

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-添 2-022-05
提出年月日	2023年4月20日

VI-2-別添 7-2-4 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の  
地震応答計算書（掘削前）

2023年4月

中国電力株式会社

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

## 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	6
2.4 適用規格・基準等	8
3. 解析方法	9
3.1 評価対象断面	9
3.2 解析方法	12
3.2.1 構造部材	12
3.2.2 地盤	15
3.2.3 減衰定数	16
3.2.4 地震応答解析の解析ケースの選定	17
3.3 荷重及び荷重の組合せ	19
3.3.1 耐震評価上考慮する状態	19
3.3.2 荷重	19
3.3.3 荷重の組合せ	20
3.4 入力地震動	21
3.4.1 A－A断面及びB－B断面の入力地震動	22
3.4.2 C－C断面の入力地震動	34
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	51
3.5.3 地盤の物性値	51
3.5.4 地下水位	51
4. 解析結果	52
4.1 A－A断面の解析結果	52
4.2 B－B断面の解析結果	65
4.3 C－C断面の解析結果	78

## 1. 概要

本資料は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に基づき実施する低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の地震応答解析について説明するものである。

本地震応答解析は、低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽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を抽出するものである。その際、耐震評価に用いる応答値は、この地震応答解析により構造物に発生する変形、断面力及び基礎地盤に発生する接地圧とする。また、機器・配管系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

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の位置図を図 2-1 に示す。

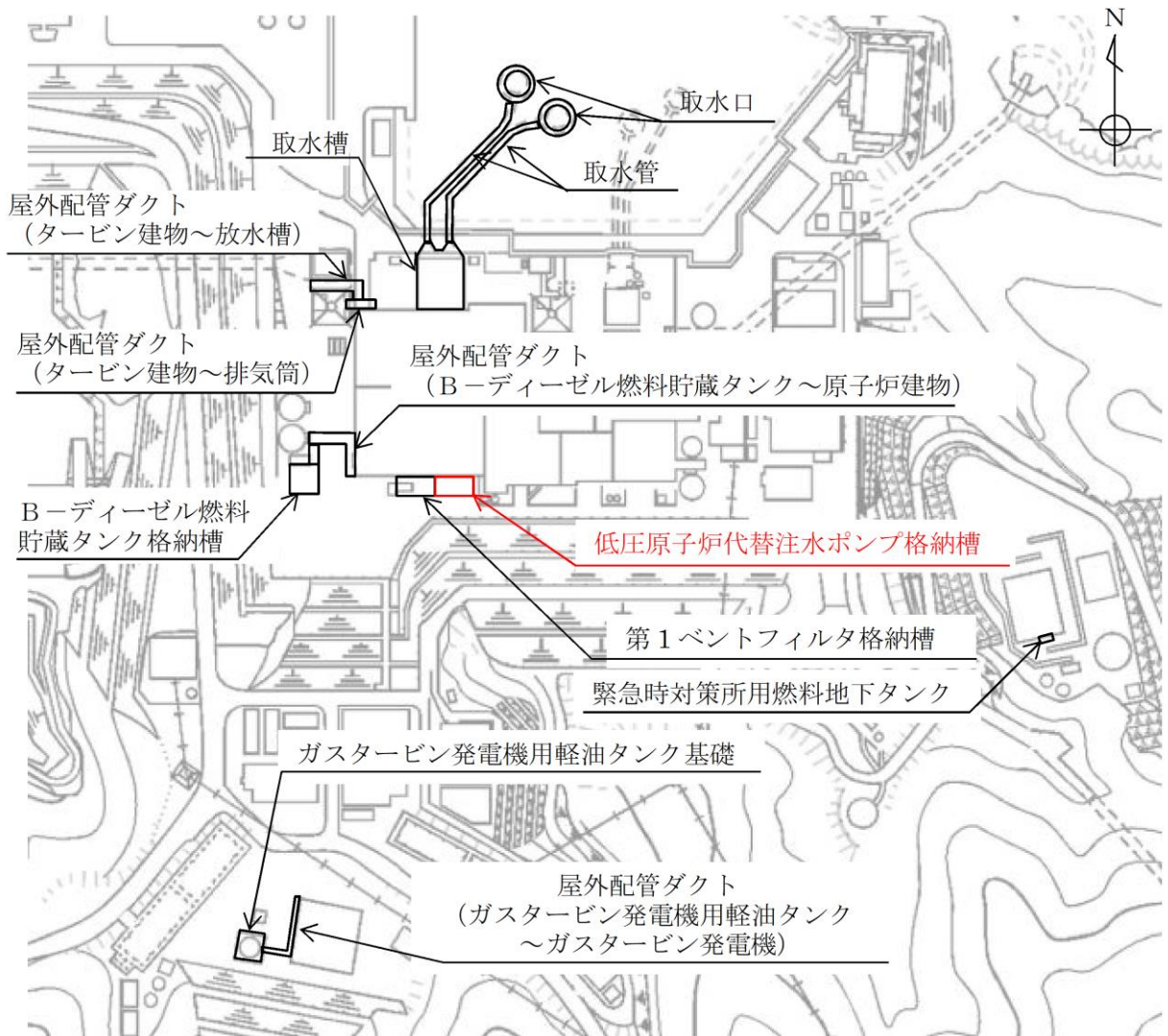


図 2-1 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 位置図

## 2.2 構造概要

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の平面図を図 2-2、断面図を図 2-3～図 2-5 に示す。

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽は、低圧原子炉代替注水槽を有し、低圧原子炉代替注水ポンプ等を間接支持する幅 26.6m (EW 方向) ×13.4m (NS 方向)、高さ約 21.2m の鉄筋コンクリート造の地中 (一部地上部を含む) 構造物であり、直接又はマンメイドロック (以下「MMR」という。) を介して十分な支持性能を有する C<sub>M</sub>級及び C<sub>H</sub>級岩盤に支持される。

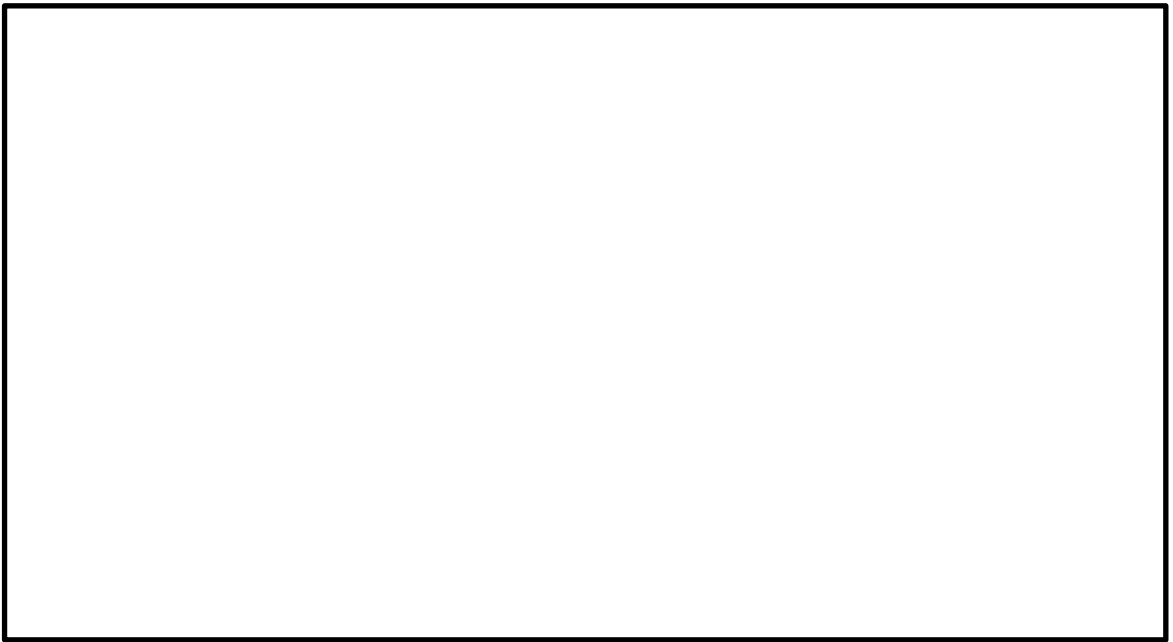


図 2-2 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 平面図

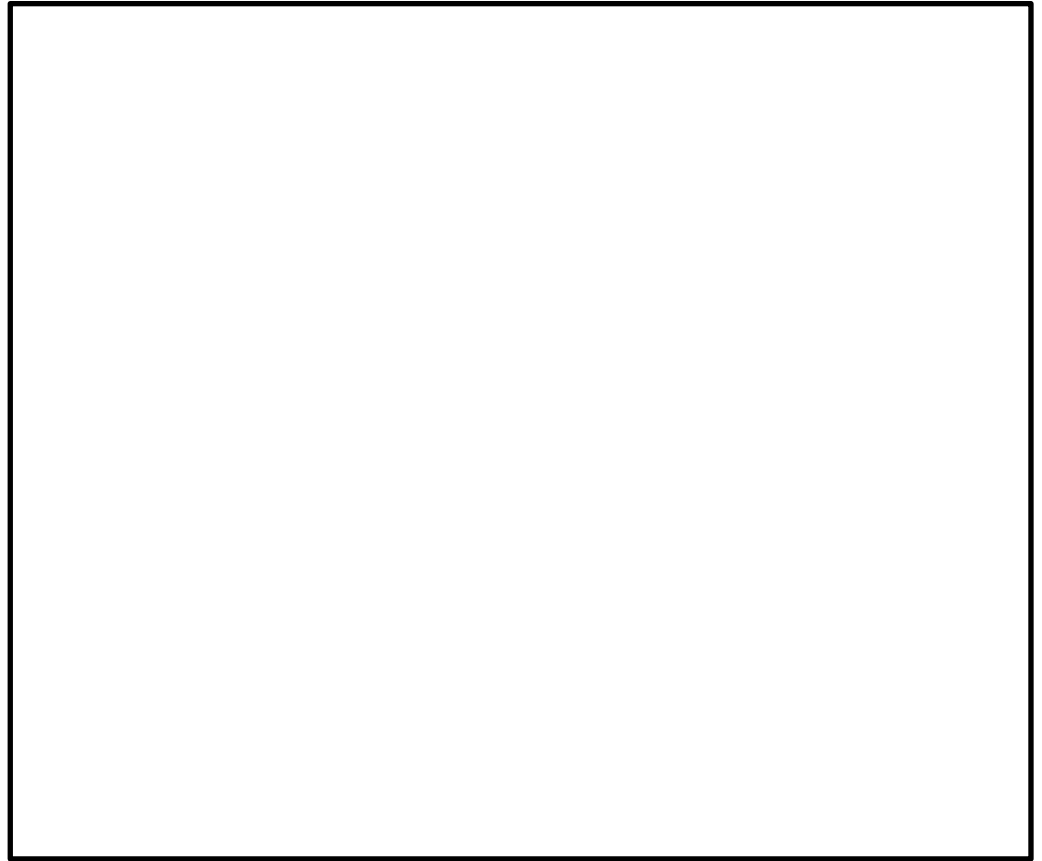


図 2-3 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 断面図 (A-A断面)

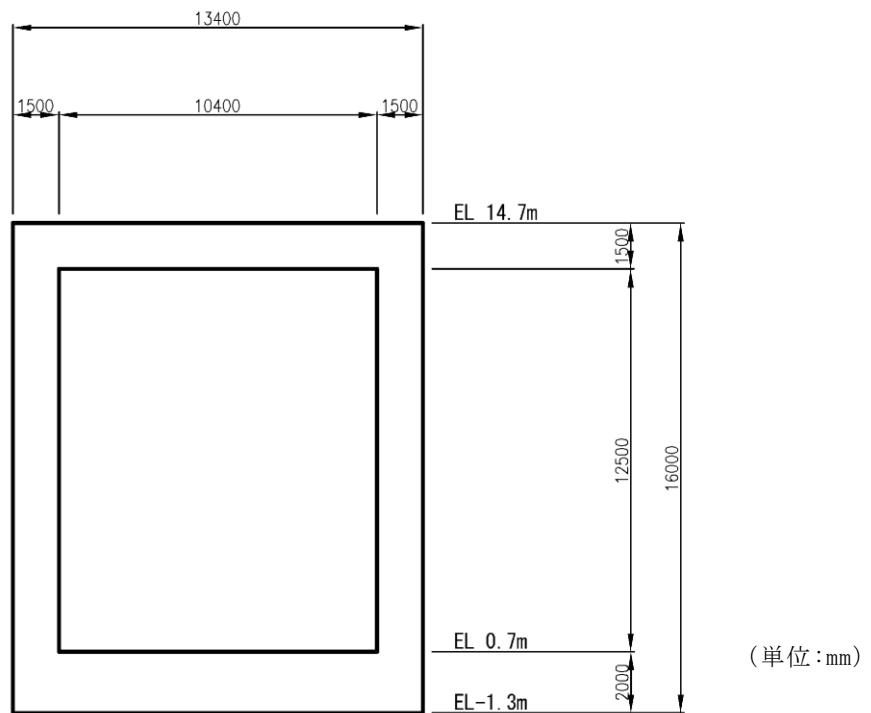


図 2-4 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 断面図 (B-B断面)

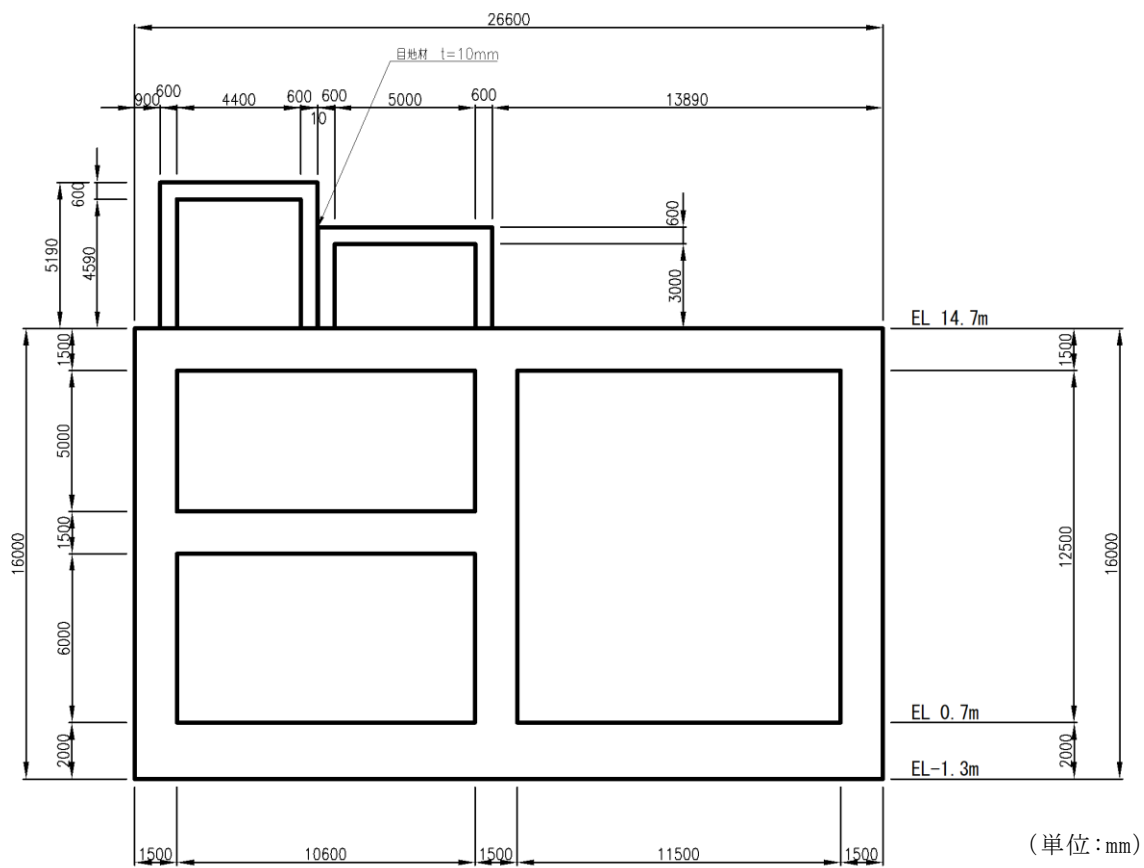


図 2-5 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 断面図 (C-C 断面)

### 2.3 解析方針

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に基づき、基準地震動  $S_s$  に対して地震応答解析を実施する。

図 2-6 に低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽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時刻歴非線形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。

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、機器・配管系の設計用床応答スペクトルの作成に用いる。また、変形、断面力及び基礎地盤の接地圧は、低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の耐震評価に用いる。



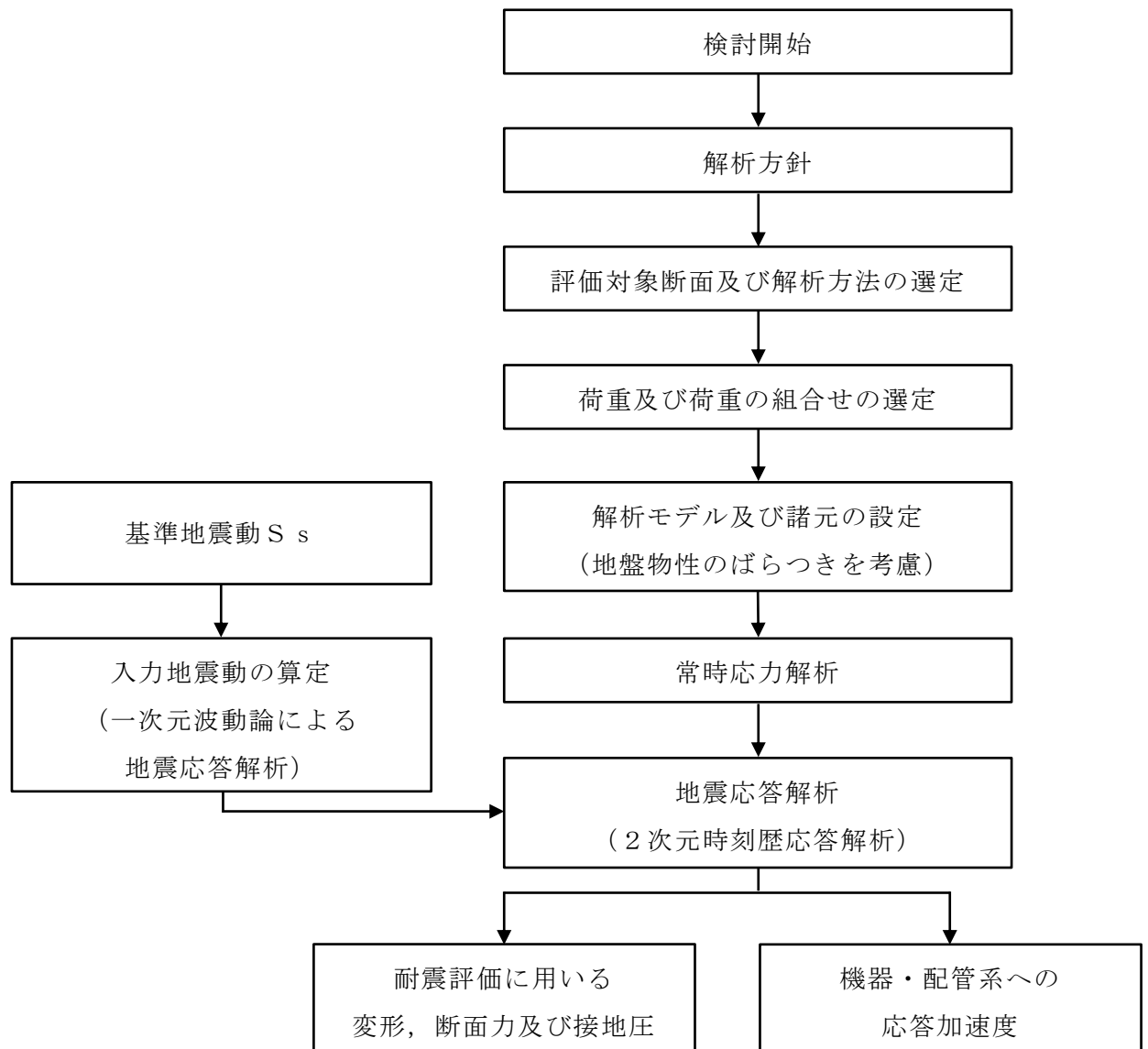


図 2-6 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 地震応答解析フロー

## 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）
- ・コンクリート標準示方書[設計編]（土木学会，2017年制定）
- ・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（土木学会，2005年）
- ・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）
- ・道路橋示方書・同解説 V耐震設計編（日本道路協会，2002年）

### 3. 解析方法

#### 3.1 評価対象断面

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の評価対象断面位置図を図 3-1 に示す。構造物の耐震設計における評価対象断面及び機器・配管系に対する床応答算定断面は、構造的特徴や周辺状況等を踏まえ、A-A断面及びB-B断面とする。

評価対象断面を図 3-2～図 3-4 に示す。

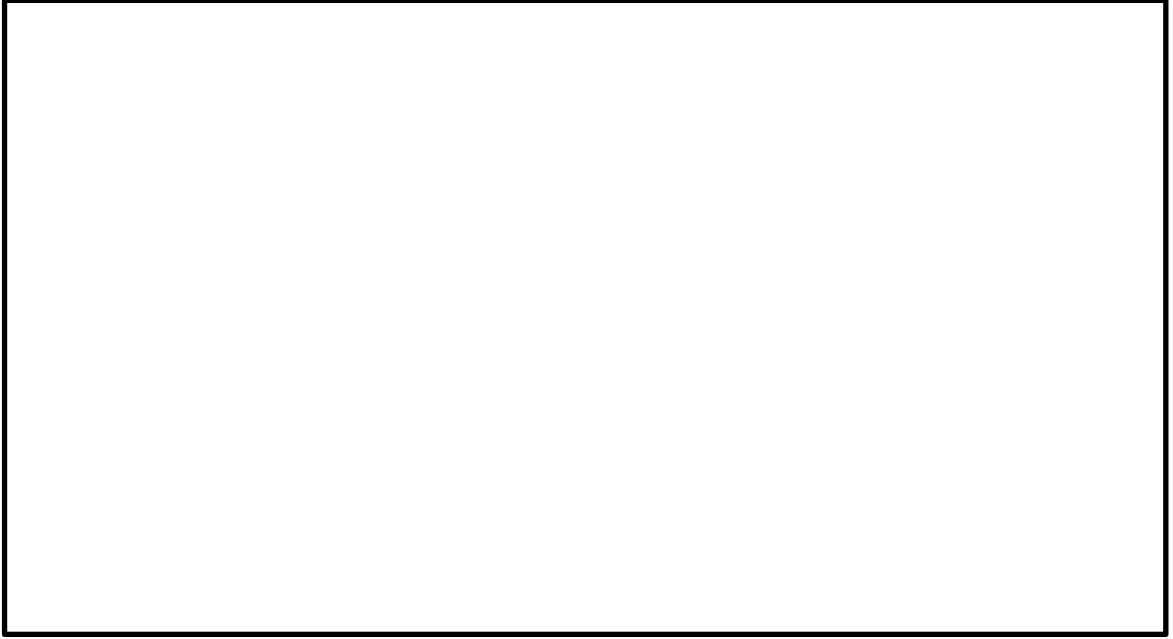


図 3-1 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 評価対象断面位置図

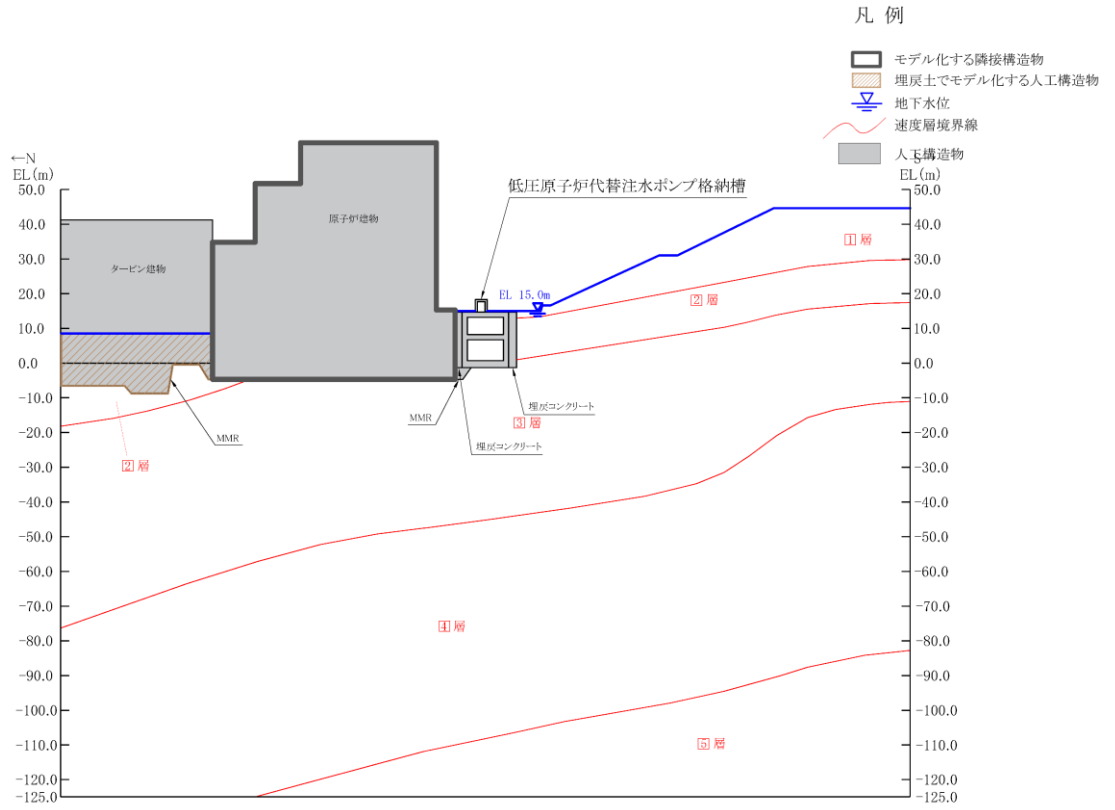


図 3-2 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 評価対象断面図 (A-A 断面位置)

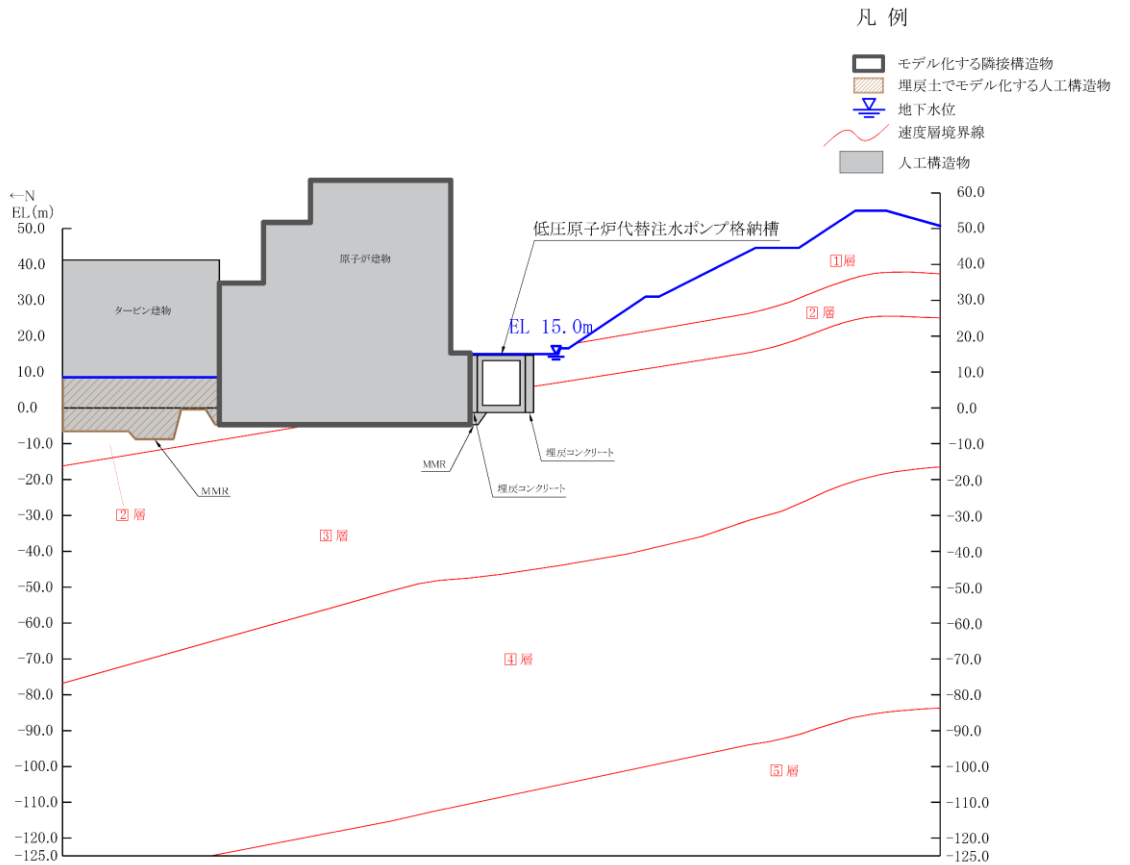


図 3-3 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 評価対象断面図 (B-B 断面位置)

