

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-添 2-002-20
提出年月日	2023年5月10日

VI-2-2-20 屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）の
地震応答計算書

2023年5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	10
3.2.1 構造部材	10
3.2.2 地盤	12
3.2.3 減衰定数	13
3.2.4 地震応答解析の解析ケースの選定	14
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
3.5 解析モデル及び諸元	54
3.5.1 解析モデル	54
3.5.2 使用材料及び材料の物性値	56
3.5.3 地盤の物性値	56
3.5.4 地下水位	57
4. 解析結果	58
4.1 A-A断面解析結果	58

別紙 屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）一体化部の地震応答計算書

1. 概要

本資料は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に基づき実施する屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）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、屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）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

屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）の位置図を図 2-1 に示す。

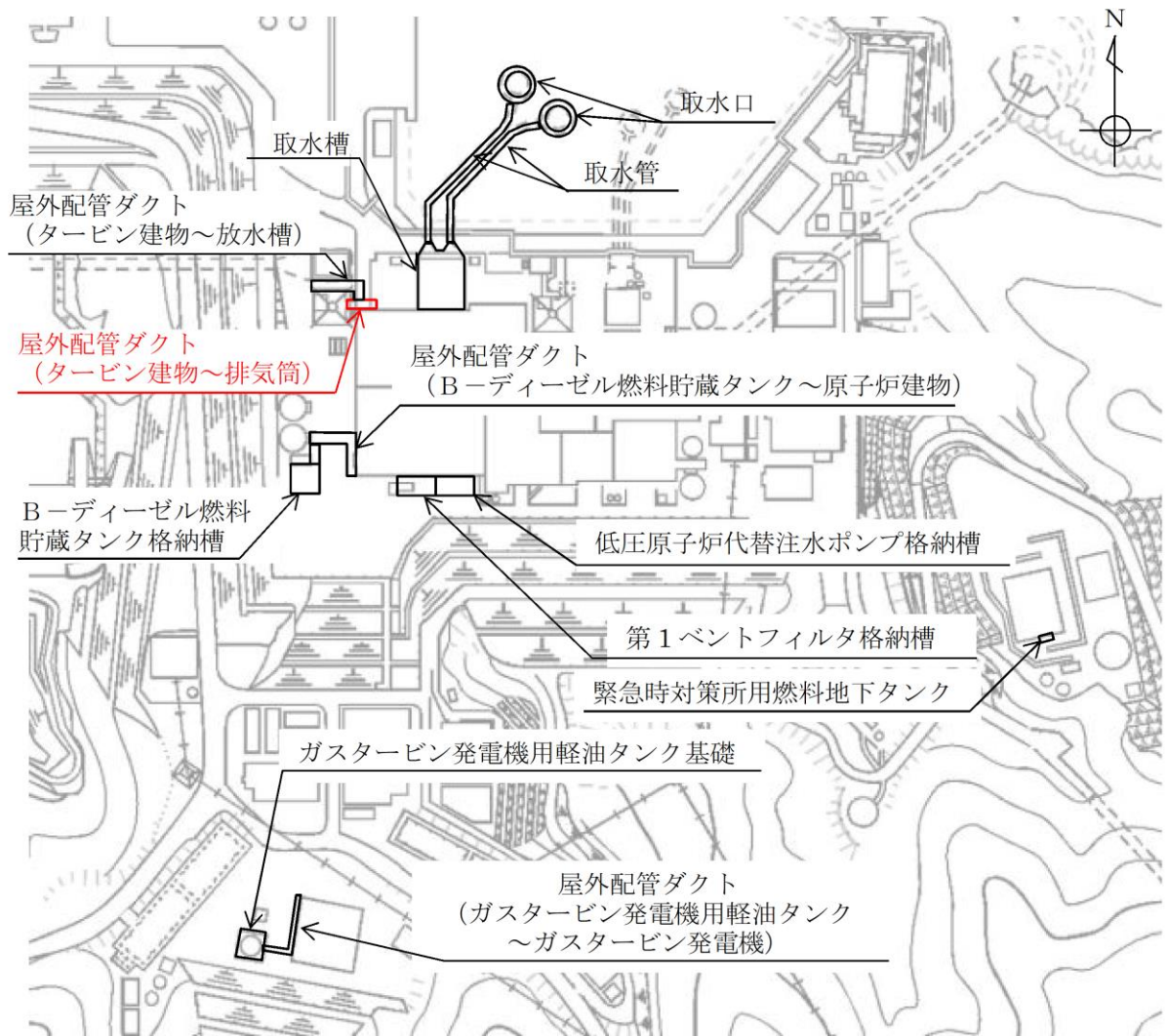


図 2-1 屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒） 位置図

2.2 構造概要

屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）の平面図を図 2-2 に、断面図を図 2-3～図 2-5 に示す。

屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）は、非常用ガス処理系配管・弁等を間接支持する鉄筋コンクリート造の地中構造物であり、延長約 20m、幅 6.7m、高さ 3.1m の 2 連のボックスカルバート構造から構成された延長方向におおむね一様な線状構造物であり、マンメイドロック（以下「MMR」という。）を介して十分な支持機能を有する C_M級又は C_L級岩盤に支持される。

屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）の一部は、屋外配管ダクト（タービン建物～放水槽）の一部と一体構造（以下「一体化部」という。）となっており、タービン建物及び排気筒の接合部には構造目地が設置されている。

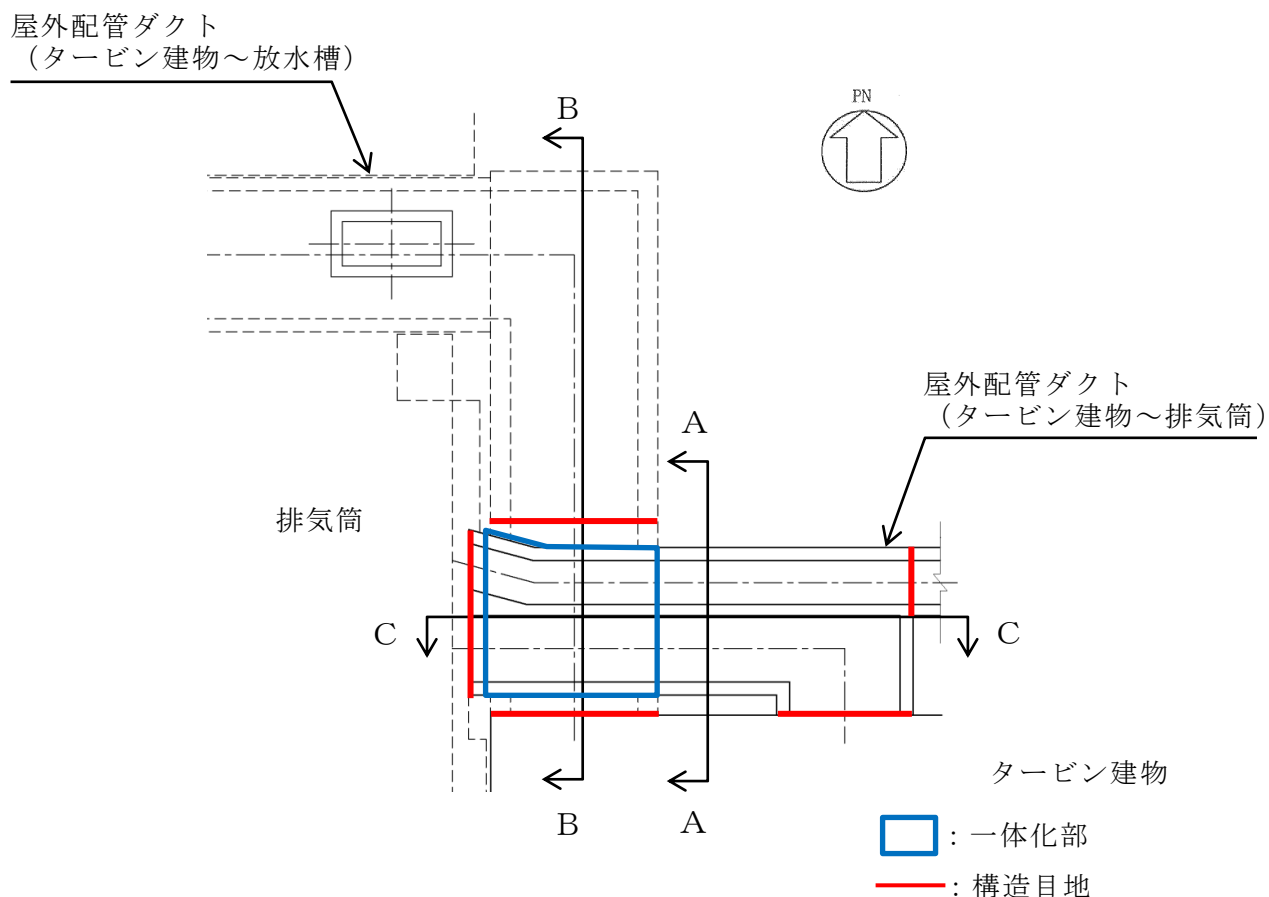


図 2-2 屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒） 平面図

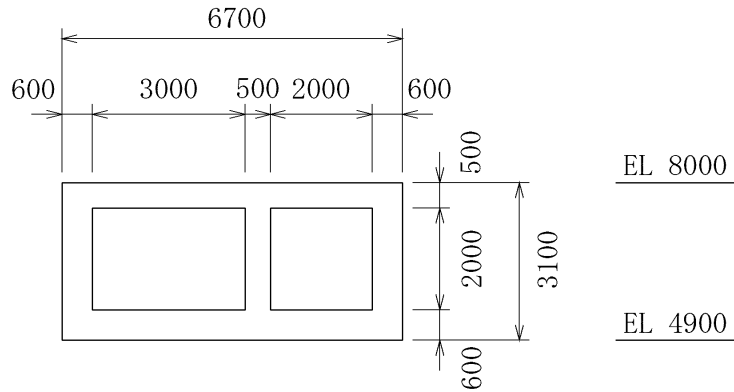


図 2-3 屋外配管ダクト (タービン建物～排気筒) 断面図 (A-A 断面)

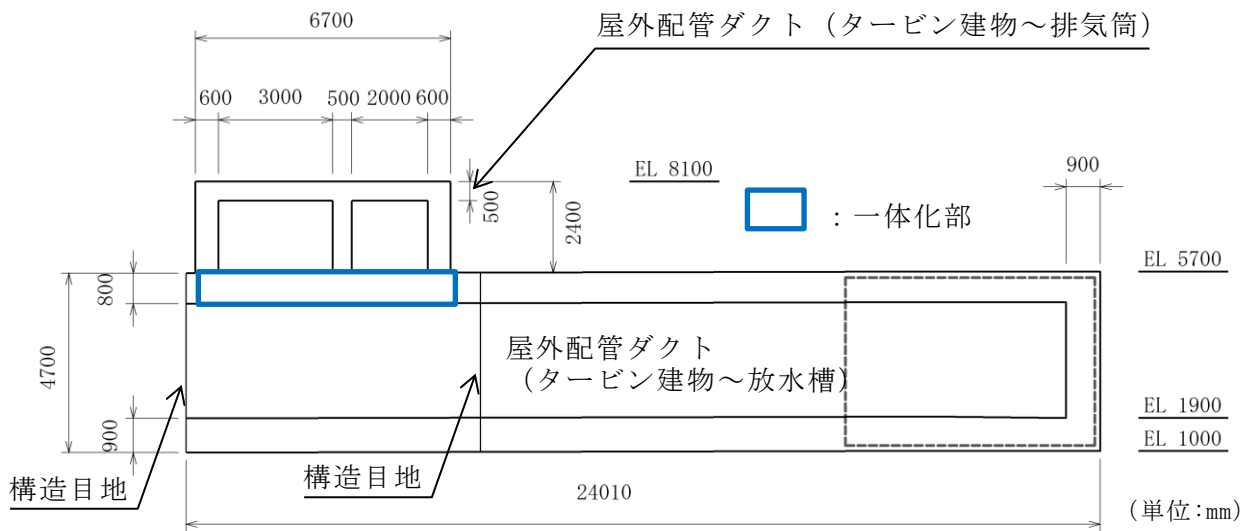


図 2-4 屋外配管ダクト (タービン建物～排気筒) 断面図 (B-B 断面)

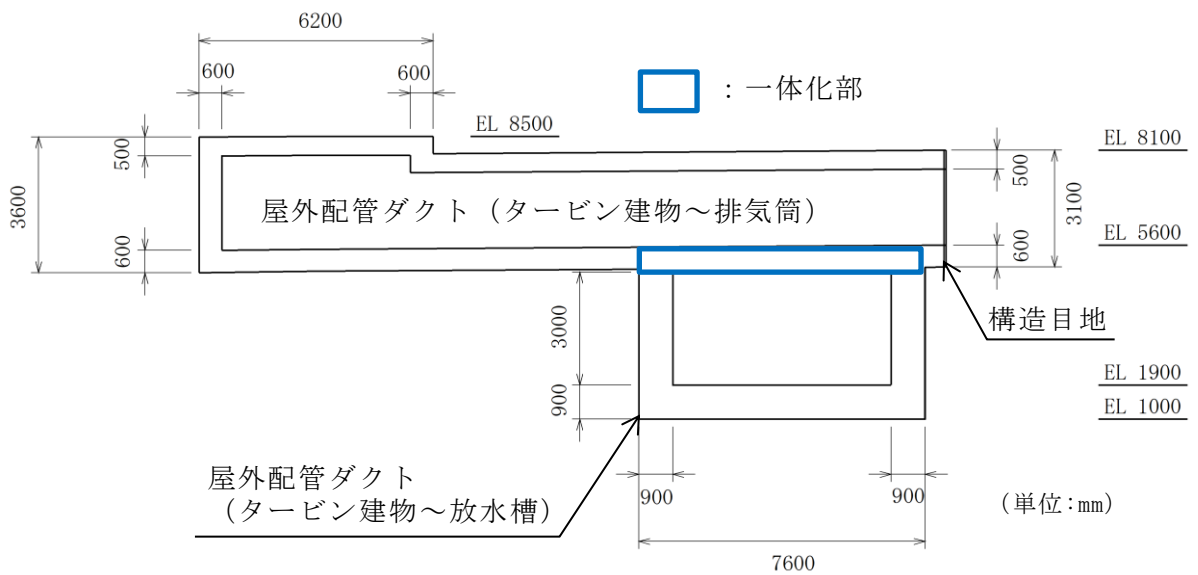


図 2-5 屋外配管ダクト (タービン建物～排気筒) 断面図 (C-C 断面)

2.3 解析方針

屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）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 及び弾性設計用地震動 S_d に対して地震応答解析を実施する。

図2-6に屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）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。

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、基礎地盤の接地圧は、屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）の耐震評価に用いる。

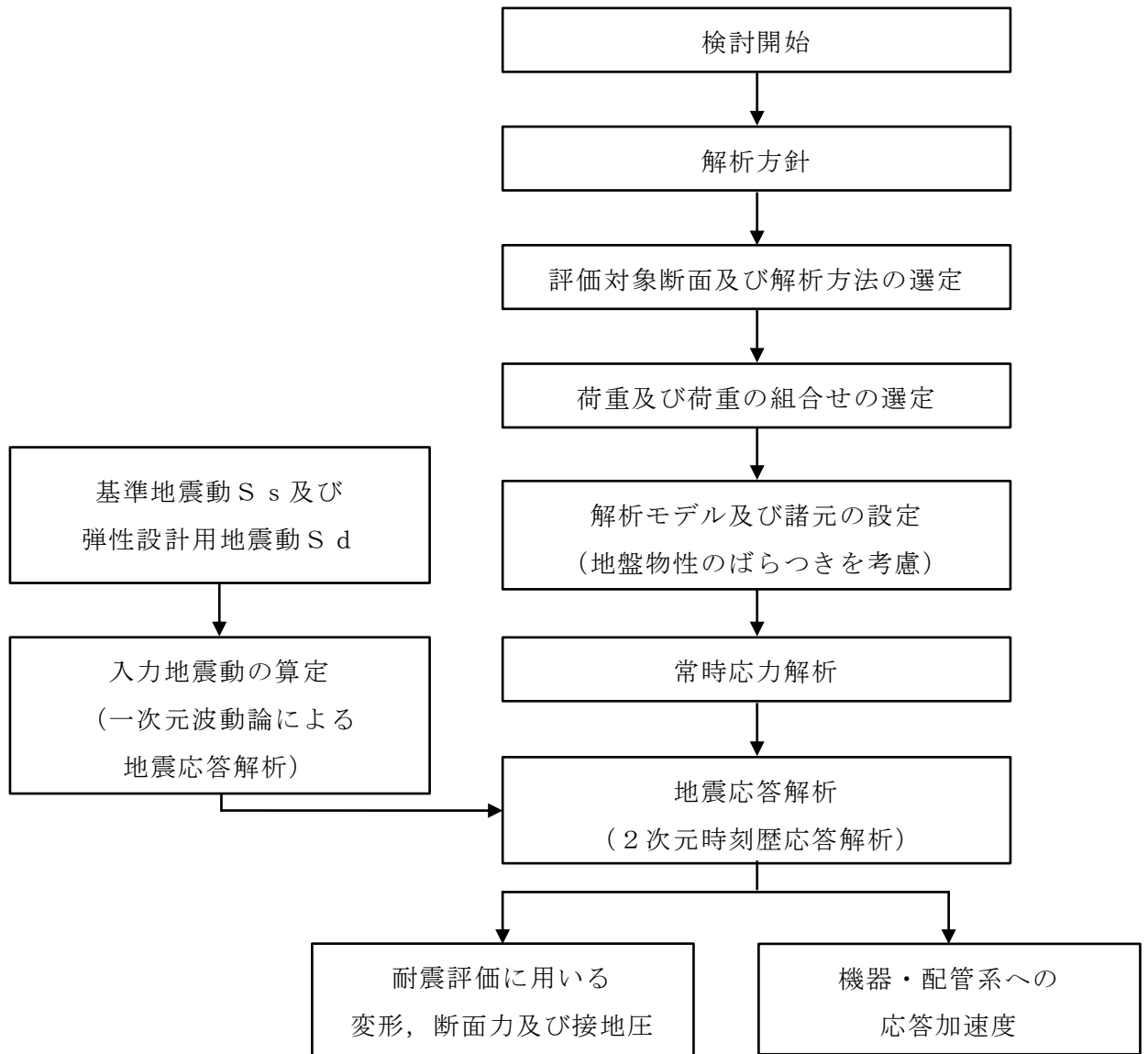


図 2-6 屋外配管ダクト (タービン建物～排気筒)
地震応答解析フロー

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（I 共通編・IV 下部構造編）（日本道路協会平成14年3月）

3. 解析方法

3.1 評価対象断面

屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）の評価対象断面位置図を図3-1に示す。

評価対象断面は、弱軸方向である図3-1のA-A断面とする。

評価対象地質断面図を図3-2に示す。

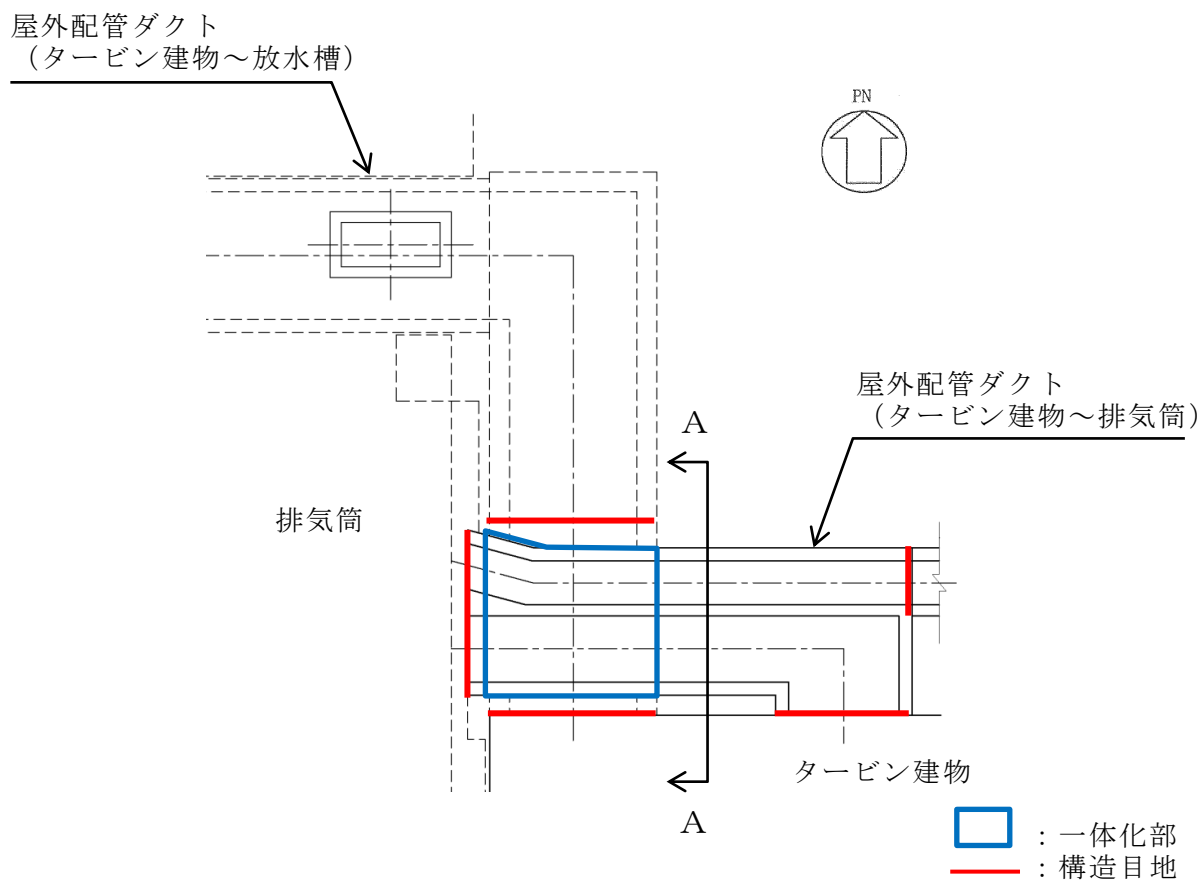


図3-1 屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）

評価対象断面位置図

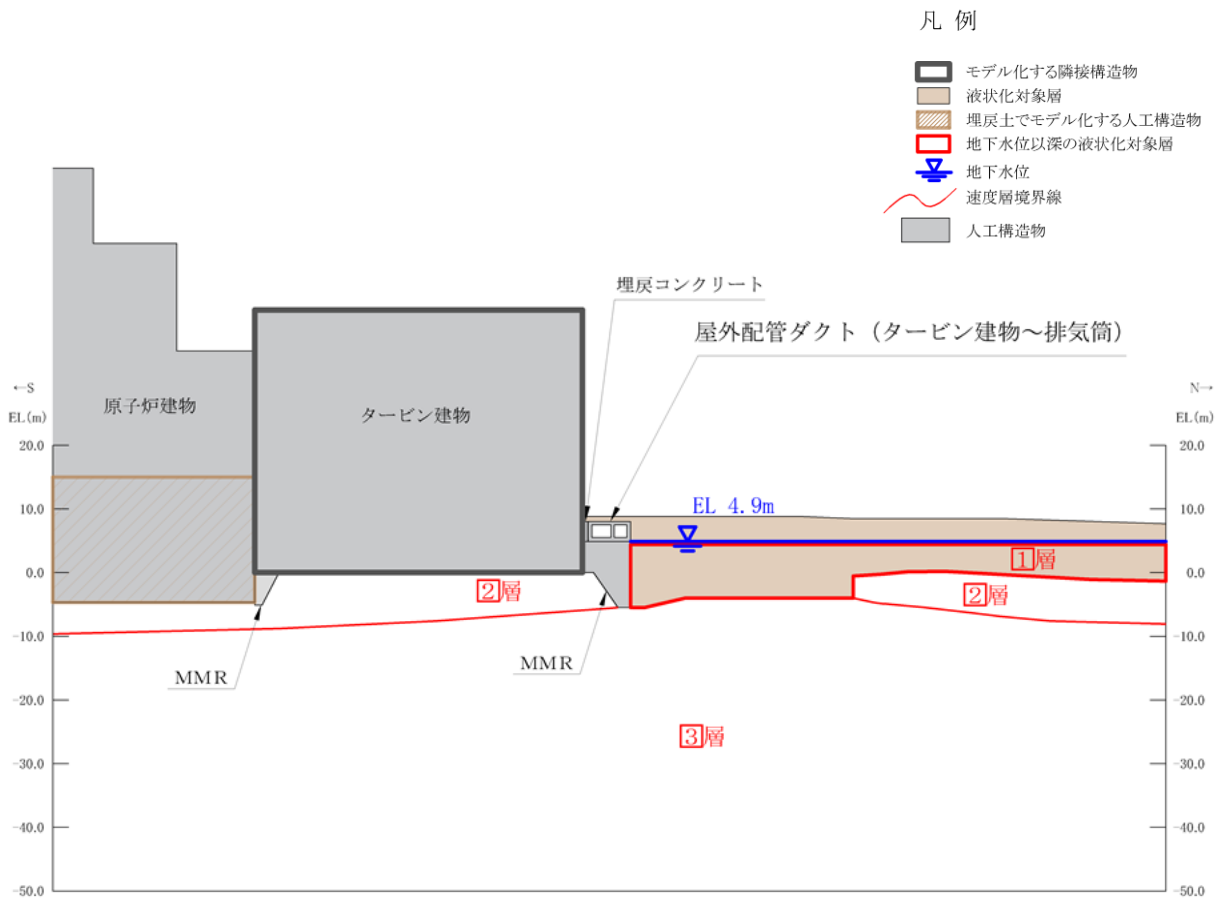


図 3-2 屋外配管ダクト (タービン建物～排気筒)

評価対象地質断面図 (A-A 断面)

3.2 解析方法

屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）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 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。

屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）は施設周辺の設計地下水位が底版より低いいため、解析手法の選定フローに基づき「全応力解析」とする。

構造部材については、非線形はり要素を用いることとし、構造部材の非線形特性については、ファイバーモデルで考慮する。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にマルチスプリングモデルを用いることとし、ばね特性は双曲線モデル（修正GHEモデル）を用いて非線形性を考慮する。なお、MMR及び埋戻コンクリートについては平面ひずみ要素でモデル化する。

地震応答解析については、解析コード「TDAPⅢ」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

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3-3参照）、図3-4に示すコンクリートの応力-ひずみ関係及び図3-5に示す鉄筋の応力-ひずみ関係を考慮する。

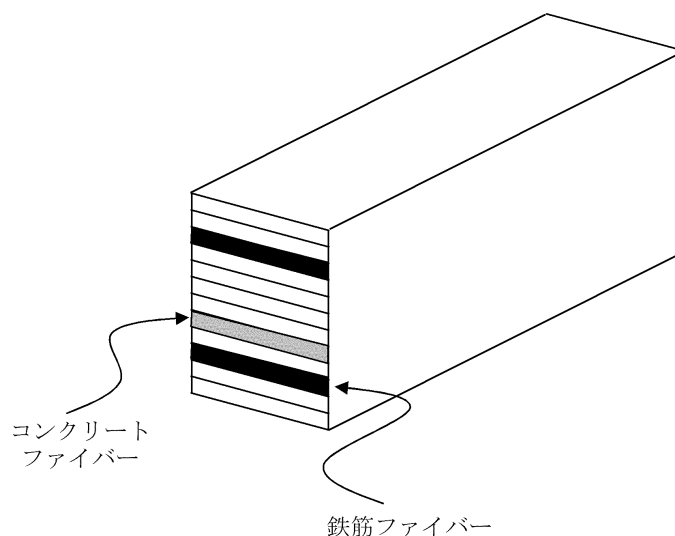
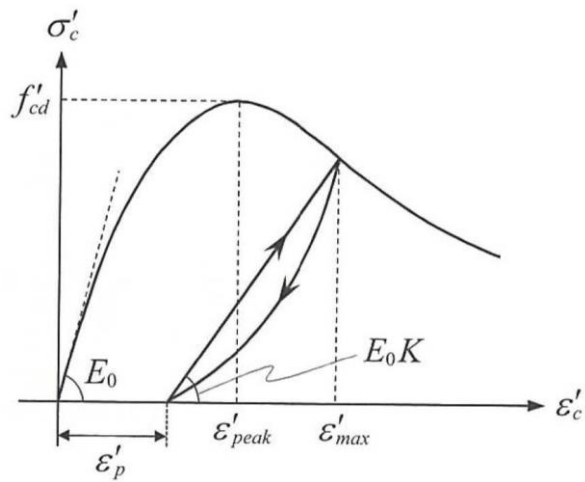
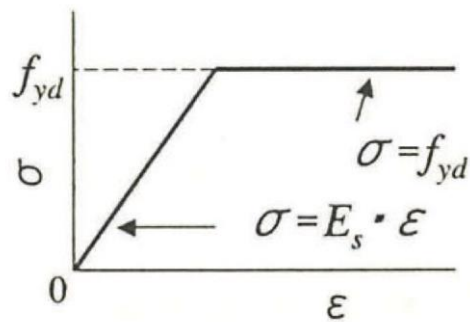


図 3-3 ファイバーモデルの概念図



(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 3-4 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 3-5 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

地盤物性のばらつきの影響を考慮するため、表 3-1 に示す解析ケースを設定する。

屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）は、MMR 上に設置され、北側に埋戻土が分布し、主たる荷重は埋戻土からの土圧となることから、埋戻土の初期せん断弾性係数のばらつきを考慮する。

解析ケースについては、せん断弾性係数の平均値を基本ケース（表 3-1 に示すケース①）とした場合に加えて、平均値 $\pm 1.0 \times$ 標準偏差（ σ ）のケース（表 3-1 に示すケース②及び③）について確認を行う。

地盤のばらつきの設定方法の詳細は、「3.2.4 地震応答解析の解析ケース選定」に示す。

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
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

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 α 、 β 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

α 、 β : 係数

表 3-2 Rayleigh 減衰における係数 α 、 β の設定結果

評価対象断面	α	β
A-A 断面	4.93×10^{-1}	4.031×10^{-4}

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

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（表3-3に示すケース①）を実施する。基本ケースにおいて、曲げ・軸力系の破壊、せん断破壊及び地盤の支持力照査の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、最も厳しい地震動を用いて、表3-3に示す解析ケース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、照査値が最も厳しくなる地震動を用いて表3-3に示す解析ケース②及び③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	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、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。
		-+*	○	
		+ -*	○	
		--*	○	
	$S_s - F1$	++*	○	
	$S_s - F2$	++*	○	
	$S_s - N1$	++*	○	
		-+*	○	
	$S_s - N2$ (NS)	++*	○	
		-+*	○	
$S_s - N2$ (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

機器・配管系に対する応答加速度抽出においては、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波を用いて表3-4に示す解析ケース①～③を行う。

弾性設計用地震動による機器・配管系の耐震評価に適用する解析ケースについては、表3-5に示す解析ケース①～③について、弾性設計用地震動 S_d 全波（7波）及びこれらに位相反転を考慮した地震動（9波）を加えた全16波を用いて解析を行う。

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（基準地震動 S_s ）

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 ($+1\sigma$) を考慮した解析ケース	地盤物性のばらつき (-1σ) を考慮した解析ケース	
地盤物性		平均値	平均値 $+1\sigma$	平均値 -1σ	
地震動 (位相)	$S_s - D$	++*	○	○	○
		-+*	○	○	○
		+-*	○	○	○
		--*	○	○	○
	$S_s - F1$	++*	○	○	○
	$S_s - F2$	++*	○	○	○
	$S_s - N1$	++*	○	○	○
		-+*	○	○	○
	$S_s - N2$ (NS)	++*	○	○	○
		-+*	○	○	○
	$S_s - N2$ (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。

表 3-5 機器・配管系の応答加速度抽出のための解析ケース（弾性設計用地震動 S d）

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 (+1σ) を考慮した解析ケース		地盤物性のばらつき (-1σ) を考慮した解析ケース	
地盤物性		平均値		平均値 + 1σ		平均値 - 1σ	
地震動 (位相)	S d - D	++*	○	○	○	○	○
		-+*	○	○	○	○	
		+ - *	○	○	○	○	
		--*	○	○	○	○	
	S d - F 1	++*	○	○	○	○	
	S d - F 2	++*	○	○	○	○	
	S d - N 1	++*	○	○	○	○	
		-+*	○	○	○	○	
	S d - N 2 (NS)	++*	○	○	○	○	
		-+*	○	○	○	○	
	S d - N 2 (EW)	++*	○	○	○	○	
		-+*	○	○	○	○	
	S d - 1	++*	○	○	○	○	
		-+*	○	○	○	○	
		+ - *	○	○	○	○	
		--*	○	○	○	○	

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

屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）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。埋設構造物であるため、風の影響は考慮しない。

(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

屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）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・配管荷重を考慮する。

(2) 積載荷重（P）

積載荷重として、水圧、土圧及び積雪荷重（ P_s ）を考慮する。

(3) 積雪荷重（ P_s ）

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（平成17年3月31日松江市規則第234号）**」により、積雪量1cmごとに 20N/m^2 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_s ）

基準地震動 S_s による荷重を考慮する。

(5) 地震荷重（ S_d ）

弾性設計用地震動 S_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 3-6 に示す。

表 3-6 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
地震時 (S _s)	G + P + S _s
地震時 (S _d) *	G + P + S _d

注記* : 機器・配管系の耐震設計に用いる。

G : 固定荷重

P : 積載荷重

S_s : 地震荷重 (基準地震動 S_s)

S_d : 地震荷重 (弾性設計用地震動 S_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 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3-6に入力地震動算定の概念図を，図3-7～図3-40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」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。

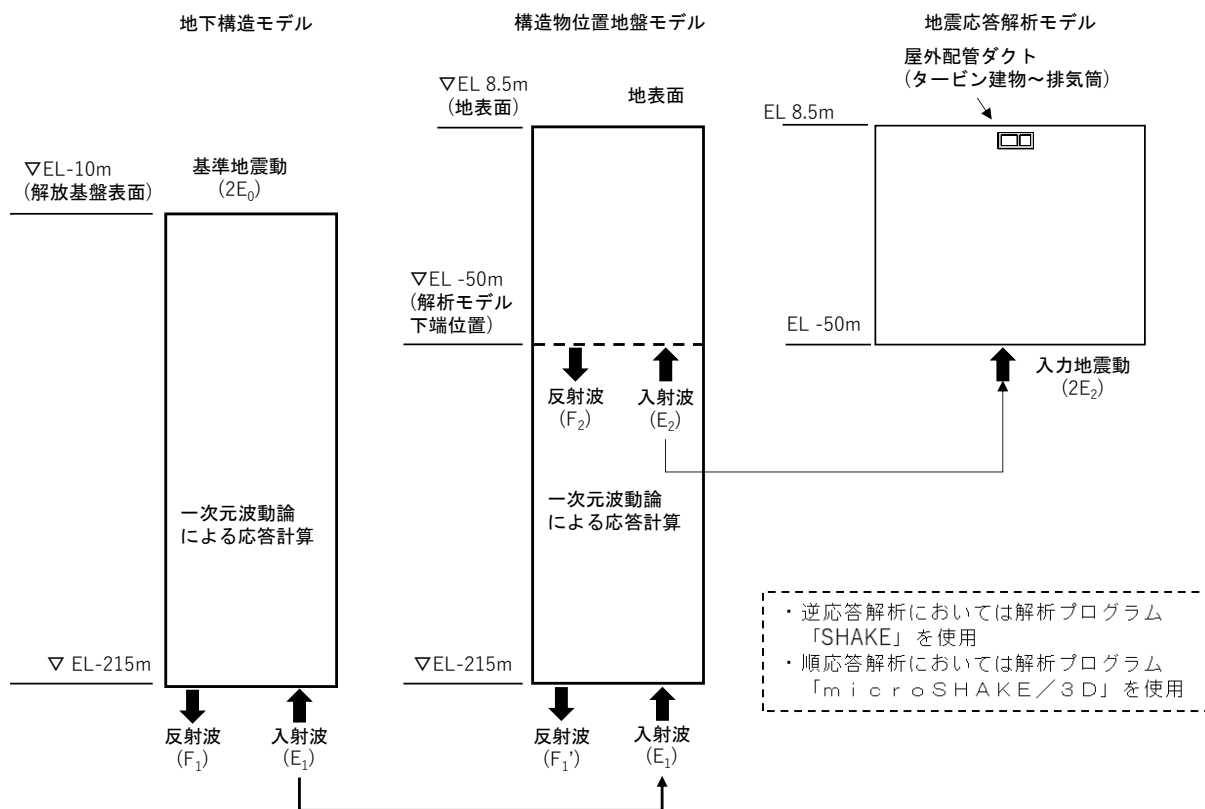
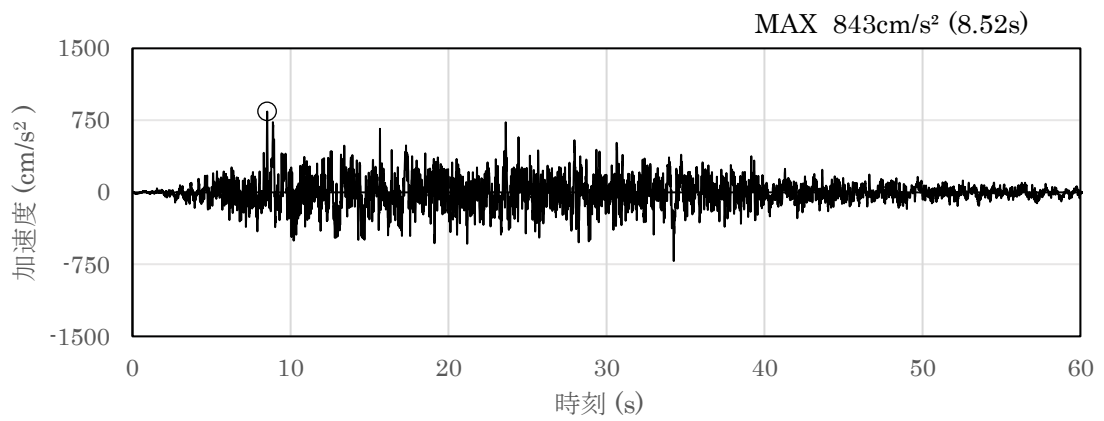
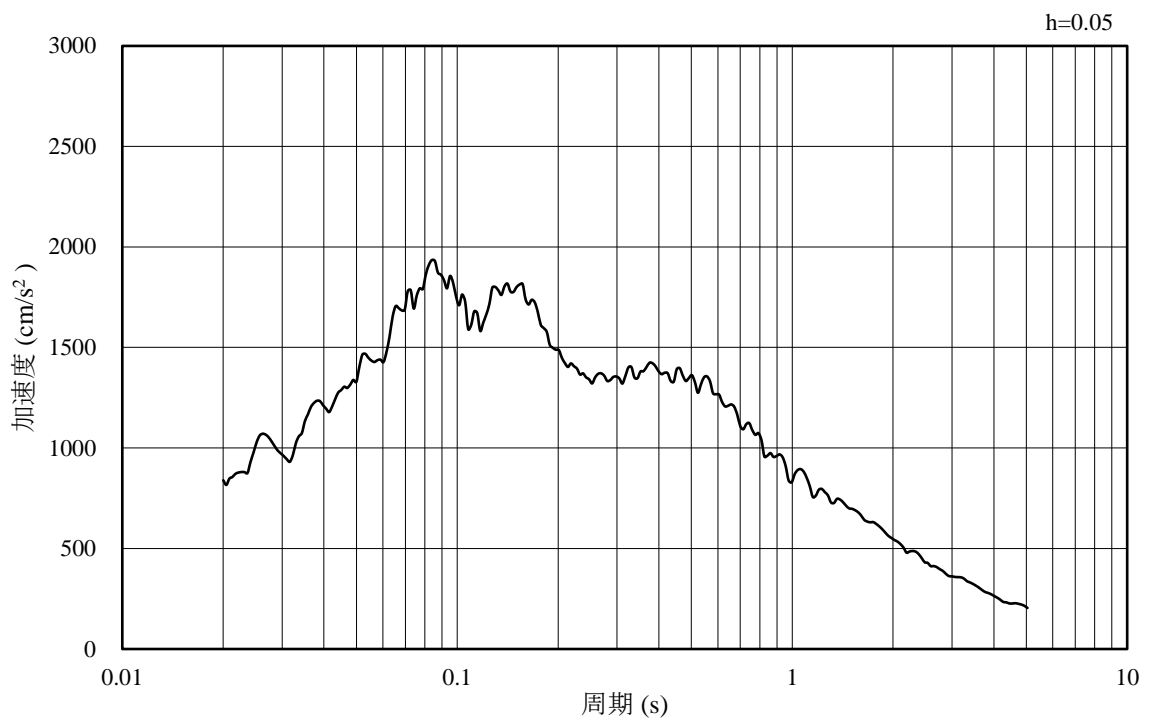


図3-6 入力地震動算定の概念図

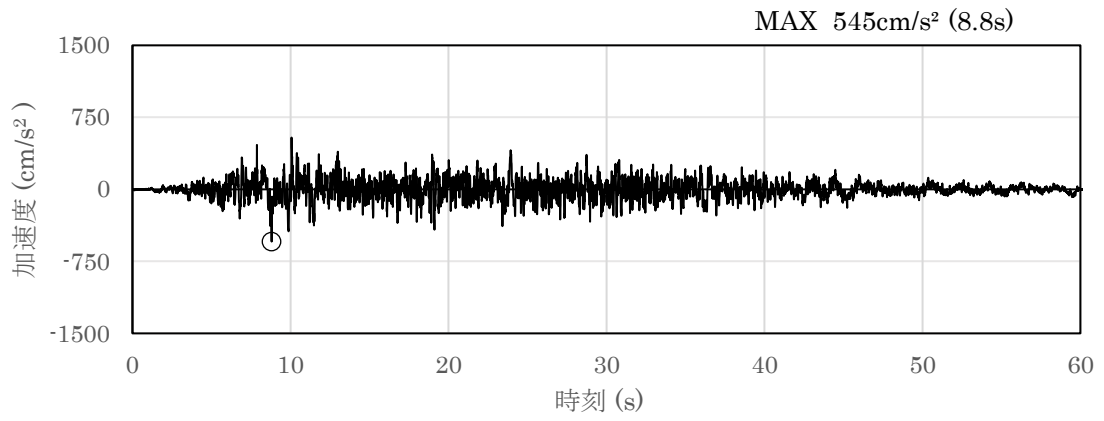


(a) 加速度時刻歴波形

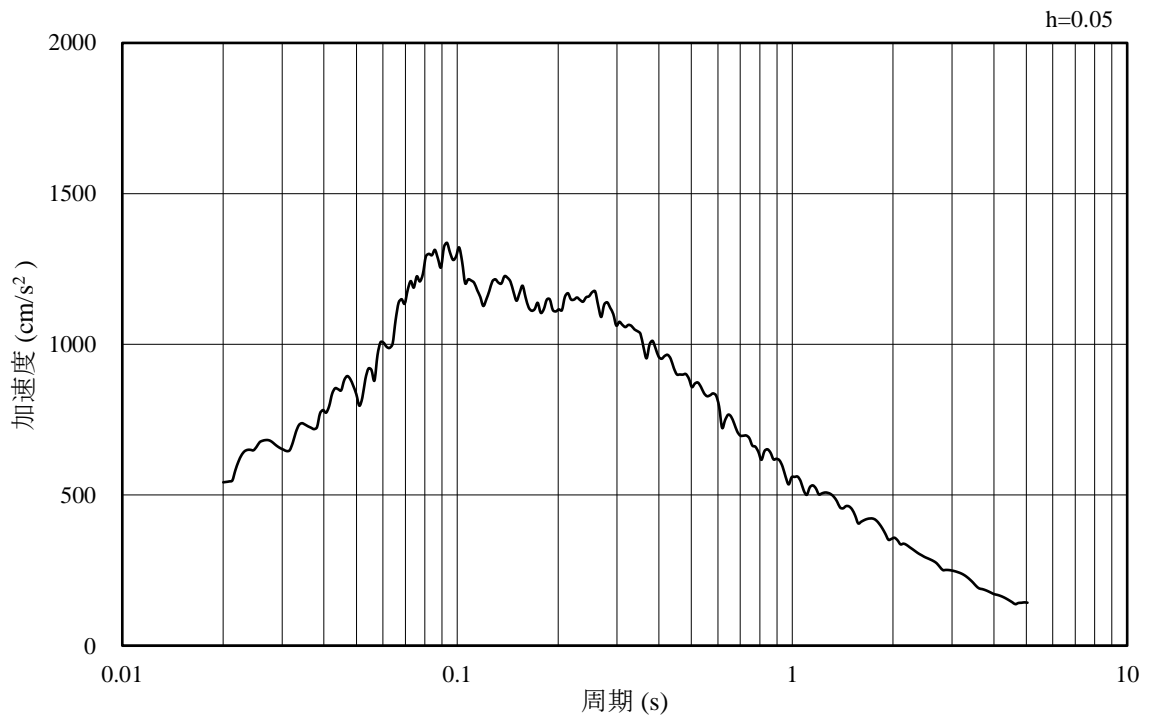


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-7 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分：S s - D)



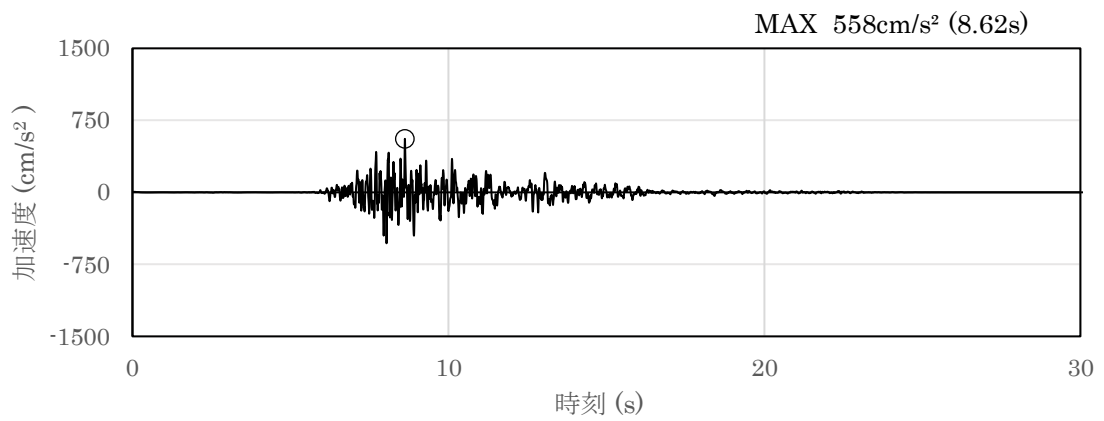
(a) 加速度時刻歴波形



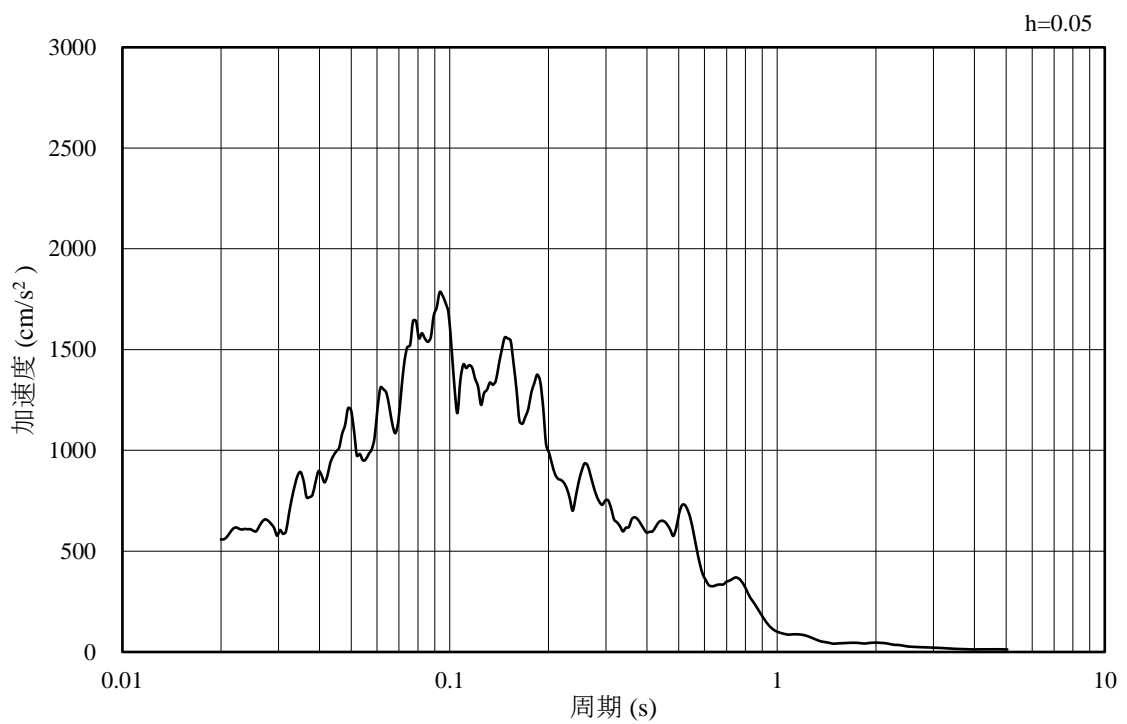
(b) 加速度応答スペクトル

図 3-8 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル

(鉛直成分：S s - D)

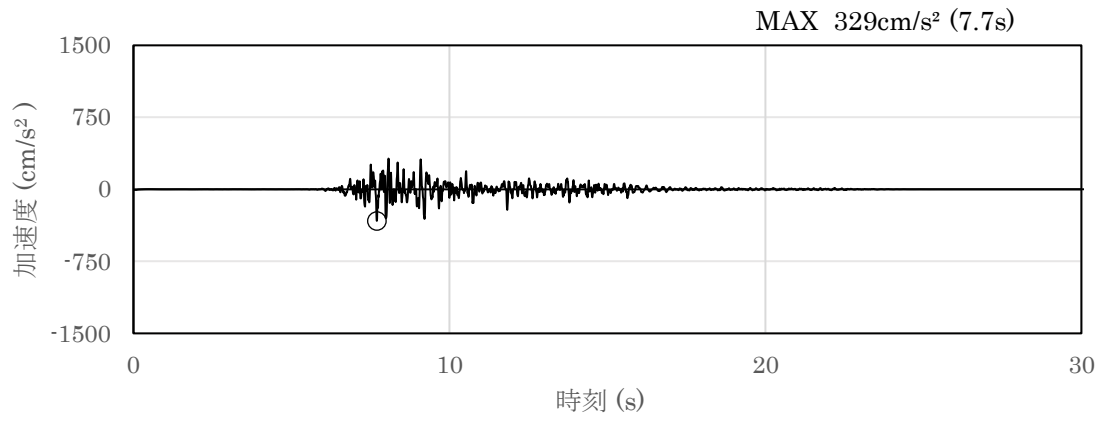


(a) 加速度時刻歴波形

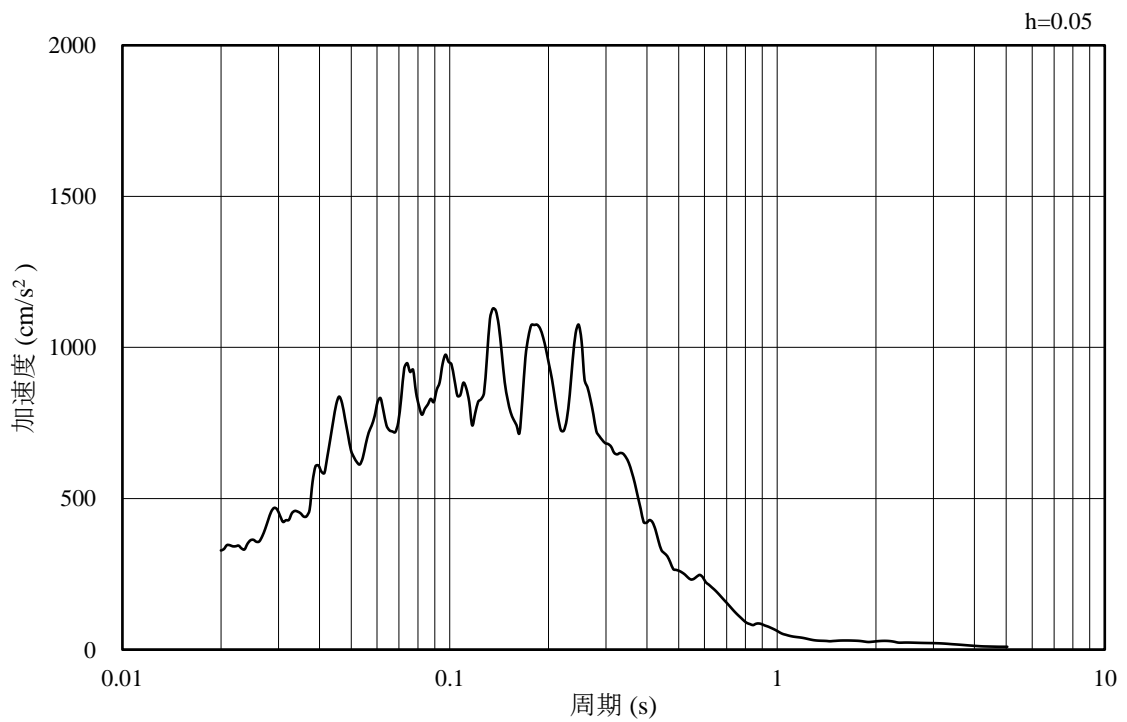


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-9 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分：S s - F 1, (NS))

