

本資料のうち、枠囲みの内容は、商業機密あるい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1
提出年月日	平成30年3月26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3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

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[補足 348 改 2 H30. 2. 19]

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

1.3 安全係数

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 1 H30. 3. 26]

1.4.2 取水構造物の断面選定の考え方

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

1.4.12 緊急用海水ポンプピットの断面選定の考え方[改 0 H30. 3. 8]

1.4.13 緊急用海水取水管の断面選定の考え方

1.4.14 S A用海水ピットの断面選定の考え方

1.4.15 海水引込み管の断面選定の考え方

1.4.16 S A用海水ピット取水塔の断面選定の考え方

1.4.17 緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎の断面選定の考え方

1.4.18 可搬型設備用軽油タンク基礎の断面選定の考え方

1.5 地盤物性・材料物性のばらつきの考慮方法

2. 取水構造物の耐震安全性評価

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 1 H30. 3. 26]

5. 常設代替高圧電源装置用カルバート（トンネル部）の耐震安全性評価

6. 常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）の耐震安全性評価

7. 常設代替高圧電源装置用カルバート（カルバート部）の耐震安全性評価

8. 代替淡水貯槽の耐震安全性評価

9. 常設低圧代替注水系ポンプ室の耐震安全性評価

10. 常設低圧代替注水系配管カルバートの耐震安全性評価

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

12. 緊急用海水ポンプピットの耐震安全性評価

13. 緊急用海水取水管の耐震安全性評価

14. SA用海水ピットの耐震安全性評価
15. 海水引込み管の耐震安全性評価
16. SA用海水ピット取水塔の耐震安全性評価
17. 緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎の耐震安全性評価
18. 可搬型設備用軽油タンク基礎の耐震安全性評価

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

補足説明資料と添付書類との関連

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

	1.5 地盤物性・材料物性のばらつきの考慮方法	共通事項
2.	取水構造物の耐震安全性評価	V-2-2-6 取水構造物の地震応答計算書 V-2-2-7 取水構造物の耐震性についての計算書
3.	屋外二重管の耐震安全性評価	V-2-2-8 屋外二重管の地震応答計算書 V-2-2-9 屋外二重管の耐震性についての計算書
4.	常設代替高圧電源装置置場及び西側淡水貯水設備の耐震安全性評価	V-2-2-21-1 常設代替高圧電源装置置場及び西側淡水貯水設備の地震応答計算書 V-2-2-22-1 常設代替高圧電源装置置場及び西側淡水貯水設備の耐震性についての計算書
5.	常設代替高圧電源装置用カルバート（トンネル部）の耐震安全性評価	V-2-2-21-3 常設代替高圧電源装置用カルバート（トンネル部）の地震応答計算書 V-2-2-22-3 常設代替高圧電源装置用カルバート（トンネル部）の耐震性についての計算書
6.	常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）の耐震安全性評価	V-2-2-21-4 常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）の地震応答計算書 V-2-2-22-4 常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）の耐震性についての計算書
7.	常設代替高圧電源装置用カルバート（カルバート部）の耐震安全性評価	V-2-2-21-2 常設代替高圧電源装置用カルバート（カルバート部）の地震応答計算書 V-2-2-22-2 常設代替高圧電源装置用カルバート（カルバート部）の耐震性についての計算書
8.	代替淡水貯槽の耐震安全性評価	V-2-2-27 代替淡水貯槽の地震応答計算書 V-2-2-28 代替淡水貯槽の耐震性についての計算書
9.	常設低圧代替注水系ポンプ室の耐震安全性評価	V-2-2-25 常設低圧代替注水系ポンプ室の地震応答計算書 V-2-2-26 常設低圧代替注水系ポンプ室の耐震性についての計算書
10.	常設低圧代替注水系配管カルバートの耐震安全性評価	V-2-2-29 常設低圧代替注水系配管カルバートの地震応答計算書 V-2-2-30 常設低圧代替注水系配管カルバートの耐震性についての計算書
11.	格納容器圧力逃がし装置用カルバートの耐震安全性評価	V-2-2-19 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの地震応答計算書 V-2-2-20 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの耐震性についての計算書
12.	緊急用海水ポンプピットの耐震安全性評価	V-2-2-33 緊急用海水ポンプピットの地震応答計算書 V-2-2-34 緊急用海水ポンプピットの耐震性についての計算書

13. 緊急用海水取水管の耐震安全性評価	V-2-10-4-5 緊急用海水取水管の耐震性についての計算書
14. SA用海水ピットの耐震安全性評価	V-2-2-31 SA用海水ピットの地震応答計算書 V-2-2-32 SA用海水ピットの耐震性についての計算書
15. 海水引込み管の耐震安全性評価	V-2-10-4-3 海水引込み管の耐震性についての計算書
16. SA用海水ピット取水塔の耐震安全性評価	V-2-10-4-2 SA用海水ピット取水塔の耐震性についての計算書
17. 緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎の耐震安全性評価	V-2-2-11 緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎の地震応答計算書 V-2-2-12 緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎の耐震性についての計算書
18. 可搬型設備用軽油タンク基礎の耐震安全性評価	V-2-2-23 可搬型設備用軽油タンク基礎の地震応答計算書 V-2-2-24 可搬型設備用軽油タンク基礎の耐震性についての計算書


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  1.1-1 に示す。

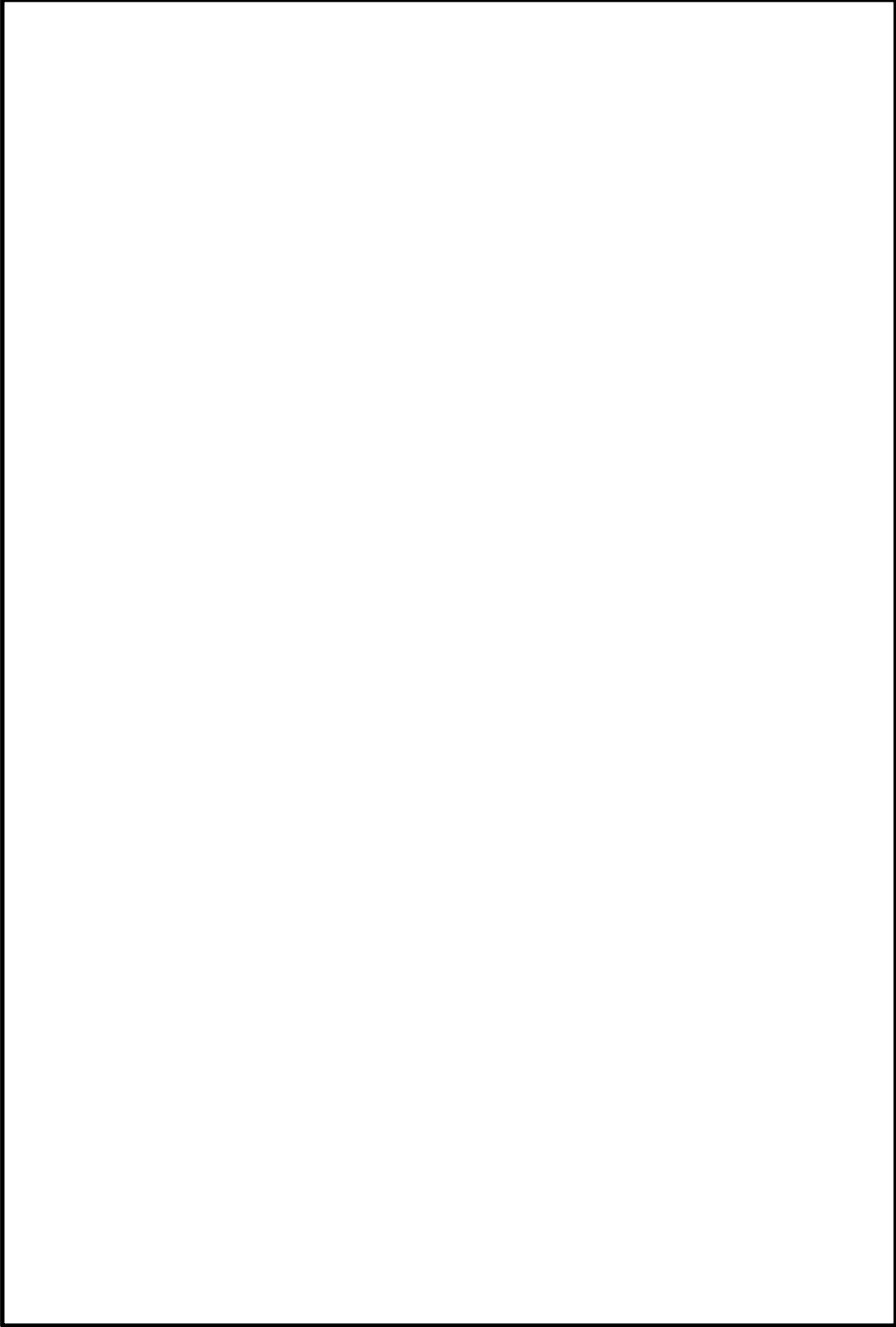


图 1.1-1 屋外重要土木构造物等位置图

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

追而

1.3 安全係数

追而

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

屋外重要土木構造物の評価対象断面については、構造物の形状、配置、荷重条件及び地質構造等を考慮し、耐震評価上最も厳しくなると考えられる位置を評価対象断面とする。

評価対象断面の選定の流れについて以下に示す。

① 耐震評価候補断面の整理

以下の観点にて、耐震評価候補断面を整理する。

- ・ 間接支持される機器・配管系の有無及び設置位置
- ・ 構造的特徴（部材厚、内空断面、断面急変部、構造物間の連結部等）
- ・ 周辺状況（上載荷重、地盤条件変化部、隣接する構造物）
- ・ 地震力の特性（地質構造）
- ・ 機器・構造物への加速度応答及び変位応答算出位置（加速度応答及び変位応答特性）

② 評価対象断面の選定

①にて整理した耐震評価候補断面に対して、間接支持される機器・配管系の有無、構造的特徴、周辺状況及び地震力の特性等が耐震評価結果に及ぼす影響の観点から、耐震評価上厳しいと考えられる断面を評価対象断面として絞込む。

また、長尺な構造物である屋外二重管、常設代替高圧電源装置用カルバート（トンネル部）、緊急用海水取水管及び海水引込み管については、地震力の特性（地質構造）を確認するため1次元地震応答解析を行い、評価対象断面の絞り込みを行う。

更に、各条件（構造的特徴、周辺状況等）を組合せた断面を作成し、保守的な条件設定により評価を実施する場合がある。

なお、機器・配管系の加速度応答及び変位応答の観点から、評価対象以外の断面について地震応答解析を実施する場合がある。

1.4.2 取水構造物の断面選定の考え方

追而

1.4.3 屋外二重管の断面選定の考え方

追而 (コメント反映中)

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

図 1.4.4-1 及び図 1.4.4-2 に、常設代替高圧電源装置置場（以下、「電源装置置場」という。）の平面図配置図及び電源装置置場に設置される設備の概略位置図を示す。また、図 1.4.4-3 及び図 1.4.4-4 に電源装置置場の断面図及び地質断面図を示す。

電源装置置場は、常設代替高圧電源装置、軽油貯蔵タンク及び水密扉等の間接支持機能を有する。また、電源装置置場下部（EL. -21.0 m）を西側淡水貯水設備として使用する。

電源装置置場は、東西方向 56.5 m、南北方向 46.0 m、高さ 47.0 m の鉄筋コンクリート構造物であり、十分な支持性能を有する岩盤に直接設置する。東西方向に対して複数の断面形状を示すが、構造的には多層多連ボックスカルバート状のラーメン構造である。

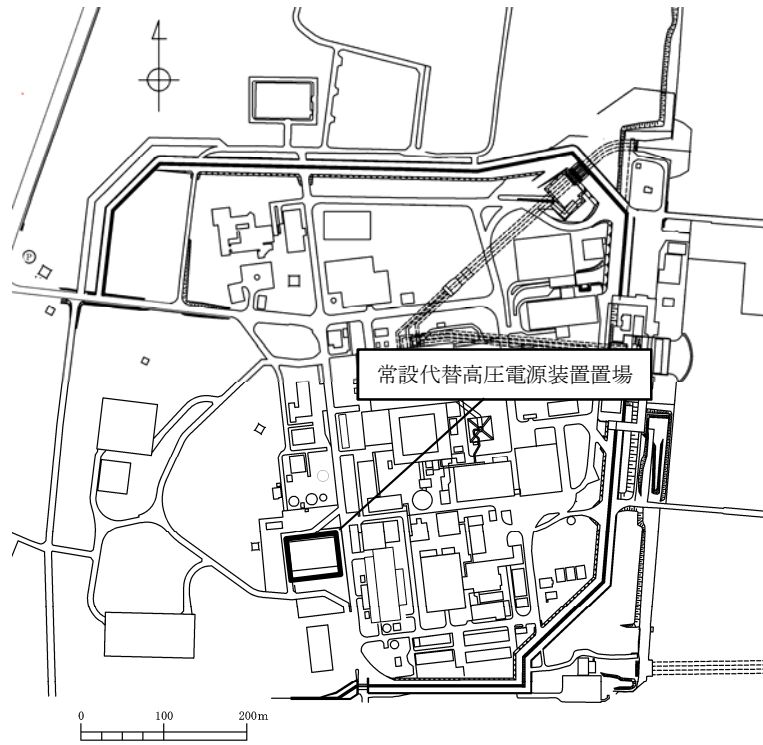


図 1.4.4-1 (1) 電源装置置場の平面配置図 (全体平面図)

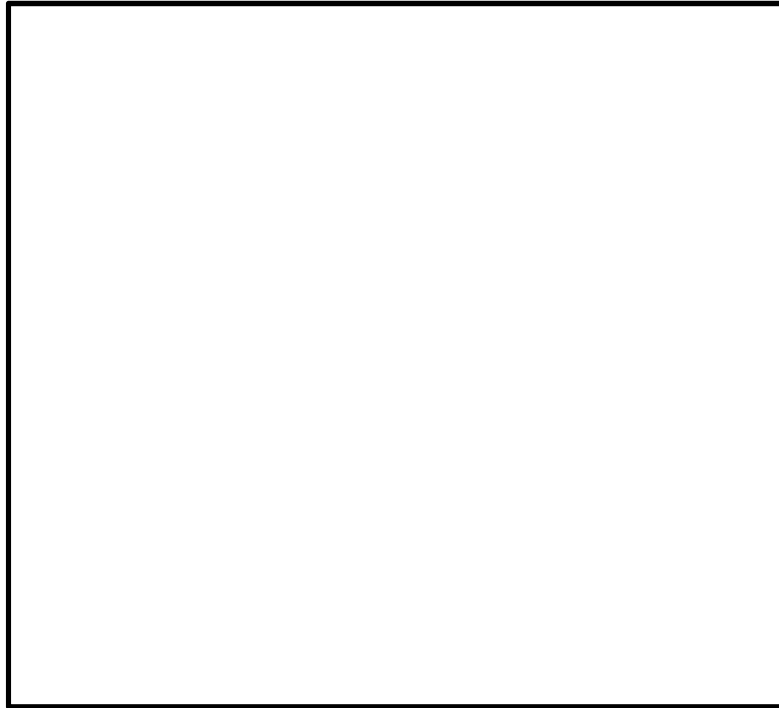


図 1.4.4-1 (2) 電源装置置場の平面配置図 (拡大図)

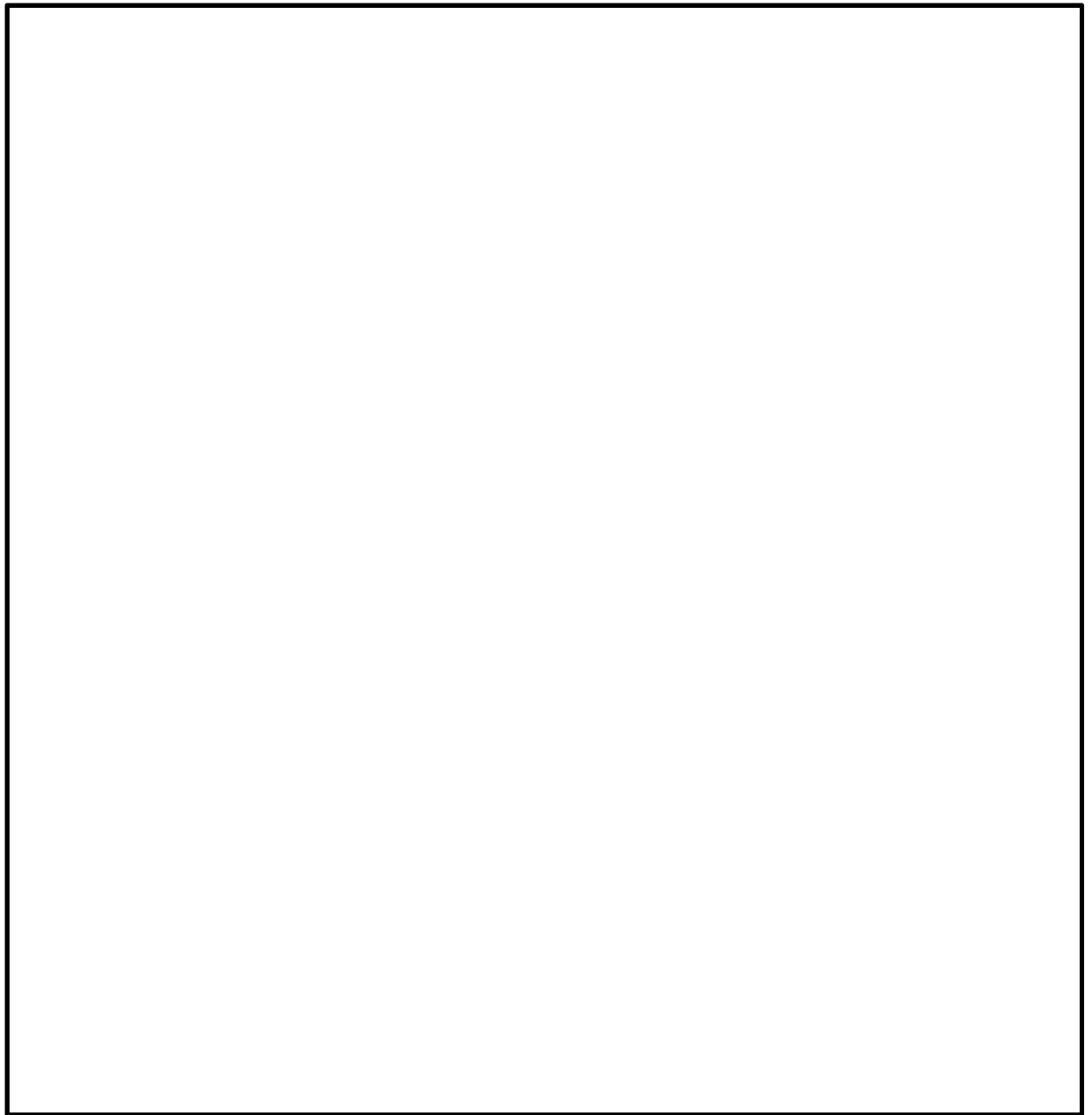


図 1.4.4-2 (1) 電源装置置場の設備概略位置図
(EL. +11.0 m, 常設代替高圧電源装置及び水密扉)

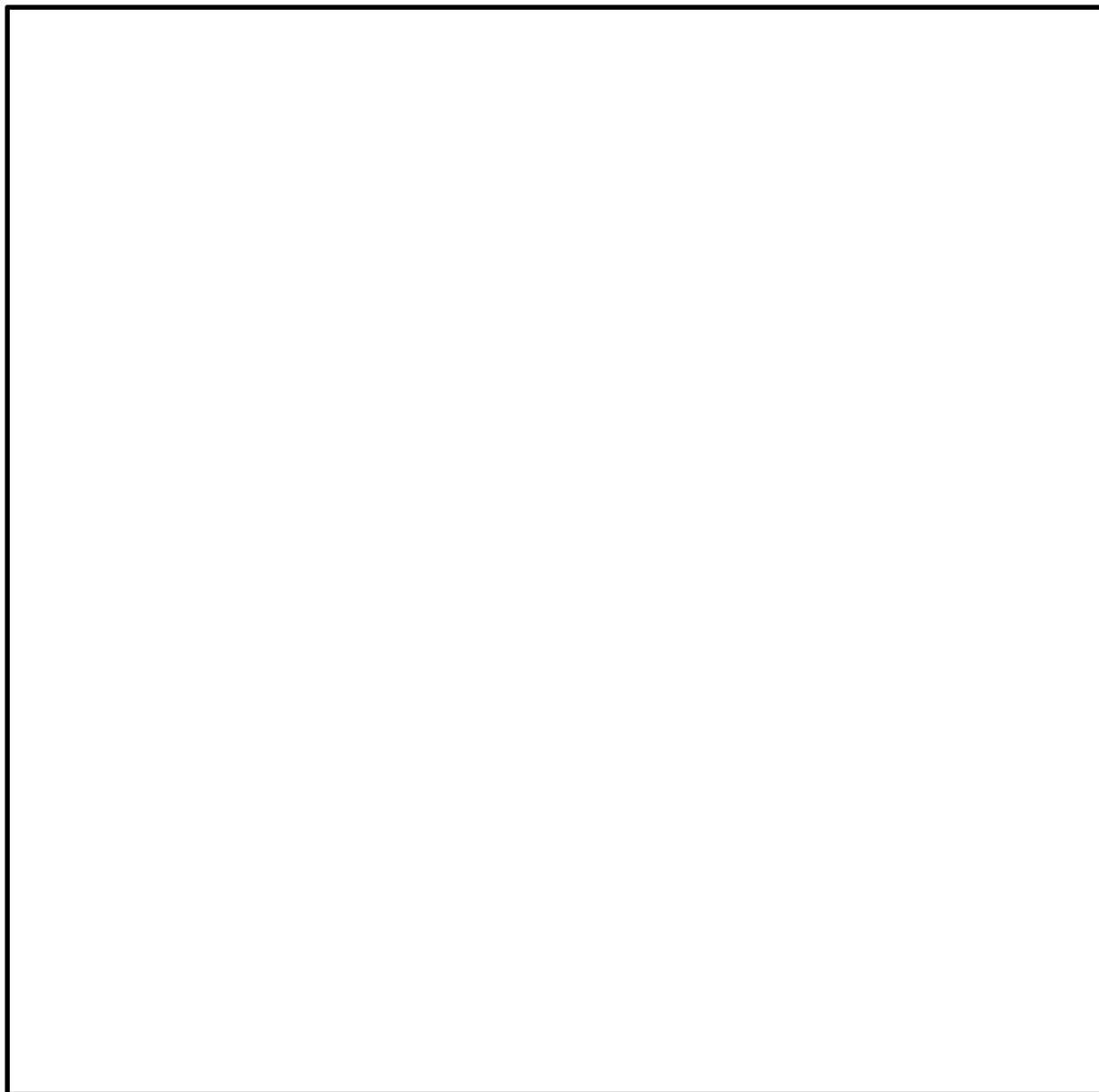


図 1.4.4-2 (2) 電源装置置場の設備概略位置図
(EL. +2.0 m, 軽油貯蔵タンク)



図 1.4.4-2 (3) 電源装置置場の設備概略位置図
(EL. -21.0 m, 西側淡水貯水設備)

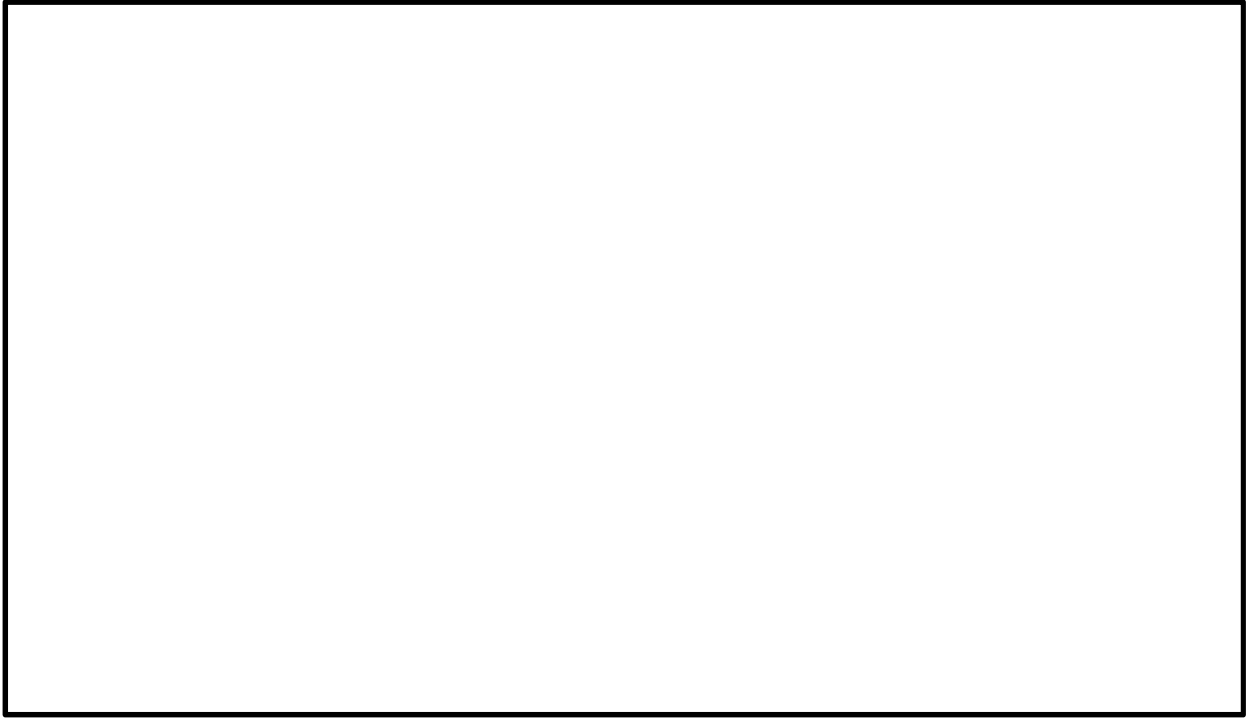


図 1.4.4-3 (1) 電源装置置場の断面図 (東西方向①-①断面)

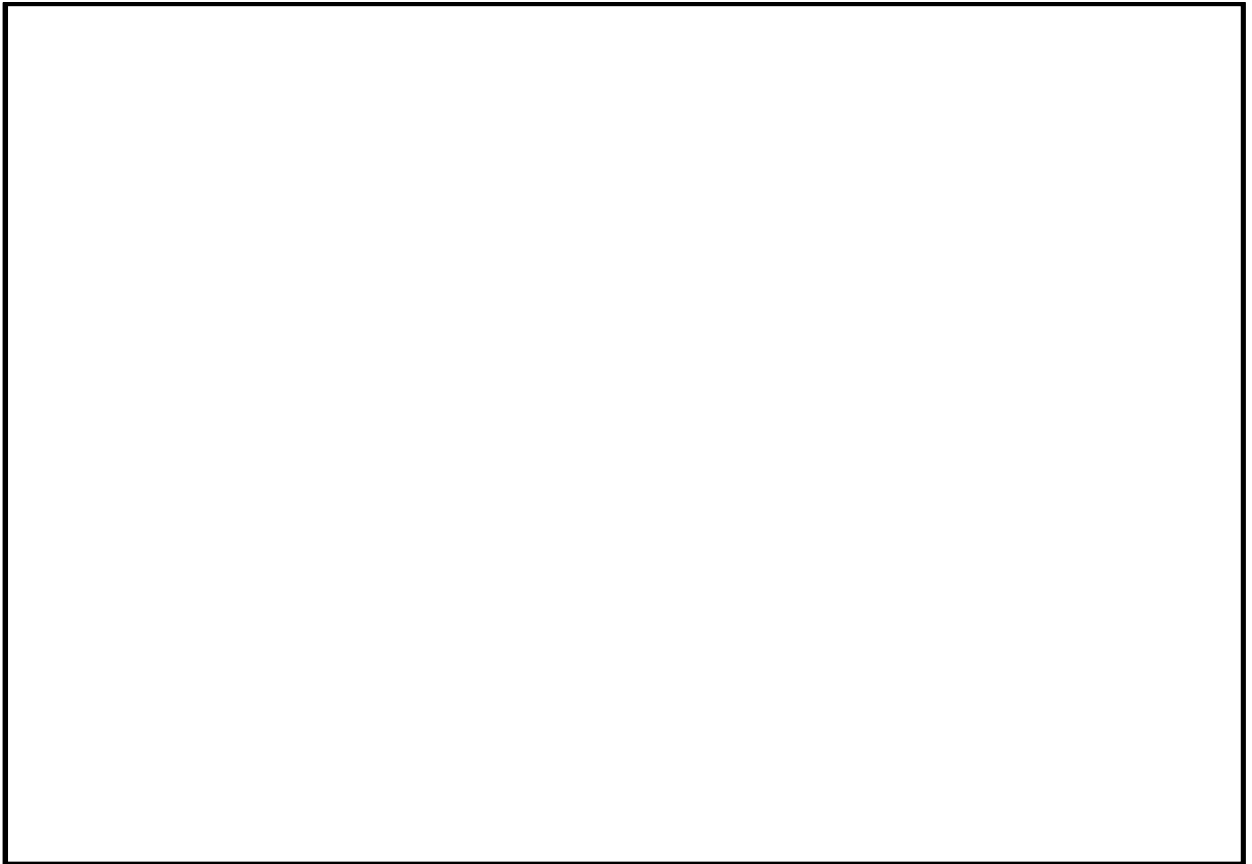


図 1.4.4-3 (2) 電源装置置場の断面図 (東西方向②-②断面)

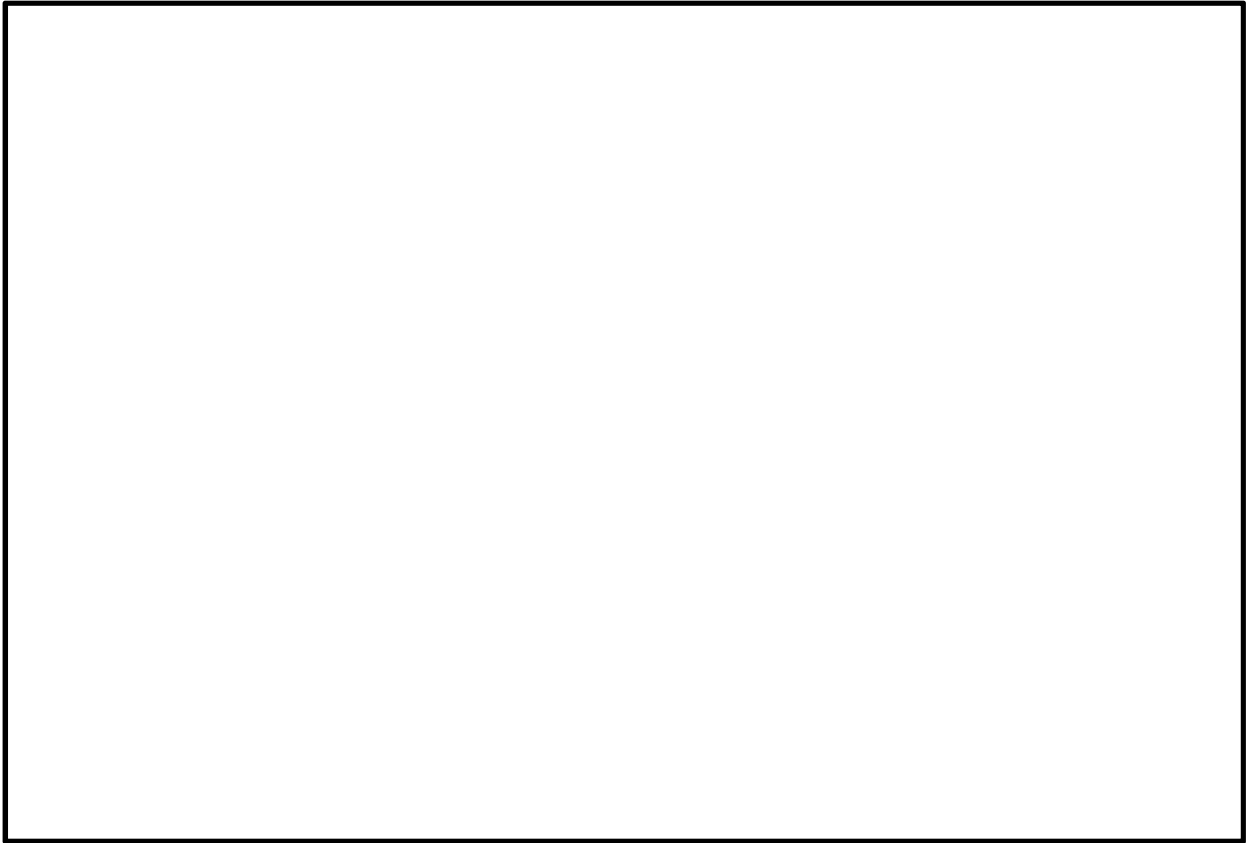


図 1.4.4-3 (3) 電源装置置場の断面図 (東西方向③-③断面)

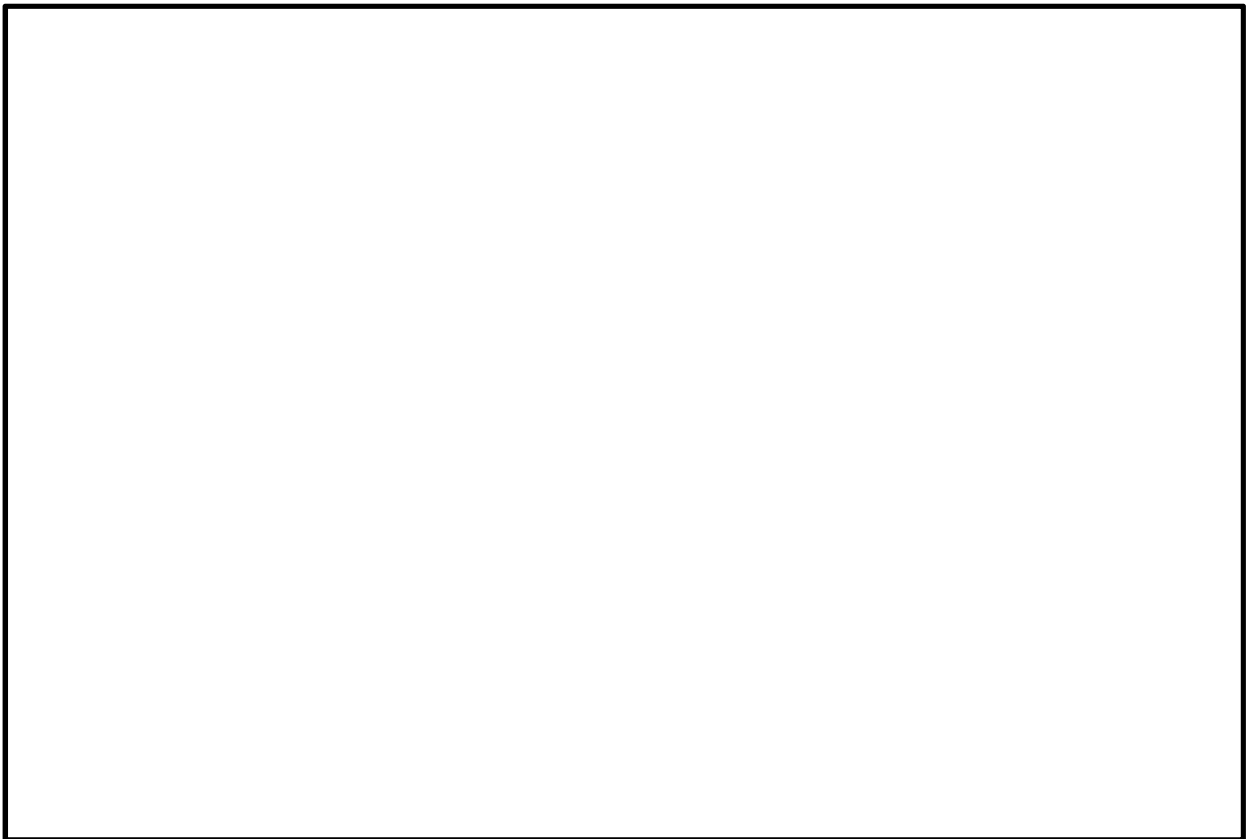


図 1.4.4-3 (4) 電源装置置場の断面図 (東西方向④-④断面)

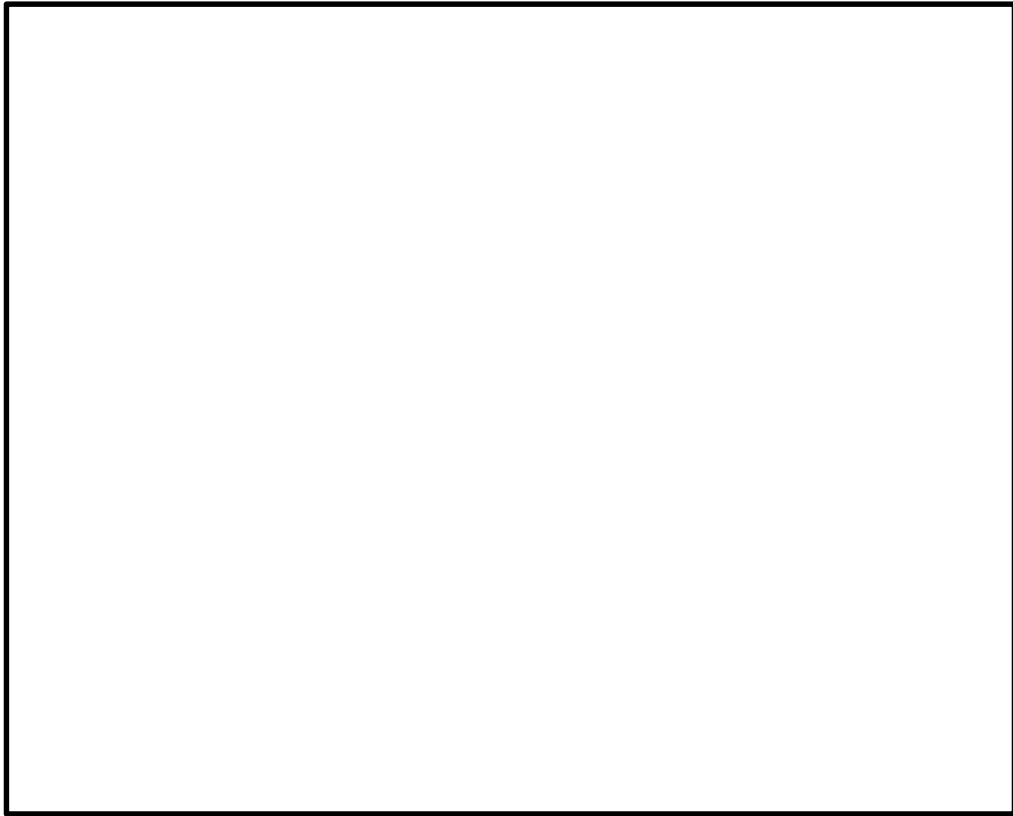


図 1.4.4-3 (5) 電源装置置場の断面図 (南北方向⑤-⑤断面)

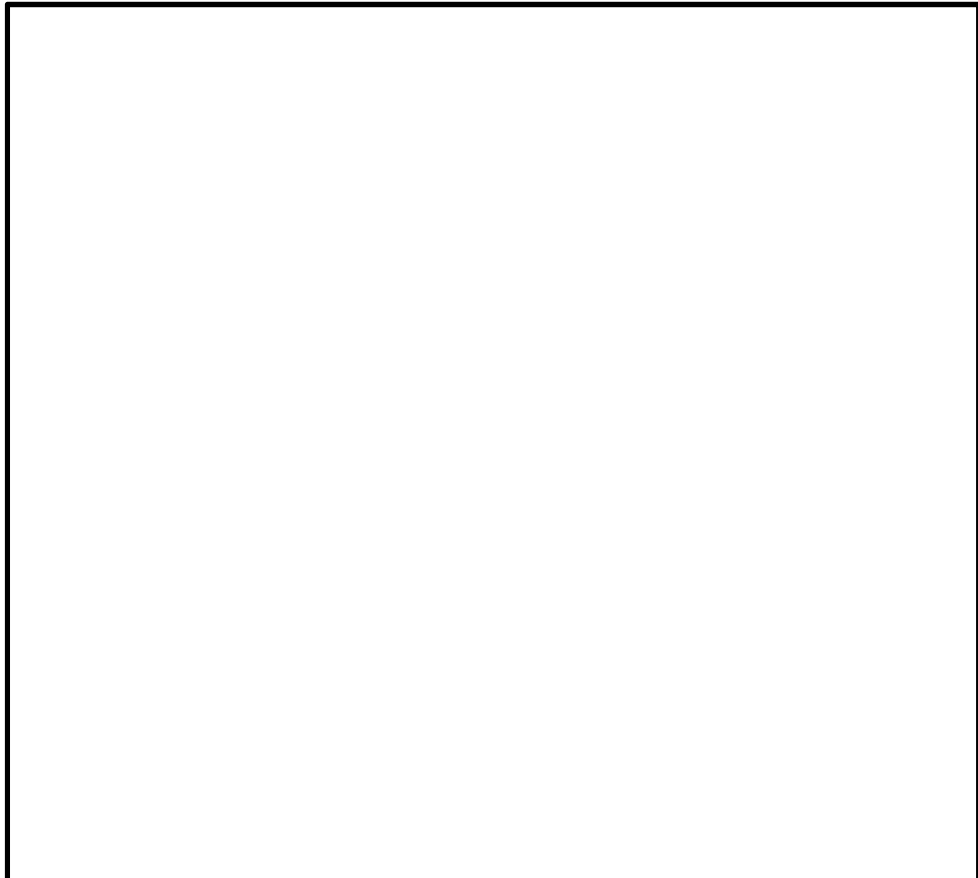


図 1.4.4-3 (6) 電源装置置場の断面図 (南北方向⑥-⑥断面)

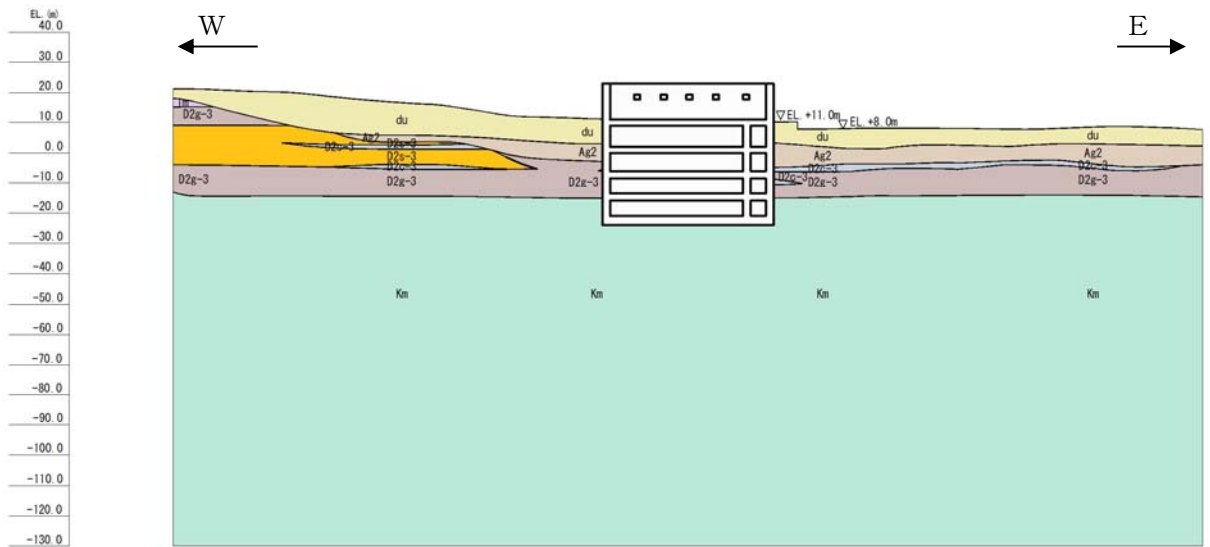


図 1.4.4-4 (1) 電源装置置場の地質断面図 (東西方向断面)

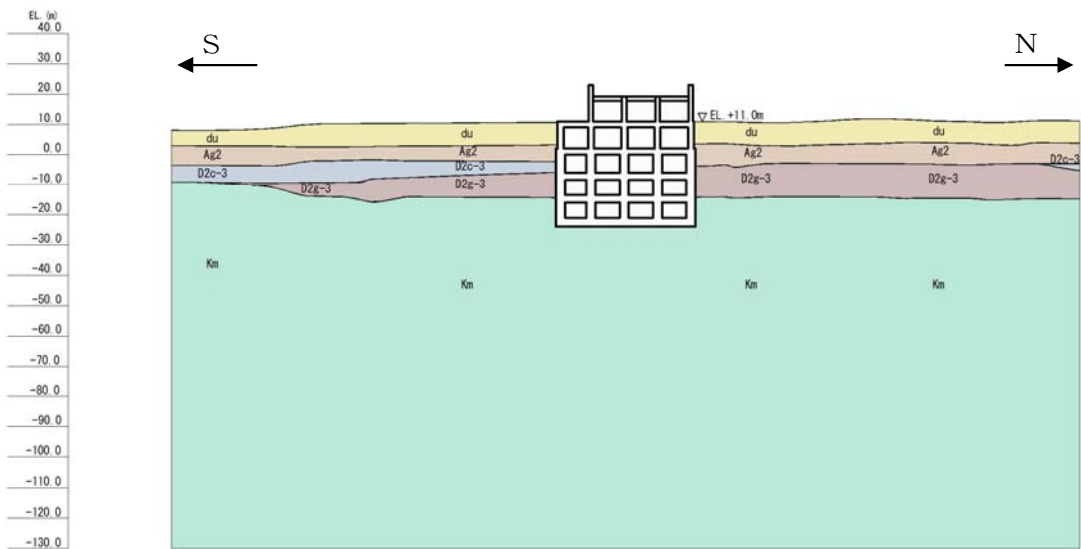


図 1.4.4-4 (2) 電源装置置場の地質断面図 (南北方向断面)

(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。耐震評価候補断面の特徴を表1.4.4-1に示す。

表1.4.4-1 電源装置置場 耐震評価候補断面の特徴

方向	断面	要求性能	構造的特徴	周辺地質	間接支持する設備
東西	①-①	間接支持	<ul style="list-style-type: none"> ・強軸断面方向 ・耐震評価上、側壁及び隔壁の変形抑制効果を考慮できる ・地上には構造部材が存在しない 	<ul style="list-style-type: none"> ・岩盤及び第四紀層が概ね水平成層に分布 	<ul style="list-style-type: none"> ・軽油貯蔵タンク
	②-②	同上	<ul style="list-style-type: none"> ・強軸断面方向 ・耐震評価上、側壁及び隔壁の変形抑制効果を考慮できる 	同上	<ul style="list-style-type: none"> ・常設代替高圧電源装置 ・水密扉
	③-③	同上	同上	同上	同上
	④-④	同上	同上	同上	同上
南北	⑤-⑤	同上	<ul style="list-style-type: none"> ・弱軸断面方向 ・多層多連のボックスカルバート形状 	同上	<ul style="list-style-type: none"> ・常設代替高圧電源装置 ・軽油貯蔵タンク
	⑥-⑥	同上	<ul style="list-style-type: none"> ・弱軸断面方向 ・多層多連のボックスカルバート形状 ・耐震評価上、側壁及び隔壁の変形抑制効果を考慮できる 	同上	<ul style="list-style-type: none"> ・軽油貯蔵タンク