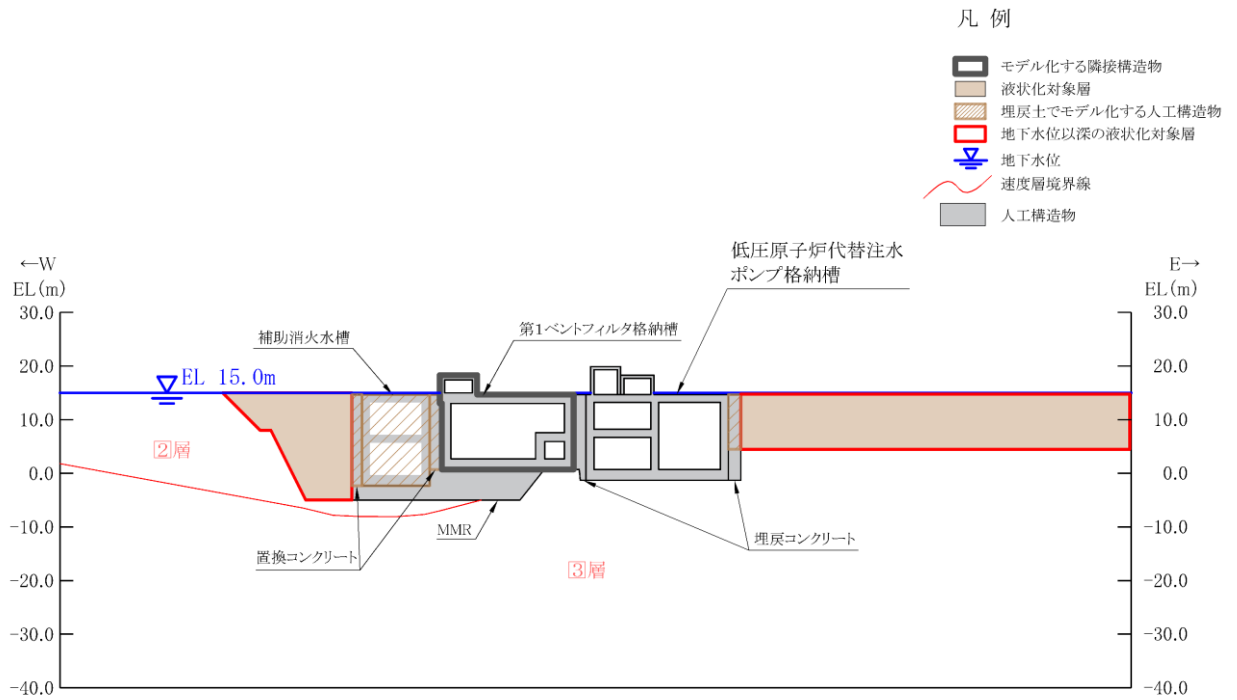


図 3-4 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 評価対象断面図 (C-C 断面位置)

### 3.2 解析方法

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の地震応答解析は、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 $S_s$ 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。A-A断面及びB-B断面は、施設周辺の設計地下水位が底版より高いが、施設周辺に地下水位以深の液状化対象層が存在しないため、解析手法の選定フローに基づき「全応力解析」を選定する。

C-C断面は、西側は埋戻コンクリートを介して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である第1ベントフィルタ格納槽と接しているが、東側は置換コンクリートを介して地下水位以深の液状化対象層が施設と接するため、解析手法のフローに基づき「有効応力解析」を選定する。

構造部材については、全応力解析においてはファイバーモデルで考慮し、有効応力解析においては鉄筋コンクリートの $M-\phi$ 関係を適切にモデル化する。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。

地震応答解析の解析コードについては、全応力解析では「TDA P III」、有効応力解析では「FLIP」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、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

#### 3.2.1 構造部材

全応力解析における鉄筋コンクリート部材は、ファイバーモデルによる非線形はり要素でモデル化する。ファイバーモデルは、はり要素の断面を層状に分割し各層に材料の非線形特性を考慮する材料非線形モデルであり（図3-5参照）、図3-6に示すコンクリートの応力-ひずみ関係を考慮する。

有効応力解析における鉄筋コンクリート部材は、非線形はり要素でモデル化することとし、図3-7に示す $M-\phi$ 関係のトリリニアモデルとする。履歴特性は、図3-8に示すとおり修正武田モデルを適用し、図3-9に示すコンクリートの応力-ひずみ関係を考慮する。

また、図3-10に鉄筋の応力-ひずみ関係を示す。

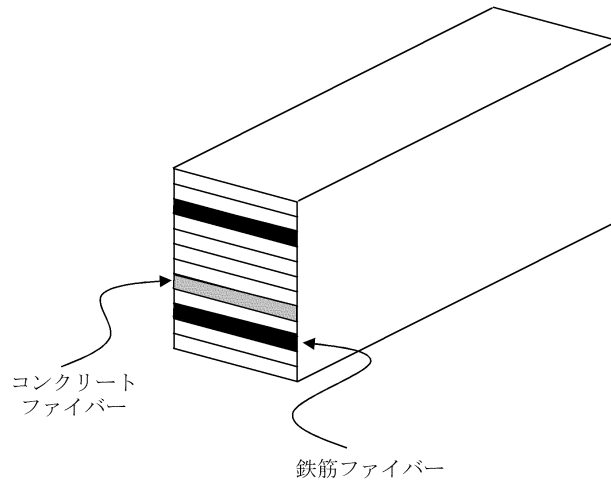
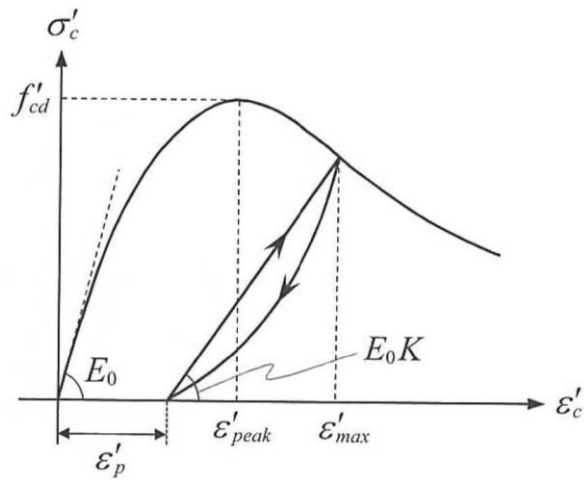
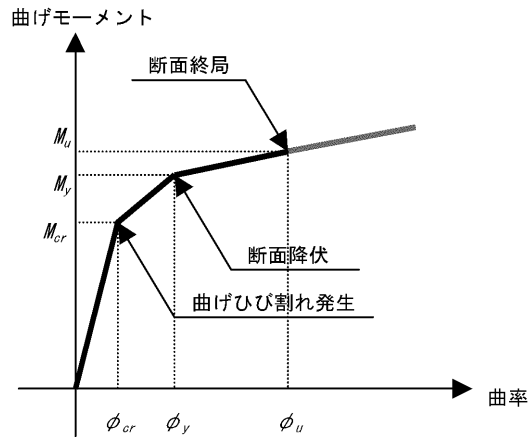


図 3-5 ファイバーモデルの概念図



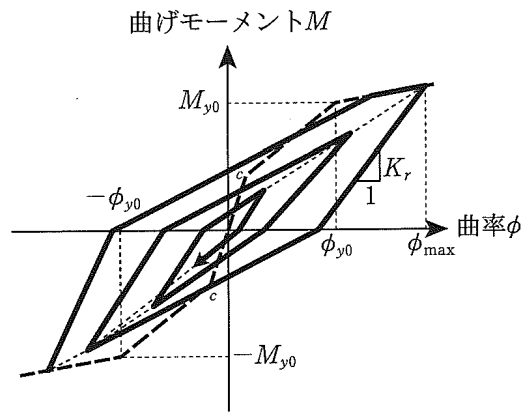
(コンクリート標準示方書[設計編] (土木学会, 2017 年制定) より引用)

図 3-6 構造部材の非線形特性 (コンクリートの応力-ひずみ関係)



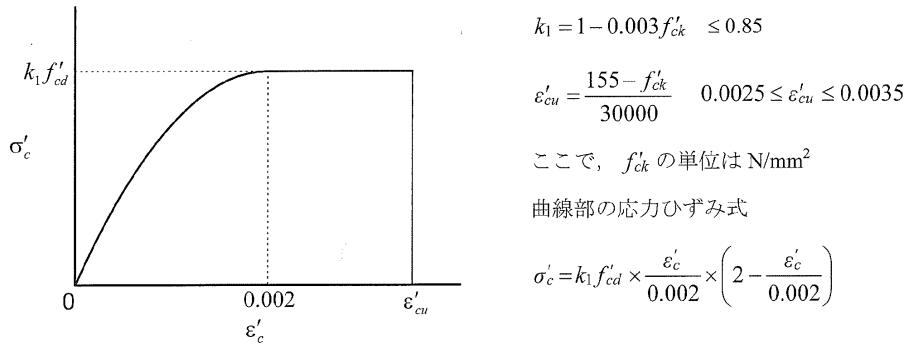
(原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル (土木学会, 2005 年) より引用)

図 3-7 鉄筋コンクリート部材の M-φ 関係



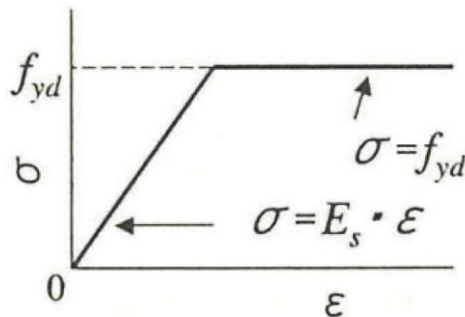
(道路橋示方書・同解説 V耐震設計編 (日本道路協会, 2002年) より引用)

図 3-8 鉄筋コンクリート部材の履歴特性 (修正武田モデル)



(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) より引用)

図 3-9 構造部材の非線形特性 (コンクリートの応力-ひずみ関係)



(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) より引用)

図 3-10 構造部材の非線形特性 (鉄筋の応力-ひずみ関係)



### 3.2.2 地盤

埋戻土及び岩盤の平均物性を用いて，表 3-1 に示す解析ケースを設定する。

表 3-1 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

### 3.2.3 減衰定数

構造部材の減衰定数は、粘性減衰及び履歴減衰で考慮する。

粘性減衰は、固有値解析にて求められる固有周期と各材料の減衰比に基づき、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 減衰を解析モデル全体に与える。

固有値解析結果に基づき設定した  $\alpha$  ,  $\beta$  を表 3-2 に示す。

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

[C] : 減衰係数マトリックス

[M] : 質量マトリックス

[K] : 剛性マトリックス

$\alpha$  ,  $\beta$  : 係数

表 3-2 Rayleigh 減衰における係数  $\alpha$  ,  $\beta$  の設定結果

評価対象断面	$\alpha$	$\beta$
A-A断面	$6.503 \times 10^{-1}$	$1.106 \times 10^{-3}$
B-B断面	$6.448 \times 10^{-1}$	$1.109 \times 10^{-3}$
C-C断面	0.000	$2.000 \times 10^{-3}$

## 3.2.4 地震応答解析の解析ケースの選定

## (1) 耐震評価における解析ケース

本資料は安全対策工事着工前の周辺地盤における補足検討のため、耐震評価においては、基準地震動  $S_s$  全波（6波）及びこれら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、基本ケース（ケース①）を実施する。耐震評価における解析ケースを表3-3に示す。

表3-3 耐震評価における解析ケース

解析ケース		ケース①	
		基本ケース	
地盤物性		平均値	
地震動 (位相)	$S_s - D$	++*	○
		-+*	○
		+ - *	○
		--*	○
	$S_s - F 1$	++*	○
	$S_s - F 2$	++*	○
	$S_s - N 1$	++*	○
		-+*	○
	$S_s - N 2$ (NS)	++*	○
		-+*	○
	$S_s - N 2$ (EW)	++*	○
		-+*	○

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。

## (2) 機器・配管系に対する応答加速度抽出のための解析ケース

本資料は安全対策工事着工前の周辺地盤における補足検討のため、機器・配管系に対する応答加速度抽出においても、基準地震動  $S_s$  全波（6波）及びこれら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、基本ケース（ケース①）を実施する。機器・配管系に対する応答加速度抽出のための解析ケースを表3-4に示す。

表 3-4 機器・配管系の応答加速度抽出のための解析ケース

解析ケース			ケース①
			基本ケース
地盤物性			平均値
地震動 (位相)	$S_s - D$	++*	○
		-+*	○
		+ - *	○
		--*	○
	$S_s - F 1$	++*	○
	$S_s - F 2$	++*	○
	$S_s - N 1$	++*	○
		-+*	○
	$S_s - N 2$ (NS)	++*	○
		-+*	○
	$S_s - N 2$ (EW)	++*	○
		-+*	○

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

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽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

発電用原子炉施設が運転状態にあり，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

積雪を考慮する。風の影響は地震力と比較して小さいため考慮しない。

##### (4) 重大事故等時の状態

重大事故等時の影響を受けないことから考慮しない。

#### 3.3.2 荷重

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽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，躯体自重及び機器・配管荷重を考慮する。

##### (2) 積載荷重 (P)

積載荷重として，土圧，水压及び積雪荷重 (P<sub>s</sub>) を考慮する。

##### (3) 積雪荷重 (P<sub>s</sub>)

積雪荷重として，発電所敷地に最も近い気象官署である松江地方気象台で観測された観測史上1位の月最深積雪100cm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/m<sup>2</sup>の積雪荷重が作用することを考慮し設定する。

##### (4) 地震荷重 (S<sub>s</sub>)

基準地震動S<sub>s</sub>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 3-5 に示す。

表 3-5 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
地震時 (S <sub>s</sub> )	G + P + S <sub>s</sub>

G : 固定荷重

P : 積載荷重

S<sub>s</sub> : 地震荷重 (基準地震動 S<sub>s</sub>)

### 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  $S_s$  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 3-8 に入力地震動算定の概念図を示す。入力地震動の算定には、解析コード「SHAKE」及び「microSHAKE/3D」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。

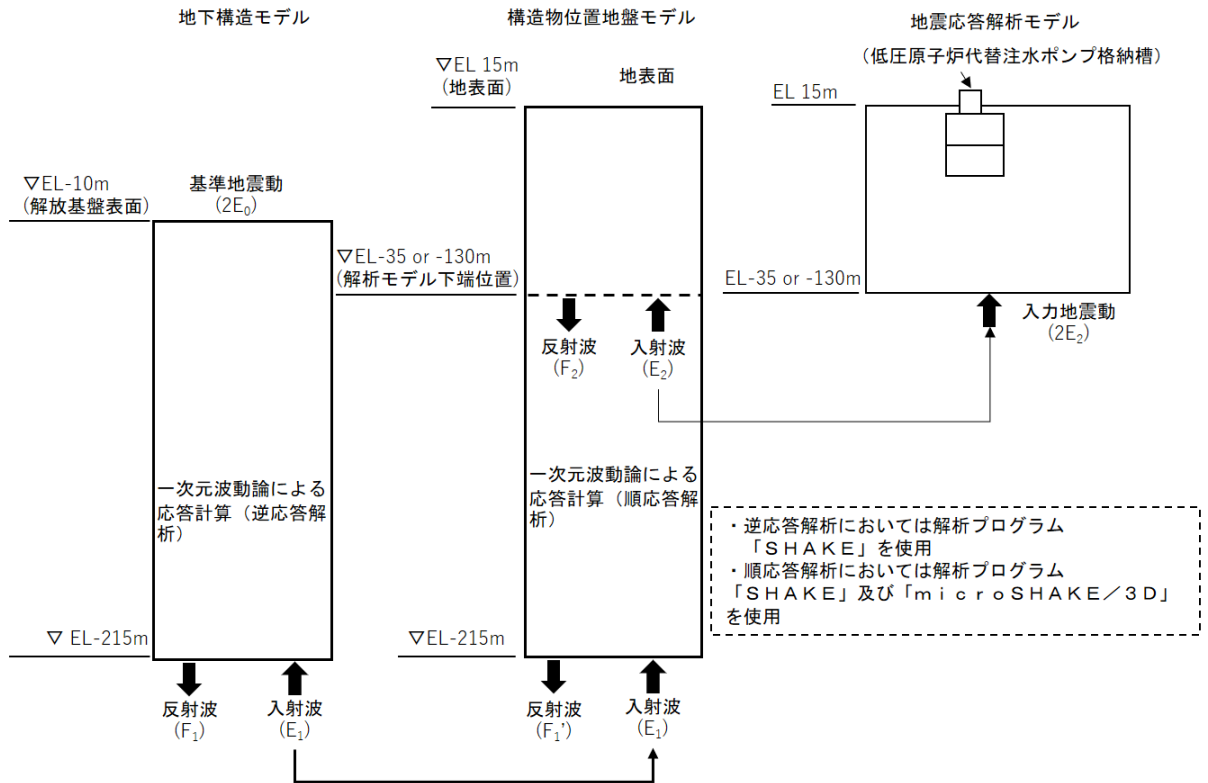
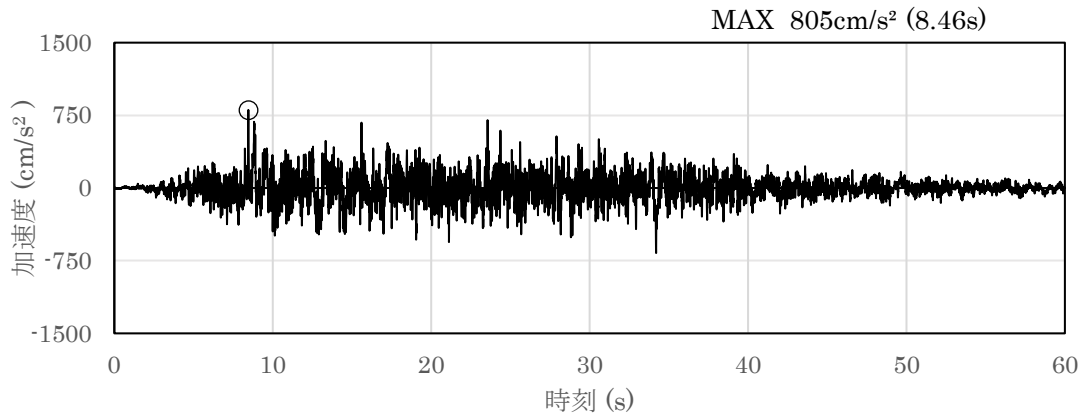


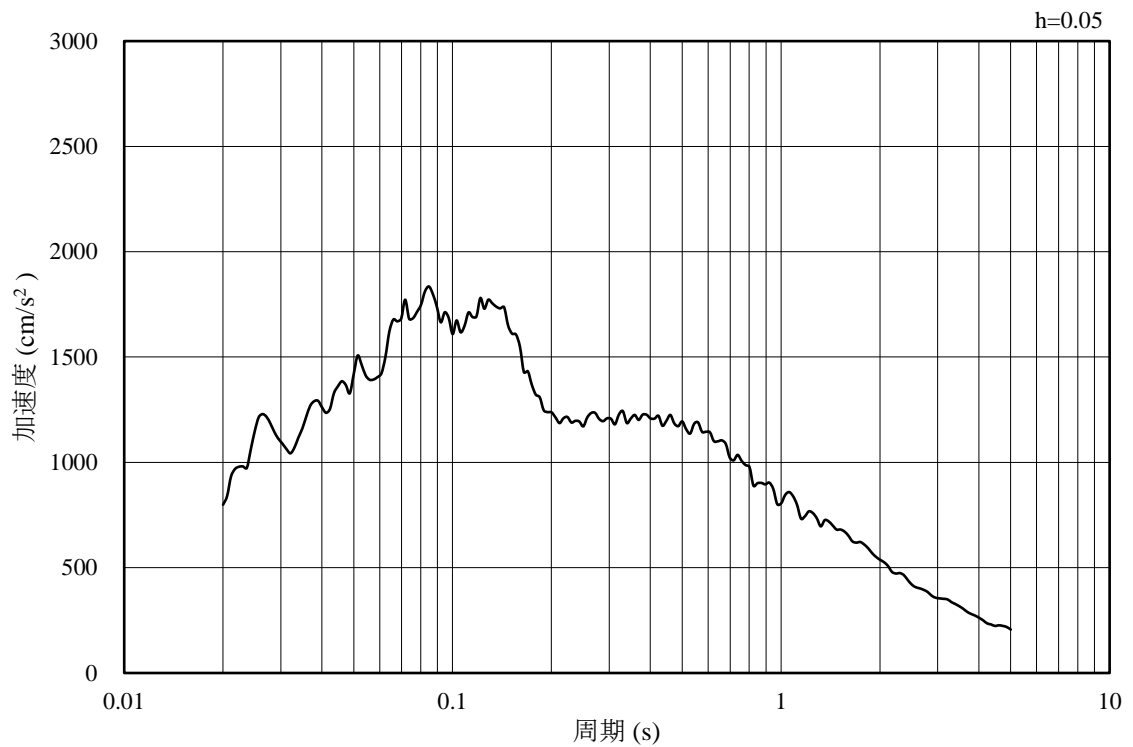
図 3-11 入力地震動算定の概念図

3.4.1 A-A断面及びB-B断面の入力地震動

図3-12～図3-23にA-A断面及びB-B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を示す。



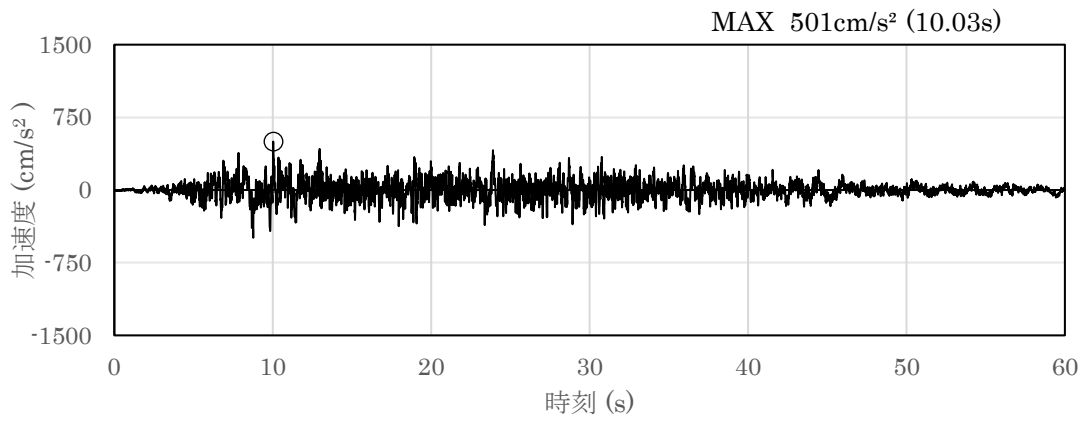
(a) 加速度時刻歴波形



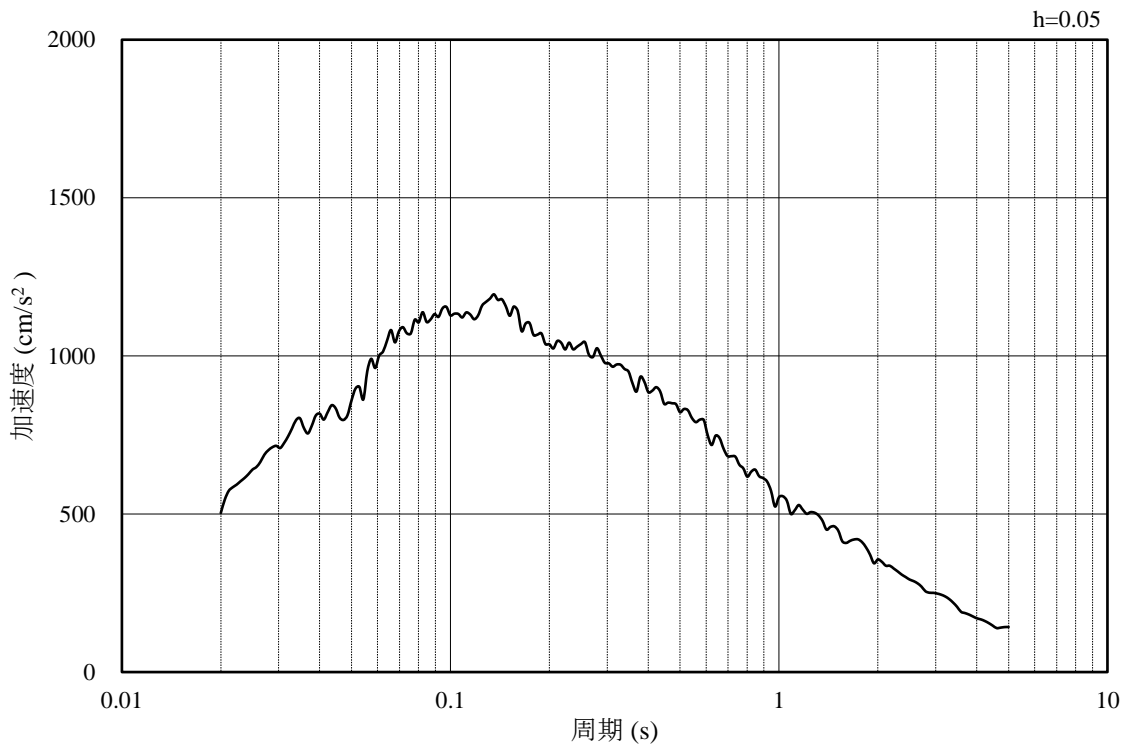
(b) 加速度応答スペクトル

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 - D, EL-130m)



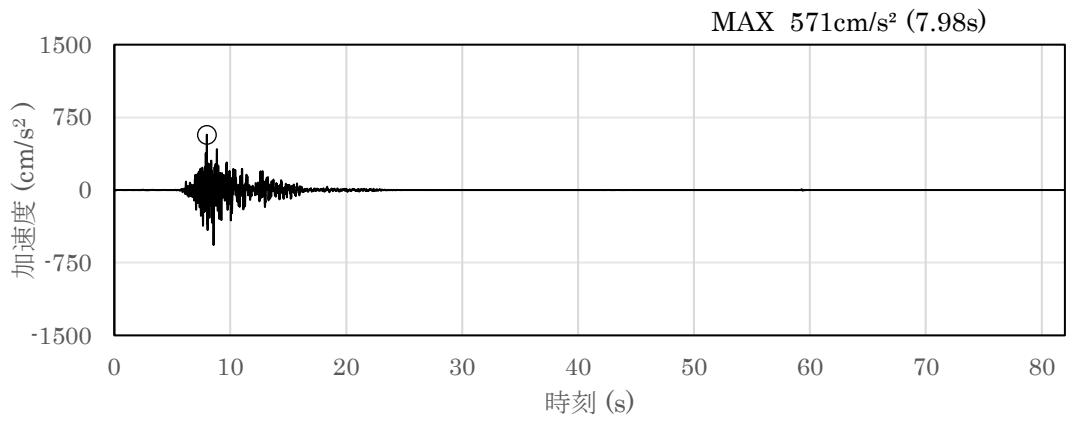


(a) 加速度時刻歴波形

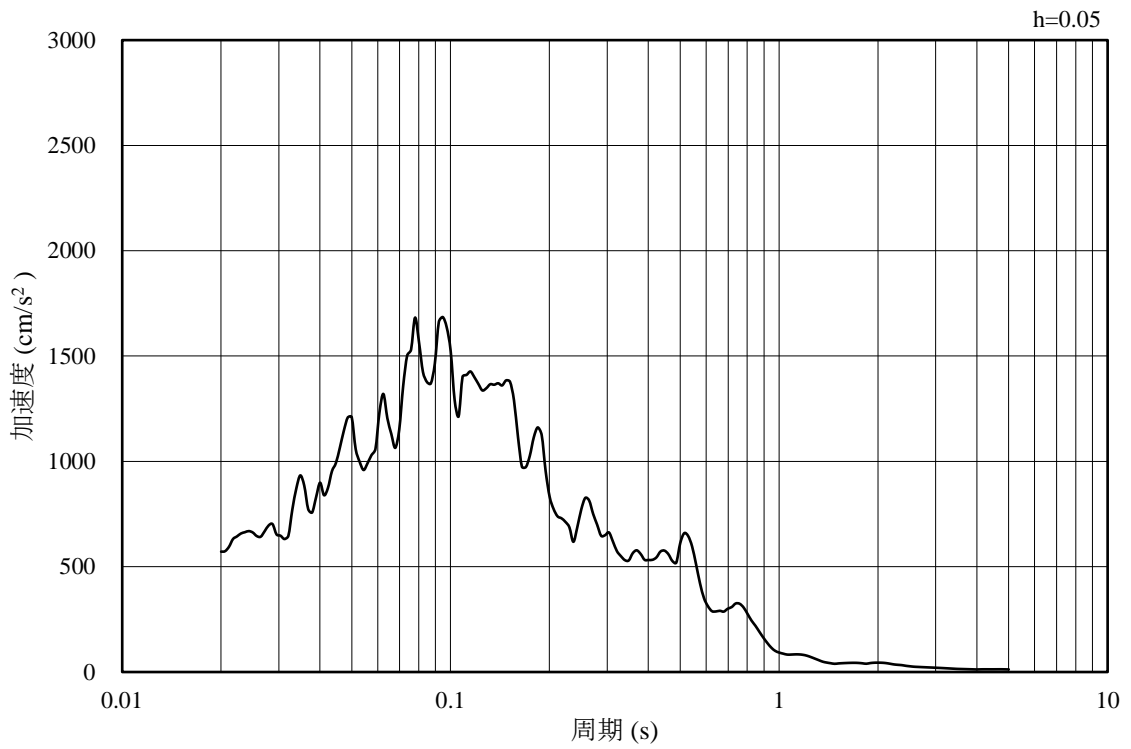


(b) 加速度応答スペクトル

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 - D, EL-130m)

