

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6
提出年月日	平成30年4月16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
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 ・1.6章, 5章, 6章, 7章, 9章, 14章, 16章, 17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 6 H30. 4. 13]
- 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[改 6 H30. 4. 16]
 - 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 6 H30. 4. 16]
 - 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 6 H30. 4. 16]
- 1.6 許容応力度法における許容限界について[改 6 H30. 4. 16]

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[改 6 H30. 4. 16]
- 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 6 H30. 4. 16]
- 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 5 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. S A用海水ピットの耐震安全性評価[改6 H30.4.16]
15. 海水引込み管の耐震安全性評価
16. S A用海水ピット取水塔の耐震安全性評価[改6 H30.4.16]
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6 H30.4.16]
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

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。

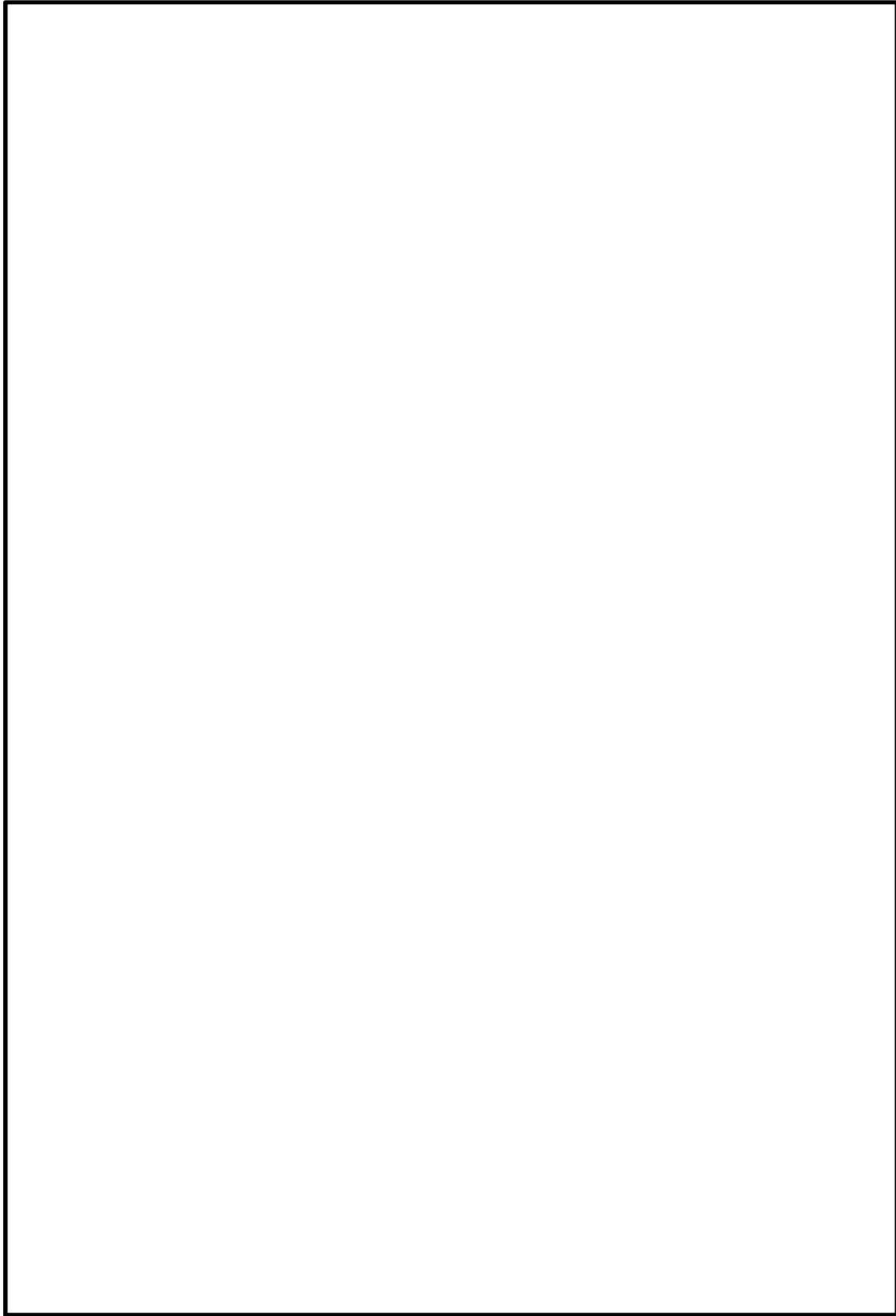


图 1.1-1 屋外重要土木构造物等位置图

1.4.13 緊急用海水取水管の断面選定の考え方

緊急用海水取水管は、海側からSA用海水ピット取水塔、海水引込み管、SA用海水ピット、緊急用海水取水管及び緊急用海水ポンプピットで構成される非常用海水取水設備の1つであり、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。

緊急用海水取水管は、延長約168 m、内径約1.2 mの鋼製の管路で、十分な支持性能を有する岩盤内に直接設置し、SA用海水ピット及び緊急用海水ポンプピットと岩盤内で接続する。なお、SA用海水ピット及び緊急用海水ポンプピットとの接続部付近及び管路の中間2箇所程度に可とう管を設置する。

緊急用海水取水管の平面位置図を図1.4.13-1に、断面図を図1.4.13-2に示す。

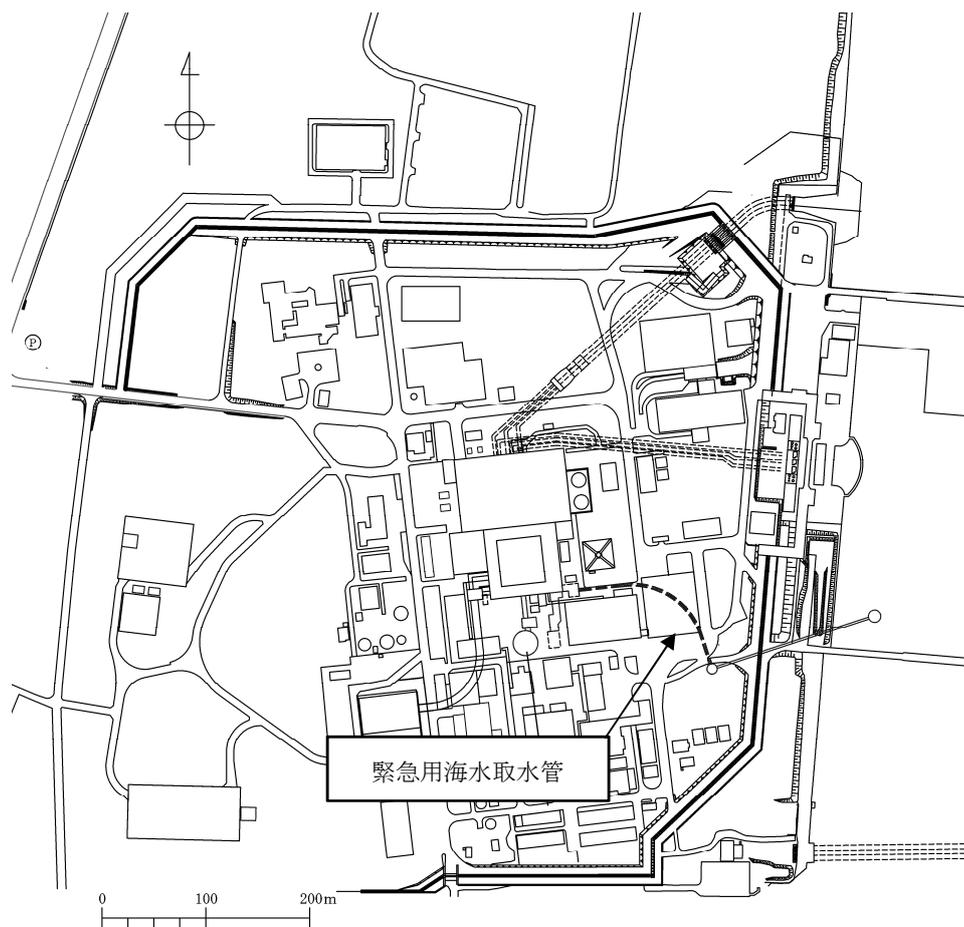


图 1.4.14-1 (1) 緊急用海水取水管 平面位置图 (全体图)

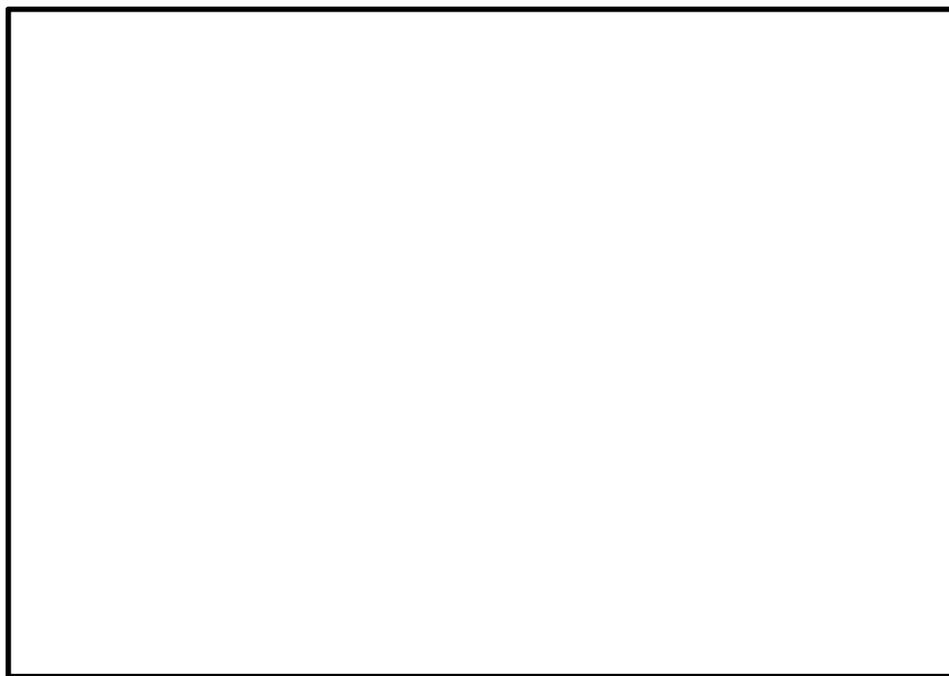


图 1.4.14-1 (2) 緊急用海水取水管 平面位置图 (拡大图)

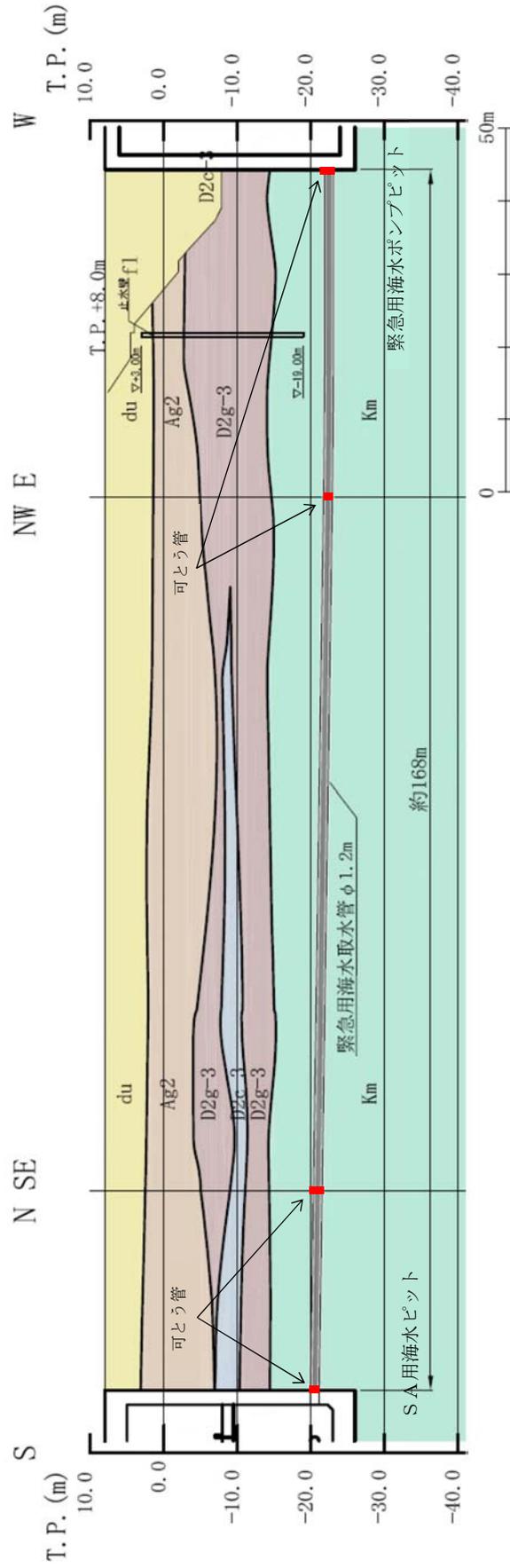


図 1.4.13-2 (1) 緊急用海水取水管 断面図 (A-A 縦断面)

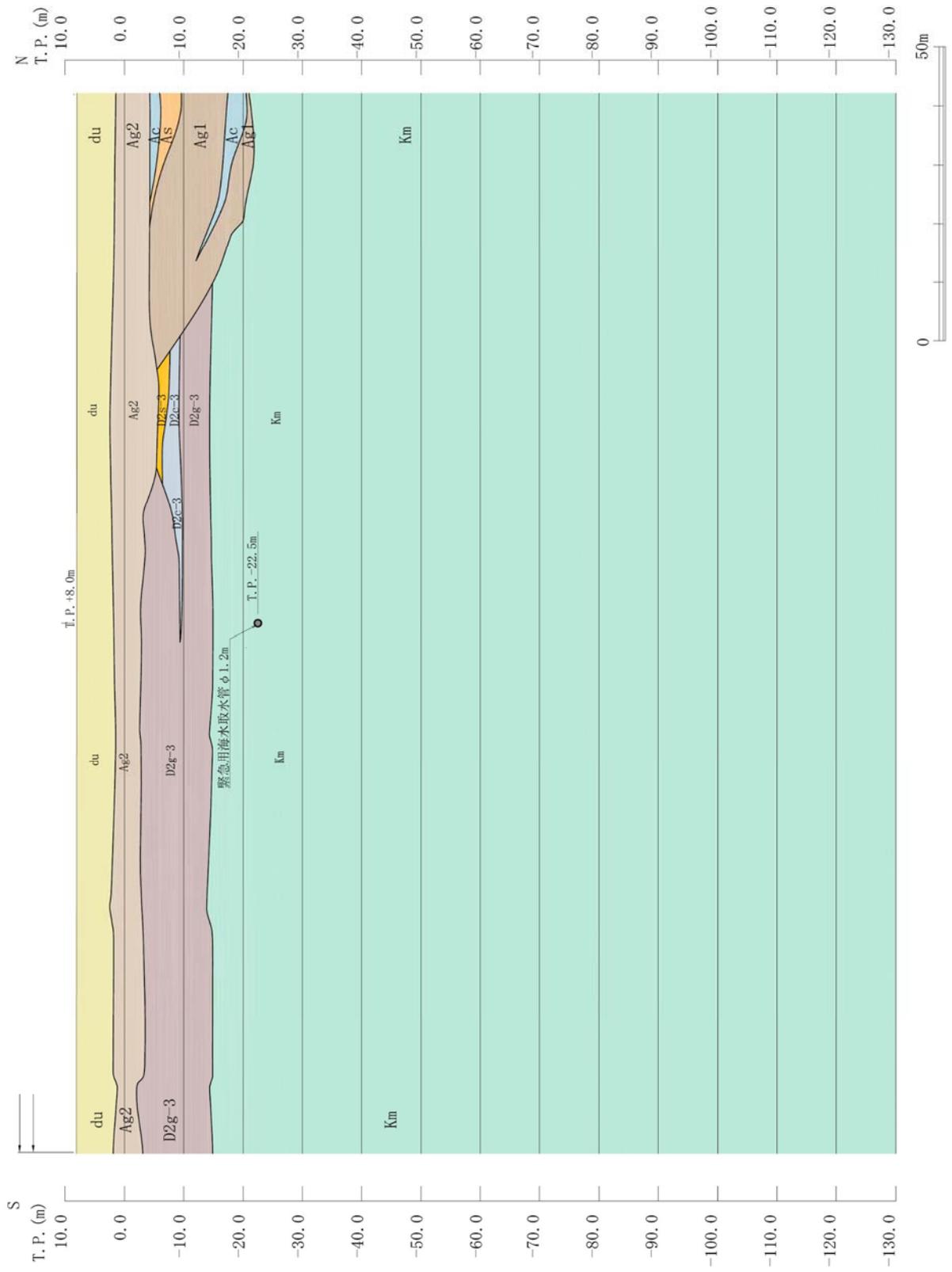


図 1.4.13-2 (2) 緊急用海水取水管 断面図 (B-B 横断面)

(1) 耐震評価候補断面の整理

1.4.1「方針①耐震評価断面候補の整理」に従い、耐震評価候補断面を整理する。

緊急用海水取水管の縦断面及び耐震候補断面位置図を図 1.4.13-3 に示す。

緊急用海水取水管の敷設区間において、第四紀層が岩盤上に 25 m 程度の厚さで概ね水平に堆積している。

緊急用海水取水管の設置深度は S A 用海水ピット側 (①-①の断面) が最も浅く緊急用海水ポンプピット方向に対して深くなる。緊急用海水ポンプピット側の区間において管路勾配は水平となり、この区間で管路の設置深度は最大になるため、土被りは最も厚くなる。

したがって、管路の評価候補断面の検討としては、管の設置深度が最小で土被りが最も薄くなる①-①断面と、設置深度が最大で土被りが最も厚くなる②-②断面を抽出し、1次元地震応答解析を実施する。また、S A 用海水ピット、緊急用海水ポンプピットとの接続部及び平面曲線の変化点には可とう管を設置する。

耐震評価候補断面の特徴を表 1.4.13-1 に示す。

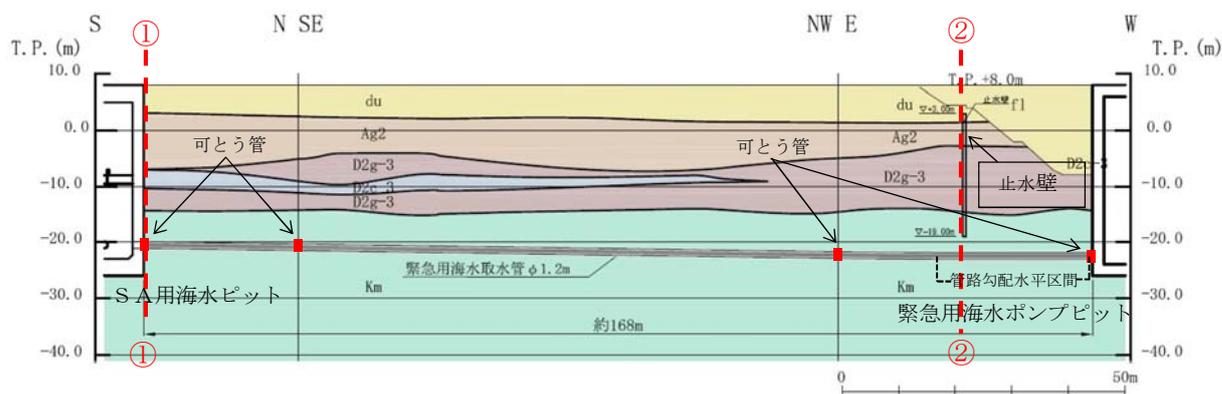


図 1.4.13-3 緊急用海水取水管の縦断面及び耐震候補断面位置図

表 1.4.13-1 緊急用海水取水管の耐震評価候補断面の特徴

断面	要求性能	構造的特徴	周辺地質	間接支持する設備
①-①	非常時の通水機能	<ul style="list-style-type: none"> ・鋼製の管路である。 ・岩盤内に設置する。 ・S A用海水ピット位置で土被りが最も小さい。 ・可とう管の設置部付近である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・第四紀層が岩盤上に25 m程度の厚さで概ね水平に堆積する。 	なし
②-②	非常時の通水機能	<ul style="list-style-type: none"> ・鋼製の管路である。 ・岩盤内に設置する。 ・緊急用海水ポンプピット付近で土被りが最も大きい。 ・可とう管の設置部からの離隔が大きい。 	<ul style="list-style-type: none"> ・第四紀層が岩盤上に25 m程度の厚さで概ね水平に堆積する。 	なし

(2) 評価対象断面の選定

耐震評価候補断面として選定した①-①断面と②-②断面の1次元地震応答解析のモデル図を図1.4.13-4に、確認結果を表1.4.13-2に示す。

緊急用海水取水管は岩盤内に直接設置されることから、管底に対する管頂の相対変位は微小であるが、①-①断面（SA用海水ピット位置）での値に比べ、②-②断面（緊急用海水ポンプピット付近）の方がやや大きい。また、せん断ひずみについても同様に②-②断面（緊急用海水ポンプピット付近）の方がやや大きい。したがって、相対変位及びせん断ひずみは土被りに応じて大きくなる。

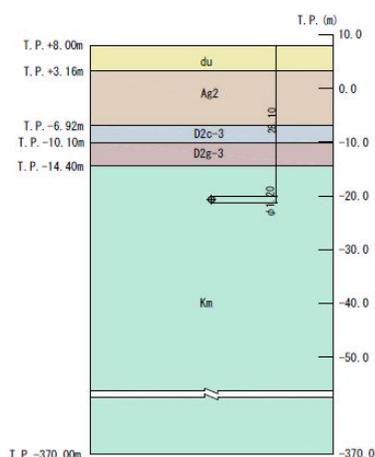
一方、最大加速度については、①-①断面（SA用海水ピット位置）が②-②断面（緊急用海水ポンプピット付近）をわずかに上回るものの、岩盤内に設置された管路は、地震時に概ね周囲の岩盤に拘束された微小変形の挙動を呈することから、加速度に伴う慣性力のわずかな差による影響は有意ではない。

また、SA用海水ピット及び緊急用海水ポンプピットと緊急用海水取水管との接合部、ならびに平面曲線の変化点には、管への応力集中を回避する目的で可とう管を設置するため、可とう管の近傍では応力が解放される。一方、②-②断面（緊急用海水ポンプピット付近）は、可とう管設置部の中間付近であり可とう管からの離隔が大きいため発生応力が大きくなると考えられる。

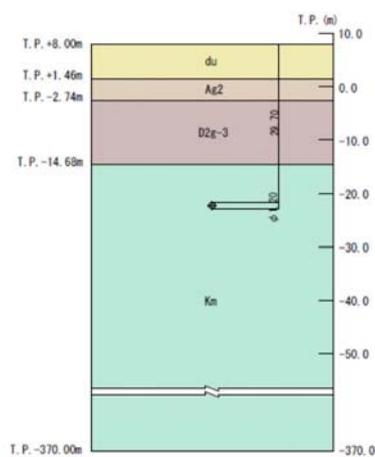
以上のことから、土被りが最も厚く、可とう管から離れていて大きな応力が発生すると考えられる位置にあり、水平相対変位及せん断ひずみが大きい②-②断面（緊急用海水ポンプピット付近）が耐震評価上厳しくなると想定されるため、これを代表位置として選定し、基準地震動 S_s による耐震評価を実施する。

なお、縦断面方向については、管路全長をモデル化した応答変位法により静的フレーム解析を実施して縦断面方向の曲げ応力と軸応力を求め、横断面方向応力と縦断面方向応力の曲げ応力との合成応力を算定して評価を行う。

① ①断面耐震評価候補地層モデル図



② ②断面耐震評価候補地層モデル図



1.4.13-4 1次元地震応答解析のモデル図

表 1.4.13-2 (1) 1次元地震応答解析による管頂底間の最大水平相対変位 (mm)

解析位置	土被り	可とう管からの 離隔	地震動			
			S _s -D1	S _s -21 管軸方向	S _s -21 管軸直交方向	S _s -31
①-①	28.1 m	0 m	0.81	0.60	0.43	0.78
②-②	29.7 m	約 22 m	1.04	0.70	0.47	1.16

注記 : 着色枠は最大値

表 1.4.13-2 (2) 1次元地震応答解析による管設置深度の最大せん断ひずみ (%)

解析位置	土被り	可とう管からの 離隔	地震動			
			S _s -D1	S _s -21 管軸方向	S _s -21 管軸直交方向	S _s -31
①-①	28.1 m	0 m	0.063	0.046	0.033	0.063
②-②	29.7 m	約 22 m	0.081	0.056	0.037	0.092

注記 : 着色枠は最大値

表 1.4.13-2 (3) 1次元地震応答解析による管頂部の最大水平加速度 (m/s²)

解析位置	土被り	可とう管からの 最小離隔	地震動			
			S _s -D1	S _s -21 管軸方向	S _s -21 管軸直交方向	S _s -31
①-①	28.1 m	0 m	3.30	3.79	3.04	4.39
②-②	29.7 m	約 22 m	3.66	3.27	3.40	3.36

注記 : 着色枠は最大値

(3) 断面選定結果

評価対象断面の選定結果を表 1.4.13-3 に、図 1.4.13-5 に評価対象断面を示す。

表 1.4.13-3 緊急用海水取水管の耐震評価対象断面の選定結果

断面	要求性能	構造的特徴	周辺地質	間接支持する設備	耐震評価対象断面	選定結果
①-①	非常時の 通水機能	<ul style="list-style-type: none"> 鋼製の管路である。 岩盤内に設置する。 S A用海水ピット位置で土被りが最も小さい。 可とう管設置部付近である。 	<ul style="list-style-type: none"> 第四紀層が岩盤上に25 m程度の厚さで概ね水平に堆積する。 	なし	—	<ul style="list-style-type: none"> 管底に対する管頂の相対変位、せん断ひずみ及び②-②断面よりも小さく土被りが最も小さい。 可とう管設置部からの離隔がないため、応力が解放される。 <p>以上のことにより評価対象断面としない。</p>
②-②	非常時の 通水機能	<ul style="list-style-type: none"> 鋼製管路である。 岩盤内に設置する。 緊急用海水ポンプピット付近で土被りが最も大きい。 可とう管設置部からの離隔が大きい。 	<ul style="list-style-type: none"> 第四紀層が岩盤上に25 m程度の厚さで概ね水平に堆積する。 	なし	○	<ul style="list-style-type: none"> 管底に対する管頂の相対変位、せん断ひずみ及び①-①断面よりも大きく土被りが最も大きい。 可とう管設置部からの離隔が大きいため、発生応力が大きくなると想定される。 <p>以上のことにより、評価対象断面とする。</p>

○：耐震評価を実施 —：耐震評価を省略

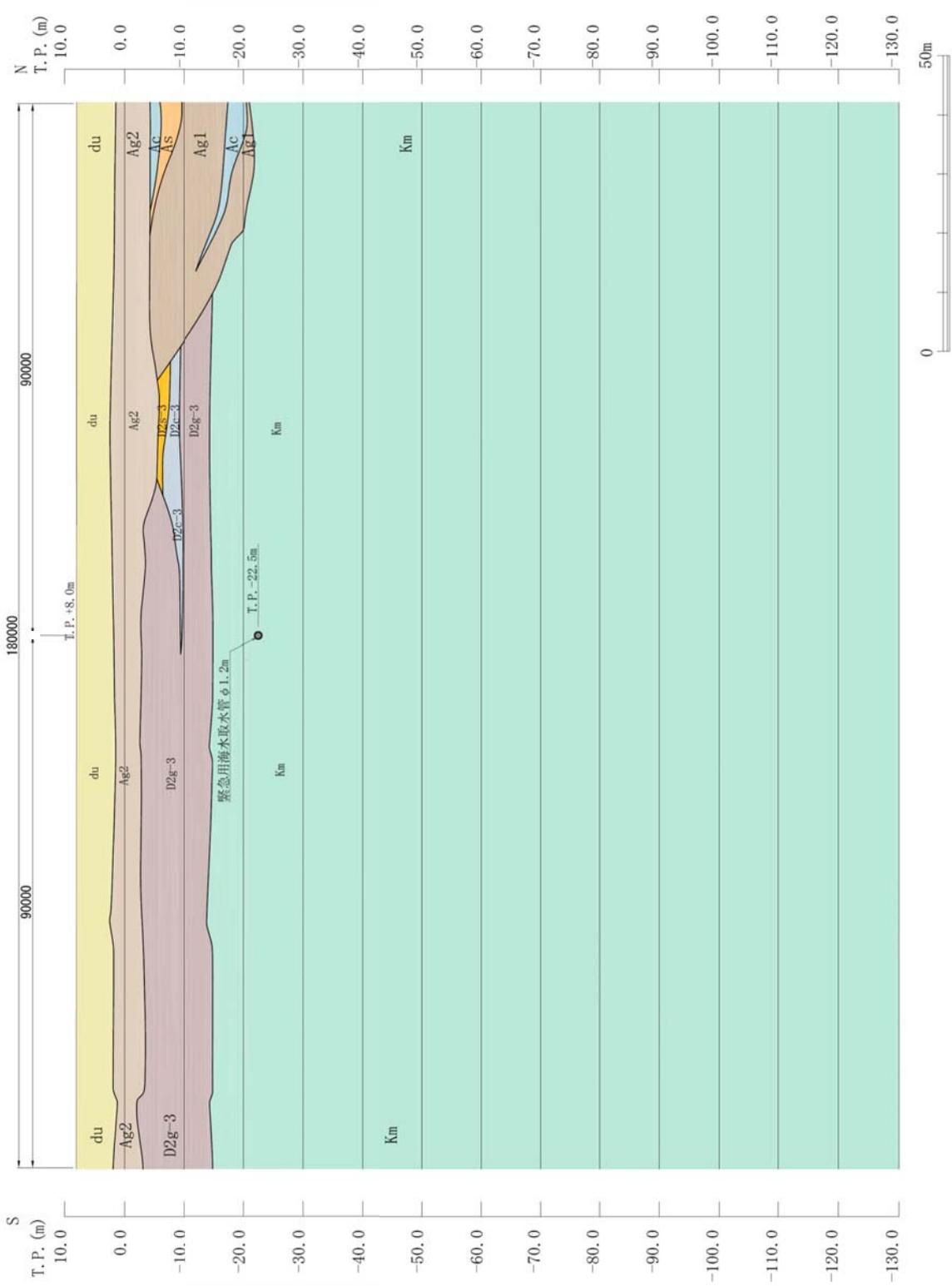


図 1.4.13-5 緊急用海水取水管の評価対象断面図 (②-②断面)

1.4.14 SA用海水ピットの断面選定の考え方

SA用海水ピットは、海側からSA用海水ピット取水塔、海水引込み管、SA用海水ピット、緊急用海水取水管及び緊急用海水ポンプピットで構成される非常用海水取水設備の1つであり、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。

SA用海水ピットは、外径約14 m、内径約10 m、高さ約34 mの鉄筋コンクリートの円筒状の地中構造物で、十分な支持性能を有する岩盤に直接設置する。

図1.4.14-1、図1.4.14-2にSA用海水ピットの平面位置図及び断面図を示す。また、図1.4.14-3、図1.4.14-4に構造平面図及び構造断面図を示す。

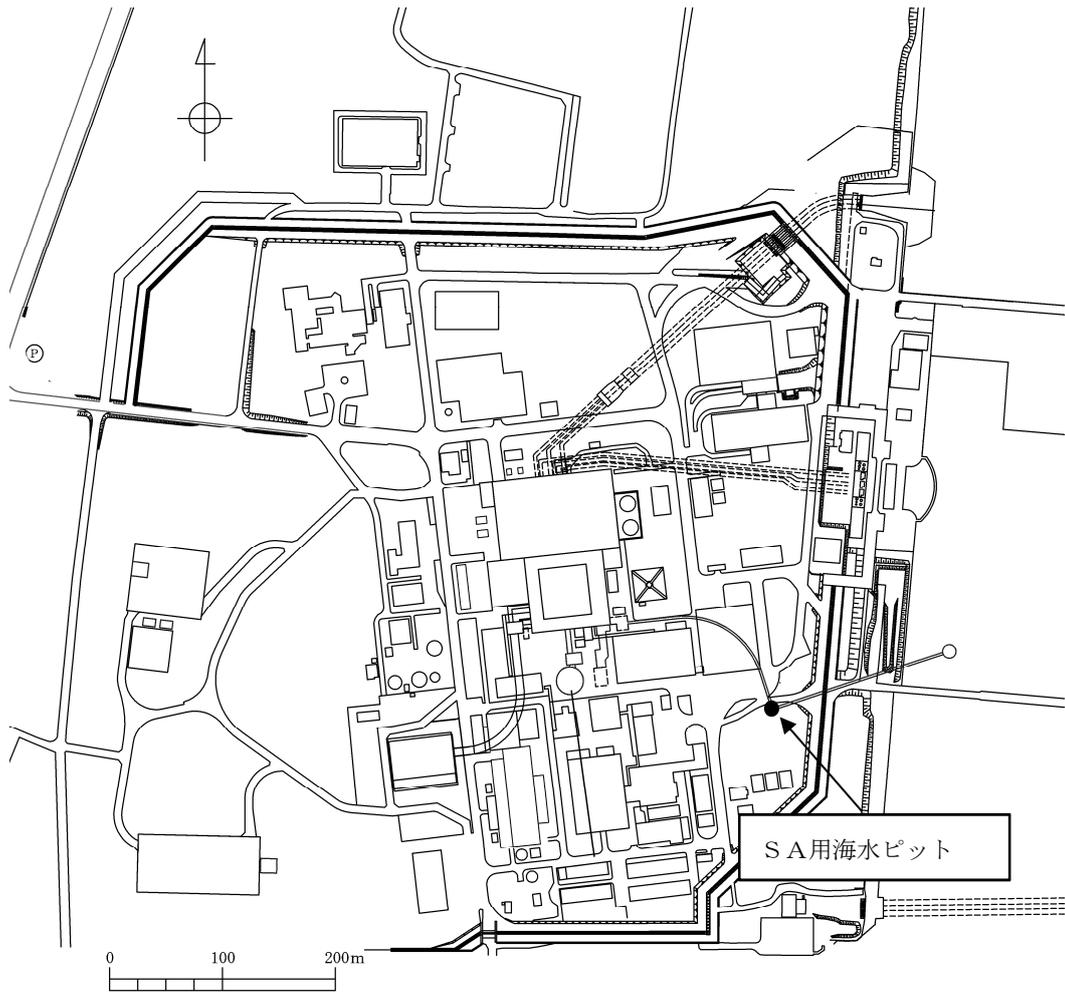


図 1.4.14-1 (1) SA用海水ピット 平面位置図(全体図)



図 1.4.14-1 (2) SA用海水ピット 平面位置図(拡大図)

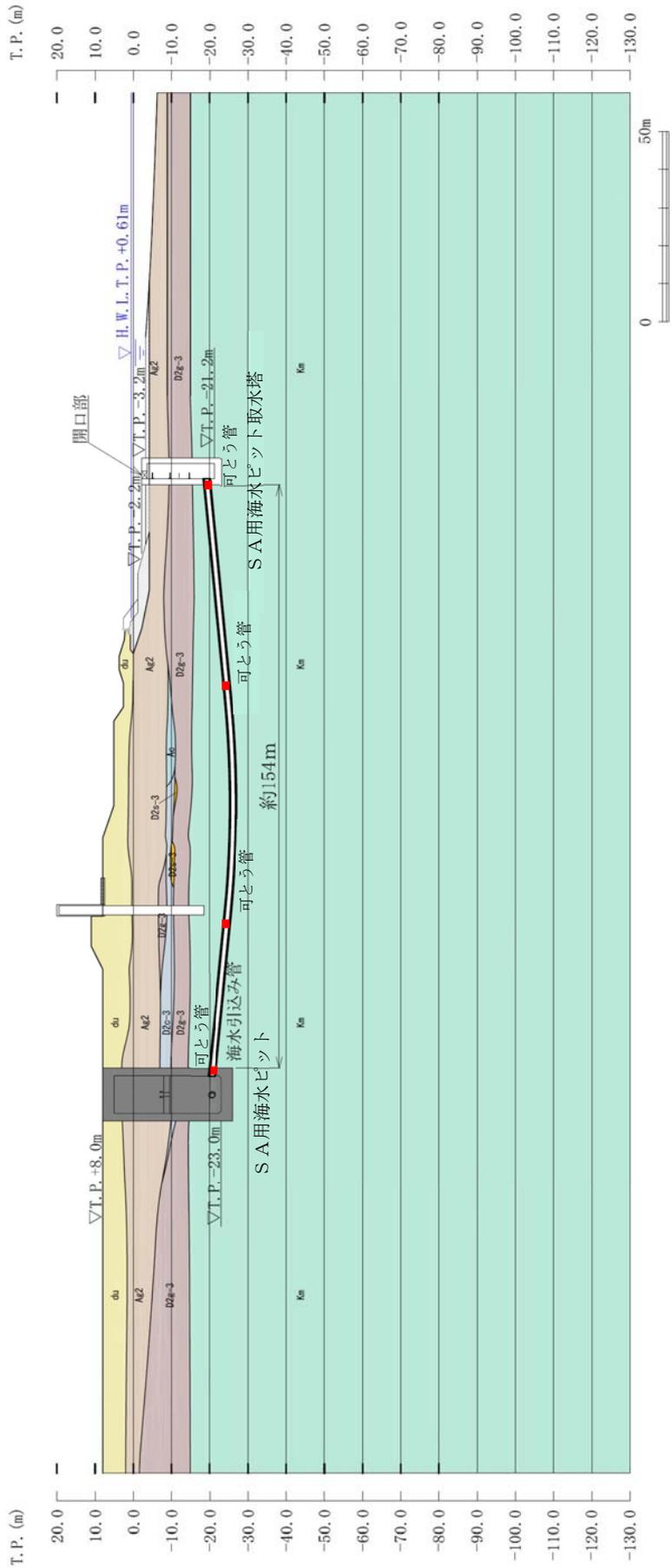


図 1.4.14-2 (1) SA用海水ビット 断面図 (①-①断面)

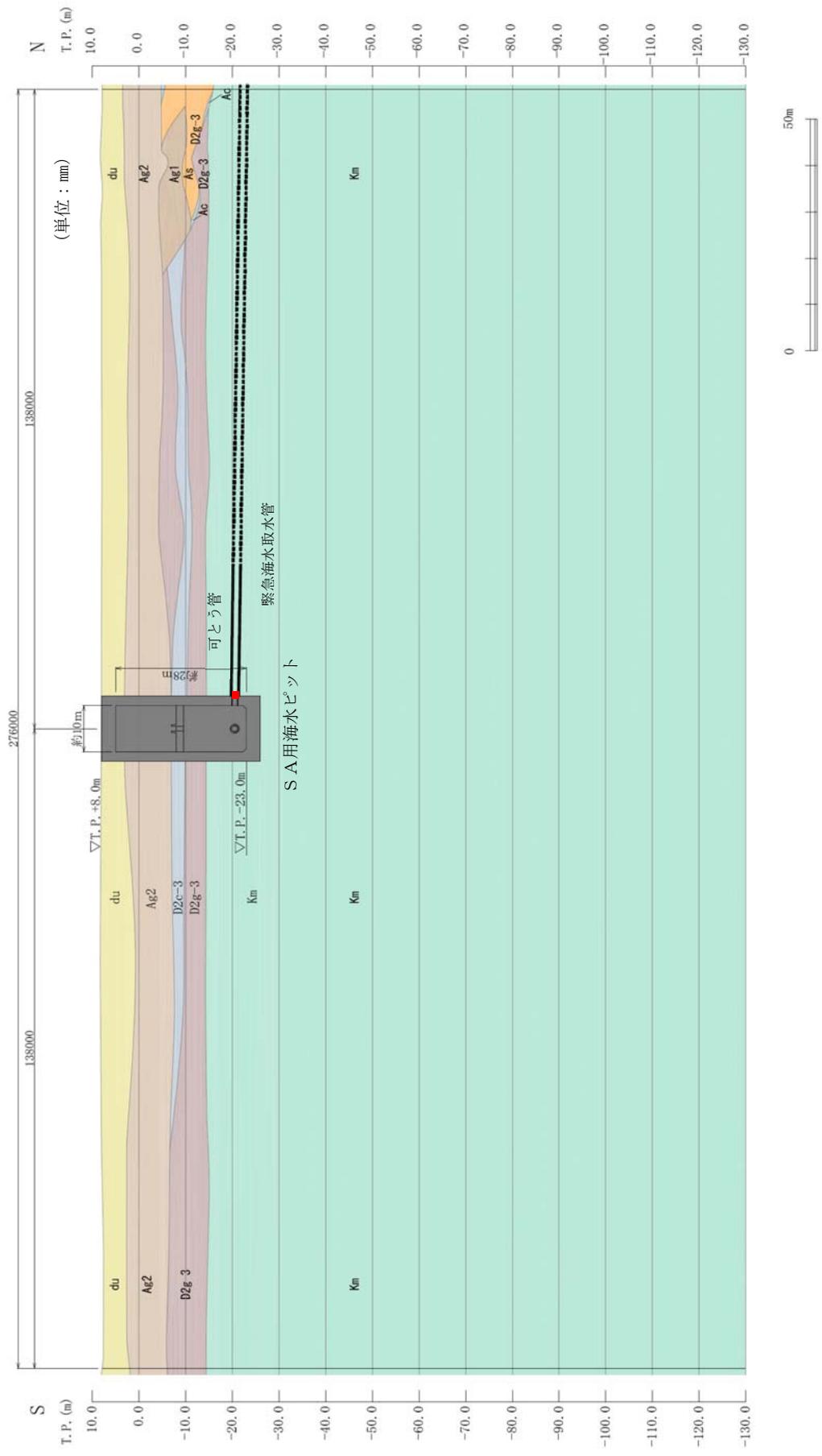


図 1.4.14-2 (2) SA用海水ピット 断面図 (②-②断面)

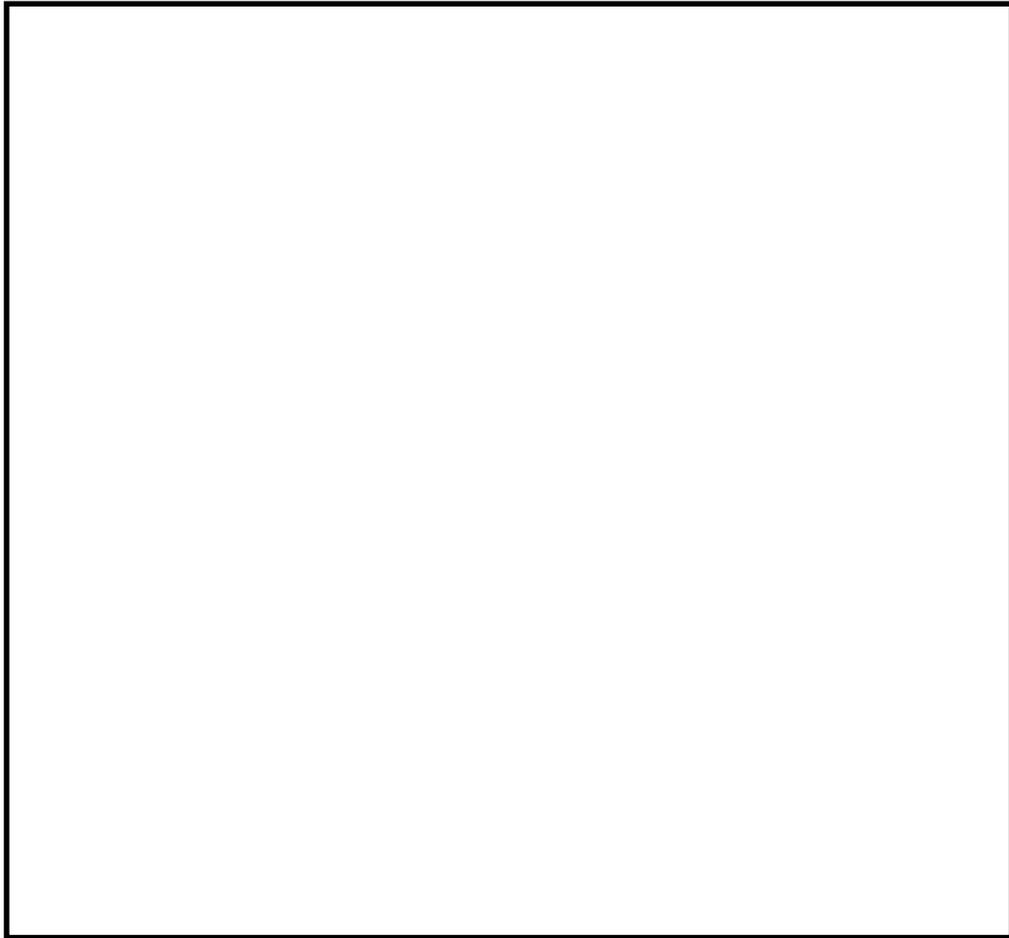


図 1.4.14-3 SA用海水ピット 構造平面図

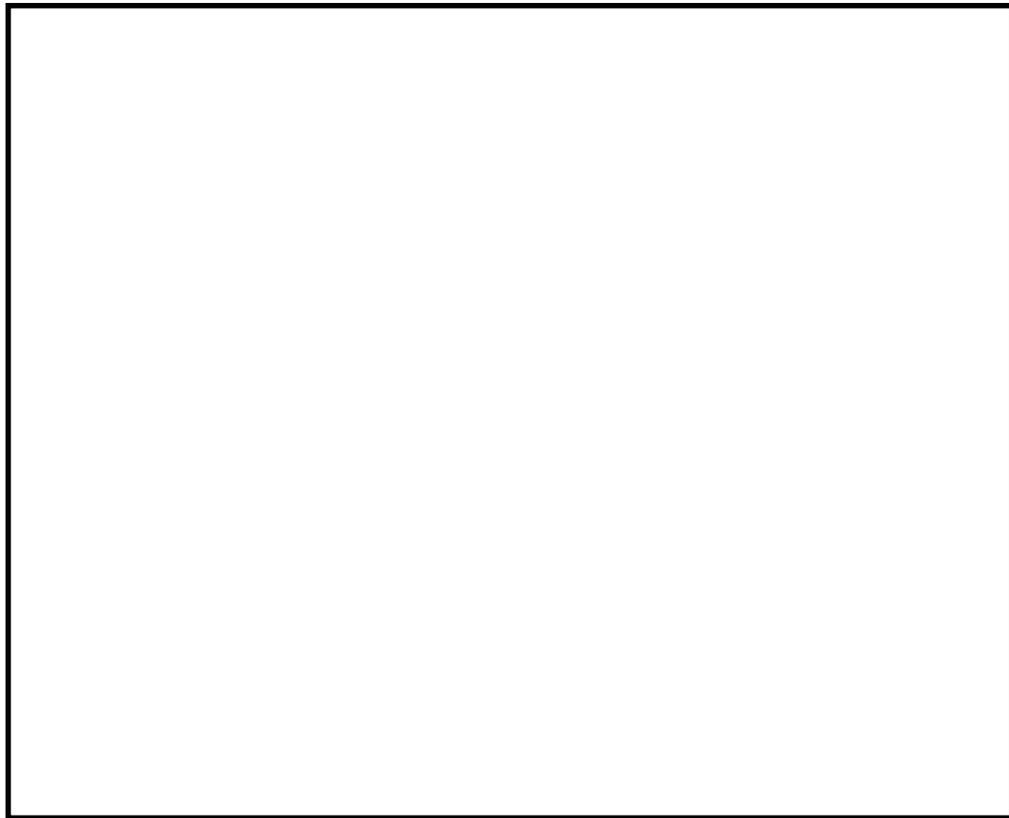


図 1.4.14-4 SA用海水ピット 構造断面図

(1) 耐震評価候補断面の整理

1.4.1「方針①耐震評価候補断面候補の整理」に従い、耐震評価候補断面を整理する。

SA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の地中構造物であり、明確な弱軸断面方向はない。

また、SA用海水ピットは、岩盤内で海水引込み管及び緊急用海水取水管が接続する構造で、双方の管路はSA用海水ピットへ直交して接続される。

SA用海水ピット周辺においては、第四紀層が岩盤上に20 m程度の厚さで概ね水平に堆積している。

耐震評価候補断面の特徴を表1.4.14-1に示す。

表 1.4.14-1 SA用海水ピットの耐震評価候補断面の特徴

断面	要求性能	構造的特徴	周辺地質	間接支持する設備
①-①	非常時の通水機能 間接支持機能 (浸水防止蓋)	<ul style="list-style-type: none"> 円筒状の鉄筋コンクリートである。 海水引込み管が接続する。 海水引込み管の縦断面方向である。 	<ul style="list-style-type: none"> 第四紀層が岩盤上に20 m程度の厚さで概ね水平に堆積する。 	SA用海水ピット浸水防止蓋
②-②	非常時の通水機能 間接支持機能 (浸水防止蓋)	<ul style="list-style-type: none"> 円筒状の鉄筋コンクリートである。 緊急用海水取水管が接続する。 緊急用海水取水管の縦断面方向である。 	<ul style="list-style-type: none"> 第四紀層が岩盤上に20 m程度の厚さで概ね水平に堆積する。 	SA用海水ピット浸水防止蓋

(2) 評価対象断面の選定

SA用海水ピットは、海水引込み管、緊急用海水取水管が直交して接続される構造物である。

①-①断面は、海水引込み管に対する縦断面方向断面であり、概ね東西方向に近い方向となる。

②-②断面は、緊急用海水取水管に対する縦断面方向断面であり、概ね南北方向に近い方向となる。

SA用海水ピットは円筒状の地中構造物であり明確な弱軸断面方向がない。また、地質状況は直交する2方向で異なる。

以上のことから、SA用海水ピットの耐震評価においては、海水引込み管に対する縦断面方向断面①-①断面とそれに直交する横断面方向②-②断面の両方向について選定し、基準地震動 S_s による耐震評価を実施する。

(3) 断面選定結果

評価対象断面の選定結果を表 1.4.14-2 に、評価対象断面を図 1.4.14-3 に示す。

表 1.4.14-2 S A用海水ピットの耐震評価対象断面の選定結果

断面	要求性能	構造的特徴	周辺地質	間接支持する設備	評価断面	選定結果
①-①	非常時の通水機能 間接支持機能 (浸水防止蓋)	<ul style="list-style-type: none"> 円筒状の鉄筋コンクリート構造である。 海水引込み管が接続する。 海水引込み管の縦断面方向である。 	<ul style="list-style-type: none"> 第四紀層が岩盤上に20 m程度の厚さで概ね水平に堆積する。 	S A用 海水ピット 浸水防止蓋	○	<ul style="list-style-type: none"> 明確な弱軸断面方向はない。 地質状況は直交する2方向で異なる。以上のことにより評価対象断面とする。
②-②	非常時の通水機能 間接支持機能 (浸水防止蓋)	<ul style="list-style-type: none"> 円筒状の鉄筋コンクリート構造である。 海水引込み管が接続する。 海水引込み管の縦断面方向である。 	<ul style="list-style-type: none"> 第四紀層が岩盤上に20 m程度の厚さで概ね水平に堆積する。 	S A用 海水ピット 浸水防止蓋	○	<ul style="list-style-type: none"> 明確な弱軸断面方向はない。 地質状況は直交する2方向で異なる。以上のことにより評価対象断面とする。

○：震芯答解析及び耐震評価を実施

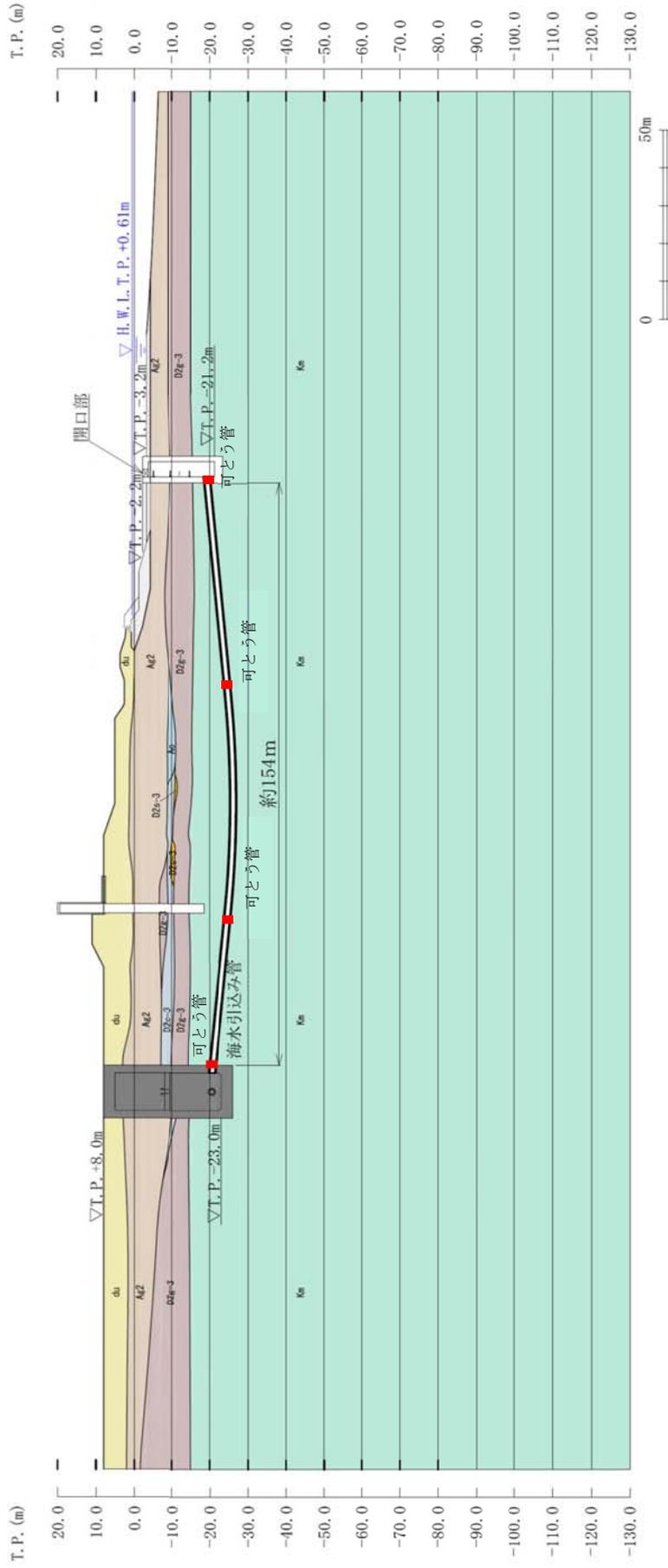


図 1.4.14-3(1) SA用海水ピット評価対象断面 (①-①断面)

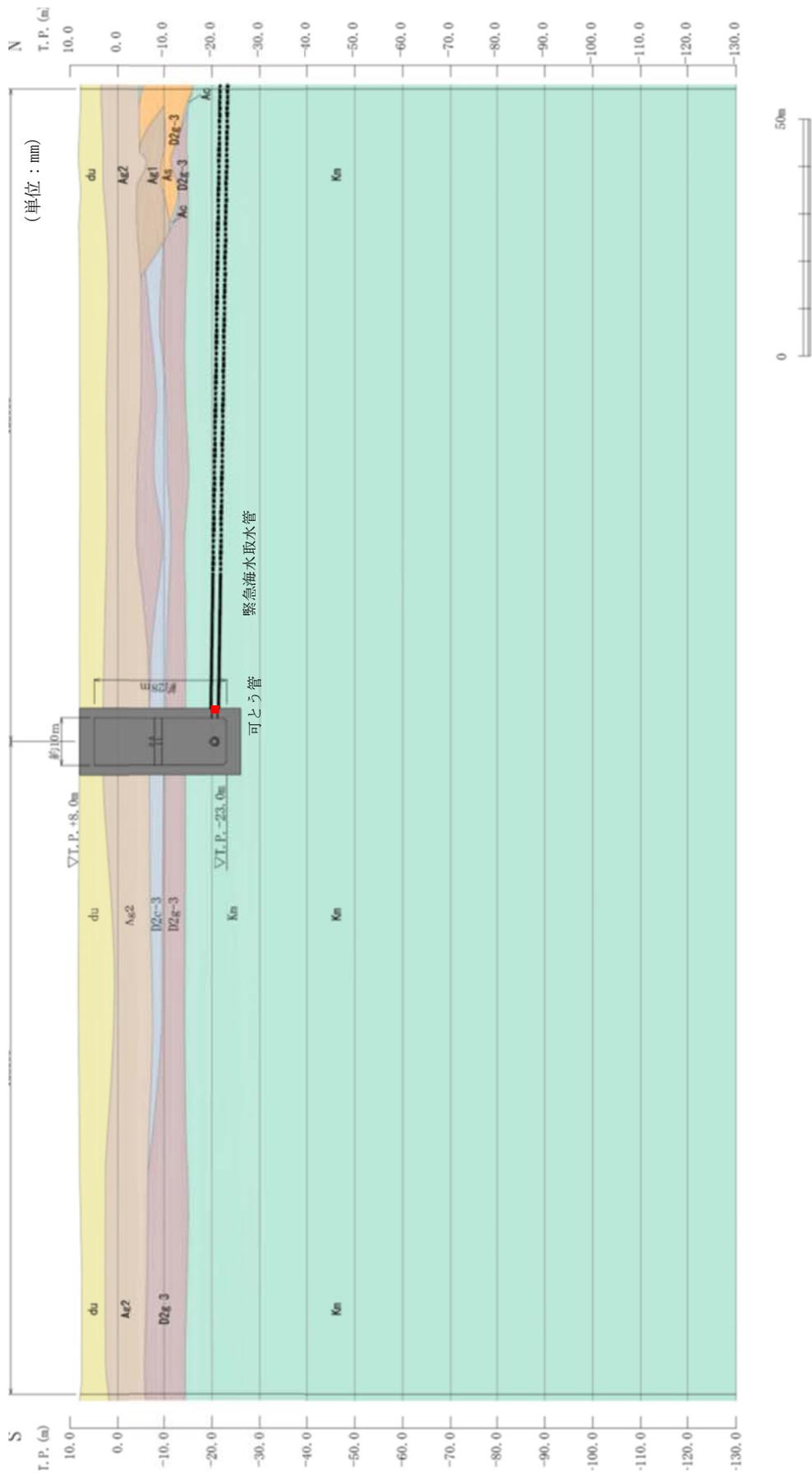


図 1.4.14-3(2) SA用海水ピット評価対象断面 (②-②断面)

1.4.15 海水引込み管の断面選定の考え方

海水引込み管は、海側からSA用海水ピット取水塔、海水引込み管、SA用海水ピット、緊急用海水取水管及び緊急用海水ポンプピットで構成される非常用海水取水設備の1つであり、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。

海水引込み管は、延長約154 m、内径約1.2 mの鋼製の管路で、岩盤内に直接設置し、SA用海水ピット取水塔及びSA用海水ピットと岩盤内で接続する。なお、SA用海水ピット取水塔及びSA用海水ピットとの接続部付近並びに管路の中間2箇所程度に可とう管を設置する。図1.4.15-1及び図1.4.15-2に海水引込み管の平面位置図及び断面図を示す。

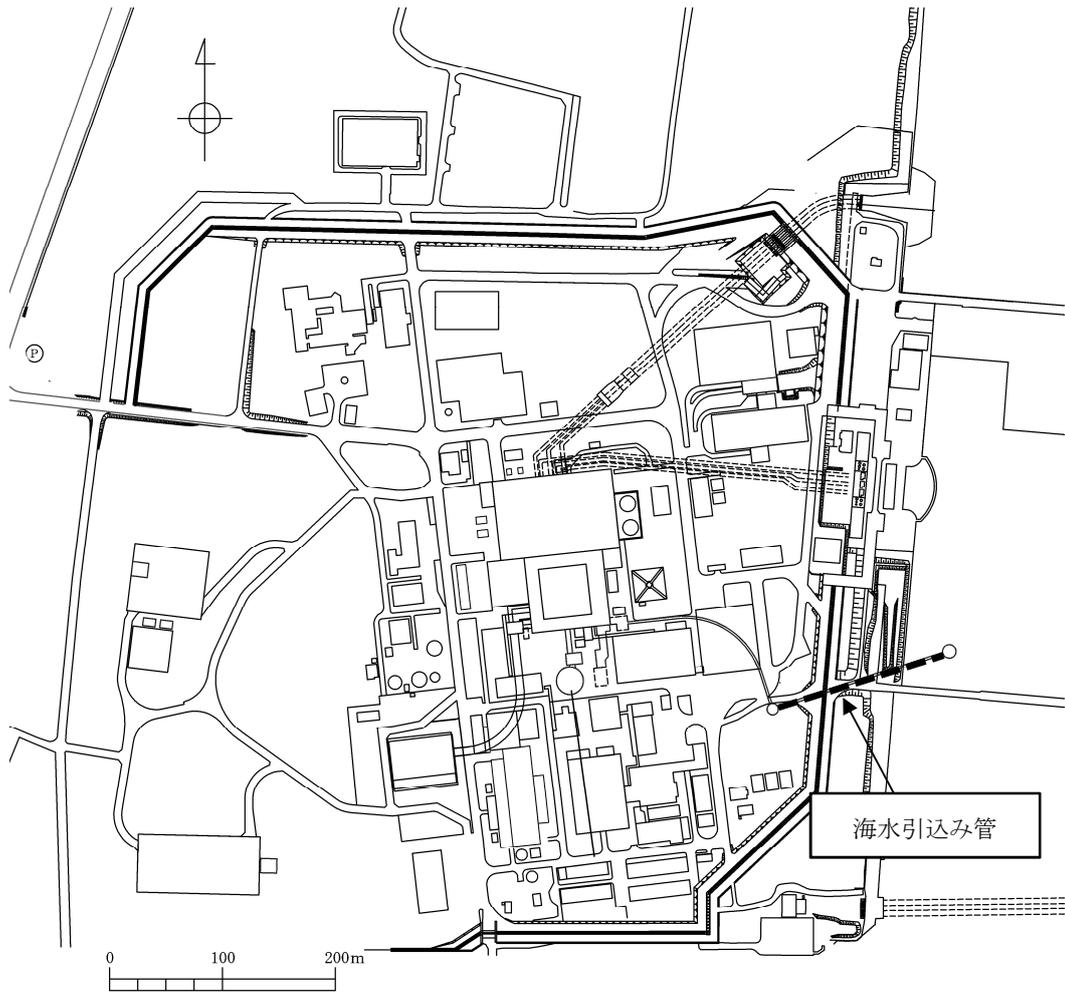


图 1.4.15-1 (1) 海水引込み管 平面位置图(全体图)

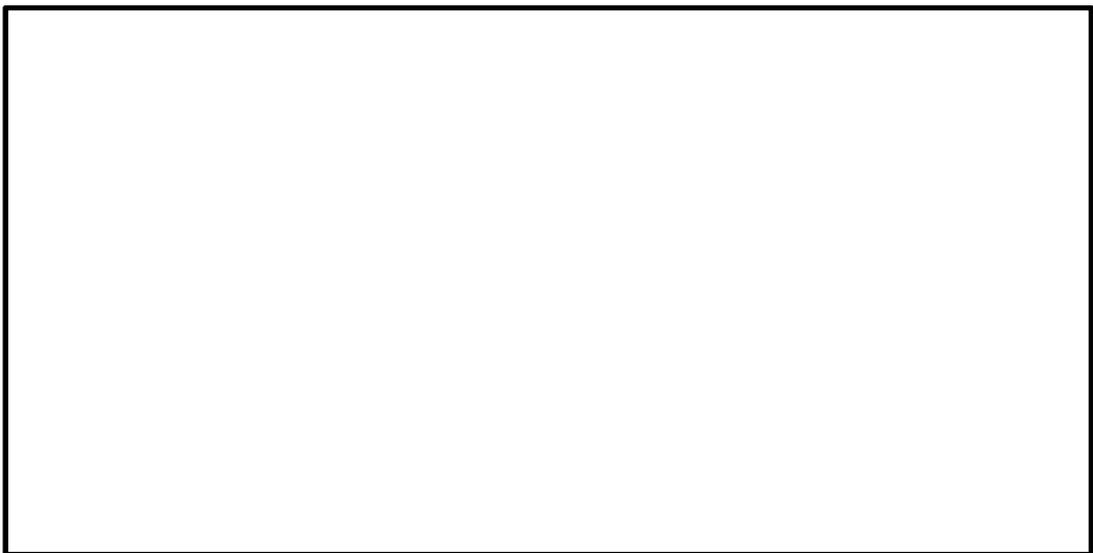


图 1.4.15-1 (2) 海水引込み管 平面位置图(拡大图)

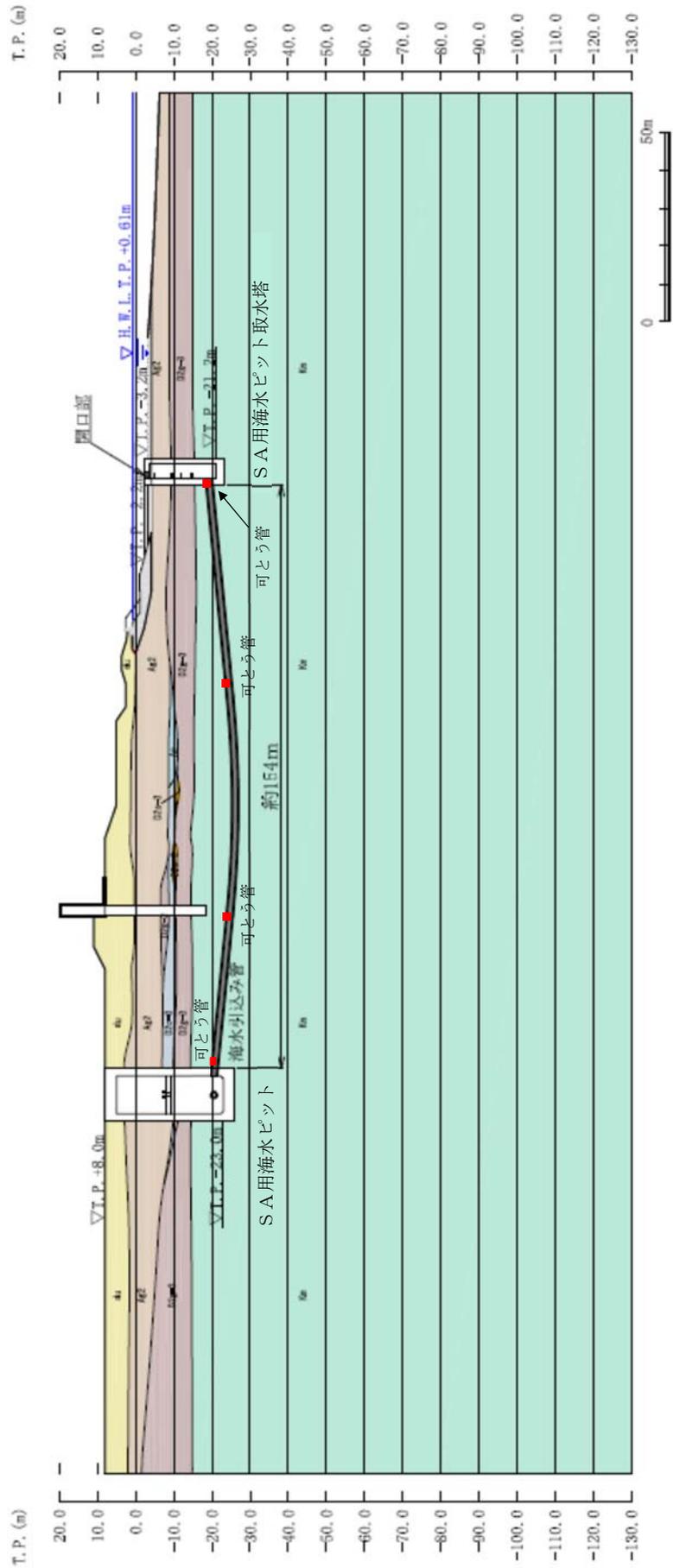


図 1.4.15-2 (1) 海水引込み管 断面図 (A-A縦断面)

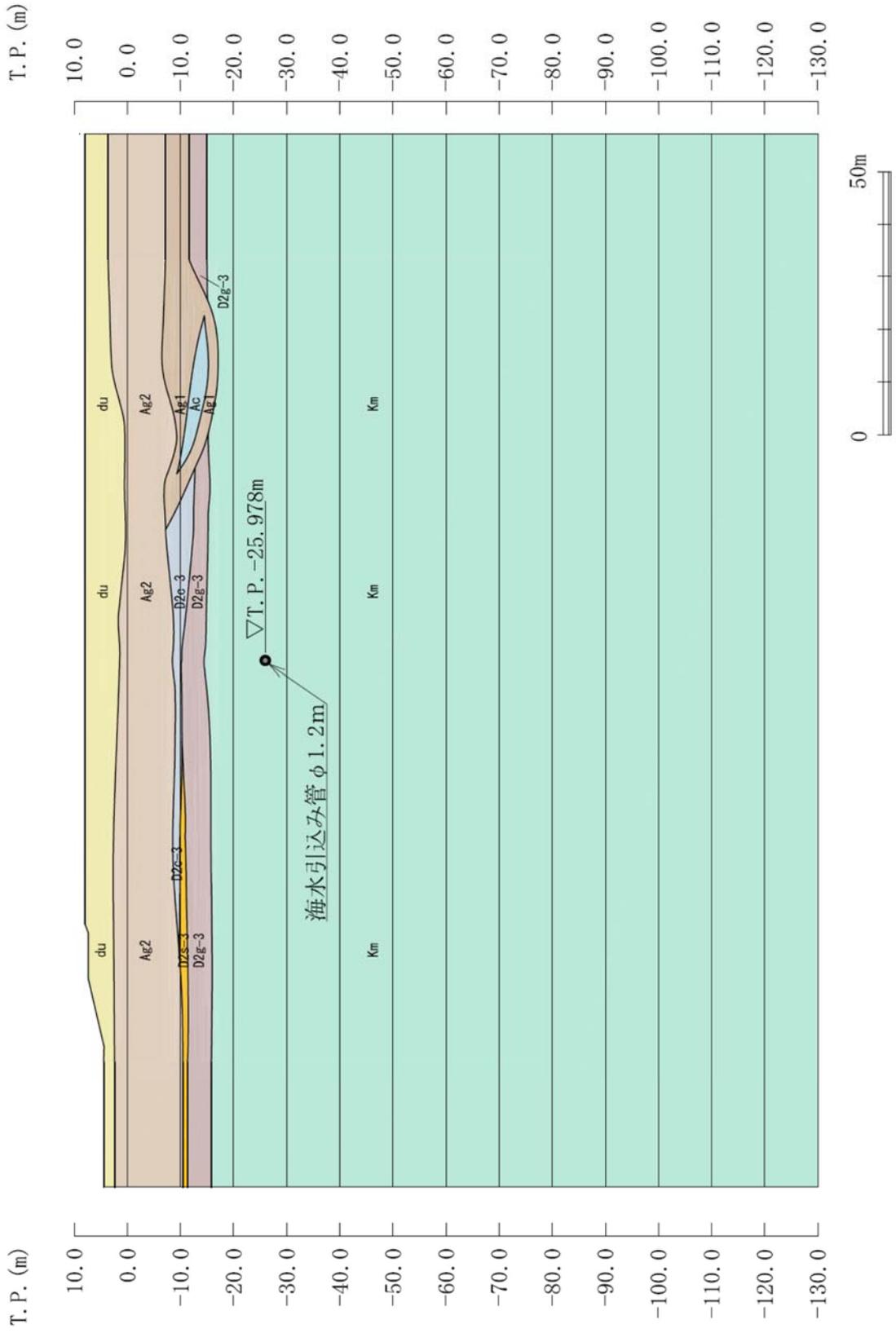


图 1.4.15-2 (2) 海水引込み管 断面図 (B-B 横断面)

(1) 耐震評価候補断面の整理

1.4.1「方針①耐震評価断面候補の整理」に従い、耐震評価候補断面を整理する。

海水引込み管の縦断面及び耐震候補断面位置図を図 1.4.15-3 に示す。

海水引込み管の敷設区間においては、第四紀層が岩盤上に 15～30 m 弱程度の厚さで概ね水平に分布している。

海水引込み管は、堤外側にある S A 用海水ピット取水塔から鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の下を通過してから堤内側にある S A 用海水ピットへ敷設する。S A 用海水ピットから鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁区間については海へ向かって 9.825 % の下り勾配，鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁から S A 用海水ピット取水塔区間については海へ向かって 9.611 % の上り勾配となり，ほぼ中央に最深部が存在する。したがって，管路の評価候補断面の検討としては，比較的土被りが厚く S A 用海水ピット近傍の①-①断面，管路最深部で土被りが最も大きい②-②断面，及び管路最浅部であり土被りが最も小さく S A 用海水ピット取水塔近傍の③-③断面を抽出し 1 次元地震応答解析を実施する。

耐震評価候補断面の特徴を表 1.4.15-1 に示す。

表 1. 4. 15-1 海水引込み管の耐震評価候補断面の特徴

断面	要求性能	構造的特徴	周辺地質	間接支持する設備
①-①	非常時の通水機能	<ul style="list-style-type: none"> 鋼製の管路である。 岩盤内に設置する。 S A用海水ピット近傍で比較的土被りが大きい。 可とう管設置部付近である。 	<ul style="list-style-type: none"> 第四紀層が岩盤上に20 m程度の厚さで概ね水平に堆積する。 	なし
②-②	非常時の通水機能	<ul style="list-style-type: none"> 鋼製の管路である。 岩盤内に設置する。 管路最深部で土被りが最も大きい。 可とう管設置部からの離隔が大きい。 	<ul style="list-style-type: none"> 第四紀層が岩盤上に20 m程度の厚さで概ね水平に堆積する。 	なし
③-③	非常時の通水機能	<ul style="list-style-type: none"> 鋼製の管路である。 岩盤内に設置する。 S A用海水ピット取水塔近傍で比較的土被りが小さい。 管路の最浅部である。 可とう管設置部付近である。 	<ul style="list-style-type: none"> 第四紀層が岩盤上に15 m程度の厚さで概ね水平に堆積する。 	なし

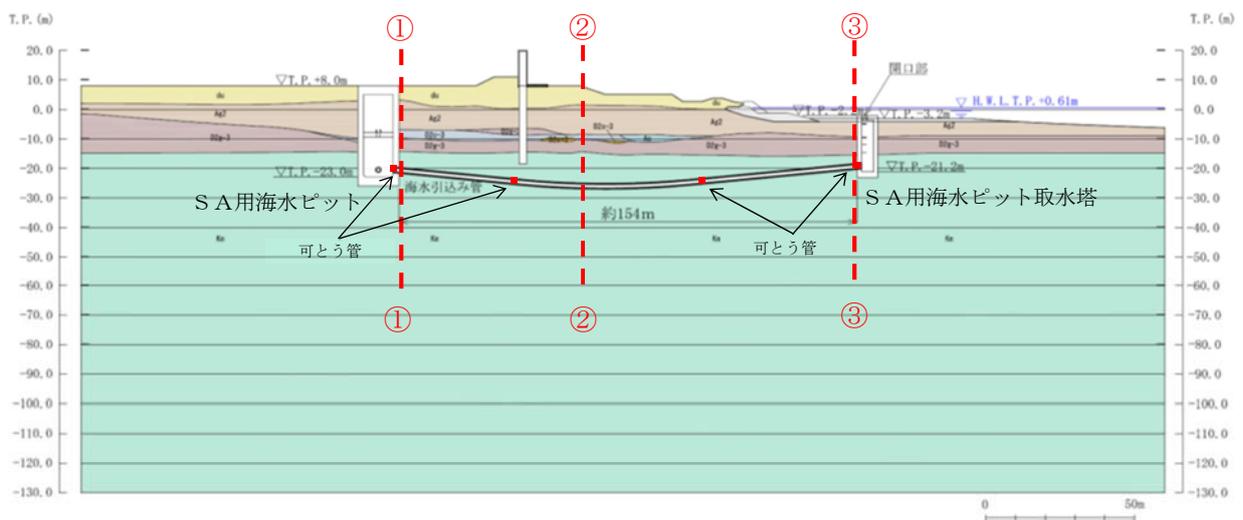


図 1. 4. 15-3 海水引込み管の縦断面及び耐震候補断面位置図

(2) 評価対象断面の選定

耐震評価候補断面として選定した①-①断面、②-②断面及び③-③断面の1次元地震応答解析のモデル図を図1.4.15-4に、確認結果を表1.4.15-2に示す。

海水引込み管は岩盤に直接設置することから、管底に対する管頂の相対変位は0.8 mm程度、管頂部の最大加速度については4 m/s²前後で場所によらず概ね同程度である。また、管設置深度の最大せん断ひずみは0.06 %程度と微小であり、場所によらずほぼ同程度である。

一方、SA用海水ピット及びSA用海水ピット取水塔と海水引込み管との接合部並びに縦断勾配の変化点には、可とう管を設置することから、可とう管の近傍では応力が解放される。

以上のことから、土被り、設置深度ともに最大であり、可とう管からの離隔が大きいので発生応力が大きくなると考えられる②-②断面が耐震評価上最も厳しくなると考えられることから、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。

なお、縦断面方向については、管路全長をモデル化した応答変位法により静的フレーム解析を実施して縦断面方向の曲げ応力と軸応力を求め、横断面方向応力と縦断面方向応力の曲げ応力との合成応力を算定して評価を行う。

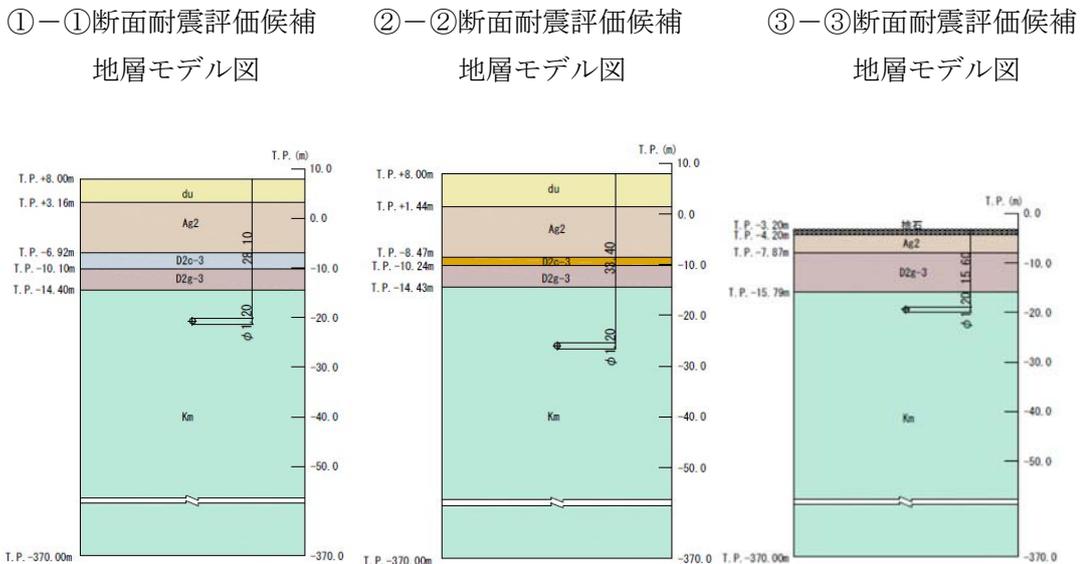


図 1.4.15-4 1次元地震応答解析のモデル図

表 1.4.15-2 (1) 1次元地震応答解析による管底に対する管頂の最大相対変位 (mm)

解析位置	土被り	可とう管からの最小離隔	地震動			
			S _s -D1	S _s -21 管軸方向	S _s -21 管軸直交方向	S _s -31
①-①	28.1 m	0 m	0.81	0.60	0.43	0.78
②-②	33.4 m	約 21 m	0.80	0.68	0.50	0.76
③-③	15.6 m	0 m	0.70	0.64	0.39	0.68

注記 : 着色枠は最大値

表 1.4.15-2 (2) 1次元地震応答解析による管設置深度の最大せん断ひずみ (%)

解析位置	土被り	可とう管からの最小離隔	地震動			
			S _s -D1	S _s -21 管軸方向	S _s -21 管軸直交方向	S _s -31
①-①	28.1 m	0 m	0.063	0.046	0.033	0.063
②-②	33.4 m	約 21 m	0.063	0.054	0.040	0.062
③-③	15.6 m	0 m	0.053	0.050	0.032	0.052

注記 : 着色枠は最大値

表 1.4.15-2 (3) 1次元地震応答解析による管頂部の最大水平加速度 (m/s²)

解析位置	土被り	可とう管からの最小離隔	地震動			
			S _s -D1	S _s -21 管軸方向	S _s -21 管軸直交方向	S _s -31
①-①	28.1 m	0 m	3.30	3.79	3.04	4.39
②-②	33.4 m	約 21 m	3.12	4.05	2.79	4.24
③-③	15.6 m	0 m	4.35	4.12	2.49	4.80

注記 : 着色枠は最大値

(1) 断面選定結果

評価対象断面の選定結果を表 1.4.15-3 に、図 1.4.15-5 に評価対象断面を示す。

表 1.4.15-3 海水引込み管の耐震評価対象断面の選定結果

断面	要求性能	構造的特徴	周辺地質	間接支持する設備	耐震評価対象断面	選定結果
①-①	非常時の 通水機能	<ul style="list-style-type: none"> 鋼製の管路である。 岩盤内に設置する。 S A用海水ピット近傍で比較的土被りが大きい。 	<ul style="list-style-type: none"> 第四紀層が岩盤上に20 m程度の厚さで概ね水平に堆積する。 	なし	—	<ul style="list-style-type: none"> 1次元地震応答は3箇所とも概ね同等であり有意な差はない。 可とう管設置部からの離隔がないため、応力が解放される。 以上のことにより、評価対象断面としない。
②-②	非常時の 通水機能	<ul style="list-style-type: none"> 鋼製の管路である。 岩盤内に設置する。 管路最深部で土被りが最も大きい。 	<ul style="list-style-type: none"> 第四紀層が岩盤上に20 m程度の厚さで概ね水平に堆積する。 	なし	○	<ul style="list-style-type: none"> 土被りが最も厚く管の設置深度が最も深い。 1次元地震応答は3箇所とも概ね同等であり有意な差はない。 可とう管設置部からの離隔があるため、発生応力が大きくなると想定される。 以上のことにより、評価対象断面とする。
③-③	非常時の 通水機能	<ul style="list-style-type: none"> 鋼製の管路である。 岩盤内に設置する。 S A用海水ピット取水塔近傍で比較的土被りが小さい。 管路の最浅部である。 	<ul style="list-style-type: none"> 第四紀層が岩盤上に20 m程度の厚さで概ね水平に堆積する。 	なし	—	<ul style="list-style-type: none"> 1次元地震応答は3箇所とも概ね同等であり有意な差はない。 可とう管設置部からの離隔がないため、応力が解放される。 以上のことにより、評価対象断面としない。

○：耐震評価を実施 —：耐震評価を省略

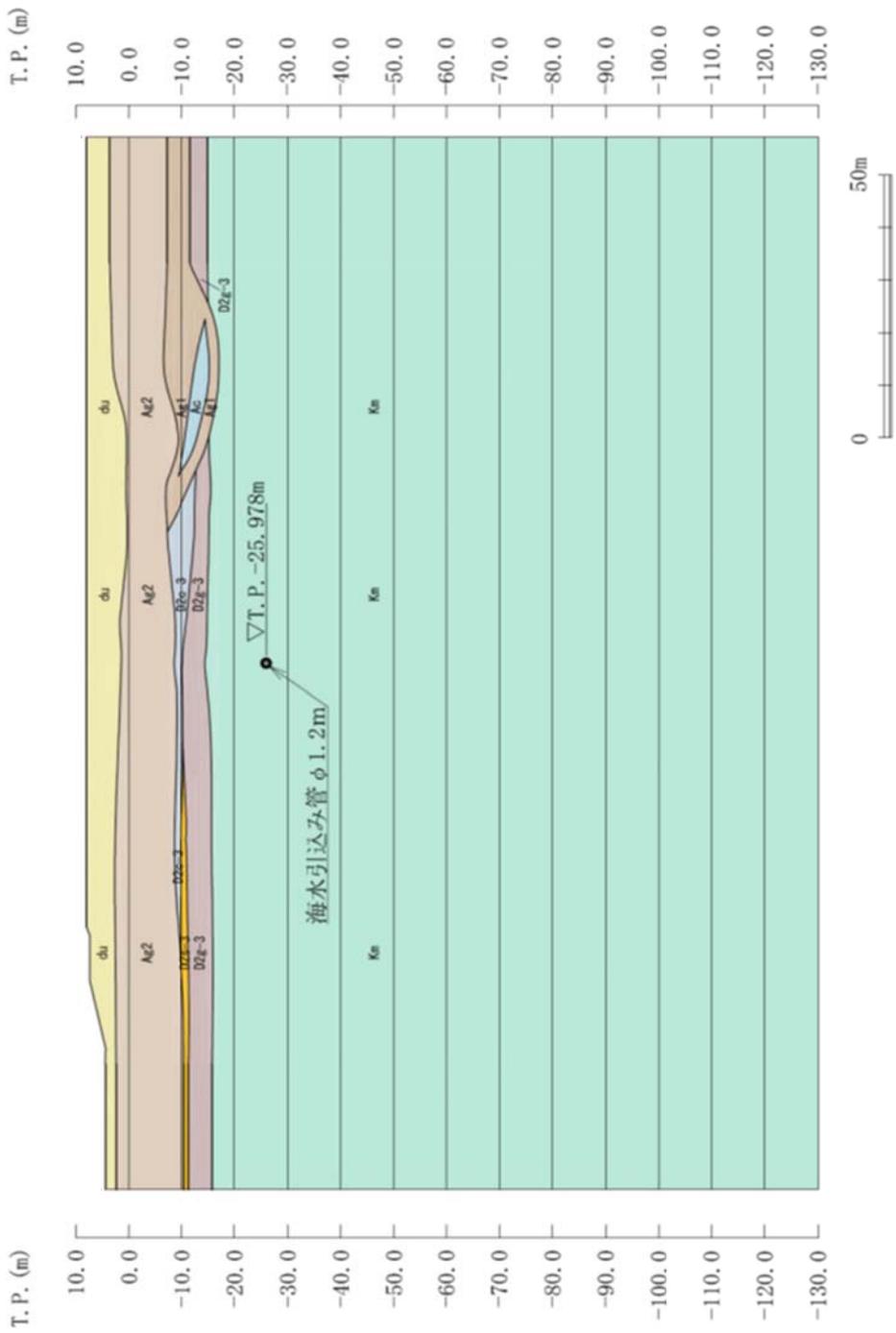


図 1. 4. 15-5 海水引込み管の評価対象断面図 (②-②断面)

1.4.16 SA用海水ピット取水塔の断面選定の考え方

SA用海水ピット取水塔は、海側からSA用海水ピット取水塔、海水引込み管、SA用海水ピット、緊急用海水取水管及び緊急用海水ポンプピットで構成される非常用海水取水設備の1つであり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。

SA用海水ピット取水塔は、内径約4 m、内空高さ約18 mの鉄筋コンクリートの円筒状の地中構造物で、十分な支持性能を有する岩盤に直接設置する。

図1.4.16-1及び図1.4.16-2にSA用海水ピット取水塔の平面位置図及び断面図を示す。また、図1.4.16-3、図1.4.16-4に構造平面図及び構造断面図を示す。

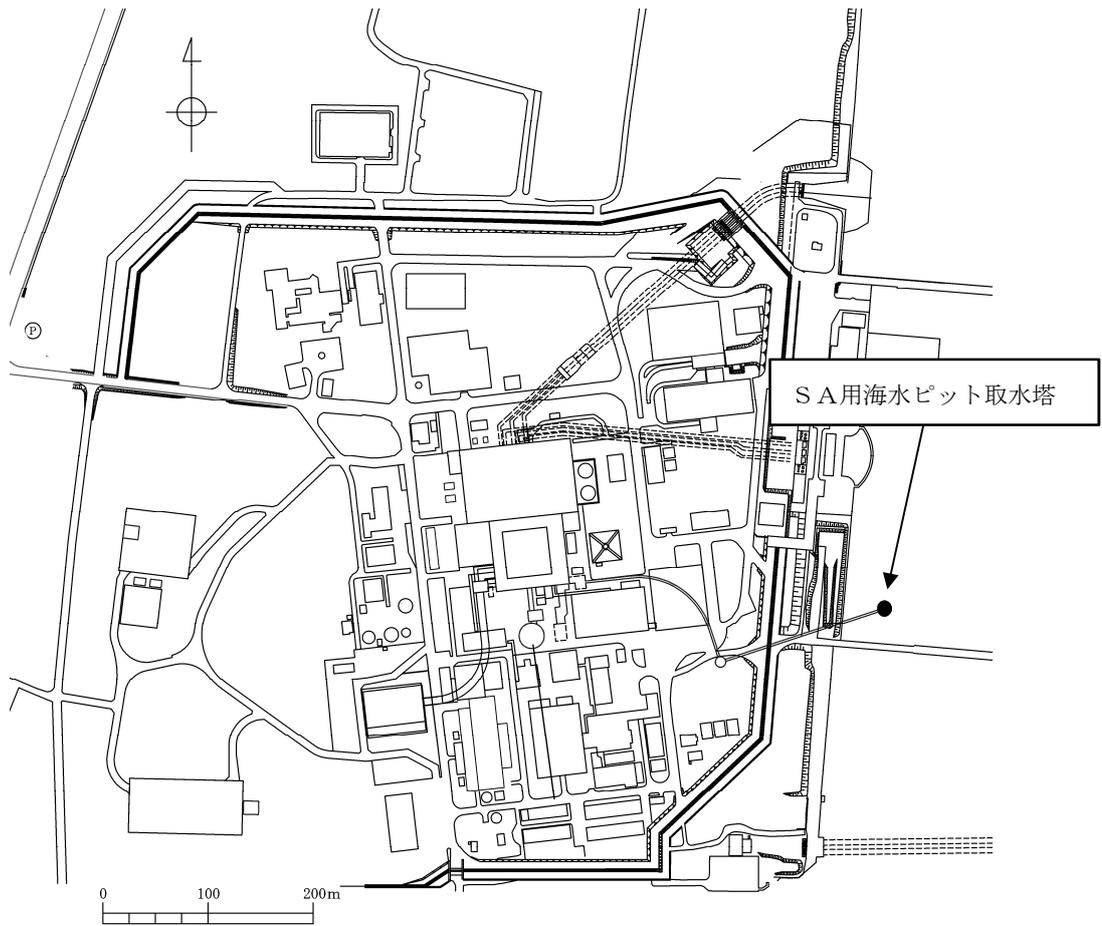


図 1. 4. 16-1 (1) SA用海水ピット取水塔 平面位置図(全体図)



図 1. 4. 16-1 (2) SA用海水ピット取水塔 平面位置図(拡大図)

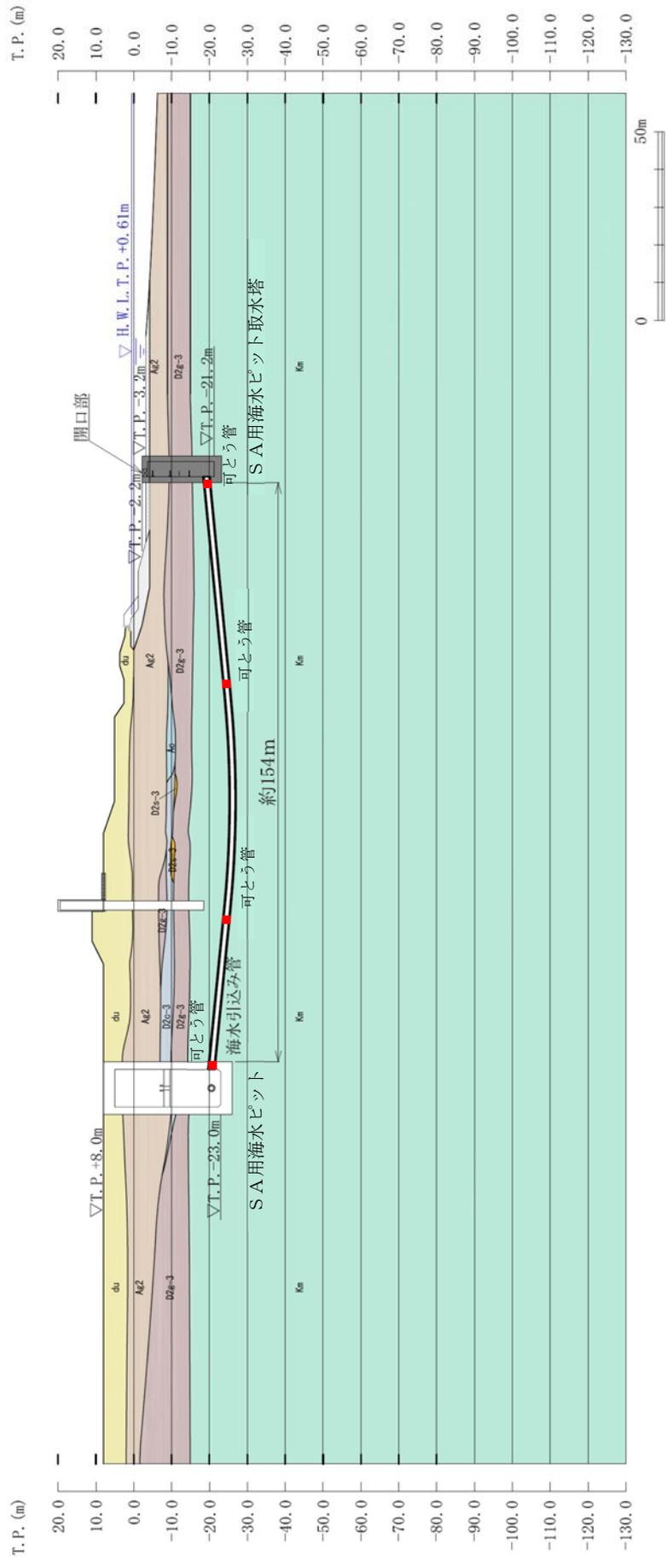


図 1.4.16-2 (1) SA用海水ビット取水塔 断面図 (①-①断面)

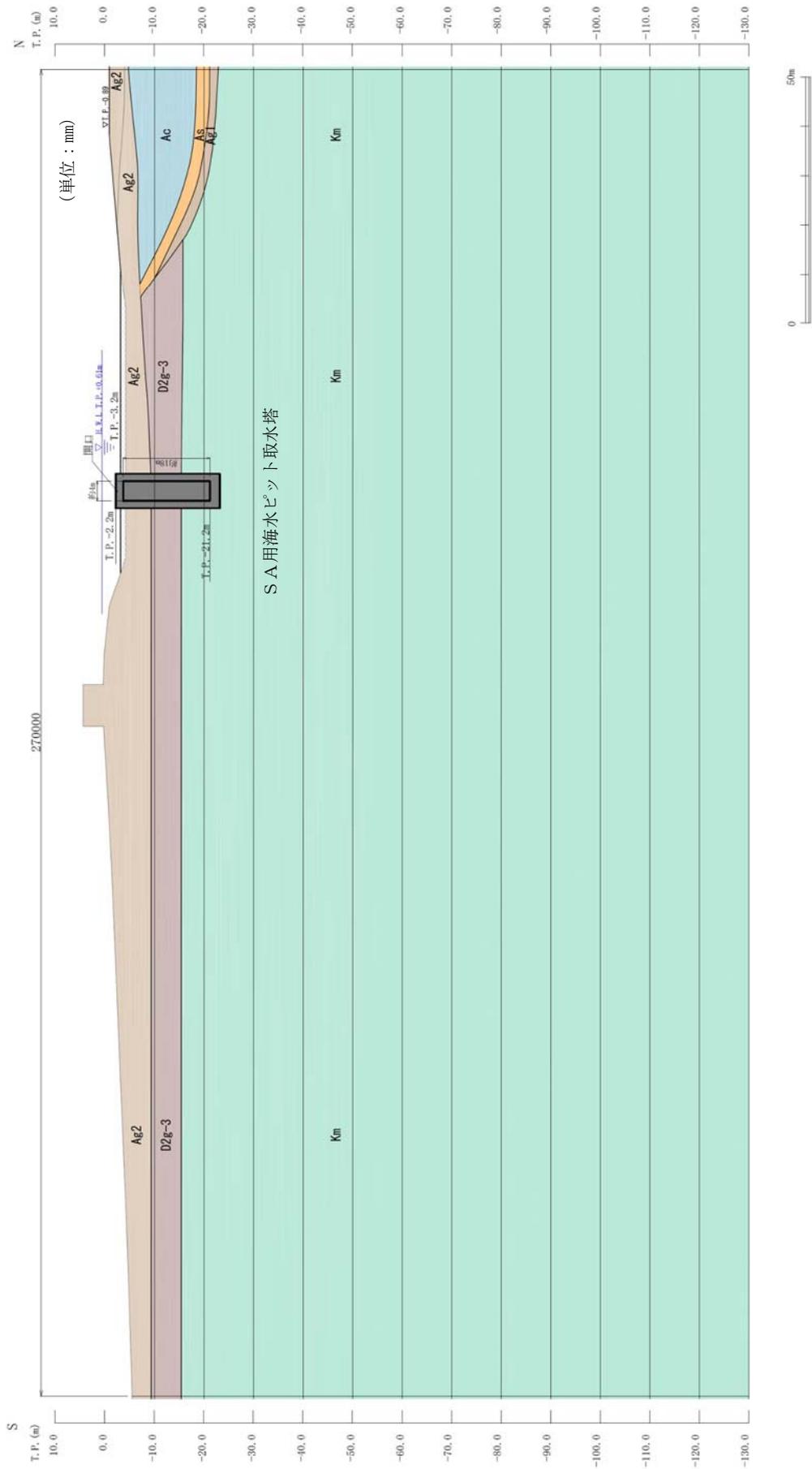


図 1.4.16-2 (2) SA用海水ピット取水塔 断面図 (②-②断面)

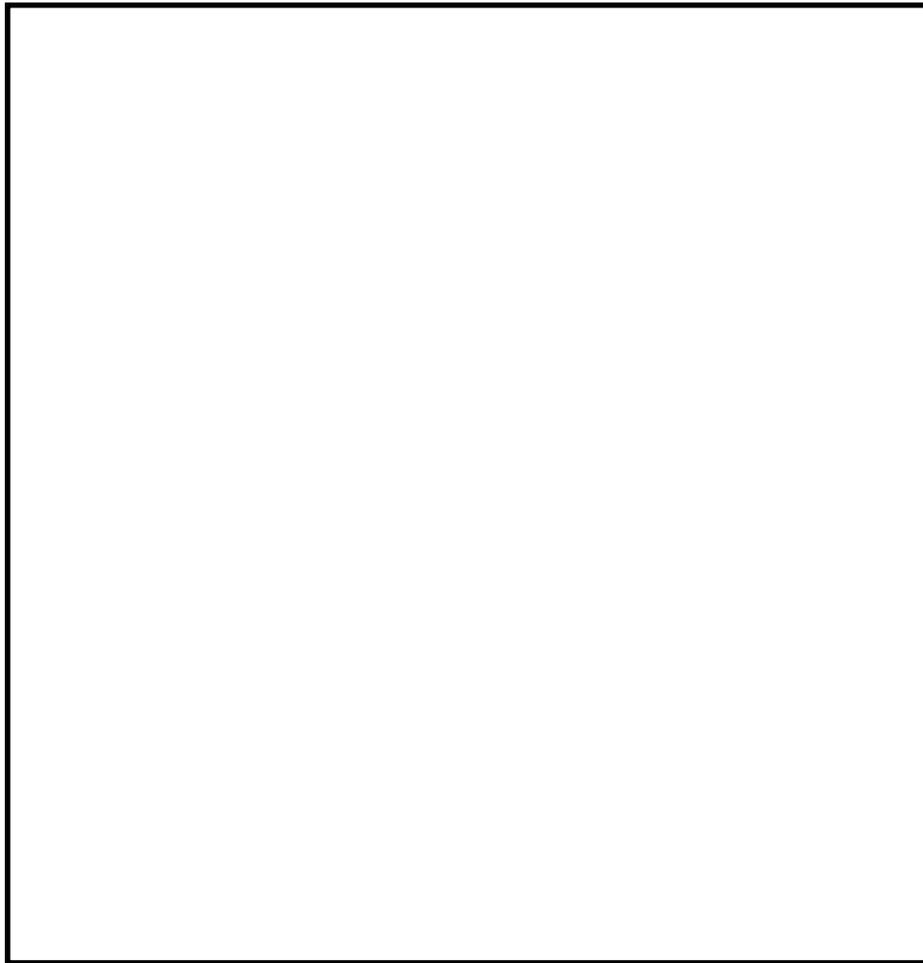


図 1.4.16-3 S A用海水ピット取水塔 構造平面図

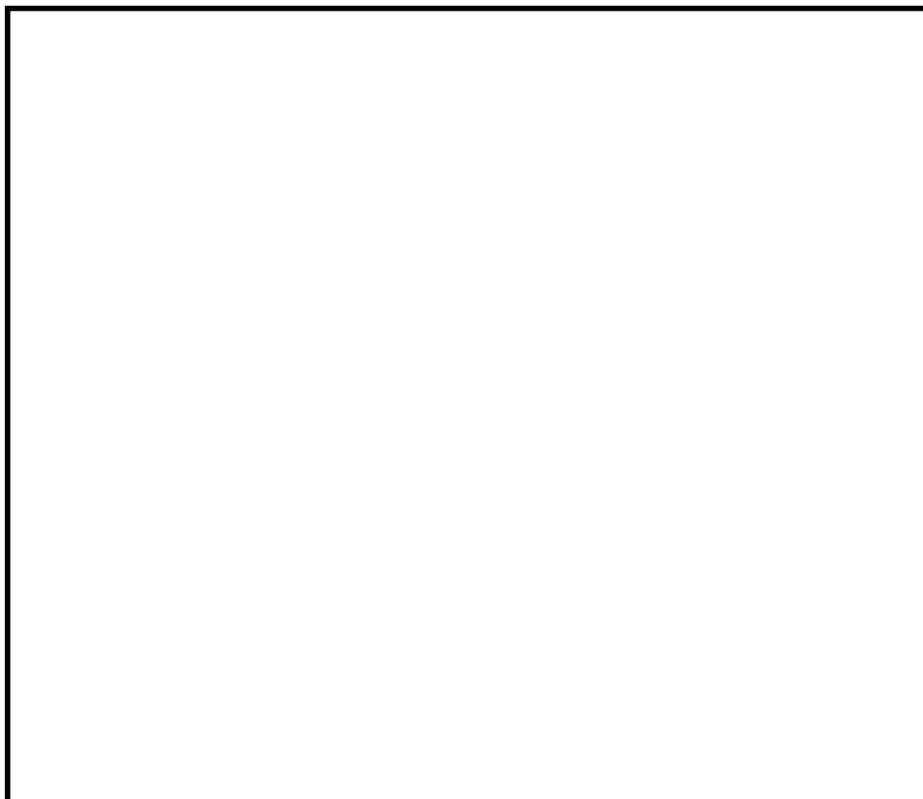


図 1.4.16-4 S A用海水ピット取水塔 構造断面図

(1) 耐震評価候補断面の整理

1.4.1「方針①耐震評価候補断面の整理」に従い、耐震評価候補断面を整理する。

SA用海水ピット取水塔は、非常用海水取水設備が設置されるエリアの最東端で東海港内に設置される内径約4 m、内空高さ約18 mの円筒形の鉄筋コンクリートの地中構造物で、明確な弱軸方向はない。

また、SA用海水ピット取水塔は、岩盤内で海水引込み管が接続する。

SA用海水ピット取水塔周辺においては、第四紀層が岩盤上に15 m程度の厚さで概ね水平に堆積している。

耐震評価候補断面の特徴を表1.4.16-1に示す。

表 1.4.16-1 SA用海水ピット取水塔の耐震評価候補断面の特徴

断面	要求性能	構造的特徴	周辺地質	間接支持する設備
①-①	非常時の通水機能	・円筒状の鉄筋コンクリートである。 ・海水引込み管が接続する。 ・海水引込み管の縦断面方向である。	・第四紀層が岩盤上に15 m程度の厚さで概ね水平に堆積する。	なし
②-②	非常時の通水機能	・円筒状の鉄筋コンクリートである。 ・海水引込み管に直交する横断面方向である。	・第四紀層が岩盤上に15 m程度の厚さで概ね水平に堆積する。	なし

(2) 評価対象断面の選定

SA用海水ピット取水塔は、海水引込み管が接続される構造物である。

①-①断面は、海水引込み管に対する縦断面方向であり、概ね東西方向に近い方向となる。

②-②断面は、海水引込み管に直交する横断面方向であり、概ね南北方向に近い方向となる。

SA用海水ピット取水塔は円筒状の地中構造物であり明確な弱軸方向はない。また、地質状況は直交する2方向で異なる。

以上のことから、SA用海水ピット取水塔の耐震評価においては、接続する海水引込み管の縦断面方向①-①断面とそれに直交する横断面方向②-②断面の両方向について選定し、基準地震動 S_s による耐震評価を実施する。

(3) 断面選定結果

評価対象断面の選定結果を表 1.4.16-2 に、評価対象断面を図 1.4.16-5 に示す。

表 1.4.16-2 SA用海水ピット取水塔の耐震評価対象断面の選定結果

断面	要求性能	構造的特徴	周辺地質	間接支持する設備	評価断面	選定結果
①-①	非常時の通水機能	<ul style="list-style-type: none"> 円筒状の鉄筋コンクリートである。 海水引込み管が接続する。 海水引込み管の縦断面方向である。 	<ul style="list-style-type: none"> 岩盤上に 15 m 程度の厚さの第四紀層が概ね水平に堆積する。 	なし	○	<ul style="list-style-type: none"> 明確な弱軸断面方向はない。 地質状況は直交する 2 方向で異なる。 以上のことにより評価対象断面とする。
②-②	非常時の通水機能	<ul style="list-style-type: none"> 円筒状の鉄筋コンクリートである。 海水引込み管に直交する横断面方向である。 	<ul style="list-style-type: none"> 岩盤上に 15 m 程度の厚さの第四紀層が概ね水平に堆積する。 	なし	○	<ul style="list-style-type: none"> 明確な弱軸断面方向はない。 地質状況は直交する 2 方向で異なる。 以上のことにより評価対象断面とする。

○：耐震評価を実施

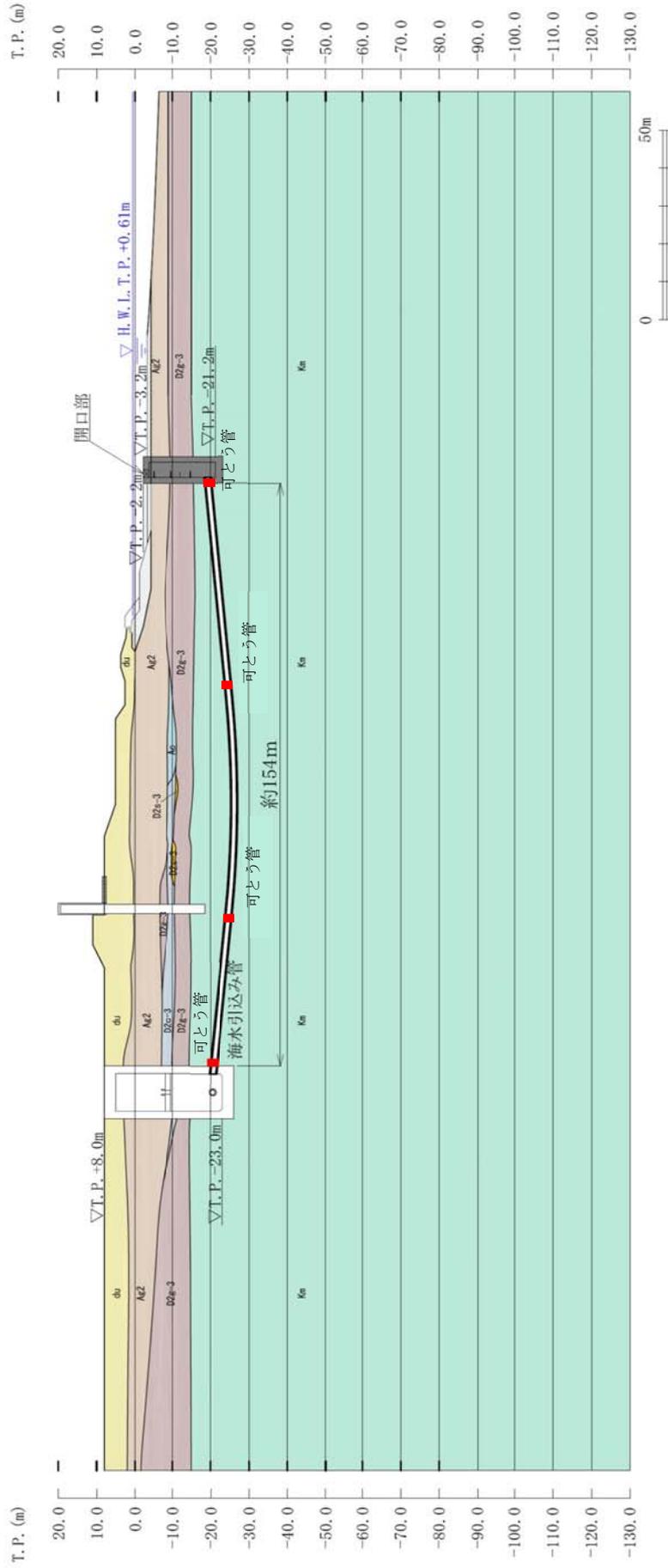


図 1.4.16-5 (1) SA用海水ピット取水塔評価対象断面 (①-①断面)

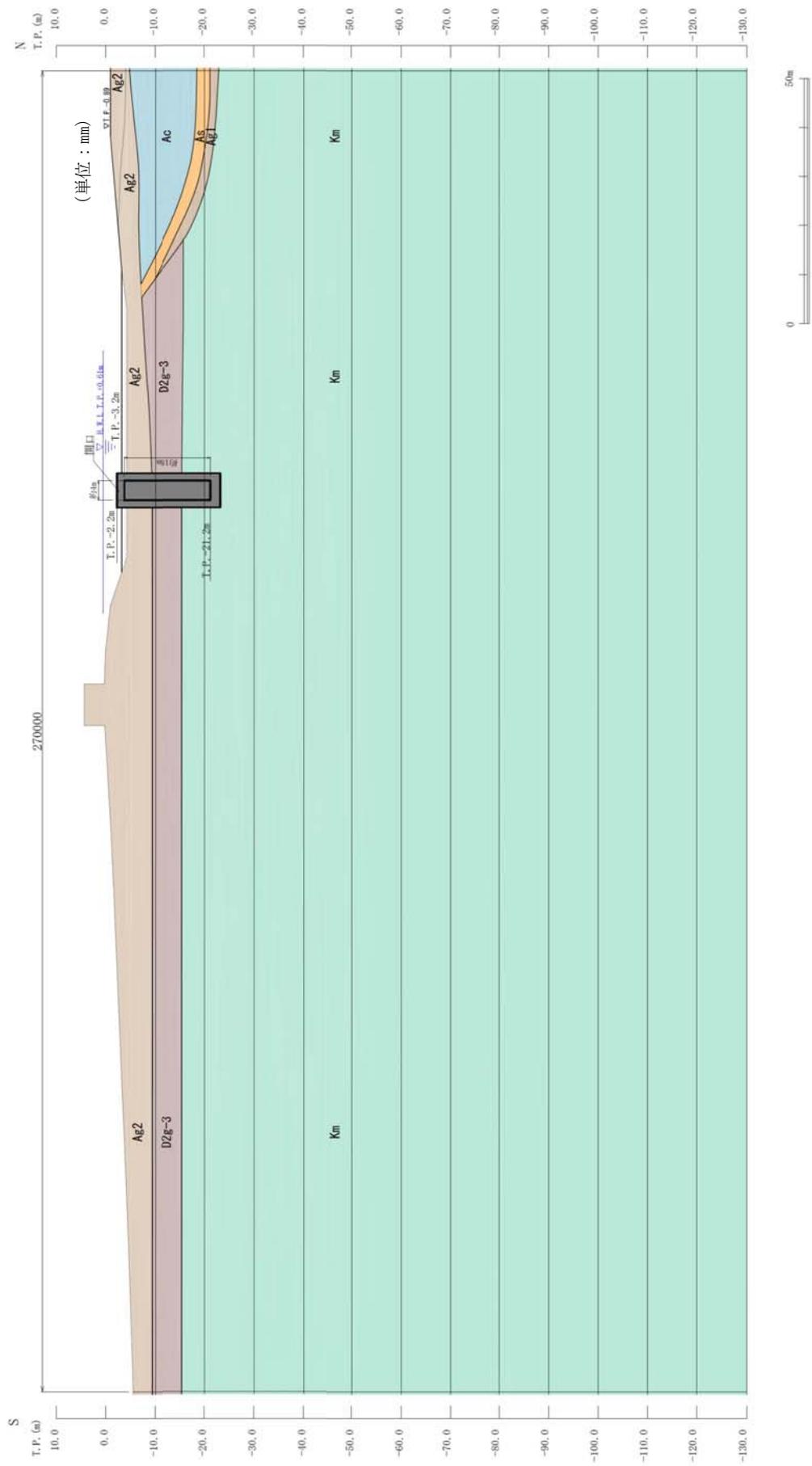


図 1.4.16-5 (2) SA用海水ピット取水塔評価対象断面 (②-②断面)

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

図 1.4.18-1 に可搬型設備用軽油タンク基礎の平面配置図を示す。

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る可搬型設備保管場所に対応して、同様の構造形式*となる可搬型設備用軽油タンク基礎を2箇所を設置する。内空幅約11m(タンク軸方向)×約13m(タンク横断方向)、内空高さ約4mの鉄筋コンクリート造の地中構造物であり、2連のボックスで構成されており、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の平面図を図1.4.18-2に、断面図を図1.4.18-3に示す。

注記 * : 杭長のみ異なる。

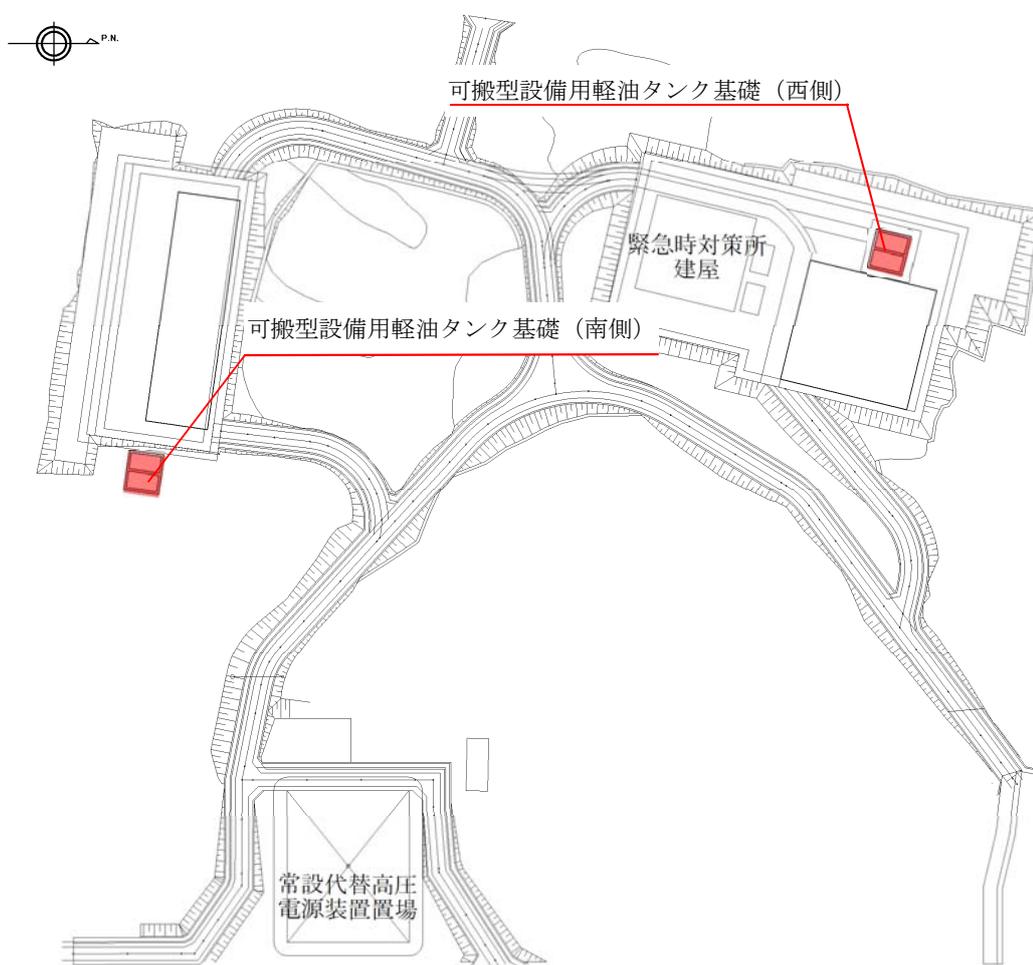


図 1.4.18-1 可搬型設備用軽油タンク基礎の平面配置図



図 1.4.18-2 可搬型設備用軽油タンク基礎 平面図

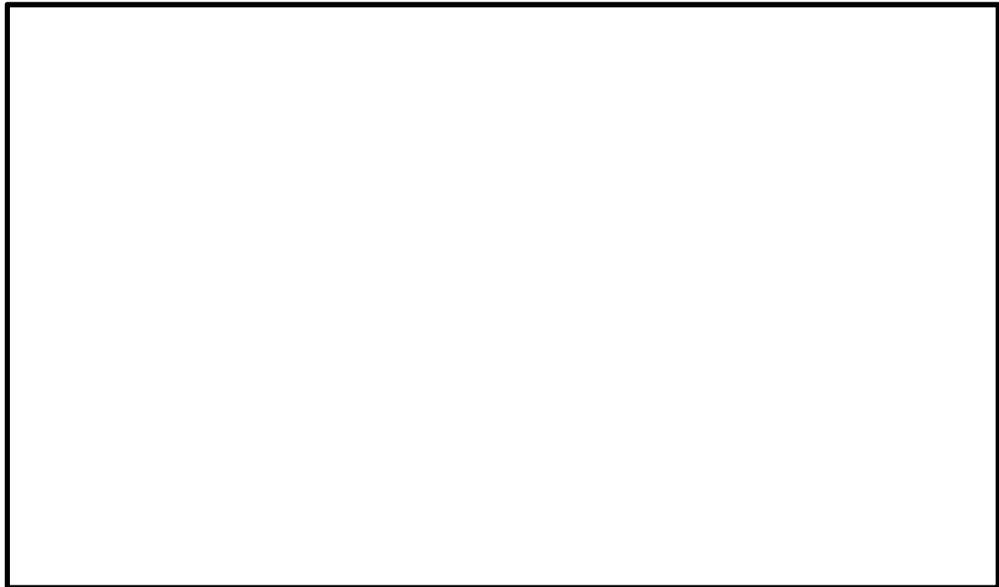


図 1.4.18-3 可搬型設備用軽油タンク基礎 断面図 (A-A 断面)

(1) 耐震評価候補断面の整理

「1.4.1 方針 ①断面評価候補断面の整理」に従い、耐震評価候補断面を整理する。可搬型設備用軽油タンク基礎は縦断方向（タンク軸方向）にほぼ一様な断面の比較的単純なボックスカルバート状の断面であり、縦断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ため、強軸方向断面となる。一方、横断方向（タンクの軸方向に対し直交する方向）は、タンクを格納するため、加振方向と平行に配置される構造部材が無いことから、弱軸方向断面となる。

耐震評価候補断面位置を図 1.4.18-4 に、断面図を図 1.4.18-5 に示す。各耐震評価候補断面図の特徴を表 1.4.18-1 に示す。

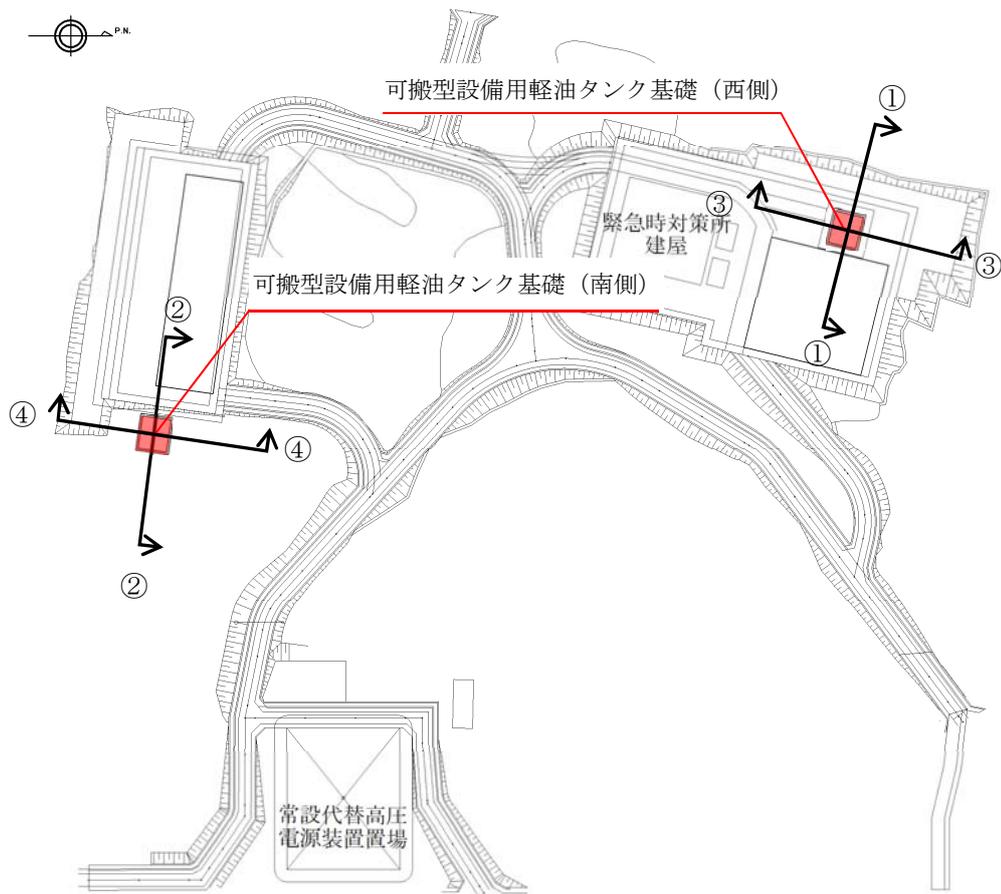
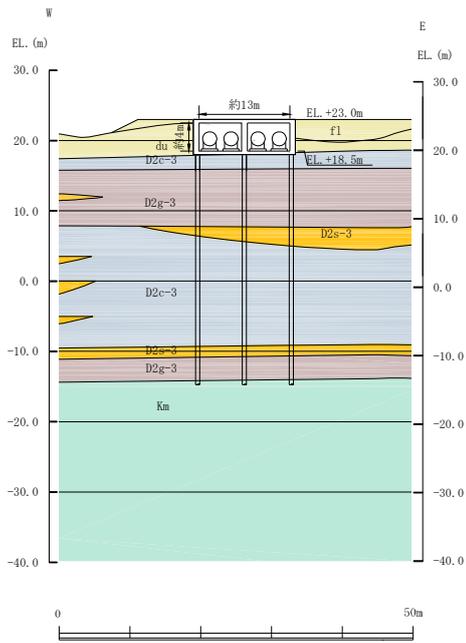
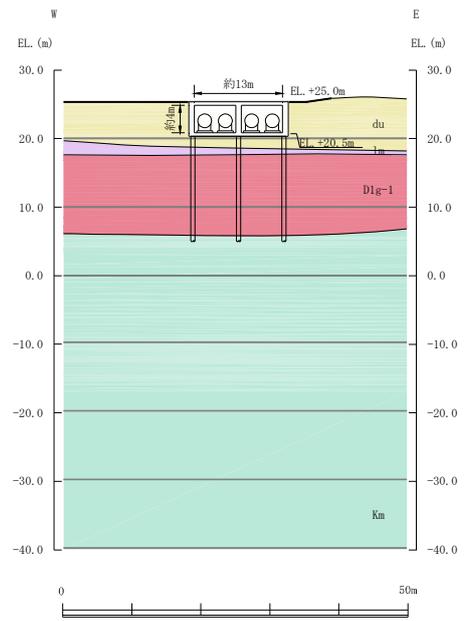


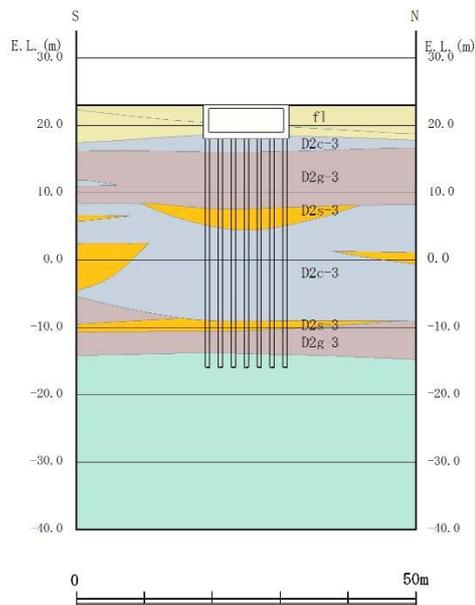
図 1. 4. 18-4 耐震評価候補断面位置図



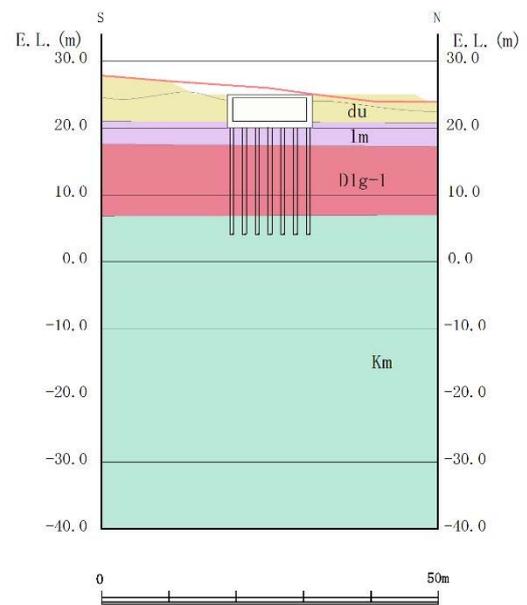
可搬型設備用軽油タンク基礎（西側）
 (①-①断面)



可搬型設備用軽油タンク基礎（南側）
 (②-②断面)



可搬型設備用軽油タンク基礎（西側）
 (③-③断面)



可搬型設備用軽油タンク基礎（南側）
 (④-④断面)

図 1.4.18-5 耐震評価候補断面の断面図

表 1.4.18-1 可搬型設備用軽油タンク基礎 耐震評価候補断面の特徴

方向	要求性能	断面	構造的特徴	周辺地質	間接支持する構造物
東西	間接支持	①-①	<ul style="list-style-type: none"> 弱軸断面方向 地中に埋設 一様な断面を有するボックスカルバート形状 	<ul style="list-style-type: none"> 杭を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置 第四紀層が厚く（約 40 m）堆積 	可搬型設備用軽油タンク
	間接支持	②-②	<ul style="list-style-type: none"> 弱軸断面方向 地中に埋設 一様な断面を有するボックスカルバート形状 	<ul style="list-style-type: none"> 杭を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置 第四紀層が浅く（約 20 m）堆積 	可搬型設備用軽油タンク
南北	間接支持	③-③	<ul style="list-style-type: none"> 強軸断面方向 地中に埋設 一様な断面を有するボックスカルバート形状 	<ul style="list-style-type: none"> 杭を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置 第四紀層が厚く（約 40 m）堆積 	可搬型設備用軽油タンク
	間接支持	④-④	<ul style="list-style-type: none"> 強軸断面方向 地中に埋設 一様な断面を有するボックスカルバート形状 	<ul style="list-style-type: none"> 杭を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置 第四紀層が浅く（約 20 m）堆積 	可搬型設備用軽油タンク

①-①断面は、構造物は地中に埋設しており、一様な断面を有するボックスカルバート形状である。杭を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置され、第四紀層が厚く（約 40 m）堆積している。

②-②断面は、構造物は地中に埋設しており、一様な断面を有するボックスカルバート形状である。杭を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置され、第四紀層が浅く（約 20 m）堆積している。

③-③断面は、構造物は地中に埋設しており、一様な断面を有するボックスカルバート形状である。杭を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置され、第四紀層が厚く（約 40 m）堆積している。

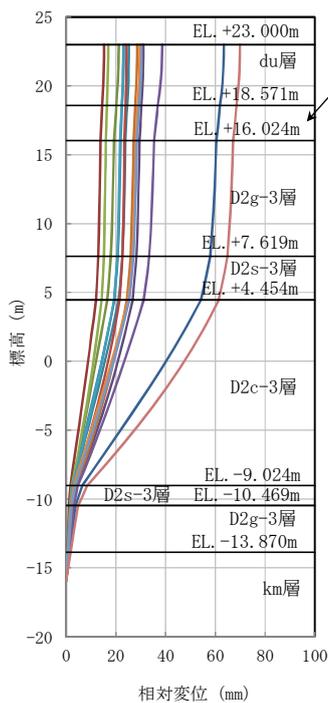
④-④断面は、構造物は地中に埋設しており、一様な断面を有するボックスカルバート形状である。杭を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置され、第四紀層が浅く（約 20 m）堆積している。

可搬型設備用軽油タンク基礎（西側）と可搬型設備用軽油タンク基礎（南側）にて1次元地震応答解析を行い応答の比較を行う。

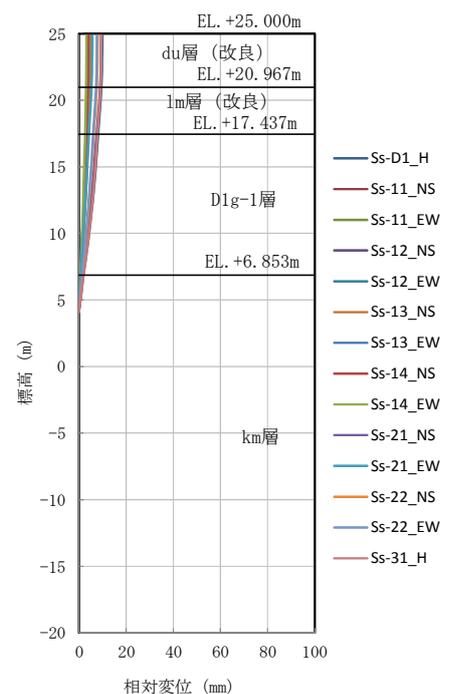
(2) 評価対象断面の選定

可搬型設備用軽油タンク基礎（西側）及び可搬型設備用軽油タンク基礎（南側）において実施した1次元地震応答解析結果の地表面最大変位発生時刻の変位分布を図1.4.18-6に、最大せん断ひずみ発生時刻のひずみ分布を図1.4.18-7に、最大せん断ひずみ発生時刻の変位分布を図1.4.18-8に示す。なお、可搬型設備用軽油タンク基礎（南側）にせん断剛性が低い1m層が分布することで変位が大きくなるため、可搬型設備用軽油タンク基礎（南側）の1m層以浅については地盤改良（セメント改良）を実施する。

図1.4.18-6から図1.4.18-8の結果より、可搬型設備用軽油タンク基礎（西側）の方が相対変位およびせん断ひずみが大きい。よって、可搬型設備用軽油タンク基礎（西側）の弱軸断面方向である①-①断面を耐震評価の評価対象断面として採用する。

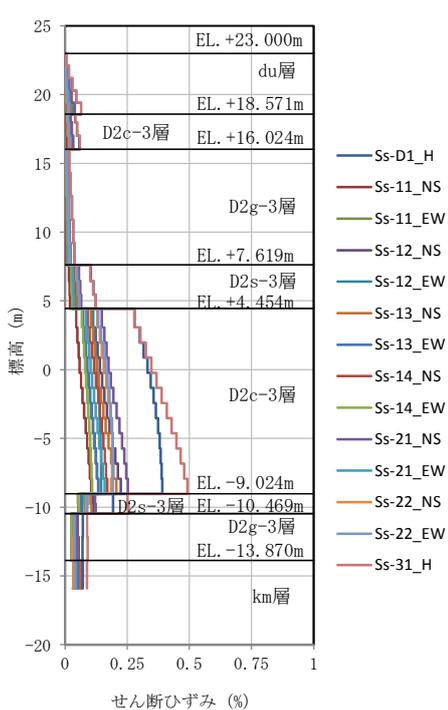


可搬型設備用軽油タンク基礎（西側）

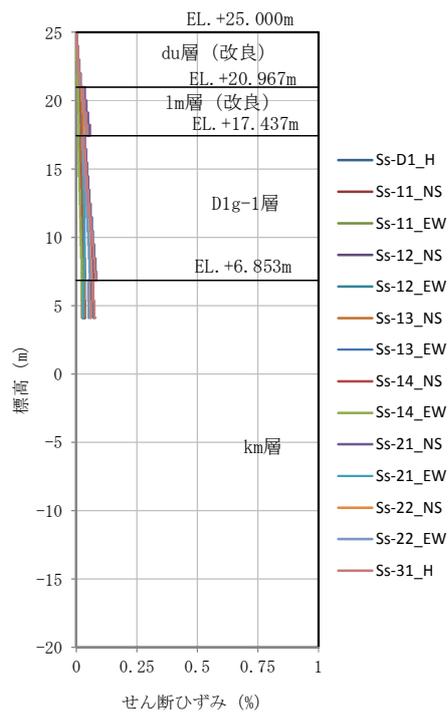


可搬型設備用軽油タンク基礎（南側）

図1.4.18-6 地表面最大変位発生時刻の変位分布

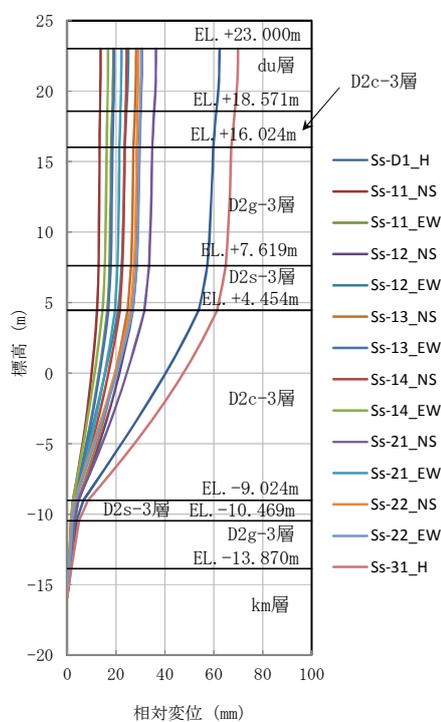


可搬型設備用軽油タンク基礎（西側）

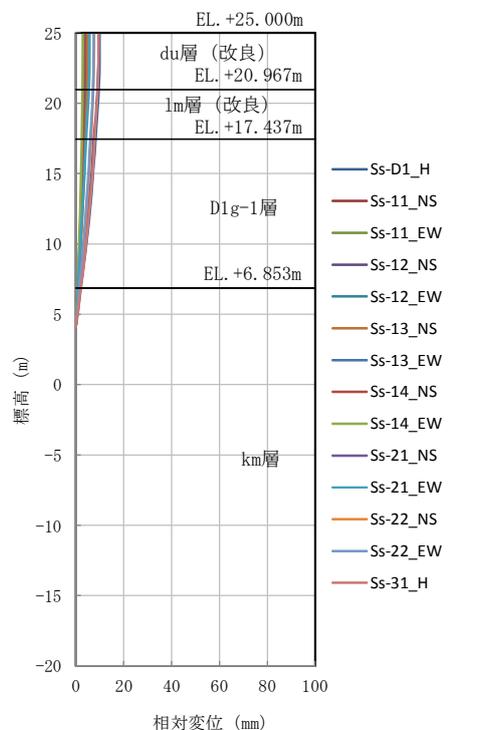


可搬型設備用軽油タンク基礎（南側）

図 1. 4. 18-7 最大せん断ひずみ発生時刻のひずみ分布



可搬型設備用軽油タンク基礎（西側）



可搬型設備用軽油タンク基礎（南側）

図 1. 4. 18-8 最大せん断ひずみ発生時刻の変位分布

1. 4. 18-8

また、機器・配管系への加速度応答の観点から、可搬型設備用軽油タンク基礎（西側）の強軸断面方向の③－③断面及び可搬型設備用軽油タンク基礎（南側）の強軸断面方向の④－④断面において、1次元地震応答解析を実施し評価対象断面を選定する。

可搬型設備用軽油タンク基礎（西側）及び可搬型設備用軽油タンク基礎（南側）の1次元地震応答解析における地表面最大加速度を表 1.4.18-2 に示す。地表面加速度を比較した結果、可搬型設備用軽油タンク基礎（南側）の方が地表面加速度の最大値が大きくなるため、④－④断面を機器・配管系への加速度応答の観点の評価断面とする。

表 1.4.18-2 評価対象の地表面加速度

評価対象	地表面加速度の最大値 (cm/s ²)
可搬型設備用軽油タンク基礎（西側）	626.7（水平方向：S _s -2 2）
可搬型設備用軽油タンク基礎（南側）	646.5（水平方向：S _s -2 1）

(3) 断面選定結果

(2) より，構造物の耐震設計における評価対象断面は可搬型設備用軽油タンク基礎（西側）の弱軸断面方向である①－①断面とし，この断面について地震応答解析及び耐震評価を実施する。評価対象断面の選定結果を表 1.4.18-2 に，評価対象断面を図 1.4.18-9 に示す。

ただし，機器・配管系への加速度応答算出の観点から，可搬型設備用軽油タンク基礎（南側）の強軸断面方向である④－④断面にて，機器・配管系への加速度応答抽出断面図を図 1.4.18-10 に示す。

表 1.4.18-3 に耐震設計及び機器・配管系への加速度応答抽出に使用する断面の整理を示す。

表 1.4.18-2 評価候補断面の選定結果

方向	断面	要求性能	構造的特徴	周辺地質	間接支持する施設	今回工認評価断面	選定理由
東西	①-①	間接支持	<ul style="list-style-type: none"> 弱軸断面方向 地中に埋設 一様な断面を有するボックスカルバート形状 	<ul style="list-style-type: none"> 杭を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置 第四紀層が厚く(約40m)堆積 	可搬型設備用 軽油タンク	○	1 次元地震応答解析により得られる相対変位及びせん断ひずみが比較的大きいため、評価対象断面とする。
	②-②	間接支持	<ul style="list-style-type: none"> 弱軸断面方向 地中に埋設 一様な断面を有するボックスカルバート形状 	<ul style="list-style-type: none"> 杭を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置 第四紀層が浅く(約20m)堆積 	可搬型設備用 軽油タンク	—	1 次元地震応答解析により得られる相対変位及びせん断ひずみが比較的小さいため、評価対象断面としない。
	③-③	間接支持	<ul style="list-style-type: none"> 強軸断面方向 地中に埋設 一様な断面を有するボックスカルバート形状 	<ul style="list-style-type: none"> 杭を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置 第四紀層が厚く(約40m)堆積 	可搬型設備用 軽油タンク	—	強軸断面方向であるため、評価対象としない。
南北	④-④	間接支持	<ul style="list-style-type: none"> 強軸断面方向 地中に埋設 一様な断面を有するボックスカルバート形状 	<ul style="list-style-type: none"> 杭を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置 第四紀層が浅く(約20m)堆積 	可搬型設備用 軽油タンク	—	強軸断面方向であるため、評価対象断面としな いが、機器・配管系への加速度応答の観点より、 地震応答解析の実施対象断面とする。

可搬型設備用軽油タンク基礎（西側）

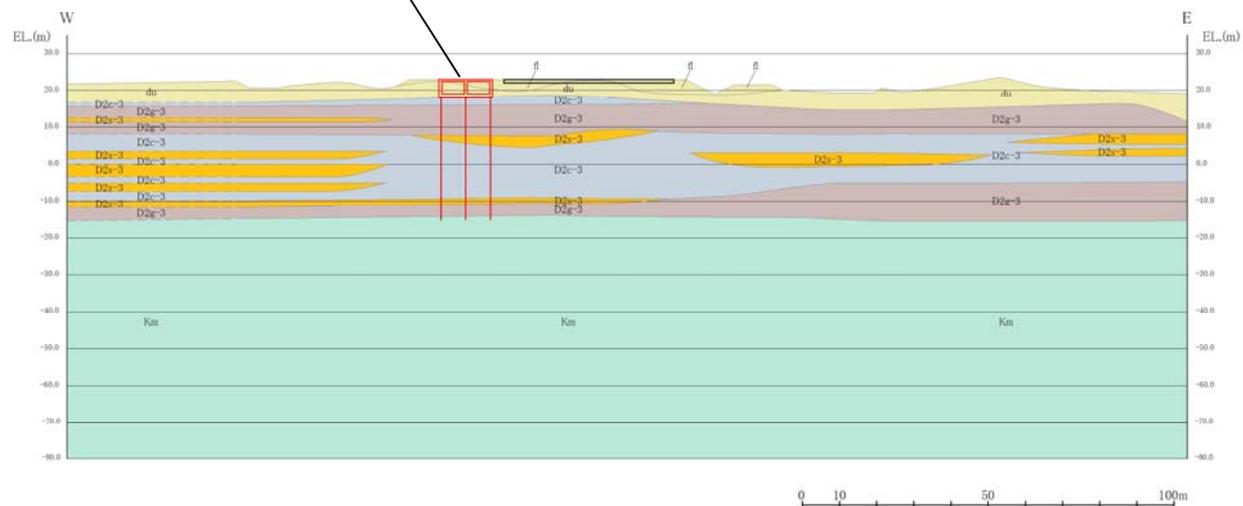


図 1. 4. 18-9 可搬型設備用軽油タンク基礎の評価対象断面図
 (可搬型設備用軽油タンク基礎（西側） ①-①断面)

可搬型設備用軽油タンク基礎（南側）

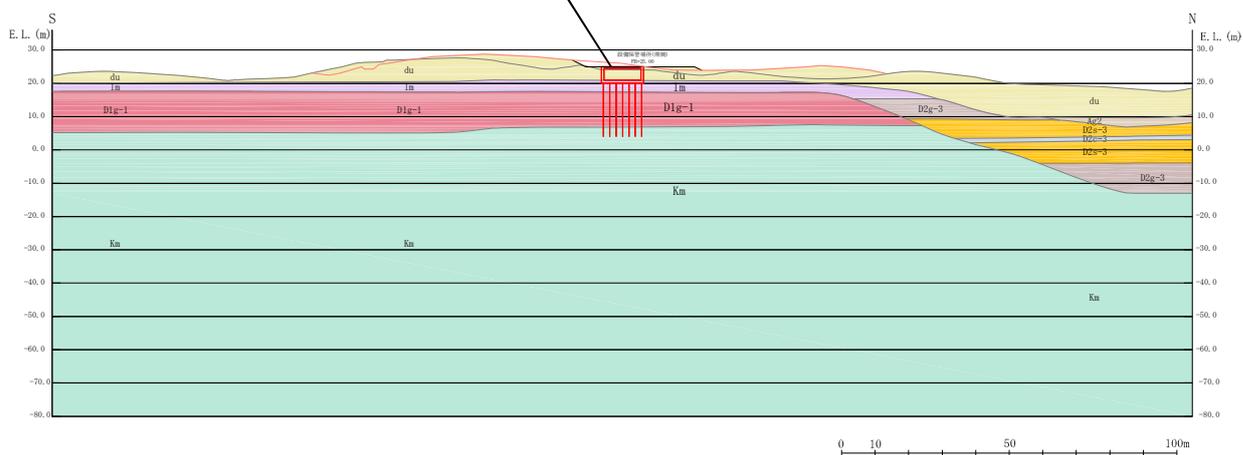


図 1. 4. 18-10 機器・配管系への加速度応答抽出断面図
 (可搬型設備用軽油タンク基礎（南側） ④-④断面)

表 1.4.18-3 耐震設計及び機器・配管系への加速度応答抽出に使用する断面の整理

断面条件	可搬型設備用軽油タンク基礎の 耐震設計 (V-2-2-24 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)	機器・配管系への 加速度応答抽出 (V-2-2-23 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)
①-①断面	○	○
④-④断面	—	○

1.5 地盤物性のばらつきの考慮方法について

東海第二発電所の屋外重要土木構造物（津波防護施設を含む）の耐震評価において、地震時における地盤の有効応力の変化に応じた影響を考慮する場合は、有効応力解析を実施する。

本章では、屋外重要土木構造物の耐震評価における地盤物性のばらつきの考慮方法について記載する。

1.5.1 耐震評価における検討ケース

屋外重要土木構造物の耐震評価における検討ケースを以下に示す。

(1) 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース（①，②，③）

有効応力解析に用いる液状化強度特性は、敷地の原地盤における代表性及び網羅性を踏まえた上で保守性を考慮して設定することを基本とする。原地盤に基づく液状化強度特性は、試験データのばらつきを考慮し、液状化強度試験データの最小二乗法による回帰曲線と、その回帰係数の自由度を考慮した不偏分散に基づく標準偏差を用いた「平均 -1σ 」について整理する。

原地盤に基づく液状化強度特性の詳細は、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に示す。

また、地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケースに加えて、第四紀層に対し、せん断波速度 V_s のばらつき（平均 $+1\sigma$ ，平均 -1σ ）を考慮したケースについても実施する。 V_s のばらつきの設定方法の詳細は、「耐震性に関する説明書に係る補足説明資料 地盤の支持性能について」に示す。

(2) 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）

地中の屋外重要土木構造物への地盤変位に対する保守的な配慮として、地盤を強制的に液状化させることを仮定した影響を考慮する場合は、原地盤よりも十分に小さい液状化強度特性（敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく液状化強度特性）を設定する。

豊浦標準砂に基づく液状化強度特性の詳細は、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に示す。

(3) 原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース（⑤，⑥）

解析条件として液状化強度が小さく設定された場合は、地盤の変位が大きく算定されることになるため、特に屋外重要土木構造物の下部構造に対して保守的な解析条件となるが、地表面応答加速度はやや小さめに評価される場合がある。一方、液状化強度が大きく設定された場合は、地盤の変位が小さく算定されることになるが、地表面応答加速度が大きく評価されることになるため、特に屋外重要土木構造物の上部構造及び上載される機器・配管系に対して保守的な解析条件となる。

よって、上部土木構造物及び機器・配管系への加速度応答に対する保守的な配慮として、地盤の非液状化の影響を考慮する場合は、原地盤において非液状化の条件を仮定した解析

を実施する。非液状化の条件の仮定は、有効応力解析にて液状化パラメータを非適用とすることにより設定する。これは、地盤の液状化強度が最も大きい場合に相当する。

また、原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケースに加えて、第四紀層に対し、せん断波速度 V_s のばらつき（平均+1 σ ）を考慮したケースについても実施する。 V_s のばらつきの設定方法の詳細は、「耐震性に関する説明書に係る補足説明資料 地盤の支持性能について」に示す。

以上の各検討ケースにおける液状化強度の関係を図 1.5-1 に、各検討ケースにおけるせん断波強度 V_s の関係を図 1.5-2 に示す。

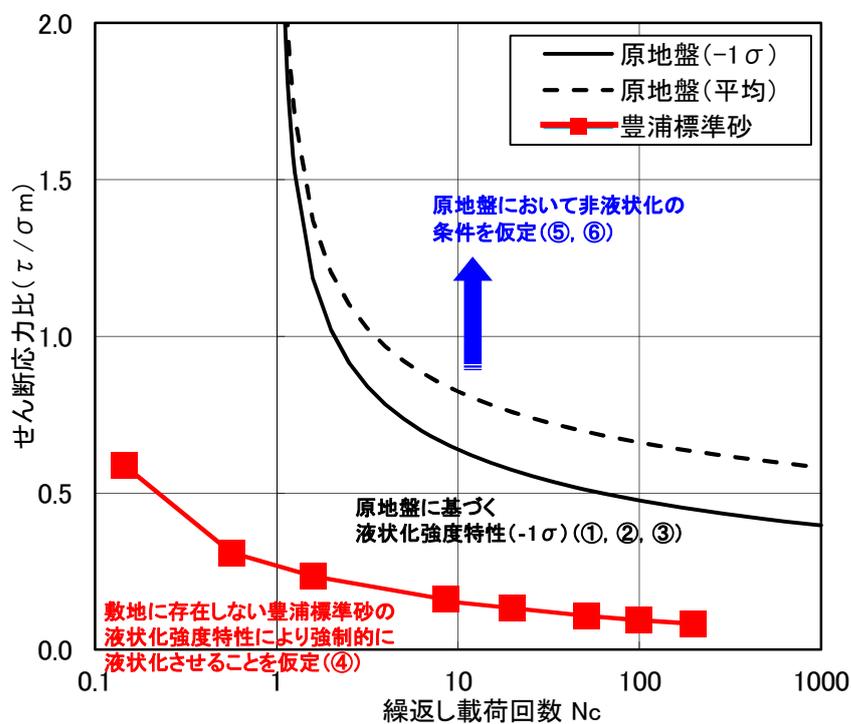


図 1.5-1 各検討ケースにおける液状化強度の関係

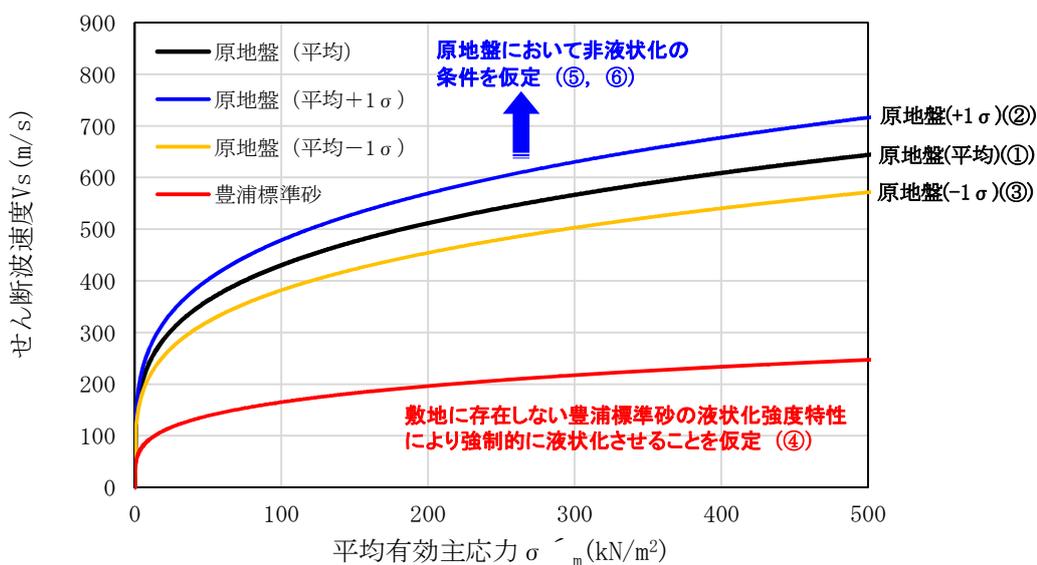


図 1.5-2 各検討ケースにおけるせん断波強度 Vs の関係

1.5.2 耐震評価における検討ケースの組合せについて

屋外重要土木構造物の耐震評価における検討ケースの組合せを図 1.5-3 に示す。

耐震評価においては、基準地震動 S_0 全波（8波）及びこれらに位相反転を考慮した地震動（4波）を加えた全12波を用いて解析ケース①を実施する。

上記の解析ケース①において、構造物の安全率が最も厳しい地震動を用いて、解析ケース②、③、④、⑤、⑥を実施し、解析ケース①も含めた全ての解析ケースに基づく耐震評価を実施する。最も厳しい地震動の選定にあたっては、各施設の評価部位（上部構造、下部構造）毎に1波選定する。また、異なる建屋・構築物間の相対変位の算定は、上記ケースの中で、変位量が最も大きいケースにて行う。

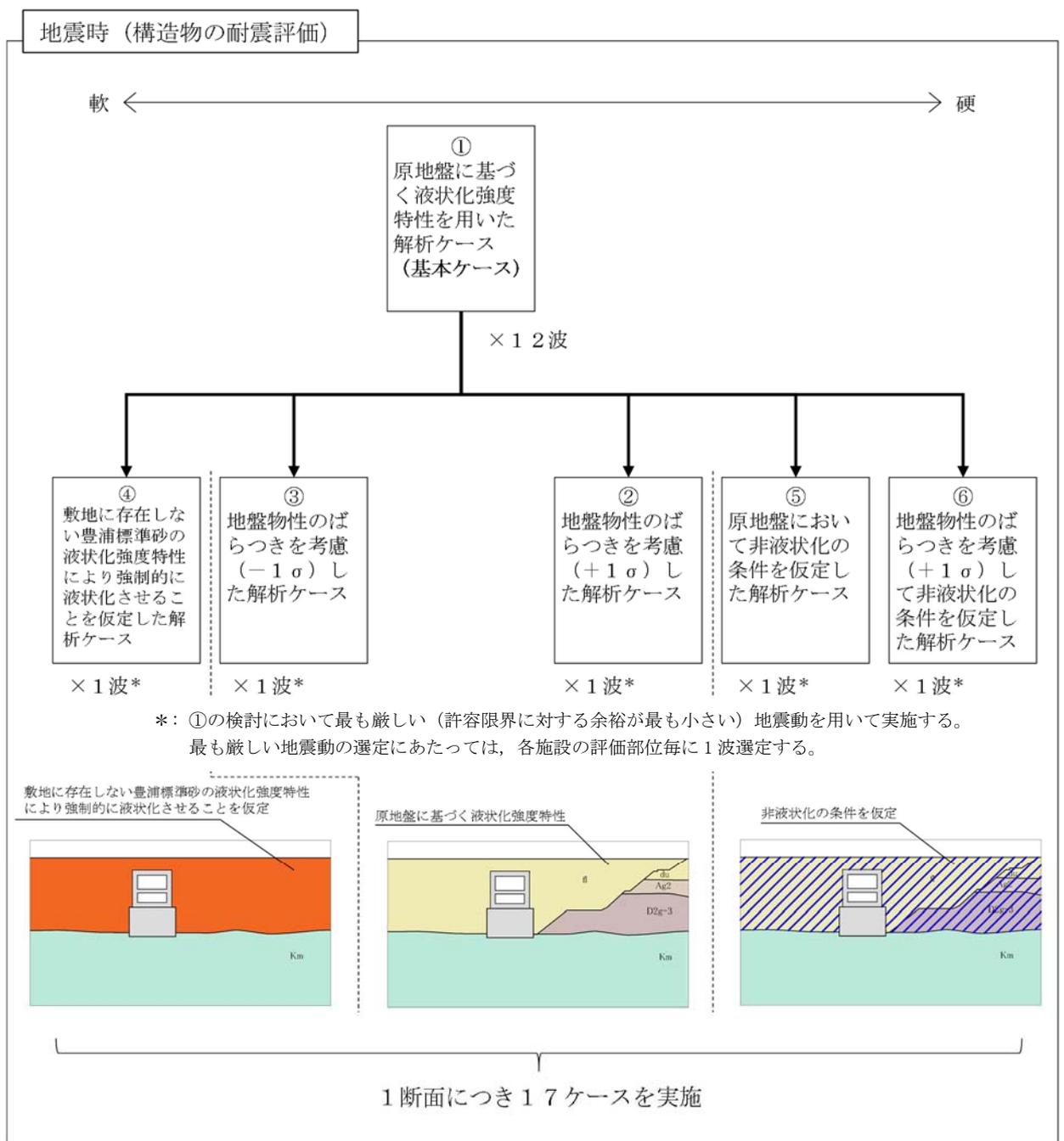


図 1.5-3 屋外重要土木構造物の耐震評価における検討ケース

上記より、屋外重要土木構造物の耐震評価にあたっては、地盤物性の観点において、想定される地盤物性のばらつき（せん断波速度 V_s のばらつき）を十分包絡する保守的な検討となっている。

また、同様な理由から、耐震評価における断面選定の観点において、屋外重要土木構造物の形状、基礎地盤の支持条件が同一であれば、第四紀層の各地層構成の軽微な差異は耐震評価結果に有意な影響を及ぼさない保守的な検討となっている。

1.5.2 機器・配管系に対する加速度応答算定のための検討ケース

屋外重要土木構造物に上載される機器・配管系に対する加速度応答の算定では、上載される機器・配管系への加速度応答に対する保守的な配慮として、基準地震動 S_s 全波（8波）及びこれらに位相反転を考慮した地震動（4波）を加えた全12波を用いて解析ケース①を実施する。

上記の解析ケース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1波を用いて、解析ケース④、⑥を実施し、解析ケース①も含めた全ての解析ケースに基づく加速度応答を算定する。

機器・配管系に対する加速度応答算定のための検討ケースを図1.5-4に示す。

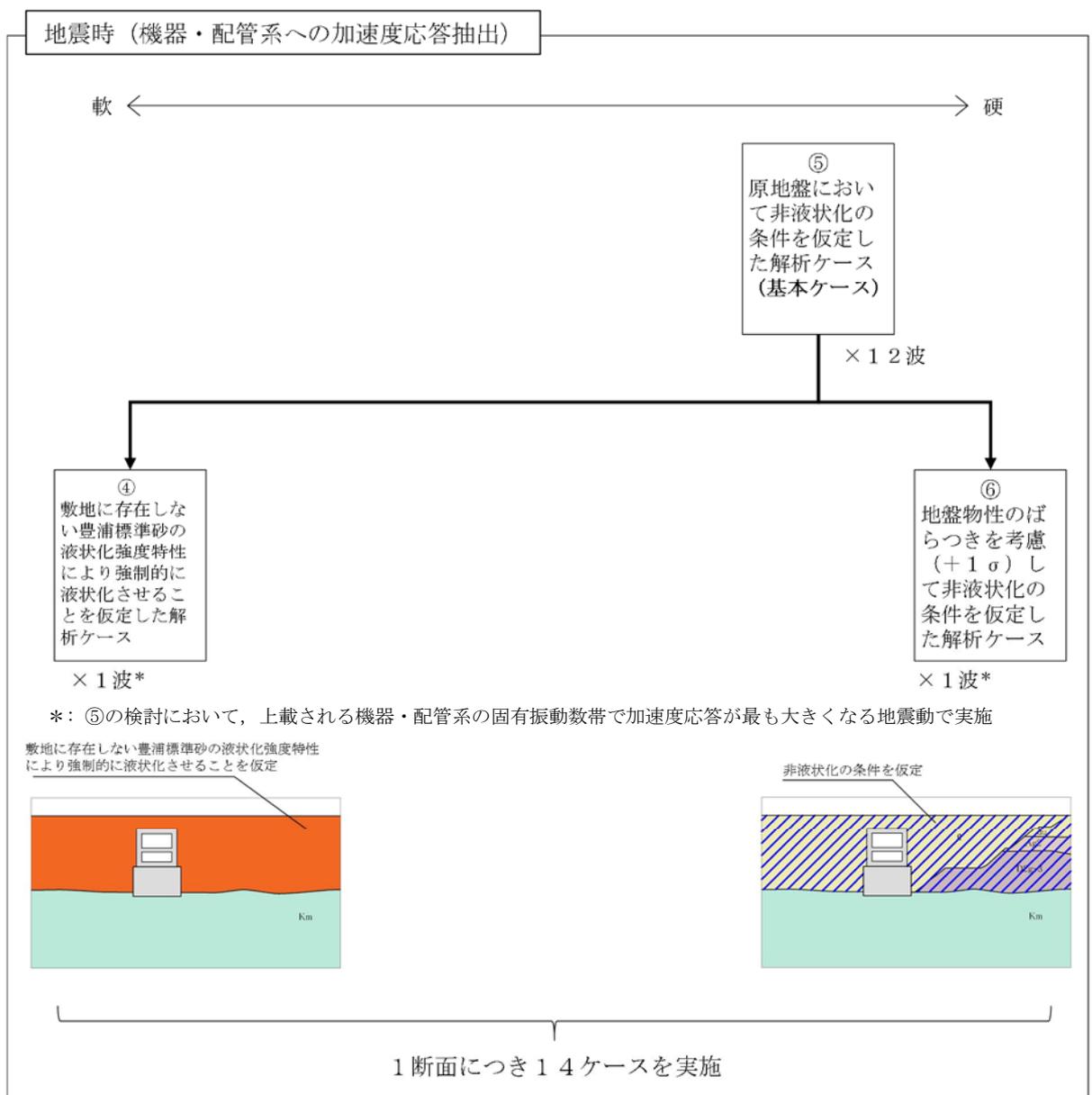


図 1.5-4 機器・配管系に対する加速度応答算定のための検討ケース

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の選定の考え方について

追而

1.5.3 耐震設計における検討ケースのまとめ

屋外重要土木構造物の耐震設計における検討ケースを表 1.5-1 に、屋外重要土木構造物に上載される機器・配管系に対する加速度応答抽出のための検討ケースを表 1.5-2 に示す。

表 1.5-1 屋外重要土木構造物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 以上	1 以上	1 以上	1 以上
		(+-)	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 以上	1 以上	1 以上	1 以上	1 以上

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する。
最も厳しい地震動の選定にあたっては、各施設の評価部位毎に1波選定する。

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

表 1.5-2 屋外重要土木構造物に上載される機器・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 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 -D1	(++)	1	1	1		
		(+-)		1			
		(-+)		1			
		(--)		1			
	S _s -11	(++)		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。
	S _s -12	(++)		1			
	S _s -13	(++)		1			
	S _s -14	(++)		1			
	S _s -21	(++)		1			
	S _s -22	(++)		1			
S _s -31	(++)	1					
	(-+)	1					
計		1	12	1			

1.6 許容応力度法における許容限界について

屋外重要土木構造物の許容応力度法による耐震設計にあたり、部材に適用する許容応力度及び短期許容応力度は、「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）」に基づき設定することを基本とする。「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）」において対象部材に直接適用できる値が無い場合は、「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。また、「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）」においても対象部材に直接適用できる値が無い場合は、その他の規格・基準等を検討し、適切に設定する。

表 1.6-1 に各部材の許容応力度，短期許容応力度及び適用する規格・基準類を示す。

表 1.6-1 各部位の許容応力度、短期許容応力度及び適用する規格・基準類

部材(材料)	規格	項目	許容応力度 (N/mm ²)	割増し係数	短期許容応力度 (N/mm ²)	適用する規格, 基準類	
コンクリート	設計基準強度 f'ck = 40 N/mm ²	許容曲げ圧縮応力度	14	1.5	21	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)	
		許容せん断応力度	0.55	1.5	0.825		
		許容開放させん断応力度	1.1	1.5	1.65		
		許容支圧応力度	12	1.5	18		
	設計基準強度 f'ck = 30 N/mm ² 設計基準強度 f'ck = 24 N/mm ²	許容せん断応力度(耐震壁)	0.9*1	1.5	1.35	鉄筋コンクリート構造計算規程・同解説—許容応力度設計法—(日本建築学会, 1999年)	
		許容曲げ圧縮応力度	11	1.5	16.5	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)	
		許容せん断応力度	0.5	1.5	0.75		
		許容曲げ圧縮応力度	9	1.5	13.5		
		許容せん断応力度	0.45	1.5	0.675		
		許容引張応力度	290	1.5	435		
許容引張応力度(せん断補強筋)	200	1.5	300				
鉄筋	SD490	許容引張り応力度	206	1.5	309	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)	
		許容引張り応力度(せん断補強筋)	196	1.5	294		
	SD390	許容引張り応力度	206	1.5	309		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)
		許容引張り応力度(せん断補強筋)	196	1.5	294		
	SD345	許容引張り応力度	196	1.5	294		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)
		許容引張り応力度(せん断補強筋)	196	1.5	294		
鋼材	SM570	許容引張応力度	240	1.5	360	水門鉄管技術基準(水圧鉄管・鉄鋼構造物編, 溶接・接合編)-付解説-[第5回改訂版]((社)電力土木技術協会)	
		許容せん断応力度	135	1.5	202.5		
	SM570	許容引張応力度	255	1.5	382.5		
		許容せん断応力度	145	1.5	217.5		
	SM490Y	許容引張応力度	210	1.5	315		
		許容せん断応力度	120	1.5	180		
	SM490	許容引張応力度	185	1.5	277.5		
		許容せん断応力度	105	1.5	157.5		
	SKK490	許容引張応力度	185	1.5	277.5		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)
		許容せん断応力度	105	1.5	157.5		
	SKY490	許容引張応力度	185	1.5	277.5		
		許容せん断応力度	105	1.5	157.5		
	SM400	許容引張応力度	140	1.5	210		
		許容せん断応力度	80	1.5	120		
SS400	許容引張応力度	140	1.5	210			
	許容せん断応力度	80	1.5	120			

注記 *1: 「Fc×(1/30)かつ 0.5+Fc×(1/100) 以下」より算出(Fc:コンクリートの設計基準強度(N/mm²))

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

目次

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	5-1
5.1 評価方法	5-2
5.2 評価条件	5-2
5.2.1 適用基準	5-2
5.2.2 耐震安全性評価フロー	5-3
5.2.3 評価対象断面の方向	5-4
5.2.4 評価対象断面の選定	5-6
5.2.5 使用材料及び材料定数	5-8
5.2.6 地下水位	5-11
5.2.7 地震応答解析手法	5-11
5.2.8 解析モデルの設定	5-12
5.2.9 減衰定数	5-16
5.2.10 荷重の組合せ	5-18
5.2.11 地震応答解析の検討ケース	5-20
5.3 評価内容	5-22
5.3.1 入力地震動の設定	5-22
5.3.2 許容限界の設定	5-39
5.4 評価結果	5-44
5.4.1 地震応答解析結果	5-44
5.4.2 トンネルの耐震評価結果	5-49
5.5 まとめ（追而）	5-59

5.1 評価方法

常設代替高圧電源装置用カルバート（トンネル部）（以下、「トンネル」という。）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。トンネル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。

5.2 評価条件

5.2.1 適用基準

トンネル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）を適用する。

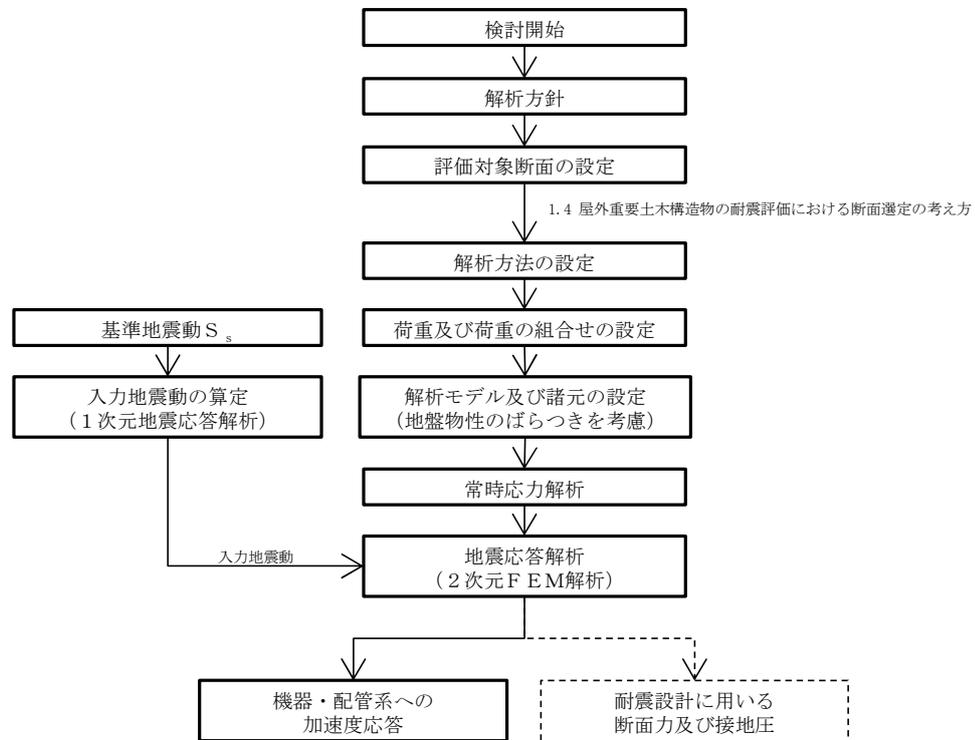
表 5.2-1 に適用する規格、基準類を示す。

表 5.2-1 適用する規格、基準類

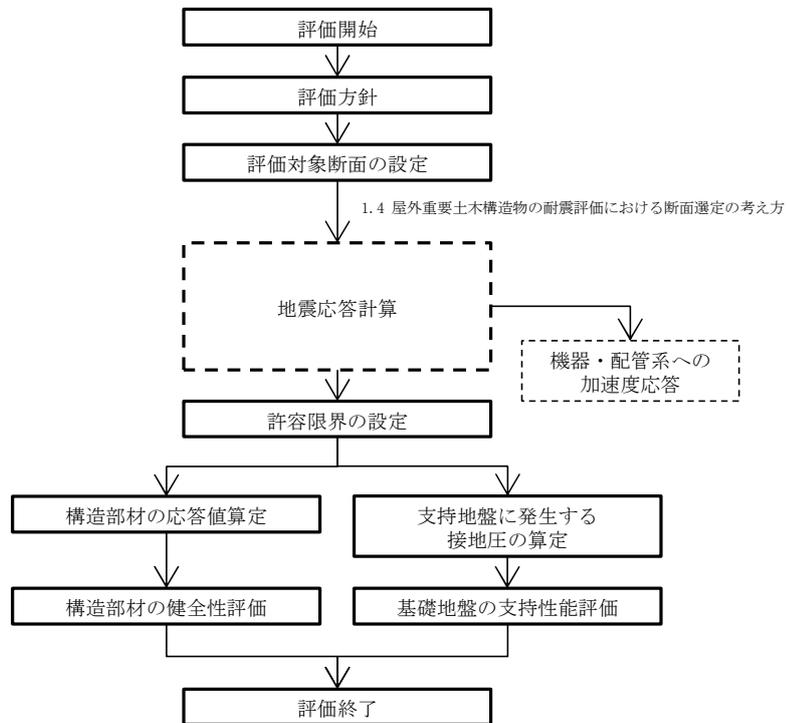
項目	適用する規格、基準類	備考
使用材料及び材料定数	・コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（2002年制定）	—
荷重及び荷重の組み合わせ	・コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（2002年制定）	・永久荷重＋偶発荷重＋従たる変動荷重の適切な組合せを検討
許容限界	・コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（2002年制定） ・道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（平成24年3月）	・曲げに対する照査は、発生応力が、許容限界以下であることを確認 ・せん断に対する照査は、発生応力又は発生せん断力が、許容限界以下であることを確認
地震応答解析	・ J E A G 4 6 0 1 - 1987	・有限要素法を用いた2次元モデルを用いた時刻歴非線形解析

5.2.2 耐震安全性評価フロー

図 5.2-1 にトンネルの耐震安全性評価フローを示す。



<地震応答計算>



<耐震性評価>

図 5.2-1 トンネルの耐震安全性評価フロー

5.2.3 評価対象断面の方向

トンネルの位置を図 5.2-2 及び図 5.2-3 に示す。

トンネルは、延長約 140 m の鉄筋コンクリート造である。表 5.2-2 に示すとおり、トンネルの縦断方向は、トンネル覆工及び隔壁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、横断方向は、耐震設計上見込める構造部材が少ないことから、弱軸断面方向となる。なお、トンネルは全線にわたり一定区間でブロック割し、施工されている。そのため、トンネル縦断方向の応力は区間毎に解放されると考えられる。また、縦断方向の変位に対しては、岩盤に設置されているためブロック毎の相対変位が小さいと考えられる。

以上のことから、トンネルの耐震評価では、構造の安定性に支配的な弱軸断面方向である横断方向を評価対象断面の方向とする。

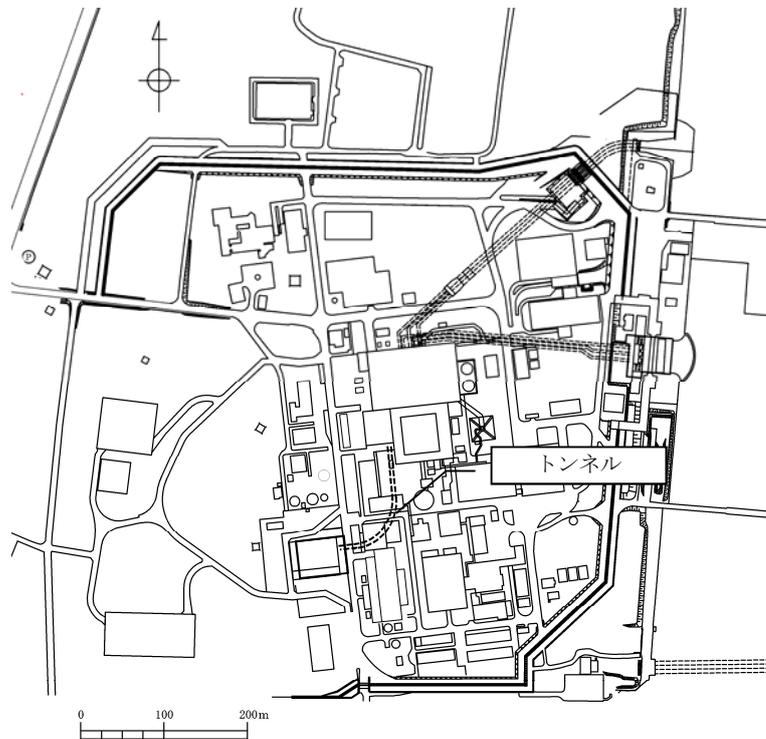


図 5.2-2 トンネルの位置図（全体平面図）

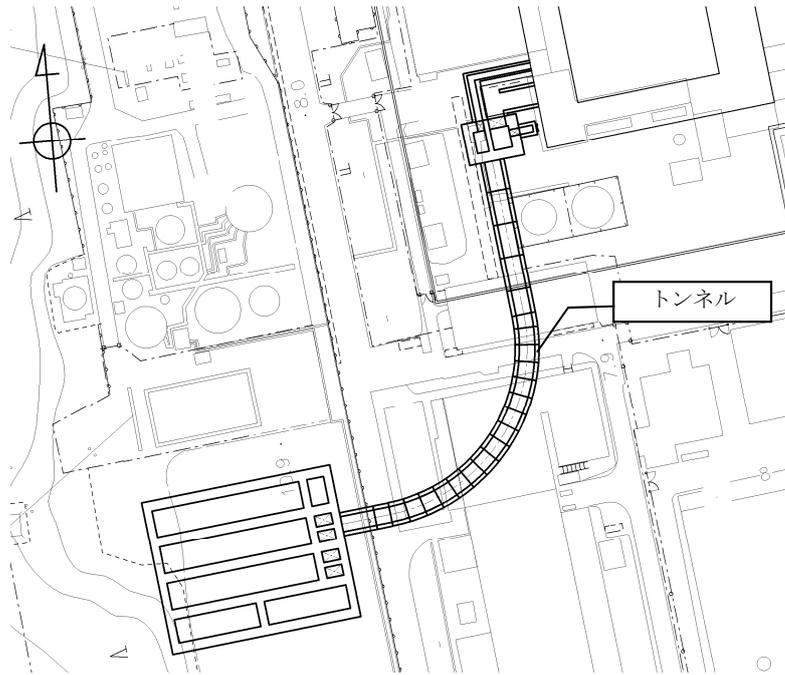


図 5.2-3 トンネルの位置図（拡大図）

表 5.2-2 トンネルの評価対象断面の方向の選定

	横断方向の加振	縦断方向の加振
トンネル	<p>加振方向</p> <p>縦断方向</p> <p>加振方向に平行な壁部材が少ない ⇒弱軸断面方向</p>	<p>加振方向</p> <p>縦断方向</p> <p>トンネル覆工が加振方向に抵抗する ⇒強軸断面方向</p>

5.2.4 評価対象断面の選定

図 5.2-4 及び図 5.2-5 にトンネルの縦断面図及び標準断面図を示す。

トンネルは、延長約 140 m の鉄筋コンクリート造である。内径 4.6 m、覆工 1.2 m であり縦断方向に対して一様な断面形状を示す。また、間接支持する設備が縦断方向に一様に設置されている。

評価対象断面は、「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」で記載したとおり、L3 地点における埋戻土の層厚を最も薄くした L3' 断面を代表として耐震評価を実施する。

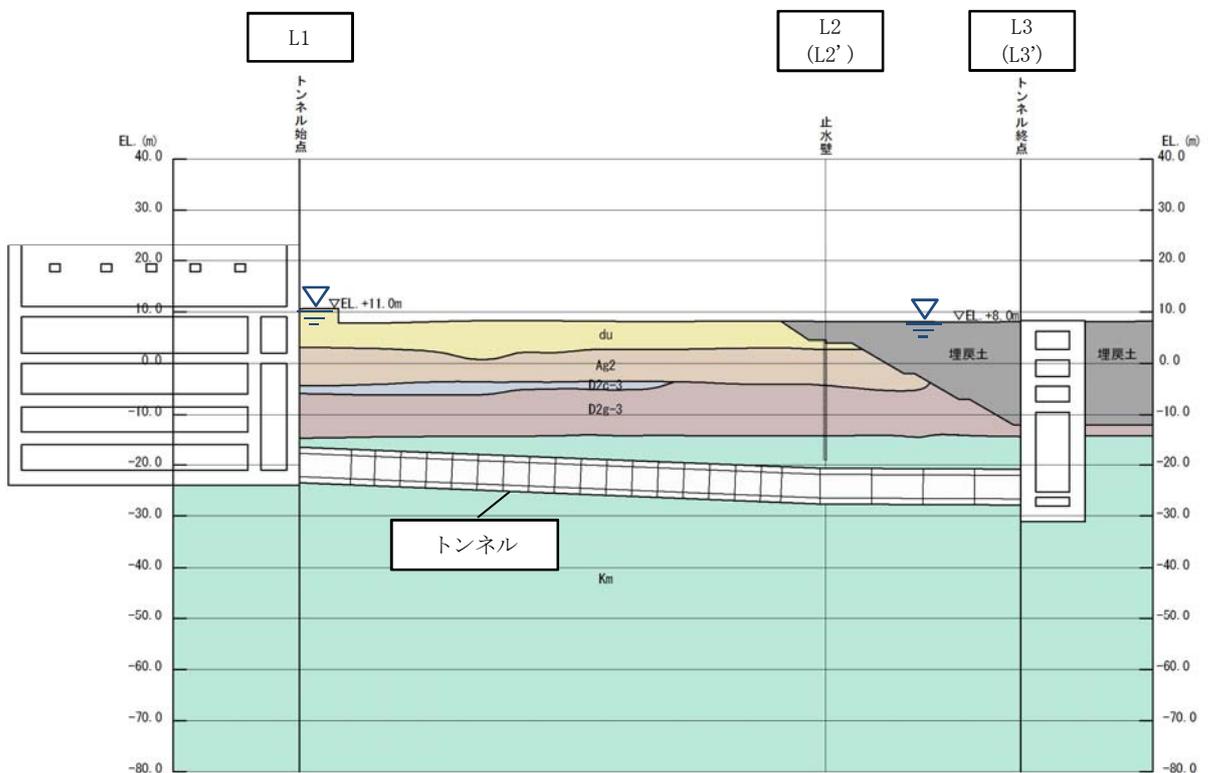


図 5.2-4 トンネルの縦断面図



図 5.2-5 トンネルの標準断面図

5.2.5 使用材料及び材料定数

耐震評価に用いる材料定数は、適用基準類を基に設定する。構造物の使用材料を表 5.2-3 に、材料物性値を表 5.2-4 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、せん断ひずみ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 5.2-5 に示す。

表 5.2-3 使用材料

諸元	
コンクリート	設計基準強度 30 N/mm ²
鉄筋	SD345, SD490

表 5.2-4 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	2.8×10^4	0.2

表 5.2-5 (1) 地盤の解析用物性値一覧

パラメータ				原地盤							
				埋戻土	第四系						
				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)
変形特性	静ポアソン比	ν_{CD}	—	0.26	0.26	0.25	0.26	0.25	0.19	0.26	0.25
	動ポアソン比	ν_d	—	0.493 (0.385)	0.493 (0.385)	0.491 (0.286)	0.484	0.483 (0.483)	0.465	0.462 (0.462)	0.474 (0.382)
	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)
	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)
	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

表 5.2-5 (2) 地盤の解析用物性値一覧

パラメータ				原地盤				
				第四系				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 ³	1.65	1.77	1.47 (1.43)	1.77	$1.72-1.03 \times 10^{-4} \cdot z$
変形特性	静ポアソン比	ν_{CD}	—	0.10	0.22	0.14	0.22	$0.16+0.00025 \cdot z$
	動ポアソン比	ν_d	—	0.486	0.488	0.494 (0.494)	0.487	$0.463+1.03 \times 10^{-4} \cdot z$
	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	

z : 標高 (m)

表 5.2-5 (3) 地盤の解析用物性値一覧(新第三系 Km 層)

区分 番号	設定深度 TP(m) Z	通用深度 TP(m)		密度 ρ (g/cm ³)	静ポアソン比 ν_{cb}	粘着力 C_{cb} (kN/mf)	内部摩擦角 ϕ_{cb} (°)	せん断波 速度Vs (m/s)	基準初期 せん断剛性 G_{ma}	基準体積 弾性係数 K_{ma} (kN/mf)	基準平均有効 主応力 σ'_{ma} (kN/mf)	拘束圧 依存係数 mG, mK	最大履歴 減衰率 $\gamma_{max}(-)$	動ポアソン比 ν_d	硬密波 速度Vp (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	326,967	371,843	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	328,467	373,551	504	0.0	0.109	0.462	1,644	1,644,000
16	-5	-5.5	~ -4.5	1.72	0.16	388	22.7	437	329,972	375,262	504	0.0	0.109	0.462	1,648	1,648,000
17	-6	-6.5	~ -5.5	1.72	0.16	394	22.6	438	331,480	376,977	504	0.0	0.109	0.462	1,652	1,652,000
18	-7	-7.5	~ -6.5	1.72	0.16	400	22.5	438	332,992	378,697	504	0.0	0.110	0.462	1,656	1,656,000
19	-8	-8.5	~ -7.5	1.72	0.16	406	22.4	439	334,507	380,420	504	0.0	0.110	0.462	1,659	1,659,000
20	-9	-9.5	~ -8.5	1.72	0.16	412	22.3	440	336,026	382,147	504	0.0	0.110	0.462	1,663	1,663,000
21	-10	-11	~ -9.5	1.72	0.16	418	22.2	441	337,544	383,874	504	0.0	0.111	0.462	1,671	1,671,000
22	-12	-13	~ -11	1.72	0.16	430	22.0	442	339,074	385,614	504	0.0	0.111	0.462	1,671	1,671,000
23	-14	-15	~ -13	1.72	0.16	442	21.8	444	340,603	387,352	504	0.0	0.111	0.461	1,654	1,654,000
24	-16	-17	~ -15	1.72	0.16	454	21.6	445	342,139	389,096	498	0.0	0.112	0.461	1,662	1,662,000
25	-18	-19	~ -17	1.72	0.16	467	21.4	447	343,671	390,842	498	0.0	0.112	0.461	1,665	1,665,000
26	-20	-21	~ -19	1.72	0.16	479	21.2	448	345,211	392,593	498	0.0	0.112	0.461	1,673	1,673,000
27	-22	-23	~ -21	1.72	0.15	491	21.0	450	346,754	394,349	498	0.0	0.113	0.460	1,680	1,680,000
28	-24	-25	~ -23	1.72	0.15	503	20.8	452	348,300	396,107	498	0.0	0.113	0.460	1,684	1,684,000
29	-26	-27	~ -25	1.72	0.15	515	20.6	453	350,851	397,866	498	0.0	0.113	0.460	1,688	1,688,000
30	-28	-29	~ -27	1.72	0.15	527	20.4	455	352,403	399,628	498	0.0	0.114	0.460	1,696	1,696,000
31	-30	-31	~ -29	1.72	0.15	539	20.2	456	353,957	401,393	498	0.0	0.114	0.460	1,704	1,704,000
32	-32	-33	~ -31	1.72	0.15	551	20.0	458	355,513	403,161	498	0.0	0.115	0.460	1,712	1,712,000
33	-34	-35	~ -33	1.72	0.15	563	19.8	459	357,071	404,931	498	0.0	0.115	0.459	1,720	1,720,000
34	-36	-37	~ -35	1.72	0.15	575	19.6	461	358,631	406,704	498	0.0	0.115	0.459	1,728	1,728,000
35	-38	-39	~ -37	1.72	0.15	587	19.4	462	360,193	408,481	498	0.0	0.116	0.459	1,736	1,736,000
36	-40	-41	~ -39	1.72	0.15	599	19.2	464	361,754	410,261	498	0.0	0.116	0.459	1,744	1,744,000
37	-42	-43	~ -41	1.72	0.15	611	19.0	465	373,317	421,826	498	0.0	0.117	0.458	1,752	1,752,000
38	-44	-45	~ -43	1.72	0.15	623	18.8	467	374,883	423,393	498	0.0	0.117	0.458	1,760	1,760,000
39	-46	-47	~ -45	1.72	0.15	635	18.6	468	376,451	424,961	498	0.0	0.117	0.458	1,768	1,768,000
40	-48	-49	~ -47	1.72	0.15	647	18.4	470	378,021	426,531	498	0.0	0.118	0.458	1,776	1,776,000
41	-50	-51	~ -49	1.73	0.15	660	18.3	472	380,593	428,107	498	0.0	0.118	0.458	1,784	1,784,000
42	-52	-53	~ -51	1.73	0.15	672	18.1	473	382,167	429,687	498	0.0	0.118	0.458	1,792	1,792,000
43	-54	-55	~ -53	1.73	0.15	684	17.9	475	383,743	431,269	498	0.0	0.118	0.457	1,800	1,800,000
44	-56	-57	~ -55	1.73	0.15	696	17.7	476	385,321	432,853	498	0.0	0.119	0.457	1,808	1,808,000
45	-58	-59	~ -57	1.73	0.15	708	17.5	478	386,897	434,439	498	0.0	0.119	0.457	1,816	1,816,000
46	-60	-61	~ -59	1.73	0.15	720	17.3	479	388,477	436,027	498	0.0	0.120	0.457	1,824	1,824,000
47	-62	-63	~ -61	1.73	0.14	732	17.1	481	390,059	437,617	492	0.0	0.120	0.457	1,832	1,832,000
48	-64	-65	~ -63	1.73	0.14	744	16.9	482	391,643	439,209	492	0.0	0.120	0.456	1,840	1,840,000
49	-66	-67	~ -65	1.73	0.14	756	16.7	484	393,229	440,803	492	0.0	0.120	0.456	1,848	1,848,000
50	-68	-69	~ -67	1.73	0.14	768	16.5	485	394,817	442,399	492	0.0	0.121	0.456	1,856	1,856,000
51	-70	-71	~ -69	1.73	0.14	780	16.3	487	396,407	444,001	492	0.0	0.121	0.456	1,864	1,864,000
52	-72	-73	~ -71	1.73	0.14	792	16.1	489	397,999	445,607	492	0.0	0.121	0.456	1,872	1,872,000
53	-74	-75	~ -73	1.73	0.14	804	15.9	490	399,593	447,217	492	0.0	0.122	0.455	1,880	1,880,000
54	-76	-77	~ -75	1.73	0.14	816	15.7	492	401,189	448,829	492	0.0	0.122	0.455	1,888	1,888,000
55	-78	-79	~ -77	1.73	0.14	828	15.5	493	402,787	450,443	492	0.0	0.122	0.455	1,896	1,896,000
56	-80	-81	~ -79	1.73	0.14	840	15.3	495	404,387	452,059	492	0.0	0.122	0.455	1,904	1,904,000
57	-82	-83	~ -81	1.73	0.14	852	15.1	496	405,989	453,677	492	0.0	0.123	0.455	1,912	1,912,000
58	-84	-85	~ -83	1.73	0.14	864	14.9	497	407,593	455,297	492	0.0	0.123	0.455	1,920	1,920,000
59	-86	-87	~ -85	1.73	0.14	876	14.7	498	409,199	456,919	492	0.0	0.124	0.454	1,928	1,928,000
60	-88	-89	~ -87	1.73	0.14	888	14.5	501	410,807	458,543	492	0.0	0.124	0.454	1,936	1,936,000
61	-90	-91	~ -89	1.73	0.14	900	14.3	504	412,417	460,169	492	0.0	0.124	0.454	1,944	1,944,000
62	-92	-93	~ -91	1.73	0.14	912	14.1	509	414,029	461,797	492	0.0	0.125	0.453	1,952	1,952,000
63	-94	-95	~ -93	1.73	0.14	924	13.9	513	415,643	463,427	486	0.0	0.125	0.453	1,960	1,960,000
64	-96	-97	~ -95	1.73	0.14	936	13.7	519	417,259	465,057	486	0.0	0.126	0.452	1,968	1,968,000
65	-98	-99	~ -97	1.73	0.13	948	13.5	524	418,877	466,687	486	0.0	0.127	0.451	1,976	1,976,000
66	-100	-101	~ -99	1.73	0.13	960	13.3	524	420,497	468,317	486	0.0	0.127	0.451	1,984	1,984,000
67	-102	-103	~ -101	1.73	0.13	972	13.1	530	422,117	470,947	486	0.0	0.128	0.450	1,992	1,992,000
68	-104	-105	~ -103	1.73	0.13	984	12.9	530	423,737	472,577	486	0.0	0.128	0.450	1,996	1,996,000
69	-106	-107	~ -105	1.73	0.13	996	12.7	530	425,357	474,207	486	0.0	0.128	0.450	2,000	2,000,000
70	-108	-109	~ -107	1.73	0.13	1,008	12.5	530	426,977	475,837	486	0.0	0.128	0.450	2,004	2,004,000
71	-110	-111	~ -109	1.73	0.13	1,020	12.3	530	428,597	477,467	486	0.0	0.128	0.450	2,008	2,008,000
72	-112	-113	~ -111	1.73	0.13	1,032	12.1	530	430,217	479,097	486	0.0	0.128	0.450	2,012	2,012,000
73	-114	-115	~ -113	1.73	0.13	1,044	11.9	530	431,837	480,727	486	0.0	0.128	0.450	2,016	2,016,000
74	-116	-117	~ -115	1.73	0.13	1,056	1									

5.2.6 地下水位

地下水位は地表面として設定する。

5.2.7 地震応答解析手法

トンネルの地震応答解析は、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、Ramberg-Osgood モデルを適用し、せん断ひずみの変化に応じたせん断剛性及び減衰定数の非線形性を考慮し、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「TDAPⅢ Ver. 3.08」を使用し、過剰間隙水圧の上昇のない岩盤内にトンネルが設置されるため、全応力解析を適用する。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、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 5.2-6 に示す。