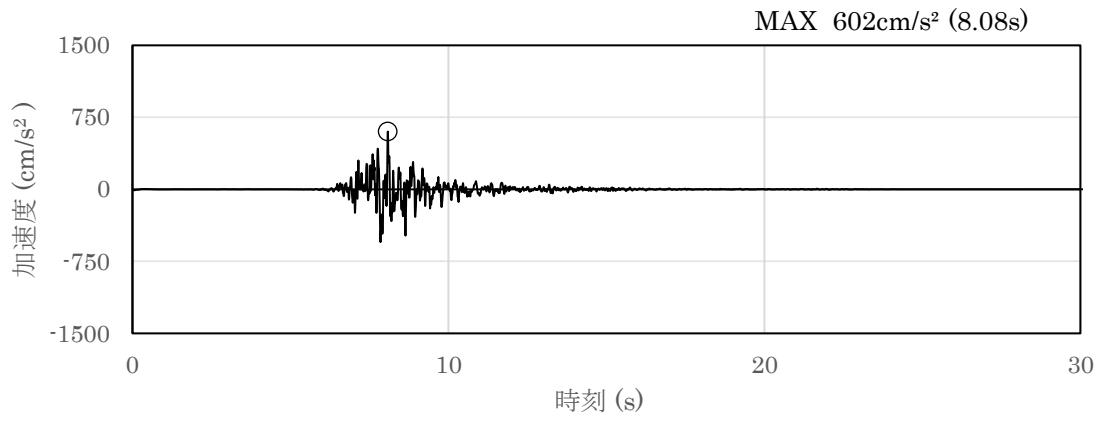


(a) 加速度時刻歴波形

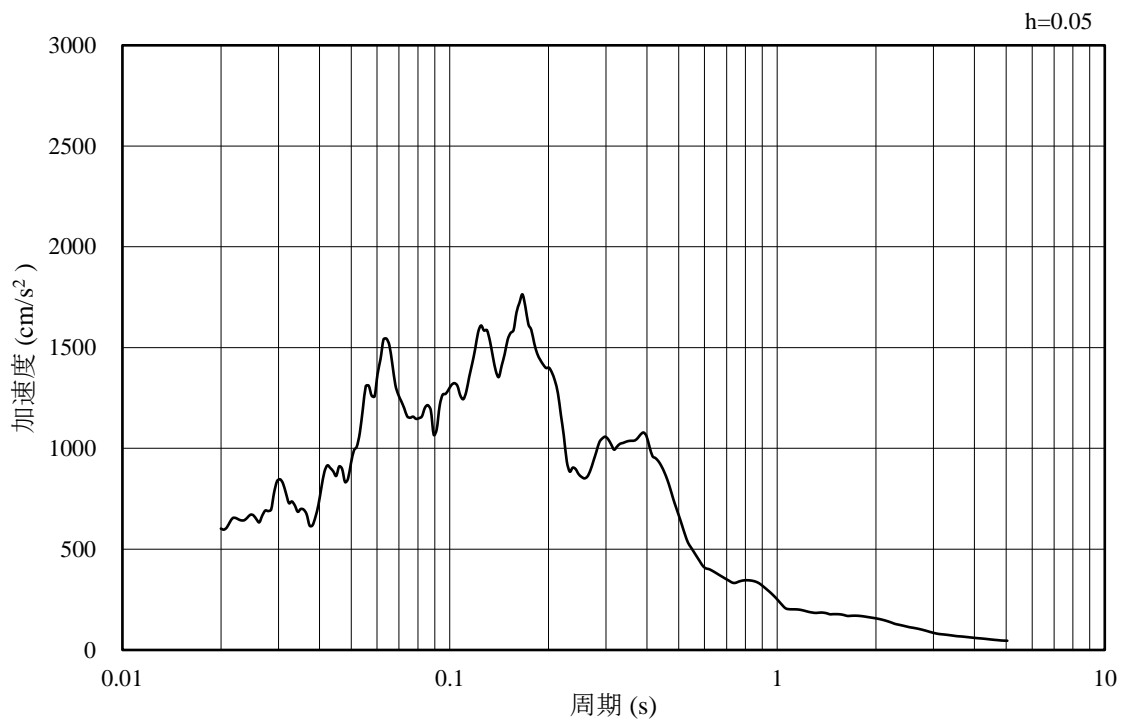


(b) 加速度応答スペクトル

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
(鉛直成分：S s - F 1, (NS))

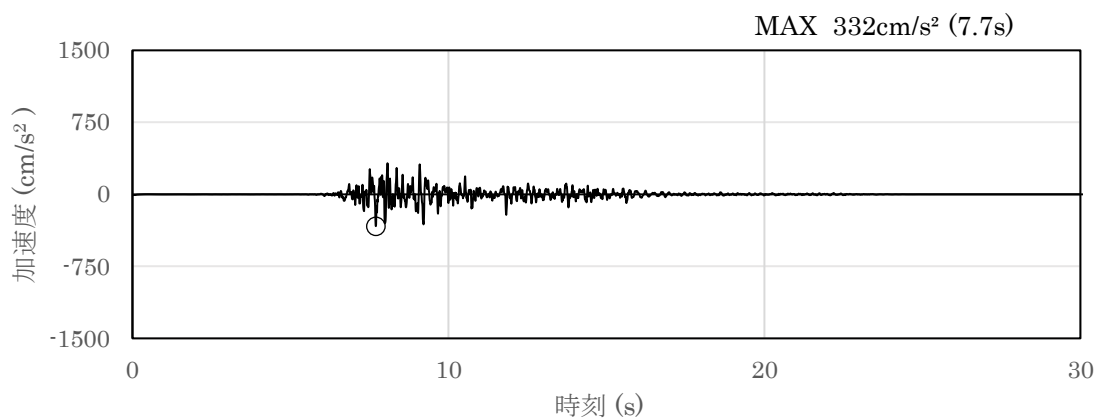


(a) 加速度時刻歴波形

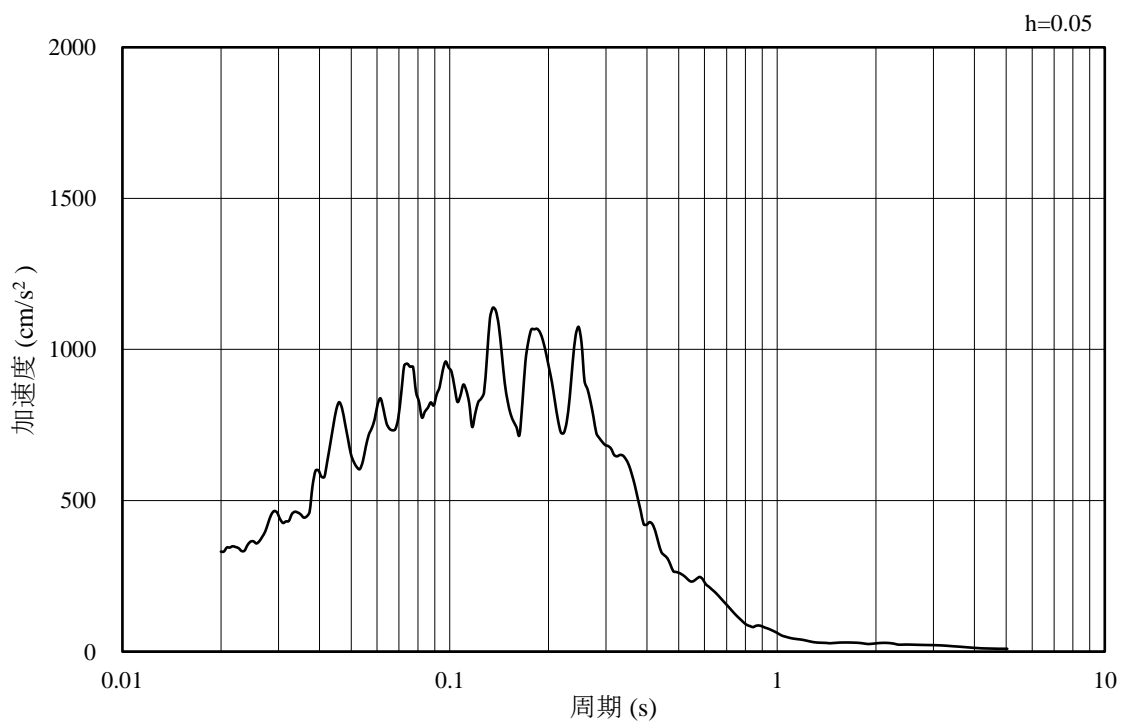


(b) 加速度応答スペクトル

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
(水平成分：S s - F 1, (E W))

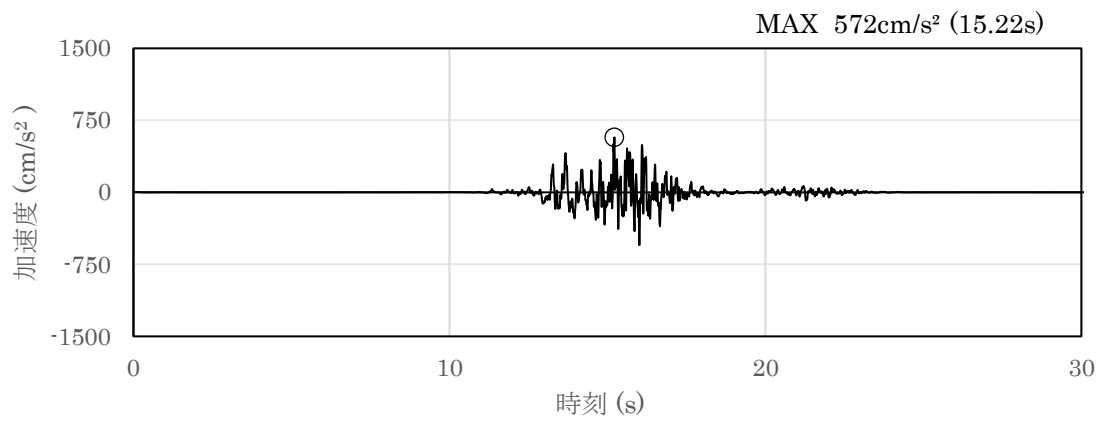


(a) 加速度時刻歴波形

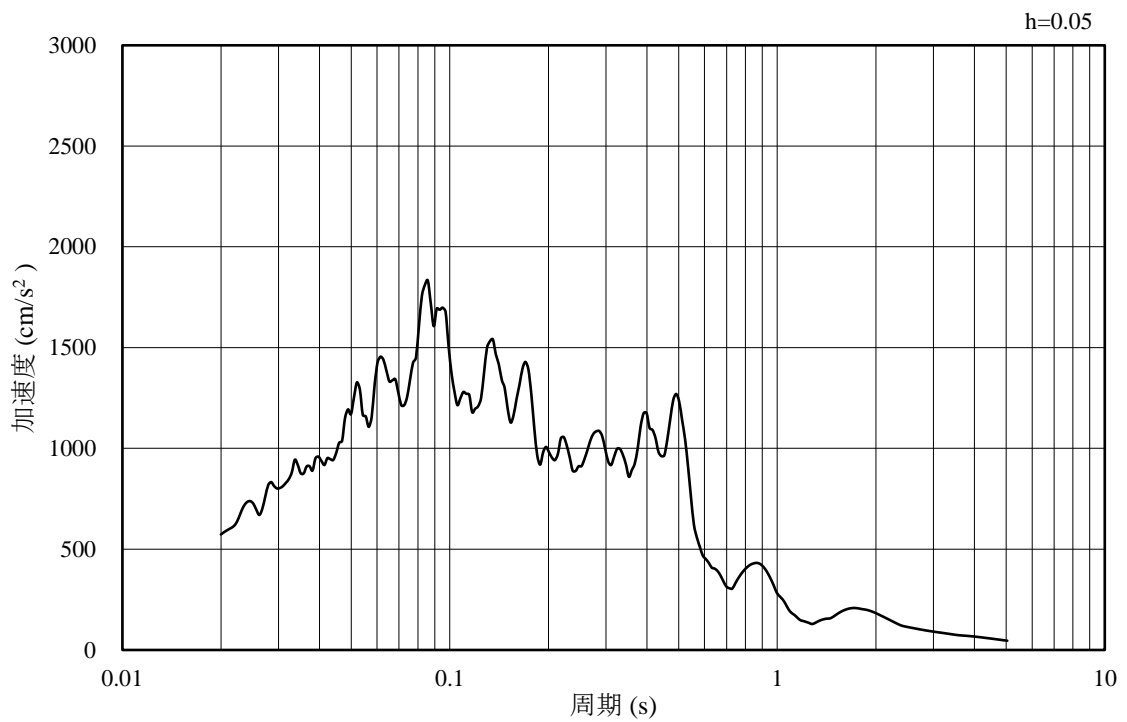


(b) 加速度応答スペクトル

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
(鉛直成分：S s - F 1, (E W))

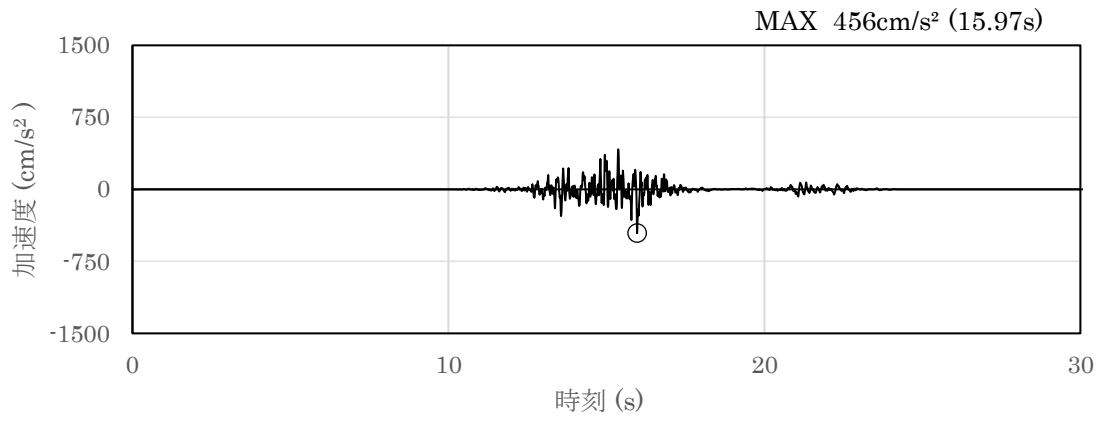


(a) 加速度時刻歴波形

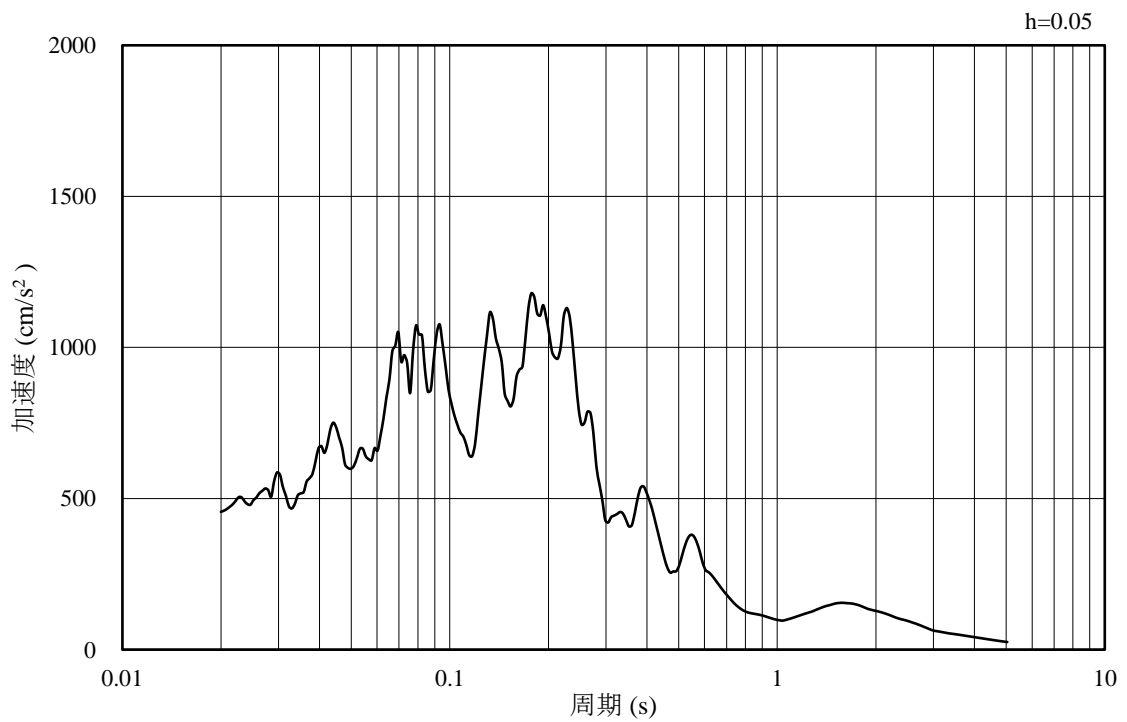


(b) 加速度応答スペクトル

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
(水平成分 : S s - F 2, (N S))

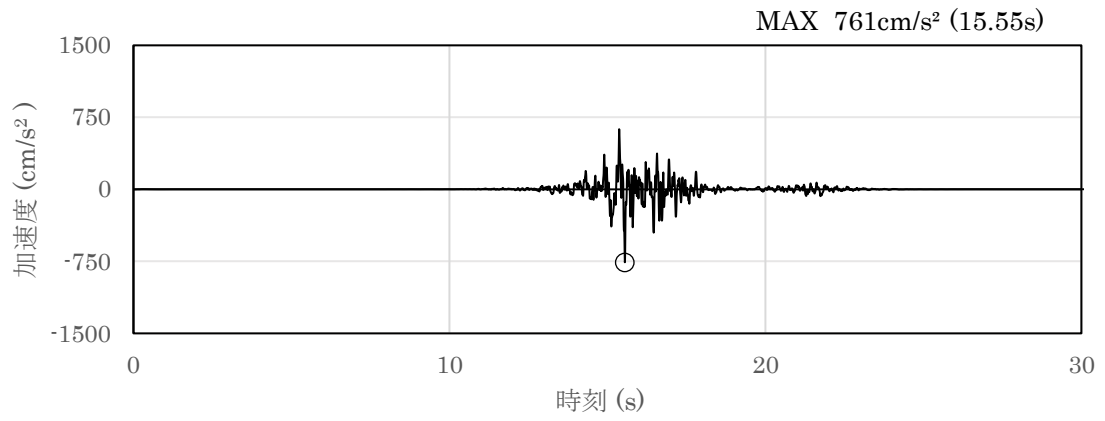


(a) 加速度時刻歴波形

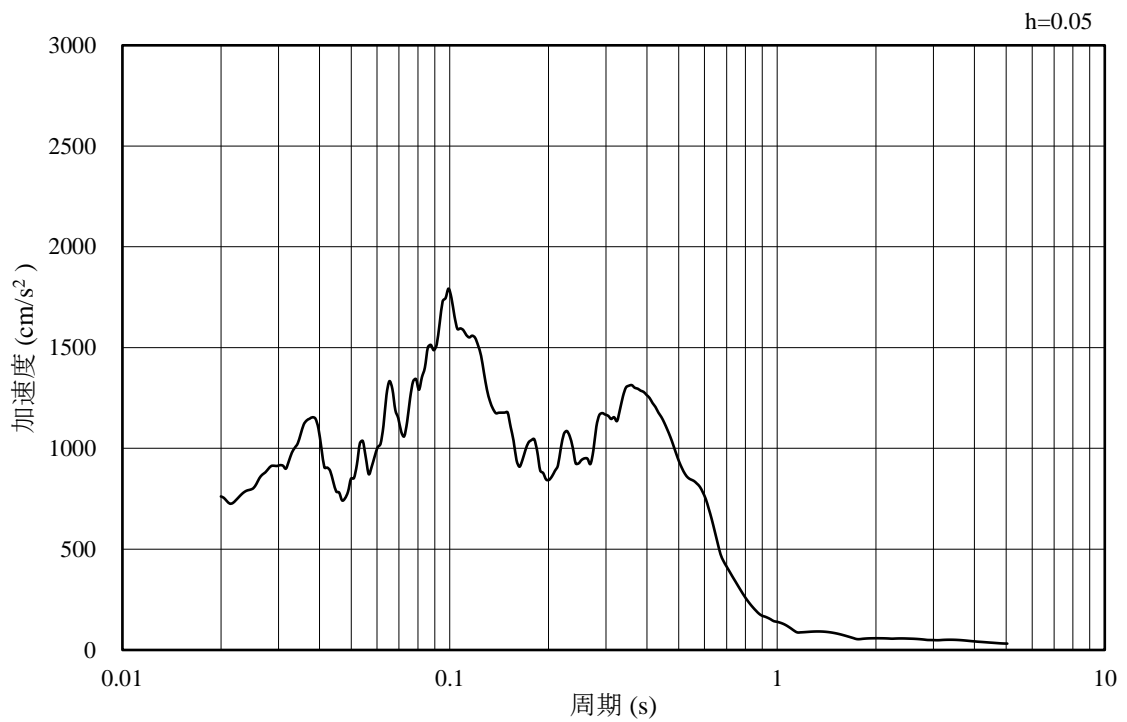


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-14 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S s - F 2, (N S))

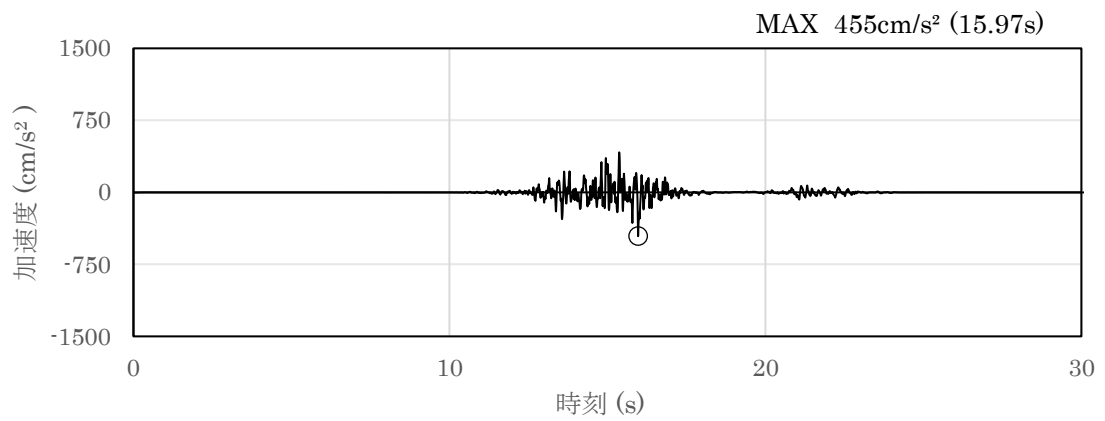


(a) 加速度時刻歴波形

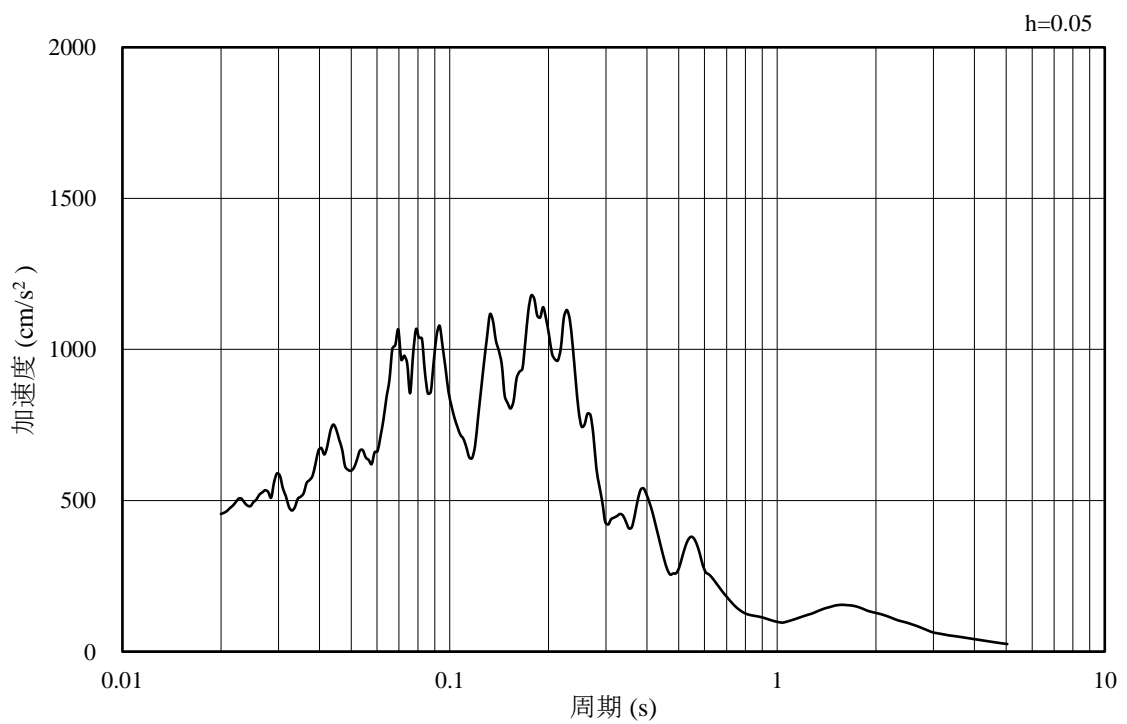


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-15 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分 : S s - F 2, (E W))

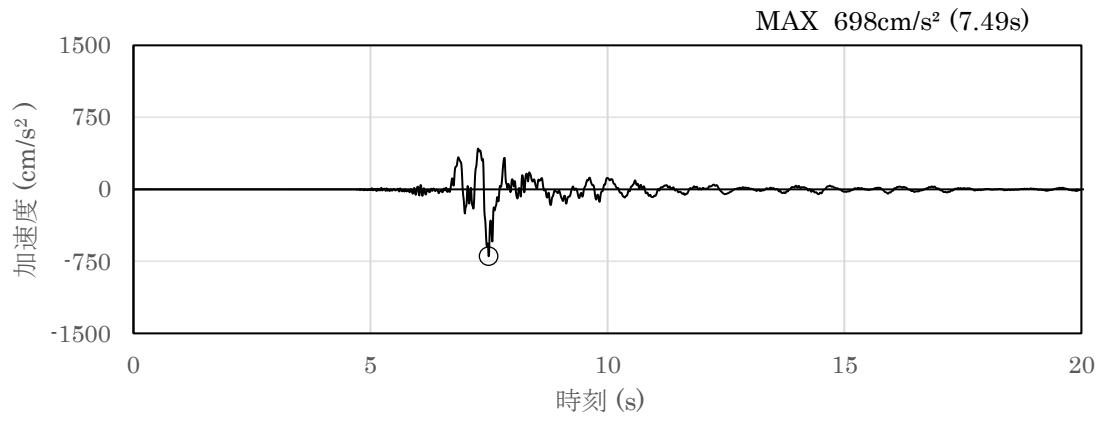


(a) 加速度時刻歴波形

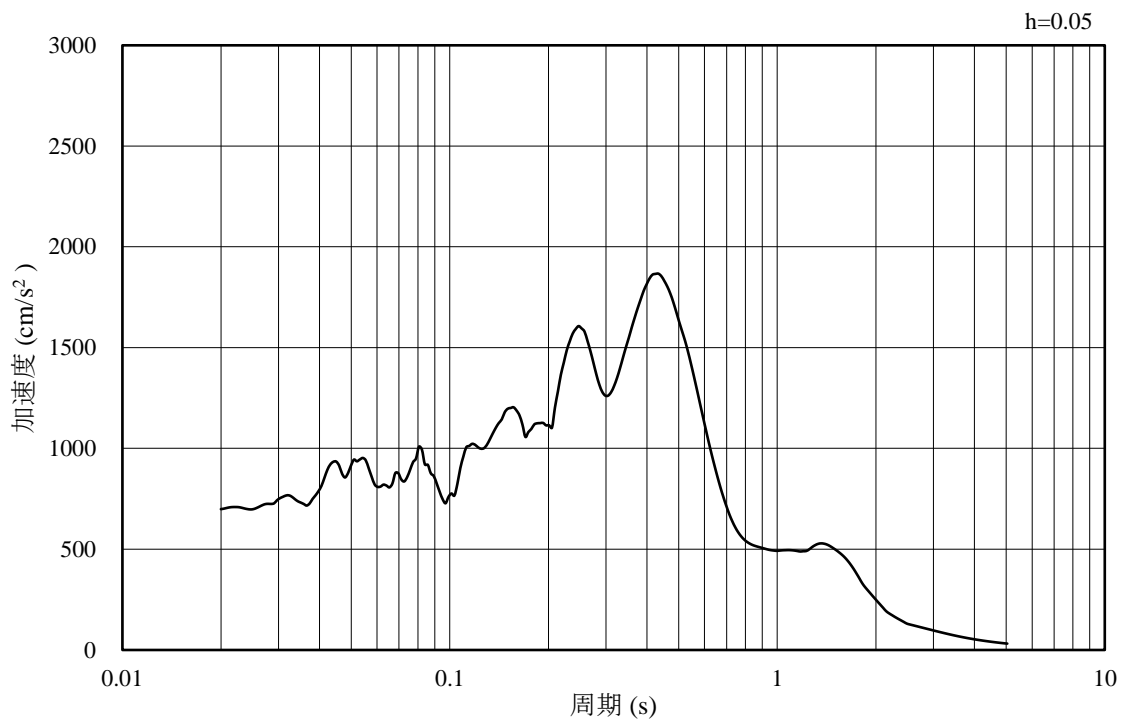


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-16 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S s - F2, (E W))

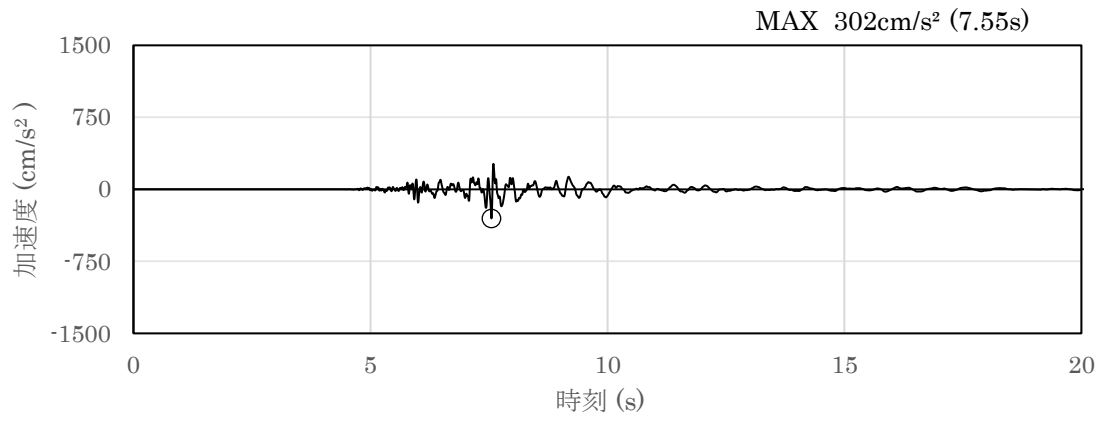


(a) 加速度時刻歴波形

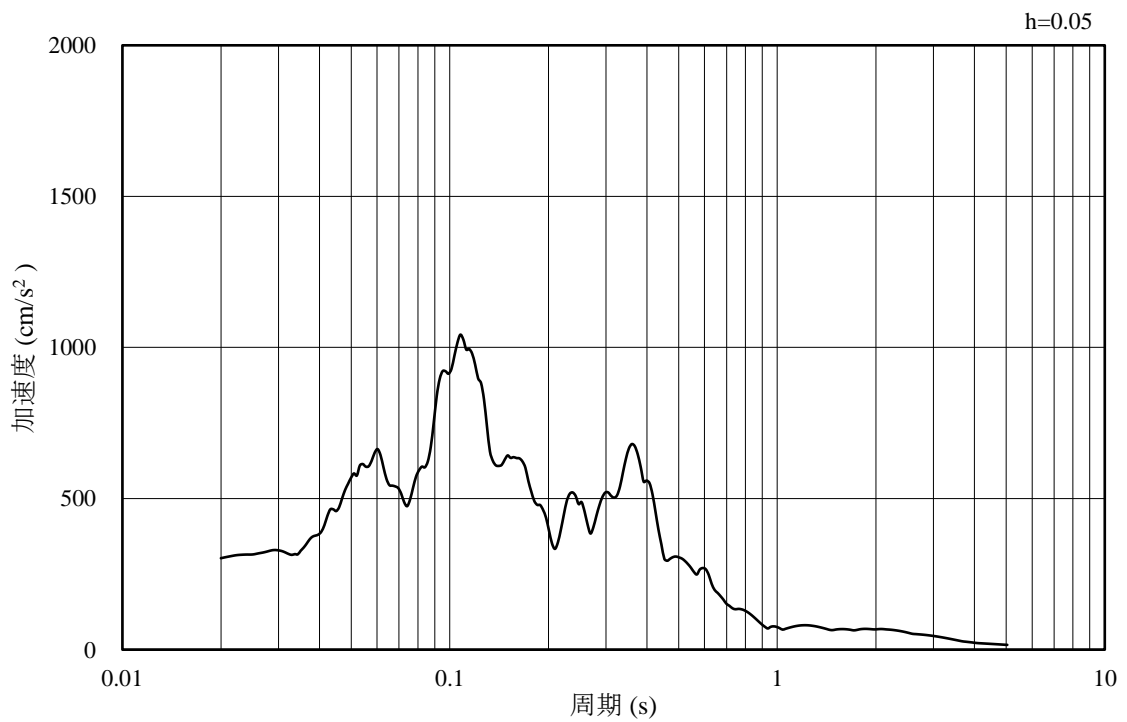


(b) 加速度応答スペクトル

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
(水平成分 : S s - N 1)

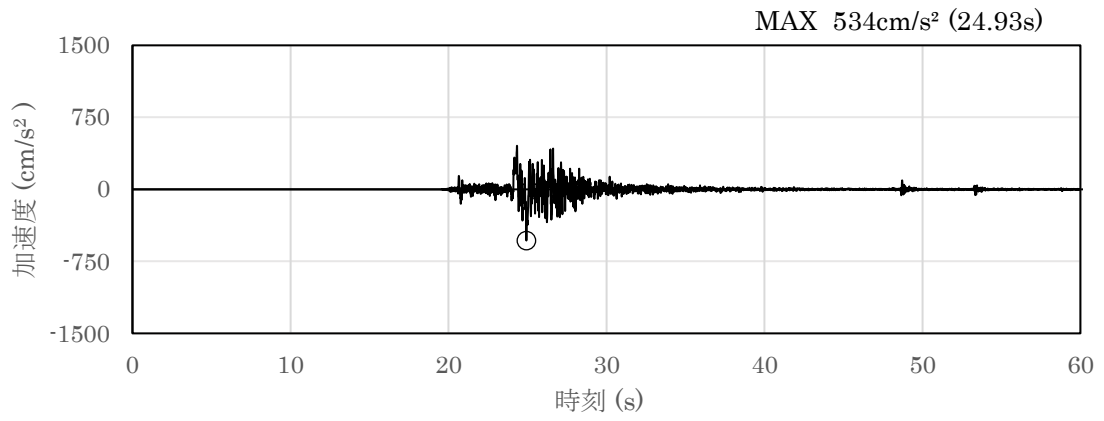


(a) 加速度時刻歴波形

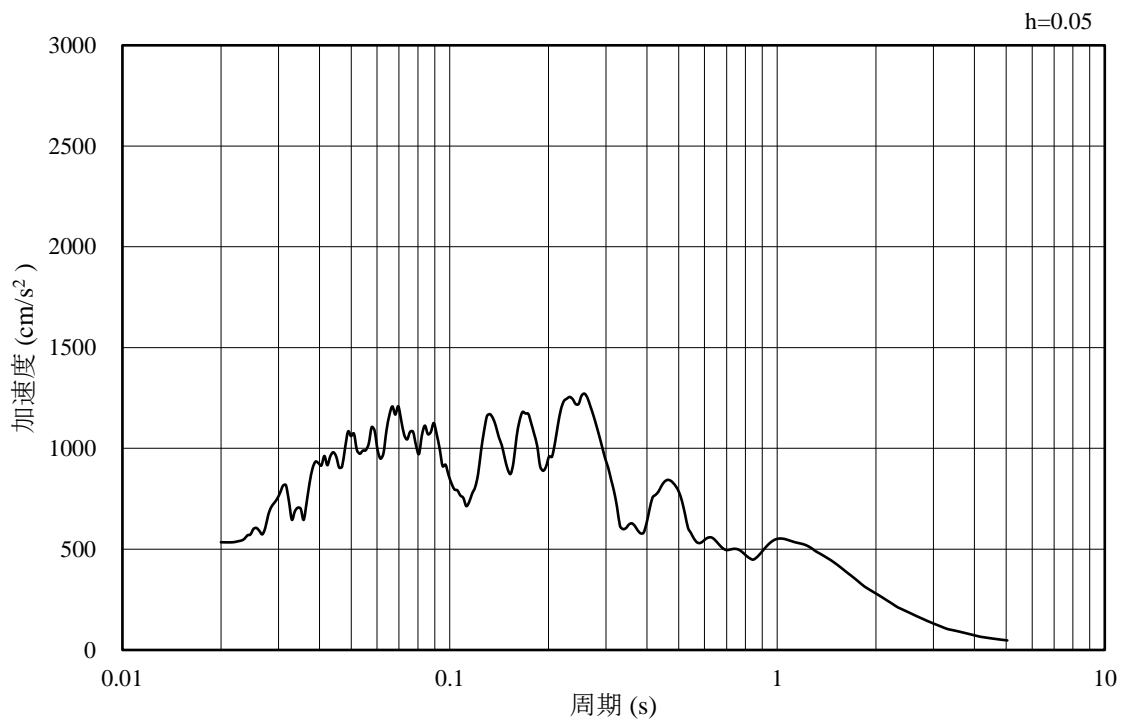


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-18 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
(鉛直成分：S s - N 1)

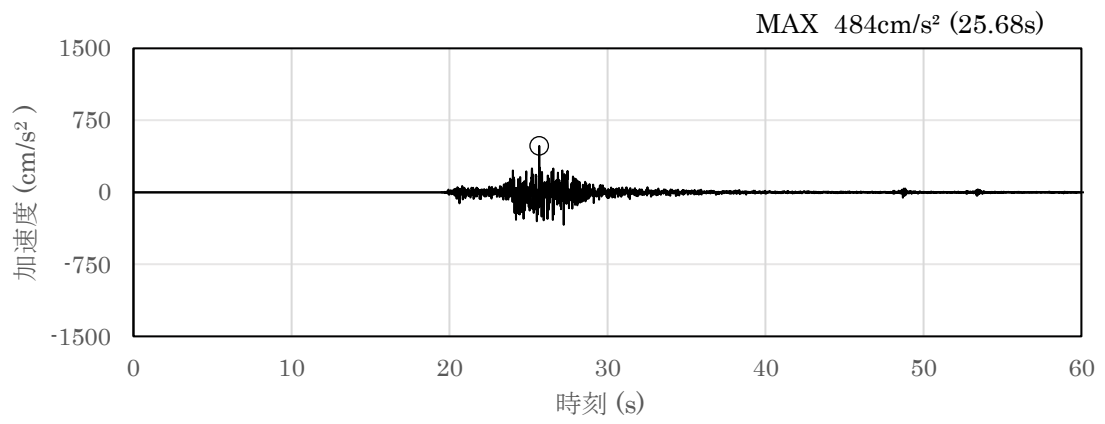


(a) 加速度時刻歴波形

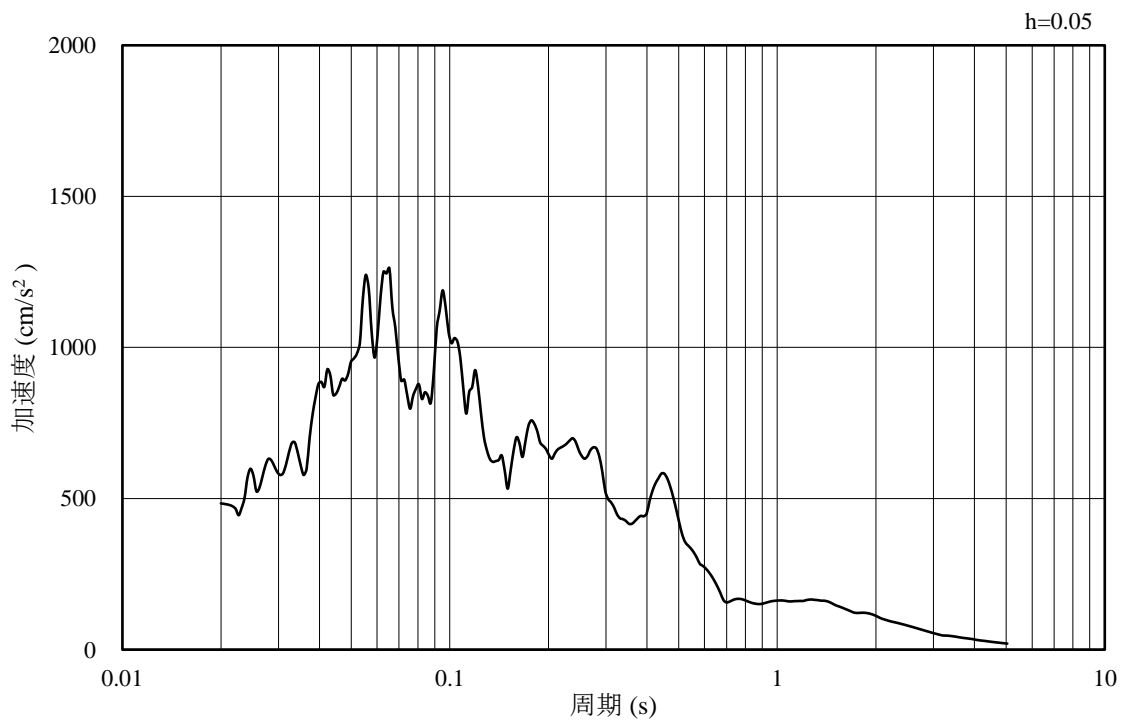


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-19 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
(水平成分：S s - N 2, (N S))

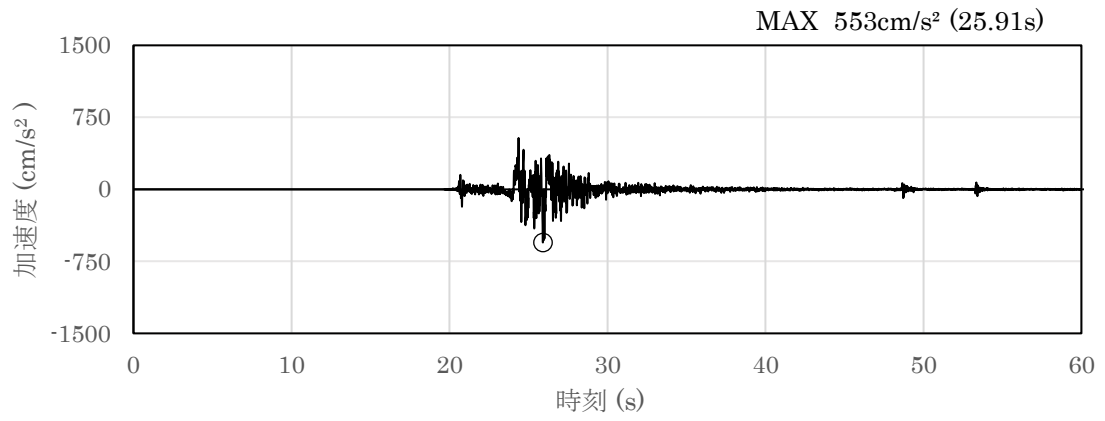


(a) 加速度時刻歴波形

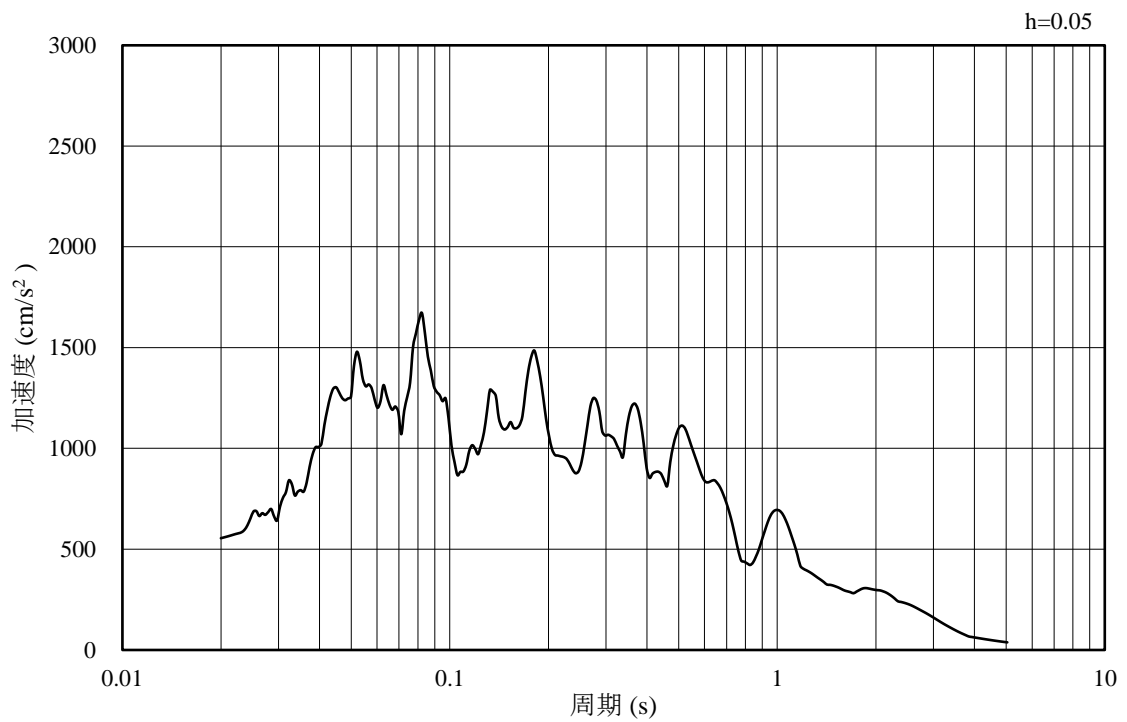


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-20 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
(鉛直成分：S s - N 2, (N S))

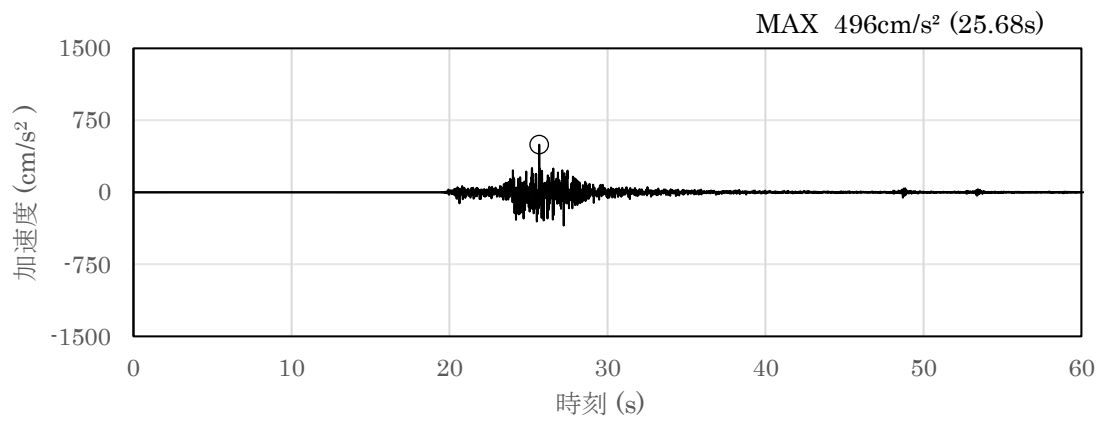


(a) 加速度時刻歴波形

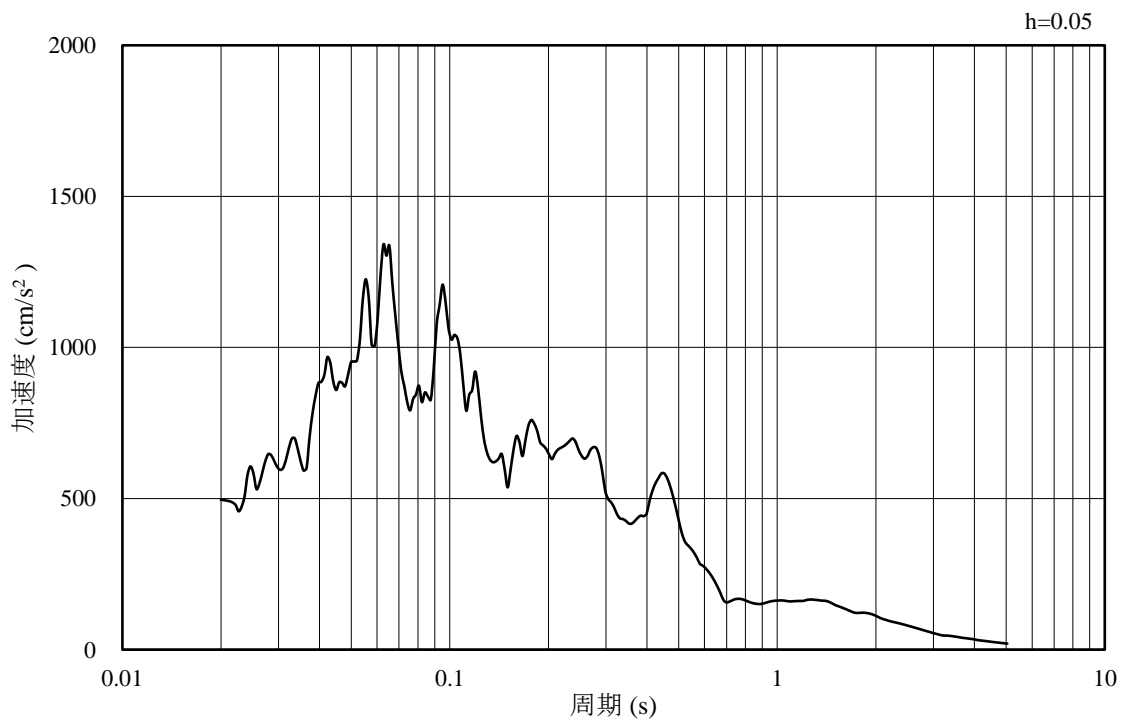


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-21 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
(水平成分：S s - N 2, (E W))