①-①断面は、東西方向の断面であり、EL. +2.0 mに軽油貯蔵タンクが設置されている。また、EL. -21.0 mに西側淡水貯水設備がある。地上部には構造部材が存在せず、地中構造物であり、十分な支持性能を有する岩盤に直接支持されている。

②-②断面は、東西方向の断面であり、EL. +11.0 mに常設代替高圧電源装置及び水密扉が設置されている。また、EL. -21.0 mに西側淡水貯水設備がある。構造物は、十分な支持性能を有する岩盤に直接支持されている。

③-③断面及び④-④断面の特徴は、②-②断面と同様である。

⑤-⑤断面は、多層多連のボックスカルバート形状となっており、EL. +11.0 mに常設代替高圧電源装置が、EL. +2.0 mに軽油貯蔵タンクが設置されている。また、EL. -21.0

mに西側淡水貯水設備がある。構造物は、十分な支持性能を有する岩盤に直接支持されている。

⑥-⑥断面は、多層多連のボックスカルバート形状となっており、EL. +2.0 mに軽油貯蔵タンクが設置されている。また、EL. -21.0 mに西側淡水貯水設備がある。構造物は、十分な支持性能を有する岩盤に直接支持されている。

(2) 評価対象断面の選定

①-①断面は、東西方向の断面であり、耐震評価上、側壁及び隔壁の変形抑制効果を考慮することができるため、強軸断面方向となる。さらに、①-①断面は、地上部に構造部材が存在しないことから、②-②断面、③-③断面及び④-④断面と比較して慣性力の影響が小さい。また、常設代替高圧電源装置が設置されないことから、⑤-⑤断面と比較して荷重が小さい。したがって、構造や荷重の条件から、他断面と比較して耐震裕度が見込めるため、①-①断面は評価対象断面としない。

②-②断面、③-③断面及び④-④断面は東西方向の断面であり、耐震評価上、側壁及び隔壁の変形抑制効果を考慮することができるため、強軸断面方向となる。また、軽油貯蔵タンクが設置されないことから、⑤-⑤断面と比較して荷重が小さく、水密扉については常設代替高圧電源装置と比較して荷重が小さい。したがって、構造や荷重の条件から、他断面と比較して耐震裕度が見込めるため、②-②断面、③-③断面及び④-④断面は評価対象断面としない。

⑤-⑤断面は、南北方向の断面であり、多層多連のボックスカルバート状のラーメン構造である。東西方向断面である①-①断面、②-②断面、③-③断面及び④-④断面と比較して耐震評価上、変形抑制効果を考慮できる壁部材が少なく、耐震評価上の弱軸断面方向となる。また、常設代替高圧電源装置及び軽油貯蔵タンクが設置される。

⑥-⑥断面は、⑤-⑤断面と同様に多層多連のボックスカルバート状のラーメン構造であるが、周囲を側壁及び隔壁に囲われており、これらを耐震評価上の耐震壁として変形抑制効果を考慮することができる。また、常設代替高圧電源装置が設置されないことから、⑤-⑤断面と比較して荷重が小さい。したがって、構造や荷重の条件から、⑤-⑤断面と比較して耐震裕度が見込めるため、⑥-⑥断面は評価対象断面としない。

(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南北方向の⑤-⑤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 1.4.4-2**に、評価対象断面を**図 1.4.4-5**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、強軸断面方向である東西方向の断面として電源装置置場横幅範囲の側壁及び隔壁の剛性を考慮した等価剛性断面について、地震応答解析を実施する。**機器・配管系への加速度応答抽出断面を図 1.4.4-6**に示す。

表 1.4.4-3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 1.4.4-2 電源装置置場 評価対象断面の選定結果

方向	断面	要求性能	構造的特徴	周辺地質	間接支持する設備	既工認 評価断面	今回工認 評価断面	選定結果
東西	①-①	間接支持	<ul style="list-style-type: none"> ・強軸断面方向 ・耐震評価上、側壁及び隔壁の変形抑制効果を考慮できる ・地上には構造部材が存在しない 	<ul style="list-style-type: none"> ・岩盤及び第四紀層が概ね水平成層に分布 	<ul style="list-style-type: none"> ・軽油貯蔵タンク 	—	—	強軸断面方向であるため評価対象断面としない
	②-②	同上	<ul style="list-style-type: none"> ・強軸断面方向 ・耐震評価上、側壁及び隔壁の変形抑制効果を考慮できる 	同上	<ul style="list-style-type: none"> ・常設代替高圧電源装置 ・水密扉 	—	—	同上
	③-③	同上	同上	同上	同上	—	—	同上
	④-④	同上	同上	同上	同上	—	—	同上
南北	⑤-⑤	同上	<ul style="list-style-type: none"> ・弱軸断面方向 ・多層多連のボックスカルバート形状 	同上	<ul style="list-style-type: none"> ・常設代替高圧電源装置 ・軽油貯蔵タンク 	—	○	弱軸断面方向であることから評価対象断面に選定
	⑥-⑥	同上	<ul style="list-style-type: none"> ・弱軸断面方向 ・多層多連のボックスカルバート形状 ・耐震評価上、側壁及び隔壁の変形抑制効果を考慮できる 	同上	<ul style="list-style-type: none"> ・軽油貯蔵タンク 	—	—	弱軸断面方向であるが、⑤-⑤断面と比較して耐震壁の変形抑制効果を考慮できるため評価対象断面としない

○：耐震評価を実施 —：耐震評価を省略

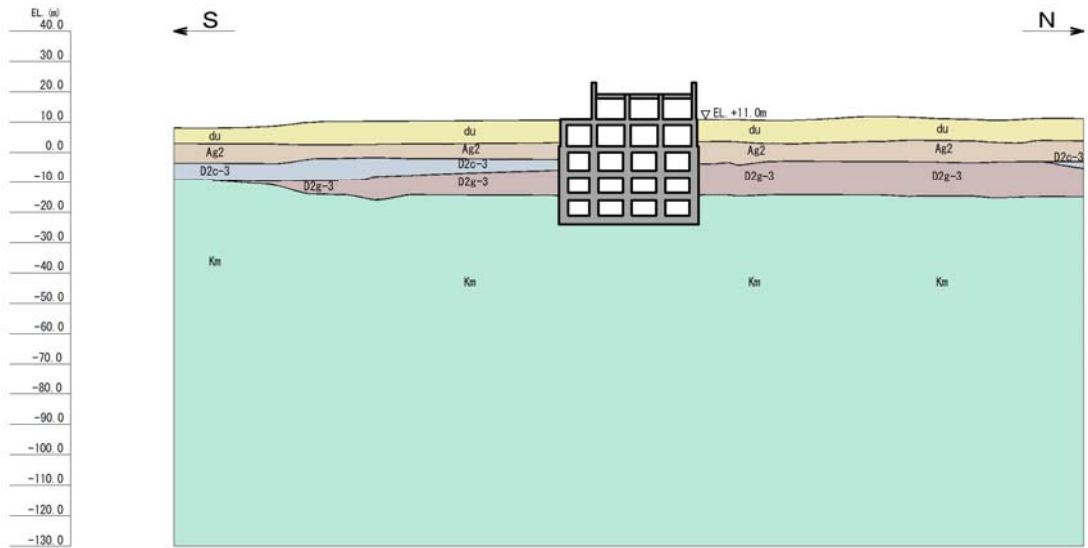
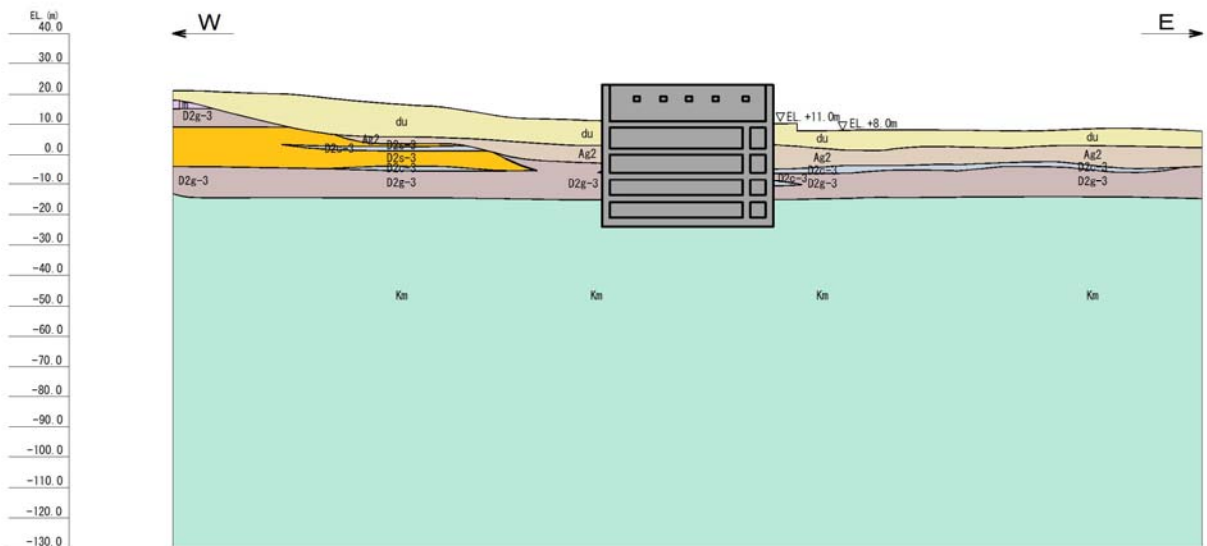


図 1.4.4-5 電源装置置場の評価対象断面（南北方向⑤-⑤断面）



* : 構造物モデルは奥行方向の側壁等を1断面に集約した等価剛性断面として設定

図 1.4.4-6 機器・配管系への加速度応答抽出断面（東西方向断面）

表 1.4.4-3 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	電源装置置場の耐震設計	機器・配管系への加速度応答抽出
	(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)	(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)
南北方向⑤-⑤断面	○	○
東西方向断面	—	○

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

図 1.4.5-1 及び図 1.4.5-2 に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。）の平面配置図及び断面図を示す。

トンネルは、軽油移送配管、水配管及び電気ケーブルを間接支持する鉄筋コンクリート構造物であり、延長約 140 m である。トンネルの形状は全長にわたり内径 4.6 m、覆工 1.2 m の円形断面となっており、延長方向に対して約 5~10 m 間隔に分割して施工する。構造物は十分な支持性能を有する岩盤内に設置する。

(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。

トンネルは間接支持する設備が縦断方向に一樣に設置されているため、機器・配管の設置位置による影響は考慮する必要はない。また、横断断面形状及び配筋も縦断方向に一樣であるため、構造・配筋の変化による影響を考慮する必要はない。

耐震評価候補断面の特徴を表 1.4.5-1 に示す。

前述の通り、トンネルは全線にわたり一定間隔でブロック割されており、縦断方向の応力は区画毎に解放される。また、縦断方向のブロック毎の相対変位に対しては、岩盤に設置されているため小さい。したがって、評価対象断面としてはトンネル横断方向とする。

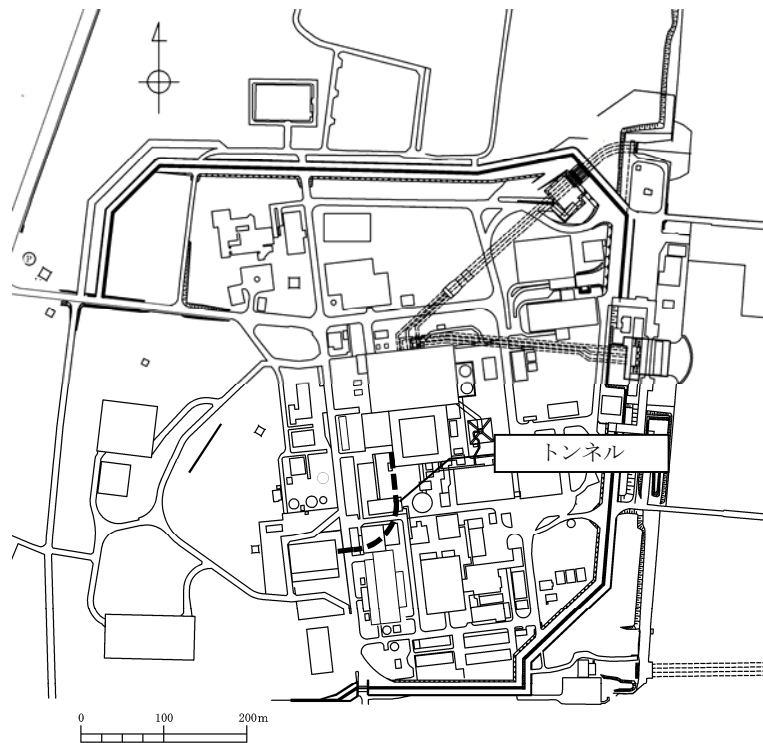


図 1.4.5-1 (1) トンネル 平面配置図（全体平面図）



図 1.4.5-1 (2) トンネル 平面配置図 (拡大図)



図 1.4.5-2 トンネル 標準断面図 (①-①断面)

トンネルの構造及び機器配置は縦断方向に対して同一であるが、周辺地質状況は断面位置によって異なる。地震時においては、トンネルの土被り深さ及び周辺の地質状況の影響が支配的であると考えられることから、トンネル縦断断面の複数地点にて基準地震動 S_0 による1次元地震応答解析を実施し、その結果に基づいて評価断面を選定する。

トンネルの縦断断面及び耐震評価候補断面位置を図1.4.5-3に示す。トンネルの深さは始点(L1地点)が最も浅く、終点(L3地点)位置が最も深くなっている。トンネルの縦断勾配はL1地点から止水壁位置(L2地点)近傍まで4.1%であり、L2地点近傍からL3位置まで0.4%である。周辺地盤は、水平成層に近い状態で分布しており、終点付近には埋戻土が分布している。

以下に、耐震評価候補断面(1次元地震応答解析の実施位置)の特徴を述べる。

トンネル始点であるL1地点は、トンネル区間においてトンネルの深さが最も浅い位置である。

止水壁位置であるL2地点は、トンネルの縦断勾配の変化点近傍である。L1地点と比べてトンネルの深さが深く、トンネル終点であるL3地点と比べて埋戻土の層厚が薄い位置である。

トンネル終点であるL3地点は、トンネルの深さが最も深く、埋戻土の層厚が最も厚い位置である。

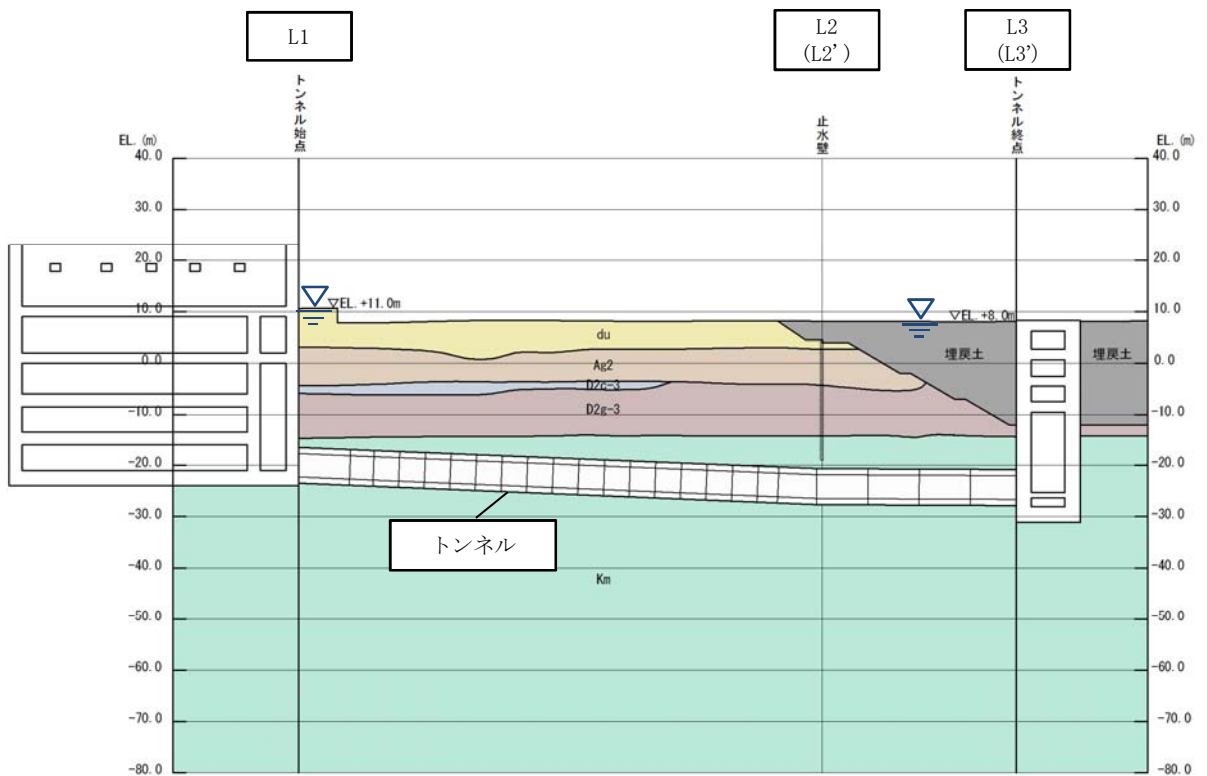


図1.4.5-3 トンネル 耐震評価候補断面位置

表 1.4.5-1 トンネル 耐震評価候補断面の特徴

地点	要求性能	構造的特徴	周辺地質	間接支持する設備
トンネル 始点 L1	間接支持	<ul style="list-style-type: none"> 内径 4.6 m, 覆工厚 1.2 m の円形トンネル トンネル深さが浅い 	<ul style="list-style-type: none"> 岩盤及び第四紀層がほぼ水平成層に分布 	<ul style="list-style-type: none"> 軽油移送配管 水配管 電気ケーブル
止水壁 位置 L2	同上	<ul style="list-style-type: none"> 内径 4.6 m, 覆工厚 1.2 m の円形トンネル トンネル深さが深い 	<ul style="list-style-type: none"> 岩盤及び第四紀層がほぼ水平成層に分布 埋戻土の層厚が薄い 	同上
トンネル 終点 L3	同上	<ul style="list-style-type: none"> 内径 4.6 m, 覆工厚 1.2 m の円形トンネル トンネル深さが最も深い 	<ul style="list-style-type: none"> 埋戻土の層厚が最も厚い 	同上

(2) 評価対象断面の選定

各耐震評価候補断面位置において1次元地震応答解析を実施し、トンネル覆工軸線の上端と下端の相対変位とトンネル中心位置の加速度を確認する。評価に使用する地震波は、全周期帯にわたって加速度応答スペクトルが大きいS₀-D1を代表波として用いる。

表 1.4.5-2 に1次元地震応答解析結果を、図 1.4.5-4 に1次元地震応答解析モデルを示す。

L1地点とL2地点の結果を比較すると、トンネル深さが深いL2地点の方が相対変位及び加速度は大きくなる傾向にある。一方、L2地点とL3地点の結果を比較すると、埋戻土の層厚が薄いL2地点の方が相対変位及び加速度は大きくなる傾向にある。

これらのことから、トンネル位置が深くなるとトンネルの耐震評価が厳しくなる傾向になることが考えられる。同様に、埋戻土の層厚が薄くなるとトンネルの耐震評価が厳しくなる傾向になることが考えられる。

そこで、L2地点の地層構成において、トンネル位置を最も深い位置に設定した1次元地震応答解析モデル(L2'モデル)と、L3地点における埋戻土の層厚を最も薄くした1次元地震応答解析モデル(L3'モデル)を作成して1次元地震応答解析を実施した結果、L3'モデルにおける最大相対変位及び最大加速度が最大となった。

表 1.4.5-2 1次元地震応答解析結果 (S_s-D1)

地点	トンネル 上端標高* EL. (m)	トンネル 中心標高 EL. (m)	トンネル 下端標高* EL. (m)	トンネル上端と下端 の最大相対変位 (mm)	トンネル中心 の最大加速度 (cm/s ²)
トンネル始点 L1	-17.1	-20.0	-22.9	4.06	328
止水壁位置 L2	-21.2	-24.1	-27.0	4.86	334
トンネル終点 L3	-21.4	-24.3	-27.2	3.56	314
止水壁位置 L2'	-21.4	-24.3	-27.2	4.87	336
トンネル終点 L3'	-21.4	-24.3	-27.2	5.02	348

注記 * : トンネル覆工軸線における値

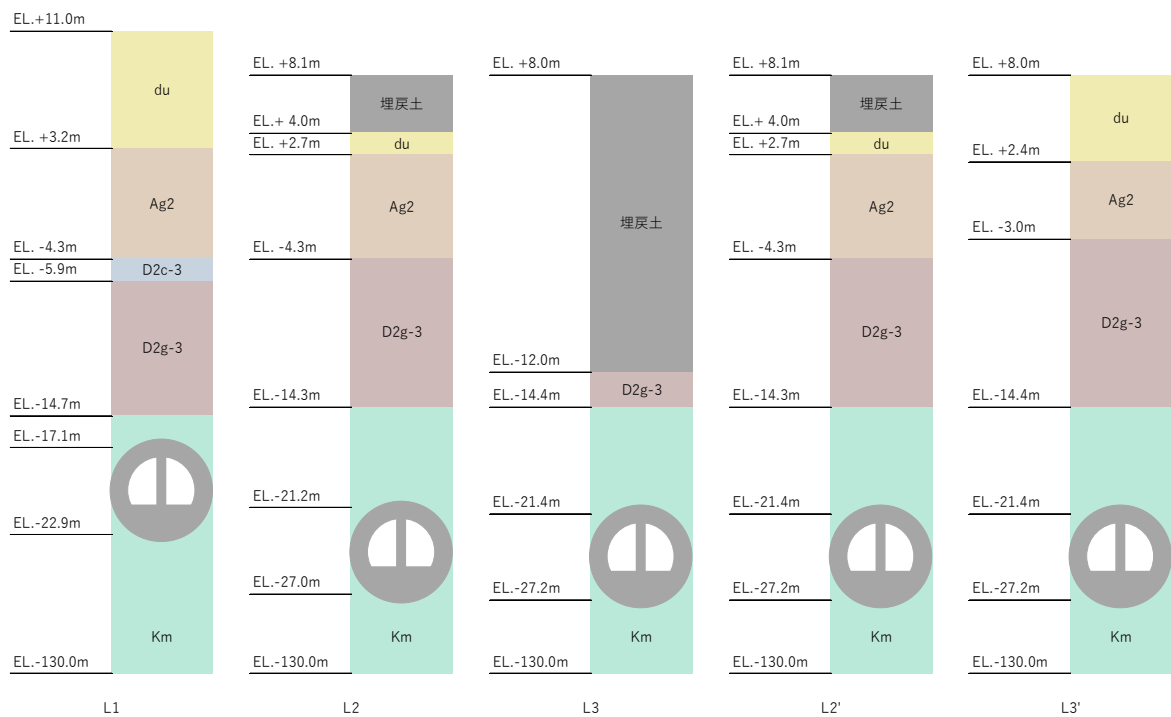


図 1.4.5-4 1次元地震応答解析モデル

(3) 断面選定結果

(2)より, 1次元地震応答解析結果の最大相対変位及び最大加速度が最も大きいL3'モデルを評価対象とする。評価対象断面の選定結果を表 1.4.5-3に, 評価対象断面図を図 1.4.5-5に示す。

表 1.4.5-3 トンネル 評価対象断面の選定結果

地点	要求性能	構造的特徴	周辺地質	間接支持する設備	既工認評価断面	今回工認評価断面	選定結果
トンネル 始点 L1	間接支持	・内径 4.6 m, 覆工厚 1.2 m の円形トンネル ・トンネル深さが浅い	・岩盤及び第四紀層が ほぼ水平成層に分布	・軽油移送配管 ・水配管 ・電気ケーブル	—	—	1次元地震応答解析 結果により, 評価対 象断面としない
止水壁 位置 L2	同上	・内径 4.6 m, 覆工厚 1.2 m の円形トンネル ・トンネル深さが深い	・岩盤及び第四紀層が ほぼ水平成層に分布 ・埋戻土の層厚が薄い	同上	—	—	同上
トンネル 終点 L3	同上	・内径 4.6 m, 覆工厚 1.2 m の円形トンネル ・トンネル深さが最も深い	・埋戻土の層厚が最も 厚い	同上	—	—	同上
止水壁 位置 L2'	同上	・内径 4.6 m, 覆工厚 1.2 m の円形トンネル ・トンネル深さが最も深い	・岩盤及び第四紀層が ほぼ水平成層に分布 ・埋戻土の層厚が薄い	同上	—	—	同上
トンネル 終点 L3'	同上	・内径 4.6 m, 覆工厚 1.2 m の円形トンネル ・トンネル深さが最も深い	・岩盤及び第四紀層が ほぼ水平成層に分布	同上	—	○	1次元地震応答解析 結果により, 評価対 象断面とする

○：耐震評価を実施 —：耐震評価を省略

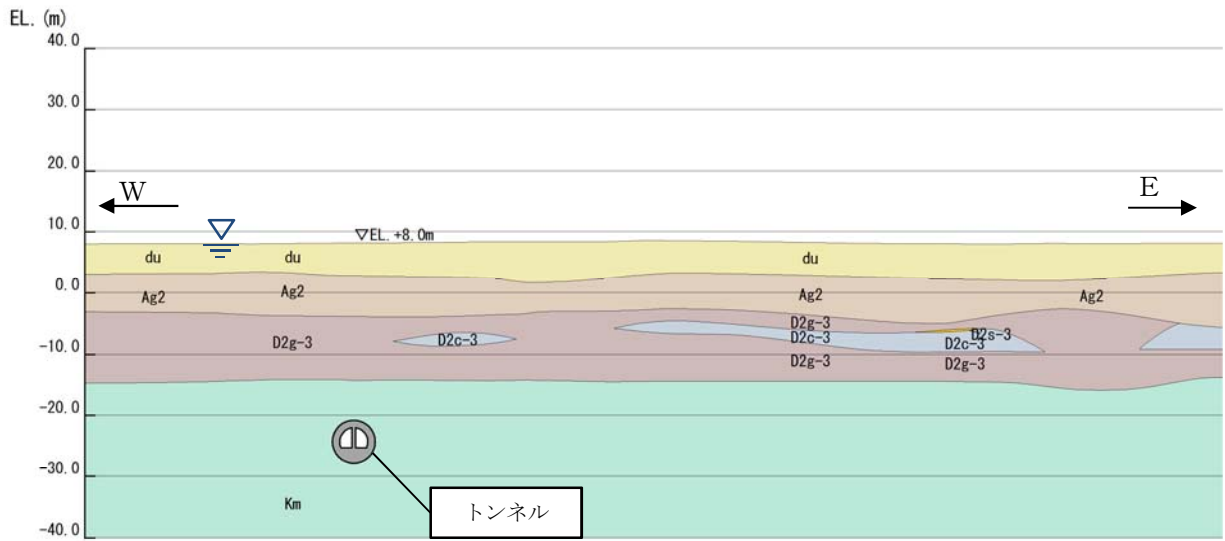


図 1.4.5-5 トンネルの評価対象断面図 (L3')

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

図1.4.6-1に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。）の平面配置図を示す。また、図1.4.6-2、図1.4.6-3及び図1.4.6-4に立坑の平面図及び断面図を、図1.4.6-5に立坑の地質断面図を示す。

立坑は、軽油移送配管、水配管及び電気ケーブルの間接支持機能を有する。

立坑は、南北方向12.5 m、東西方向16.5 m、高さ39.3 mの鉄筋コンクリート構造物であり、十分な支持性能を有する岩盤に直接設置する。

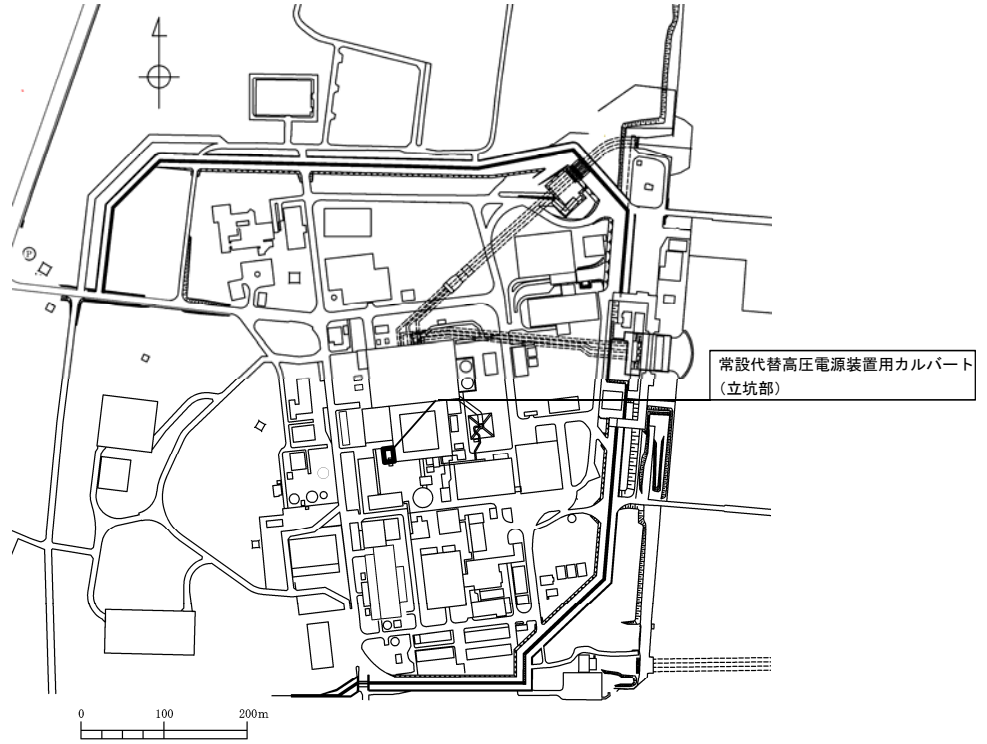


図 1.4.6-1 (1) 立坑の平面配置図 (全体平面図)

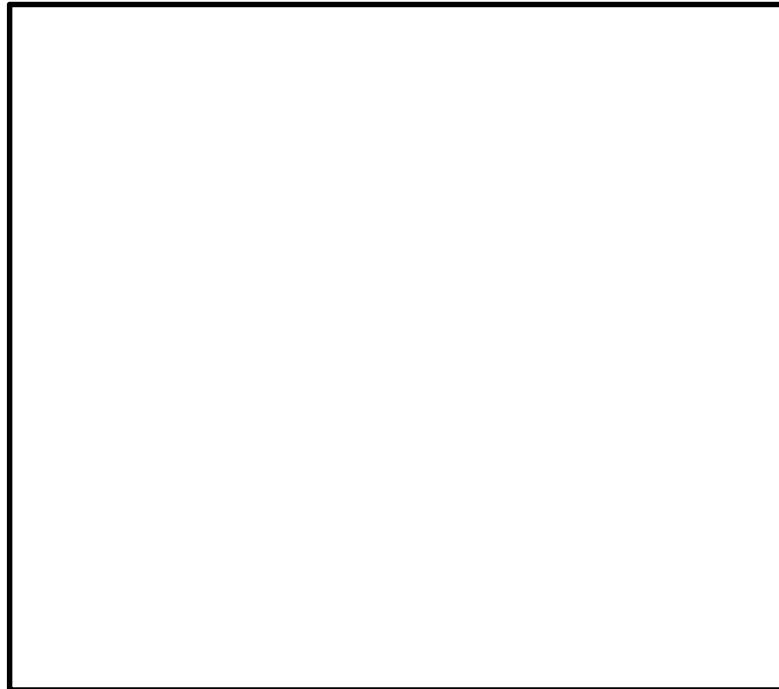


図 1.4.6-1 (2) 立坑の平面配置図 (拡大図)

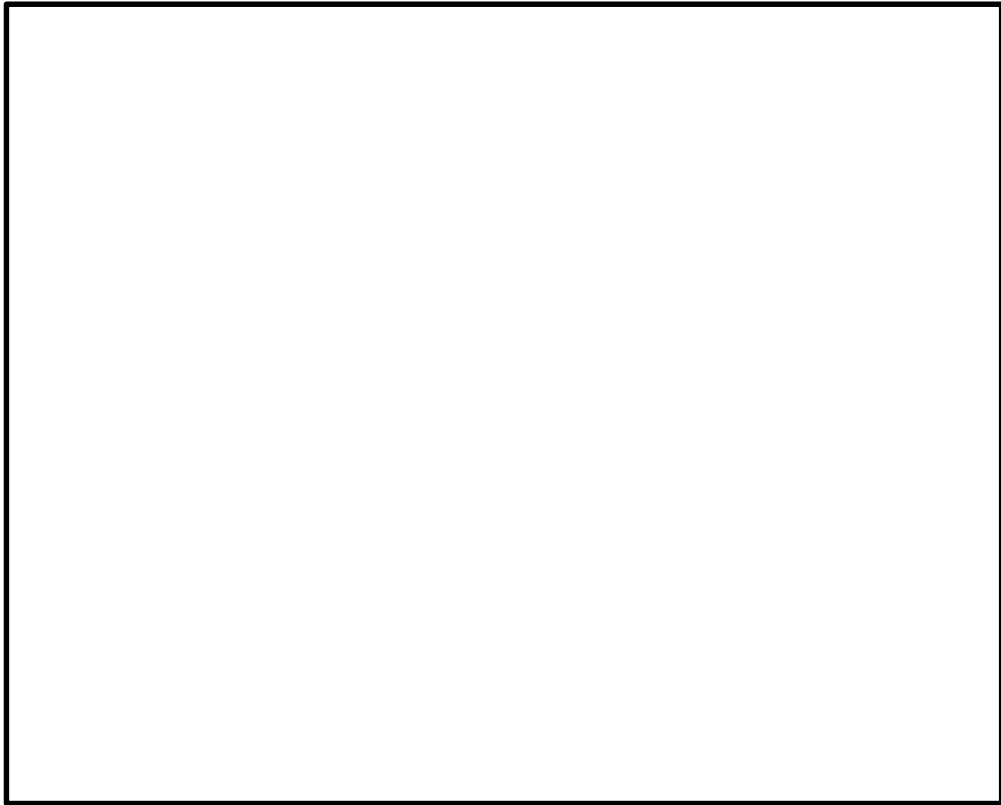


図 1.4.6-2 立坑の平面図

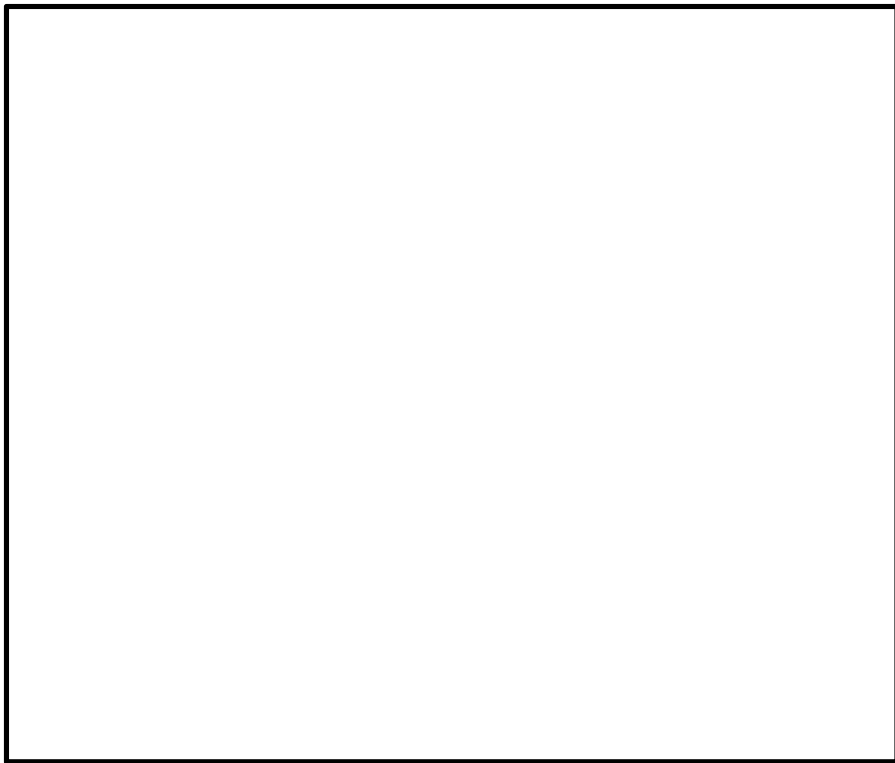


図 1.4.6-3 (1) 立坑の断面図 (南北方向 ①—①断面)

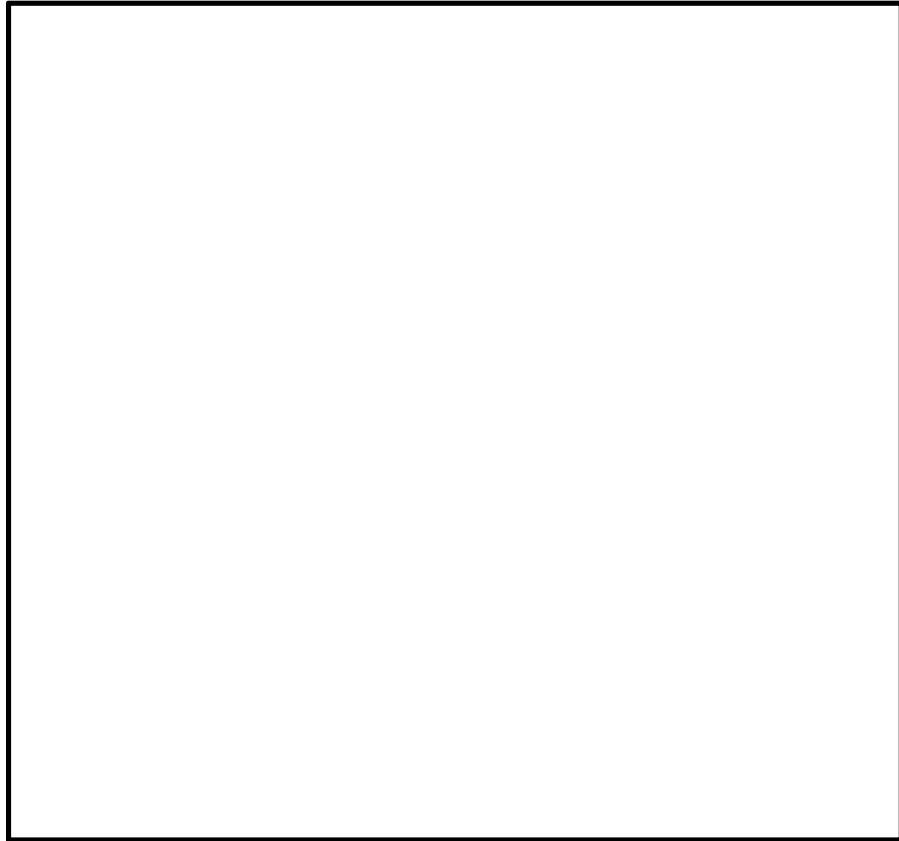


図 1.4.6-3 (2) 立坑の断面図 (南北方向 ②-②断面)

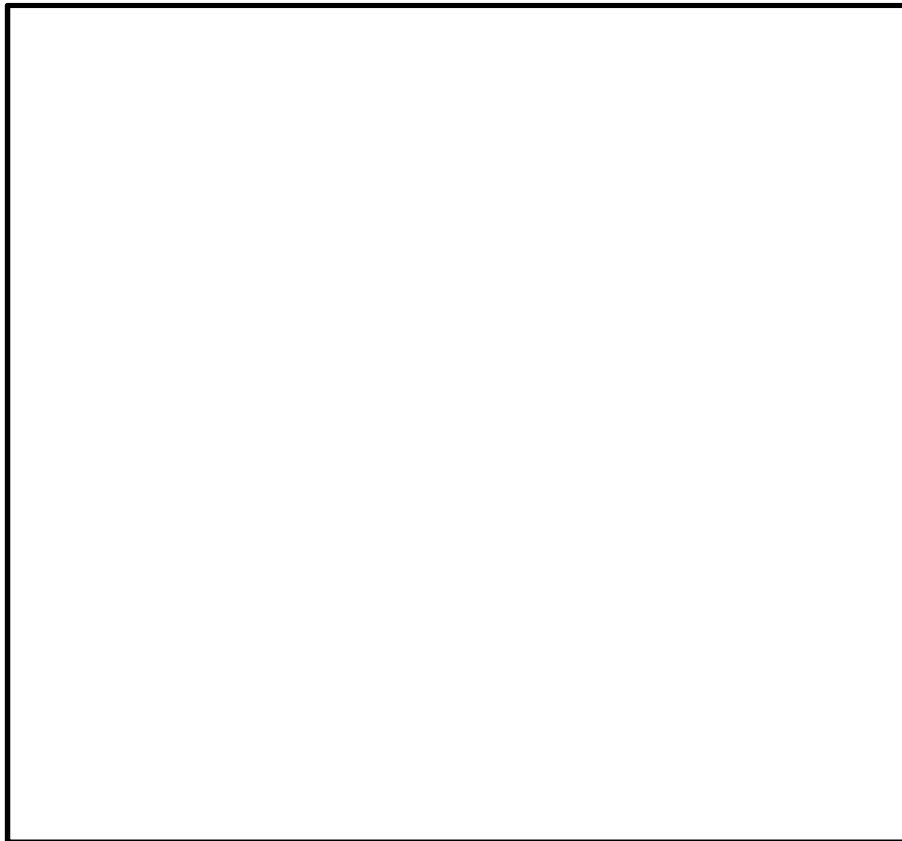


図 1.4.6-3 (3) 立坑の断面図 (南北方向 ③-③断面)

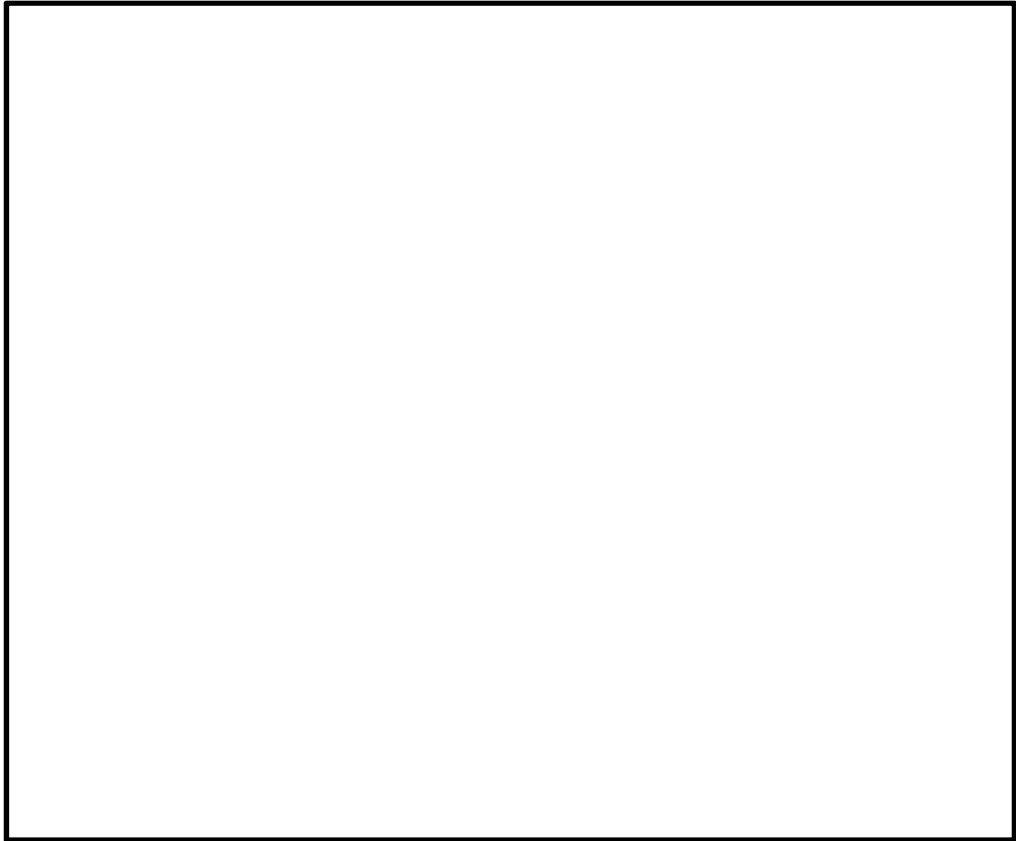


図 1.4.6-3 (4) 立坑の断面図 (南北方向 ④-④断面)

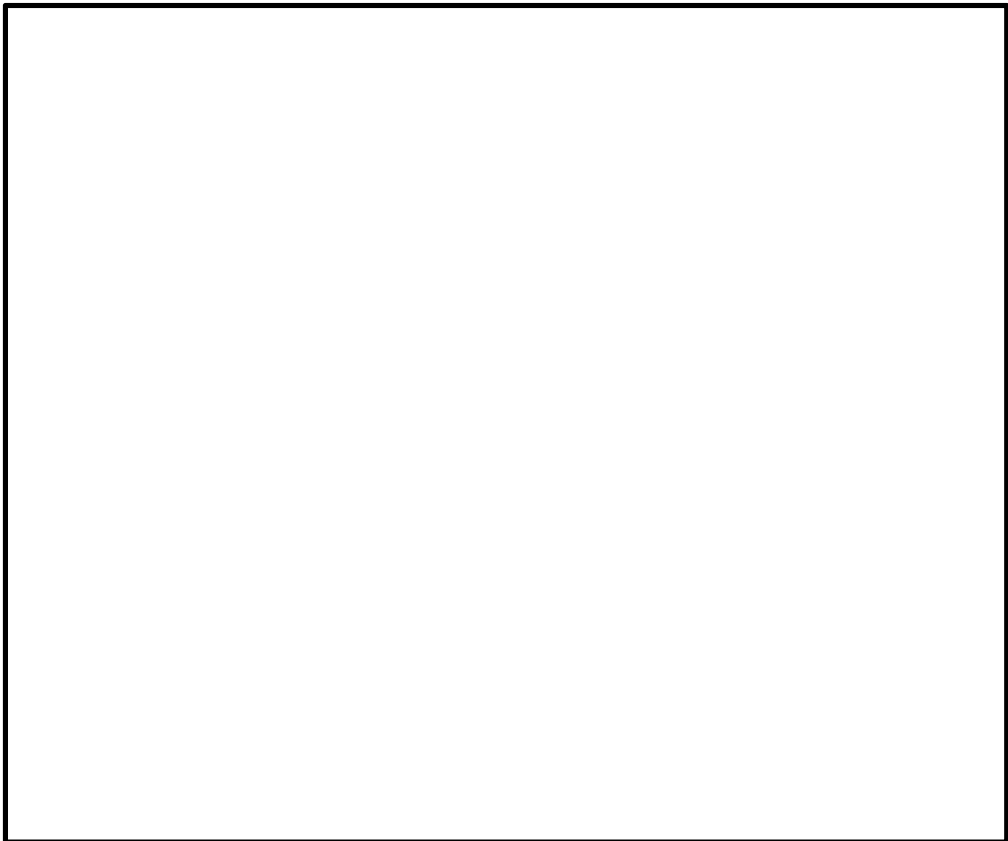


図 1.4.6-3 (5) 立坑の断面図 (南北方向 ⑤-⑤断面)

