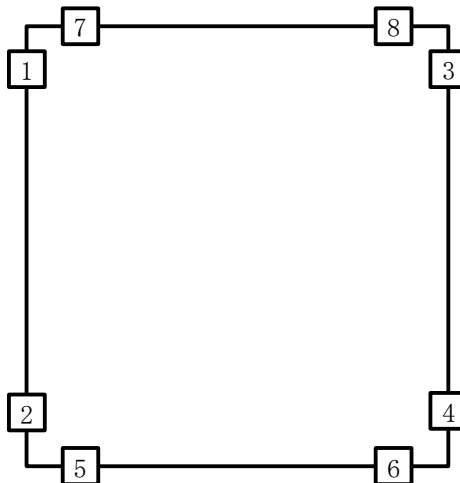
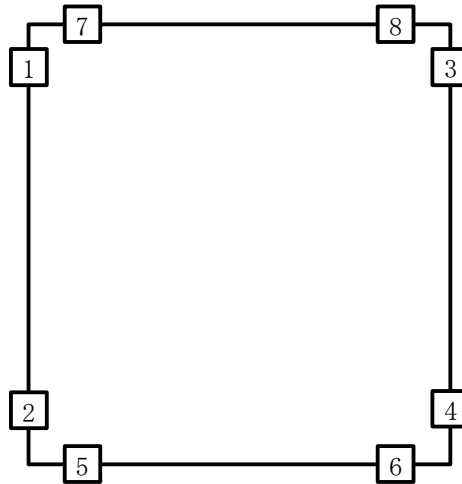




表 17. 4-7 (9) 鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果

| 検討<br>ケー<br>ス | 基準<br>地震動 | 位相       | 評価位置 |   | 断面形状 (mm) |         |         | 引張<br>鉄筋量<br>(mm <sup>2</sup> ) | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 引張<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査<br>値 |
|---------------|-----------|----------|------|---|-----------|---------|---------|---------------------------------|-----------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|---------|
|               |           |          |      |   | 部材<br>幅   | 部材<br>高 | 有効<br>高 |                                 |                       |            |                                   |                                     |         |
| ⑥             | Ss-D1     | H-<br>V- | 底版   | 6 | 1000      | 1000    | 750     | 21440                           | -1247                 | 6          | 118                               | 435                                 | 0.28    |
|               |           |          | 側壁   | 3 | 1000      | 1000    | 860     | 7652.8                          | -312                  | 238        | 40                                | 435                                 | 0.10    |
|               |           |          | 頂版   | 8 | 1000      | 700     | 560     | 5139.2                          | -239                  | 80         | 90                                | 435                                 | 0.21    |

＊1 評価位置は下図に示す。





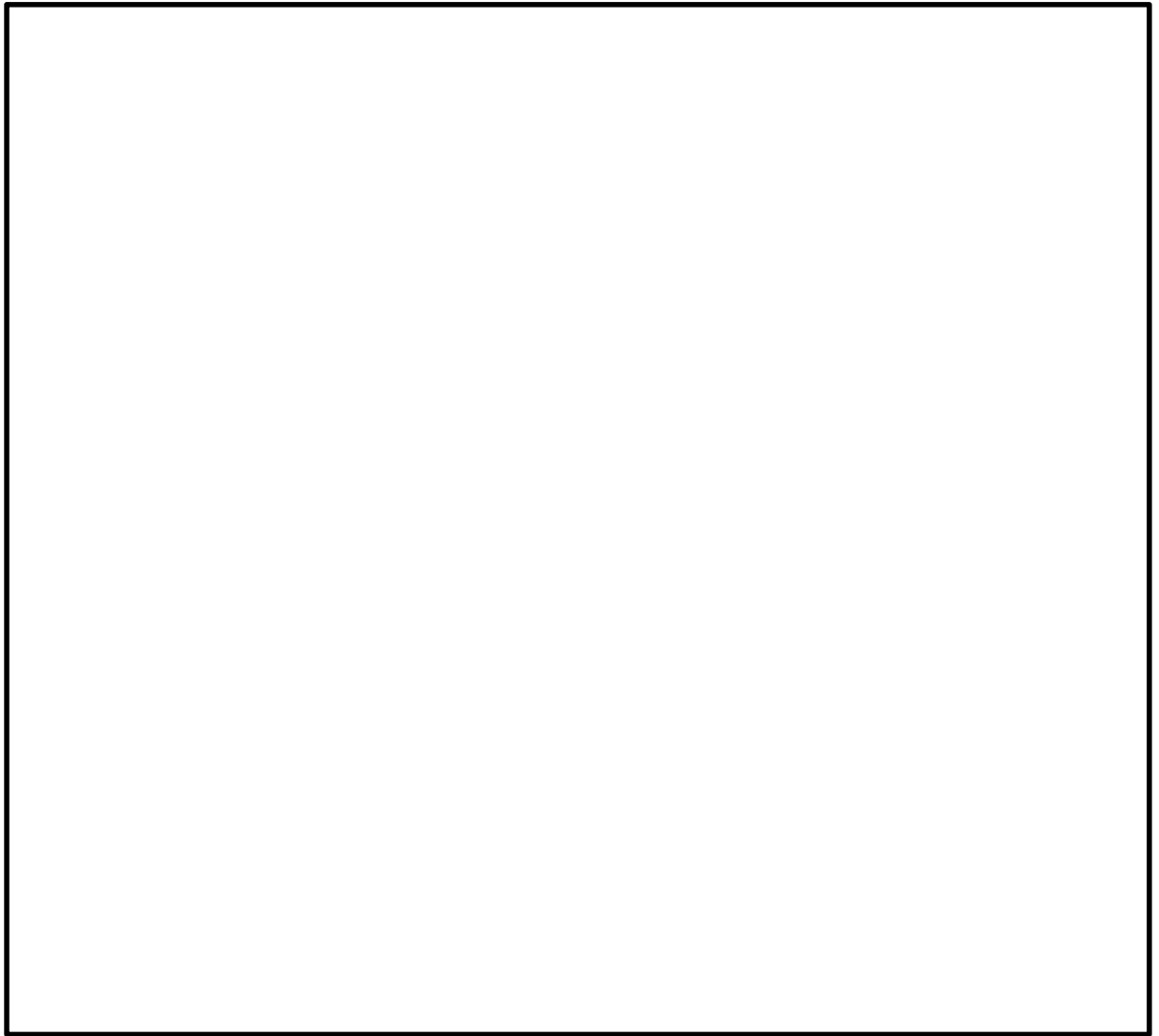


図 17.4－9 概略配筋図

表 17.4－8 断面諸元一覧表（曲げ軸力に対する評価）

|  |
|--|
|  |
|--|



(2) 構造部材のせん断力に対する評価結果

表 17.4-9 にせん断力に対する照査結果を示す。

緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎における許容応力度法による照査を行った結果、評価位置においてせん断応力度が許容せん断応力度以下又は発生せん断力がコンクリートの許容せん断力 ( $V_{c a}$ ) と、斜め引張鉄筋の許容せん断力 ( $V_{s a}$ ) を合わせた許容せん断力 ( $V_a$ ) 以下であることを確認した。なお、発生応力は各地震動、各部材において最大となる値を示している。

以上より、緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎の構造部材の発生応力は、許容限界以下であることを確認した。

図 17.4-10 に概略配筋図を、表 17.4-10 に断面計算に用いた断面諸元の一覧を示す。



表 17.4-9 (1) せん断力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相       | 評価位置 |   | 断面形状 (mm) |      |     | せん断<br>補強筋<br>(mm) | 発生<br>せん断力<br>(kN) | 短期許容<br>せん断力<br>(kN) | 照査値  |
|-----------|-----------|----------|------|---|-----------|------|-----|--------------------|--------------------|----------------------|------|
|           |           |          |      |   | 部材幅       | 部材高  | 有効高 |                    |                    |                      |      |
| ①         | Ss-D1     | H+<br>V+ | 底版   | 6 | 1000      | 1000 | 750 | D25                | 870                | 1855                 | 0.47 |
|           |           |          | 側壁   | 2 | 1000      | 1000 | 860 | D25                | 548                | 2127                 | 0.26 |
|           |           |          | 頂版   | 8 | 1000      | 700  | 560 | D25                | -233               | 1385                 | 0.17 |
| ①         | Ss-D1     | H+<br>V- | 底版   | 6 | 1000      | 1000 | 750 | D25                | 873                | 1855                 | 0.48 |
|           |           |          | 側壁   | 2 | 1000      | 1000 | 860 | D25                | 522                | 2127                 | 0.25 |
|           |           |          | 頂版   | 8 | 1000      | 700  | 560 | D25                | -243               | 1385                 | 0.18 |

\*1 評価位置は下図に示す。

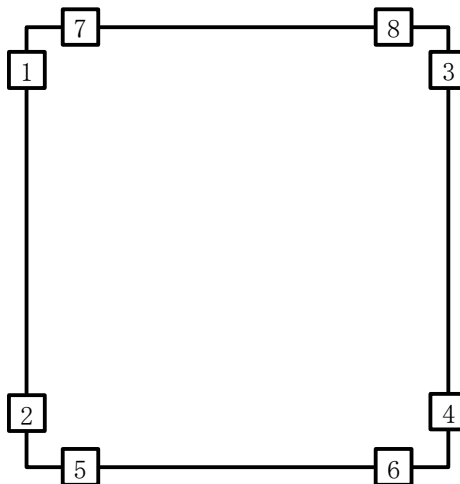




表 17.4-9 (2) せん断力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相       | 評価位置 |   | 断面形状 (mm) |      |     | せん断<br>補強筋<br>(mm) | 発生<br>せん断力<br>(kN) | 短期許容<br>せん断力<br>(kN) | 照査値  |
|-----------|-----------|----------|------|---|-----------|------|-----|--------------------|--------------------|----------------------|------|
|           |           |          |      |   | 部材幅       | 部材高  | 有効高 |                    |                    |                      |      |
| ①         | Ss-D1     | H-<br>V+ | 底版   | 6 | 1000      | 1000 | 750 | D25                | 977                | 1855                 | 0.53 |
|           |           |          | 側壁   | 2 | 1000      | 1000 | 860 | D25                | -544               | 2127                 | 0.26 |
|           |           |          | 頂版   | 7 | 1000      | 700  | 560 | D25                | 261                | 1385                 | 0.19 |
| ①         | Ss-D1     | H-<br>V- | 底版   | 6 | 1000      | 1000 | 750 | D25                | 985                | 1855                 | 0.54 |
|           |           |          | 側壁   | 2 | 1000      | 1000 | 860 | D25                | -569               | 2127                 | 0.27 |
|           |           |          | 頂版   | 7 | 1000      | 700  | 560 | D25                | 279                | 1385                 | 0.21 |

\*1 評価位置は下図に示す。

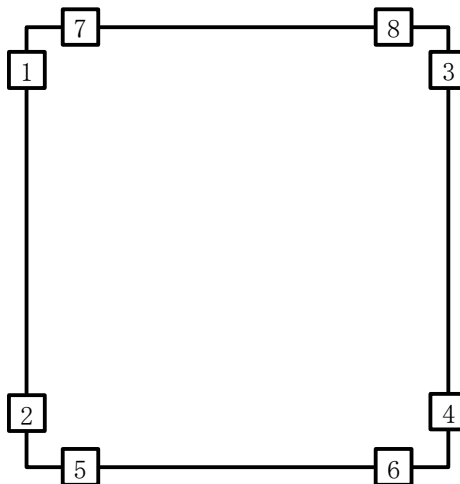




表 17.4-9 (3) せん断力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相       | 評価位置 |   | 断面形状 (mm) |      |     | せん断<br>補強筋<br>(mm) | 発生<br>せん断力<br>(kN) | 短期許容<br>せん断力<br>(kN) | 照査値  |
|-----------|-----------|----------|------|---|-----------|------|-----|--------------------|--------------------|----------------------|------|
|           |           |          |      |   | 部材幅       | 部材高  | 有効高 |                    |                    |                      |      |
| ①         | Ss-11     | H+<br>V+ | 底版   | 6 | 1000      | 1000 | 750 | D25                | 526                | 1855                 | 0.29 |
|           |           |          | 側壁   | 2 | 1000      | 1000 | 860 | D25                | 359                | 2127                 | 0.17 |
|           |           |          | 頂版   | 7 | 1000      | 700  | 560 | D25                | 181                | 1385                 | 0.14 |
| ①         | Ss-12     | H+<br>V+ | 底版   | 6 | 1000      | 1000 | 750 | D25                | 828                | 1855                 | 0.45 |
|           |           |          | 側壁   | 2 | 1000      | 1000 | 860 | D25                | 550                | 2127                 | 0.26 |
|           |           |          | 頂版   | 7 | 1000      | 700  | 560 | D25                | 237                | 1385                 | 0.18 |

\*1 評価位置は下図に示す。

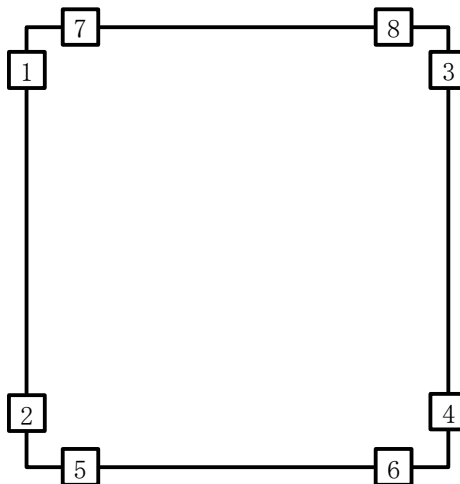




表 17.4-9 (4) せん断力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相       | 評価位置 |   | 断面形状(mm) |      |     | せん断<br>補強筋<br>(mm) | 発生<br>せん断力<br>(kN) | 短期許容<br>せん断力<br>(kN) | 照査値  |
|-----------|-----------|----------|------|---|----------|------|-----|--------------------|--------------------|----------------------|------|
|           |           |          |      |   | 部材幅      | 部材高  | 有効高 |                    |                    |                      |      |
| ①         | Ss-13     | H+<br>V+ | 底版   | 6 | 1000     | 1000 | 750 | D25                | 689                | 1855                 | 0.38 |
|           |           |          | 側壁   | 2 | 1000     | 1000 | 860 | D25                | 591                | 2127                 | 0.28 |
|           |           |          | 頂版   | 7 | 1000     | 700  | 560 | D25                | 229                | 1385                 | 0.17 |
| ①         | Ss-14     | H+<br>V+ | 底版   | 6 | 1000     | 1000 | 750 | D25                | 402                | 1855                 | 0.22 |
|           |           |          | 側壁   | 2 | 1000     | 1000 | 860 | D25                | 360                | 2127                 | 0.17 |
|           |           |          | 頂版   | 7 | 1000     | 700  | 560 | D25                | 191                | 1385                 | 0.14 |

\*1 評価位置は下図に示す。

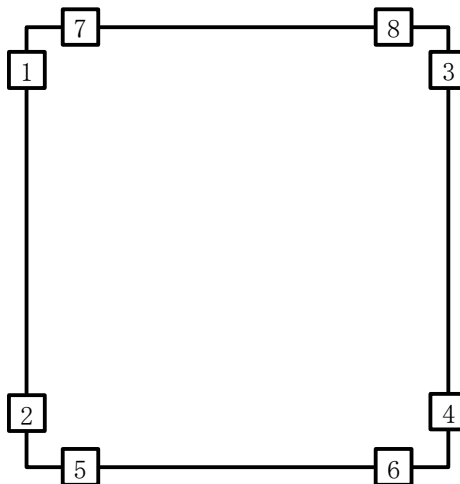




表 17.4-9 (5) せん断力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相       | 評価位置 |   | 断面形状(mm) |      |     | せん断<br>補強筋<br>(mm) | 発生<br>せん断力<br>(kN) | 短期許容<br>せん断力<br>(kN) | 照査値  |
|-----------|-----------|----------|------|---|----------|------|-----|--------------------|--------------------|----------------------|------|
|           |           |          |      |   | 部材幅      | 部材高  | 有効高 |                    |                    |                      |      |
| ①         | Ss-21     | H+<br>V+ | 底版   | 6 | 1000     | 1000 | 750 | D25                | 499                | 1855                 | 0.27 |
|           |           |          | 側壁   | 1 | 1000     | 1000 | 860 | D25                | -340               | 2127                 | 0.16 |
|           |           |          | 頂版   | 8 | 1000     | 700  | 560 | D25                | -181               | 1385                 | 0.14 |
| ①         | Ss-22     | H+<br>V+ | 底版   | 6 | 1000     | 1000 | 750 | D25                | 558                | 1855                 | 0.31 |
|           |           |          | 側壁   | 2 | 1000     | 1000 | 860 | D25                | 346                | 2127                 | 0.17 |
|           |           |          | 頂版   | 8 | 1000     | 700  | 560 | D25                | -194               | 1385                 | 0.15 |

\*1 評価位置は下図に示す。

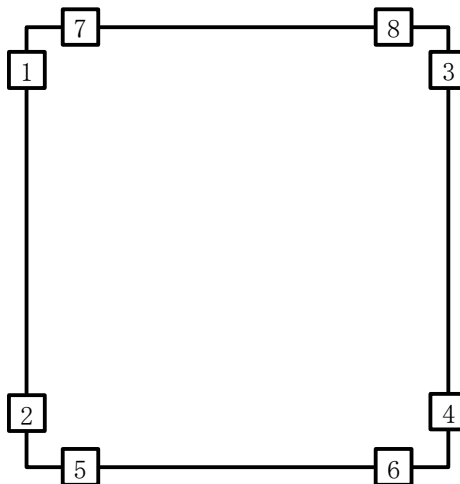




表 17.4-9 (6) せん断力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相       | 評価位置 |   | 断面形状(mm) |      |     | せん断<br>補強筋<br>(mm) | 発生<br>せん断力<br>(kN) | 短期許容<br>せん断力<br>(kN) | 照査値  |
|-----------|-----------|----------|------|---|----------|------|-----|--------------------|--------------------|----------------------|------|
|           |           |          |      |   | 部材幅      | 部材高  | 有効高 |                    |                    |                      |      |
| ①         | Ss-31     | H+<br>V+ | 底版   | 6 | 1000     | 1000 | 750 | D25                | 768                | 1855                 | 0.42 |
|           |           |          | 側壁   | 2 | 1000     | 1000 | 860 | D25                | -452               | 2127                 | 0.22 |
|           |           |          | 頂版   | 7 | 1000     | 700  | 560 | D25                | 211                | 1385                 | 0.16 |
| ①         | Ss-31     | H-<br>V+ | 底版   | 6 | 1000     | 1000 | 750 | D25                | 936                | 1855                 | 0.51 |
|           |           |          | 側壁   | 2 | 1000     | 1000 | 860 | D25                | 443                | 2127                 | 0.21 |
|           |           |          | 頂版   | 8 | 1000     | 700  | 560 | D25                | -223               | 1385                 | 0.17 |

\*1 評価位置は下図に示す。

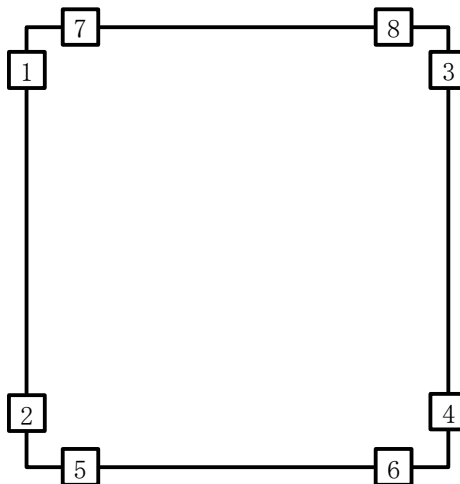




表 17.4-9 (7) せん断力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相       | 評価位置 |   | 断面形状(mm) |      |     | せん断<br>補強筋<br>(mm) | 発生<br>せん断力<br>(kN) | 短期許容<br>せん断力<br>(kN) | 照査値  |
|-----------|-----------|----------|------|---|----------|------|-----|--------------------|--------------------|----------------------|------|
|           |           |          |      |   | 部材幅      | 部材高  | 有効高 |                    |                    |                      |      |
| ②         | Ss-D1     | H-<br>V- | 底版   | 6 | 1000     | 1000 | 750 | D25                | 971                | 1855                 | 0.53 |
|           |           |          | 側壁   | 2 | 1000     | 1000 | 860 | D25                | -551               | 2127                 | 0.26 |
|           |           |          | 頂版   | 7 | 1000     | 700  | 560 | D25                | 282                | 1385                 | 0.21 |
| ③         | Ss-D1     | H-<br>V- | 底版   | 6 | 1000     | 1000 | 750 | D25                | 1044               | 1855                 | 0.57 |
|           |           |          | 側壁   | 2 | 1000     | 1000 | 860 | D25                | -572               | 2127                 | 0.27 |
|           |           |          | 頂版   | 7 | 1000     | 700  | 560 | D25                | 277                | 1385                 | 0.20 |

\*1 評価位置は下図に示す。

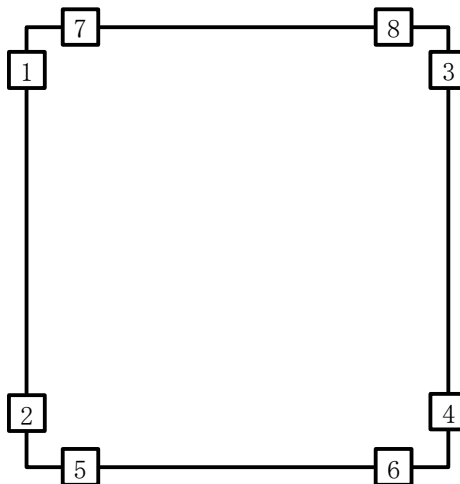




表 17.4-9 (8) せん断力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相       | 評価位置 |   | 断面形状(mm) |      |     | せん断<br>補強筋<br>(mm) | 発生<br>せん断力<br>(kN) | 短期許容<br>せん断力<br>(kN) | 照査値  |
|-----------|-----------|----------|------|---|----------|------|-----|--------------------|--------------------|----------------------|------|
|           |           |          |      |   | 部材幅      | 部材高  | 有効高 |                    |                    |                      |      |
| ④         | Ss-D1     | H-<br>V- | 底版   | 6 | 1000     | 1000 | 750 | D25                | 1617               | 1855                 | 0.88 |
|           |           |          | 側壁   | 4 | 1000     | 1000 | 860 | D25                | -544               | 2127                 | 0.26 |
|           |           |          | 頂版   | 7 | 1000     | 700  | 560 | D25                | 452                | 1385                 | 0.33 |
| ⑤         | Ss-D1     | H-<br>V- | 底版   | 5 | 1000     | 1000 | 750 | D25                | -722               | 1855                 | 0.39 |
|           |           |          | 側壁   | 2 | 1000     | 1000 | 860 | D25                | 357                | 2127                 | 0.17 |
|           |           |          | 頂版   | 8 | 1000     | 700  | 560 | D25                | -199               | 1385                 | 0.15 |

\*1 評価位置は下図に示す。

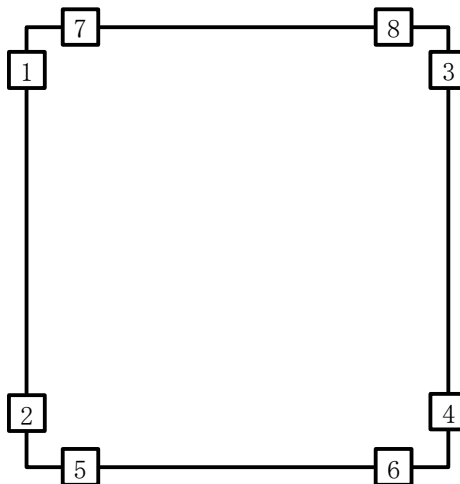
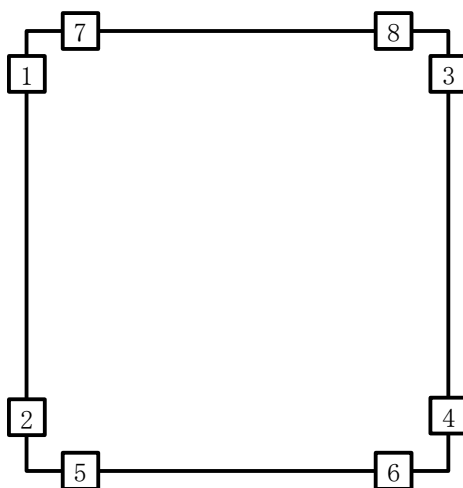




表 17.4-9 (9) せん断力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相       | 評価位置 |   | 断面形状(mm) |      |     | せん断<br>補強筋<br>(mm) | 発生<br>せん断力<br>(kN) | 短期許容<br>せん断力<br>(kN) | 照査値  |
|-----------|-----------|----------|------|---|----------|------|-----|--------------------|--------------------|----------------------|------|
|           |           |          |      |   | 部材幅      | 部材高  | 有効高 |                    |                    |                      |      |
| ⑥         | Ss-D1     | H-<br>V- | 底版   | 5 | 1000     | 1000 | 750 | D25                | -643               | 1855                 | 0.35 |
|           |           |          | 側壁   | 1 | 1000     | 1000 | 860 | D25                | -324               | 2127                 | 0.16 |
|           |           |          | 頂版   | 8 | 1000     | 700  | 560 | D25                | -202               | 1385                 | 0.15 |

\*1 評価位置は下図に示す。





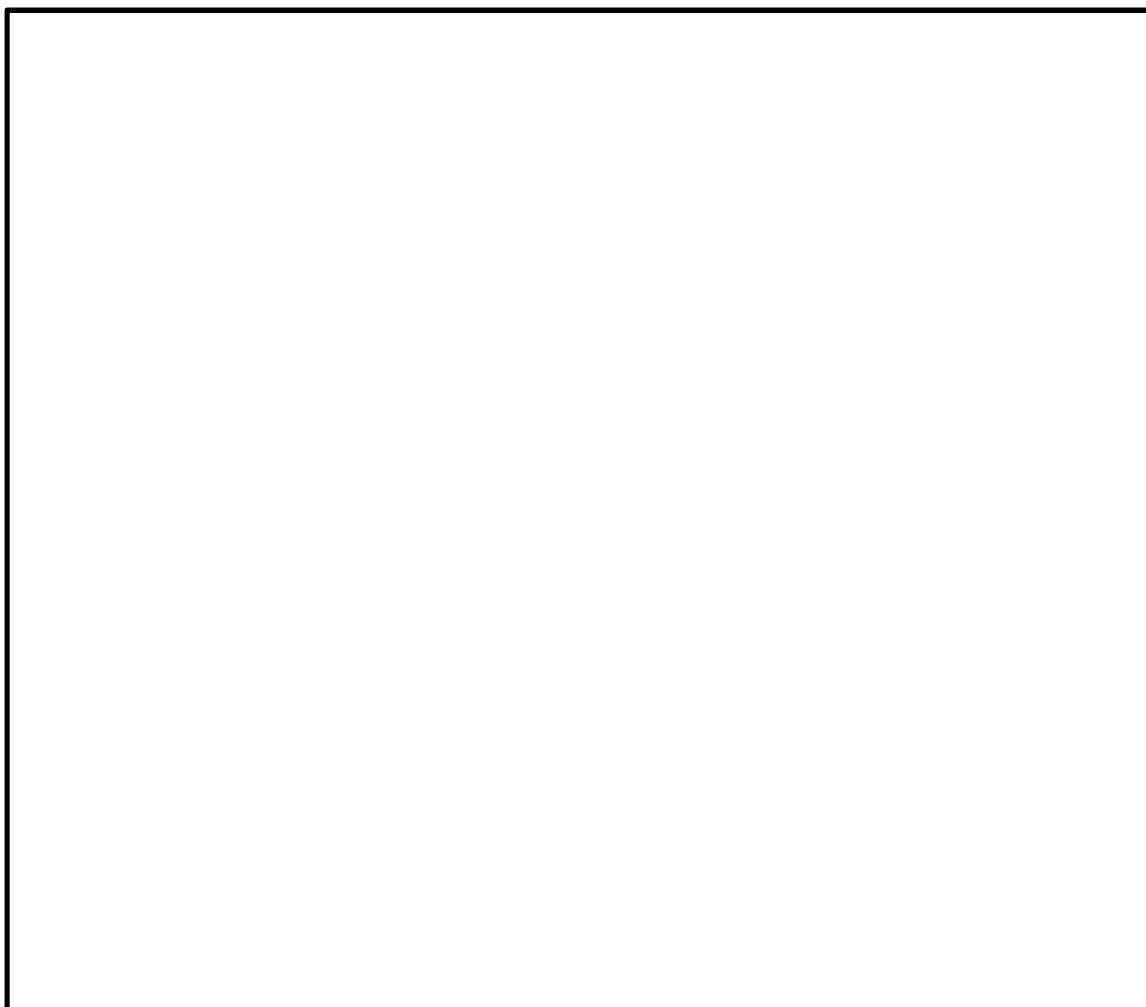


图 17.4—10 概略配筋图

表 17.4-10 断面諸元一覧表（せん断力に対する評価）

表 11.1.10 計画諸元 株式会社（ヒルメ）の計画



(3) 鋼管杭の曲げ軸力に対する評価結果

表 17.4－11 に鋼管杭の曲げ軸力に対する照査結果を示す。

鋼管杭における許容応力度法による照査を行った結果、評価位置において発生応力が短期許容応力度以下であることを確認した。なお、発生応力は各地震動、各部材において最大となる値を示している。

以上より、鋼管杭の発生応力は、許容限界以下であることを確認した。



表 17.4-11 (1) 鋼管杭の曲げ軸力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相 | 評価<br>位置 | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 発生<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値  |
|-----------|-----------|----|----------|-----------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|------|
| ①         | Ss-D1     | H+ | 左        | 4294                  | 1584       | 171.9                             | 277.5                               | 0.62 |
|           |           | V+ | 右        | -4185                 | -2715      | -177.5                            | -277.5                              | 0.64 |
| ①         | Ss-D1     | H+ | 左        | 4299                  | 1565       | 171.9                             | 277.5                               | 0.62 |
|           |           | V- | 右        | -4186                 | -2753      | -177.9                            | -277.5                              | 0.65 |

\*1 評価位置は下図に示す。

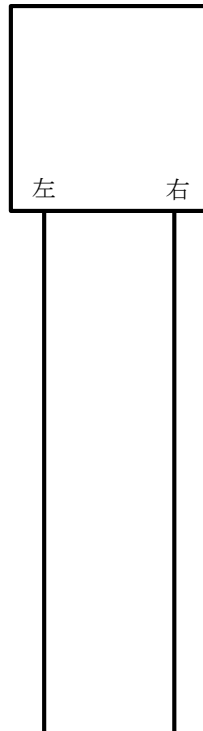




表 17.4-11 (2) 鋼管杭の曲げ軸力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相 | 評価<br>位置 | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 発生<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値  |
|-----------|-----------|----|----------|-----------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|------|
| ①         | Ss-D1     | H- | 左        | -4177                 | 750        | 160.5                             | 277.5                               | 0.58 |
|           |           | V+ | 右        | -4332                 | -2760      | -183.3                            | -277.5                              | 0.67 |
| ①         | Ss-D1     | H- | 左        | -4284                 | 788        | 164.7                             | 277.5                               | 0.60 |
|           |           | V- | 右        | -4460                 | -2844      | -188.7                            | -277.5                              | 0.68 |

\*1 評価位置は下図に示す。

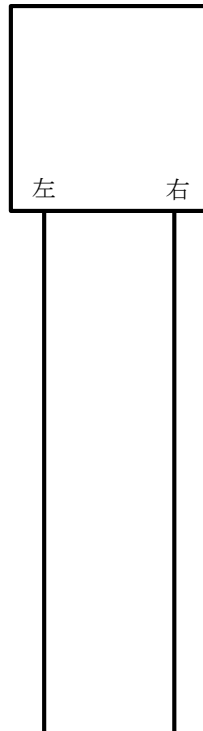




表 17.4-11 (3) 鋼管杭の曲げ軸力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相 | 評価<br>位置 | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 発生<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値  |
|-----------|-----------|----|----------|-----------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|------|
| ①         | Ss-11     | H+ | 左        | -1596                 | -808       | -65.8                             | -277.5                              | 0.24 |
|           |           | V+ | 右        | -1683                 | -1282      | -73.0                             | -277.5                              | 0.27 |
| ①         | Ss-12     | H+ | 左        | -2988                 | 1262       | 121.0                             | 277.5                               | 0.44 |
|           |           | V+ | 右        | -3998                 | -532       | -152.0                            | -277.5                              | 0.55 |

\*1 評価位置は下図に示す。

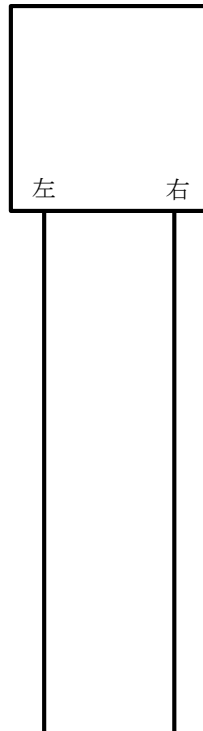




表 17.4-11 (4) 鋼管杭の曲げ軸力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相 | 評価<br>位置 | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 発生<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値  |
|-----------|-----------|----|----------|-----------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|------|
| ①         | Ss-13     | H+ | 左        | -2286                 | 1380       | 96.1                              | 277.5                               | 0.35 |
|           |           | V+ | 右        | -3139                 | -197       | -117.5                            | -277.5                              | 0.43 |
| ①         | Ss-14     | H+ | 左        | -1154                 | 614        | 47.8                              | 277.5                               | 0.18 |
|           |           | V+ | 右        | -1494                 | 153        | 56.4                              | 277.5                               | 0.21 |

\*1 評価位置は下図に示す。

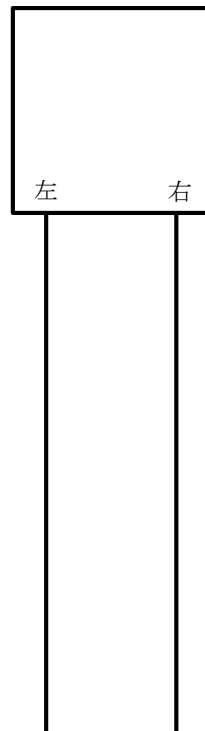




表 17.4-11 (5) 鋼管杭の曲げ軸力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相 | 評価<br>位置 | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 発生<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値  |
|-----------|-----------|----|----------|-----------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|------|
| ①         | Ss-21     | H+ | 左        | 2582                  | 1494       | 108.0                             | 277.5                               | 0.39 |
|           |           | V+ | 右        | 2621                  | 1808       | 112.1                             | 277.5                               | 0.41 |
| ①         | Ss-22     | H+ | 左        | 1879                  | 1325       | 80.6                              | 277.5                               | 0.30 |
|           |           | V+ | 右        | -2009                 | -1575      | -87.5                             | -277.5                              | 0.32 |

\*1 評価位置は下図に示す。

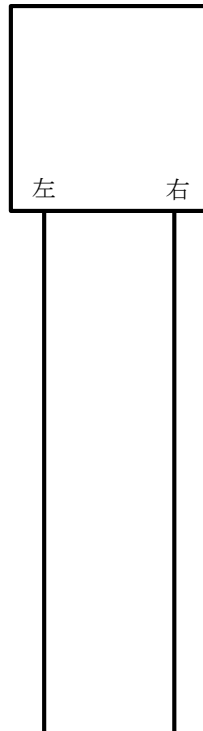




表 17.4-11 (6) 鋼管杭の曲げ軸力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相 | 評価<br>位置 | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 発生<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値  |
|-----------|-----------|----|----------|-----------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|------|
| ①         | Ss-31     | H+ | 左        | 3958                  | -274       | -148.3                            | -277.5                              | 0.54 |
|           |           | V+ | 右        | 4463                  | 881        | 172.1                             | 277.5                               | 0.63 |
| ①         | Ss-31     | H- | 左        | -4306                 | 1768       | 173.9                             | 277.5                               | 0.63 |
|           |           | V+ | 右        | -5388                 | -609       | -203.9                            | -277.5                              | 0.74 |

\*1 評価位置は下図に示す。

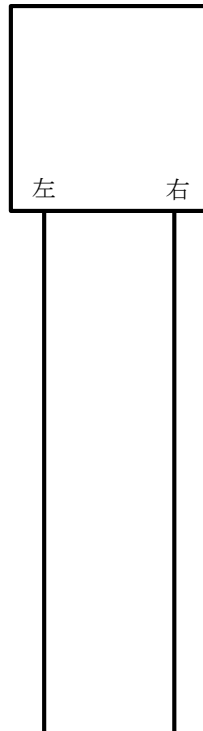




表 17.4-11 (7) 鋼管杭の曲げ軸力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相 | 評価<br>位置 | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 発生<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値  |
|-----------|-----------|----|----------|-----------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|------|
| ②         | Ss-D1     | H－ | 左        | -3976                 | 868        | 154.0                             | 277.5                               | 0.56 |
|           |           | V－ | 右        | -4167                 | -2776      | -177.3                            | -277.5                              | 0.64 |
| ③         | Ss-D1     | H－ | 左        | 4638                  | 1457       | 183.5                             | 277.5                               | 0.67 |
|           |           | V－ | 右        | -4898                 | -2949      | -205.8                            | -277.5                              | 0.75 |

\*1 評価位置は下図に示す。

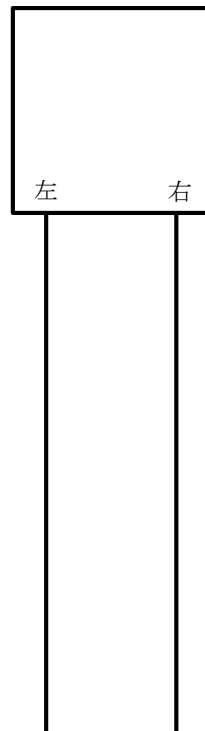




表 17.4-11 (8) 鋼管杭の曲げ軸力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相 | 評価<br>位置 | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 発生<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値  |
|-----------|-----------|----|----------|-----------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|------|
| ④         | Ss-D1     | H－ | 左        | 6690                  | 1435       | 259.0                             | 277.5                               | 0.94 |
|           |           | V－ | 右        | -6001                 | -5931      | -271.8                            | -277.5                              | 0.98 |
| ⑤         | Ss-D1     | H－ | 左        | 4199                  | -25        | -155.1                            | -277.5                              | 0.56 |
|           |           | V－ | 右        | 4283                  | 1455       | 170.4                             | 277.5                               | 0.62 |

\*1 評価位置は下図に示す。

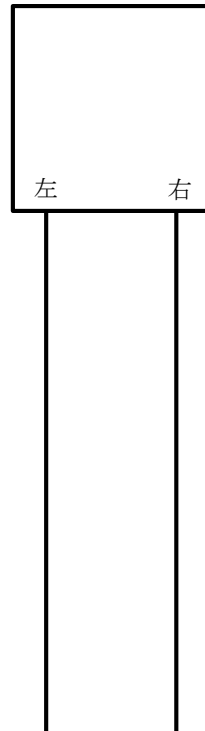
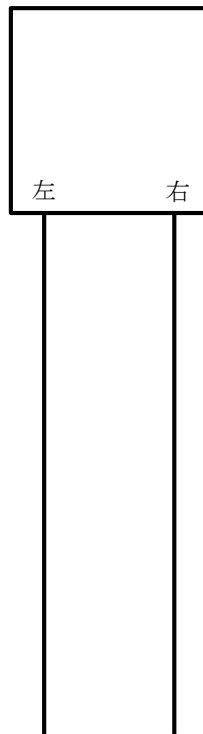




表 17.4-11 (9) 鋼管杭の曲げ軸力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相 | 評価<br>位置 | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 発生<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値  |
|-----------|-----------|----|----------|-----------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|------|
| ⑥         | Ss-D1     | H- | 左        | 3552                  | 51         | 131.5                             | 277.5                               | 0.48 |
|           |           | V- | 右        | 3616                  | 1328       | 144.7                             | 277.5                               | 0.53 |

\*1 評価位置は下図に示す。





(4) 鋼管杭のせん断力に対する評価結果

表 17.4-12 に鋼管杭のせん断力に対する照査結果を示す。

鋼管杭における許容応力度法による照査を行った結果、評価位置において発生応力が短期許容応力度以下であることを確認した。なお、発生応力は各地震動、各部材において最大となる値を示している。

以上より、鋼管杭の発生応力は、許容限界以下であることを確認した。



表 17.4-12 (1) 鋼管杭のせん断力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相     | 評価<br>位置 | 発生<br>せん断力<br>(kN) | せん断<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値  |
|-----------|-----------|--------|----------|--------------------|------------------------------------|-------------------------------------|------|
| ①         | Ss-D1     | H+, V+ | 左        | 1156               | 19.67                              | 157.5                               | 0.13 |
|           |           |        | 右        | 1122               | 19.10                              | 157.5                               | 0.13 |
| ①         | Ss-D1     | H+, V- | 左        | 1164               | 19.82                              | 157.5                               | 0.13 |
|           |           |        | 右        | 1124               | 19.14                              | 157.5                               | 0.13 |

\*1 評価位置は下図に示す。

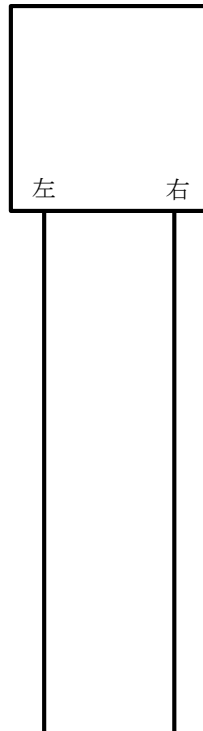




表 17.4-12 (2) 鋼管杭のせん断力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相     | 評価<br>位置 | 発生<br>せん断力<br>(kN) | せん断<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値  |
|-----------|-----------|--------|----------|--------------------|------------------------------------|-------------------------------------|------|
| ①         | Ss-D1     | H－, V＋ | 左        | 1063               | 18.09                              | 157.5                               | 0.12 |
|           |           |        | 右        | -1361              | -23.17                             | 157.5                               | 0.15 |
| ①         | Ss-D1     | H－, V－ | 左        | 1093               | 18.60                              | 157.5                               | 0.12 |
|           |           |        | 右        | -1441              | -24.52                             | 157.5                               | 0.16 |

\*1 評価位置は下図に示す。

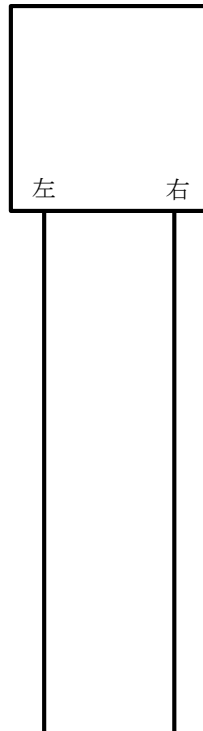




表 17.4-12 (3) 鋼管杭のせん断力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相     | 評価<br>位置 | 発生<br>せん断力<br>(kN) | せん断<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値  |
|-----------|-----------|--------|----------|--------------------|------------------------------------|-------------------------------------|------|
| ①         | Ss-11     | H+, V+ | 左        | -403               | -6.85                              | 157.5                               | 0.05 |
|           |           |        | 右        | -710               | -12.08                             | 157.5                               | 0.08 |
| ①         | Ss-12     | H+, V+ | 左        | -681               | -11.59                             | 157.5                               | 0.08 |
|           |           |        | 右        | -1545              | -26.30                             | 157.5                               | 0.17 |

\*1 評価位置は下図に示す。

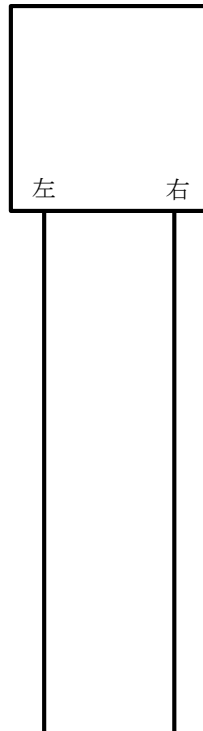




表 17.4-12 (4) 鋼管杭のせん断力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相     | 評価<br>位置 | 発生<br>せん断力<br>(kN) | せん断<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値  |
|-----------|-----------|--------|----------|--------------------|------------------------------------|-------------------------------------|------|
| ①         | Ss-13     | H+, V+ | 左        | 608                | 10.35                              | 157.5                               | 0.07 |
|           |           |        | 右        | -1271              | -21.63                             | 157.5                               | 0.14 |
| ①         | Ss-14     | H+, V+ | 左        | -355               | -6.04                              | 157.5                               | 0.04 |
|           |           |        | 右        | -718               | -12.21                             | 157.5                               | 0.08 |

\*1 評価位置は下図に示す。

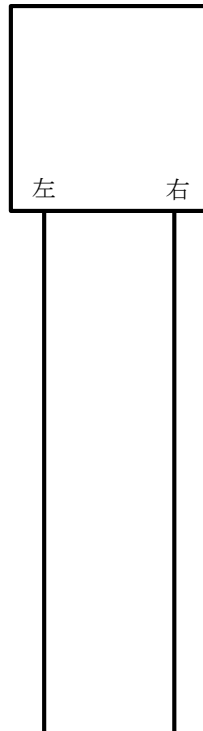




表 17.4-12 (5) 鋼管杭のせん断力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相     | 評価<br>位置 | 発生<br>せん断力<br>(kN) | せん断<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値  |
|-----------|-----------|--------|----------|--------------------|------------------------------------|-------------------------------------|------|
| ①         | Ss-21     | H+, V+ | 左        | 602                | 10.25                              | 157.5                               | 0.07 |
|           |           |        | 右        | 899                | 15.30                              | 157.5                               | 0.10 |
| ①         | Ss-22     | H+, V+ | 左        | 663                | 11.29                              | 157.5                               | 0.08 |
|           |           |        | 右        | 694                | 11.81                              | 157.5                               | 0.08 |

\*1 評価位置は下図に示す。

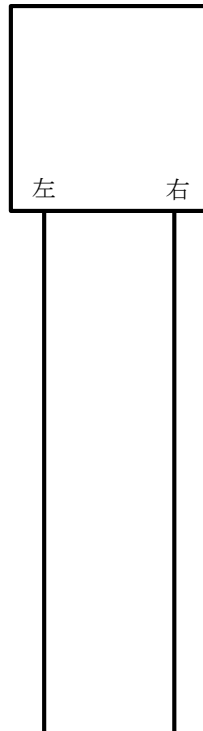




表 17.4-12 (6) 鋼管杭のせん断力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相     | 評価<br>位置 | 発生<br>せん断力<br>(kN) | せん断<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値  |
|-----------|-----------|--------|----------|--------------------|------------------------------------|-------------------------------------|------|
| ①         | Ss-31     | H+, V+ | 左        | -590               | -10.03                             | 157.5                               | 0.07 |
|           |           |        | 右        | -1216              | -20.70                             | 157.5                               | 0.14 |
| ①         | Ss-31     | H-, V+ | 左        | 653                | 11.12                              | 157.5                               | 0.08 |
|           |           |        | 右        | -1517              | -25.82                             | 157.5                               | 0.17 |

\*1 評価位置は下図に示す。

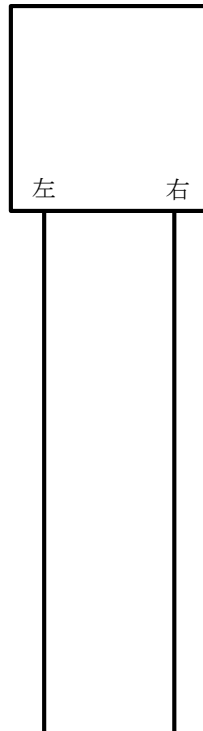




表 17.4-12 (7) 鋼管杭のせん断力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相     | 評価<br>位置 | 発生<br>せん断力<br>(kN) | せん断<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値  |
|-----------|-----------|--------|----------|--------------------|------------------------------------|-------------------------------------|------|
| ②         | Ss-D1     | H-, V- | 左        | -987               | -16.79                             | 157.5                               | 0.11 |
|           |           |        | 右        | -1497              | -25.48                             | 157.5                               | 0.17 |
| ③         | Ss-D1     | H-, V- | 左        | 1220               | 20.77                              | 157.5                               | 0.14 |
|           |           |        | 右        | -1444              | -24.58                             | 157.5                               | 0.16 |

\*1 評価位置は下図に示す。

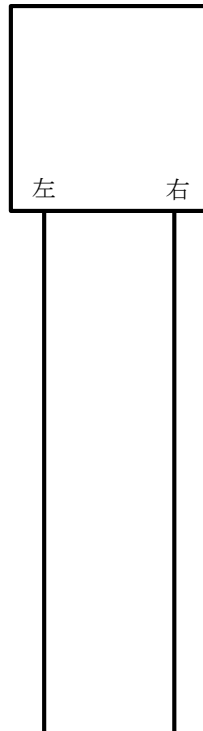




表 17.4-12 (8) 鋼管杭のせん断力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相     | 評価<br>位置 | 発生<br>せん断力<br>(kN) | せん断<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値  |
|-----------|-----------|--------|----------|--------------------|------------------------------------|-------------------------------------|------|
| ④         | Ss-D1     | H-, V- | 左        | 1810               | 30.81                              | 157.5                               | 0.20 |
|           |           |        | 右        | 1490               | 25.35                              | 157.5                               | 0.17 |
| ⑤         | Ss-D1     | H-, V- | 左        | 839                | 14.27                              | 157.5                               | 0.10 |
|           |           |        | 右        | 1029               | 17.52                              | 157.5                               | 0.12 |

\*1 評価位置は下図に示す。

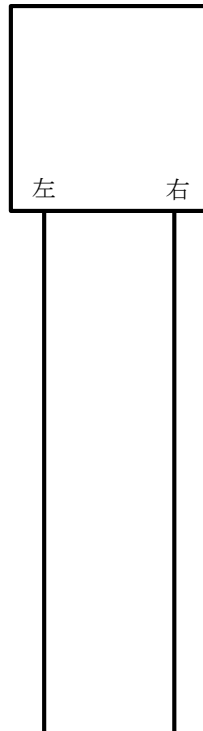
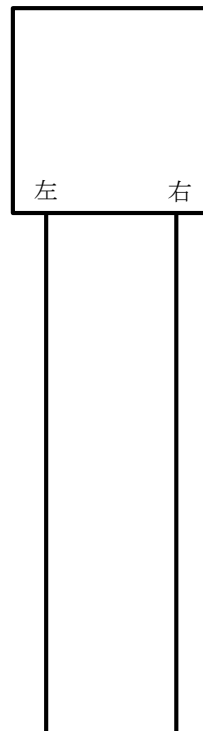




表 17.4-12 (9) 鋼管杭のせん断力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相     | 評価<br>位置 | 発生<br>せん断力<br>(kN) | せん断<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値  |
|-----------|-----------|--------|----------|--------------------|------------------------------------|-------------------------------------|------|
| ⑥         | Ss-D1     | H-, V- | 左        | 676                | 11.51                              | 157.5                               | 0.08 |
|           |           |        | 右        | 868                | 14.77                              | 157.5                               | 0.10 |

\*1 評価位置は下図に示す。





(5) 基礎地盤の支持性能に対する評価結果

表 17.4-13 に基礎地盤の支持性能評価結果を示す。

鋼管杭の最大接地圧は、検討ケース③  $S_s-D1$  (H-, V-) で 4309 kN であり、鋼管杭の極限支持力度 11777 kN 以下である。

以上のことから、緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎の基礎地盤は、基準地震動  $S_s$  に対し、支持性能を有する。

表 17.4-13 基礎地盤の支持性能評価結果 (迫而)

| 検討ケース               | 基準地震動    | 位相     | 最大接地圧<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 極限<br>支持力度<br>(kN/m <sup>2</sup> ) |
|---------------------|----------|--------|-------------------------------|------------------------------------|
| 平均 $V_s$            | $S_s-D1$ | H+, V+ |                               | 11777                              |
|                     | $S_s-D1$ | H+, V- |                               | 11777                              |
|                     | $S_s-D1$ | H-, V+ |                               | 11777                              |
|                     | $S_s-D1$ | H-, V- |                               | 11777                              |
|                     | $S_s-11$ | H+, V+ |                               | 11777                              |
|                     | $S_s-12$ | H+, V+ |                               | 11777                              |
|                     | $S_s-13$ | H+, V+ |                               | 11777                              |
|                     | $S_s-14$ | H+, V+ |                               | 11777                              |
|                     | $S_s-21$ | H+, V+ |                               | 11777                              |
|                     | $S_s-22$ | H+, V+ |                               | 11777                              |
|                     | $S_s-31$ | H+, V+ |                               | 11777                              |
|                     | $S_s-31$ | H-, V+ |                               | 11777                              |
| +1 $\sigma$         | $S_s-D1$ | H-, V- |                               | 11777                              |
| -1 $\sigma$         | $S_s-D1$ | H-, V- |                               | 11777                              |
| 豊浦標準砂               | $S_s-D1$ | H-, V- |                               | 11777                              |
| 非液状化<br>平均 $V_s$    | $S_s-D1$ | H-, V- |                               | 11777                              |
| 非液状化<br>+1 $\sigma$ | $S_s-D1$ | H-, V- |                               | 11777                              |



## 17.5 まとめ

追而







緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎の耐震安全性評価に関する参考資料



## 1 減衰の設定について

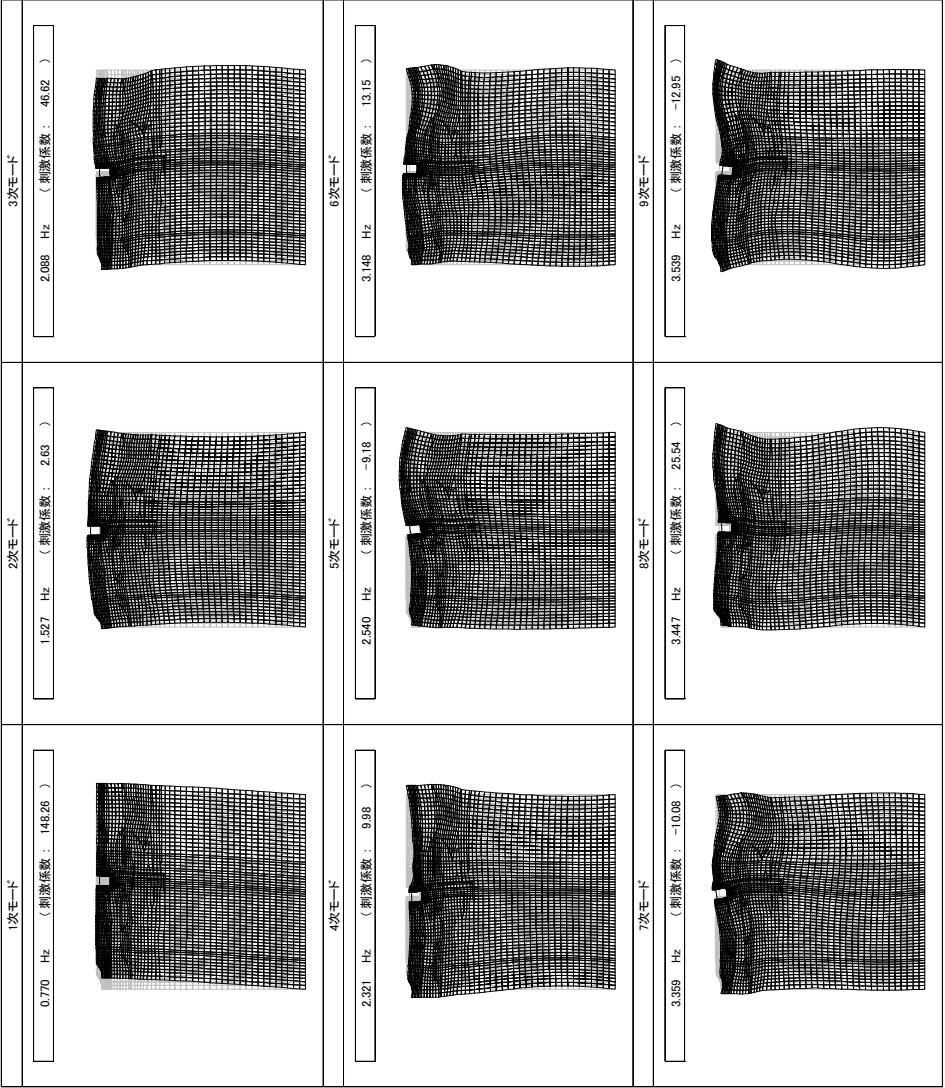
地震応答解析における減衰については，固有値解析にて求まる固有周期及び減衰比に基づき，質量マトリックス及び剛性マトリックスの線形結合で表される以下の Rayleigh 減衰にて与える。なお，Rayleigh 減衰を  $\alpha=0$  となる剛性比例型減衰とする。Rayleigh 減衰の設定は，地盤の低次のモードの変形が特に支配的となる地中埋設構造物のような地盤及び構造系全体に対して，その特定の振動モードの影響が大きいことを考慮し，かつ，振動モードの影響が全体系に占める割合の観点から，刺激係数に着目し行う。

固有値解析による刺激係数及びモード図を図 17-1 に示す。また，設定した Rayleigh 減衰を図 17-2 に示す。

1 次の基準モードについては，地盤及び構造系全体がせん断変形しているモードを選定している。

なお，初期減衰定数は，地盤については 1%（解析における減衰は，ひずみが大きい領域では履歴減衰が支配的となる。そのため，解析上の安定のためになるべく小さい値として 1%を採用している。）とする。また，鋼材については 3%（道路橋示方書（V耐震設計編）・同解説（(社) 日本道路協会，平成 14 年 3 月）），コンクリートについては 5%（J E A G 4 6 0 1 -1987）とする。

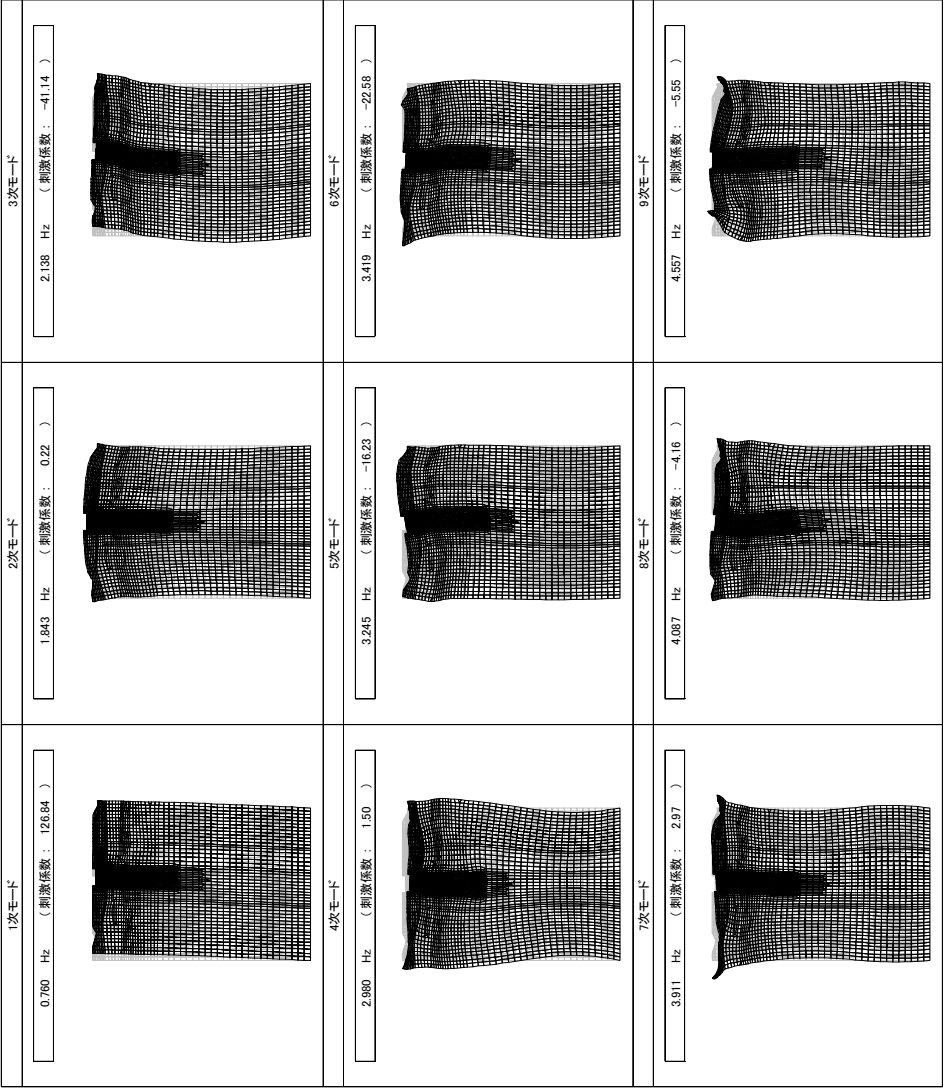




①ー①断面

図 17-1 (1) 緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎の固有値解析結果  
(検討ケース①：原地盤に基づく液化化強度特性を用いた解析ケース)

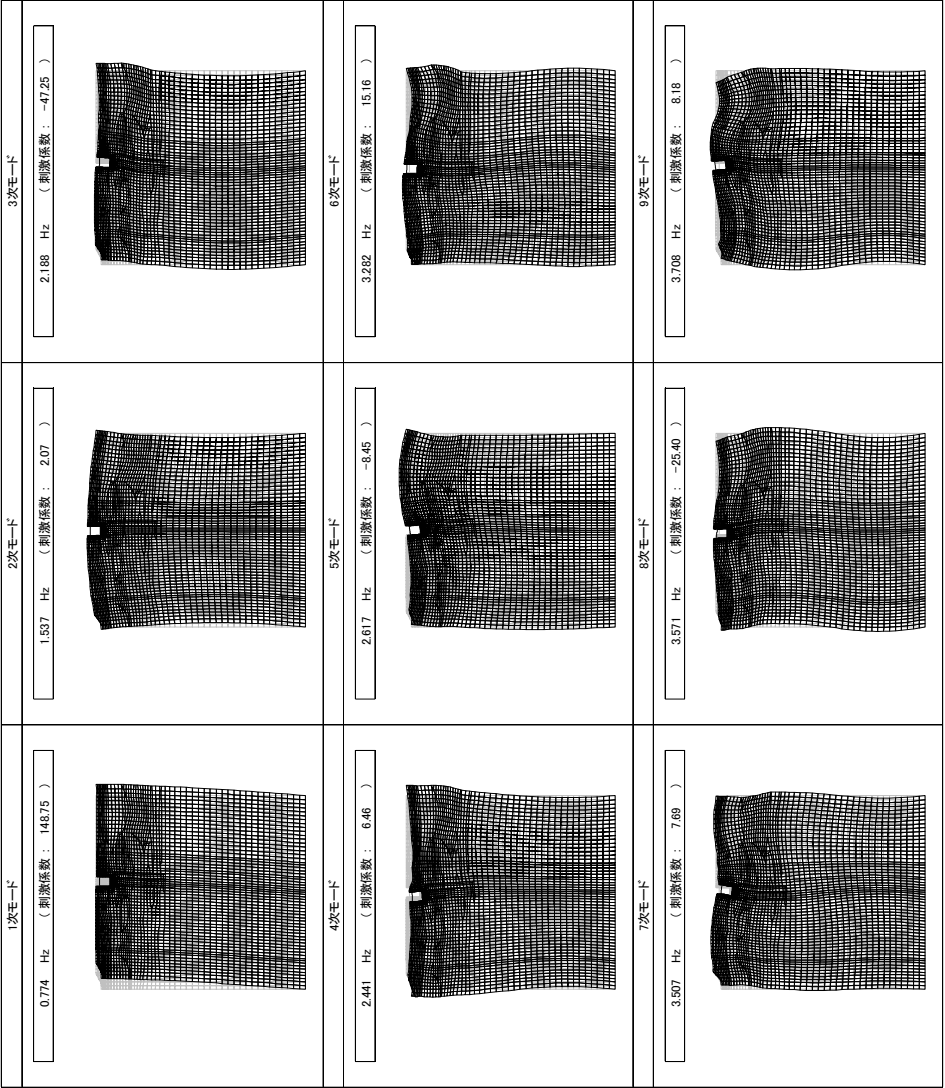




②ー②断面

図 17-1 (2) 緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎の固有値解析結果  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

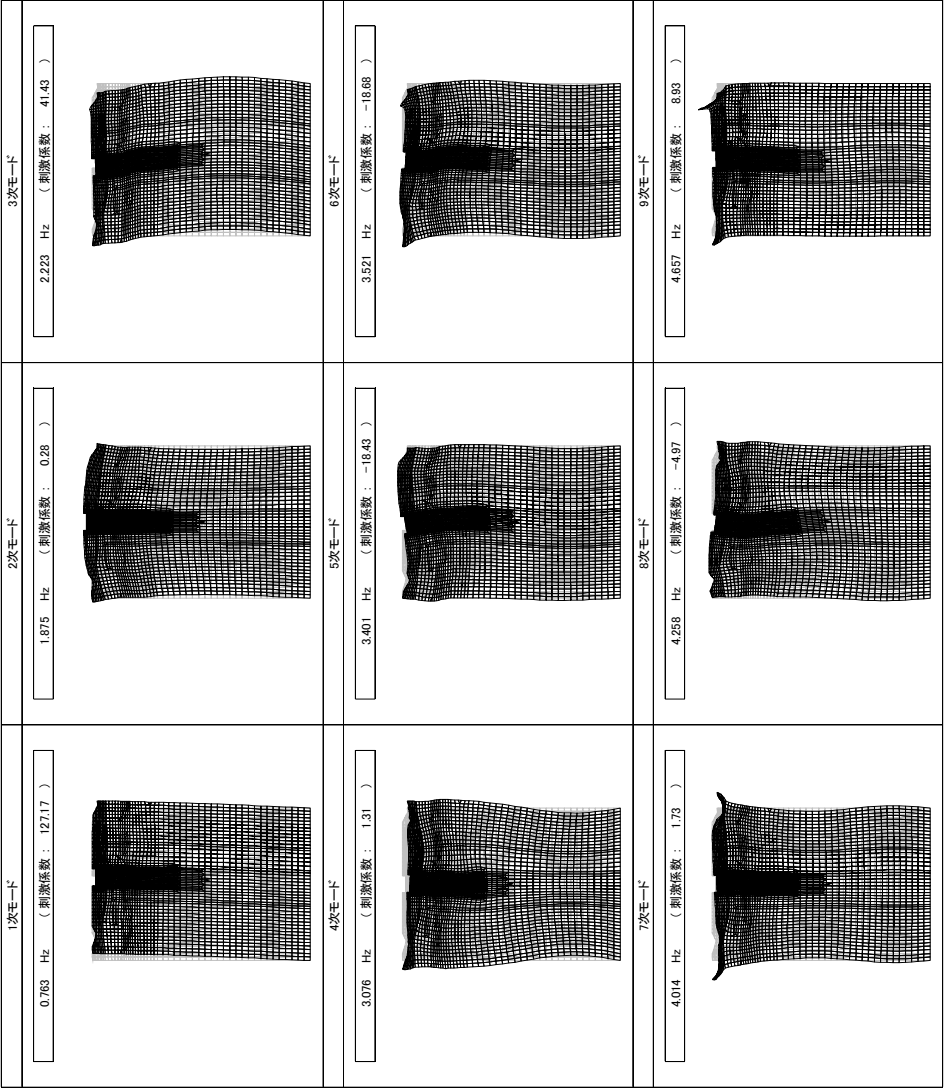




①ー①断面

図 17-1 (3) 緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎の固有値解析結果  
(検討ケース②：地盤物性のばらつきを考慮 (+1σ) した解析ケース)

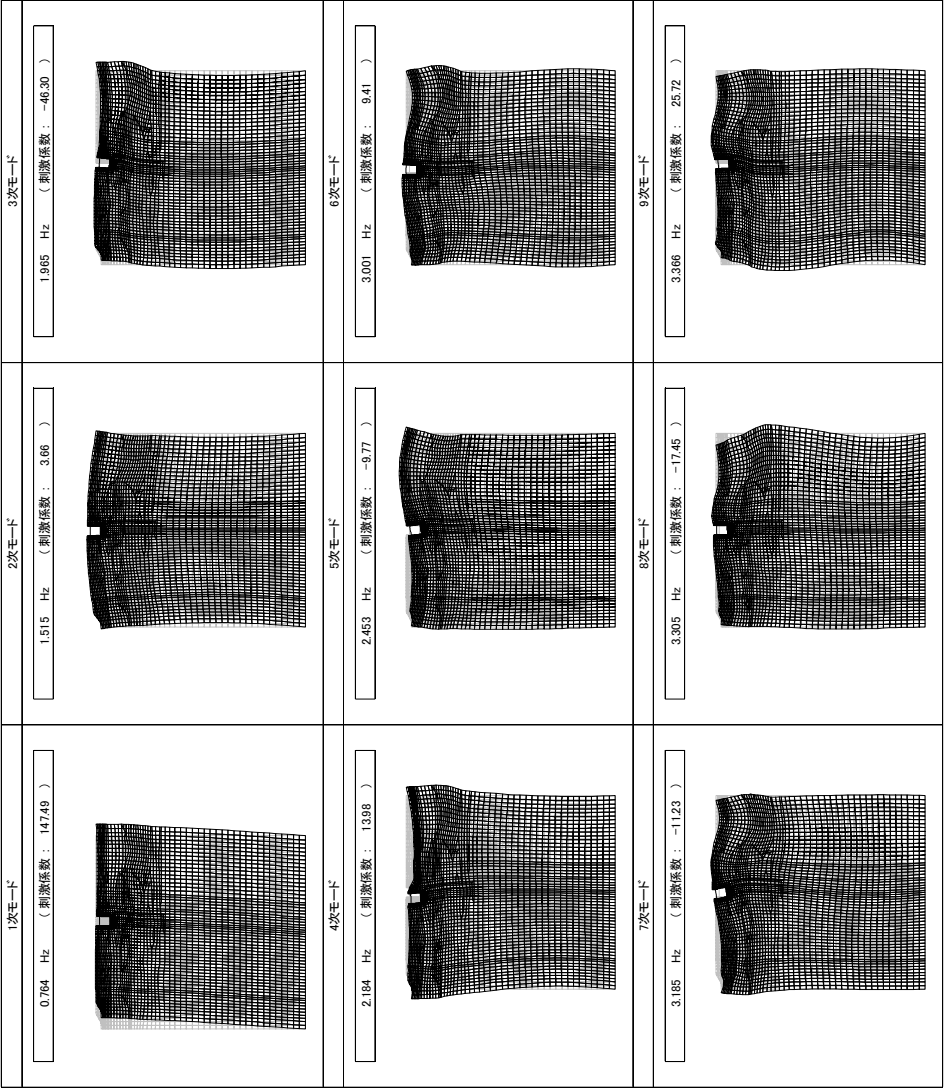




②-②断面

図 17-1 (4) 緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎の固有値解析結果  
(検討ケース②: 地盤物性のばらつきを考慮 (+1σ) した解析ケース)

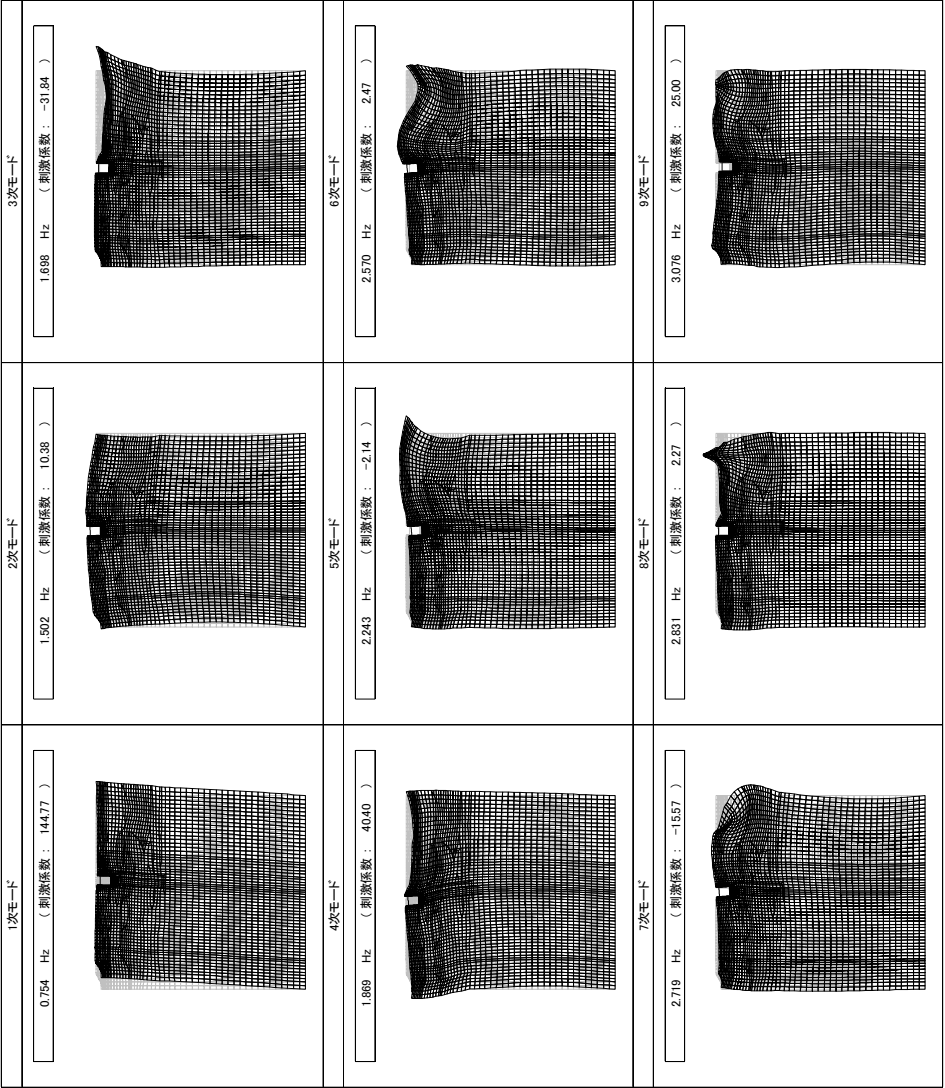




①—①断面

図 17-1 (5) 緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎の固有値解析結果  
(検討ケース③: 地盤物性のばらつきを考慮 (−1σ) した解析ケース)

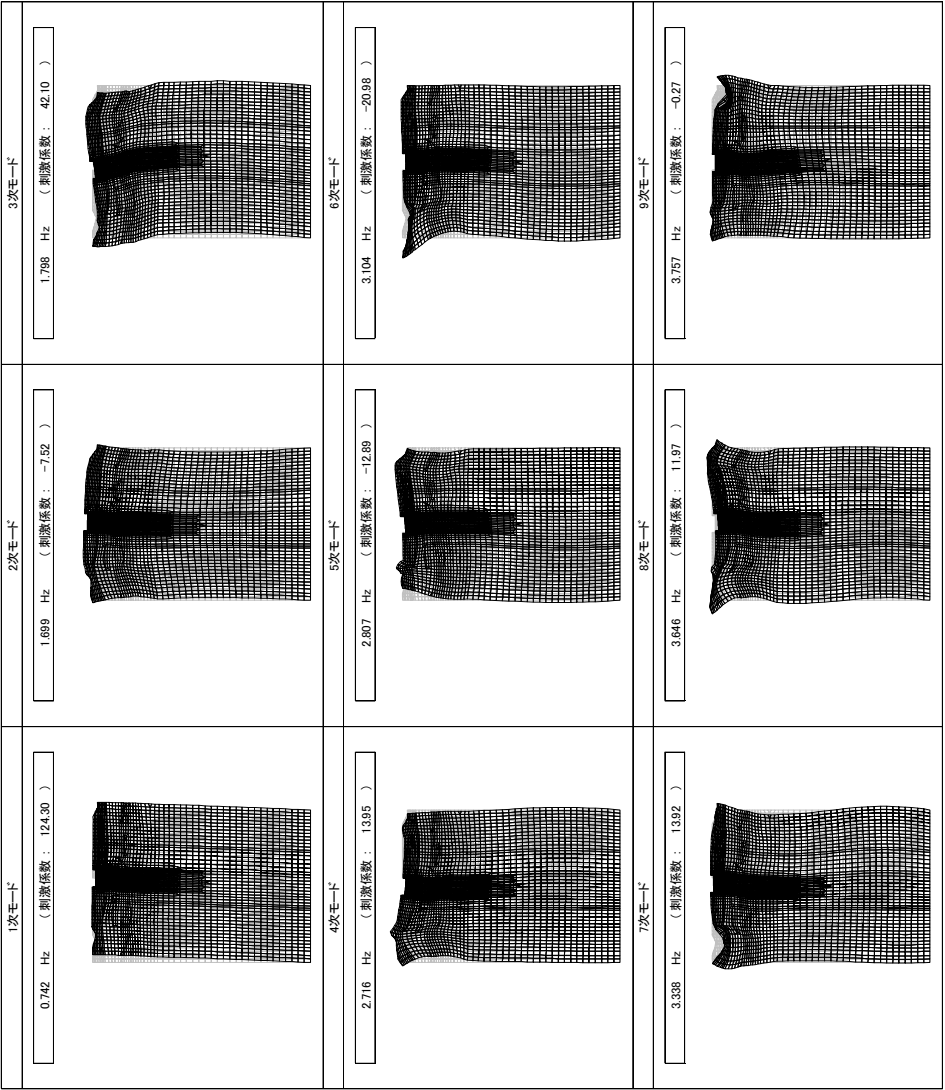




①ー①断面

図 17-1 (6) 緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎の固有値解析結果  
(検討ケース④: 敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)

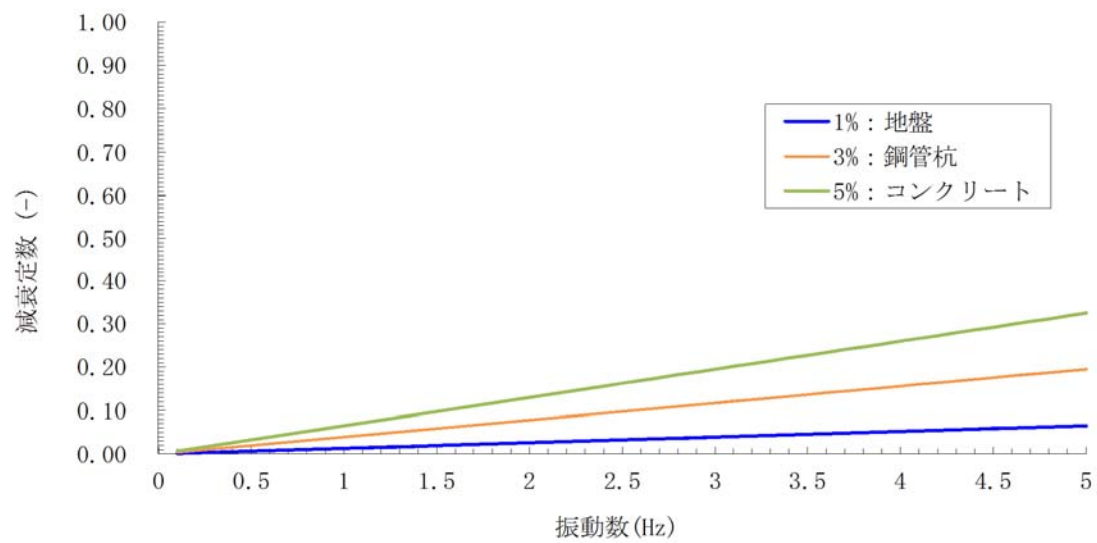




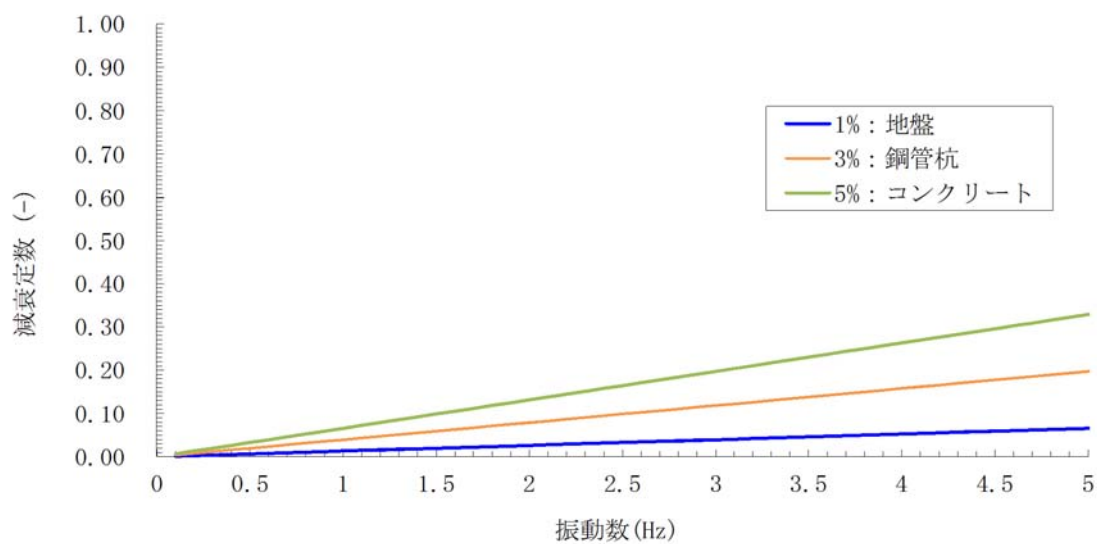
②ー②断面

図 17-1 (7) 緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎の固有値解析結果  
(検討ケース④: 敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)





