

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5 |
| 提出年月日 | 平成30年4月12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4月

日本原子力発電株式会社

改定履歴

| 改定 | 改定日 (提出年月日) | 改定内容 |
|----|----------------|--|
| 改0 | H30.2.5 | 補足-348 改0として提出 ・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 ・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 ・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 ・「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 ・1.4.1章, 1.4.4章~1.4.7章を修正 ・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 ・4章を修正 ・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 ・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 |

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3 H30.4.9]

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 屋外重要土木構造部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3 H30.4.9]

1.4.3 屋外二重管の断面選定の考え方[改0 H30.3.8]

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0 H30.3.8]

1.4.11 格納容器圧力逃がし装置用カルバートの断面選定の考え方[改3 H30.4.9]

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

1.4.14 S A用海水ピットの断面選定の考え方

1.4.15 海水引込み管の断面選定の考え方

1.4.16 S A用海水ピット取水塔の断面選定の考え方

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

1.5 地盤物性・材料物性のばらつきの考慮方法

2. 取水構造物の耐震安全性評価[改3 H30.4.9]

3. 屋外二重管の耐震安全性評価

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3 H30.4.9]

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

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

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

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

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4 H30.4.12]

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[改4 H30.4.9]

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

14. SA用海水ピットの耐震安全性評価
15. 海水引込み管の耐震安全性評価
16. SA用海水ピット取水塔の耐震安全性評価
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
18. 可搬型設備用軽油タンク基礎の耐震安全性評価

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 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】 | | 該当添付書類 | |
|---|-----------------------------------|---------------------------------------|---|
| 1. 共通事項 | 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 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 | 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 |
|-----|----------------------------------|--|
| 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 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 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 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 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 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 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 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 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 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 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 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. SA用海水ピットの耐震安全性評価 | V-2-2-31 SA用海水ピットの地震応答計算書 V-2-2-32 SA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. SA用海水ピット取水塔の耐震安全性評価 | 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 |
| 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 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 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 |

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

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_0 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

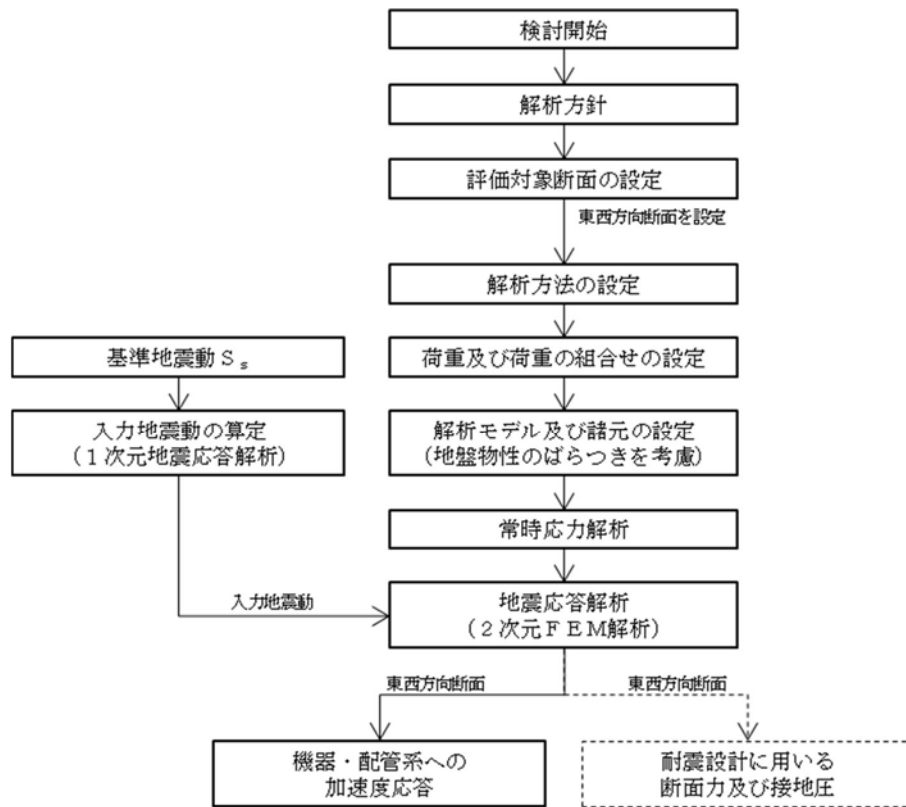
常設低圧代替注水系配管カルバートの耐震評価にあたっては、原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 - 1987 ((社) 日本電気協会)、コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] ((社) 土木学会, 2002 年制定)、原子力施設鉄筋コンクリート構造計算基準・同解説 ((社) 日本建築学会, 2005 年) に適用するが、鉄筋コンクリートの曲げ及びせん断の許容限界については、道路橋示方書 (I 共通編・IV 下部構造編) ・同解説 ((社) 日本道路協会, 平成 24 年 3 月) を適用する。

表 10.2-1 に適用する主な基準を示す。

表 10.2-1 適用する主な基準

| 項目 | 適用とする主な基準 | 備考 |
|------------|---|---|
| 使用材料及び材料定数 | <ul style="list-style-type: none"> ・コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] (2002 年制定) ・原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 (2005 年) | — |
| 荷重及び荷重の組合せ | <ul style="list-style-type: none"> ・コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] (2002 年制定) | <ul style="list-style-type: none"> ・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"> ・コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] (2002 年制定) ・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) ・ J E A G 4 6 0 1 - 1987 | <ul style="list-style-type: none"> ・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する。 ・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する。 |
| 地震応答解析 | <ul style="list-style-type: none"> ・ J E A G 4 6 0 1 - 1987 | <ul style="list-style-type: none"> ・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 |

10.2.2 耐震安全性評価フロー



<地震応答計算>

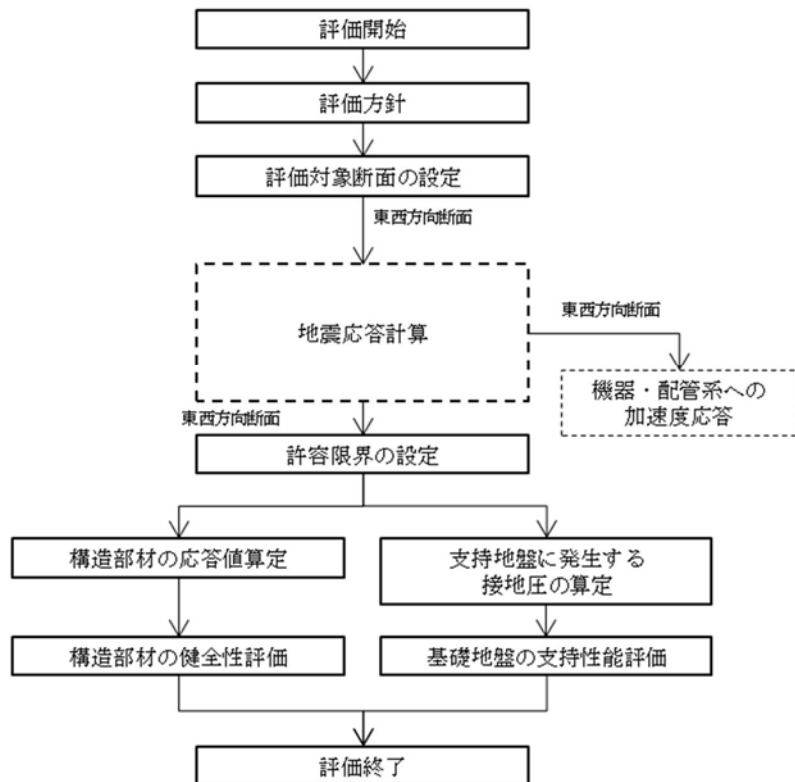


図 10.2-1 耐震安全性評価フロー

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。

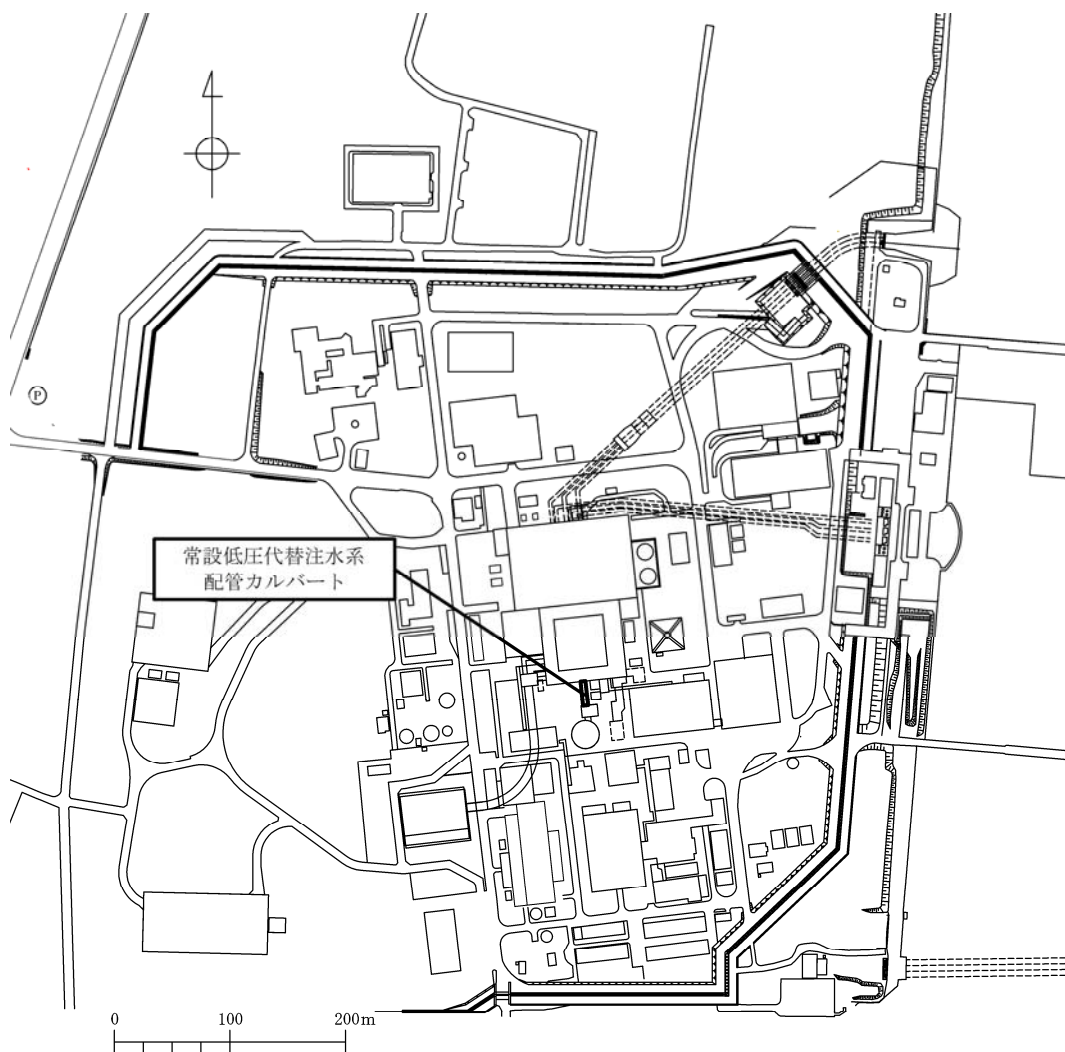


図 10.2-2 (1) 常設低圧代替注水系配管カルバート位置図

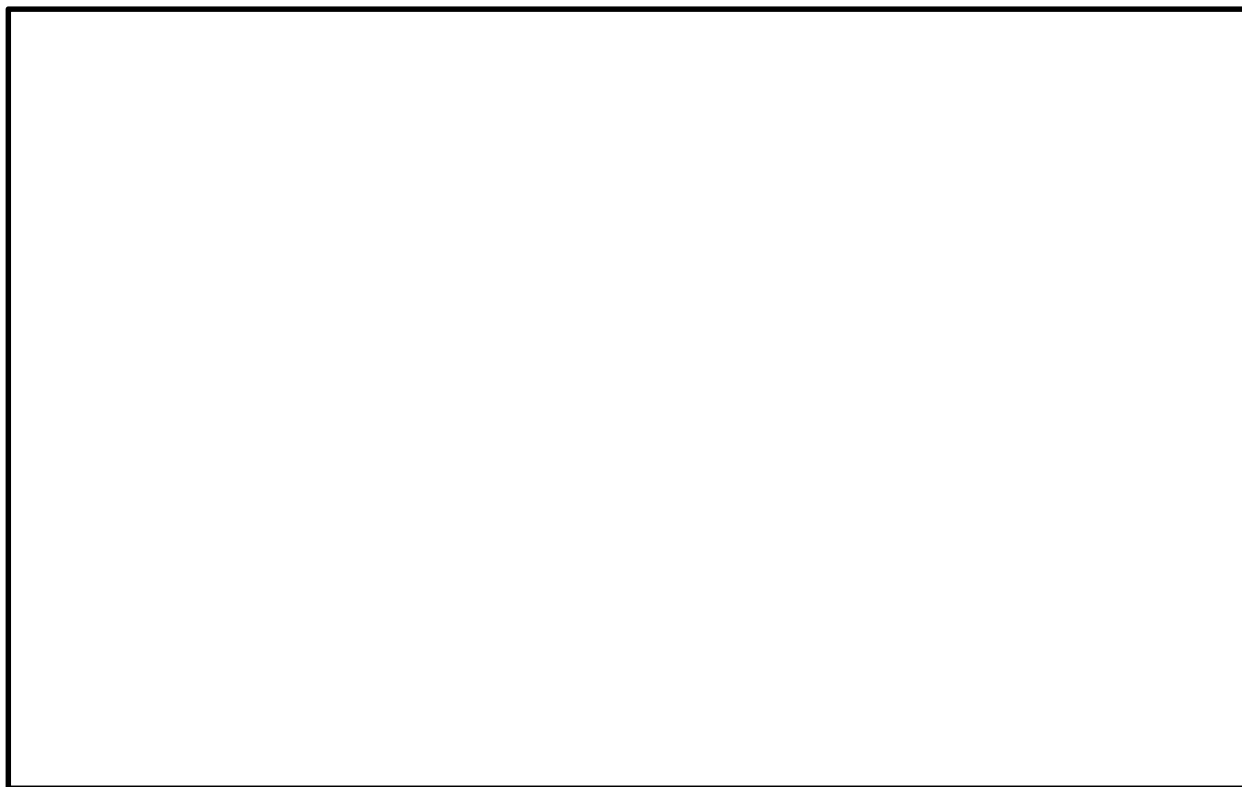


図 10.2-2 (2) 常設低圧代替注水系配管カルバート位置図

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」に記載したとおり、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_0 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。