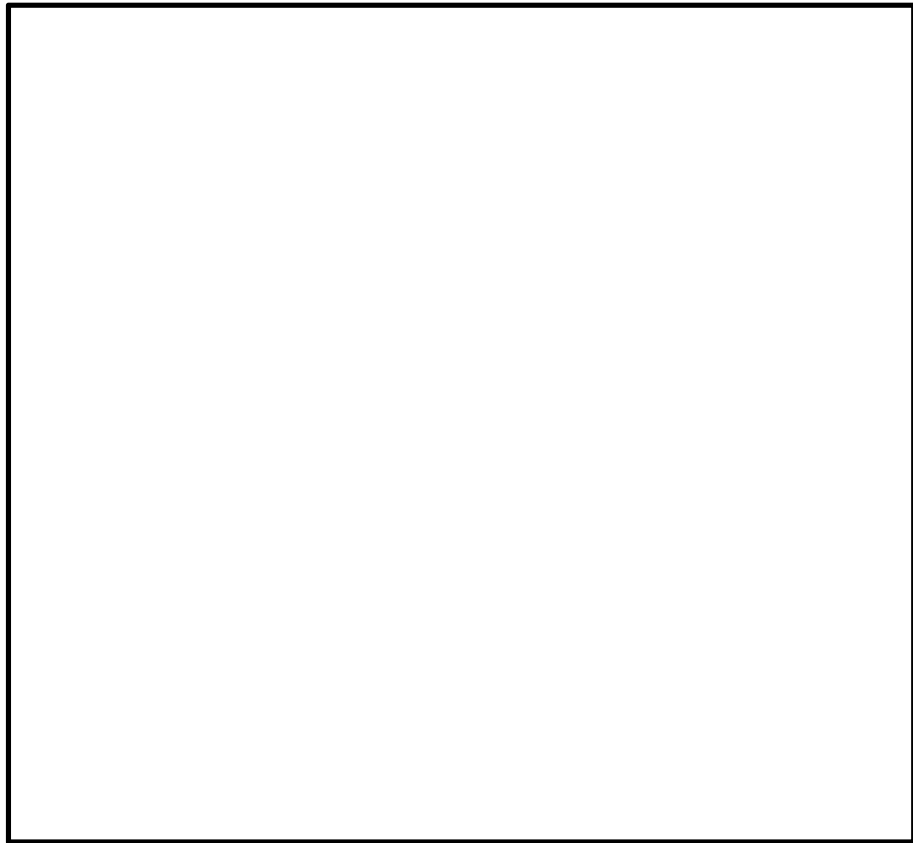


図 1.4.6-4 (1) 立坑の断面図 (東西方向 ⑥-⑥断面)

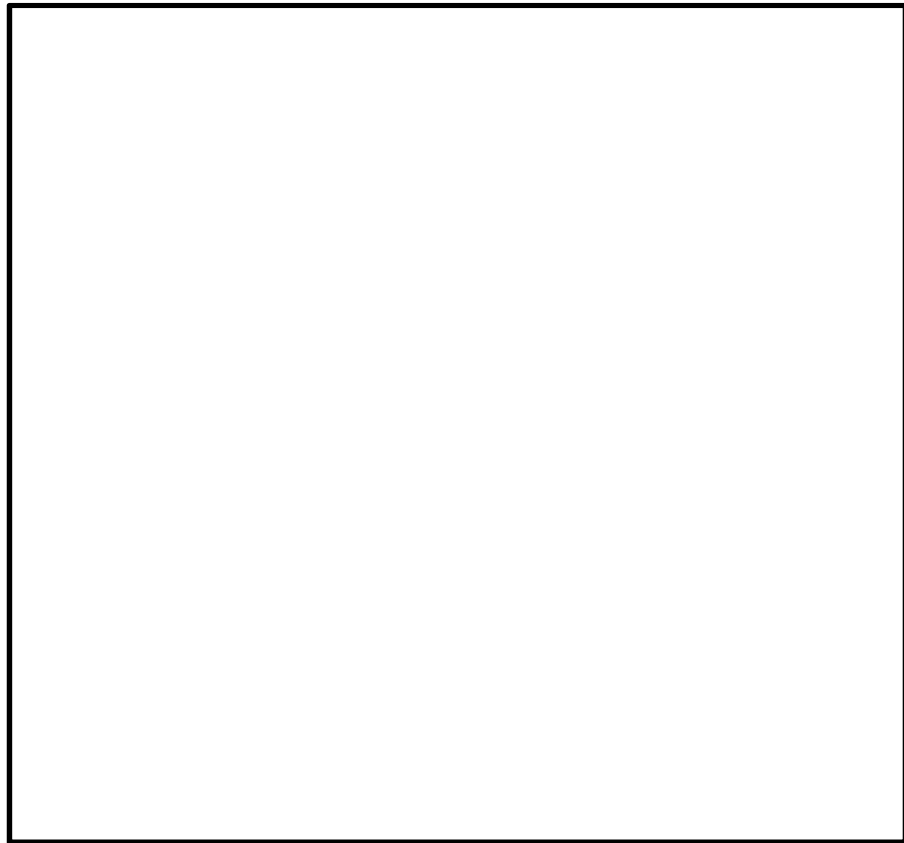


図 1.4.6-4 (2) 立坑の断面図 (東西方向 ⑦-⑦断面)

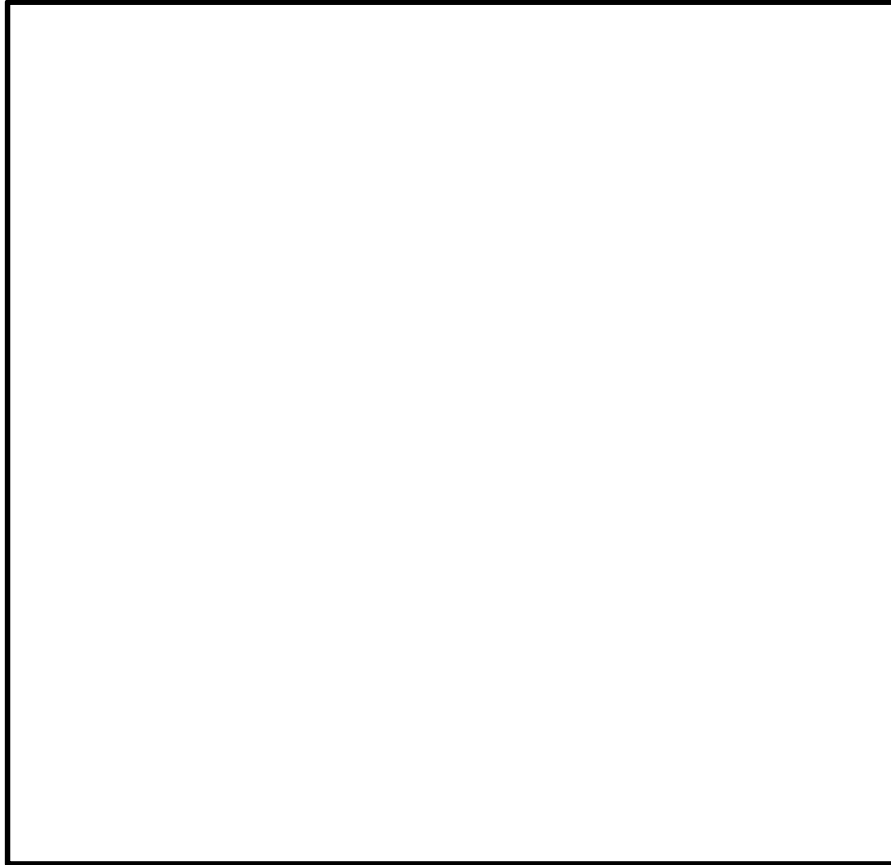


図 1.4.6-4 (3) 立坑の断面図 (東西方向 ⑧-⑧断面)

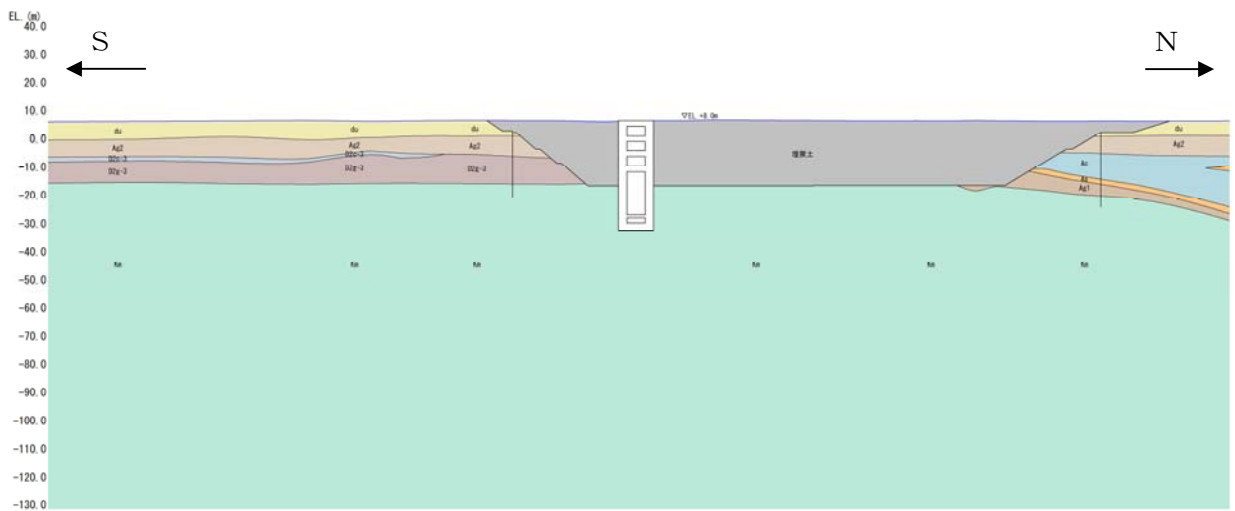


図 1. 4. 6-5 (1) 立坑の地質断面図 (南北方向断面)

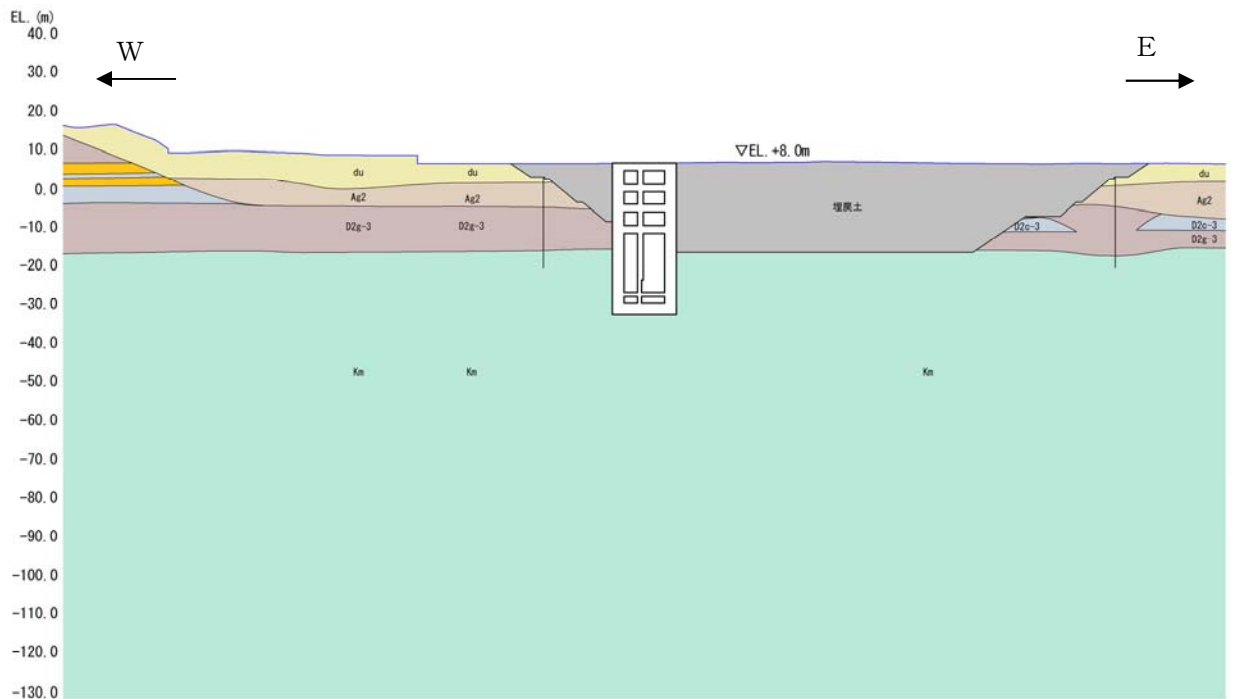


図 1. 4. 6-5 (2) 立坑の地質断面図 (東西方向断面)

(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。
耐震評価候補断面の特徴を表1.4.6-1に示す。

表1.4.6-1 立坑 耐震評価候補断面の特徴

方向	断面	要求性能	構造的特徴	間接支持する設備
南北	①-①	間接支持	・壁位置の断面 ・開口部がない	—
	②-②	同上	・開口部がある ・耐震評価上、側壁（①-①断面及び③-③断面）の変形抑制効果が考慮できる	・軽油移送配管 ・水配管 ・電気ケーブル
	③-③	同上	・壁位置の断面 ・開口部がある	—
	④-④	同上	・開口部がある ・耐震評価上、側壁（③-③断面及び⑤-⑤断面）の変形抑制効果が考慮できる	・軽油移送配管 ・水配管 ・電気ケーブル
	⑤-⑤	同上	・壁位置の断面 ・開口部がある	—
東西	⑥-⑥	同上	・壁位置の断面 ・開口部がある	—
	⑦-⑦	同上	・開口部がある ・耐震評価上、側壁（⑥-⑥断面及び⑧-⑧断面）の変形抑制効果が考慮できる	・軽油移送配管 ・水配管 ・電気ケーブル
	⑧-⑧	同上	・壁位置の断面 ・開口部がある	—

①-①断面、②-②断面、③-③断面、④-④断面及び⑤-⑤断面は南北方向の断面である。

①-①断面は、壁位置の断面である。

②-②断面は、壁位置の①-①断面及び③-③断面に挟まれた多層のボックスカルバート状の断面である。①-①断面及び③-③断面の耐震壁としての変形抑制効果を考慮することができる。

③-③断面は、壁位置の断面である。

④-④断面は、壁位置の③-③断面及び⑤-⑤断面に挟まれた多層のボックスカルバート状の断面である。③-③断面及び⑤-⑤断面の耐震壁としての変形抑制効果を考慮することができる。

⑤－⑤断面は、壁位置の断面である。常設代替高圧電源装置用カルバート（カルバート部）との接続箇所には開口部がある。

⑥－⑥断面、⑦－⑦断面及び⑧－⑧断面は東西方向の断面である。

⑥－⑥断面は、壁位置の断面である。常設代替高圧電源装置用カルバート（トンネル部）との接続箇所には開口部がある。

⑦－⑦断面は、壁位置の⑥－⑥断面及び⑧－⑧断面に挟まれた多層のボックスカルバート状の断面である。⑥－⑥断面及び⑧－⑧断面の耐震壁としての変形抑制効果を考慮することができる。

⑧－⑧断面は、壁位置の断面である。常設代替高圧電源装置用カルバート（カルバート部）との接続箇所には開口部がある。

(2) 評価対象断面の選定

立坑は矩形立坑であり、立坑幅は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、耐震評価上、側壁及び中壁の変形抑制効果を考慮することができる。

立坑は、強軸及び弱軸の区別が線状構造物のように明確でないことから、評価対象断面としては南北方向断面及び東西方向断面をいずれも対象とする。

立坑の南北方向については、①－①断面の側壁、③－③断面の中壁及び⑤－⑤断面の側壁を耐震壁として考慮することができる。したがって、②－②断面及び④－④断面に、①－①断面、③－③断面及び⑤－⑤断面の耐震壁としての変形抑制効果を考慮した等価剛性断面について耐震評価を行う。

立坑の東西方向については、⑥－⑥断面の側壁及び⑧－⑧断面の側壁を耐震壁としての変形抑制効果を考慮することができる。したがって、⑦－⑦断面に、⑥－⑥断面及び⑧－⑧断面の耐震壁としての変形抑制効果を考慮した等価剛性断面について耐震評価を行う。

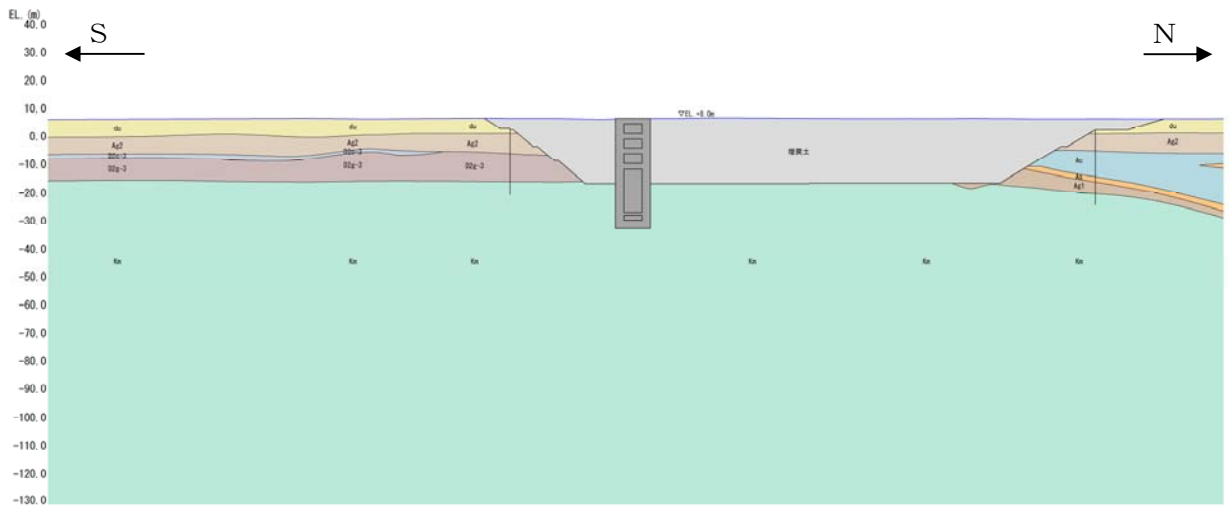
(3) 断面選定結果

(2)より、南北方向及び東西方向ともに、1断面に集約した等価剛性断面を評価対象断面とする。評価対象断面の選定結果を表 1.4.6-2 に、評価対象断面を図 1.4.6-6 に示す。

表 1.4.6-2 立坑 評価対象断面の選定結果

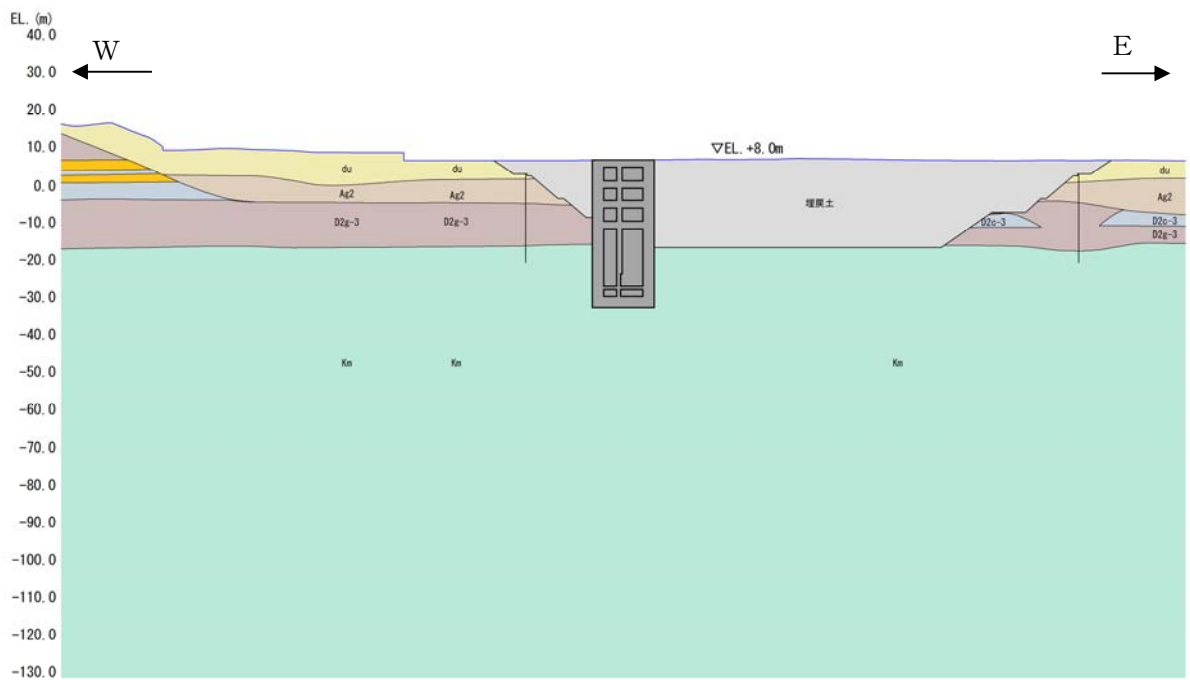
方向	断面	要求性能	構造的特徴	間接支持する設備	既工認 評価断面	今回工認 評価断面	選定結果
南北	①-① ～ ⑤-⑤	間接支持	・耐震評価上， 側壁及び中壁 の変形抑制効 果を考慮	・軽油移送配管 ・水配管 ・電気ケーブル	—	○	①-①断面～⑤-⑤断面を 1断面に集約した等価剛性 断面として考える
東西	⑥-⑥ ～ ⑧-⑧	同上	・耐震評価上， 側壁の変形抑 制効果を考慮	同上	—	○	⑥-⑥断面～⑧-⑧断面を 1断面に集約した等価剛性 断面として考える

○：耐震評価を実施 —：耐震評価を省略



* : 構造物モデルは奥行方向の側壁等を1断面に集約した等価剛性断面として設定

図 1.4.6-6 (1) 立坑の評価対象断面 (南北方向断面)



* : 構造物モデルは奥行方向の側壁等を1断面に集約した等価剛性断面として設定

図 1.4.6-6 (2) 立坑の評価対象断面 (東西方向断面)

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

図 1.4.7-1 に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。）の平面配置図を示す。また、図 1.4.7-2 及び図 1.4.7-3 にカルバートの平面図及び断面図を、図 1.4.7-4 にカルバートの地質断面図を示す。

カルバートは、軽油移送配管、水配管及び電気ケーブルの間接支持機能を有する。

カルバートは、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。）と水配管及び電気ケーブルを支持するカルバート（以下、「水電気カルバート」という。）の2つの構造物に大別される。軽油カルバートは1層1連カルバート状の鉄筋コンクリート構造物であり、延長 5.0 m、幅 5.5 m、高さ 7.5 m である。構造物は、杭基礎を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置する。

水電気カルバートは1層3連カルバート状の鉄筋コンクリート構造物であり、延長約 35 m、幅 13.9 m、高さ 6.7 m である。構造物は、杭基礎を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置する。

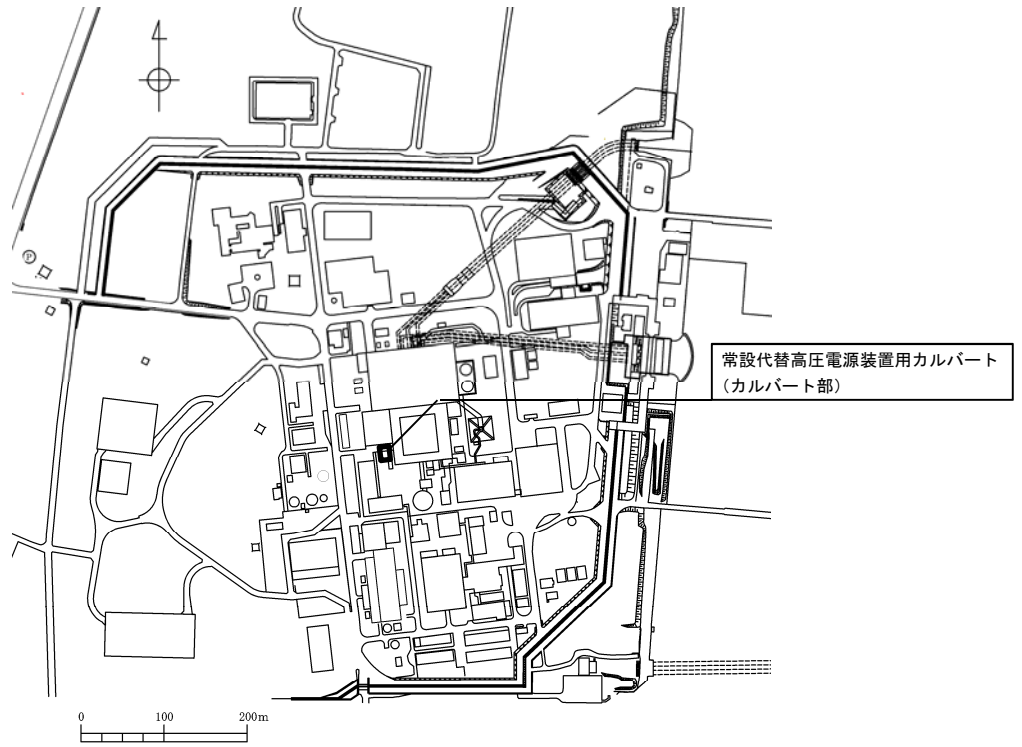


図 1.4.7-1 (1) カルバートの平面配置図 (全体平面図)

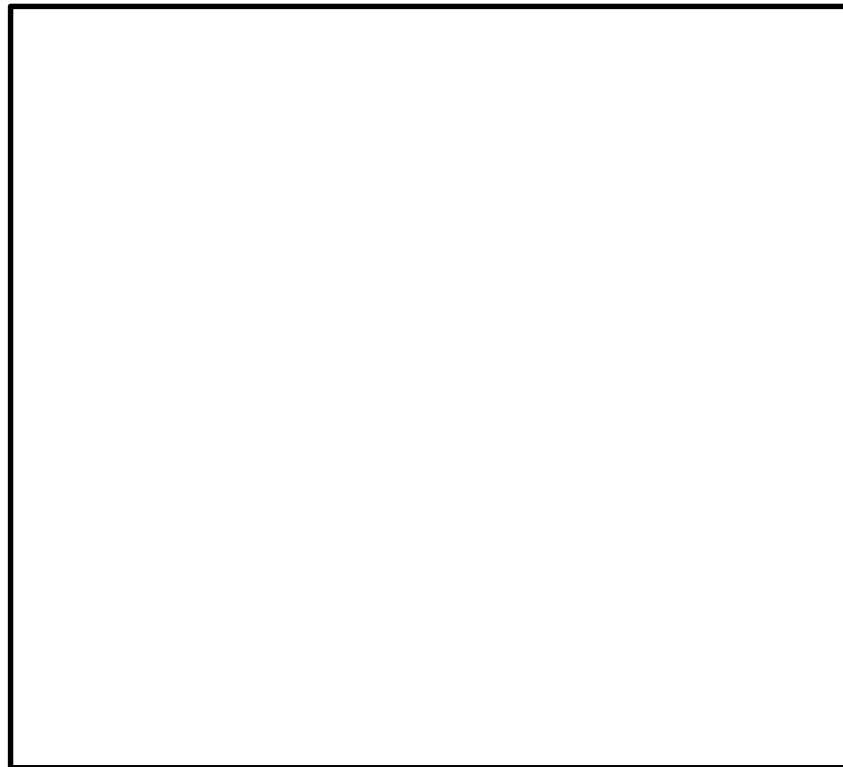


図 1.4.7-1 (2) カルバートの平面配置図 (拡大図)

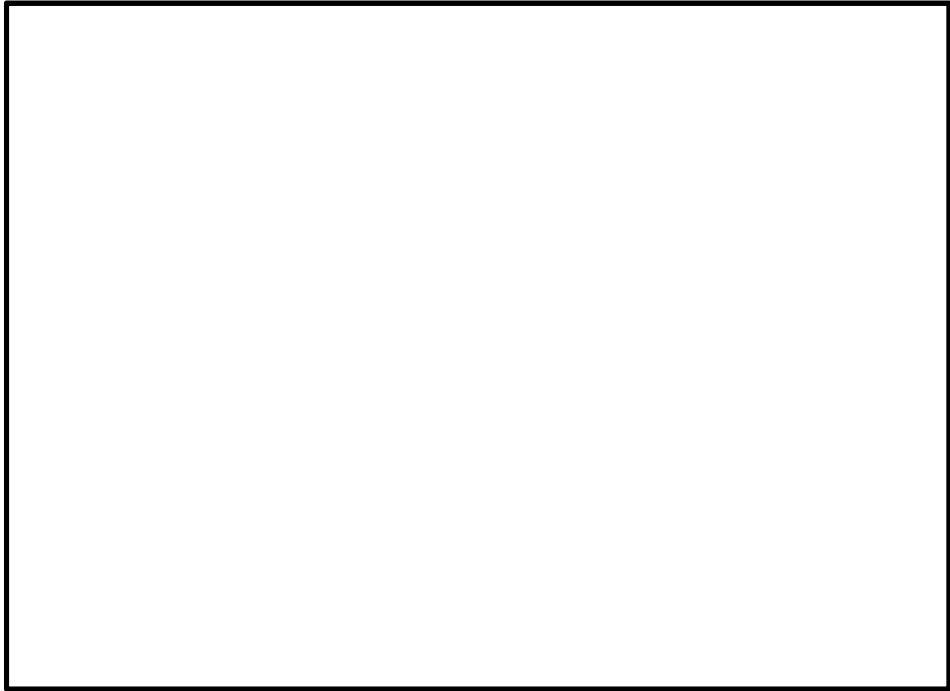


図 1.4.7-2 カルバートの平面図

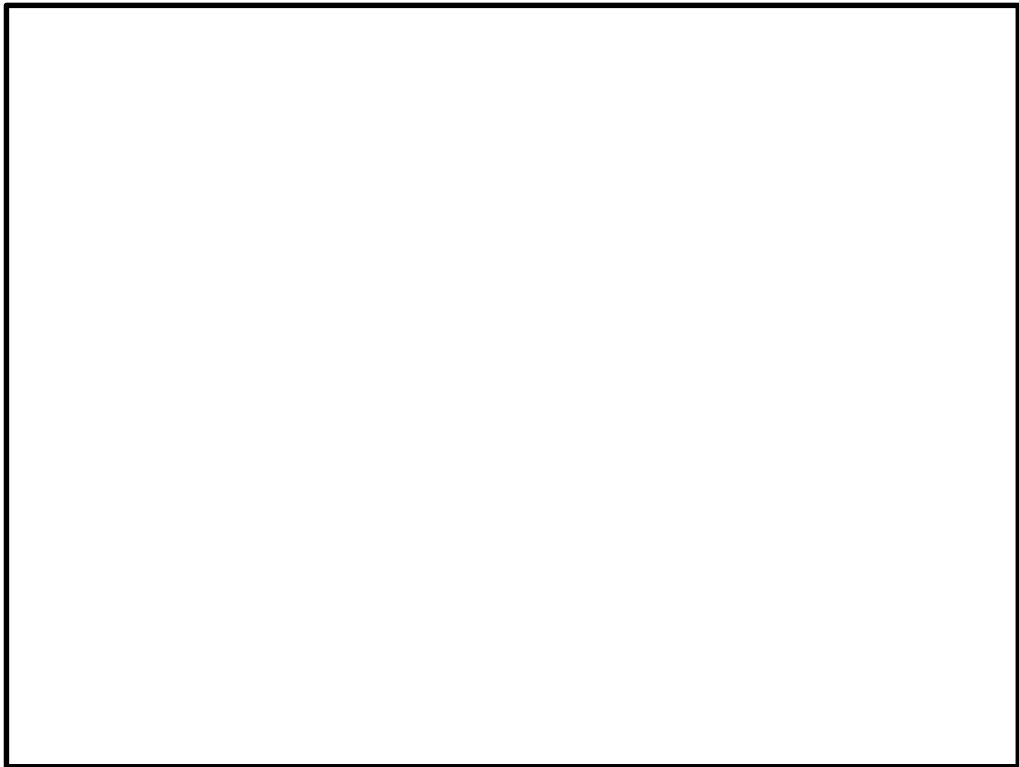


図 1.4.7-3 (1) カルバートの断面図 (①—①断面)

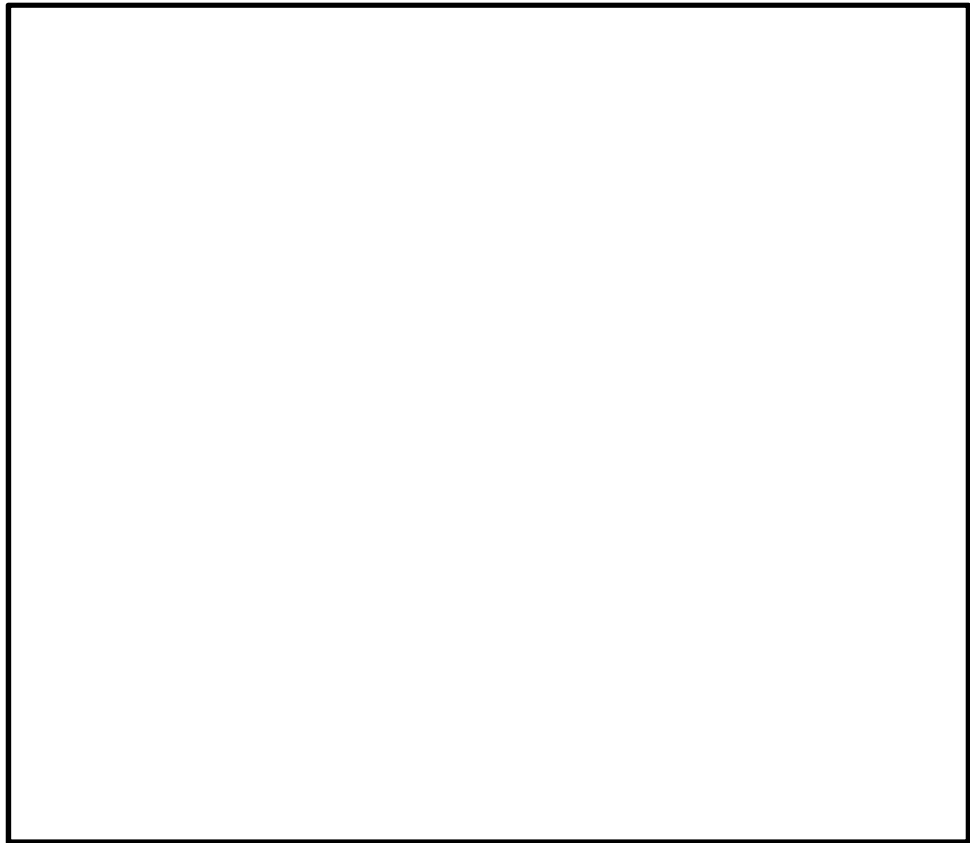


図 1.4.7-3 (2) カルバートの断面図 (②-②断面)

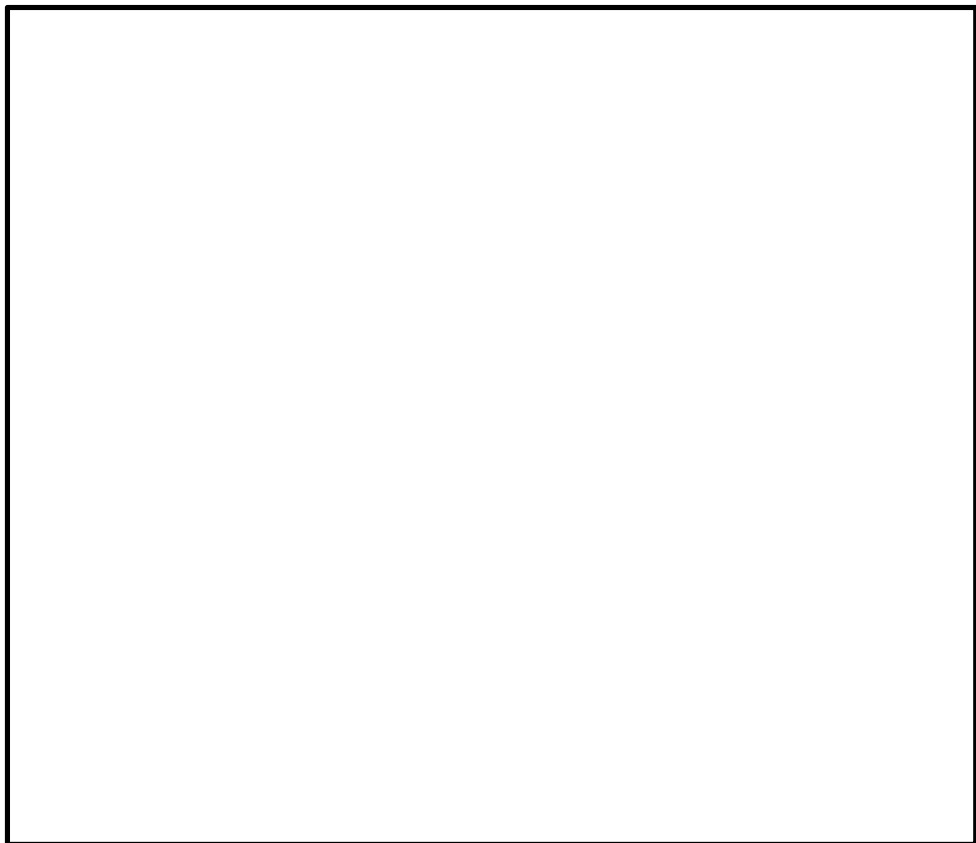


図 1.4.7-3 (3) カルバートの断面図 (③-③断面)



図 1.4.7-3 (4) カルバートの断面図 (④-④断面)

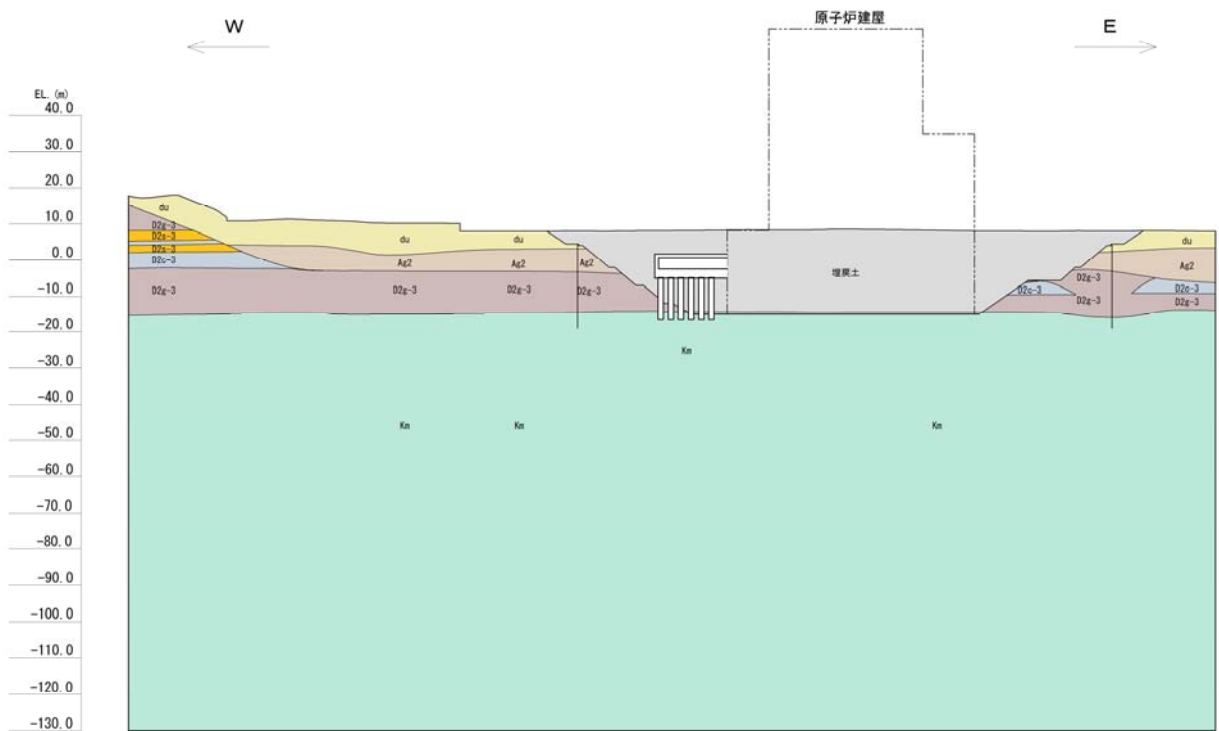


図 1.4.7-4 (1) カルバートの地質断面図 (東西方向断面)

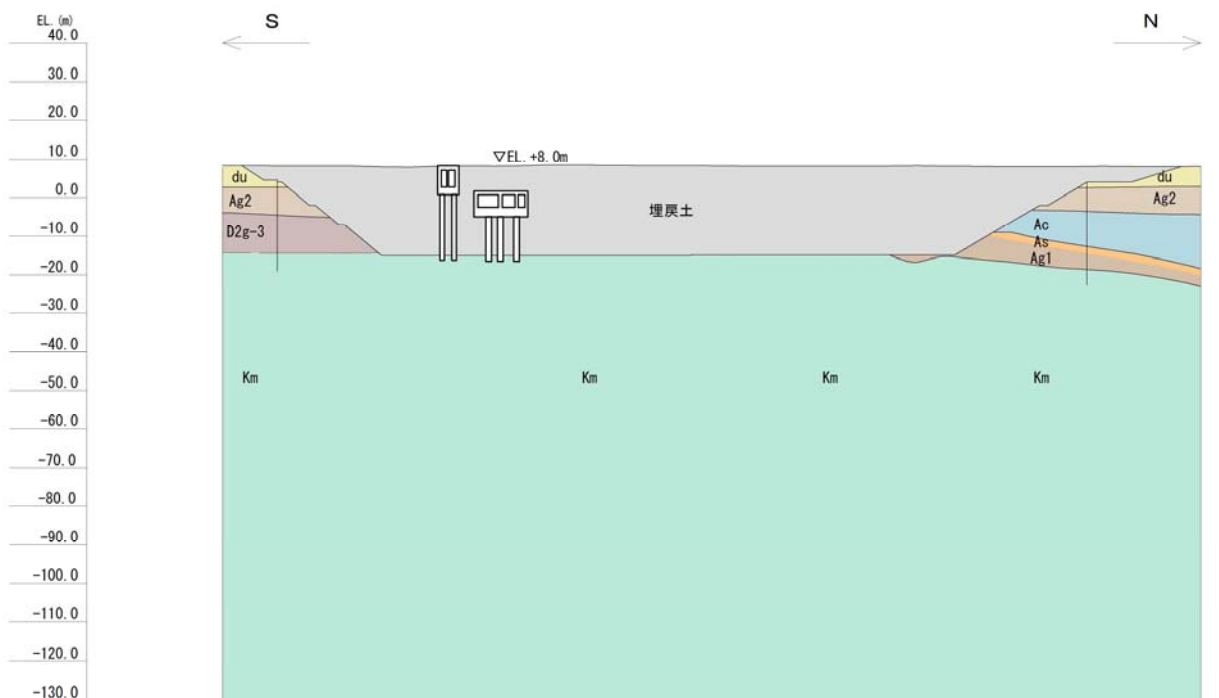


図 1.4.7-4 (2) カルバートの地質断面図 (南北方向断面)

(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。
耐震評価候補断面の特徴を表 1.4.7-1 に示す。

表 1.4.7-1 カルバート 耐震評価候補断面の特徴

方向	断面	要求性能	構造的特徴	間接支持する設備
南北	①-①	間接支持	・杭基礎を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置	・軽油移送配管 ・水配管 ・電気ケーブル
	②-②	同上	・杭基礎を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置 ・立坑が隣接	・水配管 ・電気ケーブル
	③-③	同上	・杭基礎を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置 ・立坑が隣接 ・耐震評価上、中壁の変形抑制効果を考慮できる	同上
	④-④	同上	・杭基礎を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置 ・立坑が隣接 ・中壁位置の断面	同上

カルバートの東西方向については、東側に堅固な原子炉建屋が存在し地震時の変形が拘束されることや、耐震評価上、変形抑制効果を考慮できる壁部材が多く存在することから強軸断面方向と考えられる。よって、弱軸断面方向である南北方向について整理を行った。

①-①断面は軽油移送配管及び水・電気配管を間接支持するカルバート 2 基が含まれる。杭基礎を介して十分な支持性能を有する岩盤に支持されている。

②-②断面は 3 連のボックスカルバート構造である。杭基礎を介して十分な支持性能を有する岩盤に支持されている。

③-③断面は南北方向に中壁が存在する断面であり、耐震評価上、中壁の変形抑制効果を考慮することができる断面である。杭基礎を介して十分な支持性能を有する岩盤に支持されている。

④-④断面は南北方向の中壁位置の断面であり、耐震評価上、側壁変形抑制を考慮することができる断面である。杭基礎を介して十分な支持性能を有する岩盤に支持されている。

(2) 評価対象断面の選定

①-①断面は、カルバートについて耐震評価上、変形抑制効果を考慮することができる壁部材から離れているため、①-①断面を評価対象断面とする。

また、この断面を選定することで、軽油カルバートの弱軸断面方向に対する耐震評価も同時に行うことができる。

②-②断面は南側に堅固な立坑が隣接することから、①-①断面と比較しカルバート構造の変形抑制効果を考慮できる。よって①-①断面と比較して耐震裕度が見込めるため、評価対象断面としない。

③-③断面及び④-④断面は南側に堅固な立坑が隣接すること、耐震評価上、カルバート構造の中壁及び側壁の変形抑制効果を考慮できることから、①-①断面と比較して耐震裕度が見込めるため、評価対象断面としない。

(3) 断面選定結果

(2)より、南北方向の①-①断面を評価対象断面とする。評価対象断面の選定結果を表 1.4.7-2 に、評価対象断面図を図 1.4.7-5 に示す。

表 1.4.7-2 カルバート 評価対象断面の選定結果

方向	断面	要求性能	構造的特徴	間接支持する 設備	既工認 評価断面	今回工認 評価断面	選定結果
南北	①-①	間接支持	・杭基礎を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置	・軽油移送配管 ・水配管 ・電気ケーブル	—	○	変形抑制効果を考慮できる壁部材から離れているため評価対象断面に選定
	②-②	同上	・杭基礎を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置 ・立坑が隣接	・水配管 ・電気ケーブル	—	—	弱軸断面方向であるが、①-①断面と比較して、隣接する立坑の変形抑制効果を考慮できるため評価対象断面としない
	③-③	同上	・杭基礎を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置 ・立坑が隣接 ・耐震評価上、中壁の変形抑制効果を考慮できる	同上	—	—	弱軸断面方向であるが、①-①断面と比較して、隣接する立坑の変形抑制効果を考慮できる。さらに、耐震壁の変形抑制効果も考慮できるため評価対象断面としない
	④-④	同上	・杭基礎を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置 ・立坑が隣接 ・中壁位置の断面	同上	—	—	同上