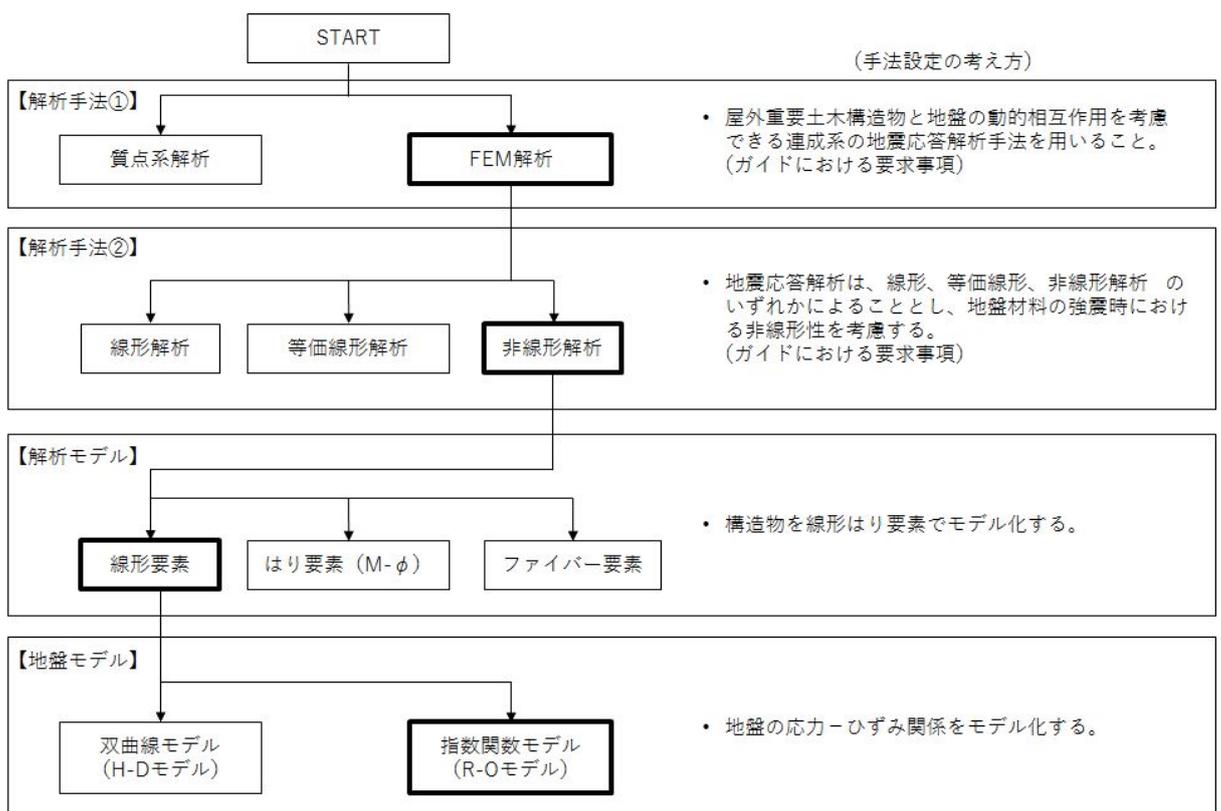


図 5.2-6 地震応答解析手法の選定フロー

5.2.8 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 を適用し、図 5.2-7 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 倍以上確保する。

トンネル周辺の地質断面図を図 5.2-8 図に示す。

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、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 4 又は 5 分割以上になるように要素高さを設定している。

トンネルの地震応答解析モデルを図 5.2-9 図に示す。

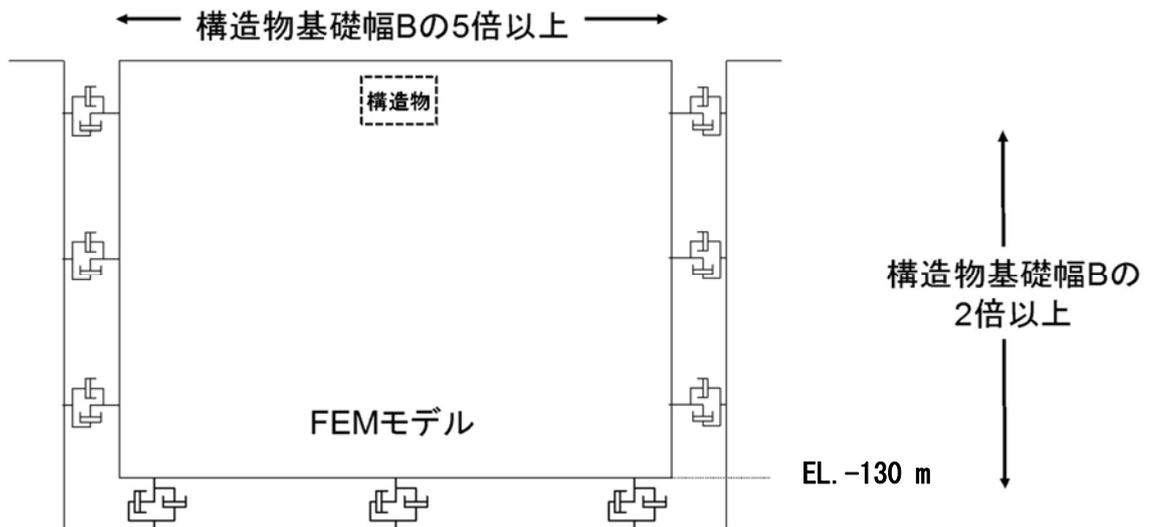


図 5.2-7 モデル範囲の考え方

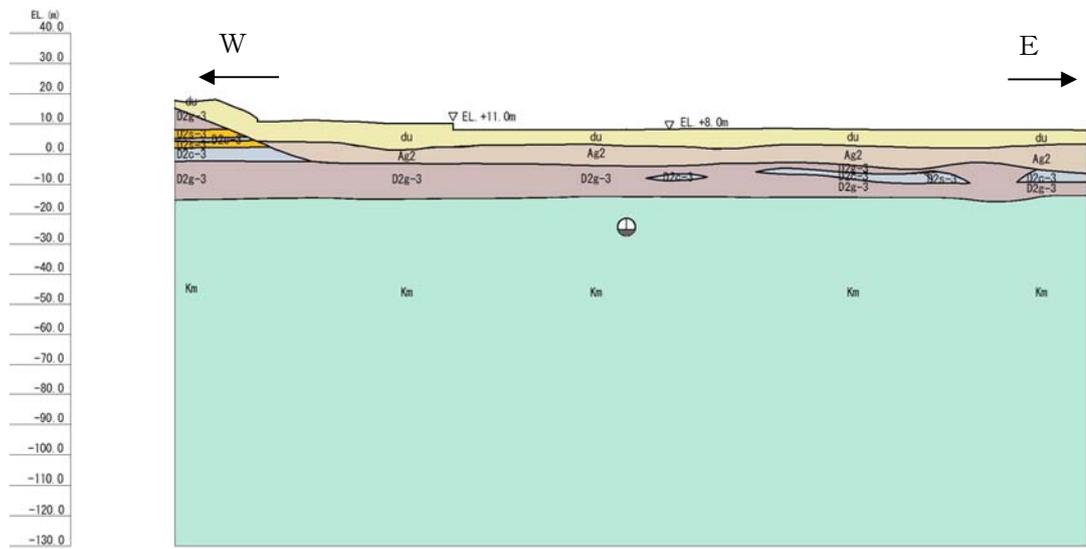


図 5.2-8 地質断面図

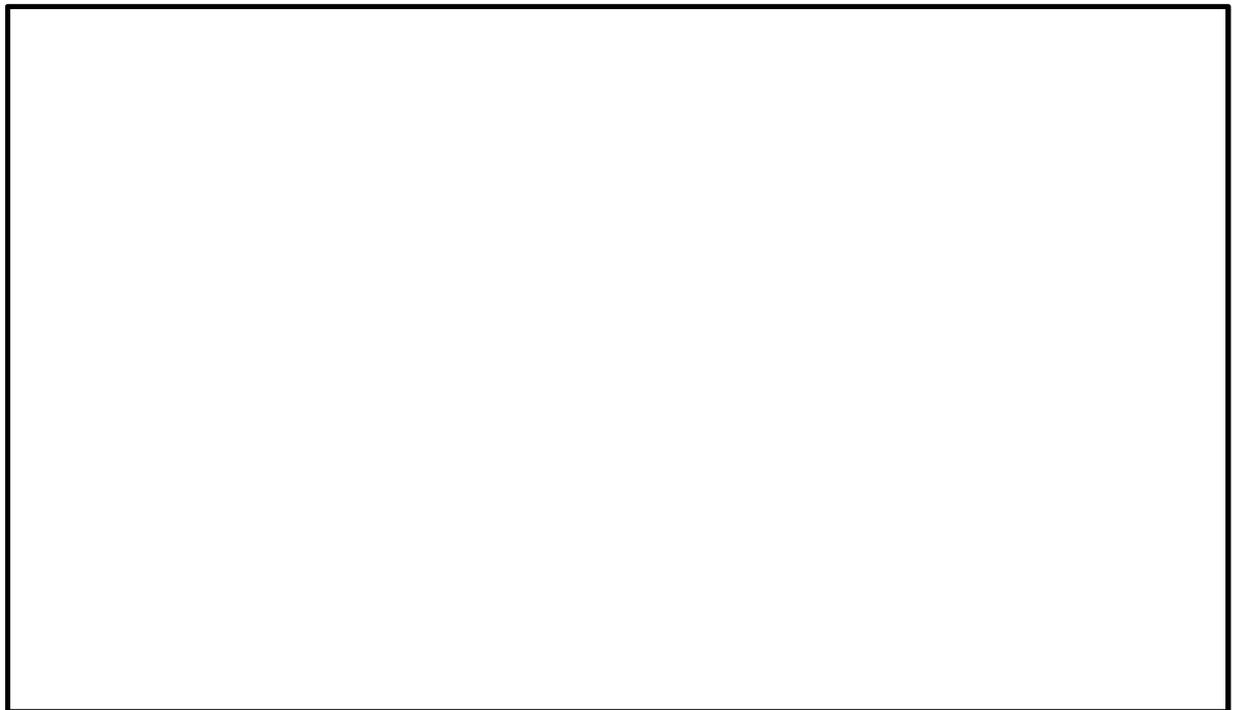


図 5.2-9 トンネルの地震応答解析モデル

(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 5.2-6 参照)

なお、全応力解析を実施するため、粘着力は Km 層の CUU 条件の粘着力、内部摩擦角はゼロとする。

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

ここで、

- τ_f : せん断強度
- c : 粘着力
- ϕ : 内部摩擦角

表 5.2-6 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 ²)	内部摩擦角 (度)	備考
新第三系	Km 層	$c = 0.837 - 0.00346 \cdot z$	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 5.2-7 のとおり設定する。図 5.2-10 にジョイント要素設定の考え方を示す。

表 5.2-7 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

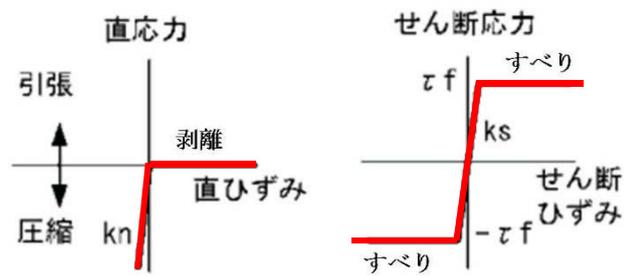


図 5.2-10 ジョイント要素の考え方

(3) 材料特性の設定

鉄筋コンクリートの部材は線形はり要素を用いてモデル化する。なお、インバートは平面ひずみ要素を用いてモデル化する。

地盤要素は、せん断剛性及び減衰定数のひずみ依存特性を表現できる R-0 モデルとする。

5.2.9 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。

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

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5.2-11にRayleigh減衰の設定フローを、表5.2-8に固有値解析結果を示す。

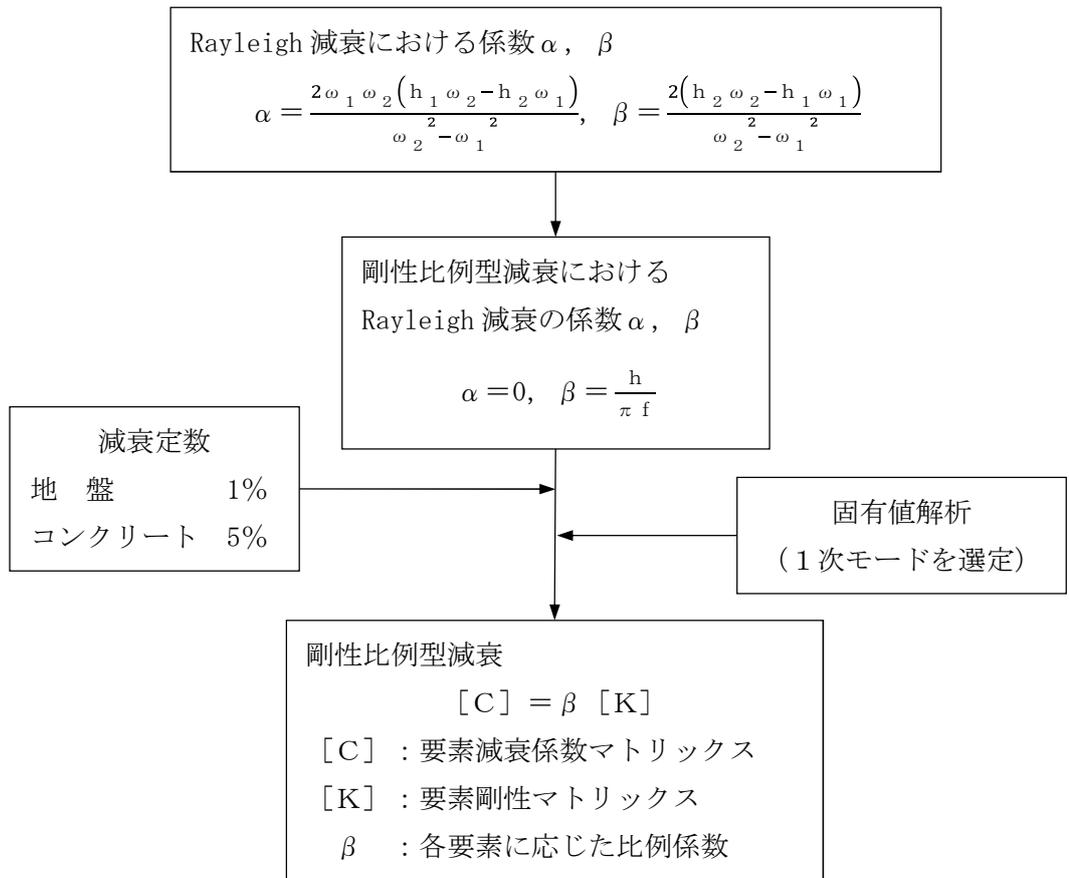


図 5.2-11 Rayleigh 減衰の設定フロー

表 5.2-8 固有値解析結果 (追而)

5.2.10 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、トンネルは、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 5.2-9 に示す。

地震時にトンネルに作用する機器・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 5.2-9 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 ・地下水の密度を考慮
	内水圧		—	・内水がないことから、考慮しない
変動荷重	雪荷重		—	・構造物は地中に埋設されることから、考慮しない
	風荷重		—	・構造物は地中に埋設されることから、考慮しない
偶発荷重 (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	—	・内水がないことから、考慮しない	

(1) 機器・配管荷重

図 5.2-12 にトンネルにおける機器・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。

インバート上面については、単位奥行き当たりの配管・設備質量として 0.45 t/m^2 を考慮し、配管質量として 0.20 t/m を考慮する。

隔壁には、単位奥行き当たりのダクト・消火配管、電線管及びトレイ質量として 1.70 t/m を隔壁中央に考慮する。

覆工には、単位奥行き当たりの電線管質量として 0.15 t/m 及び 0.10 t/m を覆工中央に考慮する。

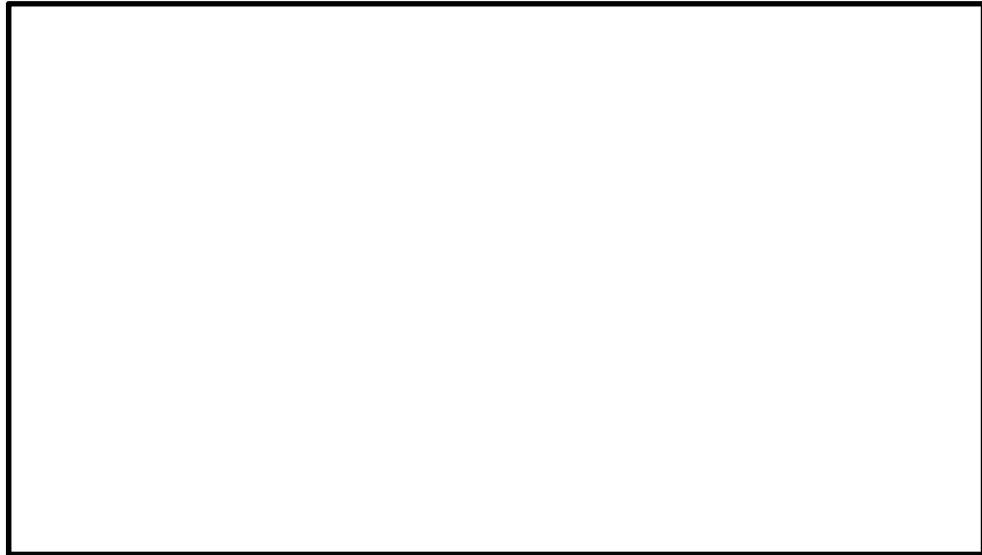


図 5.2-12 機器・配管荷重図

(2) 外水圧

地下水位は地表面として設定する。なお、全応力解析を実施するため、地下水密度 1.00 g/cm^3 を考慮した地盤の飽和密度を定義することで、トンネルに作用する外水圧は土被り荷重として考慮される。

5.2.11 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

電源装置置場の耐震設計における検討ケースを表 5.2-10 に示す。

表 5.2-10 電源装置置場の耐震設計における検討ケース

検討ケース		① 原地盤の物性値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
地震波 (位相)	S _s -D 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の抽出における検討ケースを表 5.2-11 に示す。

表 5.2-11 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			① 原地盤の物性値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
地震波 (位相)	S _s -D 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

5.3 評価内容

5.3.1 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。

図 5.3-1 に入力地震動算定の概念図を、図 5.3-2 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。入力地震動の算定には解析コード「microSHAKE/3D Ver. 2.2.3.311」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 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地震動を設定する。

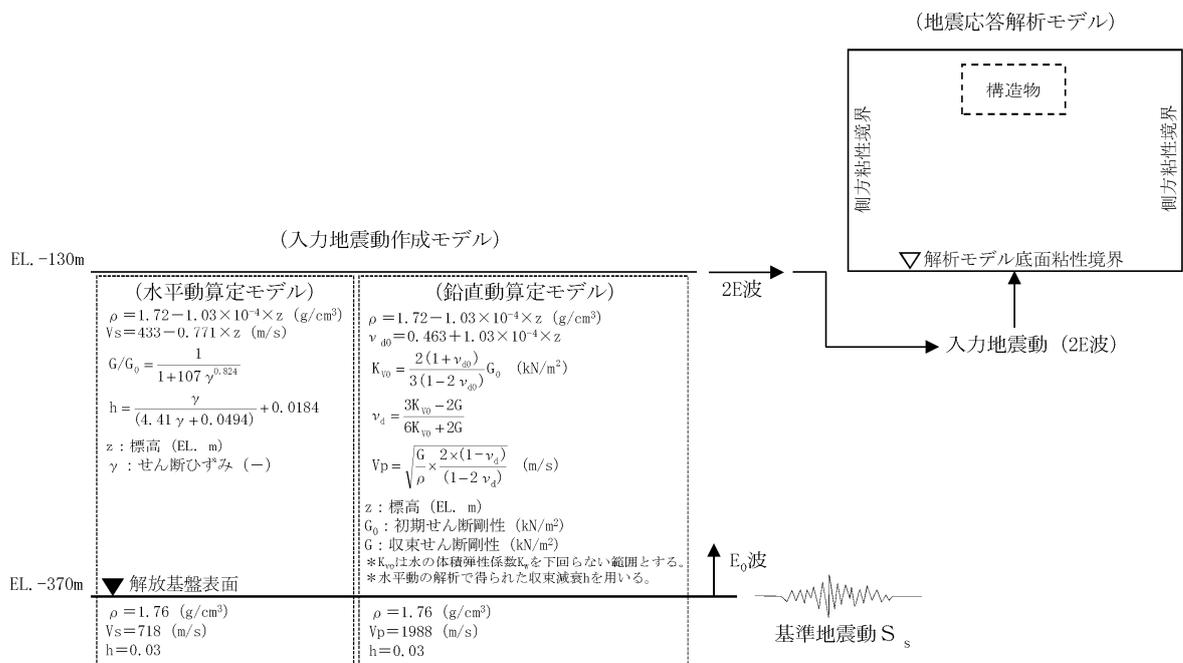
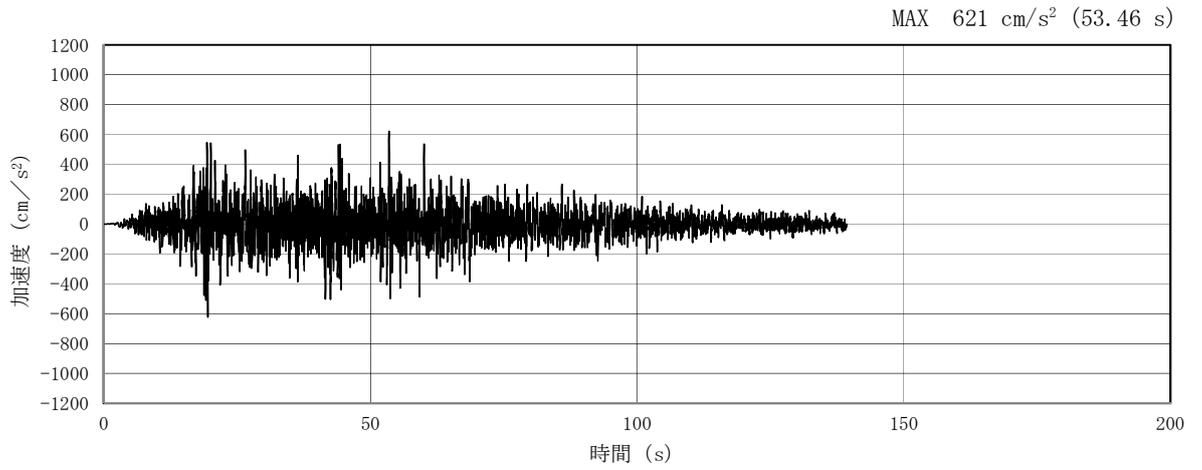
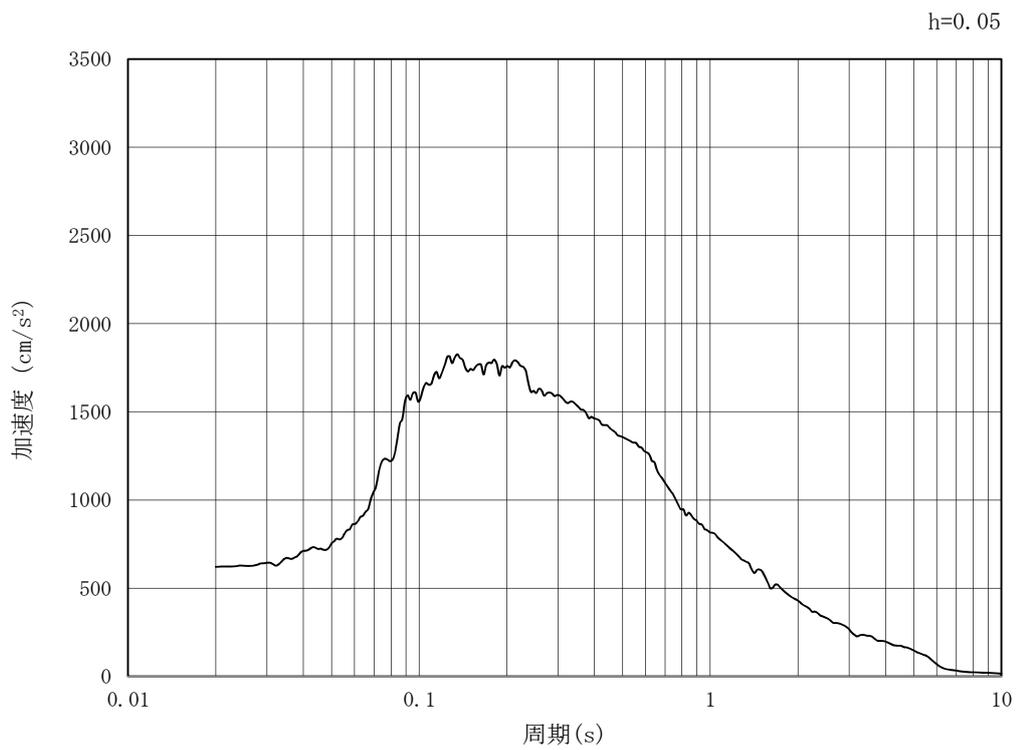


図 5.3-1 入力地震動算定の概念図

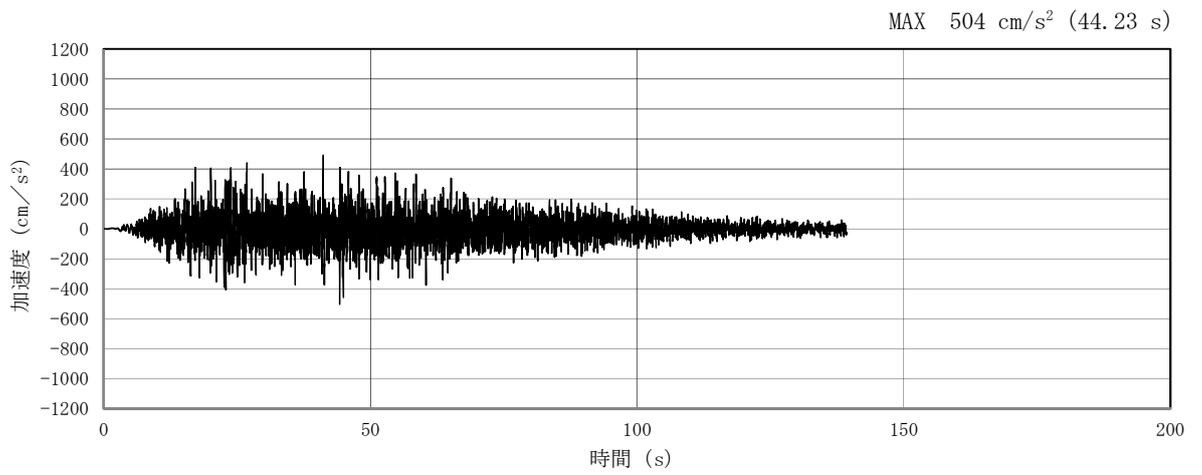


(a) 加速度時刻歴波形

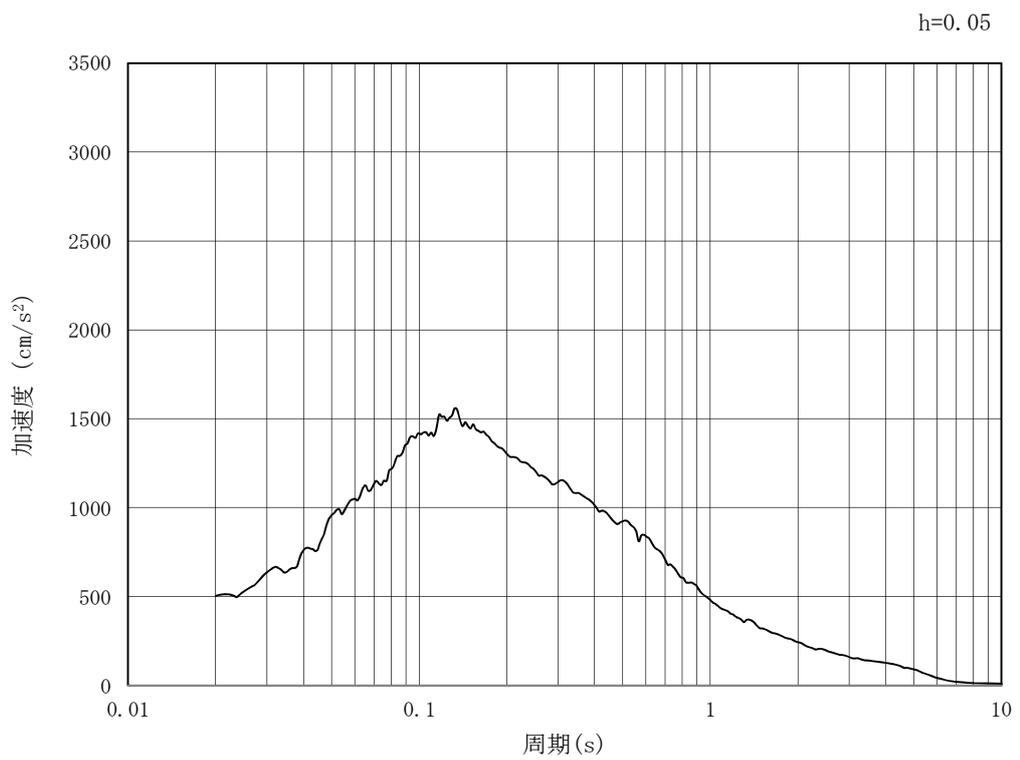


(b) 加速度応答スペクトル

図 5.3-2 (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 : $S_s - D 1$)

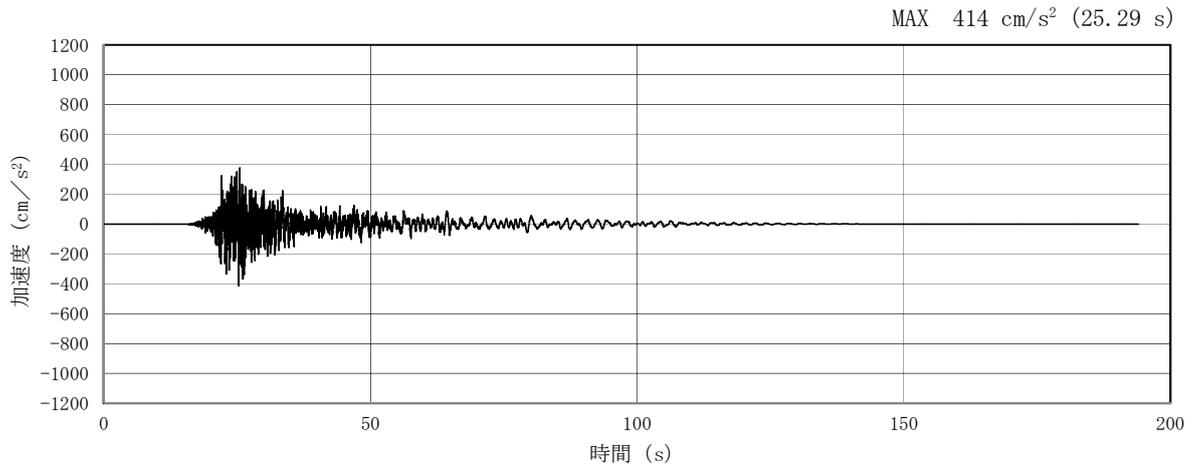


(a) 加速度時刻歴波形

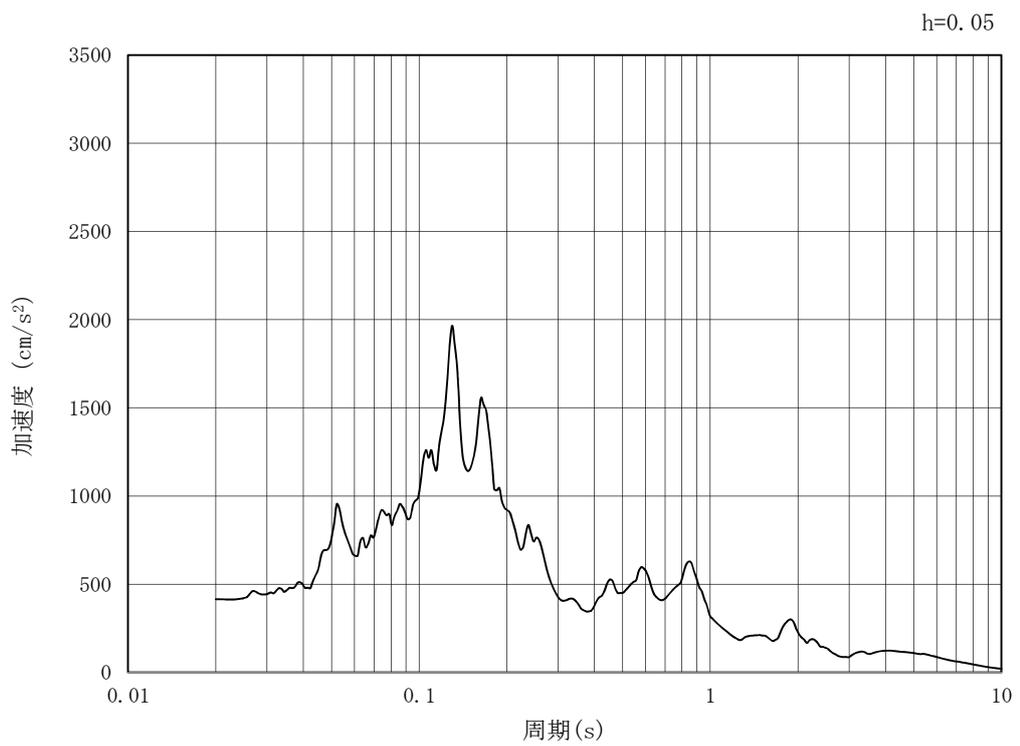


(b) 加速度応答スペクトル

図 5.3-2 (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 : $S_s - D 1$)

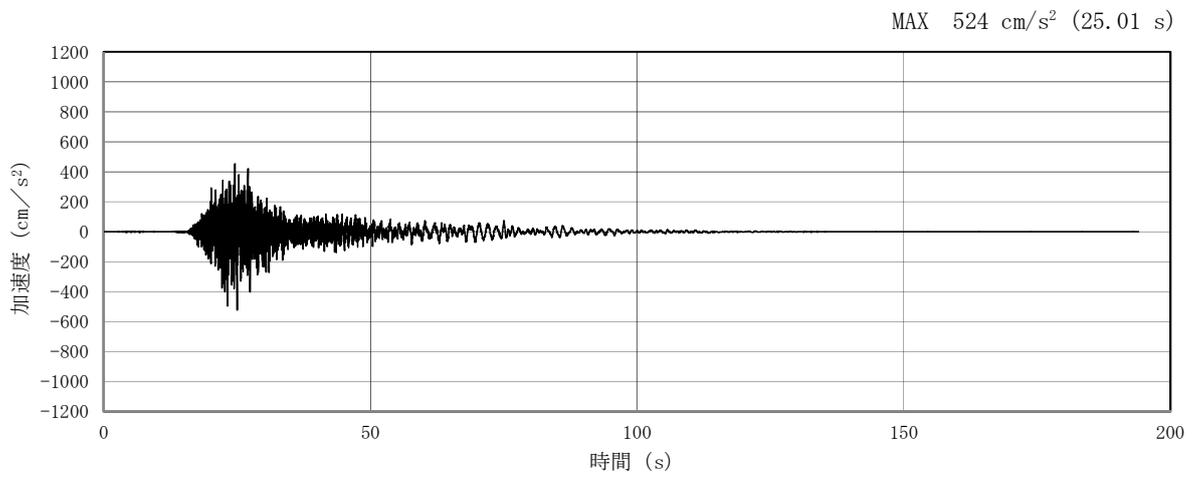


(a) 加速度時刻歴波形

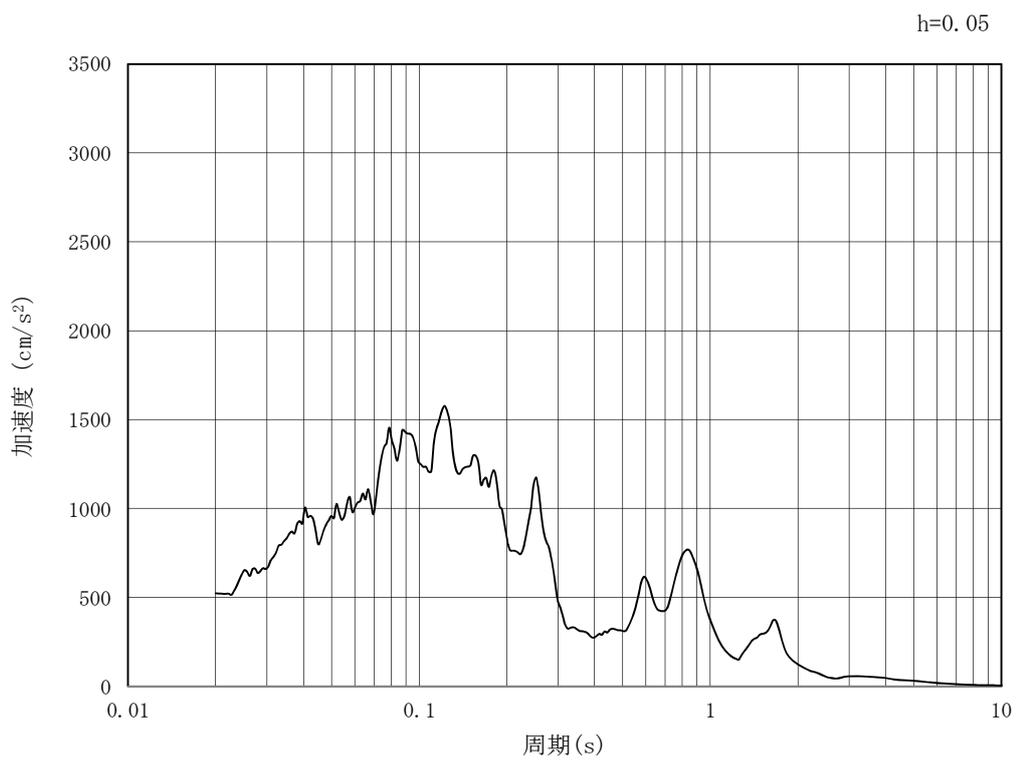


(b) 加速度応答スペクトル

図 5.3-2 (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
(水平方向 : $S_s - 1.1$)

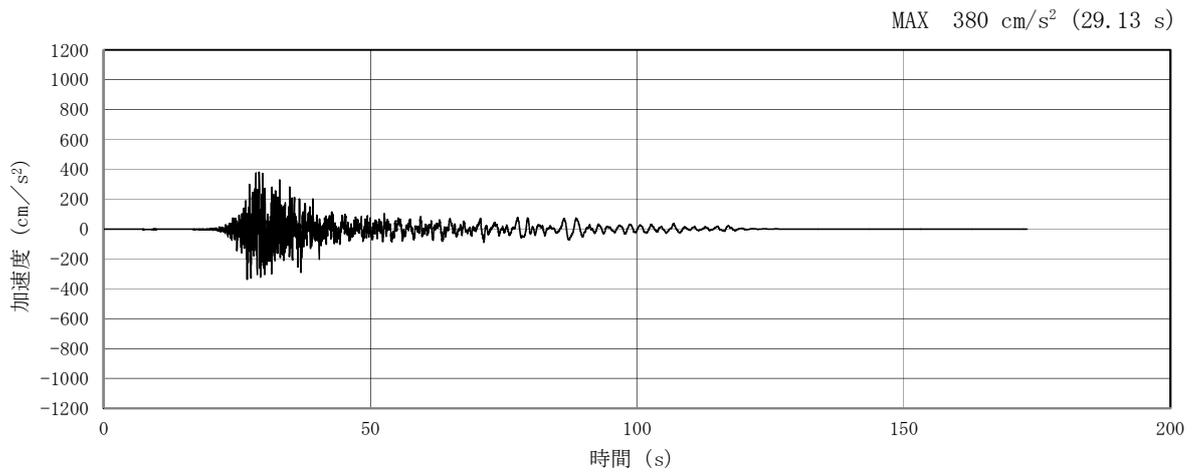


(a) 加速度時刻歴波形

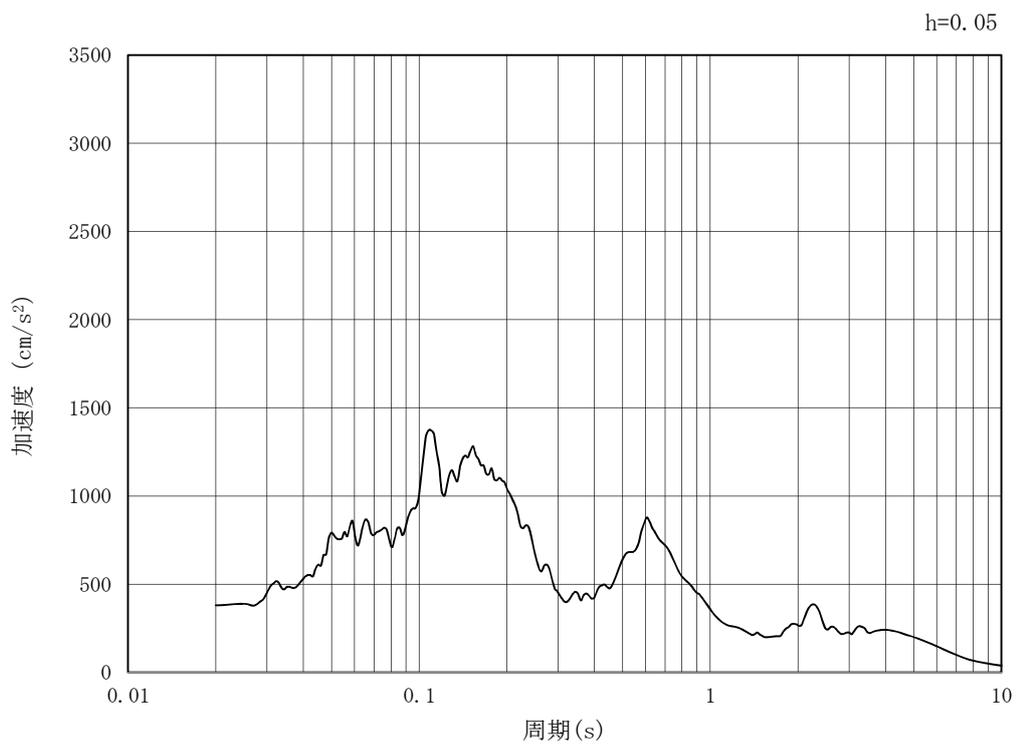


(b) 加速度応答スペクトル

図 5.3-2 (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
(鉛直方向 : $S_s - 1.1$)

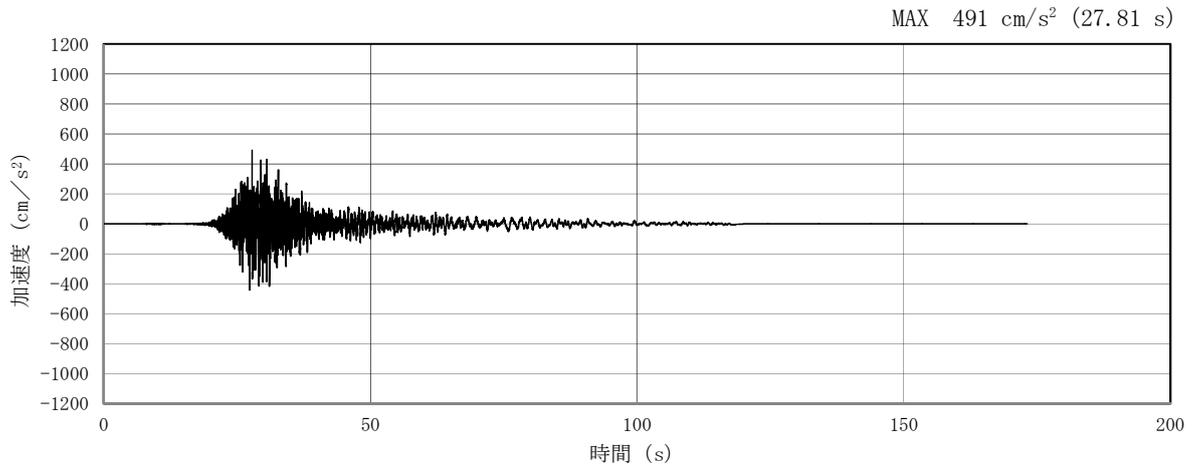


(a) 加速度時刻歴波形

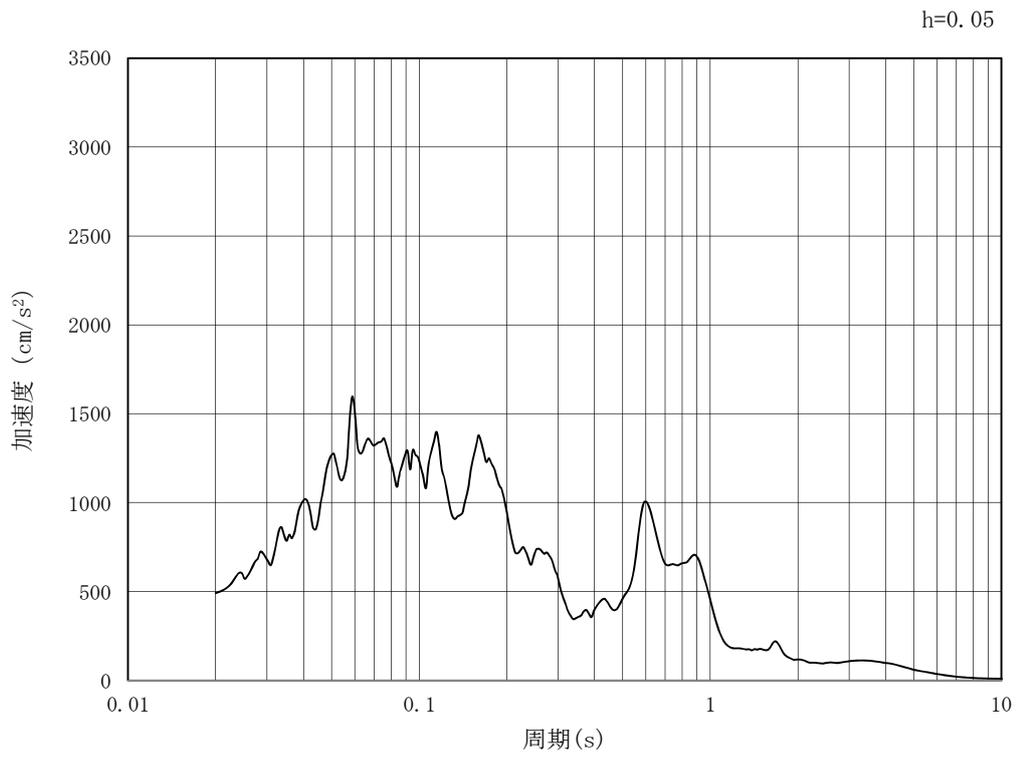


(b) 加速度応答スペクトル

図 5.3-2 (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
(水平方向 : $S_s - 1.2$)

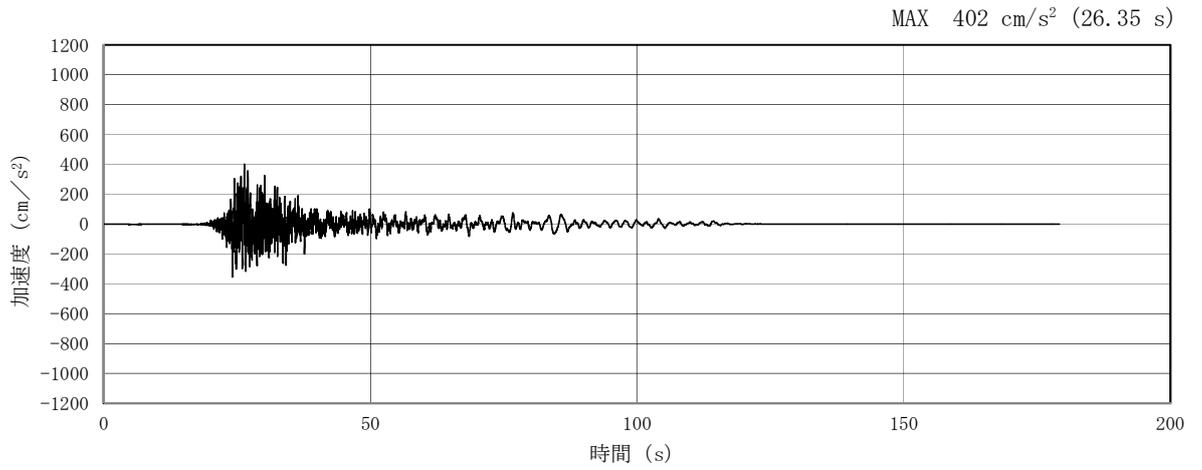


(a) 加速度時刻歴波形

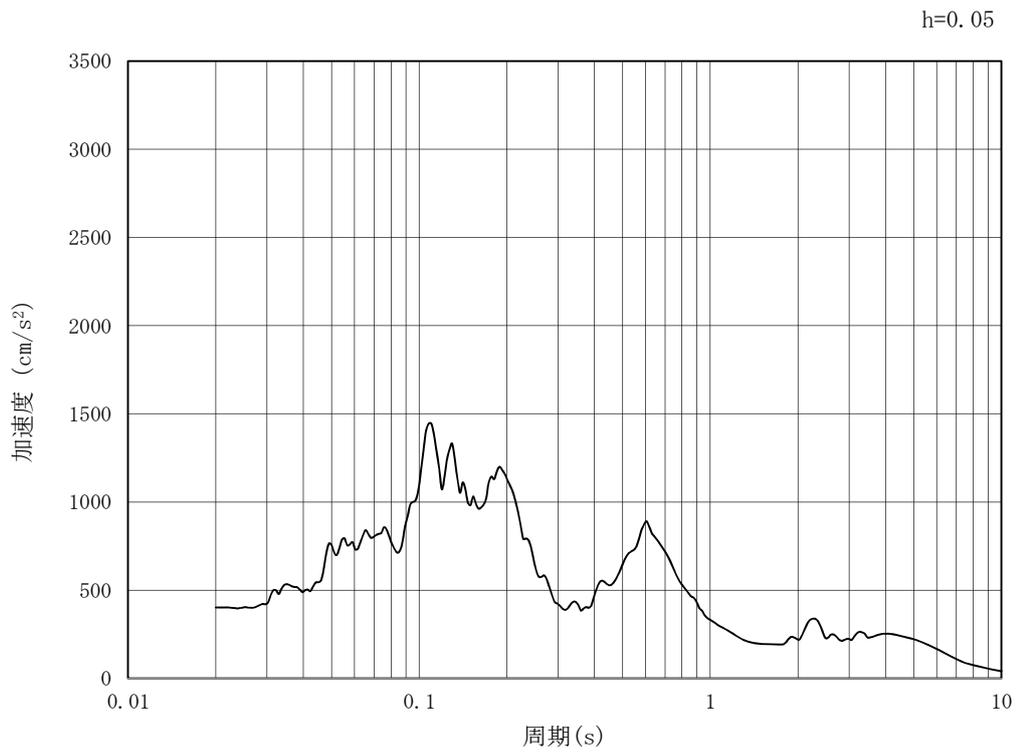


(b) 加速度応答スペクトル

図 5.3-2 (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
(鉛直方向 : $S_s - 1.2$)

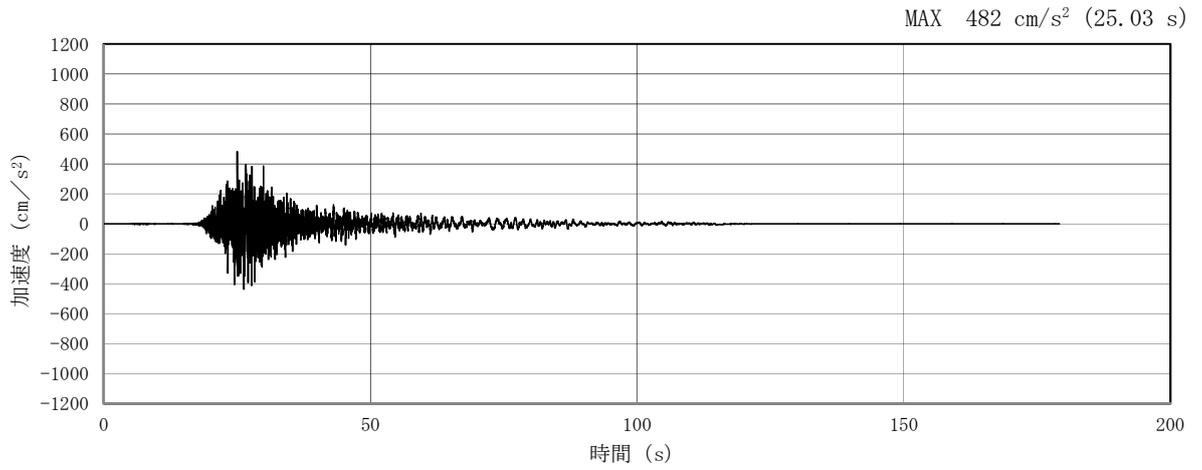


(a) 加速度時刻歴波形

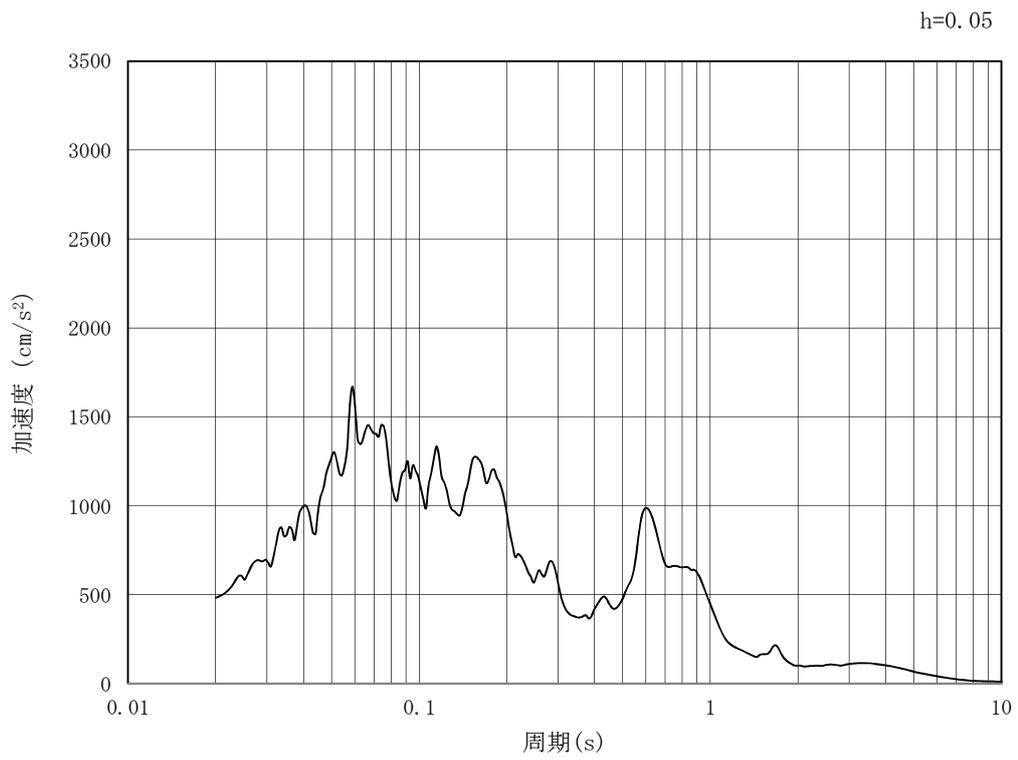


(b) 加速度応答スペクトル

図 5.3-2 (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
(水平方向 : $S_s - 1.3$)

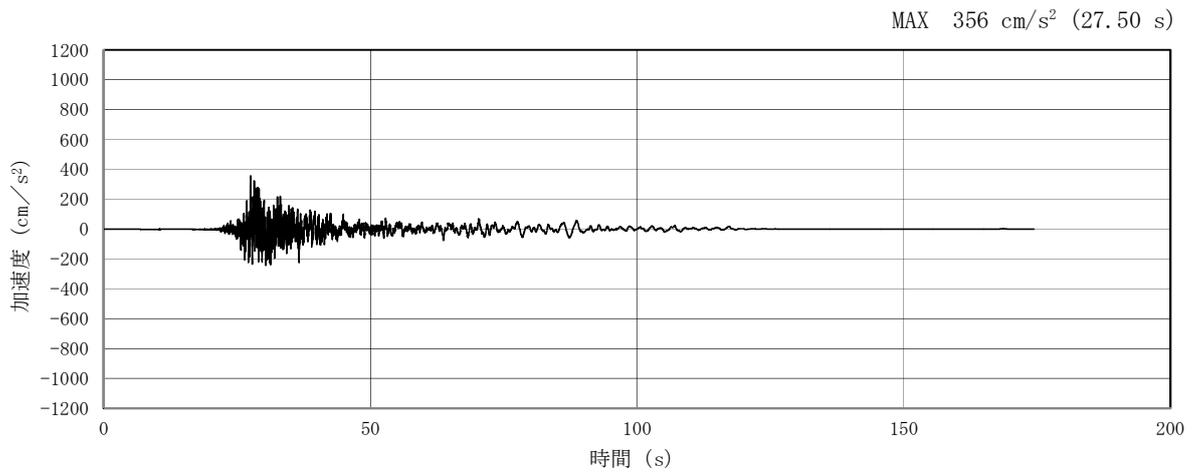


(a) 加速度時刻歴波形

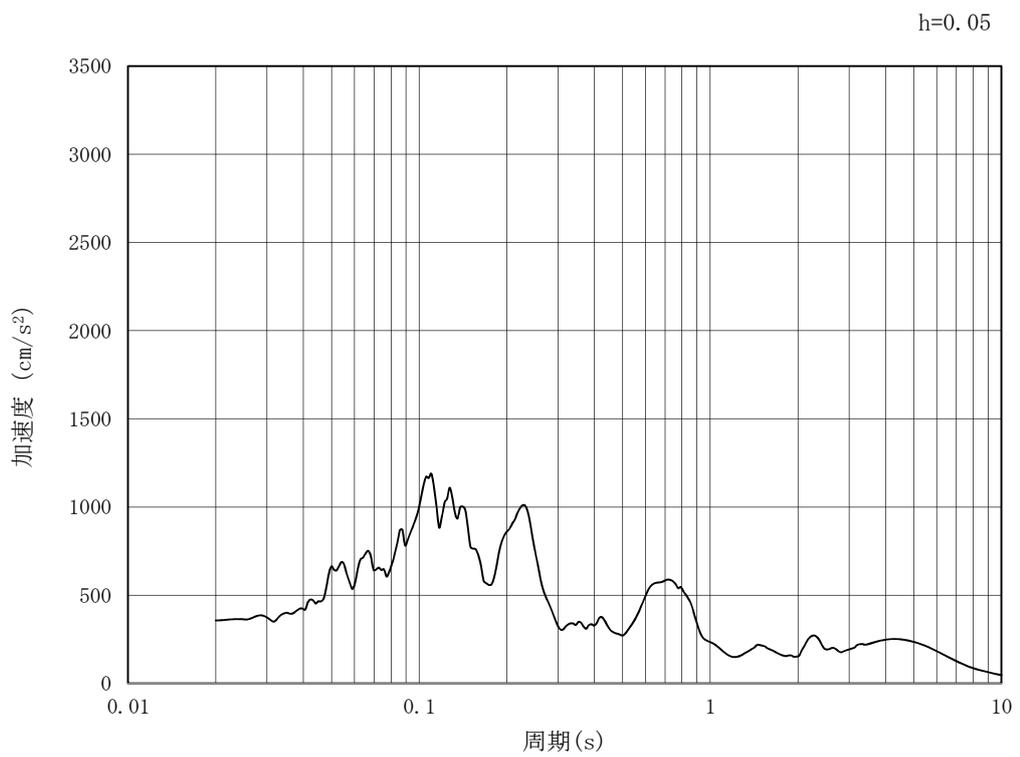


(b) 加速度応答スペクトル

図 5.3-2 (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
(鉛直方向 : $S_s - 1.3$)

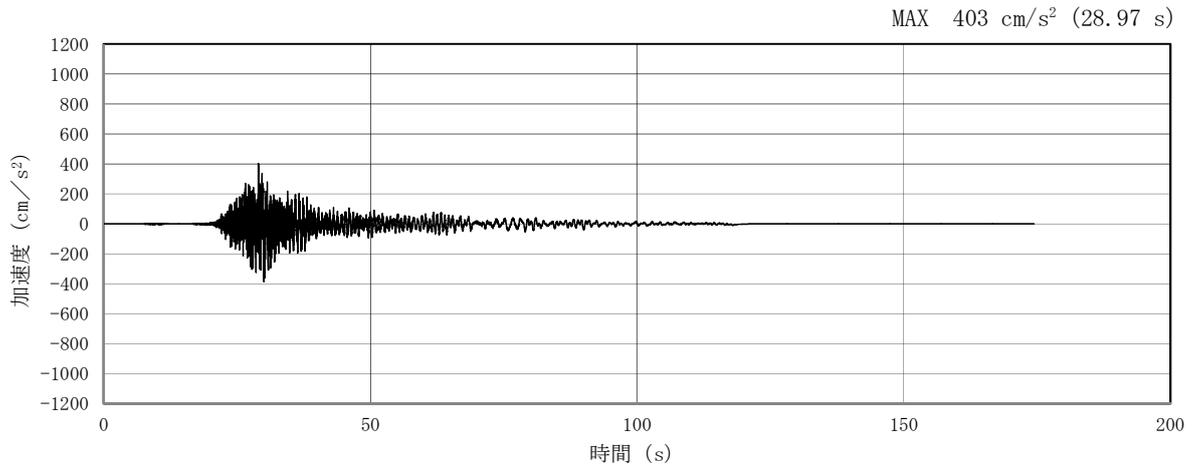


(a) 加速度時刻歴波形

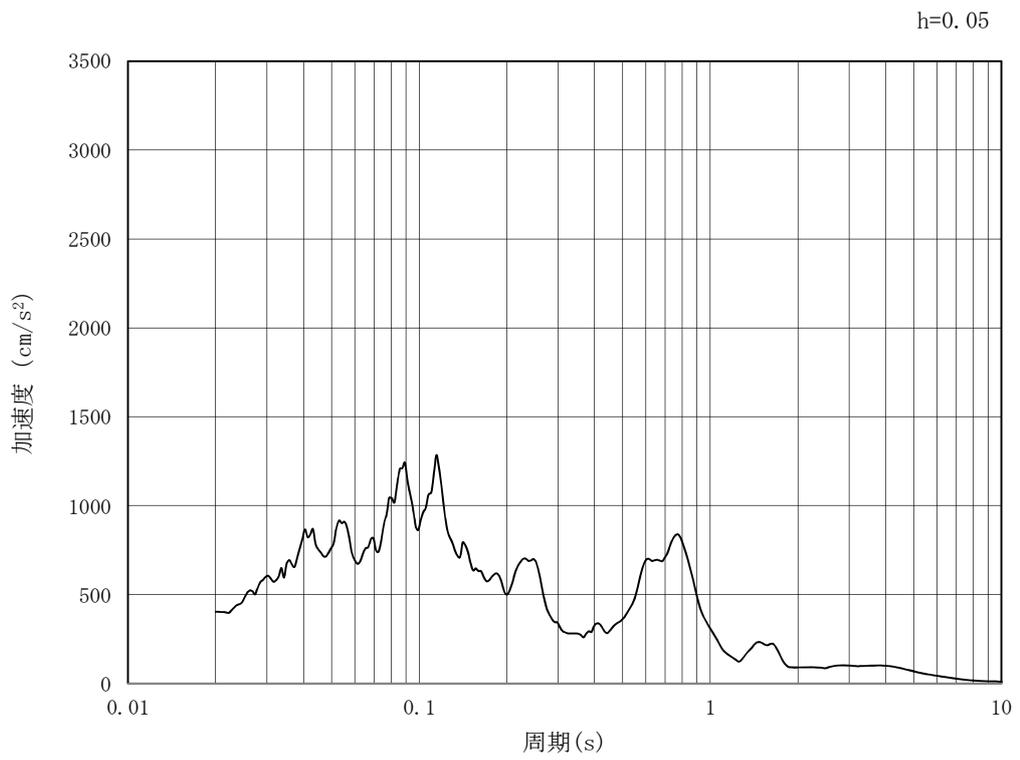


(b) 加速度応答スペクトル

図 5.3-2 (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
(水平方向 : $S_s - 1.4$)

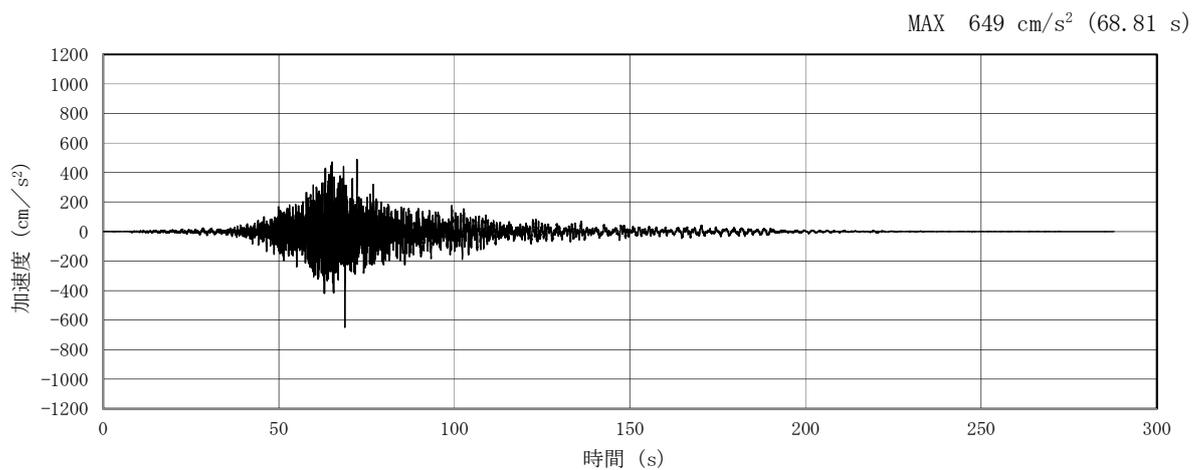


(a) 加速度時刻歴波形

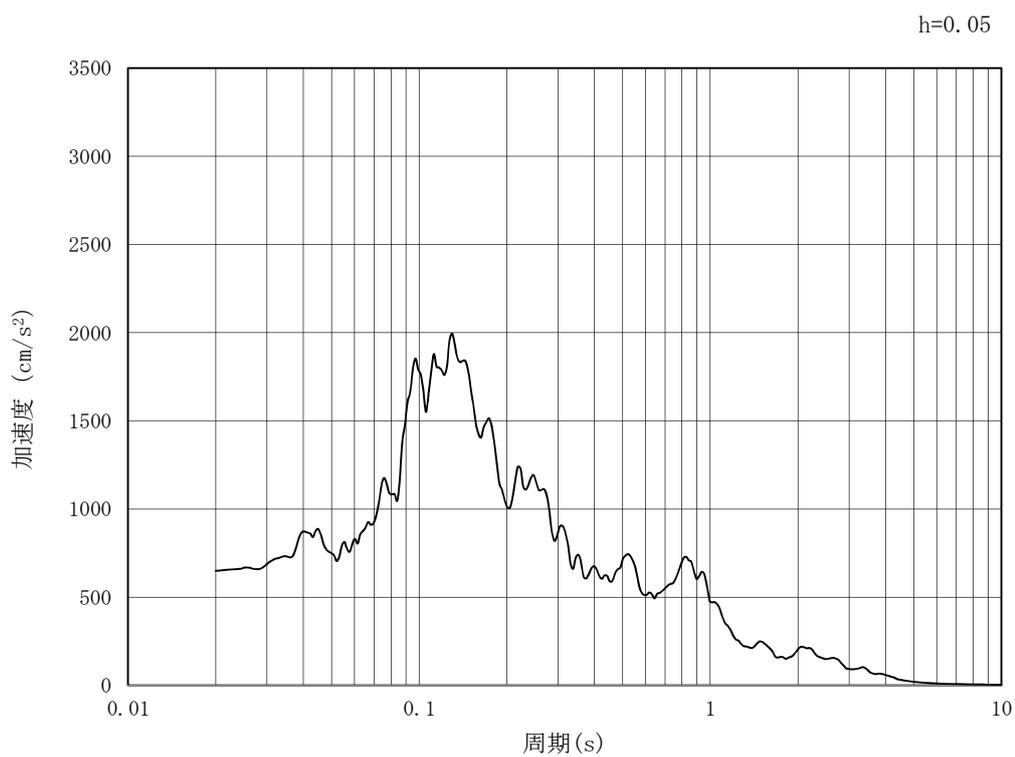


(b) 加速度応答スペクトル

図 5.3-2 (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
(鉛直方向 : $S_s - 1.4$)

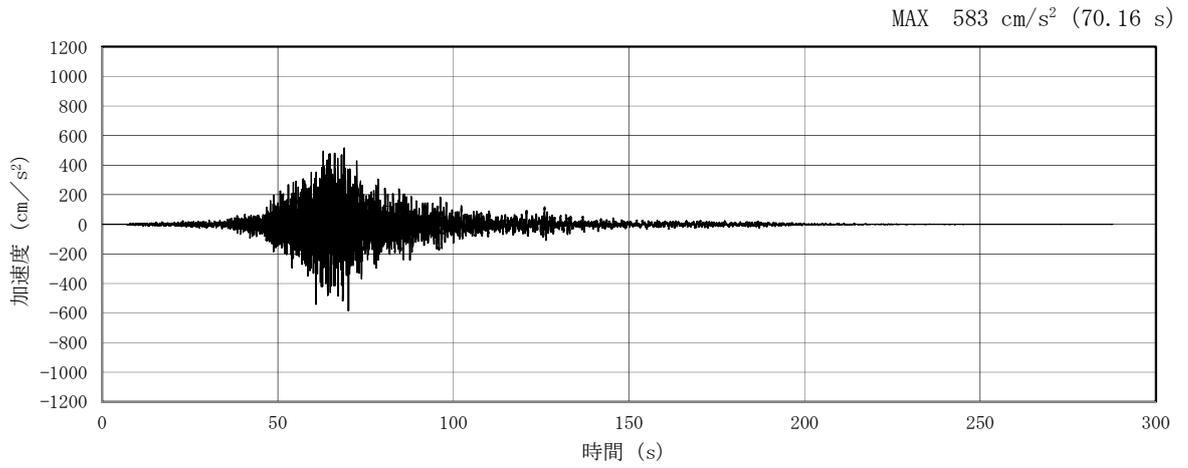


(a) 加速度時刻歴波形

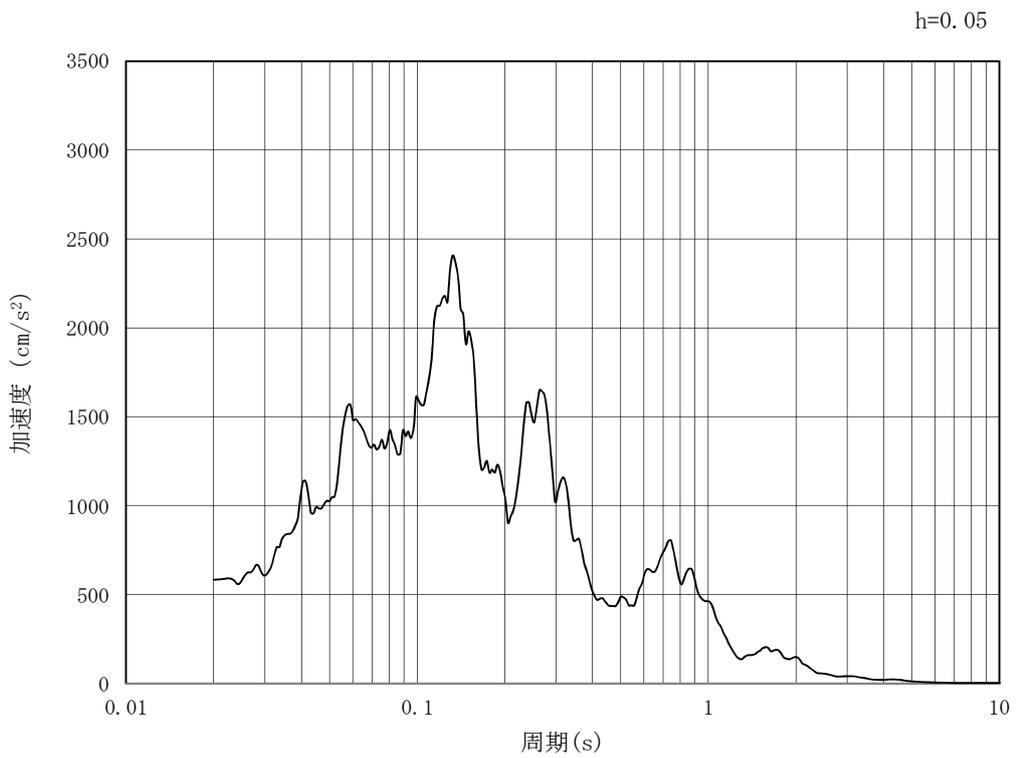


(b) 加速度応答スペクトル

図 5.3-2 (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)

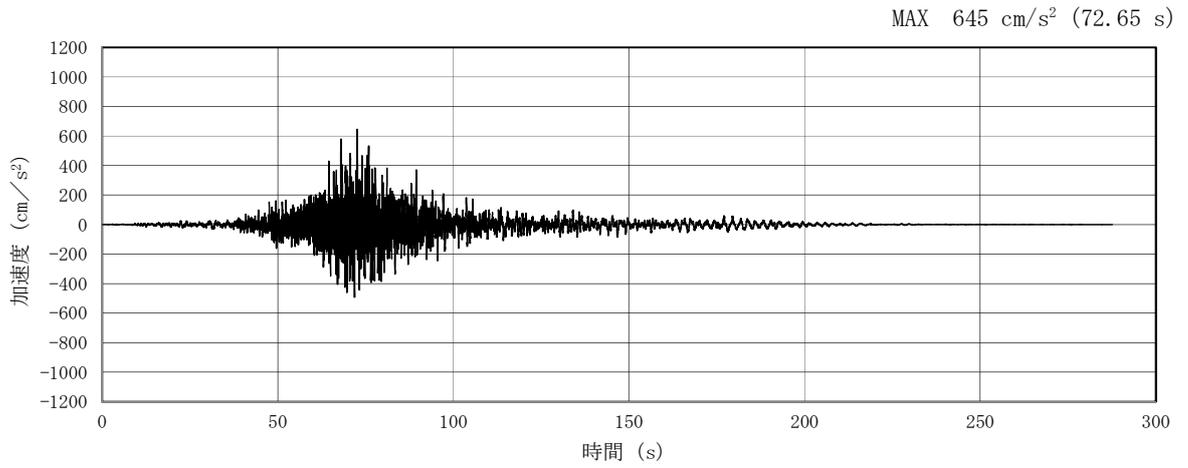


(a) 加速度時刻歴波形

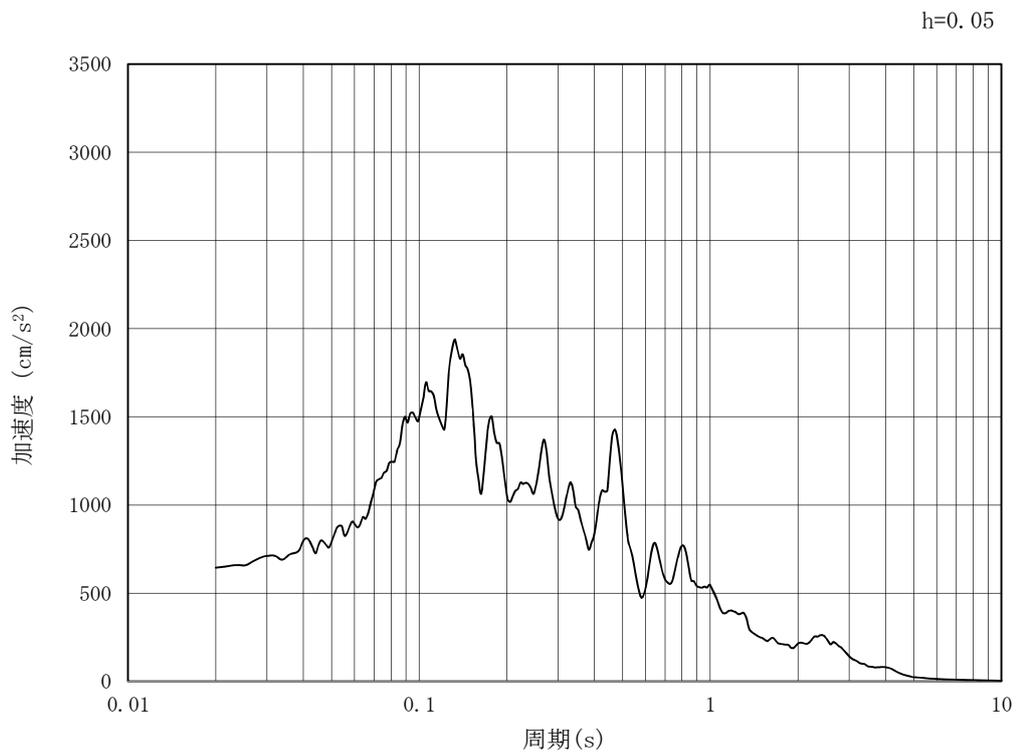


(b) 加速度応答スペクトル

図 5.3-2 (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)

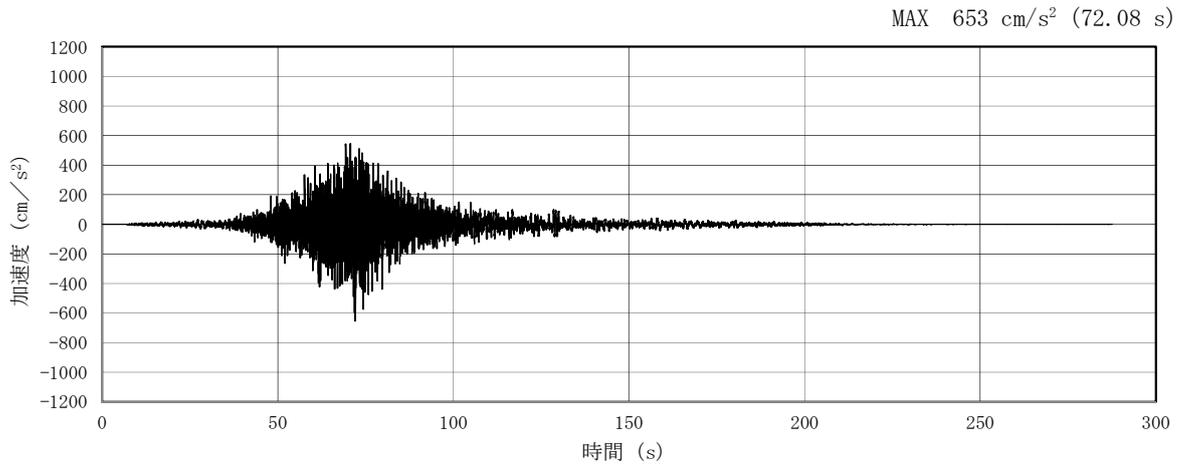


(a) 加速度時刻歴波形

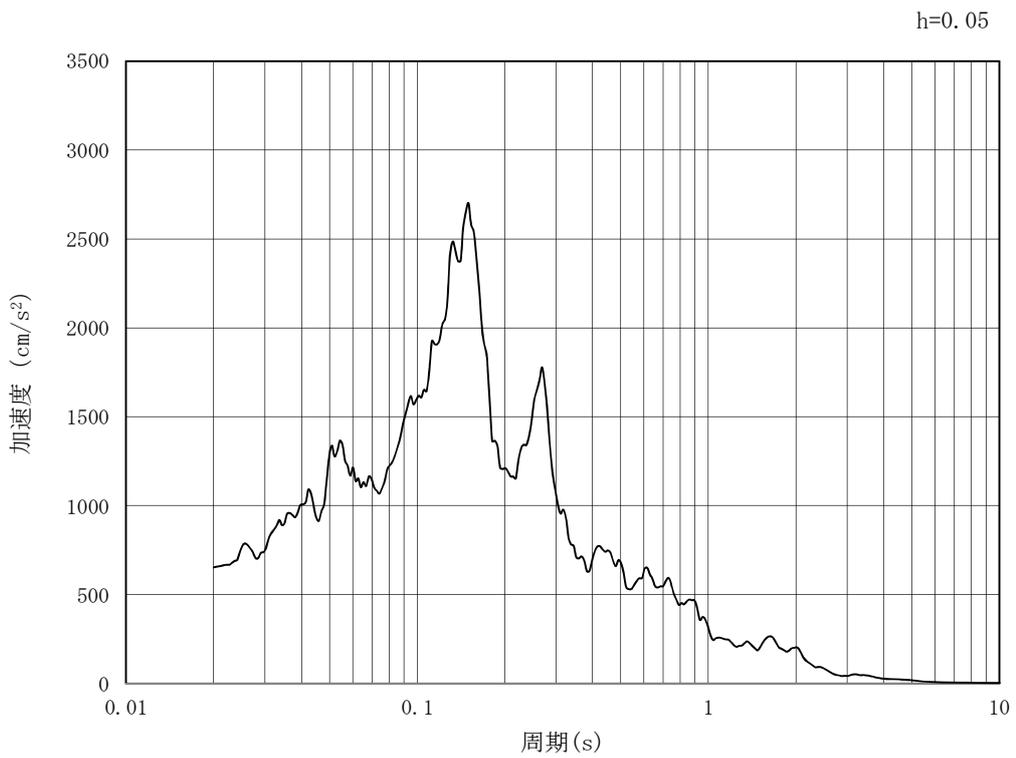


(b) 加速度応答スペクトル

図 5.3-2 (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
(水平方向 : $S_s - 2.2$)

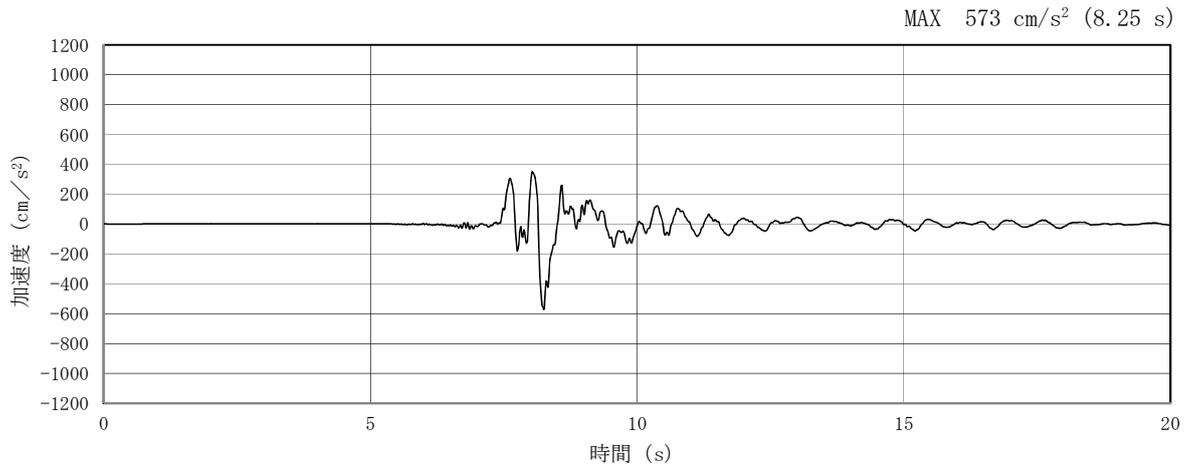


(a) 加速度時刻歴波形

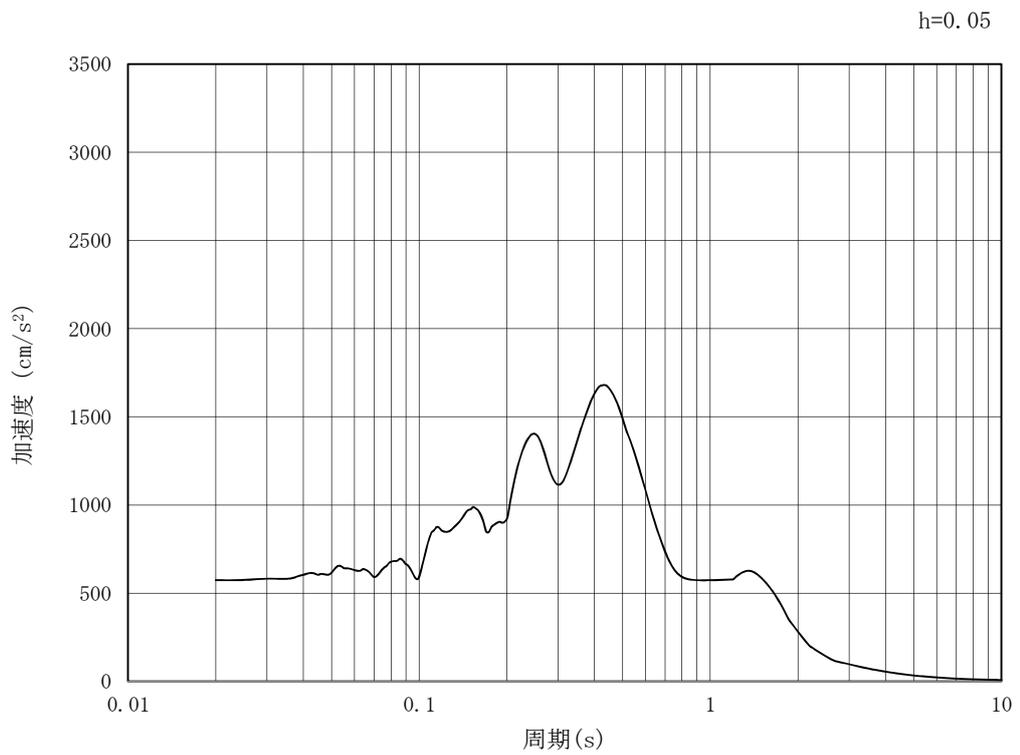


(b) 加速度応答スペクトル

図 5.3-2 (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
(鉛直方向 : S_s - 2 2)

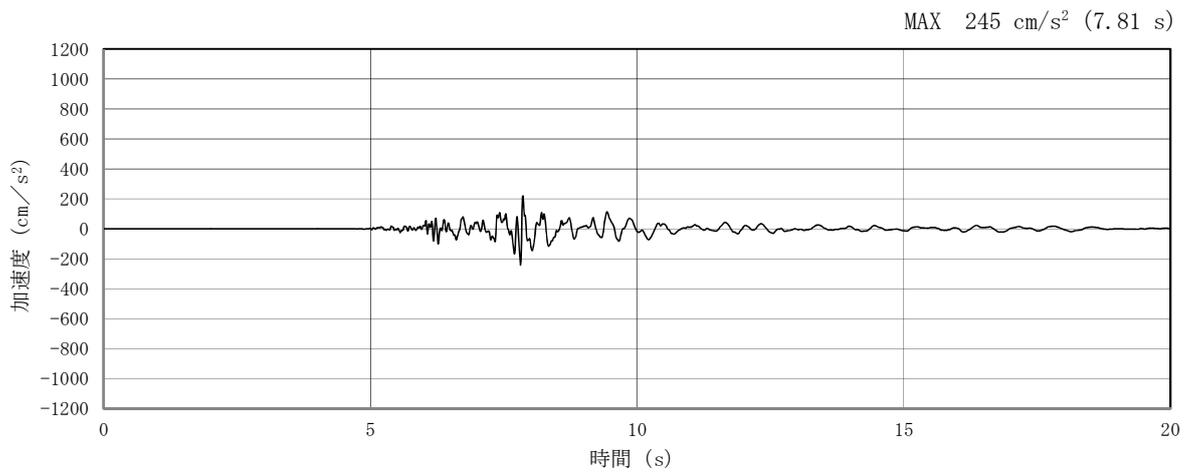


(a) 加速度時刻歴波形

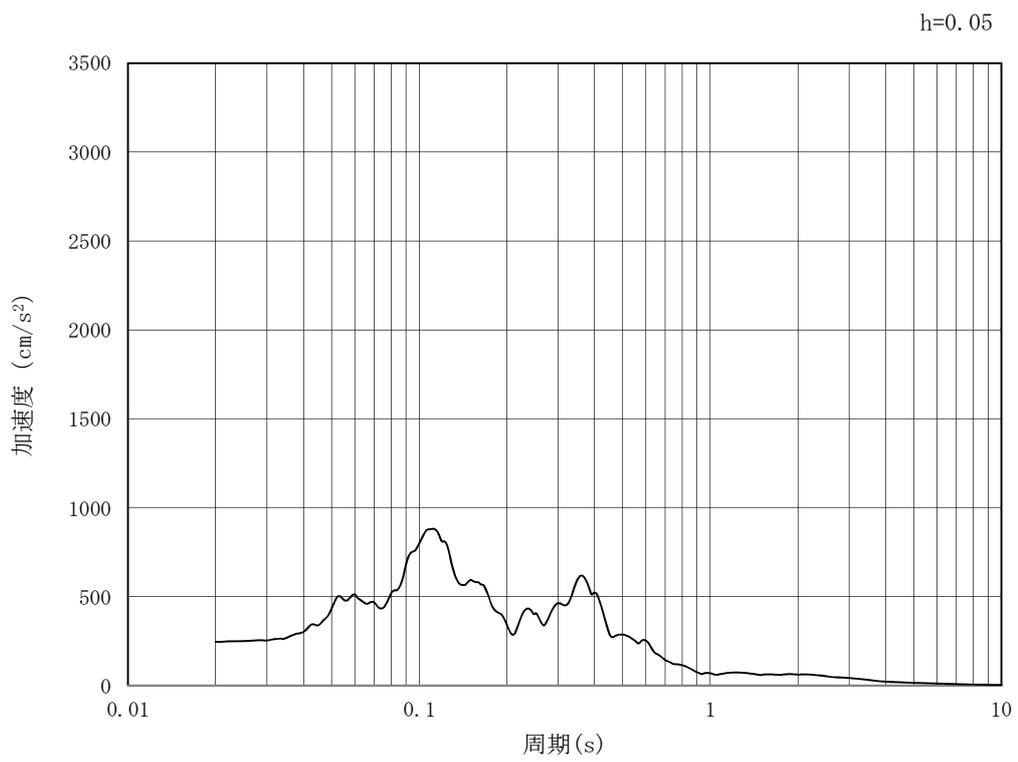


(b) 加速度応答スペクトル

図 5.3-2 (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
(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 5.3-2 (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
(鉛直方向 : $S_s - 31$)

5.3.2 許容限界の設定

(1) 許容応力度による許容限界

トンネルの構造部材は、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）」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24年3月）」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5.3-1のとおり設定する。

表 5.3-1 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*1 (f' _{ck} =30N/mm ²)	許容曲げ圧縮応力度 σ_{ca}	16.5
	許容せん断応力度 τ_{a1}	0.75*3
鉄筋(SD490)*2	許容引張応力度 σ_{sa} (曲げ)	435
	許容引張応力度 σ_{sa} (せん断)	300
鉄筋(SD345)*1	許容引張応力度 σ_{sa}	294

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

$$V_{sa} = A_w \cdot \sigma_{sa2} \cdot j \cdot d / s$$

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_{sa2} : 鉄筋の許容引張応力度
s : 斜め引張鉄筋間隔

表 5.3-2 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直接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 (kN/m²)

c : 基礎底面より下にある地盤の粘着力 (kN/m²)

γ_1 : 基礎底面より下にある地盤の単位体積重量 (kN/m³) 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 (kN/m³) 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 5.3-3 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 5.3-3 に示す支持力係数

表 5.3-3 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。

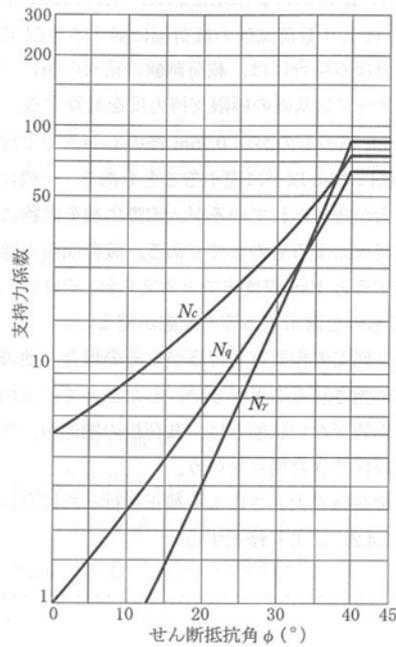


図 5.3-3 支持力係数を求めるグラフ

トンネルにおける許容限界を表 5.3-4 に示す。

表 5.3-4 基礎地盤の支持力に対する許容限界 (追而)

5.4 評価結果

5.4.1 地震応答解析結果

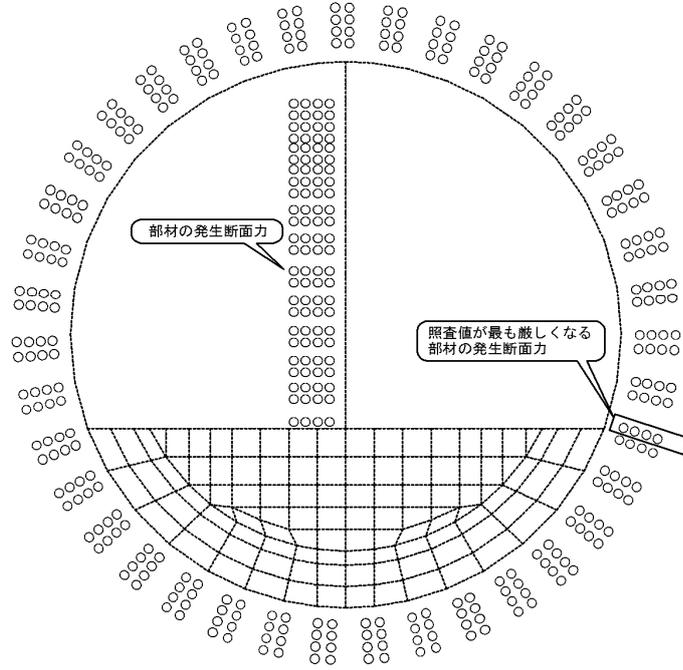
トンネルの基準地震動 S_s による断面力（曲げモーメント，軸力，せん断力）を図 5.4-1 図に示す。本図は構造部材の曲げ及びせん断照査結果が最も厳しくなる部材の評価時刻における断面力を示したものである。

また，トンネルにおいて，最大せん断ひずみ分布図を図 5.4-2 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。

To2-PCTN-06-1AF-dyn-Ss-D1++
 EBEAM2D
 Time: t=00.00 s

MOMENT

STRUCTURE SCALE: 0.50(M)
 UNIT SCALE: 2000. (KN.M)

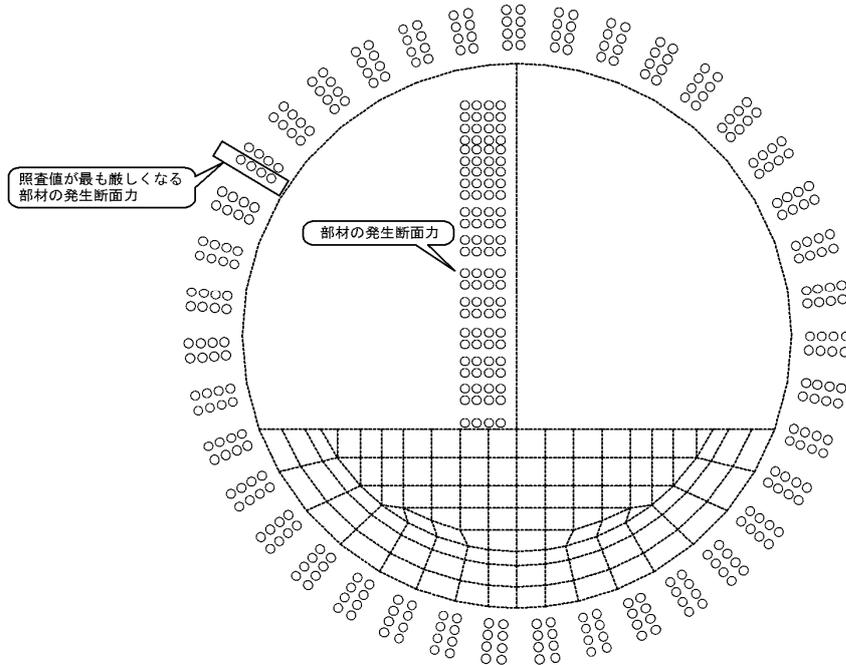


曲げモーメント (kN・m)

To2-PCTN-06-1AF-dyn-Ss-D1++
 EBEAM2D
 Time: t=00.00 s

AXIAL

STRUCTURE SCALE: 0.50(M)
 UNIT SCALE: 5000. (KN)



(+ : 圧縮, - : 引張)

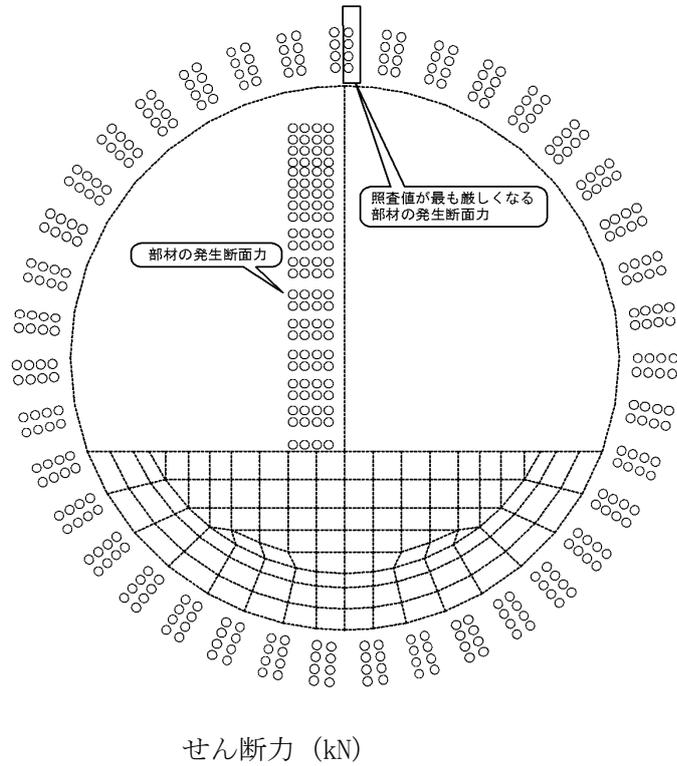
軸力 (kN)

To2-PCTN-00-1AF-dyn-Ss-D1++
EBEAM2D
Time: t=00.00 s

SHEAR

STRUCTURE SCALE 0. 0.50(M)
UNIT SCALE 0. 2000. (KN)

追而



照査値が最も厳しくなる部材の発生断面力に太枠表示

図 5.4-1 (1) トンネルの地震時断面力 ($S_s - D 1 [H+, V+]$, $t = 00.00s$)

図 5.4-1 (2) トンネルの地震時断面力 ($S_s - D 1 [H+, V-]$, $t = 00.00s$)

図 5.4-1 (3) トンネルの地震時断面力 ($S_s - D 1 [H-, V+]$, $t = 00.00s$)

図 5.4-1 (4) トンネルの地震時断面力 ($S_s - D 1 [H-, V-]$, $t = 00.00s$)

図 5.4-1 (5) トンネルの地震時断面力 ($S_s - 1 1$, $t = 00.00s$)

図 5.4-1 (6) トンネルの地震時断面力 ($S_s - 1 2$, $t = 00.00s$)

図 5.4-1 (7) トンネルの地震時断面力 ($S_s - 1 3$, $t = 00.00s$)

図 5.4-1 (8) トンネルの地震時断面力 ($S_s - 1 4$, $t = 00.00s$)

図 5.4-1 (9) トンネルの地震時断面力 ($S_s - 2 1$, $t = 00.00s$)

図 5.4-1 (10) トンネルの地震時断面力 ($S_s - 2 2$, $t = 00.00s$)

追而

図 5.4-1 (11) トンネルの地震時断面力 ($S_s - 3 1 [H+, V+]$, $t = 00.00s$)

図 5.4-1 (12) トンネルの地震時断面力 ($S_s - 3 1 [H-, V+]$, $t = 00.00s$)

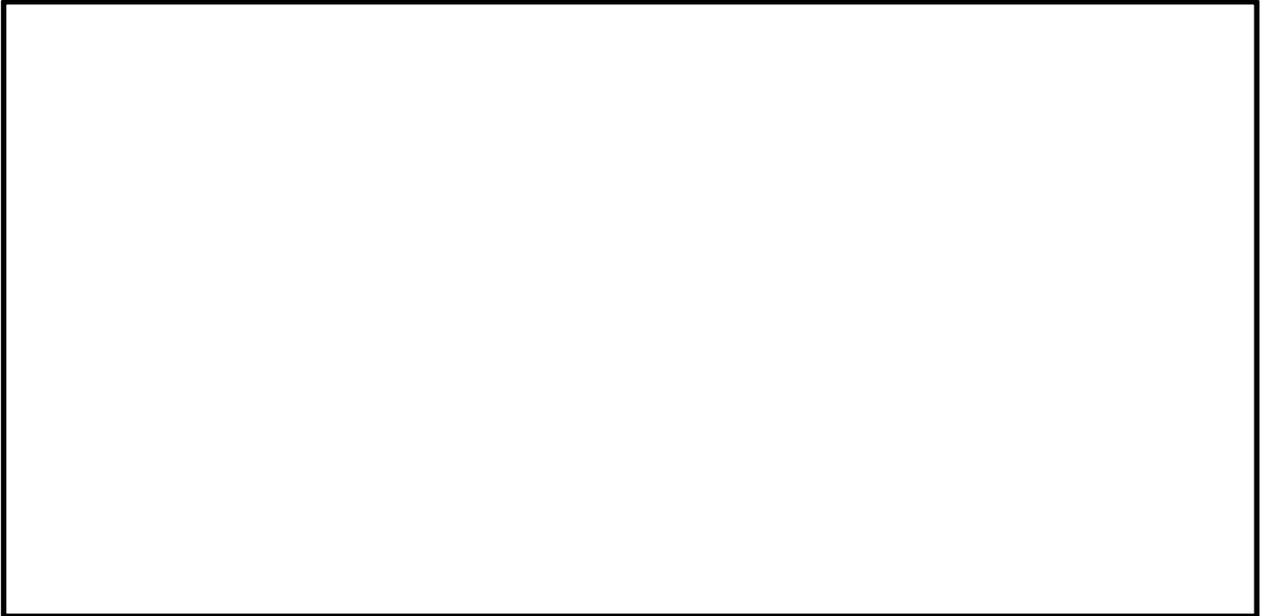


図 5.4-2 (1) トンネルの最大せん断ひずみ分布 ($S_s - D 1 [H+, V+]$)

図 5.4-2 (2) トンネルの最大せん断ひずみ分布 ($S_s - D 1 [H+, V-]$)

図 5.4-2 (3) トンネルの最大せん断ひずみ分布 ($S_s - D 1 [H-, V+]$)

図 5.4-2 (4) トンネルの最大せん断ひずみ分布 ($S_s - D 1 [H-, V-]$)

図 5.4-2 (5) トンネルの最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 1 1$)

図 5.4-2 (6) トンネルの最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 1 2$)

図 5.4-2 (7) トンネルの最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 1 3$)

図 5.4-2 (8) トンネルの最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 1 4$)

図 5.4-2 (9) トンネルの最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 2 1$)

図 5.4-2 (10) トンネルの最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 2 2$)

図 5.4-2 (11) トンネルの最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 3 1 [H+, V+]$)

図 5.4-2 (12) トンネルの最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 3 1 [H-, V+]$)

5.4.2 トンネルの耐震評価結果

(1) 構造部材の曲げに対する評価結果

表 5.4-1 及び表 5.4-2 に曲げに対する照査結果を示す。

トンネル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、トンネル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 5.4-3 に概略配筋図を、表 5.4-3 に断面計算に用いた断面諸元の一覧を示す。

表 5.4-1 コンクリートの曲げ照査結果

追而

基準地震動	位相	評価位置		圧縮応力度 (N/mm ²)	短期許容応力度 (N/mm ²)	照査値
S _s -D1	H+, V+	覆工	28	表示例 (下図における番号)		
		隔壁				
S _s -D1	H+, V-	覆工				
		隔壁				
S _s -D1	H-, V+	覆工				
		隔壁				
S _s -D1	H-, V-	覆工				
		隔壁				
S _s -11	H+, V+	覆工				
		隔壁				
S _s -12	H+, V+	覆工				
		隔壁				
S _s -13	H+, V+	覆工				
		隔壁				
S _s -14	H+, V+	覆工				
		隔壁				
S _s -21	H+, V+	覆工				
		隔壁				
S _s -22	H+, V+	覆工				
		隔壁				
S _s -31	H+, V+	覆工				
		隔壁				
S _s -31	H-, V+	覆工				
		隔壁				

* : 評価位置は下図に示す

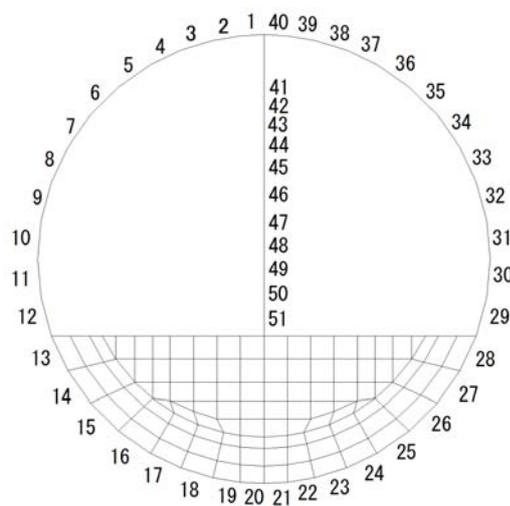
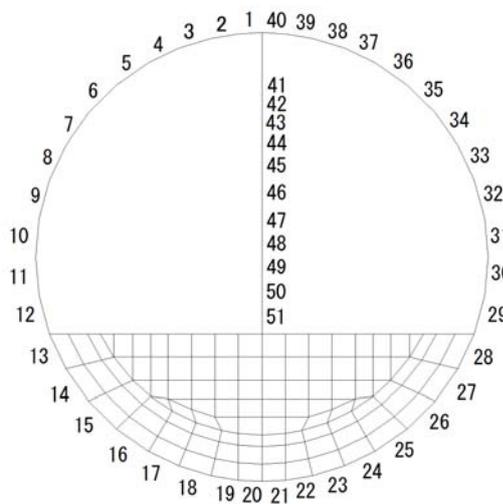


表 5.4-2 鉄筋の曲げ照査結果

追而

基準地震動	位相	評価位置		引張応力度 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	照査値
S _s -D 1	H+, V+	覆工				
		隔壁				
S _s -D 1	H+, V-	覆工				
		隔壁				
S _s -D 1	H-, V+	覆工				
		隔壁				
S _s -D 1	H-, V-	覆工				
		隔壁				
S _s -1 1	H+, V+	覆工				
		隔壁				
S _s -1 2	H+, V+	覆工				
		隔壁				
S _s -1 3	H+, V+	覆工				
		隔壁				
S _s -1 4	H+, V+	覆工				
		隔壁				
S _s -2 1	H+, V+	覆工				
		隔壁				
S _s -2 2	H+, V+	覆工				
		隔壁				
S _s -3 1	H+, V+	覆工				
		隔壁				
S _s -3 1	H-, V+	覆工				
		隔壁				

* : 評価位置は下図に示す



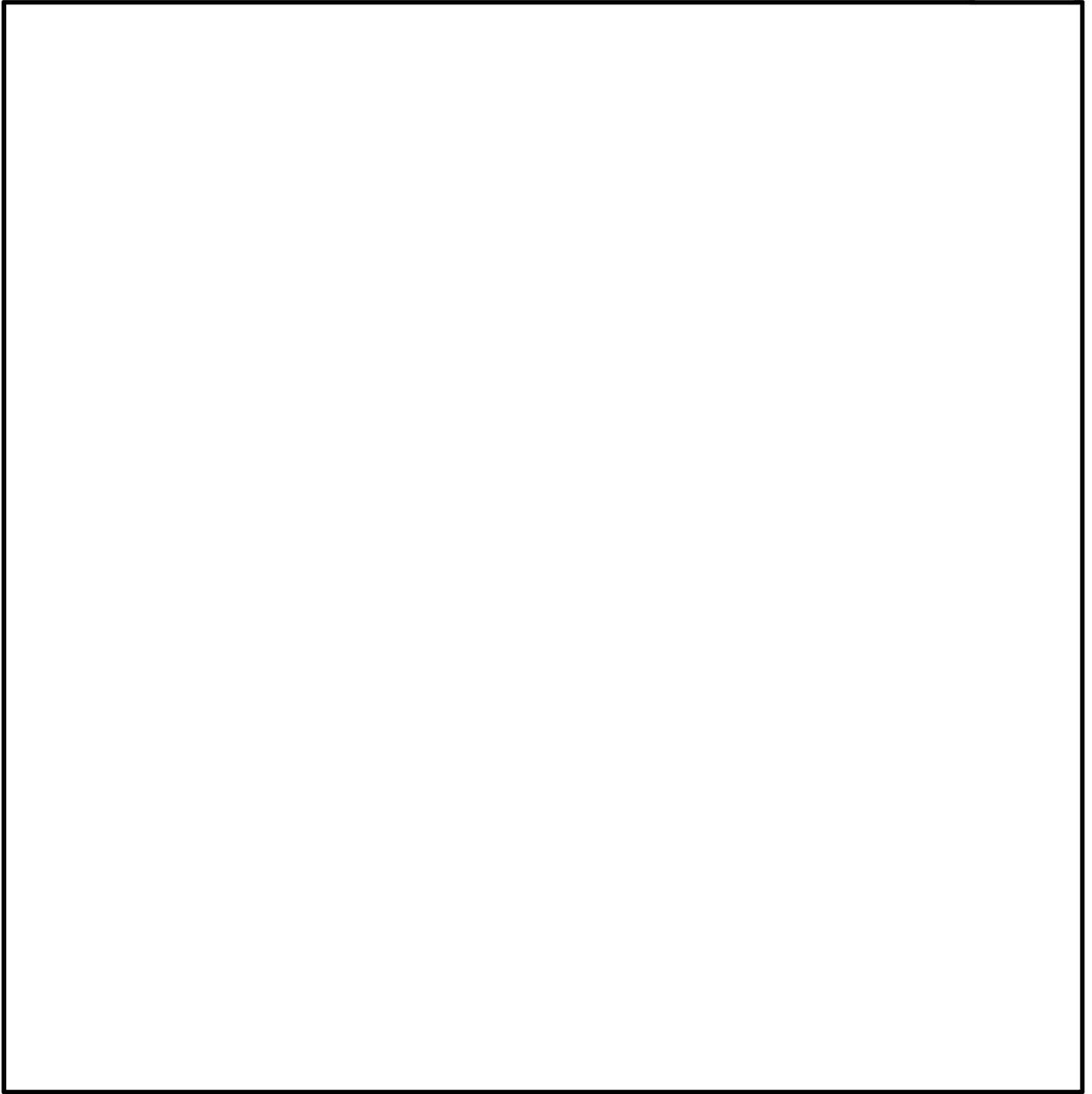


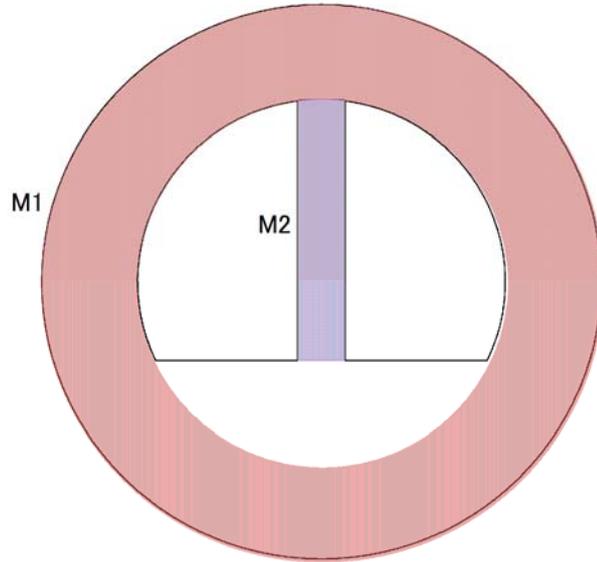
図 5.4-3 概略配筋図

評価中

追而

表 5.4-3 断面諸元一覧表（曲げに対する評価）

部位	材料No.	断面性状				主鉄筋(外側・上側)				主鉄筋(内側・下側)					
		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	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 ²)	(-)	(mm)	(-)	(mm)	(cm ²)
覆工	M1	1.000	1.200	0.150	1.050	SD490	25	1	150	33.780	SD490	29	1	150	42.827
隔壁	M2	1.000	0.600	0.130	0.470	SD490	25	1	150	33.780	SD490	25	1	150	33.780



評価中

(2) 構造部材のせん断に対する評価結果

表 5.4-4 にせん断に対する照査結果を示す。

トンネル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せん断応力度以下又はコンクリートの負担するせん断力 (V_c) と、斜め引張鉄筋の負担するせん断力 (V_s) を合わせた許容せん断力 (V_a) が、発生せん断力 (V) 以上であることを確認した。 ($V_a = V_c + V_s \geq V$) なお、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。

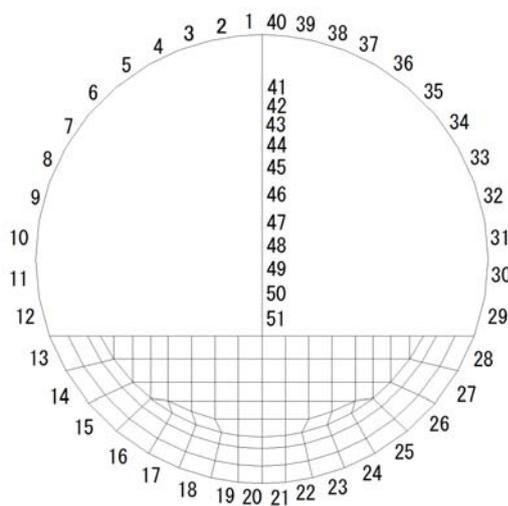
以上より、トンネルの構造部材の発生応力は、許容限界以下であることを確認した。

図 5.4-4 に概略配筋図を、表 5.4-5 に断面計算に用いた断面諸元の一覧を示す。

表 5.4-4 せん断照査結果

基準 地震動	位相	評価位置		発生 せん断力 (kN)	短期許容 せん断力 (kN)	照査値
		覆工	隔壁			
S _s -D 1	H+, V+	覆工				
		隔壁				
S _s -D 1	H+, V-	覆工				
		隔壁				
S _s -D 1	H-, V+	覆工				
		隔壁				
S _s -D 1	H-, V-	覆工				
		隔壁				
S _s -1 1	H+, V+	覆工				
		隔壁				
S _s -1 2	H+, V+	覆工				
		隔壁				
S _s -1 3	H+, V+	覆工				
		隔壁				
S _s -1 4	H+, V+	覆工				
		隔壁				
S _s -2 1	H+, V+	覆工				
		隔壁				
S _s -2 2	H+, V+	覆工				
		隔壁				
S _s -3 1	H+, V+	覆工				
		隔壁				
S _s -3 1	H-, V+	覆工				
		隔壁				

* : 評価位置は下図に示す。



追而

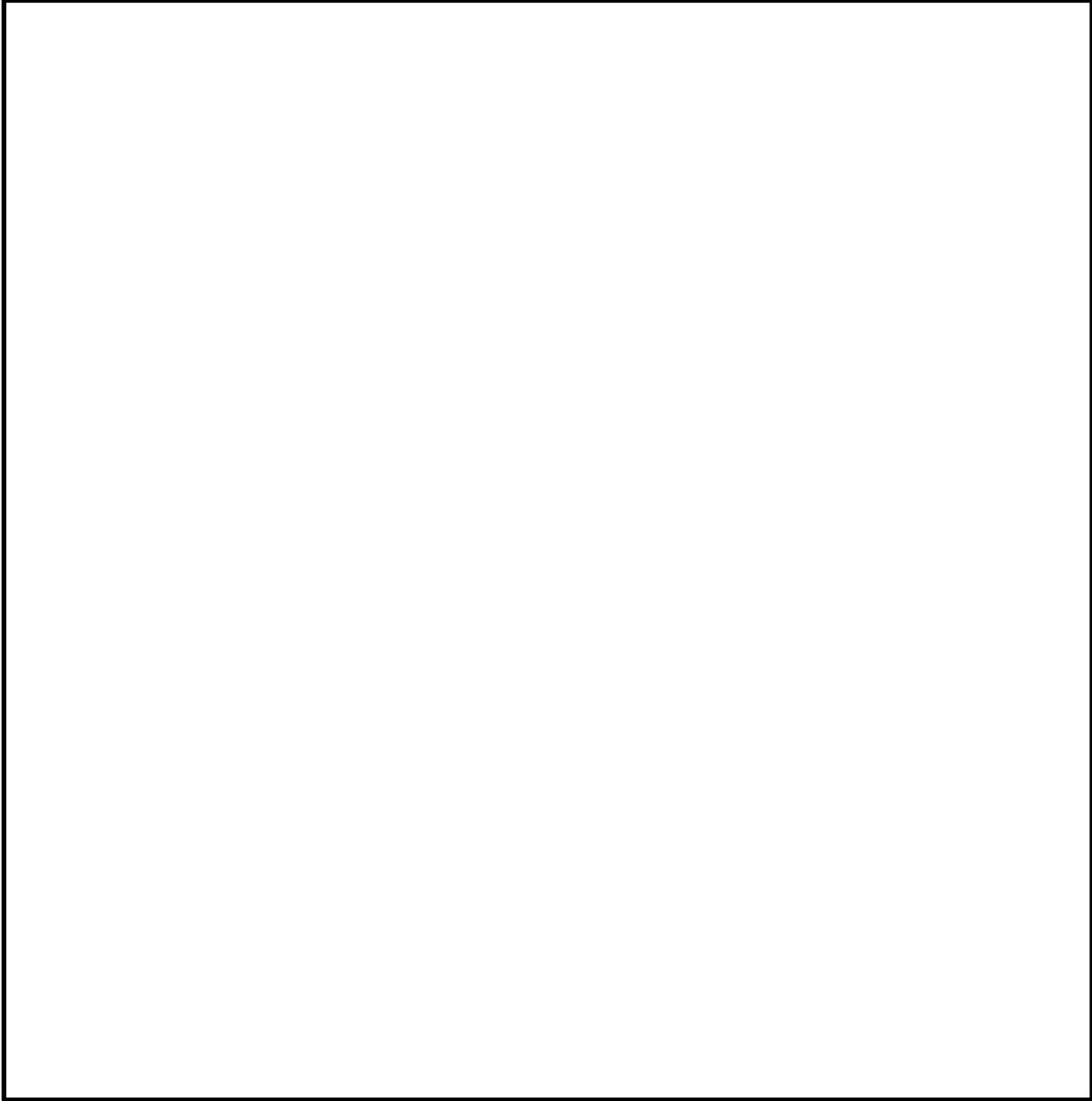


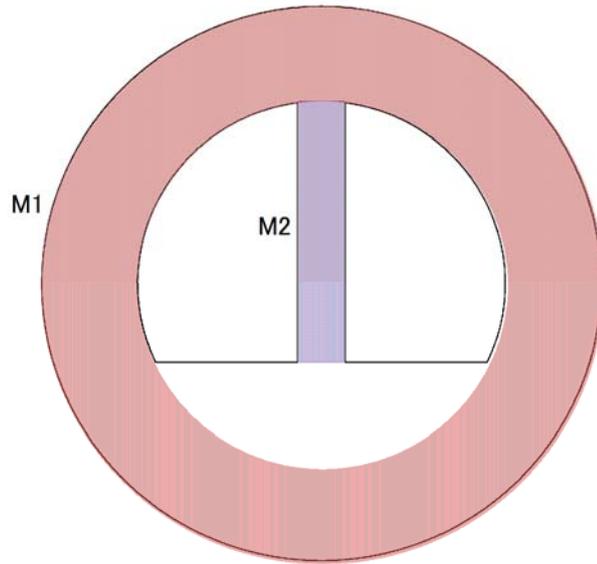
图 5.4-4 概略配筋图

評価中

表 5.4-5 断面諸元一覧表（せん断に対する評価）

追而

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 ²)
覆工	M1	1.000	1.200	0.150	1.050	SD345	22	300	300	12.903
隔壁	M2	1.000	0.600	0.130	0.470	SD345	13	300	200	4.223



評価中

(3) 基礎地盤の支持性能に対する評価結果

表 5.4-6 に基礎地盤の支持性能照査結果を、図 5.4-5 に接地圧分布図を示す。

トンネルの最大接地圧は、 $S_s-D1 [H+,V+]$ で $\bigcirc\bigcirc \text{ kN/m}^2$ であり、基礎地盤の極限支持力度 $\Delta\Delta \text{ kN/m}^2$ 以下である。

以上のことから、トンネルの基礎地盤は、基準地震動 S_s に対し、支持性能を有する。

表 5.4-6 基礎地盤の支持性能照査結果

図 5.4-5 (1) 接地圧分布図 ($S_s-D1 [H+,V+]$)

図 5.4-5 (2) 接地圧分布図 ($S_s-D1 [H+,V-]$)

図 5.4-5 (3) 接地圧分布図 ($S_s-D1 [H-,V+]$)

図 5.4-5 (4) 接地圧分布図 ($S_s-D1 [H-,V-]$)

図 5.4-5 (5) 接地圧分布図 (S_s-11)

図 5.4-5 (6) 接地圧分布図 (S_s-12)

図 5.4-5 (7) 接地圧分布図 (S_s-13)

図 5.4-5 (8) 接地圧分布図 (S_s-14)

図 5.4-5 (9) 接地圧分布図 (S_s-21)

図 5.4-5 (10) 接地圧分布図 (S_s-22)

図 5.4-5 (11) 接地圧分布図 ($S_s-31 [H+,V+]$)

図 5.4-5 (11) 接地圧分布図 ($S_s-31 [H-,V+]$)

5.5 まとめ (追而)

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

目次

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	6-1
6.1 評価方法	6-2
6.2 評価条件	6-2
6.2.1 適用基準	6-2
6.2.2 耐震安全性評価フロー	6-3
6.2.3 評価対象断面の方向	6-4
6.2.4 評価対象断面の選定	6-7
6.2.5 使用材料及び材料定数	6-9
6.2.6 地下水位	6-13
6.2.7 地震応答解析手法	6-13
6.2.8 解析モデルの設定	6-15
6.2.9 減衰定数	6-20
6.2.10 荷重の組合せ	6-22
6.2.11 地震応答解析の検討ケース	6-26
6.3 評価内容	6-28
6.3.1 水平断面の評価方法	6-28
6.3.2 頂版・床版の評価方法	6-31
6.3.3 入力地震動の設定	6-32
6.3.4 許容限界の設定	6-65
6.4 評価結果	6-70
6.4.1 地震応答解析結果	6-70
6.4.2 南北方向の耐震評価結果	6-82
6.4.3 東西方向の耐震評価結果	6-107
6.5 まとめ（追而）	6-132

6.1 評価方法

常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）（以下、「立坑」という。）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構造物である。立坑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。

6.2 評価条件

6.2.1 適用基準

立坑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）等を適用するが、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 6.2-1 に適用する規格、基準類を示す。

表 6.2-1 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	・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）	・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 ・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
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

6.2.2 耐震安全性評価フロー

図 6.2-1 に立坑の耐震安全性評価フローを示す。

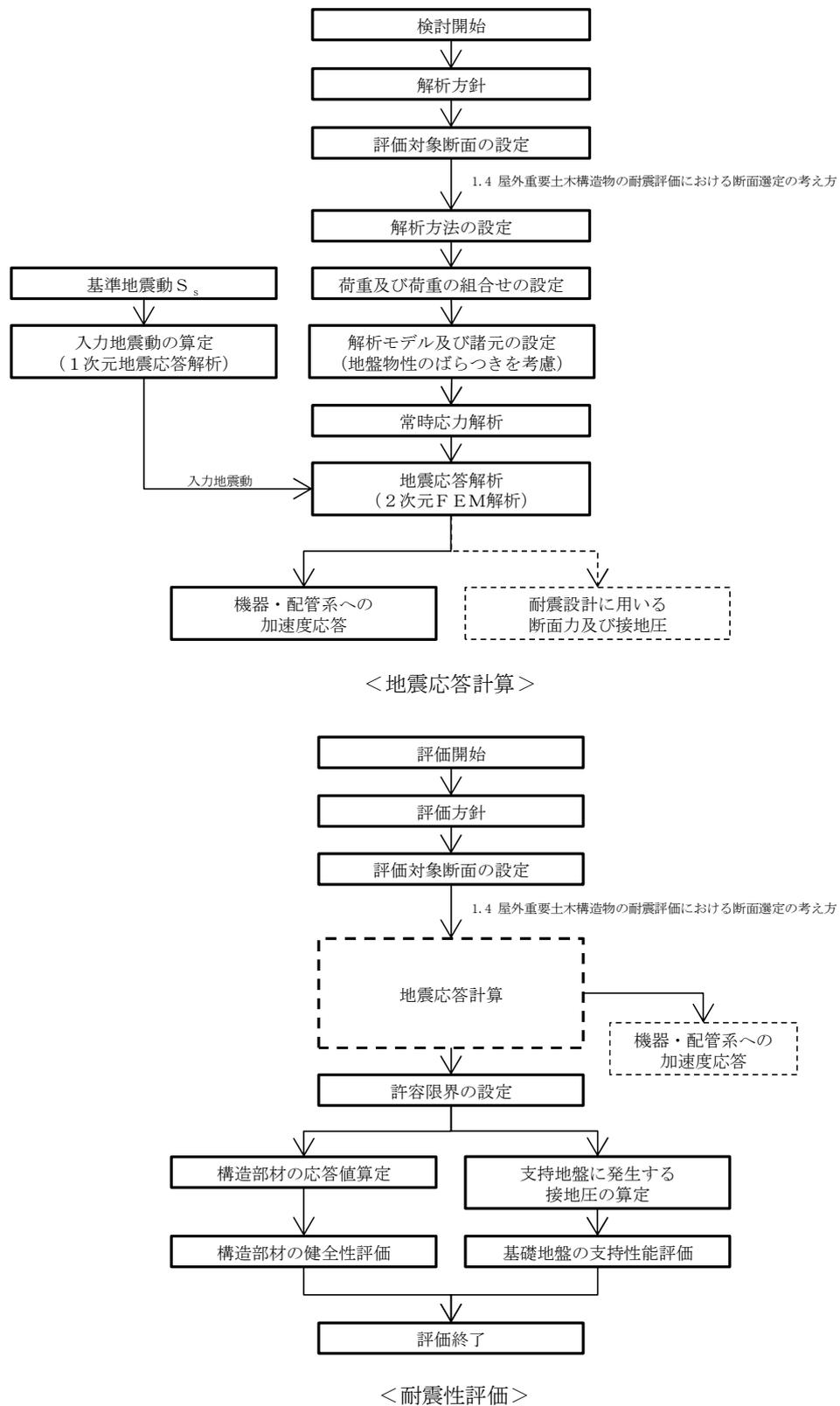


図 6.2-1 立坑の耐震安全性評価フロー

6.2.3 評価対象断面の方向

立坑の位置を図 6.2-2 に示す。

立坑は幅 12.5 m（南北方向）、16.5 m（東西方向）の箱形構造物であることから、加振方向の側壁または中壁を耐震壁として考慮することができる。よって、強軸断面方向・弱軸断面方向の区別が明確でない構造物であるため、評価対象断面は立坑南北方向及び東西方向の二方向とする。

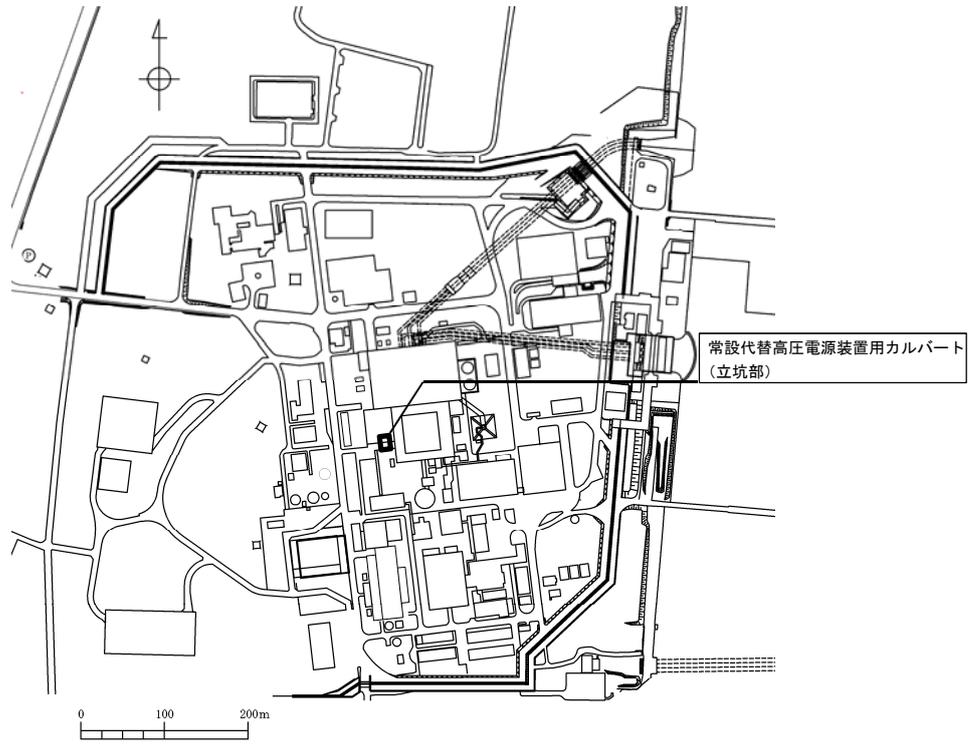


図 6.2-2 (1) 立坑の平面配置図 (全体平面図)

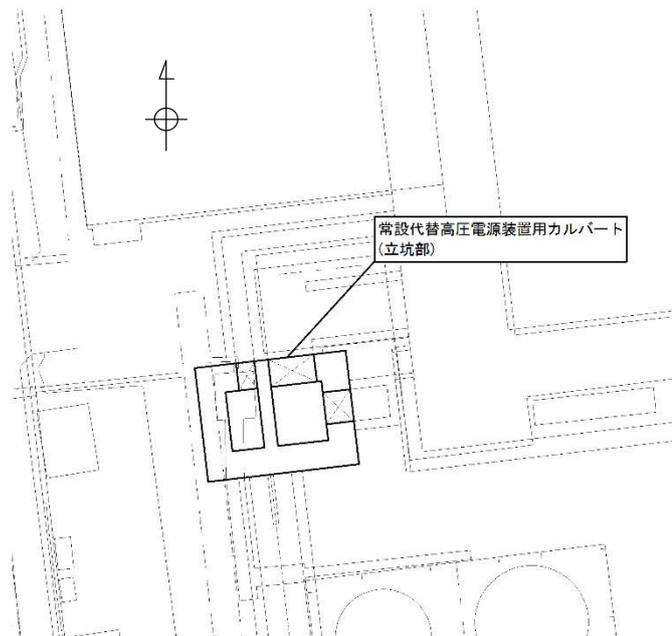
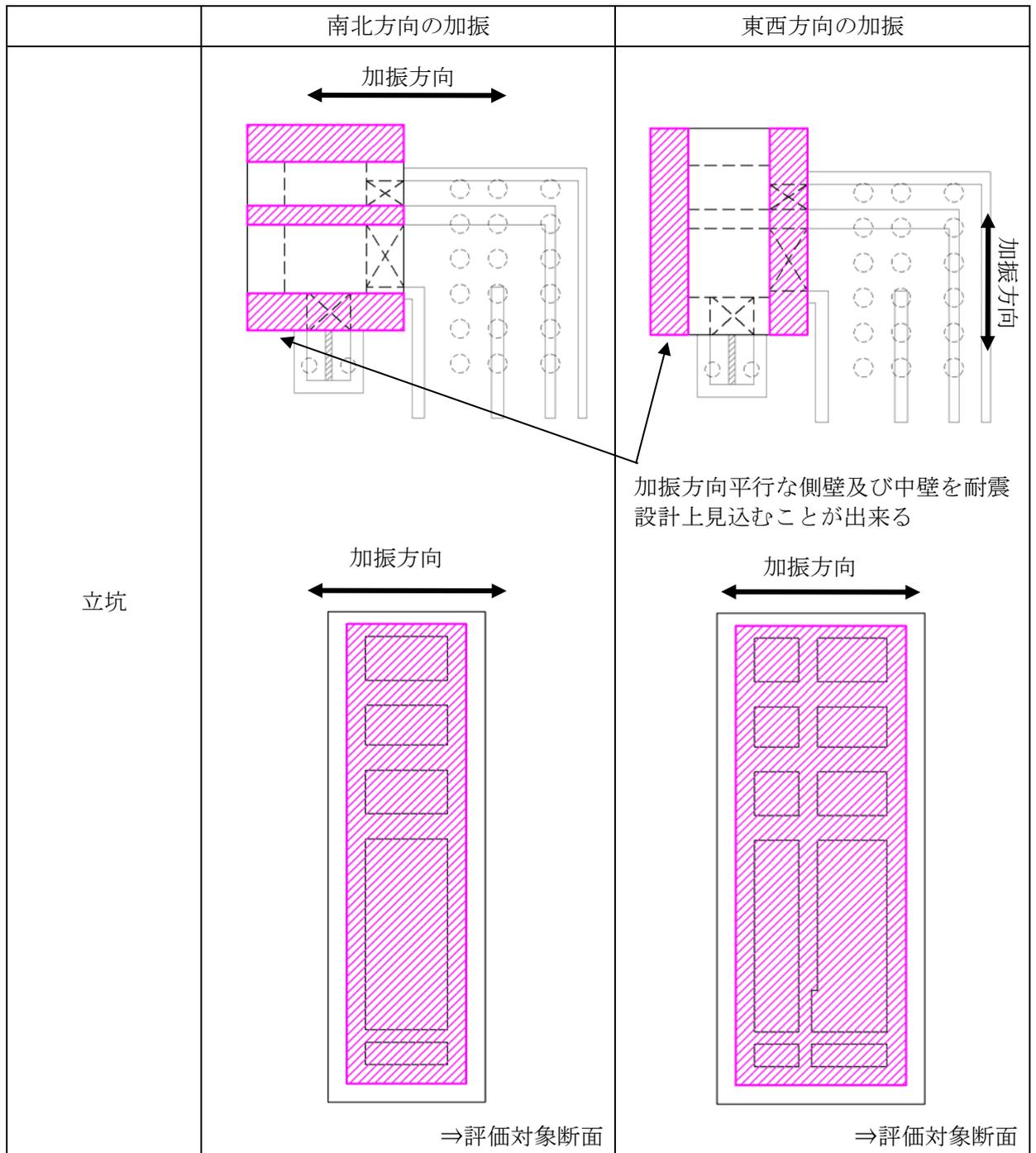


図 6.2-2 (2) 立坑の平面配置図 (拡大図)

表 6.2-2 立坑の評価対象断面の方向の選定



6.2.4 評価対象断面の選定

図 6.2-3 及び図 6.2-4 に立坑の平面図及び断面図を示す。

立坑は、電気ケーブル、軽油移送配管及び水配管を支持する 4 層 2 連カルバート状の鉄筋コンクリート構造物であり、南北方向 12.5 m、東西方向 16.5 m、高さ約 39.3 m である。

また、奥行方向に耐震壁が存在する、もしくは存在しない断面が存在することから、解析奥行を立坑奥行とし、部材モデル化に際し加振方向の側壁を耐震壁（平面ひずみ要素）、加振直交方向の側壁及び底版を線形はり要素とし、開口の影響を適切に考慮することで立坑奥行方向を集約し 1 断面としてモデル化する。



図 6.2-3 立坑の平面図

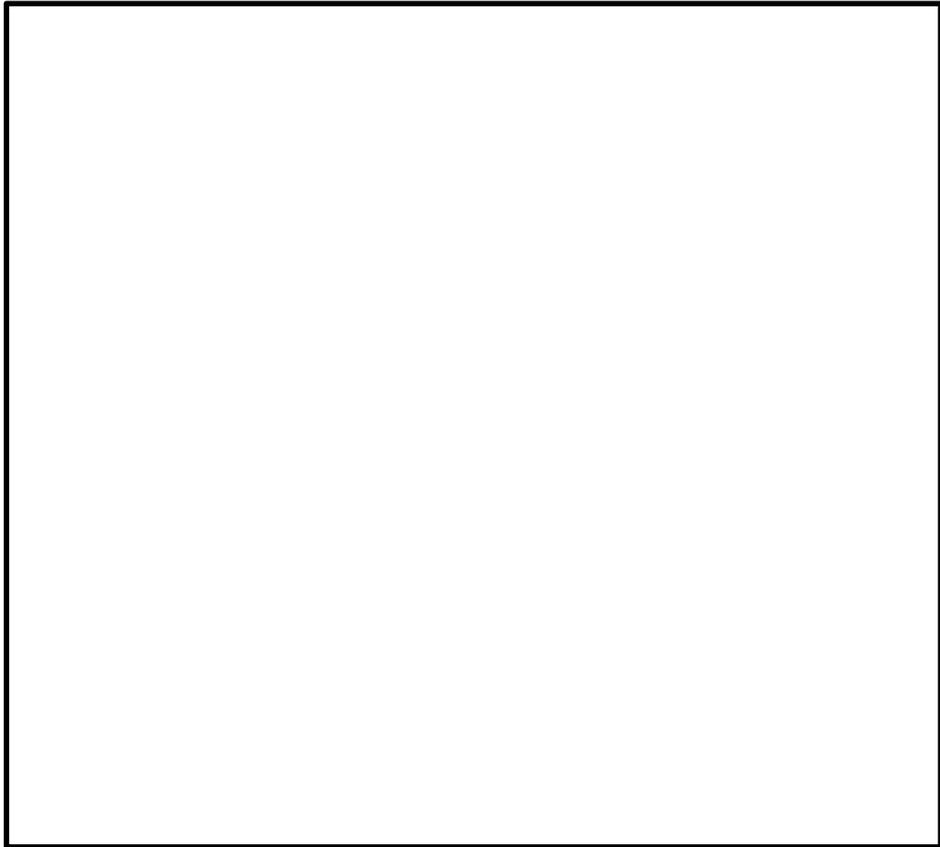


図 6.2-4 (1) 立坑の断面図 (南北方向 ①-①断面)

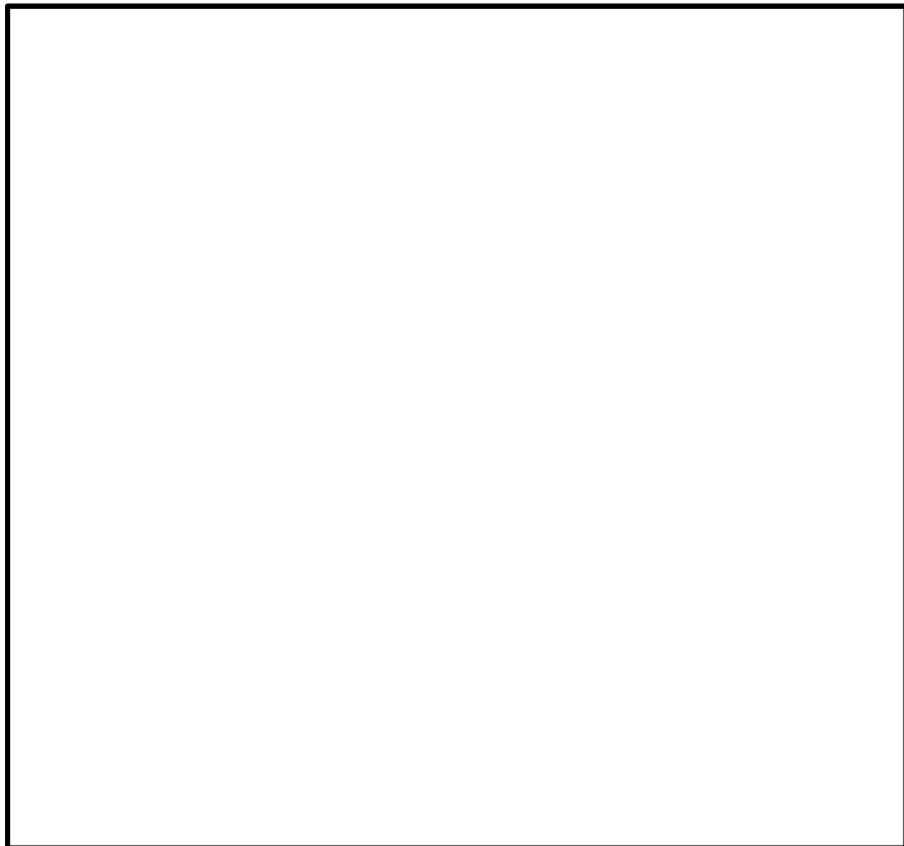


図 6.2-4 (2) 立坑の断面図 (東西方向 ②-②断面)

6.2.5 使用材料及び材料定数

耐震評価に用いる材料定数は、適用基準類を基に設定する。構造物の使用材料を表 6.2-3 に、材料物性値を表 6.2-4 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適切に考慮できるモデル化とする。地盤の物性値を表 6.2-5 に示す。

表 6.2-3 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, SD490

表 6.2-4 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

表 6.2-5 (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						
				埋戻土	第四系 (液状化対象層)					
					fl	du	Ag1	Ag2	As	D2s-3
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)	2.01 (1.89)	1.74 (-)	1.92 (-)	2.15 (2.11)
	間隙比	e	-	0.75	0.75	0.67	0.67	1.2	0.79	0.43
変形特性	ポアソン比	ν_{CD}	-	0.26	0.26	0.25	0.25	0.26	0.19	0.26
	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)	814 (814)	497 (299)	378 (-)	966 (-)	1167 (1167)
	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)	392073 (392073)	278087 (167137)	143284 (-)	650611 (-)	1362035 (1362035)
	最大履歴減衰率	h_{max}	-	0.220	0.220	0.221	0.233	0.216	0.192	0.130
強度特性	粘着力	C_{CD}	kN/m^2	0	0	0	0	0.012	0.01	0
	内部摩擦角	ϕ_{CD}	度	37.3	37.3	37.4	37.4	41	35.8	44.4
液状化特性	変相角	ϕ_p	-	34.8	34.8	34.9	34.9	38.3	33.4	41.4
	液状化パラメータ	S_1	-	0.047	0.047	0.029	0.028	0.046	0.048	0.03
		w_1	-	6.5	6.5	51.6	56.5	6.9	17.6	45.2
		p_1	-	1.26	1.26	12	9	1	4.8	8
		p_2	-	0.8	0.8	0.6	0.6	0.75	0.96	0.6
		c_1	-	2.00	2.00	3.35	3.40	2.27	3.15	3.82

表 6.2-5 (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
				Ac	D2c-3	Km
物理特性	密度 ()は地下水位以浅	ρ	g/cm^3	1.65 (-)	1.77 (-)	$1.72-1.03 \times 10^{-4} \cdot z$ (-)
	間隙比	e	-	1.59	1.09	1.16
変形特性	ポアソン比	ν_{CD}	-	0.1	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 (-)	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 (-)	
	最大履歴減衰率	h_{max}	-	0.200	0.186	
強度特性	粘着力	C_{CD}	kN/m^2	0.025	0.026	
	内部摩擦角	ϕ_{CD}	度	29.1	35.6	$23.2+0.0990 \cdot z^\circ$
液状化特性	変相角	ϕ_p	-	-	-	-
	液状化パラメータ	S_1	-	-	-	-
		w_1	-	-	-	-
		p_1	-	-	-	-
		p_2	-	-	-	-
		c_1	-	-	-	-

z : 標高 (m)

表 6.2-5 (3) 地盤の解析用物性値一覧 (新第三系 Km 層)

区分 番号	設定深度 TP(m) Z	適用深度 TP(m)	密度 ρ (g/cm ³)	静ポアソン比 ν^{CD}	粘着力 C_D (kN/m ²)	内部摩擦角 ϕ_{CD} (°)	せん断波 速度Vs (m/s)	基準初期 せん断剛性 G _{ma} (kN/m ²)	基準体積 弾性係数 K _{ma} (kN/m ³)	基準平均有効 主応力 σ'_{ma} (kN/m ²)	拘束圧 依存係数 mG, mK	最大履歴 減衰率 h _{max} (-)	動ポアソン比 ν^d	疎密波 速度Vp (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	391,471	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	-84	-85 ~ -83	1.73	0.14	864	14.9	498	428,842	453,082	492	0.0	0.123	0.454	1,726	1,726,000
59	-86	-87 ~ -85	1.73	0.14	876	14.7	499	432,697	457,041	492	0.0	0.124	0.454	1,736	1,736,000
60	-88	-89 ~ -87	1.73	0.14	888	14.5	501	434,232	458,356	492	0.0	0.124	0.454	1,726	1,726,000
61	-90	-91 ~ -89	1.73	0.14	900	14.3	502	436,888	463,862	492	0.0	0.124	0.454	1,736	1,736,000
62	-92	-93 ~ -91	1.73	0.14	912	14.1	504	439,448	463,862	492	0.0	0.124	0.454	1,736	1,736,000
63	-94	-95 ~ -93	1.73	0.14	924	13.9	505	442,211	468,862	492	0.0	0.125	0.453	1,736	1,736,000
64	-96	-97 ~ -95	1.73	0.14	936	13.7	506	445,288	463,862	492	0.0	0.126	0.452	1,733	1,733,000
65	-98	-99 ~ -97	1.73	0.13	948	13.5	509	448,210	473,111	492	0.0	0.125	0.453	1,736	1,736,000
66	-100	-101 ~ -99	1.73	0.13	960	13.3	513	455,282	463,862	486	0.0	0.126	0.452	1,733	1,733,000
67	-102	-103 ~ -101	1.73	0.13	972	13.1	517	462,354	463,862	486	0.0	0.127	0.451	1,737	1,737,000
68	-104	-105 ~ -103	1.73	0.13	984	12.9	521	469,426	474,391	486	0.0	0.127	0.451	1,737	1,737,000
69	-106	-107 ~ -105	1.73	0.13	996	12.7	525	476,501	483,575	486	0.0	0.127	0.451	1,754	1,754,000
70	-108	-109 ~ -107	1.73	0.13	1,008	12.5	529	483,575	483,575	486	0.0	0.127	0.451	1,754	1,754,000
71	-110	-111 ~ -109	1.73	0.13	1,020	12.3	533	490,650	493,111	486	0.0	0.128	0.450	1,758	1,758,000
72	-112	-113 ~ -111	1.73	0.13	1,032	12.1	537	497,725	493,111	486	0.0	0.128	0.450	1,758	1,758,000
73	-114	-115 ~ -113	1.73	0.13	1,044	11.9	541	504,800	493,111	486	0.0	0.128	0.450	1,758	1,758,000
74	-116	-117 ~ -115	1.73	0.13	1,056	11.7	545	511,875	493,111	486	0.0	0.128	0.450	1,758	1,758,000
75	-118	-119 ~ -117	1.73	0.13	1,068	11.5	549	518,950	493,111	486	0.0	0.128	0.450	1,758	1,758,000
76	-120	-121 ~ -119	1.73	0.13	1,080	11.3	553	5							

表 6.2-5 (4) 地盤の解析用物性値一覧 (地盤改良)

パラメータ				地盤改良
物理特性	密度 ()は地下水位以浅	ρ	g/cm^3	2.18 (2)
	間隙比	e	-	0.75
変形特性	ポアソン比	ν_{CD}	-	0.26
	基準平均有効主応力 ()は地下水位以浅	σ'_{nm}	kN/m^2	1 (1)
	基準初期せん断剛性 ()は地下水位以浅	G_{na}	kN/m^2	822662 (756184)
	最大履歴減衰率	h_{max}	-	0.152
強度特性	粘着力	C_{CD}	kN/m^2	0.66
	内部摩擦角	ϕ_{CD}	度	41.2
液状化特性	変相角	ϕ_p	-	-
	液状化パラメータ	S_l	-	-
		w_l	-	-
		p_l	-	-
		p_2	-	-
		c_l	-	-

6.2.6 地下水位

地下水位は地表面として設定する。

6.2.7 地震応答解析手法

立坑の地震応答解析は、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、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6.2-5に示す。

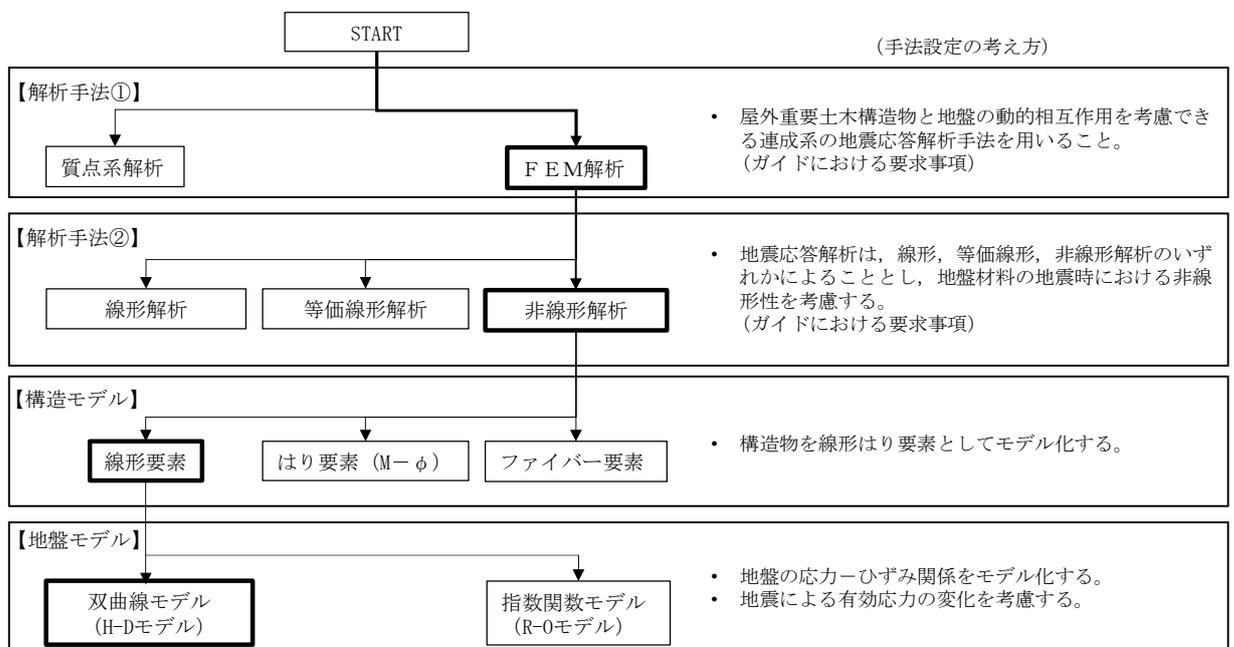


図 6.2-5 地震応答解析手法の選定フロー

H-Dモデルの選定理由は次の通りである。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。

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。

6.2.8 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 - 1 9 8 7 を適用し、図 6.2-6 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。

立坑周辺の地質断面図を図 6.2-7 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、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 4 又は 5 分割以上になるように要素高さを設定している

立坑の地震応答解析モデルを図 6.2-8 に示す。

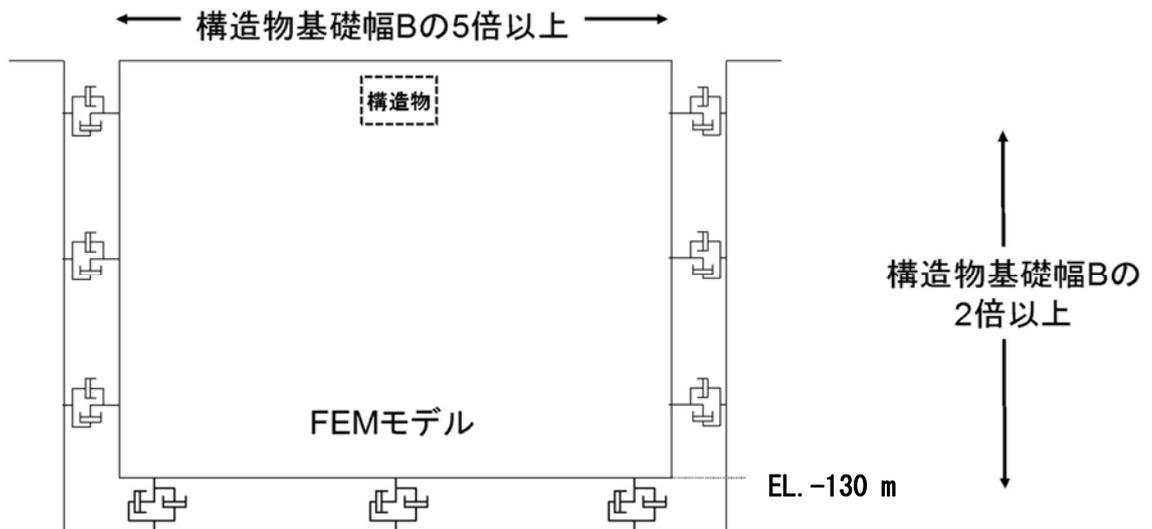


図 6.2-6 モデル範囲の考え方

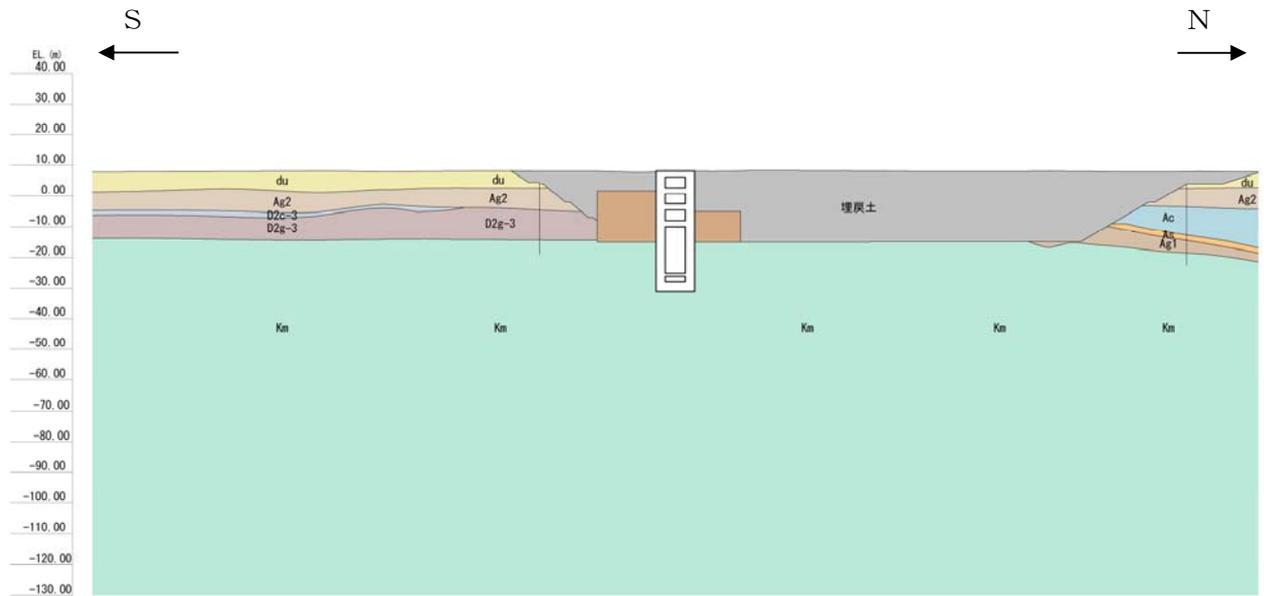


图 6.2-7 (1) 地質断面图 (南北方向断面)

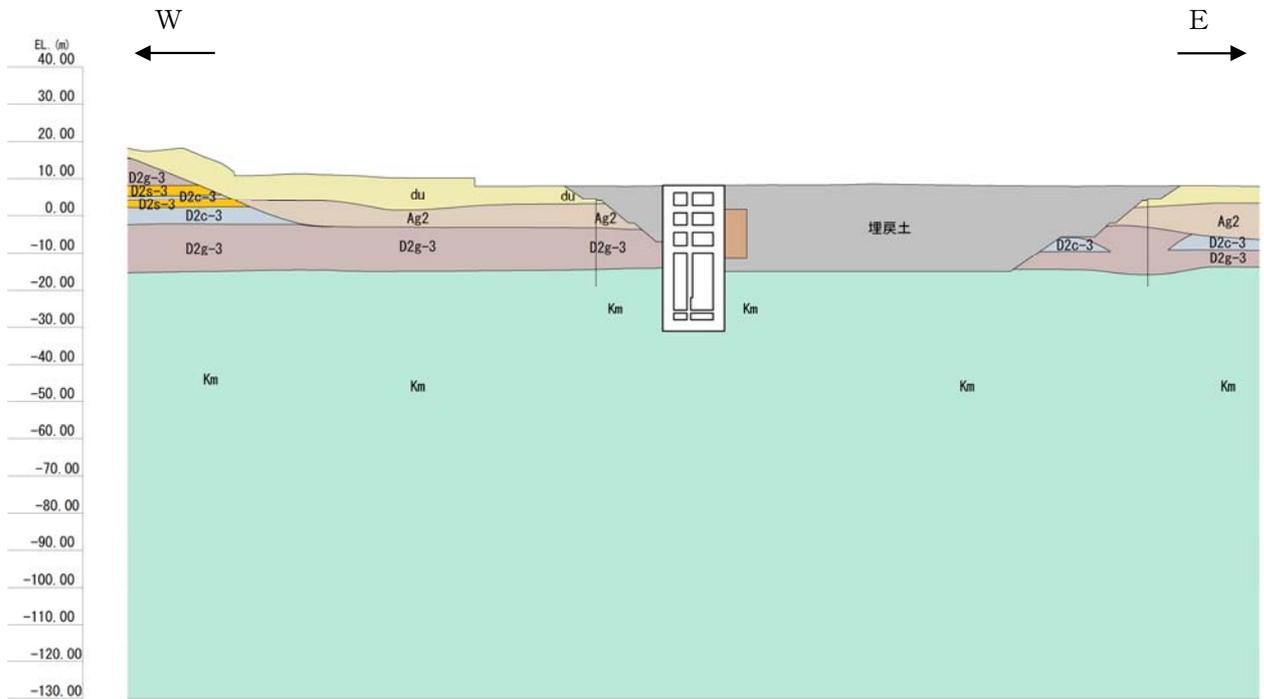


图 6.2-7 (2) 地質断面图 (東西方向断面)



図 6.2-8 (1) 立坑の地震応答解析モデル (南北方向断面)



図 6.2-8 (2) 立坑の地震応答解析モデル (東西方向断面)

(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 6.2-6 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 6.2-6 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 ²)	内部摩擦角 (度)	備考
第四紀層	埋戻土層	0	37.3	—
	du 層	0	37.3	—
	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 6.2-7 のとおり設定する。図 6.2-9 にジョイント要素設定の考え方を示す。

表 6.2-7 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

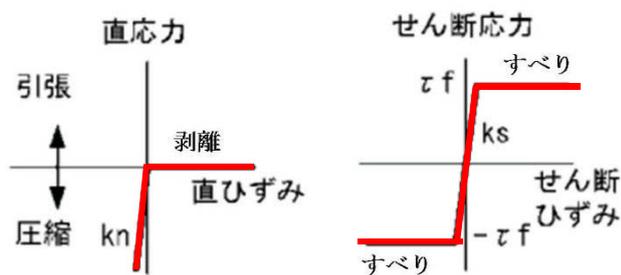


図 6.2-9 ジョイント要素の考え方

(3) 材料特性の設定

南北方向断面については、加振直交方向の側壁、底版を線形はり要素を用いてモデル化する。耐震壁の効果を見込む側壁及び中壁は平面ひずみ要素を用いてモデル化する。

東西方向断面については、立坑と隣接する軽油カルバートをモデル化しているが、立坑については加振直交方向の側壁、底版を線形はり要素を用いてモデル化する。耐震壁の効果を見込む側壁は平面ひずみ要素を用いてモデル化する。

軽油カルバートについては、頂版、底版、妻壁及び鋼管杭を線形はり要素を用いてモデル化する。耐震壁の効果を見込む側壁は平面ひずみ要素を用いてモデル化する。

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。

6.2.9 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。

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

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6.2-10にRayleigh減衰の設定フローを、表6.2-8に固有値解析結果を示す。

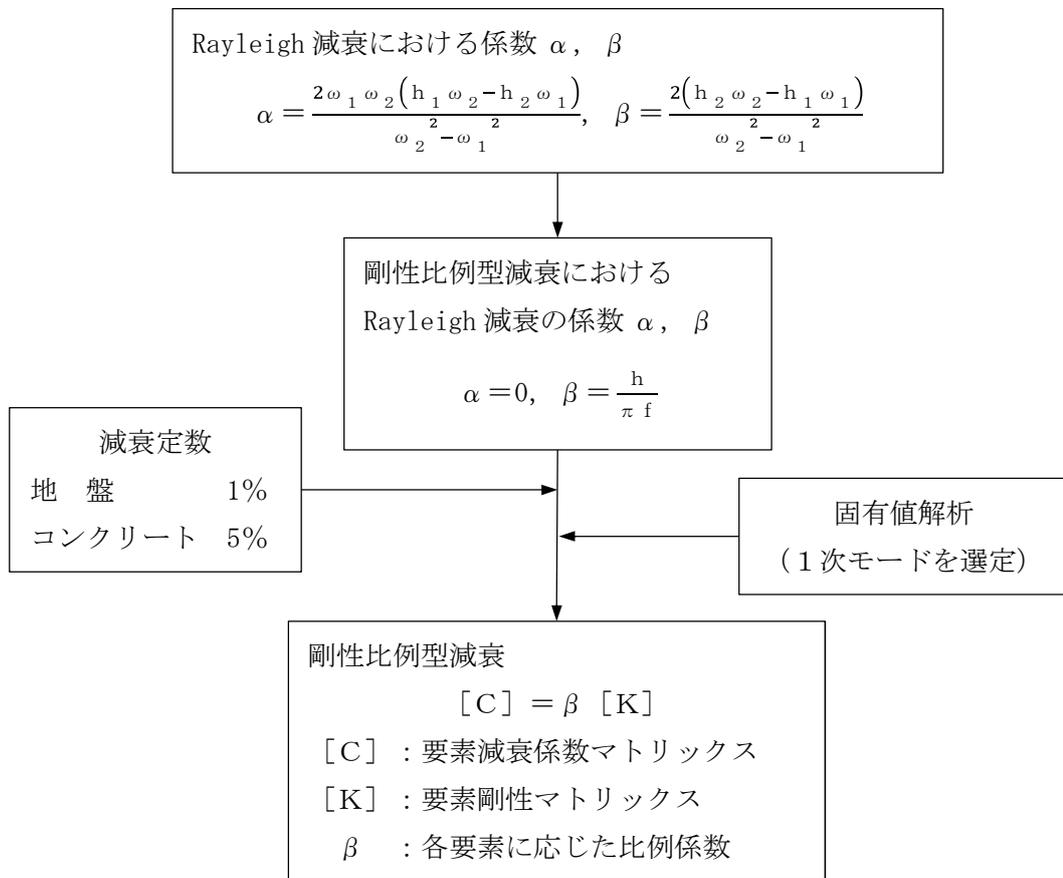


図 6.2-10 Rayleigh 減衰の設定フロー

表 6.2-8 固有値解析結果 (追而)

6.2.10 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、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、立坑は、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 6.2-9 に示す。

地震時に立坑に作用する機器・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 6.2-9 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 ・地下水の密度を考慮
	内水圧		—	・恒常的に内水が存在しないことから、考慮しない
変動荷重	雪荷重		○	・雪荷重を考慮
	風荷重		—	・躯体が地中にあることから、風荷重を考慮しない
偶発荷重 (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	—	・恒常的に内水が存在しないことから、考慮しない	

- (1) 機器・配管荷重 (追而)
a. 南北方向断面

図 6.2-11 (1) 機器・配管荷重図 (南北断面)

- b. 東西方向断面 (追而)

図 6.2-12 (2) 機器・配管荷重図 (東西方向断面)

(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 g/cm^3 を考慮する。

(3) 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 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 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。

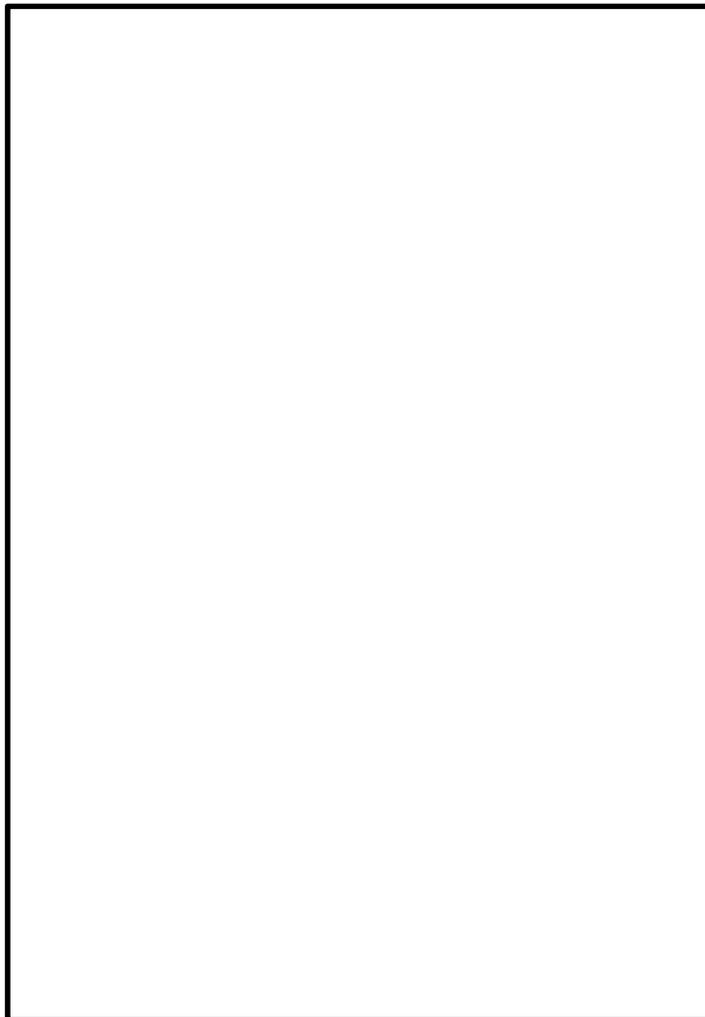


図 6.2-12 (1) 雪荷重図 (南北方向断面)

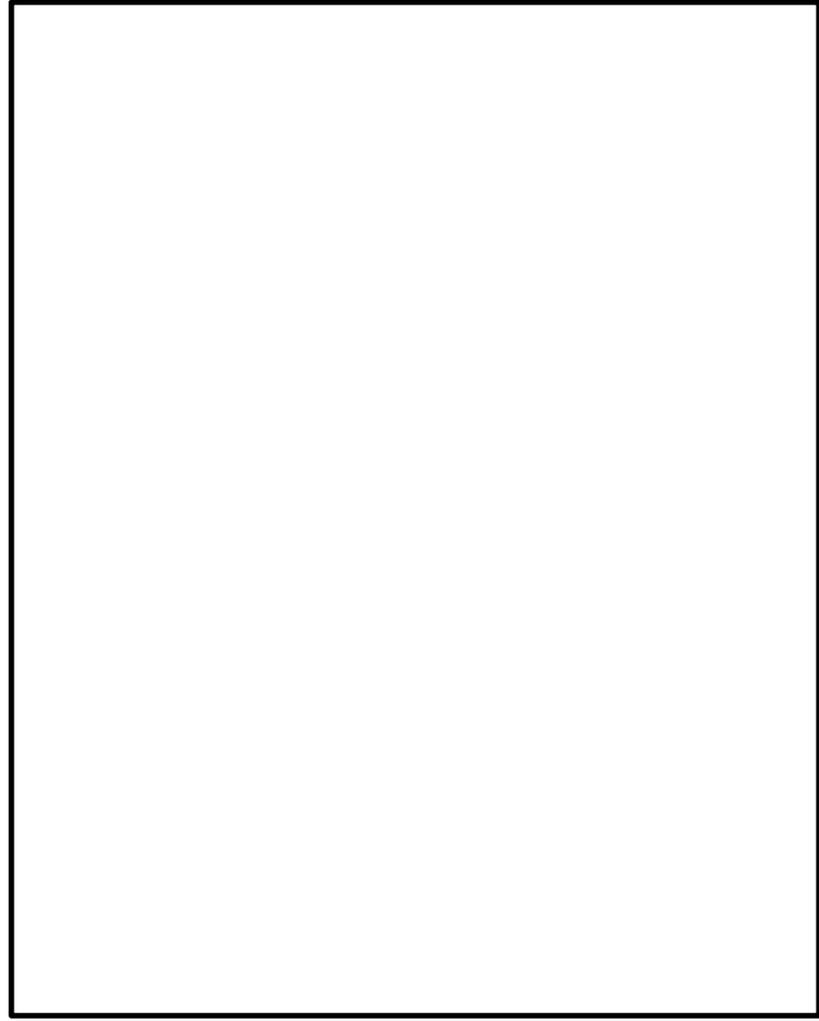


图 6.2-12 (2) 雪荷重图 (东西方向断面)

6.2.11 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

立坑の耐震設計における検討ケースを表 6.2-10 に示す。

表 6.2-10 立坑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の抽出における検討ケースを表 6.2-11 に示す。

表 6.2-11 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 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 -D1	(++)	1	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 _s -11	(++)		1	
	S _s -12	(++)		1	
	S _s -13	(++)		1	
	S _s -14	(++)		1	
	S _s -21	(++)		1	
	S _s -22	(++)		1	
S _s -31	(++)	1			
	(-+)	1			
計		1	12	1	

6.3 評価内容

6.3.1 水平断面の評価方法

図 6.3-1 に立坑構造図を示す。立坑には頂版及び中床版が存在し、地震時においては加振直交方向の側壁を支持するはり部材として機能する。しかし本立坑における頂版及び中床版についてはその平面積に対し機器・配管系及び搬入口等開口の占める割合が大きく、2次元動的解析においては頂版・中床版の剛性を考慮していない。閉鎖した立坑側壁の形状効果にて地震時土圧に対し抵抗する構造としている。

この場合、鉛直方向延長（39.3 m）に対し立坑南北及び東西方向幅（それぞれ 12.5 m, 16.5 m）と水平方向延長の方が短く、水平方向が主方向になると考えられる。

図 6.3-2 に水平断面解析モデル概念図を示す。

水平方向の設計にあたっては、側壁を直交壁に単純支持されるシェル要素としてモデル化し、面外方向に2次元動的解析より得られる地震時荷重を作用させ、発生する断面力に対し必要な水平方向鉄筋を配置する。

地震時荷重としては、2次元動的解析より得られる側壁はり要素に隣接する地盤要素の水平直応力（ σ'_x ）と間隙水要素の発生応力（ Δu ）の和（全時刻絶対値最大）及び静水圧を考慮する。

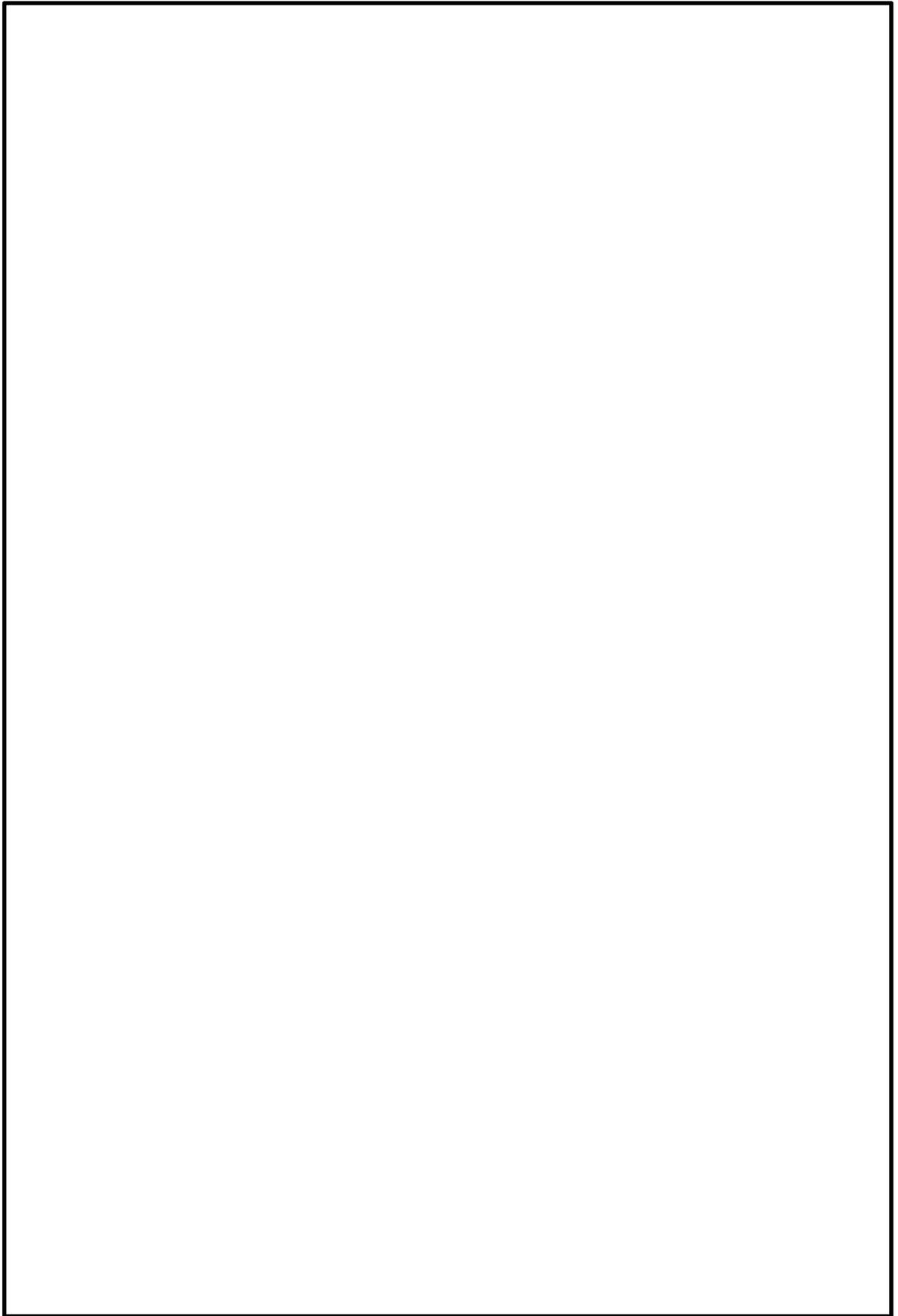


图 6.3-1 立坑构造图



図 6.3-2 水平断面解析モデル概念図

6.3.2 頂版・床版の評価方法

図 6.3-3 に頂版及び中床版の平面図を示す。頂版，中床版についてはその平面積に占める開口面積の比率が大きいことから，2次元動的解析においてその剛性を考慮していない。

頂版及び中床版の設計については，開口形状を模擬したシェル要素にてモデル化し，接続する側壁及び中壁中心において単純支持とする。頂版及び中床版単独の固有値が不明であることから，2次元動的解析において頂版及び中床版位置における鉛直加速度応答スペクトルを算定し，基準地震動 S_g 全ケースに対し全周期帯で最大となる応答加速度を抽出し，それを重力加速度で除することで鉛直設計震度とし，面外方向に自重による地震時荷重を考慮し，その荷重に必要な鉄筋を配置する。

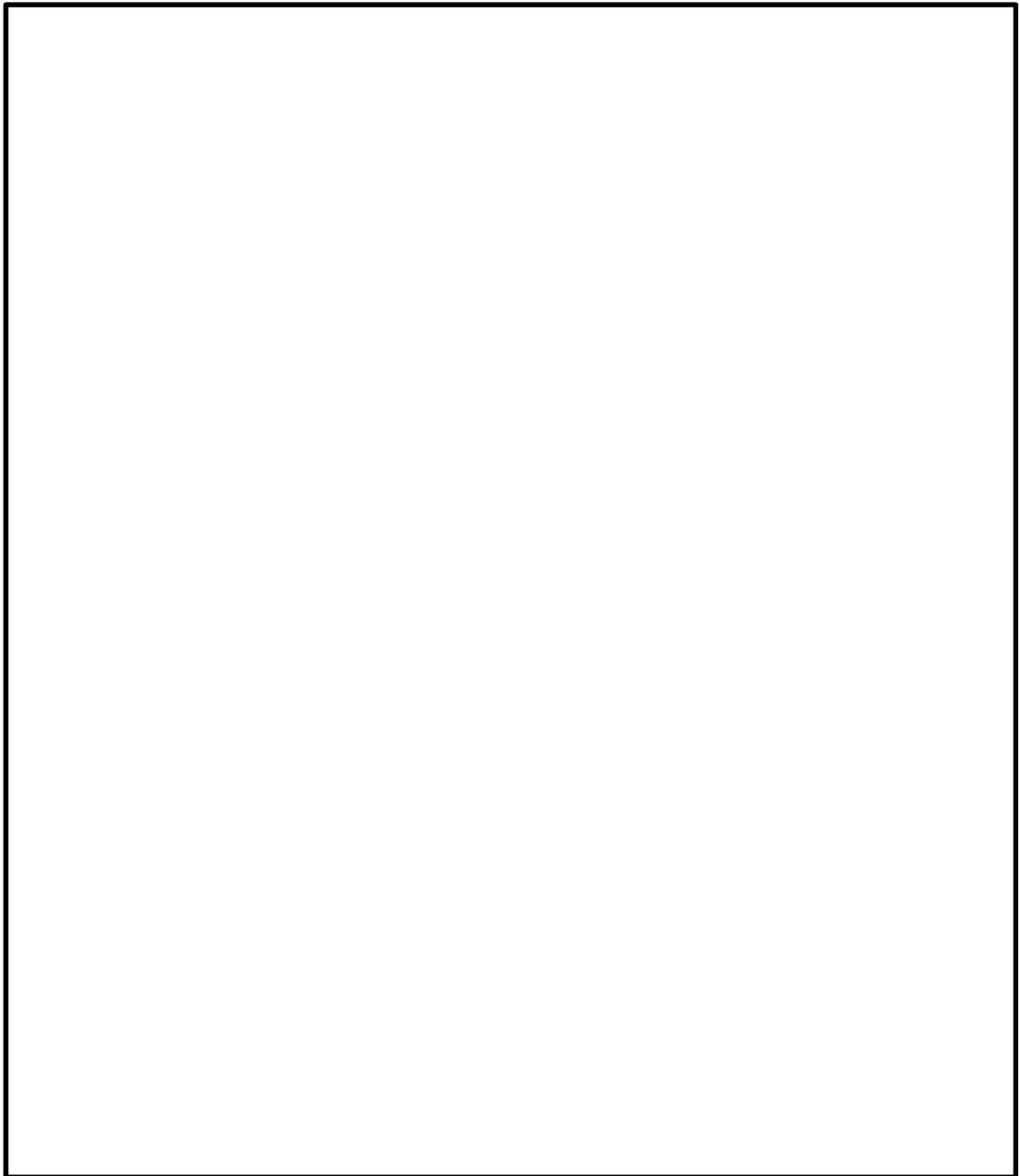


図 6.3-3 頂版及び中床版平面図

6.3.3 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。

図 6.3-4 に入力地震動算定の概念図を、図 6.3-5 及び図 6.3-6 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「microSHAKE/3D Ver. 2.2.3.311」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 $S_s-1.1 \sim S_s-2.2$ 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 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地震動を設定する。

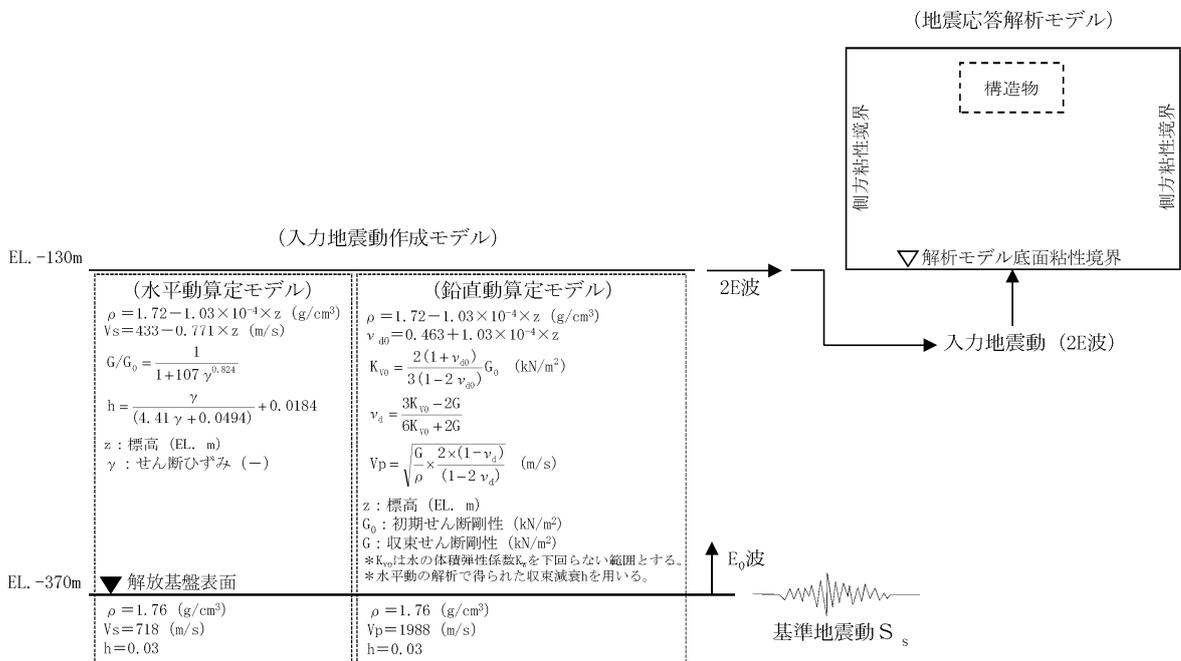
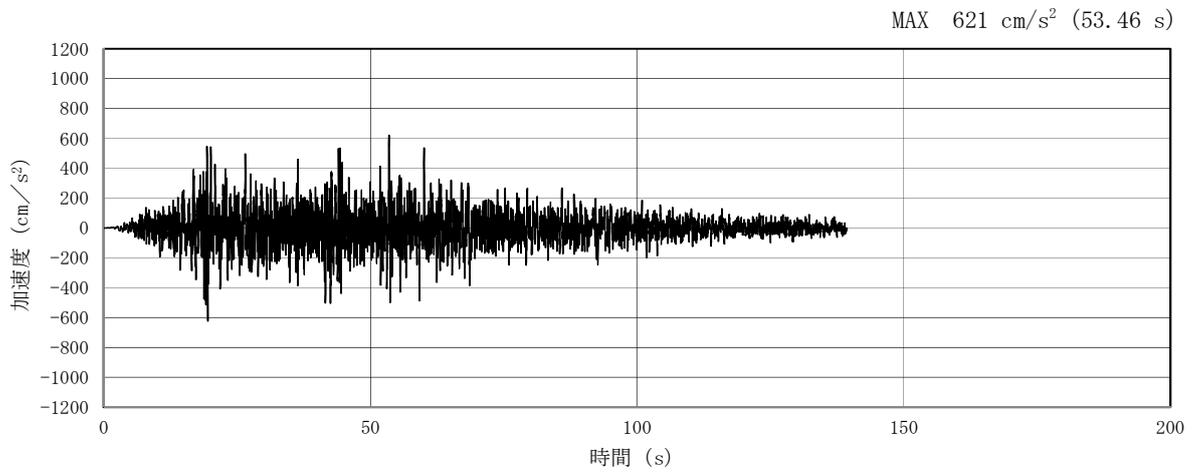
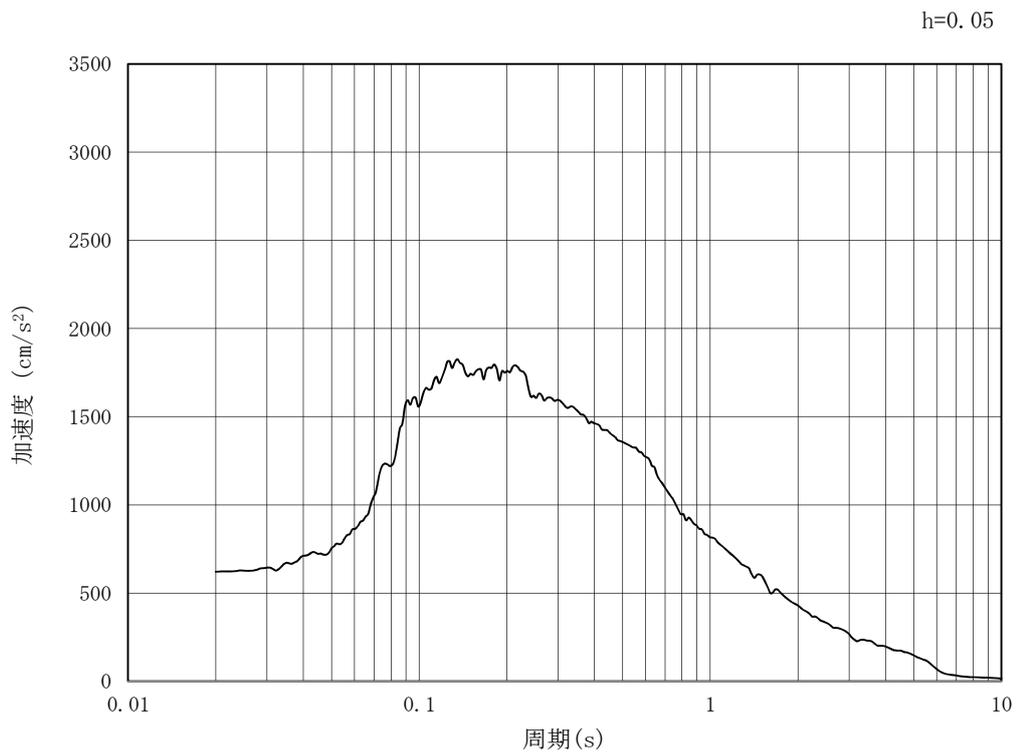


図 6.3-4 入力地震動算定の概念図

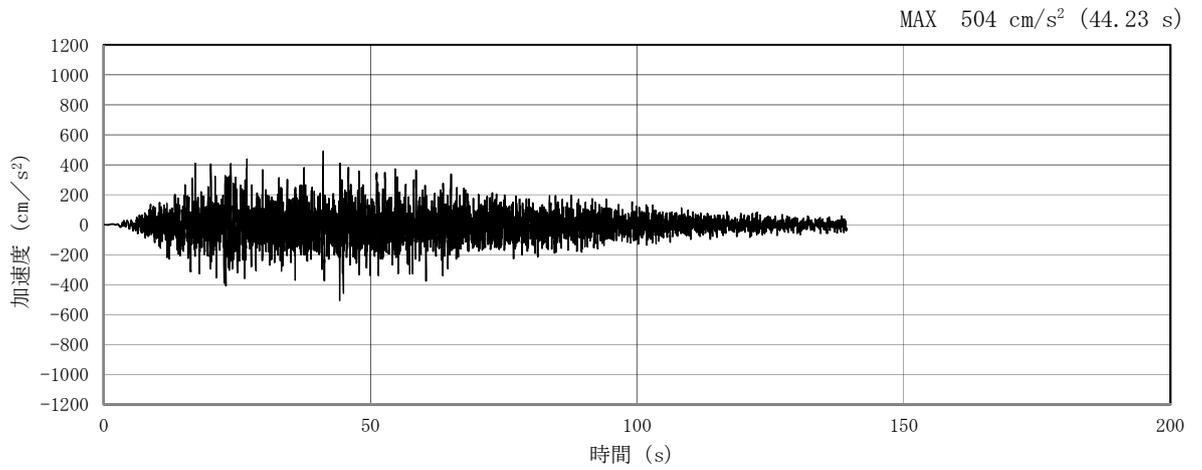


(a) 加速度時刻歴波形

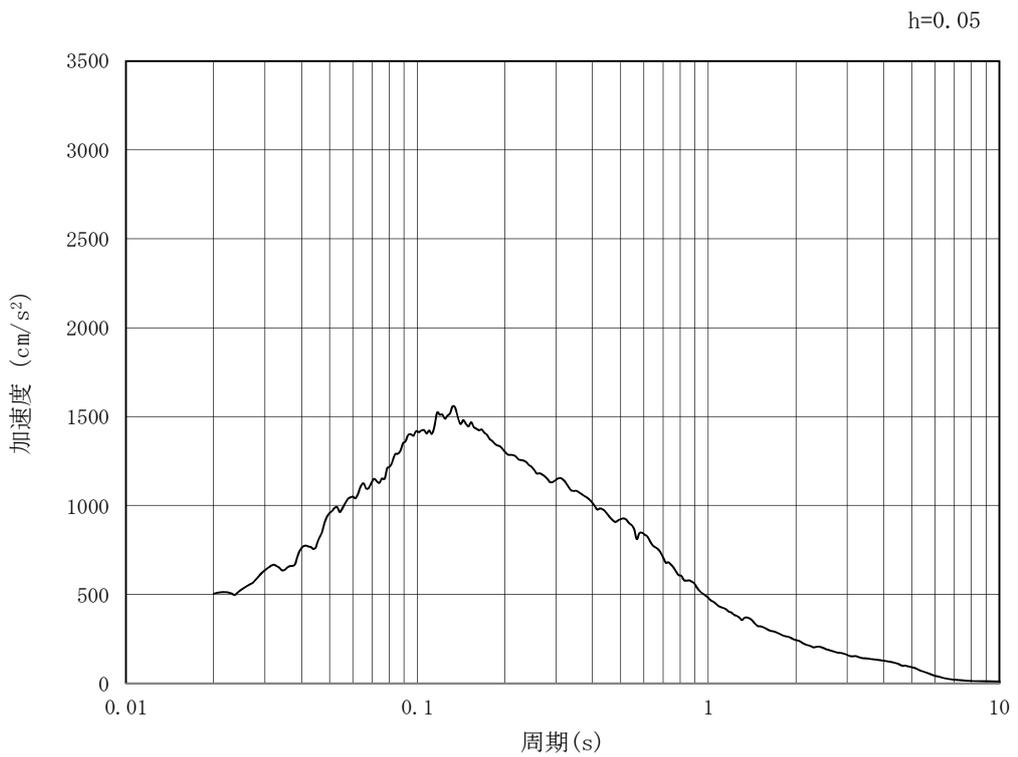


(b) 加速度応答スペクトル

図 6.3-5 (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)