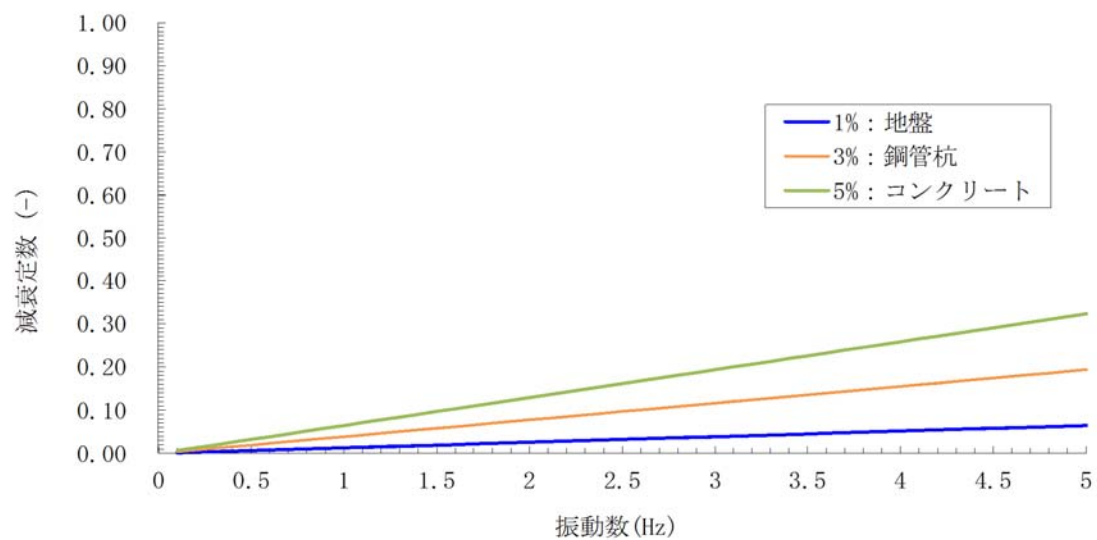
(a) ①-①断面



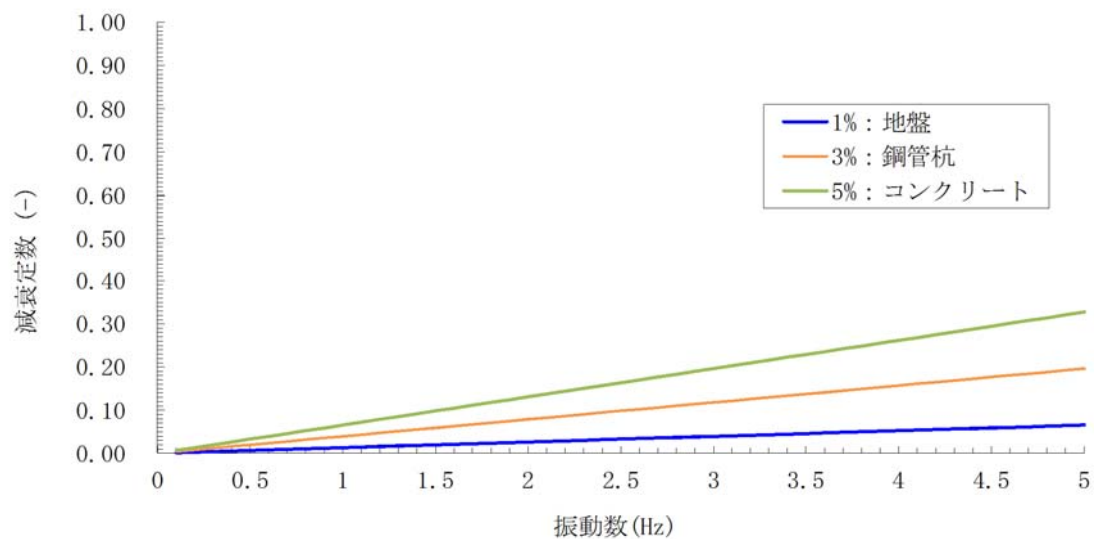
(b) ②-②断面

図 17-2 (1) 設定した Rayleigh 減衰  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)





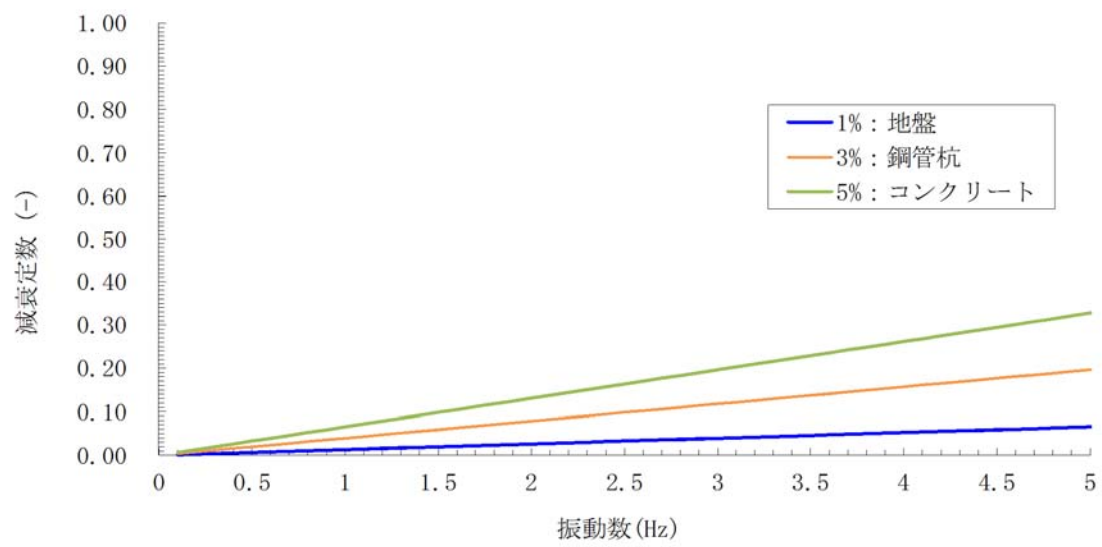
(a) ①－①断面



(b) ②－②断面

図 17-2 (2) 設定した Rayleigh 減衰  
(検討ケース②：地盤物性のばらつきを考慮 (+1 $\sigma$ ) した解析ケース)

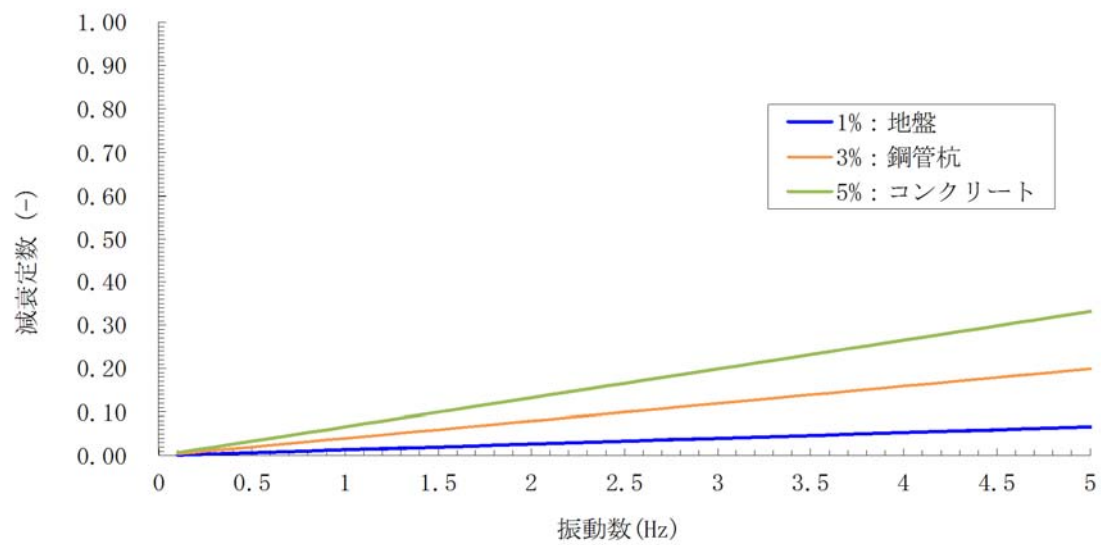




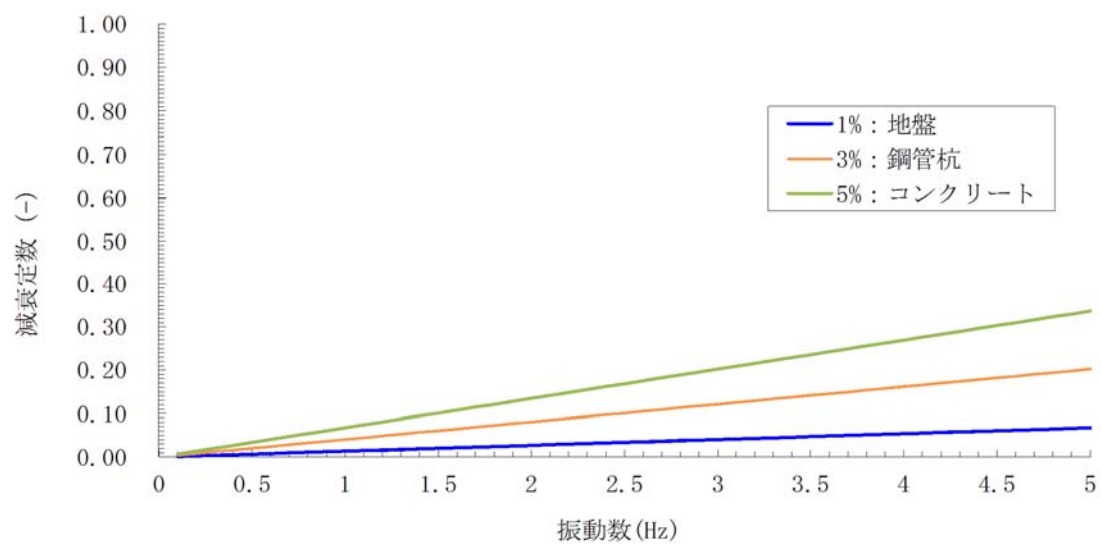
(a) ①－①断面

図 17-2 (3) 設定した Rayleigh 減衰  
(検討ケース③：地盤物性のばらつきを考慮 ( $-1\sigma$ ) した解析ケース)





(a) ①-①断面



(b) ②-②断面

図 17-2 (4) 設定した Rayleigh 減衰

(検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により  
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)







## 18. 可搬型設備用軽油タンク基礎の耐震安全性評価

### 目次

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 18.1 評価方法            | 2   |
| 18.2 評価条件            | 2   |
| 18.2.1 適用基準          | 2   |
| 18.2.2 耐震安全性評価フロー    | 4   |
| 18.2.3 評価対象断面の方向     | 5   |
| 18.2.4 評価対象断面の選定     | 7   |
| 18.2.5 使用材料及び材料定数    | 12  |
| 18.2.6 評価構造物諸元       | 16  |
| 18.2.7 地下水位          | 17  |
| 18.2.8 地震応答解析手法      | 17  |
| 18.2.9 解析モデルの設定      | 18  |
| 18.2.10 減衰定数         | 37  |
| 18.2.11 荷重の組合せ       | 43  |
| 18.2.12 地震応答解析の検討ケース | 46  |
| 18.3 評価内容            | 48  |
| 18.3.1 入力地震動の設定      | 48  |
| 18.3.2 許容限界の設定       | 81  |
| 18.4 評価結果            | 84  |
| 18.4.1 地震応答解析結果      | 84  |
| 18.4.2 耐震評価結果        | 130 |
| 18.5 まとめ             | 178 |



## 18.1 評価方法

可搬型設備用軽油タンク基礎は、西側と南側に分散配置され、可搬型設備用軽油タンクを間接支持する内空幅約 11 m（タンク軸方向）×約 13 m（タンク横断方向）、内空高さ約 4 m の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり、杭を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置する。可搬型設備用軽油タンク基礎について基準地震動  $S_s$  による耐震安全性評価として、構造部材の曲げ、せん断評価及び地盤の支持性能評価を実施する。

構造部材の曲げ、せん断評価については地震応答解析に基づく発生応力又は発生せん断力が許容限界以下であることを確認する。基礎地盤の支持性能評価については、地震応答解析に基づく接地圧が許容限界以下であることを確認する。

## 18.2 評価条件

### 18.2.1 適用基準

可搬型設備用軽油タンク基礎の耐震評価に当たっては、原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 - 1987（（社）日本電気協会）、コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（（社）土木学会、2002 年制定）を適用が、鉄筋コンクリートの曲げ及びせん断の許容限界については、道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会、平成 24 年 3 月）、鋼管杭の曲げ及びせん断の許容限界については道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会、平成 14 年 3 月）を適用する。表 18.2-1 に適用する規格、基準類を示す。



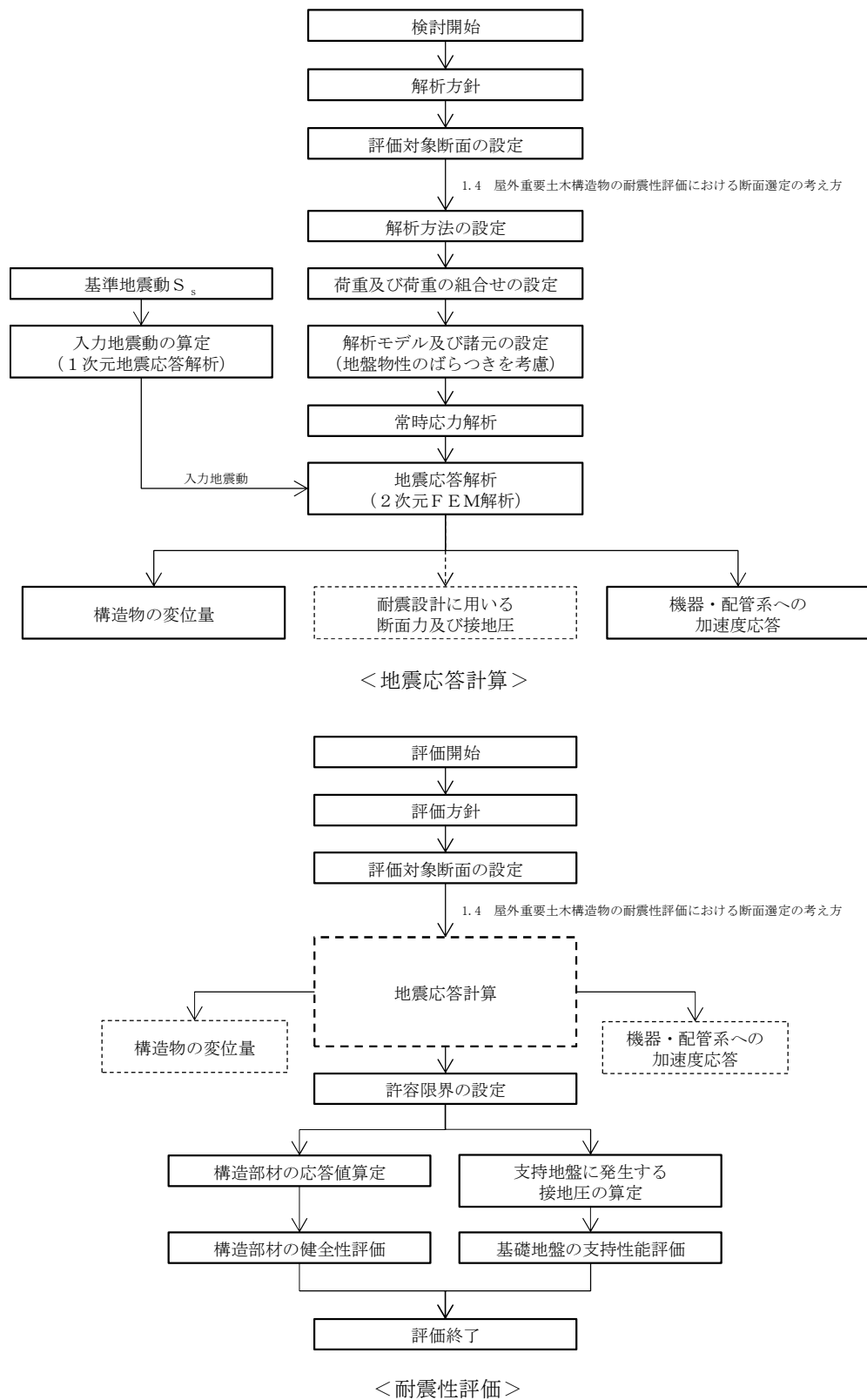
表 18.2-1 適用する規格，基準類

| 項目         | 適用する規格，基準類   | 備考  |
|------------|--|---|
| 使用材料及び材料定数 | ・コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（2002 年制定）  | —   |
| 荷重及び荷重の組合せ | ・コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（2002 年制定）  | ・永久荷重＋偶発荷重＋従たる変動荷重の適切な組合せを検討  |
| 許容限界       | <ul style="list-style-type: none"> <li>・コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（2002 年制定）</li> <li>・道路橋示方書（Ⅰ 共通編・Ⅳ 下部構造編）・同解説（平成 24 年 3 月）</li> <li>・道路橋示方書（Ⅰ 共通編・Ⅳ 下部構造編）・同解説（平成 14 年 3 月）</li> <li>・J E A G 4 6 0 1－1987</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・曲げに対する照査は，発生応力が，許容応力以下であることを確認</li> <li>・せん断に対する照査は，発生応力又は発生せん断力が，許容限界以下であることを確認</li> </ul> |
| 地震応答解析     | ・J E A G 4 6 0 1－1987  | ・有限要素法による 2 次元モデルを用いた時刻歴非線形解析   |



## 18.2.2 耐震安全性評価フロー

図 18.2-1 に可搬型設備用軽油タンク基礎の耐震安全性評価フローを示す。





### 18.2.3 評価対象断面の方向

可搬型設備用軽油タンク基礎の位置を図 18.2-2 に示す。

可搬型設備用軽油タンク基礎は、内空幅約 11 m（タンク軸方向）×約 13 m（タンク横断方向）、内空高さ約 4 m の鉄筋コンクリート造である。可搬型設備用軽油タンク基礎の縦断方向（南北方向）は加振方向と平行に配置される側壁又は隔壁を耐震設計上見込むことができることから、強軸断面方向となる。一方、横断断面方向（東西方向）は、タンクを格納するため側壁の離隔が大きいことから、弱軸断面方向となる。

以上のことから、可搬型設備用軽油タンク基礎の耐震評価では、構造の安定性に支配的な弱軸断面方向である東西方向を評価対象断面の方向とする。



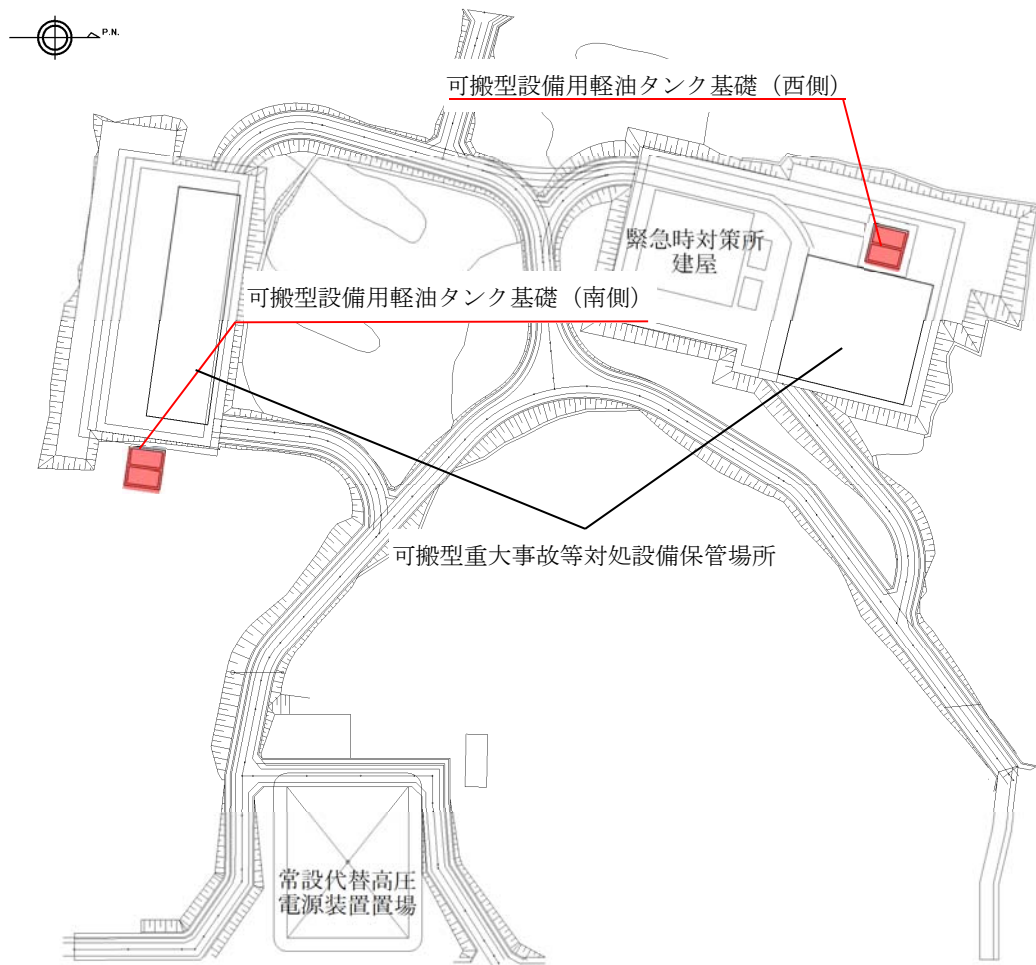


図 18.2-2 可搬型設備用軽油タンク基礎の位置図（全体平面図）



#### 18.2.4 評価対象断面の選定

図 18.2-3、図 18.2-4 及び図 18.2-5 に可搬型設備用軽油タンク基礎の断面位置図、断面図及び構造概要を示す。

可搬型設備用軽油タンク基礎は、内空幅約 11 m（タンク軸方向）×約 13 m（タンク横断方向）、内空高さ約 4 m の鉄筋コンクリート造である。。

評価対象断面は、「1.4.18 可搬型設備用軽油タンク基礎の断面選定の考え方」で記載したとおり、第四紀層が厚く（約 40 m）堆積し、構造物の弱軸断面方向である①-①断面を代表として耐震評価を実施する。なお、④-④断面についても、機器・配管系への加速度応答を抽出するため地震応答解析を実施する。



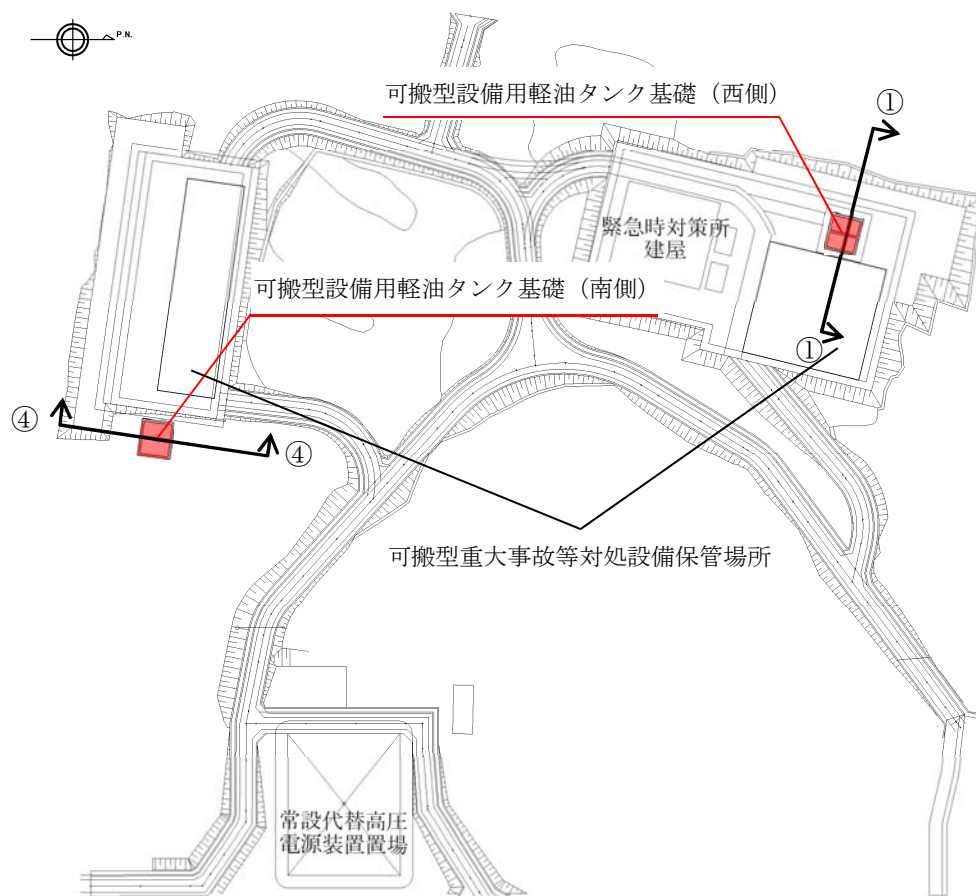
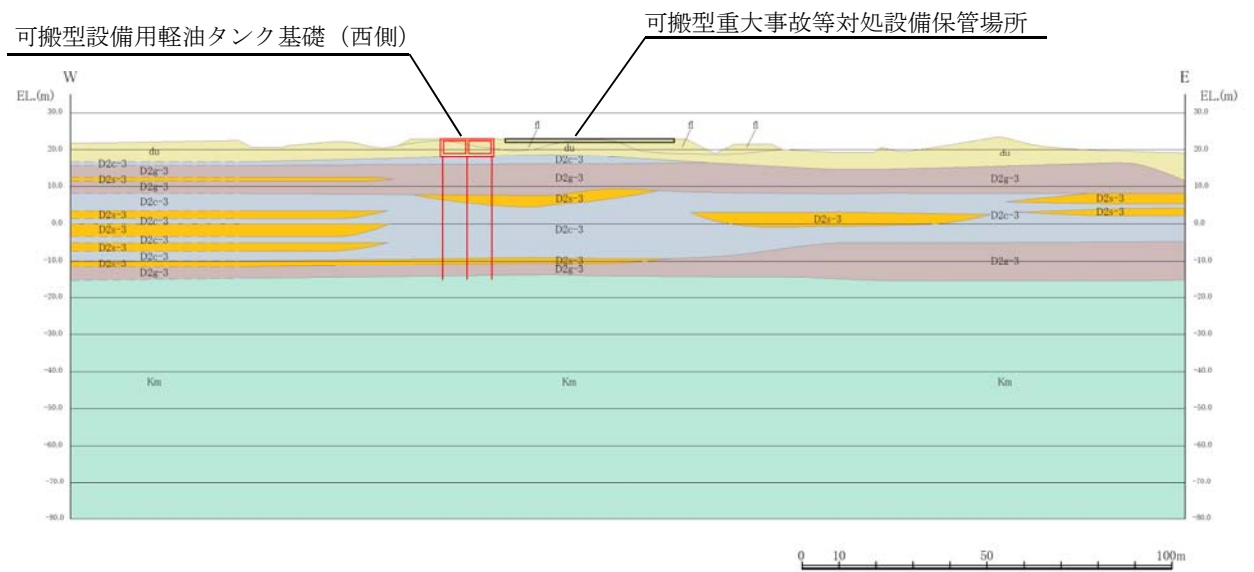
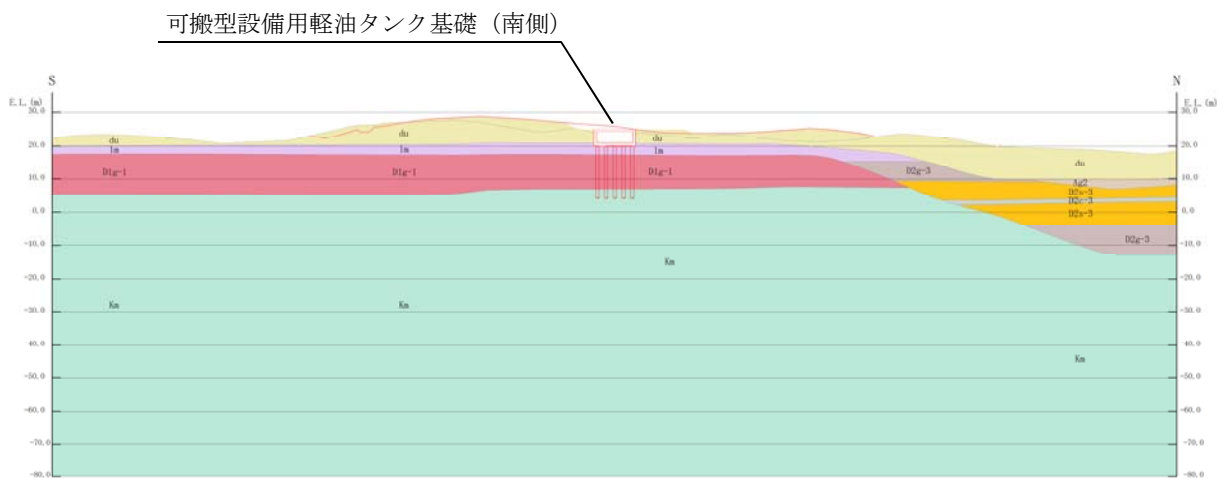


図 18.2-3 可搬型設備用軽油タンク基礎の断面位置図





(①－①断面)



(④－④断面)

図 18.2-4 可搬型設備用軽油タンク基礎の断面図



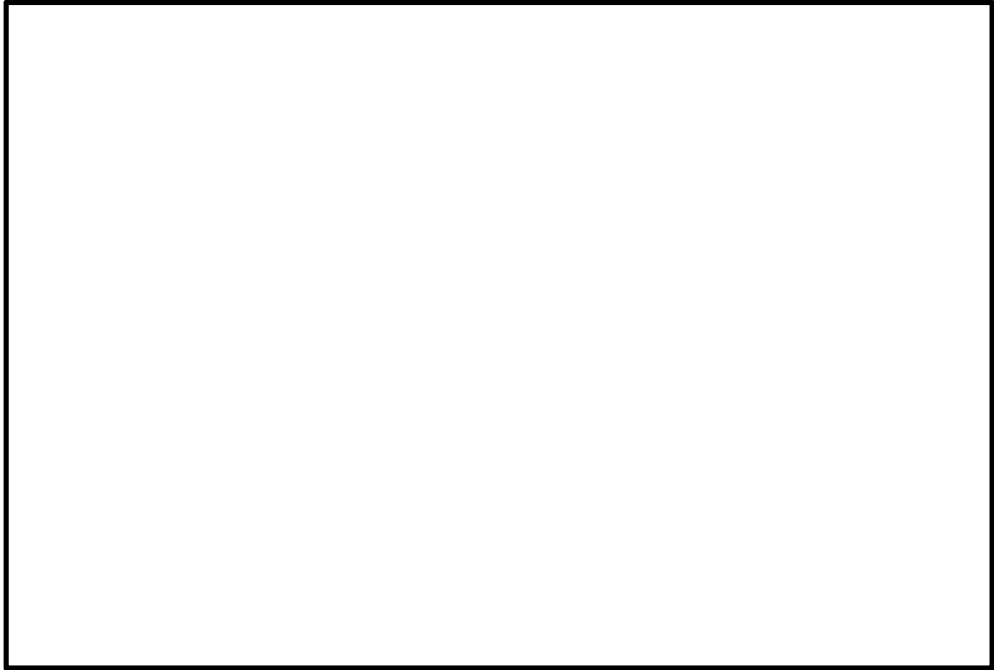


図 18.2-5 (1) 構造概要図 (平面図)

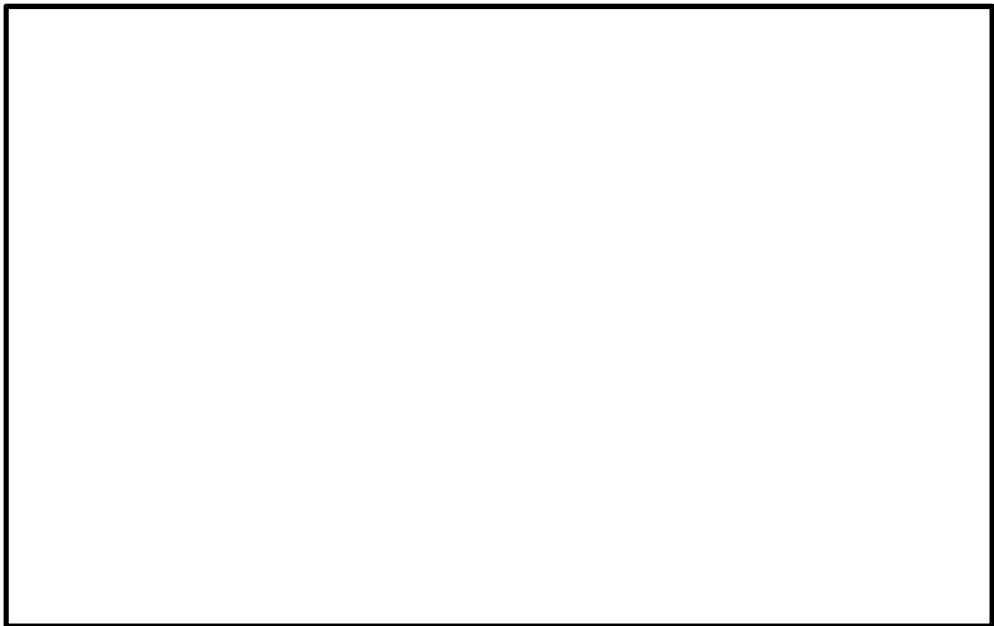


図 18.2-5 (2) 構造概要図 (A-A断面)



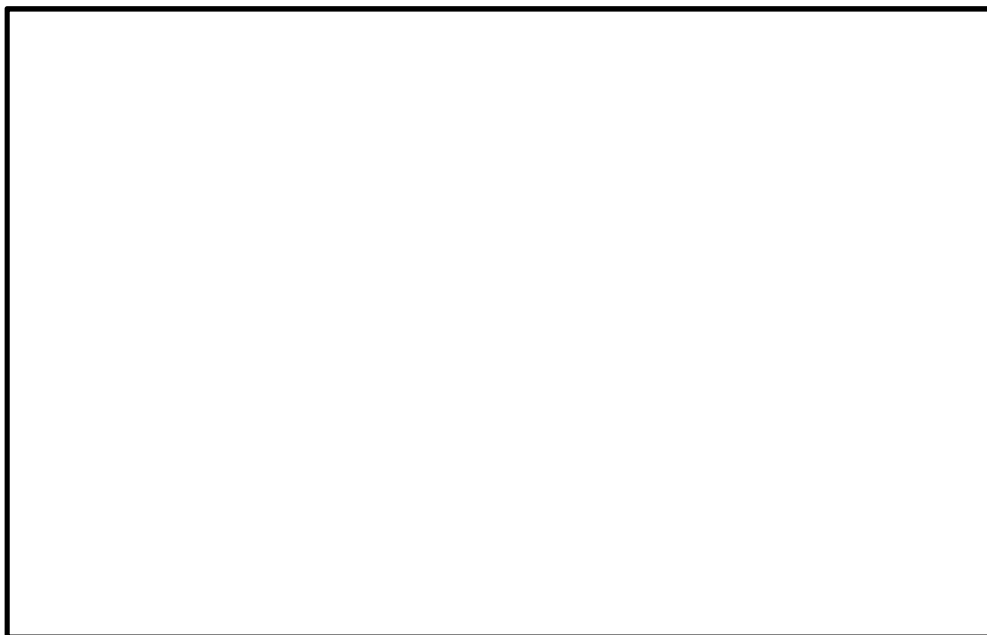


図 18.2-5 (3) 構造概要図 (B-B断面)



### 18.2.5 使用材料及び材料定数

耐震評価に用いる材料定数は、規格、基準類を基に設定する。構造物の使用材料を表 18.2-2 に、材料物性値を表 18.2-3 に示す。

地盤の諸元は、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値を用いる。なお、地盤については、有効応力の変化に応じた地震時挙動を適切に考慮できるモデル化とする。地盤の物性値を表 18.2-4 に、地盤改良体（セメント改良）の物性値を表 18.2-5 に示す。また、地盤改良体（薬液注入）については、文献（浸透固化処理工法技術マニュアル（2010 年版）（（財）沿岸技術研究センター，平成 22 年 6 月））に基づき改良対象の原地盤の解析用物性値と同等の基礎物理特性を用いると共に、非液化化層とする。

表 18.2-2 使用材料

| 諸元     |                             |
|--------|-----------------------------|
| コンクリート | 設計基準強度 40 N/mm <sup>2</sup> |
| 鉄筋     | SD490                       |
| 鋼管杭    | SKK490                      |

表 18.2-3 材料物性値

| 材料       | 単位体積重量<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | ヤング係数<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | ポアソン比             | 減衰定数<br>(%)     |
|----------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------|-----------------|
| 鉄筋コンクリート | 24.5 <sup>*1</sup>             | 3.1×10 <sup>4*1</sup>         | 0.2 <sup>*1</sup> | 5 <sup>*2</sup> |
| 鋼管杭      | 77 <sup>*3</sup>               | 2.0×10 <sup>5*3</sup>         | 0.3 <sup>*3</sup> | 3 <sup>*4</sup> |

注記 \*1：コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（土木学会，2002 年制定）

\*2：J E A G 4 6 0 1－1987（（社）日本電気協会）

\*3：道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 14 年 3 月）

\*4：道路橋示方書（V 耐震設計編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 14 年 3 月）



表 18.2-4(1) 地盤の解析用物性値一覧（液状化検討対象層）

| パラメータ |                        |                |                   | 原地盤                |                    |        |                      | 豊浦標準砂 |
|-------|------------------------|----------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------|----------------------|-------|
|       |                        |                |                   | 埋戻土                | 第四系（液状化検討対象層）      |        |                      |       |
|       |                        |                |                   |                    | f1                 | du     | D2s-3                |       |
| 物理特性  | 密度<br>（）は地下水位以浅        | $\rho$         | g/cm <sup>3</sup> | 1.98<br>(1.82)     | 1.98<br>(1.82)     | 1.92   | 2.15<br>(2.11)       | 1.958 |
|       | 間隙比                    | e              | —                 | 0.75               | 0.75               | 0.79   | 0.43                 | 0.702 |
| 変形特性  | ポアソン比                  | $\nu_{CD}$     | —                 | 0.26               | 0.26               | 0.19   | 0.26                 | 0.333 |
|       | 基準平均有効主応力<br>（）は地下水位以浅 | $\sigma'_{ma}$ | kN/m <sup>2</sup> | 358<br>(312)       | 358<br>(312)       | 966    | 1167<br>(1167)       | 12.6  |
|       | 基準初期せん断剛性<br>（）は地下水位以浅 | $G_{ma}$       | kN/m <sup>2</sup> | 253529<br>(220739) | 253529<br>(220739) | 650611 | 1362035<br>(1362035) | 18975 |
|       | 最大履歴減衰率                | $h_{max}$      | —                 | 0.220              | 0.220              | 0.192  | 0.130                | 0.287 |
| 強度特性  | 粘着力                    | $C_{CD}$       | N/mm <sup>2</sup> | 0                  | 0                  | 0.01   | 0                    | 0     |
|       | 内部摩擦角                  | $\phi_{CD}$    | 度                 | 37.3               | 37.3               | 35.8   | 44.4                 | 30    |
| 液状化特性 | 液状化パラメータ               | $\phi_p$       | —                 | 34.8               | 34.8               | 33.4   | 41.4                 | 28    |
|       | 液状化パラメータ               | $S_1$          | —                 | 0.047              | 0.047              | 0.048  | 0.030                | 0.005 |
|       | 液状化パラメータ               | $W_1$          | —                 | 6.5                | 6.5                | 17.6   | 45.2                 | 5.06  |
|       | 液状化パラメータ               | $P_1$          | —                 | 1.26               | 1.26               | 4.80   | 8.00                 | 0.57  |
|       | 液状化パラメータ               | $P_2$          | —                 | 0.80               | 0.80               | 0.96   | 0.60                 | 0.80  |
|       | 液状化パラメータ               | $C_1$          | —                 | 2.00               | 2.00               | 3.15   | 3.82                 | 1.44  |

表 18.2-4 (2) 地盤の解析用物性値一覧（非液状化層）

| パラメータ |                         |                |                   | 原地盤        |                  |                                 |
|-------|-------------------------|----------------|-------------------|------------|------------------|---------------------------------|
|       |                         |                |                   | 第四系（非液状化層） |                  | 新第三系                            |
|       |                         |                |                   | D2c-3      | 1m               | Km                              |
| 物理特性  | 密度<br>() は地下水位以浅        | $\rho$         | g/cm <sup>3</sup> | 1.77       | 1.47<br>(1.43)   | 1.72-1.03×10 <sup>-4</sup> ・z   |
|       | 間隙比                     | e              | —                 | 1.09       | 2.8              | 1.16                            |
| 変形特性  | ポアソン比                   | $\nu_{CD}$     | —                 | 0.22       | 0.14             | 0.16+0.00025・z                  |
|       | 基準平均有効主応力<br>() は地下水位以浅 | $\sigma'_{ma}$ | kN/m <sup>2</sup> | 696        | 249<br>(223)     | 動的変形特性に基づき<br>z（標高）毎に物性値を<br>設定 |
|       | 基準初期せん断剛性<br>() は地下水位以浅 | $G_{ma}$       | kN/m <sup>2</sup> | 285223     | 38926<br>(35783) |                                 |
|       | 最大履歴減衰率                 | $h_{max}$      | —                 | 0.186      | 0.151            |                                 |
| 強度特性  | 粘着力                     | $C_{CD}$       | N/mm <sup>2</sup> | 0.026      | 0.042            | 0.358-0.00603・z                 |
|       | 内部摩擦角                   | $\phi_{CD}$    | 度                 | 35.6       | 27.3             | 23.2+0.0990・z                   |

z：標高（m）



表 18.2-4 (3) 地盤の解析用物性値一覧 (新第三系 Km 層)

| 区分<br>番号 | 設定深度<br>TP (m)<br>Z | 適用深度 TP (m) | 密度<br>$\rho$<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | 静ポアソン比<br>$\nu_{co}$ | 粘着力<br>$C_{co}$<br>(kN/mf) | 内部摩擦角<br>$\phi_{co}$<br>(°) | せん断波<br>速度Vs<br>(m/s) | 基準初期<br>せん断剛性 G <sub>ma</sub><br>(kN/mf) | 基準体積<br>弾性係数 K <sub>ma</sub><br>(kN/mf) | 基準平均有効<br>主応力 $\sigma'_{ma}$<br>(kN/mf) | 拘束圧<br>依存係数<br>mG, mK | 最大履歴<br>減衰率<br>h <sub>max</sub> (-) | 動ポアソン比<br>$\nu_d$ | 疎密波<br>速度Vp<br>(m/s) | 1000*Vp   |
|----------|---------------------|-------------|--------------------------------------|----------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------|--|---|---|-----------------------|-------------------------------------|-------------------|----------------------|-----------|
| 1        | 10                  | 9.5 ~ 10.5  | 1.72                                 | 0.16                 | 298                        | 24.2                        | 425                   | 310,675                                  | 353,317                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.105                               | 0.464             | 1,640                | 1,640,000 |
| 2        | 9                   | 8.5 ~ 9.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 304                        | 24.1                        | 426                   | 312,139                                  | 354,982                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.105                               | 0.464             | 1,644                | 1,644,000 |
| 3        | 8                   | 7.5 ~ 8.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 310                        | 24.0                        | 427                   | 313,606                                  | 356,650                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.105                               | 0.464             | 1,648                | 1,648,000 |
| 4        | 7                   | 6.5 ~ 7.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 316                        | 23.9                        | 428                   | 315,076                                  | 358,322                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.105                               | 0.464             | 1,651                | 1,651,000 |
| 5        | 6                   | 5.5 ~ 6.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 322                        | 23.8                        | 428                   | 315,076                                  | 358,322                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.106                               | 0.464             | 1,651                | 1,651,000 |
| 6        | 5                   | 4.5 ~ 5.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 328                        | 23.7                        | 429                   | 316,551                                  | 359,999                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.106                               | 0.464             | 1,655                | 1,655,000 |
| 7        | 4                   | 3.5 ~ 4.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 334                        | 23.6                        | 430                   | 318,028                                  | 361,679                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.106                               | 0.463             | 1,638                | 1,638,000 |
| 8        | 3                   | 2.5 ~ 3.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 340                        | 23.5                        | 431                   | 319,509                                  | 363,363                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.107                               | 0.463             | 1,642                | 1,642,000 |
| 9        | 2                   | 1.5 ~ 2.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 346                        | 23.4                        | 431                   | 319,509                                  | 363,363                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.107                               | 0.463             | 1,642                | 1,642,000 |
| 10       | 1                   | 0.5 ~ 1.5   | 1.72                                 | 0.16                 | 352                        | 23.3                        | 432                   | 320,993                                  | 365,051                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.107                               | 0.463             | 1,646                | 1,646,000 |
| 11       | 0                   | -0.5 ~ 0.5  | 1.72                                 | 0.16                 | 358                        | 23.2                        | 433                   | 322,481                                  | 366,743                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.107                               | 0.463             | 1,650                | 1,650,000 |
| 12       | -1                  | -1.5 ~ -0.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 364                        | 23.1                        | 434                   | 323,972                                  | 368,439                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.108                               | 0.463             | 1,653                | 1,653,000 |
| 13       | -2                  | -2.5 ~ -1.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 370                        | 23.0                        | 435                   | 325,467                                  | 370,139                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.108                               | 0.463             | 1,657                | 1,657,000 |
| 14       | -3                  | -3.5 ~ -2.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 376                        | 22.9                        | 435                   | 325,467                                  | 370,139                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.108                               | 0.463             | 1,657                | 1,657,000 |
| 15       | -4                  | -4.5 ~ -3.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 382                        | 22.8                        | 436                   | 326,965                                  | 371,843                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.108                               | 0.463             | 1,661                | 1,661,000 |
| 16       | -5                  | -5.5 ~ -4.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 388                        | 22.7                        | 437                   | 328,467                                  | 373,551                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.109                               | 0.462             | 1,644                | 1,644,000 |
| 17       | -6                  | -6.5 ~ -5.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 394                        | 22.6                        | 438                   | 329,972                                  | 375,262                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.109                               | 0.462             | 1,648                | 1,648,000 |
| 18       | -7                  | -7.5 ~ -6.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 400                        | 22.5                        | 438                   | 329,972                                  | 375,262                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.109                               | 0.462             | 1,648                | 1,648,000 |
| 19       | -8                  | -8.5 ~ -7.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 406                        | 22.4                        | 439                   | 331,480                                  | 376,977                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.109                               | 0.462             | 1,652                | 1,652,000 |
| 20       | -9                  | -9.5 ~ -8.5 | 1.72                                 | 0.16                 | 412                        | 22.3                        | 440                   | 332,992                                  | 378,697                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.110                               | 0.462             | 1,656                | 1,656,000 |
| 21       | -10                 | -11 ~ -9.5  | 1.72                                 | 0.16                 | 418                        | 22.2                        | 441                   | 334,507                                  | 380,420                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.110                               | 0.462             | 1,659                | 1,659,000 |
| 22       | -12                 | -13 ~ -11   | 1.72                                 | 0.16                 | 430                        | 22.0                        | 442                   | 336,026                                  | 382,147                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.110                               | 0.462             | 1,663                | 1,663,000 |
| 23       | -14                 | -15 ~ -13   | 1.72                                 | 0.16                 | 442                        | 21.8                        | 444                   | 339,074                                  | 385,614                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.111                               | 0.462             | 1,671                | 1,671,000 |
| 24       | -16                 | -17 ~ -15   | 1.72                                 | 0.16                 | 454                        | 21.6                        | 445                   | 340,603                                  | 387,352                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.111                               | 0.461             | 1,654                | 1,654,000 |
| 25       | -18                 | -19 ~ -17   | 1.72                                 | 0.16                 | 467                        | 21.4                        | 447                   | 343,671                                  | 390,842                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.112                               | 0.461             | 1,662                | 1,662,000 |
| 26       | -20                 | -21 ~ -19   | 1.72                                 | 0.16                 | 479                        | 21.2                        | 448                   | 345,211                                  | 392,593                                 | 504                                     | 0.0                   | 0.112                               | 0.461             | 1,665                | 1,665,000 |
| 27       | -22                 | -23 ~ -21   | 1.72                                 | 0.15                 | 491                        | 21.0                        | 450                   | 348,300                                  | 381,471                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.112                               | 0.461             | 1,673                | 1,673,000 |
| 28       | -24                 | -25 ~ -23   | 1.72                                 | 0.15                 | 503                        | 20.8                        | 452                   | 351,403                                  | 384,870                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.113                               | 0.461             | 1,680                | 1,680,000 |
| 29       | -26                 | -27 ~ -25   | 1.72                                 | 0.15                 | 515                        | 20.6                        | 453                   | 352,959                                  | 386,574                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.113                               | 0.460             | 1,664                | 1,664,000 |
| 30       | -28                 | -29 ~ -27   | 1.72                                 | 0.15                 | 527                        | 20.4                        | 455                   | 356,083                                  | 389,996                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.114                               | 0.460             | 1,672                | 1,672,000 |
| 31       | -30                 | -31 ~ -29   | 1.72                                 | 0.15                 | 539                        | 20.2                        | 456                   | 357,650                                  | 391,712                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.114                               | 0.460             | 1,675                | 1,675,000 |
| 32       | -32                 | -33 ~ -31   | 1.72                                 | 0.15                 | 551                        | 20.0                        | 458                   | 360,794                                  | 395,155                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.115                               | 0.460             | 1,683                | 1,683,000 |
| 33       | -34                 | -35 ~ -33   | 1.72                                 | 0.15                 | 563                        | 19.8                        | 459                   | 362,371                                  | 396,883                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.115                               | 0.459             | 1,667                | 1,667,000 |
| 34       | -36                 | -37 ~ -35   | 1.72                                 | 0.15                 | 575                        | 19.6                        | 461                   | 365,536                                  | 400,349                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.115                               | 0.459             | 1,675                | 1,675,000 |
| 35       | -38                 | -39 ~ -37   | 1.72                                 | 0.15                 | 587                        | 19.4                        | 462                   | 367,124                                  | 402,088                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.116                               | 0.459             | 1,678                | 1,678,000 |
| 36       | -40                 | -41 ~ -39   | 1.72                                 | 0.15                 | 599                        | 19.2                        | 464                   | 370,309                                  | 405,577                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.116                               | 0.459             | 1,685                | 1,685,000 |
| 37       | -42                 | -43 ~ -41   | 1.72                                 | 0.15                 | 611                        | 19.0                        | 465                   | 371,907                                  | 407,327                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.117                               | 0.459             | 1,689                | 1,689,000 |
| 38       | -44                 | -45 ~ -43   | 1.72                                 | 0.15                 | 623                        | 18.8                        | 467                   | 375,113                                  | 410,838                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.117                               | 0.458             | 1,678                | 1,678,000 |
| 39       | -46                 | -47 ~ -45   | 1.72                                 | 0.15                 | 635                        | 18.6                        | 468                   | 376,721                                  | 412,599                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.117                               | 0.458             | 1,681                | 1,681,000 |
| 40       | -48                 | -49 ~ -47   | 1.72                                 | 0.15                 | 647                        | 18.4                        | 470                   | 379,948                                  | 416,134                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.118                               | 0.458             | 1,688                | 1,688,000 |
| 41       | -50                 | -51 ~ -49   | 1.73                                 | 0.15                 | 660                        | 18.3                        | 472                   | 385,416                                  | 422,122                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.118                               | 0.458             | 1,696                | 1,696,000 |
| 42       | -52                 | -53 ~ -51   | 1.73                                 | 0.15                 | 672                        | 18.1                        | 473                   | 387,051                                  | 423,913                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.118                               | 0.458             | 1,699                | 1,699,000 |
| 43       | -54                 | -55 ~ -53   | 1.73                                 | 0.15                 | 684                        | 17.9                        | 475                   | 390,331                                  | 427,505                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.118                               | 0.457             | 1,688                | 1,688,000 |
| 44       | -56                 | -57 ~ -55   | 1.73                                 | 0.15                 | 696                        | 17.7                        | 476                   | 391,976                                  | 429,307                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.119                               | 0.457             | 1,692                | 1,692,000 |
| 45       | -58                 | -59 ~ -57   | 1.73                                 | 0.15                 | 708                        | 17.5                        | 478                   | 395,277                                  | 432,922                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.119                               | 0.457             | 1,699                | 1,699,000 |
| 46       | -60                 | -61 ~ -59   | 1.73                                 | 0.15                 | 720                        | 17.3                        | 479                   | 396,933                                  | 434,736                                 | 498                                     | 0.0                   | 0.120                               | 0.457             | 1,702                | 1,702,000 |
| 47       | -62                 | -63 ~ -61   | 1.73                                 | 0.14                 | 732                        | 17.1                        | 481                   | 400,255                                  | 422,491                                 | 492                                     | 0.0                   | 0.120                               | 0.457             | 1,709                | 1,709,000 |
| 48       | -64                 | -65 ~ -63   | 1.73                                 | 0.14                 | 744                        | 16.9                        | 482                   | 401,921                                  | 424,250                                 | 492                                     | 0.0                   | 0.120                               | 0.456             | 1,695                | 1,695,000 |
| 49       | -66                 | -67 ~ -65   | 1.73                                 | 0.14                 | 756                        | 16.7                        | 484                   | 405,263                                  | 427,778                                 | 492                                     | 0.0                   | 0.120                               | 0.456             | 1,702                | 1,702,000 |
| 50       | -68                 | -69 ~ -67   | 1.73                                 | 0.14                 | 768                        | 16.5                        | 485                   | 406,939                                  | 429,547                                 | 492                                     | 0.0                   | 0.121                               | 0.456             | 1,705                | 1,705,000 |
| 51       | -70                 | -71 ~ -69   | 1.73                                 | 0.14                 | 780                        | 16.3                        | 487                   | 410,302                                  | 433,097                                 | 492                                     | 0.0                   | 0.121                               | 0.456             | 1,712                | 1,712,000 |
| 52       | -72                 | -73 ~ -71   | 1.73                                 | 0.14                 | 792                        | 16.1                        | 489                   | 413,679                                  | 436,661                                 | 492                                     | 0.0                   | 0.121                               | 0.456             | 1,719                | 1,719,000 |
| 53       | -74                 | -75 ~ -73   | 1.73                                 | 0.14                 | 804                        | 15.9                        | 490                   | 415,373                                  | 438,449                                 | 492                                     | 0.0                   | 0.122                               | 0.455             | 1,705                | 1,705,000 |
| 54       | -76                 | -77 ~ -75   | 1.73                                 | 0.14                 | 816                        | 15.7                        | 492                   | 418,771                                  | 442,036                                 | 492                                     | 0.0                   | 0.122                               | 0.455             | 1,712                | 1,712,000 |
| 55       | -78                 | -79 ~ -77   | 1.73                                 | 0.14                 | 828                        | 15.5                        | 493                   | 420,475                                  | 443,835                                 | 492                                     | 0.0                   | 0.122                               | 0.455             | 1,716                | 1,716,000 |
| 56       | -80                 | -81 ~ -79   | 1.73                                 | 0.14                 | 840                        | 15.3                        | 495                   | 423,893                                  | 447,443                                 | 492                                     | 0.0                   | 0.122                               | 0.455             | 1,723                | 1,723,000 |
| 57       | -82                 | -85 ~ -81   | 1.73                                 | 0.14                 | 852                        | 15.1                        | 496                   | 425,608                                  | 449,253                                 | 492                                     | 0.0                   | 0.123                               | 0.455             | 1,726                | 1,726,000 |
| 58       | -88                 | -90 ~ -85   | 1.73                                 | 0.14                 | 889                        | 14.5                        | 501                   | 434,232                                  | 458,356                                 | 492                                     | 0.0                   | 0.124                               | 0.454             | 1,726                | 1,726,000 |
| 59       | -92                 | -95 ~ -90   | 1.73                                 | 0.14                 | 913                        | 14.1                        | 504                   | 439,448                                  | 463,862                                 | 492                                     | 0.0                   | 0.124                               | 0.454             | 1,736                | 1,736,000 |
| 60       | -98                 | -101 ~ -95  | 1.73                                 | 0.14                 | 949                        | 13.5                        | 509                   | 448,210                                  | 473,111                                 | 492                                     | 0.0                   | 0.125                               | 0.453             | 1,736                | 1,736,000 |
| 61       | -104                | -108 ~ -101 | 1.73                                 | 0.13                 | 985                        | 12.9                        | 513                   | 455,282                                  | 463,485                                 | 486                                     | 0.0                   | 0.126                               | 0.452             | 1,733                | 1,733,000 |
| 62       | -112                | -115 ~ -108 | 1.73                                 | 0.13                 | 1,033                      | 12.1                        | 519                   | 465,995                                  | 474,391                                 | 486                                     | 0.0                   | 0.127                               | 0.451             | 1,737                | 1,737,000 |
| 63       | -118                | -122 ~ -115 | 1.73                                 | 0.13                 | 1,070                      | 11.5                        | 524                   | 475,016                                  | 483,575                                 | 486                                     | 0.0                   | 0.127                               | 0.451             | 1,754                | 1,754,000 |
| 64       | -126                | -130 ~ -122 | 1.73                                 | 0.13                 | 1,118                      | 10.7                        | 530                   | 485,957                                  | 494,713                                 | 486                                     | 0.0                   | 0.128                               | 0.450             | 1,758                | 1,758,000 |



表 18.2-5 地盤改良体の物性値一覧

| 項目     |  | 地盤改良体（セメント改良）   |  |
|--------|--|---|--|
|        |  | 一軸圧縮強度（ $\leq 8.5\text{N/mm}^2$ の場合）  | 一軸圧縮強度（ $> 8.5\text{N/mm}^2$ の場合）  |
| 物理特性   | 密度<br>$\rho_t (\text{g/cm}^3)$         | 改良対象の原地盤の平均密度 $\times 1.1$  |  |
| 静的変形特性 | 静弾性係数<br>( $\text{N/mm}^2$ )           | 581   | 2159   |
|        | 静ポアソン比<br>$\nu_s$                      | 0.260   |  |
| 動的変形特性 | 初期せん断剛性<br>$G_0 (\text{N/mm}^2)$       | $G_0 = \rho_t / 1000 \times V_s^2$<br>$V_s = 147.6 \times q_u^{0.417} (\text{m/s})$<br>$q_u$ : 一軸圧縮強度 ( $\text{kgf/cm}^2$ ) |  |
|        | 動ポアソン比<br>$\nu_d$                      | 0.431   |  |
|        | 動せん断弾性係数のひずみ依存性<br>$G/G_0 \sim \gamma$ | $G/G_0 = \frac{1}{1 + \gamma / 0.000537}$<br>$\gamma$ : せん断ひずみ (—)  | $G/G_0 = \frac{1}{1 + \gamma / 0.001560}$<br>$\gamma$ : せん断ひずみ (—)                   |
|        | 減衰定数<br>$h \sim \gamma$                | $h = 0.152 \frac{\gamma / 0.000537}{1 + \gamma / 0.000537}$<br>$\gamma$ : せん断ひずみ (—)  | $h = 0.178 \frac{\gamma / 0.001560}{1 + \gamma / 0.001560}$<br>$\gamma$ : せん断ひずみ (—) |
| 強度特性   | 粘着力<br>$C (\text{N/mm}^2)$             | $C = q_u / 2$<br>$q_u$ : 一軸圧縮強度 ( $\text{N/mm}^2$ )   |  |
|        | ピーク強度<br>$C_u (\text{N/mm}^2)$         | $1.44 P + 1.76$<br>$P$ : 圧密圧力 ( $\text{N/mm}^2$ )   | $1.60 P + 7.80$<br>$P$ : 圧密圧力 ( $\text{N/mm}^2$ )                                    |
|        | 残留強度<br>$\tau_0 (\text{N/mm}^2)$       | $1.44 P + 0.808$<br>$P$ : 圧密圧力 ( $\text{N/mm}^2$ )  | $1.60 P + 2.05$<br>$P$ : 圧密圧力 ( $\text{N/mm}^2$ )                                    |



### 18.2.6 評価構造物諸元

許容応力度による照査を行う可搬型設備用軽油タンク基礎の評価構造物諸元を表 18.2-6 に示す。評価部位を図 18.2-6 に示す。

表 18.2-6 (1) 評価部位とその仕様 (その 1)

| 部位 | 仕様         |            | 材料  |       | 機能要求                   |
|----|------------|------------|---|-------|------------------------|
|    | 部材幅<br>(m) | 部材高<br>(m) | コンクリート<br>$f'_{ck}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 鉄筋    |                        |
| 底版 | 1.000      | 1.000      | 40  | SD490 | 可搬型設備用軽油タンク<br>の間接支持機能 |
| 側壁 | 1.000      | 0.800      | 40  | SD490 |                        |
| 隔壁 | 1.000      | 0.800      | 40  | SD490 |                        |
| 頂版 | 1.000      | 0.500      | 40  | SD490 |                        |

表 18.2-6 (2) 評価部位とその仕様 (その 2)

| 部位  | 仕様         |            | 材料     | 機能要求               |
|-----|------------|------------|--------|--------------------|
|     | 杭径<br>(mm) | 板厚<br>(mm) |        |                    |
| 鋼管杭 | 1000       | 40         | SKK490 | 可搬型設備用軽油タンクの間接支持機能 |

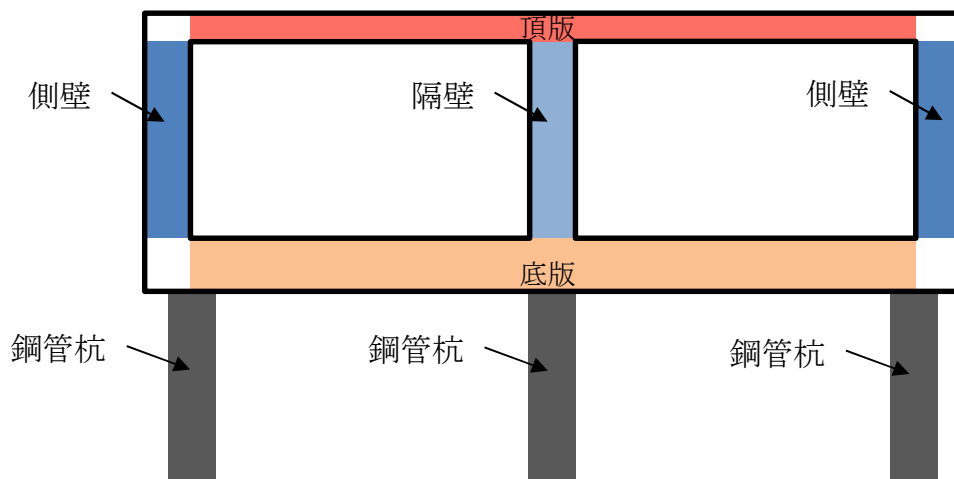


図 18.2-6 評価部位



### 18.2.7 地下水位

地下水位は地表面に設定する。

### 18.2.8 地震応答解析手法

可搬型設備用軽油タンク基礎の地震応答解析は、地盤と構造物の相互作用を考慮できる2次元有限要素法を用いて、基準地震動に基づき設定した水平地震動と鉛直地震動の同時加振による逐次時間積分の時刻歴応答解析にて行う。部材については、線形はり要素及び平面ひずみ要素を用いることとする。また、地盤については、有効応力の変化に応じた地震時挙動を適切に考慮できるモデル化とする。地震応答解析については、解析コード「FLIP ver. 7.3.0\_2」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、V-5-10「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

地震応答解析手法の選定フローを図 18.2-7 に示す。

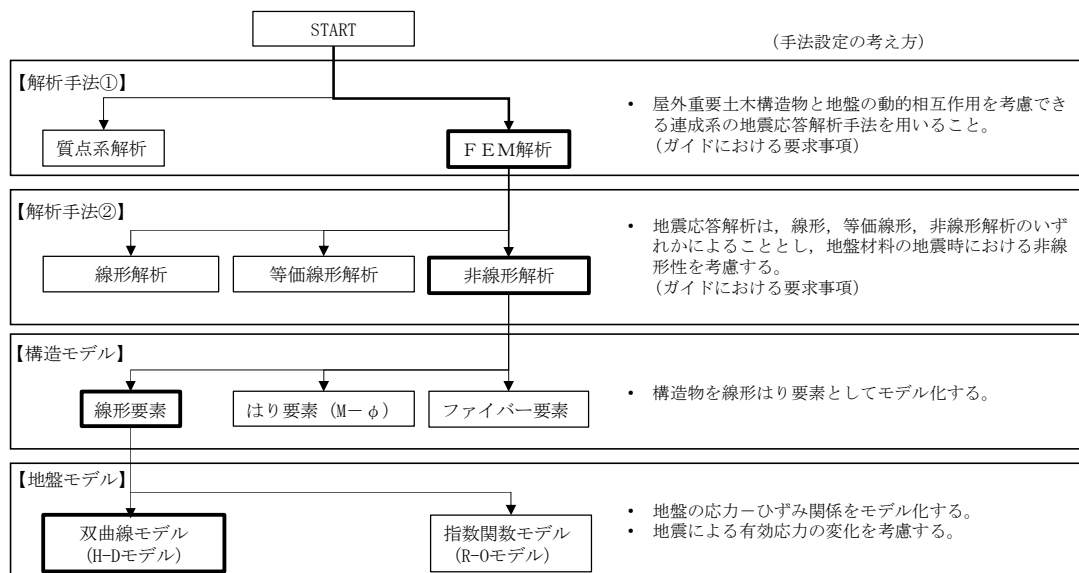


図 18.2-7 地震応答解析手法の選定フロー

地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線の構成則を有効応力解析へ適用する際は、地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線に関するせん断ひずみ及び有効応力の変化に応じた特徴を適切に表現できるモデルを用いる必要がある。

一般に、地盤は荷重を与えることによりせん断ひずみを増加させていくと、地盤のせん断応力は上限値に達し、それ以上はせん断応力が増加しなくなる特徴がある。また、地盤のせん断応力の上限値は有効応力に応じて変化する特徴がある。

よって、耐震評価における有効応力解析では、地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線の構成則として、地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線に関するせん断ひずみ及び有効応力の変化に応じた上記の2つの特徴を適切に表現できる双曲線モデル (H-D モデル) を選定する。



### 18.2.9 解析モデルの設定

#### (1) 解析モデル領域

地震応答解析モデルは、境界条件の影響が地盤及び構造物の応力状態に影響を及ぼさないよう、十分広い領域とする。具体的には、J E A G 4 6 0 1 -1987 を適用し、図 18.2-8 に示すとおりモデル幅を構造物基礎幅の 5 倍以上、モデル高さを構造物幅の 2 倍以上確保する。

地盤の要素分割については、地盤の波動をなめらかに表現するために、最大周波数 20 Hz 及びせん断波速度  $V_s$  で算定される波長の 5 または 4 分割、すなわち  $V_s/100$  又は  $V_s/80$  を考慮し、要素高さを 1 m 程度まで細分割して設定する。

構造物の要素分割については、「原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・同マニュアル」（土木学会原子力土木委員会，2002 年 5 月）に、線材モデルの要素分割については、要素長さを部材の断面厚さまたは有効高さの 2.0 倍以下とし、1.0 倍程度とするのが良い旨が示されていることを考慮し、部材の断面厚さまたは有効高さの 1.0 倍程度まで細分割して設定する。なお、杭の要素分割については、杭に接する地盤の要素分割に合わせて設定する。

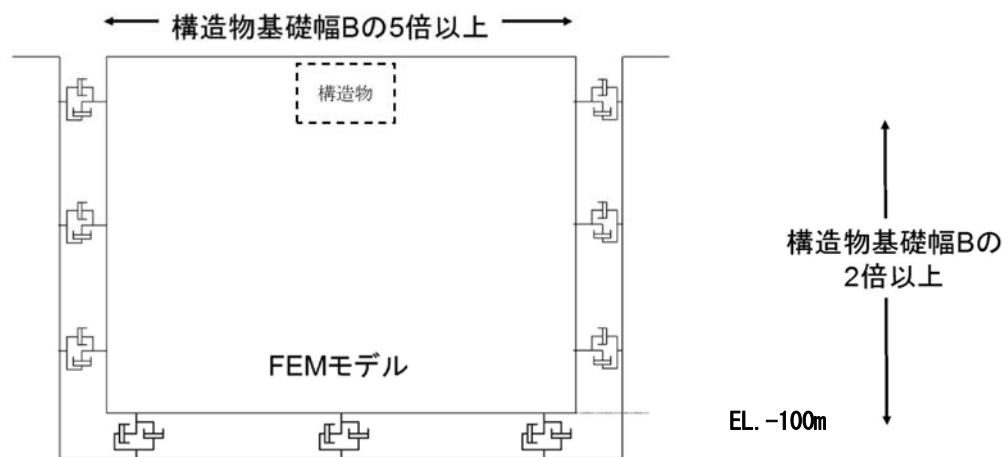


図 18.2-8 モデル範囲の考え方



2次元有効応力解析モデルは、検討対象構造物とその周辺地盤をモデル化した不整形地盤に加え、この不整形地盤の左右に広がる地盤をモデル化した自由地盤で構成される。この自由地盤は、不整形地盤の左右端と同じ地層構成を有する1次元地盤モデル（不整形地盤左右端のそれぞれ縦1列の要素列と同じ地層構成で、水平方向に連続することを表現するために循環境界条件を設定したモデル）である。2次元有効応力解析における自由地盤の初期応力解析から不整形地盤の地震応答解析までのフローを図18.2-9に示す。また、地質断面図を図18.2-10に示す。

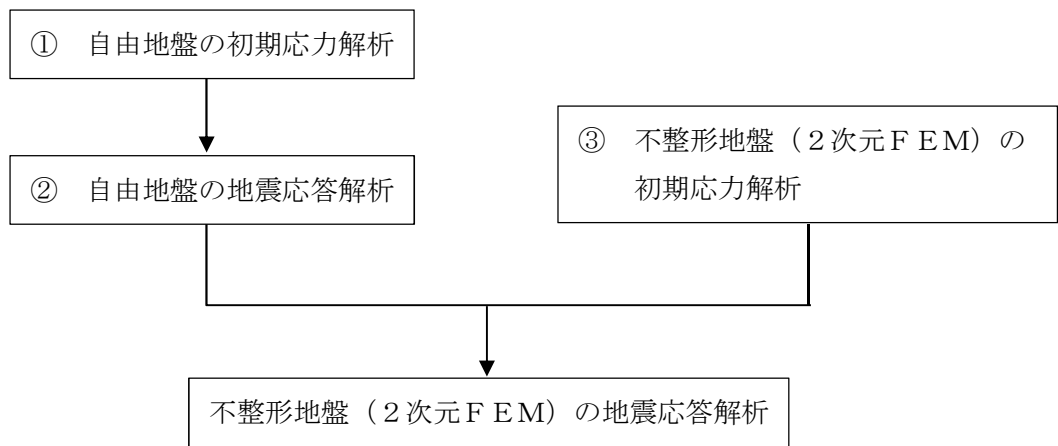


図18.2-9 自由地盤の初期応力解析から不整形地盤（2次元FEM）の地震応答解析までのフロー



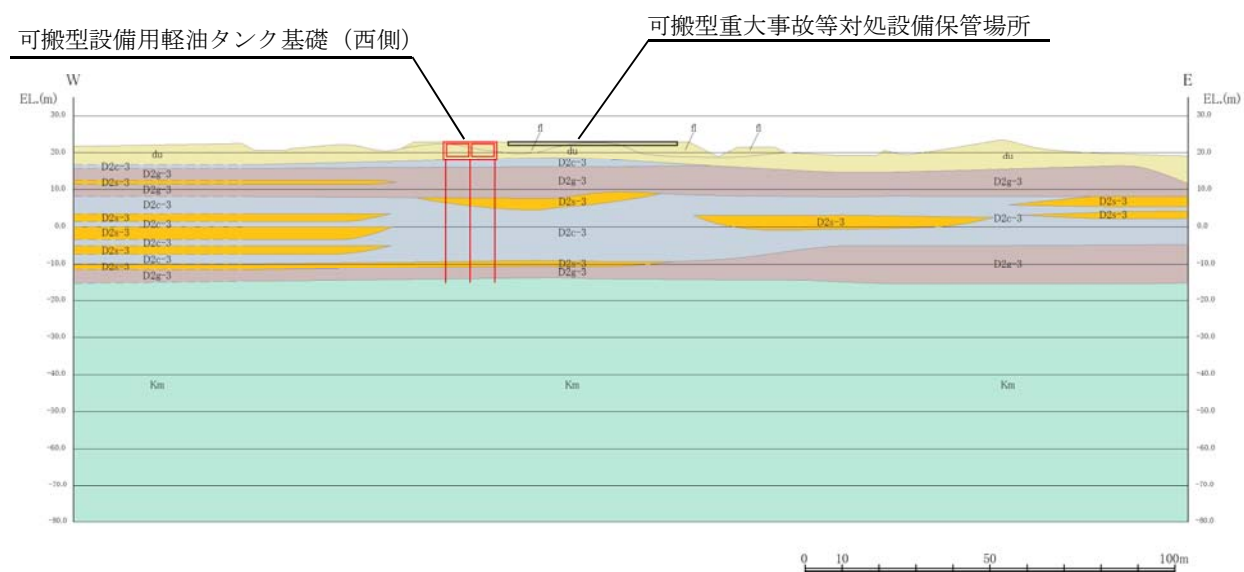


図 18.2-10 (1) 地質断面図 (①-①断面)

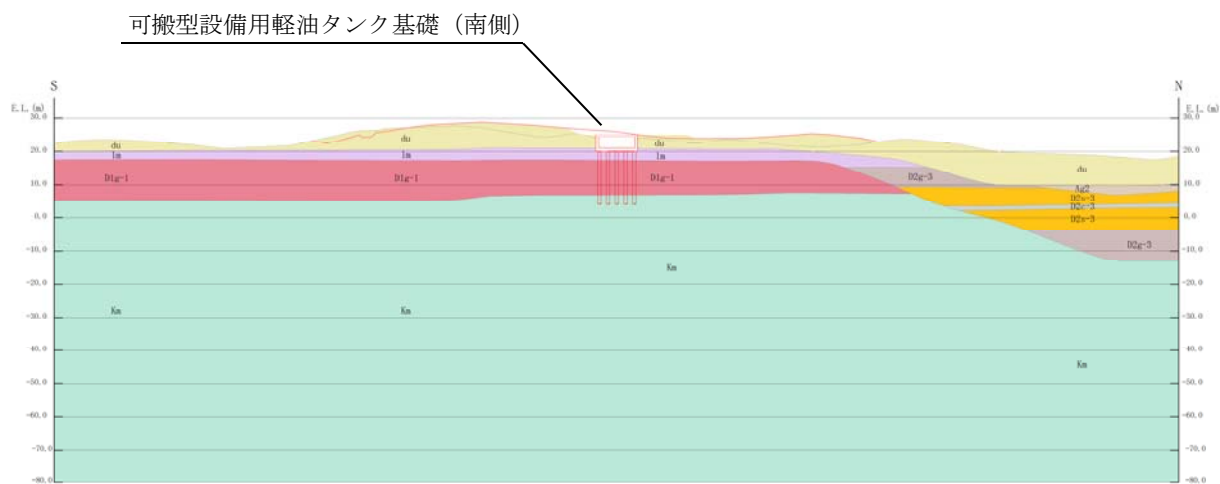


図 18.2-10 (2) 地質断面図 (④-④断面)



## (2) 境界条件

### a. 固有値解析時

固有値解析を実施する際の境界条件は、境界が構造物を含めた周辺地盤の振動特性に影響を与えないよう設定する。ここで、底面境界は地盤のせん断方向の卓越変形モードを把握するために固定とし、側面は実地盤が側方に連続していることを模擬するため水平ローラーとする。境界条件の概念図を図 18.2-11 に示す。

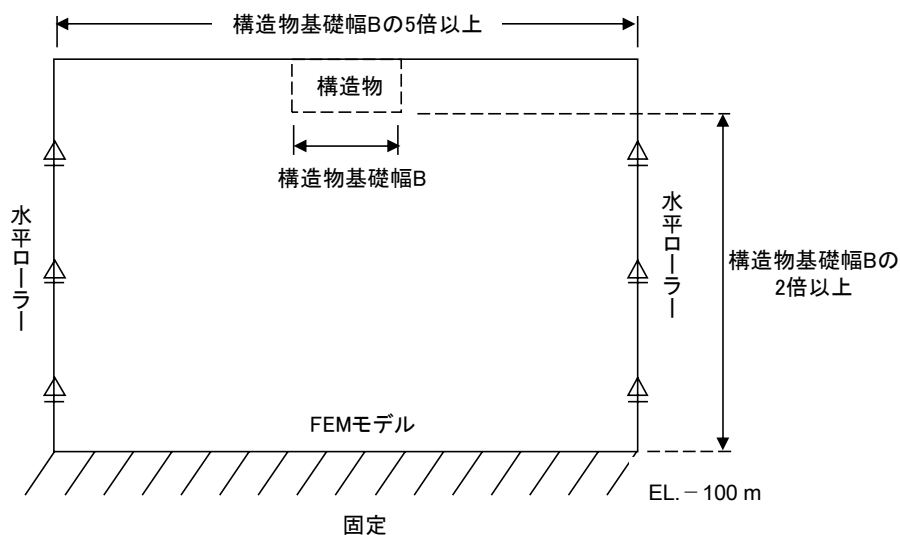


図 18.2-11 固有値解析における境界条件の概念図

### b. 初期応力解析時

初期応力解析は、地盤や構造物の自重及び風荷重等の静的な荷重を載荷することによる常時の初期応力を算定するために行う。そこで、初期応力解析時の境界条件は底面固定とし、側方は自重等による地盤の鉛直方向の変形を拘束しないよう鉛直ローラーとする。境界条件の概念図を図 18.2-12 に示す。

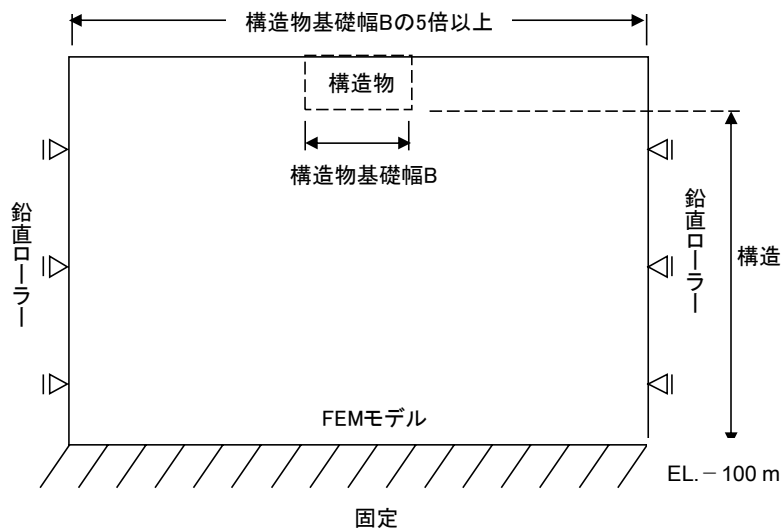


図 18.2-12 常時解析における境界条件の概念図



c. 地震応答解析時

地震応答解析時の境界条件については、有限要素解析における半無限地盤を模擬するため、粘性境界を設ける。底面の粘性境界については、地震動の下降波がモデル底面境界から半無限地盤へ通過していく状態を模擬するため、ダッシュポットを設定する。側方の粘性境界については、自由地盤の地盤振動と不成形地盤側方の地盤振動の差分が側方を通過していく状態を模擬するため、自由地盤の側方にダッシュポットを設定する。

地震応答解析モデルを図 18.2-13 に示す。



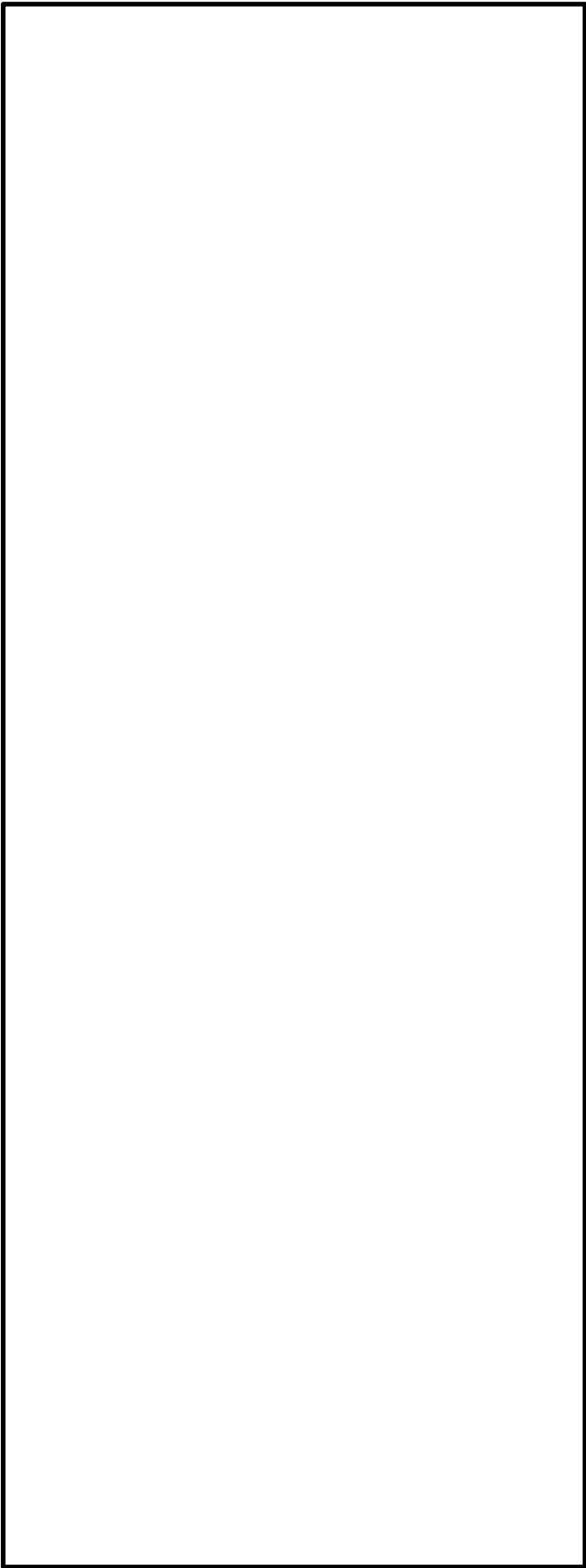


図 18.2-13 (1) 可搬型設備用軽油タンク基礎の地震応答解析モデル  
(①-①断面 モデル全体)





