

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-添2-011-04
提出年月日	2022年11月14日

VI-2-10-2-2-3 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の
地震応答計算書

S2 補 VI-2-10-2-2-3 R0

2022年11月

中国電力株式会社

目次

1.	概要	1
2.	基本方針	2
2.1	位置	2
2.2	構造概要	3
2.3	解析方針	5
2.4	適用規格・基準等	7
3.	解析方法	8
3.1	評価対象断面	8
3.2	解析方法	14
3.2.1	施設	14
3.2.2	材料物性及び地盤物性のばらつき	15
3.2.3	減衰定数	16
3.2.4	解析ケース	16
3.3	荷重及び荷重の組合せ	17
3.3.1	耐震評価上考慮する状態	17
3.3.2	荷重	17
3.3.3	荷重の組合せ	18
3.4	入力地震動	19
3.4.1	②-②断面	20
3.4.2	③-③断面	32
3.5	解析モデル及び諸元	46
3.5.1	解析モデル	46
3.5.2	使用材料及び材料の物性値	48
3.5.3	地盤及び改良地盤の物性値	48
3.5.4	地下水位	49
4.	解析結果	50
4.1	②-②断面の解析結果	50
4.2	③-③断面の解析結果	65

1. 概要

本資料は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に基づき実施する防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の地震応答解析について説明するものである。

地震応答解析は、防波壁（多重鋼管杭式擁壁）が耐震性に関する技術基準へ適合することを確認するために用いる応答を抽出するものである。

防波壁（多重鋼管杭式擁壁）のうち被覆コンクリート壁については、2次元地震応答解析により地震時荷重を算定し、その荷重を3次元構造解析モデルに作用させて耐震評価を実施する。地震応答解析により抽出する応答値は、基礎地盤に発生する接地圧並びに3次元構造解析モデルに作用させる地震時土圧及び慣性力である。

また、浸水防止設備（屋外排水路逆止弁）及び津波防護施設（防波壁通路防波扉（1号機北側）、防波壁通路防波扉（2号機北側））が耐震性に関する技術基準へ適合することを確認するために用いる応答値の抽出を行う。

2. 基本方針

2.1 位置

防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の位置図を図 2-1 に示す。

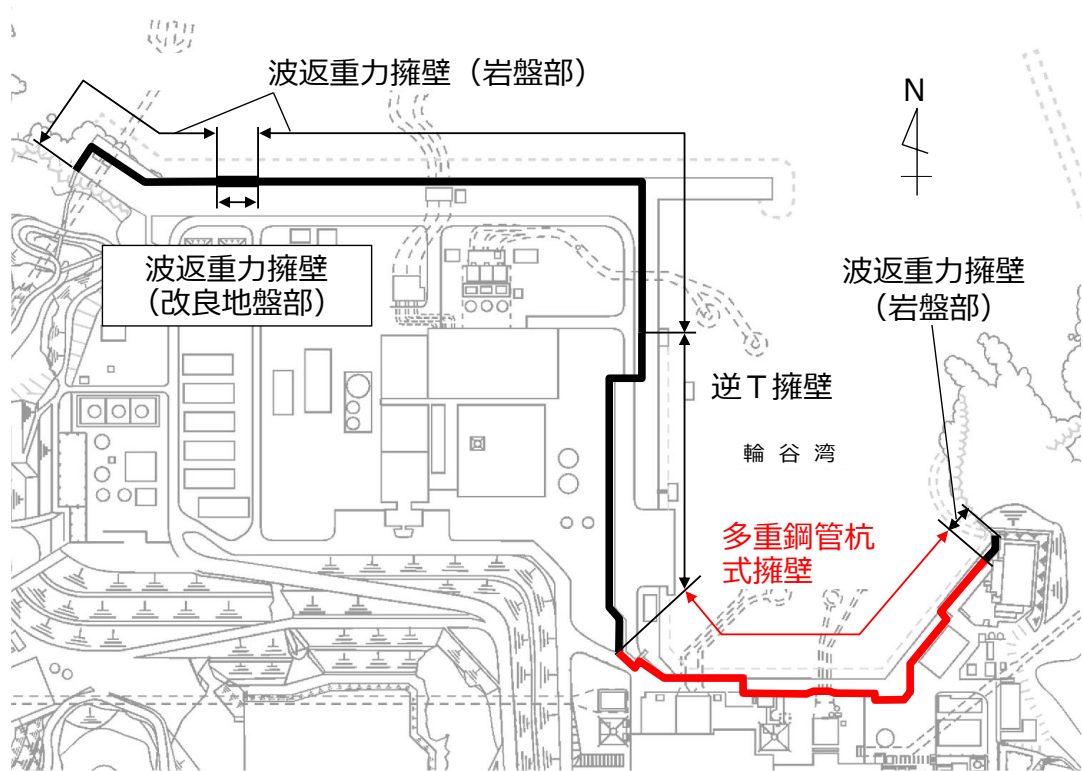
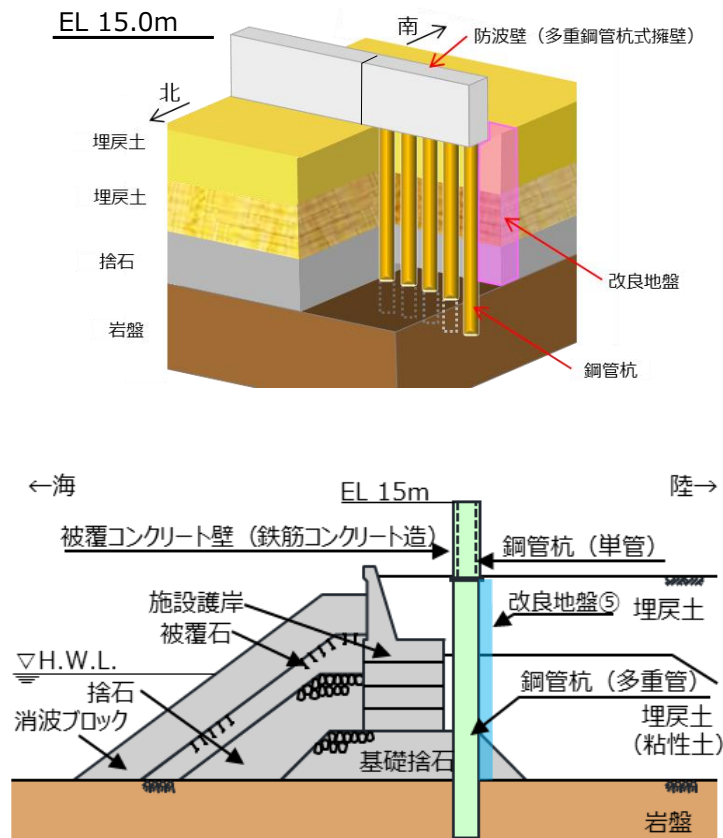


図 2-1 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の位置図

2.2 構造概要

防波壁（多重鋼管杭式擁壁）は、岩盤に支持される鋼管を多重化して鋼管内をコンクリート又はモルタルで充填した多重鋼管による杭基礎構造と、鋼管及び鉄筋コンクリート造の被覆コンクリート壁による上部構造から構成される。隣接する構造との境界には、止水性を保持するための止水目地を設置する。

防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の構造概要図を図 2-2 に、構造図を図 2-3 及び図 2-4 に示す。



(正面図及び断面図)

図 2-2 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の構造概要図

(単位:mm)

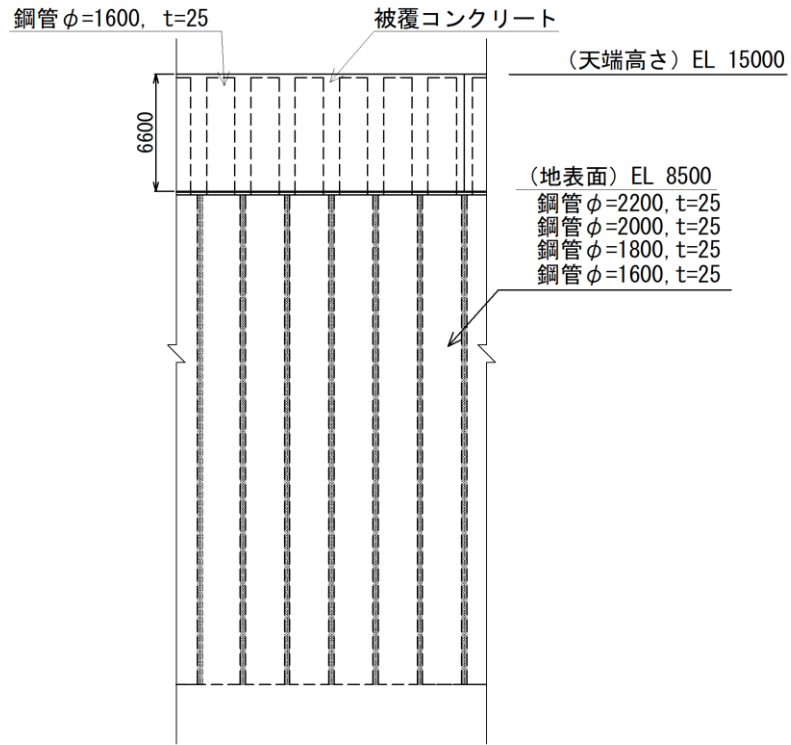


図 2-3 防波壁 (多重鋼管杭式擁壁) の構造図 (正面図)

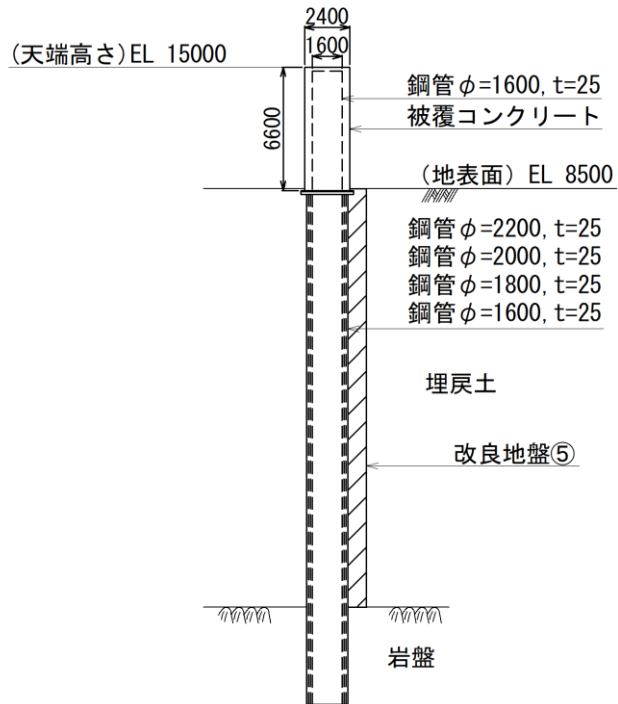


図 2-4 防波壁 (多重鋼管杭式擁壁) の構造図 (断面図)

2.3 解析方針

防波壁（多重鋼管杭式擁壁）は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に基づき、基準地震動 S_s 及び津波と余震の重畳を考慮する際（以下「重畳時」という。）に用いる余震荷重として弾性設計用地震動 S_d-D に対して地震応答解析を実施する。

図 2-5 に防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の地震応答解析フローを示す。

地震応答解析は、「2. 基本方針」に基づき、「3.1 評価対象断面」に示す断面において、「3.2 解析方法」に示す水平地震動と鉛直地震動の同時加振による 2 次元有限要素法を用いた時刻歴応答解析により行うこととし、地盤物性のばらつきを適切に考慮する。

2 次元有限要素法による時刻歴応答解析は、「3.3 荷重及び荷重の組合せ」及び「3.5 解析モデル及び諸元」に示す条件を基に、「3.4 入力地震動」により設定する入力地震動を用いて実施する。

地震応答解析による応答加速度は、浸水防止設備（屋外排水路逆止弁）及び津波防護施設（防波壁通路防波扉（1号機北側）、防波壁通路防波扉（2号機北側））の設計震度設定に用い、地震時土圧、慣性力及び基礎地盤の接地圧は、防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の耐震評価に用いる。

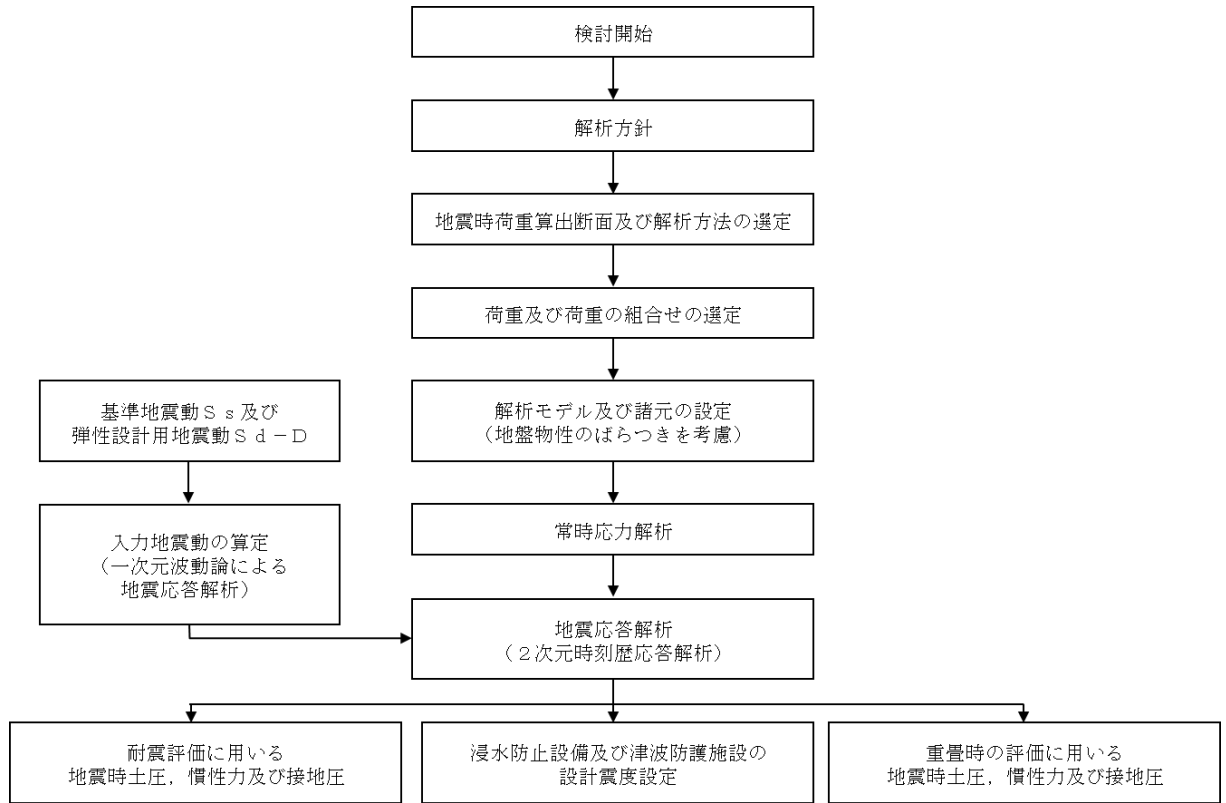


図 2-5 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の地震応答解析フロー

2.4 適用規格・基準等

適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・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)
- ・道路橋示方書 (I 共通編・IV 下部構造編)・同解説 (日本道路協会 平成14年3月)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 (日本電気協会)
- ・松江市建築基準法施行細則 (平成17年3月31日松江市規則第234号)
- ・港湾の施設の技術上の基準・同解析 ((社)日本港湾協会, H19年版)
- ・港湾構造物設計事例集 (沿岸技術研究センター, 平成19年3月)

3. 解析方法

3.1 評価対象断面

防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の評価対象断面は，防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の構造上の特徴や周辺地盤状況を踏まえて設定する。防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の評価対象断面位置図を図 3-1 に，縦断面図を図 3-2 に，防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の各区分における横断面図を図 3-3～図 3-8 に示す。以下の理由から②-②断面，③-③断面及び④-④断面を評価対象断面として選定する。

- ・②-②断面は，防波壁が施設護岸の背面に設置されている断面のうち，岩盤上面深さが最も深く，改良地盤④が設置されていることから評価対象断面に選定した。
- ・③-③断面は，防波壁が施設護岸の前面に設置されている断面のうち，岩盤上面の深さが最も深いことから，選定した。
- ・④-④断面は，取水管を横断するため，多重鋼管杭の杭間隔が広いことから，選定した。

本資料では，防波壁が施設護岸の背面に設置されている断面である②-②断面と防波壁が施設護岸の前面に設置されている断面である③-③断面の地震応答解析を実施する。

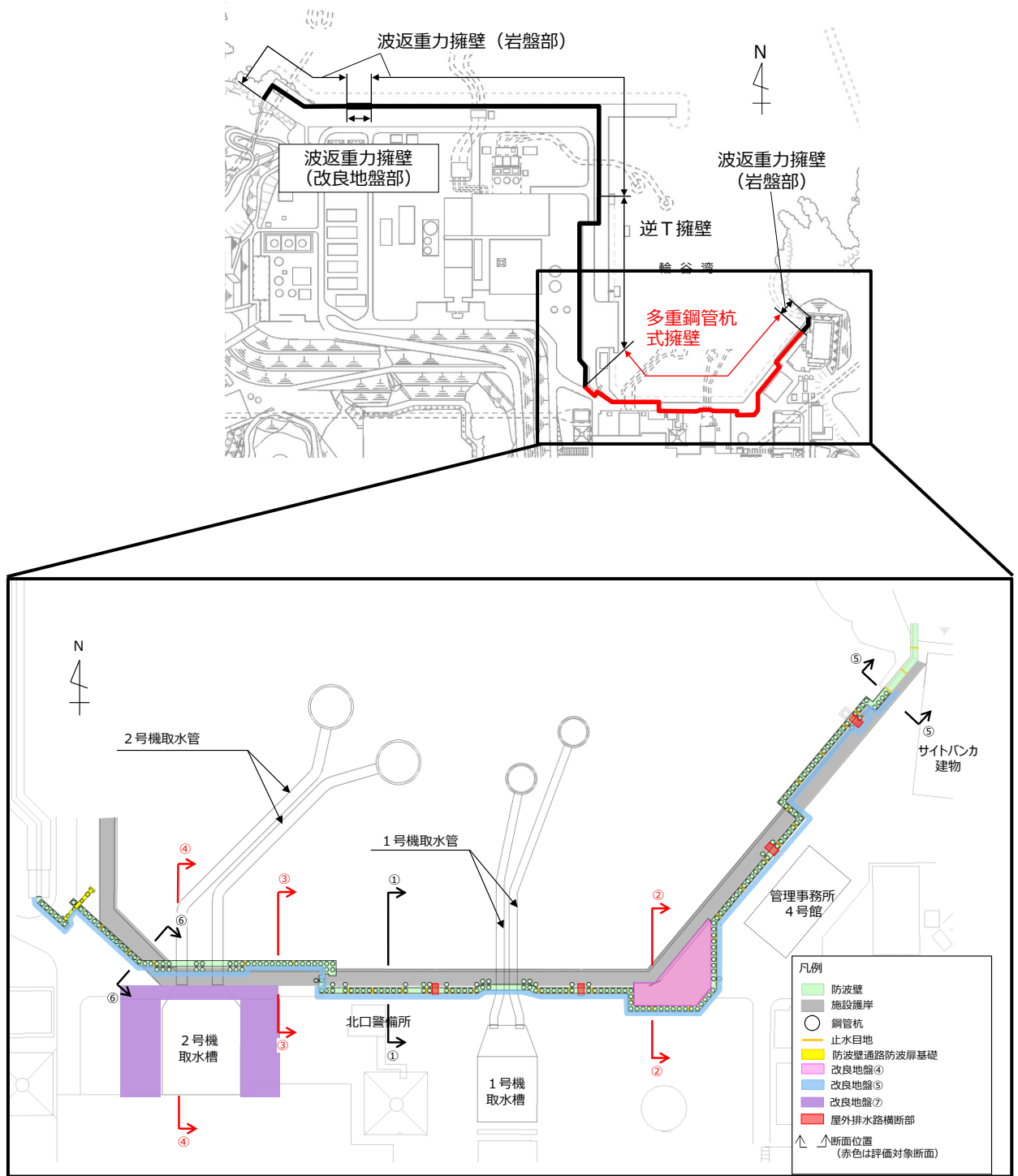


図 3-1 防波壁 (多重鋼管杭式擁壁) の評価対象断面位置図

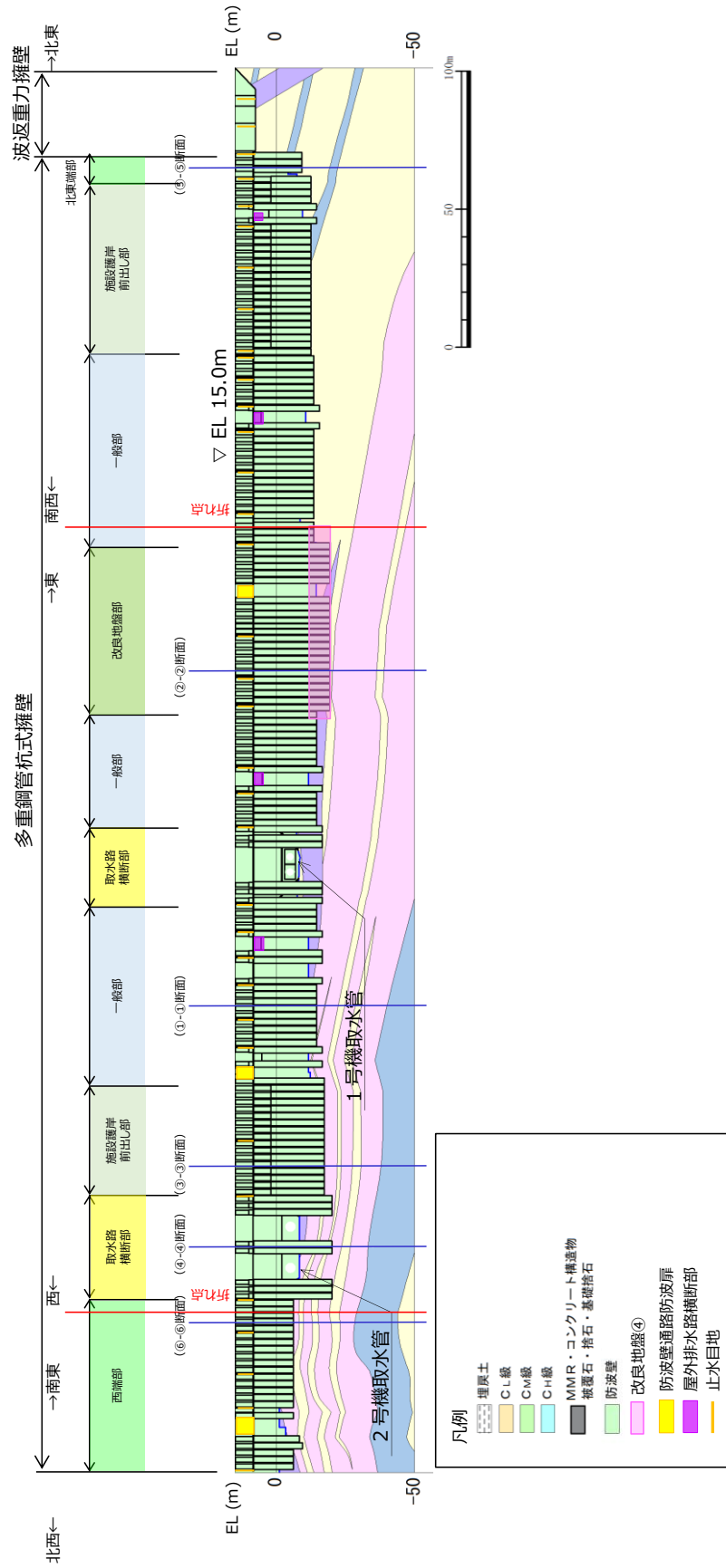


図 3-2 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の縦断面図

(単位 : m)

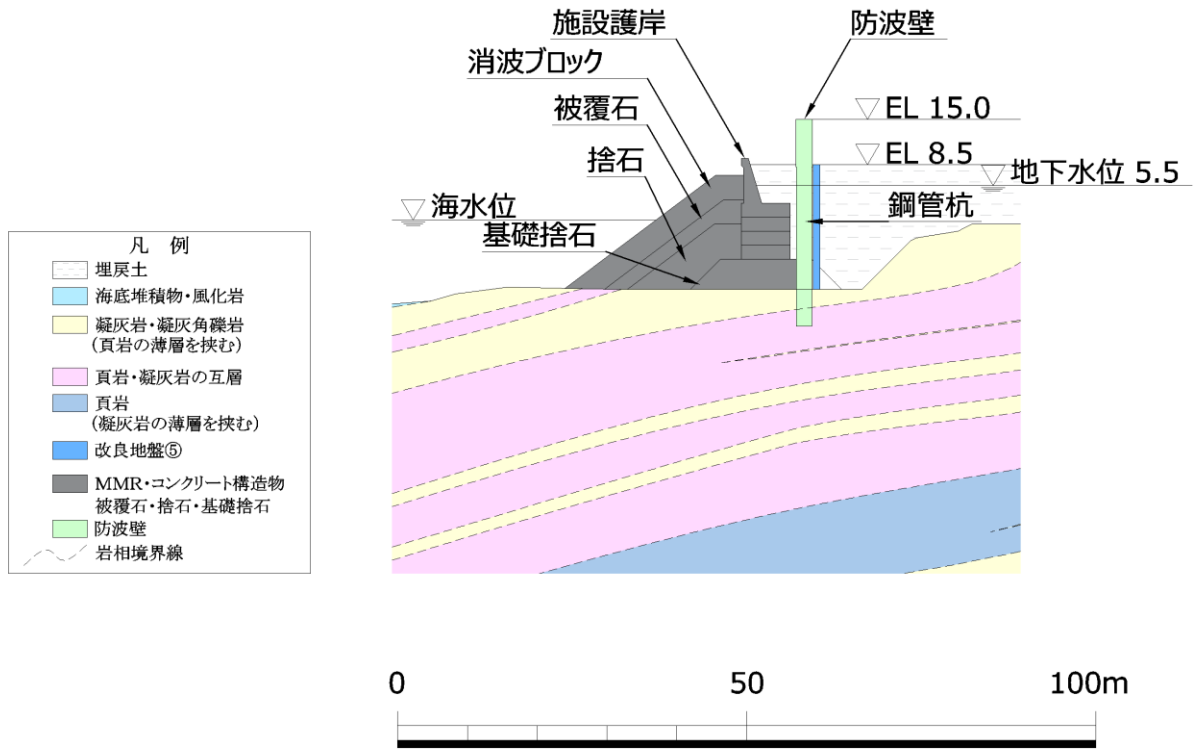


図 3-3 防波壁 (多重鋼管杭式擁壁) の横断図 (①-①断面)

(単位 : m)

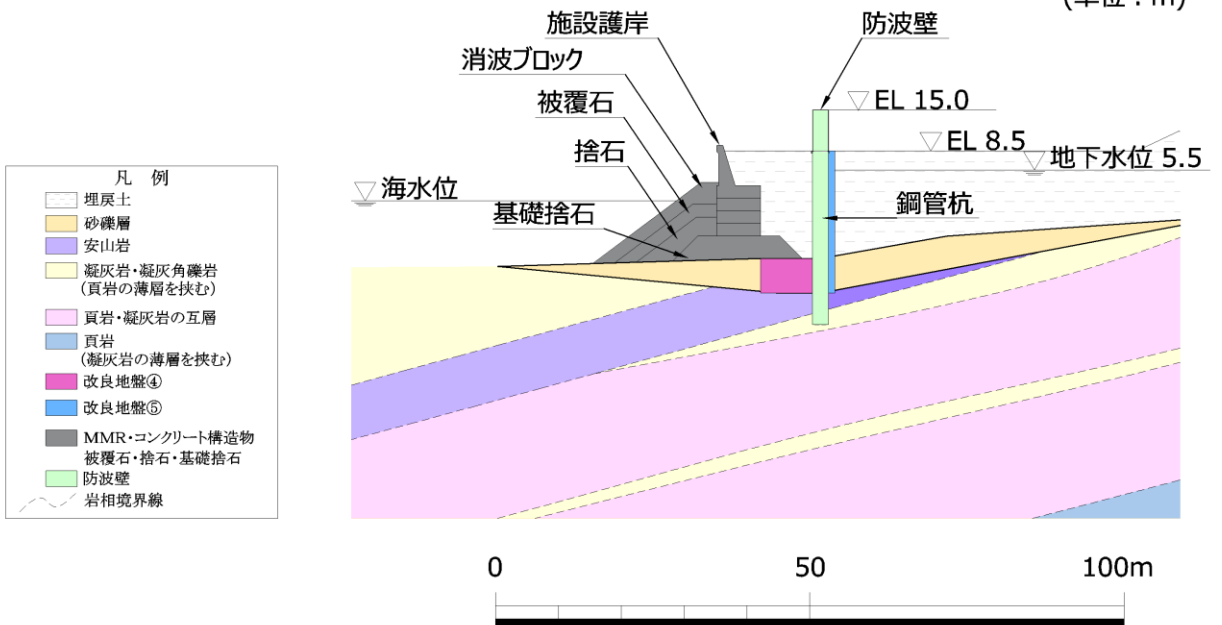


図 3-4 防波壁 (多重鋼管杭式擁壁) の横断図 (②-②断面)