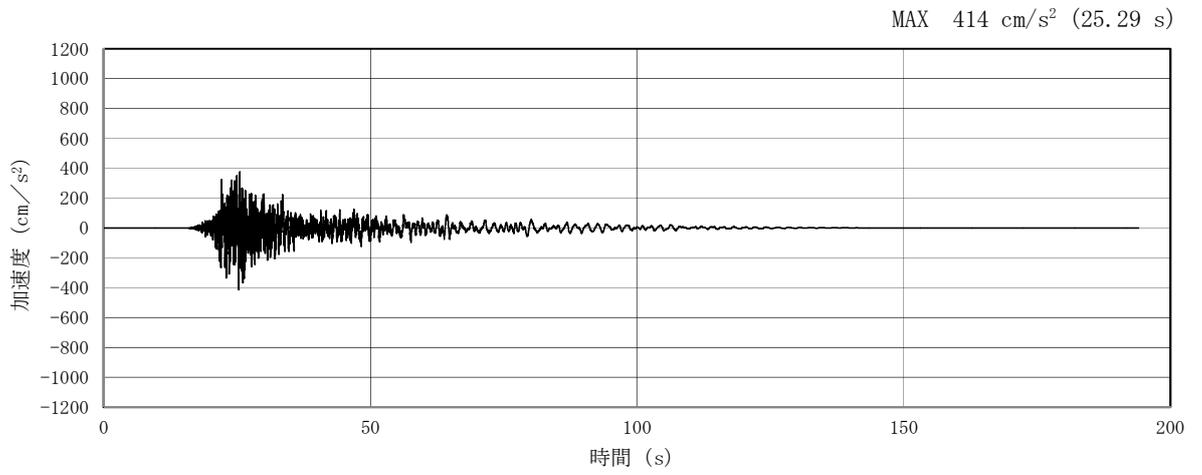


(a) 加速度時刻歴波形

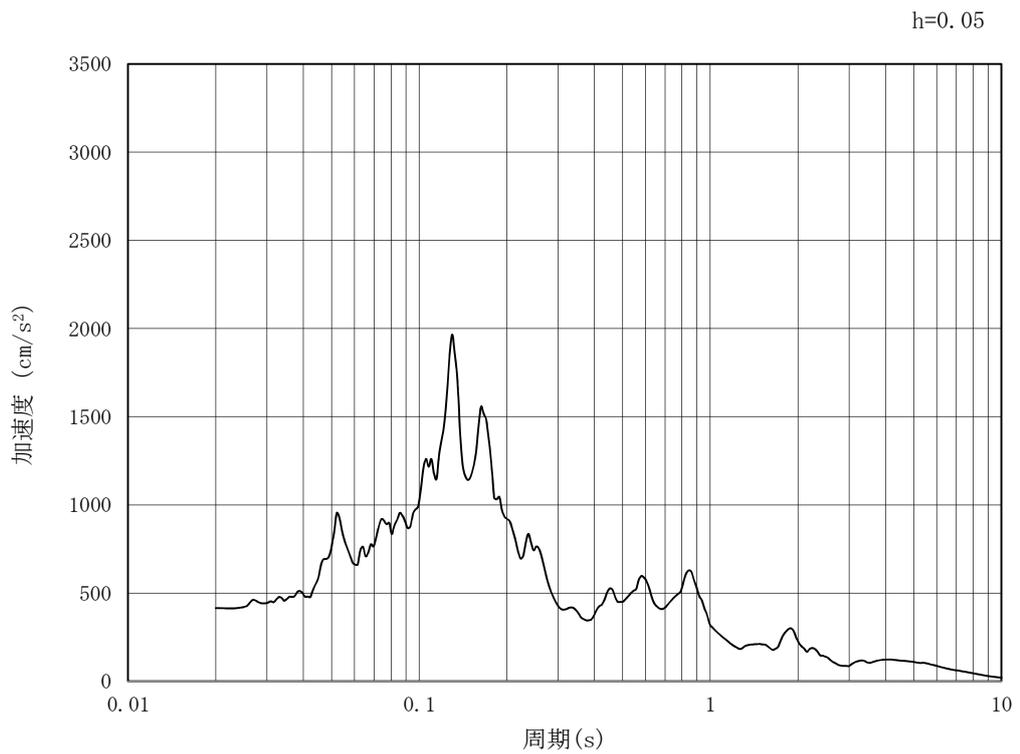


(b) 加速度応答スペクトル

図 6.3-5 (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 : $S_s - D 1$)

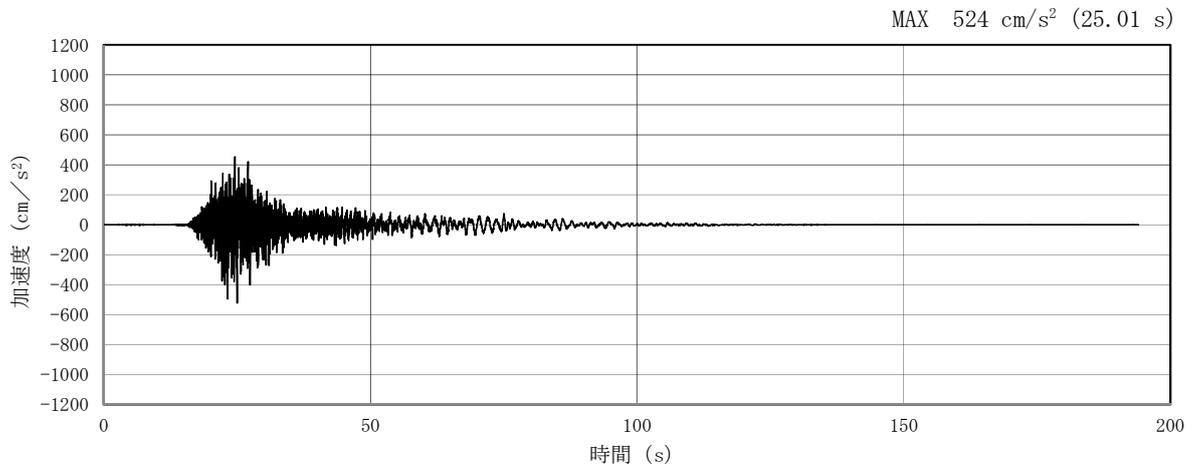


(a) 加速度時刻歴波形

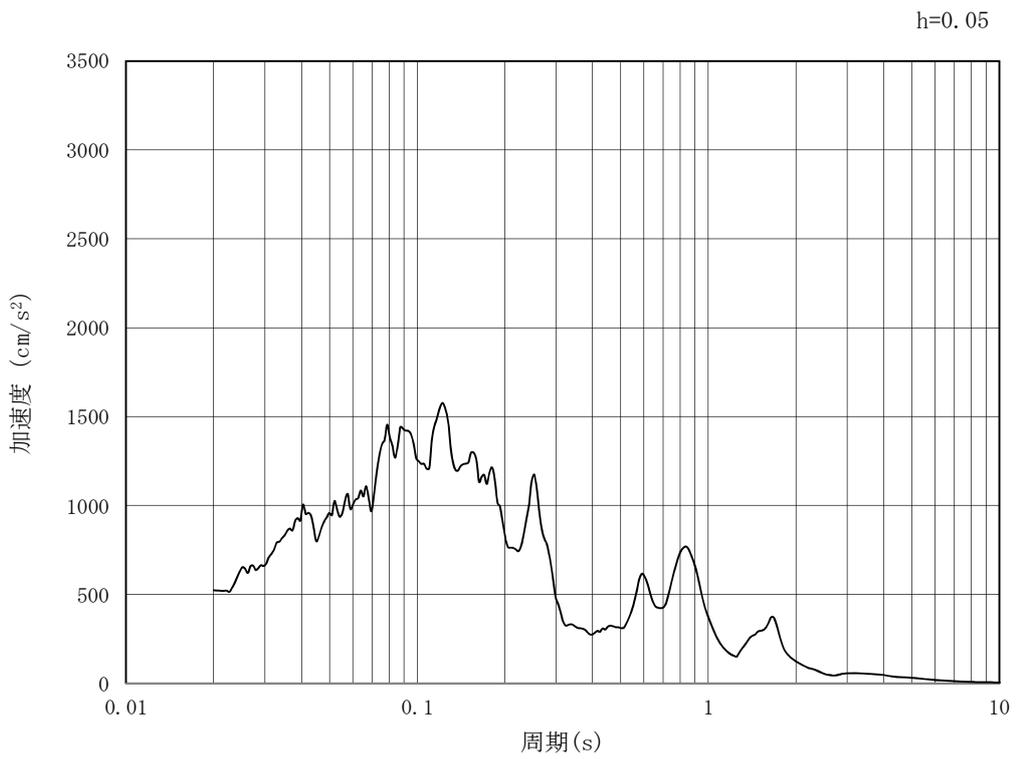


(b) 加速度応答スペクトル

図 6.3-5 (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 : $S_s - 11$)

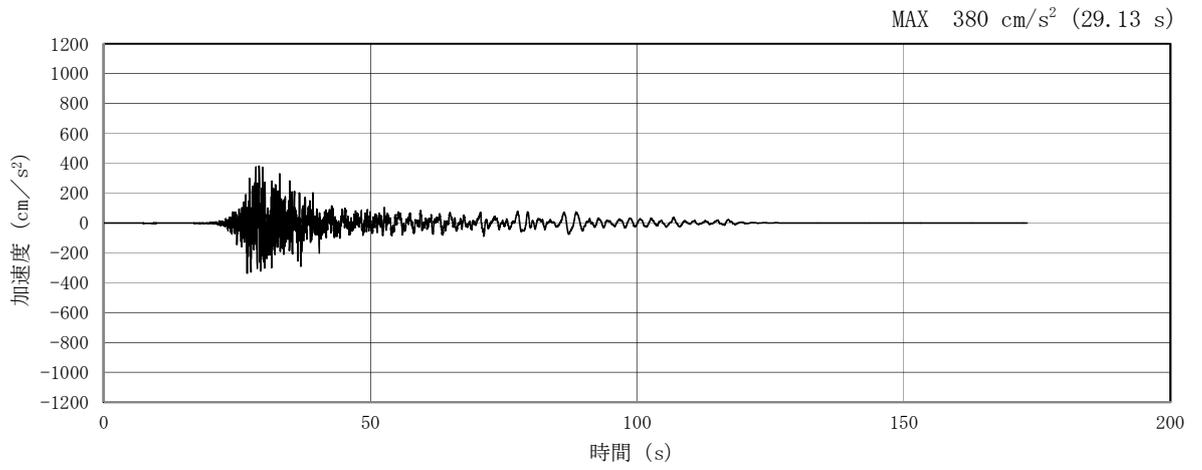


(a) 加速度時刻歴波形

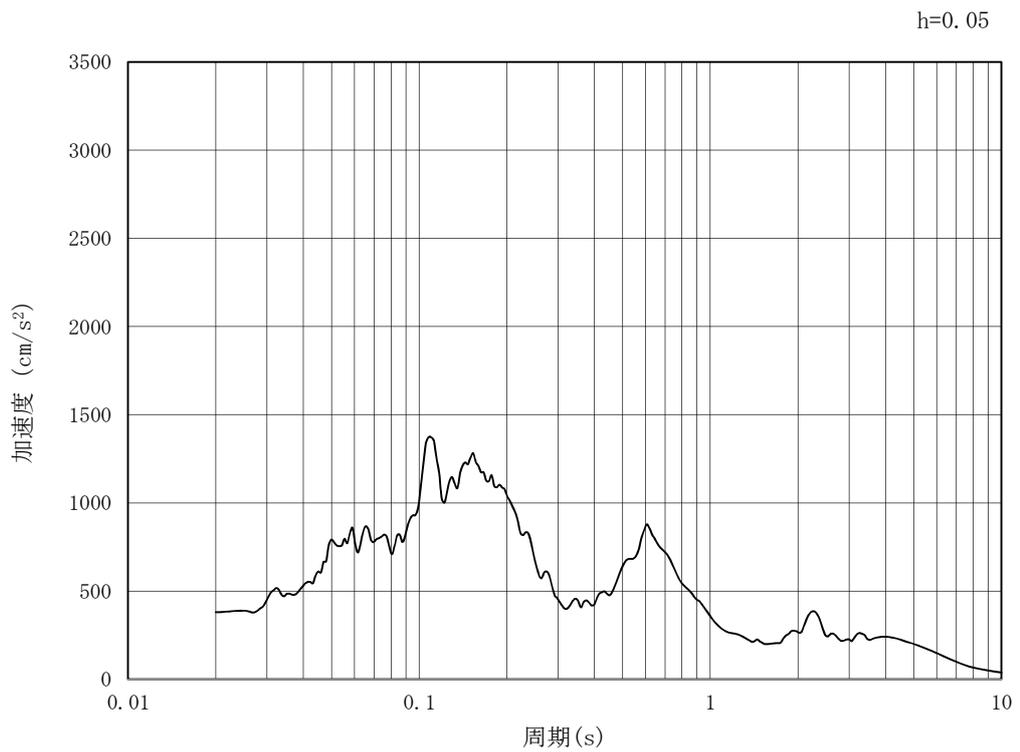


(b) 加速度応答スペクトル

図 6.3-5 (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 : $S_s - 1.1$)

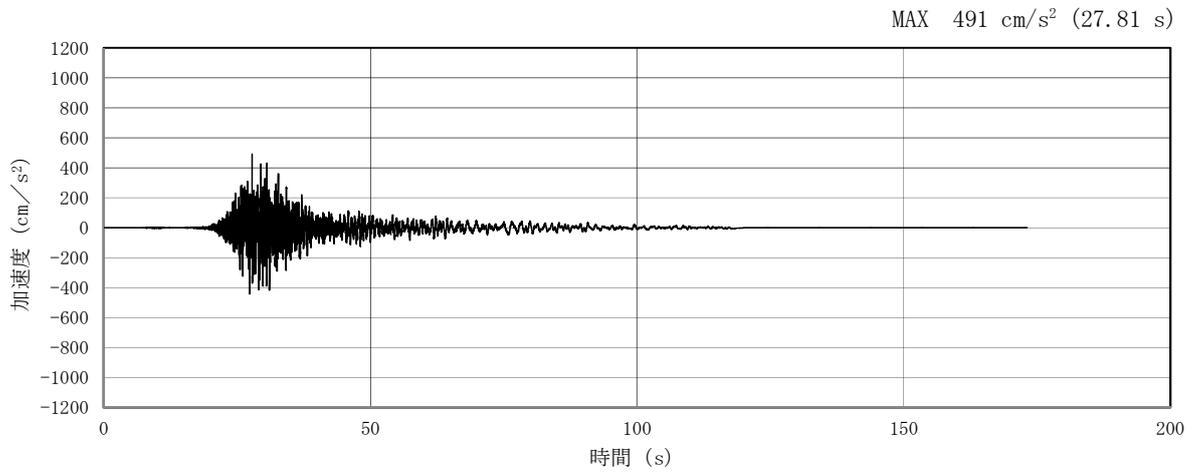


(a) 加速度時刻歴波形

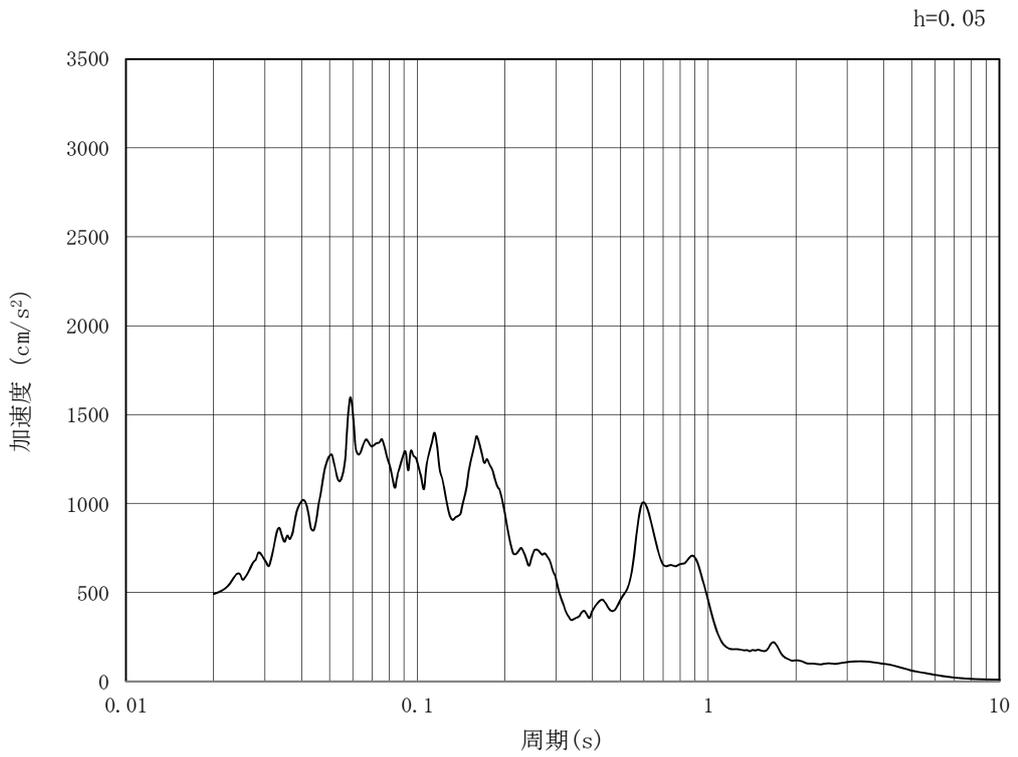


(b) 加速度応答スペクトル

図 6.3-5 (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: $S_s - 1.2$)

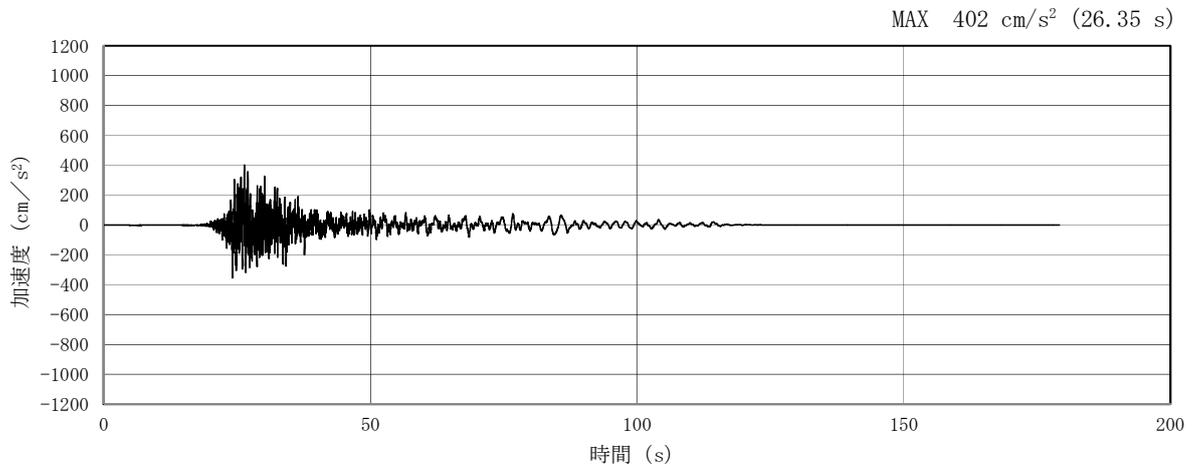


(a) 加速度時刻歴波形

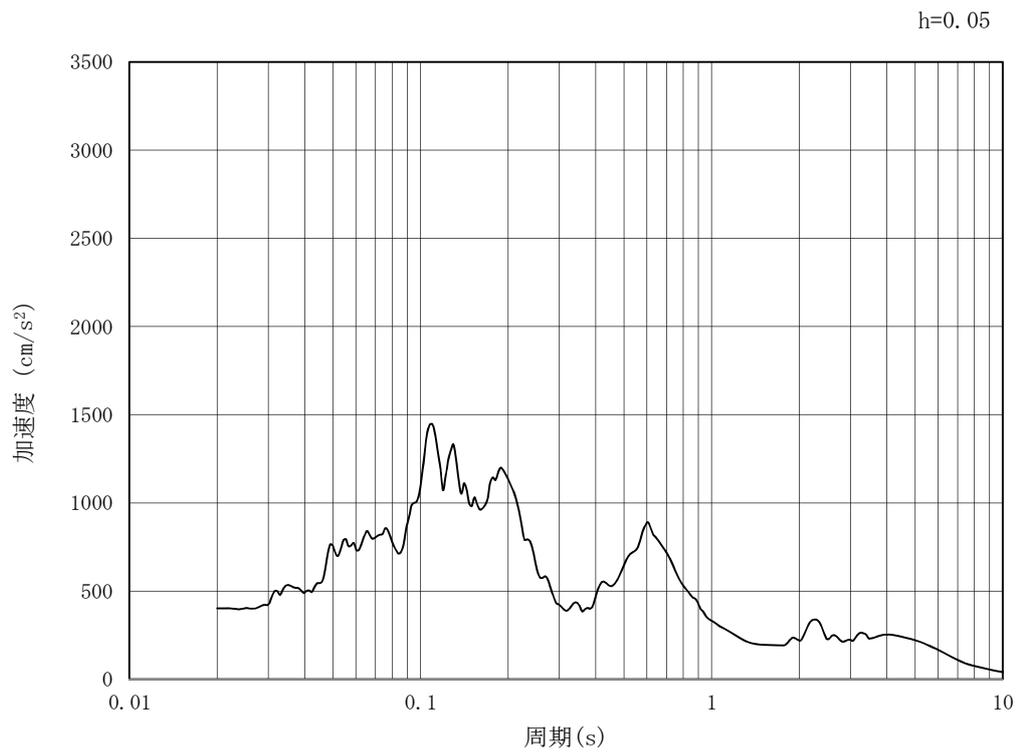


(b) 加速度応答スペクトル

図 6.3-5 (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 : $S_s - 1.2$)

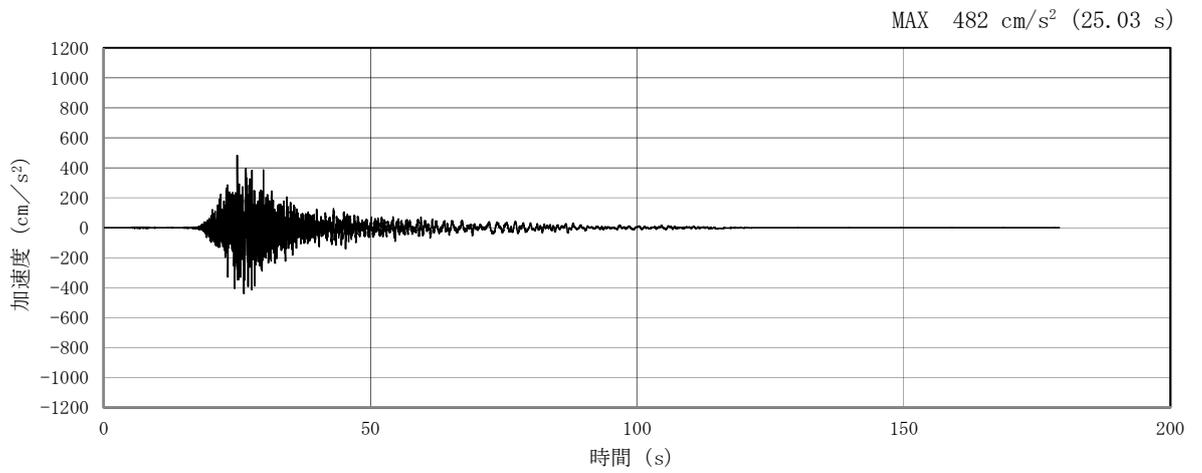


(a) 加速度時刻歴波形

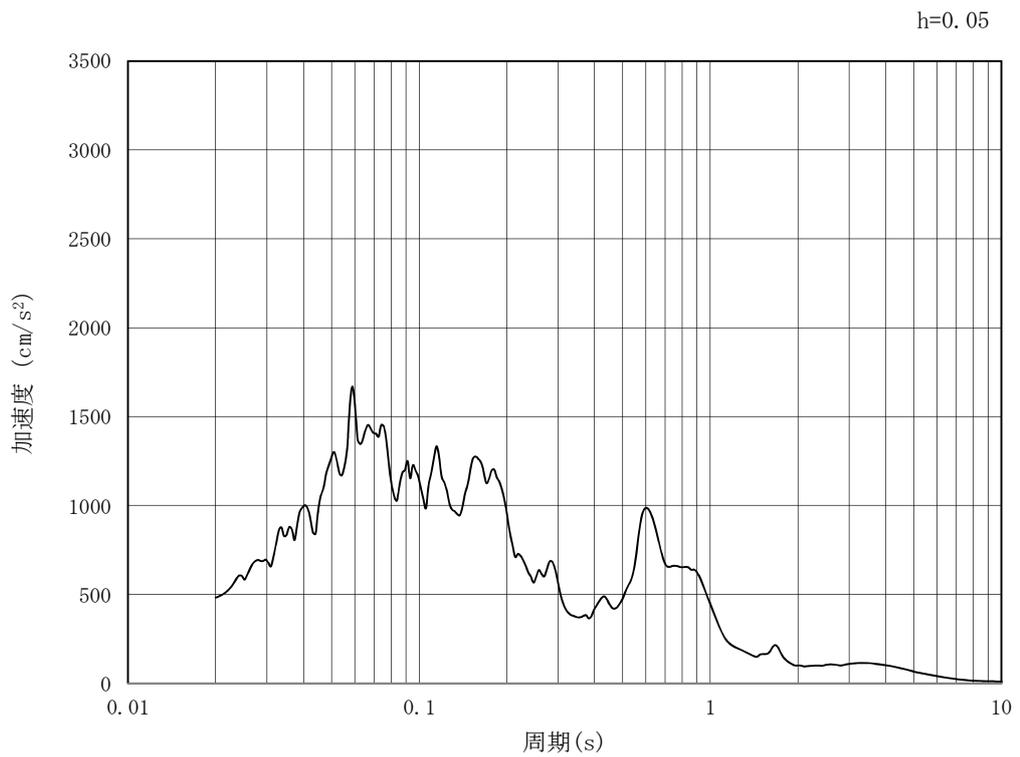


(b) 加速度応答スペクトル

図 6.3-5 (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 : $S_s - 1.3$)

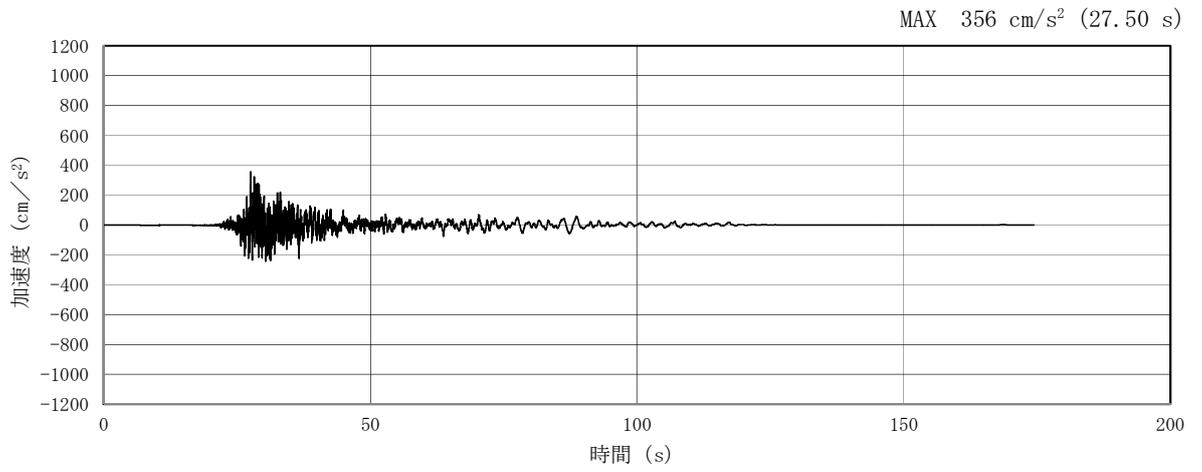


(a) 加速度時刻歴波形

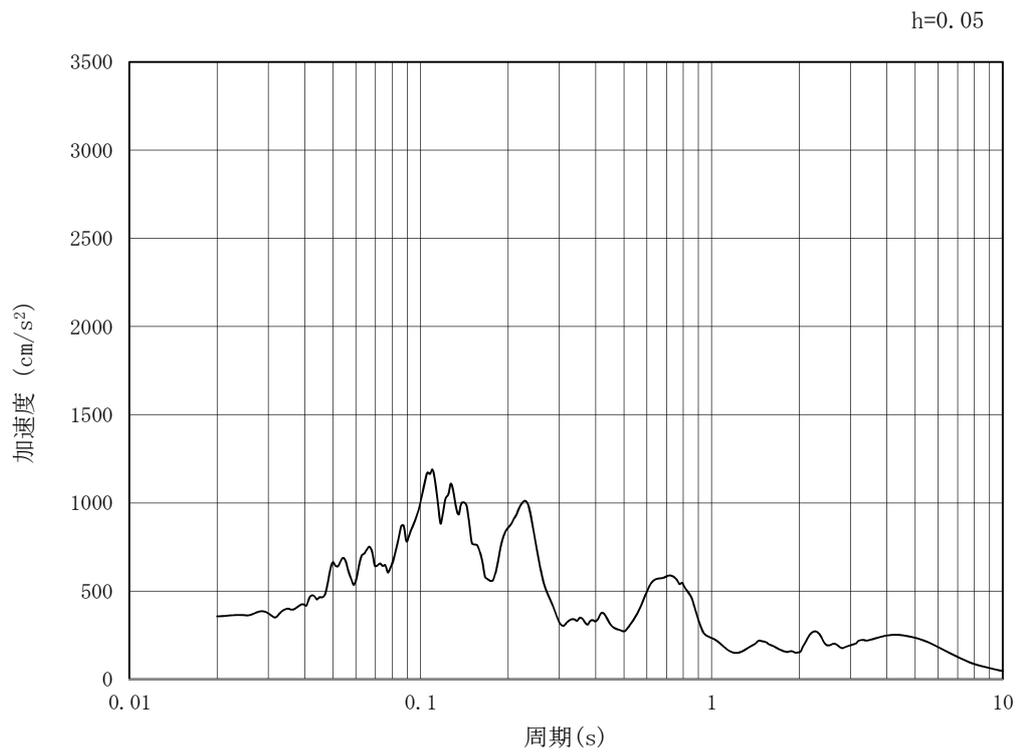


(b) 加速度応答スペクトル

図 6.3-5 (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 : $S_s - 1.3$)

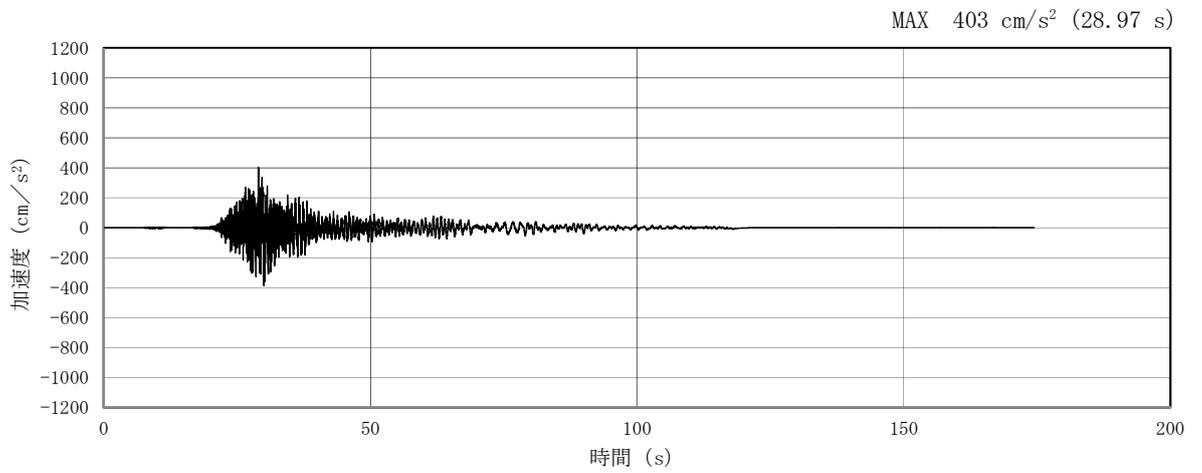


(a) 加速度時刻歴波形

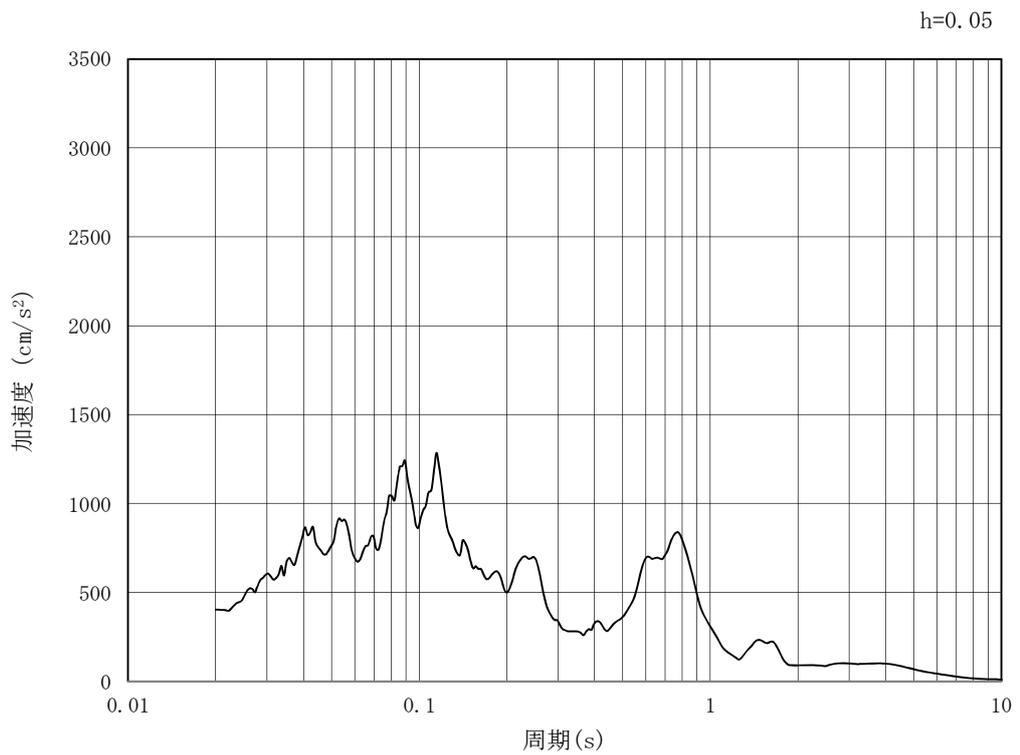


(b) 加速度応答スペクトル

図 6.3-5 (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)

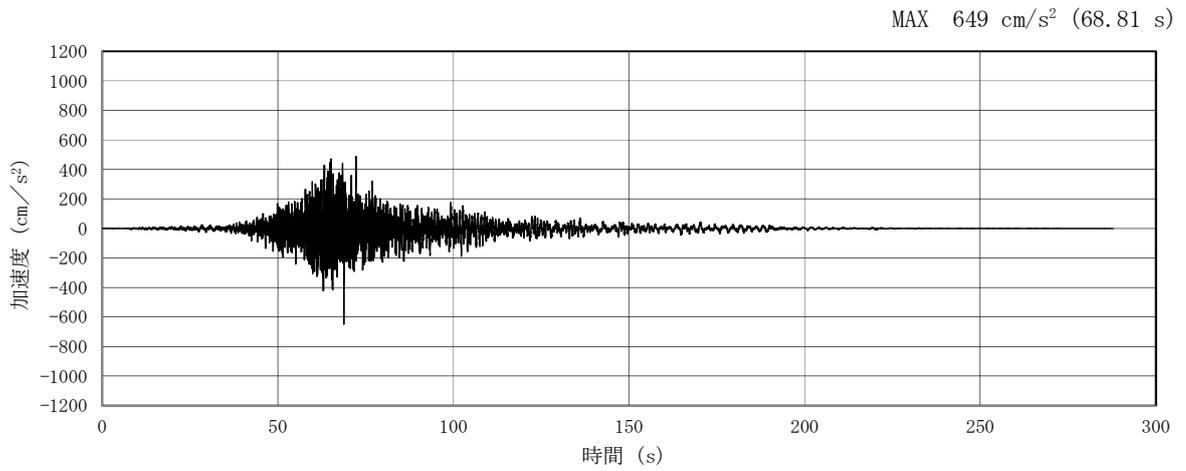


(a) 加速度時刻歴波形

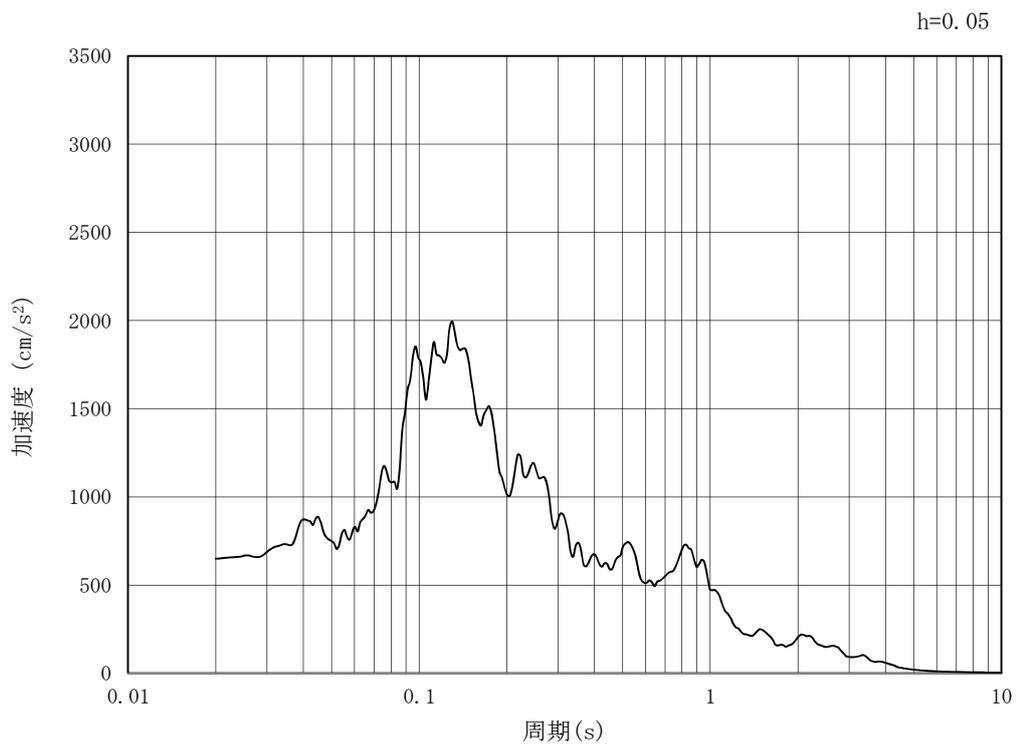


(b) 加速度応答スペクトル

図 6.3-5 (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 : $S_s - 1.4$)

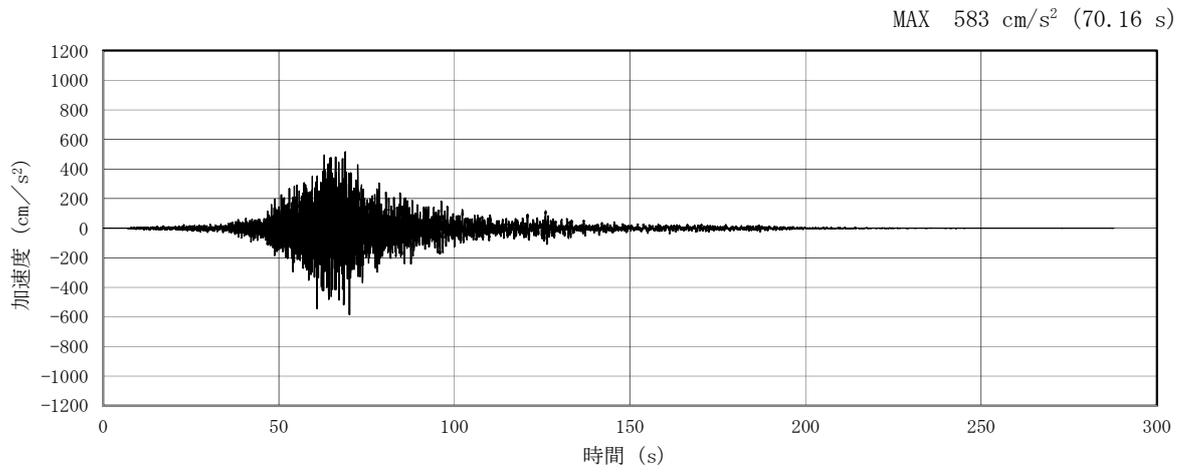


(a) 加速度時刻歴波形

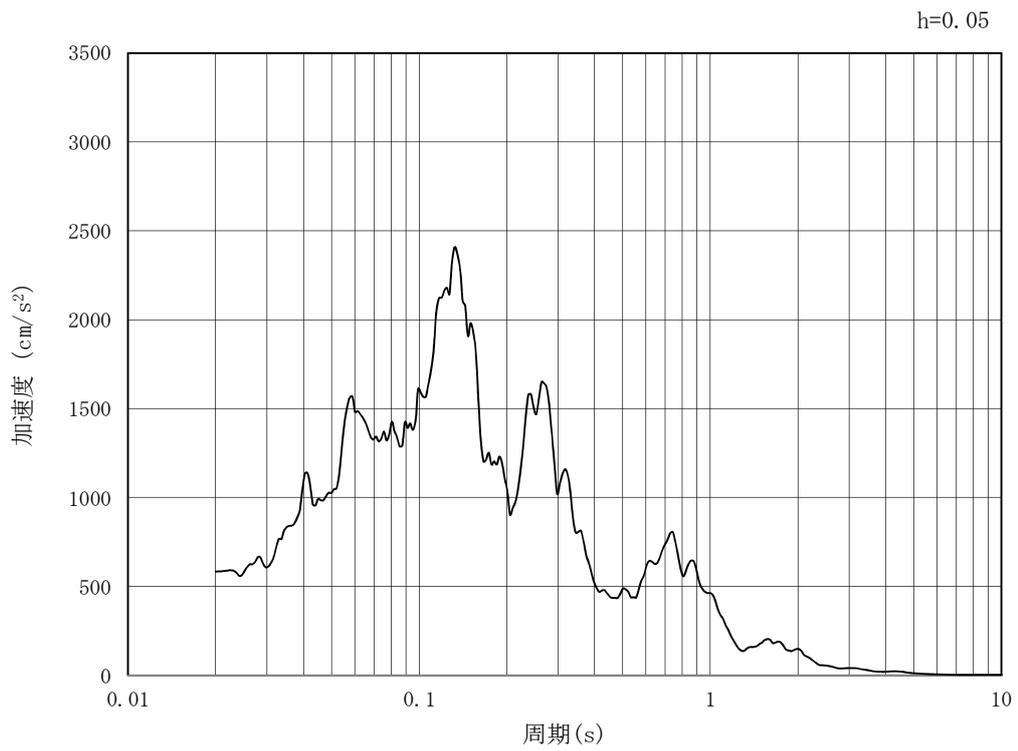


(b) 加速度応答スペクトル

図 6.3-5 (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)

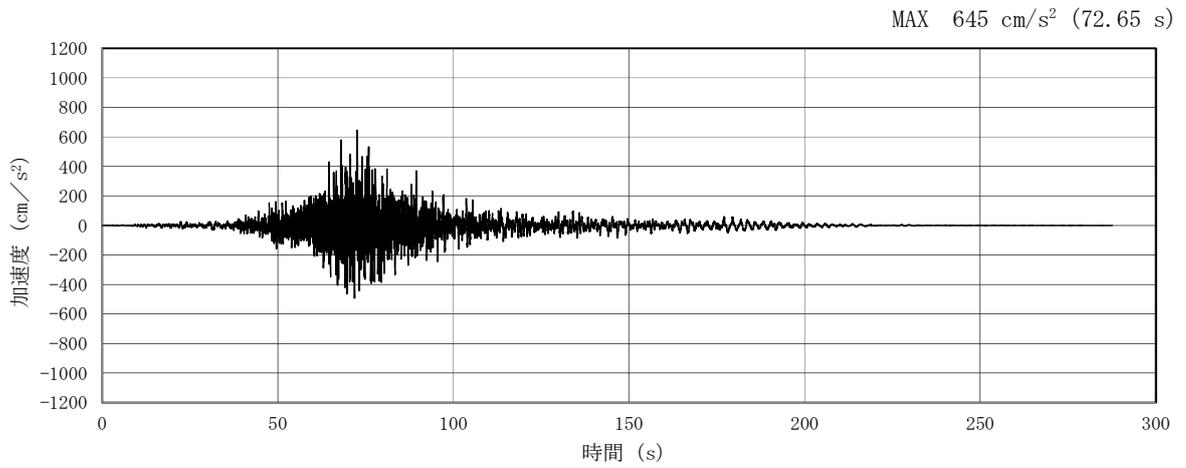


(a) 加速度時刻歴波形

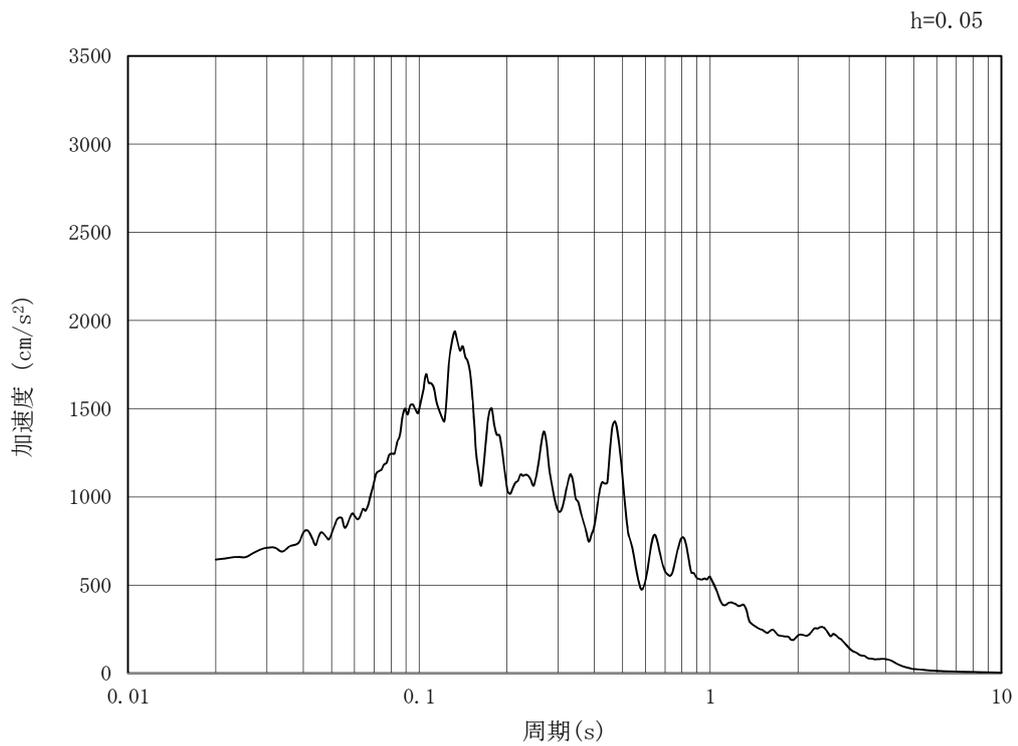


(b) 加速度応答スペクトル

図 6.3-5 (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 : $S_s - 21$)

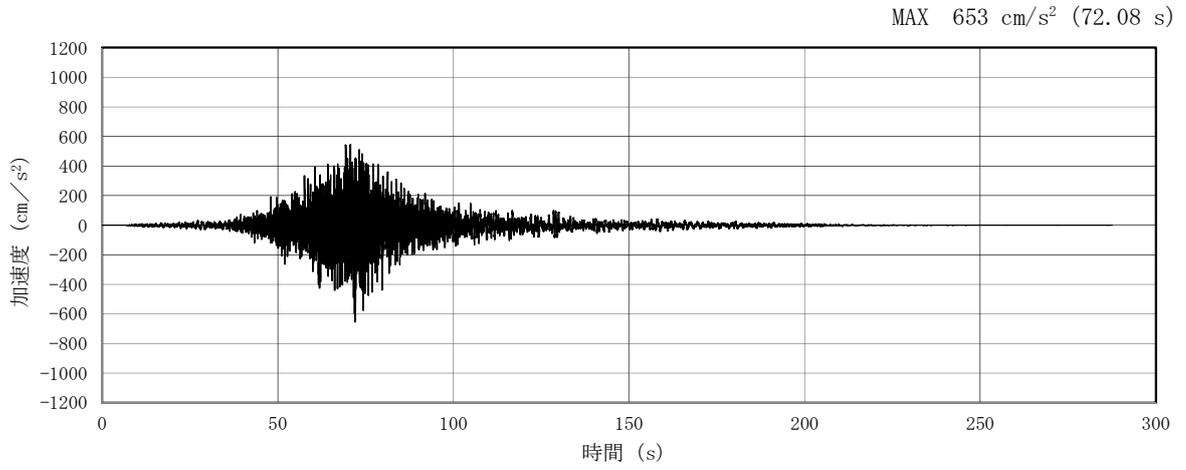


(a) 加速度時刻歴波形

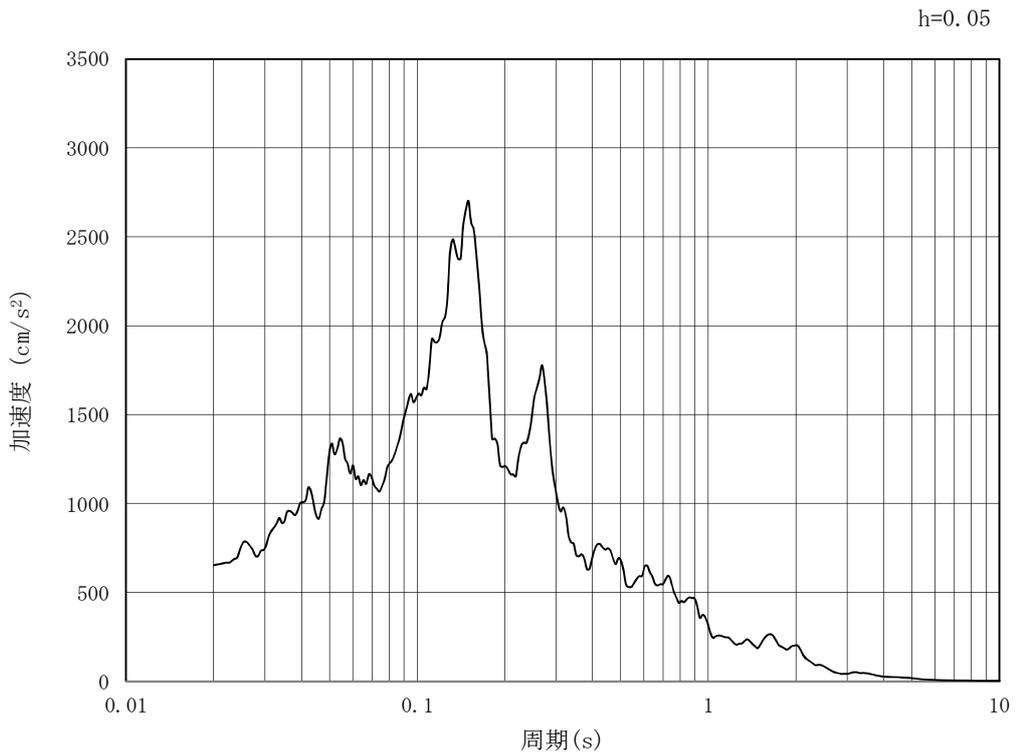


(b) 加速度応答スペクトル

図 6.3-5 (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: $S_s - 22$)

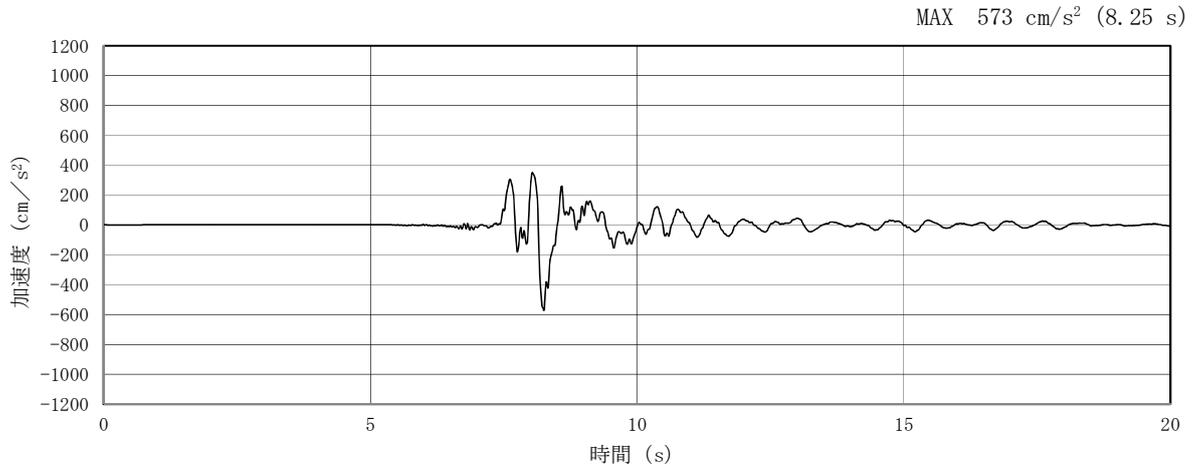


(a) 加速度時刻歴波形

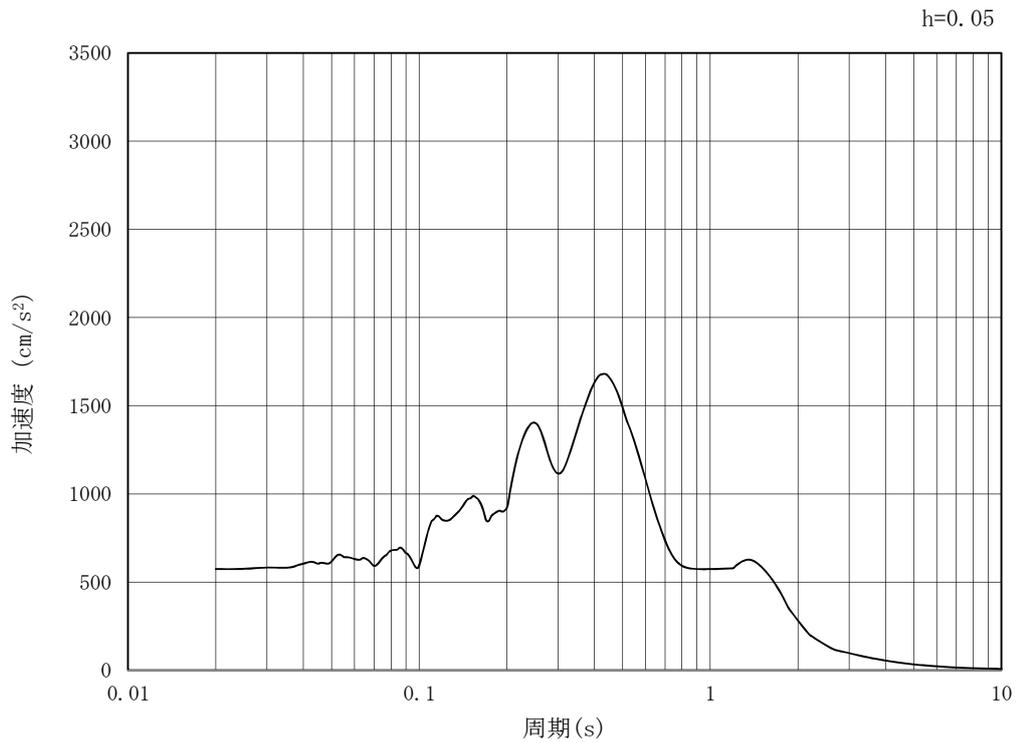


(b) 加速度応答スペクトル

図 6.3-5 (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 : $S_s - 2.2$)

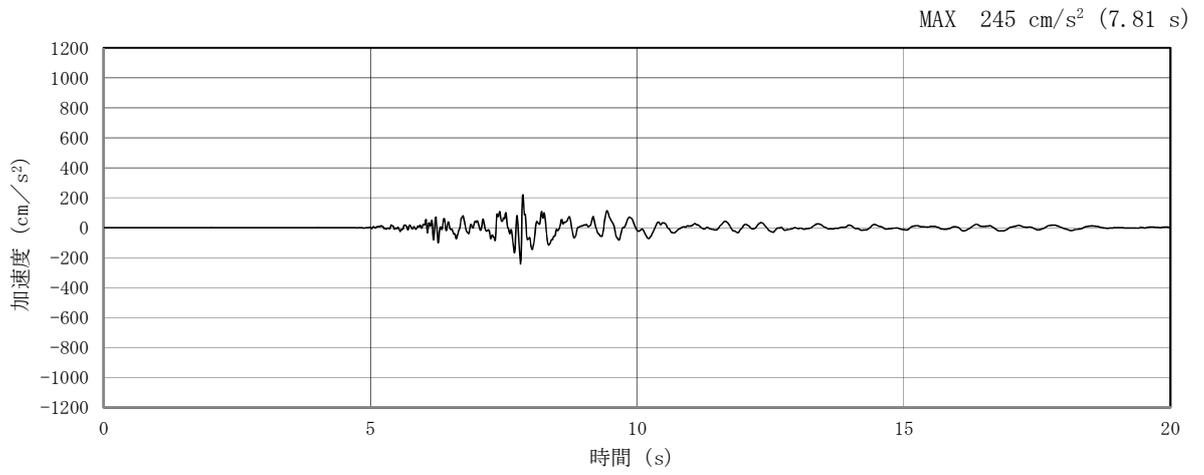


(a) 加速度時刻歴波形

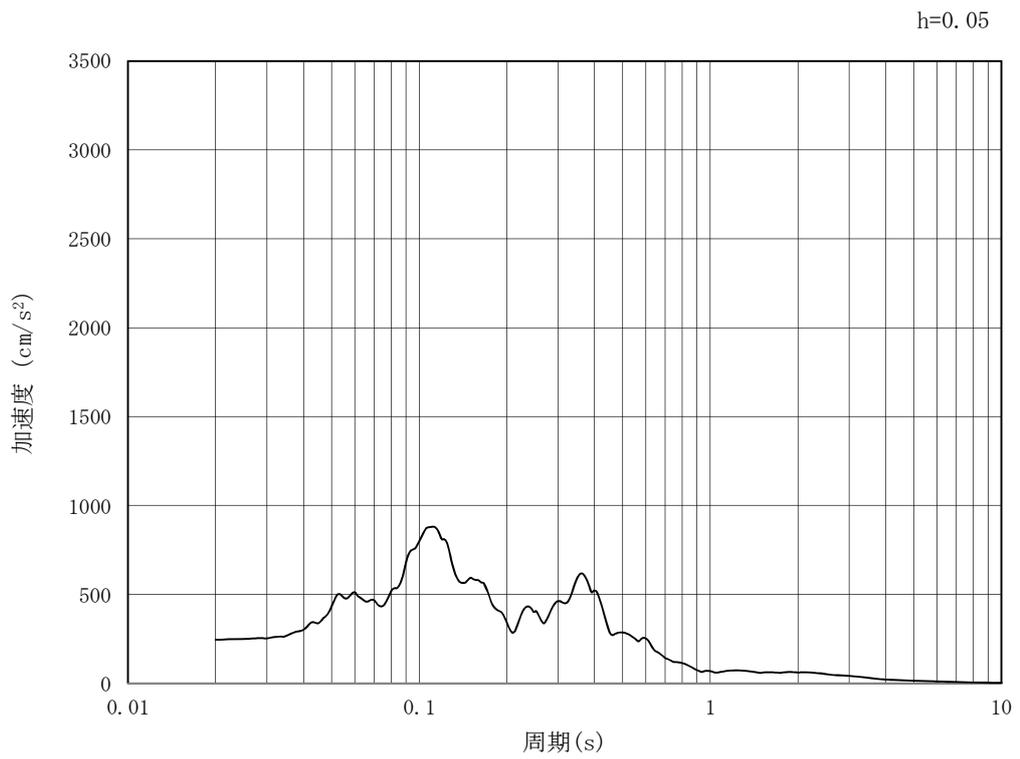


(b) 加速度応答スペクトル

図 6.3-5 (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: $S_s - 31$)

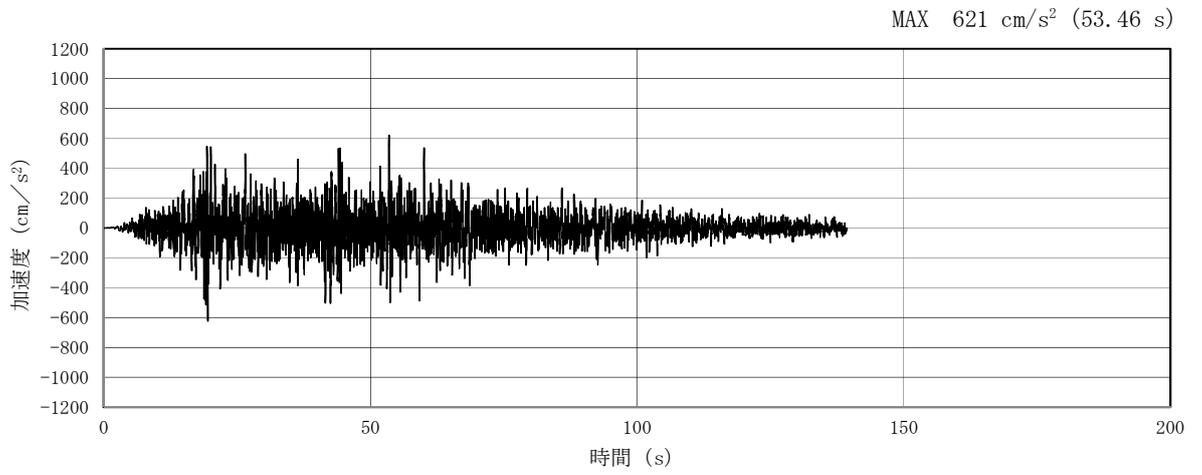


(a) 加速度時刻歴波形

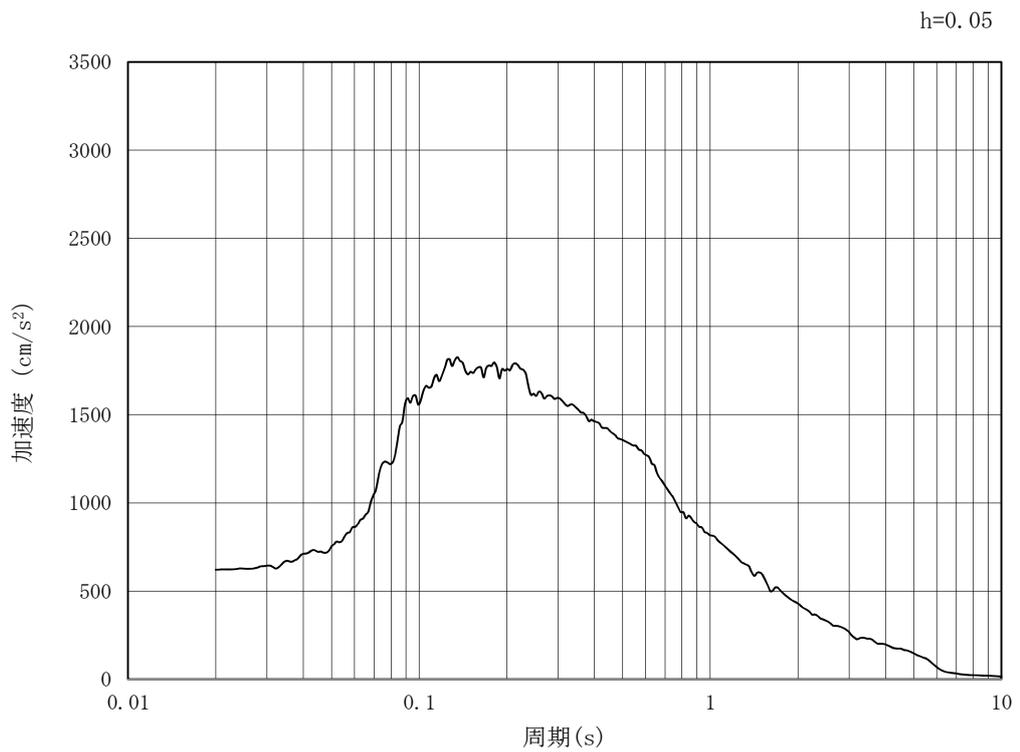


(b) 加速度応答スペクトル

図 6.3-5 (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)

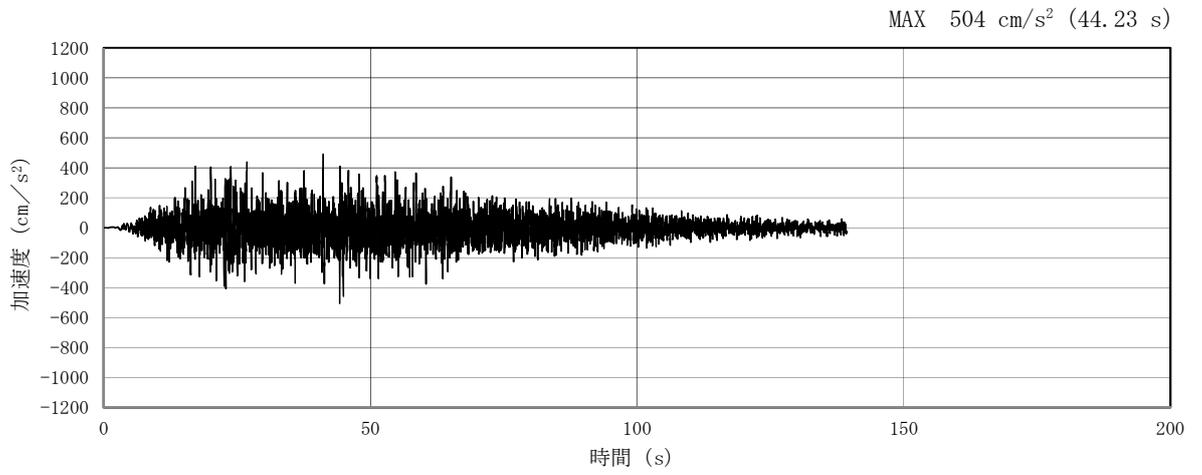


(a) 加速度時刻歴波形

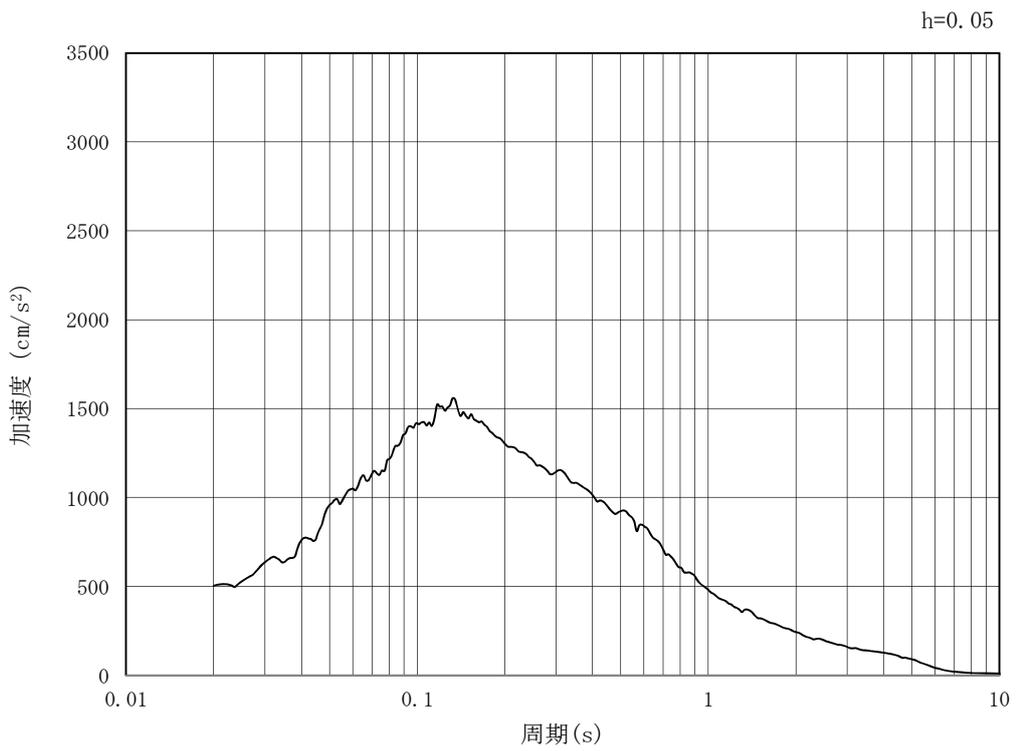


(b) 加速度応答スペクトル

図 6.3-6 (1) 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-D 1)

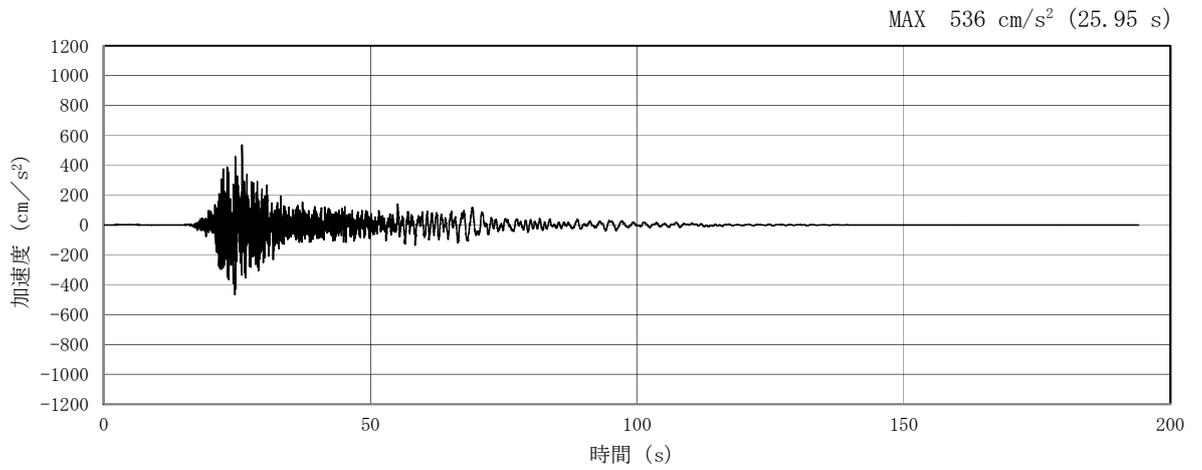


(a) 加速度時刻歴波形

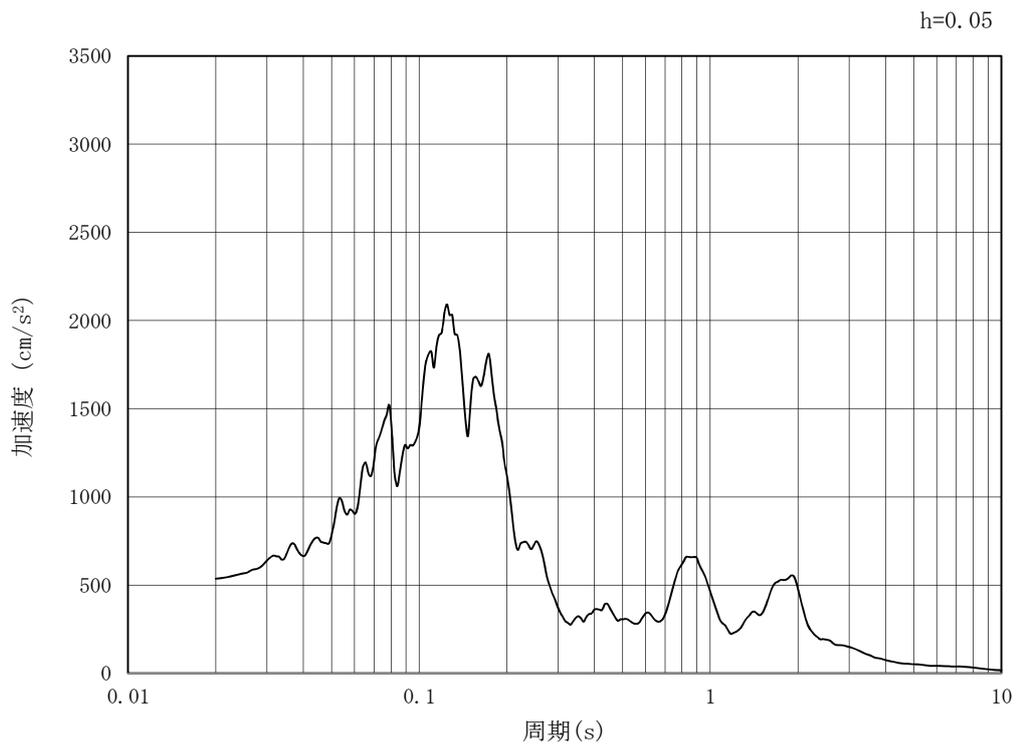


(b) 加速度応答スペクトル

図 6.3-6 (2) 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-D1)

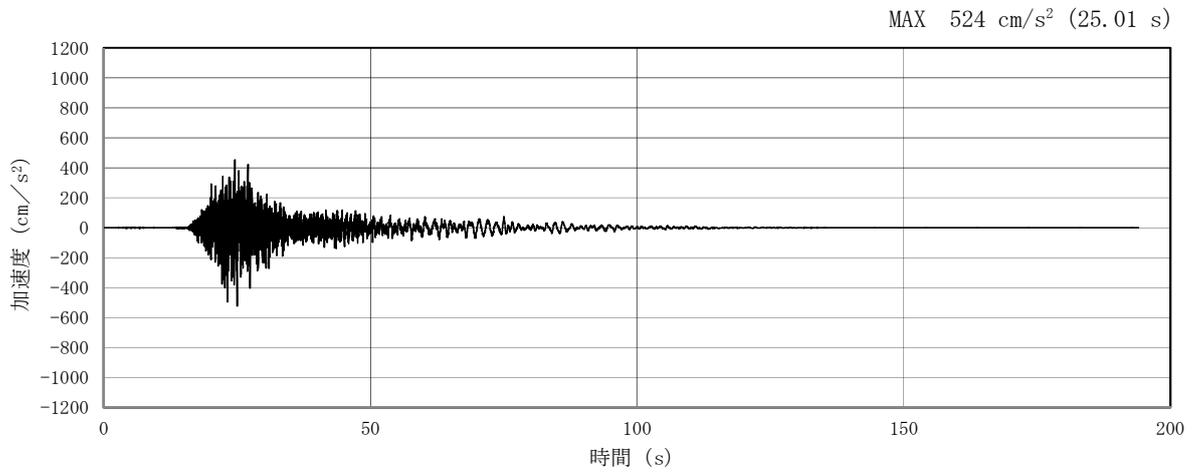


(a) 加速度時刻歴波形

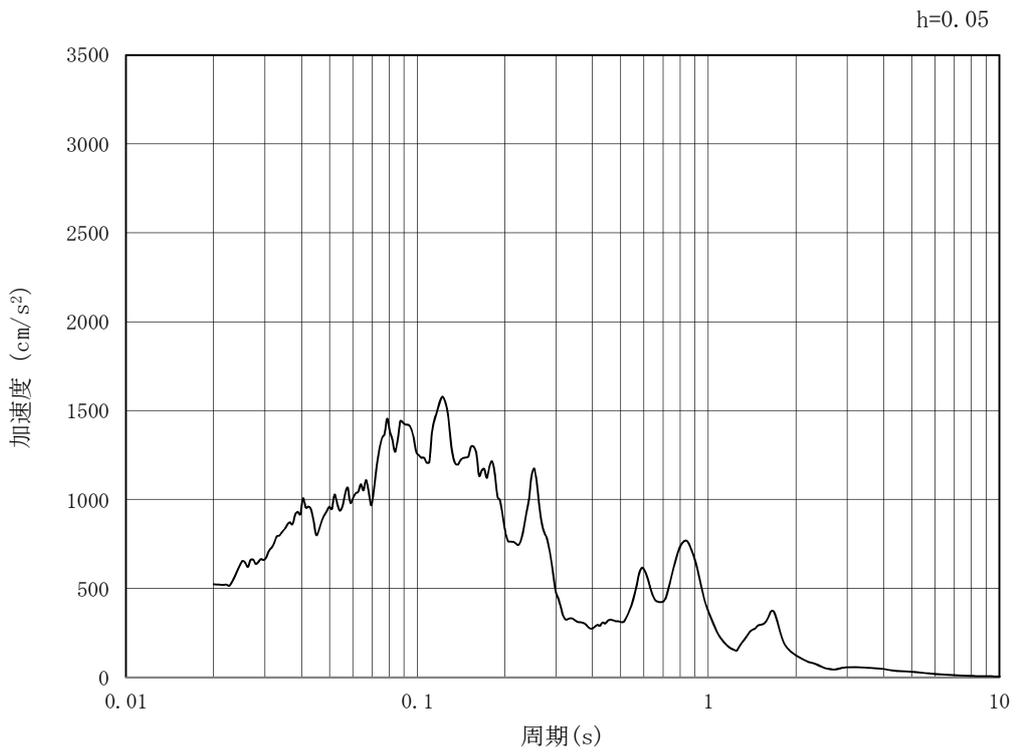


(b) 加速度応答スペクトル

図 6.3-6 (3) 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: $S_s - 1.1$)

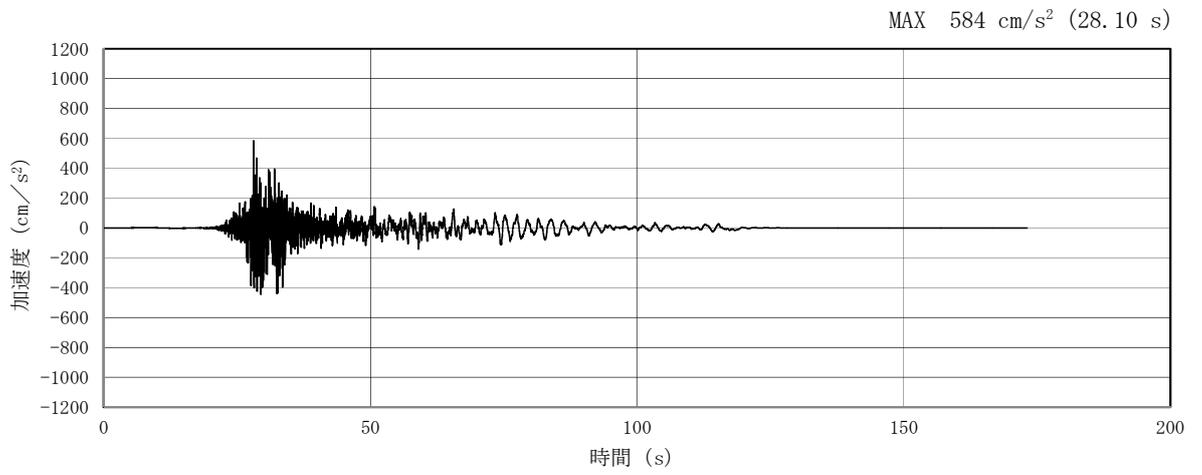


(a) 加速度時刻歴波形

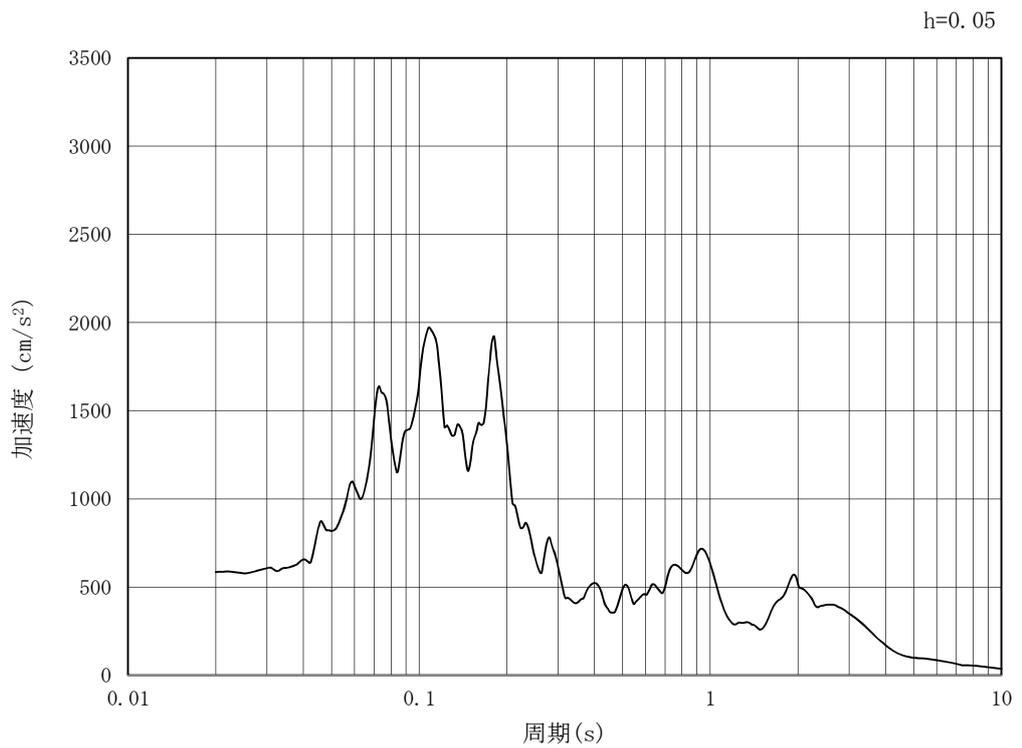


(b) 加速度応答スペクトル

図 6.3-6 (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
(鉛直方向 : $S_s - 11$)

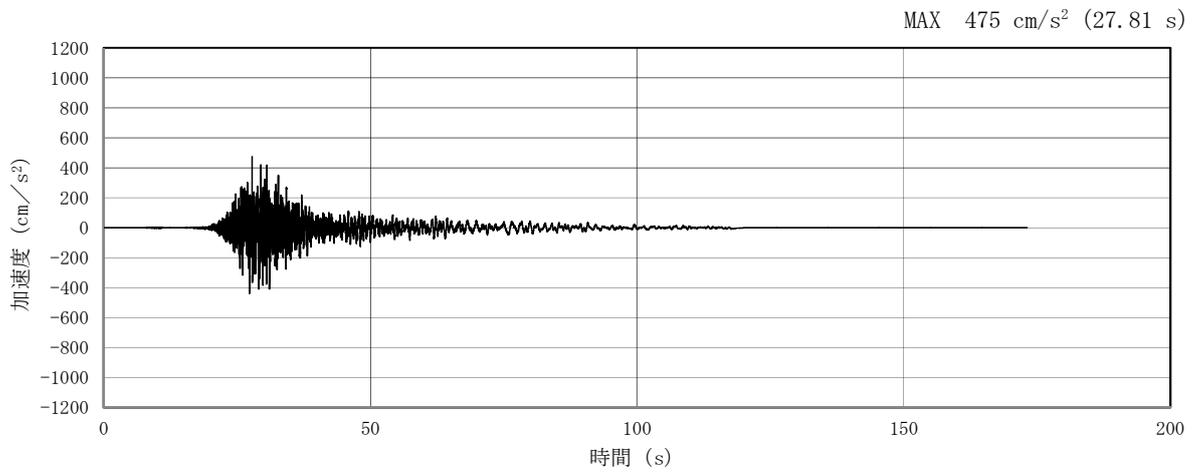


(a) 加速度時刻歴波形

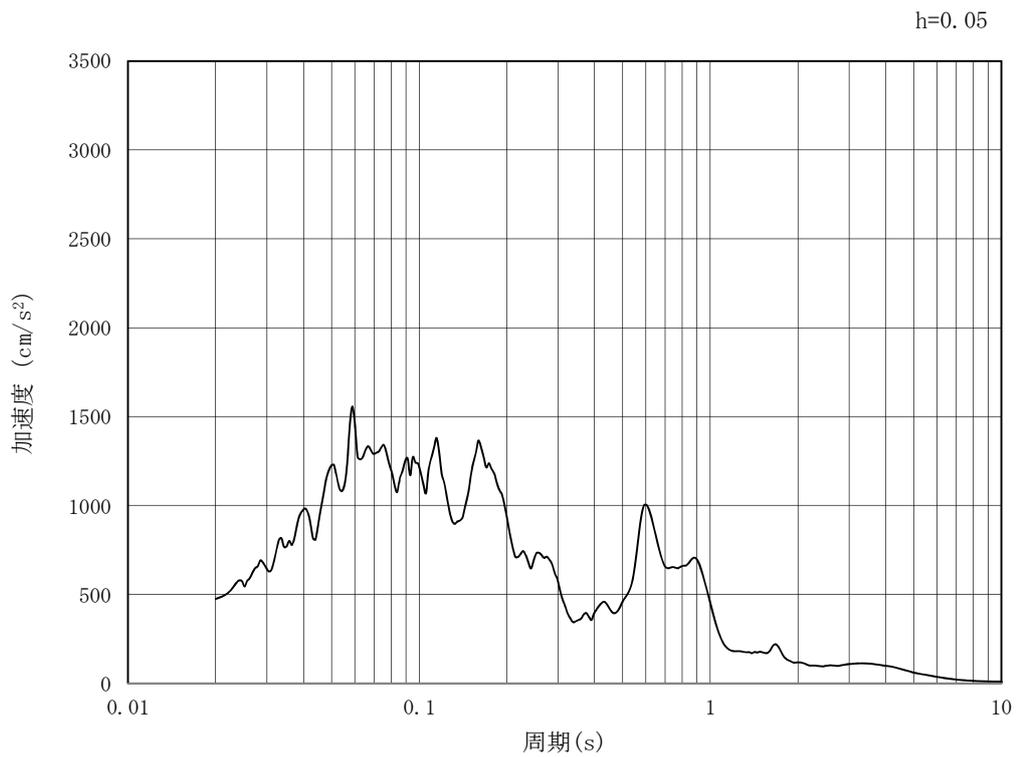


(b) 加速度応答スペクトル

図 6.3-6 (5) 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)

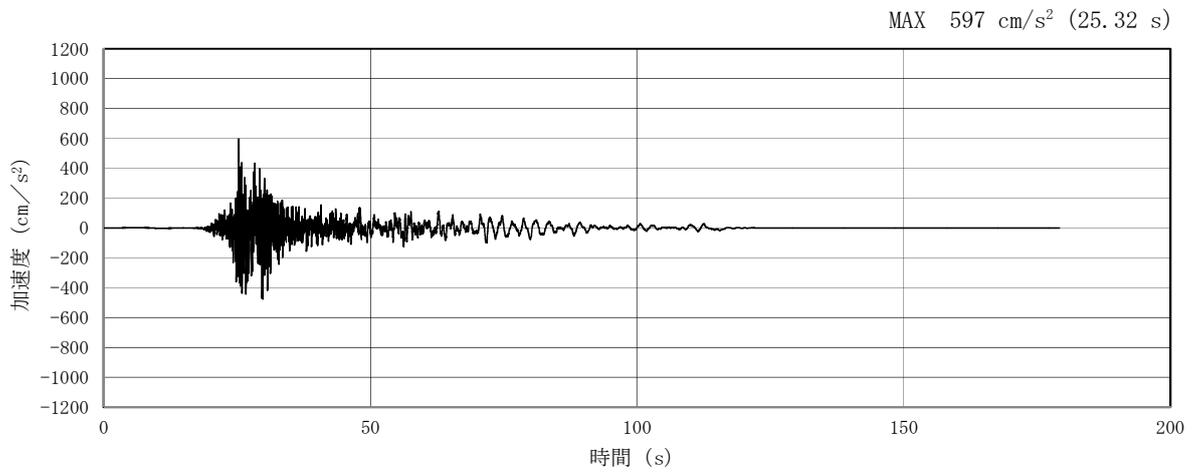


(a) 加速度時刻歴波形

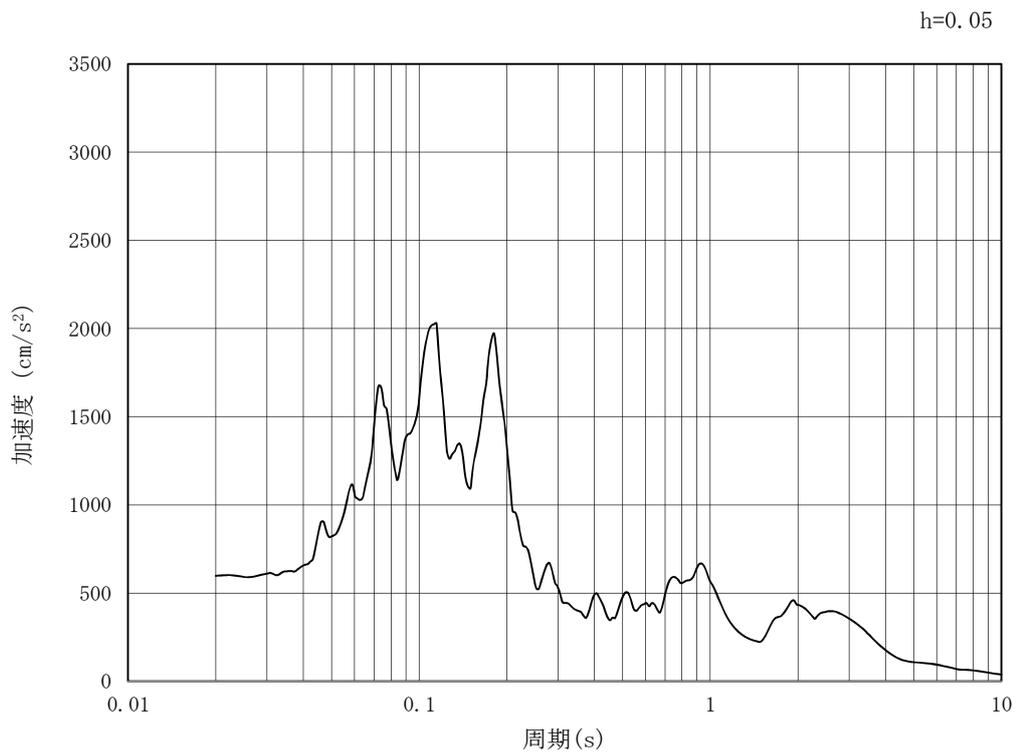


(b) 加速度応答スペクトル

図 6.3-6 (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: $S_s - 1.2$)

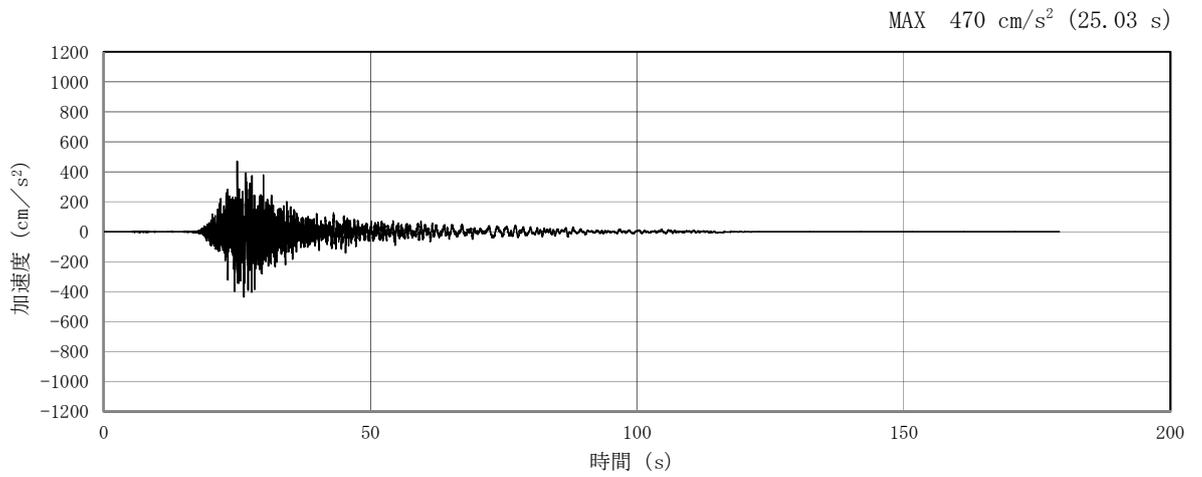


(a) 加速度時刻歴波形

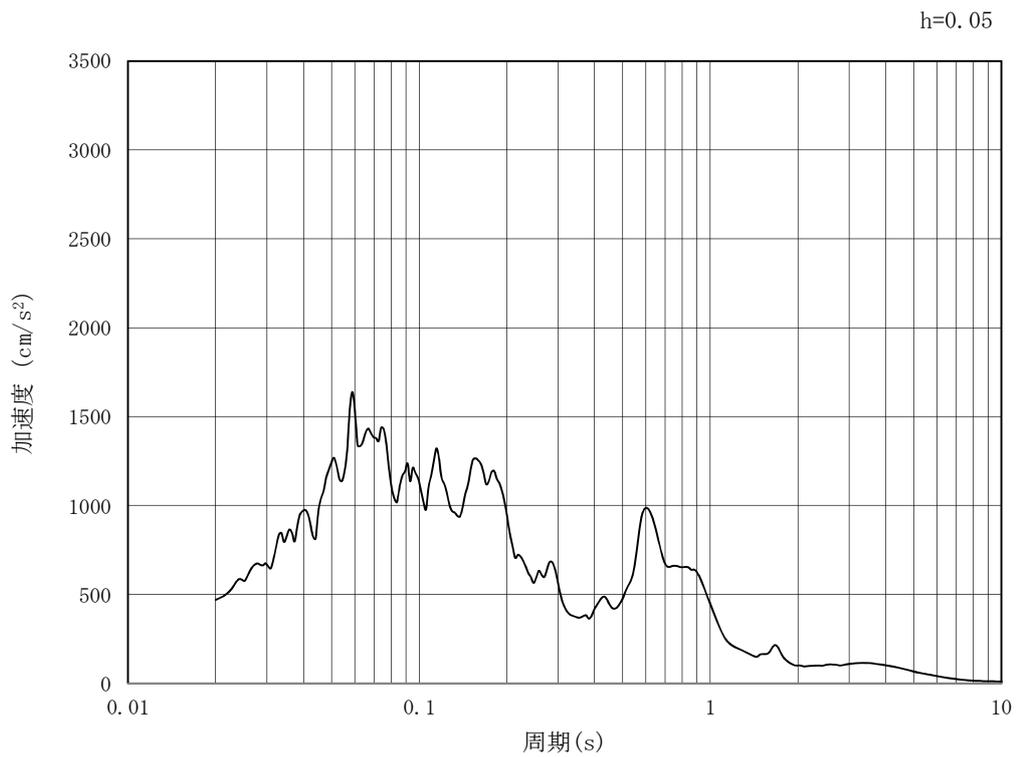


(b) 加速度応答スペクトル

図 6.3-6 (7) 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)

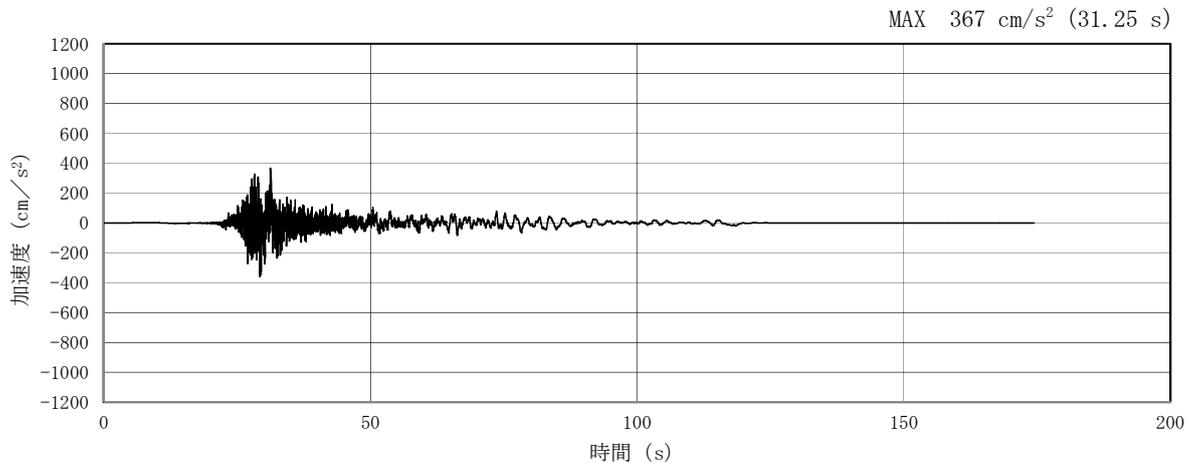


(a) 加速度時刻歴波形

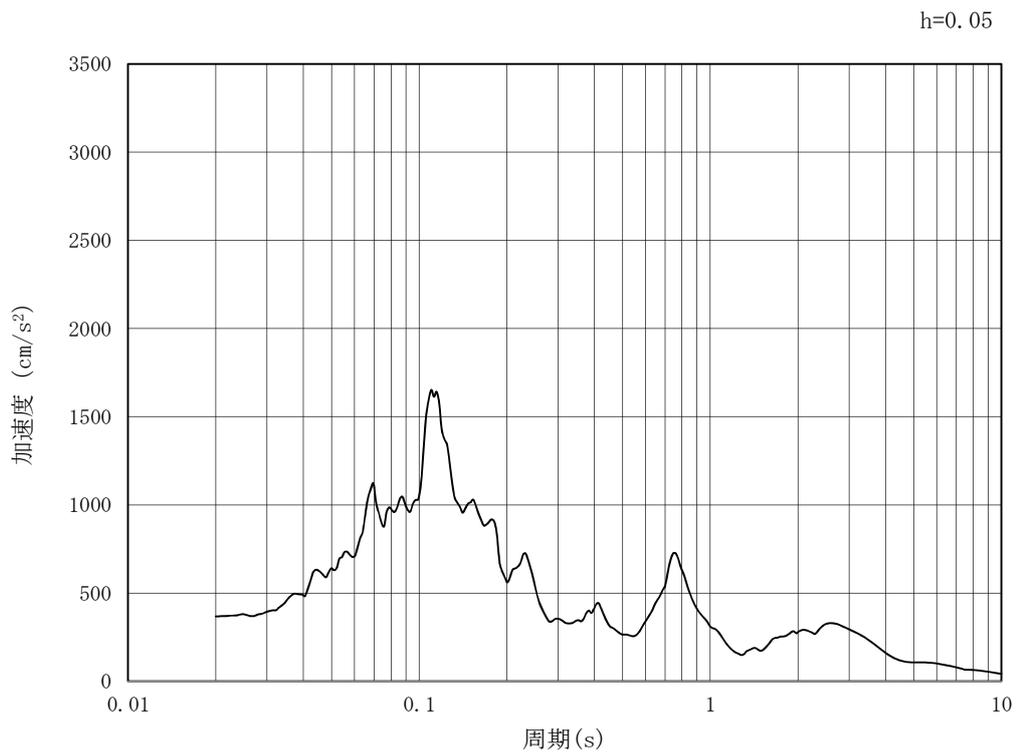


(b) 加速度応答スペクトル

図 6.3-6 (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
(鉛直方向 : S_s - 1 3)

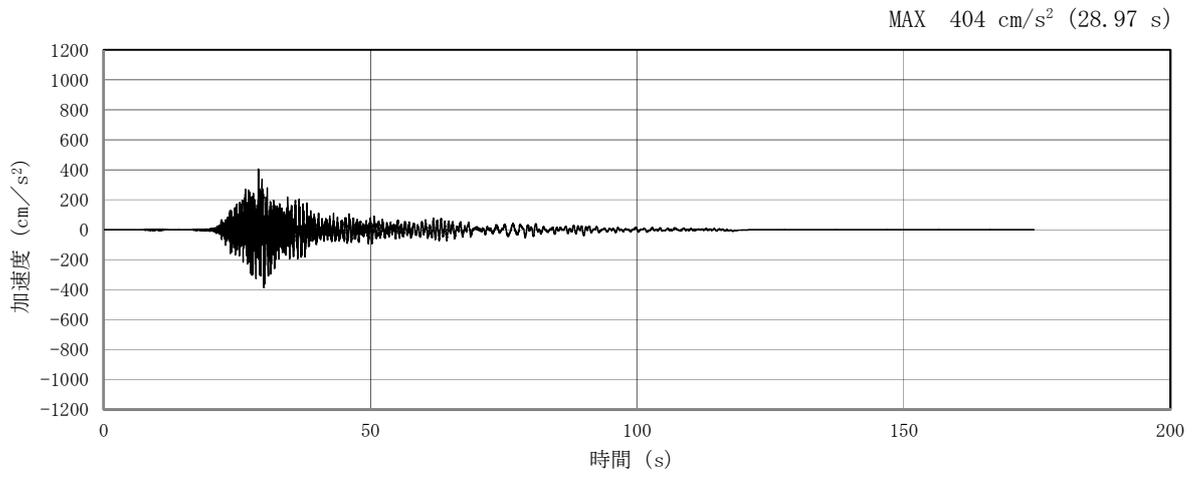


(a) 加速度時刻歴波形

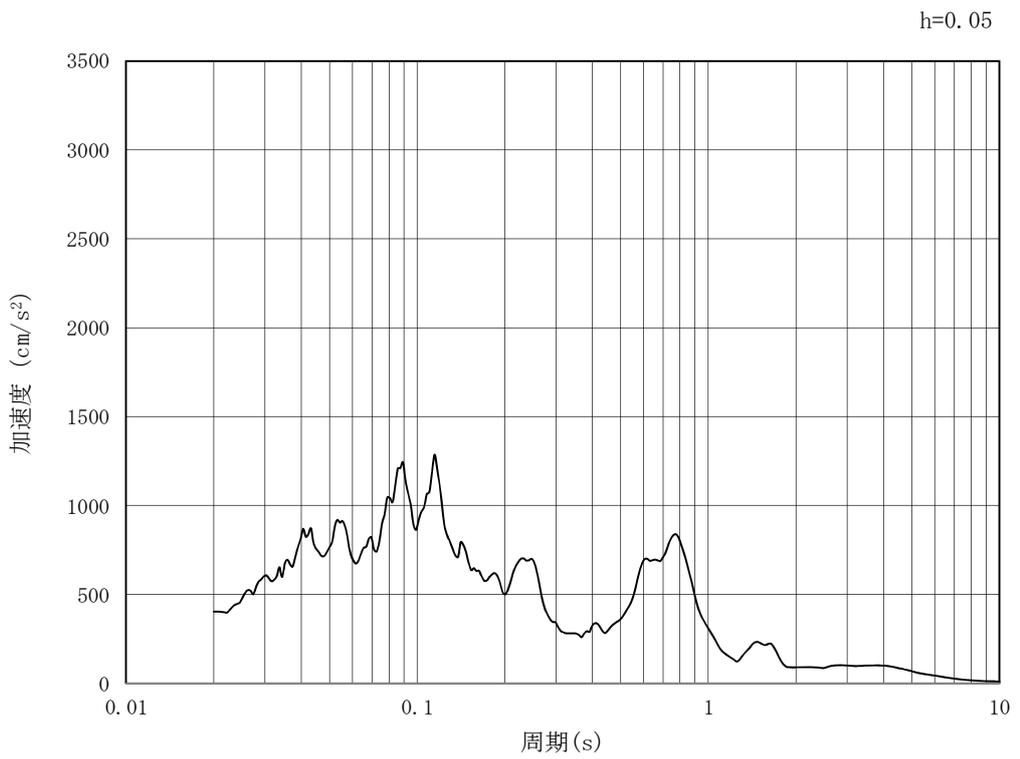


(b) 加速度応答スペクトル

図 6.3-6 (9) 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 : $S_s - 1.4$)

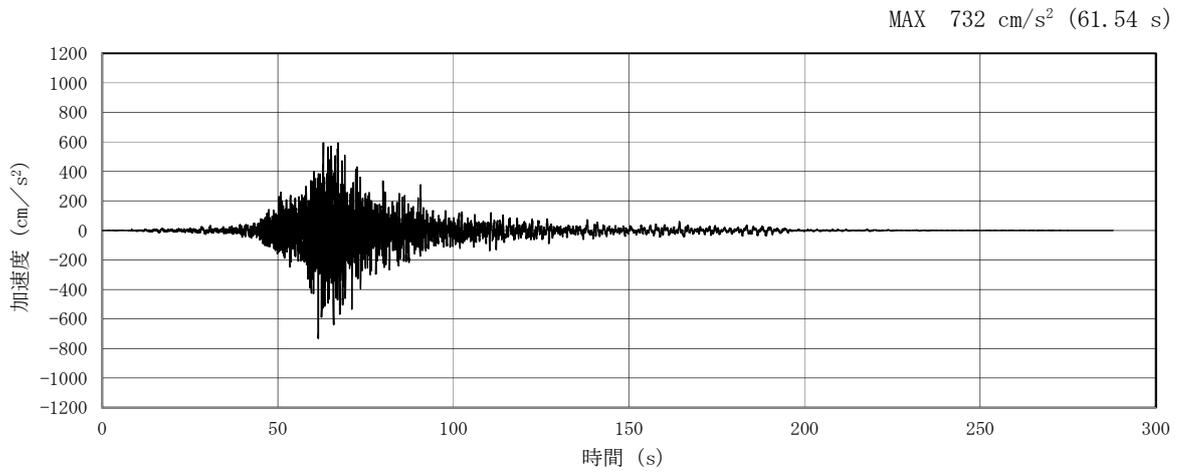


(a) 加速度時刻歴波形

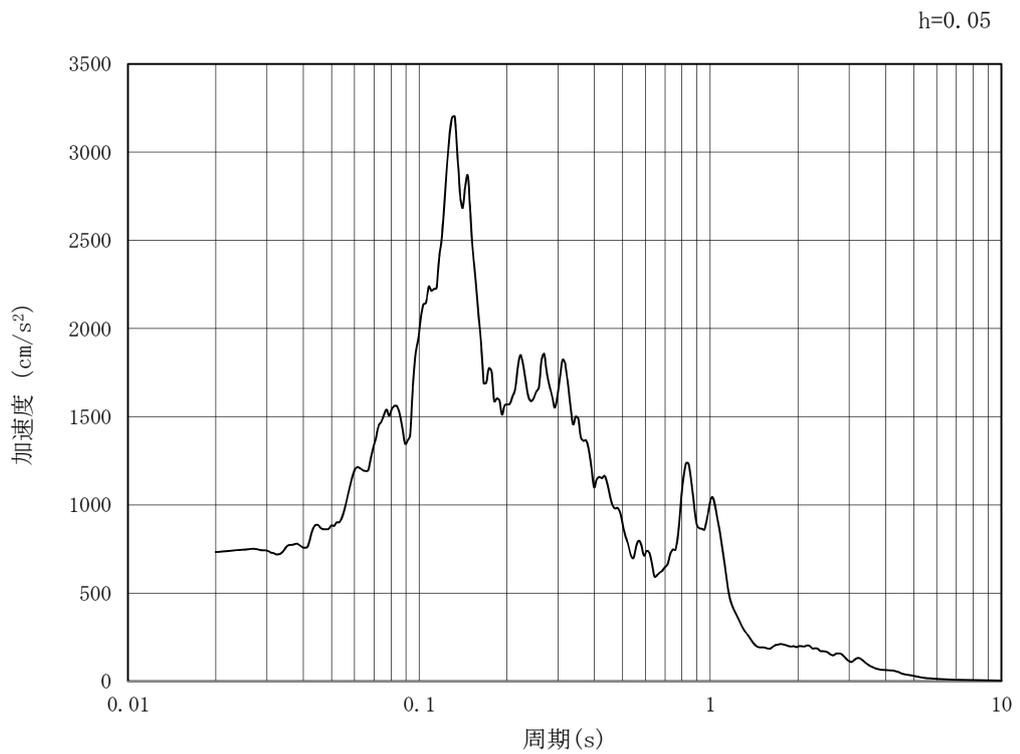


(b) 加速度応答スペクトル

図 6.3-6 (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 : $S_s - 1.4$)

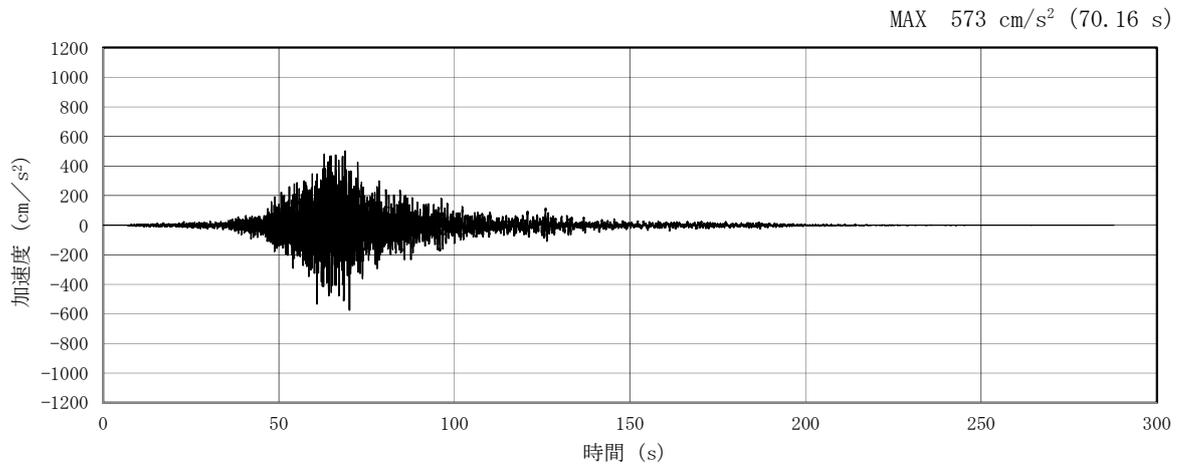


(a) 加速度時刻歴波形

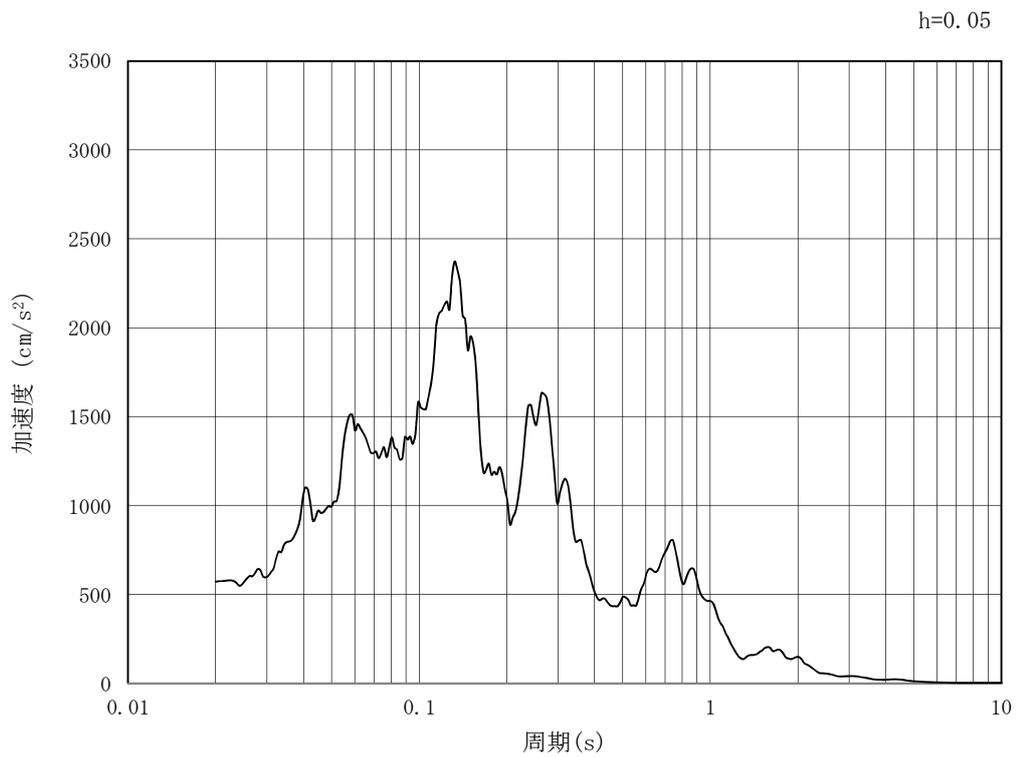


(b) 加速度応答スペクトル

図 6.3-6 (11) 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 1)

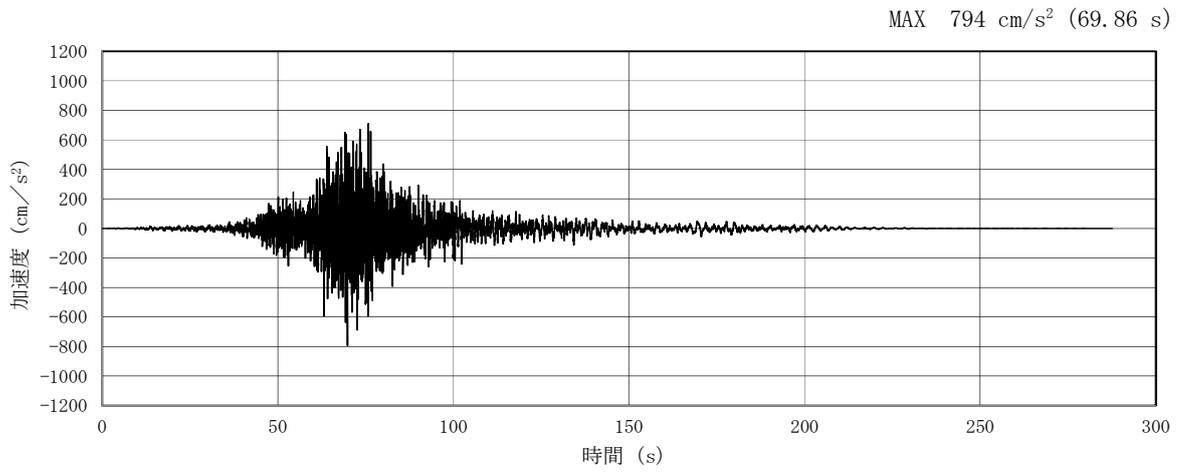


(a) 加速度時刻歴波形

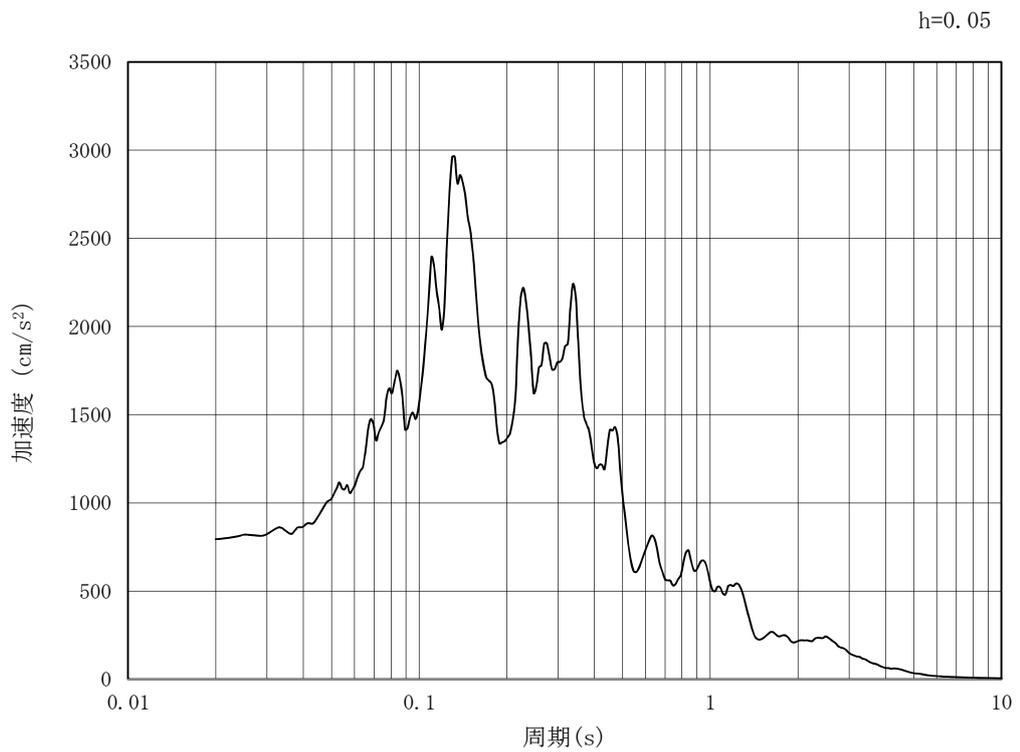


(b) 加速度応答スペクトル

図 6.3-6 (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
(鉛直方向 : S_s - 2 1)

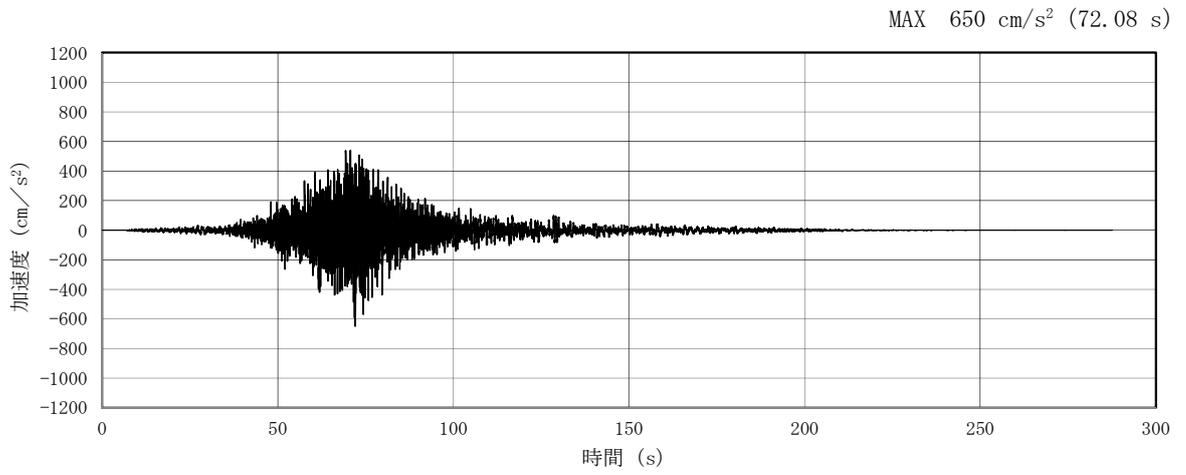


(a) 加速度時刻歴波形

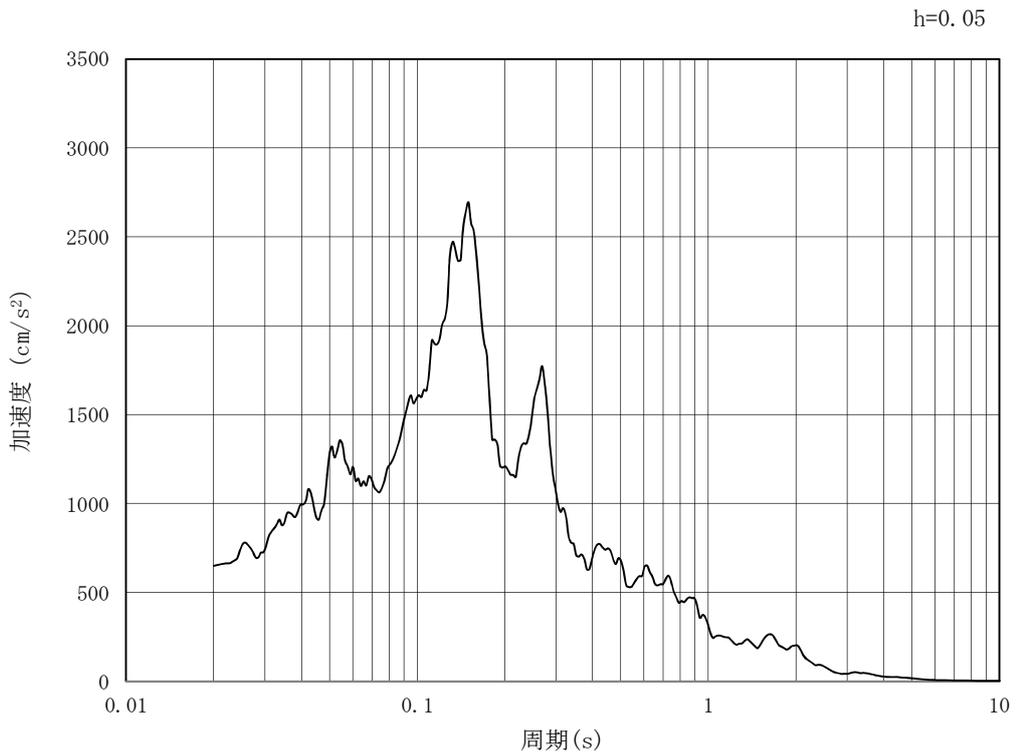


(b) 加速度応答スペクトル

図 6.3-6 (13) 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)

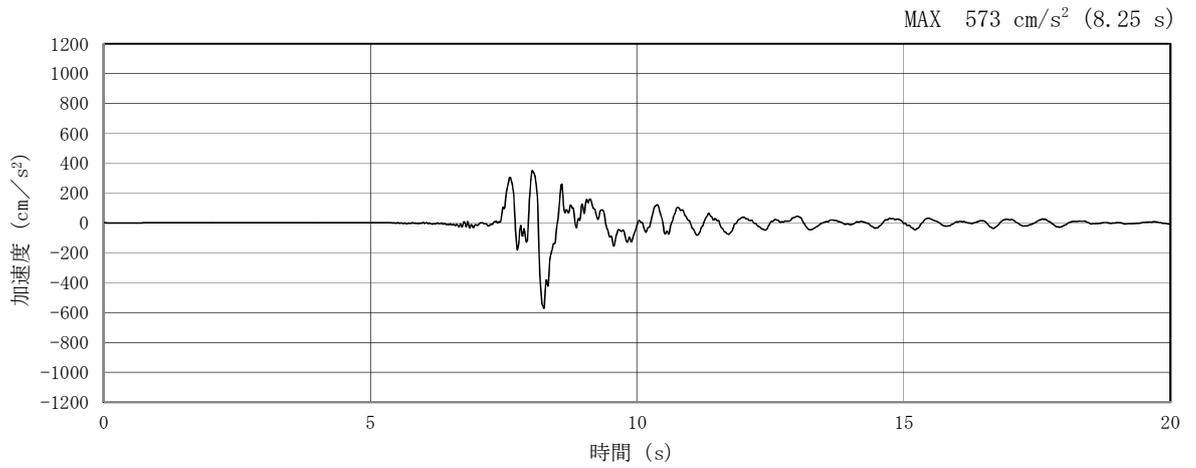


(a) 加速度時刻歴波形

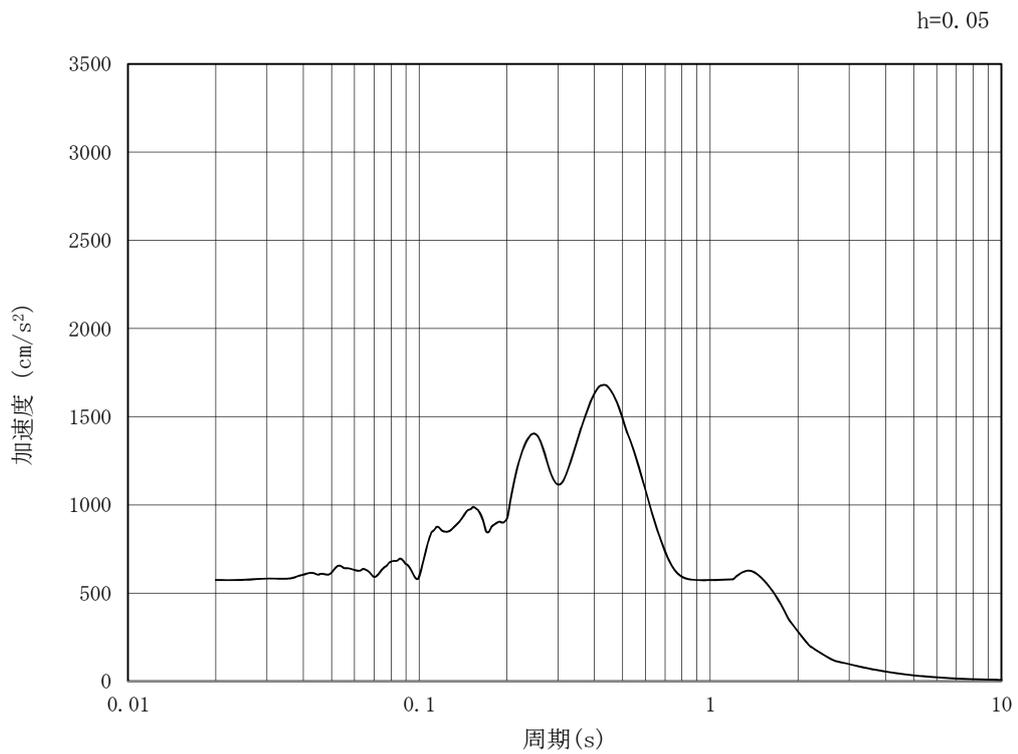


(b) 加速度応答スペクトル

図 6.3-6 (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 : $S_s - 2.2$)

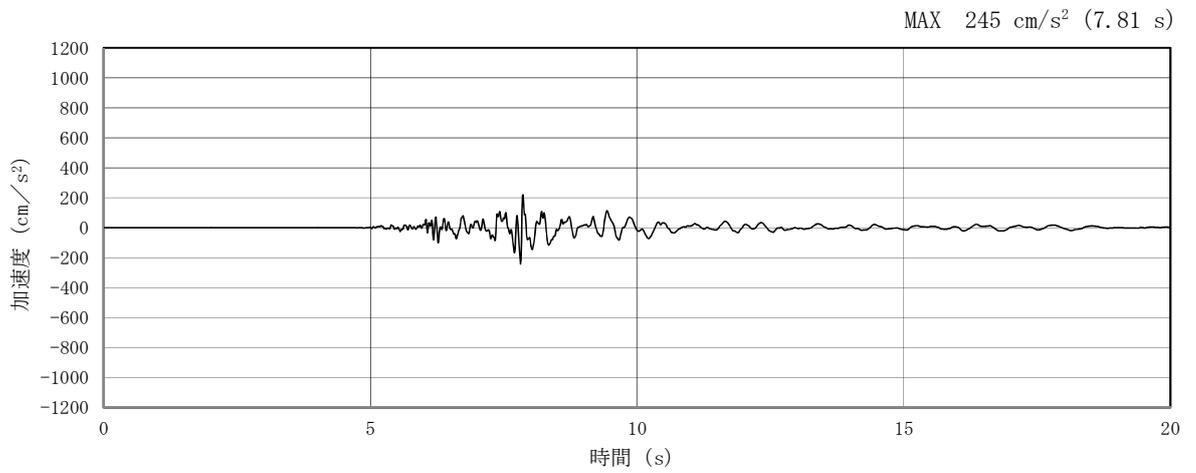


(a) 加速度時刻歴波形

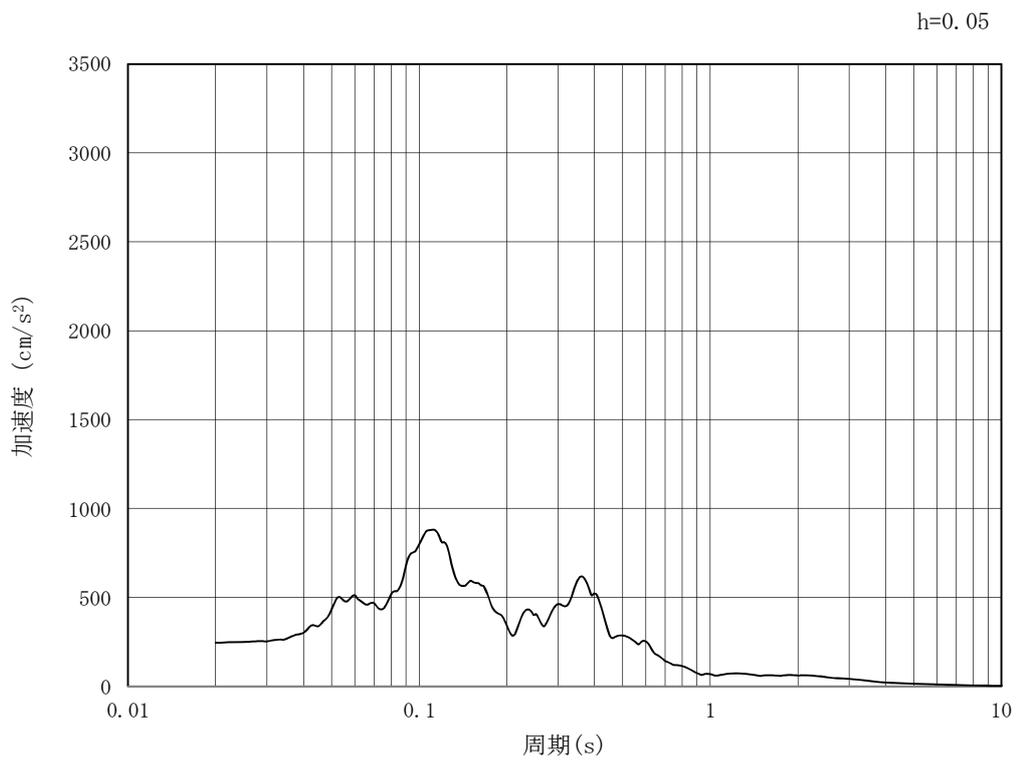


(b) 加速度応答スペクトル

図 6.3-6 (15) 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 : $S_s - 31$)



(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

図 6.3-6 (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
(鉛直方向 : $S_s - 31$)

6.3.4 許容限界の設定

(1) 許容応力度による許容限界

立坑の構造部材は、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短期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）」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24年3月）」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6.3-1のとおり設定する。

表 6.3-1 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*1 (f'ck=40 N/mm ²)	許容曲げ圧縮応力度 σ_{ca}	21.0
	許容せん断応力度 τ_{a1}	0.825*3
鉄筋(SD490)*2	許容引張応力度 σ_{sa} (曲げ)	435
	許容引張応力度 σ_{sa} (せん断)	300
鉄筋(SD345)*1	許容引張応力度 σ_{sa}	294

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）」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。

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

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

$$V_{sa} = A_w \cdot \sigma_{sa2} \cdot j \cdot d / s$$

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
 $\sigma_{s a 2}$: 鉄筋の許容引張応力度
 s : 斜め引張鉄筋間隔

表 6.3-2 (1) 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 (南北方向) (追而)

6.3-2 (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 (東西方向) (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直接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 (kN/m²)
- c : 基礎底面より下にある地盤の粘着力 (kN/m²)
- γ_1 : 基礎底面より下にある地盤の単位体積重量 (kN/m³) 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 (kN/m³) 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 6.3-3 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 6.3-7 に示す支持力係数

表 6.3-3 基礎底面の形状係数

形状係数	基礎底面の形状	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。

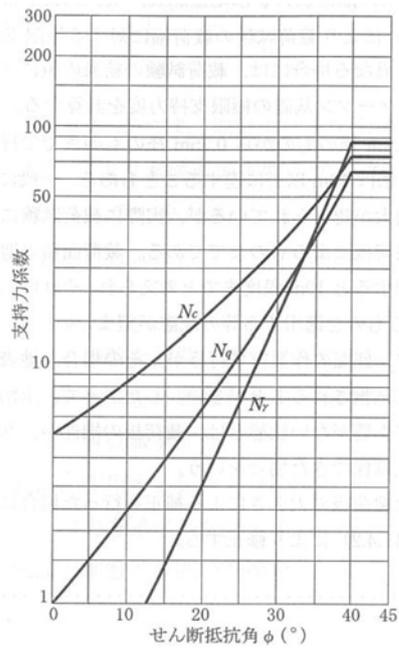


図 6.3-7 支持力係数を求めるグラフ

立坑における許容限界を表 6.3-4 に示す。

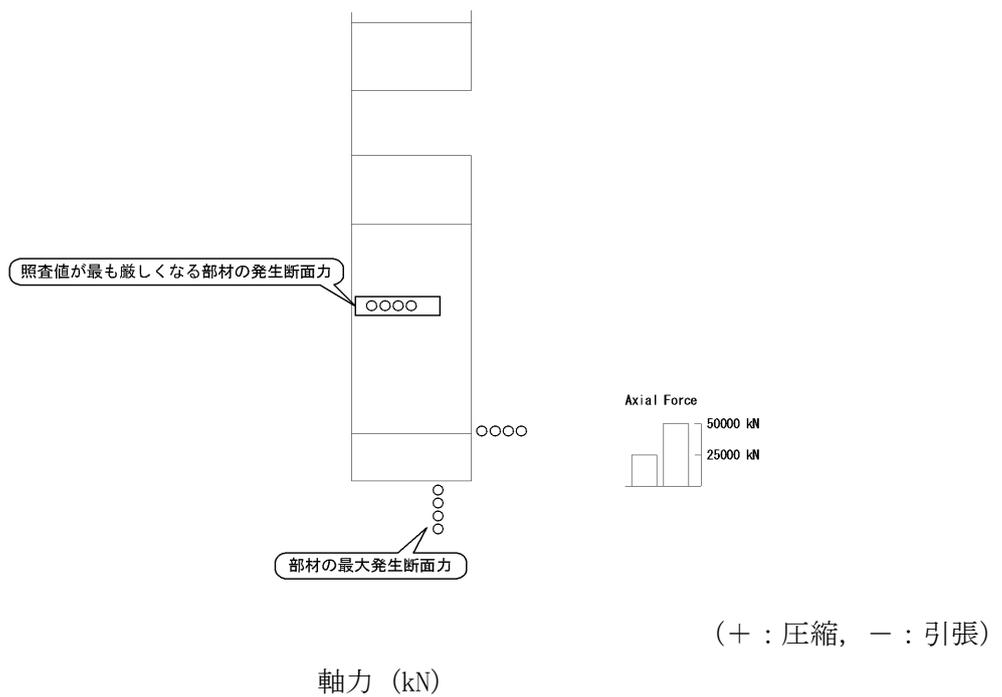
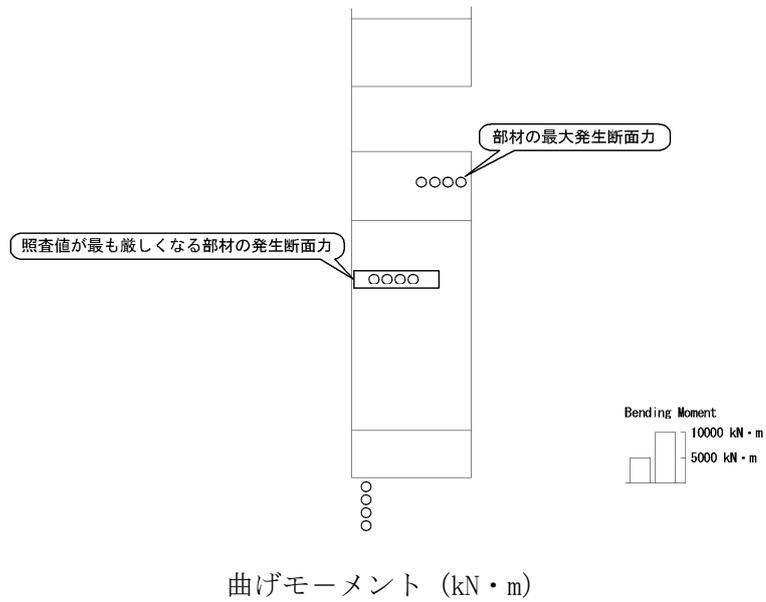
表 6.3-4 基礎地盤の支持力に対する許容限界 (追而)

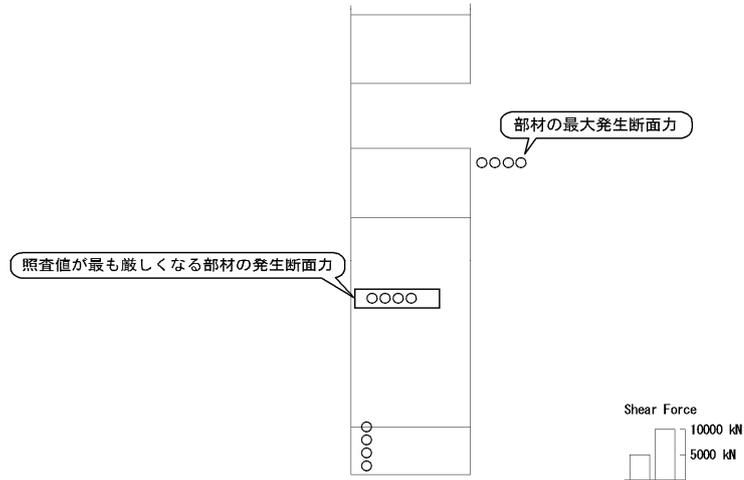
6.4 評価結果

6.4.1 地震応答解析結果

立坑の南北方向断面及び東西方向断面の基準地震動 S_s による断面力（曲げモーメント，軸力，せん断力）を図 6.4-1 及び図 6.4-2 に示す。本図は構造部材の曲げ及び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，立坑の南北方向断面及び東西方向断面において，最大せん断ひずみ分布図を図 6.4-3 及び図 6.4-4 に示し，過剰間隙水圧比の分布図を図 6.4-5 及び図 6.4-6 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。





せん断力 (kN)

照査値が最も厳しくなる部材の発生断面力に太枠表示

図 6.4-1 (1) 南北方向断面の地震時断面力 ($S_s - D 1 [H+, V+]$, $t = 00.00s$)

図 6.4-1 (2) 南北方向断面の地震時断面力 ($S_s - D 1 [H+, V-]$, $t = 00.00s$)

図 6.4-1 (3) 南北方向断面の地震時断面力 ($S_s - D 1 [H-, V+]$, $t = 00.00s$)

図 6.4-1 (4) 南北方向断面の地震時断面力 ($S_s - D 1 [H-, V-]$, $t = 00.00s$)

図 6.4-1 (5) 南北方向断面の地震時断面力 ($S_s - 1 1$, $t = 00.00s$)

図 6.4-1 (6) 南北方向断面の地震時断面力 ($S_s - 1 2$, $t = 00.00s$)

図 6.4-1 (7) 南北方向断面の地震時断面力 ($S_s - 1 3$, $t = 00.00s$)

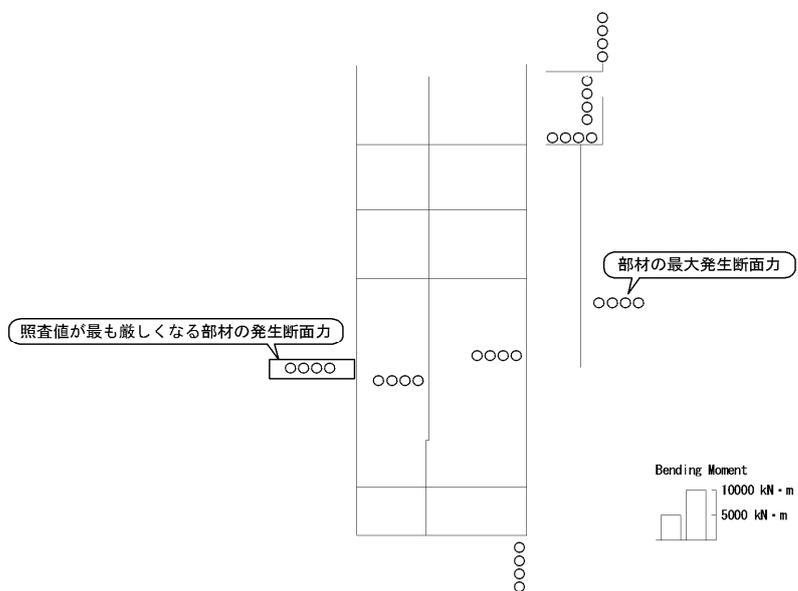
図 6.4-1 (8) 南北方向断面の地震時断面力 ($S_s - 1 4$, $t = 00.00s$)

図 6.4-1 (9) 南北方向断面の地震時断面力 ($S_s - 2 1$, $t = 00.00s$)

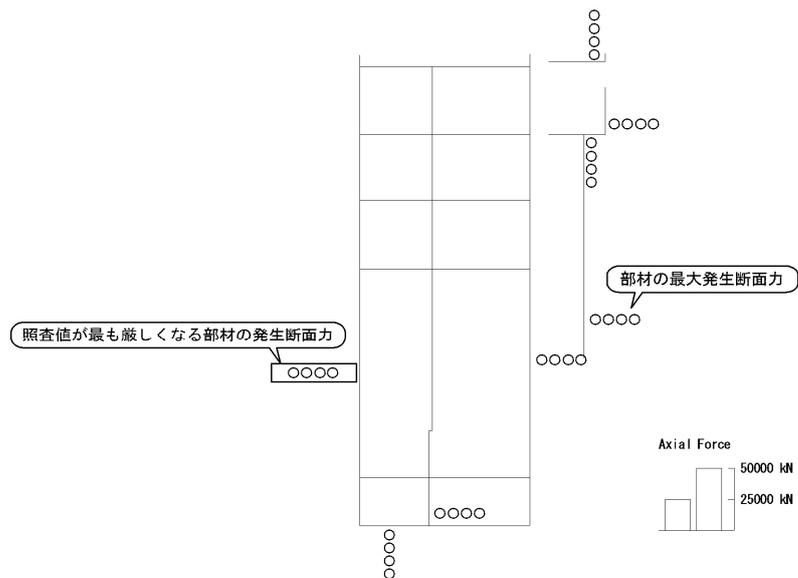
図 6.4-1 (10) 南北方向断面の地震時断面力 ($S_s - 2 2$, $t = 00.00s$)

図 6.4-1 (11) 南北方向断面の地震時断面力 ($S_s - 3.1 [H+, V+]$), $t = 00.00s$)

図 6.4-1 (12) 南北方向断面の地震時断面力 ($S_s - 3.1 [H-, V+]$), $t = 00.00s$)



曲げモーメント (kN・m)



(+ : 圧縮, - : 引張)

軸力 (kN)

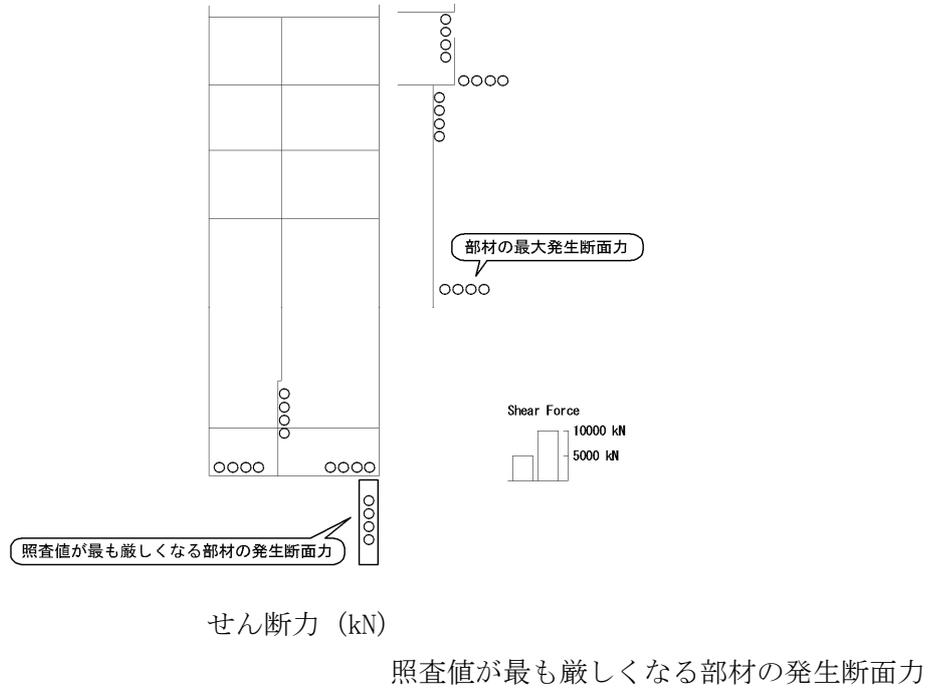


図 6.4-2 (1) 東西方向断面の地震時断面力 ($S_s - D 1 [H+, V+]$, $t = 00.00s$)

図 6.4-2 (2) 東西方向断面の地震時断面力 ($S_s - D 1 [H+, V-]$, $t = 00.00s$)

図 6.4-2 (3) 東西方向断面の地震時断面力 ($S_s - D 1 [H-, V+]$, $t = 00.00s$)

図 6.4-2 (4) 東西方向断面の地震時断面力 ($S_s - D 1 [H-, V-]$, $t = 00.00s$)

図 6.4-2 (5) 東西方向断面の地震時断面力 ($S_s - 1 1$, $t = 00.00s$)

図 6.4-2 (6) 東西方向断面の地震時断面力 ($S_s - 1 2$, $t = 00.00s$)

図 6.4-2 (7) 東西方向断面の地震時断面力 ($S_s - 1 3$, $t = 00.00s$)

図 6.4-2 (8) 東西方向断面の地震時断面力 ($S_s - 1 4$, $t = 00.00s$)

図 6.4-2 (9) 東西方向断面の地震時断面力 ($S_s - 2 1$, $t = 00.00s$)

図 6.4-2 (10) 東西方向断面の地震時断面力 ($S_s - 2.2$, $t = 00.00s$)

追而

図 6.4-2 (11) 東西方向断面の地震時断面力 ($S_s - 3.1$ [H+,V+], $t = 00.00s$)

図 6.4-2 (12) 東西方向断面の地震時断面力 ($S_s - 3.1$ [H-,V+], $t = 00.00s$)



図 6.4-3 (1) 南北方向断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - D 1 [H+, V+]$)

図 6.4-3 (2) 南北方向断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - D 1 [H+, V-]$)

図 6.4-3 (3) 南北方向断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - D 1 [H-, V+]$)

図 6.4-3 (4) 南北方向断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - D 1 [H-, V-]$)

図 6.4-3 (5) 南北方向断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 1 1$)

図 6.4-3 (6) 南北方向断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 1 2$)

図 6.4-3 (7) 南北方向断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 1 3$)

図 6.4-3 (8) 南北方向断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 1 4$)

図 6.4-3 (9) 南北方向断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 2 1$)

図 6.4-3 (10) 南北方向断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 2 2$)

図 6.4-3 (11) 南北方向断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 3.1 [H+, V+]$)

図 6.4-3 (12) 南北方向断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 3.1 [H-, V+]$)



図 6.4-4 (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 6.4-4 (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 6.4-4 (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 6.4-4 (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 6.4-4 (5) 東西方向断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 1 1$)

図 6.4-4 (6) 東西方向断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 1 2$)

図 6.4-4 (7) 東西方向断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 1 3$)

図 6.4-4 (8) 東西方向断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 1 4$)

図 6.4-4 (9) 東西方向断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 2 1$)

図 6.4-4 (10) 東西方向断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 2 2$)

図 6.4-4 (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 6.4-4 (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 6.4-5 (1) 南北方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - D 1 [H+, V+]$)

図 6.4-5 (2) 南北方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - D 1 [H+, V-]$)

図 6.4-5 (3) 南北方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - D 1 [H-, V+]$)

図 6.4-5 (4) 南北方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - D 1 [H-, V-]$)

図 6.4-5 (5) 南北方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 1 1$)

図 6.4-5 (6) 南北方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 1 2$)

図 6.4-5 (7) 南北方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 1 3$)

図 6.4-5 (8) 南北方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 1 4$)

図 6.4-5 (9) 南北方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 2 1$)

図 6.4-5 (10) 南北方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 2 2$)

図 6.4-5 (11) 南北方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 3 1 [H+, V+]$)

図 6.4-5 (12) 南北方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 3 1 [H-, V+]$)



図 6.4-6 (1) 東西方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - D 1 [H+, V+]$)

図 6.4-6 (2) 東西方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - D 1 [H+, V-]$)

図 6.4-6 (3) 東西方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - D 1 [H-, V+]$)

図 6.4-6 (4) 東西方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - D 1 [H-, V-]$)

図 6.4-6 (5) 東西方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 1 1$)

図 6.4-6 (6) 東西方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 1 2$)

図 6.4-6 (7) 東西方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 1 3$)

図 6.4-6 (8) 東西方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 1 4$)

図 6.4-6 (9) 東西方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 2 1$)

図 6.4-6 (10) 東西方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 2 2$)

図 6.4-6 (11) 東西方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 3 1 [H+, V+]$)

図 6.4-6 (12) 東西方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 3 1 [H-, V+]$)

6.4.2 南北方向の耐震評価結果

(1) 構造部材の曲げに対する評価結果

表 6.4-1 及び表 6.4-2 に曲げに対する照査結果を示す。

立坑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、立坑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 6.4-7 に概略配筋図を、表 6.4-3 に断面計算に用いた断面諸元の一覧を示す。

表 6.4-1 (1) コンクリートの曲げ照査結果

追而

基準地震動	位相	評価位置		圧縮 応力度 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	照査値	
S _s -D1	H+, V+	底版		26			
		鉛直方向	北側壁				
			南側壁				
		水平方向	北側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
				B4F			
				ピット部			
			南側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
				B4F			
				ピット部			
		頂版					
中床版 (B1F~B3F)							
中床版 (B4F)							
S _s -D1	H+, V-	底版					
		鉛直方向	北側壁				
			南側壁				
		水平方向	北側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
				B4F			
				ピット部			
			南側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
				B4F			
				ピット部			
		頂版					
中床版 (B1F~B3F)							
中床版 (B4F)							

表示例
(下図における番号)

*1 評価位置は次頁の図に示す

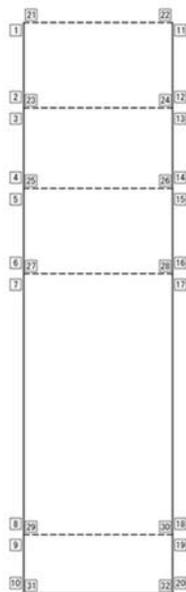


表 6.4-1 (2) コンクリートの曲げ照査結果

追而

基準地震動	位相	評価位置		圧縮 応力度 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	照査値	
S _s -D1	H-, V+	底版					
		鉛直方向	北側壁				
			南側壁				
		水平方向	北側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
				B4F			
			ピット部				
			南側壁	B1F			
				B2F			
B3F							
B4F							
ピット部							
頂版							
中床版 (B1F~B3F)							
中床版 (B4F)							
S _s -D1	H-, V-	底版					
		鉛直方向	北側壁				
			南側壁				
		水平方向	北側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
				B4F			
			ピット部				
			南側壁	B1F			
				B2F			
B3F							
B4F							
ピット部							
頂版							
中床版 (B1F~B3F)							
中床版 (B4F)							

*1 評価位置は次頁の図に示す

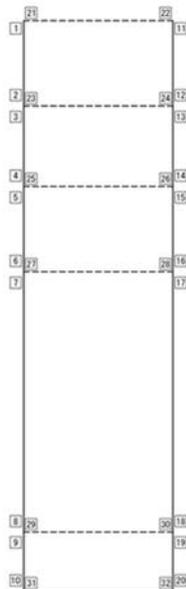


表 6.4-1 (3) コンクリートの曲げ照査結果

追而

基準地震動	位相	評価位置		圧縮 応力度 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	照査値		
S _s -11	H+, V+	底版						
		鉛直方向	北側壁					
			南側壁					
		水平方向	北側壁	B1F				
				B2F				
				B3F				
				B4F				
				ピット部				
			南側壁	B1F				
				B2F				
				B3F				
				B4F				
				ピット部				
頂版								
中床版 (B1F~B3F)								
中床版 (B4F)								
S _s -12	H+, V+	底版						
		鉛直方向	北側壁					
			南側壁					
		水平方向	北側壁	B1F				
				B2F				
				B3F				
				B4F				
				ピット部				
			南側壁	B1F				
				B2F				
				B3F				
				B4F				
				ピット部				
頂版								
中床版 (B1F~B3F)								
中床版 (B4F)								

*1 評価位置は次頁の図に示す



表 6.4-1 (4) コンクリートの曲げ照査結果

追而

基準地震動	位相	評価位置		圧縮 応力度 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	照査値	
S _s -13	H+, V+	底版					
		鉛直方向	北側壁				
			南側壁				
		水平方向	北側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
				B4F			
			ピット部				
			南側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
		B4F					
		ピット部					
頂版							
中床版 (B1F~B3F)							
中床版 (B4F)							
S _s -14	H+, V+	底版					
		鉛直方向	北側壁				
			南側壁				
		水平方向	北側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
				B4F			
			ピット部				
			南側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
		B4F					
		ピット部					
頂版							
中床版 (B1F~B3F)							
中床版 (B4F)							

*1 評価位置は次頁の図に示す



表 6.4-1 (5) コンクリートの曲げ照査結果

追而

基準地震動	位相	評価位置		圧縮 応力度 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	照査値	
S _s -21	H+, V+	底版					
		鉛直方向	北側壁				
			南側壁				
		水平方向	北側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
				B4F			
			ピット部				
			南側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
		B4F					
		ピット部					
頂版							
中床版 (B1F~B3F)							
中床版 (B4F)							
S _s -22	H+, V+	底版					
		鉛直方向	北側壁				
			南側壁				
		水平方向	北側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
				B4F			
			ピット部				
			南側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
		B4F					
		ピット部					
頂版							
中床版 (B1F~B3F)							
中床版 (B4F)							

*1 評価位置は次頁の図に示す



表 6.4-1 (6) コンクリートの曲げ照査結果

追而

基準地震動	位相	評価位置		圧縮 応力度 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	照査値	
S _s -31	H+, V+	底版					
		鉛直方向	北側壁				
			南側壁				
		水平方向	北側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
				B4F			
			ピット部				
			南側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
		B4F					
		ピット部					
頂版							
中床版 (B1F~B3F)							
中床版 (B4F)							
S _s -31	H-, V+	底版					
		鉛直方向	北側壁				
			南側壁				
		水平方向	北側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
				B4F			
			ピット部				
			南側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
		B4F					
		ピット部					
頂版							
中床版 (B1F~B3F)							
中床版 (B4F)							

*1 評価位置は次頁の図に示す



表 6.4-2 (1) 鉄筋の曲げ照査結果

追而

基準地震動	位相	評価位置		引張 応力度 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	照査値	
S _s -D1	H+, V+	底版					
		鉛直方向	北側壁				
			南側壁				
		水平方向	北側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
				B4F			
			ピット部				
			南側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
		B4F					
		ピット部					
頂版							
中床版 (B1F~B3F)							
中床版 (B4F)							
S _s -D1	H+, V-	底版					
		鉛直方向	北側壁				
			南側壁				
		水平方向	北側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
				B4F			
			ピット部				
			南側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
		B4F					
		ピット部					
頂版							
中床版 (B1F~B3F)							
中床版 (B4F)							

*1 評価位置は次頁の図に示す



表 6.4-2 (2) 鉄筋の曲げ照査結果

追而

基準地震動	位相	評価位置		引張 応力度 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	照査値	
S _s -D1	H-, V+	底版					
		鉛直方向	北側壁				
			南側壁				
		水平方向	北側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
				B4F			
				ピット部			
			南側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
				B4F			
				ピット部			
頂版							
中床版 (B1F~B3F)							
中床版 (B4F)							
S _s -D1	H-, V-	底版					
		鉛直方向	北側壁				
			南側壁				
		水平方向	北側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
				B4F			
				ピット部			
			南側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
				B4F			
				ピット部			
頂版							
中床版 (B1F~B3F)							
中床版 (B4F)							

*1 評価位置は次頁の図に示す



表 6.4-2 (3) 鉄筋の曲げ照査結果

追而

基準地震動	位相	評価位置		引張 応力度 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	照査値		
S _s -11	H+, V+	底版						
		鉛直方向	北側壁					
			南側壁					
		水平方向	北側壁	B1F				
				B2F				
				B3F				
				B4F				
				ピット部				
			南側壁	B1F				
				B2F				
				B3F				
				B4F				
				ピット部				
頂版								
中床版 (B1F~B3F)								
中床版 (B4F)								
S _s -12	H+, V+	底版						
		鉛直方向	北側壁					
			南側壁					
		水平方向	北側壁	B1F				
				B2F				
				B3F				
				B4F				
				ピット部				
			南側壁	B1F				
				B2F				
				B3F				
				B4F				
				ピット部				
頂版								
中床版 (B1F~B3F)								
中床版 (B4F)								

*1 評価位置は次頁の図に示す



表 6.4-2 (4) 鉄筋の曲げ照査結果

追而

基準地震動	位相	評価位置		圧縮 応力度 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	照査値		
S _s -13	H+, V+	底版						
		鉛直方向	北側壁					
			南側壁					
		水平方向	北側壁	B1F				
				B2F				
				B3F				
				B4F				
				ピット部				
			南側壁	B1F				
				B2F				
				B3F				
				B4F				
				ピット部				
頂版								
中床版 (B1F~B3F)								
中床版 (B4F)								
S _s -14	H+, V+	底版						
		鉛直方向	北側壁					
			南側壁					
		水平方向	北側壁	B1F				
				B2F				
				B3F				
				B4F				
				ピット部				
			南側壁	B1F				
				B2F				
				B3F				
				B4F				
				ピット部				
頂版								
中床版 (B1F~B3F)								
中床版 (B4F)								

*1 評価位置は次頁の図に示す



表 6.4-2 (5) 鉄筋の曲げ照査結果

追而

基準地震動	位相	評価位置		圧縮 応力度 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	照査値	
S _s -21	H+, V+	底版					
		鉛直方向	北側壁				
			南側壁				
		水平方向	北側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
				B4F			
			ピット部				
			南側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
		B4F					
		ピット部					
頂版							
中床版 (B1F~B3F)							
中床版 (B4F)							
S _s -22	H+, V+	底版					
		鉛直方向	北側壁				
			南側壁				
		水平方向	北側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
				B4F			
			ピット部				
			南側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
		B4F					
		ピット部					
頂版							
中床版 (B1F~B3F)							
中床版 (B4F)							

*1 評価位置は次頁の図に示す



表 6.4-2 (6) 鉄筋の曲げ照査結果

追而

基準地震動	位相	評価位置		圧縮 応力度 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	照査値	
S _s -31	H+, V+	底版					
		鉛直方向	北側壁				
			南側壁				
		水平方向	北側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
				B4F			
			ピット部				
			南側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
		B4F					
		ピット部					
頂版							
中床版 (B1F~B3F)							
中床版 (B4F)							
S _s -31	H-, V+	底版					
		鉛直方向	北側壁				
			南側壁				
		水平方向	北側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
				B4F			
			ピット部				
			南側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
		B4F					
		ピット部					
頂版							
中床版 (B1F~B3F)							
中床版 (B4F)							

*1 評価位置は次頁の図に示す



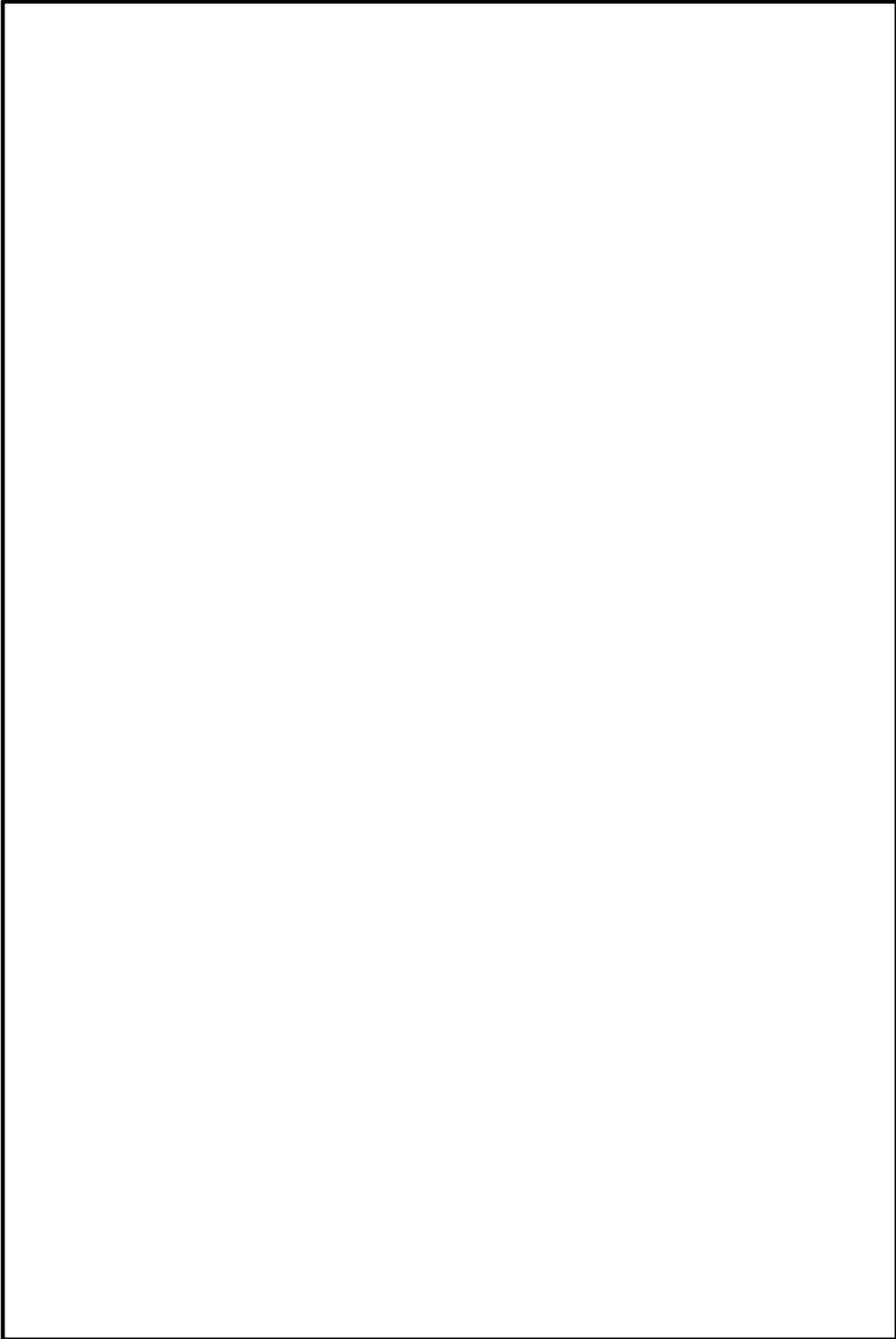
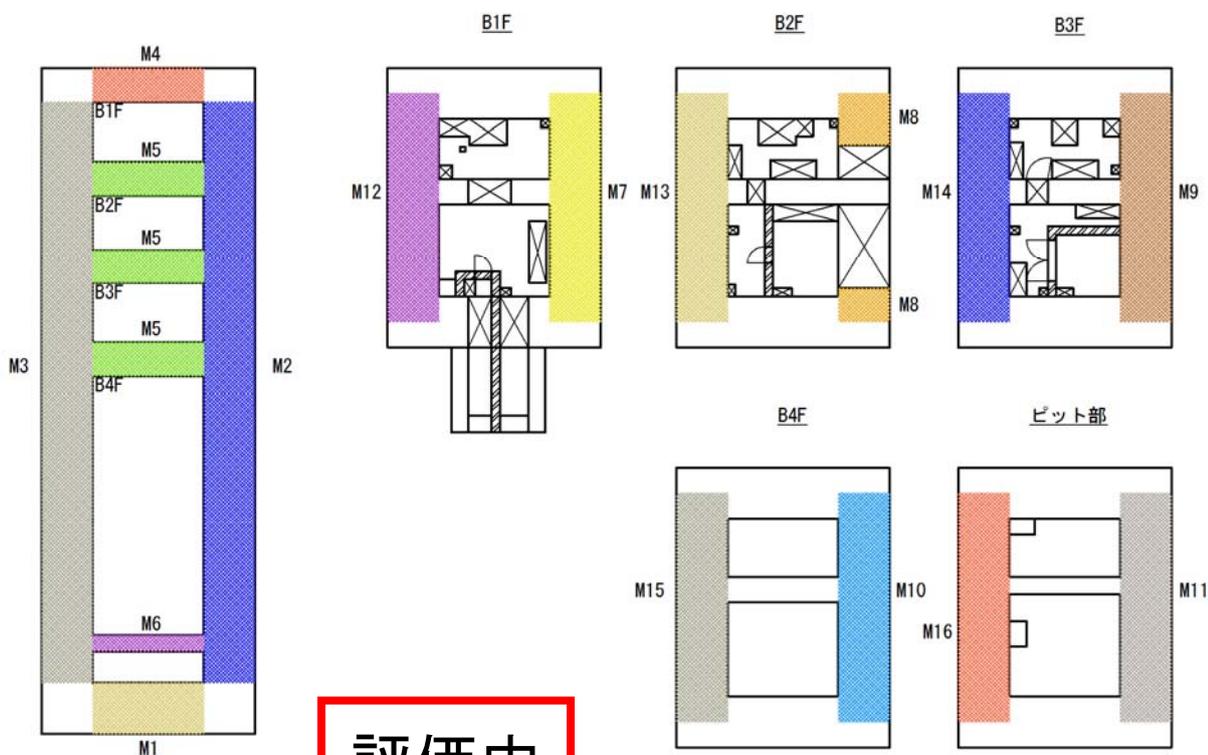


图 6.4-7 概略配筋图

表 6.4-3 断面諸元一覧表 (曲げに対する評価)

部位	材料No.	断面性状				主鉄筋				
		部材幅 b (m)	部材高 h (m)	かぶり d' (m)	有効高さ d (m)	鉄筋種別 (-)	径 (mm)	段数 (-)	鉄筋間隔 (mm)	鉄筋量 (cm ²)
北側壁	底版	M1								
	鉛直方向	M2								
		B1F	M7							
	水平方向	B2F	M8							
		B3F	M9							
		B4F	M10							
ピット部		M11								
南側壁	鉛直方向	M3								
	B1F	M12								
		B2F	M13							
	水平方向	B3F	M14							
		B4F	M15							
		B4F	M15							
ピット部		M16								
頂版	M4									
中床版 (B1F~B3F)	M5									
中床版 (B4F)	M6									



評価中

(2) 構造部材のせん断に対する評価結果

表 6.4-4 にせん断に対する照査結果を示す。

立坑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せん断応力度以下である又はコンクリートの負担するせん断力 (V_c) と、斜め引張鉄筋の負担するせん断力 (V_s) を合わせた許容せん断力 (V_a) が、発生せん断力 (V) 以上であることを確認した ($V_a = V_c + V_s \geq V$)。なお、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、立坑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 6.4-8 に概略配筋図を、表 6.4-5 に断面計算に用いた断面諸元の一覧を示す。

表 6.4-4 (1) せん断照査結果

追而

基準地震動	位相	評価位置	発生せん断力 (kN)	短期許容せん断力 (kN)	照査値	
S _s -D 1	H+, V+	底版				
		北側壁	B1F			
			B2F			
			B3F			
			B4F			
			ピット部			
		南側壁	B1F			
			B2F			
			B3F			
			B4F			
			ピット部			
		頂版				
中床版 (B1F~B3F)						
中床版 (B4F)						
S _s -D 1	H+, V-	底版				
		北側壁	B1F			
			B2F			
			B3F			
			B4F			
			ピット部			
		南側壁	B1F			
			B2F			
			B3F			
			B4F			
			ピット部			
		頂版				
中床版 (B1F~B3F)						
中床版 (B4F)						

*1 評価位置は次頁の図に示す。



表 6.4-4 (2) せん断照査結果

追而

基準地震動	位相	評価位置	発生せん断力 (kN)	短期許容せん断力 (kN)	照査値	
S _s -D 1	H-, V+	底版				
		北側壁	B1F			
			B2F			
			B3F			
			B4F			
			ピット部			
		南側壁	B1F			
			B2F			
			B3F			
			B4F			
			ピット部			
		頂版				
		中床版 (B1F~B3F)				
中床版 (B4F)						
S _s -D 1	H-, V-	底版				
		北側壁	B1F			
			B2F			
			B3F			
			B4F			
			ピット部			
		南側壁	B1F			
			B2F			
			B3F			
			B4F			
			ピット部			
		頂版				
		中床版 (B1F~B3F)				
中床版 (B4F)						

*1 評価位置は次頁の図に示す。



表 6.4-4 (3) せん断照査結果

追而

基準地震動	位相	評価位置	発生せん断力 (kN)	短期許容せん断力 (kN)	照査値	
S _s -11	H+, V+	底版				
		北側壁	B1F			
			B2F			
			B3F			
			B4F			
			ピット部			
		南側壁	B1F			
			B2F			
			B3F			
			B4F			
			ピット部			
		頂版				
		中床版 (B1F~B3F)				
中床版 (B4F)						
S _s -12	H+, V+	底版				
		北側壁	B1F			
			B2F			
			B3F			
			B4F			
			ピット部			
		南側壁	B1F			
			B2F			
			B3F			
			B4F			
			ピット部			
		頂版				
		中床版 (B1F~B3F)				
中床版 (B4F)						

*1 評価位置は次頁の図に示す。



表 6.4-4 (4) せん断照査結果

追而

基準地震動	位相	評価位置	発生せん断力 (kN)	短期許容せん断力 (kN)	照査値	
S _s -13	H+, V+	底版				
		北側壁	B1F			
			B2F			
			B3F			
			B4F			
			ピット部			
		南側壁	B1F			
			B2F			
			B3F			
			B4F			
			ピット部			
		頂版				
		中床版 (B1F~B3F)				
中床版 (B4F)						
S _s -14	H+, V+	底版				
		北側壁	B1F			
			B2F			
			B3F			
			B4F			
			ピット部			
		南側壁	B1F			
			B2F			
			B3F			
			B4F			
			ピット部			
		頂版				
		中床版 (B1F~B3F)				
中床版 (B4F)						

*1 評価位置は次頁の図に示す。



表 6.4-4 (5) せん断照査結果

追而

基準地震動	位相	評価位置	発生せん断力 (kN)	短期許容せん断力 (kN)	照査値	
S _s -21	H+, V+	底版				
		北側壁	B1F			
			B2F			
			B3F			
			B4F			
			ピット部			
		南側壁	B1F			
			B2F			
			B3F			
			B4F			
			ピット部			
		頂版				
		中床版 (B1F~B3F)				
中床版 (B4F)						
S _s -22	H+, V+	底版				
		北側壁	B1F			
			B2F			
			B3F			
			B4F			
			ピット部			
		南側壁	B1F			
			B2F			
			B3F			
			B4F			
			ピット部			
		頂版				
		中床版 (B1F~B3F)				
中床版 (B4F)						

*1 評価位置は次頁の図に示す。



表 6.4-4 (6) せん断照査結果

追而

基準地震動	位相	評価位置	発生せん断力 (kN)	短期許容せん断力 (kN)	照査値	
S _s -31	H+, V+	底版				
		北側壁	B1F			
			B2F			
			B3F			
			B4F			
			ピット部			
		南側壁	B1F			
			B2F			
			B3F			
			B4F			
			ピット部			
		頂版				
		中床版 (B1F~B3F)				
中床版 (B4F)						
S _s -31	H-, V+	底版				
		北側壁	B1F			
			B2F			
			B3F			
			B4F			
			ピット部			
		南側壁	B1F			
			B2F			
			B3F			
			B4F			
			ピット部			
		頂版				
		中床版 (B1F~B3F)				
中床版 (B4F)						

*1 評価位置は次頁の図に示す。



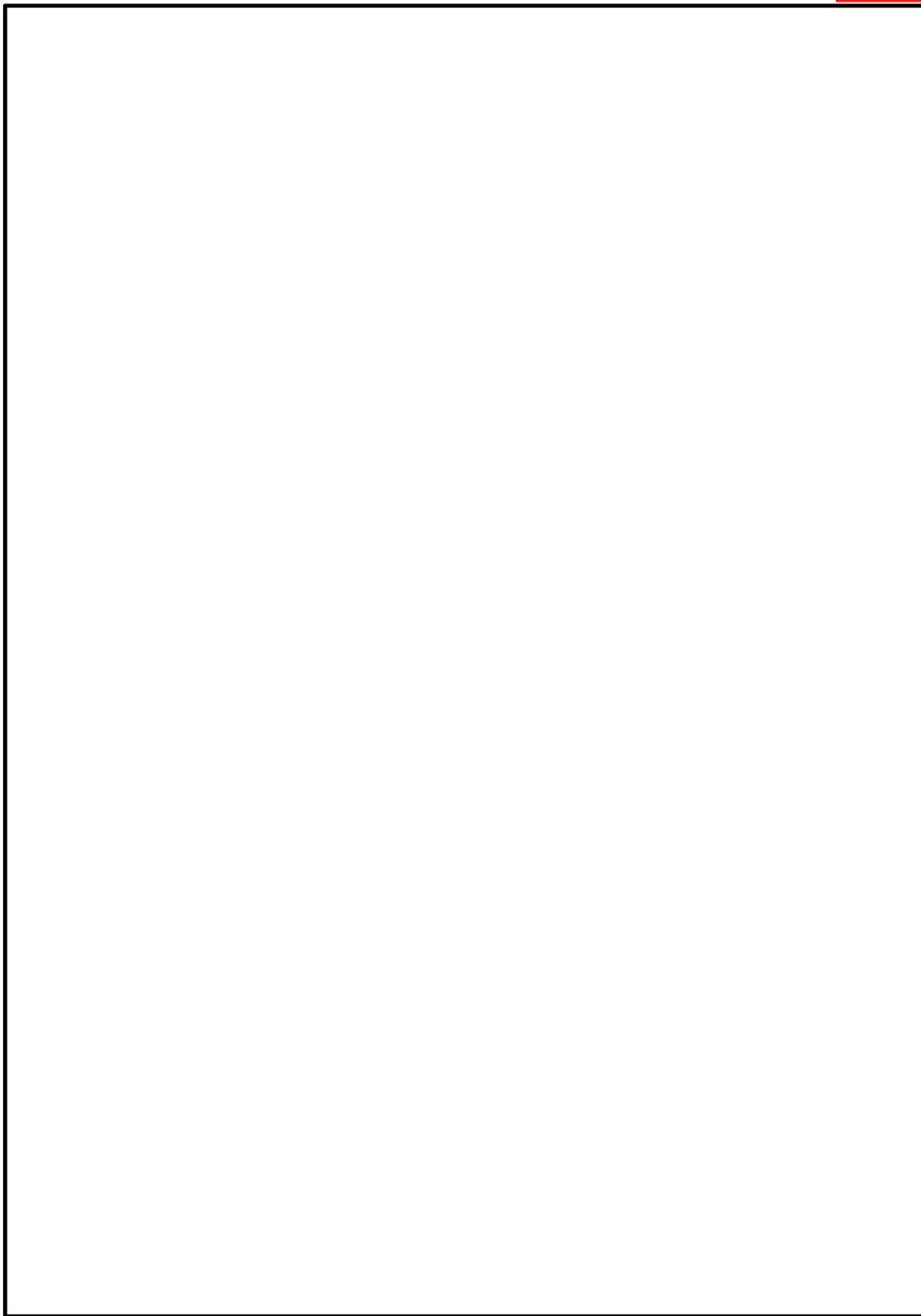
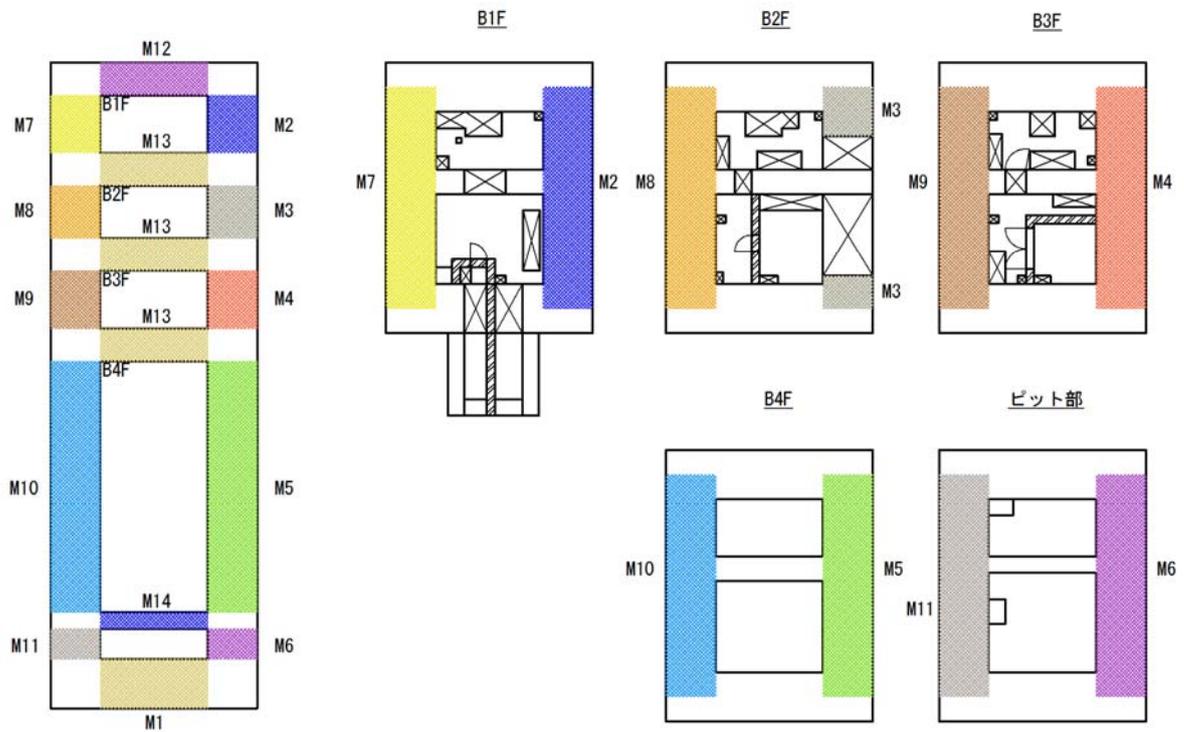


图 6.4-8 概略配筋图

表 6.4-5 断面諸元一覧表（せん断に対する評価）

追而

部位	材料No.	断面性状				せん断補強鉄筋				
		部材幅 b (m)	部材高 h (m)	かぶり d' (m)	有効高さ d (m)	鉄筋種別 (-)	径 (mm)	S _b (mm)	S _s (mm)	鉄筋量 (cm ²)
底版	M1									
北側壁	B1F	M2								
	B2F	M3								
	B3F	M4								
	B4F	M5								
	ピット部	M6								
南側壁	B1F	M7								
	B2F	M8								
	B3F	M9								
	B4F	M10								
	ピット部	M11								
頂版	M12									
中床版 (B1F~B3F)	M13									
中床版 (B4F)	M14									



評価中

(3) 基礎地盤の支持性能に対する評価結果

表 6.4-6 に基礎地盤の支持性能照査結果を、図 6.4-9 に接地圧分布図を示す。

立坑の最大接地圧は、 S_s-D1 で $\bigcirc\bigcirc \text{ kN/m}^2$ であり、基礎地盤の極限支持力度 $\Delta\Delta \text{ kN/m}^2$ 以下である。

以上のことから、立坑の基礎地盤は、基準地震動 S_s に対し、支持性能を有する。

表 6.4-6 基礎地盤の支持性能照査結果（南北方向）

図 6.4-9 (1) 接地圧分布図 (S_s-D1 [H+,V+])

図 6.4-9 (2) 接地圧分布図 (S_s-D1 [H+,V-])

図 6.4-9 (3) 接地圧分布図 (S_s-D1 [H-,V+])

図 6.4-9 (4) 接地圧分布図 (S_s-D1 [H-,V-])

図 6.4-9 (5) 接地圧分布図 (S_s-11)

図 6.4-9 (6) 接地圧分布図 (S_s-12)

図 6.4-9 (7) 接地圧分布図 (S_s-13)

図 6.4-9 (8) 接地圧分布図 (S_s-14)

図 6.4-9 (9) 接地圧分布図 (S_s-21)

図 6.4-9 (10) 接地圧分布図 (S_s-22)

図 6.4-9 (11) 接地圧分布図 (S_s-31 [H+,V+])

図 6.4-9 (12) 接地圧分布図 (S_s-31 [H-,V+])

6.4.3 東西方向の耐震評価結果

(1) 構造部材の曲げに対する評価結果

表 6.4-7 及び表 6.4-8 に曲げに対する照査結果を示す。

立坑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、立坑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。

表 6.4-7 (1) コンクリートの曲げ照査結果

追而

基準地震動	位相	評価位置		圧縮 応力度 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	照査値	
S _s -D1	H+, V+	底版					
		鉛直方向	東側壁				
			西側壁				
			中壁				
		水平方向	東側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
				B4F			
				ピット部			
			西側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
				B4F			
			中壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
頂版							
中床版 (B1F~B3F)							
中床版 (B4F)							
S _s -D1	H+, V-	底版					
		鉛直方向	東側壁				
			西側壁				
			中壁				
		水平方向	東側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
				B4F			
				ピット部			
			西側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
				B4F			
			中壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
頂版							
中床版 (B1F~B3F)							
中床版 (B4F)							

*1 評価位置は次頁の図に示す



表 6.4-7 (2) コンクリートの曲げ照査結果

追而

基準地震動	位相	評価位置		圧縮 応力度 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	照査値	
S _s -D1	H-, V+	底版					
		鉛直方向	東側壁				
			西側壁				
			中壁				
		水平方向	東側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
				B4F			
				ピット部			
			西側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
				B4F			
				ピット部			
中壁	B1F						
	B2F						
頂版							
中床版 (B1F~B3F)							
中床版 (B4F)							
S _s -D1	H-, V-	底版					
		鉛直方向	東側壁				
			西側壁				
			中壁				
		水平方向	東側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
				B4F			
				ピット部			
			西側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
				B4F			
				ピット部			
中壁	B1F						
	B2F						
頂版							
中床版 (B1F~B3F)							
中床版 (B4F)							

*1 評価位置は次頁の図に示す



表 6.4-7 (3) コンクリートの曲げ照査結果

追而

基準地震動	位相	評価位置	圧縮 応力度 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	照査値		
S _s -11	H+, V+	底版					
		鉛直方向	東側壁				
			西側壁				
			中壁				
		水平方向	東側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
				B4F			
				ピット部			
			西側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
				B4F			
			中壁	B1F			
				B2F			
B3F							
頂版							
中床版 (B1F~B3F)							
中床版 (B4F)							
S _s -12	H+, V+	底版					
		鉛直方向	東側壁				
			西側壁				
			中壁				
		水平方向	東側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
				B4F			
				ピット部			
			西側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
				B4F			
			中壁	B1F			
				B2F			
B3F							
頂版							
中床版 (B1F~B3F)							
中床版 (B4F)							

*1 評価位置は次頁の図に示す



表 6.4-7 (4) コンクリートの曲げ照査結果

追而

基準地震動	位相	評価位置	圧縮 応力度 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	照査値		
S _s -13	H+, V+	底版					
		鉛直方向	東側壁				
			西側壁				
			中壁				
		水平方向	東側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
				B4F			
				ピット部			
			西側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
				B4F			
			中壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
頂版							
中床版 (B1F~B3F)							
中床版 (B4F)							
S _s -14	H+, V+	底版					
		鉛直方向	東側壁				
			西側壁				
			中壁				
		水平方向	東側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
				B4F			
				ピット部			
			西側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
				B4F			
			中壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
頂版							
中床版 (B1F~B3F)							
中床版 (B4F)							

*1 評価位置は次頁の図に示す



表 6.4-7 (5) コンクリートの曲げ照査結果

追而

基準地震動	位相	評価位置		圧縮 応力度 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	照査値	
S _s -21	H+, V+	底版					
		鉛直方向	東側壁				
			西側壁				
			中壁				
		水平方向	東側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
				B4F			
				ピット部			
			西側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
				B4F			
				ピット部			
中壁	B1F						
	B2F						
頂版							
中床版 (B1F~B3F)							
中床版 (B4F)							
S _s -22	H+, V+	底版					
		鉛直方向	東側壁				
			西側壁				
			中壁				
		水平方向	東側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
				B4F			
				ピット部			
			西側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
				B4F			
				ピット部			
中壁	B1F						
	B2F						
頂版							
中床版 (B1F~B3F)							
中床版 (B4F)							

*1 評価位置は次頁の図に示す

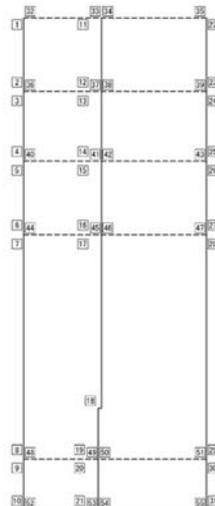


表 6.4-7 (6) コンクリートの曲げ照査結果

追而

基準地震動	位相	評価位置	圧縮 応力度 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	照査値		
S _s -31	H+, V+	底版					
		鉛直方向	東側壁				
			西側壁				
			中壁				
		水平方向	東側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
				B4F			
				ピット部			
			西側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
				B4F			
			中壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
頂版							
中床版 (B1F~B3F)							
中床版 (B4F)							
S _s -31	H-, V+	底版					
		鉛直方向	東側壁				
			西側壁				
			中壁				
		水平方向	東側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
				B4F			
				ピット部			
			西側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
				B4F			
			中壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
頂版							
中床版 (B1F~B3F)							
中床版 (B4F)							

*1 評価位置は次頁の図に示す



表 6.4-8 (1) 鉄筋の曲げ照査結果

追而

基準地震動	位相	評価位置		引張 応力度 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	照査値	
S _s -D1	H+, V+	底版					
		鉛直方向	東側壁				
			西側壁				
			中壁				
		水平方向	東側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
				B4F			
				ピット部			
			西側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
				B4F			
			中壁	B1F			
B2F							
B3F							
頂版							
中床版 (B1F~B3F)							
中床版 (B4F)							
S _s -D1	H+, V-	底版					
		鉛直方向	東側壁				
			西側壁				
			中壁				
		水平方向	東側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
				B4F			
				ピット部			
			西側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
				B4F			
			中壁	B1F			
B2F							
B3F							
頂版							
中床版 (B1F~B3F)							
中床版 (B4F)							

*1 評価位置は次頁の図に示す



表 6.4-8 (2) 鉄筋の曲げ照査結果

追而

基準地震動	位相	評価位置	引張 応力度 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	照査値		
S _s -D1	H-, V+	底版					
		鉛直方向	東側壁				
			西側壁				
			中壁				
		水平方向	東側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
				B4F			
				ピット部			
			西側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
				B4F			
			中壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
		頂版					
中床版 (B1F~B3F)							
中床版 (B4F)							
S _s -D1	H-, V-	底版					
		鉛直方向	東側壁				
			西側壁				
			中壁				
		水平方向	東側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
				B4F			
				ピット部			
			西側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
				B4F			
			中壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
		頂版					
中床版 (B1F~B3F)							
中床版 (B4F)							

*1 評価位置は次頁の図に示す



表 6.4-8 (3) 鉄筋の曲げ照査結果

追而

基準地震動	位相	評価位置	引張 応力度 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	照査値		
S _s -11	H+, V+	底板					
		鉛直方向	東側壁				
			西側壁				
			中壁				
		水平方向	東側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
				B4F			
				ピット部			
			西側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
				B4F			
			中壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
		頂版					
中床版 (B1F~B3F)							
中床版 (B4F)							
S _s -12	H+, V+	底板					
		鉛直方向	東側壁				
			西側壁				
			中壁				
		水平方向	東側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
				B4F			
				ピット部			
			西側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
				B4F			
			中壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
		頂版					
中床版 (B1F~B3F)							
中床版 (B4F)							

*1 評価位置は次頁の図に示す



表 6.4-8 (4) 鉄筋の曲げ照査結果

追而

基準地震動	位相	評価位置	引張 応力度 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	照査値		
S _s -13	H+, V+	底版					
		鉛直方向	東側壁				
			西側壁				
			中壁				
		水平方向	東側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
				B4F			
				ピット部			
			西側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
				B4F			
			中壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
		頂版					
中床版 (B1F~B3F)							
中床版 (B4F)							
S _s -14	H+, V+	底版					
		鉛直方向	東側壁				
			西側壁				
			中壁				
		水平方向	東側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
				B4F			
				ピット部			
			西側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
				B4F			
			中壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
		頂版					
中床版 (B1F~B3F)							
中床版 (B4F)							

*1 評価位置は次頁の図に示す



表 6.4-8 (5) 鉄筋の曲げ照査結果

追而

基準地震動	位相	評価位置		引張 応力度 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	照査値	
S _s -21	H+, V+	底版					
		鉛直方向	東側壁				
			西側壁				
			中壁				
		水平方向	東側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
				B4F			
				ピット部			
			西側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
				B4F			
				ピット部			
			中壁	B1F			
B2F							
B3F							
B4F							
ピット部							
頂版							
中床版 (B1F~B3F)							
中床版 (B4F)							
S _s -22	H+, V+	底版					
		鉛直方向	東側壁				
			西側壁				
			中壁				
		水平方向	東側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
				B4F			
				ピット部			
			西側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
				B4F			
				ピット部			
			中壁	B1F			
B2F							
B3F							
B4F							
ピット部							
頂版							
中床版 (B1F~B3F)							
中床版 (B4F)							

*1 評価位置は次頁の図に示す



表 6.4-8 (6) 鉄筋の曲げ照査結果

追

基準地震動	位相	評価位置	引張 応力度 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	照査値		
S _s -31	H+, V+	底板					
		鉛直方向	東側壁				
			西側壁				
			中壁				
		水平方向	東側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
				B4F			
				ピット部			
			西側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
				B4F			
			中壁	B1F			
				B2F			
B3F							
		B4F					
		ピット部					
		頂版					
		中床版 (B1F~B3F)					
		中床版 (B4F)					
S _s -31	H-, V+	底板					
		鉛直方向	東側壁				
			西側壁				
			中壁				
		水平方向	東側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
				B4F			
				ピット部			
			西側壁	B1F			
				B2F			
				B3F			
				B4F			
			中壁	B1F			
				B2F			
B3F							
		B4F					
		ピット部					
		頂版					
		中床版 (B1F~B3F)					
		中床版 (B4F)					