図 18.2-13 (2) 可搬型設備用軽油タンク基礎の地震応答解析モデル  
(①-①断面 モデル位置拡大)



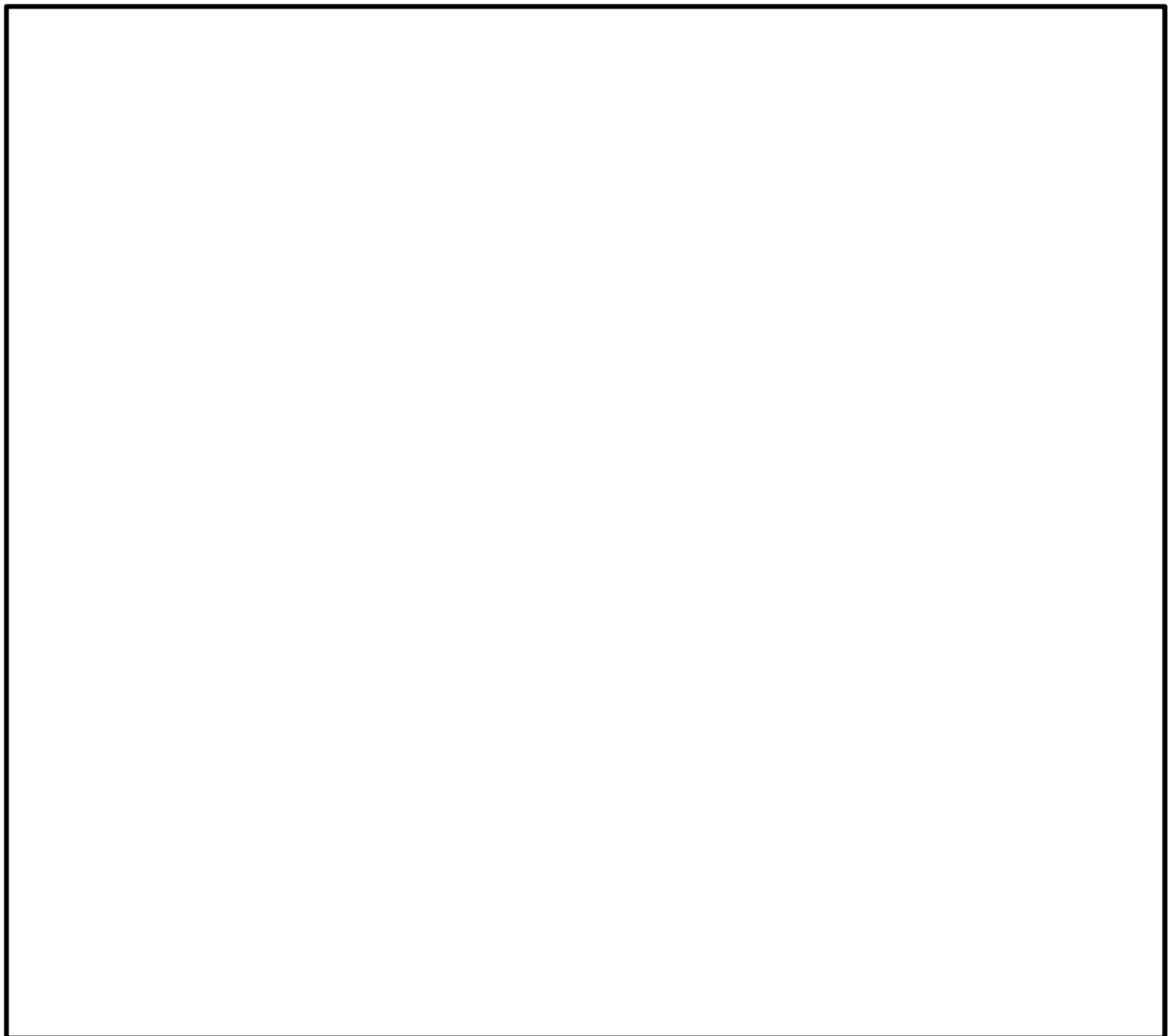


図 18.2-13 (3) 可搬型設備用軽油タンク基礎の地震応答解析モデル  
(④-④断面 モデル全体)



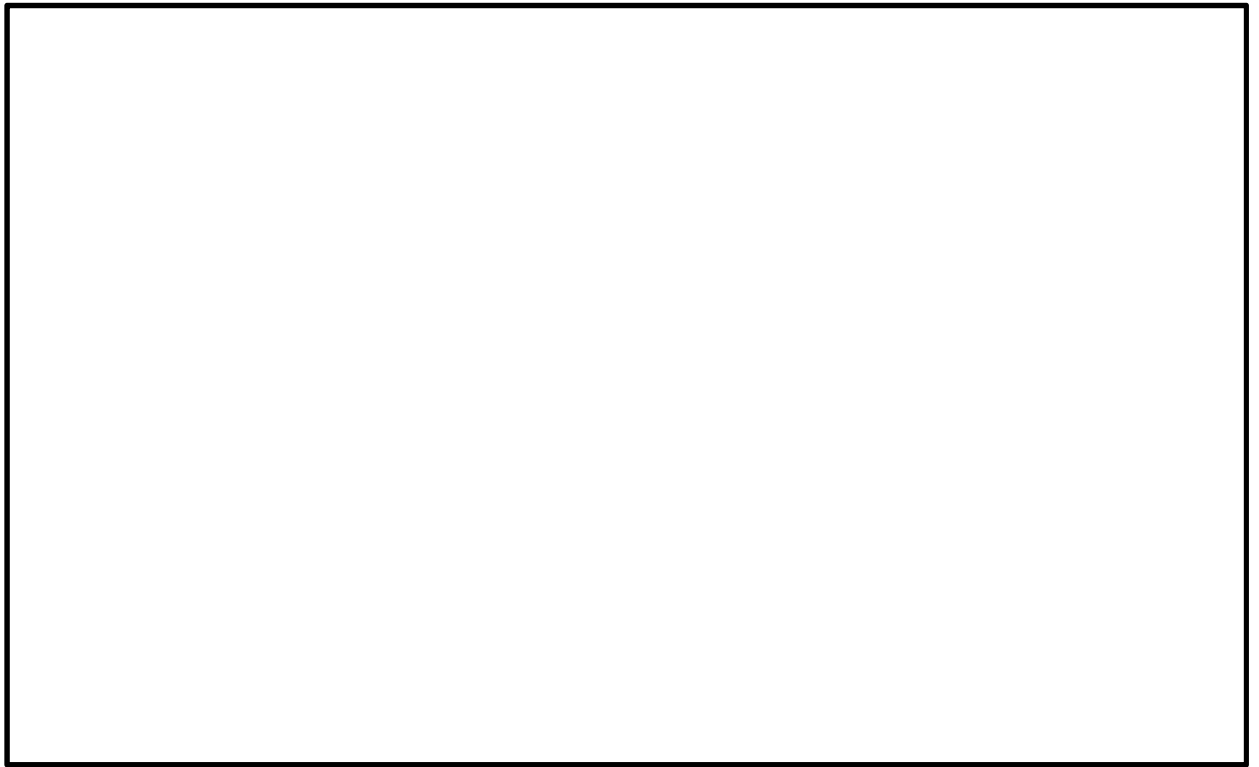


図 18.2-13 (4) 可搬型設備用軽油タンク基礎の地震応答解析モデル  
(④-④断面 モデル位置拡大)



(3) 構造物のモデル化

①－①断面における可搬型設備用軽油タンク基礎は、底版、側壁、隔壁、頂版及び鋼管杭を線形はり要素としてモデル化する。

④－④断面における可搬型設備用軽油タンク基礎は、底版、側壁、頂版及び鋼管杭を線形はり要素としてモデル化する。④－④断面に平行である側壁と隔壁は、耐震壁として考慮するために平面ひずみ要素としてモデル化する。

底版、側壁、隔壁及び頂版の線形はり要素の交点には、「コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（（社）土木学会，2002 年制定）」に基づき剛域を設ける。

可搬型設備用軽油タンク基礎の解析モデル図を図 18.2－14 に示す。

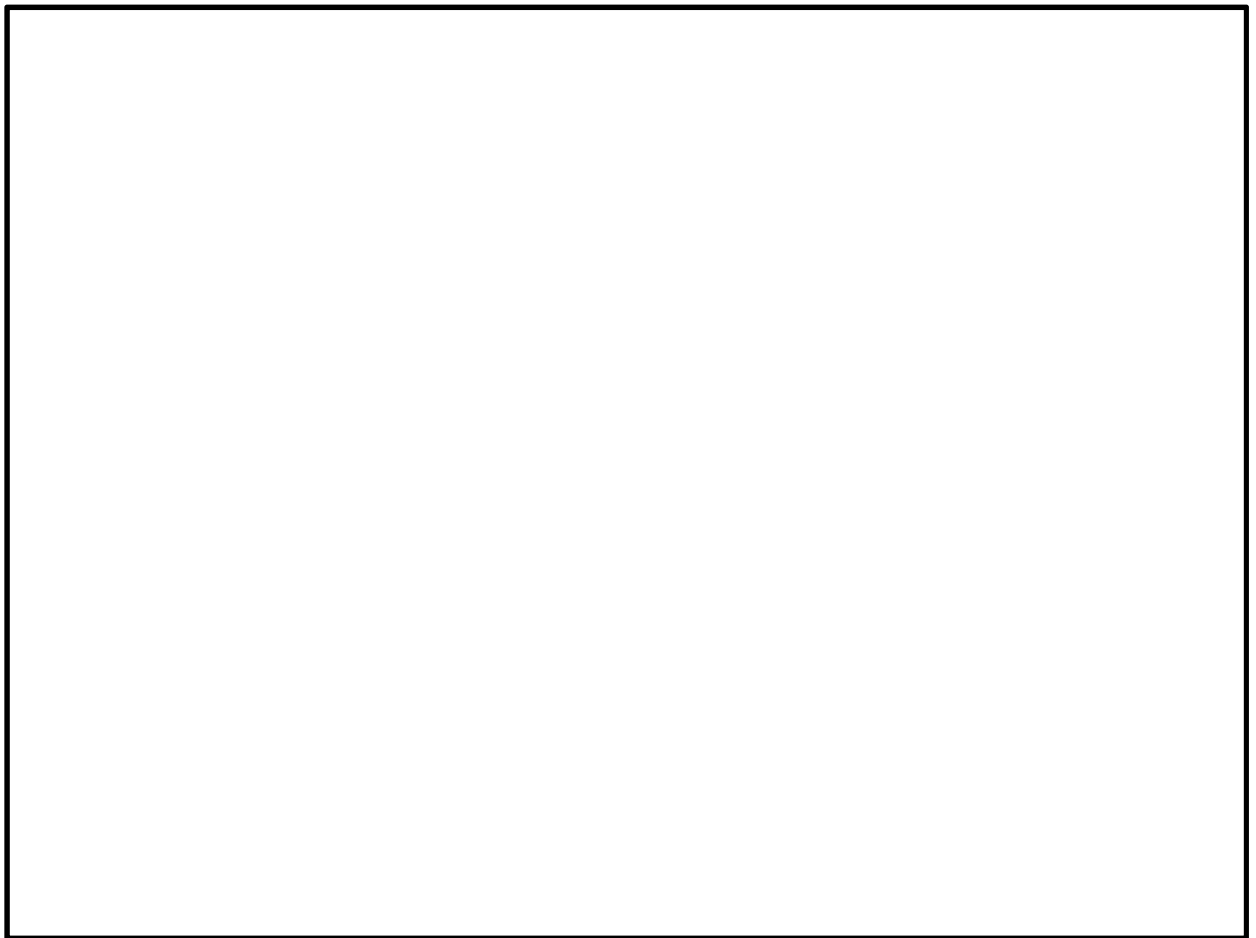


図 18.2－14 (1) 可搬型設備用軽油タンク基礎の解析モデル（①－①断面）



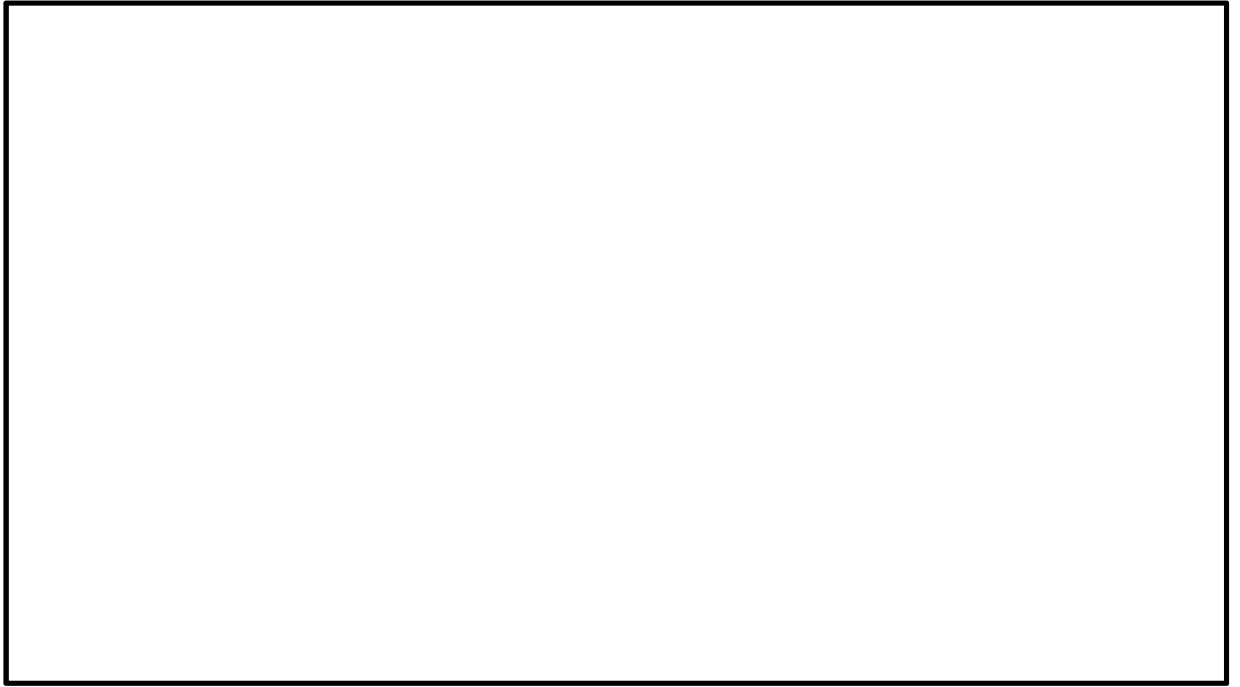


図 18.2-14 (2) 可搬型設備用軽油タンク基礎のモデル概要 (①-①断面)  
(構造物部分拡大図)



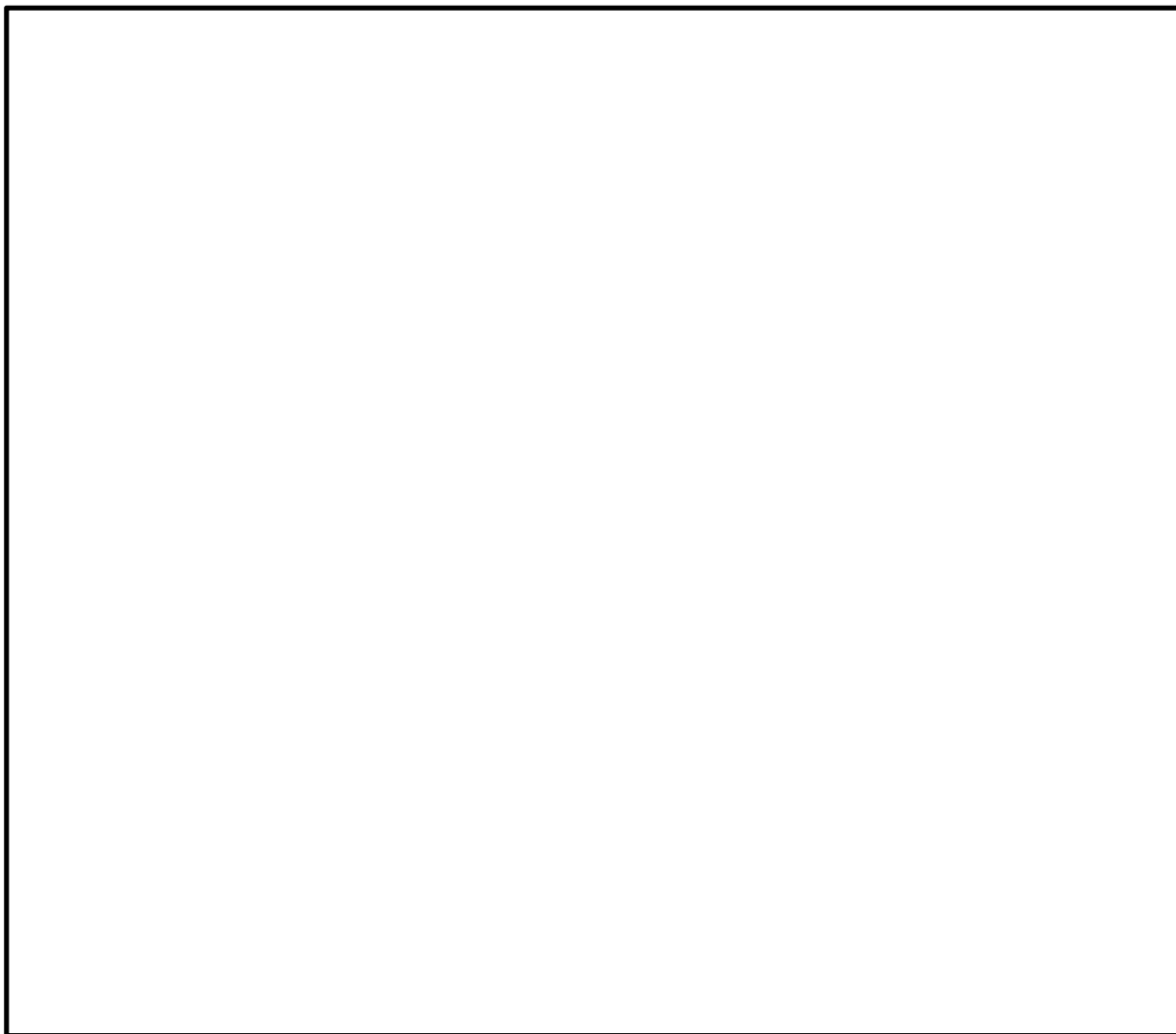


図 18.2-14 (3) 可搬型設備用軽油タンク基礎のモデル概要 (④-④断面)



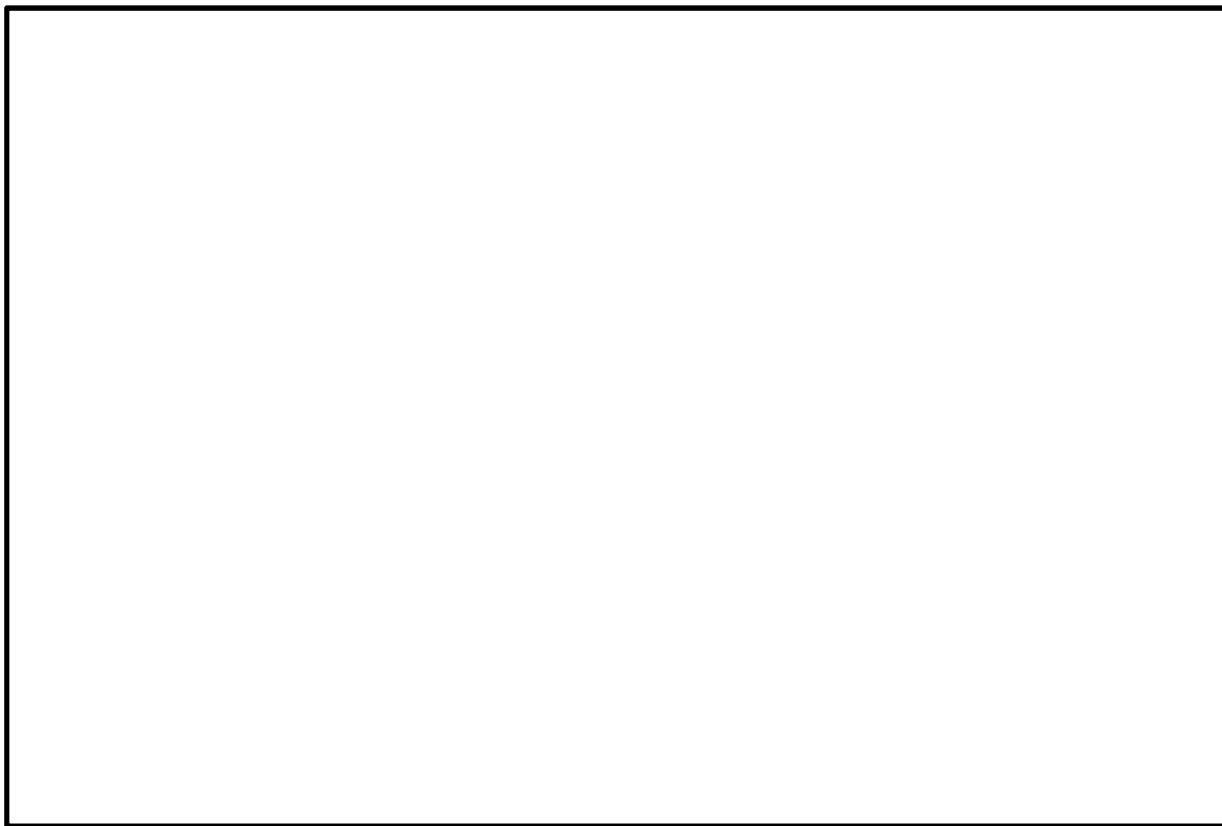


図 18.2-14 (4) 可搬型設備用軽油タンク基礎のモデル概要 (④-④断面)  
(構造物部分拡大図)



#### (4) ジョイント要素の設定

地盤と構造物の境界部にジョイント要素を設けることにより，強震時の地盤と構造物の接合面における剥離及びすべりを考慮する。

ジョイント要素は，地盤と構造物の接合面で法線方向及びせん断方向に対して設定する。法線方向については，常時状態以上の引張荷重が生じた場合，剛性及び応力をゼロとし，剥離を考慮する。せん断方向については，地盤と構造物の接合面におけるせん断抵抗力以上のせん断応力が生じた場合，せん断剛性をゼロとし，すべりを考慮する。

なお，せん断強度  $\tau_f$  は次式の Mohr－Coulomb 式により規定される。 $c$ ， $\phi$  は周辺地盤の  $c$ ， $\phi$  とする。（表 18.2－5 参照）

$$\tau_f = c + \sigma' \tan \phi$$

ここで，

$\tau_f$  : せん断強度

$c$  : 粘着力

$\phi$  : 内部摩擦角

表 18.2－5 周辺地盤及び隣接構造物との境界に用いる強度特性

| 周辺の状況 |         | 粘着力 $c$ (N/mm <sup>2</sup> )  | 内部摩擦角 (度)                      | 備考      |
|-------|---------|-------------------------------|--------------------------------|---------|
| 第四紀層  | f 1 層   | 0                             | 37.3                           | du 層で代用 |
|       | du 層    | 0                             | 37.3                           | —       |
|       | lm 層    | 0.042                         | 27.3                           | —       |
|       | D2c-3 層 | 0.026                         | 35.6                           | —       |
|       | D2s-3 層 | 0.01                          | 35.8                           | —       |
|       | D2g-3 層 | 0                             | 44.4                           | —       |
| 新第三系  | Km 層    | $c = 0.358 - 0.00603 \cdot z$ | $\phi = 23.2 + 0.0990 \cdot z$ | —       |
| 地盤改良体 |         | 0.5                           | 0                              | —       |

$z$  : 標高 (m)

ジョイント要素のばね定数は，数値解析上不安定な挙動を起こさない程度に十分に大きい値として，港湾構造物設計事例集（沿岸技術研究センター）に従い，表 18.2－6 のとおり設定する。ジョイント要素の設定位置を図 18.2－15 に，ジョイント要素設定の考え方を図 18.2－16 に示す。

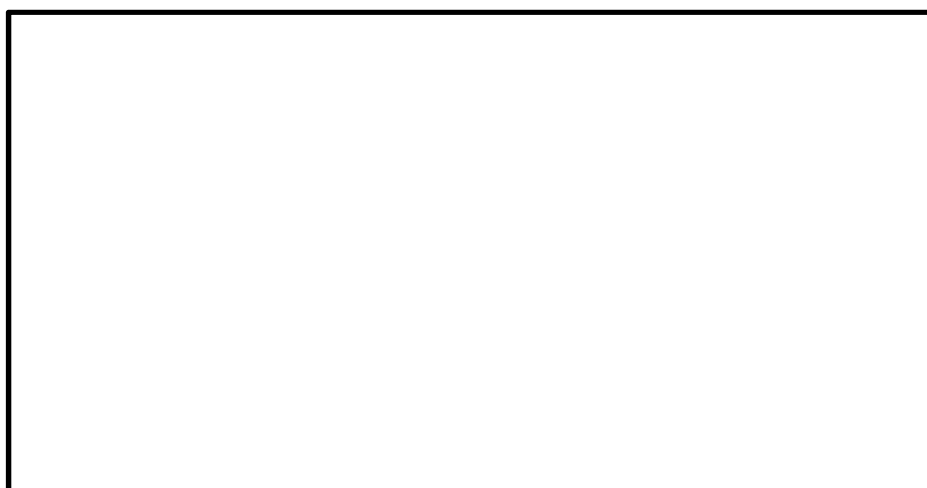
表 18.2－6 ジョイント要素のばね定数

|        | せん断剛性 $k_s$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | 圧縮剛性 $k_n$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) |
|--------|-------------------------------------|------------------------------------|
| 側方及び底面 | $1.0 \times 10^6$                   | $1.0 \times 10^6$                  |





(①-①断面)



(④-④断面)

— : ジョイント要素

図 18.2-15 ジョイント要素の設定位置

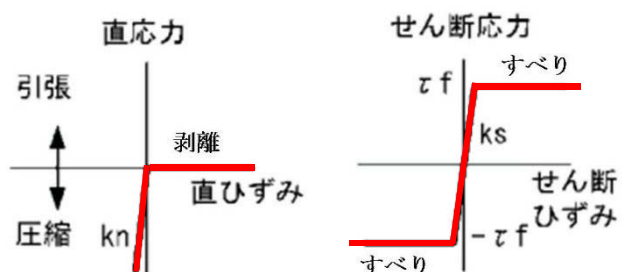


図 18.2-16 ジョイント要素の考え方



(5) 材料特性の設定

構造部材は、線形のはり要素及び平面ひずみ要素としてモデル化する。

地盤は、マルチスプリング要素及び間隙水要素にてモデル化し、地震時の有効応力の変化に応じた非線形せん断応力～せん断ひずみ関係を考慮する。

(6) 杭－地盤相互作用ばねの設定

地盤と杭の接合面に杭－地盤相互作用ばねを設けることにより、地震時の地盤と杭の接合面における相互作用の3次元効果を2次元モデルで適切に考慮する。

杭－地盤相互作用ばねの杭軸方向については、地盤と杭の接合面におけるせん断抵抗力以上のせん断荷重が発生した場合、せん断剛性をゼロとし、すべりを考慮する。図 18.2－17 に杭－地盤相互作用ばねの考え方を示す。

なお、せん断強度  $\tau_f$  は次式の Mohr－Coulomb 式により規定される。 $c$ 、 $\phi$  は周辺地盤の  $c$ 、 $\phi$  とする。（表 18.2－7 参照）

$$\tau_f = c + \sigma' \tan \phi$$

ここで、

$\tau_f$  : せん断強度

$c$  : 付着力

$\phi$  : 内部摩擦角

表 18.2－7 周辺地盤及び杭との境界に用いる強度特性

| 周辺の状況 |         | 粘着力 $c$ (N/mm <sup>2</sup> )  | 内部摩擦角 (度)                      | 備考      |
|-------|---------|-------------------------------|--------------------------------|---------|
| 第四紀層  | f 1 層   | 0                             | 37.3                           | du 層で代用 |
|       | du 層    | 0                             | 37.3                           | —       |
|       | lm 層    | 0.042                         | 27.3                           | —       |
|       | D2c-3 層 | 0.026                         | 35.6                           | —       |
|       | D2s-3 層 | 0.01                          | 35.8                           | —       |
|       | D2g-3 層 | 0                             | 44.4                           | —       |
| 新第三系  | Km 層    | $c = 0.358 - 0.00603 \cdot z$ | $\phi = 23.2 + 0.0990 \cdot z$ | —       |
| 地盤改良体 |         | 0.5                           | 0                              | —       |

$z$  : 標高 (m)



杭－地盤相互作用ばねの杭軸方向のばね定数は、数値解析上不安定な挙動を起こさない程度に十分大きい値として、表 18.2－8 のとおり設定する。

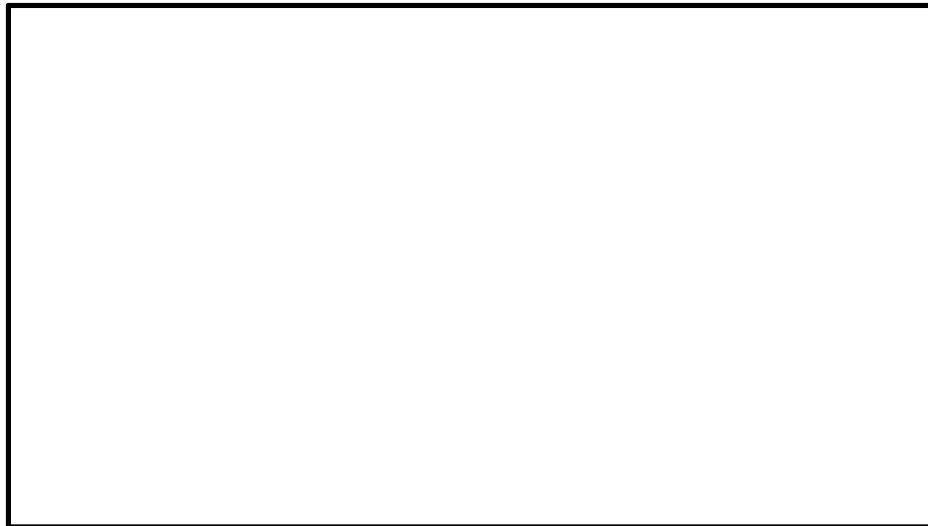
また、杭－地盤相互作用ばねの杭軸直角方向のばね定数については、杭径及び杭間隔より設定される\*。

\* FLIP 研究会 14 年間の検討成果のまとめ「理論編」

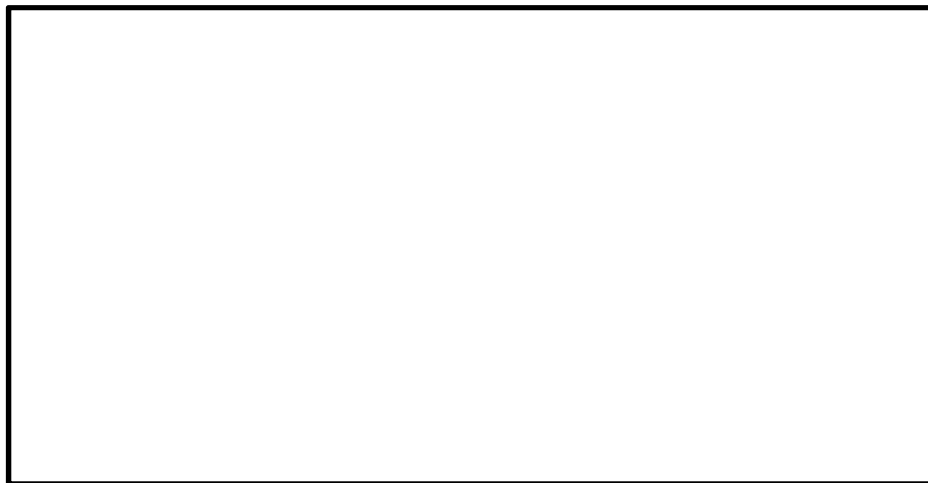
表 18.2－8 杭－地盤相互作用ばねのばね定数

|      | せん断剛性 $k_s$<br>( $\text{kN/m}^3$ ) |
|------|------------------------------------|
| 杭軸方向 | $1.0 \times 10^6$                  |





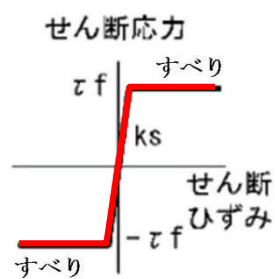
(①－①断面)



(④－④断面)

— : 杭－地盤相互作用バネ要素

(a) 杭－地盤相互作用ばね配置図



(b) 杭－地盤相互作用ばね（杭軸方向）の力学的特性

図 18.2－17 杭－地盤相互作用ばね設定の考え方



(7) 杭下端ジョイントばねの設定

杭下端境界部に圧縮応力の上限値を有さないジョイントばねを設けることにより，杭下端における地盤と杭の相互作用を適切に考慮する。

杭下端の杭軸方向について設定するジョイントばねは，常時状態以上の引張荷重が生じた場合，剛性及び応力をゼロとし，剥離を考慮する。

杭下端ジョイントばねのばね定数は，数値解析上不安定な挙動を起こさない程度に十分大きい値として，表 18.2-9 のとおり設定する。図 18.2-18 に杭下端ジョイントばねの考え方を示す。

表 18.2-9 杭下端ジョイントばねのばね定数

|      | 圧縮剛性 $k_v$<br>(kN/m) |
|------|----------------------|
| 杭軸方向 | $1.0 \times 10^6$    |

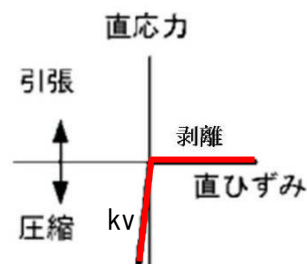


図 18.2-18 杭下端ジョイントばねの考え方



#### 18.2.10 減衰定数

動的解析における地盤及び構造物の減衰については、固有値解析にて求まる固有周期及び減衰比に基づき、質量マトリックス及び剛性マトリックスの線形結合で表される以下のRayleigh減衰にて与える。なお、Rayleigh減衰を $\alpha=0$ となる剛性比例型減衰とする。

有効応力解析では、時系列で地盤の1次固有振動数が低振動数側へシフトして行くことから、Rayleigh減衰の係数 $\alpha$ 、 $\beta$ の両方を用いると、質量比例項の減衰 $\alpha[M]$ の影響により、有効応力解析における減衰定数が低振動数帯で過減衰となる場合がある。

一方、有効応力解析における低振動数帯で減衰 $\alpha[M]$ の影響がない剛性比例型減衰では、地盤の1次固有振動数が時系列で低振動数側へシフトしていくのに伴い、1次固有振動モードに対する減衰定数が初期減衰定数より保守的に小さい側へ変化していくことを考慮できる。

ゆえに、有効応力解析では、地震力による時系列での地盤剛性の軟化に伴う1次固有振動数の低振動数側へのシフトに応じて、1次固有振動モードに対する減衰定数として、初期減衰定数よりも保守的に小さい側のモード減衰定数を適用し、地盤応答の適切な評価が行えるように、低振動数帯で減衰 $\alpha[M]$ の影響がない剛性比例型減衰を採用した。

$$[C] = \alpha [M] + \beta [K]$$

ここで、

$[C]$  : 減衰係数マトリックス

$[M]$  : 質量マトリックス

$[K]$  : 剛性マトリックス

$\alpha, \beta$  : 係数

係数 $\alpha$ 、 $\beta$ は以下のように求めている。

$$\alpha = 0$$

$$\beta = \frac{h}{\pi f}$$

ここで、

$f$  : 固有値解析により求められた1次固有振動数

$h$  : 各材料の減衰定数

地盤の減衰定数は1%（解析における減衰は、ひずみが大きい領域では履歴減衰が支配的となる。そのため、解析上の安定のためになるべく小さい値として1%を採用している。）とする。また、線形材料としてモデル化する鋼材の減衰定数は3%（道路橋示方書（V耐震設計編）同解説（平成14年3月））とし、線形材料としてモデル化するコンクリートの減衰定数は5%（J E A G 4 6 0 1 -1987）とする。

図 18.2-19 に Rayleigh 減衰の設定フローを、表 18.2-10 に固有値解析結果を示す。



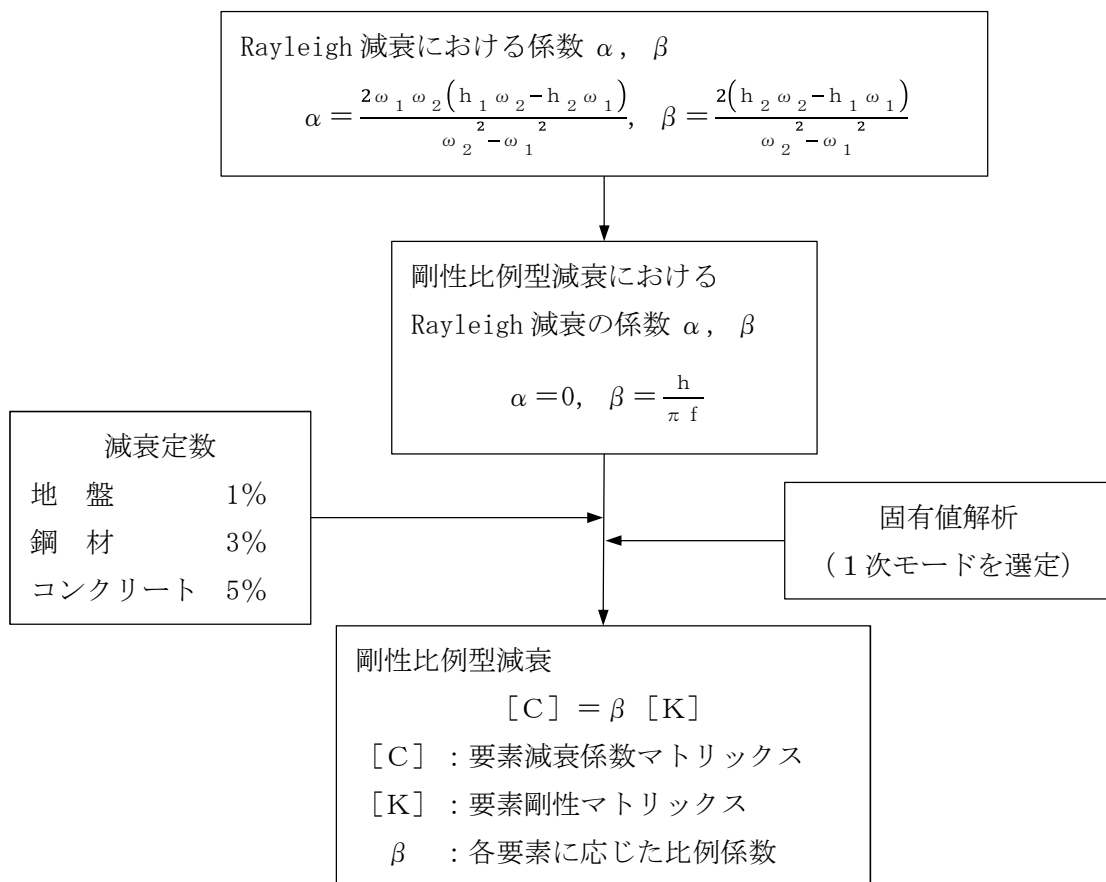


図 18.2-19 Rayleigh 減衰の設定フロー



表 18.2-10 (1) 固有値解析結果

(検討ケース①:原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

(a) ①-①断面

| モード次数 | 固有振動数<br>(Hz) | 刺激係数   | 備考      |
|-------|---------------|--------|---------|
| 1     | 0.831         | 278.73 | 1次として採用 |
| 2     | 1.026         | 30.00  | —       |
| 3     | 1.386         | -14.67 | —       |
| 4     | 1.624         | 3.63   | —       |
| 5     | 1.745         | 20.25  | —       |
| 6     | 1.865         | -9.72  | —       |
| 7     | 1.907         | 19.03  | —       |
| 8     | 2.012         | -59.46 | —       |
| 9     | 2.066         | -39.45 | —       |

(b) ④-④断面

| モード次数 | 固有振動数<br>(Hz) | 刺激係数   | 備考      |
|-------|---------------|--------|---------|
| 1     | 0.780         | 151.61 | 1次として採用 |
| 2     | 1.536         | 2.40   | —       |
| 3     | 2.022         | 20.33  | —       |
| 4     | 2.136         | -39.47 | —       |
| 5     | 2.459         | -14.95 | —       |
| 6     | 2.776         | 19.24  | —       |
| 7     | 2.896         | 5.96   | —       |
| 8     | 3.208         | -20.68 | —       |
| 9     | 3.225         | -8.36  | —       |



表 18.2-10 (2) 固有値解析結果

(検討ケース②:地盤物性のばらつきを考慮 (+1 $\sigma$ ) した解析ケース)

(a) ①-①断面

| モード次数 | 固有振動数<br>(Hz) | 刺激係数   | 備考      |
|-------|---------------|--------|---------|
| 1     | 0.838         | 280.55 | 1次として採用 |
| 2     | 1.053         | 25.81  | —       |
| 3     | 1.444         | -9.78  | —       |
| 4     | 1.654         | 4.22   | —       |
| 5     | 1.789         | 13.77  | —       |
| 6     | 1.915         | -16.48 | —       |
| 7     | 2.037         | 2.32   | —       |
| 8     | 2.102         | -47.27 | —       |
| 9     | 2.153         | 55.90  | —       |

(b) ④-④断面

| モード次数 | 固有振動数<br>(Hz) | 刺激係数   | 備考      |
|-------|---------------|--------|---------|
| 1     | 0.780         | 151.67 | 1次として採用 |
| 2     | 1.536         | 2.31   | —       |
| 3     | 2.052         | 20.77  | —       |
| 4     | 2.155         | 39.97  | —       |
| 5     | 2.470         | -13.85 | —       |
| 6     | 2.812         | -19.32 | —       |
| 7     | 2.925         | 5.45   | —       |
| 8     | 3.249         | 20.76  | —       |
| 9     | 3.286         | -6.26  | —       |



表 18.2-10 (3) 固有値解析結果  
(検討ケース③:地盤物性のばらつきを考慮 ( $-1\sigma$ ) した解析ケース)  
(a) ①-①断面

| モード次数 | 固有振動数<br>(Hz) | 刺激係数   | 備考      |
|-------|---------------|--------|---------|
| 1     | 0.819         | 275.55 | 1次として採用 |
| 2     | 1.003         | 35.14  | —       |
| 3     | 1.331         | -20.53 | —       |
| 4     | 1.587         | 3.47   | —       |
| 5     | 1.696         | 25.41  | —       |
| 6     | 1.784         | 26.23  | —       |
| 7     | 1.825         | -1.17  | —       |
| 8     | 1.908         | -67.05 | —       |
| 9     | 1.948         | 30.37  | —       |



表 18.2-10 (4) 固有値解析結果

(検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により  
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)

(a) ①-①断面

| モード次数 | 固有振動数<br>(Hz) | 刺激係数   | 備考      |
|-------|---------------|--------|---------|
| 1     | 0.780         | 260.79 | 1次として採用 |
| 2     | 0.928         | 52.72  | —       |
| 3     | 1.179         | -17.70 | —       |
| 4     | 1.338         | -16.81 | —       |
| 5     | 1.442         | -42.30 | —       |
| 6     | 1.603         | 18.23  | —       |
| 7     | 1.626         | 42.95  | —       |
| 8     | 1.692         | -63.01 | —       |
| 9     | 1.707         | -43.65 | —       |

(b) ④-④断面

| モード次数 | 固有振動数<br>(Hz) | 刺激係数   | 備考      |
|-------|---------------|--------|---------|
| 1     | 0.770         | 149.31 | 1次として採用 |
| 2     | 1.410         | 22.27  | —       |
| 3     | 1.551         | 7.29   | —       |
| 4     | 1.795         | 32.66  | —       |
| 5     | 1.951         | 18.06  | —       |
| 6     | 2.244         | -18.30 | —       |
| 7     | 2.471         | -1.94  | —       |
| 8     | 2.543         | 2.40   | —       |
| 9     | 2.624         | 20.60  | —       |



### 18.2.11 荷重の組合せ

耐震性能照査にて考慮する荷重は、通常運転時の荷重（永久荷重）及び地震荷重を抽出し、それぞれを組み合わせで設定する。地震荷重には、地震時土圧、動水圧、機器・配管系からの反力による荷重が含まれるものとする。

なお、可搬型設備用軽油タンク基礎は、地盤内に埋設されている構造物であることから運転時の異常な過渡変化時の状態及び設計基準事故時の状態の影響を受けないと考えられるため、当該状態についての組合せは考慮しないものとする。また重大事故等対処時においても、地盤内で設計基準事故時の条件を上回るような事象は発生しないため、設計基準事故時の条件を上回る荷重はない。

荷重の組合せを表 18.2-11 に示す。地震時に可搬型設備用軽油タンク基礎に作用する機器・配管系からの反力については、機器・配管系を、解析モデルに付加質量として与えることで考慮する。

表 18.2-11 荷重の組合せ

| 種別             |        | 荷重      |   | 算定方法                              |
|----------------|--------|---------|---|-----------------------------------|
| 永久荷重           | 常時考慮荷重 | 躯体自重    | ○ | ・設計図書に基づいて、対象構造物の体積に材料の密度を乗じて設定   |
|                |        | 機器・配管自重 | ○ | ・機器・配管の重さに基づいて設定<br>・内包される砂の荷重を考慮 |
|                |        | 土被り荷重   | — | ・天端が地表面であることから、考慮しない              |
|                |        | 永久上載荷重  | — | ・恒常的に配置された設備等はないことから、考慮しない        |
|                | 静止土圧   |         | ○ | ・常時応力解析により設定                      |
|                | 外水圧    |         | ○ | ・地下水位に応じた静水圧として設定<br>・地下水の密度を考慮   |
|                | 内水圧    |         | — | ・水を保有しない設備であることから、考慮しない           |
| 変動荷重           |        | 雪荷重     | ○ | ・雪荷重を考慮                           |
|                |        | 風荷重     | — | ・地中に埋設された構造物であるため、考慮しない           |
| 偶発荷重<br>(地震荷重) |        | 水平地震動   | ○ | ・基準地震動 $S_g$ による水平・鉛直同時加振         |
|                |        | 鉛直地震動   | ○ | ・躯体の慣性力、動土圧を考慮                    |
|                |        | 動水圧     | — | ・水を保有しない設備であることから、考慮しない           |



(1) 機器・配管荷重

図 18.2-20 に機器・配管荷重図を示す。

機器・配管荷重は解析の単位奥行き (1 m) あたりの付加質量として考慮する。可搬型設備用軽油タンクの内空には砂が充填されているため、内空容積から可搬型設備用軽油タンクの容積を除いた部分をすべて砂 (比重 1.7) として考慮する。

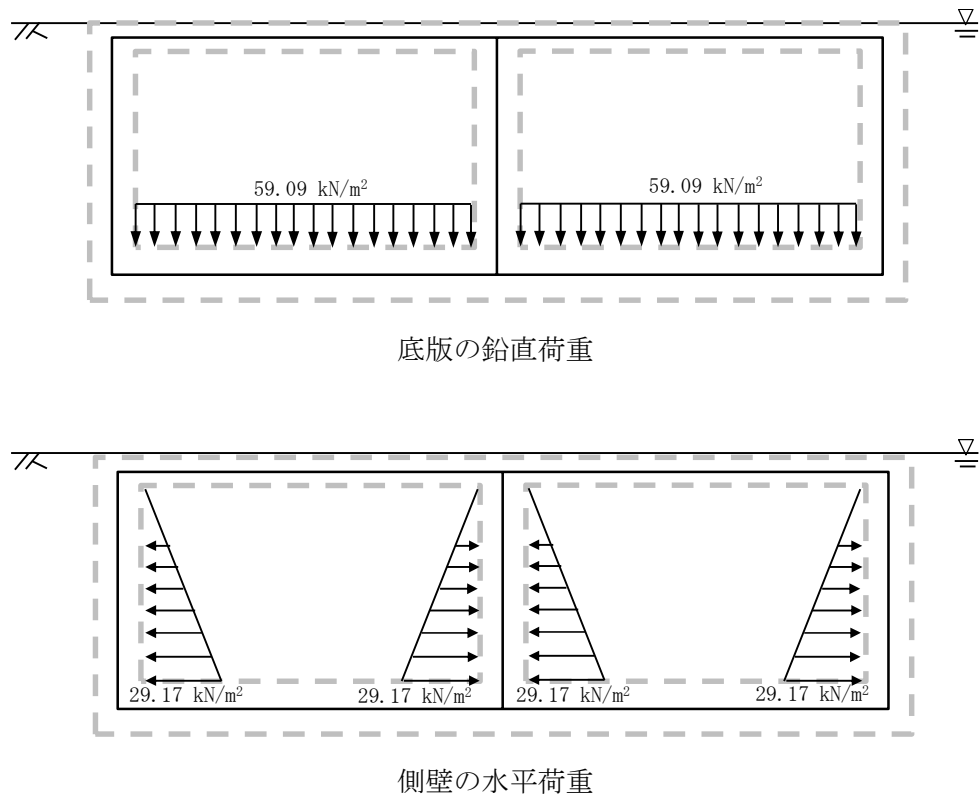


図 18.2-20 機器・配管荷重図

(2) 外水圧

地下水位は地表面として設定する。設定の際は、地下水の密度として、 $1.00 \text{ g/cm}^3$  を考慮する。



(3) 雪荷重

図 18.2-21 に雪荷重図を示す。

雪荷重については、「建築基準法施行令第 86 条」及び「茨城県建築基準法施行細則 第 16 条の 4」に従って設定する。積雪の厚さ 1 cm あたりの荷重を  $20 \text{ N/m}^2/\text{cm}$  として、積雪量は 30 cm としていることから積雪荷重は  $600 \text{ N/m}^2$  であるが、地震時短期荷重として積雪荷重の 0.35 倍である  $0.21 \text{ kN/m}^2$  を考慮する。

積雪荷重は構造物上面に付加質量として考慮する。

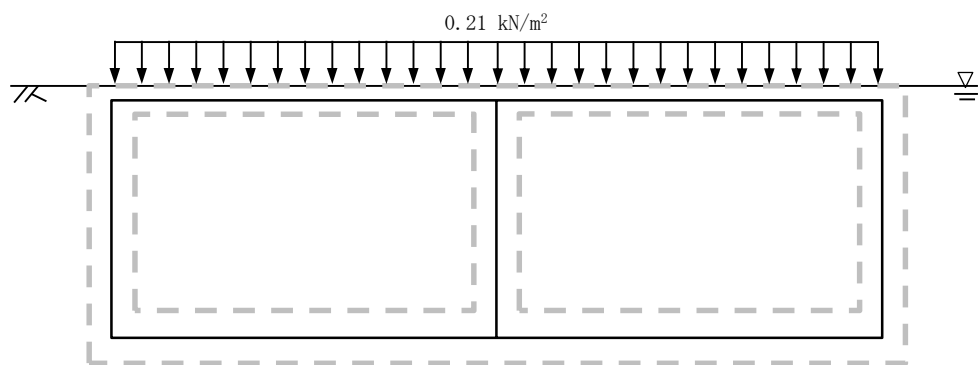


図 18.2-21 雪荷重図



## 18.2.12 地震応答解析の検討ケース

### (1) 耐震設計における検討ケース

可搬型設備用軽油タンク基礎の耐震設計における検討ケースを表 18.2-12 に示す。

全ての基準地震動  $S_s$  に対して実施する①の検討ケースにおいて、せん断力照査及び曲げ軸力照査をはじめとした全ての照査項目について、各照査値が最も厳しい（許容限界に対する余裕が最も小さい）地震動を用い、②～⑥の中から追加検討ケースを実施する。

表 18.2-12 耐震設計における検討ケース

| 検討ケース      | ①<br>原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース） | ②<br>地盤物性のばらつきを考慮（ $+1\sigma$ ）した解析ケース | ③<br>地盤物性のばらつきを考慮（ $-1\sigma$ ）した解析ケース | ④<br>地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース | ⑤<br>原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース | ⑥<br>地盤物性のばらつきを考慮（ $+1\sigma$ ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース |
|------------|-------------------------------------|--|--|--------------------------------|-------------------------------|--|
| 液状化強度特性の設定 | 原地盤に基づく液状化強度特性（標準偏差を考慮）             | 原地盤に基づく液状化強度特性（標準偏差を考慮）                | 原地盤に基づく液状化強度特性（標準偏差を考慮）                | 敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく液状化強度特性       | 液状化パラメータを非適用                  | 液状化パラメータを非適用                                       |

異なる構築物間の相対変位の算定は、上記ケースの中で、相対変位量が最も大きいケースにて行う。



(2) 機器・配管系に対する加速度応答抽出のための検討ケース

機器・配管系に対する加速度応答の抽出における検討ケースを表 18.2-13 に示す。

表 18.2-13 機器・配管系に対する加速度応答抽出のための検討ケース

| 検討ケース      |                    |      | ④<br>地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース                              | ⑤<br>原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース | ⑥<br>地盤物性のばらつきを考慮（+1σ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース                   |
|------------|--------------------|------|---|-------------------------------|---|
| 液状化強度特性の設定 |                    |      | 敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく液状化強度特性                                    | 液状化パラメータを非適用                  | 液状化パラメータを非適用  |
| 地震波（位相）    | S <sub>s</sub> -D1 | (++) | 1<br><br>⑤において、上載される機器・配管系の固有振動数帯で加速度応答が最も大きくなる地震動を用いて実施する。 | 1                             | 1<br><br>⑤において、上載される機器・配管系の固有振動数帯で加速度応答が最も大きくなる地震動を用いて実施する。 |
|            |                    | (+-) |   | 1                             |   |
|            |                    | (-+) |   | 1                             |   |
|            |                    | (--) |   | 1                             |   |
|            | S <sub>s</sub> -11 | (++) |   | 1                             |   |
|            | S <sub>s</sub> -12 | (++) |   | 1                             |   |
|            | S <sub>s</sub> -13 | (++) |   | 1                             |   |
|            | S <sub>s</sub> -14 | (++) |   | 1                             |   |
|            | S <sub>s</sub> -21 | (++) |   | 1                             |   |
|            | S <sub>s</sub> -22 | (++) |   | 1                             |   |
|            | S <sub>s</sub> -31 | (++) |   | 1                             |   |
|            |                    | (-+) |   | 1                             |   |
| 計          |                    |      | 1   | 12                            | 1   |



## 18.3 評価内容

### 18.3.1 入力地震動の設定

地震応答解析に用いる入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動  $S_s$  を 1 次元波動論により地震応答解析モデルの底面位置で評価したものを用いる。

図 18.3-1 に入力地震動算定の概念図を、図 18.3-2 に入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトルを示す。入力地震動の算定には解析コード「k-SHAKE Ver. 6.2.0」を使用する。

なお、特定の方向性を有しない地震動については、位相を反転させた場合の影響も確認する。断層モデル波である  $S_s-11 \sim S_s-22$  については、特定の方向性を有することから、構造物の評価対象断面方向を考慮し、方位補正を行う。具体的には南北方向及び東西方向の地震動について構造物の評価断面方向の成分を求め、各々を足し合わせることで方位補正した地震動を設定する。

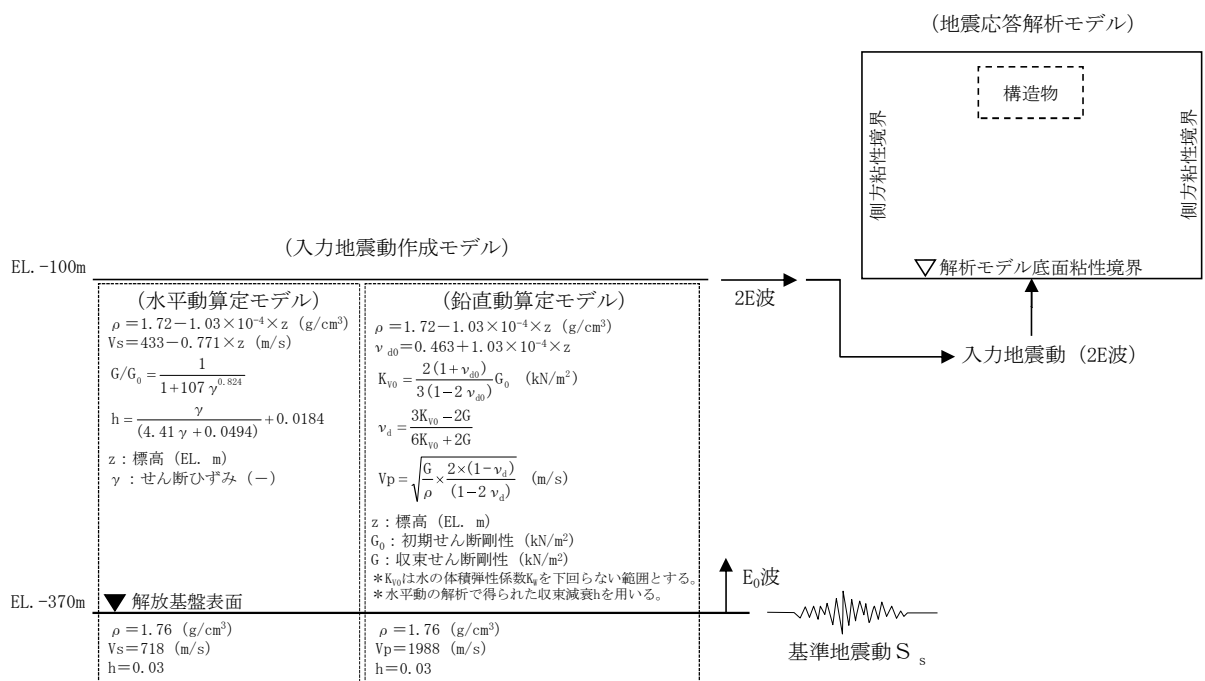
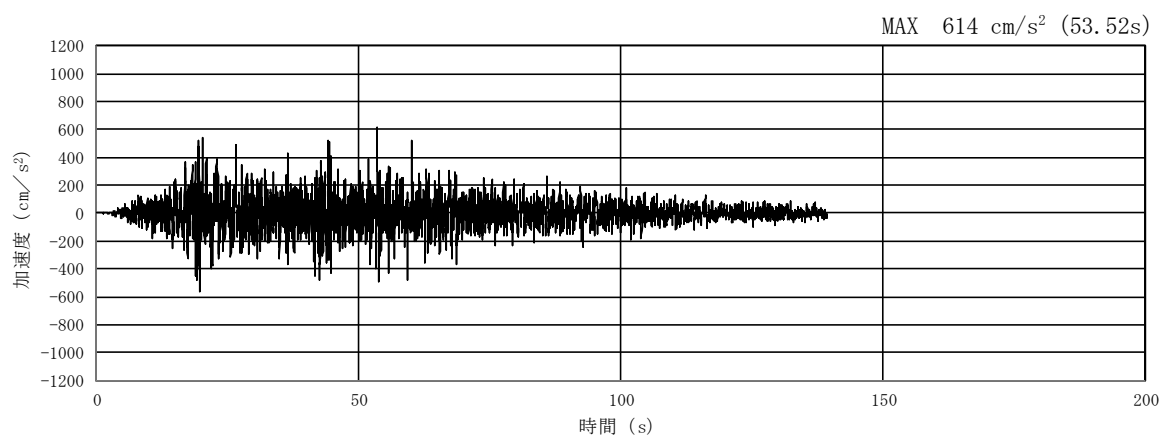
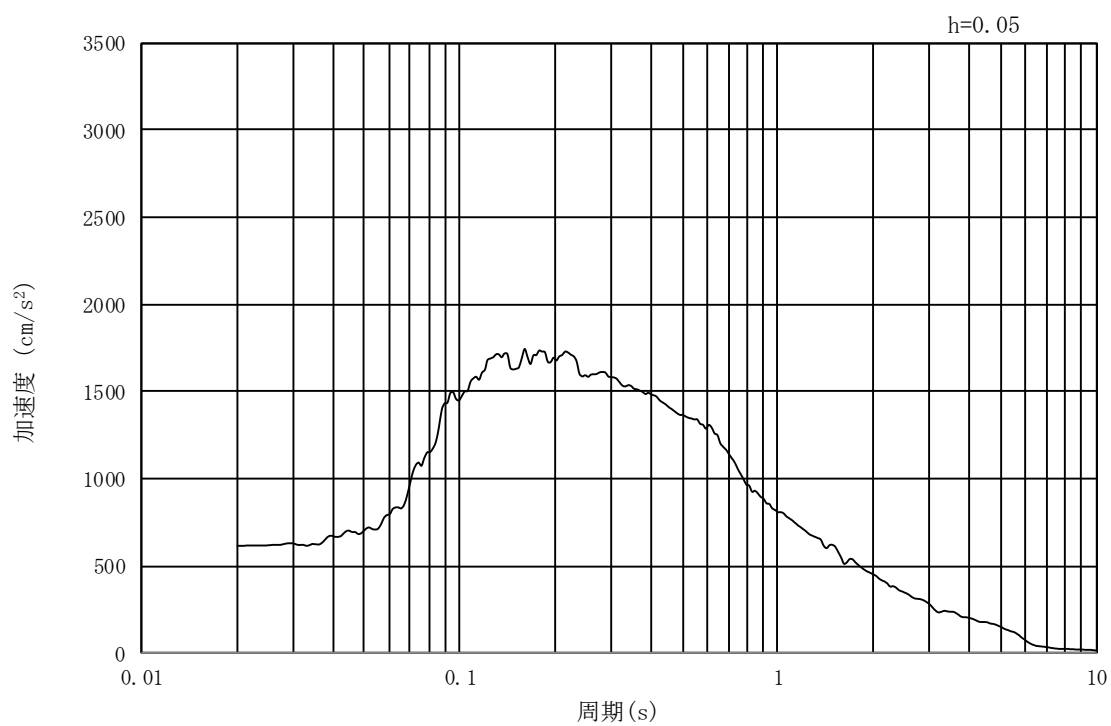


図 18.3-1 入力地震動算定の概念図





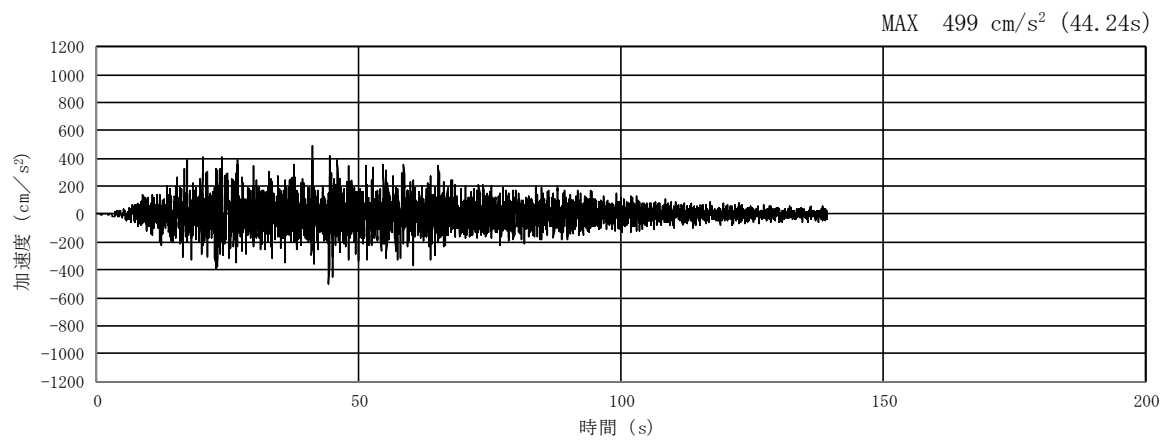
(a) 加速度時刻歴波形



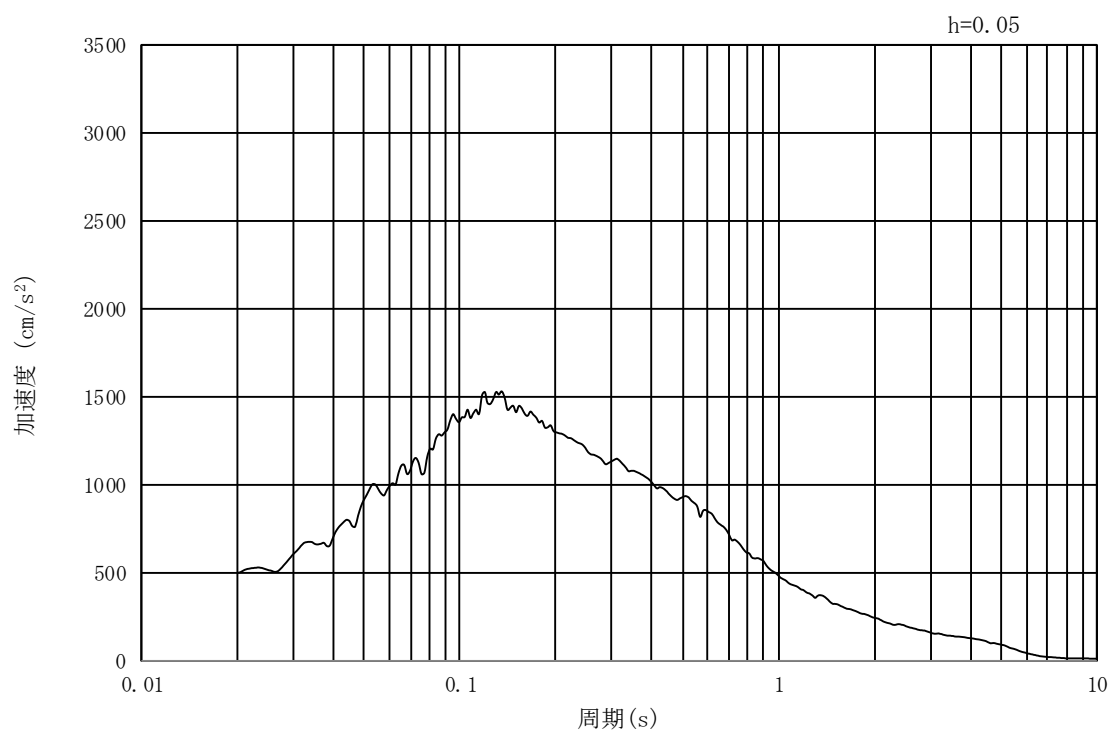
(b) 加速度応答スペクトル

図 18.3-2 (1) 東西方向断面 (①-①断面) の入力地震動の加速度時刻歴波形  
及び加速度応答スペクトル  
(水平方向:  $S_s-D1$ )





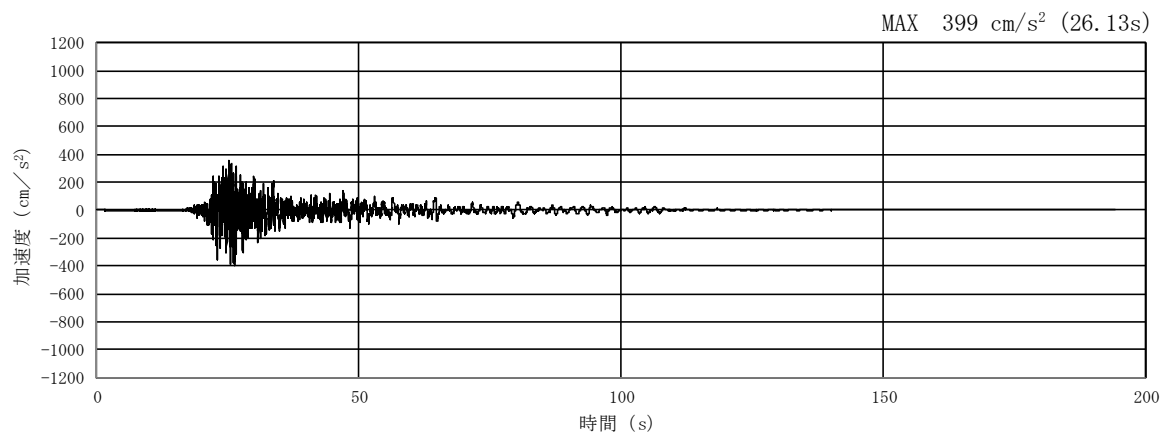
(a) 加速度時刻歴波形



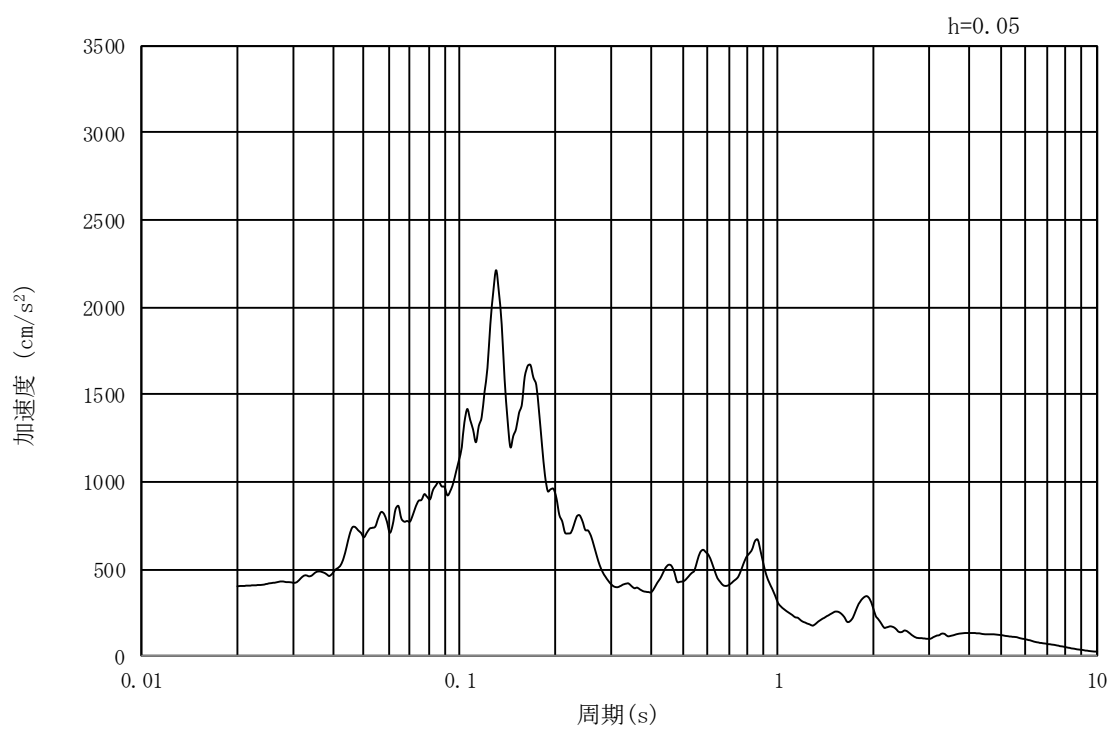
(b) 加速度応答スペクトル

図 18.3-2 (2) 東西方向断面 (①-①断面) の入力地震動の加速度時刻歴波形  
及び加速度応答スペクトル  
(鉛直方向:  $S_s - D1$ )





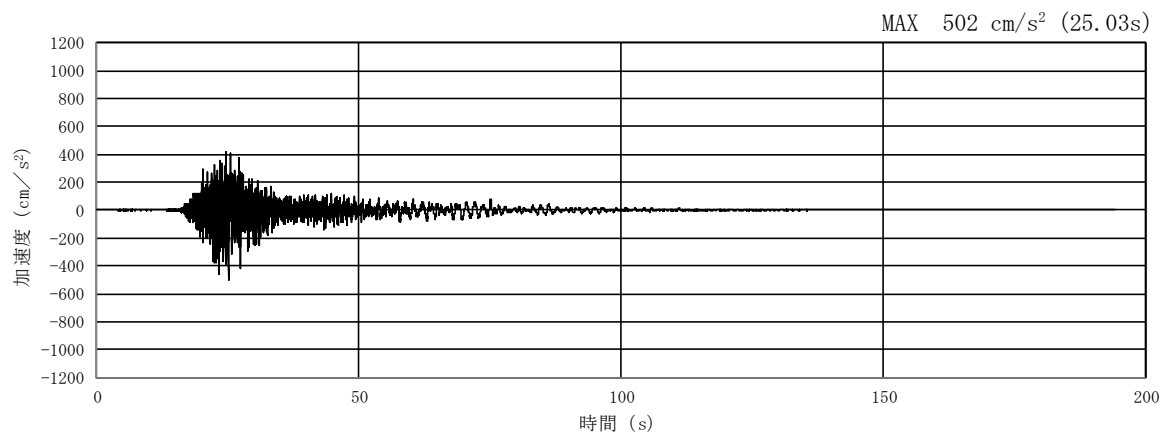
(a) 加速度時刻歴波形



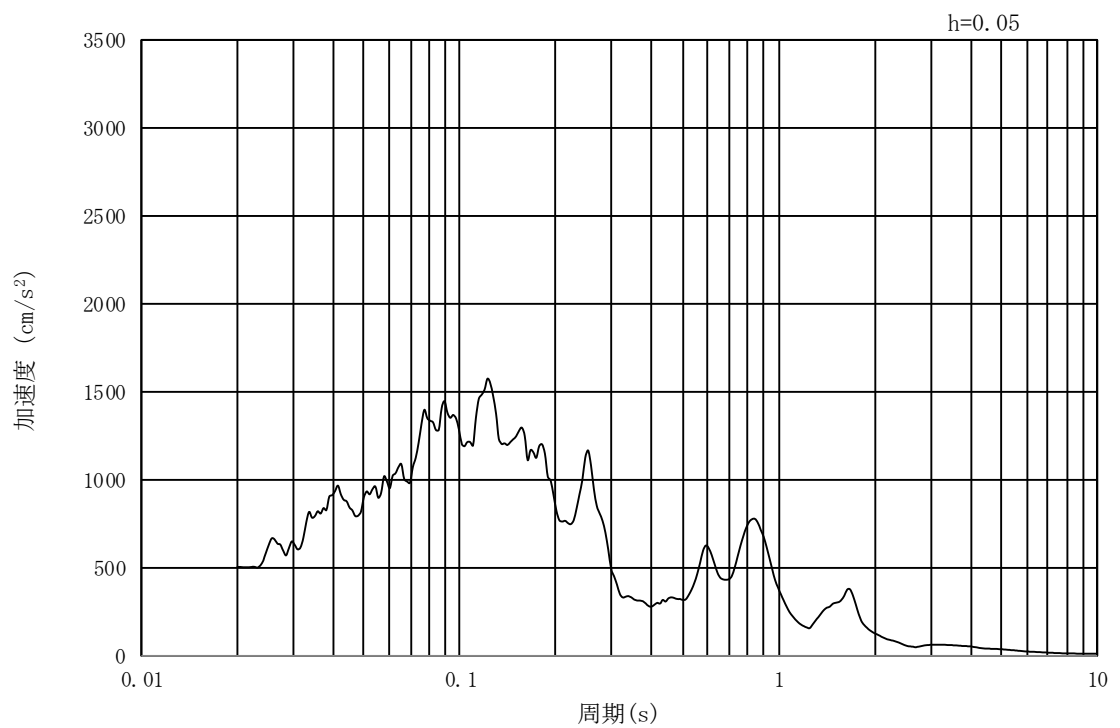
(b) 加速度応答スペクトル

図 18.3-2 (3) 東西方向断面 (①-①断面) の入力地震動の加速度時刻歴波形  
及び加速度応答スペクトル  
(水平方向 :  $S_s - 1.1$ )





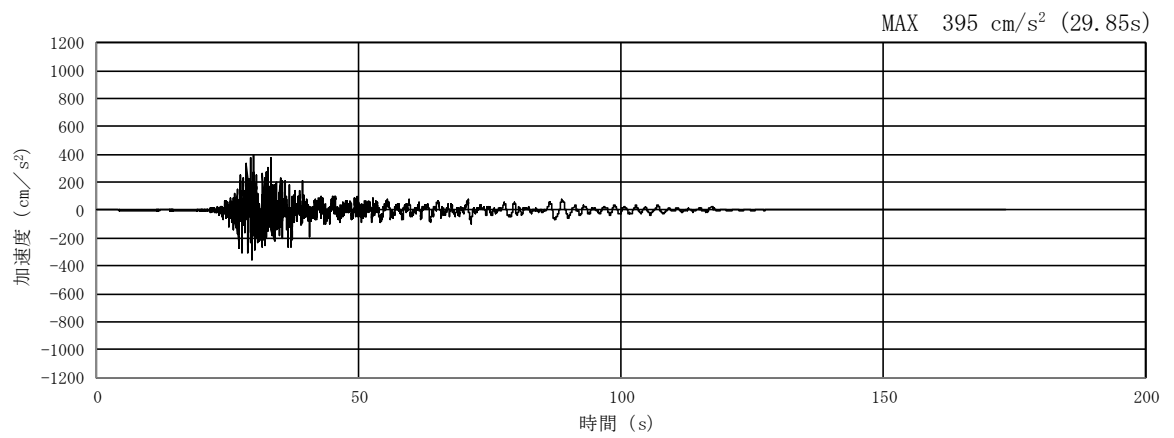
(a) 加速度時刻歴波形



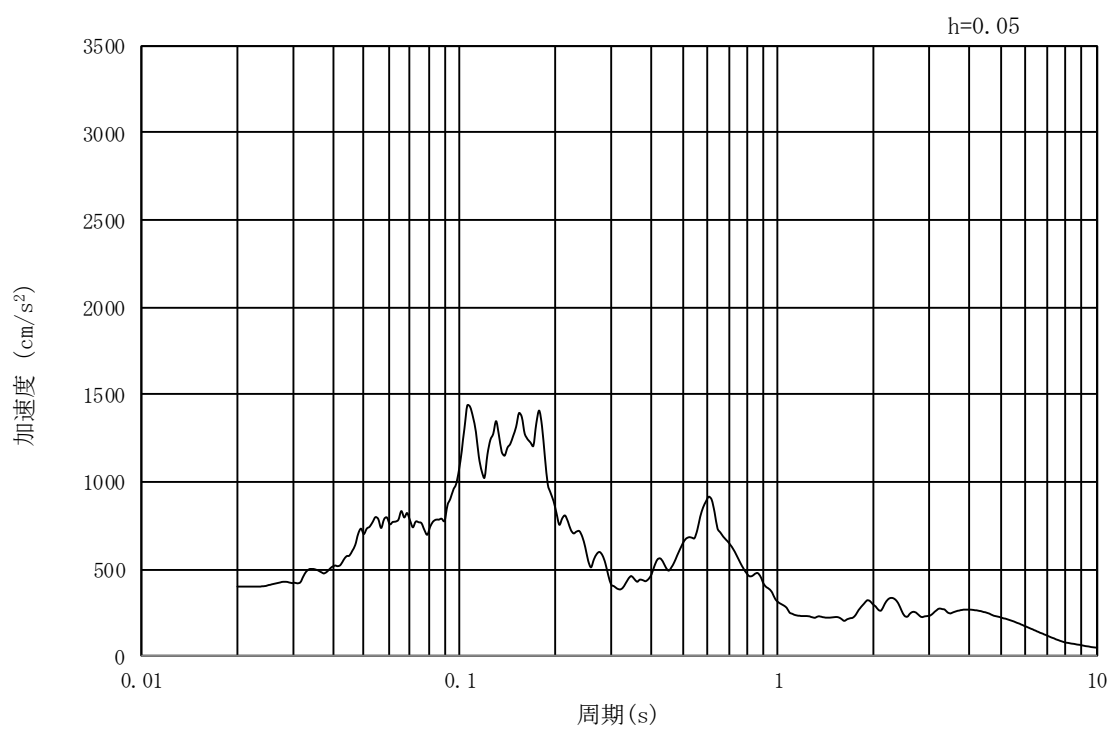
(b) 加速度応答スペクトル

図 18.3-2 (4) 東西方向断面 (①-①断面) の入力地震動の加速度時刻歴波形  
及び加速度応答スペクトル  
(鉛直方向:  $S_s - 1.1$ )