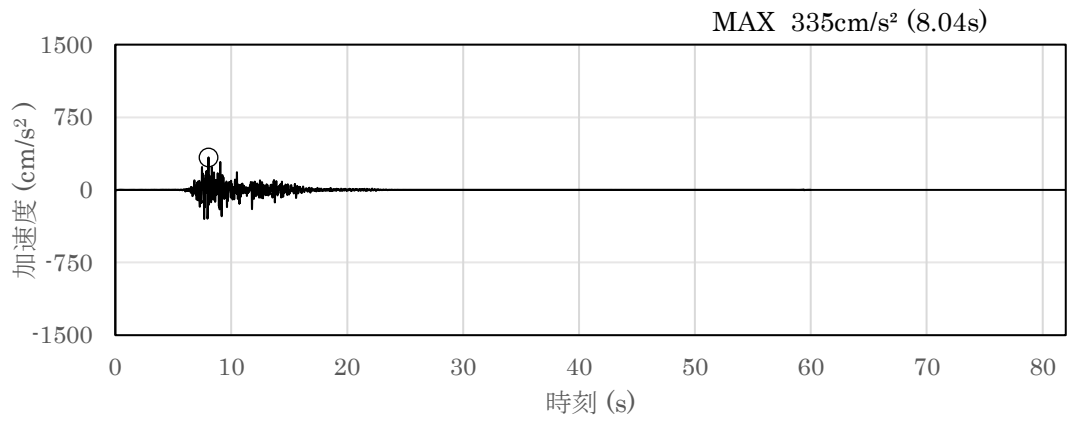


(a) 加速度時刻歴波形

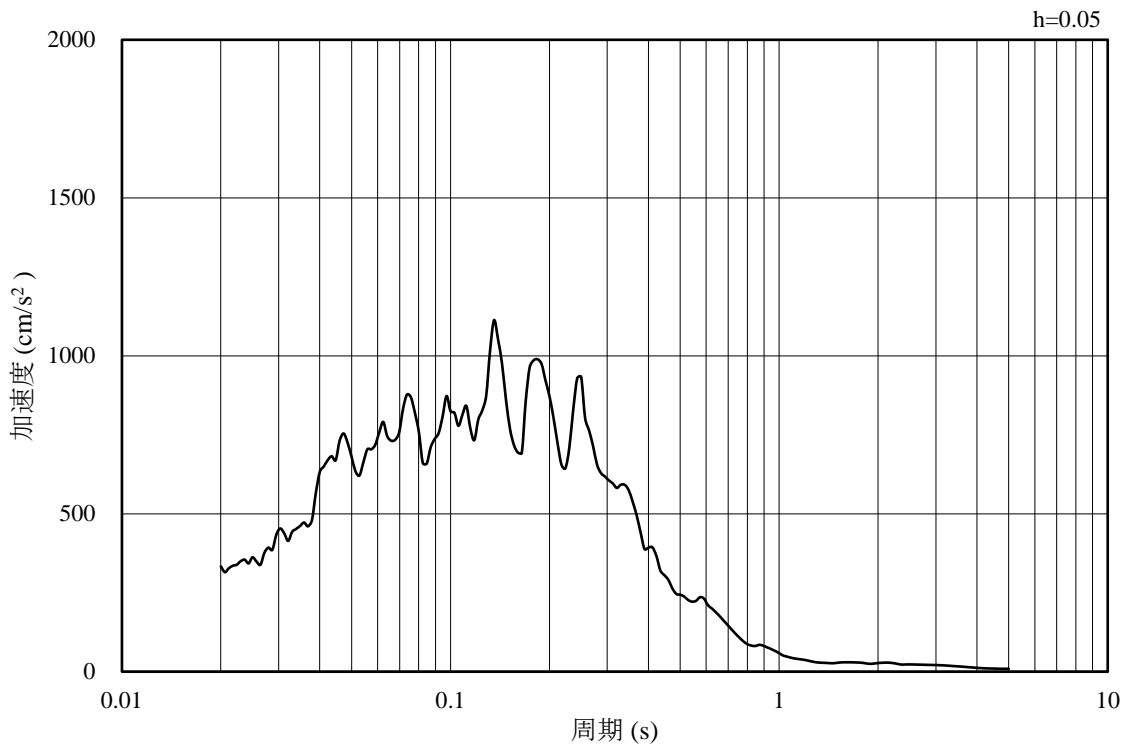


(b) 加速度応答スペクトル

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 1, EL-130m)

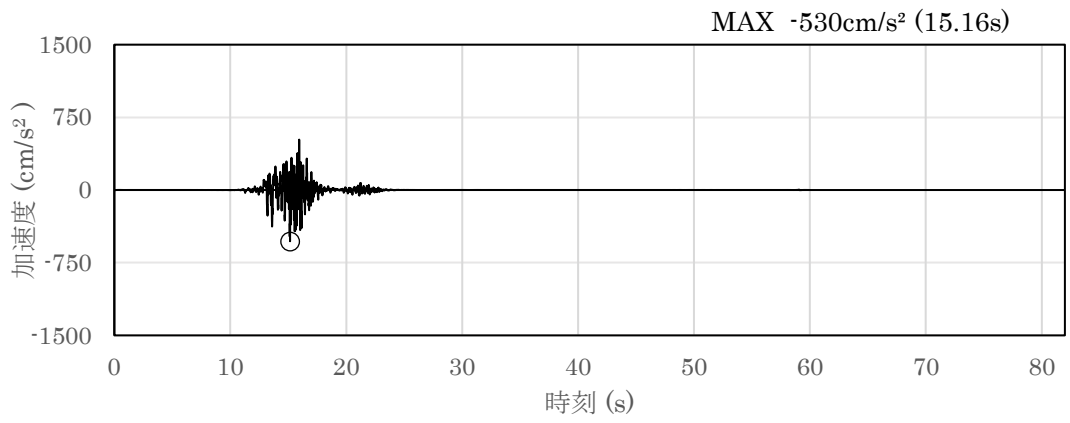


(a) 加速度時刻歴波形

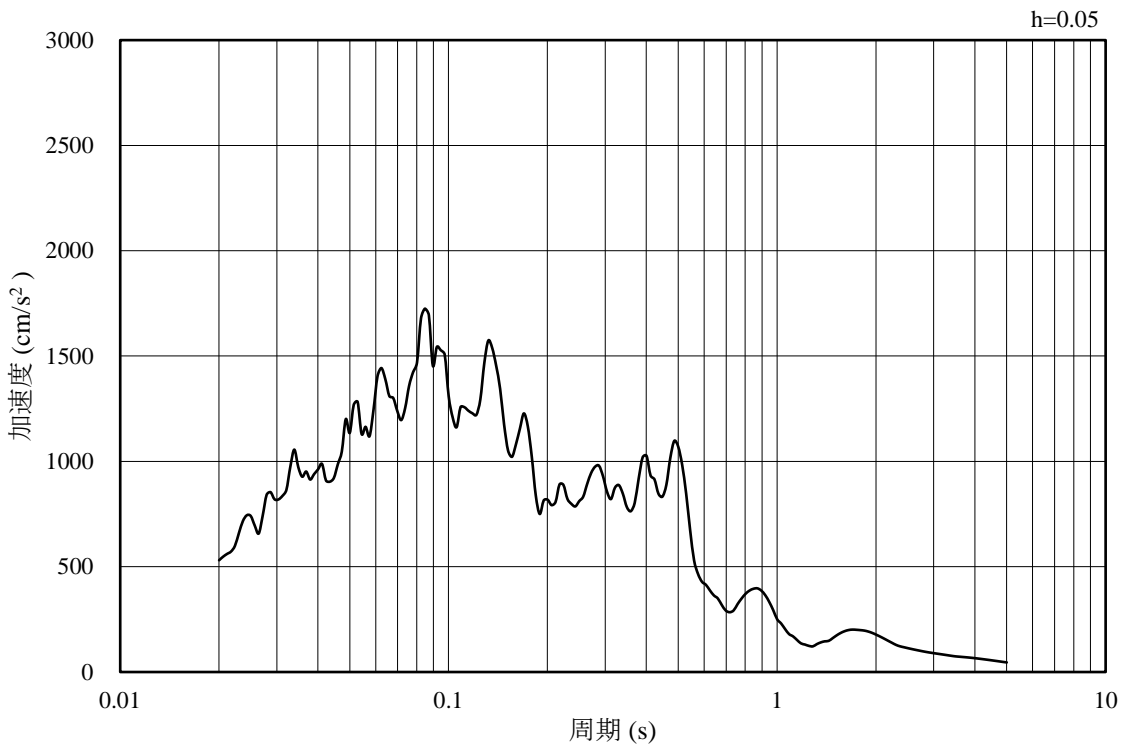


(b) 加速度応答スペクトル

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 1, EL-130m)

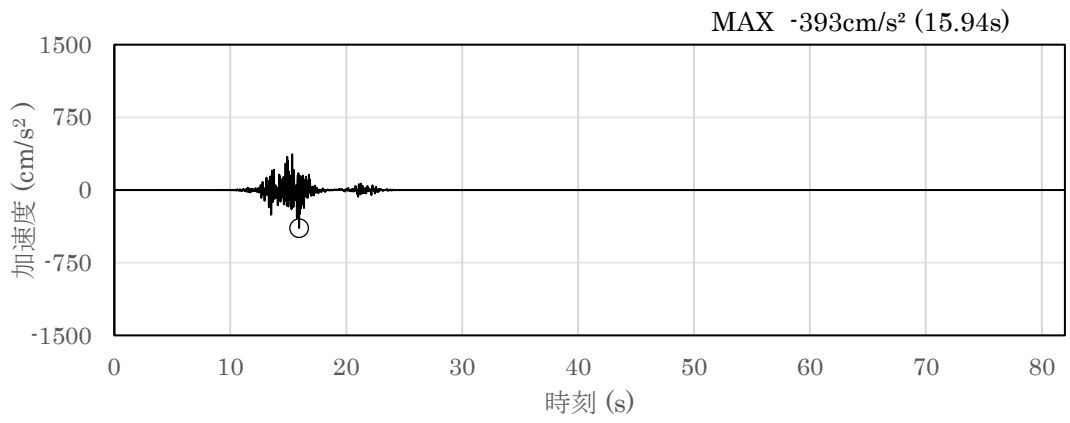


(a) 加速度時刻歴波形

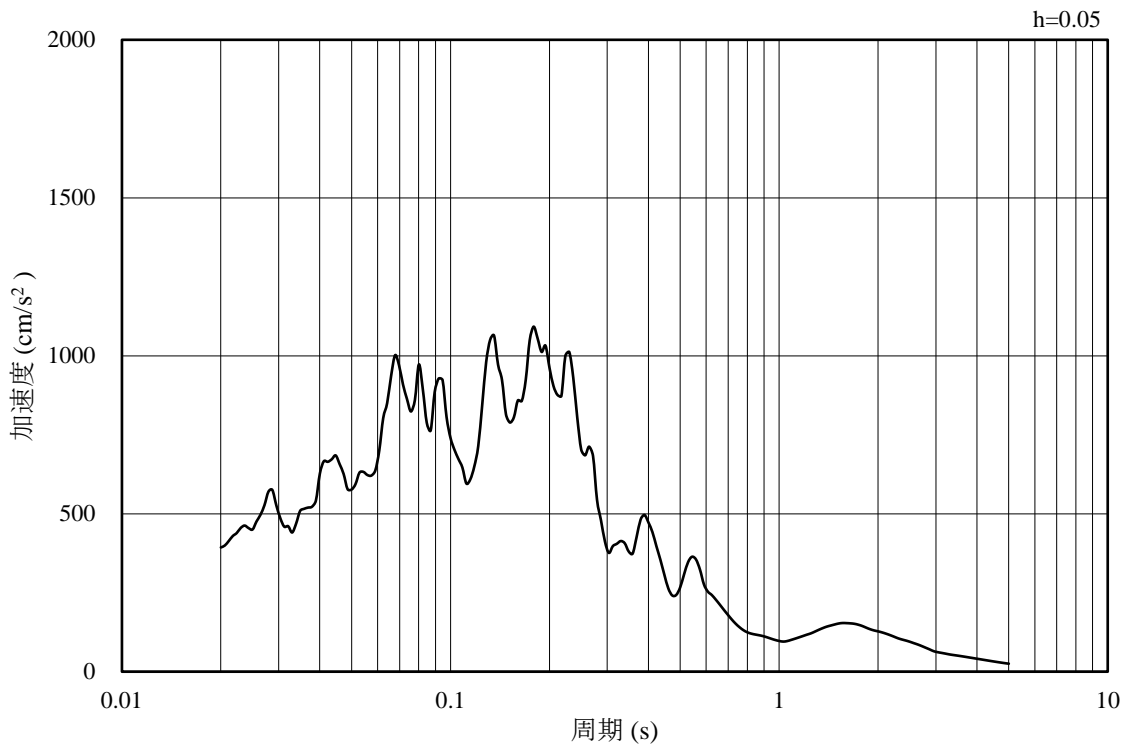


(b) 加速度応答スペクトル

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 - F 2, EL-130m)

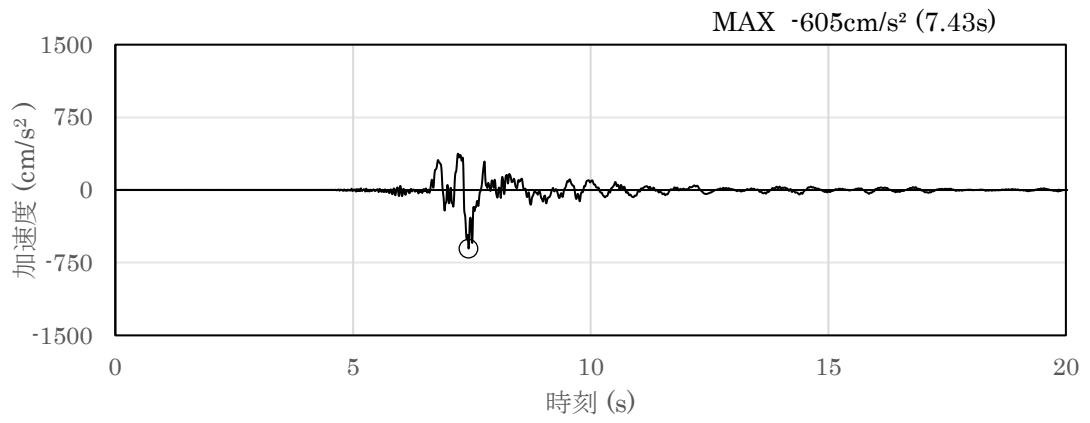


(a) 加速度時刻歴波形

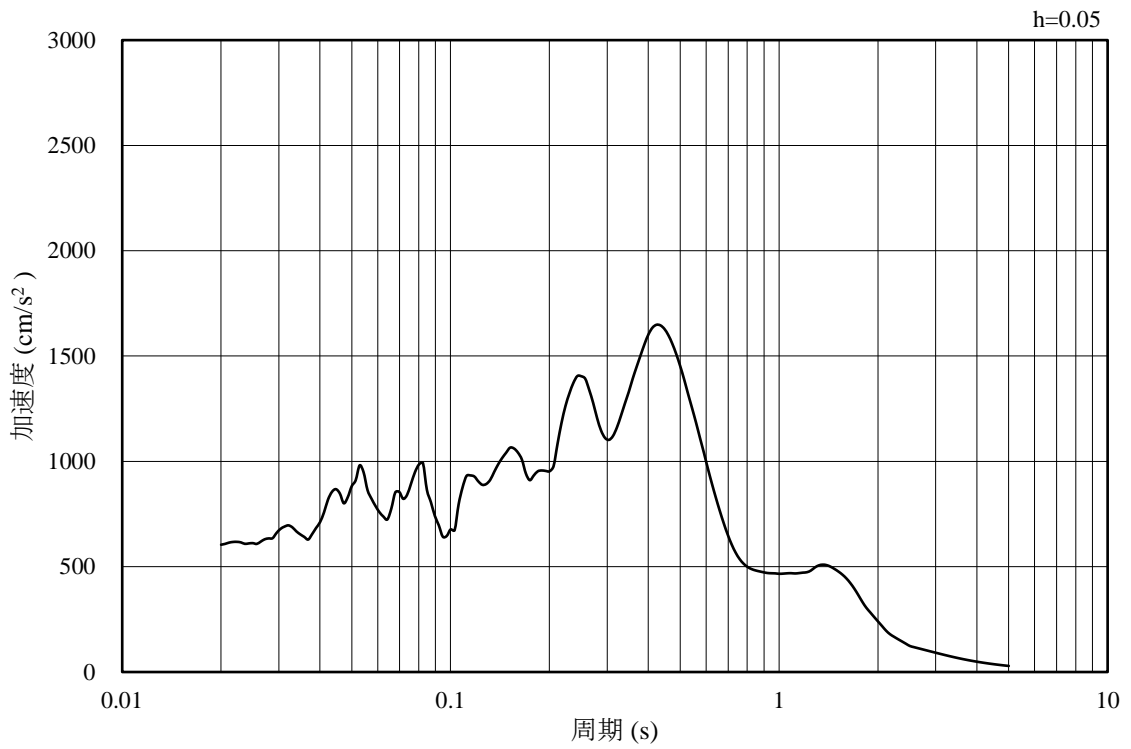


(b) 加速度応答スペクトル

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 - F 2, EL-130m)

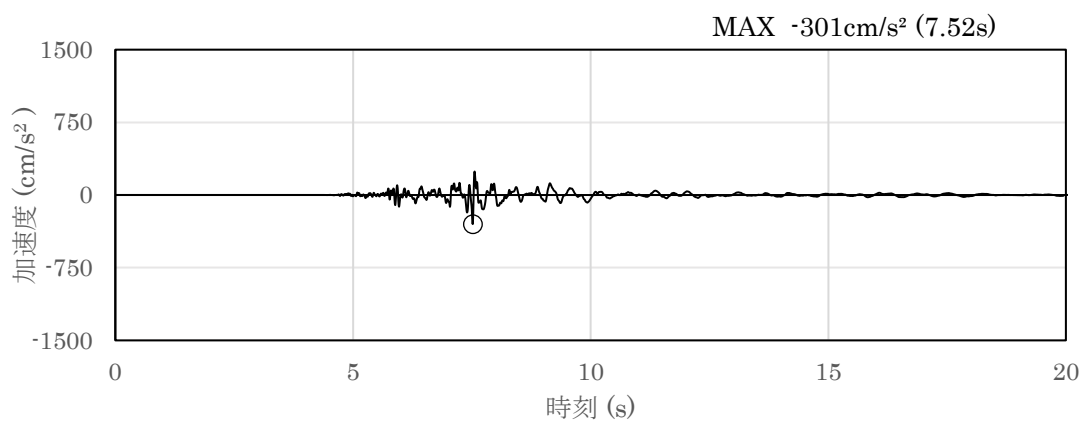


(a) 加速度時刻歴波形

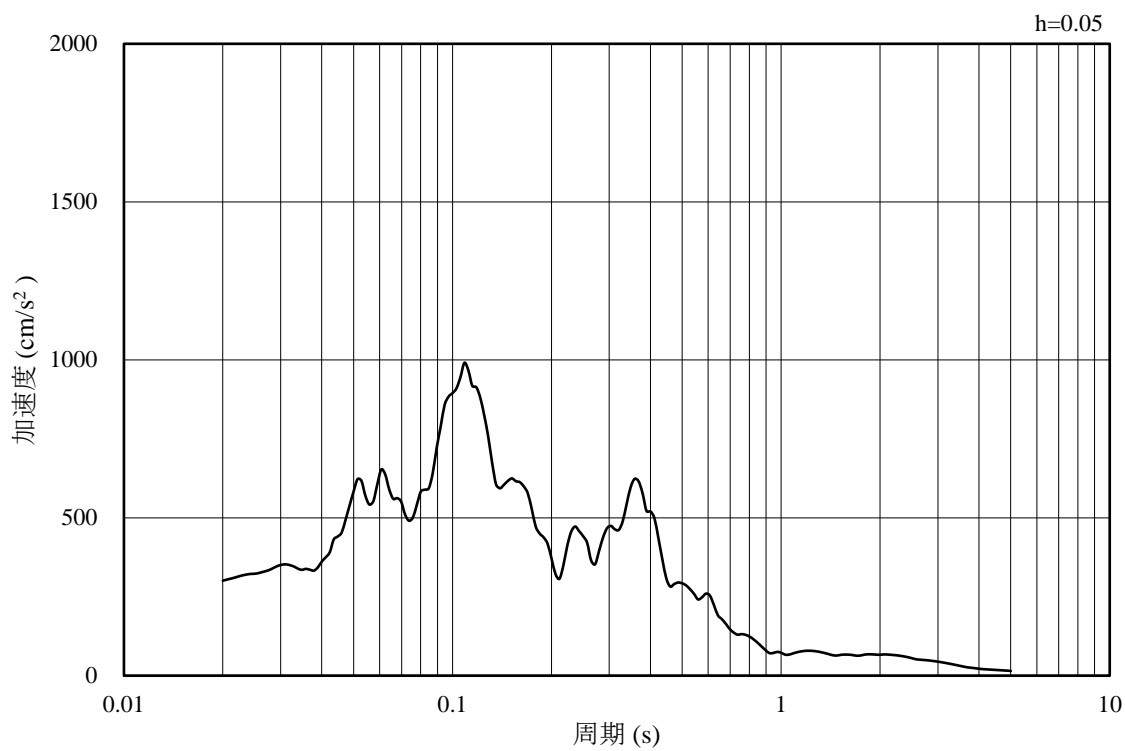


(b) 加速度応答スペクトル

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 1, EL-130m)

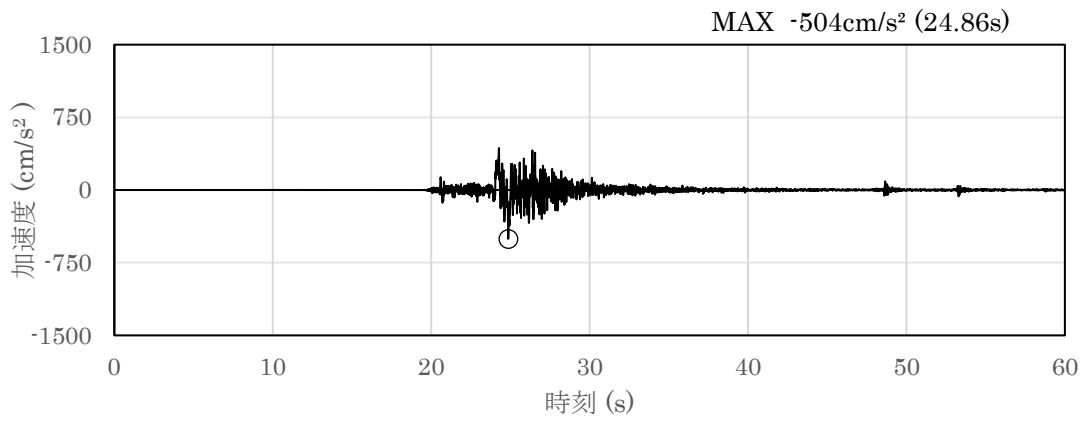


(a) 加速度時刻歴波形

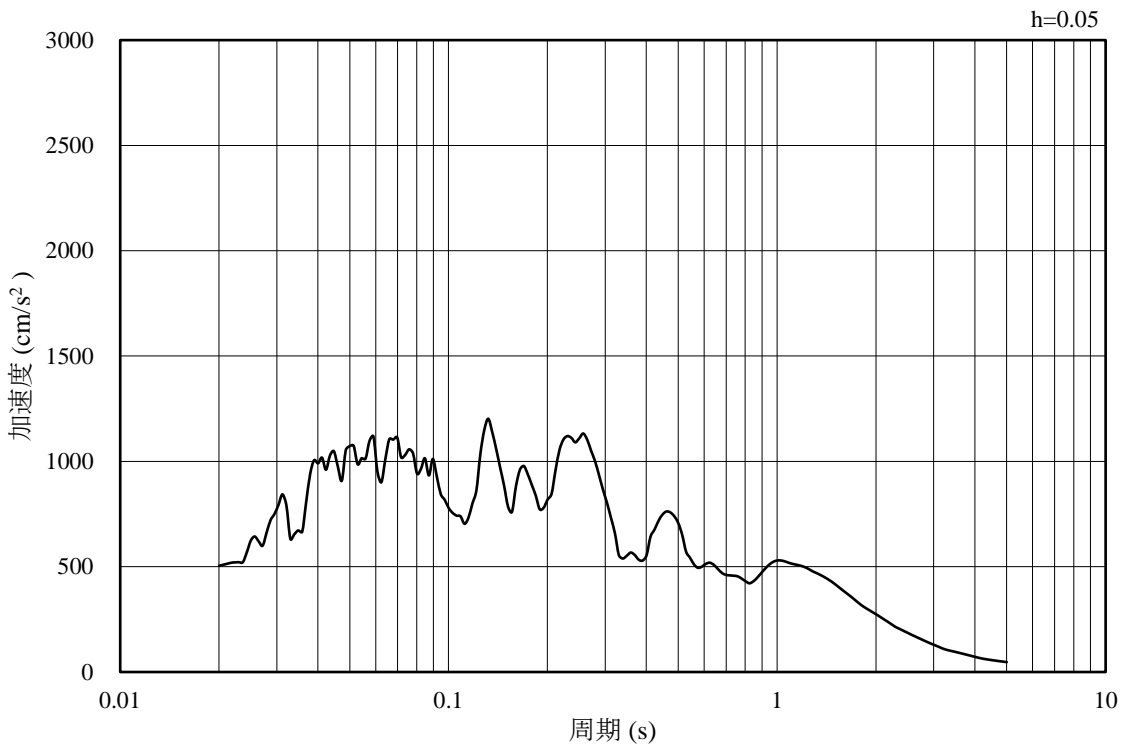


(b) 加速度応答スペクトル

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 1, EL-130m)