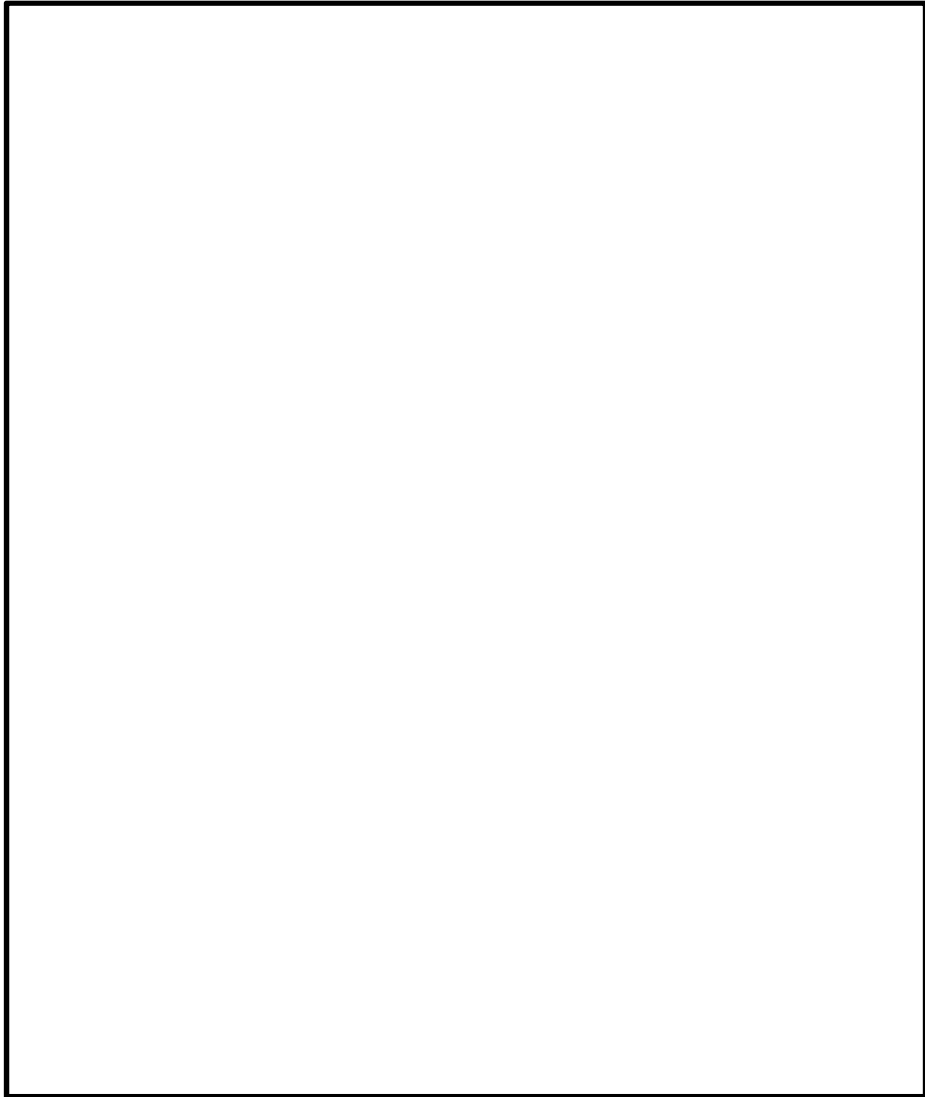


図 10.2-3 常設低圧代替注水系配管カルバート断面図

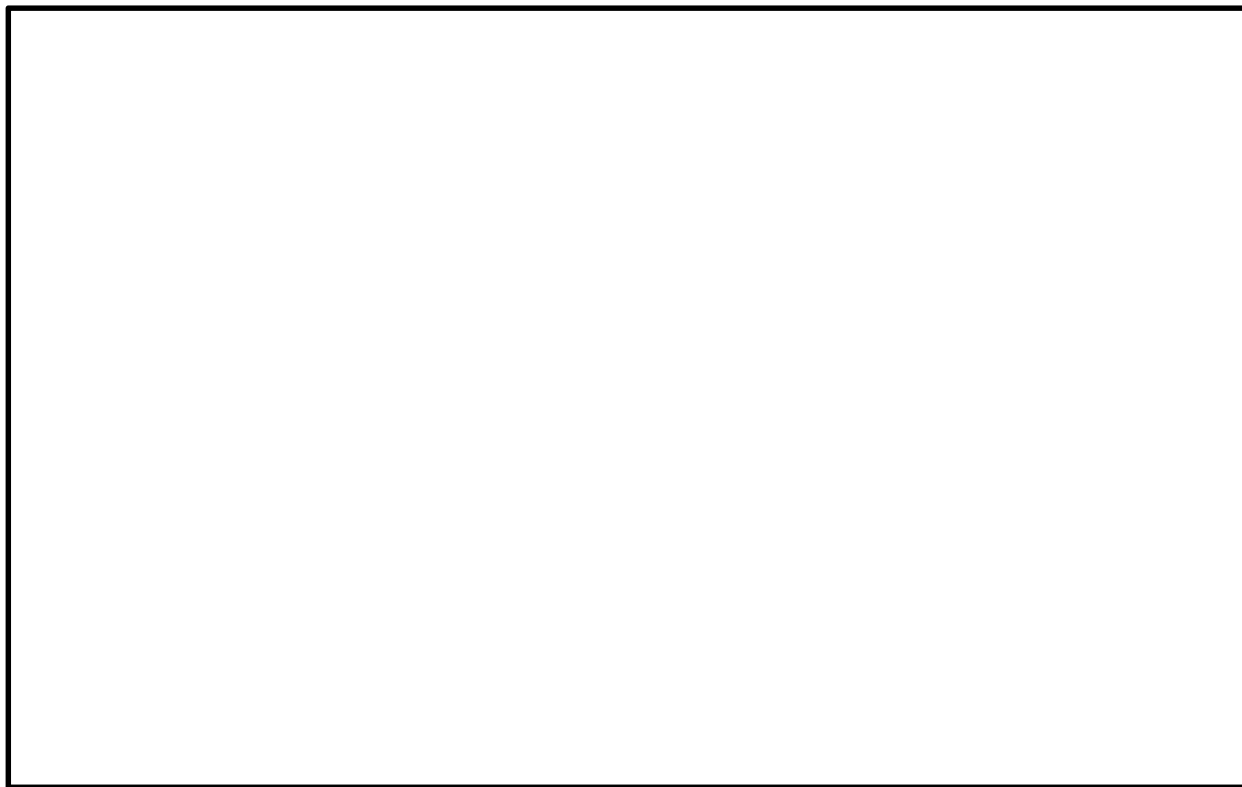


図 10.2-4 常設低圧代替注水系配管カルバート 耐震評価対象断面選定位置

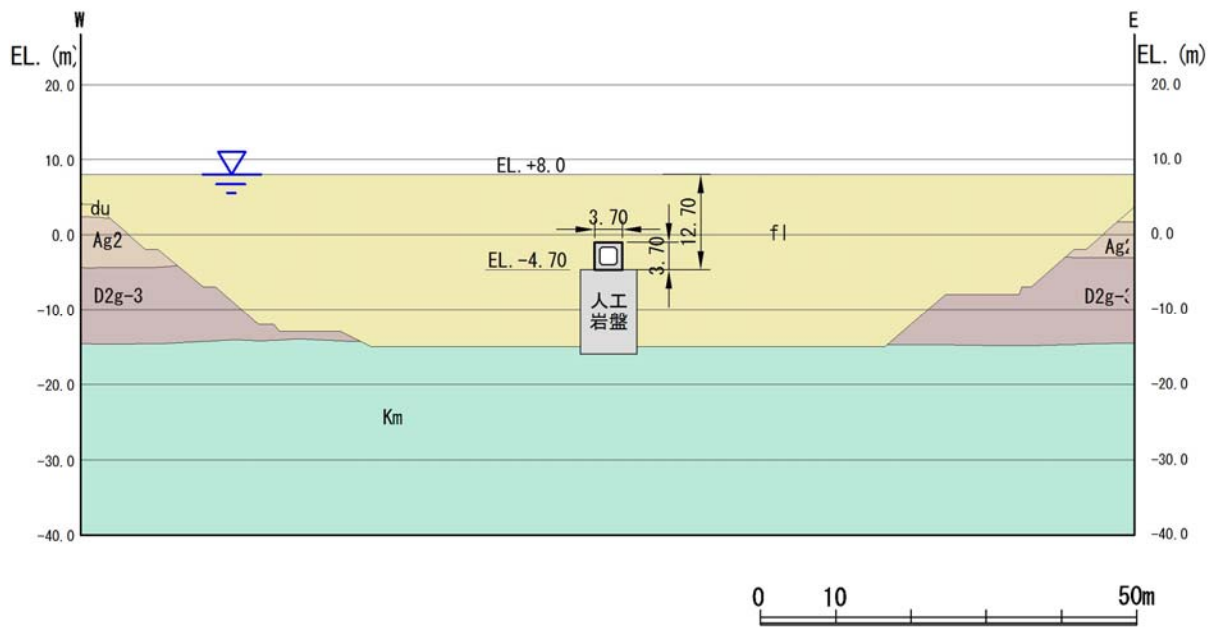


図 10.2-5 常設低圧代替注水系配管カルバート評価対象断面図

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、設計図書及び文献等を基に設定する。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。

地盤及び地盤改良体の諸定数は、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 ² |
| 鉄筋 | SD345, SD390 |

表 10.2-3 材料物性値

| 材料 | 単位体積重量 (kN/m ³) | ヤング係数 (N/mm ²) | ポアソン比 |
|----------|--------------------------------|-------------------------------|-------|
| 鉄筋コンクリート | 24.5 | 3.1×10 ⁴ | 0.2 |
| 人工岩盤 | 23.0 | 2.1×10 ⁴ | 0.2 |

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 | D1g-1 | |
| 物理特性 | 密度 () は地下水位以浅 | ρ | g/cm ³ | 1.98 (1.82) | 1.98 (1.82) | 2.01 (1.89) | 1.74 | 2.01 (1.89) | 1.92 | 2.15 (2.11) | 2.01 (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 | ν_{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 () は地下水位以浅 | σ'_{ma} | kN/m ² | 358 (312) | 358 (312) | 497 (299) | 378 | 814 (814) | 966 | 1167 (1167) | 1695 (1710) | 12.6 |
| | 基準初期せん断剛性 () は地下水位以浅 | G_{ma} | kN/m ² | 253529 (220739) | 253529 (220739) | 278087 (167137) | 143284 | 392073 (392073) | 650611 | 1362035 (1362035) | 947946 (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 ² | 0 | 0 | 0 | 0.012 | 0 | 0.01 | 0 | 0 | 0 |
| | 内部摩擦角 | ϕ_{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 | ϕ_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 () は地下水位以浅 | ρ | g/cm ² | 1.65 | 1.77 | 1.47 (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 | ν_{CD} | — | 0.10 | 0.22 | 0.14 | 0.22 | $0.16+0.00025 \cdot z$ |
| | 基準平均有効主応力 () は地下水位以浅 | σ'_{ma} | kN/m ² | 480 | 696 | 249 (223) | 696 | 動的変形特性に基づき z (標高) 毎に物性値を 設定 |
| | 基準初期せん断剛性 () は地下水位以浅 | G_{ma} | kN/m ² | 121829 | 285223 | 38926 (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 ² | 0.025 | 0.026 | 0.042 | 0.026 | $0.358-0.00603 \cdot z$ |
| | 内部摩擦角 | ϕ_{CD} | 度 | 29.1 | 35.6 | 27.3 | 35.6 | $23.2+0.0990 \cdot z$ |

z : 標高 (m)

10.2.6 地下水位

地下水位は地表面として設定する。

10.2.7 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等の概要については、付録24「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10.2-6に示す。

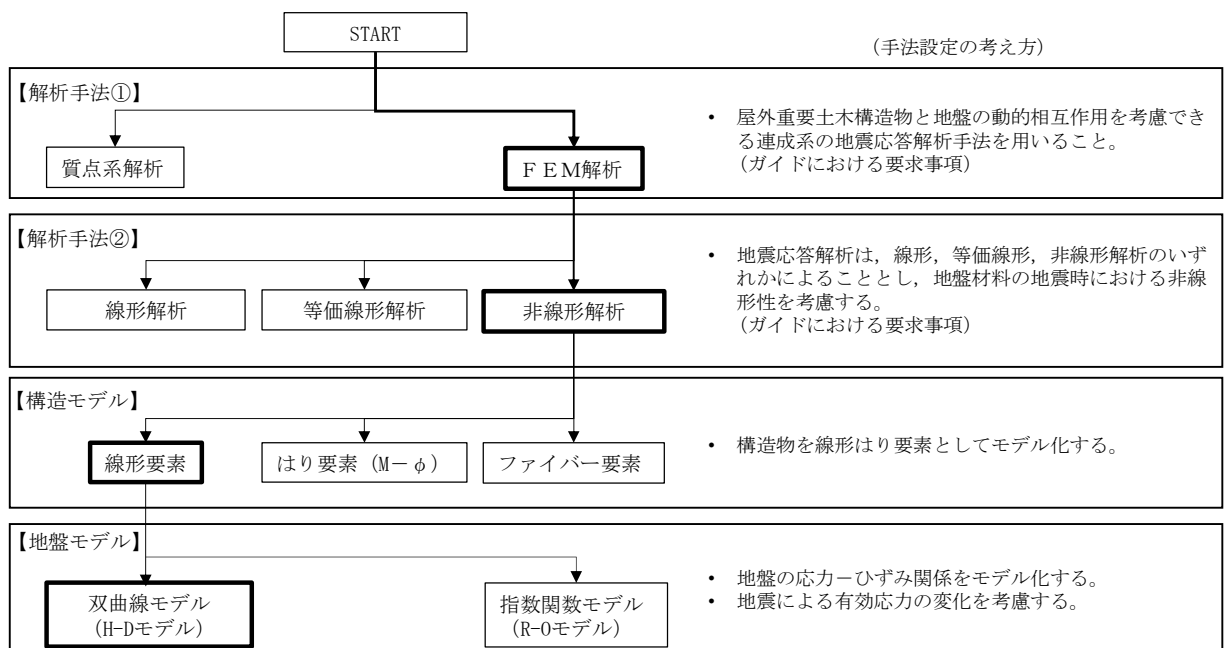


図 10.2-6 地震応答解析手法の選定フロー

H-Dモデルの選定理由は以下の通りである。すなわち、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。有効応力解析に適用する繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線の構成則には、これら2つの特徴を表現できるモデルを採用する方針とする。

繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線を表現する代表的な構成則には、双曲線

モデル (H-D モデル) と指数関数モデル (R-O モデル) がある。双曲線モデル (H-D モデル) は、せん断ひずみの増加に対して、せん断応力が漸近していくせん断応力の上限値をパラメータとして有していることから、上記の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上限値に係る特徴を表現でき、かつ、上限値を有効応力の関数とすることができる。一方、指数関数モデル (R-O モデル) は、せん断ひずみの増加に対して、せん断応力の上限値をパラメータとして有していないことから、上記の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上限値に係る特徴を表現するためにモデルの改良を行う必要がある。

以上のことから、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。

10.2.8 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 10.2-7 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。

常設低圧代替注水系配管カルバート周辺の地質断面図を図 10.2-8 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。

要素分割については、次のとおり設定する。地盤については、波動をなめらかに表現するために、対象とする波長に対して 5 または 4 分割以上になるように要素高さを設定している（ただし、要素高さが 1m 以下となる場合は 1m としている。）。構造物の要素分割は、過度に粗くすると、地震応答挙動を適切に評価できなくなり解析精度の低下を招くため、要素長さを部材の断面厚さの 2.0 倍以下になるように設定するよう土木学会マニュアルには記載しているが、構造物のモデル化については 1 倍程度以下になるように設定している。