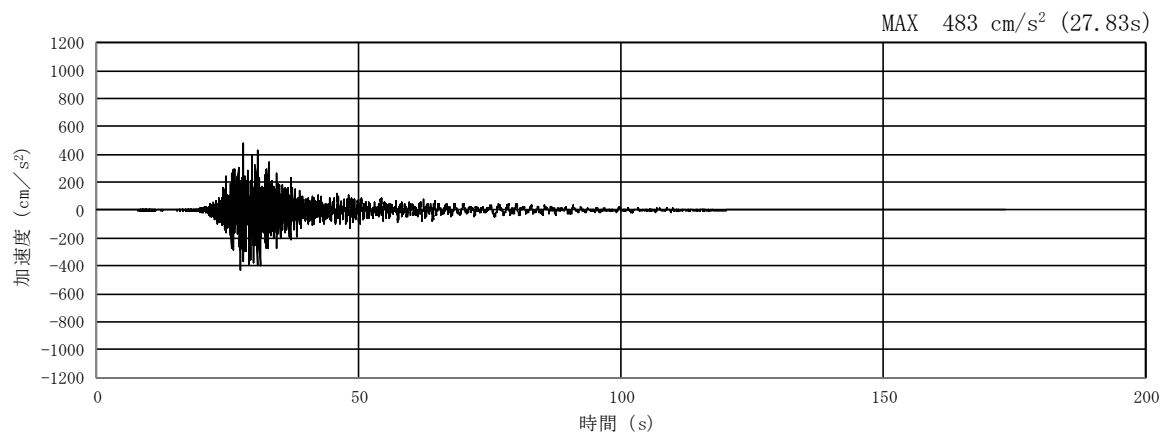
(a) 加速度時刻歴波形



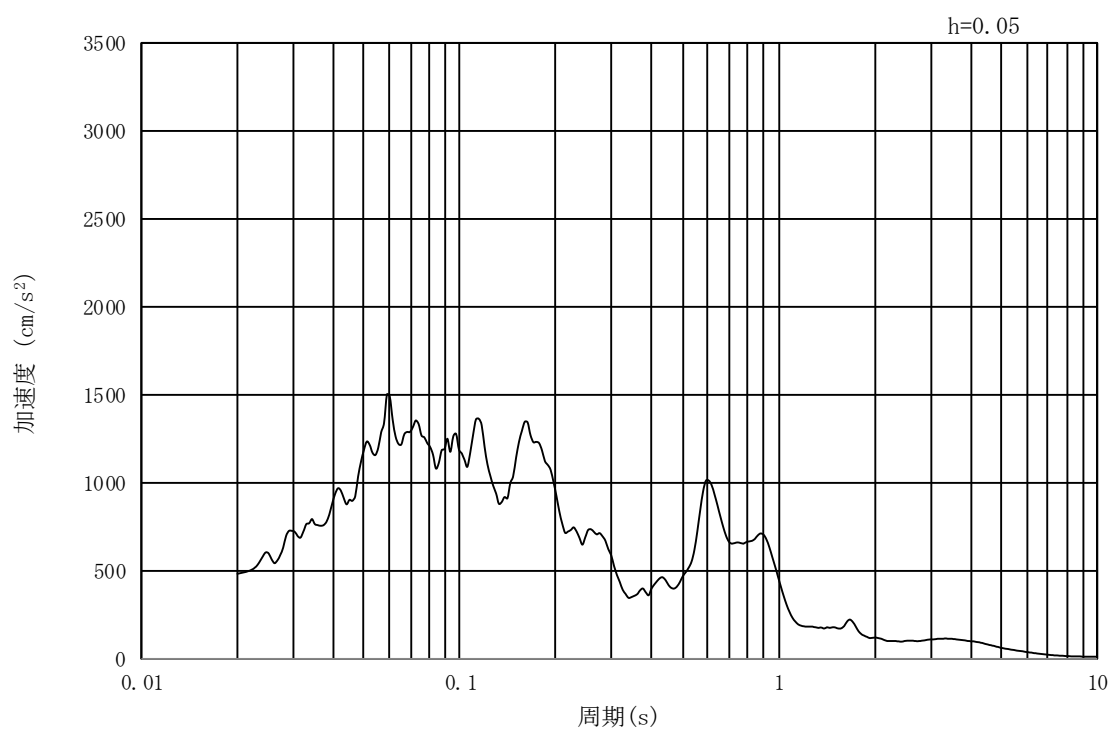
(b) 加速度応答スペクトル

図 18.3-2 (5) 東西方向断面 (①-①断面) の入力地震動の加速度時刻歴波形  
及び加速度応答スペクトル  
(水平方向 :  $S_s - 1.2$ )





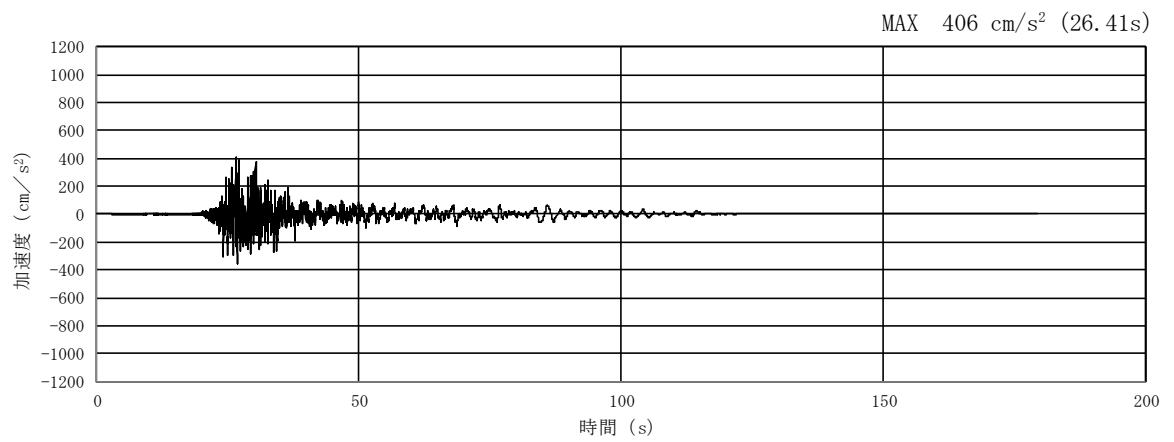
(a) 加速度時刻歴波形



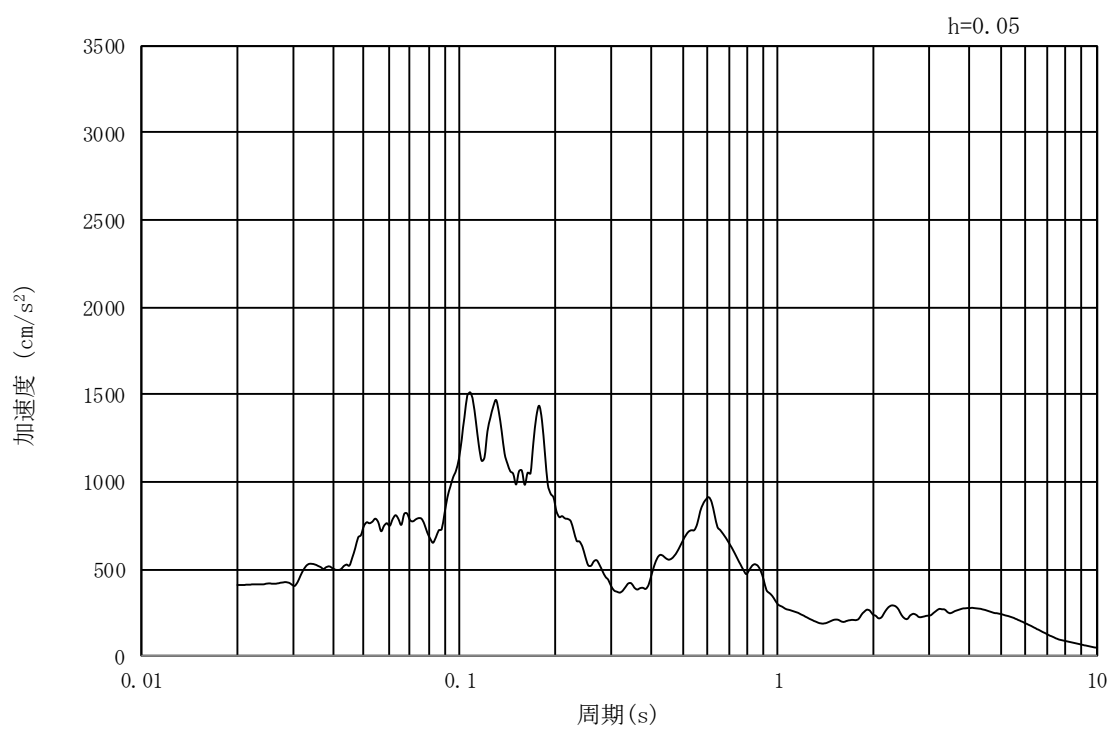
(b) 加速度応答スペクトル

図 18.3-2 (6) 東西方向断面 (①-①断面) の入力地震動の加速度時刻歴波形  
及び加速度応答スペクトル  
(鉛直方向 :  $S_s - 1.2$ )





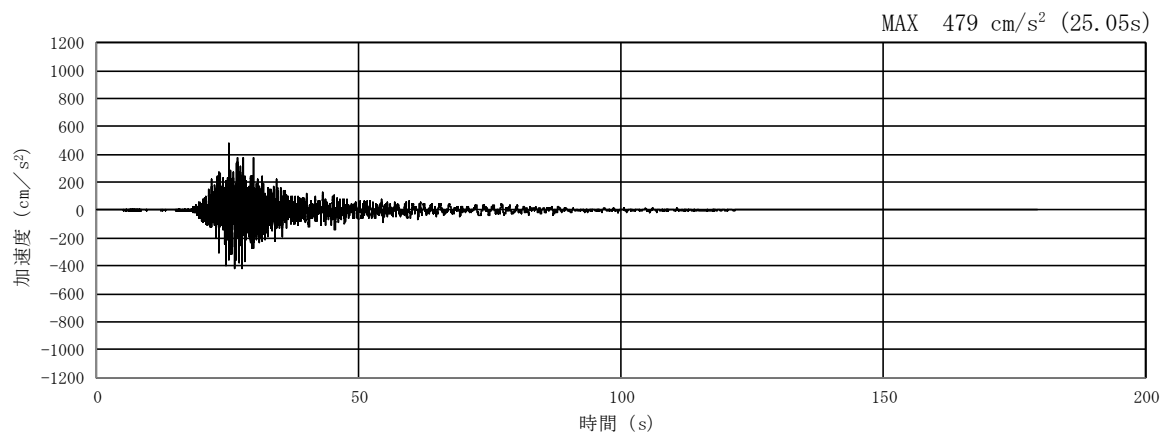
(a) 加速度時刻歴波形



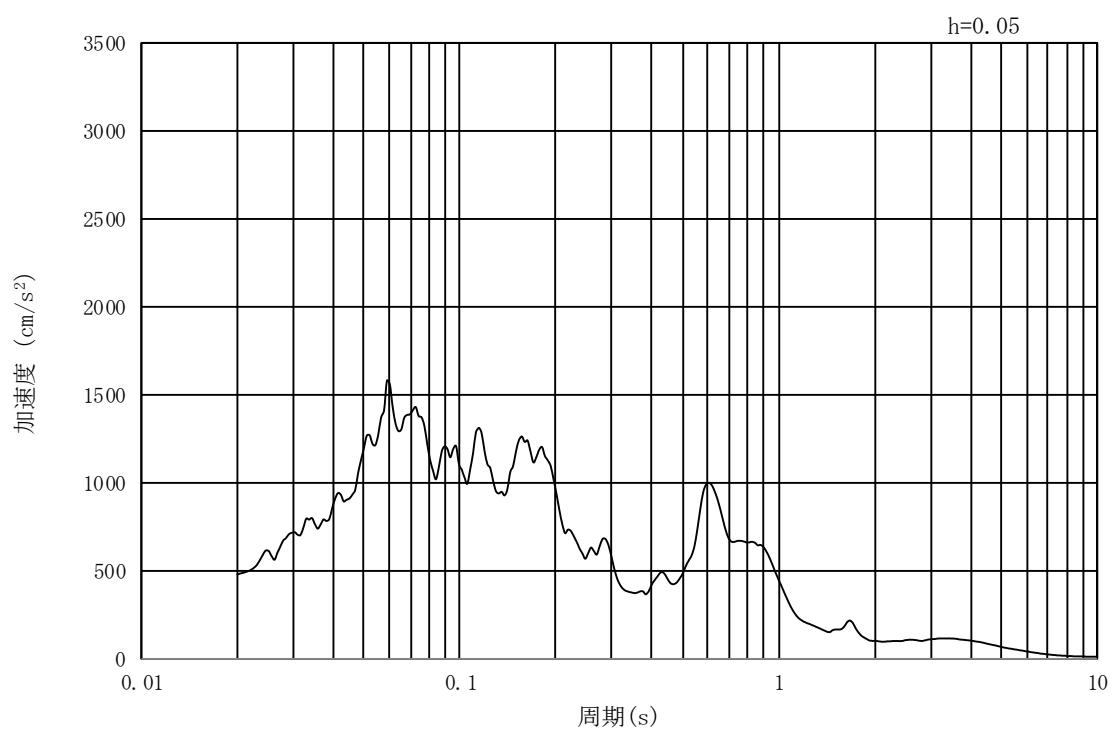
(b) 加速度応答スペクトル

図 18.3-2 (7) 東西方向断面 (①-①断面) の入力地震動の加速度時刻歴波形  
及び加速度応答スペクトル  
(水平方向 :  $S_s - 1.3$ )





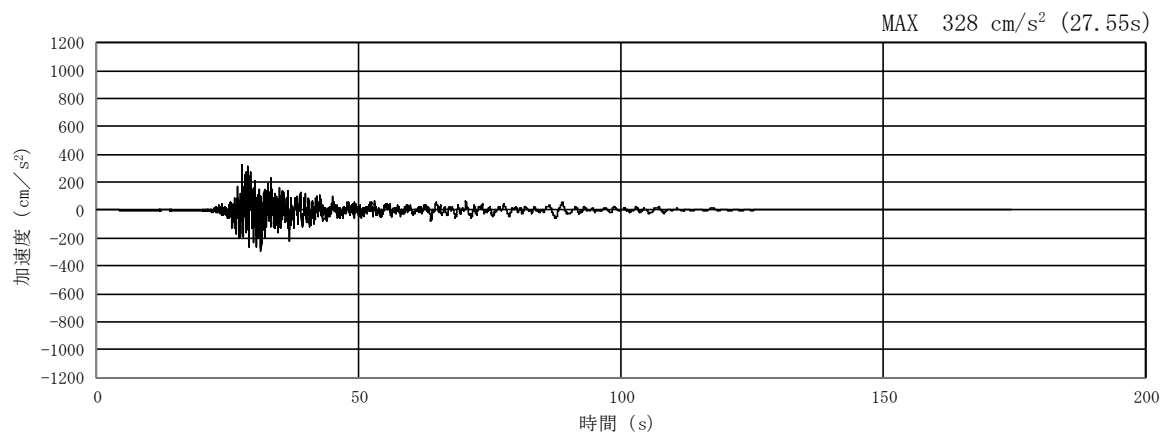
(a) 加速度時刻歴波形



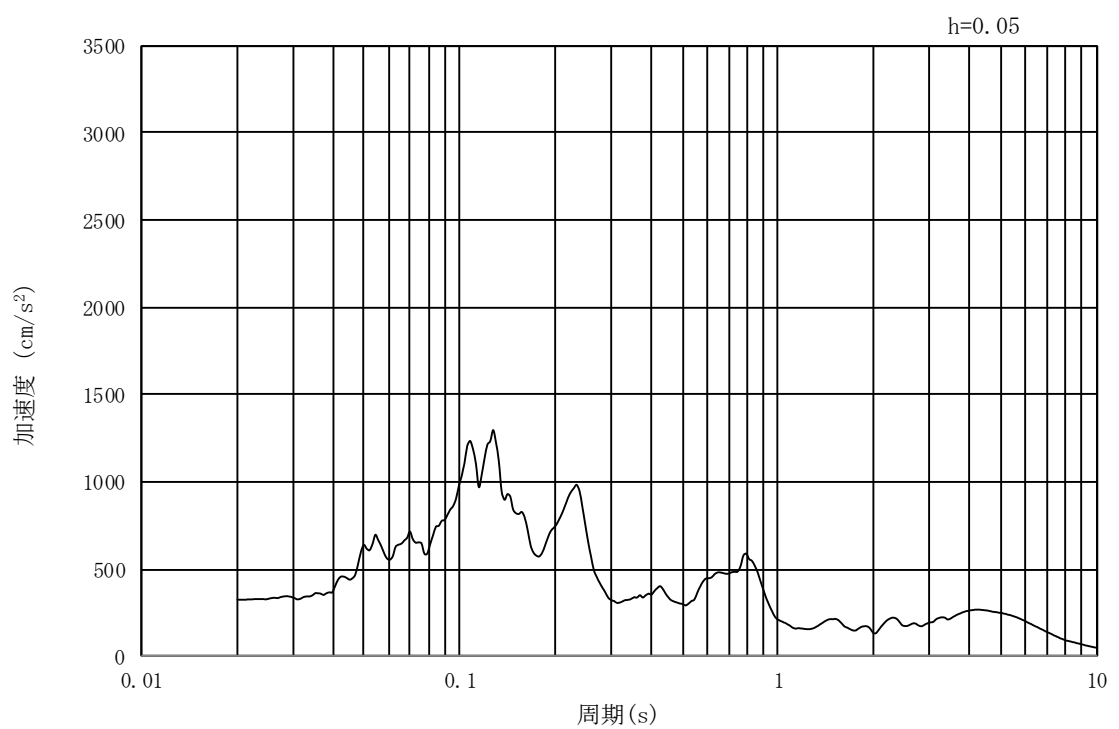
(b) 加速度応答スペクトル

図 18.3-2 (8) 東西方向断面 (①-①断面) の入力地震動の加速度時刻歴波形  
及び加速度応答スペクトル  
(鉛直方向:  $S_s - 1.3$ )





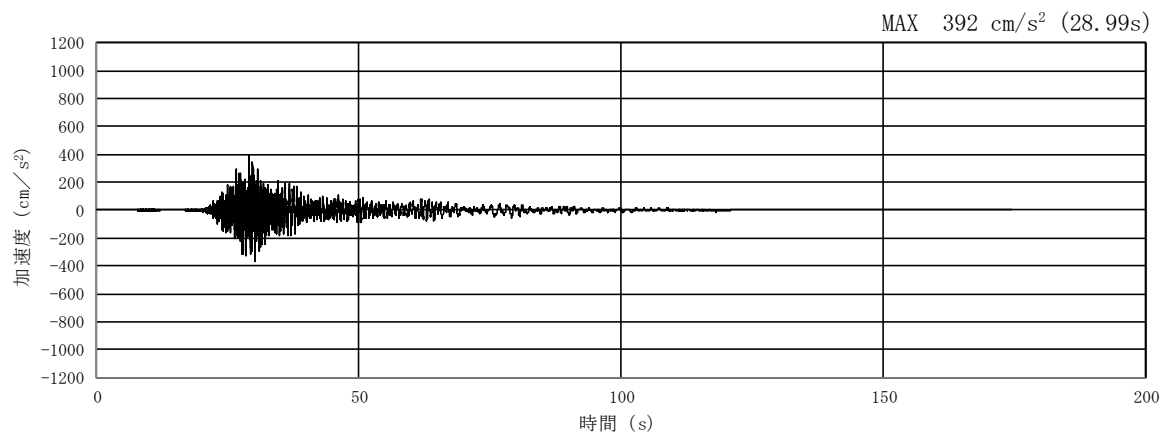
(a) 加速度時刻歴波形



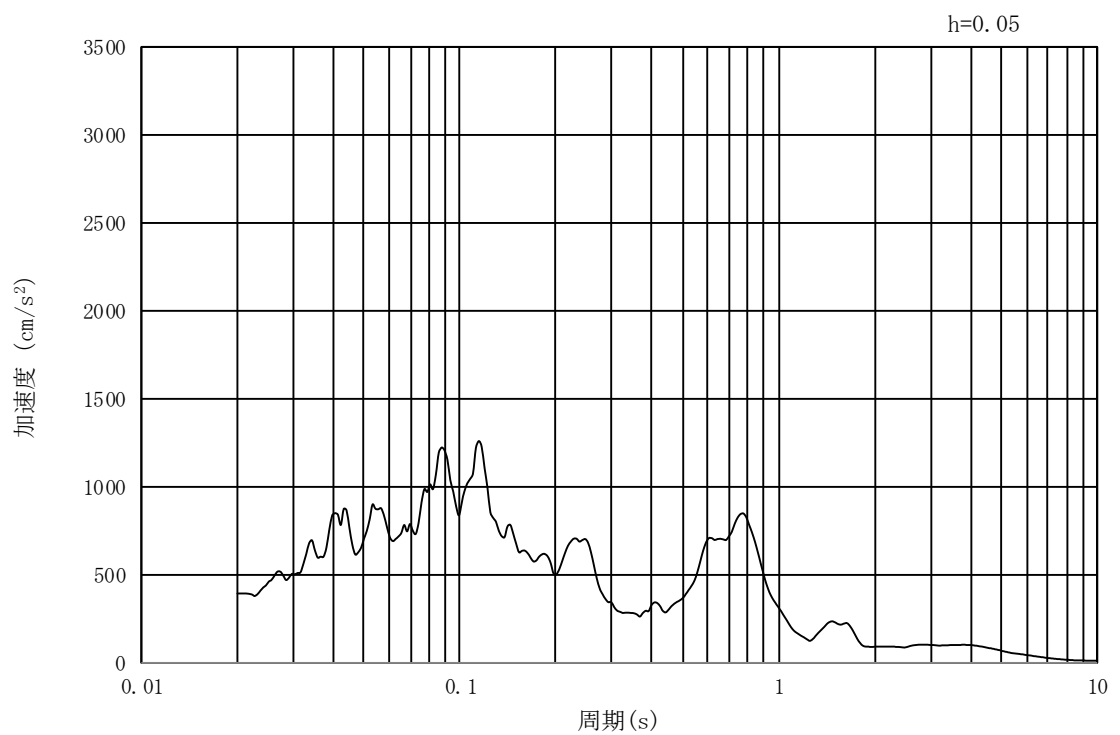
(b) 加速度応答スペクトル

図 18.3-2 (9) 東西方向断面 (①-①断面) の入力地震動の加速度時刻歴波形  
及び加速度応答スペクトル  
(水平方向 :  $S_s - 1.4$ )





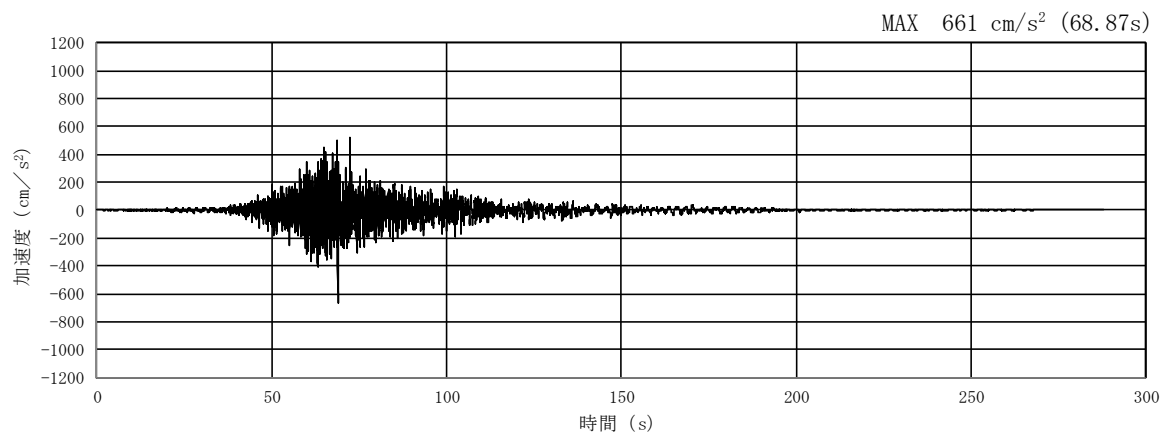
(a) 加速度時刻歴波形



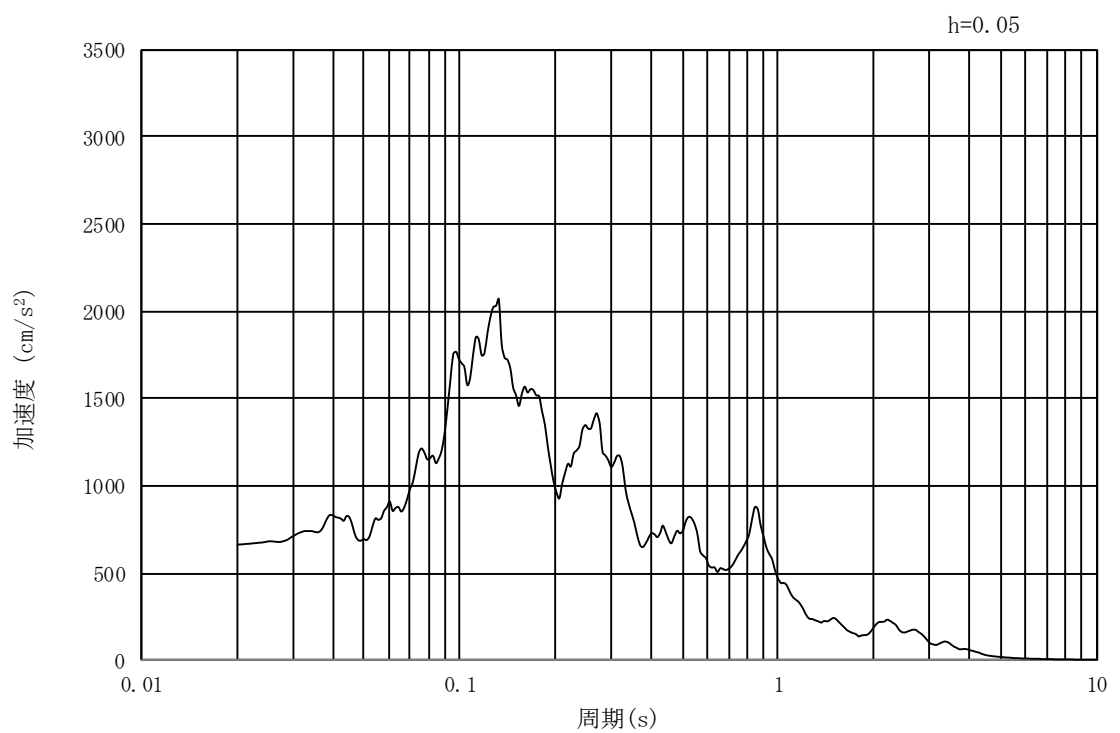
(b) 加速度応答スペクトル

図 18.3-2 (10) 東西方向断面 (①-①断面) の入力地震動の加速度時刻歴波形  
及び加速度応答スペクトル  
(鉛直方向:  $S_s - 1.4$ )





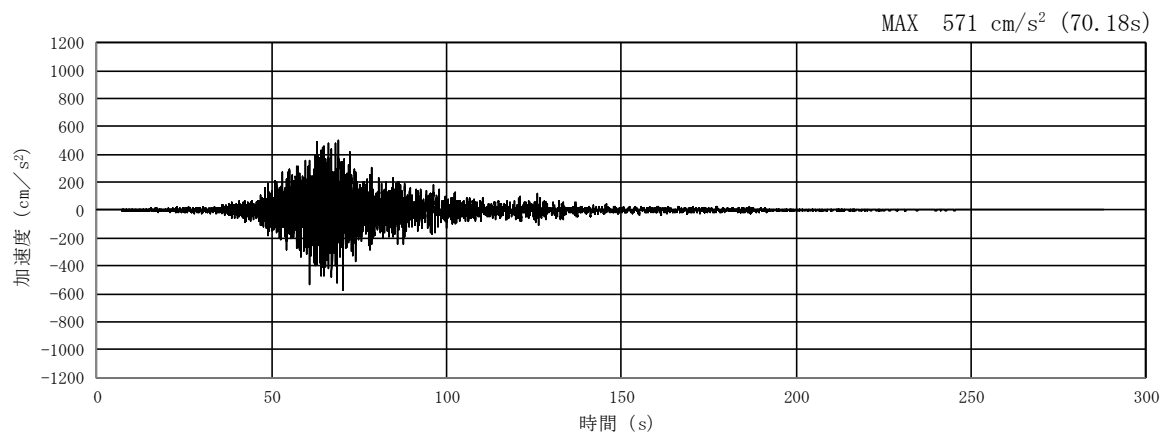
(a) 加速度時刻歴波形



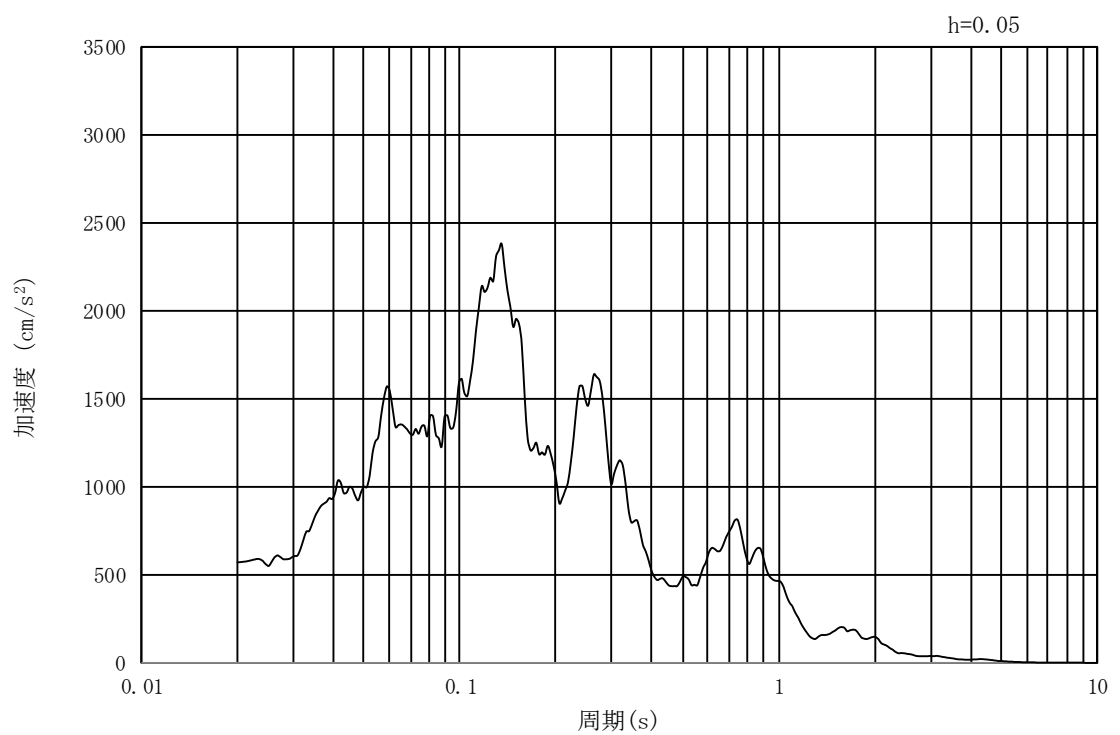
(b) 加速度応答スペクトル

図 18.3-2 (11) 東西方向断面 (①-①断面) の入力地震動の加速度時刻歴波形  
及び加速度応答スペクトル  
(水平方向 :  $S_s - 2.1$ )





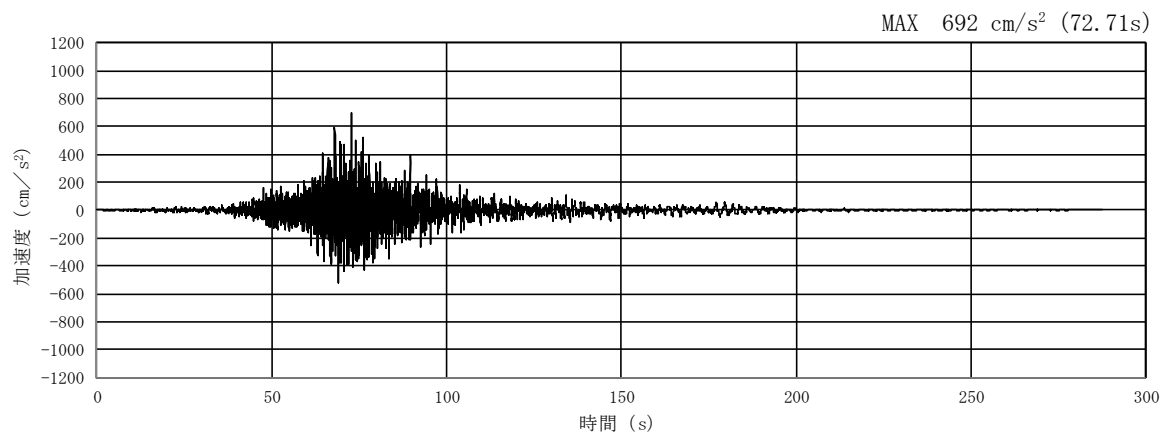
(a) 加速度時刻歴波形



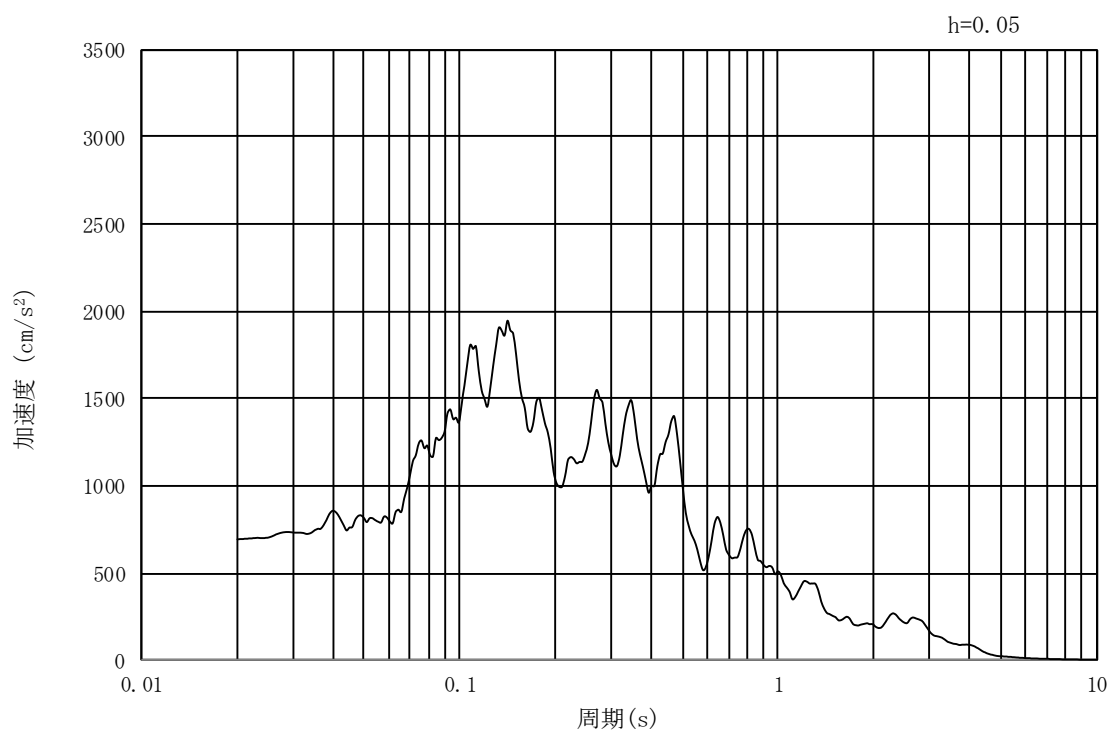
(b) 加速度応答スペクトル

図 18.3-2 (12) 東西方向断面 (①-①断面) の入力地震動の加速度時刻歴波形  
及び加速度応答スペクトル  
(鉛直方向:  $S_s - 2.1$ )





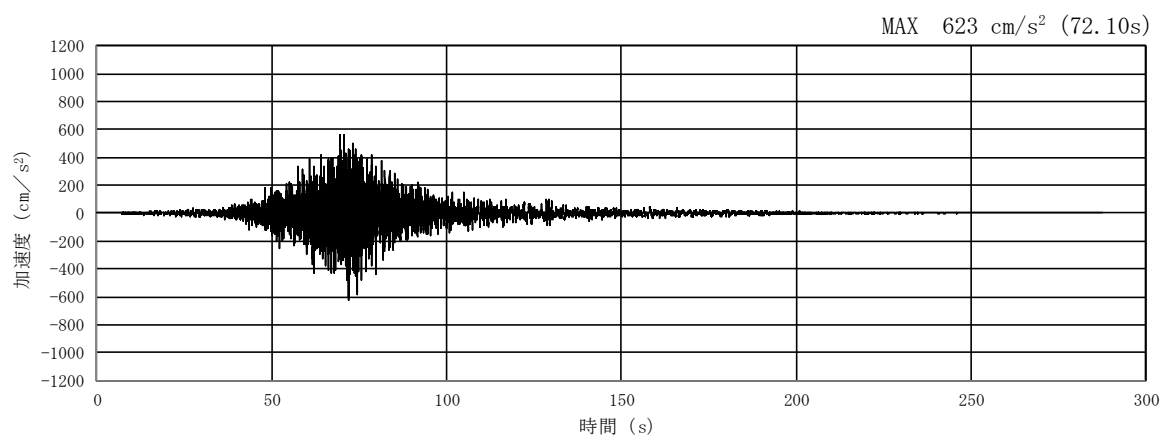
(a) 加速度時刻歴波形



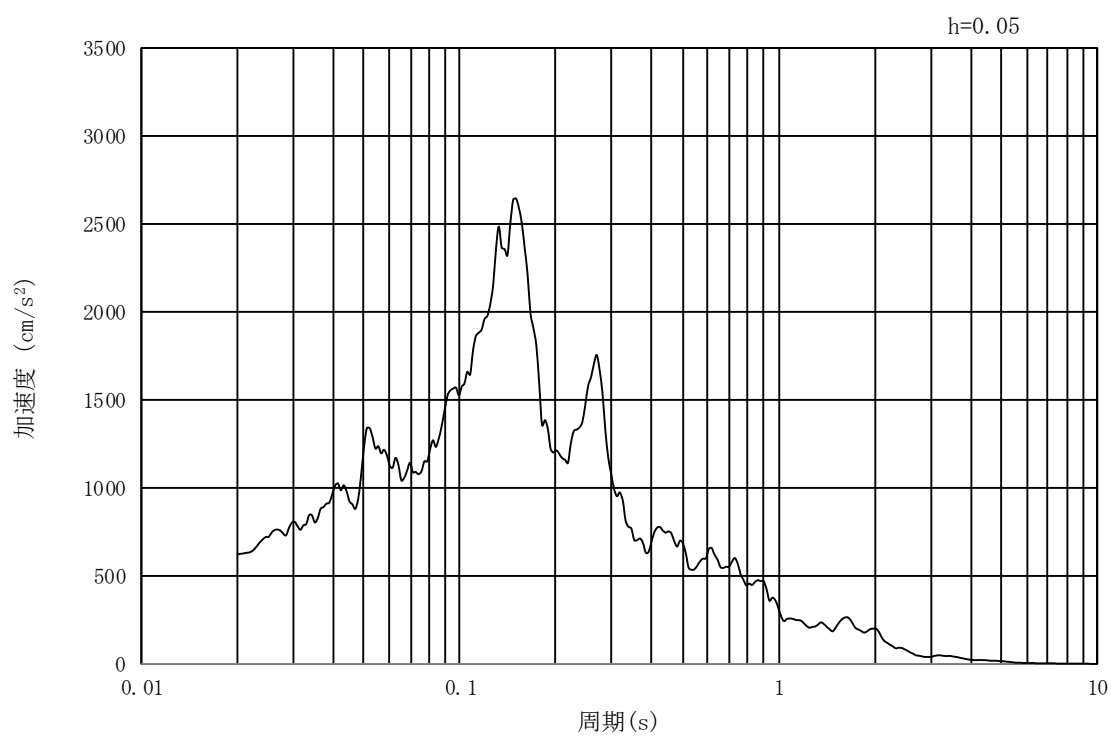
(b) 加速度応答スペクトル

図 18.3-2 (13) 東西方向断面 (①-①断面) の入力地震動の加速度時刻歴波形  
及び加速度応答スペクトル  
(水平方向:  $S_s - 2.2$ )





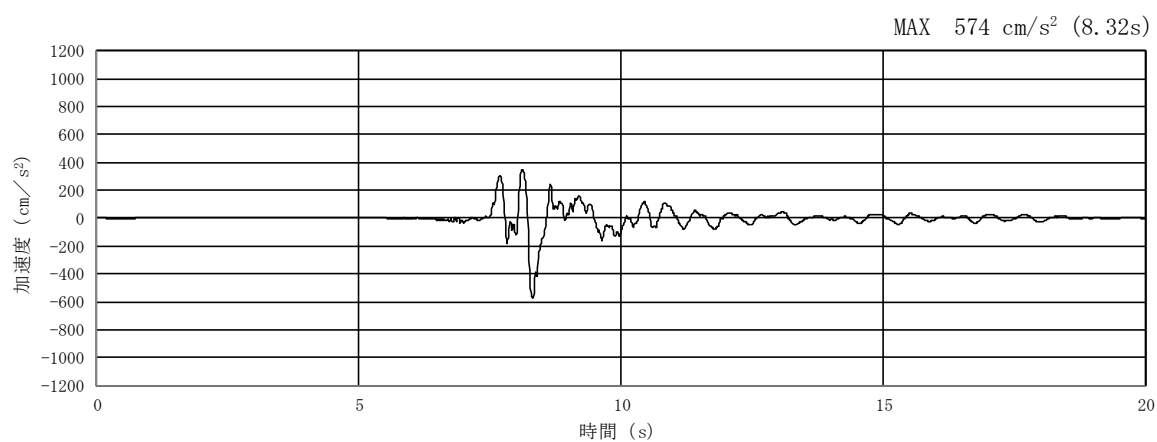
(a) 加速度時刻歴波形



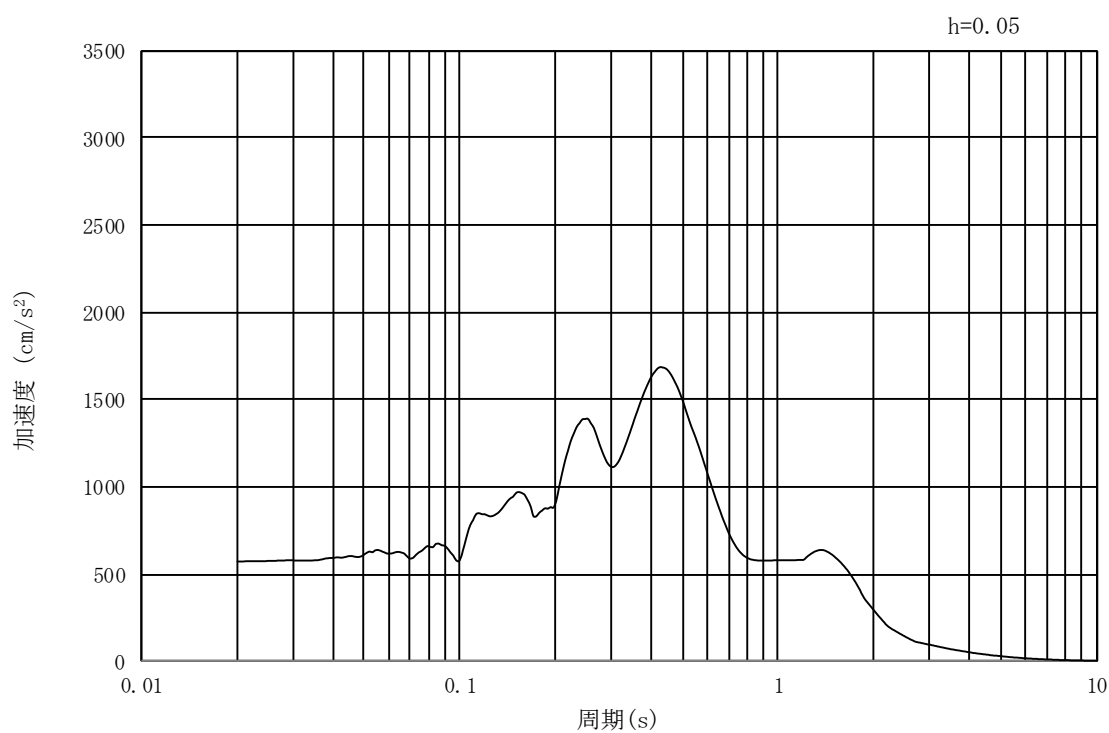
(b) 加速度応答スペクトル

図 18.3-2 (14) 東西方向断面 (①-①断面) の入力地震動の加速度時刻歴波形  
及び加速度応答スペクトル  
(鉛直方向 :  $S_s - 2.2$ )





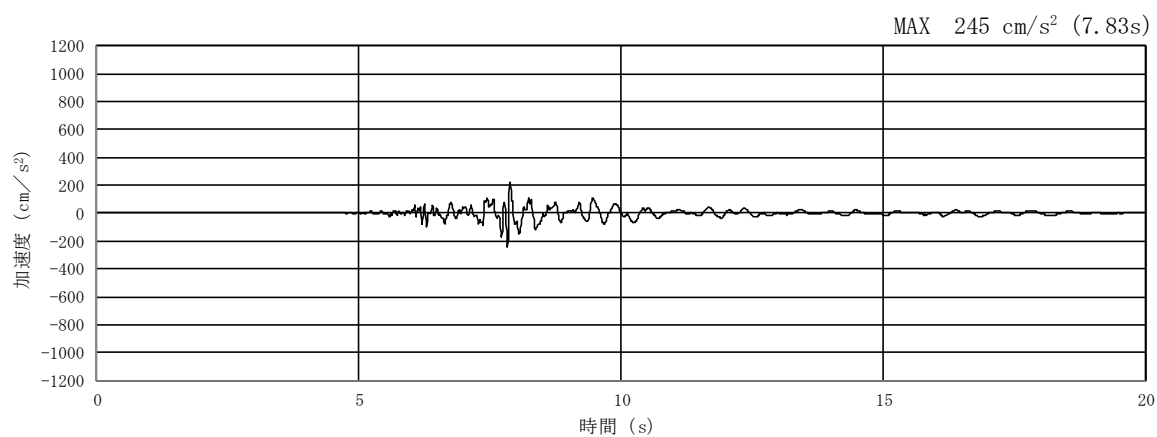
(a) 加速度時刻歴波形



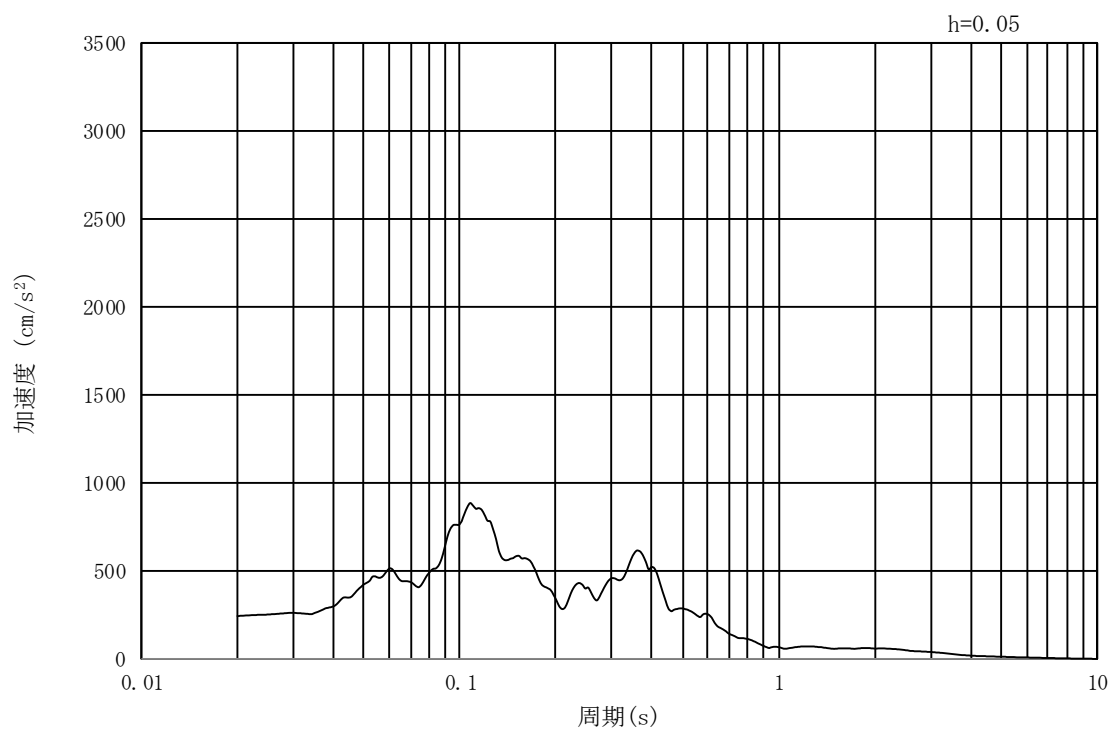
(b) 加速度応答スペクトル

図 18.3-2 (15) 東西方向断面 (①-①断面) の入力地震動の加速度時刻歴波形  
及び加速度応答スペクトル  
(水平方向:  $S_s - 3.1$ )





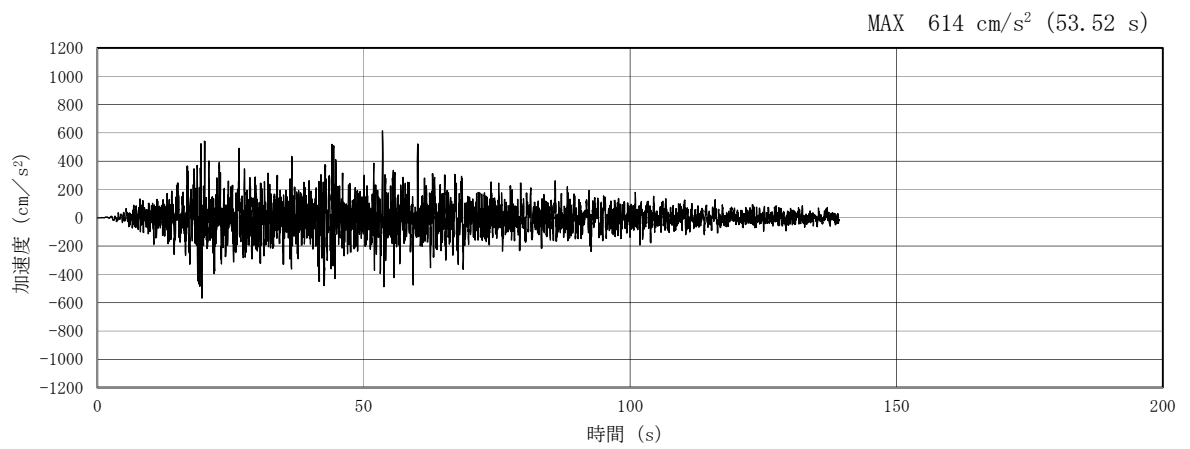
(a) 加速度時刻歴波形



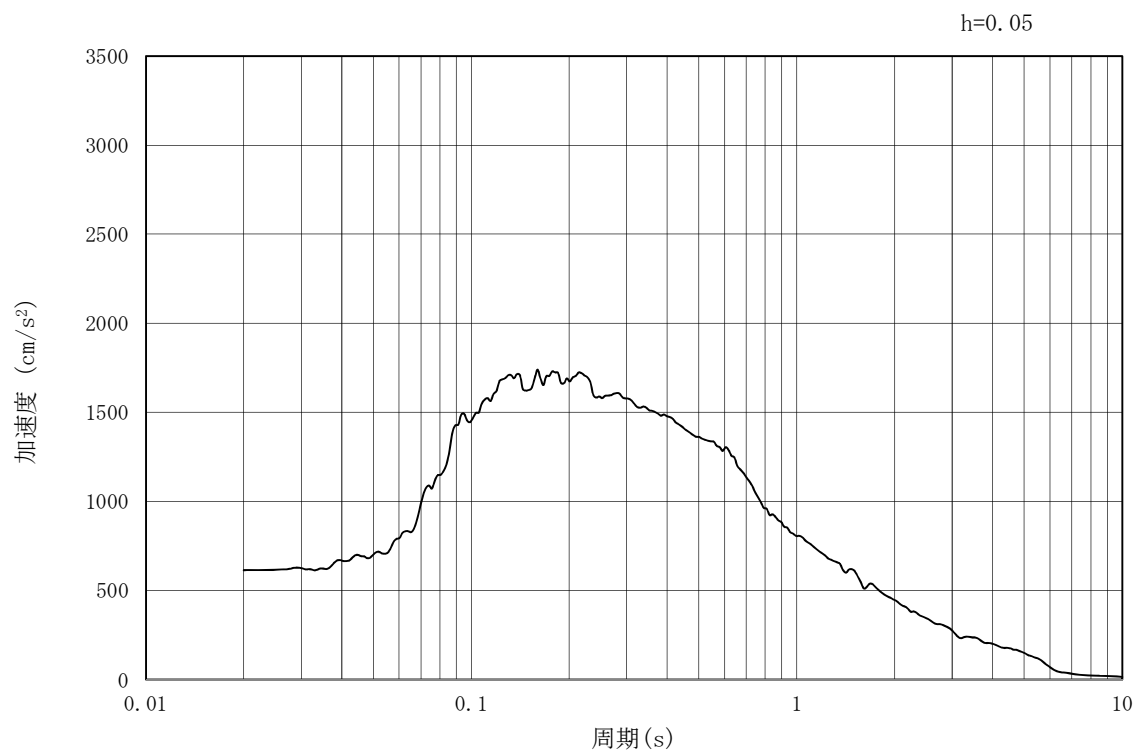
(b) 加速度応答スペクトル

図 18.3-2 (16) 東西方向断面 (①-①断面) の入力地震動の加速度時刻歴波形  
及び加速度応答スペクトル  
(鉛直方向:  $S_s - 3.1$ )





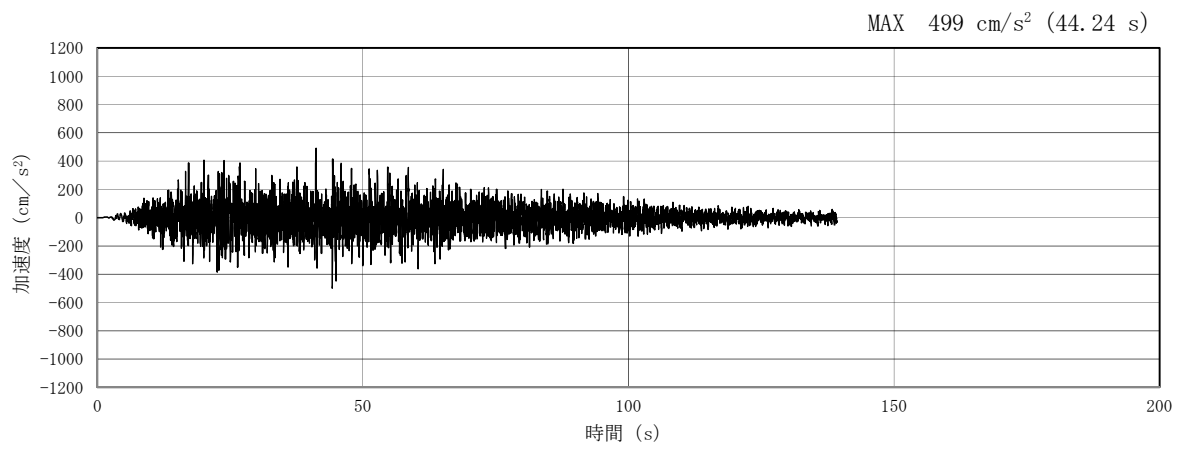
(a) 加速度時刻歴波形



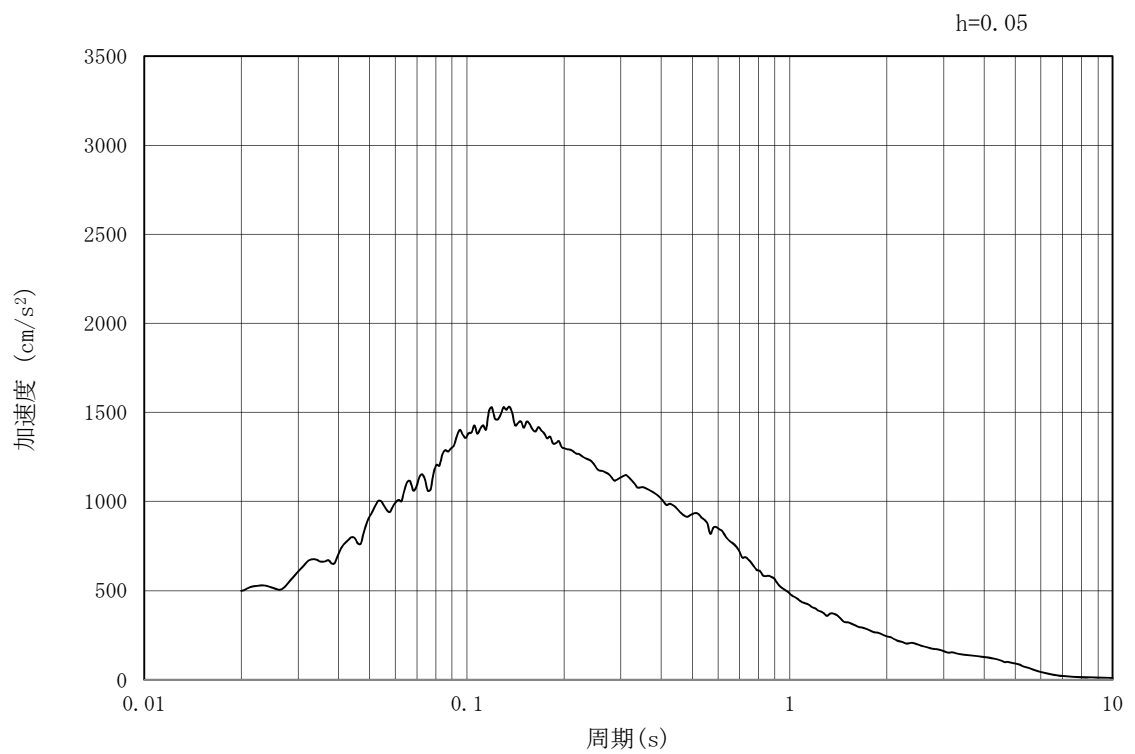
(b) 加速度応答スペクトル

図 18.3-2 (17) 南北方向断面 (④-④断面) の入力地震動の加速度時刻歴波形  
及び加速度応答スペクトル  
(水平方向:  $S_s-D1$ )





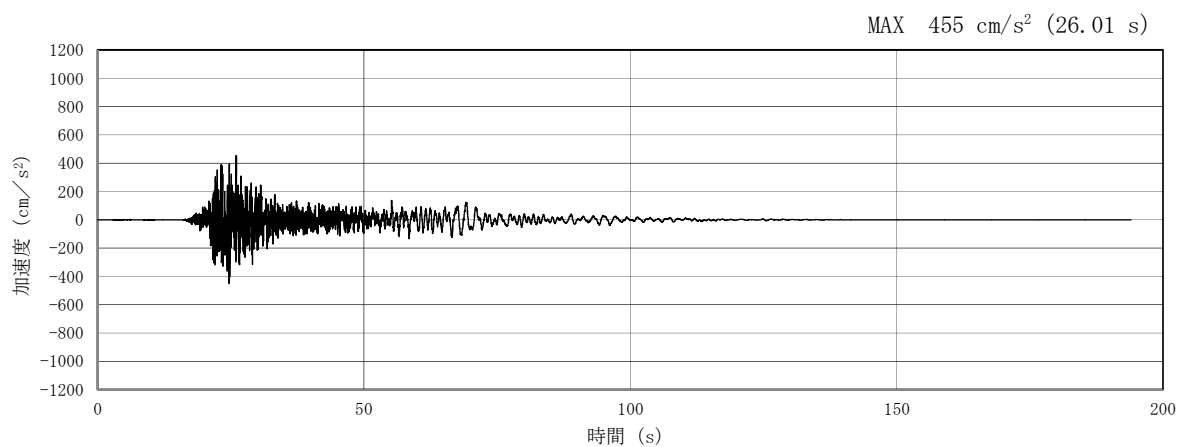
(a) 加速度時刻歴波形



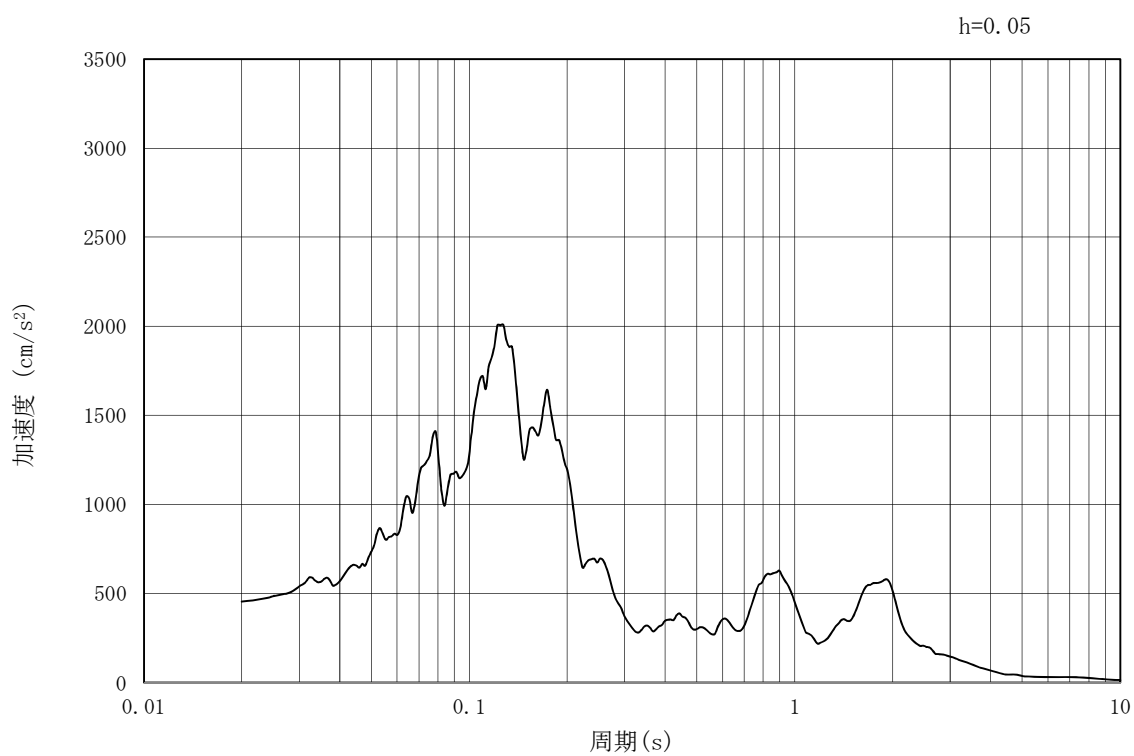
(b) 加速度応答スペクトル

図 18.3-2 (18) 南北方向断面 (④-④断面) の入力地震動の加速度時刻歴波形  
及び加速度応答スペクトル  
(鉛直方向:  $S_s - D1$ )





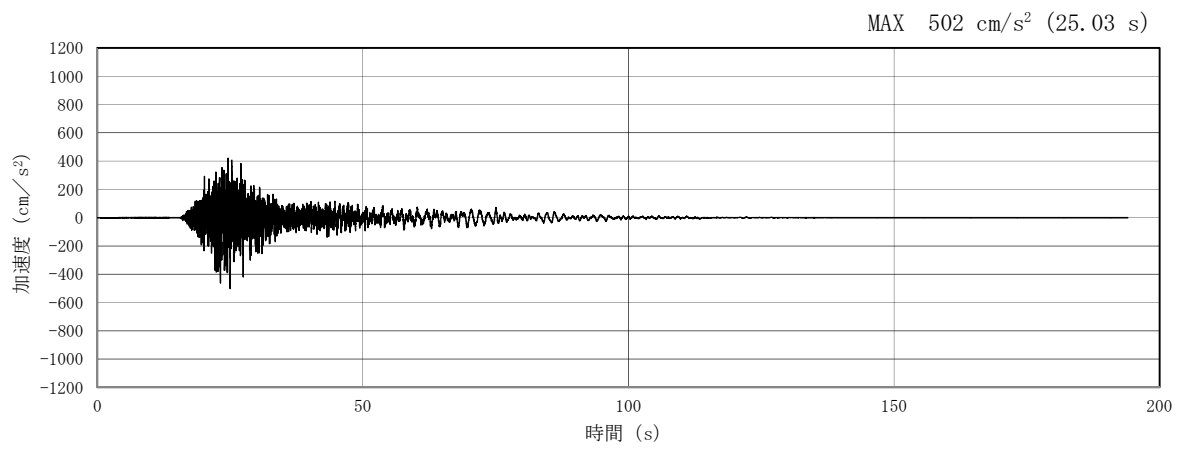
(a) 加速度時刻歴波形



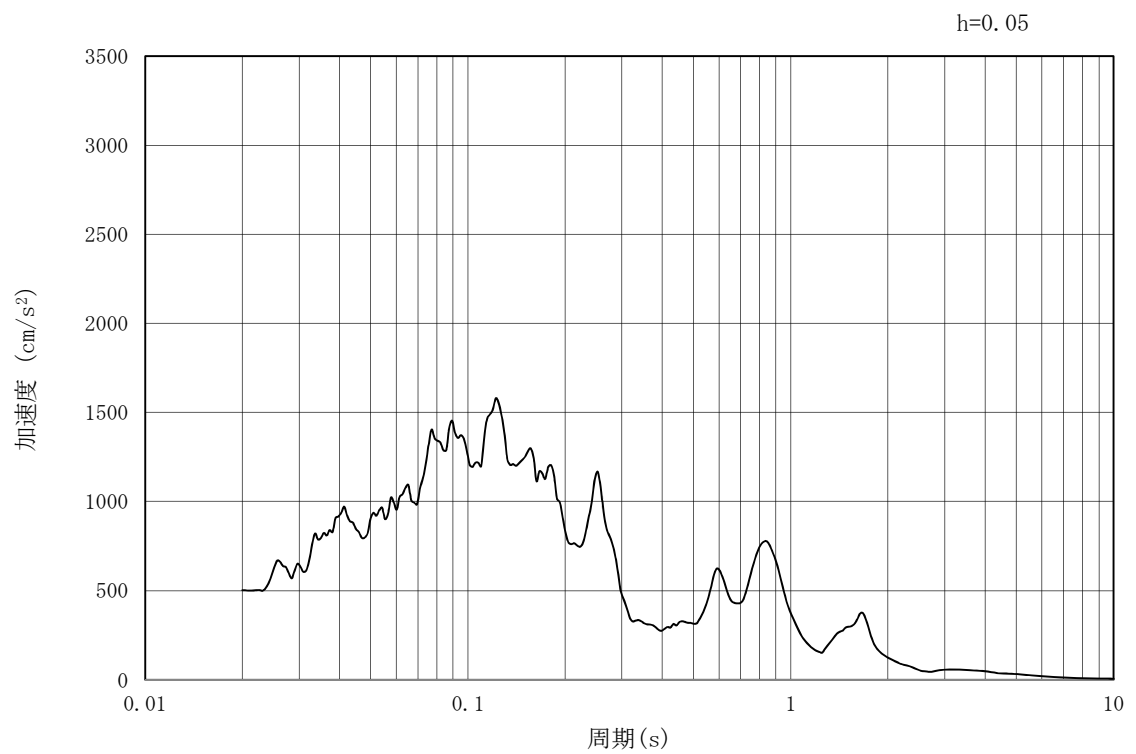
(b) 加速度応答スペクトル

図 18.3-2 (19) 南北方向断面 (④-④断面) の入力地震動の加速度時刻歴波形  
及び加速度応答スペクトル  
(水平方向 :  $S_s - 1.1$ )





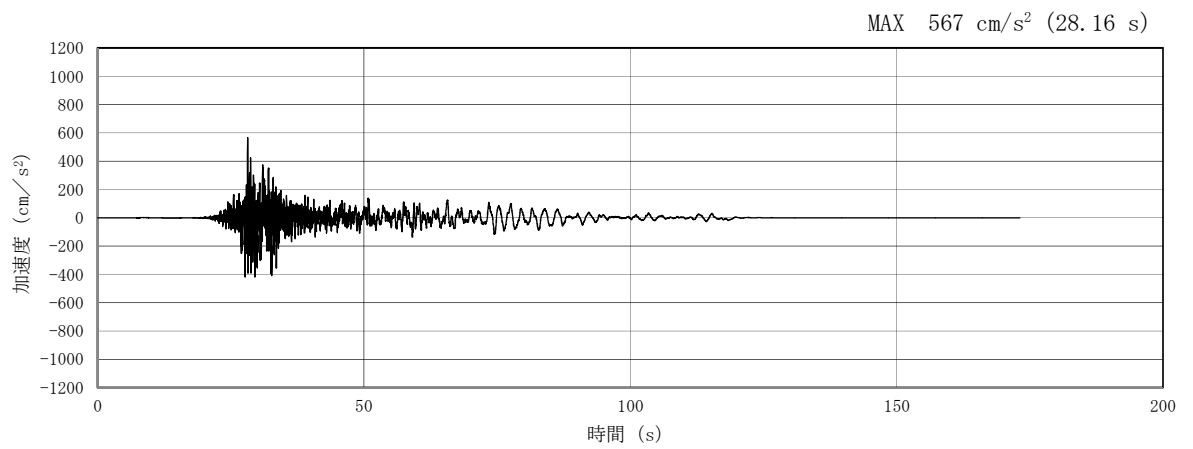
(a) 加速度時刻歴波形



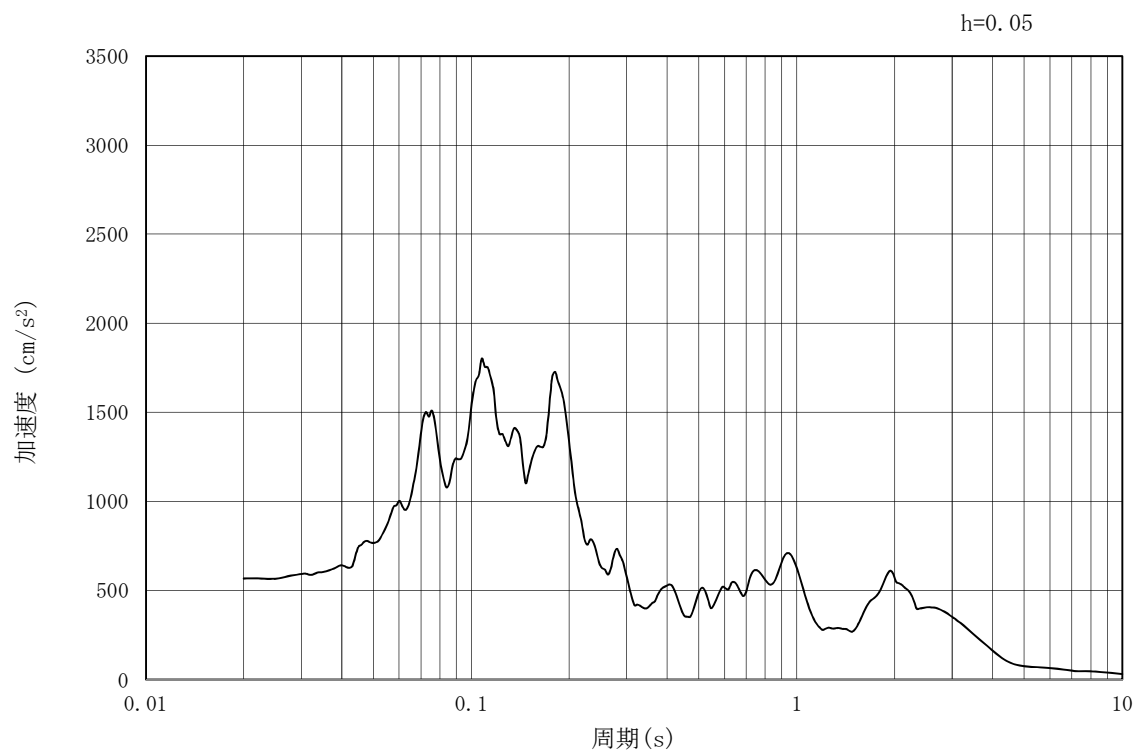
(b) 加速度応答スペクトル

図 18.3-2 (20) 南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直方向： $S_s - 1.1$ )





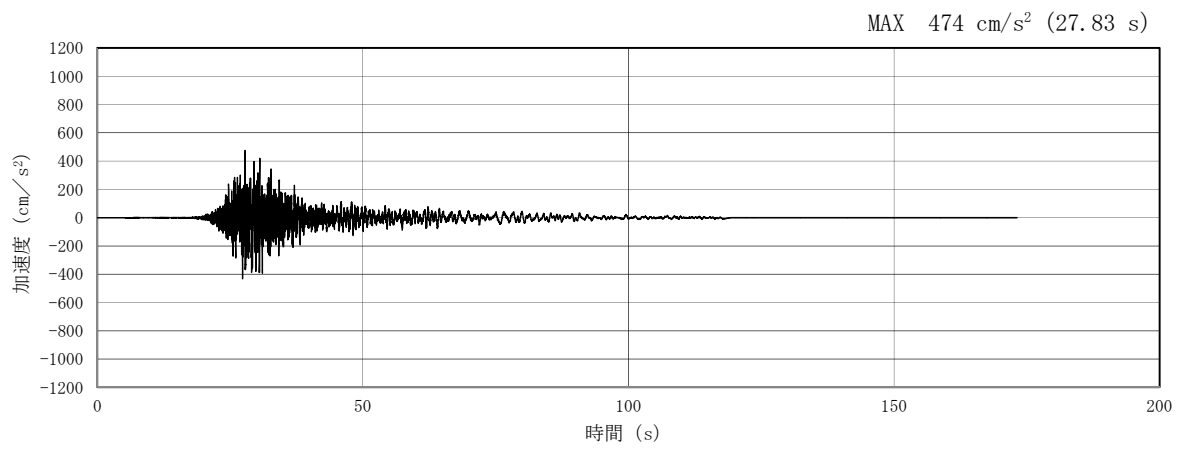
(a) 加速度時刻歴波形



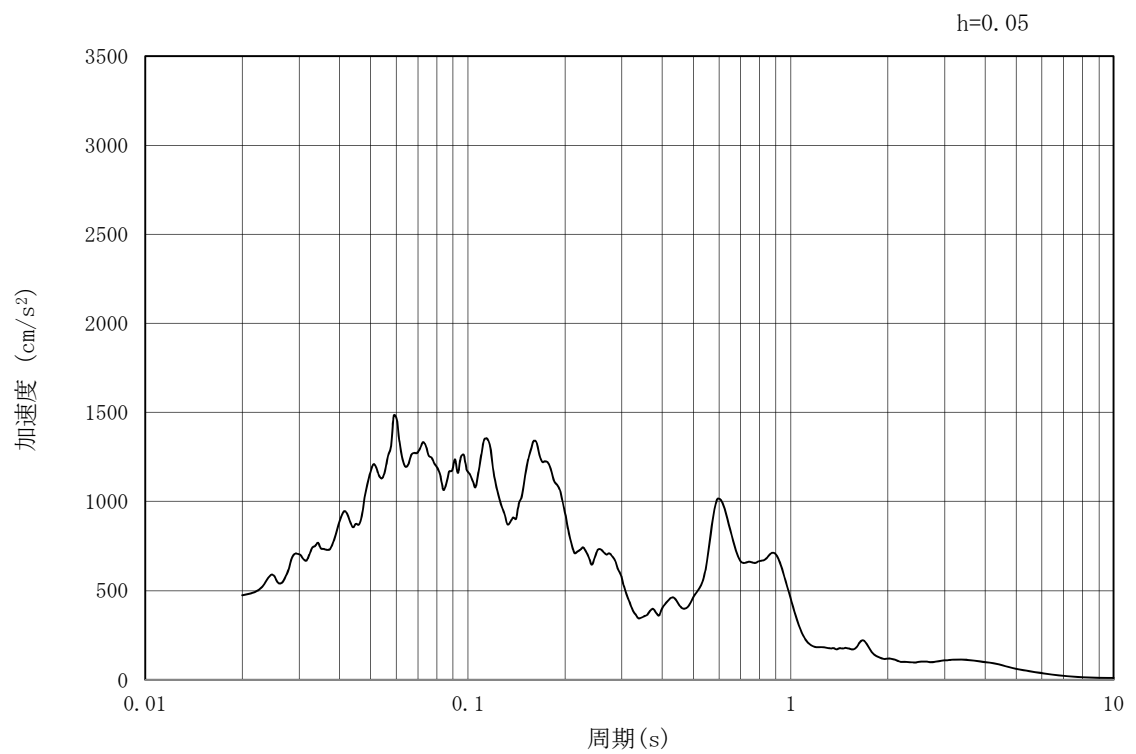
(b) 加速度応答スペクトル

図 18.3-2 (21) 南北方向断面 (④-④断面) の入力地震動の加速度時刻歴波形  
及び加速度応答スペクトル  
(水平方向:  $S_s - 1.2$ )





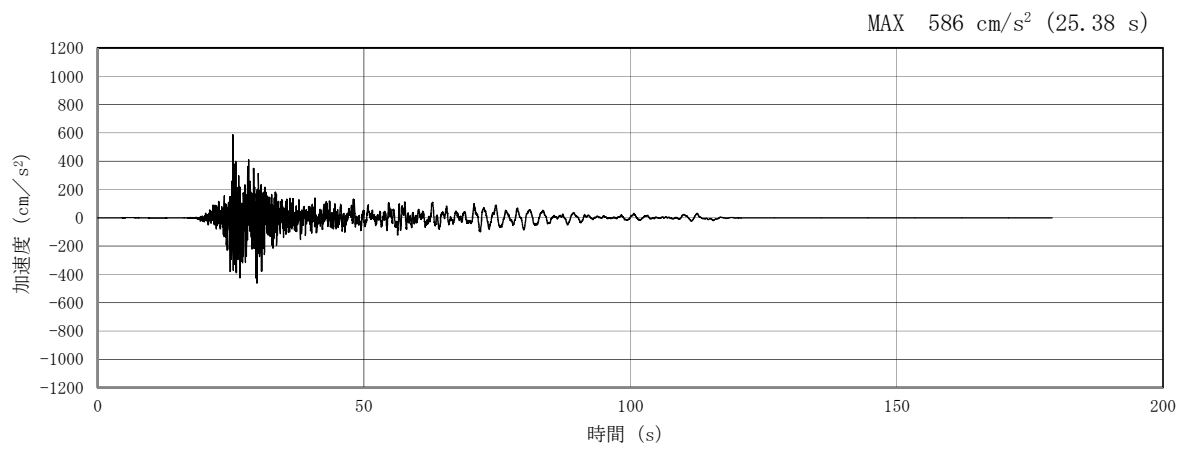
(a) 加速度時刻歴波形



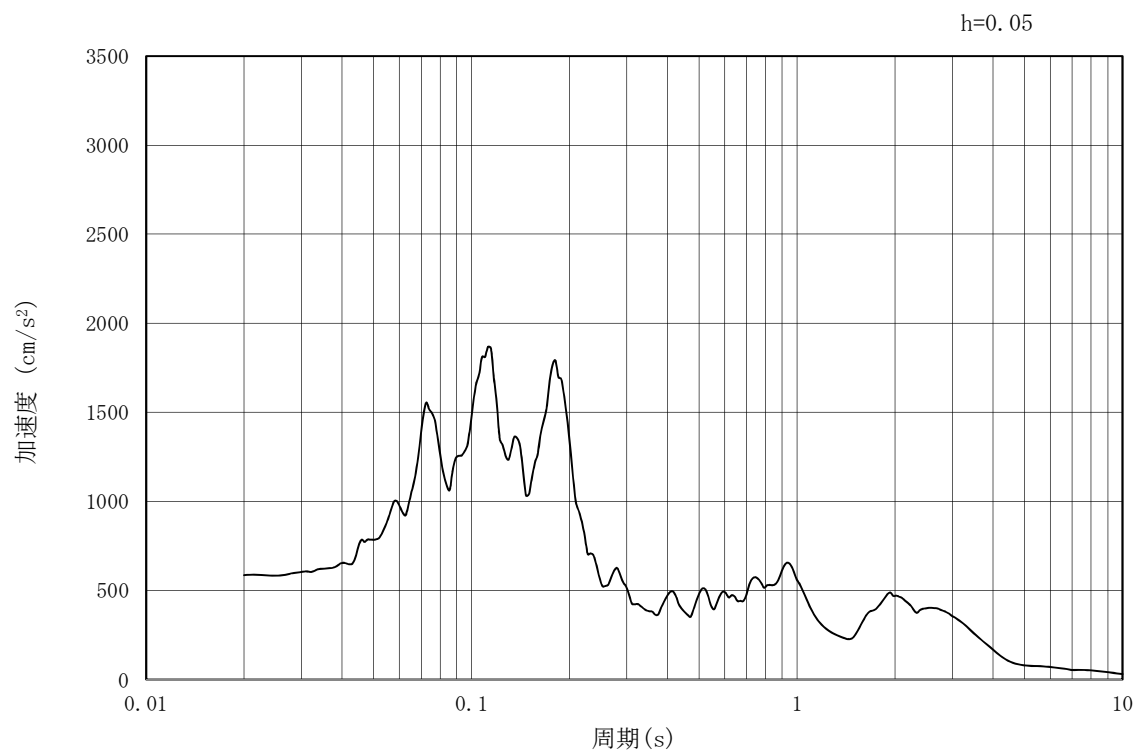
(b) 加速度応答スペクトル

図 18.3-2 (22) 南北方向断面 (④-④断面) の入力地震動の加速度時刻歴波形  
及び加速度応答スペクトル  
(鉛直方向:  $S_s - 1.2$ )