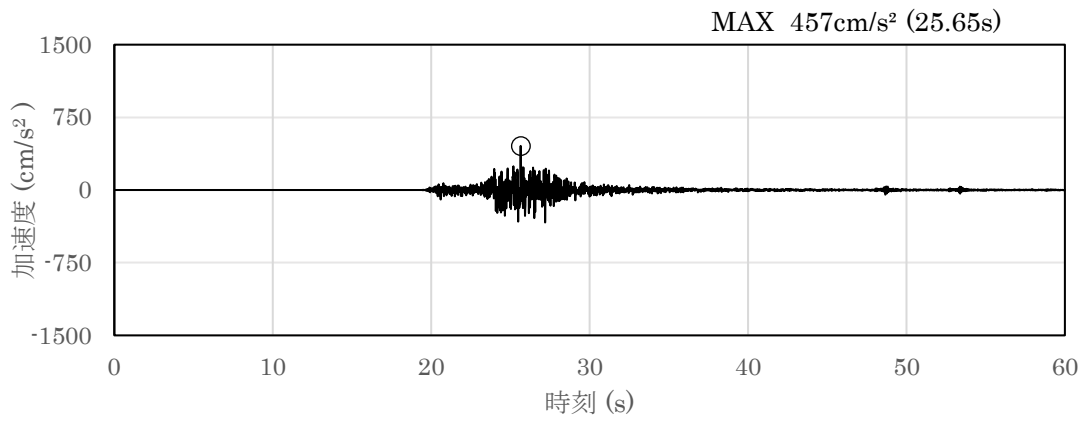
(a) 加速度時刻歴波形



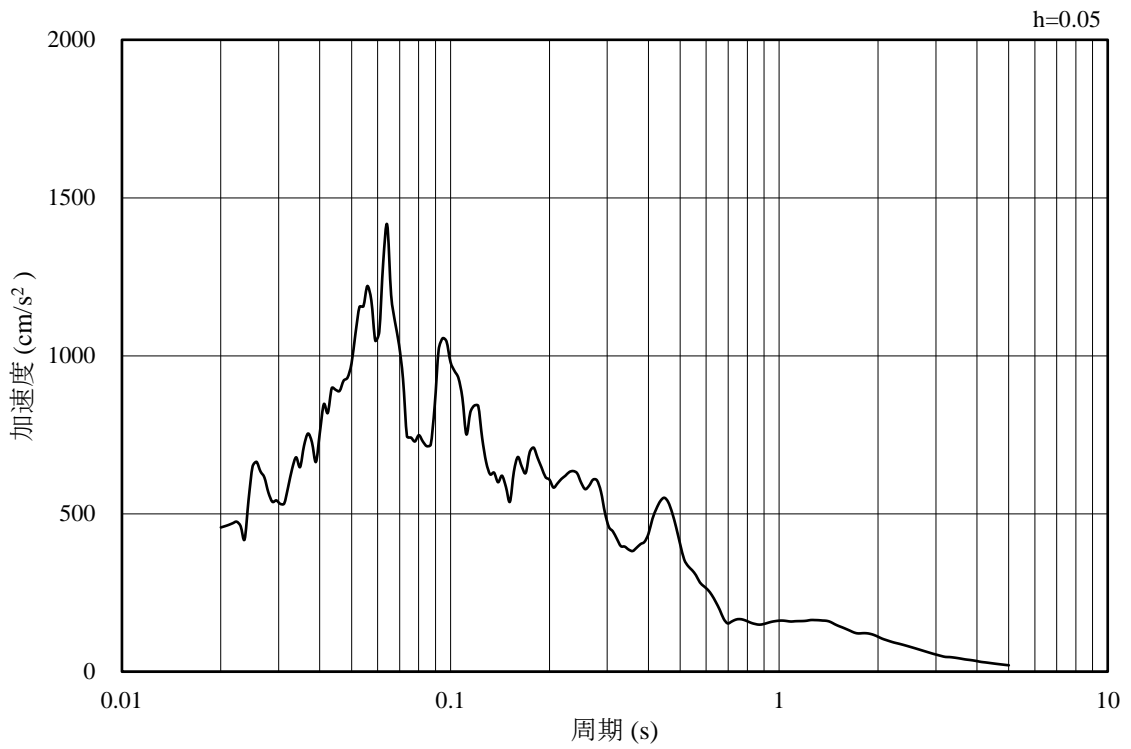
(b) 加速度応答スペクトル

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 (N S), EL-130m)



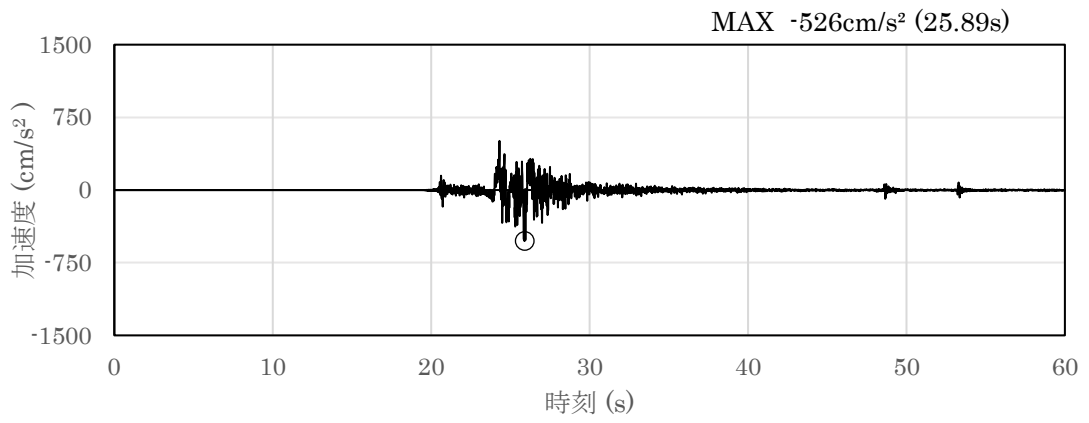


(a) 加速度時刻歴波形

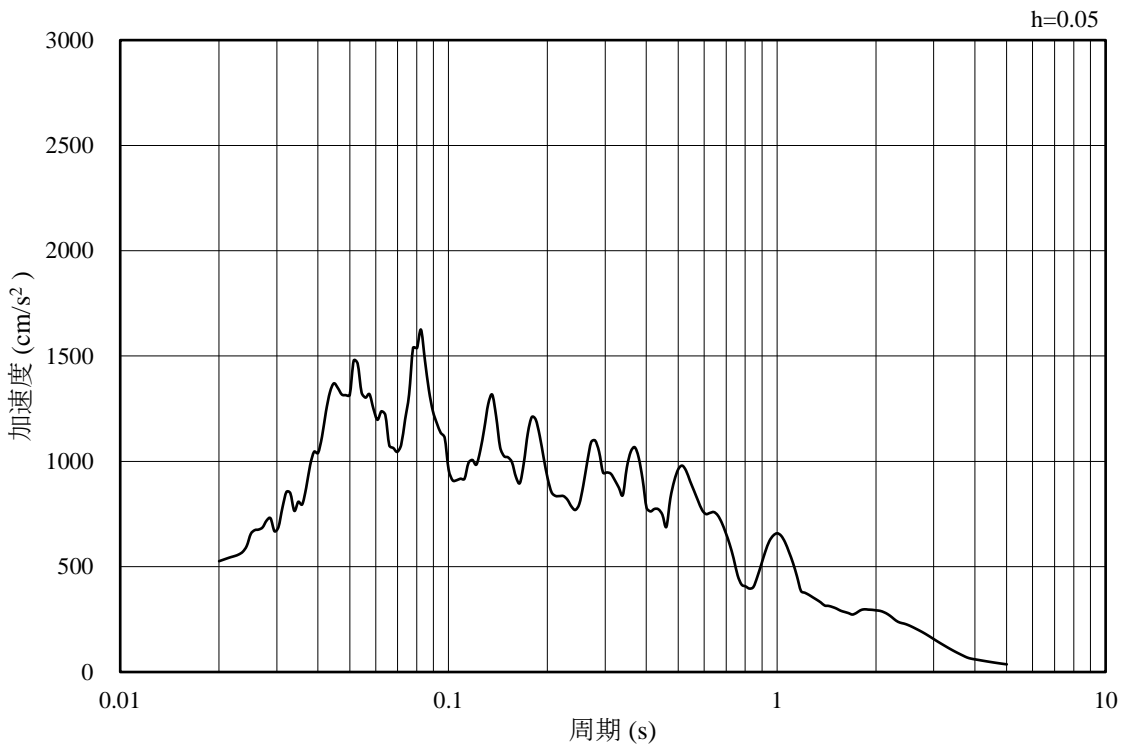


(b) 加速度応答スペクトル

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 (N S), EL-130m)

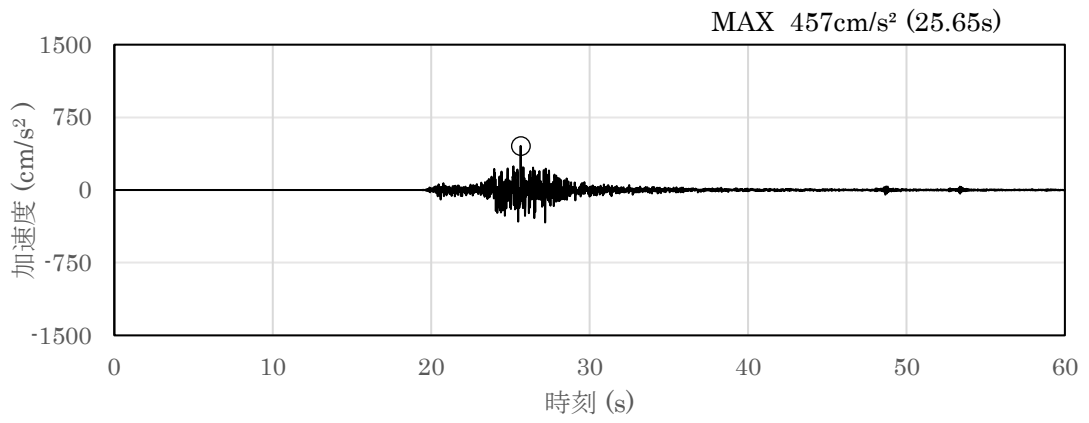


(a) 加速度時刻歴波形

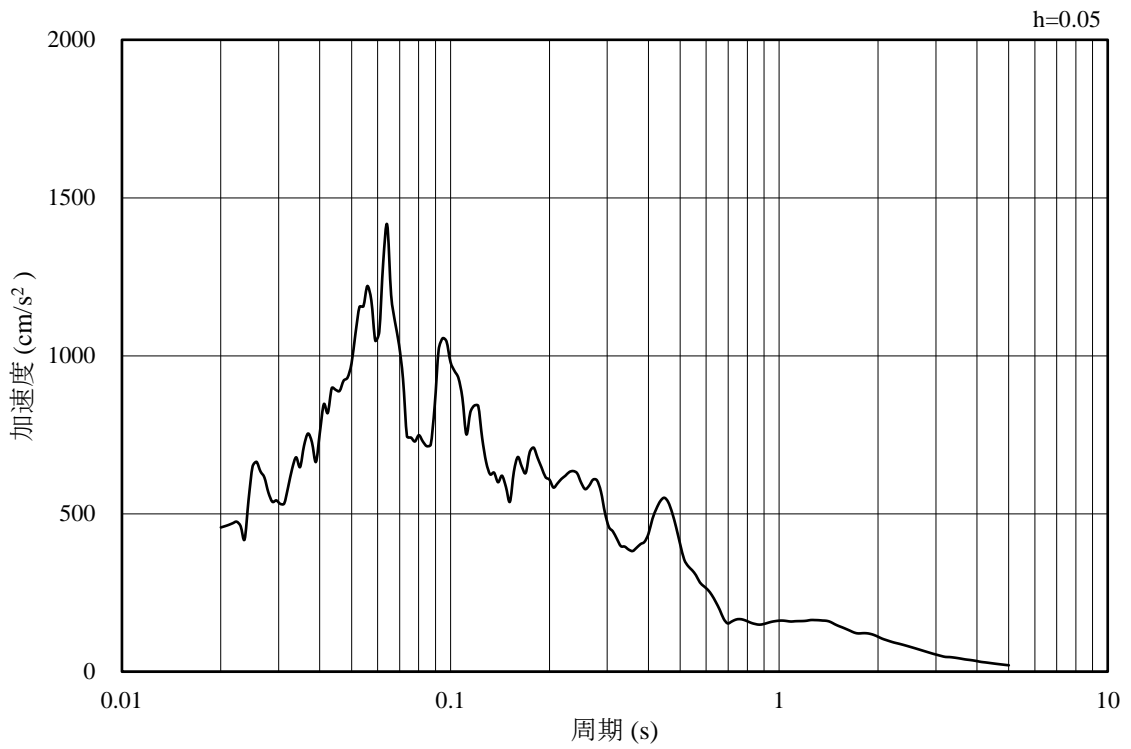


(b) 加速度応答スペクトル

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 - N 2 ( E W ), EL-130m)



(a) 加速度時刻歴波形

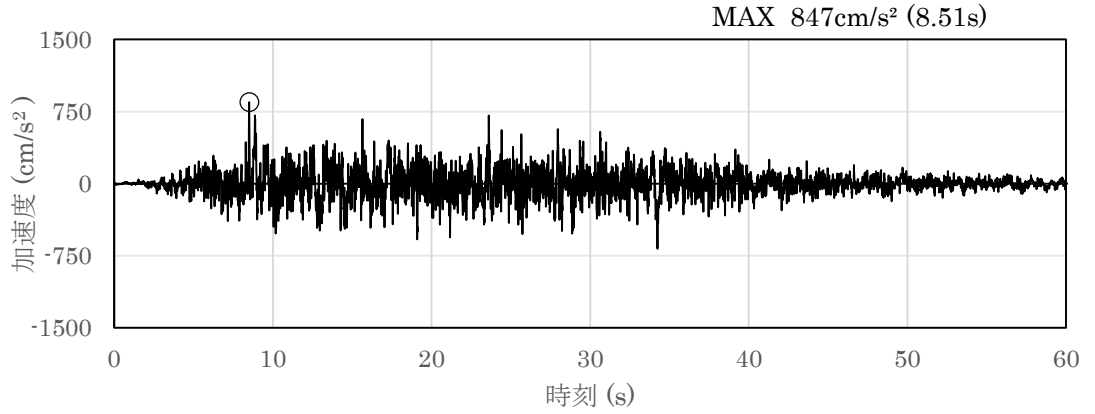


(b) 加速度応答スペクトル

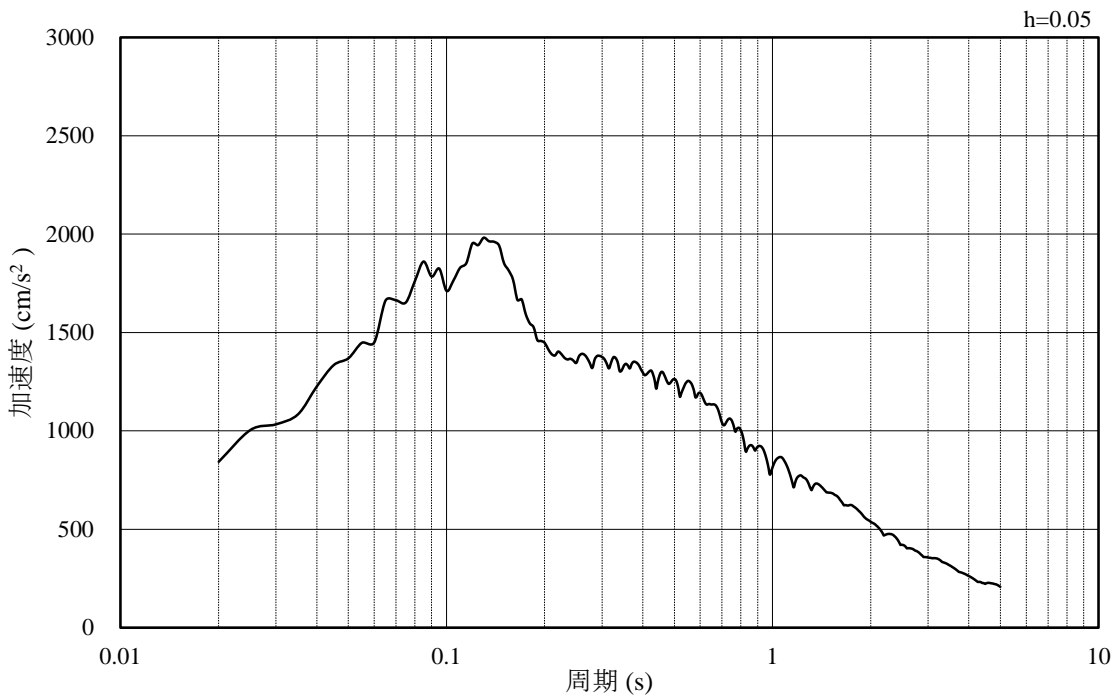
図 3-23 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直成分：S s - N 2 (E W), EL-130m)

3.4.2 C-C断面の入力地震動

図3-24～図3-35にC-C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を示す。

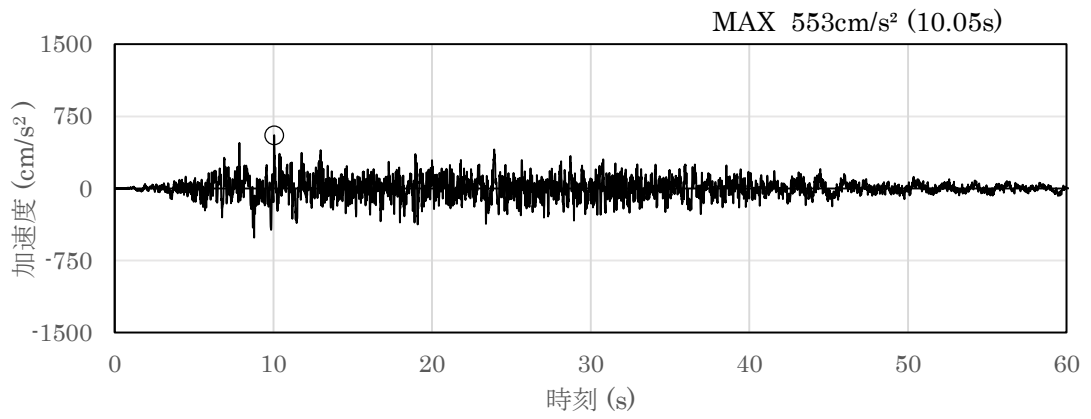


(a) 加速度時刻歴波形

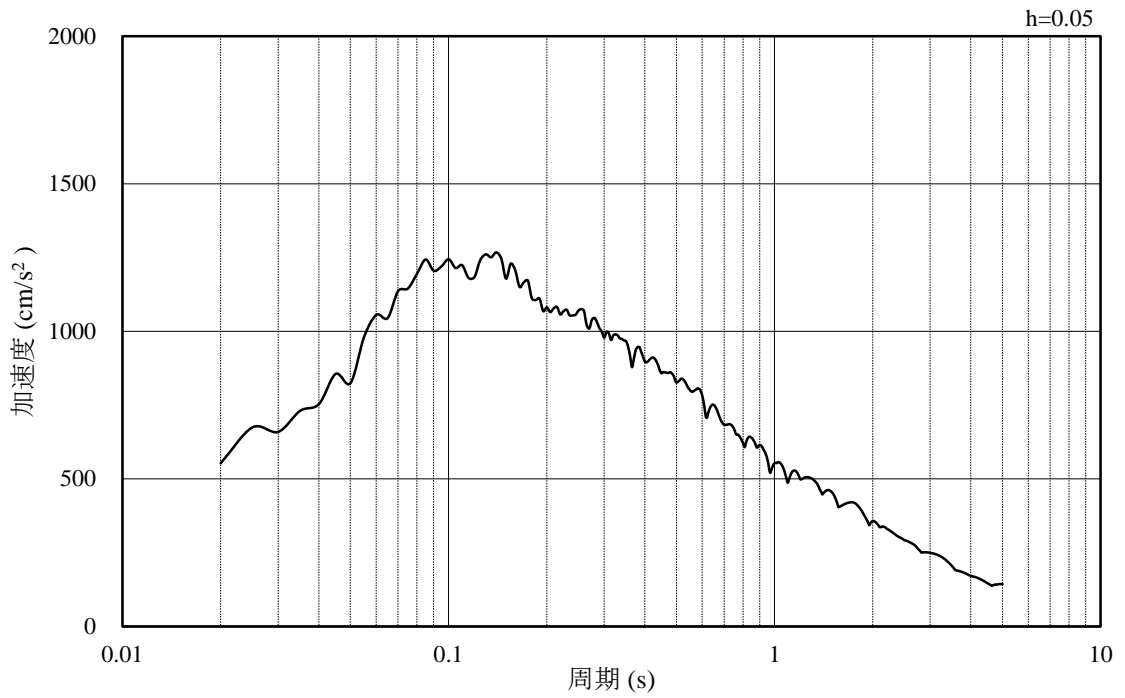


(b) 加速度応答スペクトル

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 - D, EL-35m)

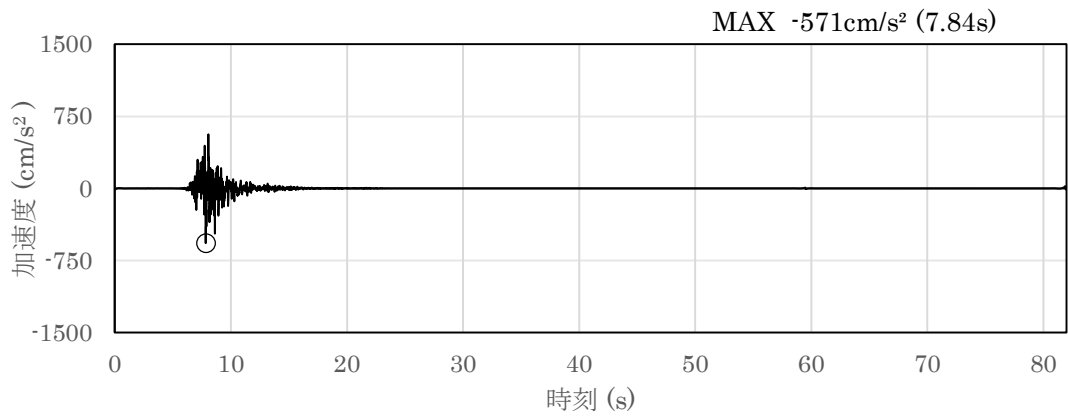


(a) 加速度時刻歴波形

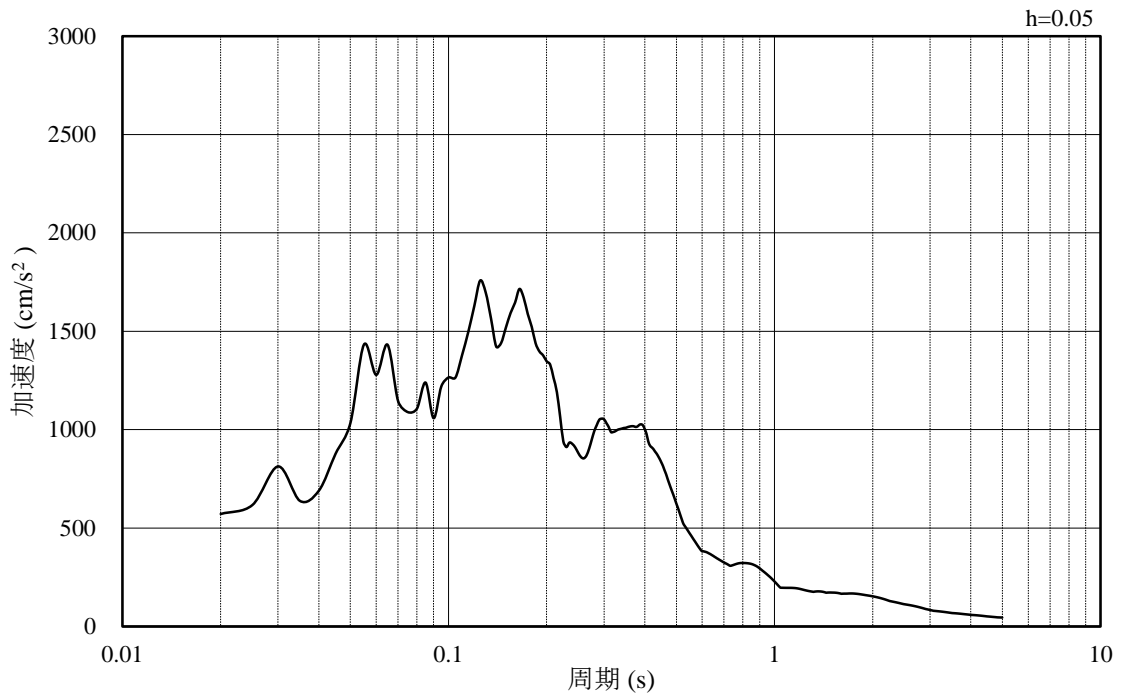


(b) 加速度応答スペクトル

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 - D, EL-35m)

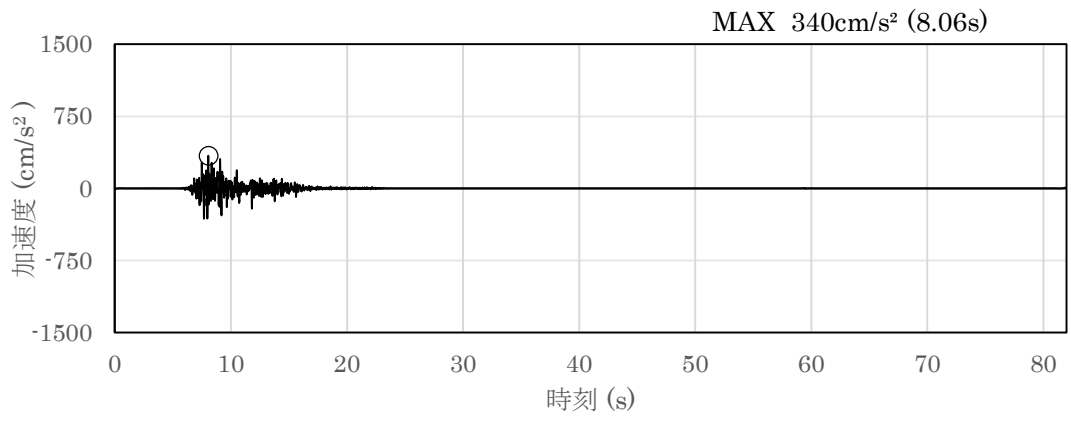


(a) 加速度時刻歴波形

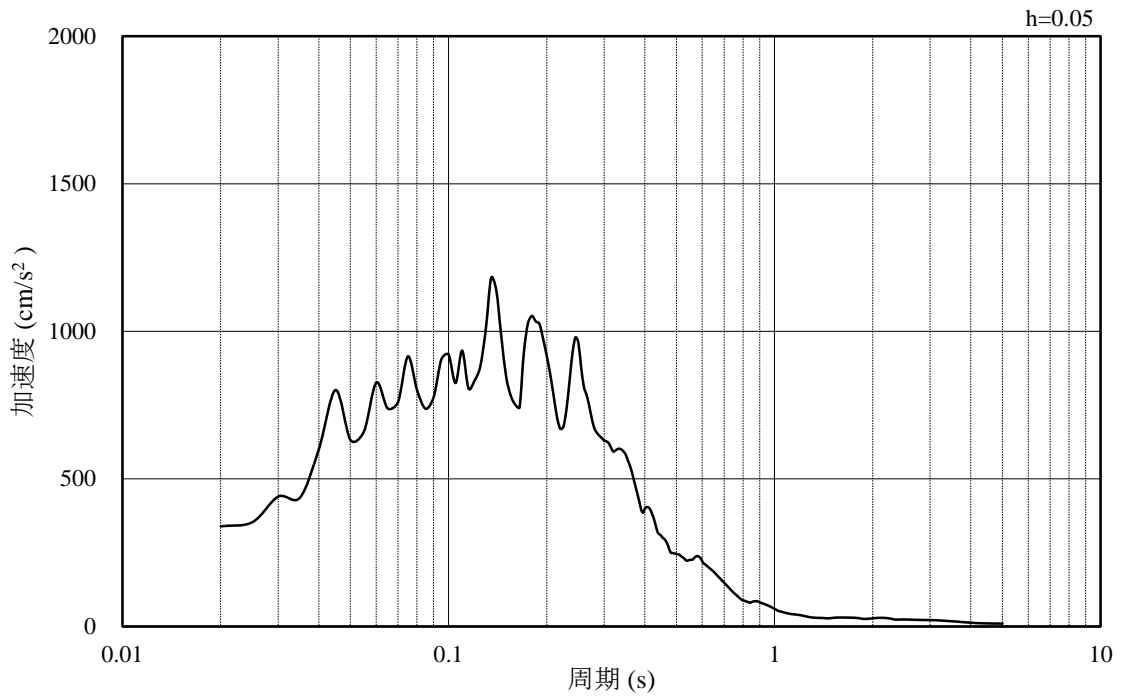


(b) 加速度応答スペクトル

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 1 , EL-35m)