地震応答解析モデルを図 10.2-9 に示す。

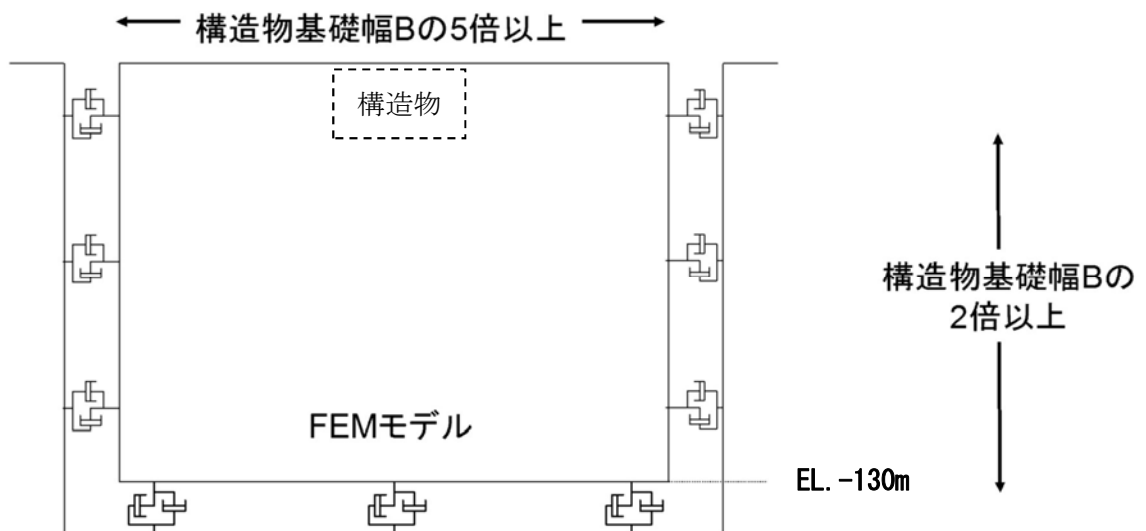


図 10.2-7 モデル範囲の考え方

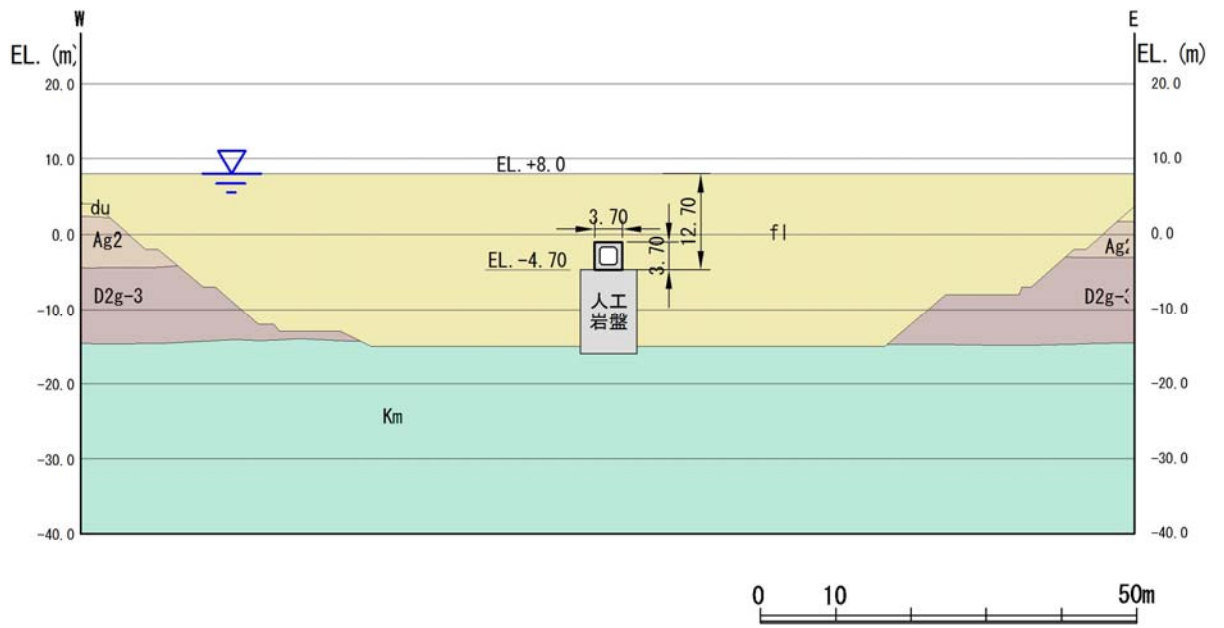


图 10.2-8 地質断面图

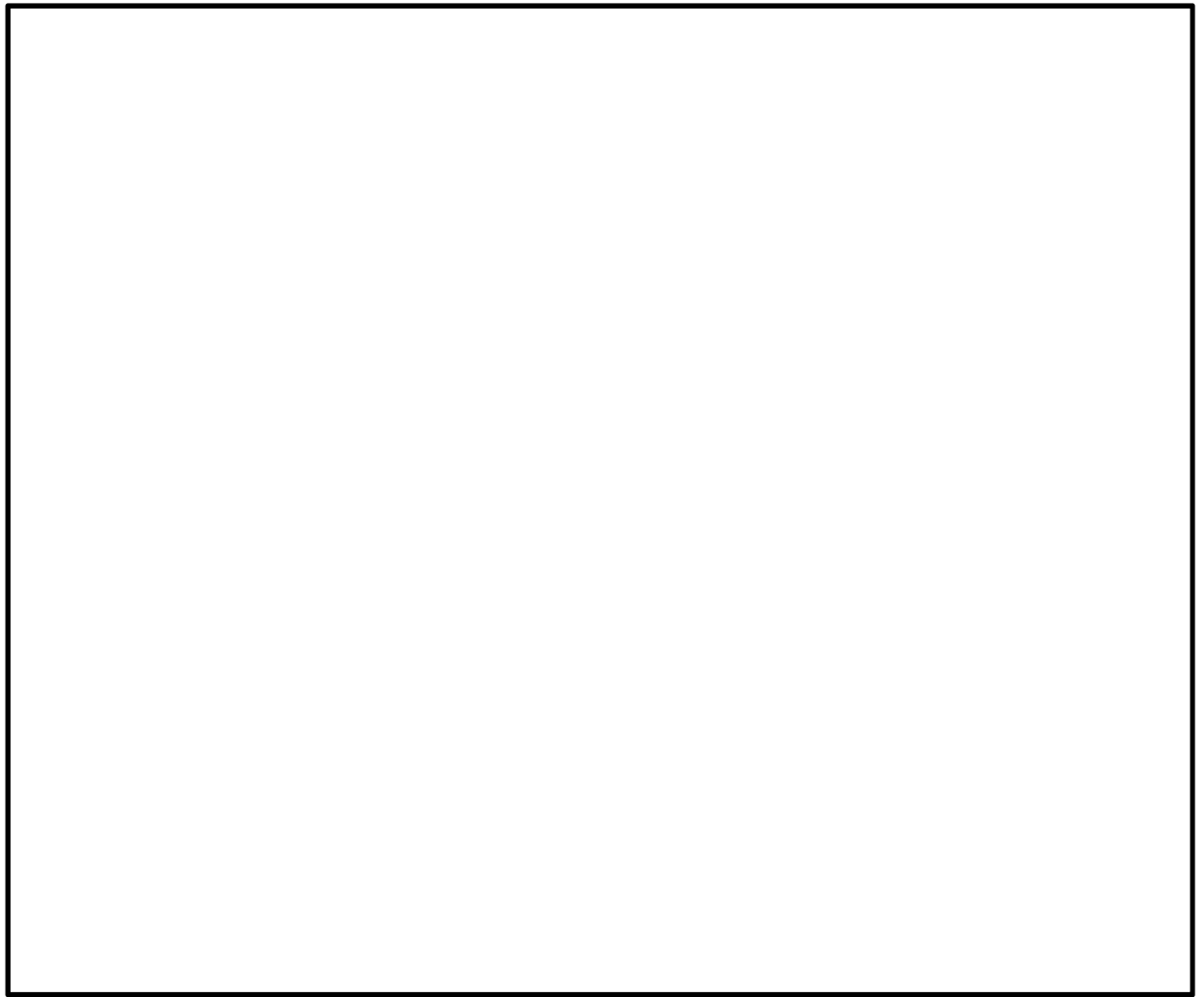


図 10.2-9 常設低圧代替注水系配管カルバートの地震応答解析モデル

(2) 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、地盤と構造物の剥離・すべりを考慮する。

ジョイント要素は法線方向、接線方向に分けて二重節点として設定する。法線方向では、常時状態以上の引張が生じた場合、剛性及び応力をゼロとし、剥離を考慮する。接線方向では、地盤と構造物のせん断抵抗力以上のせん断応力が発生した場合、剛性をゼロとし、すべりを考慮する。せん断強度 τ_f は次式の Mohr-Coulomb 式により規定される。c、 ϕ は周辺地盤の c、 ϕ とする。(表 10.2-5 参照)

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

ここで、 τ_f : せん断強度

c : 粘着力

ϕ : 内部摩擦角

表 10.2-5 周辺地盤及び隣接構造物との境界に用いる強度特性

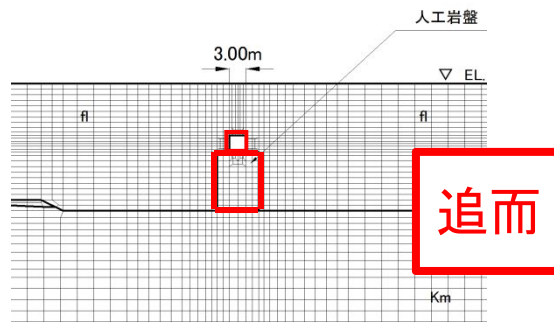
| 周辺の状況 | | 粘着力 c (N/mm ²) | 内部摩擦角 (度) | 備考 |
|-------|---------|-------------------------------|--------------------------------|----|
| 第四紀層 | f1 層 | 0 | 37.3 | — |
| | du 層 | 0 | 37.3 | — |
| | Ag2 層 | 0 | 37.4 | — |
| | D2c-3 層 | 0.026 | 35.6 | — |
| | D2g-3 層 | 0 | 44.4 | — |
| 新第三系 | Km 層 | $c = 0.358 - 0.00603 \cdot z$ | $\phi = 23.2 + 0.0990 \cdot z$ | — |

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な値として、港湾構造物設計事例集 (沿岸開発技術センター) に従い、表 10.2-6 のとおり設定する。図 10.2-10 にジョイント要素設定の考え方を示す。

表 10.2-6 ジョイント要素のばね定数

| | せん断剛性 k_s (kN/m ³) | 圧縮剛性 k_n (kN/m ³) |
|--------|-------------------------------------|------------------------------------|
| 側方及び底面 | 1.0×10^6 | 1.0×10^6 |



— : ジョイント要素

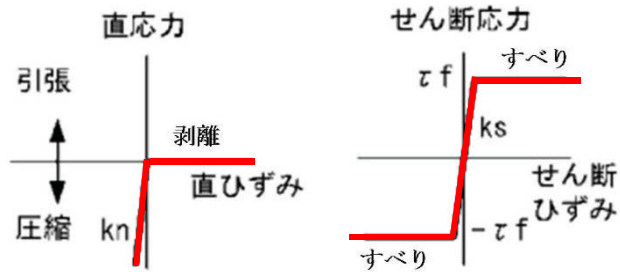


図 10.2-10 ジョイント要素の考え方

(3) 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。

10.2.9 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。

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

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

α, β : 係数

係数 α, β 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、ひずみが多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 10.2-11 に Rayleigh 減衰の設定フローを、表 10.2-7 に固有値解析結果を示す。

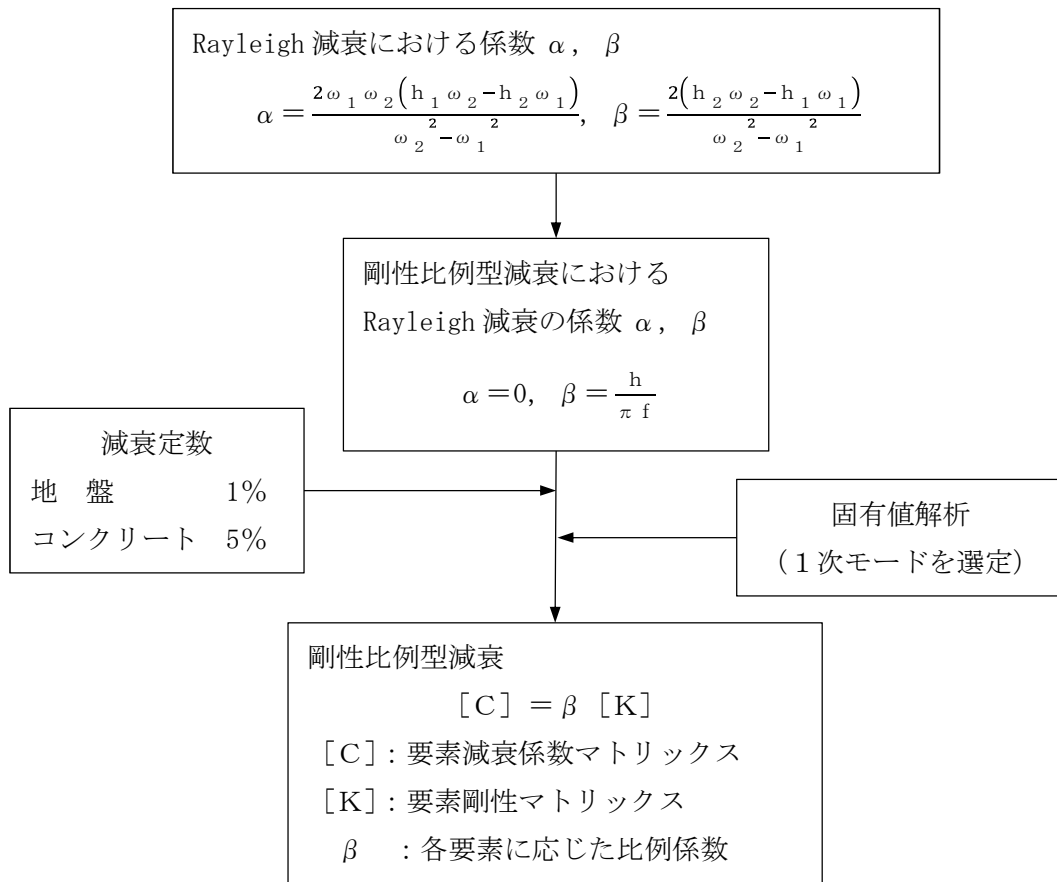


図 10.2-11 Rayleigh 減衰の設定フロー

表 10.2-7 固有値解析結果 (追而)

10.2.10 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 10.2-8 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 10.2-8 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 | — | ・躯体天端が地表面にある構造物を参照 |
| | | 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算定 |
| | 外水圧 | | ○ | ・地下水位に応じた静水圧として設定 ・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 | |
| | 鉛直地震動 | ○ | ・躯体、機器・配管の慣性力、動土圧を考慮 | |

(1) 機器・配管荷重

底版には図 10.2-12 に示すとおり配管等の荷重を考慮する。配管等の荷重は、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。