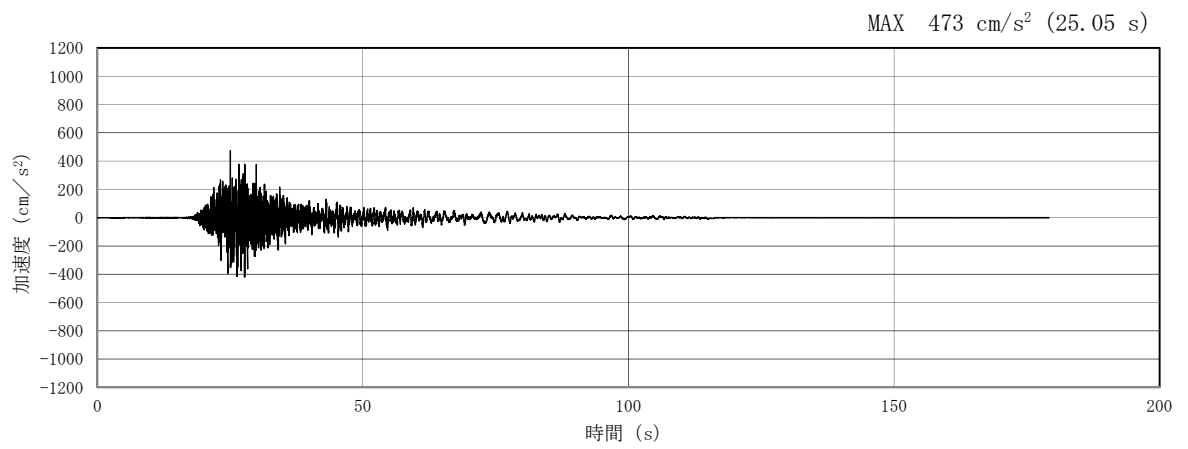
(a) 加速度時刻歴波形



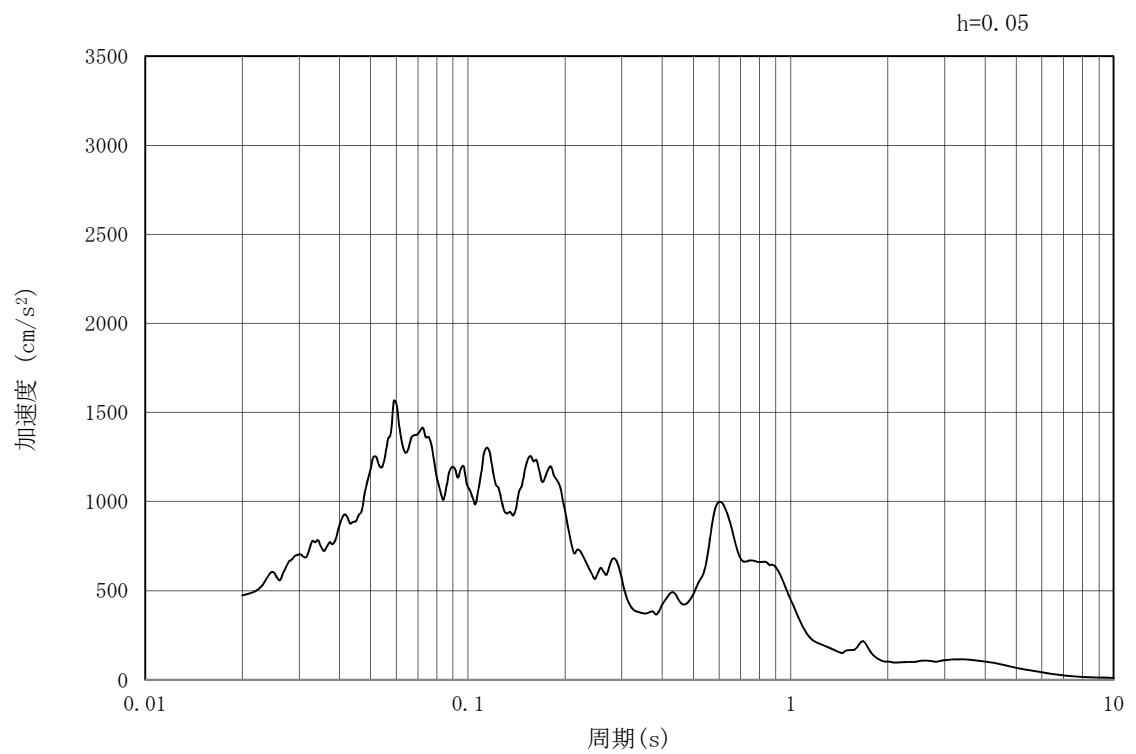
(b) 加速度応答スペクトル

図 18.3-2 (23) 南北方向断面 (④-④断面) の入力地震動の加速度時刻歴波形  
及び加速度応答スペクトル  
(水平方向 :  $S_s - 1.3$ )





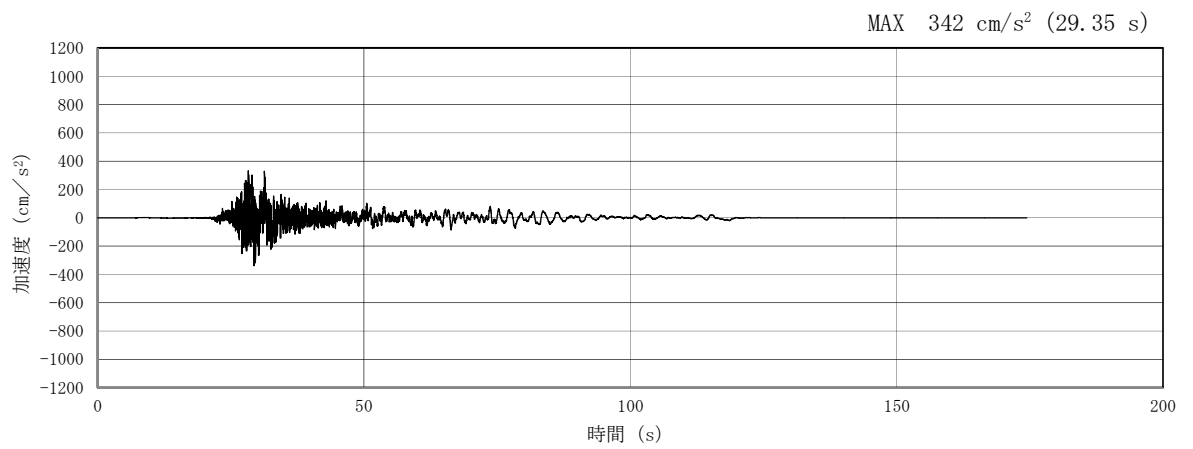
(a) 加速度時刻歴波形



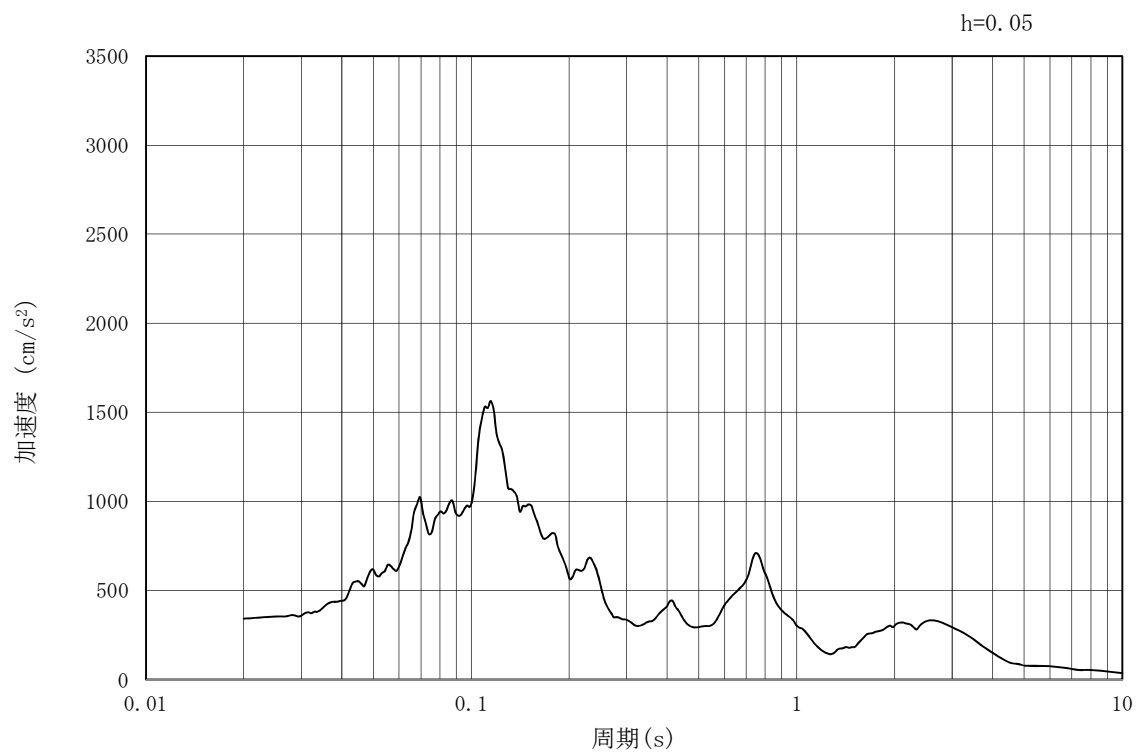
(b) 加速度応答スペクトル

図 18.3-2 (24) 南北方向断面 (④-④断面) の入力地震動の加速度時刻歴波形  
及び加速度応答スペクトル  
(鉛直方向:  $S_s - 1.3$ )





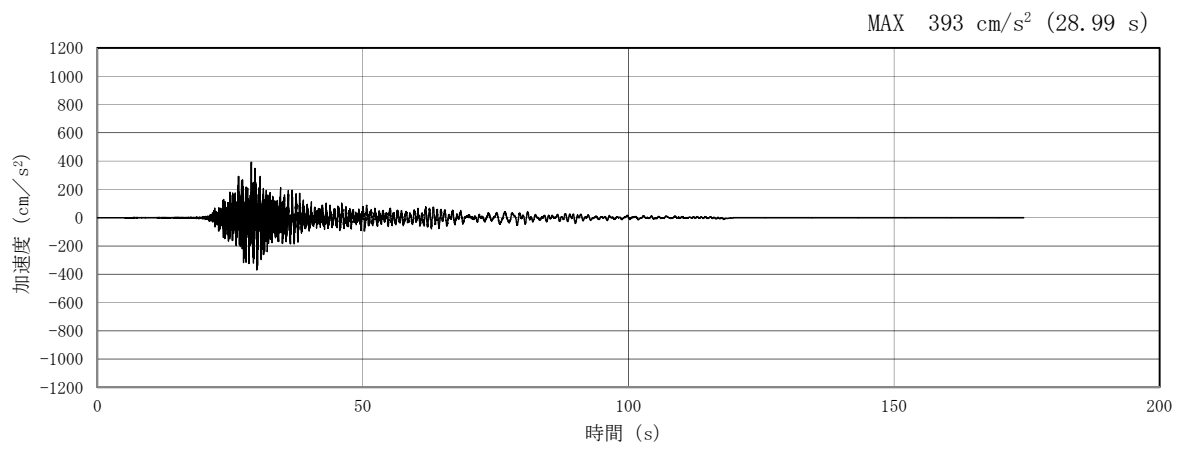
(a) 加速度時刻歴波形



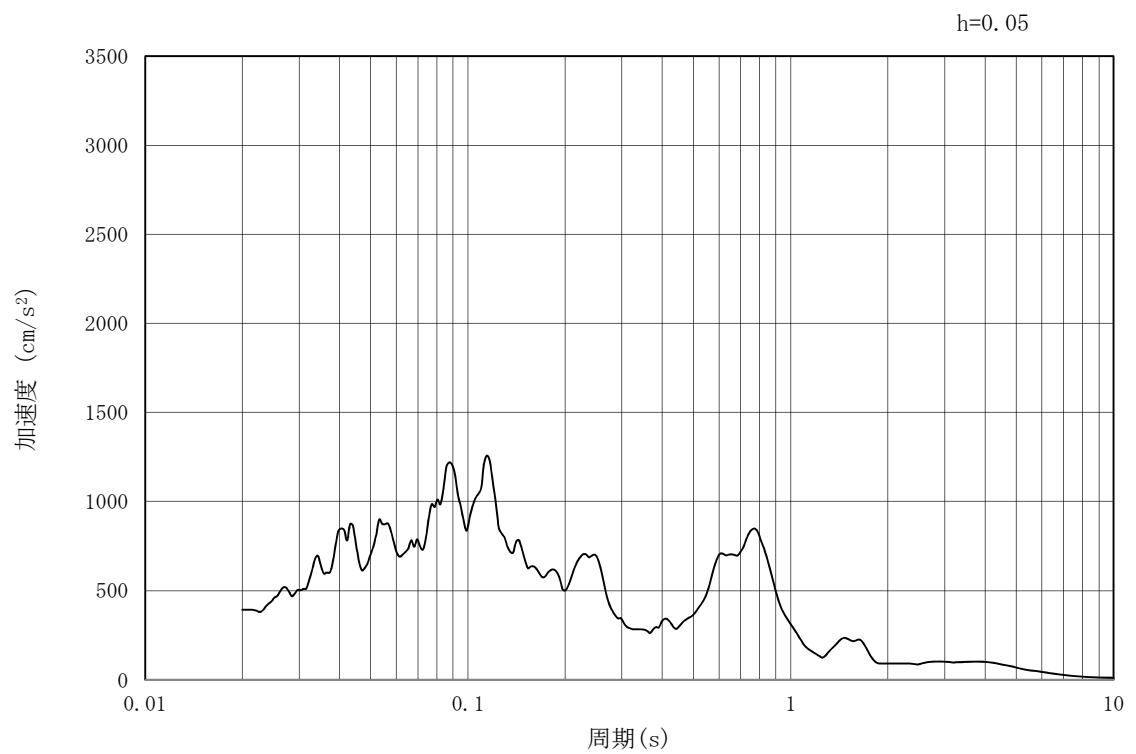
(b) 加速度応答スペクトル

図 18.3-2 (25) 南北方向断面 (④-④断面) の入力地震動の加速度時刻歴波形  
及び加速度応答スペクトル  
(水平方向 :  $S_s - 1.4$ )





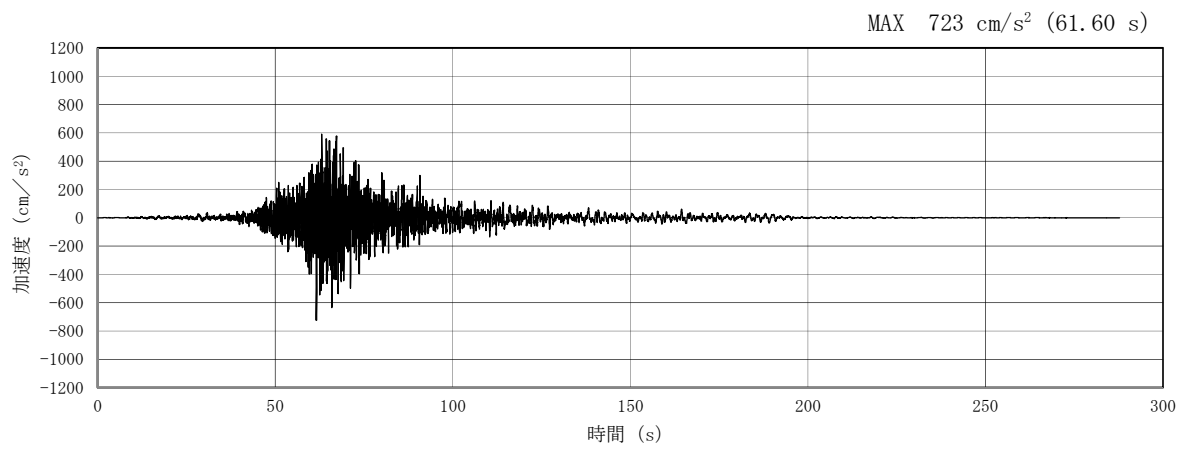
(a) 加速度時刻歴波形



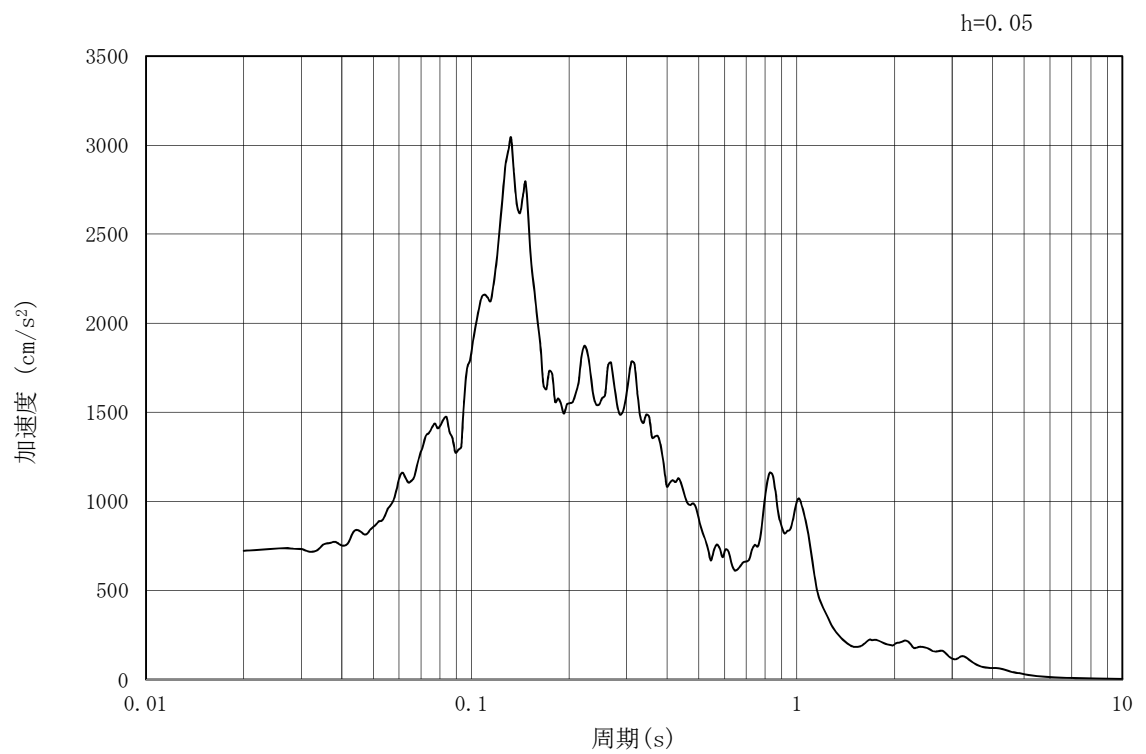
(b) 加速度応答スペクトル

図 18.3-2 (26) 南北方向断面 (④-④断面) の入力地震動の加速度時刻歴波形  
及び加速度応答スペクトル  
(鉛直方向:  $S_s - 1.4$ )





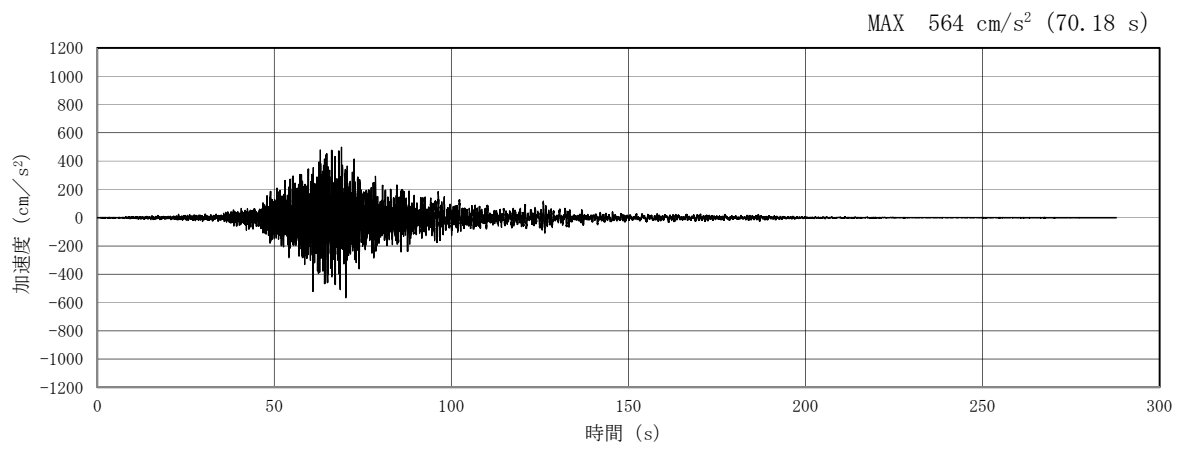
(a) 加速度時刻歴波形



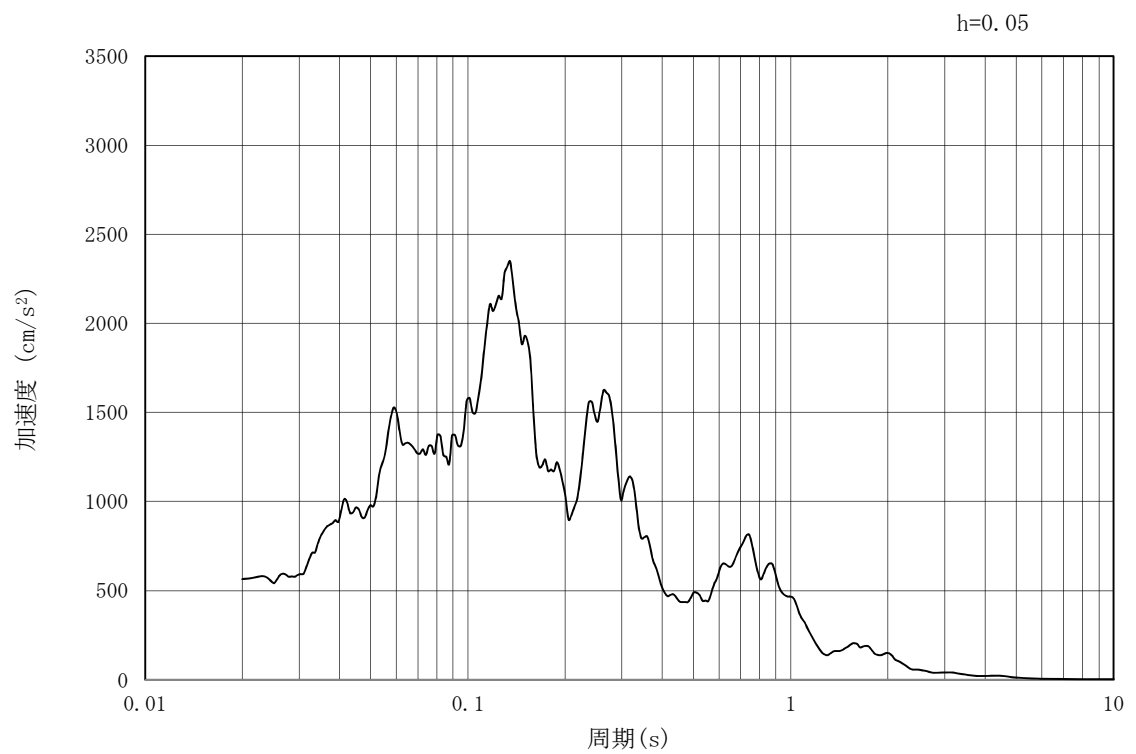
(b) 加速度応答スペクトル

第 11.3-4 図 (27) 南北方向断面 (④-④断面) の入力地震動の加速度時刻歴波形  
及び加速度応答スペクトル  
(水平方向:  $S_s - 2.1$ )





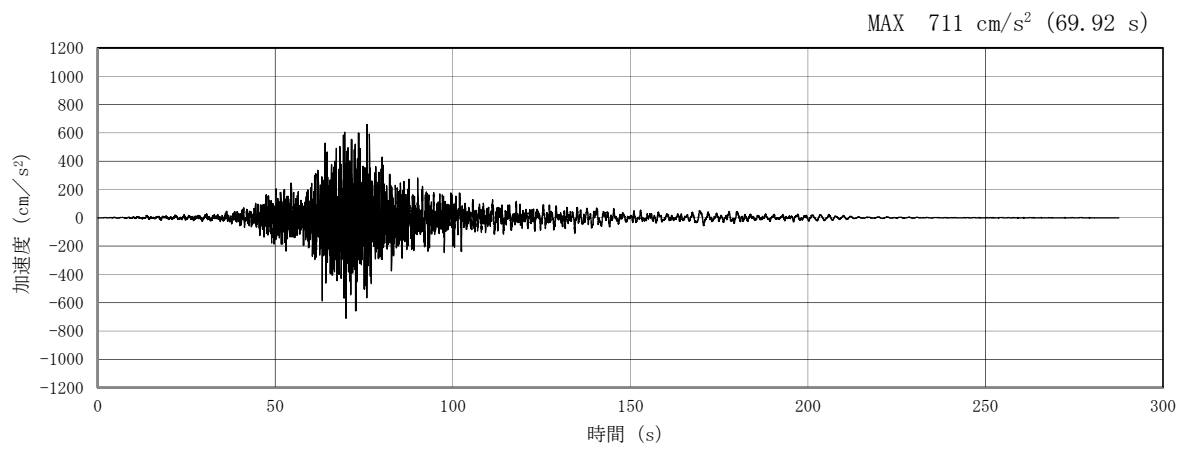
(a) 加速度時刻歴波形



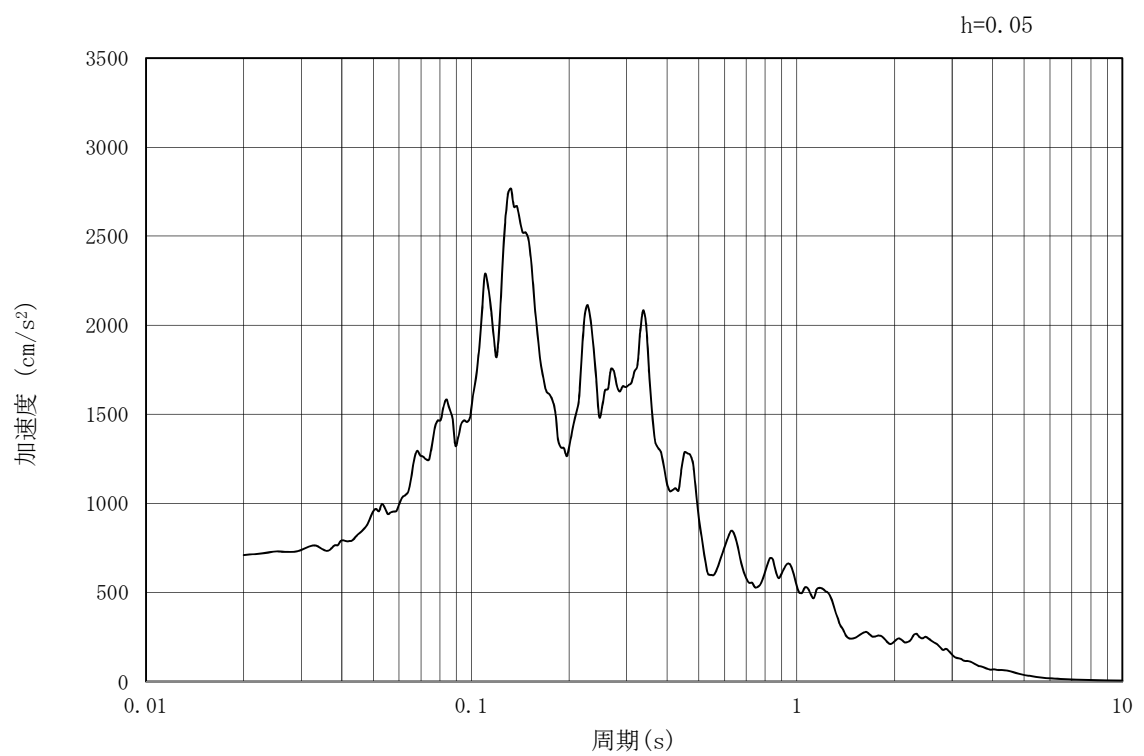
(b) 加速度応答スペクトル

図 18.3-2 (28) 南北方向断面 (④-④断面) の入力地震動の加速度時刻歴波形  
及び加速度応答スペクトル  
(鉛直方向:  $S_s - 2.1$ )





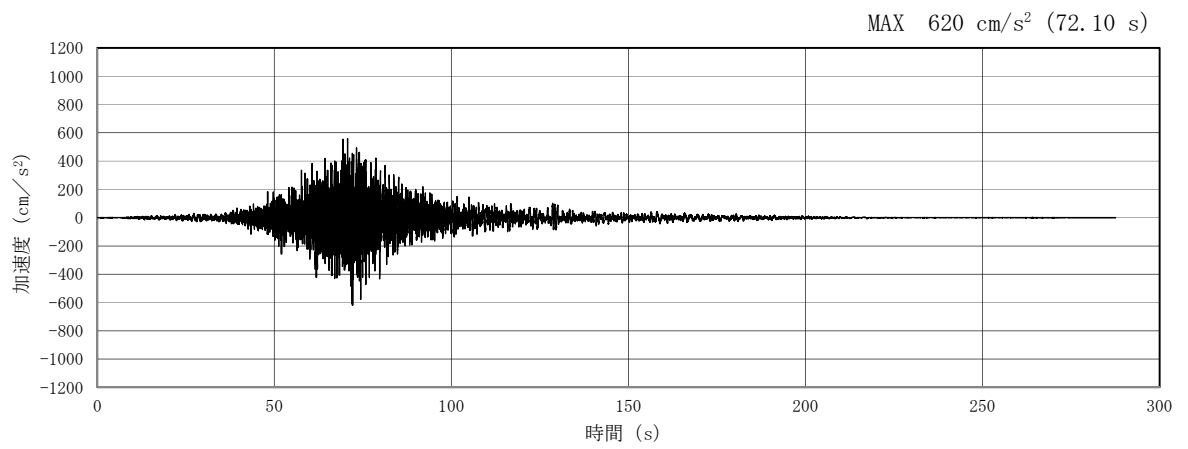
(a) 加速度時刻歴波形



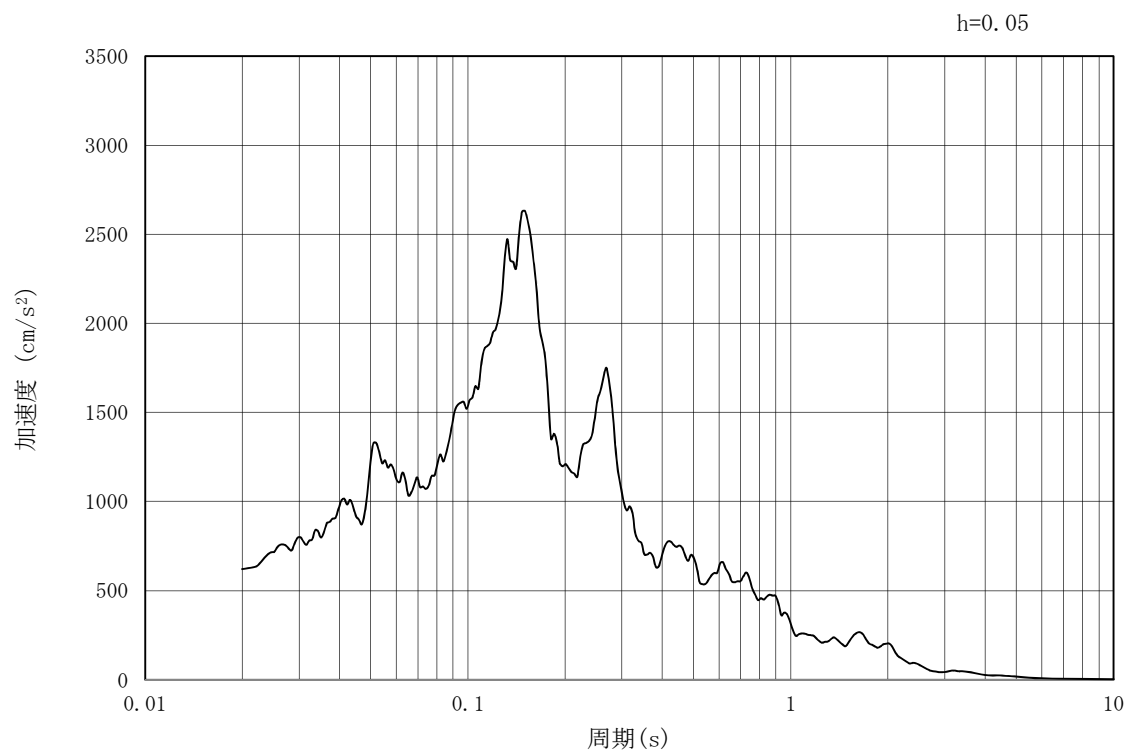
(b) 加速度応答スペクトル

図 18.3-2 (29) 南北方向断面 (④-④断面) の入力地震動の加速度時刻歴波形  
及び加速度応答スペクトル  
(水平方向 :  $S_s - 2.2$ )





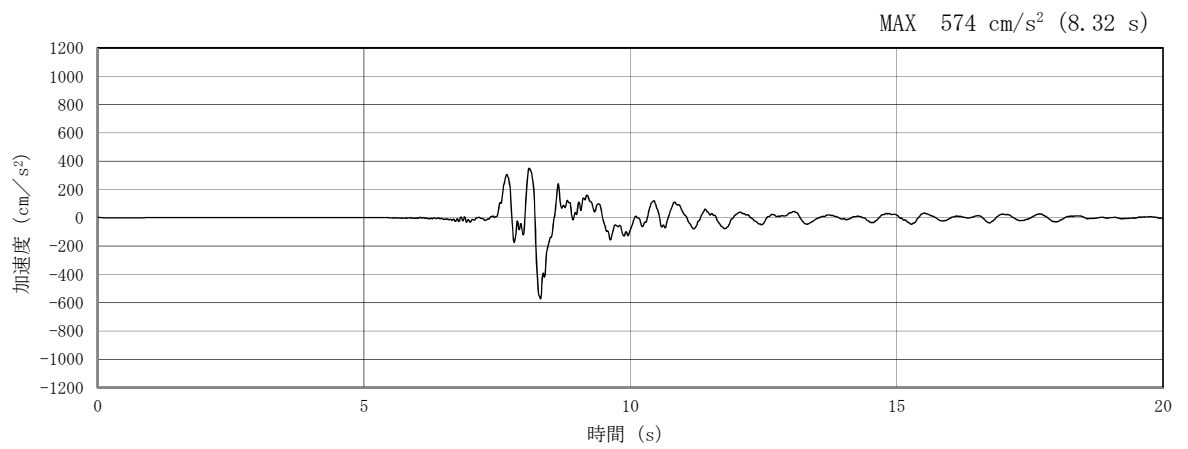
(a) 加速度時刻歴波形



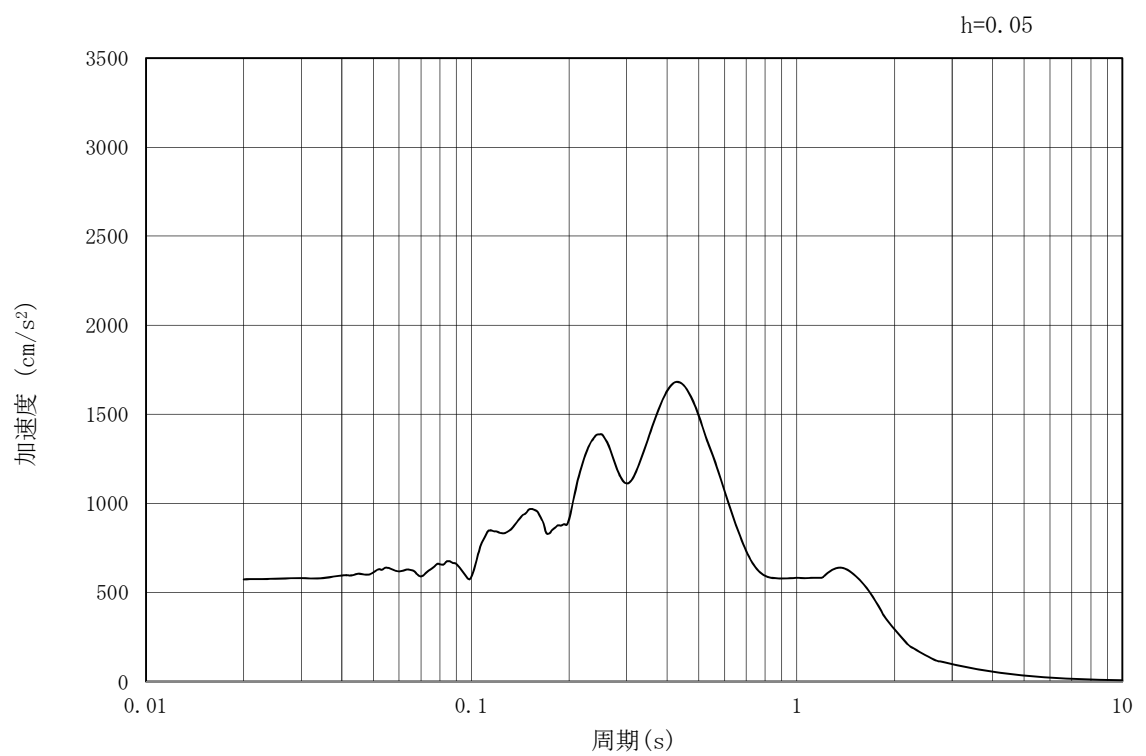
(b) 加速度応答スペクトル

図 18.3-2 (30) 南北方向断面 (④-④断面) の入力地震動の加速度時刻歴波形  
及び加速度応答スペクトル  
(鉛直方向 :  $S_s - 2.2$ )





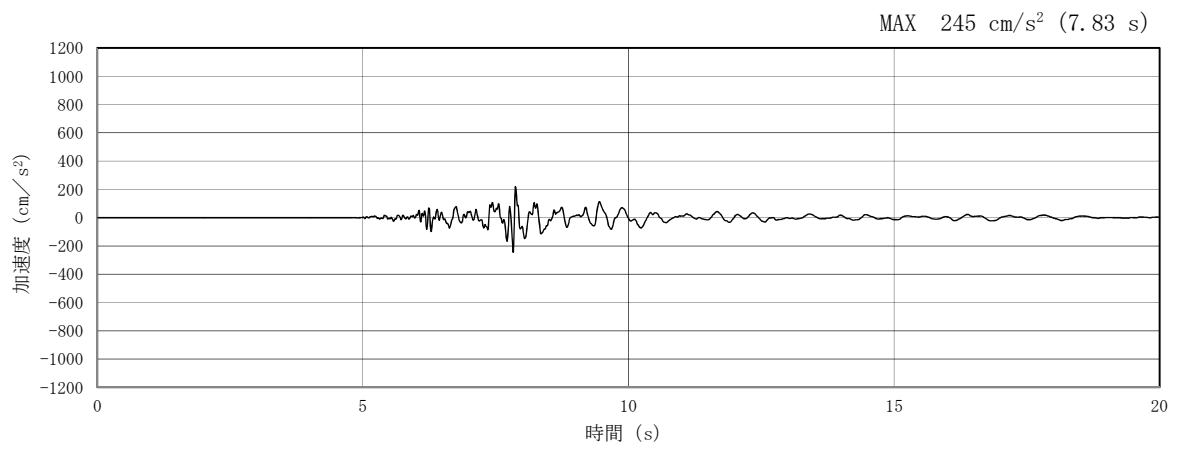
(a) 加速度時刻歴波形



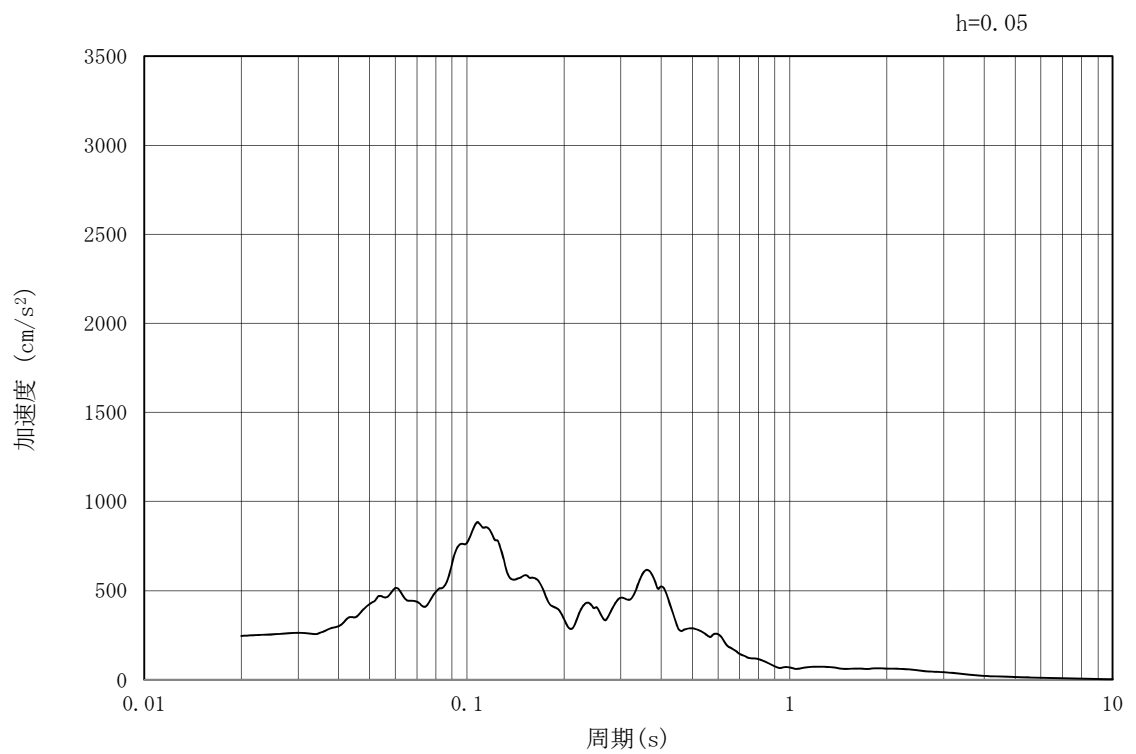
(b) 加速度応答スペクトル

図 18.3-2 (31) 南北方向断面 (④-④断面) の入力地震動の加速度時刻歴波形  
及び加速度応答スペクトル  
(水平方向 :  $S_s - 31$ )





(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

図 18.3-2 (32) 南北方向断面 (④-④断面) の入力地震動の加速度時刻歴波形  
及び加速度応答スペクトル  
(鉛直方向:  $S_s - 3.1$ )



### 18.3.2 許容限界の設定

#### (1) 許容応力度による許容限界

可搬型設備用軽油タンク基礎の構造部材は、許容応力度による照査を行う。評価位置においてコンクリートの圧縮応力度、鉄筋の引張応力度、コンクリートのせん断応力度が許容応力度以下であることを確認する。

**短期**許容応力度については、「コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（（社）土木学会，2002年制定）」，「道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成14年3月）」に基づき，コンクリート，鉄筋及び鋼管杭の許容応力度に対して割増係数1.5を考慮し，表18.3-1のとおり設定する。

表 18.3-1 許容応力度

| 評価項目  |                             |     | 短期許容応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) |
|---|-----------------------------|-----|---------------------------------|
| コンクリート*1<br>(f' <sub>ck</sub> =40 N/mm <sup>2</sup> ) | 許容曲げ圧縮応力度 $\sigma_{ca}$     |     | 21.0                            |
|   | 許容せん断応力度 $\tau_{a1}$        |     | 0.825*4                         |
| 鉄筋(SD490)*2   | 許容引張応力度 $\sigma_{sa}$ (曲げ)  |     | 435                             |
|   | 許容引張応力度 $\sigma_{sa}$ (せん断) |     | 300                             |
| 鋼管杭(SKK490)*3   | 母材部<br>溶接部                  | 引張  | 277.5                           |
|   |                             | 圧縮  | 277.5                           |
|   |                             | せん断 | 157.5                           |

注記 \*1：コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（（社）土木学会，2002年制定）

\*2：道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成24年3月）

\*3：道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成14年3月）

\*4：斜め引張鉄筋を考慮する場合は，「コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（（社）土木学会，2002年制定）」を適用し，次式により求められる許容せん断力（ $V_a$ ）を許容限界とする。

$$V_a = V_{ca} + V_{sa}$$

ここで，

$V_{ca}$  : コンクリートの許容せん断力

$$V_{ca} = 1/2 \cdot \tau_{a1} \cdot b_w \cdot j \cdot d$$

$V_{sa}$  : 斜め引張鉄筋の許容せん断力

$$V_{sa} = A_w \cdot \sigma_{sa2} \cdot j \cdot d / s$$

$\tau_{a1}$  : 斜め引張鉄筋を考慮しない場合の許容せん断応力度

$b_w$  : 有効幅

$j$  : 1/1.15



$d$  : 有効高さ  
 $A_w$  : 斜め引張鉄筋断面積  
 $\sigma_{sa2}$  : 鉄筋の許容引張応力度  
 $s$  : 斜め引張鉄筋間隔

表 18.3-2 斜め引張鉄筋を配置する部材のせん断力に対する許容限界

| 位置      | 断面形状        |             |             |             | せん断補強鉄筋 |               |               | 許容せん断断力                    |                        | 短期許容<br>せん断力 $V_a$<br>(= $V_{ca}+V_{sa}$ )<br>(kN) |
|---------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------|---------------|---------------|----------------------------|------------------------|--|
|         | 部材幅<br>(mm) | 部材高<br>(mm) | かぶり<br>(mm) | 有効高<br>(mm) | 径       | $S_b$<br>(mm) | $S_s$<br>(mm) | コンクリート<br>$V_{ca}$<br>(kN) | 鉄筋<br>$V_{sa}$<br>(kN) |  |
| 底版(上引張) | 1000        | 1000        | 120         | 880         | D16     | 250           | 250           | 315.65                     | 729.47                 | 1045   |
| 底版(下引張) | 1000        | 1000        | 250         | 750         | D16     | 250           | 250           | 269.02                     | 621.70                 | 890  |
| 側壁      | 1000        | 800         | 120         | 680         | D16     | 250           | 250           | 243.91                     | 563.68                 | 807  |
| 隔壁      | 1000        | 800         | 120         | 680         | D16     | 250           | 250           | 243.91                     | 563.68                 | 807  |
| 頂版      | 1000        | 500         | 120         | 380         | D16     | 250           | 250           | 136.30                     | 315.00                 | 451  |



(2) 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

極限支持力は、道路橋示方書の支持力算定式等に基づき、対象施設の岩盤の室内試験結果（せん断強度）等より設定する。

道路橋示方書による杭基礎における支持力算定式を以下に示す。杭基礎構造を有する耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設について、豊浦標準砂の液状化強度特性により強制的に液状化させることを仮定した耐震設計を行う場合は、第四系の杭周面摩擦力を支持力として考慮せず、杭先端の支持岩盤への接地圧に対する支持力評価を行うことを基本とする。ただし、杭を根入れした岩盤及び岩着している地盤改良体とその上方の非液状化層が連続している場合は、杭周面摩擦力を支持力として考慮する場合がある。

極限支持力算定式（杭基礎〔中掘り工法〕）

$$R_u = q_d A + U \sum L_i f_i$$

$R_u$  : 地盤から決まる杭の極限支持力 (kN)

$q_d$  : 杭先端における単位面積あたりの極限支持力度 (kN/m<sup>2</sup>)

$$q_d = 3 \cdot q_u$$

$q_u$  : 支持岩盤の一軸圧縮強度 (kN/m<sup>2</sup>)

$A$  : 杭先端面積 (m<sup>2</sup>)

$U$  : 杭の周長 (m)

$L_i$  : 周面摩擦力を考慮する層の層厚 (m)

$f_i$  : 周面摩擦力を考慮する層の最大周面摩擦力度 (kN/m<sup>2</sup>)

可搬型設備用軽油タンク基礎における許容限界を表 18.3-3 に示す。

表 18.3-3 基礎地盤の支持力に対する許容限界（追而）

| 杭下端<br>標高<br>(m) | Km 層<br>非排水<br>せん断強度<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 支持岩盤の<br>一軸圧縮強度<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 杭先端の<br>極限支持力<br>(kN) | 杭周面<br>摩擦力<br>(kN) | 極限支持力<br>(kN) |
|------------------|--|---|-----------------------|--------------------|---------------|
|                  |  |   |                       |                    | 13273         |



## 18.4 評価結果

### 18.4.1 地震応答解析結果

地震応答解析結果として「断面力分布」「最大せん断ひずみ分布」「過剰間隙水圧比分布」及び「可搬型設備用軽油タンク基礎周辺に発生する最大加速度分布」を記載する。

#### (1) 構造部材の断面力分布

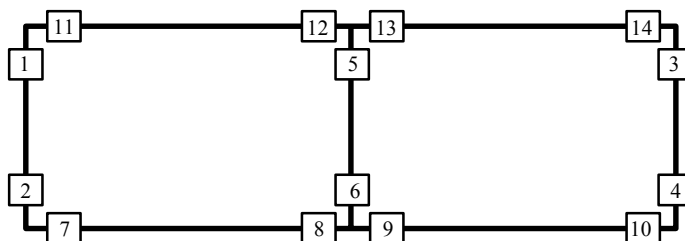
可搬型設備用軽油タンク基礎のコンクリートの曲げ軸力に対する照査、鉄筋の曲げ軸力に対する照査、コンクリートのせん断力に対する照査の各照査に対して、全地震波のうち最も厳しい照査値となった照査結果を表 18.4-1～表 18.4-3 に示す。

可搬型設備用軽油タンク基礎躯体の断面力分布（曲げモーメント、軸力、せん断力）を図 18.4-1～図 18.4-3 に示す。本図は、タンク基礎躯体のコンクリートの曲げ軸力に対する照査、鉄筋の曲げ軸力に対する照査、コンクリートのせん断力に対する照査の各照査に対して、全地震波のうち最も厳しい照査値となった時刻における断面力分布を部材ごとに示したものである。

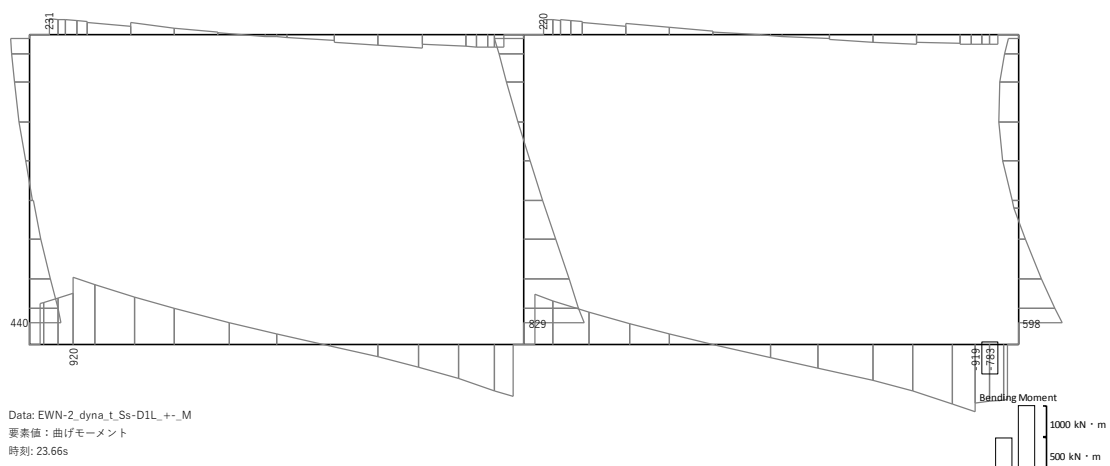
表 18.4-1 コンクリートの曲げ軸力に対する照査結果  
(各部材において最も厳しい照査値とその地震波)

| 評価位置 |    | 断面形状 (mm) |         |         | 引張<br>鉄筋量<br>(mm <sup>2</sup> ) | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 圧縮<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値  | 検討<br>ケース | 地震波      |
|------|----|-----------|---------|---------|---------------------------------|-----------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|------|-----------|----------|
|      |    | 部材<br>幅   | 部材<br>高 | 有効<br>高 |                                 |                       |            |                                   |                                     |      |           |          |
| 底版   | 10 | 1000      | 1000    | 750     | 4053.6                          | -784                  | 557        | 8.3                               | 21.0                                | 0.40 | ①         | Ss-D1_+- |
| 側壁   | 4  | 1000      | 800     | 680     | 4053.6                          | 541                   | 110        | 6.9                               | 21.0                                | 0.33 | ③         | Ss-D1_+- |
| 隔壁   | 6  | 1000      | 800     | 680     | 4053.6                          | 760                   | 154        | 9.7                               | 21.0                                | 0.47 | ④         | Ss-D1_+- |
| 頂版   | 12 | 1000      | 500     | 380     | 4053.6                          | 247                   | -15        | 8.7                               | 21.0                                | 0.42 | ④         | Ss-D1_+- |

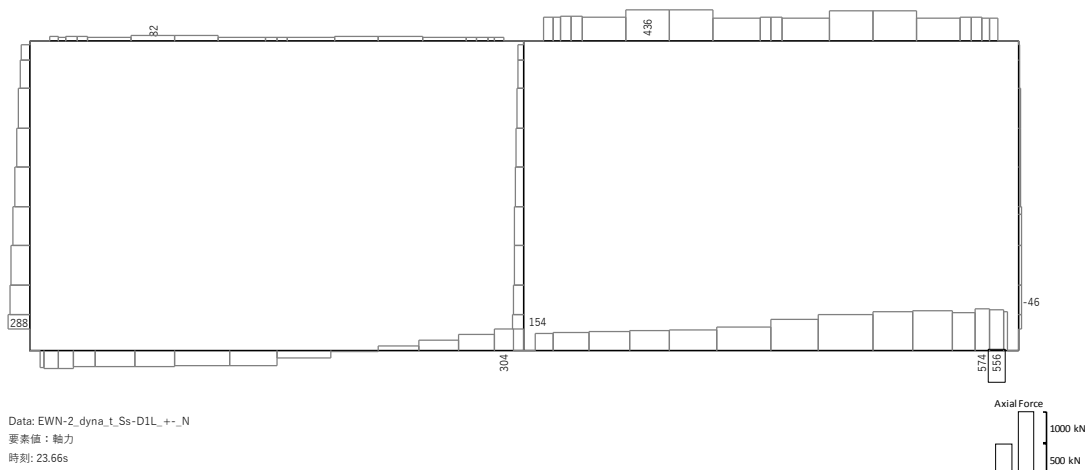
※1 評価位置は下図に示す





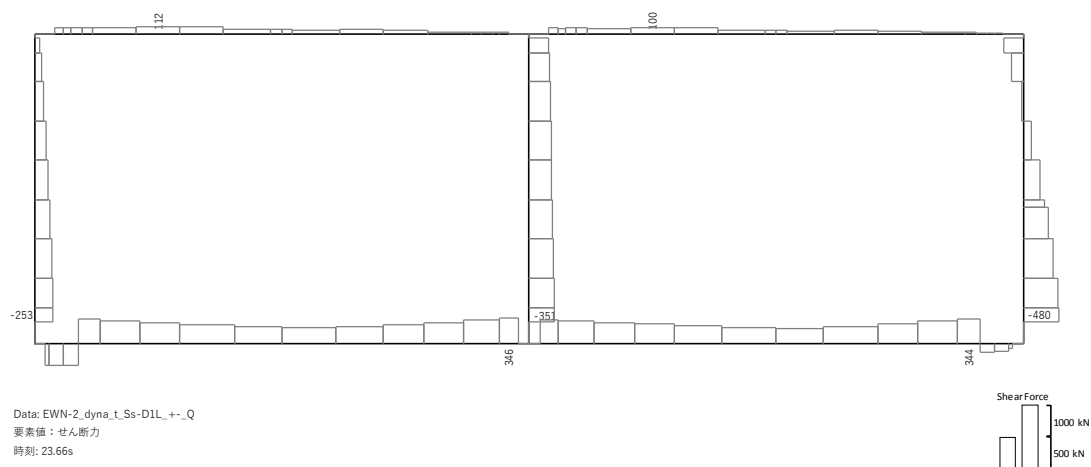


曲げモーメント (kN・m)



軸力 (kN) (+ : 圧縮, - : 引張)





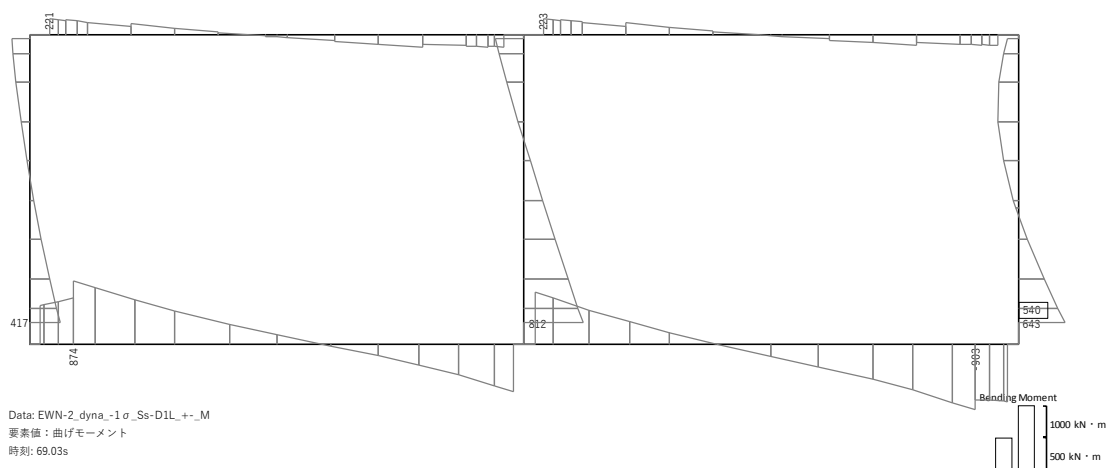
せん断力 (kN)

図 18.4-1 (1) 底版において最も厳しい照査値となる時刻の断面力分布

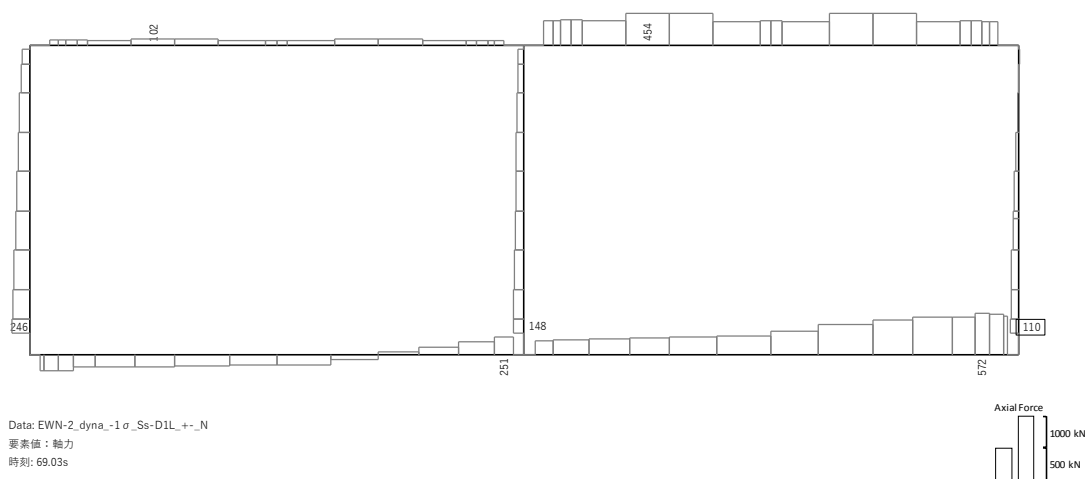
( $S_s-D1$  (H+, V-),  $t = 23.66s$ )

(検討ケース④: 敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により  
 地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)



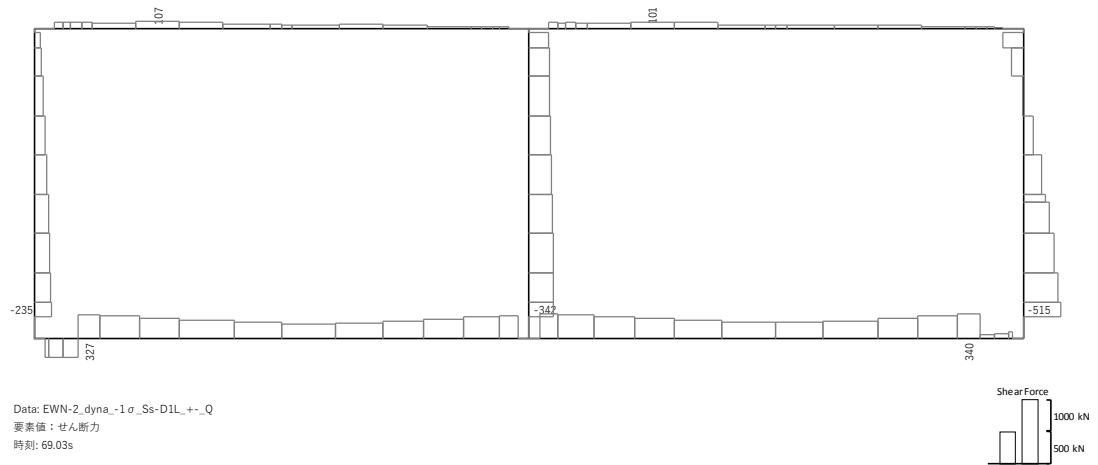


曲げモーメント (kN・m)



軸力 (kN) (+ : 圧縮, - : 引張)

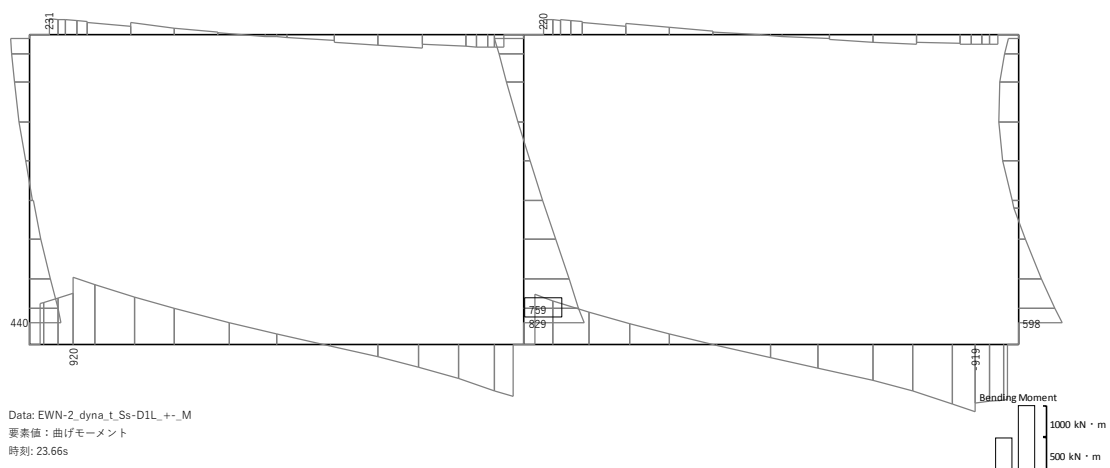




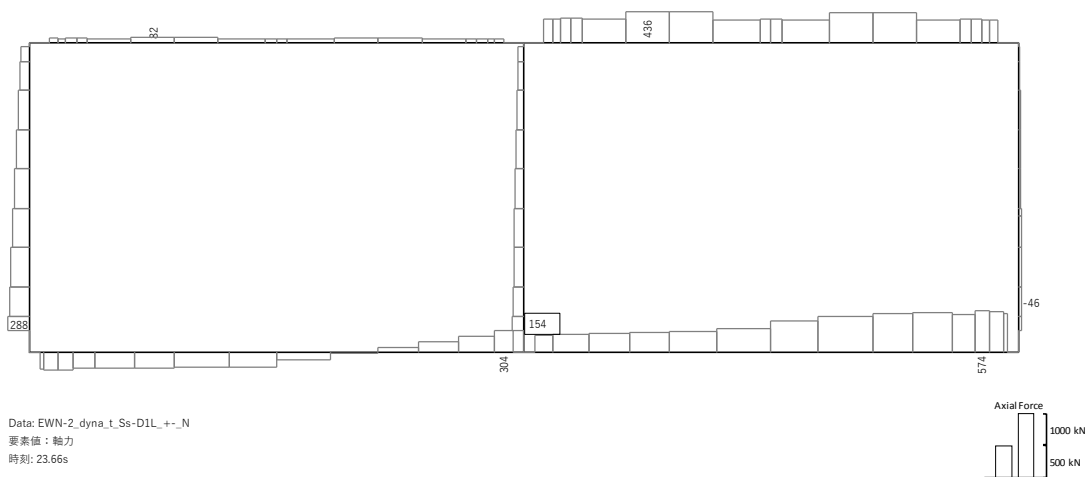
せん断力 (kN)

図 18.4-1 (2) 側壁において最も厳しい照査値となる時刻の断面力分布  
( $S_s-D1(H+, V-)$ ,  $t = 69.03s$ )  
(検討ケース③: 地盤物性のばらつきを考慮 ( $-1\sigma$ ) した解析ケース)



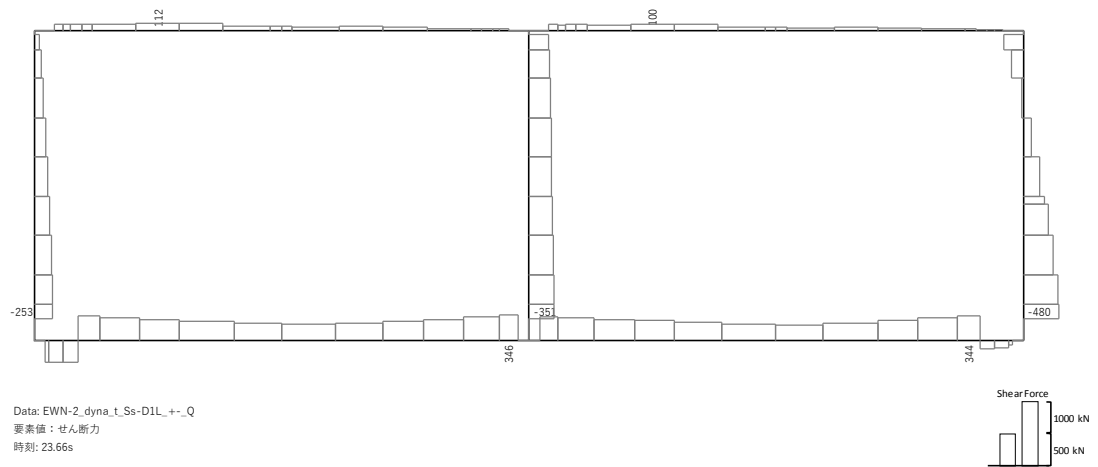


曲げモーメント (kN・m)



軸力 (kN) (+ : 圧縮, - : 引張)

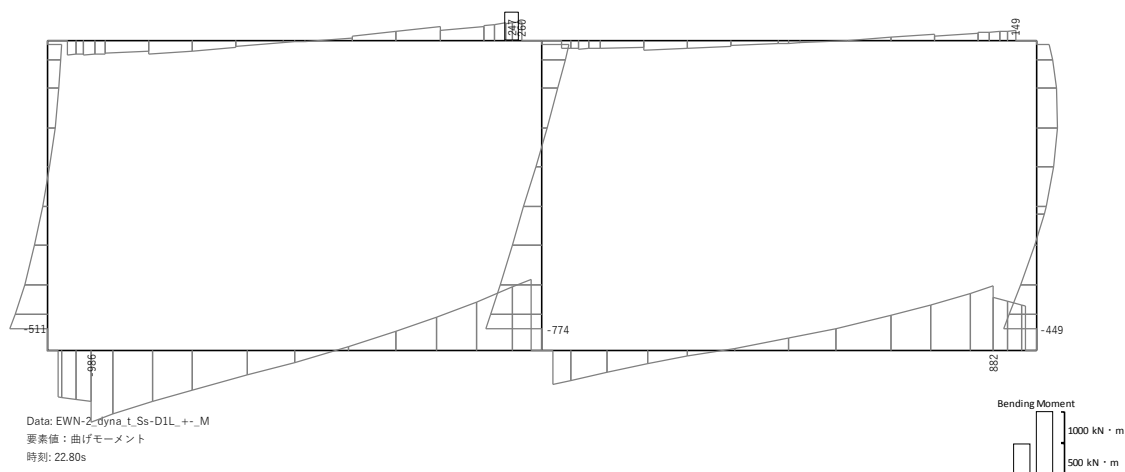




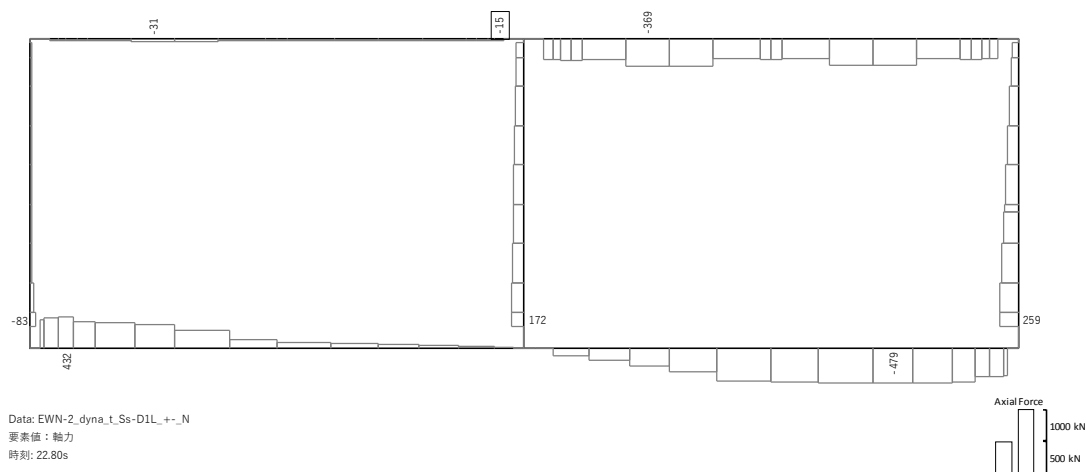
せん断力 (kN)

図 18.4-1 (3) 隔壁において最も厳しい照査値となる時刻の断面力分布  
( $S_s-D1(H+, V-)$ ,  $t = 23.66s$ )  
(検討ケース④: 敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により  
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)



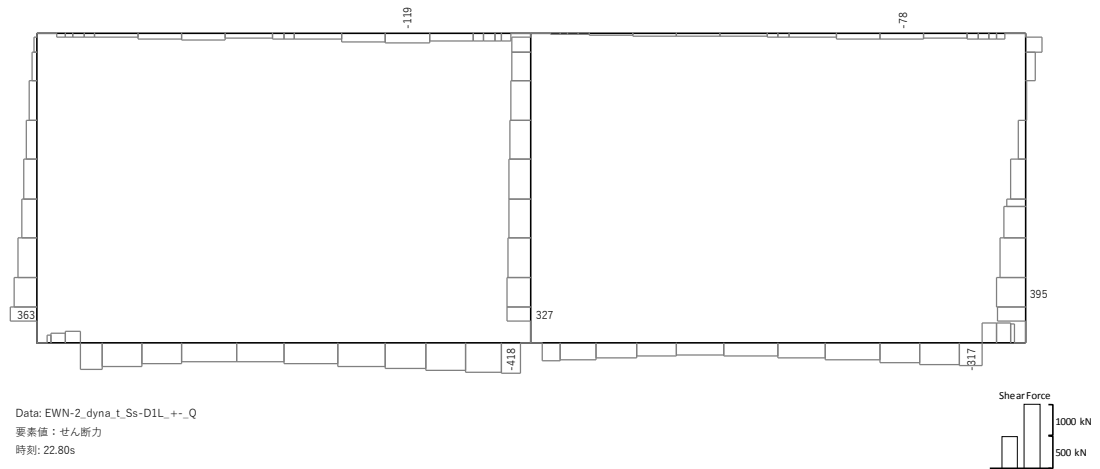


曲げモーメント (kN・m)



軸力 (kN) (+ : 圧縮, - : 引張)





せん断力 (kN)

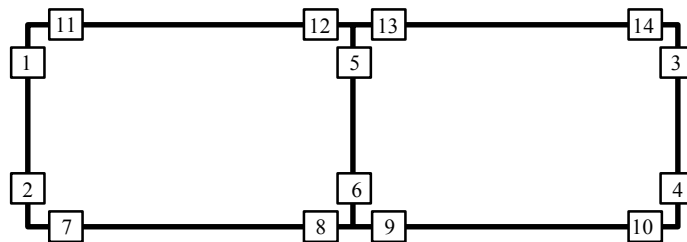
図 18.4-1 (4) 頂版において最も厳しい照査値となる時刻の断面力分布  
( $S_s-D1(H+, V-)$ ,  $t = 22.80s$ )  
(検討ケース④: 敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により  
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)



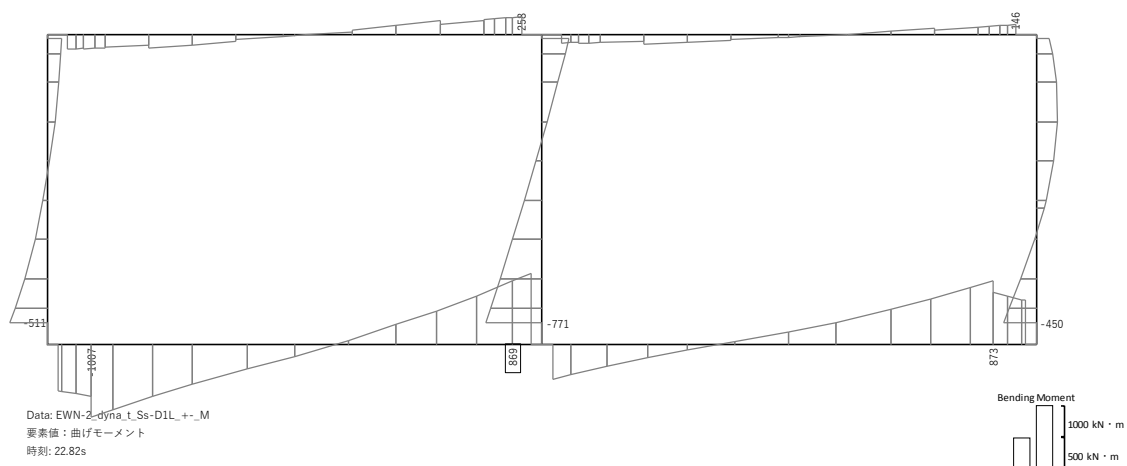
表 18.4-2 鉄筋の引張に対する照査結果  
(各部材において最も厳しい照査値とその地震波)

| 評価位置 |    | 断面形状 (mm) |         |         | 引張                        | 曲げ              | 軸力   | 引張                          | 短期許容                        | 照査値  | 検討<br>ケース | 地震波      |
|------|----|-----------|---------|---------|---------------------------|-----------------|------|-----------------------------|-----------------------------|------|-----------|----------|
|      |    | 部材<br>幅   | 部材<br>高 | 有効<br>高 | 鉄筋量<br>(mm <sup>2</sup> ) | モーメント<br>(kN・m) | (kN) | 応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) |      |           |          |
| 底版   | 8  | 1000      | 1000    | 880     | 4053.6                    | 869             | 12   | 272                         | 435                         | 0.63 | ④         | Ss-D1_+- |
| 側壁   | 4  | 1000      | 800     | 680     | 4053.6                    | 502             | -47  | 213                         | 435                         | 0.49 | ④         | Ss-D1_+- |
| 隔壁   | 6  | 1000      | 800     | 680     | 4053.6                    | 760             | 148  | 295                         | 435                         | 0.68 | ④         | Ss-D1_+- |
| 頂版   | 12 | 1000      | 500     | 380     | 4053.6                    | 247             | -16  | 194                         | 435                         | 0.45 | ④         | Ss-D1_+- |

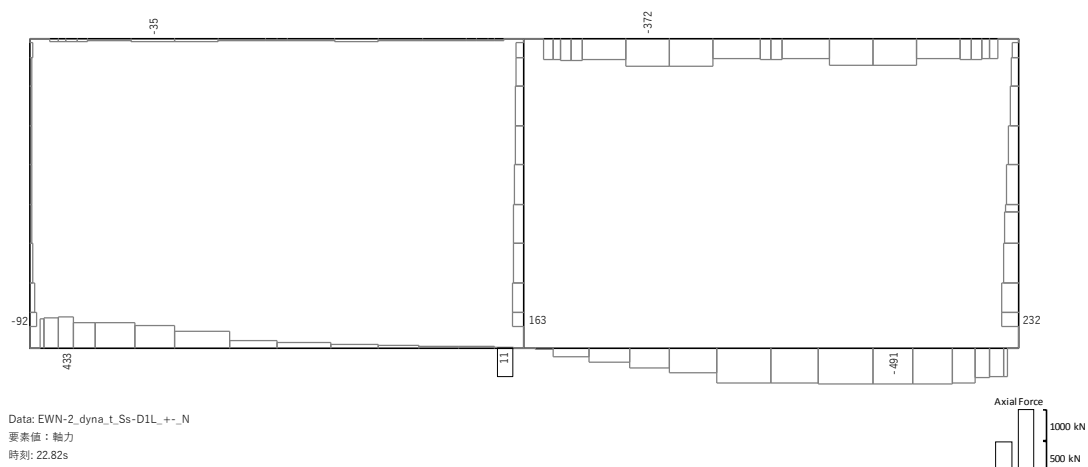
※1 評価位置は下図に示す





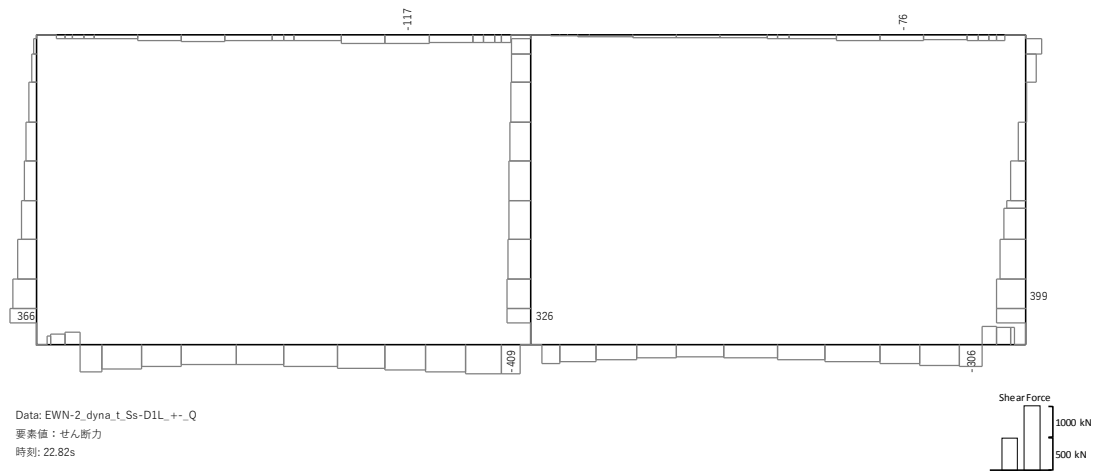


曲げモーメント (kN・m)



軸力 (kN) (+ : 圧縮, - : 引張)





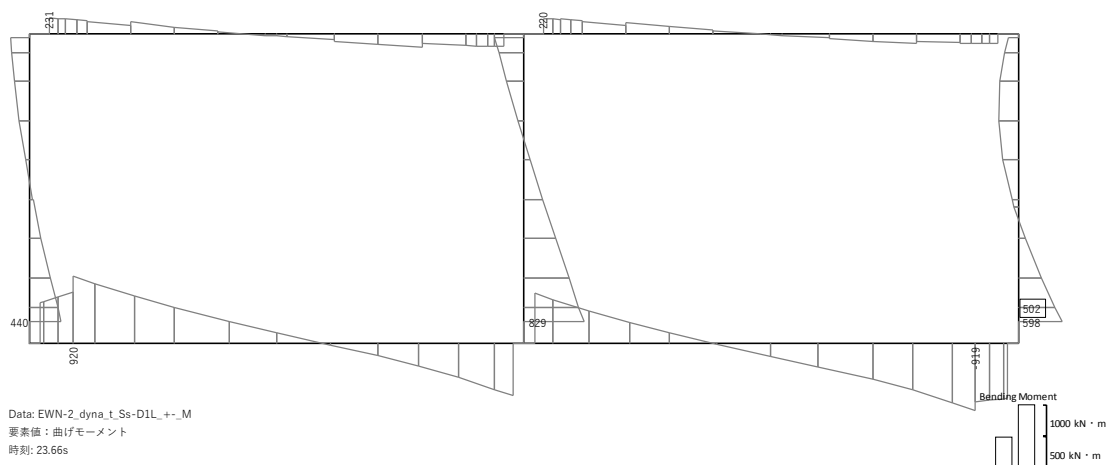
せん断力 (kN)

図 18.4-2 (1) 底版において最も厳しい照査値となる時刻の断面力分布

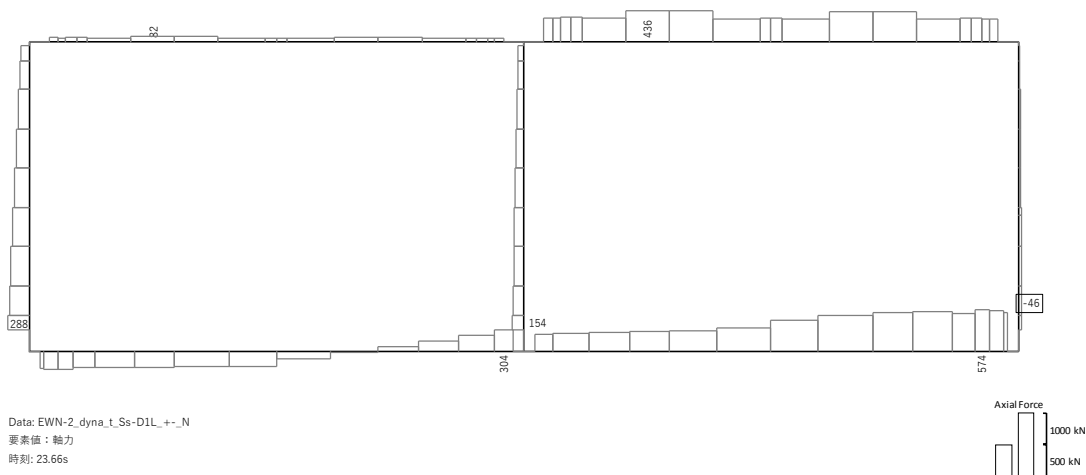
( $S_s-D1$  (H+, V-),  $t=22.82s$ )