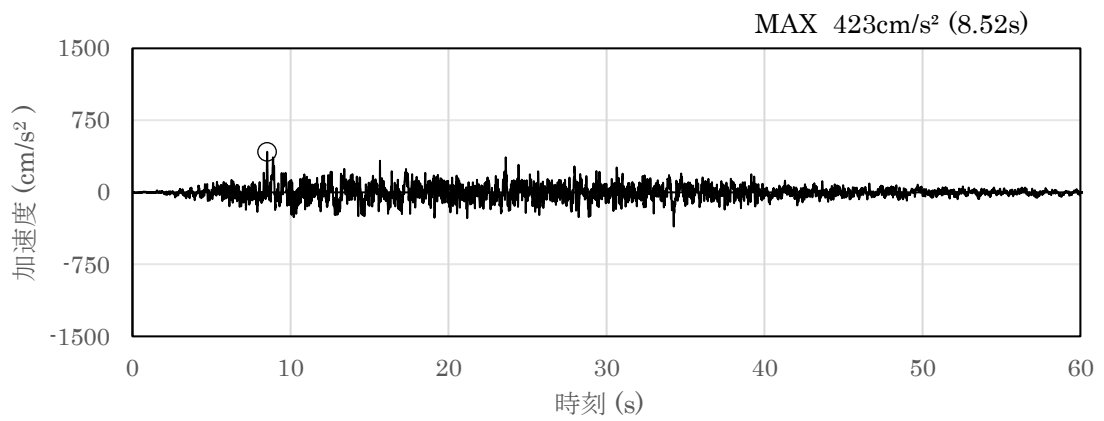


(a) 加速度時刻歴波形

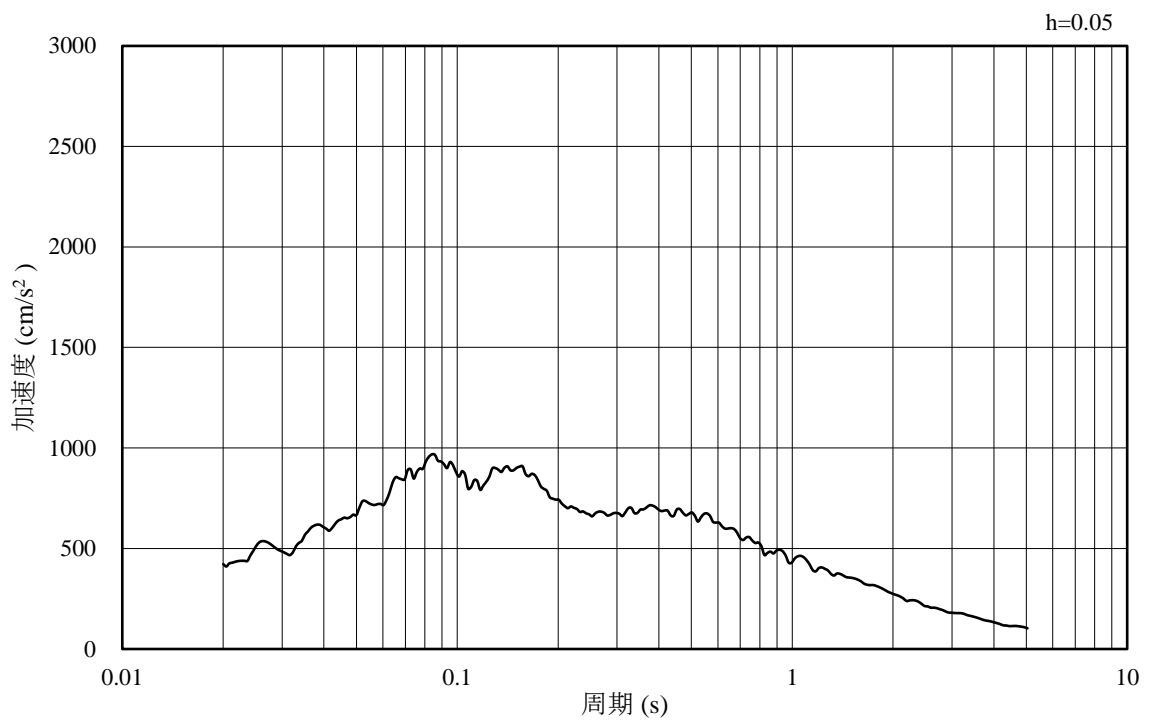


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-22 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
(鉛直成分：S s - N 2, (E W))

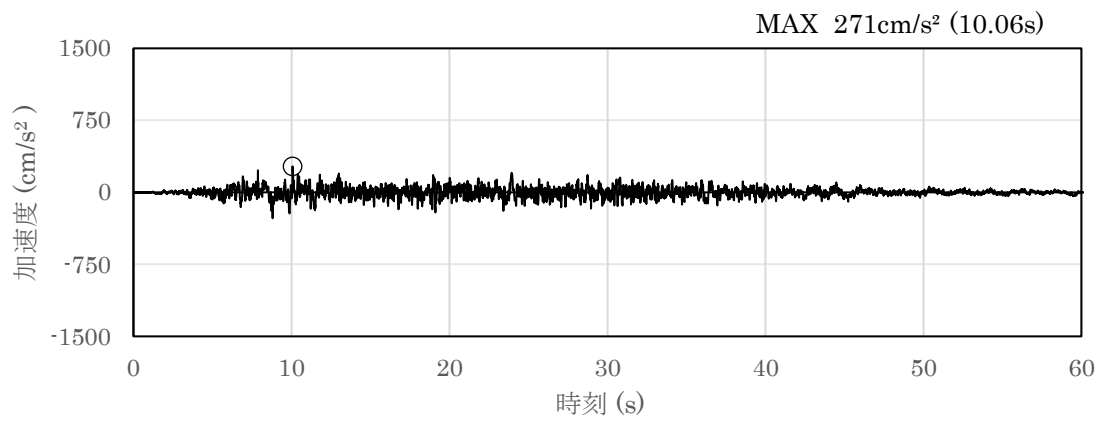


(a) 加速度時刻歴波形

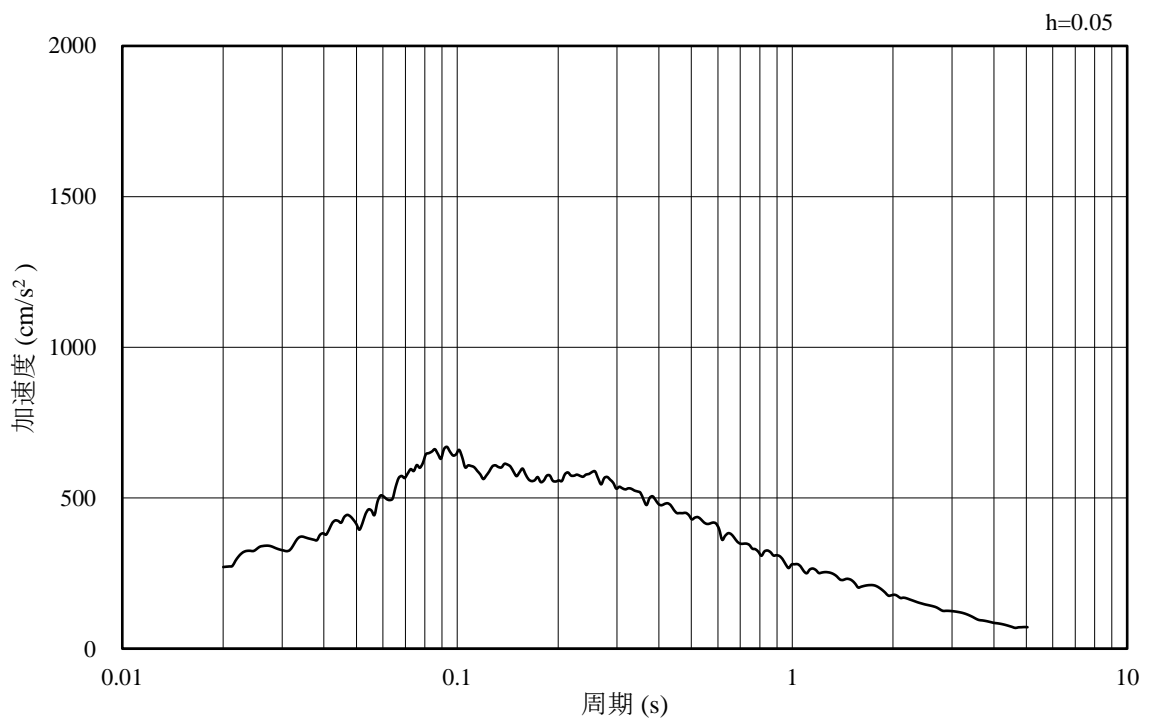


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-23 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
(水平成分：S d - D)

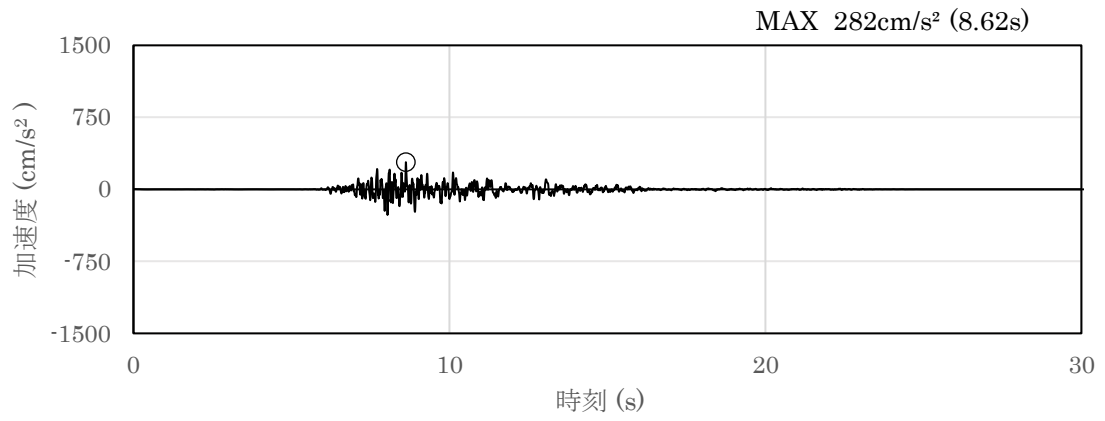


(a) 加速度時刻歴波形

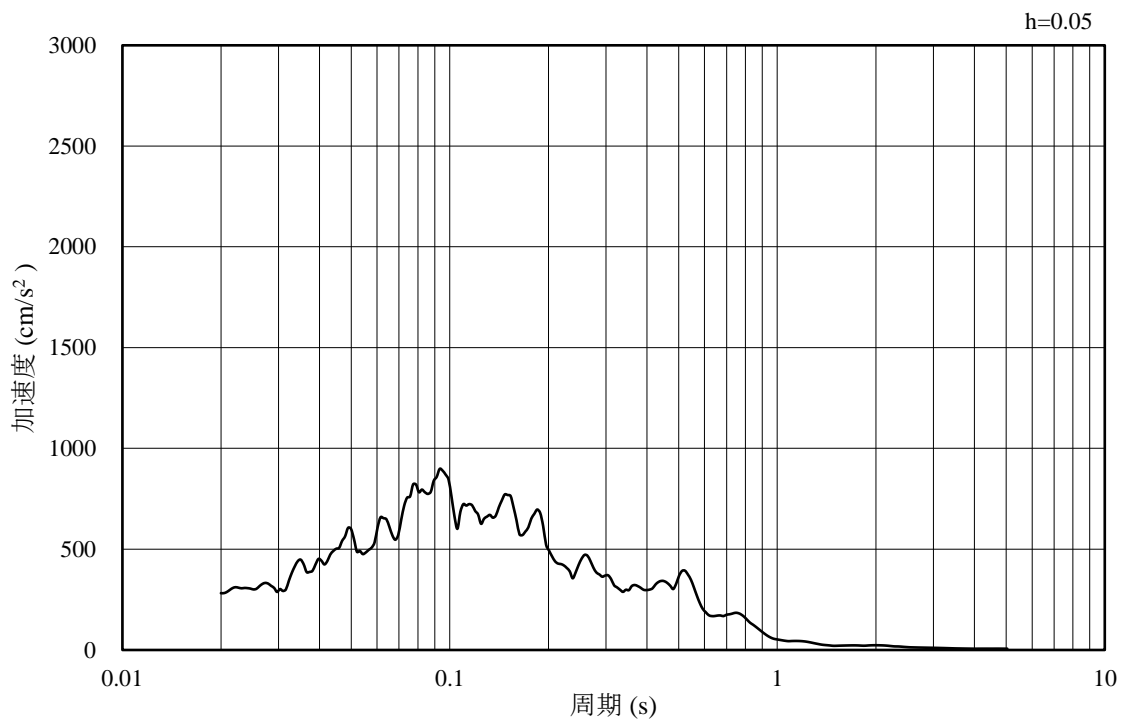


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-24 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
(鉛直成分：S d - D)

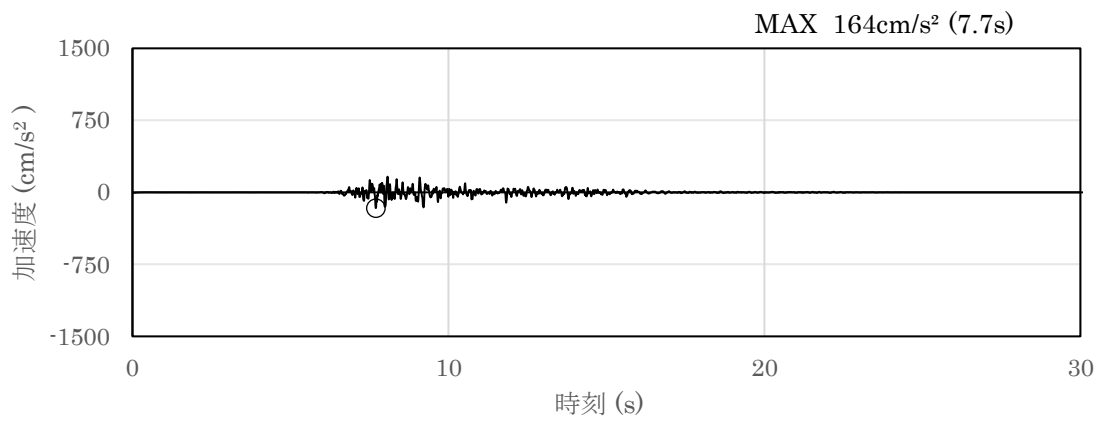


(a) 加速度時刻歴波形

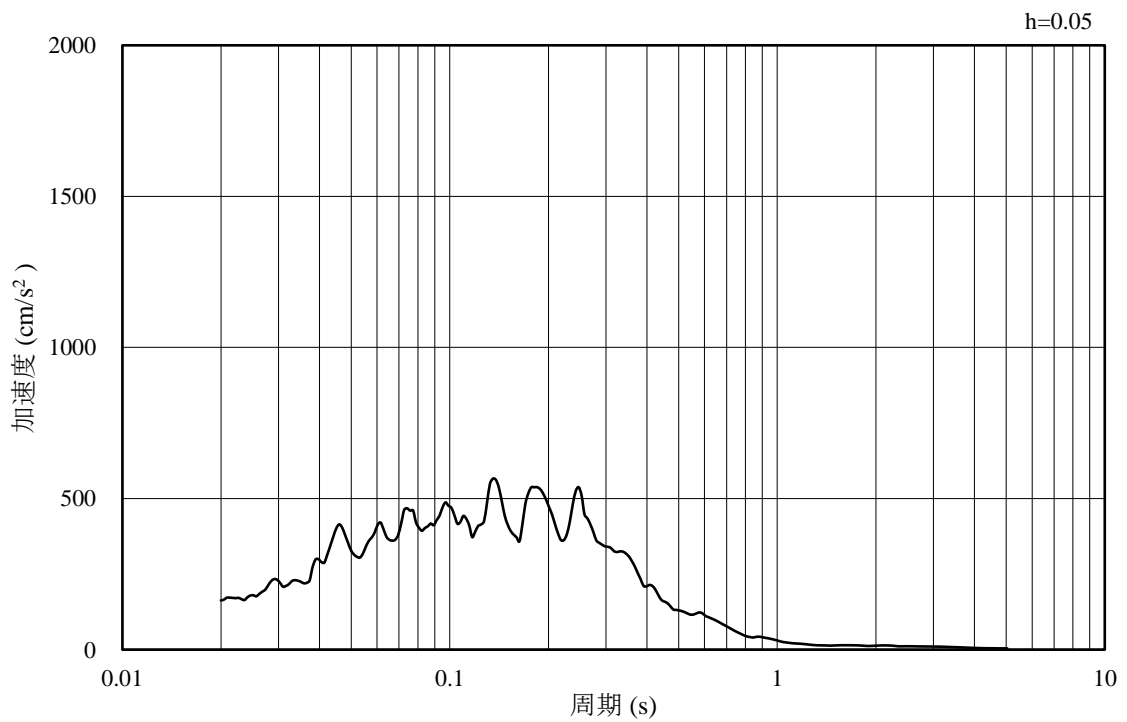


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-25 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
(水平成分：S d - F 1, (NS))

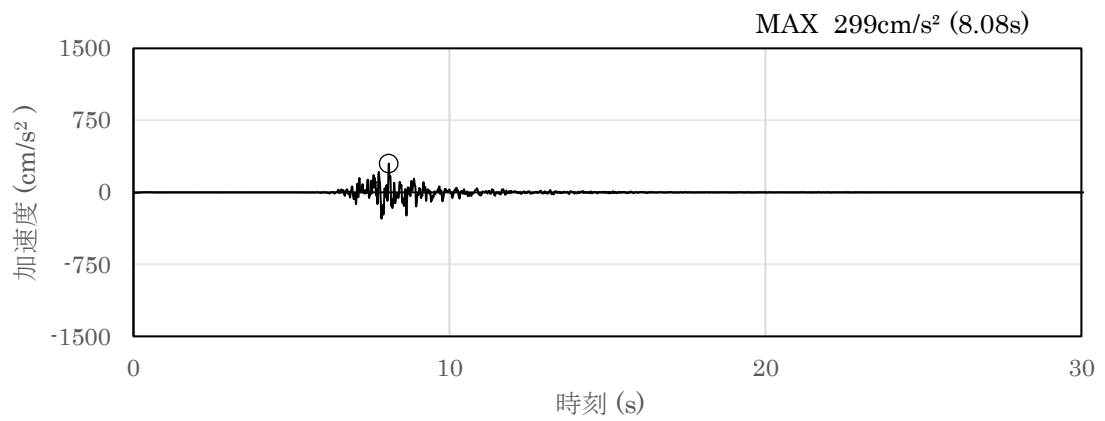


(a) 加速度時刻歴波形

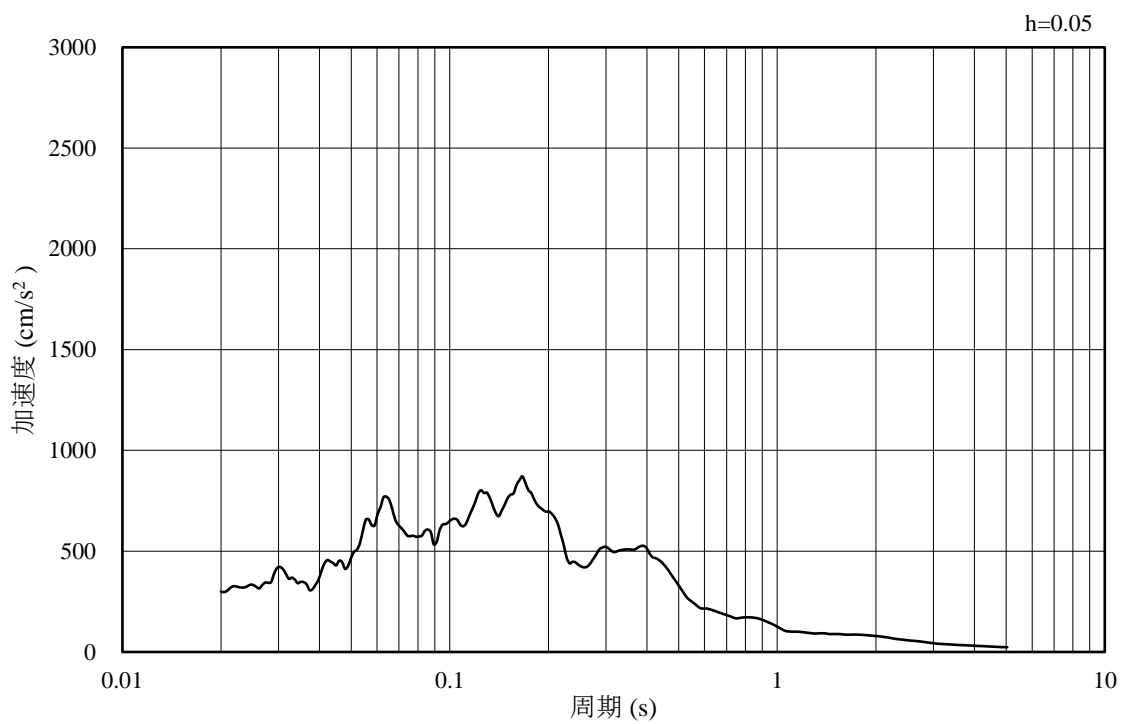


(b) 加速度応答スペクトル

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
(鉛直成分：S d - F 1, (NS))

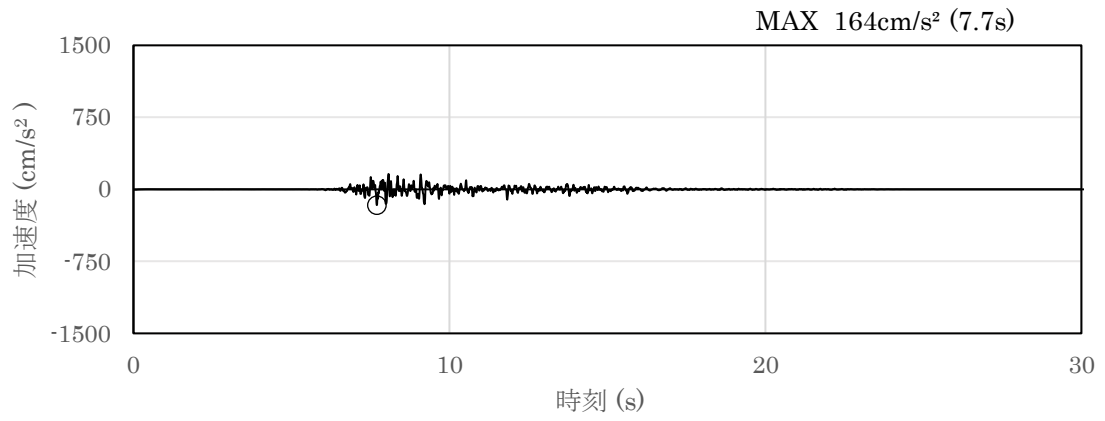


(a) 加速度時刻歴波形

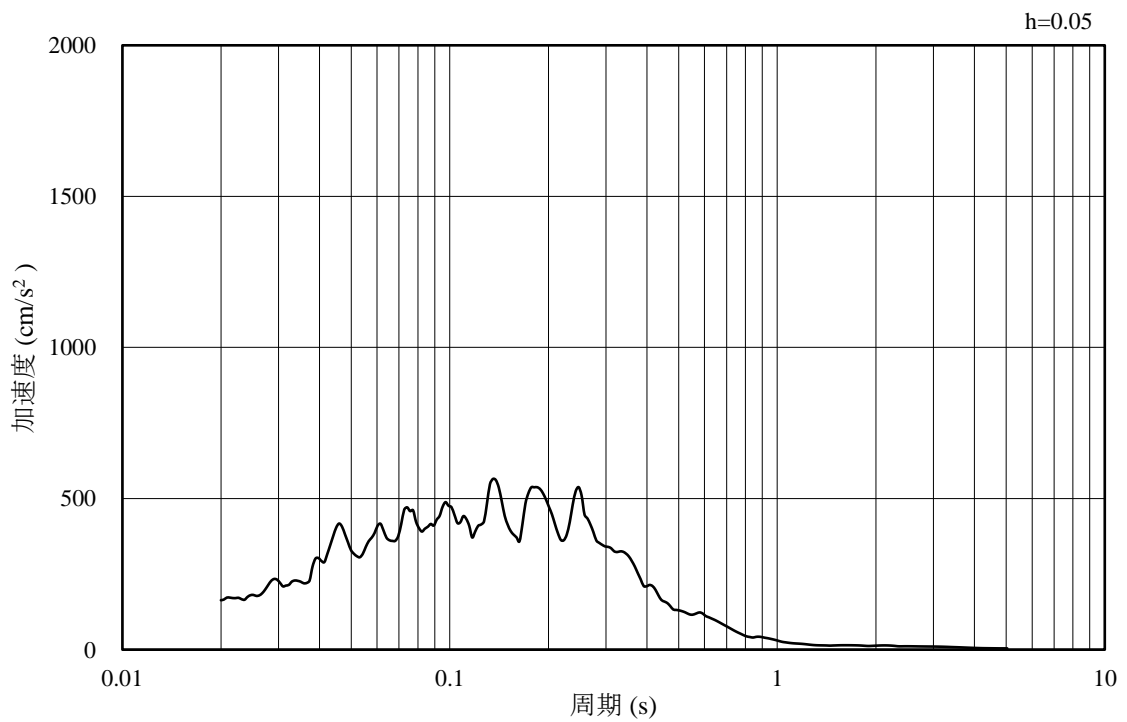


(b) 加速度応答スペクトル

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
(水平成分：S d - F 1, (E W))

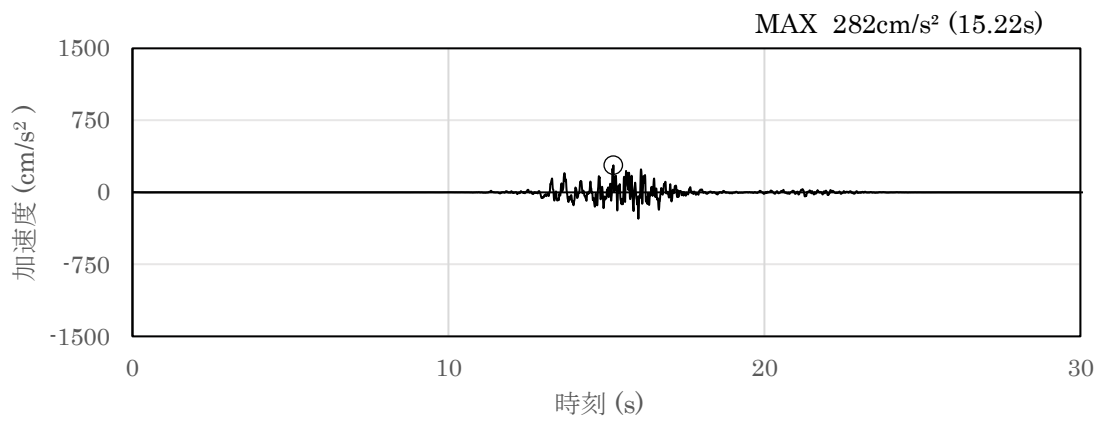


(a) 加速度時刻歴波形

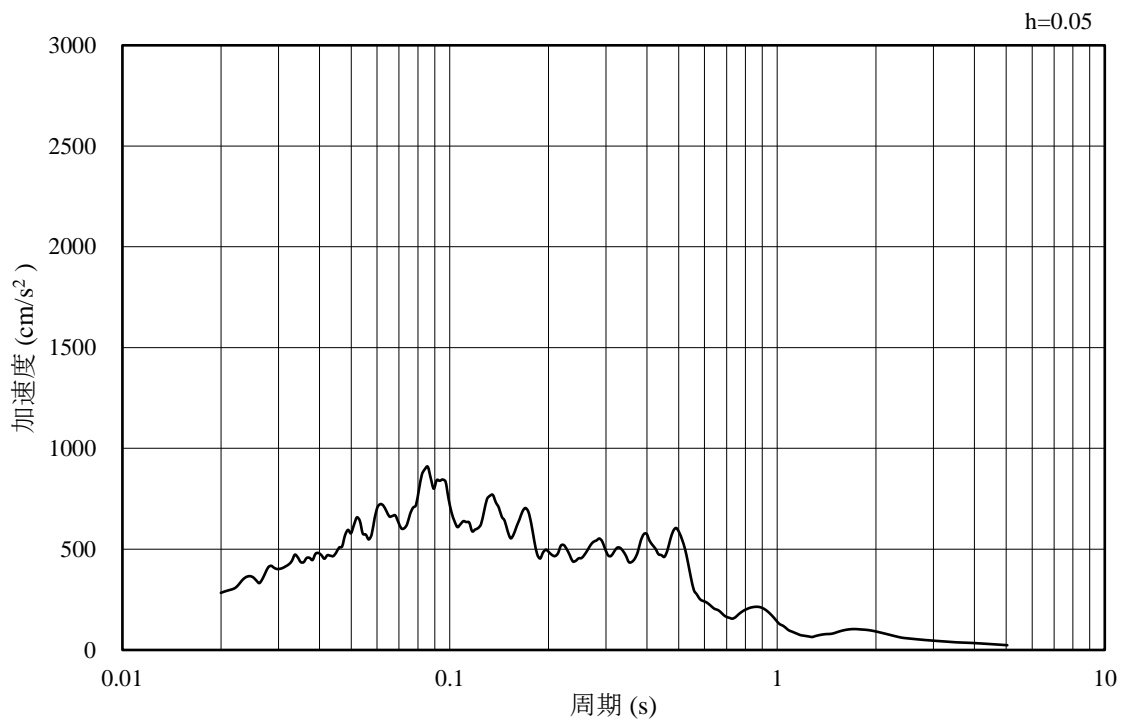


(b) 加速度応答スペクトル

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
(鉛直成分：S d - F 1, (E W))

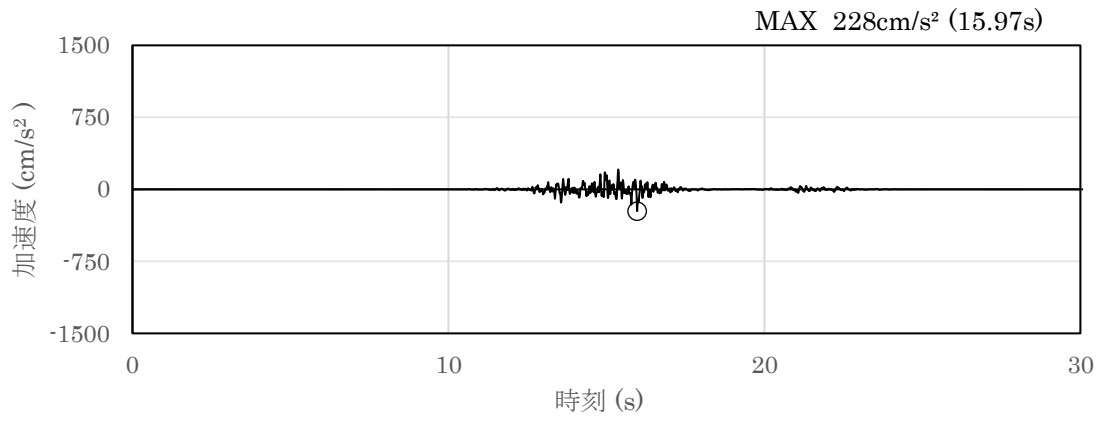


(a) 加速度時刻歴波形

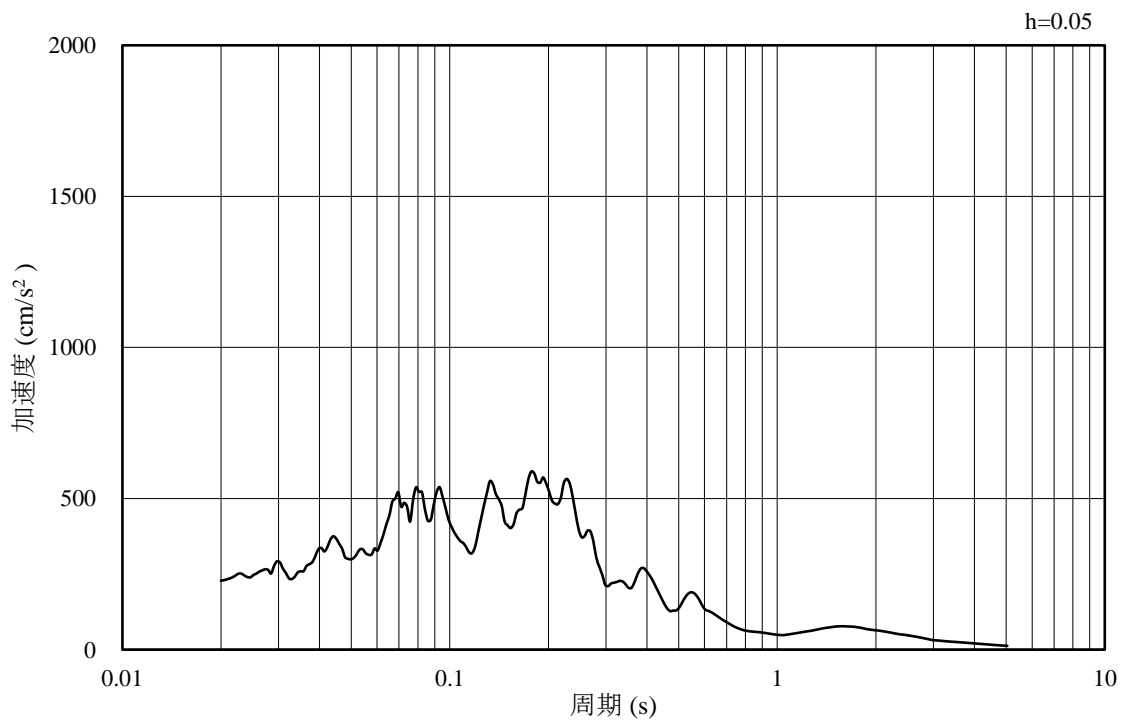


(b) 加速度応答スペクトル

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
(水平成分：S d - F 2, (NS))

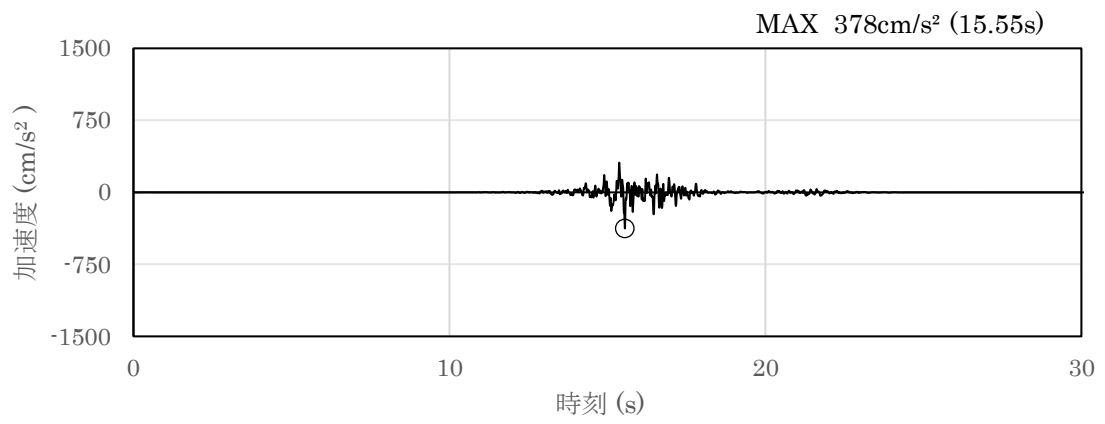


(a) 加速度時刻歴波形

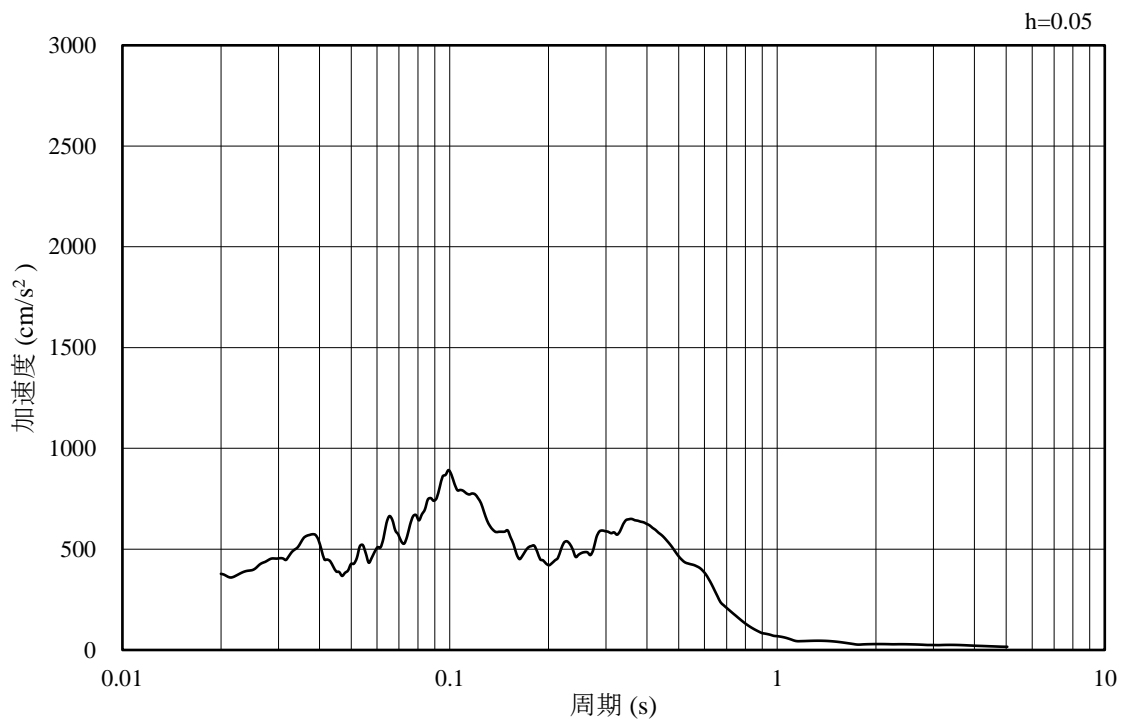


(b) 加速度応答スペクトル

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
(鉛直成分：S d - F 2, (N S))

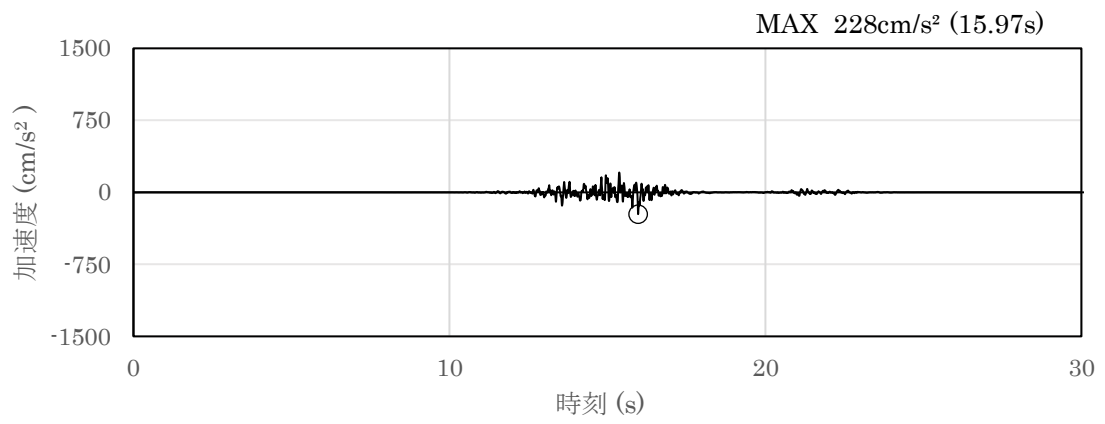


(a) 加速度時刻歴波形

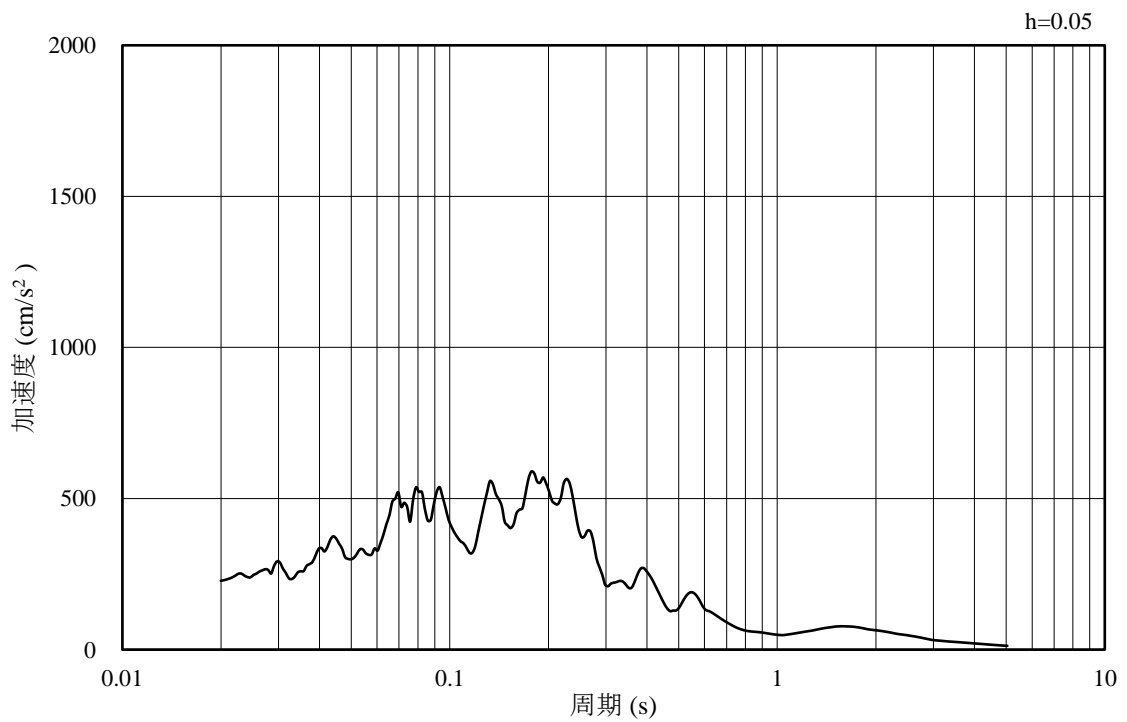


(b) 加速度応答スペクトル

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
(水平成分：S d - F 2, (E W))

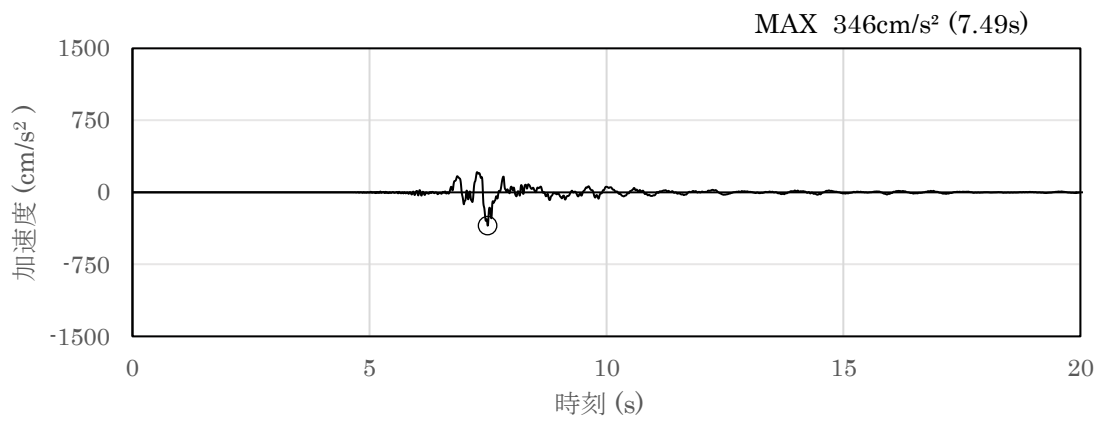


(a) 加速度時刻歴波形

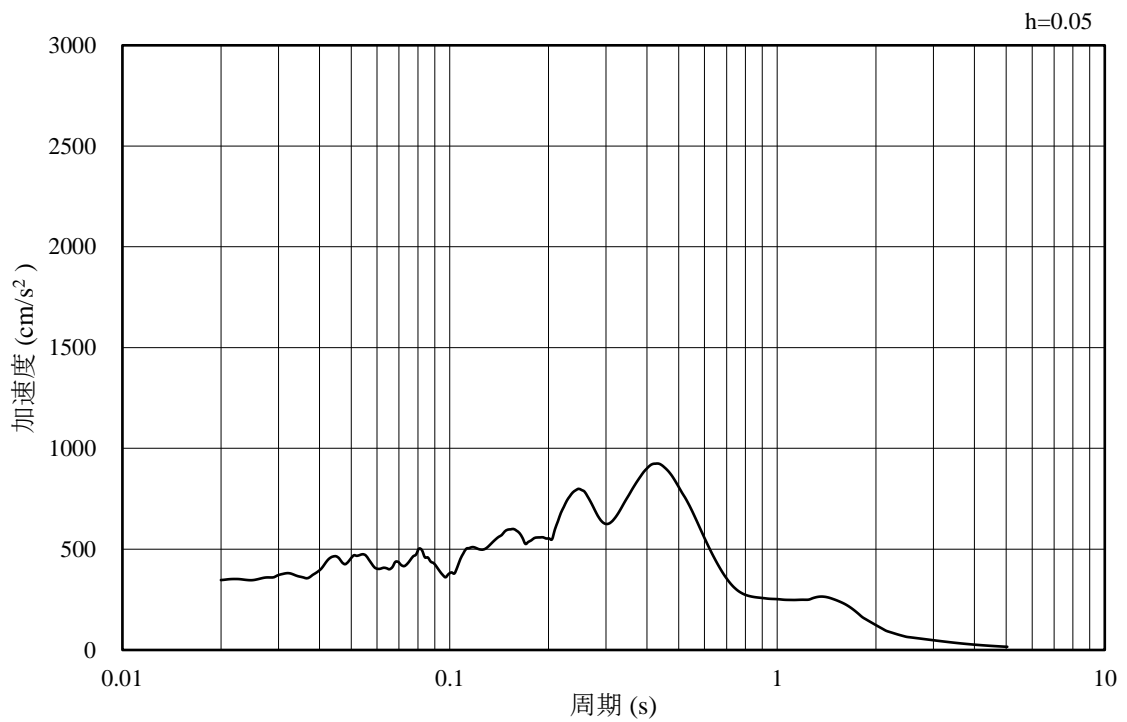


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-32 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
(鉛直成分：S d - F 2, (E W))

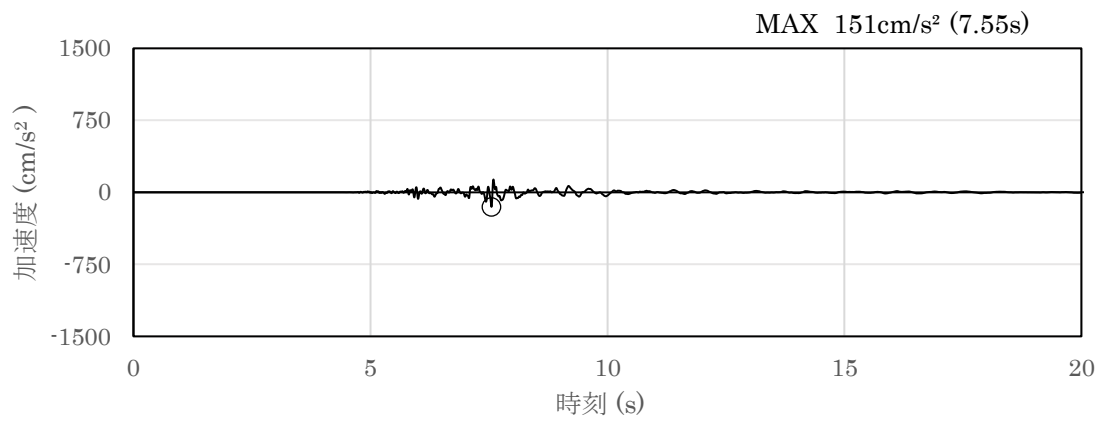


(a) 加速度時刻歴波形

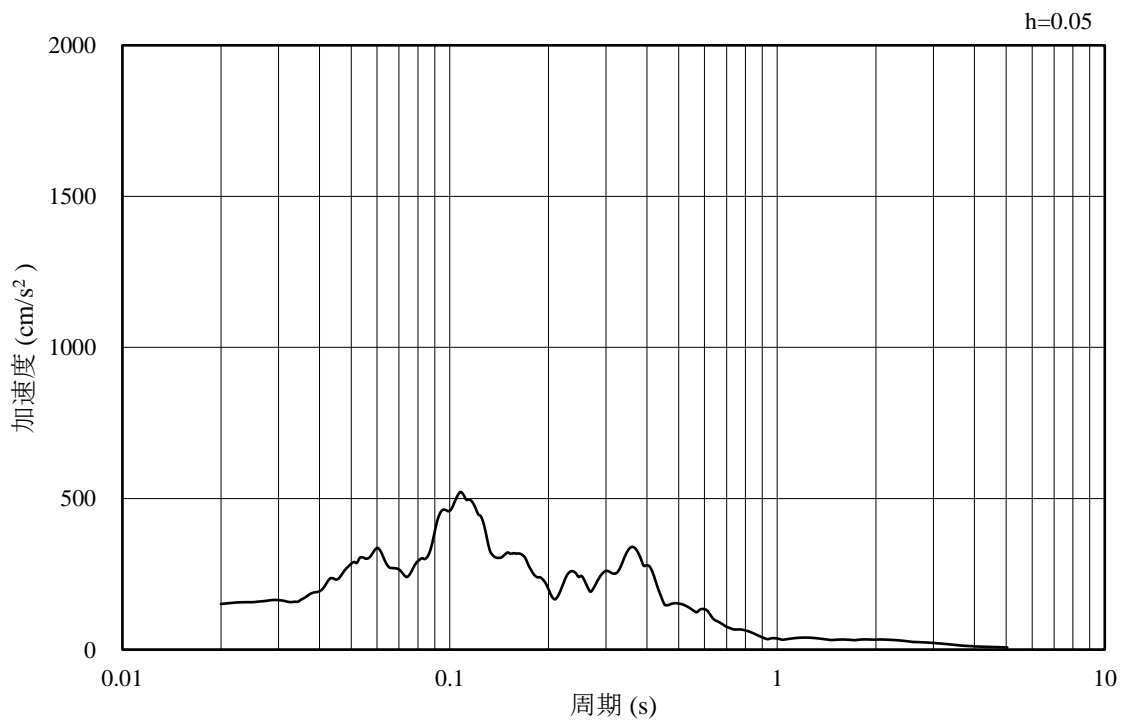


(b) 加速度応答スペクトル

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
(水平成分 : S d - N 1)

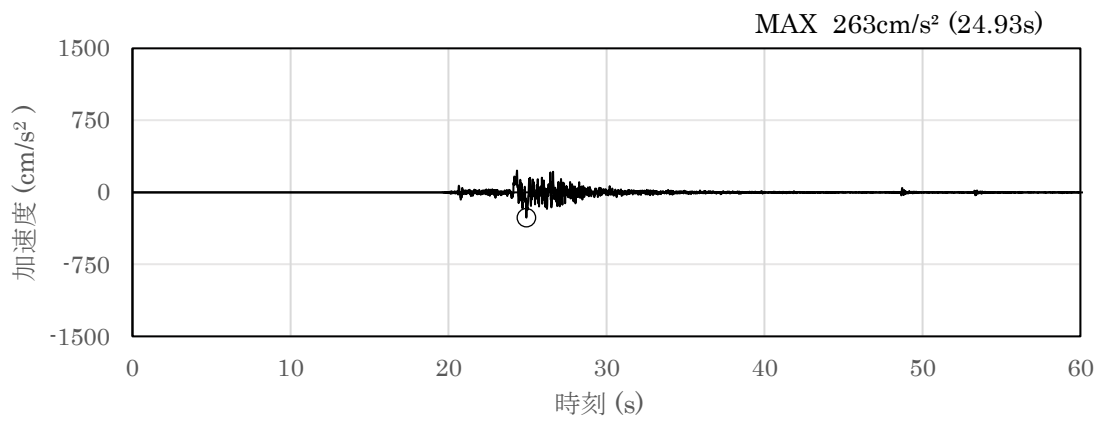


(a) 加速度時刻歴波形

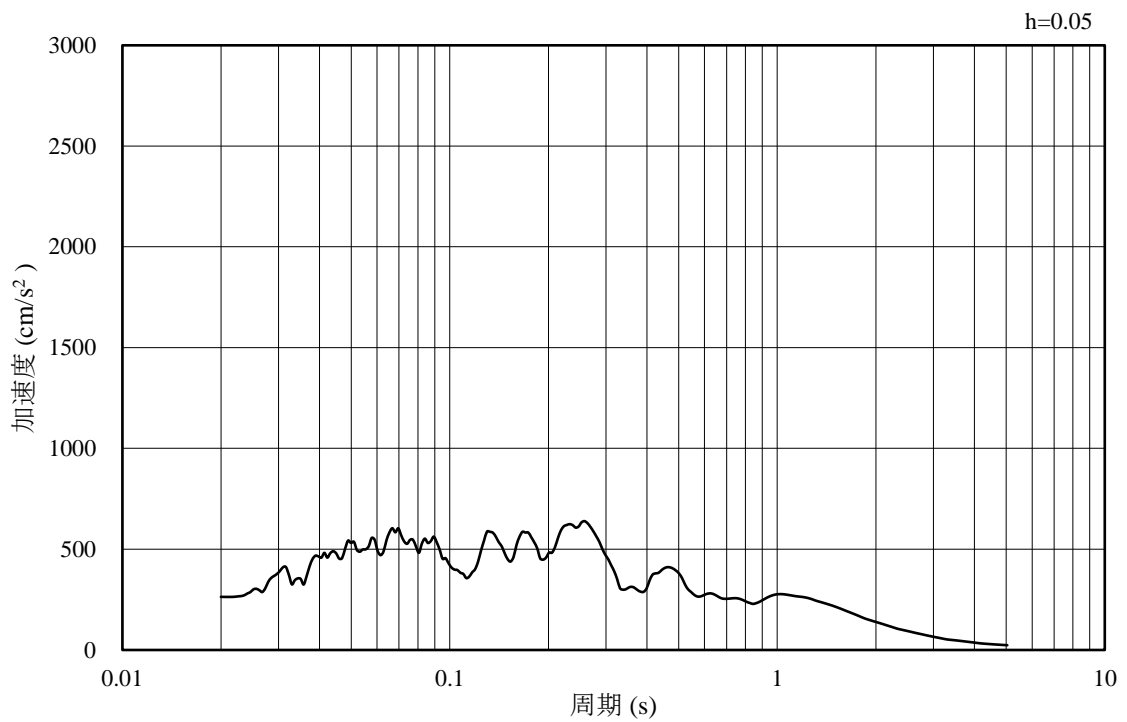


(b) 加速度応答スペクトル

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
(鉛直成分：S d - N 1)