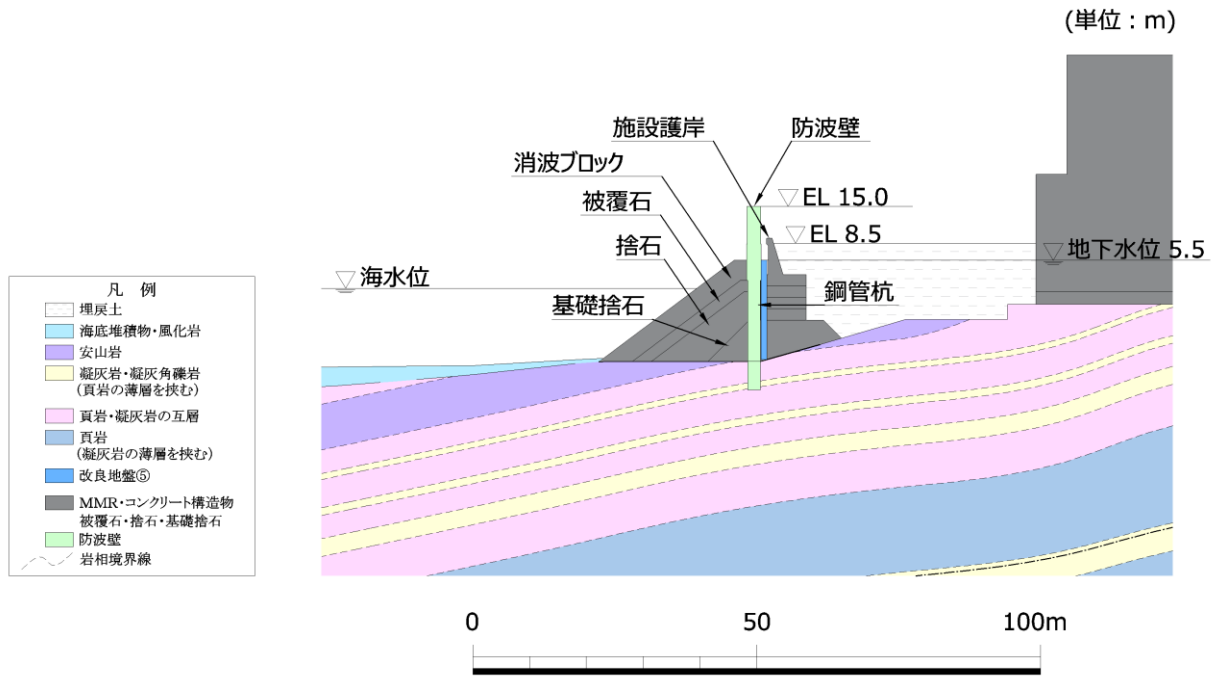


図 3-5 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の横断図（③-③断面）

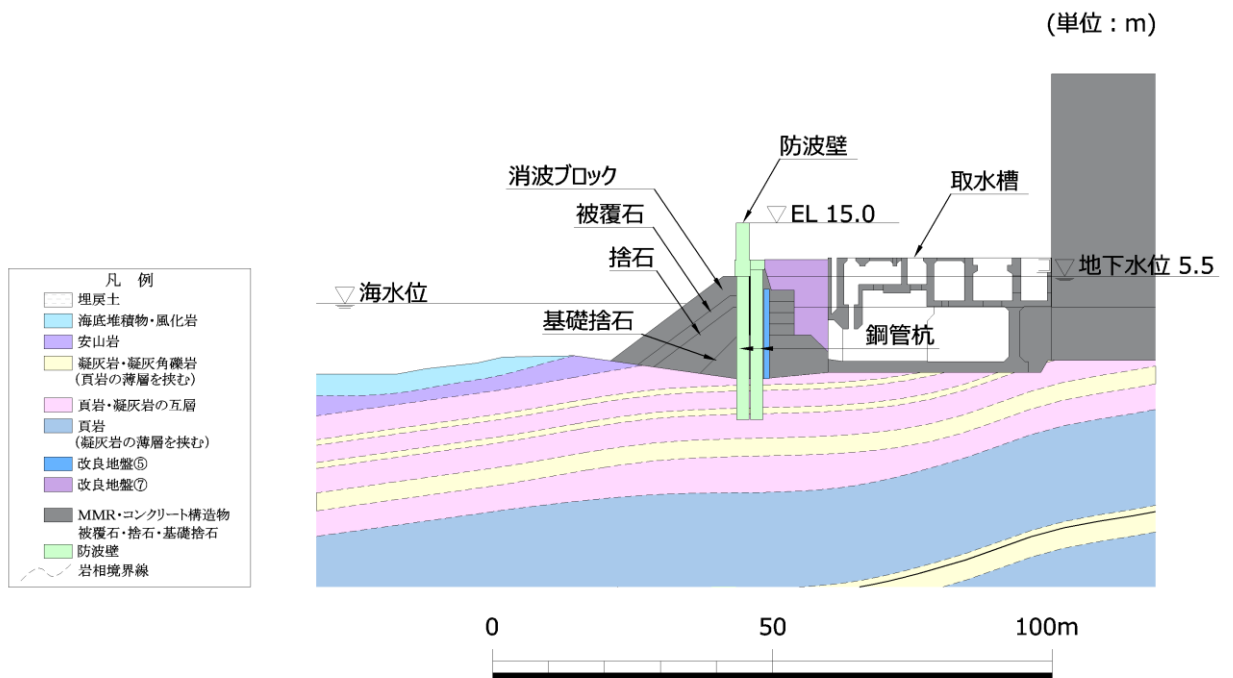


図 3-6 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の横断図（④-④断面）

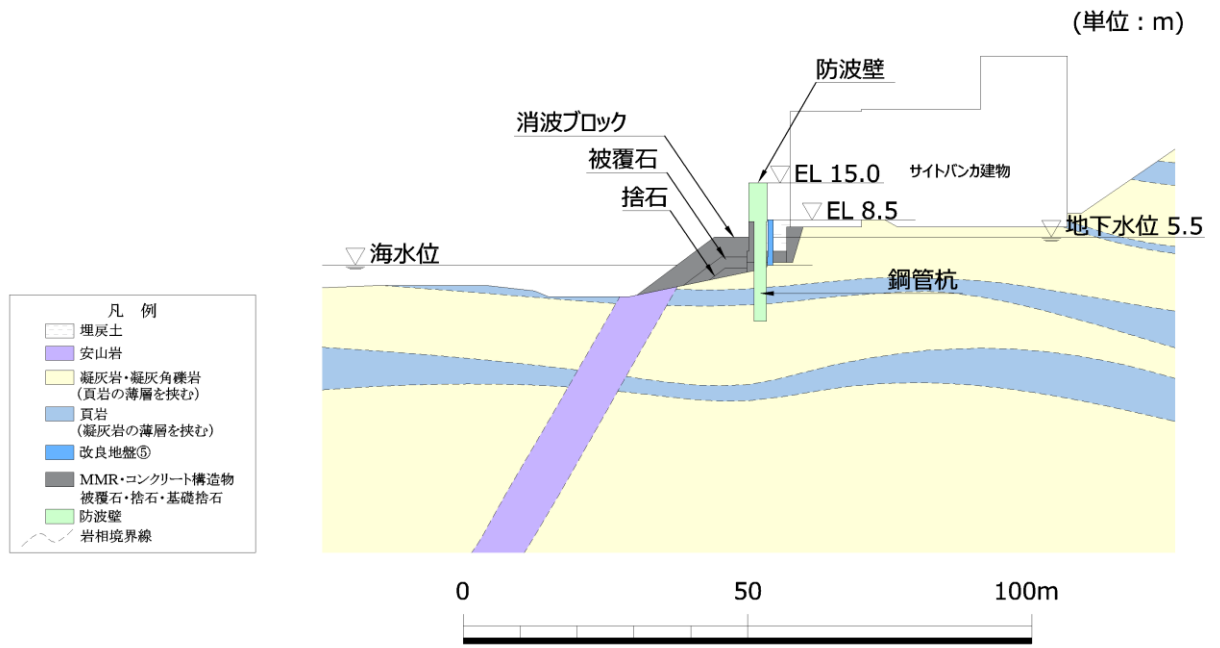


図 3-7 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の横断図（⑤-⑤断面）

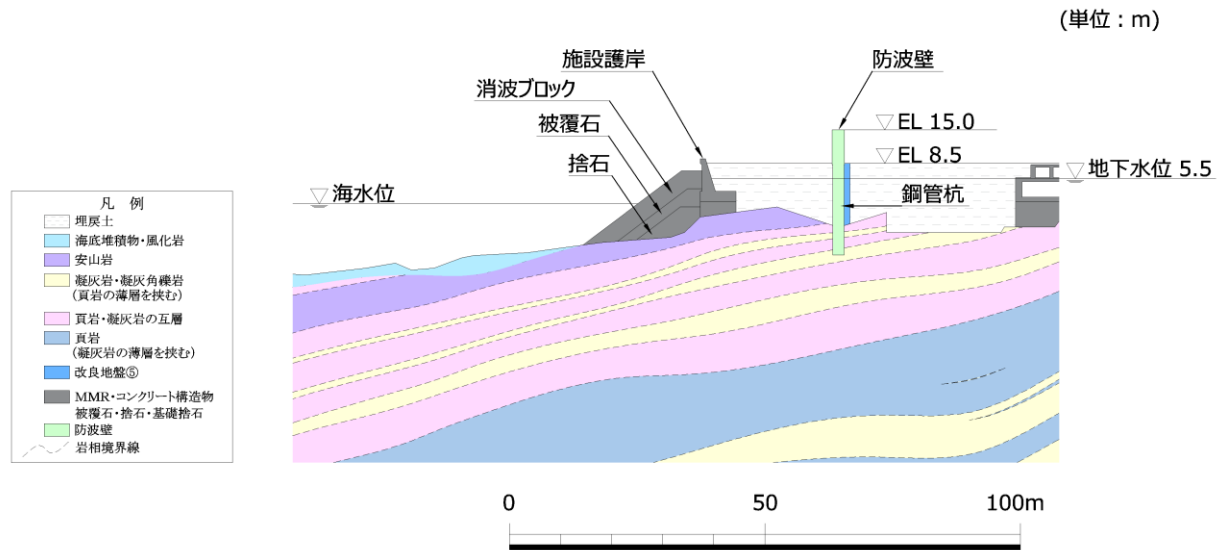


図 3-8 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の横断図（⑥-⑥断面）

3.2 解析方法

防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の地震応答解析は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」のうち、「2.3 屋外重要土木構造物」に示す解析方法及び解析モデルを踏まえて実施する。

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次元有限要素法解析を用いて、基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d-D 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より行うこととする。地震時における地盤の有効応力の変化に伴う影響を考慮するため、解析方法は有効応力解析とする。

構造部材については、線形はり要素でモデル化する。また、地盤については、地盤のひずみ依存性を適切に考慮できるようモデル化する。

地震応答解析については、解析コード「FLIP」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、VI-5「計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

3.2.1 施設

鋼管杭は、線形はり要素によりモデル化する。

被覆コンクリート壁のモデル化は行わず、質量として自重を考慮する。

3.2.2 材料物性及び地盤物性のばらつき

防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の地震時の応答は，周辺地盤との相互作用によることから，地盤物性のばらつきの影響を考慮する。地盤物性のばらつきについては，表 3-1 に示す解析ケースにおいて考慮する。

図 3-2～図 3-8 に示すとおり，動的変形特性にひずみ依存性がある地盤が分布しており，これらの地盤のせん断変形が地震時に防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の応答に与える影響が大きいと考えられる。このうち，広範囲に分布しており，応答に与える影響が大きいと考えられる埋戻土の物性（初期せん断弾性係数）のばらつきについて影響を確認する。

詳細な解析ケースの考え方は，「3.2.4 解析ケース」に示す。

表 3-1 有効応力解析における解析ケース

解析ケース	地盤物性	
	埋戻土 (G_0 : 初期せん断弾性係数)	岩盤 (G_d : 動せん断弾性係数)
ケース① (基本ケース)	平均値	平均値
ケース②	平均値 + 1 σ	平均値
ケース③	平均値 - 1 σ	平均値

3.2.3 減衰定数

Rayleigh 減衰定数を考慮することとし，剛性比例型減衰を設定する。

3.2.4 解析ケース

耐震評価においては，すべての基準地震動 S_s に対し，解析ケース①（基本ケース）を実施する。すべての基準地震動 S_s に対して実施したケース①の解析において，各照査値が最も厳しい地震動を用いて，解析ケース②及び③を実施する。重畳時の評価においては， $S_d - D$ （++）の1ケースのみ実施する。耐震評価及び重畳時の評価における解析ケースを表 3-2 に示す。

表 3-2 耐震評価及び重畳時の評価における解析ケース

解析ケース		ケース①		ケース②		ケース③	
		基本ケース		地盤物性のばらつき (+1 σ)を考慮した解析ケース		地盤物性のばらつき (-1 σ)を考慮した解析ケース	
地盤物性		平均値		平均値+1 σ		平均値-1 σ	
地震動 (位相)	$S_s - D$	++*	○	基準地震動 S_s (6波) に位相反転を考慮した地震動 (6波) を加えた全 12 波に対し，ケース①（基本ケース）を実施し，曲げ・軸力系の破壊，せん断破壊及び基礎地盤の支持力照査の各照査項目ごとに照査値が 0.5 を超える照査項目に対して，最も厳しい（許容限界に対する裕度が最も小さい）地震動を用いてケース②及び③を実施する。 すべての照査項目の照査値がいずれも 0.5 以下の場合には，照査値が最も厳しくなる地震動を用いてケース②及び③を実施する。 重畳時の評価においては， $S_d - D$ （++）の1ケースのみ実施する。			
		-+*	○				
		+ - *	○				
		--*	○				
	$S_s - F 1$	++*	○				
	$S_s - F 2$	++*	○				
	$S_s - N 1$	++*	○				
		-+*	○				
	$S_s - N 2$ (NS)	++*	○				
		-+*	○				
	$S_s - N 2$ (EW)	++*	○				
-+*		○					
$S_d - D$	++*	○	-	-			

注記*：地震動の位相について，（++）の左側は水平動，右側は鉛直動を表し，「-」は位相を反転させたケースを示す。

3.3 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。

3.3.1 耐震評価上考慮する状態

防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の地震応答解析において、地震以外に考慮する状態を以下に示す。

(1) 運転時の状態

発電用原子炉が運転状態にあり、通常の条件下におかれている状態。ただし、運転時の異常な過渡変化時の影響を受けないことから考慮しない。

(2) 設計基準事故時の状態

設計基準事故時の影響を受けないことから考慮しない。

(3) 設計用自然条件

積雪及び風荷重を考慮する。

(4) 重大事故等時の状態

重大事故等時の状態の影響を受けないことから考慮しない。

3.3.2 荷重

防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の地震応答解析において、考慮する荷重を以下に示す。

(1) 固定荷重(G)

固定荷重として、躯体自重、機器・配管荷重の自重を考慮する。

(2) 積雪荷重(P_s)

積雪荷重として、発電所最寄りの気象官署である松江地方気象台（松江市）での観測記録（1941～2018年）より、観測史上1位の月最深積雪100cm（1971年2月4日）に平均的な積雪荷重を与えるための係数0.35を考慮し35.0cmとする。

積雪荷重については、松江市建築基準法施行細則により、積雪量1cmごとに20N/m²の積雪荷重が作用することを考慮し設定する。

(3) 風荷重(P_k)

風荷重については、設計基準風速を30m/sとし、建築基準法に基づき算定する。

(4) 地震荷重(S_s)

基準地震動S_sによる荷重を考慮する。

(5) 余震荷重(S_d)

弾性設計用地震動S_d-Dによる荷重を考慮する。

3.3.3 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3-3 に示す。

表 3-3 荷重の組合せ

区分	荷重の組合せ
地震時 (S _s)	G + P _s + P _k + S _s
余震時 (S _d) *	G + P _s + P _k + S _d

注記* : 津波重畳時に用いる。

G : 固定荷重

P_s : 積雪荷重

P_k : 風荷重

S_s : 地震荷重 (基準地震動 S_s)

S_d : 余震荷重 (弾性設計用地震動 S_d - D)

3.4 入力地震動

入力地震動は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」のうち「2.3 屋外重要土木構造物」に示す入力地震動の設定方針を踏まえて設定する。

地震応答解析に用いる入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d-D を一次元波動論により地震応答解析モデル下端位置で評価したものをを用いる。なお、入力地震動の設定に用いる地下構造モデルは、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」のうち「7.1 入力地震動の設定に用いる地下構造モデル」を用いる。

図 3-9 に入力地震動算定の概念図を、図 3-10～図 3-35 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「SHAKE」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、VI-5「計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

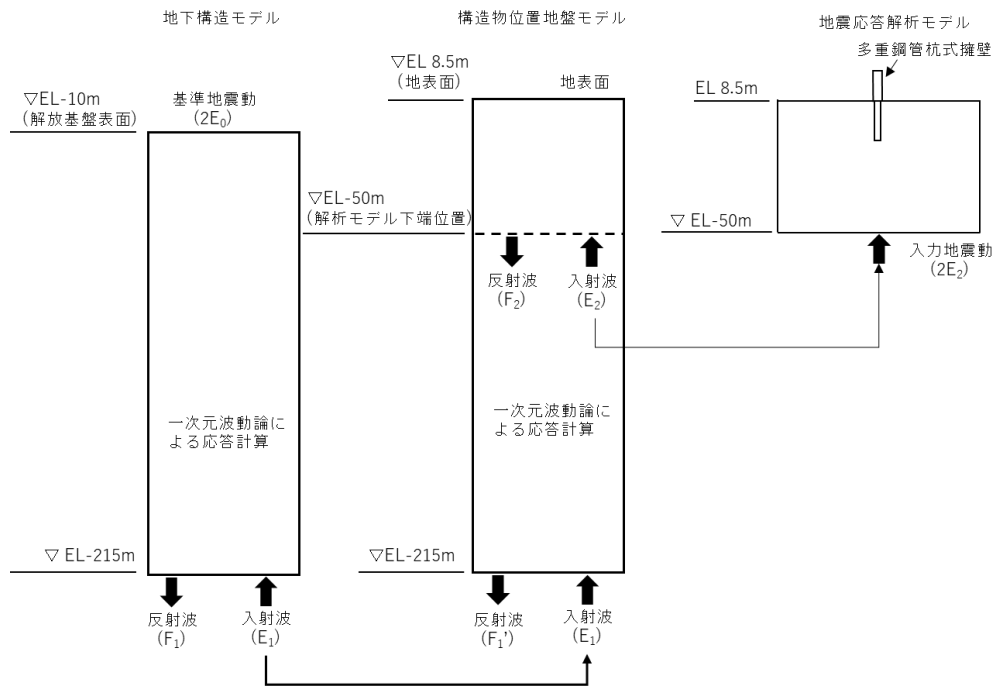
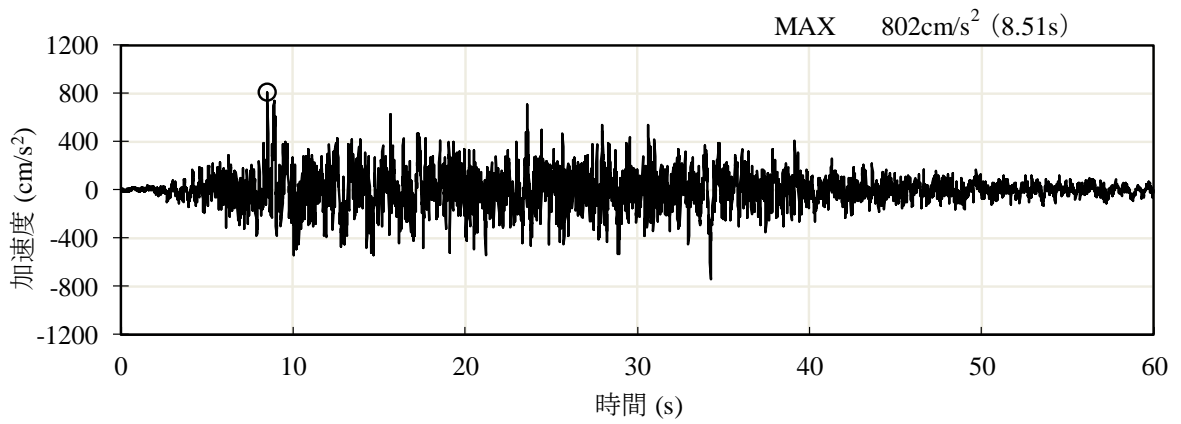
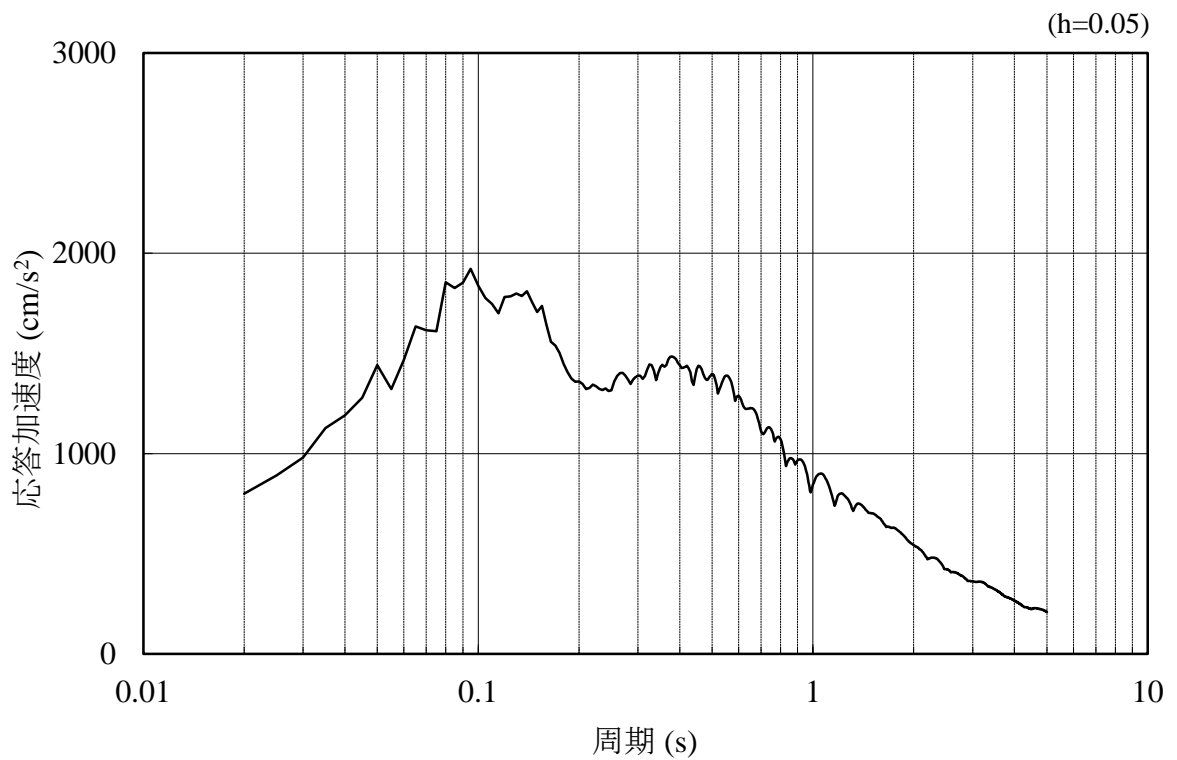


図 3-9 入力地震動算定の概念図

3.4.1 ②—②断面

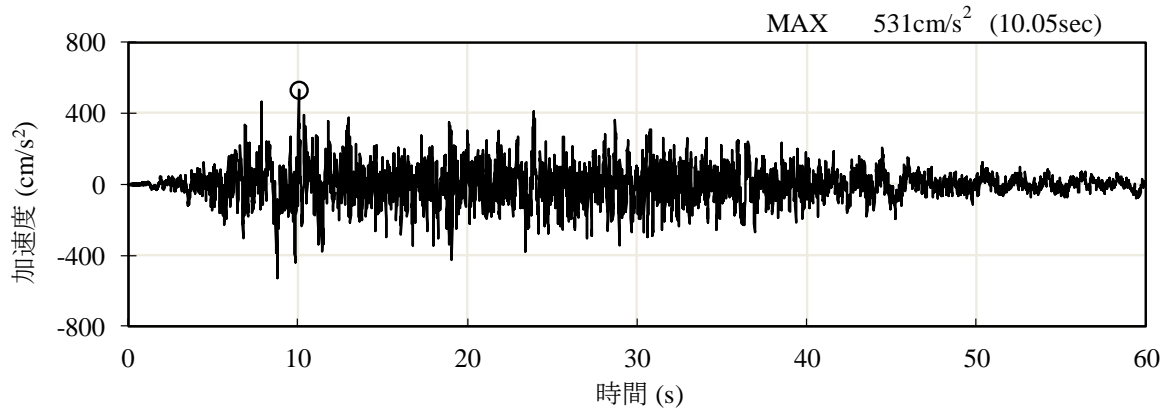


(a) 加速度時刻歴波形

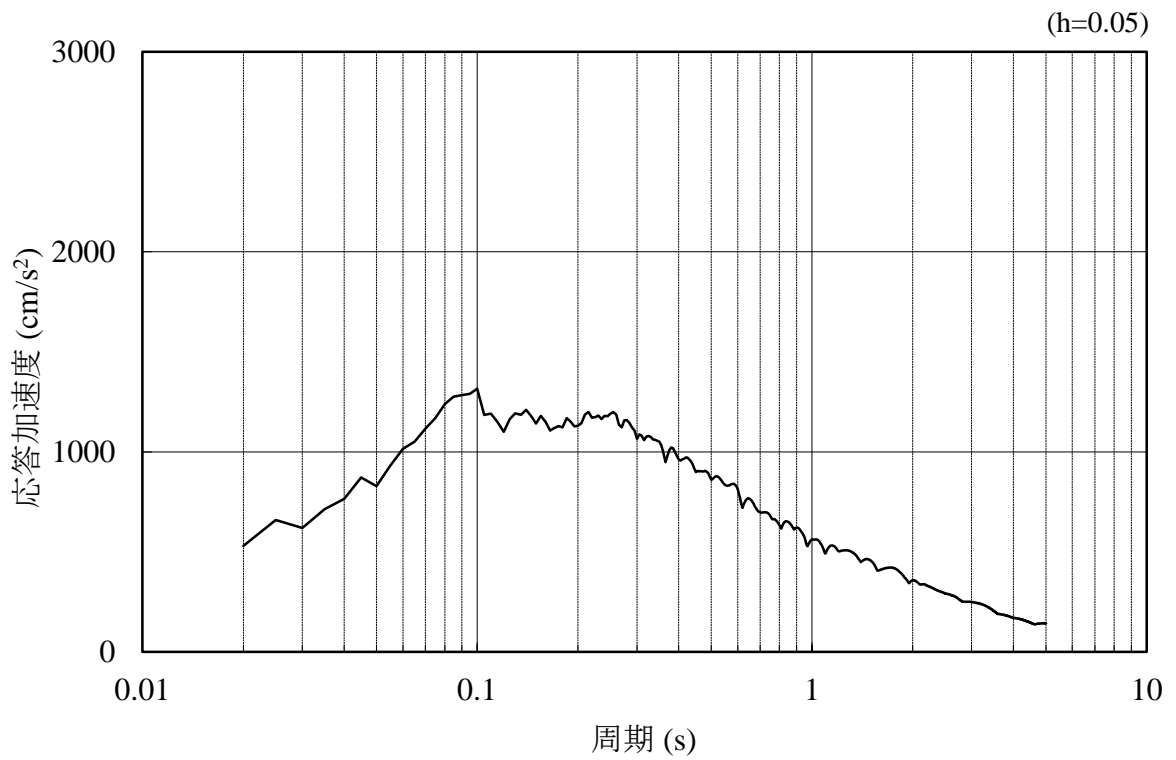


(b) 加速度応答スペクトル

図 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
(水平成分：S s - D)

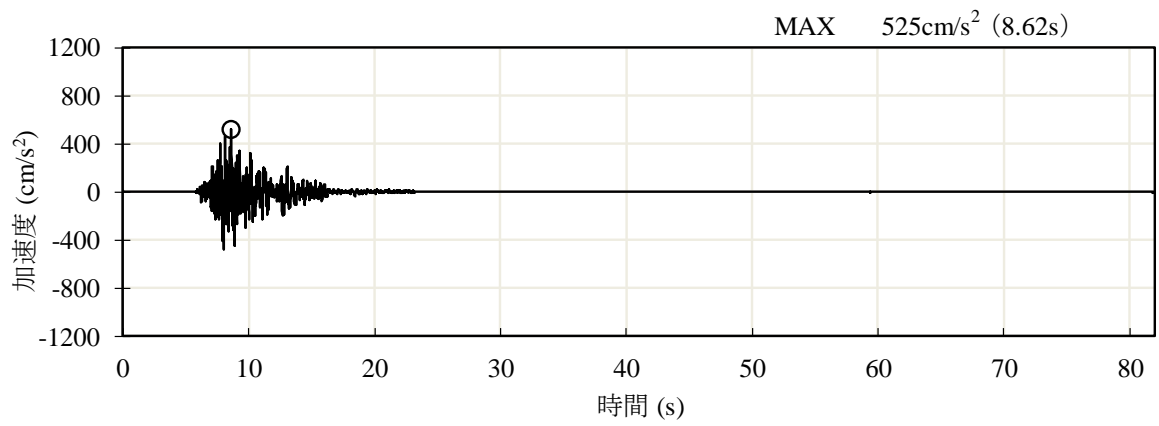


(a) 加速度時刻歴波形

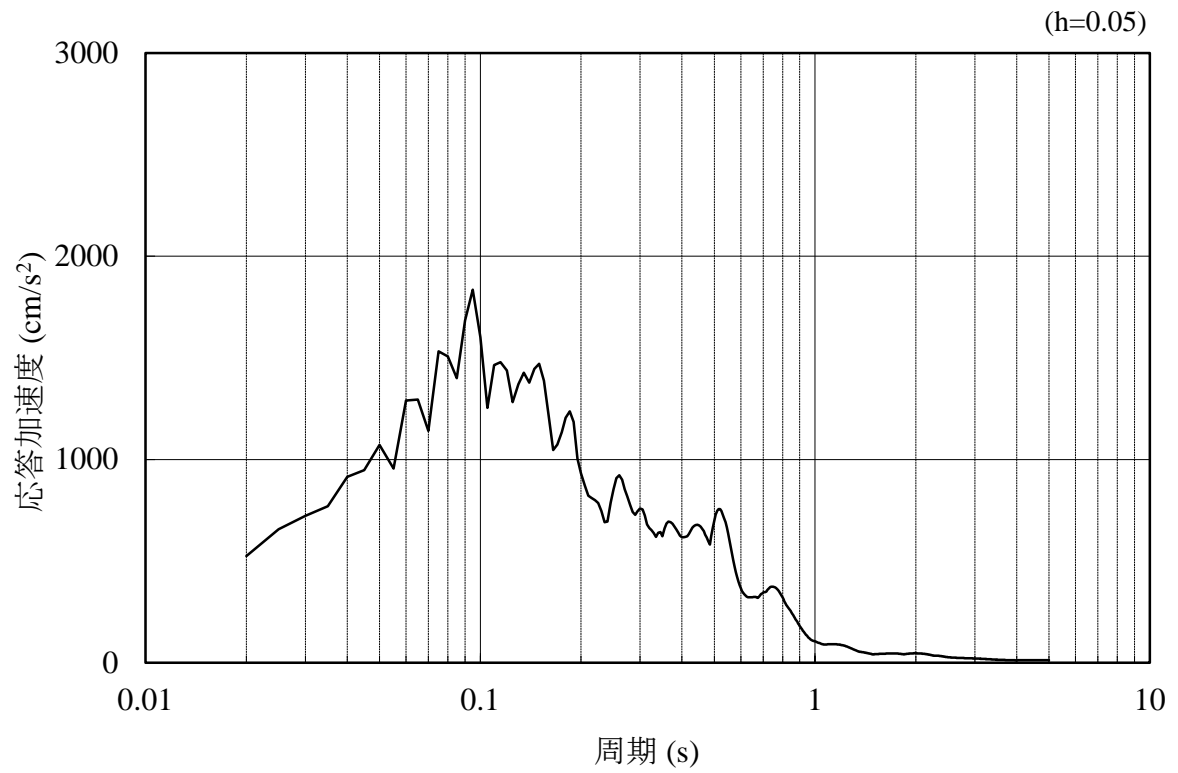


(b) 加速度応答スペクトル

図 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
(鉛直成分：S s - D)