*1 評価位置は次頁の図に示す



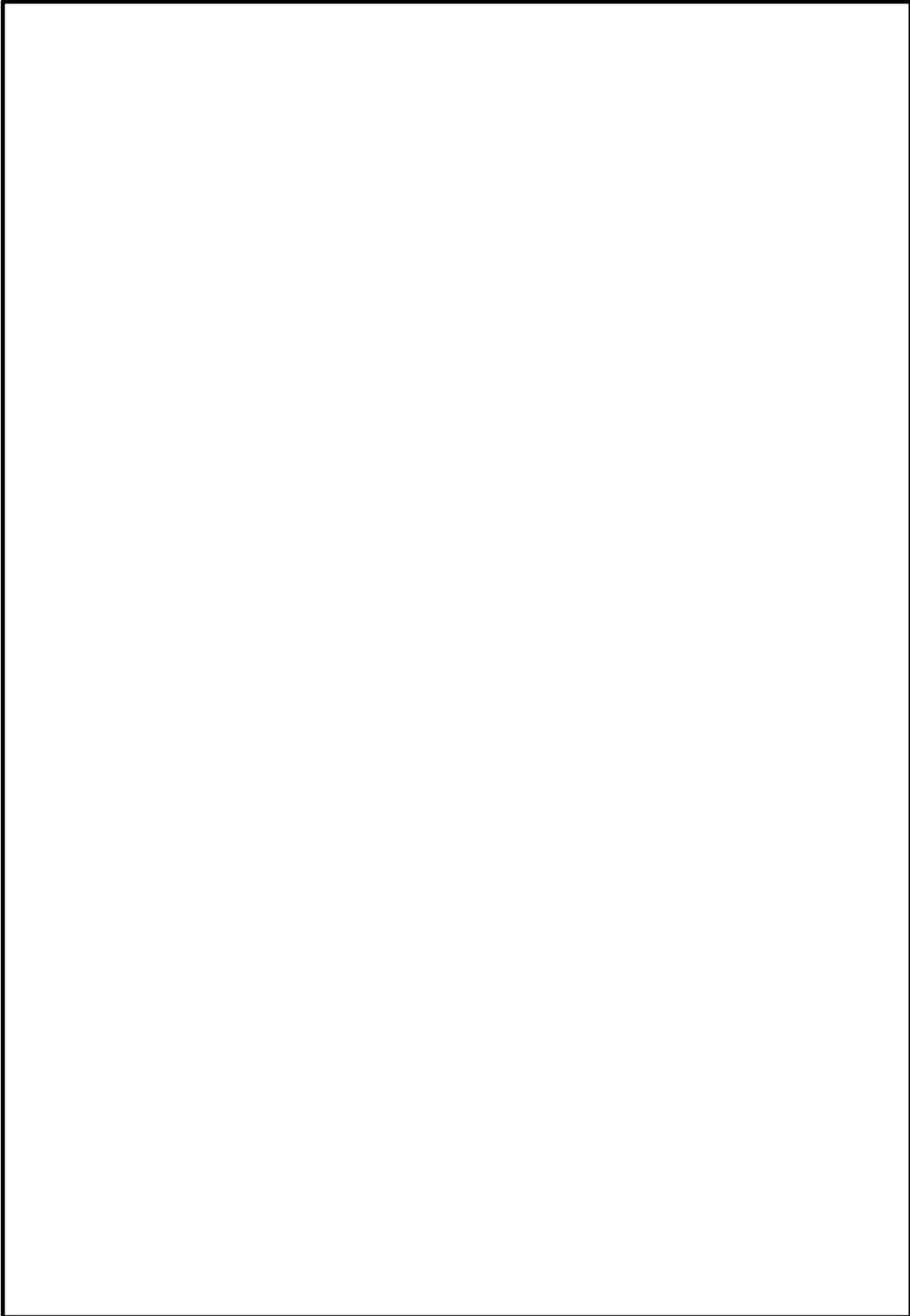
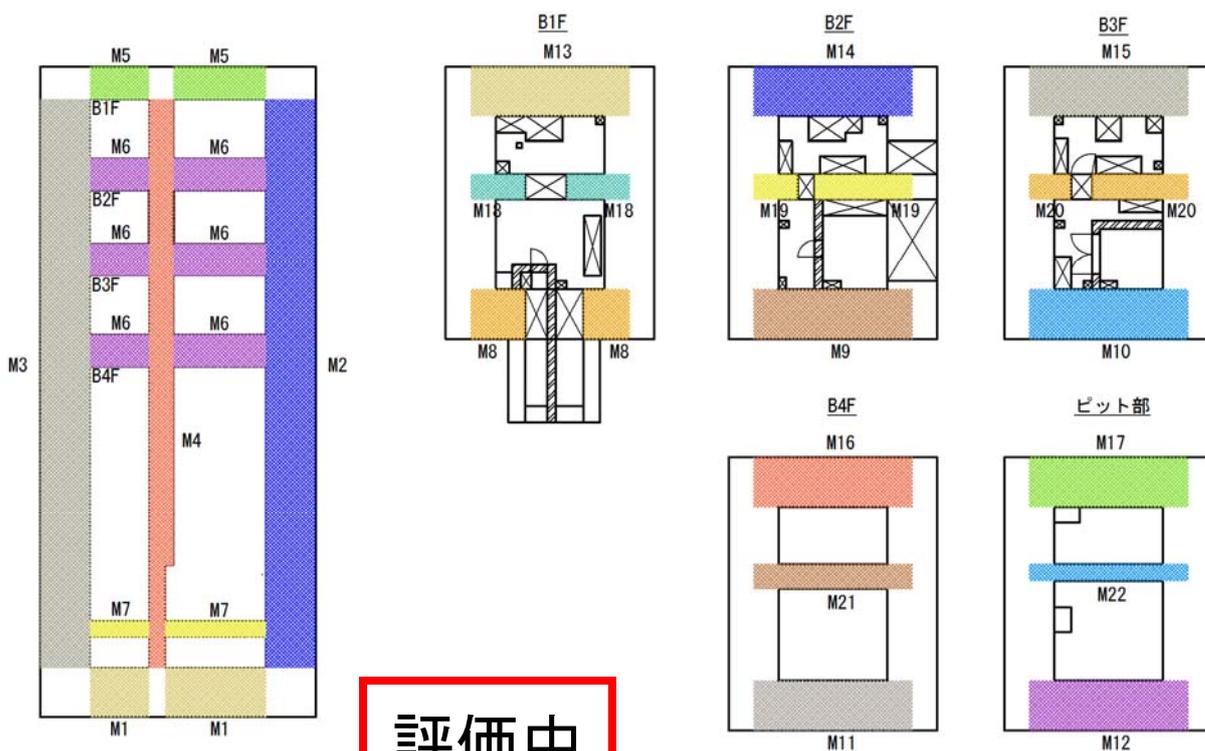


图 6.4-10 概略配筋图

表 6.4-9 断面諸元一覧表 (曲げに対する評価)

部位	材料No.	断面性状				主鉄筋				
		部材幅 b (m)	部材高 h (m)	かぶり d' (m)	有効高さ d (m)	鉄筋種別 (-)	径 (mm)	段数 (-)	鉄筋間隔 (mm)	鉄筋量 (cm ²)
底版	M1									
東側壁	鉛直方向	M2								
	水平方向	B1F	M8							
		B2F	M9							
		B3F	M10							
		B4F	M11							
		ピット部	M12							
西側壁	鉛直方向	M3								
	水平方向	B1F	M13							
		B2F	M14							
		B3F	M15							
		B4F	M16							
		ピット部	M17							
中壁	鉛直方向	M4								
	水平方向	B1F	M18							
		B2F	M19							
		B3F	M20							
		B4F	M21							
		ピット部	M22							
頂版	M5									
中床版 (B1F~B3F)	M6									
中床版 (B4F)	M7									



評価中

(2) 構造部材のせん断に対する評価結果

表 6.4-10 にせん断に対する照査結果を示す。

立坑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せん断応力度以下である又はコンクリートの負担するせん断力 (V_c) と、斜め引張鉄筋の負担するせん断力 (V_s) を合わせた許容せん断力 (V_a) が、発生せん断力 (V) 以上であることを確認した。 ($V_a = V_c + V_s \geq V$) なお、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、立坑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 6.4-11 に概略配筋図を、表 6.4-11 に断面計算に用いた断面諸元の一覧を示す。

表 6.4-10 (1) せん断照査結果

追而

基準地震動	位相	評価位置	発生せん断力 (kN)	短期許容せん断力 (kN)	照査値	
S _s -D 1	H+, V+	底版				
		北側壁	B1F			
			B2F			
			B3F			
			B4F			
			ピット部			
		南側壁	B1F			
			B2F			
			B3F			
			B4F			
			ピット部			
		中壁	B1F			
			B2F			
			B3F			
			B4F			
ピット部						
頂版						
中床版 (B1F~B3F)						
中床版 (B4F)						
S _s -D 1	H+, V-	底版				
		北側壁	B1F			
			B2F			
			B3F			
			B4F			
			ピット部			
		南側壁	B1F			
			B2F			
			B3F			
			B4F			
			ピット部			
		中壁	B1F			
			B2F			
			B3F			
			B4F			
ピット部						
頂版						
中床版 (B1F~B3F)						
中床版 (B4F)						

*1 評価位置は次頁の図に示す。



表 6.4-10 (2) せん断照査結果

追而

基準地震動	位相	評価位置	発生せん断力 (kN)	短期許容せん断力 (kN)	照査値	
S _s -D1	H-, V+	底版				
		北側壁	B1F			
			B2F			
			B3F			
			B4F			
			ピット部			
		南側壁	B1F			
			B2F			
			B3F			
			B4F			
			ピット部			
		中壁	B1F			
			B2F			
			B3F			
B4F						
ピット部						
頂版						
中床版 (B1F~B3F)						
中床版 (B4F)						
S _s -D1	H-, V-	底版				
		北側壁	B1F			
			B2F			
			B3F			
			B4F			
			ピット部			
		南側壁	B1F			
			B2F			
			B3F			
			B4F			
			ピット部			
		中壁	B1F			
			B2F			
			B3F			
B4F						
ピット部						
頂版						
中床版 (B1F~B3F)						
中床版 (B4F)						

*1 評価位置は次頁の図に示す。



表 6.4-10 (3) せん断照査結果

追而

基準地震動	位相	評価位置	発生せん断力 (kN)	短期許容せん断力 (kN)	照査値	
S _s -11	H+, V+	底板				
		北側壁	B1F			
			B2F			
			B3F			
			B4F			
			ピット部			
		南側壁	B1F			
			B2F			
			B3F			
			B4F			
			ピット部			
		中壁	B1F			
			B2F			
			B3F			
B4F						
		ピット部				
		頂版				
		中床版 (B1F~B3F)				
		中床版 (B4F)				
S _s -12	H+, V+	底板				
		北側壁	B1F			
			B2F			
			B3F			
			B4F			
			ピット部			
		南側壁	B1F			
			B2F			
			B3F			
			B4F			
			ピット部			
		中壁	B1F			
			B2F			
			B3F			
B4F						
		ピット部				
		頂版				
		中床版 (B1F~B3F)				
		中床版 (B4F)				

*1 評価位置は次頁の図に示す。



表 6.4-10 (4) せん断照査結果

追而

基準地震動	位相	評価位置	発生せん断力 (kN)	短期許容せん断力 (kN)	照査値	
S _s -13	H+, V+	底版				
		北側壁	B1F			
			B2F			
			B3F			
			B4F			
			ピット部			
		南側壁	B1F			
			B2F			
			B3F			
			B4F			
			ピット部			
		中壁	B1F			
			B2F			
			B3F			
B4F						
ピット部						
頂版						
中床版 (B1F~B3F)						
中床版 (B4F)						
S _s -14	H+, V+	底版				
		北側壁	B1F			
			B2F			
			B3F			
			B4F			
			ピット部			
		南側壁	B1F			
			B2F			
			B3F			
			B4F			
			ピット部			
		中壁	B1F			
			B2F			
			B3F			
B4F						
ピット部						
頂版						
中床版 (B1F~B3F)						
中床版 (B4F)						

*1 評価位置は次頁の図に示す。



表 6.4-10 (5) せん断照査結果

追而

基準地震動	位相	評価位置	発生せん断力 (kN)	短期許容せん断力 (kN)	照査値	
S _s -21	H+, V+	底版				
		北側壁	B1F			
			B2F			
			B3F			
			B4F			
			ピット部			
		南側壁	B1F			
			B2F			
			B3F			
			B4F			
			ピット部			
		中壁	B1F			
			B2F			
			B3F			
B4F						
ピット部						
頂版						
中床版 (B1F~B3F)						
中床版 (B4F)						
S _s -22	H+, V+	底版				
		北側壁	B1F			
			B2F			
			B3F			
			B4F			
			ピット部			
		南側壁	B1F			
			B2F			
			B3F			
			B4F			
			ピット部			
		中壁	B1F			
			B2F			
			B3F			
B4F						
ピット部						
頂版						
中床版 (B1F~B3F)						
中床版 (B4F)						

*1 評価位置は次頁の図に示す。



表 6.4-10 (6) せん断照査結果

追而

基準地震動	位相	評価位置	発生せん断力 (kN)	短期許容せん断力 (kN)	照査値	
S _s -31	H+, V+	底版				
		北側壁	B1F			
			B2F			
			B3F			
			B4F			
			ピット部			
		南側壁	B1F			
			B2F			
			B3F			
			B4F			
			ピット部			
		中壁	B1F			
			B2F			
			B3F			
B4F						
ピット部						
頂版						
中床版 (B1F~B3F)						
中床版 (B4F)						
S _s -31	H-, V+	底版				
		北側壁	B1F			
			B2F			
			B3F			
			B4F			
			ピット部			
		南側壁	B1F			
			B2F			
			B3F			
			B4F			
			ピット部			
		中壁	B1F			
			B2F			
			B3F			
B4F						
ピット部						
頂版						
中床版 (B1F~B3F)						
中床版 (B4F)						

*1 評価位置は次頁の図に示す。



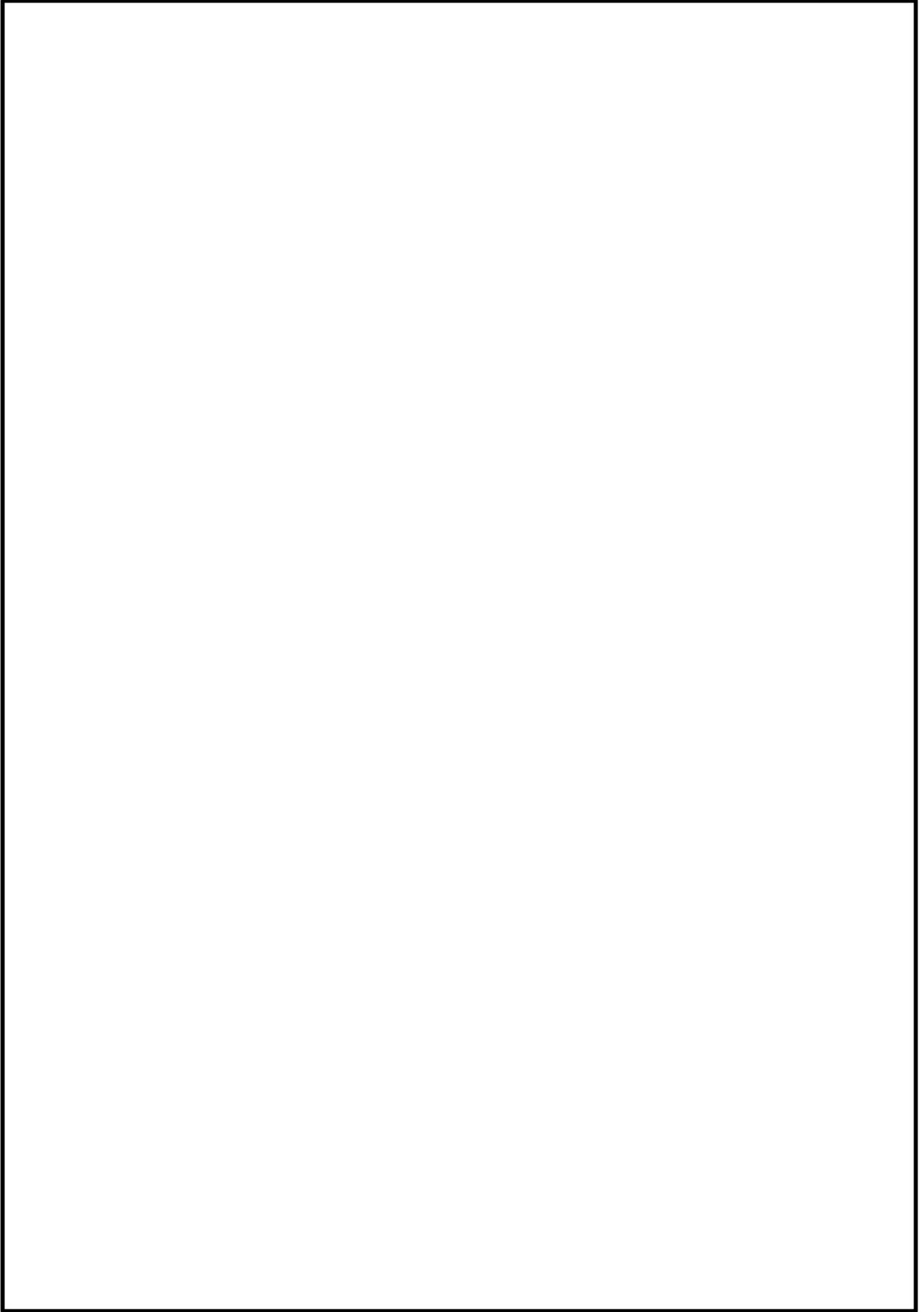
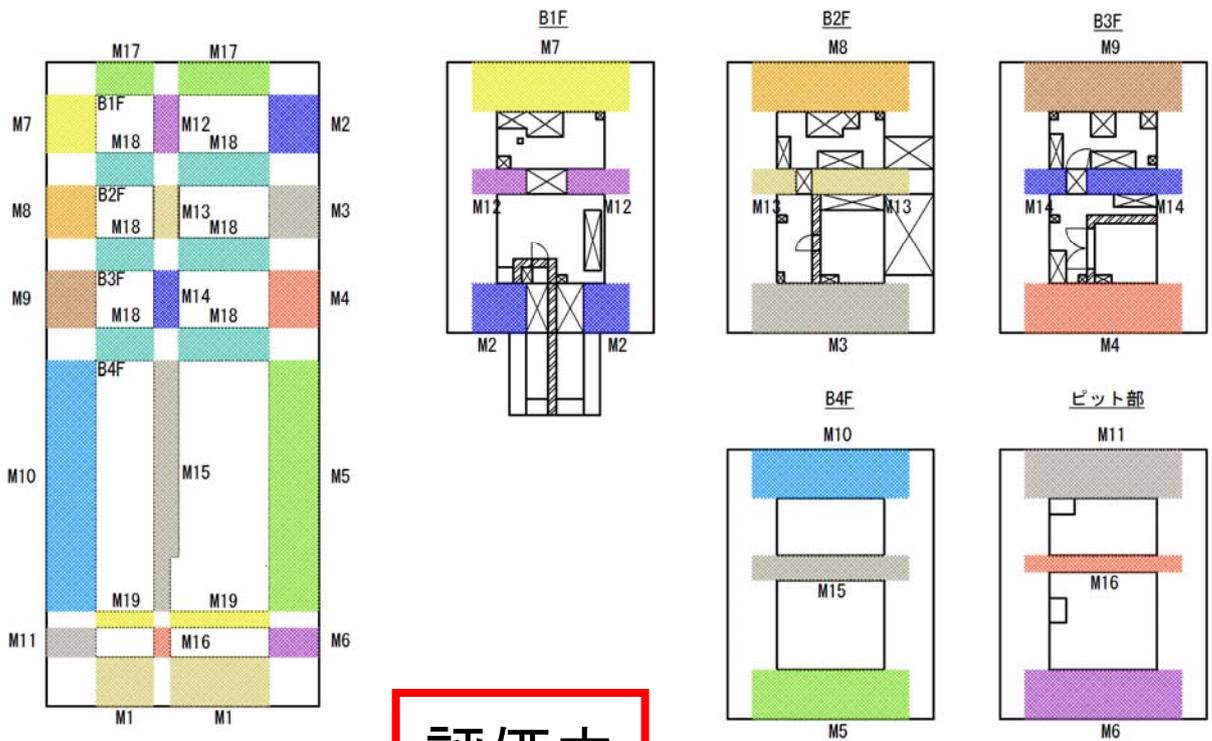


图 6.4-11 概略配筋图

表 6.4-11 断面諸元一覧表（せん断に対する評価）

追而

部位	材料No.	断面性状				せん断補強鉄筋				
		部材幅 b (m)	部材高 h (m)	かぶり d' (m)	有効高さ d (m)	鉄筋種別 (-)	径 (mm)	Sb (mm)	Ss (mm)	鉄筋量 (cm ²)
底版	M1									
東側壁	B1F	M2								
	B2F	M3								
	B3F	M4								
	B4F	M5								
	ピット部	M6								
西側壁	B1F	M7								
	B2F	M8								
	B3F	M9								
	B4F	M10								
	ピット部	M11								
中壁	B1F	M12								
	B2F	M13								
	B3F	M14								
	B4F	M15								
ピット部	M16									
頂版	M17									
中床版 (B1F~B3F)	M18									
中床版 (B4F)	M19									



評価中

(3) 基礎地盤の支持性能に対する評価結果

表 6.4-12 に基礎地盤の支持性能照査結果を、図 6.4-12 に接地圧分布図を示す。

立坑の最大接地圧は、 $S_s - D 1$ で $\bigcirc\bigcirc \text{ kN/m}^2$ であり、基礎地盤の極限支持力度差 $\Delta\Delta \text{ kN/m}^2$ 以下である。

以上のことから、立坑の基礎地盤は、基準地震動 S_s に対し、支持性能を有する。

表 6.4-12 基礎地盤の支持性能照査結果(東西方向)

図 6.4-12 (1) 最大接地圧分布図 ($S_s - D 1$ [H+,V+])

図 6.4-12 (2) 最大接地圧分布図 ($S_s - D 1$ [H+,V-])

図 6.4-12 (3) 最大接地圧分布図 ($S_s - D 1$ [H-,V+])

図 6.4-12 (4) 最大接地圧分布図 ($S_s - D 1$ [H-,V-])

図 6.4-12 (5) 最大接地圧分布図 ($S_s - 1 1$)

図 6.4-12 (6) 最大接地圧分布図 ($S_s - 1 2$)

図 6.4-12 (7) 最大接地圧分布図 ($S_s - 1 3$)

図 6.4-12 (8) 最大接地圧分布図 ($S_s - 1 4$)

図 6.4-12 (9) 最大接地圧分布図 ($S_s - 2 1$)

図 6.4-12 (10) 最大接地圧分布図 ($S_s - 2 2$)

図 6.4-12 (11) 最大接地圧分布図 ($S_s - 3 1$ [H+,V+])

図 6.4-12 (12) 最大接地圧分布図 ($S_s - 3 1$ [H-,V+])

6.5 まとめ (追而)

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

目次

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	7-1
7.1 評価方法	7-2
7.2 評価条件	7-2
7.2.1 適用基準	7-2
7.2.2 耐震安全性評価フロー	7-3
7.2.3 評価対象断面の方向	7-4
7.2.4 評価対象断面の選定	7-7
7.2.5 使用材料及び材料定数	7-9
7.2.6 地下水位	7-13
7.2.7 地震応答解析手法	7-13
7.2.8 解析モデルの設定	7-15
7.2.9 減衰定数	7-19
7.2.10 荷重の組合せ	7-21
7.2.11 地震応答解析の検討ケース	7-24
7.3 評価内容	7-26
7.3.1 杭と底版の結合部の評価方法	7-26
7.3.2 入力地震動の設定	7-27
7.3.3 許容限界の設定	7-44
7.4 評価結果	7-48
7.4.1 地震応答解析結果	7-48
7.4.2 カルバートの耐震評価結果	7-54
7.4.3 杭基礎の耐震評価結果	7-78
7.5 まとめ（追而）	7-79

7.1 評価方法

常設代替高圧電源装置用カルバート（カルバート部）（以下、「カルバート」という。）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構造物である。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。

7.2 評価条件

7.2.1 適用基準

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）等を適用するが、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。

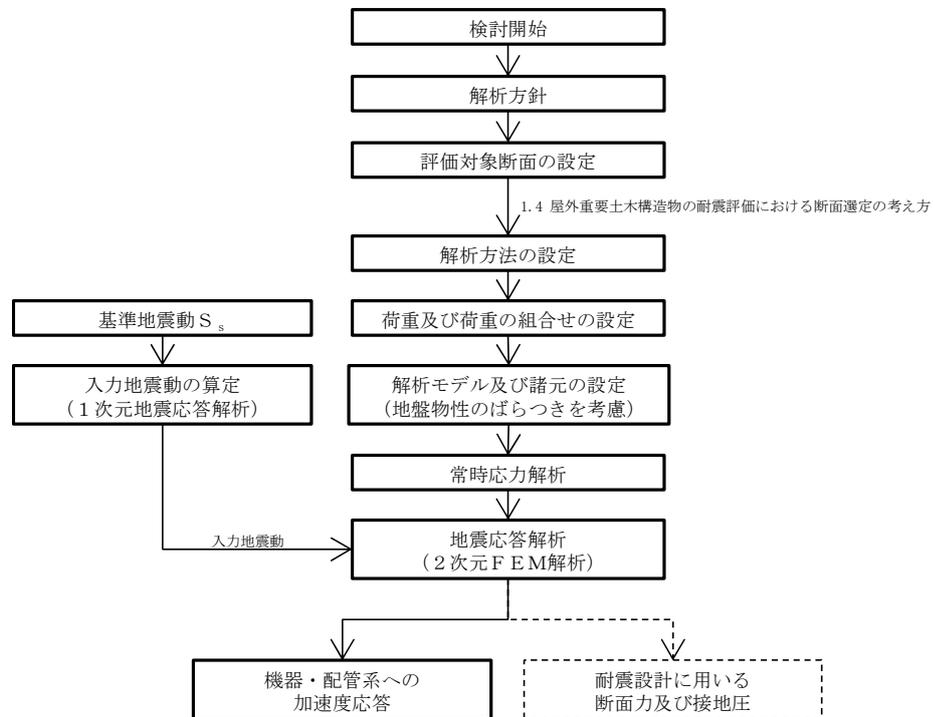
表7.2-1に適用する規格，基準類を示す。

表 7.2-1 適用する規格，基準類

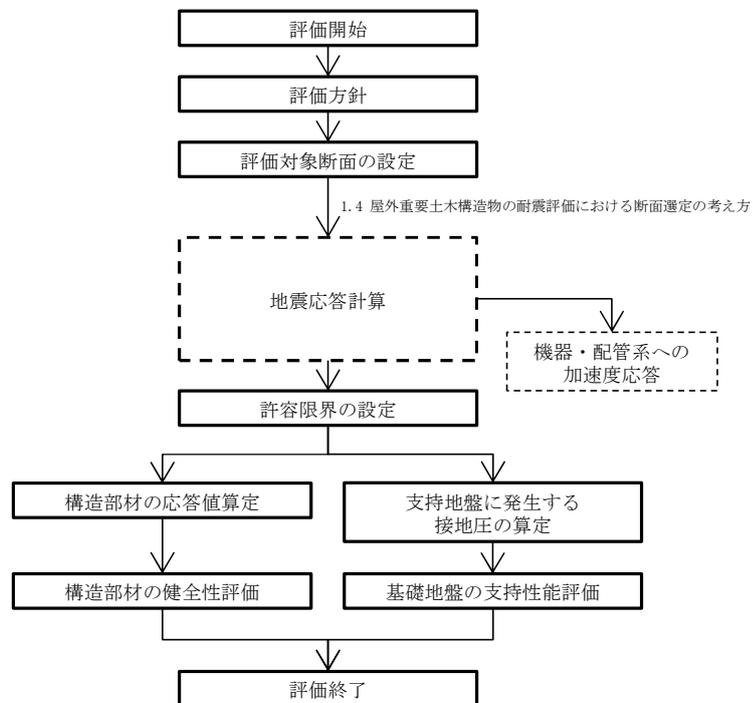
項目	適用する規格，基準類	備考
使用材料及び材料定数	・コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（2002年制定）	—
荷重及び荷重の組合せ	・コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（2002年制定）	・永久荷重＋偶発荷重＋従たる変動荷重の適切な組合せを検討
許容限界	・コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（2002年制定） ・道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（平成24年3月）	・曲げに対する照査は，発生応力が，許容限界以下であることを確認 ・せん断に対する照査は，発生応力が，許容限界以下であることを確認
地震応答解析	・ J E A G 4 6 0 1 -1987	・有限要素法による2次元モデルを用いた時刻歴非線形解析

7.2.2 耐震安全性評価フロー

図7.2-1にカルバートの耐震安全性評価フローを示す。



<地震応答計算>



<耐震性評価>

図 7.2-1 カルバートの耐震安全性評価フロー

7.2.3 評価対象断面の方向

カルバートの位置を図 7.2-2 に示す。

カルバートは 2 つの構造物に大別される。軽油移送配管を支持するカルバート（以下、「軽油カルバート」という。）は、延長 5.0 m、幅 5.5 m、高さ 7.5 m の鉄筋コンクリート造である。

電源ケーブル及び水配管を支持するカルバート（以下、「水電気カルバート」という。）は、延長約 35 m、幅 13.9 m、高さ 6.7 m の鉄筋コンクリート造である。

図 7.2-2 に示すとおり、カルバート部の縦断方向は東側に剛な原子炉建屋が存在し、加振方向に耐震壁が多く存在することから、強軸断面方向となる。一方、横断方向は、耐震設計上見込め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、カルバートの耐震評価では、弱軸断面方向である横断方向を評価対象断面の方向とする。

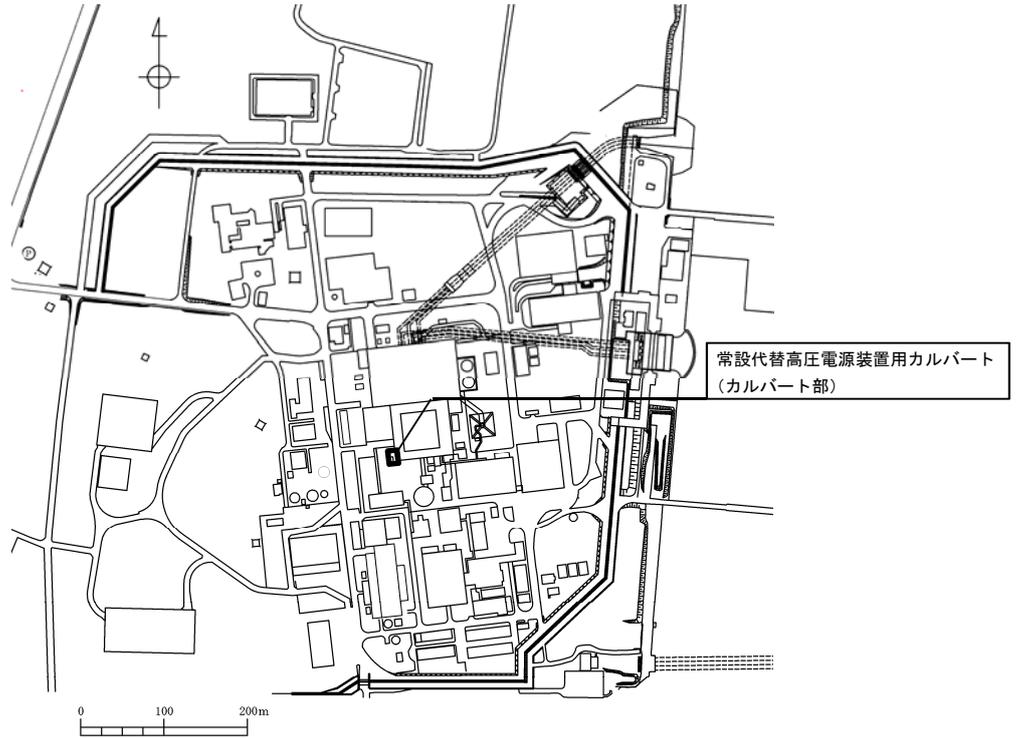


図 7.2-2 (1) カルバートの平面配置図 (全体平面図)

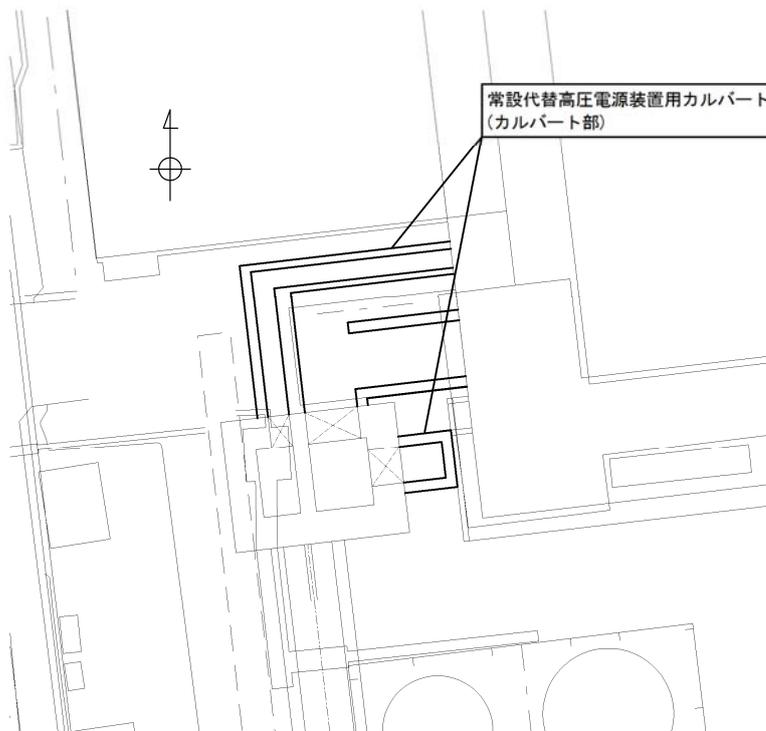
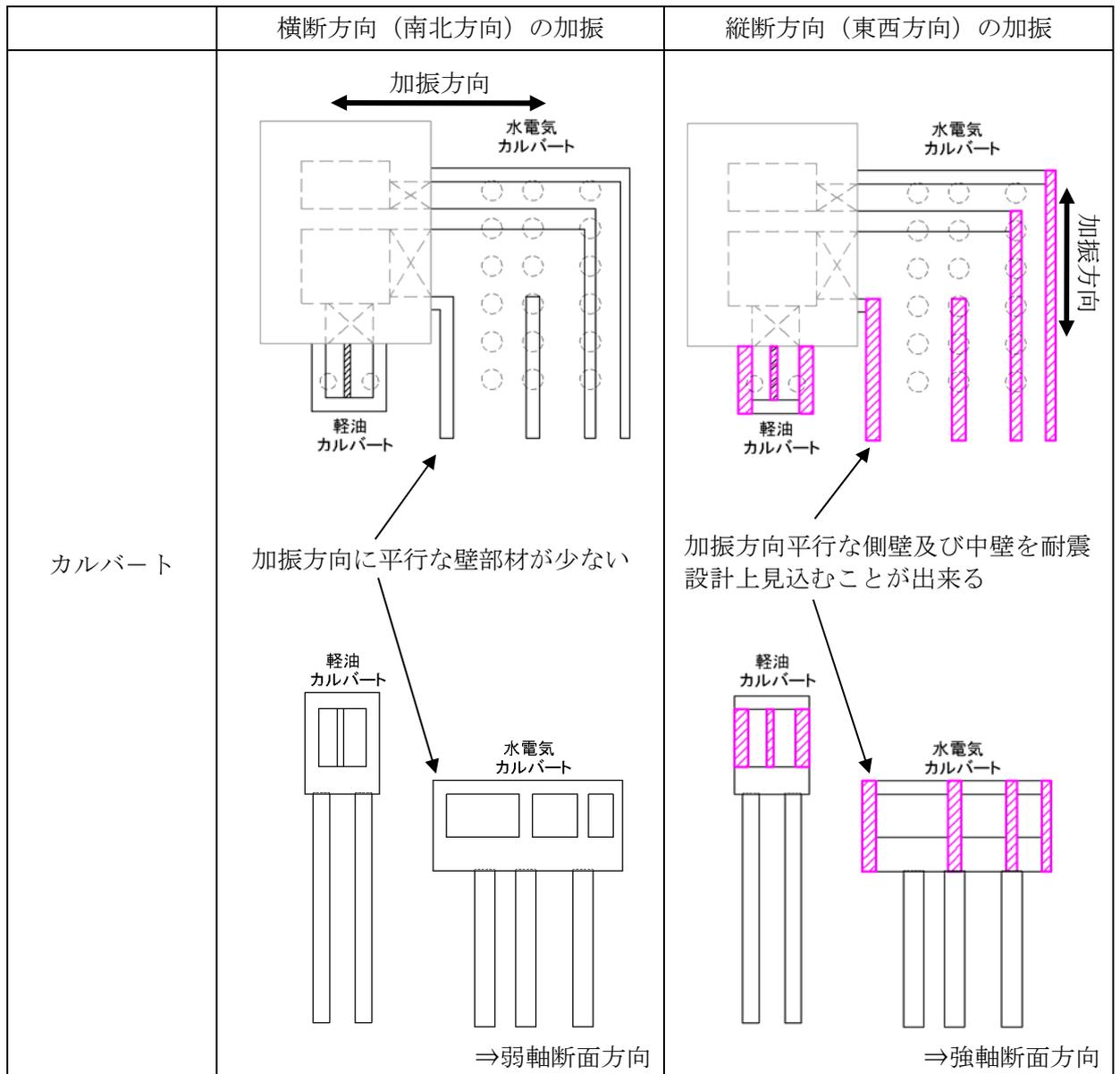


図 7.2-2 (2) カルバートの平面配置図 (拡大図)

表 7.2-2 カルバートの評価対象断面の方向の選定



7.2.4 評価対象断面の選定

図7.2-3及び図7.2-4にカルバートの平面図及び断面図を示す。

軽油カルバートは、延長約5 mの鉄筋コンクリート造である。1層2連ボックスカルバート状のラーメン構造である。

水電気カルバートは、延長35 mの鉄筋コンクリート造である。1層3連ボックスカルバート状のラーメン構造である。

評価対象断面は、「1.4.7 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」に記載したとおり、軽油移送配管、電気ケーブル及び水配管を支持しており、地震荷重による影響が大きく、弱軸断面方向である横断方向の①-①断面を代表として耐震評価を実施する。



図 7.2-3 カルバートの平面図

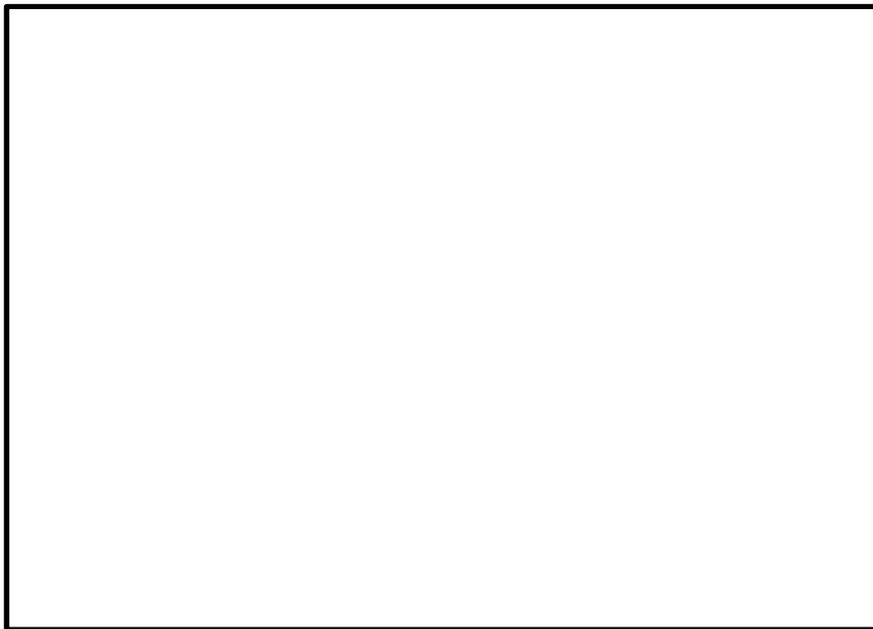


図 7.2-4 カルバートの断面図 (①-①断面)

7.2.5 使用材料及び材料定数

耐震評価に用いる材料定数は、適用基準類を基に設定する。構造物の使用材料を表7.2-3に、材料物性値を表7.2-4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適切に考慮できるモデル化とする。地盤の物性値を表7.2-5に示す。

表 7.2-3 使用材料 (追而)

材料	諸元
コンクリート	設計基準強度 40N/mm ²
鉄筋	SD345, SD490
鋼管杭	

表 7.2-4 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
鋼管杭	77.0	2.0×10 ⁵	0.3

表 7.2-5 (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					
				埋戻土		第四系 (液状化対象層)			
				f1	du	Ag1	Ag2	As	D2g-3
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)	2.01 (1.89)	1.74 (-)	2.15 (2.11)
	間隙比	e	-	0.75	0.75	0.67	0.67	1.2	0.43
変形特性	ポアソン比	vCD	-	0.26	0.26	0.25	0.25	0.26	0.26
	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)	814 (814)	497 (299)	378 (-)	1167 (1167)
	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)	392073 (392073)	278087 (167137)	143284 (-)	1362035 (1362035)
	最大履歴減衰率	h_{max}	-	0.220	0.220	0.221	0.233	0.216	0.130
強度特性	粘着力	C_{CD}	kN/m^2	0	0	0	0	0.012	0
	内部摩擦角	ϕ_{CD}	度	37.3	37.3	37.4	37.4	41	44.4
液状化特性	変相角	ϕ_p	-	34.8	34.8	34.9	34.9	38.3	41.4
	液状化パラメータ	S_1	-	0.047	0.047	0.029	0.028	0.046	0.03
		w_1	-	6.5	6.5	51.6	56.5	6.9	45.2
		p_1	-	1.26	1.26	12	9	1	8
		p_2	-	0.8	0.8	0.6	0.6	0.75	0.6
		c_1	-	2.00	2.00	3.35	3.40	2.27	3.82

表 7.2-5 (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	
				Ac	D2c-3	Km	
物理特性	密度 ()は地下水位以浅	ρ	g/cm^3	1.65 (-)	1.77 (-)	$1.72-1.03 \times 10^{-4} \cdot z$	
	間隙比	e	-	1.59	1.09	1.16	
変形特性	ポアソン比	vCD	-	0.1	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 (-)	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 (-)		
	最大履歴減衰率	h_{max}	-	0.200	0.186		
強度特性	粘着力	C_{CD}	kN/m^2	0.025	0.026		$0.177-0.00603 \cdot z$
液状化特性	内部摩擦角	ϕ_{CD}	度	29.1	35.6	$23.2+0.0990 \cdot z^\circ$	
	変相角	ϕ_p	-	-	-	-	
	液状化パラメータ	S_1	-	-	-	-	-
		w_1	-	-	-	-	-
		p_1	-	-	-	-	-
		p_2	-	-	-	-	-
c_1		-	-	-	-	-	

z : 標高 (m)

表 7.2-5 (3) 地盤の解析用物性値一覧 (新第三系 Km 層)

区分 番号	設定深度 TP(m) Z	適用深度 TP(m)	密度 ρ (g/cm ³)	静ポアソン比 ν^{CD}	粘着力 C_D (kN/m ²)	内部摩擦角 ϕ_{CB} (°)	せん断波 速度Vs (m/s)	基準初期 せん断剛性 G _{ma} (kN/m ²)	基準体積 弾性係数 K _{ma} (kN/m ²)	基準平均有効 主応力 σ'_{ma} (kN/m ²)	拘束圧 依存係数 m ₆ , m _k	最大履歴 減衰率 h _{max} (-)	動ポアソン比 ν^d	確密波 速度Vp (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 7.2-5 (4) 地盤の解析用物性値一覧 (地盤改良)

パラメータ				地盤改良
物理 特性	密度 ()は地下水位以浅	ρ	g/cm^3	2.18 (2)
	間隙比	e	-	0.75
変形 特性	ポアソン比	ν_{CD}	-	0.26
	基準平均有効主応力 ()は地下水位以浅	σ'_{ma}	kN/m^2	1 (1)
	基準初期せん断剛性 ()は地下水位以浅	G_{ma}	kN/m^2	822662 (756184)
	最大履歴減衰率	h_{max}	-	0.152
強度 特性	粘着力	C_{CD}	kN/m^2	0.66
	内部摩擦角	ϕ_{CD}	度	41.200
液 状 化 特 性	変相角	ϕ_p	-	-
	液状化パラメータ	S_1	-	-
		w_1	-	-
		p_1	-	-
		p_2	-	-
		c_1	-	-

7.2.6 地下水位

地下水位は地表面として設定する。

7.2.7 地震応答解析手法

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7.2-5に示す。

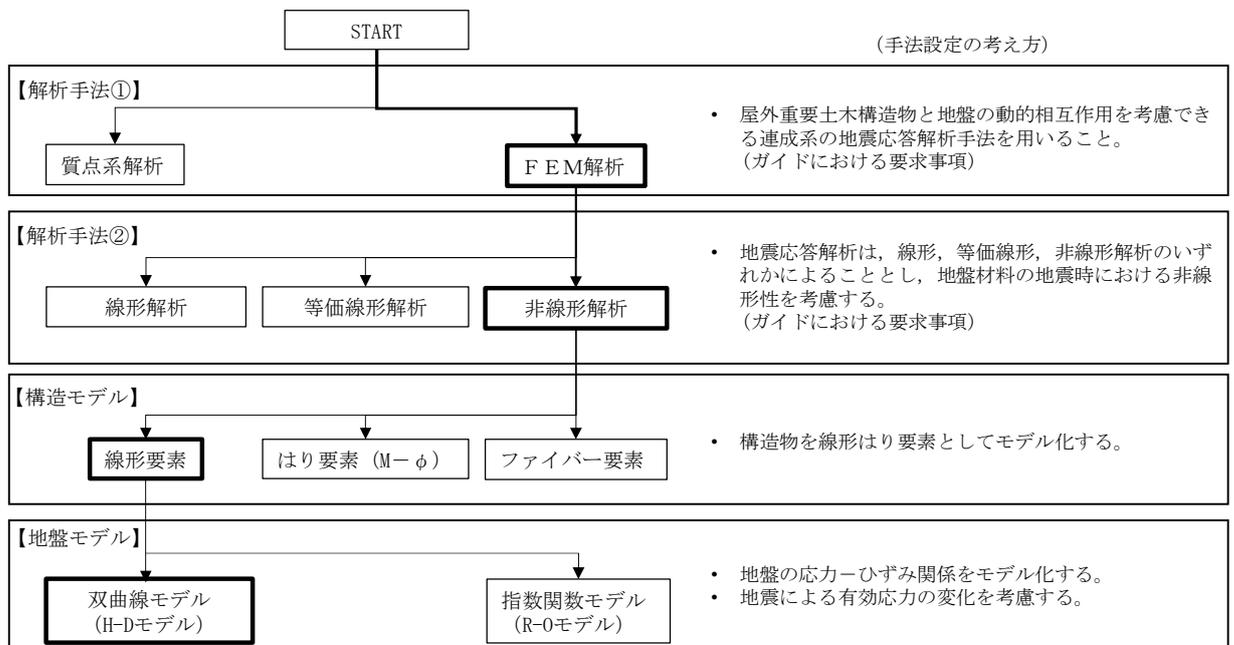


図 7.2-5 地震応答解析手法の選定フロー

H-Dモデルの選定理由は次の通りである。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。

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。

7.2.8 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を適用し、図7.2-6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。

カルバート周辺の地質断面図を図7.2-7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、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4又は5分割以上になるように要素高さを設定している。

カルバートの地震応答解析モデルを図7.2-8に示す。

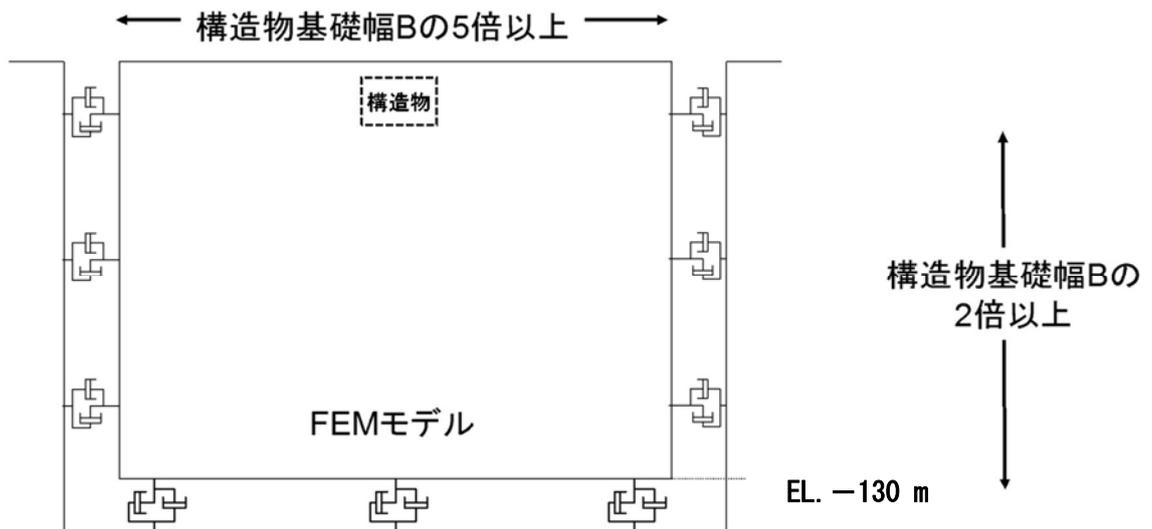


図 7.2-6 モデル範囲の考え方

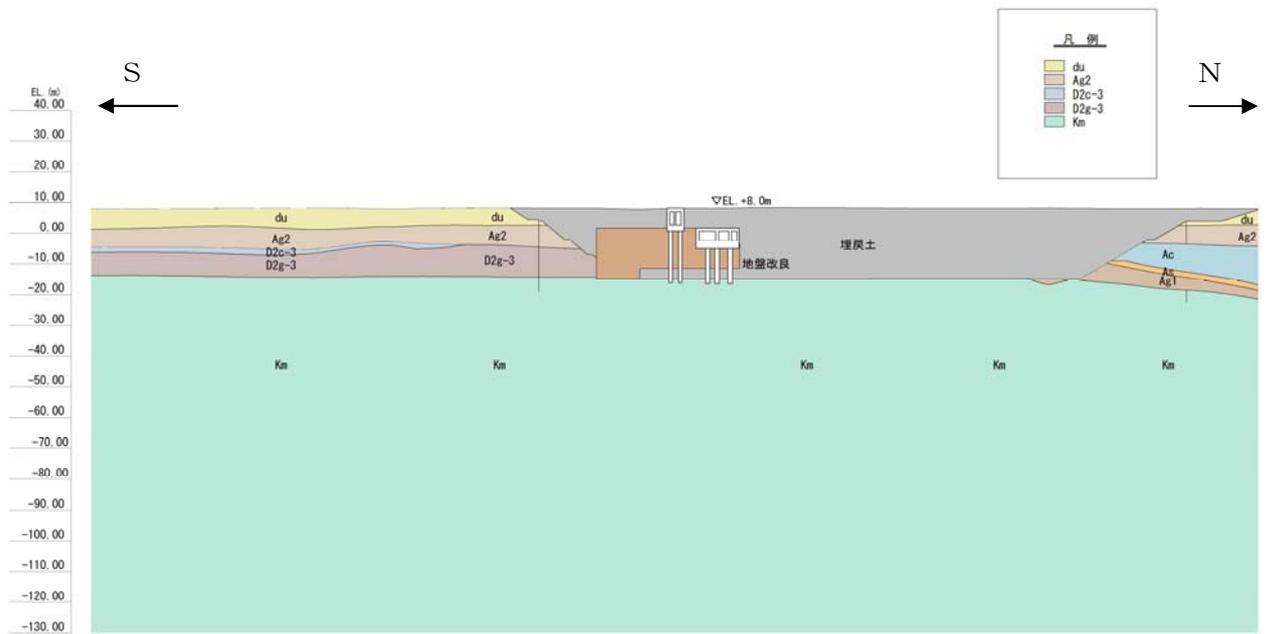


図 7.2-7 地質断面図 (①-①断面)

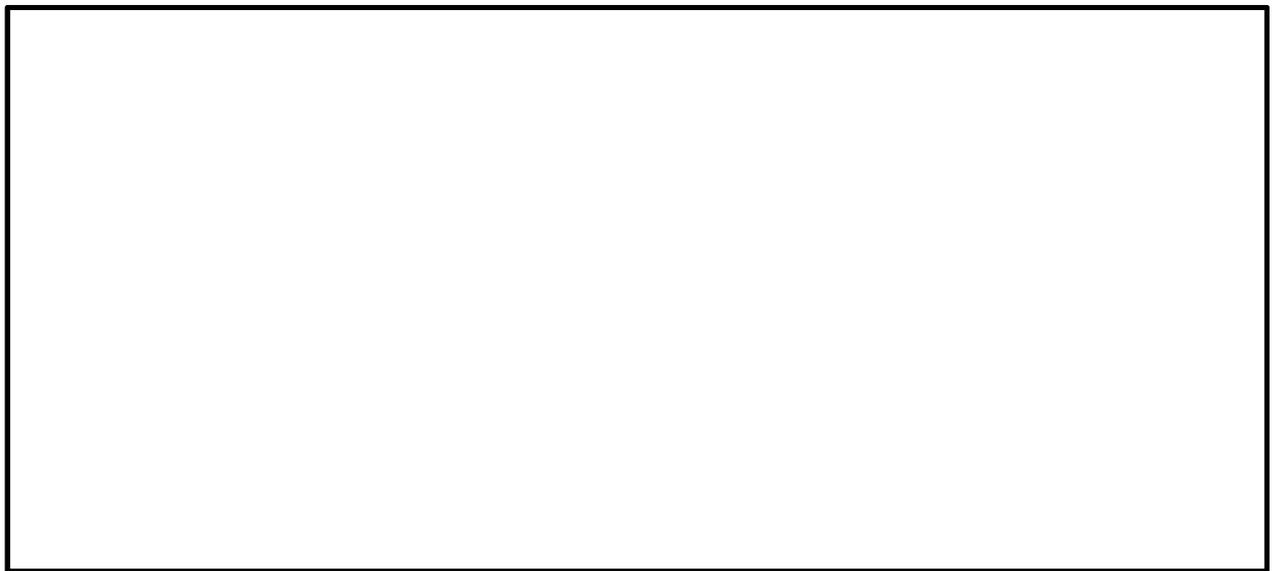


図 7.2-8 カルバートの地震応答解析モデル

(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7.2-6参照)

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

ここで、

- τ_f : せん断強度
- c : 粘着力
- ϕ : 内部摩擦角

表 7.2-6 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 ²)	内部摩擦角 (度)	備考
第四紀層	埋戻土層	0	37.3	—
	du 層	0	37.3	—
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7.2-7のとおり設定する。図7.2-9にジョイント要素設定の考え方を示す。

表 7.2-7 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



(横断方向①-①断面)

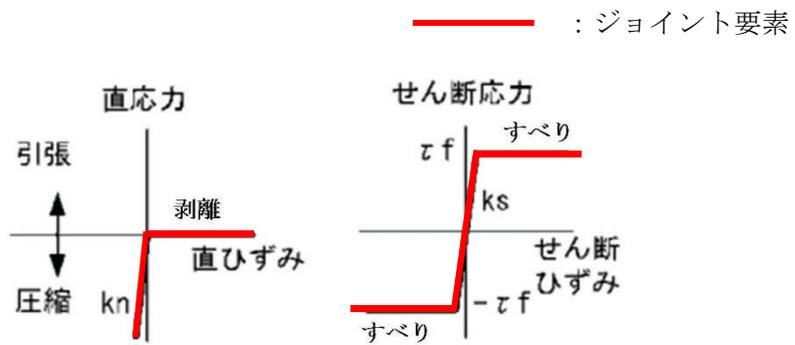


図 7.2-9 ジョイント要素の考え方

(3) 材料特性の設定

カルバート部材及び鋼管杭は線形はり要素を用いてモデル化する。

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。

7.2.9 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。

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

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7.2-10にRayleigh減衰の設定フローを、表7.2-8に固有値解析結果を示す。

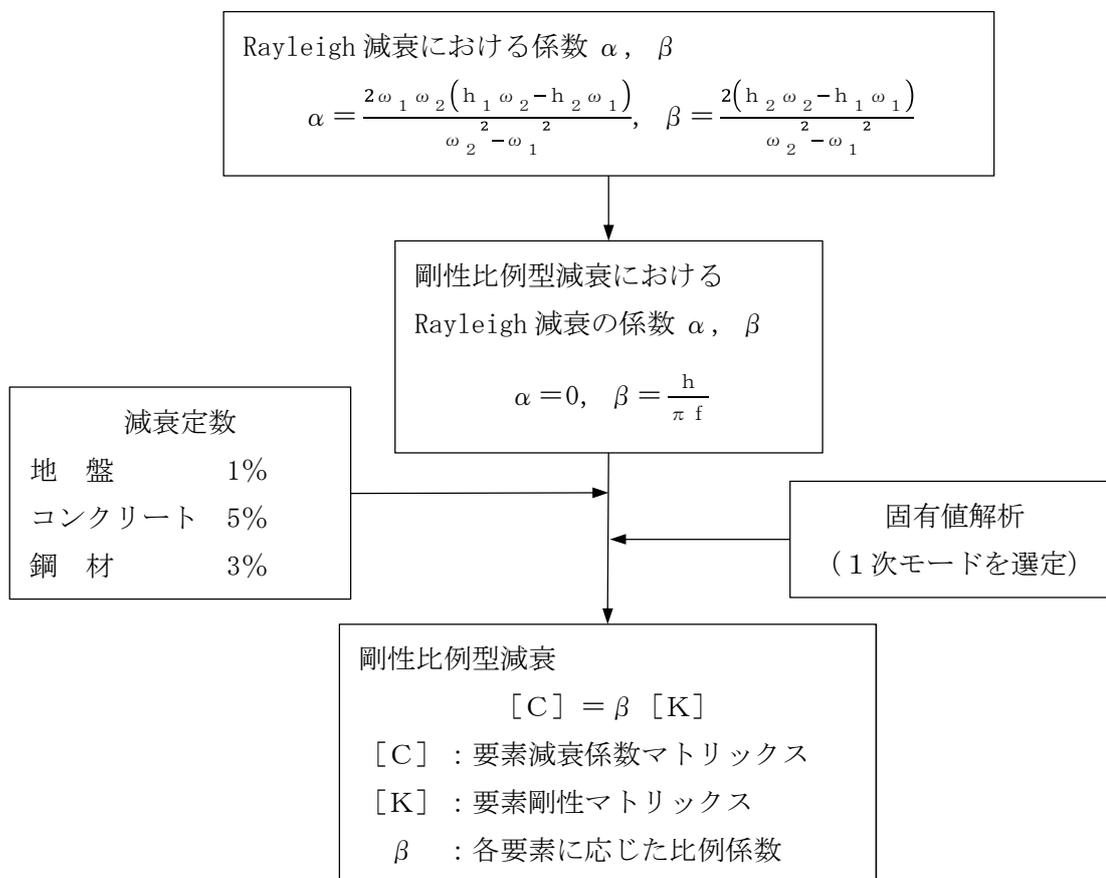


図 7.2-10 Rayleigh 減衰の設定フロー

表 7.2-8 固有値解析結果 (追而)
南北方向 (①-①断面)

7.2.10 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、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、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7.2-9に示す。

地震時に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 7.2-9 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 ・地下水の密度を考慮
	内水圧		—	・恒常的に内水が存在しないことから、考慮しない
変動荷重	雪荷重		○	・雪荷重を考慮
	風荷重		—	・躯体が地中にあることから、風荷重を考慮しない
偶発荷重 (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	—	・恒常的に内水が存在しないことから、考慮しない	

(1) 機器・配管荷重

図7.2-11に①-①断面における機器・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。

軽油カルバートについては，南北両内空の頂版に0.1 t/mの配管荷重を考慮する。また底版には0.2 t/mの軽油配管荷重を考慮する。

水電気カルバートについては，区画1の底版に0.6 t/mの水配管荷重を考慮する。また区画1の中壁には0.1 t/mの配管荷重を考慮する。

区画2の中壁には電気ケーブル荷重として0.8 t/mを考慮する。

区画3の側壁には配管荷重として0.1 t/mを考慮する。

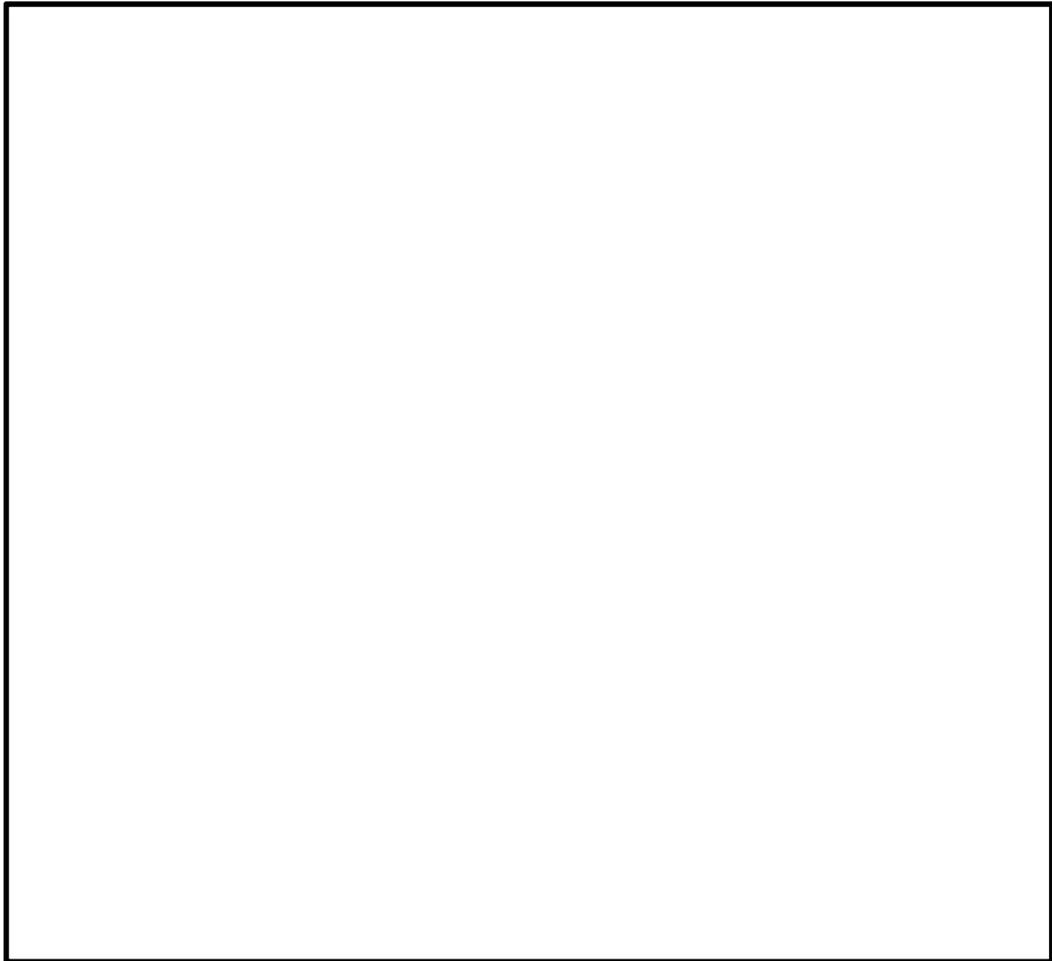


図 7.2-11 機器・配管荷重図（①-①断面）

(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 g/cm^3 を考慮する。

(3) 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 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 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。

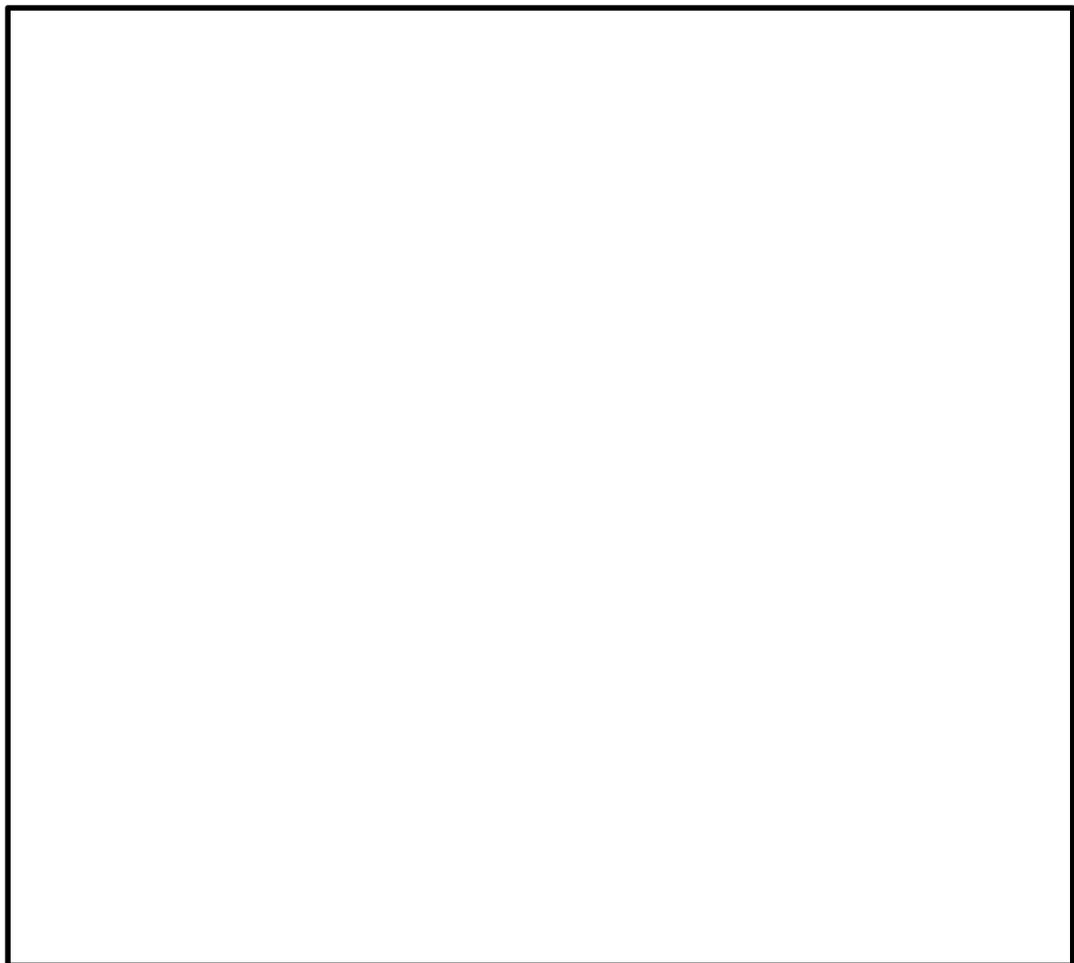


図 7.2-12 雪荷重図 (①-①断面)

7.2.11 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

カルバートの耐震設計における検討ケースを表7.2-10に示す。

表 7.2-10 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の抽出における検討ケースを表7.2-11に示す。

表 7.2-11 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 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 -D1	(++)	1	1	1		
		(+-)		1			
		(-+)		1			
		(--)		1			
	S _s -11	(++)		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。
	S _s -12	(++)		1			
	S _s -13	(++)		1			
	S _s -14	(++)		1			
	S _s -21	(++)		1			
	S _s -22	(++)		1			
S _s -31	(++)	1					
	(-+)	1					
計		1	12	1			

7.3 評価内容

7.3.1 杭と底版の結合部の評価方法

カルバート底版と鋼管杭の結合部（以下、「杭頭結合部」という。）の評価は、「道路橋示方書（IV下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成24年3月）及び「杭基礎設計便覧（（社）日本道路協会，平成4年10月）」に適用し，杭頭でのモーメント，水平力，押し込み力及び引抜き力に対し抵抗できるよう設計を行う。

杭頭結合部の結合方法は，上記指針に示される方法B（フーチング内への杭の埋め込み長さは最小限度に留め，主として鉄筋で補強することにより杭頭曲げモーメントに対抗する方法）を採用し，その評価方法を表7.3-1に示す。

表 7.3-1 杭頭結合部の評価方法

結合方法		方法B
鉛直力	押し込み力	杭頭部のフーチングコンクリートの支圧及び押し抜きせん断抵抗
	引抜き力	補強鉄筋の引張抵抗 補強鉄筋とフーチングコンクリートの付着抵抗
水平力		杭前面のフーチングコンクリートの支圧抵抗
モーメント		補強鉄筋を含む仮想鉄筋コンクリート柱の曲げ抵抗

7.3.2 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。

図7.3-1に入力地震動算定の概念図を、図7.3-2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「microSHAKE/3D Ver. 2.2.3.311」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NS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。

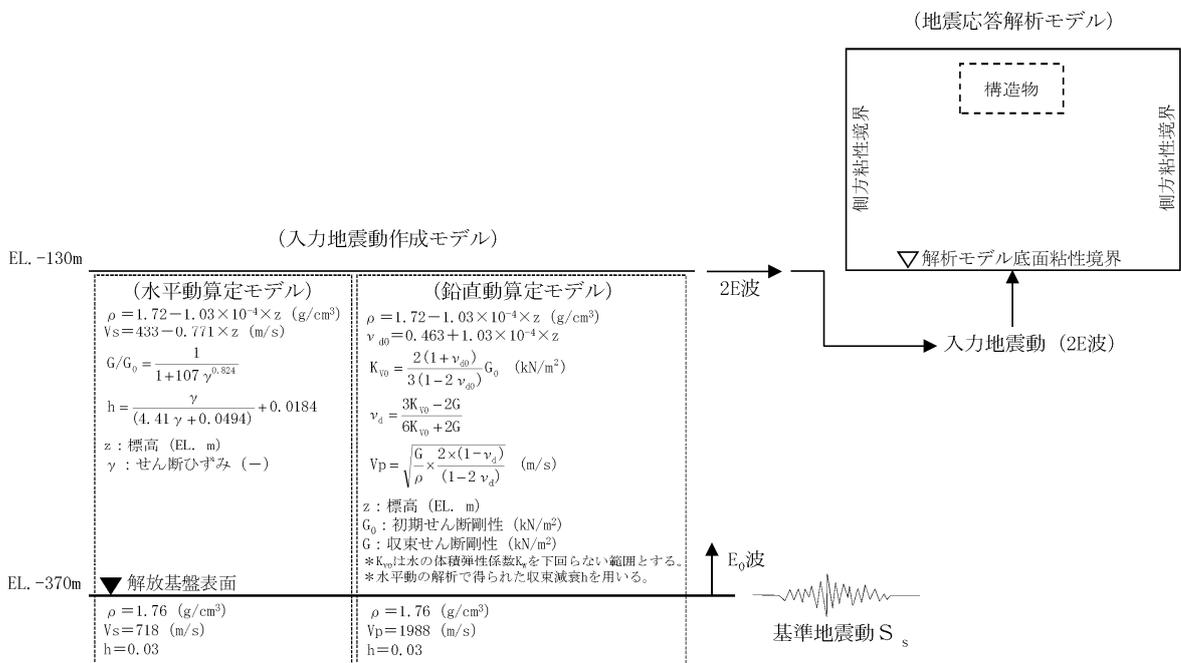
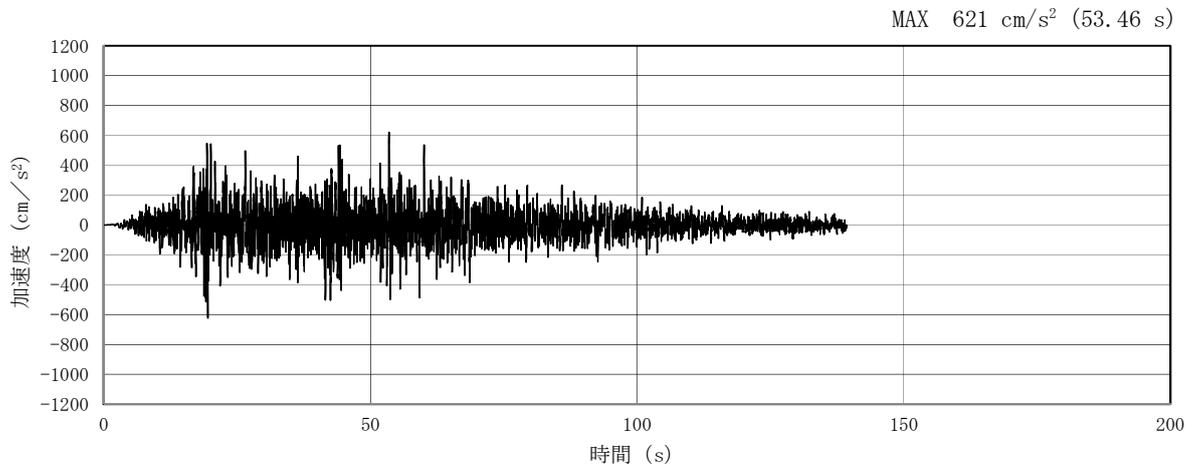
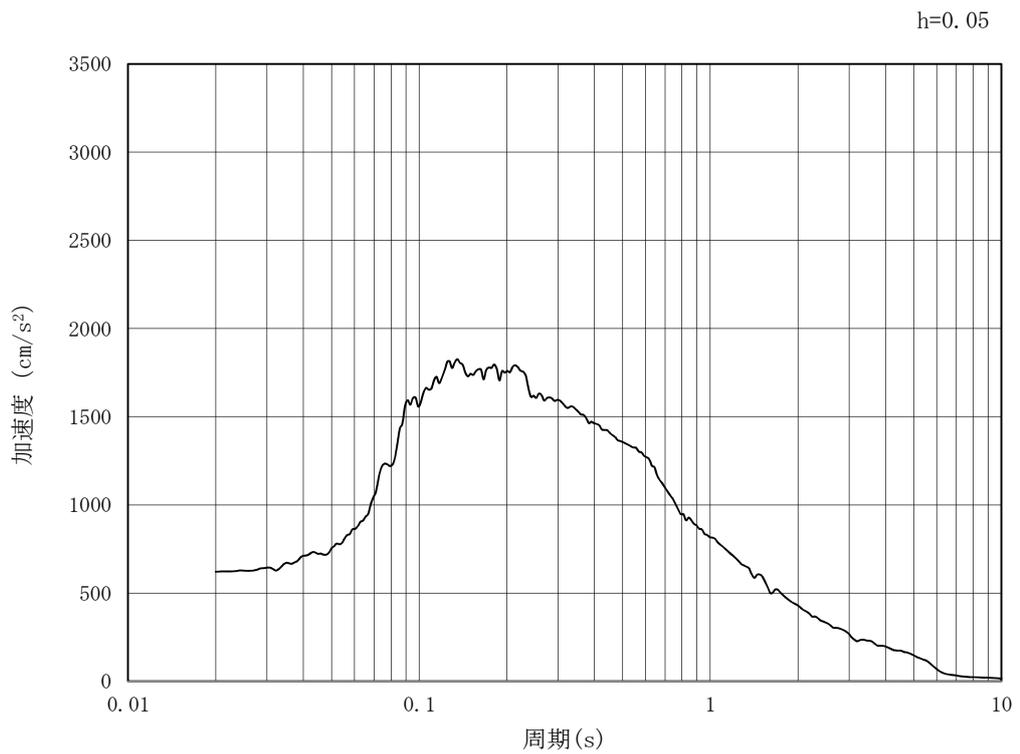


図 7.3-1 入力地震動算定の概念図

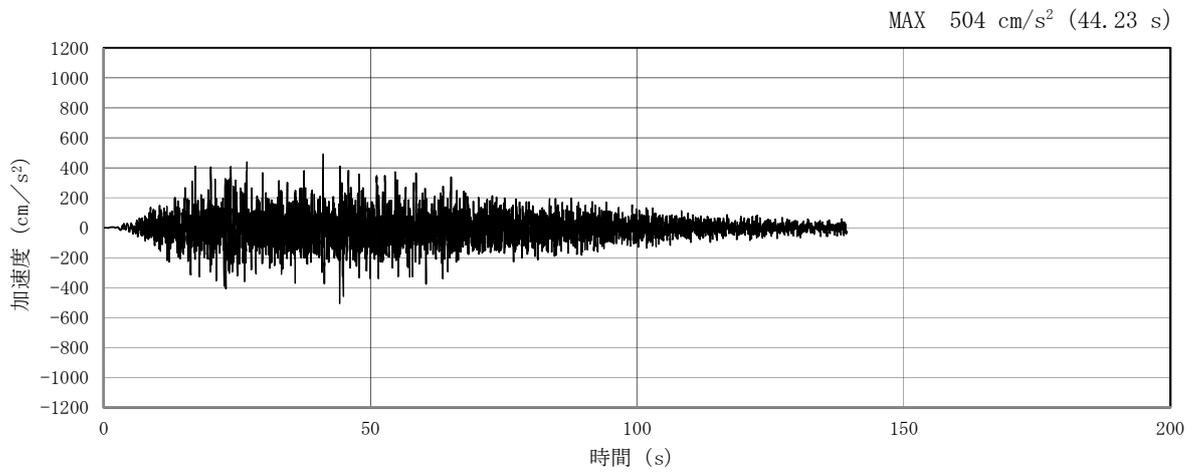


(a) 加速度時刻歴波形

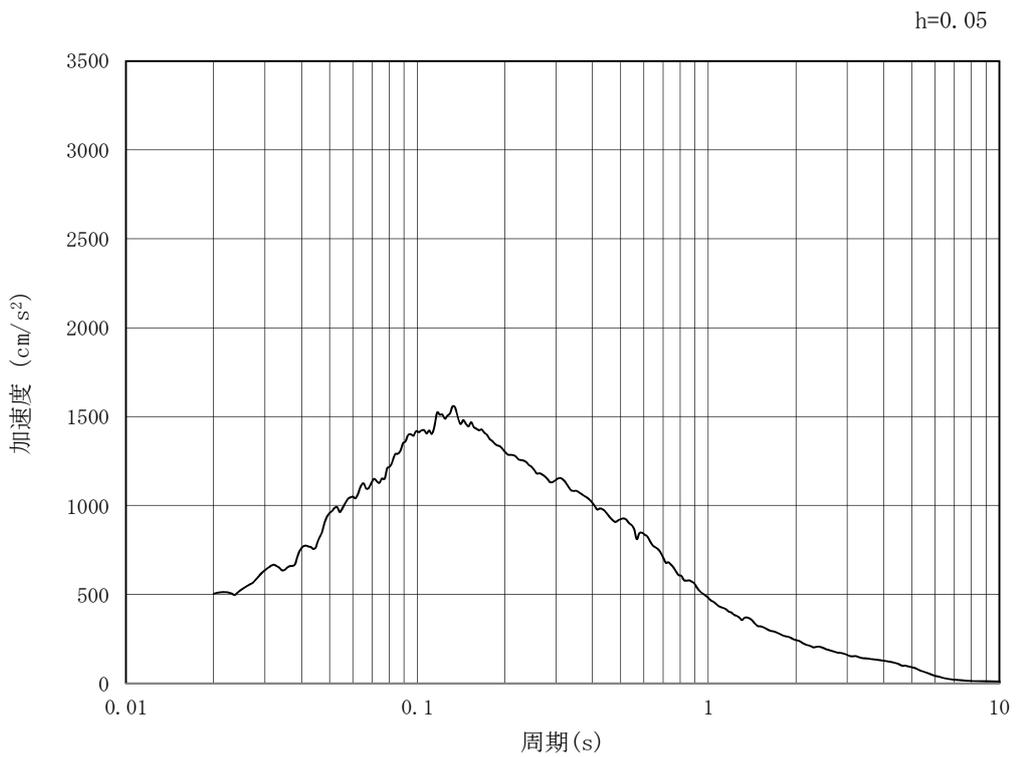


(b) 加速度応答スペクトル

図 7.3-2 (1) 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-D 1)

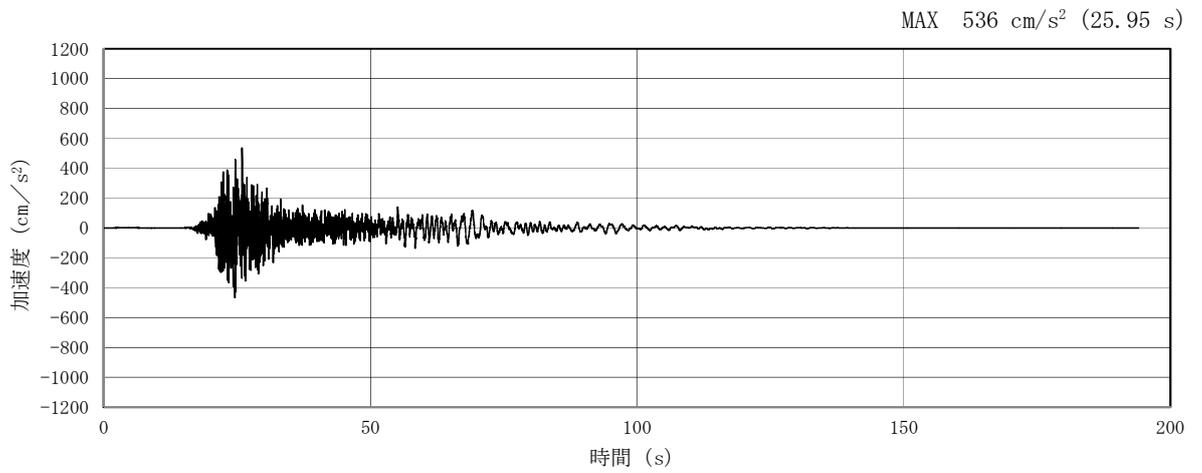


(a) 加速度時刻歴波形

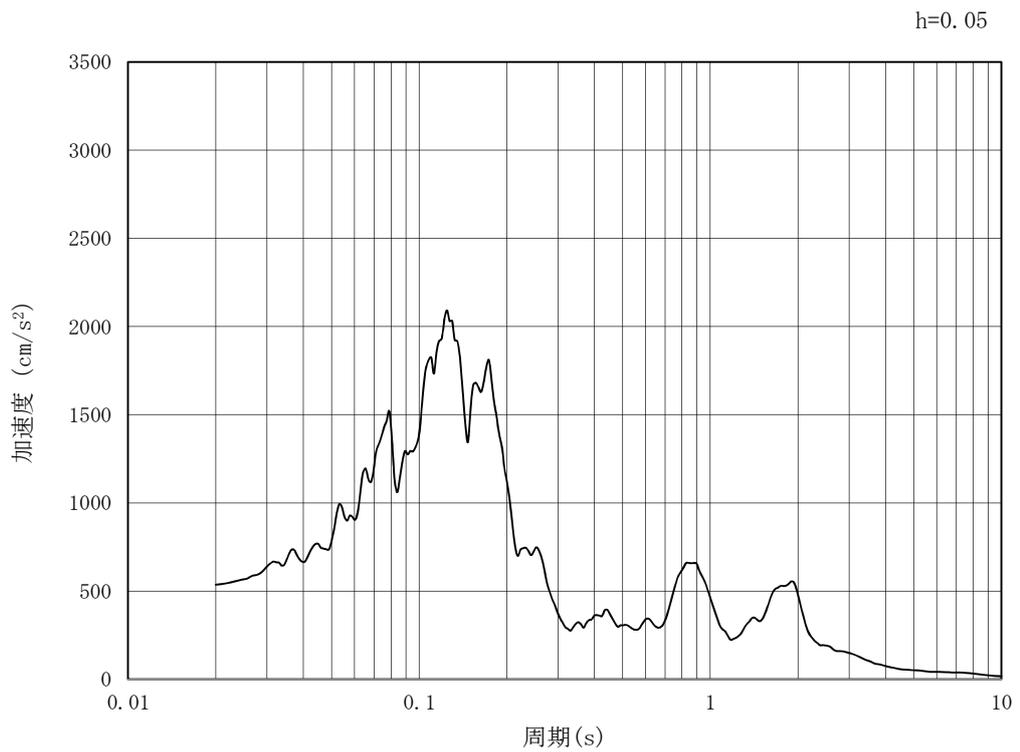


(b) 加速度応答スペクトル

図 7.3-2 (2) 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-D 1)

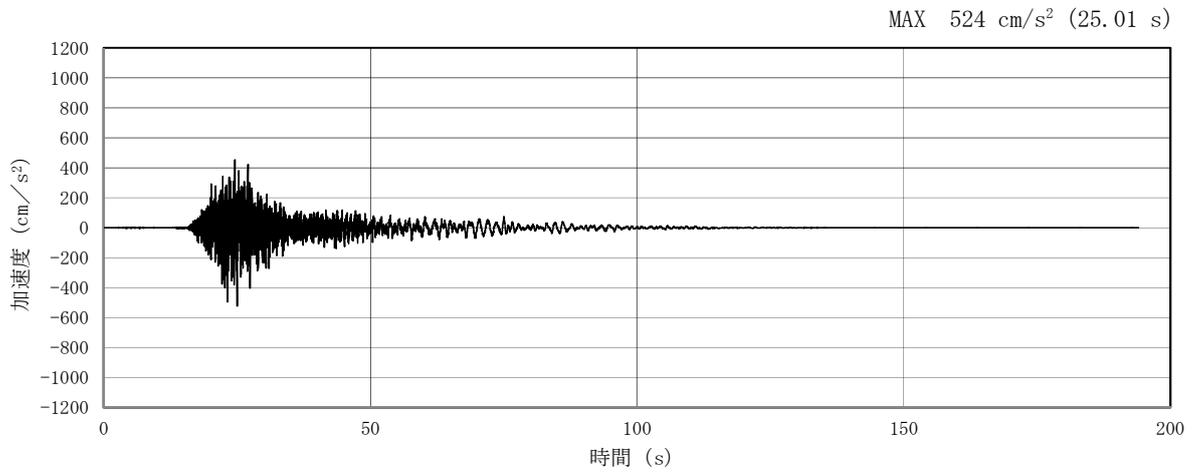


(a) 加速度時刻歴波形

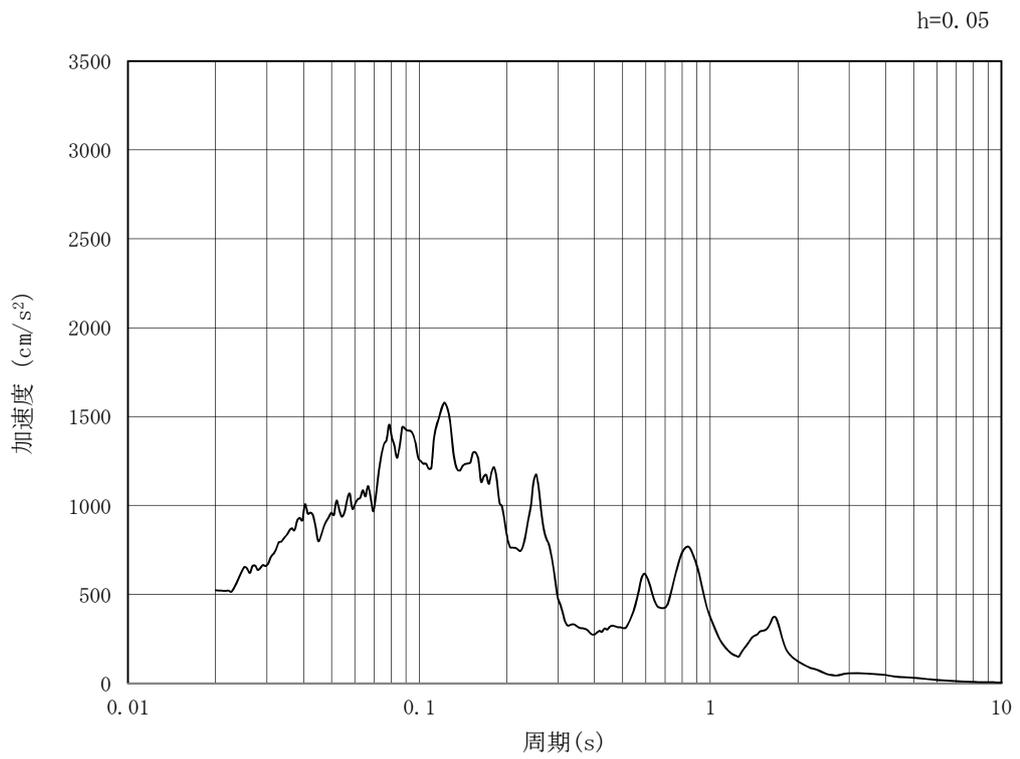


(b) 加速度応答スペクトル

図 7.3-2 (3) 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 : $S_s - 1.1$)

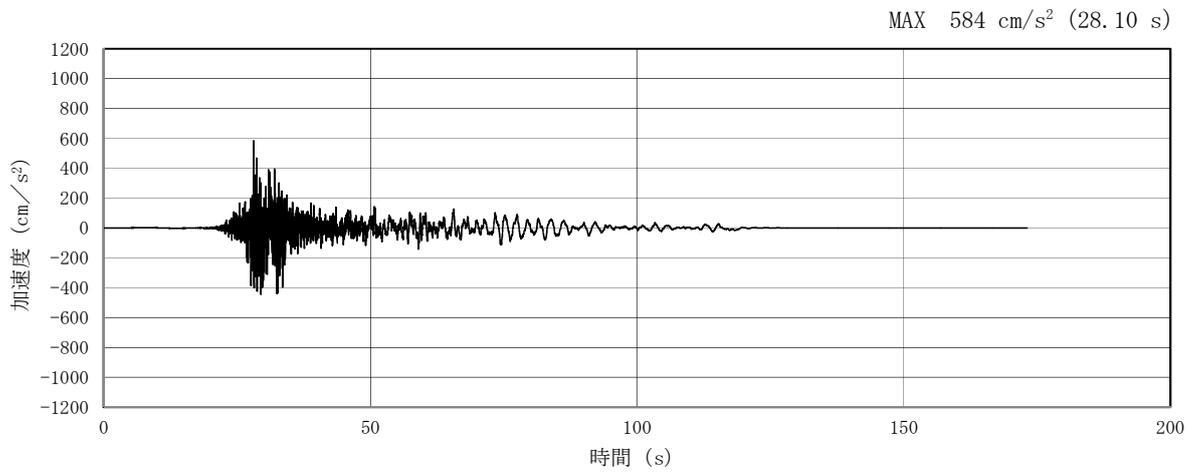


(a) 加速度時刻歴波形

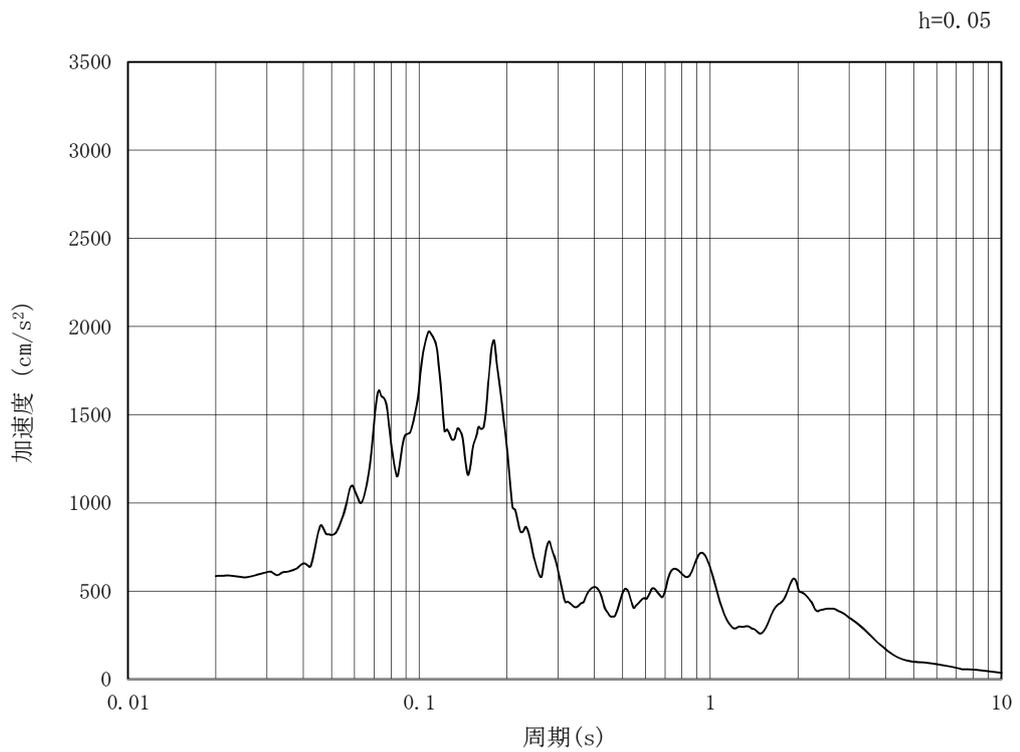


(b) 加速度応答スペクトル

図 7.3-2 (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
(鉛直方向 : $S_s - 11$)

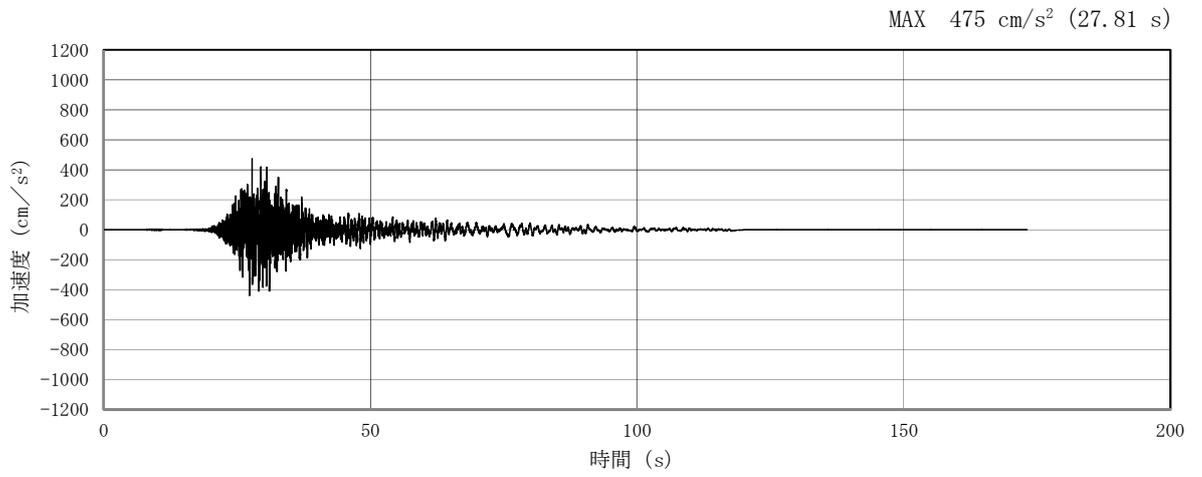


(a) 加速度時刻歴波形

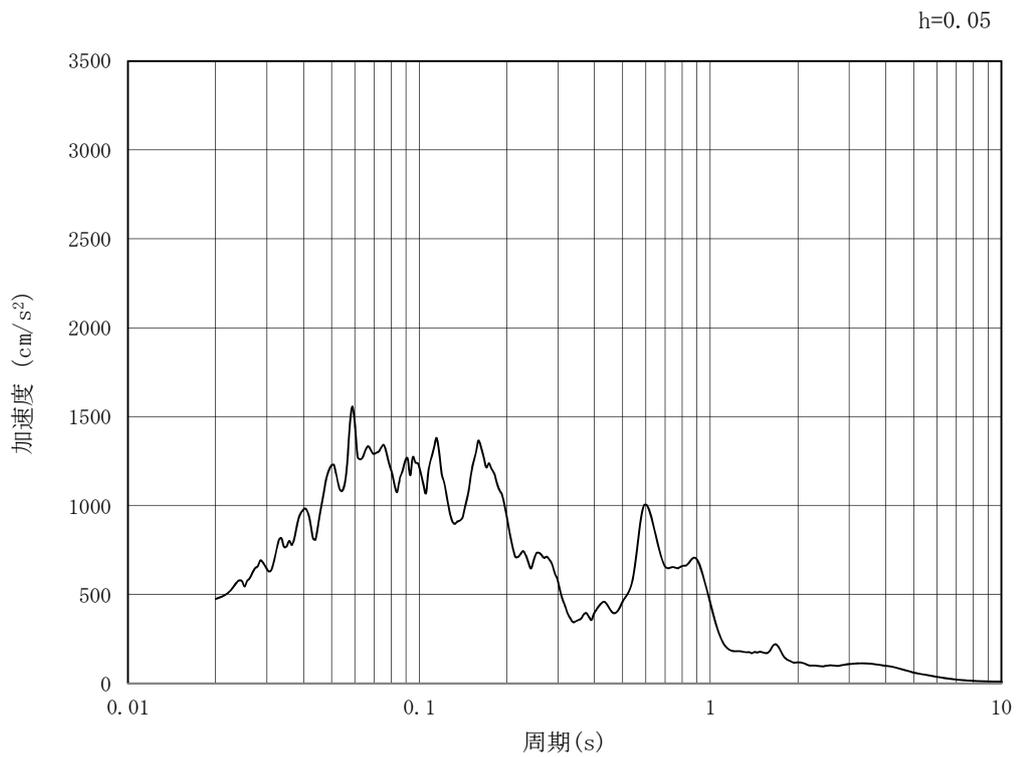


(b) 加速度応答スペクトル

図 7.3-2 (5) 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)

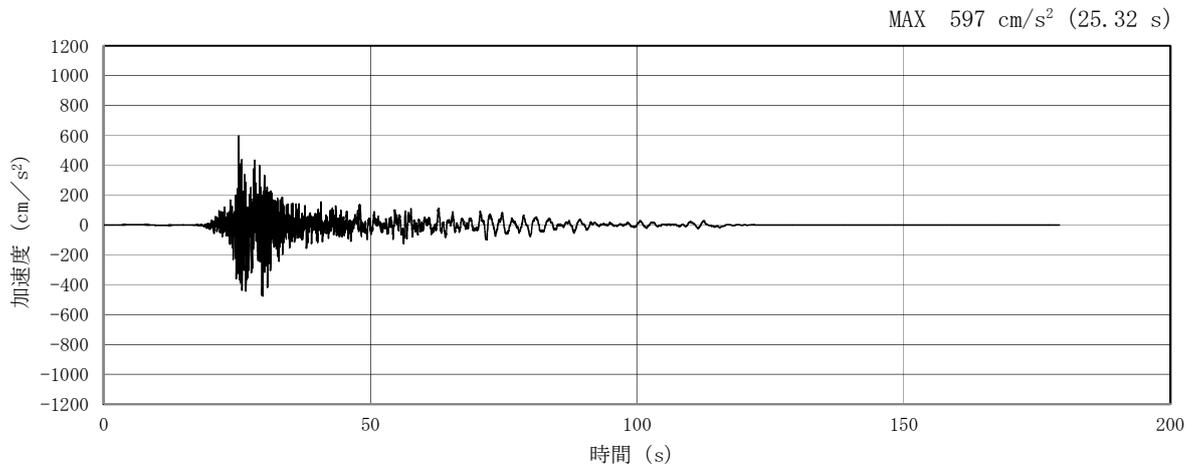


(a) 加速度時刻歴波形

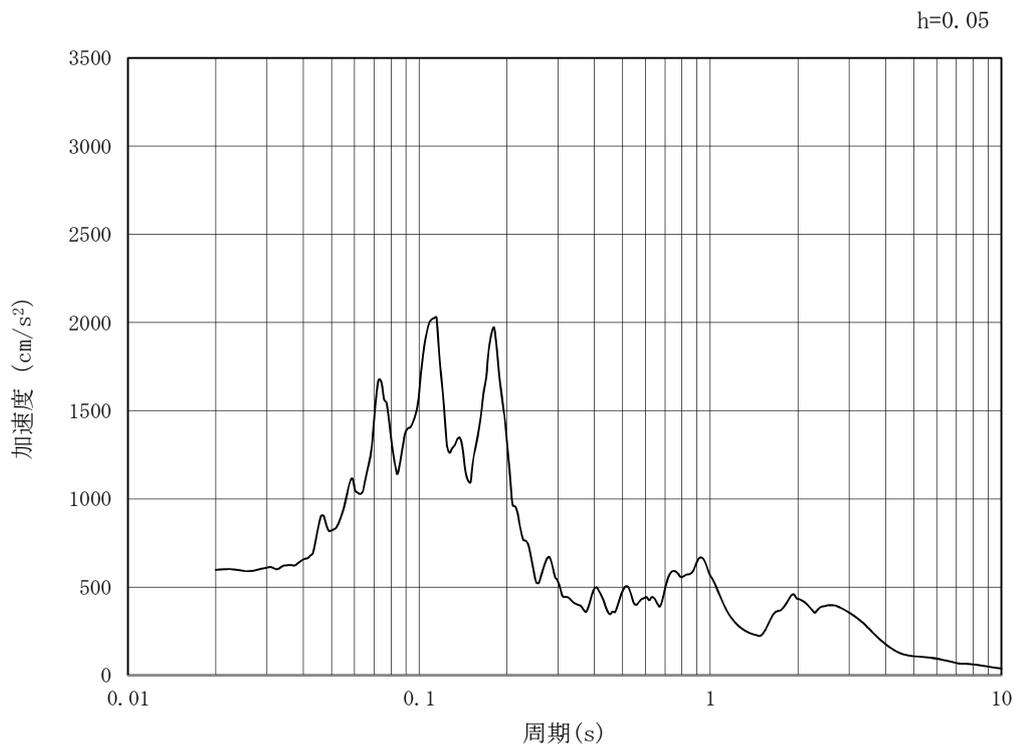


(b) 加速度応答スペクトル

図 7.3-2 (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 : $S_s - 1.2$)

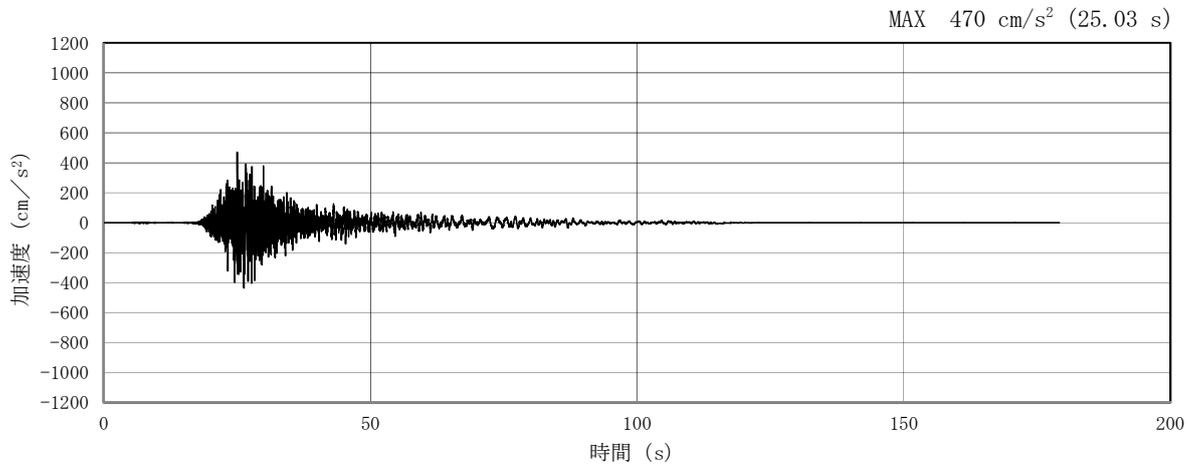


(a) 加速度時刻歴波形

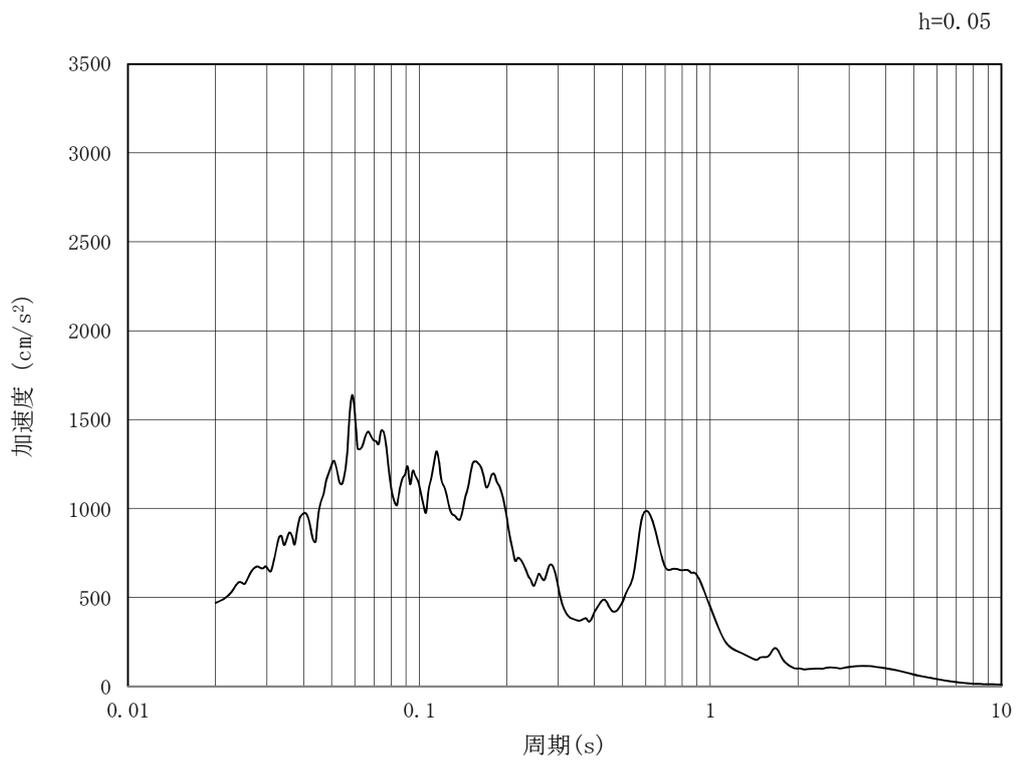


(b) 加速度応答スペクトル

図 7.3-2 (7) 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 : $S_s - 1.3$)

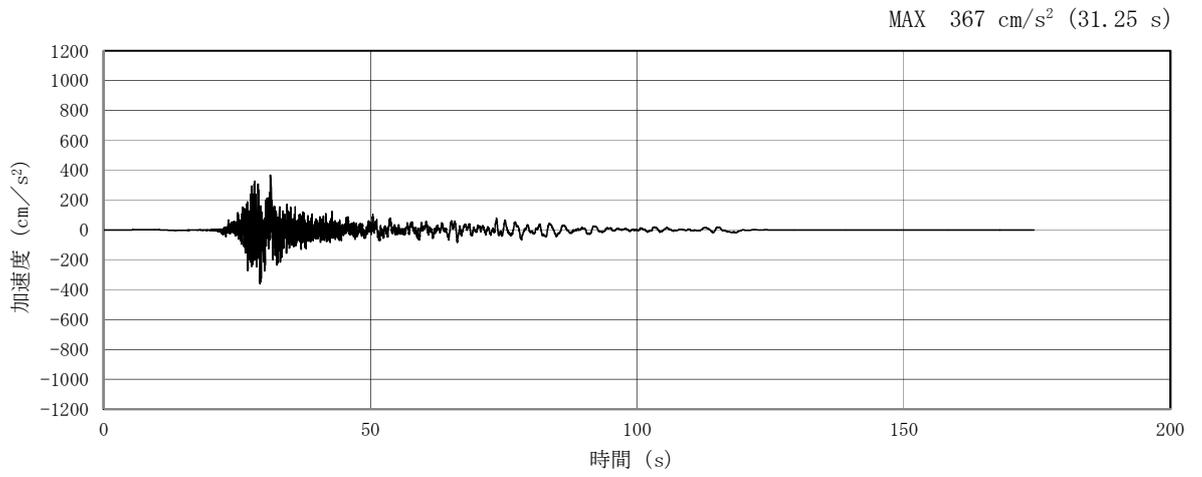


(a) 加速度時刻歴波形

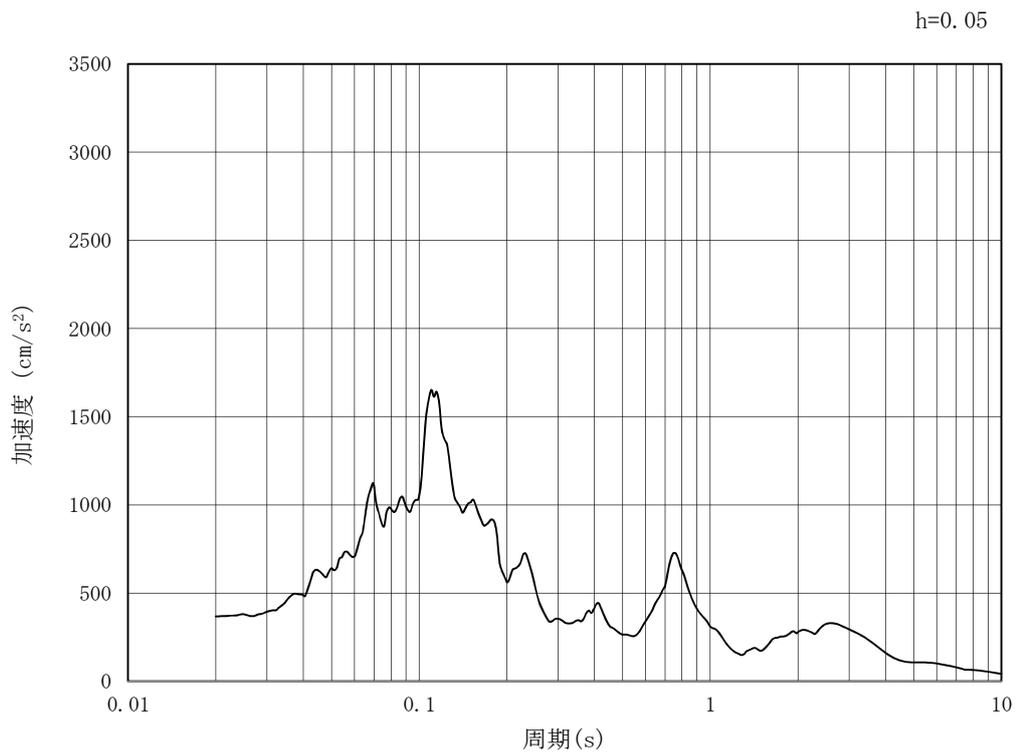


(b) 加速度応答スペクトル

図 7.3-2 (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
(鉛直方向 : $S_s - 13$)

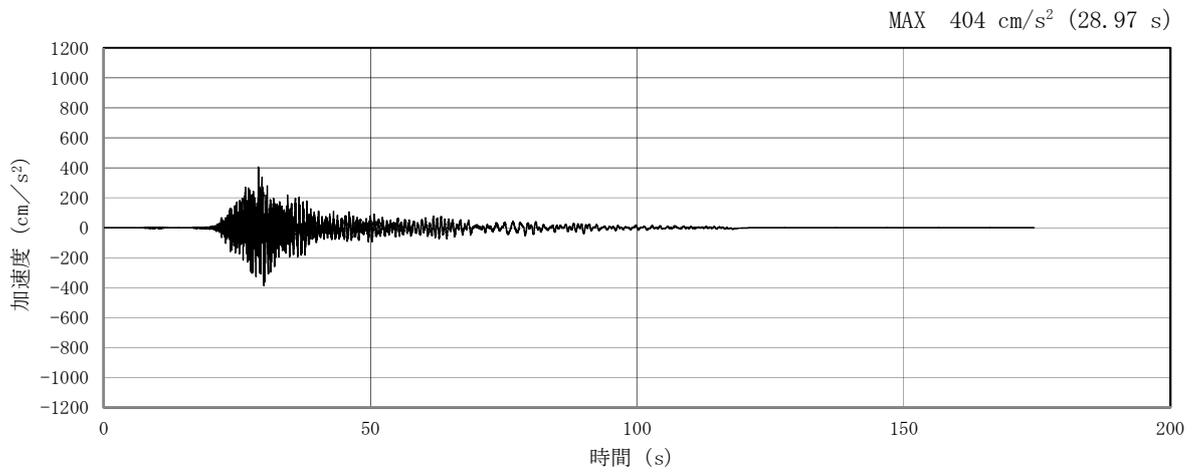


(a) 加速度時刻歴波形

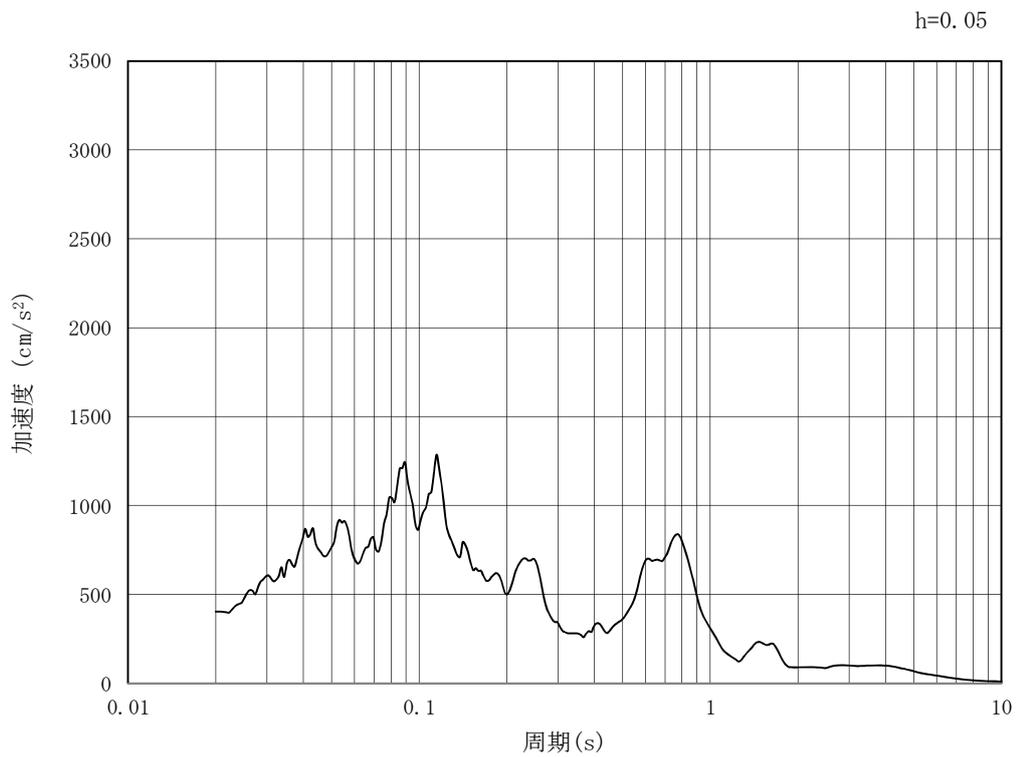


(b) 加速度応答スペクトル

図 7.3-2 (9) 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)

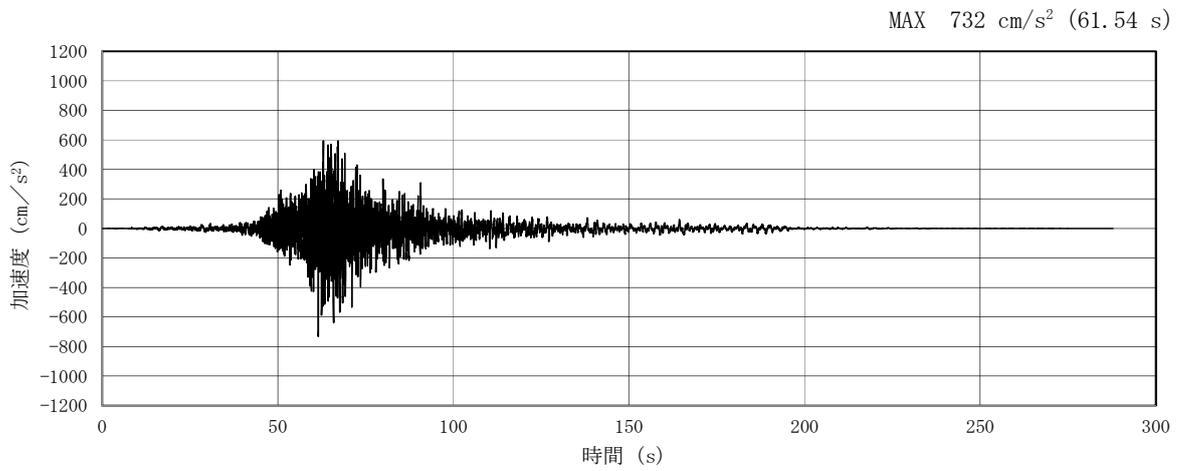


(a) 加速度時刻歴波形

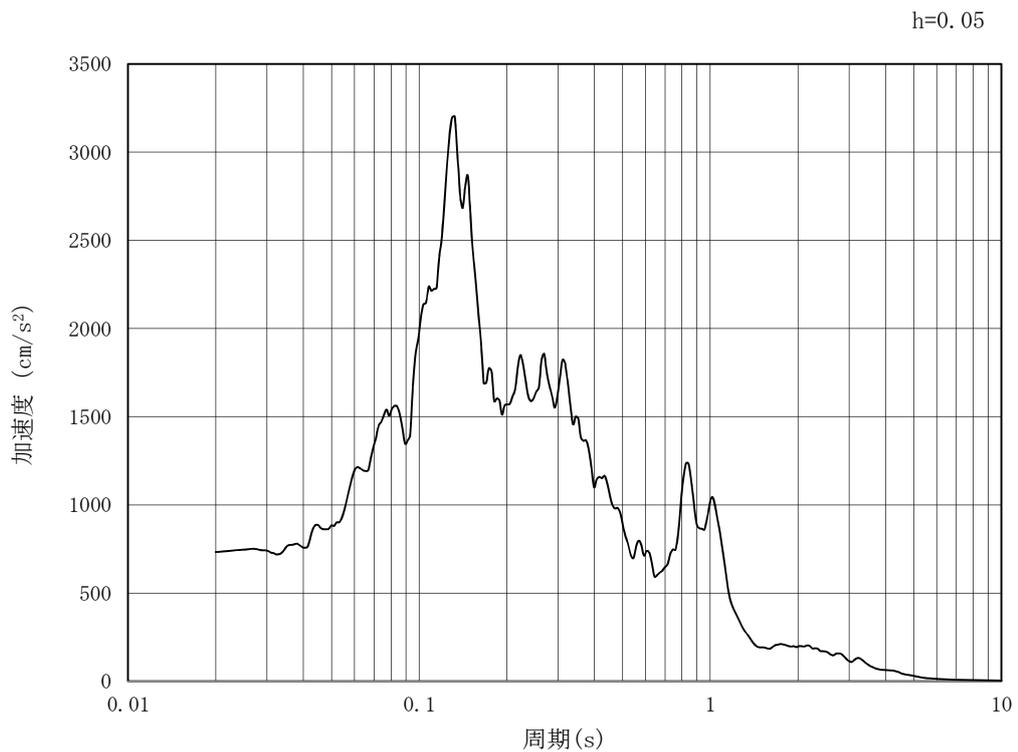


(b) 加速度応答スペクトル

図 7.3-2 (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 : $S_s - 1.4$)

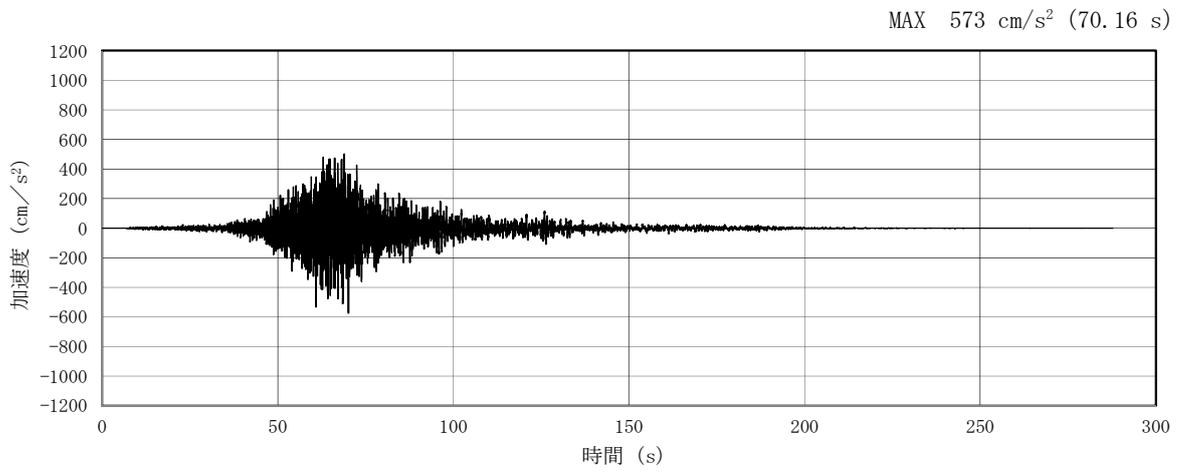


(a) 加速度時刻歴波形

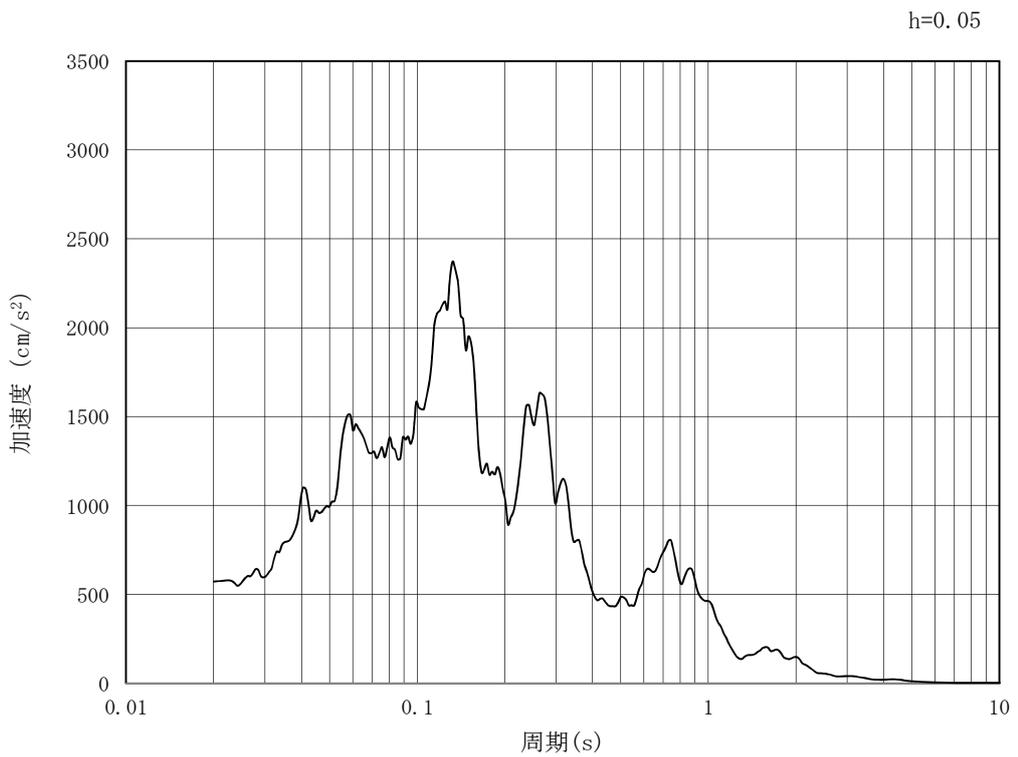


(b) 加速度応答スペクトル

図 7.3-2 (11) 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 1)

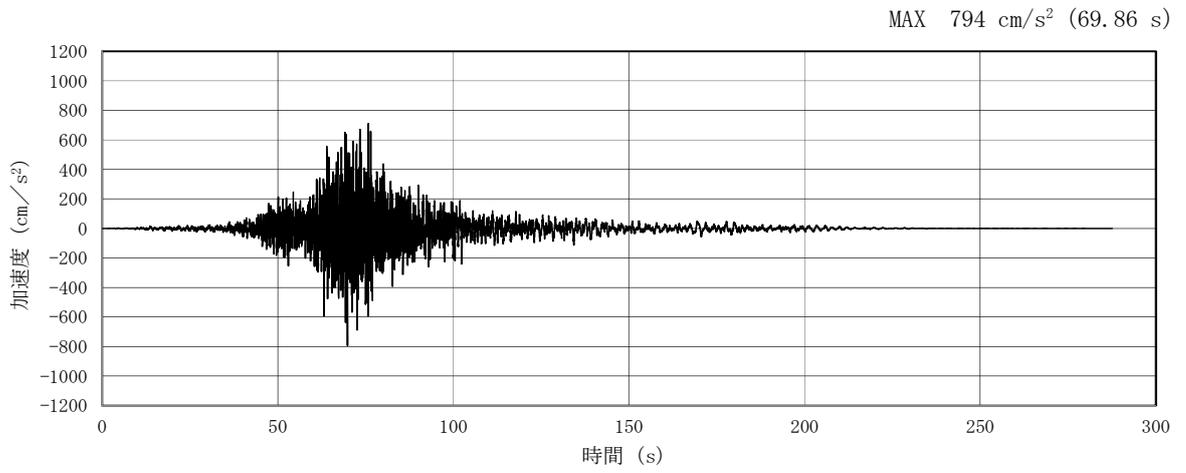


(a) 加速度時刻歴波形

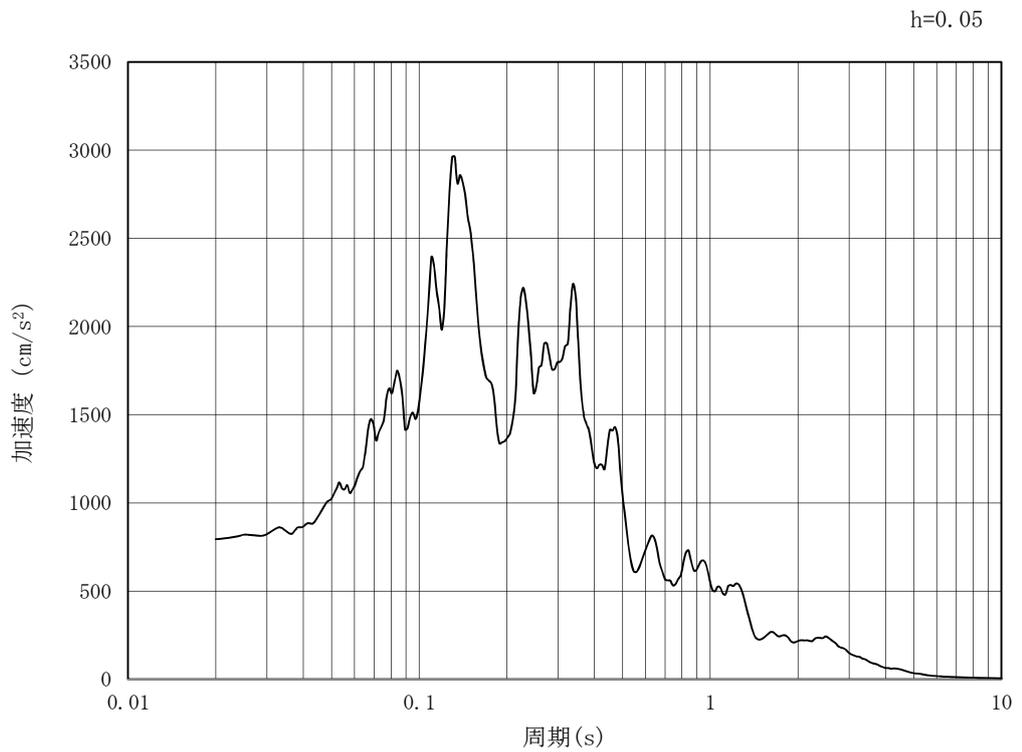


(b) 加速度応答スペクトル

図 7.3-2 (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
(鉛直方向 : S_s - 2 1)

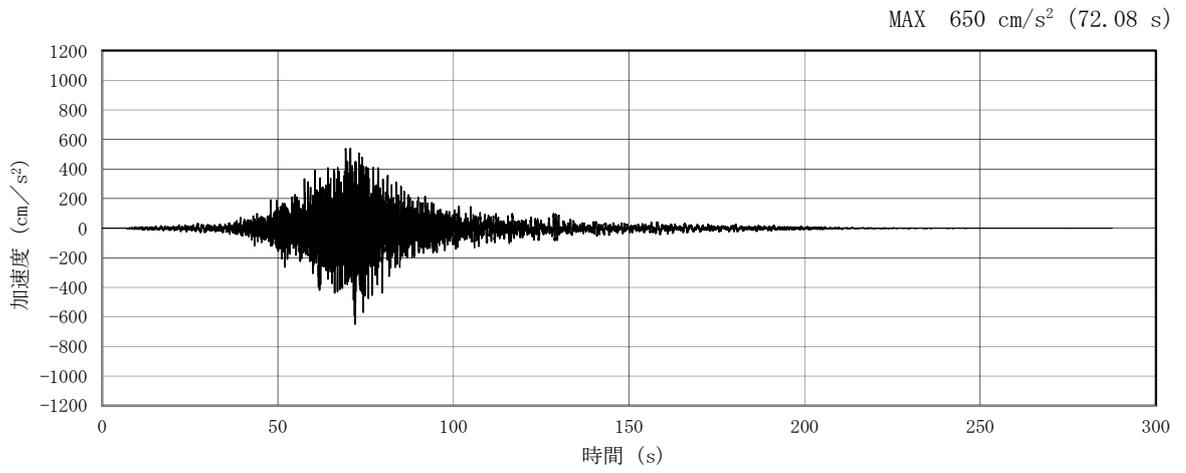


(a) 加速度時刻歴波形

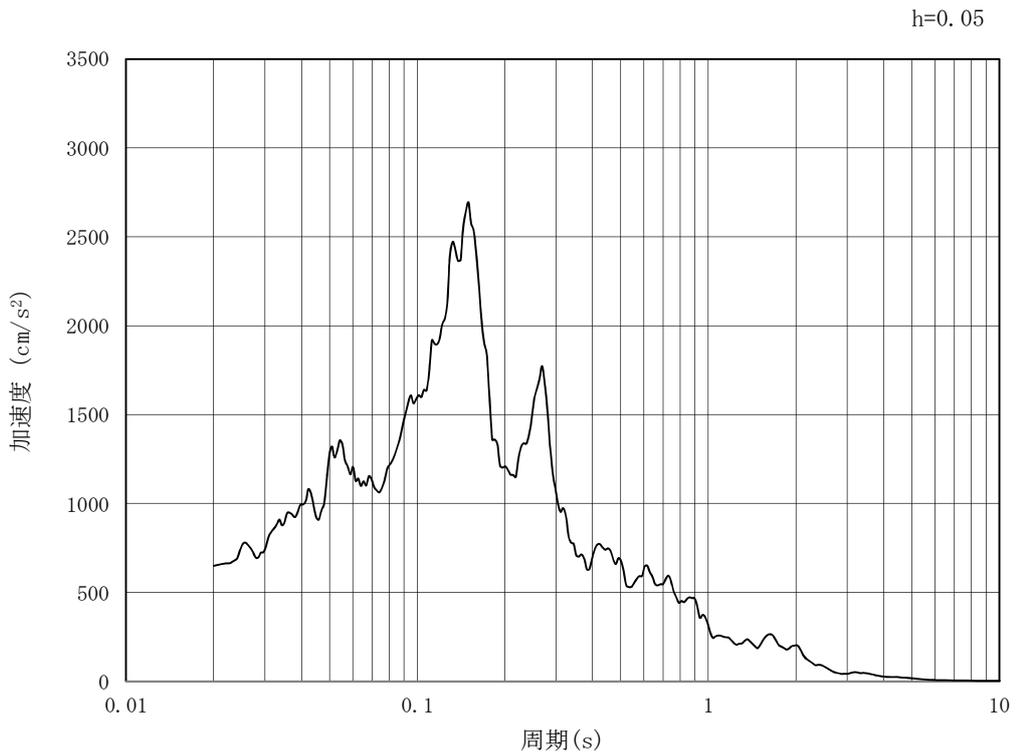


(b) 加速度応答スペクトル

図 7.3-2 (13) 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)

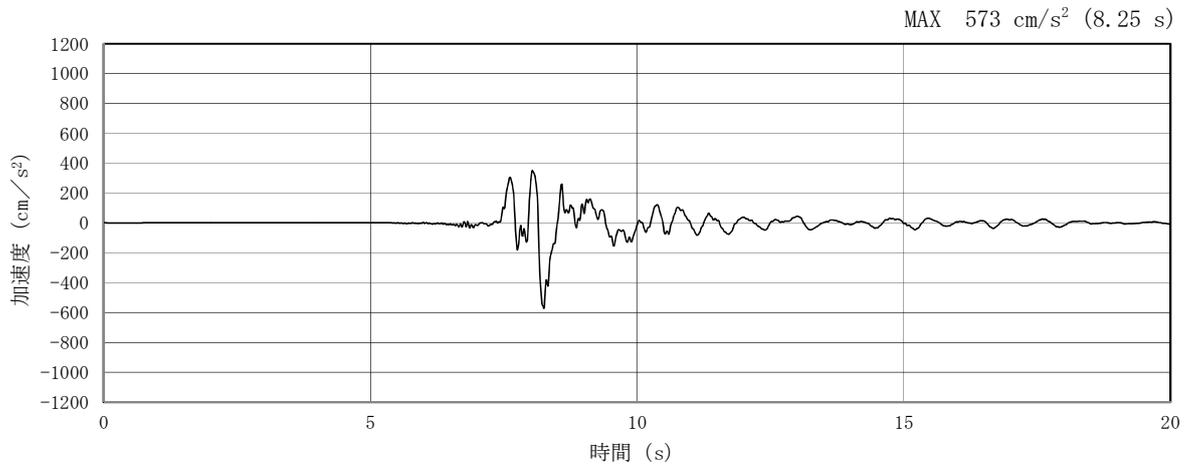


(a) 加速度時刻歴波形

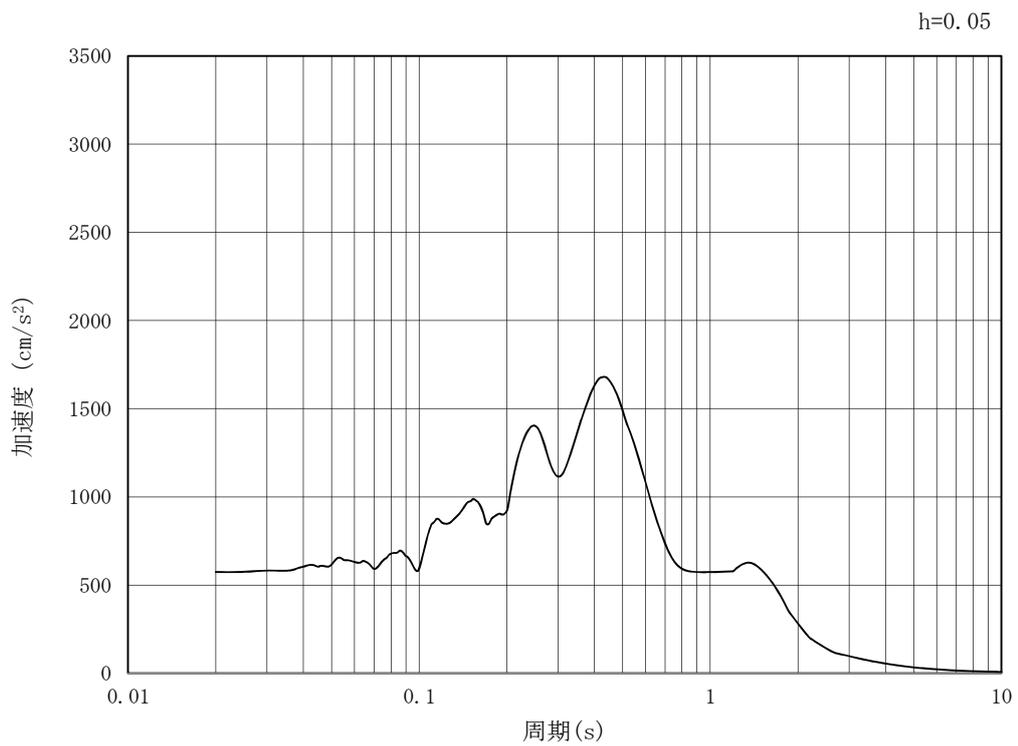


(b) 加速度応答スペクトル

図 7.3-2 (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 - 2 2)

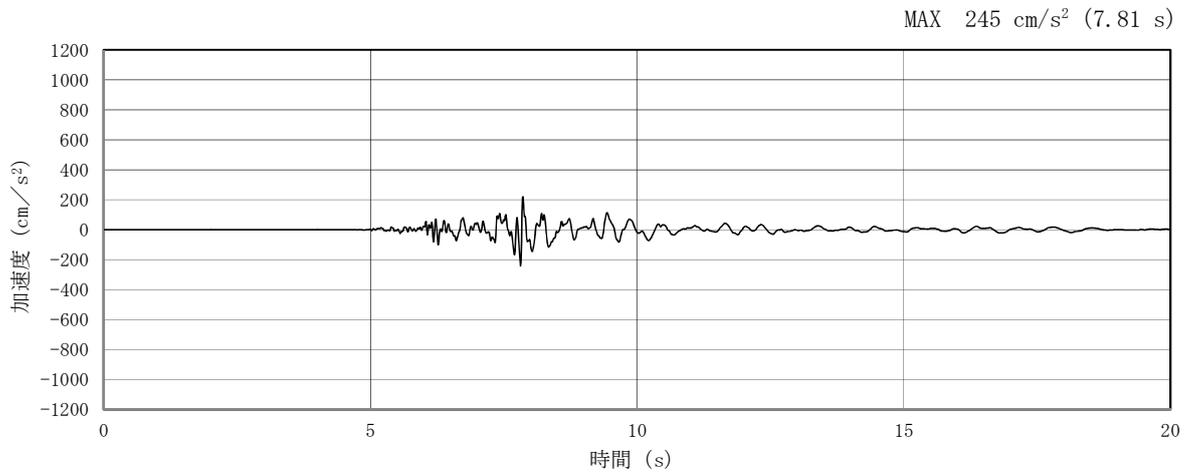


(a) 加速度時刻歴波形

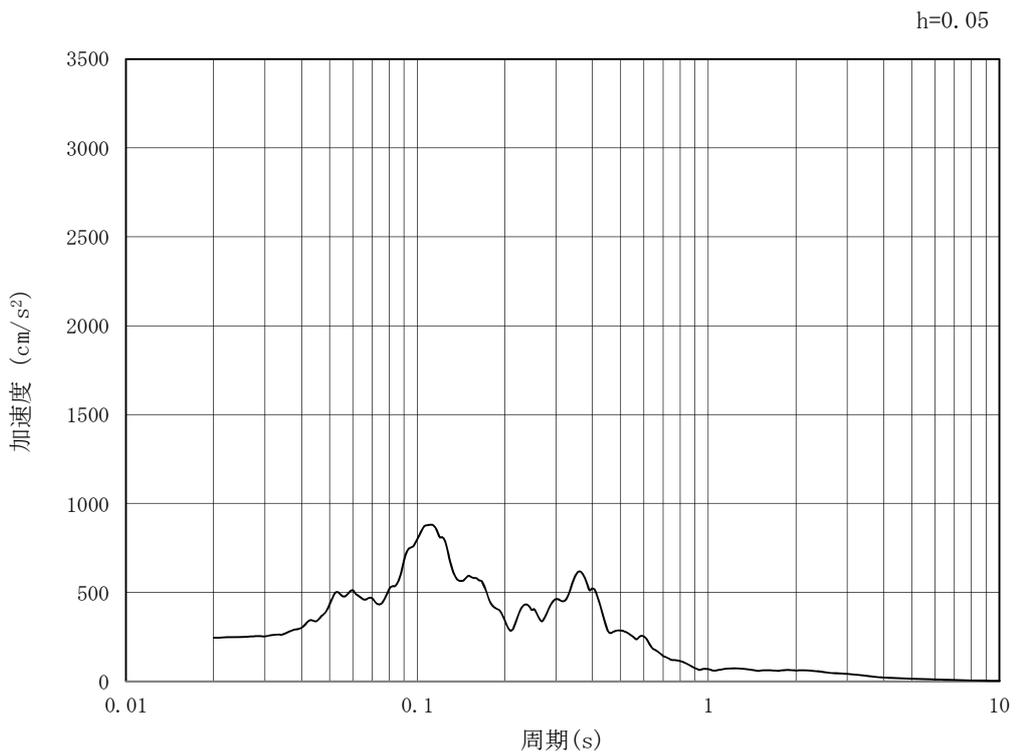


(b) 加速度応答スペクトル

図 7.3-2 (15) 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 : $S_s - 31$)



(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

図 7.3-2 (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
(鉛直方向 : S_s - 3 1)

7.3.3 許容限界の設定

(1) 許容応力度による許容限界

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短期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）」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24年3月）」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7.3-2のとおり設定する。

表 7.3-2 許容応力度（追而）

評価項目		短期許容応力度 (N/mm ²)
コンクリート*1 (f' _{ck} =40 N/mm ²)	許容曲げ圧縮応力度 σ_{ca}	21.0
	許容せん断応力度 τ_{a1}	0.825*3
鉄筋(SD490)*2	許容引張応力度 σ_{sa} (曲げ)	435
	許容引張応力度 σ_{sa} (せん断)	300
鉄筋(SD345)*1	許容引張応力度 σ_{sa}	294
鋼管杭	許容引張・圧縮応力度	
	許容せん断応力度	

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）」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。

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

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

$$V_{sa} = A_w \cdot \sigma_{sa2} \cdot j \cdot d / s$$

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_{sa2} : 鉄筋の許容引張応力度
s : 斜め引張鉄筋間隔

表 7.3-3 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、豊浦標準砂の液化強度特性により強制的に液化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化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〕）

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

ここで、

R_u : 地盤から定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/m²)

A : 杭先端面積 (m²)

U : 杭の周長 (m)。ただし、鋼管ソイルセメント杭の場合においてはソイルセメント柱の周長とする。

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/m²)

カルバートにおける許容限界を表7.3-4に示す。

表 7.3-4 基礎地盤の支持力に対する許容限界 (追而)

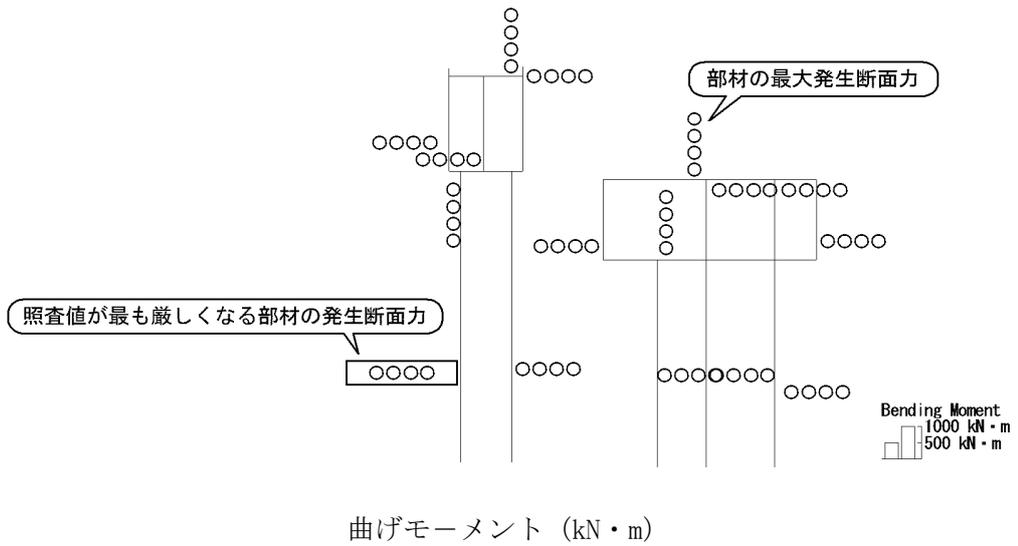
7.4 評価結果

7.4.1 地震応答解析結果

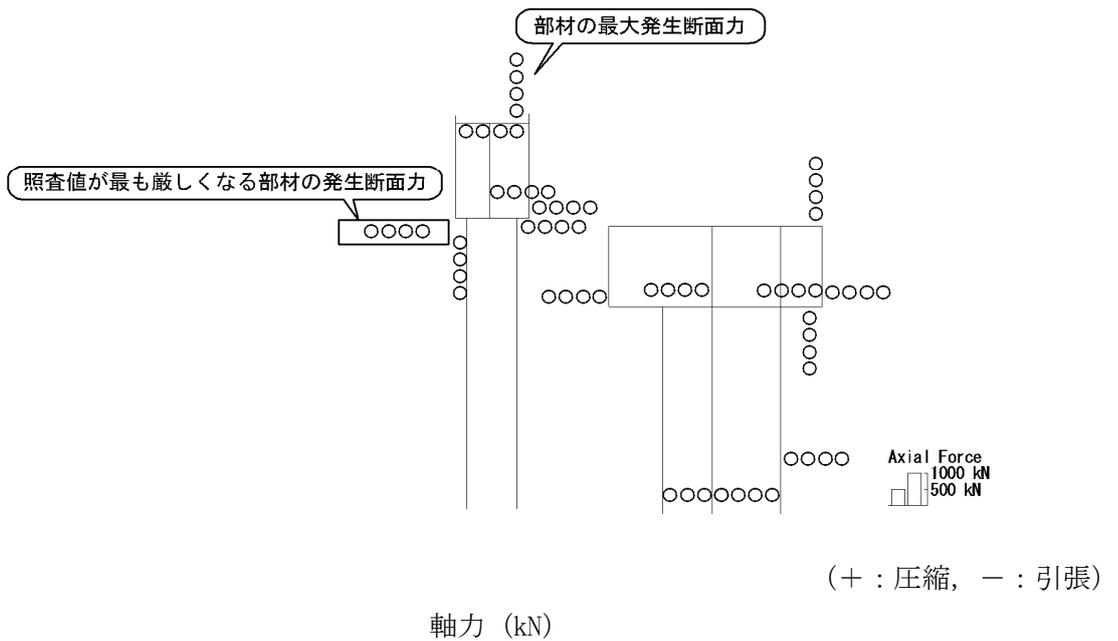
カルバートの南北方向（①－①断面）の基準地震動 S_s による断面力（曲げモーメント，軸力，せん断力）を図7.4-1に示す。本図は構造部材の曲げ及びせん断照査結果が最も厳しくなる部材の評価時刻における断面力を示したものである。

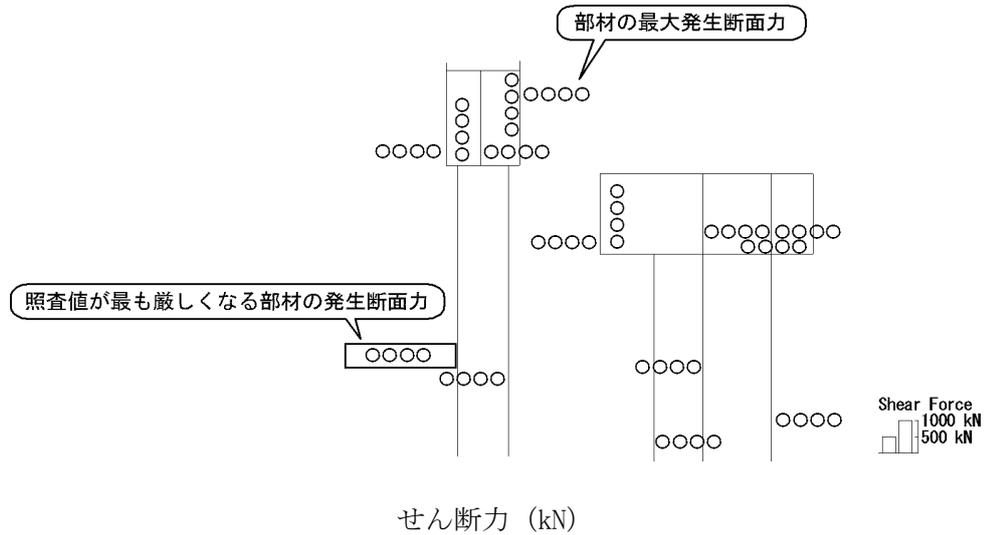
また，カルバートの南北方向（①－①断面）において，最大せん断ひずみ分布図を図7.4-2に示し，過剰間隙水圧比の分布図を図7.4-3に示す。これらの図は，各要素に発生したせん断ひずみ及び過剰間隙水圧比の全時刻における最大値の分布を示したものである。

To2_CV-NS_TS-L_MnsShousaSect_Ss-D1++.36
 Time: t=00.00 s



To2_CV-NS_TS-L_MnsShousaSect_Ss-D1++.36
 Time: t=00.00 s





□照査値が最も厳しくなる部材の発生断面力

図 7.4-1 (1) 南北方向①-①断面の地震時断面力 ($S_s - D 1 [H+, V+]$, $t = 00.00s$)

図 7.4-1 (2) 南北方向①-①断面の地震時断面力 ($S_s - D 1 [H+, V-]$, $t = 00.00s$)

図 7.4-1 (3) 南北方向①-①断面の地震時断面力 ($S_s - D 1 [H-, V+]$, $t = 00.00s$)

図 7.4-1 (4) 南北方向①-①断面の地震時断面力 ($S_s - D 1 [H-, V-]$, $t = 00.00s$)

図 7.4-1 (5) 南北方向①-①断面の地震時断面力 ($S_s - 1 1$, $t = 00.00s$)

図 7.4-1 (6) 南北方向①-①断面の地震時断面力 ($S_s - 1 2$, $t = 00.00s$)

図 7.4-1 (7) 南北方向①-①断面の地震時断面力 ($S_s - 1 3$, $t = 00.00s$)

図 7.4-1 (8) 南北方向①-①断面の地震時断面力 ($S_s - 1 4$, $t = 00.00s$)

図 7.4-1 (9) 南北方向①-①断面の地震時断面力 ($S_s - 2 1$, $t = 00.00s$)

図 7.4-1 (10) 南北方向①-①断面の地震時断面力 ($S_s - 2 2$, $t = 00.00s$)

図 7.4-1 (11) 南北方向①-①断面の地震時断面力 ($S_s - 31 [H+, V+]$), $t = 00.00s$)

図 7.4-1 (12) 南北方向①-①断面の地震時断面力 ($S_s - 31 [H-, V+]$), $t = 00.00s$)



図 7.4-2 (1) 南北方向①-①断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - D 1 [H+, V+]$)

図 7.4-2 (2) 南北方向①-①断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - D 1 [H+, V-]$)

図 7.4-2 (3) 南北方向①-①断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - D 1 [H-, V+]$)

図 7.4-2 (4) 南北方向①-①断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - D 1 [H-, V-]$)

図 7.4-2 (5) 南北方向①-①断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 1 1$)

図 7.4-2 (6) 南北方向①-①断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 1 2$)

図 7.4-2 (7) 南北方向①-①断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 1 3$)

図 7.4-2 (8) 南北方向①-①断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 1 4$)

図 7.4-2 (9) 南北方向①-①断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 2 1$)

図 7.4-2 (10) 南北方向①-①断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 2 2$)

図 7.4-2 (11) 南北方向①-①断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 3 1 [H+, V+]$)

図 7.4-2 (12) 南北方向①-①断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 3 1 [H-, V+]$)



図 7.4-3 図 (1) 南北方向①-①断面の過剰間隙水圧比 ($S_s - D 1 [H+, V+]$)

図 7.4-3 (2) 南北方向①-①断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - D 1 [H+, V-]$)

図 7.4-3 (3) 南北方向①-①断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - D 1 [H-, V+]$)

図 7.4-3 (4) 南北方向①-①断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - D 1 [H-, V-]$)

図 7.4-3 (5) 南北方向①-①断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 1 1$)

図 7.4-3 (6) 南北方向①-①断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 1 2$)

図 7.4-3 (7) 南北方向①-①断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 1 3$)

図 7.4-3 (8) 南北方向①-①断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 1 4$)

図 7.4-3 (9) 南北方向①-①断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 2 1$)

図 7.4-3 (10) 南北方向①-①断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 2 2$)

図 7.4-3 (11) 南北方向①-①断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 3 1 [H+, V+]$)

図 7.4-3 (12) 南北方向①-①断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 3 1 [H-, V+]$)

7.4.2 カルバートの耐震評価結果

(1) 構造部材の曲げに対する評価結果

表7.4-1及び表7.4-2に曲げに対する照査結果を示す。

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、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。

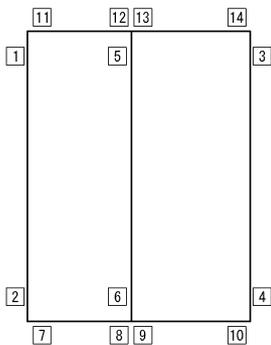
表 7.4-1 (1) コンクリートの曲げ照査結果

追而

基準地震動	位相	評価位置		圧縮 応力度 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	照査値
S _s -D 1	H+, V+	軽油 カルバート	底版	7	<div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; display: inline-block;"> 表示例 (下図における番号) </div>	
			北側壁			
			中壁			
			南側壁			
			頂版			
		水電気 カルバート	底版			
			北側壁			
			北中壁			
			南中壁			
			南側壁			
S _s -D 1	H-, V+	軽油 カルバート	底版			
			北側壁			
			中壁			
			南側壁			
			頂版			
		水電気 カルバート	底版			
			北側壁			
			北中壁			
			南中壁			
			南側壁			
頂版						

*1 評価位置は下図に示す

軽油カルバート



水電気カルバート

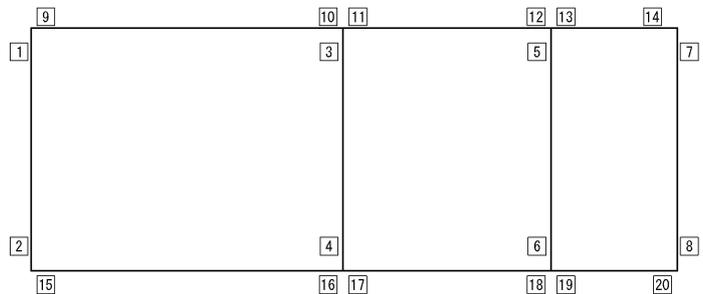


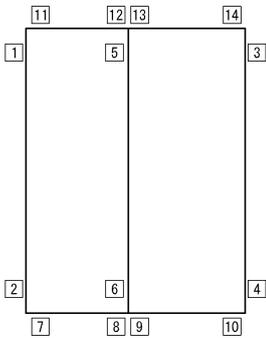
表 7.4-1 (2) コンクリートの曲げ照査結果

追而

基準地震動	位相	評価位置		圧縮 応力度 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	照査値
S _s -D 1	H-, V+	軽油 カルバート	底版			
			北側壁			
			中壁			
			南側壁			
			頂版			
		水電気 カルバート	底版			
			北側壁			
			北中壁			
			南中壁			
			南側壁			
S _s -D 1	H-, V-	軽油 カルバート	底版			
			北側壁			
			中壁			
			南側壁			
			頂版			
		水電気 カルバート	底版			
			北側壁			
			北中壁			
			南中壁			
			南側壁			
頂版						

*1 評価位置は下図に示す

軽油カルバート



水電気カルバート

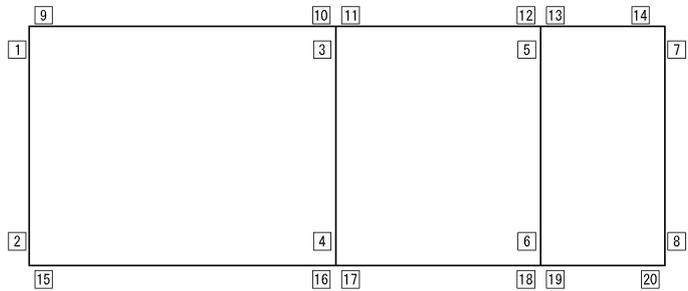


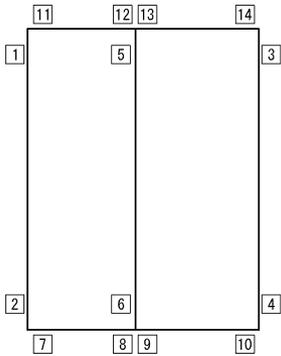
表 7.4-1 (3) コンクリートの曲げ照査結果

追而

基準地震動	位相	評価位置		圧縮 応力度 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	照査値
S _s -11	H+, V+	軽油 カルバート	底版			
			北側壁			
			中壁			
			南側壁			
			頂版			
		水電気 カルバート	底版			
			北側壁			
			北中壁			
			南中壁			
			南側壁			
S _s -12	H+, V+	軽油 カルバート	底版			
			北側壁			
			中壁			
			南側壁			
			頂版			
		水電気 カルバート	底版			
			北側壁			
			北中壁			
			南中壁			
			南側壁			
頂版						

*1 評価位置は下図に示す

軽油カルバート



水電気カルバート

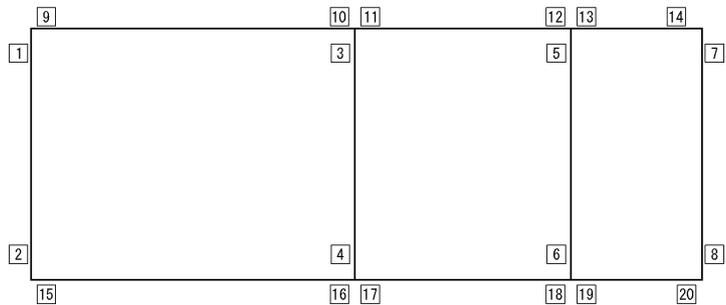


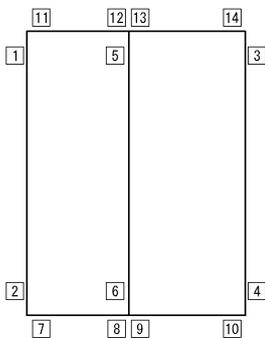
表 7.4-1 (4) コンクリートの曲げ照査結果

追而

基準地震動	位相	評価位置		圧縮 応力度 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	照査値
S _s -13	H+, V+	軽油 カルバート	底版			
			北側壁			
			中壁			
			南側壁			
			頂版			
		水電気 カルバート	底版			
			北側壁			
			北中壁			
			南中壁			
			南側壁			
S _s -14	H+, V+	軽油 カルバート	底版			
			北側壁			
			中壁			
			南側壁			
			頂版			
		水電気 カルバート	底版			
			北側壁			
			北中壁			
			南中壁			
			南側壁			
頂版						

*1 評価位置は下図に示す

軽油カルバート



水電気カルバート

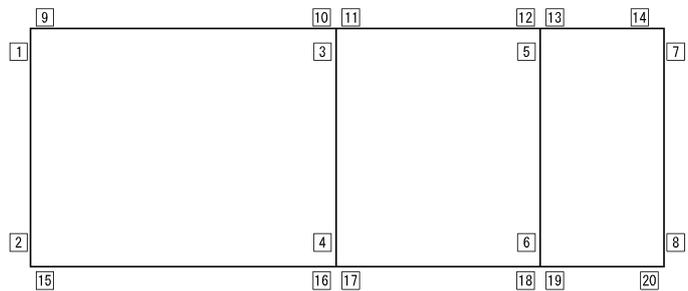


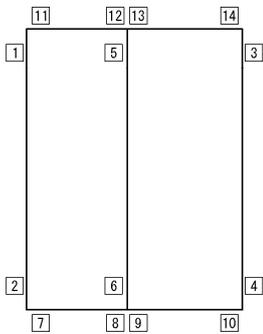
表 7.4-1 (5) コンクリートの曲げ照査結果

追而

基準地震動	位相	評価位置		圧縮 応力度 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	照査値
S _s -21	H+, V+	軽油 カルバート	底版			
			北側壁			
			中壁			
			南側壁			
			頂版			
		水電気 カルバート	底版			
			北側壁			
			北中壁			
			南中壁			
			南側壁			
S _s -22	H+, V+	軽油 カルバート	底版			
			北側壁			
			中壁			
			南側壁			
			頂版			
		水電気 カルバート	底版			
			北側壁			
			北中壁			
			南中壁			
			南側壁			
		頂版				

*1 評価位置は下図に示す

軽油カルバート



水電気カルバート

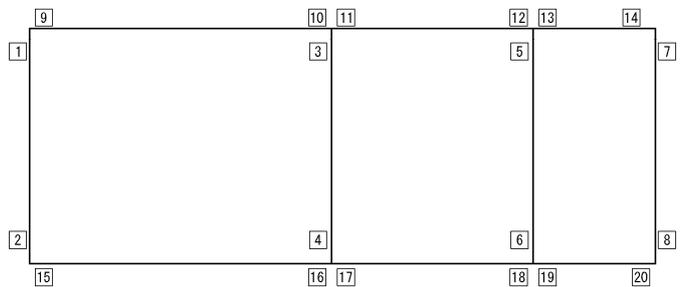


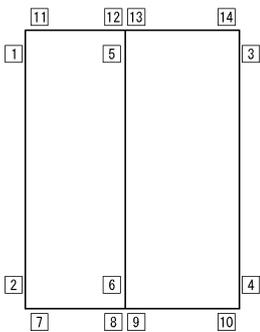
表 7.4-1 (6) コンクリートの曲げ照査結果

追而

基準地震動	位相	評価位置		圧縮 応力度 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	照査値
S _s -31	H+, V+	軽油 カルバート	底版			
			北側壁			
			中壁			
			南側壁			
			頂版			
		水電気 カルバート	底版			
			北側壁			
			北中壁			
			南中壁			
			南側壁			
S _s -31	H-, V+	軽油 カルバート	底版			
			北側壁			
			中壁			
			南側壁			
			頂版			
		水電気 カルバート	底版			
			北側壁			
			北中壁			
			南中壁			
			南側壁			
		頂版				

*1 評価位置は下図に示す

軽油カルバート



水電気カルバート

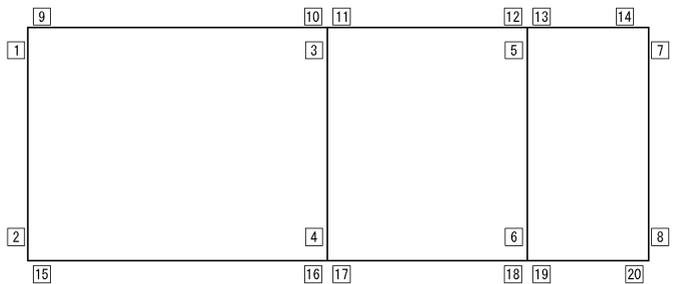


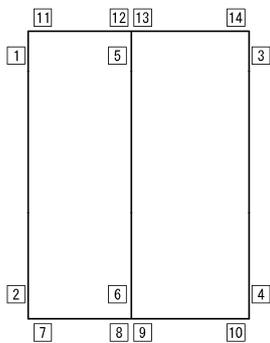
表 7.4-2 (1) 鉄筋の曲げ照査結果

追而

基準地震動	位相	評価位置		引張 応力度 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	照査値
S _s -D1	H+, V+	軽油 カルバート	底版			
			北側壁			
			中壁			
			南側壁			
			頂版			
		水電気 カルバート	底版			
			北側壁			
			北中壁			
			南中壁			
			南側壁			
S _s -D1	H-, V+	軽油 カルバート	底版			
			北側壁			
			中壁			
			南側壁			
			頂版			
		水電気 カルバート	底版			
			北側壁			
			北中壁			
			南中壁			
			南側壁			
頂版						

*1 評価位置は下図に示す

軽油カルバート



水電気カルバート

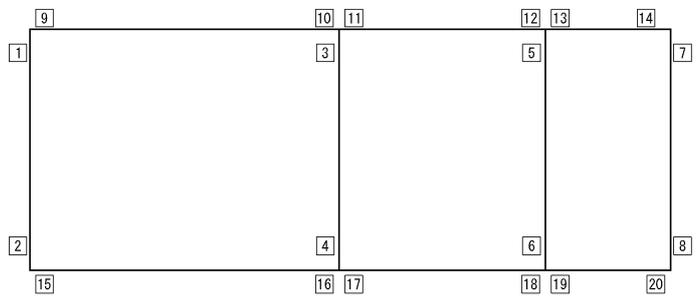


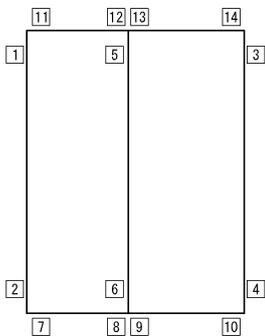
表 7.4-2 (2) 鉄筋の曲げ照査結果

追而

基準地震動	位相	評価位置		引張 応力度 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	照査値
S _s -D1	H-, V+	軽油 カルバート	底版			
			北側壁			
			中壁			
			南側壁			
			頂版			
		水電気 カルバート	底版			
			北側壁			
			北中壁			
			南中壁			
			南側壁			
S _s -D1	H-, V-	軽油 カルバート	底版			
			北側壁			
			中壁			
			南側壁			
			頂版			
		水電気 カルバート	底版			
			北側壁			
			北中壁			
			南中壁			
			南側壁			
		頂版				

*1 評価位置は下図に示す

軽油カルバート



水電気カルバート

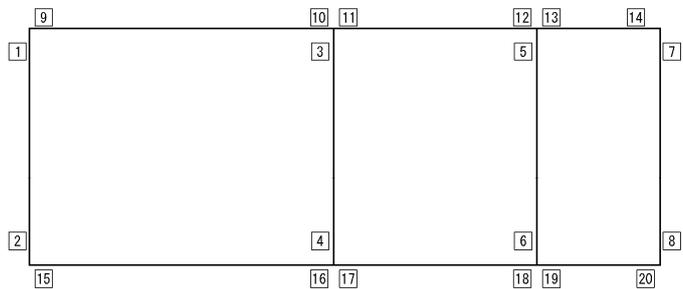


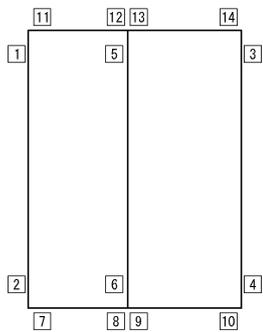
表 7.4-2 (3) 鉄筋の曲げ照査結果

追而

基準地震動	位相	評価位置		引張 応力度 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	照査値
S _s -11	H+, V+	軽油 カルバート	底版			
			北側壁			
			中壁			
			南側壁			
			頂版			
		水電気 カルバート	底版			
			北側壁			
			北中壁			
			南中壁			
			南側壁			
S _s -12	H+, V+	軽油 カルバート	底版			
			北側壁			
			中壁			
			南側壁			
			頂版			
		水電気 カルバート	底版			
			北側壁			
			北中壁			
			南中壁			
			南側壁			
		頂版				

*1 評価位置は下図に示す

軽油カルバート



水電気カルバート

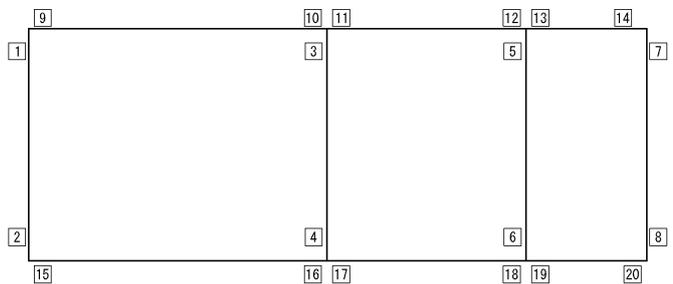


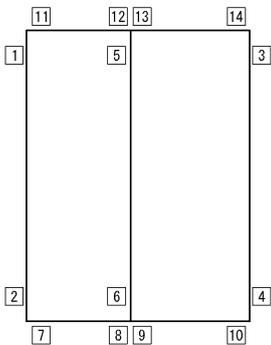
表 7.4-2 (4) 鉄筋の曲げ照査結果

追而

基準地震動	位相	評価位置		引張 応力度 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	照査値
S _s -13	H+, V+	軽油 カルバート	底版			
			北側壁			
			中壁			
			南側壁			
			頂版			
		水電気 カルバート	底版			
			北側壁			
			北中壁			
			南中壁			
			南側壁			
S _s -14	H+, V+	軽油 カルバート	底版			
			北側壁			
			中壁			
			南側壁			
			頂版			
		水電気 カルバート	底版			
			北側壁			
			北中壁			
			南中壁			
			南側壁			
頂版						

*1 評価位置は下図に示す

軽油カルバート



水電気カルバート

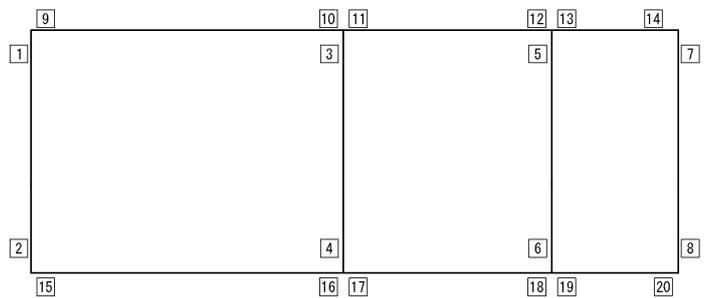


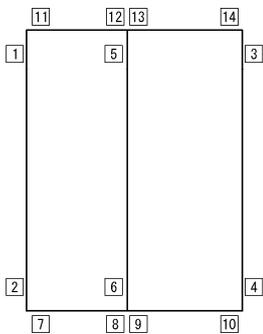
表 7.4-2 (5) 鉄筋の曲げ照査結果

追而

基準地震動	位相	評価位置		引張 応力度 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	照査値
S _s -21	H+, V+	軽油 カルバート	底版			
			北側壁			
			中壁			
			南側壁			
			頂版			
		水電気 カルバート	底版			
			北側壁			
			北中壁			
			南中壁			
			南側壁			
S _s -22	H+, V+	軽油 カルバート	底版			
			北側壁			
			中壁			
			南側壁			
			頂版			
		水電気 カルバート	底版			
			北側壁			
			北中壁			
			南中壁			
			南側壁			
		頂版				

*1 評価位置は下図に示す

軽油カルバート



水電気カルバート

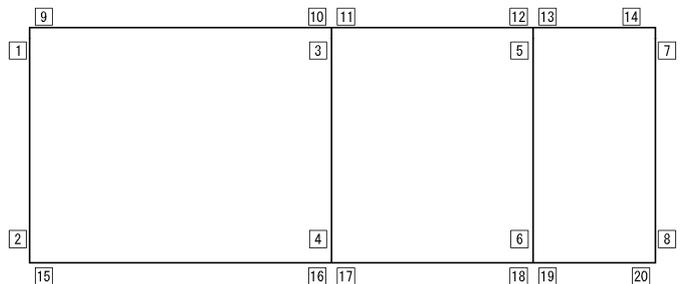


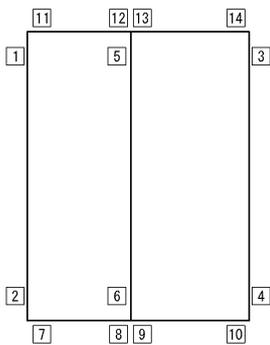
表 7.4-2 (6) 鉄筋の曲げ照査結果

追而

基準地震動	位相	評価位置		引張 応力度 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	照査値
S _s -31	H+, V+	軽油 カルバート	底版			
			北側壁			
			中壁			
			南側壁			
			頂版			
		水電気 カルバート	底版			
			北側壁			
			北中壁			
			南中壁			
			南側壁			
S _s -31	H-, V+	軽油 カルバート	底版			
			北側壁			
			中壁			
			南側壁			
			頂版			
		水電気 カルバート	底版			
			北側壁			
			北中壁			
			南中壁			
			南側壁			

*1 評価位置は下図に示す

軽油カルバート



水電気カルバート

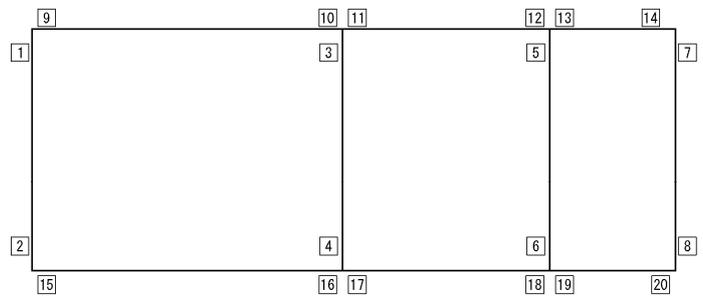


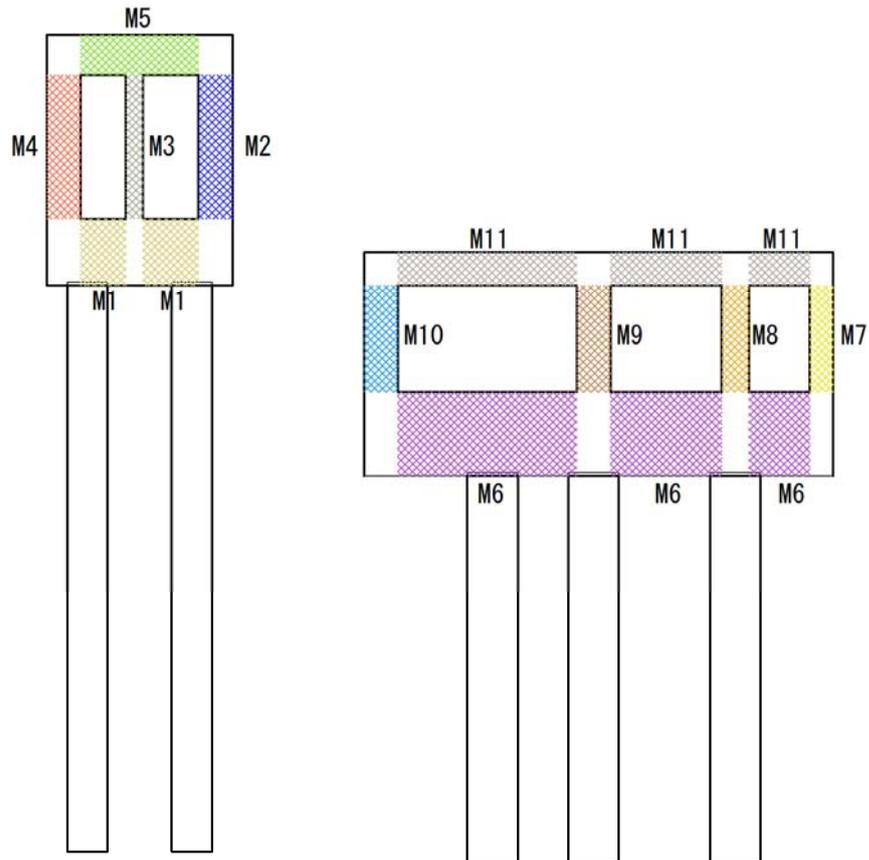


図 7.4-4 概略配筋図

追而

表 7.4-3 断面諸元一覧表 (曲げに対する評価)

部位	材料No.	断面性状				主鉄筋				
		部材幅 b (m)	部材高 h (m)	かぶり d' (m)	有効高さ d (m)	鉄筋種別 (-)	径 (mm)	段数 (-)	鉄筋間隔 (mm)	鉄筋量 (cm ²)
軽油 カルバート	底版	M1								
	北側壁	M2								
	中壁	M3								
	南側壁	M4								
	頂版	M5								
水電気 カルバート	底版	M6								
	北側壁	M7								
	北中壁	M8								
	南中壁	M9								
	南側壁	M10								
	頂版	M11								



評価中

(3) 構造部材のせん断に対する評価結果

表 7.4-4 にせん断に対する照査結果を示す。

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又はコンクリートの負担するせん断力 (V_c) と、斜め引張鉄筋の負担するせん断力 (V_s) を合わせた許容せん断力 (V_a) が、発生せん断力 (V) 以上であることを確認した ($V_a = V_c + V_s \geq V$)。なお、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、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。

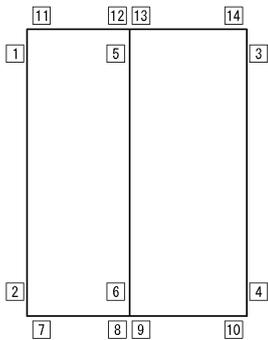
表 7.4-4 (1) せん断照査結果

追而

基準地震動	位相	評価位置		発生せん断力 (kN)	短期許容せん断力 (kN)	照査値
S _s -D 1	H+, V+	軽油カルバート	底版			
			北側壁			
			中壁			
			南側壁			
			頂版			
		水電気カルバート	底版			
			北側壁			
			北中壁			
			南中壁			
			南側壁			
S _s -D 1	H-, V+	軽油カルバート	底版			
			北側壁			
			中壁			
			南側壁			
			頂版			
		水電気カルバート	底版			
			北側壁			
			北中壁			
			南中壁			
			南側壁			
		頂版				

*1 評価位置は下図に示す。

軽油カルバート



水電気カルバート

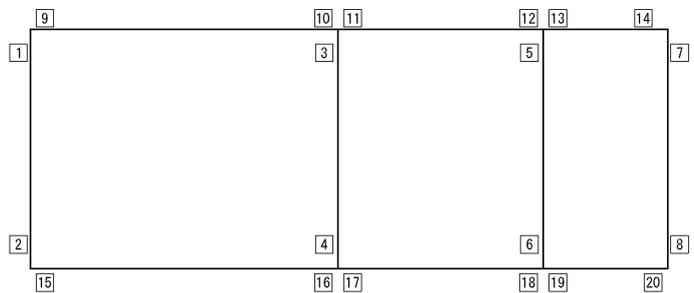


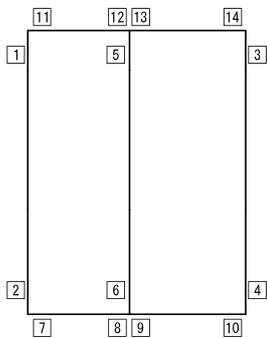
表 7.4-4 (2) せん断照査結果

追而

基準地震動	位相	評価位置		発生せん断力 (kN)	短期許容せん断力 (kN)	照査値
S _s -D1	H-, V+	軽油カルバート	底版			
			北側壁			
			中壁			
			南側壁			
			頂版			
		水電気カルバート	底版			
			北側壁			
			北中壁			
			南中壁			
			南側壁			
S _s -D1	H-, V-	軽油カルバート	底版			
			北側壁			
			中壁			
			南側壁			
			頂版			
		水電気カルバート	底版			
			北側壁			
			北中壁			
			南中壁			
			南側壁			
頂版						

*1 評価位置は下図に示す。

軽油カルバート



水電気カルバート

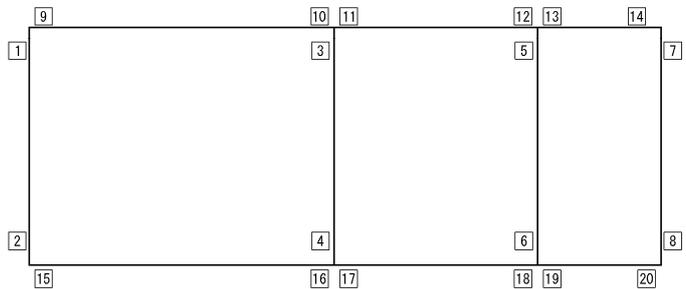


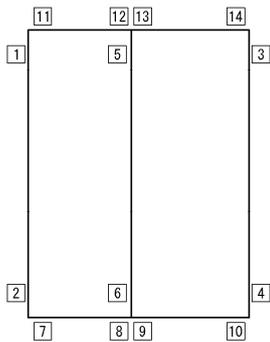
表 7.4-4 (3) せん断照査結果

追而

基準地震動	位相	評価位置		発生せん断力 (kN)	短期許容せん断力 (kN)	照査値
S _s -11	H+, V+	軽油カルバート	底版			
			北側壁			
			中壁			
			南側壁			
			頂版			
		水電気カルバート	底版			
			北側壁			
			北中壁			
			南中壁			
			南側壁			
S _s -12	H+, V+	軽油カルバート	底版			
			北側壁			
			中壁			
			南側壁			
			頂版			
		水電気カルバート	底版			
			北側壁			
			北中壁			
			南中壁			
			南側壁			
頂版						

*1 評価位置は下図に示す。

軽油カルバート



水電気カルバート

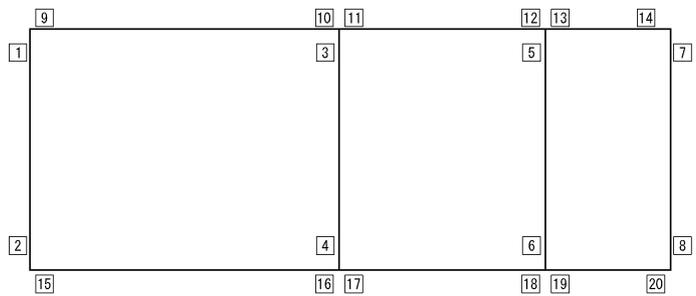


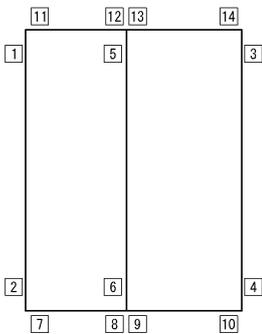
表 7.4-4 (4) せん断照査結果

追而

基準地震動	位相	評価位置		発生せん断力 (kN)	短期許容せん断力 (kN)	照査値
S _s -13	H+, V+	軽油カルバート	底版			
			北側壁			
			中壁			
			南側壁			
			頂版			
		水電気カルバート	底版			
			北側壁			
			北中壁			
			南中壁			
			南側壁			
S _s -14	H+, V+	軽油カルバート	底版			
			北側壁			
			中壁			
			南側壁			
			頂版			
		水電気カルバート	底版			
			北側壁			
			北中壁			
			南中壁			
			南側壁			
頂版						

*1 評価位置は下図に示す。

軽油カルバート



水電気カルバート

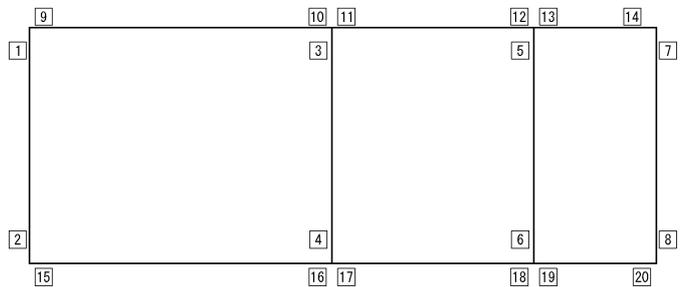


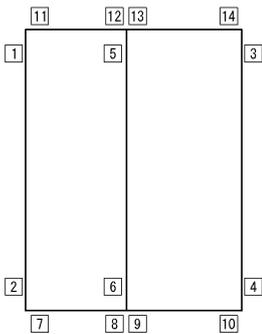
表 7.4-4 (5) せん断照査結果

追而

基準地震動	位相	評価位置		発生せん断力 (kN)	短期許容せん断力 (kN)	照査値
S _s -2 1	H+, V+	軽油カルバート	底版			
			北側壁			
			中壁			
			南側壁			
			頂版			
		水電気カルバート	底版			
			北側壁			
			北中壁			
			南中壁			
			南側壁			
S _s -2 2	H+, V+	軽油カルバート	底版			
			北側壁			
			中壁			
			南側壁			
			頂版			
		水電気カルバート	底版			
			北側壁			
			北中壁			
			南中壁			
			南側壁			
		頂版				

*1 評価位置は下図に示す。

軽油カルバート



水電気カルバート

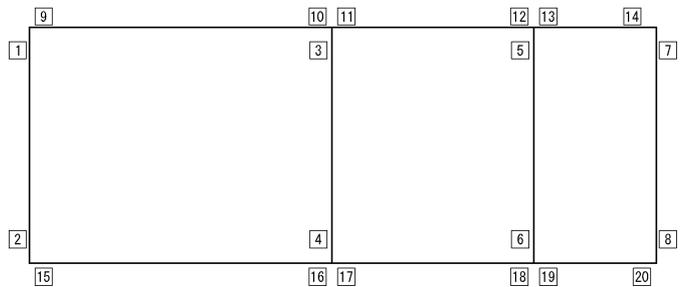


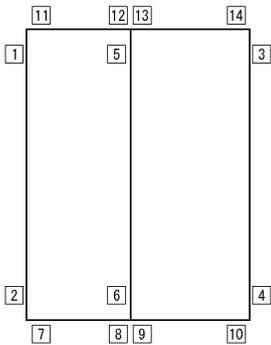
表 7.4-4 (6) せん断照査結果

追而

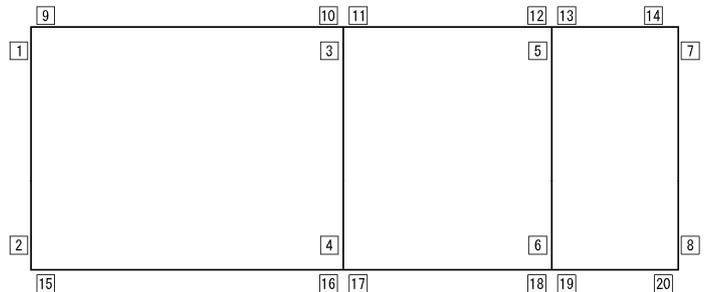
基準地震動	位相	評価位置		発生せん断力 (kN)	短期許容せん断力 (kN)	照査値
S _s -31	H+, V+	軽油カルバート	底版			
			北側壁			
			中壁			
			南側壁			
			頂版			
		水電気カルバート	底版			
			北側壁			
			北中壁			
			南中壁			
			南側壁			
S _s -31	H-, V+	軽油カルバート	底版			
			北側壁			
			中壁			
			南側壁			
			頂版			
		水電気カルバート	底版			
			北側壁			
			北中壁			
			南中壁			
			南側壁			
頂版						

*1 評価位置は下図に示す。

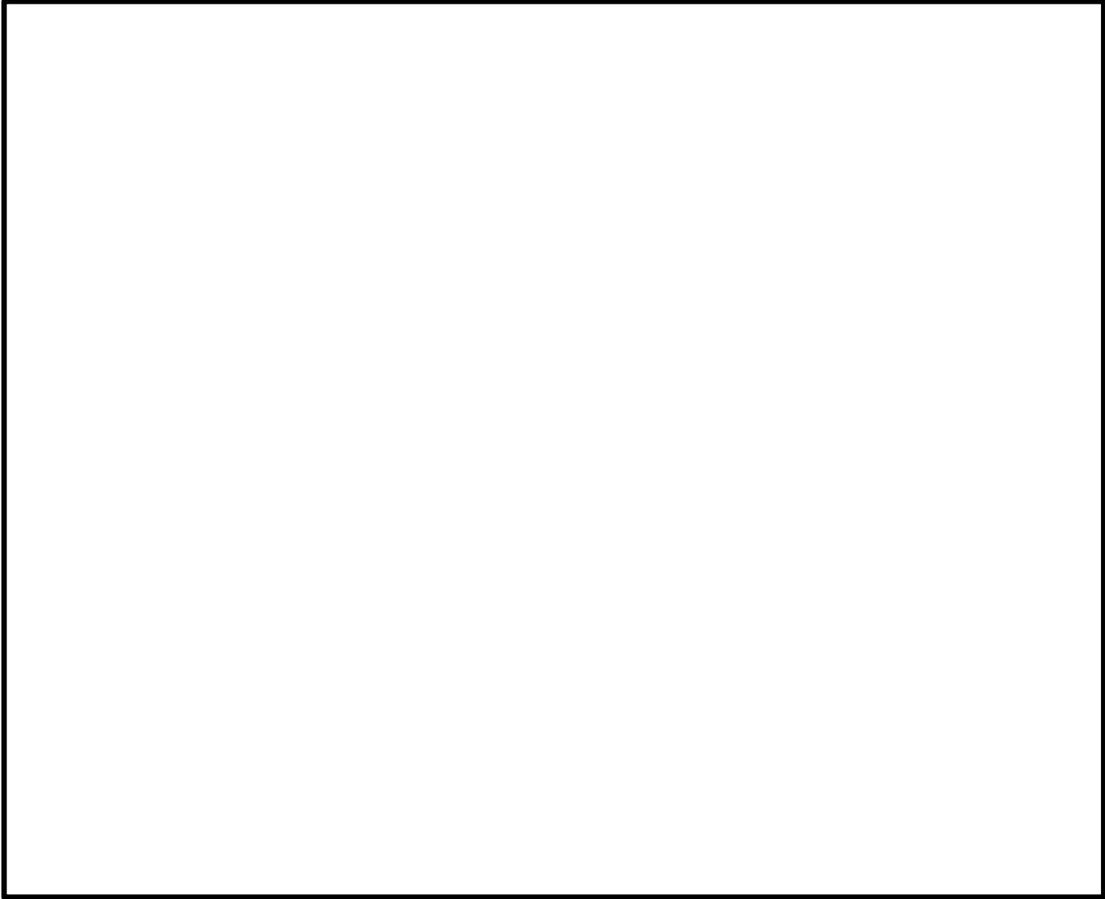
軽油カルバート



水電気カルバート



追而



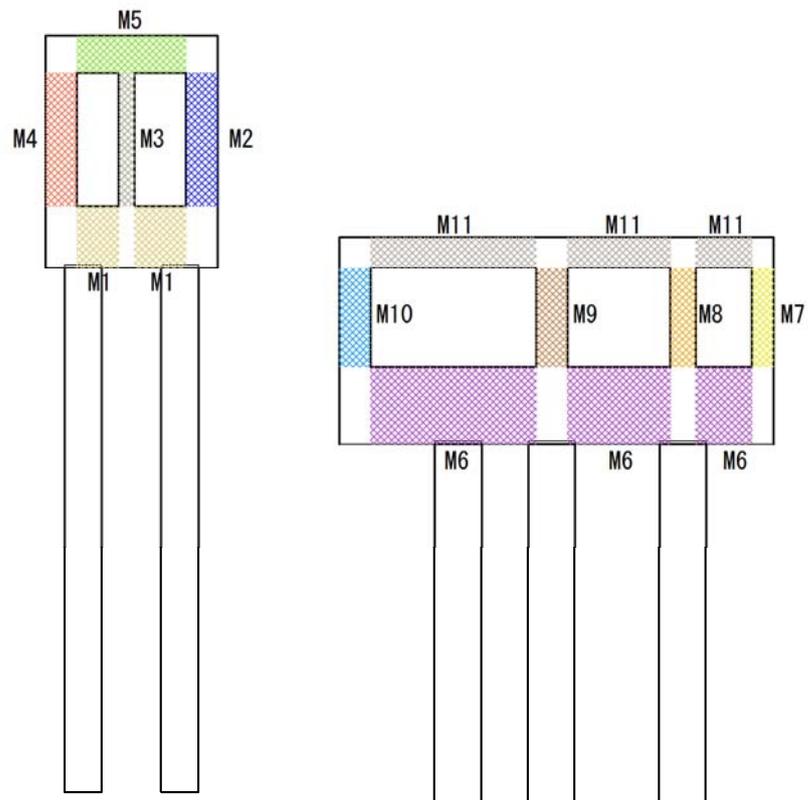
評価中

図 7.4-5 概略配筋図

表 7.4-5 断面諸元一覧表（せん断に対する評価）

追而

部位	材料No.	断面性状				せん断補強鉄筋				
		部材幅 b (m)	部材高 h (m)	かぶり d' (m)	有効高さ d (m)	鉄筋種別 (-)	径 (mm)	S _b (mm)	S _s (mm)	鉄筋量 (cm ²)
軽油 カルバート	底版	M1								
	北側壁	M2								
	中壁	M3								
	南側壁	M4								
	頂版	M5								
水電気 カルバート	底版	M6								
	北側壁	M7								
	北中壁	M8								
	南中壁	M9								
	南側壁	M10								
	頂版	M11								



評価中

7.4.3 杭基礎の耐震評価結果

- (1) 曲げに対する評価結果
- (2) せん断に対する評価結果
- (3) 基礎地盤の支持性能に対する評価結果

表 7.4-6 に基礎地盤の支持性能照査結果を示す。

カルバートの最大接地圧は、 S_s-D1 で $\bigcirc\bigcirc \text{ kN/m}^2$ であり、基礎地盤の極限支持力度 $\Delta \text{ kN/m}^2$ 以下である。

以上のことから、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 7.4-6 基礎地盤の支持性能照査結果

7.5 まとめ (追而)

9. 常設低圧代替注水系ポンプ室の耐震安全性評価

目 次

9.1	評価方法	2
9.2	評価条件	3
9.2.1	適用基準	3
9.2.2	耐震安全性評価フロー	4
9.2.3	評価対象断面の方向	5
9.2.4	評価対象断面の選定	7
9.2.5	使用材料及び材料定数	13
9.2.6	地下水位	16
9.2.7	地震応答解析手法	16
9.2.8	解析モデルの設定	18
9.2.9	減衰特性	23
9.2.10	荷重の組合せ	25
9.2.11	地震応答解析の検討ケース	29
9.3	評価内容	31
9.3.1	入力地震動の設定	31
9.3.2	許容限界の設定	64
9.4	評価結果	69
9.4.1	地震応答解析結果	69
9.4.2	耐震評価結果	76
9.5	まとめ（追而）	83

9.1 評価方法

常設低圧代替注水系ポンプ室は、重大事故等対処設備のうちの「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、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設置し、代替淡水貯槽用のポンプ及び配管の間接支持機能を有する。

常設低圧代替注水系ポンプ室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。

9.2 評価条件

9.2.1 適用基準

常設低圧代替注水系ポンプ室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)」を適用する。

表 9.2-1 に適用する規格, 基準類を示す。

表 9.2-1 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] ((社) 土木学会, 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] ((社) 土木学会, 2002 年制定)	・終局限界状態を考慮し, 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	・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 24 年 3 月)	・曲げ及びせん断に対する照査は, 許容応力度以下であることを確認 ・接地圧が基礎地盤の極限支持力以下であることを確認
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線形解析