(検討ケース④: 敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により  
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)



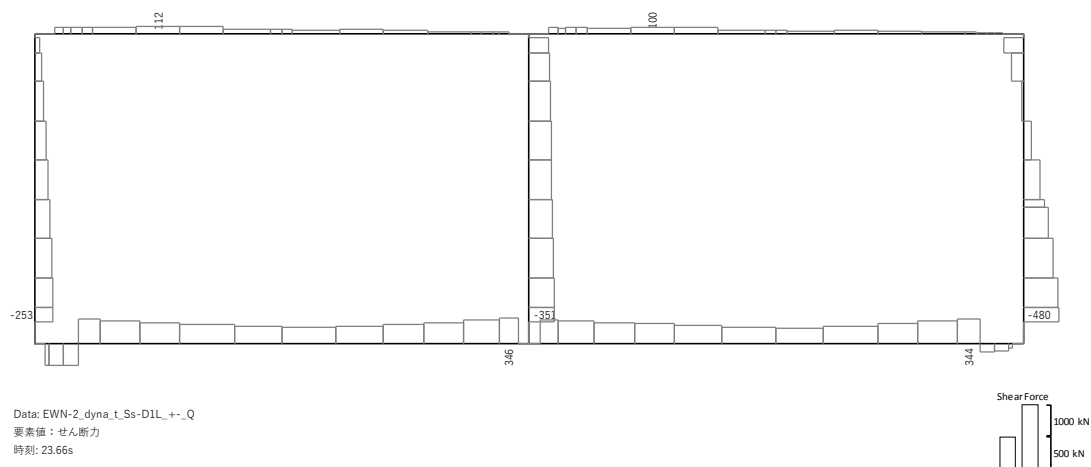


曲げモーメント (kN・m)



軸力 (kN) (+ : 圧縮, - : 引張)





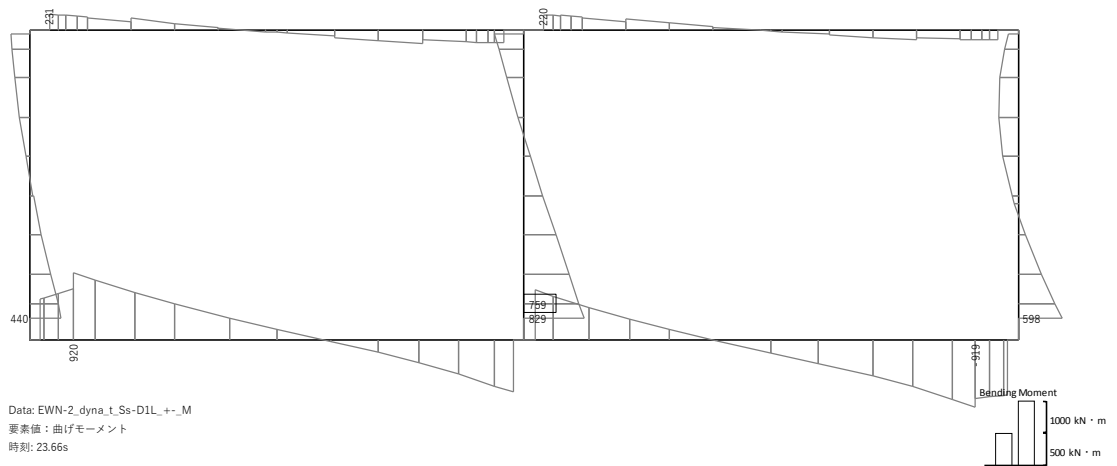
せん断力 (kN)

図 18.4-2 (2) 側壁において最も厳しい照査値となる時刻の断面力分布

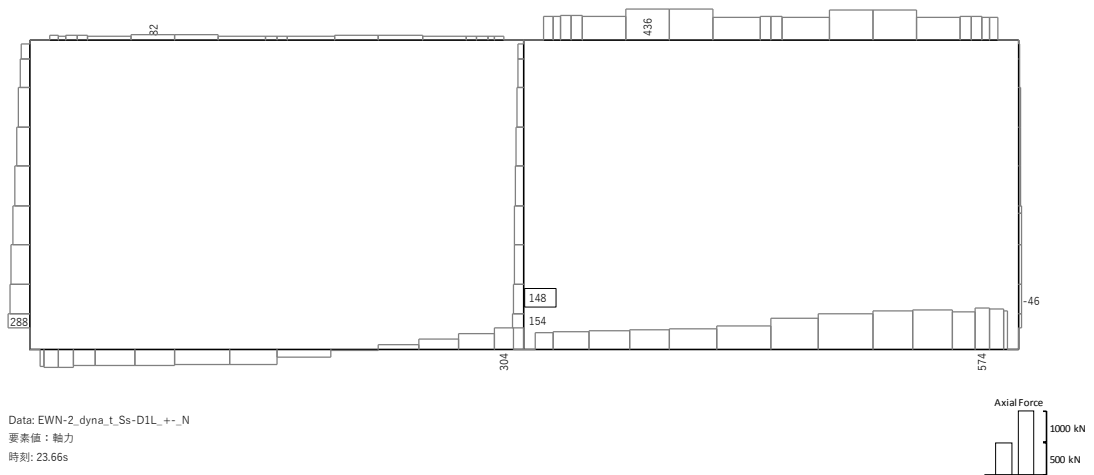
( $S_s-D1$  (H+, V-),  $t = 23.66s$ )

(検討ケース④: 敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により  
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)



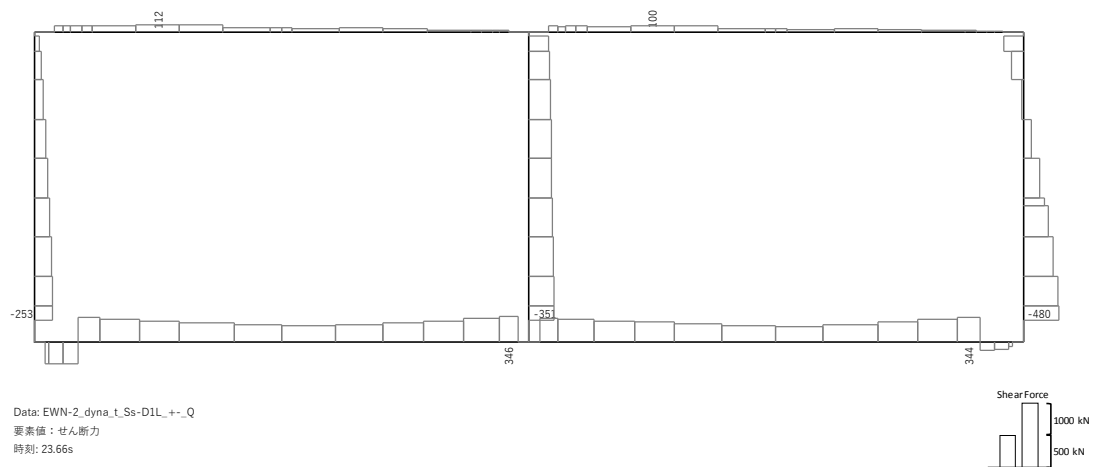


曲げモーメント (kN・m)



軸力 (kN) (+ : 圧縮, - : 引張)





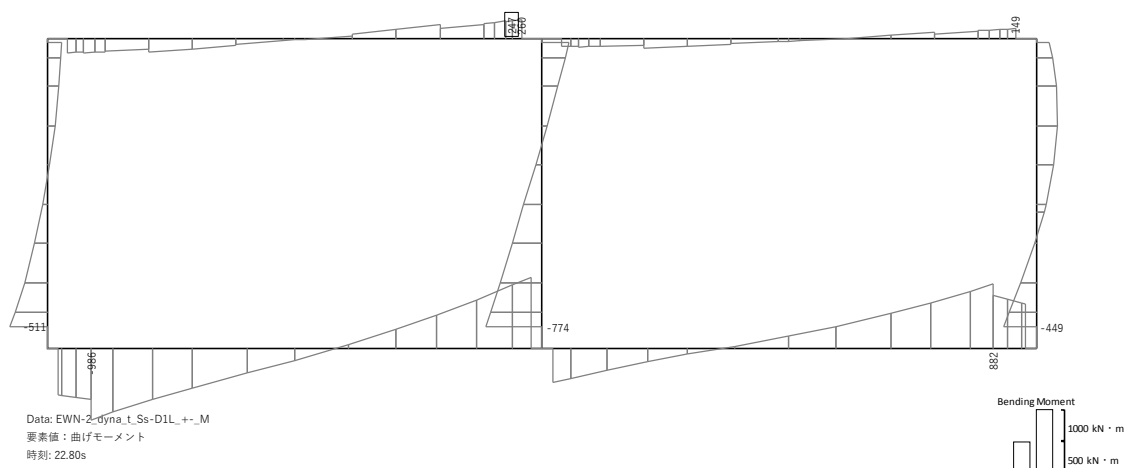
せん断力 (kN)

図 18.4-2 (3) 隔壁において最も厳しい照査値となる時刻の断面力分布

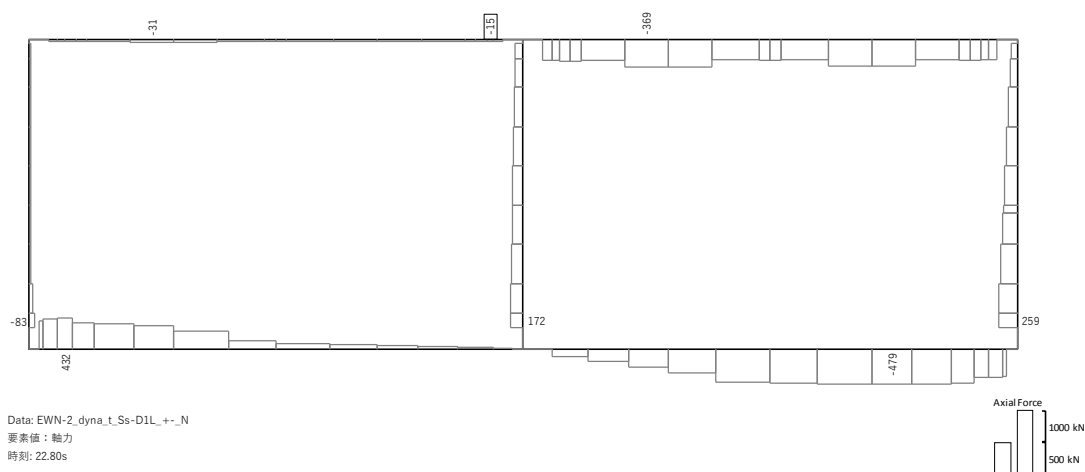
( $S_s-D1(H+, V-)$ ,  $t = 23.66s$ )

(検討ケース④: 敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により  
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)



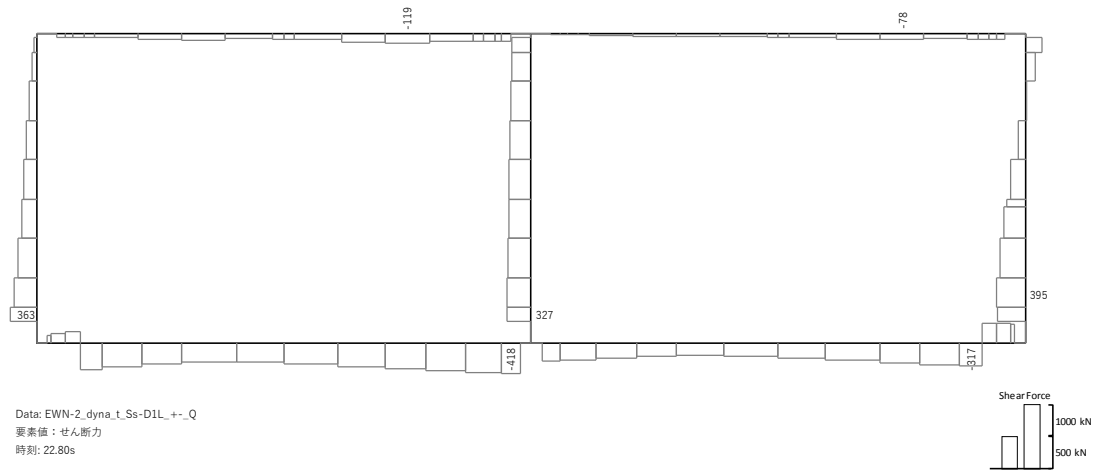


曲げモーメント (kN・m)



軸力 (kN) (+ : 圧縮, - : 引張)





せん断力 (kN)

図 18.4-2 (4) 頂版において最も厳しい照査値となる時刻の断面力分布  
( $S_s-D1$  (H+, V-),  $t = 22.80s$ )  
(検討ケース④: 敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により  
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)

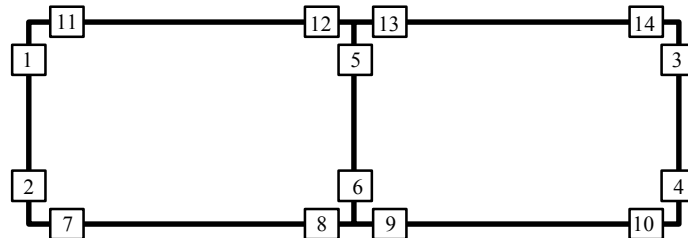


表 18.4-3 コンクリートのせん断力に対する照査結果

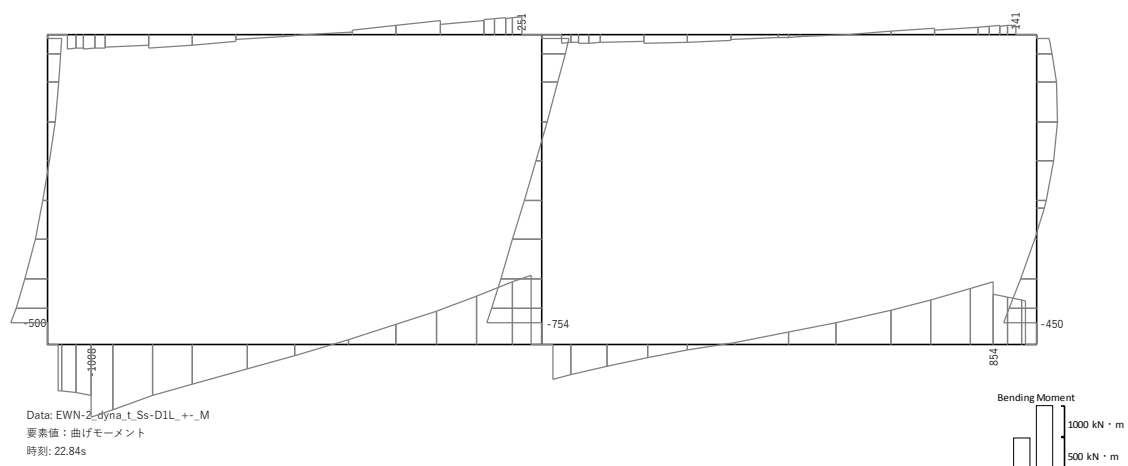
(各部材において最も厳しい照査値とその地震波)

| 評価位置 |    | 断面形状 (mm) |      |     | せん断<br>補強筋<br>(mm) | 発生<br>せん断力<br>(kN) | 短期許容<br>せん断力<br>(kN) | 照査値  | 検討<br>ケース | 地震波      |
|------|----|-----------|------|-----|--------------------|--------------------|----------------------|------|-----------|----------|
|      |    | 部材幅       | 部材高  | 有効高 |                    |                    |                      |      |           |          |
| 底版   | 7  | 1000      | 1000 | 750 | D16                | -377               | 890                  | 0.43 | ④         | Ss-D1_+- |
| 側壁   | 4  | 1000      | 800  | 680 | D16                | -478               | 807                  | 0.60 | ③         | Ss-D1_+- |
| 隔壁   | 6  | 1000      | 800  | 680 | D16                | 349                | 807                  | 0.44 | ④         | Ss-D1_+- |
| 頂版   | 12 | 1000      | 500  | 380 | D16                | -110               | 451                  | 0.25 | ④         | Ss-D1_+- |

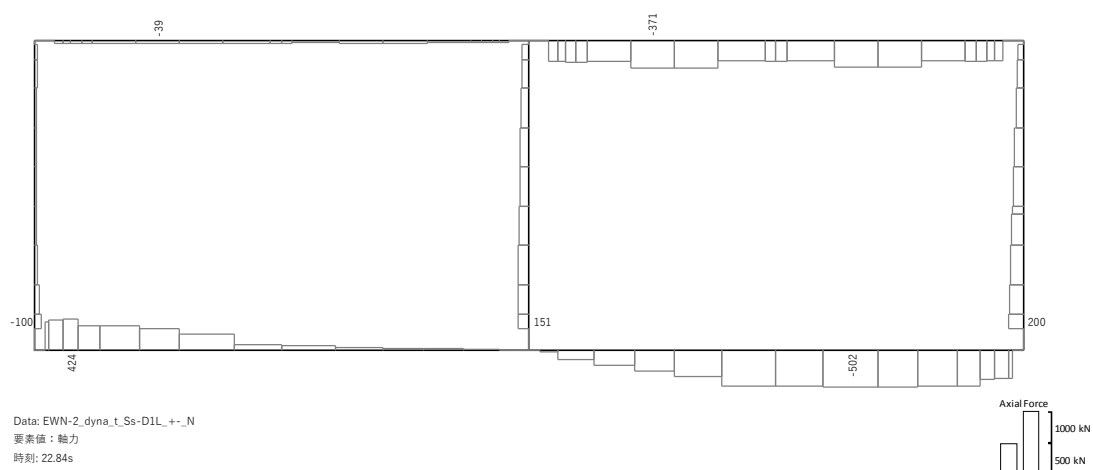
※1 評価位置は下図に示す





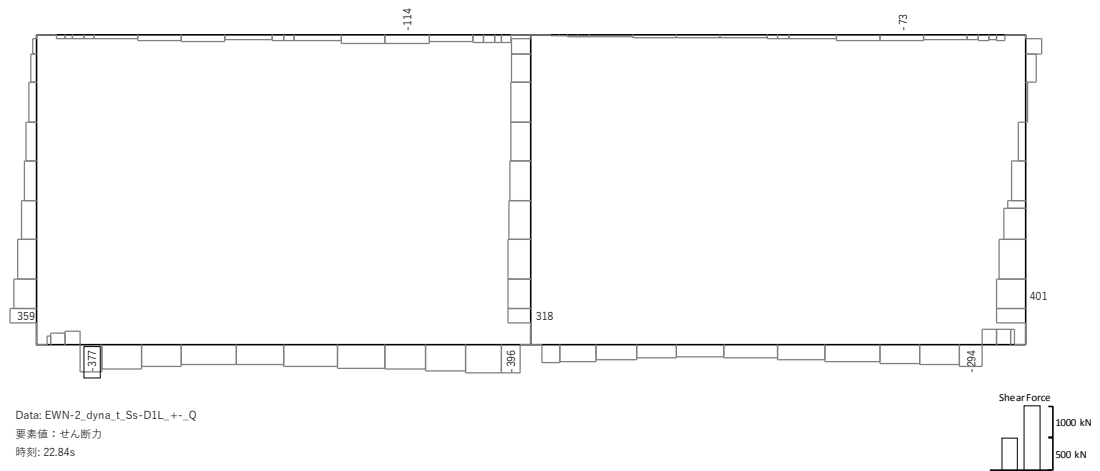


曲げモーメント (kN・m)



軸力 (kN) (+ : 圧縮, - : 引張)





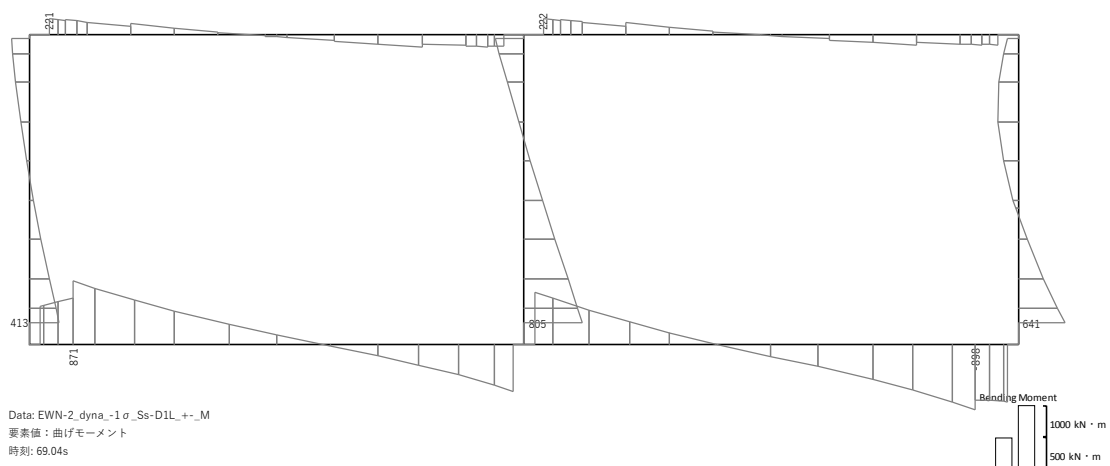
せん断力 (kN)

図 18.4-3 (1) 底版において最も厳しい照査値となる時刻の断面力分布

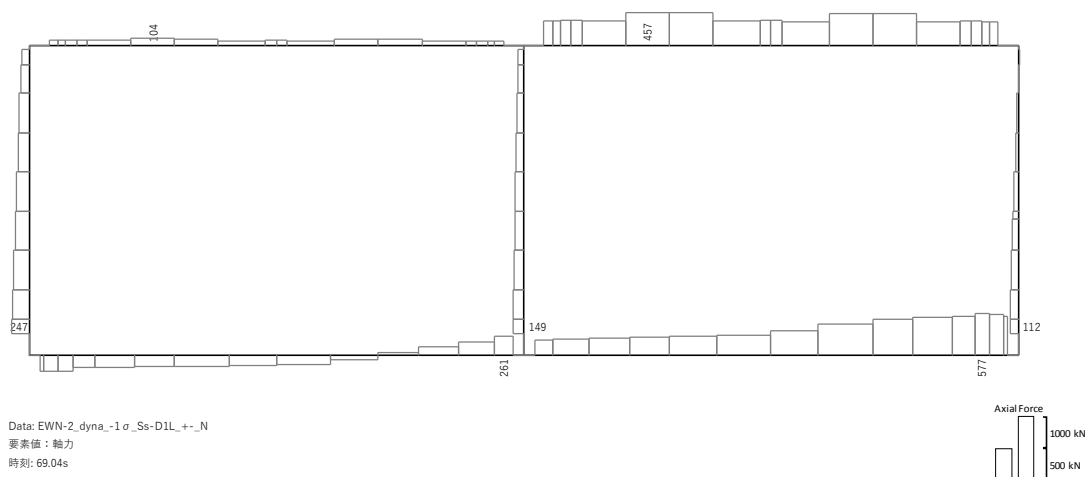
( $S_s-D1$  (H+, V-),  $t=22.84s$ )

(検討ケース④: 敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により  
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)



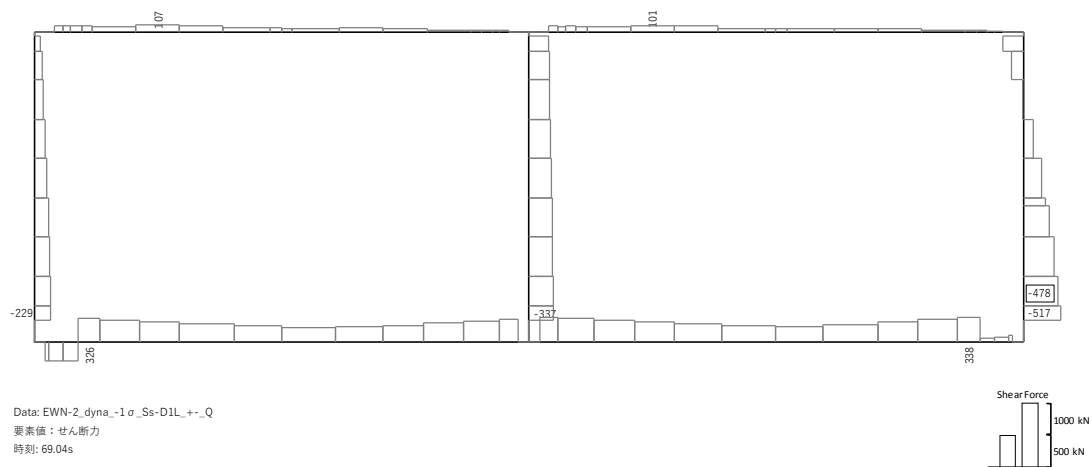


曲げモーメント (kN・m)



軸力 (kN) (+ : 圧縮, - : 引張)

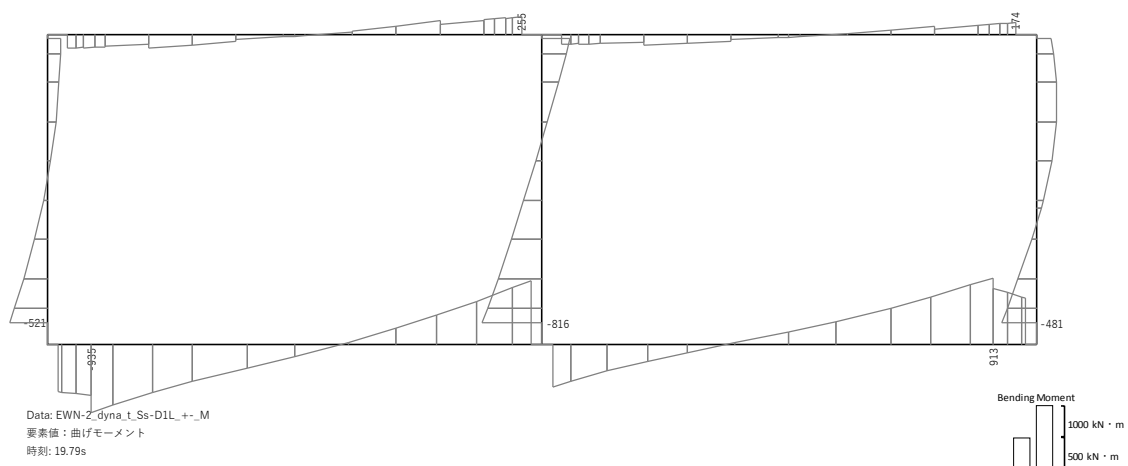




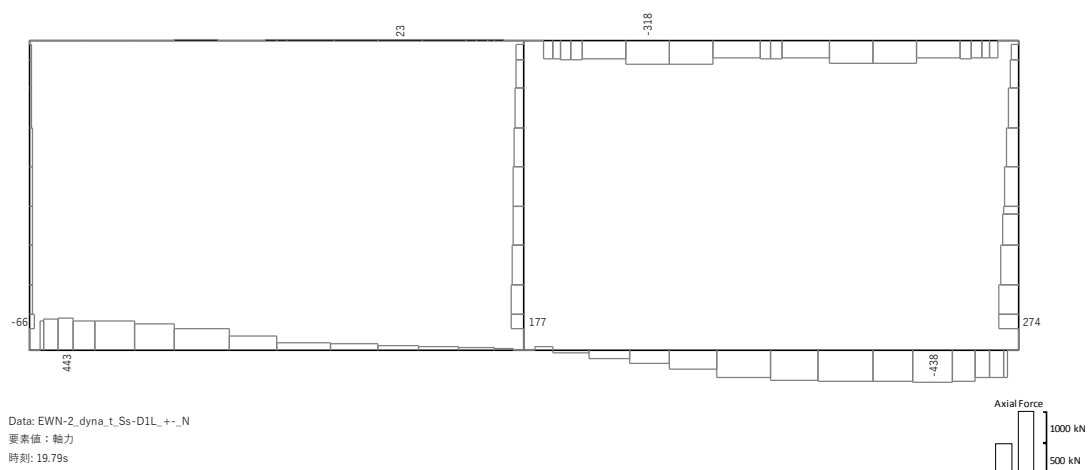
せん断力 (kN)

図 18.4-3 (2) 側壁において最も厳しい照査値となる時刻の断面力分布  
 ( $S_s-D1$  (H+, V-),  $t = 69.04s$ )  
 (検討ケース③: 地盤物性のばらつきを考慮 ( $-1\sigma$ ) した解析ケース)



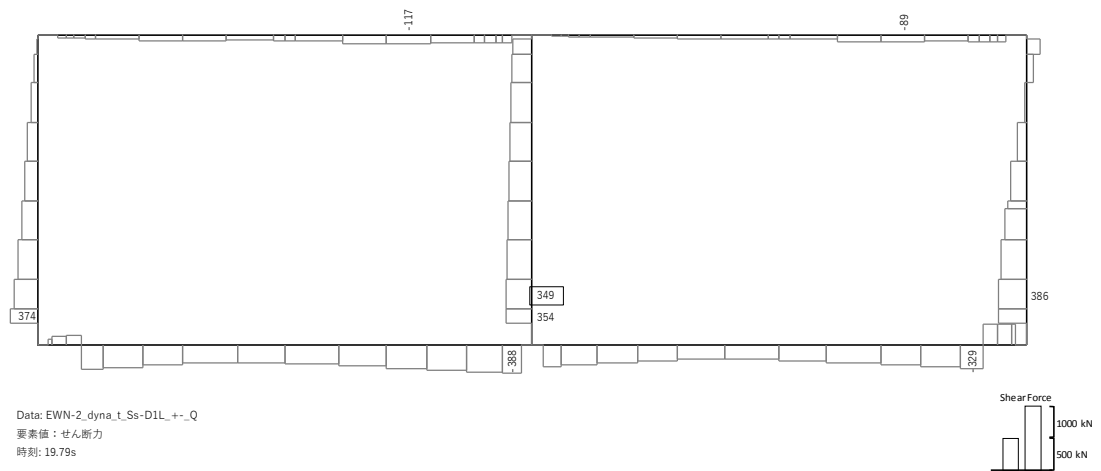


曲げモーメント (kN・m)



軸力 (kN) (+ : 圧縮, - : 引張)





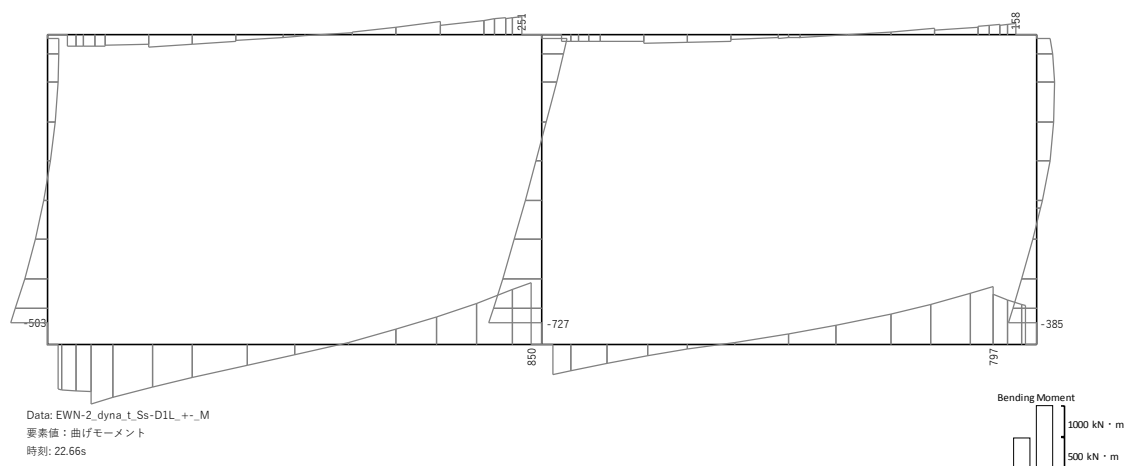
せん断力 (kN)

図 18.4-3 (3) 隔壁において最も厳しい照査値となる時刻の断面力分布

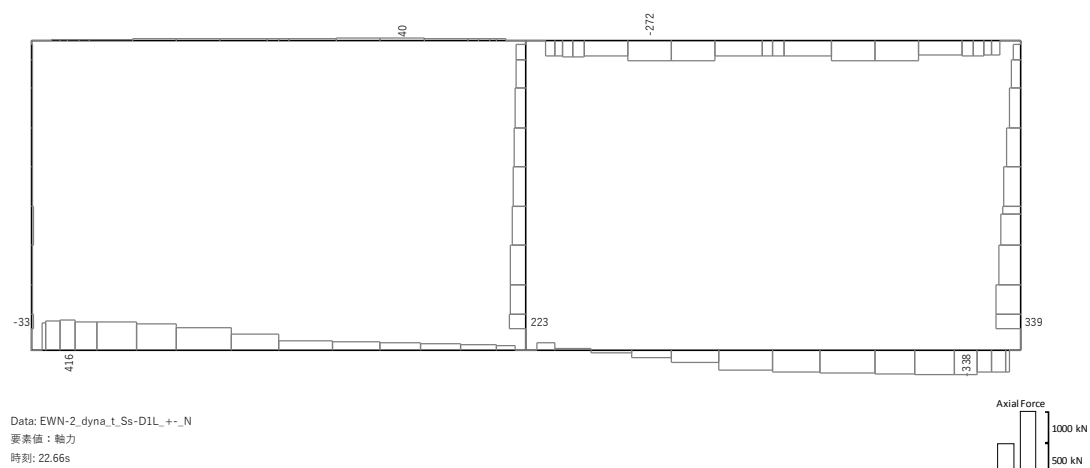
( $S_s-D1$  (H+, V-),  $t = 19.79s$ )

(検討ケース④: 敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により  
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)



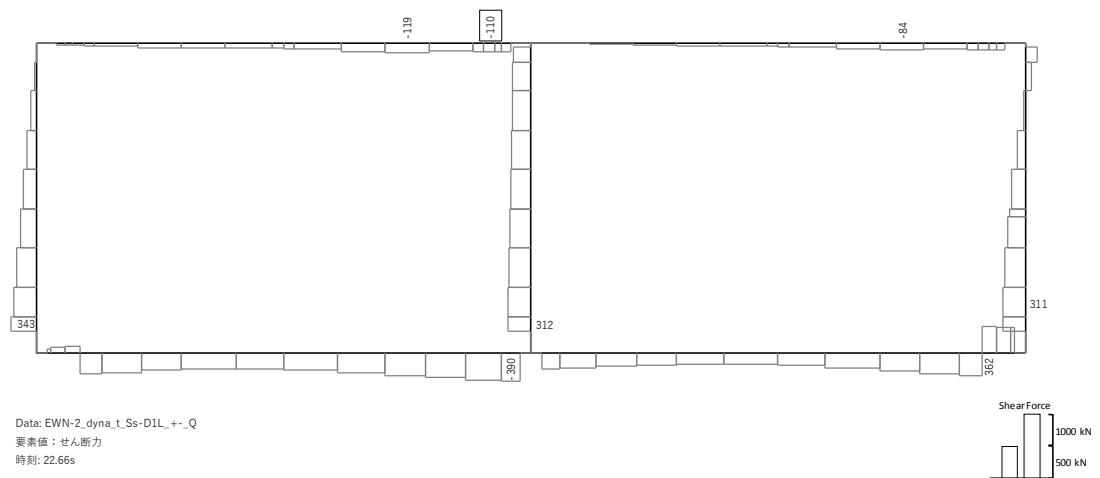


曲げモーメント (kN・m)



軸力 (kN) (+ : 圧縮, - : 引張)





せん断力 (kN)

図 18.4-3 (4) 頂版において最も厳しい照査値となる時刻の断面力分布

( $S_s-D1(H+, V-)$ ,  $t = 22.66s$ )

(検討ケース④: 敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により  
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)



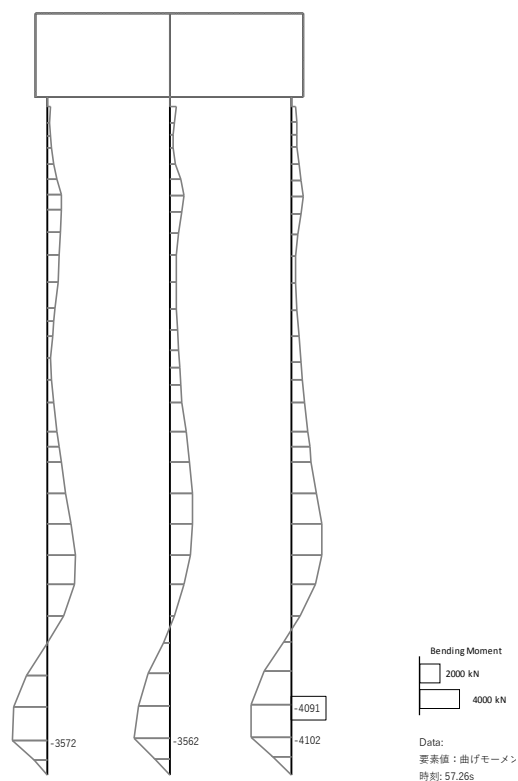
(2) 鋼管杭の断面力分布

可搬型設備用軽油タンク杭基礎の曲げ軸力に対する照査及びせん断力に対する照査に対して、全地震波のうち最も厳しい照査値となった照査結果を表 18.4-4～表 18.4-5 に示す。

可搬型設備用軽油タンク杭基礎の断面力分布（曲げモーメント、軸力、せん断力）を図 18.4-4～図 18.4-5 に示す。本図は、鋼管杭の曲げ軸力に対する照査及びせん断力に対する照査の各照査に対して、全地震波のうち最も厳しい照査値となった時刻における断面力を示したものである。

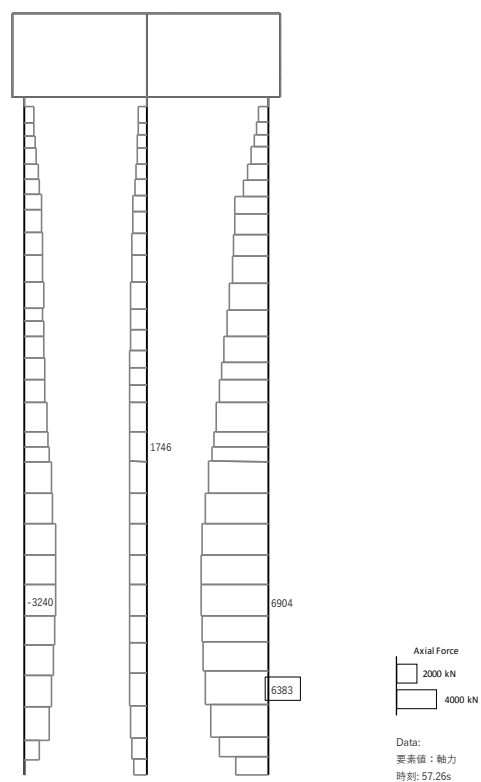
表 18.4-4 鋼管杭の曲げ軸力に対する照査結果  
(最も厳しい照査値とその地震波)

| 評価位置 | 曲げ<br>モーメント<br>( $\text{kN} \cdot \text{m}$ ) | 軸力<br>( $\text{kN}$ ) | 発生<br>応力度<br>( $\text{N}/\text{mm}^2$ ) | 短期許容<br>応力度<br>( $\text{N}/\text{mm}^2$ ) | 照査値  | 検討<br>ケース | 地震波      |
|------|---|-----------------------|---|---|------|-----------|----------|
| 鋼管杭  | -4091   | 6384                  | 205.2                                   | 277.5                                     | 0.74 | ④         | Ss-D1_+- |



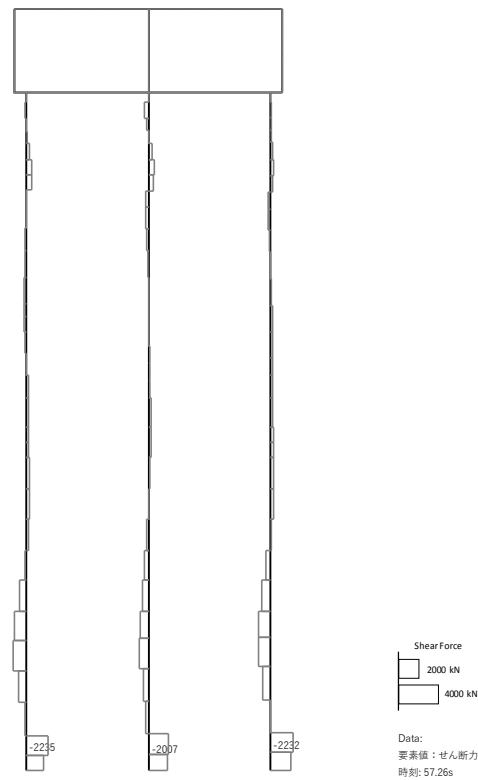
曲げモーメント ( $\text{kN} \cdot \text{m}$ )





軸力 (kN) (+ : 圧縮, - : 引張)





せん断力 (kN)

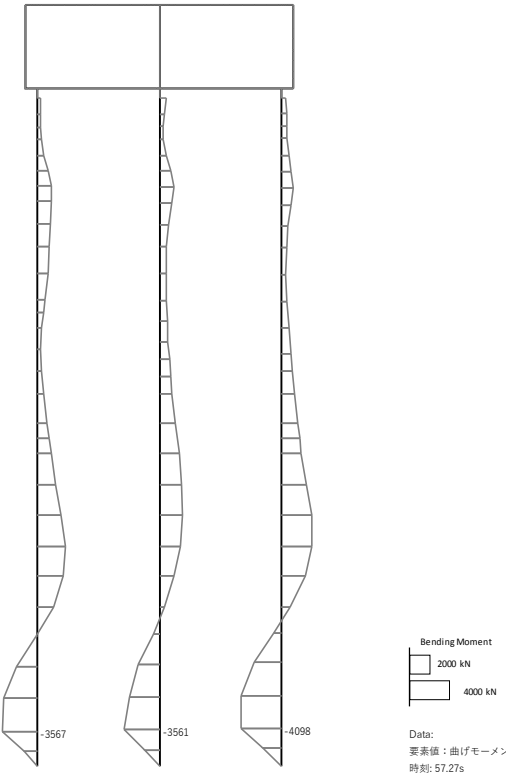
図 18.4-4 鋼管杭において最も厳しい照査値となる時刻の断面力分布  
( $S_s-D1(H+, V-)$ ,  $t = 57.26s$ )

(検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により  
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)



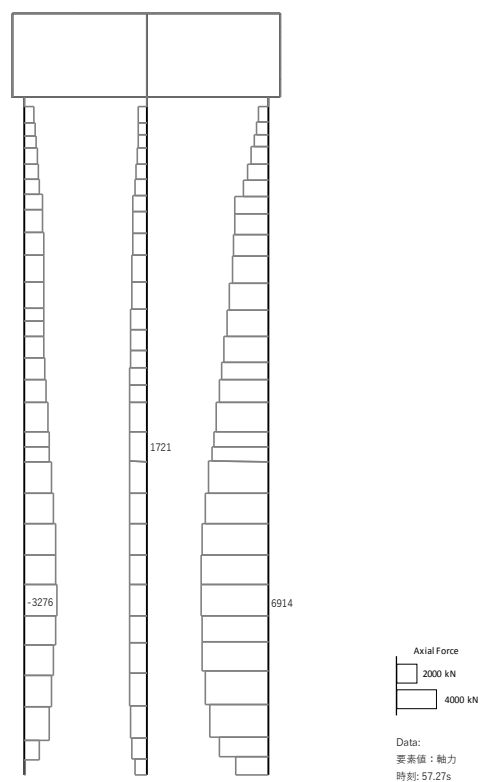
表 18.4-5 鋼管杭のせん断力に対する照査結果  
(最も厳しい照査値とその地震波)

| 評価位置 | 発生<br>せん断力<br>(kN) | せん断<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値  | 検討<br>ケース | 地震波      |
|------|--------------------|------------------------------------|-------------------------------------|------|-----------|----------|
| 鋼管杭  | -2236              | -38.06                             | 157.5                               | 0.25 | ④         | Ss-D1_+- |



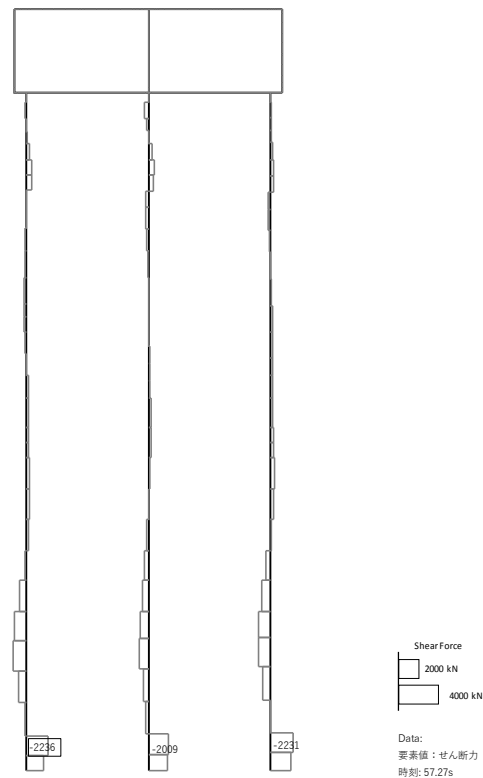
曲げモーメント (kN・m)





軸力 (kN) (+ : 圧縮, - : 引張)





せん断力 (kN)

図 18.4-5 鋼管杭において最も厳しい照査値となる時刻の断面力分布  
( $S_s-D1$  (H+, V-),  $t = 57.27s$ )

(検討ケース④: 敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により  
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)



(3) 最大せん断ひずみ分布

①－①断面の最大せん断ひずみ分布図を図 18.4-6 に示す。本図は、各要素に発生したせん断ひずみの全時刻における最大値の分布を示したものである。

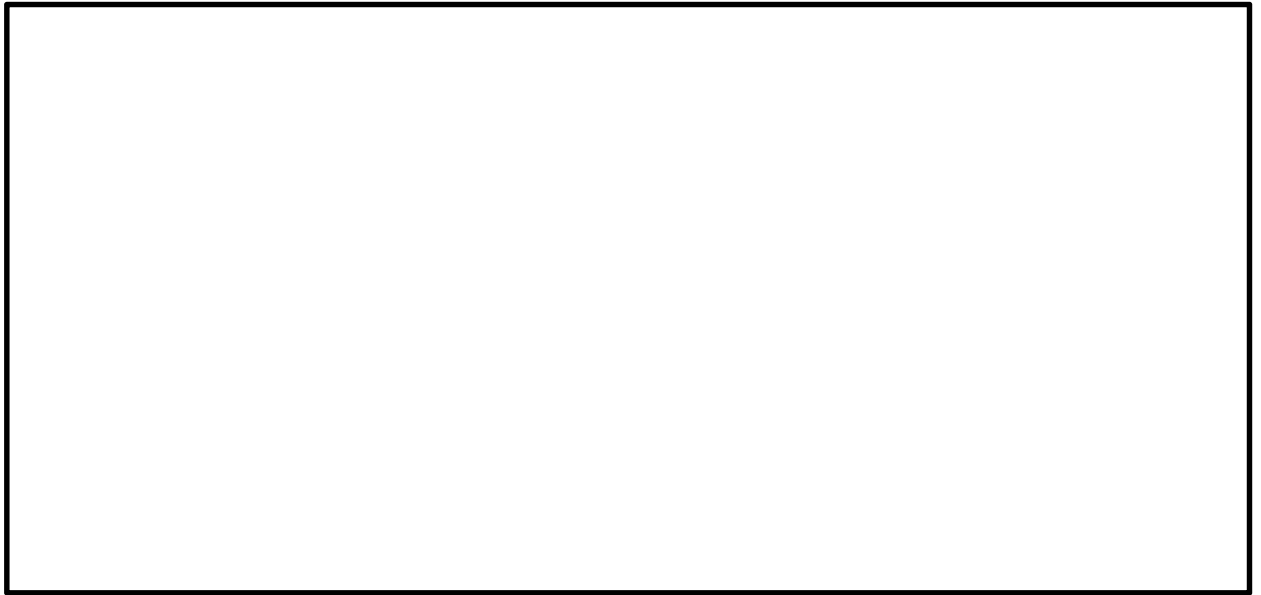


図 18.4-6 (1) ①－①断面の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s-D1 (H+, V+)$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

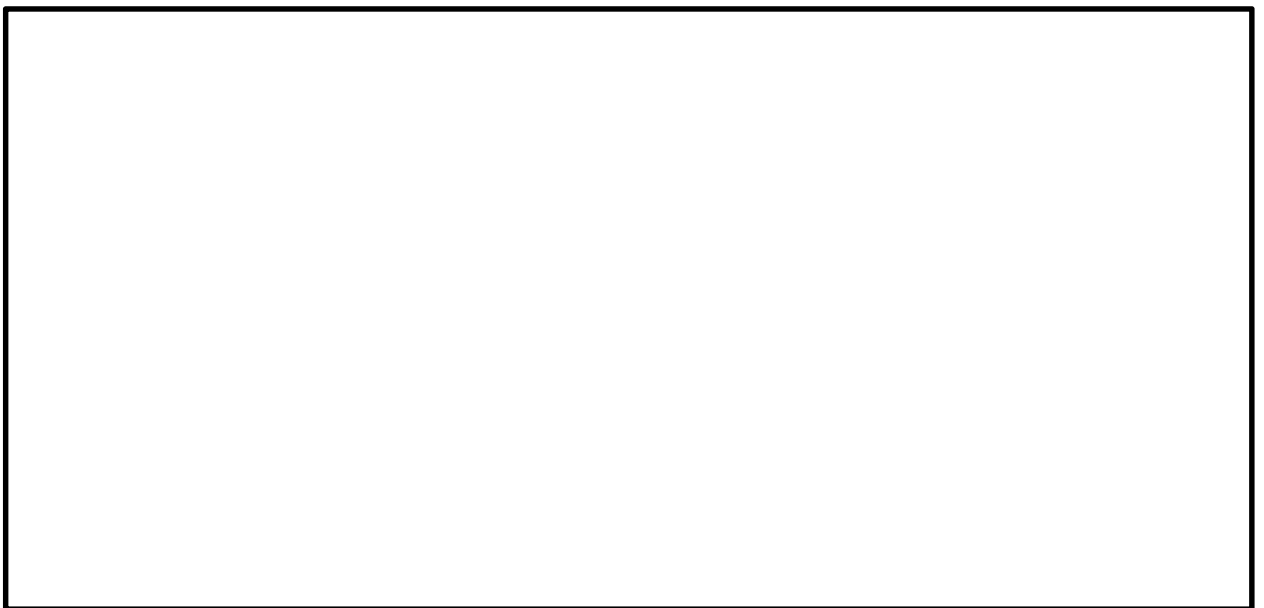


図 18.4-6 (2) ①－①断面の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s-D1 (H+, V-)$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



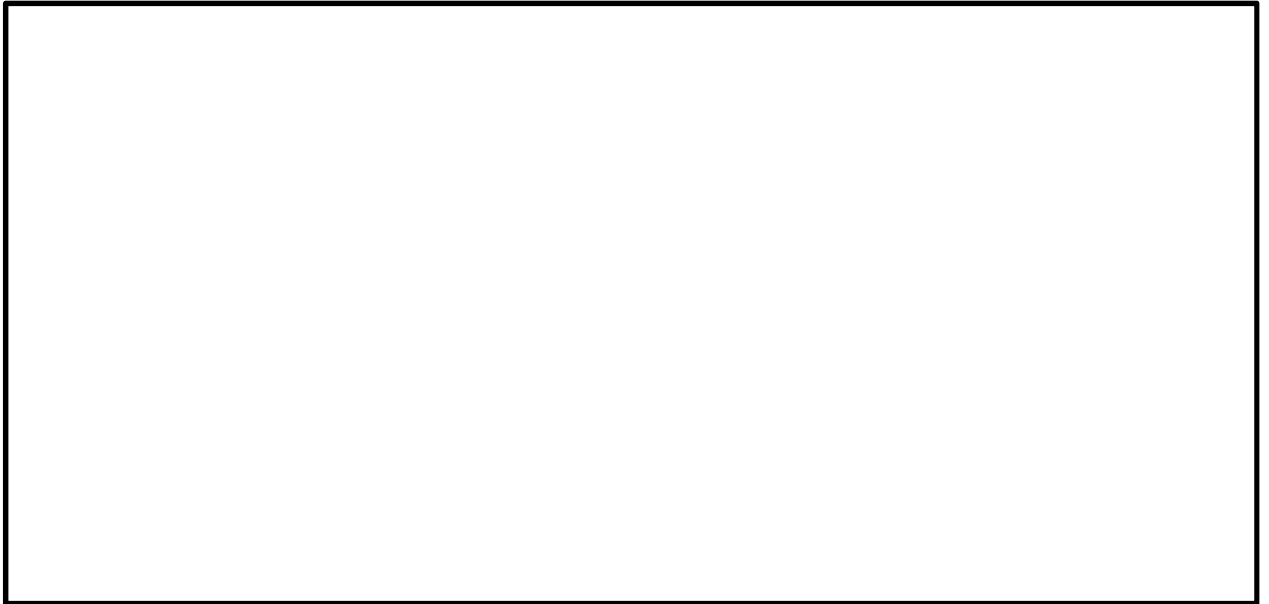


図 18.4-6 (3) ①-①断面の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s-D1$  (H-, V+))

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

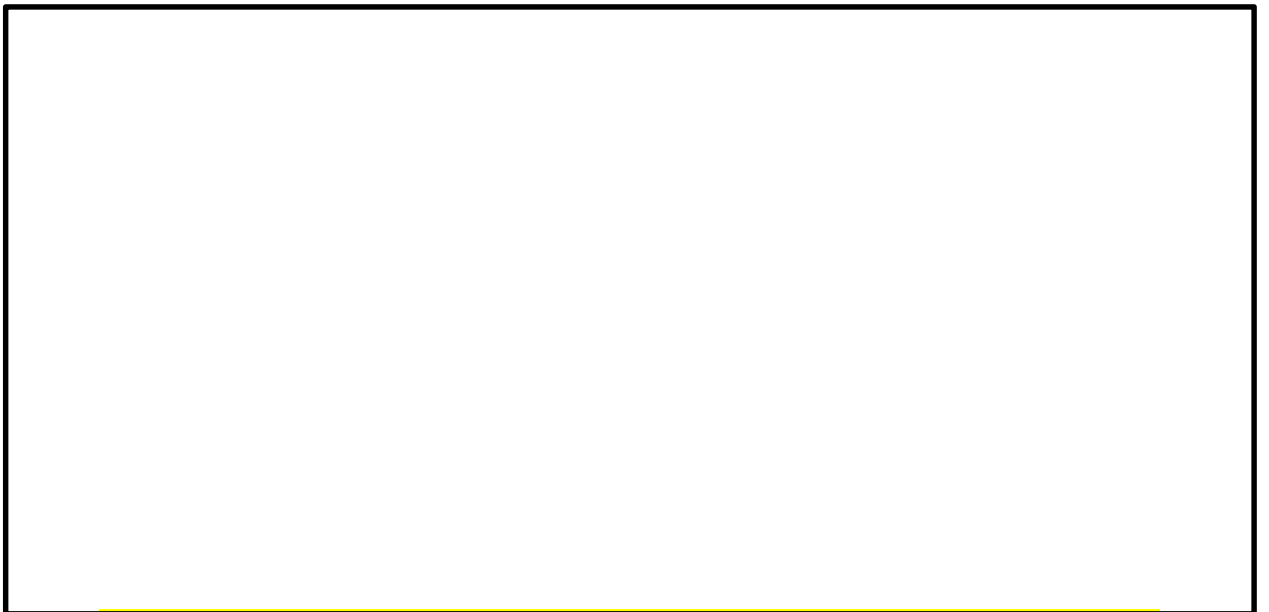


図 18.4-6 (4) ①-①断面の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s-D1$  (H-, V-))

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



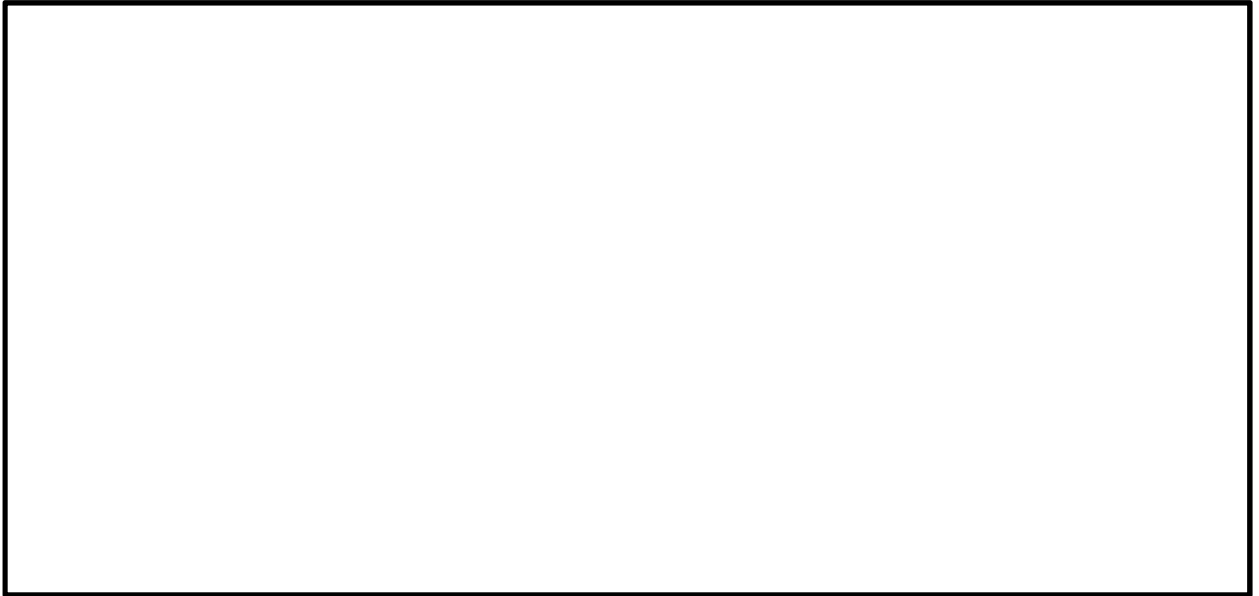


図 18.4-6 (5) ①-①断面の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s-1 1$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

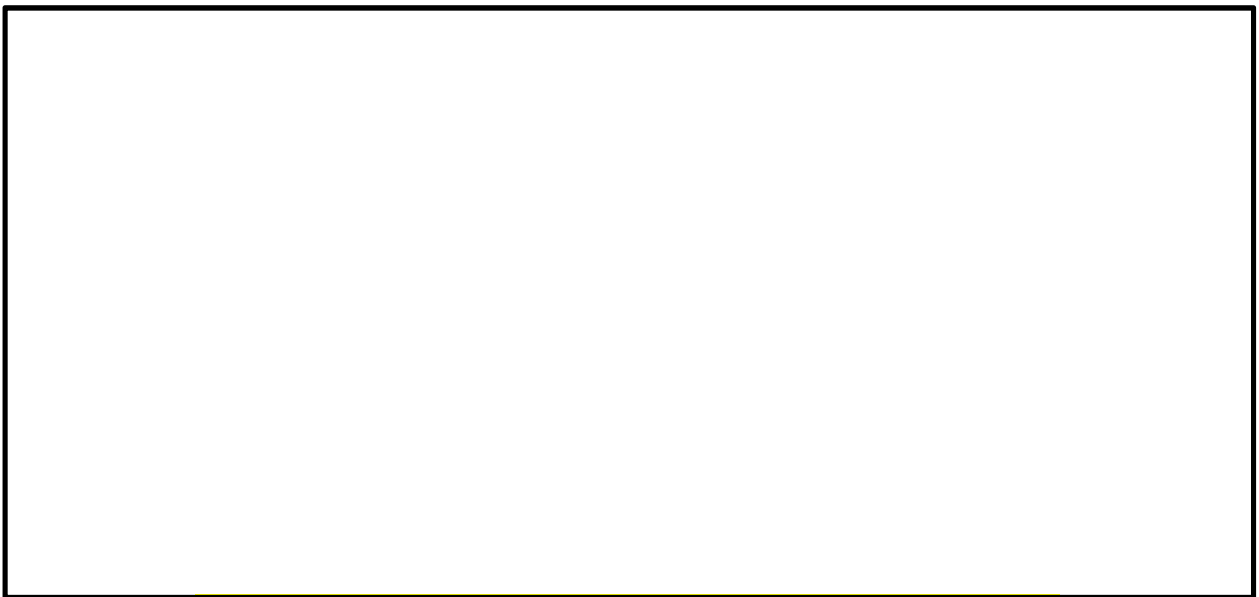


図 18.4-6 (6) ①-①断面の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s-1 2$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)





図 18.4-6 (7) ①-①断面の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s-13$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

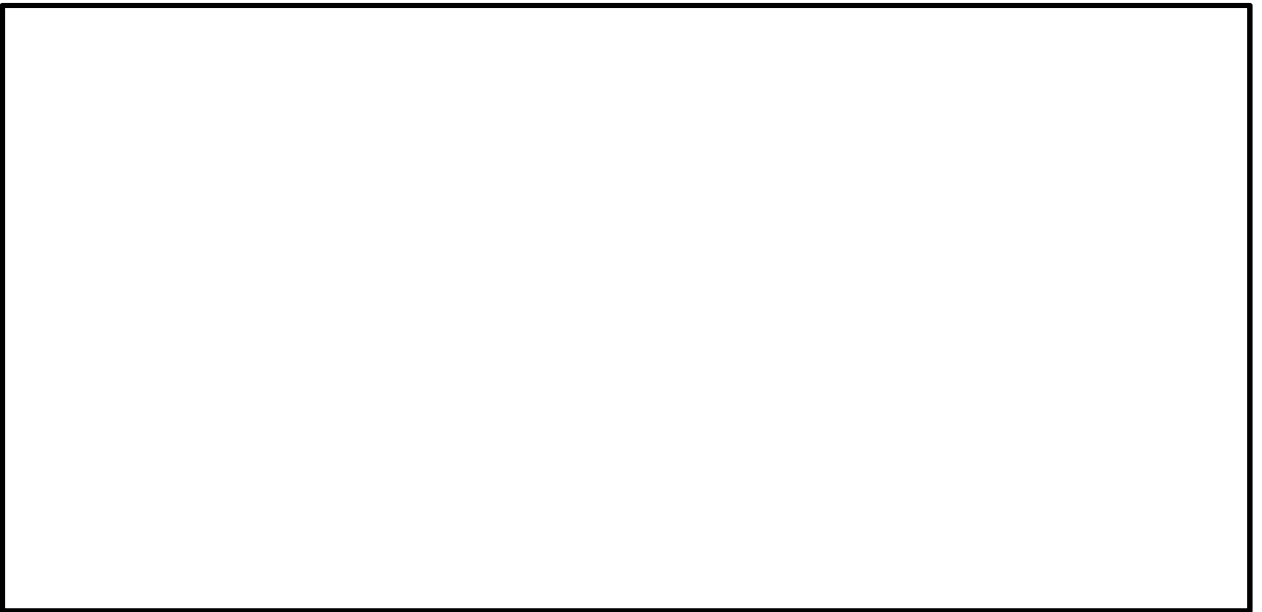


図 18.4-6 (8) ①-①断面の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s-14$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



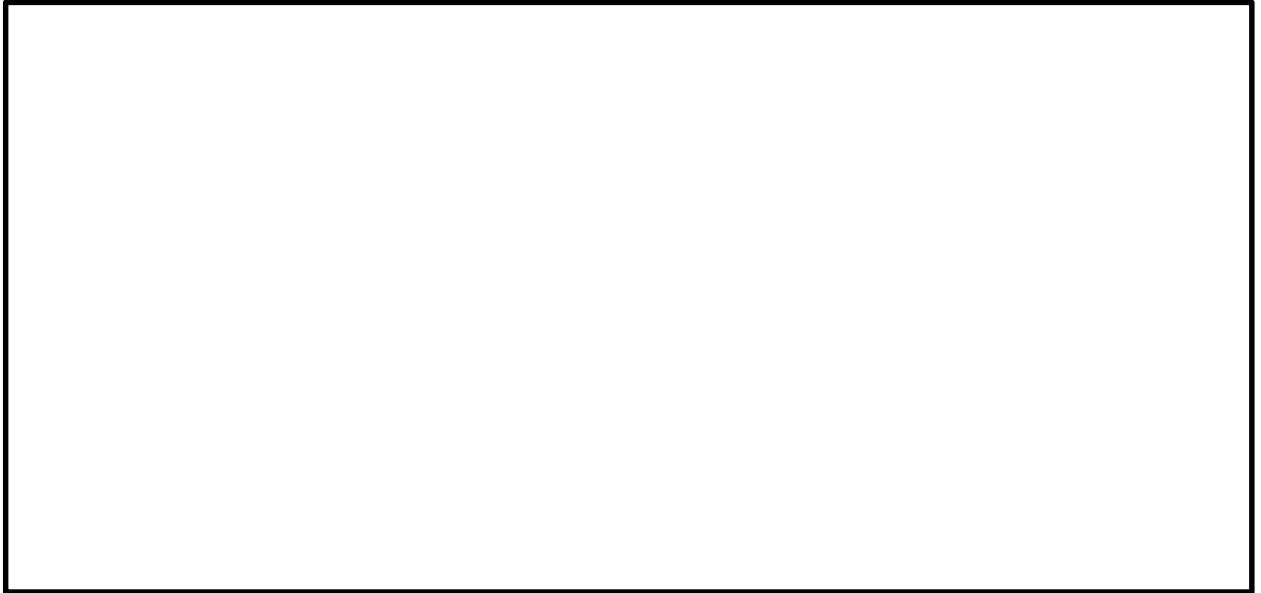


図 18.4-6 (9) ①-①断面の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s-21$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

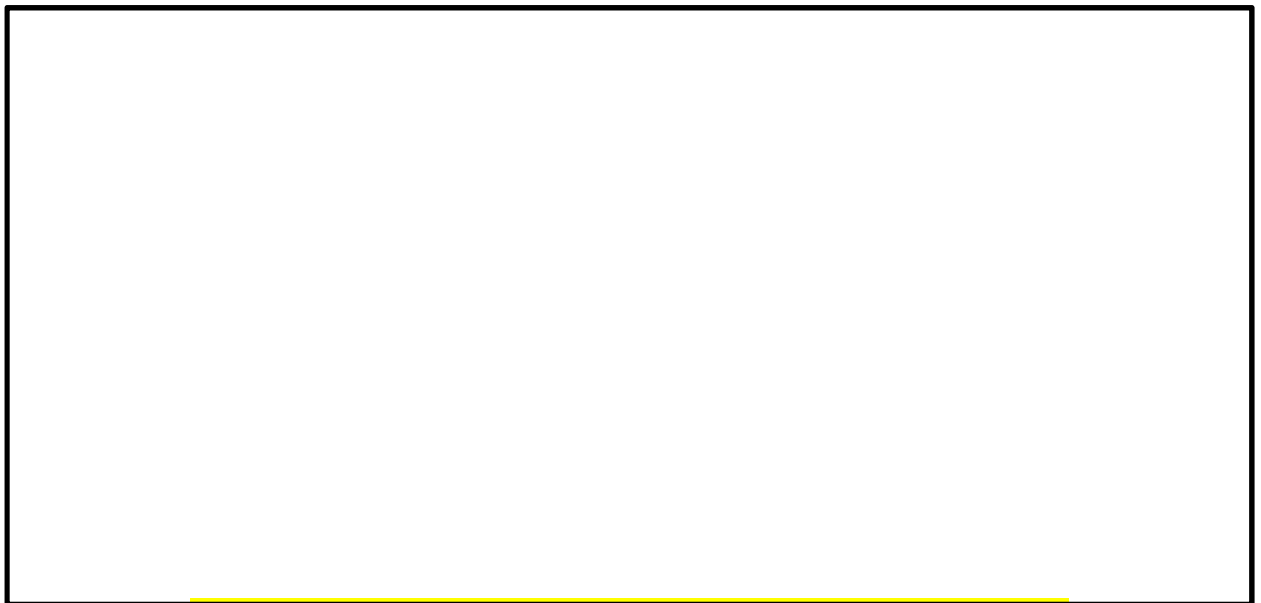


図 18.4-6 (10) ①-①断面の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s-22$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



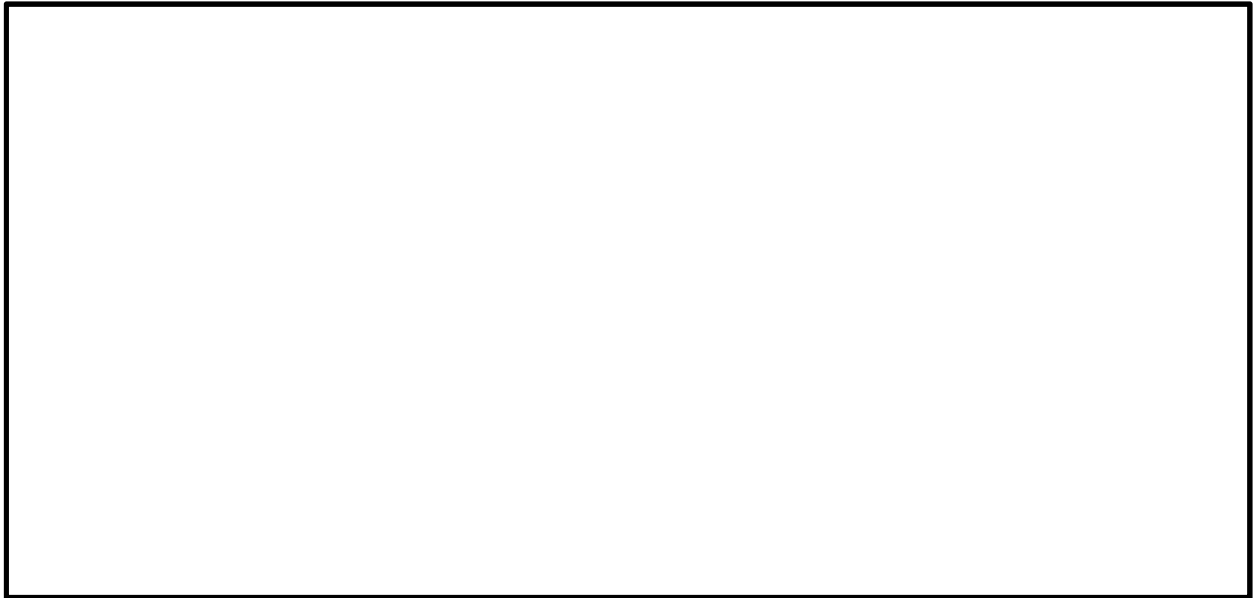


図 18.4-6 (11) ①-①断面の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s-3.1$  (H+, V+))

(検討ケース①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

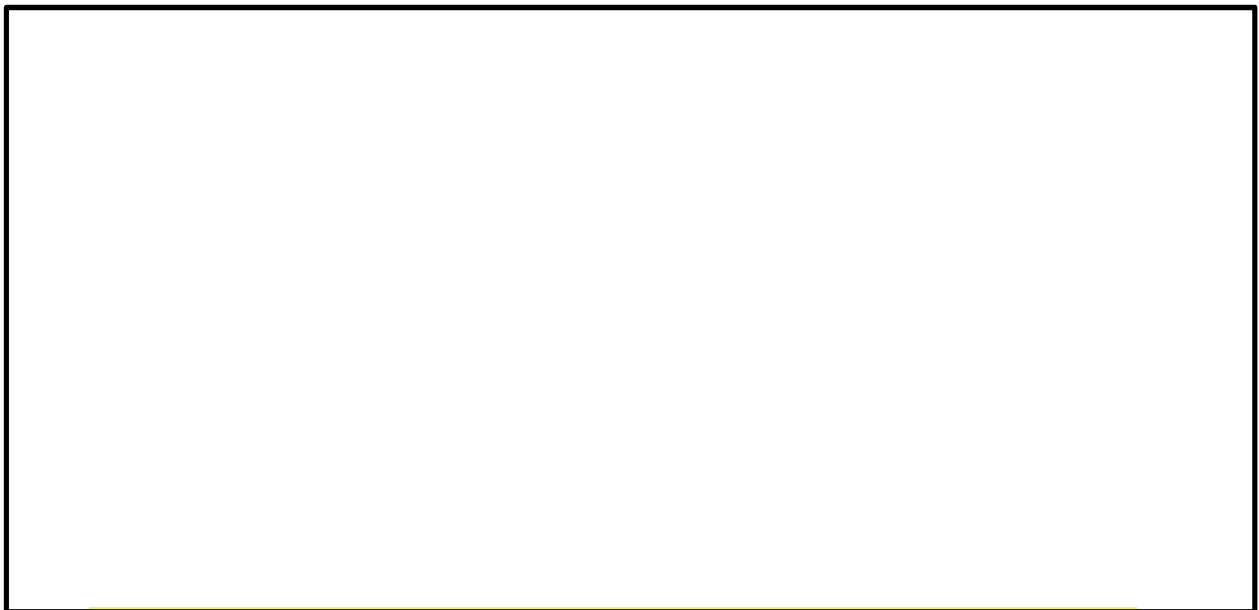


図 18.4-6 (12) ①-①断面の最大せん断ひずみ分布 ( $S_s-3.1$  (H-, V+))

(検討ケース①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



(4) 最大過剰間隙水圧比分布

①－①断面の過剰間隙水圧比の分布図を図 18.4-7 に示す。本図は、各要素に発生した過剰間隙水圧比の全時刻における最大値の分布を示したものである。

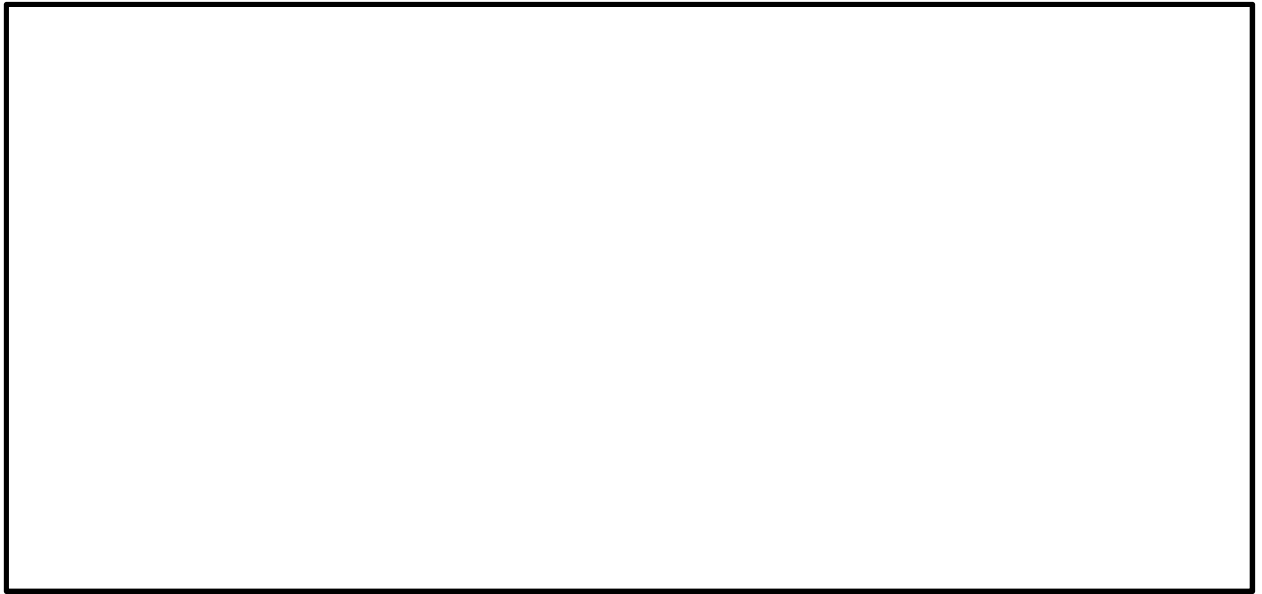


図 18.4-7 (1) ①－①断面の過剰間隙水圧比分布 ( $S_s-D1 (H+, V+)$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

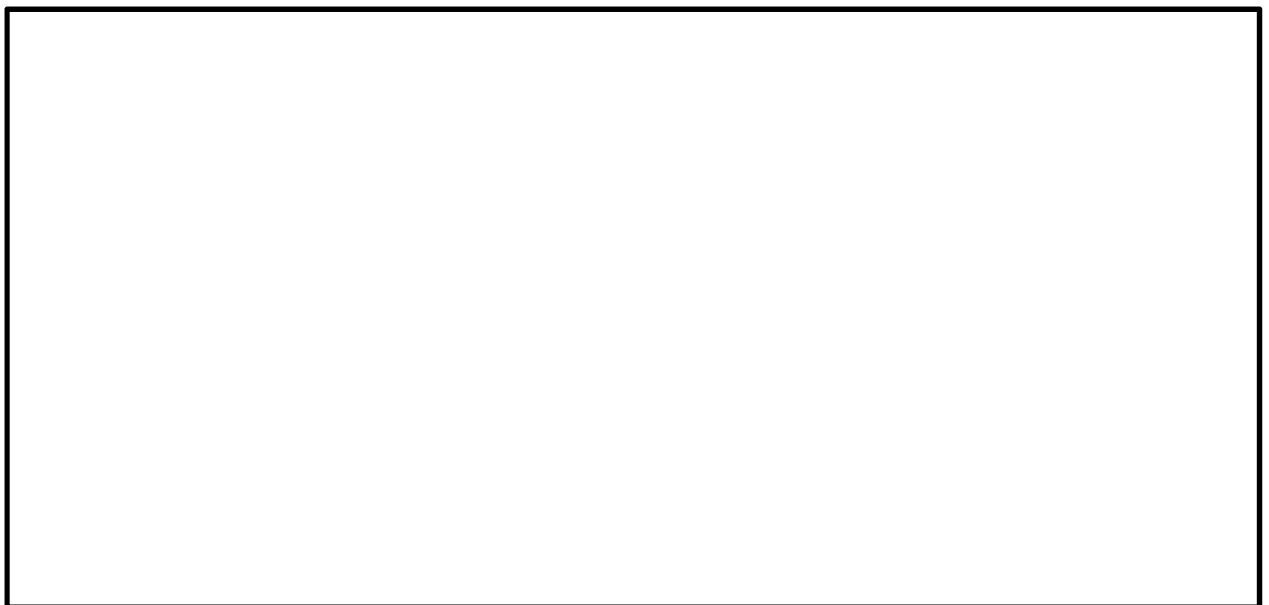


図 18.4-7 (2) ①－①断面の過剰間隙水圧比分布 ( $S_s-D1 (H+, V-)$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)





図 18.4-7 (3) ①-①断面の過剰間隙水圧比分布 ( $S_s-D1$  (H-, V+))

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

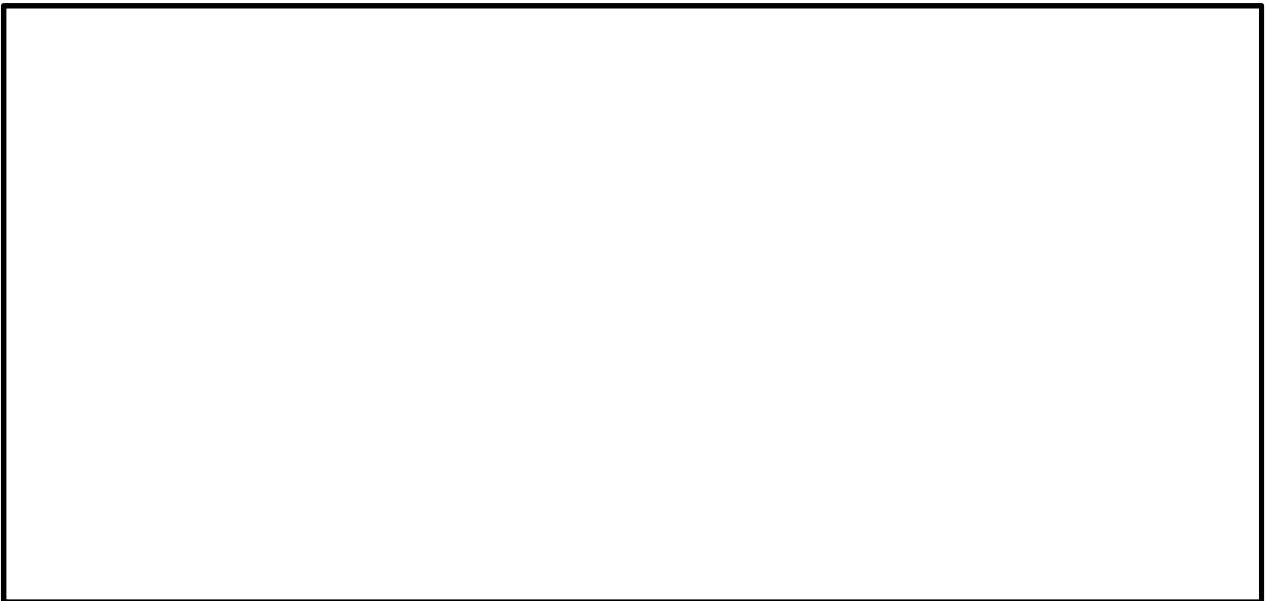


図 18.4-7 (4) ①-①断面の過剰間隙水圧比分布 ( $S_s-D1$  (H-, V-))

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)





図 18.4-7 (5) ①-①断面の過剰間隙水圧比分布 (S<sub>s</sub>-1 1)