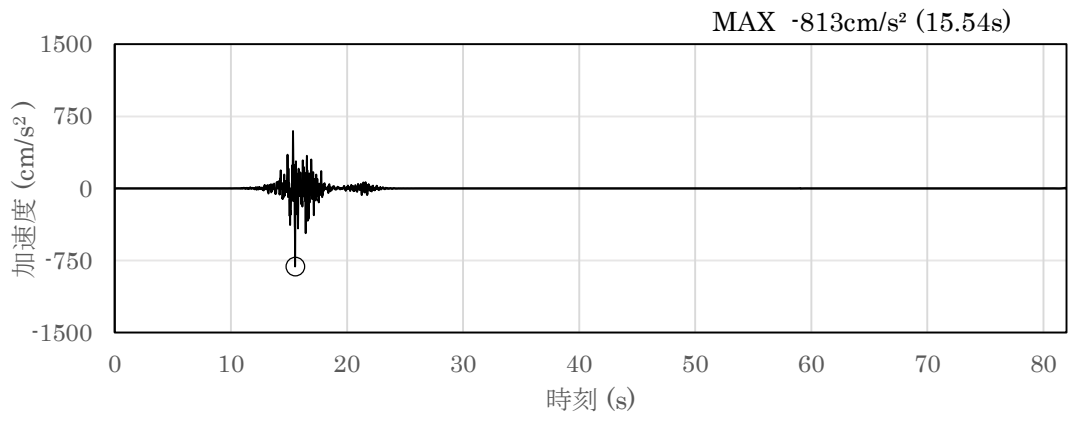


(a) 加速度時刻歴波形

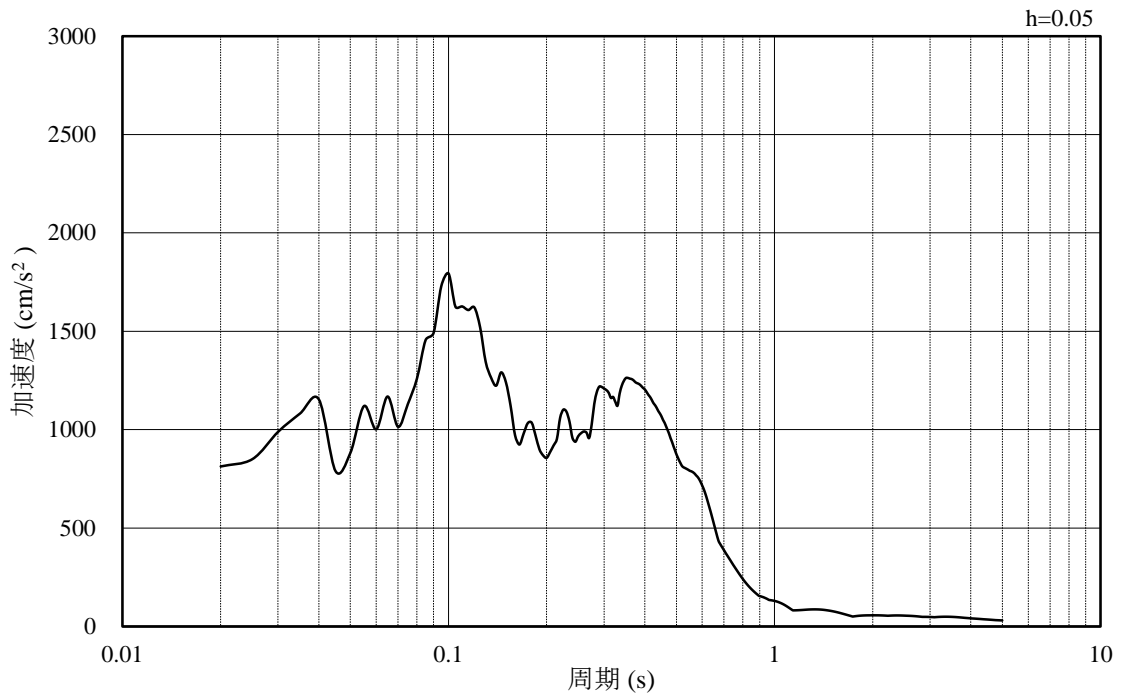


(b) 加速度応答スペクトル

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 1, EL-35m)



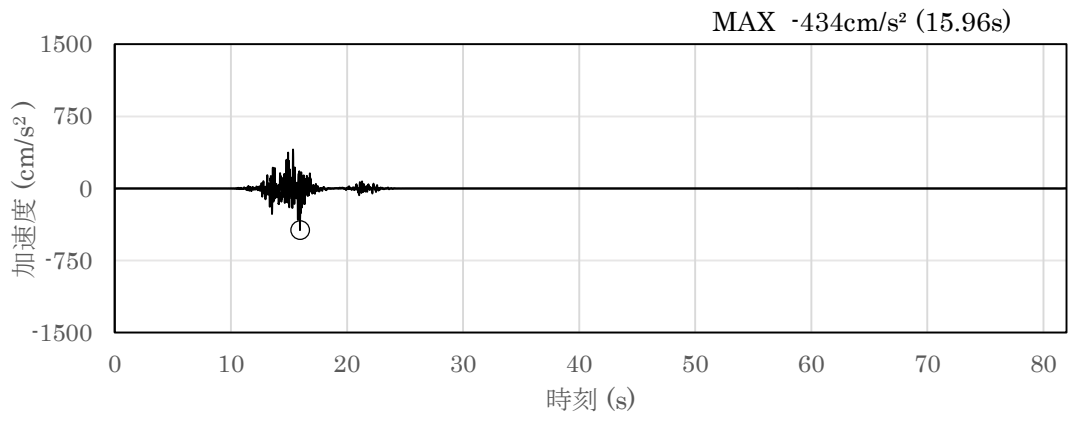
(a) 加速度時刻歴波形



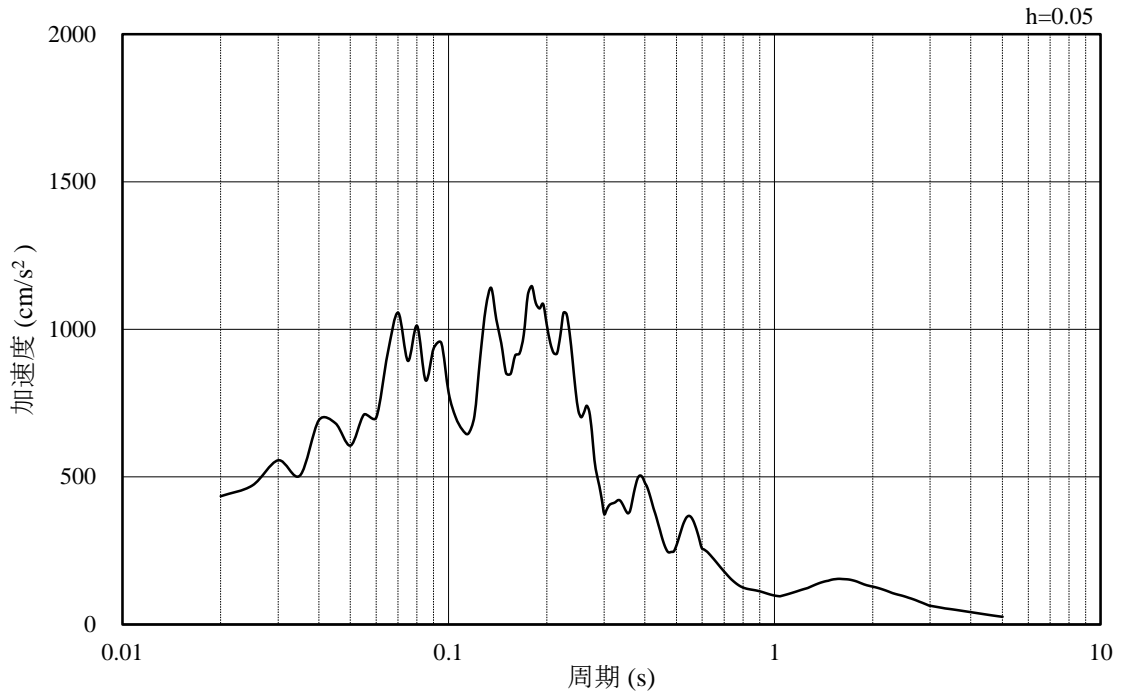
(b) 加速度応答スペクトル

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 - F 2, EL-35m)



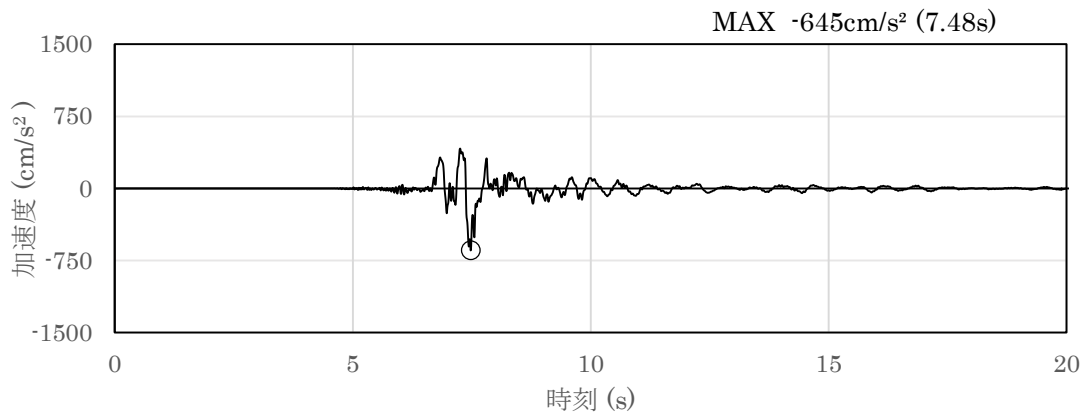


(a) 加速度時刻歴波形

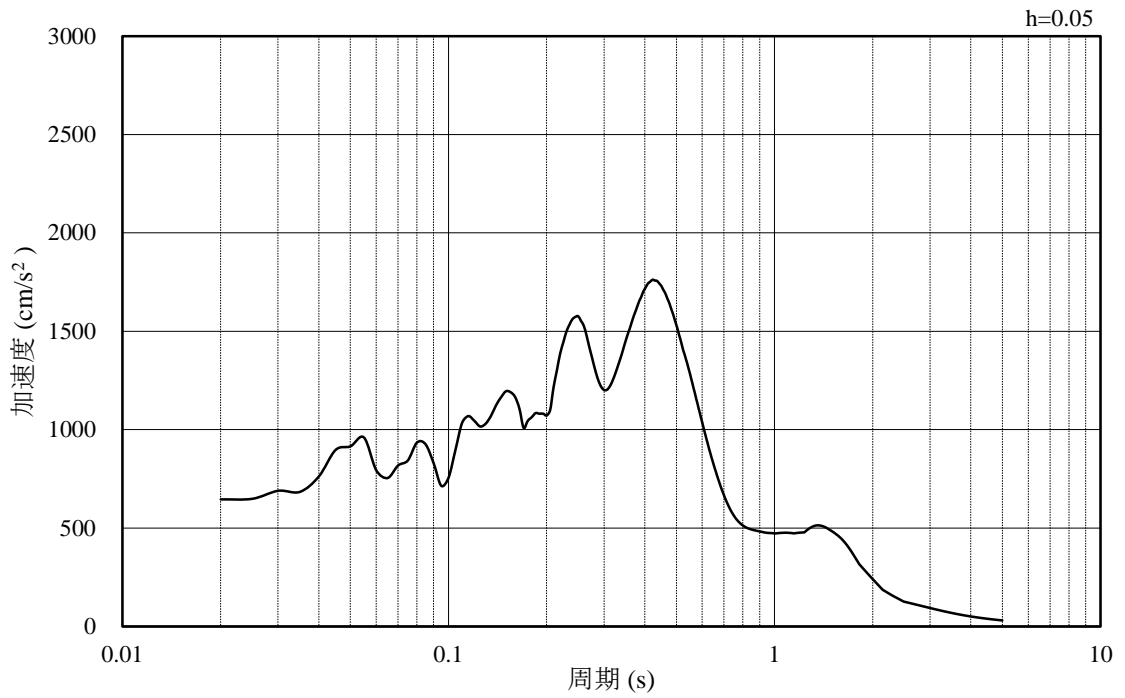


(b) 加速度応答スペクトル

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 - F 2, EL-35m)

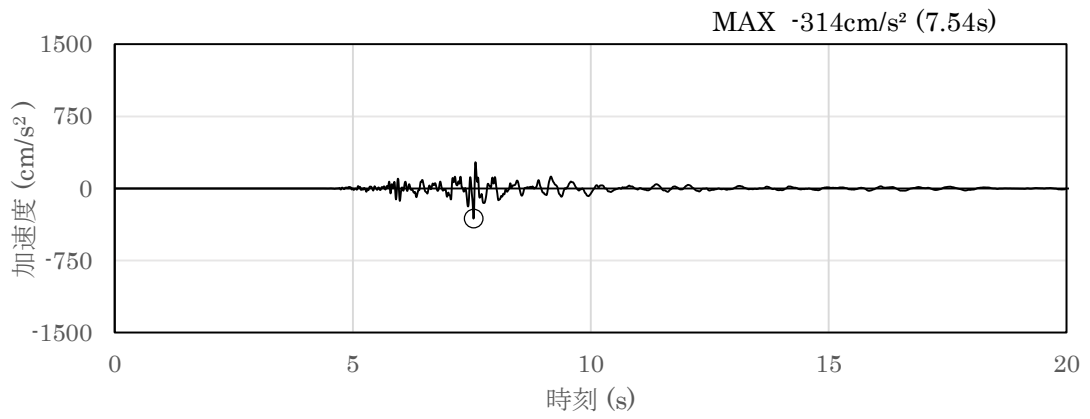


(a) 加速度時刻歴波形

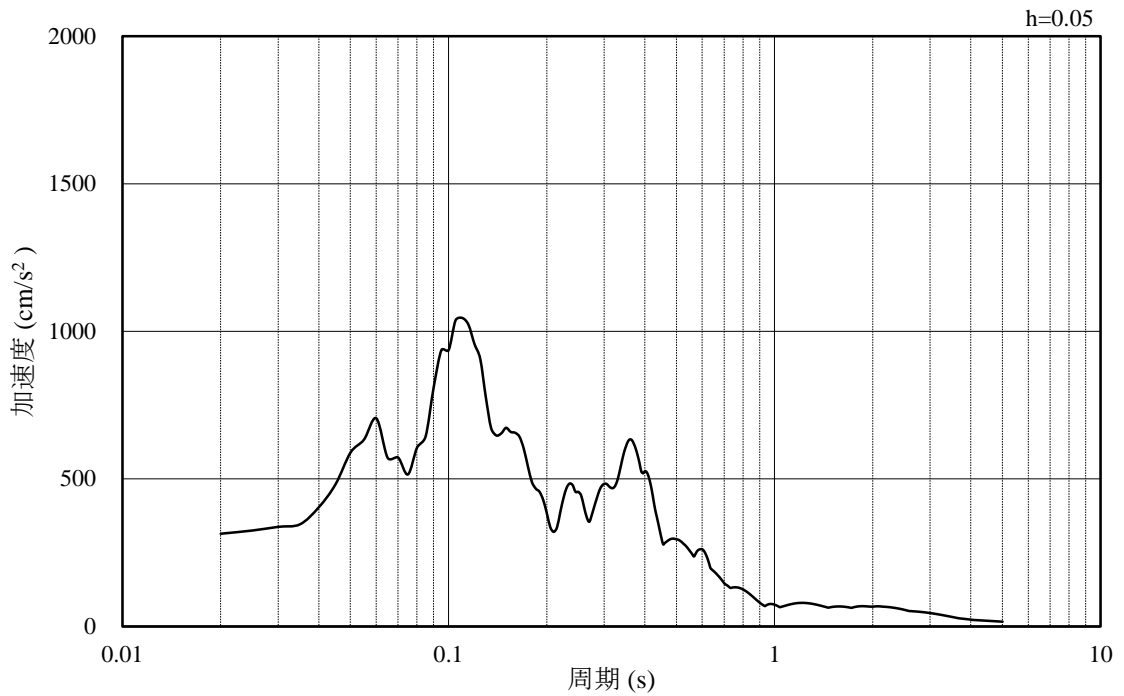


(b) 加速度応答スペクトル

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 1, EL-35m)

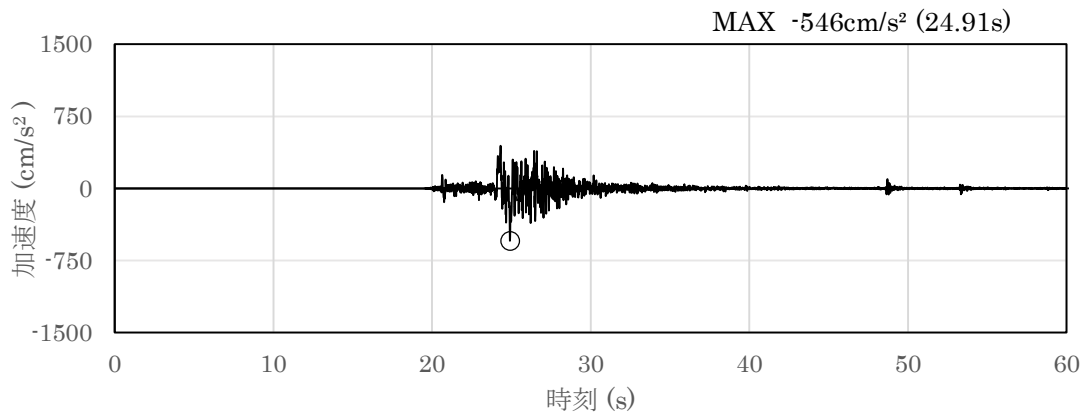


(a) 加速度時刻歴波形

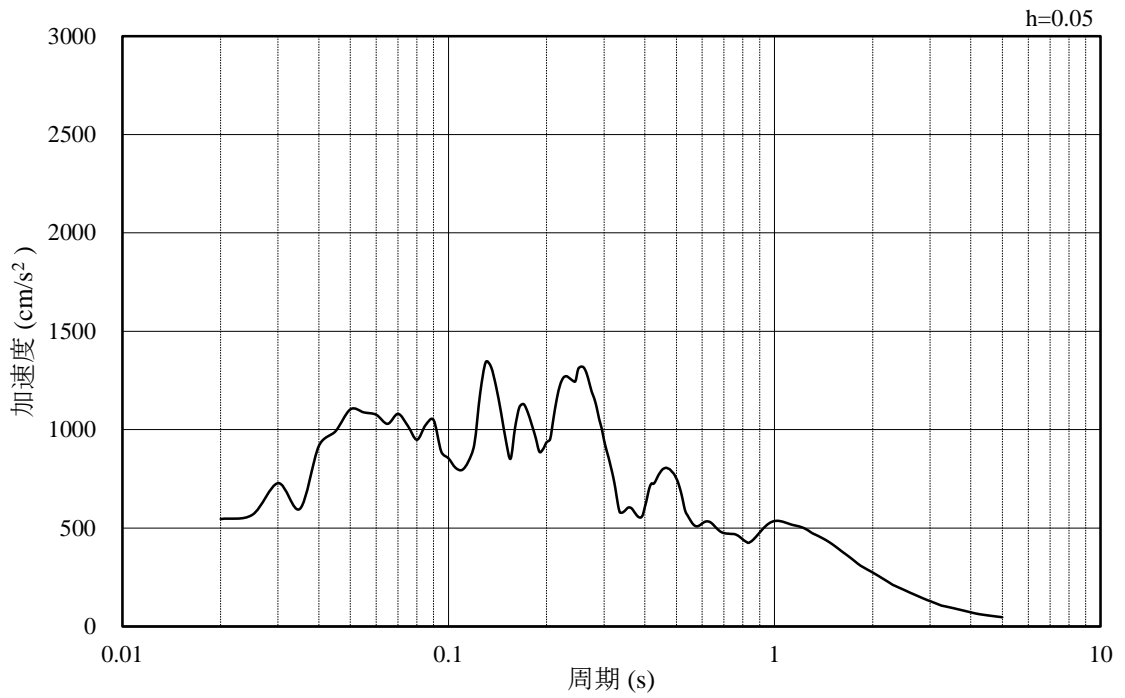


(b) 加速度応答スペクトル

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 1, EL-35m)

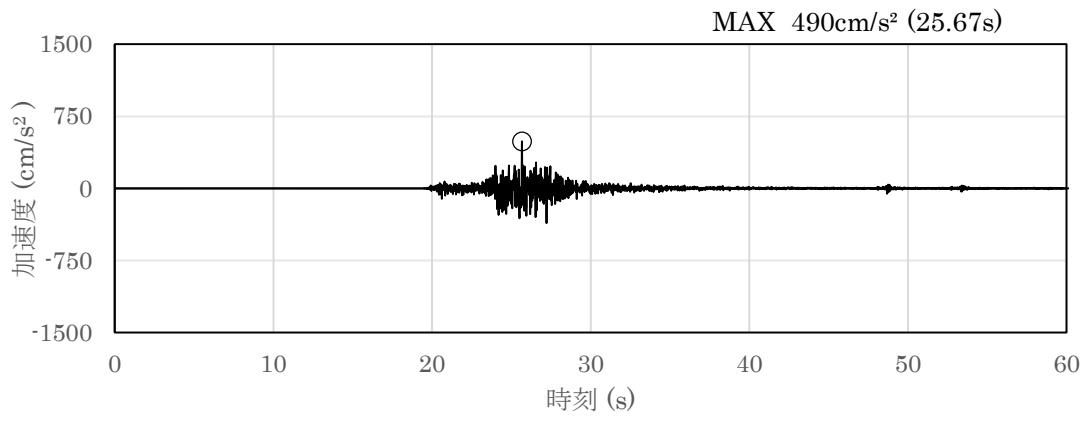


(a) 加速度時刻歴波形

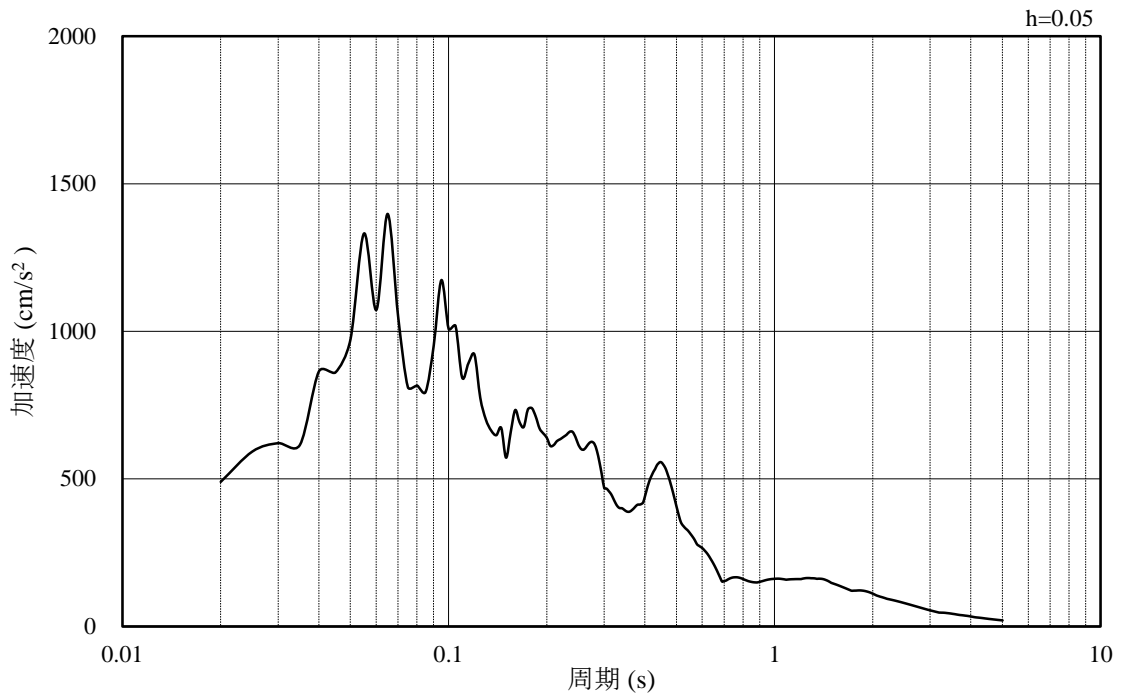


(b) 加速度応答スペクトル

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 (N S), EL-35m)

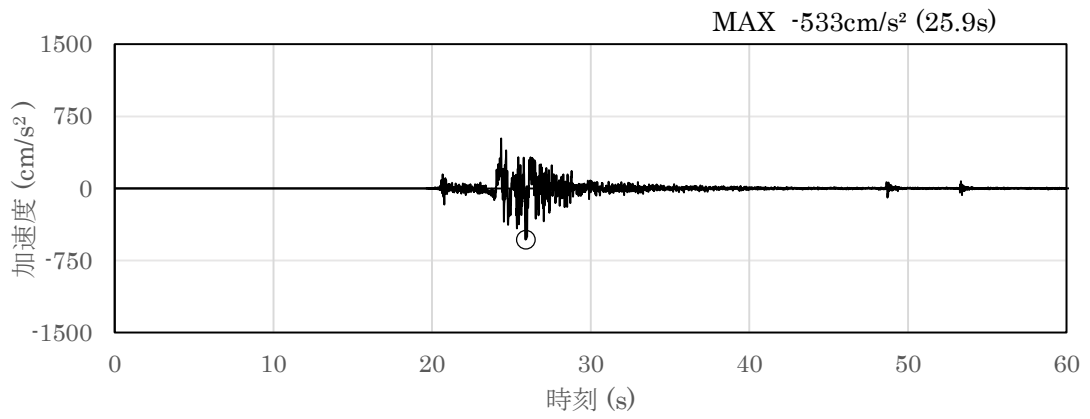


(a) 加速度時刻歴波形

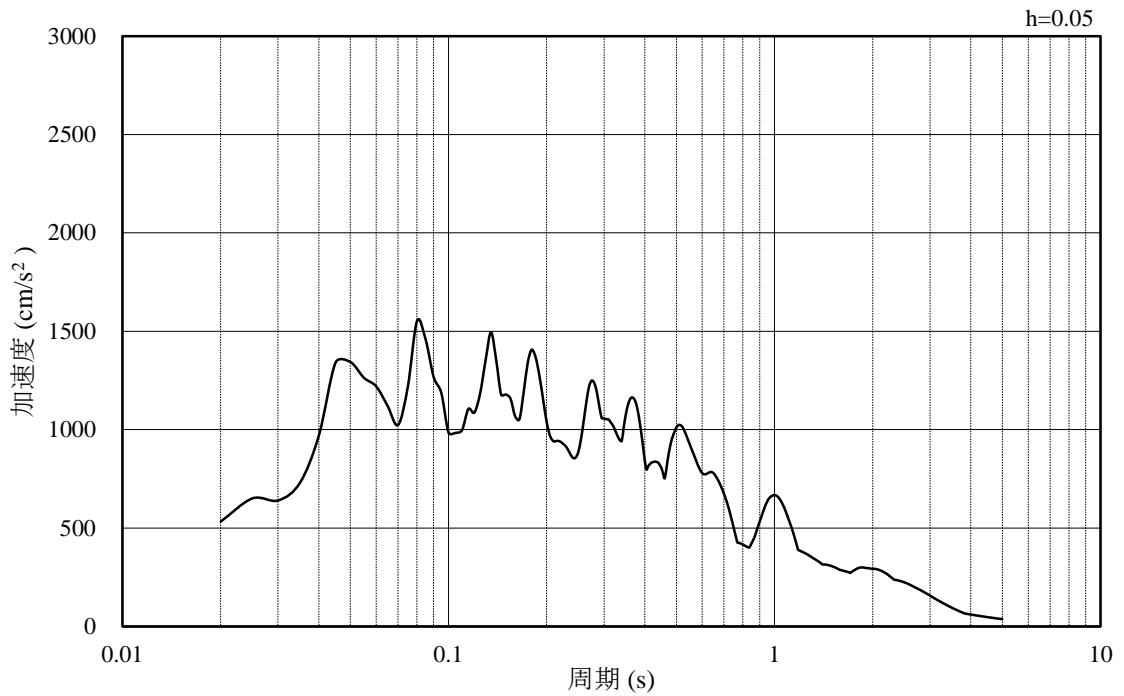


(b) 加速度応答スペクトル

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 (N S), EL-35m)

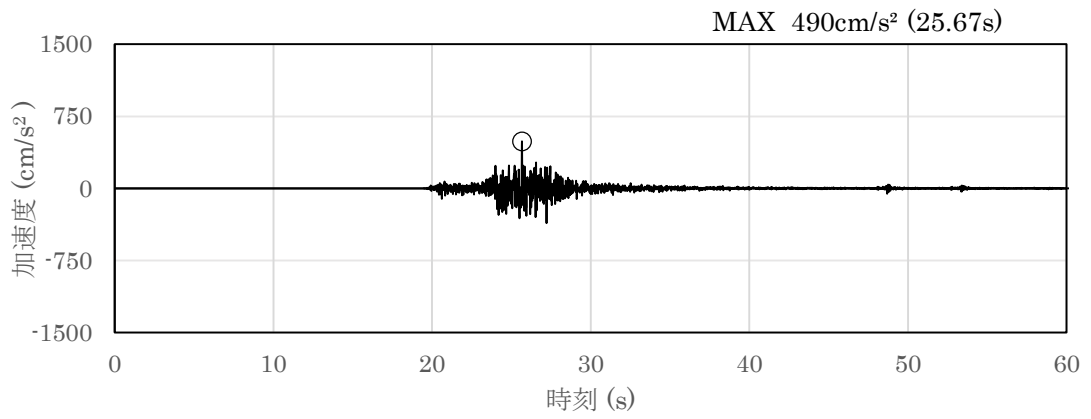


(a) 加速度時刻歴波形

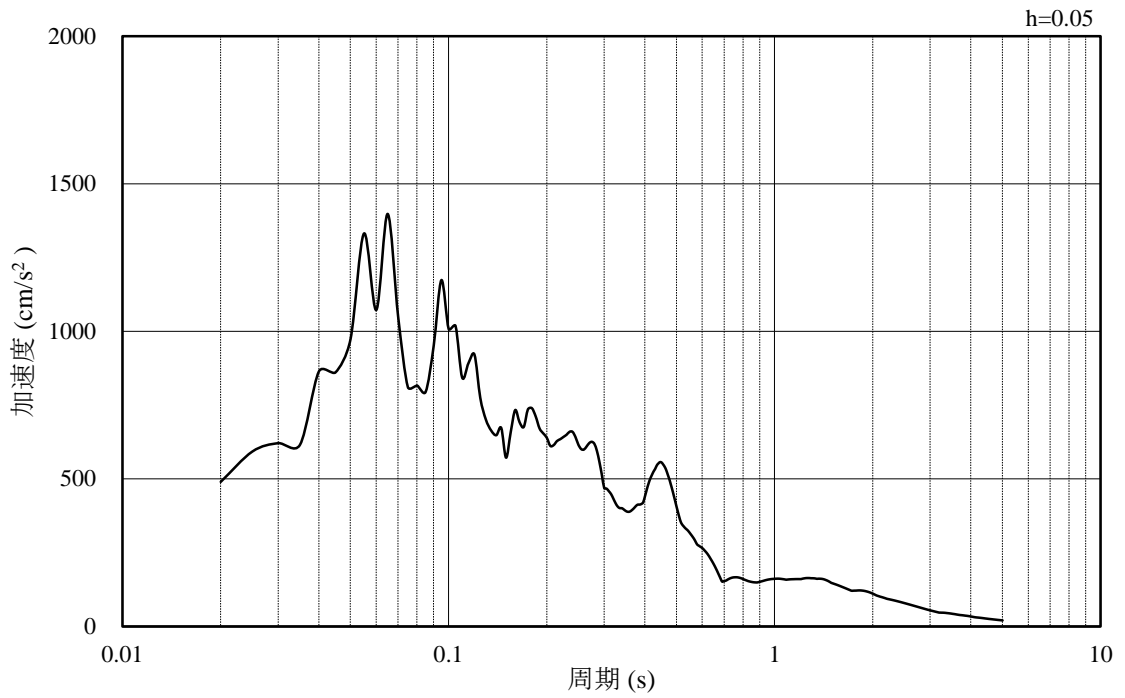


(b) 加速度応答スペクトル

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 s - N 2 (E W), EL-35m)