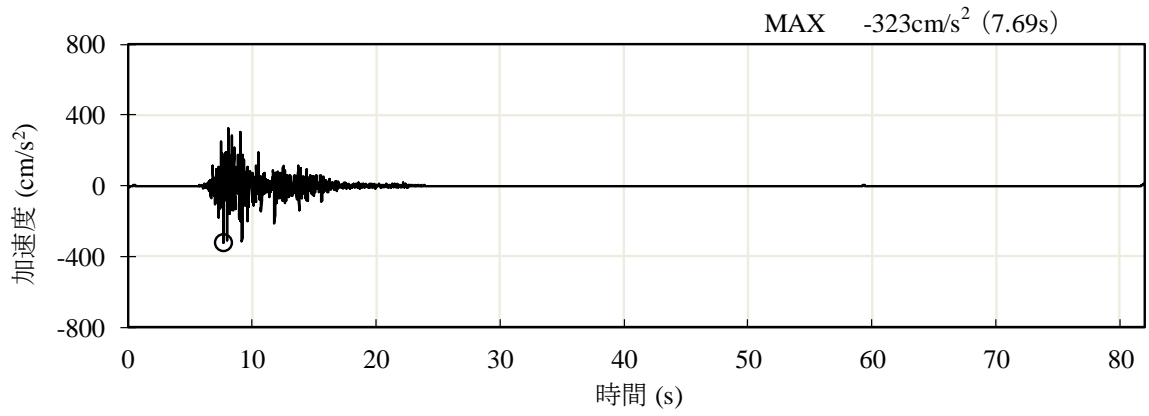


(a) 加速度時刻歴波形

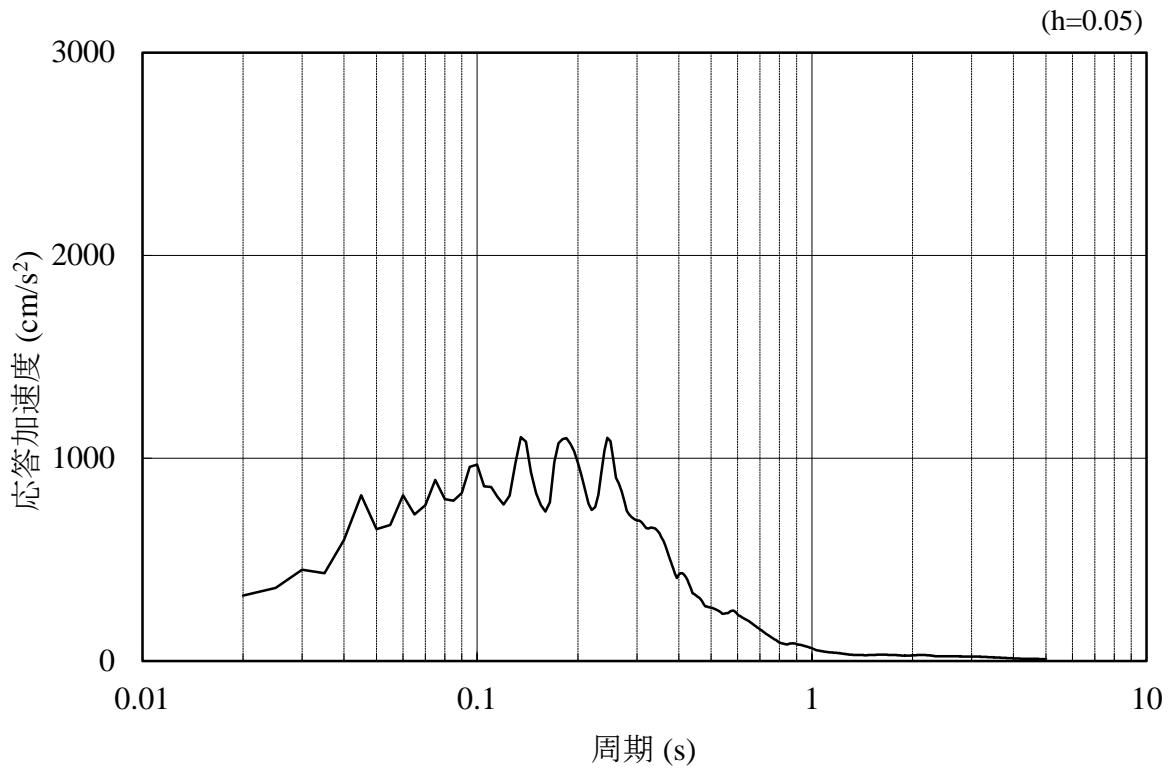


(b) 加速度応答スペクトル

図 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
(水平成分 : S s - F 1)

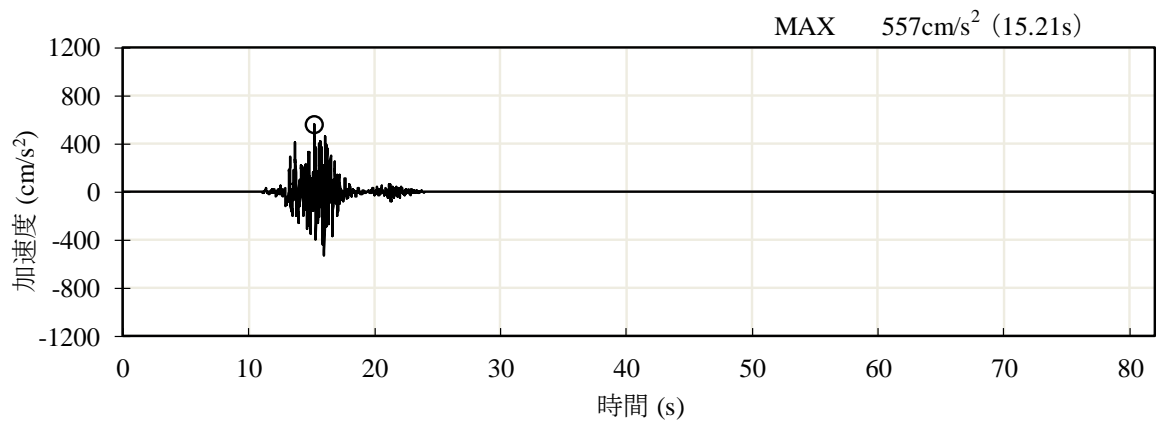


(a) 加速度時刻歴波形

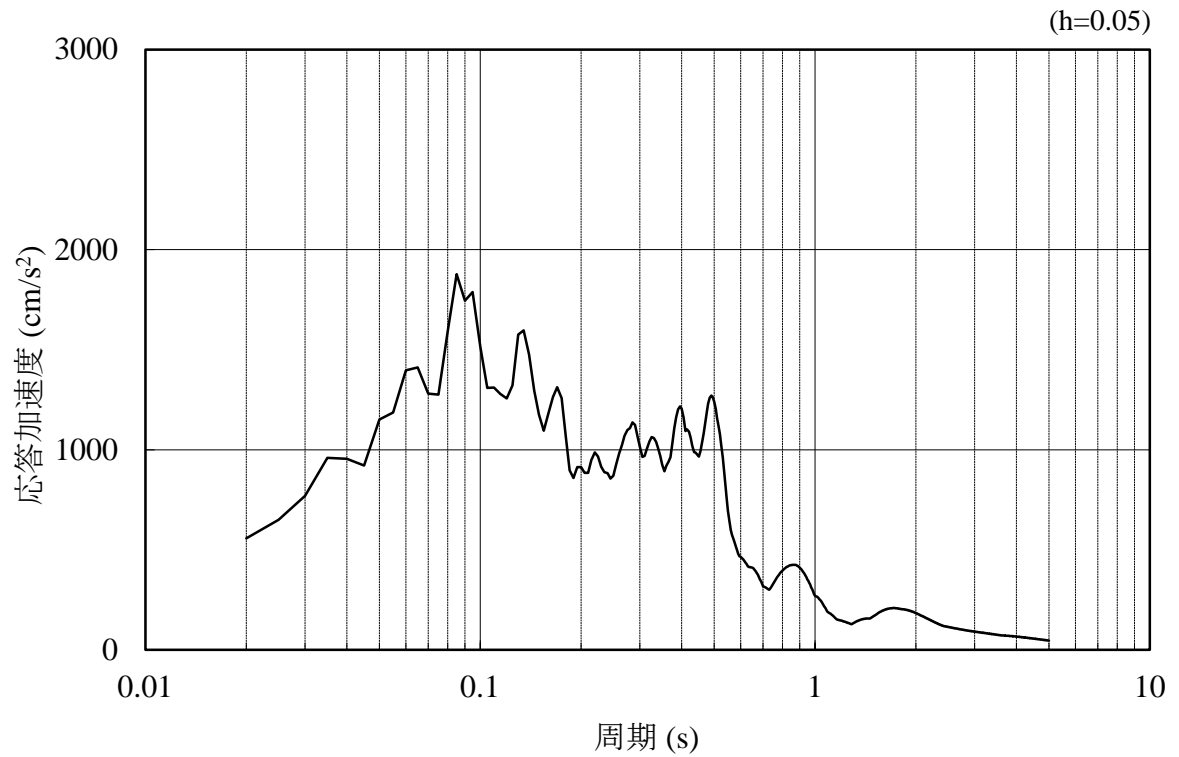


(b) 加速度応答スペクトル

図 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
(鉛直成分：S s - F 1)

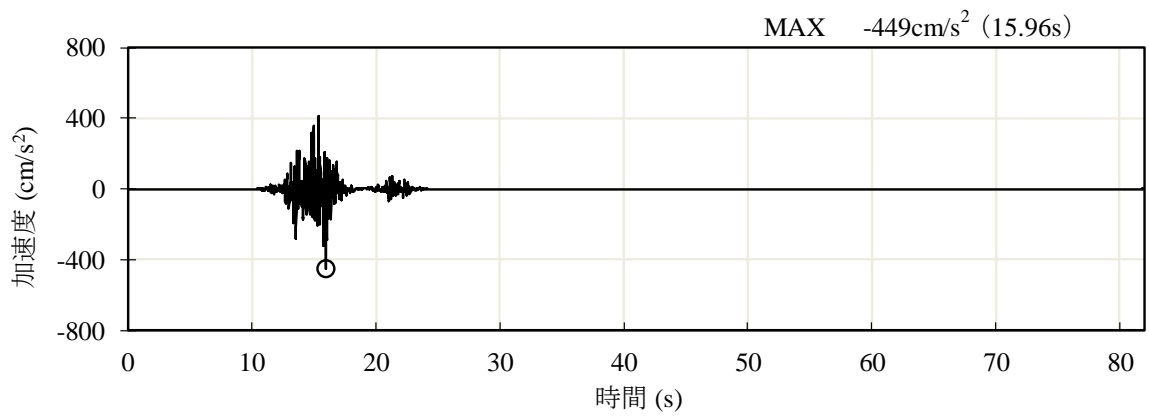


(a) 加速度時刻歴波形

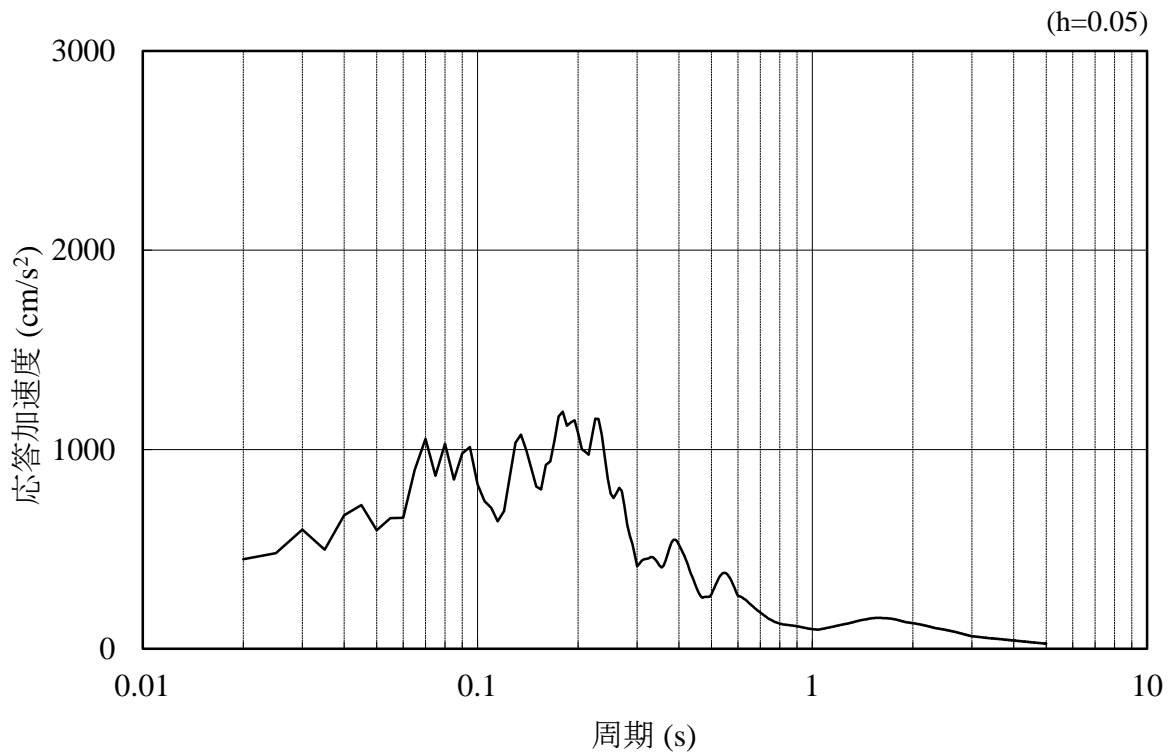


(b) 加速度応答スペクトル

図 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
(水平成分 : S s - F 2)

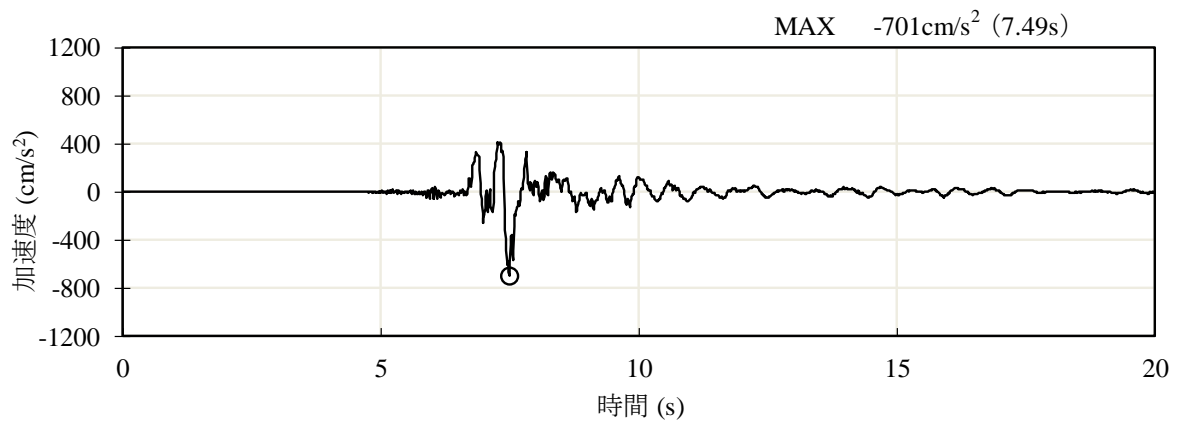


(a) 加速度時刻歴波形

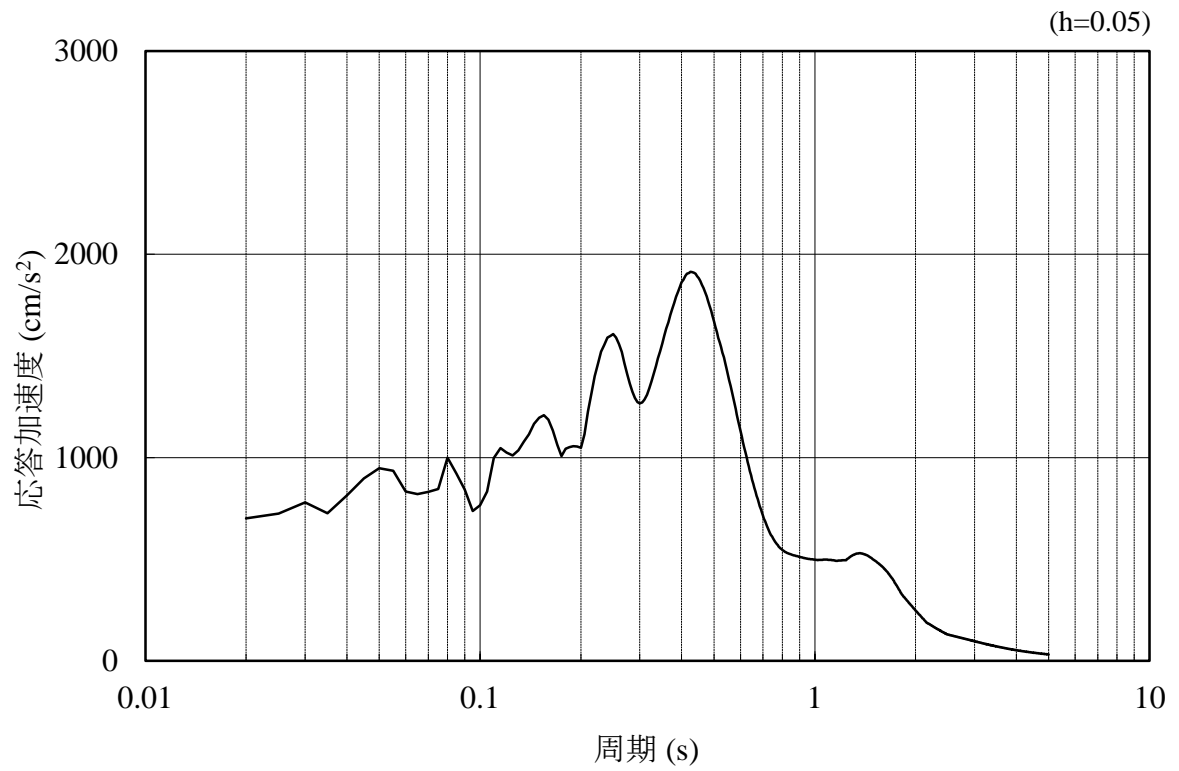


(b) 加速度応答スペクトル

図 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
(鉛直成分：S s - F 2)

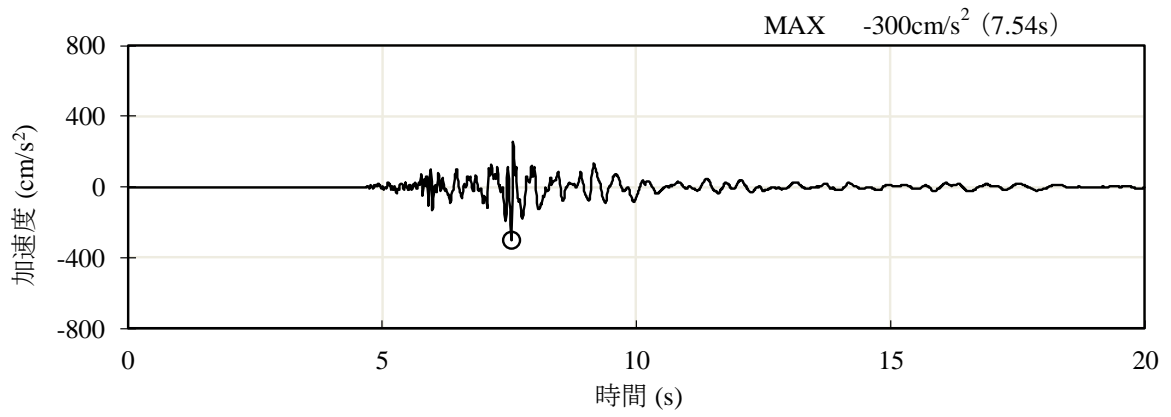


(a) 加速度時刻歴波形

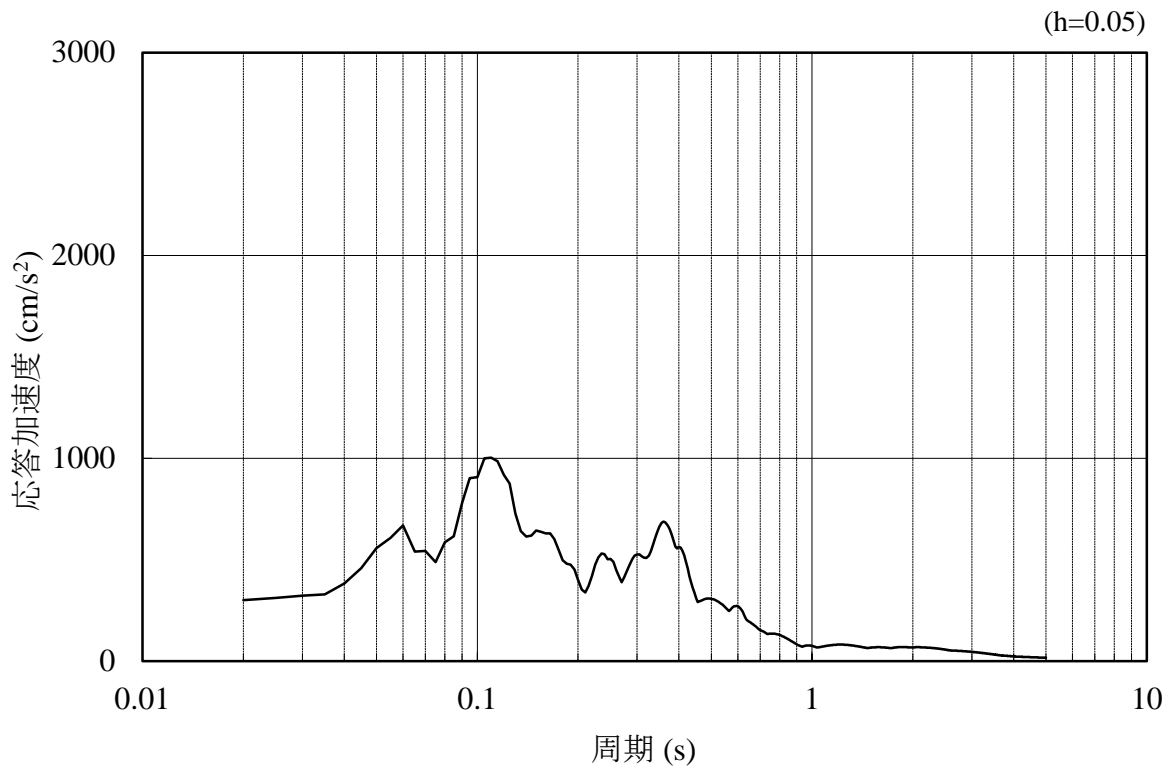


(b) 加速度応答スペクトル

図 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
(水平成分 : S s - N 1)

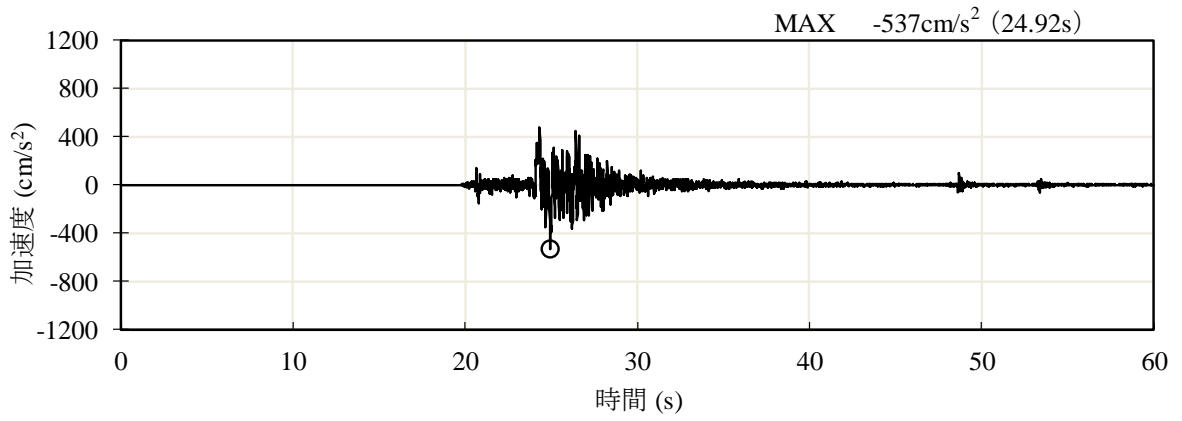


(a) 加速度時刻歴波形

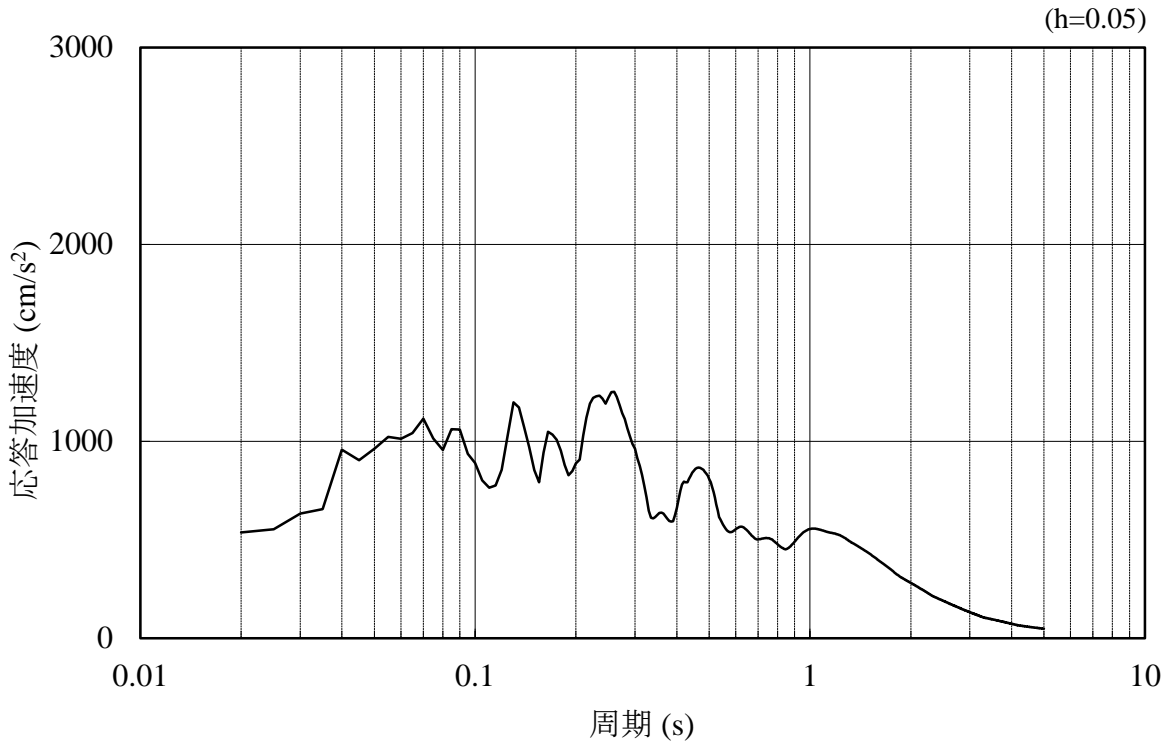


(b) 加速度応答スペクトル

図 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
(鉛直成分：S s - N 1)

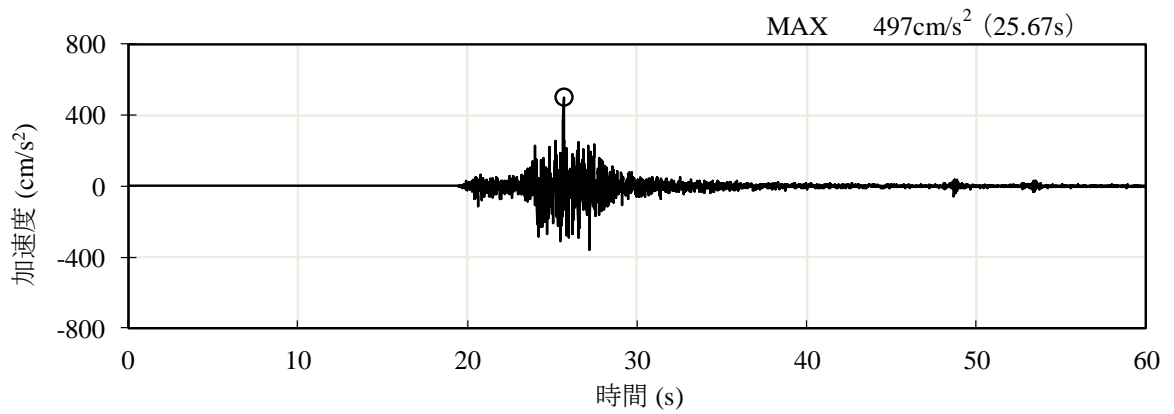


(a) 加速度時刻歴波形

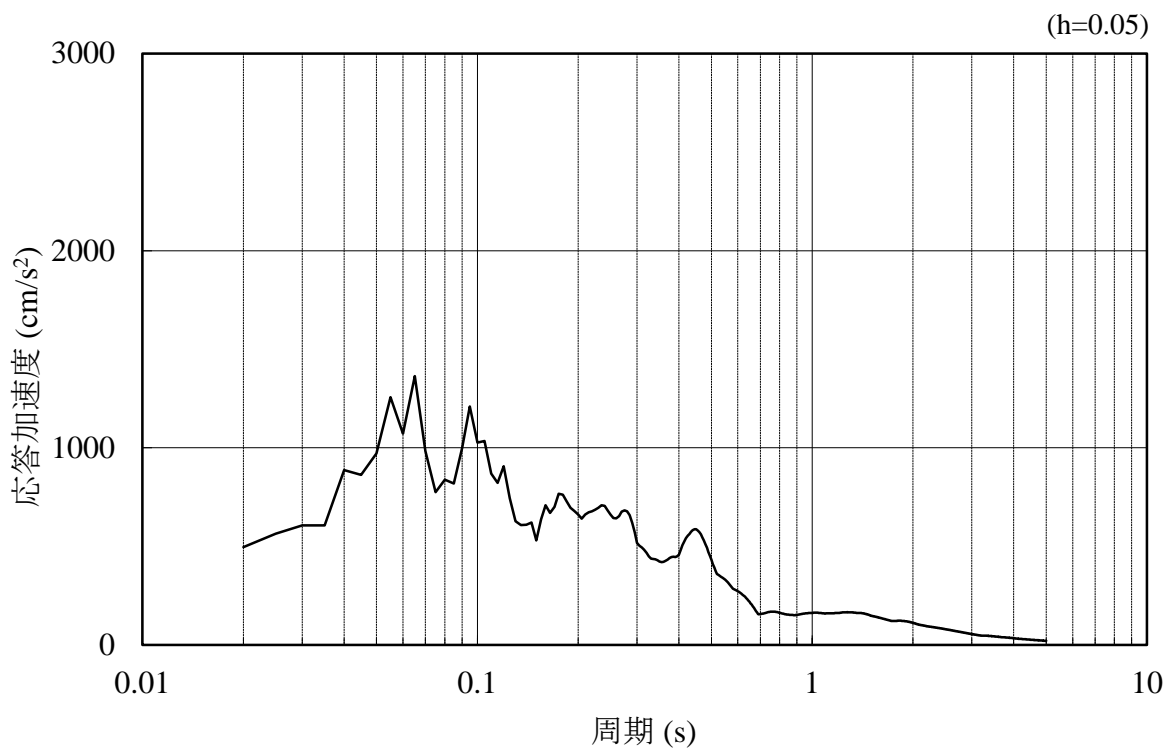


(b) 加速度応答スペクトル

図 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
(水平成分：S s - N 2 (N S))