○：耐震評価を実施 —：耐震評価を省略

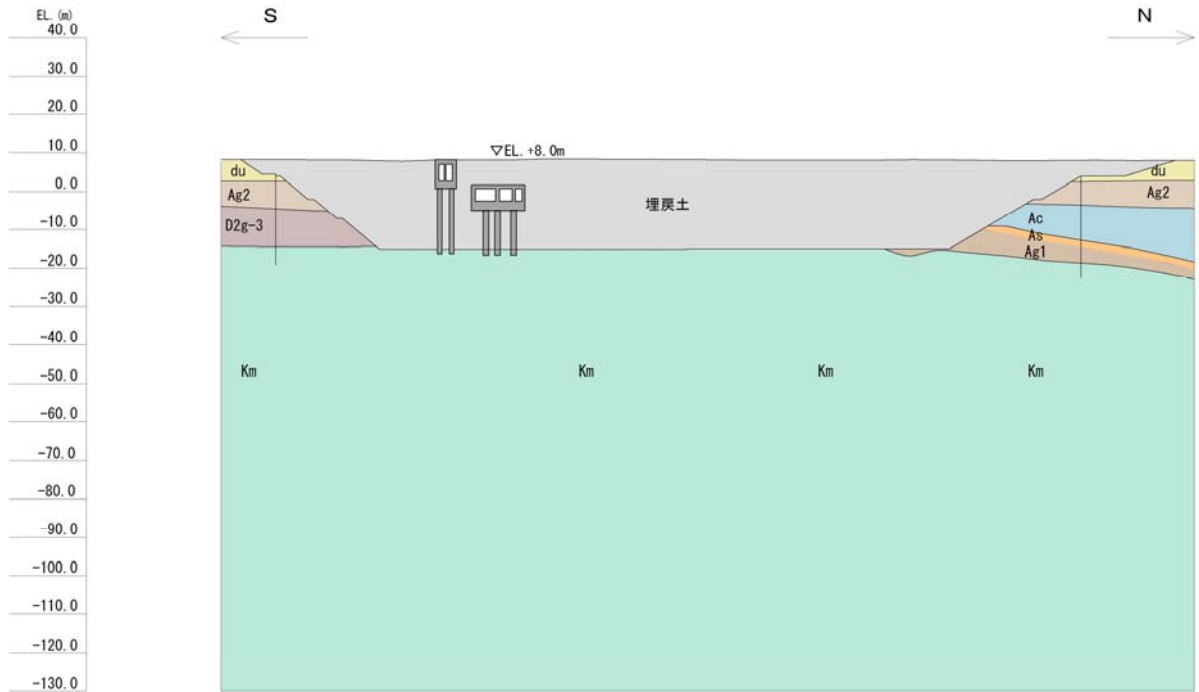


図 1.4.7-5 カルバートの評価対象断面 (①-①断面)

1.4.8 代替淡水貯槽の断面選定の考え方

追而 (コメント反映中)

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

追而 (コメント反映中)

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

追而 (コメント反映中)

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

追而

1.4.12 緊急用海水ポンプピットの断面選定の考え方

追而 (コメント反映中)

1.4.13 緊急用海水取水管の断面選定の考え方

追而

1.4.14 S A用海水ピットの断面選定の考え方

追而

1.4.15 海水引込み管の断面選定の考え方

追而

1.4.16 S A用海水ピット取水塔の断面選定の考え方

追而

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

追而

1.4.18 可搬型設備用軽油タンク基礎の考え方

追而

2. 取水構造物の耐震安全性評価

追而

3. 屋外二重管の耐震安全性評価

追而

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

4.1 評価方法

常設代替高圧電源装置置場（以下、「電源装置置場」という。）は、軽油貯蔵タンク等を間接支持する機能を求められる土木構造物である。また、EL. -21.0 m 階は西側淡水貯水設備として使用する。電源装置置場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度又は発生せん断力が許容限界を超えないことを確認する。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最大接地圧が許容限界以下であることを確認する。

4.2 評価条件

4.2.1 適用基準

電源装置置場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）等に準拠するが、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）及び、電源装置置場が地中に埋設された鉄筋コンクリート構造であることを考慮して、原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（（社）土木学会、2005年）（以下、「土木学会マニュアル」という。）を参考とする。

表 4.2-1 に参考とする主な基準を示す。

表 4.2-1 参考とする主な基準等

項目	参考とする主な基準	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み合わせを検討
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） ・原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（2005年）	・曲げに対する照査は、発生応力度が、許容応力度以下であることを確認する。 ・せん断に対する照査は、発生応力度又は発生せん断力が、許容応力度又は許容せん断力以下であることを確認する。
地震応答解析	・ 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

4.2.2 耐震安全性評価フロー

図 4.2-1 に電源装置置場の耐震安全性評価フローを示す。

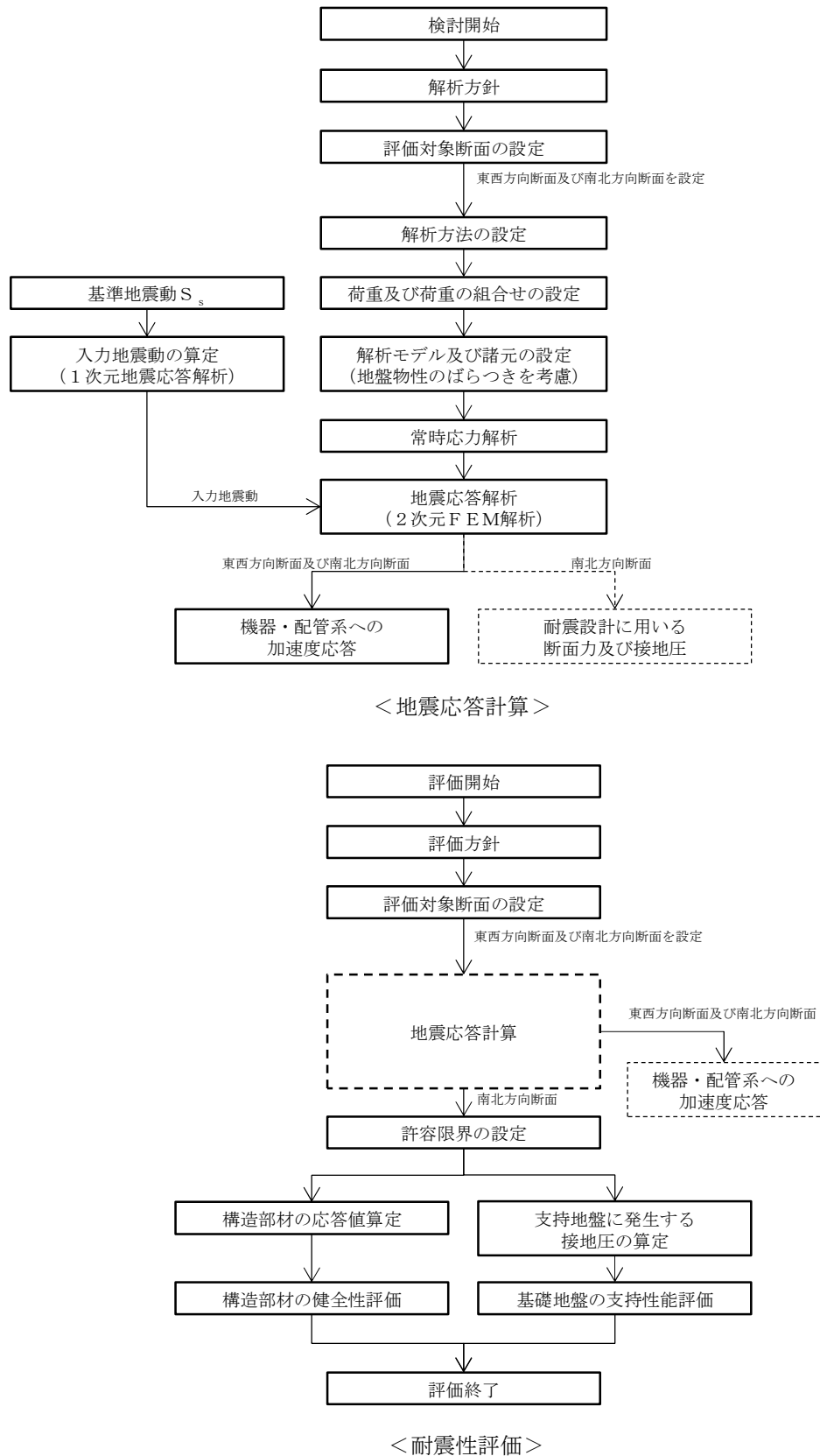


図 4.2-1 電源装置置場の耐震安全性評価フロー

4.2.3 評価対象断面の方向

電源装置置場の位置を図 4.2-2 及び図 4.2-3 に示す。

電源装置置場は、延長 56.5 m の鉄筋コンクリート造である。表 4.2-2 に示すとおり、電源装置置場の東西方向は、側壁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、南北方向は、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、電源装置置場の耐震評価では、構造の安定性に支配的な弱軸断面方向である南北方向を評価対象断面の方向とする。

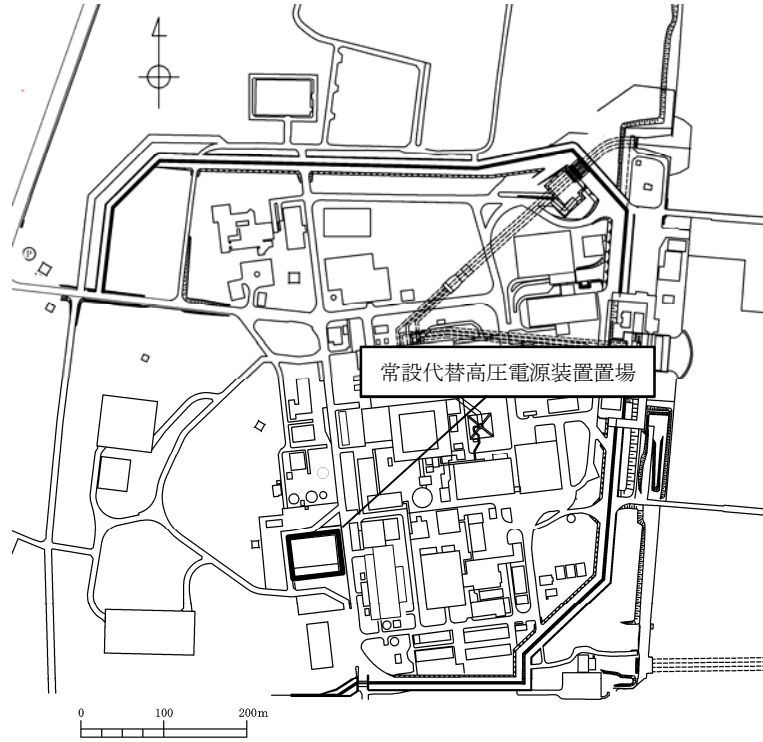


図 4.2-2 電源装置置場の位置図（全体平面図）

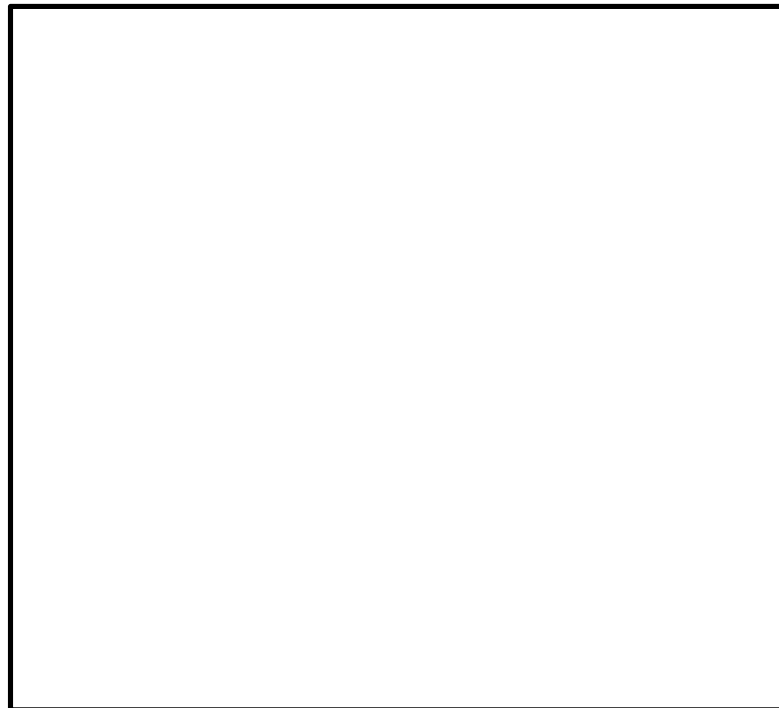
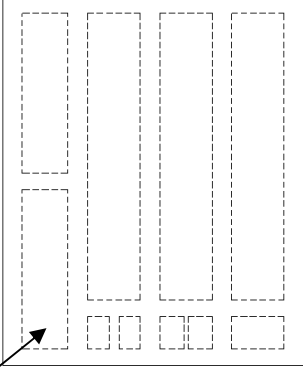
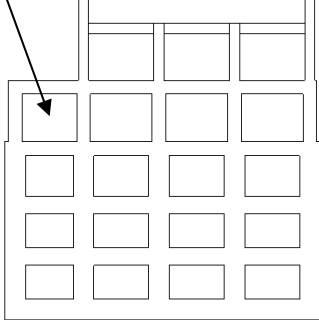
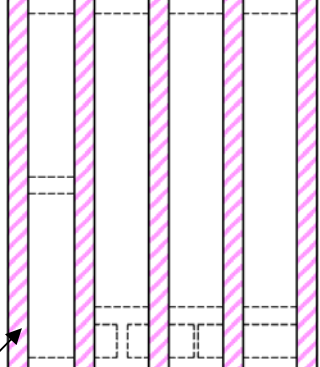
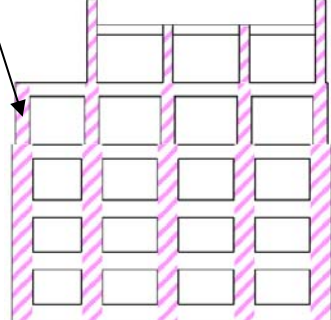


図 4.2-3 電源装置置場の位置図（拡大図）

表 4.2-2 電源装置置場の評価対象断面の方向の選定

	南北方向の加振	東西方向の加振
電源装置置場	<p data-bbox="671 344 788 376">加振方向</p>  <p data-bbox="517 808 943 840">加振方向に平行な壁部材が少ない</p>  <p data-bbox="767 1240 967 1272">⇒弱軸断面方向</p>	 <p data-bbox="1011 792 1469 869">加振方向平行な耐震評価上、側壁及び隔壁の変形抑制効果を考慮できる</p>  <p data-bbox="1262 1240 1461 1272">⇒強軸断面方向</p>

4.2.4 評価対象断面の選定

図 4.2-4 及び図 4.2-5 に電源装置置場の平面図及び断面図を示す。

電源装置置場は、延長 56.5m の鉄筋コンクリート造である。東西方向に対して複数の断面形状を示すが、基本的には多層多連ボックスカルバート状のラーメン構造にて構成されている。

評価対象断面は、「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」で記載したとおり、常設代替高圧電源装置、軽油貯蔵タンク及び西側淡水貯水設備が上載しており、地震荷重による影響が大きく、構造的にも弱軸断面方向となる⑤-⑤断面を代表として耐震評価を実施する。なお、①-①断面、②-②断面、③-③断面及び④-④断面に側壁及び隔壁の耐震壁として効果を見込んだ 1 断面（東西方向断面）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。

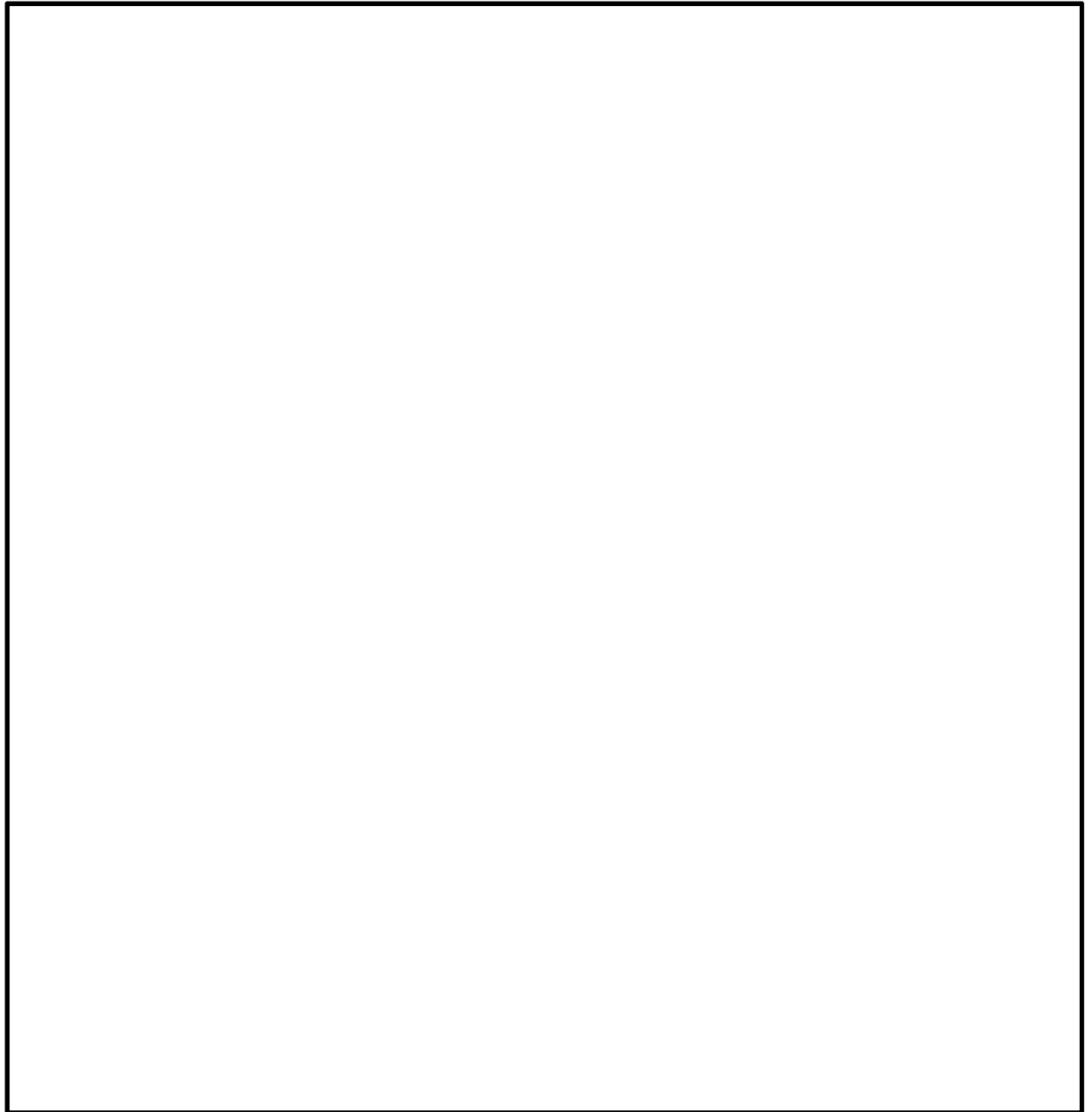


図 4.2-4 (1) 電源装置置場の設備概略位置図
(EL. +11.0 m, 常設代替高圧電源装置及び水密扉)

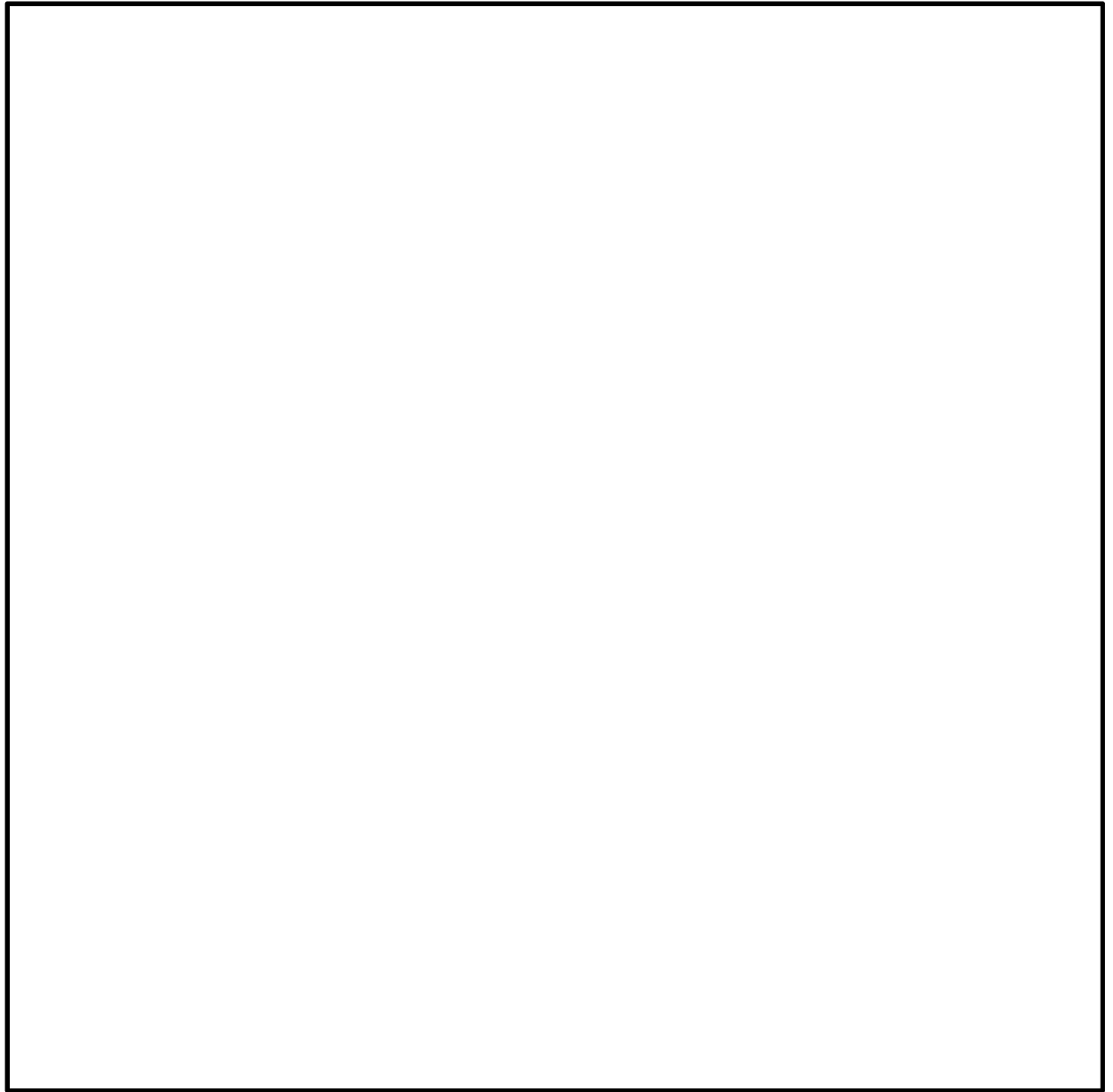


図 4.2-4 (2) 電源装置置場の設備概略位置図
(EL. +2.0 m, 軽油貯蔵タンク)

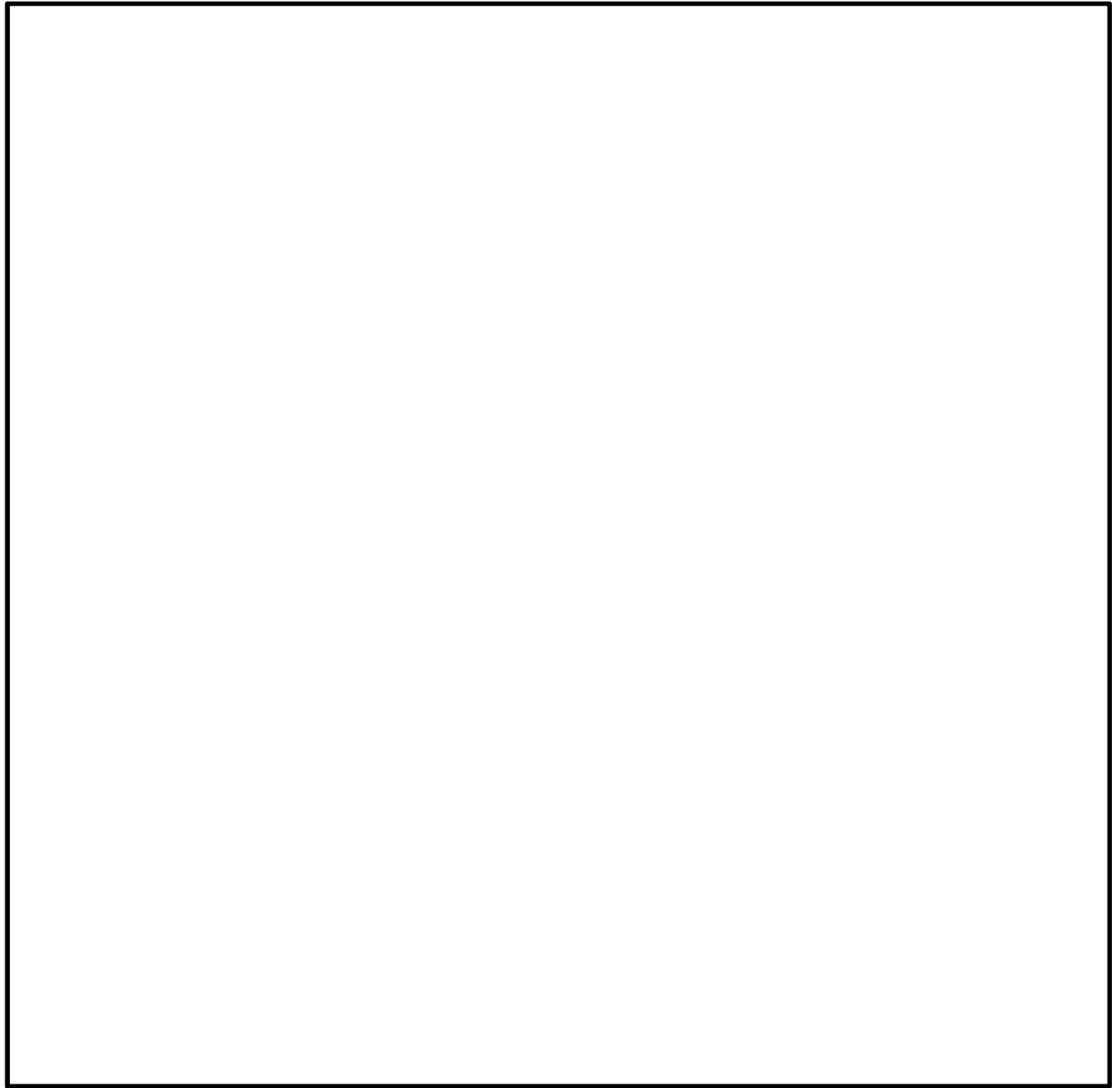


図 4.2-4 (3) 電源装置置場の設備概略位置図
(EL. -21.0 m, 西側淡水貯水設備)

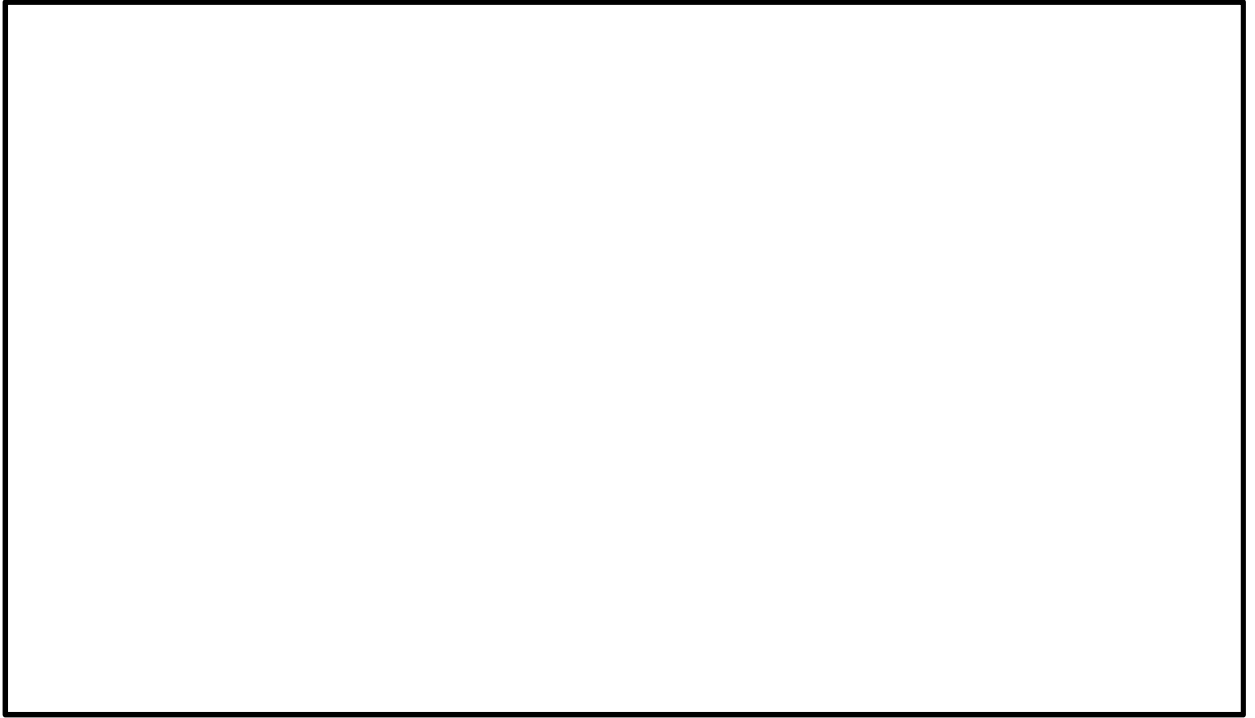


図 4.2-5 (1) 電源装置置場の断面図 (①-①断面)

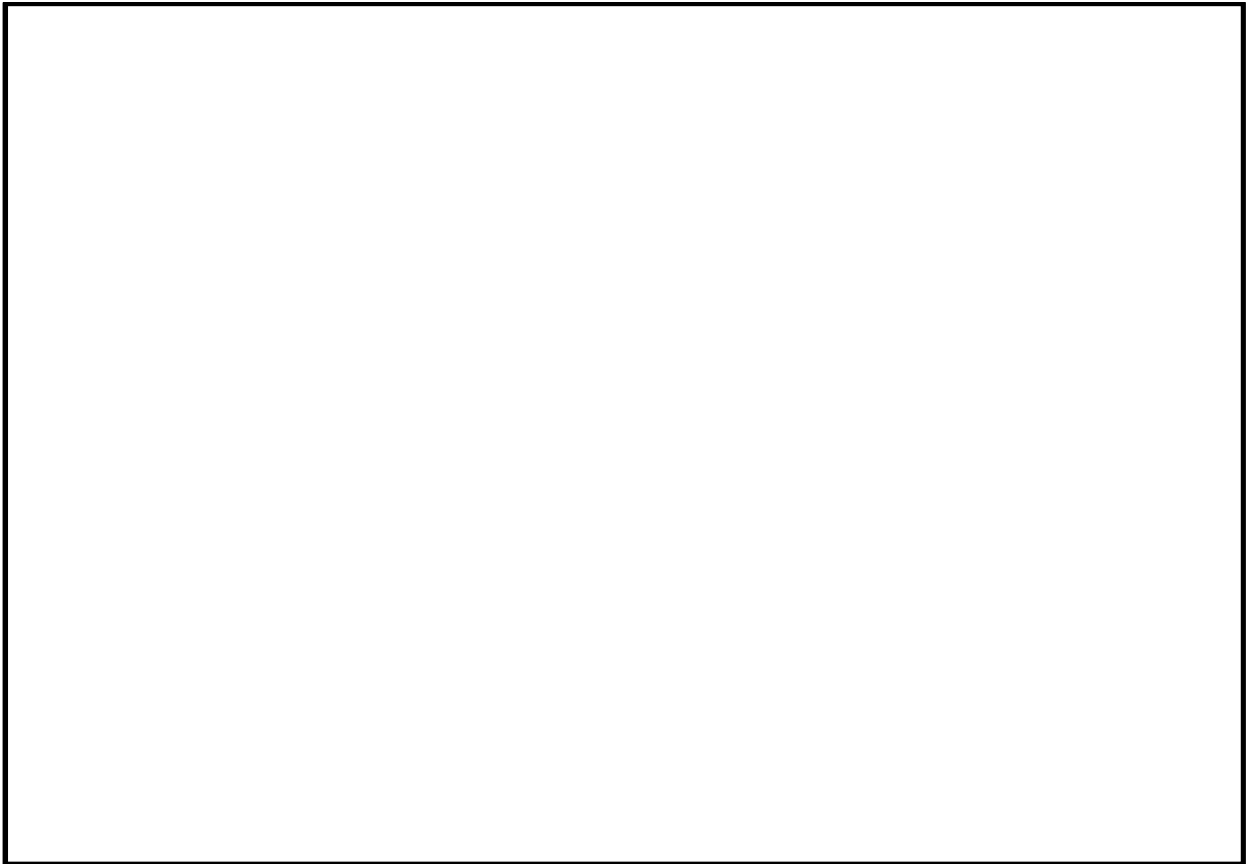


図 4.2-5 (2) 電源装置置場の断面図 (②-②断面)

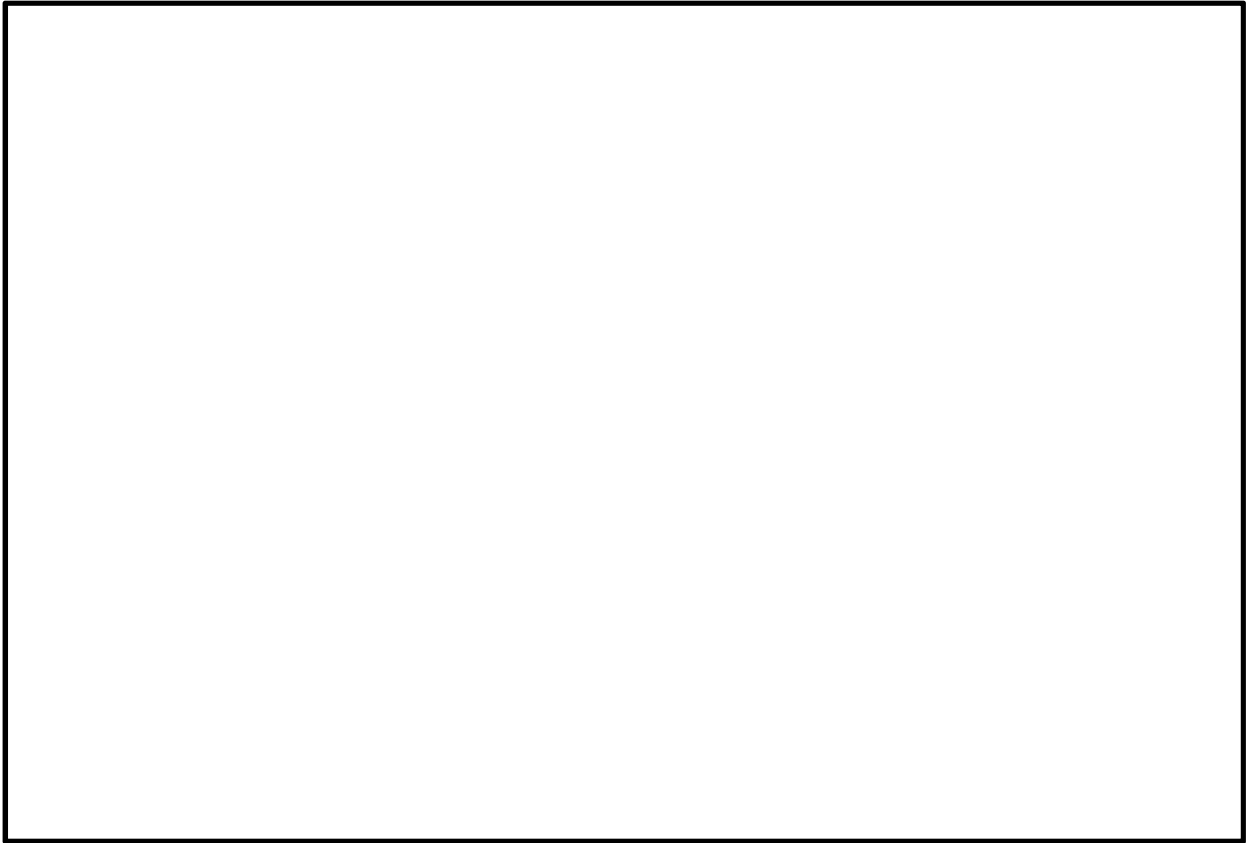


図 4.2-5 (3) 電源装置置場の断面図 (③-③断面)

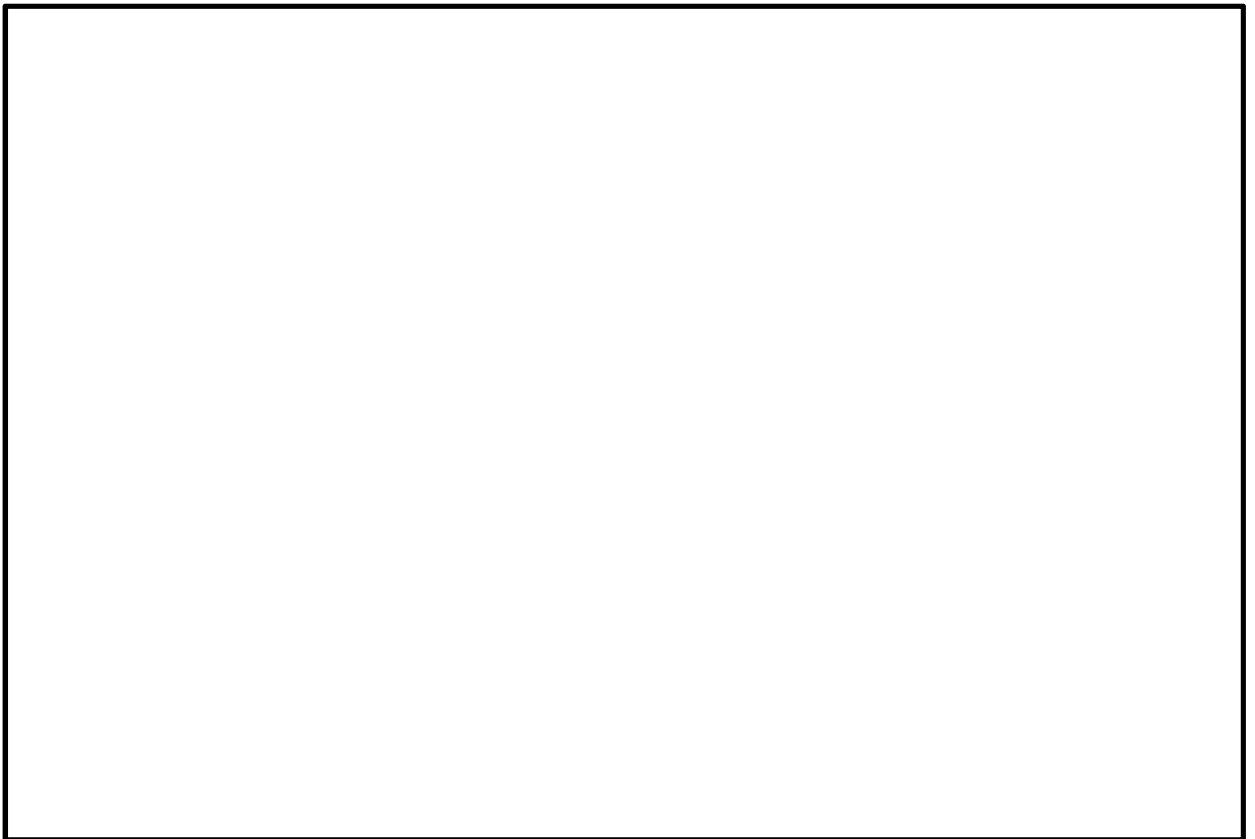


図 4.2-5 (4) 電源装置置場の断面図 (④-④断面)

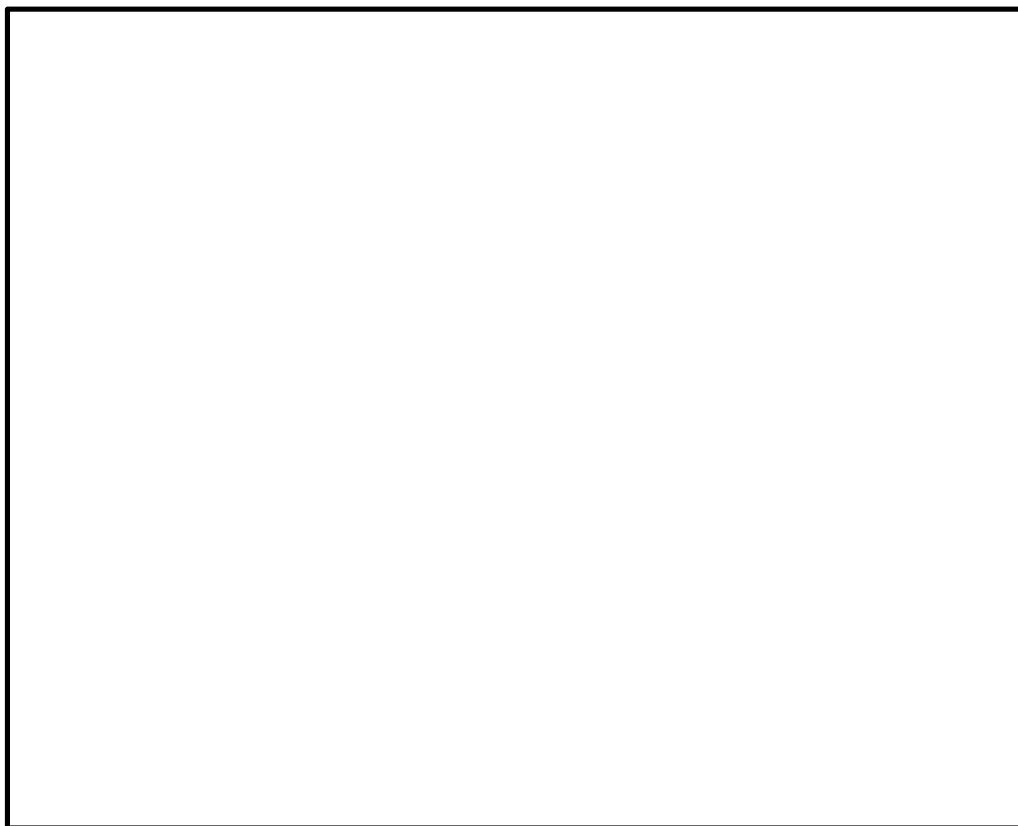


図 4.2-5 (5) 電源装置置場の断面図 (⑤-⑤断面)



図 4.2-5 (6) 電源装置置場の断面図 (⑥-⑥断面)

4.2.5 使用材料及び材料定数

耐震評価に用いる材料定数は、設計図書及び文献等を基に設定する。構造物の使用材料を表 4.2-3 に、材料物性値を表 4.2-4 に示す。

地盤の諸定数は、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値を用いる。なお、地盤については、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モデル化する。地盤の物性値を表 4.2-5 に示す。

表 4.2-3 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 4.2-4 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 4.2-5(1) 地盤の解析用物性値一覧 (液状化検討対象層)

パラメータ				原地盤								豊浦標準砂
				埋戻土	第四系 (液状化検討対象層)							
					f1	du	Ag2	As	Ag1	D2s-3	D2g-3	
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 4.2-5 (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	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)

4.2.6 地下水位

地下水位は地表面として設定する。

4.2.7 地震応答解析手法

電源装置置場の地震応答解析は、構造物と地盤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、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4.2-6に示す。

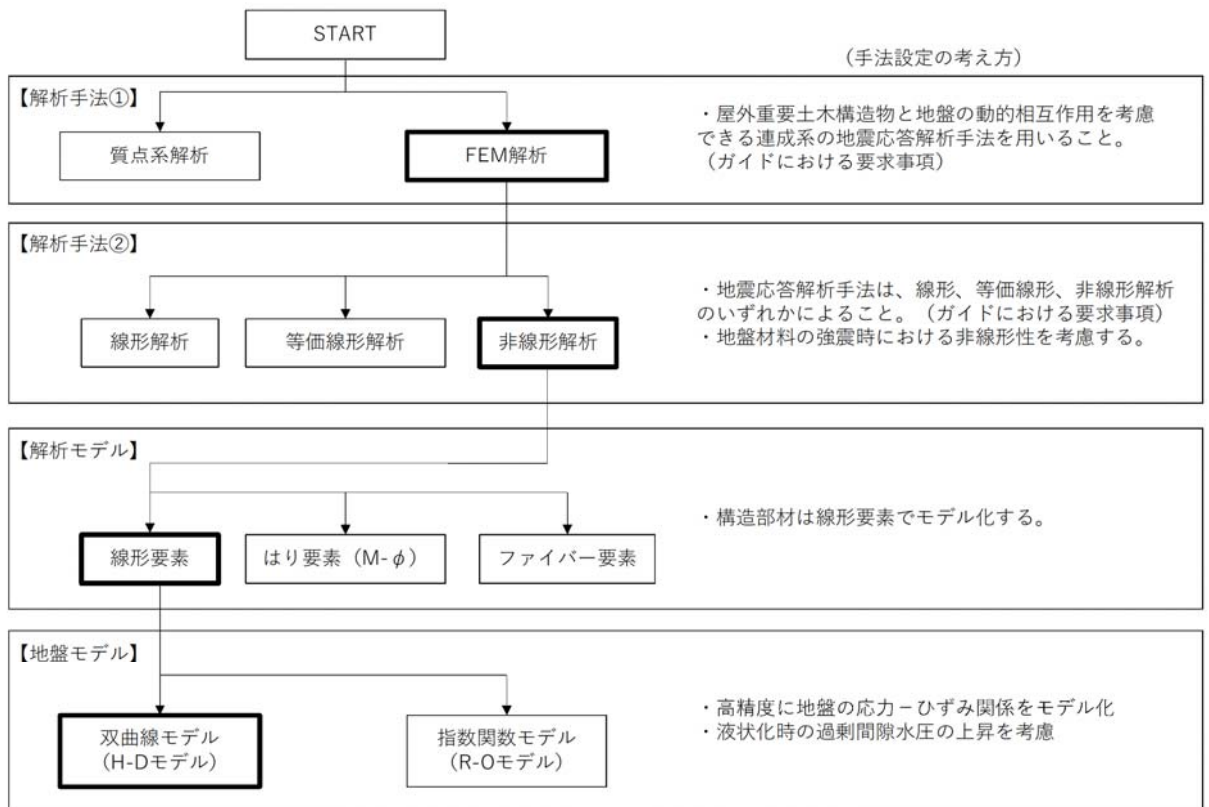


図 4.2-6 地震応答解析手法の選定フロー

4.2.8 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 4.2-7 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。