(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 s - N 2 (E W), EL-35m)

### 3.5 解析モデル及び諸元

#### 3.5.1 解析モデル

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の地震応答解析モデル図を図 3-36～図 3-38 に示す。

##### (1) 解析領域

解析領域は、側方境界及び底面境界が構造物の応答に影響しないよう、構造物と側方境界及び底面境界との距離を十分に大きく設定する。

##### (2) 境界条件

解析領域の側方及び底面には、エネルギーの逸散効果を考慮するため、粘性境界を設ける。

##### (3) 構造物のモデル化

A-A断面及びB-B断面における、鉄筋コンクリート部材は非線形はり要素でモデル化する。

C-C断面については、構造物を線形はり要素でモデル化し、妻壁を等価な重量及び剛性とした平面応力要素で考慮する。

機器・配管荷重は解析モデルに付加質量として与えることで考慮する。

##### (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。また、埋戻土は、地盤の非線形性をマルチスプリング要素で考慮した平面ひずみ要素でモデル化する。

##### (5) 隣接構造物のモデル化

A-A断面及びB-B断面の解析モデル範囲において隣接構造物となる原子炉建物は、等価剛性として線形の平面ひずみ要素でモデル化する。

C-C断面の解析モデル範囲において隣接構造物となる第1ベントフィルタ格納槽については、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を抽出する必要があることから、非線形はり要素及び平面応力要素でモデル化する。また、補助消火水槽は、保守的に埋戻土でモデル化する。埋戻土は、地盤の非線形性をマルチスプリング要素で考慮した平面ひずみ要素でモデル化する。

##### (6) MMR及び埋戻コンクリートのモデル化

MMR及び埋戻コンクリートは無筋コンクリートとして線形の平面ひずみ要素でモデル化する。

##### (7) ジョイント要素の設定

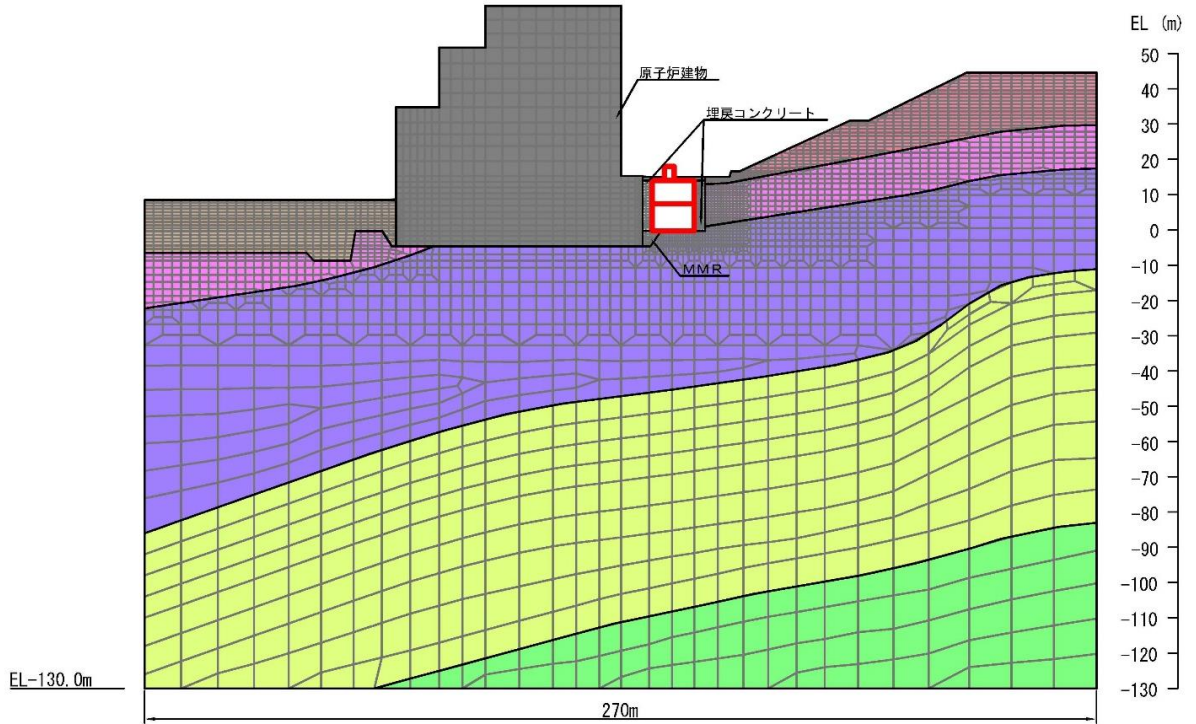
地震時の「構造物と埋戻コンクリート」、「構造物と埋戻土」、「構造物と岩盤」、「無筋コンクリートと埋戻土」及び「無筋コンクリートと岩盤」の接合面における接触、剥離及びすべりを考慮するため、これらの接合面にジョイント要素を設定する。



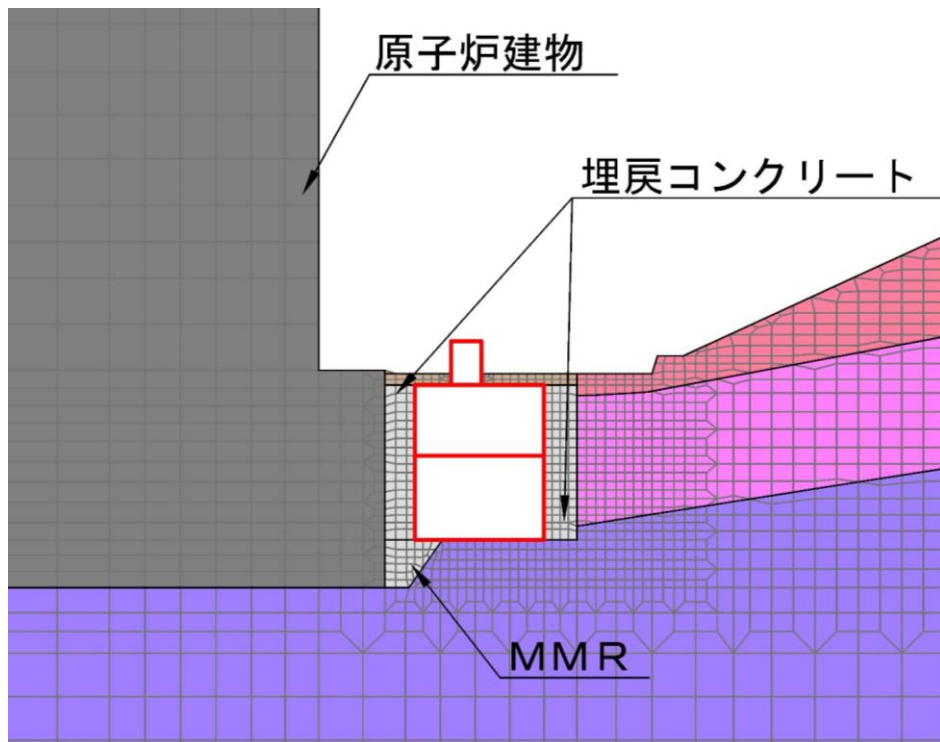
(8) 水位条件

低圧原子炉代替注水槽の内水位は，EL 11.2m とする。

- |  |  |  |  |
|--|--|--|--|
| <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #FF69B4; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> : 岩盤 (1層) | <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #90EE90; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> : 岩盤 (4層) | <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #D2B48C; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> : 埋戻土           | <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #696969; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> : 隣接構造物 |
| <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #FF69B4; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> : 岩盤 (2層) | <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #32CD32; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> : 岩盤 (5層) | <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #A9A9A9; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> : MMR, 埋戻コンクリート |  |
| <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #6A5ACD; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> : 岩盤 (3層) | <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; border-bottom: 1px solid red; margin-right: 5px;"></span> : 評価対象構造物                       |  |  |



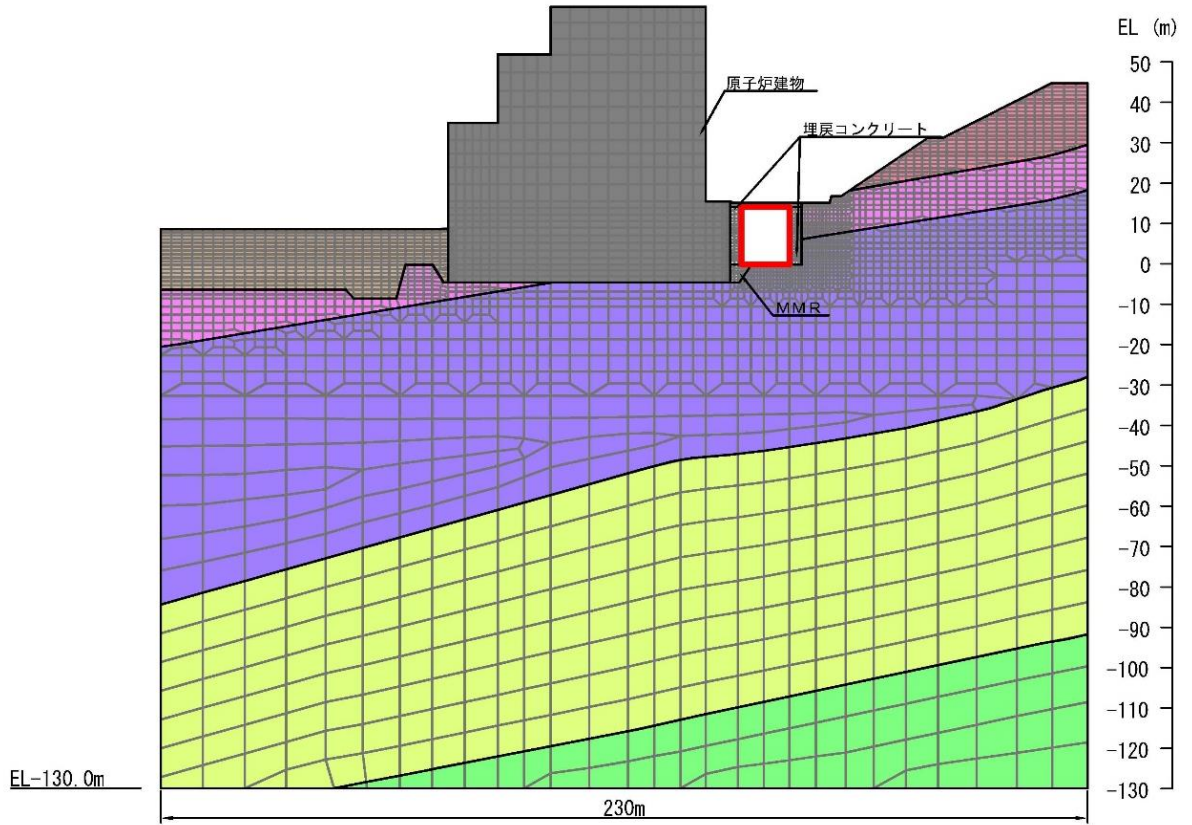
(全体図)



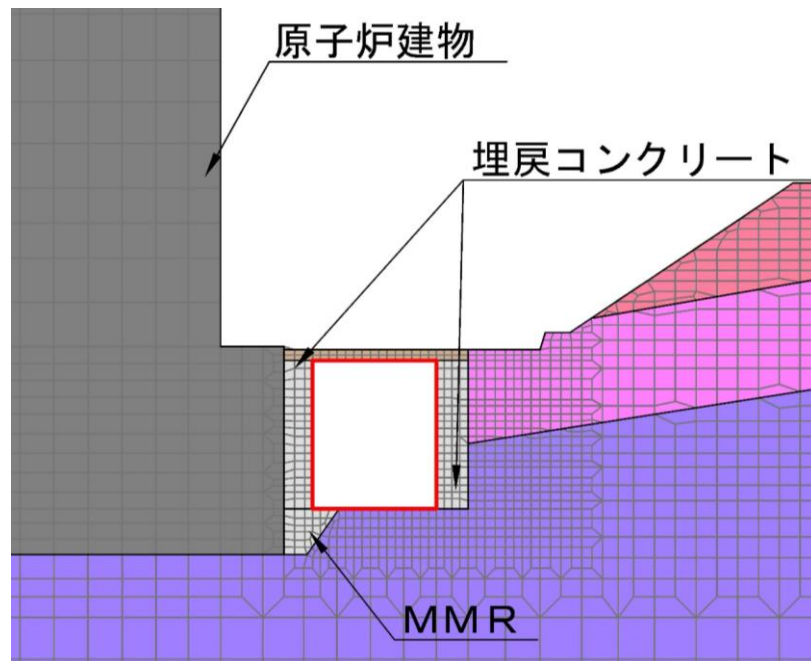
(拡大図)

図 3-36 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 地震応答解析モデル図 (A-A断面)

- |   |           |   |           |   |                 |   |         |
|---|-----------|---|-----------|---|-----------------|---|---------|
|  | : 岩盤 (1層) |  | : 岩盤 (4層) |  | : 埋戻土           |  | : 隣接構造物 |
|  | : 岩盤 (2層) |  | : 岩盤 (5層) |  | : MMR, 埋戻コンクリート |   |         |
|  | : 岩盤 (3層) |  | : 評価対象構造物 |   |                 |   |         |

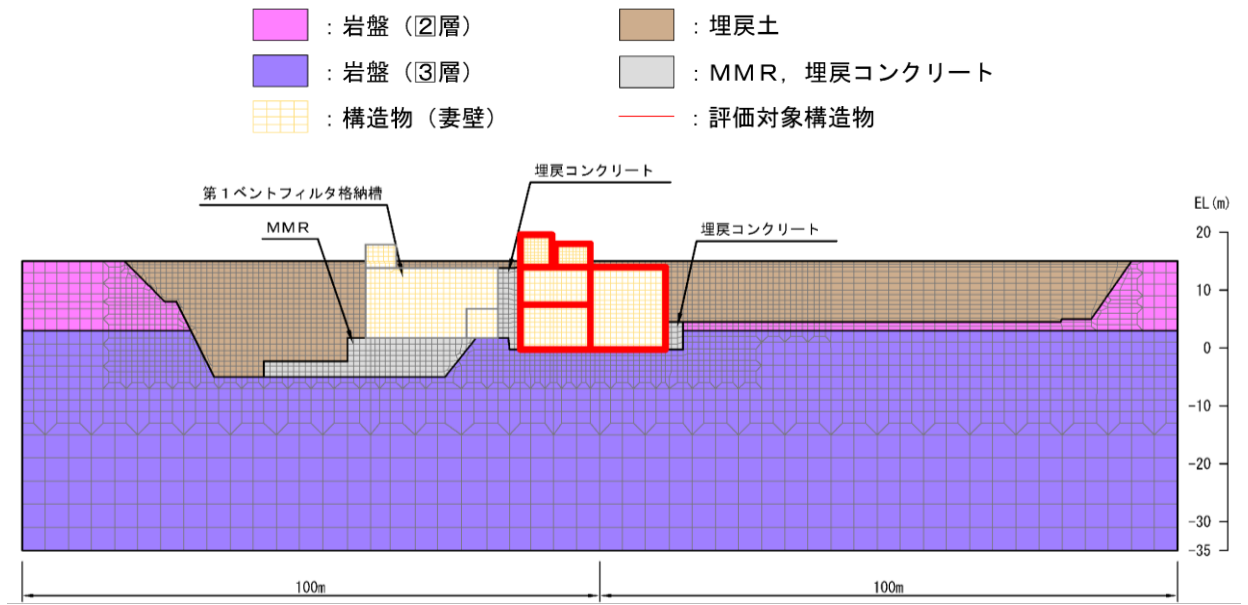


(全体図)

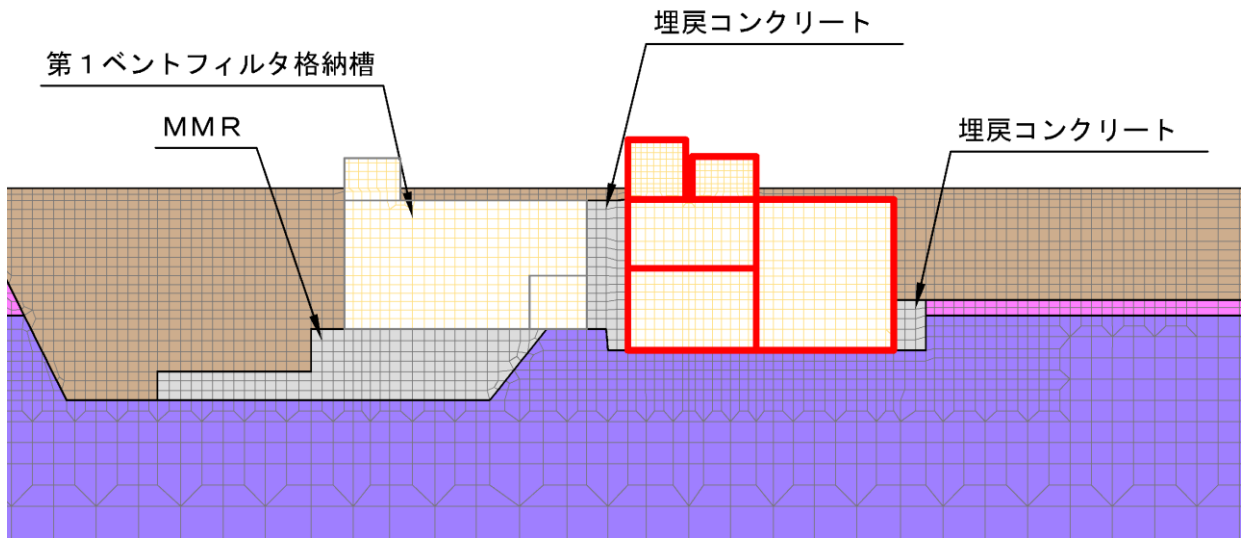


(拡大図)

図 3-37 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 地震応答解析モデル図 (B-B断面)



(全体図)



(拡大図)

図 3-38 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 地震応答解析モデル図 (C-C断面)

### 3.5.2 使用材料及び材料の物性値

構造物の使用材料を表 3-6 に、材料の物性値を表 3-7 に示す。

表 3-6 使用材料

材料		仕様
構造物 (鉄筋コンクリート)	コンクリート	設計基準強度 24.0N/mm <sup>2</sup>
	鉄筋	SD345
埋戻コンクリート		設計基準強度 18.0N/mm <sup>2</sup>
MMR		

表 3-7 材料の物性値

材料	ヤング係数 (N/mm <sup>2</sup> )	単位体積重量 (kN/m <sup>3</sup> )	ポアソン比
構造物 (鉄筋コンクリート)	2.50×10 <sup>4</sup>	24.0* <sup>1</sup>	0.2
埋戻コンクリート	2.20×10 <sup>4</sup>	22.6* <sup>2</sup>	
MMR			

注記\*1：鉄筋コンクリートの単位体積重量を示す。

\*2：無筋コンクリートの単位体積重量を示す。

### 3.5.3 地盤の物性値

地盤については、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。設計地下水位の一覧を表 3-8 に示す。

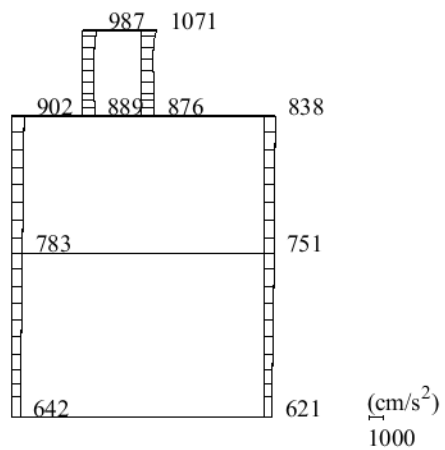
表 3-8 設計地下水位の一覧

施設名称	解析断面	設計地下水位 (ELm)
低圧原子炉代替注水 ポンプ格納槽	A-A断面	15.0
	B-B断面	
	C-C断面	

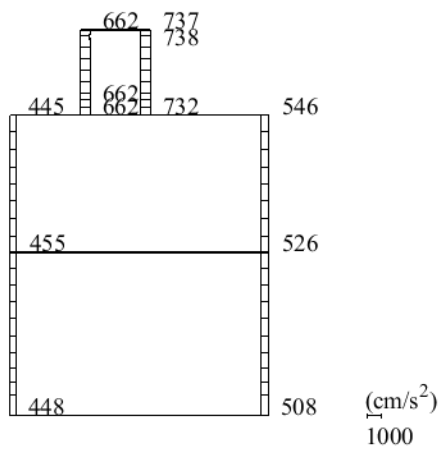
#### 4. 解析結果

##### 4.1 A-A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。

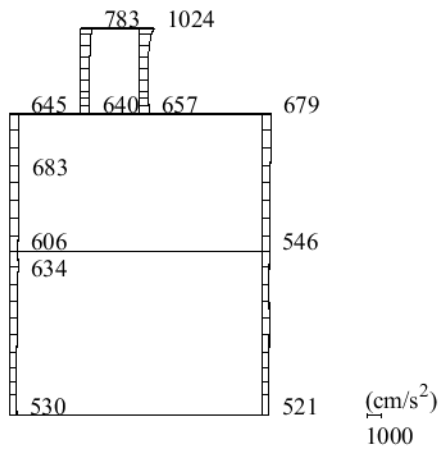


(a) S s - D (++) 水平

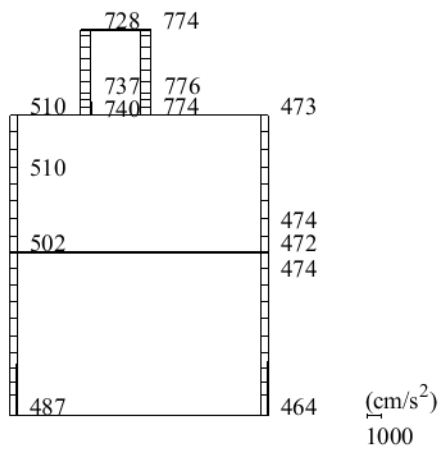


(b) S s - D (++) 鉛直

図 4-1 最大応答加速度分布図 (1/12) (解析ケース①)



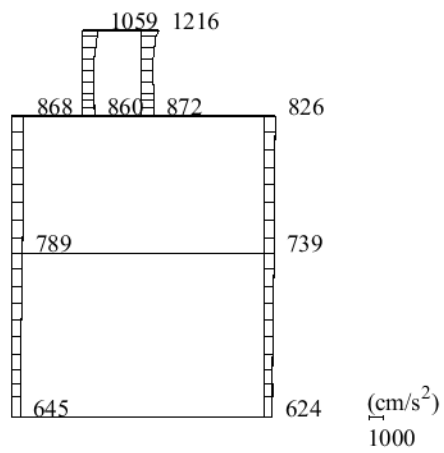
(a) S s - D ( - + ) 水平



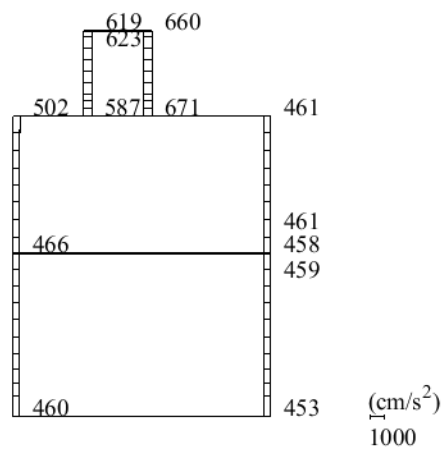
(b) S s - D ( - + ) 鉛直

図 4-2 最大応答加速度分布図 (2/12) (解析ケース①)



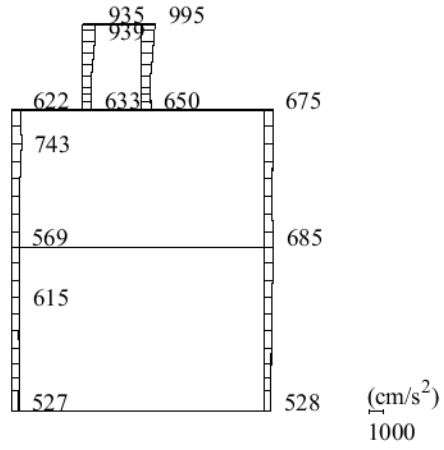


(a) S s - D ( + - ) 水平

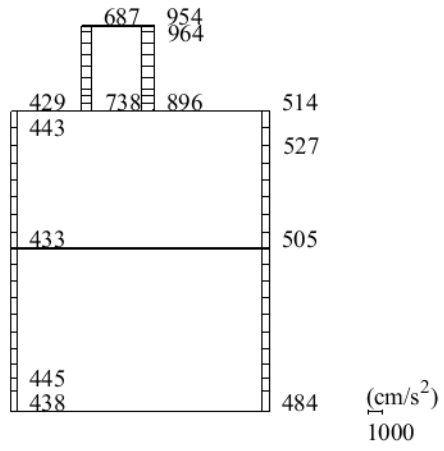


(b) S s - D ( + - ) 鉛直

図 4-3 最大応答加速度分布図 (3/12) (解析ケース①)

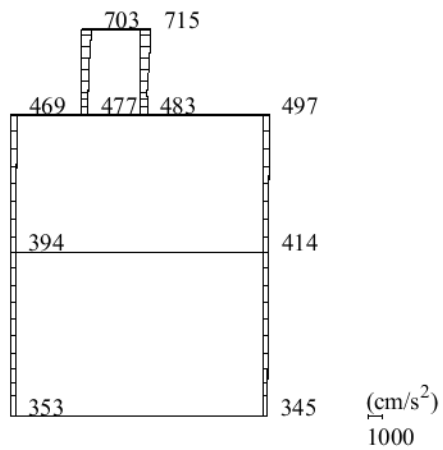


(a) S s - D ( -- ) 水平

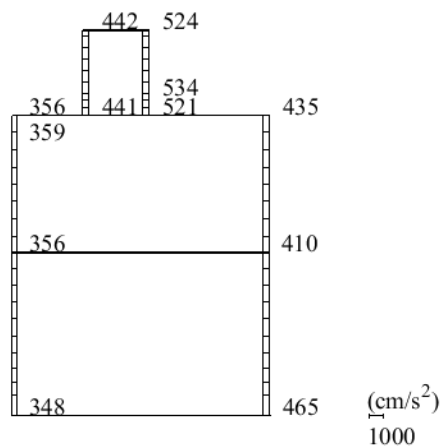


(b) S s - D ( -- ) 鉛直

図 4-4 最大応答加速度分布図 (4/12) (解析ケース①)

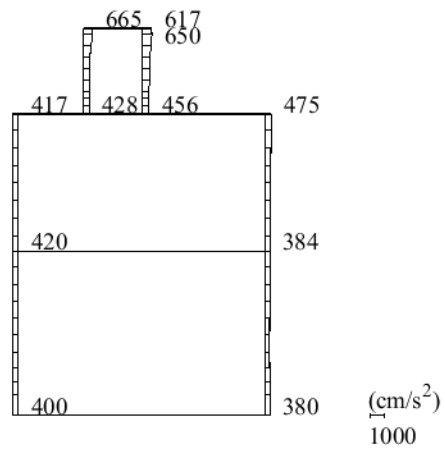


(a)  $S_s - F_1$  (++) 水平

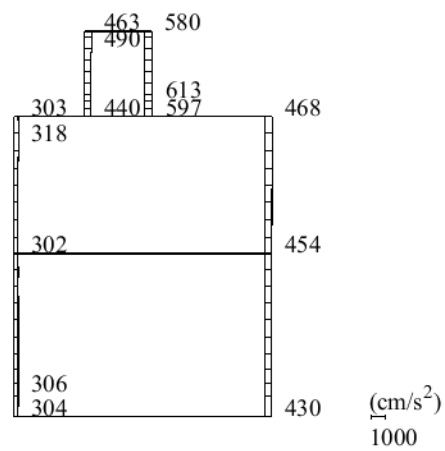


(b)  $S_s - F_1$  (++) 鉛直

図 4-5 最大応答加速度分布図 (5/12) (解析ケース①)