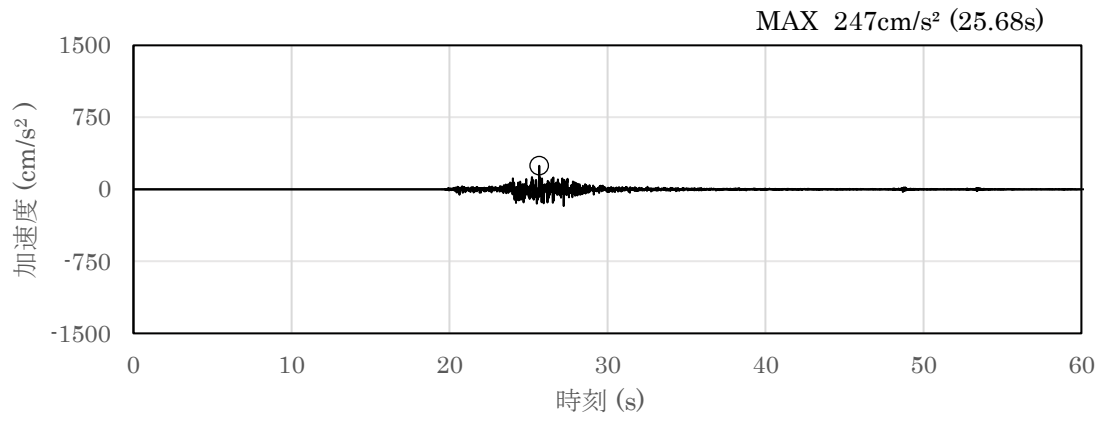


(a) 加速度時刻歴波形

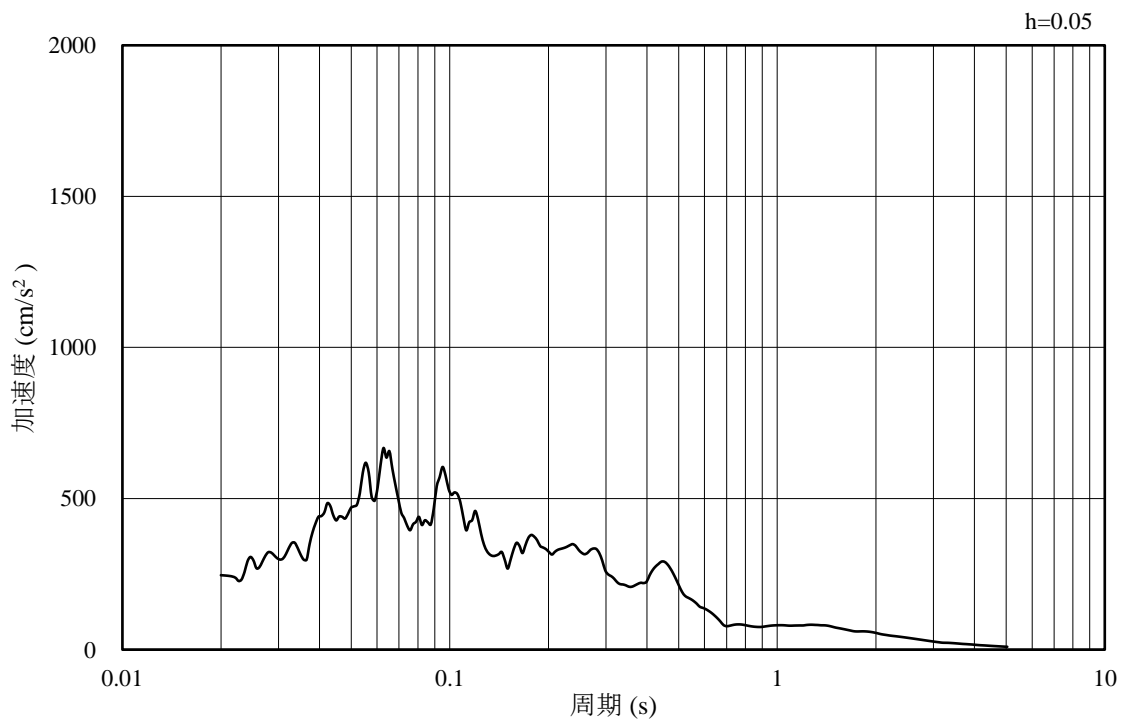


(b) 加速度応答スペクトル

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
(水平成分：S d - N 2, (N S))

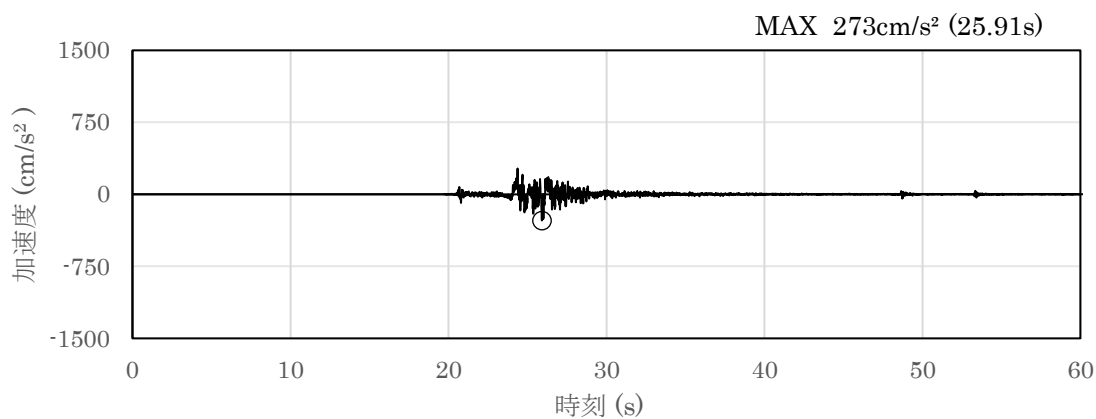


(a) 加速度時刻歴波形

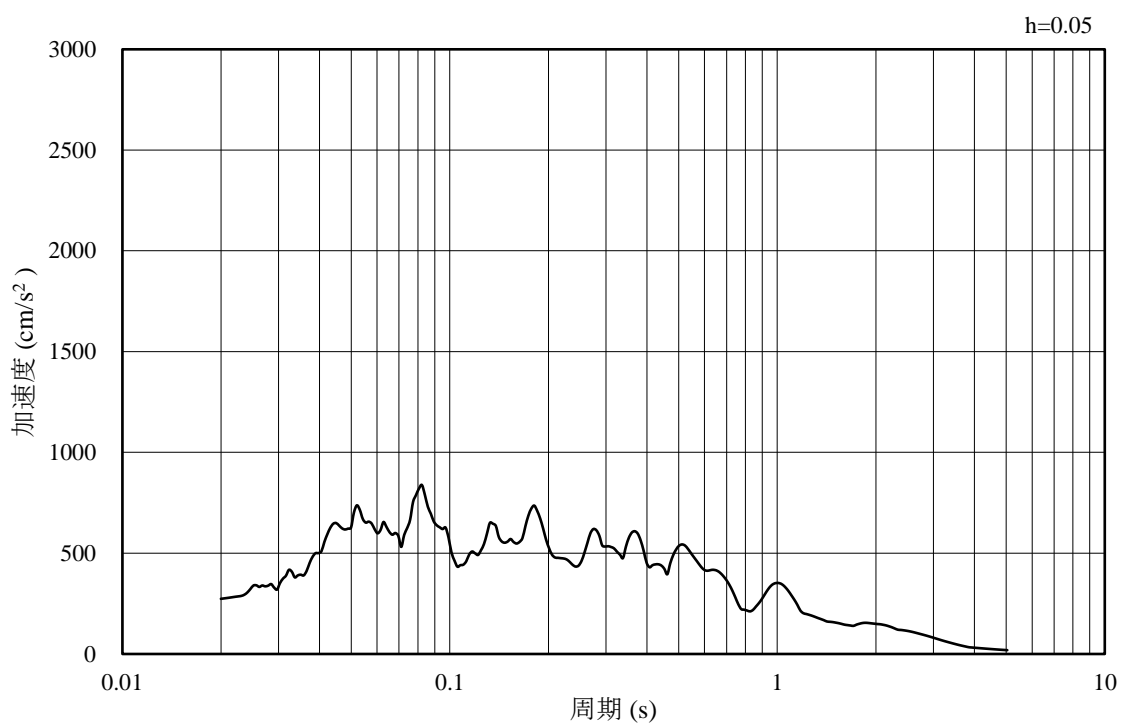


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-36 入力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 - N 2, (NS))

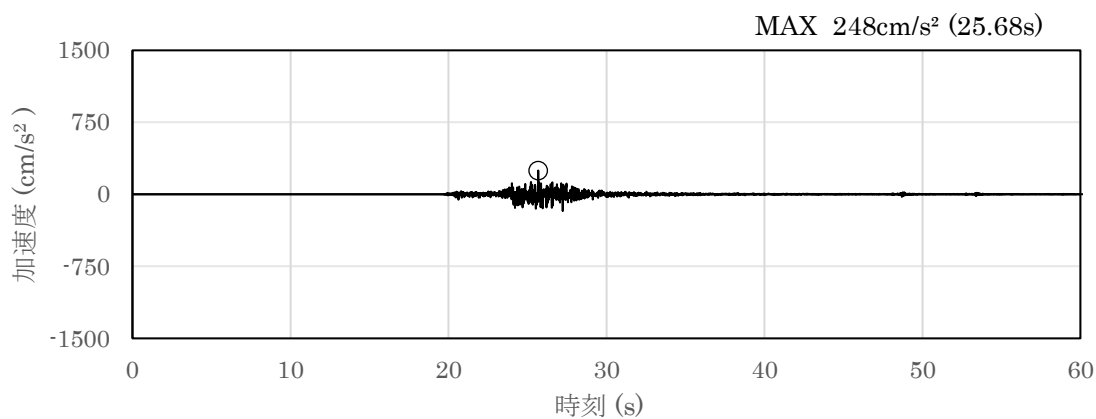


(a) 加速度時刻歴波形

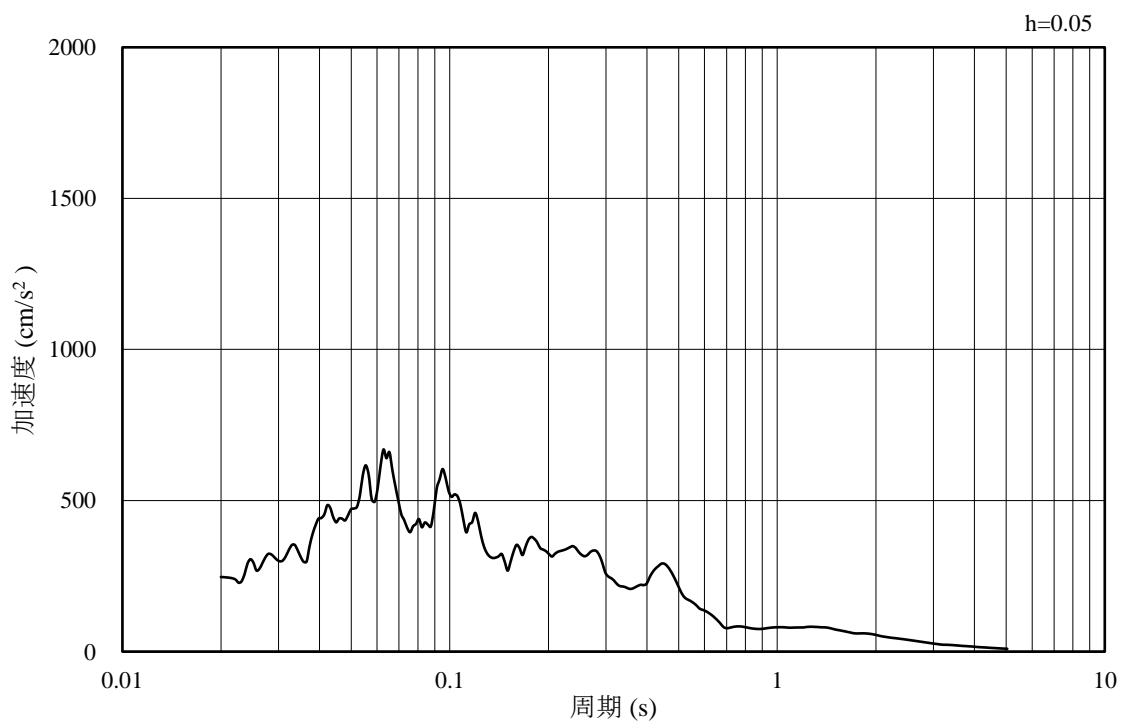


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-37 入力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 - N 2, (E W))

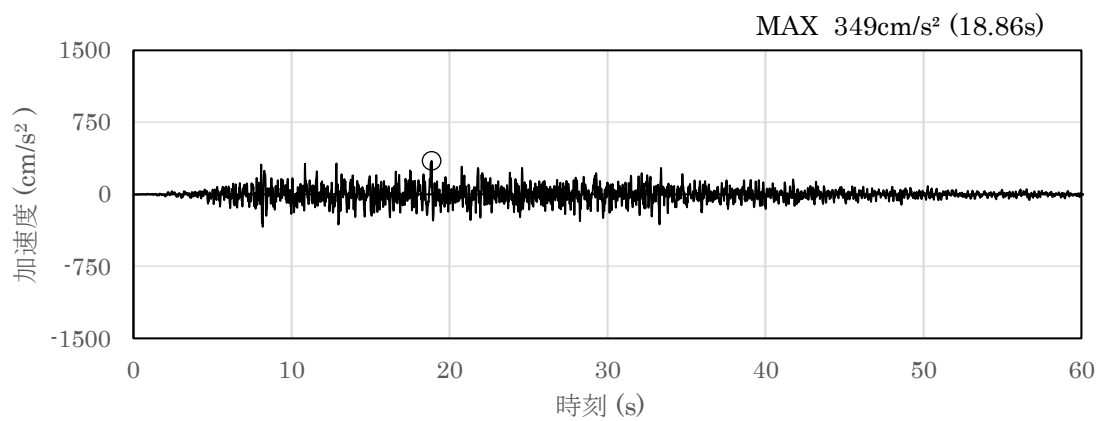


(a) 加速度時刻歴波形

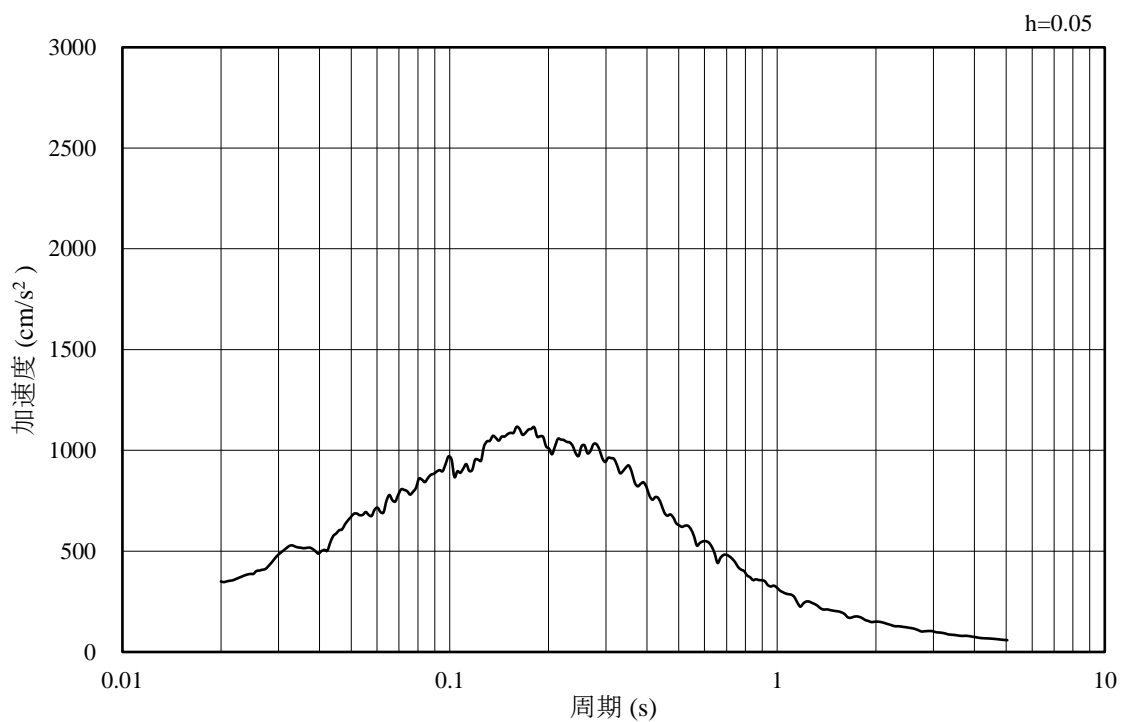


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-38 入力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 - N 2, (E W))

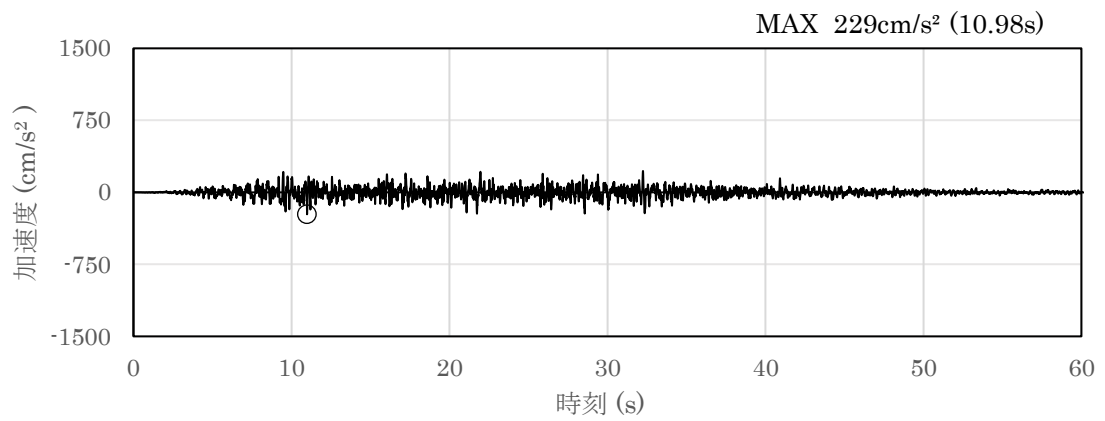


(a) 加速度時刻歴波形

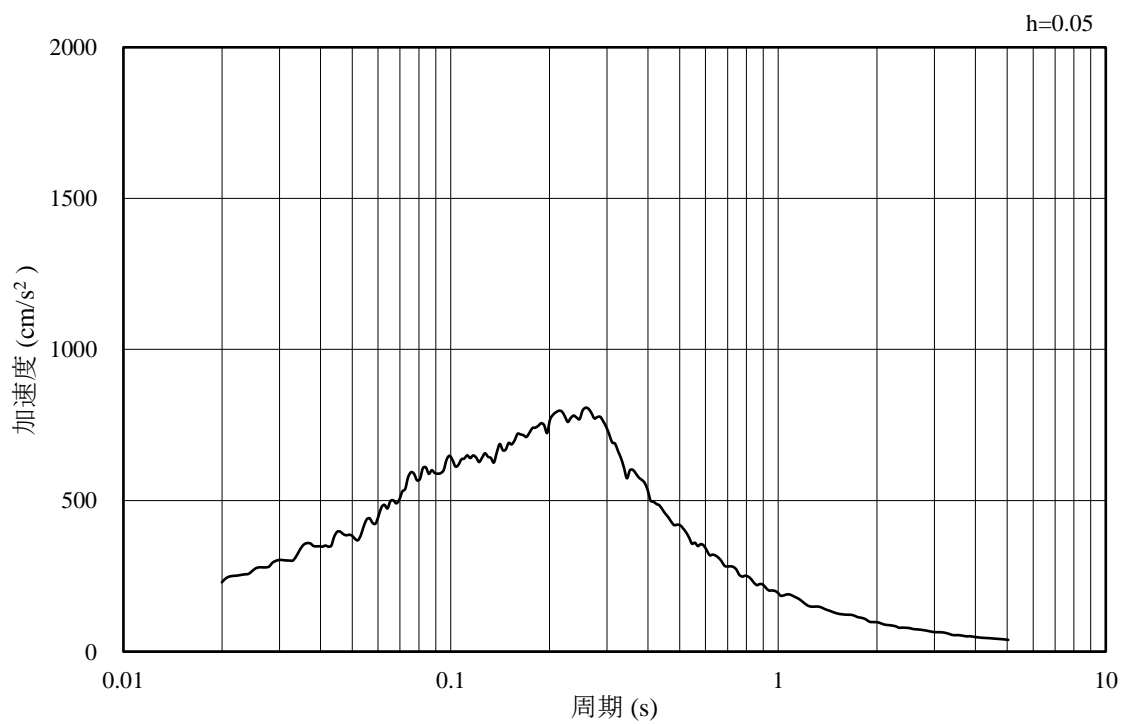


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-39 入力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 - 1)



(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

図 3-40 入力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 - 1)

3.5 解析モデル及び諸元

3.5.1 解析モデル

屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）の地震応答解析モデルを図 3-41 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

鉄筋コンクリート部材は、非線形はり要素によりモデル化する。

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断面の解析モデル範囲において隣接構造物となるタービン建物は、等価剛性として線形の平面ひずみ要素でモデル化する。

(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「地盤と構造物」、「構造物とMMR」及び「地盤とMMR」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。

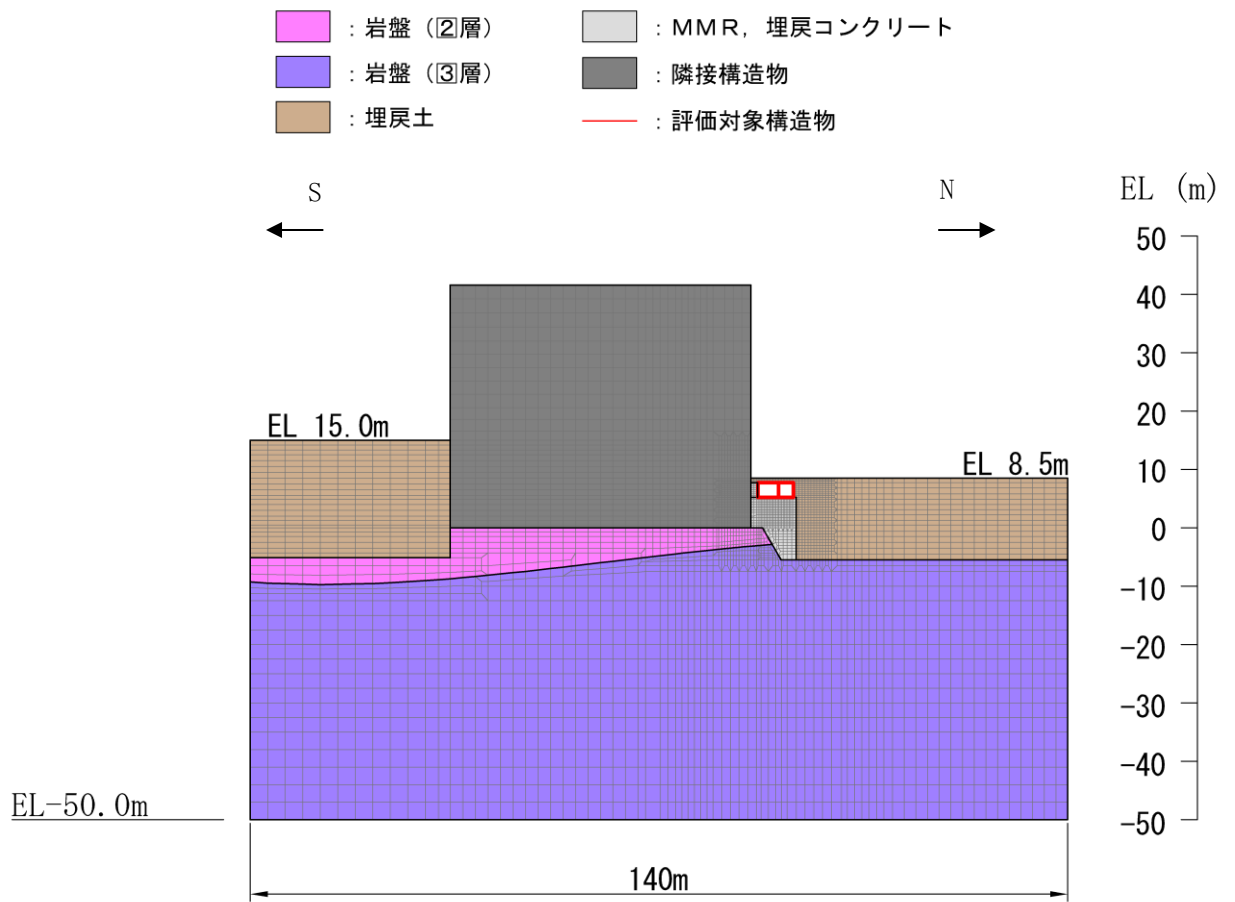


図 3-41 屋外配管ダクト (タービン建物～排気筒)
地震応答解析モデル図 (A-A 断面)

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 3-7 に、材料の物性値を表 3-8 に示す。

表 3-7 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 20.6N/mm ²
	鉄筋	SD345
MMR		設計基準強度 15.6N/mm ²
埋戻コンクリート		設計基準強度 18.0N/mm ²

表 3-8 材料の物性値

材料	ヤング係数 (N/mm ²)	単位体積重量 (kN/m ³)	ポアソン比
構造物 (鉄筋コンクリート)	2.33×10 ⁴	24.0* ¹	0.2
MMR	2.08×10 ⁴	22.6* ²	
埋戻コンクリート	2.20×10 ⁴		

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。設計地下水位を表3-9に示す。

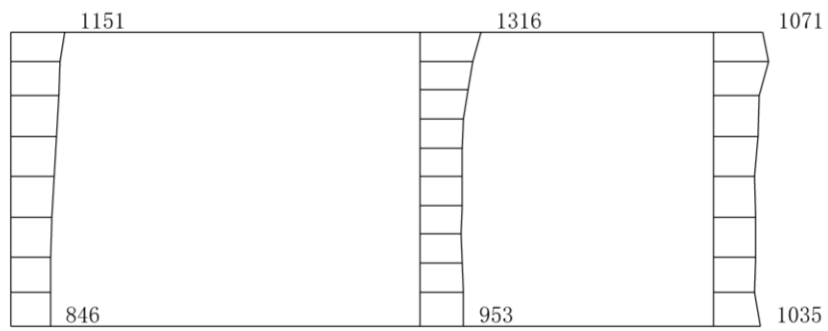
表3-9 設計地下水位

施設名称	解析断面	設計地下水位 (ELm)
屋外配管ダクト (タービン建物～排気筒)	A-A断面	4.9

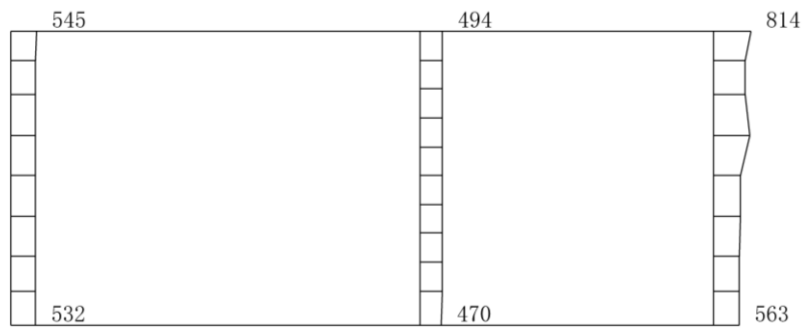
4. 解析結果

4.1 A-A断面解析結果

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 に対する最大応答加速度分布図を図 4-1～図 4-14 に示す。また、解析ケース①（基本ケース）において、照査項目ごとに照査値が 0.5 を超えるケースで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の最大応答加速度分布図を図 4-15～図 4-18 に示す。さらに、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②及び③のすべての基準地震動 S_s に対する最大応答加速度分布図を図 4-19～図 4-46 に示す。これらに加え、解析ケース①～③のすべての弾性設計用地震動 S_d に対する最大応答加速度分布図を図 4-47～図 4-100 に示す。



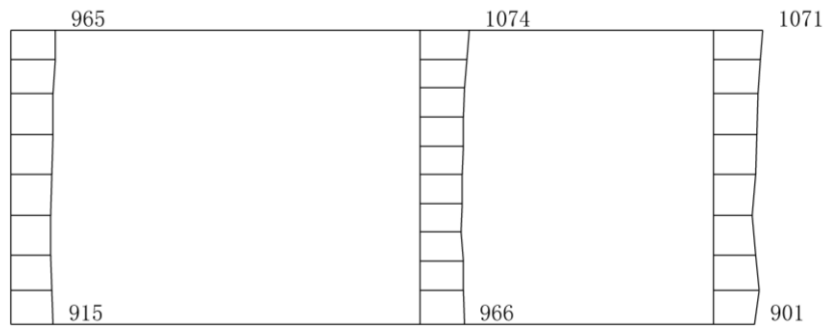
(a) $S_s - D(++)$ 水平



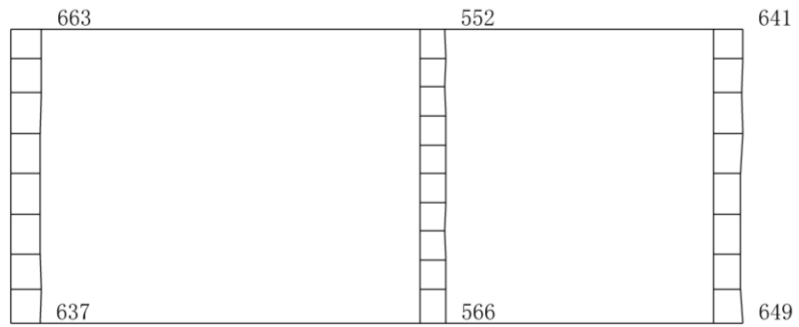
(b) $S_s - D(++)$ 鉛直

構造スケール $0 \quad 1$ (m) 応答スケール $0 \quad 2000$ (cm/s^2)

図 4-1 最大応答加速度分布図 (1/100) (解析ケース①)



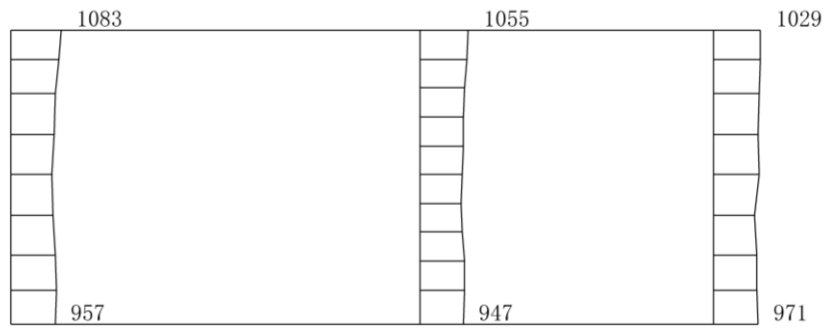
(a) $S_s - D (-+)$ 水平



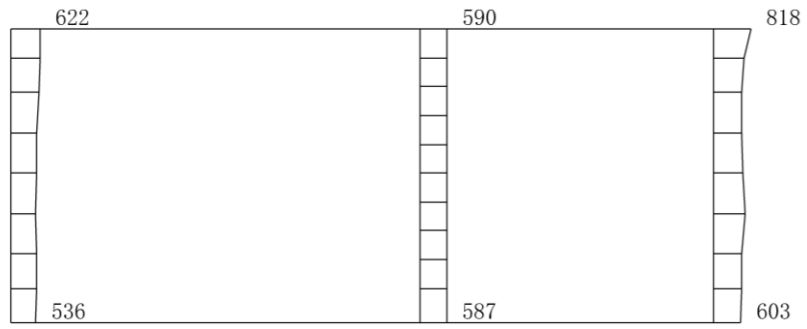
(b) $S_s - D (-+)$ 鉛直

構造スケール $\underbrace{\quad\quad\quad}_0 \quad 1$ (m) 応答スケール $\underbrace{\quad\quad\quad}_0 \quad 2000$ (cm/s^2)

図 4-2 最大応答加速度分布図 (2/100) (解析ケース①)



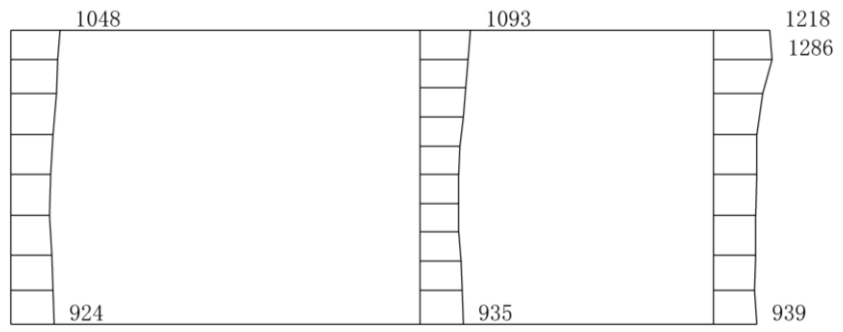
(a) $S_s - D (+ -)$ 水平



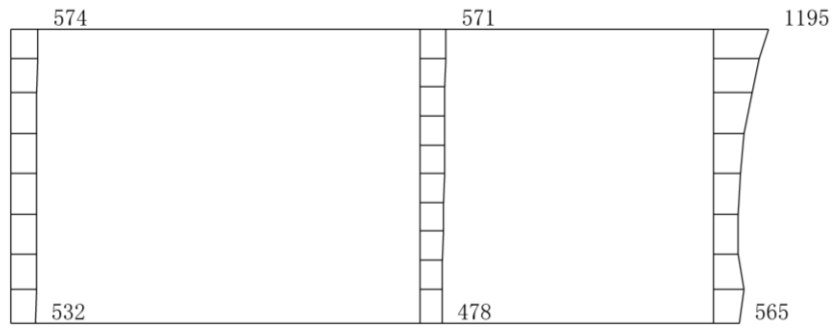
(b) $S_s - D (+ -)$ 鉛直

構造スケール $0 \quad 1$ (m) 応答スケール $0 \quad 2000$ (cm/s^2)

図 4-3 最大応答加速度分布図 (3/100) (解析ケース①)



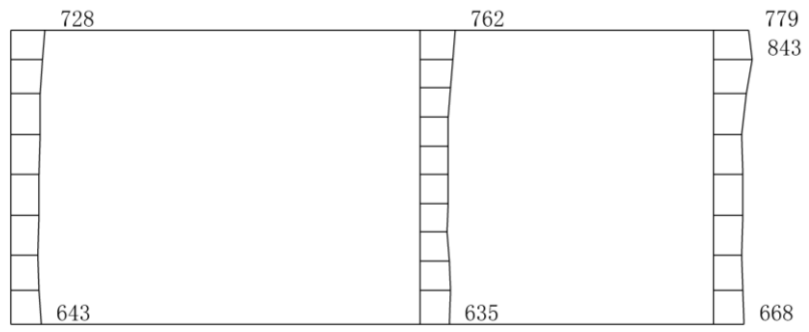
(a) S s - D (--) 水平



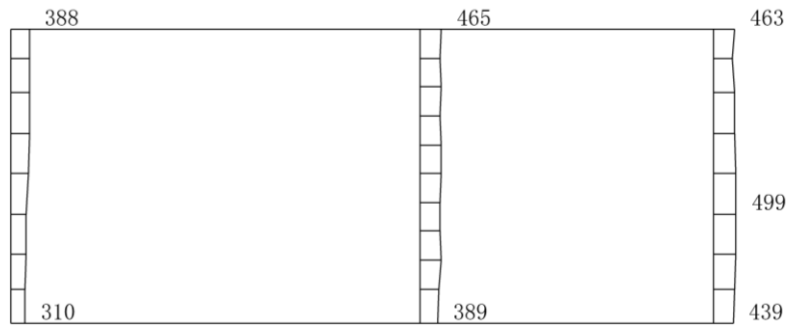
(b) S s - D (--) 鉛直

構造スケール 0 $\overbrace{\hspace{1cm}}$ 1 (m) 応答スケール 0 $\overbrace{\hspace{1cm}}$ 2000 (cm/s²)

図 4-4 最大応答加速度分布図 (4/100) (解析ケース①)



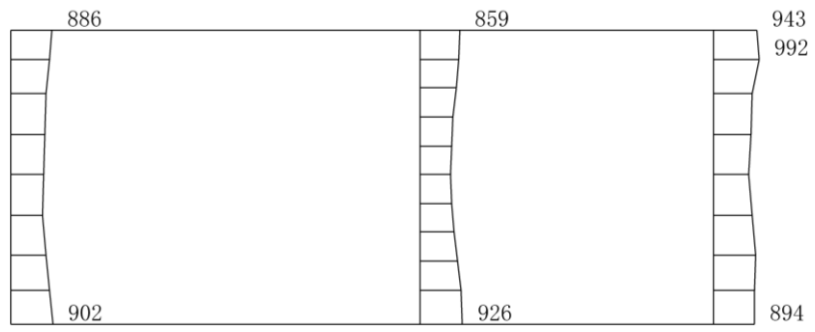
(a) $S_s - F1 (NS) (++)$ 水平



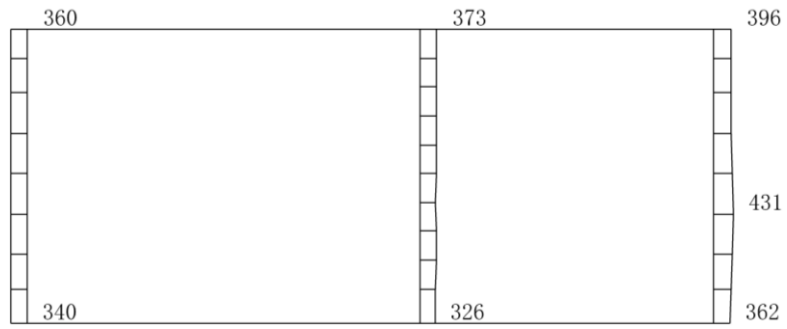
(b) $S_s - F1 (NS) (++)$ 鉛直

構造スケール $\frac{0}{1} (m)$ 応答スケール $\frac{0}{2000} (cm/s^2)$

図 4-5 最大応答加速度分布図 (5/100) (解析ケース①)



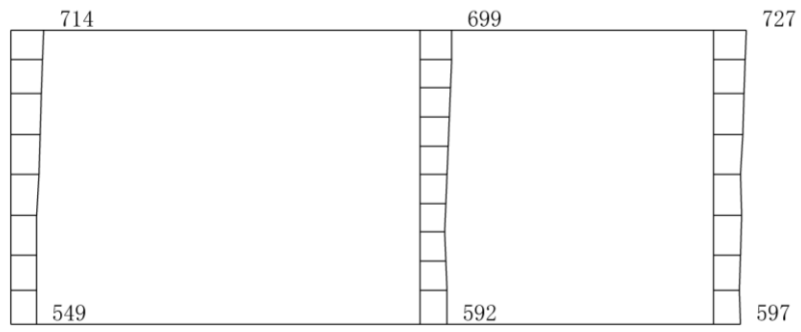
(a) $S_s - F_1 (EW) (++)$ 水平



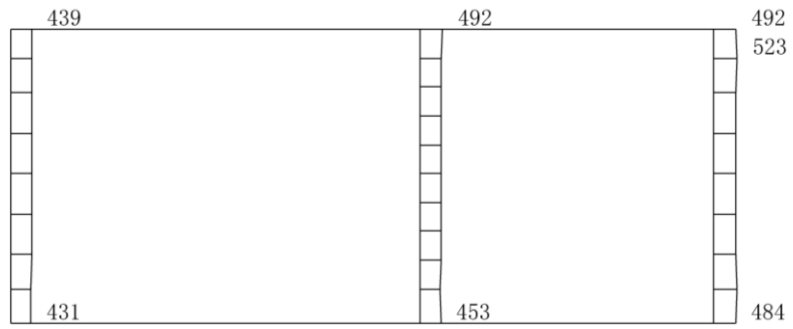
(b) $S_s - F_1 (EW) (++)$ 鉛直

構造スケール $\frac{0}{1} (m)$ 応答スケール $\frac{0}{2000} (cm/s^2)$

図 4-6 最大応答加速度分布図 (6/100) (解析ケース①)



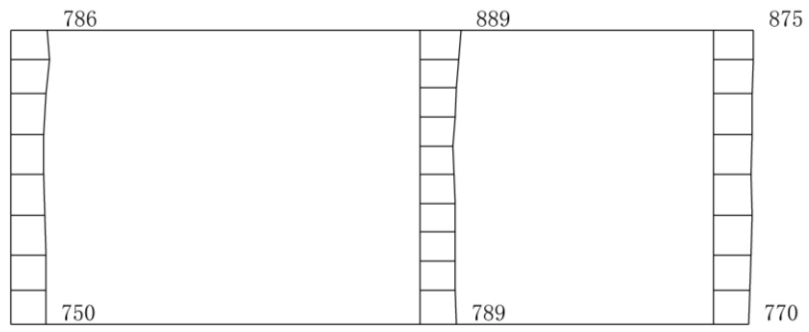
(a) $S_s - F_2 (NS) (++)$ 水平



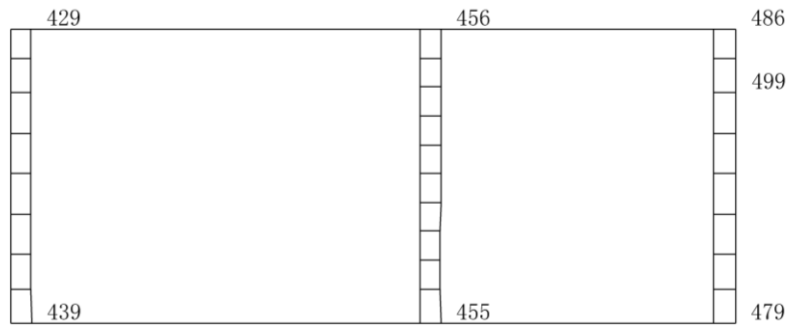
(b) $S_s - F_2 (NS) (++)$ 鉛直

構造スケール $0 \quad 1$ (m) 応答スケール $0 \quad 2000$ (cm/s^2)

図 4-7 最大応答加速度分布図 (7/100) (解析ケース①)



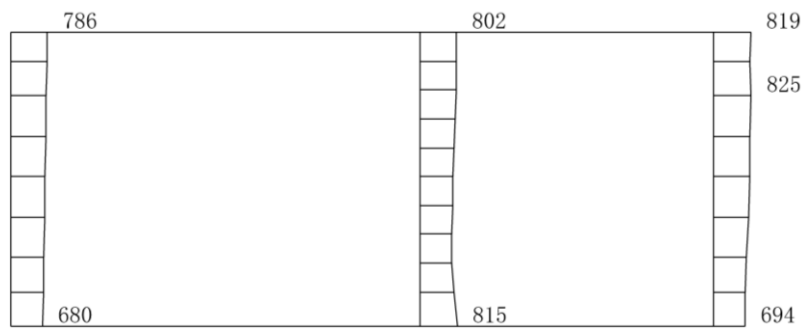
(a) $S_s - F_2 (EW) (++)$ 水平



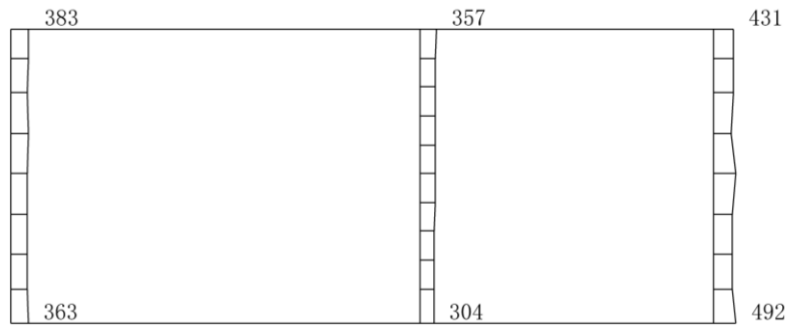
(b) $S_s - F_2 (EW) (++)$ 鉛直

構造スケール $\underbrace{\quad\quad\quad}_0 \quad 1$ (m) 応答スケール $\underbrace{\quad\quad\quad}_0 \quad 2000$ (cm/s^2)

図 4-8 最大応答加速度分布図 (8/100) (解析ケース①)



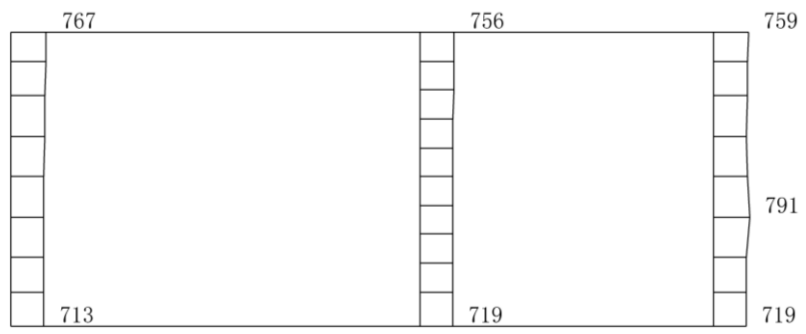
(a) S_s-N1(++) 水平



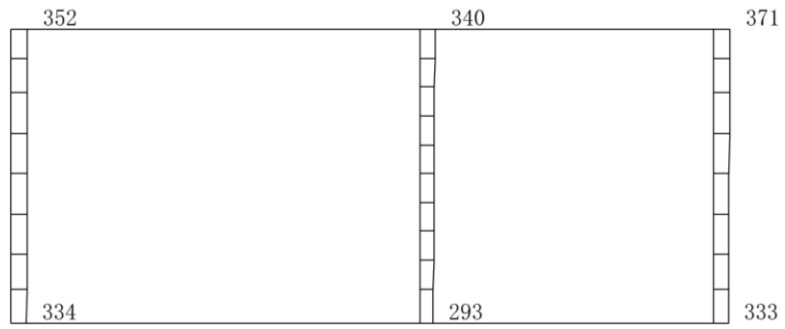
(b) S_s-N1(++) 鉛直

構造スケール 0 $\overbrace{\hspace{1cm}}$ 1 (m) 応答スケール 0 $\overbrace{\hspace{1cm}}$ 2000 (cm/s²)

図 4-9 最大応答加速度分布図 (9/100) (解析ケース①)



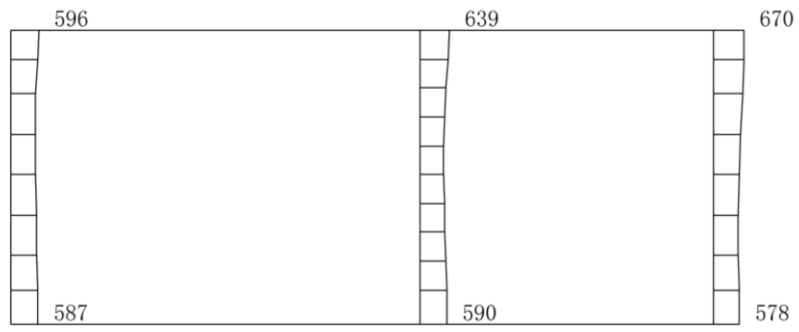
(a) S s - N 1 (- +) 水平



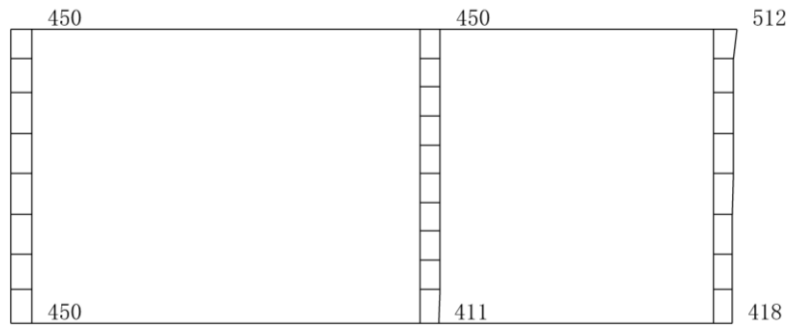
(b) S s - N 1 (- +) 鉛直

構造スケール 0 $\overbrace{\hspace{1cm}}$ 1 (m) 応答スケール 0 $\overbrace{\hspace{1cm}}$ 2000 (cm/s²)

図 4-10 最大応答加速度分布図 (10/100) (解析ケース①)



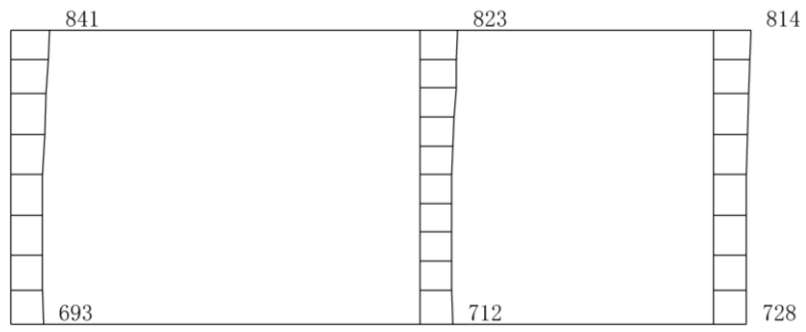
(a) $S_s - N_2 (NS) (++)$ 水平



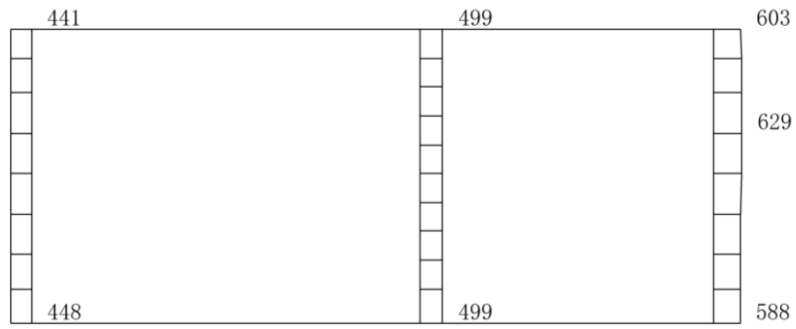
(b) $S_s - N_2 (NS) (++)$ 鉛直

構造スケール $\underbrace{\quad\quad\quad}_0 \quad 1$ (m) 応答スケール $\underbrace{\quad\quad\quad}_0 \quad 2000$ (cm/s^2)

図 4-11 最大応答加速度分布図 (11/100) (解析ケース①)



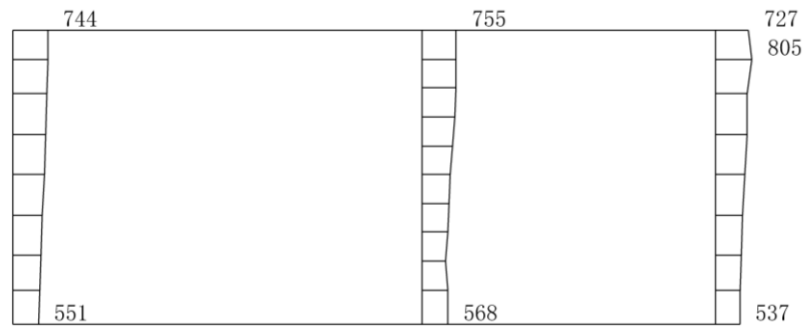
(a) $S_s - N_2 (NS) (-+)$ 水平



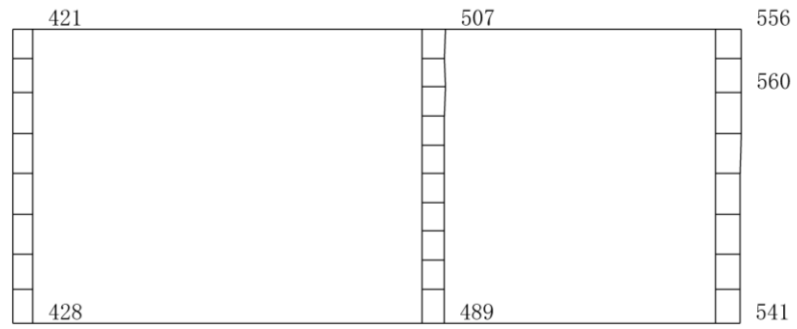
(b) $S_s - N_2 (NS) (-+)$ 鉛直

構造スケール $\underbrace{\quad\quad\quad}_0 \quad 1$ (m) 応答スケール $\underbrace{\quad\quad\quad}_0 \quad 2000$ (cm/s^2)

図 4-12 最大応答加速度分布図 (12/100) (解析ケース①)