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

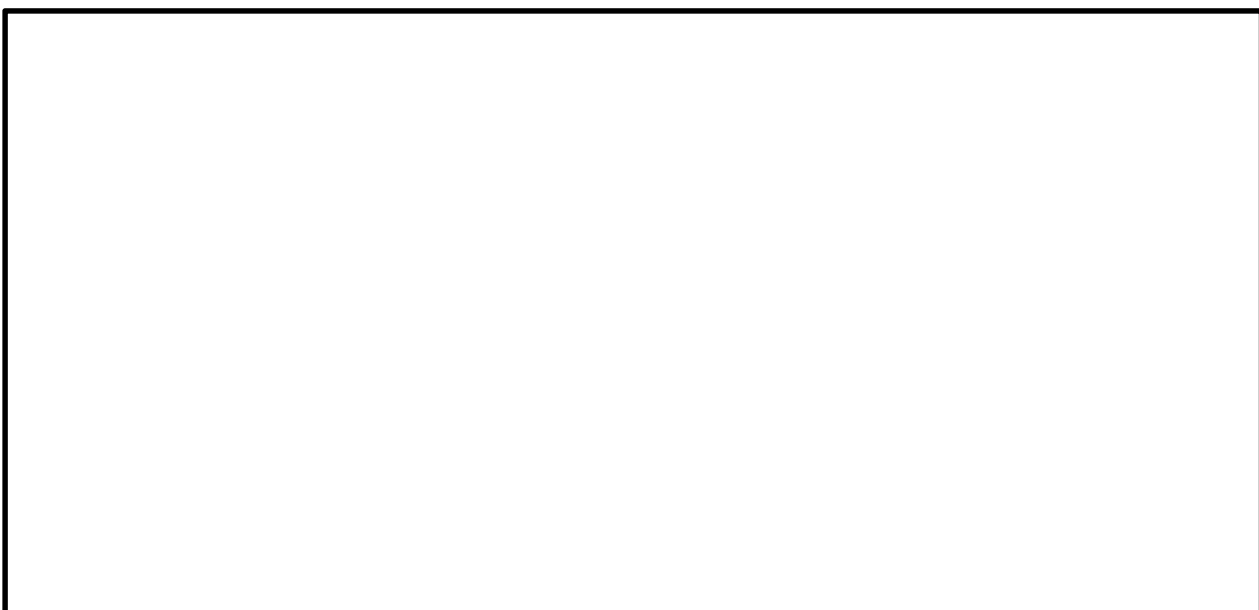


図 18.4-7 (6) ①-①断面の過剰間隙水圧比分布 (S<sub>s</sub>-1 2)

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



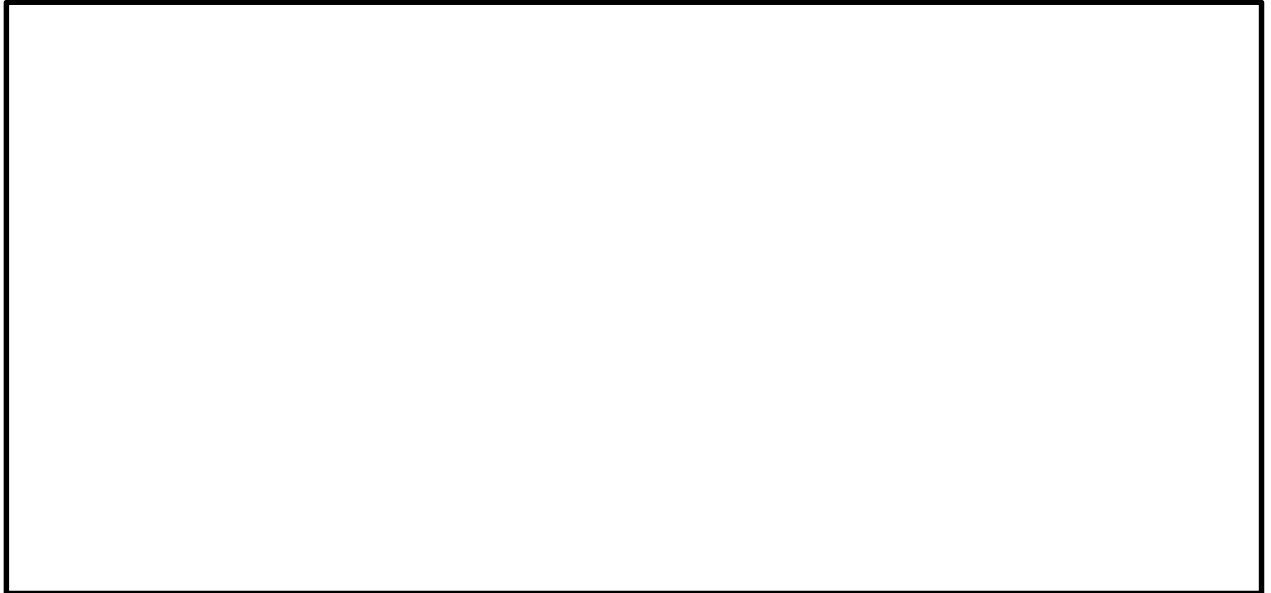


図 18.4-7 (7) ①-①断面の過剰間隙水圧比分布 (S<sub>s</sub>-13)

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

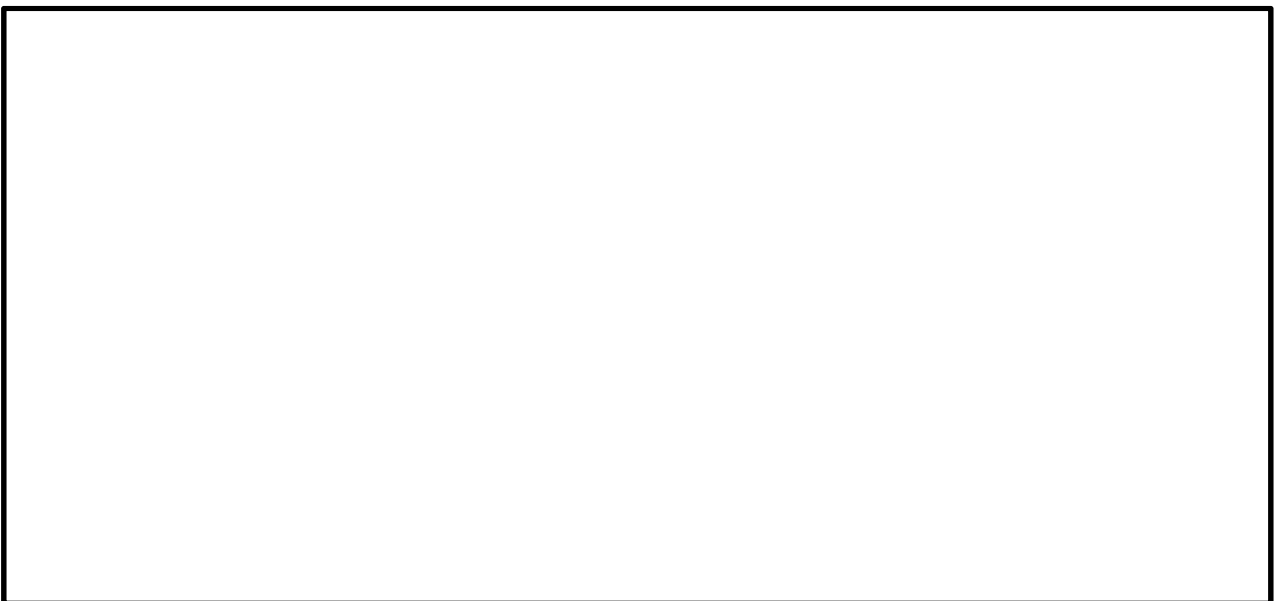


図 18.4-7 (8) ①-①断面の過剰間隙水圧比分布 (S<sub>s</sub>-14)

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)





図 18.4-7 (9) ①-①断面の過剰間隙水圧比分布 ( $S_s-21$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



図 18.4-7 (10) ①-①断面の過剰間隙水圧比分布 ( $S_s-22$ )

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)





図 18.4-7 (11) ①-①断面の過剰間隙水圧比分布 ( $S_s - 3.1$  (H+, V+))  
 (検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

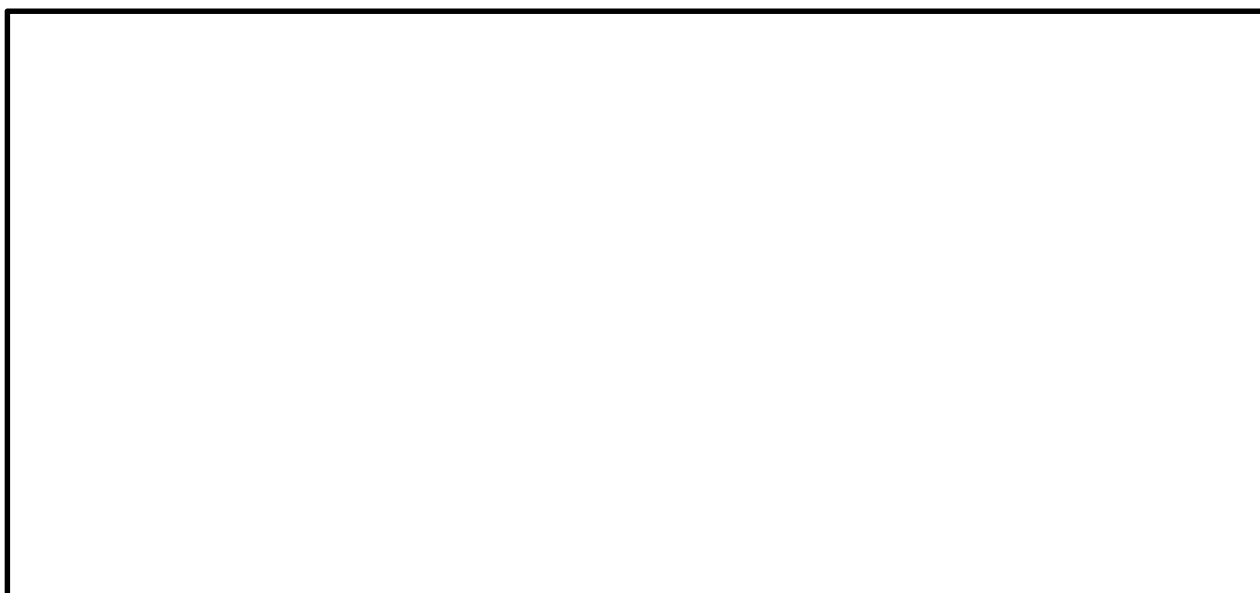


図 18.4-7 (12) ①-①断面の過剰間隙水圧比分布 ( $S_s - 3.1$  (H-, V+))  
 (検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



(5) 構造物の最大加速度分布図（追而）

①－①断面の最大加速度の分布図を図 18.4-8 に示す。本図は、構造物周辺に発生している加速度分布を確認するため、各基準地震動における構造部材及び地盤の水平方向の最大加速度分布を示したものである



図 18.4-8 (1) ①－①断面の最大加速度分布 ( $S_s-D 1 (H+, V+)$ )  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



図 18.4-8 (12) ①－①断面の最大加速度分布 ( $S_s-3 1 (H-, V+)$ )  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



#### 18.4.2 耐震評価結果

##### (1) タンク基礎躯体の曲げ軸力に対する評価結果

表 18.4-6、表 18.4-7 にタンク基礎躯体の曲げ軸力に対する照査結果を示す。

可搬型設備用軽油タンク基礎躯体における許容応力度法による照査を行った結果、評価位置においてコンクリートの圧縮応力度と鉄筋の引張応力度が短期許容応力度以下であることを確認した。なお、発生応力は各地震動、各部材において最大となる値を示している。

以上より、可搬型設備用軽油タンク基礎躯体の各部材の発生応力は、許容限界以下であることを確認した。

図 18.4-10 に概略配筋図を、表 18.4-8 に断面計算に用いた断面諸元の一覧を示す。

表 18.4-6 (1) コンクリートの曲げ軸力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相       | 評価位置 |    | 断面形状(mm) |         |         | 引張<br>鉄筋量<br>(mm <sup>2</sup> ) | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 圧縮<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査<br>値 |
|-----------|-----------|----------|------|----|----------|---------|---------|---------------------------------|-----------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|---------|
|           |           |          |      |    | 部材<br>幅  | 部材<br>高 | 有効<br>高 |                                 |                       |            |                                   |                                     |         |
| ①         | Ss-D1     | H+<br>V+ | 底版   | 10 | 1000     | 1000    | 750     | 4053.6                          | -768                  | 570        | 8.1                               | 21.0                                | 0.39    |
|           |           |          | 側壁   | 4  | 1000     | 800     | 680     | 4053.6                          | 535                   | 104        | 6.8                               | 21.0                                | 0.33    |
|           |           |          | 隔壁   | 6  | 1000     | 800     | 680     | 4053.6                          | 737                   | 148        | 9.4                               | 21.0                                | 0.45    |
|           |           |          | 頂版   | 13 | 1000     | 500     | 380     | 4053.6                          | 210                   | 325        | 7.4                               | 21.0                                | 0.36    |
| ①         | Ss-D1     | H+<br>V- | 底版   | 10 | 1000     | 1000    | 750     | 4053.6                          | -769                  | 568        | 8.1                               | 21.0                                | 0.39    |
|           |           |          | 側壁   | 4  | 1000     | 800     | 680     | 4053.6                          | 537                   | 107        | 6.8                               | 21.0                                | 0.33    |
|           |           |          | 隔壁   | 6  | 1000     | 800     | 680     | 4053.6                          | 740                   | 149        | 9.4                               | 21.0                                | 0.45    |
|           |           |          | 頂版   | 13 | 1000     | 500     | 380     | 4053.6                          | 212                   | 328        | 7.5                               | 21.0                                | 0.36    |

\*1 評価位置は下図に示す。

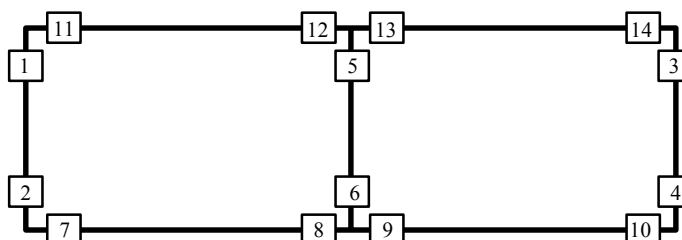




表 18.4-6 (2) コンクリートの曲げ軸力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相       | 評価位置 |    | 断面形状 (mm) |         |         | 引張<br>鉄筋量<br>( $\text{mm}^2$ ) | 曲げ<br>モーメント<br>( $\text{kN} \cdot \text{m}$ ) | 軸力<br>(kN) | 圧縮<br>応力度<br>( $\text{N}/\text{mm}^2$ ) | 短期許容<br>応力度<br>( $\text{N}/\text{mm}^2$ ) | 照査<br>値 |
|-----------|-----------|----------|------|----|-----------|---------|---------|--------------------------------|---|------------|---|---|---------|
|           |           |          |      |    | 部材<br>幅   | 部材<br>高 | 有効<br>高 |                                |   |            |   |   |         |
| ①         | Ss-D1     | H-<br>V+ | 底版   | 10 | 1000      | 1000    | 750     | 4053.6                         | -672  | 483        | 7.1                                     | 21.0                                      | 0.34    |
|           |           |          | 側壁   | 4  | 1000      | 800     | 680     | 4053.6                         | -470  | 89         | 6.0                                     | 21.0                                      | 0.29    |
|           |           |          | 隔壁   | 6  | 1000      | 800     | 680     | 4053.6                         | -682  | 161        | 8.7                                     | 21.0                                      | 0.42    |
|           |           |          | 頂版   | 12 | 1000      | 500     | 380     | 4053.6                         | 205   | -2         | 7.2                                     | 21.0                                      | 0.35    |
| ①         | Ss-D1     | H-<br>V- | 底版   | 10 | 1000      | 1000    | 750     | 4053.6                         | -695  | 510        | 7.3                                     | 21.0                                      | 0.35    |
|           |           |          | 側壁   | 4  | 1000      | 800     | 680     | 4053.6                         | 481   | 105        | 6.1                                     | 21.0                                      | 0.30    |
|           |           |          | 隔壁   | 6  | 1000      | 800     | 680     | 4053.6                         | -684  | 157        | 8.7                                     | 21.0                                      | 0.42    |
|           |           |          | 頂版   | 12 | 1000      | 500     | 380     | 4053.6                         | 206   | -6         | 7.2                                     | 21.0                                      | 0.35    |

\*1 評価位置は下図に示す。

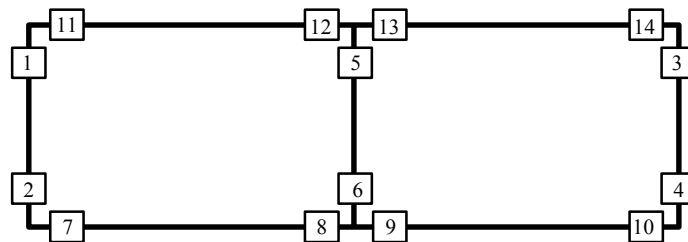




表 18.4-6 (3) コンクリートの曲げ軸力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相       | 評価位置 |    | 断面形状 (mm) |         |         | 引張<br>鉄筋量<br>(mm <sup>2</sup> ) | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 圧縮<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査<br>値 |
|-----------|-----------|----------|------|----|-----------|---------|---------|---------------------------------|-----------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|---------|
|           |           |          |      |    | 部材<br>幅   | 部材<br>高 | 有効<br>高 |                                 |                       |            |                                   |                                     |         |
| ①         | Ss-11     | H+<br>V+ | 底版   | 10 | 1000      | 1000    | 750     | 4053.6                          | -398                  | 361        | 4.2                               | 21.0                                | 0.20    |
|           |           |          | 側壁   | 4  | 1000      | 800     | 680     | 4053.6                          | -317                  | -22        | 4.0                               | 21.0                                | 0.20    |
|           |           |          | 隔壁   | 6  | 1000      | 800     | 680     | 4053.6                          | 401                   | 155        | 5.2                               | 21.0                                | 0.25    |
|           |           |          | 頂版   | 11 | 1000      | 500     | 380     | 4053.6                          | 132                   | 129        | 4.6                               | 21.0                                | 0.22    |
| ①         | Ss-12     | H+<br>V+ | 底版   | 10 | 1000      | 1000    | 750     | 4053.6                          | -387                  | 338        | 4.1                               | 21.0                                | 0.20    |
|           |           |          | 側壁   | 4  | 1000      | 800     | 680     | 4053.6                          | 343                   | 374        | 4.5                               | 21.0                                | 0.22    |
|           |           |          | 隔壁   | 6  | 1000      | 800     | 680     | 4053.6                          | 427                   | 169        | 5.5                               | 21.0                                | 0.27    |
|           |           |          | 頂版   | 11 | 1000      | 500     | 380     | 4053.6                          | 142                   | 105        | 5.0                               | 21.0                                | 0.24    |

\*1 評価位置は下図に示す。

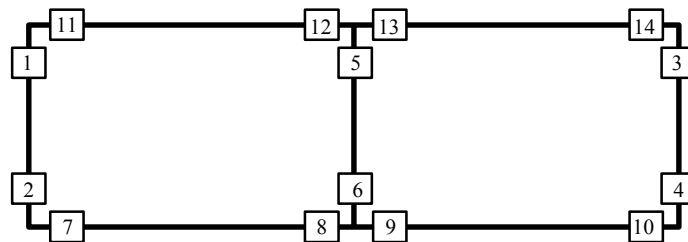




表 18.4-6 (4) コンクリートの曲げ軸力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相       | 評価位置 |    | 断面形状 (mm) |         |         | 引張<br>鉄筋量<br>( $\text{mm}^2$ ) | 曲げ<br>モーメント<br>( $\text{kN} \cdot \text{m}$ ) | 軸力<br>(kN) | 圧縮<br>応力度<br>( $\text{N}/\text{mm}^2$ ) | 短期許容<br>応力度<br>( $\text{N}/\text{mm}^2$ ) | 照査<br>値 |
|-----------|-----------|----------|------|----|-----------|---------|---------|--------------------------------|---|------------|---|---|---------|
|           |           |          |      |    | 部材<br>幅   | 部材<br>高 | 有効<br>高 |                                |   |            |   |   |         |
| ①         | Ss-13     | H+<br>V+ | 底版   | 10 | 1000      | 1000    | 750     | 4053.6                         | -394  | 397        | 4.1                                     | 21.0                                      | 0.20    |
|           |           |          | 側壁   | 4  | 1000      | 800     | 680     | 4053.6                         | 357   | 394        | 4.7                                     | 21.0                                      | 0.23    |
|           |           |          | 隔壁   | 6  | 1000      | 800     | 680     | 4053.6                         | 442   | 179        | 5.7                                     | 21.0                                      | 0.28    |
|           |           |          | 頂版   | 11 | 1000      | 500     | 380     | 4053.6                         | 145   | 103        | 5.1                                     | 21.0                                      | 0.25    |
| ①         | Ss-14     | H+<br>V+ | 底版   | 9  | 1000      | 1000    | 750     | 4053.6                         | -286  | 27         | 3.1                                     | 21.0                                      | 0.15    |
|           |           |          | 側壁   | 4  | 1000      | 800     | 680     | 4053.6                         | 277   | 354        | 3.6                                     | 21.0                                      | 0.18    |
|           |           |          | 隔壁   | 6  | 1000      | 800     | 680     | 4053.6                         | 339   | 179        | 4.4                                     | 21.0                                      | 0.21    |
|           |           |          | 頂版   | 11 | 1000      | 500     | 380     | 4053.6                         | 124   | 104        | 4.4                                     | 21.0                                      | 0.21    |

\*1 評価位置は下図に示す。

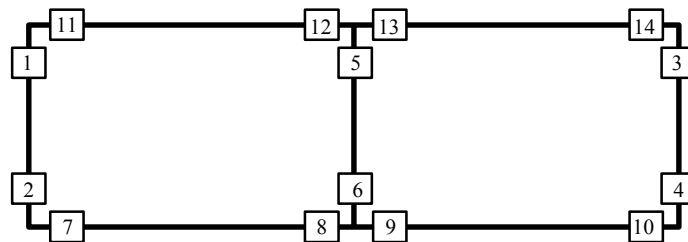




表 18.4-6 (5) コンクリートの曲げ軸力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相       | 評価位置 |    | 断面形状 (mm) |         |         | 引張<br>鉄筋量<br>( $\text{mm}^2$ ) | 曲げ<br>モーメント<br>( $\text{kN} \cdot \text{m}$ ) | 軸力<br>(kN) | 圧縮<br>応力度<br>( $\text{N}/\text{mm}^2$ ) | 短期許容<br>応力度<br>( $\text{N}/\text{mm}^2$ ) | 照査<br>値 |
|-----------|-----------|----------|------|----|-----------|---------|---------|--------------------------------|---|------------|---|---|---------|
|           |           |          |      |    | 部材<br>幅   | 部材<br>高 | 有効<br>高 |                                |   |            |   |   |         |
| ①         | Ss-21     | H+<br>V+ | 底版   | 10 | 1000      | 1000    | 750     | 4053.6                         | -400  | 363        | 4.2                                     | 21.0                                      | 0.20    |
|           |           |          | 側壁   | 4  | 1000      | 800     | 680     | 4053.6                         | 319   | 346        | 4.2                                     | 21.0                                      | 0.20    |
|           |           |          | 隔壁   | 6  | 1000      | 800     | 680     | 4053.6                         | 419   | 151        | 5.4                                     | 21.0                                      | 0.26    |
|           |           |          | 頂版   | 13 | 1000      | 500     | 380     | 4053.6                         | 132   | 185        | 4.7                                     | 21.0                                      | 0.23    |
| ①         | Ss-22     | H+<br>V+ | 底版   | 10 | 1000      | 1000    | 750     | 4053.6                         | -501  | 426        | 5.3                                     | 21.0                                      | 0.26    |
|           |           |          | 側壁   | 4  | 1000      | 800     | 680     | 4053.6                         | 380   | 254        | 4.9                                     | 21.0                                      | 0.24    |
|           |           |          | 隔壁   | 6  | 1000      | 800     | 680     | 4053.6                         | 512   | 162        | 6.5                                     | 21.0                                      | 0.31    |
|           |           |          | 頂版   | 13 | 1000      | 500     | 380     | 4053.6                         | 162   | 179        | 5.7                                     | 21.0                                      | 0.28    |

\*1 評価位置は下図に示す。

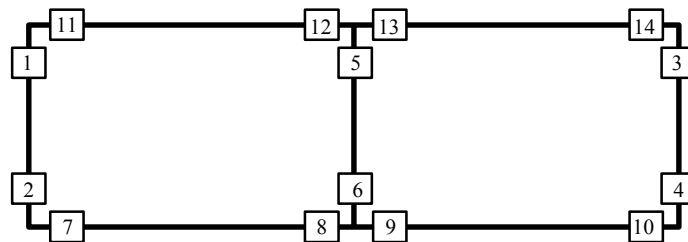




表 18.4-6 (6) コンクリートの曲げ軸力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相       | 評価位置 |    | 断面形状 (mm) |         |         | 引張<br>鉄筋量<br>(mm <sup>2</sup> ) | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 圧縮<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査<br>値 |
|-----------|-----------|----------|------|----|-----------|---------|---------|---------------------------------|-----------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|---------|
|           |           |          |      |    | 部材<br>幅   | 部材<br>高 | 有効<br>高 |                                 |                       |            |                                   |                                     |         |
| ①         | Ss-31     | H+<br>V+ | 底版   | 9  | 1000      | 1000    | 750     | 4053.6                          | -576                  | 126        | 6.2                               | 21.0                                | 0.30    |
|           |           |          | 側壁   | 4  | 1000      | 800     | 680     | 4053.6                          | -449                  | -45        | 5.6                               | 21.0                                | 0.27    |
|           |           |          | 隔壁   | 6  | 1000      | 800     | 680     | 4053.6                          | -639                  | 147        | 8.1                               | 21.0                                | 0.39    |
|           |           |          | 頂版   | 12 | 1000      | 500     | 380     | 4053.6                          | 182                   | 2          | 6.4                               | 21.0                                | 0.31    |
| ①         | Ss-31     | H-<br>V+ | 底版   | 10 | 1000      | 1000    | 750     | 4053.6                          | -586                  | 515        | 6.1                               | 21.0                                | 0.30    |
|           |           |          | 側壁   | 4  | 1000      | 800     | 680     | 4053.6                          | 492                   | 397        | 6.4                               | 21.0                                | 0.31    |
|           |           |          | 隔壁   | 6  | 1000      | 800     | 680     | 4053.6                          | 676                   | 142        | 8.6                               | 21.0                                | 0.41    |
|           |           |          | 頂版   | 11 | 1000      | 500     | 380     | 4053.6                          | 193                   | 106        | 6.8                               | 21.0                                | 0.33    |

\*1 評価位置は下図に示す。

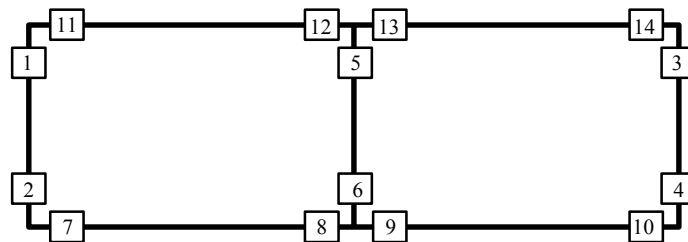




表 18.4-6 (7) コンクリートの曲げ軸力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相       | 評価位置 |    | 断面形状 (mm) |         |         | 引張<br>鉄筋量<br>(mm <sup>2</sup> ) | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 圧縮<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査<br>値 |
|-----------|-----------|----------|------|----|-----------|---------|---------|---------------------------------|-----------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|---------|
|           |           |          |      |    | 部材<br>幅   | 部材<br>高 | 有効<br>高 |                                 |                       |            |                                   |                                     |         |
| ②         | Ss-D1     | H+<br>V- | 底版   | 10 | 1000      | 1000    | 750     | 4053.6                          | -750                  | 552        | 7.9                               | 21.0                                | 0.38    |
|           |           |          | 側壁   | 4  | 1000      | 800     | 680     | 4053.6                          | 524                   | 108        | 6.7                               | 21.0                                | 0.32    |
|           |           |          | 隔壁   | 6  | 1000      | 800     | 680     | 4053.6                          | 724                   | 150        | 9.2                               | 21.0                                | 0.44    |
|           |           |          | 頂版   | 13 | 1000      | 500     | 380     | 4053.6                          | 208                   | 314        | 7.3                               | 21.0                                | 0.35    |
| ③         | Ss-D1     | H+<br>V- | 底版   | 10 | 1000      | 1000    | 750     | 4053.6                          | -774                  | 559        | 8.2                               | 21.0                                | 0.40    |
|           |           |          | 側壁   | 4  | 1000      | 800     | 680     | 4053.6                          | 541                   | 110        | 6.9                               | 21.0                                | 0.33    |
|           |           |          | 隔壁   | 6  | 1000      | 800     | 680     | 4053.6                          | 746                   | 148        | 9.5                               | 21.0                                | 0.46    |
|           |           |          | 頂版   | 13 | 1000      | 500     | 380     | 4053.6                          | 213                   | 336        | 7.5                               | 21.0                                | 0.36    |

\*1 評価位置は下図に示す。

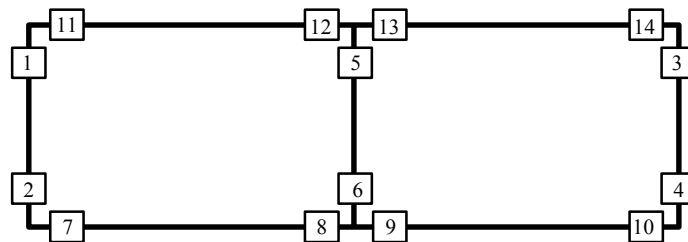




表 18.4-6 (8) コンクリートの曲げ軸力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相       | 評価位置 |    | 断面形状 (mm) |         |         | 引張<br>鉄筋量<br>(mm <sup>2</sup> ) | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 圧縮<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査<br>値 |
|-----------|-----------|----------|------|----|-----------|---------|---------|---------------------------------|-----------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|---------|
|           |           |          |      |    | 部材<br>幅   | 部材<br>高 | 有効<br>高 |                                 |                       |            |                                   |                                     |         |
| ④         | Ss-D1     | H+<br>V- | 底版   | 10 | 1000      | 1000    | 750     | 4053.6                          | -784                  | 557        | 8.3                               | 21.0                                | 0.40    |
|           |           |          | 側壁   | 4  | 1000      | 800     | 680     | 4053.6                          | 503                   | -38        | 6.3                               | 21.0                                | 0.30    |
|           |           |          | 隔壁   | 6  | 1000      | 800     | 680     | 4053.6                          | 760                   | 154        | 9.7                               | 21.0                                | 0.47    |
|           |           |          | 頂版   | 12 | 1000      | 500     | 380     | 4053.6                          | 247                   | -15        | 8.7                               | 21.0                                | 0.42    |
| ⑤         | Ss-D1     | H+<br>V- | 底版   | 10 | 1000      | 1000    | 750     | 4053.6                          | -595                  | 518        | 6.2                               | 21.0                                | 0.30    |
|           |           |          | 側壁   | 4  | 1000      | 800     | 680     | 4053.6                          | 441                   | 225        | 5.7                               | 21.0                                | 0.28    |
|           |           |          | 隔壁   | 6  | 1000      | 800     | 680     | 4053.6                          | 618                   | 144        | 7.9                               | 21.0                                | 0.38    |
|           |           |          | 頂版   | 11 | 1000      | 500     | 380     | 4053.6                          | 181                   | 115        | 6.4                               | 21.0                                | 0.31    |

\*1 評価位置は下図に示す。

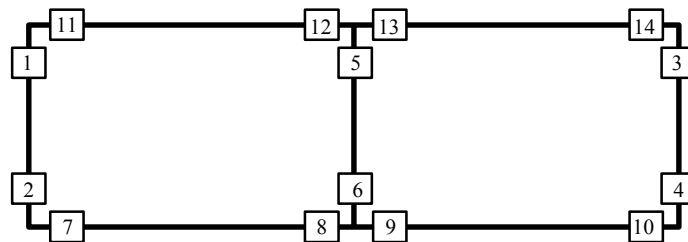




表 18.4-6 (9) コンクリートの曲げ軸力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相       | 評価位置 |    | 断面形状 (mm) |         |         | 引張<br>鉄筋量<br>(mm <sup>2</sup> ) | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 圧縮<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査<br>値 |
|-----------|-----------|----------|------|----|-----------|---------|---------|---------------------------------|-----------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|---------|
|           |           |          |      |    | 部材<br>幅   | 部材<br>高 | 有効<br>高 |                                 |                       |            |                                   |                                     |         |
| ⑥         | Ss-D1     | H+<br>V- | 底版   | 10 | 1000      | 1000    | 750     | 4053.6                          | -576                  | 509        | 6.0                               | 21.0                                | 0.29    |
|           |           |          | 側壁   | 4  | 1000      | 800     | 680     | 4053.6                          | 437                   | 252        | 5.6                               | 21.0                                | 0.27    |
|           |           |          | 隔壁   | 6  | 1000      | 800     | 680     | 4053.6                          | 606                   | 146        | 7.7                               | 21.0                                | 0.37    |
|           |           |          | 頂版   | 11 | 1000      | 500     | 380     | 4053.6                          | 176                   | 106        | 6.2                               | 21.0                                | 0.30    |

\*1 評価位置は下図に示す。

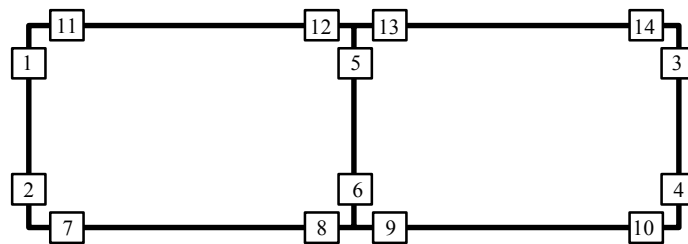




表 18.4-7 (1) 鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相       | 評価位置 |    | 断面形状 (mm) |         |         | 引張<br>鉄筋量<br>(mm <sup>2</sup> ) | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 引張<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査<br>値 |
|-----------|-----------|----------|------|----|-----------|---------|---------|---------------------------------|-----------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|---------|
|           |           |          |      |    | 部材<br>幅   | 部材<br>高 | 有効<br>高 |                                 |                       |            |                                   |                                     |         |
| ①         | Ss-D1     | H+<br>V+ | 底版   | 10 | 1000      | 1000    | 880     | 4053.6                          | 631                   | -360       | 239                               | 435                                 | 0.55    |
|           |           |          | 側壁   | 4  | 1000      | 800     | 680     | 4053.6                          | 535                   | 99         | 209                               | 435                                 | 0.49    |
|           |           |          | 隔壁   | 6  | 1000      | 800     | 680     | 4053.6                          | 737                   | 142        | 286                               | 435                                 | 0.66    |
|           |           |          | 頂版   | 11 | 1000      | 500     | 380     | 4053.6                          | 206                   | 71         | 151                               | 435                                 | 0.35    |
| ①         | Ss-D1     | H+<br>V- | 底版   | 10 | 1000      | 1000    | 880     | 4053.6                          | 621                   | -342       | 234                               | 435                                 | 0.54    |
|           |           |          | 側壁   | 4  | 1000      | 800     | 680     | 4053.6                          | 537                   | 102        | 209                               | 435                                 | 0.49    |
|           |           |          | 隔壁   | 6  | 1000      | 800     | 680     | 4053.6                          | 740                   | 143        | 288                               | 435                                 | 0.67    |
|           |           |          | 頂版   | 11 | 1000      | 500     | 380     | 4053.6                          | 207                   | 73         | 151                               | 435                                 | 0.35    |

\*1 評価位置は下図に示す。

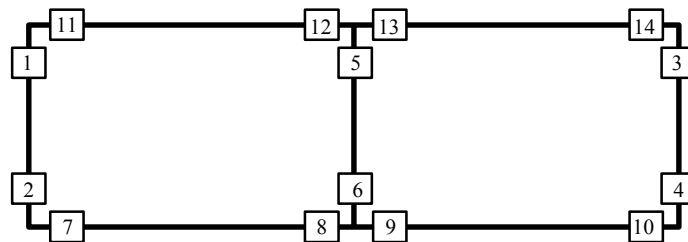




表 18.4-7 (2) 鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相       | 評価位置 |    | 断面形状 (mm) |         |         | 引張<br>鉄筋量<br>(mm <sup>2</sup> ) | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 引張<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査<br>値 |
|-----------|-----------|----------|------|----|-----------|---------|---------|---------------------------------|-----------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|---------|
|           |           |          |      |    | 部材<br>幅   | 部材<br>高 | 有効<br>高 |                                 |                       |            |                                   |                                     |         |
| ①         | Ss-D1     | H-<br>V+ | 底版   | 10 | 1000      | 1000    | 880     | 4053.6                          | 708                   | -385       | 266                               | 435                                 | 0.62    |
|           |           |          | 側壁   | 4  | 1000      | 800     | 680     | 4053.6                          | -470                  | 84         | 184                               | 435                                 | 0.43    |
|           |           |          | 隔壁   | 6  | 1000      | 800     | 680     | 4053.6                          | -682                  | 155        | 262                               | 435                                 | 0.61    |
|           |           |          | 頂版   | 14 | 1000      | 500     | 380     | 4053.6                          | 174                   | -208       | 162                               | 435                                 | 0.38    |
| ①         | Ss-D1     | H-<br>V- | 底版   | 10 | 1000      | 1000    | 880     | 4053.6                          | 713                   | -385       | 268                               | 435                                 | 0.62    |
|           |           |          | 側壁   | 4  | 1000      | 800     | 680     | 4053.6                          | 481                   | 101        | 186                               | 435                                 | 0.43    |
|           |           |          | 隔壁   | 6  | 1000      | 800     | 680     | 4053.6                          | -684                  | 151        | 264                               | 435                                 | 0.61    |
|           |           |          | 頂版   | 14 | 1000      | 500     | 380     | 4053.6                          | 171                   | -228       | 162                               | 435                                 | 0.38    |

\*1 評価位置は下図に示す。

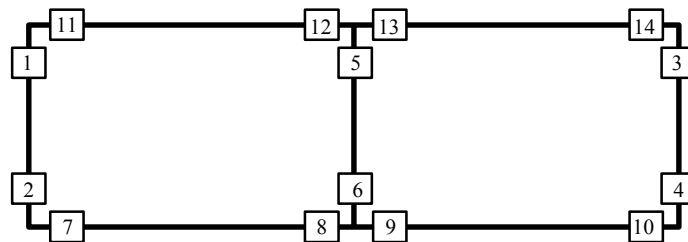




表 18.4-7 (3) 鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相       | 評価位置 |    | 断面形状 (mm) |         |         | 引張<br>鉄筋量<br>(mm <sup>2</sup> ) | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 引張<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査<br>値 |
|-----------|-----------|----------|------|----|-----------|---------|---------|---------------------------------|-----------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|---------|
|           |           |          |      |    | 部材<br>幅   | 部材<br>高 | 有効<br>高 |                                 |                       |            |                                   |                                     |         |
| ①         | Ss-11     | H+<br>V+ | 底版   | 10 | 1000      | 1000    | 880     | 4053.6                          | 414                   | -242       | 158                               | 435                                 | 0.37    |
|           |           |          | 側壁   | 4  | 1000      | 800     | 680     | 4053.6                          | -317                  | -32        | 134                               | 435                                 | 0.31    |
|           |           |          | 隔壁   | 6  | 1000      | 800     | 680     | 4053.6                          | 401                   | 149        | 148                               | 435                                 | 0.35    |
|           |           |          | 頂版   | 14 | 1000      | 500     | 380     | 4053.6                          | 117                   | -113       | 105                               | 435                                 | 0.25    |
| ①         | Ss-12     | H+<br>V+ | 底版   | 10 | 1000      | 1000    | 880     | 4053.6                          | 362                   | -186       | 135                               | 435                                 | 0.32    |
|           |           |          | 側壁   | 4  | 1000      | 800     | 680     | 4053.6                          | 343                   | 324        | 104                               | 435                                 | 0.24    |
|           |           |          | 隔壁   | 6  | 1000      | 800     | 680     | 4053.6                          | 427                   | 162        | 157                               | 435                                 | 0.37    |
|           |           |          | 頂版   | 11 | 1000      | 500     | 380     | 4053.6                          | 142                   | 104        | 96                                | 435                                 | 0.23    |

\*1 評価位置は下図に示す。

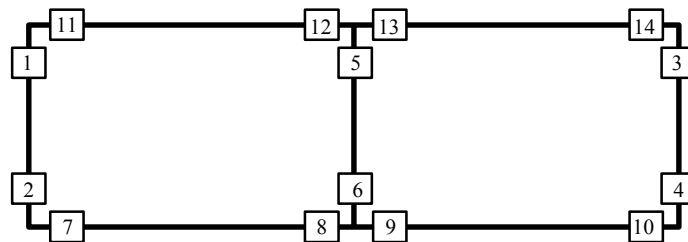




表 18.4-7 (4) 鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相       | 評価位置 |    | 断面形状 (mm) |         |         | 引張<br>鉄筋量<br>( $\text{mm}^2$ ) | 曲げ<br>モーメント<br>( $\text{kN} \cdot \text{m}$ ) | 軸力<br>(kN) | 引張<br>応力度<br>( $\text{N}/\text{mm}^2$ ) | 短期許容<br>応力度<br>( $\text{N}/\text{mm}^2$ ) | 照査<br>値 |
|-----------|-----------|----------|------|----|-----------|---------|---------|--------------------------------|---|------------|---|---|---------|
|           |           |          |      |    | 部材<br>幅   | 部材<br>高 | 有効<br>高 |                                |   |            |   |   |         |
| ①         | Ss-13     | H+<br>V+ | 底版   | 10 | 1000      | 1000    | 880     | 4053.6                         | 343   | -178       | 128                                     | 435                                       | 0.30    |
|           |           |          | 側壁   | 4  | 1000      | 800     | 680     | 4053.6                         | 357   | 340        | 107                                     | 435                                       | 0.25    |
|           |           |          | 隔壁   | 6  | 1000      | 800     | 680     | 4053.6                         | 441   | 166        | 162                                     | 435                                       | 0.38    |
|           |           |          | 頂版   | 11 | 1000      | 500     | 380     | 4053.6                         | 145   | 103        | 99                                      | 435                                       | 0.23    |
| ①         | Ss-14     | H+<br>V+ | 底版   | 10 | 1000      | 1000    | 880     | 4053.6                         | 331   | -189       | 125                                     | 435                                       | 0.29    |
|           |           |          | 側壁   | 4  | 1000      | 800     | 680     | 4053.6                         | -245  | 16         | 99                                      | 435                                       | 0.23    |
|           |           |          | 隔壁   | 6  | 1000      | 800     | 680     | 4053.6                         | 339   | 172        | 119                                     | 435                                       | 0.28    |
|           |           |          | 頂版   | 14 | 1000      | 500     | 380     | 4053.6                         | 101   | -60        | 86                                      | 435                                       | 0.20    |

\*1 評価位置は下図に示す。

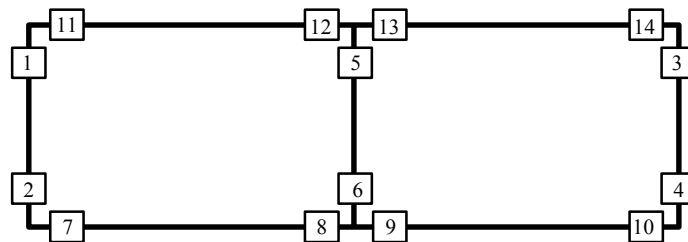




表 18.4-7 (5) 鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相       | 評価位置 |    | 断面形状 (mm) |         |         | 引張<br>鉄筋量<br>(mm <sup>2</sup> ) | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 引張<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査<br>値 |
|-----------|-----------|----------|------|----|-----------|---------|---------|---------------------------------|-----------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|---------|
|           |           |          |      |    | 部材<br>幅   | 部材<br>高 | 有効<br>高 |                                 |                       |            |                                   |                                     |         |
| ①         | Ss-21     | H+<br>V+ | 底版   | 10 | 1000      | 1000    | 880     | 4053.6                          | 395                   | -203       | 147                               | 435                                 | 0.34    |
|           |           |          | 側壁   | 4  | 1000      | 800     | 680     | 4053.6                          | -299                  | -39        | 128                               | 435                                 | 0.30    |
|           |           |          | 隔壁   | 6  | 1000      | 800     | 680     | 4053.6                          | 419                   | 145        | 155                               | 435                                 | 0.36    |
|           |           |          | 頂版   | 14 | 1000      | 500     | 380     | 4053.6                          | 119                   | -76        | 102                               | 435                                 | 0.24    |
| ①         | Ss-22     | H+<br>V+ | 底版   | 7  | 1000      | 1000    | 880     | 4053.6                          | 462                   | -195       | 167                               | 435                                 | 0.39    |
|           |           |          | 側壁   | 4  | 1000      | 800     | 680     | 4053.6                          | 353                   | 139        | 129                               | 435                                 | 0.30    |
|           |           |          | 隔壁   | 6  | 1000      | 800     | 680     | 4053.6                          | 512                   | 156        | 192                               | 435                                 | 0.45    |
|           |           |          | 頂版   | 11 | 1000      | 500     | 380     | 4053.6                          | 146                   | 12         | 111                               | 435                                 | 0.26    |

\*1 評価位置は下図に示す。

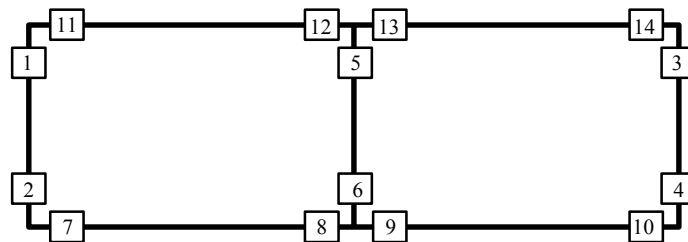




表 18.4-7 (6) 鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相       | 評価位置 |    | 断面形状 (mm) |         |         | 引張<br>鉄筋量<br>(mm <sup>2</sup> ) | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 引張<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査<br>値 |
|-----------|-----------|----------|------|----|-----------|---------|---------|---------------------------------|-----------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|---------|
|           |           |          |      |    | 部材<br>幅   | 部材<br>高 | 有効<br>高 |                                 |                       |            |                                   |                                     |         |
| ①         | Ss-31     | H+<br>V+ | 底版   | 10 | 1000      | 1000    | 880     | 4053.6                          | 603                   | -376       | 232                               | 435                                 | 0.54    |
|           |           |          | 側壁   | 4  | 1000      | 800     | 680     | 4053.6                          | -448                  | -56        | 192                               | 435                                 | 0.45    |
|           |           |          | 隔壁   | 6  | 1000      | 800     | 680     | 4053.6                          | -639                  | 141        | 246                               | 435                                 | 0.57    |
|           |           |          | 頂版   | 14 | 1000      | 500     | 380     | 4053.6                          | 166                   | -168       | 150                               | 435                                 | 0.35    |
| ①         | Ss-31     | H-<br>V+ | 底版   | 7  | 1000      | 1000    | 880     | 4053.6                          | 531                   | -213       | 191                               | 435                                 | 0.44    |
|           |           |          | 側壁   | 4  | 1000      | 800     | 680     | 4053.6                          | 492                   | 337        | 163                               | 435                                 | 0.38    |
|           |           |          | 隔壁   | 6  | 1000      | 800     | 680     | 4053.6                          | 676                   | 136        | 262                               | 435                                 | 0.61    |
|           |           |          | 頂版   | 11 | 1000      | 500     | 380     | 4053.6                          | 192                   | 88         | 137                               | 435                                 | 0.32    |

\*1 評価位置は下図に示す。

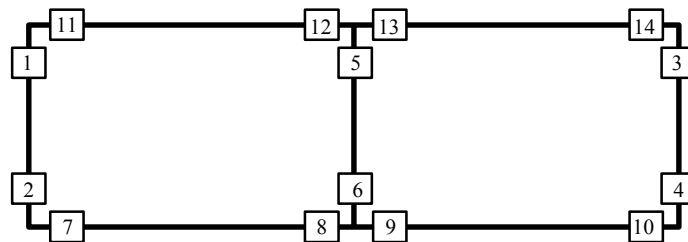




表 18.4-7 (7) 鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相       | 評価位置 |    | 断面形状 (mm) |         |         | 引張<br>鉄筋量<br>(mm <sup>2</sup> ) | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 引張<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査<br>値 |
|-----------|-----------|----------|------|----|-----------|---------|---------|---------------------------------|-----------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|---------|
|           |           |          |      |    | 部材<br>幅   | 部材<br>高 | 有効<br>高 |                                 |                       |            |                                   |                                     |         |
| ②         | Ss-D1     | H+<br>V- | 底版   | 10 | 1000      | 1000    | 880     | 4053.6                          | 618                   | -344       | 233                               | 435                                 | 0.54    |
|           |           |          | 側壁   | 4  | 1000      | 800     | 680     | 4053.6                          | 524                   | 103        | 204                               | 435                                 | 0.47    |
|           |           |          | 隔壁   | 6  | 1000      | 800     | 680     | 4053.6                          | 724                   | 144        | 281                               | 435                                 | 0.65    |
|           |           |          | 頂版   | 11 | 1000      | 500     | 380     | 4053.6                          | 203                   | 68         | 149                               | 435                                 | 0.35    |
| ③         | Ss-D1     | H+<br>V- | 底版   | 10 | 1000      | 1000    | 880     | 4053.6                          | 609                   | -311       | 226                               | 435                                 | 0.52    |
|           |           |          | 側壁   | 4  | 1000      | 800     | 680     | 4053.6                          | 541                   | 105        | 210                               | 435                                 | 0.49    |
|           |           |          | 隔壁   | 6  | 1000      | 800     | 680     | 4053.6                          | 746                   | 142        | 290                               | 435                                 | 0.67    |
|           |           |          | 頂版   | 11 | 1000      | 500     | 380     | 4053.6                          | 210                   | 79         | 153                               | 435                                 | 0.36    |

\*1 評価位置は下図に示す。

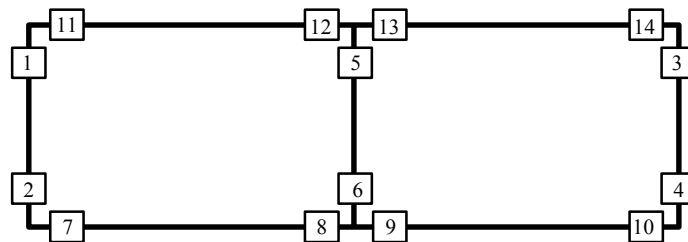




表 18.4-7 (8) 鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相       | 評価位置 |    | 断面形状 (mm) |         |         | 引張<br>鉄筋量<br>(mm <sup>2</sup> ) | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 引張<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査<br>値 |
|-----------|-----------|----------|------|----|-----------|---------|---------|---------------------------------|-----------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|---------|
|           |           |          |      |    | 部材<br>幅   | 部材<br>高 | 有効<br>高 |                                 |                       |            |                                   |                                     |         |
| ④         | Ss-D1     | H+<br>V- | 底版   | 8  | 1000      | 1000    | 880     | 4053.6                          | 869                   | 12         | 272                               | 435                                 | 0.63    |
|           |           |          | 側壁   | 4  | 1000      | 800     | 680     | 4053.6                          | 502                   | -47        | 213                               | 435                                 | 0.49    |
|           |           |          | 隔壁   | 6  | 1000      | 800     | 680     | 4053.6                          | 760                   | 148        | 295                               | 435                                 | 0.68    |
|           |           |          | 頂版   | 12 | 1000      | 500     | 380     | 4053.6                          | 247                   | -16        | 194                               | 435                                 | 0.45    |
| ⑤         | Ss-D1     | H+<br>V- | 底版   | 10 | 1000      | 1000    | 880     | 4053.6                          | 428                   | -267       | 165                               | 435                                 | 0.38    |
|           |           |          | 側壁   | 4  | 1000      | 800     | 680     | 4053.6                          | 441                   | 196        | 158                               | 435                                 | 0.37    |
|           |           |          | 隔壁   | 6  | 1000      | 800     | 680     | 4053.6                          | 618                   | 138        | 238                               | 435                                 | 0.55    |
|           |           |          | 頂版   | 11 | 1000      | 500     | 380     | 4053.6                          | 181                   | 115        | 126                               | 435                                 | 0.29    |

\*1 評価位置は下図に示す。

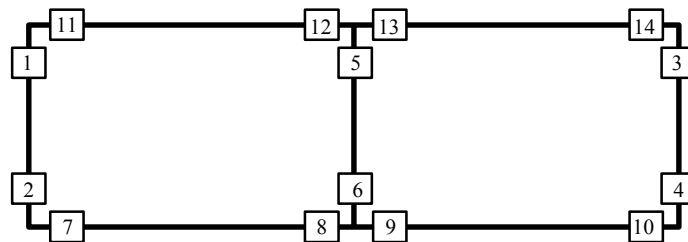




表 18.4-7 (9) 鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相       | 評価位置 |    | 断面形状 (mm) |         |         | 引張<br>鉄筋量<br>(mm <sup>2</sup> ) | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 引張<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査<br>値 |
|-----------|-----------|----------|------|----|-----------|---------|---------|---------------------------------|-----------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|---------|
|           |           |          |      |    | 部材<br>幅   | 部材<br>高 | 有効<br>高 |                                 |                       |            |                                   |                                     |         |
| ⑥         | Ss-D1     | H+<br>V- | 底版   | 10 | 1000      | 1000    | 880     | 4053.6                          | 427                   | -264       | 164                               | 435                                 | 0.38    |
|           |           |          | 側壁   | 4  | 1000      | 800     | 680     | 4053.6                          | 437                   | 221        | 154                               | 435                                 | 0.36    |
|           |           |          | 隔壁   | 6  | 1000      | 800     | 680     | 4053.6                          | 606                   | 140        | 233                               | 435                                 | 0.54    |
|           |           |          | 頂版   | 11 | 1000      | 500     | 380     | 4053.6                          | 176                   | 106        | 123                               | 435                                 | 0.29    |

\*1 評価位置は下図に示す。

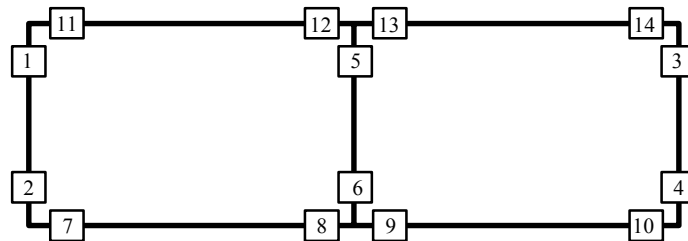






图 18.4-10 概略配筋图

表 18.4-8 断面諸元一覧表（曲げ軸力に対する評価）

| Date | Description | Amount | Balance |
|------|-------------|--------|---------|
|      |             |        |         |
|      |             |        |         |
|      |             |        |         |
|      |             |        |         |
|      |             |        |         |
|      |             |        |         |
|      |             |        |         |
|      |             |        |         |
|      |             |        |         |



(2) タンク基礎躯体のせん断力に対する評価結果

表 18.4-9 にタンク基礎躯体のせん断力に対する照査結果を示す。

可搬型設備用軽油タンク基礎躯体における許容応力度法による照査を行った結果、評価位置において、発生せん断力がコンクリートの許容せん断力 ( $V_{c.a}$ ) と、斜め引張鉄筋の許容せん断力 ( $V_{s.a}$ ) を合わせた許容せん断力 ( $V_a$ ) 以下であることを確認した。なお、発生応力は各地震動、各部材において最大となる値を示している。

以上より、可搬型設備用軽油タンク基礎躯体の各部材の発生せん断力は、許容限界以下であることを確認した。

図 18.4-11 に概略配筋図を、表 18.4-10 に断面計算に用いた断面諸元の一覧を示す。

表 18.4-9 (1) せん断力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相       | 評価位置 |    | 断面形状(mm) |      |     | せん断<br>補強筋<br>(mm) | 発生<br>せん断力<br>(kN) | 短期許容<br>せん断力<br>(kN) | 照査値  |
|-----------|-----------|----------|------|----|----------|------|-----|--------------------|--------------------|----------------------|------|
|           |           |          |      |    | 部材幅      | 部材高  | 有効高 |                    |                    |                      |      |
| ①         | Ss-D1     | H+<br>V+ | 底版   | 10 | 1000     | 1000 | 750 | D16                | 334                | 890                  | 0.38 |
|           |           |          | 側壁   | 4  | 1000     | 800  | 680 | D16                | -469               | 807                  | 0.59 |
|           |           |          | 隔壁   | 6  | 1000     | 800  | 680 | D16                | -337               | 807                  | 0.42 |
|           |           |          | 頂版   | 11 | 1000     | 500  | 380 | D16                | 96                 | 451                  | 0.22 |
| ①         | Ss-D1     | H+<br>V- | 底版   | 10 | 1000     | 1000 | 750 | D16                | 344                | 890                  | 0.39 |
|           |           |          | 側壁   | 4  | 1000     | 800  | 680 | D16                | -471               | 807                  | 0.59 |
|           |           |          | 隔壁   | 6  | 1000     | 800  | 680 | D16                | -339               | 807                  | 0.43 |
|           |           |          | 頂版   | 11 | 1000     | 500  | 380 | D16                | 96                 | 451                  | 0.22 |

\*1 評価位置は下図に示す。

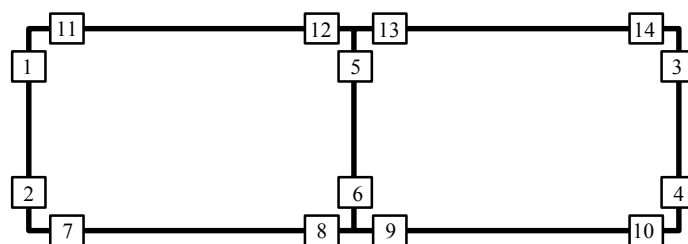




表 18.4-9 (2) せん断力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相       | 評価位置 |    | 断面形状 (mm) |      |     | せん断<br>補強筋<br>(mm) | 発生<br>せん断力<br>(kN) | 短期許容<br>せん断力<br>(kN) | 照査値  |
|-----------|-----------|----------|------|----|-----------|------|-----|--------------------|--------------------|----------------------|------|
|           |           |          |      |    | 部材幅       | 部材高  | 有効高 |                    |                    |                      |      |
| ①         | Ss-D1     | H-<br>V+ | 底版   | 7  | 1000      | 1000 | 750 | D16                | -292               | 890                  | 0.33 |
|           |           |          | 側壁   | 4  | 1000      | 800  | 680 | D16                | -418               | 807                  | 0.52 |
|           |           |          | 隔壁   | 6  | 1000      | 800  | 680 | D16                | 318                | 807                  | 0.40 |
|           |           |          | 頂版   | 12 | 1000      | 500  | 380 | D16                | -93                | 451                  | 0.21 |
| ①         | Ss-D1     | H-<br>V- | 底版   | 7  | 1000      | 1000 | 750 | D16                | -303               | 890                  | 0.35 |
|           |           |          | 側壁   | 4  | 1000      | 800  | 680 | D16                | -440               | 807                  | 0.55 |
|           |           |          | 隔壁   | 6  | 1000      | 800  | 680 | D16                | 320                | 807                  | 0.40 |
|           |           |          | 頂版   | 13 | 1000      | 500  | 380 | D16                | 97                 | 451                  | 0.22 |

\*1 評価位置は下図に示す。

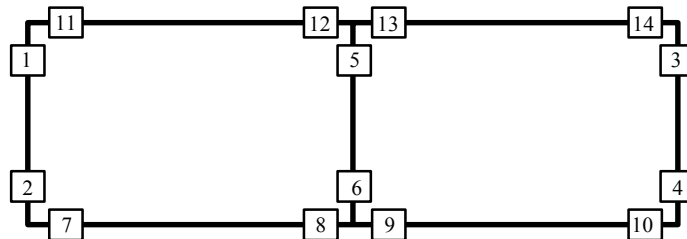




表 18.4-9 (3) せん断力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相       | 評価位置 |    | 断面形状 (mm) |      |     | せん断<br>補強筋<br>(mm) | 発生<br>せん断力<br>(kN) | 短期許容<br>せん断力<br>(kN) | 照査値  |
|-----------|-----------|----------|------|----|-----------|------|-----|--------------------|--------------------|----------------------|------|
|           |           |          |      |    | 部材幅       | 部材高  | 有効高 |                    |                    |                      |      |
| ①         | Ss-11     | H+<br>V+ | 底版   | 8  | 1000      | 1000 | 750 | D16                | 170                | 890                  | 0.20 |
|           |           |          | 側壁   | 4  | 1000      | 800  | 680 | D16                | -279               | 807                  | 0.35 |
|           |           |          | 隔壁   | 6  | 1000      | 800  | 680 | D16                | 199                | 807                  | 0.25 |
|           |           |          | 頂版   | 11 | 1000      | 500  | 380 | D16                | 73                 | 451                  | 0.17 |
| ①         | Ss-12     | H+<br>V+ | 底版   | 10 | 1000      | 1000 | 750 | D16                | 169                | 890                  | 0.19 |
|           |           |          | 側壁   | 4  | 1000      | 800  | 680 | D16                | -310               | 807                  | 0.39 |
|           |           |          | 隔壁   | 6  | 1000      | 800  | 680 | D16                | -209               | 807                  | 0.26 |
|           |           |          | 頂版   | 11 | 1000      | 500  | 380 | D16                | 76                 | 451                  | 0.17 |

\*1 評価位置は下図に示す。

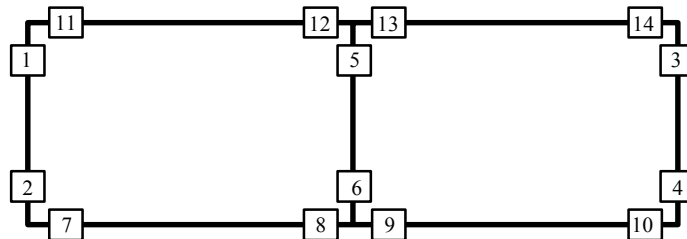




表 18.4-9 (4) せん断力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相       | 評価位置 |    | 断面形状 (mm) |      |     | せん断<br>補強筋<br>(mm) | 発生<br>せん断力<br>(kN) | 短期許容<br>せん断力<br>(kN) | 照査値  |
|-----------|-----------|----------|------|----|-----------|------|-----|--------------------|--------------------|----------------------|------|
|           |           |          |      |    | 部材幅       | 部材高  | 有効高 |                    |                    |                      |      |
| ①         | Ss-13     | H+<br>V+ | 底版   | 9  | 1000      | 1000 | 750 | D16                | -165               | 890                  | 0.19 |
|           |           |          | 側壁   | 4  | 1000      | 800  | 680 | D16                | -321               | 807                  | 0.40 |
|           |           |          | 隔壁   | 6  | 1000      | 800  | 680 | D16                | -217               | 807                  | 0.27 |
|           |           |          | 頂版   | 11 | 1000      | 500  | 380 | D16                | 78                 | 451                  | 0.18 |
| ①         | Ss-14     | H+<br>V+ | 底版   | 10 | 1000      | 1000 | 880 | D16                | -164               | 1045                 | 0.16 |
|           |           |          | 側壁   | 4  | 1000      | 800  | 680 | D16                | -259               | 807                  | 0.33 |
|           |           |          | 隔壁   | 6  | 1000      | 800  | 680 | D16                | -172               | 807                  | 0.22 |
|           |           |          | 頂版   | 11 | 1000      | 500  | 380 | D16                | 70                 | 451                  | 0.16 |

\*1 評価位置は下図に示す。

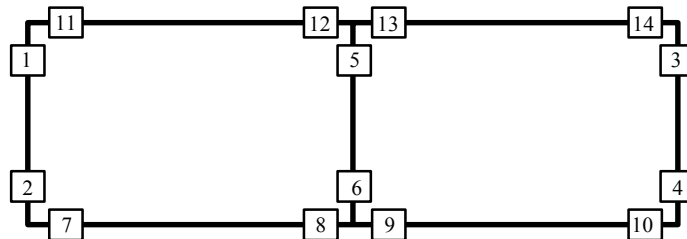




表 18.4-9 (5) せん断力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相       | 評価位置 |    | 断面形状 (mm) |      |     | せん断<br>補強筋<br>(mm) | 発生<br>せん断力<br>(kN) | 短期許容<br>せん断力<br>(kN) | 照査値  |
|-----------|-----------|----------|------|----|-----------|------|-----|--------------------|--------------------|----------------------|------|
|           |           |          |      |    | 部材幅       | 部材高  | 有効高 |                    |                    |                      |      |
| ①         | Ss-21     | H+<br>V+ | 底版   | 10 | 1000      | 1000 | 880 | D16                | -211               | 1045                 | 0.21 |
|           |           |          | 側壁   | 4  | 1000      | 800  | 680 | D16                | -293               | 807                  | 0.37 |
|           |           |          | 隔壁   | 6  | 1000      | 800  | 680 | D16                | -199               | 807                  | 0.25 |
|           |           |          | 頂版   | 11 | 1000      | 500  | 380 | D16                | 72                 | 451                  | 0.16 |
| ①         | Ss-22     | H+<br>V+ | 底版   | 10 | 1000      | 1000 | 750 | D16                | 220                | 890                  | 0.25 |
|           |           |          | 側壁   | 4  | 1000      | 800  | 680 | D16                | -326               | 807                  | 0.41 |
|           |           |          | 隔壁   | 6  | 1000      | 800  | 680 | D16                | -240               | 807                  | 0.30 |
|           |           |          | 頂版   | 13 | 1000      | 500  | 380 | D16                | 79                 | 451                  | 0.18 |

\*1 評価位置は下図に示す。

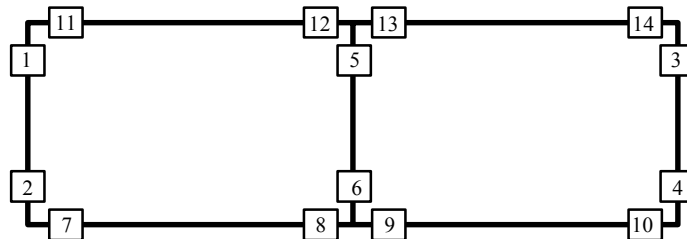




表 18.4-9 (6) せん断力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相       | 評価位置 |    | 断面形状 (mm) |      |     | せん断<br>補強筋<br>(mm) | 発生<br>せん断力<br>(kN) | 短期許容<br>せん断力<br>(kN) | 照査値  |
|-----------|-----------|----------|------|----|-----------|------|-----|--------------------|--------------------|----------------------|------|
|           |           |          |      |    | 部材幅       | 部材高  | 有効高 |                    |                    |                      |      |
| ①         | Ss-31     | H+<br>V+ | 底版   | 9  | 1000      | 1000 | 750 | D16                | -299               | 890                  | 0.34 |
|           |           |          | 側壁   | 4  | 1000      | 800  | 680 | D16                | 366                | 807                  | 0.46 |
|           |           |          | 隔壁   | 6  | 1000      | 800  | 680 | D16                | 318                | 807                  | 0.40 |
|           |           |          | 頂版   | 12 | 1000      | 500  | 380 | D16                | -84                | 451                  | 0.19 |
| ①         | Ss-31     | H-<br>V+ | 底版   | 9  | 1000      | 1000 | 880 | D16                | 300                | 1045                 | 0.29 |
|           |           |          | 側壁   | 4  | 1000      | 800  | 680 | D16                | -426               | 807                  | 0.53 |
|           |           |          | 隔壁   | 6  | 1000      | 800  | 680 | D16                | -331               | 807                  | 0.42 |
|           |           |          | 頂版   | 11 | 1000      | 500  | 380 | D16                | 90                 | 451                  | 0.20 |

\*1 評価位置は下図に示す。

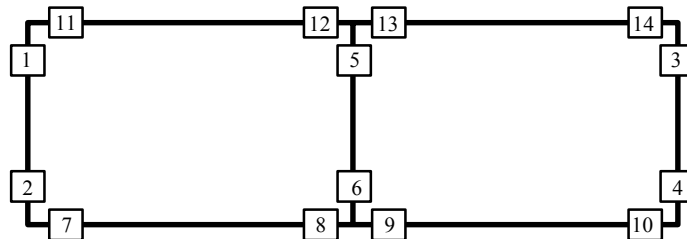




表 18.4-9 (7) せん断力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相       | 評価位置 |    | 断面形状 (mm) |      |     | せん断<br>補強筋<br>(mm) | 発生<br>せん断力<br>(kN) | 短期許容<br>せん断力<br>(kN) | 照査値  |
|-----------|-----------|----------|------|----|-----------|------|-----|--------------------|--------------------|----------------------|------|
|           |           |          |      |    | 部材幅       | 部材高  | 有効高 |                    |                    |                      |      |
| ②         | Ss-D1     | H+<br>V- | 底版   | 10 | 1000      | 1000 | 750 | D16                | 343                | 890                  | 0.39 |
|           |           |          | 側壁   | 4  | 1000      | 800  | 680 | D16                | -460               | 807                  | 0.58 |
|           |           |          | 隔壁   | 6  | 1000      | 800  | 680 | D16                | -333               | 807                  | 0.42 |
|           |           |          | 頂版   | 11 | 1000      | 500  | 380 | D16                | 95                 | 451                  | 0.22 |
| ③         | Ss-D1     | H+<br>V- | 底版   | 10 | 1000      | 1000 | 750 | D16                | 341                | 890                  | 0.39 |
|           |           |          | 側壁   | 4  | 1000      | 800  | 680 | D16                | -478               | 807                  | 0.60 |
|           |           |          | 隔壁   | 6  | 1000      | 800  | 680 | D16                | -341               | 807                  | 0.43 |
|           |           |          | 頂版   | 11 | 1000      | 500  | 380 | D16                | 97                 | 451                  | 0.22 |

\*1 評価位置は下図に示す。

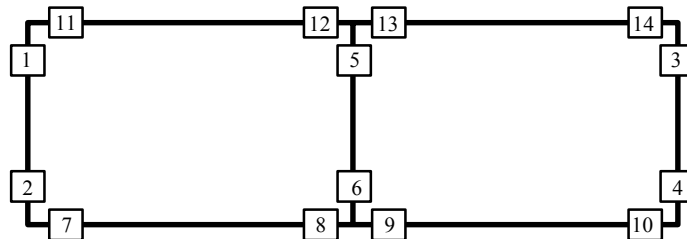




表 18.4-9 (8) せん断力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相       | 評価位置 |    | 断面形状(mm) |      |     | せん断<br>補強筋<br>(mm) | 発生<br>せん断力<br>(kN) | 短期許容<br>せん断力<br>(kN) | 照査値  |
|-----------|-----------|----------|------|----|----------|------|-----|--------------------|--------------------|----------------------|------|
|           |           |          |      |    | 部材幅      | 部材高  | 有効高 |                    |                    |                      |      |
| ④         | Ss-D1     | H+<br>V- | 底版   | 7  | 1000     | 1000 | 750 | D16                | -377               | 890                  | 0.43 |
|           |           |          | 側壁   | 4  | 1000     | 800  | 680 | D16                | -472               | 807                  | 0.59 |
|           |           |          | 隔壁   | 6  | 1000     | 800  | 680 | D16                | 349                | 807                  | 0.44 |
|           |           |          | 頂版   | 12 | 1000     | 500  | 380 | D16                | -110               | 451                  | 0.25 |
| ⑤         | Ss-D1     | H+<br>V- | 底版   | 10 | 1000     | 1000 | 750 | D16                | 266                | 890                  | 0.30 |
|           |           |          | 側壁   | 4  | 1000     | 800  | 680 | D16                | -405               | 807                  | 0.51 |
|           |           |          | 隔壁   | 6  | 1000     | 800  | 680 | D16                | -311               | 807                  | 0.39 |
|           |           |          | 頂版   | 11 | 1000     | 500  | 380 | D16                | 85                 | 451                  | 0.19 |

\*1 評価位置は下図に示す。

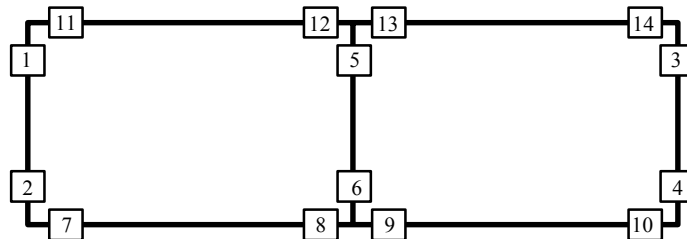
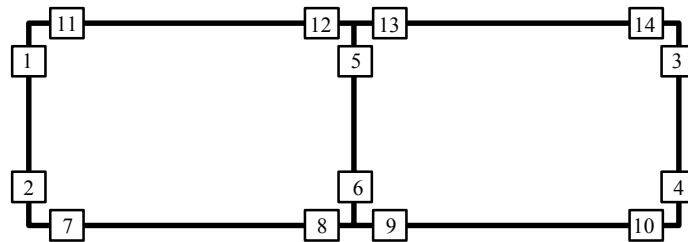




表 18.4-9 (9) せん断力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相       | 評価位置 |    | 断面形状 (mm) |      |     | せん断<br>補強筋<br>(mm) | 発生<br>せん断力<br>(kN) | 短期許容<br>せん断力<br>(kN) | 照査値  |
|-----------|-----------|----------|------|----|-----------|------|-----|--------------------|--------------------|----------------------|------|
|           |           |          |      |    | 部材幅       | 部材高  | 有効高 |                    |                    |                      |      |
| ⑥         | Ss-D1     | H+<br>V- | 底版   | 10 | 1000      | 1000 | 750 | D16                | 265                | 890                  | 0.30 |
|           |           |          | 側壁   | 4  | 1000      | 800  | 680 | D16                | -399               | 807                  | 0.50 |
|           |           |          | 隔壁   | 6  | 1000      | 800  | 680 | D16                | -308               | 807                  | 0.39 |
|           |           |          | 頂版   | 11 | 1000      | 500  | 380 | D16                | 84                 | 451                  | 0.19 |

\*1 評価位置は下図に示す。





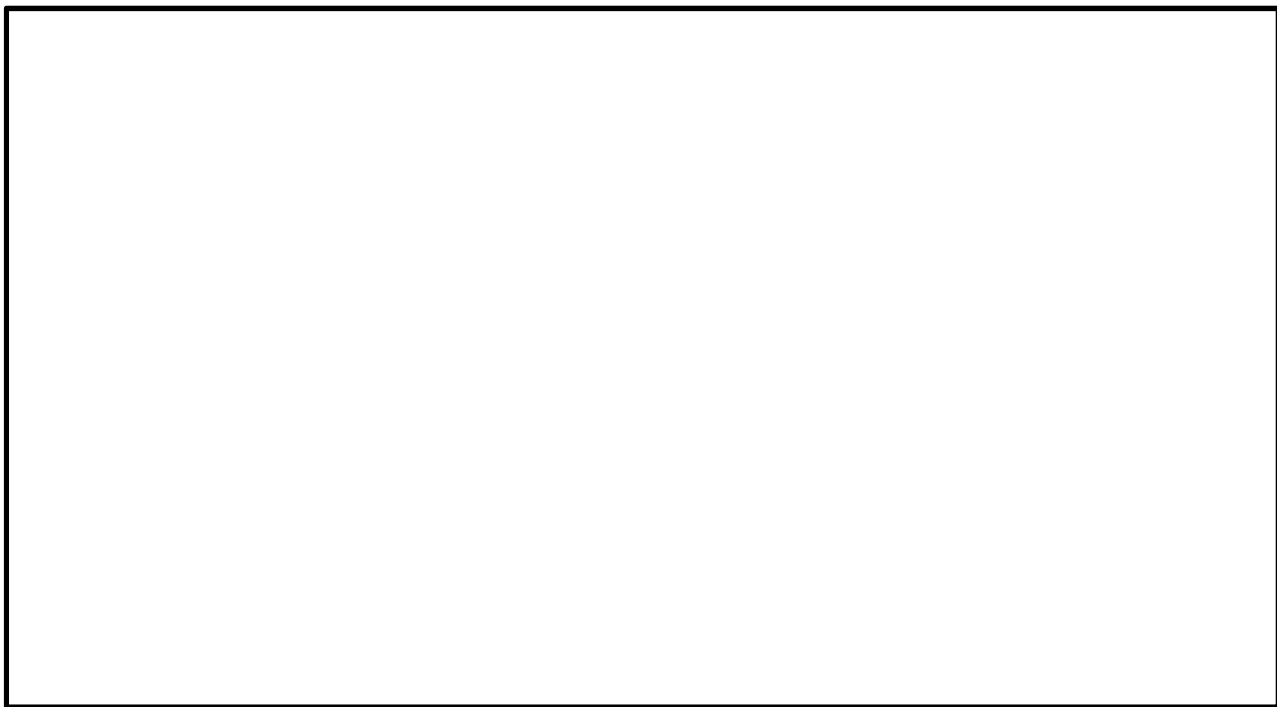


图 18.4—11 概略配筋图

表 18.4-10 断面諸元一覧表（せん断力に対する評価）

|  |  |
|--|--|
| 表 20-1-2 外國語元 元音 (已標明發音方法) 的許圖   |  |
|  |  |



(3) 鋼管杭の曲げ軸力に対する評価結果

表 18.4-11 に鋼管杭の曲げ軸力に対する照査結果を示す。

鋼管杭における許容応力度法による照査を行った結果、評価位置において発生応力が短期許容応力度以下であることを確認した。なお、発生応力は各地震動、各部材において最大となる値を示している。

以上より、鋼管杭の発生応力は、許容限界以下であることを確認した。

表 18.4-11 (1) 鋼管杭の曲げ軸力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相       | 評価<br>位置 | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 発生<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値  |
|-----------|-----------|----------|----------|-----------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|------|
| ①         | Ss-D1     | H+<br>V+ | 左        | -2534                 | 3743       | 125.4                             | 277.5                               | 0.46 |
|           |           |          | 中        | -2828                 | 888        | 111.9                             | 277.5                               | 0.41 |
|           |           |          | 右        | -2313                 | 3265       | 113.1                             | 277.5                               | 0.41 |
| ①         | Ss-D1     | H+<br>V- | 左        | -2604                 | 3787       | 128.3                             | 277.5                               | 0.47 |
|           |           |          | 中        | -2936                 | 872        | 115.7                             | 277.5                               | 0.42 |
|           |           |          | 右        | -2349                 | 3428       | 115.8                             | 277.5                               | 0.42 |

\*1 評価位置は下図に示す。

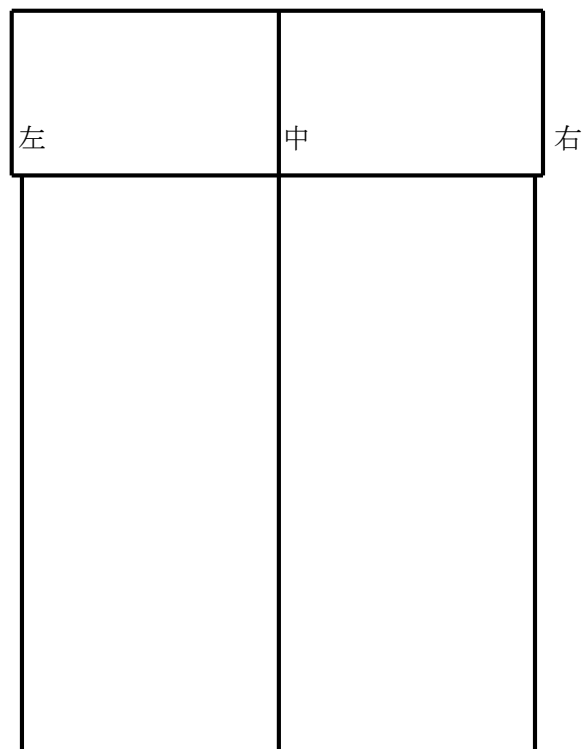




表 18.4-11 (2) 鋼管杭の曲げ軸力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相       | 評価<br>位置 | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 発生<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値  |
|-----------|-----------|----------|----------|-----------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|------|
| ①         | Ss-D1     | H－<br>V＋ | 左        | 2280                  | 3586       | 114.6                             | 277.5                               | 0.42 |
|           |           |          | 中        | -2502                 | 1143       | 102.0                             | 277.5                               | 0.37 |
|           |           |          | 右        | -2406                 | 3021       | 114.5                             | 277.5                               | 0.42 |
| ①         | Ss-D1     | H－<br>V－ | 左        | 2224                  | 4119       | 117.1                             | 277.5                               | 0.43 |
|           |           |          | 中        | 2687                  | 141        | 100.3                             | 277.5                               | 0.37 |
|           |           |          | 右        | -2605                 | 3575       | 126.5                             | 277.5                               | 0.46 |