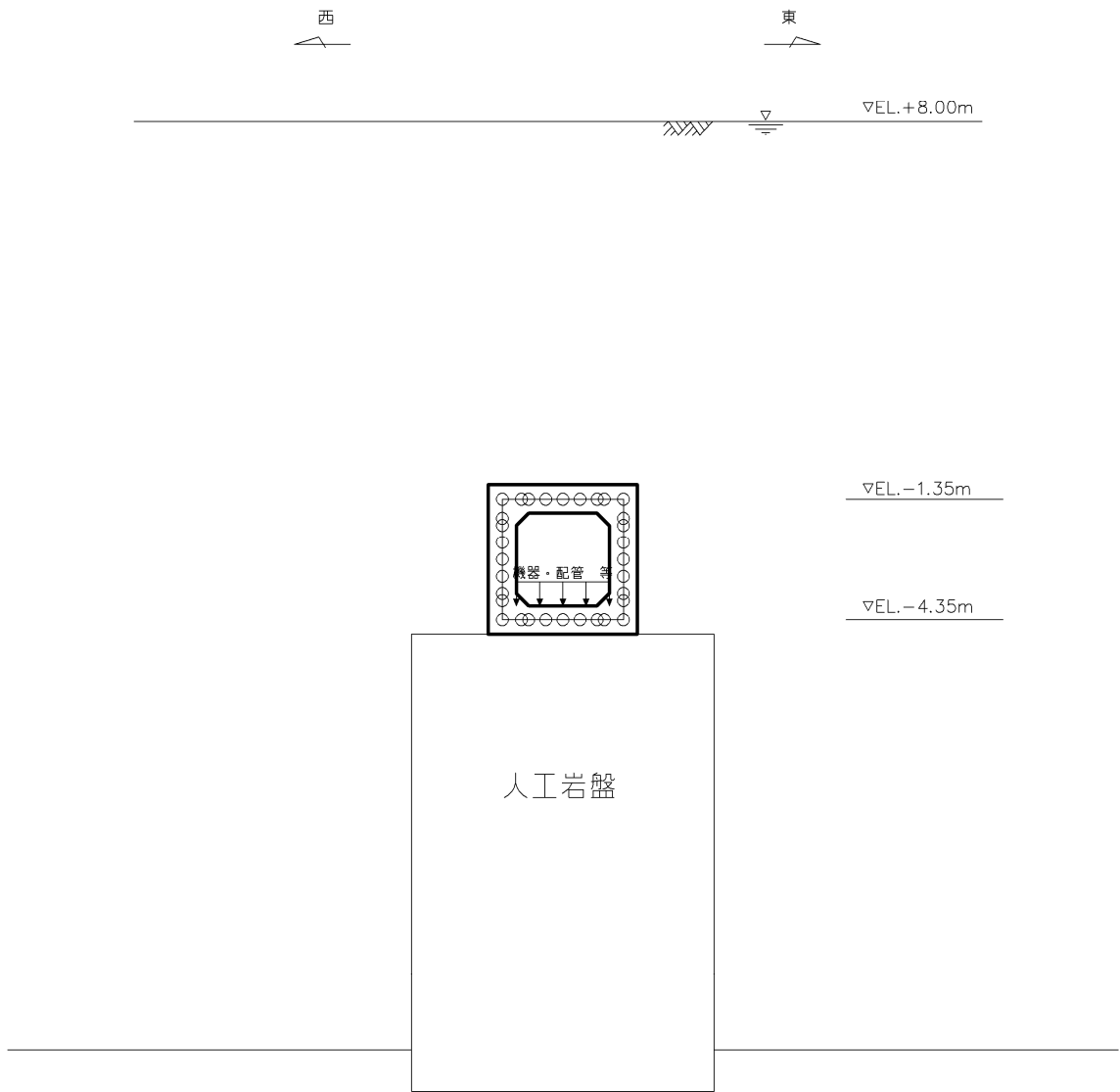


図 10.2-12 作用荷重図

(2) 外水圧

水の密度として 1.00 g/cm^3 を考慮する。

10.2.11 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 10.2-9 に示す。

表 10.2-9 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 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 地盤物性のばらつきを考慮(+1σ)した解析ケース | ③ 地盤物性のばらつきを考慮(-1σ)した解析ケース | ④ 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 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 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 | | 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 |
| 地震波(位相) | S _s -D 1 | (++) | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | | (+-) | 1 | | | | |
| | | (-+) | 1 | | | | |
| | | (--) | 1 | | | | |
| | S _s -1 1 | (++) | 1 | | | | |
| | S _s -1 2 | (++) | 1 | | | | |
| | S _s -1 3 | (++) | 1 | | | | |
| | S _s -1 4 | (++) | 1 | | | | |
| | S _s -2 1 | (++) | 1 | | | | |
| | S _s -2 2 | (++) | 1 | | | | |
| S _s -3 1 | (++) | 1 | | | | | |
| | (-+) | 1 | | | | | |
| 計 | | 12 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

①の検討において、最も厳しい(許容限界に対する余裕が最も小さい)地震動を用いて実施

(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 10.2-10 に示す。

表 10.2-10 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 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 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 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 _s -D 1 | (++) | ⑤において機器の周期帯で加速度応答が最も大きい地震波 1 波と変位量が最も大きくなる地震波 1 波の計 2 波分で実施 | 1 | ⑤において機器の周期帯で加速度応答が最も大きい地震波 1 波と変位量が最も大きくなる地震波 1 波の計 2 波分で実施 |
| | | (+-) | | 1 | |
| | | (-+) | | 1 | |
| | | (--) | | 1 | |
| | S _s -1 1 | (++) | | 1 | |
| | S _s -1 2 | (++) | | 1 | |
| | S _s -1 3 | (++) | | 1 | |
| | S _s -1 4 | (++) | | 1 | |
| | S _s -2 1 | (++) | | 1 | |
| | S _s -2 2 | (++) | | 1 | |
| | S _s -3 1 | (++) | | 1 | |
| | | (-+) | | 1 | |
| 計 | | | 2 | 12 | 2 |

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。

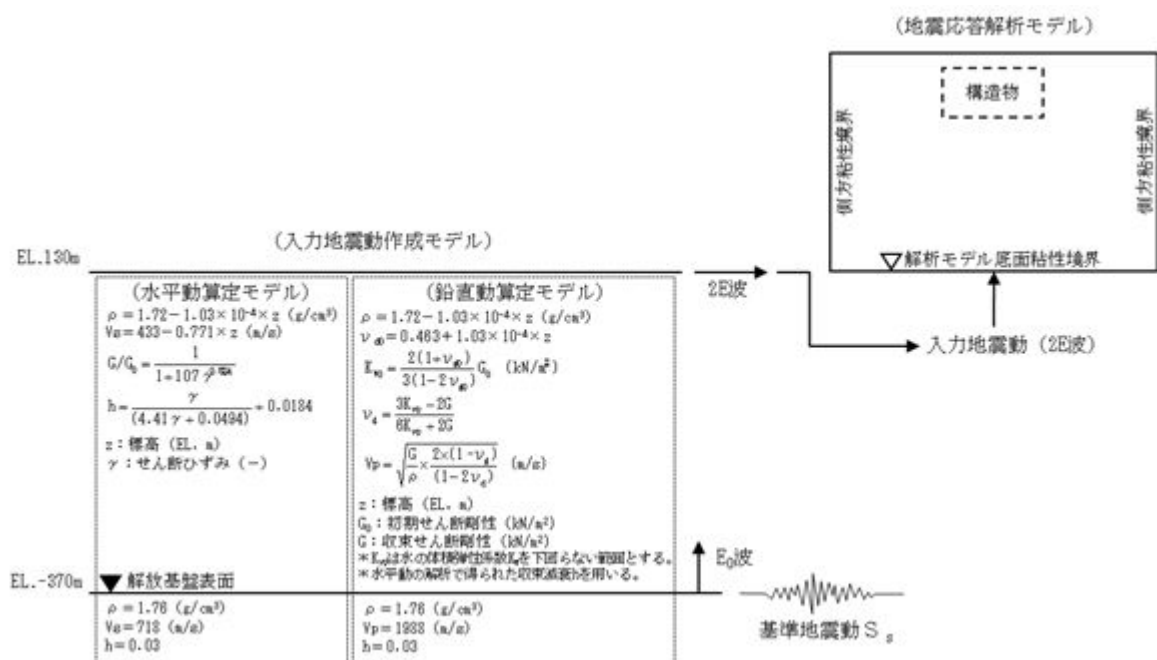
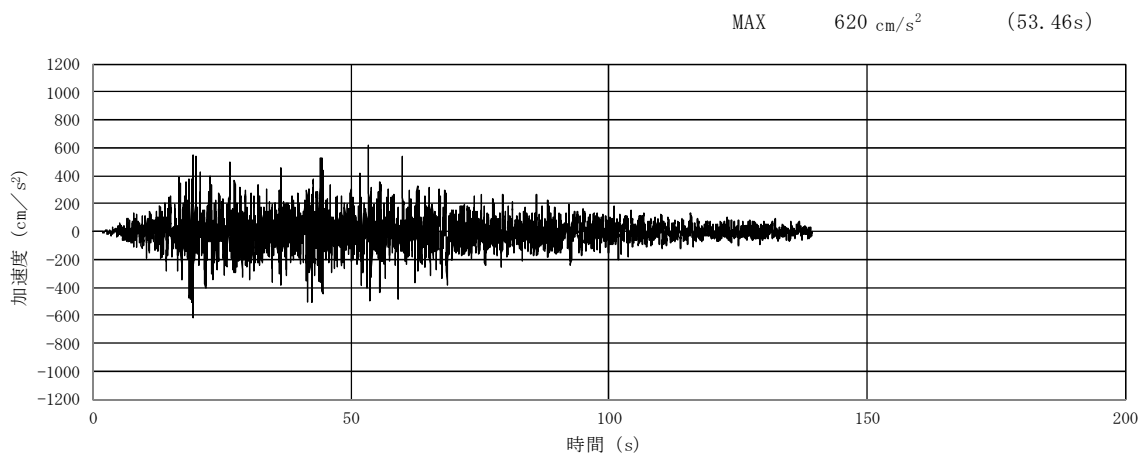
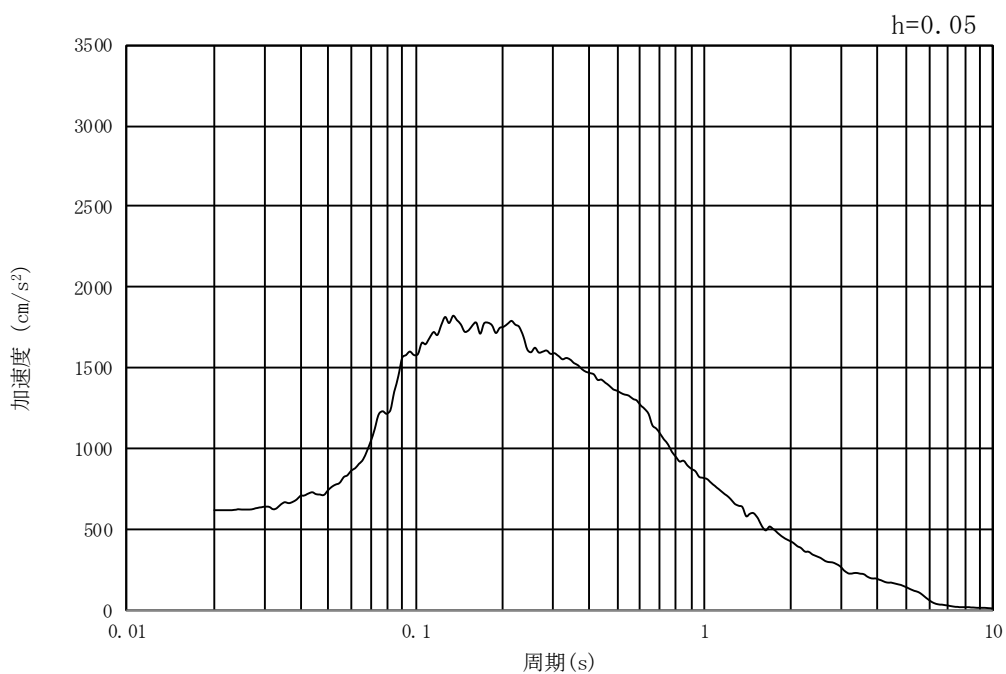


図 10.3-1 入力地震動算定の概念図

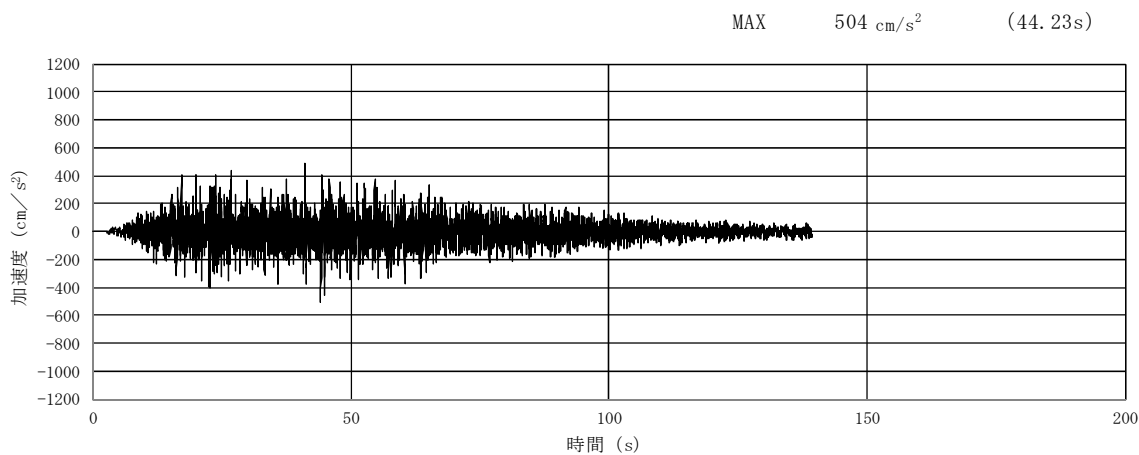


(a) 加速度時刻歴波形

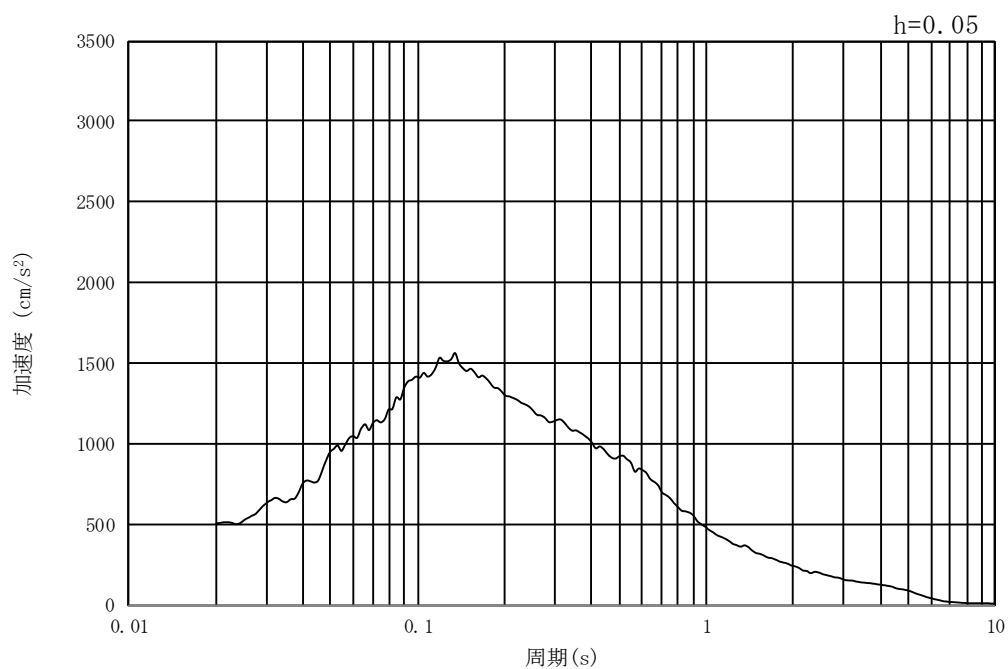


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - D1$)