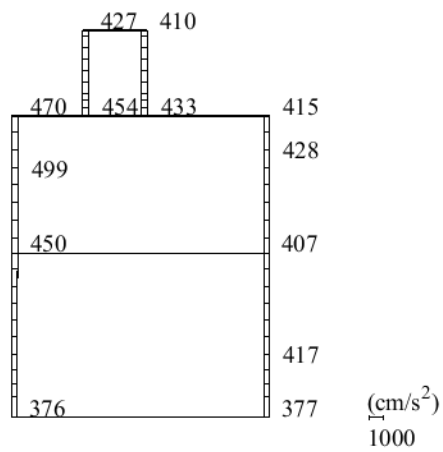


(a)  $S_s - F_2$  (++) 水平

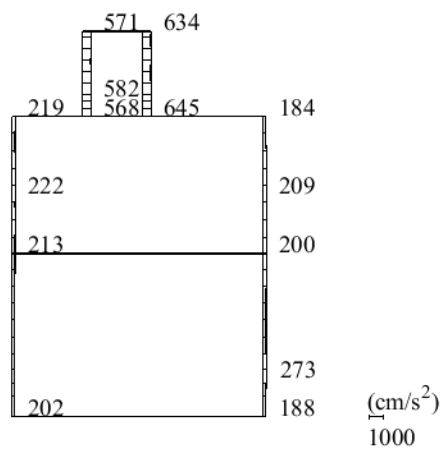


(b)  $S_s - F_2$  (++) 鉛直

図 4-6 最大応答加速度分布図 (6/12) (解析ケース①)

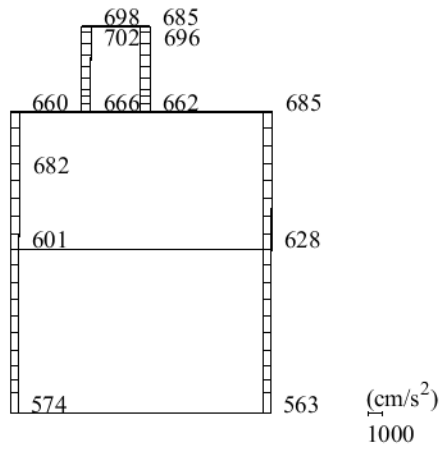


(a) S s - N 1 (++) 水平

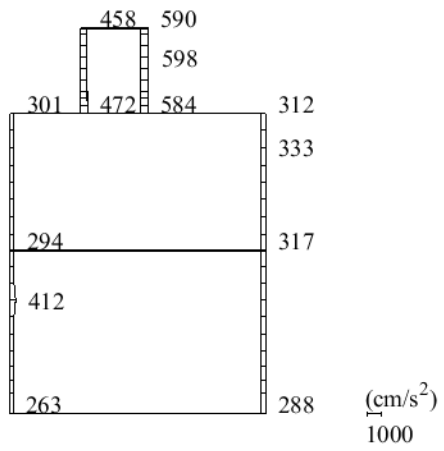


(b) S s - N 1 (++) 鉛直

図 4-7 最大応答加速度分布図 (7/12) (解析ケース①)

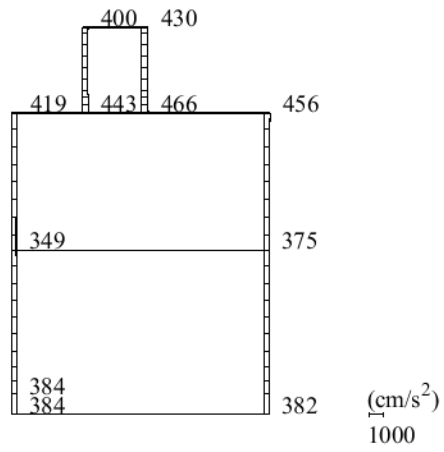


(a) S<sub>s</sub> - N 1 ( - + ) 水平

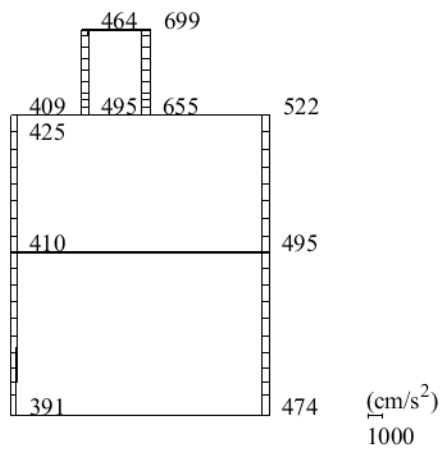


(b) S<sub>s</sub> - N 1 ( - + ) 鉛直

図 4-8 最大応答加速度分布図 (8/12) (解析ケース①)

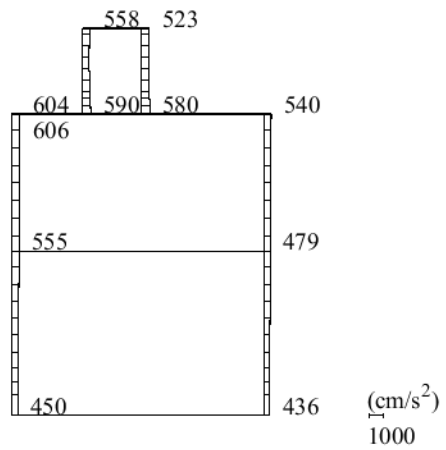


(a)  $S_s - N_2 (NS)$  (++) 水平

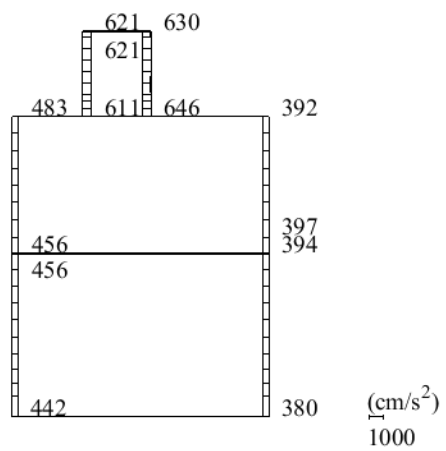


(b)  $S_s - N_2 (NS)$  (++) 鉛直

図 4-9 最大応答加速度分布図 (9/12) (解析ケース①)



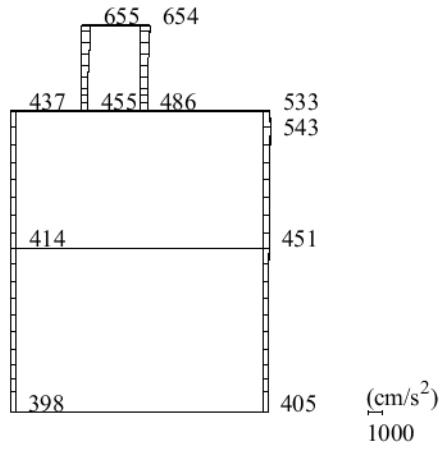
(a)  $S_s - N_2 (NS)$  ( - + ) 水平



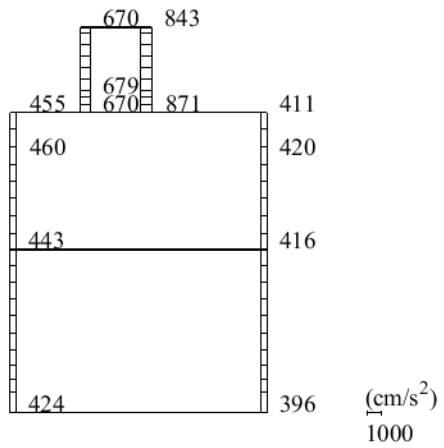
(b)  $S_s - N_2 (NS)$  ( - + ) 鉛直

図 4-10 最大応答加速度分布図 (10/12) (解析ケース①)



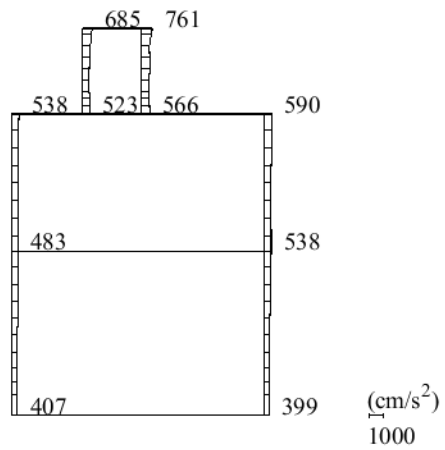


(a)  $S_s - N 2 (EW) \quad (++) \quad \text{水平}$

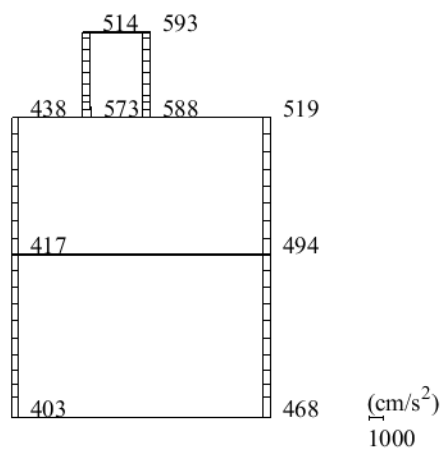


(b)  $S_s - N 2 (EW) \quad (++) \quad \text{鉛直}$

図 4-11 最大応答加速度分布図 (11/12) (解析ケース①)



(a)  $S_s - N2 (EW) (-+)$  水平

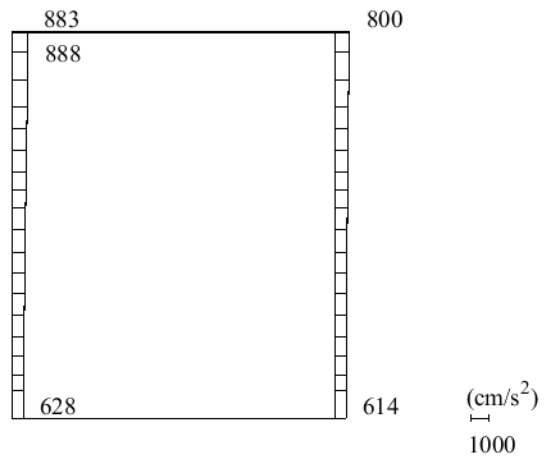


(b)  $S_s - N2 (EW) (-+)$  鉛直

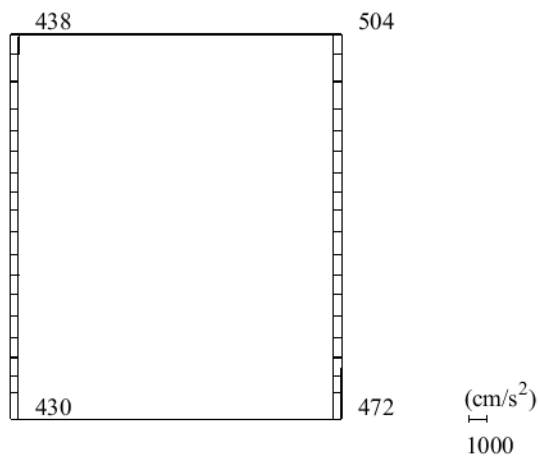
図 4-12 最大応答加速度分布図 (12/12) (解析ケース①)

#### 4.2 B－B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 4-13～図 4-24 に示す。

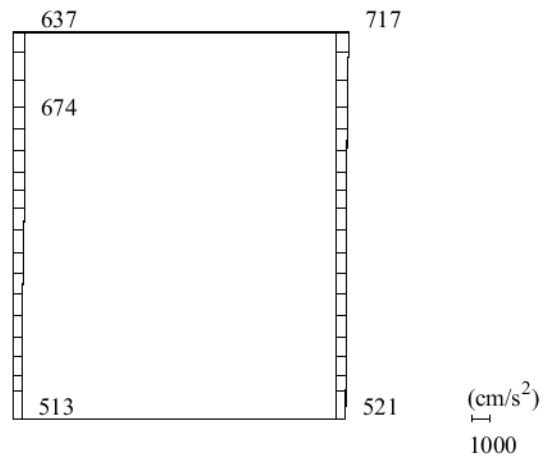


(a) S s - D (++) 水平

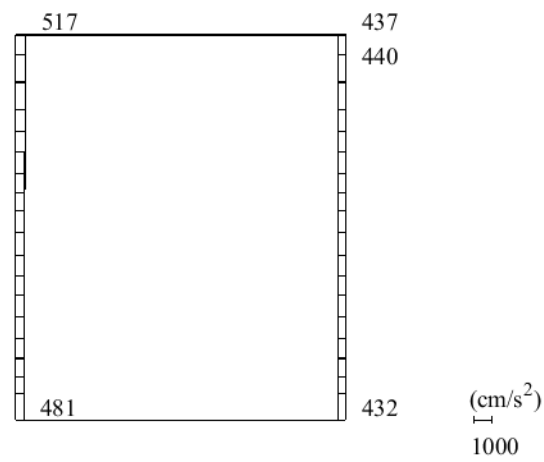


(b) S s - D (++) 鉛直

図 4-13 最大応答加速度分布図 (1/12) (解析ケース①)

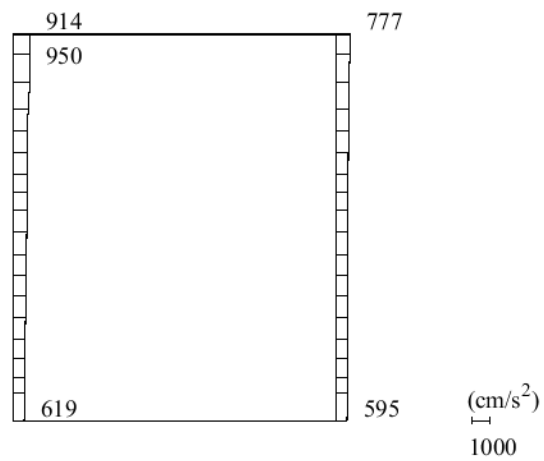


(a) S s - D (-+) 水平

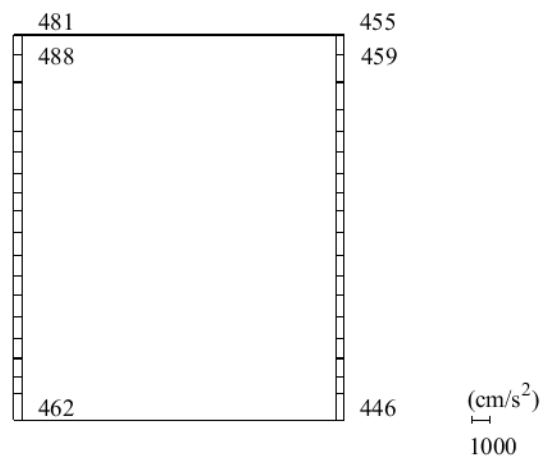


(b) S s - D (-+) 鉛直

図 4-14 最大応答加速度分布図 (2/12) (解析ケース①)

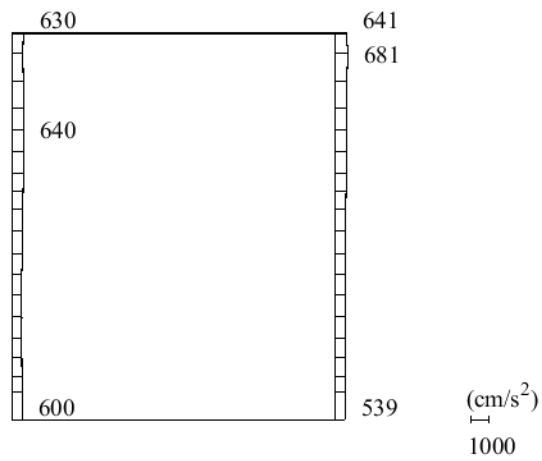


(a) S s - D (+ -) 水平

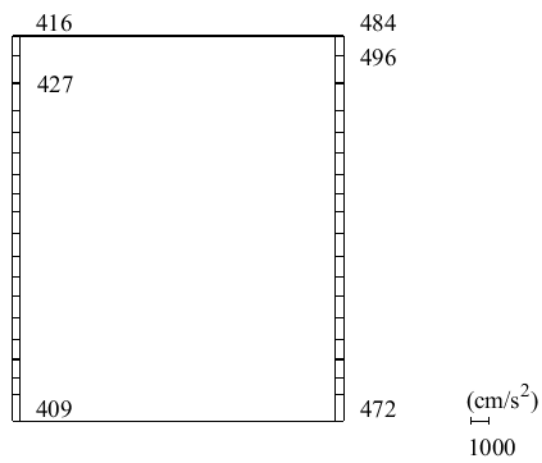


(b) S s - D (+ -) 鉛直

図 4-15 最大応答加速度分布図 (3/12) (解析ケース①)

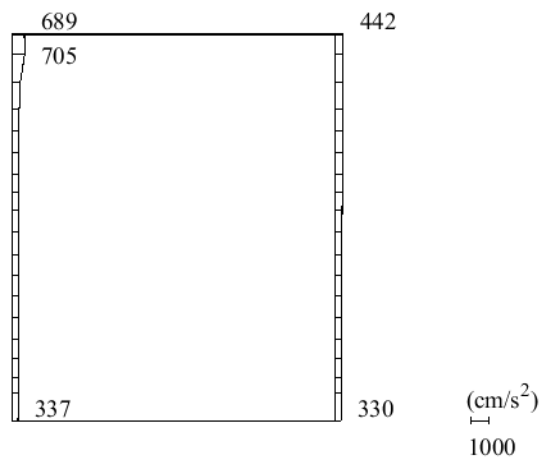


(a) S s - D ( -- ) 水平

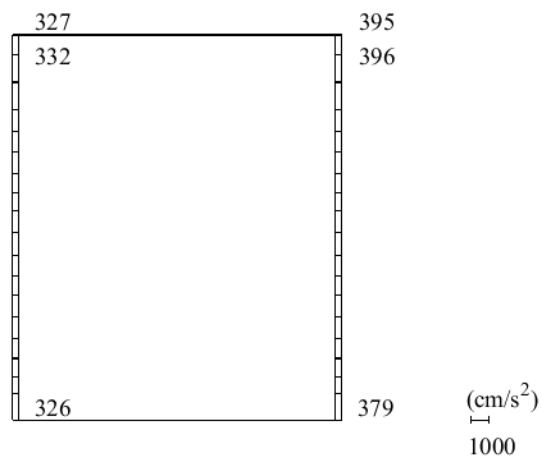


(b) S s - D ( -- ) 鉛直

図 4-16 最大応答加速度分布図 (4/12) (解析ケース①)



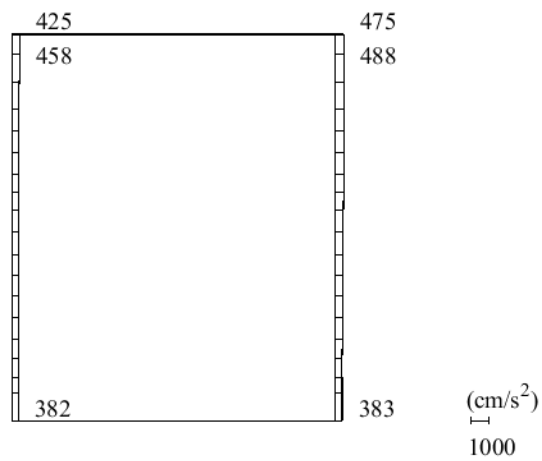
(a) S s - F 1 (++) 水平



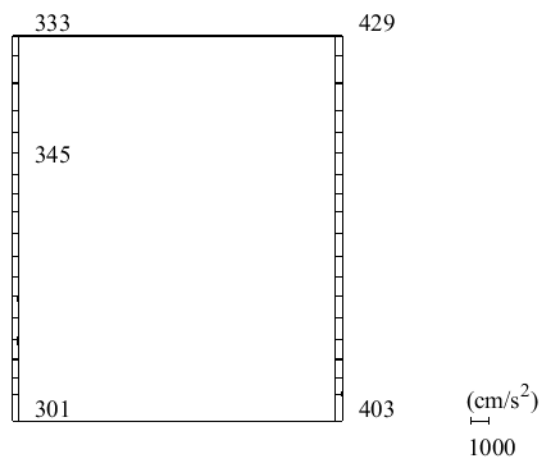
(b) S s - F 1 (++) 鉛直

図 4-17 最大応答加速度分布図 (5/12) (解析ケース①)



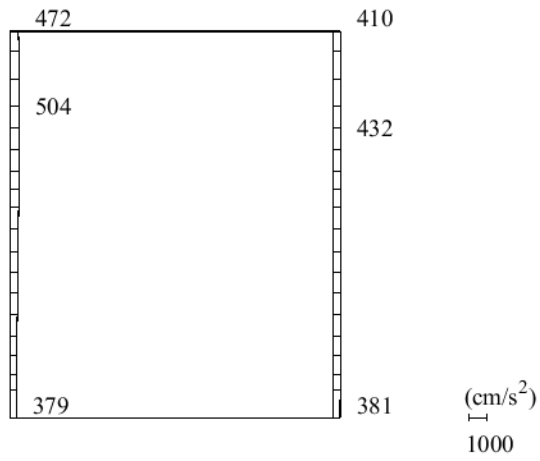


(a)  $S_s - F_2$  (++) 水平

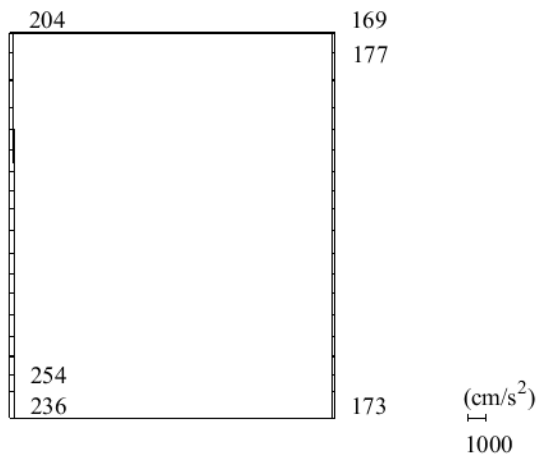


(b)  $S_s - F_2$  (++) 鉛直

図 4-18 最大応答加速度分布図 (6/12) (解析ケース①)

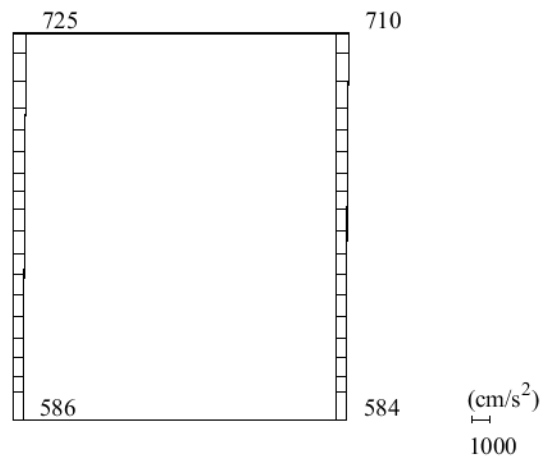


(a) S s - N 1 (++) 水平

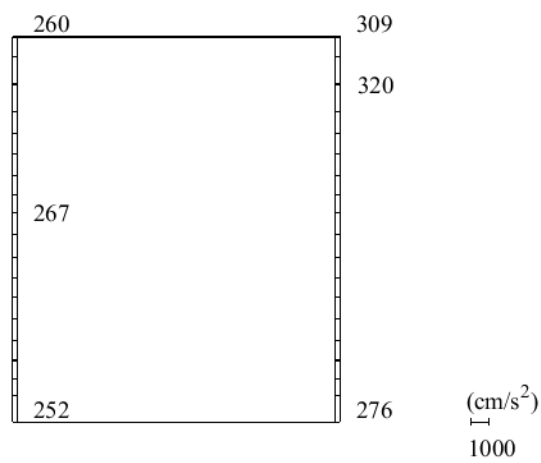


(b) S s - N 1 (++) 鉛直

図 4-19 最大応答加速度分布図 (7/12) (解析ケース①)

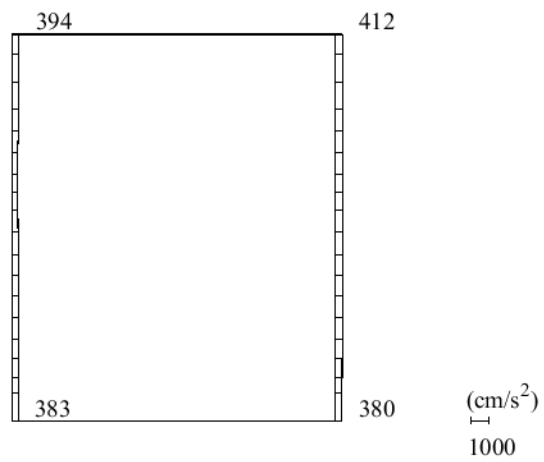


(a)  $S_s - N1$  (−+) 水平

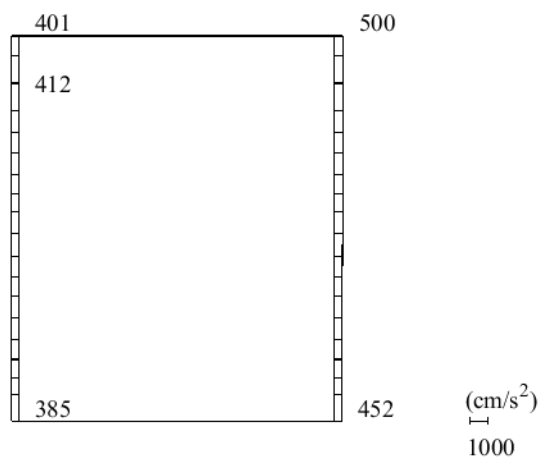


(b)  $S_s - N1$  (−+) 鉛直

図 4-20 最大応答加速度分布図 (8/12) (解析ケース①)

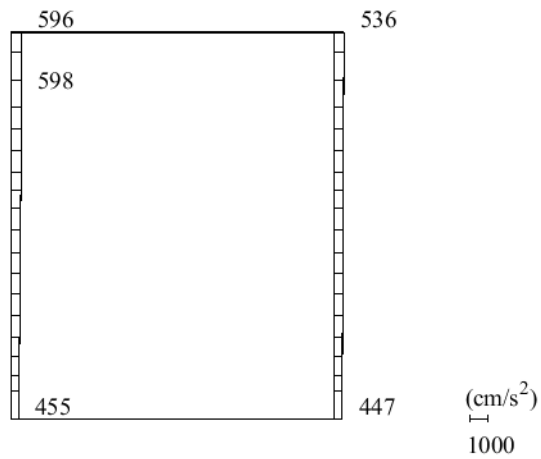


(a)  $S_s - N2 (NS) \quad (++)$  水平

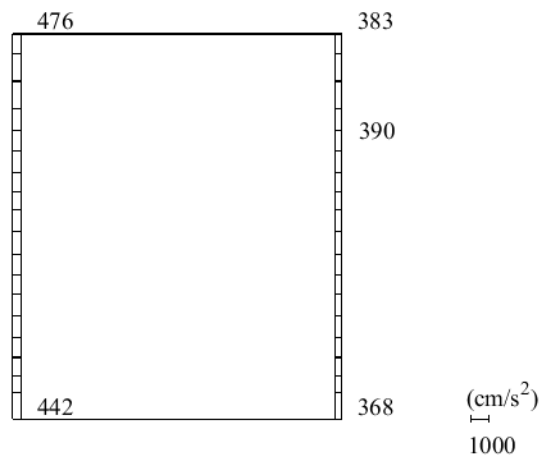


(b)  $S_s - N2 (NS) \quad (++)$  鉛直

図 4-21 最大応答加速度分布図 (9/12) (解析ケース①)

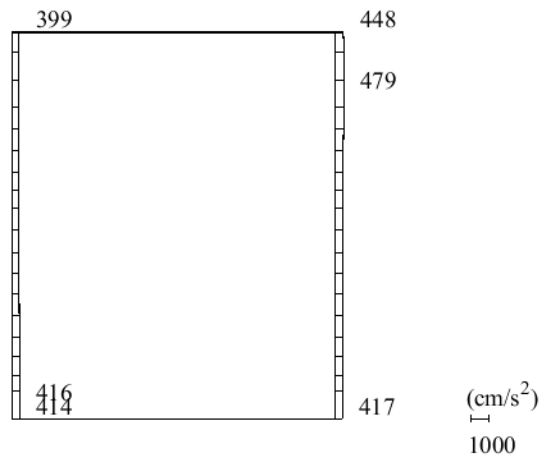


(a)  $S_s - N_2 (NS)$  ( - + ) 水平

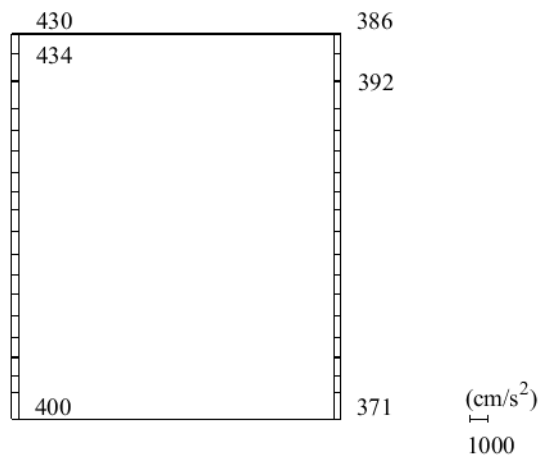


(b)  $S_s - N_2 (NS)$  ( - + ) 鉛直

図 4-22 最大応答加速度分布図 (10/12) (解析ケース①)