\*1 評価位置は下図に示す。

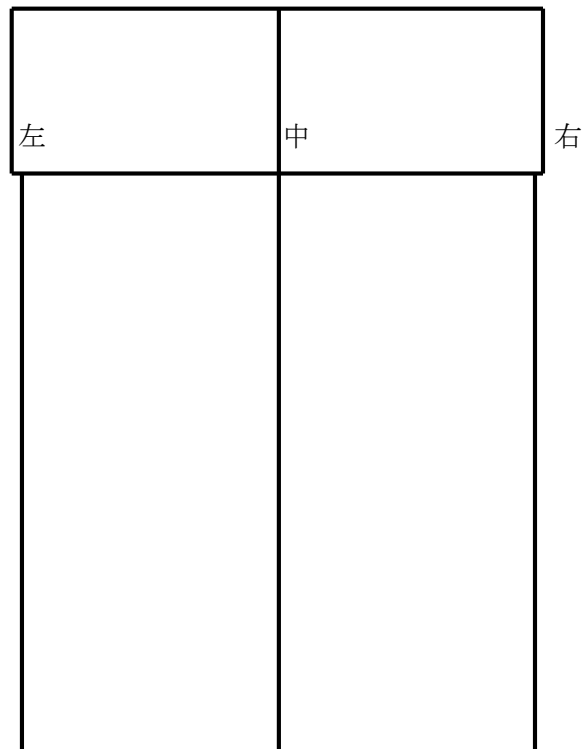




表 18.4-11 (3) 鋼管杭の曲げ軸力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相       | 評価<br>位置 | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 発生<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値  |
|-----------|-----------|----------|----------|-----------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|------|
| ①         | Ss-11     | H+<br>V+ | 左        | 1083                  | 2351       | 60.0                              | 277.5                               | 0.22 |
|           |           |          | 中        | -1036                 | 319        | 41.0                              | 277.5                               | 0.15 |
|           |           |          | 右        | -990                  | -1336      | -47.9                             | -277.5                              | 0.18 |
| ①         | Ss-12     | H+<br>V+ | 左        | 1274                  | 3111       | 73.5                              | 277.5                               | 0.27 |
|           |           |          | 中        | -1185                 | 429        | 47.4                              | 277.5                               | 0.18 |
|           |           |          | 右        | -1477                 | 2577       | 76.4                              | 277.5                               | 0.28 |

\*1 評価位置は下図に示す。

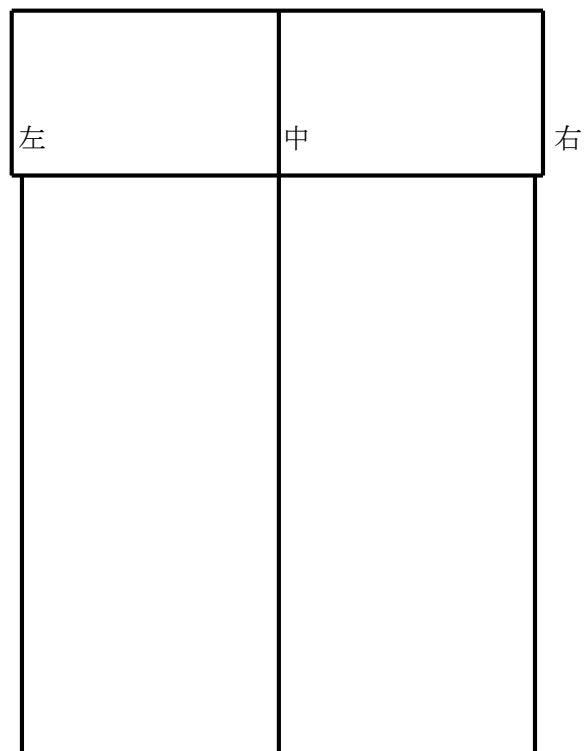




表 18.4-11 (4) 鋼管杭の曲げ軸力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相       | 評価<br>位置 | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 発生<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値  |
|-----------|-----------|----------|----------|-----------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|------|
| ①         | Ss-13     | H+<br>V+ | 左        | 1083                  | 2763       | 63.5                              | 277.5                               | 0.23 |
|           |           |          | 中        | -991                  | 300        | 39.1                              | 277.5                               | 0.15 |
|           |           |          | 右        | -1432                 | 2426       | 73.5                              | 277.5                               | 0.27 |
| ①         | Ss-14     | H+<br>V+ | 左        | 826                   | 1884       | 46.5                              | 277.5                               | 0.17 |
|           |           |          | 中        | 560                   | 1108       | 30.1                              | 277.5                               | 0.11 |
|           |           |          | 右        | -1156                 | 1793       | 57.9                              | 277.5                               | 0.21 |

\*1 評価位置は下図に示す。

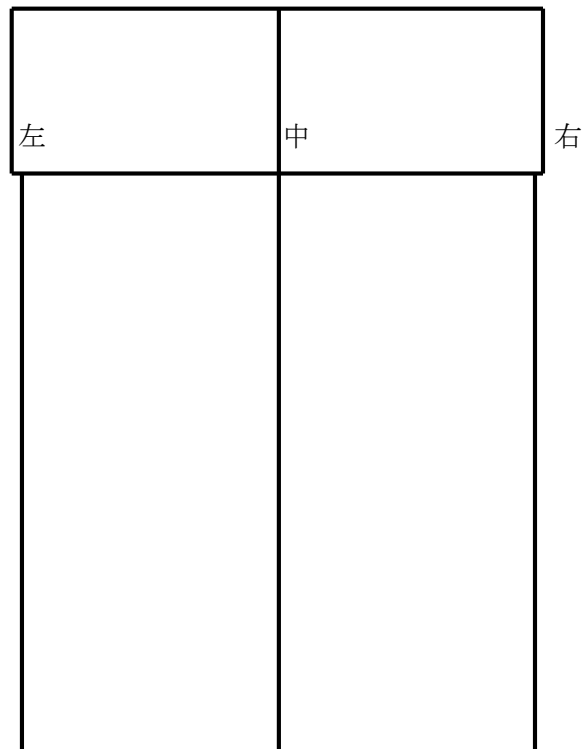




表 18.4-11 (5) 鋼管杭の曲げ軸力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相       | 評価<br>位置 | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 発生<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値  |
|-----------|-----------|----------|----------|-----------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|------|
| ①         | Ss-21     | H+<br>V+ | 左        | 911                   | 1796       | 48.9                              | 277.5                               | 0.18 |
|           |           |          | 中        | -986                  | 424        | 40.0                              | 277.5                               | 0.15 |
|           |           |          | 右        | -1180                 | 2036       | 60.9                              | 277.5                               | 0.22 |
| ①         | Ss-22     | H+<br>V+ | 左        | 1515                  | 3382       | 84.7                              | 277.5                               | 0.31 |
|           |           |          | 中        | -1555                 | 675        | 63.1                              | 277.5                               | 0.23 |
|           |           |          | 右        | 1349                  | -1347      | -61.2                             | -277.5                              | 0.23 |

\*1 評価位置は下図に示す。

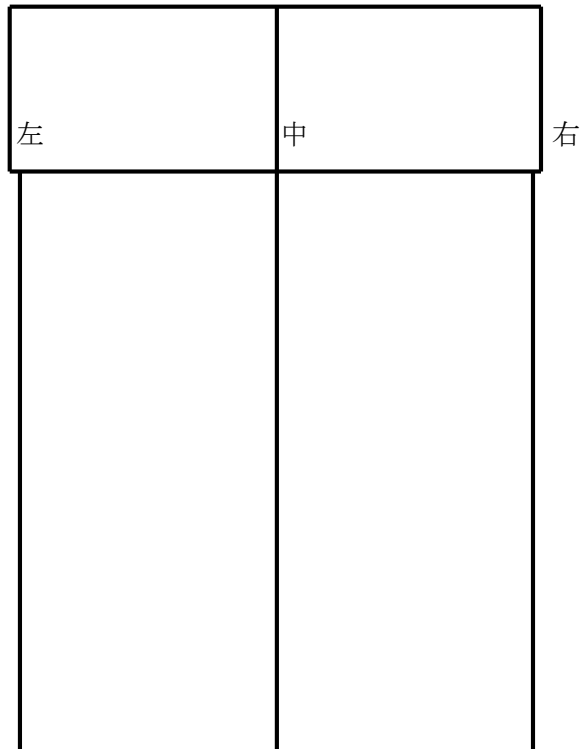




表 18.4-11 (6) 鋼管杭の曲げ軸力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相       | 評価<br>位置 | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 発生<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値  |
|-----------|-----------|----------|----------|-----------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|------|
| ①         | Ss-31     | H+<br>V+ | 左        | 2199                  | 2673       | 103.9                             | 277.5                               | 0.38 |
|           |           |          | 中        | -2032                 | 1040       | 83.8                              | 277.5                               | 0.31 |
|           |           |          | 右        | -2336                 | 1933       | 102.6                             | 277.5                               | 0.37 |
| ①         | Ss-31     | H-<br>V+ | 左        | 2444                  | 2010       | 107.3                             | 277.5                               | 0.39 |
|           |           |          | 中        | -2163                 | 1141       | 89.5                              | 277.5                               | 0.33 |
|           |           |          | 右        | -2294                 | 2246       | 103.8                             | 277.5                               | 0.38 |

\*1 評価位置は下図に示す。

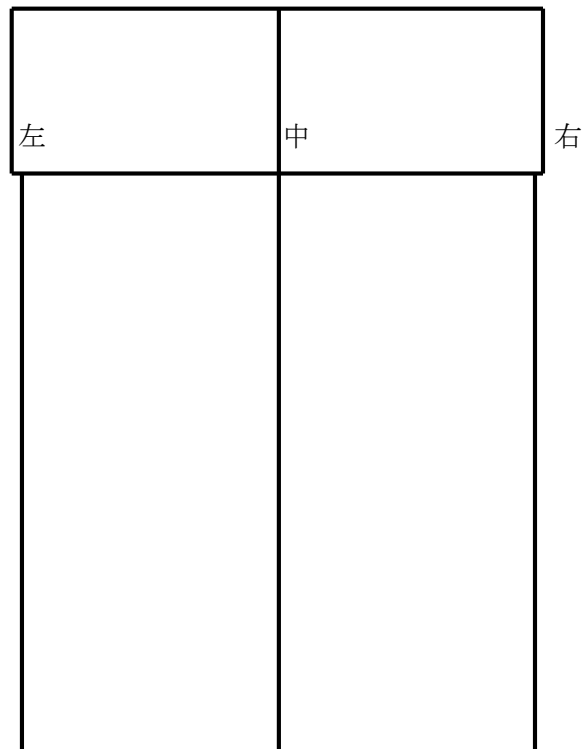




表 18.4-11 (7) 鋼管杭の曲げ軸力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相       | 評価<br>位置 | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 発生<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値  |
|-----------|-----------|----------|----------|-----------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|------|
| ②         | Ss-D1     | H+<br>V- | 左        | 2426                  | 4311       | 126.2                             | 277.5                               | 0.46 |
|           |           |          | 中        | -2808                 | 1000       | 112.1                             | 277.5                               | 0.41 |
|           |           |          | 右        | -2282                 | 3562       | 114.5                             | 277.5                               | 0.42 |
| ③         | Ss-D1     | H+<br>V- | 左        | -2735                 | 3541       | 131.0                             | 277.5                               | 0.48 |
|           |           |          | 中        | -3034                 | 821        | 118.9                             | 277.5                               | 0.43 |
|           |           |          | 右        | -2425                 | 3405       | 118.5                             | 277.5                               | 0.43 |

\*1 評価位置は下図に示す。

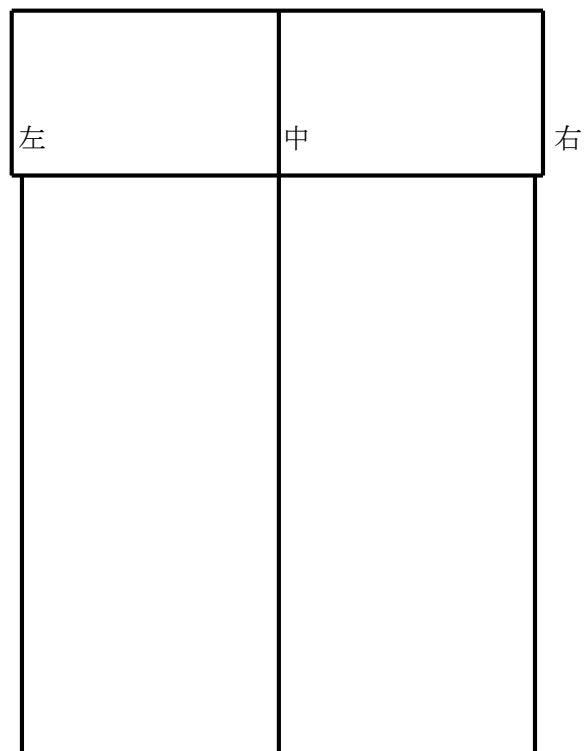




表 18.4-11 (8) 鋼管杭の曲げ軸力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相       | 評価<br>位置 | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 発生<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値  |
|-----------|-----------|----------|----------|-----------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|------|
| ④         | Ss-D1     | H+<br>V- | 左        | -3562                 | -2606      | -153.6                            | -277.5                              | 0.56 |
|           |           |          | 中        | -3563                 | 1651       | 145.5                             | 277.5                               | 0.53 |
|           |           |          | 右        | -4091                 | 6384       | 205.2                             | 277.5                               | 0.74 |
| ⑤         | Ss-D1     | H+<br>V- | 左        | -2251                 | 1722       | 97.7                              | 277.5                               | 0.36 |
|           |           |          | 中        | -2411                 | 481        | 93.0                              | 277.5                               | 0.34 |
|           |           |          | 右        | -2357                 | -494       | -91.2                             | -277.5                              | 0.33 |

\*1 評価位置は下図に示す。

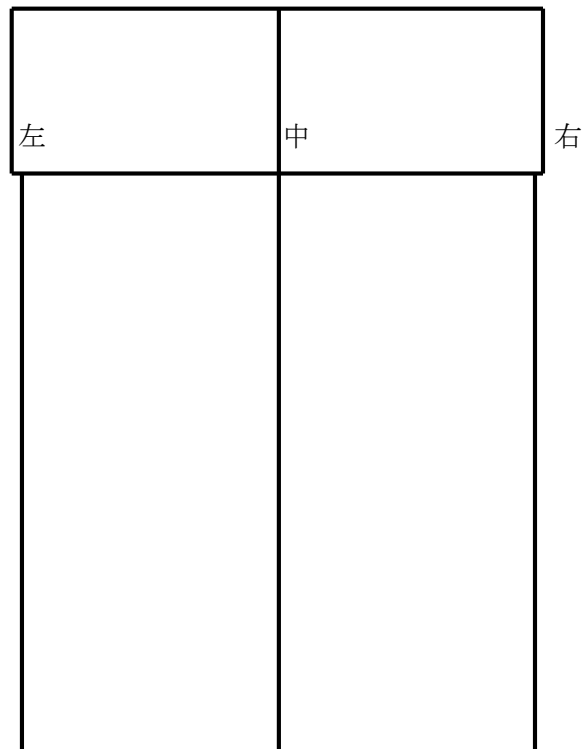
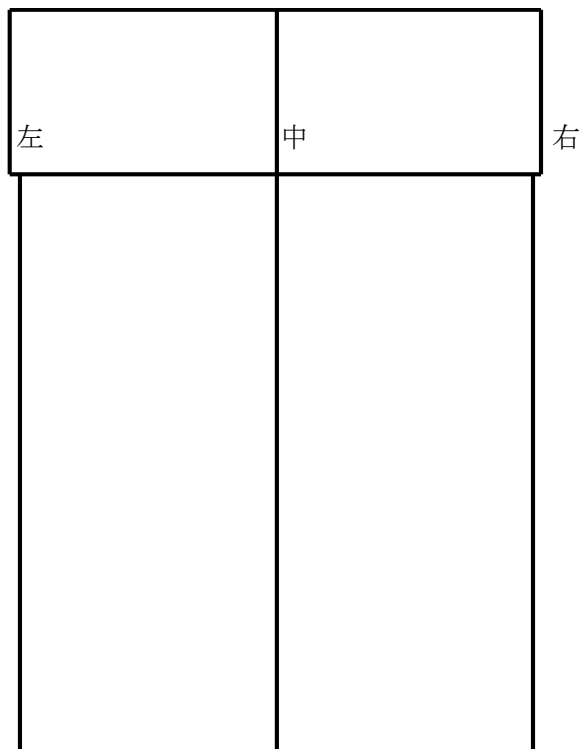




表 18.4-11 (9) 鋼管杭の曲げ軸力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相       | 評価<br>位置 | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m) | 軸力<br>(kN) | 発生<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値  |
|-----------|-----------|----------|----------|-----------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|------|
| ⑥         | Ss-D1     | H+<br>V- | 左        | -2002                 | 1773       | 89.0                              | 277.5                               | 0.33 |
|           |           |          | 中        | -2160                 | 525        | 84.1                              | 277.5                               | 0.31 |
|           |           |          | 右        | -2098                 | -451       | -81.2                             | -277.5                              | 0.30 |

\*1 評価位置は下図に示す。





(4) 鋼管杭のせん断力に対する評価結果

表 18.4-12 に鋼管杭のせん断力に対する照査結果を示す。

鋼管杭における許容応力度法による照査を行った結果、評価位置においてせん断応力度が許容せん断応力度以下であることを確認した。なお、発生応力は各地震動、各部材において最大となる値を示している。

以上より、鋼管杭の発生応力は、許容限界以下であることを確認した。

表 18.4-12 (1) 鋼管杭のせん断力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相     | 評価<br>位置 | 発生<br>せん断力<br>(kN) | せん断<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値  |
|-----------|-----------|--------|----------|--------------------|------------------------------------|-------------------------------------|------|
| ①         | Ss-D1     | H+, V+ | 左        | 1014               | 17.26                              | 157.5                               | 0.11 |
|           |           |        | 中        | 1033               | 17.58                              | 157.5                               | 0.12 |
|           |           |        | 右        | 1028               | 17.50                              | 157.5                               | 0.12 |
| ①         | Ss-D1     | H+, V- | 左        | 976                | 16.61                              | 157.5                               | 0.11 |
|           |           |        | 中        | 1076               | 18.31                              | 157.5                               | 0.12 |
|           |           |        | 右        | 1001               | 17.04                              | 157.5                               | 0.11 |

\*1 評価位置は下図に示す。

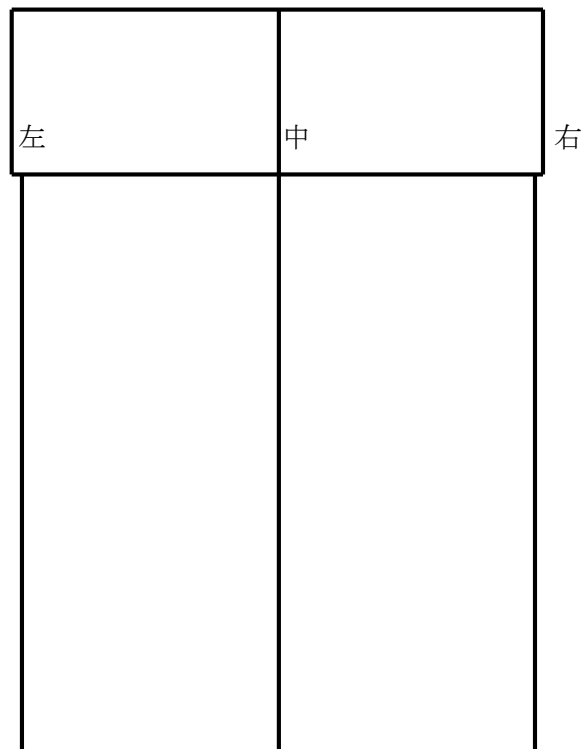




表 18.4-12 (2) 鋼管杭のせん断力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相     | 評価<br>位置 | 発生<br>せん断力<br>(kN) | せん断<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値  |
|-----------|-----------|--------|----------|--------------------|------------------------------------|-------------------------------------|------|
| ①         | Ss-D1     | H-, V+ | 左        | -1001              | -17.04                             | 157.5                               | 0.11 |
|           |           |        | 中        | -939               | -15.98                             | 157.5                               | 0.11 |
|           |           |        | 右        | -889               | -15.13                             | 157.5                               | 0.10 |
| ①         | Ss-D1     | H-, V- | 左        | -1005              | -17.11                             | 157.5                               | 0.11 |
|           |           |        | 中        | -985               | -16.76                             | 157.5                               | 0.11 |
|           |           |        | 右        | 867                | 14.75                              | 157.5                               | 0.10 |

\*1 評価位置は下図に示す。

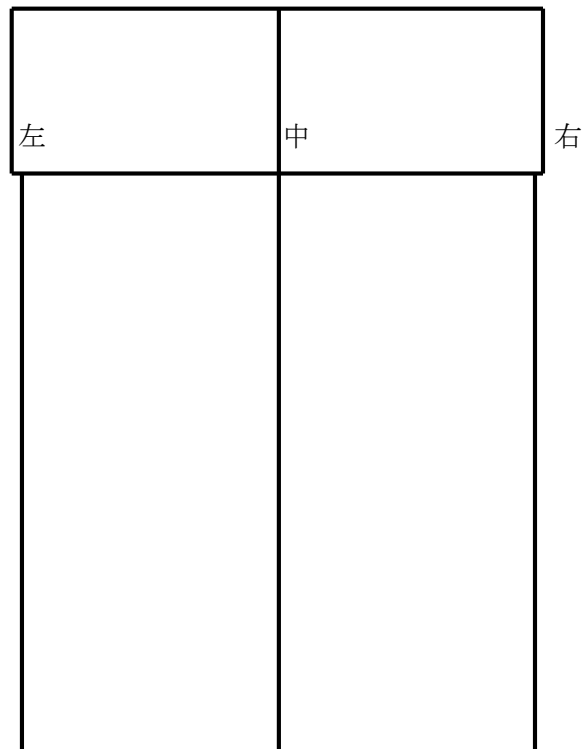




表 18.4-12 (3) 鋼管杭のせん断力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相     | 評価<br>位置 | 発生<br>せん断力<br>(kN) | せん断<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値  |
|-----------|-----------|--------|----------|--------------------|------------------------------------|-------------------------------------|------|
| ①         | Ss-11     | H+, V+ | 左        | -354               | -6.03                              | 157.5                               | 0.04 |
|           |           |        | 中        | 393                | 6.69                               | 157.5                               | 0.05 |
|           |           |        | 右        | -389               | -6.62                              | 157.5                               | 0.05 |
| ①         | Ss-12     | H+, V+ | 左        | -437               | -7.43                              | 157.5                               | 0.05 |
|           |           |        | 中        | 449                | 7.63                               | 157.5                               | 0.05 |
|           |           |        | 右        | 572                | 9.74                               | 157.5                               | 0.07 |

\*1 評価位置は下図に示す。

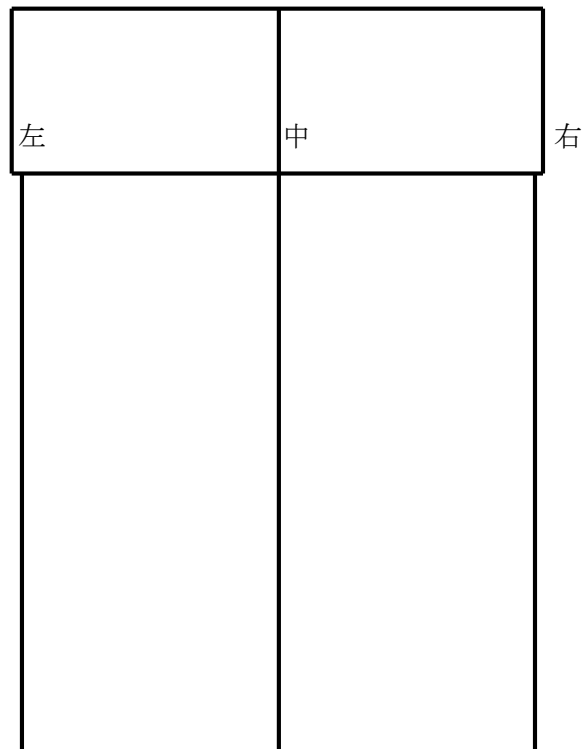




表 18.4-12 (4) 鋼管杭のせん断力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相     | 評価<br>位置 | 発生<br>せん断力<br>(kN) | せん断<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値  |
|-----------|-----------|--------|----------|--------------------|------------------------------------|-------------------------------------|------|
| ①         | Ss-13     | H+, V+ | 左        | -411               | -6.99                              | 157.5                               | 0.05 |
|           |           |        | 中        | 377                | 6.41                               | 157.5                               | 0.05 |
|           |           |        | 右        | 544                | 9.25                               | 157.5                               | 0.06 |
| ①         | Ss-14     | H+, V+ | 左        | -323               | -5.50                              | 157.5                               | 0.04 |
|           |           |        | 中        | 248                | 4.22                               | 157.5                               | 0.03 |
|           |           |        | 右        | 453                | 7.70                               | 157.5                               | 0.05 |

\*1 評価位置は下図に示す。

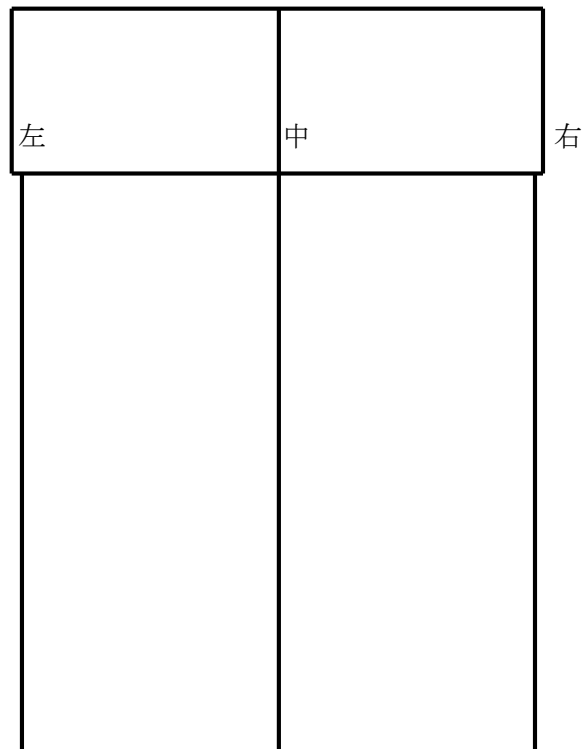




表 18.4-12 (5) 鋼管杭のせん断力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相     | 評価<br>位置 | 発生<br>せん断力<br>(kN) | せん断<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値  |
|-----------|-----------|--------|----------|--------------------|------------------------------------|-------------------------------------|------|
| ①         | Ss-21     | H+, V+ | 左        | -317               | -5.39                              | 157.5                               | 0.04 |
|           |           |        | 中        | 376                | 6.40                               | 157.5                               | 0.05 |
|           |           |        | 右        | 446                | 7.59                               | 157.5                               | 0.05 |
| ①         | Ss-22     | H+, V+ | 左        | -510               | -8.68                              | 157.5                               | 0.06 |
|           |           |        | 中        | 586                | 9.97                               | 157.5                               | 0.07 |
|           |           |        | 右        | -504               | -8.57                              | 157.5                               | 0.06 |

\*1 評価位置は下図に示す。

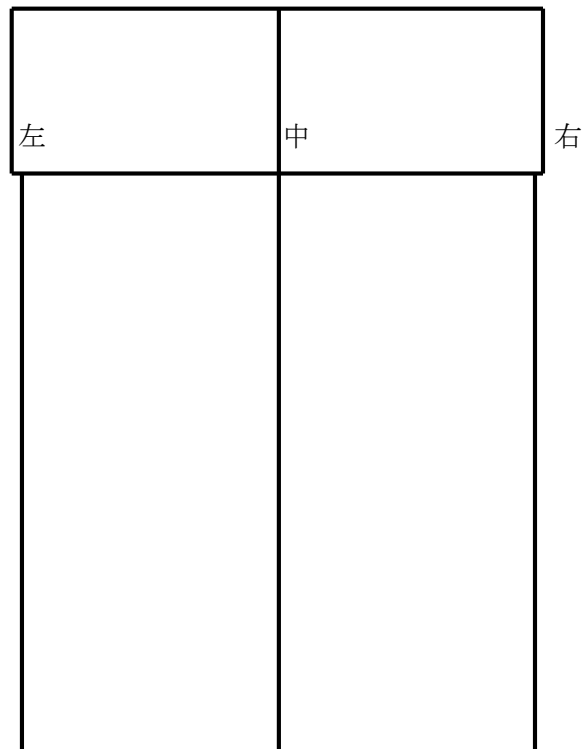




表 18.4-12 (6) 鋼管杭のせん断力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相     | 評価<br>位置 | 発生<br>せん断力<br>(kN) | せん断<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値  |
|-----------|-----------|--------|----------|--------------------|------------------------------------|-------------------------------------|------|
| ①         | Ss-31     | H+, V+ | 左        | 813                | 13.83                              | 157.5                               | 0.09 |
|           |           |        | 中        | -841               | -14.31                             | 157.5                               | 0.10 |
|           |           |        | 右        | 785                | 13.36                              | 157.5                               | 0.09 |
| ①         | Ss-31     | H-, V+ | 左        | -827               | -14.07                             | 157.5                               | 0.09 |
|           |           |        | 中        | 815                | 13.86                              | 157.5                               | 0.09 |
|           |           |        | 右        | 760                | 12.93                              | 157.5                               | 0.09 |

\*1 評価位置は下図に示す。

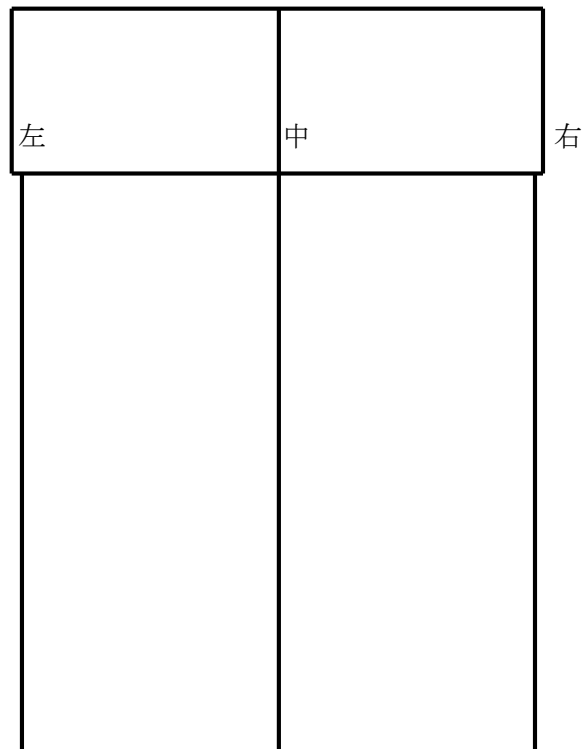




表 18.4-12 (7) 鋼管杭のせん断力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相     | 評価<br>位置 | 発生<br>せん断力<br>(kN) | せん断<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値  |
|-----------|-----------|--------|----------|--------------------|------------------------------------|-------------------------------------|------|
| ②         | Ss-D1     | H+, V- | 左        | 913                | 15.53                              | 157.5                               | 0.10 |
|           |           |        | 中        | 1033               | 17.58                              | 157.5                               | 0.12 |
|           |           |        | 右        | 931                | 15.85                              | 157.5                               | 0.11 |
| ③         | Ss-D1     | H+, V- | 左        | 1045               | 17.79                              | 157.5                               | 0.12 |
|           |           |        | 中        | 1113               | 18.94                              | 157.5                               | 0.13 |
|           |           |        | 右        | 1071               | 18.22                              | 157.5                               | 0.12 |

\*1 評価位置は下図に示す。

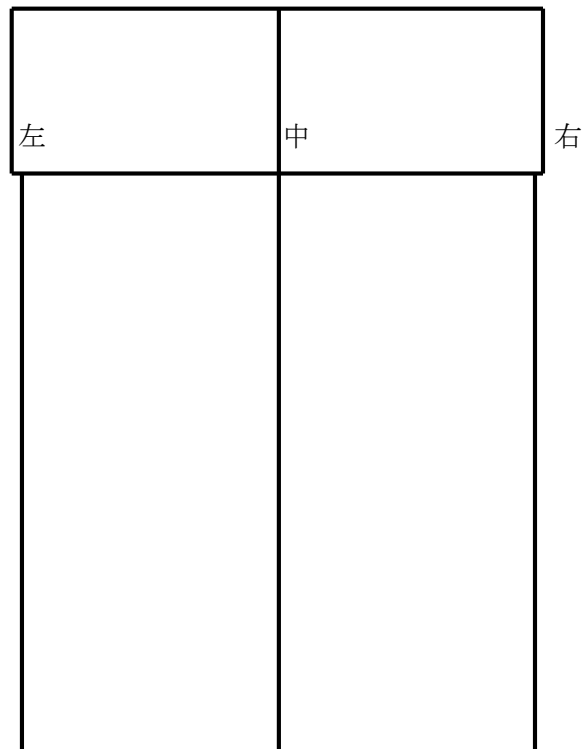




表 18.4-12 (8) 鋼管杭のせん断力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相     | 評価<br>位置 | 発生<br>せん断力<br>(kN) | せん断<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値  |
|-----------|-----------|--------|----------|--------------------|------------------------------------|-------------------------------------|------|
| ④         | Ss-D1     | H+, V- | 左        | -2236              | -38.06                             | 157.5                               | 0.25 |
|           |           |        | 中        | -2012              | -34.24                             | 157.5                               | 0.22 |
|           |           |        | 右        | -2234              | -38.01                             | 157.5                               | 0.25 |
| ⑤         | Ss-D1     | H+, V- | 左        | 825                | 14.04                              | 157.5                               | 0.09 |
|           |           |        | 中        | 888                | 15.11                              | 157.5                               | 0.10 |
|           |           |        | 右        | 856                | 14.57                              | 157.5                               | 0.10 |

\*1 評価位置は下図に示す。

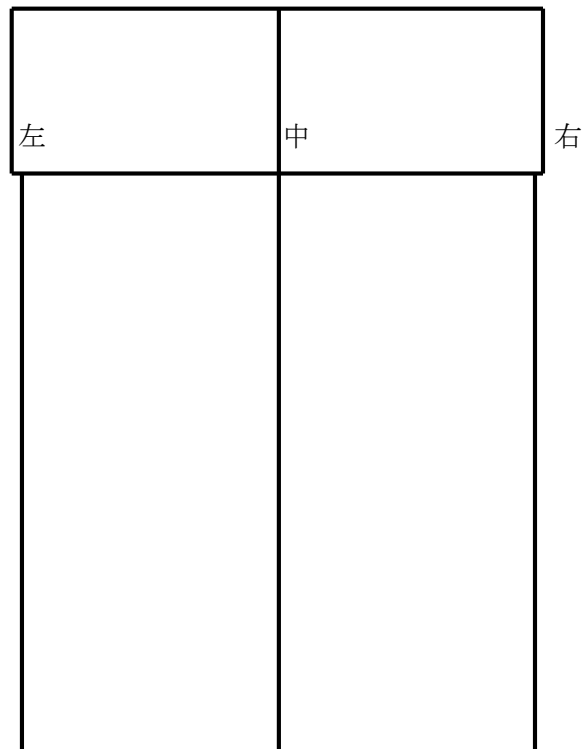
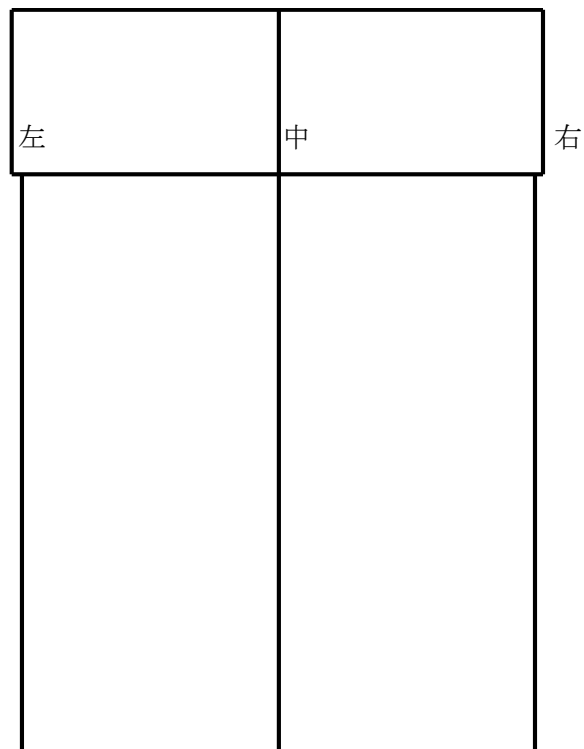




表 18.4-12 (9) 鋼管杭のせん断力に対する照査結果

| 検討<br>ケース | 基準<br>地震動 | 位相     | 評価<br>位置 | 発生<br>せん断力<br>(kN) | せん断<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値  |
|-----------|-----------|--------|----------|--------------------|------------------------------------|-------------------------------------|------|
| ⑥         | Ss-D1     | H+, V- | 左        | 733                | 12.47                              | 157.5                               | 0.08 |
|           |           |        | 中        | 798                | 13.57                              | 157.5                               | 0.09 |
|           |           |        | 右        | 764                | 13.00                              | 157.5                               | 0.09 |

\*1 評価位置は下図に示す。





(5) 基礎地盤の支持性能に対する評価結果

表 18.4-13 に杭基礎の支持性能評価結果を示す。

鋼管杭における最大接地圧は、検討ケース④  $S_s-D1$  (H+, V-) で 1892 kN であり、鋼管杭の極限支持力 13273 kN 以下である。

以上のことから、可搬型設備用軽油タンク基礎の杭基礎は、基準地震動  $S_s$  に対し、支持性能を有する。

表 18.4-13 基礎地盤の支持性能評価結果 (迫而)

| 検討ケース               | 基準地震動    | 位相     | 最大接地圧<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 極限<br>支持力<br>(kN/m <sup>2</sup> ) |
|---------------------|----------|--------|-------------------------------|-----------------------------------|
| 平均 $V_s$            | $S_s-D1$ | H+, V+ |                               | 13273                             |
|                     | $S_s-D1$ | H+, V- |                               | 13273                             |
|                     | $S_s-D1$ | H-, V+ |                               | 13273                             |
|                     | $S_s-D1$ | H-, V- |                               | 13273                             |
|                     | $S_s-11$ | H+, V+ |                               | 13273                             |
|                     | $S_s-12$ | H+, V+ |                               | 13273                             |
|                     | $S_s-13$ | H+, V+ |                               | 13273                             |
|                     | $S_s-14$ | H+, V+ |                               | 13273                             |
|                     | $S_s-21$ | H+, V+ |                               | 13273                             |
|                     | $S_s-22$ | H+, V+ |                               | 13273                             |
|                     | $S_s-31$ | H+, V+ |                               | 13273                             |
|                     | $S_s-31$ | H-, V+ |                               | 13273                             |
| +1 $\sigma$         | $S_s-D1$ | H+, V- |                               | 13273                             |
| -1 $\sigma$         | $S_s-D1$ | H+, V- |                               | 13273                             |
| 豊浦標準砂               | $S_s-D1$ | H+, V- |                               | 13273                             |
| 非液状化<br>平均 $V_s$    | $S_s-D1$ | H+, V- |                               | 13273                             |
| 非液状化<br>+1 $\sigma$ | $S_s-D1$ | H+, V- |                               | 13273                             |



## 18.5 まとめ





可搬型設備用軽油タンク基礎の耐震安全性評価に関する参考資料



## 1 減衰の設定について

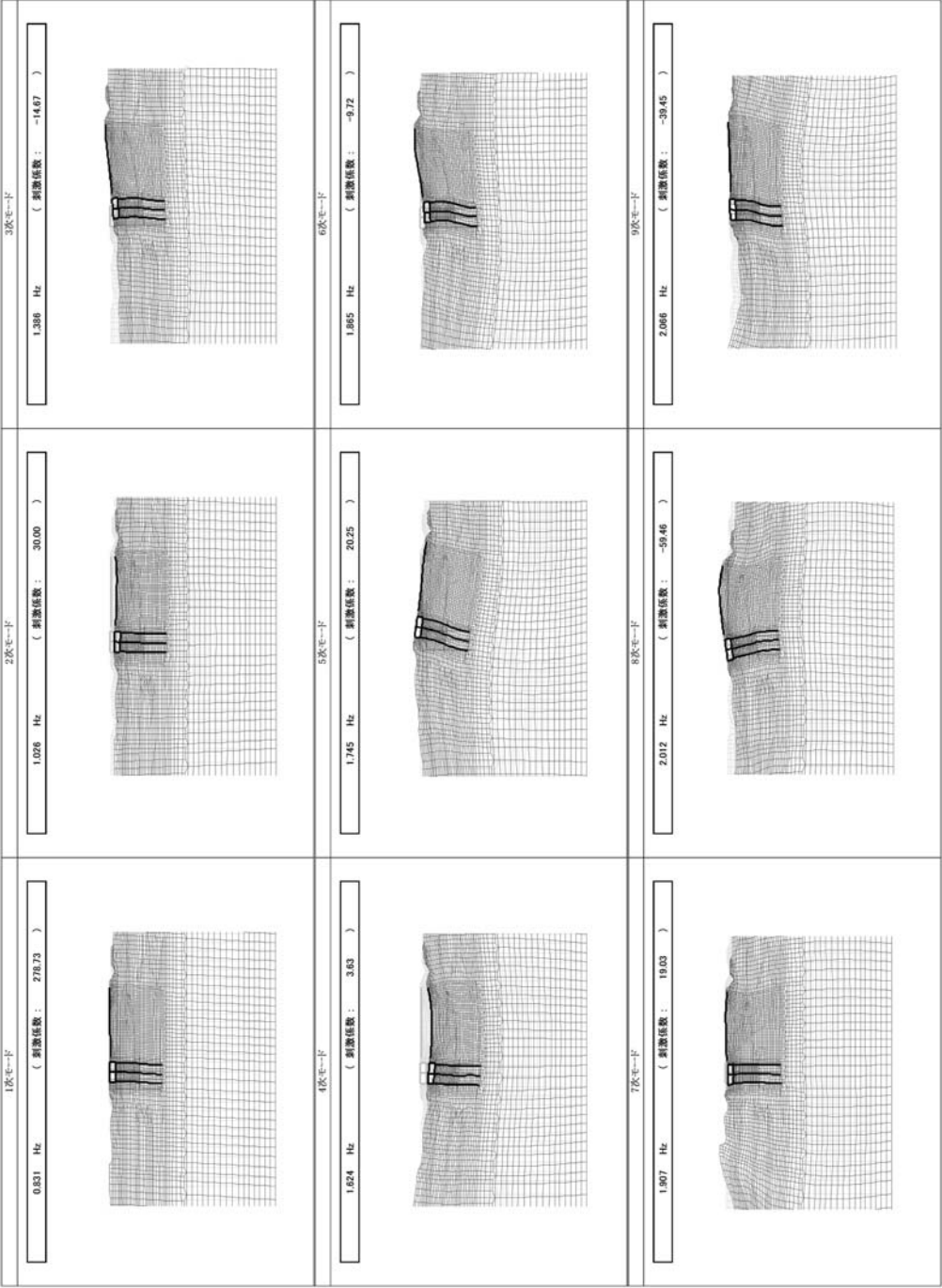
地震応答解析における減衰については，固有値解析にて求まる固有周期及び減衰比に基づき，質量マトリックス及び剛性マトリックスの線形結合で表される以下の Rayleigh 減衰にて与える。なお，Rayleigh 減衰を  $\alpha=0$  となる剛性比例型減衰とする。Rayleigh 減衰の設定は，地盤の低次のモードの変形が特に支配的となる地中埋設構造物のような地盤及び構造系全体に対して，その特定の振動モードの影響が大きいことを考慮し，かつ，振動モードの影響が全体系に占める割合の観点から，刺激係数に着目し行う。

固有値解析による刺激係数及びモード図を図 18-1 に示す。また，設定した Rayleigh 減衰を図 18-2 に示す。

1 次の基準モードについては，地盤及び構造系全体がせん断変形しているモードを選定している。

なお，初期減衰定数は，地盤については 1%（解析における減衰は，ひずみが多い領域では履歴減衰が支配的となる。そのため，解析上の安定のためになるべく小さい値として 1%を採用している。）とする。また，鋼材については 3%（道路橋示方書（V耐震設計編）・同解説（(社) 日本道路協会，平成 14 年 3 月）），コンクリートについては 5%（J E A G 4 6 0 1 -1987）とする。

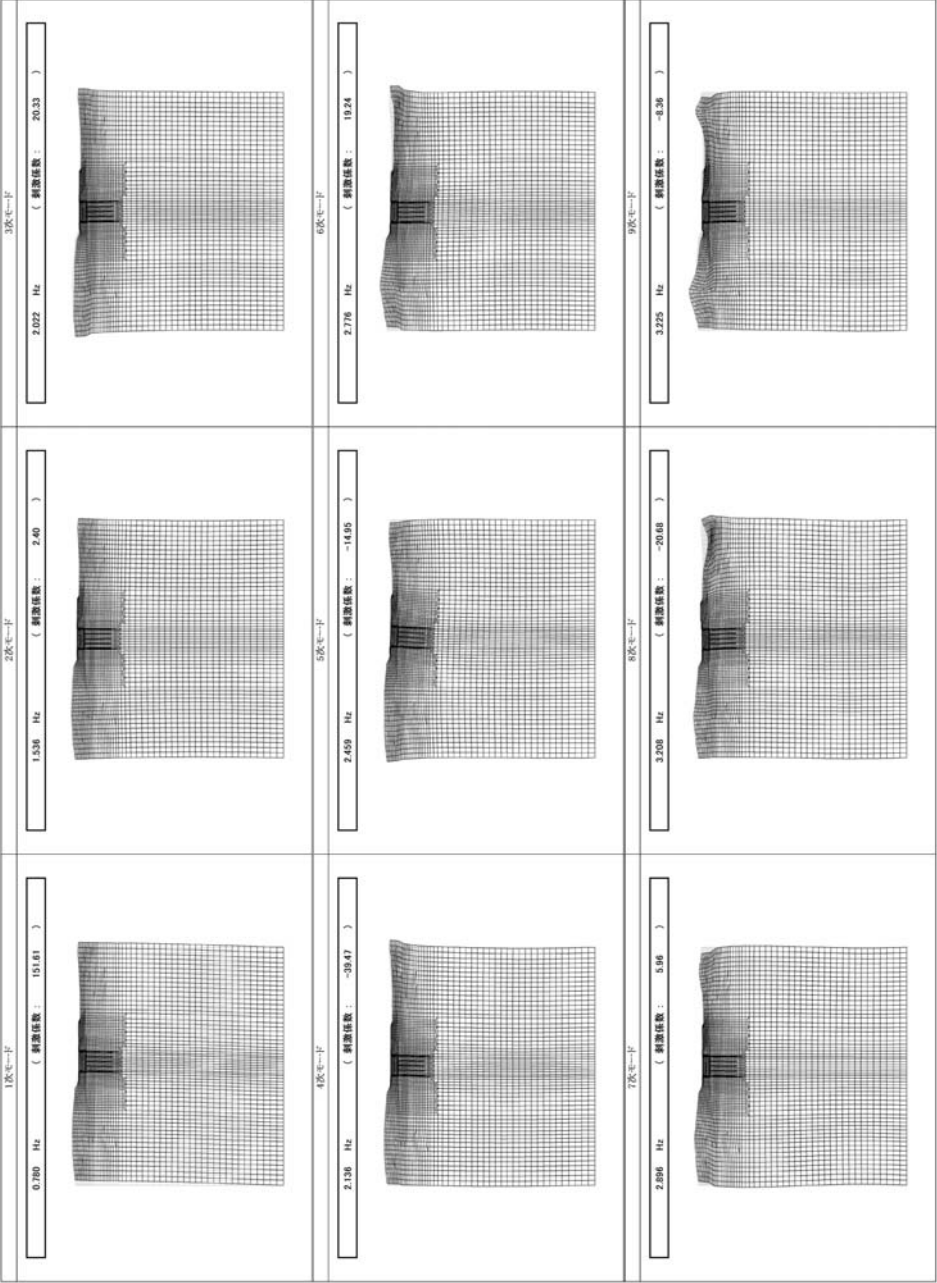




①-①断面

図 18-1 (1) 可搬型設備用軽油タンク基礎の固有値解析結果  
(検討ケース①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

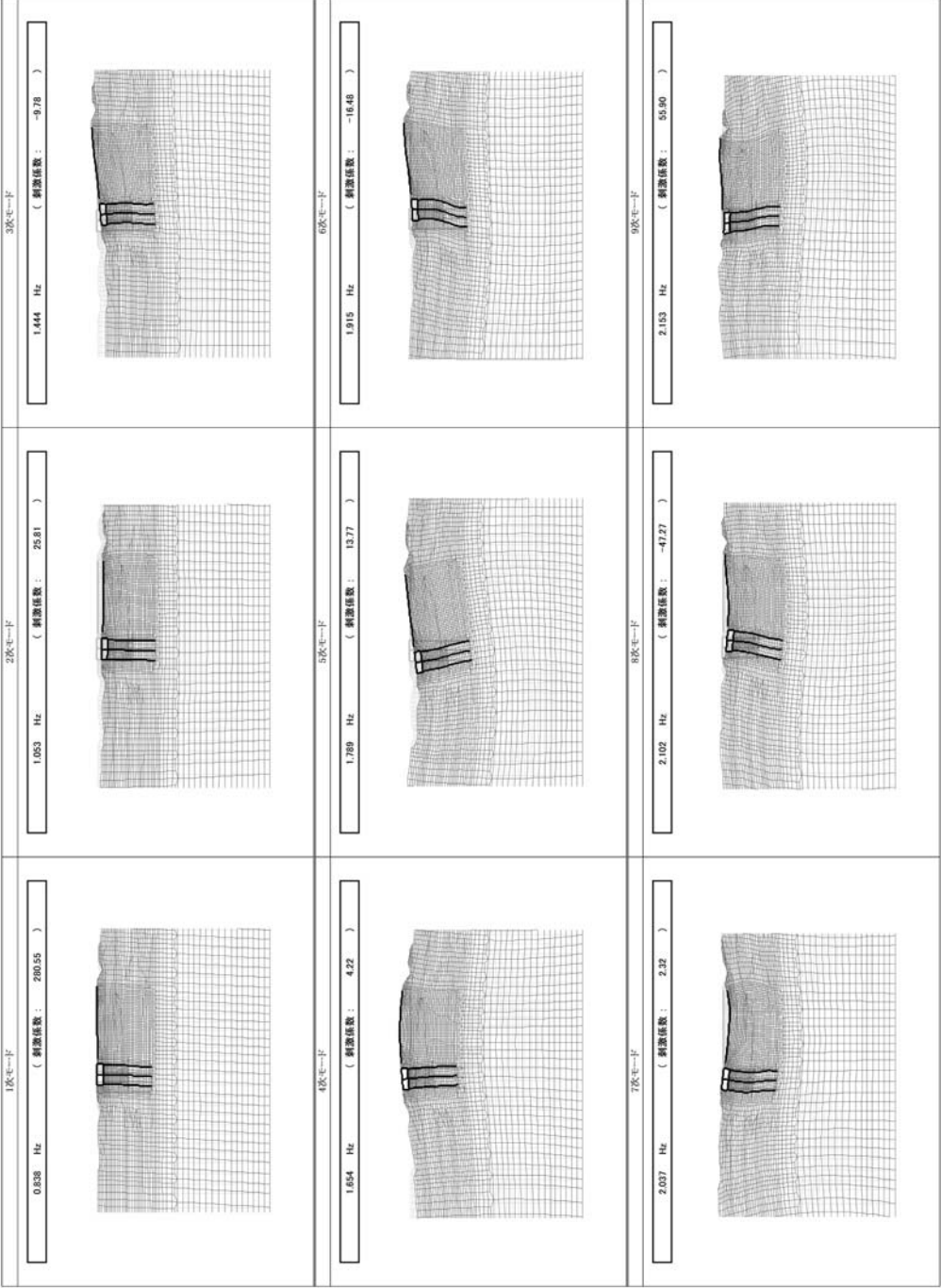




④ー④断面

図 18-1 (2) 可搬型設備用軽油タンク基礎の固有値解析結果  
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

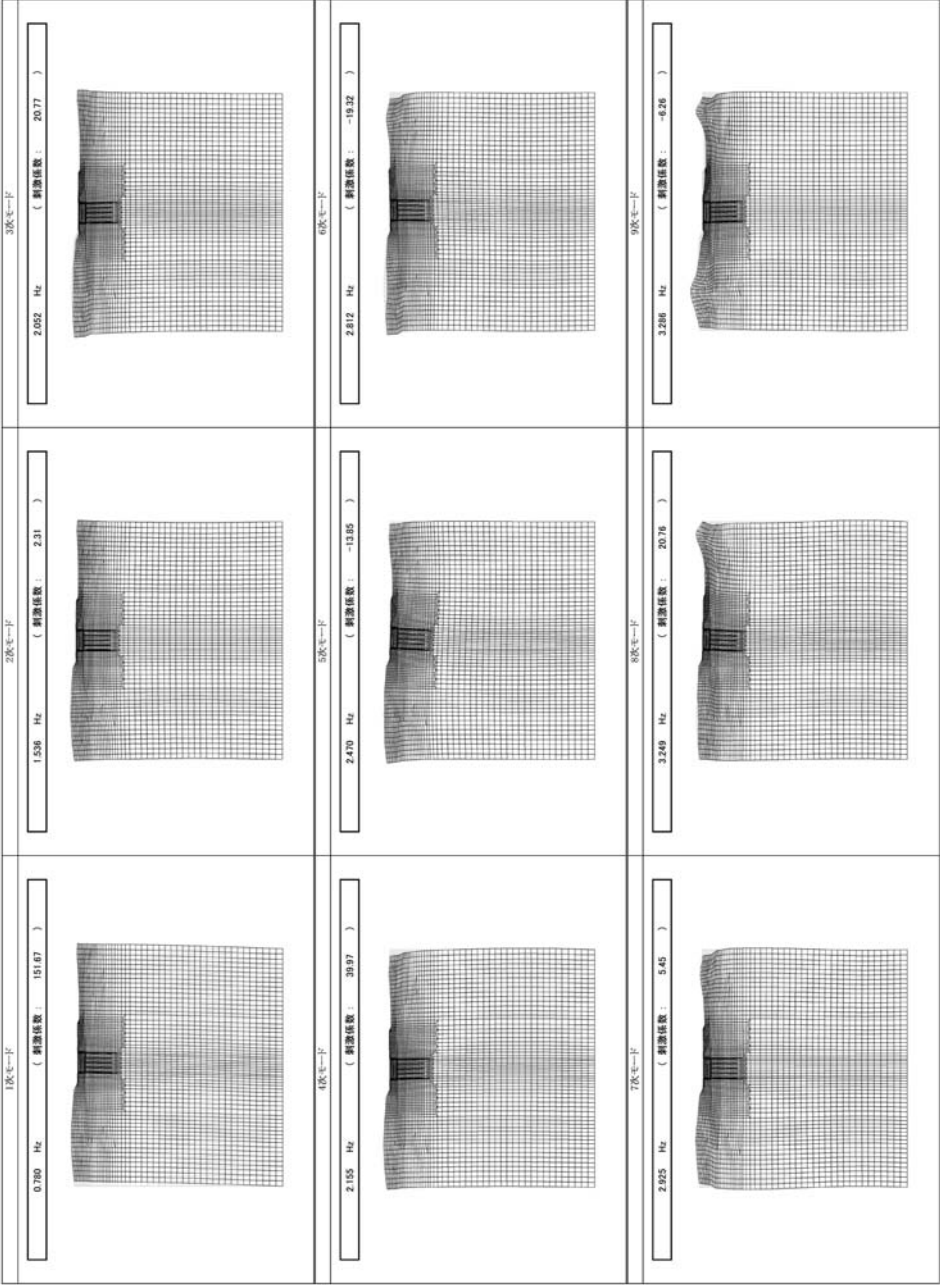




①-①断面

図 18-1 (3) 可搬型設備用軽油タンク基礎の固有値解析結果  
(検討ケース②: 地盤物性のばらつきを考慮 (+1σ) した解析ケース)

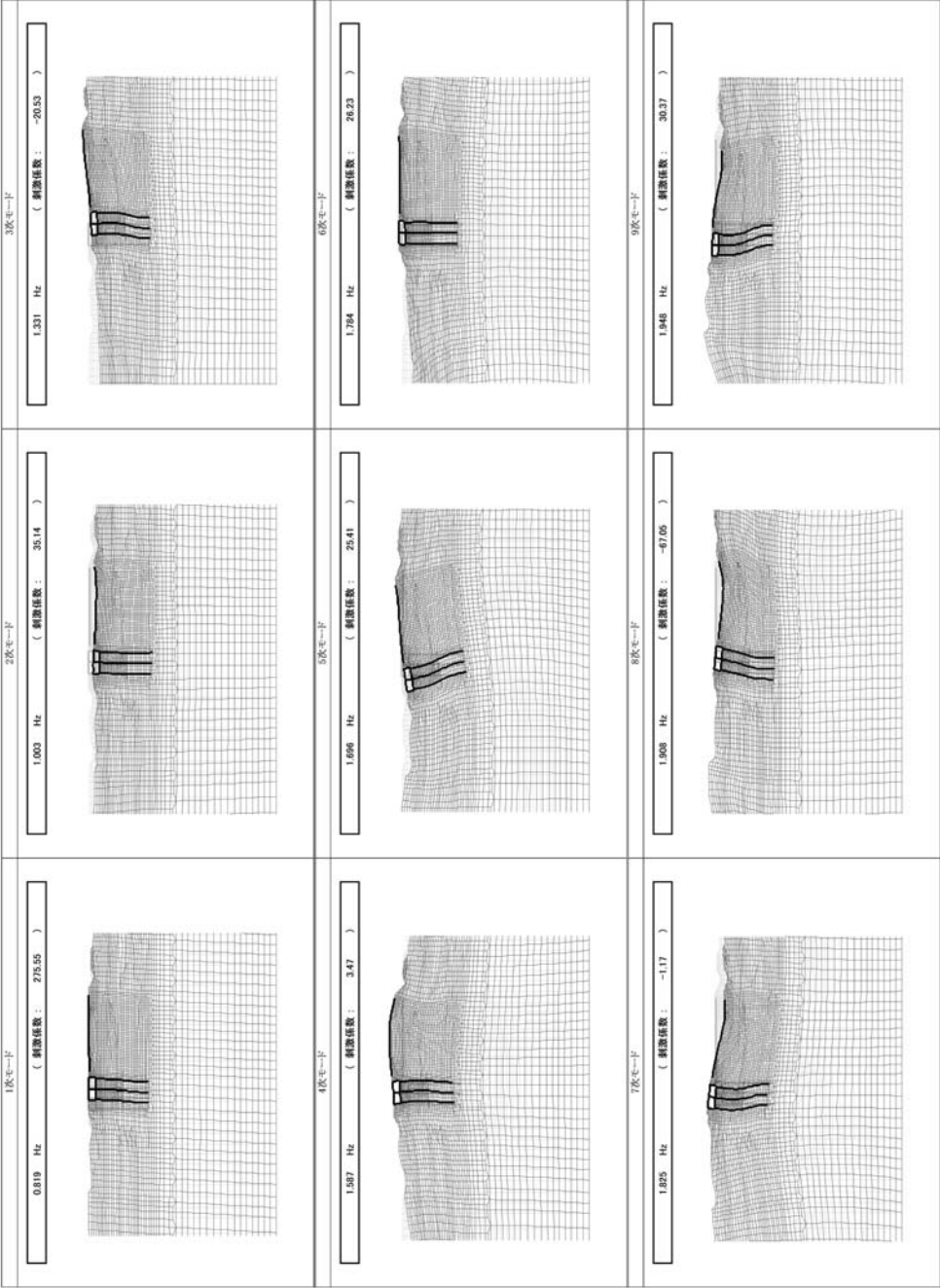




④－④断面

図 18-1 (4) 可搬型設備用軽油タンク基礎の固有値解析結果  
(検討ケース②：地盤物性のばらつきを考慮 (+1σ) した解析ケース)

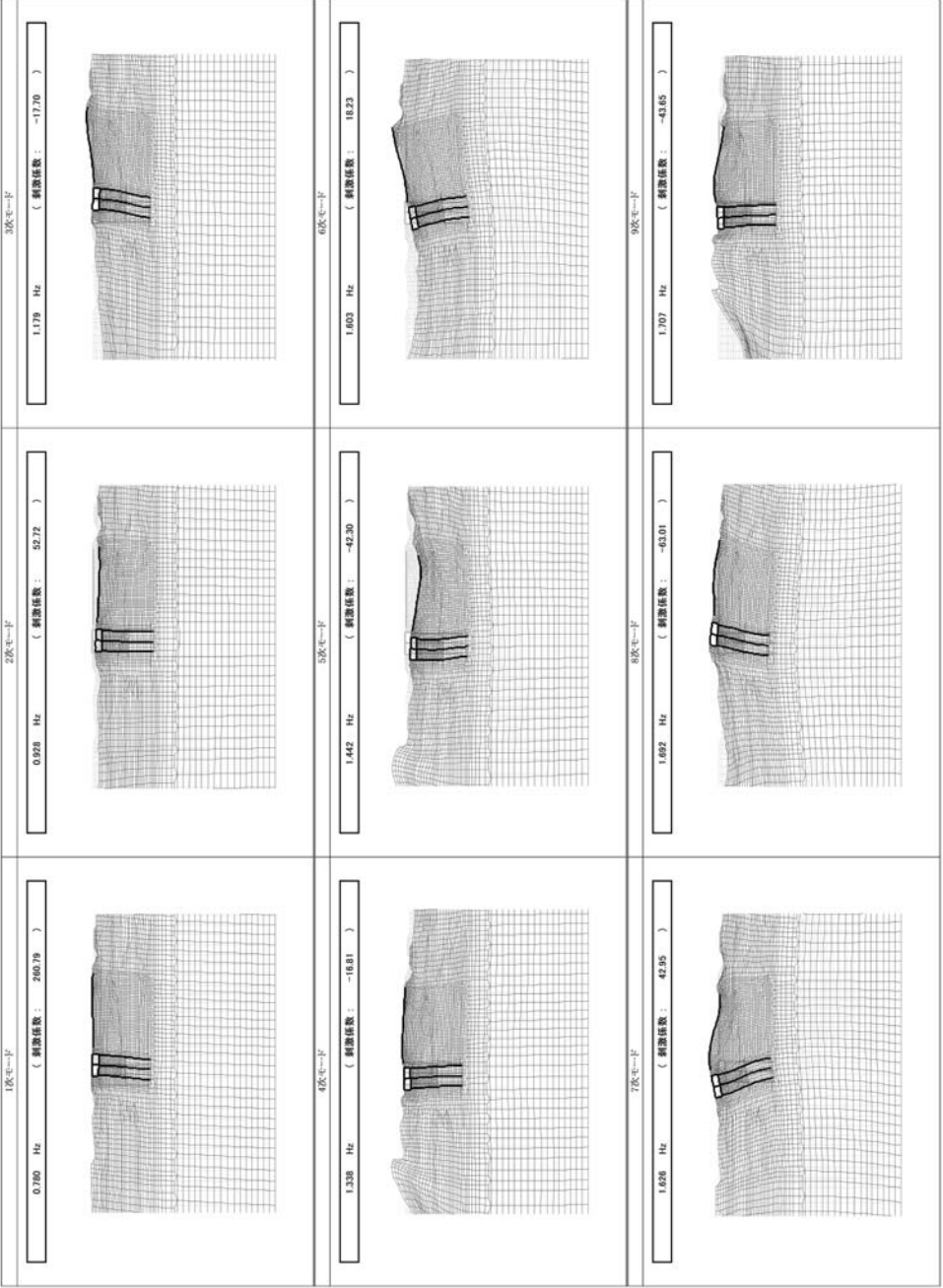




①-①断面

図 18-1 (5) 可搬型設備用軽油タンク基礎の固有値解析結果  
(検討ケース③：地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース)

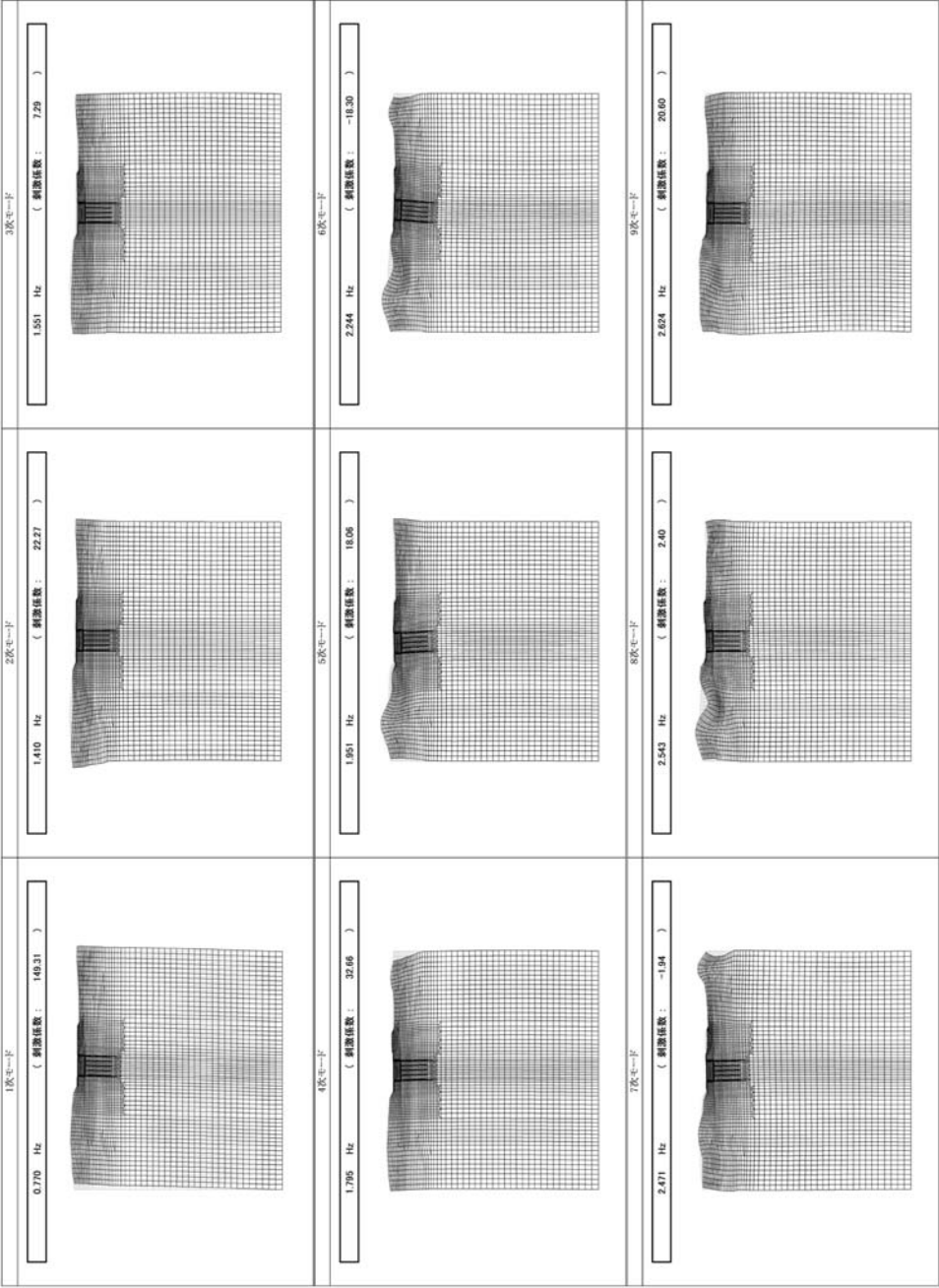




①—①断面

図 18-1 (6) 可搬型設備用軽油タンク基礎の固有値解析結果  
 (検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)



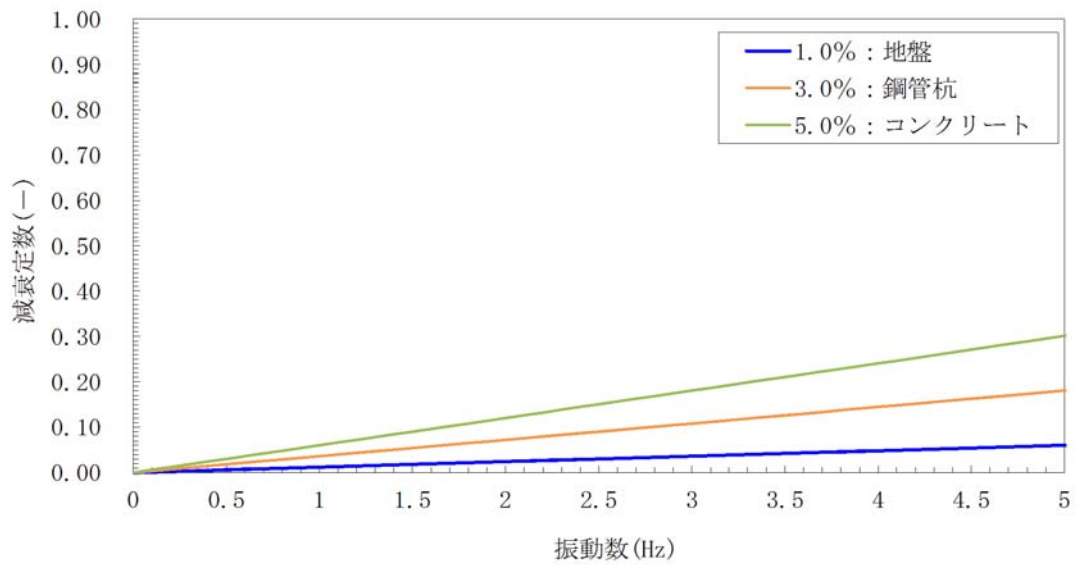


④－④断面

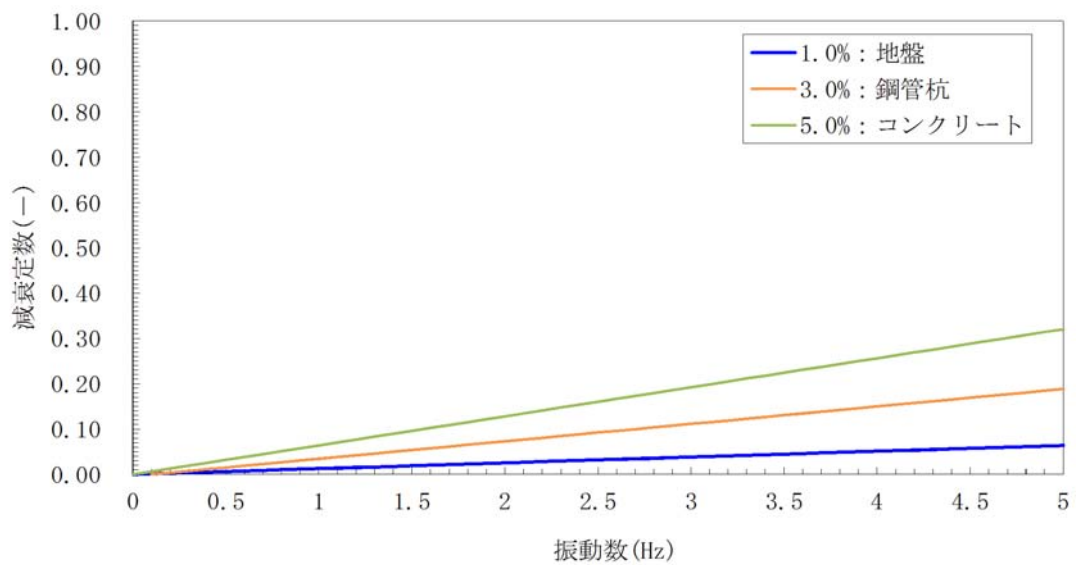
図 18-1 (7) 可搬型設備用軽油タンク基礎の固有値解析結果

(検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)





(a) ①-①断面

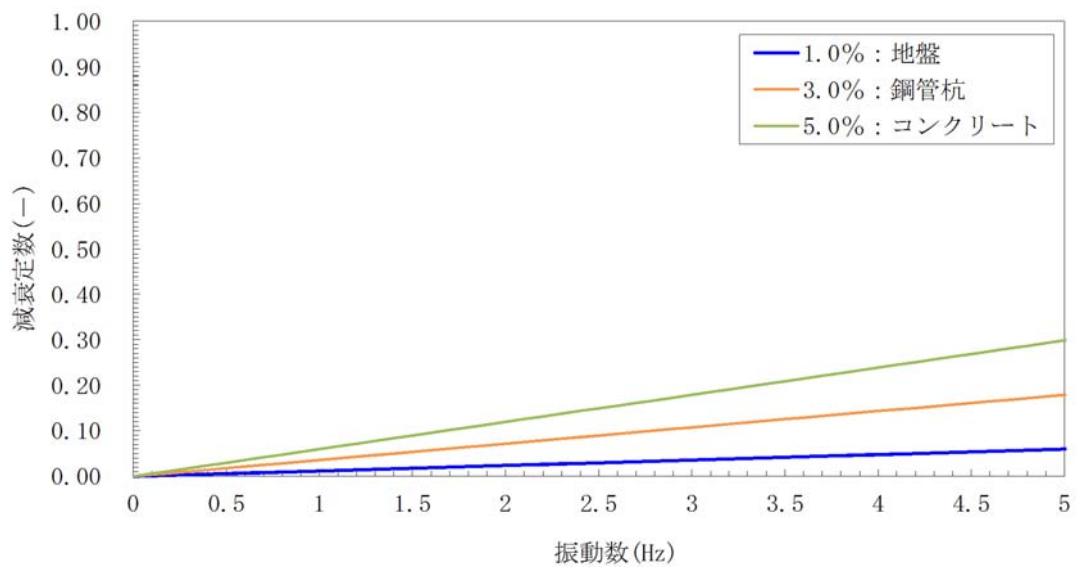


(b) ④-④断面

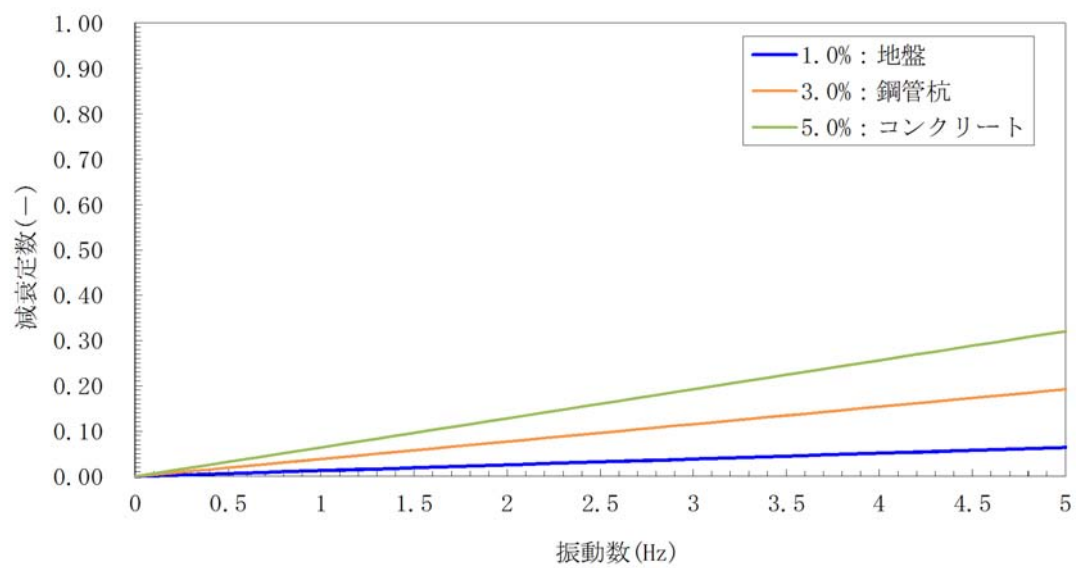
図 18-2 (1) 設定した Rayleigh 減衰

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)





(a) ①-①断面

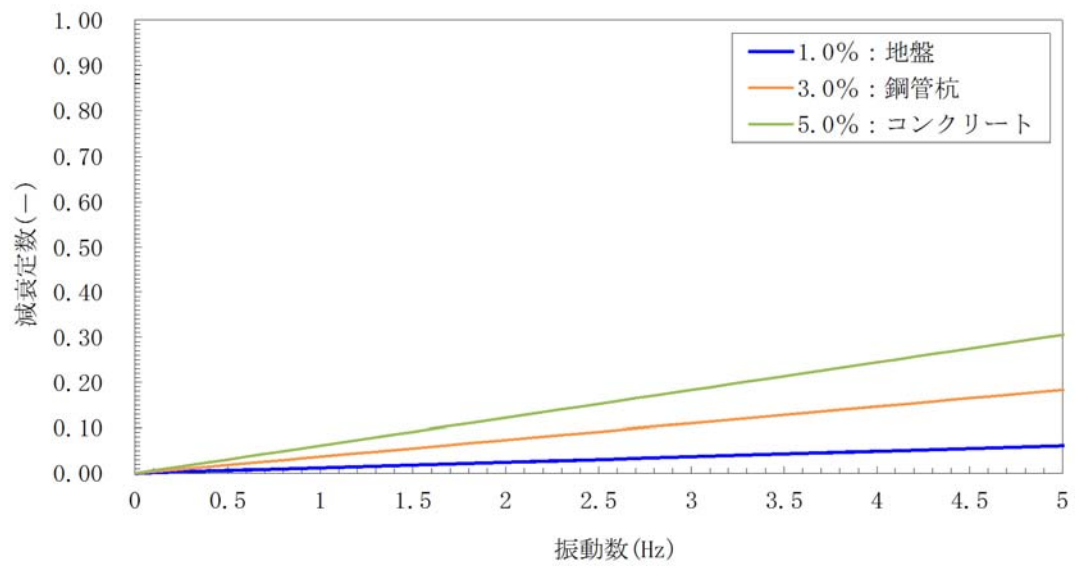


(b) ④-④断面

図 18-2 (2) 設定した Rayleigh 減衰

(検討ケース②：地盤物性のばらつきを考慮 (+1 $\sigma$ ) した解析ケース)

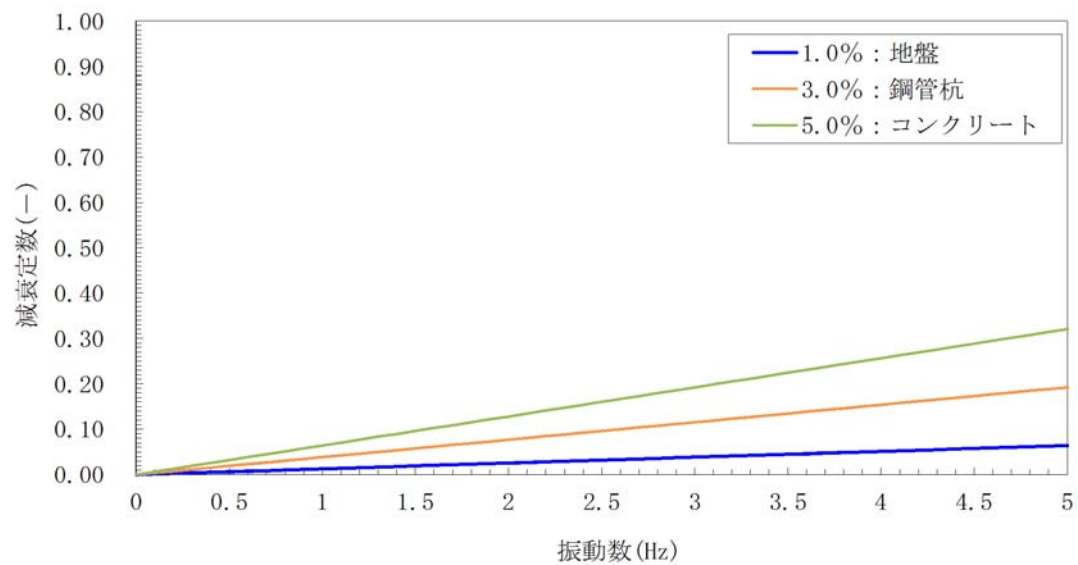




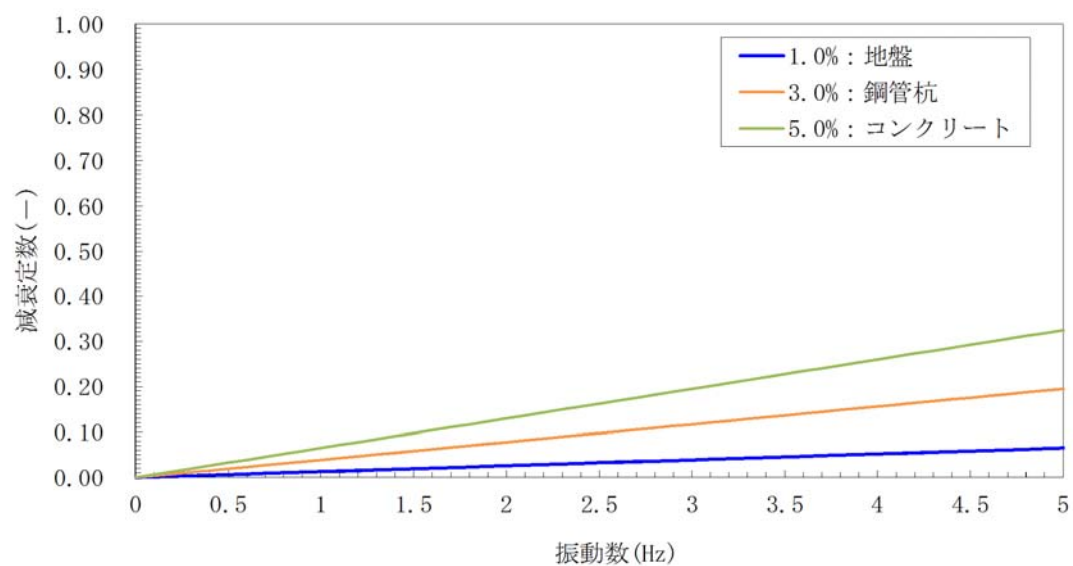
(a) ①－①断面

図 18－2 (3) 設定した Rayleigh 減衰  
(検討ケース③：地盤物性のばらつきを考慮 ( $-1\sigma$ ) した解析ケース)





(a) ①-①断面



(b) ④-④断面

図 18-2 (3) 設定した Rayleigh 減衰

(検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により  
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)