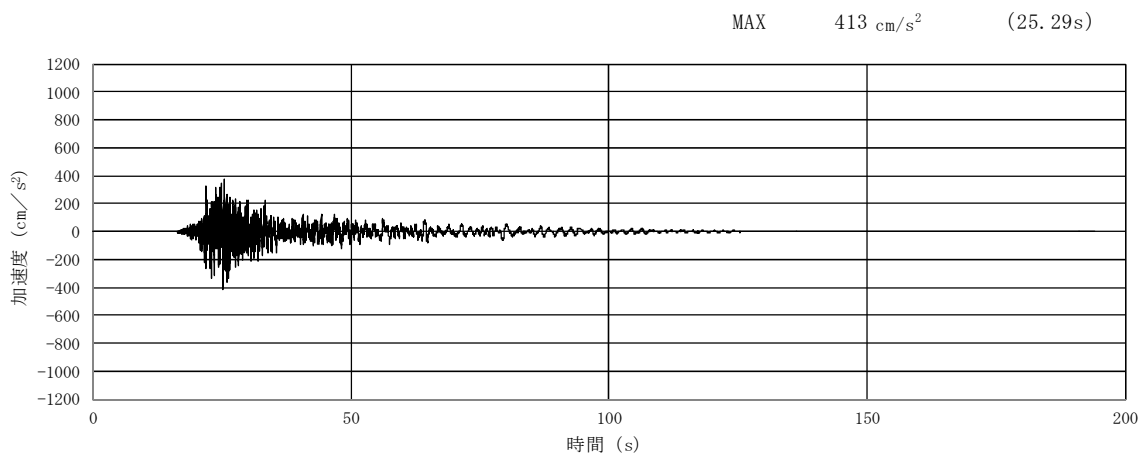


(a) 加速度時刻歴波形

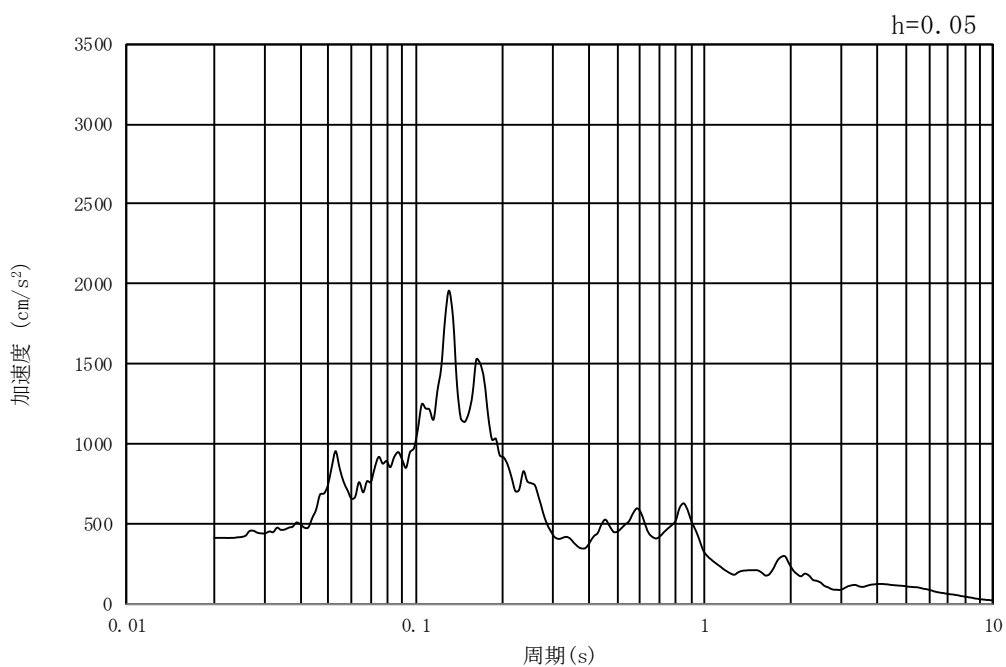


(b) 加速度応答スペクトル

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_s-D1)

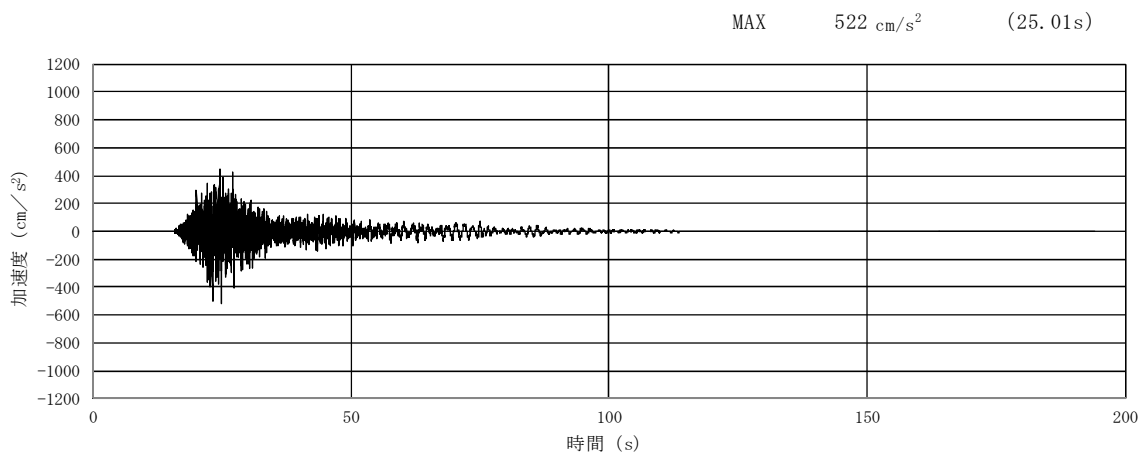


(a) 加速度時刻歴波形

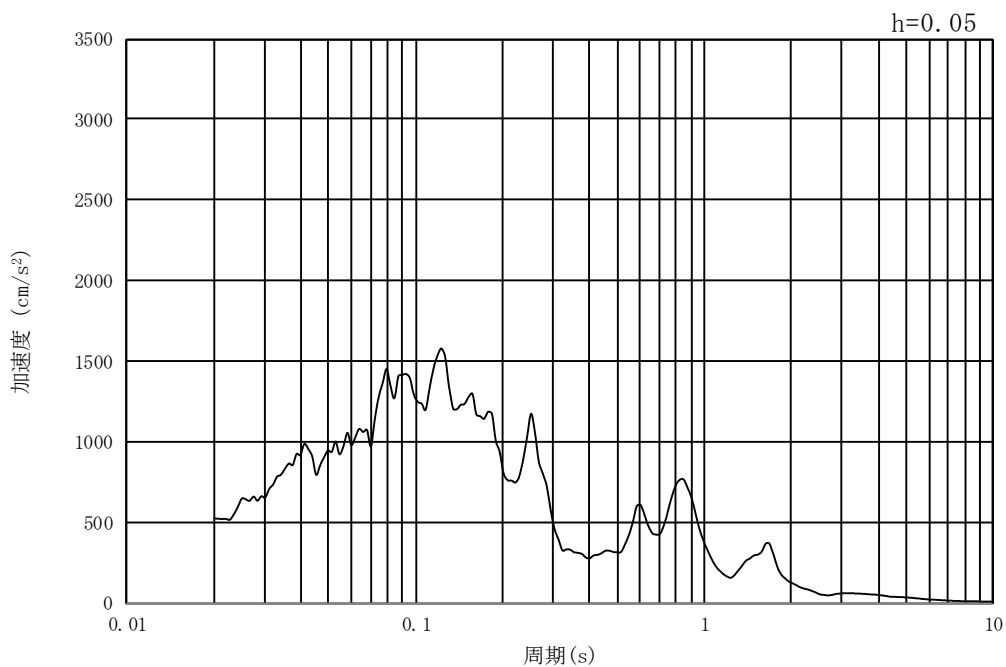


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 1.1$)

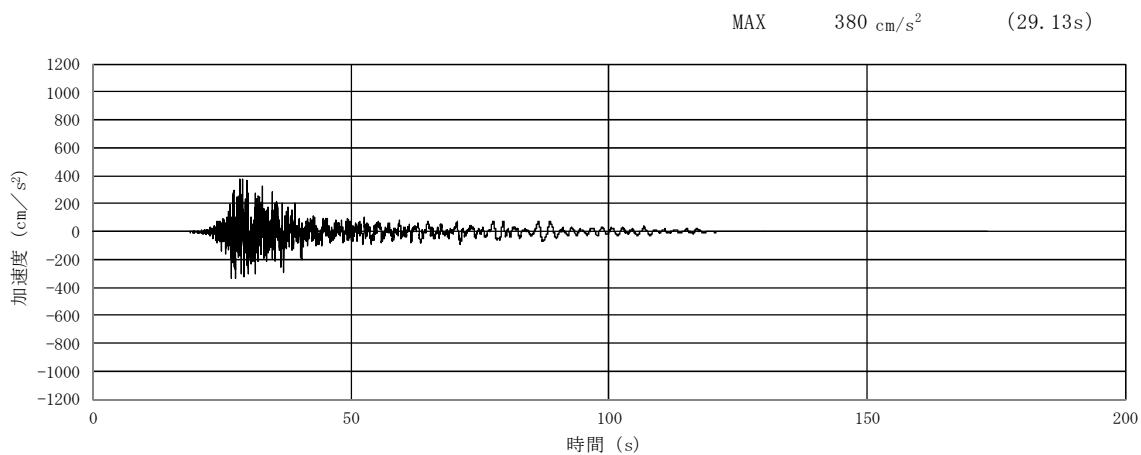


(a) 加速度時刻歴波形

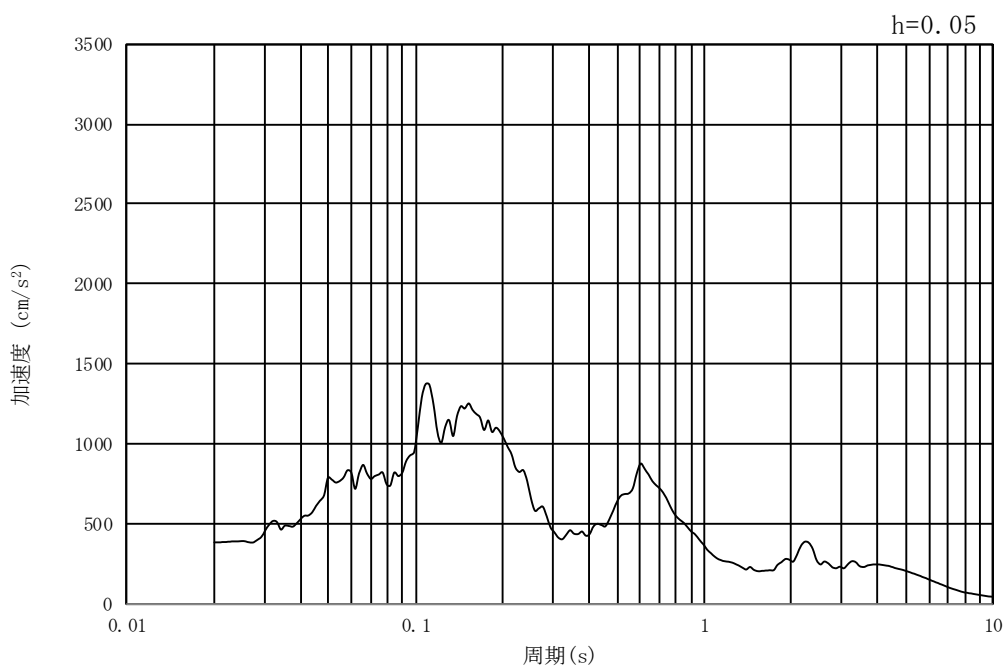


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 1.1$)

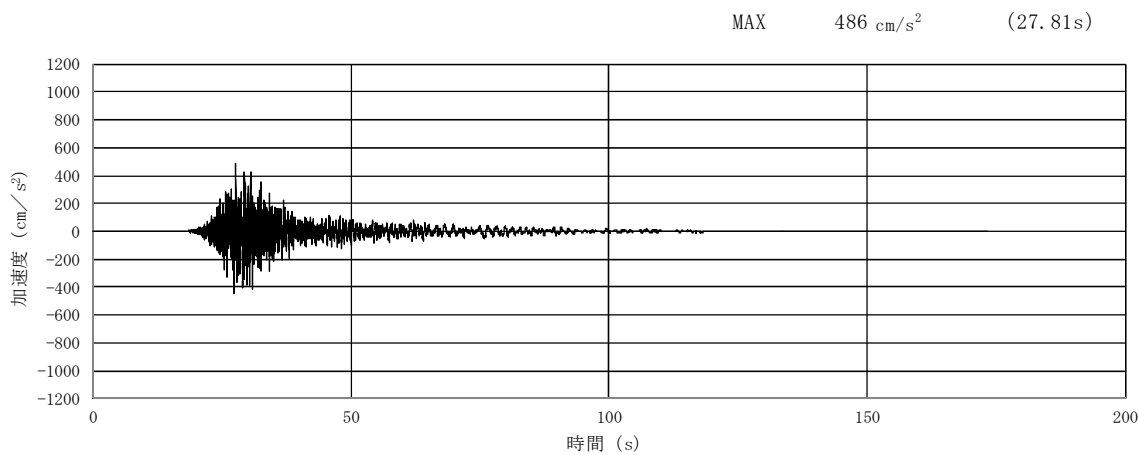


(a) 加速度時刻歴波形

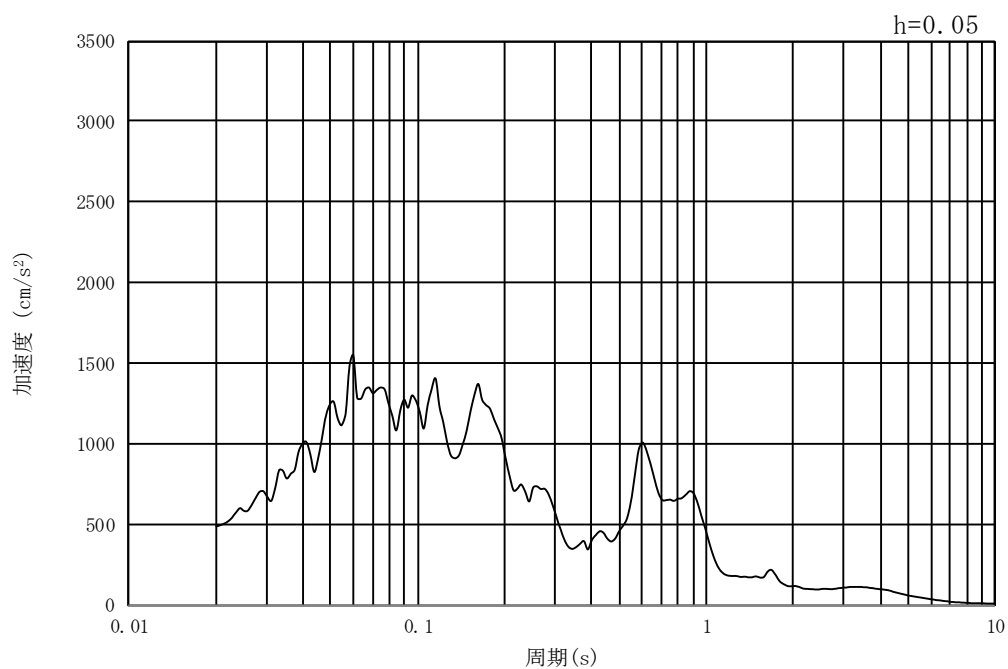


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 1.2$)