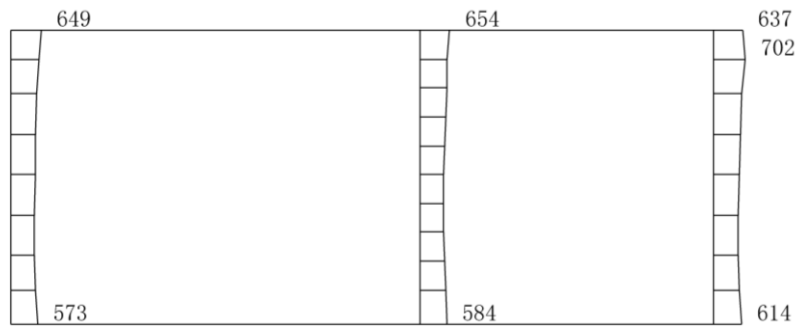
(a) $S_s - N_2$ (EW) (++) 水平



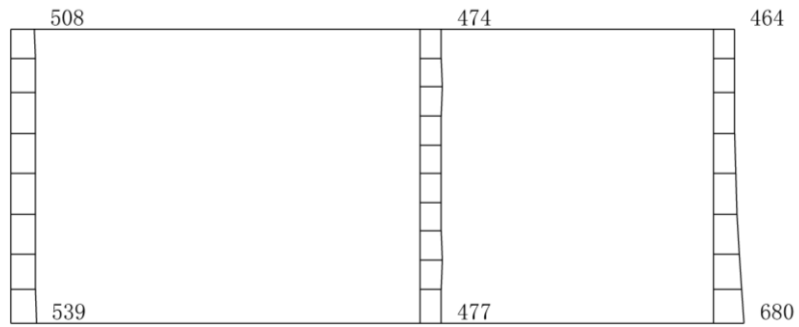
(b) $S_s - N_2$ (EW) (++) 鉛直

構造スケール $\frac{0}{1}$ (m) 応答スケール $\frac{0}{2000}$ (cm/s^2)

図 4-13 最大応答加速度分布図 (13/100) (解析ケース①)



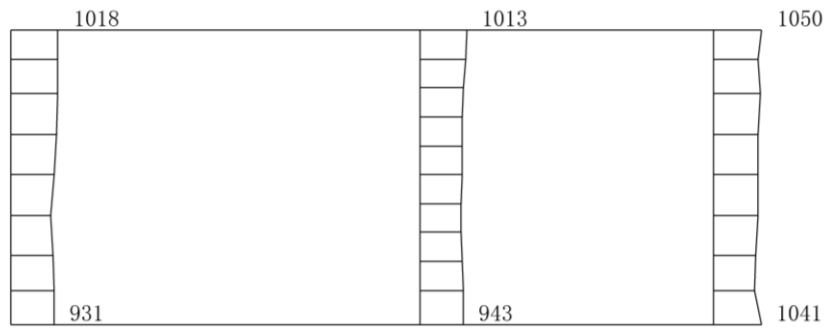
(a) $S_s - N_2$ (EW) (-+) 水平



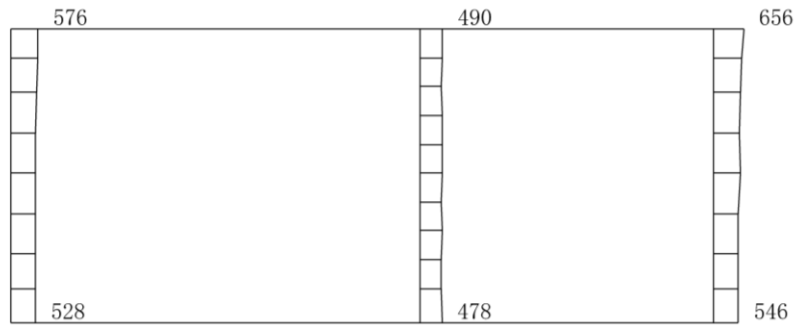
(b) $S_s - N_2$ (EW) (-+) 鉛直

構造スケール $\frac{0}{1}$ (m) 応答スケール $\frac{0}{2000}$ (cm/s^2)

図 4-14 最大応答加速度分布図 (14/100) (解析ケース①)



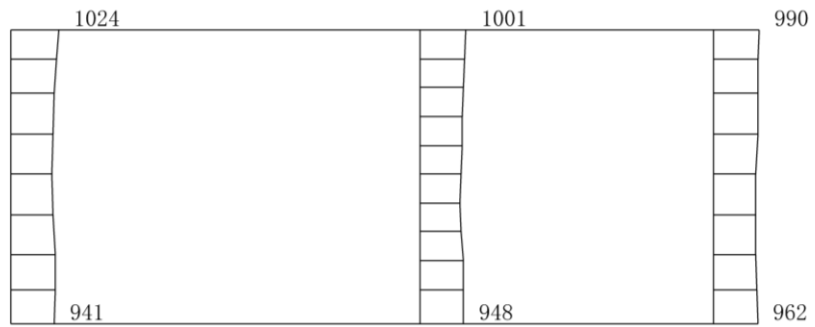
(a) $S_s - D(++)$ 水平



(b) $S_s - D(++)$ 鉛直

構造スケール $0 \quad 1$ (m) 応答スケール $0 \quad 2000$ (cm/s^2)

図 4-15 最大応答加速度分布図 (15/100) (解析ケース②)



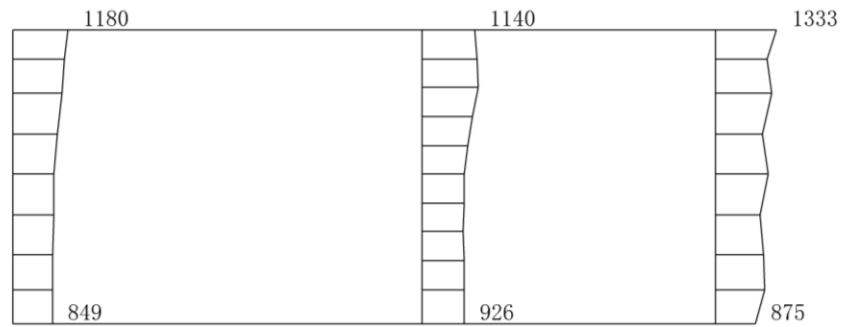
(a) $S_s - D (+ -)$ 水平



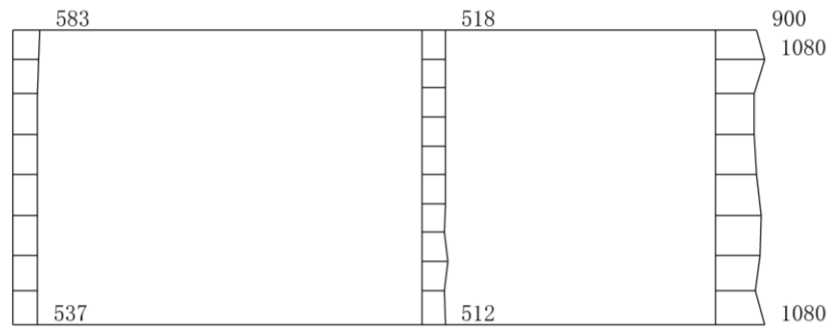
(b) $S_s - D (+ -)$ 鉛直

構造スケール 0 1 (m) 応答スケール 0 2000 (cm/s^2)

図 4-16 最大応答加速度分布図 (16/100) (解析ケース②)



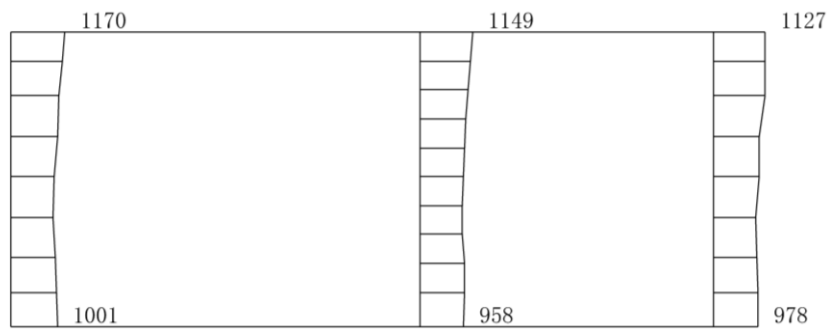
(a) $S_s - D(++)$ 水平



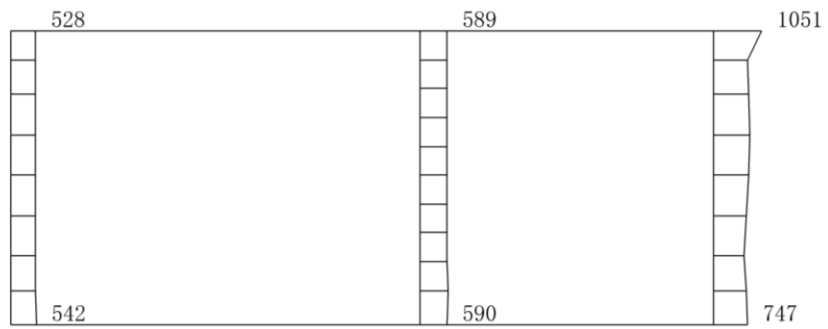
(b) $S_s - D(++)$ 鉛直

構造スケール 0 1 (m) 応答スケール 0 2000 (cm/s²)

図 4-17 最大応答加速度分布図 (17/100) (解析ケース③)



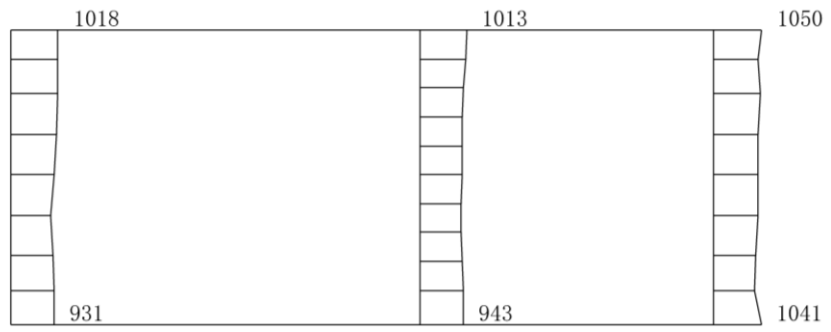
(a) $S_s - D (+ -)$ 水平



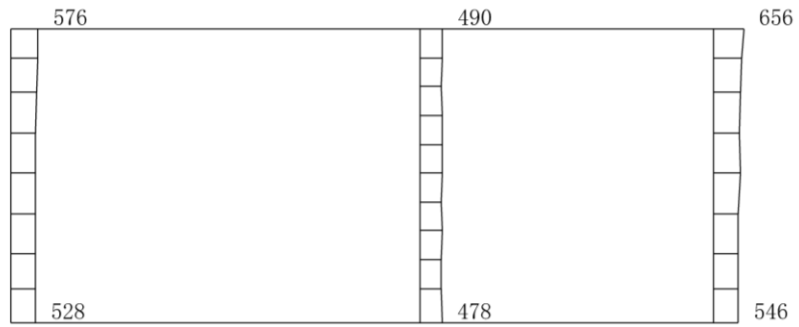
(b) $S_s - D (+ -)$ 鉛直

構造スケール $0 \quad 1$ (m) 応答スケール $0 \quad 2000$ (cm/s^2)

図 4-18 最大応答加速度分布図 (18/100) (解析ケース③)



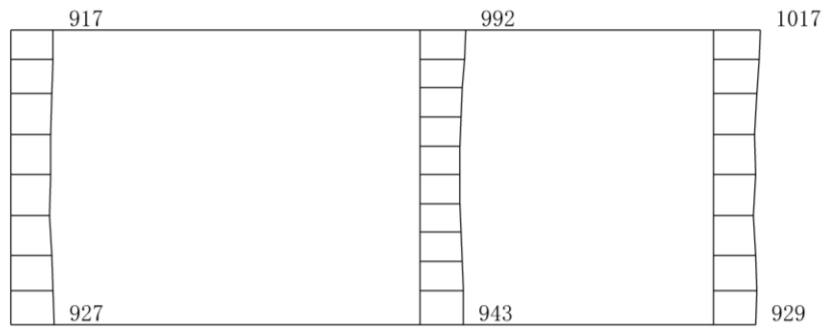
(a) $S_s - D(++)$ 水平



(b) $S_s - D(++)$ 鉛直

構造スケール $\underbrace{\quad\quad\quad}_0 \quad 1$ (m) 応答スケール $\underbrace{\quad\quad\quad}_0 \quad 2000$ (cm/s^2)

図 4-19 最大応答加速度分布図 (19/100) (解析ケース②)



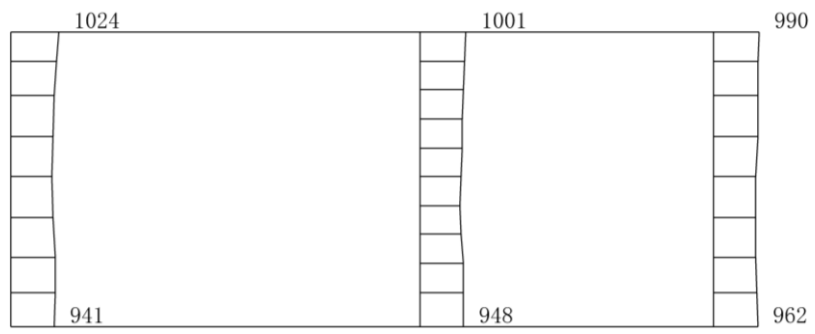
(a) $S_s - D (-+)$ 水平



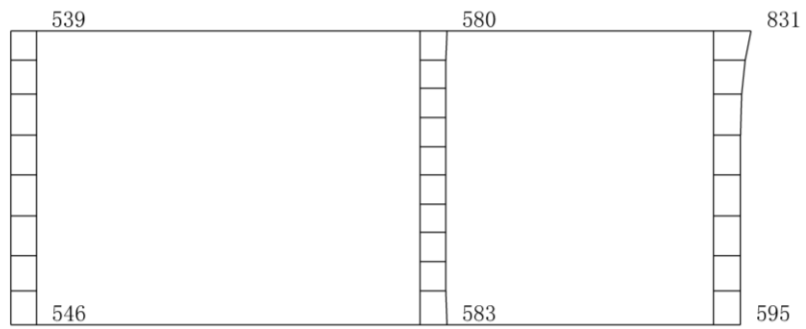
(b) $S_s - D (-+)$ 鉛直

構造スケール $\underbrace{\hspace{1cm}}_0 \quad 1$ (m) 応答スケール $\underbrace{\hspace{1cm}}_0 \quad 2000$ (cm/s^2)

図 4-20 最大応答加速度分布図 (20/100) (解析ケース②)



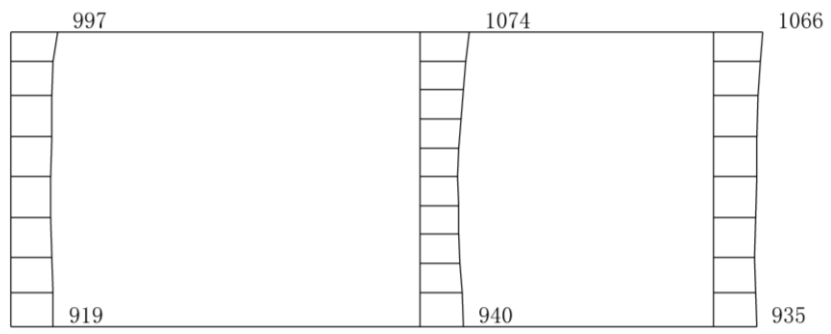
(a) $S_s - D (+ -)$ 水平



(b) $S_s - D (+ -)$ 鉛直

構造スケール $0 \quad 1$ (m) 応答スケール $0 \quad 2000$ (cm/s^2)

図 4-21 最大応答加速度分布図 (21/100) (解析ケース②)



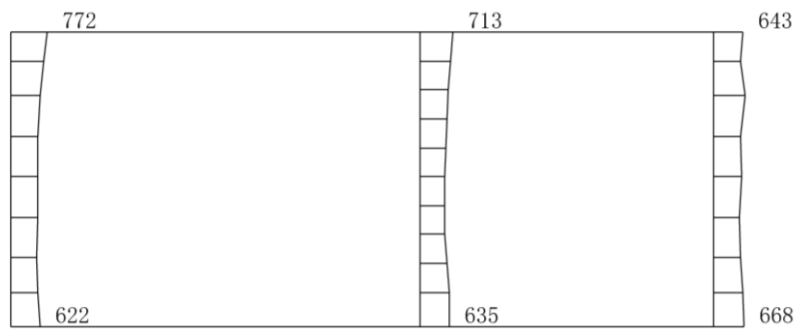
(a) $S_s - D$ (--) 水平



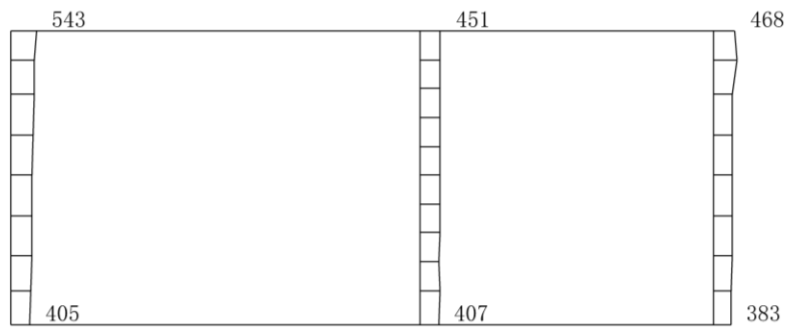
(b) $S_s - D$ (--) 鉛直

構造スケール $0 \quad 1$ (m) 応答スケール $0 \quad 2000$ (cm/s^2)

図 4-22 最大応答加速度分布図 (22/100) (解析ケース②)



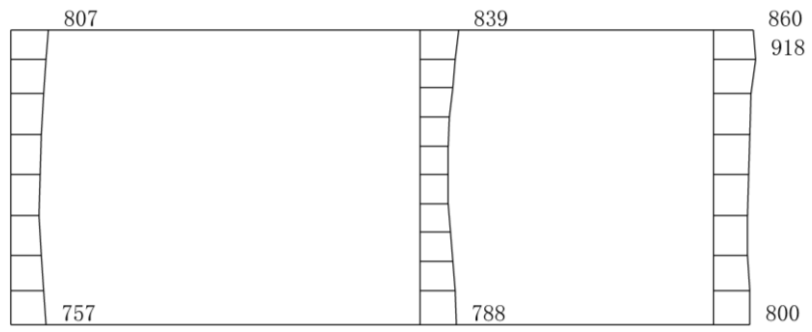
(a) $S_s - F1 (NS) (++)$ 水平



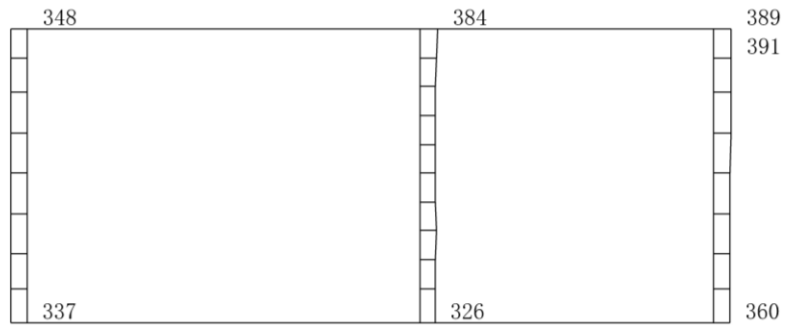
(b) $S_s - F1 (NS) (++)$ 鉛直

構造スケール $\underbrace{\quad\quad\quad}_0 \quad 1$ (m) 応答スケール $\underbrace{\quad\quad\quad}_0 \quad 2000$ (cm/s^2)

図 4-23 最大応答加速度分布図 (23/100) (解析ケース②)



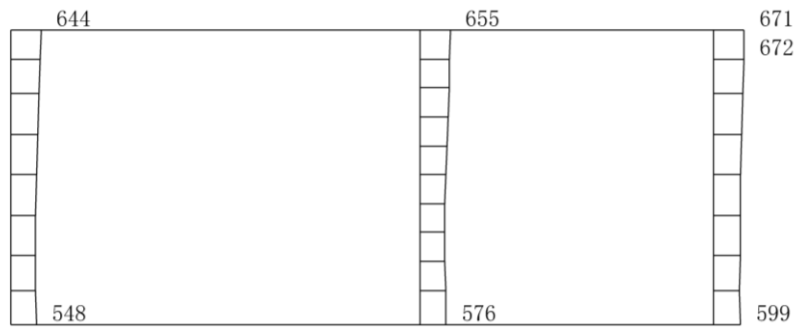
(a) $S_s - F1 (EW) (++)$ 水平



(b) $S_s - F1 (EW) (++)$ 鉛直

構造スケール $\underbrace{\quad\quad\quad}_0 \quad 1$ (m) 応答スケール $\underbrace{\quad\quad\quad}_0 \quad 2000$ (cm/s^2)

図 4-24 最大応答加速度分布図 (24/100) (解析ケース②)



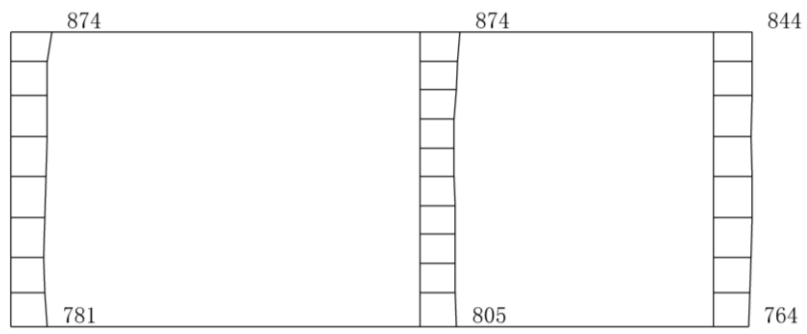
(a) $S_s - F_2 (NS) (++)$ 水平



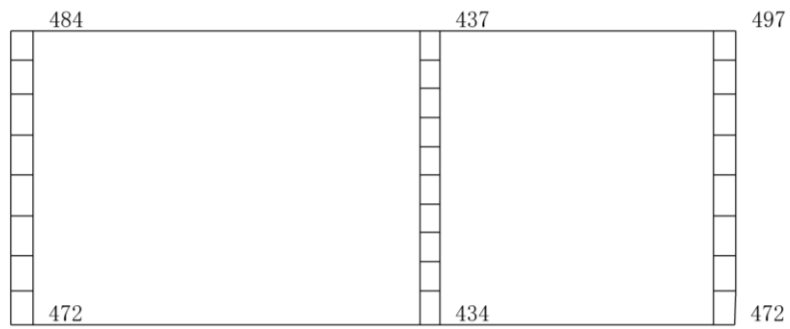
(b) $S_s - F_2 (NS) (++)$ 鉛直

構造スケール $\underbrace{\quad\quad\quad}_0 \quad 1$ (m) 応答スケール $\underbrace{\quad\quad\quad}_0 \quad 2000$ (cm/s^2)

図 4-25 最大応答加速度分布図 (25/100) (解析ケース②)



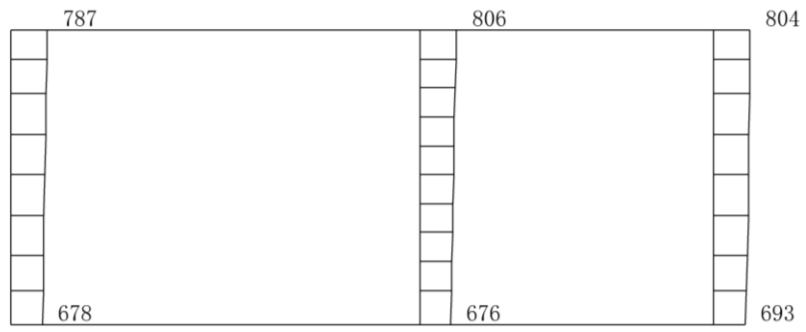
(a) $S_s - F_2 (EW) (++)$ 水平



(b) $S_s - F_2 (EW) (++)$ 鉛直

構造スケール $0 \quad 1$ (m) 応答スケール $0 \quad 2000$ (cm/s^2)

図 4-26 最大応答加速度分布図 (26/100) (解析ケース②)



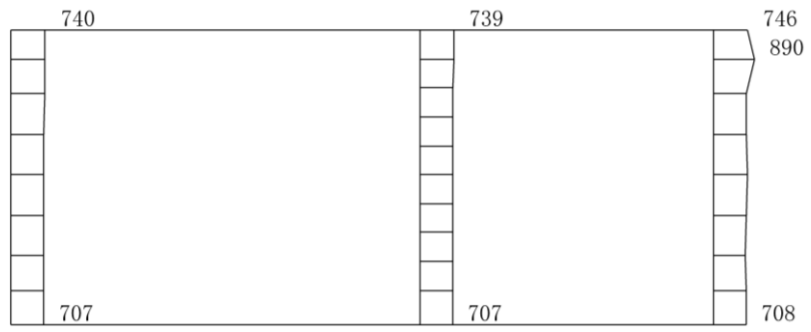
(a) $S_s - N1$ (++) 水平



(b) $S_s - N1$ (++) 鉛直

構造スケール $0 \quad 1$ (m) 応答スケール $0 \quad 2000$ (cm/s^2)

図 4-27 最大応答加速度分布図 (27/100) (解析ケース②)



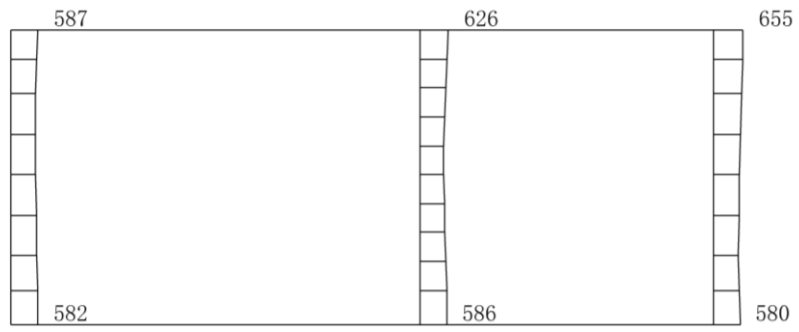
(a) S s - N 1 (- +) 水平



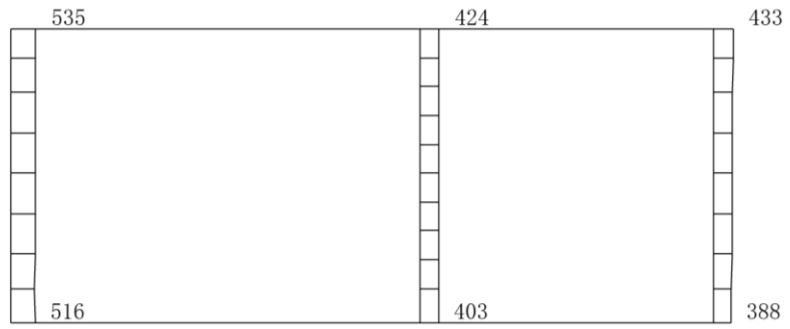
(b) S s - N 1 (- +) 鉛直

構造スケール 0 $\rule{1cm}{0.4pt}$ 1 (m) 応答スケール 0 $\rule{1cm}{0.4pt}$ 2000 (cm/s²)

図 4-28 最大応答加速度分布図 (28/100) (解析ケース②)



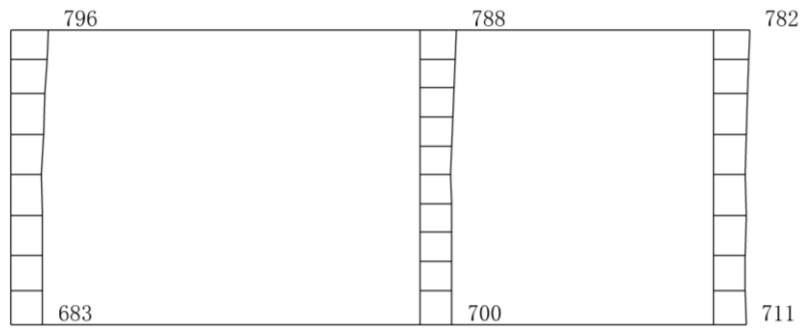
(a) $S_s - N_2 (NS) (++)$ 水平



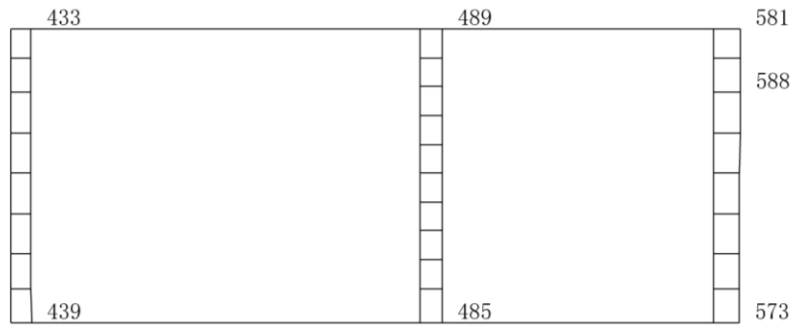
(b) $S_s - N_2 (NS) (++)$ 鉛直

構造スケール $\underbrace{\quad\quad\quad}_0 \quad 1$ (m) 応答スケール $\underbrace{\quad\quad\quad}_0 \quad 2000$ (cm/s^2)

図 4-29 最大応答加速度分布図 (29/100) (解析ケース②)



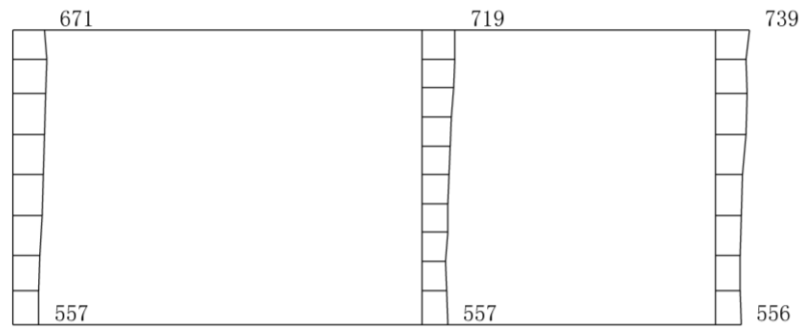
(a) $S_s - N_2 (NS) (-+)$ 水平



(b) $S_s - N_2 (NS) (-+)$ 鉛直

構造スケール $\underbrace{\quad\quad\quad}_0 \quad 1$ (m) 応答スケール $\underbrace{\quad\quad\quad}_0 \quad 2000$ (cm/s^2)

図 4-30 最大応答加速度分布図 (30/100) (解析ケース②)



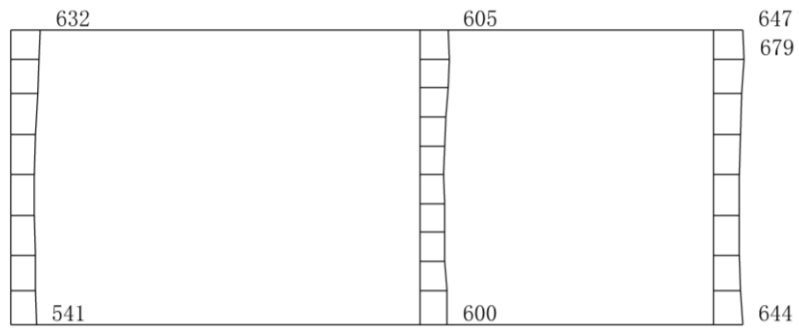
(a) $S_s - N_2 (EW) (++)$ 水平



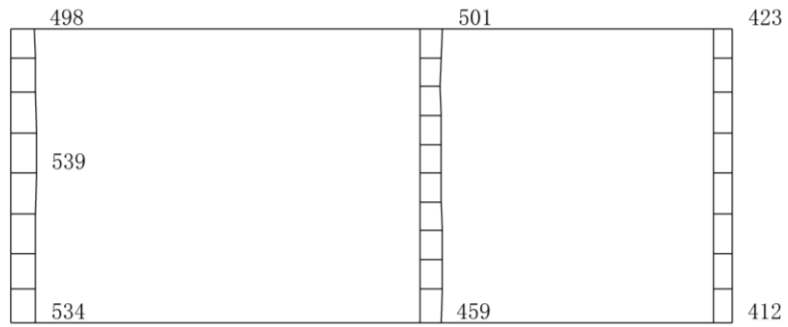
(b) $S_s - N_2 (EW) (++)$ 鉛直

構造スケール $\underbrace{\quad\quad\quad}_0 \quad 1$ (m) 応答スケール $\underbrace{\quad\quad\quad}_0 \quad 2000$ (cm/s^2)

図 4-31 最大応答加速度分布図 (31/100) (解析ケース②)



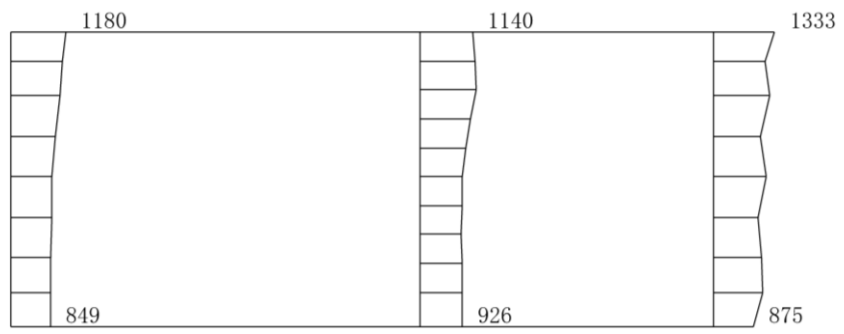
(a) $S_s - N_2$ (EW) (-+) 水平



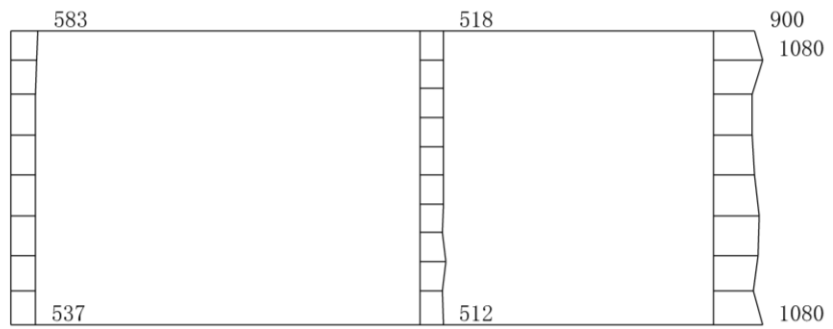
(b) $S_s - N_2$ (EW) (-+) 鉛直

構造スケール $\underbrace{\quad\quad\quad}_0 \quad 1$ (m) 応答スケール $\underbrace{\quad\quad\quad}_0 \quad 2000$ (cm/s^2)

図 4-32 最大応答加速度分布図 (32/100) (解析ケース②)



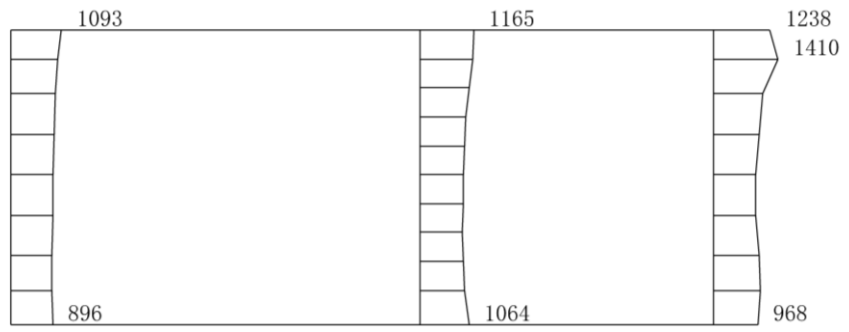
(a) $S_s - D(++)$ 水平



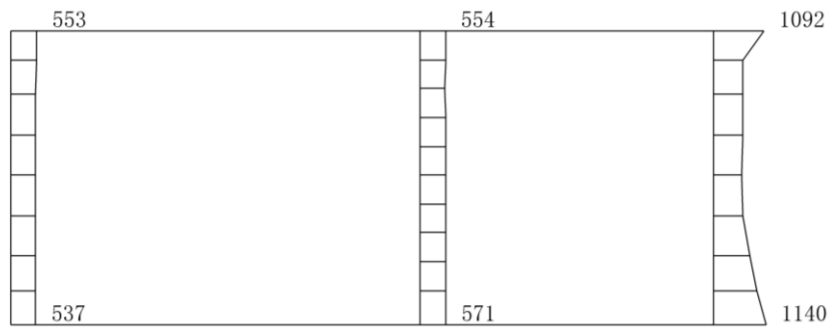
(b) $S_s - D(++)$ 鉛直

構造スケール $0 \quad 1$ (m) 応答スケール $0 \quad 2000$ (cm/s^2)

図 4-33 最大応答加速度分布図 (33/100) (解析ケース③)



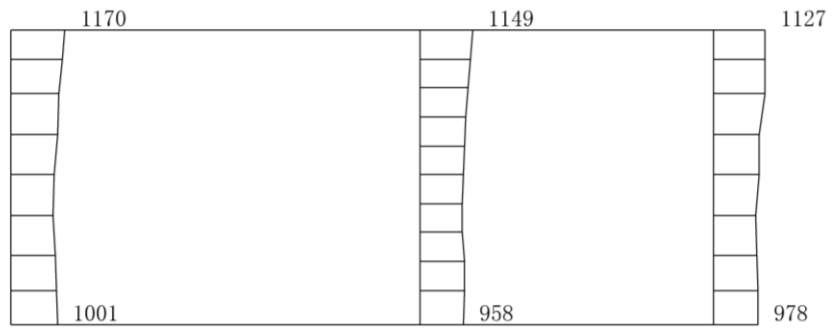
(a) $S_s - D (-+)$ 水平



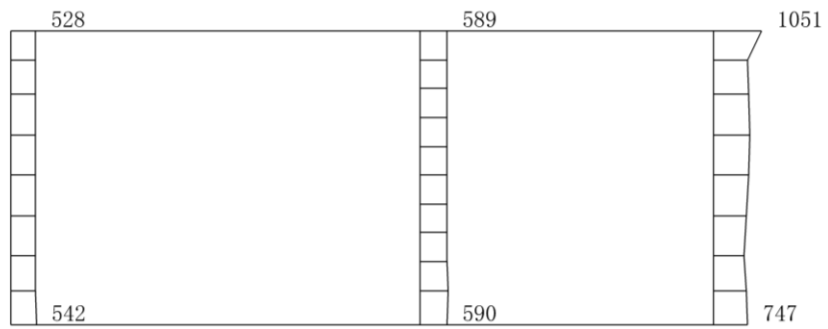
(b) $S_s - D (-+)$ 鉛直

構造スケール $0 \quad 1$ (m) 応答スケール $0 \quad 2000$ (cm/s^2)

図 4-34 最大応答加速度分布図 (34/100) (解析ケース③)



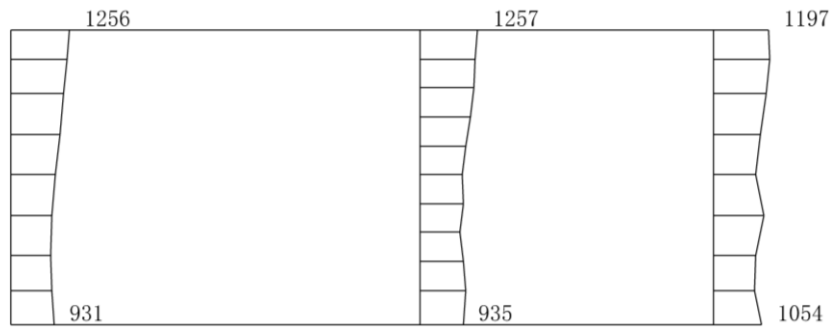
(a) $S_s - D (+ -)$ 水平



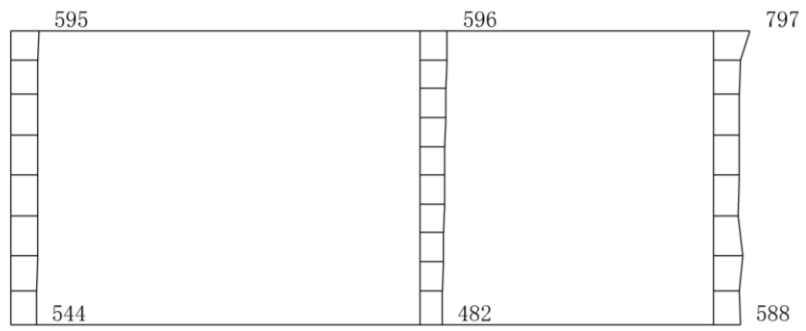
(b) $S_s - D (+ -)$ 鉛直

構造スケール $0 \quad 1$ (m) 応答スケール $0 \quad 2000$ (cm/s^2)

図 4-35 最大応答加速度分布図 (35/100) (解析ケース③)



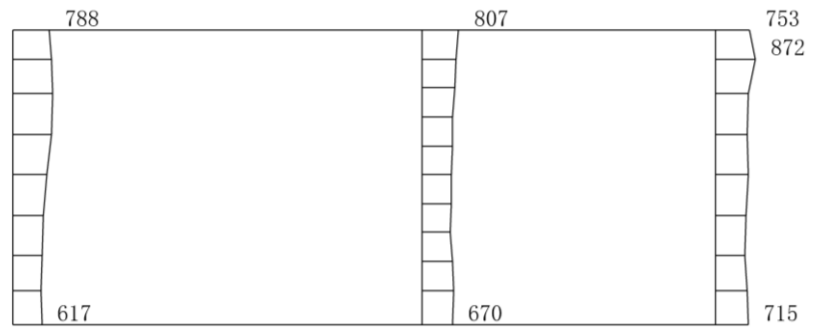
(a) S s - D (--) 水平



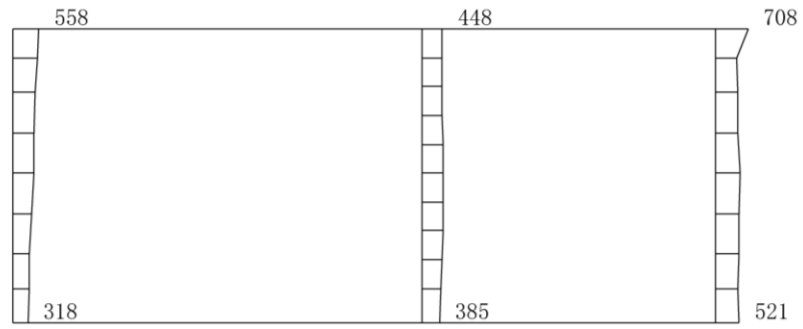
(b) S s - D (--) 鉛直

構造スケール 0 $\rule{1cm}{0.4pt}$ 1 (m) 応答スケール 0 $\rule{1cm}{0.4pt}$ 2000 (cm/s²)

図 4-36 最大応答加速度分布図 (36/100) (解析ケース③)



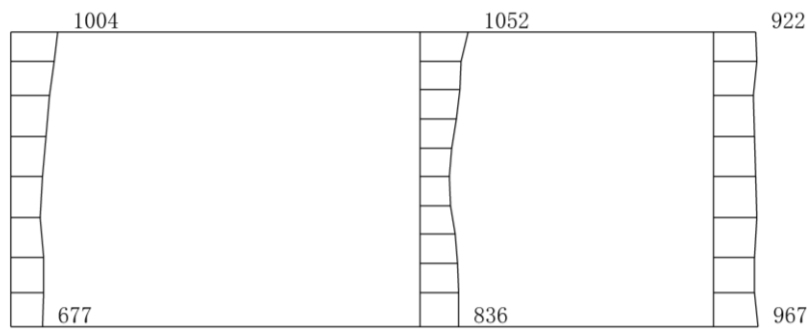
(a) $S_s - F1 (NS) (++)$ 水平



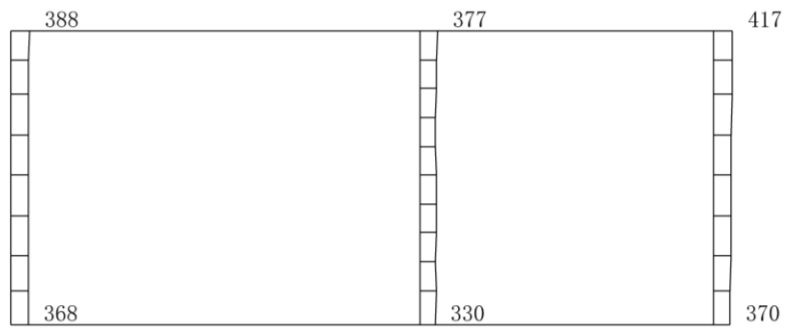
(b) $S_s - F1 (NS) (++)$ 鉛直

構造スケール $\frac{0}{1} (m)$ 応答スケール $\frac{0}{2000} (cm/s^2)$

図 4-37 最大応答加速度分布図 (37/100) (解析ケース③)



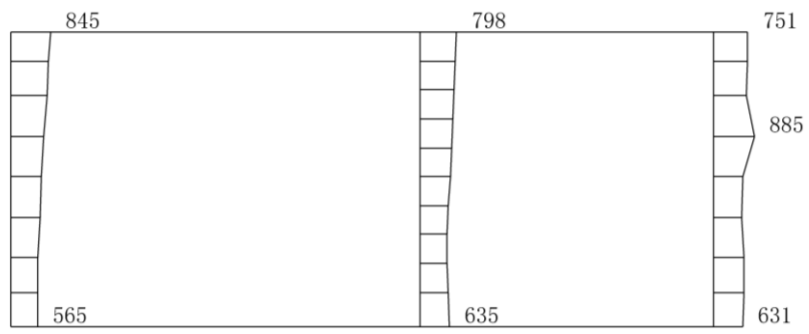
(a) $S_s - F_1 (EW) (++)$ 水平



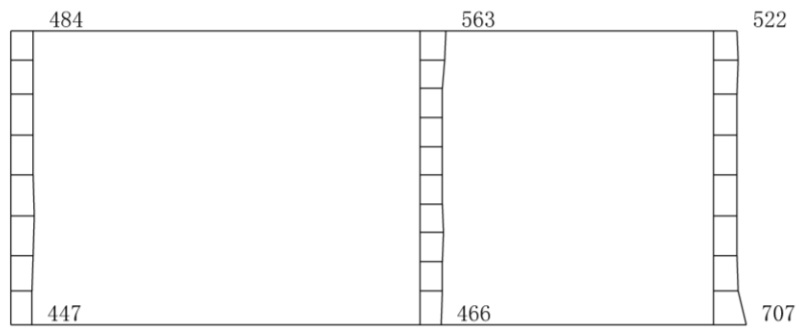
(b) $S_s - F_1 (EW) (++)$ 鉛直

構造スケール $0 \quad 1$ (m) 応答スケール $0 \quad 2000$ (cm/s^2)

図 4-38 最大応答加速度分布図 (38/100) (解析ケース③)



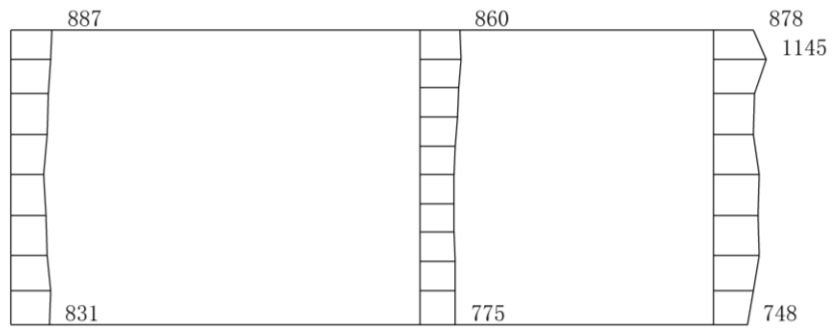
(a) $S_s - F_2 (NS) (++)$ 水平



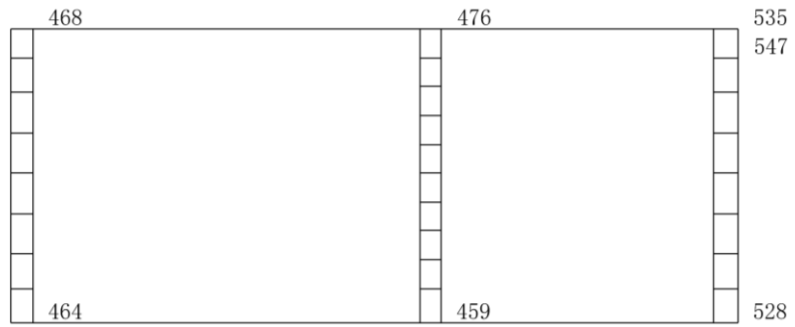
(b) $S_s - F_2 (NS) (++)$ 鉛直

構造スケール $\underbrace{\quad\quad\quad}_0 \quad 1$ (m) 応答スケール $\underbrace{\quad\quad\quad}_0 \quad 2000$ (cm/s^2)

図 4-39 最大応答加速度分布図 (39/100) (解析ケース③)



(a) $S_s - F_2 (EW) (++)$ 水平



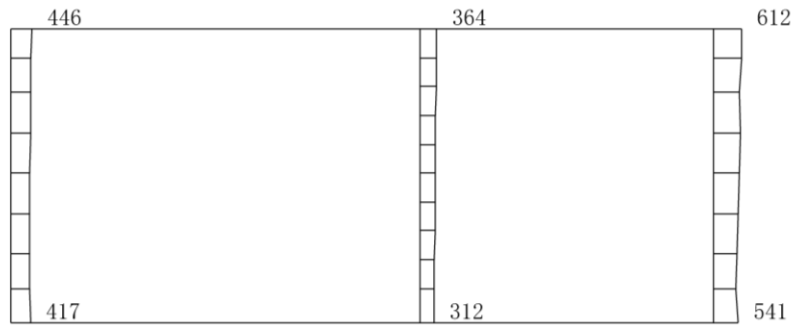
(b) $S_s - F_2 (EW) (++)$ 鉛直

構造スケール $0 \quad 1$ (m) 応答スケール $0 \quad 2000$ (cm/s^2)

図 4-40 最大応答加速度分布図 (40/100) (解析ケース③)



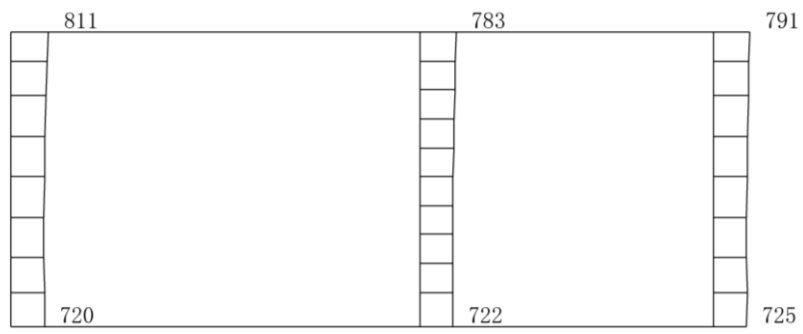
(a) S_s-N1 (++) 水平



(b) S_s-N1 (++) 鉛直

構造スケール 0 $\overbrace{\hspace{1cm}}$ 1 (m) 応答スケール 0 $\overbrace{\hspace{1cm}}$ 2000 (cm/s²)

図 4-41 最大応答加速度分布図 (41/100) (解析ケース③)



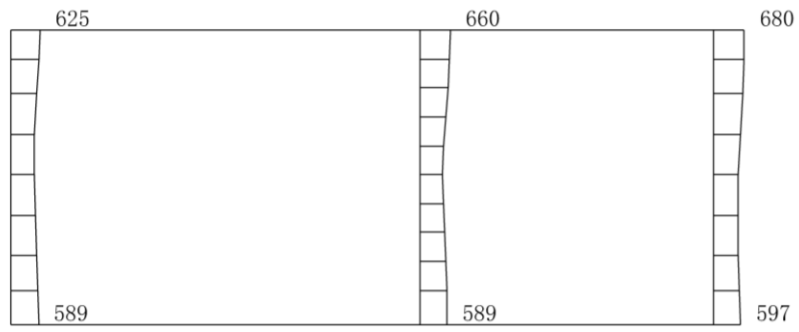
(a) $S_s - N1 (-+)$ 水平



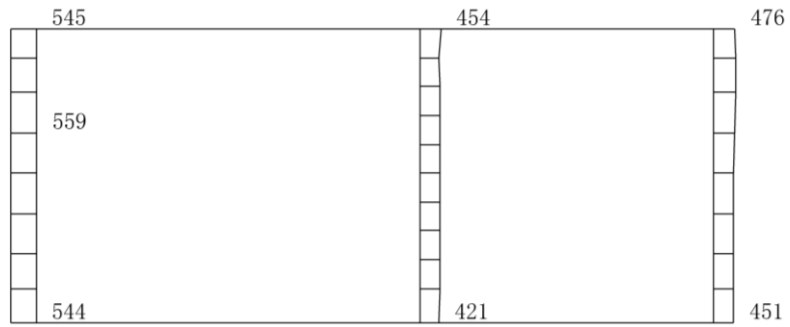
(b) $S_s - N1 (-+)$ 鉛直

構造スケール $\underbrace{\quad\quad\quad}_0 \quad 1$ (m) 応答スケール $\underbrace{\quad\quad\quad}_0 \quad 2000$ (cm/s^2)

図 4-42 最大応答加速度分布図 (42/100) (解析ケース③)