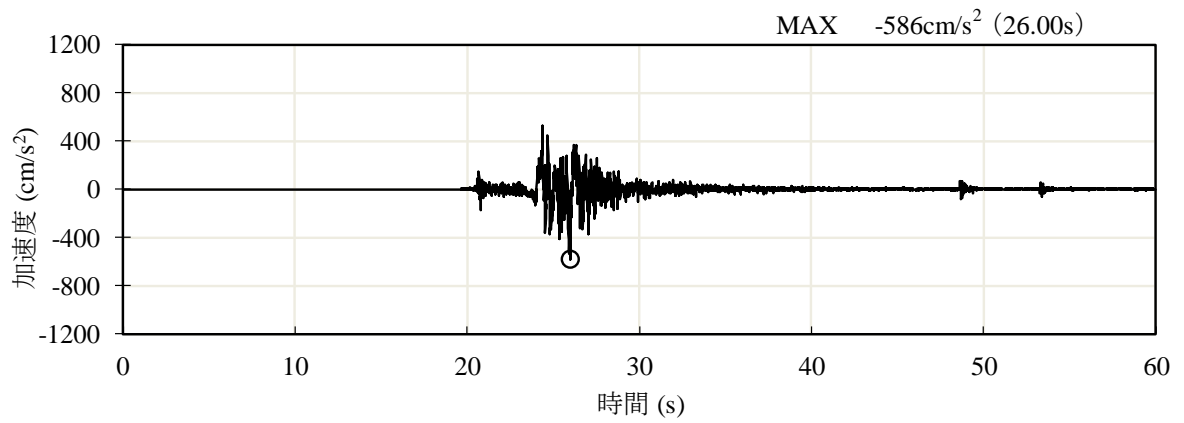


(a) 加速度時刻歴波形

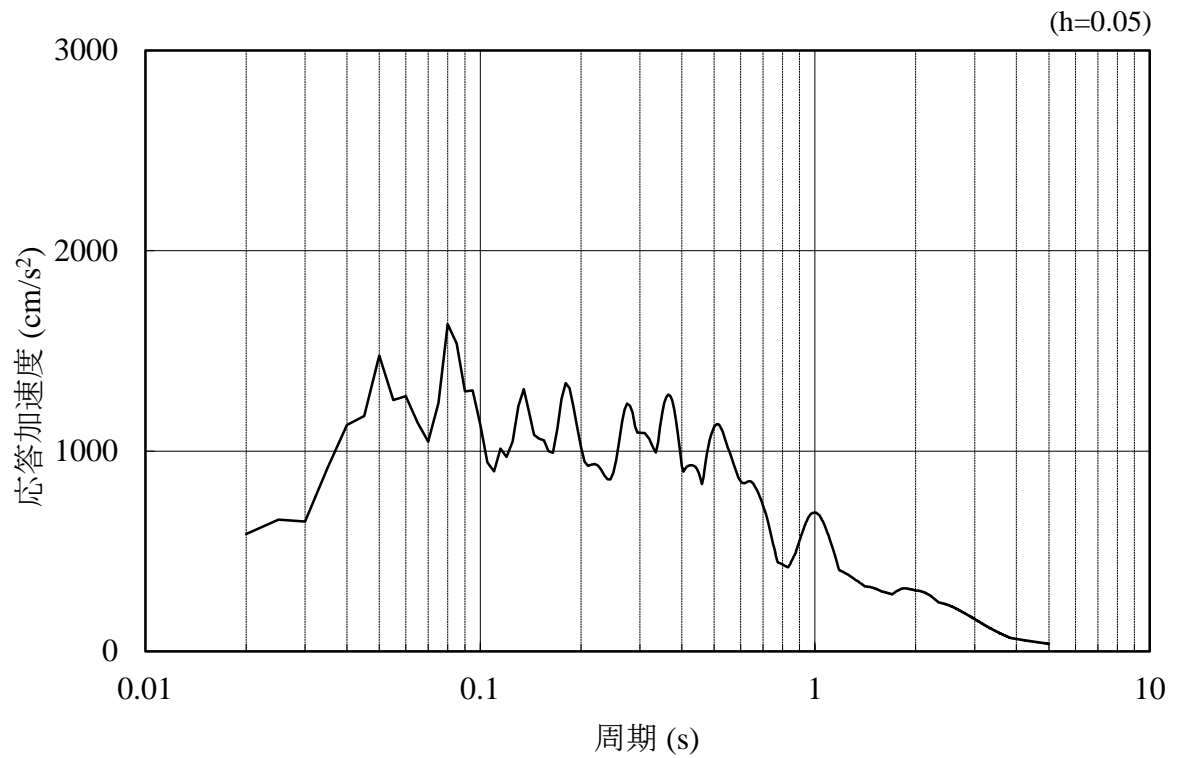


(b) 加速度応答スペクトル

図 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
(鉛直成分：S s - N 2 (N S))

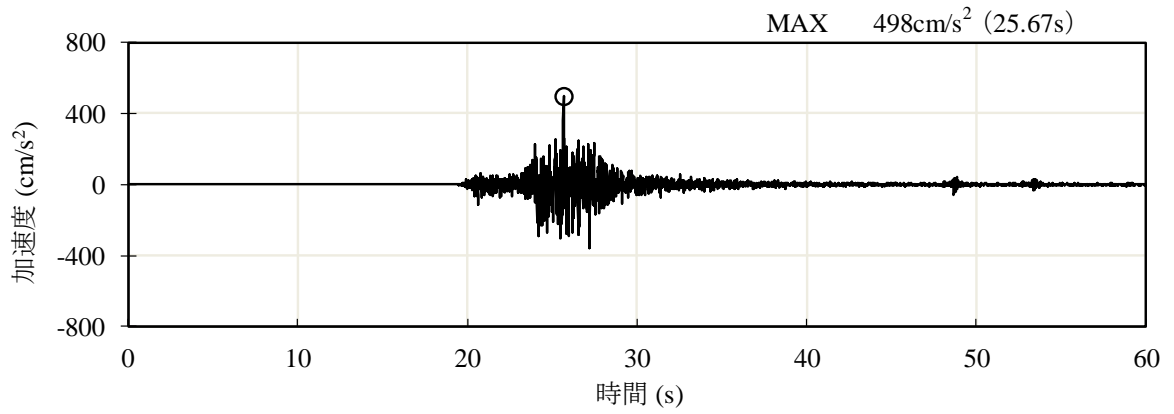


(a) 加速度時刻歴波形

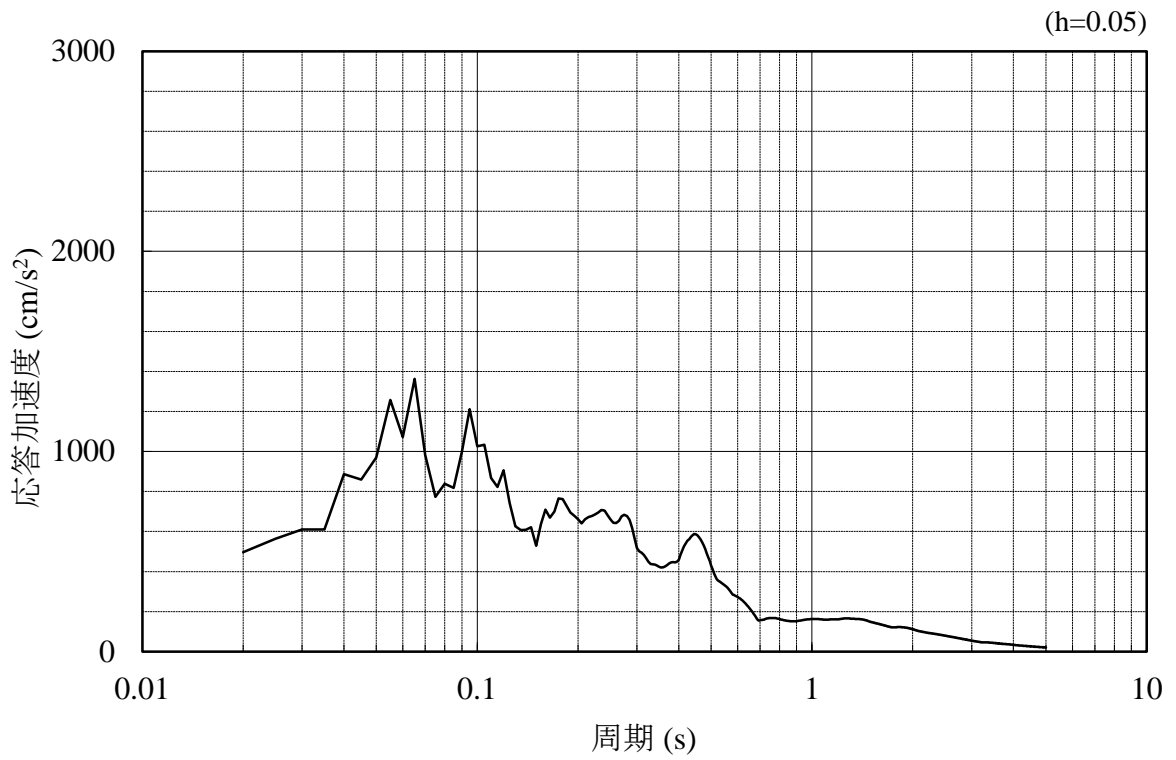


(b) 加速度応答スペクトル

図 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
(水平成分：S s - N 2 (E W))



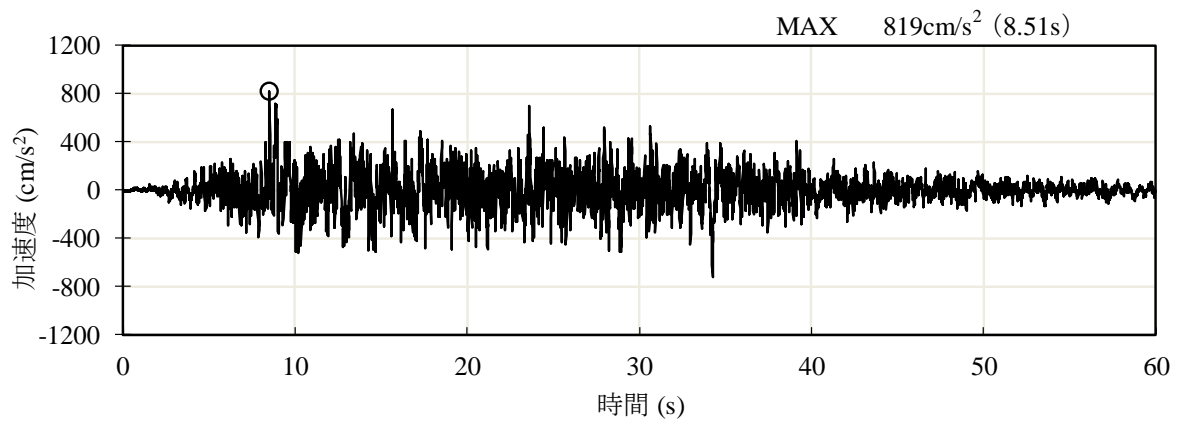
(a) 加速度時刻歴波形



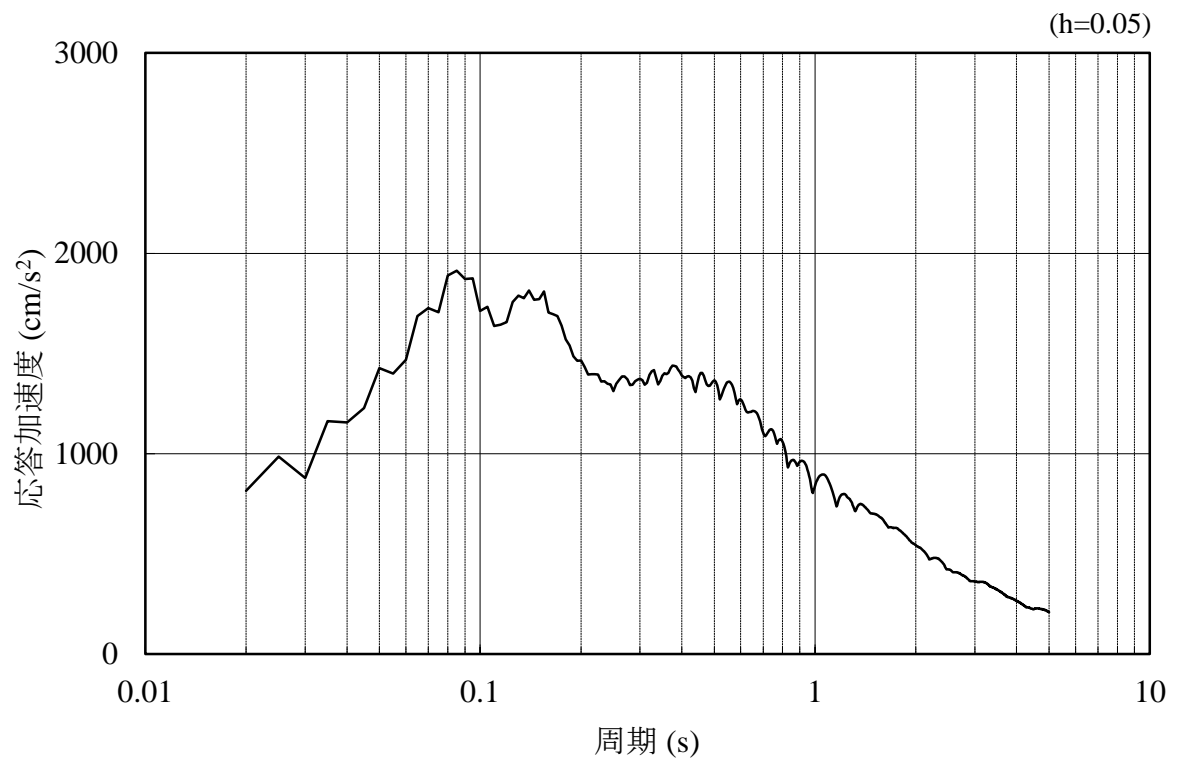
(b) 加速度応答スペクトル

図 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
(鉛直成分：S s - N 2 (E W))

3.4.2 ③—③断面

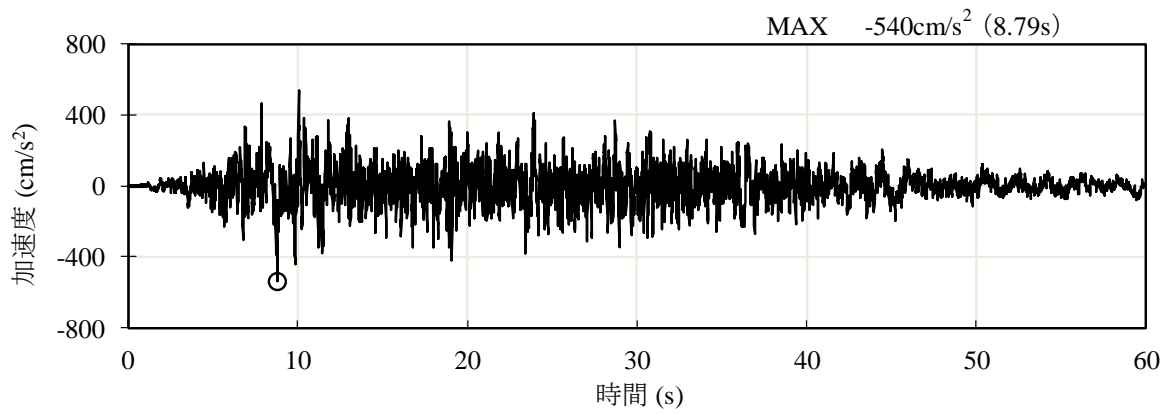


(a) 加速度時刻歴波形

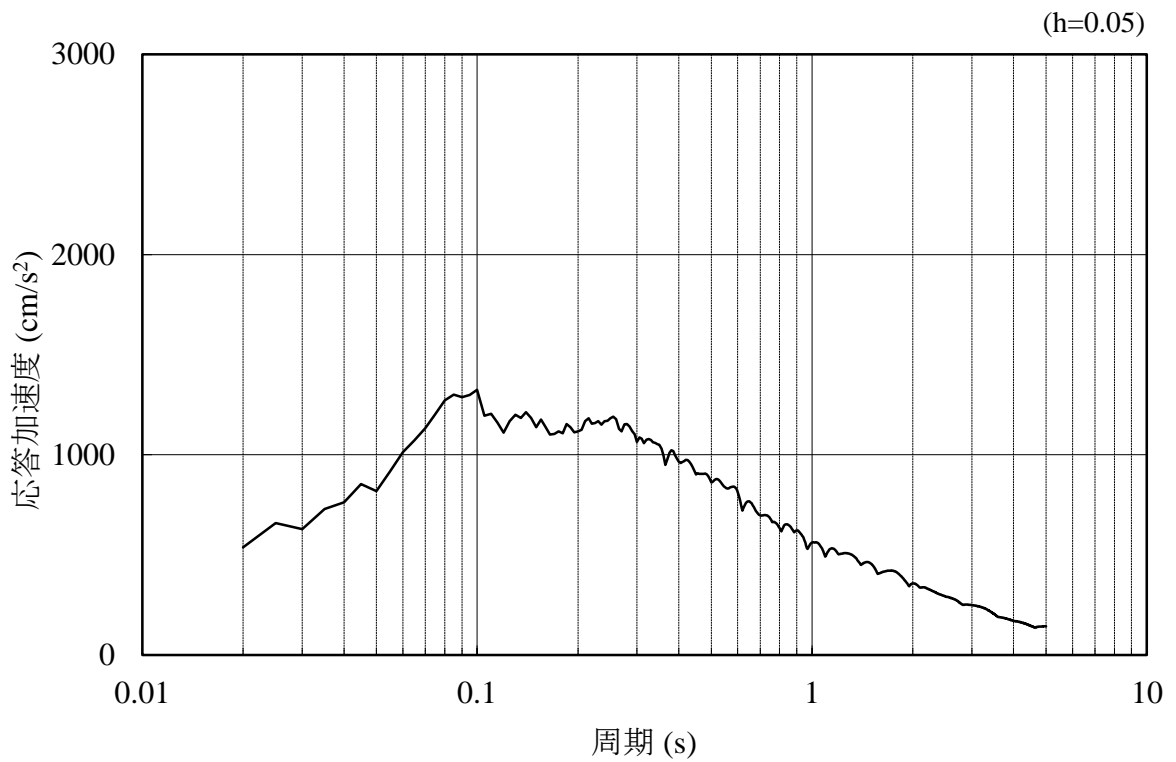


(b) 加速度応答スペクトル

図 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
(水平成分：S s - D)

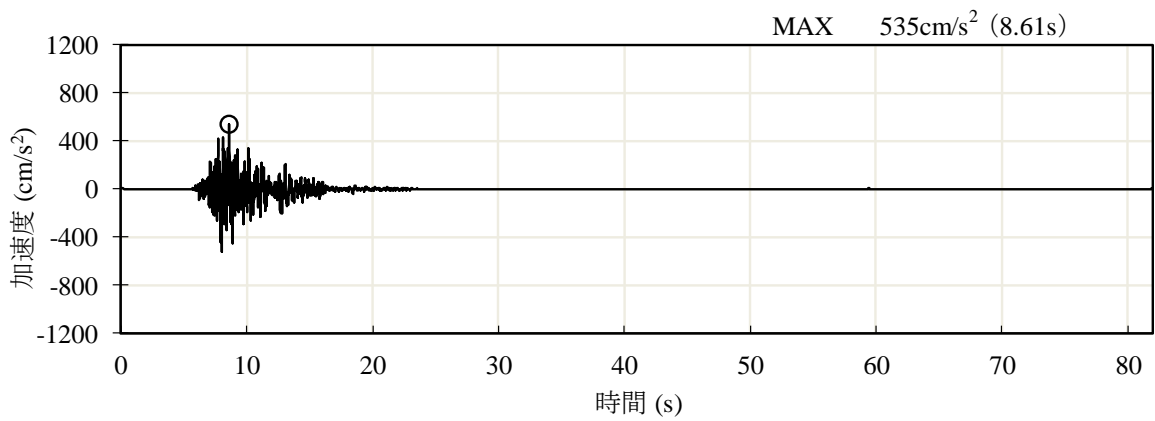


(a) 加速度時刻歴波形

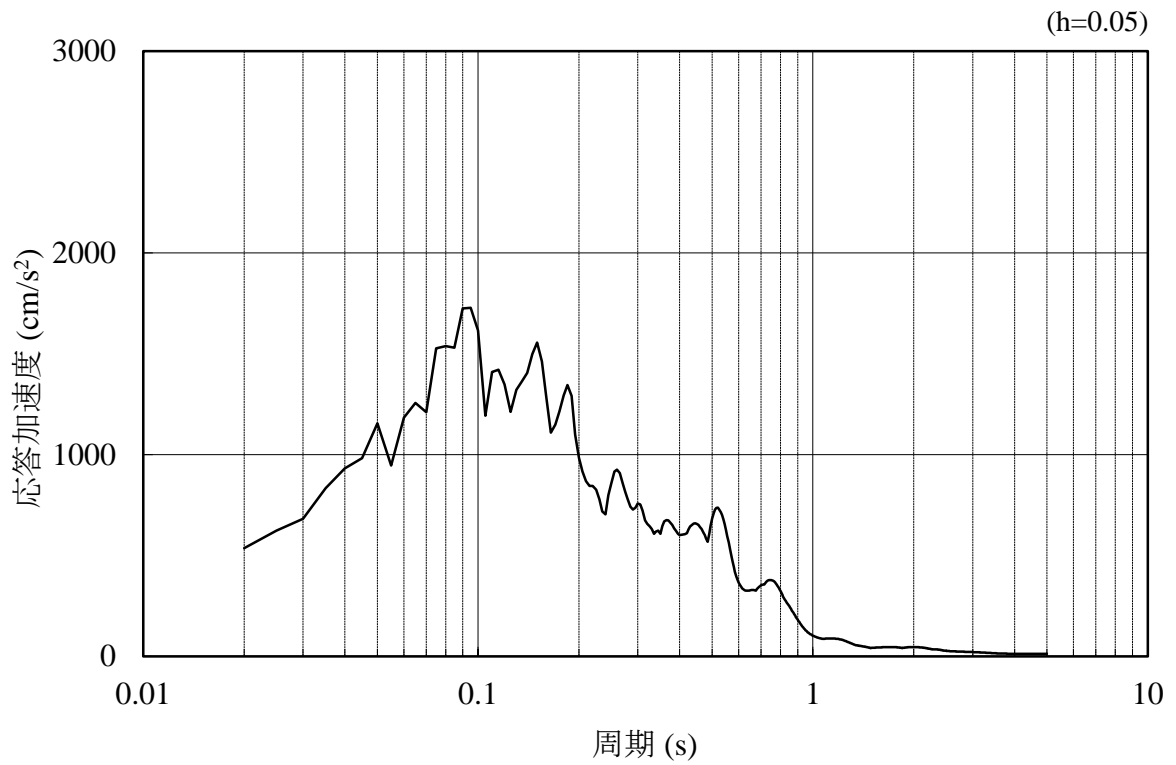


(b) 加速度応答スペクトル

図 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
(鉛直成分：S s - D)

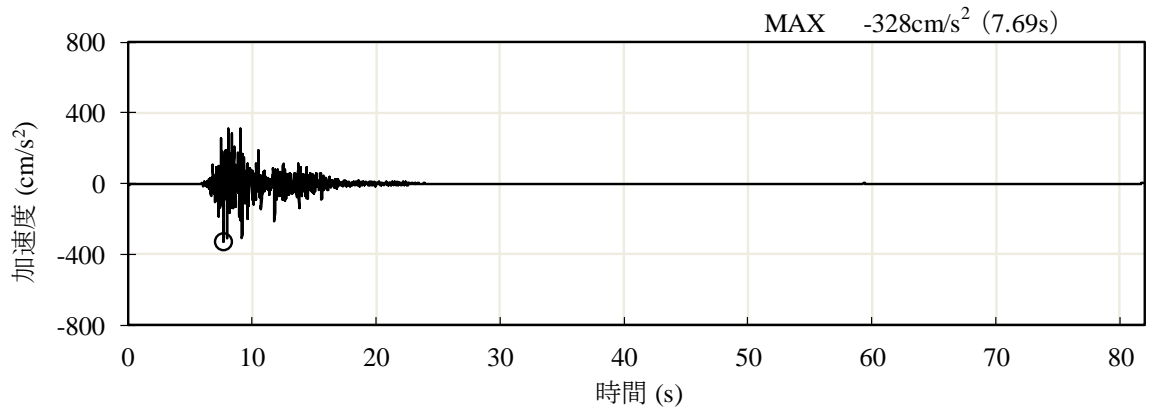


(a) 加速度時刻歴波形

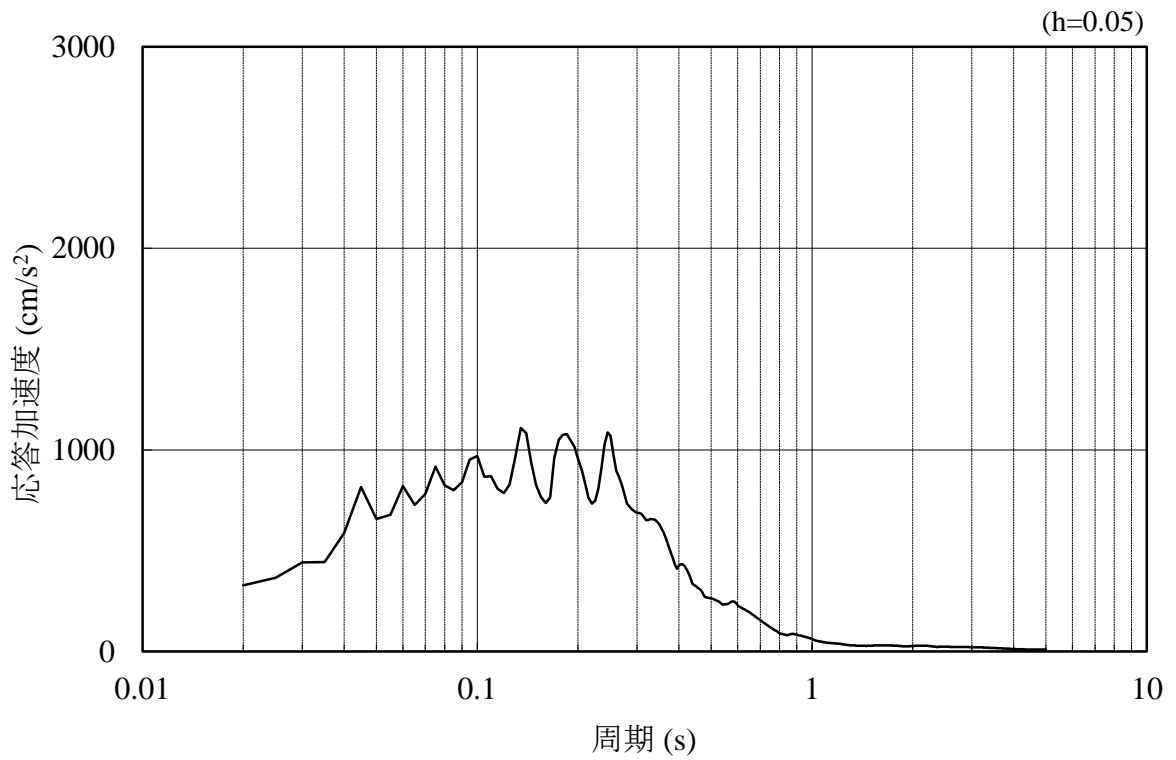


(b) 加速度応答スペクトル

図 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
(水平成分 : S s - F 1)

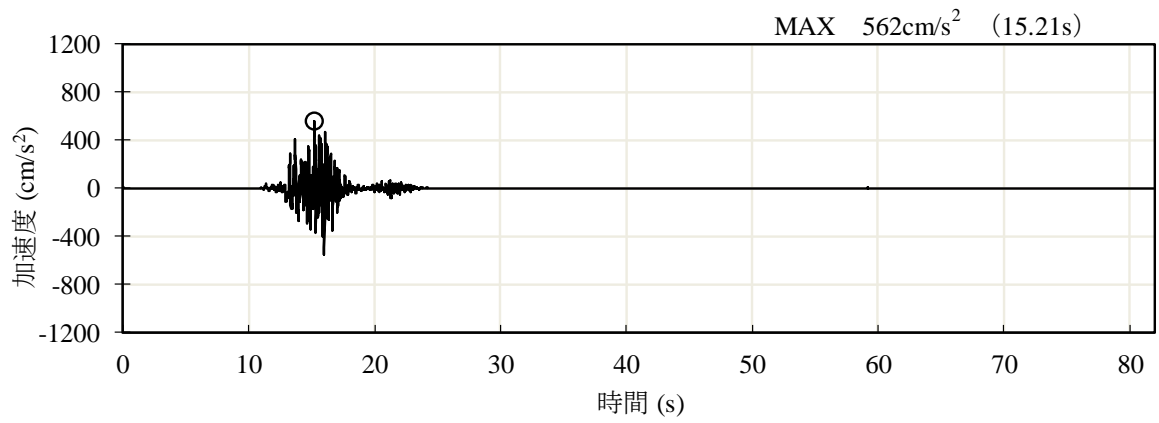


(a) 加速度時刻歴波形

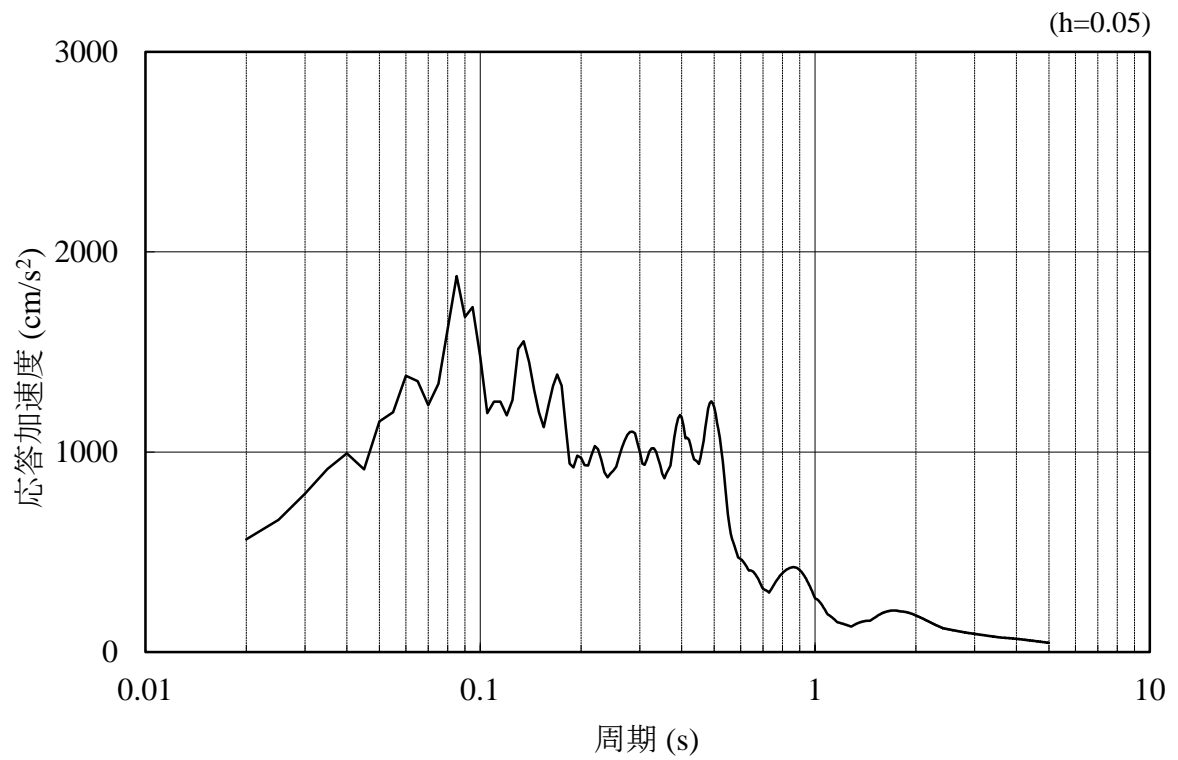


(b) 加速度応答スペクトル

図 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
(鉛直成分：S s - F 1)