電源装置置場周辺の地質断面図を図 4.2-8 に示す。

なお、解析モデルの境界条件は、側面及び底面ともに粘性境界とする。

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

電源装置置場の地震応答解析モデルを図 4.2-9 に示す。

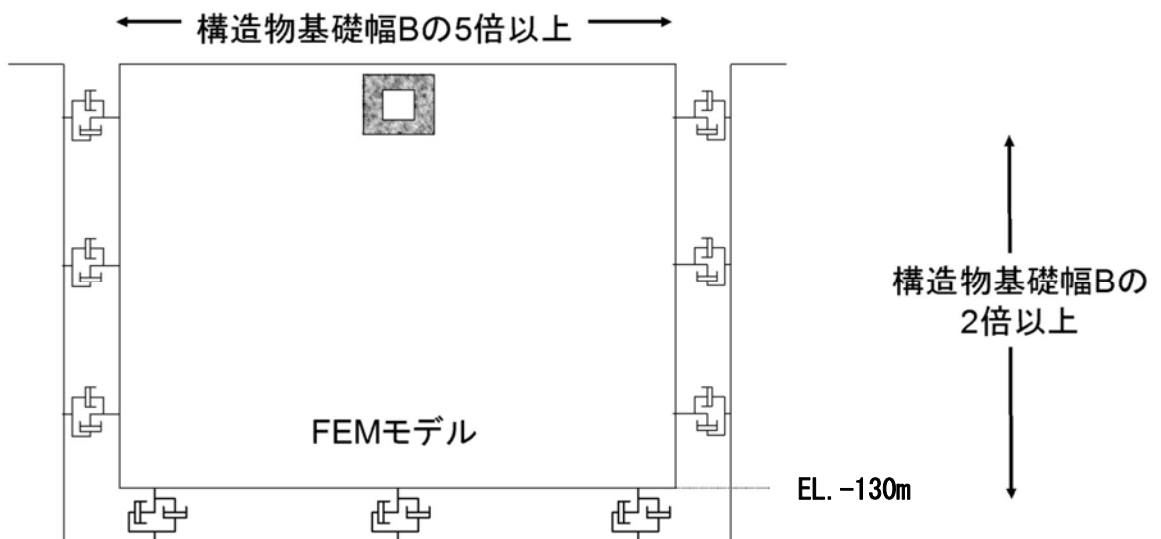


図 4.2-7 モデル範囲の考え方

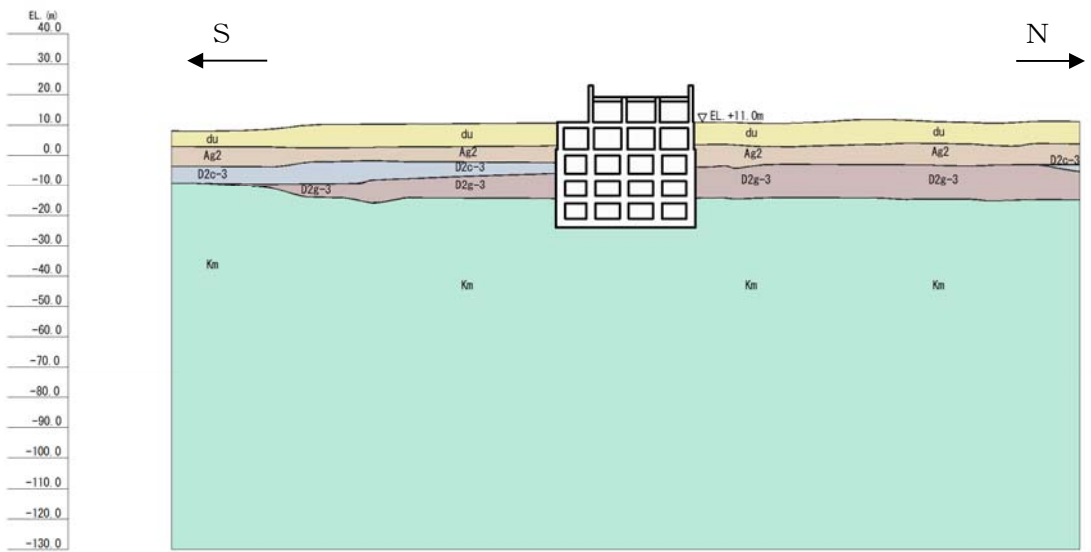


图 4.2-8 (1) 地質断面图 (南北方向⑤-⑤断面)

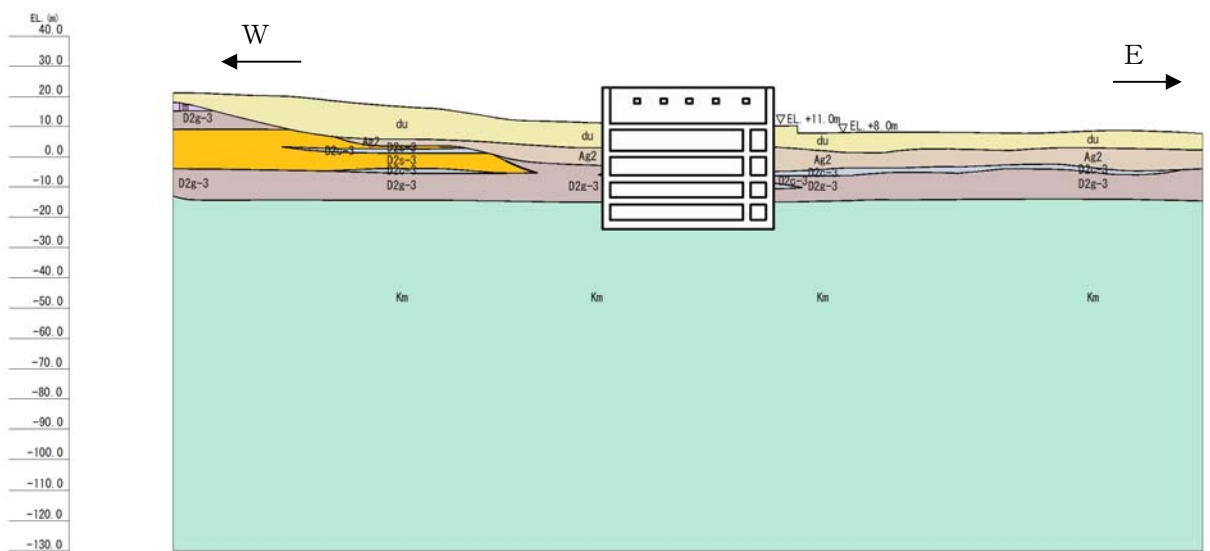


图 4.2-8 (2) 地質断面图 (東西方向断面)

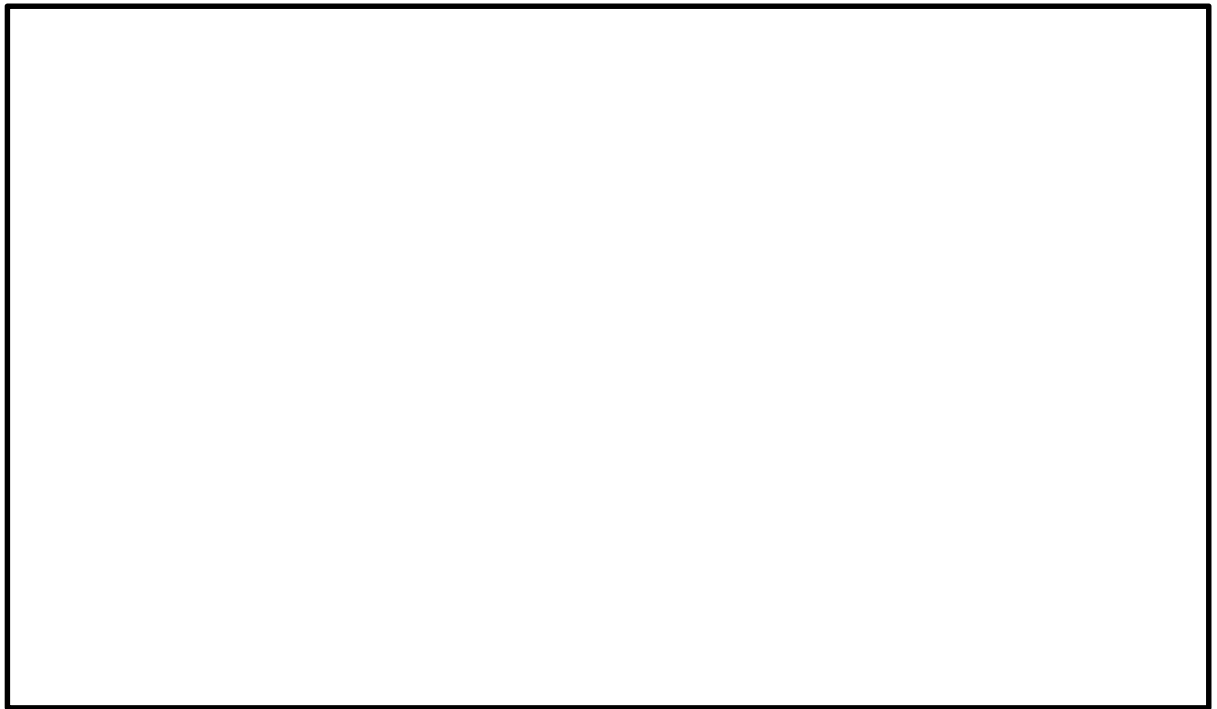


図 4.2-9 (1) 電源装置置場の地震応答解析モデル (南北方向⑤-⑤断面)

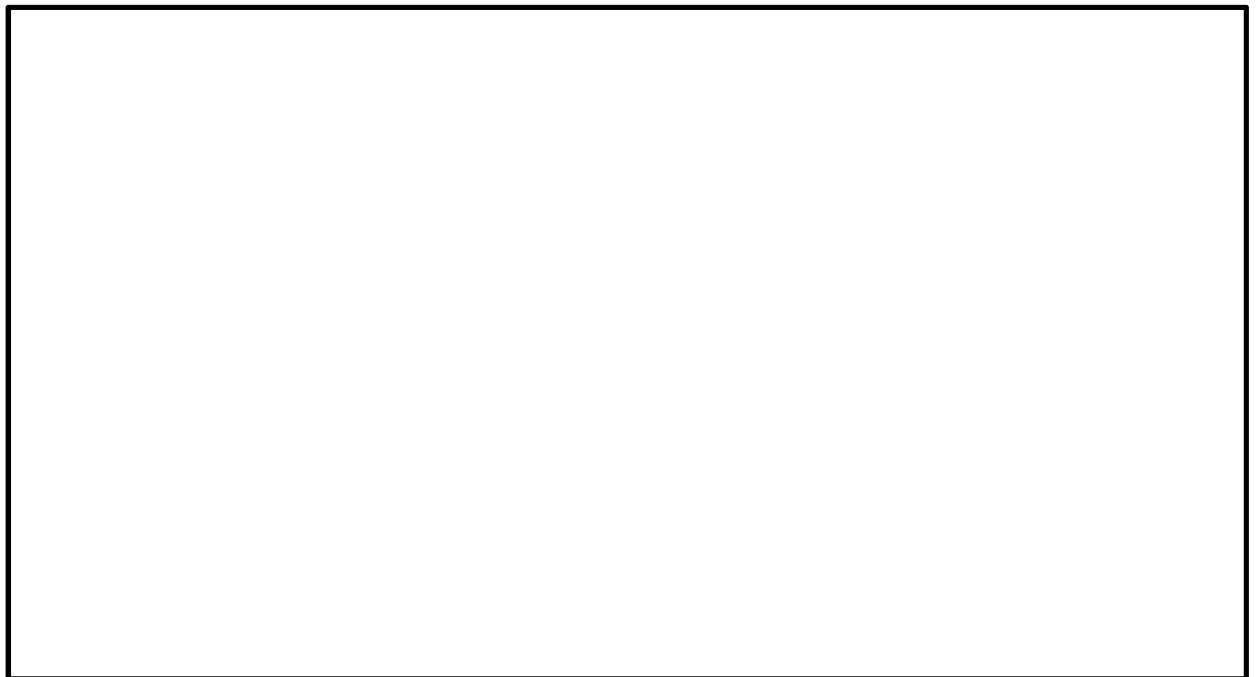


図 4.2-9 (2) 電源装置置場の地震応答解析モデル (東西方向断面)

(2) ジョイント要素の設定

構造物と地盤の境界部にジョイント要素を設けることにより、構造物と地盤の剥離・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、構造物と地盤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 4.2-6 参照)

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

ここで、

- τ_f : せん断強度
- c : 付着力
- ϕ : 内部摩擦角

表 4.2-6 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	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)

ジョイント要素に接する地盤材料の剛性と、ジョイント要素の剛性との比率が大きくなり過ぎる場合、非線形反復計算におけるジョイント要素の収束性が悪化して数値解析上の不安定現象を生じる。したがって、ジョイント要素のばね定数は、非線形反復計算におけるジョイント要素の収束性が悪化しないように定める。

ジョイント要素のせん断剛性 k_s 、圧縮剛性 k_n を次式により算定する。

a. せん断剛性 k_s

第四紀層に隣接するジョイント要素のせん断剛性 k_s は次式により算定する。

$$k_s(\sigma'_m) = G_{ma} \times \left(\frac{\sigma'_m}{\sigma'_{ma}} \right)^{0.5}$$

ここで、

- k_s : ジョイント要素のせん断剛性
- σ'_m : ジョイント要素に隣接する地盤要素の平均有効主応力

- G_{ma} : 表 4.2-5 に示す基準初期せん断剛性
 σ'_{ma} : 表 4.2-5 に示す基準平均有効主応力

新第三系 Km 層に隣接するジョイント要素のせん断剛性 k_s は次式により算定する。

$$k_s(z) = \rho(z) \times \{V_s(z)\}^2$$

ここで、

- $\rho(z)$: 地盤の標高 z における密度 (t/m³)
 $V_s(z)$: 標高 z におけるせん断波速度 (m/s)
 z : 標高 (m)

b. 圧縮剛性 k_n

第四紀層に隣接するジョイント要素の圧縮剛性 k_n は次式により算定する。

$$k_n(\sigma'_m) = \frac{2 \times \left\{ G_{ma} \times \left(\frac{\sigma'_m}{\sigma'_{ma}} \right)^{0.5} \right\} \times v_{CD}}{1 - 2 \times v_{CD}} + 2 \times G_{ma} \times \left(\frac{\sigma'_m}{\sigma'_{ma}} \right)^{0.5}$$

ここで、

- k_n : ジョイント要素の圧縮剛性
 v_{CD} : 土骨格のポアソン比 (静ポアソン比)

新第三系 Km 層に隣接するジョイント要素の圧縮剛性 k_n は次式により算定する。

$$k_n(z) = \frac{2 \times \left[\rho(z) \times \{V_s(z)\}^2 \right] \times v_{CD}(z)}{1 - 2 \times v_{CD}(z)} + 2 \times \rho(z) \times \{V_s(z)\}^2$$

ここで、

- $v_{CD}(z)$: 標高 z での土骨格のポアソン比 (静ポアソン比)

図 4.2-10 にジョイント要素設定の考え方を示す。



(南北方向⑤-⑤断面)

(東西方向断面)

— : ジョイント要素

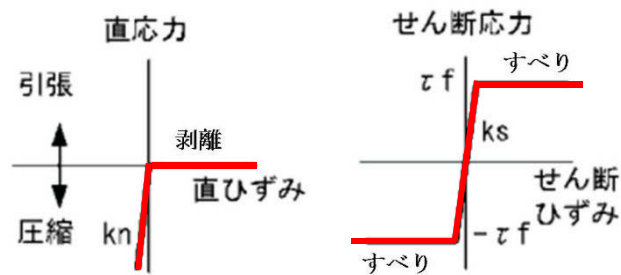


図 4.2-10 ジョイント要素の考え方

(3) 材料特性の設定

南北方向⑤-⑤断面については、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。

東西方向断面については、鉄筋コンクリートのスラブ部材等は線形はり要素を用いてモデル化し、耐震壁の効果を見込む側壁及び隔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。

構造部材は、線形はり要素によりモデル化する。

4.2.9 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、土木学会マニュアルに従いRayleigh減衰を $\alpha=0$ となる剛性比例型減衰とする。材料ごとに減衰を設定するために要素剛性比例型としている。

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

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

減衰定数については、コンクリート5%（J E A G 4 6 0 1 -1987 記載）、地盤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。

図4.2-11にRayleigh減衰の設定フローを、表4.2-7に固有値解析結果を示す。

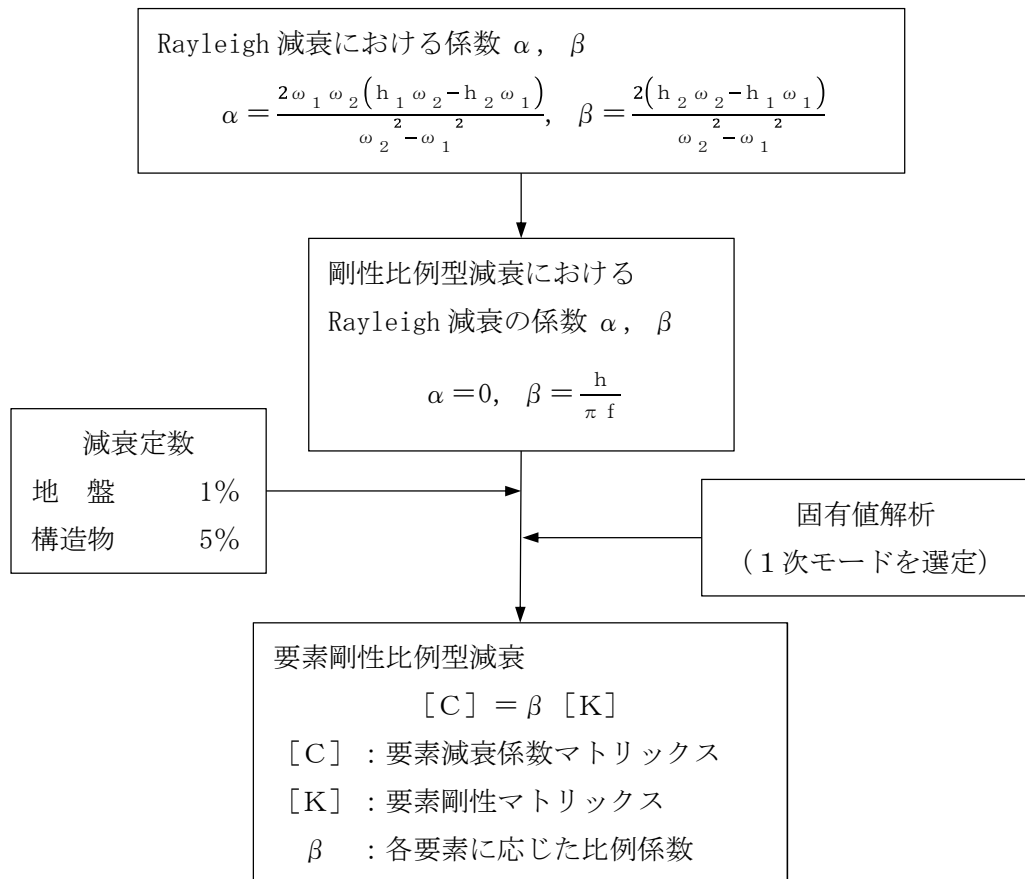


図 4.2-11 Rayleigh 減衰の設定フロー

表 4.2-7 固有値解析結果 (追而)

4.2.10 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。

風荷重以外の変動荷重（温度荷重）については、発電所の立地特性を考慮すると、構造物に与える影響は軽微であると判断し、地震力と組み合わせる荷重としては除外した。

なお、電源装置置場は、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 4.2-8 に示す。

地震時に電源装置置場に作用する機器・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 4.2-8 荷重の組合せ

種別		荷重		算定方法
永久荷重	常時考慮荷重	躯体自重	○	・設計図書に基づいて、対象構造物の体積に材料の密度を乗じて設定
		機器・配管自重	○	・機器・配管の重さに基づいて設定
		土被り荷重	○	・常時応力解析により設定
		永久上載荷重	—	・恒常的に配置された設備等はないことから、考慮しない
	静止土圧		○	・常時応力解析により設定
	外水圧		○	・地下水位に応じた静水圧として設定 ・地下水の密度を考慮
	内水圧		○	・貯水槽の水位に応じた静水圧として考慮 ・淡水の密度を考慮
	雪荷重		○	・雪荷重を考慮
変動荷重	風荷重以外		—	・風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）と組み合わせるべき変動荷重はない
	風荷重		○	・風荷重を考慮*
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 ・躯体、機器・配管の慣性力、動土圧を考慮	
	鉛直地震動	○		
	動水圧	○	・水位条件、密度は、永久荷重と同様	

*： 風荷重の影響は最も厳しい照査結果の地震波に対して別途検討する。

(1) 機器・配管荷重

a. 南北方向⑤-⑤断面

図 4.2-12 に⑤-⑤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。

EL. +11.0 m レベルには、常設代替高圧電源装置及びシンダーコンクリート荷重として 17.13 t/m を考慮する。

地下 1F の区画 1 の床面については、単位奥行き当たりで最も重い機器・配管荷重 4.00 t/m を考慮する。

地下 1F の区画 2 及び区画 3 の床面については、単位奥行き当たりで最も重い機器・配管荷重及び仕切壁の質量としてそれぞれ 3.50 t/m² 及び 3.92 t/m² を考慮する。

地下 1F の区画 4 には軽油貯蔵タンクが設置される。軽油貯蔵タンク及び中詰砂については、鉛直動による単位奥行き当たり質量として床面に 10.46 t/m² を、水平動による単位奥行き当たり質量として左右の壁に 5.98 t/m² ずつを作用させる。

地下 3F の床面については、単位奥行き当たりで最も重い機器・配管荷重として 0.10 t/m を考慮する。

その他、配管等が設置される壁及び天井については、単位奥行き当たりの配管荷重を作用させる。

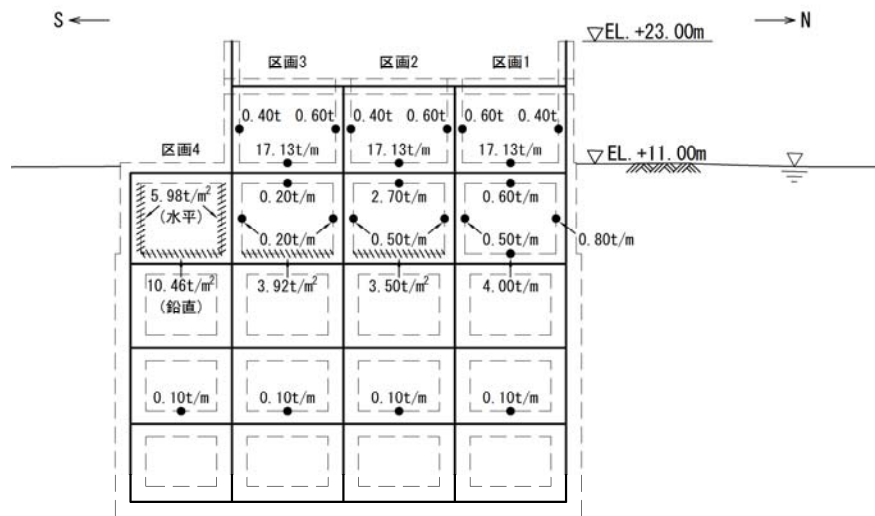


図 4.2-12 機器・配管荷重図 (南北方向⑤-⑤断面)

b. 東西方向断面

図 4.2-13 に東西方向断面における機器・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。

EL. +11.0 m レベルには, 常設代替高圧電源装置, シンダーコンクリート荷重及び全機器・配管荷重として 0.66 t/m^2 を考慮する。

地下 1F の床面については, 単位奥行き当たりの軽油貯蔵タンク, 仕切壁及び全機器・配管荷重として 2.20 t/m^2 を考慮する。

最下階の床面については, 単位奥行き当たりの全機器・配管荷重として 0.35 t/m を考慮する。

縦穴の壁については, 単位奥行き当たりの仕切壁及び全機器・配管荷重を考慮する。

その他, 配管等が設置される壁及び天井については, 単位奥行き当たりの配管荷重を作用させる。

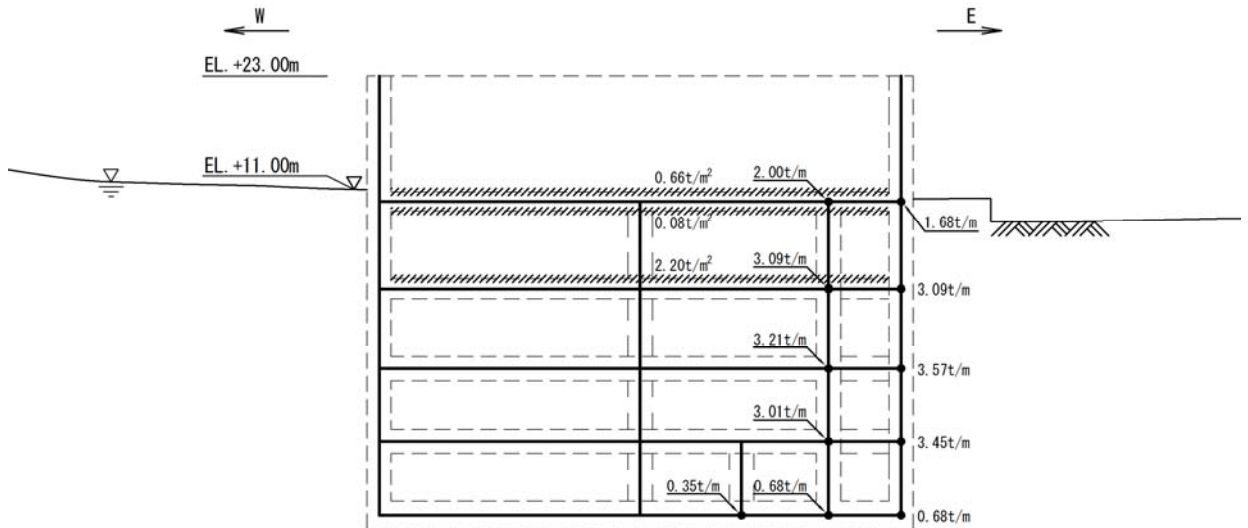


図 4.2-13 機器・配管荷重図 (東西方向断面)

(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) 内水圧

電源装置置場の最下階には西側淡水貯水設備が設置されるため, EL. -16.00 m を静水面とした静水圧を内水圧として設定する。設定の際は淡水の密度として, 1.00 g/cm^3 を考慮する。

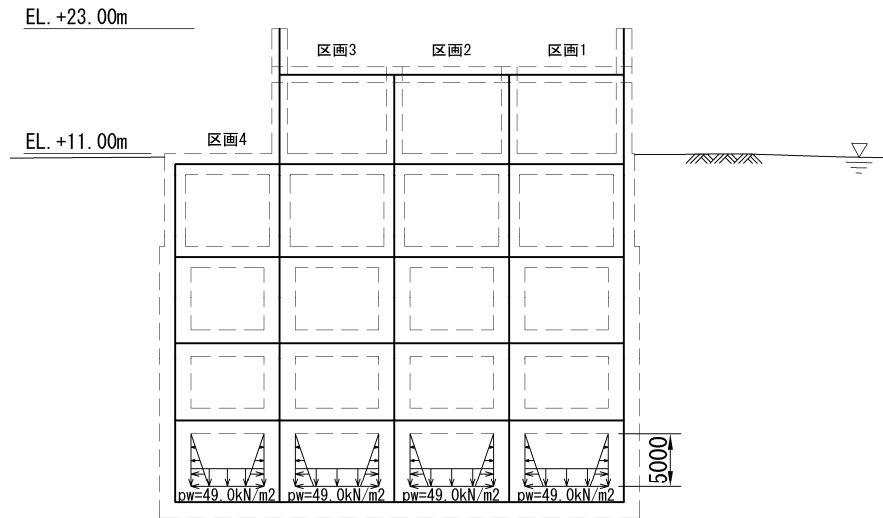


図 4.2-14 (1) 内水圧図 (南北方向⑤-⑤断面)

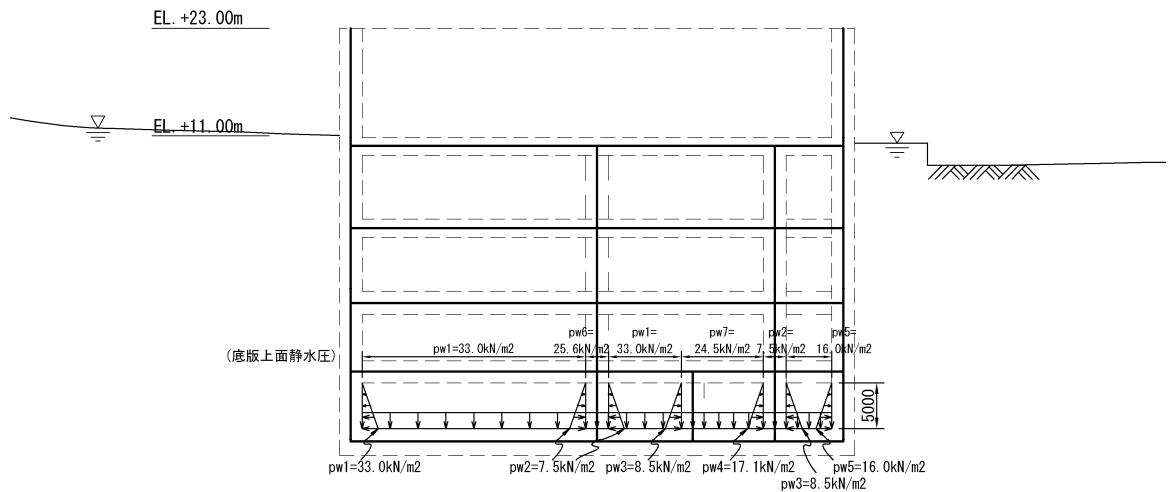


図 4.2-14 (2) 内水圧図 (東西方向断面)

(4) 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。

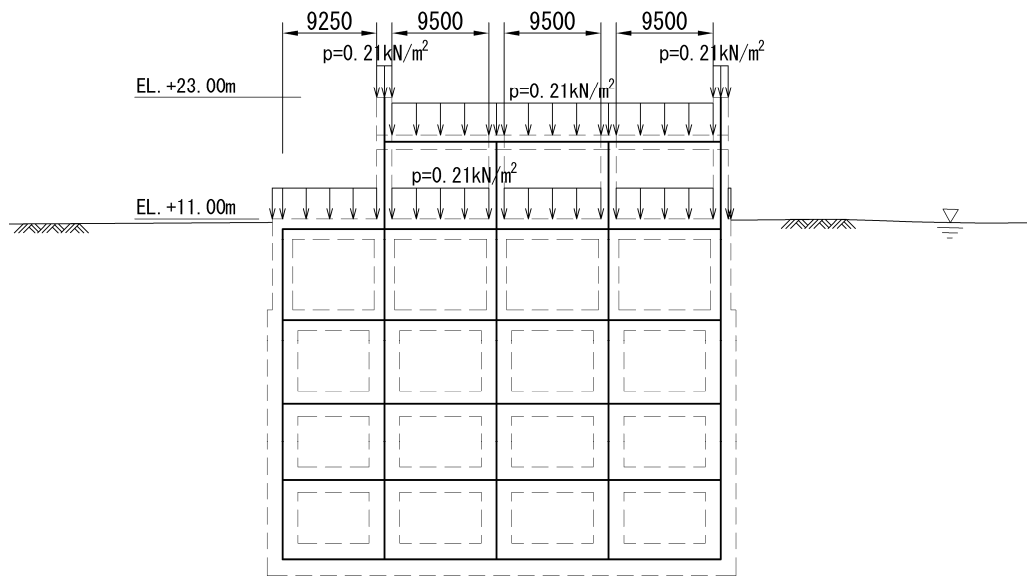


図 4.2-15 (1) 雪荷重図 (南北方向⑤-⑤断面)

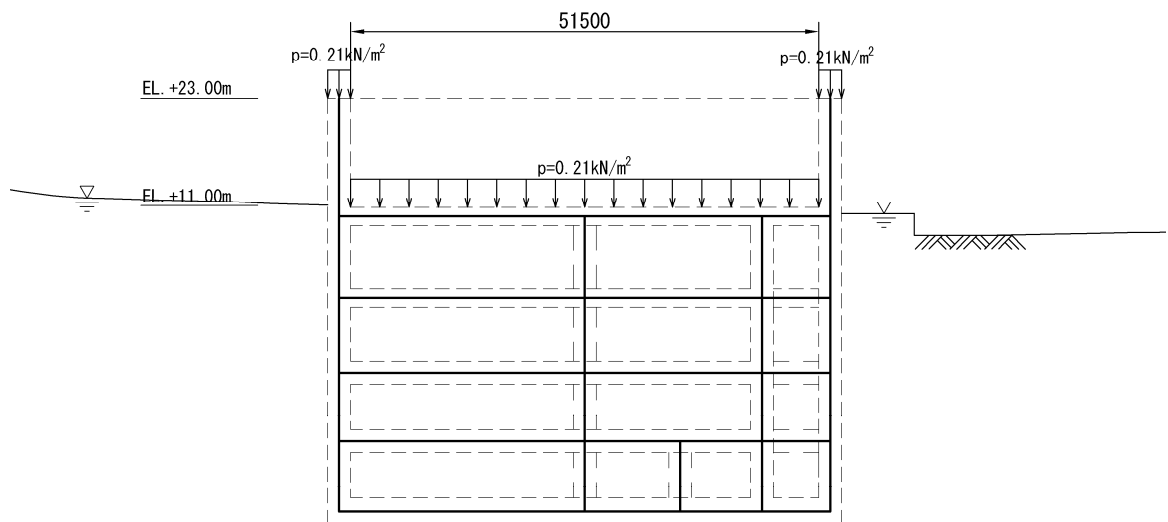


図 4.2-15 (2) 雪荷重図 (東西方向断面)

(5) 動水圧

電源装置置場の最下階には西側淡水貯水設備が設置されるため、EL. -16.00 m を水面とした動水圧を付加質量として設定し、地震時の影響を考慮する。設定の際は淡水の密度として、 1.00 g/cm^3 を考慮する。

なお、付加質量を設定する際は、水平動による動水圧は左右の壁に半分ずつ等しく作用させ、鉛直動による動水圧は上下のスラブに半分ずつ等しく作用させるものとする。

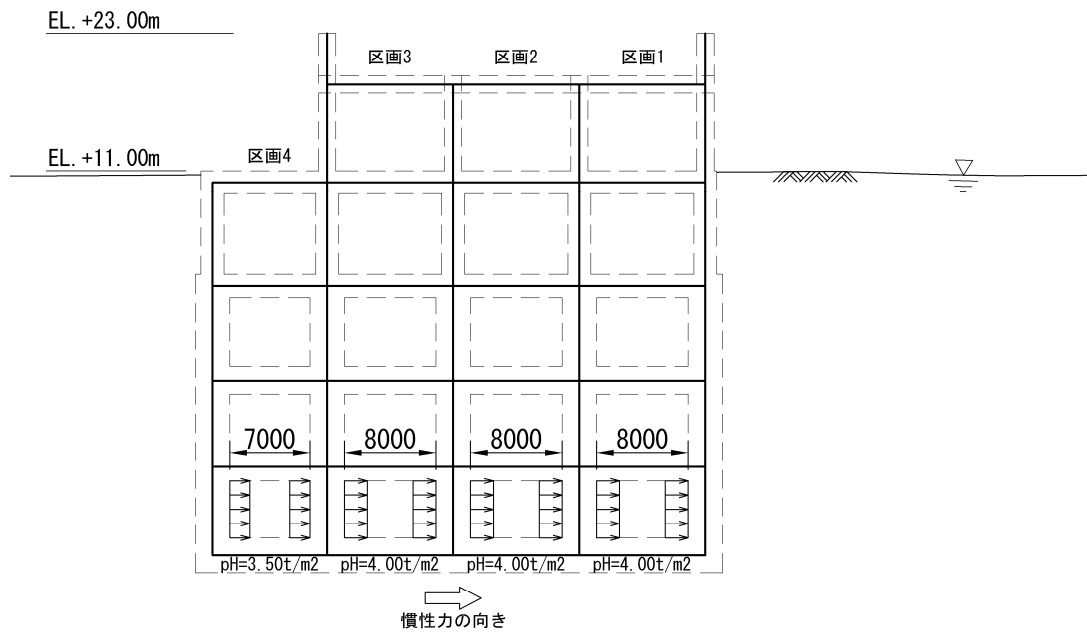


図 4.2-16 (1) 水平動による動水圧図 (南北方向⑤-⑤断面)

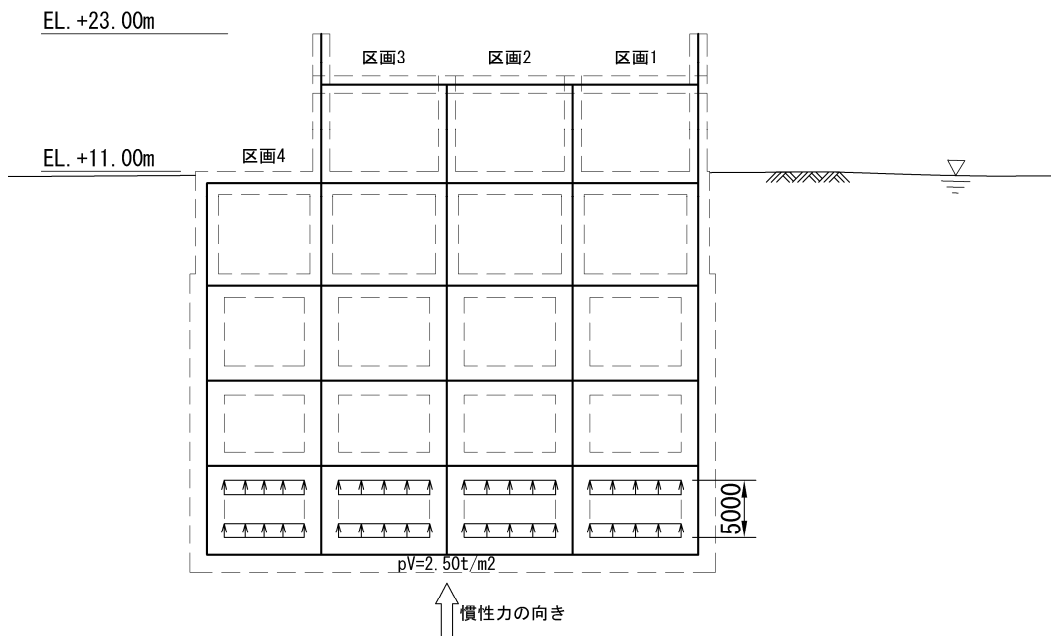


図 4.2-16 (2) 鉛直動による動水圧図 (南北方向⑤-⑤断面)

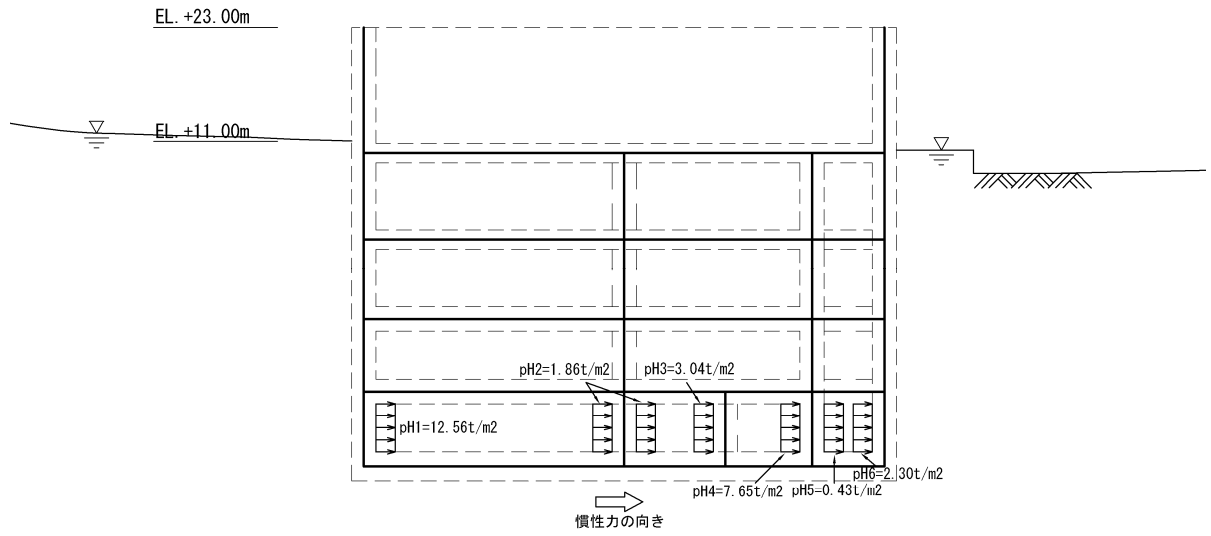


図 4.2-16 (3) 水平動による動水圧図 (東西方向断面)

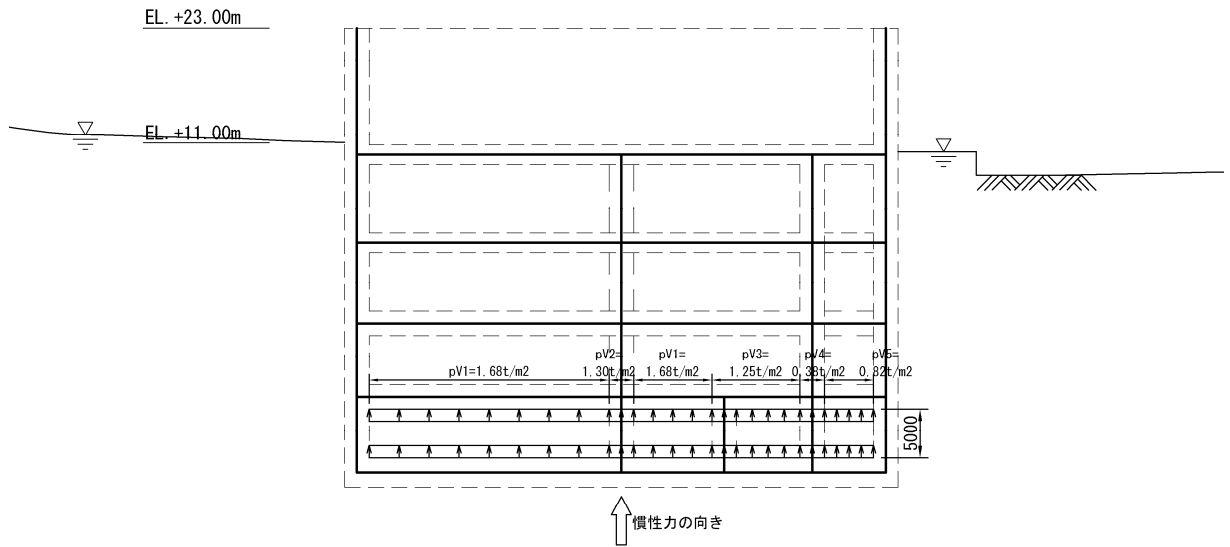


図 4.2-16 (4) 鉛直動による動水圧図 (東西方向断面)

4.2.11 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 4.2-9 に示す。

表 4.2-9 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 4.2-10 に示す。

表 4.2-10 機器・配管系への加速度応答の抽出における検討ケース

検討ケース		④ 地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース	⑤ 原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース	⑥ 地盤物性のばらつきを考慮 (+1σ) して非液状化の条件を仮定した解析ケース	
液状化強度特性の設定		敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく液状化強度特性	液状化パラメータを非適用	液状化パラメータを非適用	
地震波 (位相)	S _s -D 1	(++)	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		1	12	1	

4.3 評価内容

4.3.1 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 4.3-1 に入力地震動算定の概念図を、図 4.3-2 に基準地震動 S_s 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。

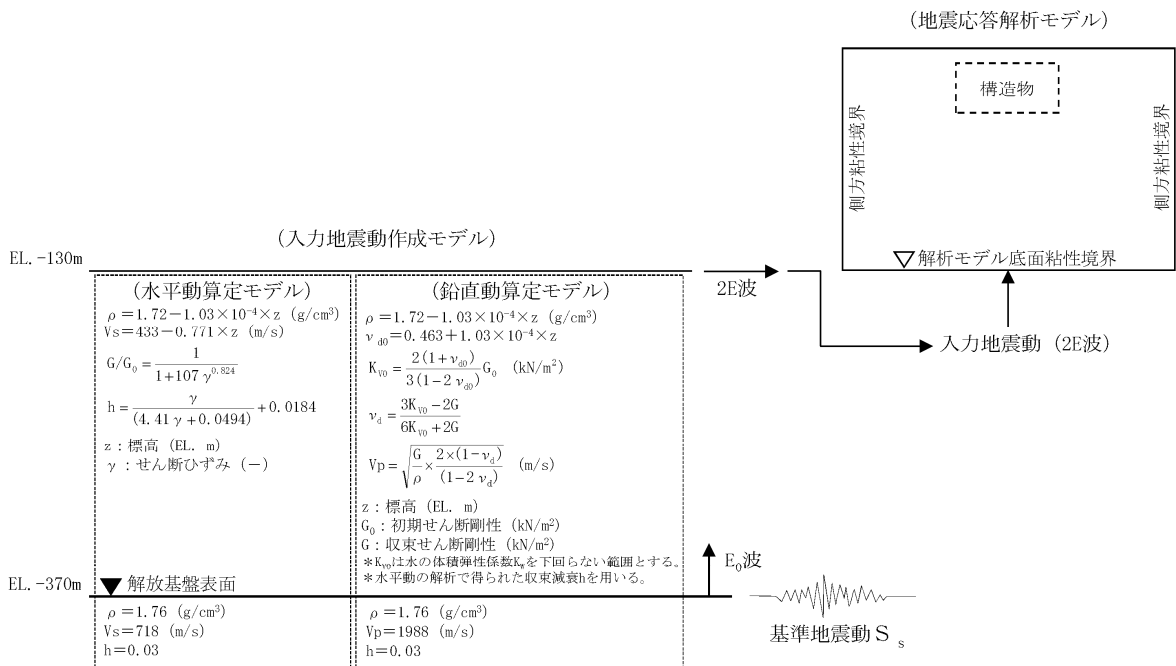
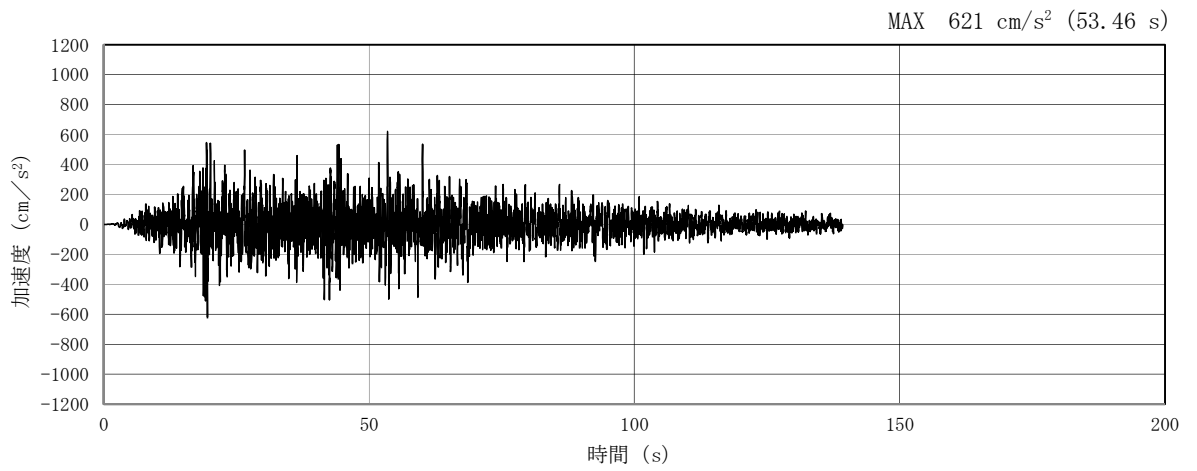
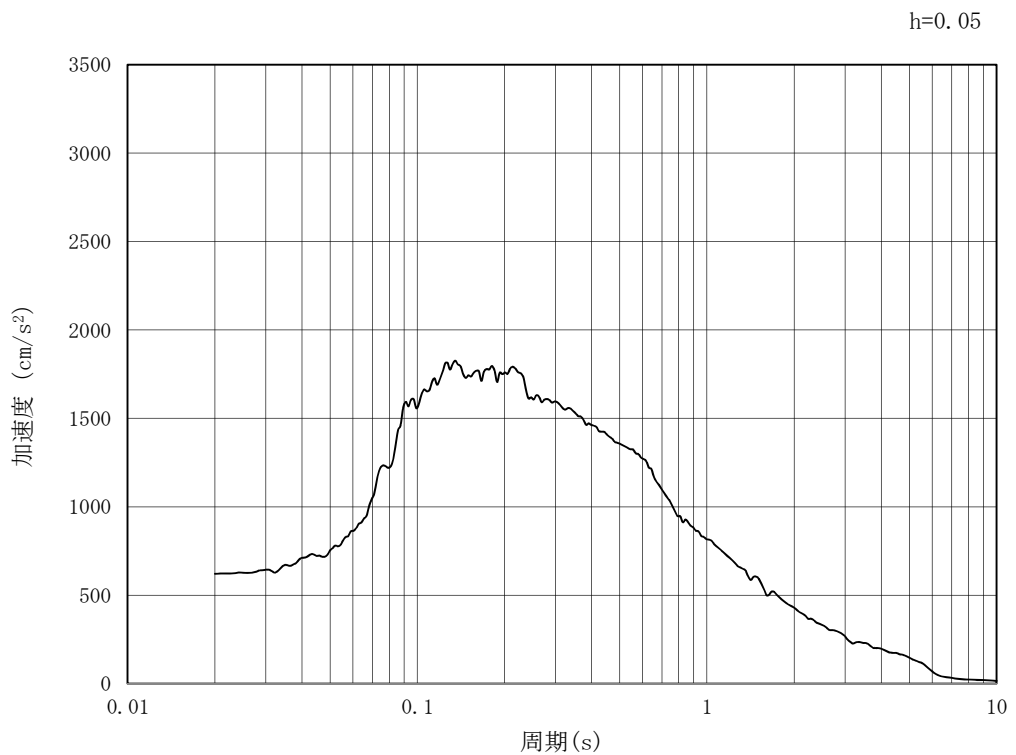