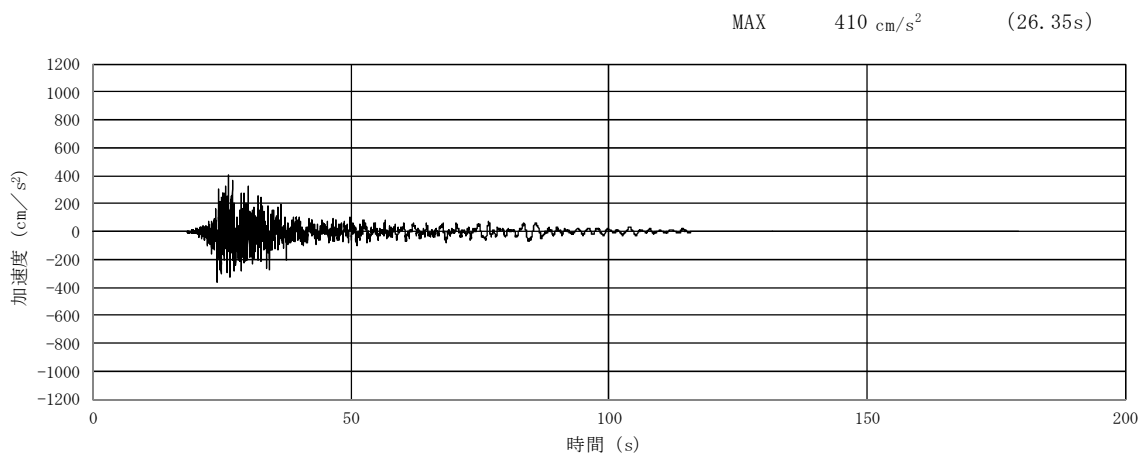


(a) 加速度時刻歴波形

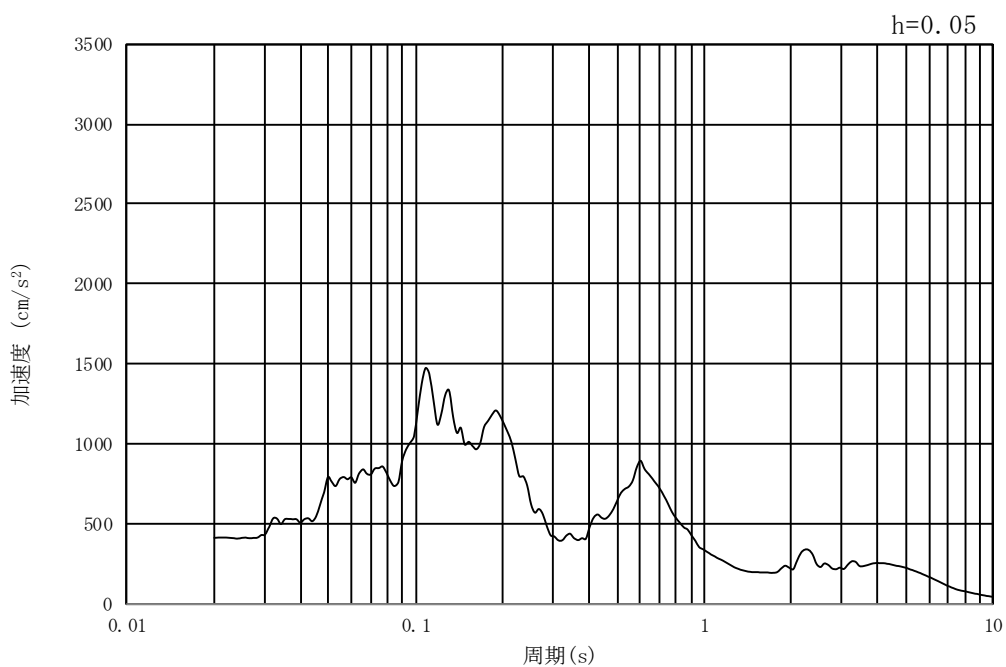


(b) 加速度応答スペクトル

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: $S_s - 1.2$)

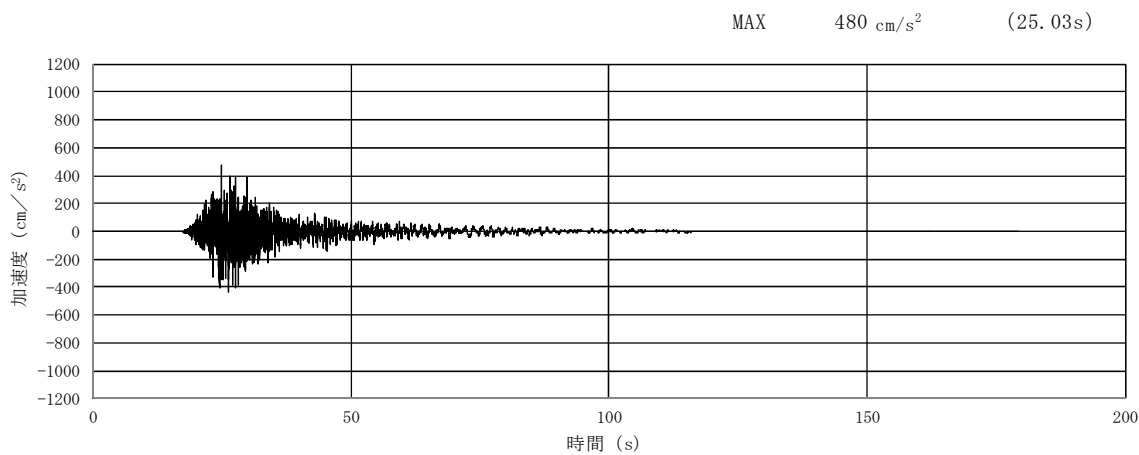


(a) 加速度時刻歴波形

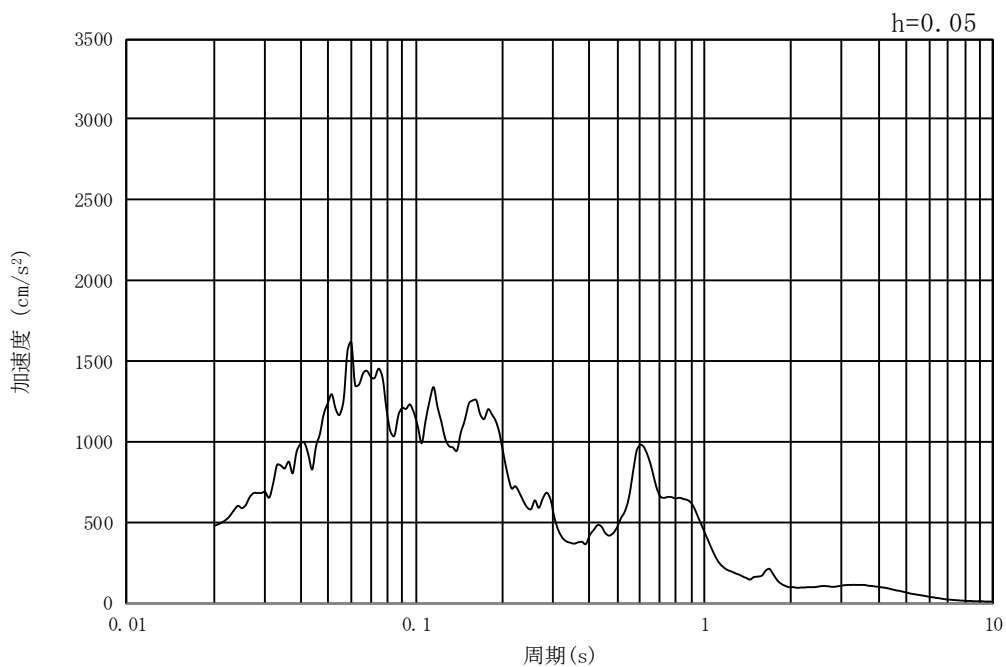


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 13$)

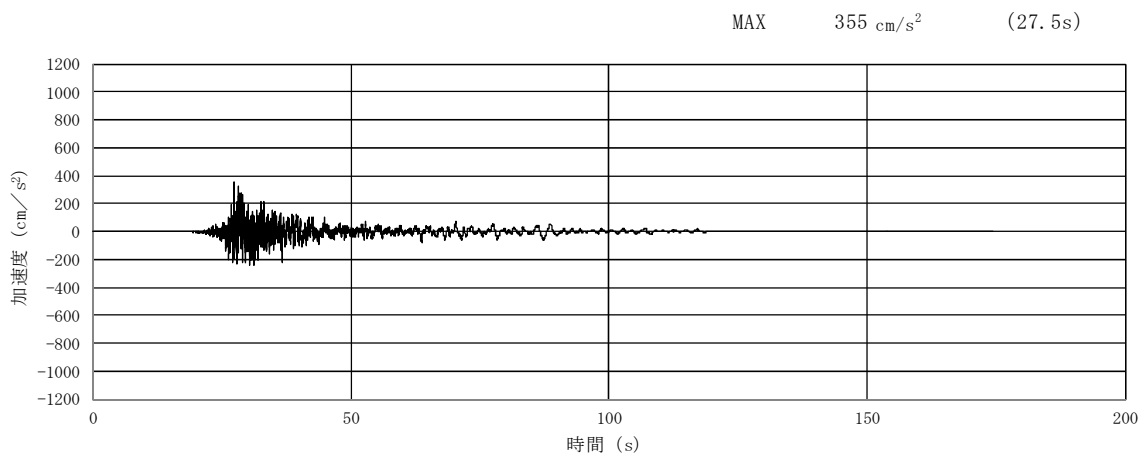


(a) 加速度時刻歴波形

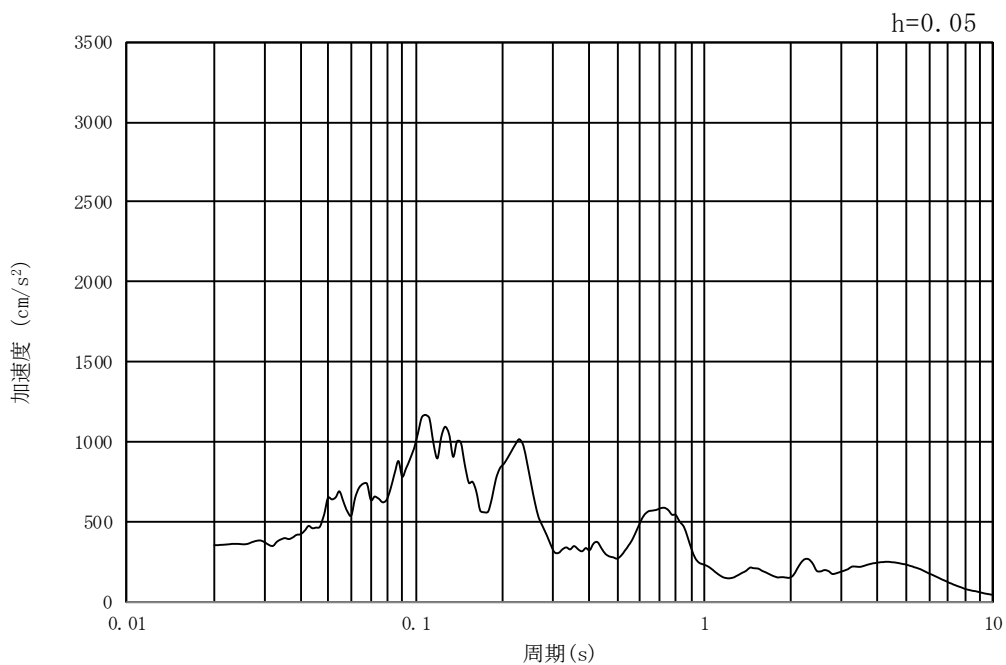


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 1.3$)

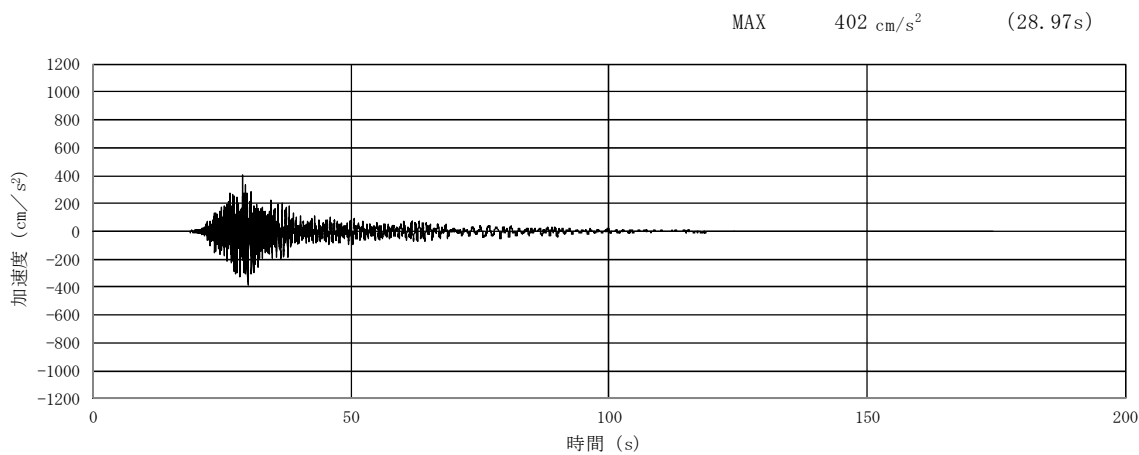


(a) 加速度時刻歴波形

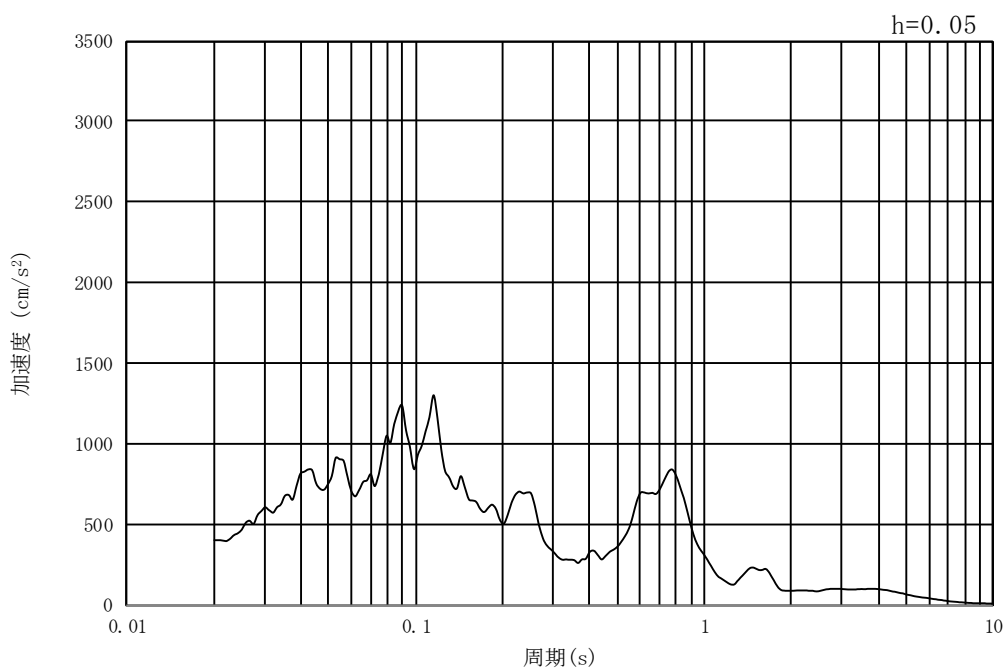


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 1.4$)