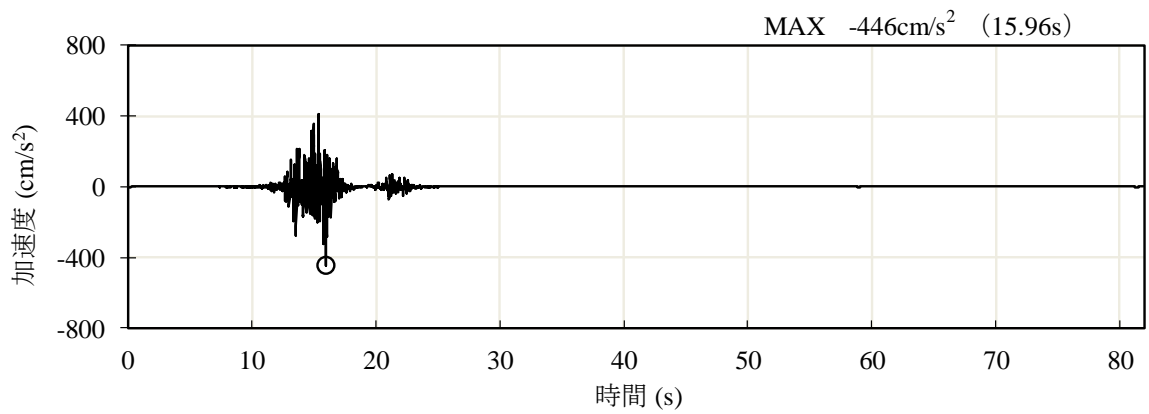


(a) 加速度時刻歴波形

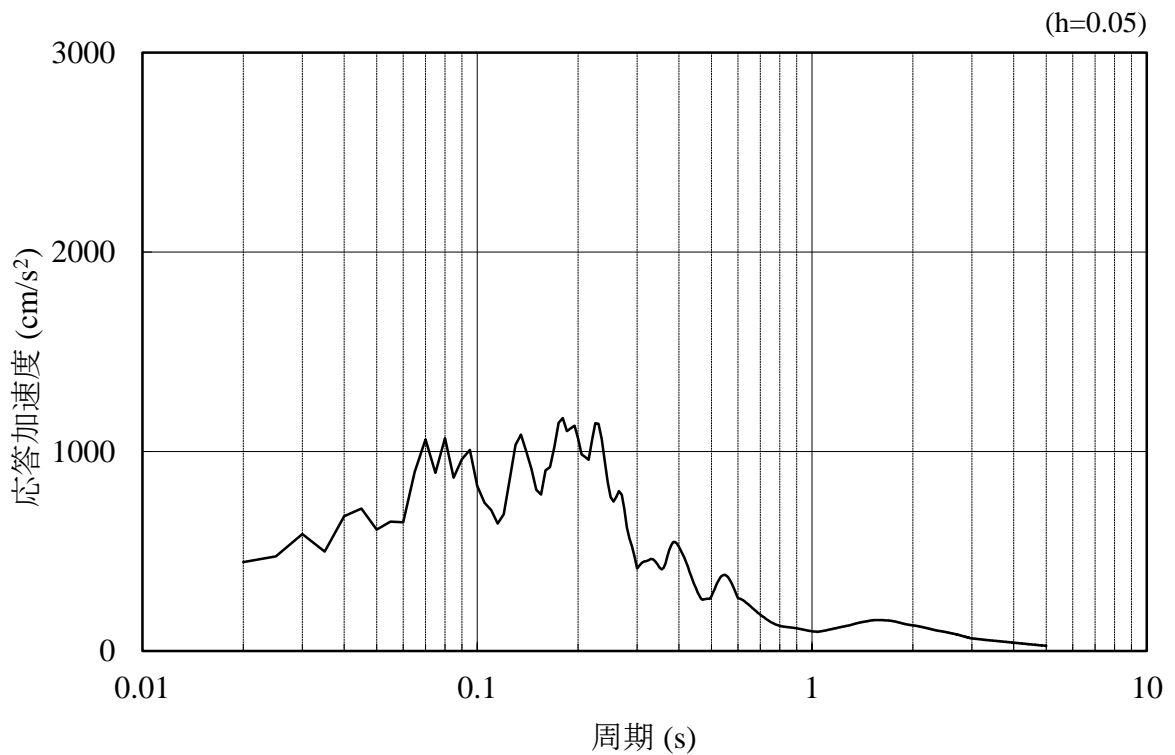


(b) 加速度応答スペクトル

図 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
(水平成分 : S s - F 2)

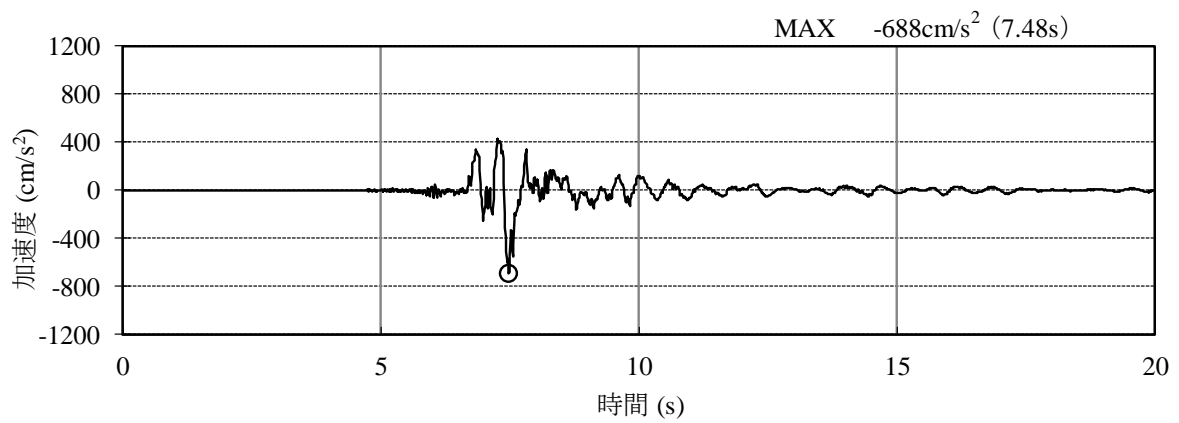


(a) 加速度時刻歴波形

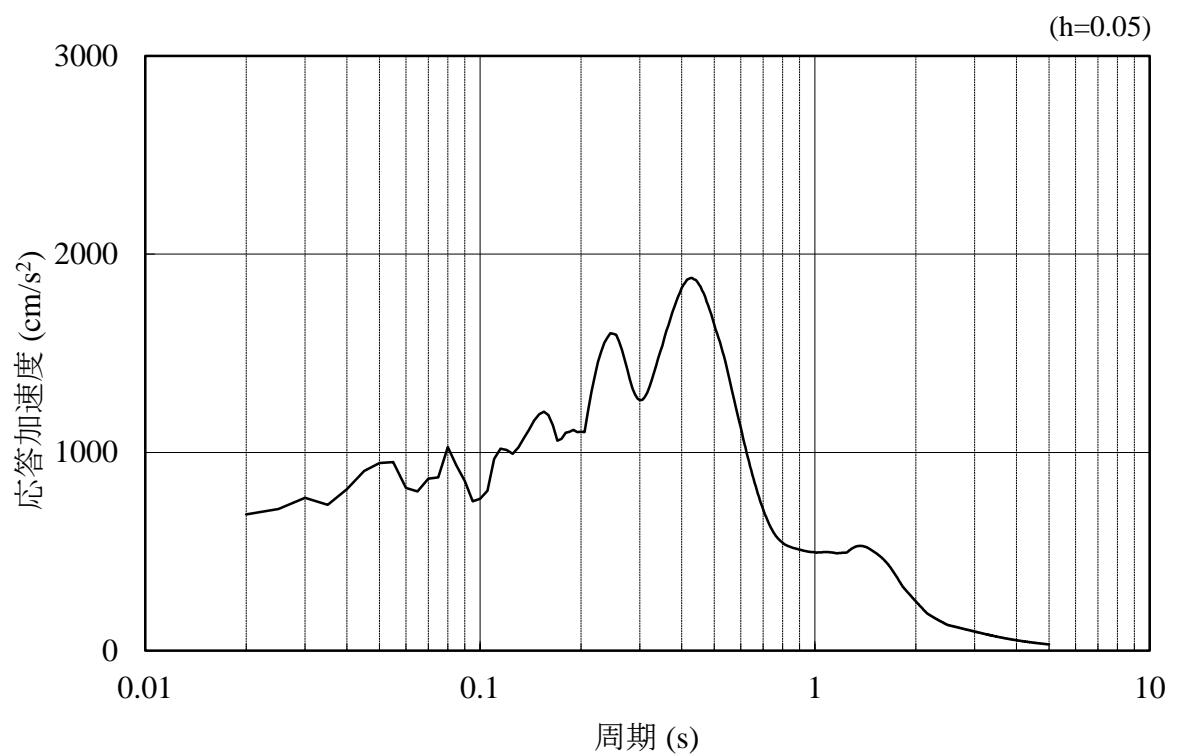


(b) 加速度応答スペクトル

図 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
(鉛直成分：S s - F 2)

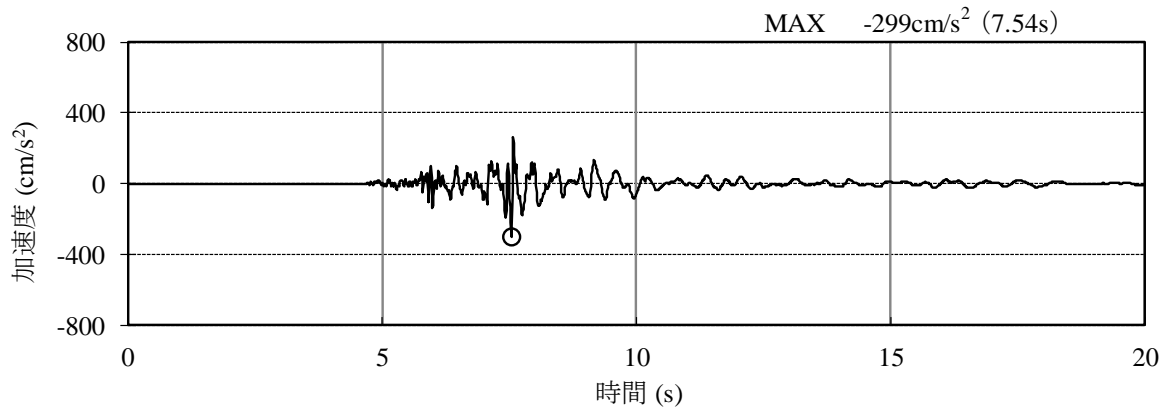


(a) 加速度時刻歴波形

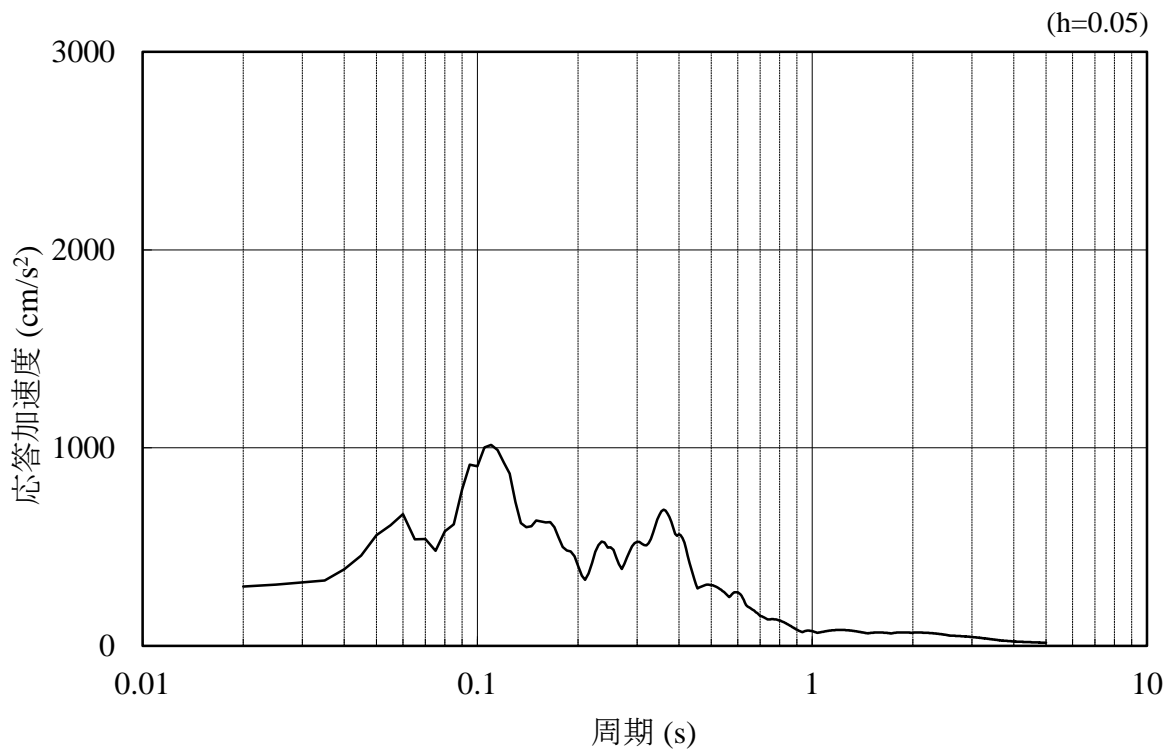


(b) 加速度応答スペクトル

図 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
(水平成分 : S s - N 1)

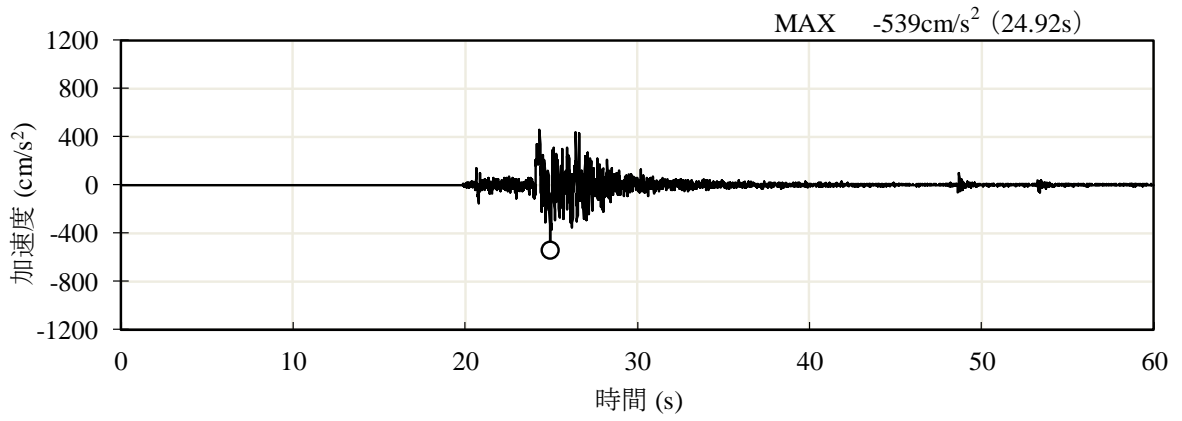


(a) 加速度時刻歴波形

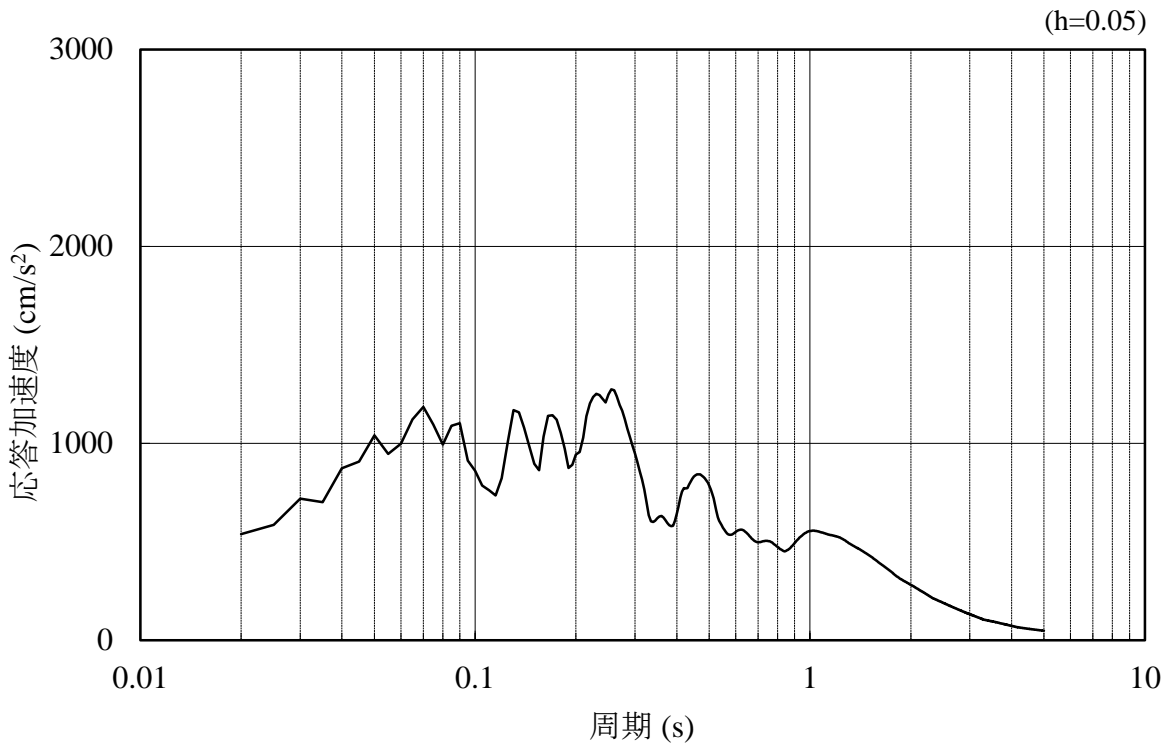


(b) 加速度応答スペクトル

図 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
(鉛直成分：S s - N 1)

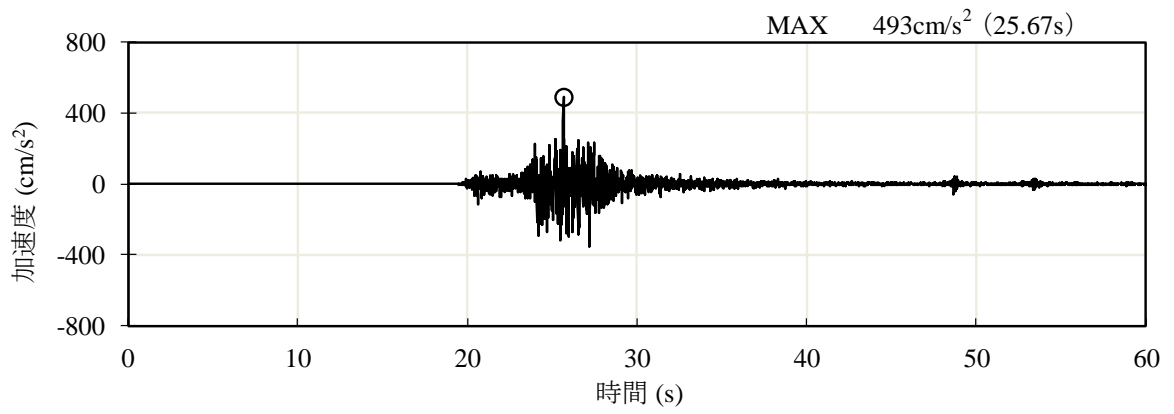


(a) 加速度時刻歴波形

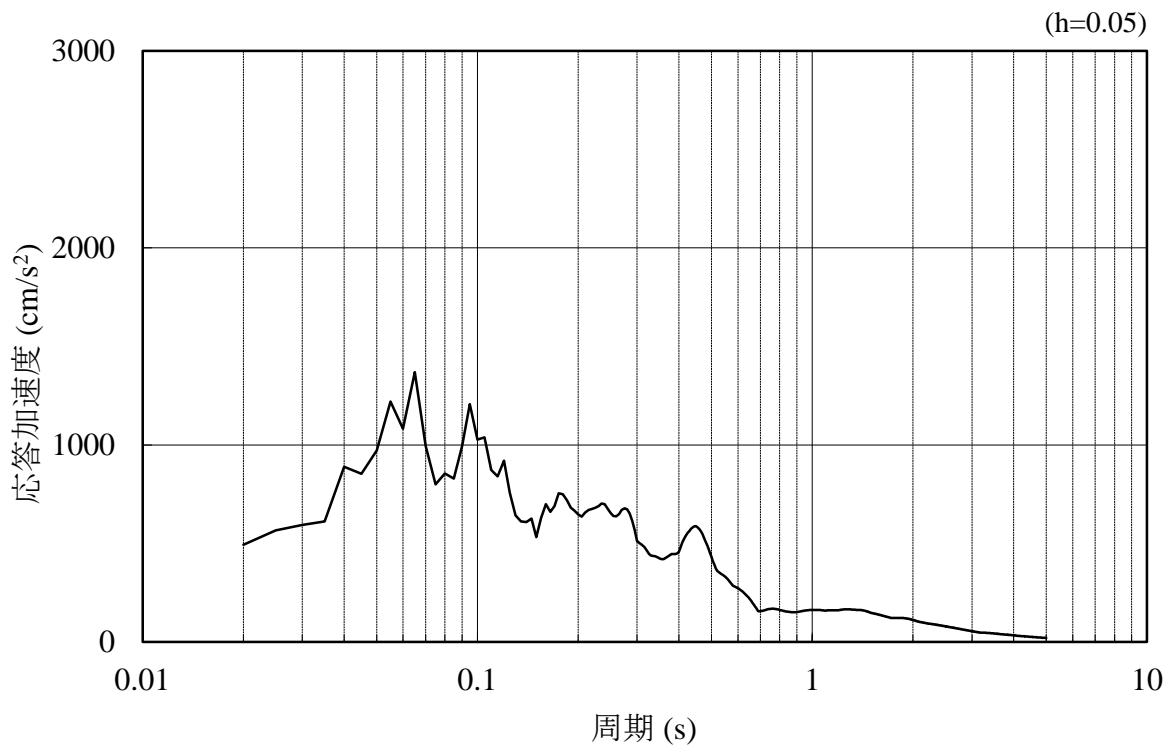


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-30 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分：S s - N 2 (N S))

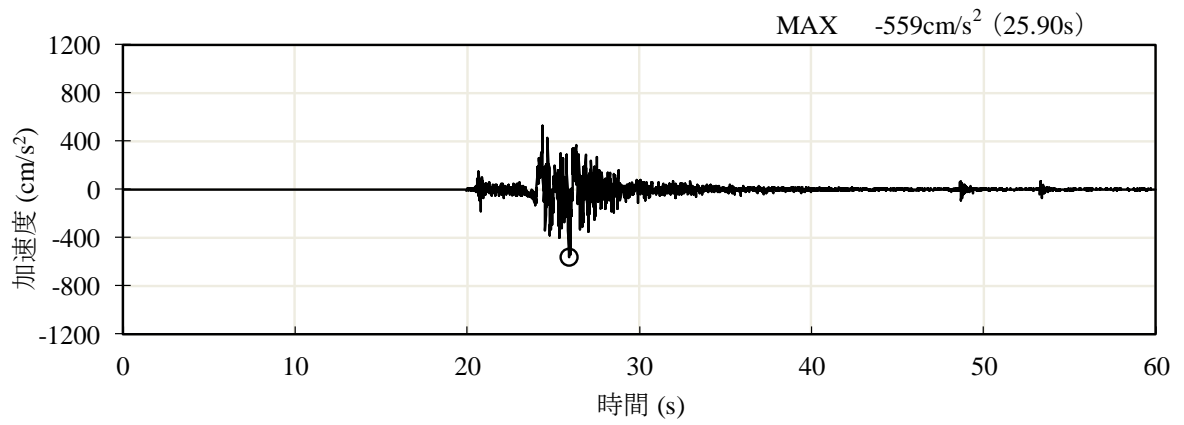


(a) 加速度時刻歴波形

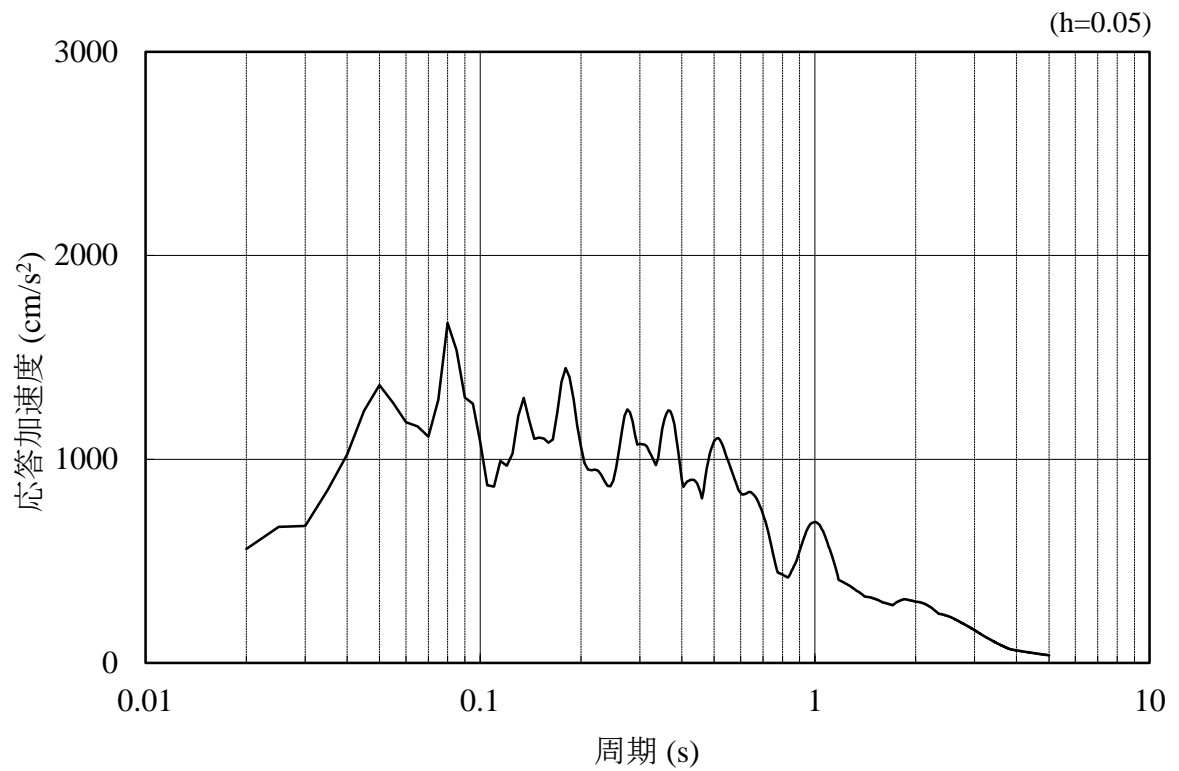


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-31 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S s - N 2 (N S))

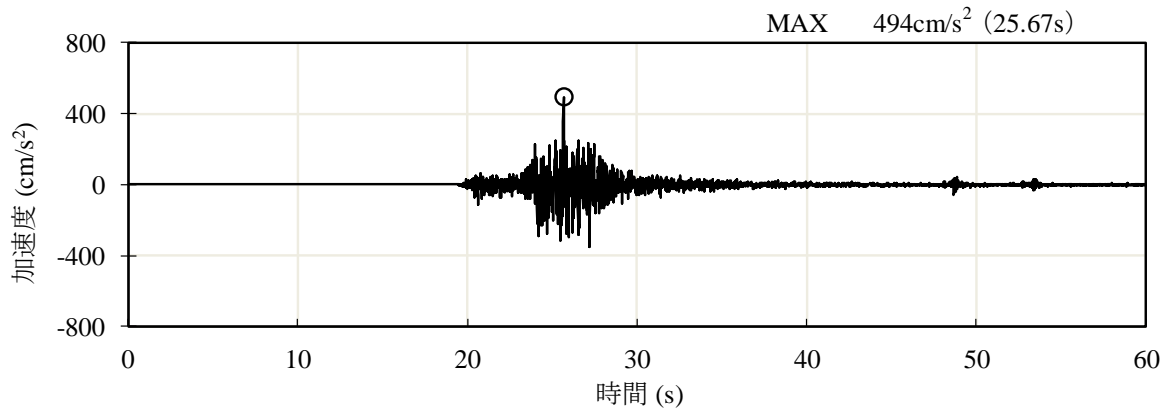


(a) 加速度時刻歴波形

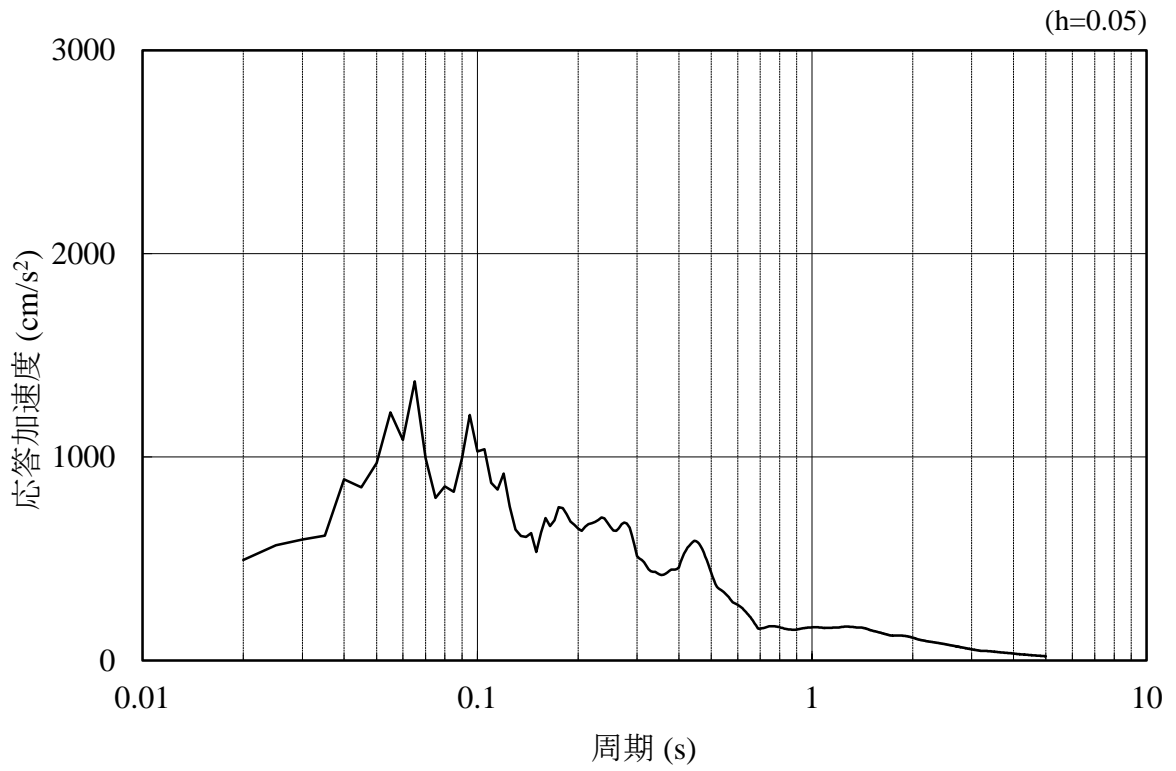


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-32 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分：S s - N 2 (E W))