図 4.3-1 入力地震動算定の概念図

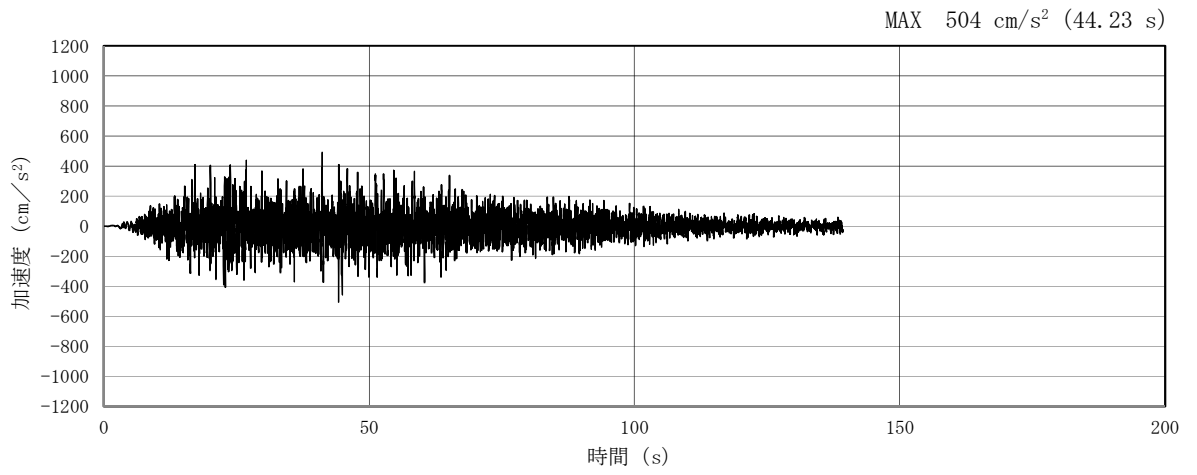


(a) 加速度時刻歴波形

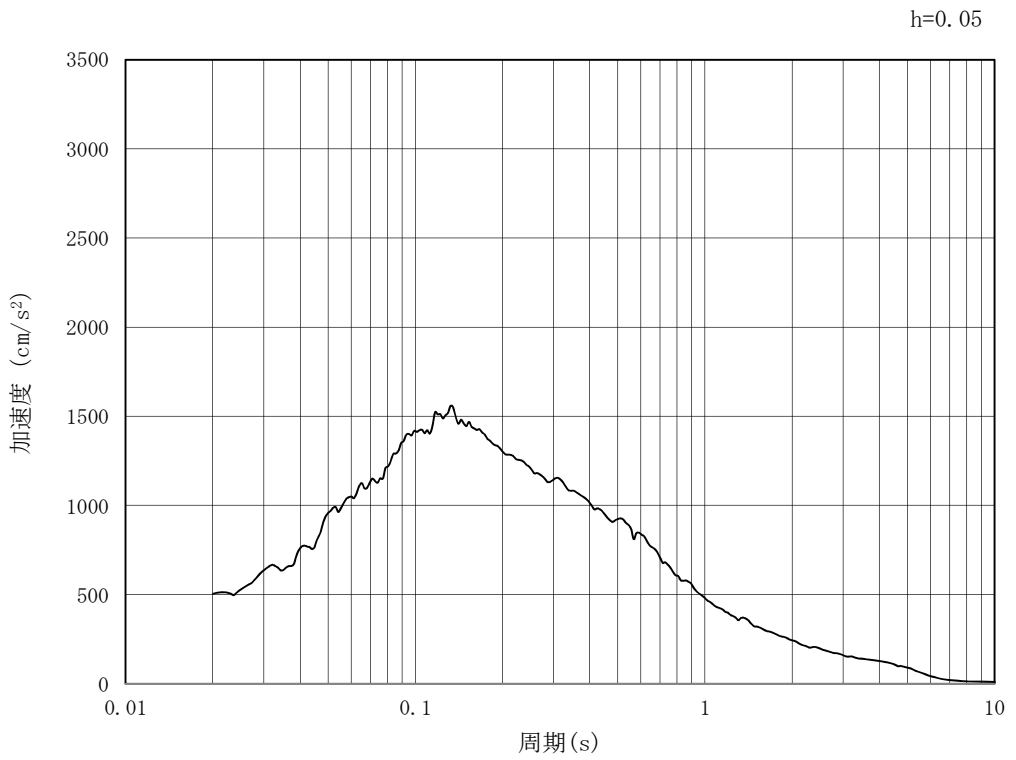


(b) 加速度応答スペクトル

図 4.3-2 (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 : $S_s - D 1$)

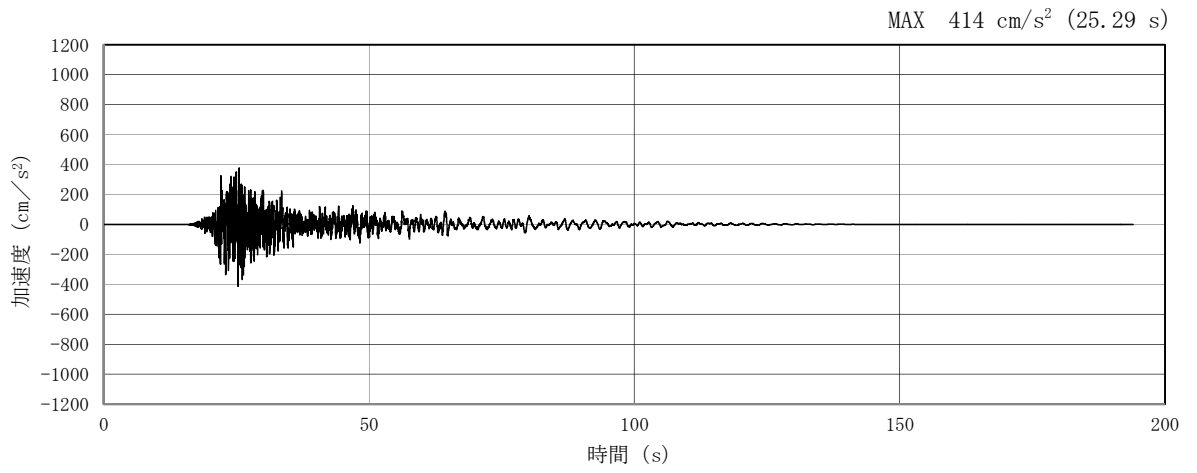


(a) 加速度時刻歴波形

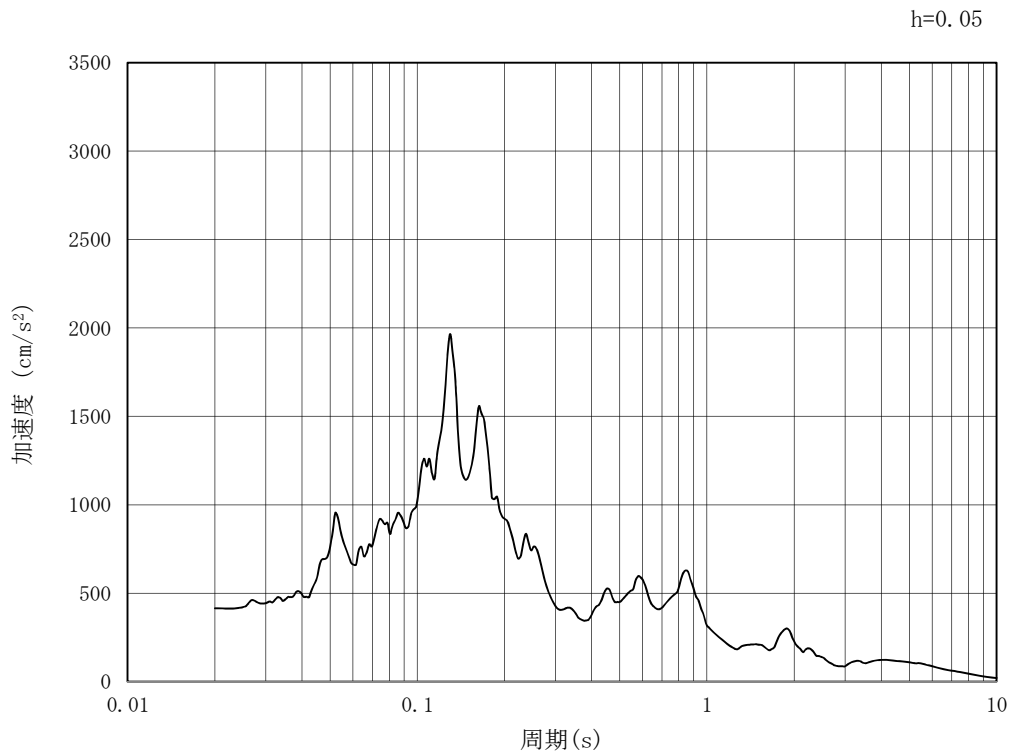


(b) 加速度応答スペクトル

図 4.3-2 (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)

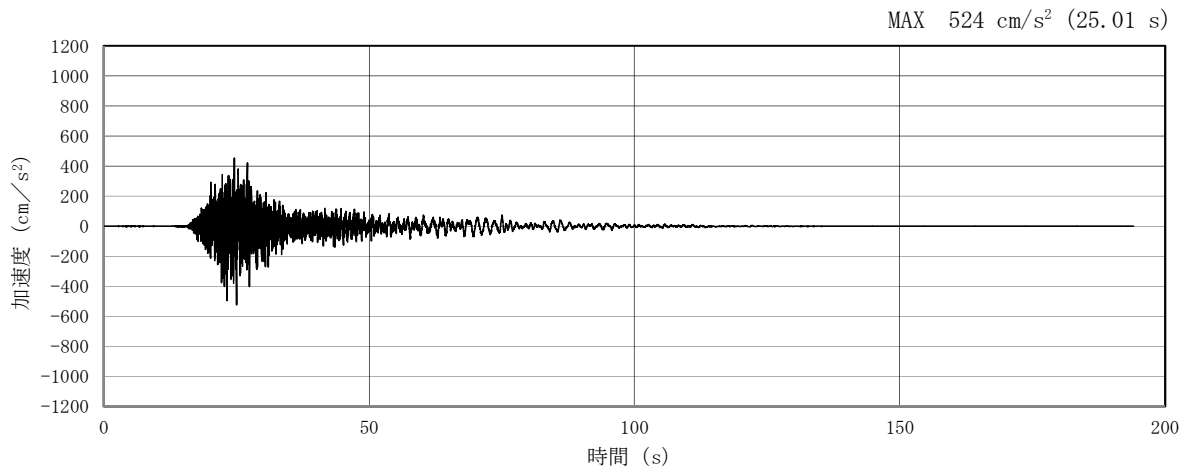


(a) 加速度時刻歴波形

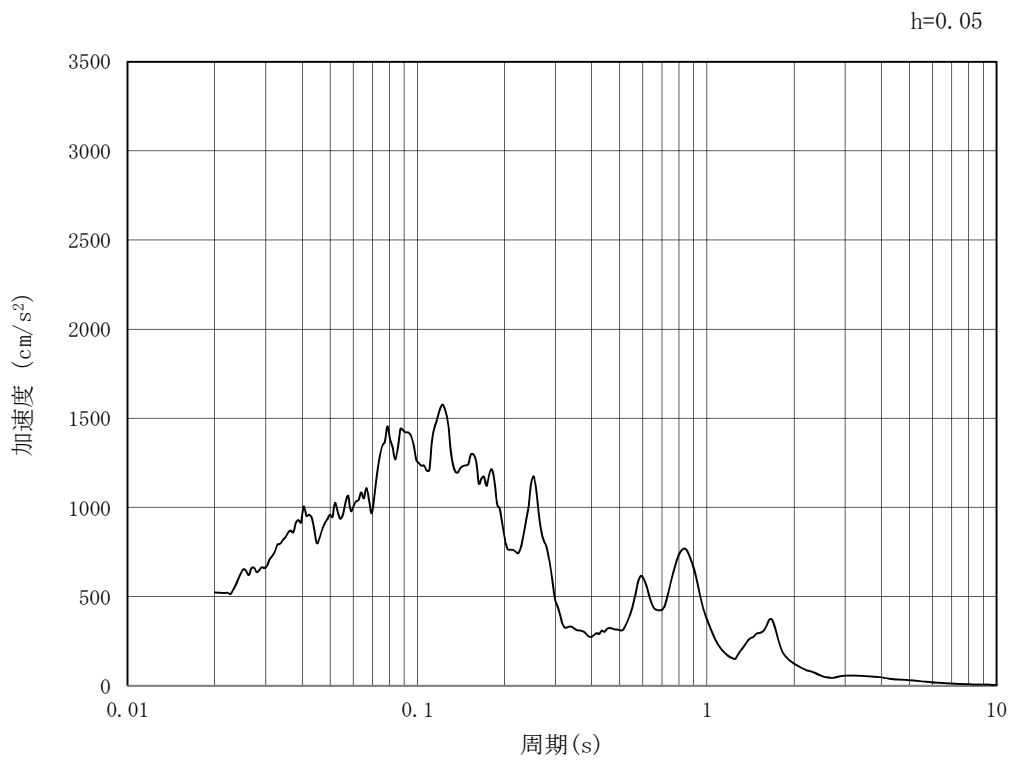


(b) 加速度応答スペクトル

図 4.3-2 (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 : $S_s - 11$)

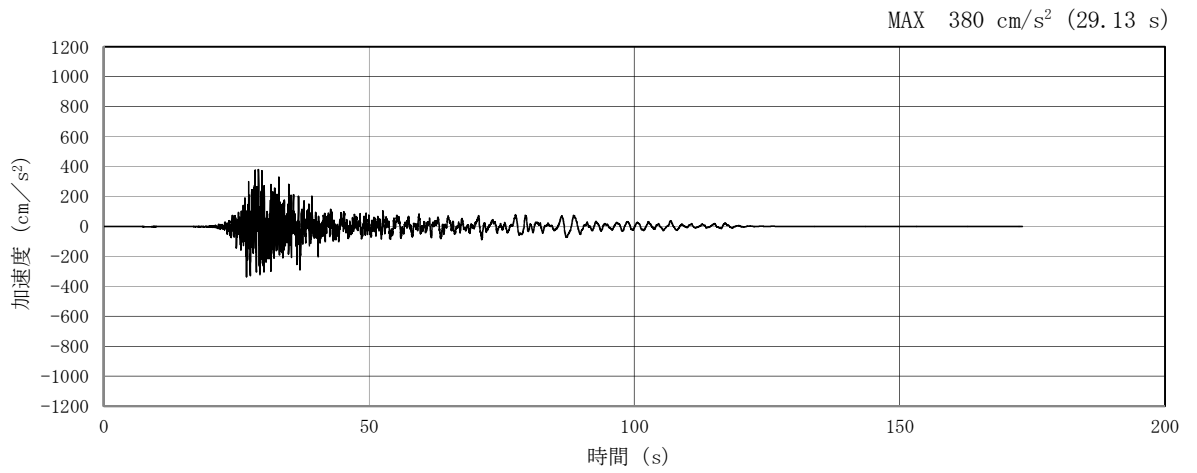


(a) 加速度時刻歴波形

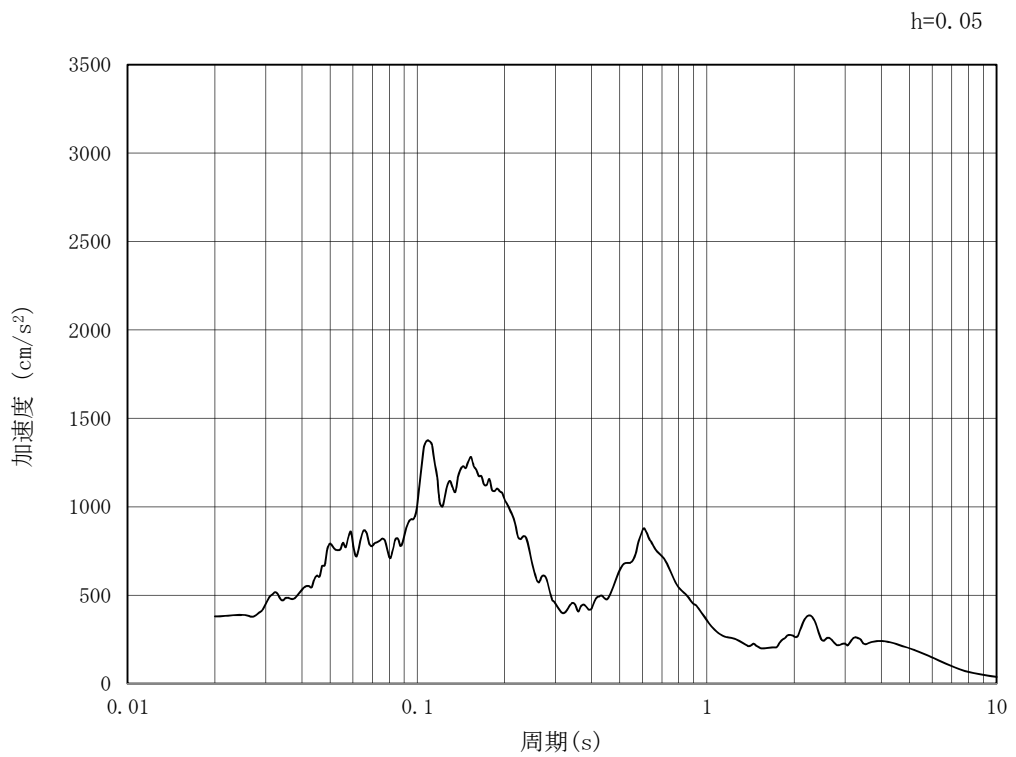


(b) 加速度応答スペクトル

図 4.3-2 (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 : $S_s - 1.1$)

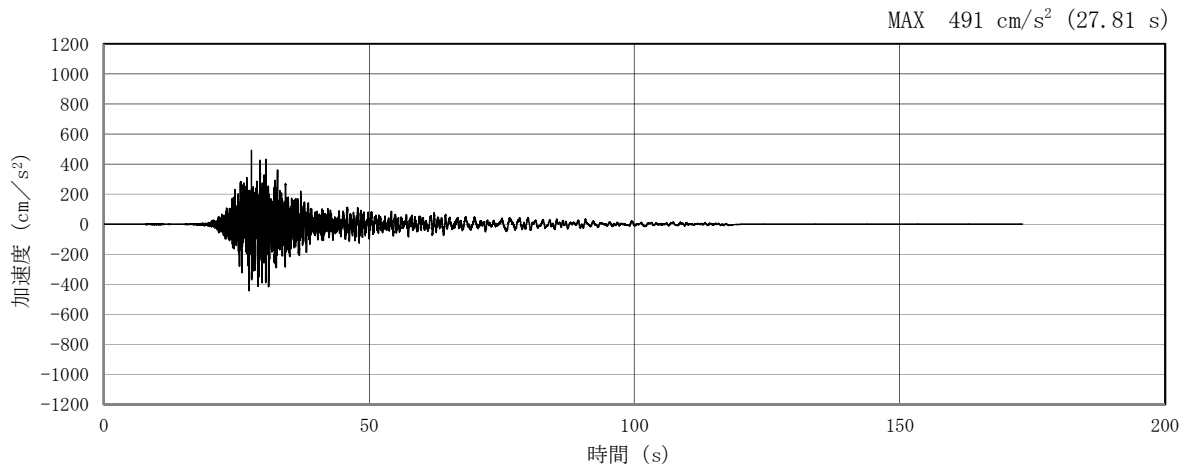


(a) 加速度時刻歴波形

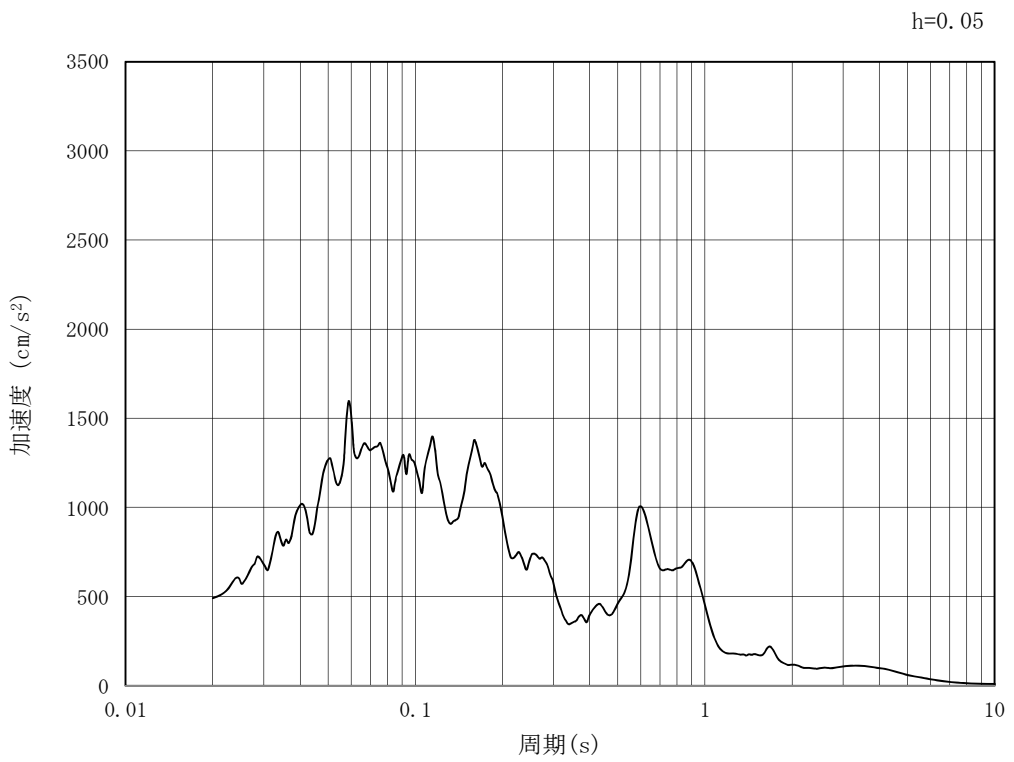


(b) 加速度応答スペクトル

図 4.3-2 (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 : $S_s - 1.2$)

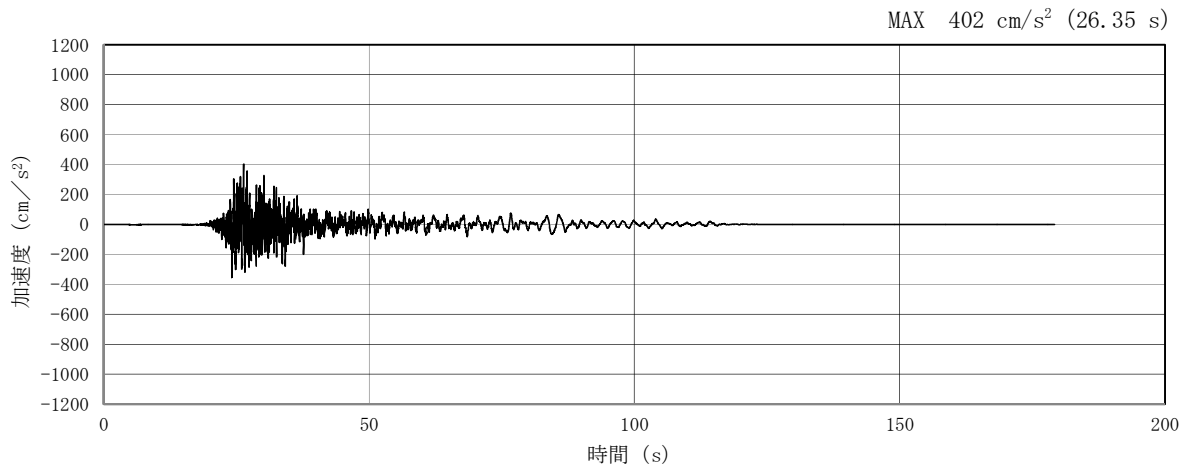


(a) 加速度時刻歴波形

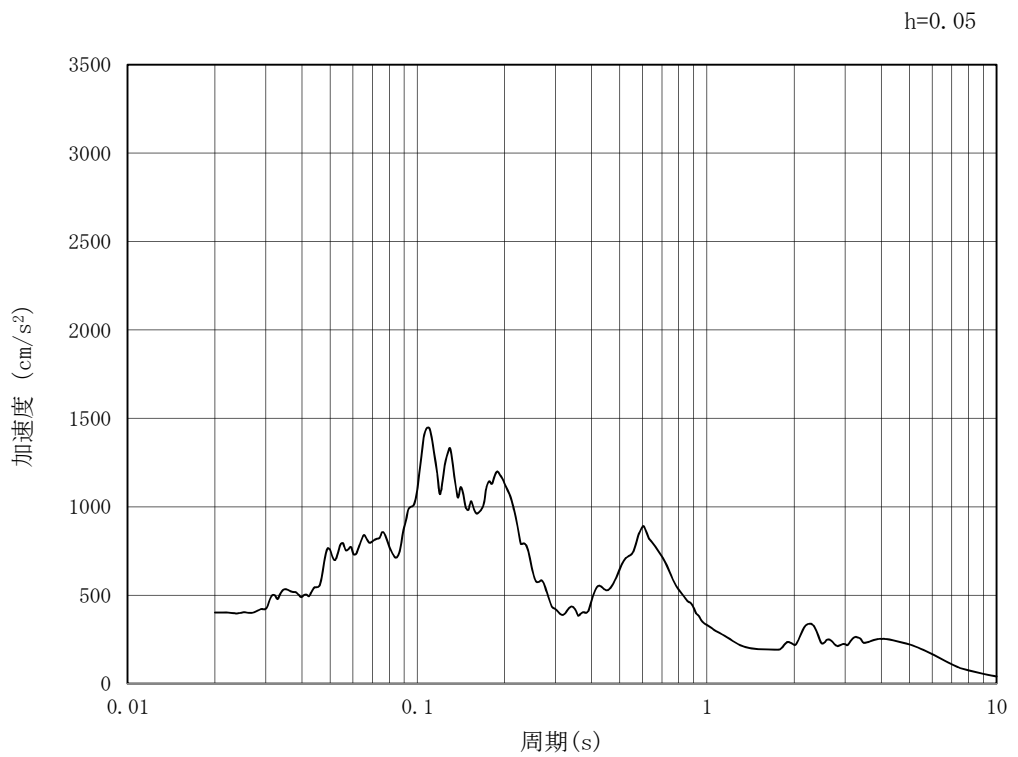


(b) 加速度応答スペクトル

図 4.3-2 (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 : $S_s - 1.2$)

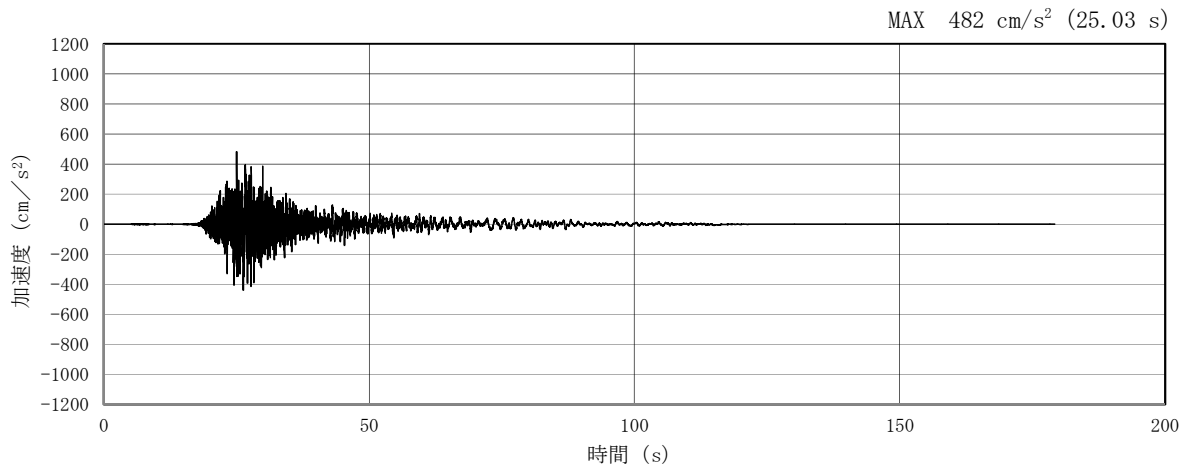


(a) 加速度時刻歴波形

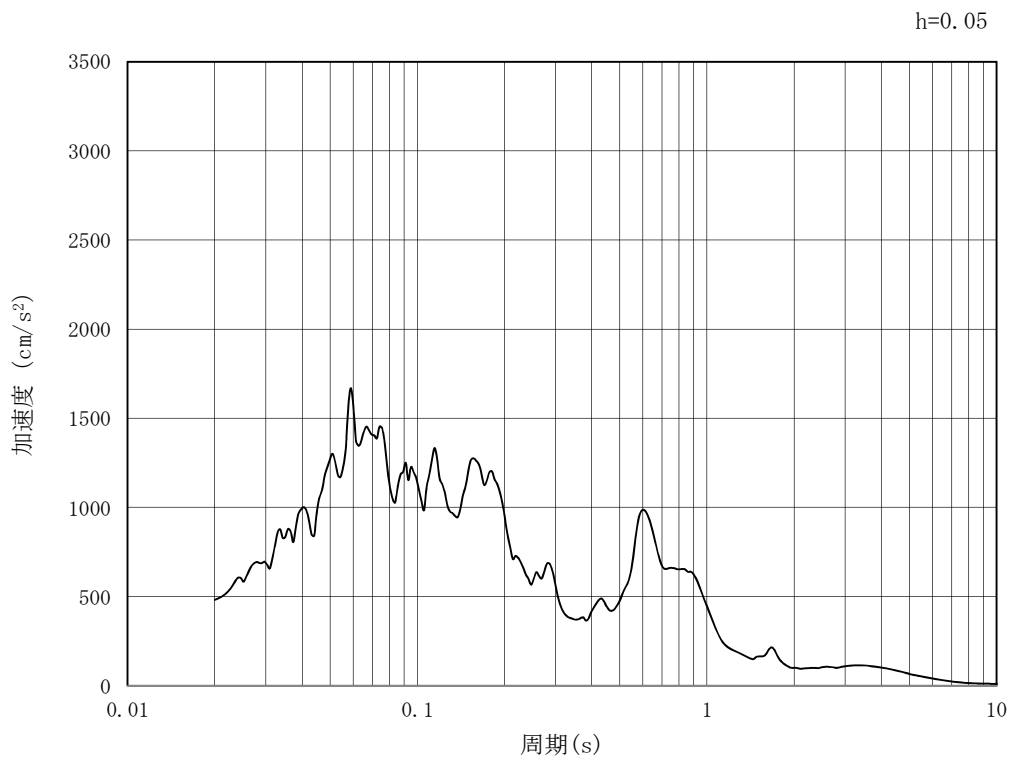


(b) 加速度応答スペクトル

図 4.3-2 (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 : $S_s - 1.3$)

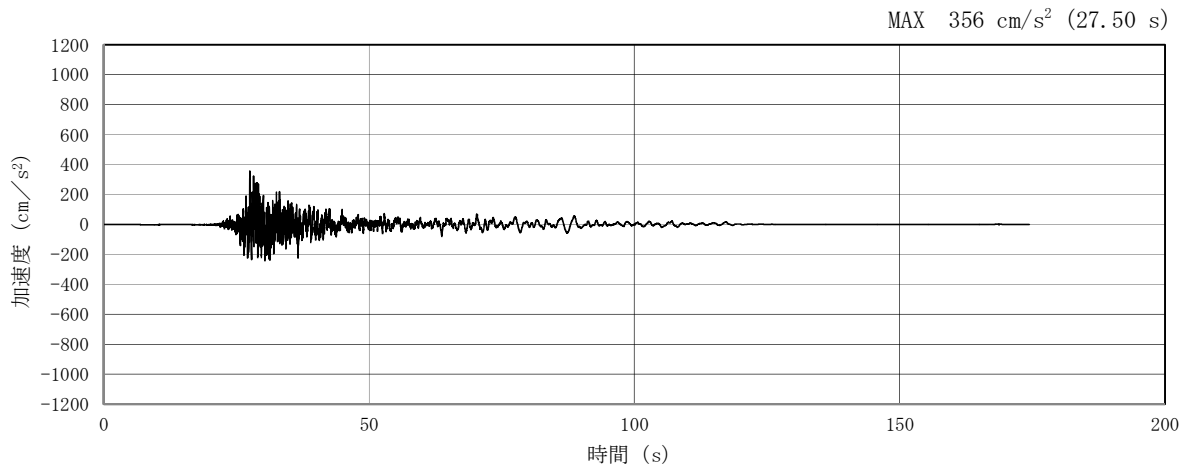


(a) 加速度時刻歴波形

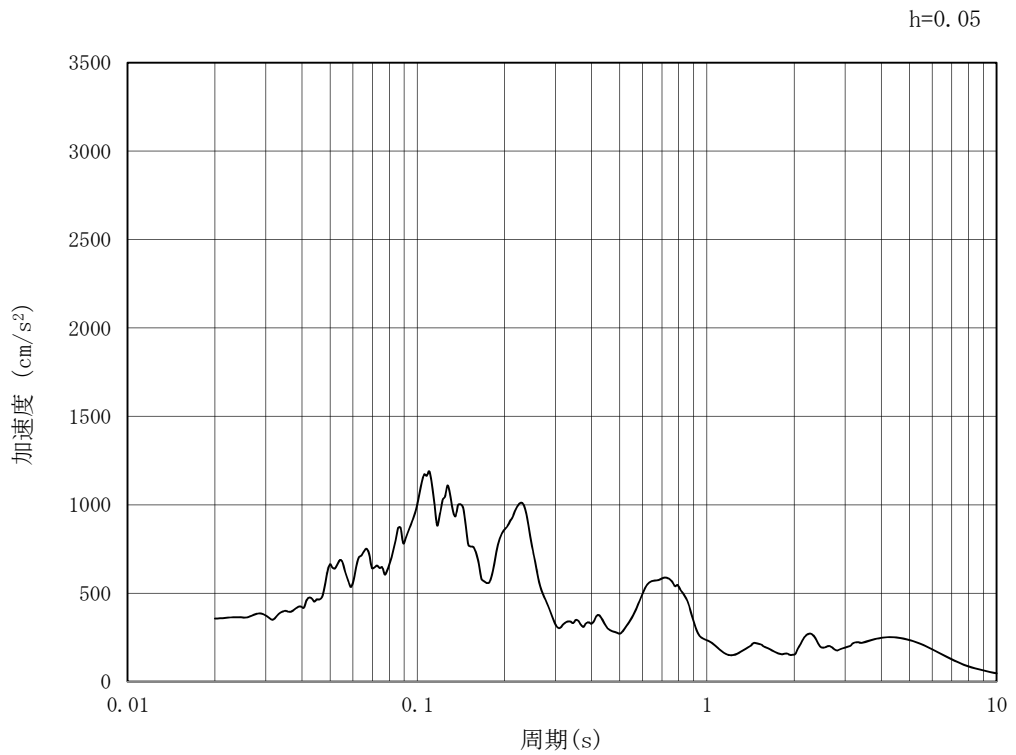


(b) 加速度応答スペクトル

図 4.3-2 (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 : $S_s - 1.3$)

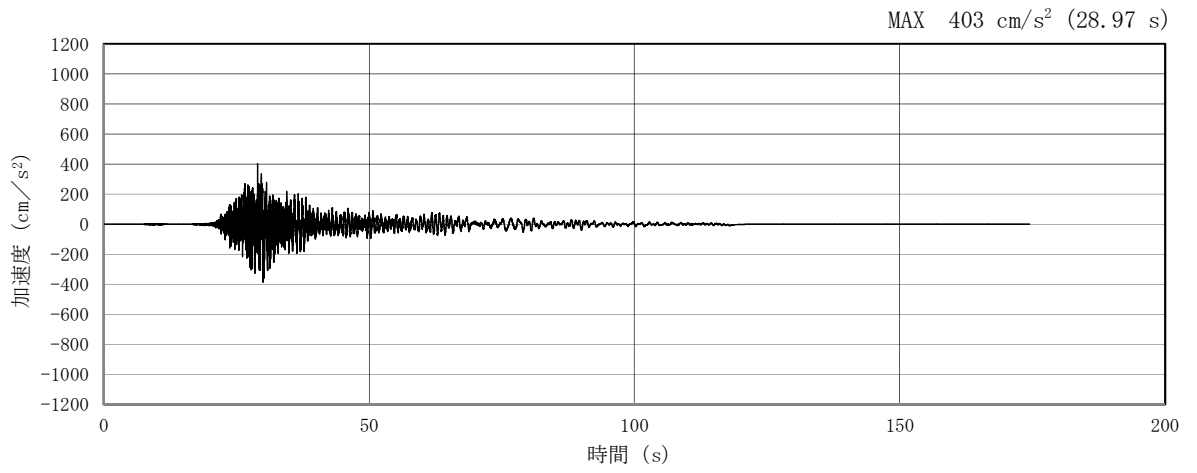


(a) 加速度時刻歴波形

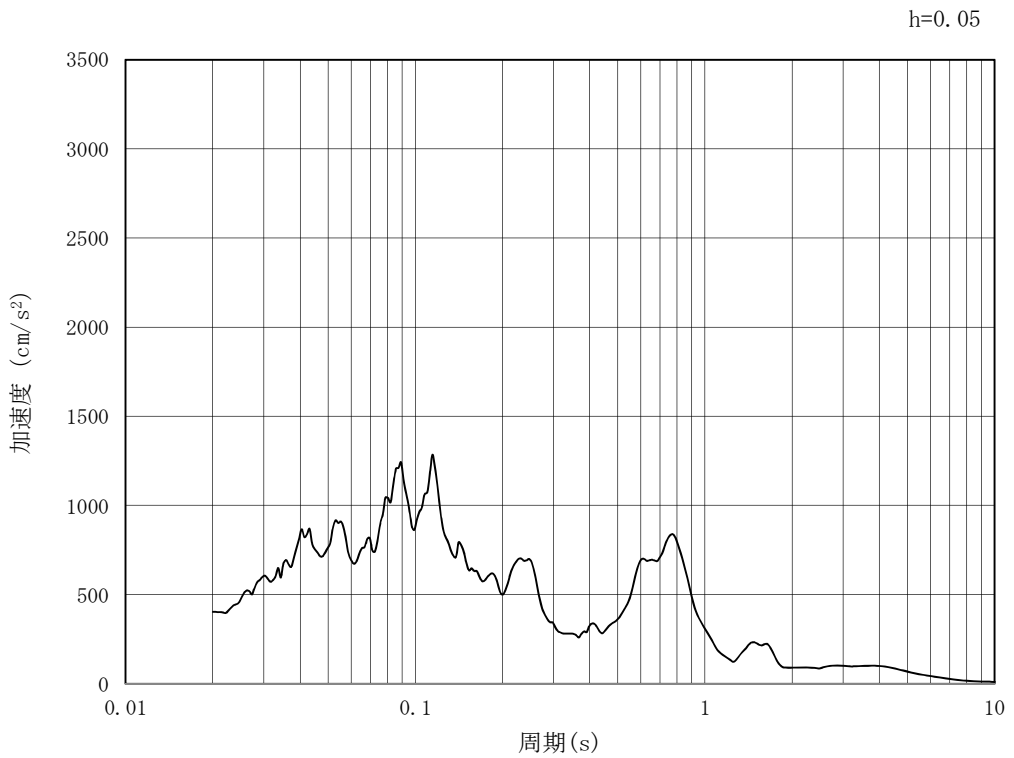


(b) 加速度応答スペクトル

図 4.3-2 (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: $S_s - 1.4$)

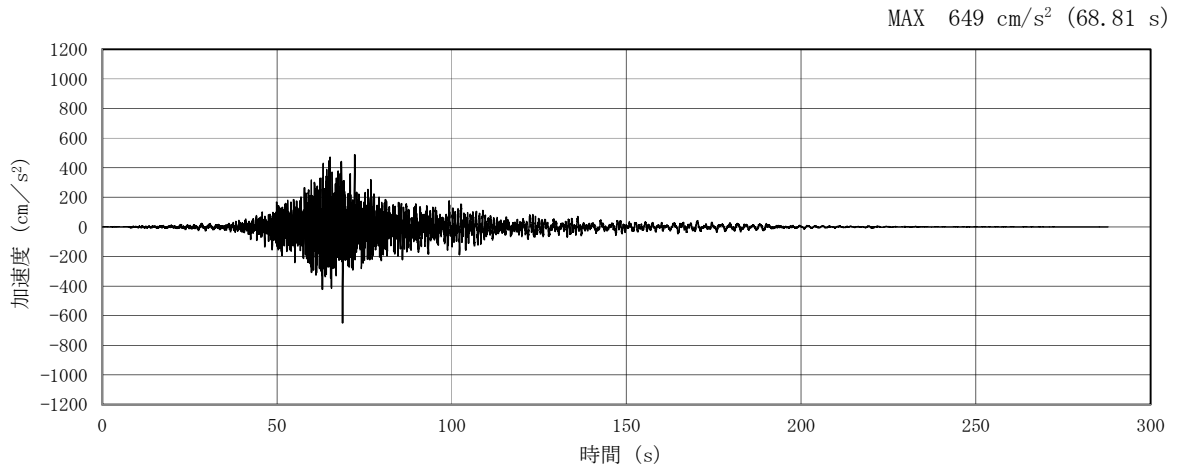


(a) 加速度時刻歴波形

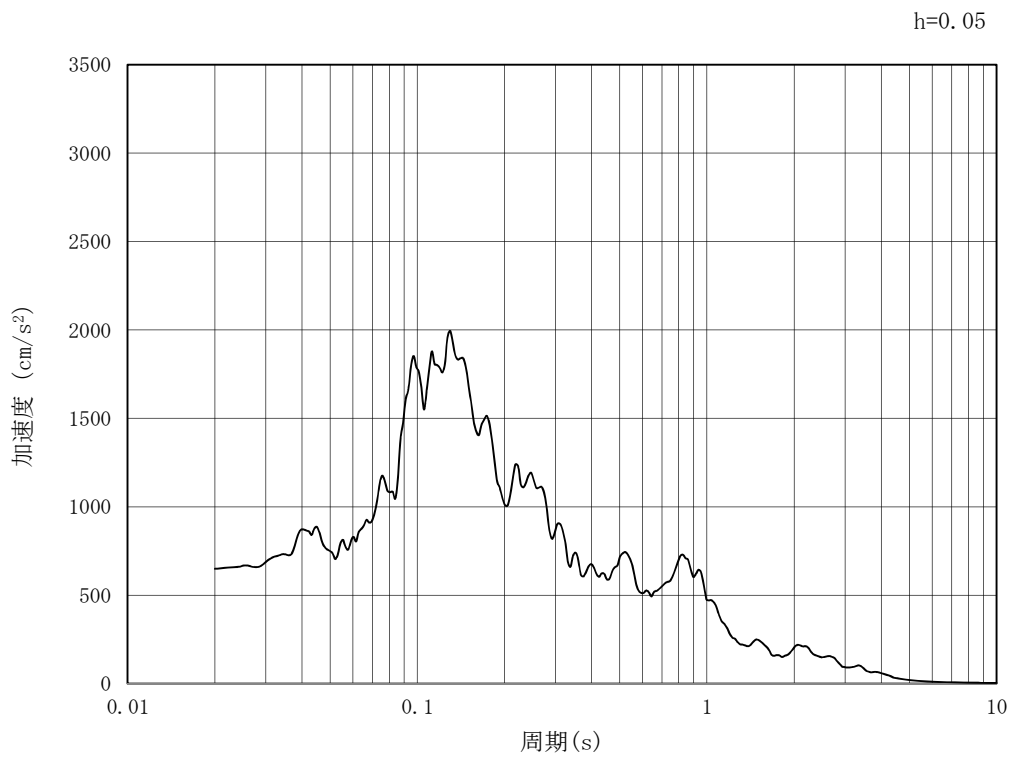


(b) 加速度応答スペクトル

図 4.3-2 (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 : $S_s - 1.4$)