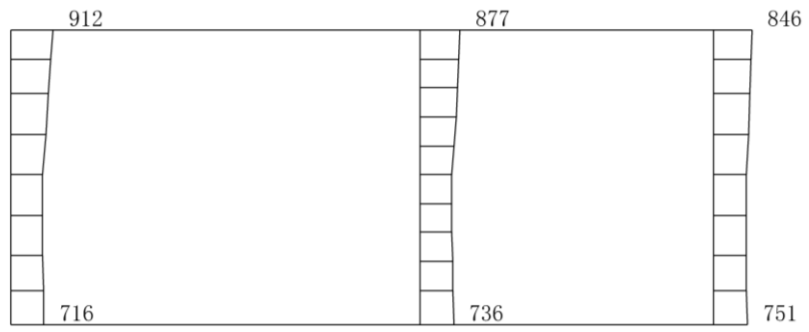
(a) $S_s - N_2 (NS) (++)$ 水平



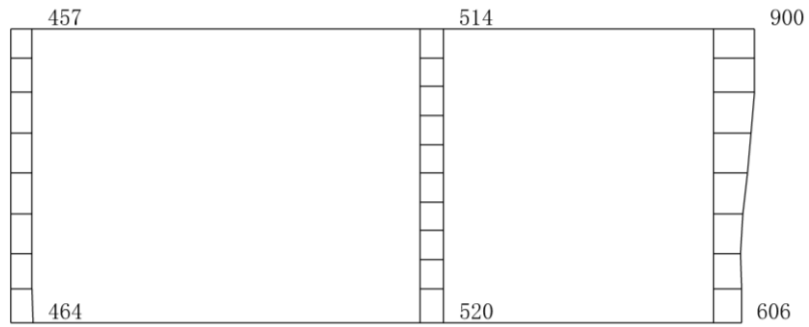
(b) $S_s - N_2 (NS) (++)$ 鉛直

構造スケール $\underbrace{\quad\quad\quad}_0 \quad 1$ (m) 応答スケール $\underbrace{\quad\quad\quad}_0 \quad 2000$ (cm/s^2)

図 4-43 最大応答加速度分布図 (43/100) (解析ケース③)



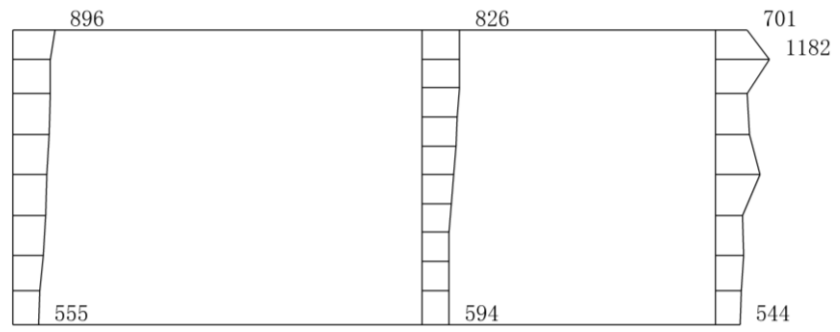
(a) $S_s - N_2 (NS) (-+)$ 水平



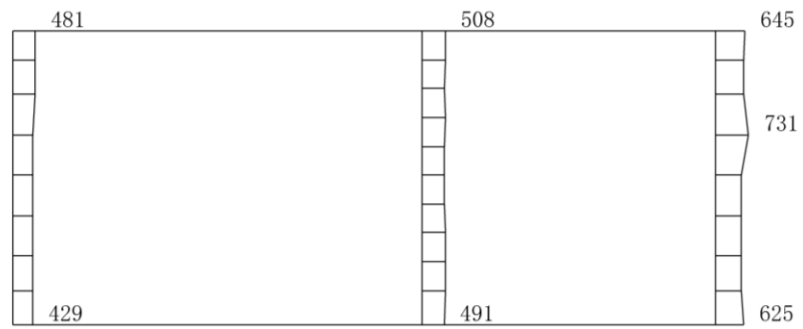
(b) $S_s - N_2 (NS) (-+)$ 鉛直

構造スケール $\frac{0}{1}$ (m) 応答スケール $\frac{0}{2000}$ (cm/s²)

図 4-44 最大応答加速度分布図 (44/100) (解析ケース③)



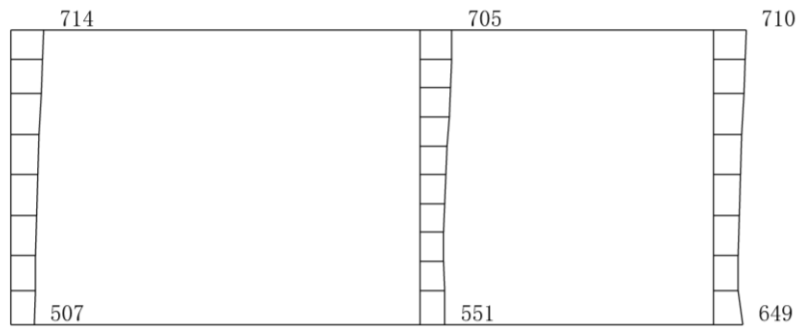
(a) $S_s - N_2 (EW) (++)$ 水平



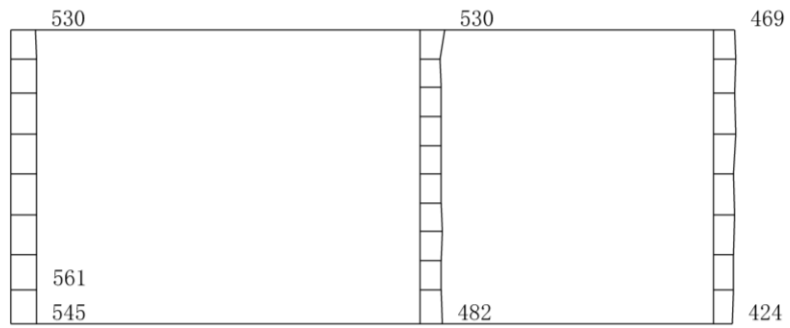
(b) $S_s - N_2 (EW) (++)$ 鉛直

構造スケール $\frac{0}{1} (m)$ 応答スケール $\frac{0}{2000} (cm/s^2)$

図 4-45 最大応答加速度分布図 (45/100) (解析ケース③)



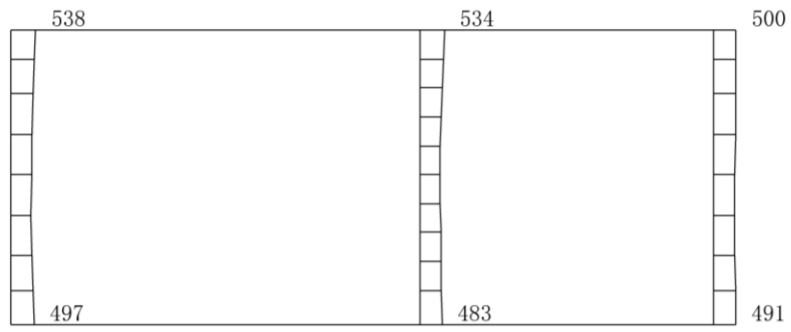
(a) $S_s - N_2$ (EW) (-+) 水平



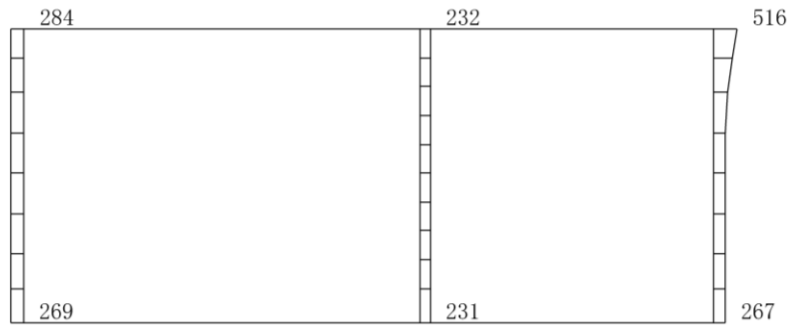
(b) $S_s - N_2$ (EW) (-+) 鉛直

構造スケール $\underbrace{\hspace{1cm}}_0 \quad 1$ (m) 応答スケール $\underbrace{\hspace{1cm}}_0 \quad 2000$ (cm/s^2)

図 4-46 最大応答加速度分布図 (46/100) (解析ケース③)



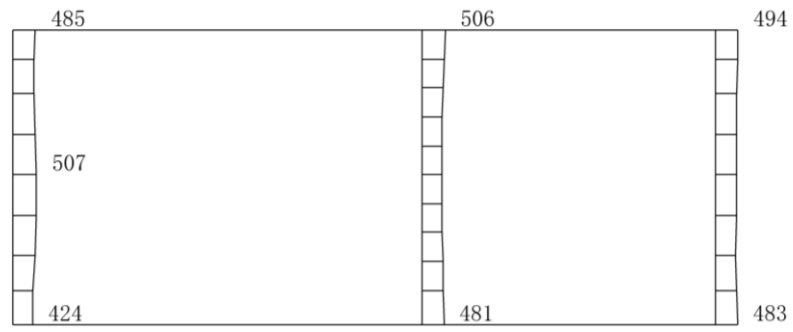
(a) S d - D (++) 水平



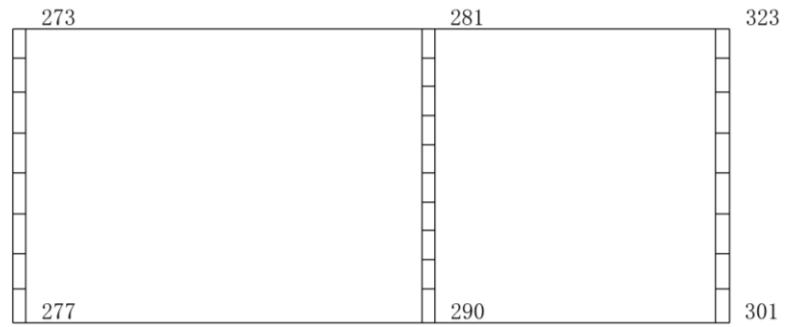
(b) S d - D (++) 鉛直

構造スケール 0 $\rule{1cm}{0.4pt}$ 1 (m) 応答スケール 0 $\rule{1cm}{0.4pt}$ 2000 (cm/s²)

図 4-47 最大応答加速度分布図 (47/100) (解析ケース①)



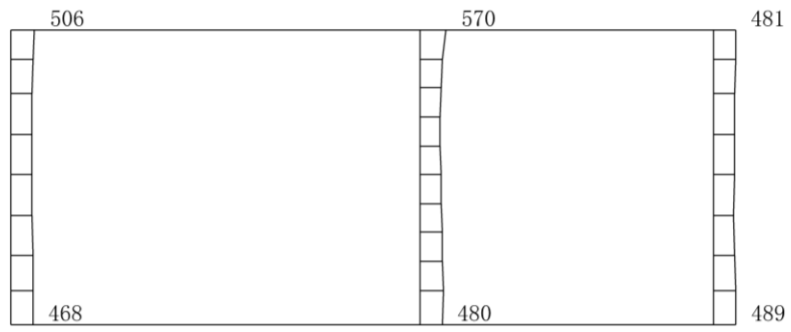
(a) S d - D (-+) 水平



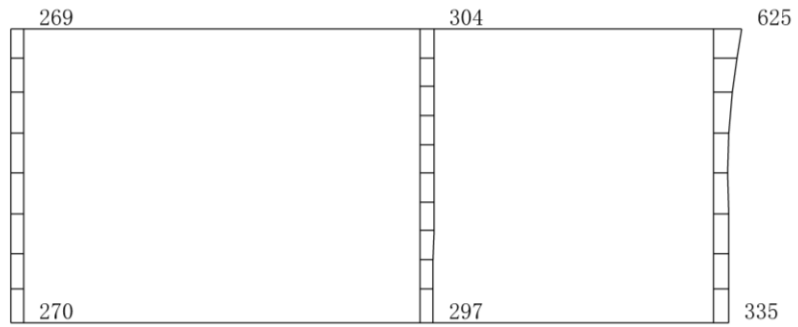
(b) S d - D (-+) 鉛直

構造スケール 0 $\rule{1cm}{0.4pt}$ 1 (m) 応答スケール 0 $\rule{1cm}{0.4pt}$ 2000 (cm/s²)

図 4-48 最大応答加速度分布図 (48/100) (解析ケース①)



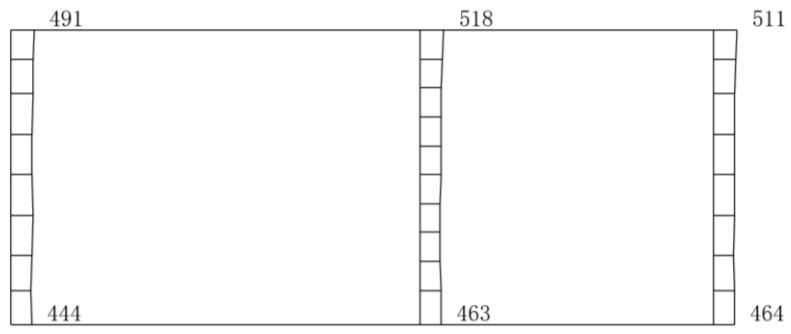
(a) S d - D (+ -) 水平



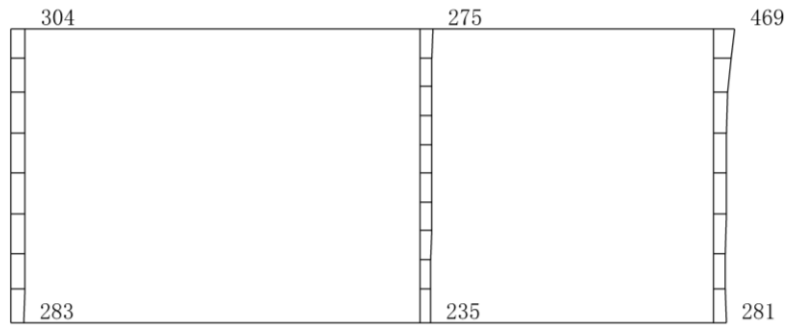
(b) S d - D (+ -) 鉛直

構造スケール $\underbrace{\quad\quad\quad}_0 \quad 1$ (m) 応答スケール $\underbrace{\quad\quad\quad}_0 \quad 2000$ (cm/s²)

図 4-49 最大応答加速度分布図 (49/100) (解析ケース①)



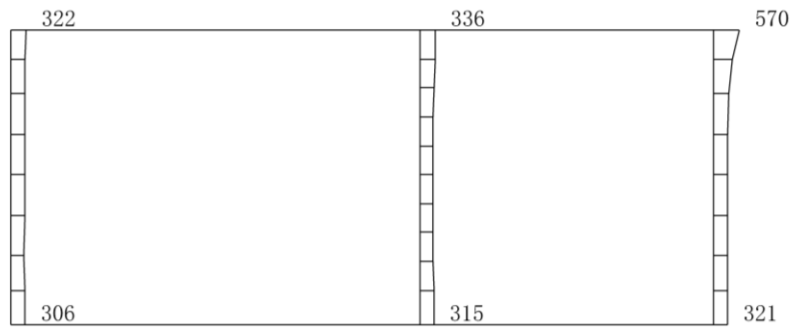
(a) S d - D (--) 水平



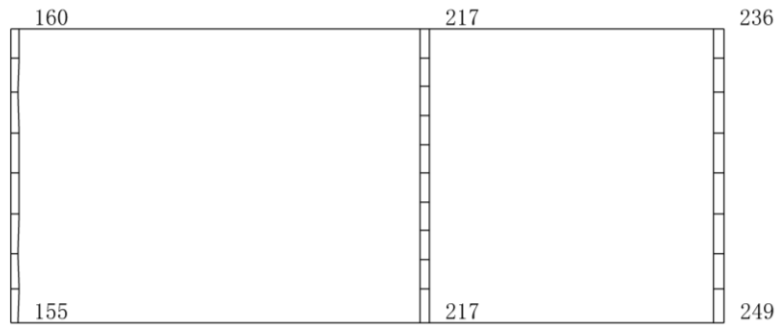
(b) S d - D (--) 鉛直

構造スケール 0 $\frac{1}{\text{m}}$ 応答スケール 0 $\frac{2000}{(\text{cm}/\text{s}^2)}$

図 4-50 最大応答加速度分布図 (50/100) (解析ケース①)



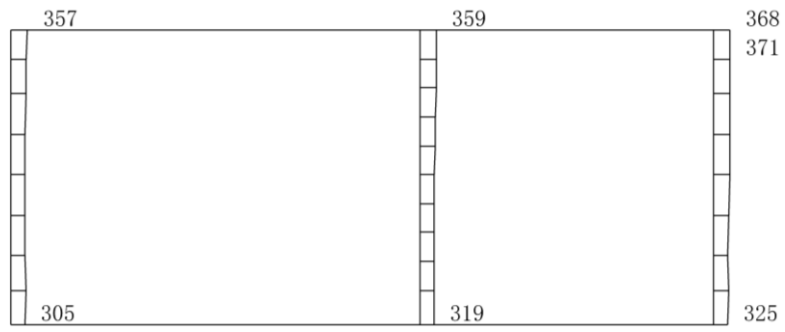
(a) S d - F 1 (N S) (+ +) 水平



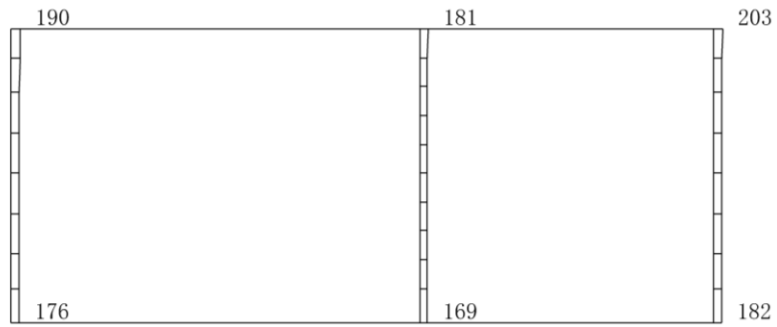
(b) S d - F 1 (N S) (+ +) 鉛直

構造スケール $\underbrace{\quad\quad\quad}_0 \quad 1$ (m) 応答スケール $\underbrace{\quad\quad\quad}_0 \quad 2000$ (cm/s²)

図 4-51 最大応答加速度分布図 (51/100) (解析ケース①)



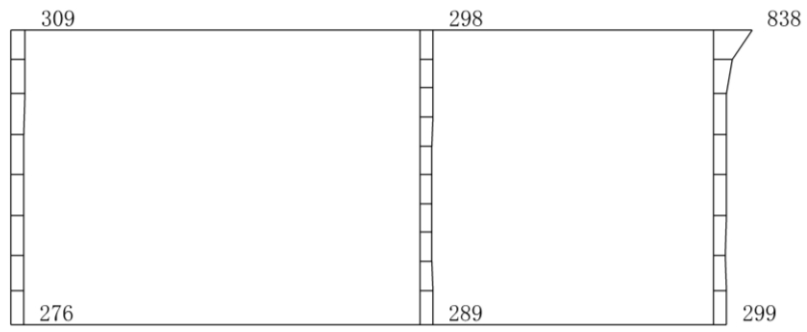
(a) S d - F 1 (E W) (+ +) 水平



(b) S d - F 1 (E W) (+ +) 鉛直

構造スケール $\underbrace{\quad\quad\quad}_0 \quad 1$ (m) 応答スケール $\underbrace{\quad\quad\quad}_0 \quad 2000$ (cm/s²)

図 4-52 最大応答加速度分布図 (52/100) (解析ケース①)



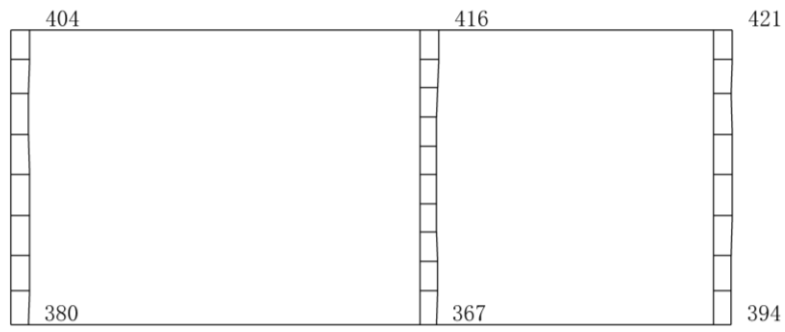
(a) S d - F 2 (N S) (+ +) 水平



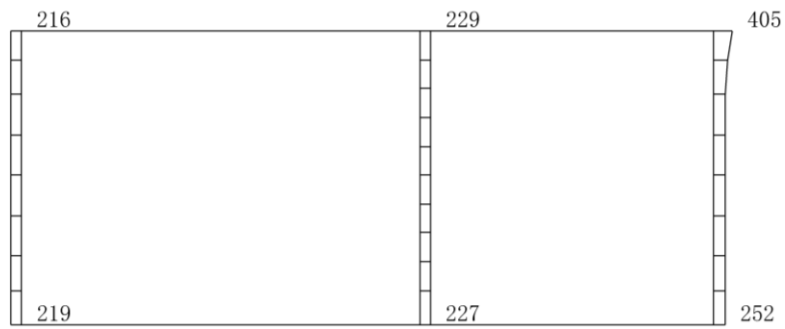
(b) S d - F 2 (N S) (+ +) 鉛直

構造スケール $\underbrace{\quad\quad\quad}_0 \quad \underbrace{\quad\quad\quad}_1$ (m) 応答スケール $\underbrace{\quad\quad\quad}_0 \quad \underbrace{\quad\quad\quad}_{2000}$ (cm/s²)

図 4-53 最大応答加速度分布図 (53/100) (解析ケース①)



(a) S d - F 2 (E W) (+ +) 水平



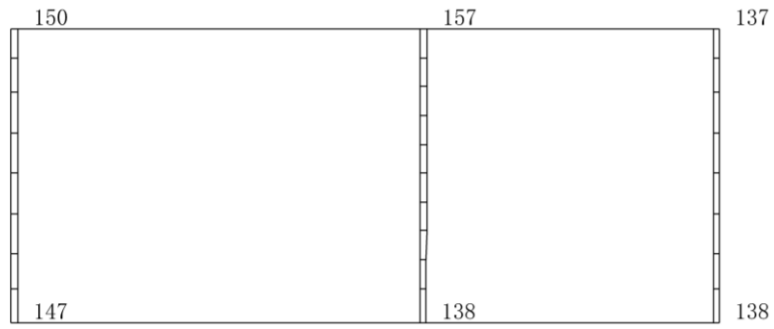
(b) S d - F 2 (E W) (+ +) 鉛直

構造スケール 0 $\overbrace{\hspace{1cm}}$ 1 (m) 応答スケール 0 $\overbrace{\hspace{1cm}}$ 2000 (cm/s²)

図 4-54 最大応答加速度分布図 (54/100) (解析ケース①)



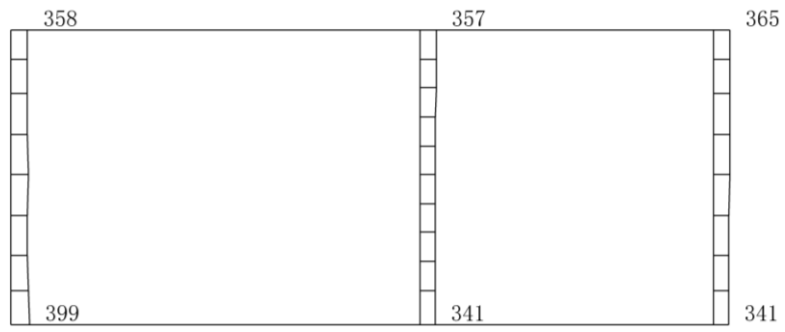
(a) S d - N 1 (++) 水平



(b) S d - N 1 (++) 鉛直

構造スケール 0 $\overbrace{\hspace{1cm}}$ 1 (m) 応答スケール 0 $\overbrace{\hspace{1cm}}$ 2000 (cm/s²)

図 4-55 最大応答加速度分布図 (55/100) (解析ケース①)



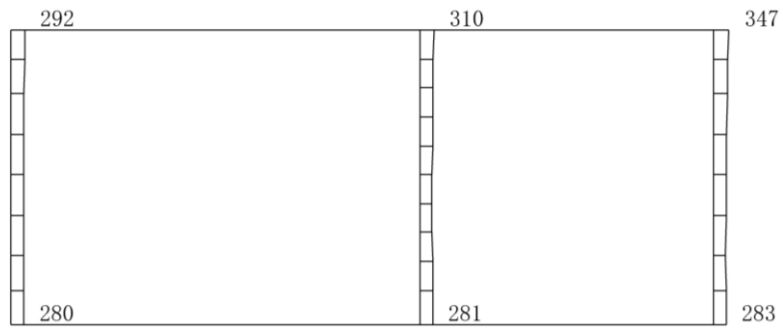
(a) S d - N 1 (- +) 水平



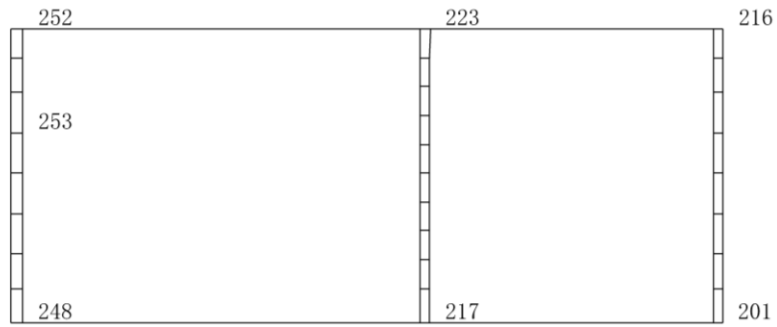
(b) S d - N 1 (- +) 鉛直

構造スケール $\underbrace{\quad\quad\quad}_0 \quad 1$ (m) 応答スケール $\underbrace{\quad\quad\quad}_0 \quad 2000$ (cm/s²)

図 4-56 最大応答加速度分布図 (56/100) (解析ケース①)



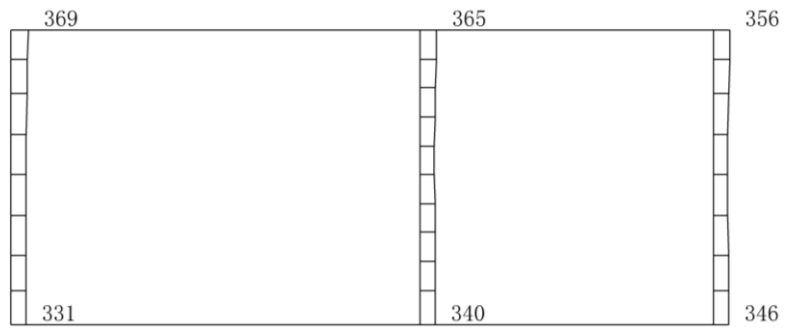
(a) S d - N 2 (N S) (+ +) 水平



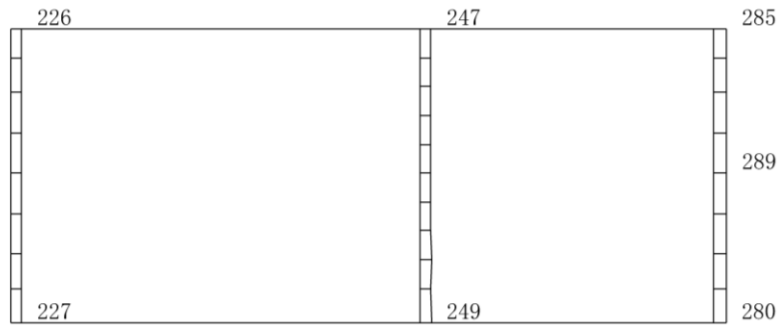
(b) S d - N 2 (N S) (+ +) 鉛直

構造スケール $\underbrace{\hspace{2cm}}_0 \quad 1$ (m) 応答スケール $\underbrace{\hspace{2cm}}_0 \quad 2000$ (cm/s²)

図 4-57 最大応答加速度分布図 (57/100) (解析ケース①)



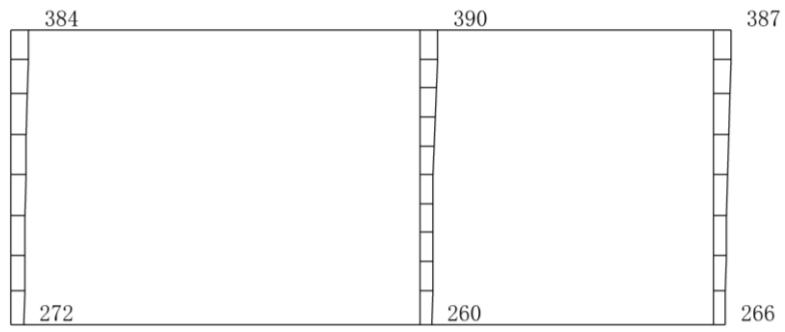
(a) S d - N 2 (N S) (- +) 水平



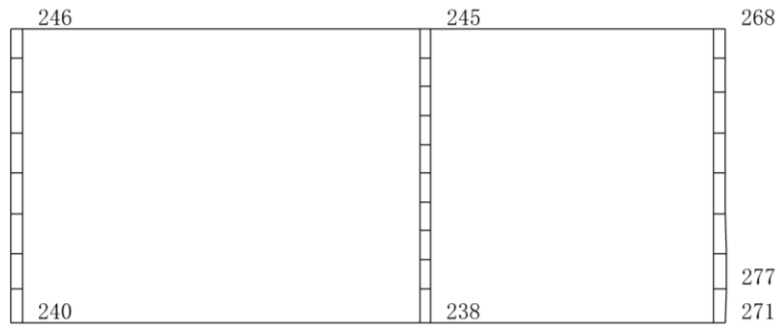
(b) S d - N 2 (N S) (- +) 鉛直

構造スケール $\underbrace{\quad\quad\quad}_0 \quad 1$ (m) 応答スケール $\underbrace{\quad\quad\quad}_0 \quad 2000$ (cm/s²)

図 4-58 最大応答加速度分布図 (58/100) (解析ケース①)



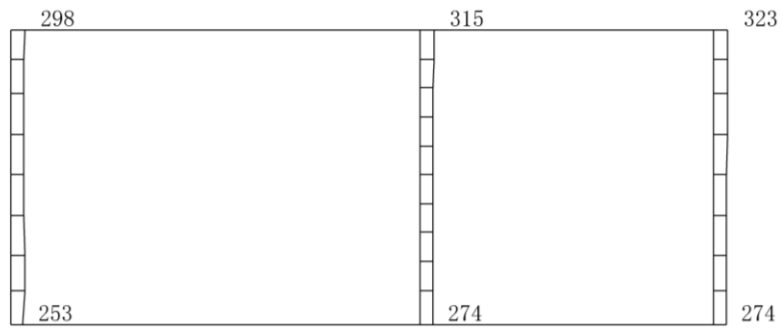
(a) S d - N 2 (E W) (+ +) 水平



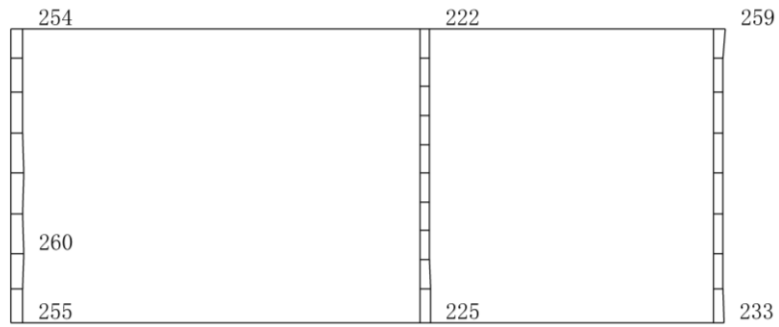
(b) S d - N 2 (E W) (+ +) 鉛直

構造スケール $\underbrace{\quad\quad\quad}_0 \quad 1$ (m) 応答スケール $\underbrace{\quad\quad\quad}_0 \quad 2000$ (cm/s²)

図 4-59 最大応答加速度分布図 (59/100) (解析ケース①)



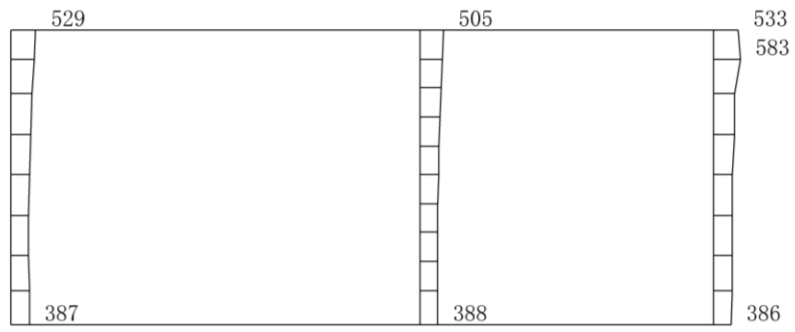
(a) S d - N 2 (E W) (- +) 水平



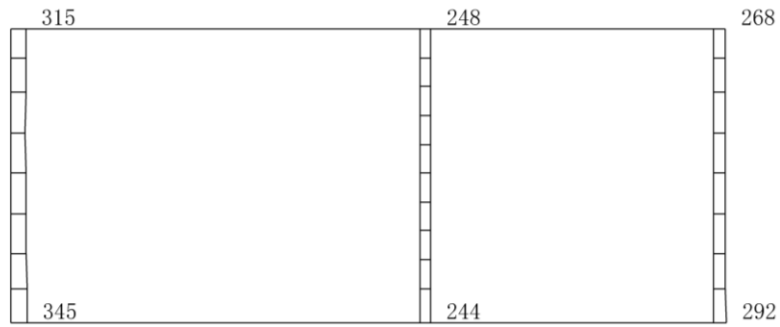
(b) S d - N 2 (E W) (- +) 鉛直

構造スケール $\underbrace{\quad\quad\quad}_0 \quad 1$ (m) 応答スケール $\underbrace{\quad\quad\quad}_0 \quad 2000$ (cm/s²)

図 4-60 最大応答加速度分布図 (60/100) (解析ケース①)



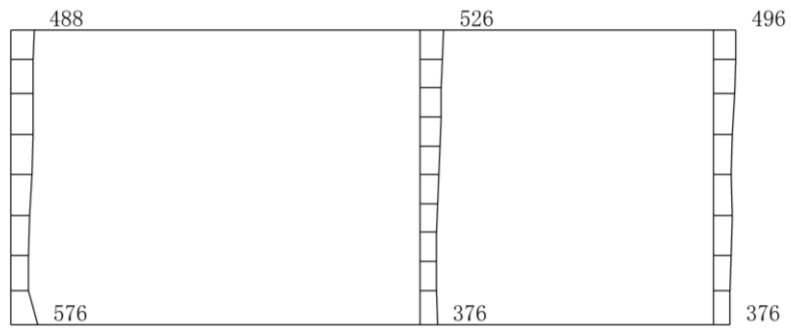
(a) S d - 1 (++) 水平



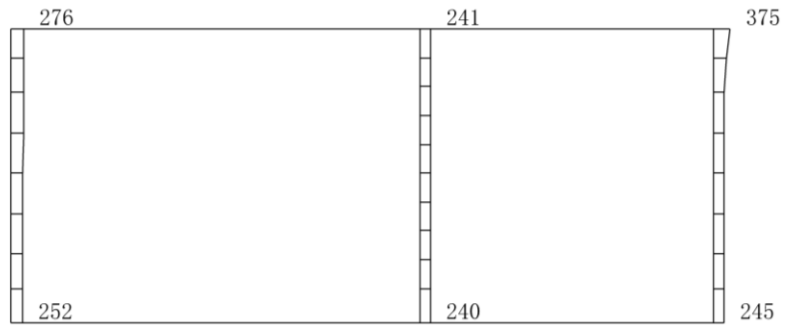
(b) S d - 1 (++) 鉛直

構造スケール $\underbrace{\quad\quad\quad}_0 \quad 1$ (m) 応答スケール $\underbrace{\quad\quad\quad}_0 \quad 2000$ (cm/s²)

図 4-61 最大応答加速度分布図 (61/100) (解析ケース①)



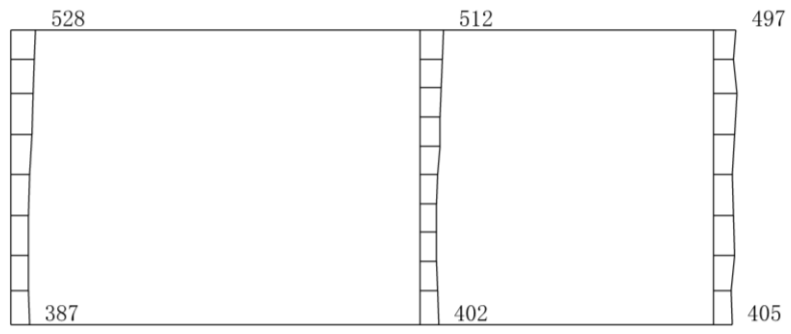
(a) S d - 1 (- +) 水平



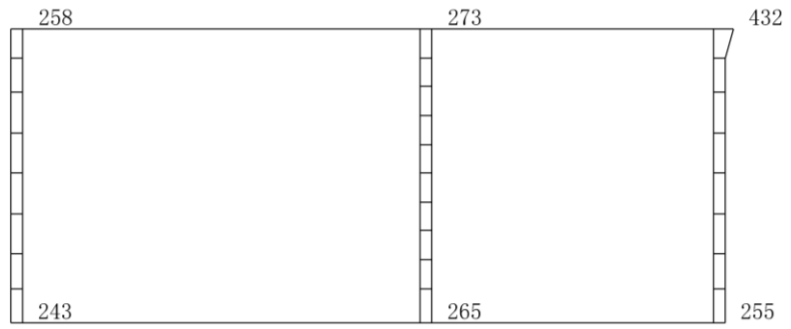
(b) S d - 1 (- +) 鉛直

構造スケール 0 $\overbrace{\hspace{1cm}}$ 1 (m) 応答スケール 0 $\overbrace{\hspace{1cm}}$ 2000 (cm/s²)

図 4-62 最大応答加速度分布図 (62/100) (解析ケース①)



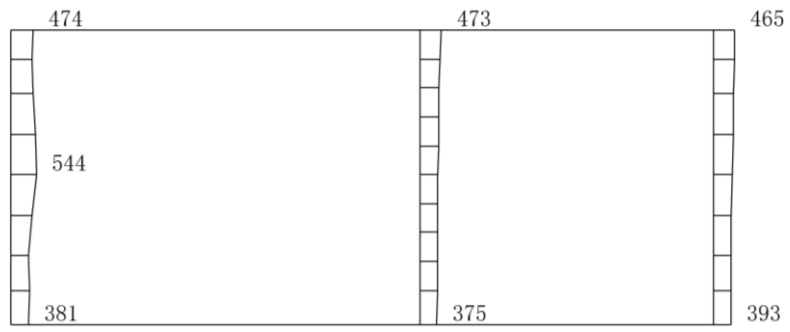
(a) S d - 1 (+ -) 水平



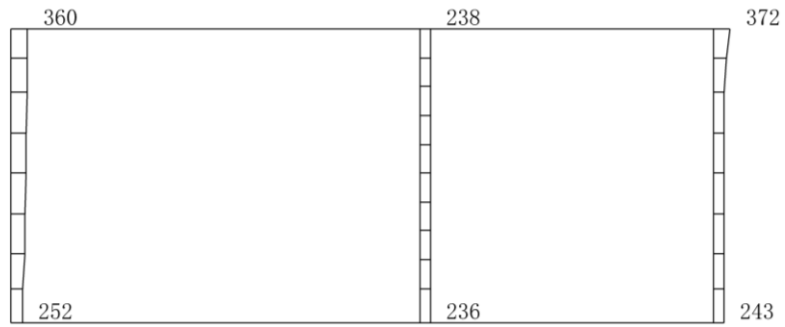
(b) S d - 1 (+ -) 鉛直

構造スケール 0 $\overbrace{\hspace{1cm}}$ 1 (m) 応答スケール 0 $\overbrace{\hspace{1cm}}$ 2000 (cm/s²)

図 4-63 最大応答加速度分布図 (63/100) (解析ケース①)



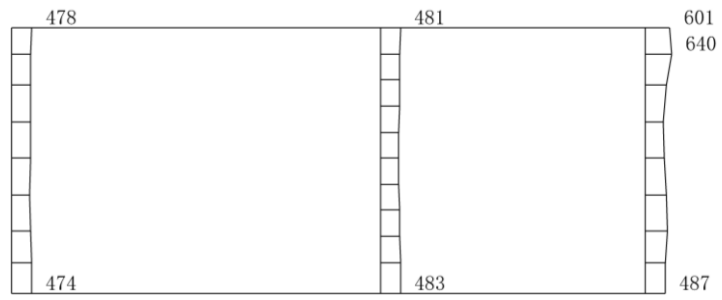
(a) S d - 1 (--) 水平



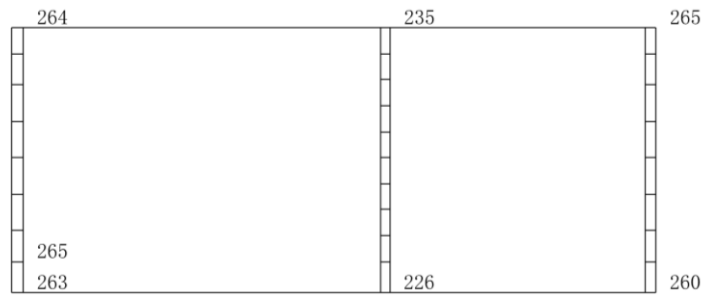
(b) S d - 1 (--) 鉛直

構造スケール 0 $\overbrace{\hspace{1cm}}$ 1 (m) 応答スケール 0 $\overbrace{\hspace{1cm}}$ 2000 (cm/s²)

図 4-64 最大応答加速度分布図 (64/100) (解析ケース①)



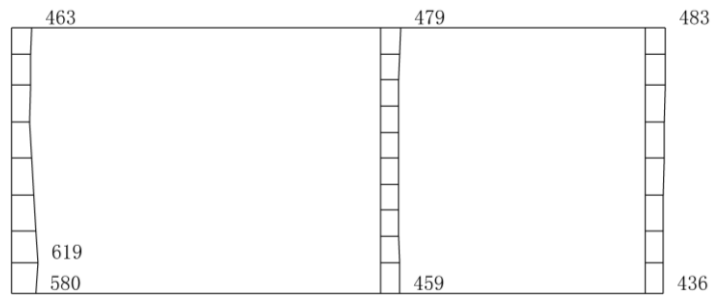
(a) S d - D (++) 水平



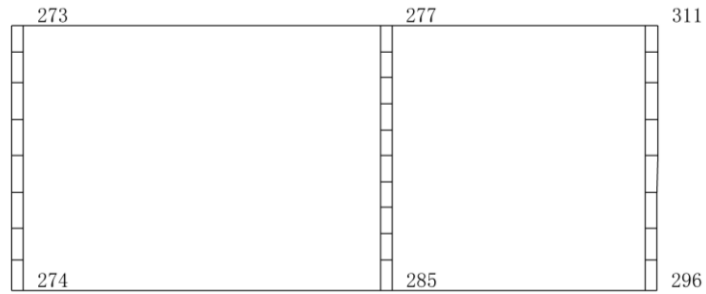
(b) S d - D (++) 鉛直

構造スケール 0 1 (m) 応答スケール 0 2000 (cm/s²)

図 4-65 最大応答加速度分布図 (65/100) (解析ケース②)



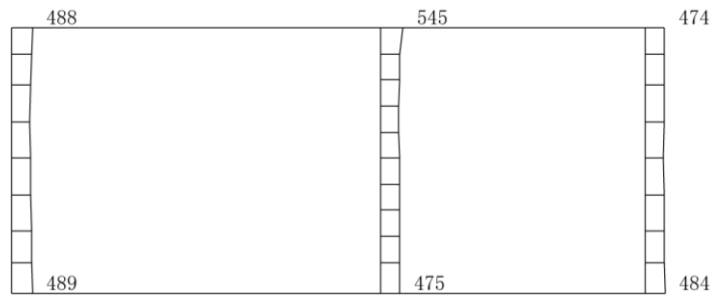
(a) S d - D (- +) 水平



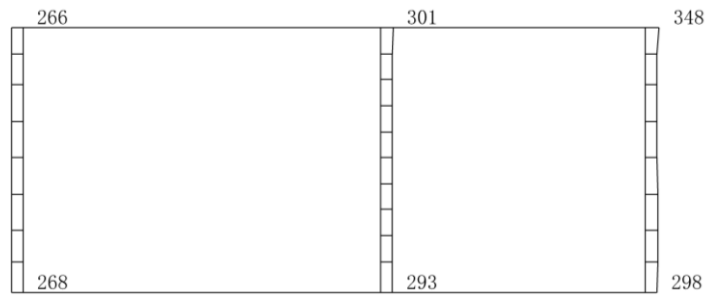
(b) S d - D (- +) 鉛直

構造スケール 0 ——— 1 (m) 応答スケール 0 ——— 2000 (cm/s²)

図 4-66 最大応答加速度分布図 (66/100) (解析ケース②)



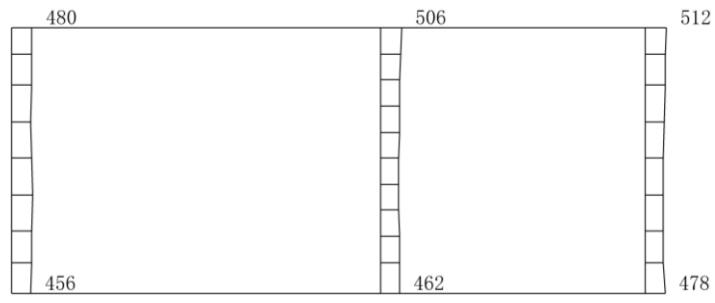
(a) S d - D (+ -) 水平



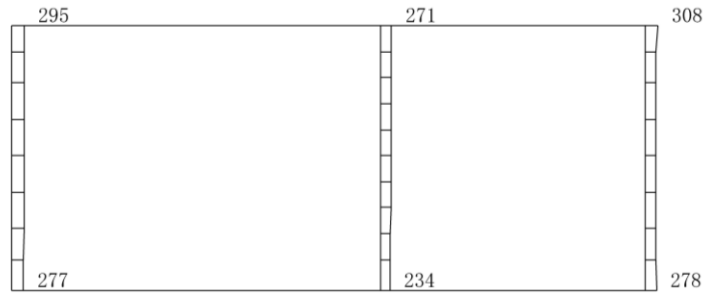
(b) S d - D (+ -) 鉛直

構造スケール 0 1 (m) 応答スケール 0 2000 (cm/s²)

図 4-67 最大応答加速度分布図 (67/100) (解析ケース②)



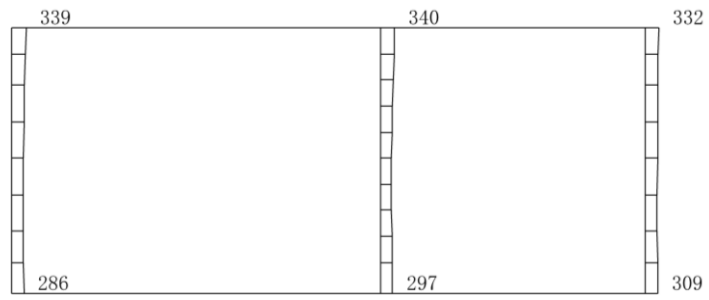
(a) S d - D (--) 水平



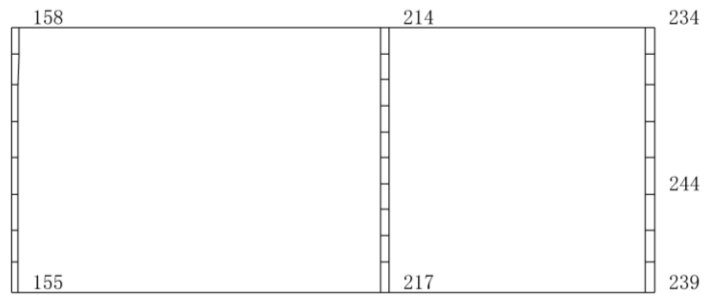
(b) S d - D (--) 鉛直

構造スケール 0 ——— 1 (m) 応答スケール 0 ——— 2000 (cm/s²)

図 4-68 最大応答加速度分布図 (68/100) (解析ケース②)



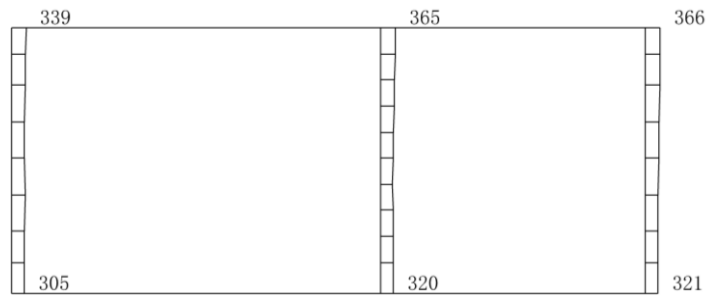
(a) S d - F 1 (N S) (+ +) 水平



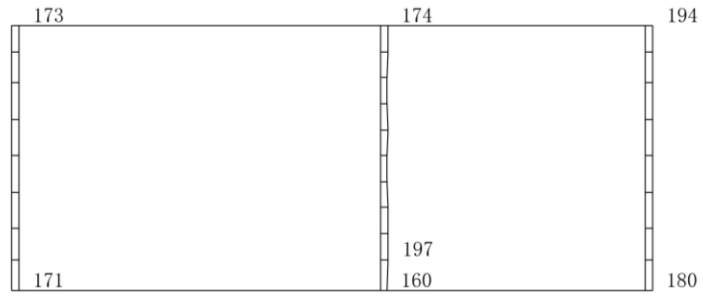
(b) S d - F 1 (N S) (+ +) 鉛直

構造スケール 0 ——— 1 (m) 応答スケール 0 ——— 2000 (cm/s²)

図 4-69 最大応答加速度分布図 (69/100) (解析ケース②)



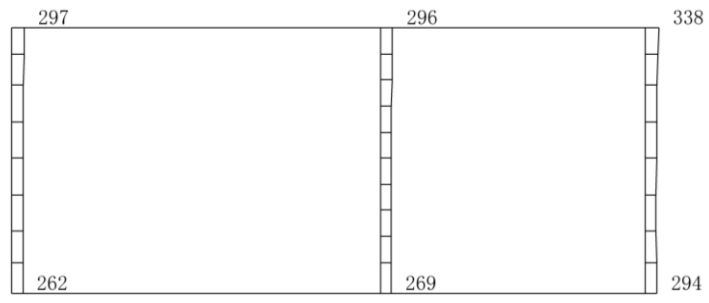
(a) S d - F 1 (E W) (+ +) 水平



(b) S d - F 1 (E W) (+ +) 鉛直

構造スケール 0 1 (m) 応答スケール 0 2000 (cm/s²)

図 4-70 最大応答加速度分布図 (70/100) (解析ケース②)



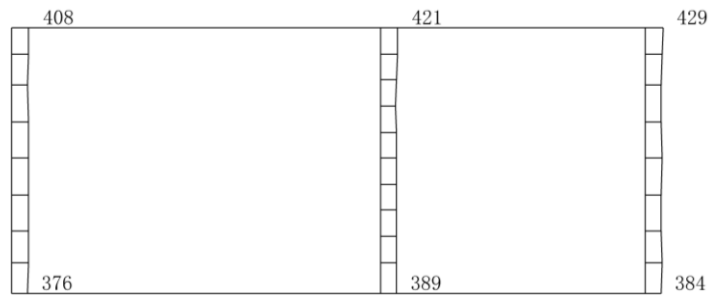
(a) S d - F 2 (N S) (+ +) 水平



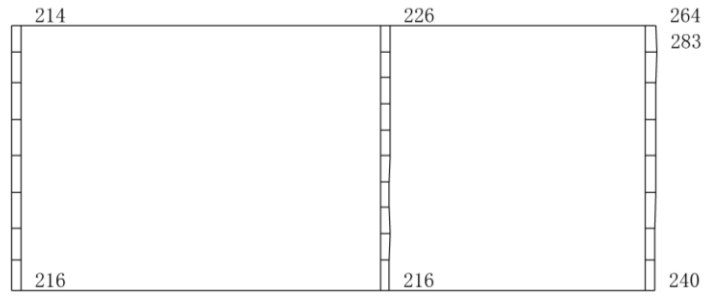
(b) S d - F 2 (N S) (+ +) 鉛直

構造スケール 0 1 (m) 応答スケール 0 2000 (cm/s²)

図 4-71 最大応答加速度分布図 (71/100) (解析ケース②)