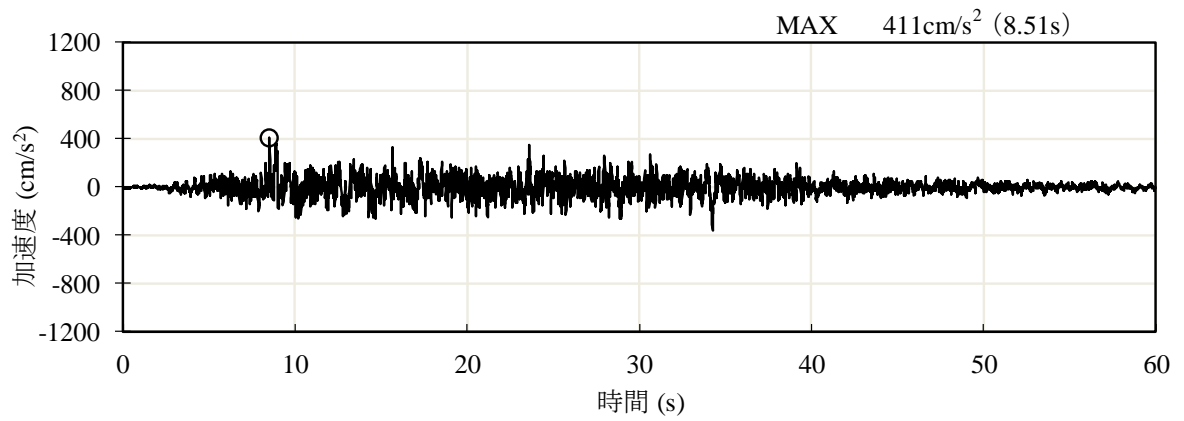


(a) 加速度時刻歴波形

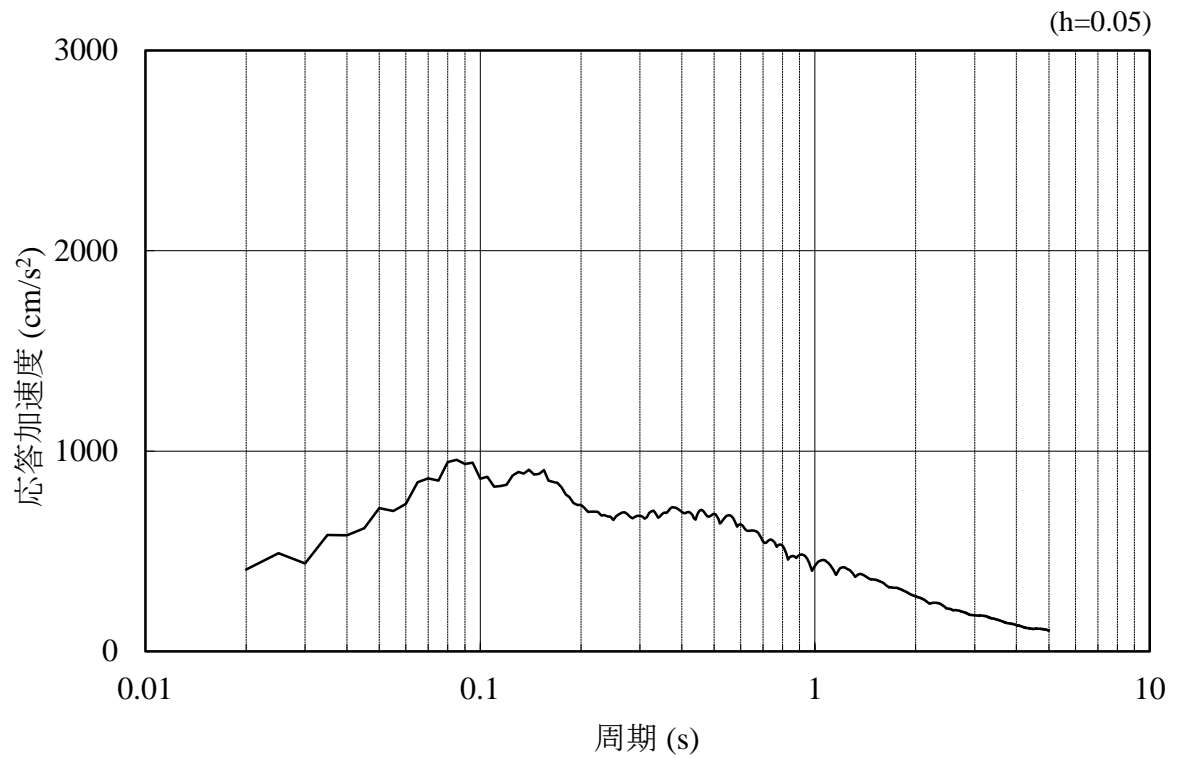


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-33 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S s - N 2 (E W))

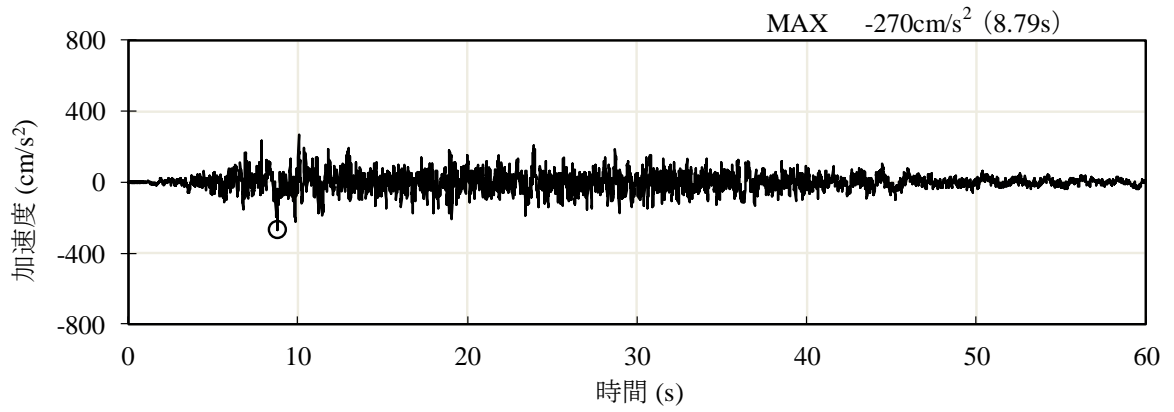


(a) 加速度時刻歴波形

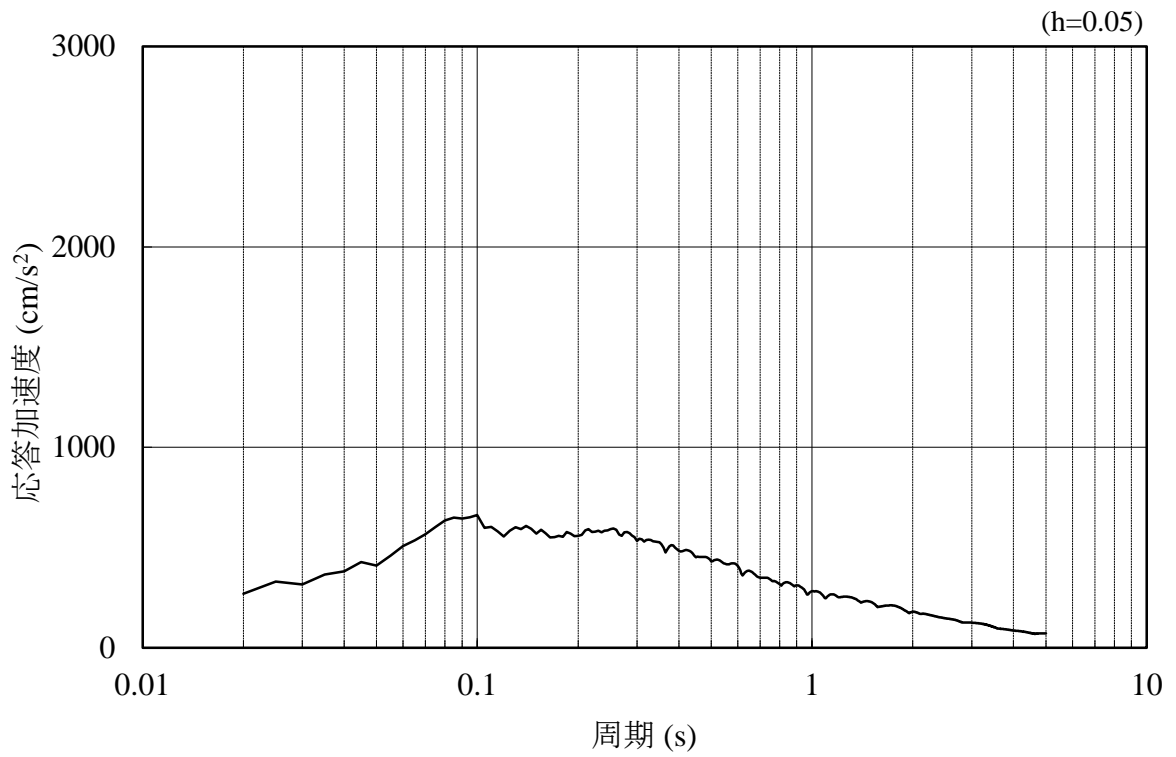


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-34 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分：S d - D)



(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

図 3-35 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S d - D)

3.5 解析モデル及び諸元

3.5.1 解析モデル

防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の地震応答解析モデルを図 3-36 及び図 3-37 に示す。

(1) 解析領域

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。

(2) 境界条件

地震応答解析時の境界条件については，有限要素解析における半無限地盤を模擬するため，粘性境界を設ける。

(3) 構造物のモデル化

鋼管杭は，線形はり要素によりモデル化する。

被覆コンクリート壁のモデル化は行わず，質量として自重を考慮する。

(4) 地盤のモデル化

岩盤は線形の平面ひずみ要素でモデル化する。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。

(5) ジョイント要素の設定

地震時の施設及び地盤の接合面における剥離及びすべりを考慮するため，これらの接合面にジョイント要素を設定する。

- | | | | |
|----------------|------------------|-------------------|----------------|
| ■ : 岩盤 (第3速度層) | ■ : 改良地盤④ (薬液注入) | ■ : 護岸 | — : 鋼管杭 |
| ■ : 埋戻土 | ■ : 改良地盤⑤ (高圧噴射) | ■ : 護岸上埋戻土 (仮想護岸) | — : ジョイント要素 |
| ■ : 埋戻土 (粘性土) | ■ : 被覆石 | ■ : 海水 | — : 地下水面および海水面 |
| ■ : 砂礫層 | ■ : 基礎捨石 | | |

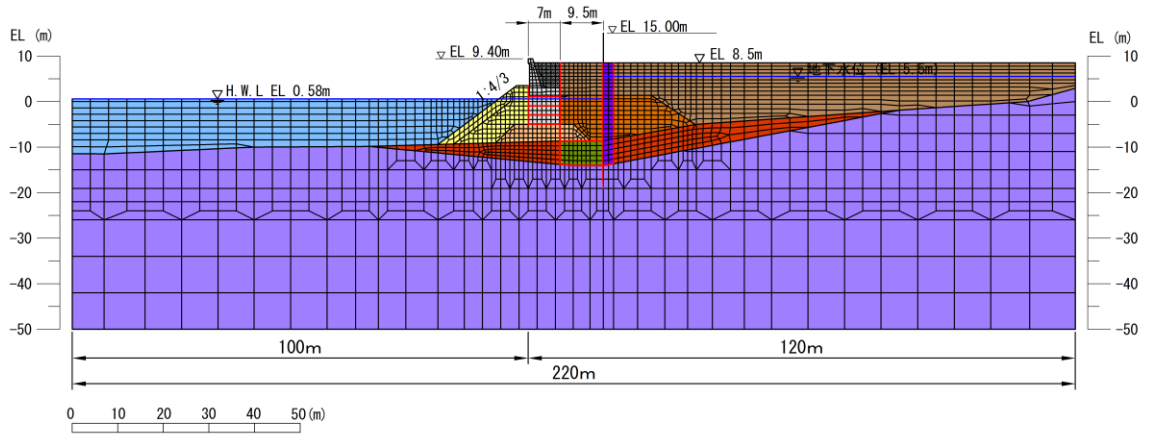


図 3-36 地震応答解析モデル (②-②断面)

- | | | | |
|----------------|------------------|-------------------|---------------|
| ■ : 岩盤 (第1速度層) | ■ : 埋戻土 | ■ : 護岸 | — : 鋼管杭 |
| ■ : 岩盤 (第2速度層) | ■ : 埋戻土 (粘性土) | ■ : 護岸上埋戻土 (仮想護岸) | — : ジョイント要素 |
| ■ : 岩盤 (第3速度層) | ■ : 改良地盤⑤ (高圧噴射) | ■ : 海水 | — : 地下水面及び海水面 |

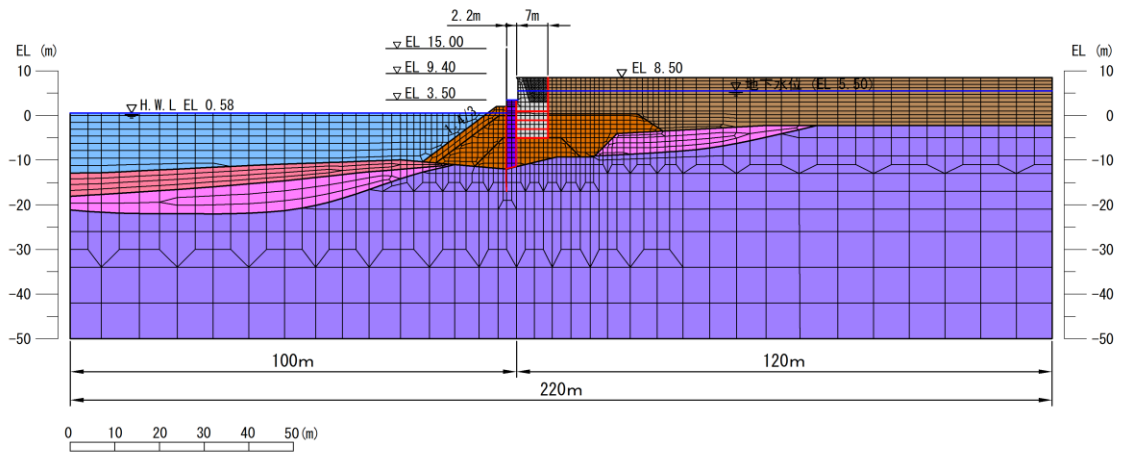


図 3-37 地震応答解析モデル (③-③断面)

3.5.2 使用材料及び材料の物性値

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。使用材料を表 3-4 に、材料の物性値を表 3-5 に示す。

表 3-4 使用材料

諸元	
鋼管杭	φ 2200mm (SKK490, SM490Y) t=25mm*
	φ 2000mm (SKK490) t=25mm
	φ 1800mm (SKK490) t=25mm
	φ 1600mm (SKK490) t=25mm

注記*：道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（日本道路協会，平成 14 年 3 月）に基づき，腐食代 1mm を考慮する。

表 3-5 材料の物性値

材料	単位体積重量 (kN/m ³)	ヤング係数 (N/mm ²)	ポアソン比
鋼管杭	77.0*	2.0×10 ⁵ *	0.3*

注記*：コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（土木学会，2002 年）

3.5.3 地盤及び改良地盤の物性値

地盤及び改良地盤の物性値は，VI-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。

3.5.4 地下水位

設計地下水位は、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に従い設定する。
設計地下水位を表3-6に示す。

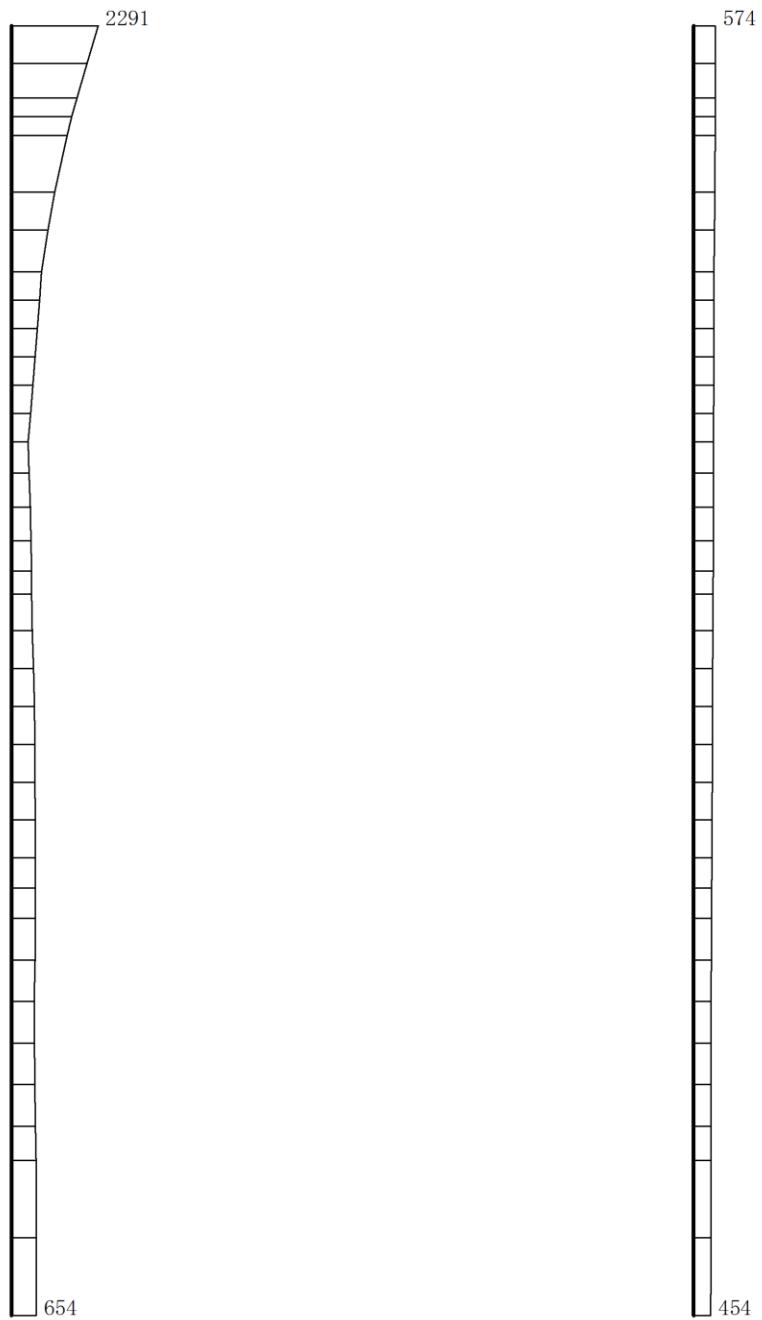
表3-6 設計地下水位

施設名称	設計地下水位
防波壁（多重鋼管杭式擁壁）	防波壁より陸側：EL 5.5m 防波壁より海側：EL 0.58m

4. 解析結果

4.1 ②-②断面の解析結果

耐震評価のために用いる応答加速度として、解析ケース①（基本ケース）について、すべての基準地震動 S_s に対する最大加速度分布図を図 4-1～図 4-12 に示す。また、解析ケース①において、曲げ・軸力系の破壊、せん断破壊及び基礎地盤の支持力照査において照査値が最大となる地震動について、解析ケース②及び③の最大加速度分布図を図 4-13, 図 4-14 に示す。



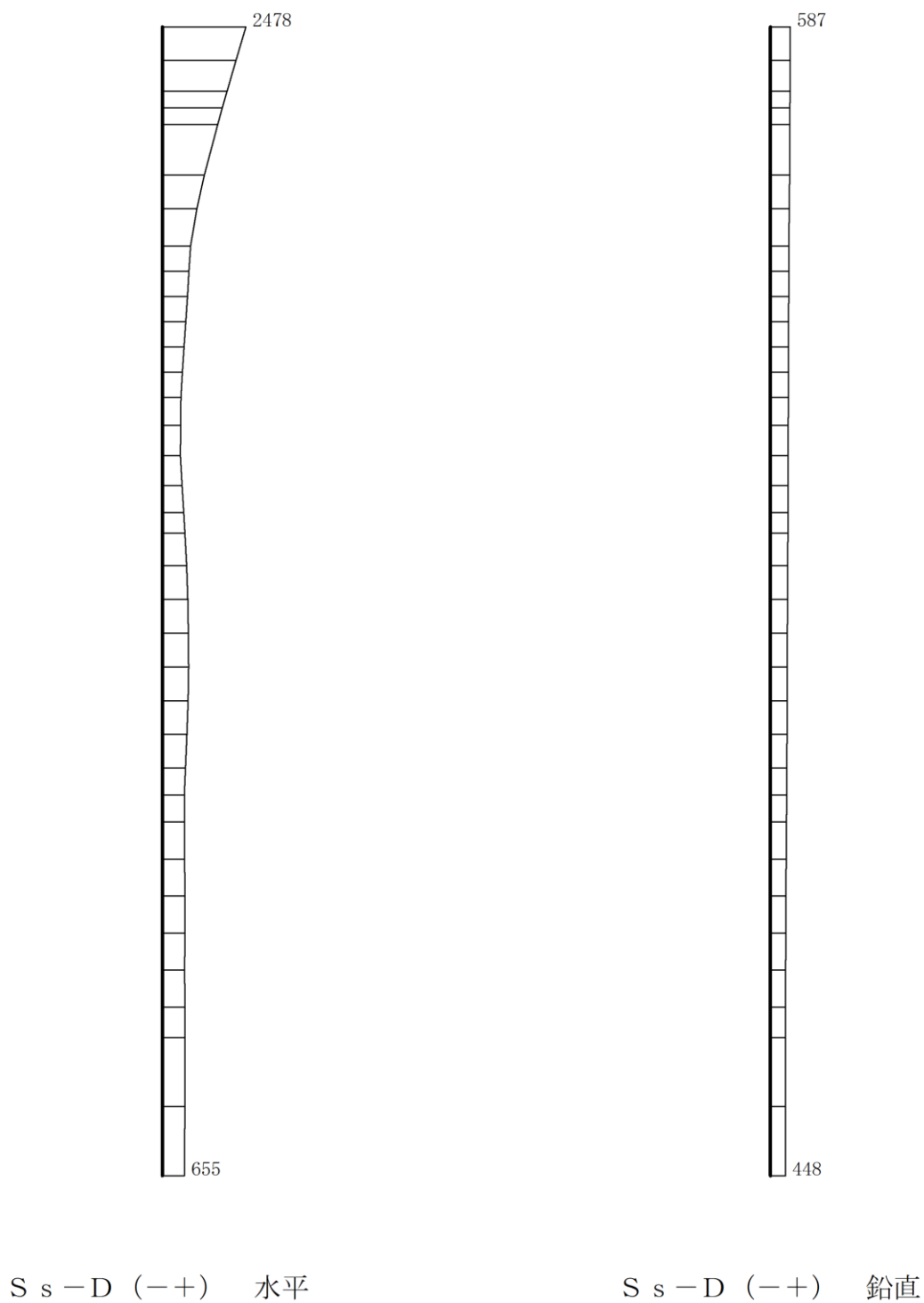
S s - D (++) 水平

S s - D (++) 鉛直

構造スケール 0 2(m)

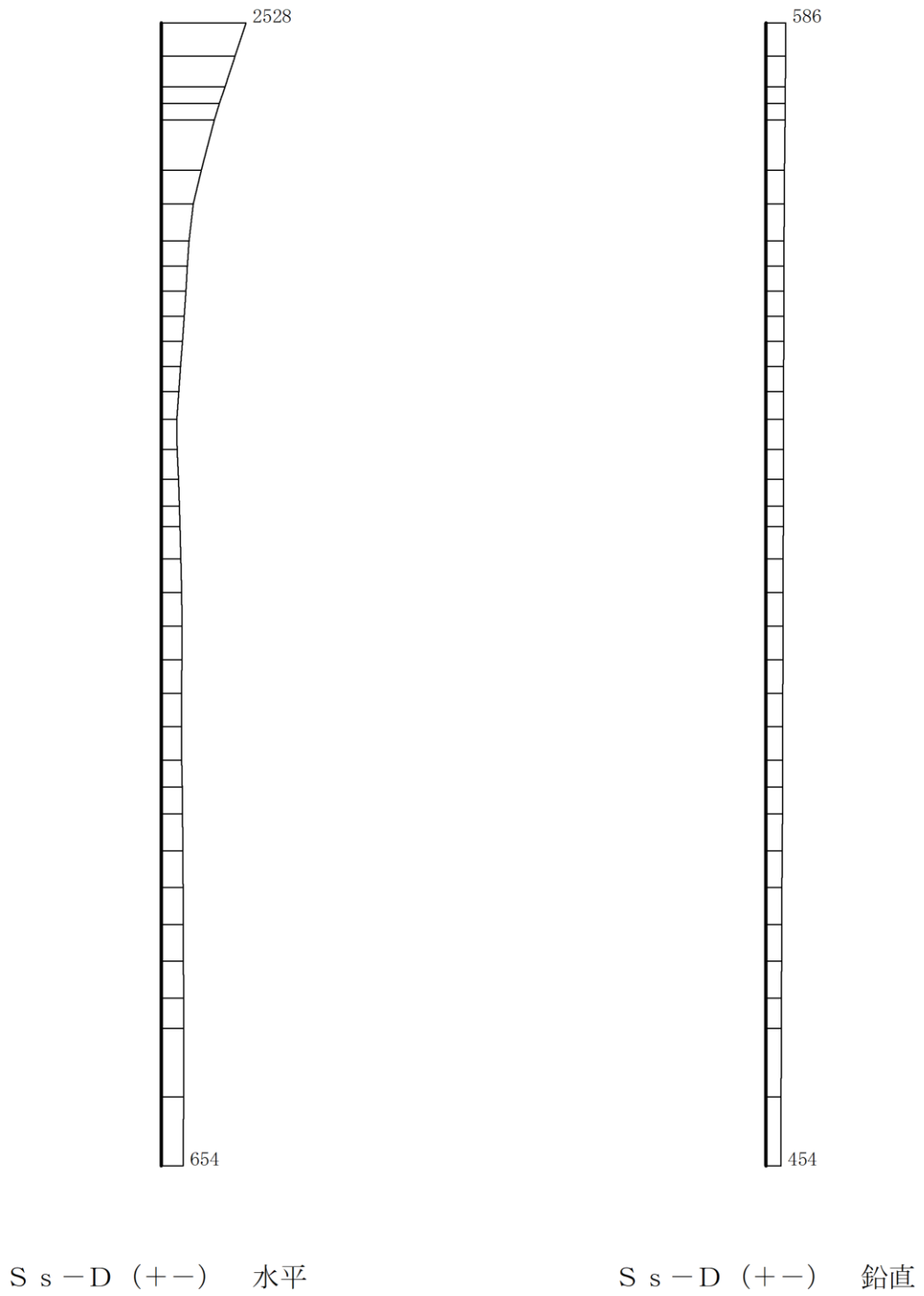
応答値スケール 0 2000(cm/s²)

図 4-1 最大応答加速度分布図 (解析ケース①)



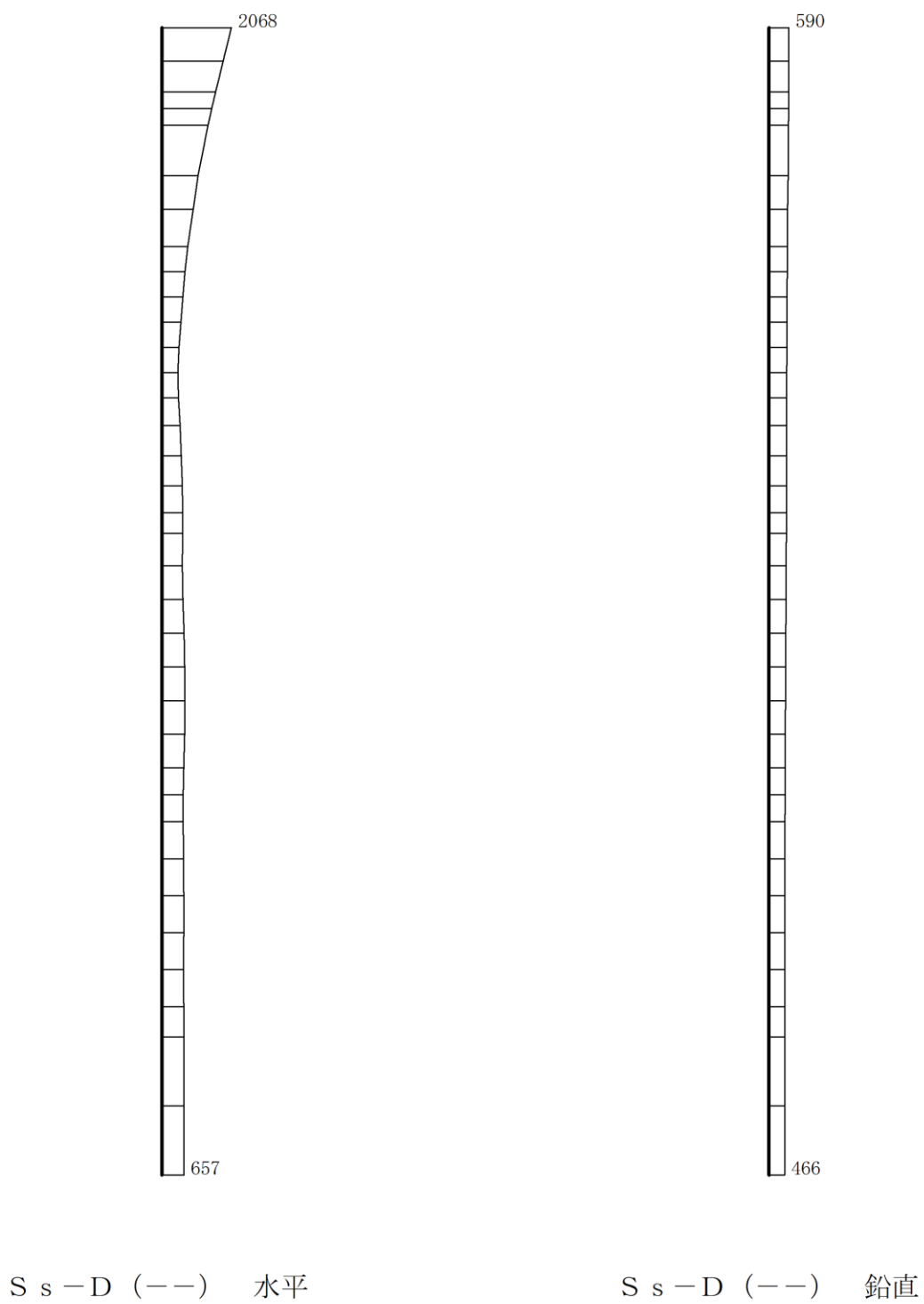
構造スケール $0 \quad \text{2(m)}$ 応答値スケール $0 \quad \text{2000 (cm/s}^2\text{)}$