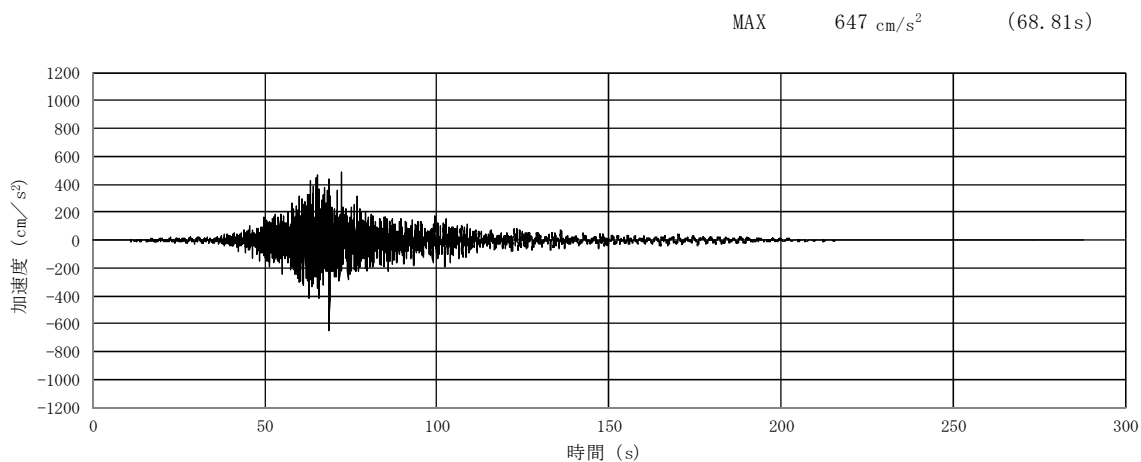


(a) 加速度時刻歴波形

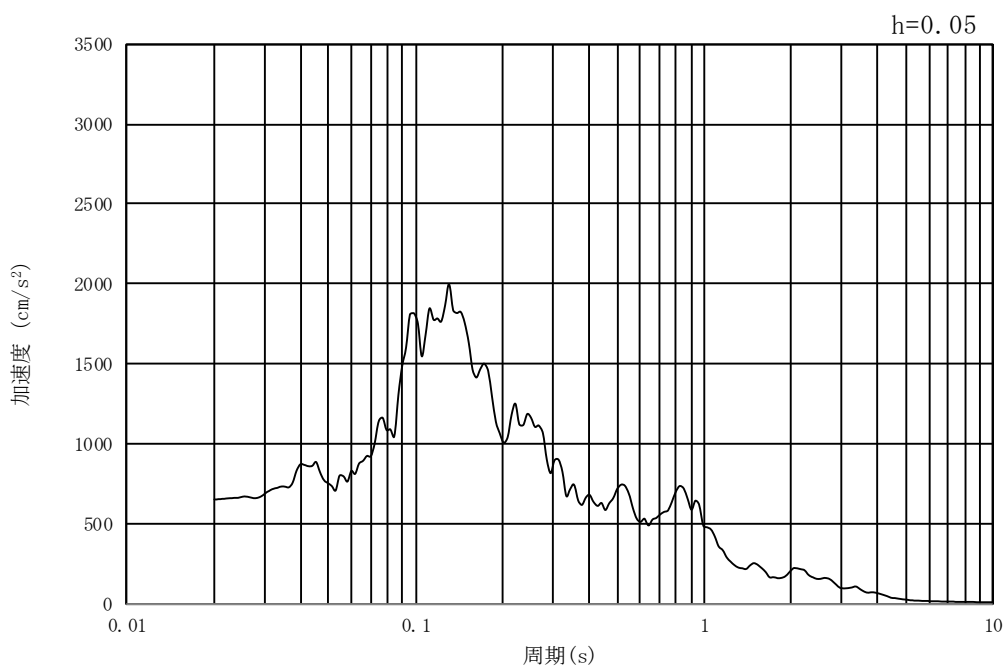


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 1.4$)

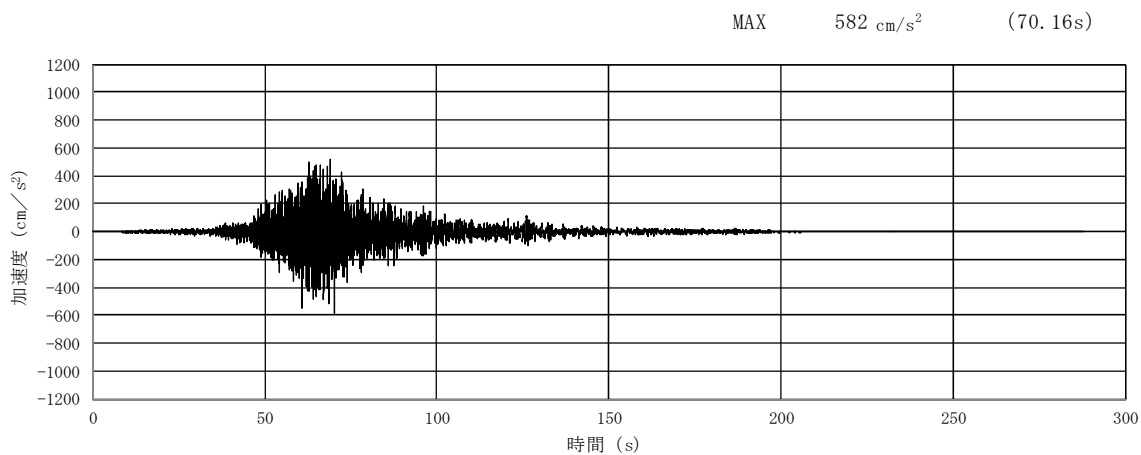


(a) 加速度時刻歴波形

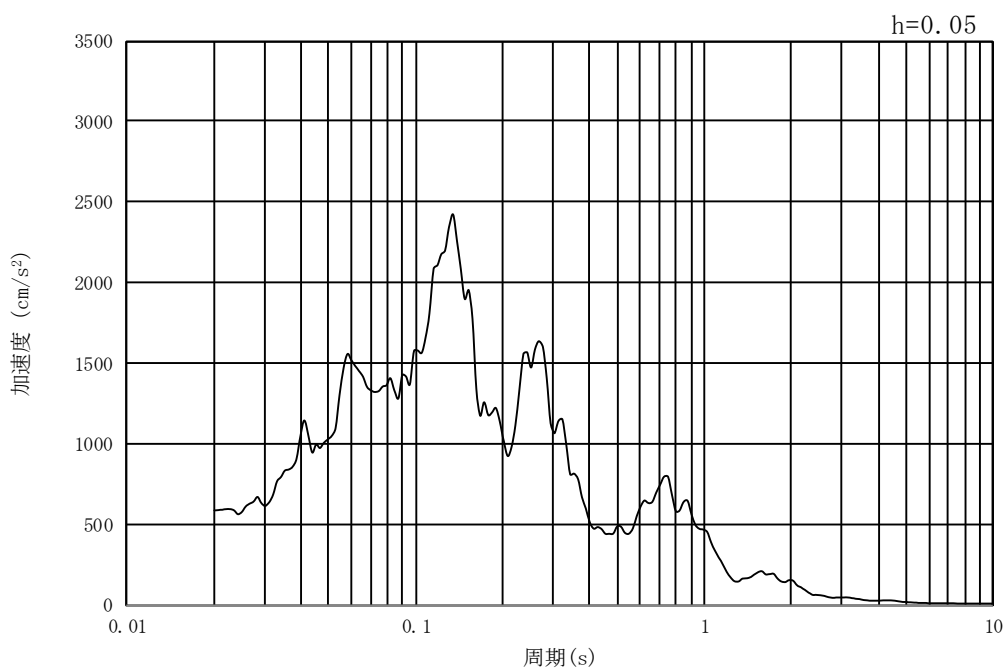


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 21$)

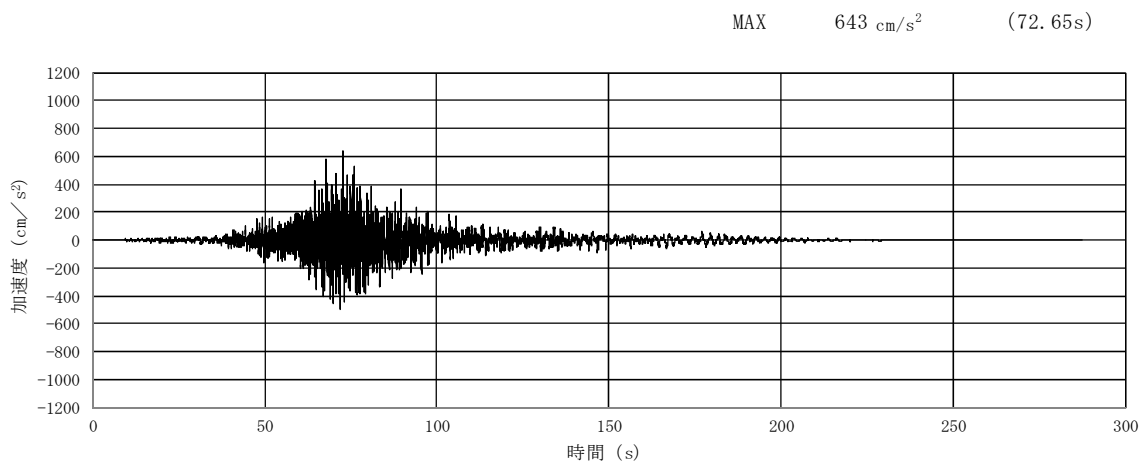


(a) 加速度時刻歴波形

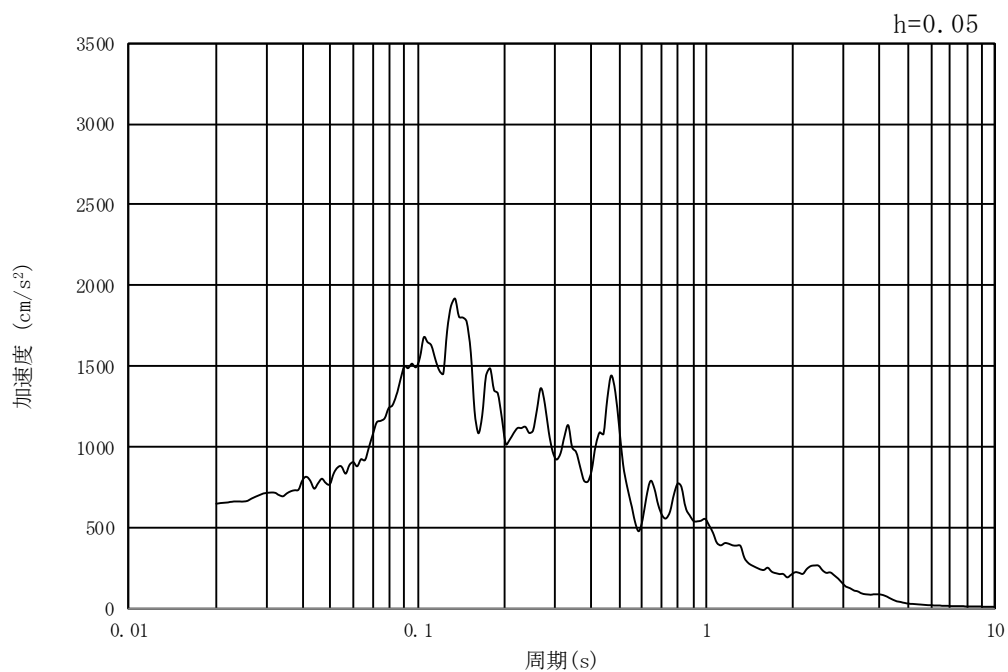


(b) 加速度応答スペクトル

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)

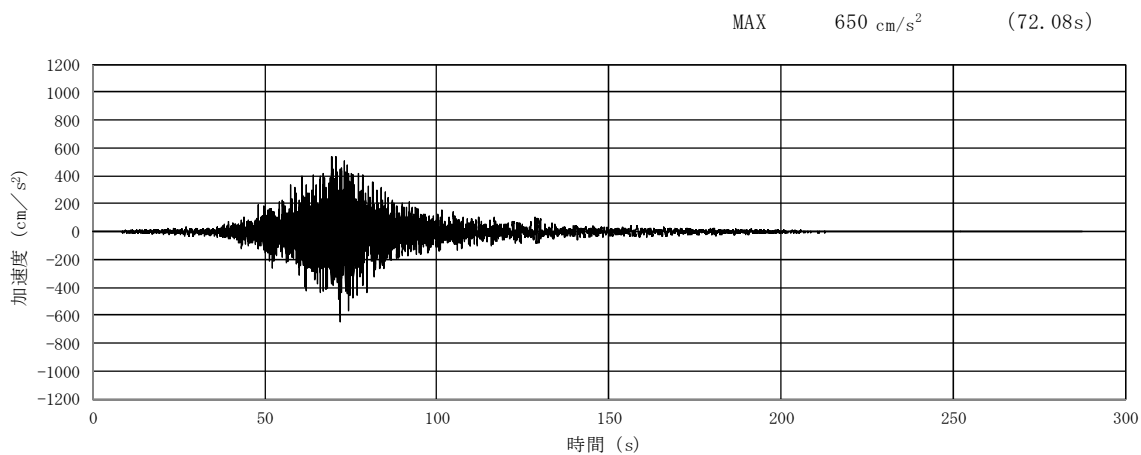


(a) 加速度時刻歴波形

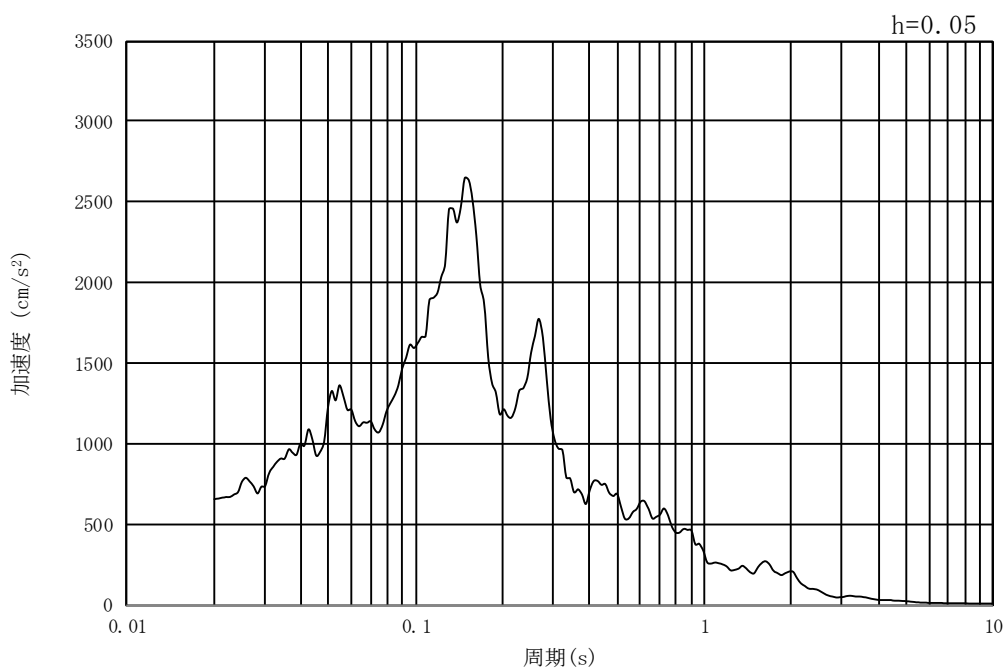


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 22$)

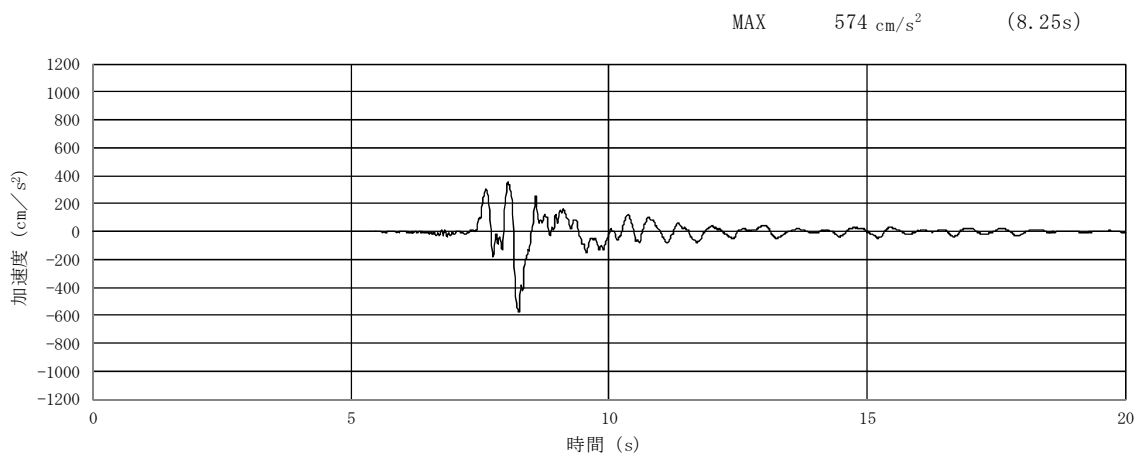


(a) 加速度時刻歴波形

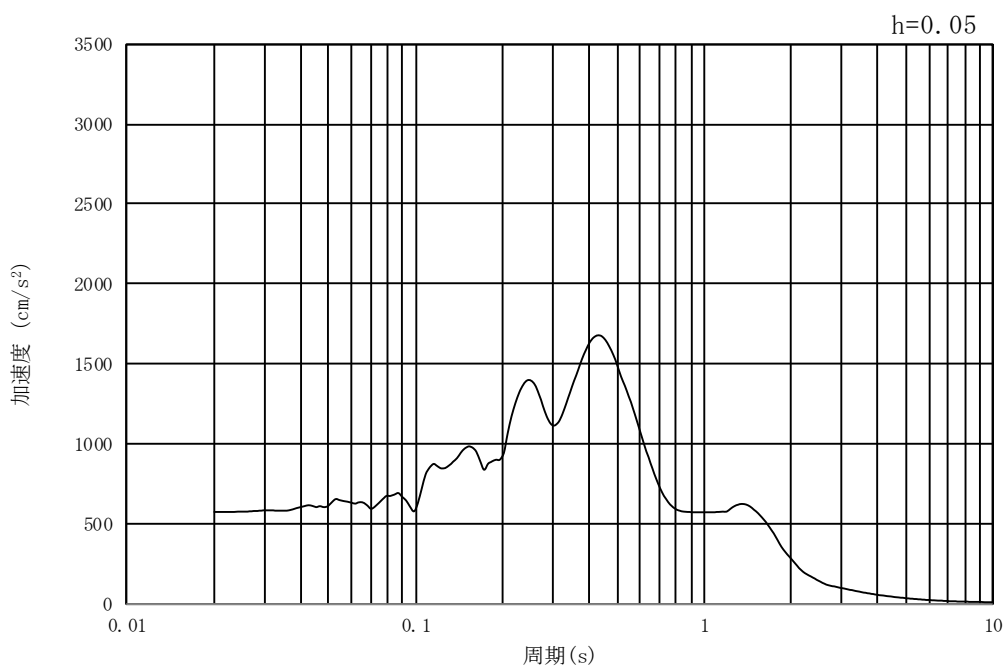


(b) 加速度応答スペクトル

図 10.3-3 (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 : $S_s - 22$)