9.2.2 耐震安全性評価フロー

図 9.2-1 に常設低圧代替注水系ポンプ室の耐震安全性フローを示す。

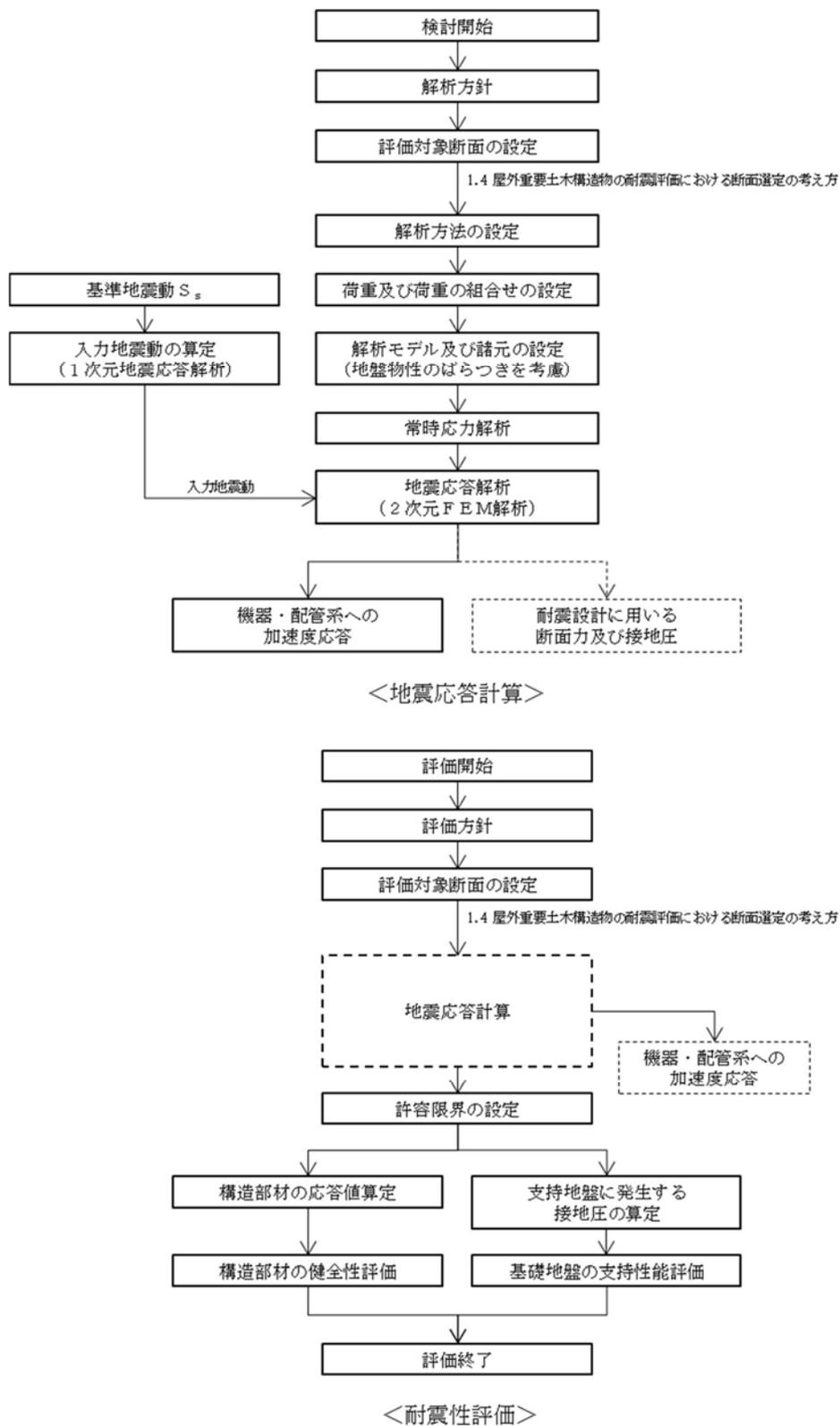


図 9.2-1 常設低圧代替注水系ポンプ室の耐震安全性評価フロー

9.2.3 評価対象断面の方向

常設低圧代替注水系ポンプ室の位置を図9.2-2に示す。

常設低圧代替注水系ポンプ室は、長辺17.0m（東西方向）、短辺13.0m（南北方向）、高さ29.5mの鉄筋コンクリート造の地中構造物であり、比較的単純な箱型構造物である。長辺と短辺の長さに大きな違いがなく、強軸断面方向と弱軸断面方向が明確でないことから、東西方向断面と南北方向断面の両方向を評価対象断面とする。

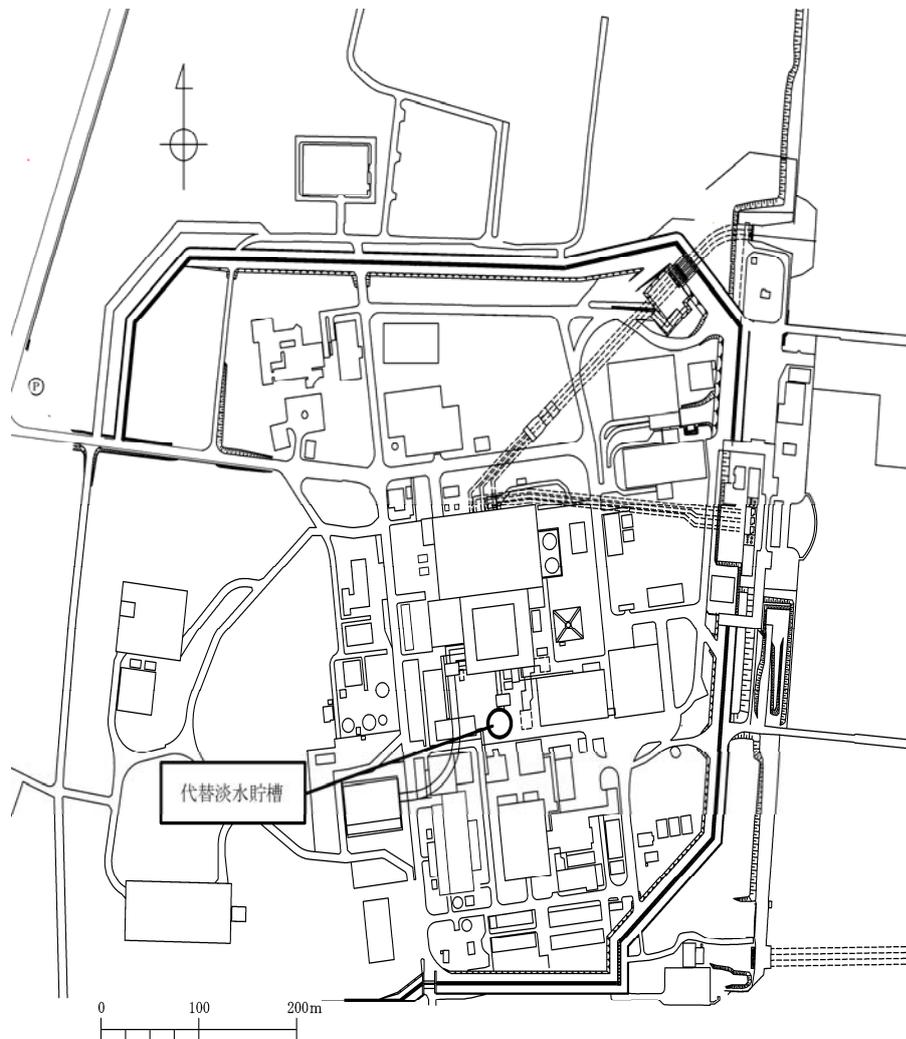


図9.2-2 (1) 常設低圧代替注水系ポンプ室位置図



図 9.2-2 (2) 常設低圧代替注水系ポンプ室位置図

9.2.4 評価対象断面の選定

図 9.2-3 及び図 9.2-4 に常設低圧代替注水系ポンプ室の平面図及び断面図を示す。

常設低圧代替注水系ポンプ室は、東西方向 17.0 m、南北方向 13.0 m、高さ 29.5 m の多層ラーメン構造の鉄筋コンクリート造であり、十分な支持性能を有する岩盤に直接設置する。北側に常設低圧代替注水系配管カルバートへ開口部で接続し、南側に代替淡水貯槽へ接続するカルバートの張出しを有する。南側のカルバートの内空幅及び高さは 2.3 m である。

評価対象断面は、「1.4.9 常設低圧代替注水系ポンプ室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ポンプ室は、角筒形の鉄筋コンクリート構造物であり、互いに直交する荷重はそれぞれ異なる構造部材で受け持つ設計とすることから、耐震評価では、常設低圧代替注水系ポンプ室の東西方向断面及び南北方向断面の 2 断面を選定し、基準地震動 S_0 に対する耐震評価を実施する。なお、南北方向断面においては、カルバートの張出し部を奥行き方向に等価な剛性でモデル化し、カルバートの上載荷重を考慮する。

評価対象断面位置図を図 9.2-5 に、評価対象断面図を図 9.2-6 に示す。

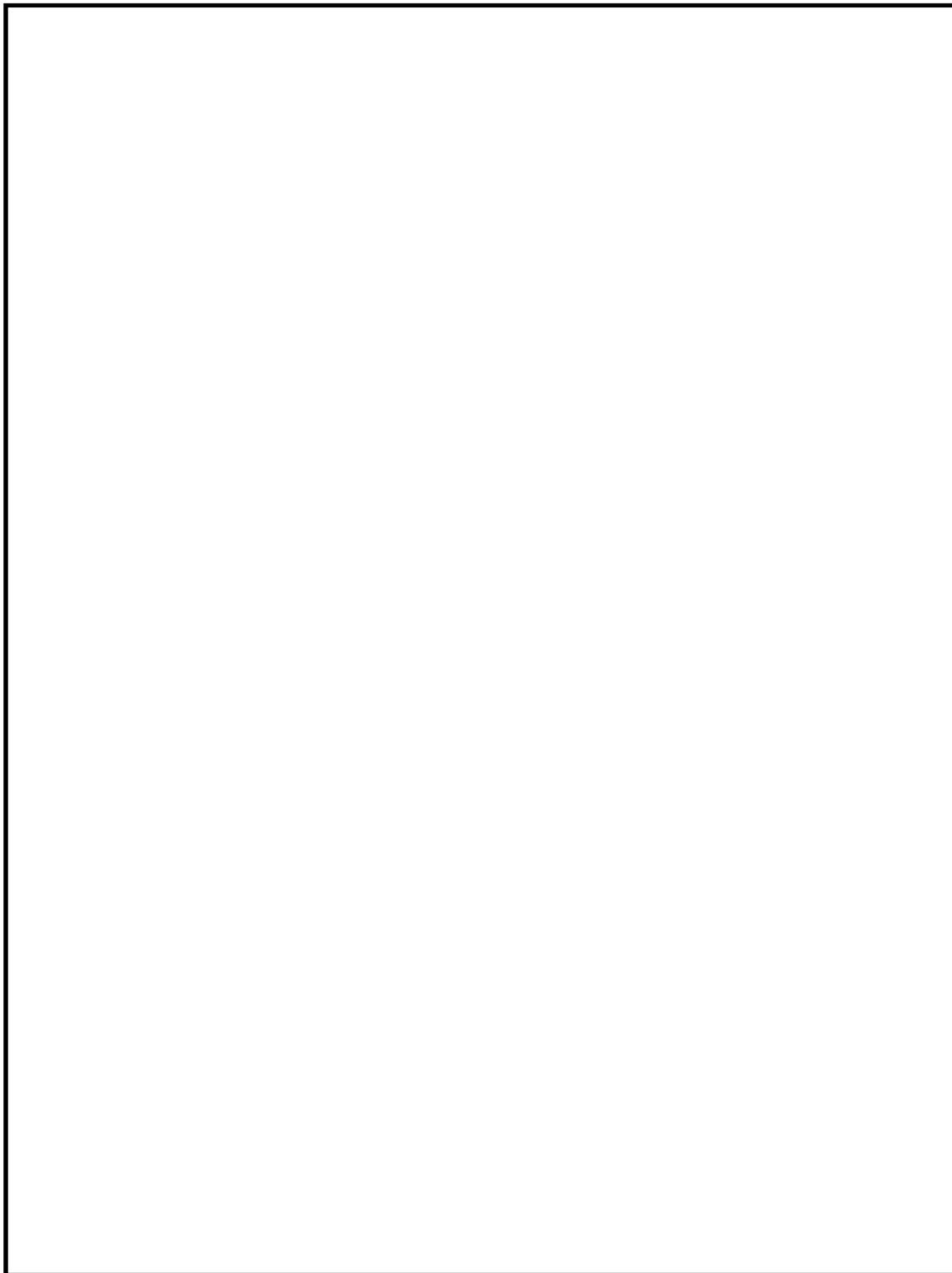


図 9.2-3 常設低圧代替注水系ポンプ室 平面図

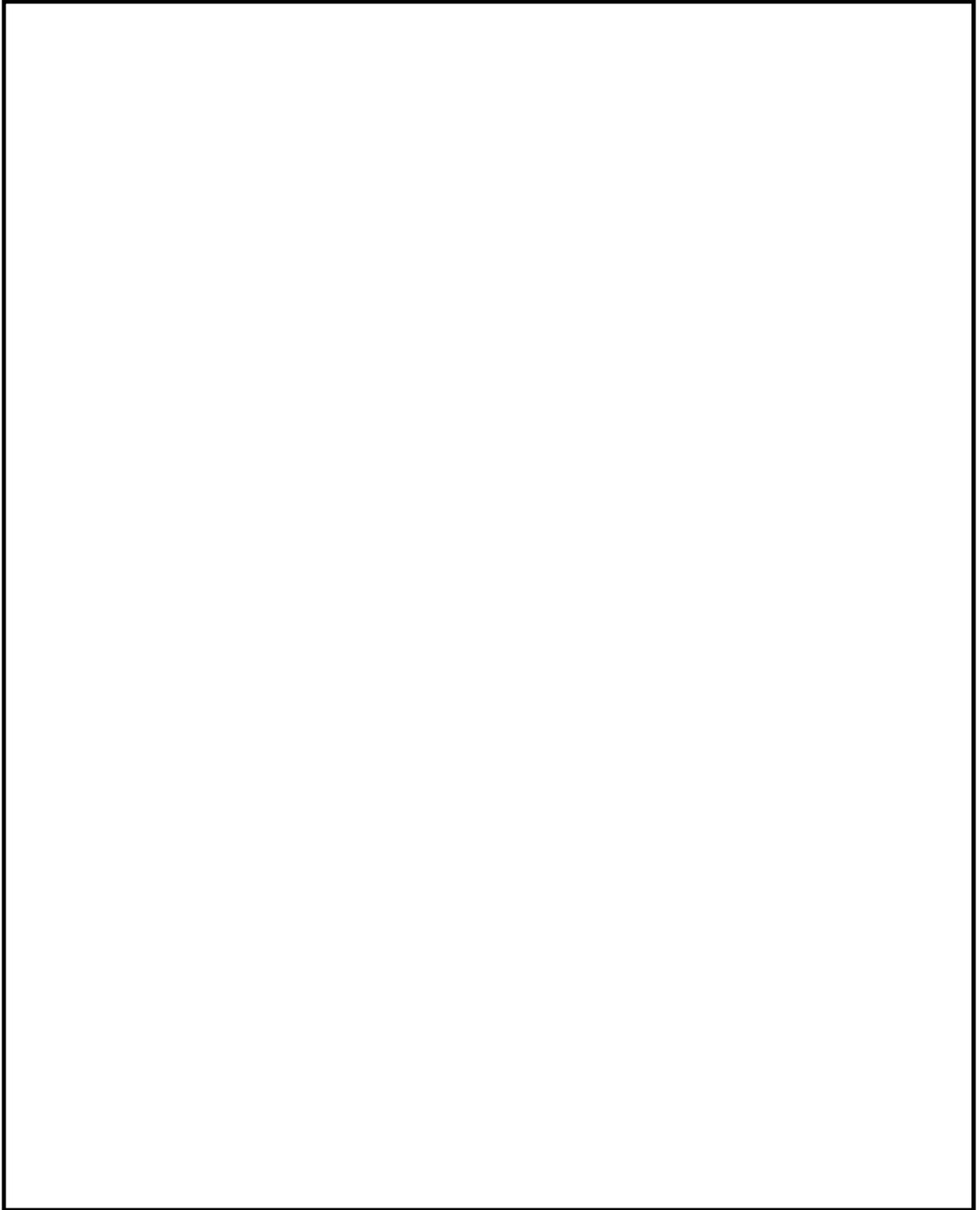


図 9.2-4 (1) 常設低圧代替注水系ポンプ室断面図 (東西方向断面)

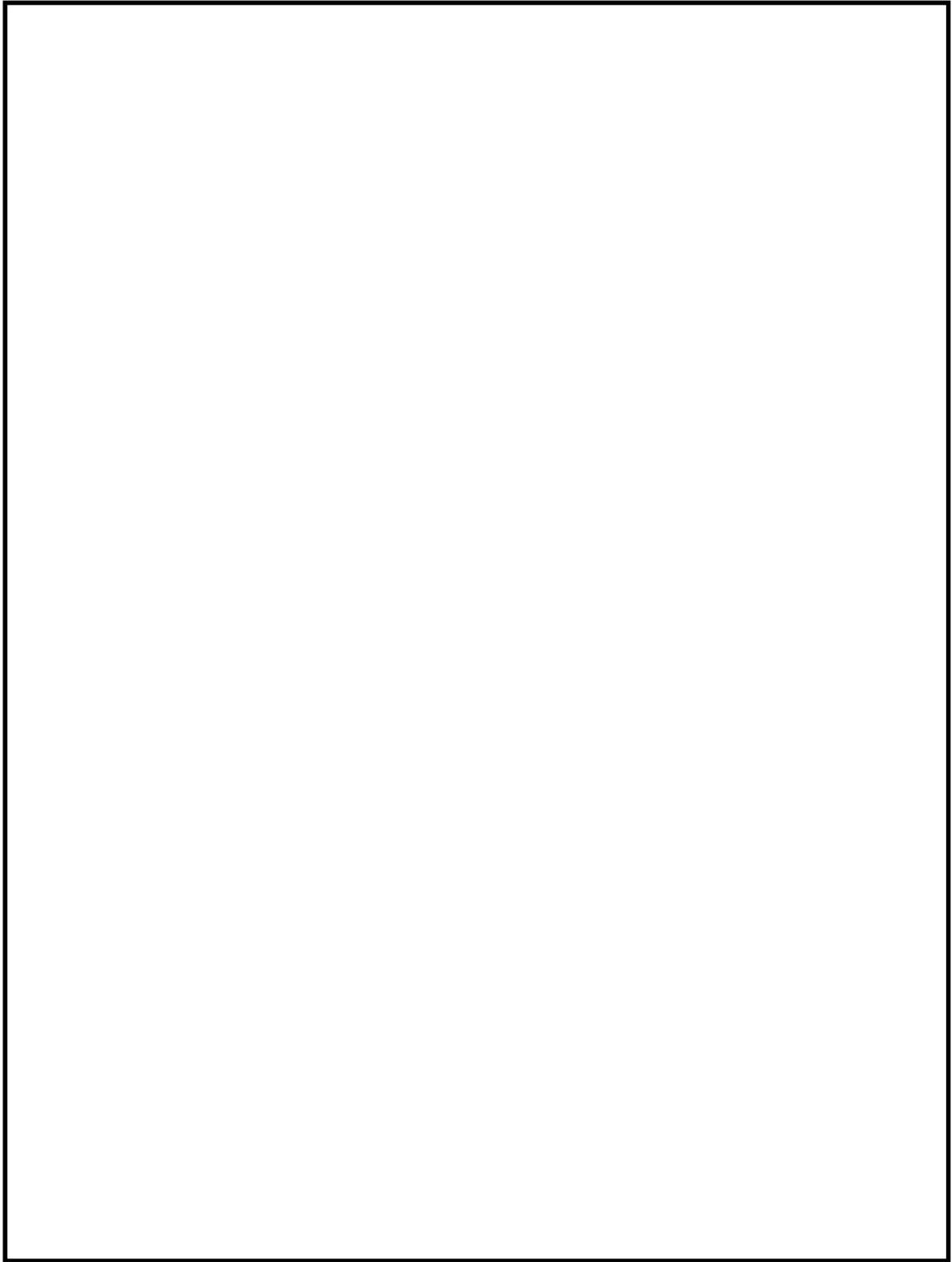


図 9.2-4 (2) 常設低圧代替注水系ポンプ室断面図 (南北方向断面)

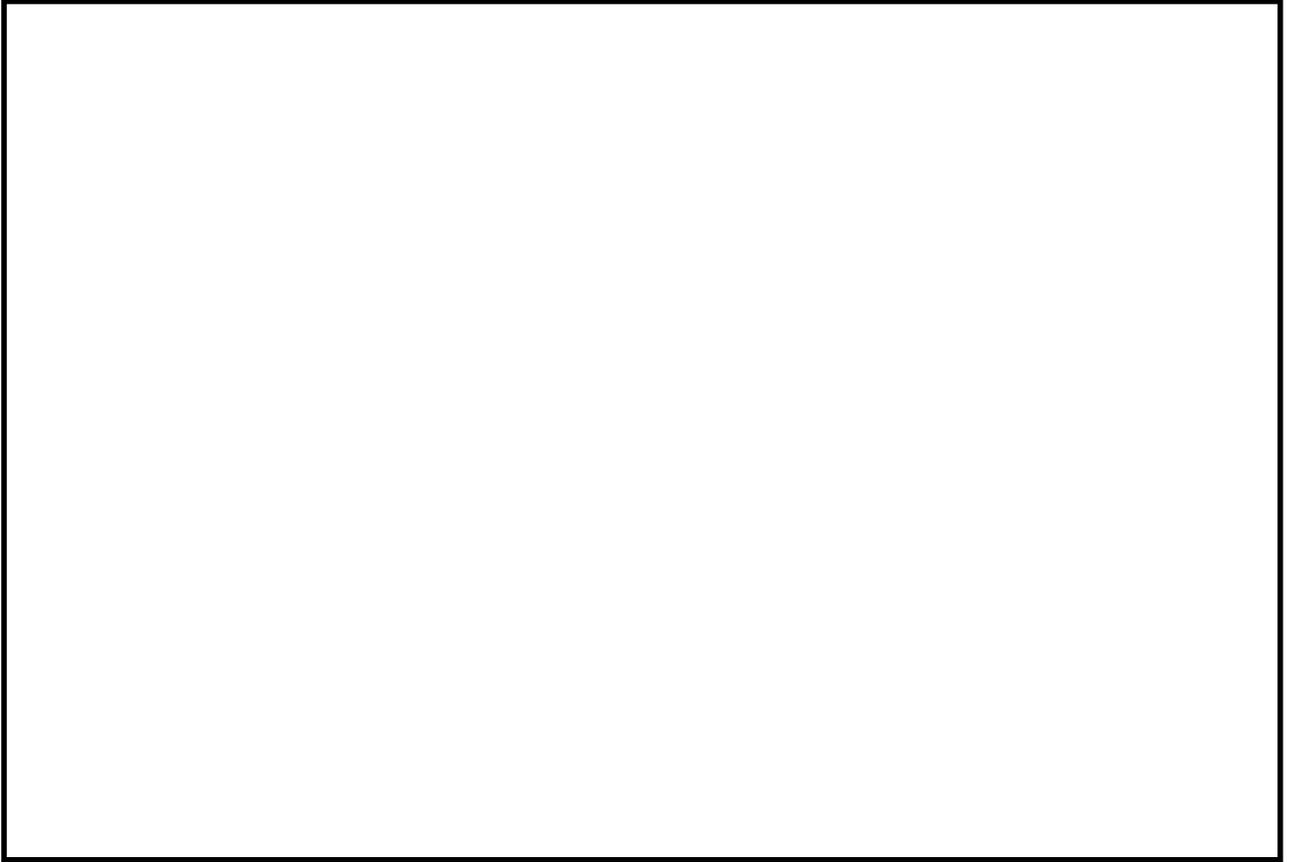


図 9.2-5 常設低圧代替注水系ポンプ室 耐震評価対象断面選定位置

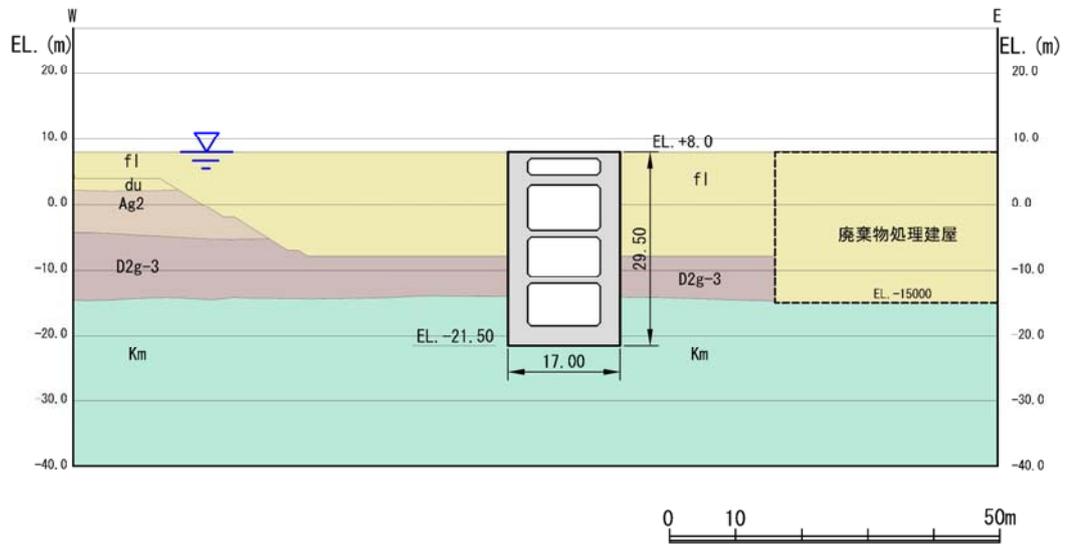


図 9.2-6 (1) 常設低圧代替注水系ポンプ室評価対象断面図 (東西方向断面)

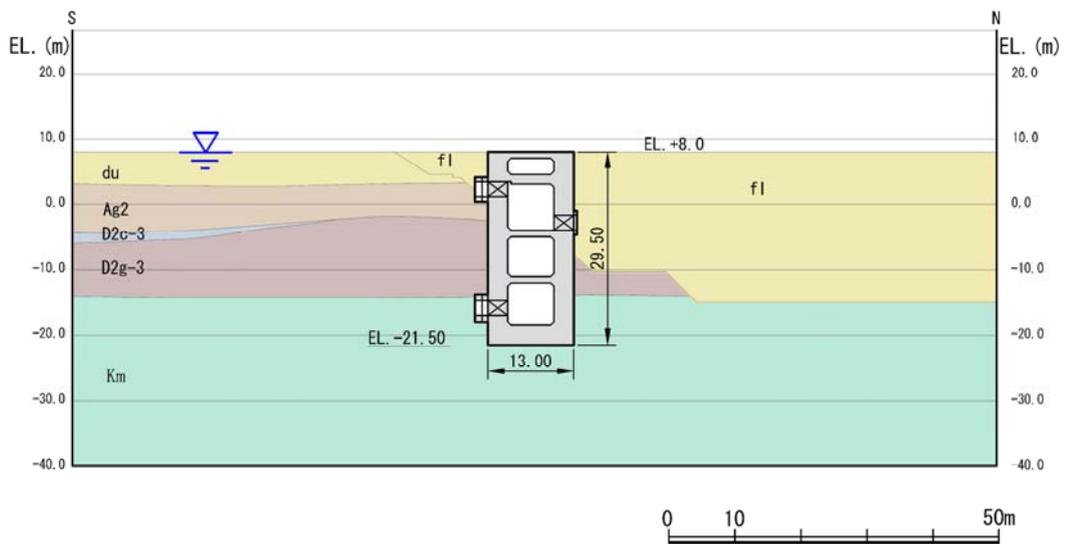


図 9.2-6 (2) 常設低圧代替注水系ポンプ室評価対象断面図 (南北方向断面)

9.2.5 使用材料及び材料定数

耐震評価に用いる材料定数は、適用基準類を基に設定する。構造物の使用材料を第9.2-2表に、材料物性値を第9.2-3表に示す。

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、液状化検討対象層における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9.2-4に示す。

表 9.2-2 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, SD490

表 9.2-3 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

表 9.2-4 (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 () 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 9.2-4 (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 ³	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	
	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)

表 9.2-4 (3) 地盤の解析用物性値一覧 (新第三系 Km 層)

区分 番号	設定深度 TP (m) Z	通用深度 TP (m)		密度 ρ (g/cm ³)	静ポアソン比 ν_{cp}	粘着力 C_{cp} (kN/mf)	内部摩擦角 ϕ_{cp} ($^{\circ}$)	せん断波 速度Vs (m/s)	基準初期 せん断剛性 G_{ma}	基準体積 弾性係数 K_{ma} (kN/mf)	基準平均有効 主応力 σ'_{ma} (kN/mf)	拘束圧 依存係数	最大履歴 減衰率 $\beta_{max}(-)$	動ポアソン比 ν_d	疎密波 速度Vp (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	326,965	371,843	504	0.0	0.108	0.463	1,661	1,661,000
15	-4	-4.5	~ -3.5	1.72	0.16	382	22.8	436	328,467	373,551	504	0.0	0.109	0.462	1,644	1,644,000
16	-5	-5.5	~ -4.5	1.72	0.16	388	22.7	437	329,972	375,262	504	0.0	0.109	0.462	1,648	1,648,000
17	-6	-6.5	~ -5.5	1.72	0.16	394	22.6	438	331,481	376,977	504	0.0	0.109	0.462	1,652	1,652,000
18	-7	-7.5	~ -6.5	1.72	0.16	400	22.5	438	332,992	378,697	504	0.0	0.110	0.462	1,656	1,656,000
19	-8	-8.5	~ -7.5	1.72	0.16	406	22.4	439	334,507	380,420	504	0.0	0.110	0.462	1,659	1,659,000
20	-9	-9.5	~ -8.5	1.72	0.16	412	22.3	440	336,026	382,147	504	0.0	0.110	0.462	1,663	1,663,000
21	-10	-11	~ -9.5	1.72	0.16	418	22.2	441	337,547	383,874	504	0.0	0.111	0.462	1,671	1,671,000
22	-12	-13	~ -11	1.72	0.16	430	22.0	442	339,074	385,614	504	0.0	0.111	0.462	1,678	1,678,000
23	-14	-15	~ -13	1.72	0.16	442	21.8	444	340,603	387,352	504	0.0	0.111	0.461	1,684	1,684,000
24	-16	-17	~ -15	1.72	0.16	454	21.6	445	342,139	389,096	498	0.0	0.112	0.461	1,662	1,662,000
25	-18	-19	~ -17	1.72	0.16	467	21.4	447	343,671	390,842	498	0.0	0.112	0.461	1,665	1,665,000
26	-20	-21	~ -19	1.72	0.16	479	21.2	448	345,211	392,593	498	0.0	0.112	0.461	1,673	1,673,000
27	-22	-23	~ -21	1.72	0.15	491	21.0	450	346,754	394,349	498	0.0	0.112	0.461	1,680	1,680,000
28	-24	-25	~ -23	1.72	0.15	503	20.8	452	348,300	396,107	498	0.0	0.113	0.461	1,684	1,684,000
29	-26	-27	~ -25	1.72	0.15	515	20.6	453	350,851	397,867	498	0.0	0.113	0.460	1,688	1,688,000
30	-28	-29	~ -27	1.72	0.15	527	20.4	455	352,406	399,629	498	0.0	0.114	0.460	1,696	1,696,000
31	-30	-31	~ -29	1.72	0.15	539	20.2	456	353,965	401,394	498	0.0	0.114	0.460	1,702	1,702,000
32	-32	-33	~ -31	1.72	0.15	551	20.0	458	355,526	403,161	498	0.0	0.115	0.460	1,709	1,709,000
33	-34	-35	~ -33	1.72	0.15	563	19.8	459	357,091	404,929	498	0.0	0.115	0.459	1,716	1,716,000
34	-36	-37	~ -35	1.72	0.15	575	19.6	461	358,659	406,697	498	0.0	0.115	0.459	1,723	1,723,000
35	-38	-39	~ -37	1.72	0.15	587	19.4	462	360,230	408,467	498	0.0	0.116	0.459	1,730	1,730,000
36	-40	-41	~ -39	1.72	0.15	599	19.2	464	361,804	410,238	498	0.0	0.116	0.459	1,737	1,737,000
37	-42	-43	~ -41	1.72	0.15	611	19.0	465	363,381	412,008	498	0.0	0.117	0.459	1,744	1,744,000
38	-44	-45	~ -43	1.72	0.15	623	18.8	467	364,961	413,779	498	0.0	0.117	0.458	1,751	1,751,000
39	-46	-47	~ -45	1.72	0.15	635	18.6	468	366,543	415,551	498	0.0	0.117	0.458	1,758	1,758,000
40	-48	-49	~ -47	1.72	0.15	647	18.4	470	368,127	417,324	498	0.0	0.118	0.458	1,765	1,765,000
41	-50	-51	~ -49	1.73	0.15	660	18.3	472	369,713	419,098	498	0.0	0.118	0.458	1,772	1,772,000
42	-52	-53	~ -51	1.73	0.15	672	18.1	473	371,301	420,873	498	0.0	0.118	0.458	1,779	1,779,000
43	-54	-55	~ -53	1.73	0.15	684	17.9	475	372,891	422,649	498	0.0	0.118	0.457	1,786	1,786,000
44	-56	-57	~ -55	1.73	0.15	696	17.7	476	374,483	424,426	498	0.0	0.119	0.457	1,793	1,793,000
45	-58	-59	~ -57	1.73	0.15	708	17.5	478	376,077	426,204	498	0.0	0.119	0.457	1,800	1,800,000
46	-60	-61	~ -59	1.73	0.15	720	17.3	479	377,673	427,983	498	0.0	0.120	0.457	1,807	1,807,000
47	-62	-63	~ -61	1.73	0.14	732	17.1	481	379,271	429,763	492	0.0	0.120	0.457	1,814	1,814,000
48	-64	-65	~ -63	1.73	0.14	744	16.9	482	380,871	431,544	492	0.0	0.120	0.456	1,821	1,821,000
49	-66	-67	~ -65	1.73	0.14	756	16.7	484	382,473	433,326	492	0.0	0.120	0.456	1,828	1,828,000
50	-68	-69	~ -67	1.73	0.14	768	16.5	485	384,077	435,109	492	0.0	0.121	0.456	1,835	1,835,000
51	-70	-71	~ -69	1.73	0.14	780	16.3	487	385,683	436,893	492	0.0	0.121	0.456	1,842	1,842,000
52	-72	-73	~ -71	1.73	0.14	792	16.1	489	387,291	438,678	492	0.0	0.121	0.455	1,849	1,849,000
53	-74	-75	~ -73	1.73	0.14	804	15.9	490	388,901	440,464	492	0.0	0.122	0.455	1,856	1,856,000
54	-76	-77	~ -75	1.73	0.14	816	15.7	492	390,513	442,251	492	0.0	0.122	0.455	1,863	1,863,000
55	-78	-79	~ -77	1.73	0.14	828	15.5	493	392,127	444,039	492	0.0	0.122	0.455	1,870	1,870,000
56	-80	-81	~ -79	1.73	0.14	840	15.3	495	393,743	445,827	492	0.0	0.122	0.455	1,877	1,877,000
57	-82	-83	~ -81	1.73	0.14	852	15.1	496	395,361	447,617	492	0.0	0.123	0.455	1,884	1,884,000
58	-84	-85	~ -83	1.73	0.14	864	14.9	497	396,981	449,408	492	0.0	0.123	0.455	1,891	1,891,000
59	-86	-87	~ -85	1.73	0.14	876	14.7	498	398,603	451,199	492	0.0	0.124	0.454	1,898	1,898,000
60	-88	-89	~ -87	1.73	0.14	888	14.5	501	400,227	452,991	492	0.0	0.124	0.454	1,905	1,905,000
61	-90	-91	~ -89	1.73	0.14	900	14.3	504	401,853	454,784	492	0.0	0.124	0.454	1,912	1,912,000
62	-92	-93	~ -91	1.73	0.14	912	14.1	509	403,481	456,578	492	0.0	0.125	0.453	1,919	1,919,000
63	-94	-95	~ -93	1.73	0.14	924	13.9	513	405,111	458,373	486	0.0	0.125	0.453	1,926	1,926,000
64	-96	-97	~ -95	1.73	0.13	936	13.7	519	406,743	460,169	486	0.0	0.126	0.452	1,933	1,933,000
65	-98	-99	~ -97	1.73	0.13	948	13.5	524	408,377	461,966	486	0.0	0.127	0.451	1,940	1,940,000
66	-100	-101	~ -99	1.73	0.13	960	13.3	524	410,013	463,763	486	0.0	0.127	0.451	1,947	1,947,000
67	-102	-103	~ -101	1.73	0.13	972	13.1	524	411,651	465,561	486	0.0	0.127	0.451	1,954	1,954,000
68	-104	-105	~ -103	1.73	0.13	984	12.9	524	413,291	467,359	486	0.0	0.128	0.450	1,961	1,961,000
69	-106	-107	~ -105	1.73	0.13	996	12.7	530	414,933	469,157	486	0.0	0.128	0.450	1,968	1,968,000
70	-108	-109	~ -107	1.73	0.13	1,008	12.5	530	416,577	470,955	486	0.0	0.128	0.450	1,975	1,975,000
71	-110	-111	~ -109	1.73	0.13	1,020	12.3	530	418,223	472,753	486	0.0	0.128	0.450	1,982	1,982,000
72	-112	-113	~ -111	1.73	0.13	1,032	12.1	530	419,871	474,551	486	0.0	0.128	0.450	1,989	1,989,000
73	-114	-115	~ -113	1.73	0.13	1,044	11.9	530	421,519	476,349	486	0.0	0.128	0.450	1,996	1,996,000
74	-116	-117	~ -115	1.73	0.13	1,056										

9.2.6 地下水位

地下水位は地表面として設定する。

9.2.7 地震応答解析手法

常設低圧代替注水系ポンプ室の地震応答解析は、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、「計算機プログラム(解析コード)の概要」(資料番号：追而)に示す。

地震応答解析手法の選定フローを図9.2-7に示す。

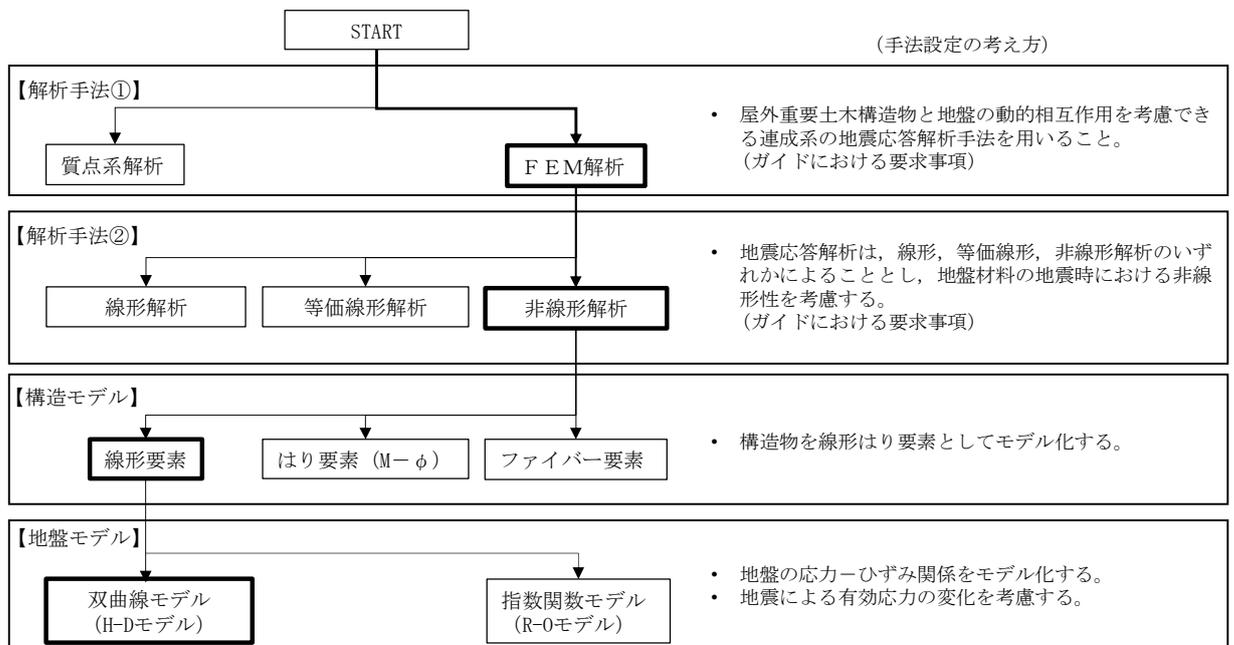


図 9.2-7 地震応答解析手法の選定フロー

H-Dモデルの選定理由は次の通りである。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。

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。

9.2.8 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 9.2-8 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。

常設低圧代替注水系ポンプ室周辺の地質断面図を図 9.2-9 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、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。

地震応答解析モデルを図 9.2-10 に示す。なお、東西方向断面における廃棄物処理建屋は、保守的に埋戻土としてモデル化する。

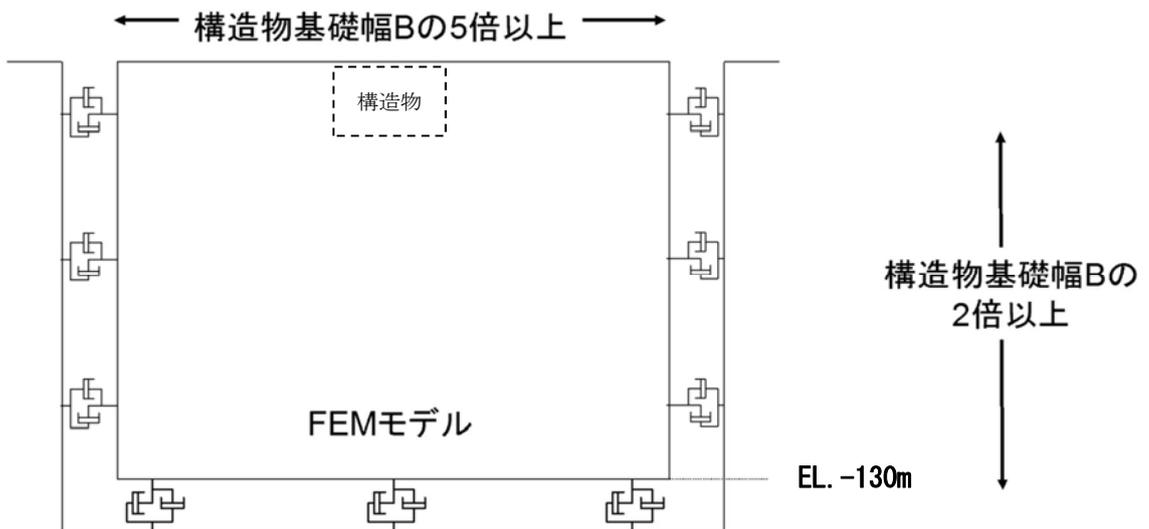


図 9.2-8 モデル化範囲の考え方

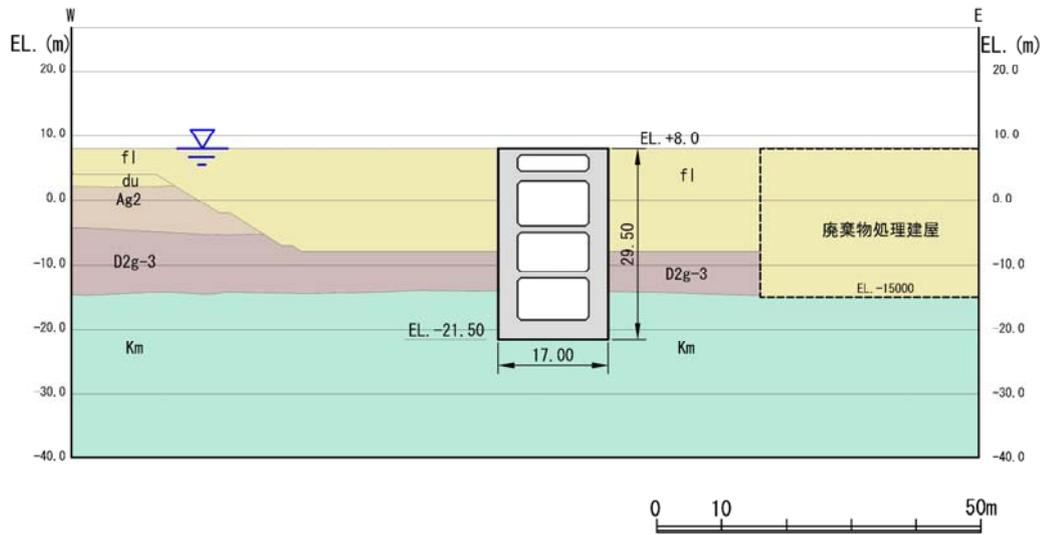


图 9.2-9 (1) 地質断面图 (东西方向断面)

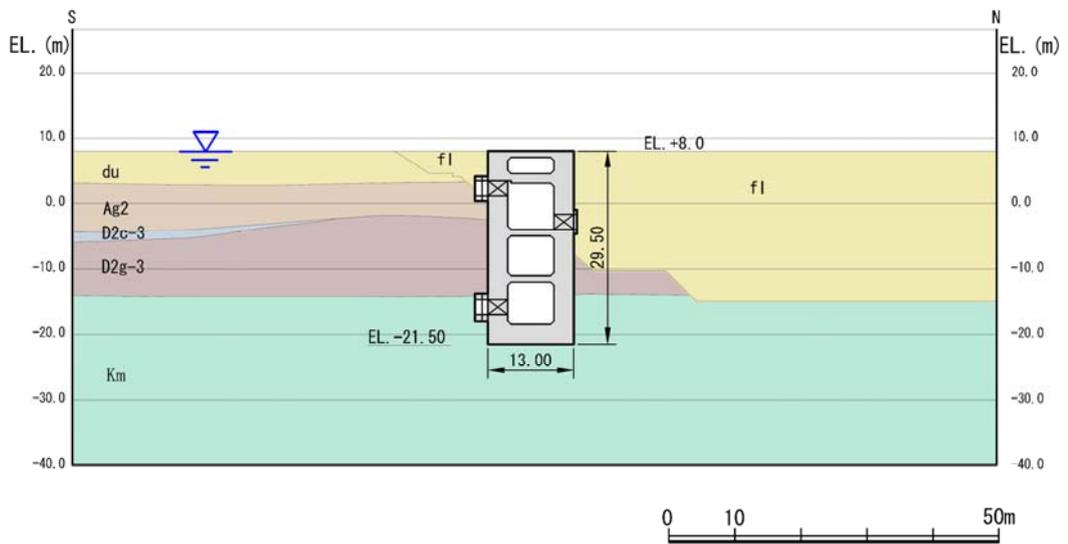


图 9.2-9 (2) 地質断面图 (南北方向断面)

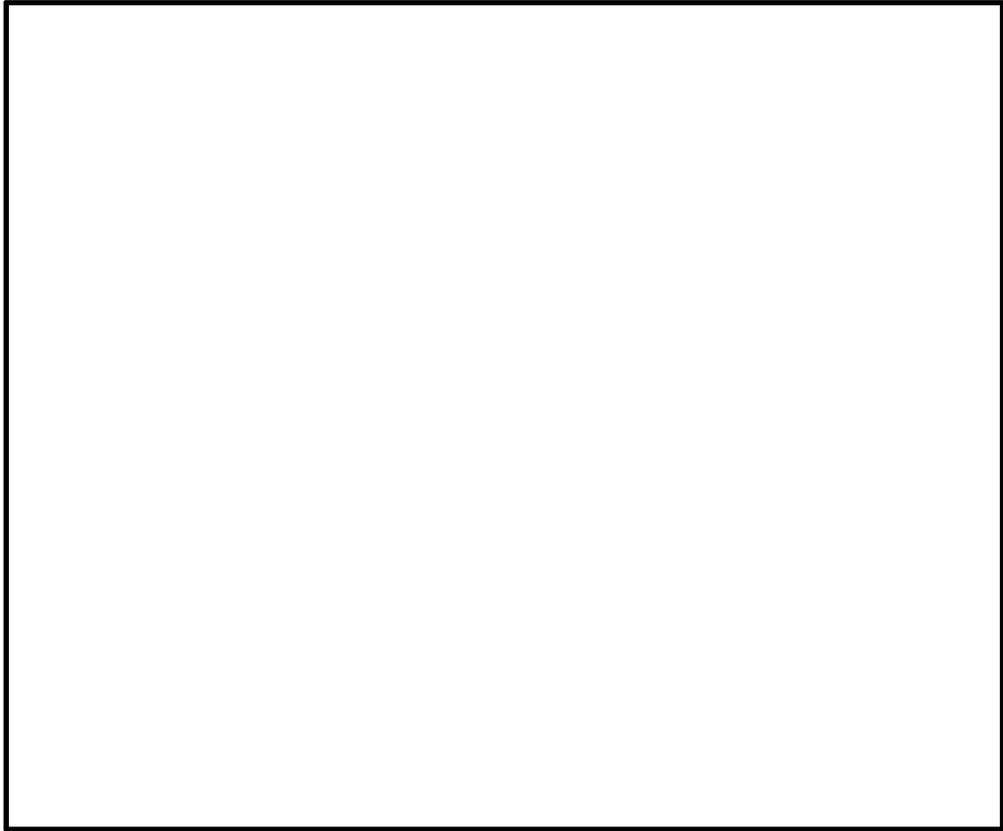


図 9.2-10 (1) 常設低圧代替注水系ポンプ室の地震応答解析モデル (東西方向断面)

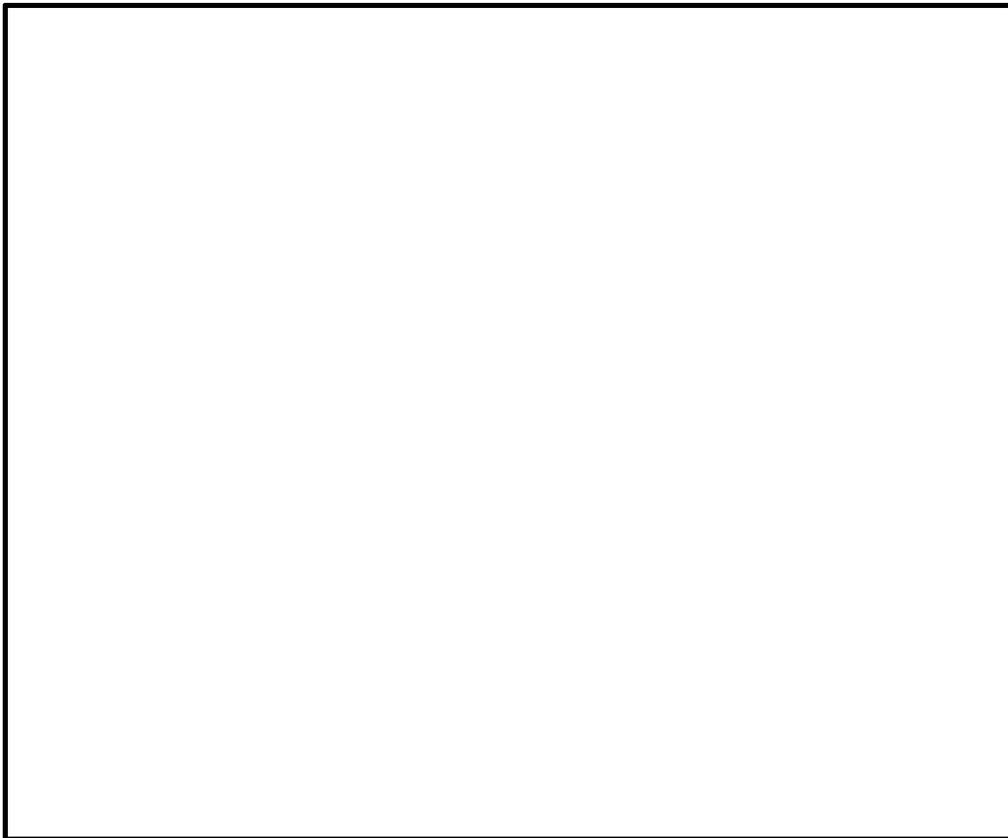


図 9.2-10 (2) 常設低圧代替注水系ポンプ室の地震応答解析モデル (南北方向断面)

(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 9.2-5 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 9.2-5 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 9.2-6 のとおり設定する。図 9.2-11 にジョイント要素設定の考え方を示す。

表 9.2-6 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



(東西方向断面)

(南北方向断面)

— : ジョイント要素

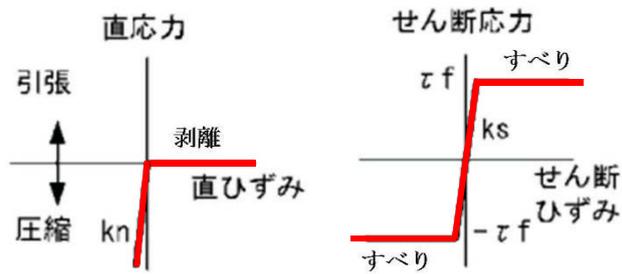


図 9.2-11 ジョイント要素の考え方

(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。

9.2.9 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9.2-12にRayleigh減衰の設定フローを、表9.2-6に固有値解析結果を示す。

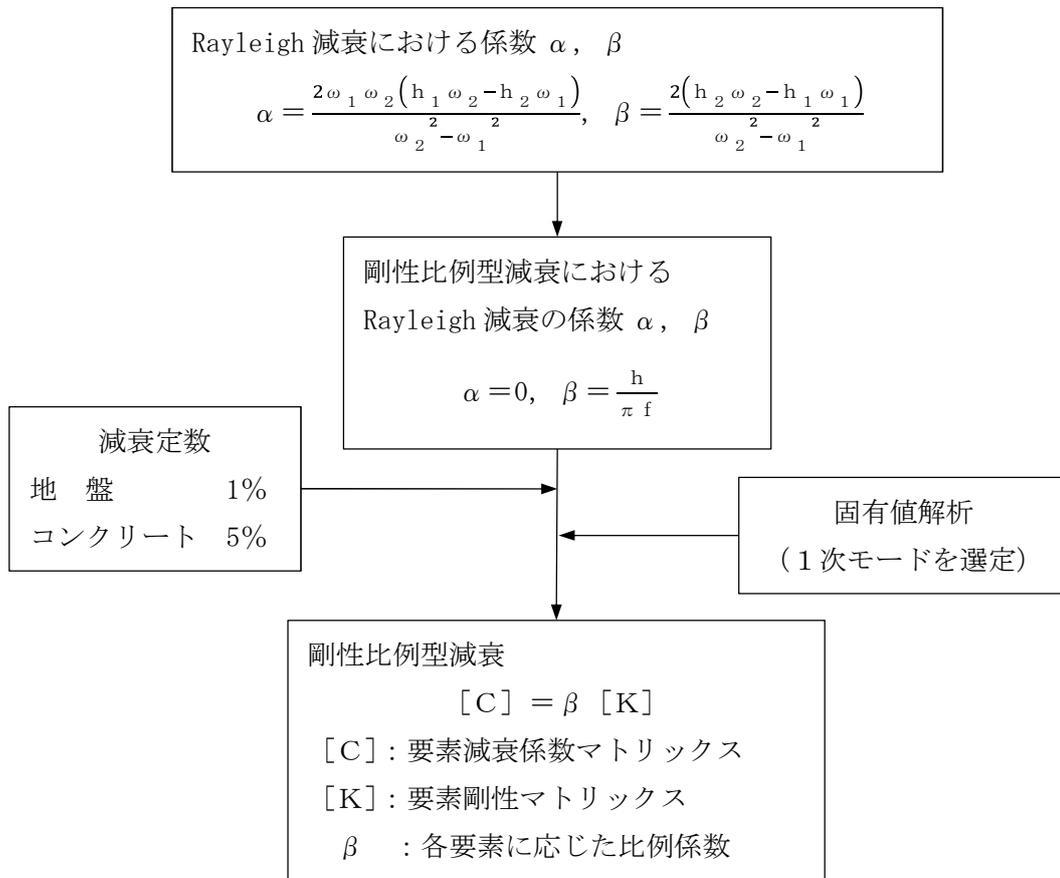


図 9.2-12 Rayleigh 減衰の設定フロー

表 9.2-6 固有値解析結果 (追而)

9.2.10 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。

雪荷重以外の変動荷重（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ポンプ室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ポンプ室は、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 9.2-7 に示す。地震時に常設低圧代替注水系ポンプ室に作用する機器・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 9.2-7 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	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	○	・雪荷重を考慮	
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

各フロアのスラブには図 9.2-15 及び図 9.2-16 に示すとおり，低圧代替注水ポンプ，配管等の荷重を考慮する。低圧代替ポンプ荷重は，ポンプ設置面積で除した値を用いる。それ以外の荷重は，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。

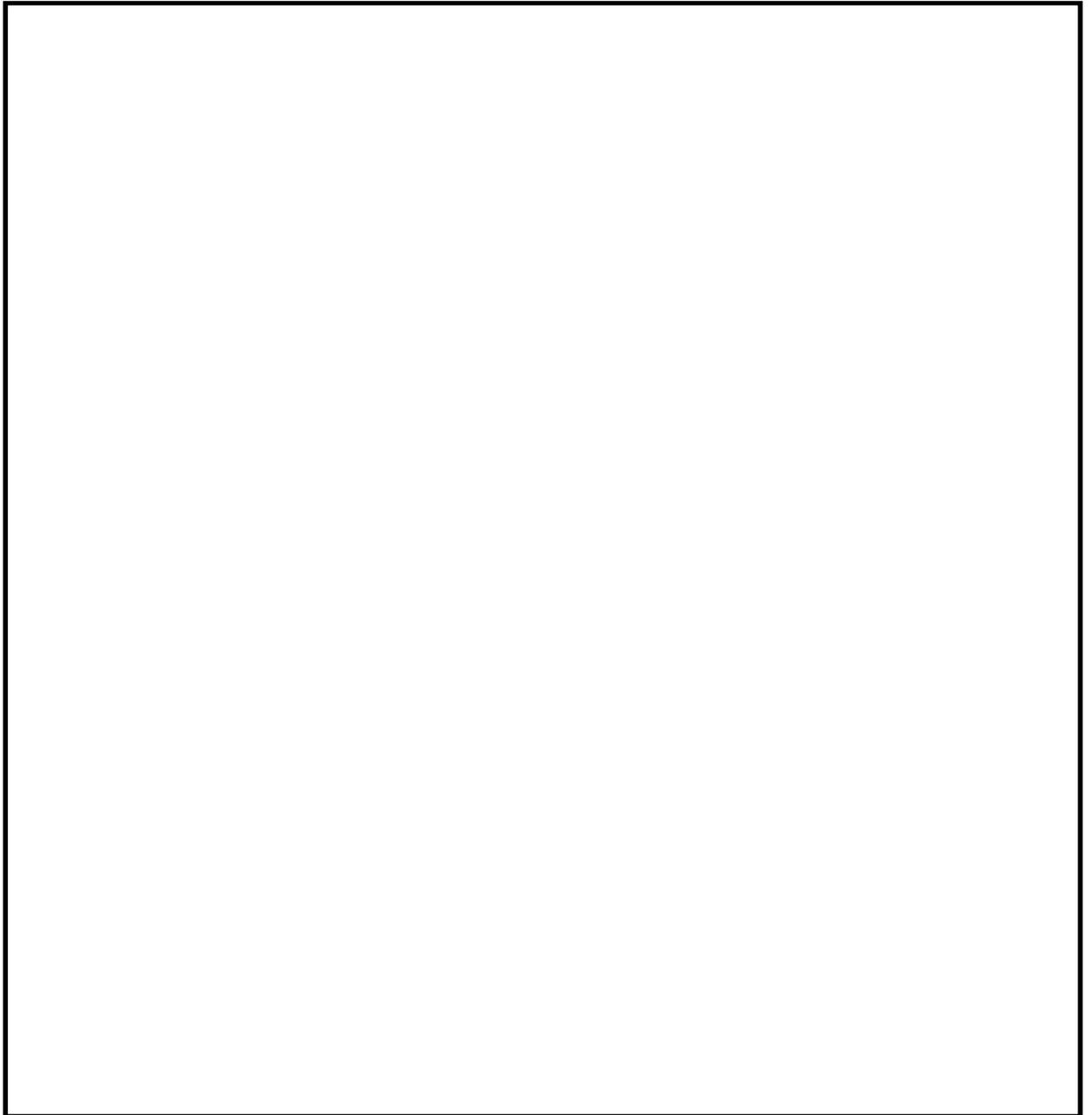


図 9.2-15 作用荷重図（東西方向断面）

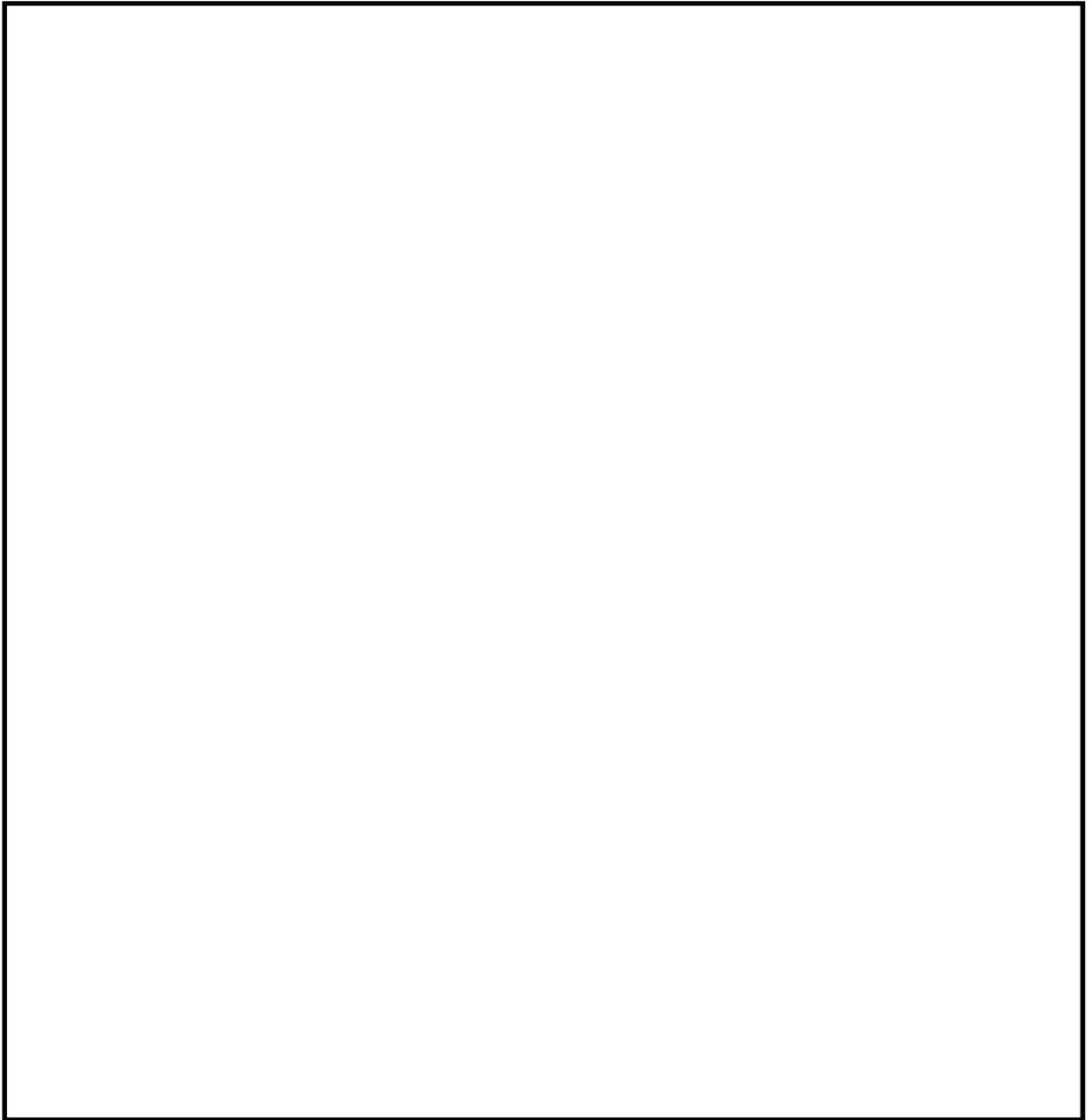


图 9.2-16 作用荷重图（南北方向断面）

(2) 外水圧

水の密度として 1.00 g/cm^3 を考慮する。

(3) 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 N/m^2 として、積雪量は 30 cm としていることから常時の積雪荷重は 600 N/m^2 となる。地震時は、常時の雪荷重の 0.35 倍となることから 210 N/m^2 として設定する。解析上は、頂版の重量に雪荷重を見込んでモデル化している。

9.2.11 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ポンプ室の耐震設計における検討ケースを表 9.2-8 に示す。

表 9.2-8 常設低圧代替注水系ポンプ室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 (+1 σ) した解析ケース	③ 地盤物性のばらつきを考慮 (-1 σ) した解析ケース	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 (+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		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 9.2-9 に示す。

表 9.2-9 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 -D1	(++)	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
		(--)		1
	S _s -11	(++)		1
	S _s -12	(++)		1
	S _s -13	(++)		1
	S _s -14	(++)		1
	S _s -21	(++)		1
	S _s -22	(++)		1
S _s -31	(++)	1		
	(-+)	1		
計		1	12	1

9.3 評価内容

9.3.1 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9.3-1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9.3-2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9.3-3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。

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。

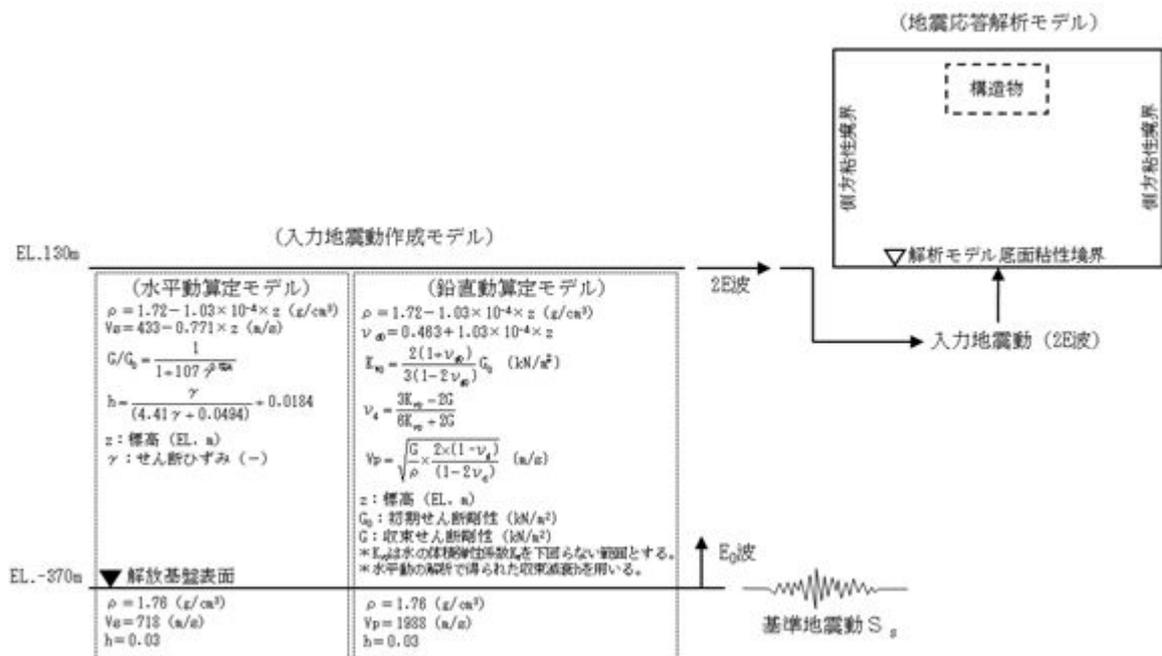
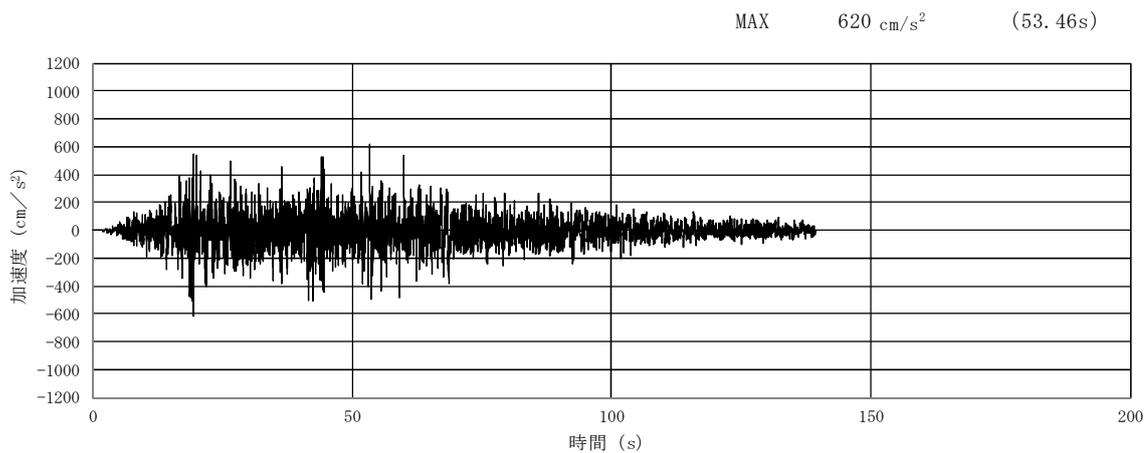
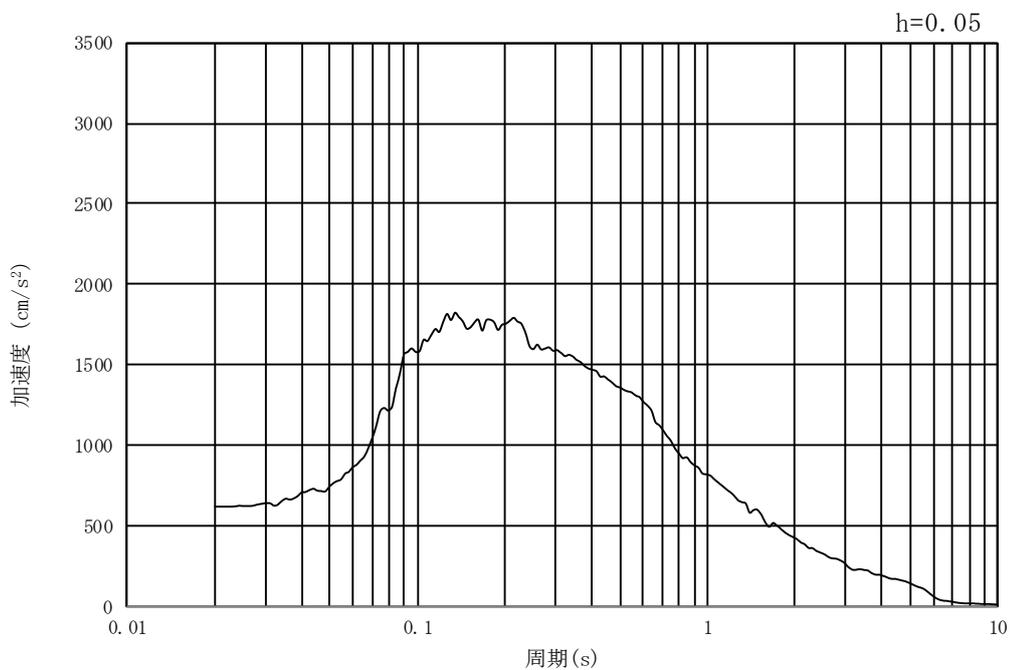


図 9.3-1 入力地震動算定の概念図

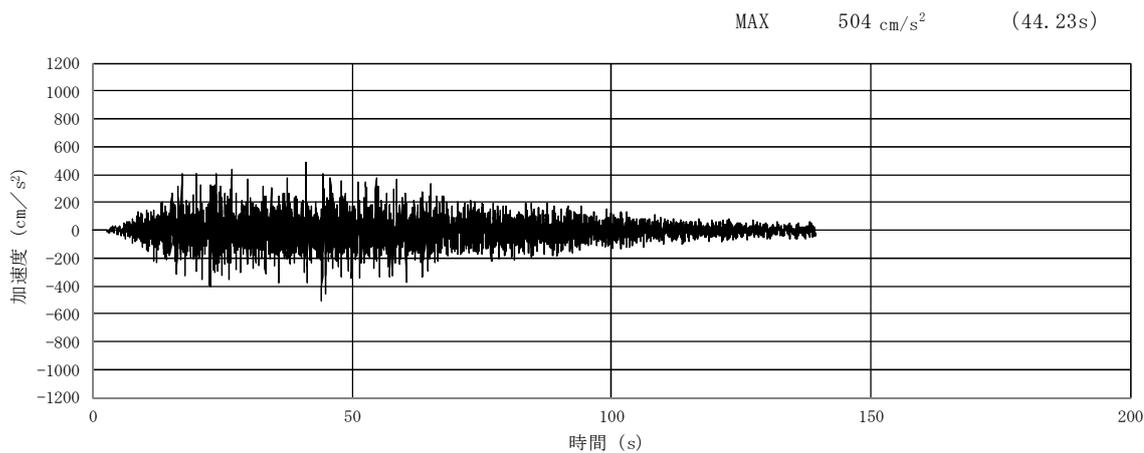


(a) 加速度時刻歴波形

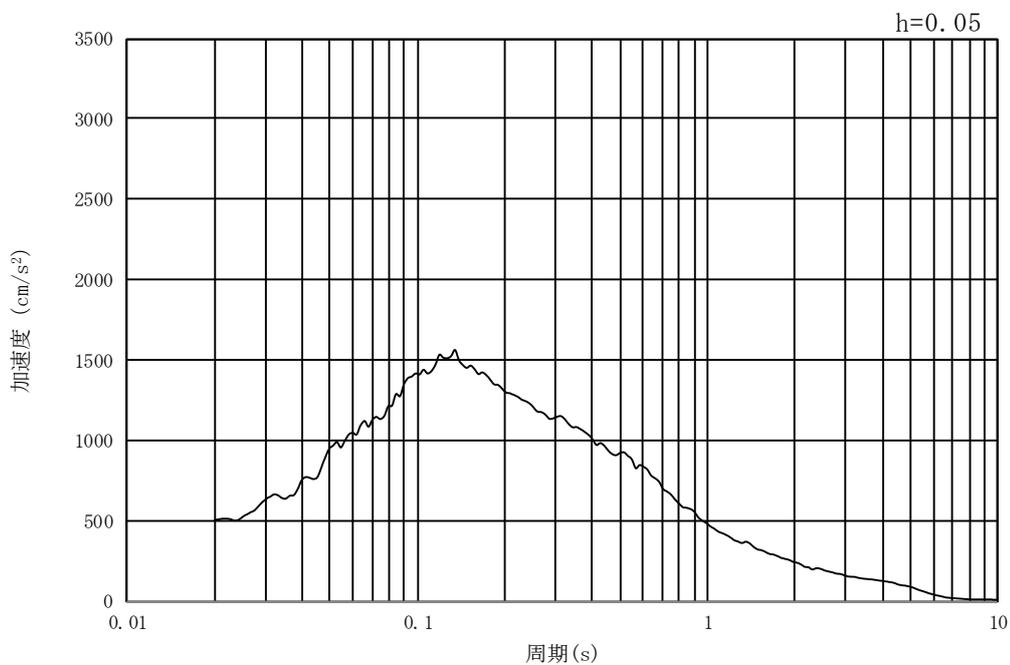


(b) 加速度応答スペクトル

図 9.3-2 (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 : $S_s - D1$)

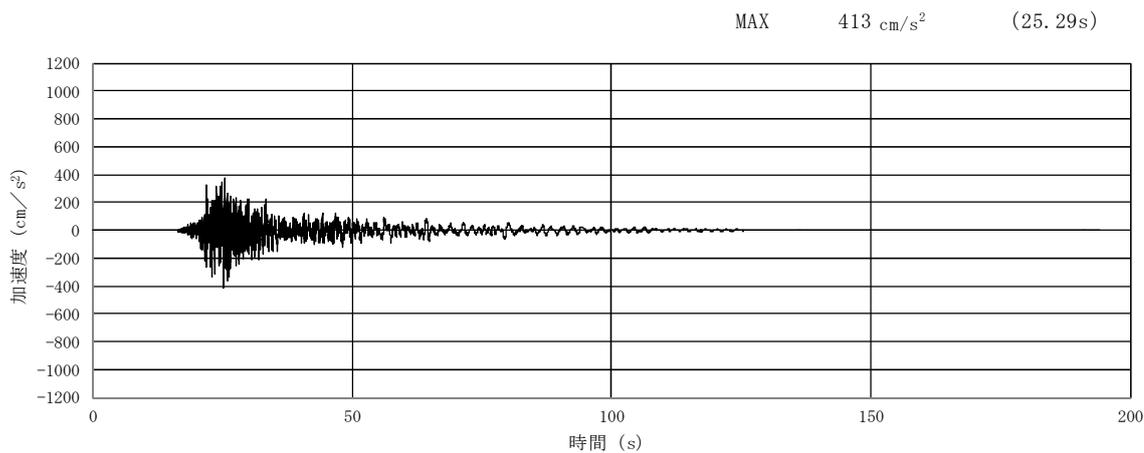


(a) 加速度時刻歴波形

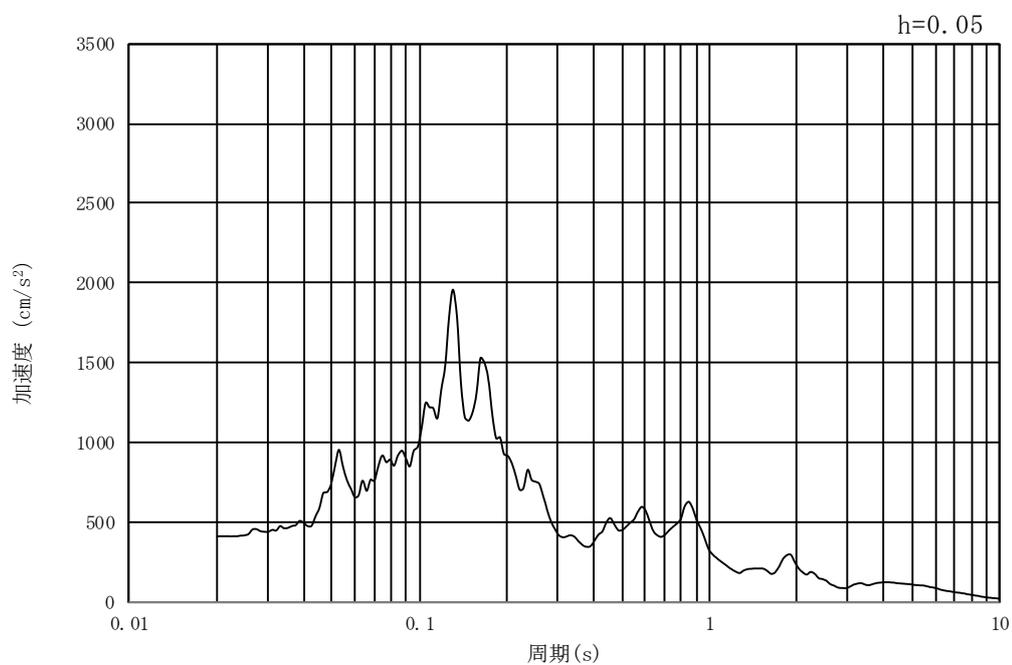


(b) 加速度応答スペクトル

図 9.3-2 (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)

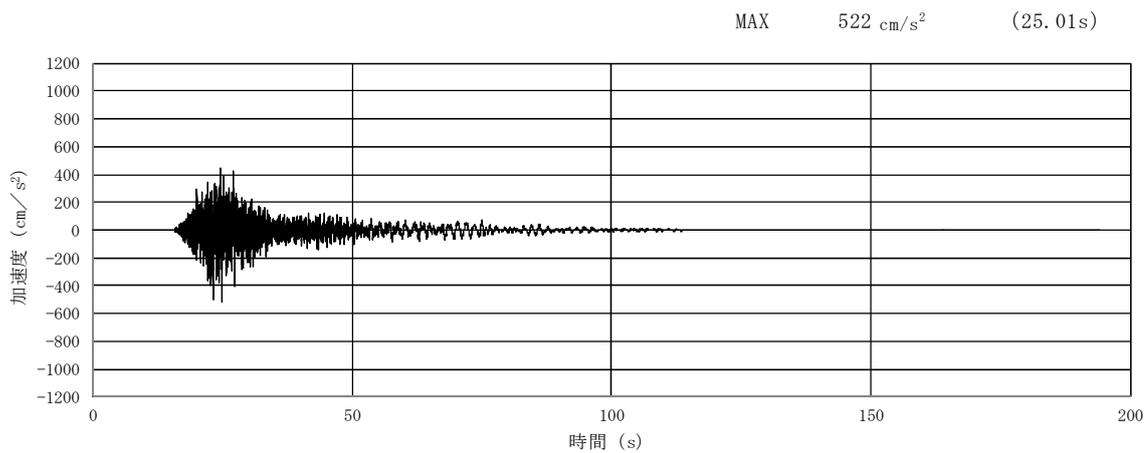


(a) 加速度時刻歴波形

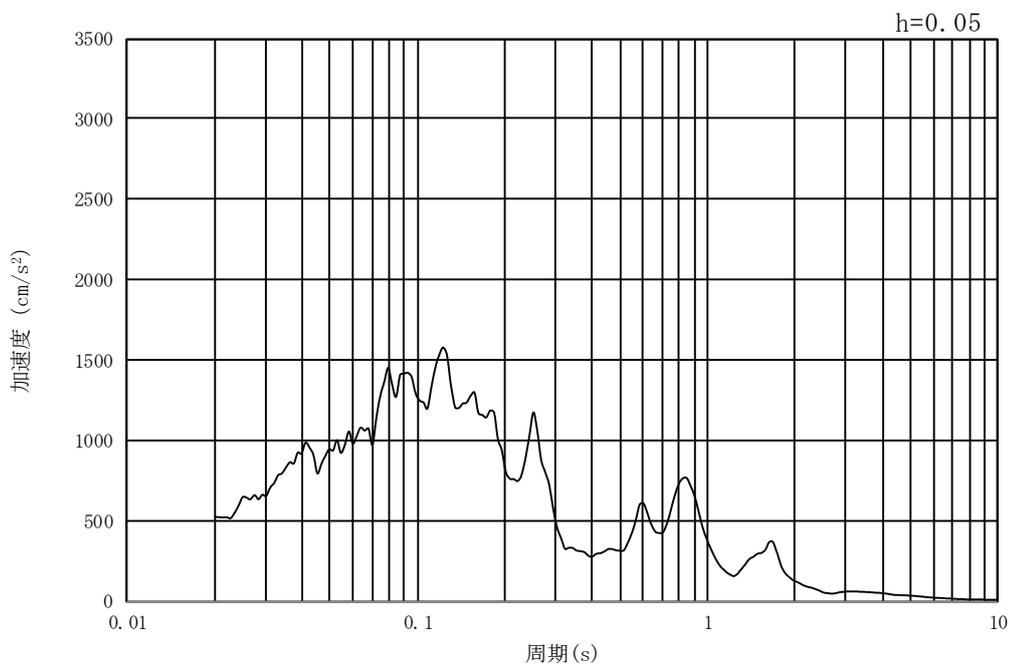


(b) 加速度応答スペクトル

図 9.3-2 (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: $S_s - 11$)

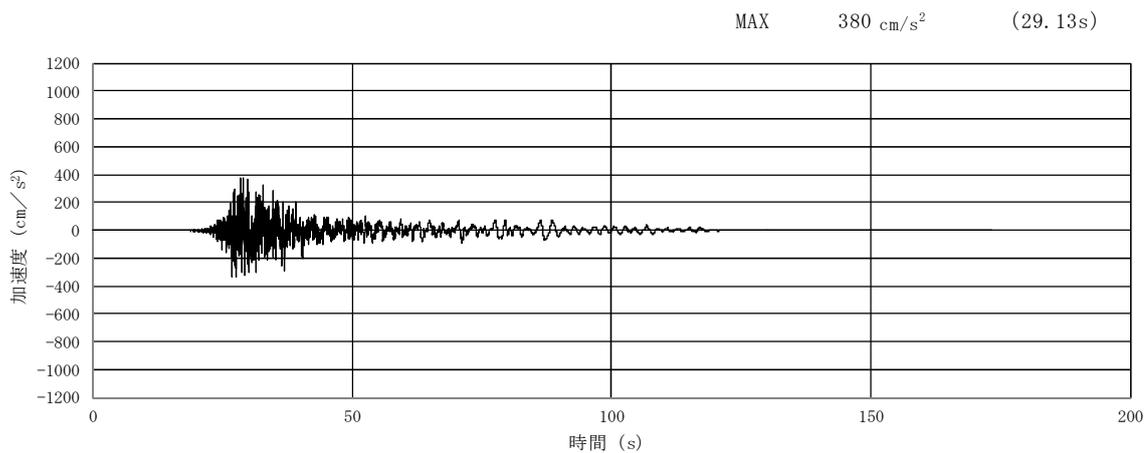


(a) 加速度時刻歴波形

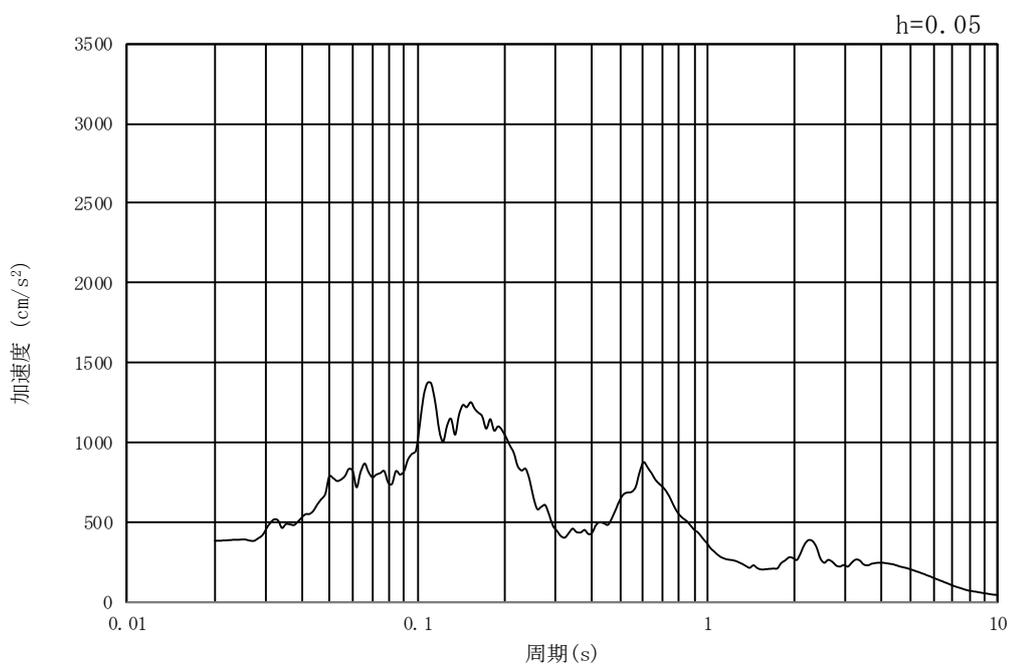


(b) 加速度応答スペクトル

図 9.3-2 (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 : $S_s - 1.1$)

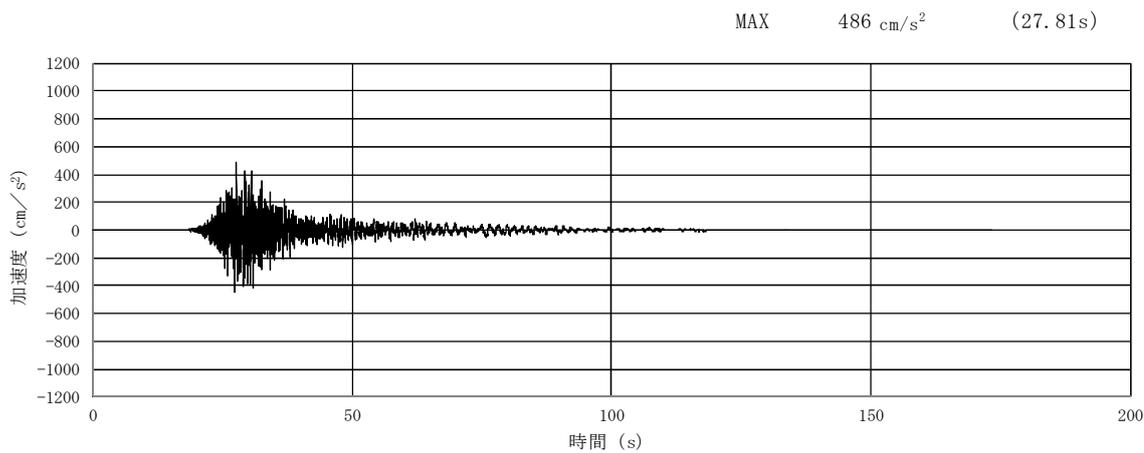


(a) 加速度時刻歴波形

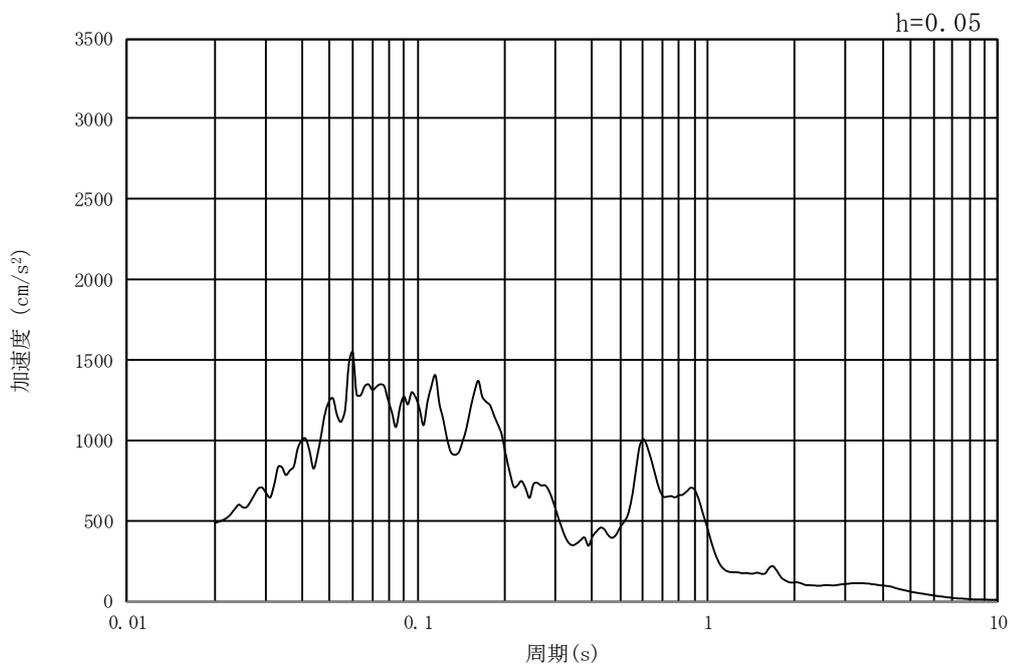


(b) 加速度応答スペクトル

図 9.3-2 (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 : $S_s - 1.2$)

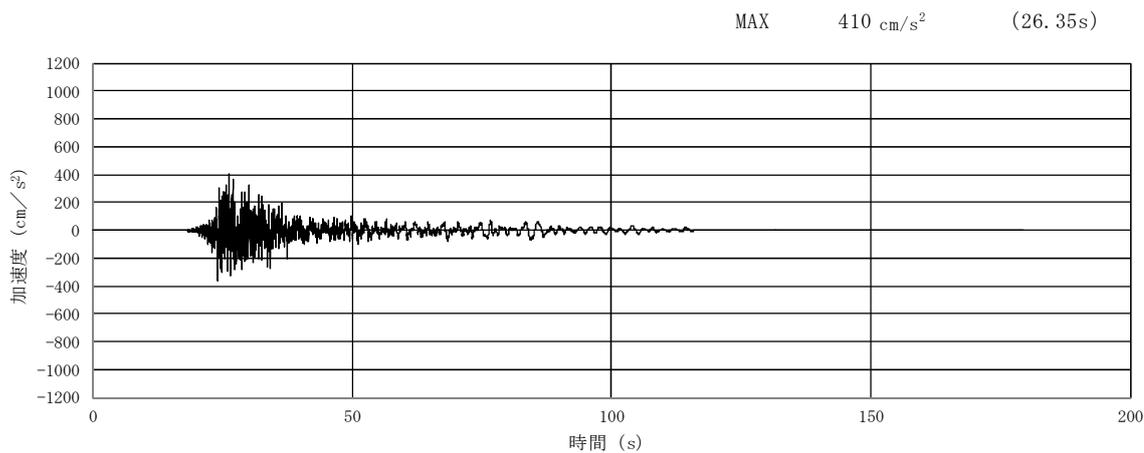


(a) 加速度時刻歴波形

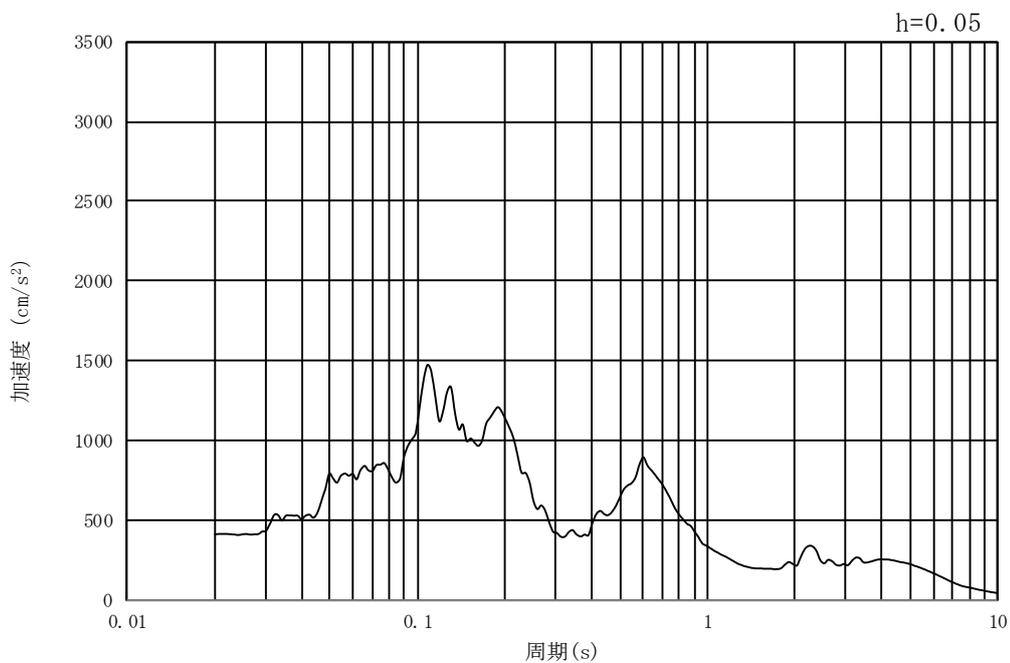


(b) 加速度応答スペクトル

図 9.3-2 (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: $S_s - 1.2$)

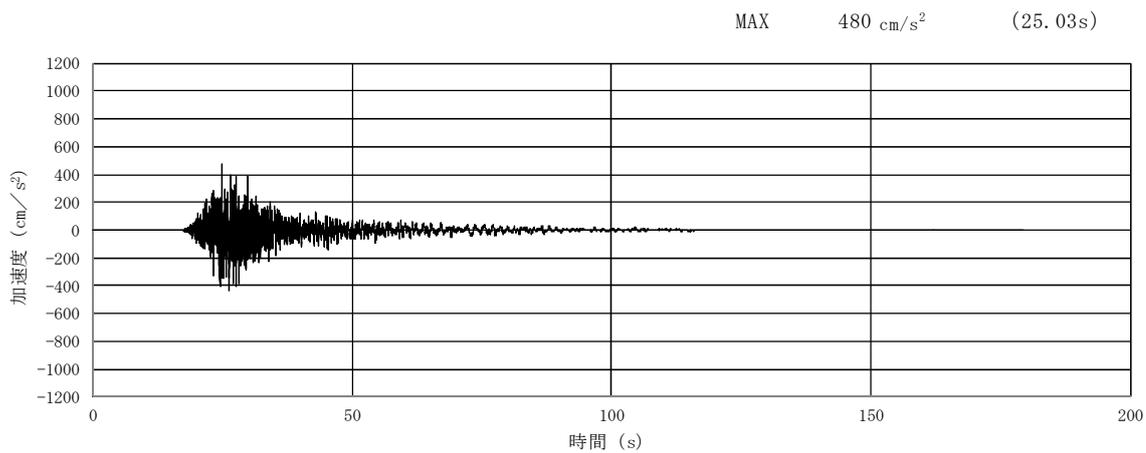


(a) 加速度時刻歴波形

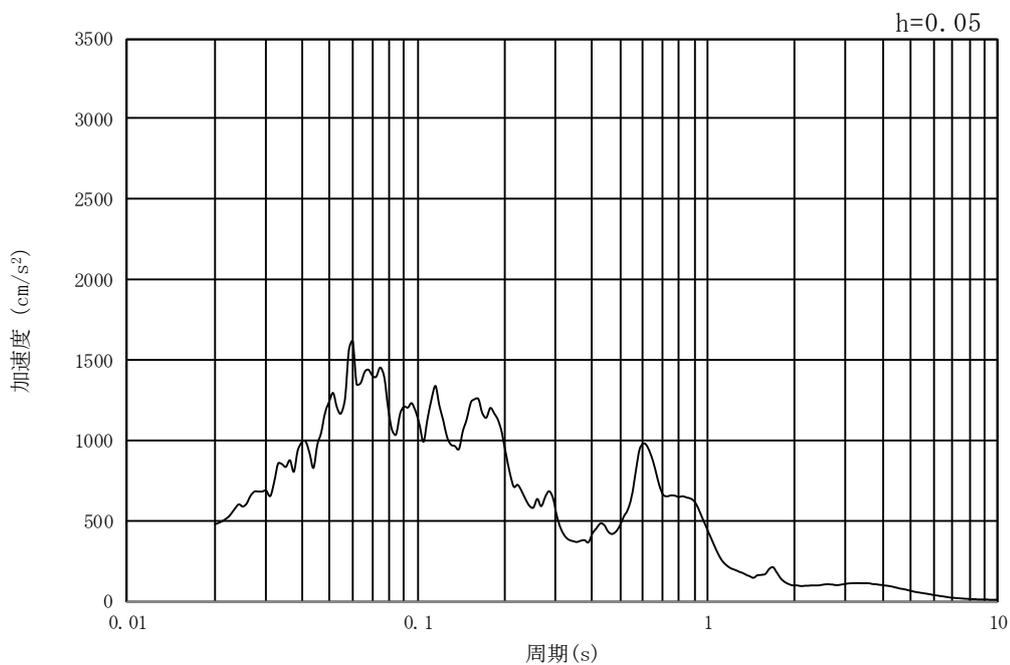


(b) 加速度応答スペクトル

図 9.3-2 (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 : $S_s - 1.3$)

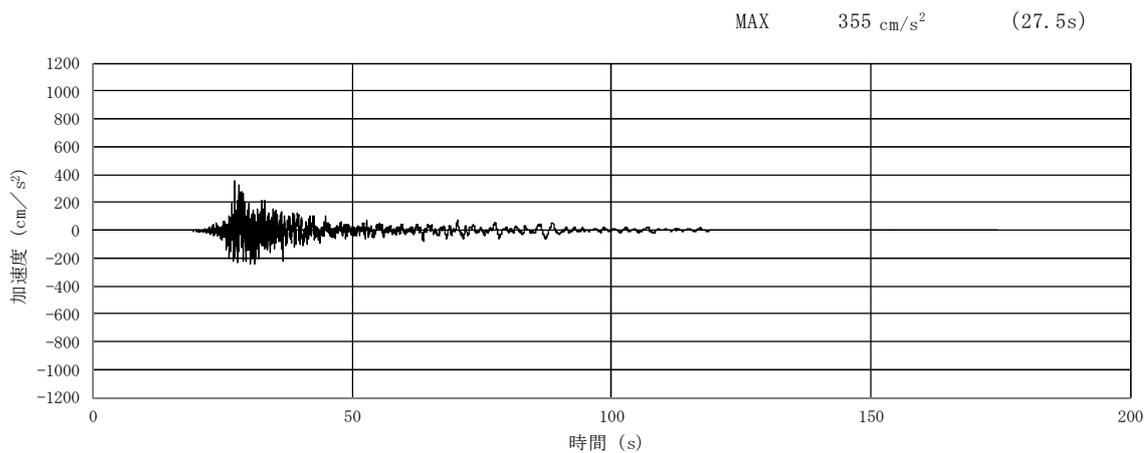


(a) 加速度時刻歴波形

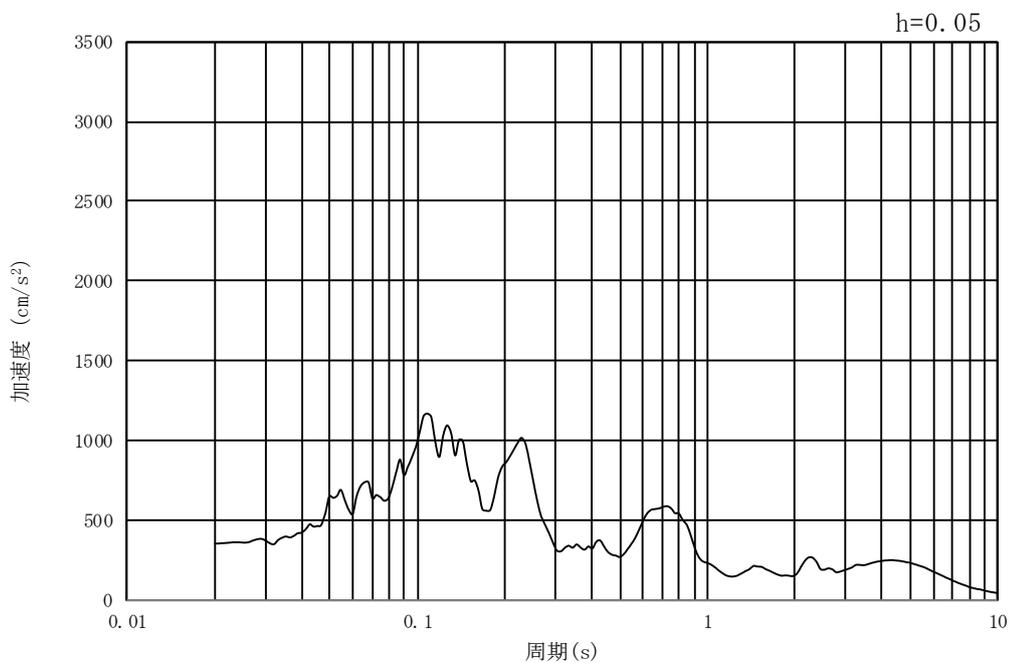


(b) 加速度応答スペクトル

図 9.3-2 (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 : $S_s - 1.3$)

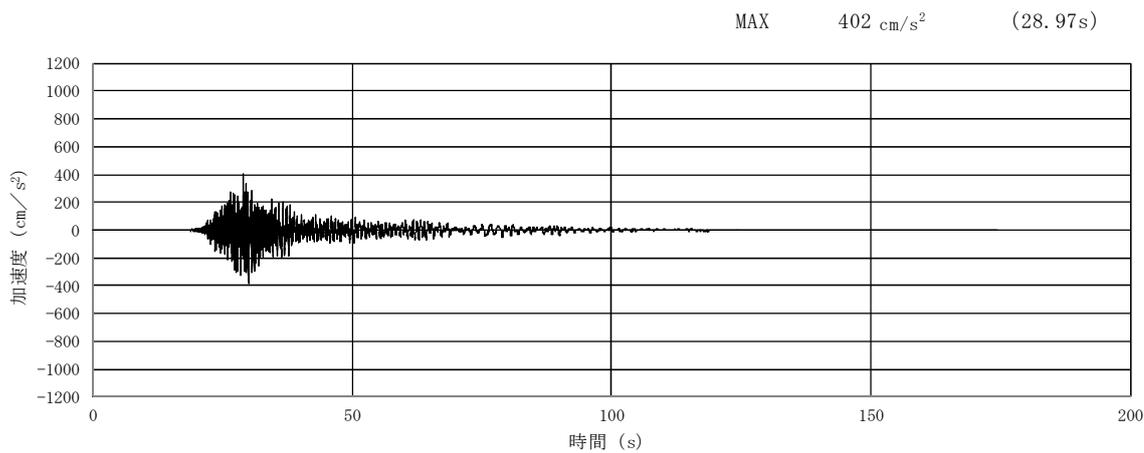


(a) 加速度時刻歴波形

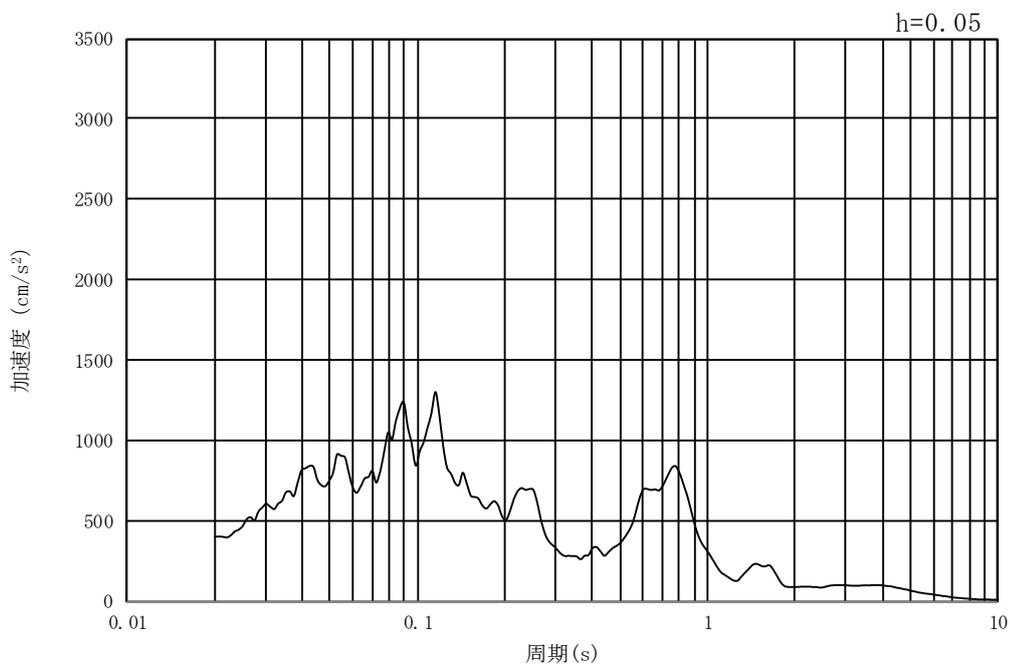


(b) 加速度応答スペクトル

図 9.3-2 (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 : $S_s - 1.4$)

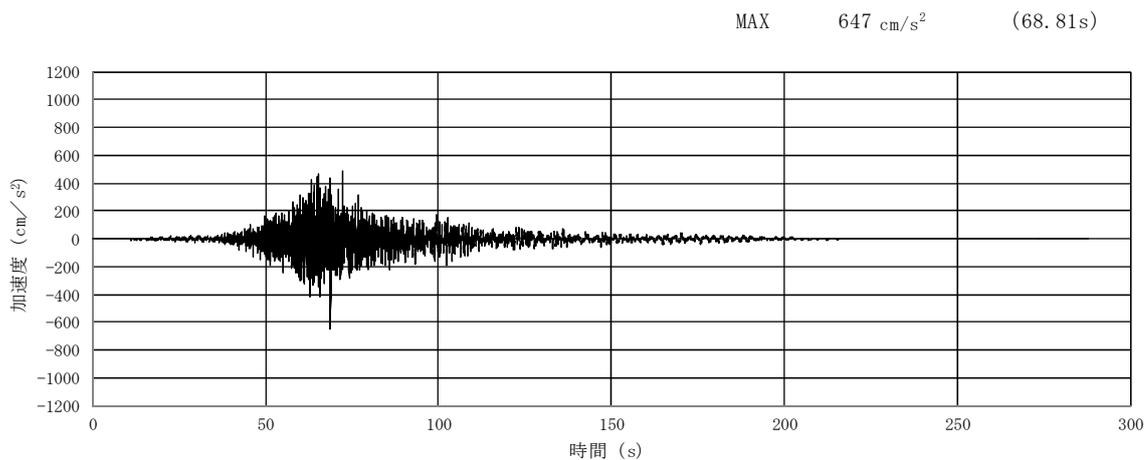


(a) 加速度時刻歴波形

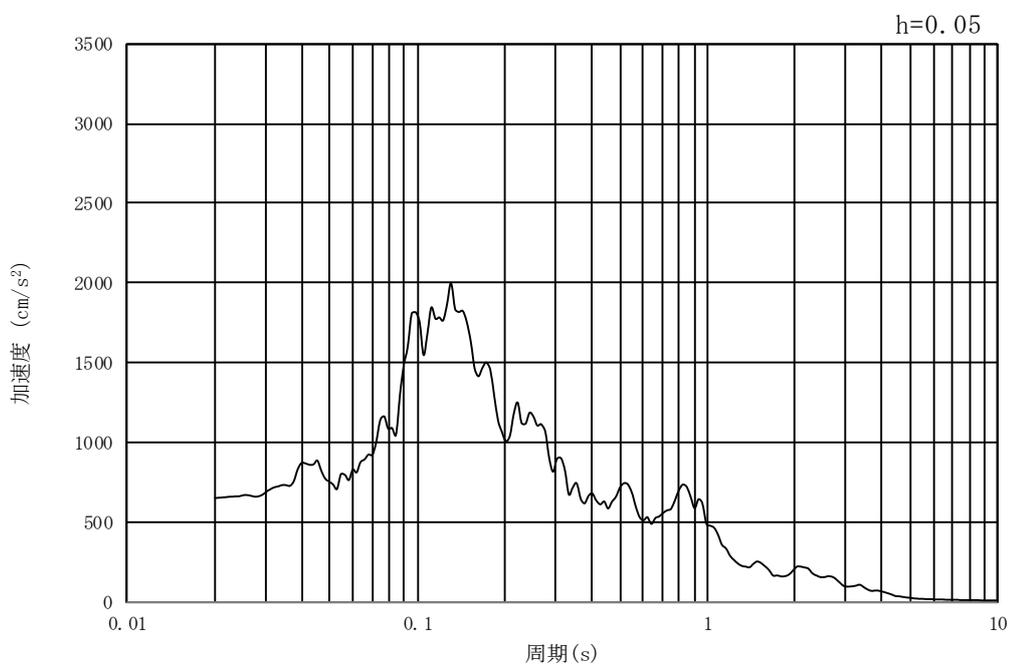


(b) 加速度応答スペクトル

図 9.3-2 (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 : $S_s - 1.4$)

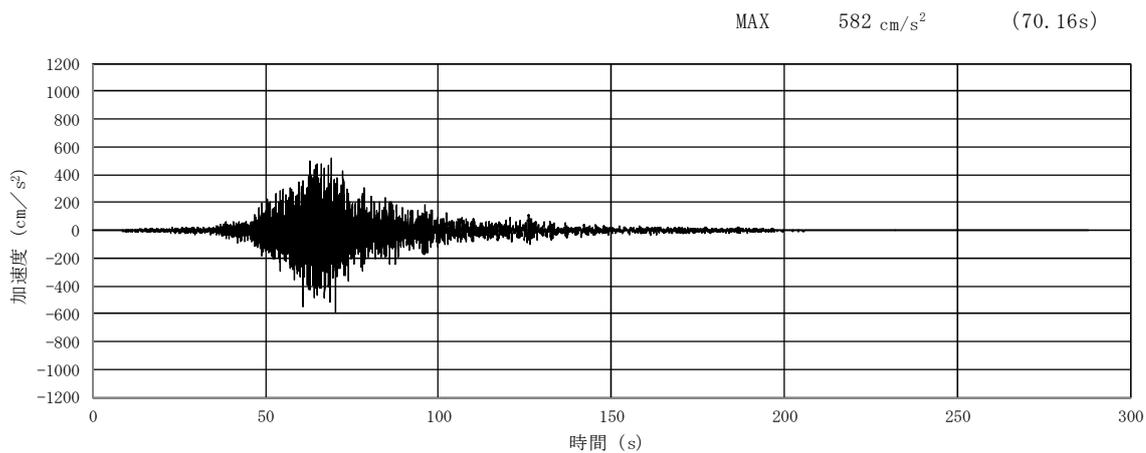


(a) 加速度時刻歴波形

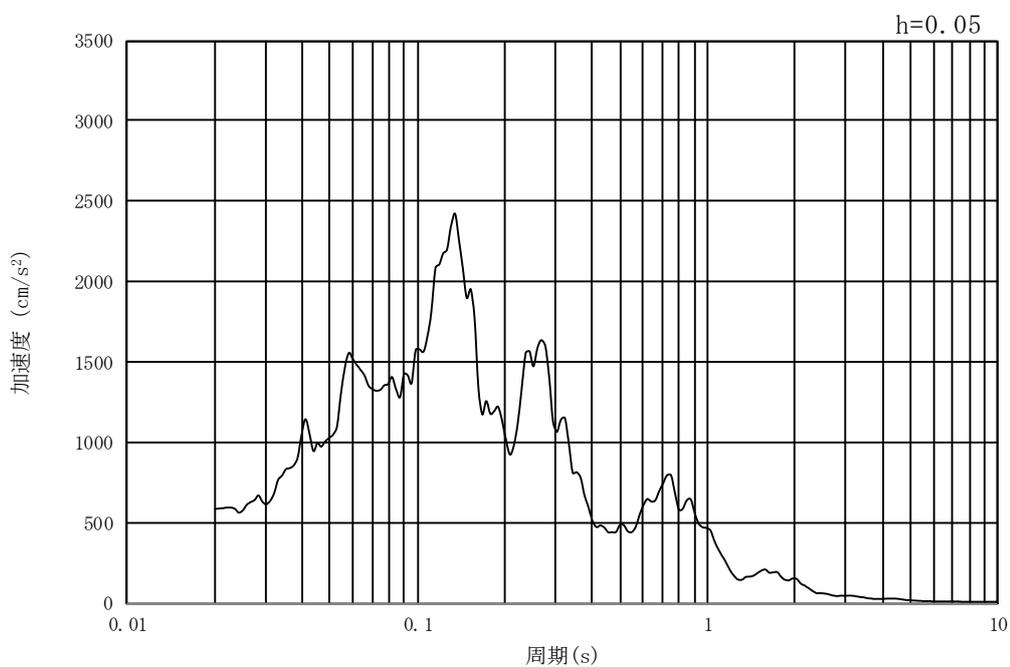


(b) 加速度応答スペクトル

図 9.3-2 (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 : $S_s - 21$)

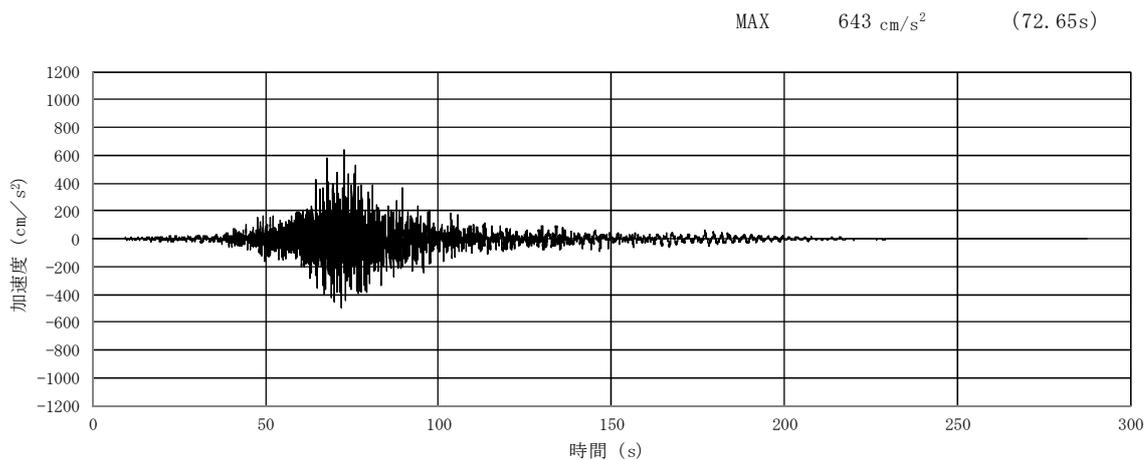


(a) 加速度時刻歴波形

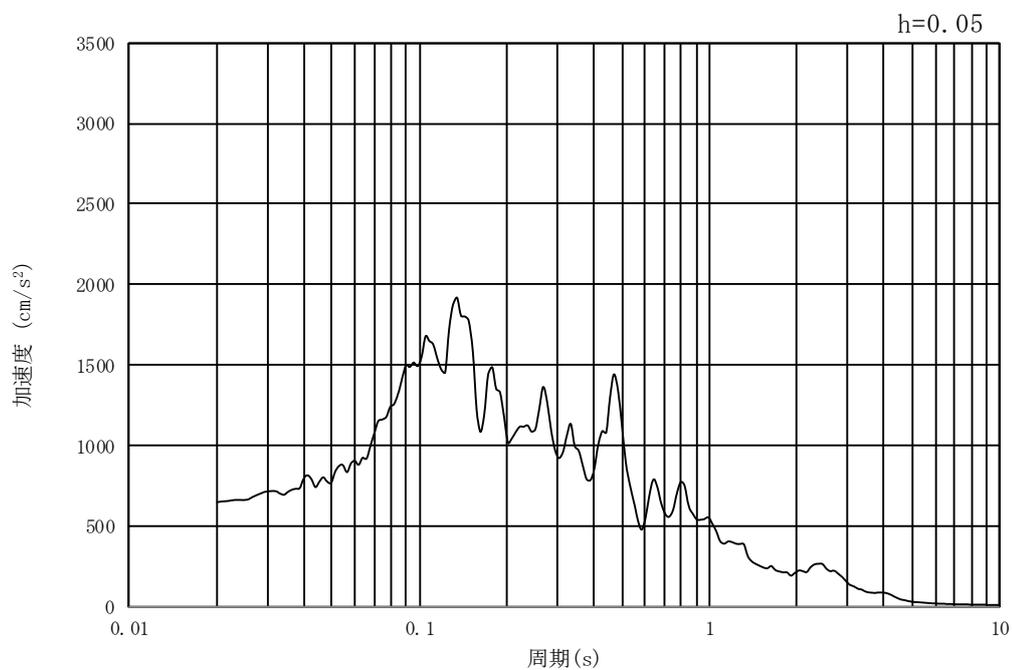


(b) 加速度応答スペクトル

図 9.3-2 (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)

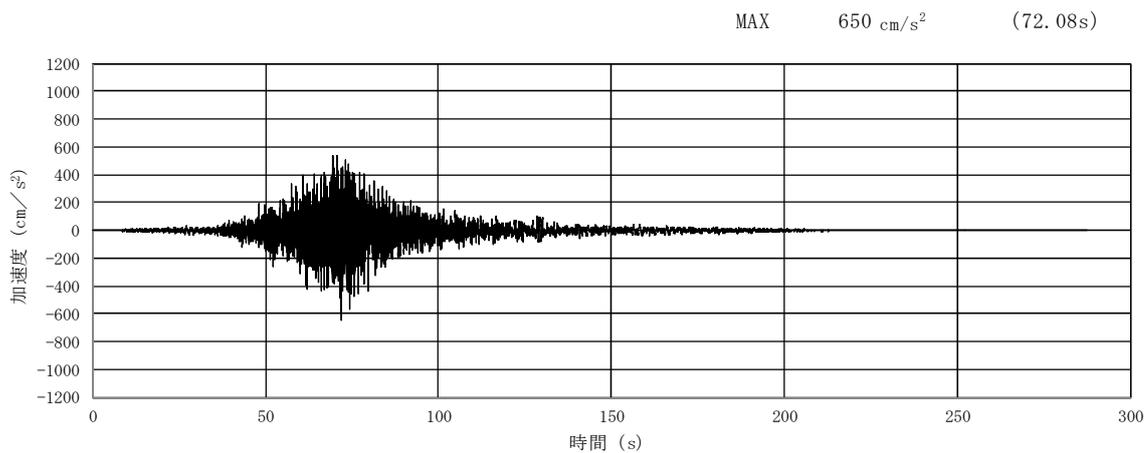


(a) 加速度時刻歴波形

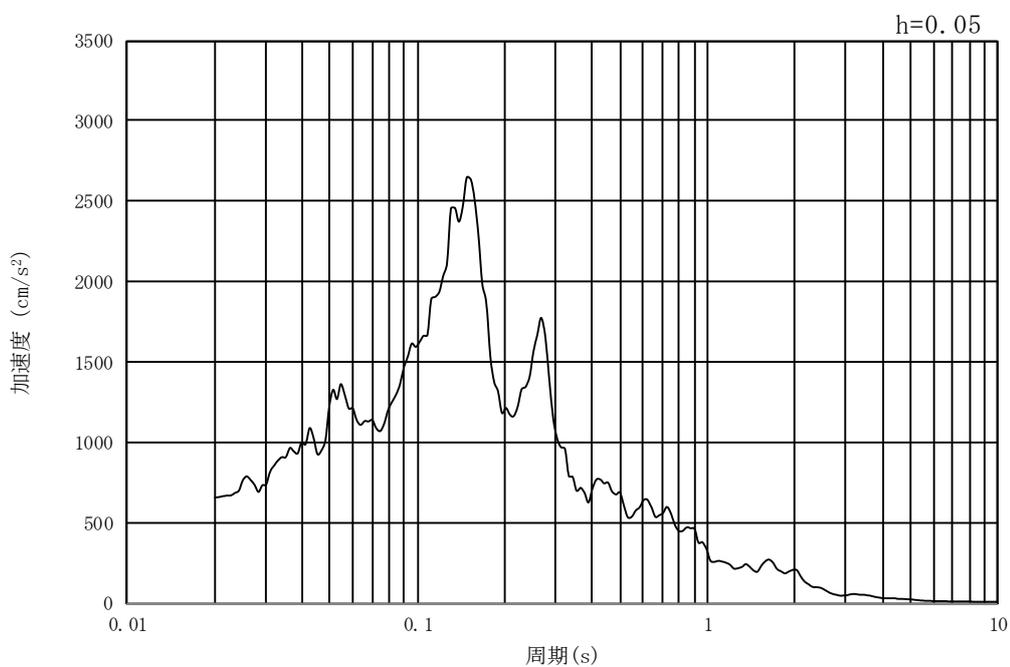


(b) 加速度応答スペクトル

図 9.3-2 (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 : $S_s - 2.2$)

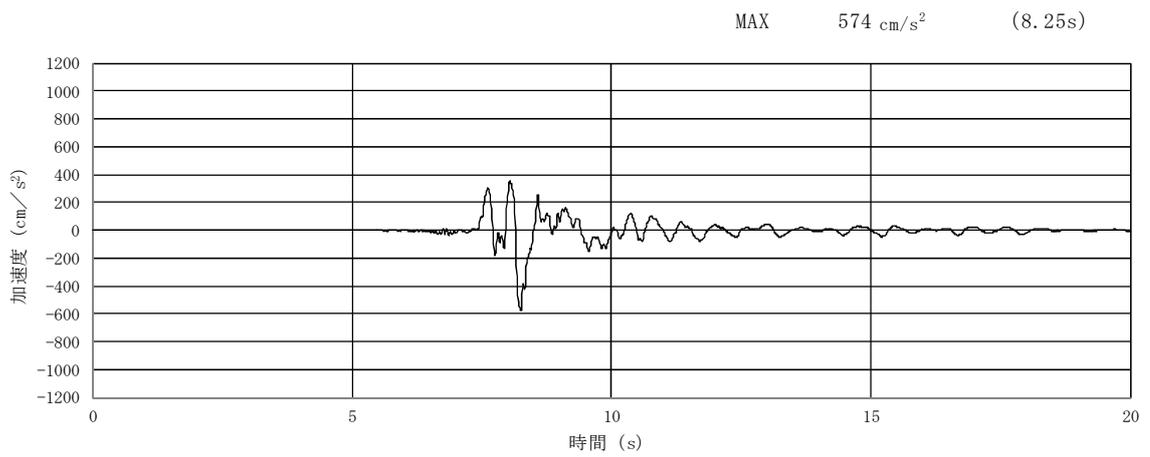


(a) 加速度時刻歴波形

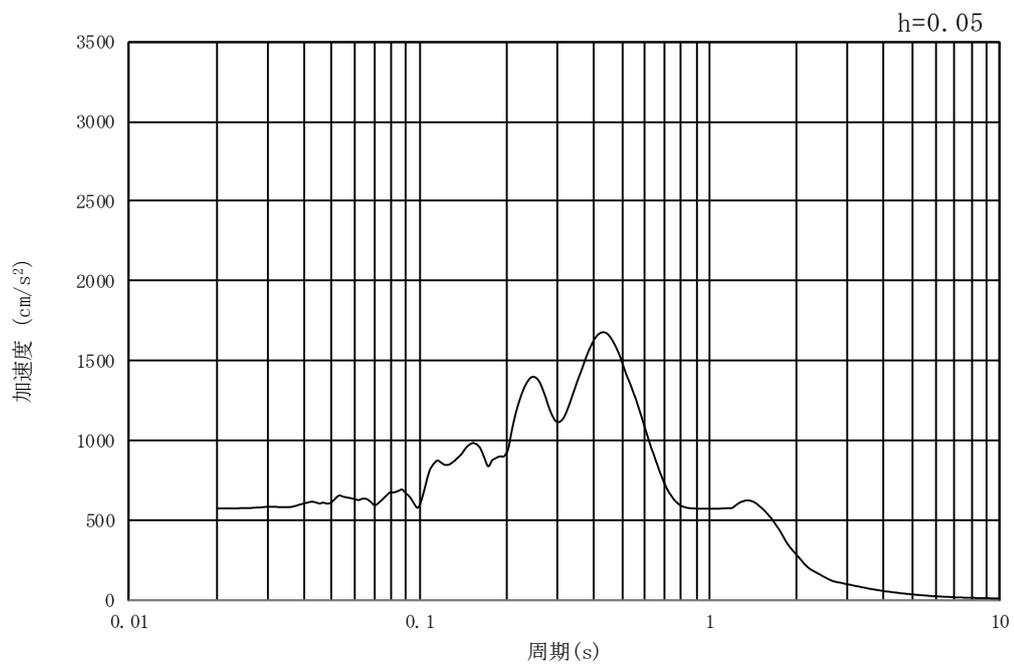


(b) 加速度応答スペクトル

図 9.3-2 (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-22)

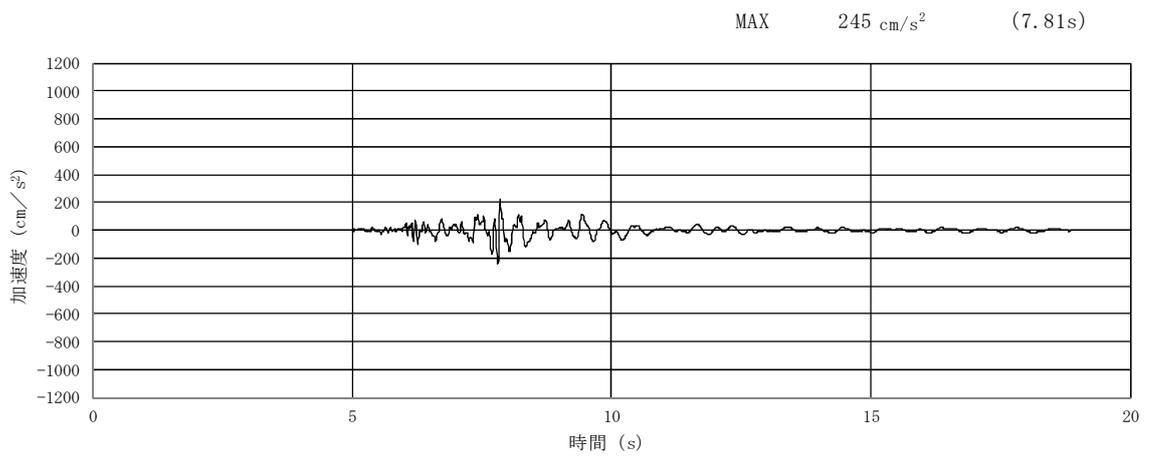


(a) 加速度時刻歴波形

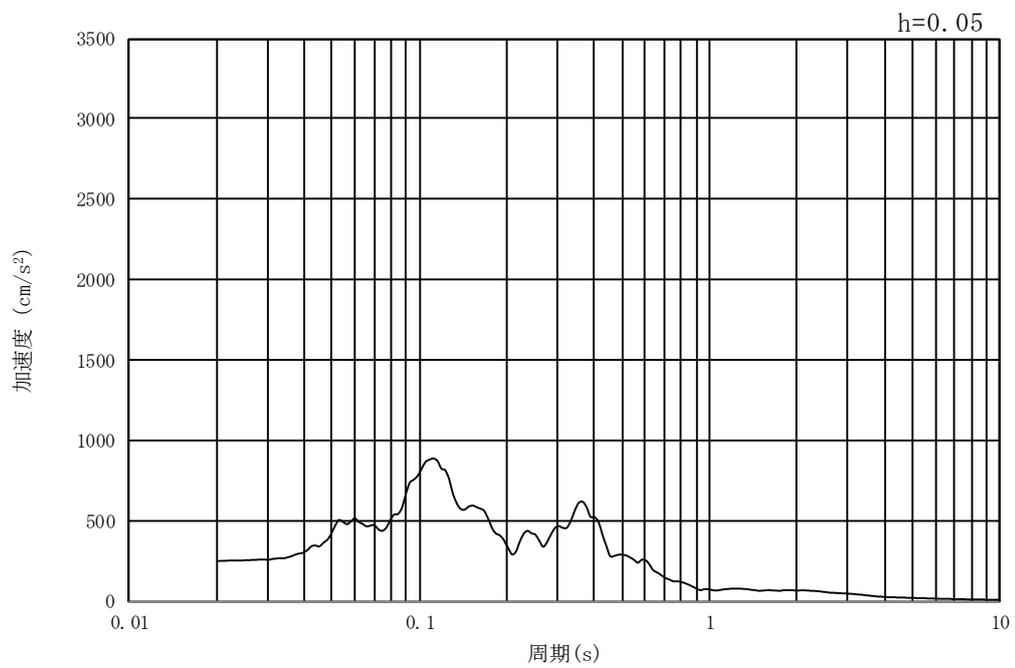


(b) 加速度応答スペクトル

図 9.3-2 (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-31)

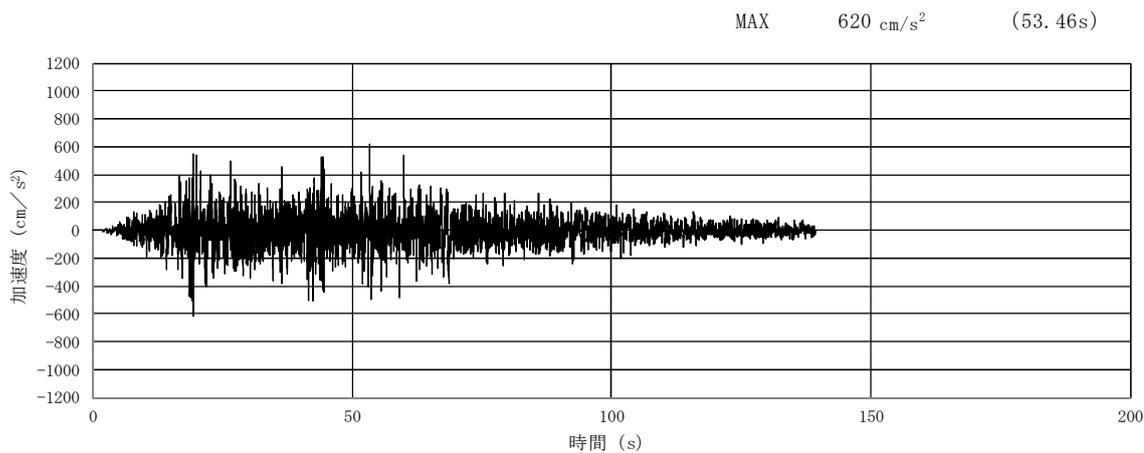


(a) 加速度時刻歴波形

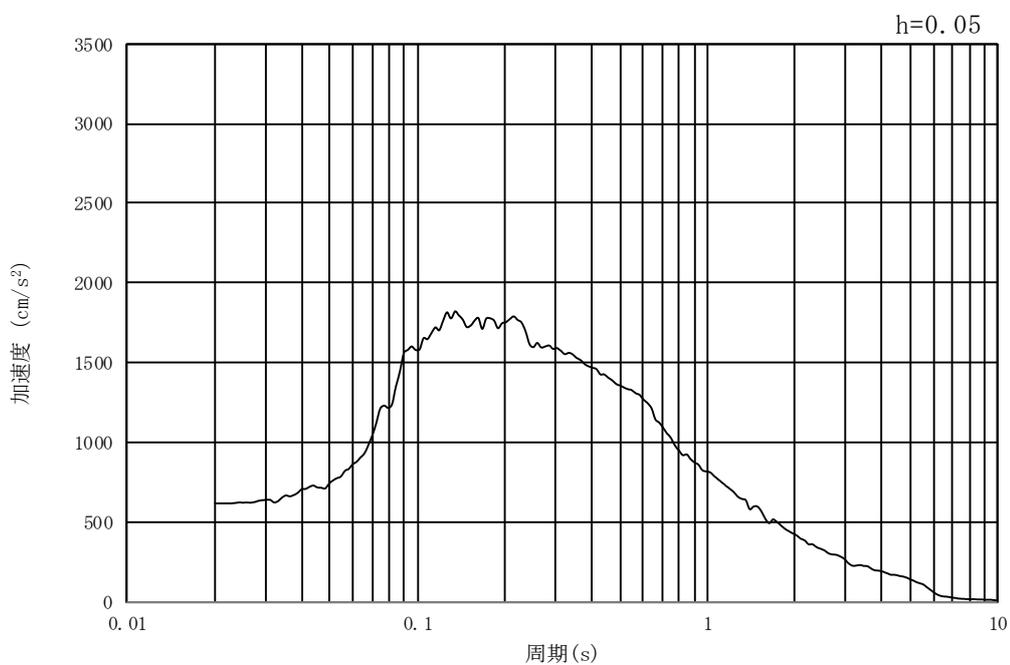


(b) 加速度応答スペクトル

図 9.3-2 (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)

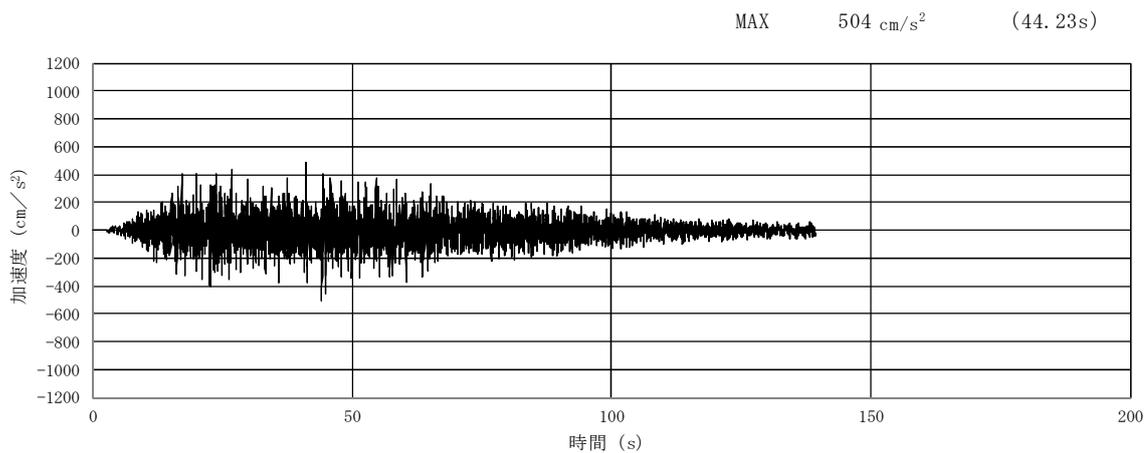


(a) 加速度時刻歴波形

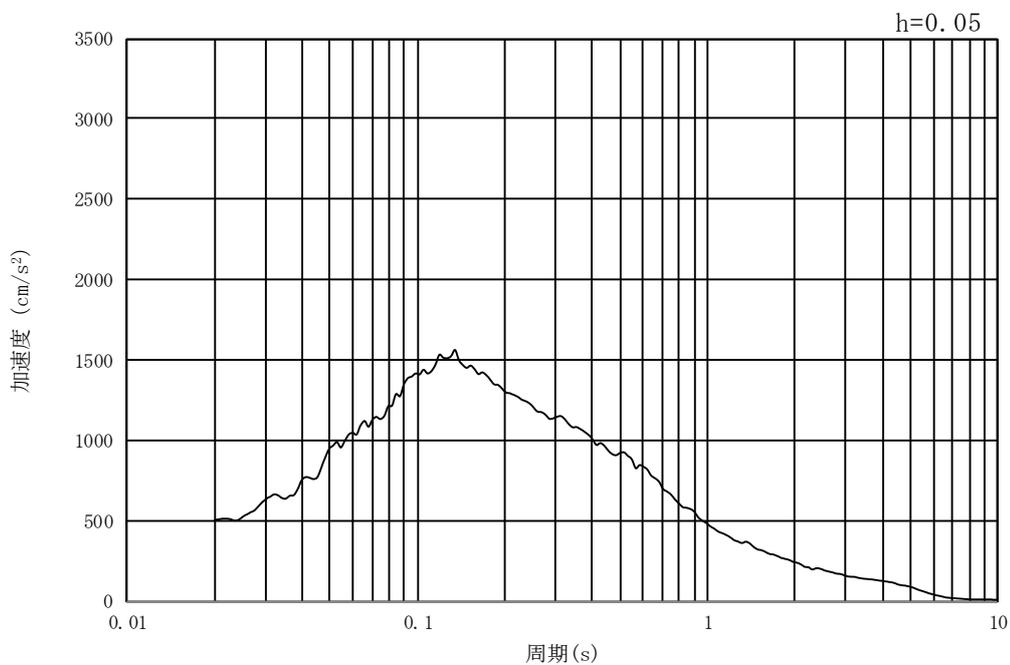


(b) 加速度応答スペクトル

図 9.3-3 (1) 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 : $S_s - D1$)

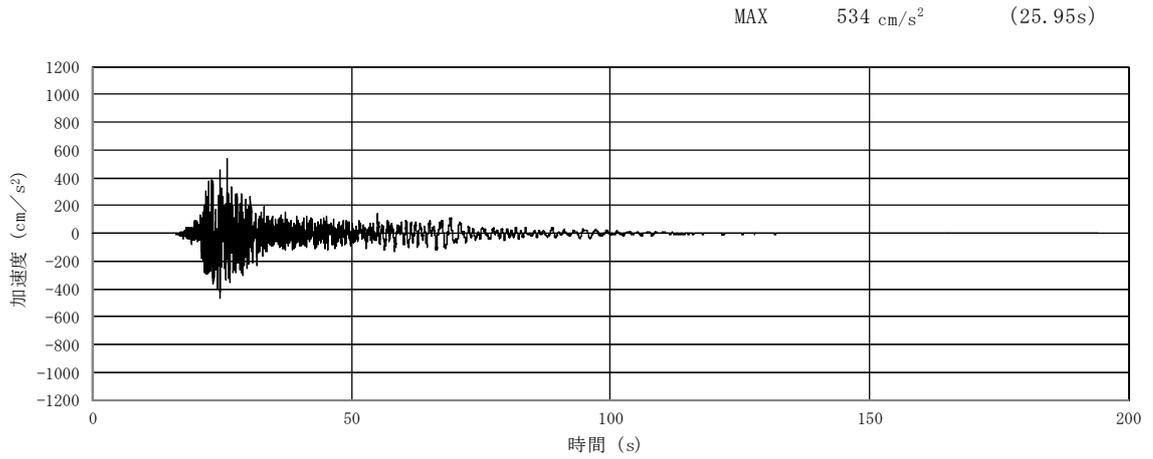


(a) 加速度時刻歴波形

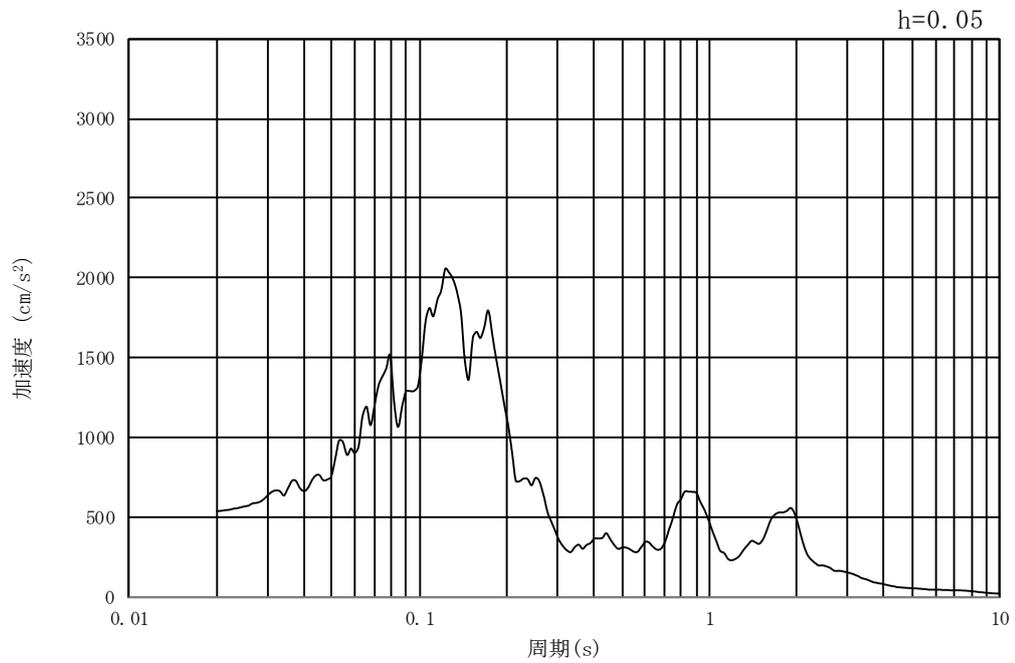


(b) 加速度応答スペクトル

図 9.3-3 (2) 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-D1)



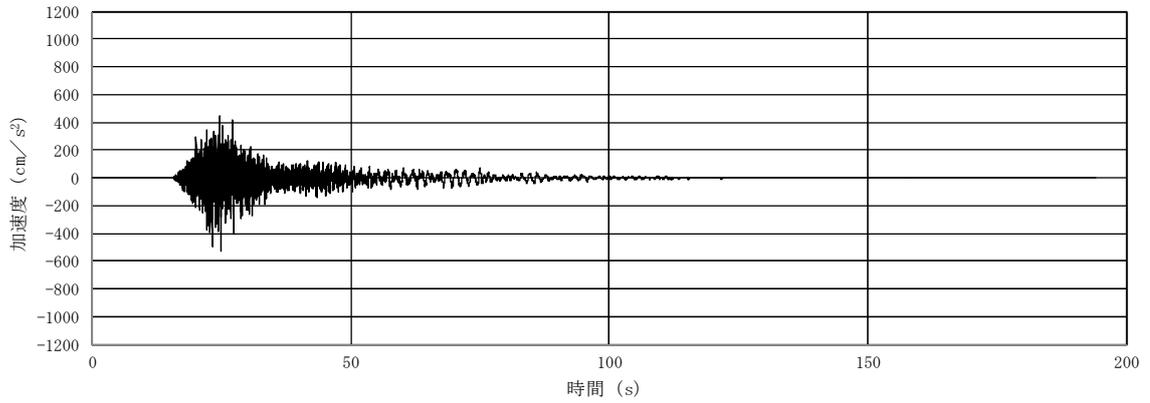
(a) 加速度時刻歴波形



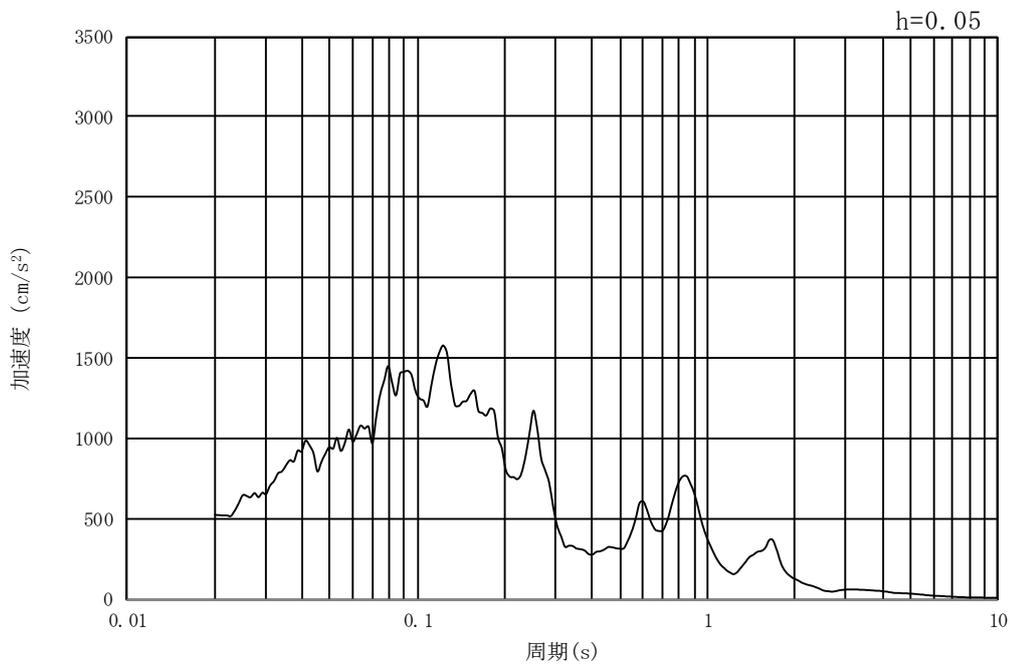
(b) 加速度応答スペクトル

図 9.3-3 (3) 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 : $S_s - 11$)

MAX 523 cm/s^2 (25.01s)

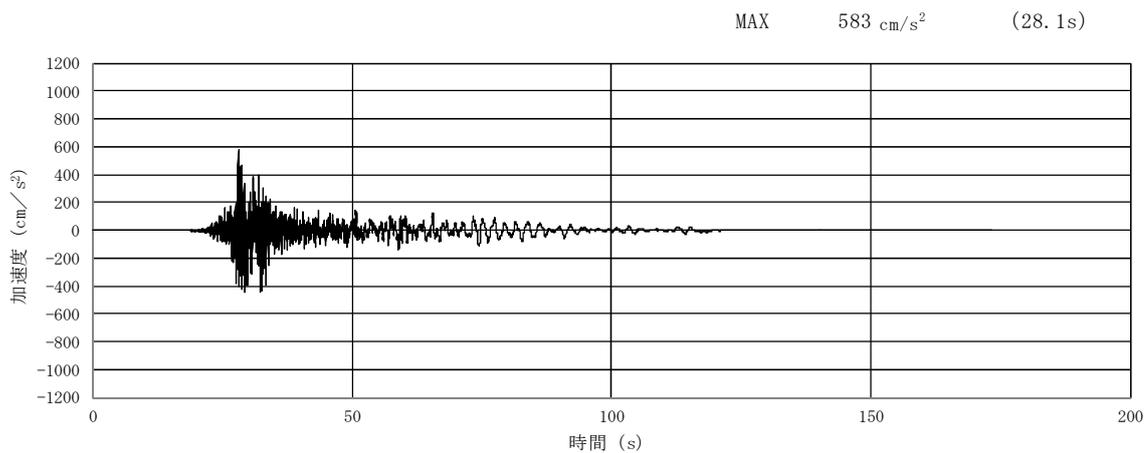


(a) 加速度時刻歴波形

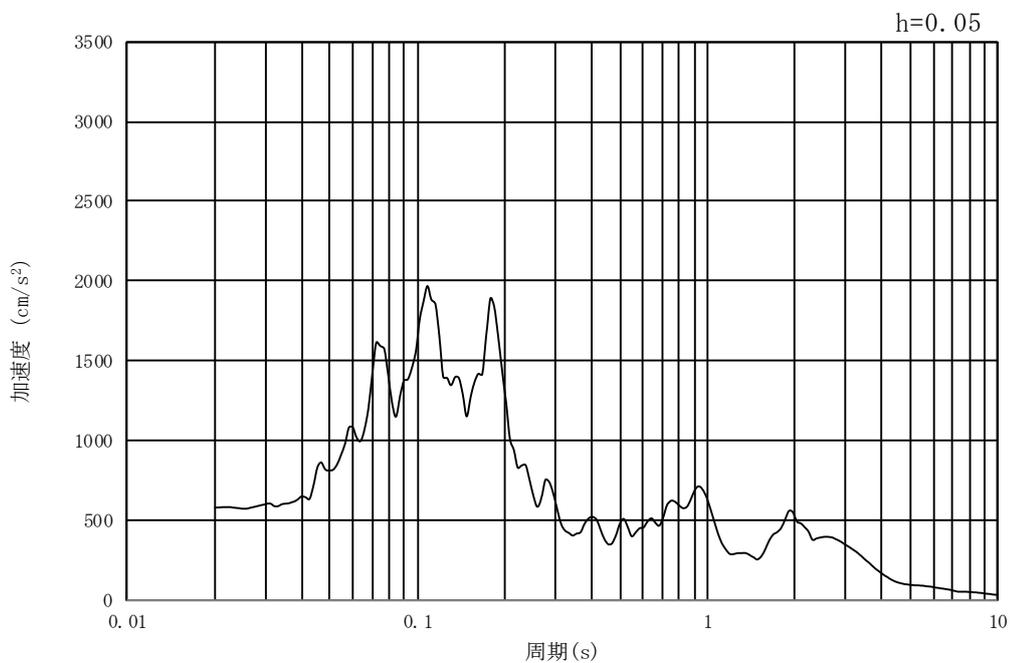


(b) 加速度応答スペクトル

図 9.3-3 (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
(鉛直方向: $S_s - 1.1$)

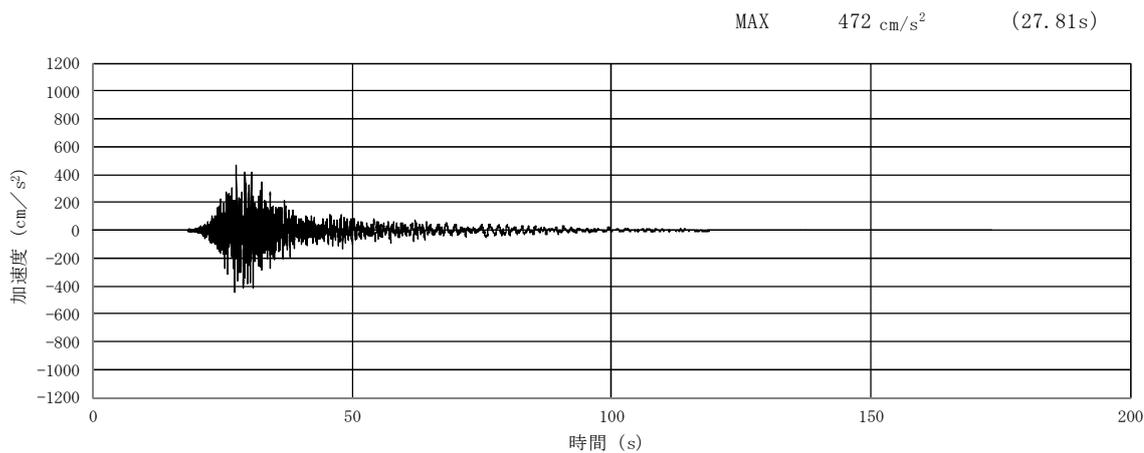


(a) 加速度時刻歴波形

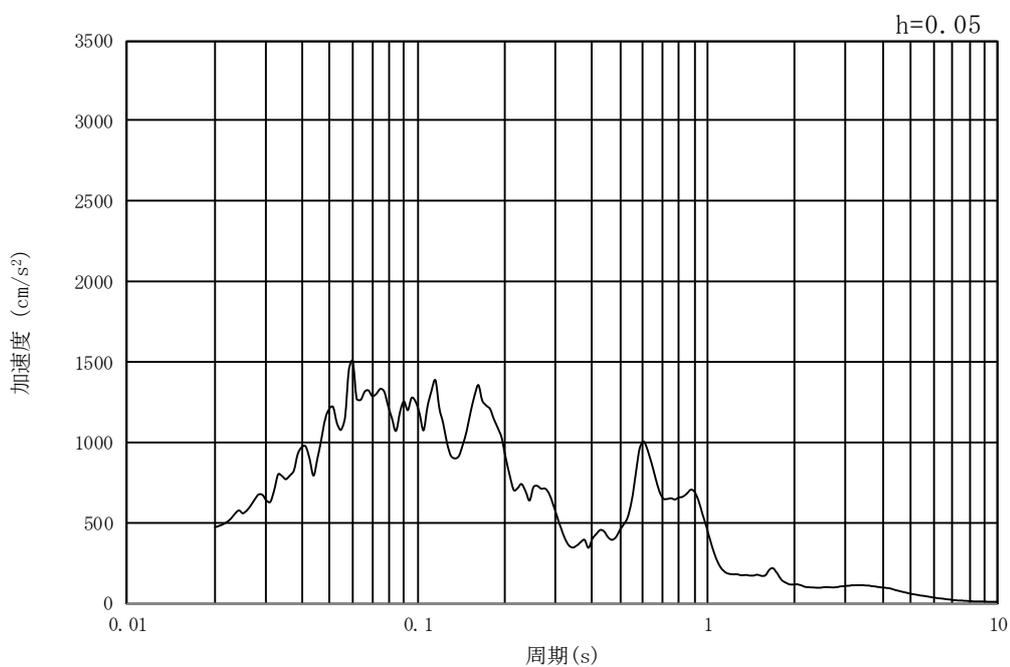


(b) 加速度応答スペクトル

図 9.3-3 (5) 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 : $S_s - 1.2$)

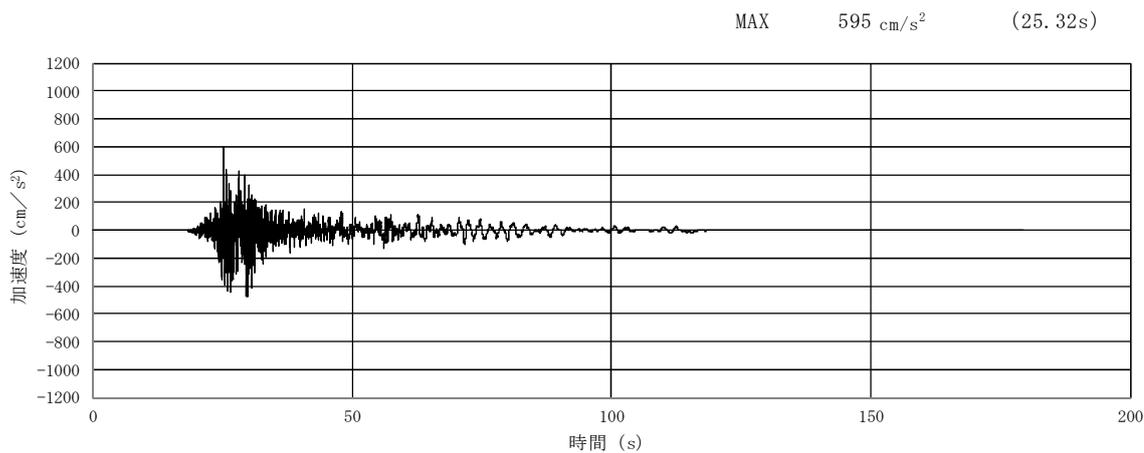


(a) 加速度時刻歴波形

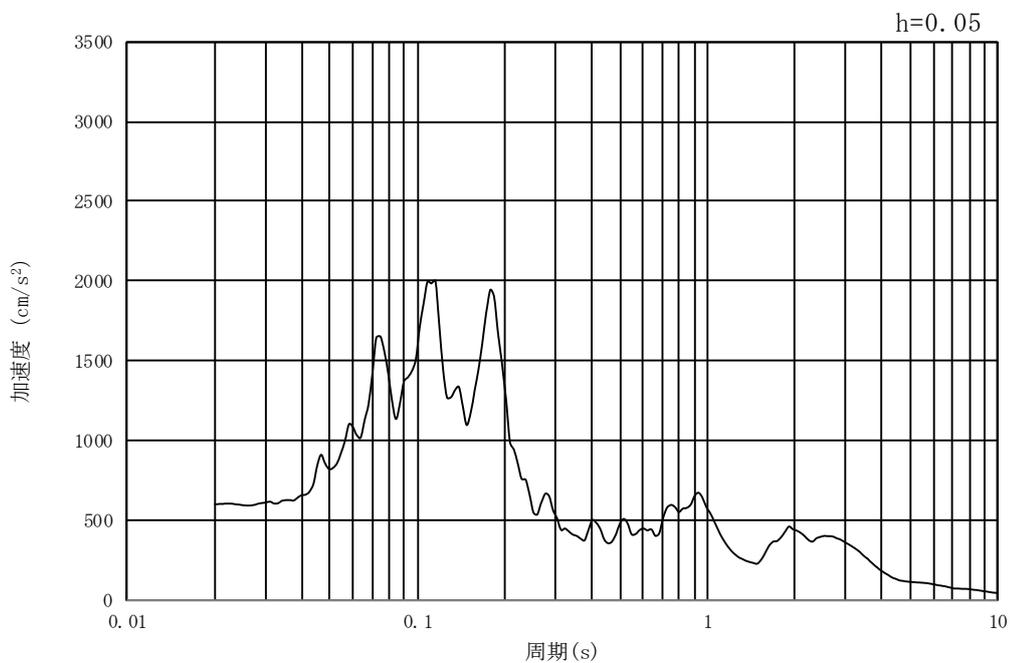


(b) 加速度応答スペクトル

図 9.3-3 (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 : $S_s - 1.2$)

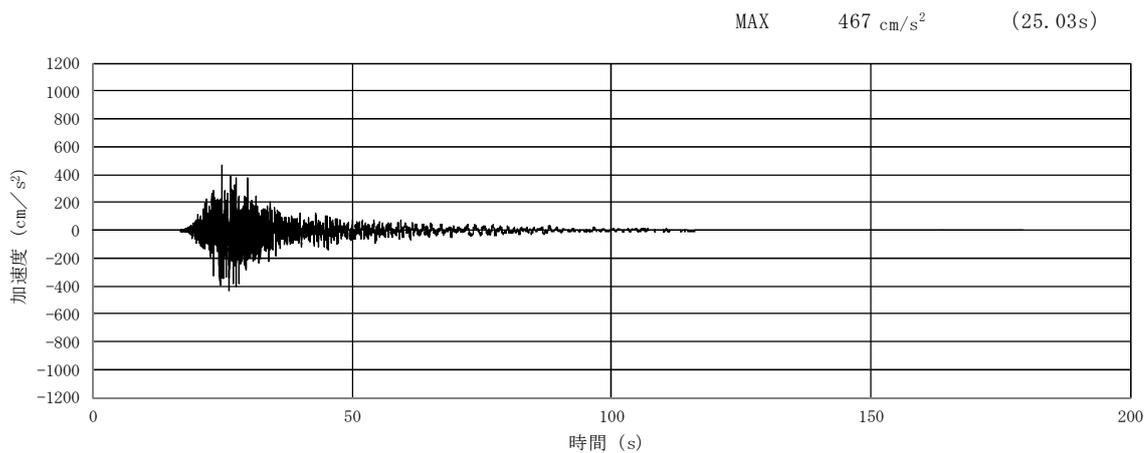


(a) 加速度時刻歴波形

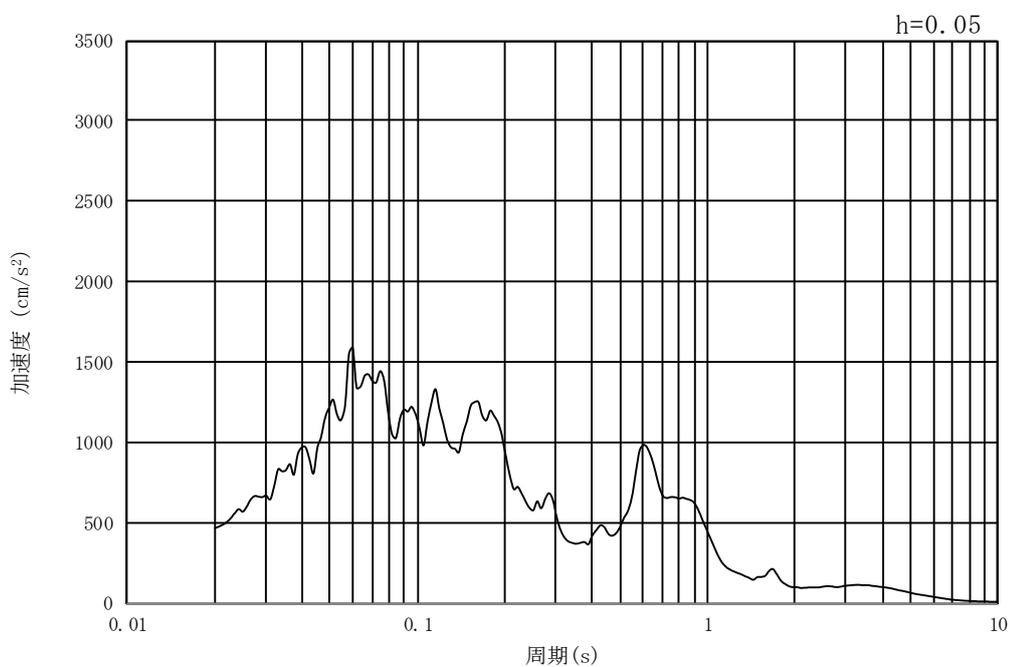


(b) 加速度応答スペクトル

図 9.3-3 (7) 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-13)

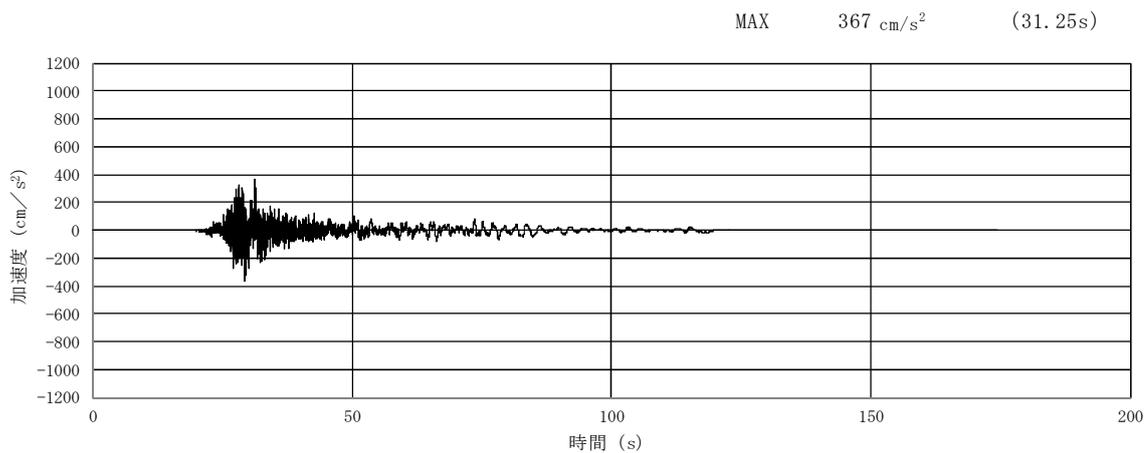


(a) 加速度時刻歴波形

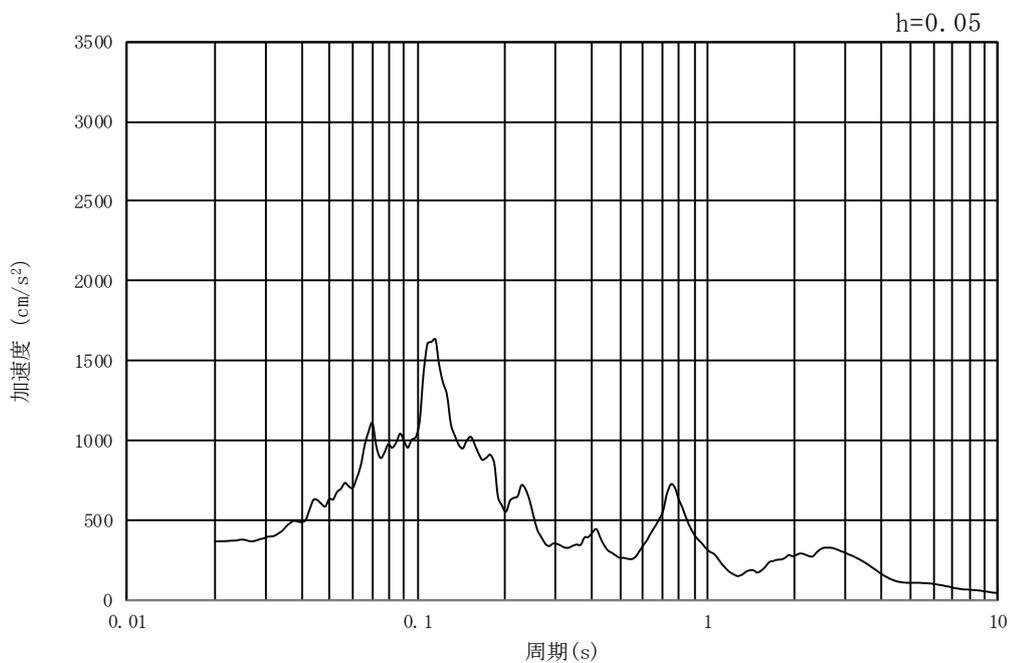


(b) 加速度応答スペクトル

図 9.3-3 (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
(鉛直方向 : $S_s - 13$)

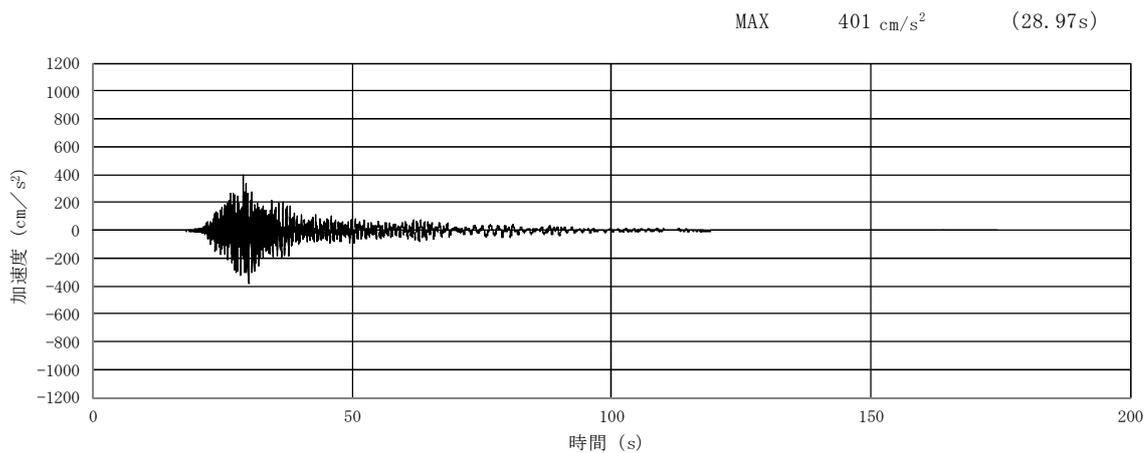


(a) 加速度時刻歴波形

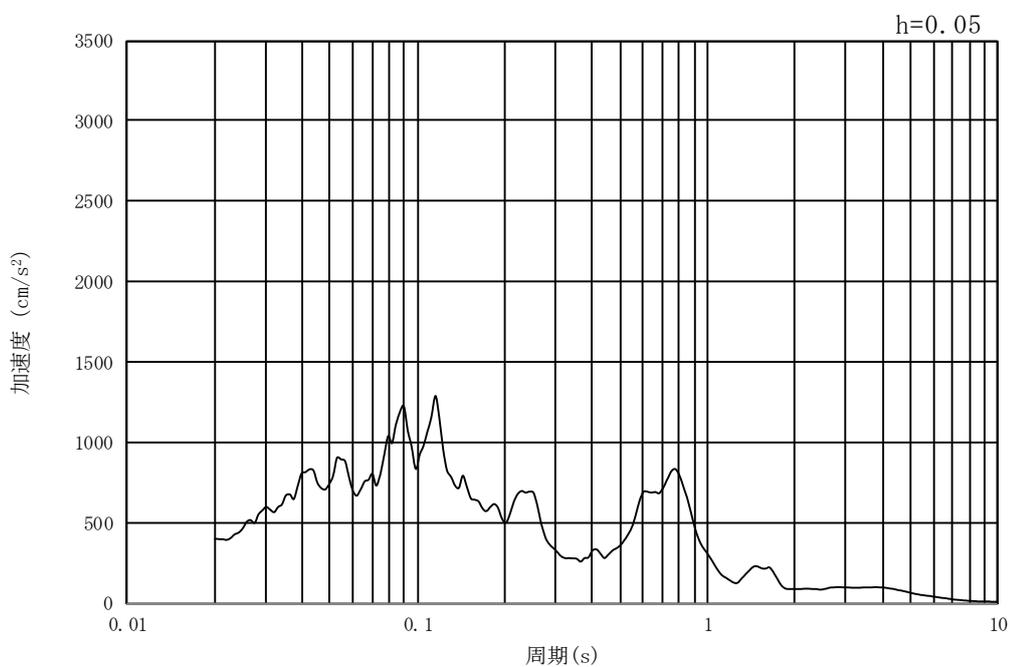


(b) 加速度応答スペクトル

図 9.3-3 (9) 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 : $S_s - 1.4$)

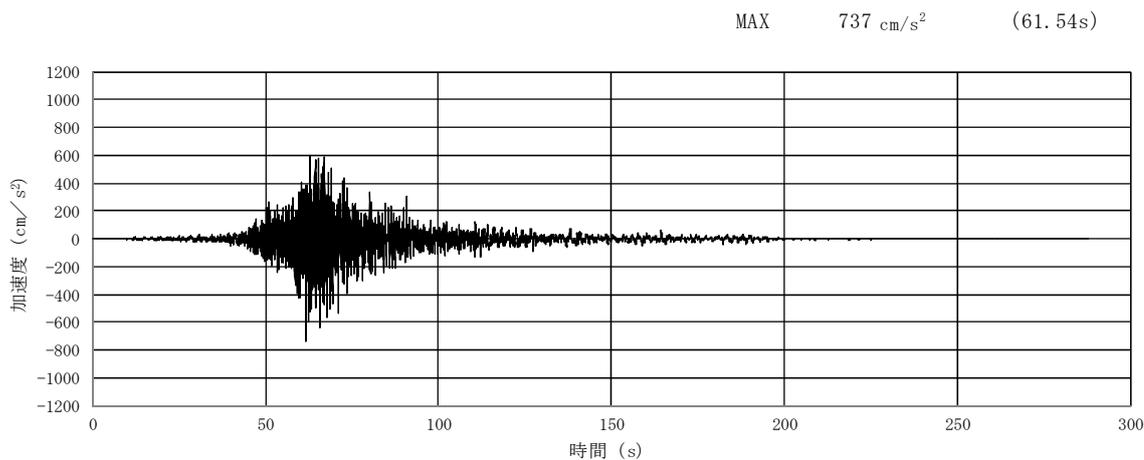


(a) 加速度時刻歴波形

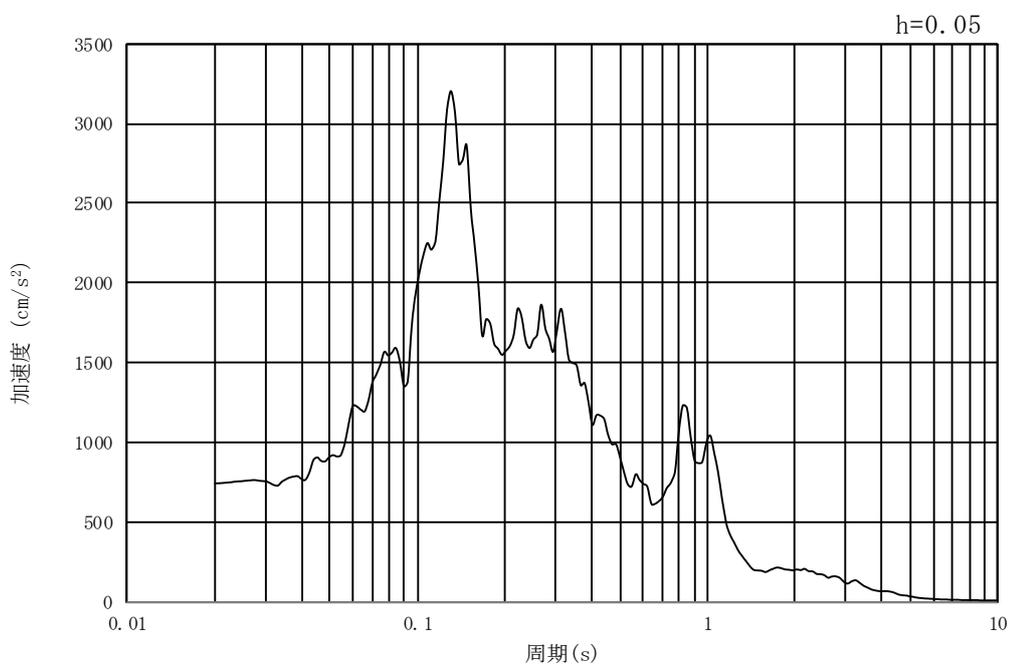


(b) 加速度応答スペクトル

図 9.3-3 (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 : $S_s - 1.4$)

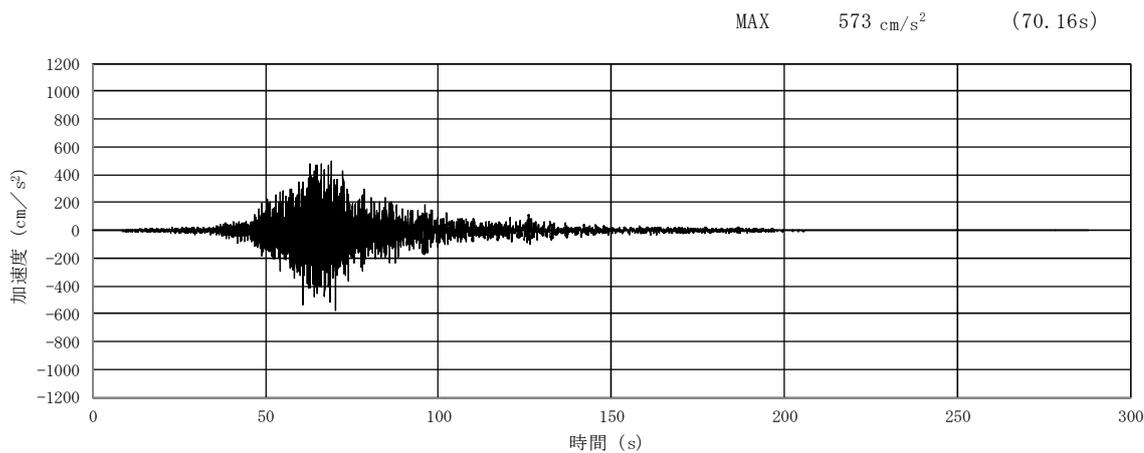


(a) 加速度時刻歴波形

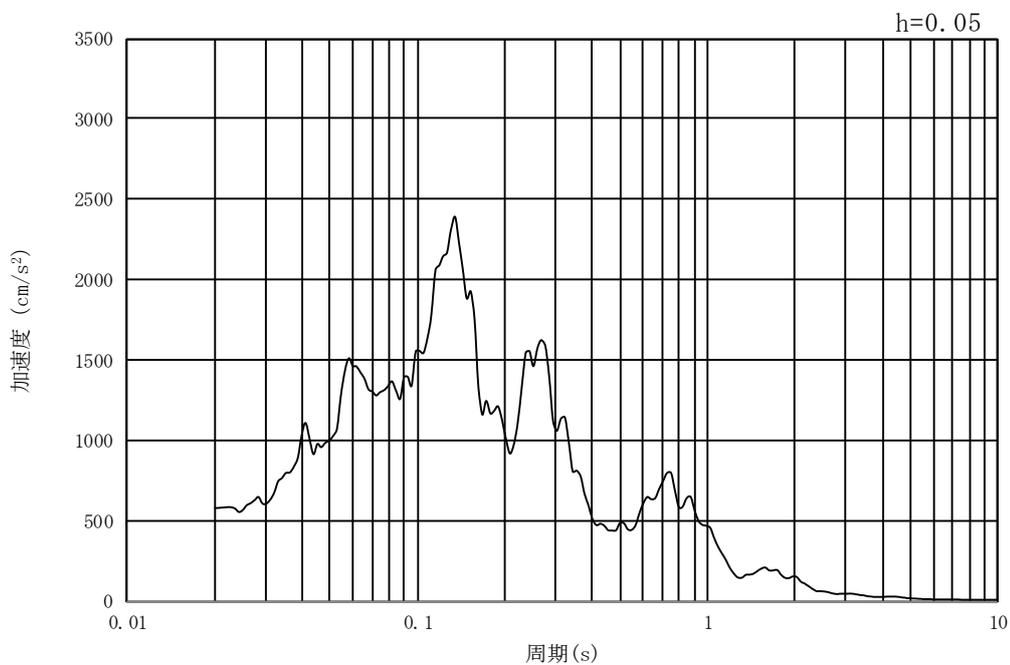


(b) 加速度応答スペクトル

図 9.3-3 (11) 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 : $S_s - 21$)

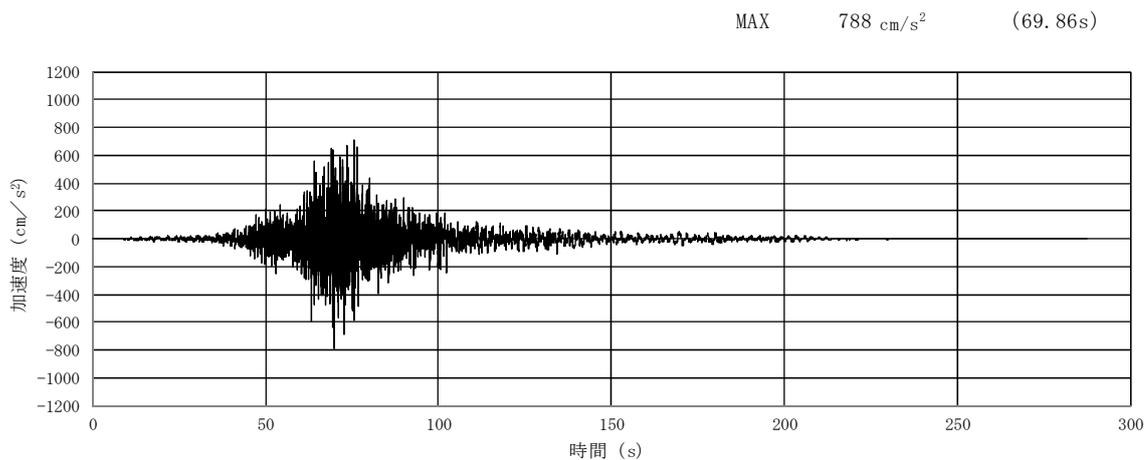


(a) 加速度時刻歴波形

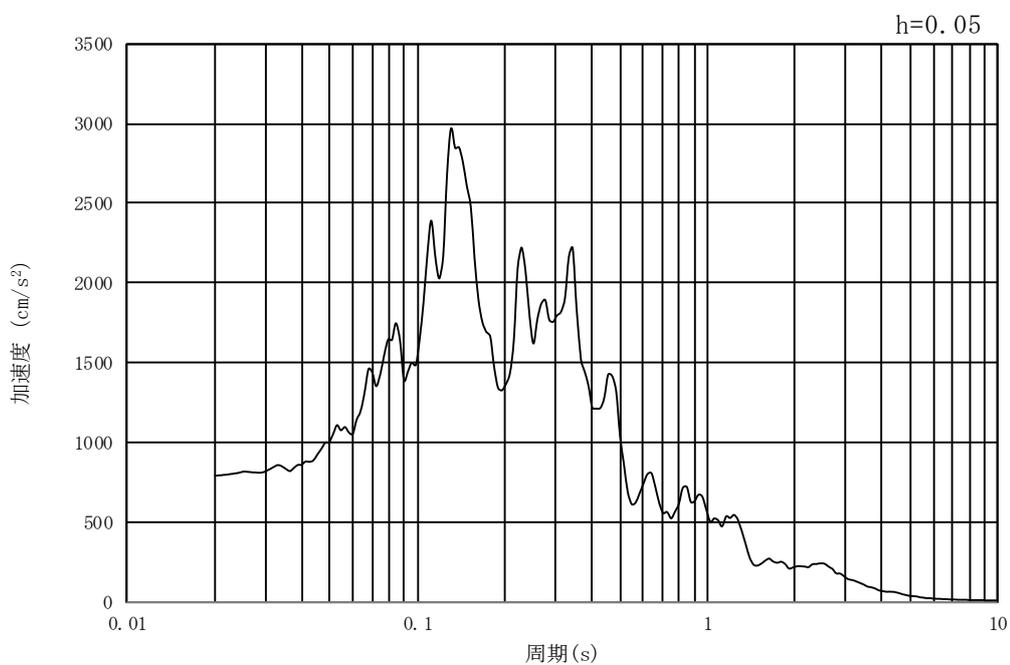


(b) 加速度応答スペクトル

図 9.3-3 (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
(鉛直方向 : S_s-2 1)

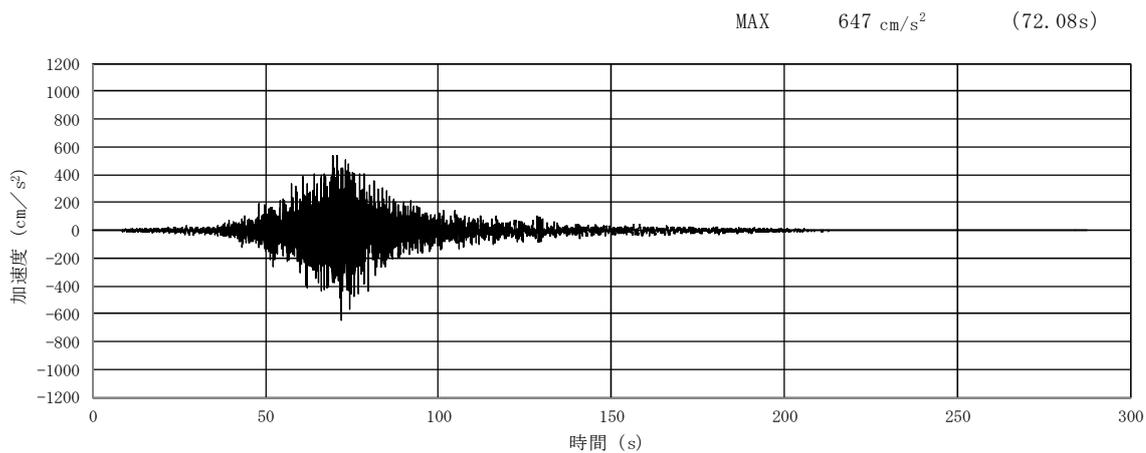


(a) 加速度時刻歴波形

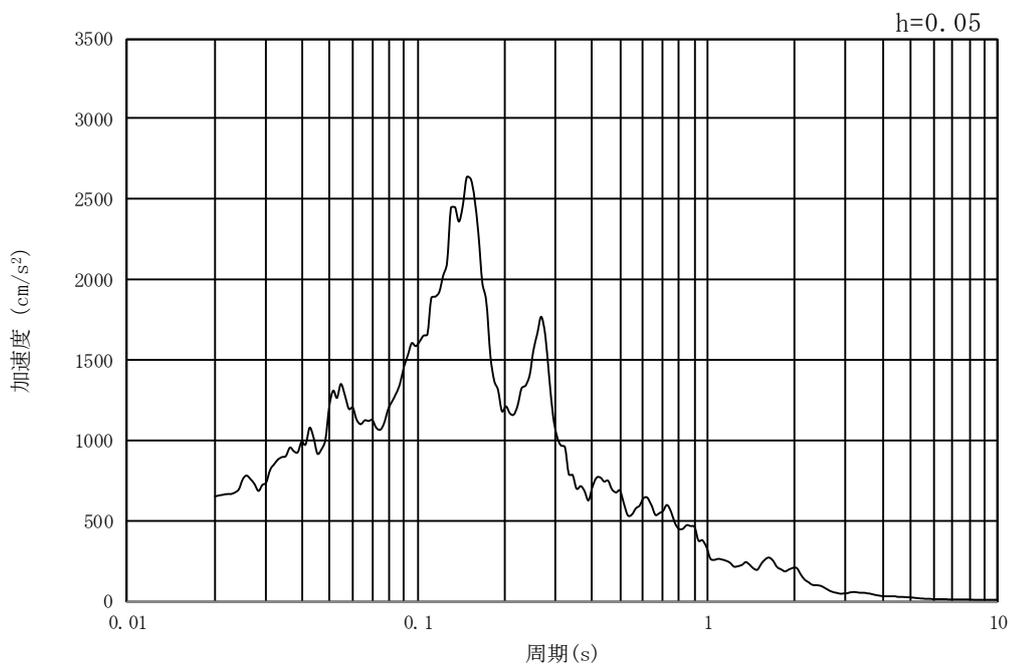


(b) 加速度応答スペクトル

図 9.3-3 (13) 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 : $S_s - 2.2$)

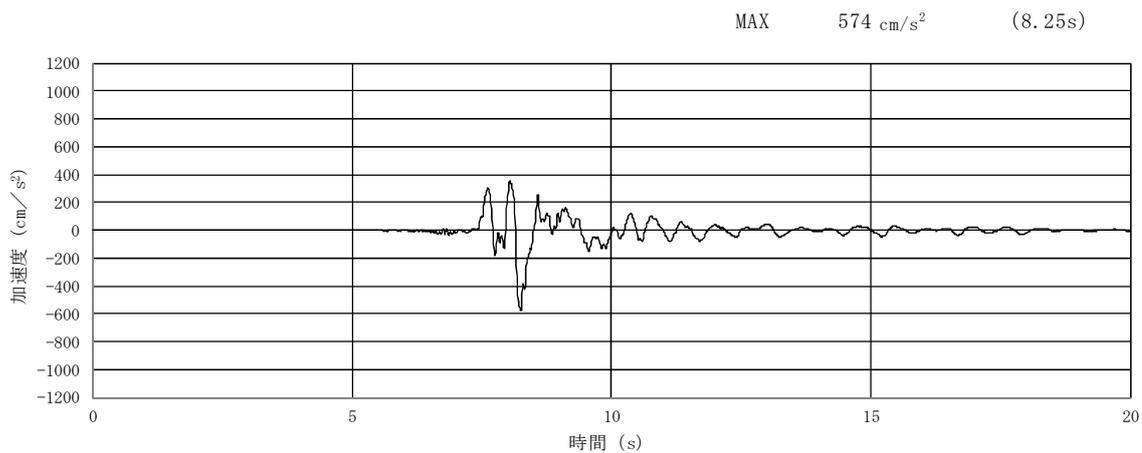


(a) 加速度時刻歴波形

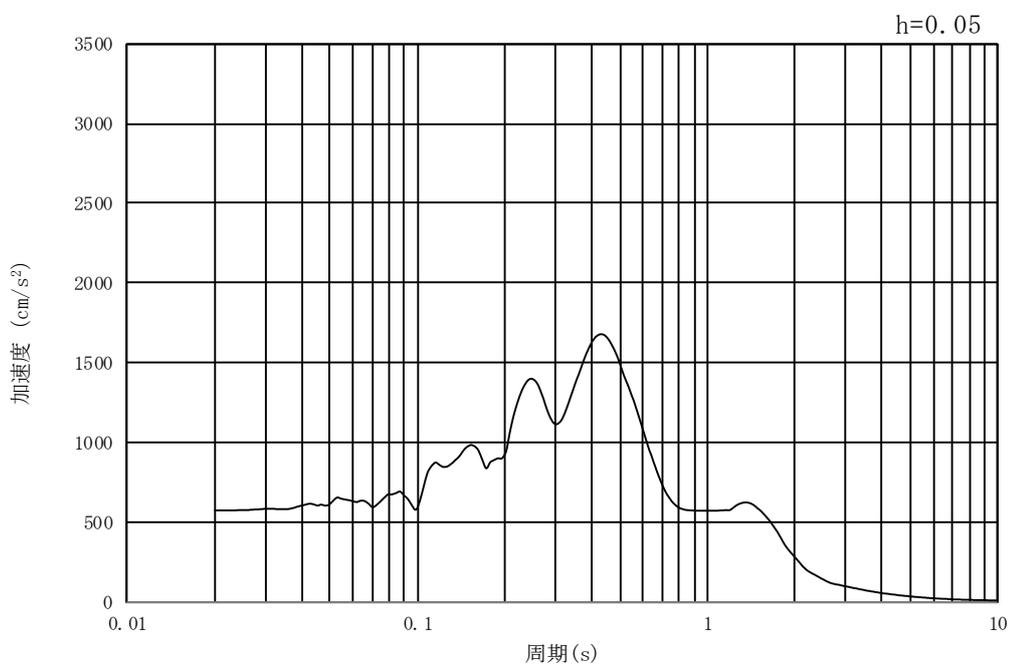


(b) 加速度応答スペクトル

図 9.3-3 (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 : $S_s - 22$)

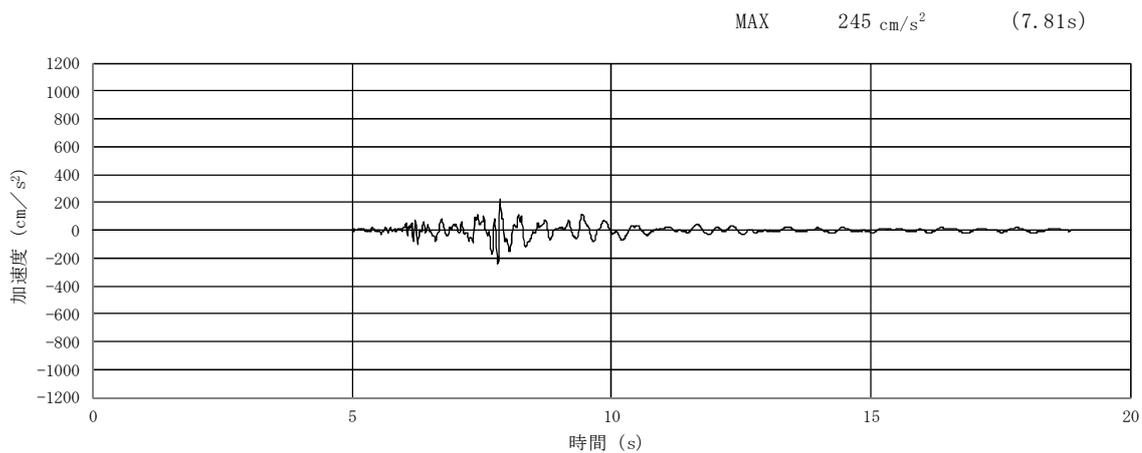


(a) 加速度時刻歴波形

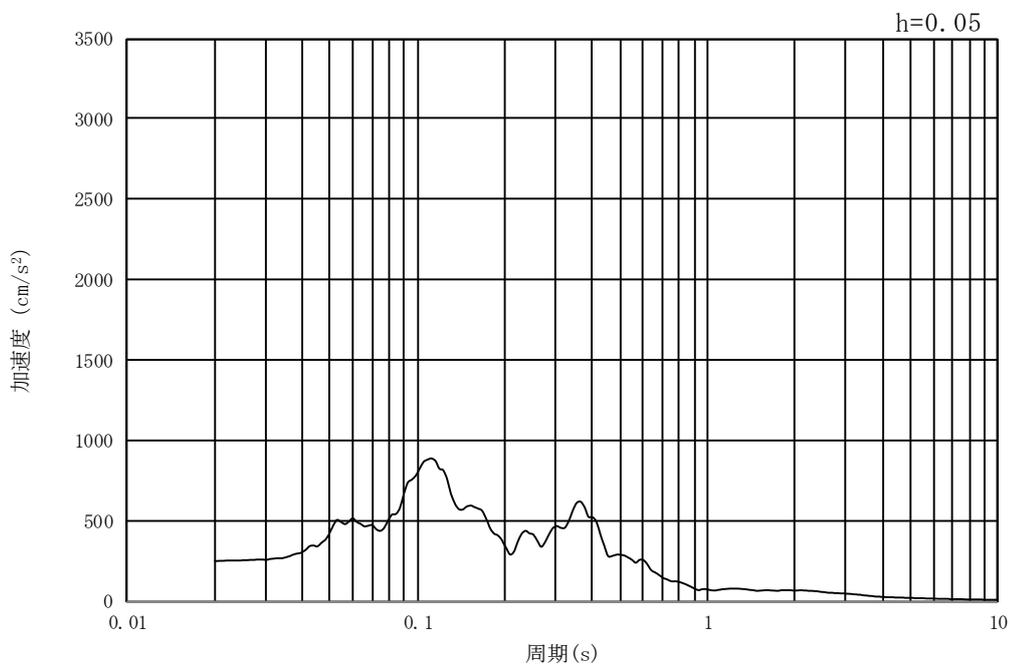


(b) 加速度応答スペクトル

図 9.3-3 (15) 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-31)