図 4-2 最大応答加速度分布図 (解析ケース①)



構造スケール 0 2(m) 応答値スケール 0 2000(cm/s²)

図 4-3 最大応答加速度分布図 (解析ケース①)

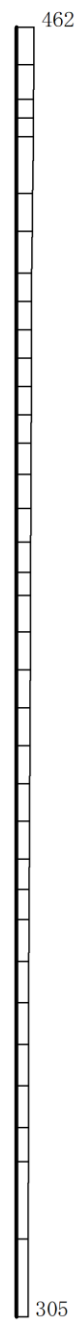


構造スケール $0 \quad \underline{\hspace{1cm}} \quad 2 \text{ (m)}$ 応答値スケール $0 \quad \underline{\hspace{1cm}} \quad 2000 \text{ (cm/s}^2\text{)}$

図 4-4 最大応答加速度分布図 (解析ケース①)



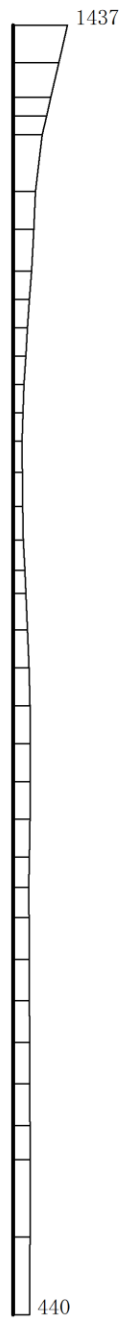
S s - F 1 (++) 水平



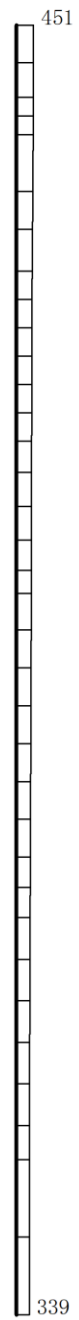
S s - F 1 (++) 鉛直

構造スケール 0 2(m) 応答値スケール 0 2000(cm/s²)

図 4-5 最大応答加速度分布図 (解析ケース①)



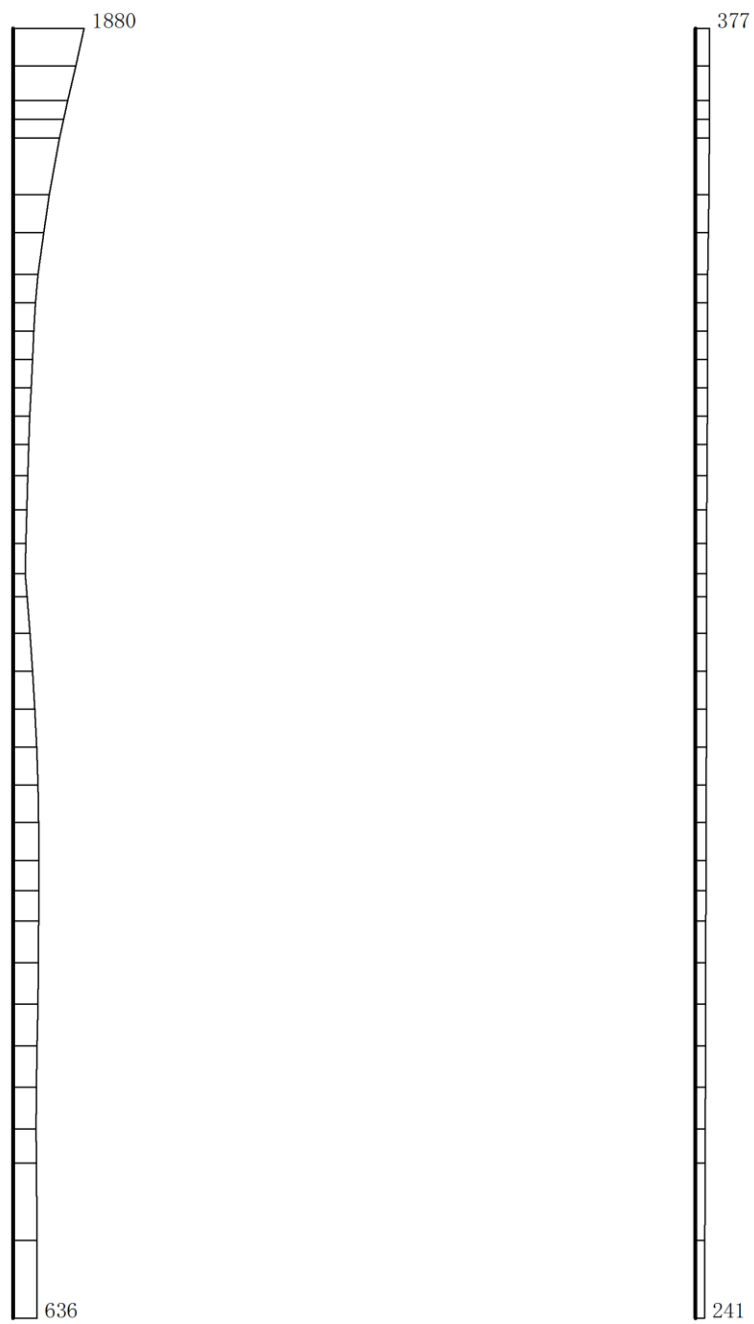
S s - F 2 (++) 水平



S s - F 2 (++) 鉛直

構造スケール 0 2(m) 応答値スケール 0 2000(cm/s²)

図 4-6 最大応答加速度分布図 (解析ケース①)

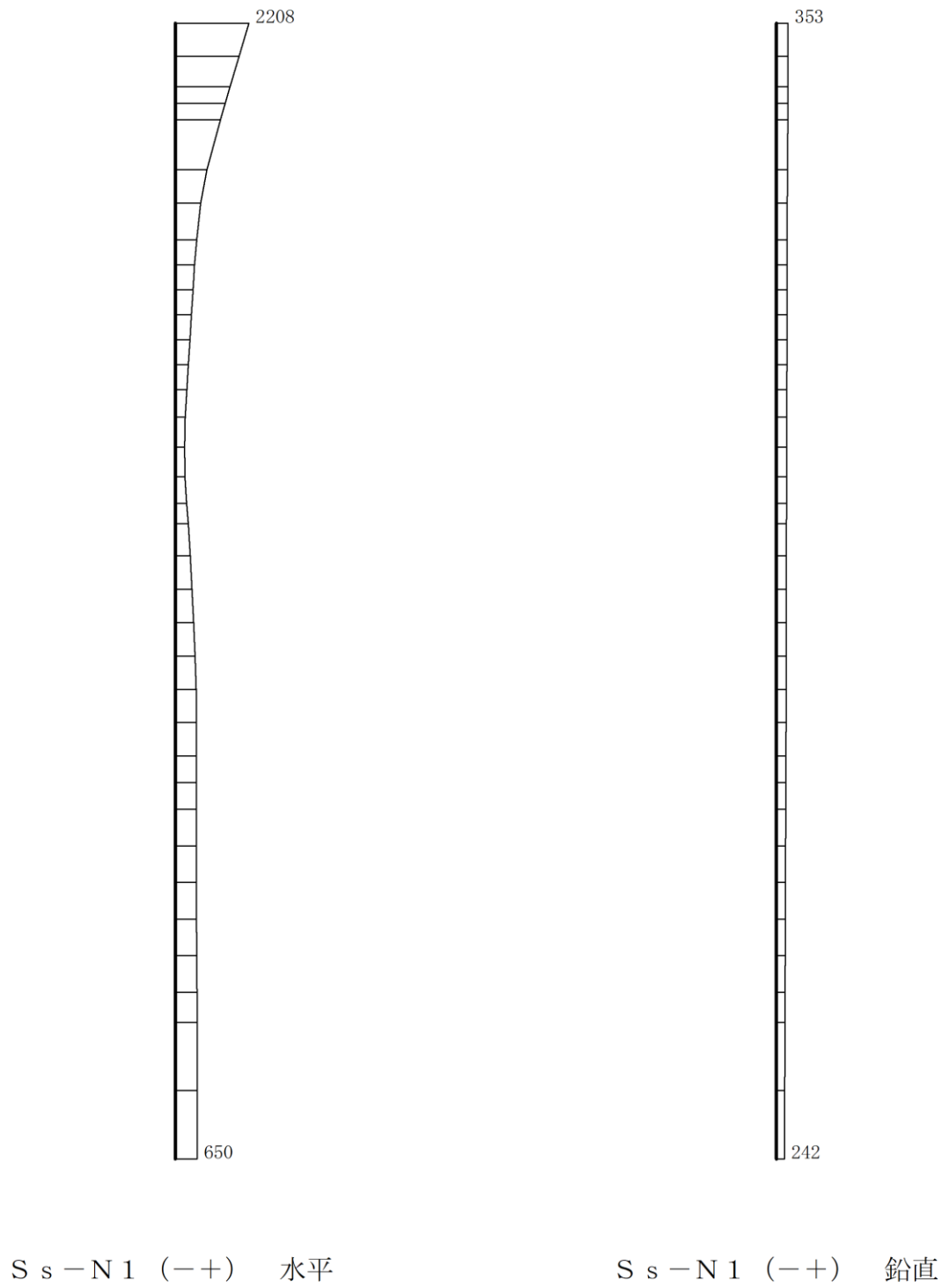


S s - N 1 (++) 水平

S s - N 1 (++) 鉛直

構造スケール 0 2(m) 応答値スケール 0 2000(cm/s²)

図 4-7 最大応答加速度分布図 (解析ケース①)



構造スケール 0 2(m) 応答値スケール 0 2000(cm/s²)

図 4-8 最大応答加速度分布図 (解析ケース①)

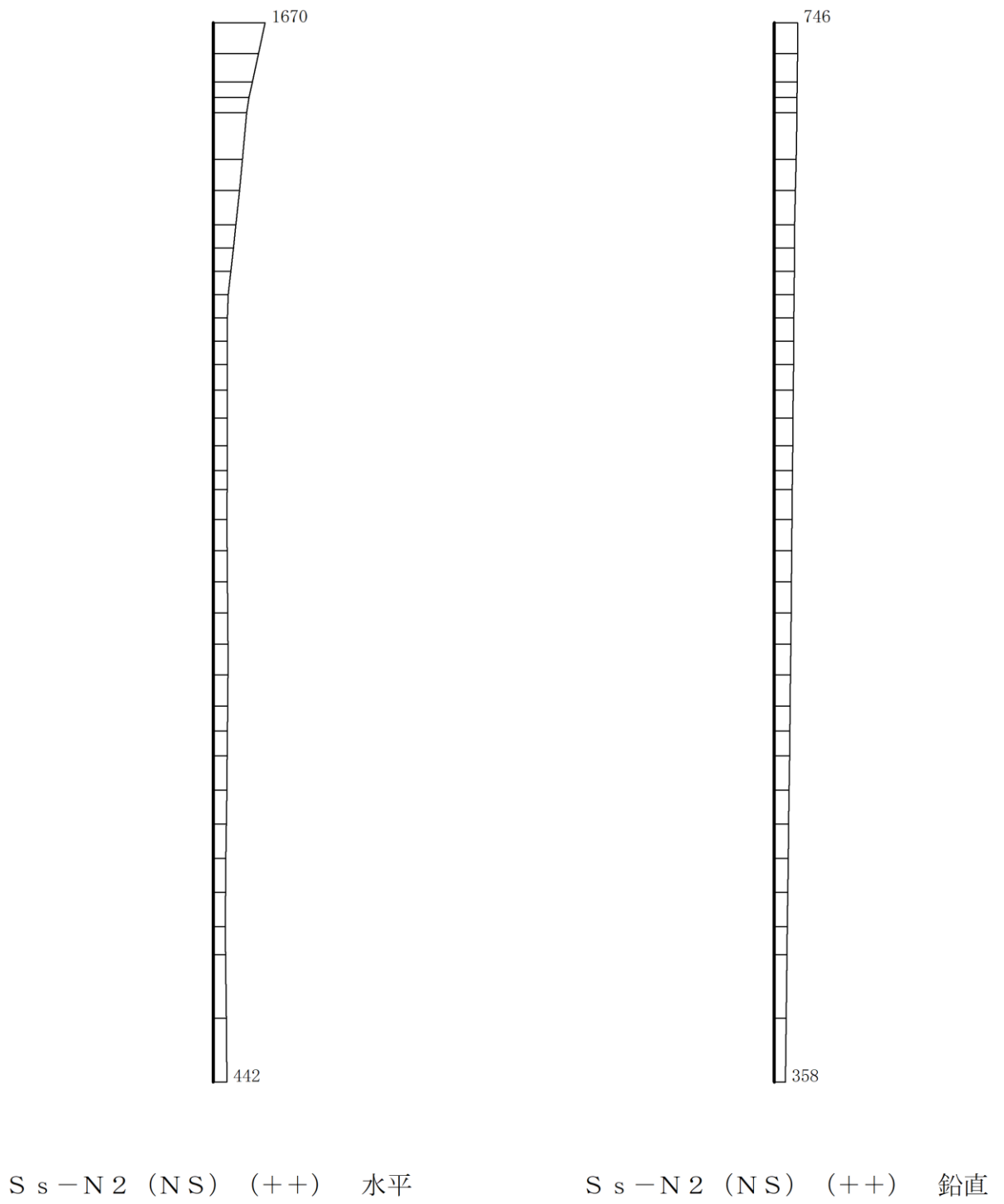
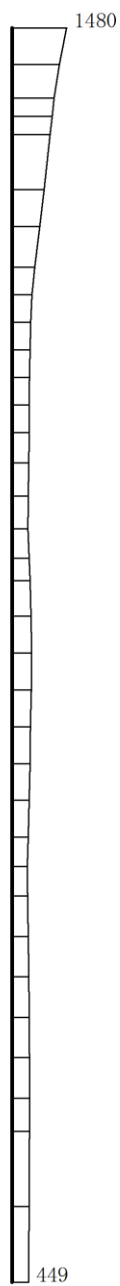
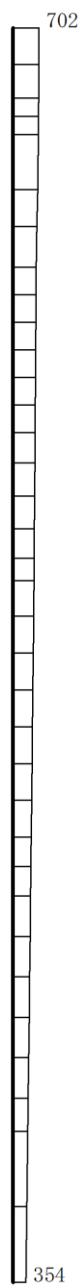



図 4-9 最大応答加速度分布図 (解析ケース①)



S s - N 2 (N S) (- +) 水平



S s - N 2 (N S) (- +) 鉛直

構造スケール 0  2(m)


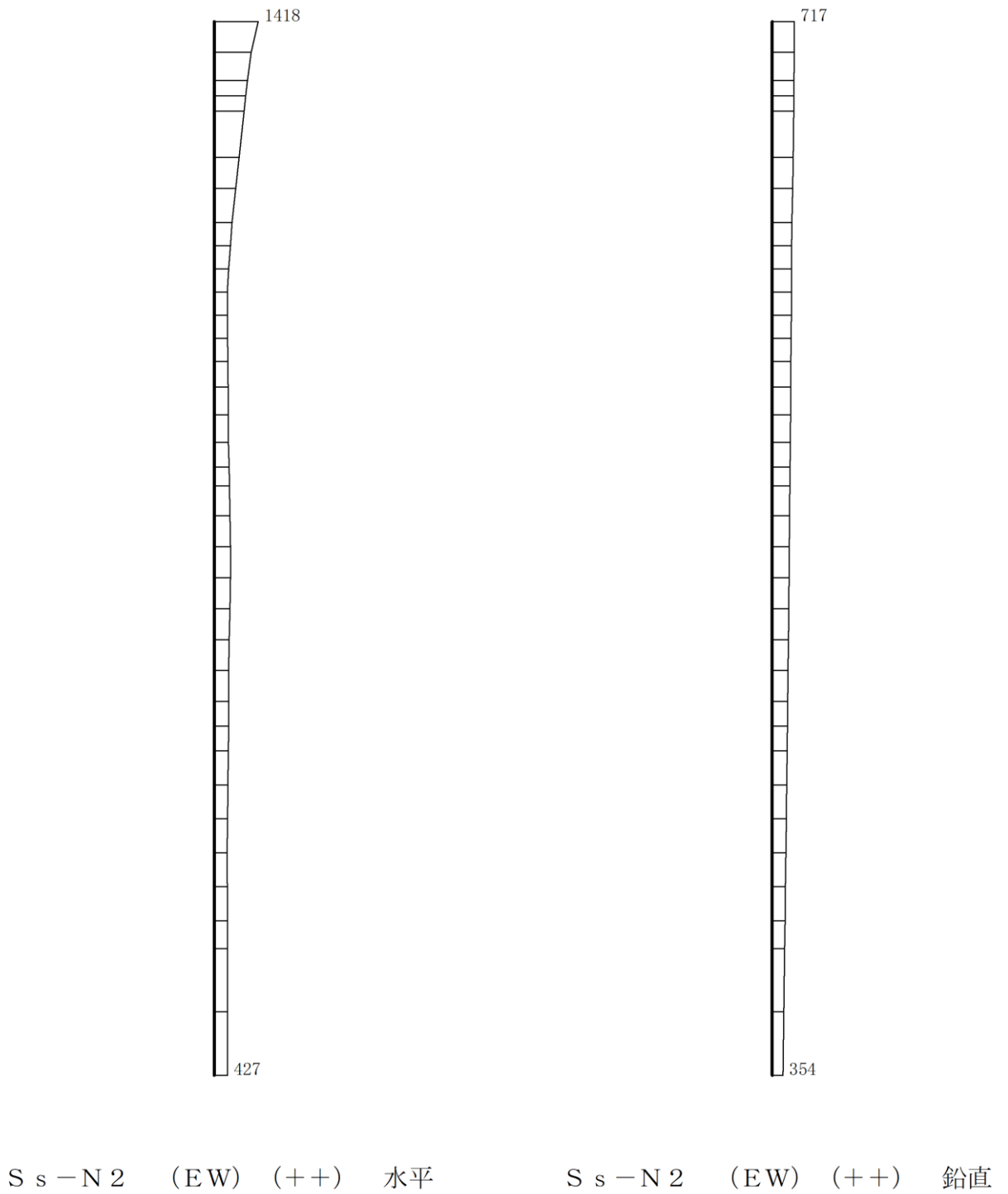
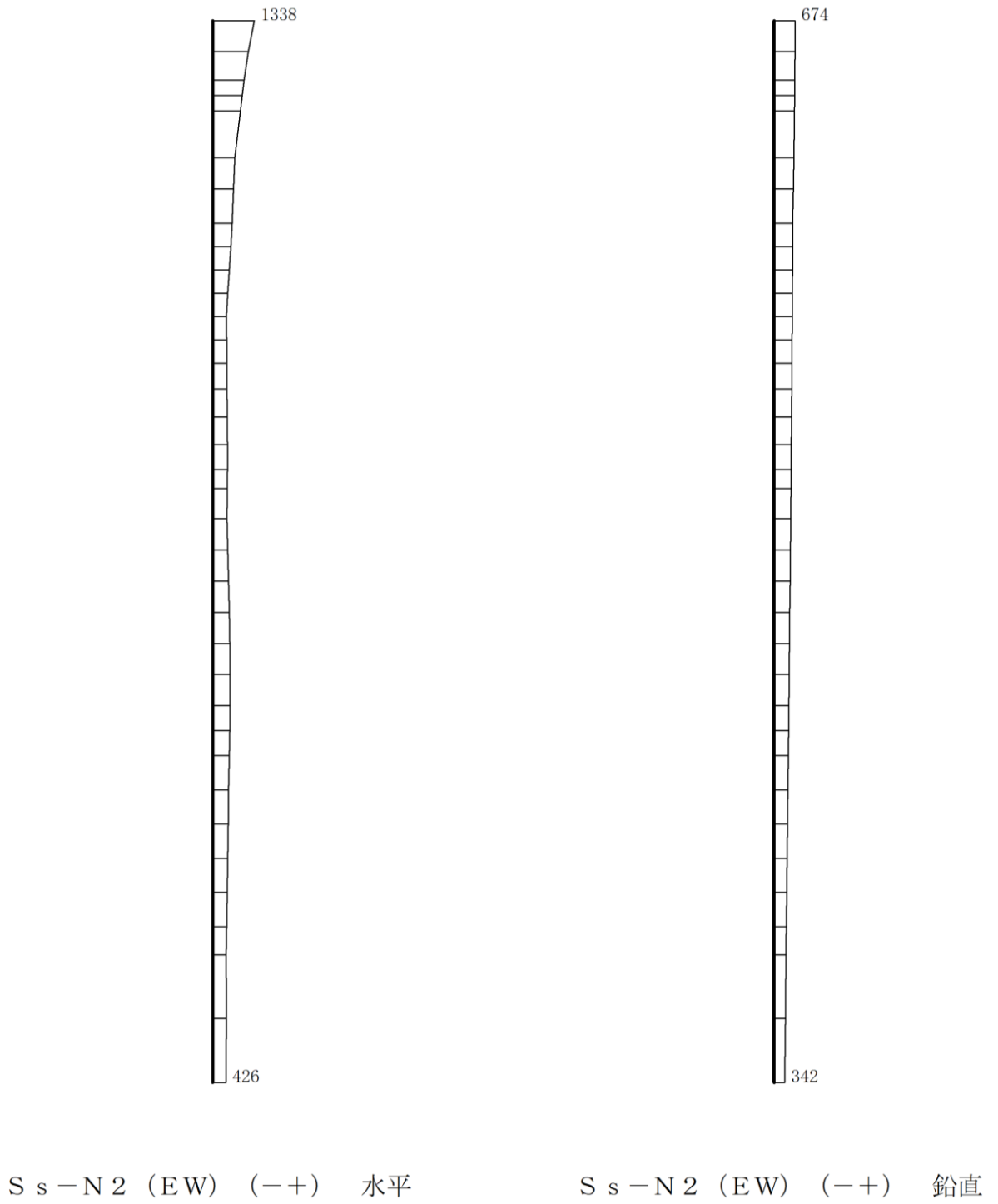
応答値スケール 0  2000 (cm/s²)

図 4-10 最大応答加速度分布図 (解析ケース①)



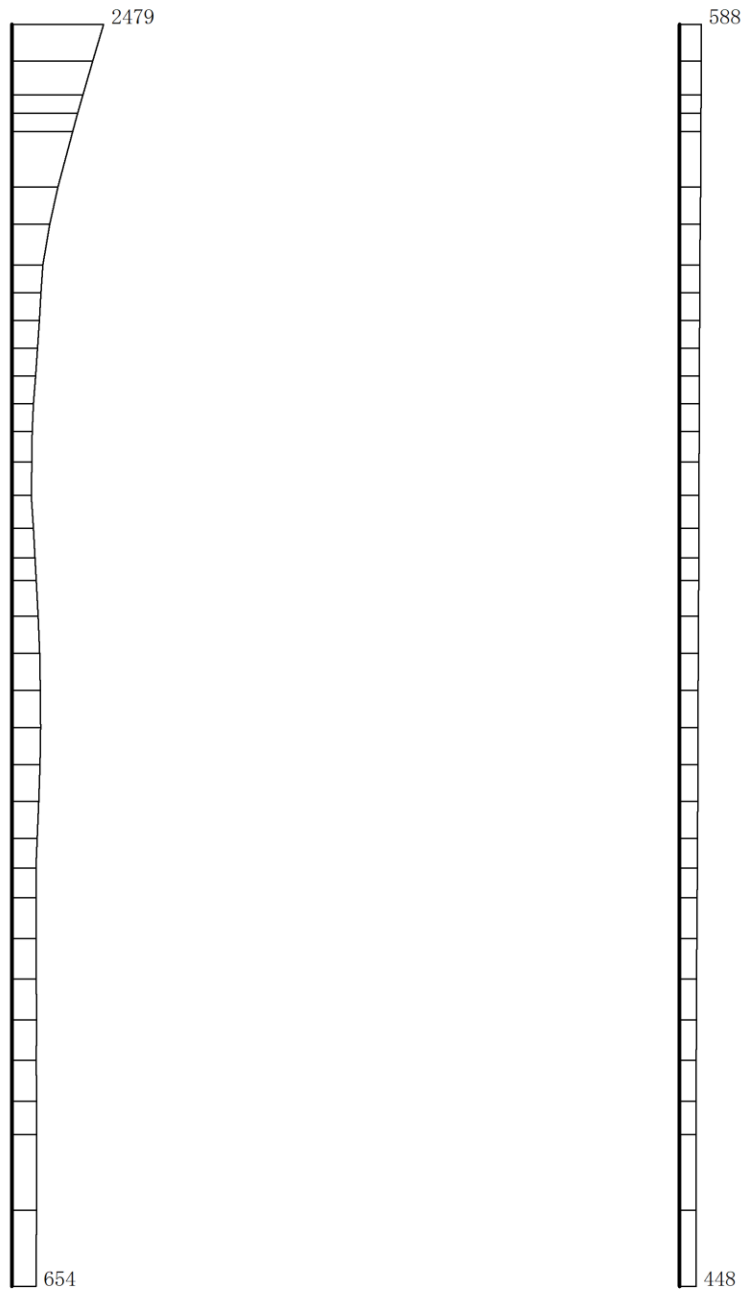
構造スケール 0 $\frac{\quad}{\quad}$ 2(m) 応答値スケール 0 $\frac{\quad}{\quad}$ 2000(cm/s²)

図 4-11 最大応答加速度分布図 (解析ケース①)



構造スケール $0 \quad \underline{\hspace{1cm}} \quad 2(\text{m})$ 応答値スケール $0 \quad \underline{\hspace{1cm}} \quad 2000(\text{cm}/\text{s}^2)$

図 4-12 最大応答加速度分布図 (解析ケース①)



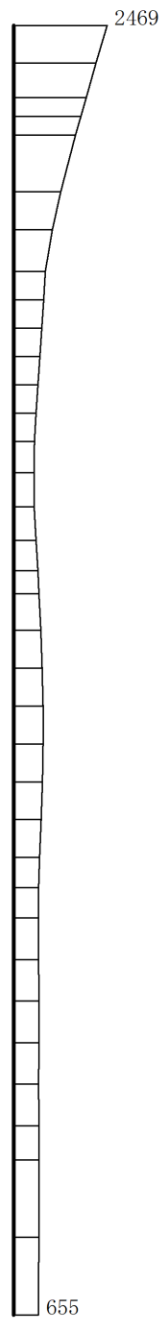
S s - D (- +) 水平

S s - D (- +) 鉛直

構造スケール 0 2(m)

応答値スケール 0 2000(cm/s²)

図 4-13 最大応答加速度分布図 (解析ケース②)



S s - D (- +) 水平



S s - D (- +) 鉛直

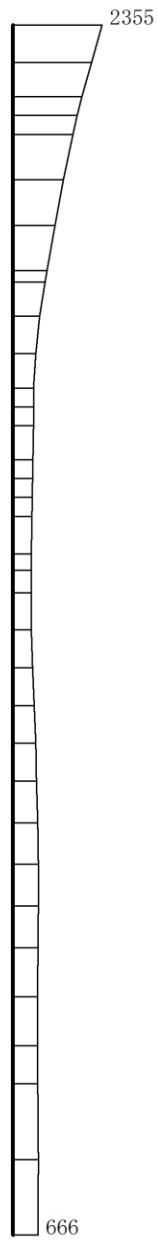
構造スケール 0 2(m)

応答値スケール 0 2000(cm/s²)

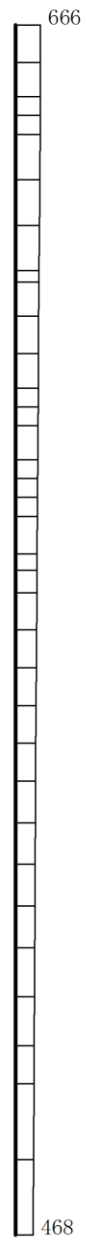
図 4-14 最大応答加速度分布図 (解析ケース③)

4.2 ③-③断面の解析結果

耐震評価のために用いる応答加速度として、解析ケース①（基本ケース）について、すべての基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 $S_d - D$ に対する最大加速度分布図を図 4-15～図 4-26 及び図 4-29 に示す。また、解析ケース①において、曲げ・軸力系の破壊、せん断破壊及び基礎地盤の支持力照査において照査値が最大となる地震動について、解析ケース②及び③の最大加速度分布図を図 4-27、図 4-28 に示す。



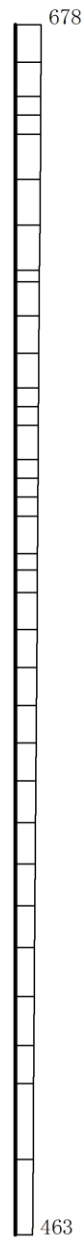
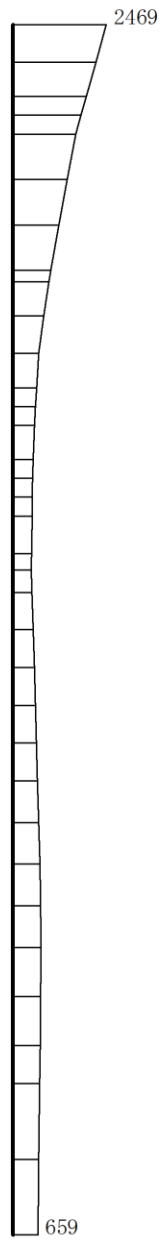
S s - D (++) 水平



S s - D (++) 鉛直

構造スケール $0 \quad 2(m)$ 応答値スケール $0 \quad 2000(cm/s^2)$

図 4-15 最大応答加速度分布図 (解析ケース①)



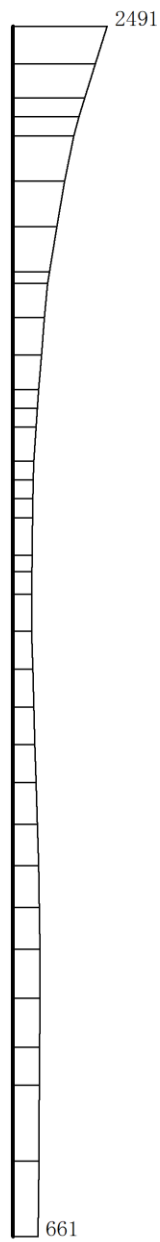
S s - D (-+) 水平

S s - D (-+) 鉛直

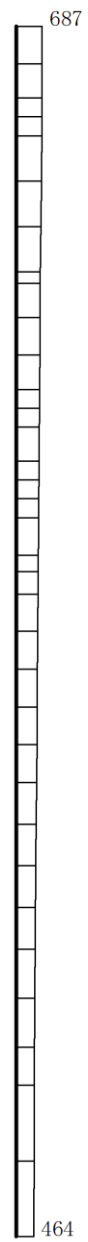
構造スケール 0 2(m)

応答値スケール 0 2000(cm/s²)

図 4-16 最大応答加速度分布図 (解析ケース①)