(a) S d - F 2 (E W) (+ +) 水平



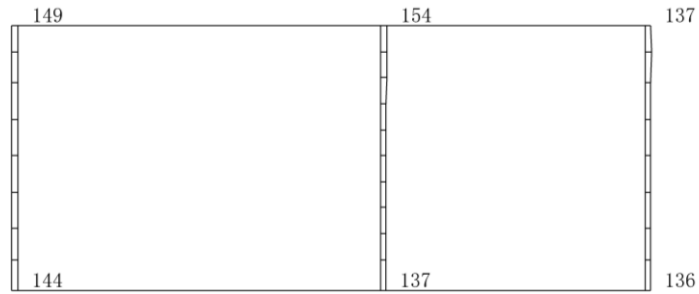
(b) S d - F 2 (E W) (+ +) 鉛直

構造スケール 0 ——— 1 (m) 応答スケール 0 ——— 2000 (cm/s²)

図 4-72 最大応答加速度分布図 (72/100) (解析ケース②)



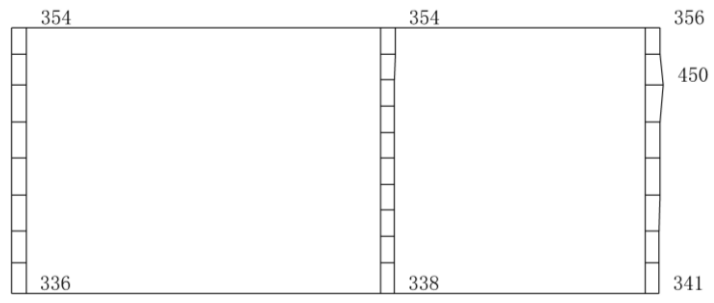
(a) S d - N 1 (++) 水平



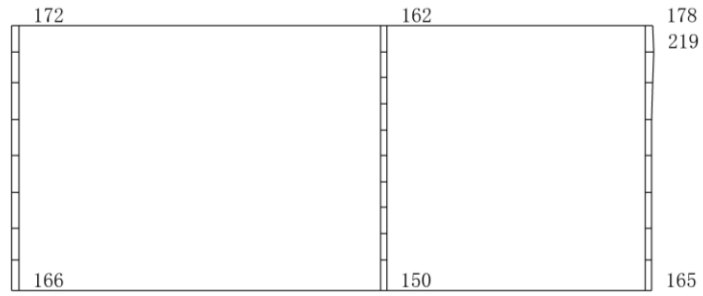
(b) S d - N 1 (++) 鉛直

構造スケール 0 ————— 1 (m) 応答スケール 0 ————— 2000 (cm/s²)

図 4-73 最大応答加速度分布図 (73/100) (解析ケース②)



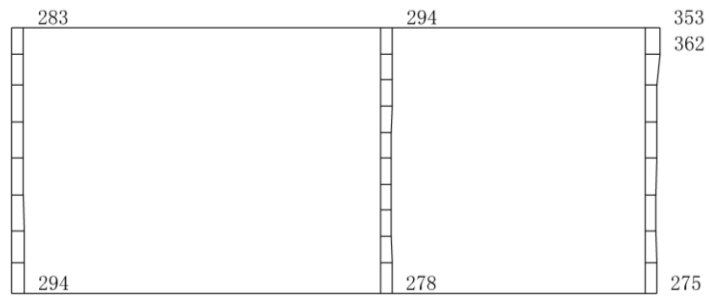
(a) S d - N 1 (- +) 水平



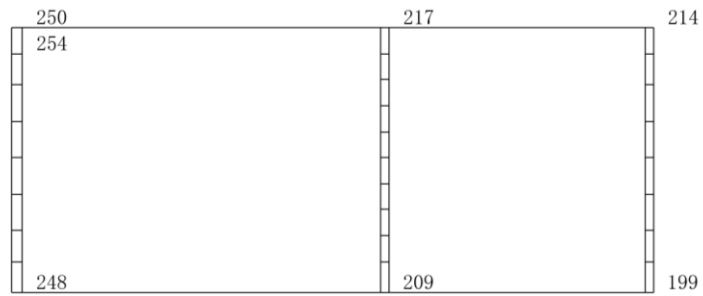
(b) S d - N 1 (- +) 鉛直

構造スケール 0 1 (m) 応答スケール 0 2000 (cm/s²)

図 4-74 最大応答加速度分布図 (74/100) (解析ケース②)



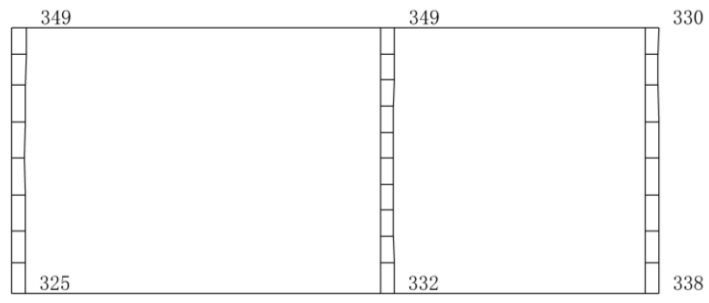
(a) S d - N 2 (N S) (+ +) 水平



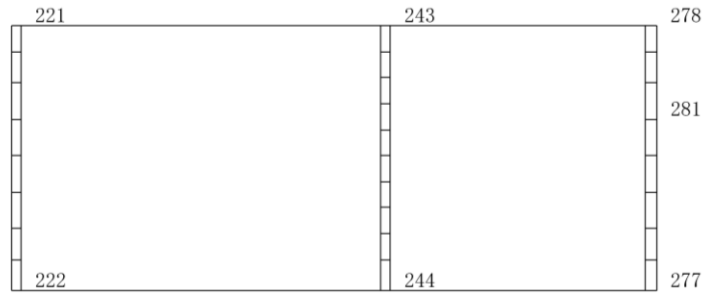
(b) S d - N 2 (N S) (+ +) 鉛直

構造スケール 0 1 (m) 応答スケール 0 2000 (cm/s²)

図 4-75 最大応答加速度分布図 (75/100) (解析ケース②)



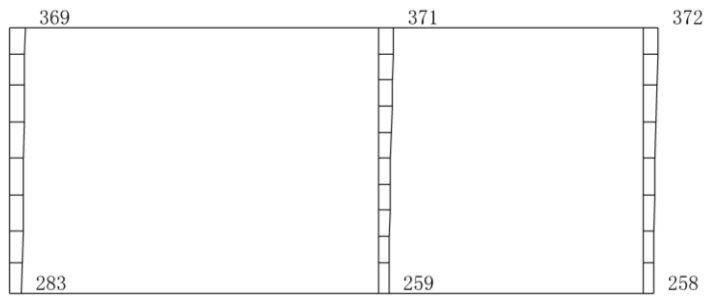
(a) S d - N 2 (N S) (- +) 水平



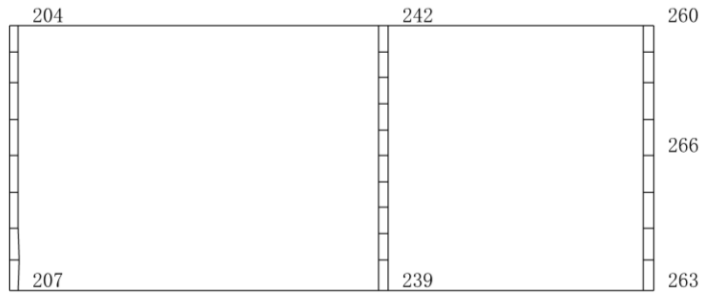
(b) S d - N 2 (N S) (- +) 鉛直

構造スケール 0 1 (m) 応答スケール 0 2000 (cm/s²)

図 4-76 最大応答加速度分布図 (76/100) (解析ケース②)



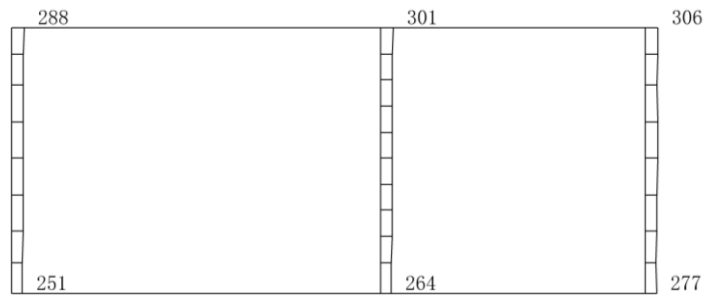
(a) S d - N 2 (E W) (+ +) 水平



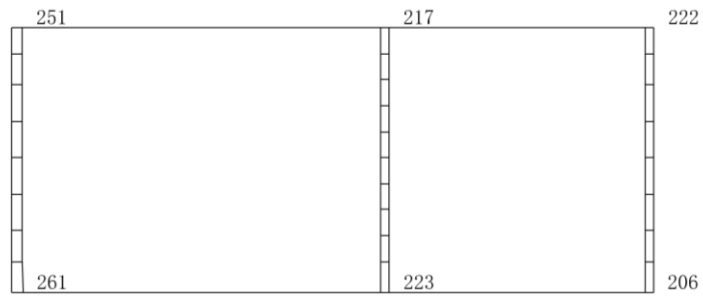
(b) S d - N 2 (E W) (+ +) 鉛直

構造スケール 0 1 (m) 応答スケール 0 2000 (cm/s²)

図 4-77 最大応答加速度分布図 (77/100) (解析ケース②)



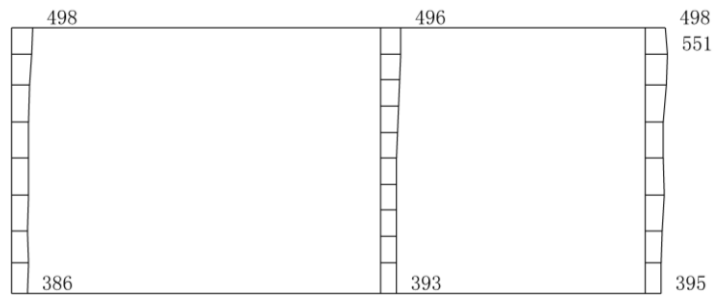
(a) S d - N 2 (E W) (- +) 水平



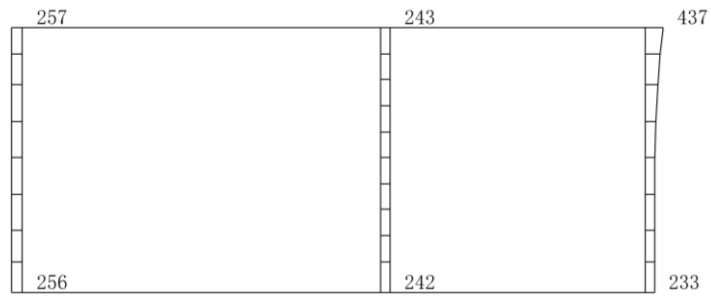
(b) S d - N 2 (E W) (- +) 鉛直

構造スケール 0 1 (m) 応答スケール 0 2000 (cm/s²)

図 4-78 最大応答加速度分布図 (78/100) (解析ケース②)



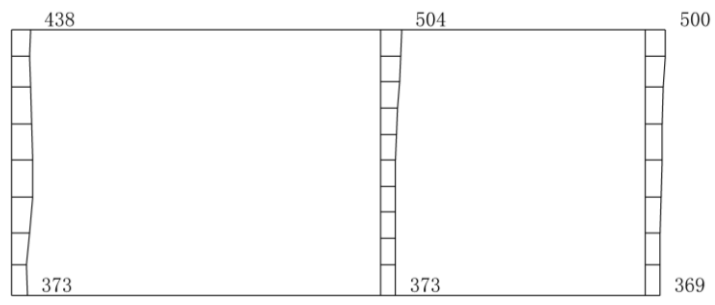
(a) S d - 1 (++) 水平



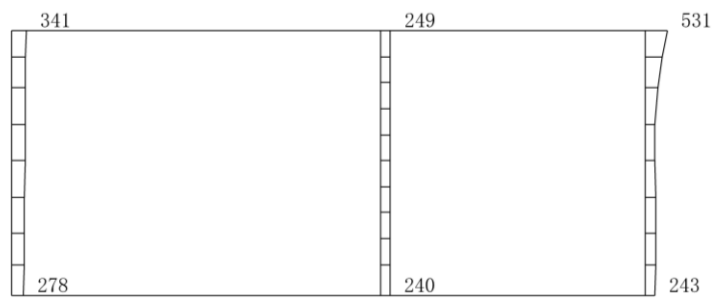
(b) S d - 1 (++) 鉛直

構造スケール 0 1 (m) 応答スケール 0 2000 (cm/s²)

図 4-79 最大応答加速度分布図 (79/100) (解析ケース②)



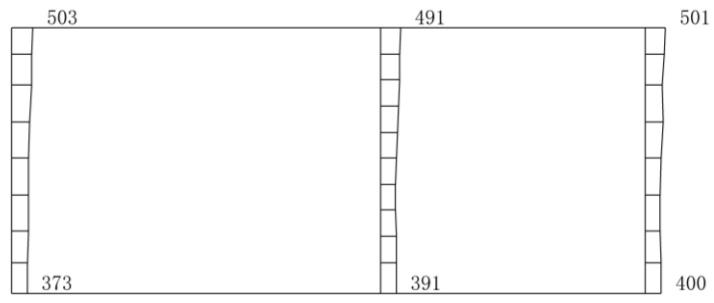
(a) S d - 1 (- +) 水平



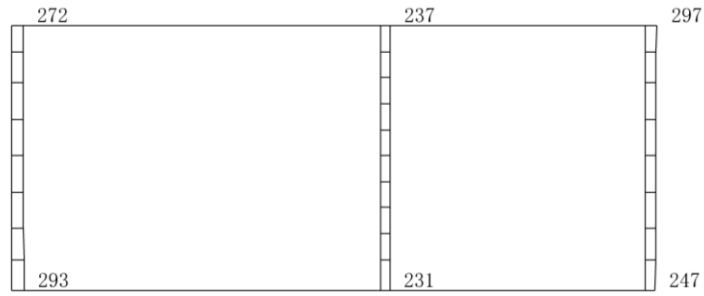
(b) S d - 1 (- +) 鉛直

構造スケール 0 1 (m) 応答スケール 0 2000 (cm/s²)

図 4-80 最大応答加速度分布図 (80/100) (解析ケース②)



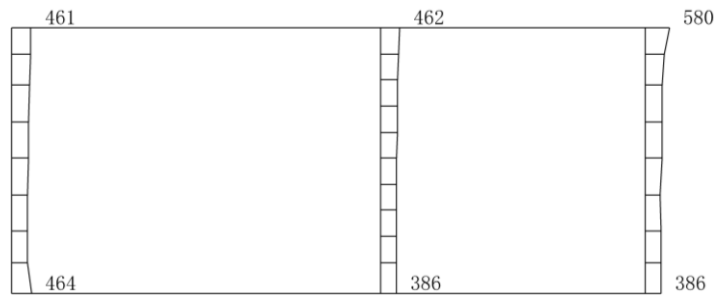
(a) S d - 1 (+ -) 水平



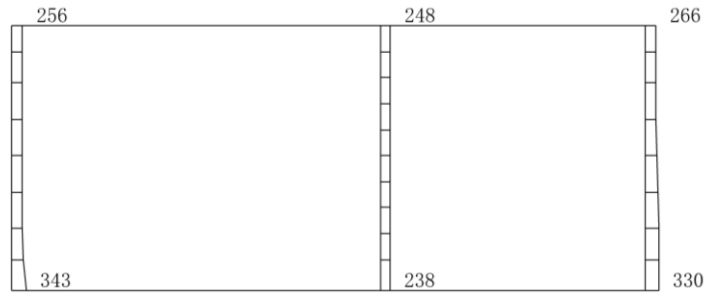
(b) S d - 1 (+ -) 鉛直

構造スケール 0 ——— 1 (m) 応答スケール 0 ——— 2000 (cm/s²)

図 4-81 最大応答加速度分布図 (81/100) (解析ケース②)



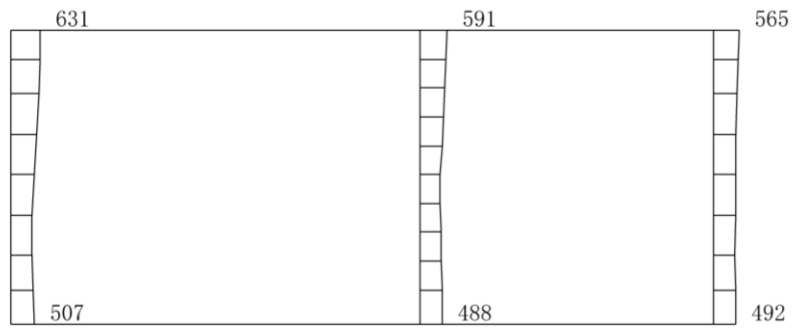
(a) S d - 1 (- -) 水平



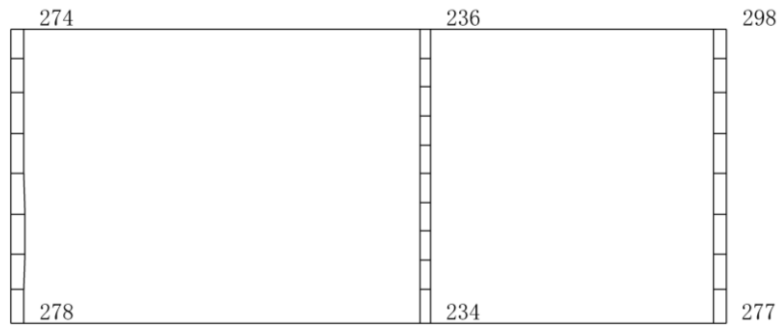
(b) S d - 1 (- -) 鉛直

構造スケール 0 1 (m) 応答スケール 0 2000 (cm/s²)

図 4-82 最大応答加速度分布図 (82/100) (解析ケース②)



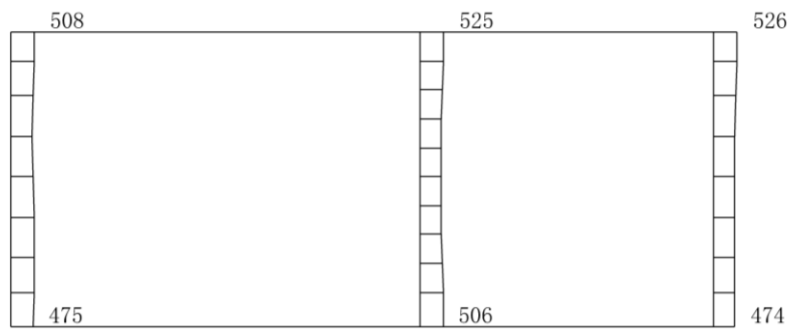
(a) S d - D (++) 水平



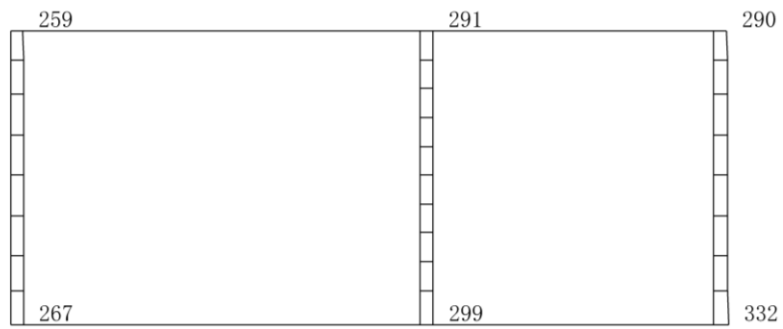
(b) S d - D (++) 鉛直

構造スケール 0 $\overbrace{\hspace{1cm}}$ 1 (m) 応答スケール 0 $\overbrace{\hspace{1cm}}$ 2000 (cm/s²)

図 4-83 最大応答加速度分布図 (83/100) (解析ケース③)



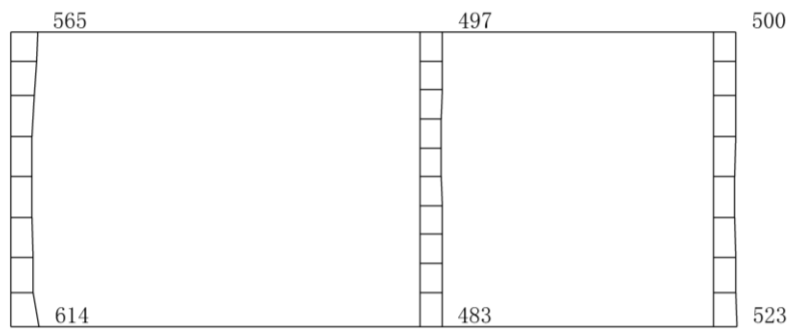
(a) S d - D (- +) 水平



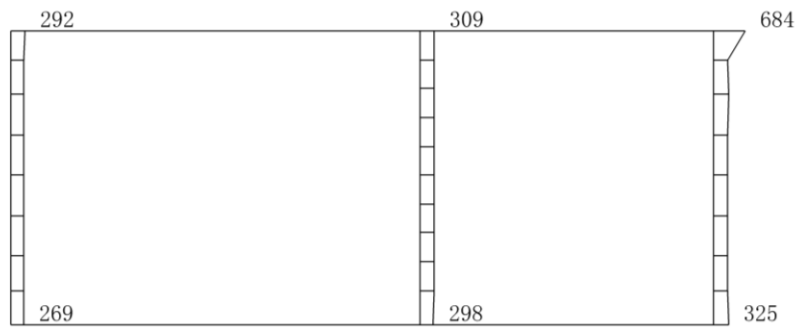
(b) S d - D (- +) 鉛直

構造スケール $\underbrace{\quad\quad\quad}_0 \quad \underbrace{\quad\quad\quad}_1$ (m) 応答スケール $\underbrace{\quad\quad\quad}_0 \quad \underbrace{\quad\quad\quad}_{2000}$ (cm/s²)

図 4-84 最大応答加速度分布図 (84/100) (解析ケース③)



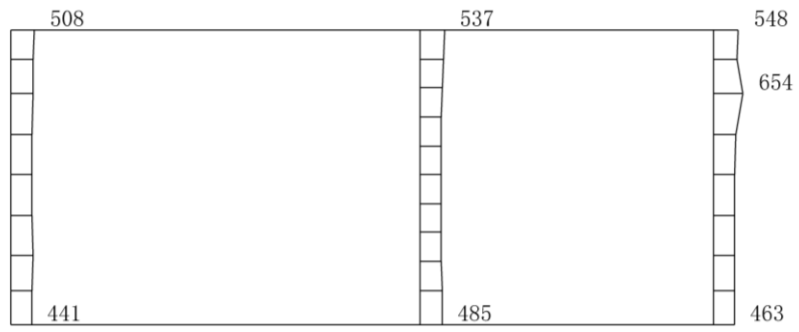
(a) S d - D (+ -) 水平



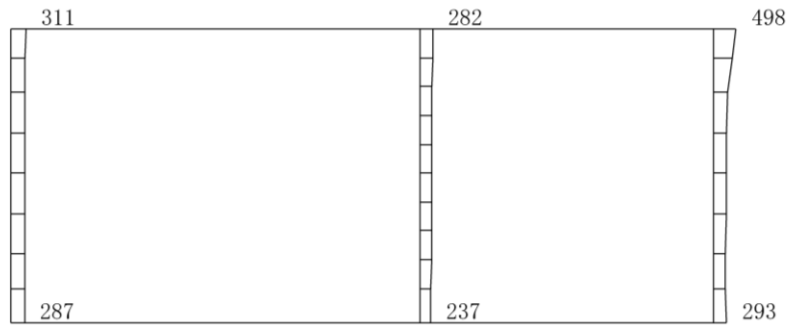
(b) S d - D (+ -) 鉛直

構造スケール $\underbrace{\quad\quad\quad}_0 \quad 1$ (m) 応答スケール $\underbrace{\quad\quad\quad}_0 \quad 2000$ (cm/s²)

図 4-85 最大応答加速度分布図 (85/100) (解析ケース③)



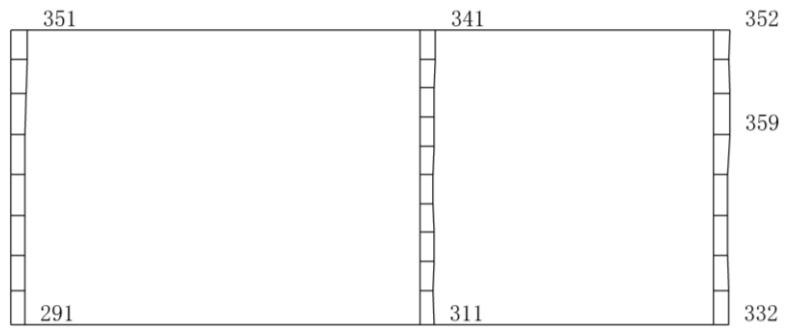
(a) S d - D (--) 水平



(b) S d - D (--) 鉛直

構造スケール 0 $\frac{1}{\text{m}}$ 応答スケール 0 $\frac{2000}{(\text{cm}/\text{s}^2)}$

図 4-86 最大応答加速度分布図 (86/100) (解析ケース③)



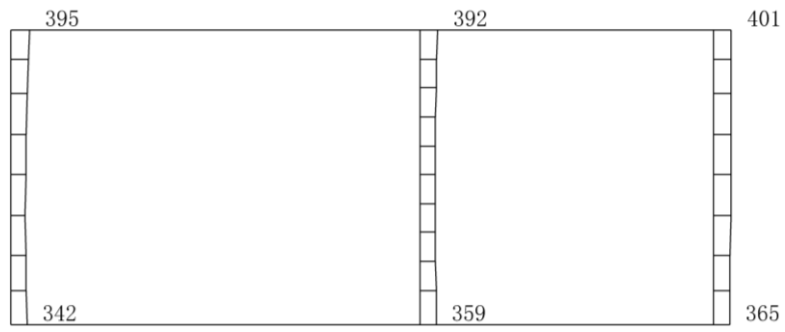
(a) S d - F 1 (N S) (+ +) 水平



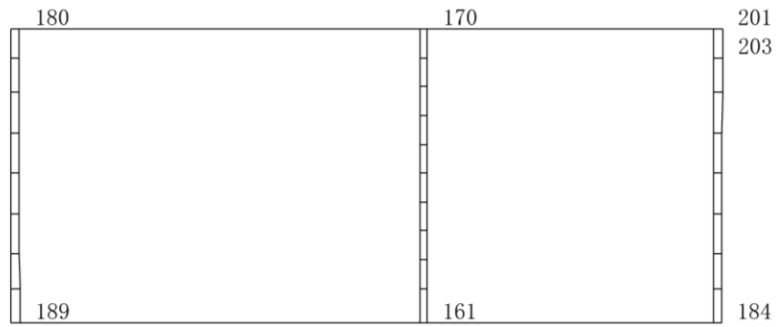
(b) S d - F 1 (N S) (+ +) 鉛直

構造スケール $\underbrace{\quad\quad\quad}_0 \quad 1$ (m) 応答スケール $\underbrace{\quad\quad\quad}_0 \quad 2000$ (cm/s²)

図 4-87 最大応答加速度分布図 (87/100) (解析ケース③)



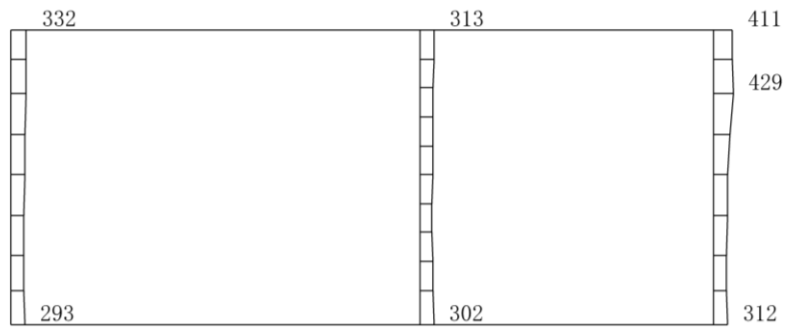
(a) S d - F 1 (E W) (+ +) 水平



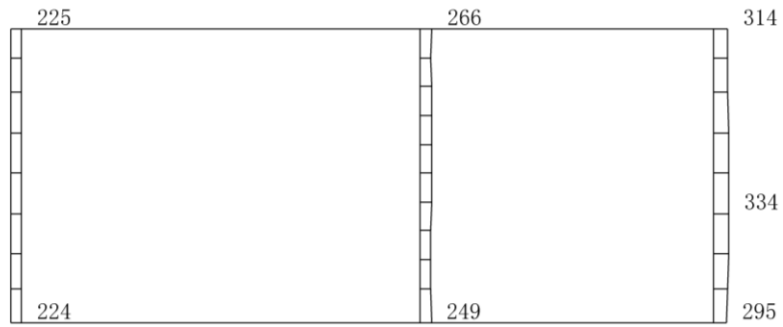
(b) S d - F 1 (E W) (+ +) 鉛直

構造スケール $\underbrace{\quad\quad\quad}_0 \quad 1$ (m) 応答スケール $\underbrace{\quad\quad\quad}_0 \quad 2000$ (cm/s²)

図 4-88 最大応答加速度分布図 (88/100) (解析ケース③)



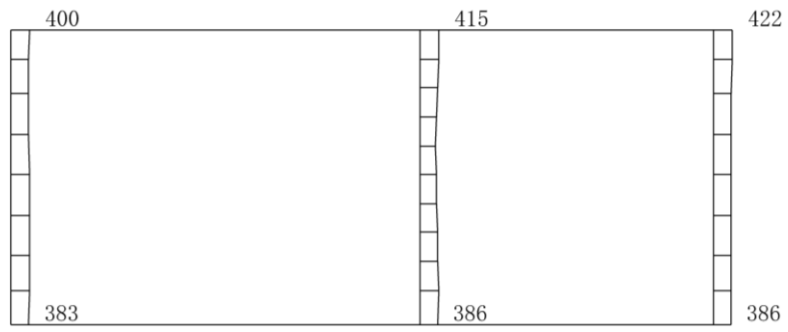
(a) S d - F 2 (N S) (+ +) 水平



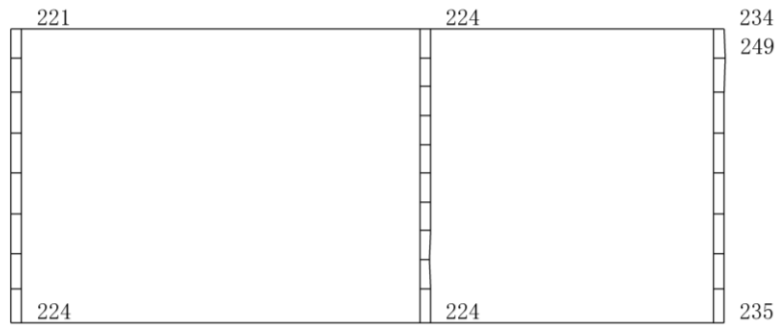
(b) S d - F 2 (N S) (+ +) 鉛直

構造スケール 0 $\frac{\quad}{\quad}$ 1 (m) 応答スケール 0 $\frac{\quad}{\quad}$ 2000 (cm/s²)

図 4-89 最大応答加速度分布図 (89/100) (解析ケース③)



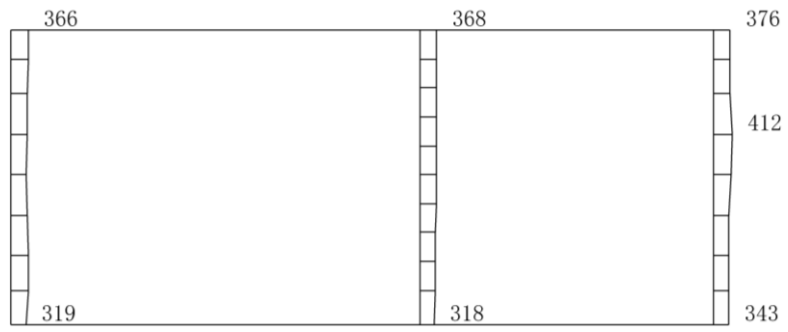
(a) S d - F 2 (E W) (+ +) 水平



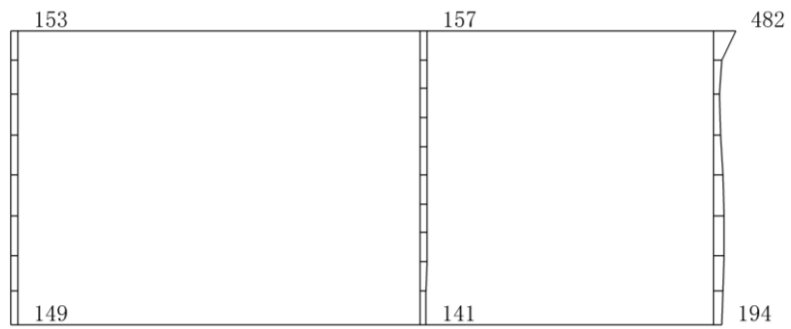
(b) S d - F 2 (E W) (+ +) 鉛直

構造スケール $\underbrace{\quad\quad\quad}_0^1$ (m) 応答スケール $\underbrace{\quad\quad\quad}_0^{2000}$ (cm/s²)

図 4-90 最大応答加速度分布図 (90/100) (解析ケース③)



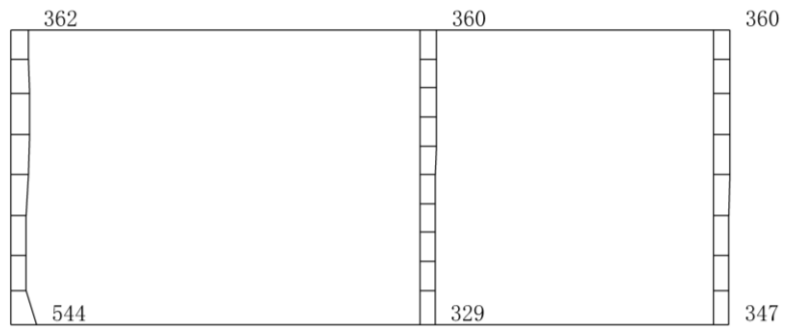
(a) S d - N 1 (++) 水平



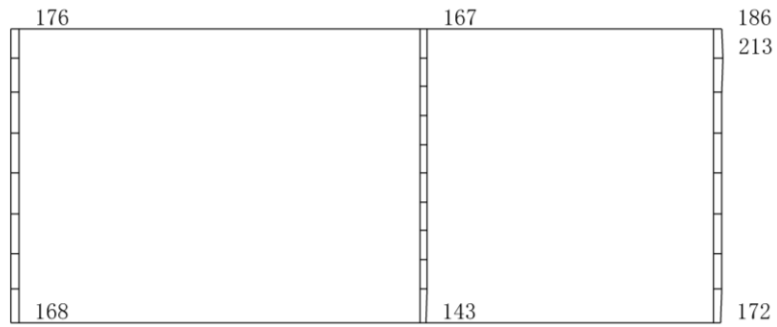
(b) S d - N 1 (++) 鉛直

構造スケール 0 $\rule{1cm}{0.4pt}$ 1 (m) 応答スケール 0 $\rule{1cm}{0.4pt}$ 2000 (cm/s²)

図 4-91 最大応答加速度分布図 (91/100) (解析ケース③)



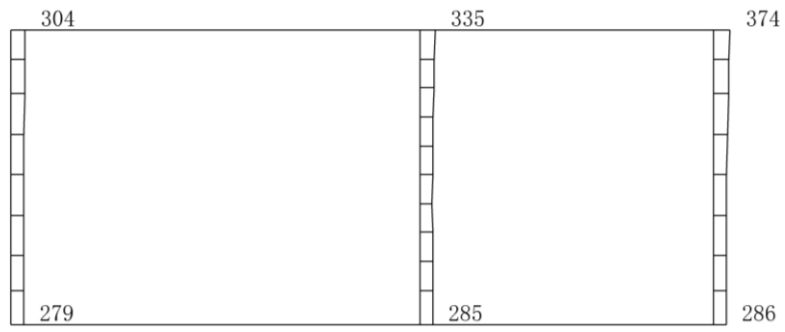
(a) S d - N 1 (- +) 水平



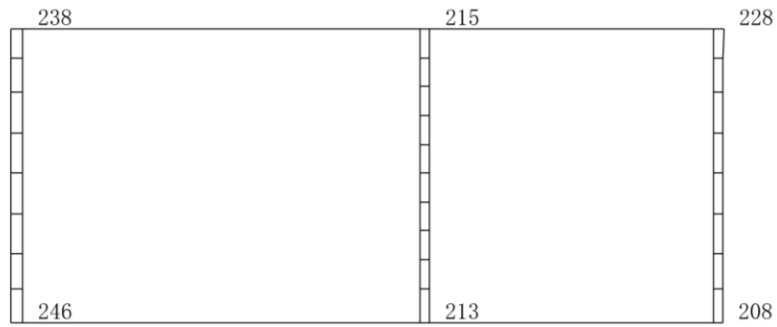
(b) S d - N 1 (- +) 鉛直

構造スケール $\underbrace{\quad\quad\quad}_0 \quad 1$ (m) 応答スケール $\underbrace{\quad\quad\quad}_0 \quad 2000$ (cm/s²)

図 4-92 最大応答加速度分布図 (92/100) (解析ケース③)



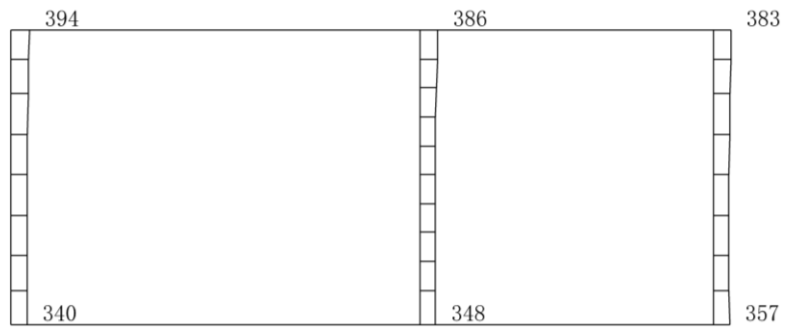
(a) S d - N 2 (N S) (+ +) 水平



(b) S d - N 2 (N S) (+ +) 鉛直

構造スケール $\underbrace{\quad\quad\quad}_0 \quad 1$ (m) 応答スケール $\underbrace{\quad\quad\quad}_0 \quad 2000$ (cm/s²)

図 4-93 最大応答加速度分布図 (93/100) (解析ケース③)



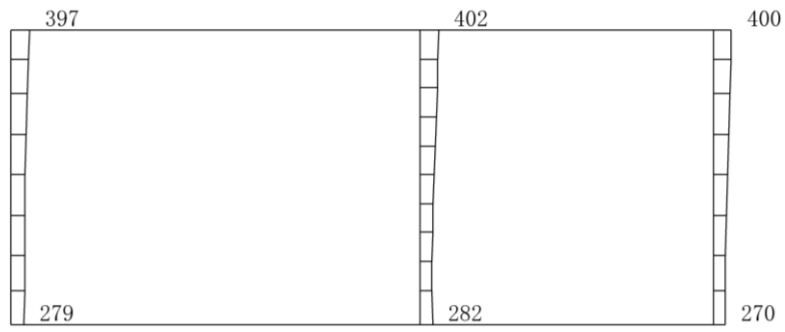
(a) S d - N 2 (N S) (- +) 水平



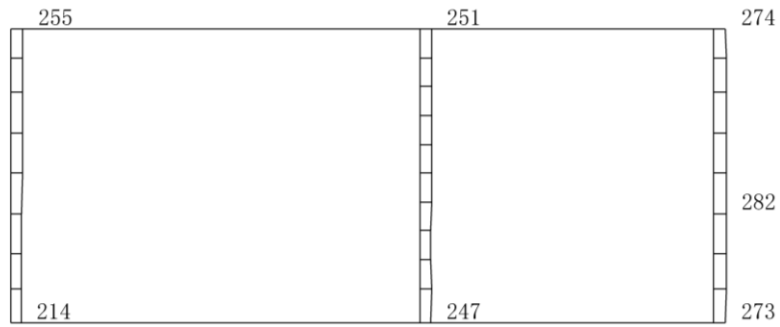
(b) S d - N 2 (N S) (- +) 鉛直

構造スケール 0 $\rule{1cm}{0.4pt}$ 1 (m) 応答スケール 0 $\rule{1cm}{0.4pt}$ 2000 (cm/s²)

図 4-94 最大応答加速度分布図 (94/100) (解析ケース③)



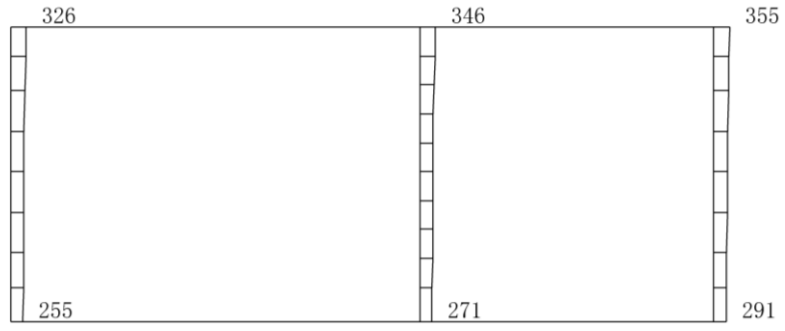
(a) S d - N 2 (E W) (+ +) 水平



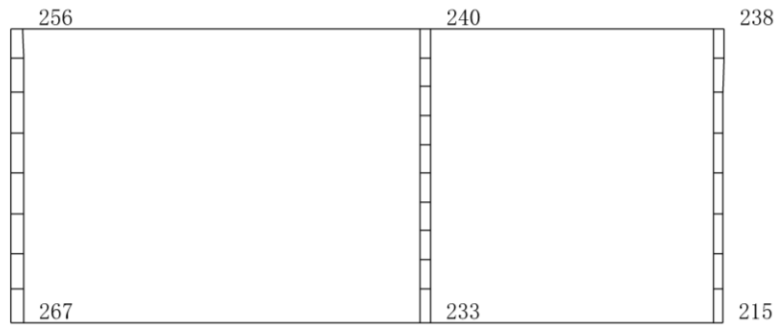
(b) S d - N 2 (E W) (+ +) 鉛直

構造スケール $\underbrace{\quad\quad\quad}_0 \quad \underbrace{\quad\quad\quad}_1$ (m) 応答スケール $\underbrace{\quad\quad\quad}_0 \quad \underbrace{\quad\quad\quad}_{2000}$ (cm/s²)

図 4-95 最大応答加速度分布図 (95/100) (解析ケース③)



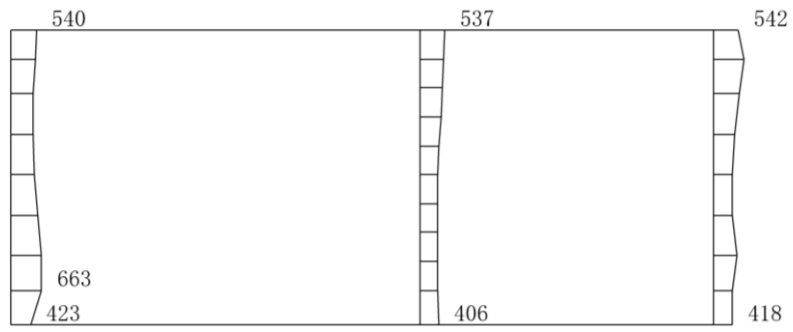
(a) S d - N 2 (E W) (- +) 水平



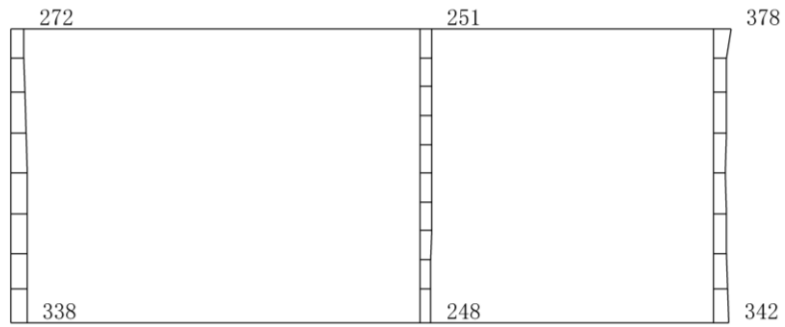
(b) S d - N 2 (E W) (- +) 鉛直

構造スケール $\underbrace{\quad\quad\quad}_0 \quad 1$ (m) 応答スケール $\underbrace{\quad\quad\quad}_0 \quad 2000$ (cm/s²)

図 4-96 最大応答加速度分布図 (96/100) (解析ケース③)



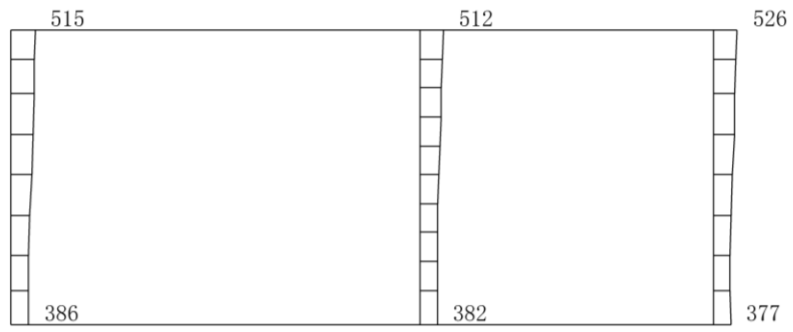
(a) S d - 1 (++) 水平



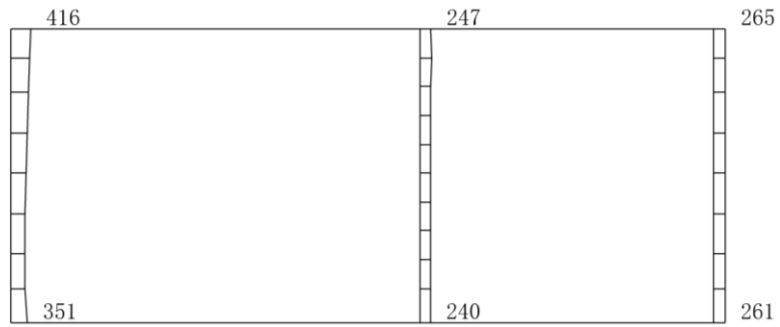
(b) S d - 1 (++) 鉛直

構造スケール 0 $\overbrace{\hspace{1cm}}$ 1 (m) 応答スケール 0 $\overbrace{\hspace{1cm}}$ 2000 (cm/s²)

図 4-97 最大応答加速度分布図 (97/100) (解析ケース③)



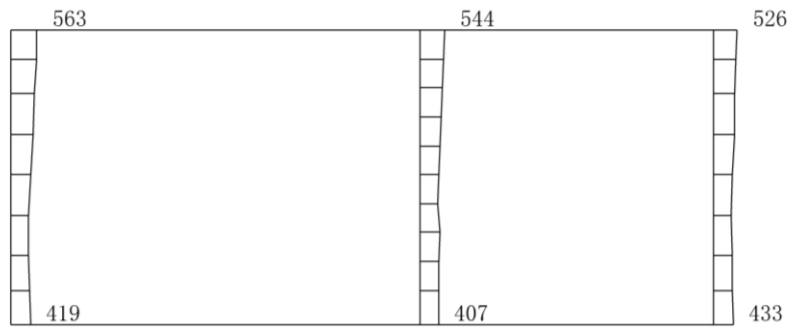
(a) S d - 1 (- +) 水平



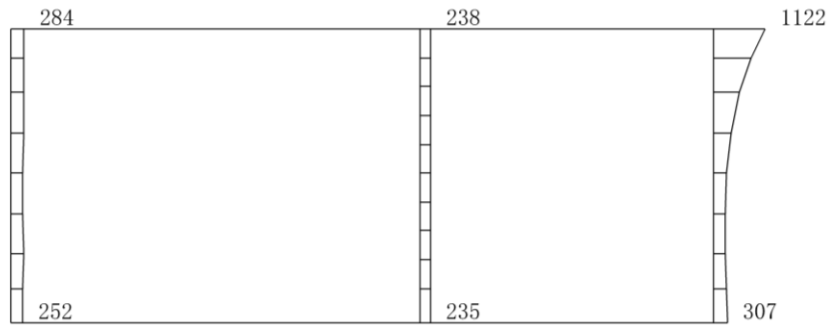
(b) S d - 1 (- +) 鉛直

構造スケール 0 $\rule{1cm}{0.4pt}$ 1 (m) 応答スケール 0 $\rule{1cm}{0.4pt}$ 2000 (cm/s²)

図 4-98 最大応答加速度分布図 (98/100) (解析ケース③)



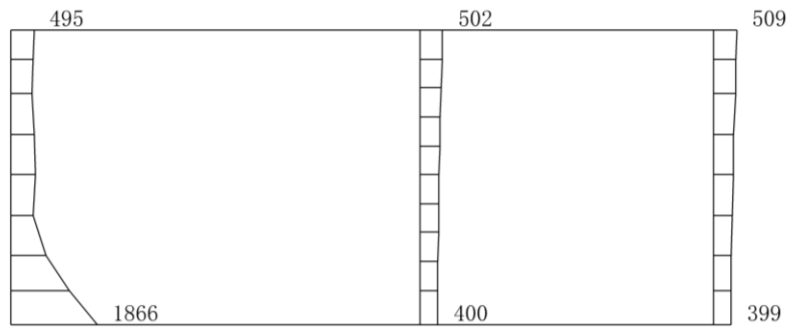
(a) S d - 1 (+ -) 水平



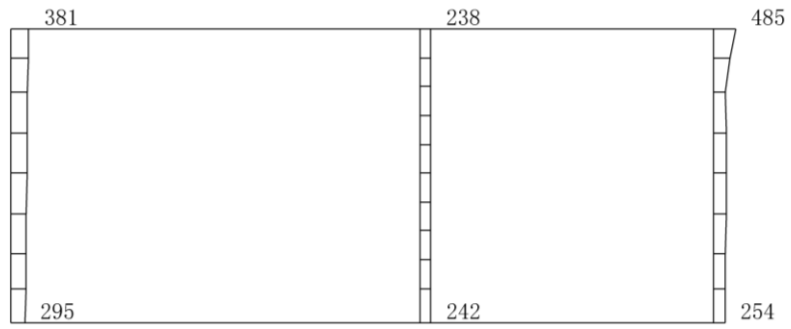
(b) S d - 1 (+ -) 鉛直

構造スケール $\underbrace{\quad\quad\quad}_0 \quad \underbrace{\quad\quad\quad}_1$ (m) 応答スケール $\underbrace{\quad\quad\quad}_0 \quad \underbrace{\quad\quad\quad}_{2000}$ (cm/s²)

図 4-99 最大応答加速度分布図 (99/100) (解析ケース③)



(a) S d - 1 (--) 水平



(b) S d - 1 (--) 鉛直

構造スケール 0 $\overbrace{\hspace{1cm}}$ 1 (m) 応答スケール 0 $\overbrace{\hspace{1cm}}$ 2000 (cm/s²)

図 4-100 最大応答加速度分布図 (100/100) (解析ケース③)

別紙 屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）一体化部の
地震応答計算書

目次

1.	概要	1
2.	基本方針	2
2.1	構造概要	2
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	地震時荷算出断面	8
3.2	解析方法	12
3.2.1	構造部材	12
3.2.2	地盤	13
3.2.3	減衰定数	14
3.2.4	地震応答解析の解析ケースの選定	15
3.3	荷重及び荷重の組合せ	16
3.3.1	耐震評価上考慮する状態	16
3.3.2	荷重	16
3.3.3	荷重の組合せ	17
3.4	入力地震動	18
3.5	解析モデル及び諸元	18
3.5.1	解析モデル	18
3.5.2	使用材料及び材料の物性値	21
3.5.3	地盤の物性値	21
3.5.4	地下水位	22
4.	解析結果	23
4.1	A-A断面解析結果	23
4.2	B-B断面解析結果	27
4.3	C-C断面解析結果	31

1. 概要

本資料は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に基づき実施する屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）において、屋外配管ダクト（タービン建屋～放水槽）の一部と一体構造（以下「一体化部」という。）となっている底版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、一体化部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。

一体化部については、複雑な構造を有しており、立体的な作用荷重を精緻に評価する必要があることから、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ものである。

2. 基本方針

2.1 構造概要

評価対象とする一体化部の平面図を図 2-1 に、断面図を図 2-2 及び図 2-3 に示す。

また、屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）及び屋外配管ダクト（タービン建物～放水槽）において、タービン建物との取り合い部や排気筒との接合部には構造目地が設置されている。屋外配管ダクト（タービン建物～放水槽）との一体化部のイメージ図を図 2-4 に示す。