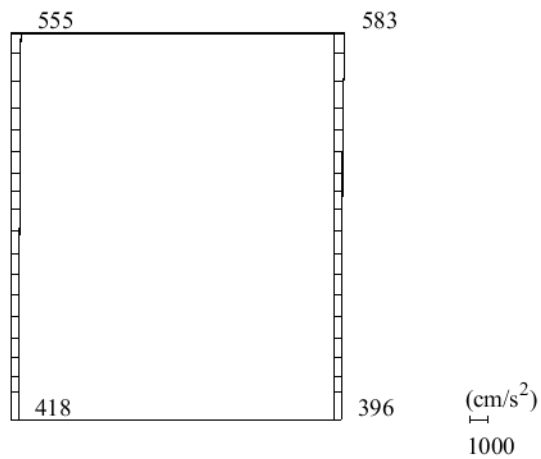


(a)  $S_s - N_2$  (EW) (++) 水平

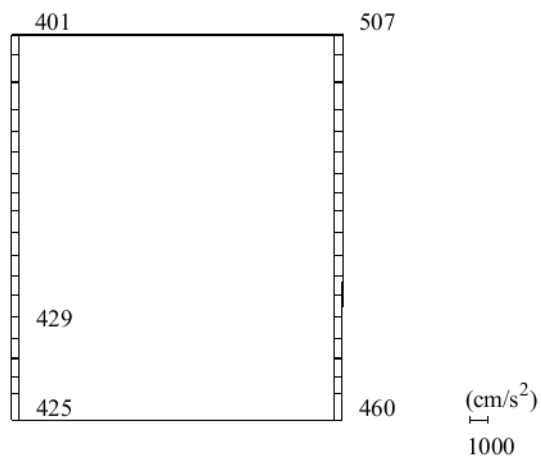


(b)  $S_s - N_2$  (EW) (++) 鉛直

図 4-23 最大応答加速度分布図 (11/12) (解析ケース①)



(a)  $S_s - N_2$  (EW) (-+) 水平



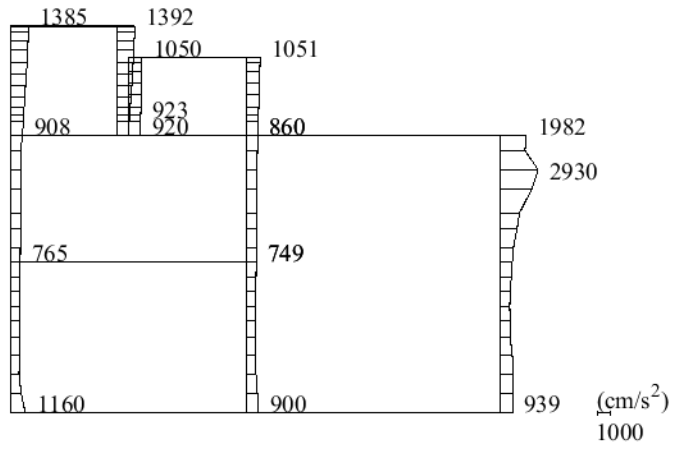
(b)  $S_s - N_2$  (EW) (-+) 鉛直

図 4-24 最大応答加速度分布図 (12/12) (解析ケース①)

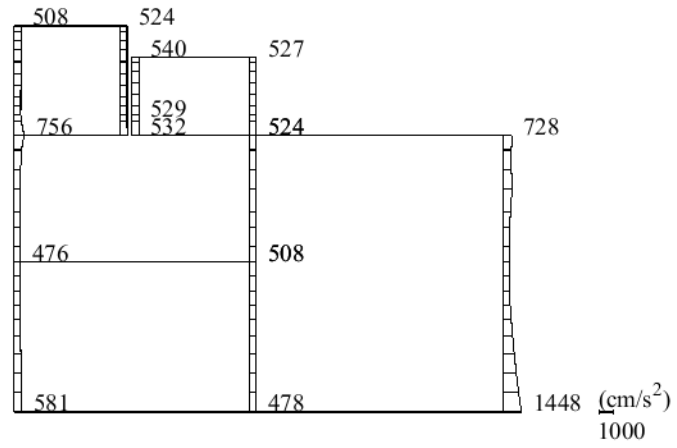
#### 4.3 C-C断面の解析結果

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの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4-25～図4-36に示す。



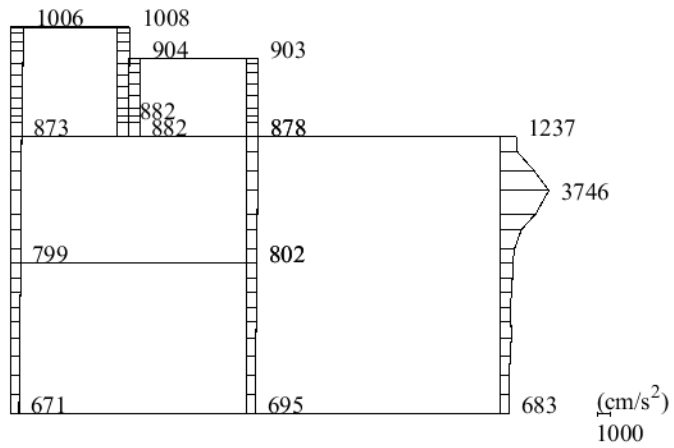


(a) S s - D (++) 水平

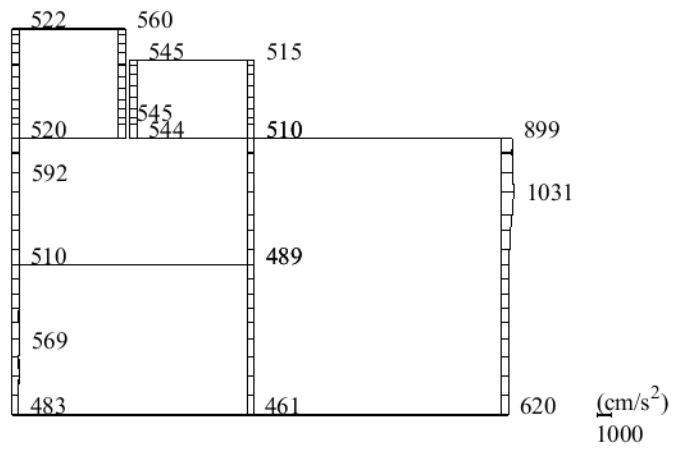


(b) S s - D (++) 鉛直

図 4-25 最大応答加速度分布図 (1/12) (解析ケース①)

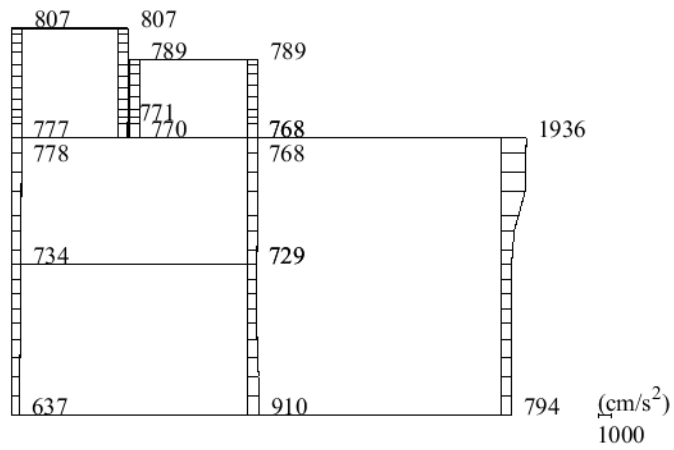


(a)  $S_s - D$  (-+) 水平

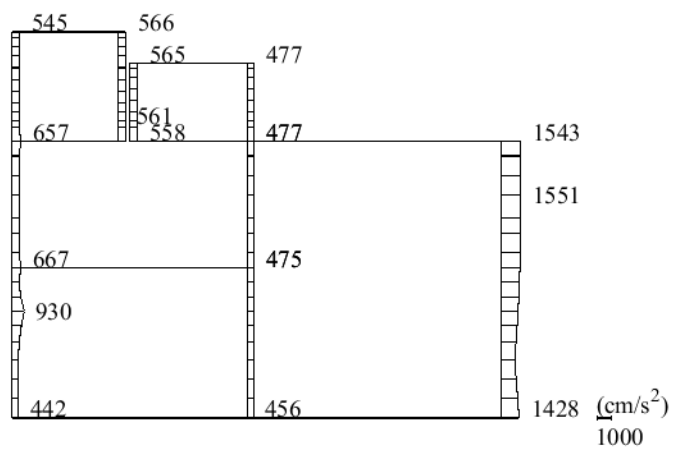


(b)  $S_s - D$  (-+) 鉛直

図 4-26 最大応答加速度分布図 (2/12) (解析ケース①)

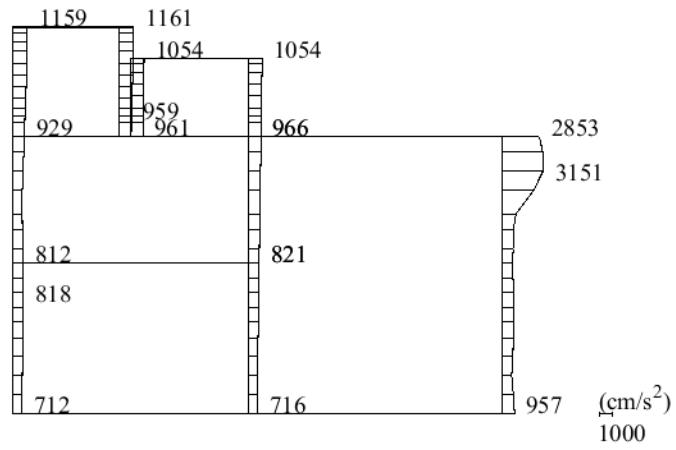


(a) S s - D (+-) 水平

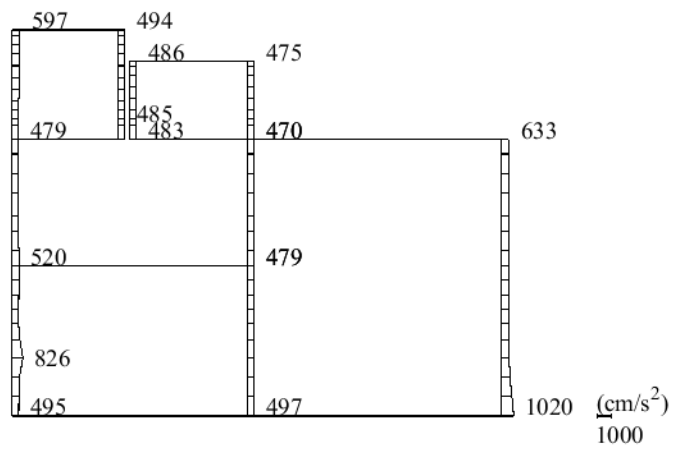


(b) S s - D (+-) 鉛直

図 4-27 最大応答加速度分布図 (3/12) (解析ケース①)

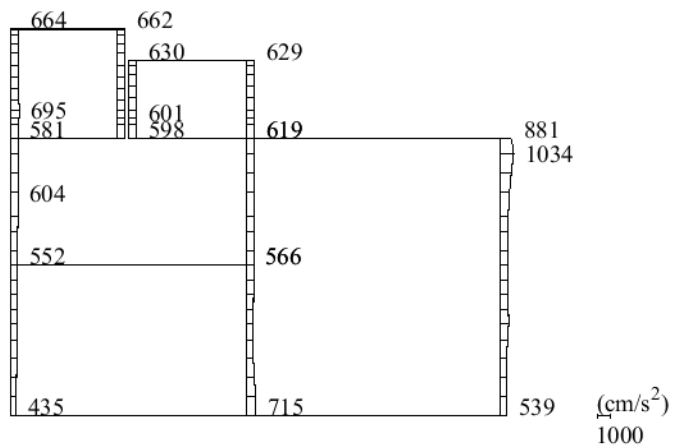


(a) S s - D ( -- ) 水平

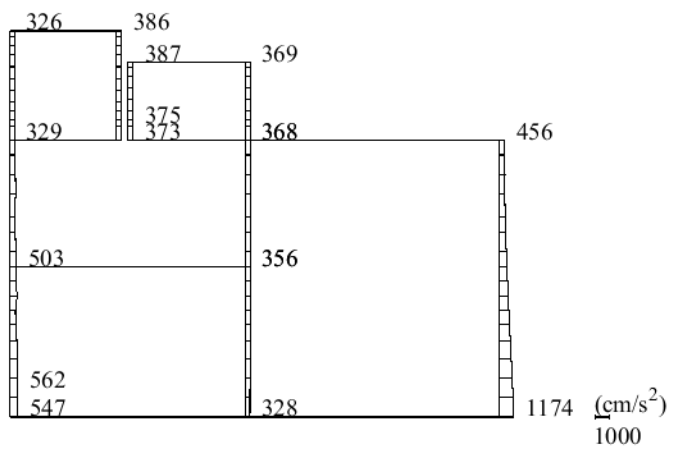


(b) S s - D ( -- ) 鉛直

図 4-28 最大応答加速度分布図 (4/12) (解析ケース①)

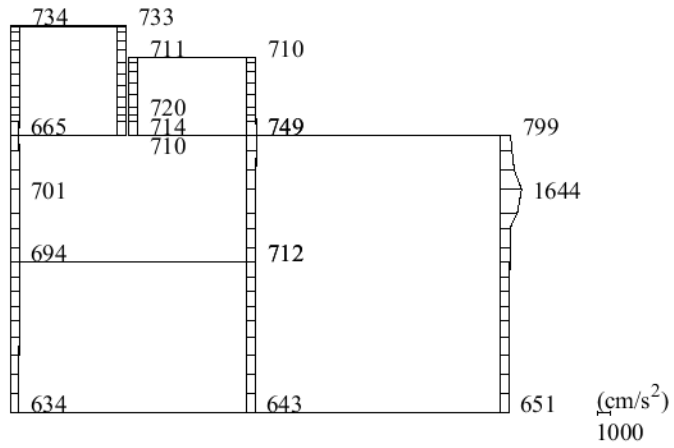


(a) S s - F 1 (++) 水平

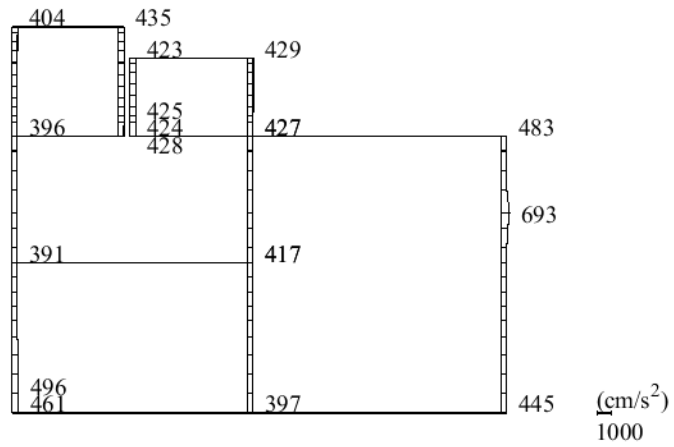


(b) S s - F 1 (++) 鉛直

図 4-29 最大応答加速度分布図 (5/12) (解析ケース①)

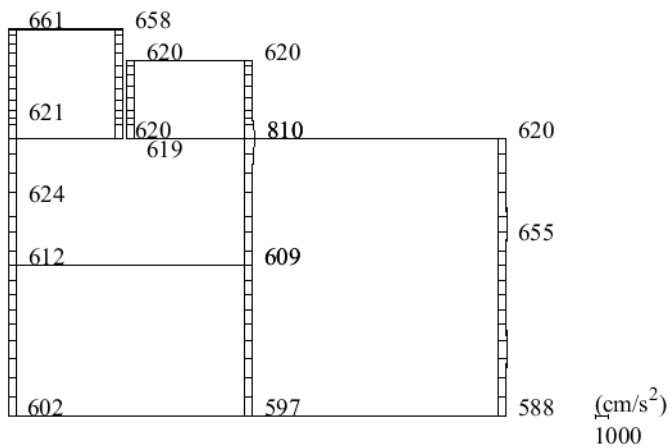


(a) S<sub>s</sub> - F 2 (++) 水平

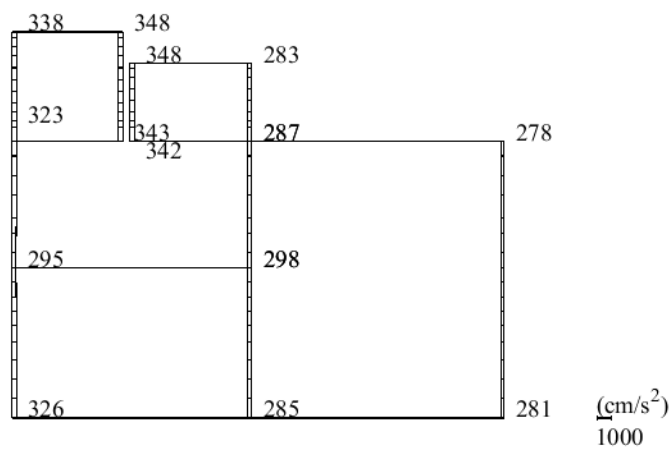


(b) S<sub>s</sub> - F 2 (++) 鉛直

図 4-30 最大応答加速度分布図 (6/12) (解析ケース①)

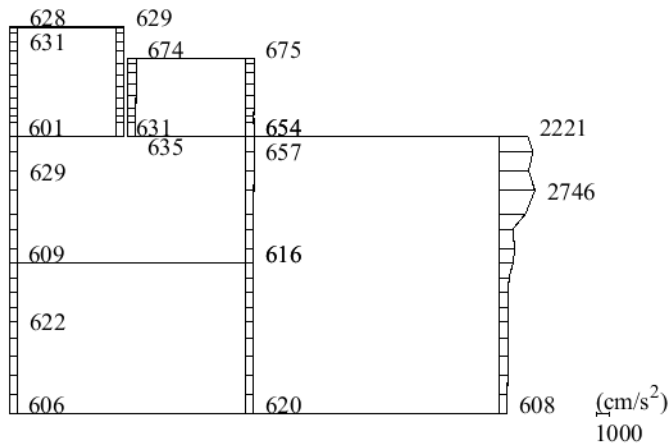


(a) S s - N 1 (++) 水平

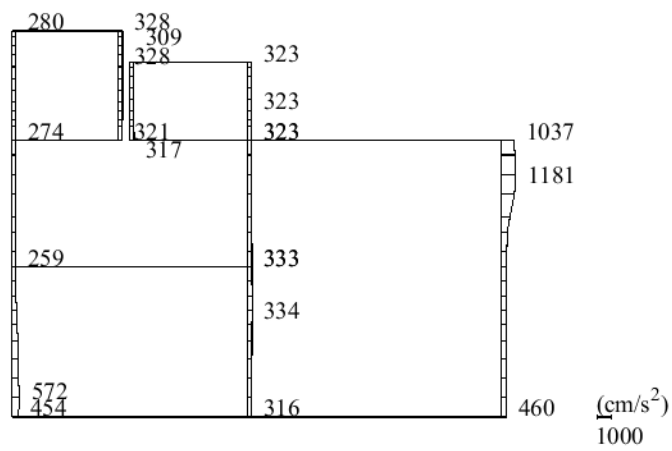


(b) S s - N 1 (++) 鉛直

図 4-31 最大応答加速度分布図 (7/12) (解析ケース①)



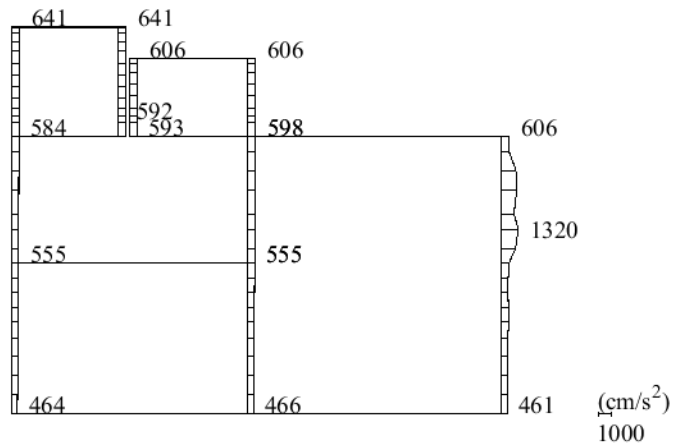
(a) S s - N 1 ( - + ) 水平



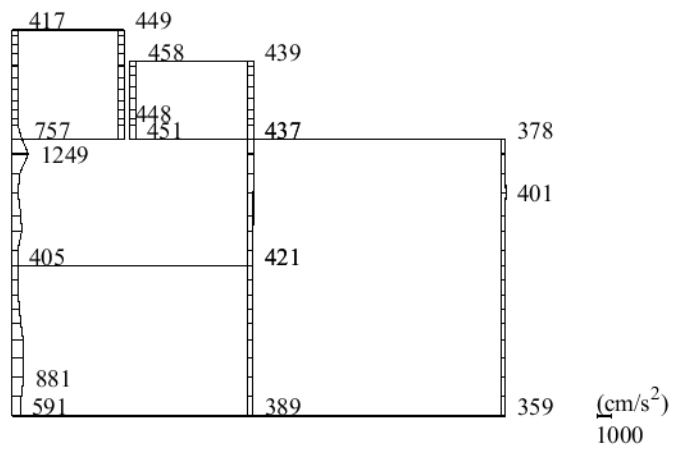
(b) S s - N 1 ( - + ) 鉛直

図 4-32 最大応答加速度分布図 (8/12) (解析ケース①)



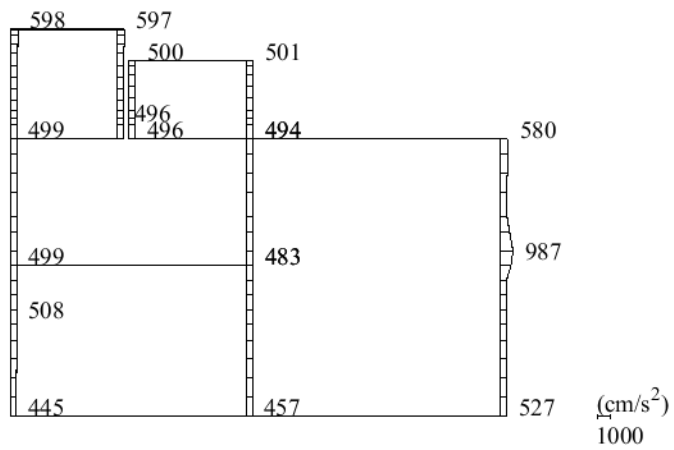


(a)  $S_s - N2 (NS) \quad (++)$  水平

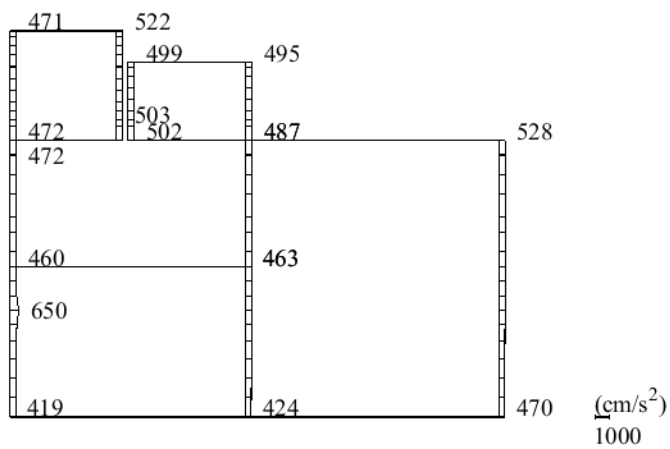


(b)  $S_s - N2 (NS) \quad (++)$  鉛直

図 4-33 最大応答加速度分布図 (9/12) (解析ケース①)

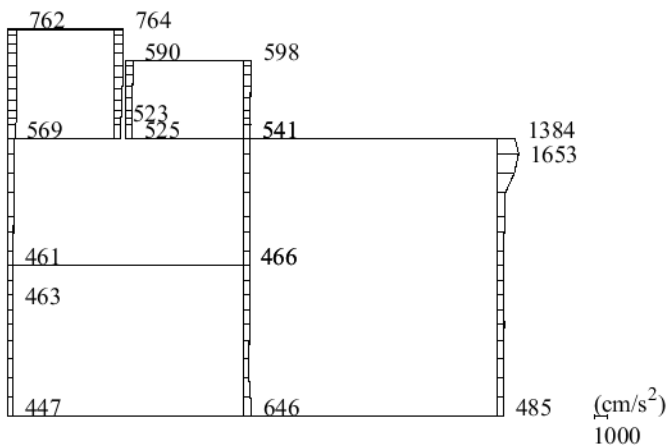


(a)  $S_s - N2 (NS)$  ( - + ) 水平

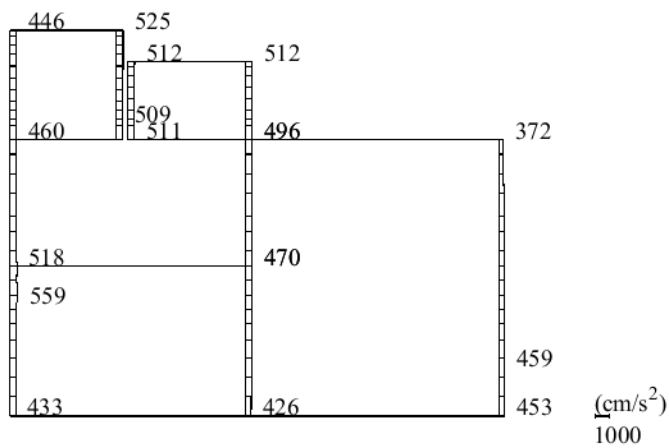


(b)  $S_s - N2 (NS)$  ( - + ) 鉛直

図 4-34 最大応答加速度分布図 (10/12) (解析ケース①)

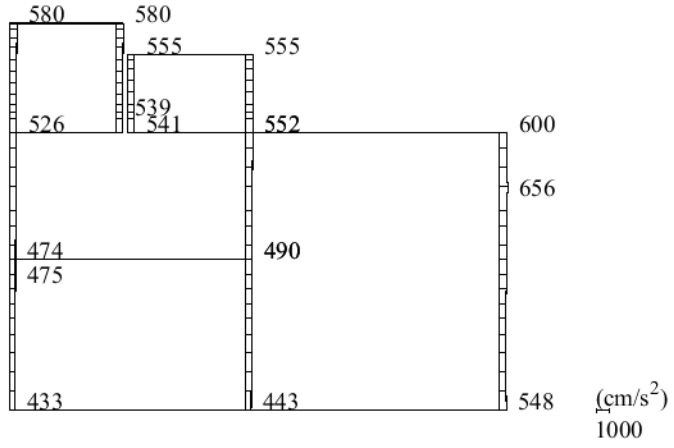


(a)  $S_s - N2 (EW) \quad (++)$  水平

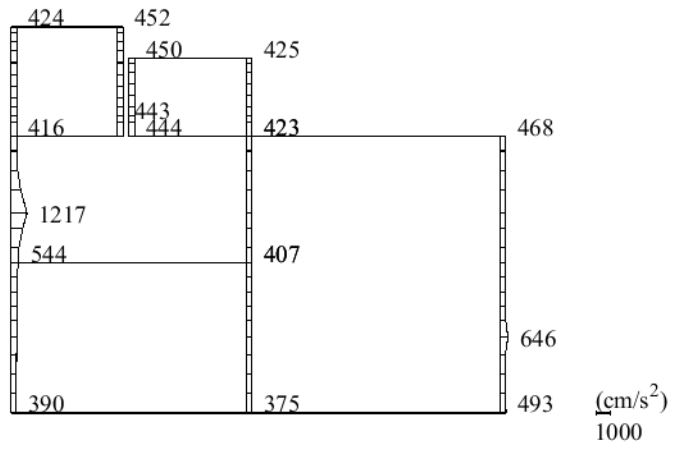


(b)  $S_s - N2 (EW) \quad (++)$  鉛直

図 4-35 最大応答加速度分布図 (11/12) (解析ケース①)



(a)  $S_s - N_2$  (EW) (-+) 水平



(b)  $S_s - N_2$  (EW) (-+) 鉛直

図 4-36 最大応答加速度分布図 (12/12) (解析ケース①)