(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

図 9.3-3 (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
(鉛直方向 : $S_s - 31$)

9.3.2 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ポンプ室の構造部材は、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）」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24年3月）」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9.3-1のとおり設定する。

表9.3-1 許容応力度（短期）

評価項目		短期許容応力度 (N/mm ²)
コンクリート*1 ($f'_{ck}=40$ 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*3
鉄筋 (SD490*2)	許容引張応力度 σ_{sa}	435
鉄筋 (SD390*1)	許容引張応力度 σ_{sa}	309
鉄筋 (SD345*1)	許容引張応力度 σ_{sa}	294

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）」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9.3-2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 9.3-2 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ポンプ室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ポンプ室の基礎地盤を構成する新第三系 Km 層の極限支持力度を用いる。極限支持力度については、「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 9.3-1 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 9.3-44 に示す支持力係数

表 9.3-1 基礎底面の形状係数

形状係数	基礎底面の形状	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。

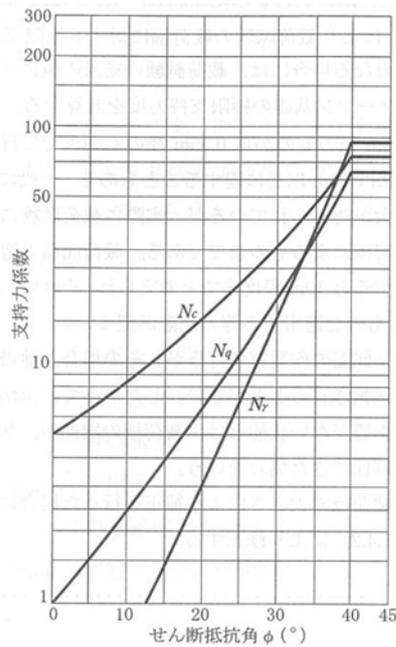


図 9.3-4 支持力係数を求めるグラフ

常設低圧代替注水系ポンプ室における許容限界を表 9.3-2 に示す。

表 9.3-2 基礎地盤の支持力に対する許容限界 (追而)

9.4 評価結果

9.4.1 地震応答解析結果

常設低圧代替注水系ポンプ室の基準地震動 S_s による断面力（曲げモーメント，軸力，せん断力）を図9.4-1及び図9.4-2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9.4-3及び図9.4-4に示し，過剰間隙水圧比の分布図を図9.4-5及び図9.4-6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 9.4-1 (1) 東西方向断面の地震時断面力 ($S_s - D 1 [H+, V+]$, $t=○○. ○○s$)
- 図 9.4-1 (2) 東西方向断面の地震時断面力 ($S_s - D 1 [H+, V-]$, $t=○○. ○○s$)
- 図 9.4-1 (3) 東西方向断面の地震時断面力 ($S_s - D 1 [H-, V+]$, $t=○○. ○○s$)
- 図 9.4-1 (4) 東西方向断面の地震時断面力 ($S_s - D 1 [H-, V-]$, $t=○○. ○○s$)
- 図 9.4-1 (5) 東西方向断面の地震時断面力 ($S_s - 1 1$, $t=○○. ○○s$)
- 図 9.4-1 (6) 東西方向断面の地震時断面力 ($S_s - 1 2$, $t=○○. ○○s$)
- 図 9.4-1 (7) 東西方向断面の地震時断面力 ($S_s - 1 3$, $t=○○. ○○s$)
- 図 9.4-1 (8) 東西方向断面の地震時断面力 ($S_s - 1 4$, $t=○○. ○○s$)
- 図 9.4-1 (9) 東西方向断面の地震時断面力 ($S_s - 2 1$, $t=○○. ○○s$)
- 図 9.4-1 (10) 東西方向断面の地震時断面力 ($S_s - 2 2$, $t=○○. ○○s$)
- 図 9.4-1 (11) 東西方向断面の地震時断面力 ($S_s - 3 1 [H+, V+]$, $t=○○. ○○s$)
- 図 9.4-1 (12) 東西方向断面の地震時断面力 ($S_s - 3 1 [H-, V+]$, $t=○○. ○○s$)

図 9.4-2 (1) 南北方向断面の地震時断面力 ($S_s - D 1 [H+, V+]$, $t=00. 00s$)

図 9.4-2 (2) 南北方向断面の地震時断面力 ($S_s - D 1 [H+, V-]$, $t=00. 00s$)

図 9.4-2 (3) 南北方向断面の地震時断面力 ($S_s - D 1 [H-, V+]$, $t=00. 00s$)

図 9.4-2 (4) 南北方向断面の地震時断面力 ($S_s - D 1 [H-, V-]$, $t=00. 00s$)

図 9.4-2 (5) 南北方向断面の地震時断面力 ($S_s - 1 1$, $t=00. 00s$)

図 9.4-2 (6) 南北方向断面の地震時断面力 ($S_s - 1 2$, $t=00. 00s$)

図 9.4-2 (7) 南北方向断面の地震時断面力 ($S_s - 1 3$, $t=00. 00s$)

図 9.4-2 (8) 南北方向断面の地震時断面力 ($S_s - 1 4$, $t=00. 00s$)

図 9.4-2 (9) 南北方向断面の地震時断面力 ($S_s - 2 1$, $t=00. 00s$)

図 9.4-2 (10) 南北方向断面の地震時断面力 ($S_s - 2 2$, $t=00. 00s$)

図 9.4-2 (11) 南北方向断面の地震時断面力 ($S_s - 3 1 [H+, V+]$, $t=00. 00s$)

図 9.4-2 (12) 南北方向断面の地震時断面力 ($S_s - 3 1 [H-, V+]$, $t=00. 00s$)

図 9.4-3 (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 9.4-3 (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 9.4-3 (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 9.4-3 (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 9.4-3 (5) 東西方向断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 1 1$)

図 9.4-3 (6) 東西方向断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 1 2$)

図 9.4-3 (7) 東西方向断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 1 3$)

図 9.4-3 (8) 東西方向断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 1 4$)

図 9.4-3 (9) 東西方向断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 2 1$)

図 9.4-3 (10) 東西方向断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 2 2$)

図 9.4-3 (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 9.4-3 (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 9.4-4 (1) 南北方向断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - D 1 [H+, V+]$)

図 9.4-4 (2) 南北方向断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - D 1 [H+, V-]$)

図 9.4-4 (3) 南北方向断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - D 1 [H-, V+]$)

図 9.4-4 (4) 南北方向断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - D 1 [H-, V-]$)

図 9.4-4 (5) 南北方向断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 1 1$)

図 9.4-4 (6) 南北方向断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 1 2$)

図 9.4-4 (7) 南北方向断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 1 3$)

図 9.4-4 (8) 南北方向断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 1 4$)

図 9.4-4 (9) 南北方向断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 2 1$)

図 9.4-4 (10) 南北方向断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 2 2$)

図 9.4-4 (11) 南北方向断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 3 1 [H+, V+]$)

図 9.4-4 (12) 南北方向断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 3 1 [H-, V+]$)

図 9.4-5 (1) 東西方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - D 1 [H+, V+]$)

図 9.4-5 (2) 東西方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - D 1 [H+, V-]$)

図 9.4-5 (3) 東西方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - D 1 [H-, V+]$)

図 9.4-5 (4) 東西方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - D 1 [H-, V-]$)

図 9.4-5 (5) 東西方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 1 1$)

図 9.4-5 (6) 東西方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 1 2$)

図 9.4-5 (7) 東西方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 1 3$)

図 9.4-5 (8) 東西方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 1 4$)

図 9.4-5 (9) 東西方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 2 1$)

図 9.4-5 (10) 東西方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 2 2$)

図 9.4-5 (11) 東西方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 3 1 [H+, V+]$)

図 9.4-5 (12) 東西方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 3 1 [H-, V+]$)

図 9.4-6 (1) 南北方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - D 1 [H+, V+]$)

図 9.4-6 (2) 南北方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - D 1 [H+, V-]$)

図 9.4-6 (3) 南北方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - D 1 [H-, V+]$)

図 9.4-6 (4) 南北方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - D 1 [H-, V-]$)

図 9.4-6 (5) 南北方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 1 1$)

図 9.4-6 (6) 南北方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 1 2$)

図 9.4-6 (7) 南北方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 1 3$)

図 9.4-6 (8) 南北方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 1 4$)

図 9.4-6 (9) 南北方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 2 1$)

図 9.4-6 (10) 南北方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 2 2$)

図 9.4-6 (11) 南北方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 3 1 [H+, V+]$)

図 9.4-6 (12) 南北方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 3 1 [H-, V+]$)

9.4.2 耐震評価結果

コンクリートの曲げ照査結果を表 9.4-1 及び表 9.4-2 に、鉄筋の曲げ照査結果を表 9.4-3 及び表 9.4-4 にそれぞれ示す。

常設低圧代替注水系ポンプ室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、常設低圧代替注水系ポンプ室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 9.4-7 に、断面計算に用いた断面諸元の一覧を表 9.4-5 に示す。

表 9.4-1 (1) コンクリートの曲げ照査結果 (東西断面方向)

表 9.4-1 (2) コンクリートの曲げ照査結果 (東西断面方向)

表 9.4-1 (3) コンクリートの曲げ照査結果 (東西断面方向)

表 9.4-1 (4) コンクリートの曲げ照査結果 (東西断面方向)

表 9.4-1 (5) コンクリートの曲げ照査結果 (東西断面方向)

表 9.4-1 (6) コンクリートの曲げ照査結果 (東西断面方向)

表 9.4-2 (1) コンクリートの曲げ照査結果 (南北断面方向)

表 9.4-2 (2) コンクリートの曲げ照査結果 (南北断面方向)

表 9.4-2 (3) コンクリートの曲げ照査結果 (南北断面方向)

表 9.4-2 (4) コンクリートの曲げ照査結果 (南北断面方向)

表 9.4-2 (5) コンクリートの曲げ照査結果 (南北断面方向)

表 9.4-2 (6) コンクリートの曲げ照査結果 (南北断面方向)

表 9.4-2 (1) 鉄筋の曲げ照査結果 (東西断面方向)

表 9.4-2 (2) 鉄筋の曲げ照査結果 (東西断面方向)

表 9.4-2 (3) 鉄筋の曲げ照査結果 (東西断面方向)

表 9.4-2 (4) 鉄筋の曲げ照査結果 (東西断面方向)

表 9.4-2 (5) 鉄筋の曲げ照査結果 (東西断面方向)

表 9.4-2 (6) 鉄筋の曲げ照査結果 (東西断面方向)

表 9.4-4 (1) 鉄筋の曲げ照査結果 (南北断面方向)

表 9.4-4 (2) 鉄筋の曲げ照査結果 (南北断面方向)

表 9.4-4 (3) 鉄筋の曲げ照査結果 (南北断面方向)

表 9.4-4 (4) 鉄筋の曲げ照査結果 (南北断面方向)

表 9.4-4 (5) 鉄筋の曲げ照査結果 (南北断面方向)

表 9.4-4 (6) 鉄筋の曲げ照査結果 (南北断面方向)

図 9.4-7 (1) 概略配筋図 (東西断面方向)

図 9.4-7 (2) 概略配筋図 (南北断面方向)

表 9.4-5 (1) 断面諸元一覧表 (東西断面方向)

表 9.4-5 (2) 断面諸元一覧表 (南北断面方向)

(2) 構造部材のせん断に対する評価結果

表 9.4-6 及び表 9.4-7 にせん断に対する照査結果を示す。

常設低圧代替注水系ポンプ室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ポンプ室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 9.4-8 に概略配筋図を、表 9.4-8 に断面計算に用いた断面諸元の一覧を示す。

表 9.4-6 (1) せん断照査結果 (東西断面方向)

表 9.4-6 (2) せん断照査結果 (東西断面方向)

表 9.4-6 (3) せん断照査結果 (東西断面方向)

表 9.4-6 (4) せん断照査結果 (東西断面方向)

表 9.4-6 (5) せん断照査結果 (東西断面方向)

表 9.4-6 (6) せん断照査結果 (東西断面方向)

表 9.4-7 (1) せん断照査結果 (南北断面方向)

表 9.4-7 (2) せん断照査結果 (南北断面方向)

表 9.4-7 (3) せん断照査結果 (南北断面方向)

表 9.4-7 (4) せん断照査結果 (南北断面方向)

表 9.4-7 (5) せん断照査結果 (南北断面方向)

表 9.4-7 (6) せん断照査結果 (南北断面方向)

図 9.4-8 (1) 概略配筋図 (東西断面方向)

図 9.4-8 (2) 概略配筋図 (南北断面方向)

表 9.4-8 (1) 断面諸元一覧表 (東西断面方向)

表 9.4-8 (2) 断面諸元一覧表 (南北断面方向)

(3) 基礎地盤の支持性能に対する評価結果

表 9.4-9 に基礎地盤の支持性能評価結果を、図 9.4-9 及び図 9.4-10 に接地圧分布図を示す。

常設低圧代替注水系ポンプ室の接地圧は $S_s - D 1$ [H+, V+] (東西断面方向) で \bigcirc 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ポンプ室の基礎地盤は、基準地震動 S_s に対し、支持性能を有する。

表 9.4-9 基礎地盤の支持性能評価結果

図 9.4-9 (1) 東西断面方向の接地圧分布図 ($S_s - D 1$ [H+, V+])

図 9.4-9 (2) 東西断面方向の接地圧分布図 ($S_s - D 1$ [H+, V-])

図 9.4-9 (3) 東西断面方向の接地圧分布図 ($S_s - D 1$ [H-, V+])

図 9.4-9 (4) 東西断面方向の接地圧分布図 ($S_s - D 1$ [H-, V-])

図 9.4-9 (5) 東西断面方向の接地圧分布図 ($S_s - 1 1$)

図 9.4-9 (6) 東西断面方向の接地圧分布図 ($S_s - 1 2$)

図 9.4-9 (7) 東西断面方向の接地圧分布図 ($S_s - 1 3$)

図 9.4-9 (8) 東西断面方向の接地圧分布図 ($S_s - 1 4$)

図 9.4-9 (9) 東西断面方向の接地圧分布図 ($S_s - 2 1$)

図 9.4-9 (10) 東西断面方向の接地圧分布図 ($S_s - 2 2$)

図 9.4-9 (11) 東西断面方向の接地圧分布図 ($S_s - 3 1$ [H+, V+])

図 9.4-9 (12) 東西断面方向の接地圧分布図 ($S_s - 3 1$ [H-, V+])

図 9.4-10 (1) 南北断面方向の接地圧分布図 ($S_s - D 1 [H+, V+]$)

図 9.4-10 (2) 南北断面方向の接地圧分布図 ($S_s - D 1 [H+, V-]$)

図 9.4-10 (3) 南北断面方向の接地圧分布図 ($S_s - D 1 [H-, V+]$)

図 9.4-10 (4) 南北断面方向の接地圧分布図 ($S_s - D 1 [H-, V-]$)

図 9.4-10 (5) 南北断面方向の接地圧分布図 ($S_s - 1 1$)

図 9.4-10 (6) 南北断面方向の接地圧分布図 ($S_s - 1 2$)

図 9.4-10 (7) 南北断面方向の接地圧分布図 ($S_s - 1 3$)

図 9.4-10 (8) 南北断面方向の接地圧分布図 ($S_s - 1 4$)

図 9.4-10 (9) 南北断面方向の接地圧分布図 ($S_s - 2 1$)

図 9.4-10 (10) 南北断面方向の接地圧分布図 ($S_s - 2 2$)

図 9.4-10 (11) 南北断面方向の接地圧分布図 ($S_s - 3 1 [H+, V+]$)

図 9.4-10 (12) 南北断面方向の接地圧分布図 ($S_s - 3 1 [H-, V+]$)

9.5 まとめ (追而)

14. SA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	4
14.2.4	評価対象断面の選定	6
14.2.5	使用材料及び材料定数	10
14.2.6	地下水位	13
14.2.7	地震応答解析手法	13
14.2.8	解析モデルの設定	15
14.2.9	減衰定数	20
14.2.10	荷重の組合せ	22
14.2.11	地震応答解析の検討ケース	26
14.3	評価内容	28
14.3.1	入力地震動の設定	28
14.3.2	許容限界の設定	57
14.4	評価結果	60
14.4.1	地震応答解析結果	60
14.4.2	耐震評価結果	69
14.5	まとめ	81

14.1 評価方針

SA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。

SA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

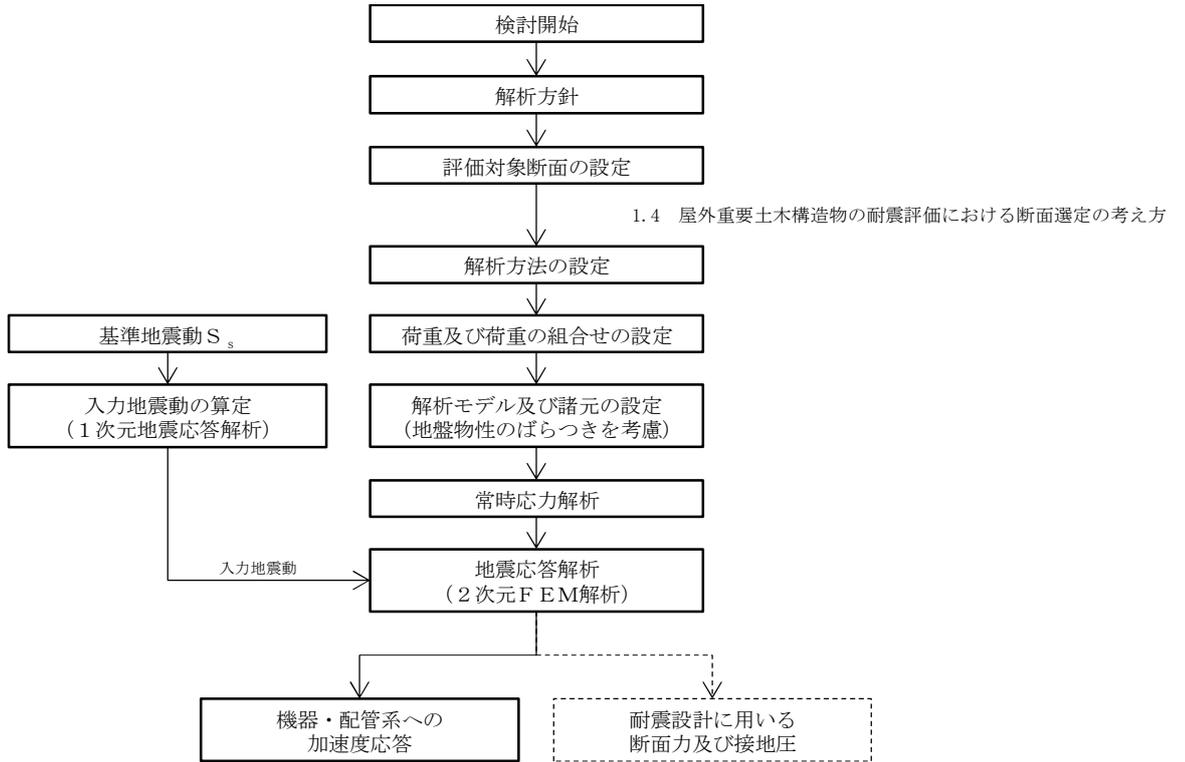
適用する規格，基準類を表 14.2-1 に示す。

表 14.2-1 適用する主な基準類

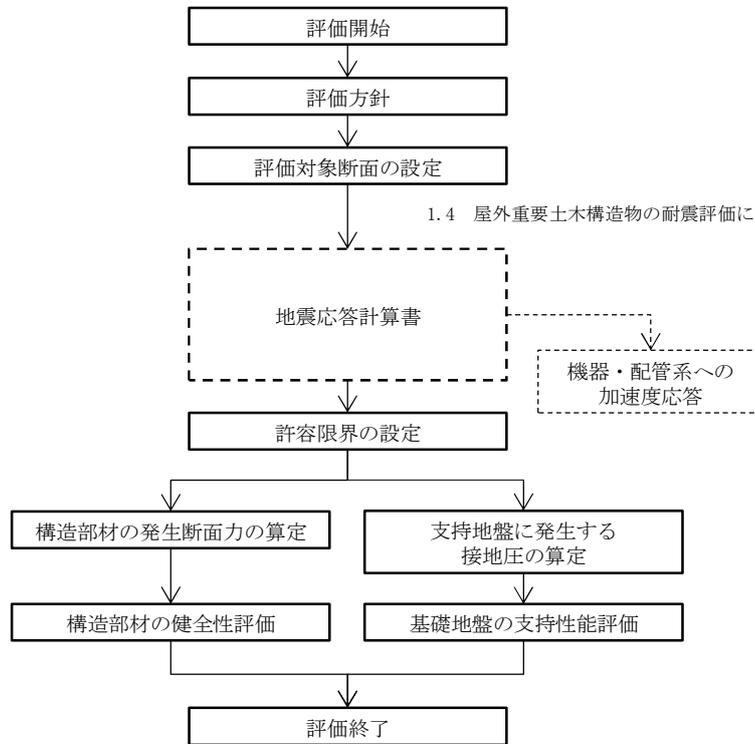
項目	適用とする主な基準類	備考
使用材料及び 材料定数	<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] ((社) 土木学会, 2002 年制定) ・道路橋示方書 (I 共通編・IV 下部構造編) ・同解説 (社) 日本道路協会, 平成 24 年 3 月) 	—
荷重及び 荷重の組合せ	<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] ((社) 土木学会, 2002 年制定) ・道路橋示方書 (I 共通編・IV 下部構造編) ・同解説 (社) 日本道路協会, 平成 24 年 3 月) 	<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] ((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 24 年 3 月) 	<ul style="list-style-type: none"> ・曲げに対する照査は，発生応力度が， 短期許容応力度以下であることを確認 ・せん断に対する照査は，発生応力度又は 発生せん断力が，短期許容応力度又は 許容せん断力以下であることを確認
地震応答解析	<ul style="list-style-type: none"> ・J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社) 日 本電気協会) 	<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

14.2.2 耐震安全性評価フロー

図 14.2-1 に SA 用海水ピットの耐震安全性評価フローを示す。



<地震応答計算>



<耐震性評価>

図 14.2-1 SA 用海水ピットの耐震安全性評価フロー

14.2.3 評価対象断面

S A用海水ピットの位置図を図 14.2-2、図 14.2-3 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。

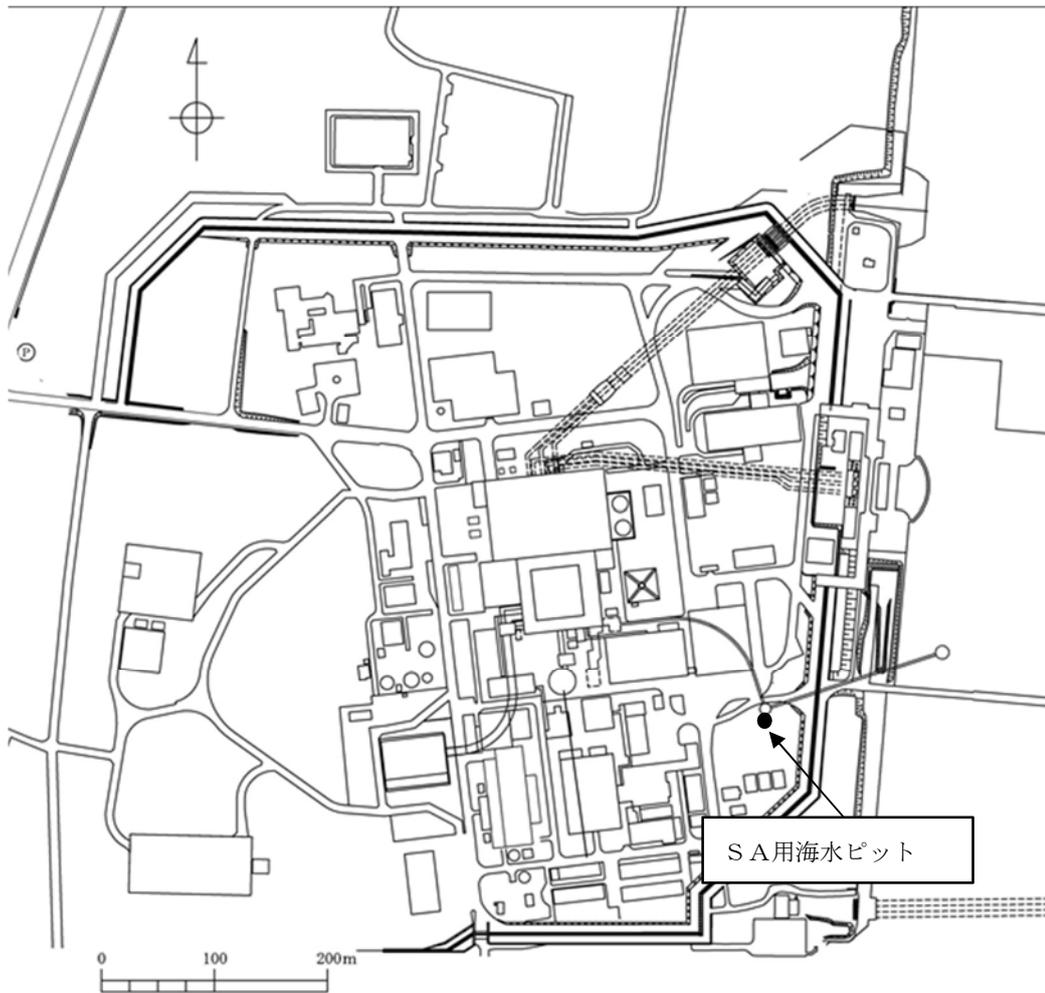


図 14.2-2 S A用海水ピット位置図（全体図）

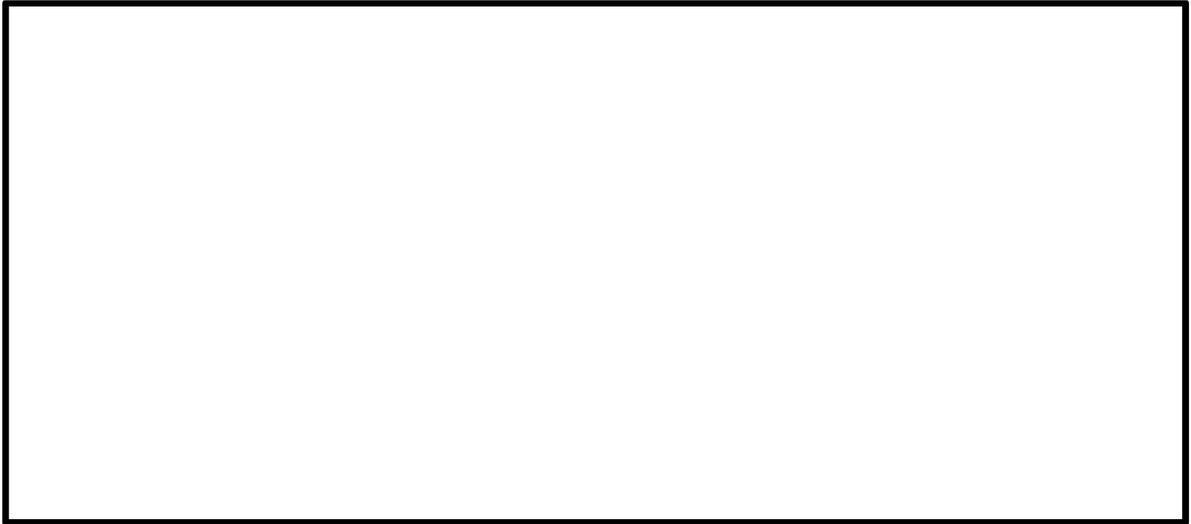


図 14.2-3 S A用海水ピット位置図(拡大図)

14.2.4 評価対象断面の選定

SA用海水ピットの評価対象断面位置図を図14.2-4に、評価対象断面図を図14.2-5に、構造平面図を図14.2-6に、構造断面図を図14.2-7に示す。

評価対象断面は、「1.4.14 SA用海水ピットの断面選定の考え方」で記載したとおり、円筒上の地中構造物であり明確な弱軸断面方向がないことにより、接続する海水引込み管の縦断面方向①-①断面とそれに直交する横断面方向②-②断面の両方向について選定として耐震評価を実施する。

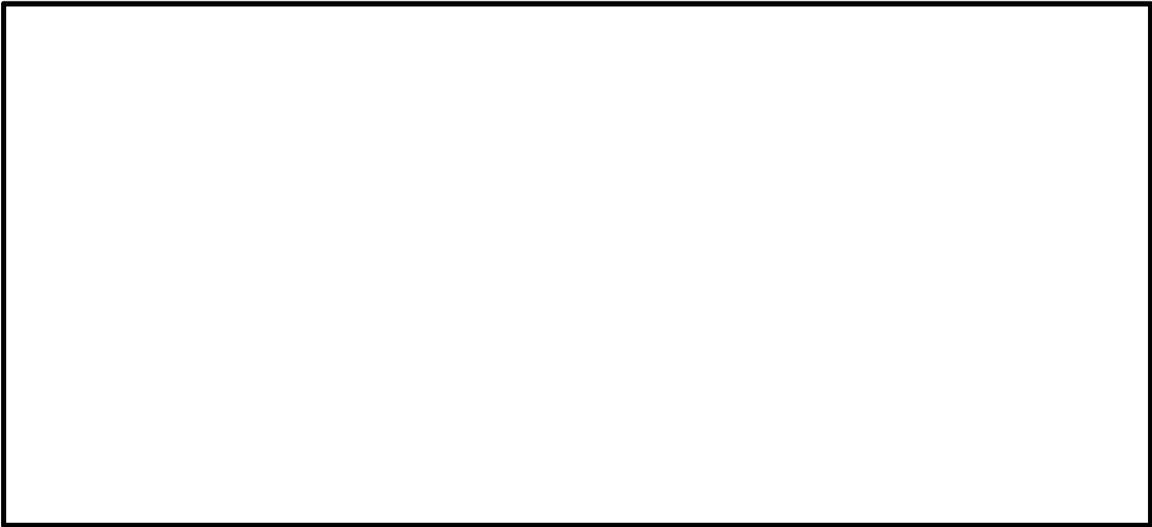


図14.2-4 SA用海水ピット 評価対象断面位置図

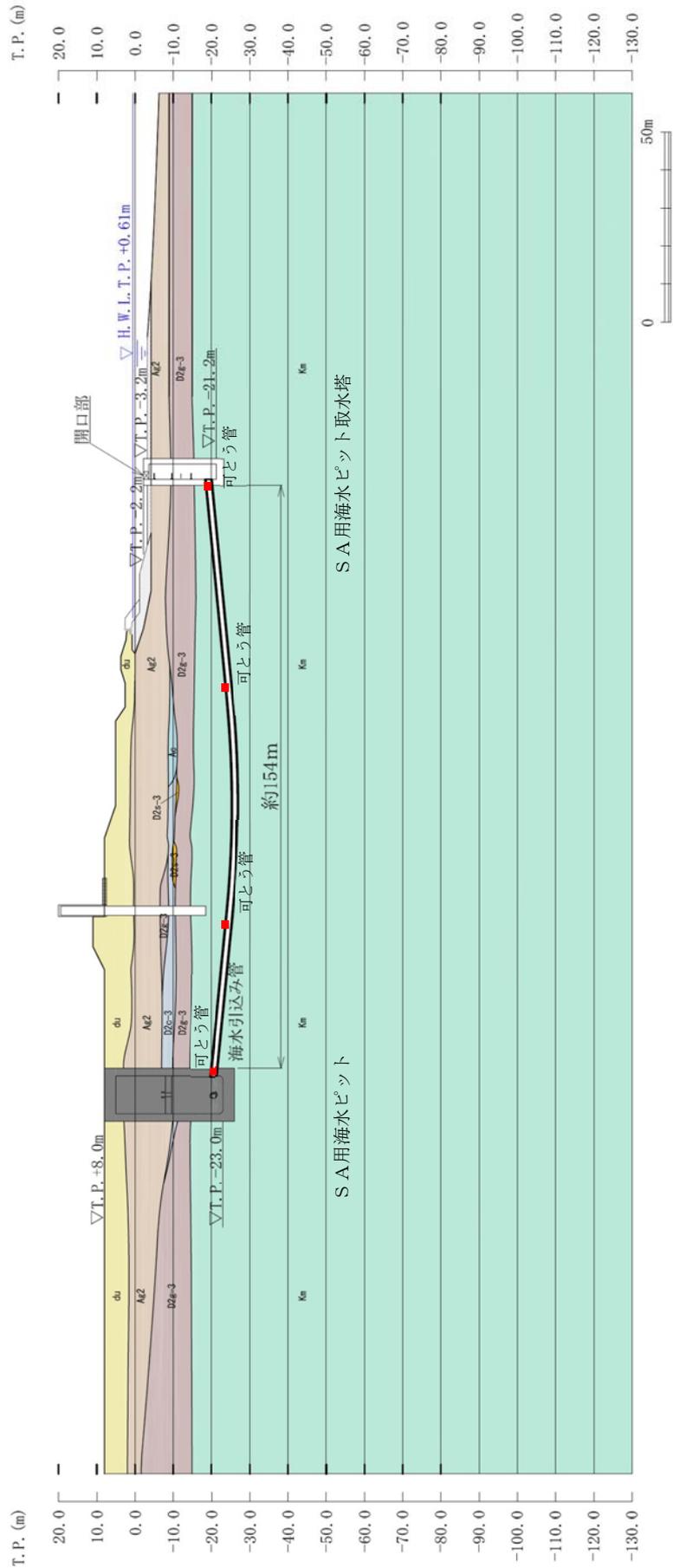


図 14.2-5 (1) SA用海水ピット 評価対象断面図 (①-①断面)

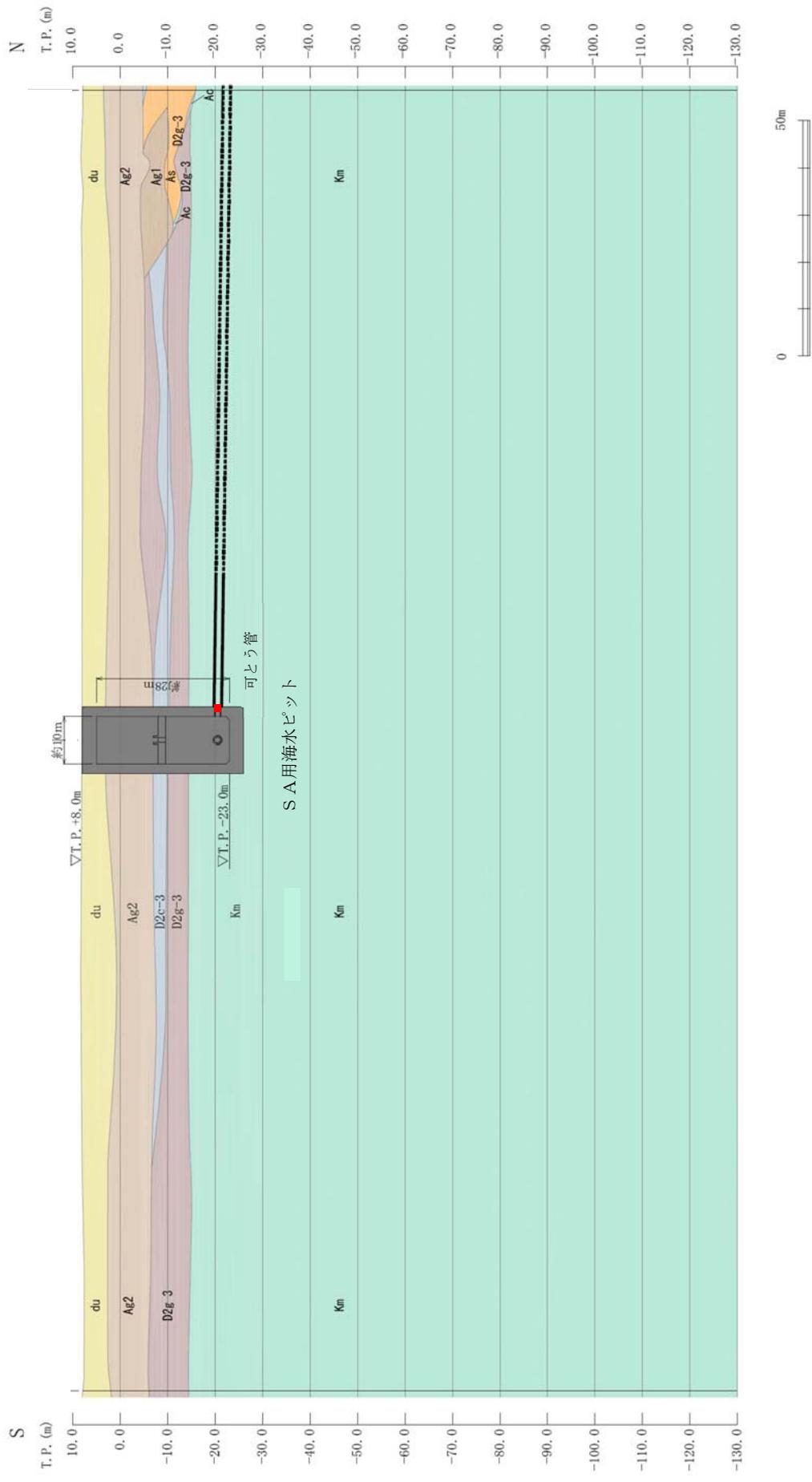


図 14.2-5 (2) SA用海水ピット 評価対象断面図 (②-②断面)

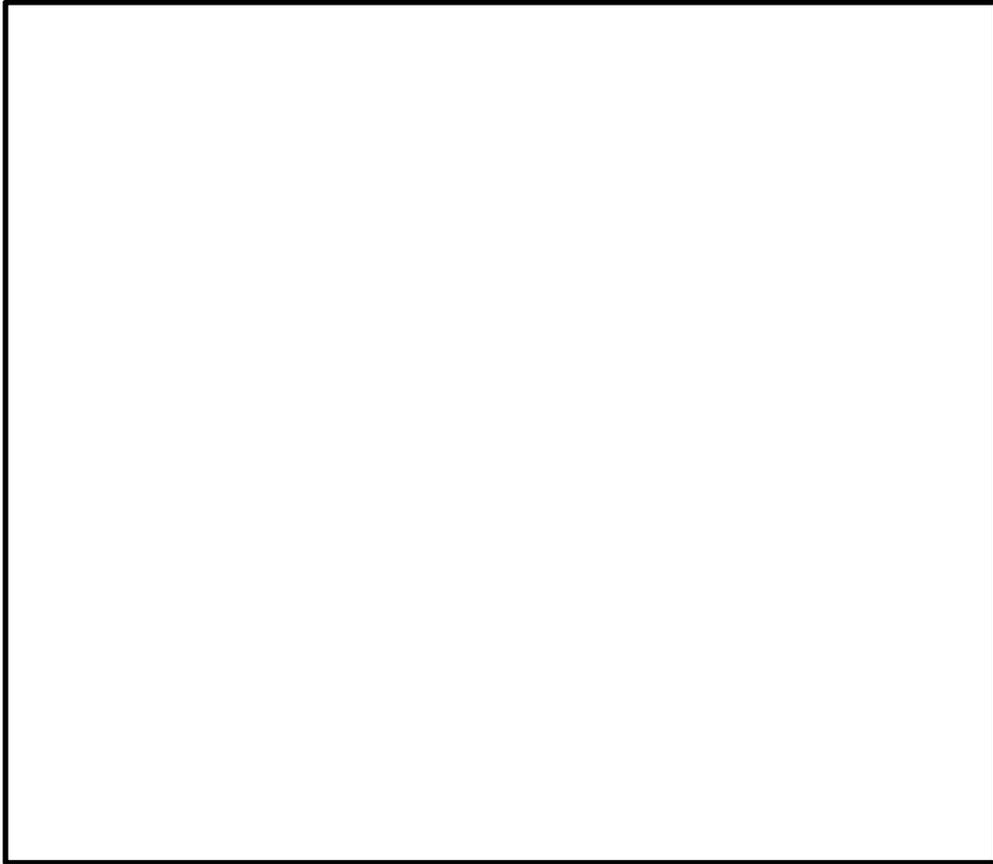


図 14.2-6 SA用海水ピット 構造平面図

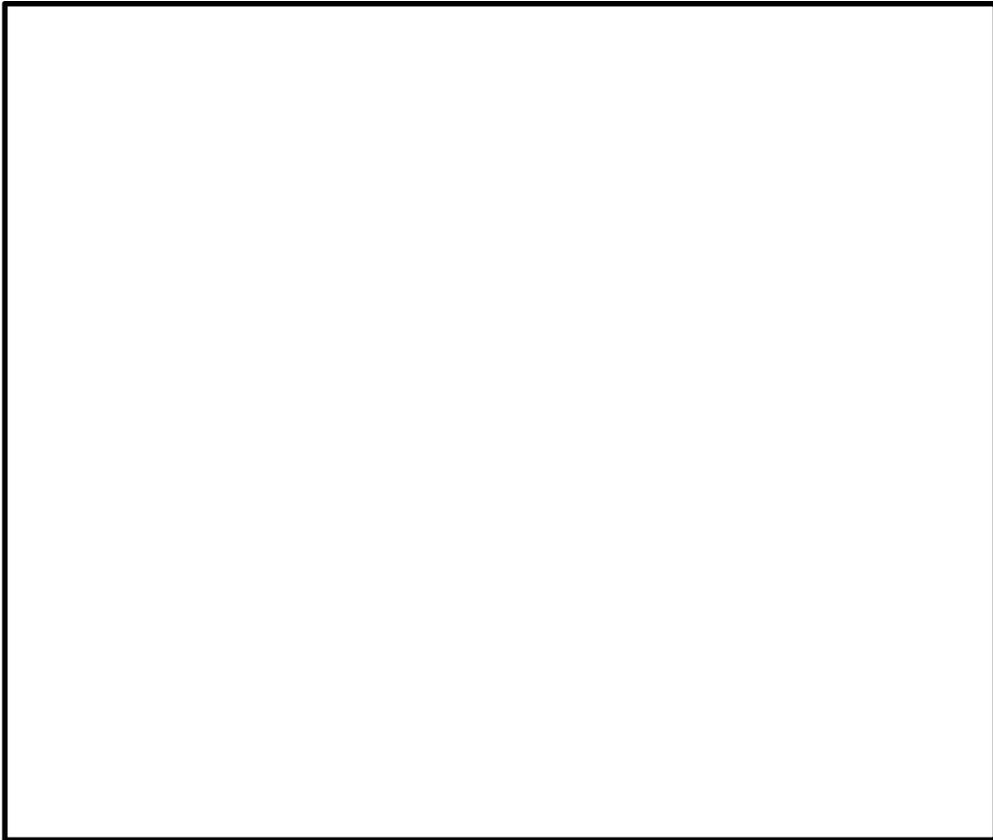


図 14.2-7 SA用海水ピット 構造断面図

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、適用基準類を基に設定する。構造物の使用材料を表 14.2-2 に、材料物性値を表 14.2-3 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する。地盤の物性値を表 14.2-4 に示す。

表 14.2-2 使用材料

諸元	
コンクリート	設計基準強度 40 N/mm ²
鉄筋	SD390, SD490

表 14.2-3 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

表 14.2-4 (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 () 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	ボアゾン比	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 14.2-4 (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 () は地下水位以浅	ρ	g/cm ³	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	ボアゾン比	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) 毎に物性値を設定する
	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	
	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)

表 14.2-4 (3) 地盤の解析用物性値一覧 (新第三系 Km 層)

区分 番号	設定深度 TP(m) Z	適用深度 TP(m)	密度 ρ (g/cm ³)	静ポアソン比 ν_{cb}	粘着力 C_{cb} (kN/m ²)	内部摩擦角 ϕ_{cb} (°)	せん断波 速度Vs (m/s)	基準初期 せん断剛性 G_{ma} (kN/m ²)	基準体積 弾性係数 K_{ma} (kN/m ²)	基準平均有効 主応力 σ'_{ma} (kN/m ²)	拘束圧 依存係数 m _c , m _k	最大履歴 減衰率 h _{max} (-)	動ポアソン比 ν_d	繰返し 速度Vp (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

14.2.6 地下水位

地下水位は地表面として設定する。

14.2.7 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、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14.2-8に示す。

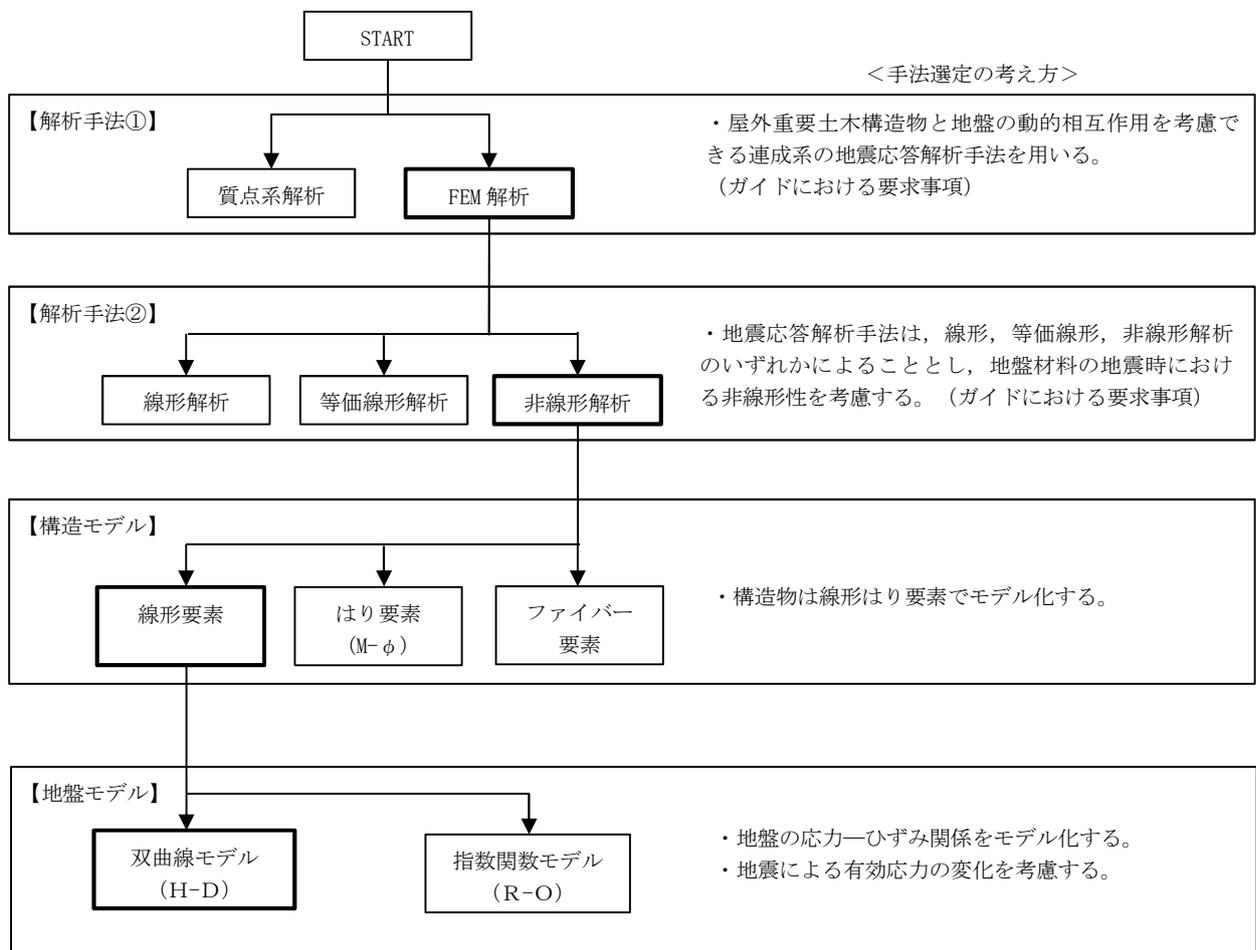


図 14.2-8 地震応答解析手法の選定フロー

H-Dモデルの選定理由は次のとおりである。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。

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。

14.2.8 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 16.2-9 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。

S A用海水ピット周辺の地震応答解析モデルを図 14.2-10 に示す。

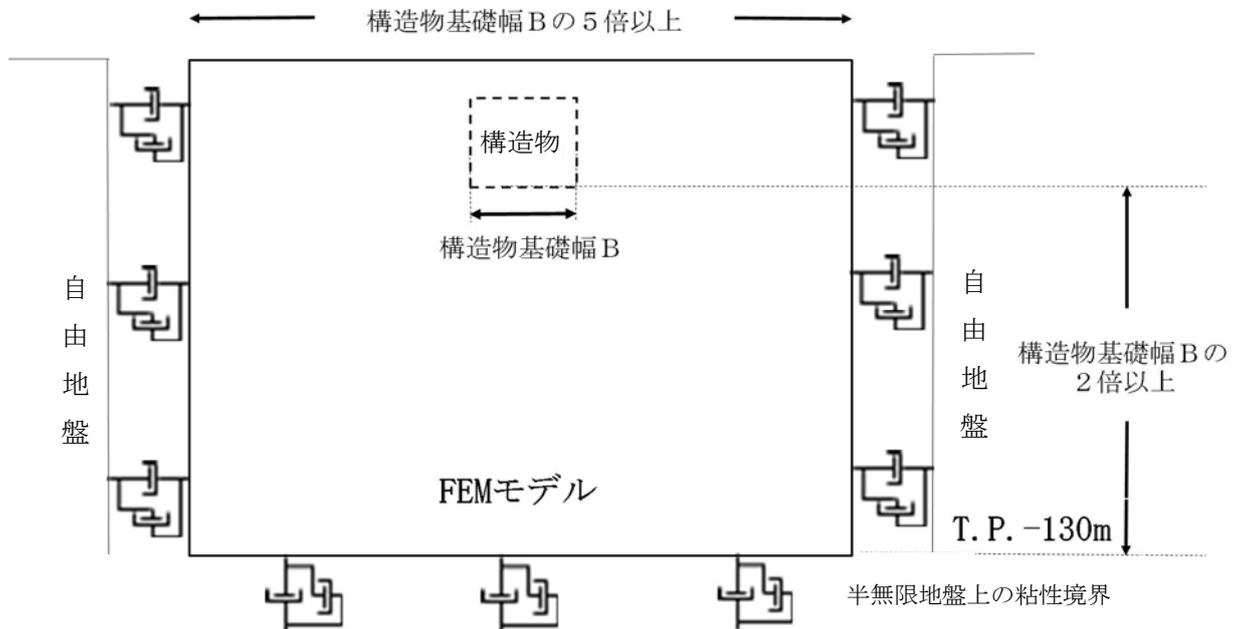
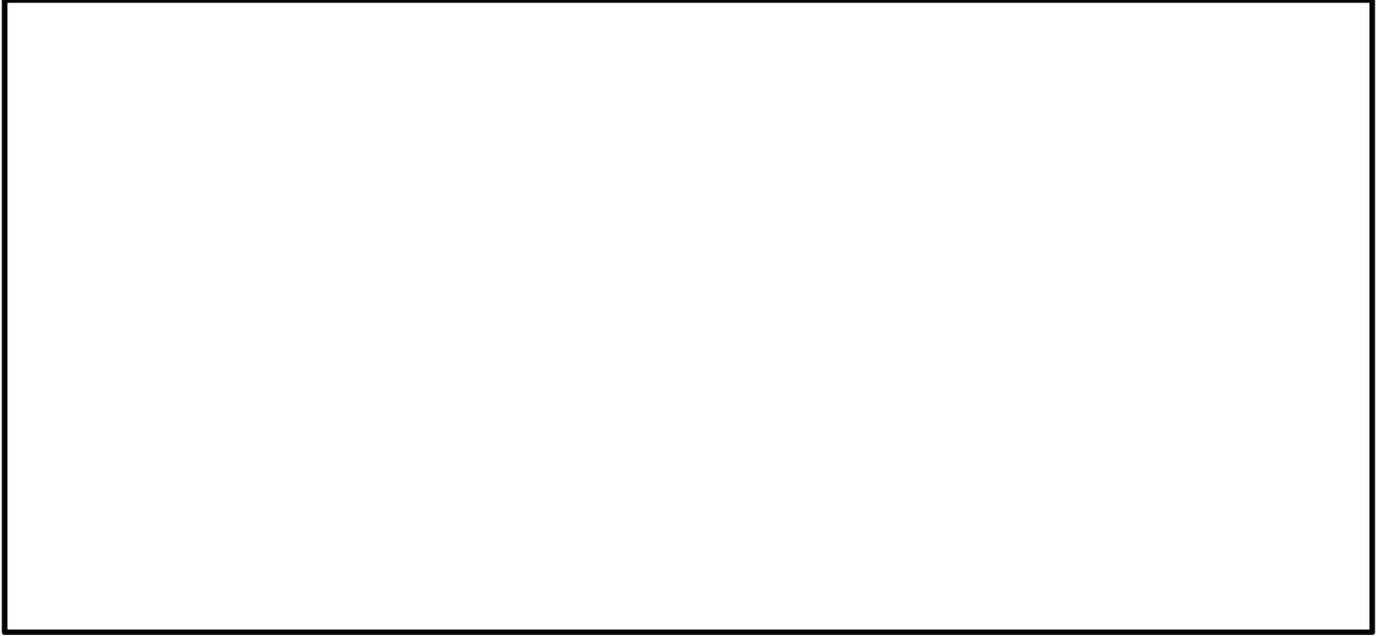
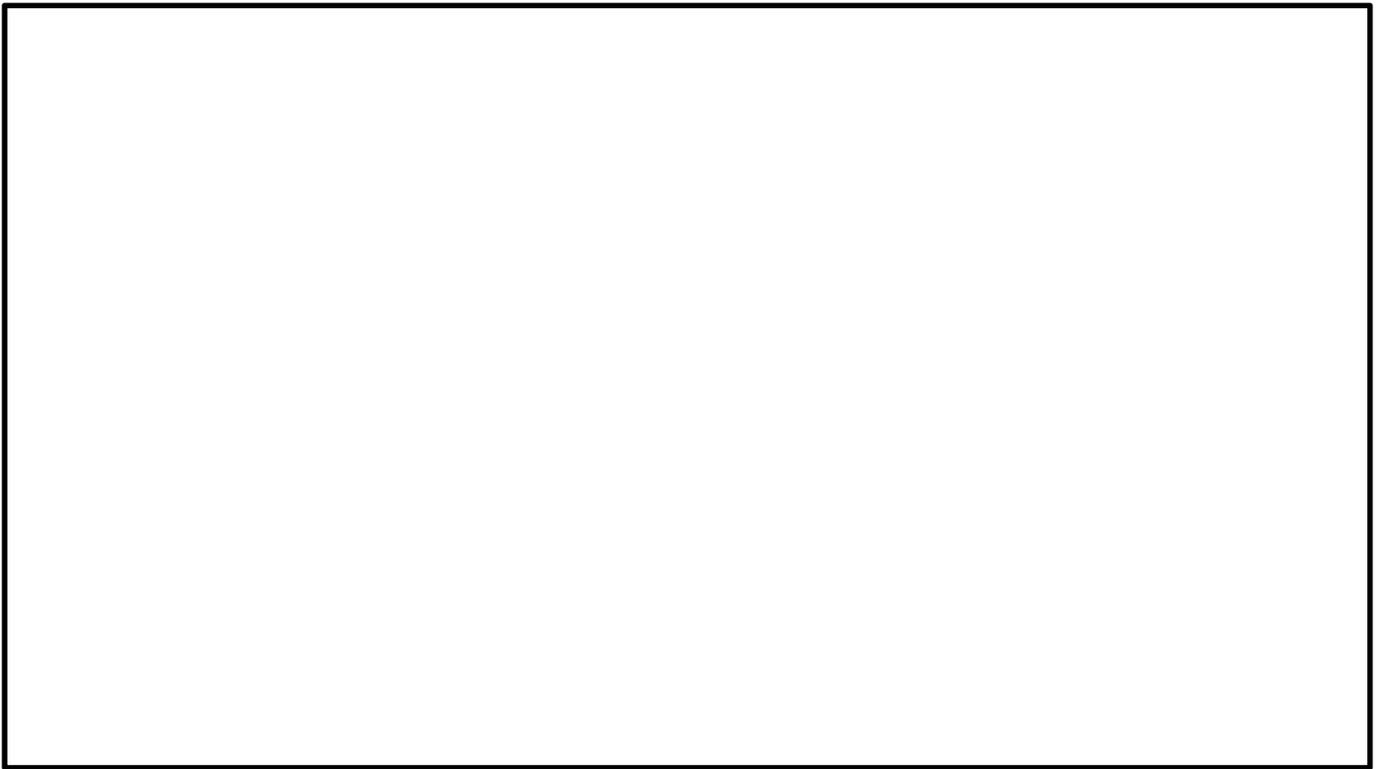


図 14.2-9 解析モデル領域の考え方



(a) 引込み管軸方向 (①-①断面)



(b) 引込み管軸直交方向 (②-②断面)

図 14.2-10 SA用海水ピットの地震応答解析モデル

(2) 構造物のモデル化

構造部材は、線形はり要素でモデル化する。

なお、引込み管軸方向断面において、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する。また海水取水管及び海水引込み管とは岩盤内で接合する上に、ピットの壁軸周長約37 mに対して管径が1.2 mであることから開口の影響は軽微であると考えられる。したがって、2次元有効応力解析では接合部の開口を考慮せず、開口部には適切な開口補強を実施する。

S A用海水ピットの解析モデル概念図を図 14.2-11 に示す。



図 14.2-11 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及びすべりを考慮する。

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 14.2-5 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 14.2-5 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 ²)	内部摩擦角 ϕ (度)	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に大きな値として設定する。港湾構造物設計事例集（沿岸開発技術センター）に従い、表 14.2-6 のように設定する。図 14.2-12 にジョイント要素の設定の考え方を示す。

表 14.2-6 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

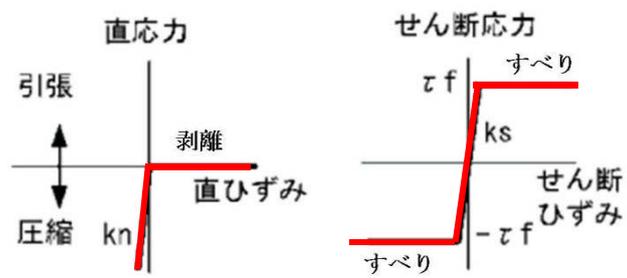


図 14.2-12 ジョイント要素の考え方

14.2.9 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。

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

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14.2-13にRayleigh減衰の設定フローを、表14.2-7に固有値解析結果を示す。

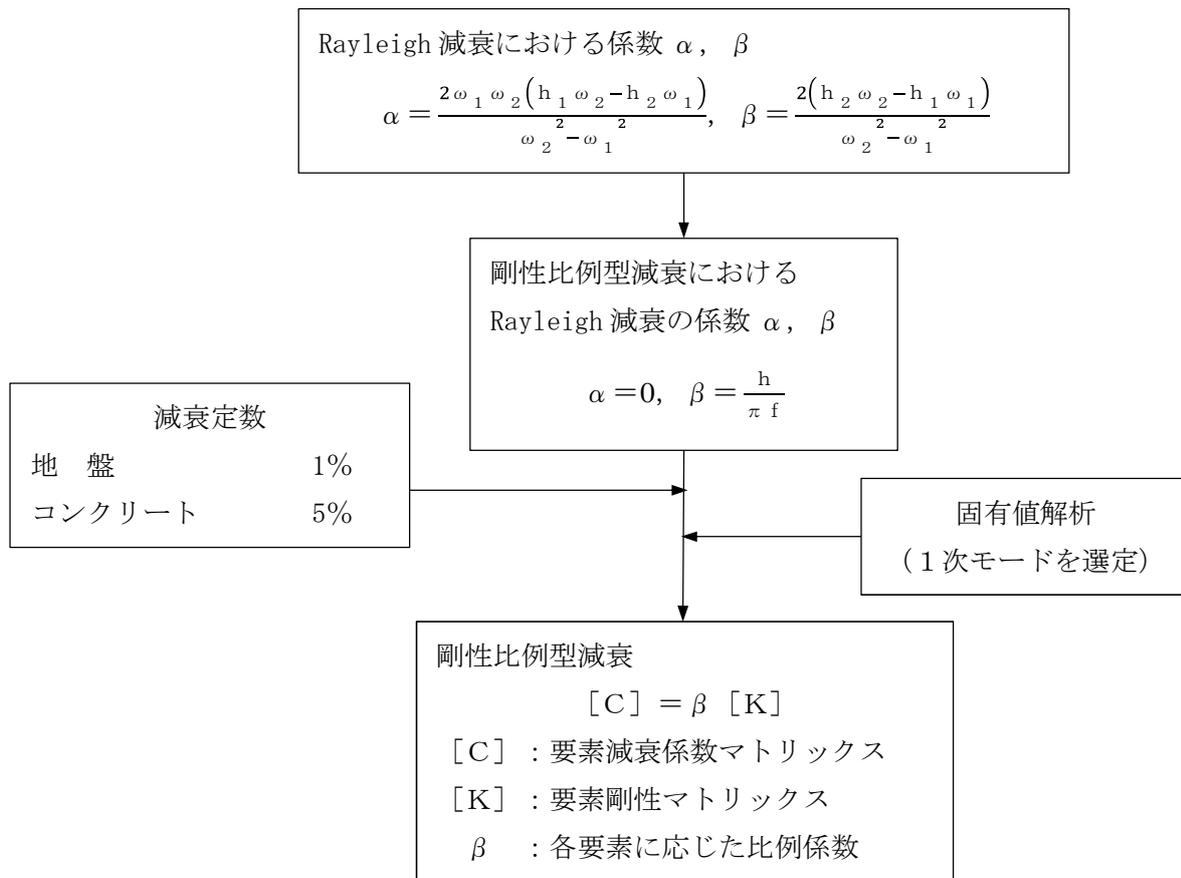


図 14.2-13 Rayleigh 減衰の設定フロー

表 14.2-7 固有値解析結果 (追而)

14.2.10 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、地震力と組合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。荷重の組合せを第14.2-9表に示す。

表 14.2-8 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	○	・対象構造物の体積に材料の密度を乗じて設定する。
		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ことから、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。 ・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。 ・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・鉛直同時に加振する。
		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/m²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/m²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/m²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/m³とする。

(4) 内水圧

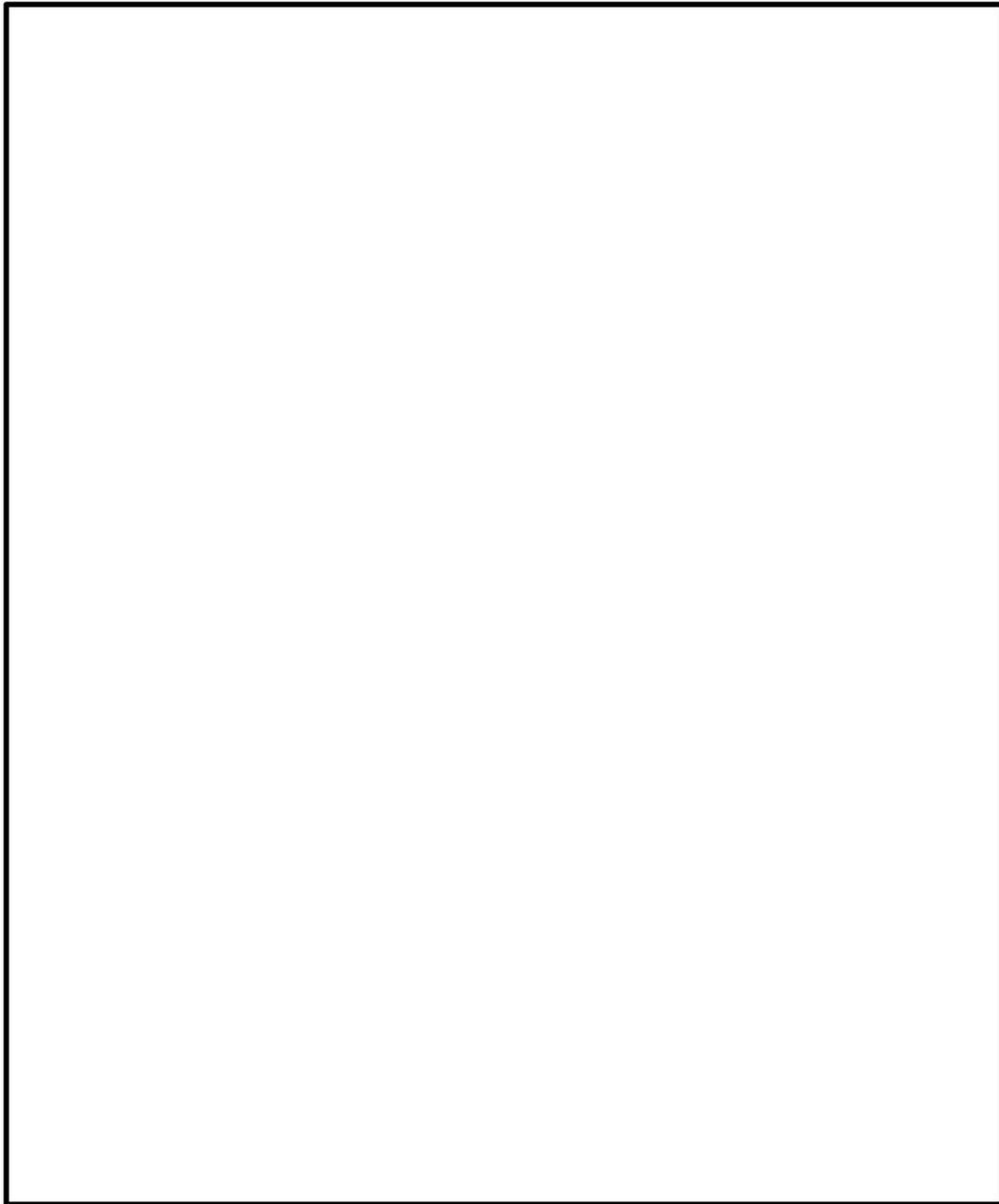
S A用海水ピット内の内水圧水頭は海面と同じ朔望平均満潮位 (T. P. +0.61 m) とする。海水の密度は1.03 g/m³とする。

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

モデル化する。

内水は、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。

図 14.2-14 に S A 用海水ピット内の内水圧の荷重モデルを示す。



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。
			○	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。
			○	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ならびに底盤上面に付加する。 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 14.2-14 SA用海水ピット内水圧の荷重モデル

14.2.11 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

S A用海水ピットの耐震設計における検討ケースを表 14.2-9 に示す。

表 14.2-9 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 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、構造物の安全率が最も小さい地震波で実施する。

(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. 2-10 に示す。

表 14. 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 -D1	(++)	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 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 _s -11	(++)		1	
	S _s -12	(++)		1	
	S _s -13	(++)		1	
	S _s -14	(++)		1	
	S _s -21	(++)		1	
	S _s -22	(++)		1	
	S _s -31	(++)		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、付録 39「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。

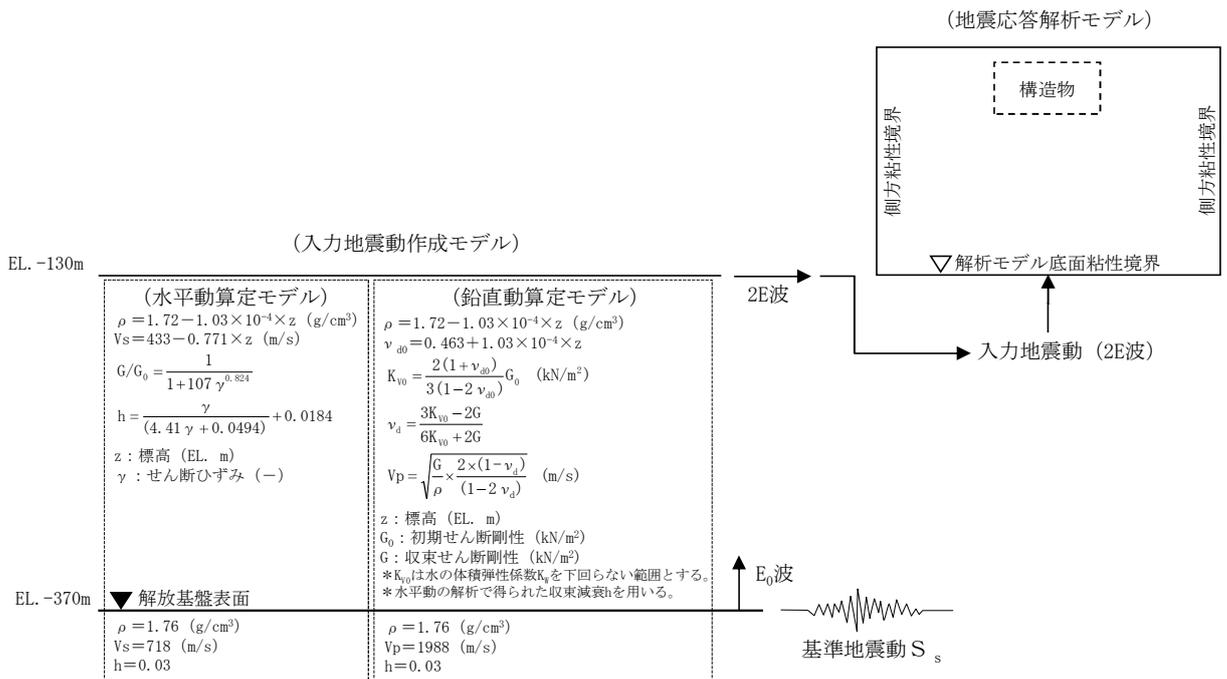
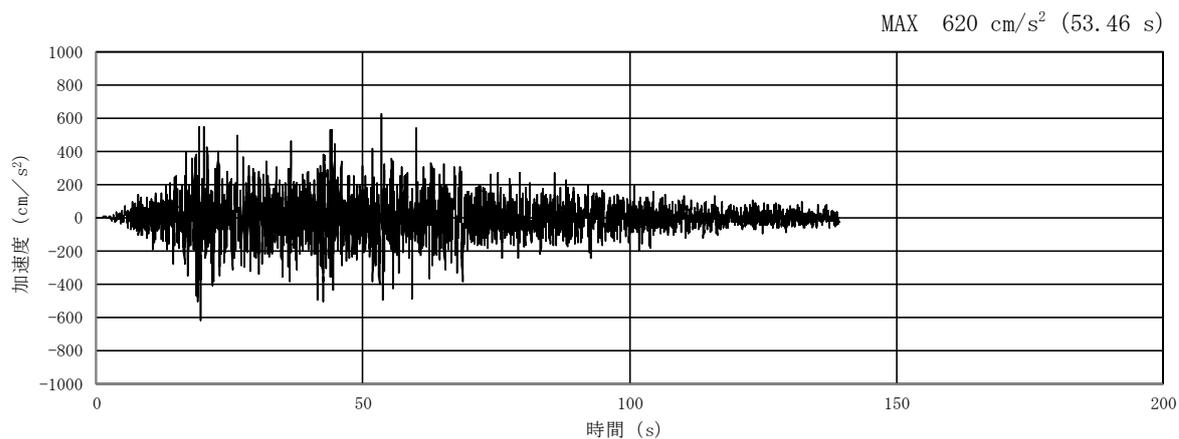
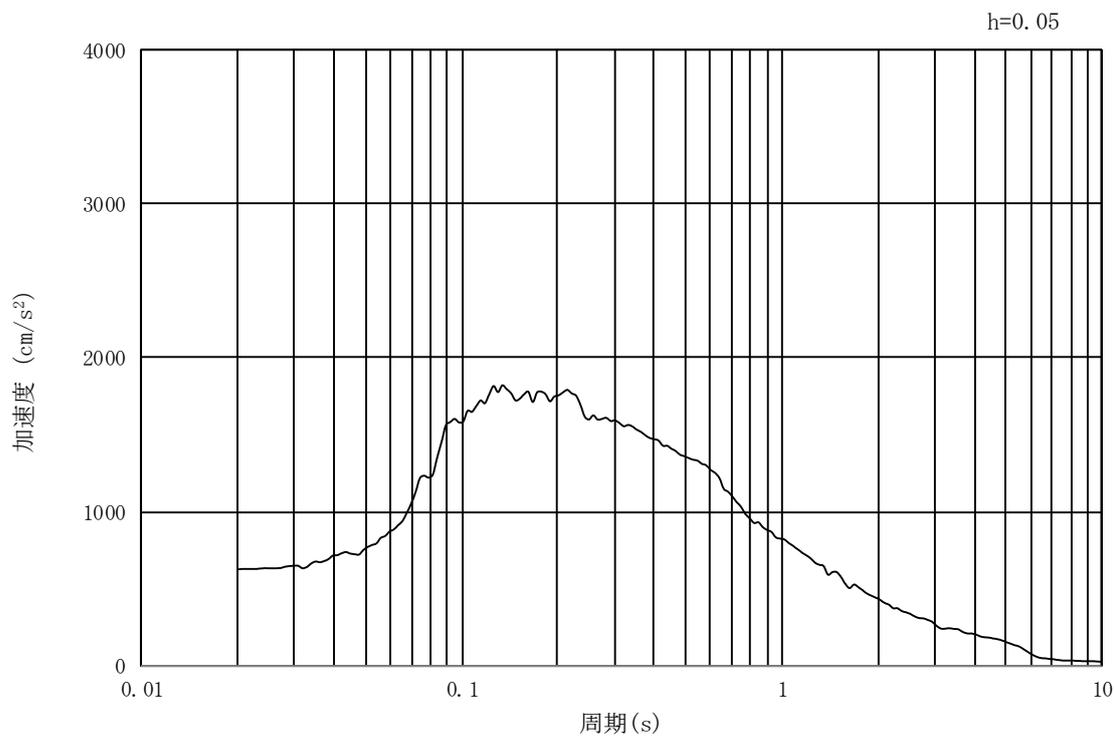


図 14.3-1 入力地震動策定の概念図

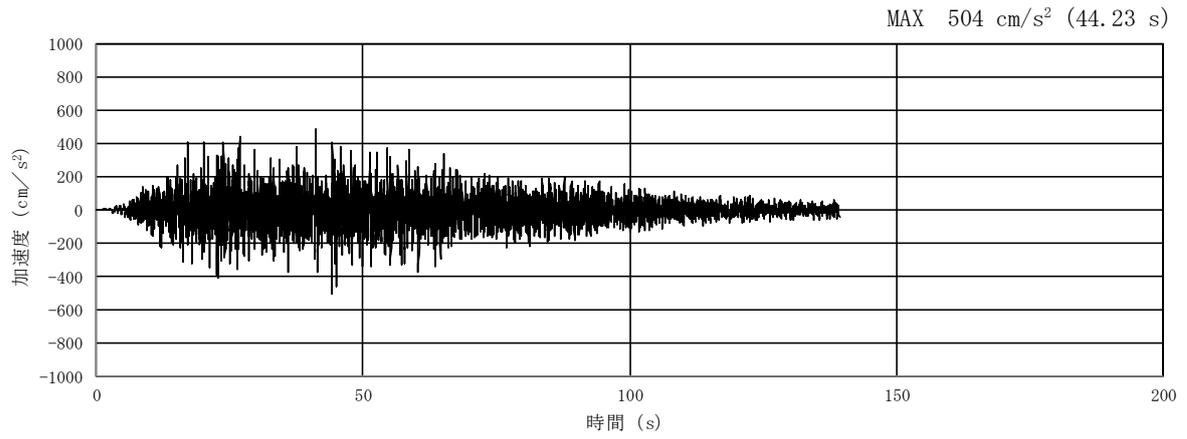


(a) 加速度時刻歴波形

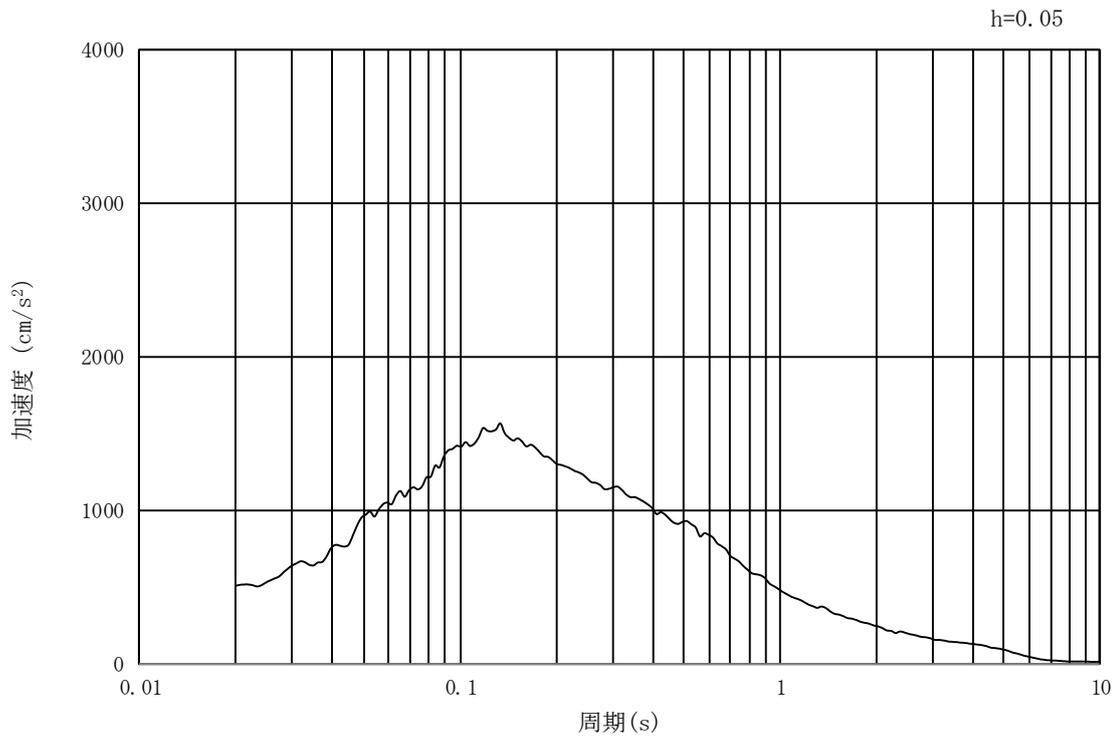


(b) 加速度応答スペクトル

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
(引込み管軸・管軸直角方向断面, 水平成分: S_s-D1)

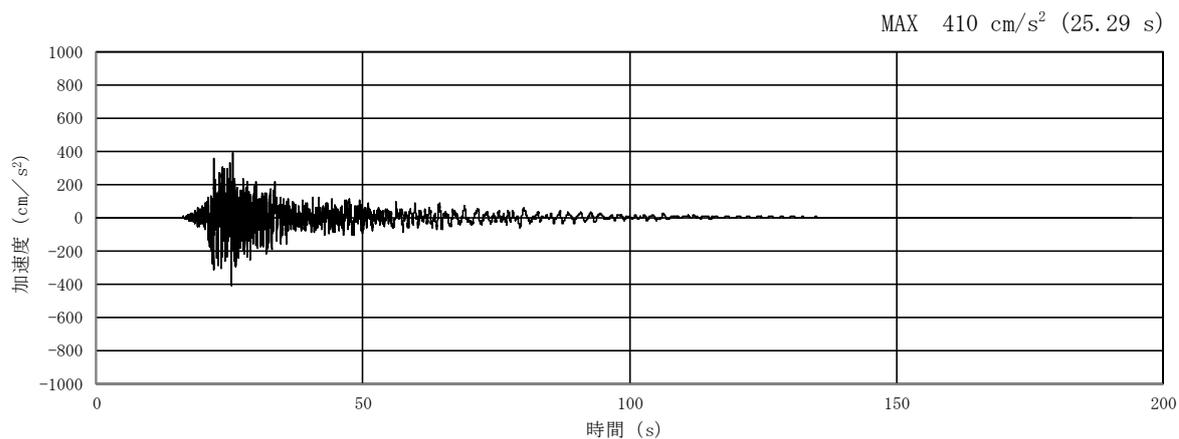


(a) 加速度時刻歴波形

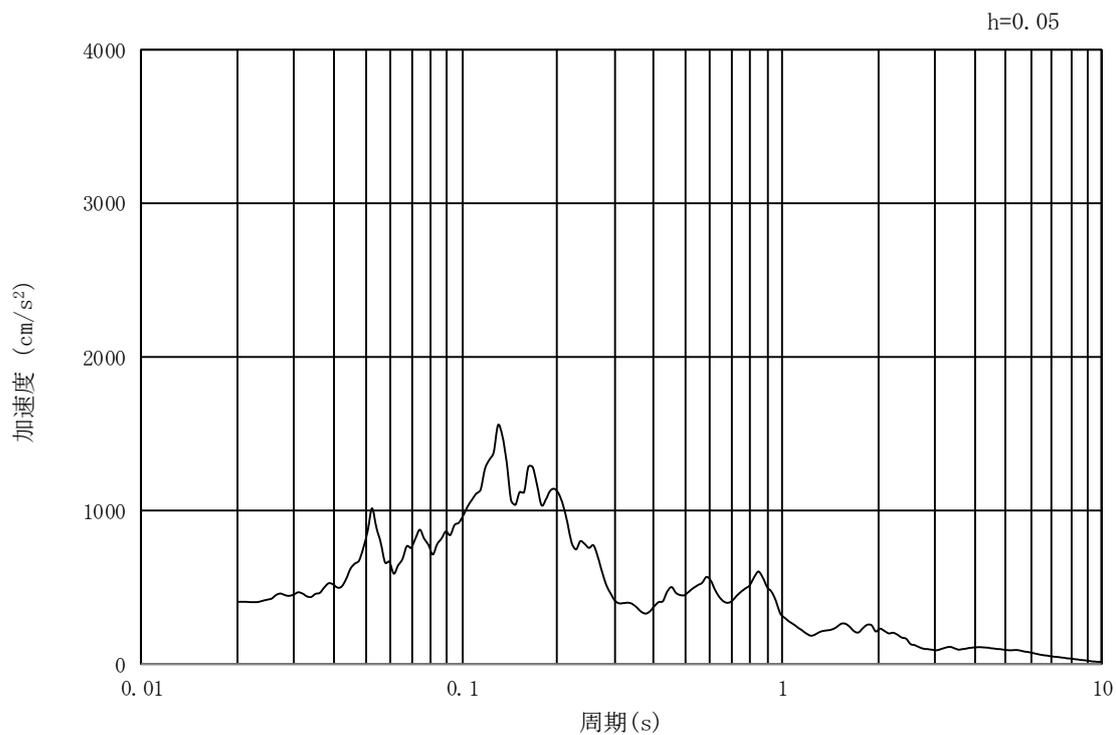


(b) 加速度応答スペクトル

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
(引込み管軸・管軸直交方向断面，鉛直成分：S_s-D1)

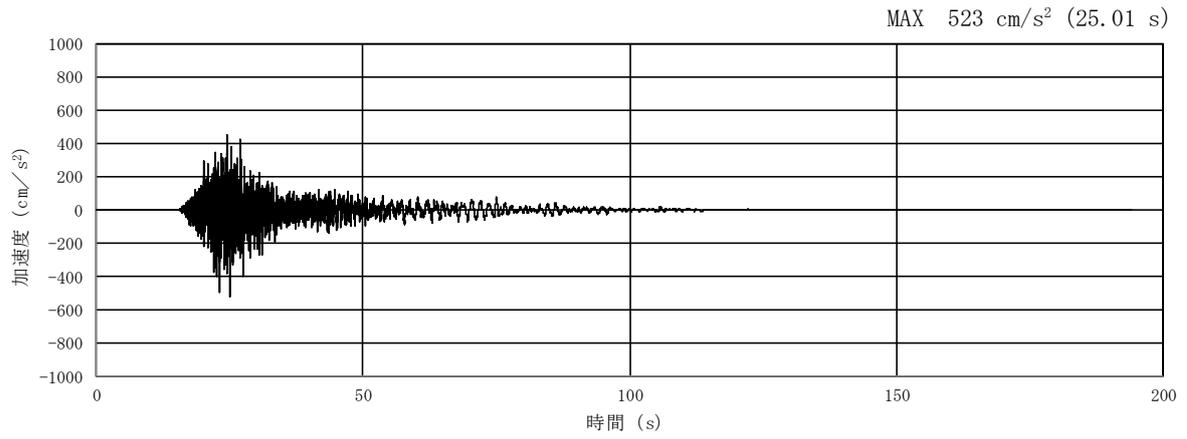


(a) 加速度時刻歴波形

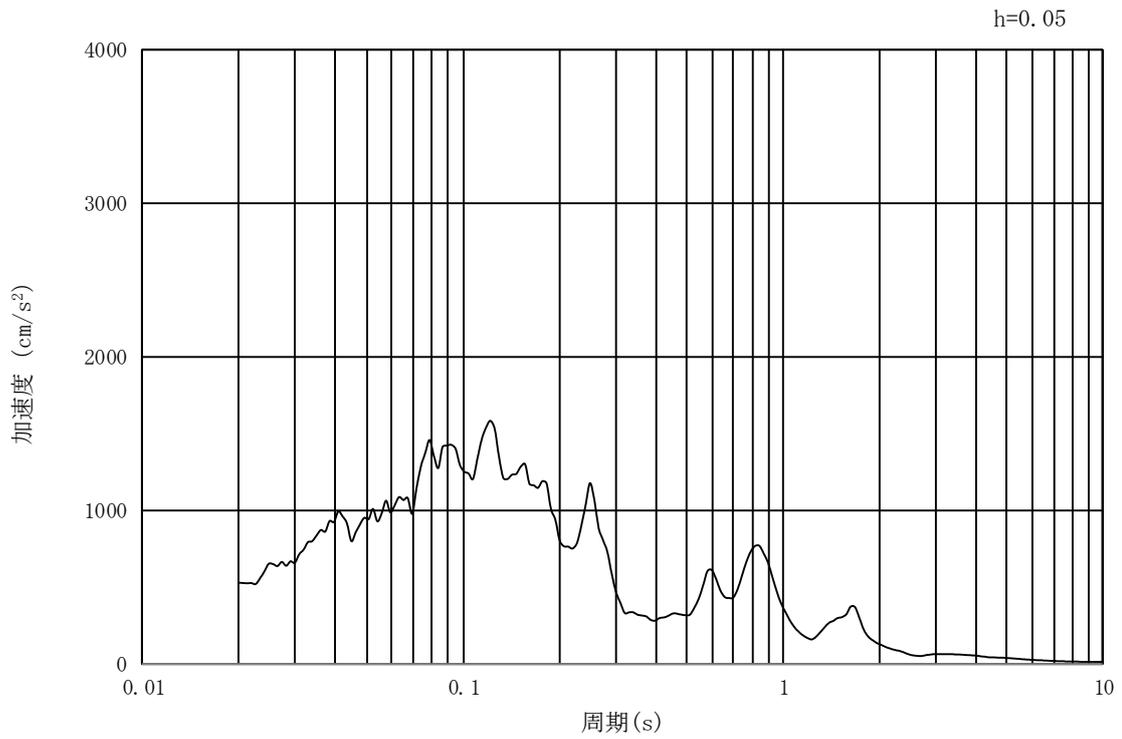


(b) 加速度応答スペクトル

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
(引込み管軸方向断面, 水平成分: $S_s - 11$)

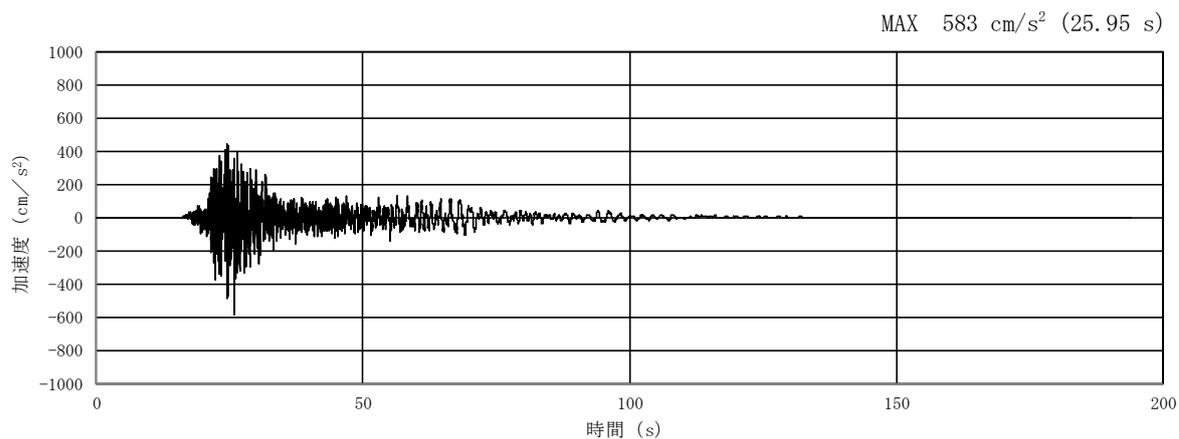


(a) 加速度時刻歴波形

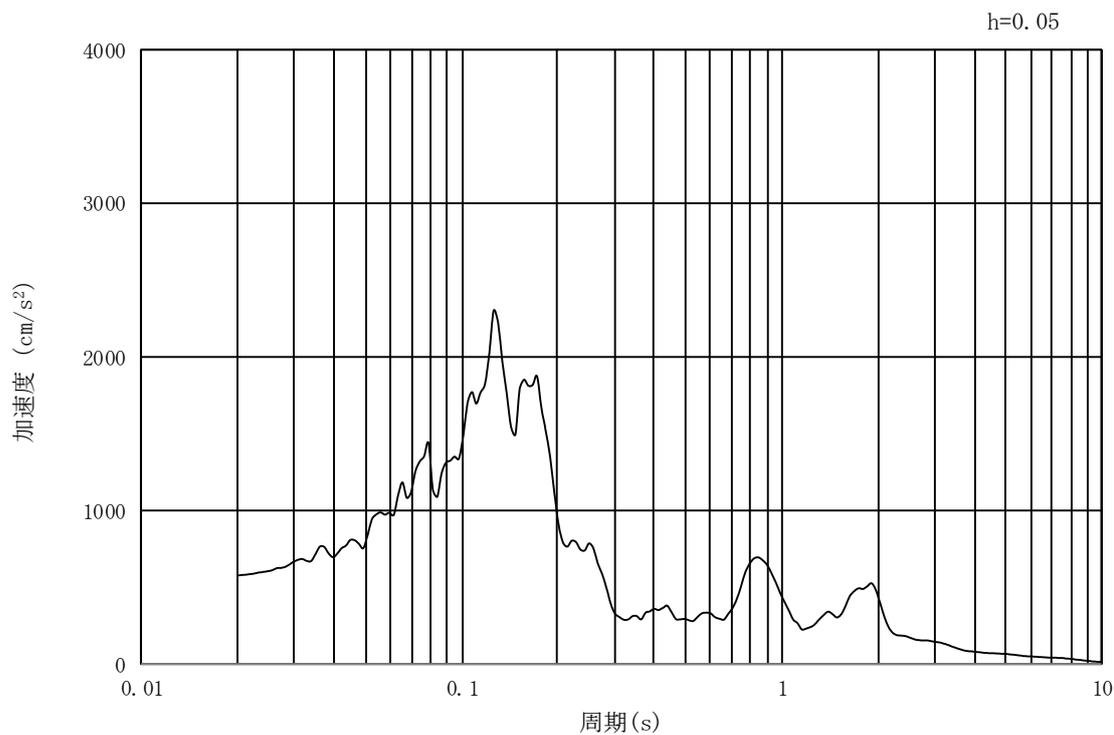


(b) 加速度応答スペクトル

図 14.3-5 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
(引込み管軸方向断面, 鉛直成分: $S_s - 11$)

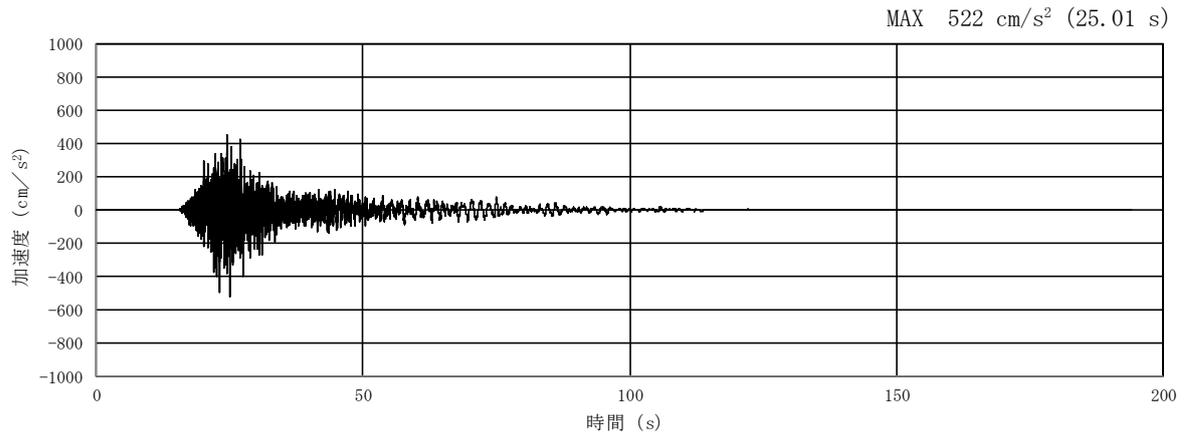


(a) 加速度時刻歴波形

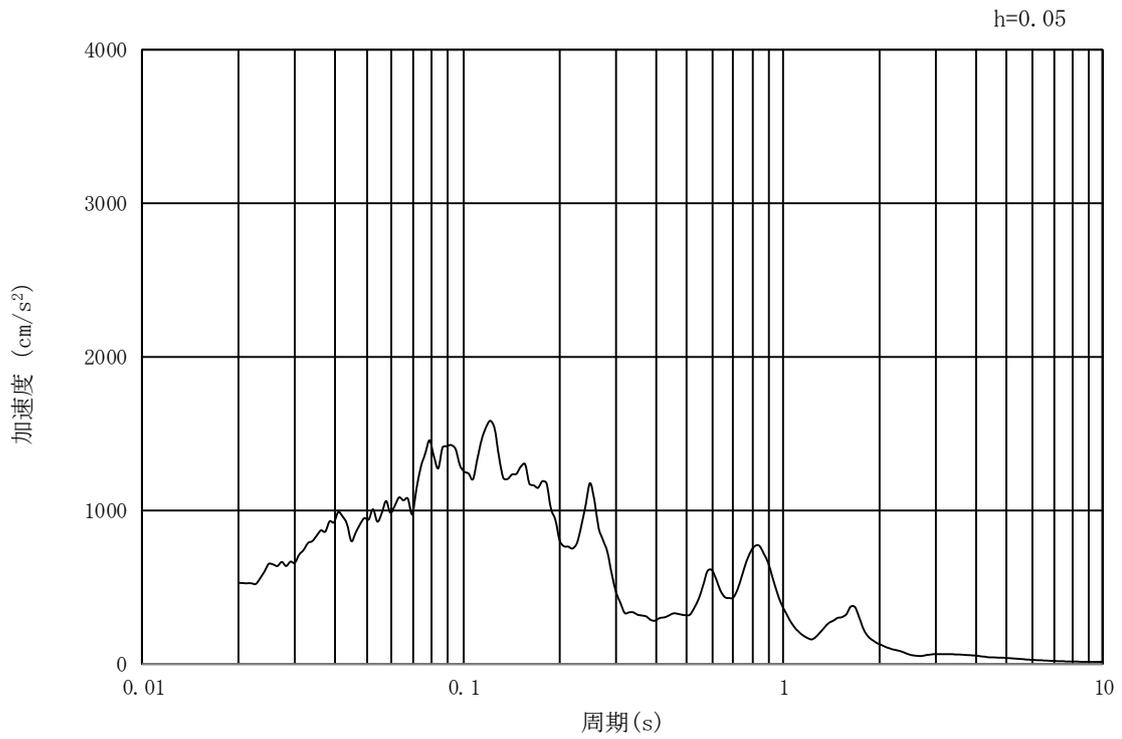


(b) 加速度応答スペクトル

図 14.3-6 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
(引込み管軸直交方向断面, 水平成分: $S_s - 11$)

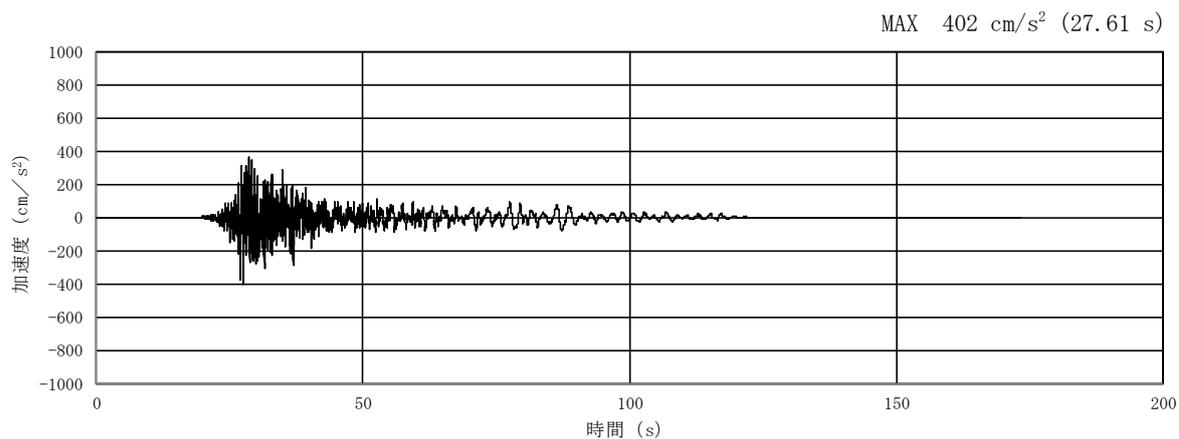


(a) 加速度時刻歴波形

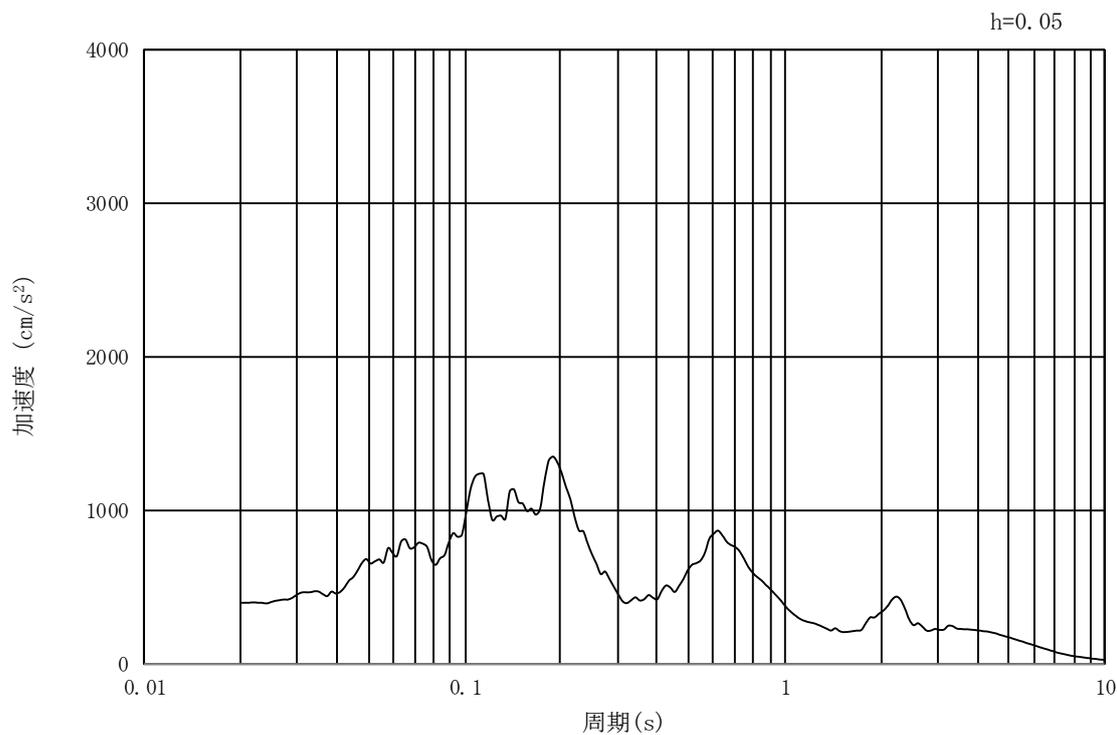


(b) 加速度応答スペクトル

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
(引込み管軸直交方向断面, 鉛直成分: $S_s - 11$)

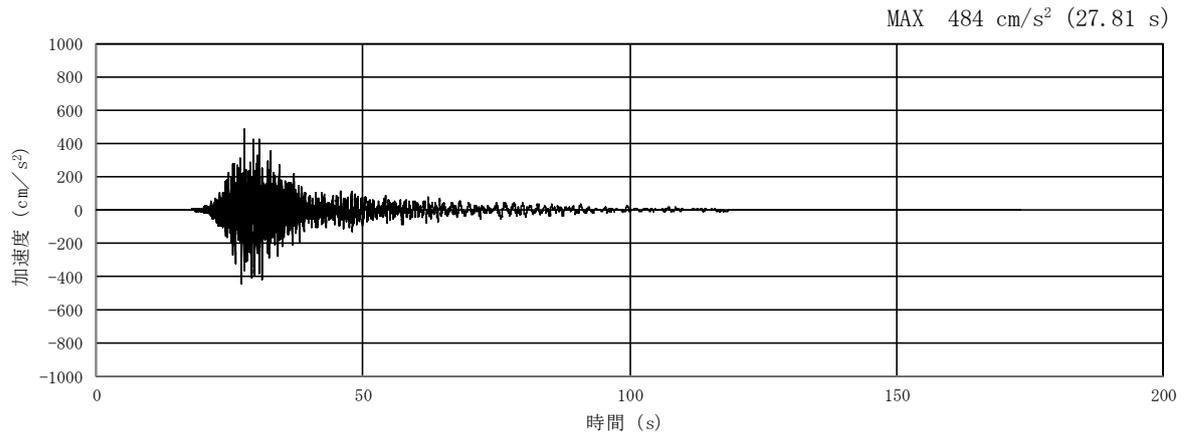


(a) 加速度時刻歴波形

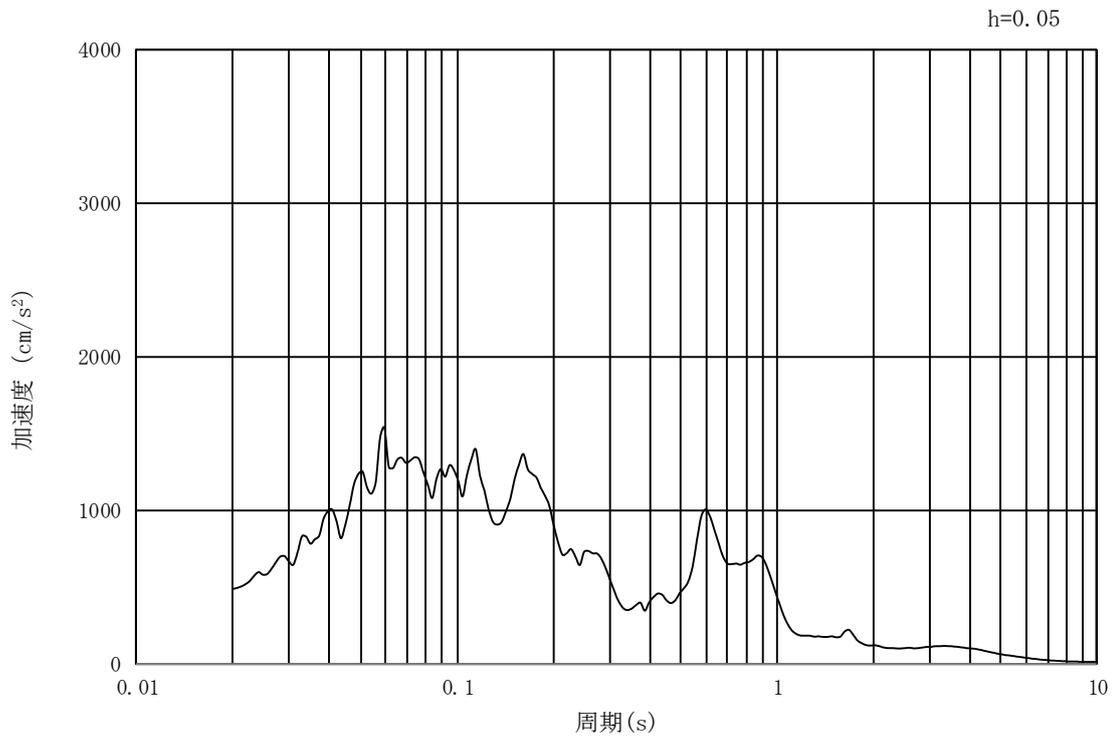


(b) 加速度応答スペクトル

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
(引込み管軸方向断面, 水平成分: S_s-1 2)

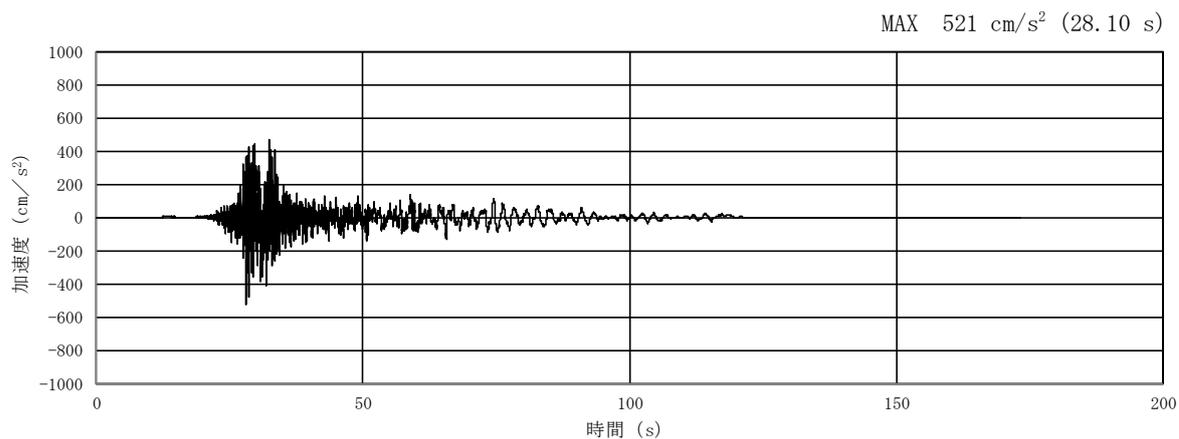


(a) 加速度時刻歴波形

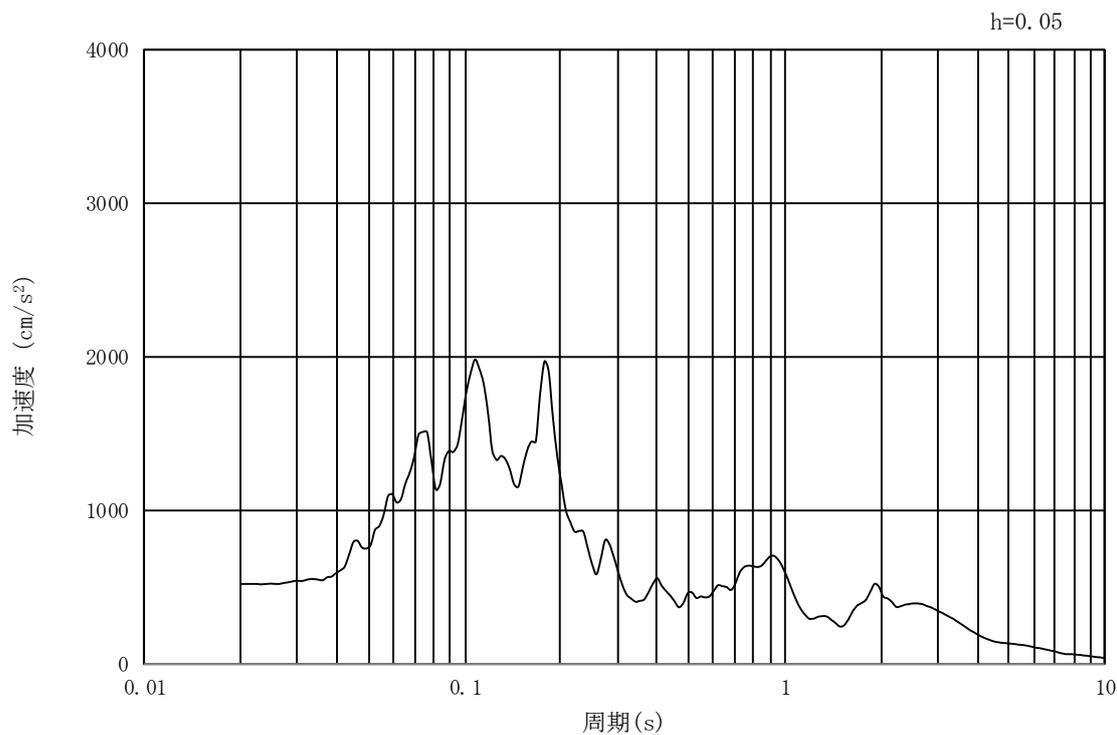


(b) 加速度応答スペクトル

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
(引込み管軸方向断面, 鉛直成分: S_s-1 2)

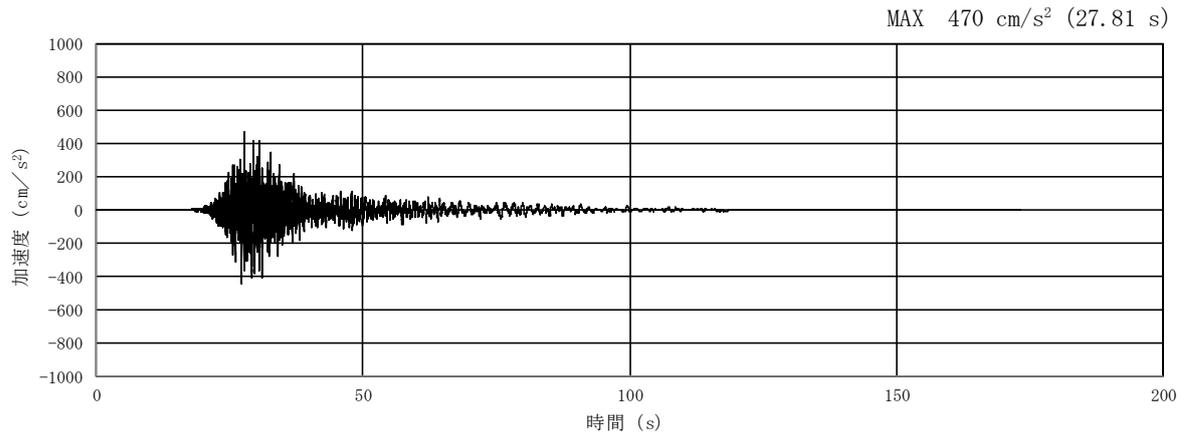


(a) 加速度時刻歴波形

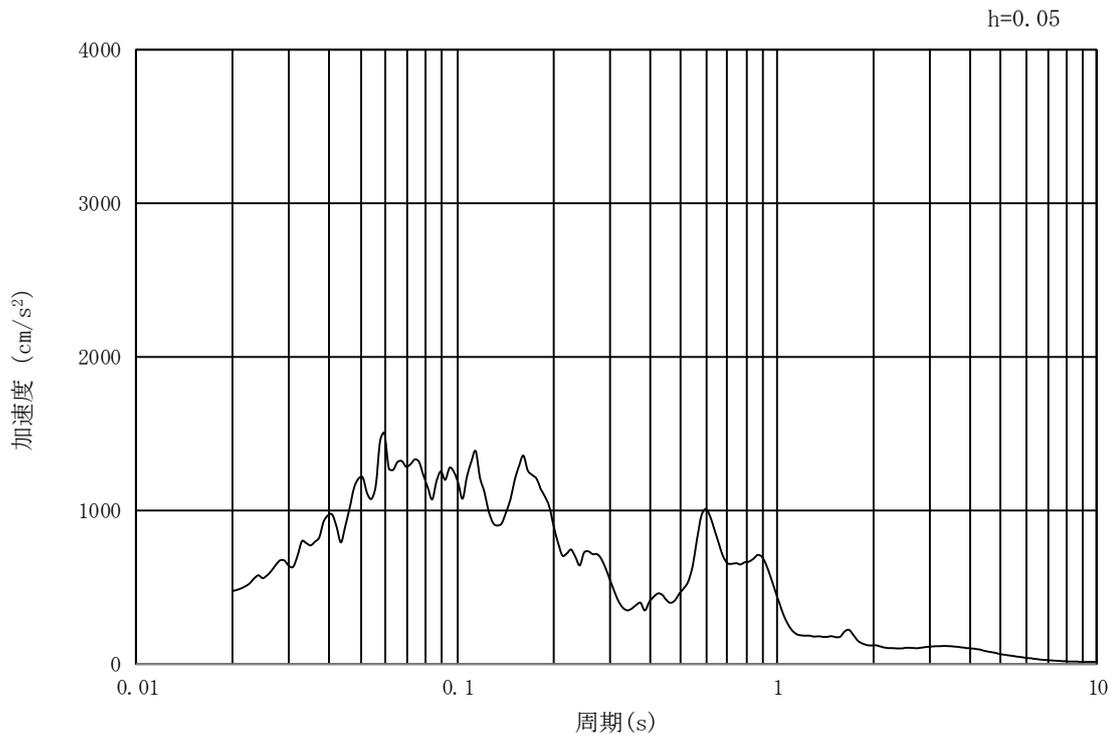


(b) 加速度応答スペクトル

図 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
(引込み管軸直交方向断面, 水平成分: $S_s - 12$)

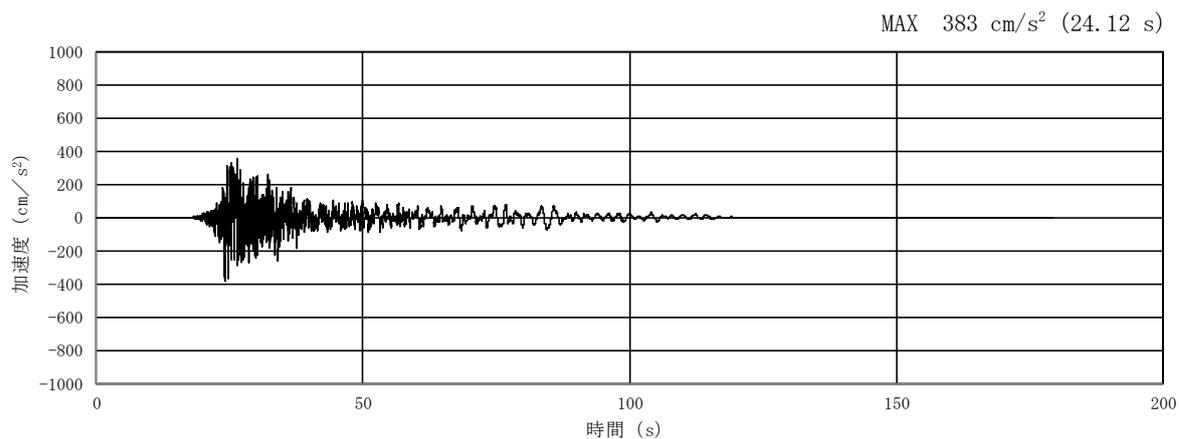


(a) 加速度時刻歴波形

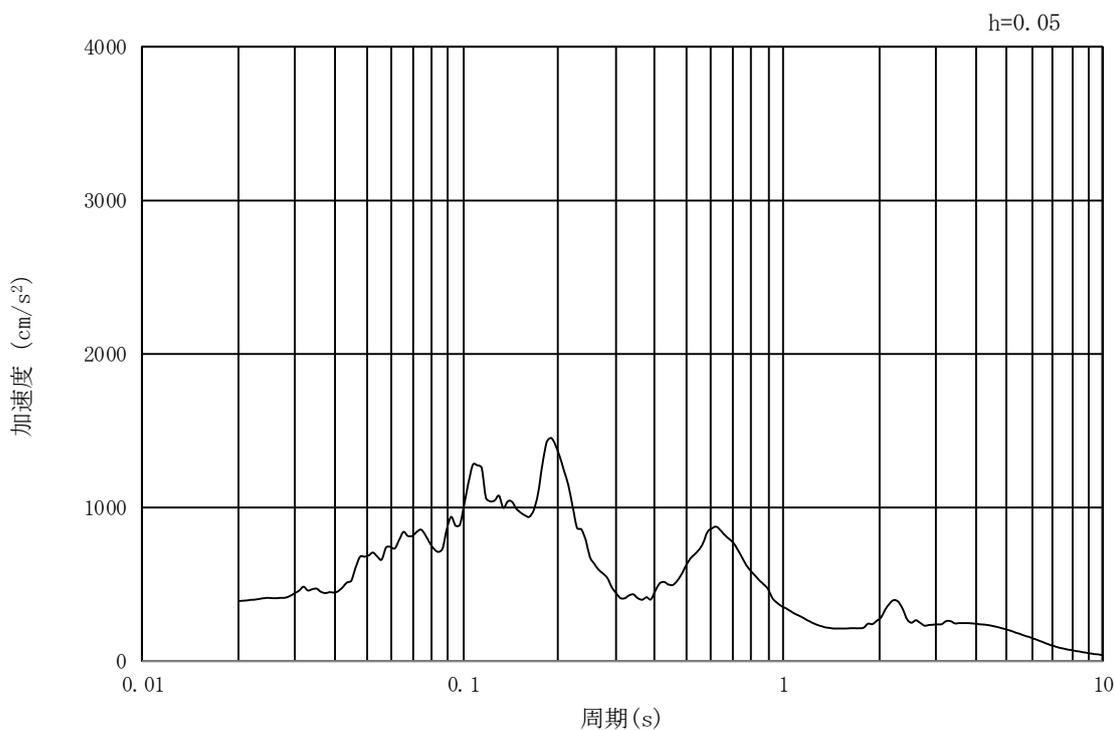


(b) 加速度応答スペクトル

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
(引込み管軸直交方向断面, 鉛直成分: $S_s - 12$)

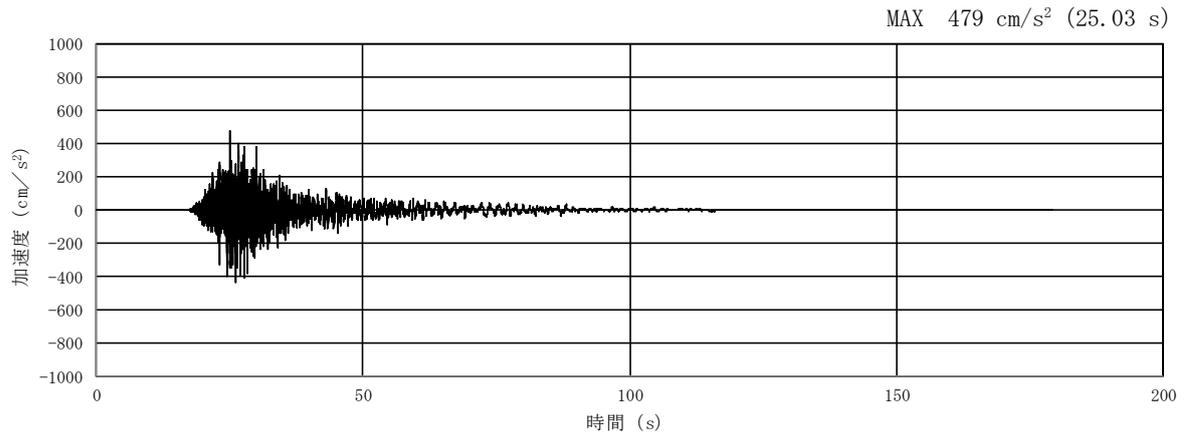


(a) 加速度時刻歴波形

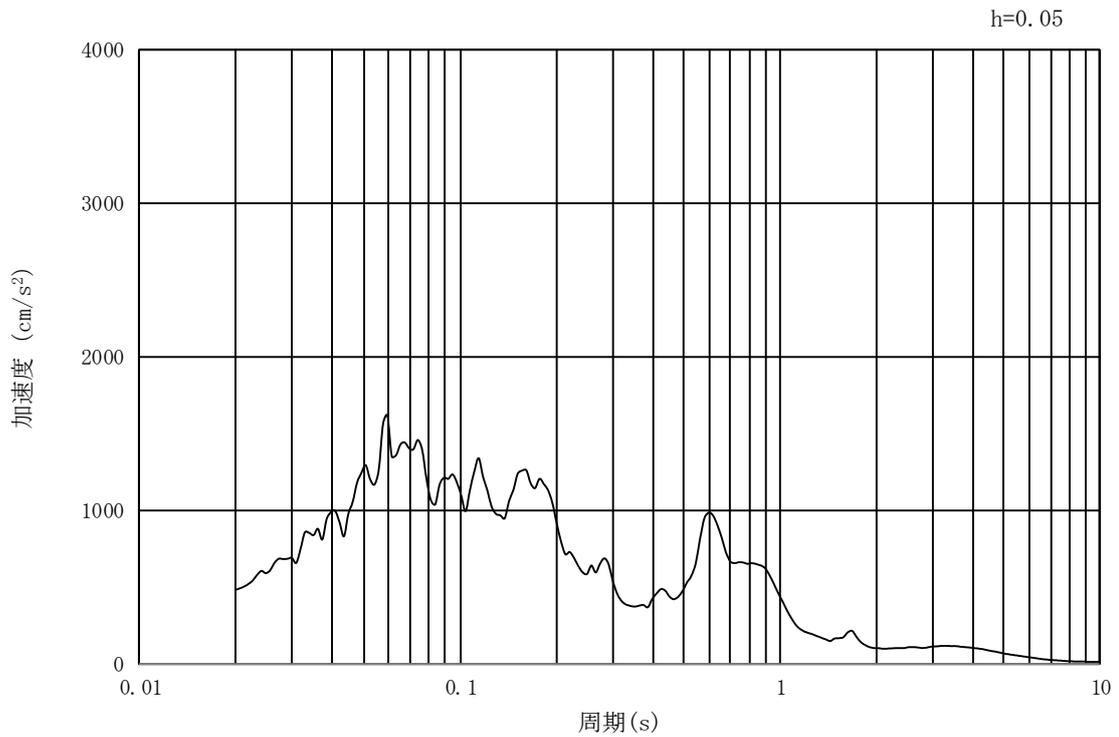


(b) 加速度応答スペクトル

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
(引込み管軸方向断面, 水平成分: $S_s - 1.3$)

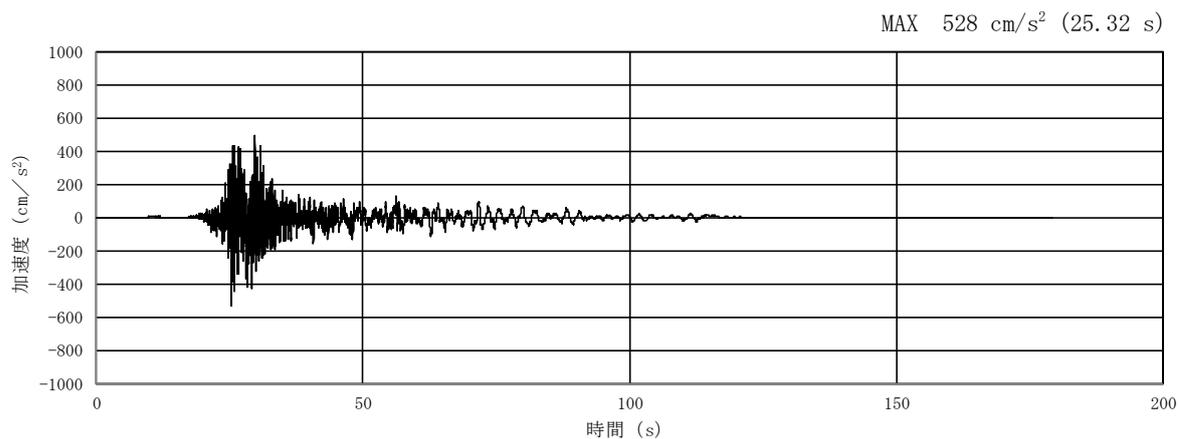


(a) 加速度時刻歴波形

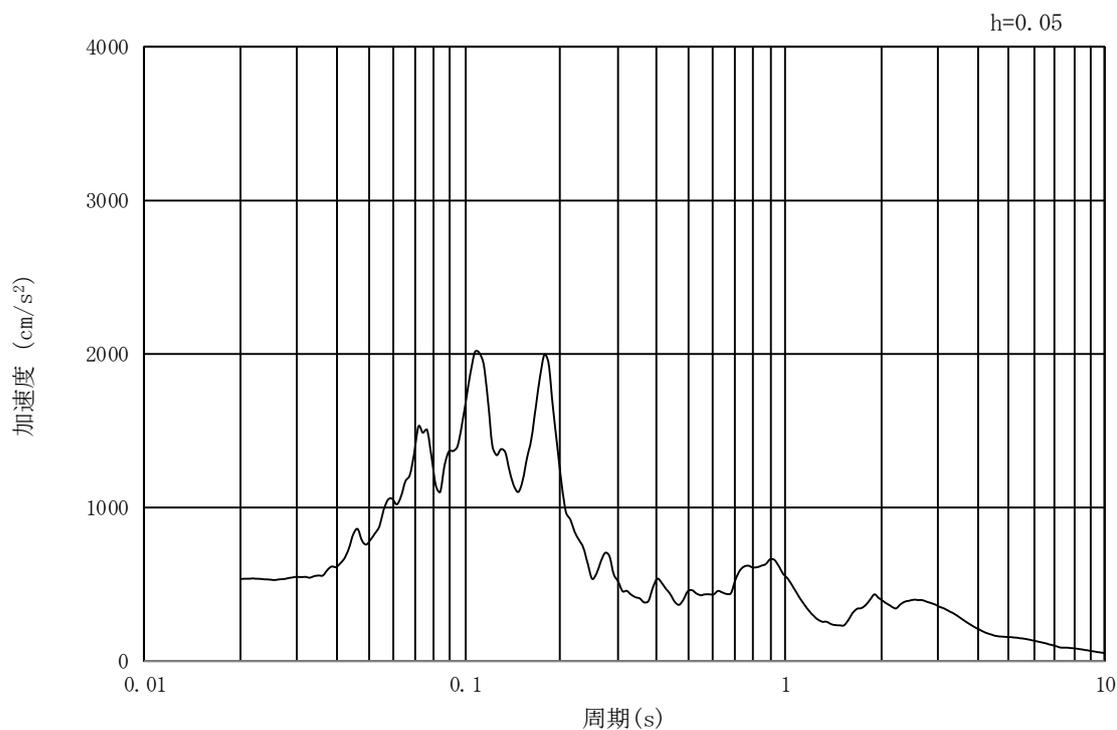


(b) 加速度応答スペクトル

図 14.3-13 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
(引込み管軸方向断面, 鉛直成分: S_s-1 3)

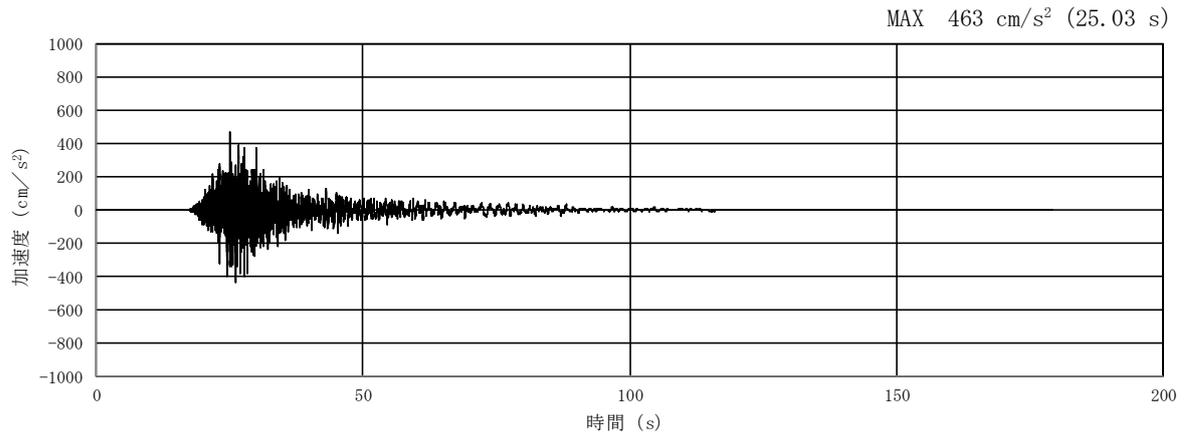


(a) 加速度時刻歴波形

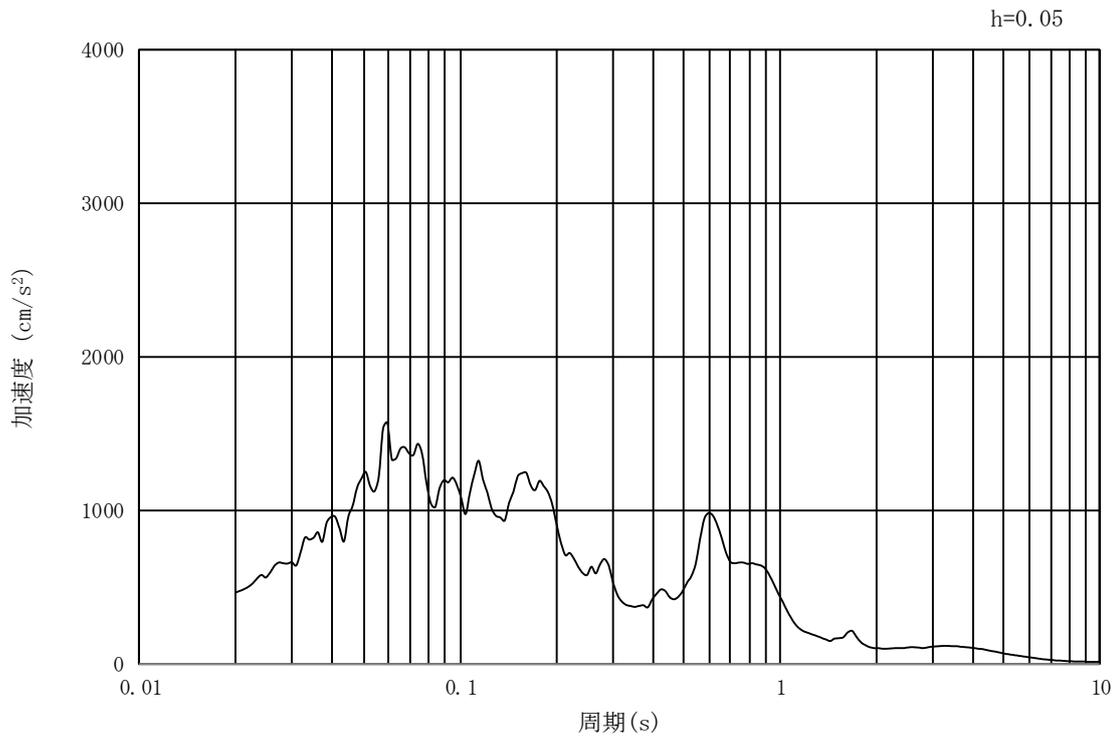


(b) 加速度応答スペクトル

図 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
(引込み管軸直交方向断面, 水平成分: $S_s - 13$)

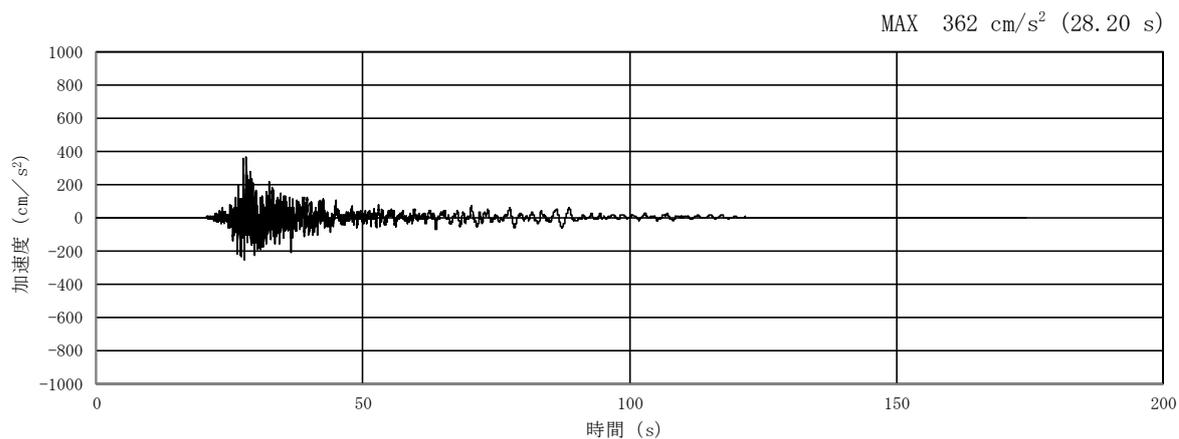


(a) 加速度時刻歴波形

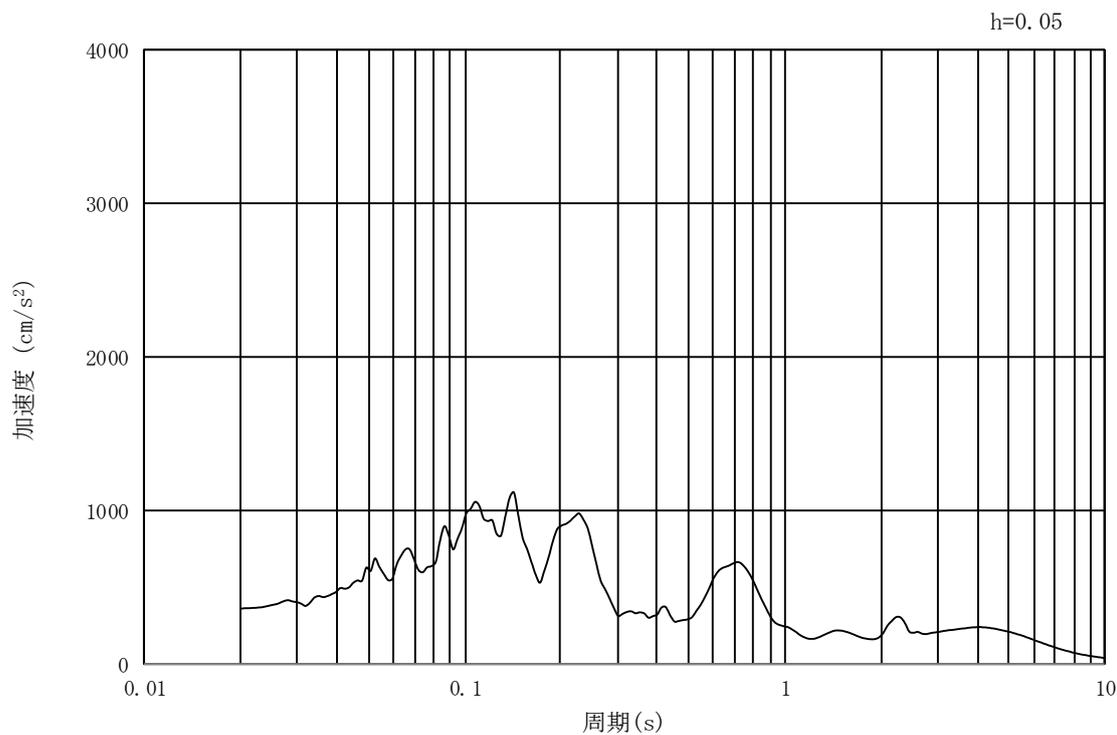


(b) 加速度応答スペクトル

図 14.3-15 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
(引込み管軸直交方向断面, 鉛直成分: $S_s - 13$)

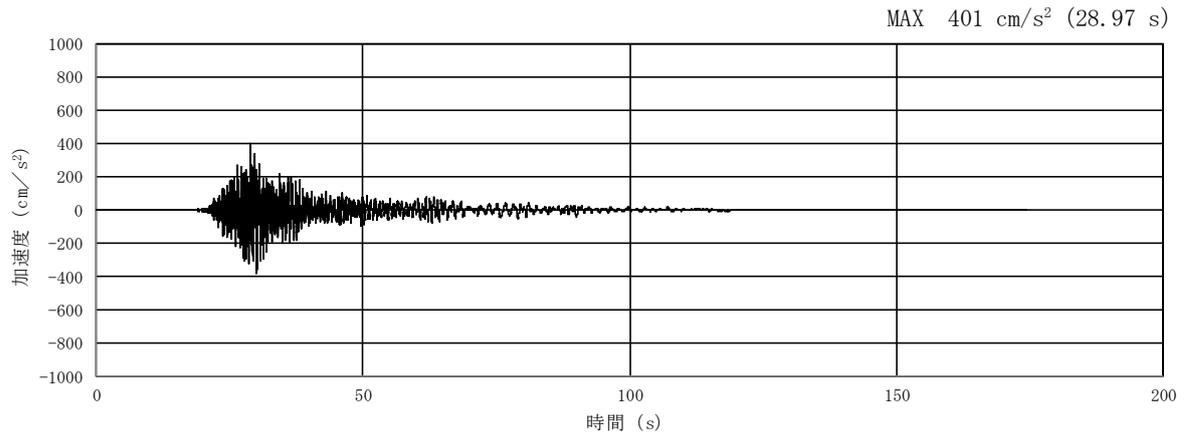


(a) 加速度時刻歴波形

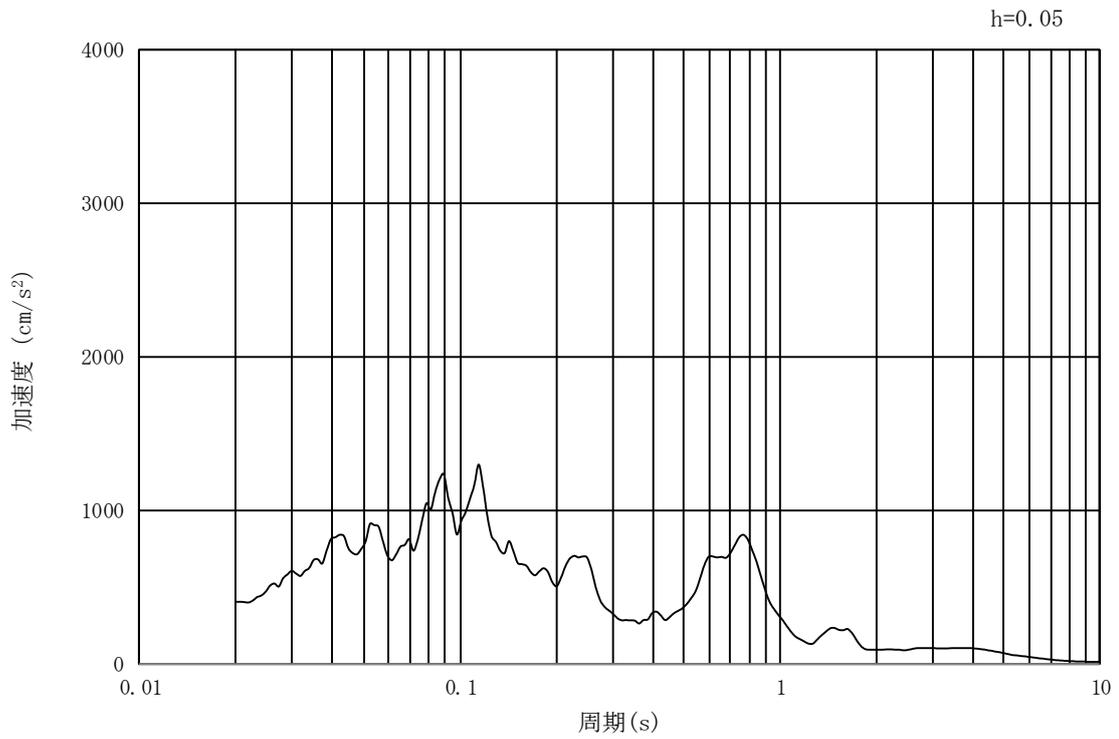


(b) 加速度応答スペクトル

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
(引込み管軸方向断面, 水平成分: S_s-14)

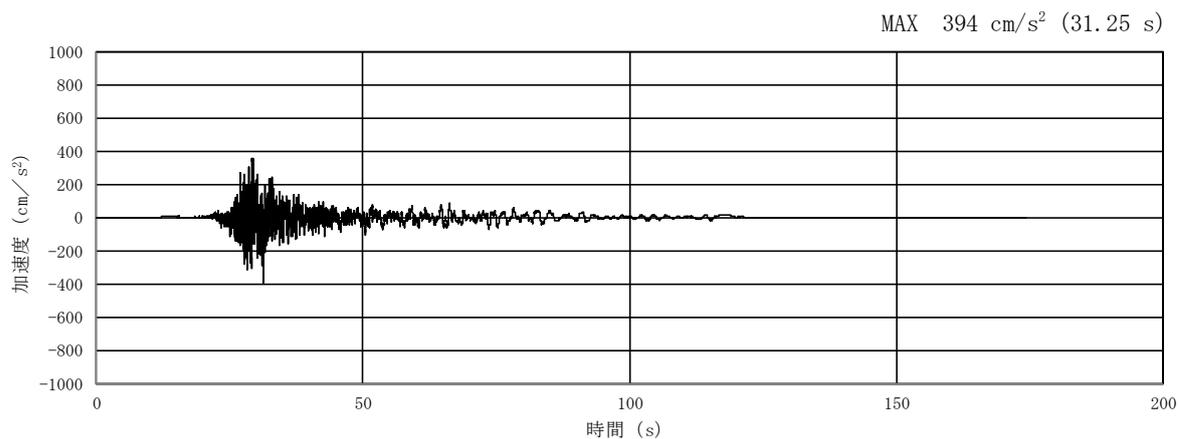


(a) 加速度時刻歴波形

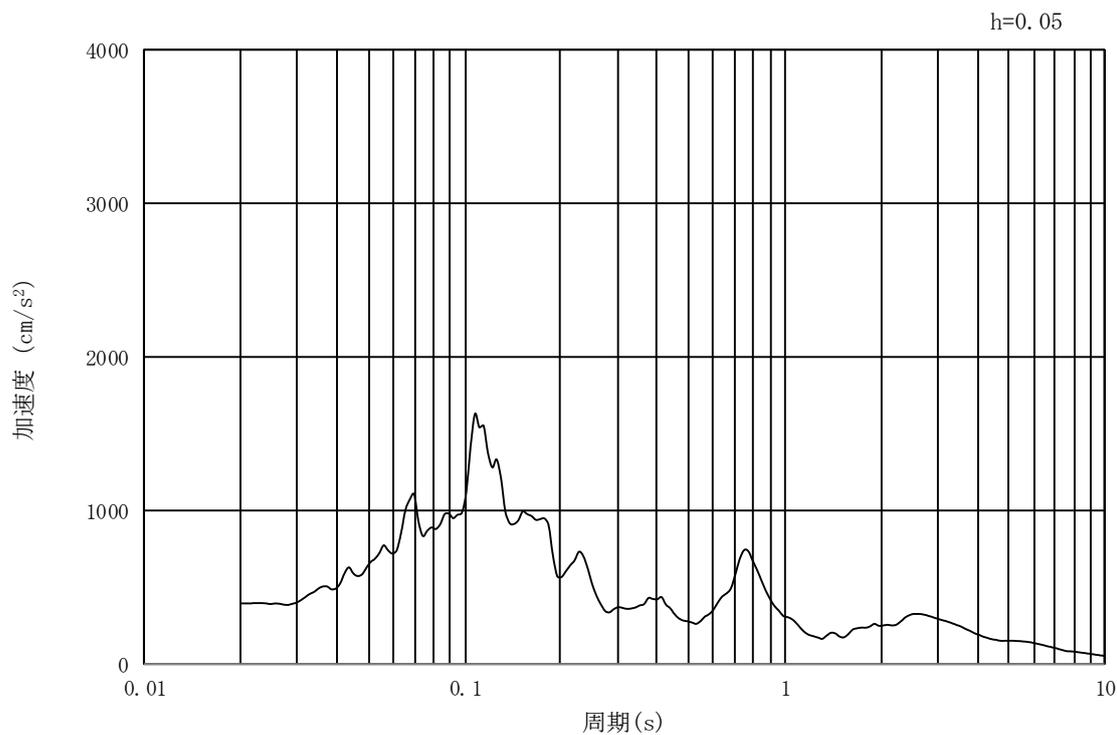


(b) 加速度応答スペクトル

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
(引込み管軸方向断面, 鉛直成分: S_s-1.4)

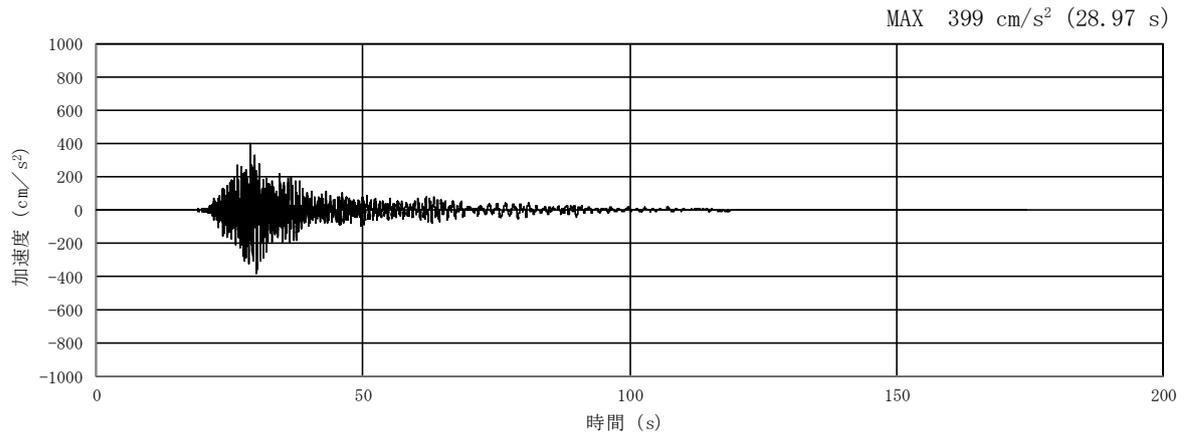


(a) 加速度時刻歴波形

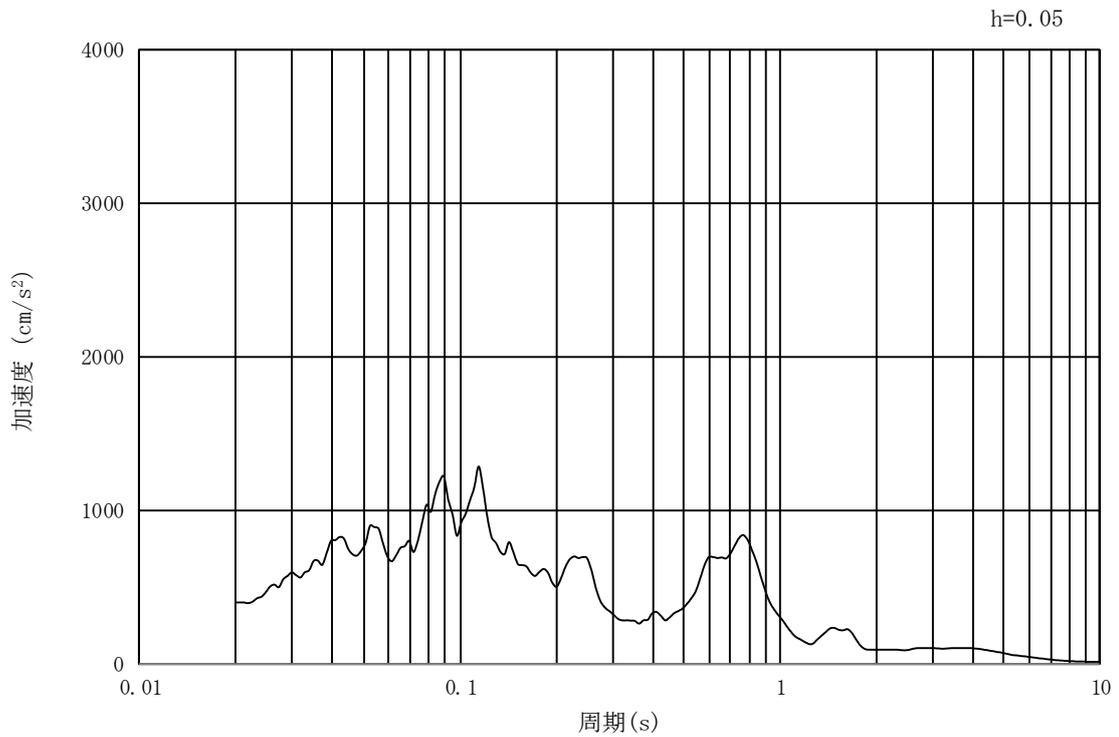


(b) 加速度応答スペクトル

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
(引込み管軸直交方向断面, 水平成分: $S_s - 1.4$)

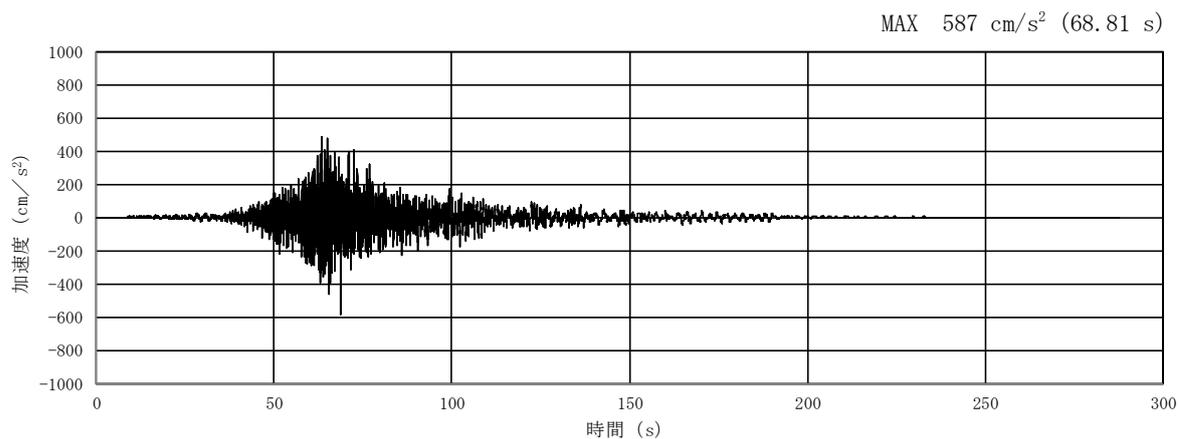


(a) 加速度時刻歴波形

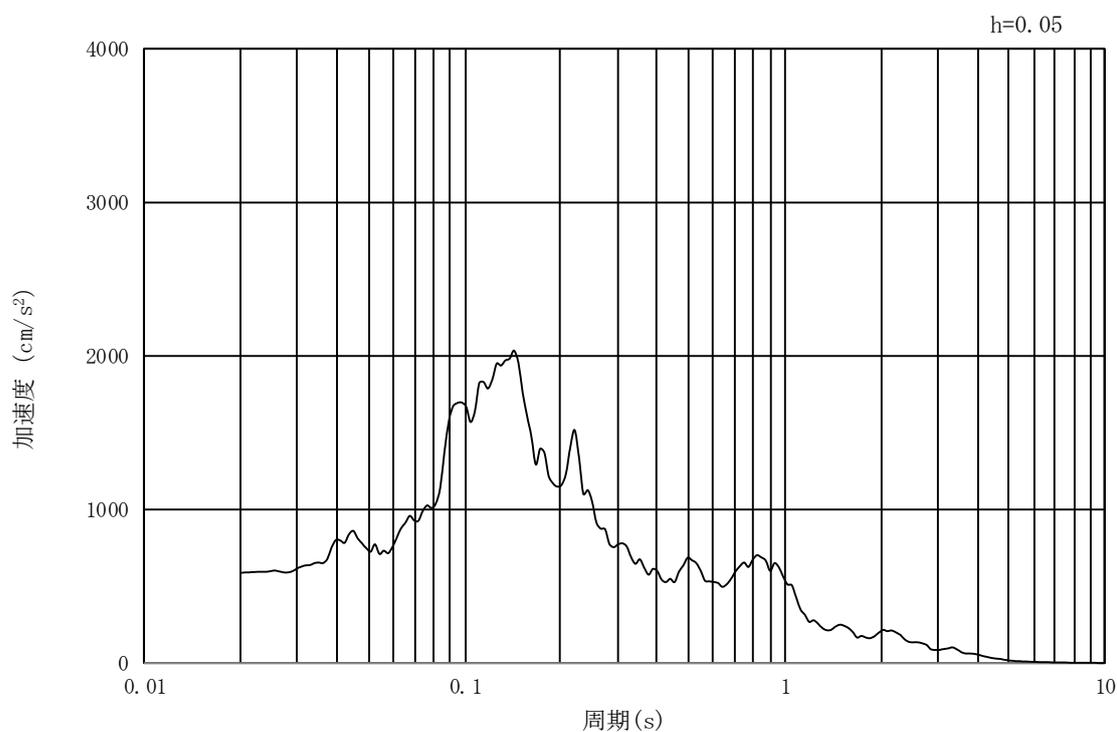


(b) 加速度応答スペクトル

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
(引込み管軸直交方向断面, 鉛直成分: $S_s - 1.4$)

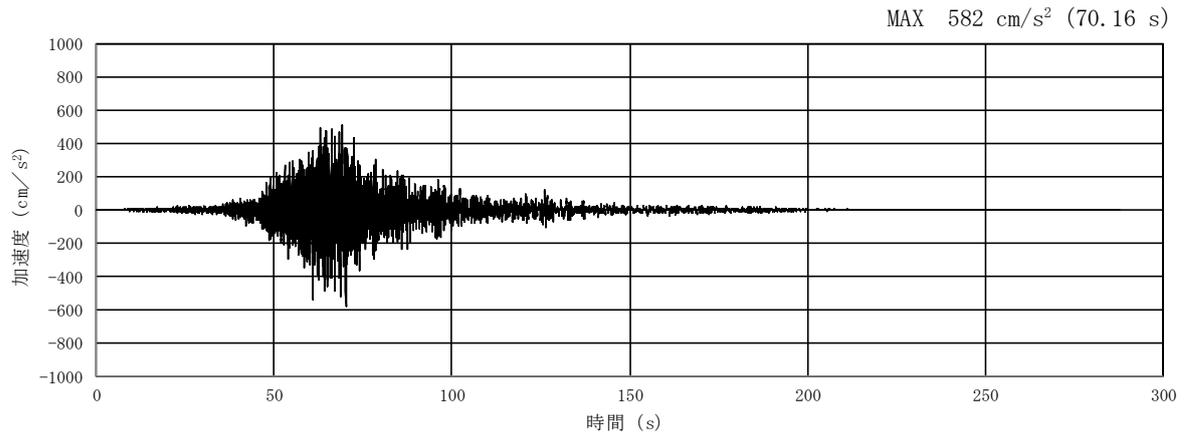


(a) 加速度時刻歴波形

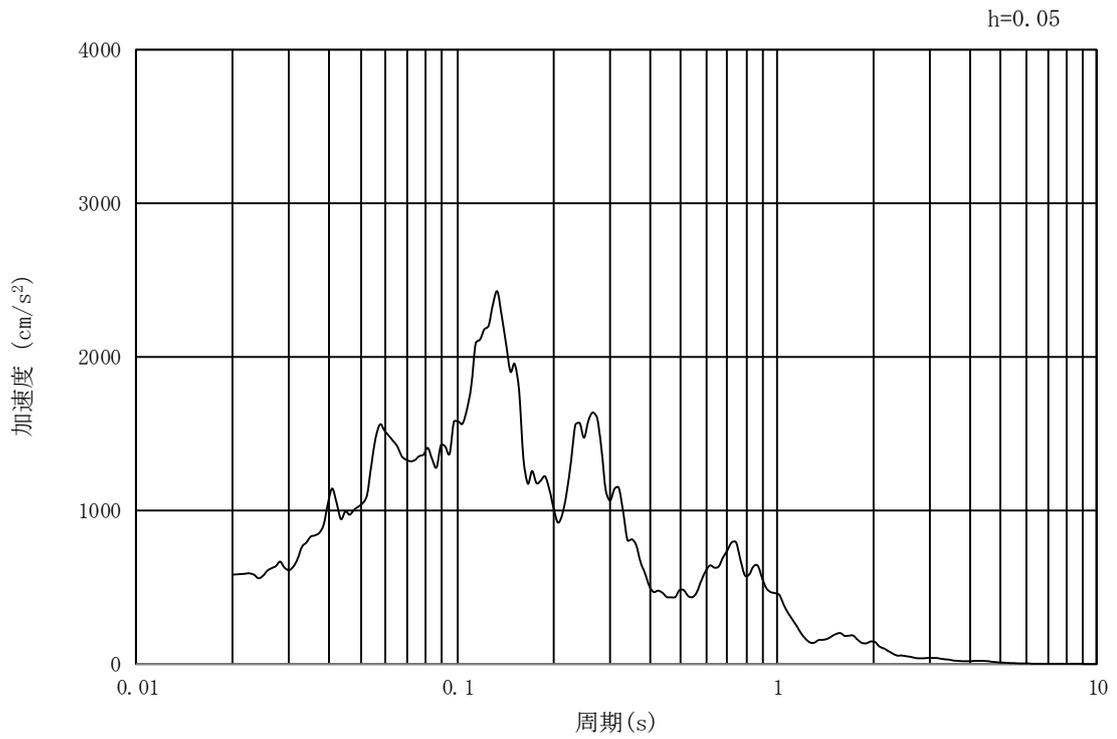


(b) 加速度応答スペクトル

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
(引込み管軸方向断面, 水平成分: $S_s - 2.1$)

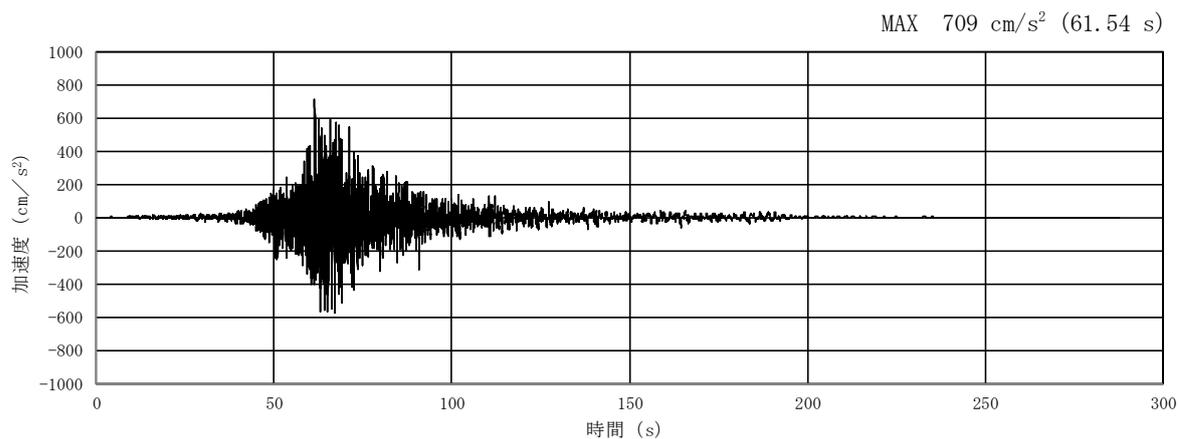


(a) 加速度時刻歴波形

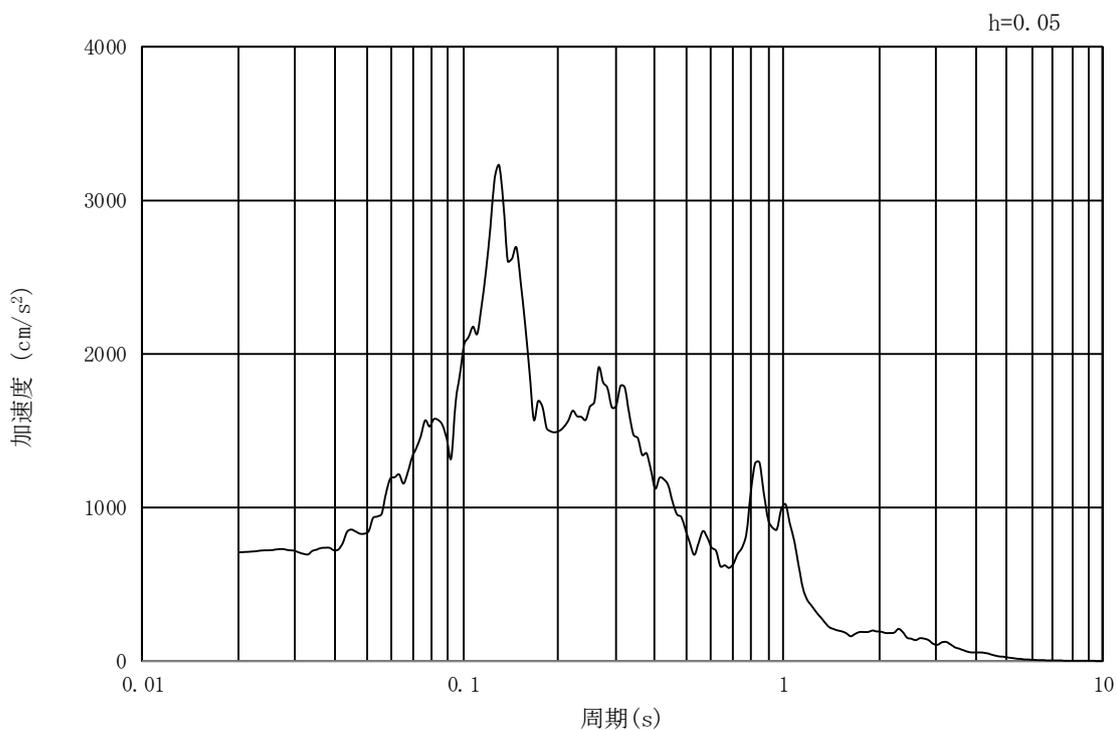


(b) 加速度応答スペクトル

図 14.3-21 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
(引込み管軸方向断面, 鉛直成分: S_s-2 1)

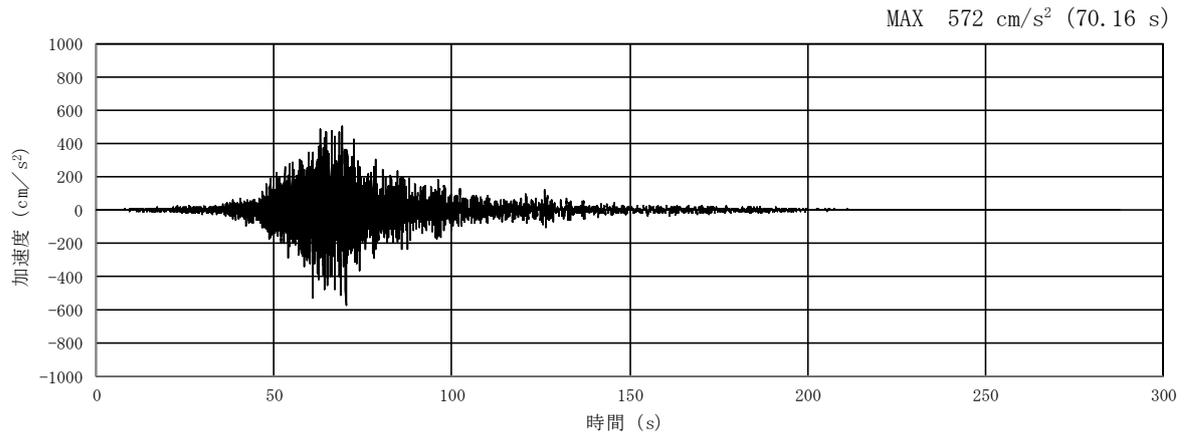


(a) 加速度時刻歴波形

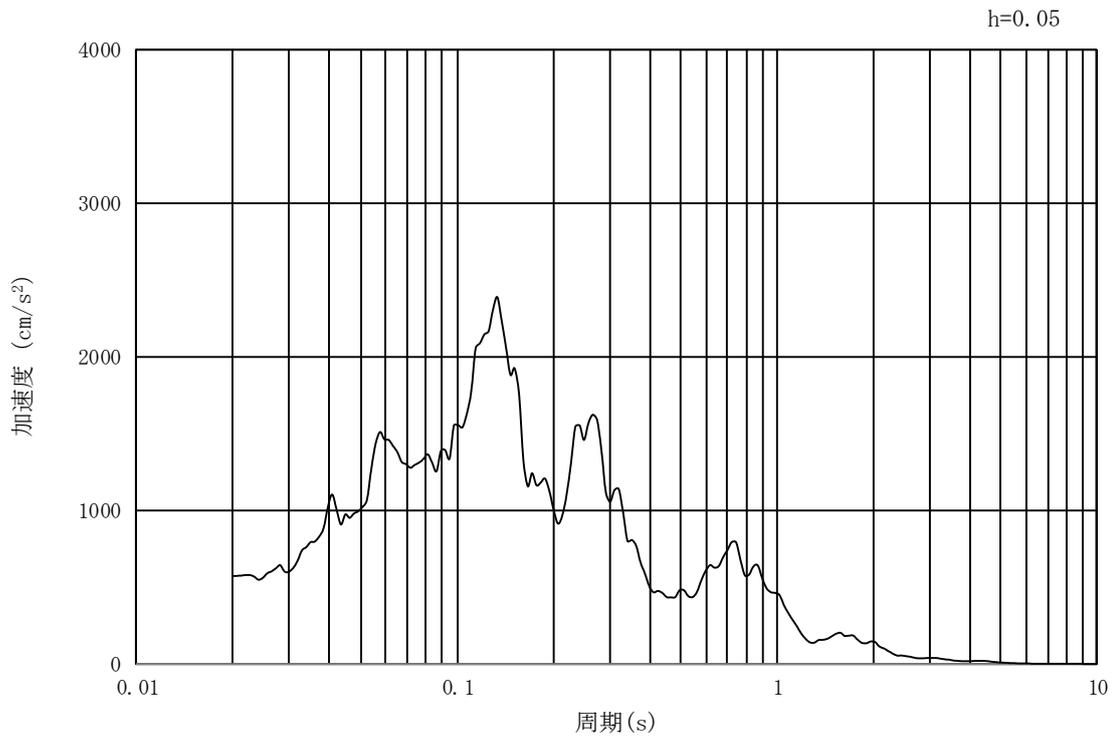


(b) 加速度応答スペクトル

図 14.3-22 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
(引込み管軸直交方向断面, 水平成分: $S_s - 2.1$)

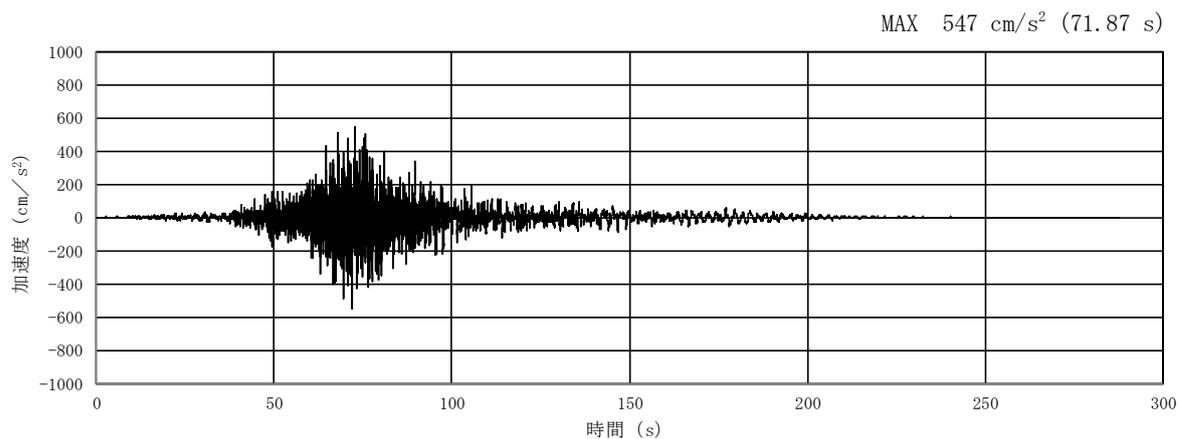


(a) 加速度時刻歴波形

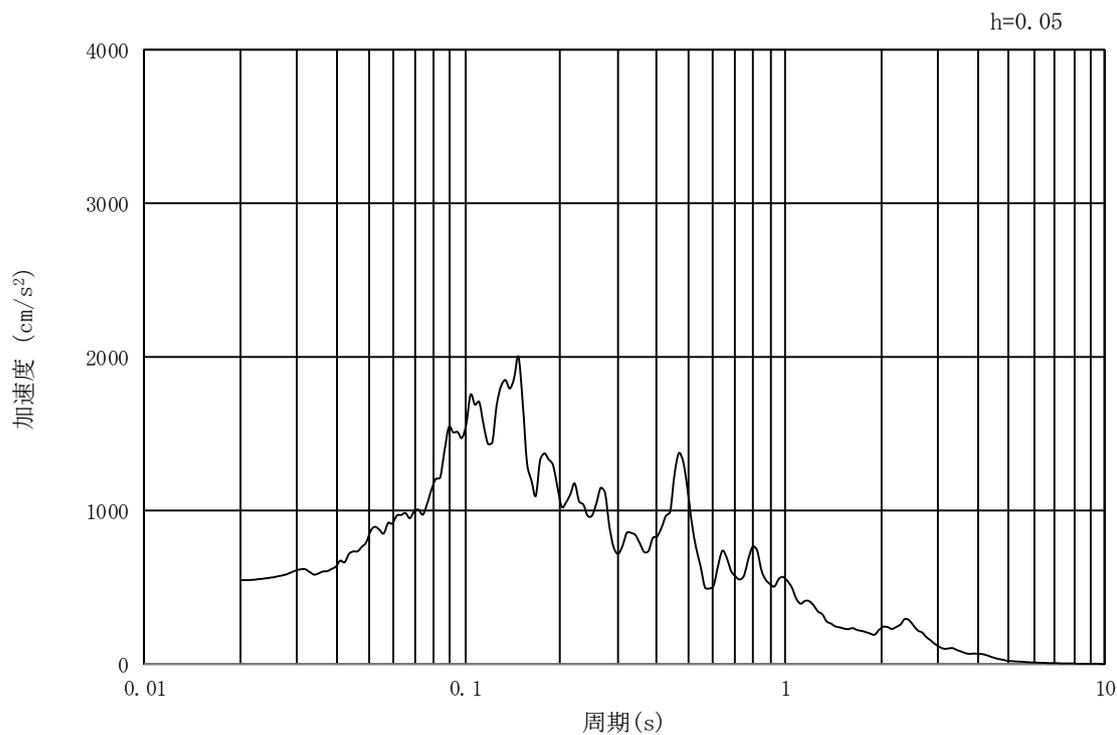


(b) 加速度応答スペクトル

図 14.3-23 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
(引込み管軸直交方向断面, 鉛直成分: $S_s - 21$)

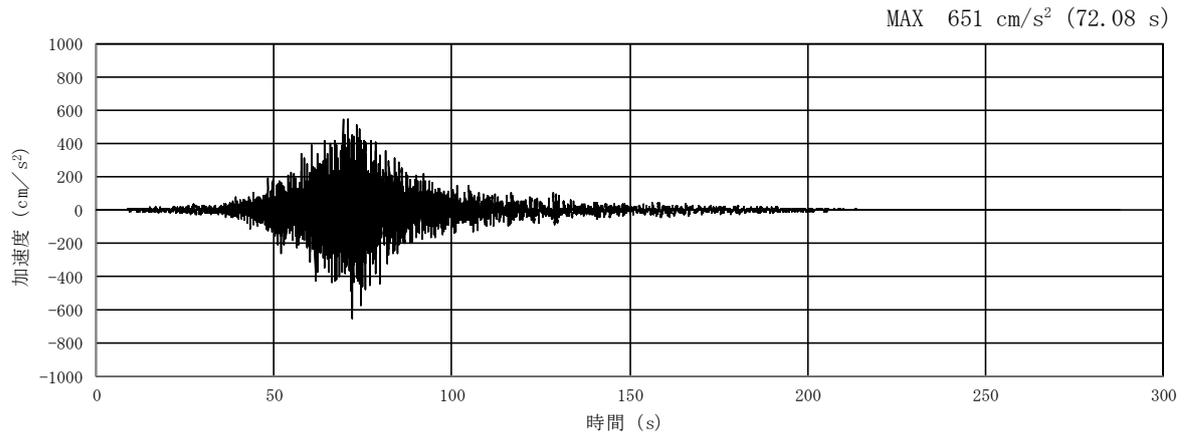


(a) 加速度時刻歴波形

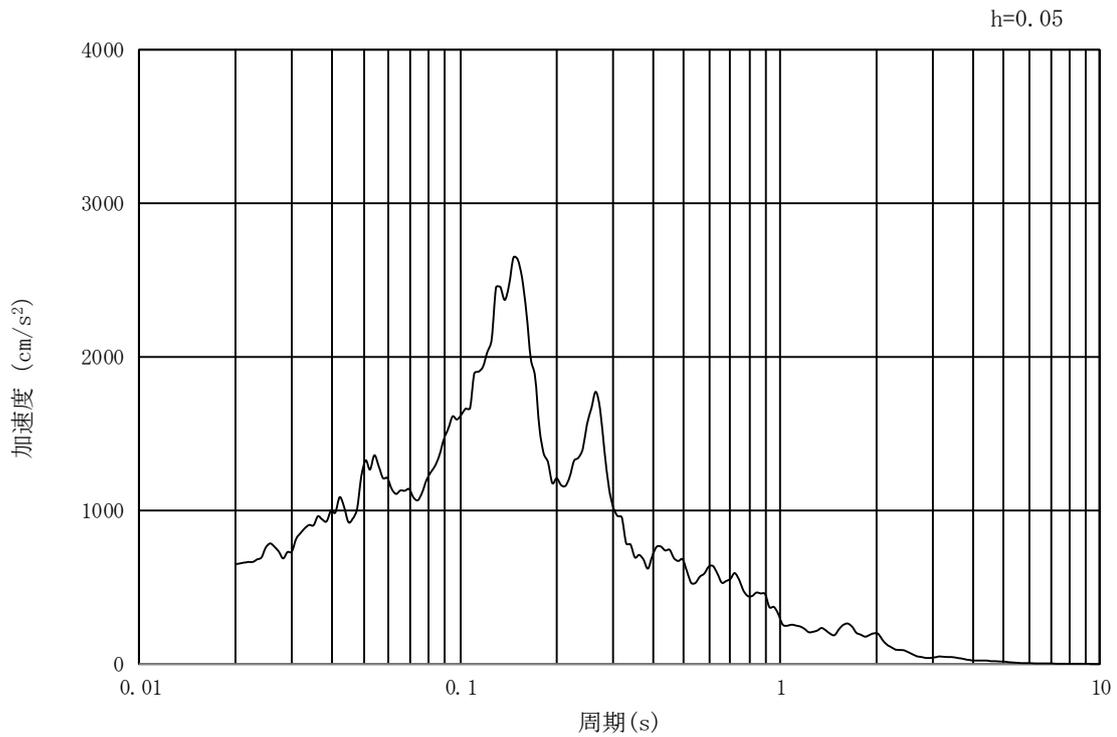


(b) 加速度応答スペクトル

図 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
(引込み管軸方向断面, 水平成分: S_s-2 2)

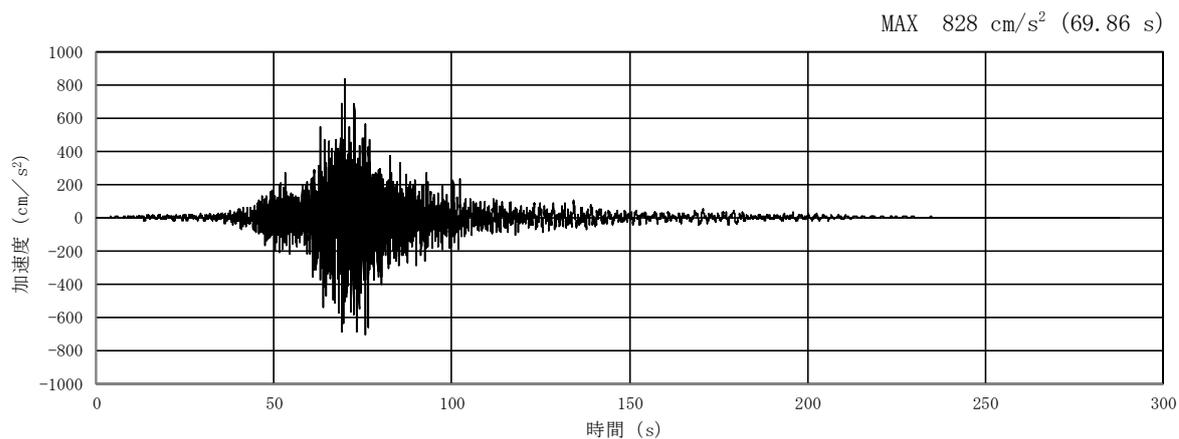


(a) 加速度時刻歴波形

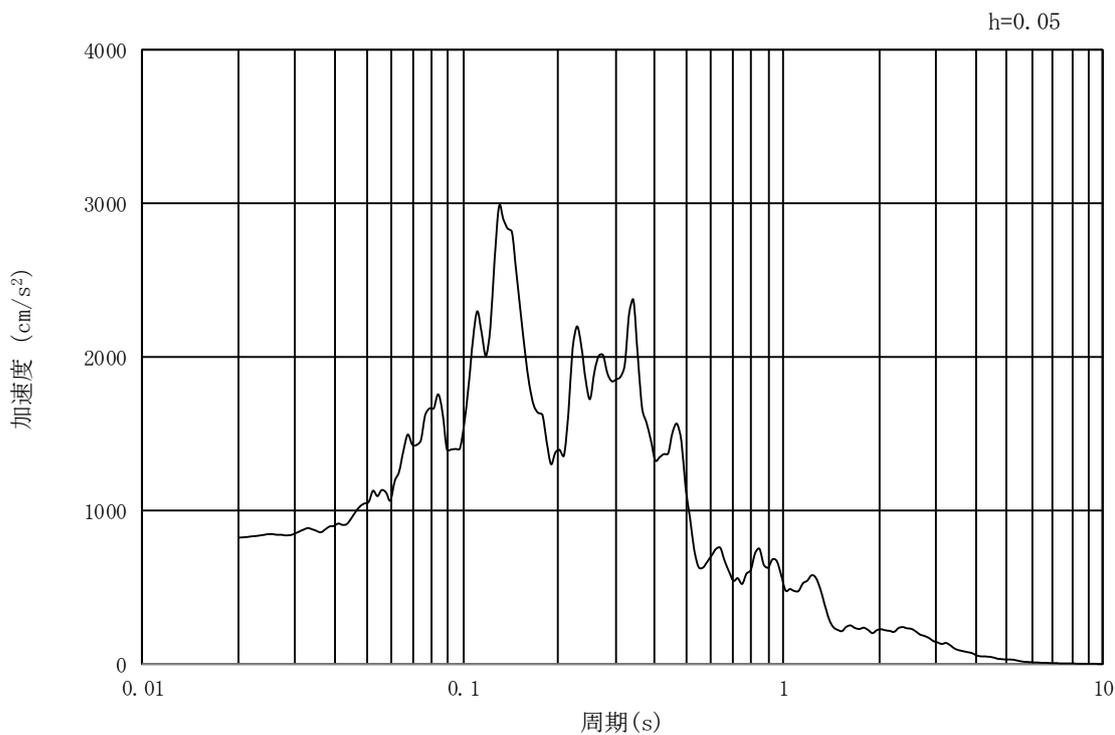


(b) 加速度応答スペクトル

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
(引込み管軸方向断面, 鉛直成分: S_s-22)

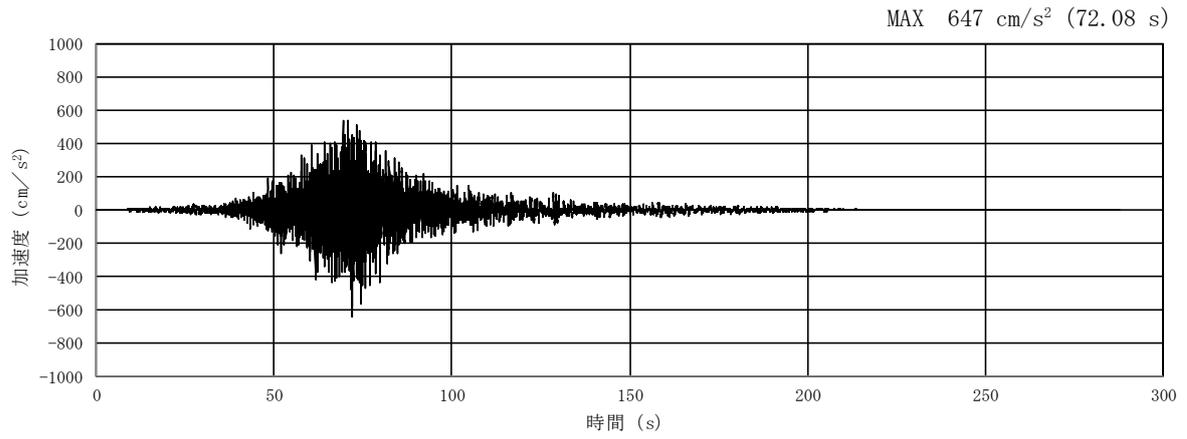


(a) 加速度時刻歴波形

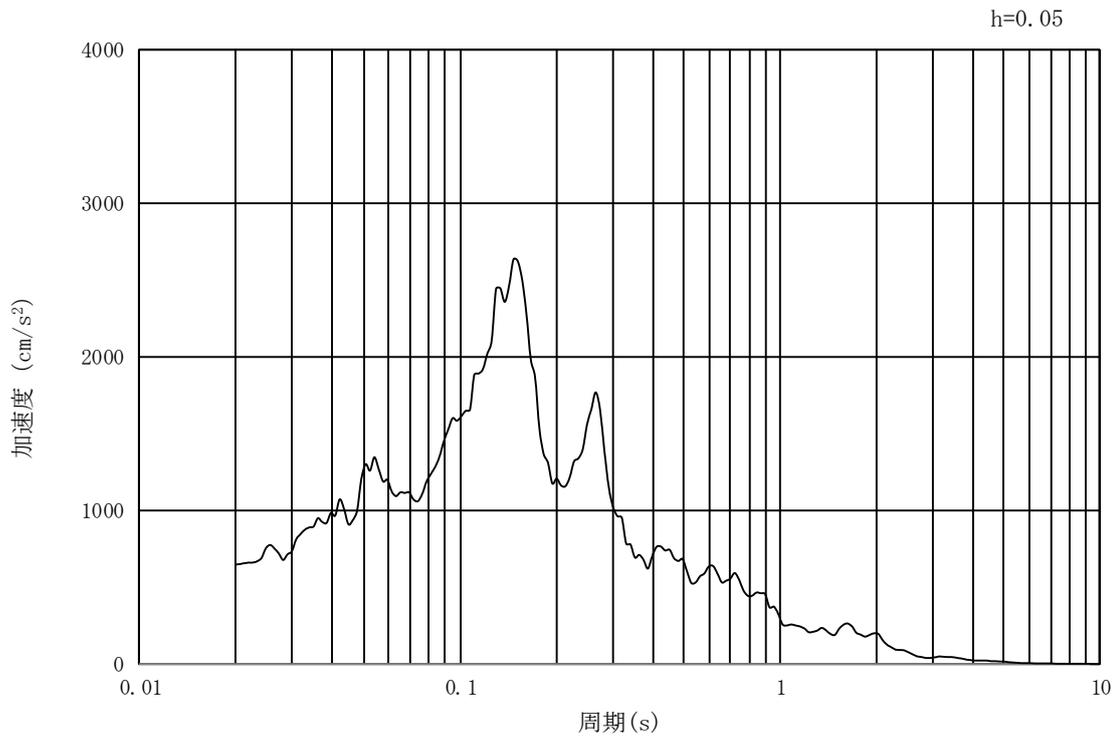


(b) 加速度応答スペクトル

図 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
(引込み管軸直交方向断面, 水平成分: $S_s - 22$)

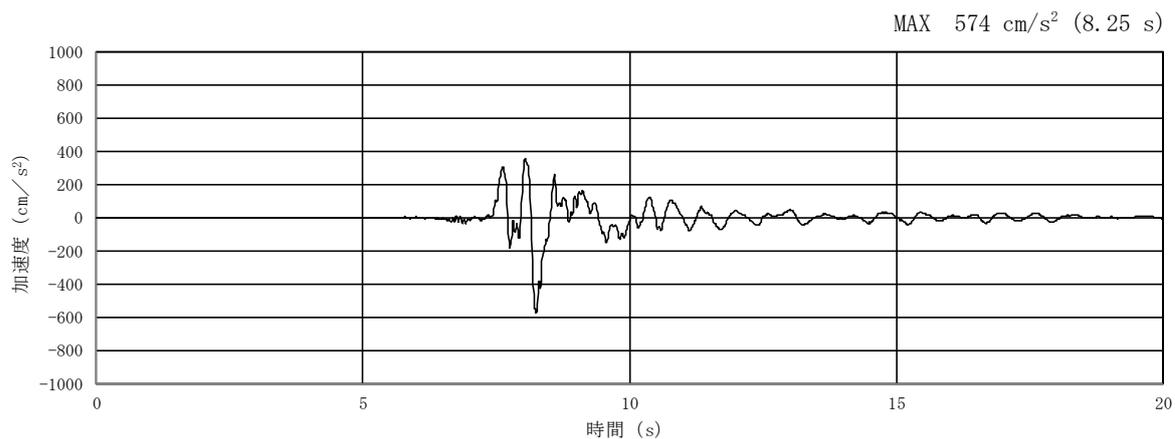


(a) 加速度時刻歴波形

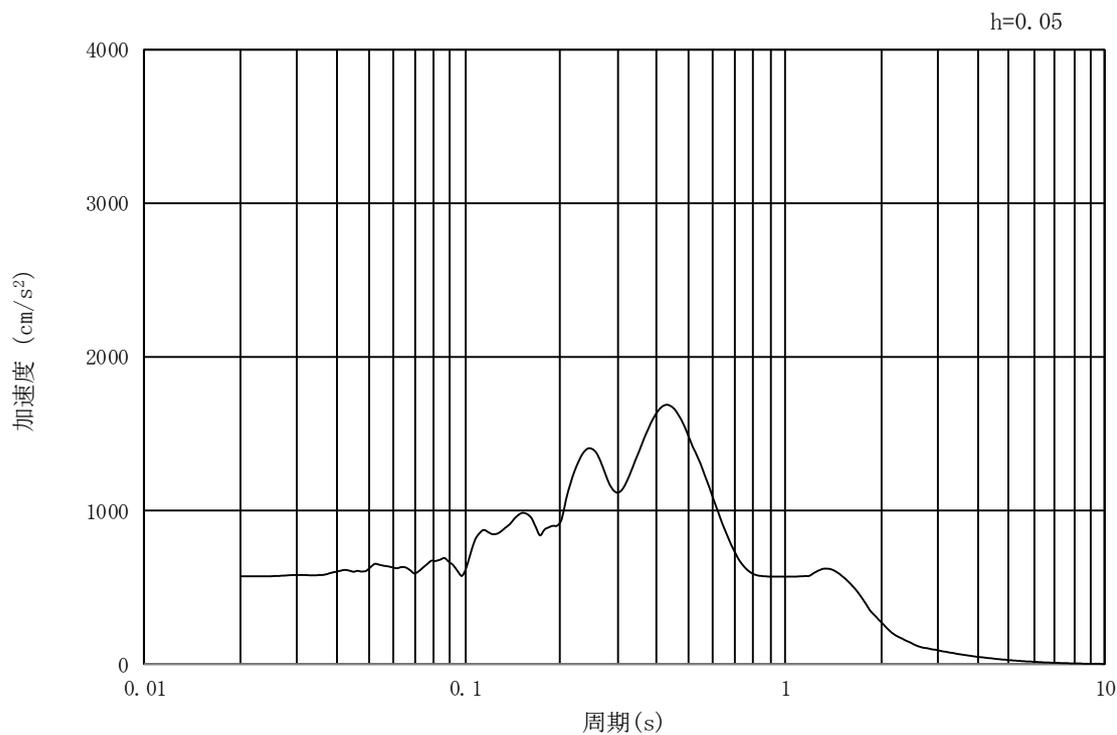


(b) 加速度応答スペクトル

図 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
(引込み管軸直交方向断面, 鉛直成分: S_s-22)