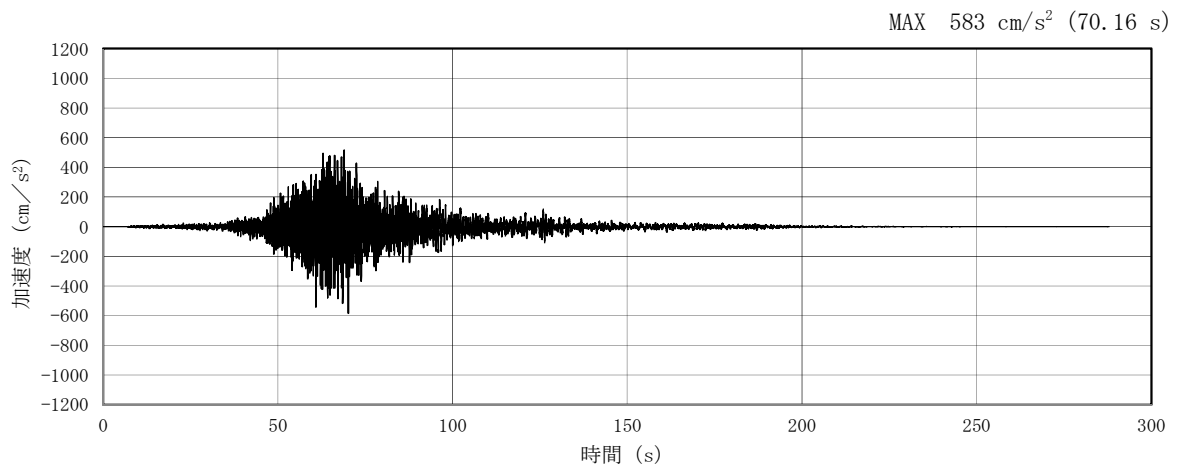


(a) 加速度時刻歴波形

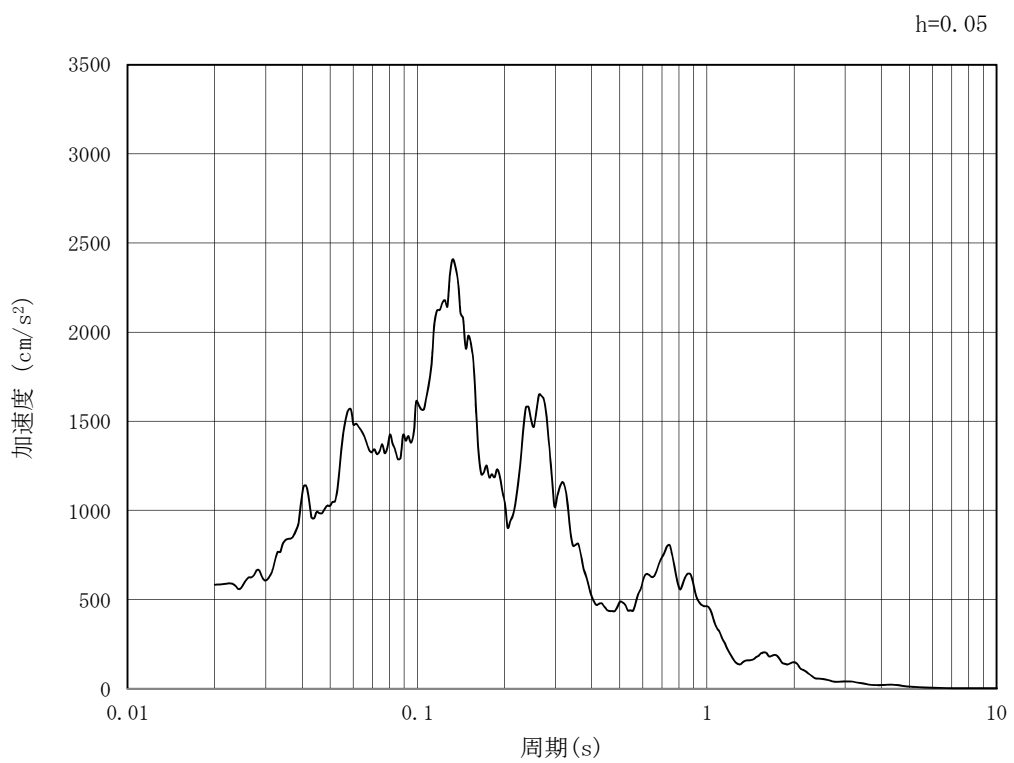


(b) 加速度応答スペクトル

図 4.3-2 (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 : $S_s - 21$)

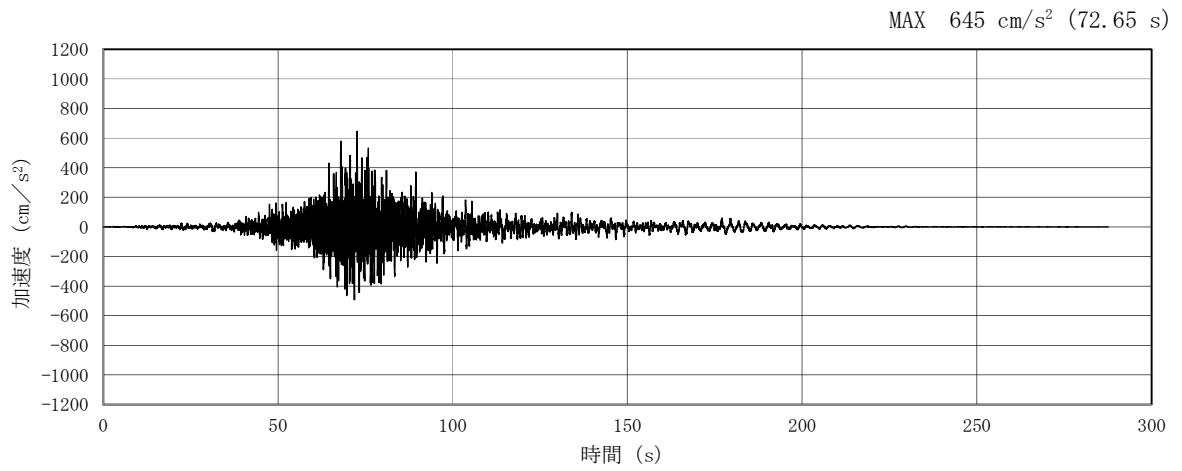


(a) 加速度時刻歴波形

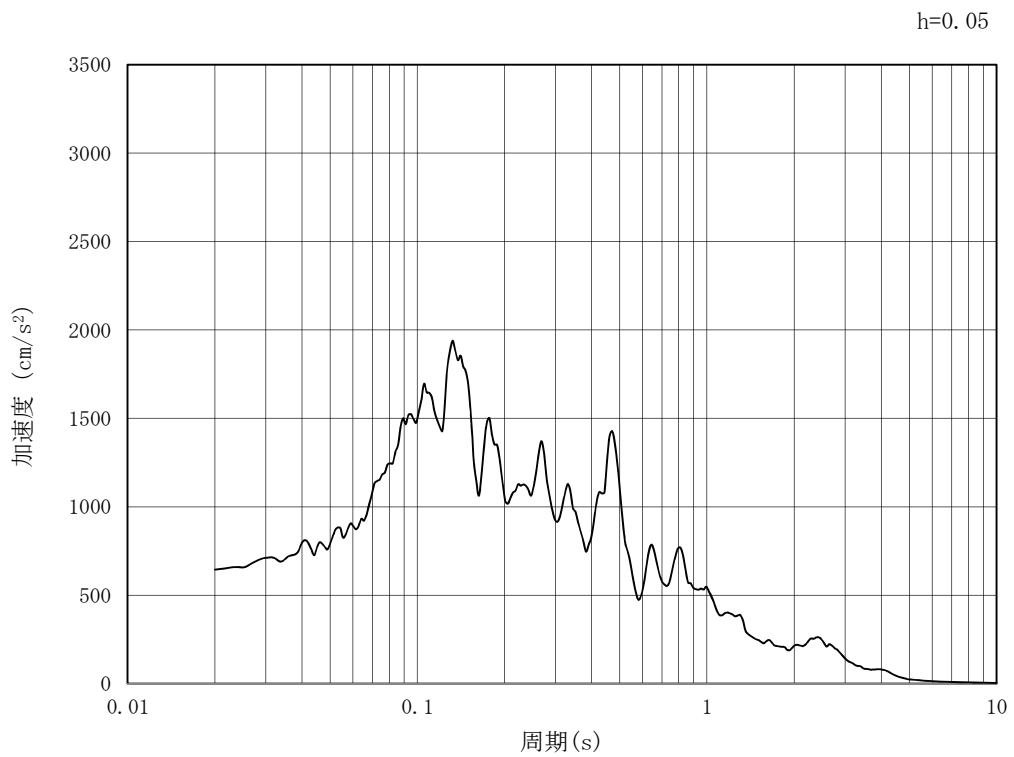


(b) 加速度応答スペクトル

図 4.3-2 (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 : $S_s - 21$)

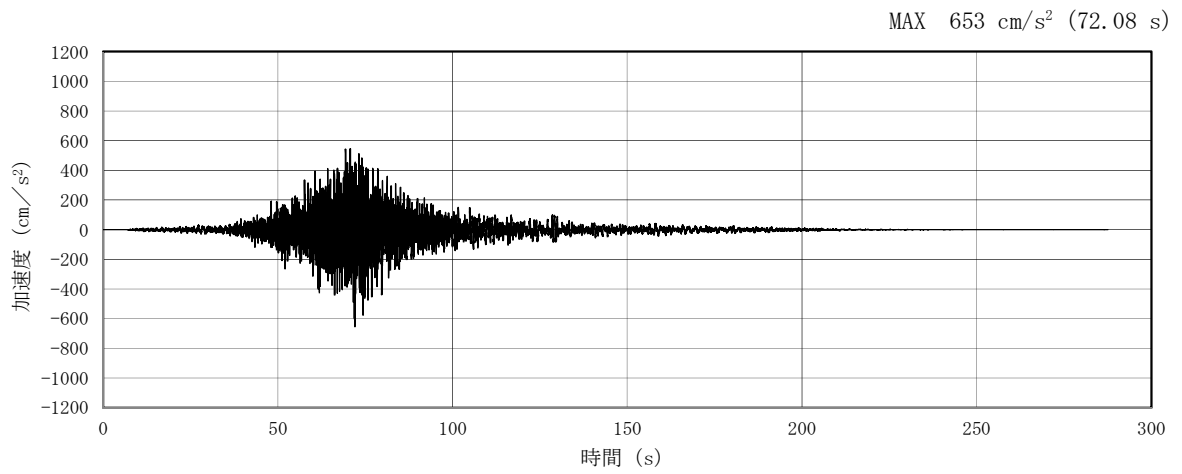


(a) 加速度時刻歴波形

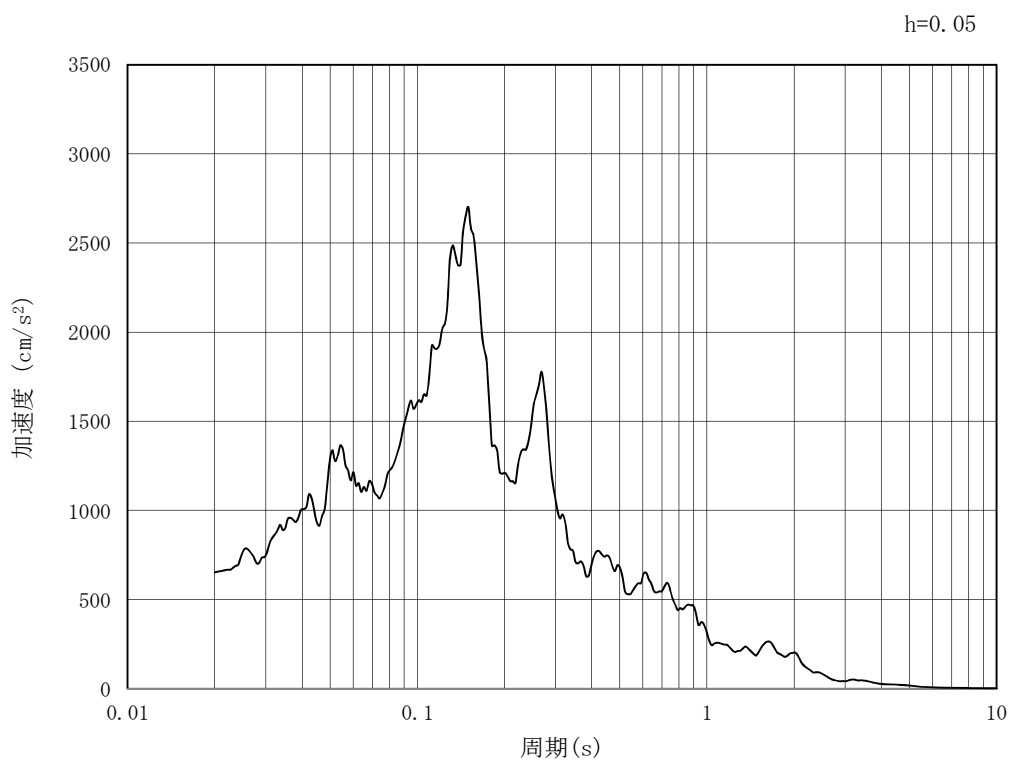


(b) 加速度応答スペクトル

図 4.3-2 (13) 東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平方向 : S_s-22)

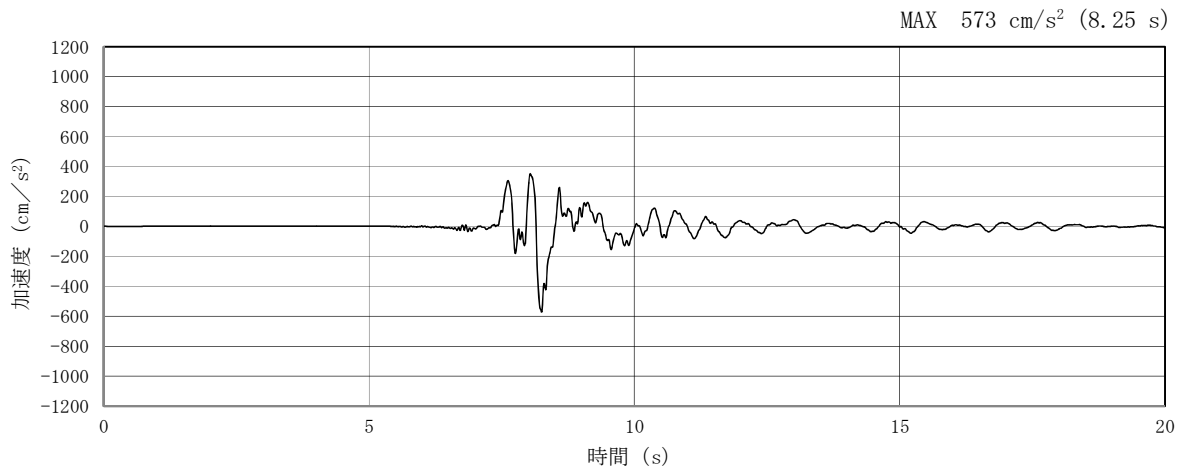


(a) 加速度時刻歴波形

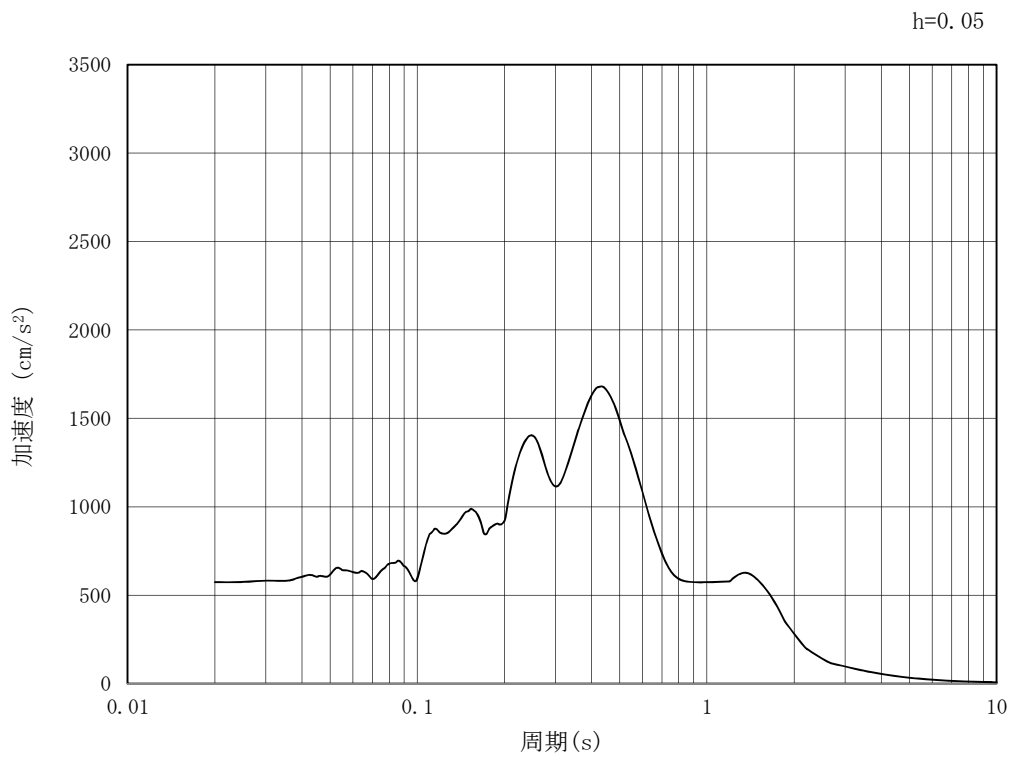


(b) 加速度応答スペクトル

図 4.3-2 (14) 東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向 : S_s - 2 2)

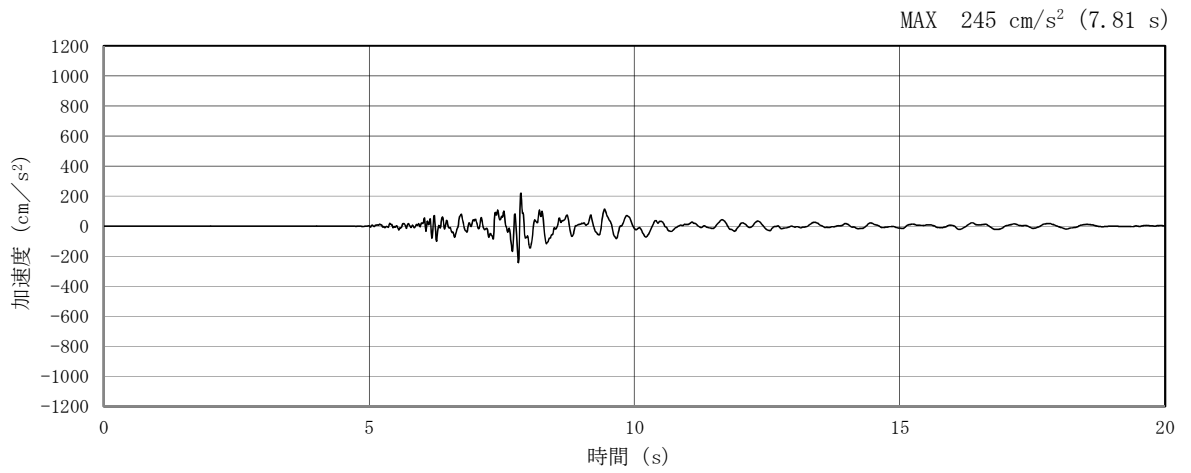


(a) 加速度時刻歴波形

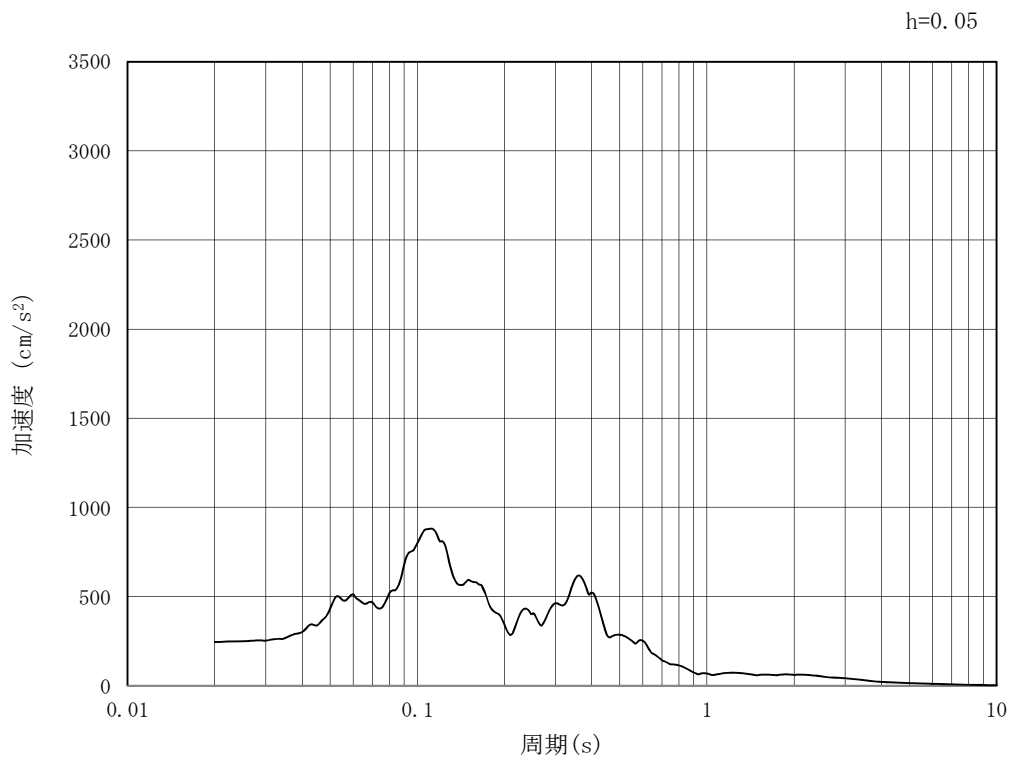


(b) 加速度応答スペクトル

図 4.3-2 (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: $S_s - 31$)



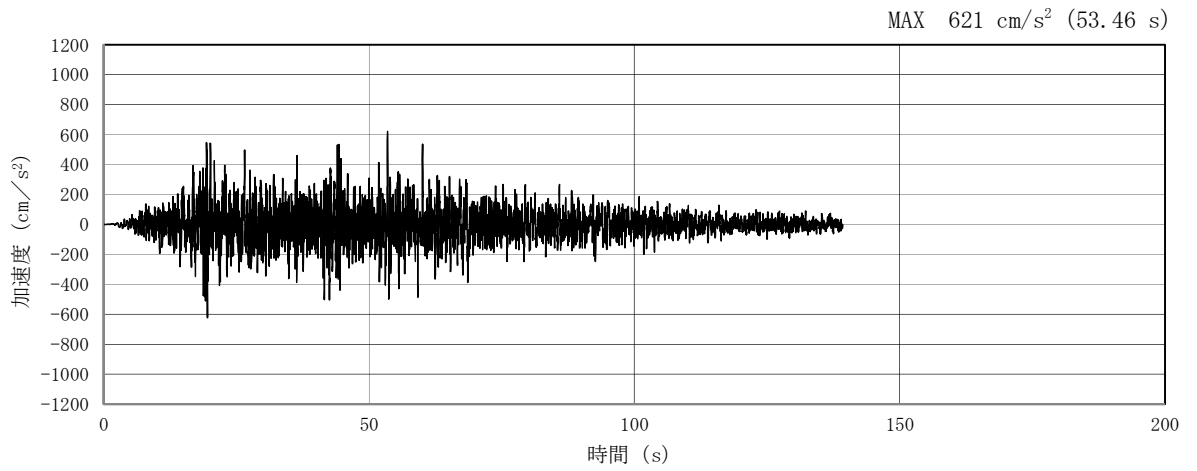
(a) 加速度時刻歴波形



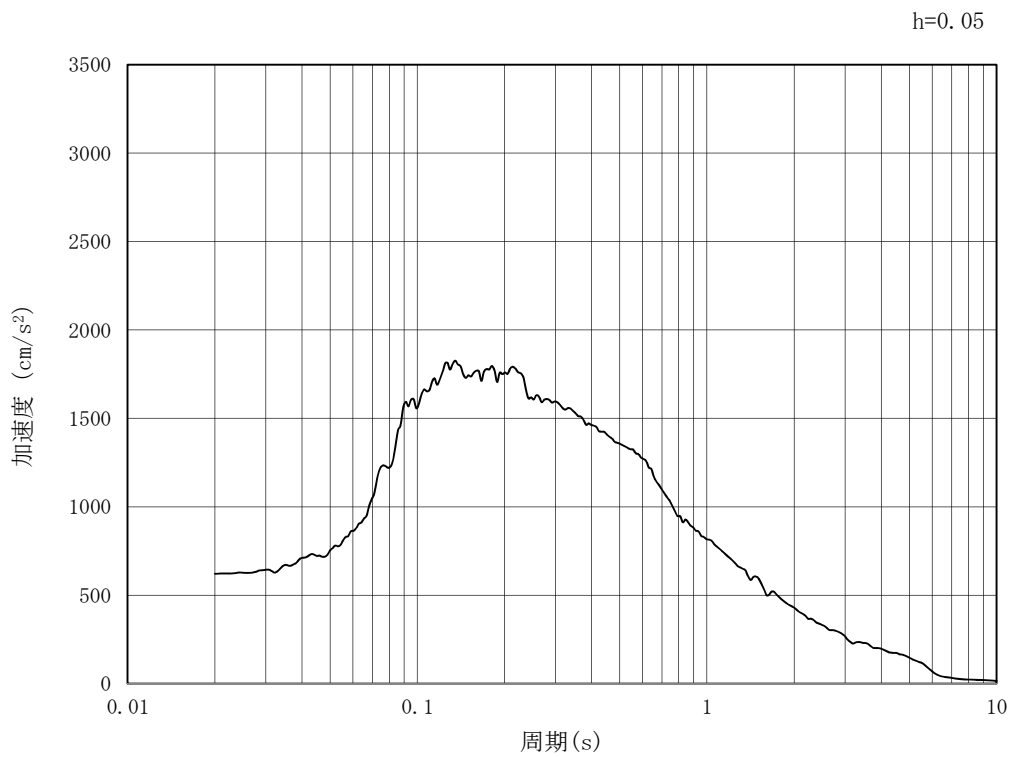
(b) 加速度応答スペクトル

図 4.3-2 (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 : $S_s - 31$)

4.3.1.1

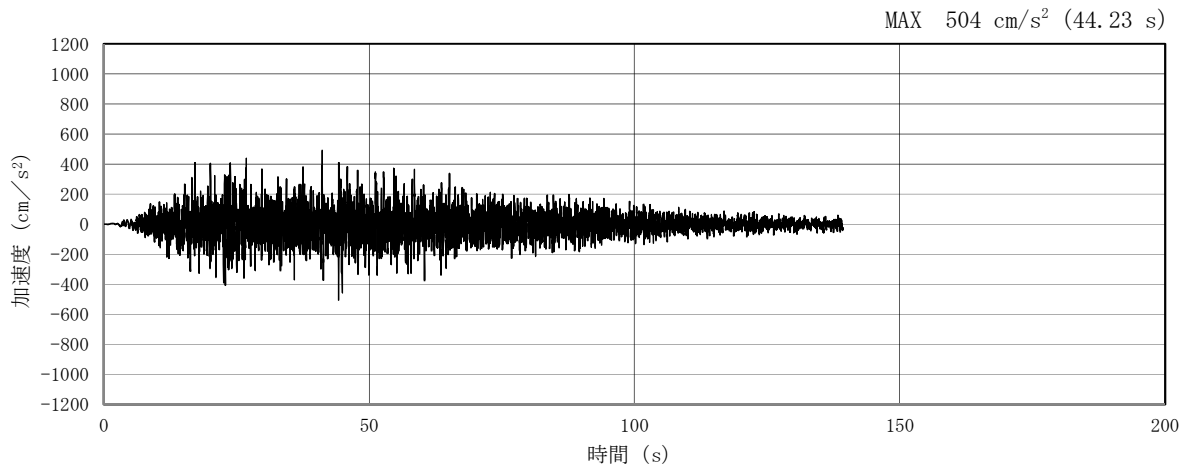


(a) 加速度時刻歴波形

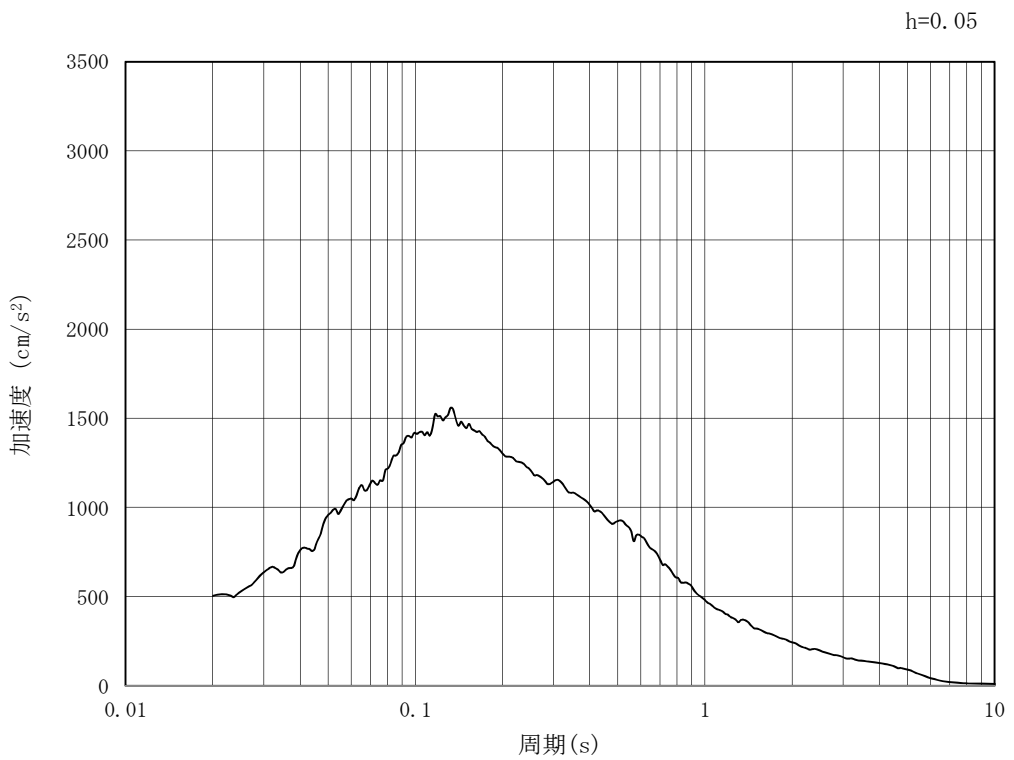


(b) 加速度応答スペクトル

図 4.3-2 (17) 南北方向⑤-⑤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)

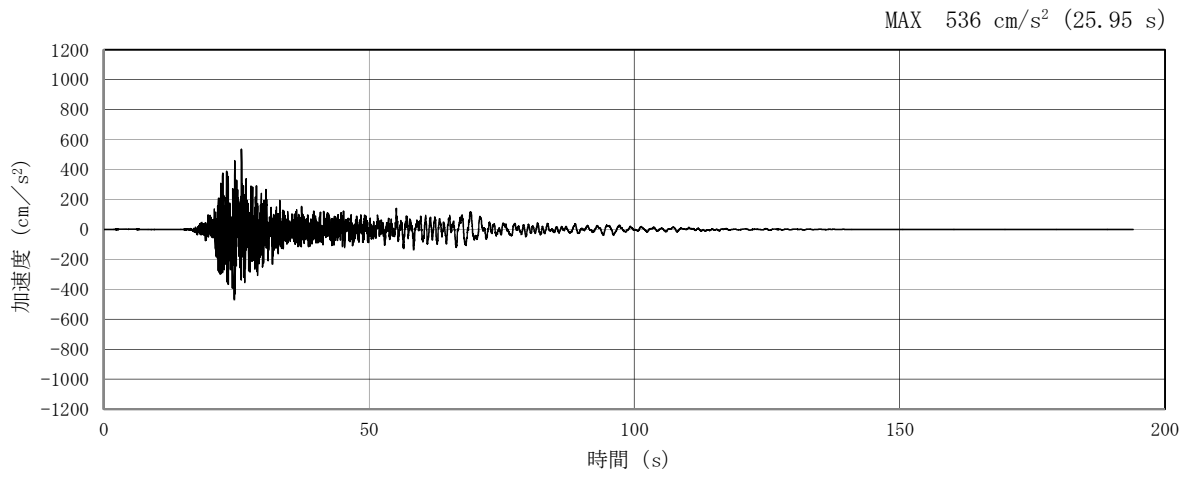


(a) 加速度時刻歴波形

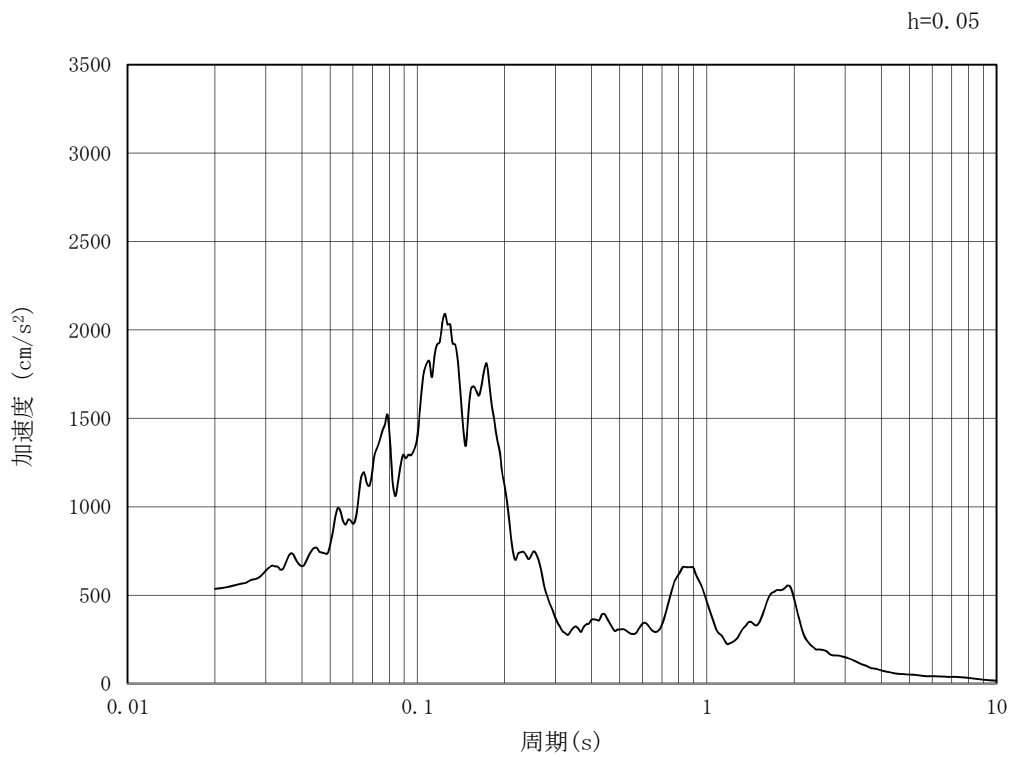


(b) 加速度応答スペクトル

図 4.3-2 (18) 南北方向⑤-⑤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)

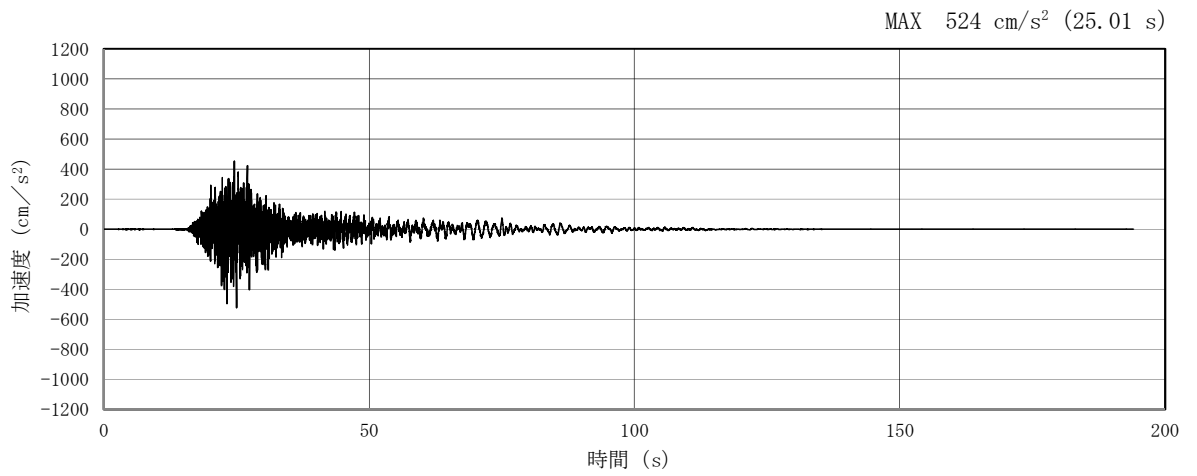


(a) 加速度時刻歴波形

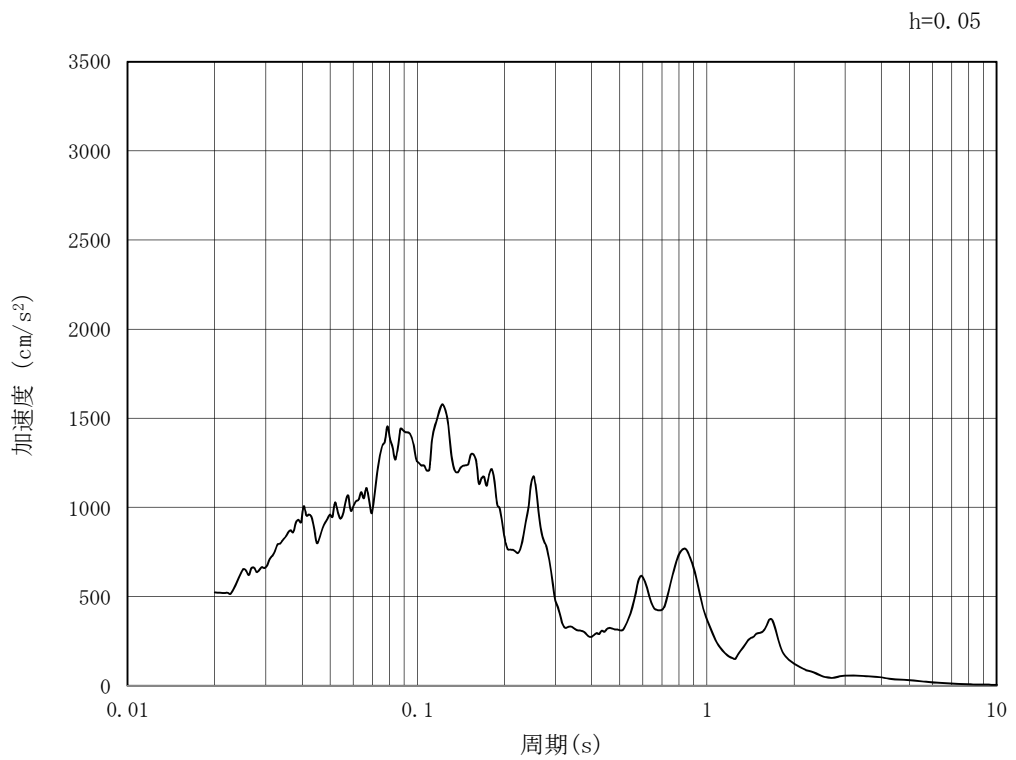


(b) 加速度応答スペクトル

図 4.3-2 (19) 南北方向⑤-⑤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: $S_s - 11$)

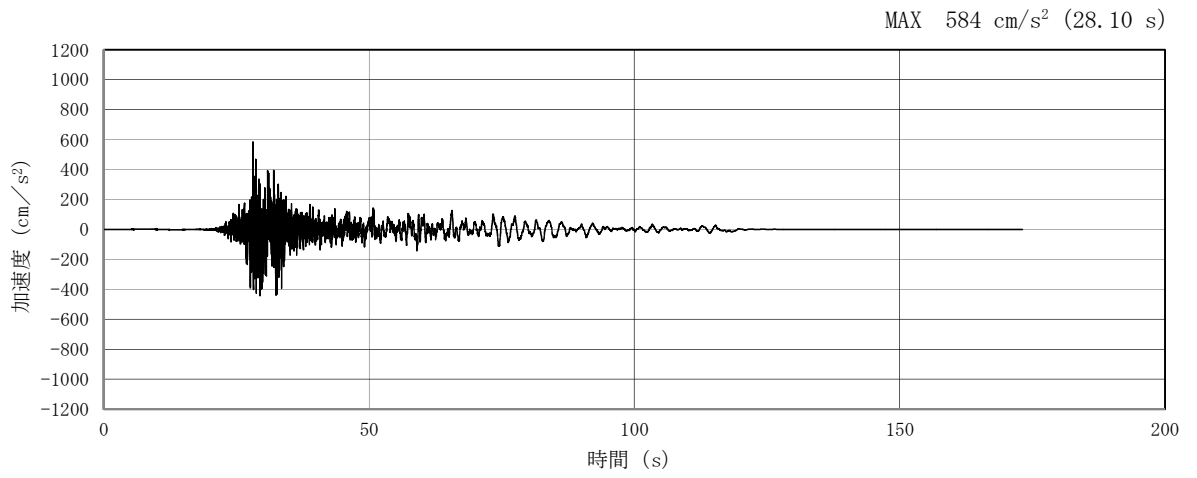


(a) 加速度時刻歴波形

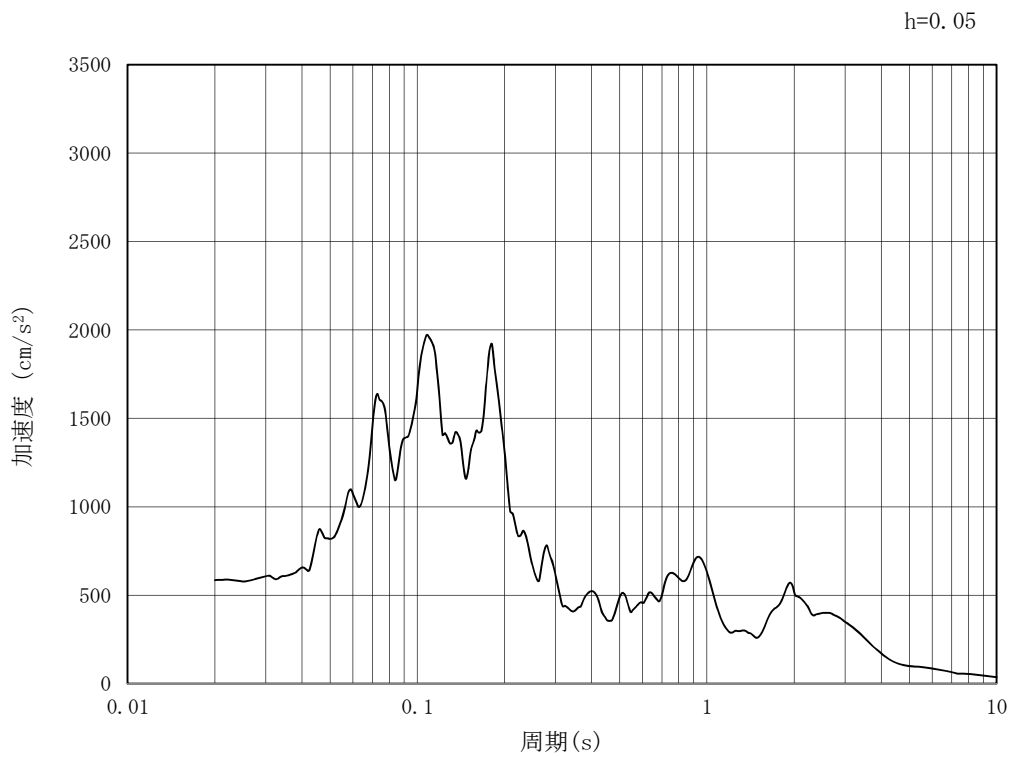


(b) 加速度応答スペクトル

図 4.3-2 (20) 南北方向⑤-⑤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: $S_s - 11$)

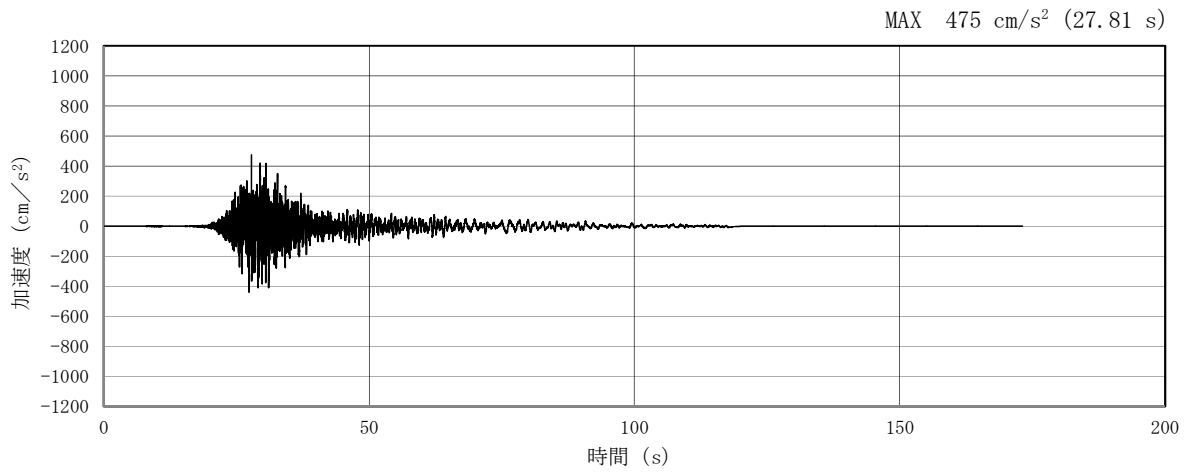


(a) 加速度時刻歴波形

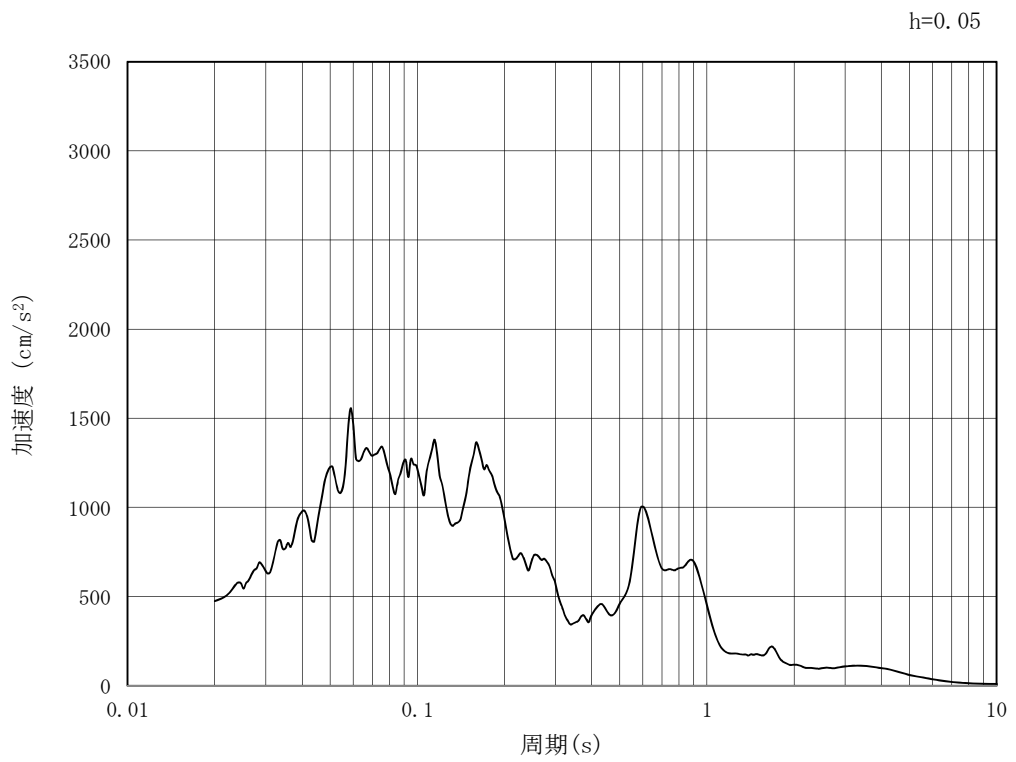


(b) 加速度応答スペクトル

図 4.3-2 (21) 南北方向⑤-⑤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: $S_s - 12$)