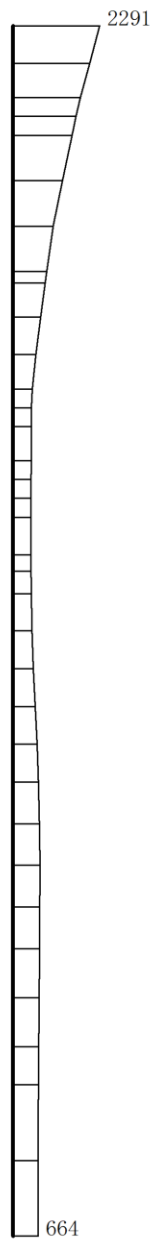
S s - D (+-) 水平



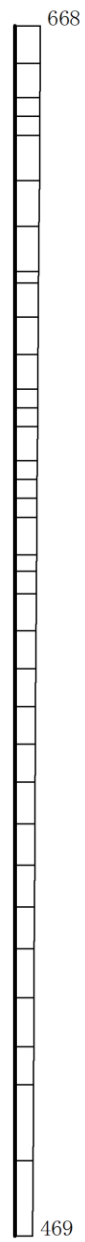
S s - D (+-) 鉛直

構造スケール $0 \quad 2(m)$ 応答値スケール $0 \quad 2000(cm/s^2)$

図 4-17 最大応答加速度分布図 (解析ケース①)



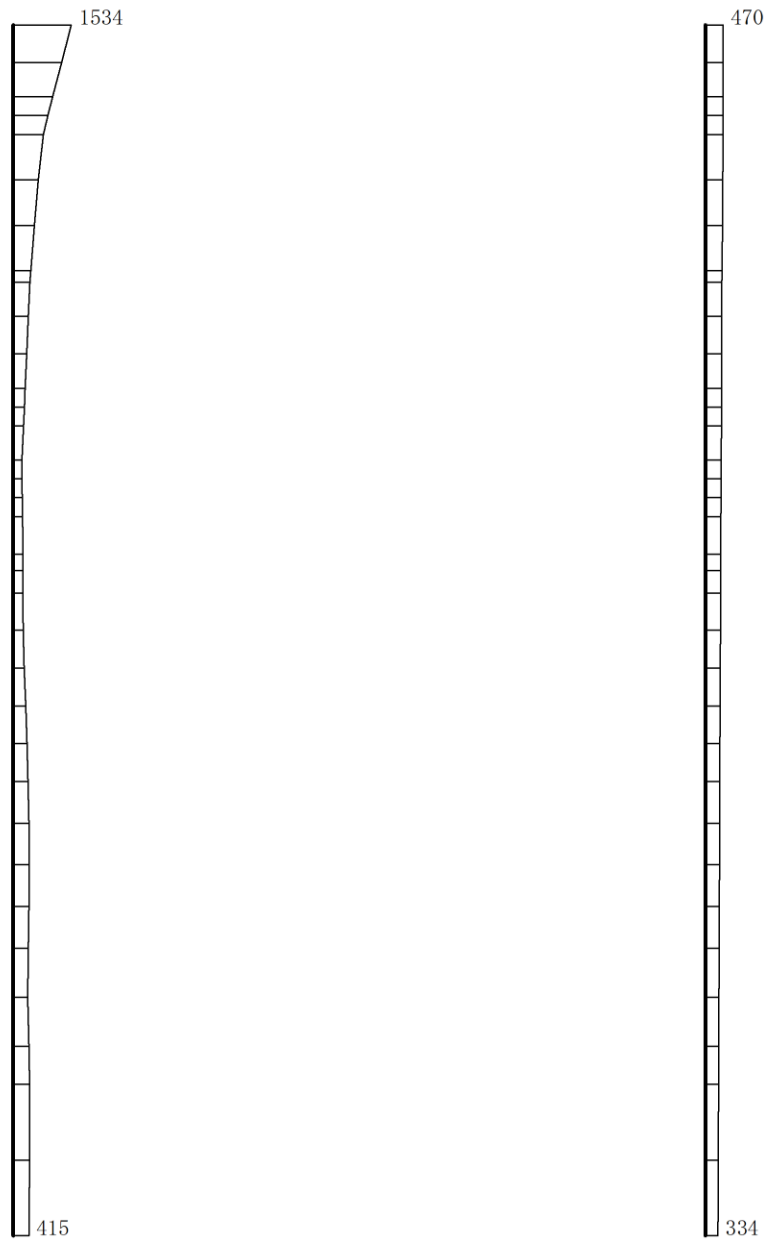
S s - D (--) 水平



S s - D (--) 鉛直

構造スケール 0 2(m) 応答値スケール 0 2000(cm/s²)

図 4-18 最大応答加速度分布図 (解析ケース①)

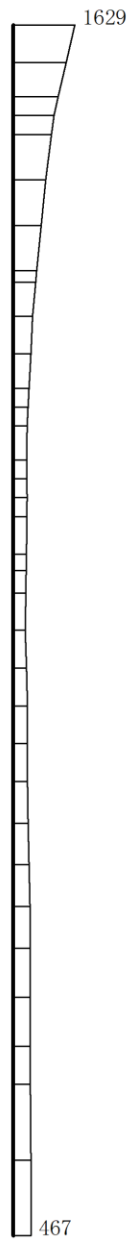


S s - F 1 (++) 水平

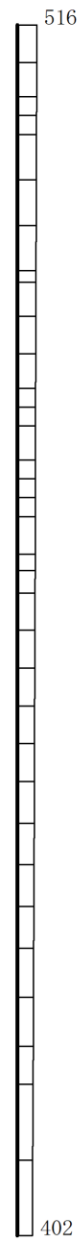
S s - F 1 (++) 鉛直

構造スケール 0 2(m) 応答値スケール 0 2000(cm/s²)

図 4-19 最大応答加速度分布図 (解析ケース①)



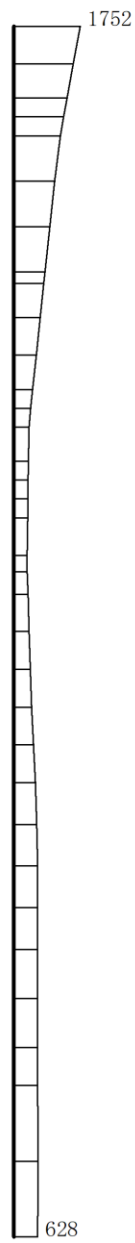
S s - F 2 (++) 水平



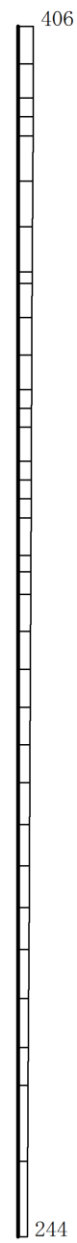
S s - F 2 (++) 鉛直

構造スケール $0 \quad 2(\text{m})$ 応答値スケール $0 \quad 2000(\text{cm/s}^2)$

図 4-20 最大応答加速度分布図 (解析ケース①)



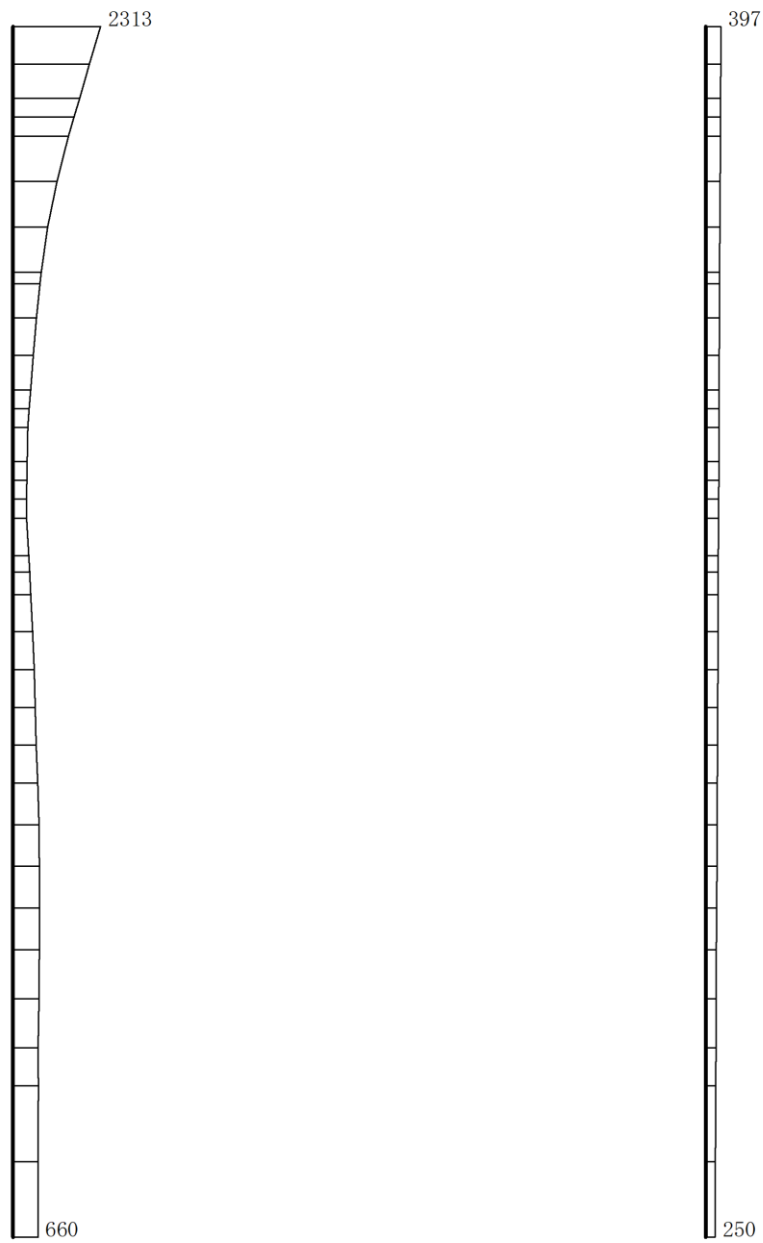
S s - N 1 (++) 水平



S s - N 1 (++) 鉛直

構造スケール $0 \quad 2(m)$ 応答値スケール $0 \quad 2000(cm/s^2)$

図 4-21 最大応答加速度分布図 (解析ケース①)

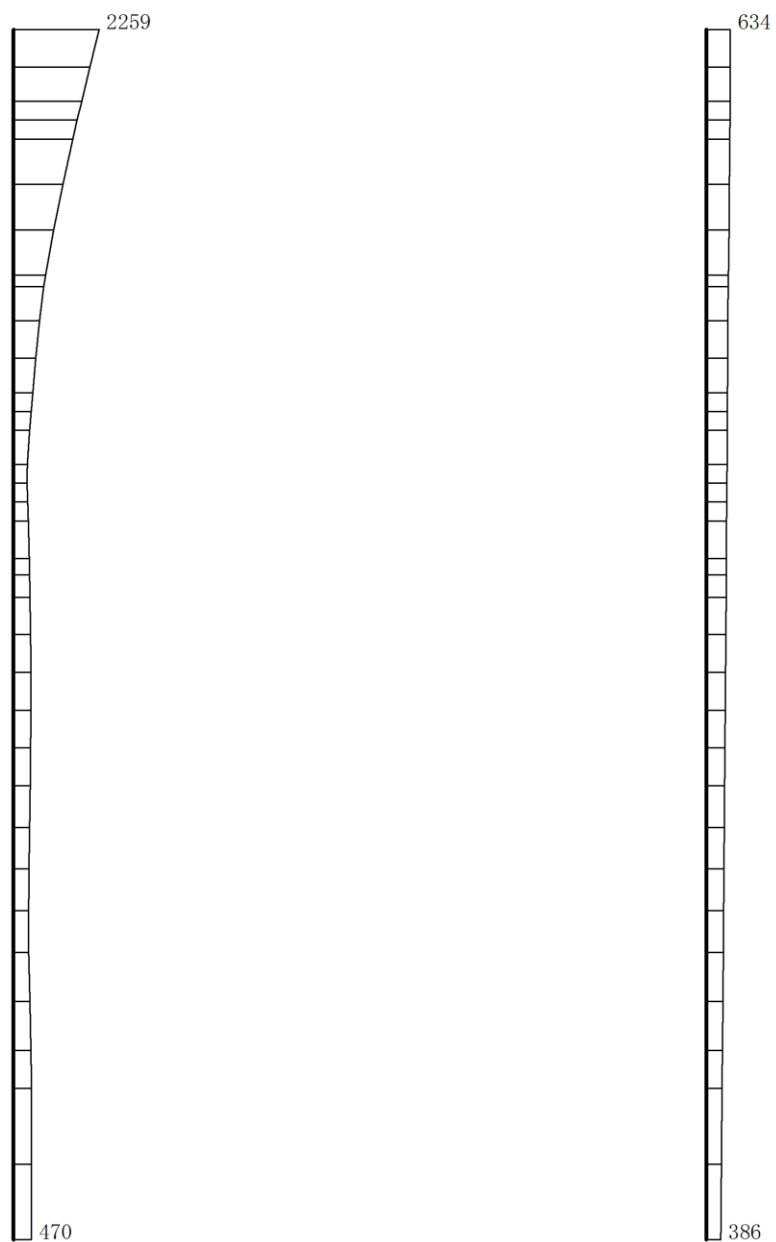


S s - N 1 (- +) 水平

S s - N 1 (- +) 鉛直

構造スケール 0 2(m) 応答値スケール 0 2000(cm/s²)

図 4-22 最大応答加速度分布図 (解析ケース①)

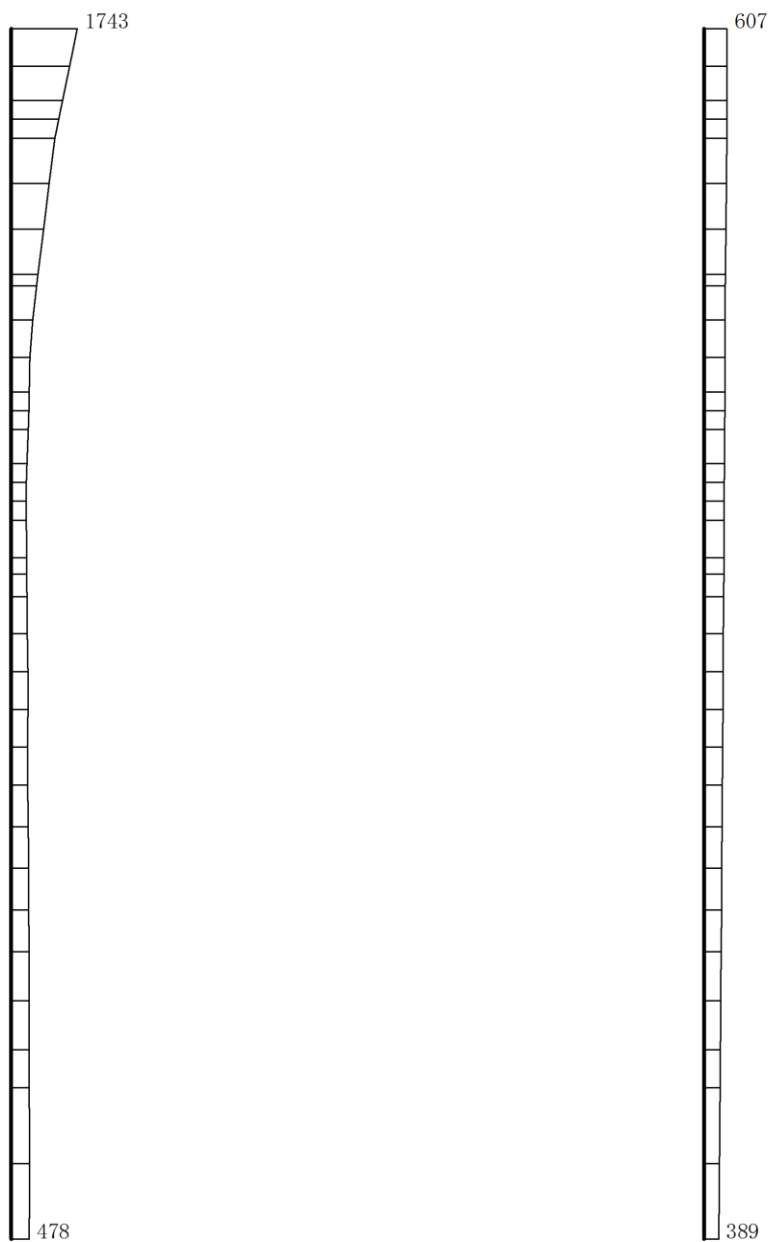


S s - N 2 (N S) (+ +) 水平

S s - N 2 (N S) (+ +) 鉛直


構造スケール 0 2(m) 応答値スケール 0 2000(cm/s²)

図 4-23 最大応答加速度分布図 (解析ケース①)



S_s-N2 (NS) (-+) 水平

S_s-N2 (NS) (-+) 鉛直

構造スケール 0  2(m)


応答値スケール 0  2000(cm/s²)

図 4-24 最大応答加速度分布図 (解析ケース①)

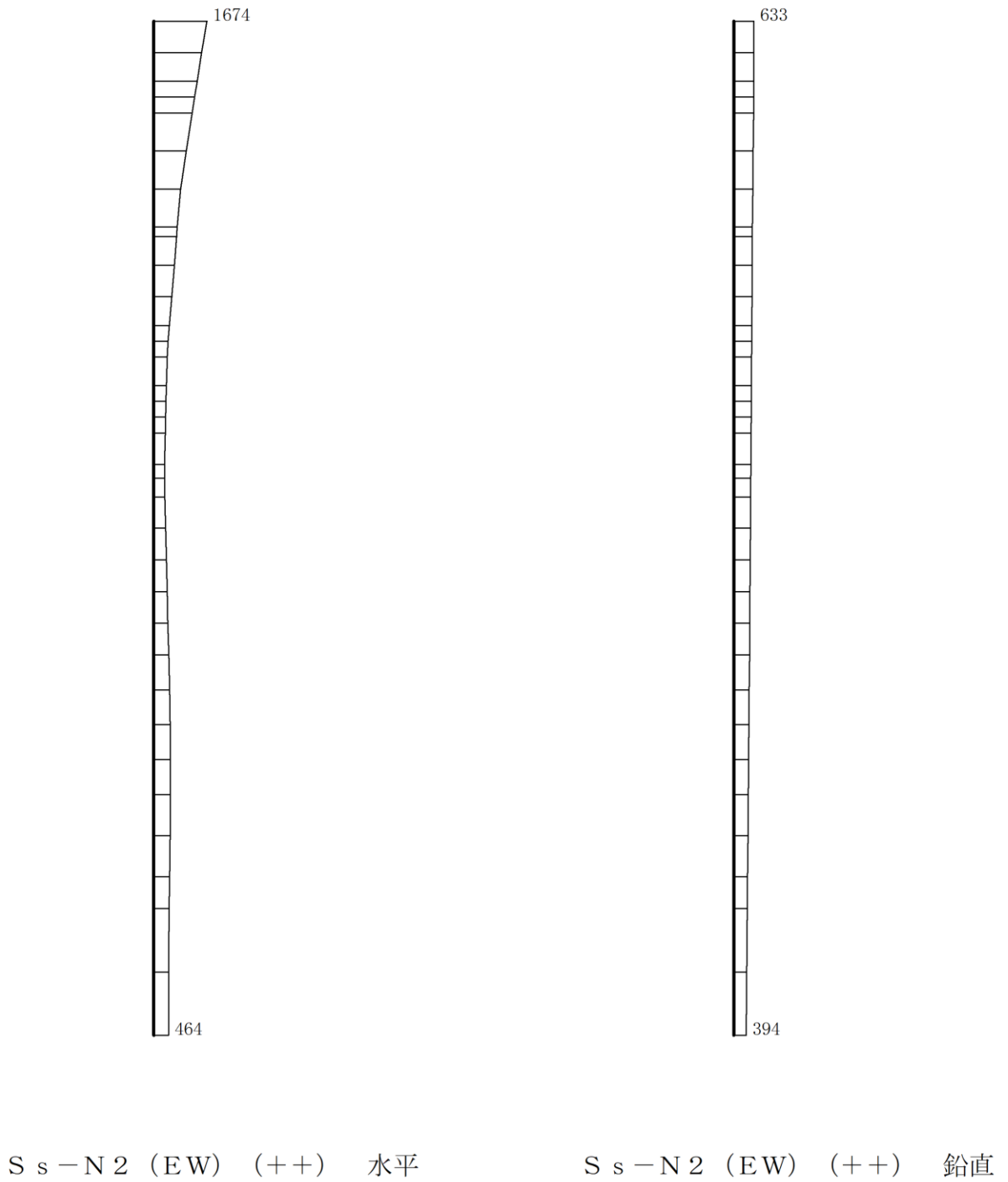
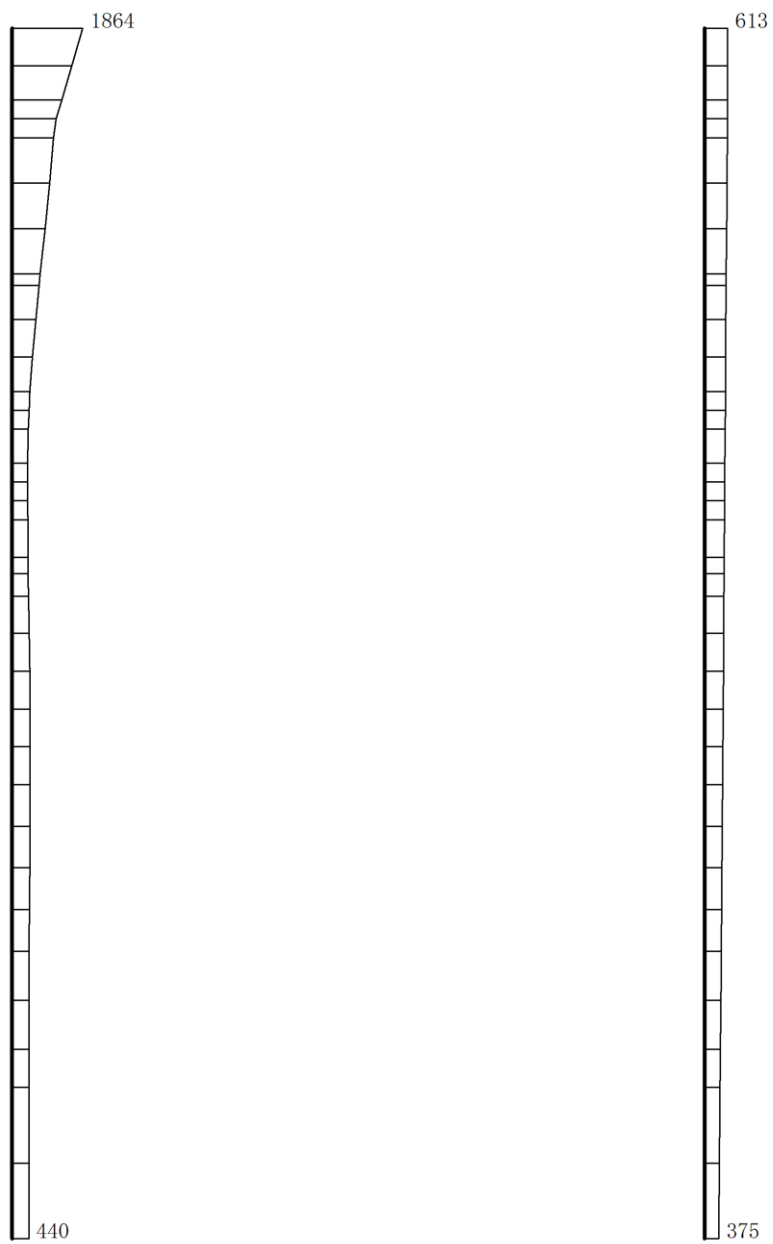


図 4-25 最大応答加速度分布図 (解析ケース①)

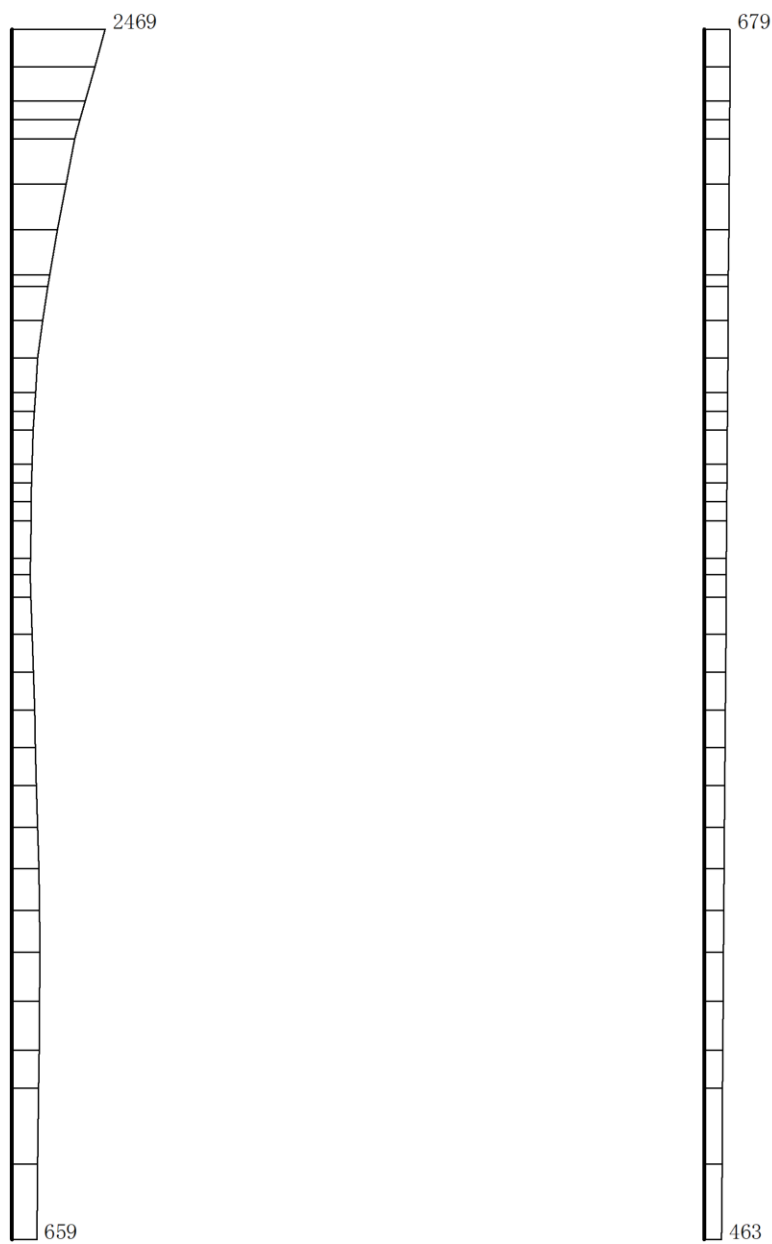


S s - N 2 (EW) (-+) 水平

S s - N 2 (EW) (-+) 鉛直

構造スケール 0 2(m) 応答値スケール 0 2000(cm/s²)

図 4-26 最大応答加速度分布図 (解析ケース①)



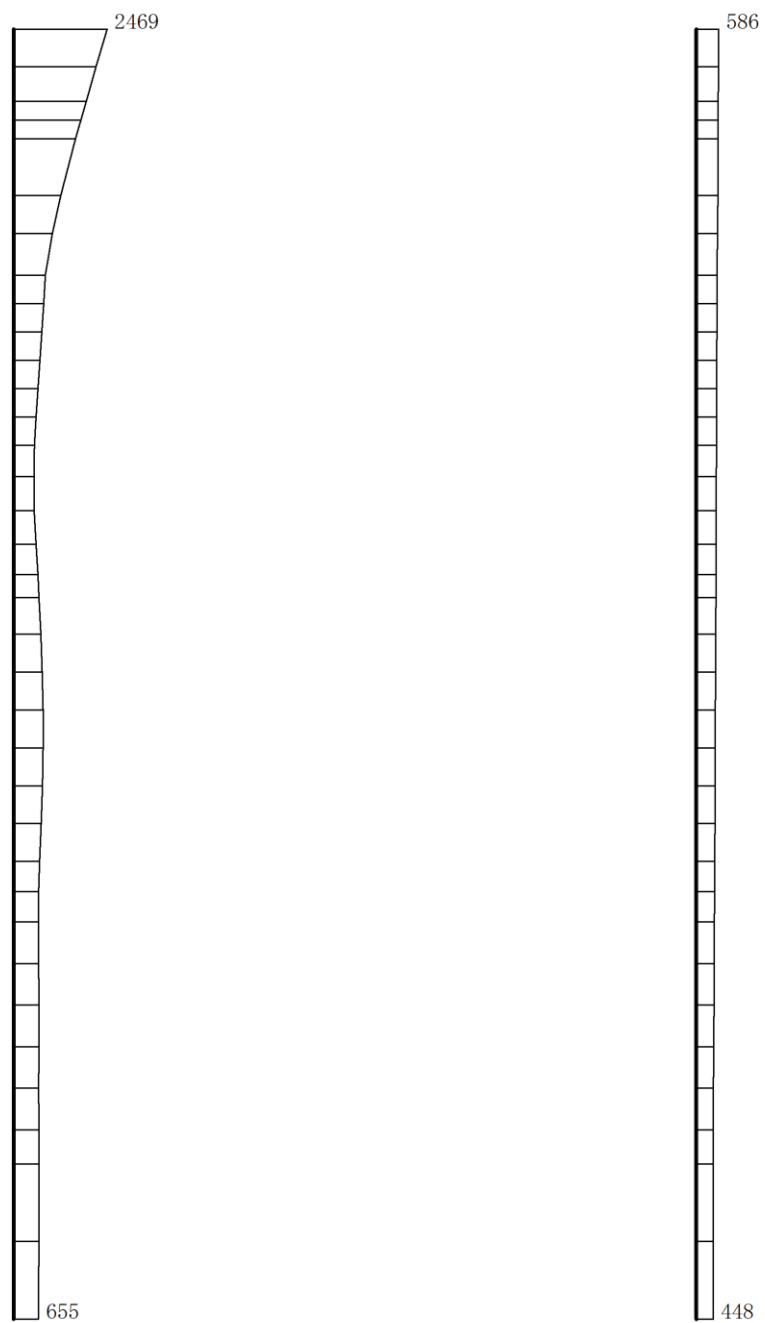
S_s-D (+) 水平

S_s-D (+) 鉛直

構造スケール 0 2(m)

応答値スケール 0 2000(cm/s²)

図 4-27 最大応答加速度分布図 (解析ケース②)



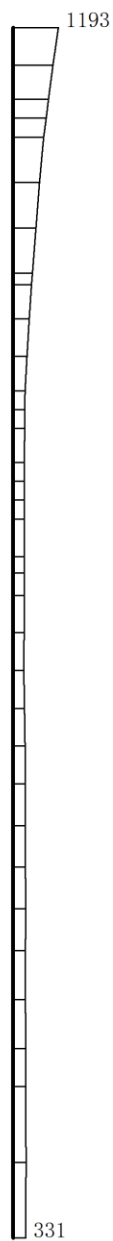
S s - D (- +) 水平

S s - D (- +) 鉛直

構造スケール 0 2(m)

応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

図 4-28 最大応答加速度分布図 (解析ケース③)



S d - D (++) 水平



S d - D (++) 鉛直

構造スケール 0 2(m) 応答値スケール 0 2000(cm/s²)

図 4-29 最大応答加速度分布図 (解析ケース①)