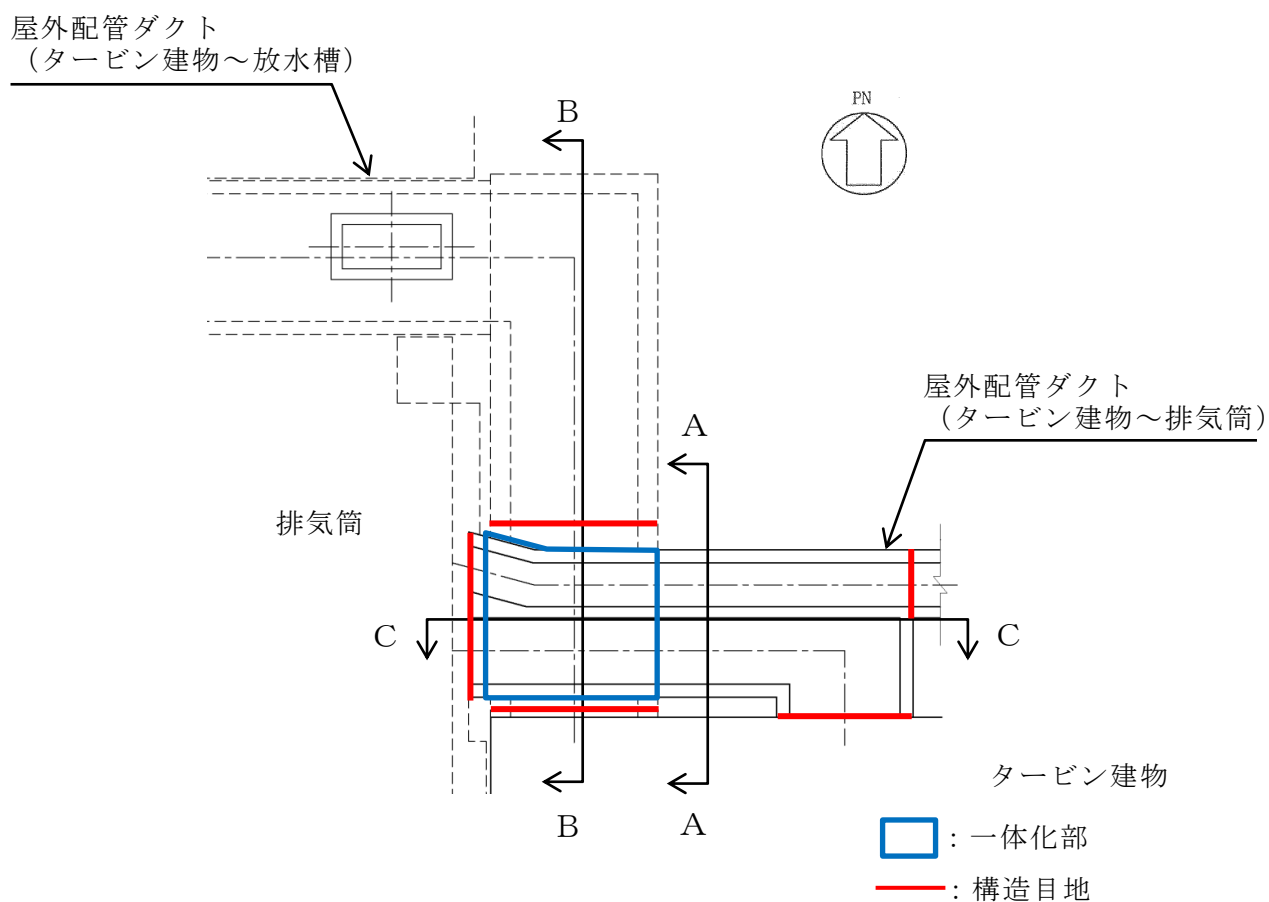


図 2-1 屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒） 平面図

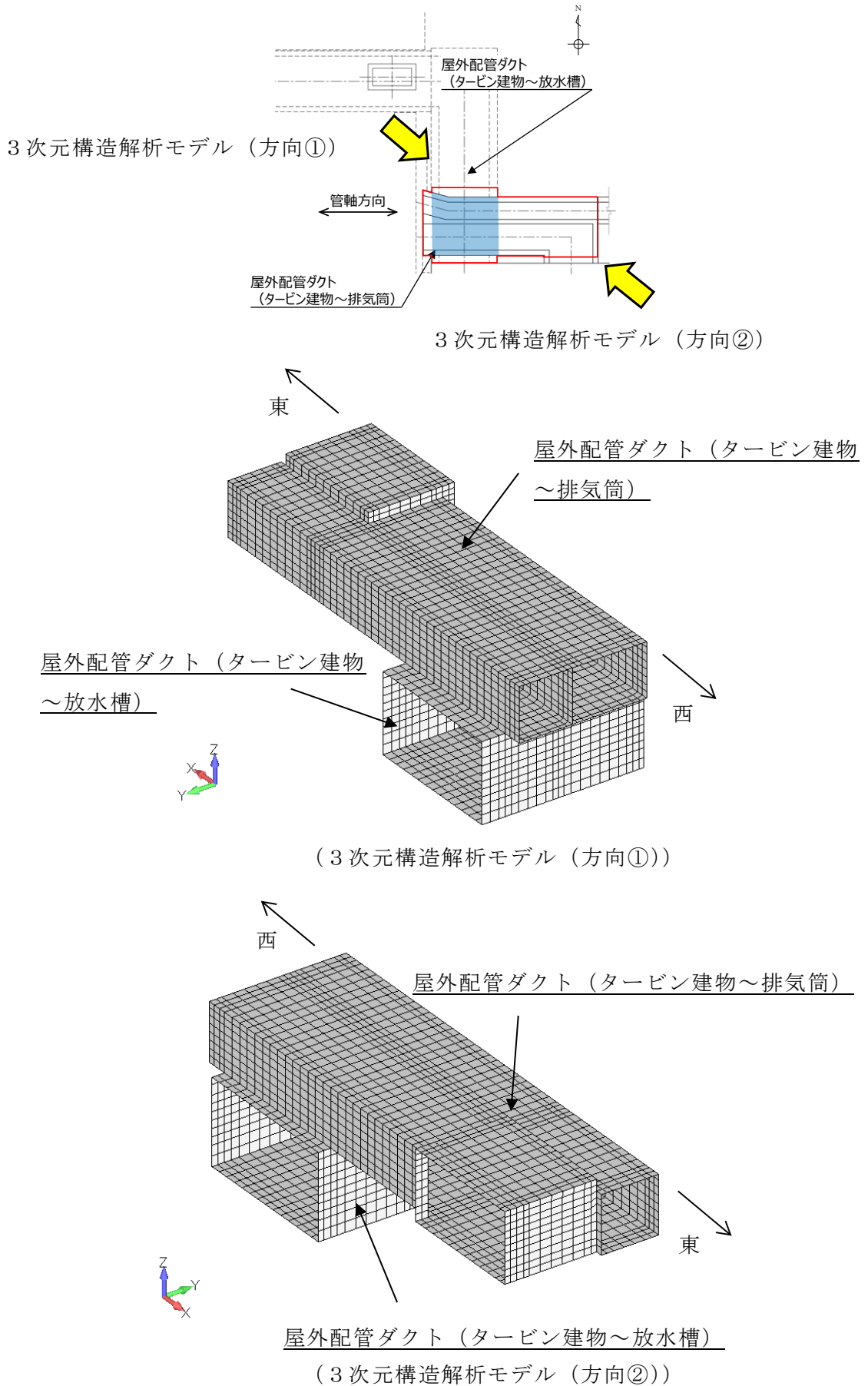


図 2-4 屋外配管ダクト (タービン建物～排気筒) 一体化部のイメージ図

2.3 解析方針

屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）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2-5に屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）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 地震時荷重算出断面」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地震時土圧及び慣性力は、屋外配管ダクト（タービン建物～放水槽）との一体化部の耐震評価に用いる。

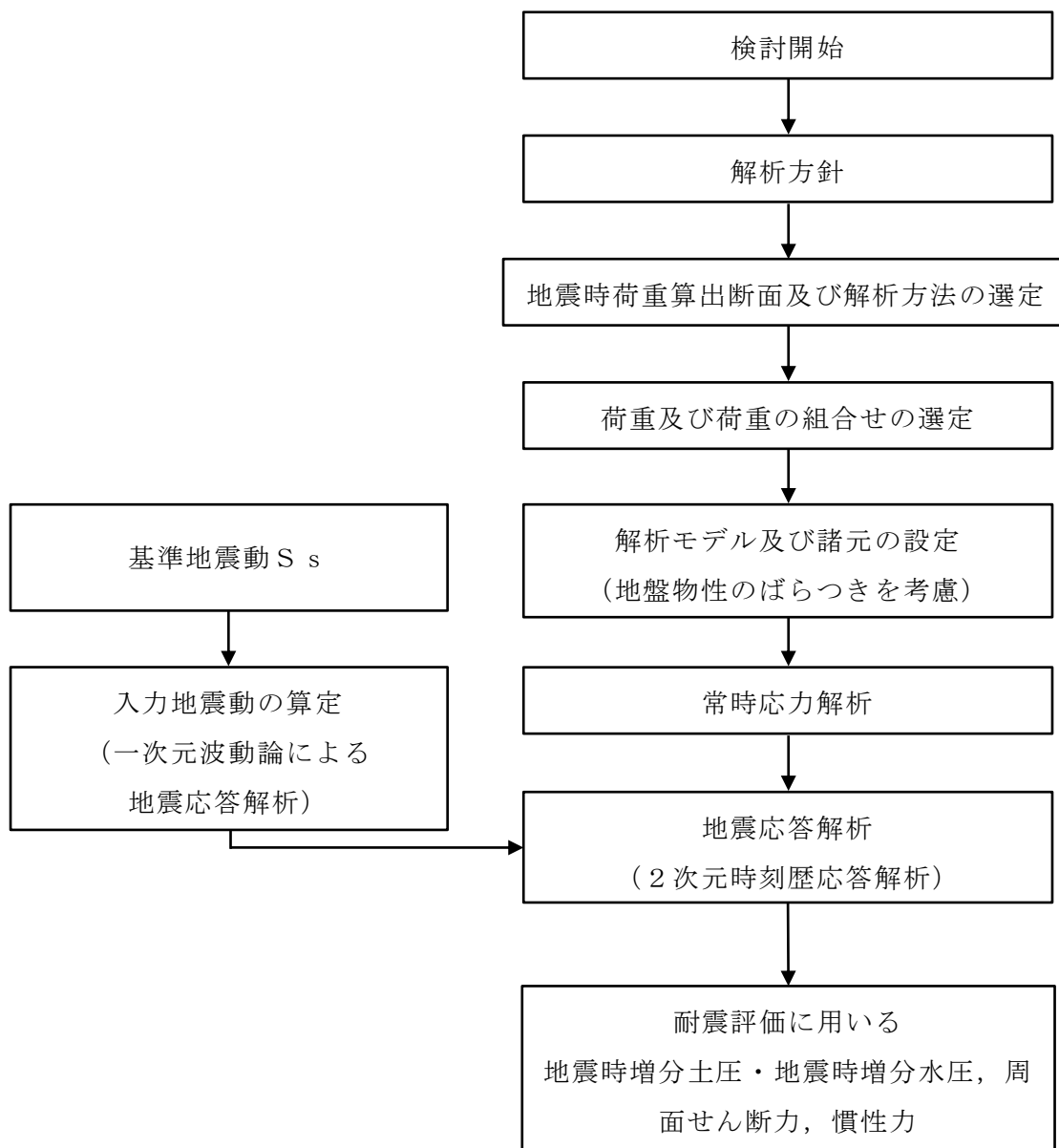


図 2-5 屋外配管ダクト (タービン建物～排気筒) の地震応答解析フロー

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）
- ・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（I 共通編・IV 下部構造編）（日本道路協会平成14年3月）

3. 解析方法

3.1 地震時荷算出断面

屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）一体化部の地震時荷重算出断面位置図を
図 3-1 に示す。

屋外配管ダクト（タービン建物～放水槽）との一体化部の耐震設計における地震時
荷重算出断面は、図 3-1 の B-B 断面及び C-C 断面とする。

地震時荷重算出断面図を図 3-2～図 3-4 に示す。

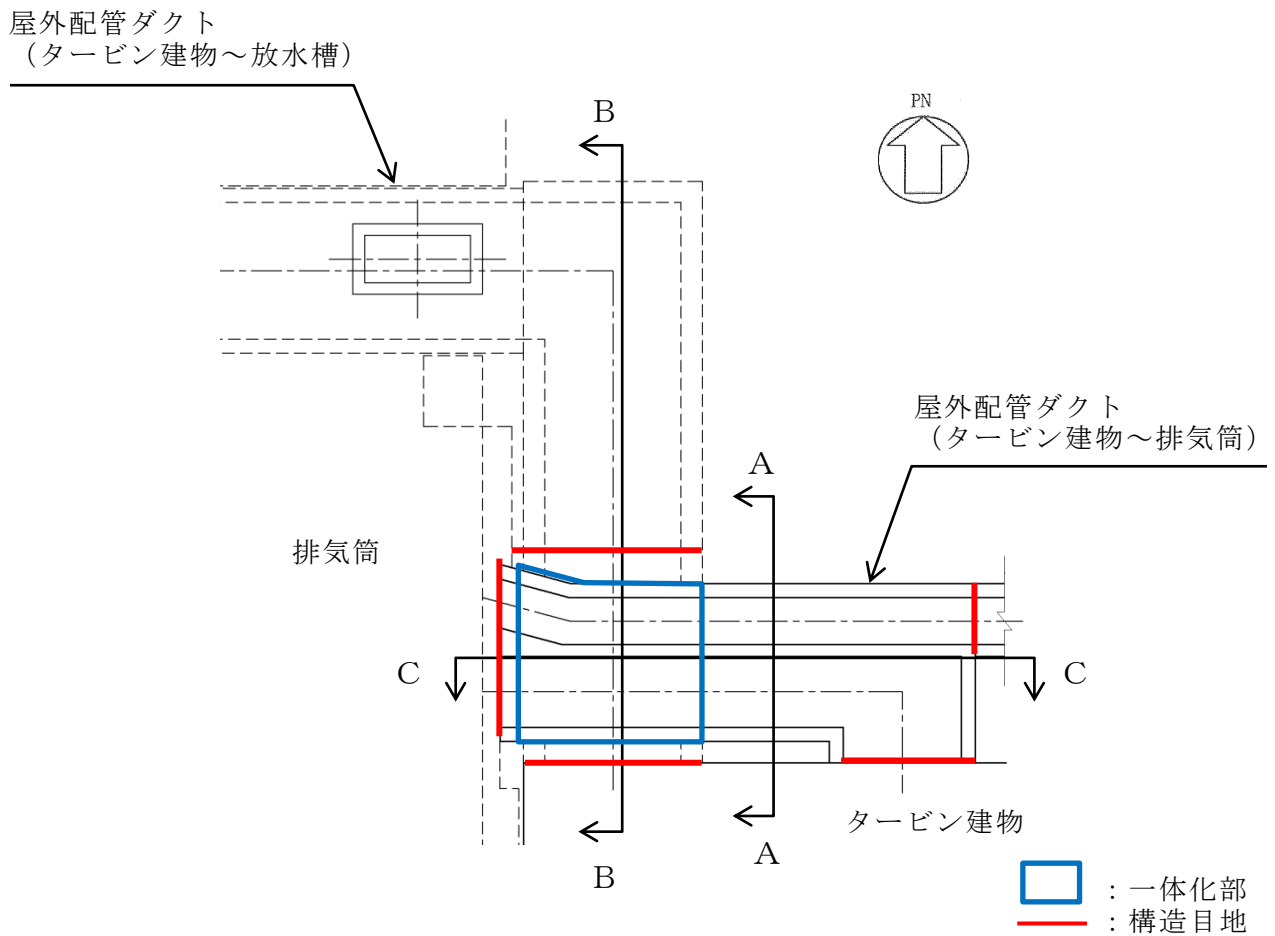


図 3-1 屋外配管ダクト（タービン建物～放水槽）との一体化部
地震時荷重算出断面位置図

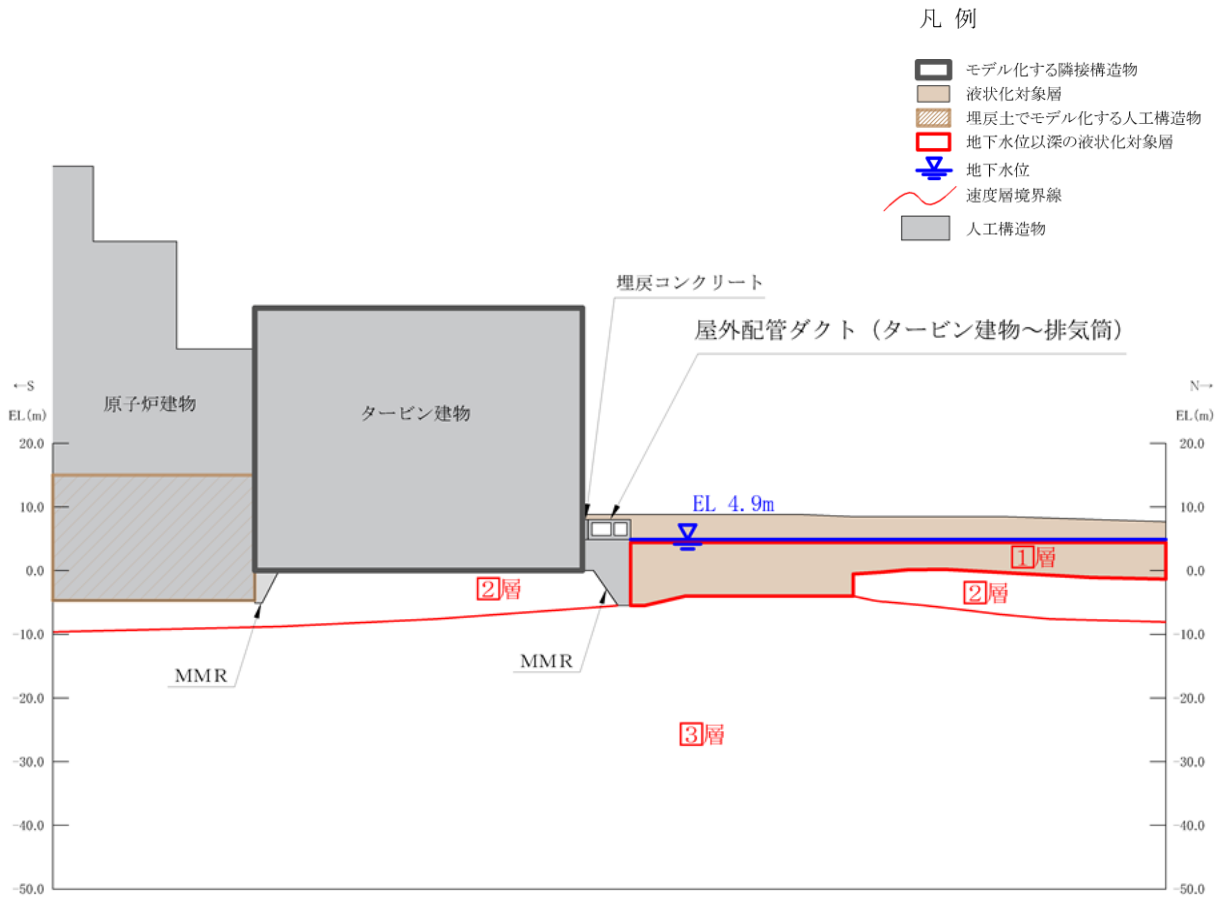


図 3-2 屋外配管ダクト (タービン建物～放水槽) との一体化部
地震時荷重算出断面図 (A-A 断面)

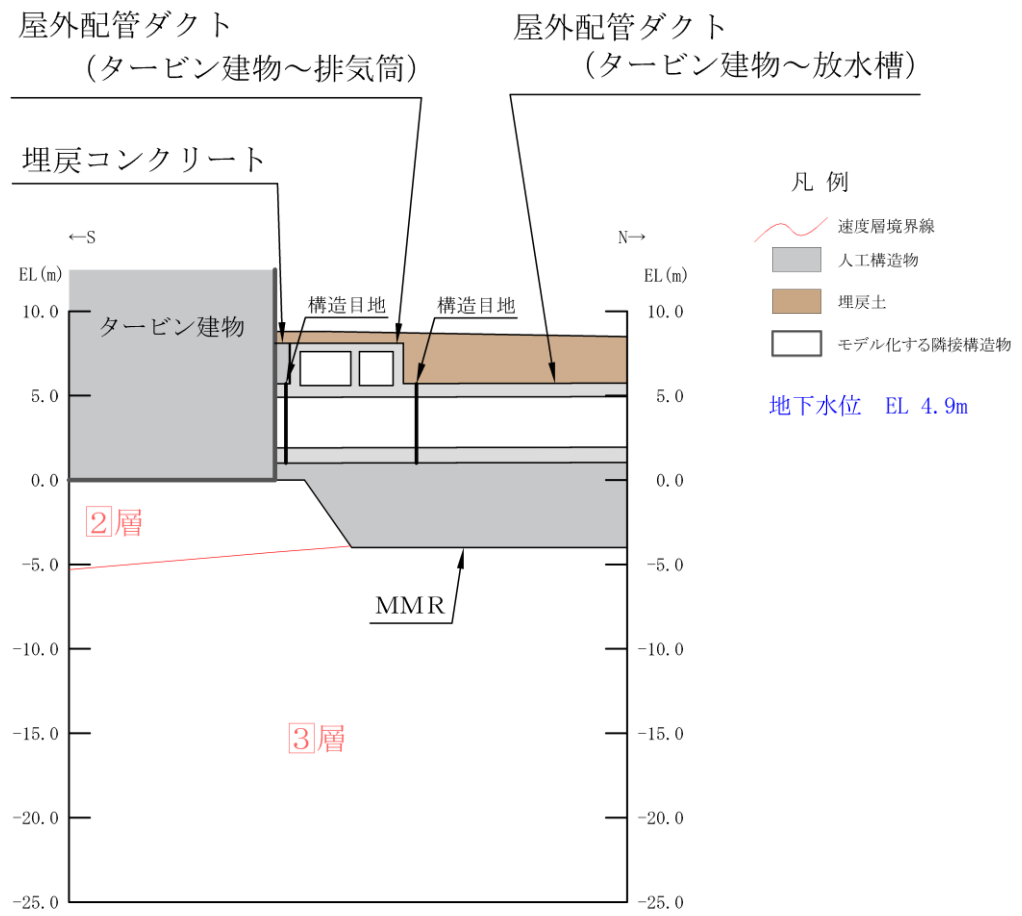


図 3-3 屋外配管ダクト（タービン建物～放水槽）との一体化部
地震時荷重算出断面図（B-B断面）

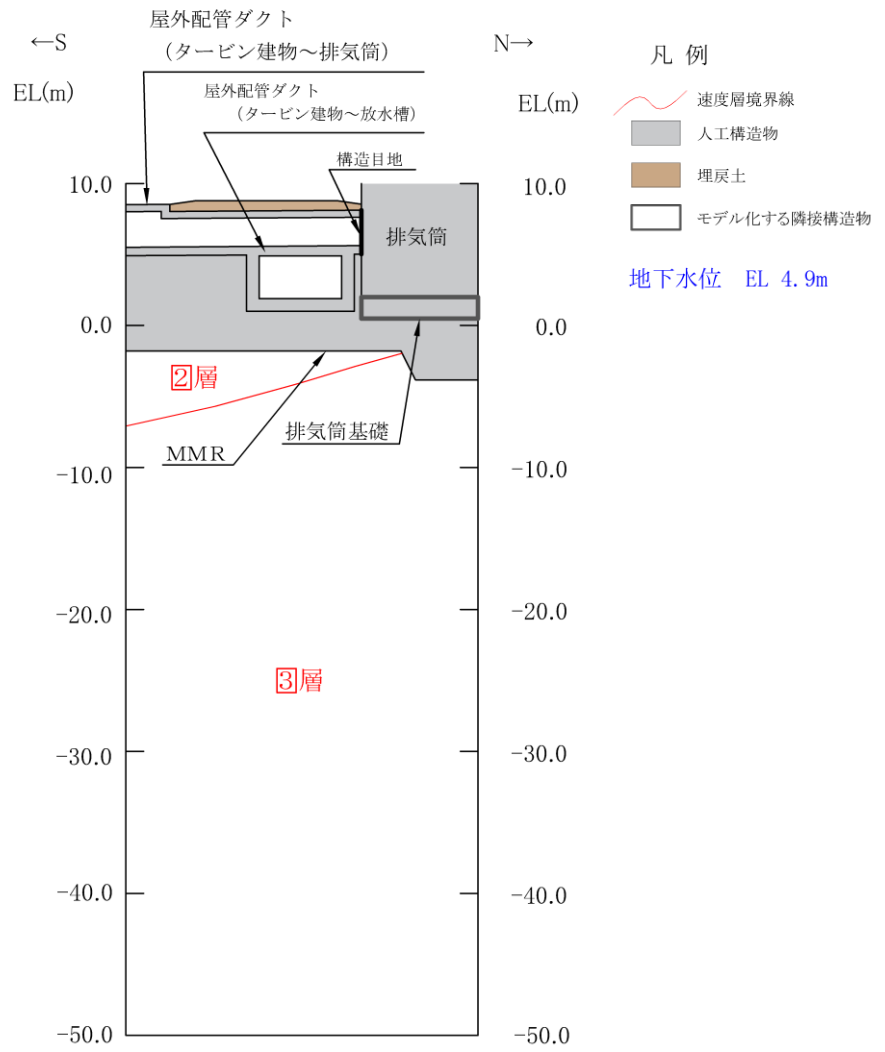


図 3-4 屋外配管ダクト (タービン建物～放水槽) との一体化部
地震時荷重算出断面図 (C-C 断面)

3.2 解析方法

屋外配管ダクト（タービン建物～放水槽）との一体化部の地震応答解析は、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こととする。屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）周辺の地下水位は、構造物底版より低いことから、解析手法の選定フローに基づき「全応力解析」とする。

構造部材については、平面応力要素と線形はり要素を用いることとし、構造物の奥行方向の長さ各部材の奥行方向の長さの比率や3次元構造解析モデルとの変位を整合させるためのヤング係数の調整を行い、3次元構造解析モデルと等価な剛性となるようモデル化する。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マルチスプリングモデルを用いることとし、ばね特性は双曲線モデル（修正 GHE モデル）を用いて非線形性を考慮する。

なお、MMR及び埋戻コンクリートについては平面ひずみ要素でモデル化する。

地震応答解析については、解析コード「TDA P III」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

鉄筋コンクリート部材は、線形はり要素及び平面応力要素でモデル化する。

3.2.2 地盤

地盤物性のばらつきの影響を考慮するため、本文「3.2.2 地盤」と同様に埋戻土の初期せん断弾性係数のばらつきを考慮する。

表 3-1 に示す解析ケースを設定する。

解析ケースについては、せん断弾性係数の平均値を基本ケース（表 3-1 に示すケース①）とした場合に加えて、平均値 $\pm 1.0 \times$ 標準偏差（ σ ）のケース（表 3-1 に示すケース②及び③）について確認を行う。

地盤のばらつきの設定方法の詳細は、本文「3.2.4 地震応答解析の解析ケース選定」に示す。

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
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

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 α 、 β 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

α 、 β : 係数

表 3-2 Rayleigh 減衰における係数 α 、 β の設定結果

地震時荷重算定断面	α	β
A - A 断面	5.7481×10^{-1}	2.9587×10^{-4}
B - B 断面	1.3537×10^{-1}	9.2201×10^{-4}
C - C 断面	1.7639×10^{-1}	1.3738×10^{-4}

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

本文「3.2.4 地震応答解析における解析ケース」における地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース及び解析ケースの組合せに基づき地震応答解析を実施する。

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

屋外配管ダクト（タービン建物～放水槽）との一体化部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。埋設構造物であるため、風の影響は考慮しない。

(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

屋外配管ダクト（タービン建物～放水槽）との一体化部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、水圧，土圧及び積雪荷重（ P_s ）を考慮する。

(3) 積雪荷重（ P_s ）

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（平成17年3月31日松江市規則第234号）**」により、積雪量1cmごとに 20N/m^2 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_s ）

基準地震動 S_s 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

外力の状態	荷重の組合せ
地震時 (S _s)	G + P + S _s

G : 固定荷重

P : 積載荷重

S_s : 地震荷重 (基準地震動 S_s)

3.4 入力地震動

本文「3.4 入力地震動」にて算定した地震動を用いる。

3.5 解析モデル及び諸元

3.5.1 解析モデル

屋外配管ダクト（タービン建物～放水槽）との一体化部の地震応答解析モデルを図 3-5～図 3-7 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

3次元構造解析モデルと等価な剛性を有する2次元等価剛性モデルを作成して実施することとし、構造部材については、線形はり要素及び平面応力要素によりモデル化する。

機器・配管荷重は解析モデルに付加重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

解析モデル範囲において隣接構造物となるタービン建物及び排気筒基礎は、等価剛性として線形の平面ひずみ要素でモデル化する。

(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「地盤と構造物」、「隣接構造物と構造物」、「構造物とMMR」、「隣接構造物とMMR」及び「地盤とMMR」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。

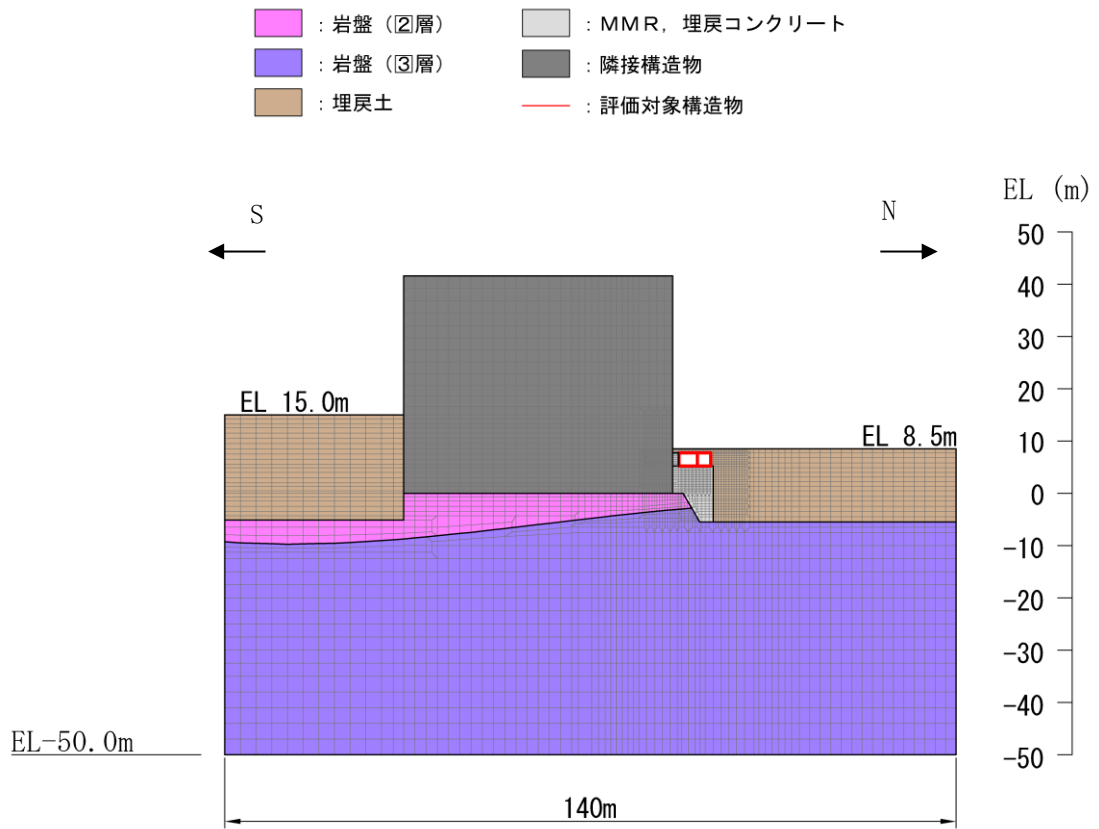


図 3-5 屋外配管ダクト (タービン建物～排気筒)
地震応答解析モデル図 (A-A 断面)

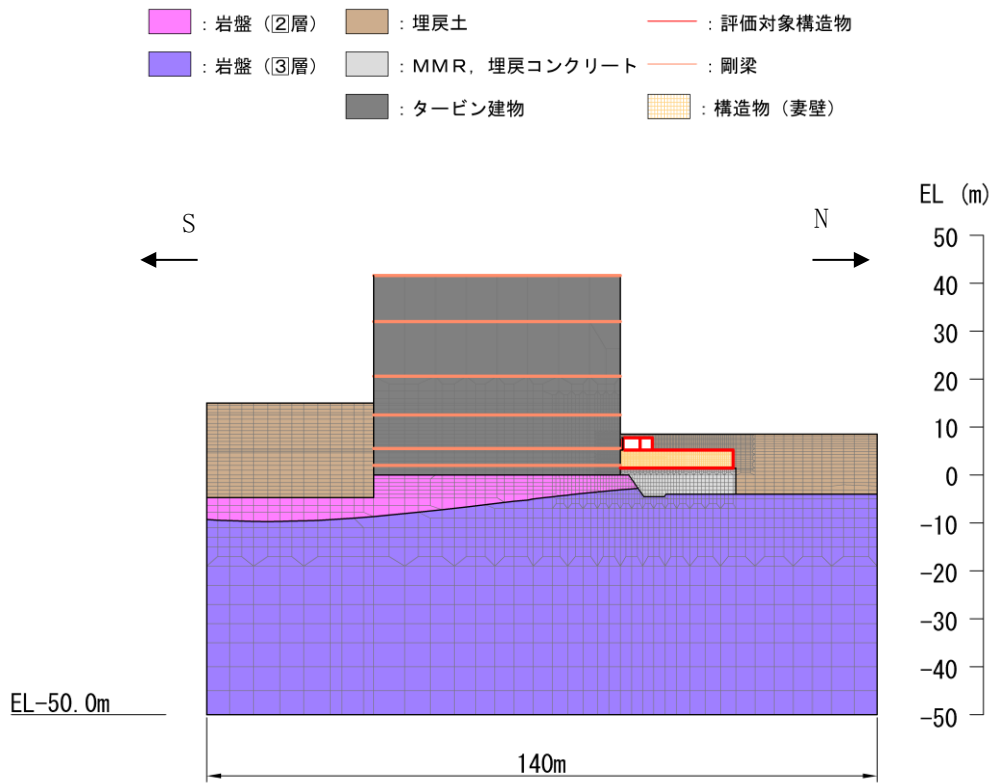


図 3-6 屋外配管ダクト (タービン建物～排気筒)
地震応答解析モデル図 (B-B 断面)

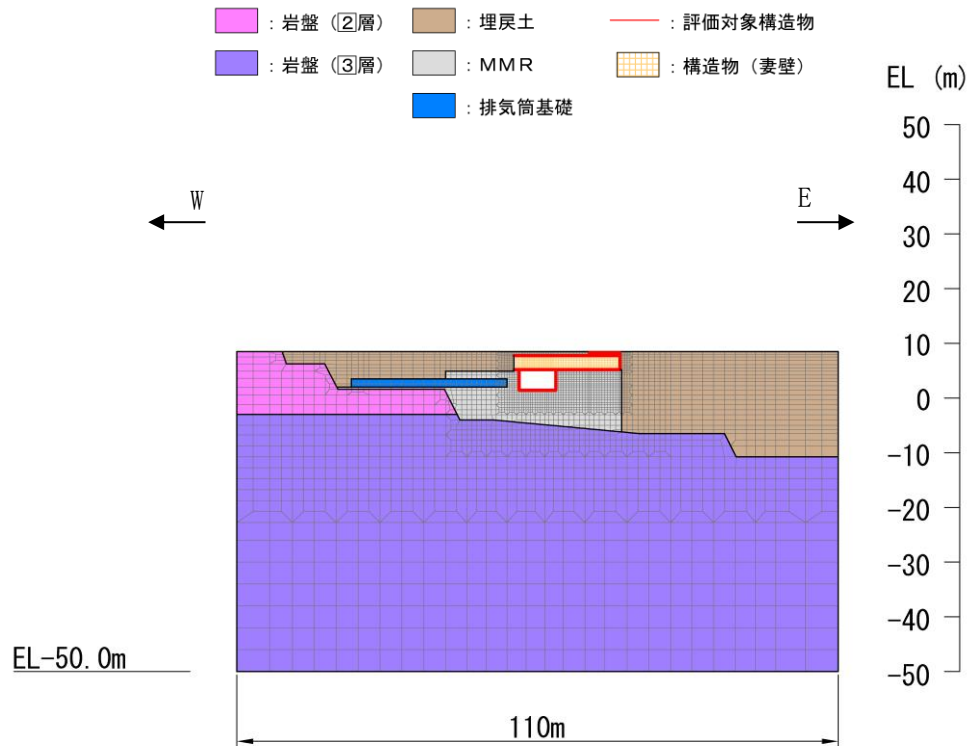


図 3-7 屋外配管ダクト (タービン建物～排気筒)
地震応答解析モデル図 (C-C 断面)

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 3-4 に、材料の物性値を表 3-5 に示す。

表 3-4 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 20.6N/mm ²
	鉄筋	SD345
MMR		設計基準強度 15.6N/mm ²
埋戻コンクリート		設計基準強度 18.0N/mm ²

表 3-5 材料の物性値

材料	ヤング係数 (N/mm ²)	単位体積重量 (kN/m ³)	ポアソン比
構造物 (鉄筋コンクリート)	2.33×10 ⁴	24.0* ¹	0.2
MMR	2.08×10 ⁴	22.6* ²	
埋戻コンクリート	2.20×10 ⁴		

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3-6に示す。

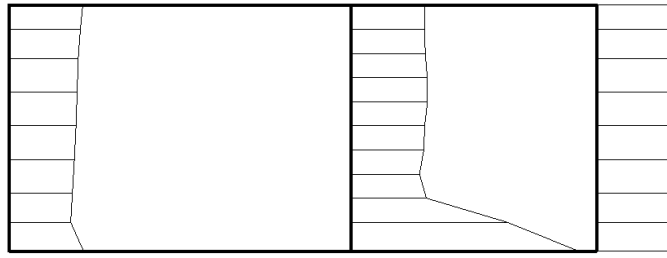
表3-6 設計地下水位の一覧

施設名称	解析断面	設計地下水位 (EL m)
屋外配管ダクト (タービン建物～排気筒)	A-A断面 B-B断面 C-C断面	4.9

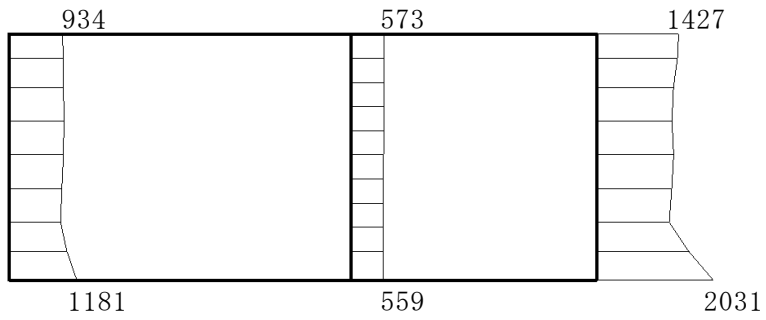
4. 解析結果

4.1 A-A断面解析結果

耐震評価のために用いる応答加速度として、本文「4. 解析結果」より、曲げ・軸力系及びせん断破壊に対する照査において、照査値が0.5を超えるケースのなかで照査値が最大となる地震動における基本ケース（ケース①）及び地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース（ケース②及びケース③）に対する屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）の最大応答加速度分布図を図4-1～図4-3に示す。



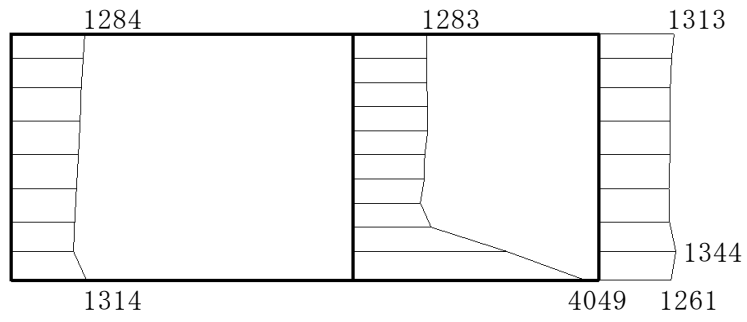
(a) S s - D (++) 水平



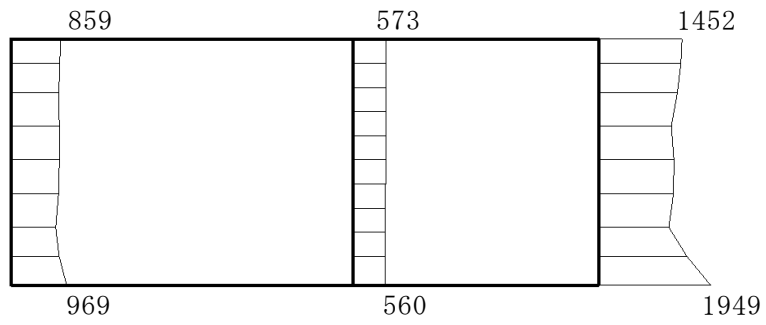
(b) S s - D (++) 鉛直

構造スケール 0 1(m) 応答値スケール 0 1500 (cm/s²)

図 4-1 最大応答加速度分布図 (1/3) (解析ケース①)



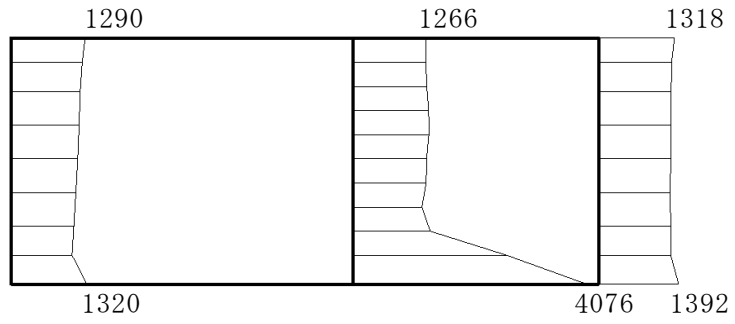
(a) $S_s - D(++)$ 水平



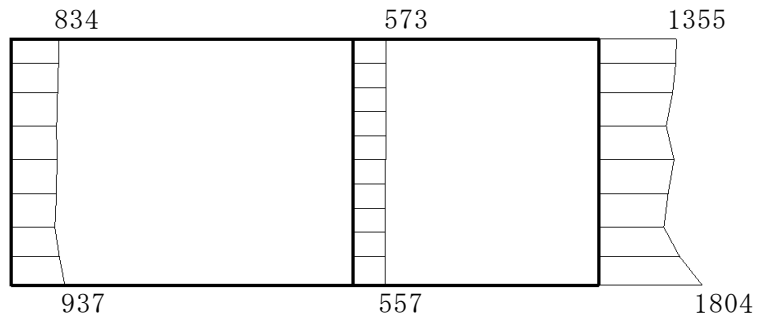
(b) $S_s - D(++)$ 鉛直

構造スケール 0 1(m) 応答値スケール 0 1500(cm/s^2)

図 4-2 最大応答加速度分布図 (2/3) (解析ケース②)



(a) $S_s - D (++)$ 水平



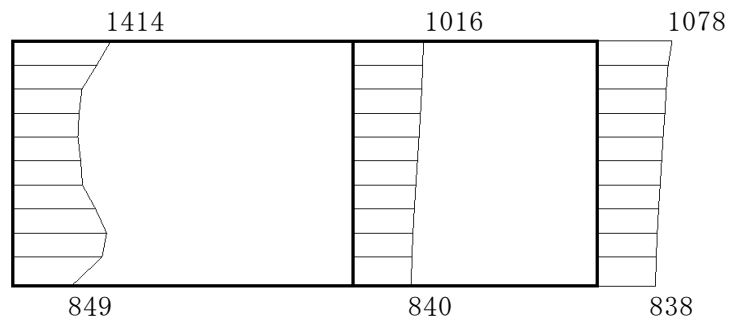
(b) $S_s - D (++)$ 鉛直

構造スケール 0 1(m) 応答値スケール 0 1500 (cm/s²)

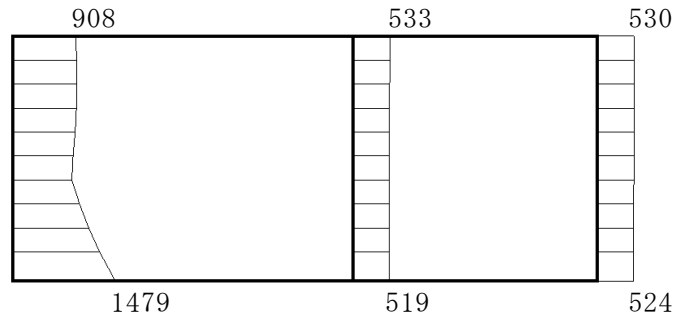
図 4-3 最大応答加速度分布図 (3/3) (解析ケース③)

4.2 B－B断面解析結果

耐震評価のために用いる応答加速度として、本文「4. 解析結果」より、曲げ・軸力系及びせん断破壊に対する照査において、照査値が0.5を超えるケースのなかで照査値が最大となる地震動における基本ケース（ケース①）及び地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース（ケース②及びケース③）に対する屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）の最大応答加速度分布図を図4-4～図4-6に示す。



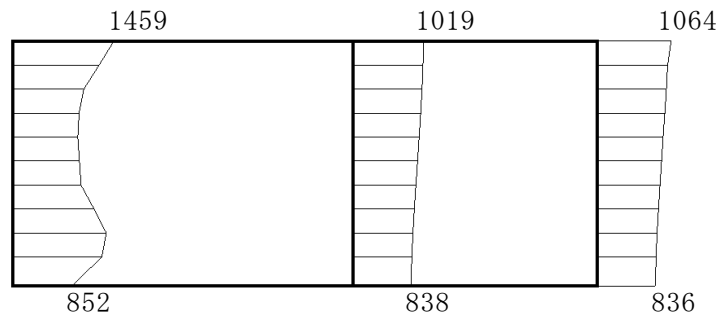
(a) $S_s - D(++)$ 水平



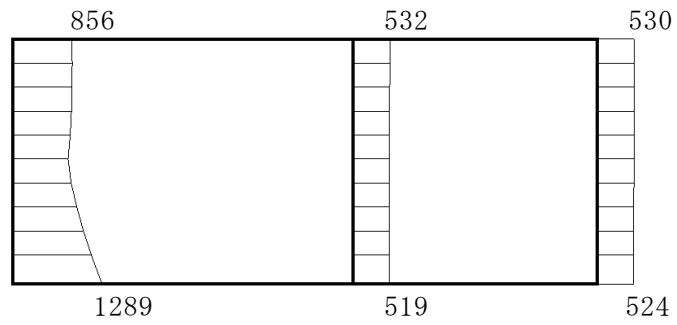
(b) $S_s - D(++)$ 鉛直

構造スケール $0 \quad 1(m)$ 応答値スケール $0 \quad 1500(cm/s^2)$

図 4-4 最大応答加速度分布図 (1/3) (解析ケース①)



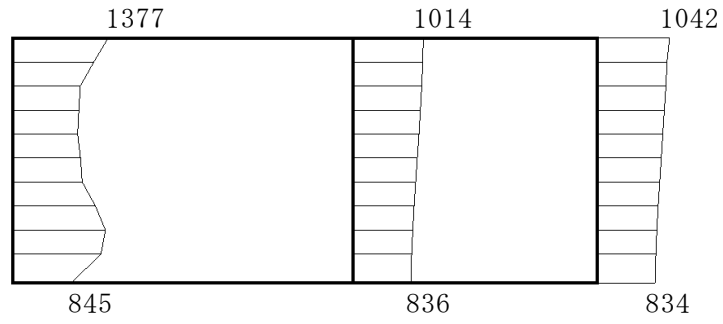
(a) S s - D (+ +) 水平



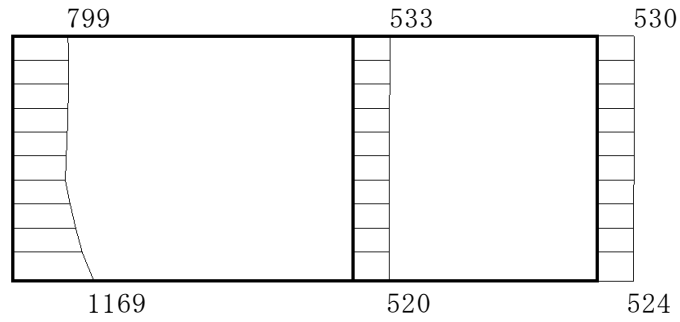
(b) S s - D (+ +) 鉛直

構造スケール 0 1(m) 応答値スケール 0 1500 (cm/s²)

図 4-4 最大応答加速度分布図 (2/3) (解析ケース②)



(a) S s - D (++) 水平



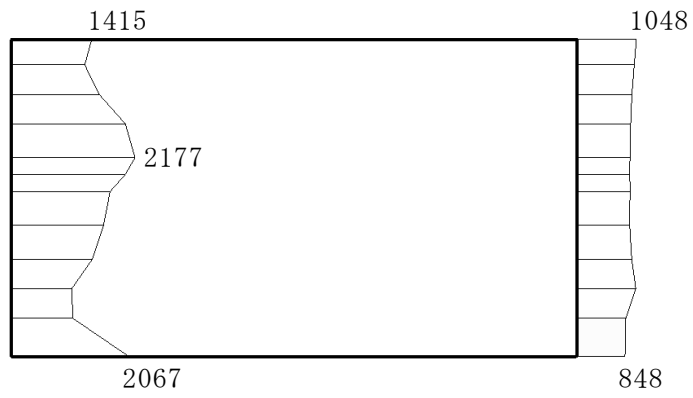
(b) S s - D (++) 鉛直

構造スケール 0 1(m) 応答値スケール 0 1500 (cm/s²)

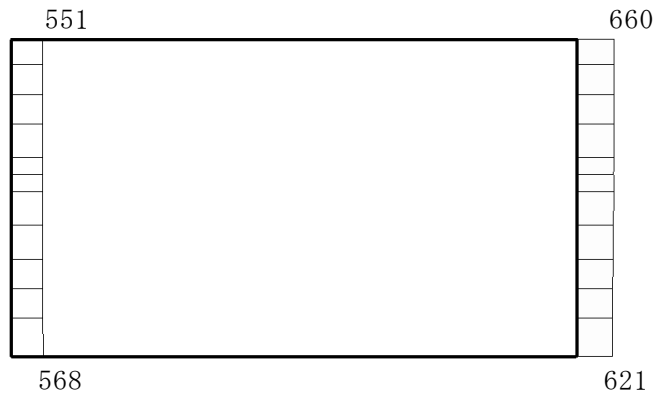
図 4-6 最大応答加速度分布図 (3/3) (解析ケース③)

4.3 C-C断面解析結果

耐震評価のために用いる応答加速度として、水平2方向载荷に対する評価に用いる地震動において基本ケース（ケース①）及び地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース（ケース②）に対する屋外配管ダクト（タービン建物～放水槽）の最大応答加速度分布図を図4-7及び図4-8に示す。



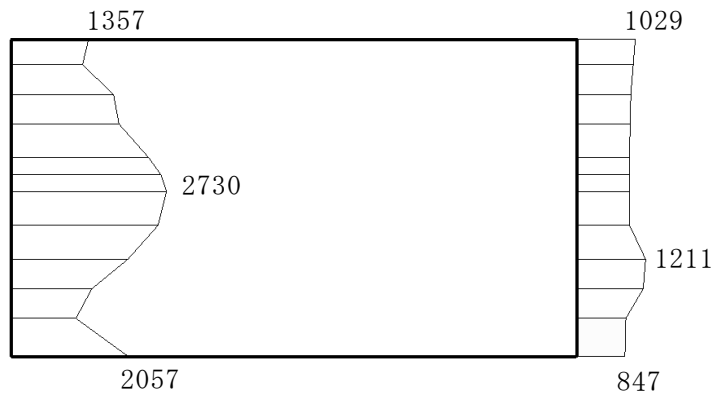
(a) $S_s - D(++)$ 水平



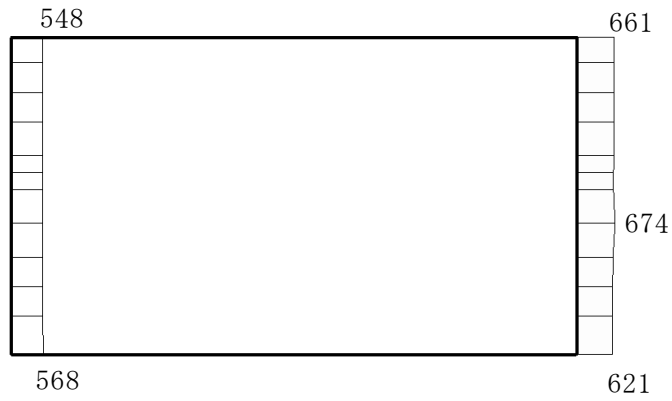
(b) $S_s - D(++)$ 鉛直

構造スケール $0 \quad 1(m)$ 応答値スケール $0 \quad 1500(cm/s^2)$

図 4-7 最大応答加速度分布図 (1/2) (解析ケース①)



(a) $S_s - D(++)$ 水平



(b) $S_s - D(++)$ 鉛直

構造スケール $\begin{array}{|c|c|} \hline 0 & 1(m) \\ \hline \end{array}$ 応答値スケール $\begin{array}{|c|c|} \hline 0 & 1500(cm/s^2) \\ \hline \end{array}$

図 4-8 最大応答加速度分布図 (2/2) (解析ケース②)