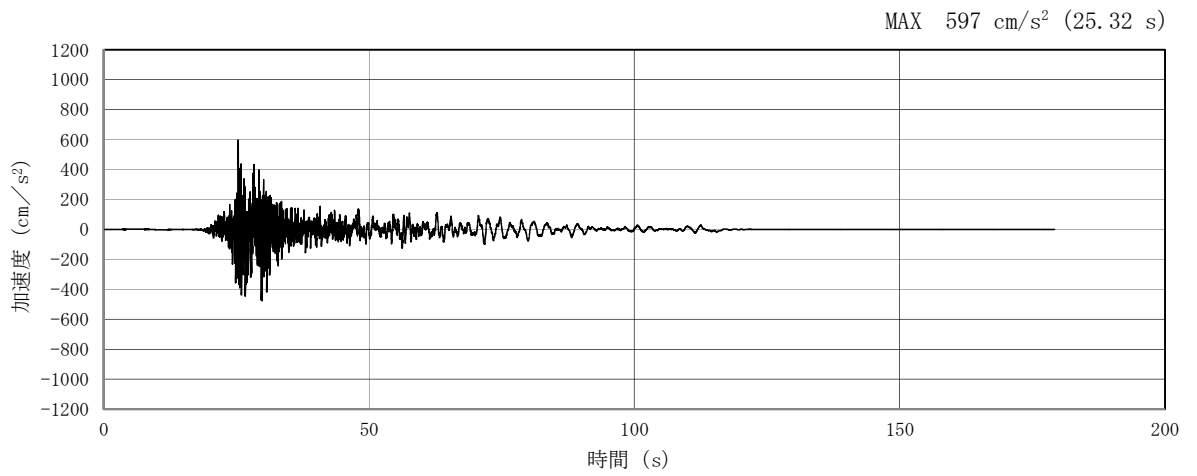


(a) 加速度時刻歴波形

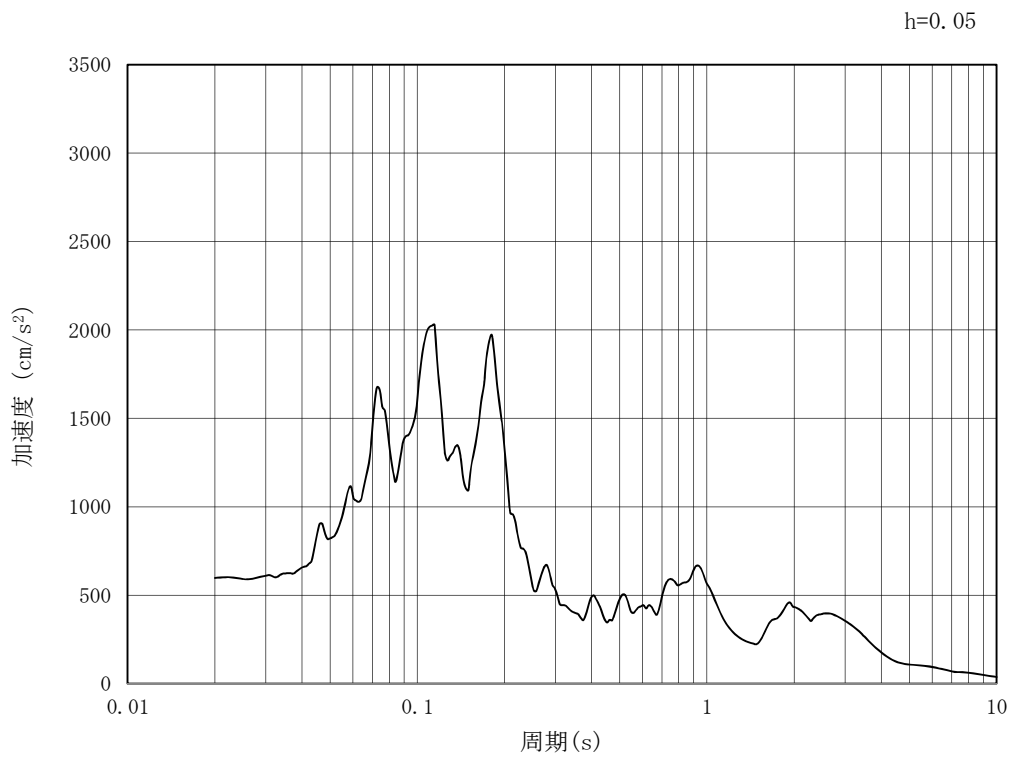


(b) 加速度応答スペクトル

図 4.3-2 (22) 南北方向⑤-⑤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: $S_s - 1.2$)

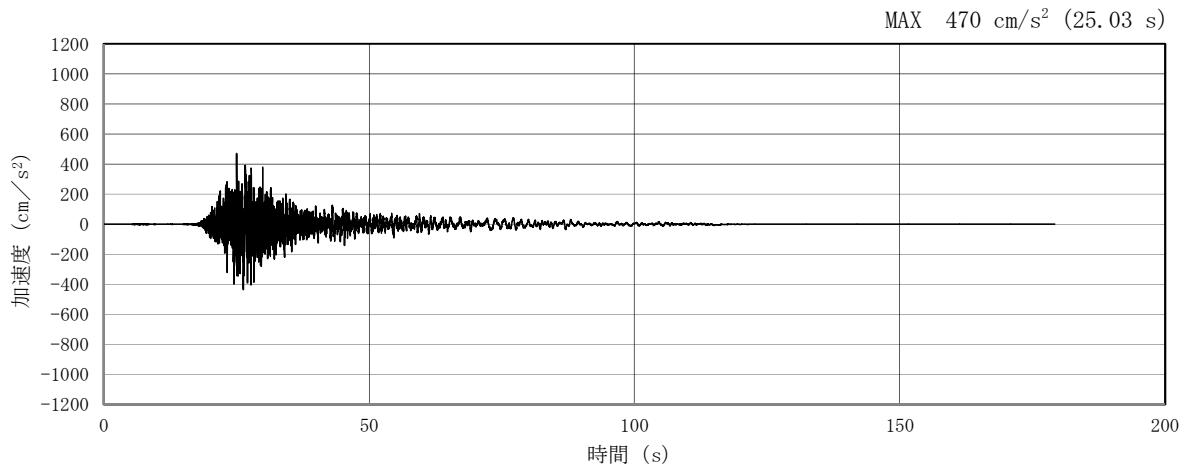


(a) 加速度時刻歴波形

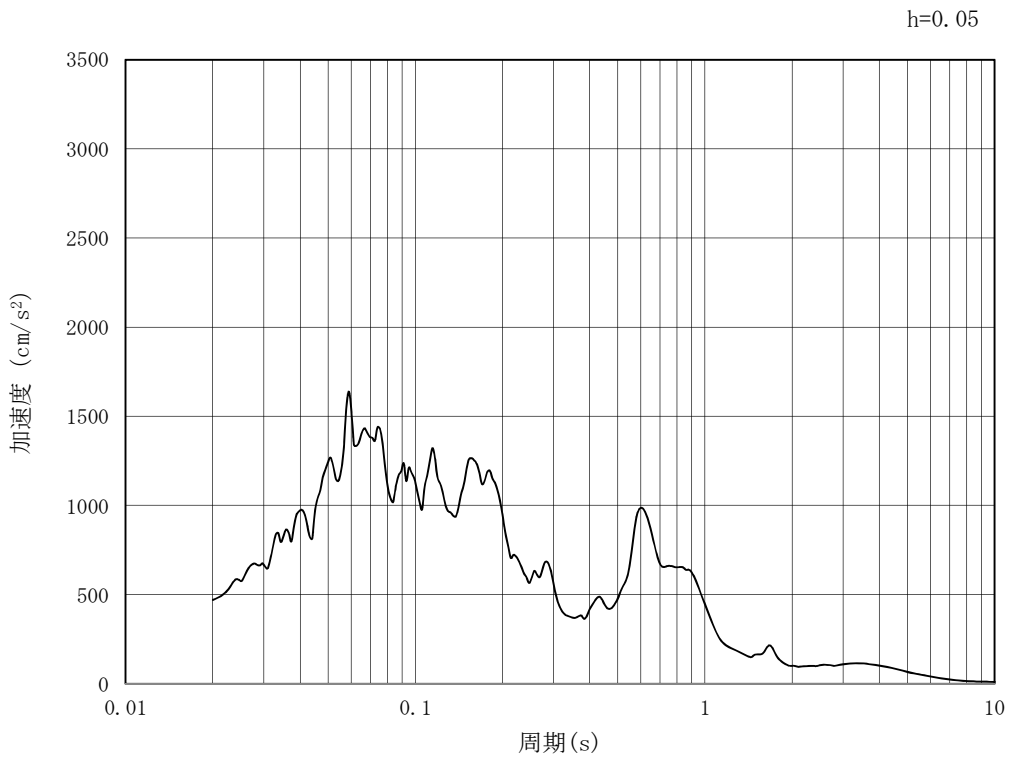


(b) 加速度応答スペクトル

図 4.3-2 (23) 南北方向⑤-⑤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: $S_s - 1.3$)

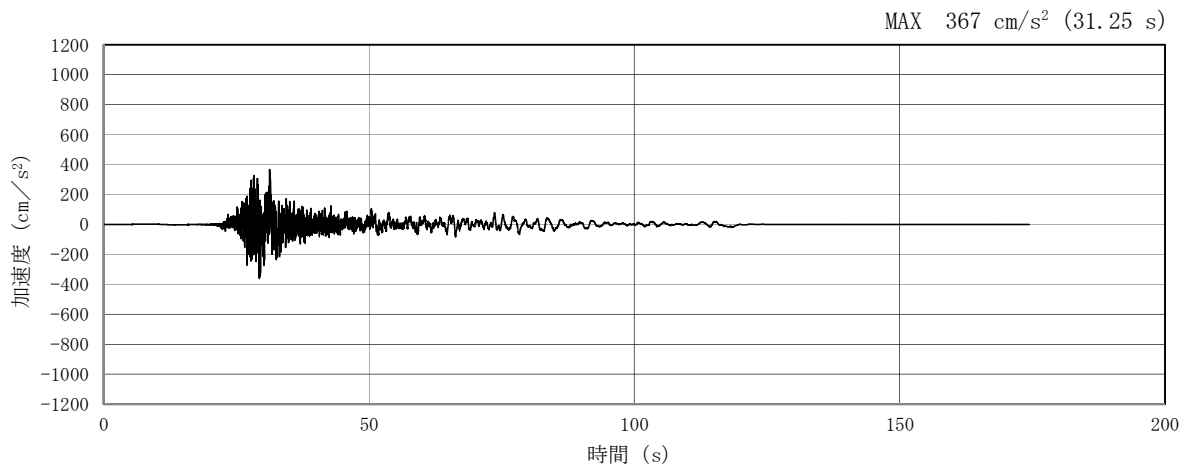


(a) 加速度時刻歴波形

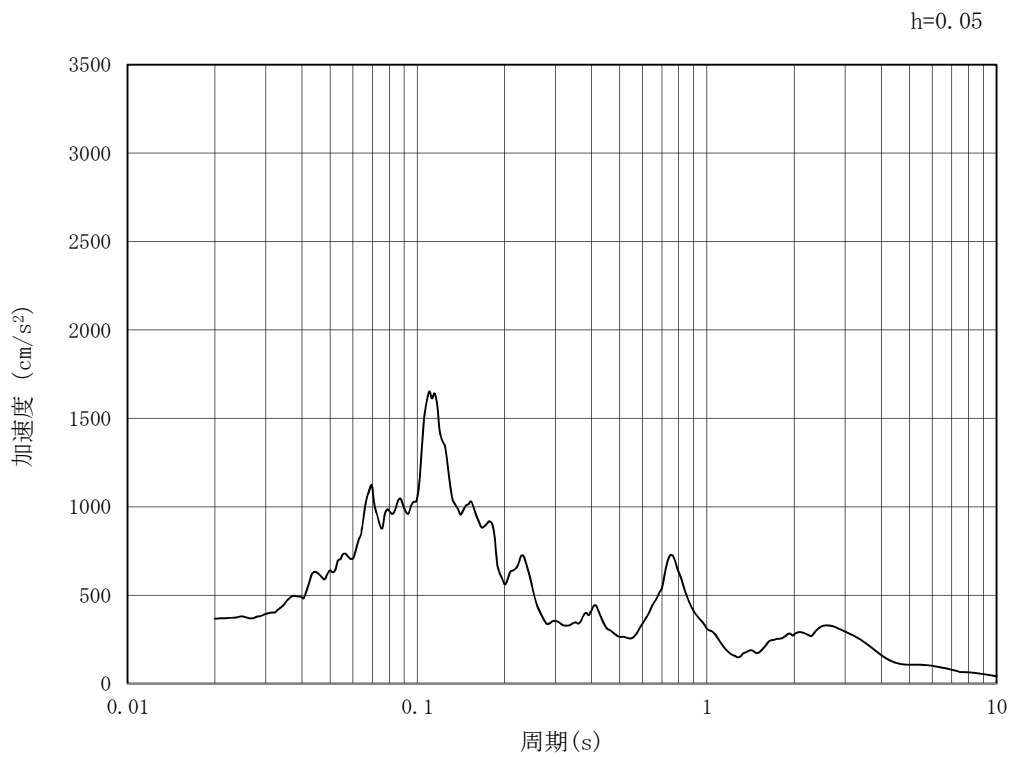


(b) 加速度応答スペクトル

図 4.3-2 (24) 南北方向⑤-⑤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: $S_s - 1.3$)

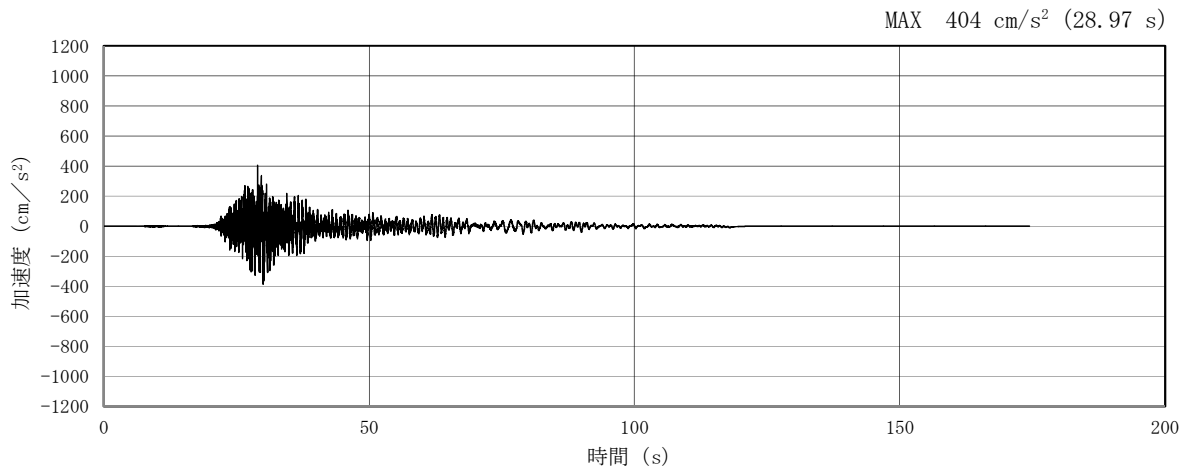


(a) 加速度時刻歴波形

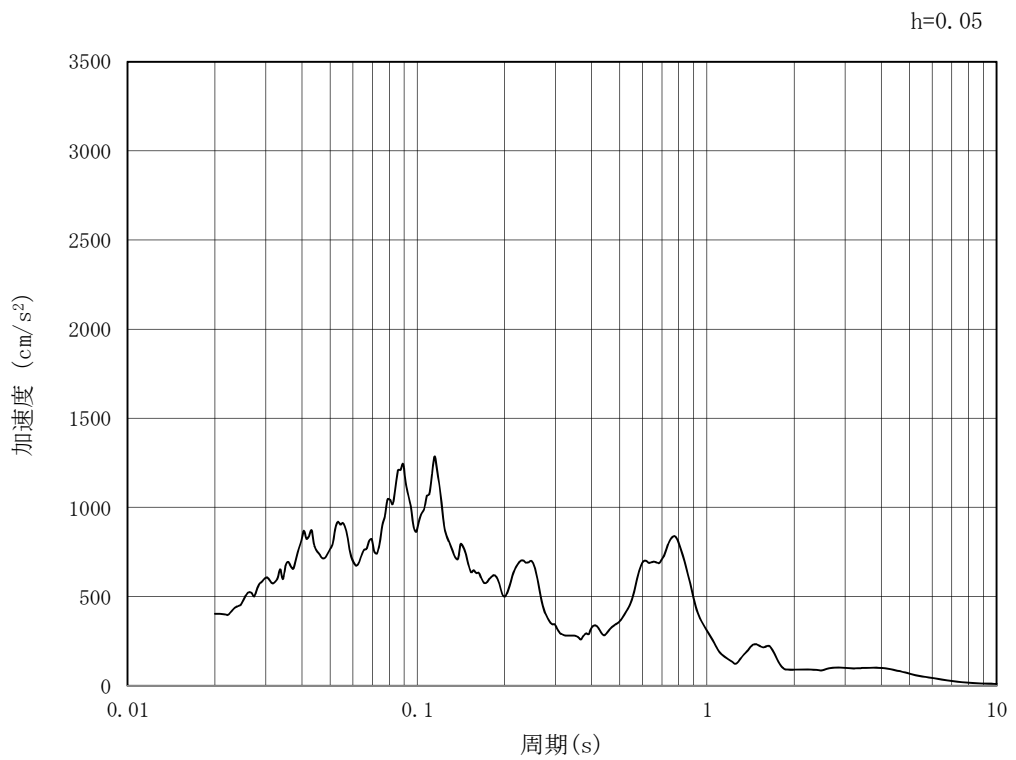


(b) 加速度応答スペクトル

図 4.3-2 (25) 南北方向⑤-⑤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: $S_s - 1.4$)

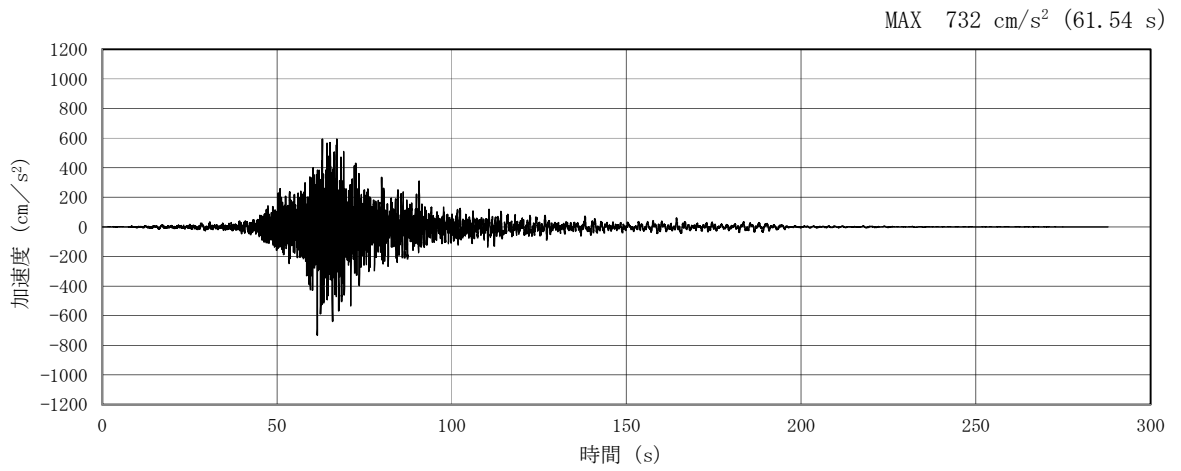


(a) 加速度時刻歴波形

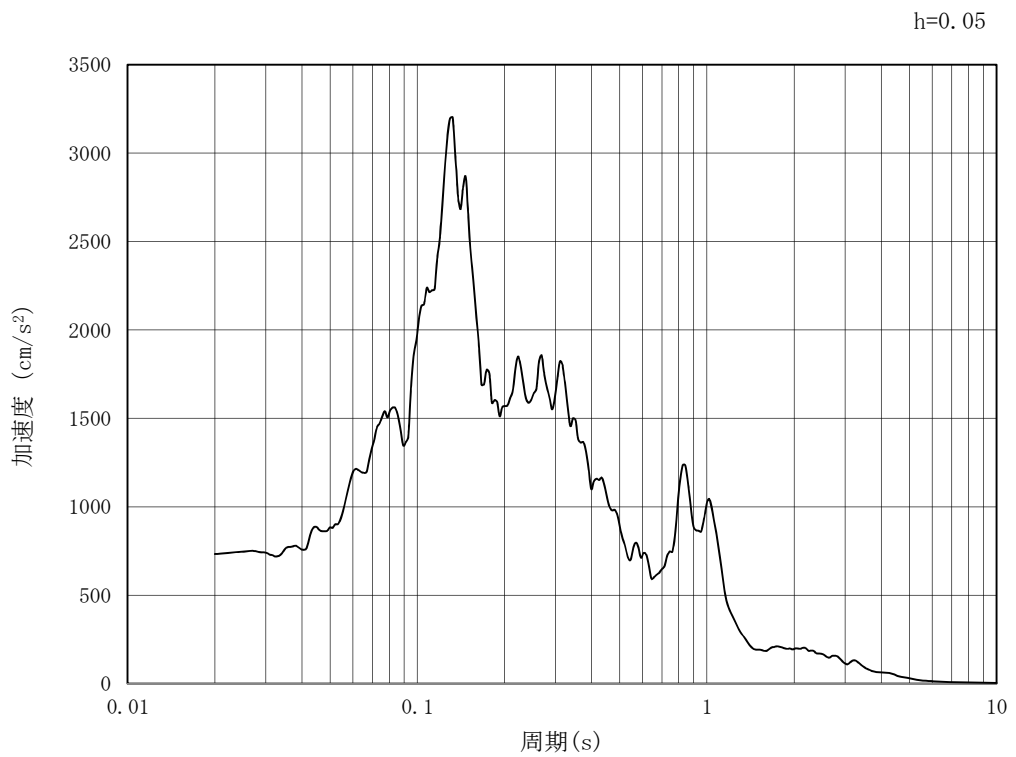


(b) 加速度応答スペクトル

図 4.3-2 (26) 南北方向⑤-⑤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: $S_s - 1.4$)

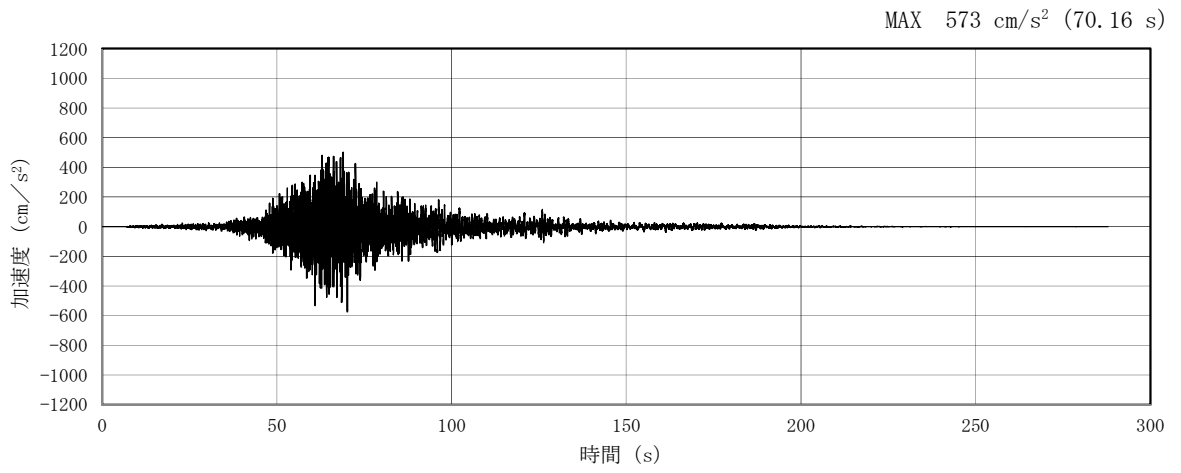


(a) 加速度時刻歴波形

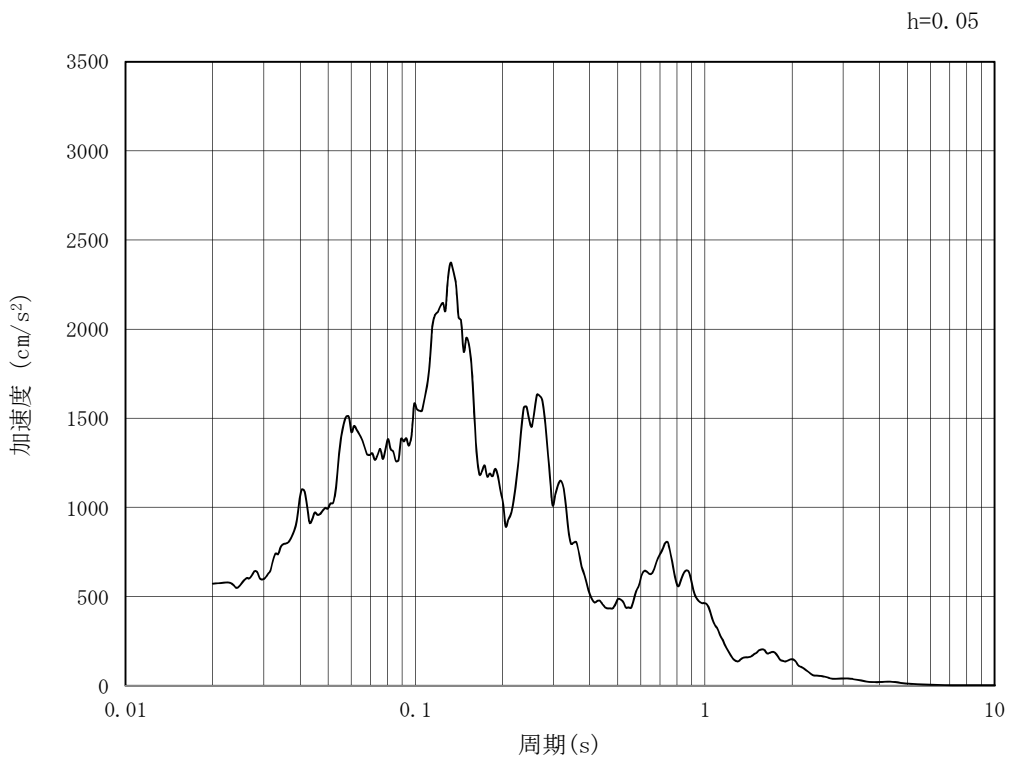


(b) 加速度応答スペクトル

図 4.3-2 (27) 南北方向⑤-⑤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)

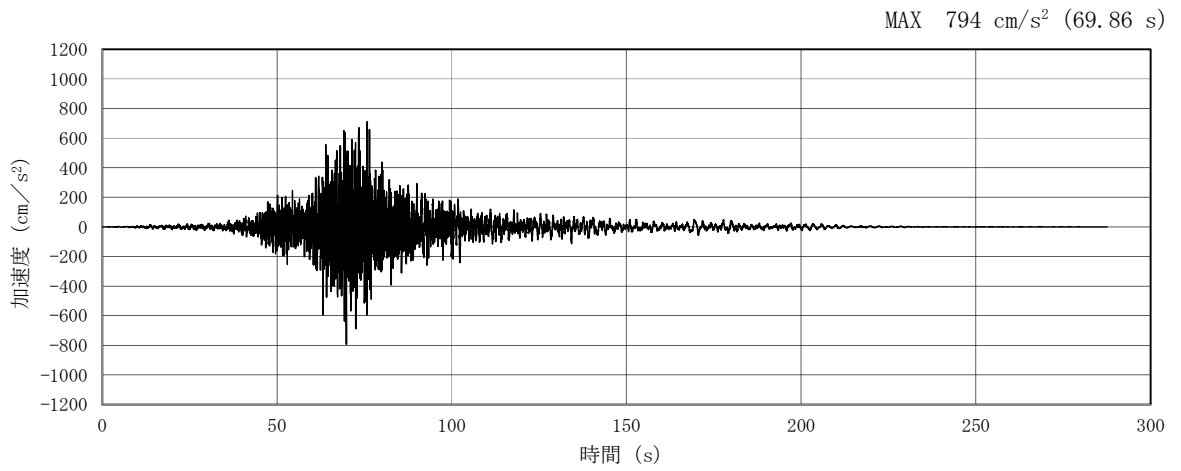


(a) 加速度時刻歴波形

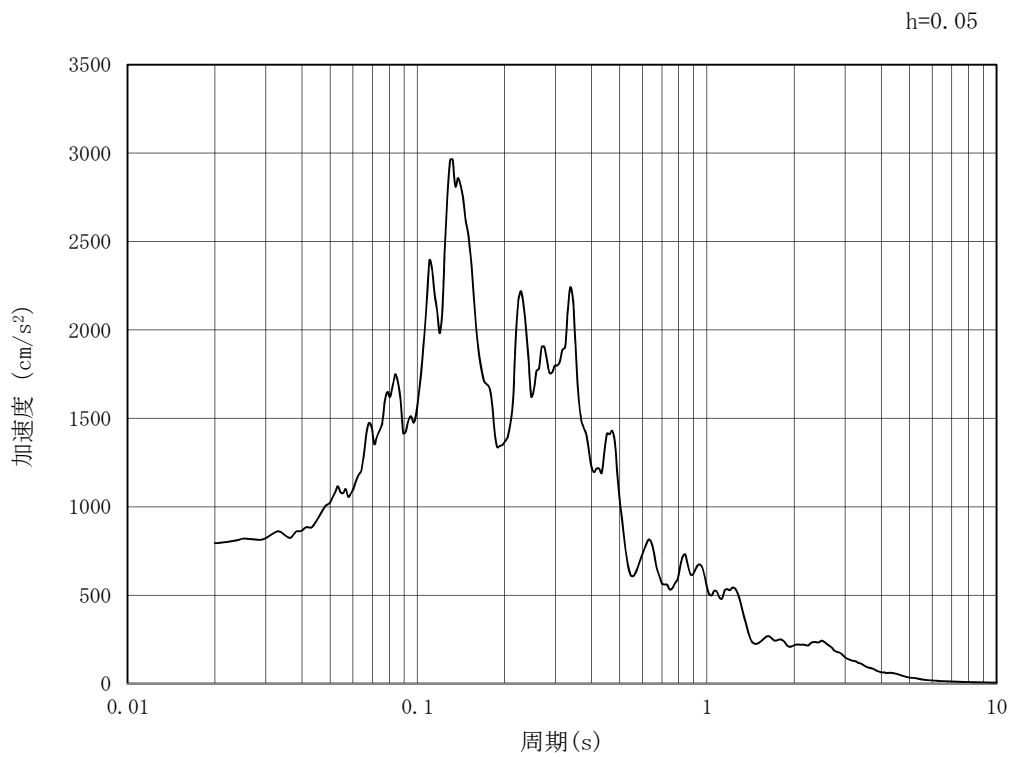


(b) 加速度応答スペクトル

図 4.3-2 (28) 南北方向⑤-⑤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: $S_s - 21$)

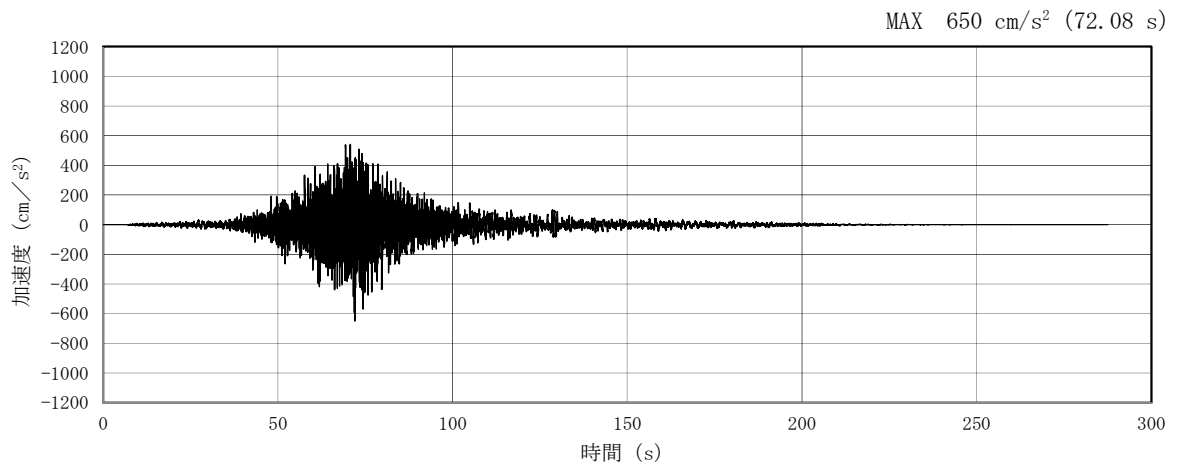


(a) 加速度時刻歴波形

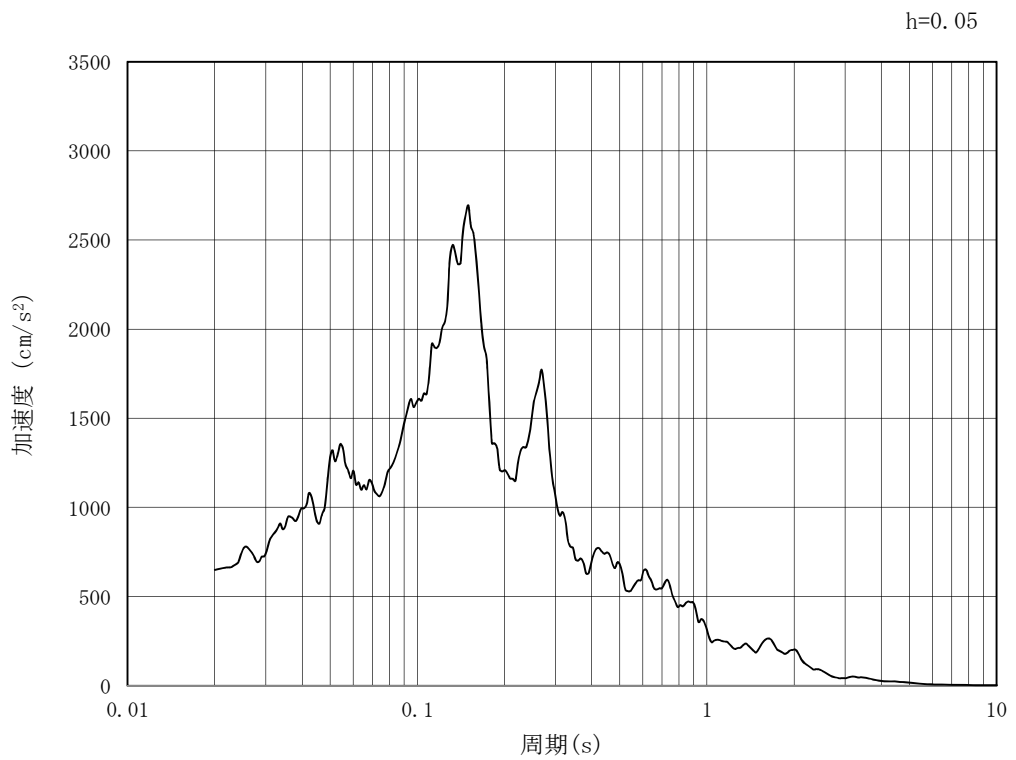


(b) 加速度応答スペクトル

図 4.3-2 (29) 南北方向⑤-⑤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: $S_s - 22$)

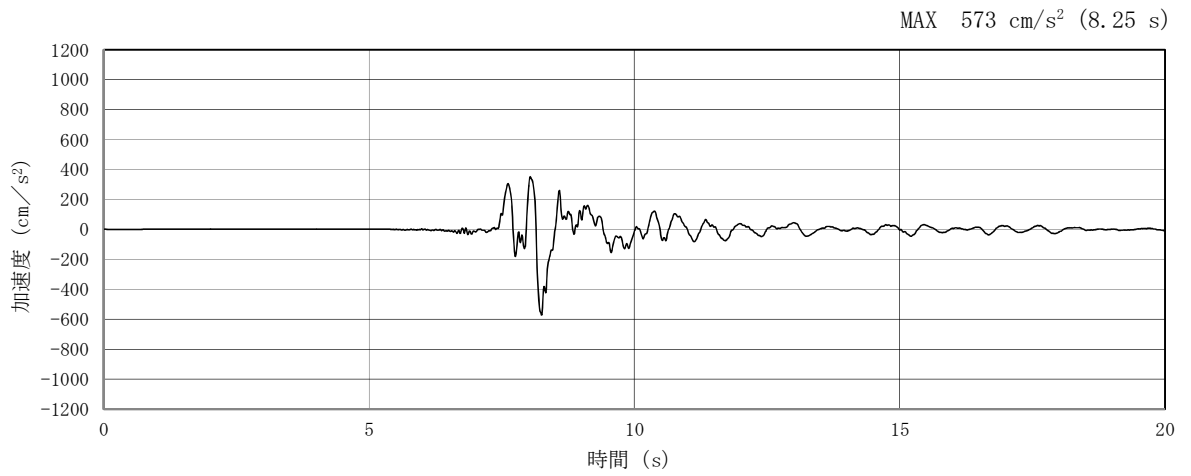


(a) 加速度時刻歴波形

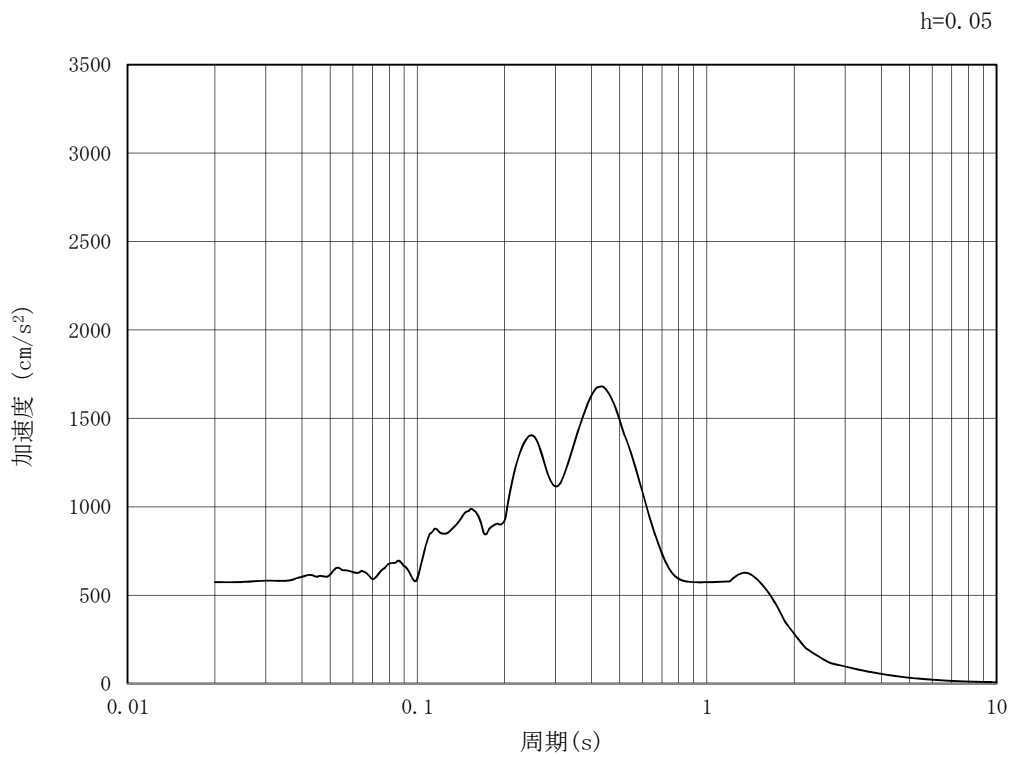


(b) 加速度応答スペクトル

図 4.3-2 (30) 南北方向⑤-⑤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: $S_s - 2.2$)

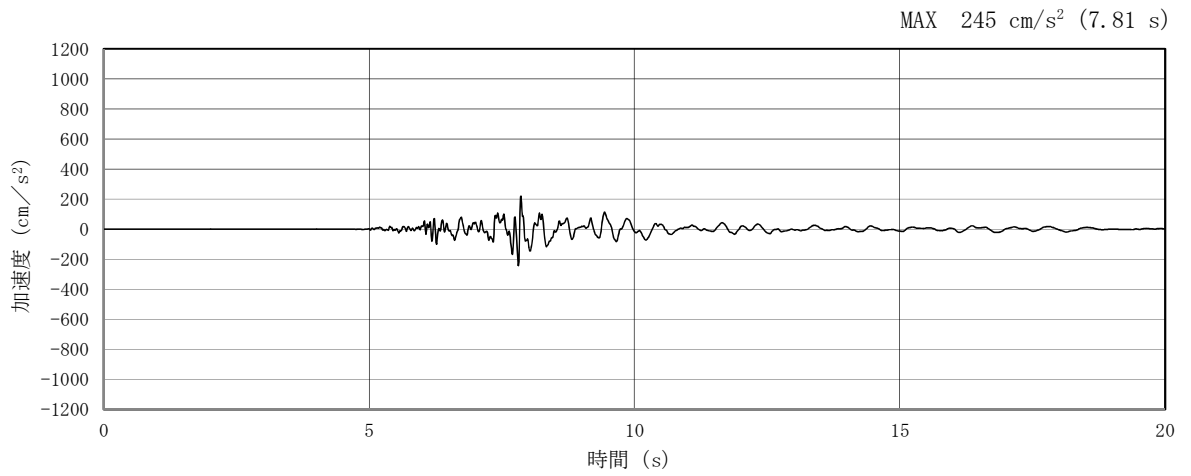


(a) 加速度時刻歴波形

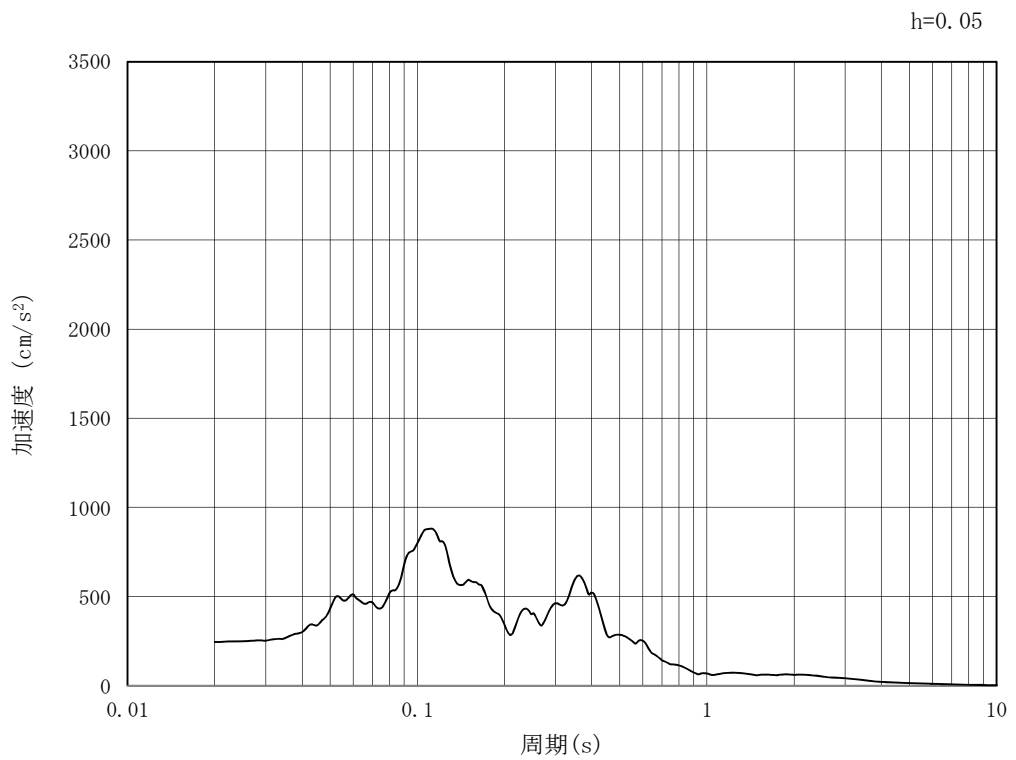


(b) 加速度応答スペクトル

図 4.3-2 (31) 南北方向⑤-⑤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 4.3-2 (32) 南北方向⑤-⑤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: $S_s - 31$)

4.3.2 許容限界の設定

(1) 許容応力度による許容限界

電源装置置場の構造部材は、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、表4.3-1のとおり設定する。

表 4.3-1 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 (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*
鉄筋(SD490)	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(SD390)	許容引張応力度 σ_{sa}	309

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

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

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 4.3-2 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度以下であることを確認する。

電源装置置場の基礎地盤に作用する接地圧に対する許容限界は、電源装置置場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 : 図 4.3-3 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 4.3-4 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 4.3-3 基礎底面の形状係数

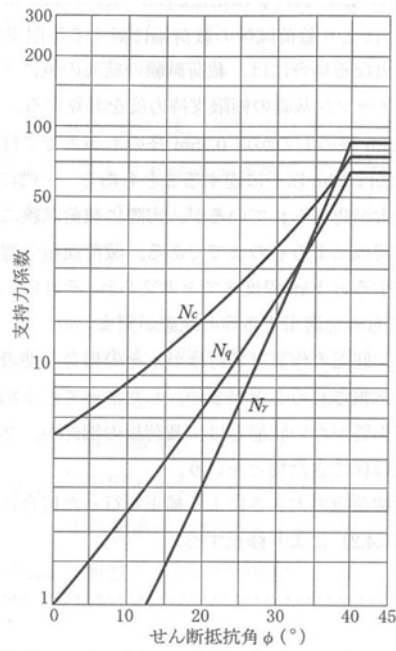


図-解 11.4.2 支持力係数を求めるグラフ

図 4.3-4 支持力係数を求めるグラフ

電源装置置場における許容限界を表 4.3-3 に示す。

表 4.3-3 基礎地盤の支持力に対する許容限界 (追而)

4.4 評価結果 (追而)

4.5 まとめ (追而)

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
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
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
追而
8. 代替淡水貯槽の耐震安全性評価
追而
9. 常設低圧代替注水系ポンプ室の耐震安全性評価
追而
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
追而
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
追而
12. 緊急用海水ポンプピットの耐震安全性評価
追而
13. 緊急用海水取水管の耐震安全性評価
追而
14. S A用海水ピットの耐震安全性評価
追而
15. 海水引込み管の耐震安全性評価
追而
16. S A用海水ピット取水塔の耐震安全性評価
追而
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
追而
18. 可搬型設備用軽油タンク基礎の耐震安全性評価
追而