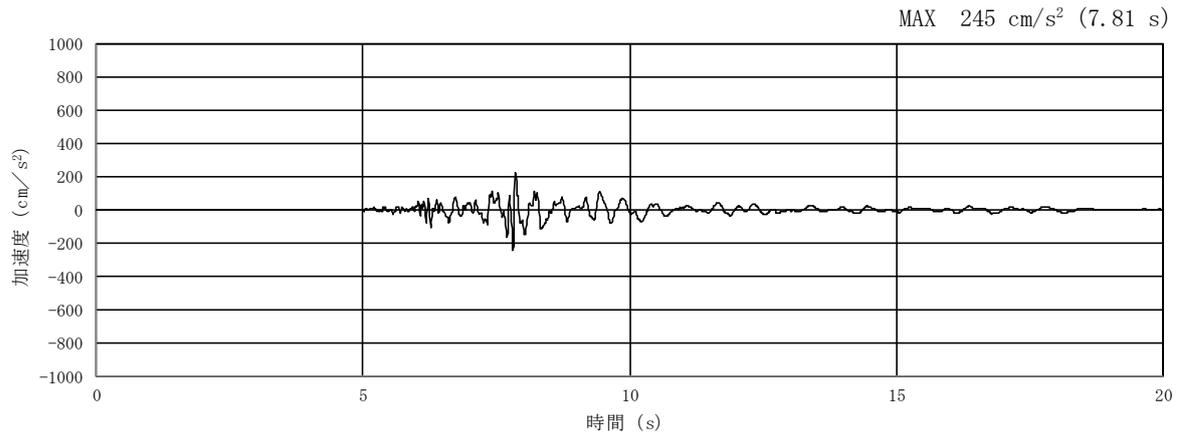


(a) 加速度時刻歴波形

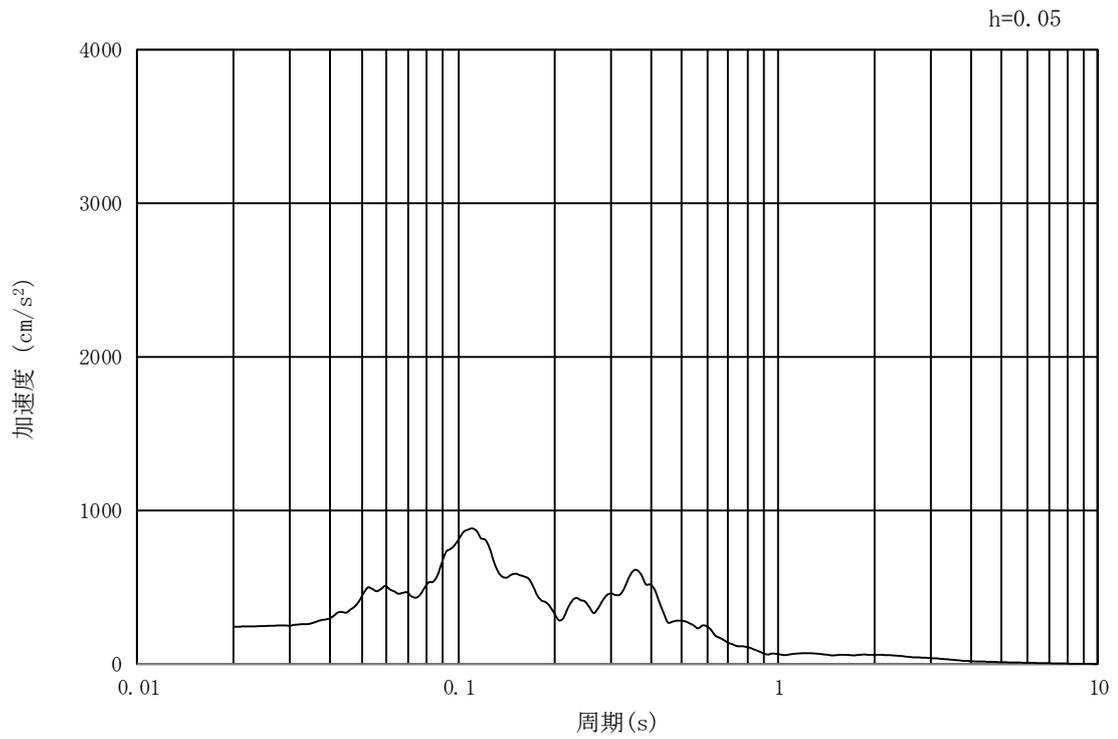


(b) 加速度応答スペクトル

図 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
(引込み管軸・管軸直交方向断面, 水平成分: 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 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
(引込み管軸・管軸直交方向断面，鉛直成分：S_s-3 1)

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〕（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の通り設定する。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 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* ¹ ($f_{ck}=40$ N/mm ²)	許容曲げ圧縮応力度 σ_{ca}	21.0
	許容せん断応力度 τ_{a1}	0.825* ³
鉄筋 (SD490) * ²	許容引張応力度 σ_{sa}	435
鉄筋 (SD390) * ¹	許容引張応力度 σ_{sa}	309
鉄筋 (SD345) * ¹	許容引張応力度 σ_{sa}	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

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

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

(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直接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

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 14.3-2 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 14.3-30 に示す支持力係数

表 14.3-2 基礎底面の形状係数（道路橋示方書より）

形状係数 \ 基礎底面の形状	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。

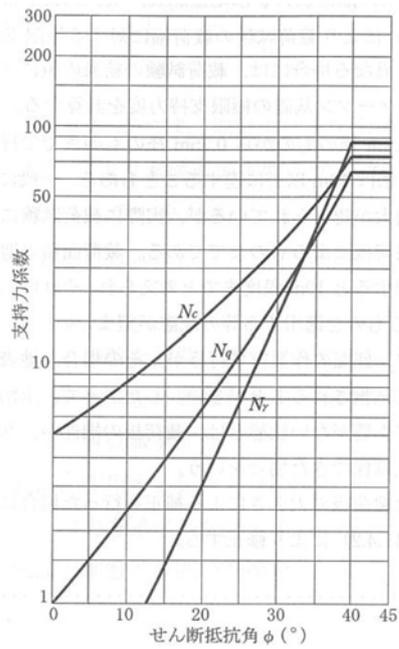


図 14.3-30 支持力係数 N_c , N_q , N_γ を求めるグラフ (道路橋示方書より)

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 14.3-3 基礎地盤の極限支持力 (追而)

14.4 評価結果

14.4.1 地震応答解析結果

SA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～図 14.4-2 に示す。これらの図は，構造部材の曲げ及びせん断照査結果が最も厳しくなる部材の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 14.4-3～図 14.4-4 に示し，過剰間隙水圧比の分布図を図 14.4-5～図 14.4-6 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。

せん断力図「追而」

軸力図「追而」

曲げモーメント図「追而」

曲げモーメント (kN・m) 軸力 (kN)

せん断力 (kN)

*評価位置における断面力値

照査値が最も厳しくなる部材の発生断面力

図 14.4-1 (1) 引込み管軸方向の地震時断面力 (S_s-D 1 [H+, V+])

- 図 14.4-1 (2) 引込み管軸方向の地震時断面力 (S_s-D1 [H+, V-])
- 図 14.4-1 (3) 引込み管軸方向の地震時断面力 (S_s-D1 [H-, V+])
- 図 14.4-1 (4) 引込み管軸方向の地震時断面力 (S_s-D1 [H-, V-])
- 図 14.4-1 (5) 引込み管軸方向の地震時断面力 (S_s-11)
- 図 14.4-1 (6) 引込み管軸方向の地震時断面力 (S_s-12)
- 図 14.4-1 (7) 引込み管軸方向の地震時断面力 (S_s-13)
- 図 14.4-1 (8) 引込み管軸方向の地震時断面力 (S_s-14)
- 図 14.4-1 (9) 引込み管軸方向の地震時断面力 (S_s-21)
- 図 14.4-1 (10) 引込み管軸方向の地震時断面力 (S_s-22)
- 図 14.4-1 (11) 引込み管軸方向の地震時断面力 (S_s-31 [H+, V+])
- 図 14.4-1 (12) 引込み管軸方向の地震時断面力 (S_s-31 [H-, V+])

せん断力図「追而」

軸力図「追而」

曲げモーメント図「追而」

曲げモーメント (kN・m) 軸力 (kN)

せん断力 (kN)

*評価位置における断面力値

照査値が最も厳しくなる部材の発生断面力

図 14. 4-2 (1) 引込み管軸直交方向の地震時断面力 ($S_s - D 1$ [H+, V+])

図 14.4-2 (2) 引込み管軸直交方向の地震時断面力 (S_s-D1 [H+, V-])

図 14.4-2 (3) 引込み管軸直交方向の地震時断面力 (S_s-D1 [H-, V+])

図 14.4-2 (4) 引込み管軸直交方向の地震時断面力 (S_s-D1 [H-, V-])

図 14.4-2 (5) 引込み管軸直交方向の地震時断面力 (S_s-11)

図 14.4-2 (6) 引込み管軸直交方向の地震時断面力 (S_s-12)

図 14.4-2 (7) 引込み管軸直交方向の地震時断面力 (S_s-13)

図 14.4-2 (8) 引込み管軸直交方向の地震時断面力 (S_s-14)

図 14.4-2 (9) 引込み管軸直交方向の地震時断面力 (S_s-21)

図 14.4-2 (10) 引込み管軸直交方向の地震時断面力 (S_s-22)

図 14.4-2 (11) 引込み管軸直交方向の地震時断面力 (S_s-31 [H+, V+])

図 14.4-2 (12) 引込み管軸直交方向の地震時断面力 (S_s-31 [H-, V+])

図 14.4-3 (1) 引込み管軸方向の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - D 1 [H+, V+]$)

図 14.4-3 (2) 引込み管軸方向の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - D 1 [H+, V-]$)

図 14.4-3 (3) 引込み管軸方向の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - D 1 [H-, V+]$)

図 14.4-3 (4) 引込み管軸方向の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - D 1 [H-, V-]$)

図 14.4-3 (5) 引込み管軸方向の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 1 1$)

図 14.4-3 (6) 引込み管軸方向の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 1 2$)

図 14.4-3 (7) 引込み管軸方向の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 1 3$)

図 14.4-3 (8) 引込み管軸方向の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 1 4$)

図 14.4-3 (9) 引込み管軸方向の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 2 1$)

図 14.4-3 (10) 引込み管軸方向の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 2 2$)

図 14.4-3 (11) 引込み管軸方向の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 3 1 [H+, V+]$)

図 14.4-3 (12) 引込み管軸方向の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 3 1 [H-, V+]$)

- 図 14.4-4 (1) 引込み管軸直交方向の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - D 1$ [H+, V+])
- 図 14.4-4 (2) 引込み管軸直交方向の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - D 1$ [H+, V-])
- 図 14.4-4 (3) 引込み管軸直交方向の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - D 1$ [H-, V+])
- 図 14.4-4 (4) 引込み管軸直交方向の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - D 1$ [H-, V-])
- 図 14.4-4 (5) 引込み管軸直交方向の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 1 1$)
- 図 14.4-4 (6) 引込み管軸直交方向の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 1 2$)
- 図 14.4-4 (7) 引込み管軸直交方向の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 1 3$)
- 図 14.4-4 (8) 引込み管軸直交方向の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 1 4$)
- 図 14.4-4 (9) 引込み管軸直交方向の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 2 1$)
- 図 14.4-4 (10) 引込み管軸直交方向の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 2 2$)
- 図 14.4-4 (11) 引込み管軸直交方向の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 3 1$ [H+, V+])
- 図 14.4-4 (12) 引込み管軸直交方向の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 3 1$ [H-, V+])

図 14.4-5 (1) 引込み管軸方向の過剰間隙水圧比 ($S_s - D 1 [H+, V+]$)

図 14.4-5 (2) 引込み管軸方向の過剰間隙水圧比 ($S_s - D 1 [H+, V-]$)

図 14.4-5 (3) 引込み管軸方向の過剰間隙水圧比 ($S_s - D 1 [H-, V+]$)

図 14.4-5 (4) 引込み管軸方向の過剰間隙水圧比 ($S_s - D 1 [H-, V-]$)

図 14.4-5 (5) 引込み管軸方向の過剰間隙水圧比 ($S_s - 1 1$)

図 14.4-5 (6) 引込み管軸方向の過剰間隙水圧比 ($S_s - 1 2$)

図 14.4-5 (7) 引込み管軸方向の過剰間隙水圧比 ($S_s - 1 3$)

図 14.4-5 (8) 引込み管軸方向の過剰間隙水圧比 ($S_s - 1 4$)

図 14.4-5 (9) 引込み管軸方向の過剰間隙水圧比 ($S_s - 2 1$)

図 14.4-5 (10) 引込み管軸方向の過剰間隙水圧比 ($S_s - 2 2$)

図 14.4-5 (11) 引込み管軸方向の過剰間隙水圧比 ($S_s - 3 1 [H+, V+]$)

図 14.4-5 (12) 引込み管軸方向の過剰間隙水圧比 ($S_s - 3 1 [H-, V+]$)

図 14.4-6 (1) 引込み管軸直交方向の過剰間隙水圧比 ($S_s - D 1 [H+, V+]$)

図 14.4-6 (2) 引込み管軸直交方向の過剰間隙水圧比 ($S_s - D 1 [H+, V-]$)

図 14.4-6 (3) 引込み管軸直交方向の過剰間隙水圧比 ($S_s - D 1 [H-, V+]$)

図 14.4-6 (4) 引込み管軸直交方向の過剰間隙水圧比 ($S_s - D 1 [H-, V-]$)

図 14.4-6 (5) 引込み管軸直交方向の過剰間隙水圧比 ($S_s - 1 1$)

図 14.4-6 (6) 引込み管軸直交方向の過剰間隙水圧比 ($S_s - 1 2$)

図 14.4-6 (7) 引込み管軸直交方向の過剰間隙水圧比 ($S_s - 1 3$)

図 14.4-6 (8) 引込み管軸直交方向の過剰間隙水圧比 ($S_s - 1 4$)

図 14.4-6 (9) 引込み管軸直交方向の過剰間隙水圧比 ($S_s - 2 1$)

図 14.4-6 (10) 引込み管軸直交方向の過剰間隙水圧比 ($S_s - 2 2$)

図 14.4-6 (11) 引込み管軸直交方向の過剰間隙水圧比 ($S_s - 3 1 [H+, V+]$)

図 14.4-6 (12) 引込み管軸直交方向の過剰間隙水圧比 ($S_s - 3 1 [H-, V+]$)

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。

「追而」

図 14.4-7 配筋要領図

「追而」

表 14.4-1 (1) 断面諸元一覧表(引込み管軸方向)

部位	評価位置	断面性状				主鉄筋 (外面・上面)				主鉄筋 (内面・下面)				せん断補強筋						
		部材幅 b (m)	部材高 h (m)	かぶり d' (m)		鉄筋径 (mm)	間隔 (cm)	断面積 (単位幅) A s (cm ²)	有効高さ d (m)	鉄筋径 (mm)	間隔 (cm)	断面積 (単位幅) A s (cm ²)	鉄筋径 (mm)	間隔 (cm)	断面積 (単位幅) A s (cm ²)	鉄筋径 (mm)	S b (m)	S s (m)	断面積 (単位幅) A w (cm ²)	
				外面・ 上面	内面・ 下面															外面・ 上面
防潮壁																				
地中連読壁 基礎 (水平)																				
地中連読壁 基礎 (鉛直)																				

表 14.4-1 (2) 断面諸元一覧表(引込み管軸直交方向)

部位	評価位置	断面性状				主鉄筋 (外面・上面)				主鉄筋 (内面・下面)				せん断補強筋						
		部材幅 b (m)	部材高 h (m)	かぶり d' (m)		鉄筋径 (mm)	間隔 (cm)	断面積 (単位幅) A s (cm ²)	有効高さ d (m)	鉄筋径 (mm)	間隔 (cm)	断面積 (単位幅) A s (cm ²)	鉄筋径 (mm)	間隔 (cm)	断面積 (単位幅) A s (cm ²)	鉄筋径 (mm)	S b (m)	S s (m)	断面積 (単位幅) A w (cm ²)	
				外面・ 上面	内面・ 下面															外面・ 上面
防潮壁																				
地中連読壁 基礎 (水平)																				
地中連読壁 基礎 (鉛直)																				

(1) 構造部材の曲げに対する評価結果

コンクリートの曲げ照査結果を表 14.4-2～表 14.4-3 に、鉄筋の曲げ照査結果を表 14.4-3～表 14.4-4 にそれぞれ示す。

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。

「追而」

表 14.4-2 (1) コンクリートの曲げ照査結果 (引込み管軸方向)

地震時	位相	部材高 (m)	①発生応力度 (N/mm ²)	②短期許容応力度 (N/mm ²)	照査値 ①/②
S _s -D 1	[H+, V+]				
	[H+, V-]				
	[H-, V+]				
	[H-, V-]				
S _s -1 1	[H+, V+]				
S _s -1 2	[H+, V+]				
S _s -1 3	[H+, V+]				
S _s -1 4	[H+, V+]				
S _s -2 1	[H+, V+]				
S _s -2 2	[H+, V+]				
S _s -3 1	[H+, V+]				
	[H-, V+]				

注記 * : 評価位置は下図に示す

「追而」

表 14.4-2 (2) コンクリートの曲げ照査結果 (引込み管軸直交方向)

地震時	位相	部材高 (m)	①発生応力度 (N/mm ²)	②短期許容応力度 (N/mm ²)	照査値 ①/②
S _s -D 1	[H+, V+]				
	[H+, V-]				
	[H-, V+]				
	[H-, V-]				
S _s -1 1	[H+, V+]				
S _s -1 2	[H+, V+]				
S _s -1 3	[H+, V+]				
S _s -1 4	[H+, V+]				
S _s -2 1	[H+, V+]				
S _s -2 2	[H+, V+]				
S _s -3 1	[H+, V+]				
	[H-, V+]				

注記 * : 評価位置は下図に示す

「追而」

表 14.4-3 (1) 鉄筋の曲げ照査結果 (引込み管軸方向)

地震時	位相	部材高 (m)	①発生応力度 (N/mm ²)	②短期許容応力度 (N/mm ²)	照査値 ①/②
S _s -D 1	[H+, V+]				
	[H+, V-]				
	[H-, V+]				
	[H-, V-]				
S _s -1 1	[H+, V+]				
S _s -1 2	[H+, V+]				
S _s -1 3	[H+, V+]				
S _s -1 4	[H+, V+]				
S _s -2 1	[H+, V+]				
S _s -2 2	[H+, V+]				
S _s -3 1	[H+, V+]				
	[H-, V+]				

注記 * : 評価位置は下図に示す

「追而」

表 14.4-3 (2) 鉄筋の曲げ照査結果 (引込み管軸直交方向)

地震時	位相	部材高 (m)	①発生応力度 (N/mm ²)	②短期許容応力度 (N/mm ²)	照査値 ①/②
S _s -D 1	[H+, V+]				
	[H+, V-]				
	[H-, V+]				
	[H-, V-]				
S _s -1 1	[H+, V+]				
S _s -1 2	[H+, V+]				
S _s -1 3	[H+, V+]				
S _s -1 4	[H+, V+]				
S _s -2 1	[H+, V+]				
S _s -2 2	[H+, V+]				
S _s -3 1	[H+, V+]				
	[H-, V+]				

注記 * : 評価位置は下図に示す

(2) 構造部材のせん断に対する評価結果

せん断に対する照査結果を表 14.4-4～表 14.4-5 に示す。

SA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短期許容応力度以下、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。

以上のことから、SA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。

表 14.4-4 (1) せん断照査結果 (引込み管軸方向)

地震時	位相	部材高 (m)	せん断 応力度 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	照査用 せん断力 (KN)	許容 せん断力 (KN)	照査値
S _s -D 1	[H+, V+]						
	[H+, V-]						
	[H-, V+]						
	[H-, V-]						
S _s -1 1	[H+, V+]						
S _s -1 2	[H+, V+]						
S _s -1 3	[H+, V+]						
S _s -1 4	[H+, V+]						
S _s -2 1	[H+, V+]						
S _s -2 2	[H+, V+]						
S _s -3 1	[H+, V+]						
	[H-, V+]						

注記 * : 評価位置は下図に示す

表 14.4-4 (2) せん断照査結果 (引込み管軸直交方向)

地震時	位相	部材高 (m)	せん断 応力度 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	照査用 せん断力 (KN)	許容 せん断力 (KN)	照査値
S _s -D 1	[H+, V+]						
	[H+, V-]						
	[H-, V+]						
	[H-, V-]						
S _s -1 1	[H+, V+]						
S _s -1 2	[H+, V+]						
S _s -1 3	[H+, V+]						
S _s -1 4	[H+, V+]						
S _s -2 1	[H+, V+]						
S _s -2 2	[H+, V+]						
S _s -3 1	[H+, V+]						
	[H-, V+]						

注記 * : 評価位置は下図に示す

(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 14.4-5 に、接地圧分布図を図 14.4-8～図 14.4-9 に示す。

S A用海水ピットの接地圧は S_s-D1 〔H+, V+〕（●●断面方向）で●● kN/m^2 であり、基礎地盤の極限支持力●● 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。

「追而」

表 14.4-5 基礎地盤の支持性能評価結果

図 14.4-8 (1) 引込み管軸方向の接地圧分布図 ($S_s - D 1 [H+, V+]$)

図 14.4-8 (2) 引込み管軸方向の接地圧分布図 ($S_s - D 1 [H+, V-]$)

図 14.4-8 (3) 引込み管軸方向の接地圧分布図 ($S_s - D 1 [H-, V+]$)

図 14.4-8 (4) 引込み管軸方向の接地圧分布図 ($S_s - D 1 [H-, V-]$)

図 14.4-8 (5) 引込み管軸方向の接地圧分布図 ($S_s - 1 1$)

図 14.4-8 (6) 引込み管軸方向の接地圧分布図 ($S_s - 1 2$)

図 14.4-8 (7) 引込み管軸方向の接地圧分布図 ($S_s - 1 3$)

図 14.4-8 (8) 引込み管軸方向の接地圧分布図 ($S_s - 1 4$)

図 14.4-8 (9) 引込み管軸方向の接地圧分布図 ($S_s - 2 1$)

図 14.4-8 (10) 引込み管軸方向の接地圧分布図 ($S_s - 2 2$)

図 14.4-8 (11) 引込み管軸方向の接地圧分布図 ($S_s - 3 1 [H+, V+]$)

図 14.4-8 (12) 引込み管軸方向の接地圧分布図 ($S_s - 3 1 [H-, V+]$)

図 14.4-9 (1) 引込み管軸直交方向の接地圧分布図 ($S_s - D 1 [H+, V+]$)

図 14.4-9 (2) 引込み管軸直交方向の接地圧分布図 ($S_s - D 1 [H+, V-]$)

図 14.4-9 (3) 引込み管軸直交方向の接地圧分布図 ($S_s - D 1 [H-, V+]$)

図 14.4-9 (4) 引込み管軸直交方向の接地圧分布図 ($S_s - D 1 [H-, V-]$)

図 14.4-9 (5) 引込み管軸直交方向の接地圧分布図 ($S_s - 1 1$)

図 14.4-9 (6) 引込み管軸直交方向の接地圧分布図 ($S_s - 1 2$)

図 14.4-9 (7) 引込み管軸直交方向の接地圧分布図 ($S_s - 1 3$)

図 14.4-9 (8) 引込み管軸直交方向の接地圧分布図 ($S_s - 1 4$)

図 14.4-9 (9) 引込み管軸直交方向の接地圧分布図 ($S_s - 2 1$)

図 14.4-9 (10) 引込み管軸直交方向の接地圧分布図 ($S_s - 2 2$)

図 14.4-9 (11) 引込み管軸直交方向の接地圧分布図 ($S_s - 3 1$ [H+, V+])

図 14.4-9 (12) 引込み管軸直交方向の接地圧分布図 ($S_s - 3 1$ [H-, V+])

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，構造物の曲げ及びせん断並びに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。

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	評価対象断面の方向	4
16.2.4	評価対象断面の選定	5
16.2.5	使用材料及び材料定数	9
16.2.6	地下水位	12
16.2.7	地震応答解析手法	12
16.2.8	解析モデルの設定	14
16.2.9	減衰定数	19
16.2.10	荷重の組合せ	21
16.2.11	地震応答解析の検討ケース	23
16.3	評価内容	24
16.3.1	入力地震動の設定	24
16.3.2	許容限界の設定	53
16.3.3	内部配管の評価	56
16.3.4	上段鋼製蓋の評価	57
16.4	評価結果	58
16.4.1	地震応答解析結果	58
16.4.2	耐震評価結果	67
16.5	まとめ	79

16.1 評価方針

SA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。

SA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 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] ((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 24 年 3 月) 	—
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] ((社) 土木学会, 2002 年制定) 	<ul style="list-style-type: none"> ・永久荷重+偶発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] ((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 24 年 3 月) 	<ul style="list-style-type: none"> ・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す る。 ・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
地震応答解析	<ul style="list-style-type: none"> ・J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社) 日本電気協会) 	<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

16.2.2 耐震安全性評価フロー

図 16.2-1 に S A用海水ピット取水塔の耐震安全性評価フローを示す。

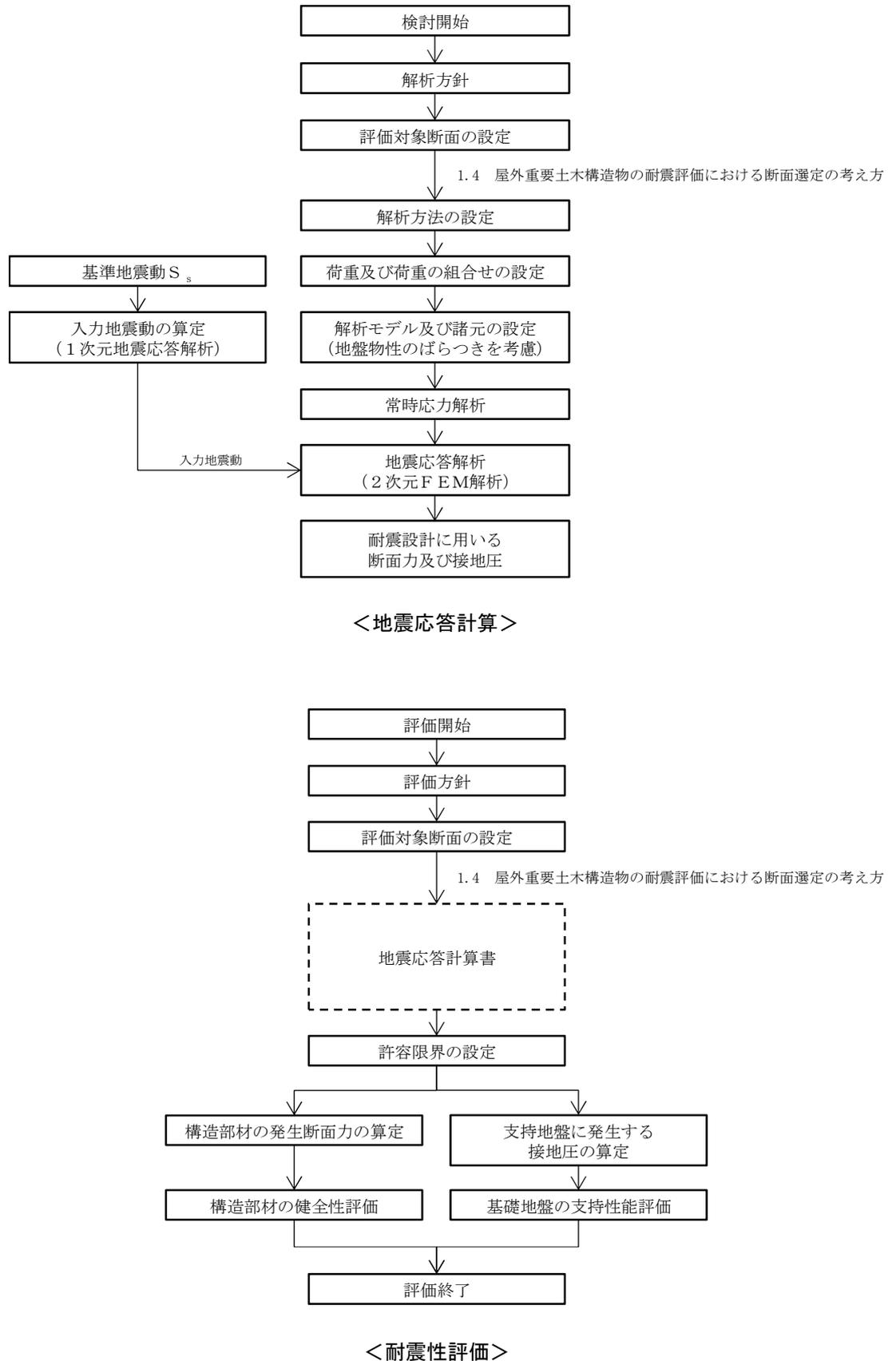


図 16.2-1 S A用海水ピット取水塔の耐震安全性評価フロー

16.2.3 評価対象断面の方向

SA用海水ピット取水塔の位置図を図16.2-2、図16.2-3に示す。

SA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、管路縦断方向及びこれに直交する断面を評価対象断面とする。

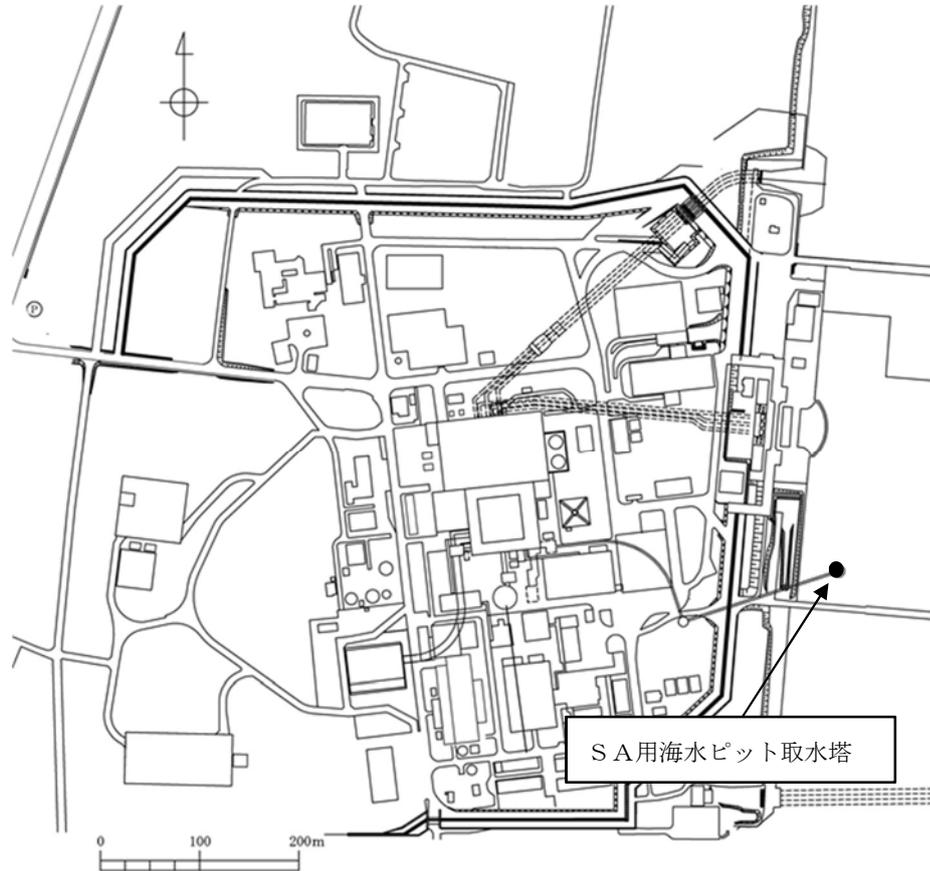


図16.2-2 SA用海水ピット取水塔位置図(全体図)

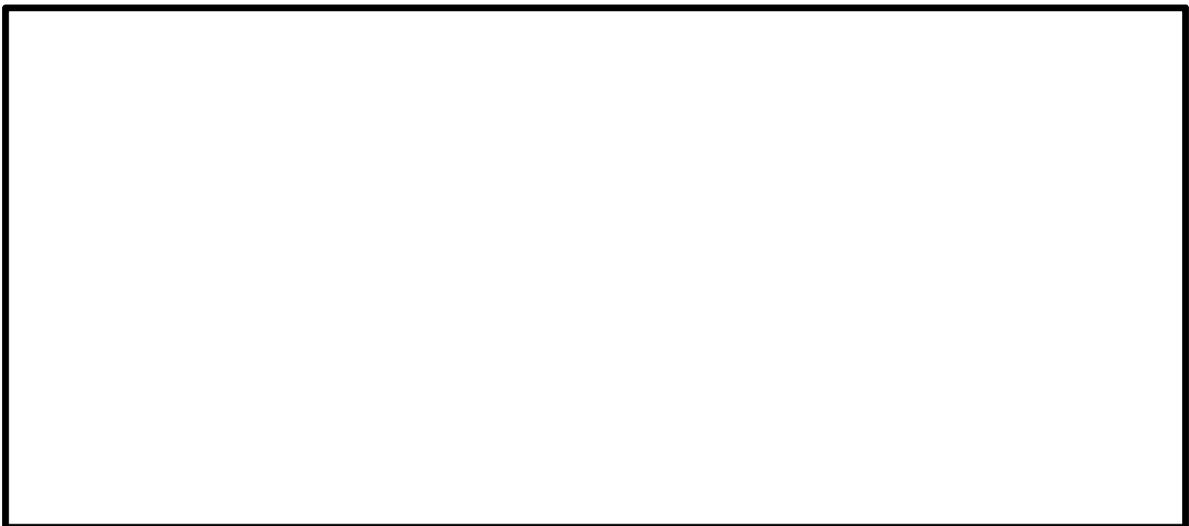


図16.2-3 SA用海水ピット取水塔位置図(拡大図)

16.2.4 評価対象断面の選定

SA用海水ピット取水塔の評価対象断面位置図を図16.2-4に、評価対象断面図を図16.2-5に示す。また、構造平面図を図16.2-6に、構造断面図を図16.2-7に示す。

評価対象断面は、「1.4.16 SA用海水ピットの断面選定の考え方」に記載したとおり、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①-①断面とそれに直交する横断面方向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16.2-4 SA用海水ピット取水塔 評価対象断面位置図

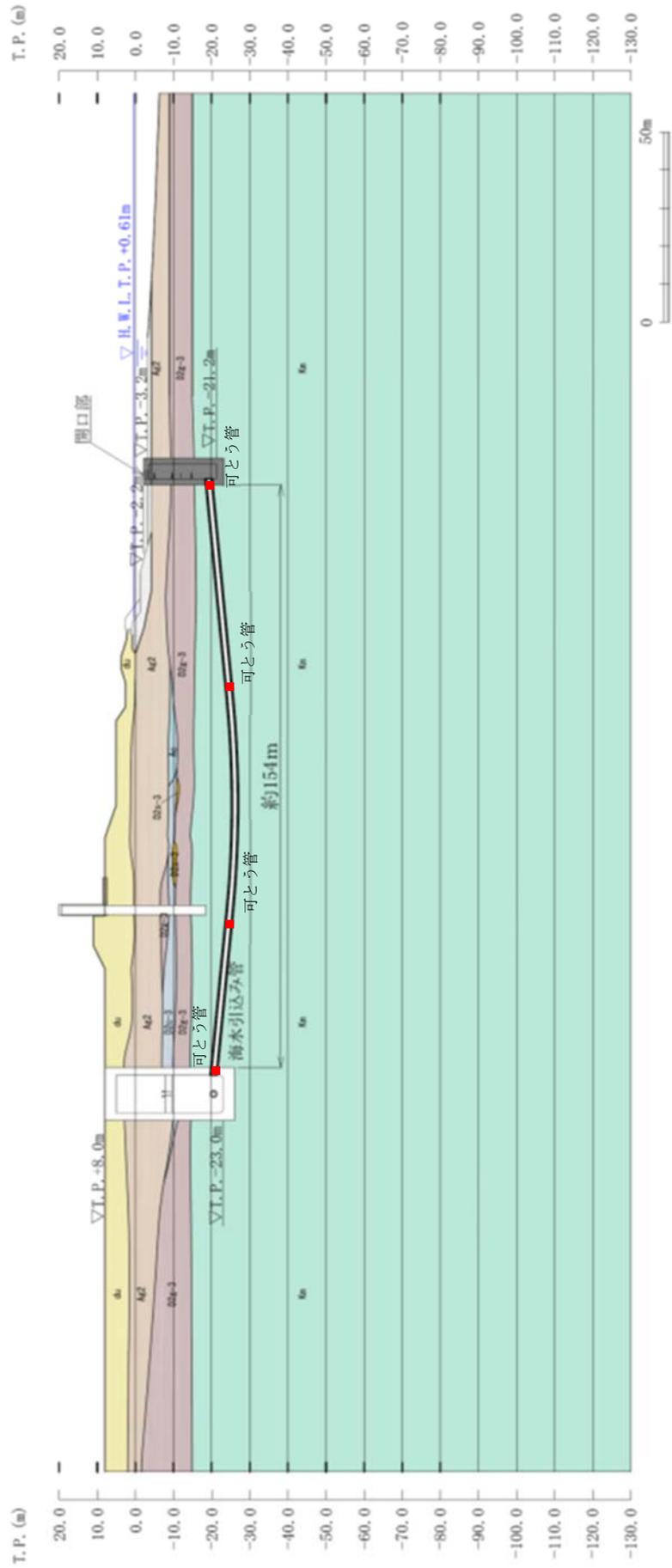


図 16.2-5 (1) S-A用海水ピット取水塔 評価対象断面図 (①-①断面)

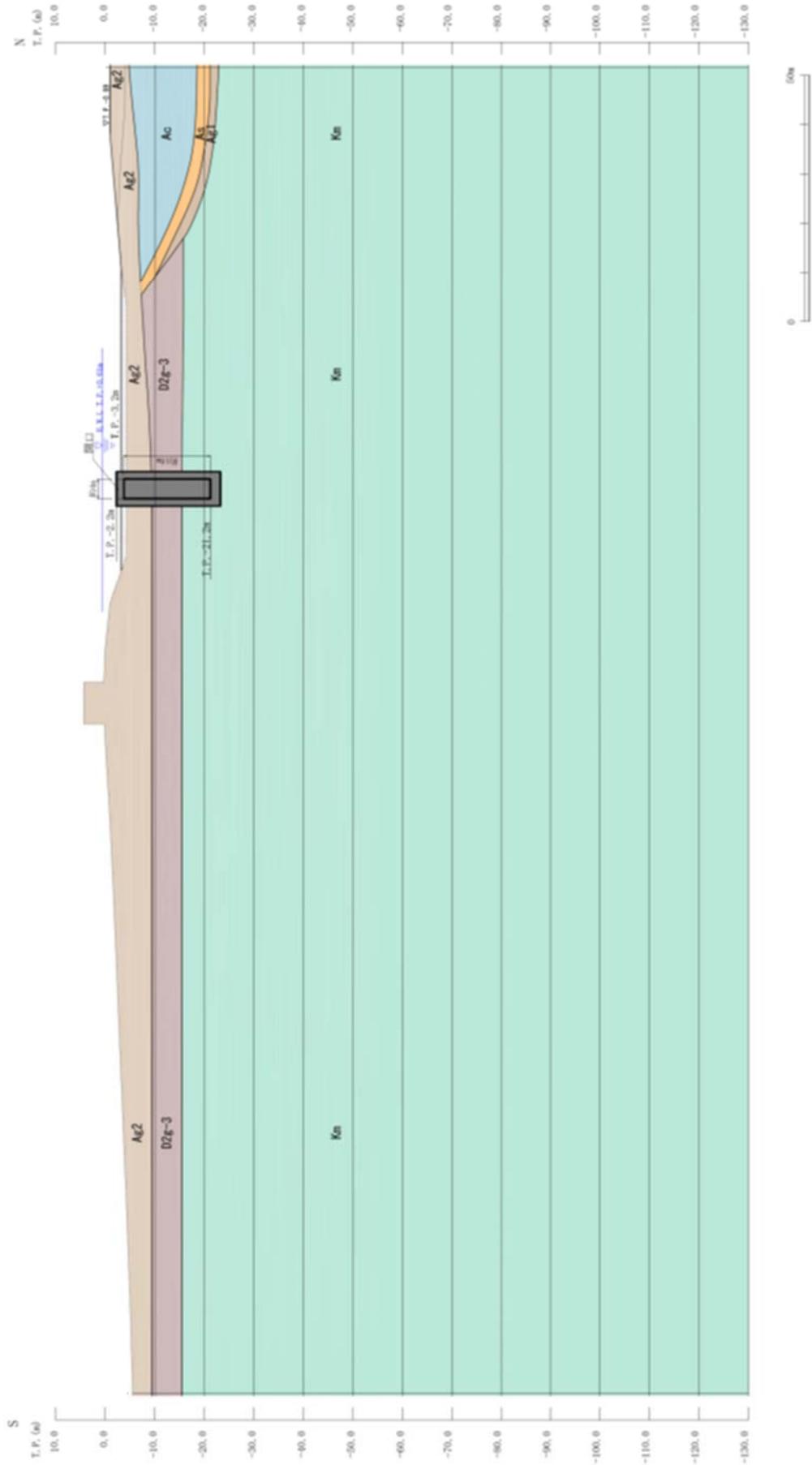


図 16.2-5 (2) S A用海水ピット取水塔 評価対象断面図 (②-②断面)

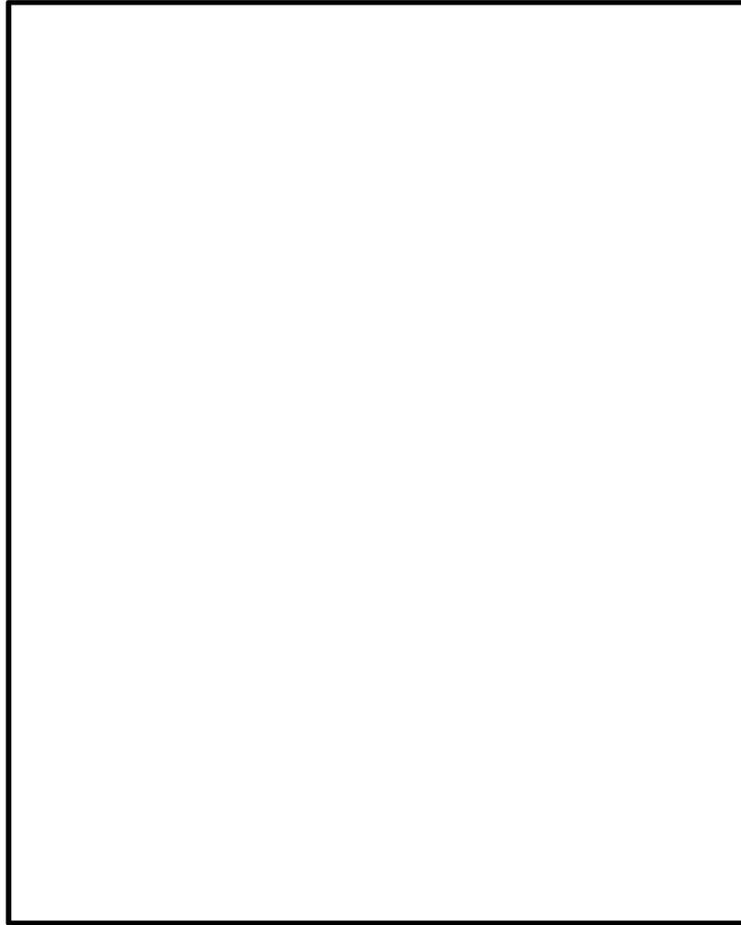


図 16.2-6 S A用海水ピット取水塔 構造平面図

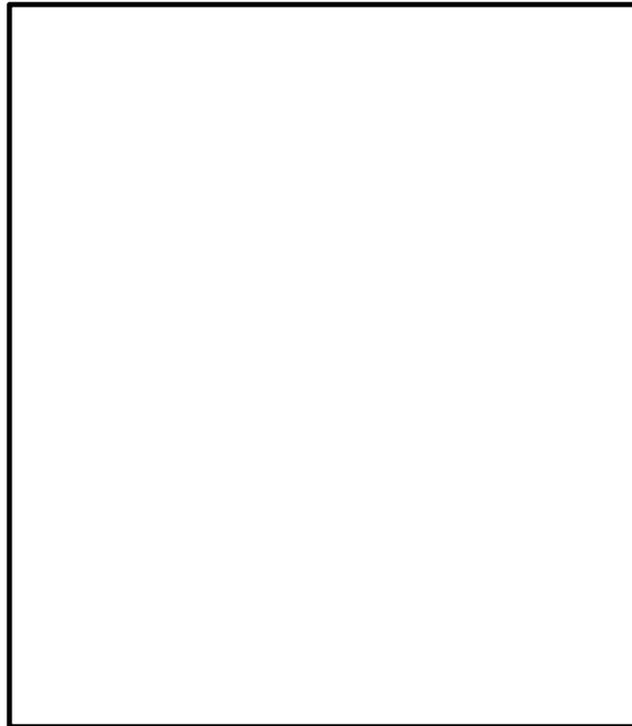


図 16.2-7 S A用海水ピット取水塔 構造断面図

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、適用基準類を基に設定する。構造物の使用材料を表 16.2-2 に、材料物性値を表 16.2-3 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 16.2-4 に示す。

表 16.2-2 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 40N/mm ²
	鉄筋	SD390, SD490
上段鋼製蓋	鋼材	SM490Y
海水引込み管	鋼製管	SM490Y

表 16.2-3 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
鋼材	77.0	2.05×10 ⁵	0.3

表 16.2-4 (1) 有効応力解析に用いる地盤の解析用物性値 (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'_{ms}	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_{ms}	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 16.2-4 (2) 有効応力解析に用いる地盤の解析用物性値 (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'_{ms}	kN/m ²	480	696	249 (223)	696	動的変形特性に基づき z (標高) 毎に物性値を設定する。
	基準初期せん断剛性 () は地下水位以浅	G_{ms}	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	
	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)

表 16.2-4 (3) 地盤の解析用物性値 (新第三系 Km 層)

区分 番号	設定深度 TP(m) Z	適用深度 TP(m)	密度 ρ (g/cm ³)	静ポアソン比 ν_{CB}	粘着力 C_{CB} (kN/m ²)	内部摩擦角 ϕ_{CB} (°)	せん断波 速度Vs (m/s)	基準初期 せん断剛性 G_{ma} (kN/m ²)	基準体積 弾性係数 K_{ma} (kN/m ³)	基準平均有効 主応力 σ'_{ma} (kN/m ²)	拘束圧 依存係数 mG, mK	最大履歴 減衰率 hmax(-)	動ポアソン比 ν_d	疎減波 速度Vp (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

16.2.6 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。

16.2.7 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、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16.2-8に示す。

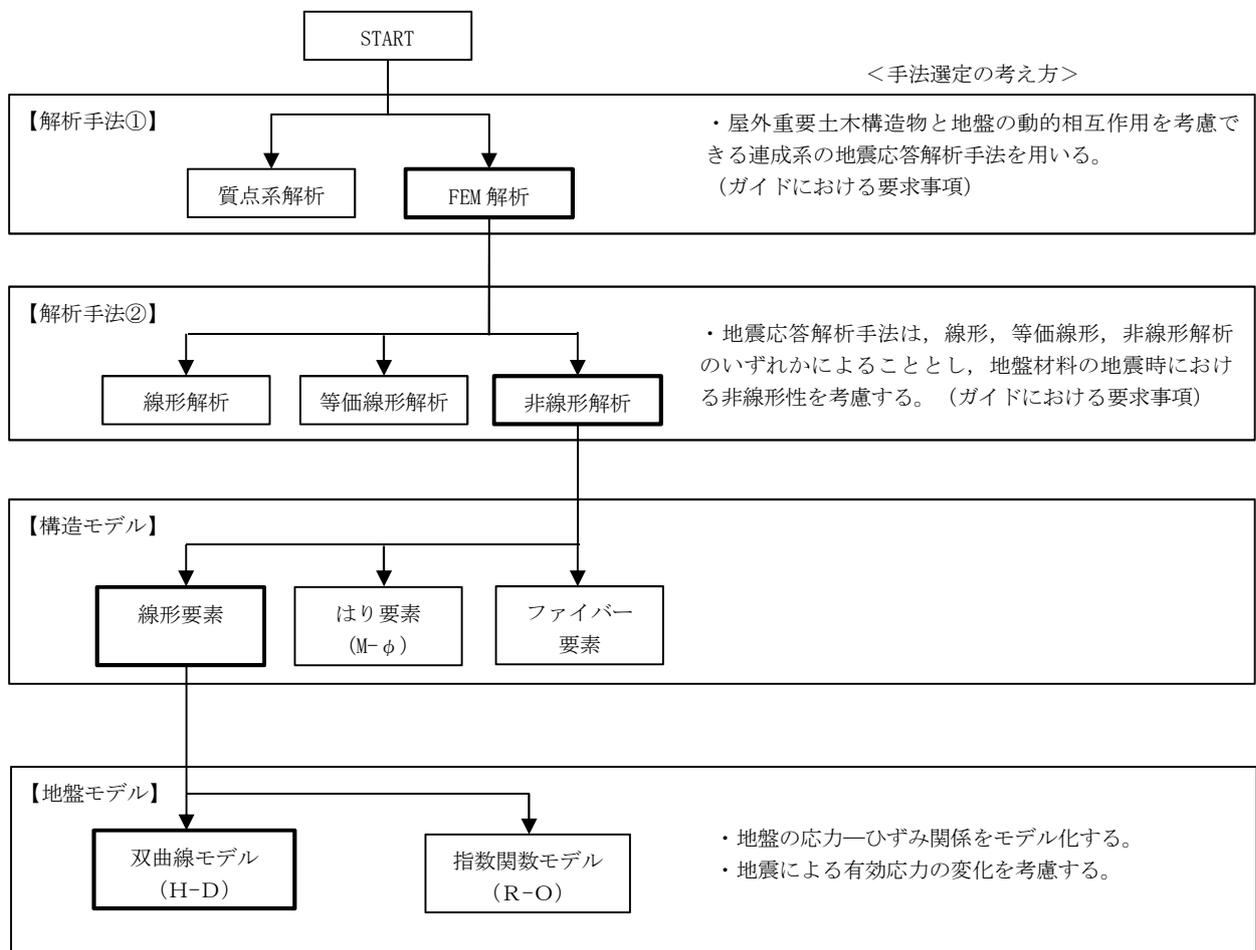


図 16.2-8 地震応答解析手法の選定フロー

H-Dモデルの選定理由は次のとおりである。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。

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。

16.2.8 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16.2-9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。

S A用海水ピット取水塔周辺の地震応答解析モデルを図16.2-10に示す。

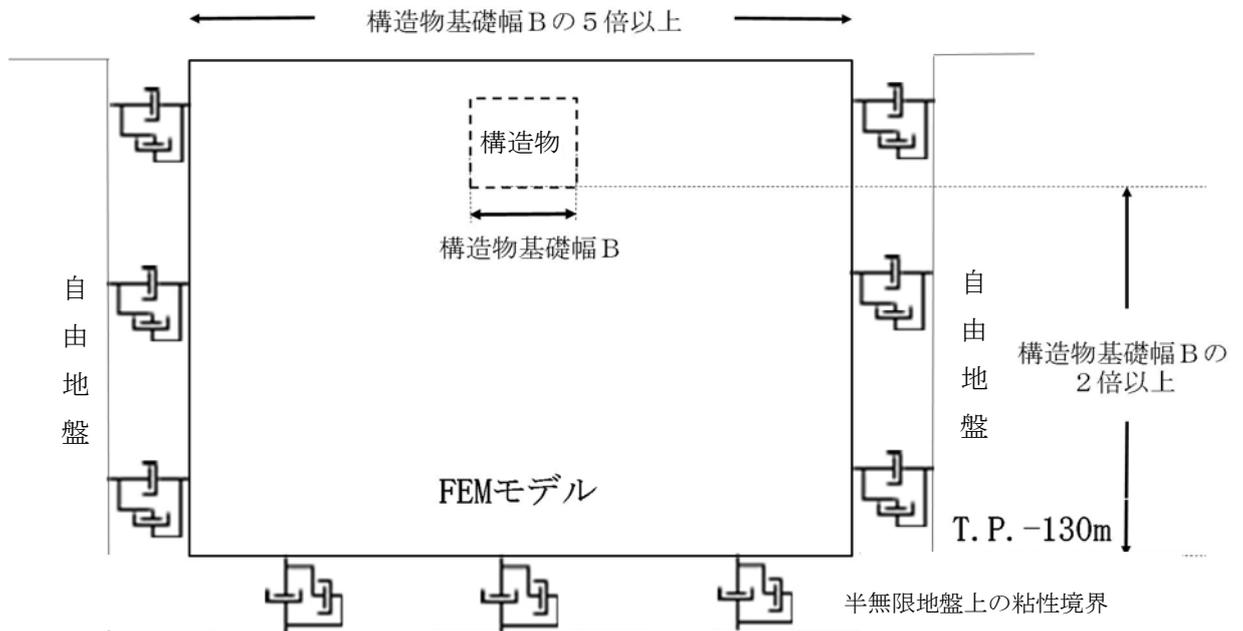
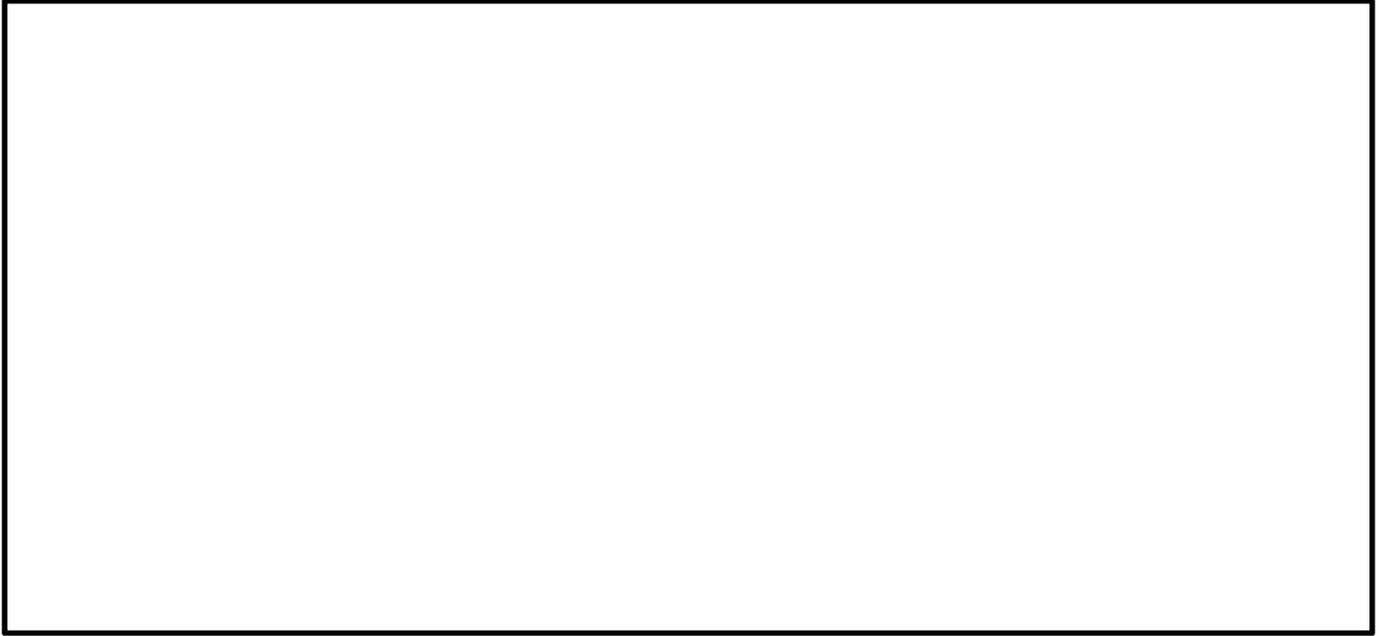
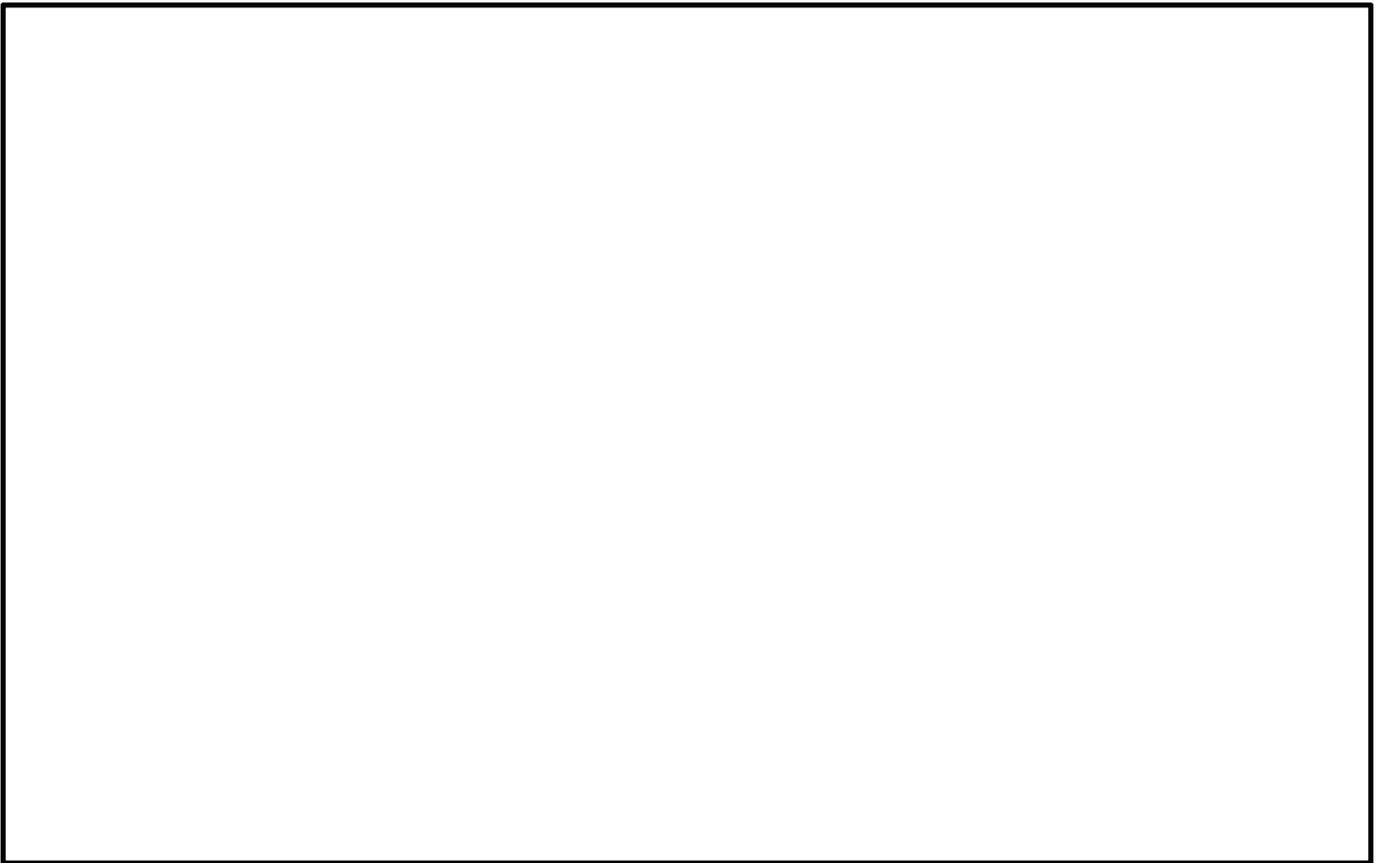


図 16.2-9 解析モデル領域の考え方



(a) 引込み管軸方向 (①-①断面)



(b) 引込み管軸直交方向 (②-②断面)

図 16.2-10 SA用海水ピット取水塔の地震応答解析モデル

(2) 構造物のモデル化

構造部材は、線形はり要素でモデル化する。

なお、引込み管軸方向断面において、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する。また、海水引込み管とは岩盤内で接合する上に、取水塔の壁軸周長約 17 m に対して管径が 1.2 m であることから開口の影響は軽微であると考えられる。したがって、2次元有効応力解析では接合部の開口を考慮せず、開口部には適切な開口補強を実施する。

S A用海水ピット取水塔の解析モデル概念図を図 16.2-11 に示す。

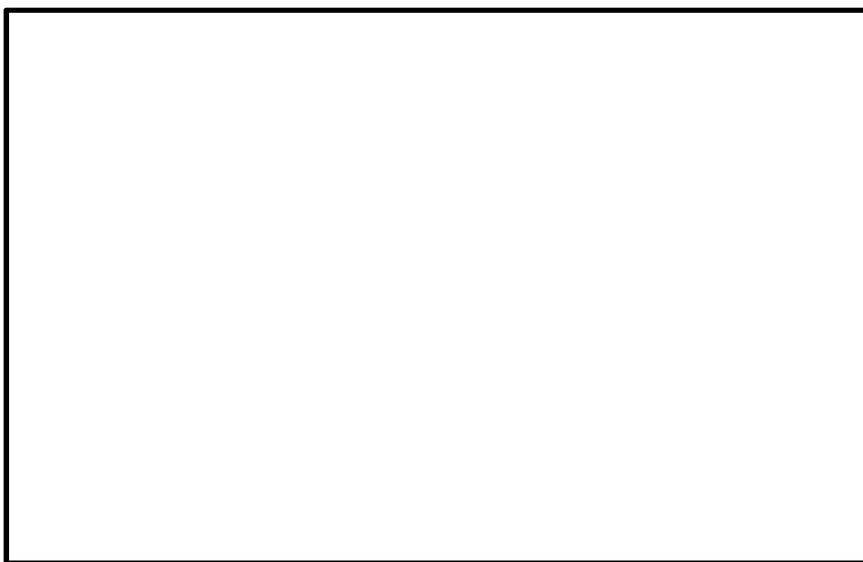


図 16.2-11 S A用海水ピット取水塔の解析モデル概念図

(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及びすべりを考慮する。

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 16.2-5 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 16.2-5 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 ϕ (度)	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 16.2-6 のとおり設定する。図 16.2-12 にジョイント要素の設定の考え方を示す。

表 16.2-6 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

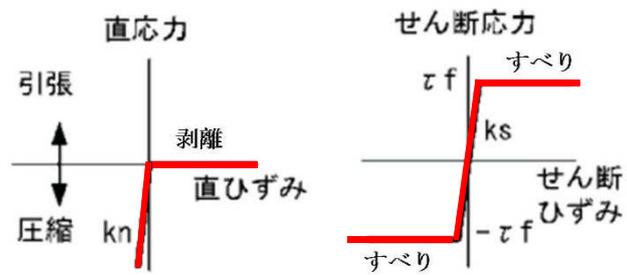
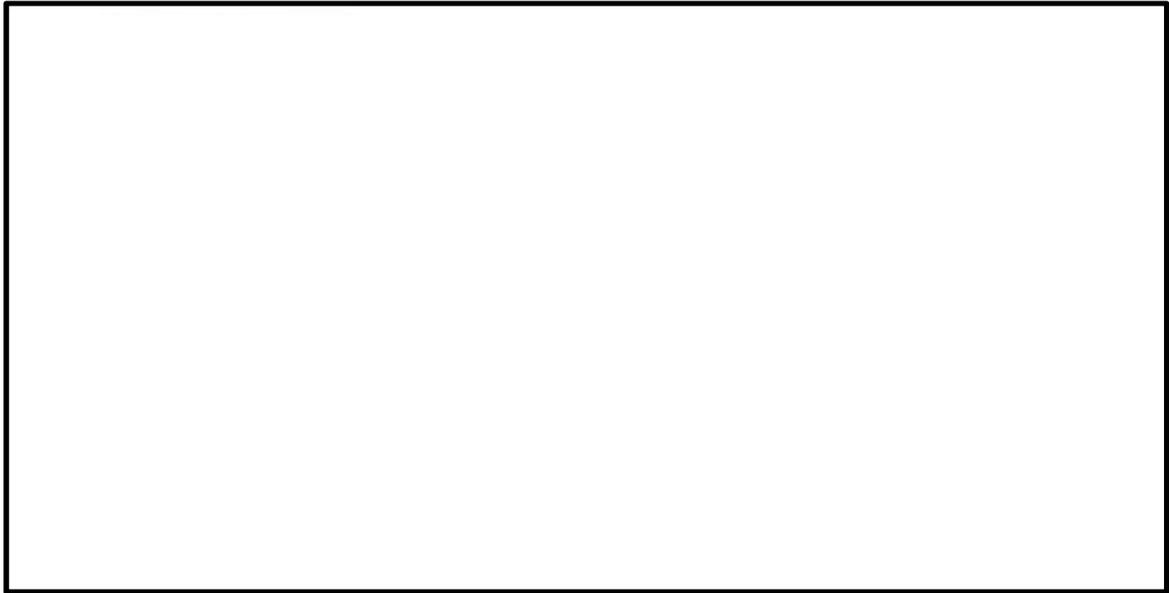


図 16.2-12 ジョイント要素の考え方

16.2.9 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。

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

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16.2-13にRayleigh減衰の設定フローを、表16.2-7に固有値解析結果を示す。

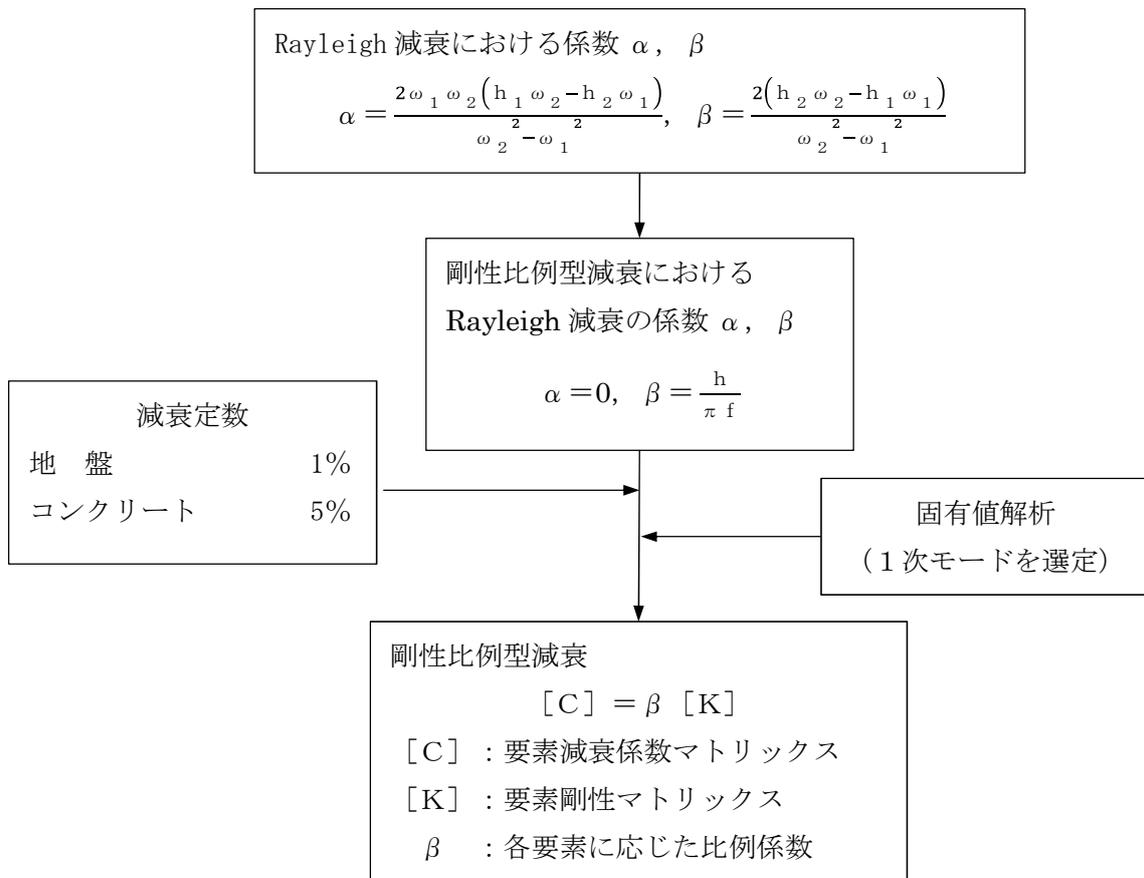


図 16.2-13 Rayleigh 減衰の設定フロー

表 16.2-7 固有値解析結果 (追而)

16.2.10 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 16.2-8 に示す。

表 16.2-8 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	○	・対象構造物の体積に材料の密度を乗じて設定する。
		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。 ・地下水及び海水位の密度を考慮する。
	内水圧		○	・H. W. L T. P. +0.61 mからの内水圧を考慮する。 ・海水の密度を考慮する。
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・鉛直に同時加振する。	
	鉛直地震動	○		・躯体，機器・配管の慣性力，動土圧を考慮する。
	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 g/cm^3 とする。

海水は流体要素として考慮し，密度は 1.03 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 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。

16.2.11 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 16.2-9 に示す。

表 16.2-9 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 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、構造物の安全率が最も小さい地震波で実施する。

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、付録 39「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。

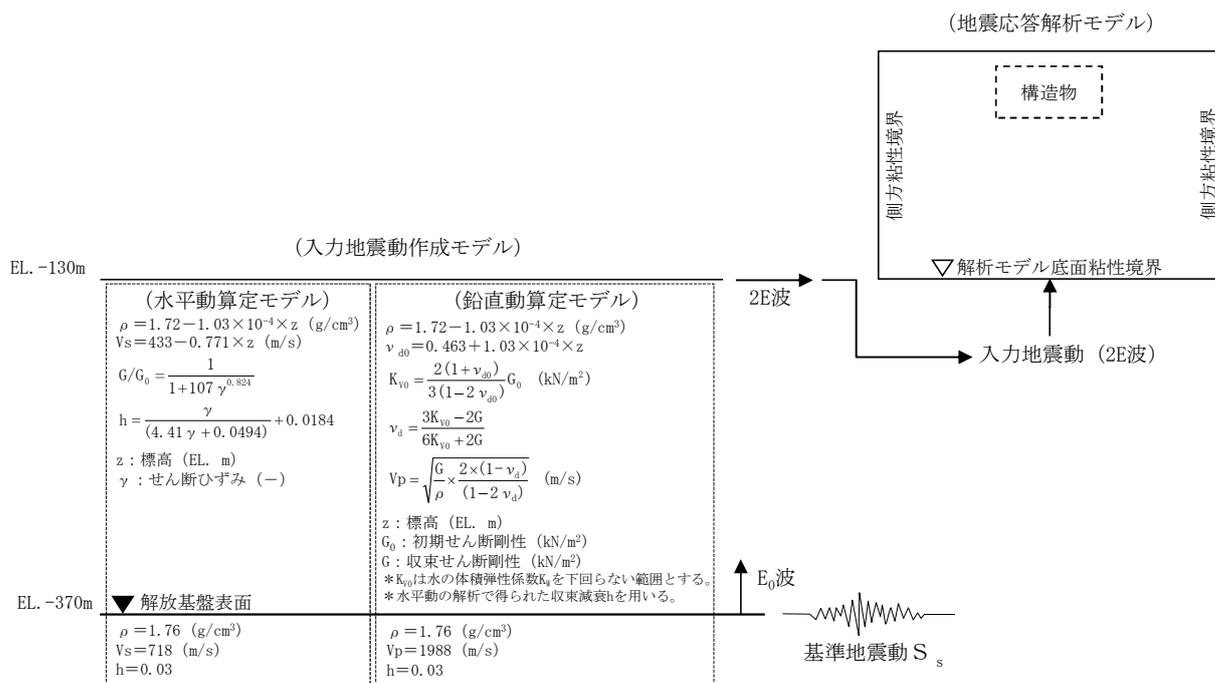
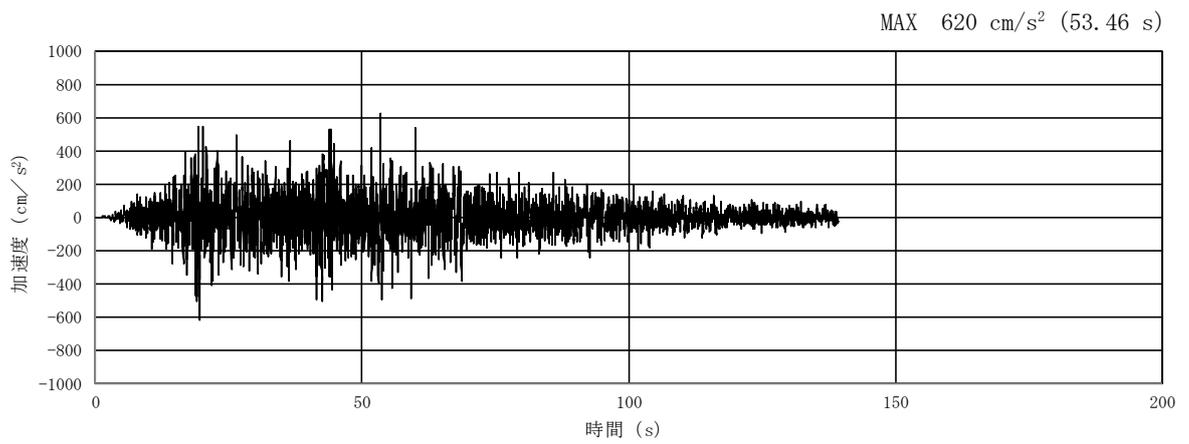
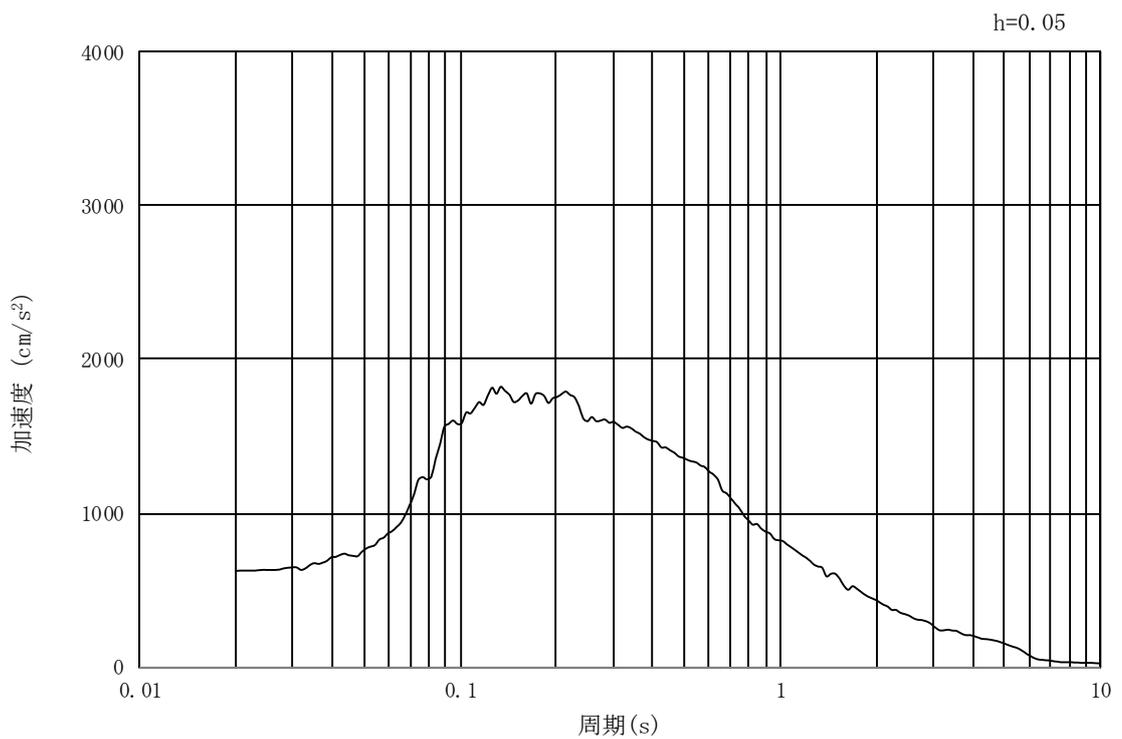


図 16.3-1 入力地震動策定の概念図

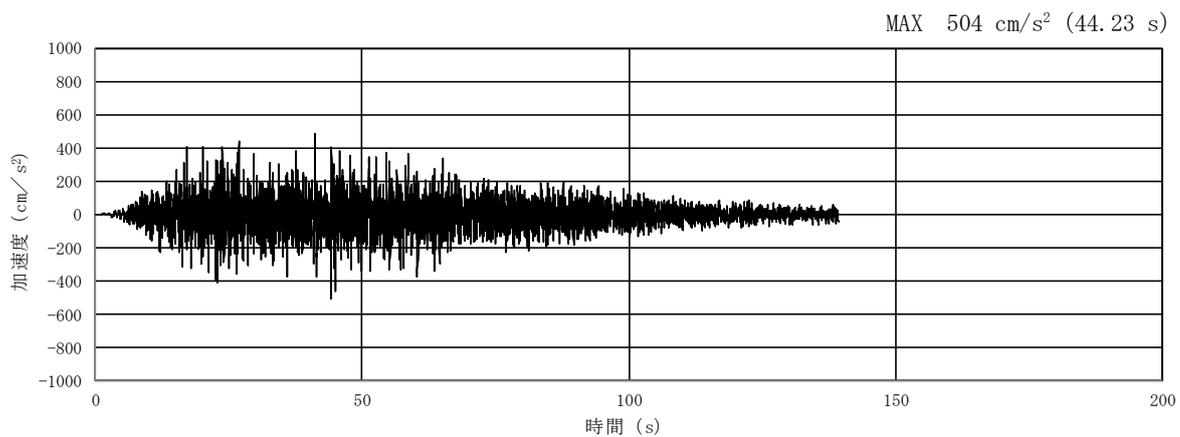


(a) 加速度時刻歴波形

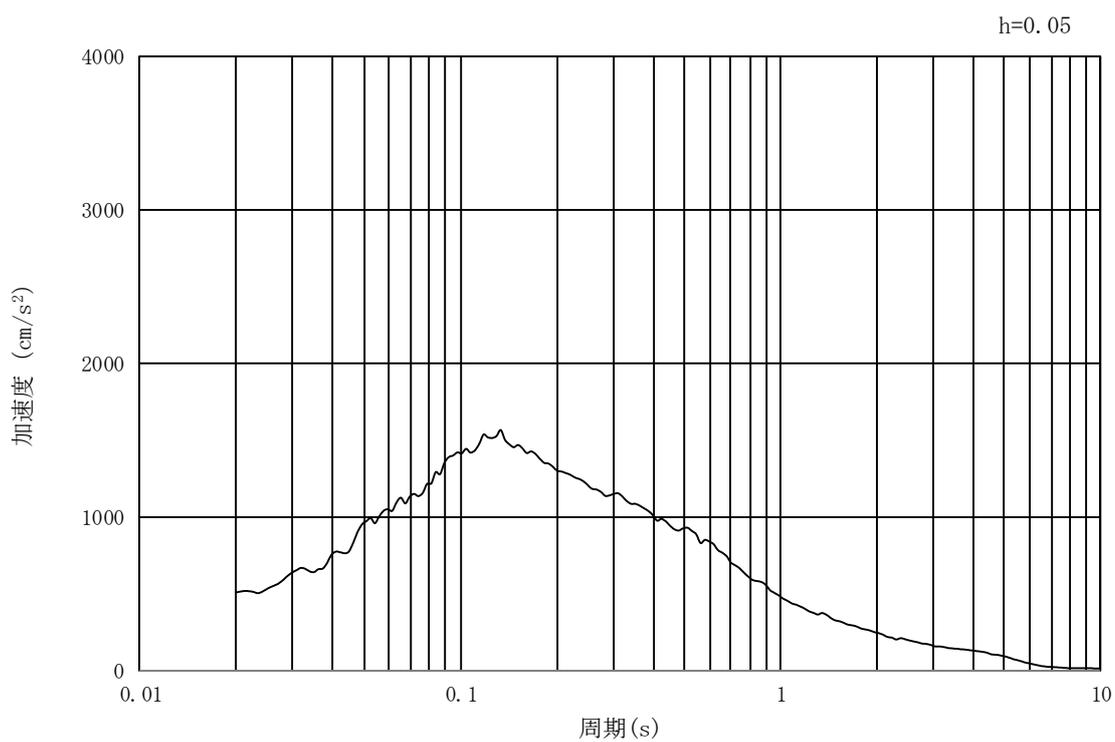


(b) 加速度応答スペクトル

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
(引込み管軸・管軸直角方向断面, 水平成分: S_s-D1)

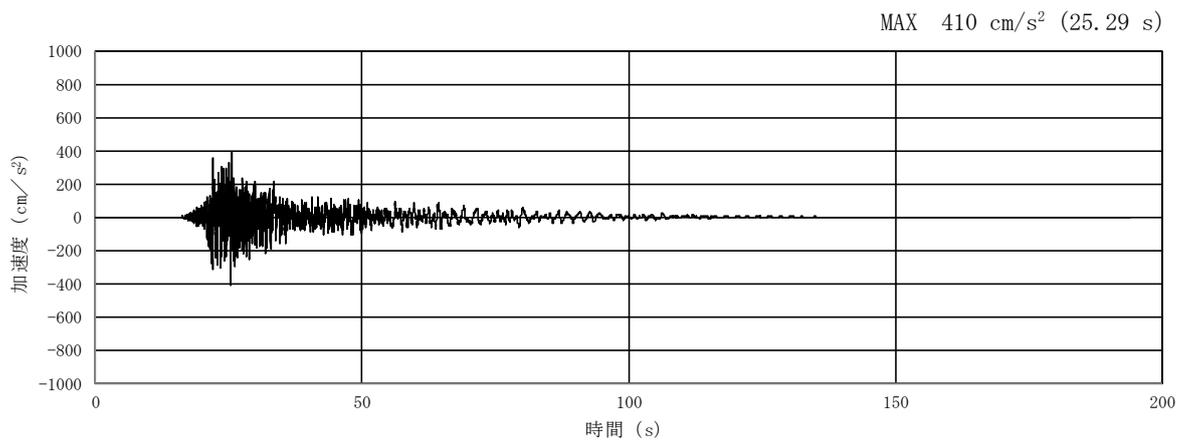


(a) 加速度時刻歴波形

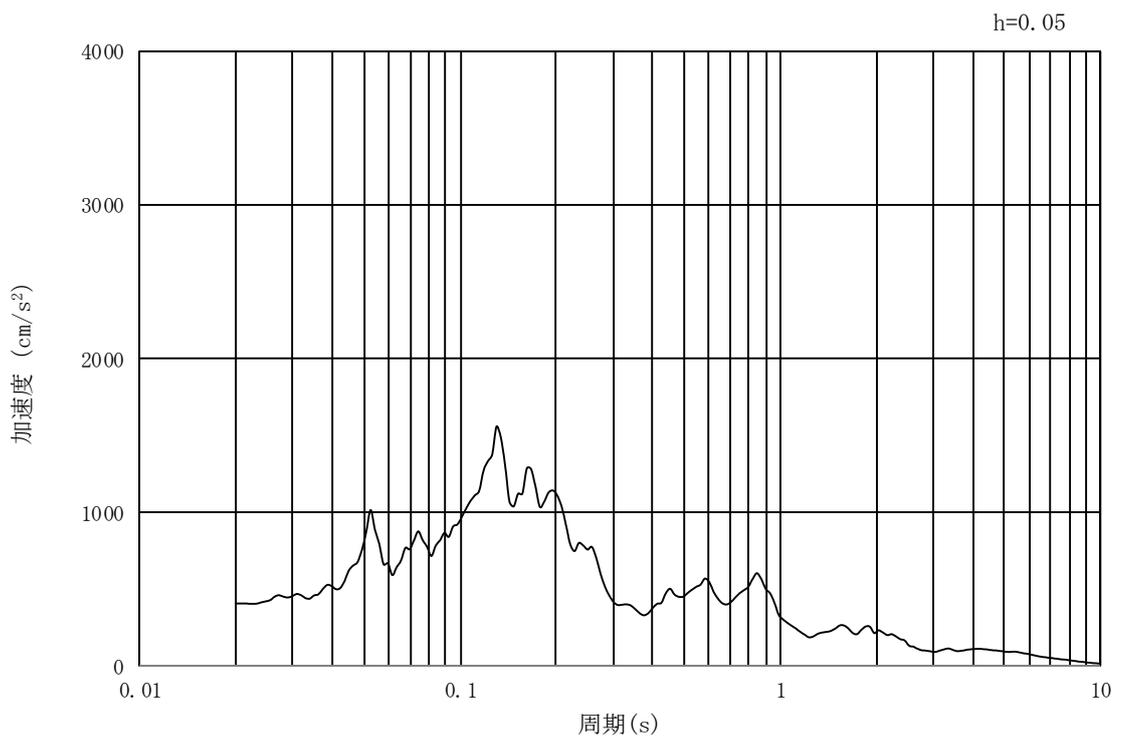


(b) 加速度応答スペクトル

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
(引込み管軸・管軸直角方向断面, 鉛直成分: $S_s - D 1$)

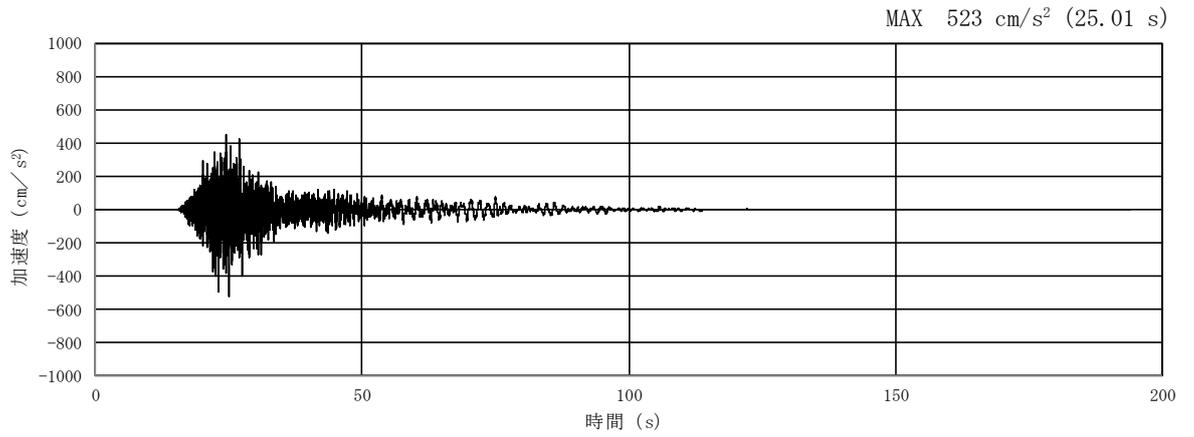


(a) 加速度時刻歴波形

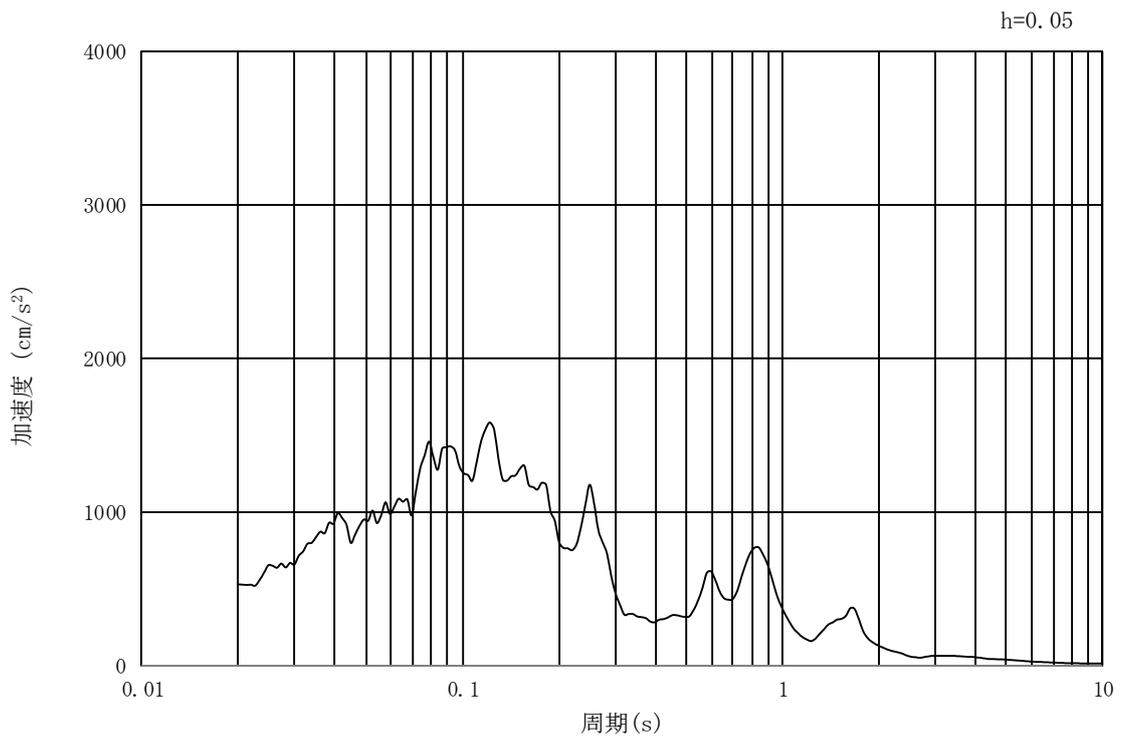


(b) 加速度応答スペクトル

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
(引込み管軸方向断面, 水平成分: $S_s - 1.1$)

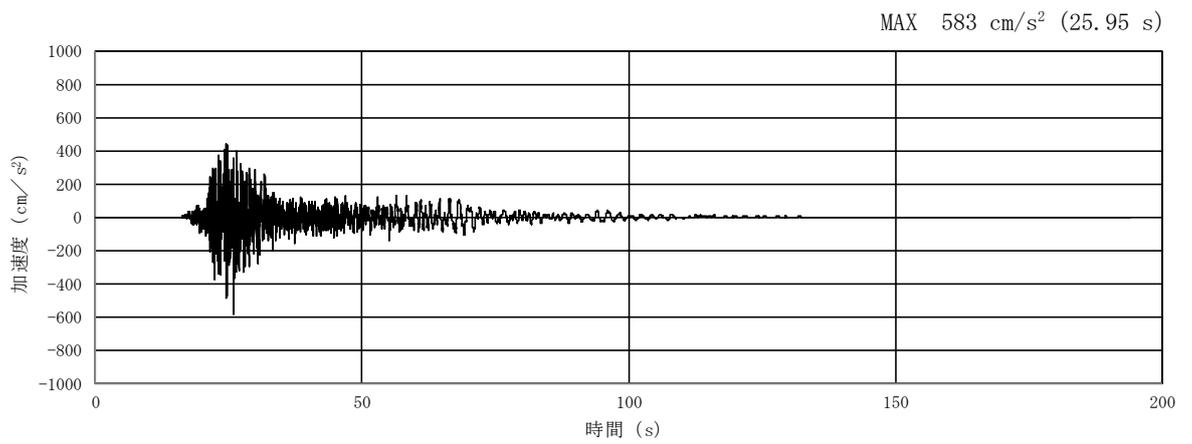


(a) 加速度時刻歴波形

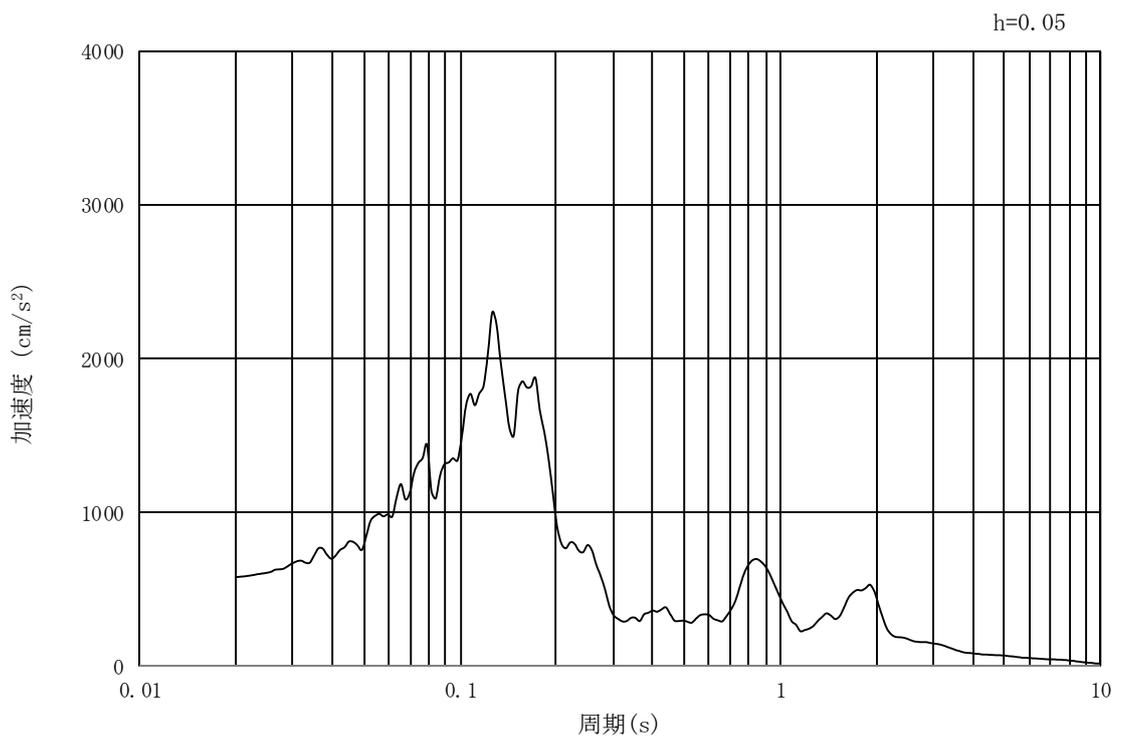


(b) 加速度応答スペクトル

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
(引込み管軸方向断面, 鉛直成分: $S_s - 1.1$)

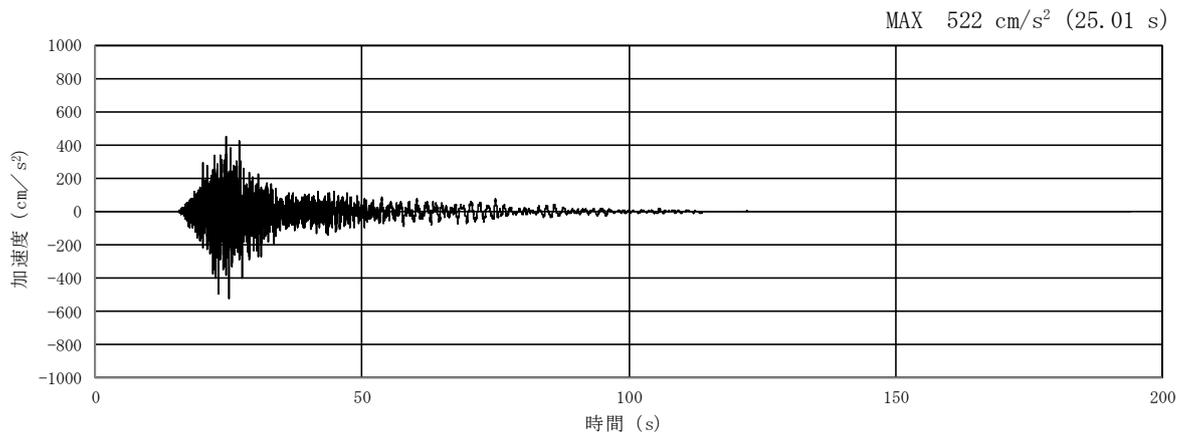


(a) 加速度時刻歴波形

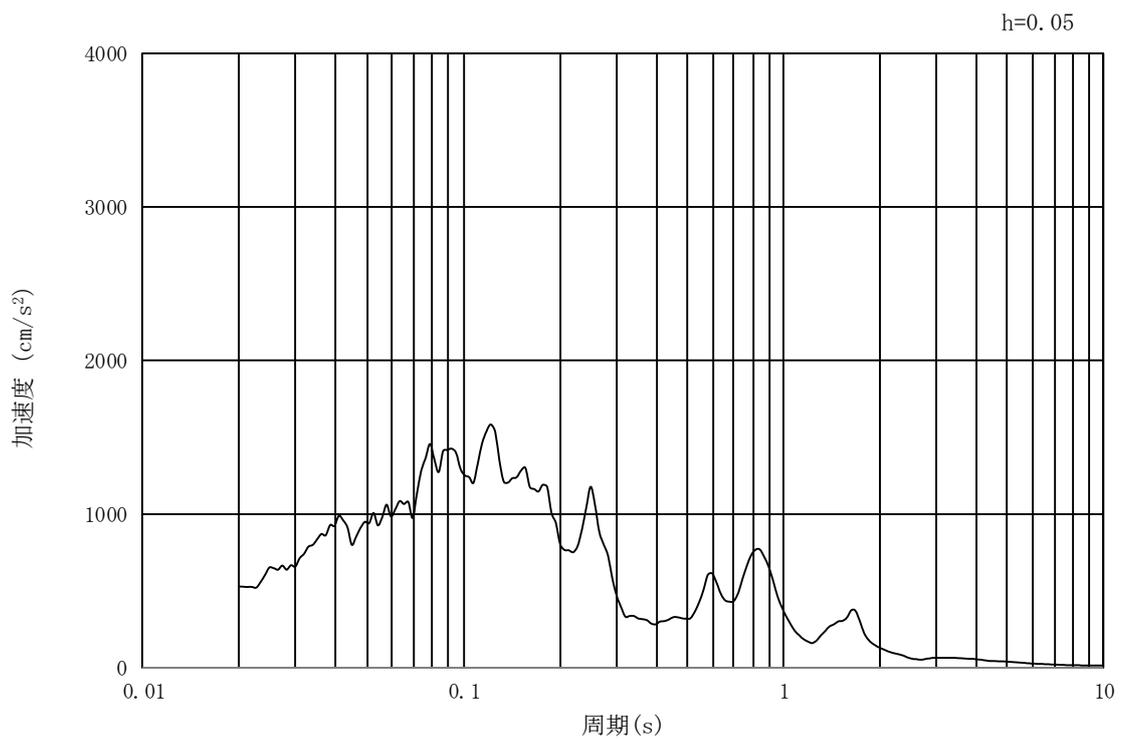


(b) 加速度応答スペクトル

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
(引込み管軸直角方向断面, 水平成分: $S_s - 1.1$)

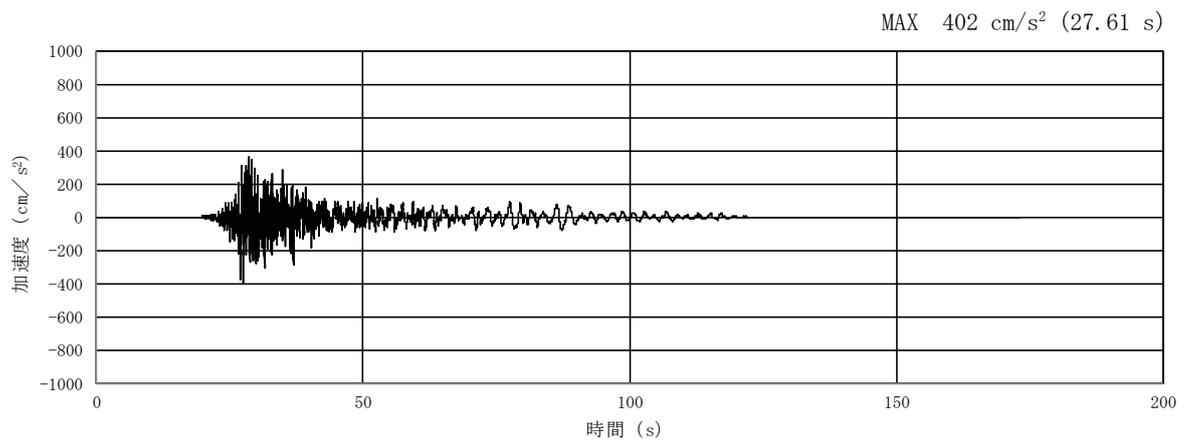


(a) 加速度時刻歴波形

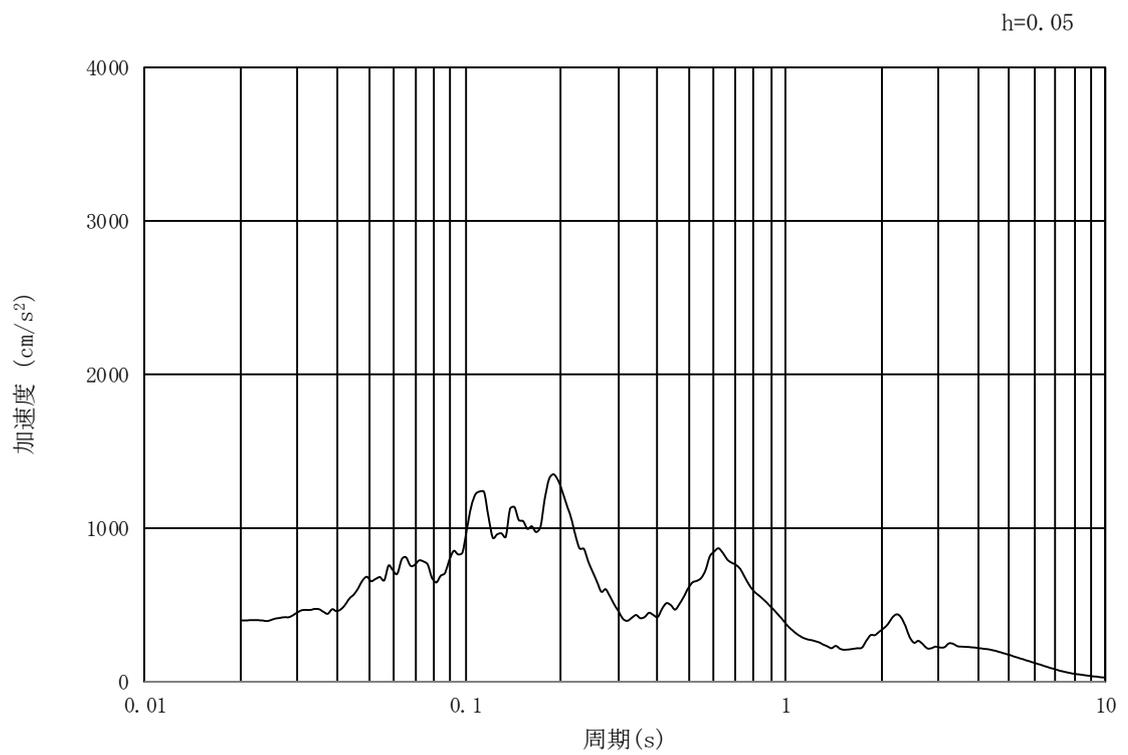


(b) 加速度応答スペクトル

図 16.3-7 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
(引込み管軸直角方向断面, 鉛直成分: $S_s - 1.1$)

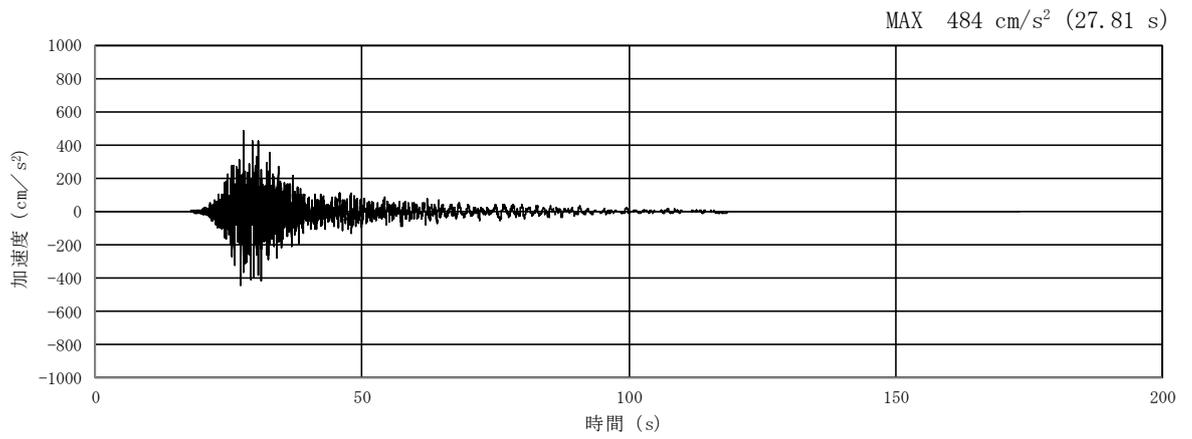


(a) 加速度時刻歴波形

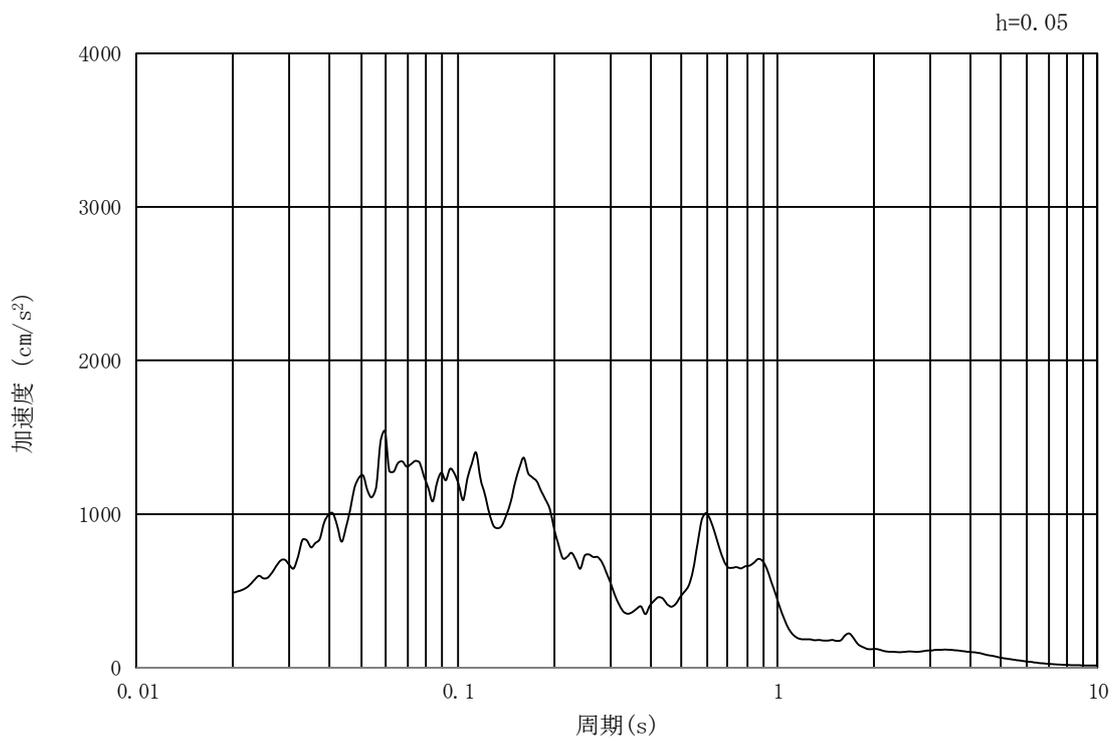


(b) 加速度応答スペクトル

図 16.3-8 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
(引込み管軸方向断面, 水平成分: $S_s - 1.2$)

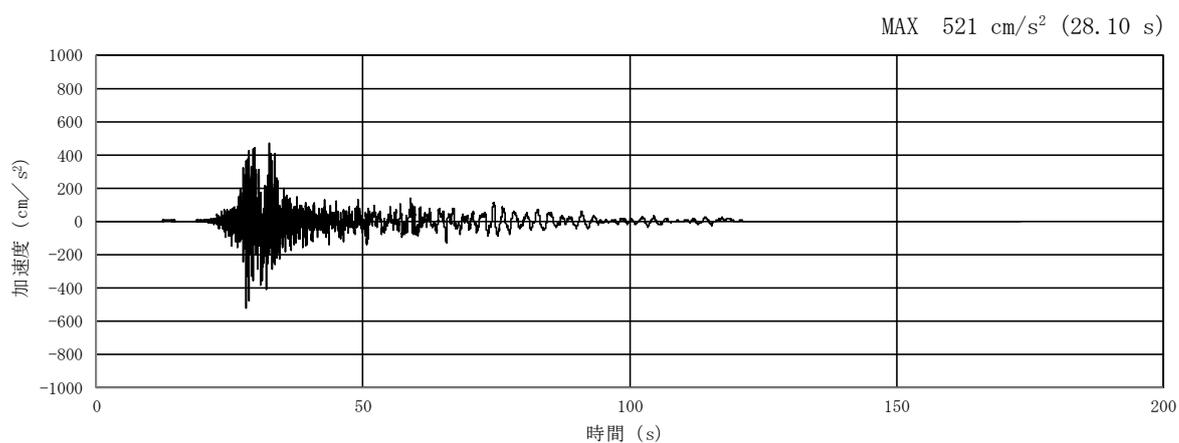


(a) 加速度時刻歴波形

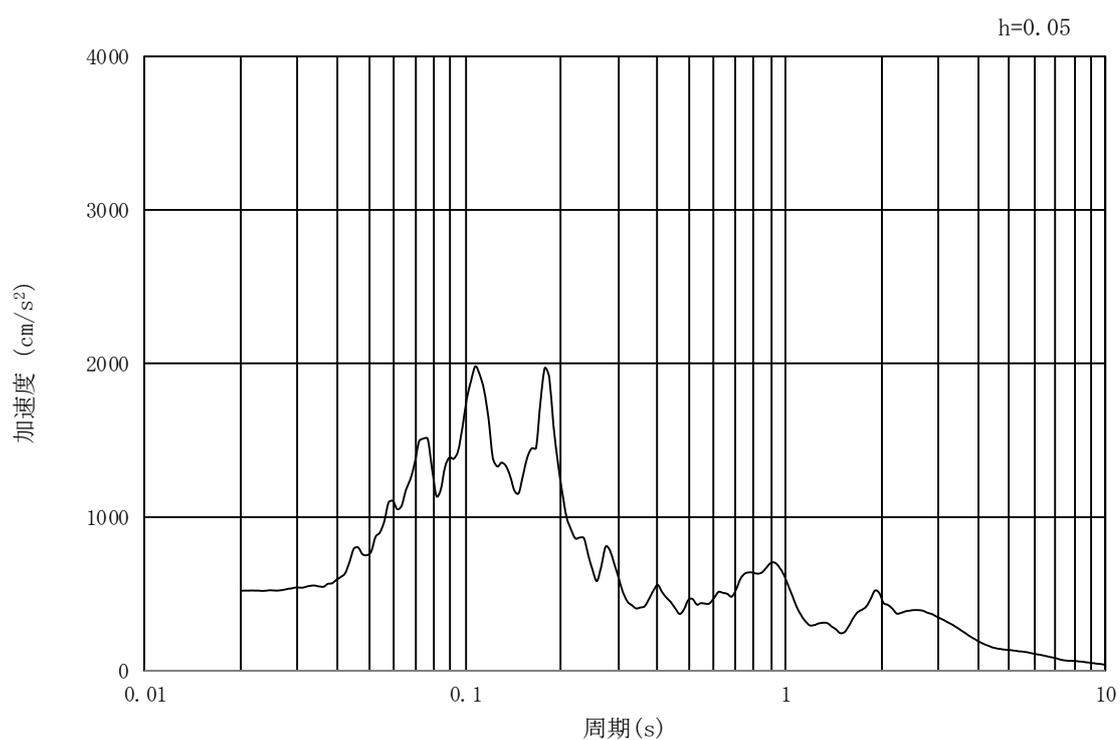


(b) 加速度応答スペクトル

図 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
(引込み管軸方向断面, 鉛直成分: $S_s - 1.2$)

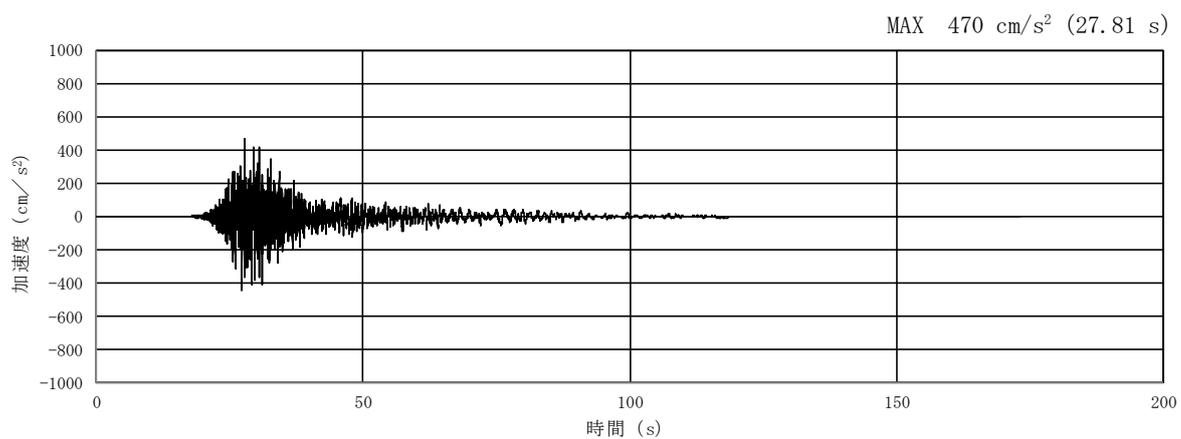


(a) 加速度時刻歴波形

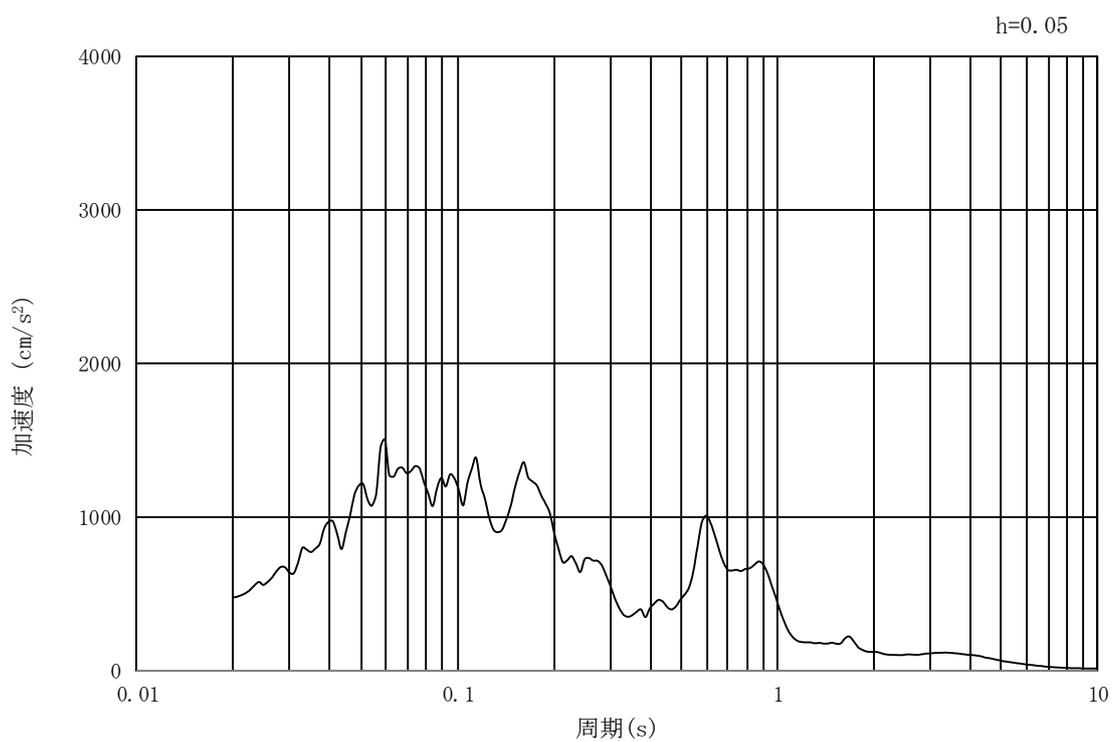


(b) 加速度応答スペクトル

図 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
(引込み管軸直角方向断面, 水平成分: $S_s - 1.2$)

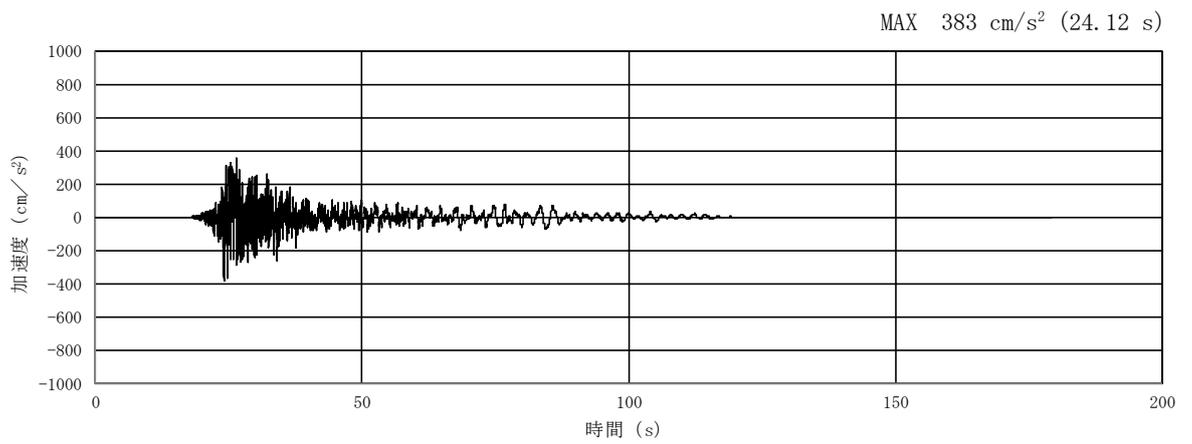


(a) 加速度時刻歴波形

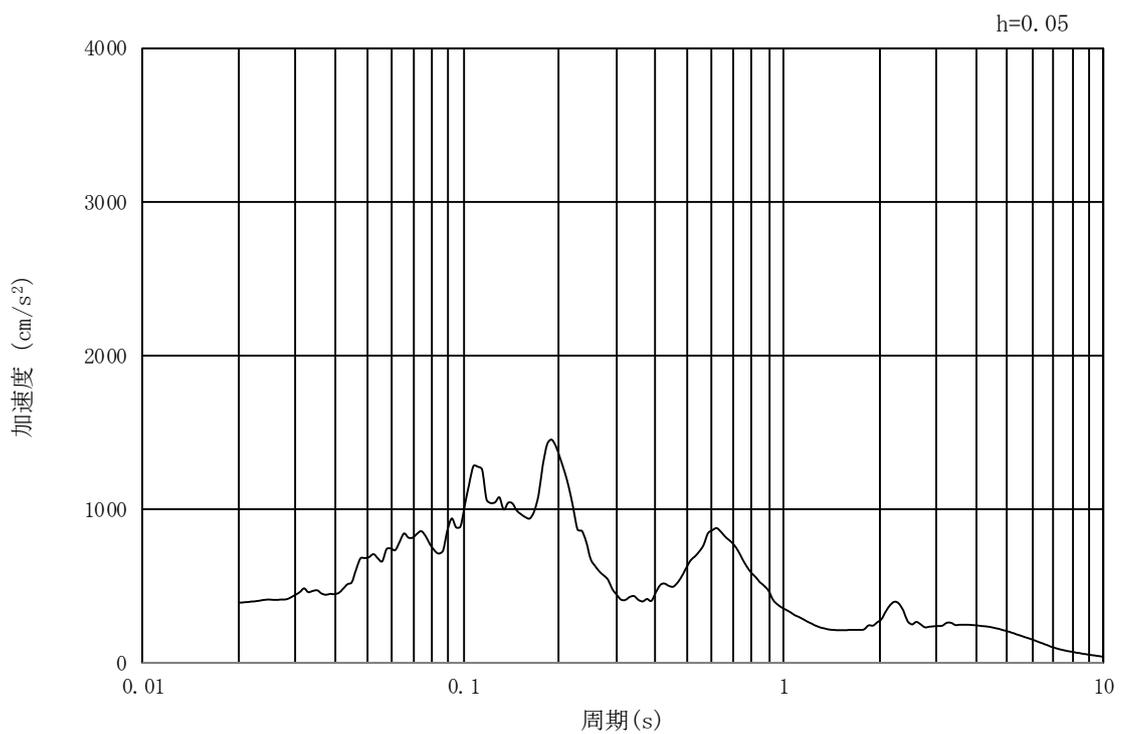


(b) 加速度応答スペクトル

図 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
(引込み管軸直角方向断面, 鉛直成分: $S_s - 1.2$)

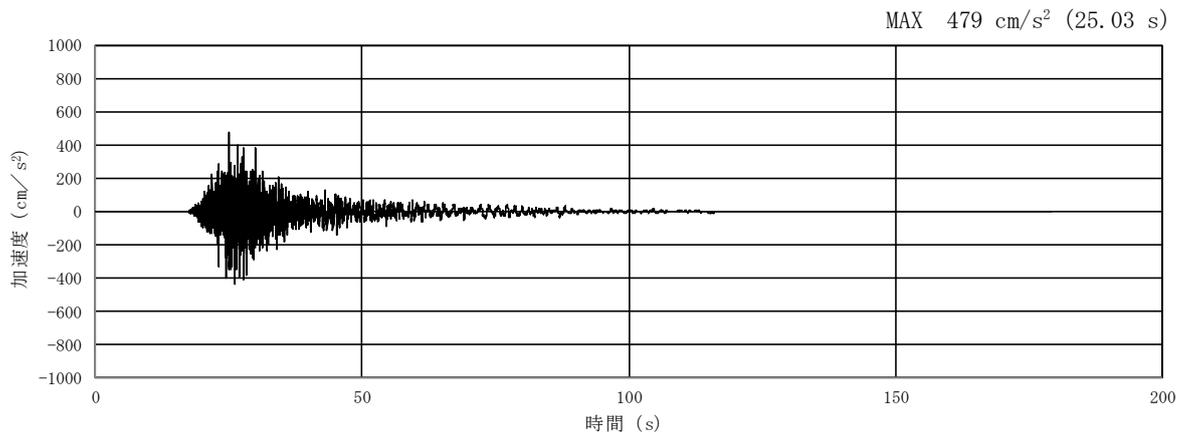


(a) 加速度時刻歴波形

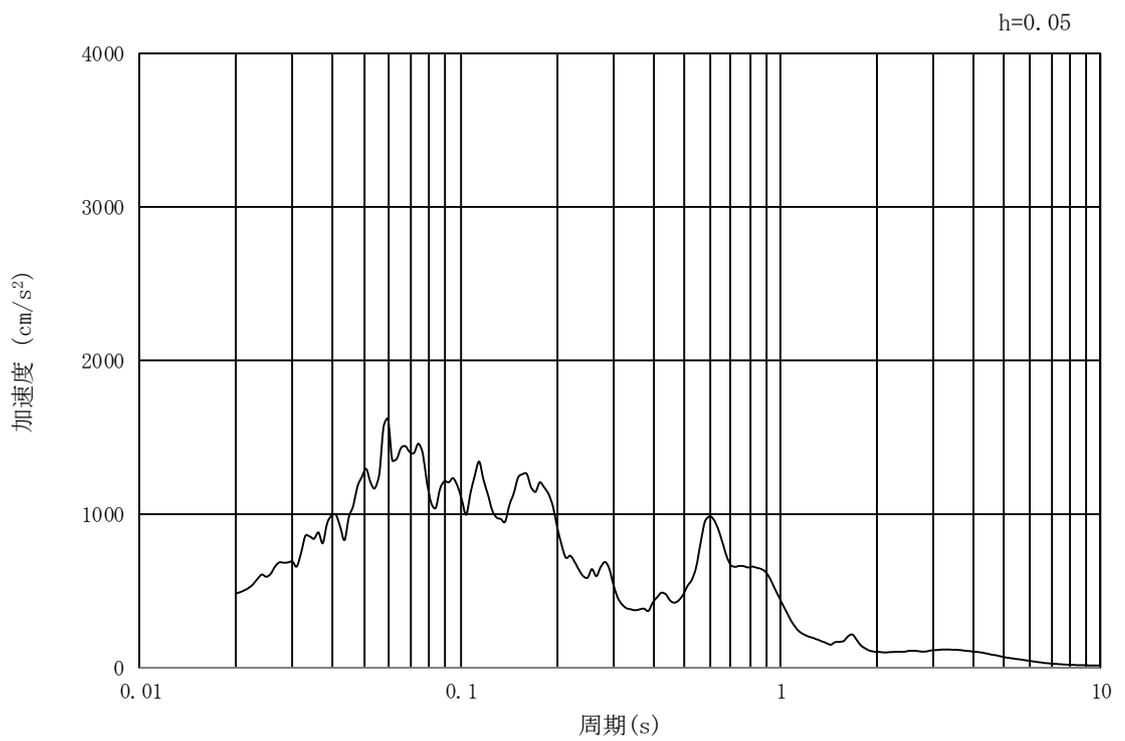


(b) 加速度応答スペクトル

図 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
(引込み管軸方向断面, 水平成分: $S_s - 1.3$)

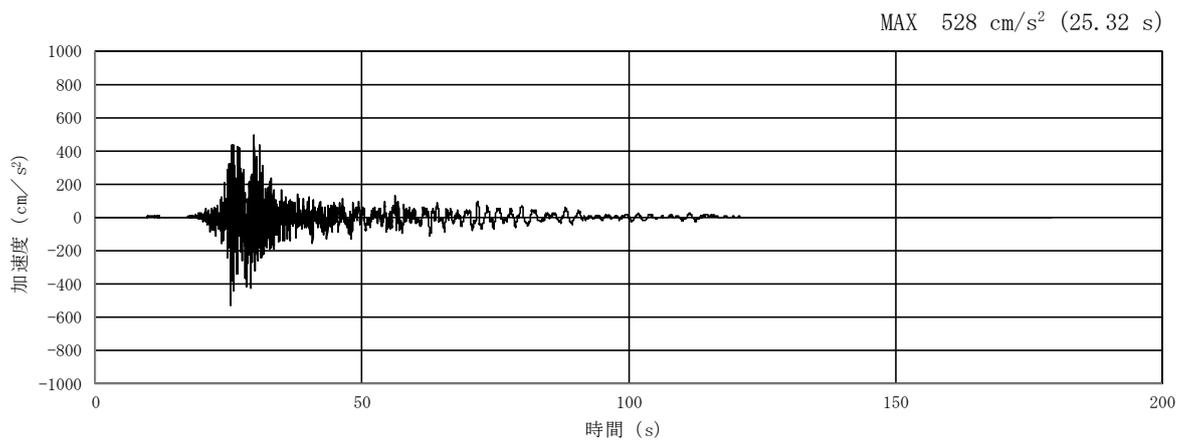


(a) 加速度時刻歴波形

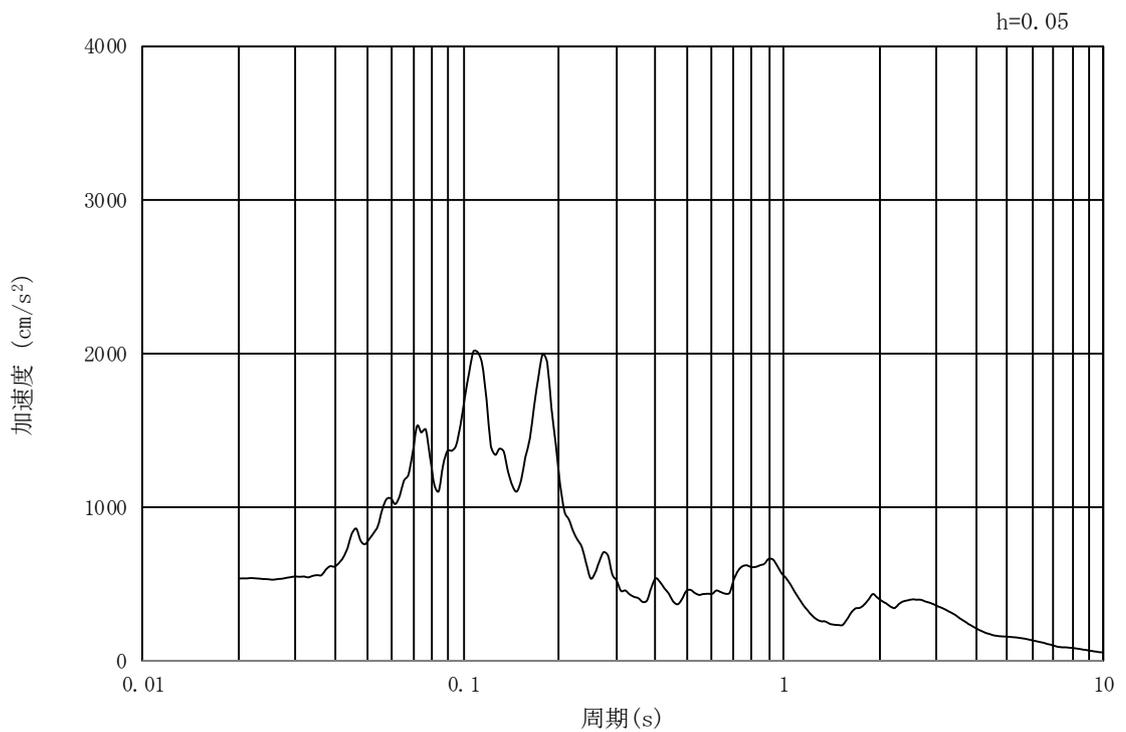


(b) 加速度応答スペクトル

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
(引込み管軸方向断面, 鉛直成分: $S_s - 1.3$)

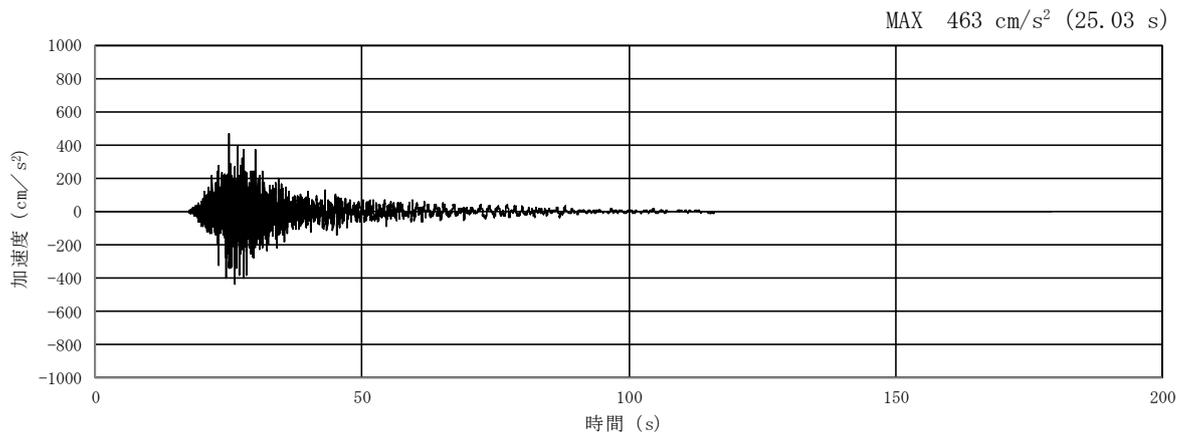


(a) 加速度時刻歴波形

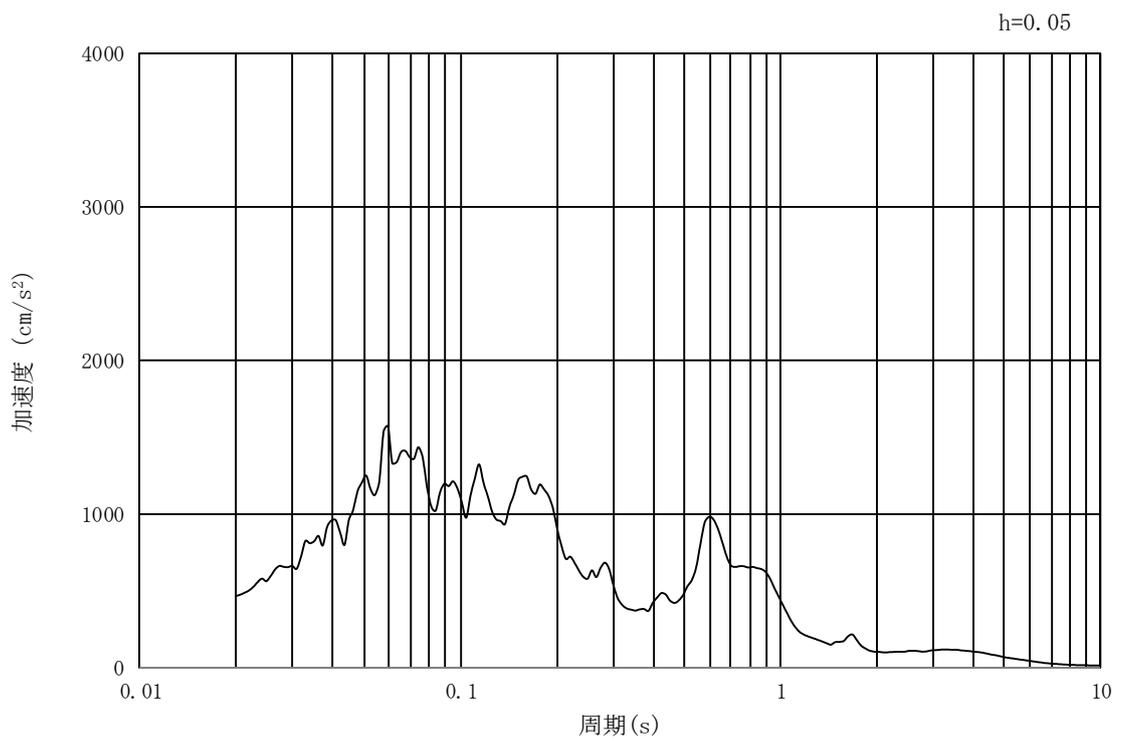


(b) 加速度応答スペクトル

図 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
(引込み管軸直角方向断面, 水平成分: $S_s - 1.3$)

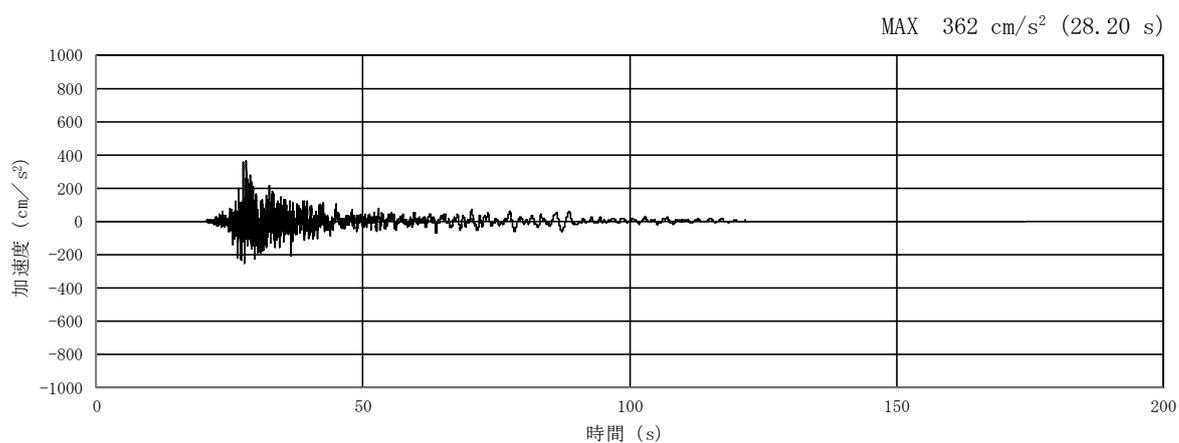


(a) 加速度時刻歴波形

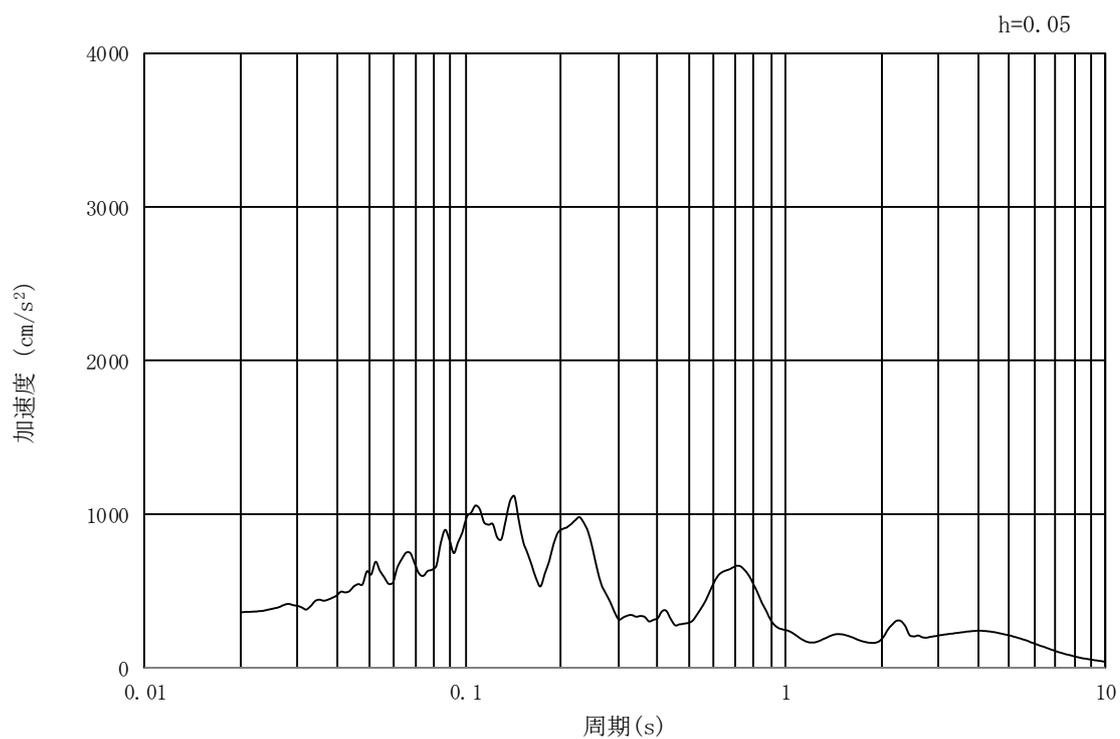


(b) 加速度応答スペクトル

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
(引込み管軸直角方向断面, 鉛直成分: $S_s - 1.3$)

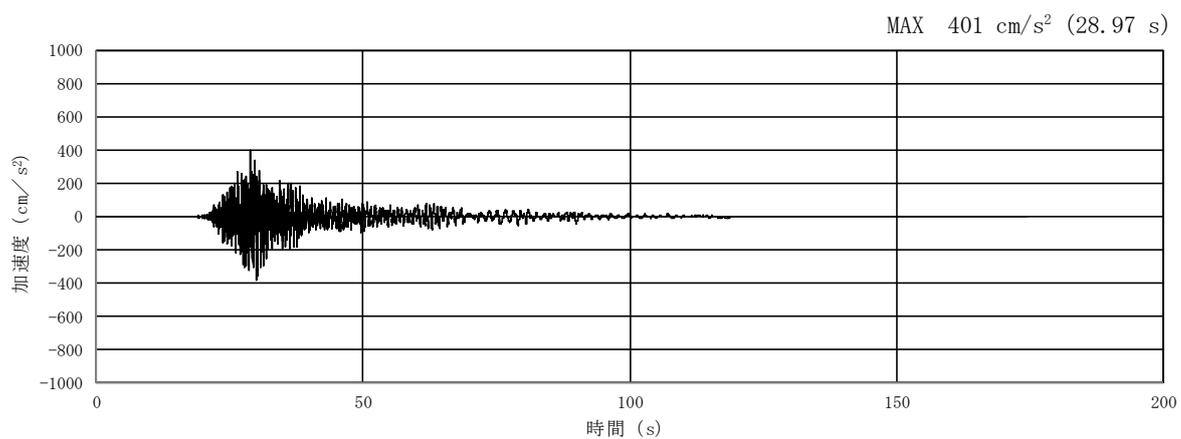


(a) 加速度時刻歴波形

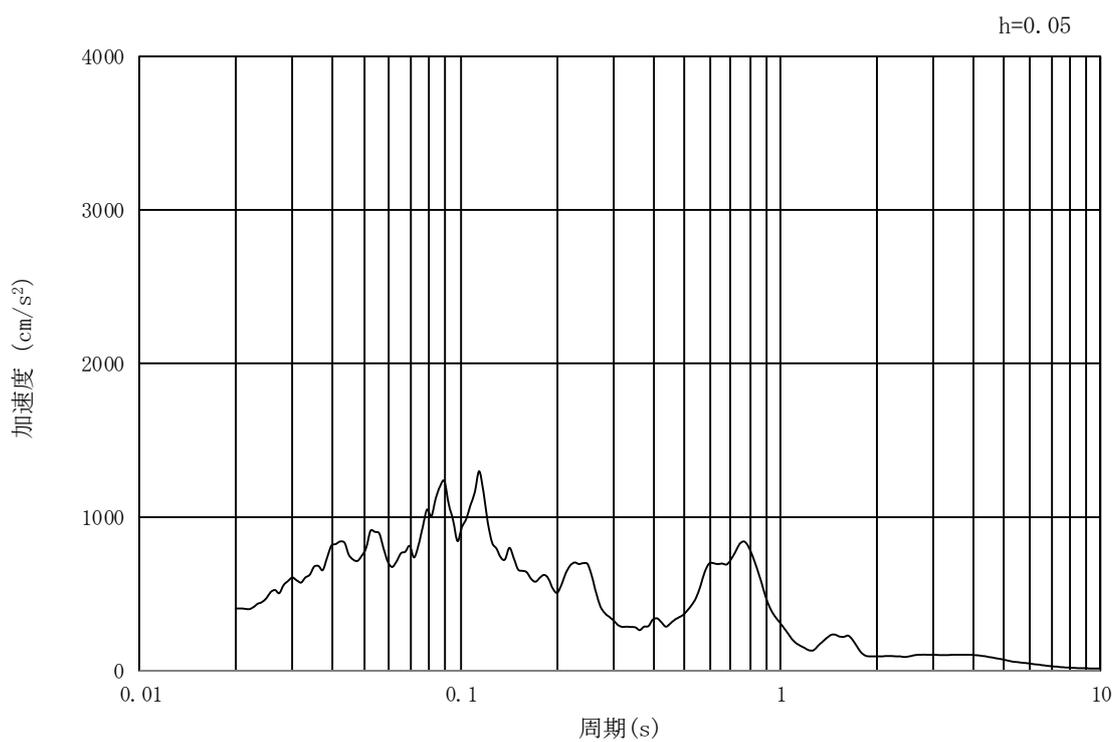


(b) 加速度応答スペクトル

図 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
(引込み管軸方向断面, 水平成分: $S_s - 1.4$)

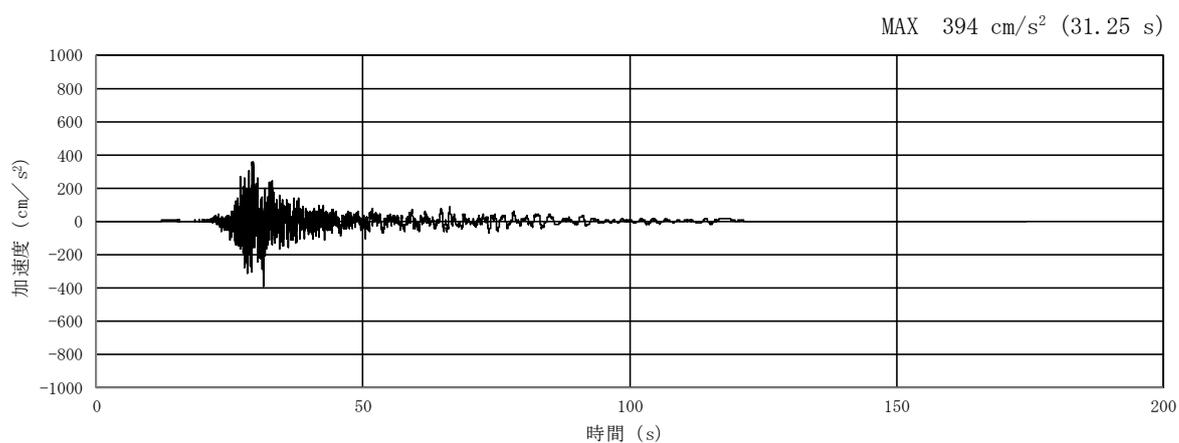


(a) 加速度時刻歴波形

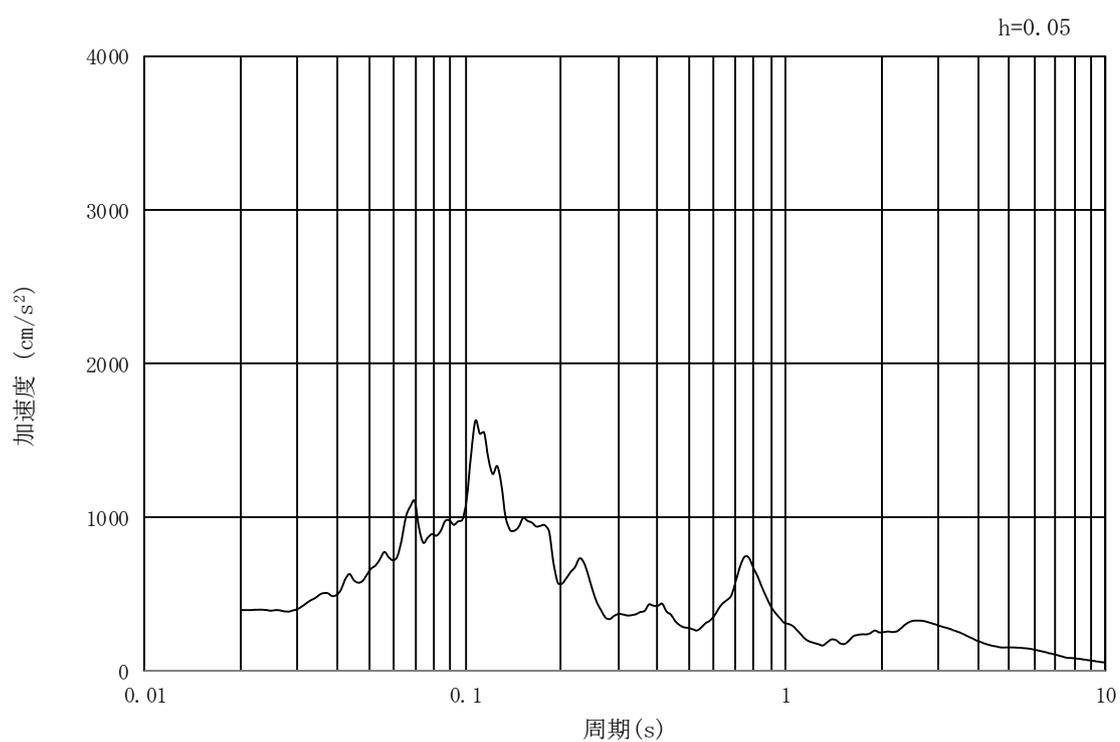


(b) 加速度応答スペクトル

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
(引込み管軸方向断面, 鉛直成分: $S_s - 1.4$)

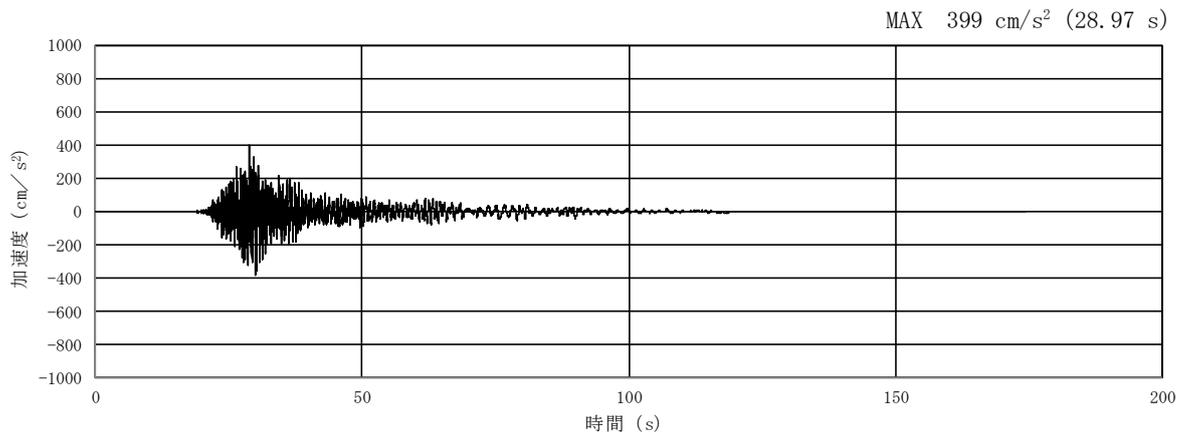


(a) 加速度時刻歴波形

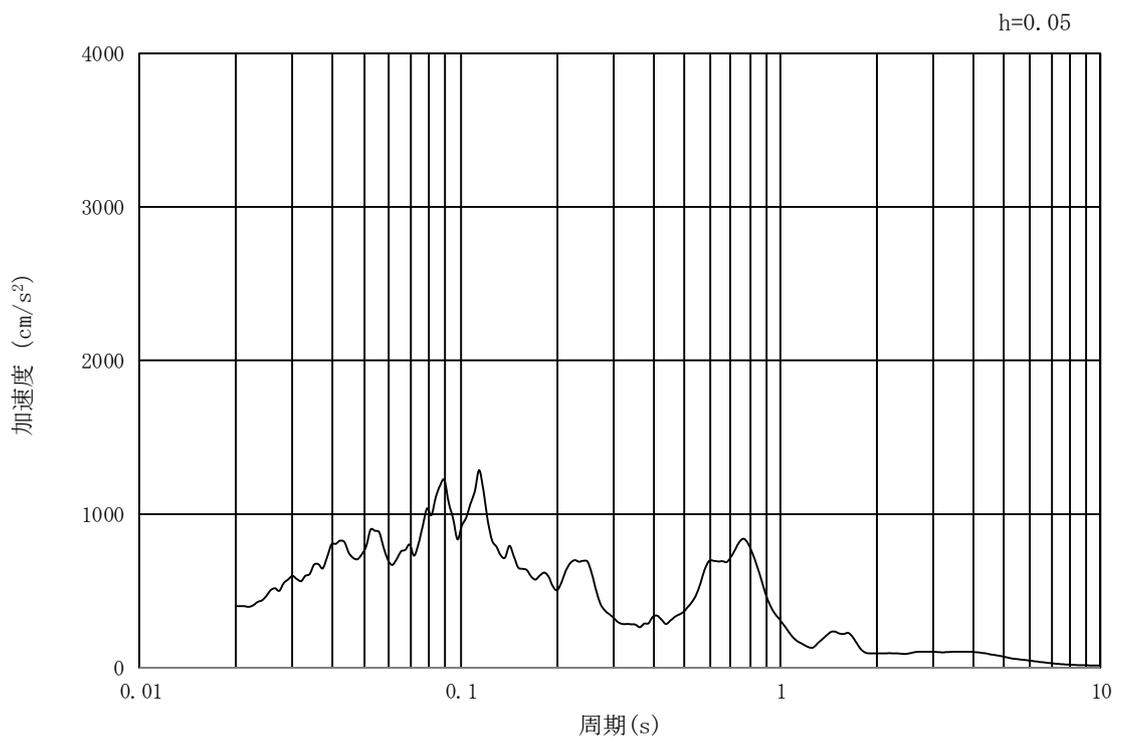


(b) 加速度応答スペクトル

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
(引込み管軸直角方向断面, 水平成分: $S_s - 1.4$)

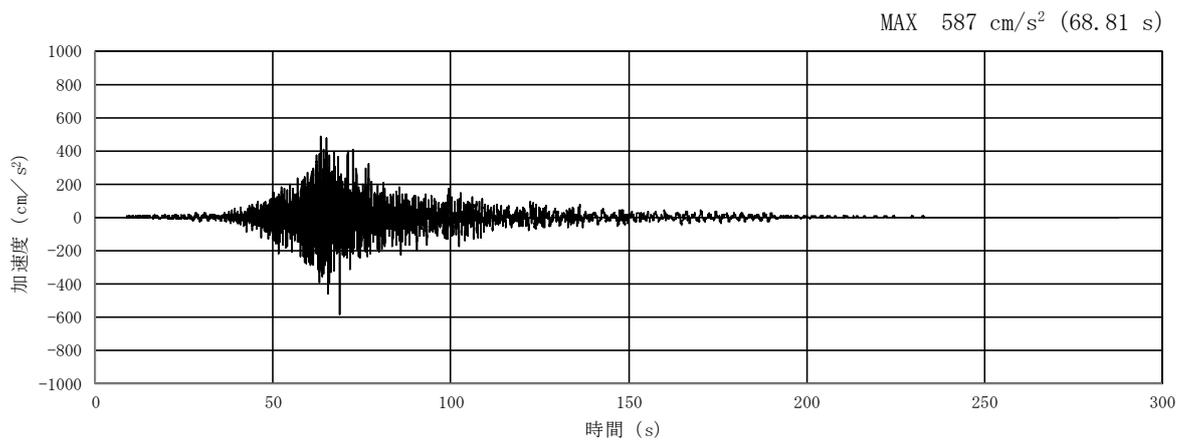


(a) 加速度時刻歴波形

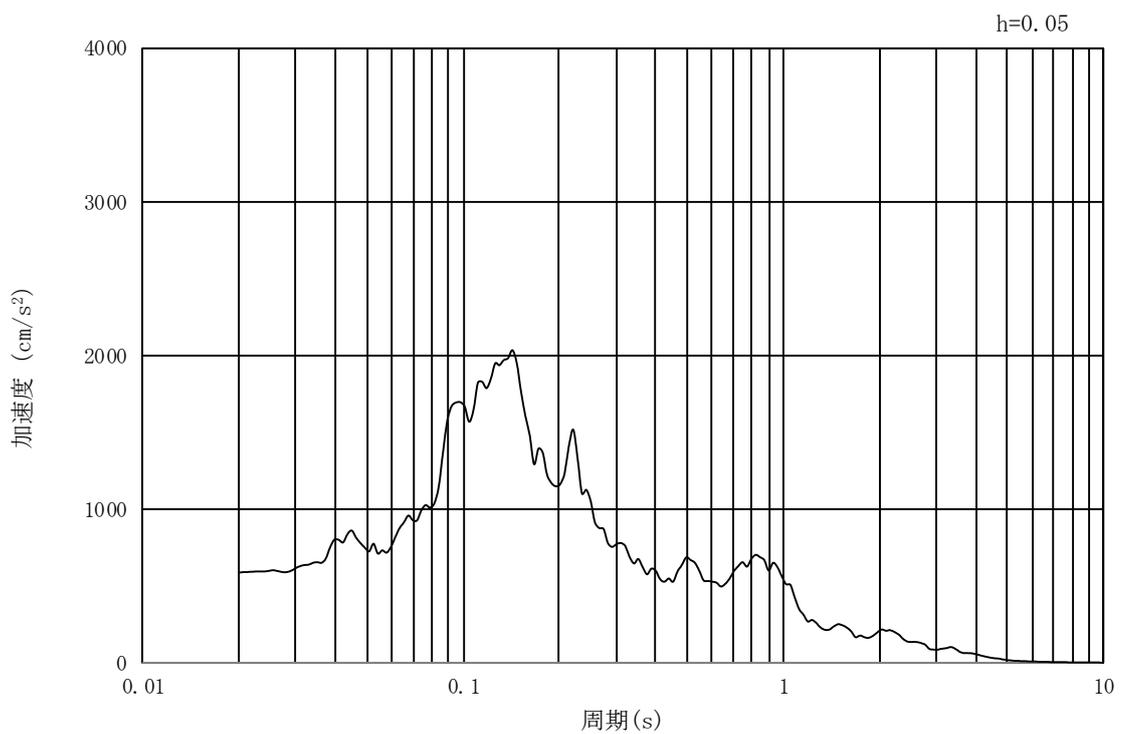


(b) 加速度応答スペクトル

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
(引込み管軸直角方向断面, 鉛直成分: $S_s - 1.4$)

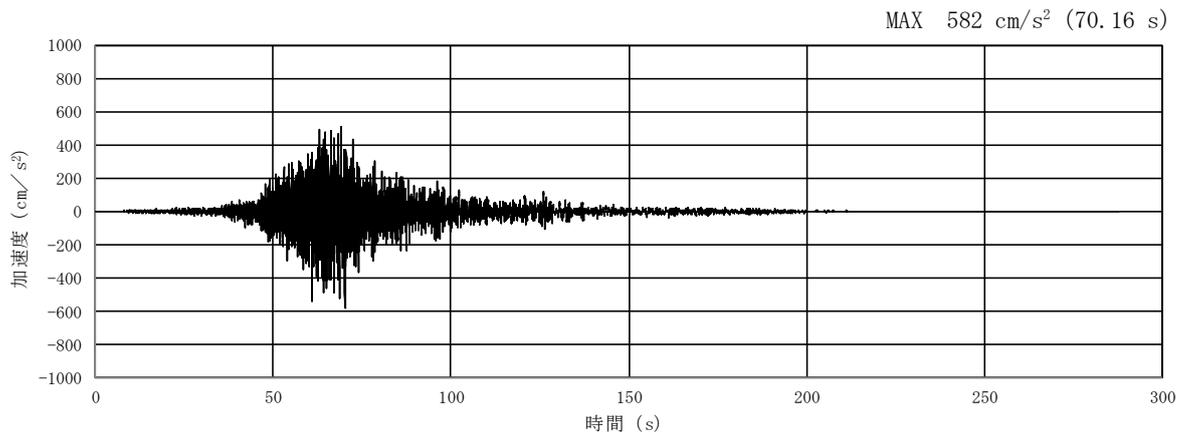


(a) 加速度時刻歴波形

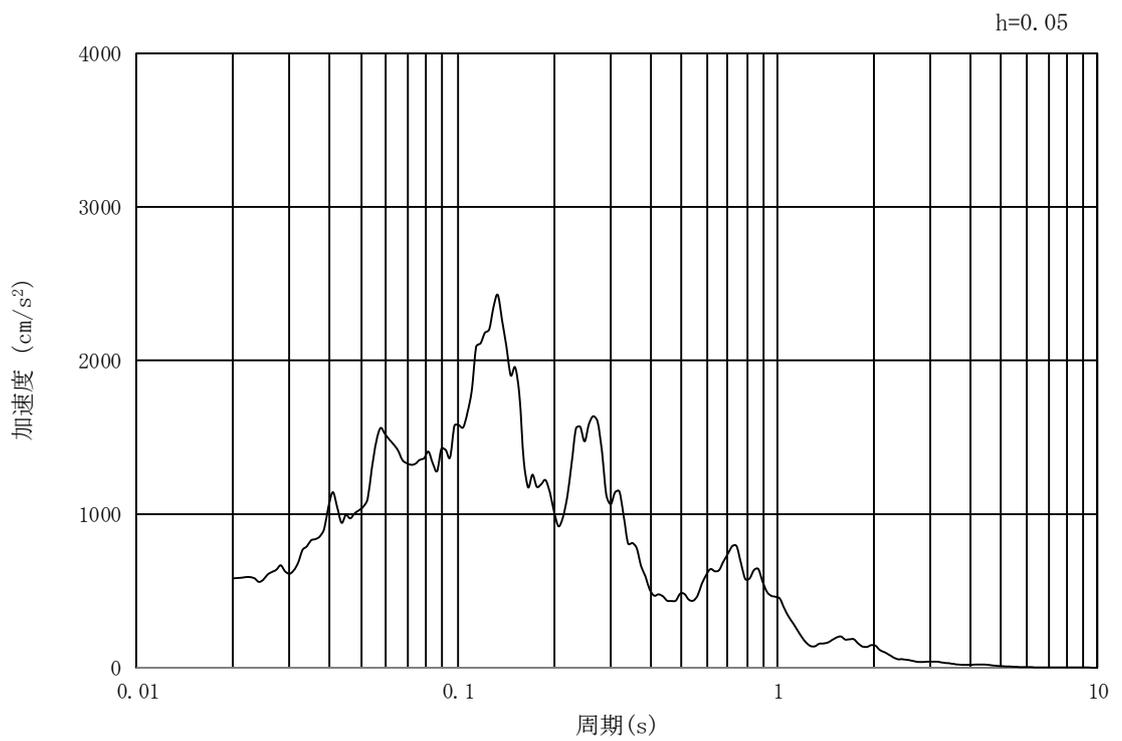


(b) 加速度応答スペクトル

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
(引込み管軸方向断面, 水平成分: $S_s - 21$)

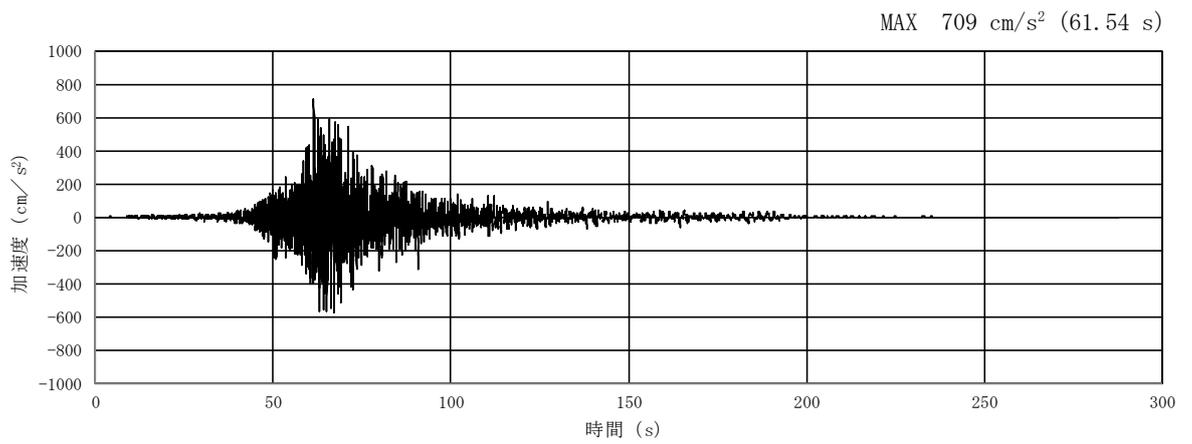


(a) 加速度時刻歴波形

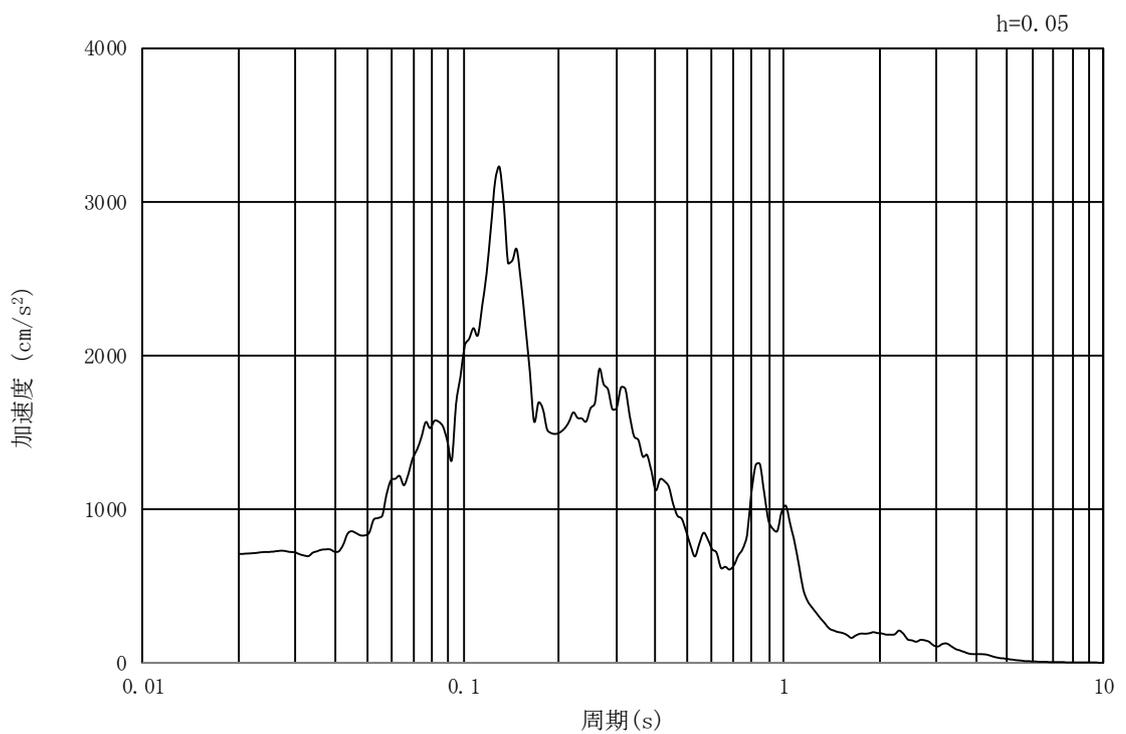


(b) 加速度応答スペクトル

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
(引込み管軸方向断面, 鉛直成分: $S_s - 21$)

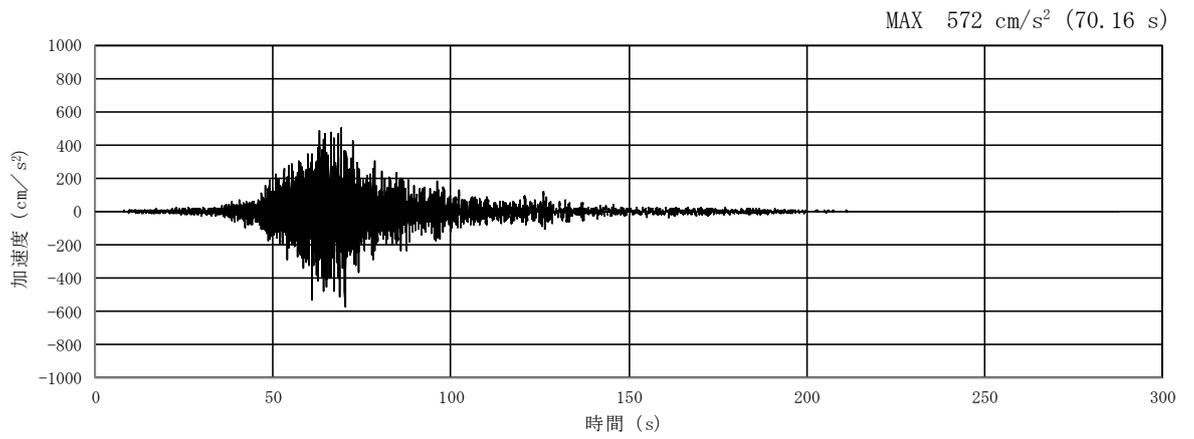


(a) 加速度時刻歴波形

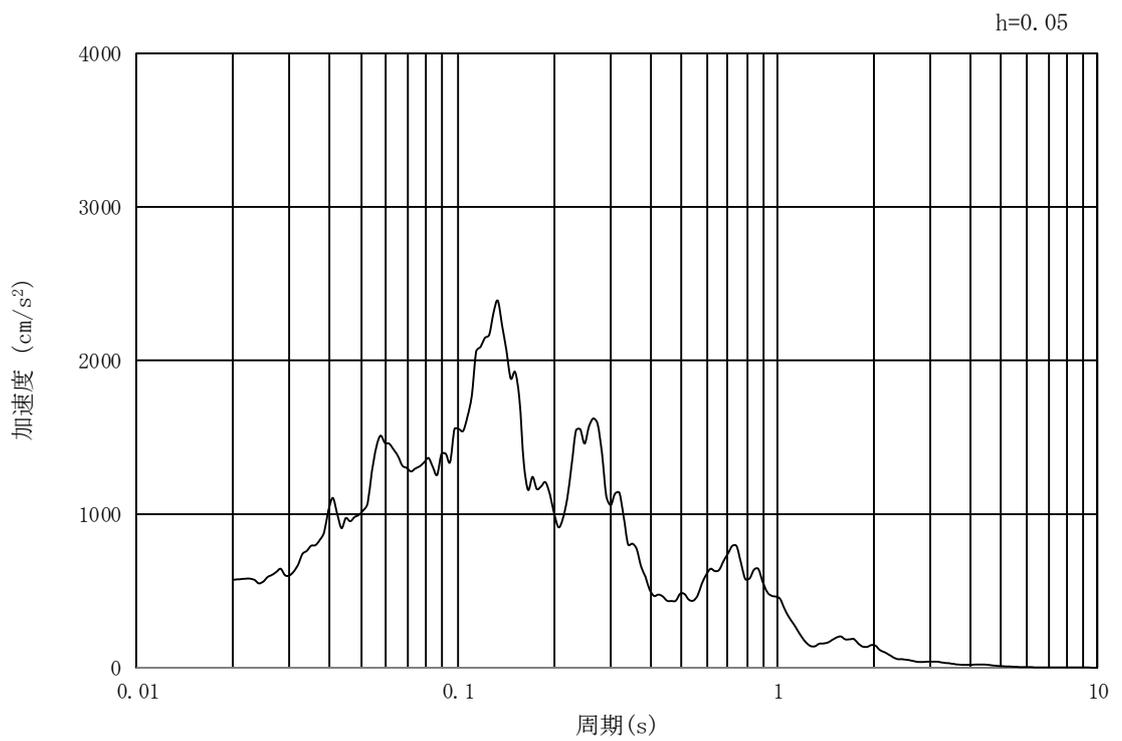


(b) 加速度応答スペクトル

図 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
(引込み管軸直角方向断面, 水平成分: $S_s - 21$)

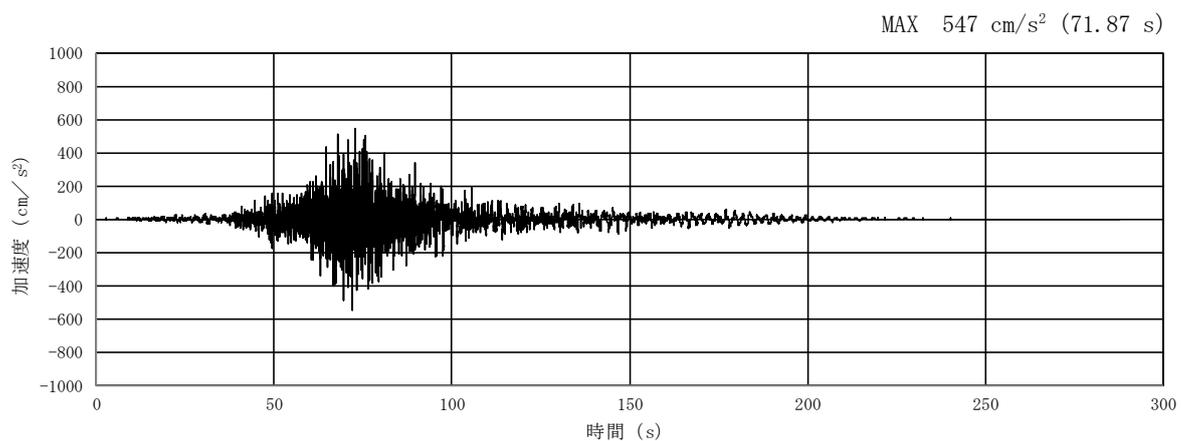


(a) 加速度時刻歴波形

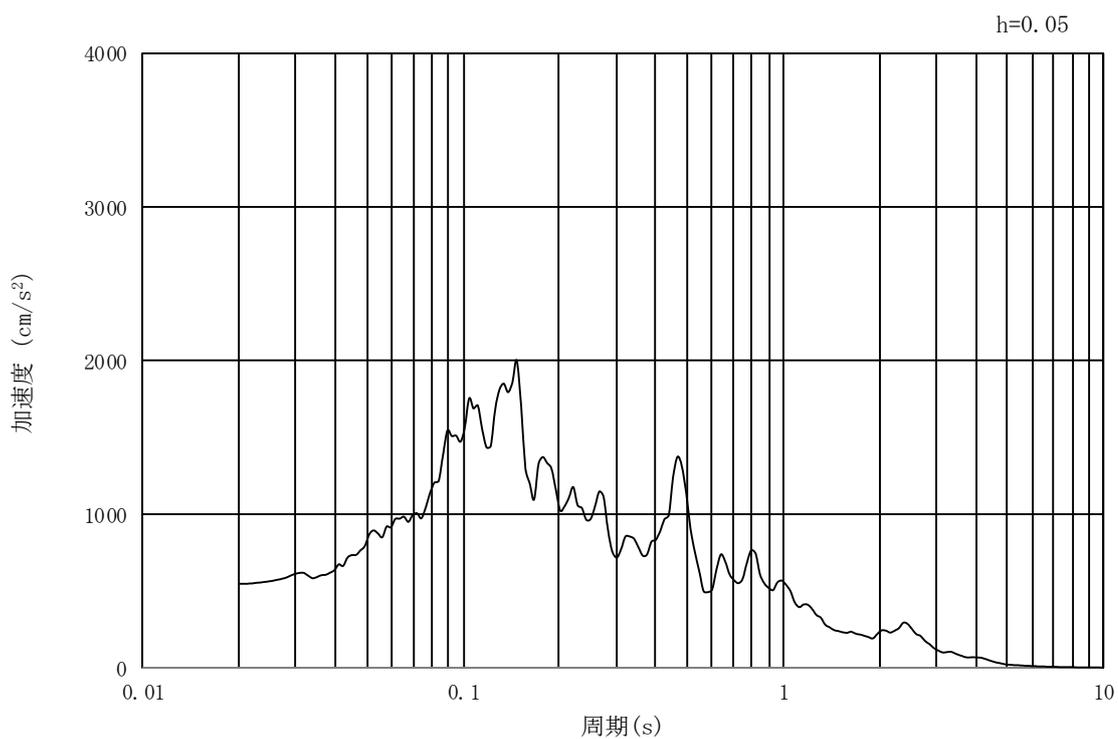


(b) 加速度応答スペクトル

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
(引込み管軸直角方向断面, 鉛直成分: $S_s - 21$)

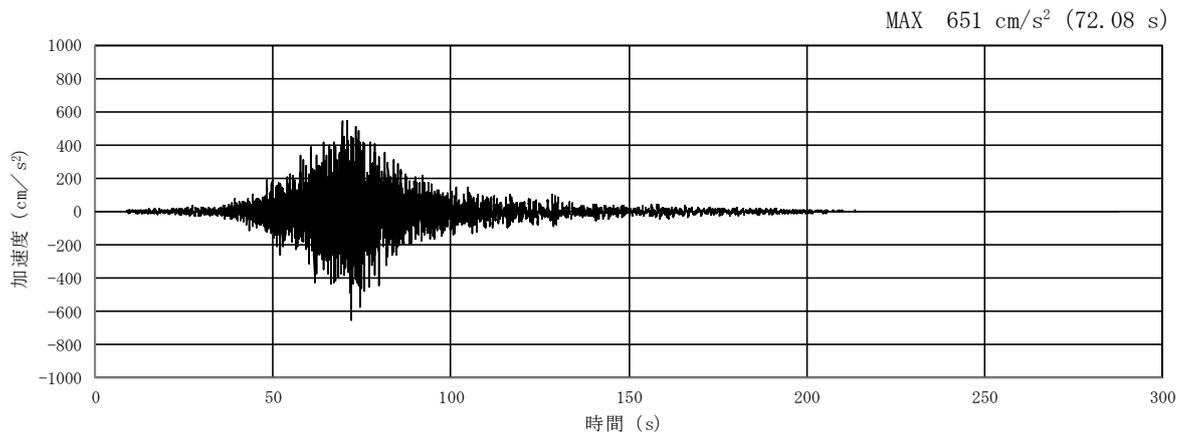


(a) 加速度時刻歴波形

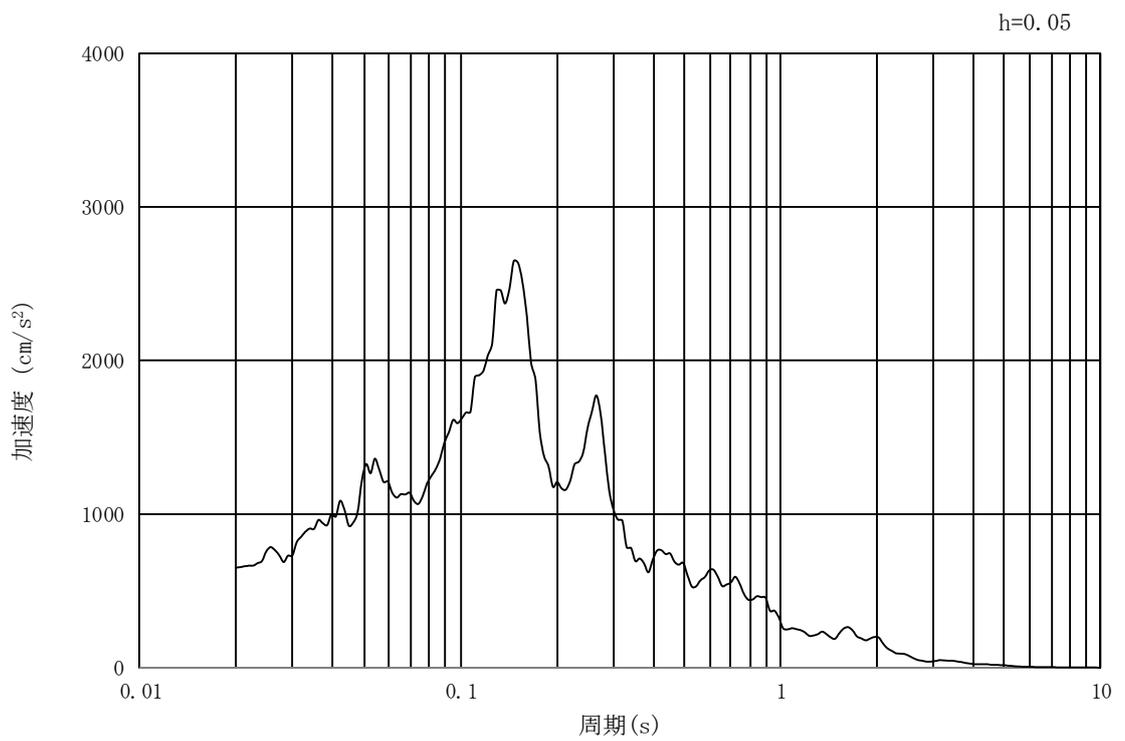


(b) 加速度応答スペクトル

図 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
(引込み管軸方向断面, 水平成分: $S_s - 2$)

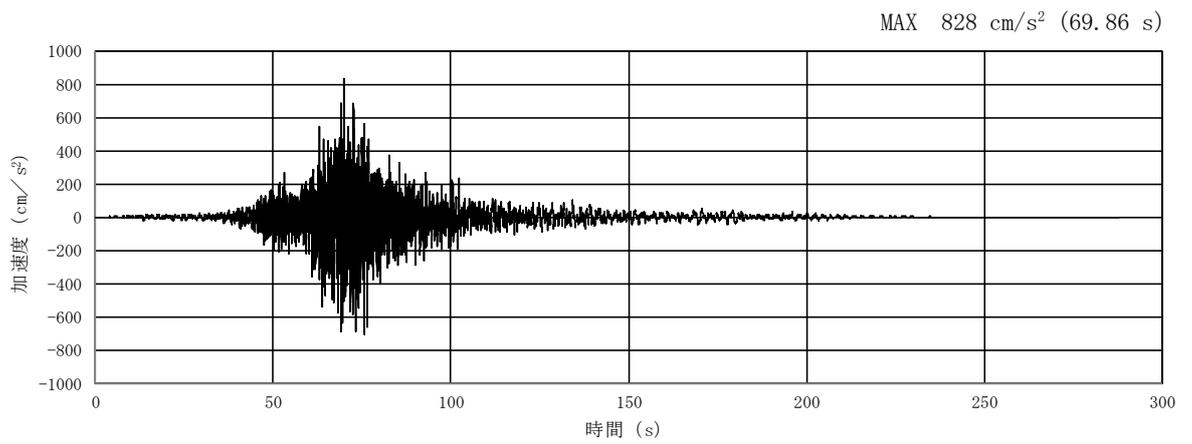


(a) 加速度時刻歴波形

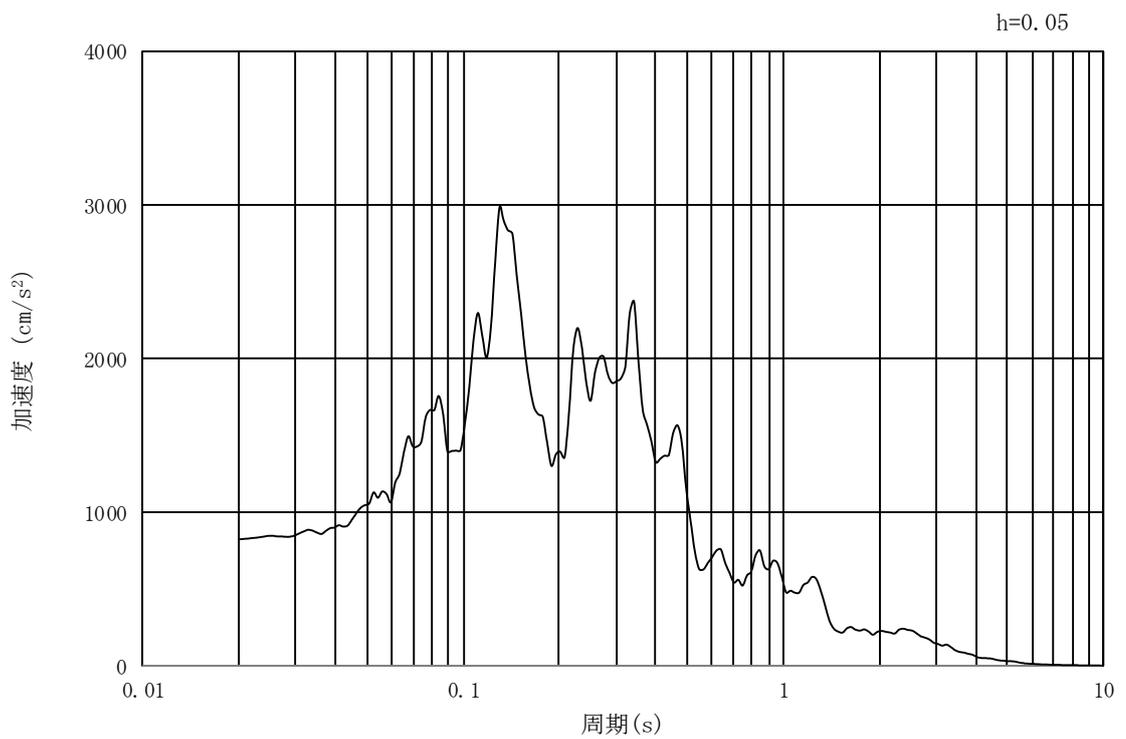


(b) 加速度応答スペクトル

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
(引込み管軸方向断面, 鉛直成分: $S_s - 22$)

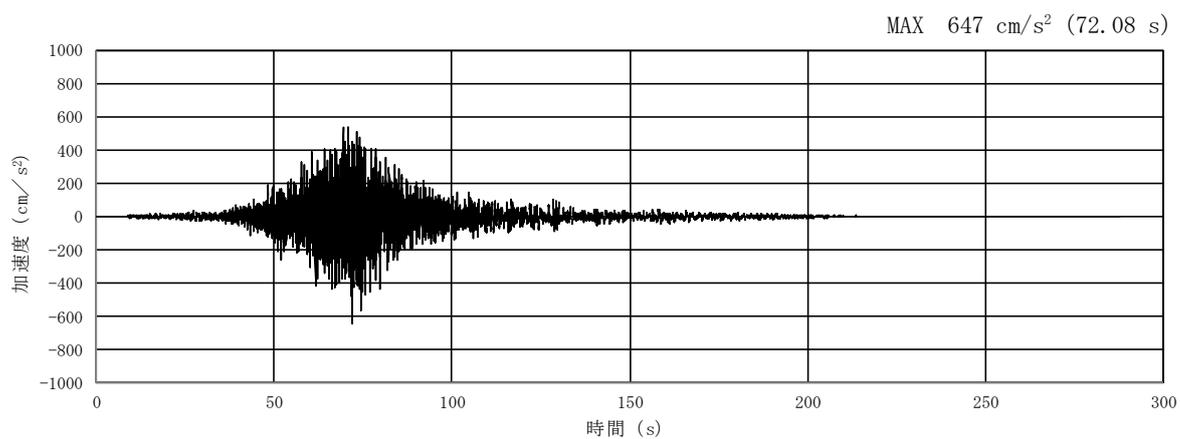


(a) 加速度時刻歴波形

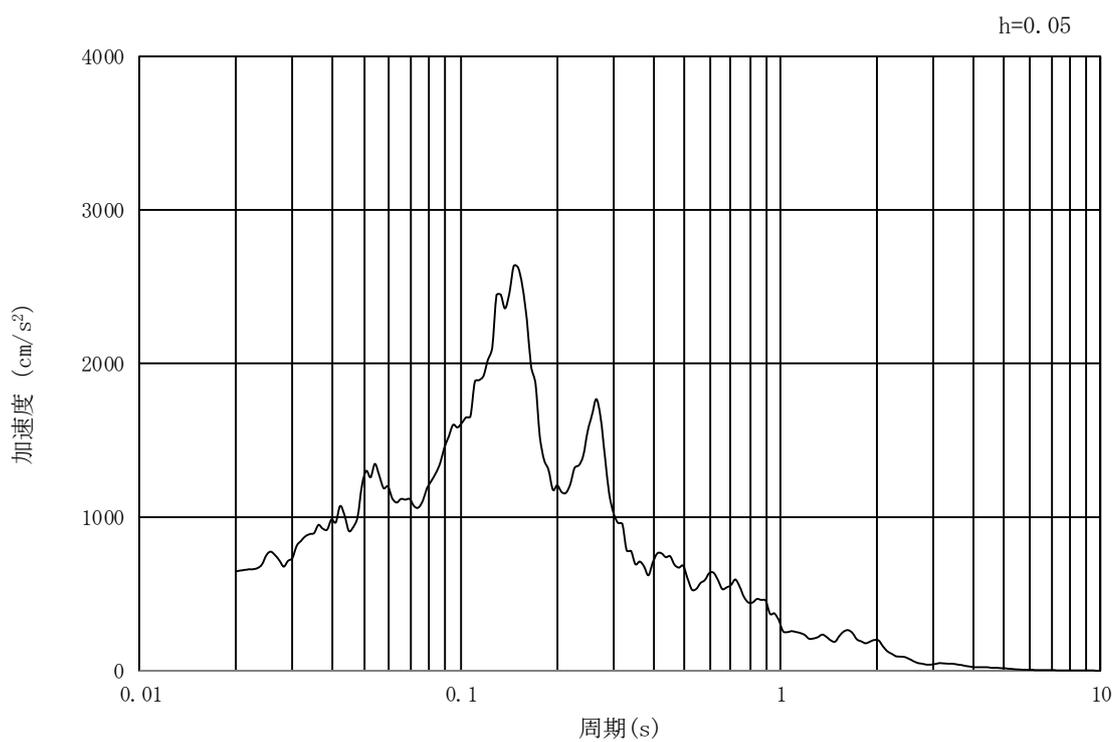


(b) 加速度応答スペクトル

図 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
(引込み管軸直角方向断面, 水平成分: $S_s - 2.2$)

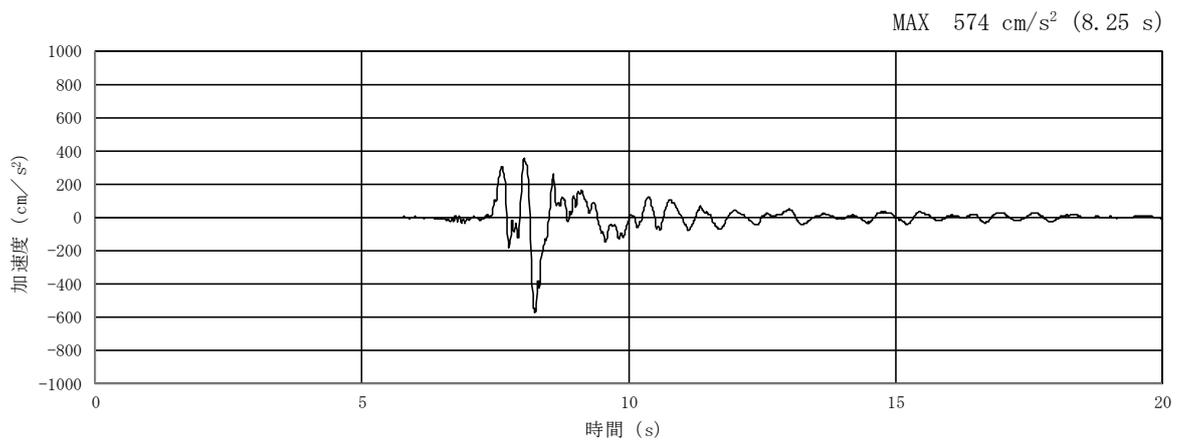


(a) 加速度時刻歴波形

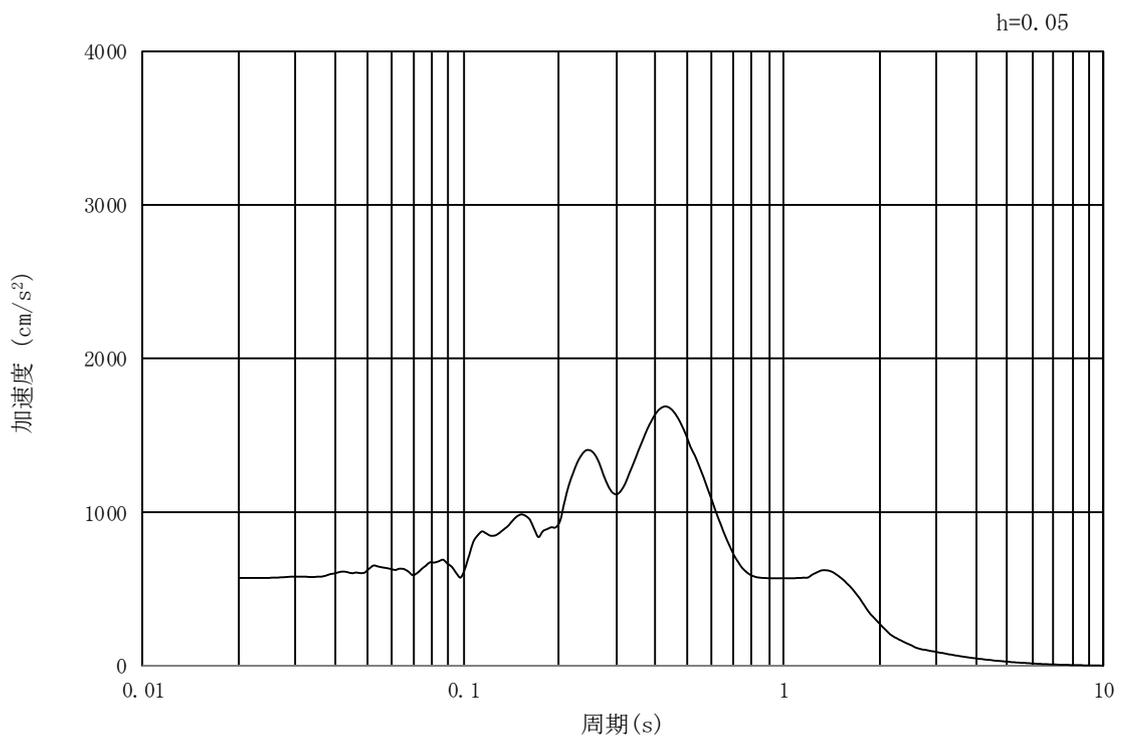


(b) 加速度応答スペクトル

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
(引込み管軸直角方向断面, 鉛直成分: $S_s - 2.2$)