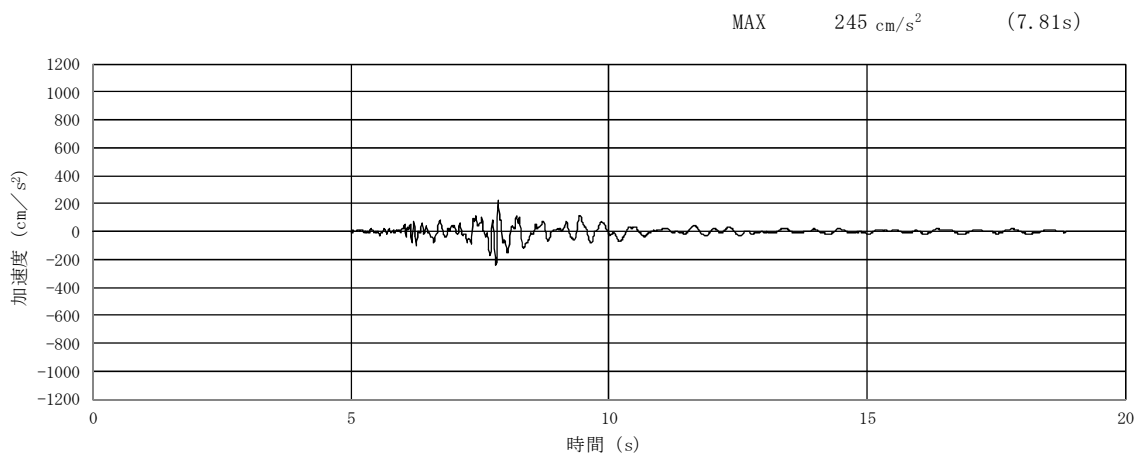


(a) 加速度時刻歴波形

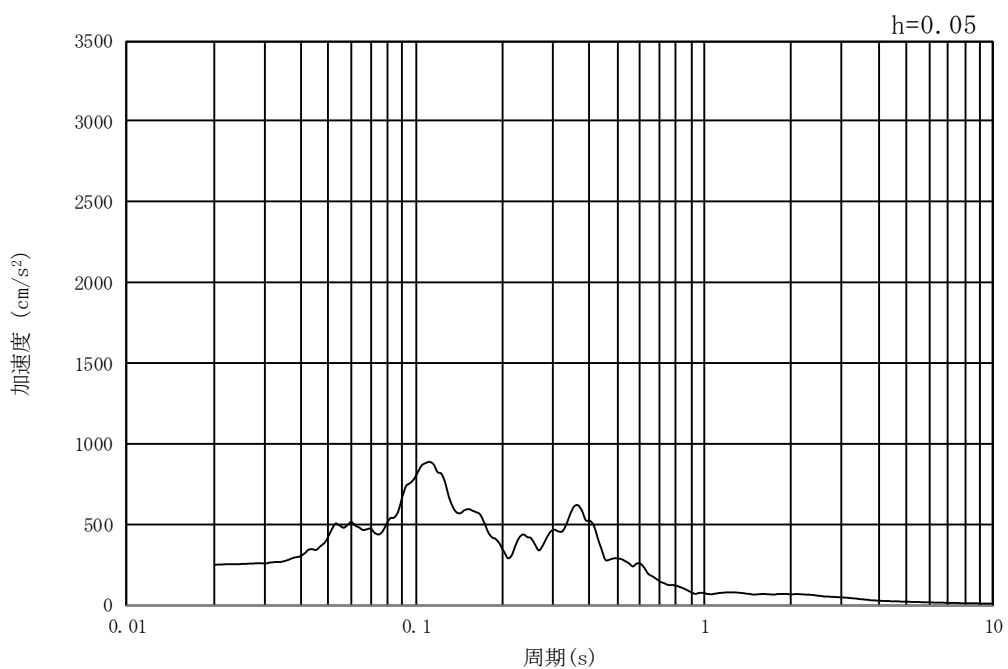


(b) 加速度応答スペクトル

図 10.3-3 (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 : $S_s - 31$)



(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-31)

10.3.2 許容限界の設定

(1) 許容応力度による許容限界

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、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 (N/mm ²) |
|--|-------------------------|---------------------------------|
| コンクリート ($f'_{ck} = 40$ N/mm ²) | 許容曲げ圧縮応力度 σ_{ca} | 21 |
| | 許容せん断応力度 τ_{a1} | 0.825 ※ |
| 鉄筋 | SD345 | 許容引張応力度 σ_{sa} 294 |
| | SD390 | 許容引張応力度 σ_{sa} 309 |

注記 ※: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

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

τ_{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

σ_{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 (追而)

(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、常設低圧代替注水系配管カルバートの基礎地盤を構成する新第三系 Km 層の極限支持力を用いる。極限支持力については、「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)」のケーソン基礎の設計に基づき、以下の通り設定する。

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

ここで、

- q_d : 基礎底面地盤の極限支持力度
- c : 基礎底面より下にある地盤の粘着力
- γ_1 : 基礎底面より下にある地盤の単位体積重量。ただし、地下水位以下では水中単位体積重量とする
- γ_2 : 基礎底面より上にある周辺地盤の単位体積重量。ただし、地下水位以下では水中単位体積重量とする
- α, β : 表 10.3-3 に示す基礎底面の形状係数
- D : 基礎幅
- D_f : 基礎の有効根入れ深さ
- N_c, N_q, N_γ : 図 10.3-3 に示す支持力係数

表 10.3-3 基礎底面の形状係数

| 基礎底面の形状 形状係数 | 帯 状 | 正方形, 円形 | 長方形, 小判形 |
|-----------------|-----|---------|--------------------|
| α | 1.0 | 1.3 | $1+0.3\frac{B}{D}$ |
| β | 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。

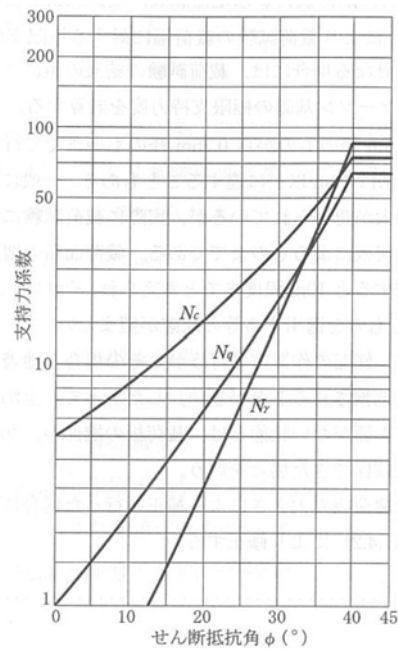


図 10.3-3 支持力係数を求めるグラフ

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 10.3-4 示す。

表 10.3-4 基礎地盤の支持力に対する許容限界 (追而)

10.4 評価結果

10.4.1 地震応答解析結果

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 10.4-1 及に示す。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。

また, 最大せん断ひずみ分布図を図 10.4-2 に示し, 過剰間隙水圧比の分布図を図 10.4-3 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。

図 10.4-1 (1) 東西方向断面の地震時断面力 ($S_s - D 1 [H+, V+]$, $t=00. 00s$)

図 10.4-1 (2) 東西方向断面の地震時断面力 ($S_s - D 1 [H+, V-]$, $t=00. 00s$)

図 10.4-1 (3) 東西方向断面の地震時断面力 ($S_s - D 1 [H-, V+]$, $t=00. 00s$)

図 10.4-1 (4) 東西方向断面の地震時断面力 ($S_s - D 1 [H-, V-]$, $t=00. 00s$)

図 10.4-1 (5) 東西方向断面の地震時断面力 ($S_s - 1 1$, $t=00. 00s$)

図 10.4-1 (6) 東西方向断面の地震時断面力 ($S_s - 1 2$, $t=00. 00s$)

図 10.4-1 (7) 東西方向断面の地震時断面力 ($S_s - 1 3$, $t=00. 00s$)

図 10.4-1 (8) 東西方向断面の地震時断面力 ($S_s - 1 4$, $t=00. 00s$)

図 10.4-1 (9) 東西方向断面の地震時断面力 ($S_s - 2 1$, $t=00. 00s$)

図 10.4-1 (10) 東西方向断面の地震時断面力 ($S_s - 2 2$, $t=00. 00s$)

図 10.4-1 (11) 東西方向断面の地震時断面力 ($S_s - 3 1 [H+, V+]$, $t=00. 00s$)

図 10.4-1 (12) 東西方向断面の地震時断面力 ($S_s - 3 1 [H-, V+]$, $t=00. 00s$)

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

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

図 10.4-2 (3) 東西方向断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - D 1 [H-, V+]$)

図 10.4-2 (4) 東西方向断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - D 1 [H-, V-]$)

図 10.4-2 (5) 東西方向断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 1 1$)

図 10.4-2 (6) 東西方向断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 1 2$)

図 10.4-2 (7) 東西方向断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 1 3$)

図 10.4-2 (8) 東西方向断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 1 4$)

図 10.4-2 (9) 東西方向断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 2 1$)

図 10.4-2 (10) 東西方向断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 2 2$)

図 10.4-2 (11) 東西方向断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 3 1 [H+, V+]$)

図 10.4-2 (12) 東西方向断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 3 1 [H-, V+]$)

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

図 10.4-3 (2) 東西方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - D 1 [H+, V-]$)

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

図 10.4-3 (4) 東西方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - D 1 [H-, V-]$)

図 10.4-3 (5) 東西方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 1 1$)

図 10.4-3 (6) 東西方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 1 2$)

図 10.4-3 (7) 東西方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 1 3$)

図 10.4-3 (8) 東西方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 1 4$)

図 10.4-3 (9) 東西方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 2 1$)

図 10.4-3 (10) 東西方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 2 2$)

図 10.4-3 (11) 東西方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 3 1 [H+, V+]$)

図 10.4-3 (12) 東西方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 3 1 [H-, V+]$)

10.4.2 耐震評価結果

コンクリートの曲げ照査結果を表 10.4-1 に，鉄筋の曲げ照査結果を表 10.4-2 にそれぞれ示す。

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，評価位置においてコンクリートの圧縮応力度と鉄筋の引張応力度が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。

概略配筋図を図 10.4-4 に，断面計算に用いた断面諸元の一覧を表 10.4-3 に示す。

表 10.4-1 (1) コンクリートの曲げ照査結果 (東西断面方向)

表 10.4-1 (2) コンクリートの曲げ照査結果 (東西断面方向)

表 10.4-1 (3) コンクリートの曲げ照査結果 (東西断面方向)

表 10.4-1 (4) コンクリートの曲げ照査結果 (東西断面方向)

表 10.4-1 (5) コンクリートの曲げ照査結果 (東西断面方向)

表 10.4-1 (6) コンクリートの曲げ照査結果 (東西断面方向)

表 10.4-2 (1) 鉄筋の曲げ照査結果 (東西断面方向)

表 10.4-2 (2) 鉄筋の曲げ照査結果 (東西断面方向)

表 10.4-2 (3) 鉄筋の曲げ照査結果 (東西断面方向)

表 10.4-2 (4) 鉄筋の曲げ照査結果 (東西断面方向)

表 10.4-2 (5) 鉄筋の曲げ照査結果 (東西断面方向)

表 10.4-2 (6) 鉄筋の曲げ照査結果 (東西断面方向)

図 10.4-4 概略配筋図 (東西断面方向)

表 10.4-3 断面諸元一覧表 (東西断面方向)

(2) 構造部材のせん断に対する評価結果

表 10.4-4 にせん断に対する照査結果を示す。

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 ($V_{c,a}$) 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 10.4-5 に概略配筋図を、表 10.4-5 に断面計算に用いた断面諸元の一覧を示す。

表 10.4-4 (1) せん断照査結果 (東西断面方向)

表 10.4-4 (2) せん断照査結果 (東西断面方向)

表 10.4-4 (3) せん断照査結果 (東西断面方向)

表 10.4-4 (4) せん断照査結果 (東西断面方向)

表 10.4-4 (5) せん断照査結果 (東西断面方向)

表 10.4-4 (6) せん断照査結果 (東西断面方向)

図 10.4-5 概略配筋図 (東西断面方向)

表 10.4-5 断面諸元一覧表 (東西断面方向)

(3) 基礎地盤の支持性能に対する評価結果

表 10.4-6 に基礎地盤の支持性能評価結果を，図 10.4-6 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 $S_s - D 1$ [H+, V+] (東西断面方向) で $\bigcirc\bigcirc \text{ kN/m}^2$ であり，基礎地盤の極限支持力 $\Delta\Delta \text{ kN/m}^2$ 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 10.4-6 基礎地盤の支持性能評価結果

図 10.4-6 (1) 東西断面方向の接地圧分布図 ($S_s - D 1$ [H+, V+])

図 10.4-6 (2) 東西断面方向の接地圧分布図 ($S_s - D 1$ [H+, V-])

図 10.4-6 (3) 東西断面方向の接地圧分布図 ($S_s - D 1$ [H-, V+])

図 10.4-6 (4) 東西断面方向の接地圧分布図 ($S_s - D 1$ [H-, V-])

図 10.4-6 (5) 東西断面方向の接地圧分布図 ($S_s - 1 1$)

図 10.4-6 (6) 東西断面方向の接地圧分布図 ($S_s - 1 2$)

図 10.4-6 (7) 東西断面方向の接地圧分布図 ($S_s - 1 3$)

図 10.4-6 (8) 東西断面方向の接地圧分布図 ($S_s - 1 4$)

図 10.4-6 (9) 東西断面方向の接地圧分布図 ($S_s - 2 1$)

図 10.4-6 (10) 東西断面方向の接地圧分布図 ($S_s - 2 2$)

図 10.4-6 (11) 東西断面方向の接地圧分布図 ($S_s - 3 1$ [H+, V+])

図 10.4-6 (12) 東西断面方向の接地圧分布図 ($S_s - 3 1$ [H-, V+])

10.5 まとめ (追而)