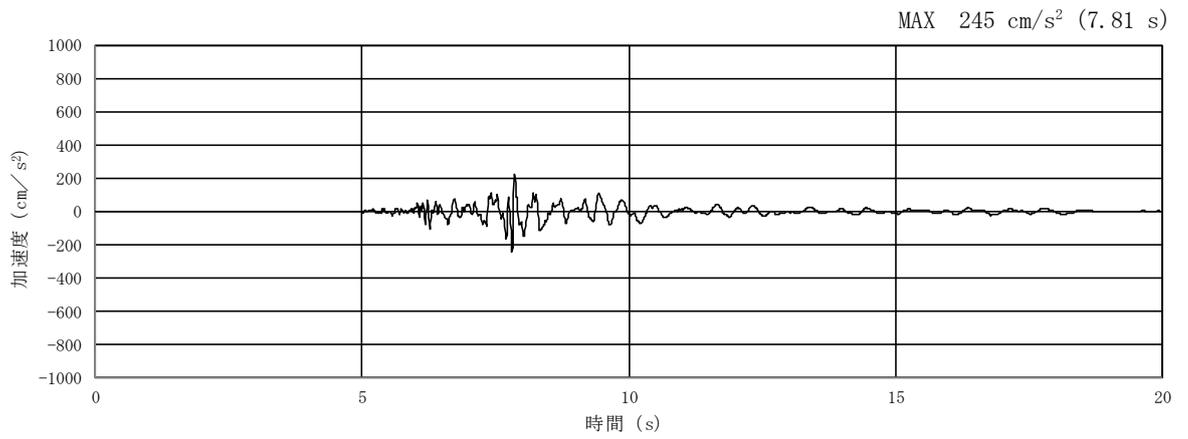


(a) 加速度時刻歴波形

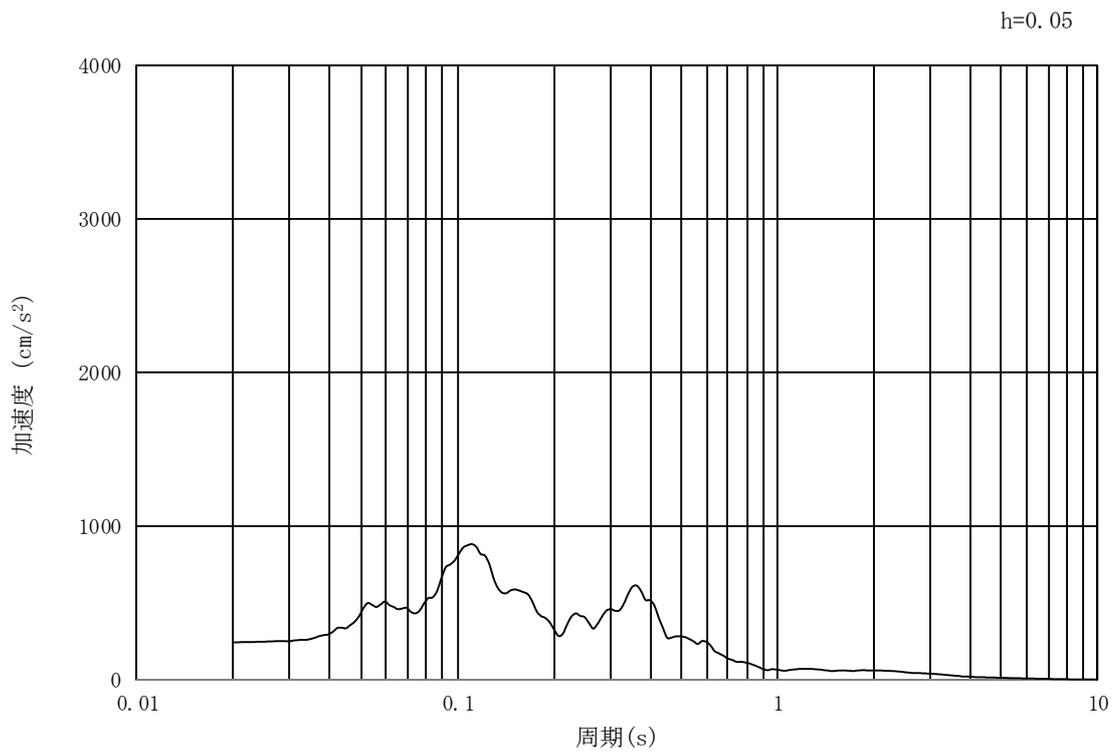


(b) 加速度応答スペクトル

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
(引込み管軸・管軸直角方向断面, 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 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
(引込み管軸・管軸直交方向断面, 鉛直成分: $S_s - 31$)

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〕（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の通り設定する。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 許容応力度

評価項目		短期許容応力度 (N/mm ²)
コンクリート*1 ($f_{ck}=40$ N/mm ²)	許容曲げ圧縮応力度 σ_{ca}	21.0
	許容せん断応力度 τ_{a1}	0.825*3
鉄筋 (SD490) *2	許容引張応力度 σ_{sa}	435
鉄筋 (SD390) *1	許容引張応力度 σ_{sa}	309
鉄筋 (SD345) *1	許容引張応力度 σ_{sa}	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

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

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

(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直接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

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 16.3-2 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 16.3-30 に示す支持力係数

表 16.3-2 基礎底面の形状係数（道路橋示方書より）

形状係数 \ 基礎底面の形状	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。

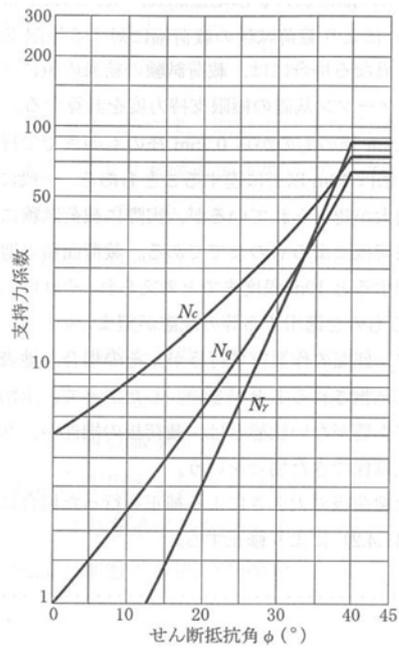


図 16.3-30 支持力係数 N_c , N_q , N_γ を求めるグラフ (道路橋示方書より)

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 16.3-3 基礎地盤の極限支持力 (追而)

16.3.3 内部配管の評価

2次元動的有効応力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。

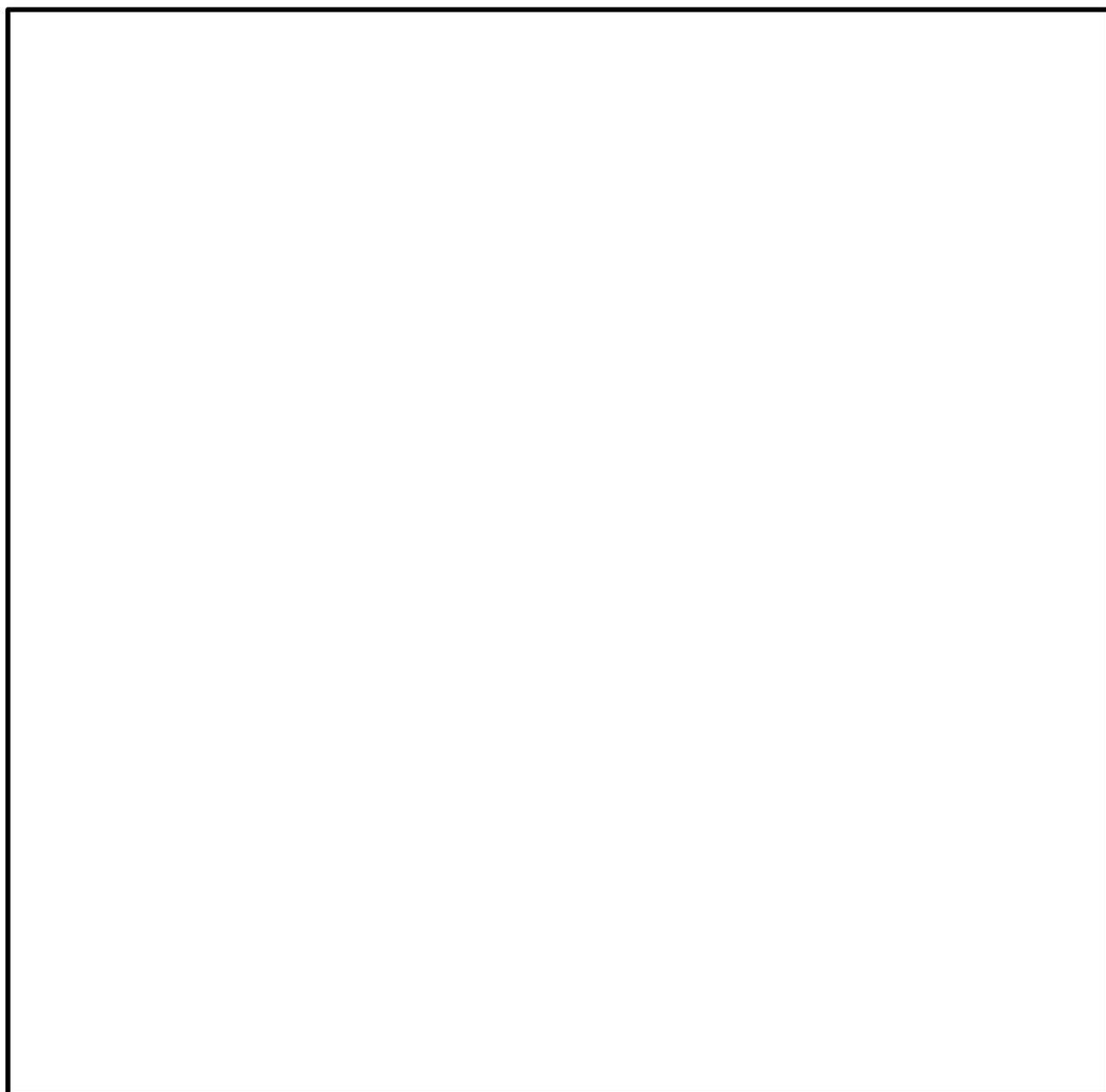


図 16.3-31 S A用海水ピット取水塔 内部配管の応力照査モデル概念図

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)

16.4 評価結果

16.4.1 地震応答解析結果

SA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～図16.4-2に示す。これらの図は，構造部材の曲げ及びせん断照査結果が最も厳しくなる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16.4-3～図16.4-4に示し，過剰間隙水圧比の分布図を図16.4-5～図16.4-6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。

せん断力図「追面」

軸力図「追面」

曲げモーメント図「追面」

曲げモーメント (kN・m) 軸力 (kN)

せん断力 (kN)

*評価位置における断面力値
照査値が最も厳しくなる部材の発生断面力

図 16.4-1 (1) 引込み管軸方向の地震時断面力 ($S_s - D 1$ [H+, V+], $t = \bullet\bullet\bullet, \bullet\bullet\bullet s$)

図 16.4-1 (2) 引込み管軸方向の地震時断面力 ($S_s - D1$ [H+, V-])

図 16.4-1 (3) 引込み管軸方向の地震時断面力 ($S_s - D1$ [H-, V+])

図 16.4-1 (4) 引込み管軸方向の地震時断面力 ($S_s - D1$ [H-, V-])

図 16.4-1 (5) 引込み管軸方向の地震時断面力 ($S_s - 11$)

図 16.4-1 (6) 引込み管軸方向の地震時断面力 ($S_s - 12$)

図 16.4-1 (7) 引込み管軸方向の地震時断面力 ($S_s - 13$)

図 16.4-1 (8) 引込み管軸方向の地震時断面力 ($S_s - 14$)

図 16.4-1 (9) 引込み管軸方向の地震時断面力 ($S_s - 21$)

図 16.4-1 (10) 引込み管軸方向の地震時断面力 ($S_s - 22$)

図 16.4-1 (11) 引込み管軸方向の地震時断面力 ($S_s - 31$ [H+, V+])

図 16.4-1 (12) 引込み管軸方向の地震時断面力 ($S_s - 31$ [H-, V+])

曲げモーメント図「追面」

軸力図「追面」

せん断力図「追面」

曲げモーメント (kN・m) 軸力 (kN)

せん断力 (kN)

*評価位置における断面力値
照査値が最も厳しくなる部材の発生断面力

図 16.4-2 (1) 引込み管軸直交方向の地震時断面力 (S_s-D1 [H+, V+])

- 図 16.4-2 (2) 引込み管軸直交方向の地震時断面力 ($S_s - D1$ [H+, V-])
- 図 16.4-2 (3) 引込み管軸直交方向の地震時断面力 ($S_s - D1$ [H-, V+])
- 図 16.4-2 (4) 引込み管軸直交方向の地震時断面力 ($S_s - D1$ [H-, V-])
- 図 16.4-2 (5) 引込み管軸直交方向の地震時断面力 ($S_s - 11$)
- 図 16.4-2 (6) 引込み管軸直交方向の地震時断面力 ($S_s - 12$)
- 図 16.4-2 (7) 引込み管軸直交方向の地震時断面力 ($S_s - 13$)
- 図 16.4-2 (8) 引込み管軸直交方向の地震時断面力 ($S_s - 14$)
- 図 16.4-2 (9) 引込み管軸直交方向の地震時断面力 ($S_s - 21$)
- 図 16.4-2 (10) 引込み管軸直交方向の地震時断面力 ($S_s - 22$)
- 図 16.4-2 (11) 引込み管軸直交方向の地震時断面力 ($S_s - 31$ [H+, V+])
- 図 16.4-2 (12) 引込み管軸直交方向の地震時断面力 ($S_s - 31$ [H-, V+])

図 16.4-3 (1) 引込み管軸方向の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - D 1 [H+, V+]$)

図 16.4-3 (2) 引込み管軸方向の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - D 1 [H+, V-]$)

図 16.4-3 (3) 引込み管軸方向の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - D 1 [H-, V+]$)

図 16.4-3 (4) 引込み管軸方向の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - D 1 [H-, V-]$)

図 16.4-3 (5) 引込み管軸方向の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 1 1$)

図 16.4-3 (6) 引込み管軸方向の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 1 2$)

図 16.4-3 (7) 引込み管軸方向の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 1 3$)

図 16.4-3 (8) 引込み管軸方向の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 1 4$)

図 16.4-3 (9) 引込み管軸方向の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 2 1$)

図 16.4-3 (10) 引込み管軸方向の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 2 2$)

図 16.4-3 (11) 引込み管軸方向の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 3 1 [H+, V+]$)

図 16.4-3 (12) 引込み管軸方向の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 3 1 [H-, V+]$)

図 16.4-4 (1) 引込み管軸直交方向の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - D 1 [H+, V+]$)

図 16.4-4 (2) 引込み管軸直交方向の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - D 1 [H+, V-]$)

図 16.4-4 (3) 引込み管軸直交方向の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - D 1 [H-, V+]$)

図 16.4-4 (4) 引込み管軸直交方向の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - D 1 [H-, V-]$)

図 16.4-4 (5) 引込み管軸直交方向の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 1 1$)

図 16.4-4 (6) 引込み管軸直交方向の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 1 2$)

図 16.4-4 (7) 引込み管軸直交方向の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 1 3$)

図 16.4-4 (8) 引込み管軸直交方向の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 1 4$)

図 16.4-4 (9) 引込み管軸直交方向の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 2 1$)

図 16.4-4 (10) 引込み管軸直交方向の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 2 2$)

図 16.4-4 (11) 引込み管軸直交方向の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 3 1 [H+, V+]$)

図 16.4-4 (12) 引込み管軸直交方向の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 3 1 [H-, V+]$)

図 16.4-5 (1) 引込み管軸方向の過剰間隙水圧比 ($S_s - D 1 [H+, V+]$)

図 16.4-5 (2) 引込み管軸方向の過剰間隙水圧比 ($S_s - D 1 [H+, V-]$)

図 16.4-5 (3) 引込み管軸方向の過剰間隙水圧比 ($S_s - D 1 [H-, V+]$)

図 16.4-5 (4) 引込み管軸方向の過剰間隙水圧比 ($S_s - D 1 [H-, V-]$)

図 16.4-5 (5) 引込み管軸方向の過剰間隙水圧比 ($S_s - 1 1$)

図 16.4-5 (6) 引込み管軸方向の過剰間隙水圧比 ($S_s - 1 2$)

図 16.4-5 (7) 引込み管軸方向の過剰間隙水圧比 ($S_s - 1 3$)

図 16.4-5 (8) 引込み管軸方向の過剰間隙水圧比 ($S_s - 1 4$)

図 16.4-5 (9) 引込み管軸方向の過剰間隙水圧比 ($S_s - 2 1$)

図 16.4-5 (10) 引込み管軸方向の過剰間隙水圧比 ($S_s - 2 2$)

図 16.4-5 (11) 引込み管軸方向の過剰間隙水圧比 ($S_s - 3 1 [H+, V+]$)

図 16.4-5 (12) 引込み管軸方向の過剰間隙水圧比 ($S_s - 3 1 [H-, V+]$)

図 16.4-6 (1) 引込み管軸直交方向の過剰間隙水圧比 ($S_s - D 1 [H+, V+]$)

図 16.4-6 (2) 引込み管軸直交方向の過剰間隙水圧比 ($S_s - D 1 [H+, V-]$)

図 16.4-6 (3) 引込み管軸直交方向の過剰間隙水圧比 ($S_s - D 1 [H-, V+]$)

図 16.4-6 (4) 引込み管軸直交方向の過剰間隙水圧比 ($S_s - D 1 [H-, V-]$)

図 16.4-6 (5) 引込み管軸直交方向の過剰間隙水圧比 ($S_s - 1 1$)

図 16.4-6 (6) 引込み管軸直交方向の過剰間隙水圧比 ($S_s - 1 2$)

図 16.4-6 (7) 引込み管軸直交方向の過剰間隙水圧比 ($S_s - 1 3$)

図 16.4-6 (8) 引込み管軸直交方向の過剰間隙水圧比 ($S_s - 1 4$)

図 16.4-6 (9) 引込み管軸直交方向の過剰間隙水圧比 ($S_s - 2 1$)

図 16.4-6 (10) 引込み管軸直交方向の過剰間隙水圧比 ($S_s - 2 2$)

図 16.4-6 (11) 引込み管軸直交方向の過剰間隙水圧比 ($S_s - 3 1 [H+, V+]$)

図 16.4-6 (12) 引込み管軸直交方向の過剰間隙水圧比 ($S_s - 3 1 [H-, V+]$)

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。



図 16.4-7 配筋要領図

「追面」

表 16.4-1 (1) 断面諸元一覧表(引込み管軸方向)

部位	評価位置	断面性状						主鉄筋 (外面・上面)			主鉄筋 (内面・下面)			せん断補強筋			
		部材幅 b (m)	部材高 h (m)	かぶり d' (m)		有効高さ d (m)		鉄筋径 (mm)	間隔 (cm)	断面積 (単位幅) A s (cm ²)	鉄筋径 (mm)	間隔 (cm)	断面積 (単位幅) A s (cm ²)	鉄筋径 (mm)	S b (m)	S s (m)	断面積 (単位幅) A w (cm ²)
				外面・ 上面	内面・ 下面	外面・ 上面	内面・ 下面										
防潮壁																	
地中連読壁 基礎 (水平)																	
地中連読壁 基礎 (鉛直)																	

表 16.4-1 (2) 断面諸元一覧表(引込み管軸直交方向)

部位	評価位置	断面性状						主鉄筋 (外面・上面)			主鉄筋 (内面・下面)			せん断補強筋			
		部材幅 b (m)	部材高 h (m)	かぶり d' (m)		有効高さ d (m)		鉄筋径 (mm)	間隔 (cm)	断面積 (単位幅) A s (cm ²)	鉄筋径 (mm)	間隔 (cm)	断面積 (単位幅) A s (cm ²)	鉄筋径 (mm)	S b (m)	S s (m)	断面積 (単位幅) A w (cm ²)
				外面・ 上面	内面・ 下面	外面・ 上面	内面・ 下面										
防潮壁																	
地中連読壁 基礎 (水平)																	
地中連読壁 基礎 (鉛直)																	

(1) 構造部材の曲げに対する評価結果

コンクリートの曲げ照査結果を表 16.4-2 に、鉄筋の曲げ照査結果を表 16.4-3 にそれぞれ示す。

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。

「追而」

表 16.4-2 (1) コンクリートの曲げ照査結果 (引込み管軸方向)

地震時	位相	部材高 (m)	①発生応力度 (N/mm ²)	②短期許容応力度 (N/mm ²)	照査値 ①/②
S _s -D1	[H+, V+]				
	[H+, V-]				
	[H-, V+]				
	[H-, V-]				
S _s -11	[H+, V+]				
S _s -12	[H+, V+]				
S _s -13	[H+, V+]				
S _s -14	[H+, V+]				
S _s -21	[H+, V+]				
S _s -22	[H+, V+]				
S _s -31	[H+, V+]				
	[H-, V+]				

注記 * : 評価位置は下図に示す

表 16.4-2 (2) コンクリートの曲げ照査結果 (引込み管軸直交方向)

地震時	位相	部材高 (m)	①発生応力度 (N/mm ²)	②短期許容応力度 (N/mm ²)	照査値 ①/②
S _s -D1	[H+, V+]				
	[H+, V-]				
	[H-, V+]				
	[H-, V-]				
S _s -11	[H+, V+]				
S _s -12	[H+, V+]				
S _s -13	[H+, V+]				
S _s -14	[H+, V+]				
S _s -21	[H+, V+]				
S _s -22	[H+, V+]				
S _s -31	[H+, V+]				
	[H-, V+]				

注記 * : 評価位置は下図に示す

表 16.4-3 (1) 鉄筋の曲げ照査結果 (引込み管軸方向)

地震時	位相	部材高 (m)	①発生応力度 (N/mm ²)	②短期許容応力度 (N/mm ²)	照査値 ①/②
S _s -D1	[H+, V+]				
	[H+, V-]				
	[H-, V+]				
	[H-, V-]				
S _s -11	[H+, V+]				
S _s -12	[H+, V+]				
S _s -13	[H+, V+]				
S _s -14	[H+, V+]				
S _s -21	[H+, V+]				
S _s -22	[H+, V+]				
S _s -31	[H+, V+]				
	[H-, V+]				

注記 * : 評価位置は下図に示す

「追而」

表 16.4-3 (2) 鉄筋の曲げ照査結果 (引込み管軸直交方向)

地震時	位相	部材高 (m)	①発生応力度 (N/mm ²)	②短期許容応力度 (N/mm ²)	照査値 ①/②
S _s -D1	[H+, V+]				
	[H+, V-]				
	[H-, V+]				
	[H-, V-]				
S _s -11	[H+, V+]				
S _s -12	[H+, V+]				
S _s -13	[H+, V+]				
S _s -14	[H+, V+]				
S _s -21	[H+, V+]				
S _s -22	[H+, V+]				
S _s -31	[H+, V+]				
	[H-, V+]				

注記 * : 評価位置は下図に示す

(2) 構造部材のせん断に対する評価結果

せん断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度が短期許容応力度以下，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。

表 16.4-4 (1) せん断照査結果 (引込み管軸方向)

地震時	位相	部材高 (m)	①せん断応力度 (N/mm ²)	②短期許容応力度 (N/mm ²)	照査値 ①/②
S _s -D1	[H+, V+]				
	[H+, V-]				
	[H-, V+]				
	[H-, V-]				
S _s -11	[H+, V+]				
S _s -12	[H+, V+]				
S _s -13	[H+, V+]				
S _s -14	[H+, V+]				
S _s -21	[H+, V+]				
S _s -22	[H+, V+]				
S _s -31	[H+, V+]				
	[H-, V+]				

注記 * : 評価位置は下図に示す

表 16.4-4 (2) せん断照査結果 (引込み管軸直交方向)

地震時	位相	部材高 (m)	①せん断応力度 (N/mm ²)	②短期許容応力度 (N/mm ²)	照査値 ①/②
S _s -D1	[H+, V+]				
	[H+, V-]				
	[H-, V+]				
	[H-, V-]				
S _s -11	[H+, V+]				
S _s -12	[H+, V+]				
S _s -13	[H+, V+]				
S _s -14	[H+, V+]				
S _s -21	[H+, V+]				
S _s -22	[H+, V+]				
S _s -31	[H+, V+]				
	[H-, V+]				

注記 * : 評価位置は下図に示す

(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 16.4-5 に、接地圧分布図を図 16.4-8～図 16.4-9 に示す。

S A用海水ピット取水塔の接地圧は $S_s - D 1$ 〔H+, V+〕(●●断面方向)で●● kN/m^2 であり、基礎地盤の極限支持力●● kN/m^2 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 16.4-5 基礎地盤の支持性能評価結果

「追而」

図 16.4-8 (1) 引込み管軸方向の接地圧分布図 ($S_s - D 1 [H+, V+]$)

図 16.4-8 (2) 引込み管軸方向の接地圧分布図 ($S_s - D 1 [H+, V-]$)

図 16.4-8 (3) 引込み管軸方向の接地圧分布図 ($S_s - D 1 [H-, V+]$)

図 16.4-8 (4) 引込み管軸方向の接地圧分布図 ($S_s - D 1 [H-, V-]$)

図 16.4-8 (5) 引込み管軸方向の接地圧分布図 ($S_s - 1 1$)

図 16.4-8 (6) 引込み管軸方向の接地圧分布図 ($S_s - 1 2$)

図 16.4-8 (7) 引込み管軸方向の接地圧分布図 ($S_s - 1 3$)

図 16.4-8 (8) 引込み管軸方向の接地圧分布図 ($S_s - 1 4$)

図 16.4-8 (9) 引込み管軸方向の接地圧分布図 ($S_s - 2 1$)

図 16.4-8 (10) 引込み管軸方向の接地圧分布図 ($S_s - 2 2$)

図 16.4-8 (11) 引込み管軸方向の接地圧分布図 ($S_s - 3 1 [H+, V+]$)

図 16.4-8 (12) 引込み管軸方向の接地圧分布図 ($S_s - 3 1 [H-, V+]$)

図 16.4-9 (1) 引込み管軸直交方向の接地圧分布図 ($S_s - D 1 [H+, V+]$)

図 16.4-9 (2) 引込み管軸直交方向の接地圧分布図 ($S_s - D 1 [H+, V-]$)

図 16.4-9 (3) 引込み管軸直交方向の接地圧分布図 ($S_s - D 1 [H-, V+]$)

図 16.4-9 (4) 引込み管軸直交方向の接地圧分布図 ($S_s - D 1 [H-, V-]$)

図 16.4-9 (5) 引込み管軸直交方向の接地圧分布図 ($S_s - 1 1$)

図 16.4-9 (6) 引込み管軸直交方向の接地圧分布図 ($S_s - 1 2$)

図 16.4-9 (7) 引込み管軸直交方向の接地圧分布図 ($S_s - 1 3$)

図 16.4-9 (8) 引込み管軸直交方向の接地圧分布図 ($S_s - 1 4$)

図 16.4-9 (9) 引込み管軸直交方向の接地圧分布図 ($S_s - 2 1$)

図 16.4-9 (10) 引込み管軸直交方向の接地圧分布図 ($S_s - 2 2$)

図 16.4-9 (11) 引込み管軸直交方向の接地圧分布図 ($S_s - 3 1 [H+, V+]$)

図 16.4-9 (12) 引込み管軸直交方向の接地圧分布図 ($S_s - 3 1 [H-, V+]$)

16.5 まとめ

SA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、構造物の曲げ及びせん断並びに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、SA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。

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	10
17.2.6 地下水位	13
17.2.7 地震応答解析手法	13
17.2.8 解析モデルの設定	14
17.2.9 減衰定数	20
17.2.10 荷重の組合せ	22
17.2.11 地震応答解析の検討ケース	24
17.3 評価内容	26
17.3.1 入力地震動の設定	26
17.3.2 許容限界の設定	55
17.4 評価結果	59
17.4.1 地震応答解析結果	59
17.4.2 耐震評価結果	59
17.5 まとめ	60

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鉄筋コンクリート造の地中構造物であり、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である。また、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_0 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）を適応するが、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）を適応する。

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"> ・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） ・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） ・J E A G 4 6 0 1 -1987 	<ul style="list-style-type: none"> ・曲げに対する照査は，発生応力が，許容応力以下であることを確認 ・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
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。

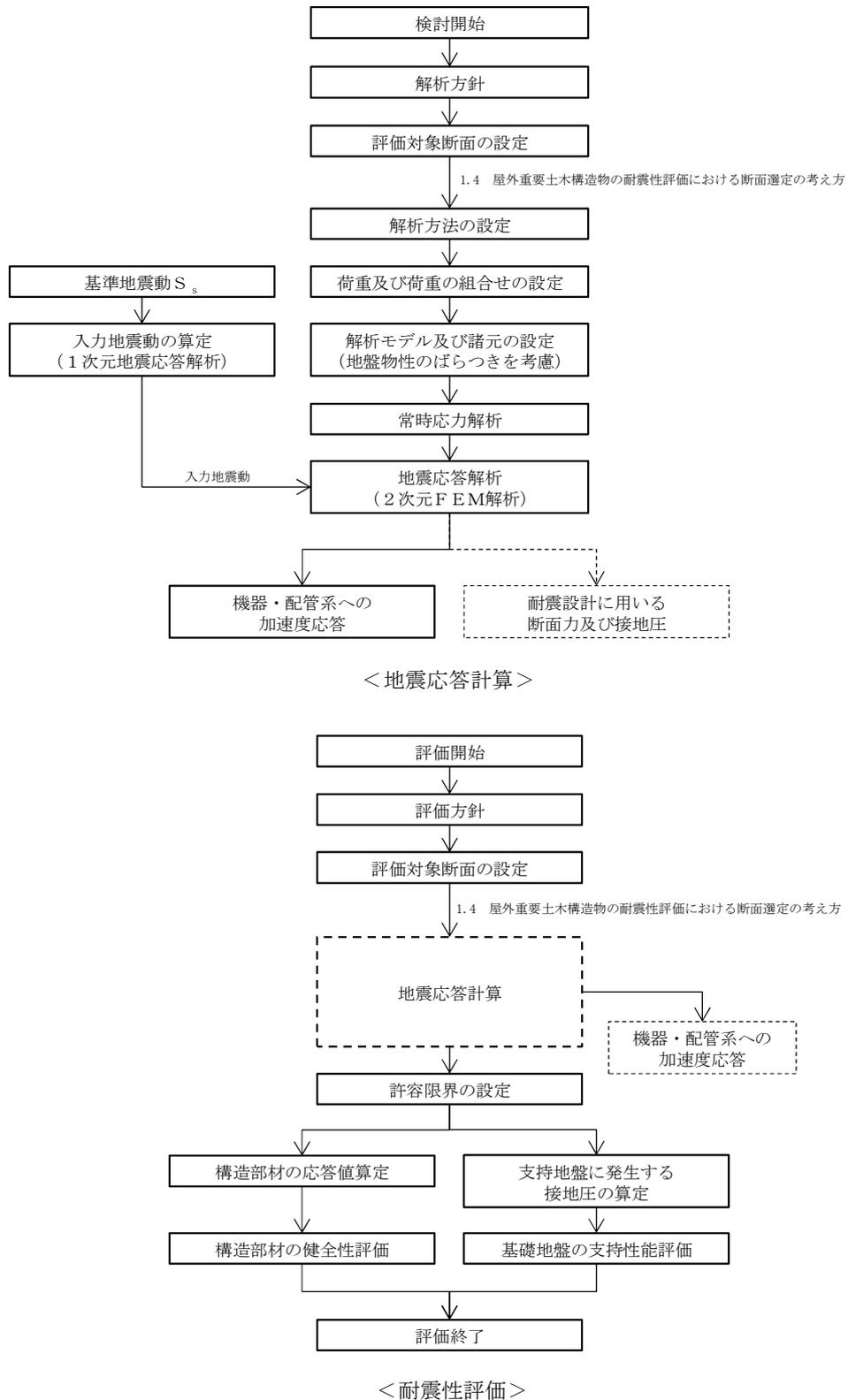


図 17.2-1 緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎の耐震安全性評価フロー

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く耐震設計上見込めないことから、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。

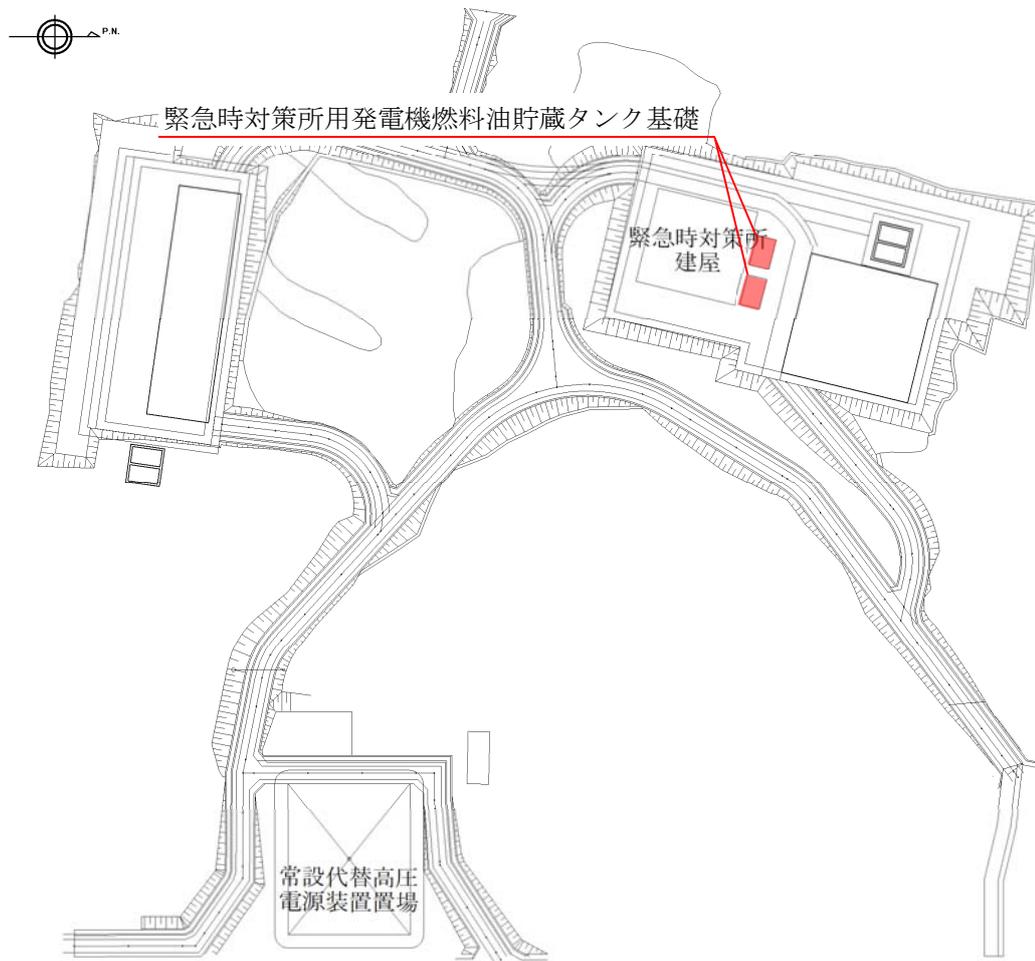


図 17.2-2 緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎の位置図（全体平面図）

17.2.4 評価対象断面の選定

図 17.2-3 及び図 17.2-4 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及び断面図を示す。

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、設備の床応答算出の観点から地震応答解析を実施する。

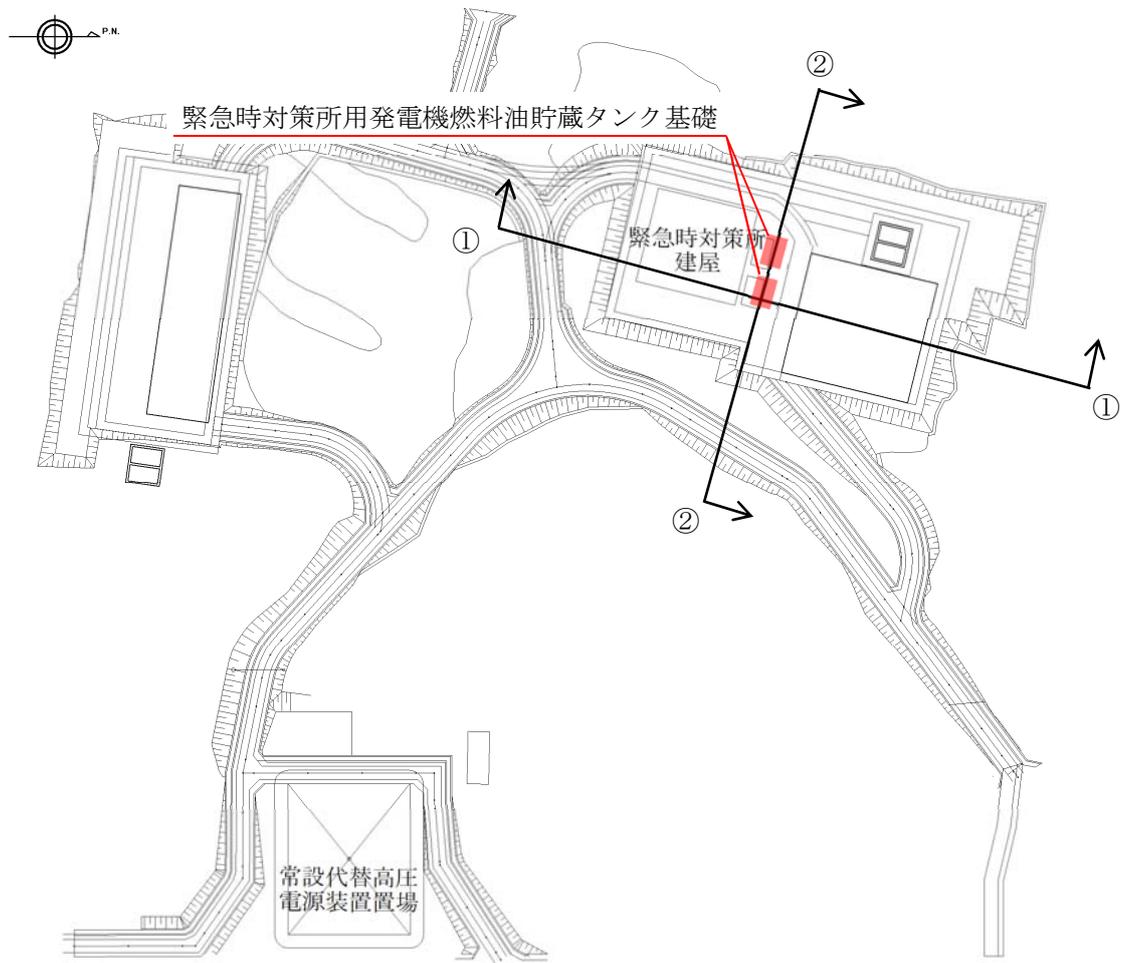
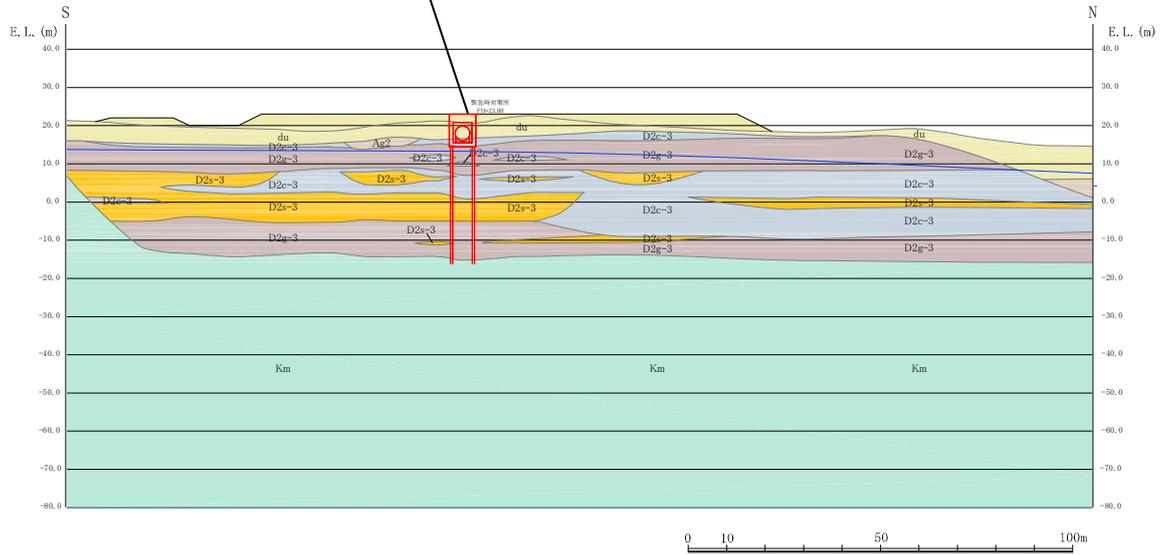


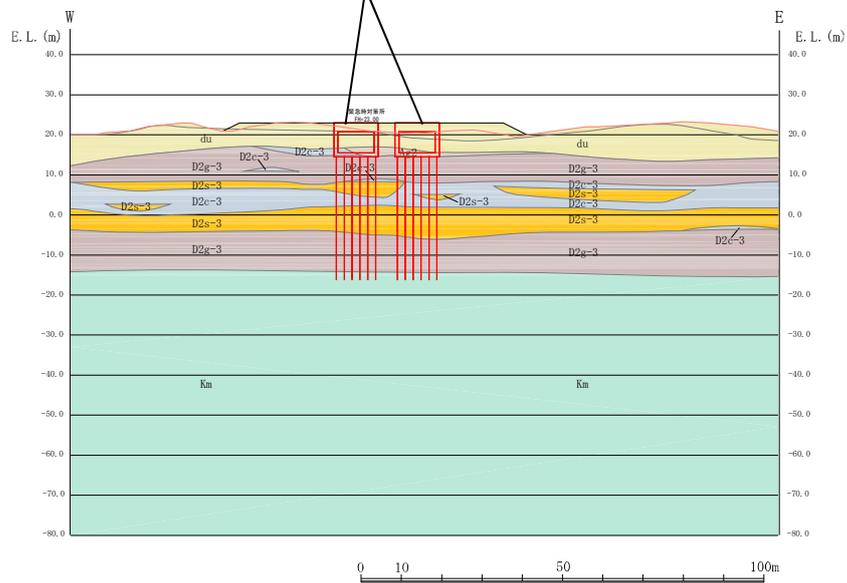
図 17.2-3 緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎の断面位置図

緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎



(①-①断面)

緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎



(②-②断面)

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

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、適用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モデル化する。地盤の物性値を表 17.2-4 に示す。

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 ²
鉄筋	SD490
鋼管杭	SKK490

表 17.2-3 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
鋼管杭	77	2.0×10^5	0.3

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
				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 () 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 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
				Ac	D2c-3	1m	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	
	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)

表 17.2-4 (3) 地盤の解析用物性値一覧 (新第三系 Km 層)

区分 番号	設定深度 TP(m) Z	適用深度 TP(m)	密度 ρ (g/cm ³)	静ポアソン比 ν^{CD}	粘着力 C_D (kN/m ²)	内部摩擦角 ϕ_{CD} ($^{\circ}$)	せん断波 速度Vs (m/s)	基準初期 せん断剛性 G _{ma} (kN/m ²)	基準体積 弾性係数 K _{ma} (kN/m ²)	基準平均有効 主応力 σ'_{ma} (kN/m ²)	拘束圧 依存係数 m ₆ , m ₆	最大履歴 減衰率 h _{max} (-)	動ポアソン比 ν^d	確密波 速度V _p (m/s)	1000*V _p
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	1,664	1,664,000
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

17.2.6 地下水位

地下水位は地表面に設定する。

17.2.7 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、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17.2-5に示す。

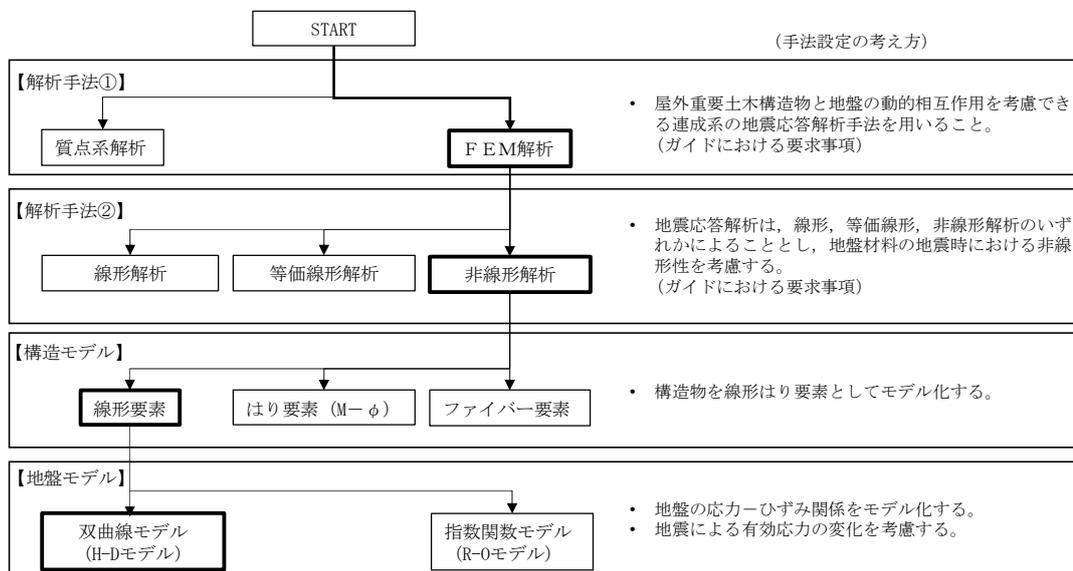


図 17.2-5 地震応答解析手法の選定フロー

H-D モデルの選定理由は次の通りである。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。

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。

17.2.8 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 を適応し、図 17.2-6 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 17.2-7 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。

要素分割については、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。

地震応答解析モデルを図 17.2-8 に示す。

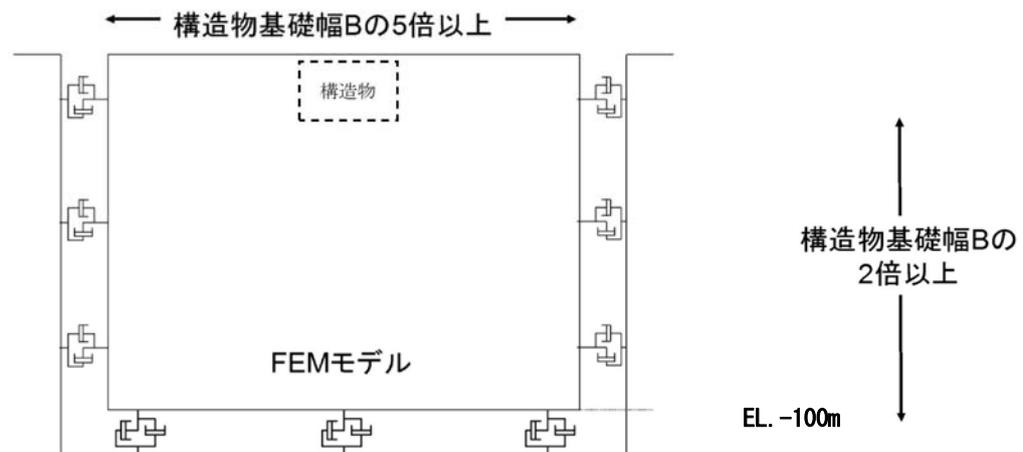


図 17.2-6 モデル範囲の考え方

緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎

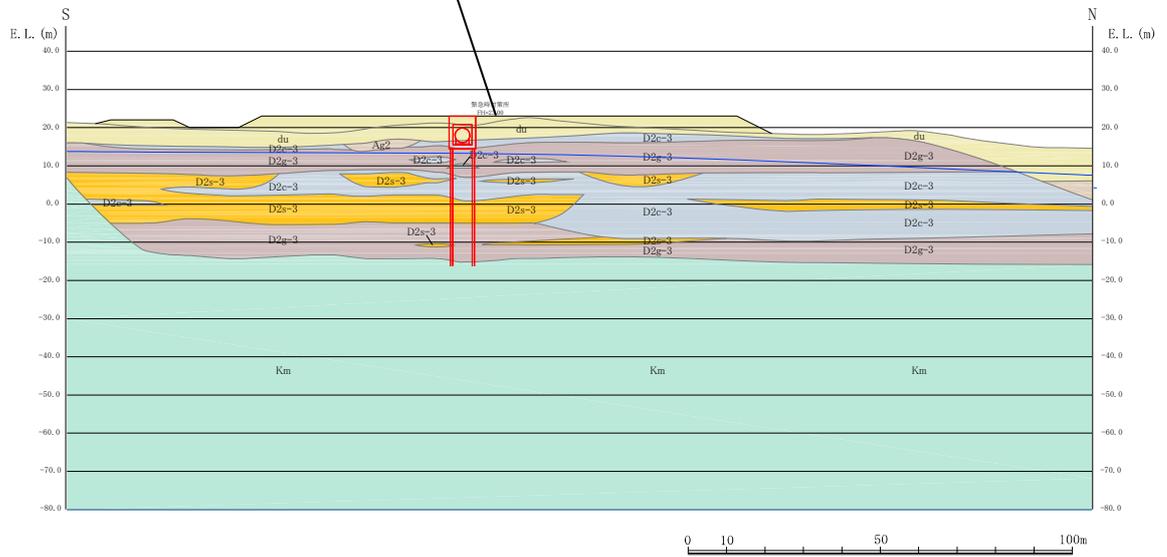


図 17.2-7 (1) 地質断面図 (①-①断面)

緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎

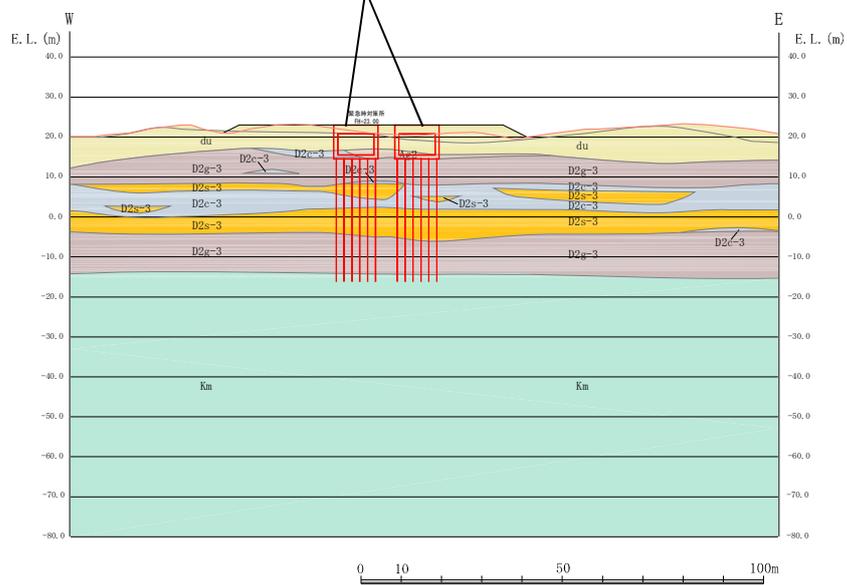


図 17.2-7 (2) 地質断面図 (②-②断面)

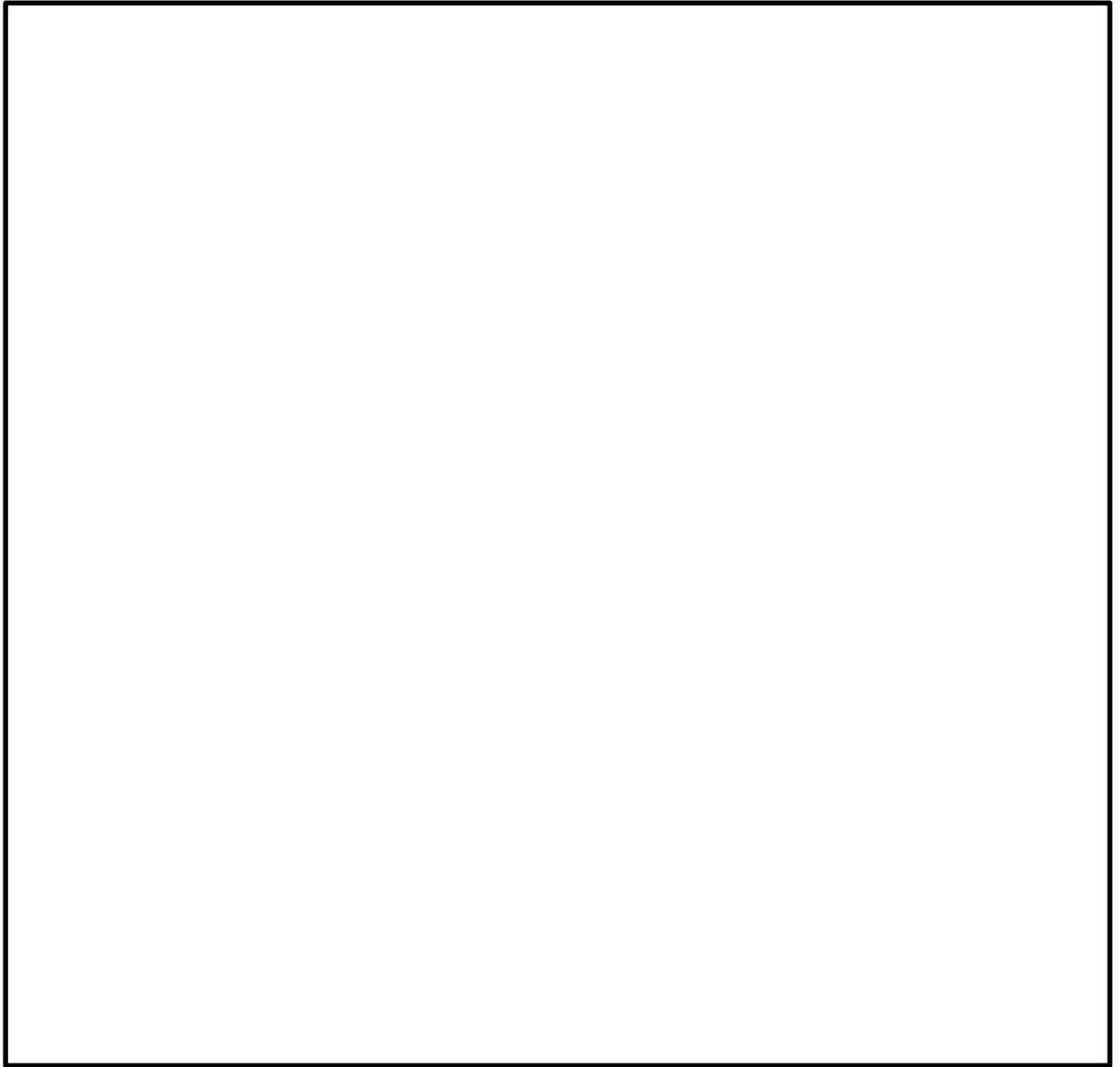


図 17.2-8 (1) 緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎の地震応答解析モデル
(①-①断面)

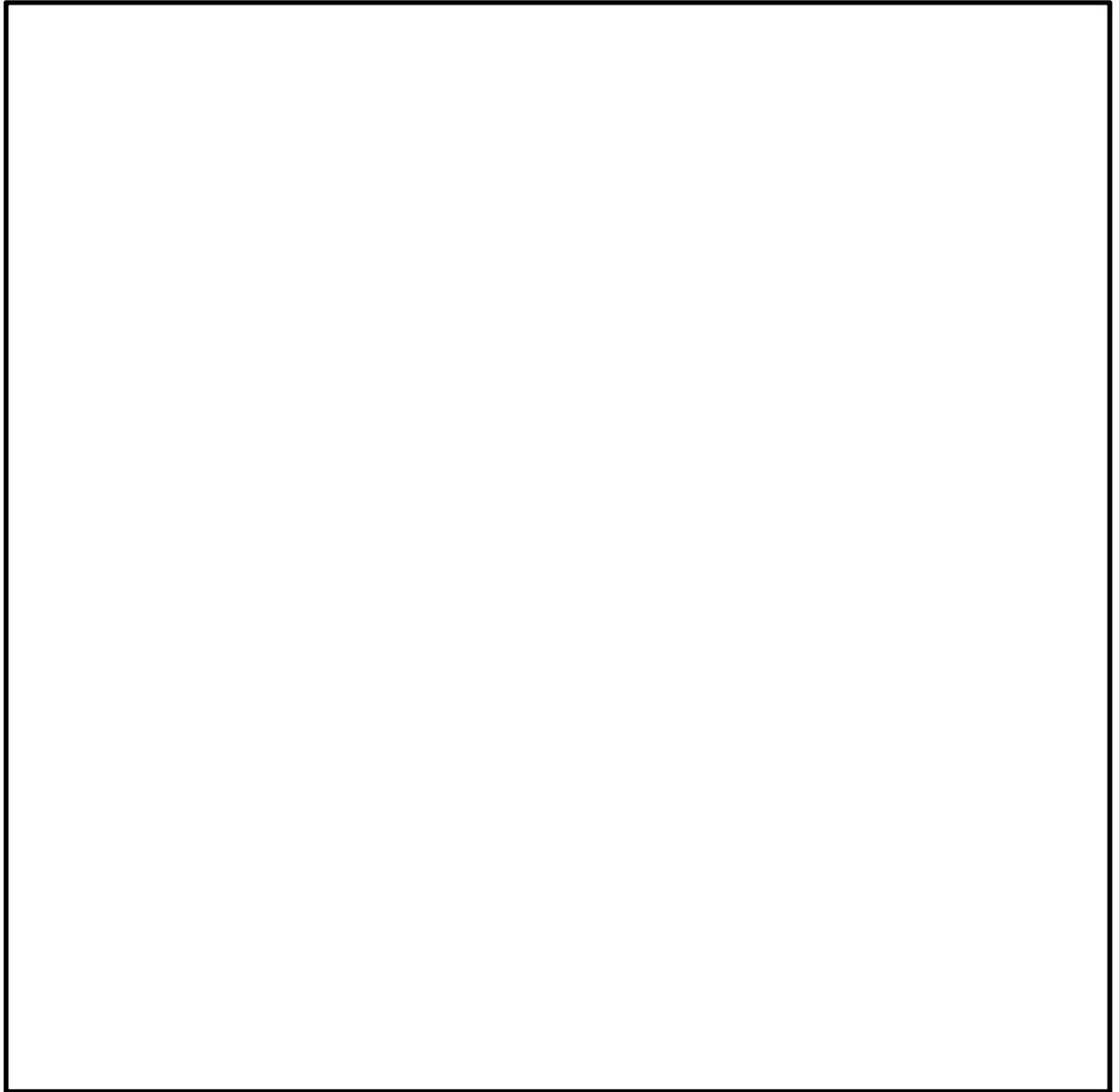


図 17.2-8 (2) 緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎の地震応答解析モデル
(②-②断面)

(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 17.2-5 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 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 ²)	内部摩擦角 (度)	備考
第四紀層	du 層	0	37.3	—
	地盤改良体	$c = q_u/2$	0	—
	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	$c = 0.358 - 0.00603 \cdot z$	$\phi = 23.2 + 0.0990 \cdot z$	—

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 17.2-6 のとおり設定する。図 17.2-9 にジョイント要素設定の考え方を示す。

表 17.2-6 ジョイント要素のばね定数

	せん断剛性 k_s (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



(①-①断面)



(②-②断面)

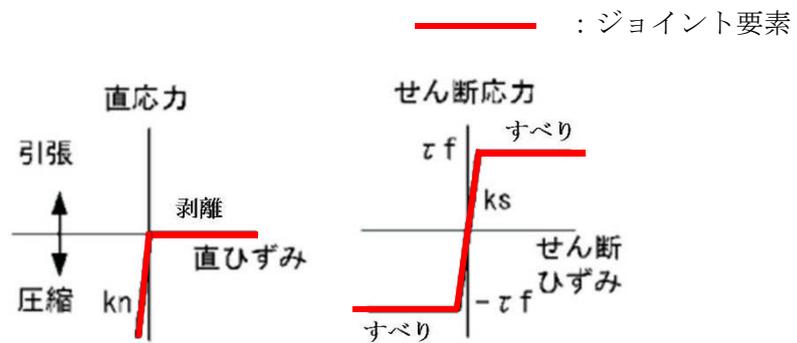


図 17.2-9 ジョイント要素の考え方

(3) 材料特性の設定

地震応答解析における鉄筋コンクリート部材は、線形のはり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。

17.2.9 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。

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

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））、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17.2-10にRayleigh減衰の設定フローを、表17.2-8に固有値解析結果を示す。

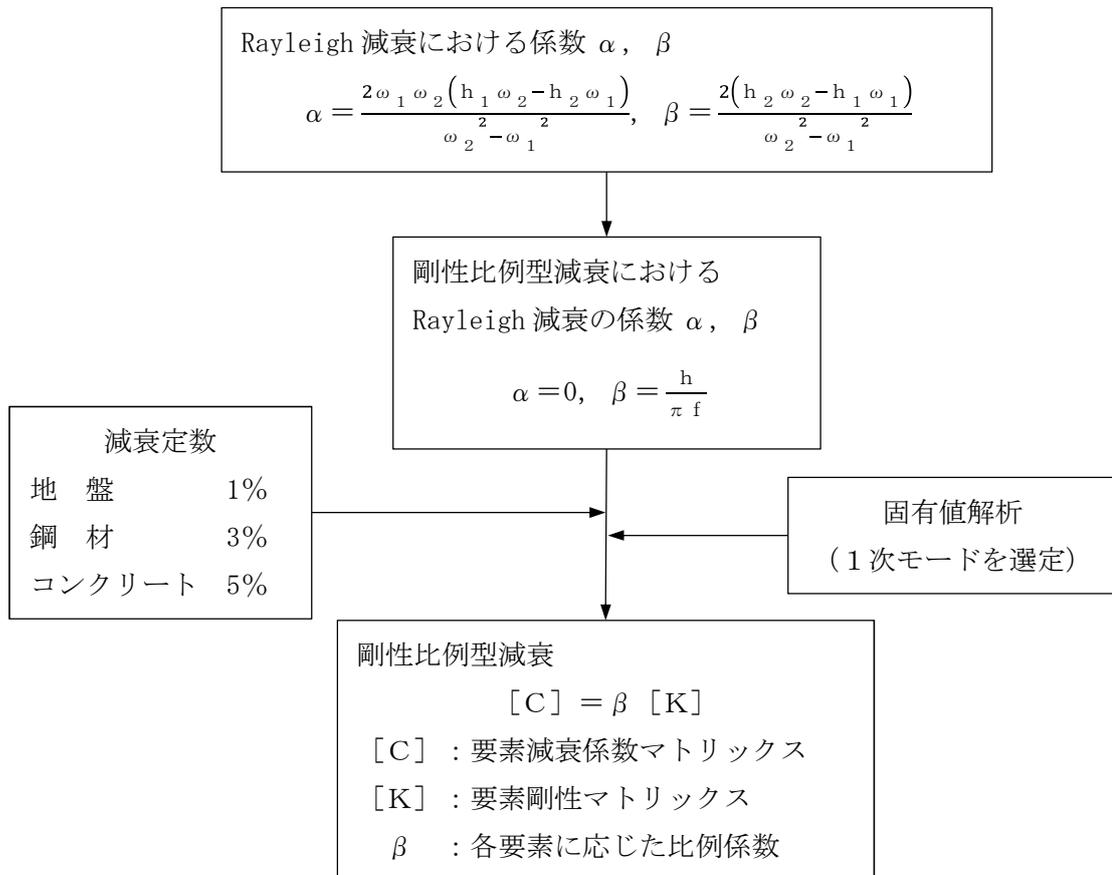


図 17.2-10 Rayleigh 減衰の設定フロー

表 17.2-8 固有値解析結果 (追而)

17.2.10 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 17.2-9 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・配管からの反力については、機器・配管を、解析モデルに付加質量として与えることで考慮する。

表 17.2-9 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 ・内包される砂の荷重を考慮
		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 ・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 (地震荷重)	水平地震動	○ ・基準地震動 S_d 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	○ ・水位条件、密度は、永久荷重と同様	

(1) 機器・配管荷重

図 17.2-10 に①-①断面における機器・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。

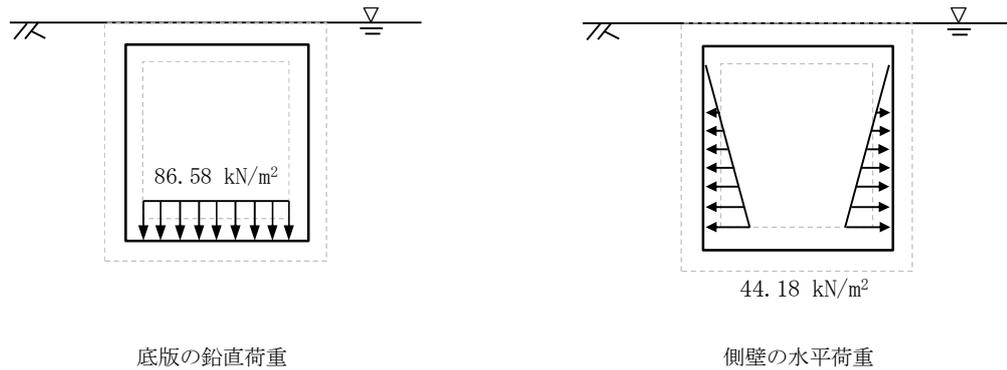


図 17.2-10 機器・配管荷重図

(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 g/cm^3 を考慮する。

(3) 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 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 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。

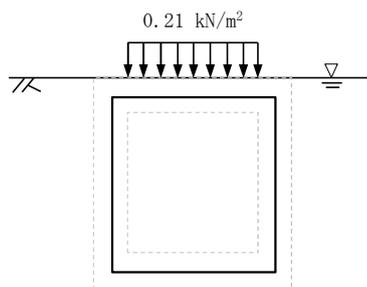


図 17.2-11 雪荷重図

17.2.11 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

緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎の耐震設計における検討ケースを表 17.2-10 に示す。

表 17.2-10 緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎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・配管に対する加速度応答抽出のための検討ケース

機器・配管に対する加速度応答の抽出における検討ケースを表 17.2-11 に示す。

表 17.2-11 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 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 -D1	(++)	1	1	1		
		(+-)		1			
		(-+)		1			
		(--)		1			
	S _s -11	(++)		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。
	S _s -12	(++)		1			
	S _s -13	(++)		1			
	S _s -14	(++)		1			
	S _s -21	(++)		1			
	S _s -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。

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 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。

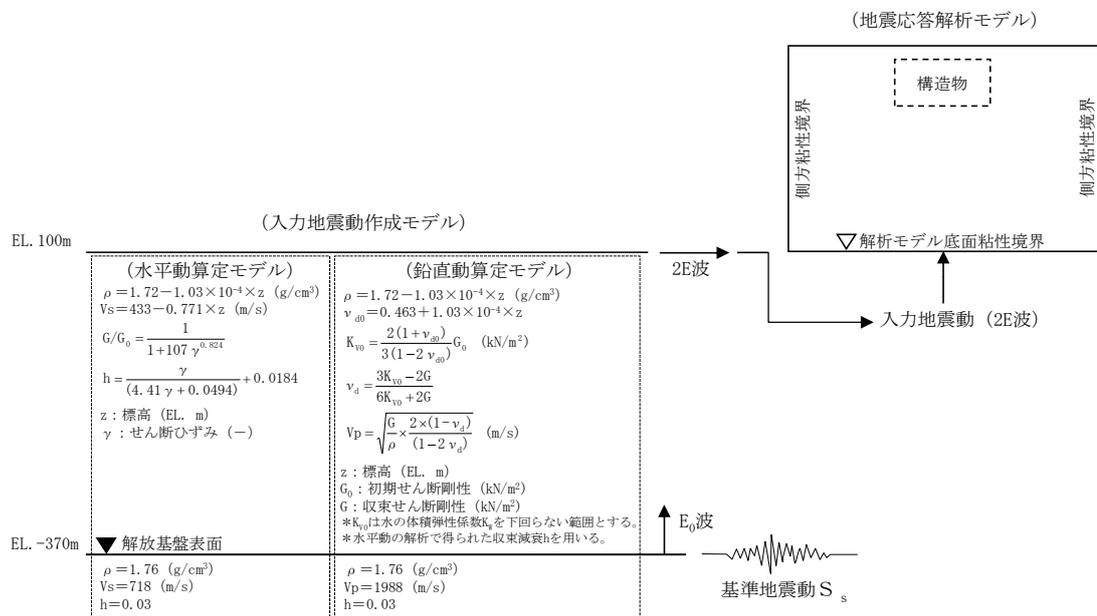
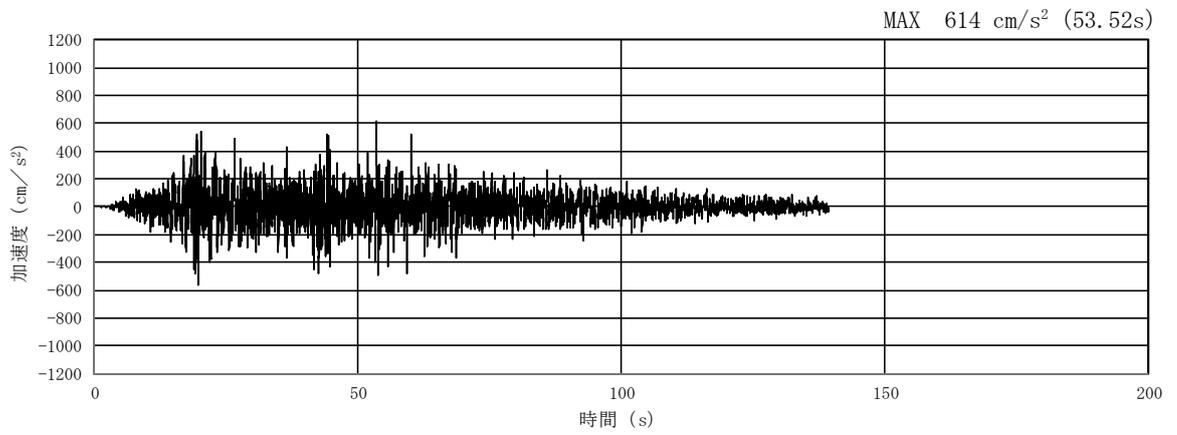
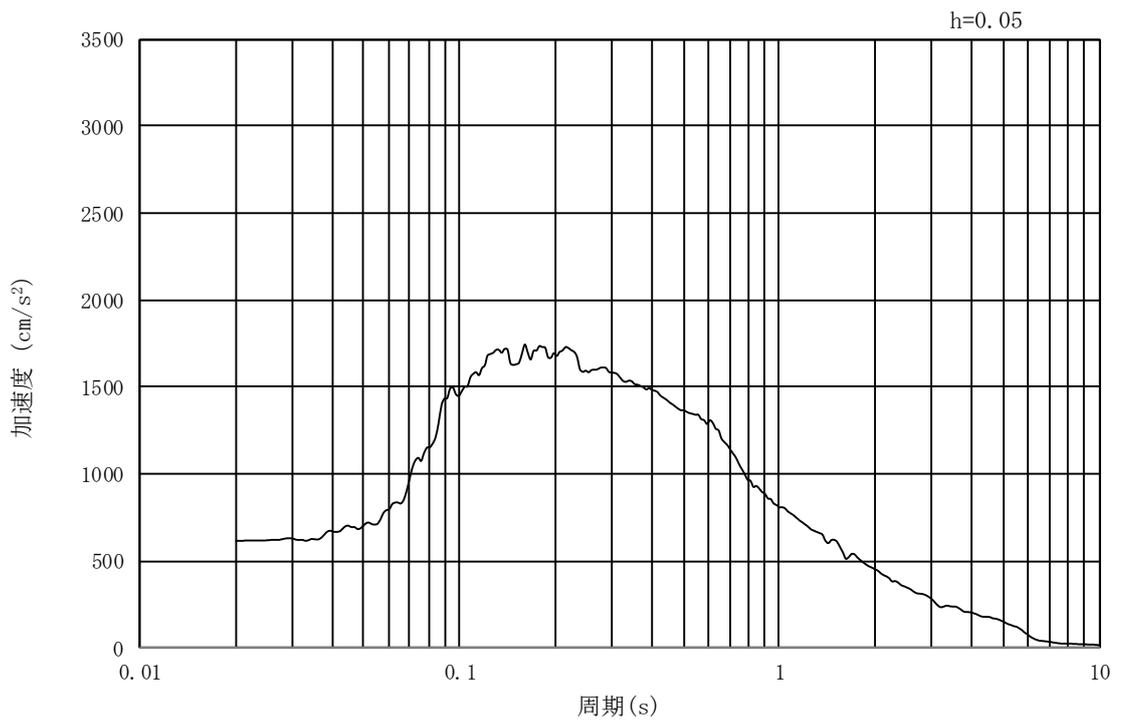


図 17.3-1 入力地震動算定の概念図

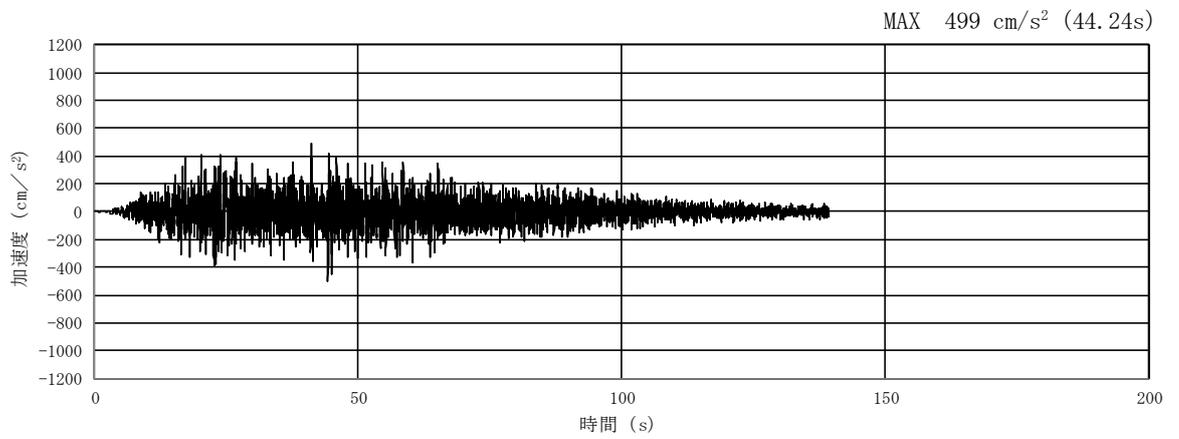


(a) 加速度時刻歴波形

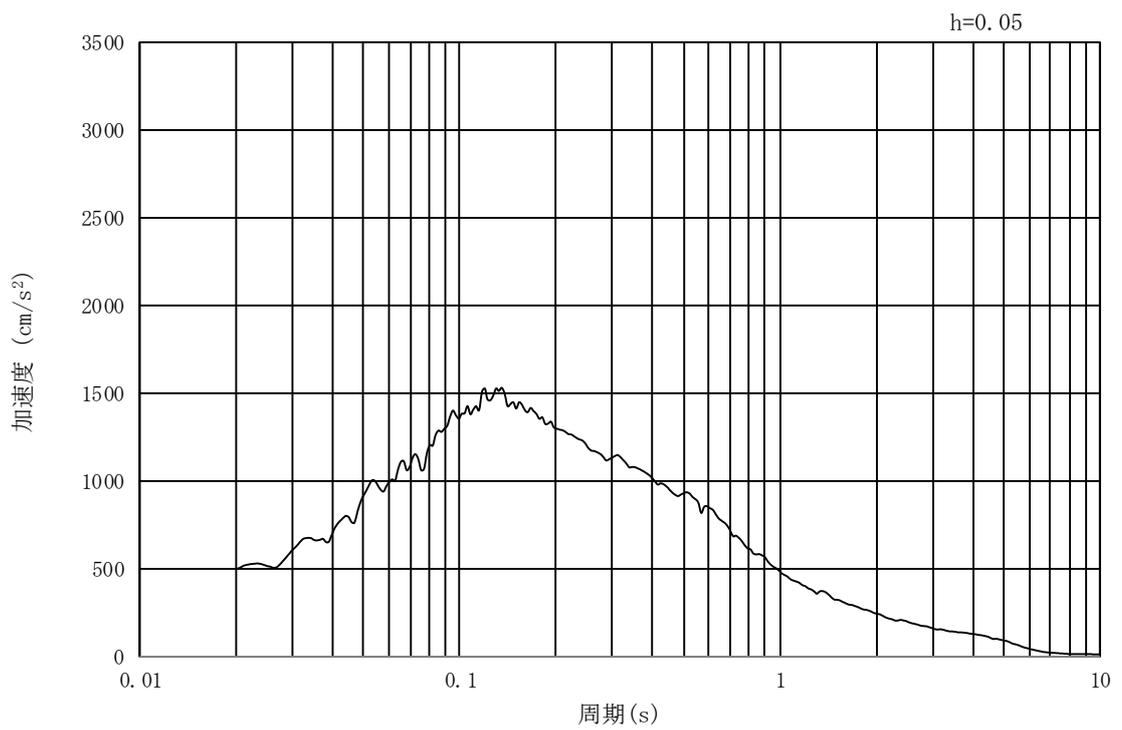


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - D 1$)

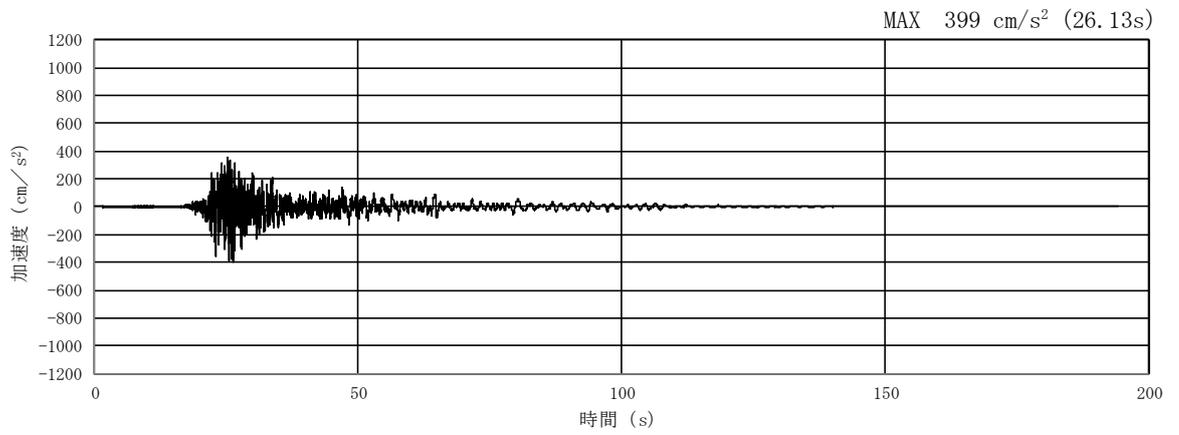


(a) 加速度時刻歴波形

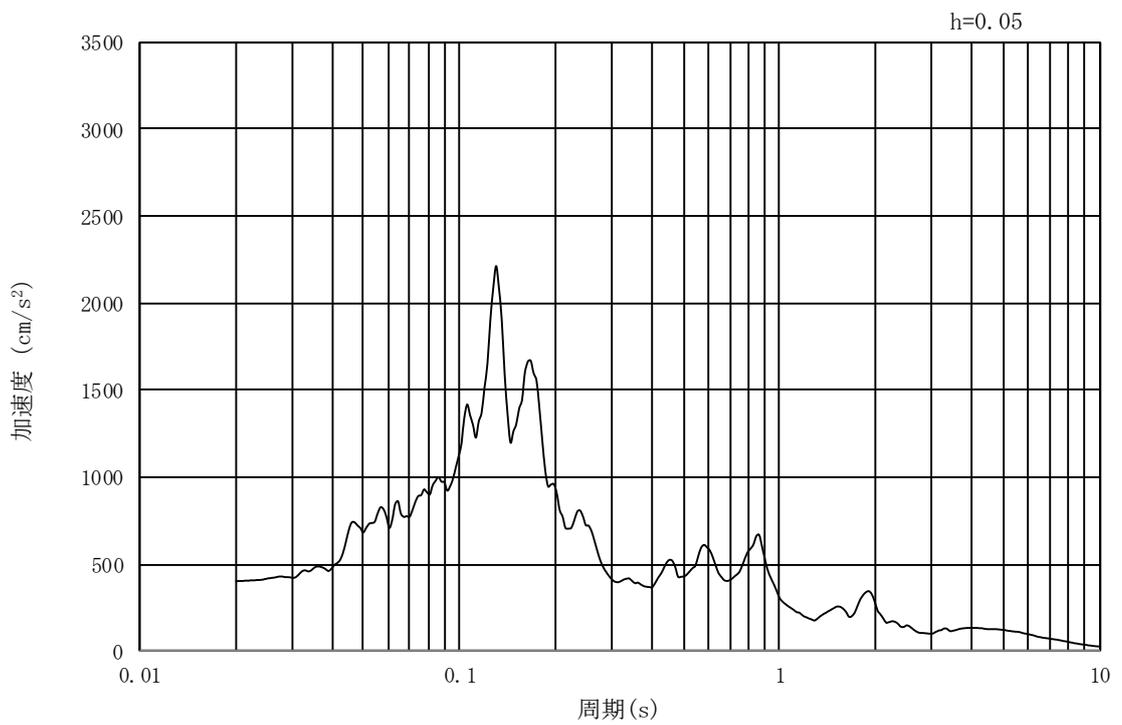


(b) 加速度応答スペクトル

図 17.3-2 (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 : $S_s - D 1$)

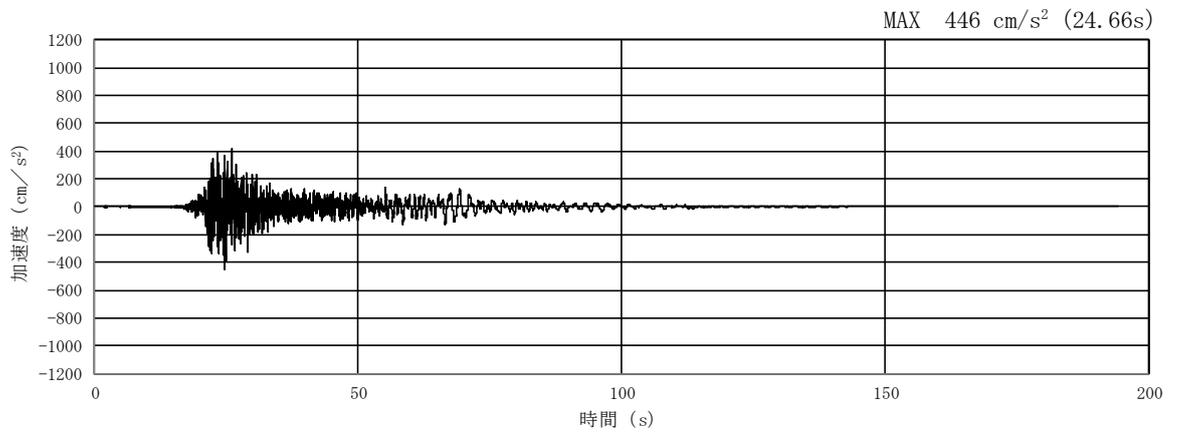


(a) 加速度時刻歴波形

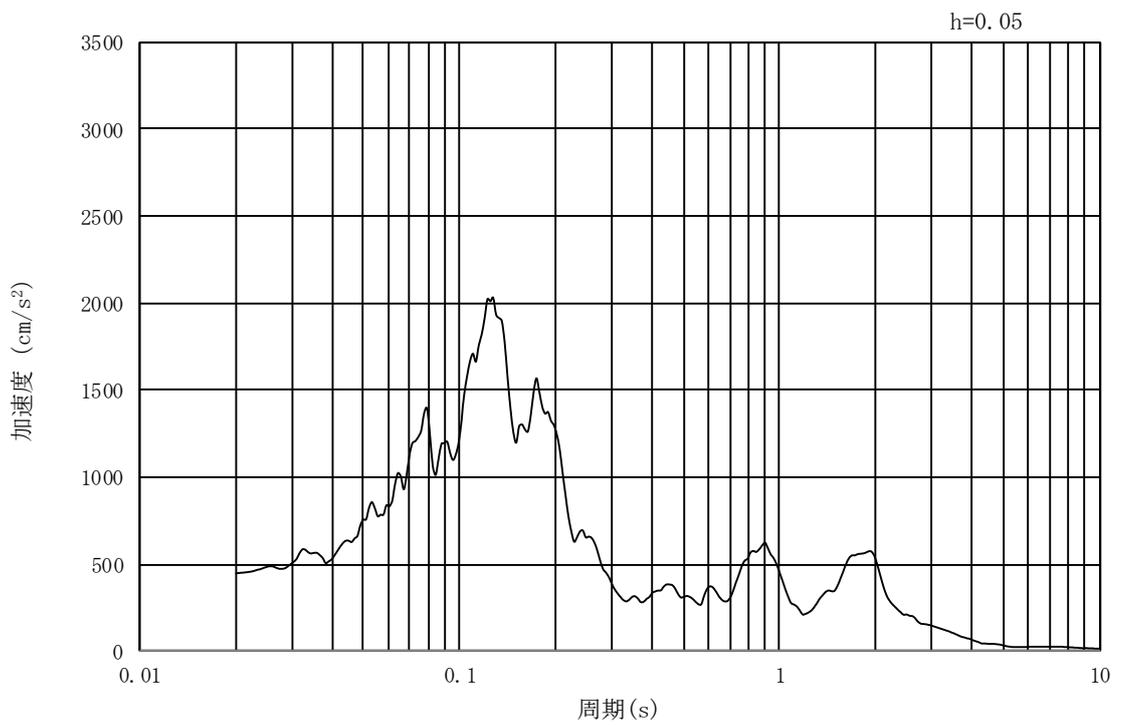


(b) 加速度応答スペクトル

図 17.3-2 (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 : $S_s - 11$)

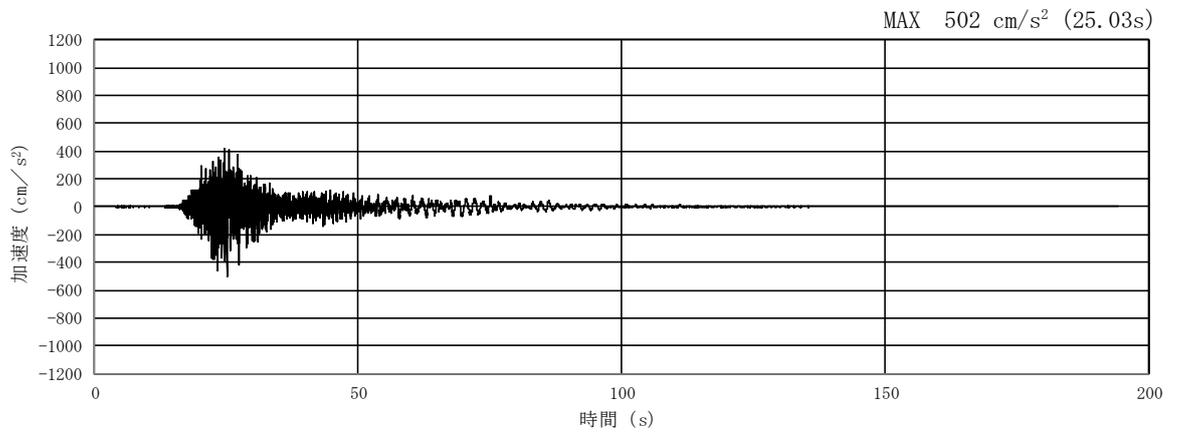


(a) 加速度時刻歴波形

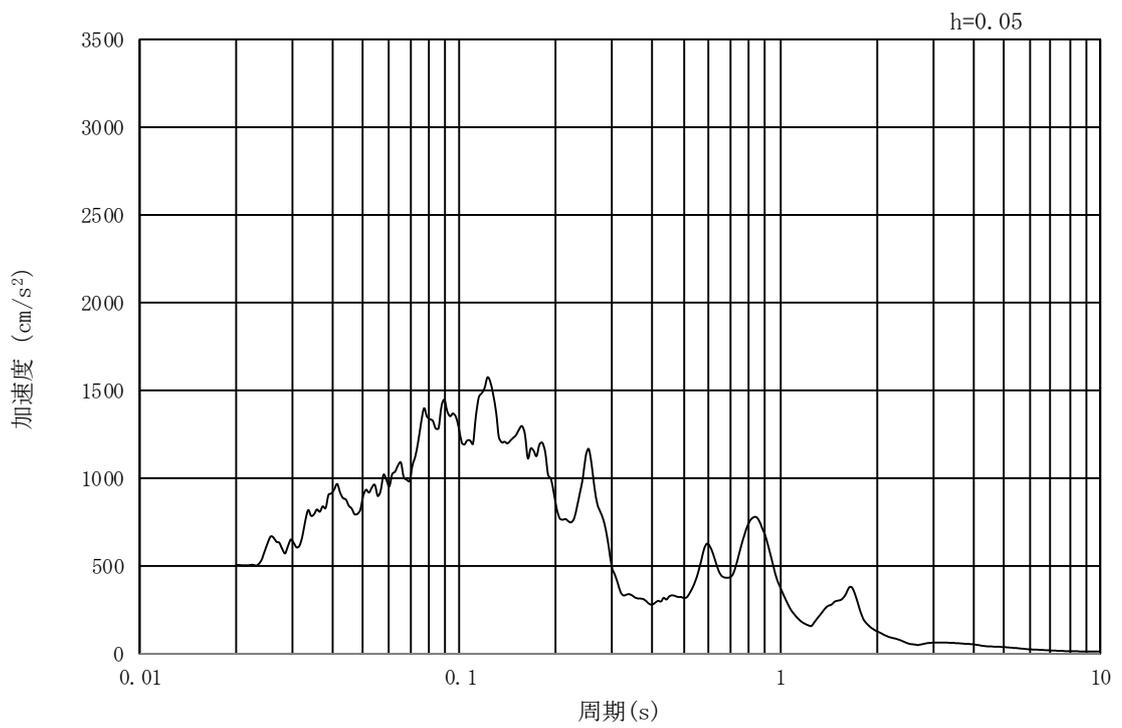


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 11$)

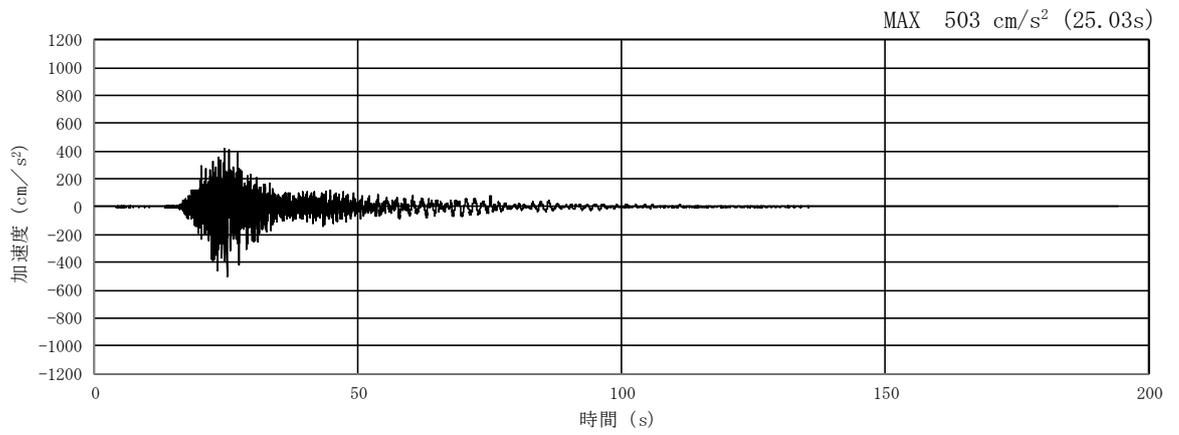


(a) 加速度時刻歴波形

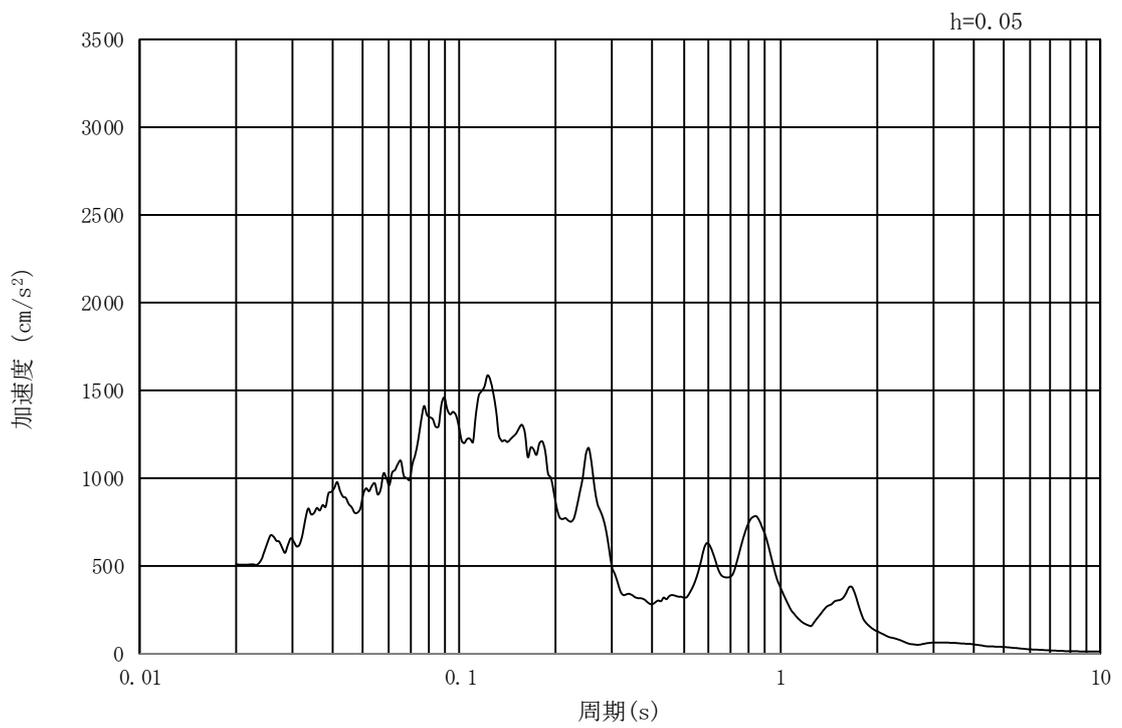


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 1.1$)

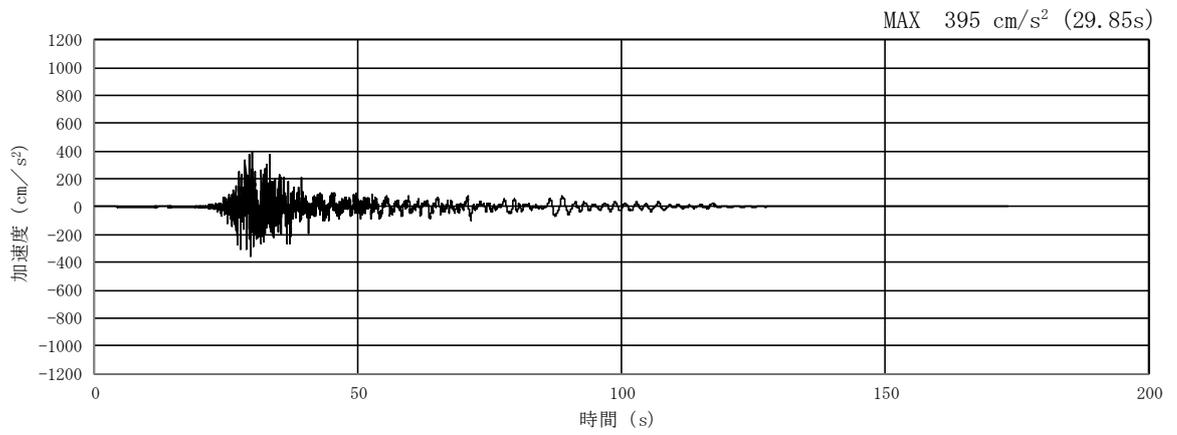


(a) 加速度時刻歴波形

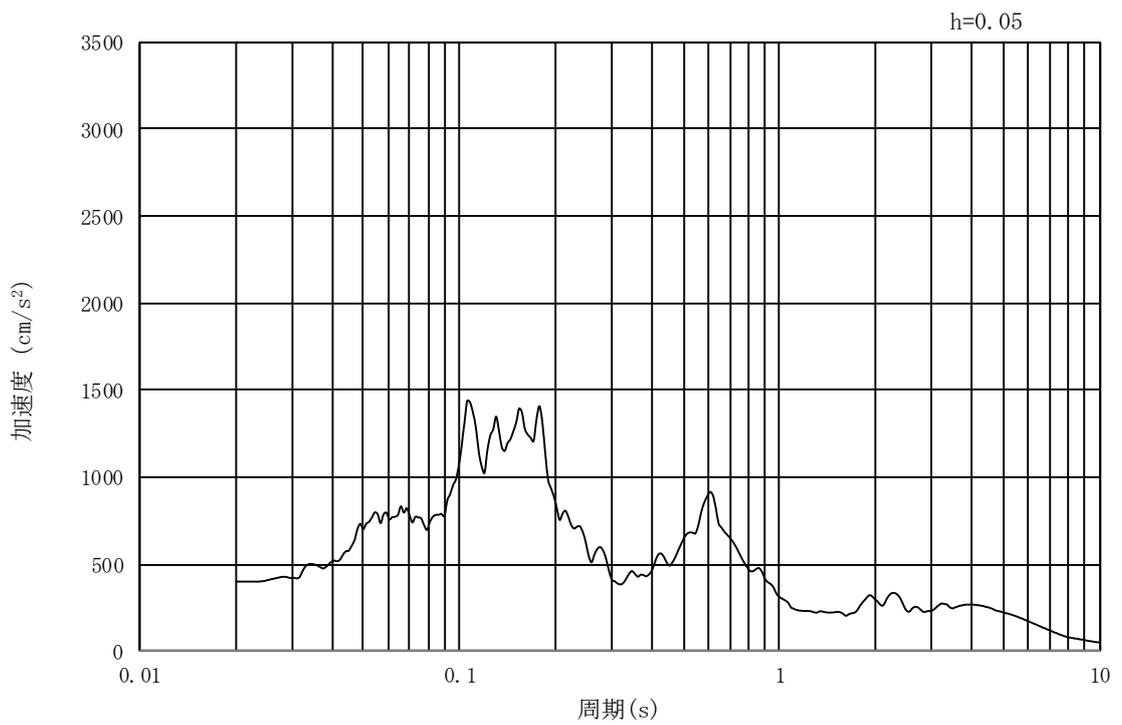


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 1.1$)

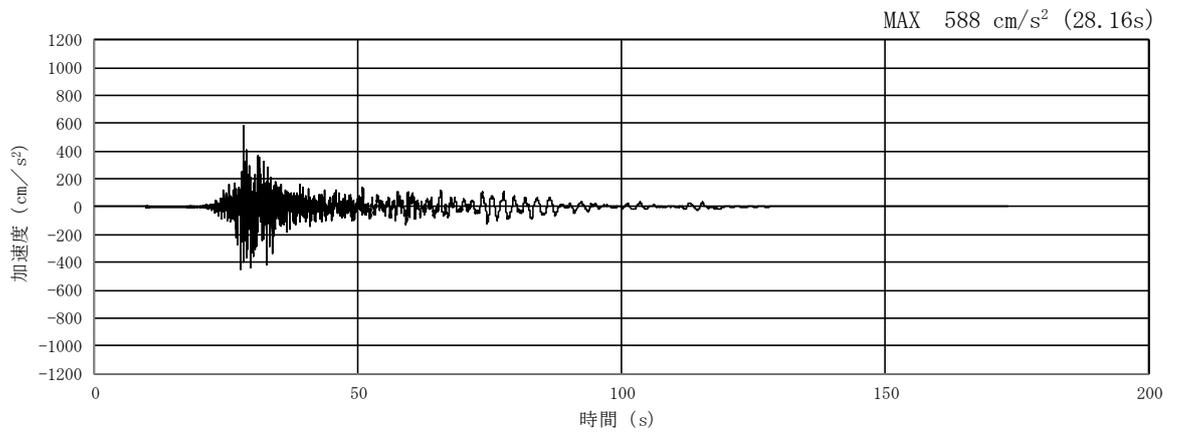


(a) 加速度時刻歴波形

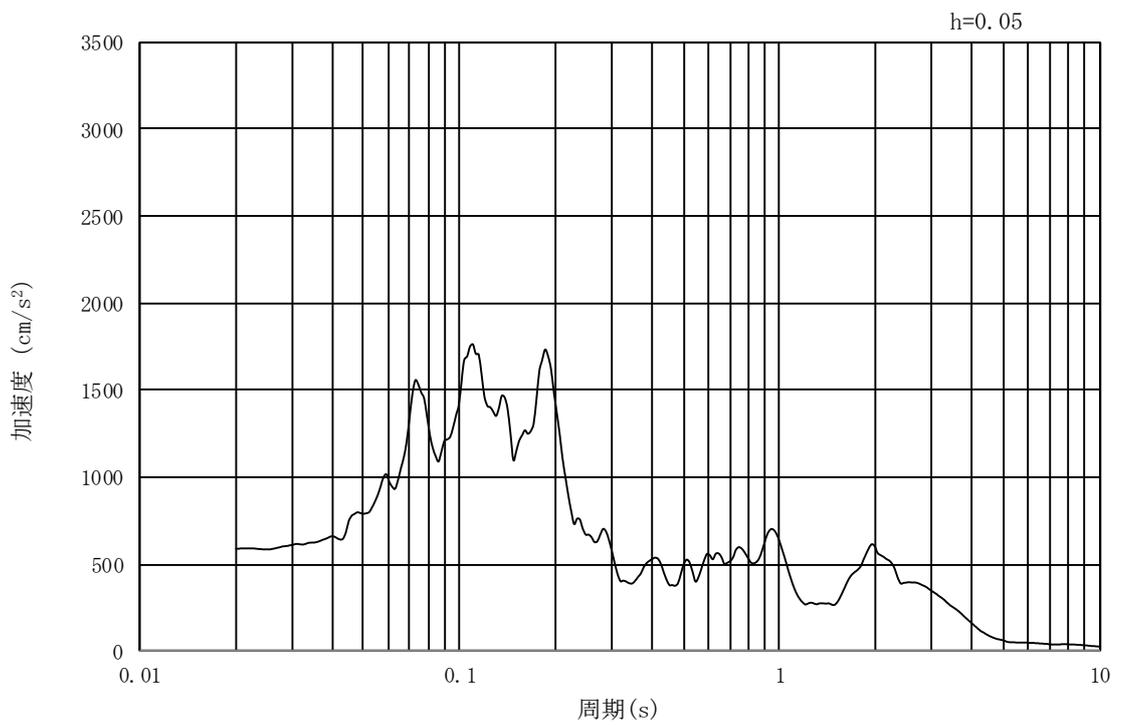


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 1.2$)

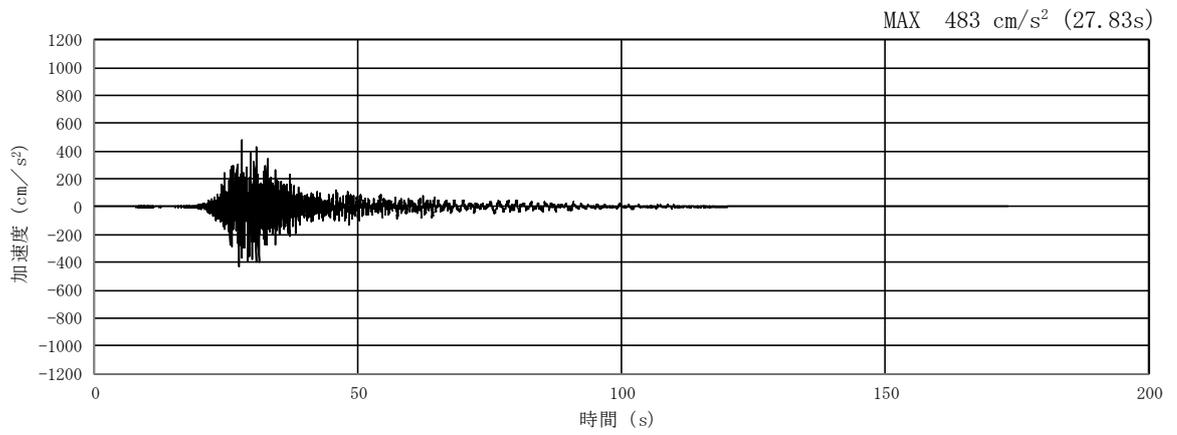


(a) 加速度時刻歴波形

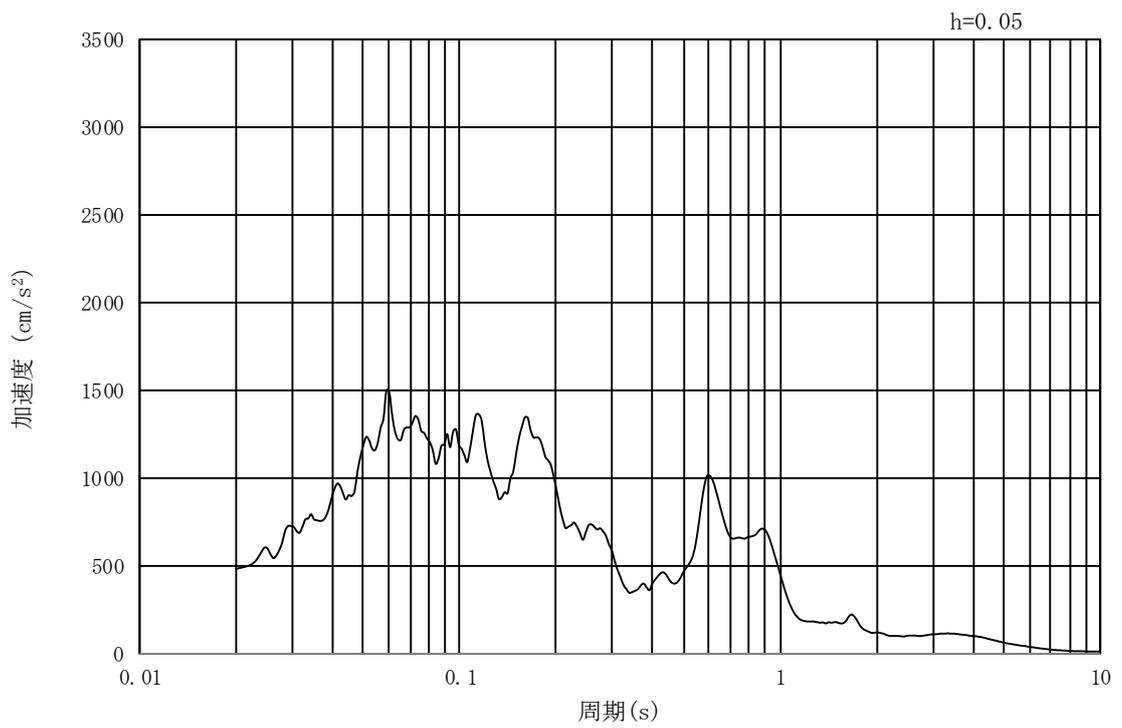


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 1.2$)

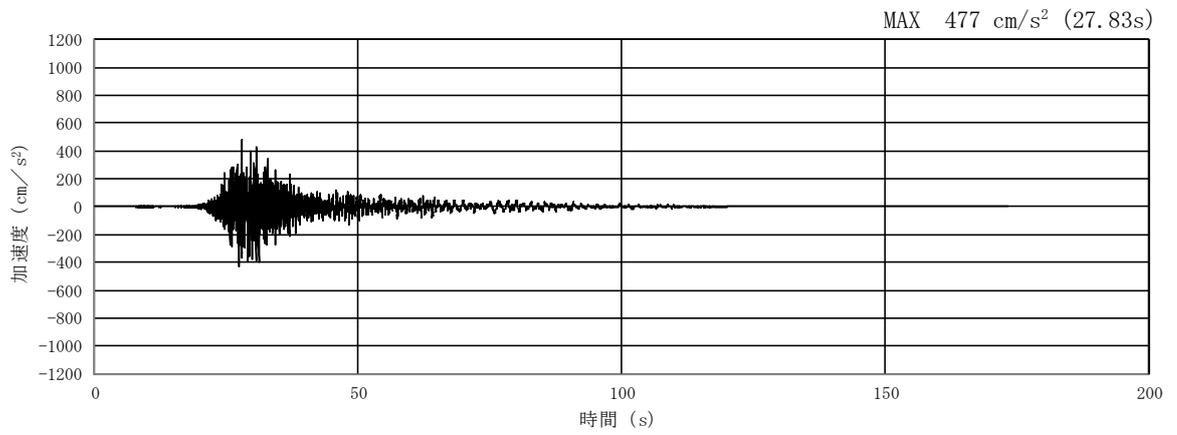


(a) 加速度時刻歴波形

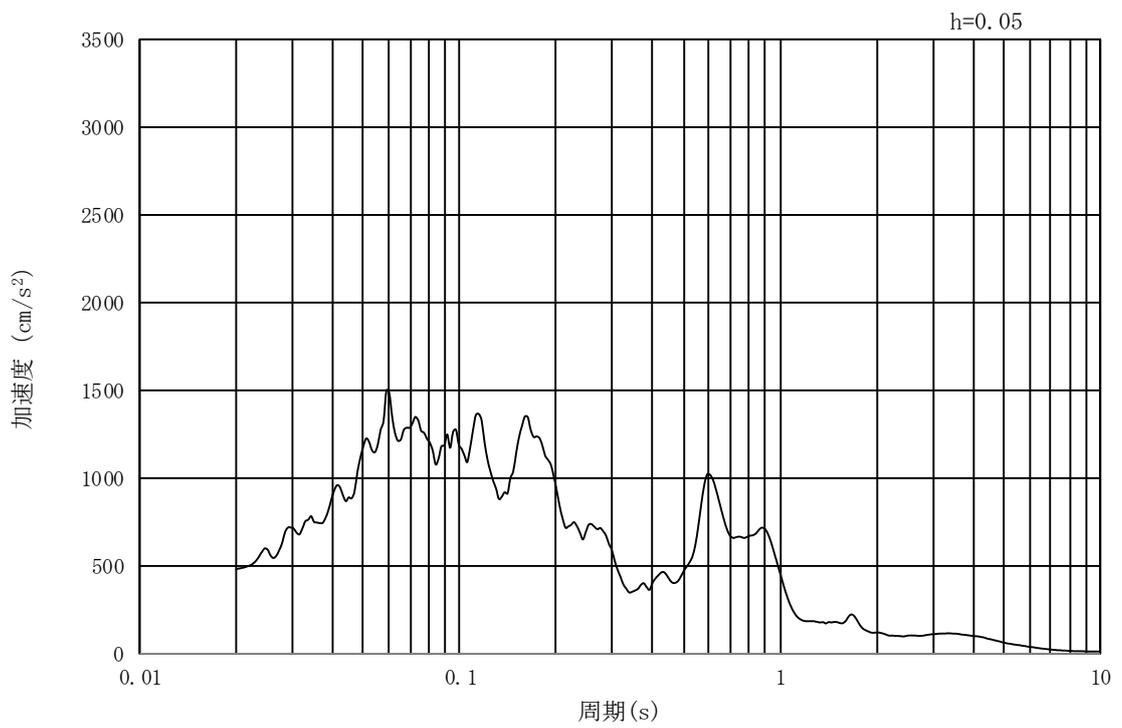


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 1.2$)

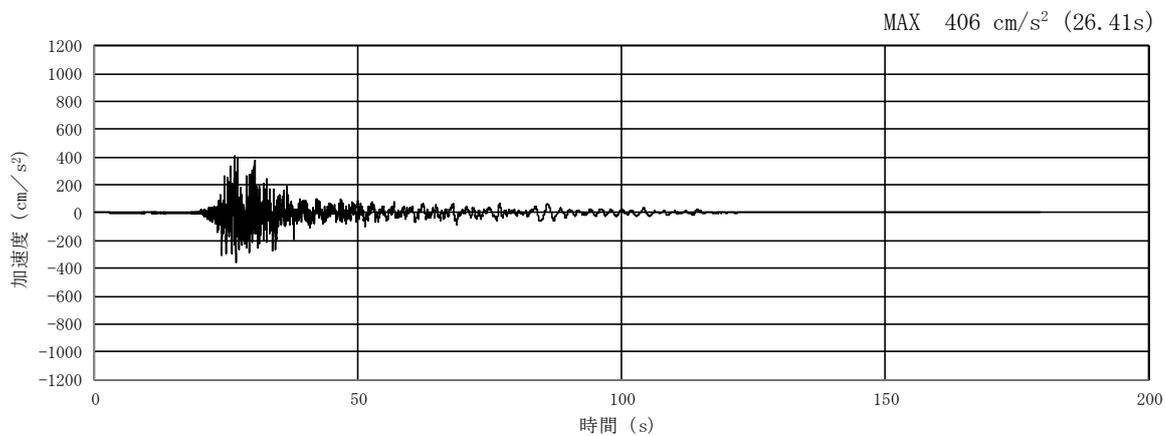


(a) 加速度時刻歴波形

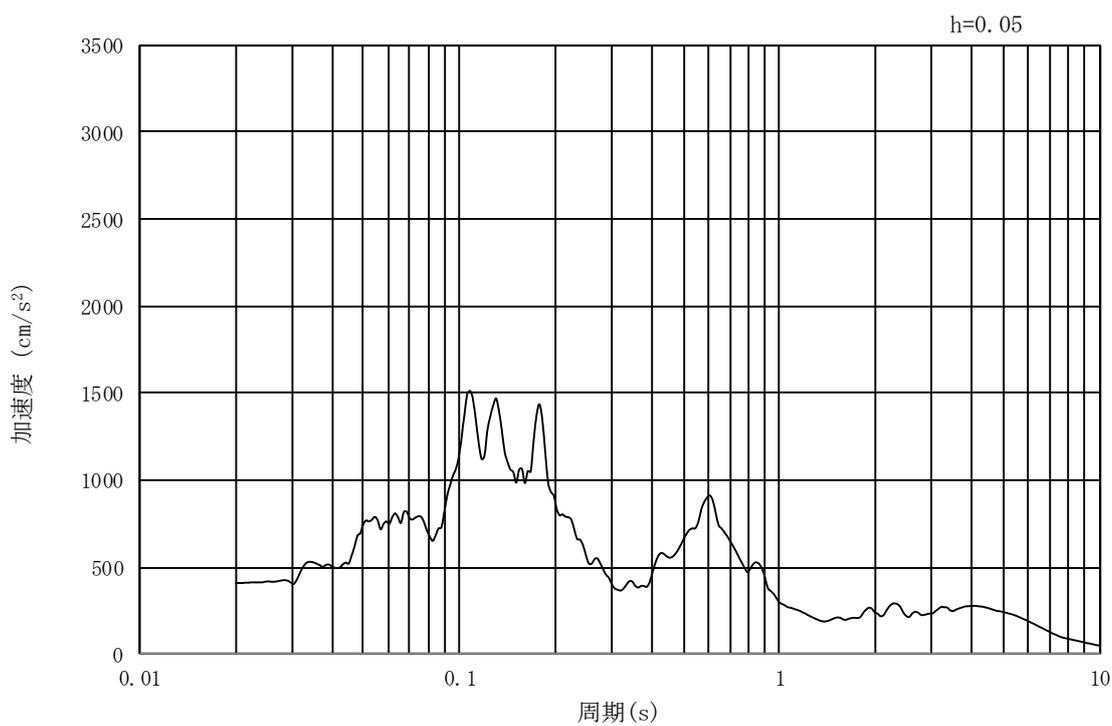


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 1.2$)

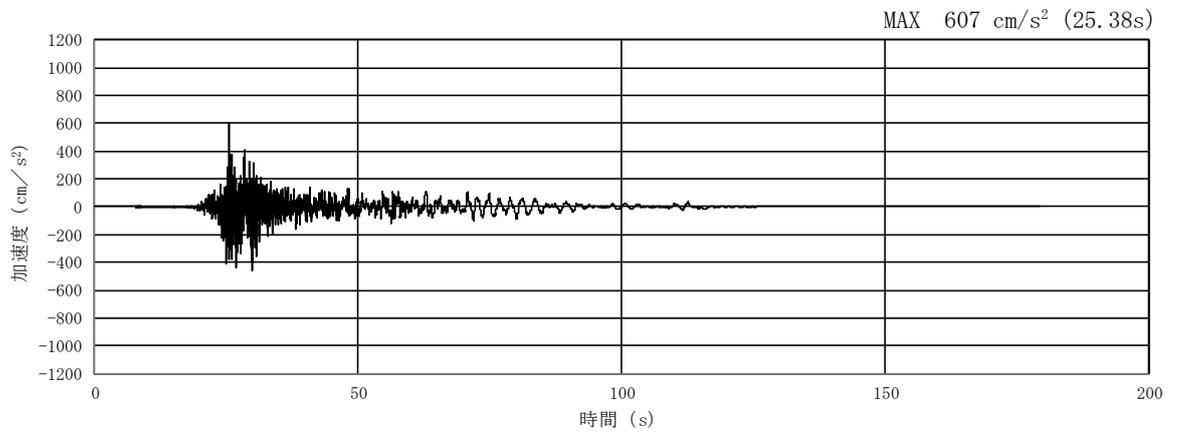


(a) 加速度時刻歴波形

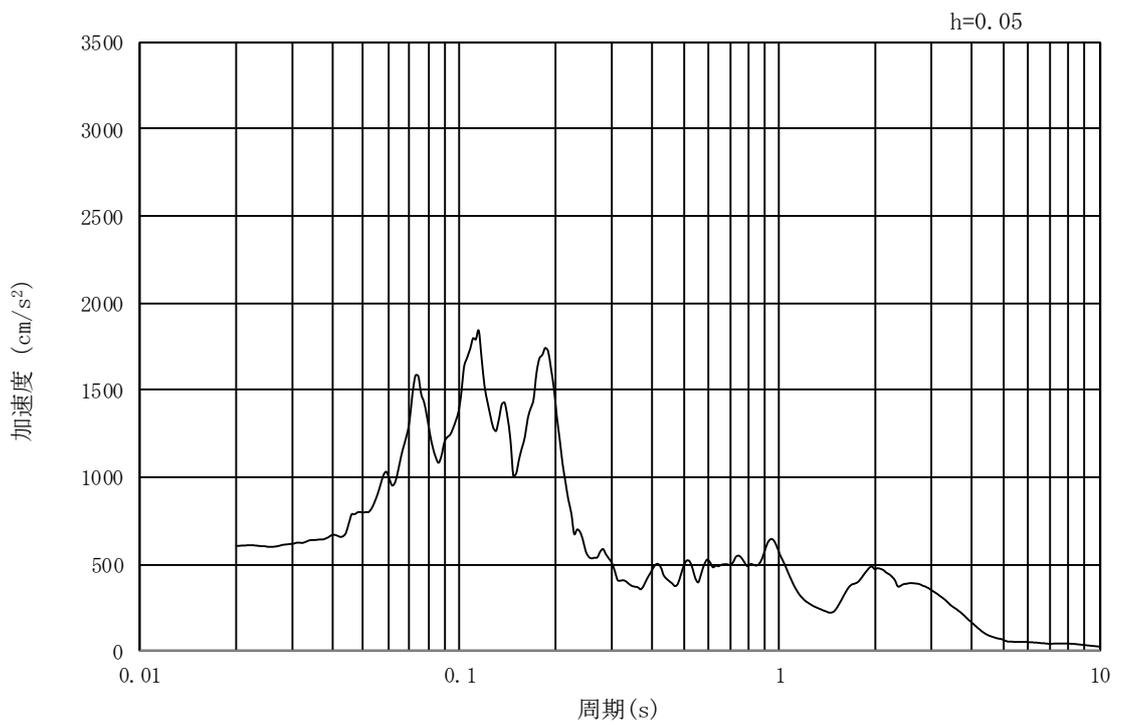


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 1.3$)

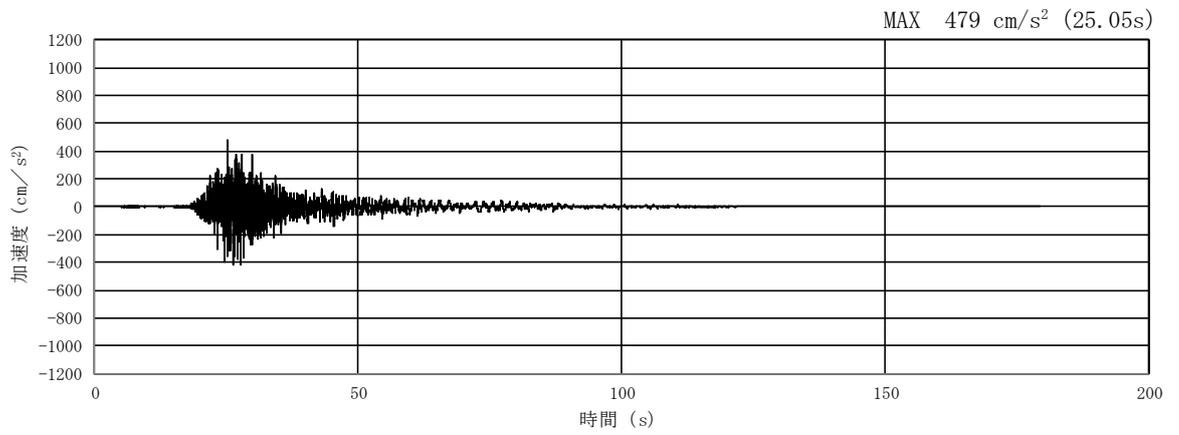


(a) 加速度時刻歴波形

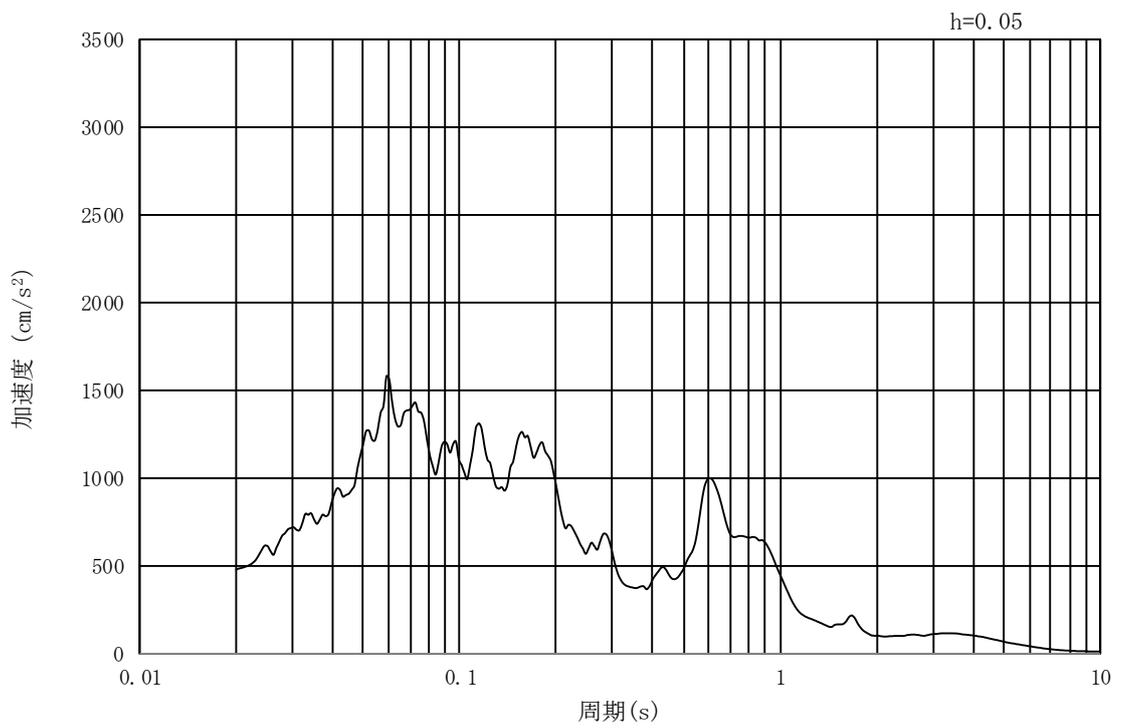


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 1.3$)

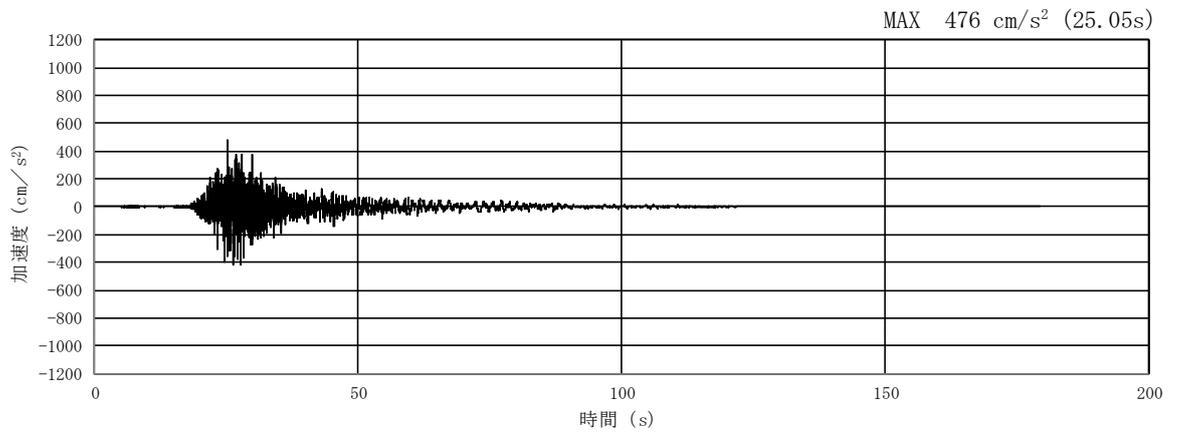


(a) 加速度時刻歴波形

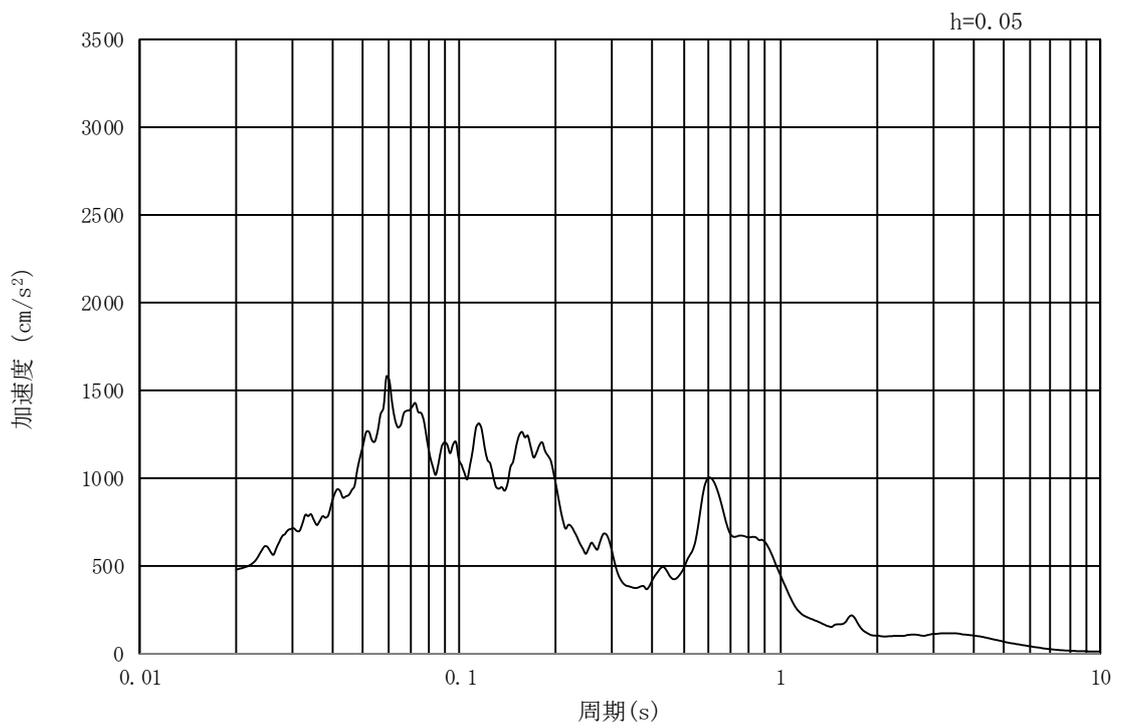


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 1.3$)

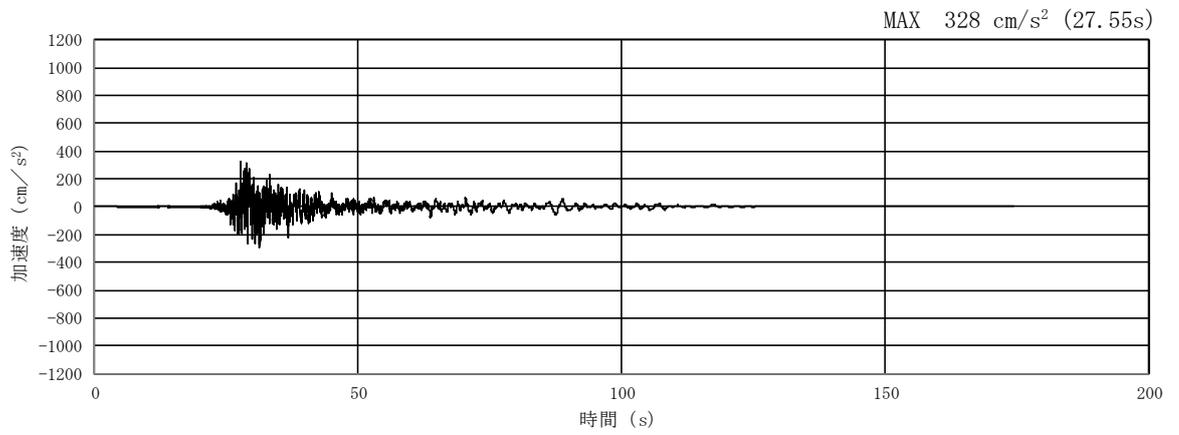


(a) 加速度時刻歴波形

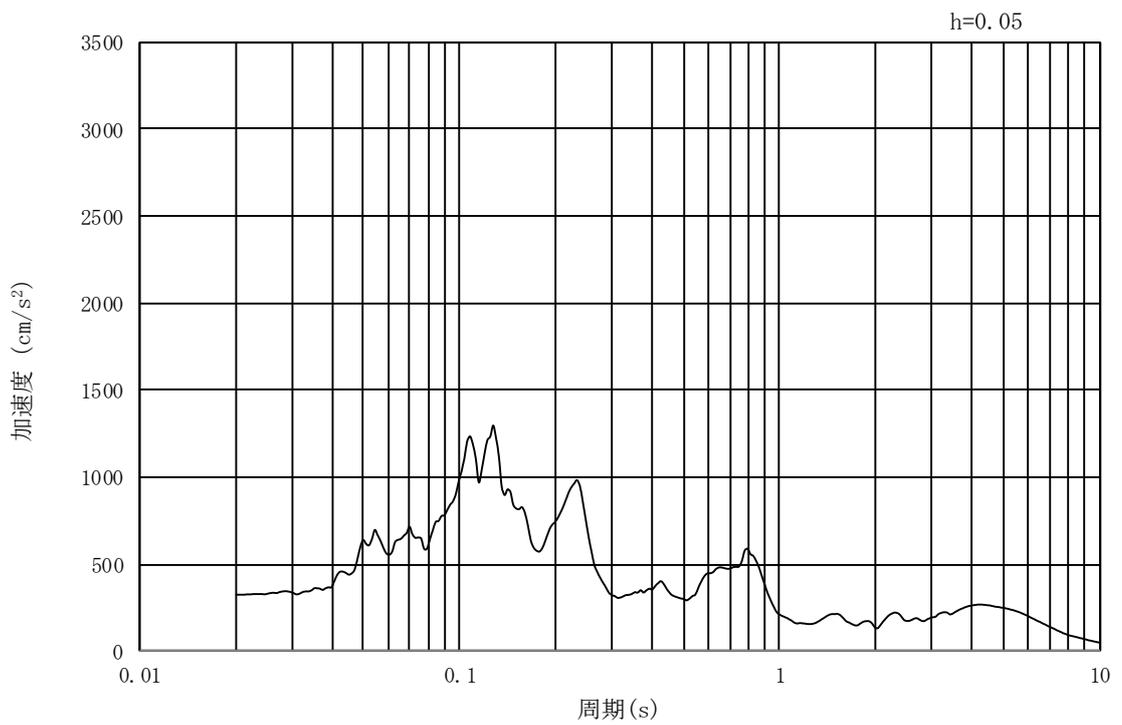


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 1.3$)

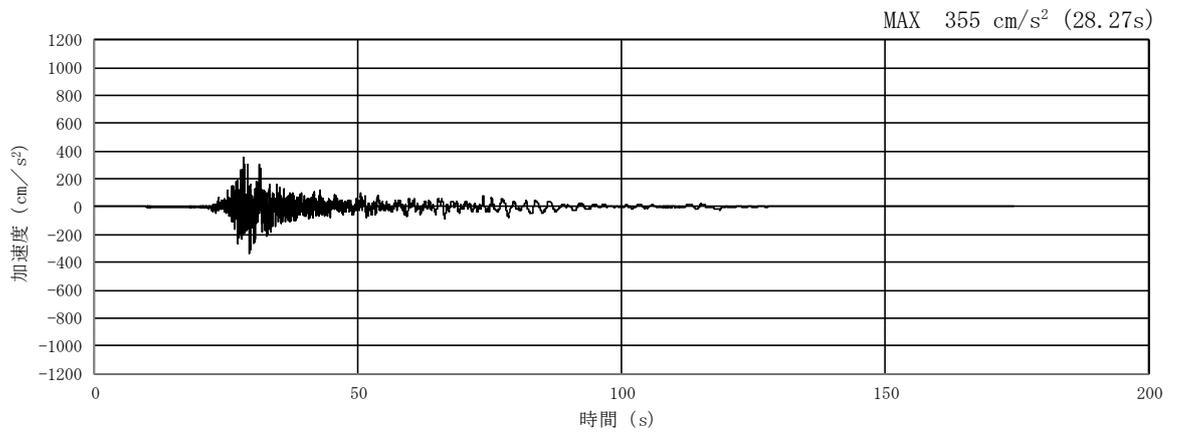


(a) 加速度時刻歴波形

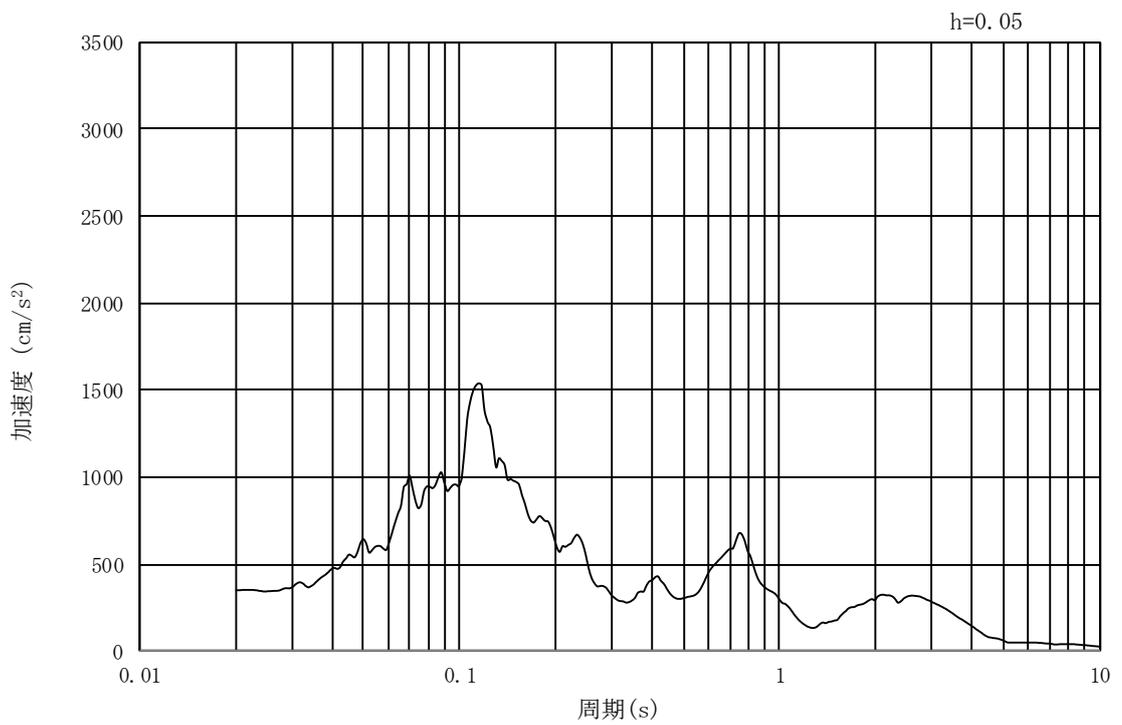


(b) 加速度応答スペクトル

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: $S_s - 1.4$)

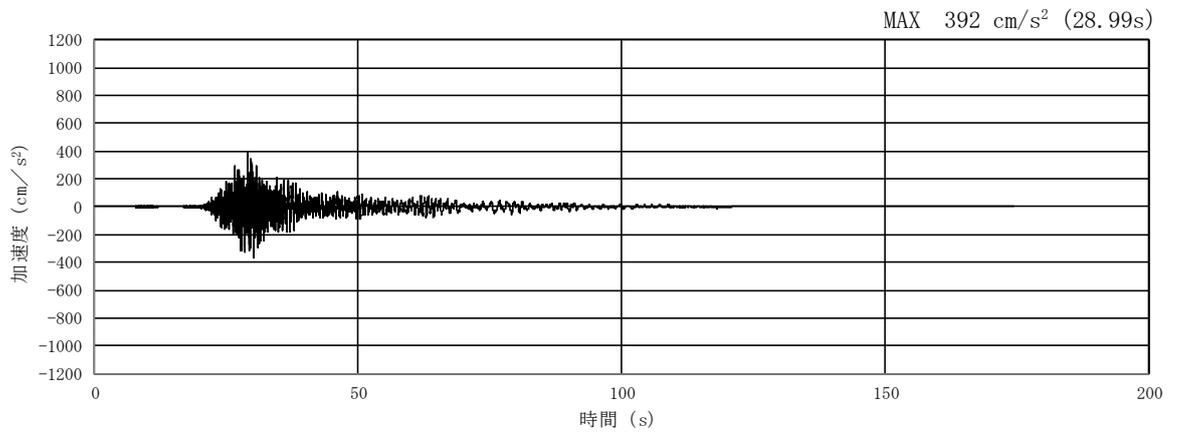


(a) 加速度時刻歴波形

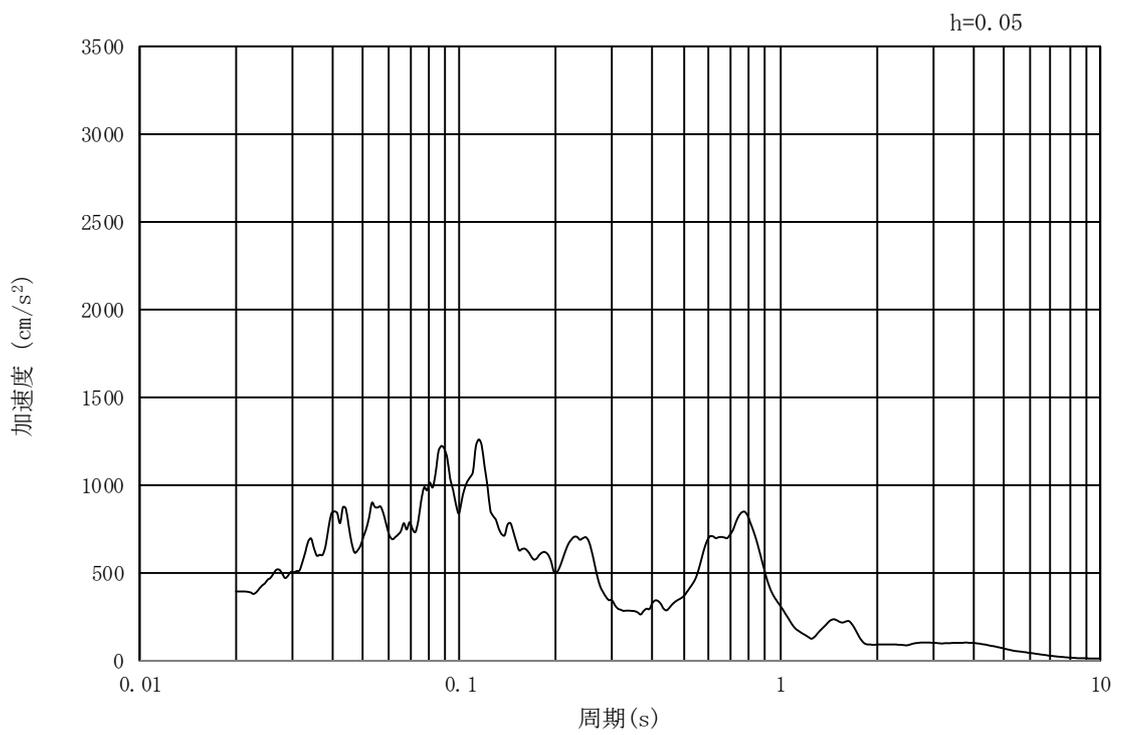


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 1.4$)

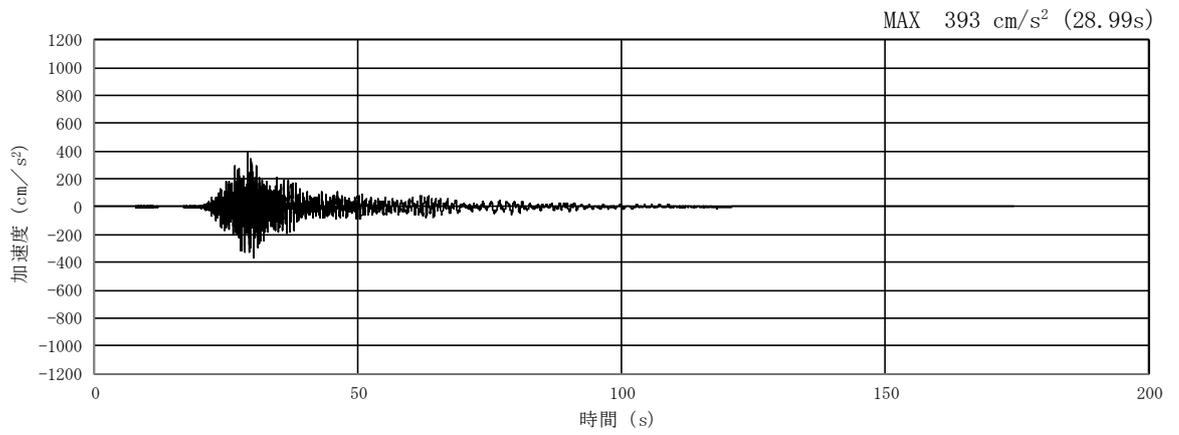


(a) 加速度時刻歴波形

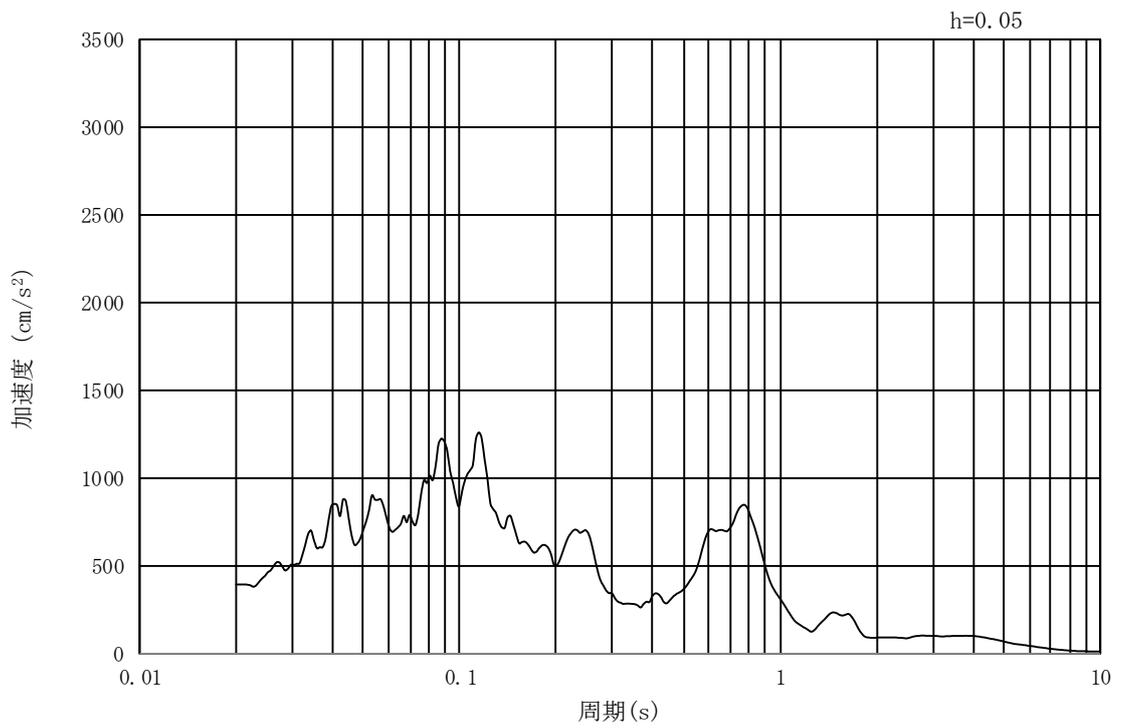


(b) 加速度応答スペクトル

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: $S_s - 1.4$)

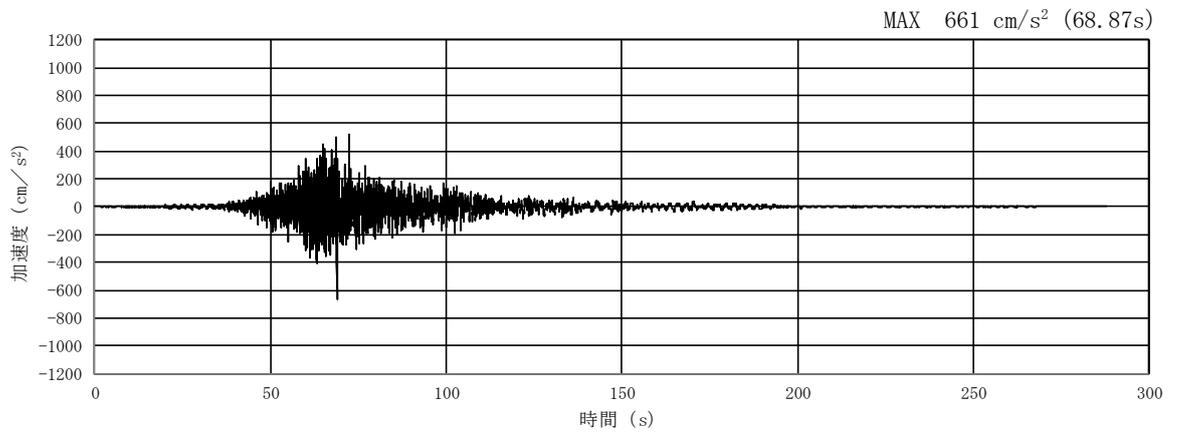


(a) 加速度時刻歴波形

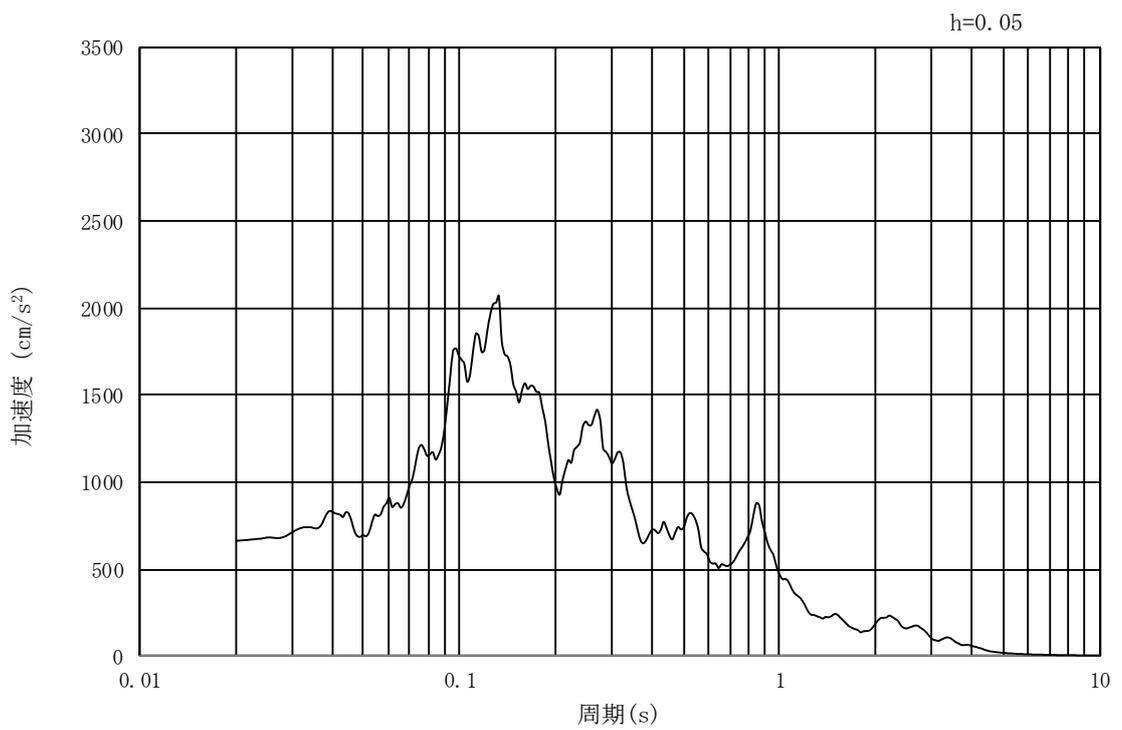


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 1.4$)

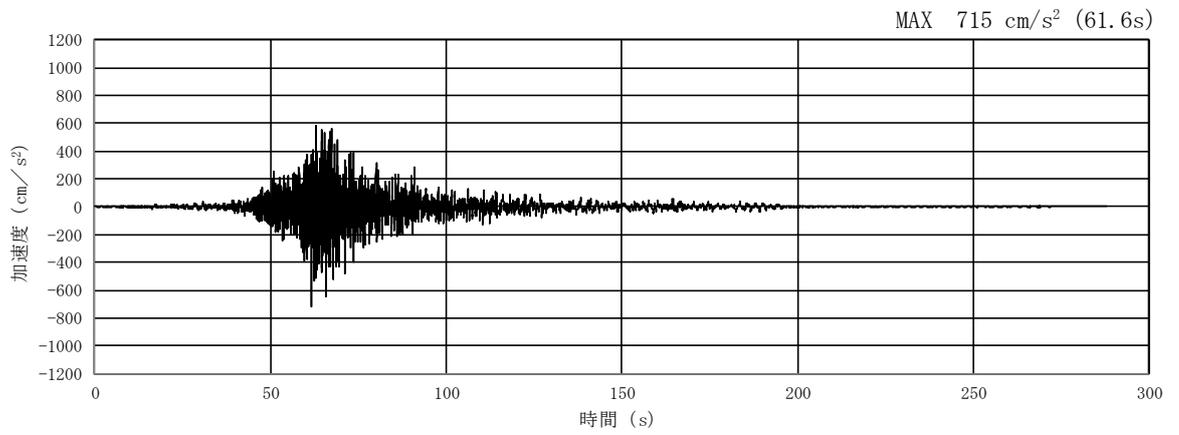


(a) 加速度時刻歴波形

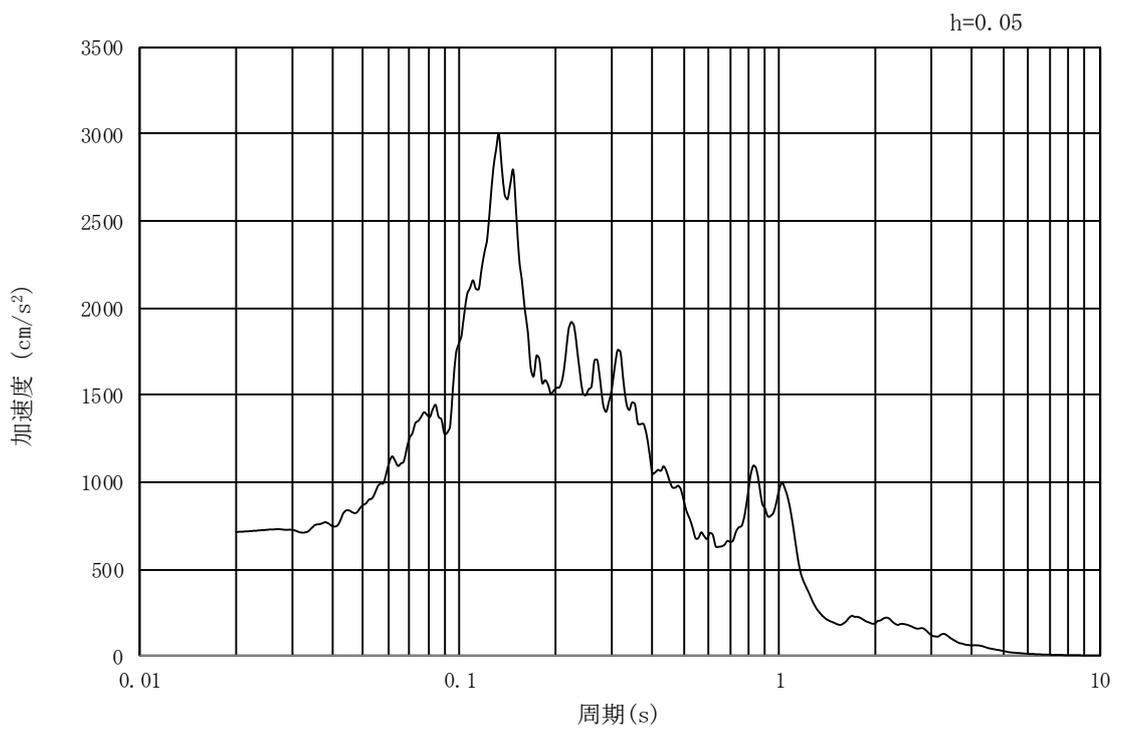


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 21$)

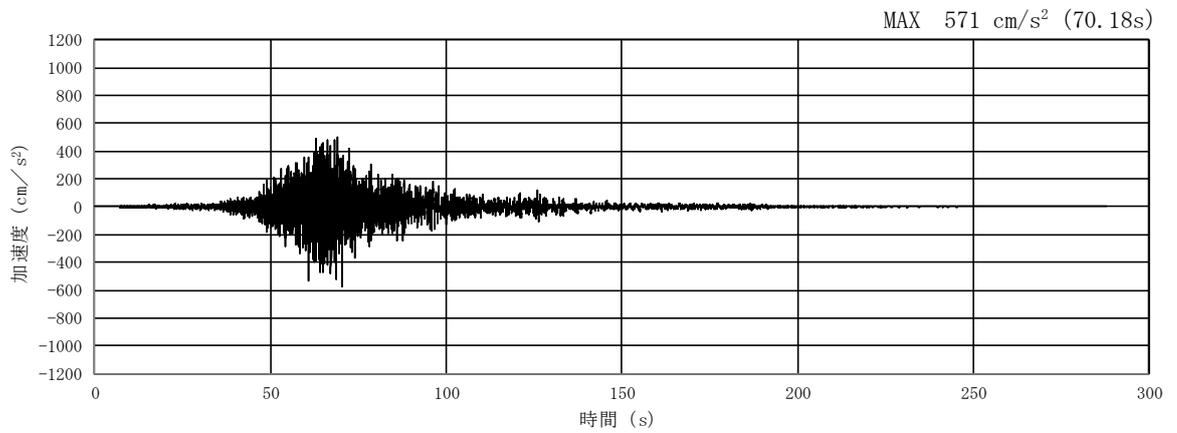


(a) 加速度時刻歴波形

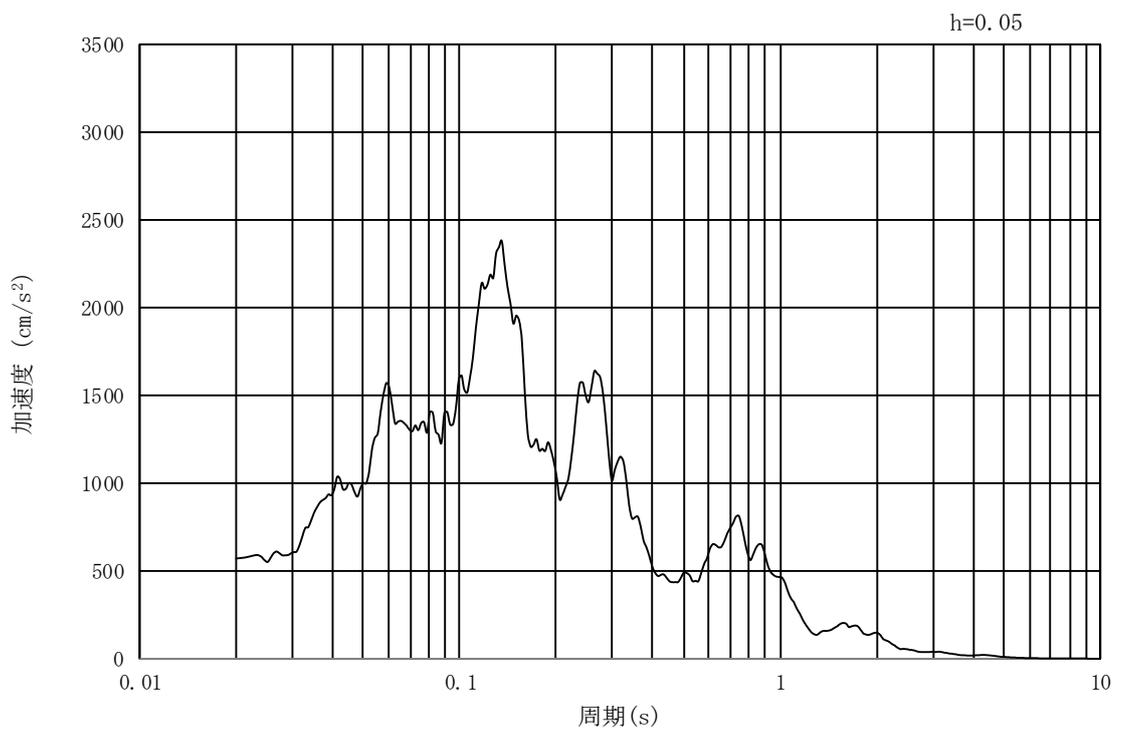


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 21$)

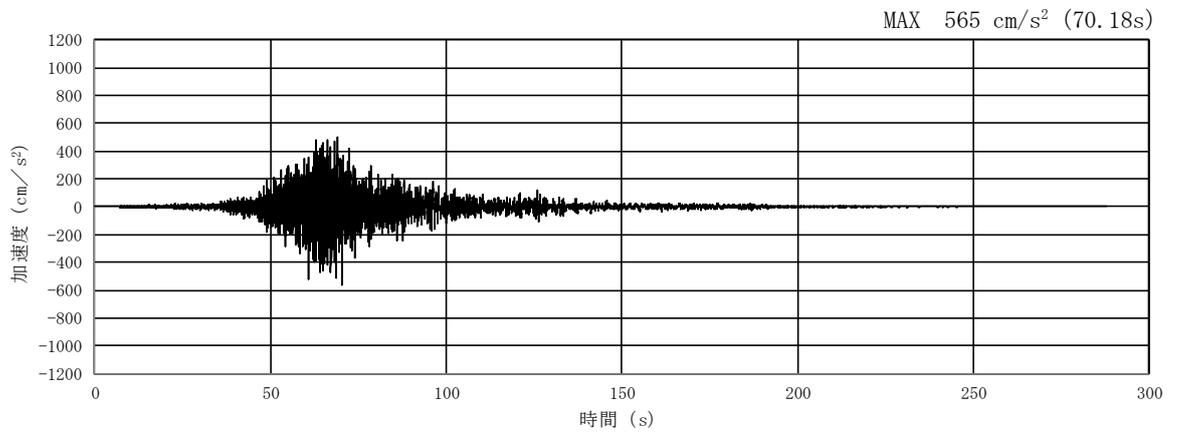


(a) 加速度時刻歴波形

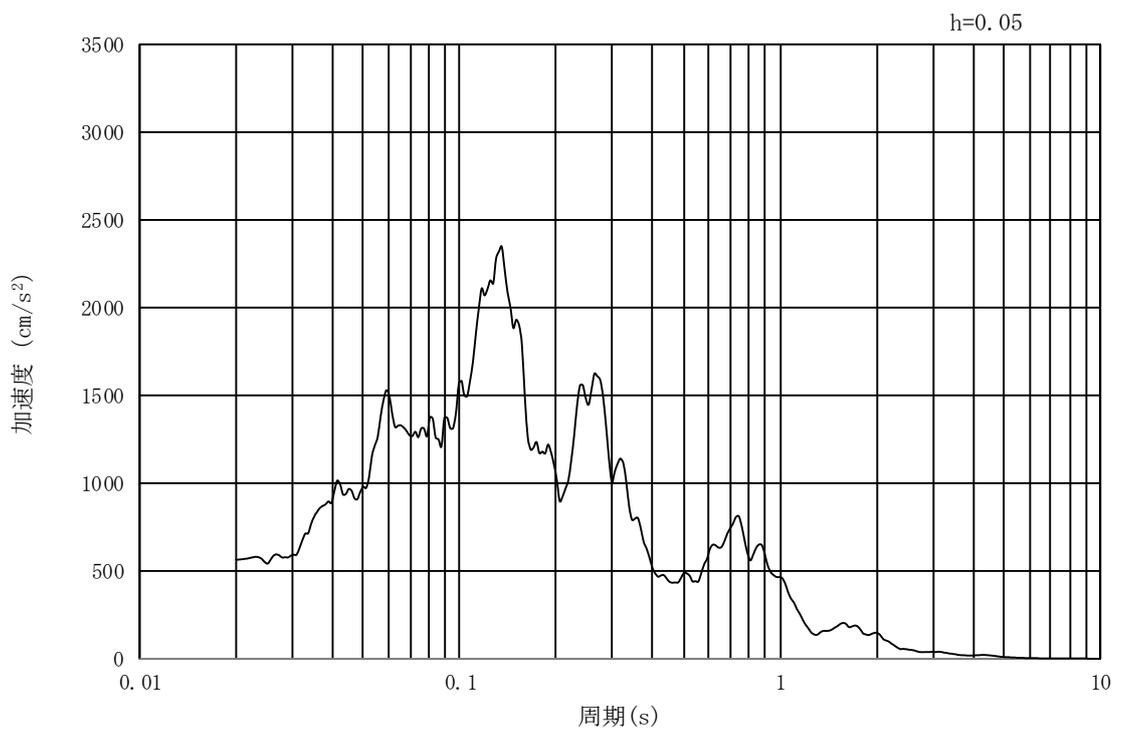


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 21$)

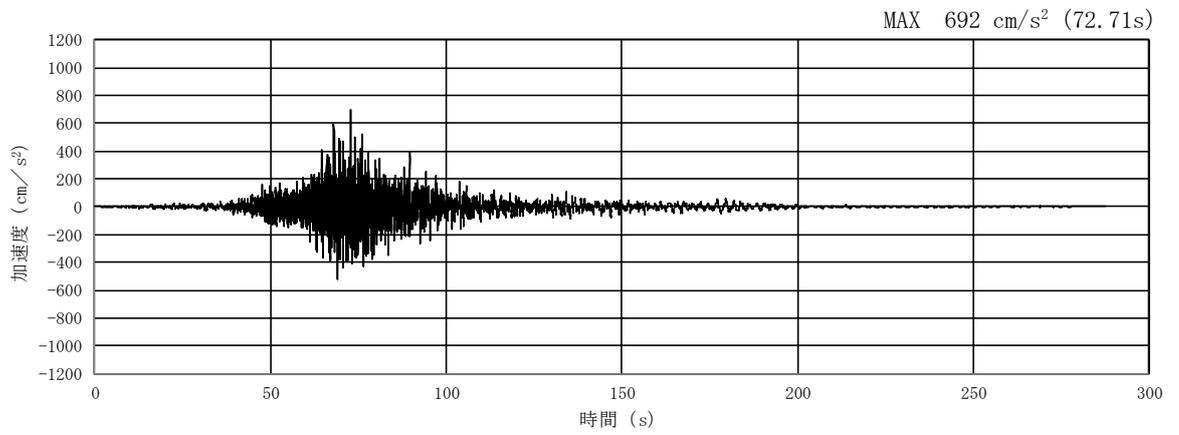


(a) 加速度時刻歴波形

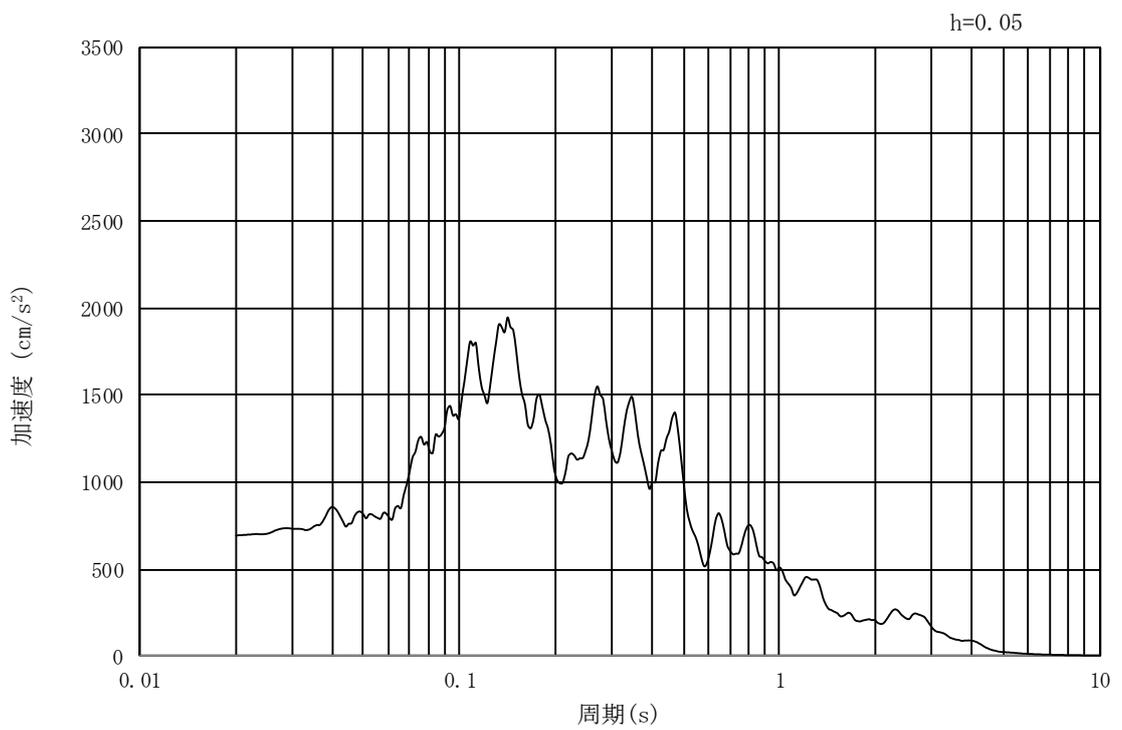


(b) 加速度応答スペクトル

図 17.3-2 (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 : $S_s - 21$)

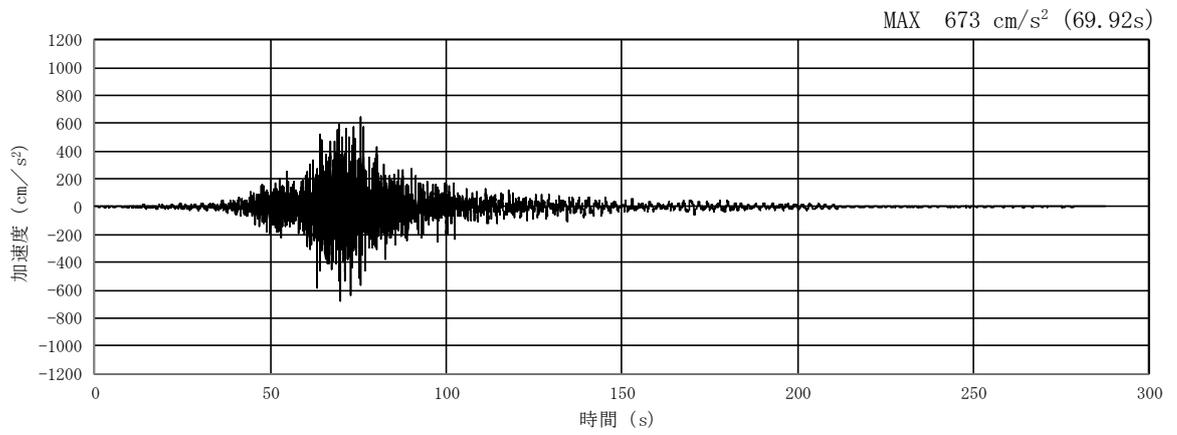


(a) 加速度時刻歴波形

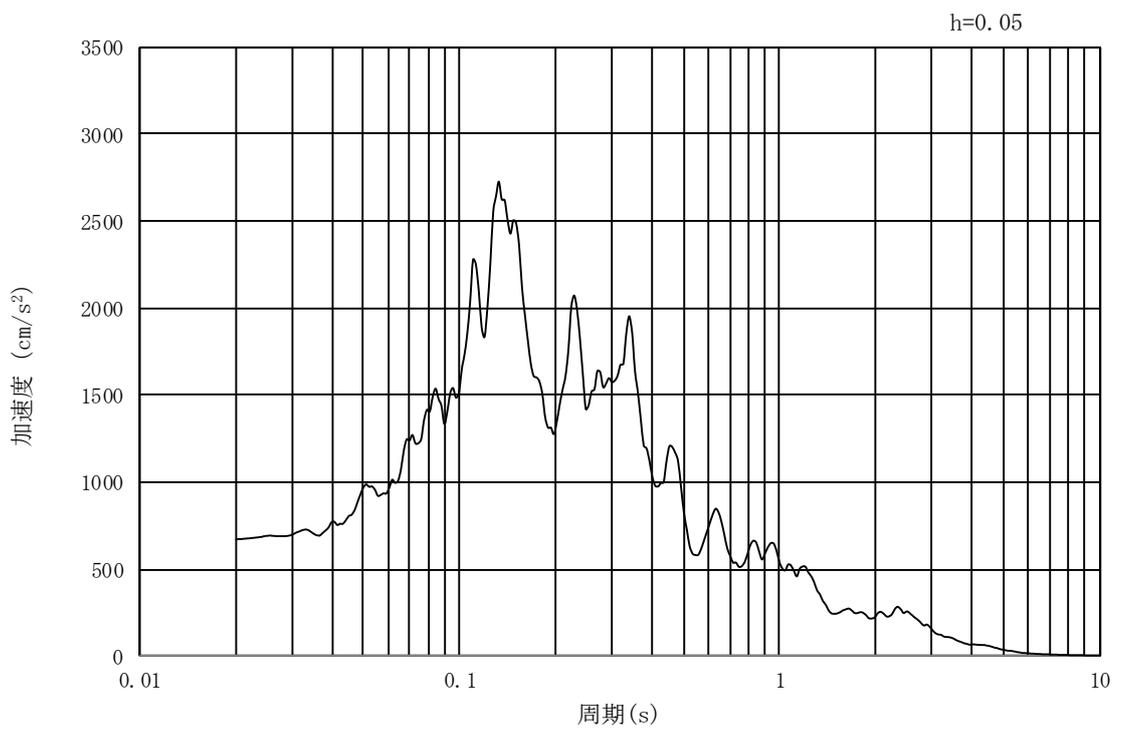


(b) 加速度応答スペクトル

図 17.3-2 (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 : $S_s - 22$)

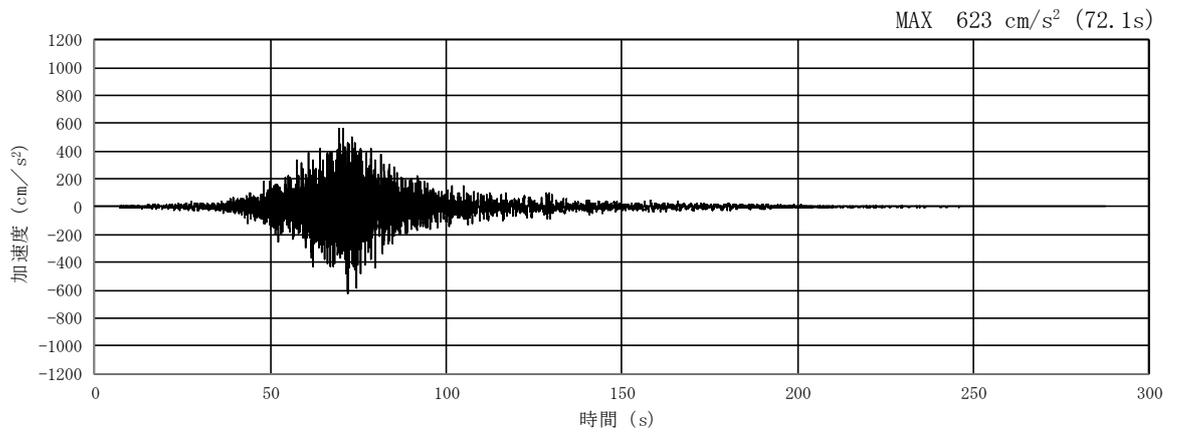


(a) 加速度時刻歴波形

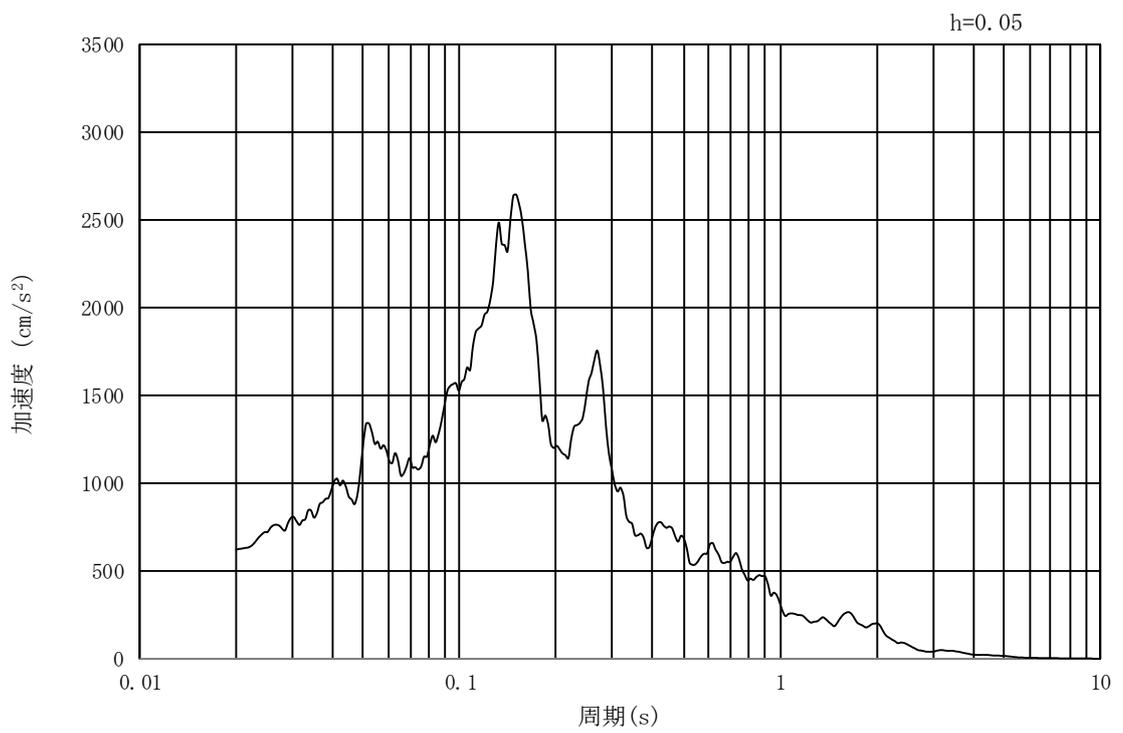


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 22$)

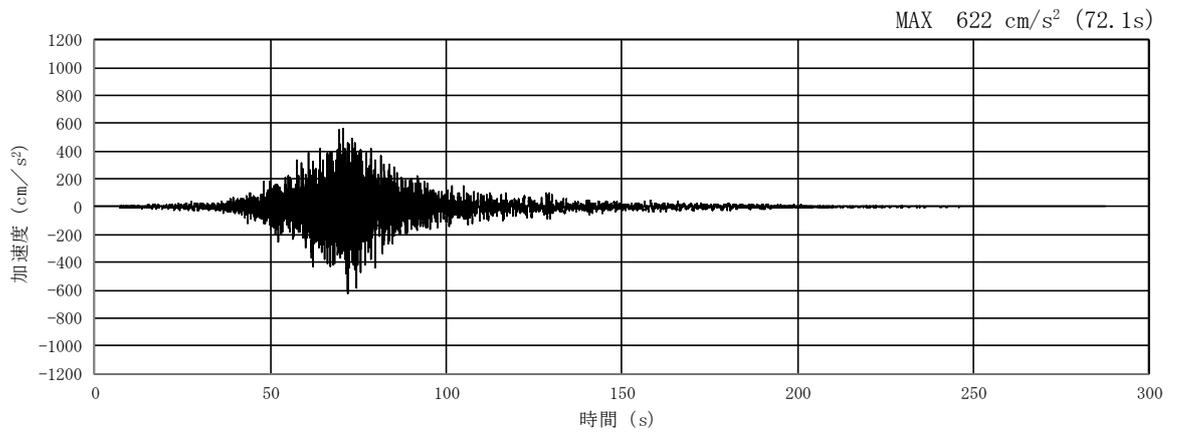


(a) 加速度時刻歴波形

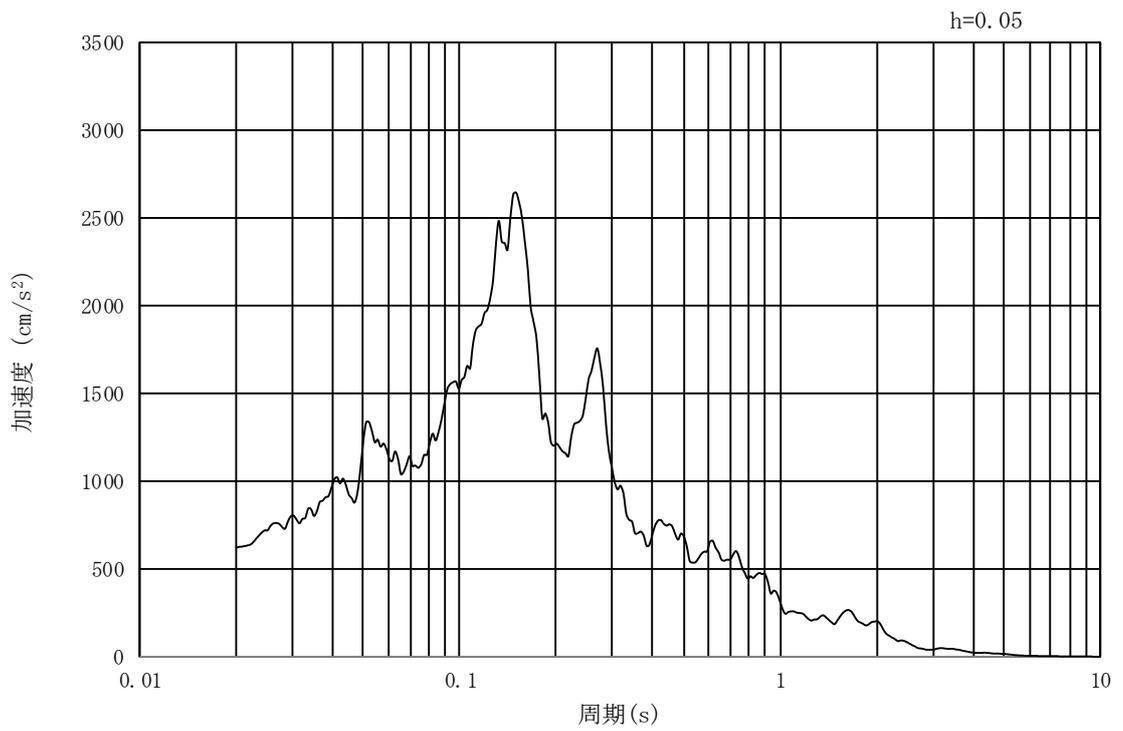


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 22$)

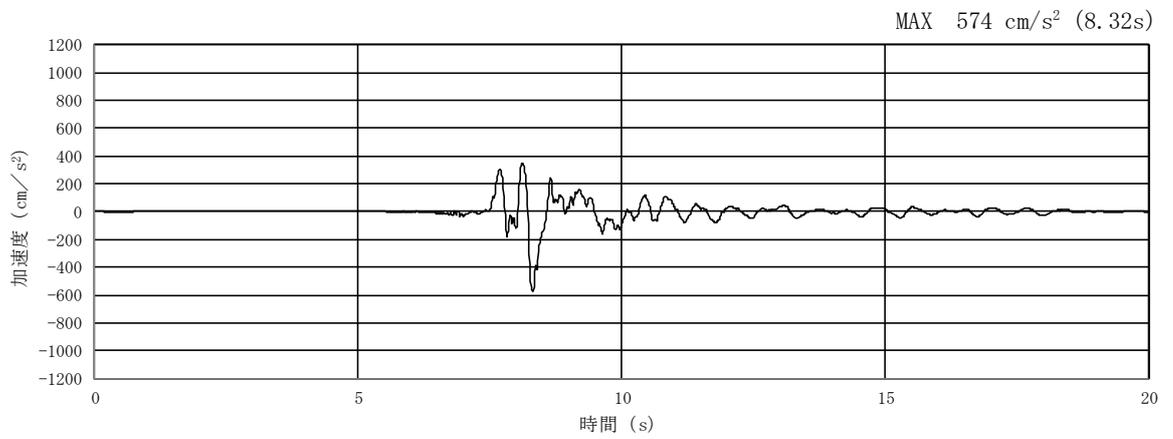


(a) 加速度時刻歴波形

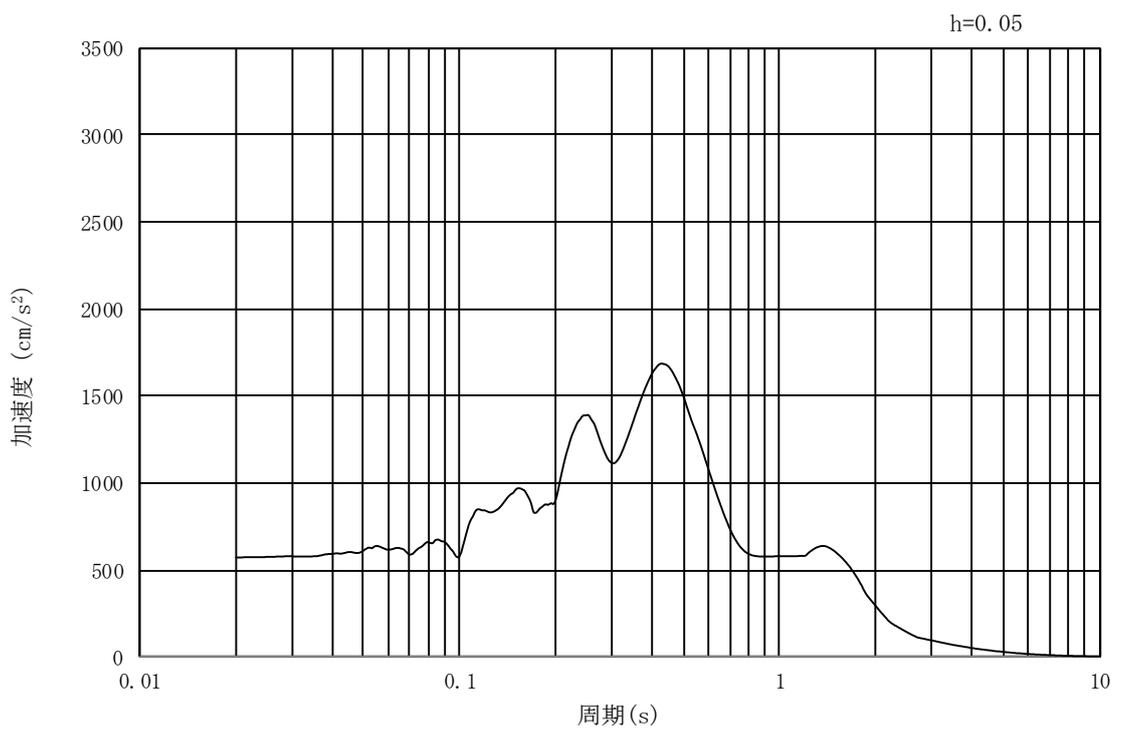


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 22$)

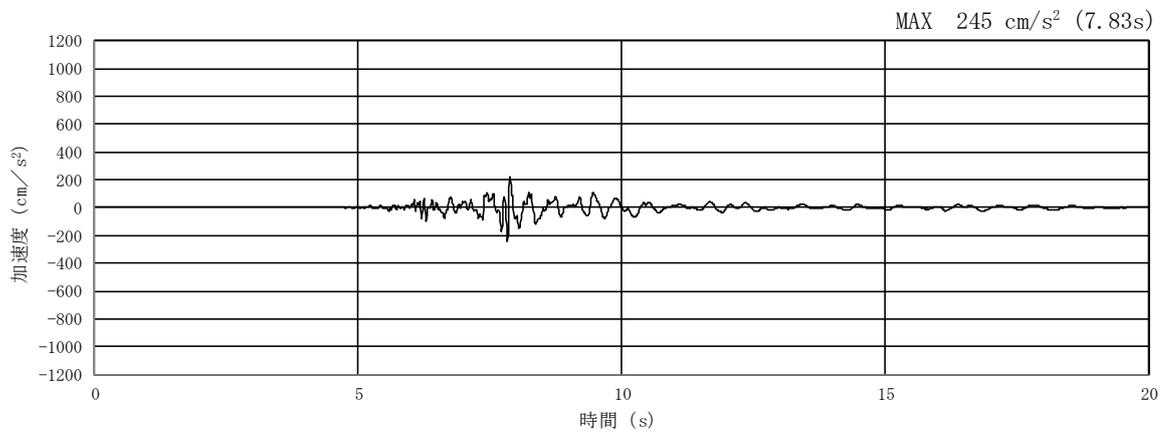


(a) 加速度時刻歴波形

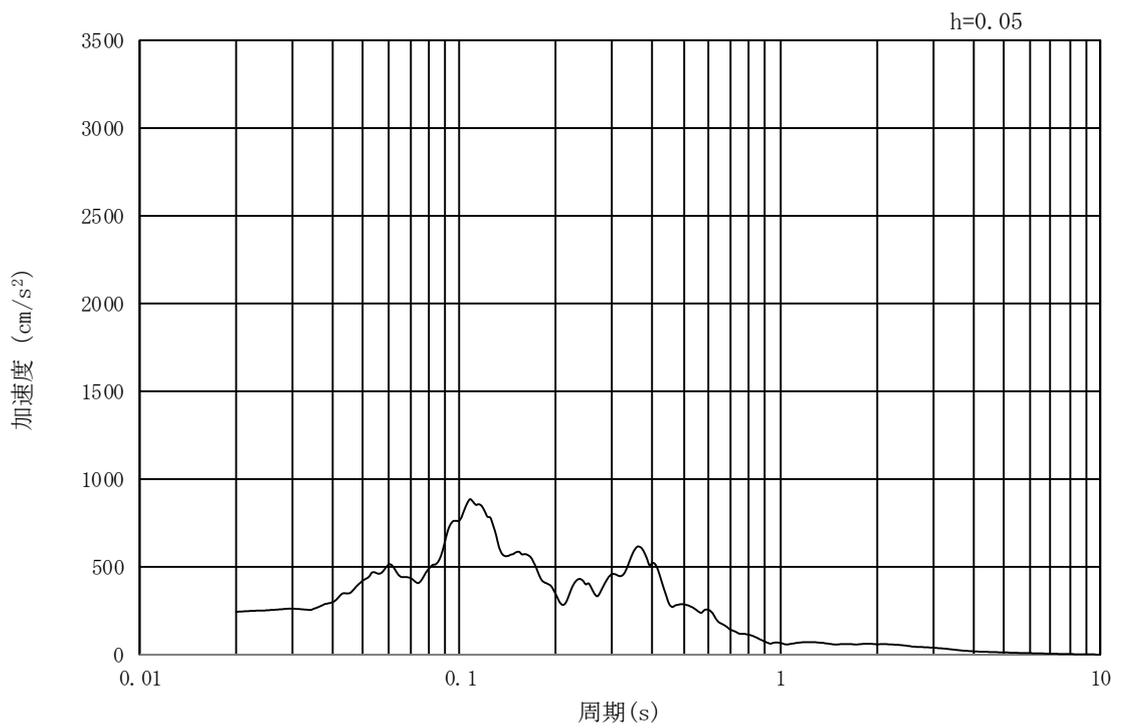


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 31$)



(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 : $S_s - 31$)

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。

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 (N/mm ²)	
コンクリート*1 (f' _{ck} =40 N/mm ²)	許容曲げ圧縮応力度 σ_{ca}	21.0	
	許容せん断応力度 τ_{a1}	0.825*4	
鉄筋(SD490)*2	許容引張応力度 σ_{sa} (曲げ)	435	
	許容引張応力度 σ_{sa} (せん断)	300	
鋼管杭(SKK490)*3	母材部 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

$$V_{sa} = A_w \cdot \sigma_{sa2} \cdot j \cdot d / s$$

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_{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

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に基づく許容限界以下であることを確認する。

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に作用する接地圧に対する許容限界は、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を構成する新第三系 Km 層の極限支持力度を用いる。極限支持力度については、「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)」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 : 図 17.3-3 に示す基礎底面の形状係数
- D : 基礎幅
- D_f : 基礎の有効値入深さ
- N_c, N_q, N_γ : 図 17.3-4 に示す支持力係数

表-解 11.4.1 基礎底面の形状係数

形状係数	基礎底面の形状	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 17.3-3 基礎底面の形状係数

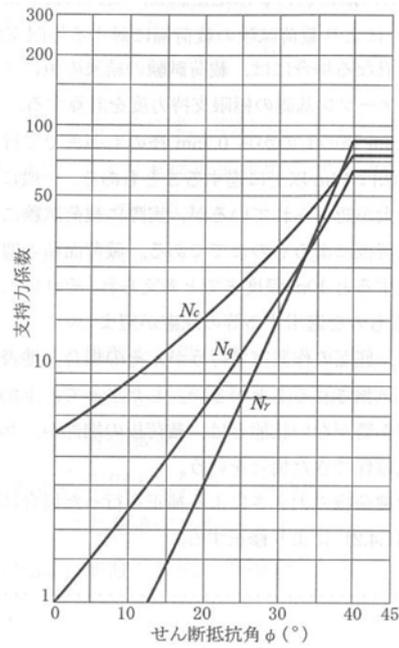


図-解 11.4.2 支持力係数を求めるグラフ

図 17.3-4 支持力係数を求めるグラフ

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

緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎の基準地震動 S_s による断面力（曲げモーメント，軸力，せん断力）を図17.4-1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。

17.4.2 耐震評価結果

(1) 構造部材の曲げに対する評価結果

表17.4-1及び表17.4-2に曲げ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17.4-4に，断面計算に用いた断面諸元の一覧を表17.4-3に示す。

(2) 構造部材のせん断に対する評価結果

表17.4-4にせん断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17.4-5に概略配筋図を，表17.4-4に断面計算に用いた断面諸元の一覧を示す。

(3) 基礎地盤の支持性能に対する評価結果

表17.4-6に基礎地盤の支持性能評価結果を，図17.4-5に接地圧分布図を示す。

緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎の最大接地圧は S_s-D1 〔H+，V+〕で $○○$ kN/m^2 であり，基礎地盤の極限支持力度 $\Delta\Delta$ kN/m^2 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。

17.5 まとめ

