

本資料のうち、枠囲みの内容は
防護上の観点から公開できません。

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	02-工-B-19-0121_改2
提出年月日	2021年9月22日

VI-2-10-4-4 取水路の耐震性についての計算書

○ 2 ④ VI-2-10-4-4 R 2

2021年9月
東北電力株式会社

目 次

VI-2-10-4-4-1 取水路（漸拡部）の耐震性についての計算書

VI-2-10-4-4-2 取水路（標準部）の耐震性についての計算書

VI-2-10-4-4-1 取水路（漸拡部）の耐震性についての計算書

目次

1.	概要	1
2.	基本方針	2
2.1	位置	2
2.2	構造及び補強の概要	3
2.3	評価方針	6
2.4	適用基準	9
3.	耐震評価	10
3.1	評価対象断面	10
3.2	解析方法	11
3.2.1	構造部材	11
3.2.2	地盤物性及び材料物性のばらつき	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	33
3.5.1	解析モデル	33
3.5.2	使用材料及び材料の物性値	35
3.5.3	地盤の物性値	35
3.6	許容限界	36
3.6.1	構造部材の健全性に対する許容限界	36
3.6.2	基礎地盤の支持性能に対する許容限界	42
3.7	評価方法	43
3.7.1	構造部材の健全性評価	43
3.7.2	基礎地盤の支持性能評価	45
4.	耐震評価結果	46
4.1	構造部材の健全性に対する評価結果	46
4.2	各要求機能に対する評価結果	47
4.2.1	通水機能	47
4.2.2	貯水機能	48
4.3	基礎地盤の支持性能に対する評価結果	50
4.3.1	基礎地盤（狐崎部層）	50
4.3.2	MMR（既設）	51

1. 概要

本資料は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、取水路（漸拡部）が基準地震動 S_s に対して十分な構造強度を有していることを確認するものである。

取水路（漸拡部）に要求される機能の維持を確認するにあたっては、地震応答解析に基づく構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価により行う。

2. 基本方針

2.1 位置

取水路（漸拡部）の位置を図 2-1 に示す。

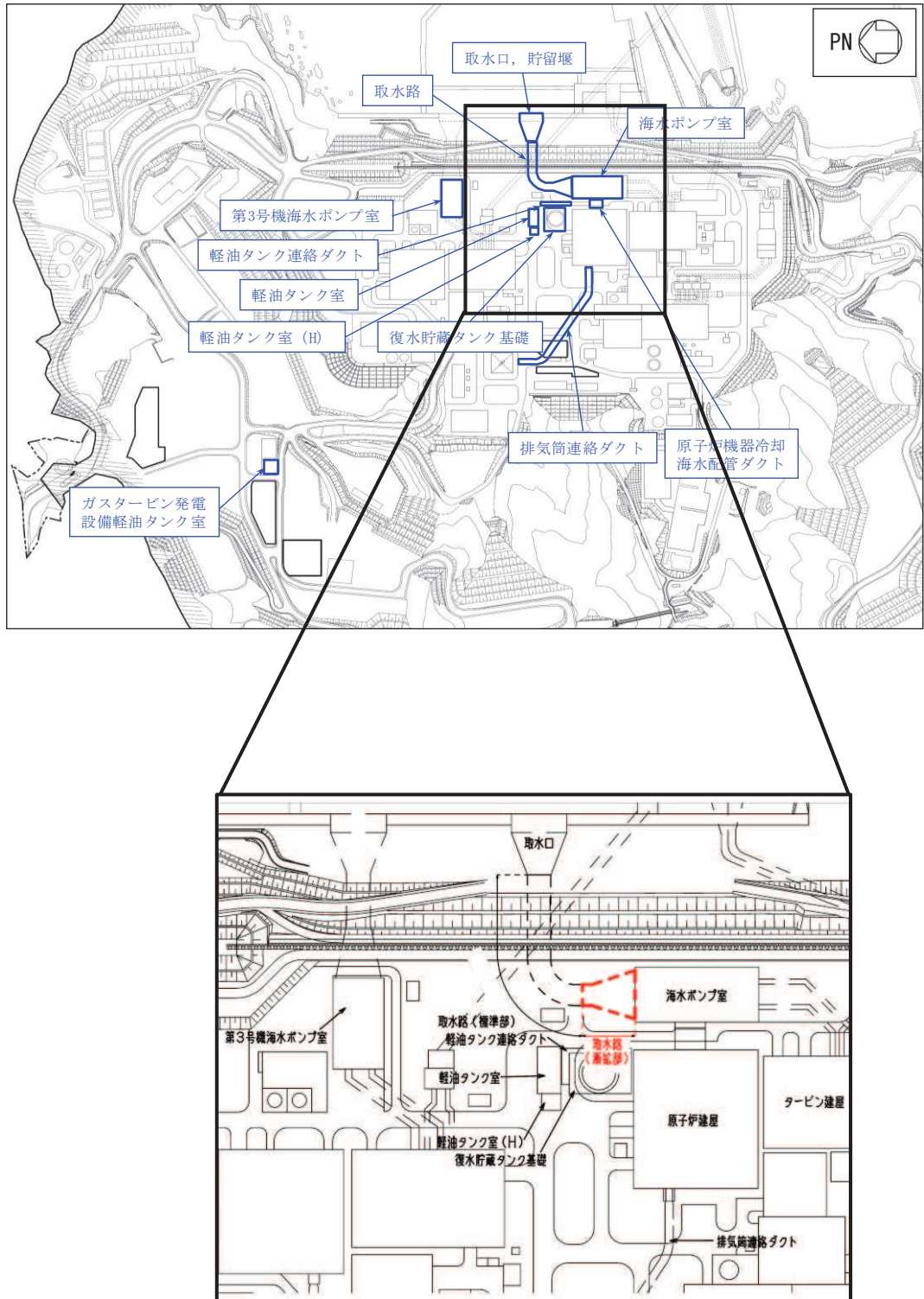


図 2-1 取水路（漸拡部）の位置図

2.2 構造及び補強の概要

取水路（漸拡部）の平面図を図 2-2 に、断面図を図 2-3 に、補強図を図 2-4 に、概略配筋図を図 2-5 に示す。

取水路（漸拡部）は、非常時における海水の通水機能及び貯水機能が要求される。

取水路（漸拡部）は、取水路（標準部）との接続部である内空幅 [] 内空高さ [] の二連ボックスカルバート構造から、海水ポンプ室との接続部である内空幅 [] 内空高さ [] の四連ボックスカルバート構造に変化し、縦断方向（延長方向）に断面が拡幅する地中構造物であり、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岩盤に設置されている。

取水路（漸拡部）は、取水路（標準部）及び海水ポンプ室との接合部に構造目地が設置されており、断面が延長方向に異なる線状構造物である。

取水路（漸拡部）の耐震性を確保するために耐震補強を実施する。

せん断破壊に対する補強として、後施工せん断補強工法（セラミックキャップバー工法）（以下「CCb 工法」という。）によるせん断補強を実施する。

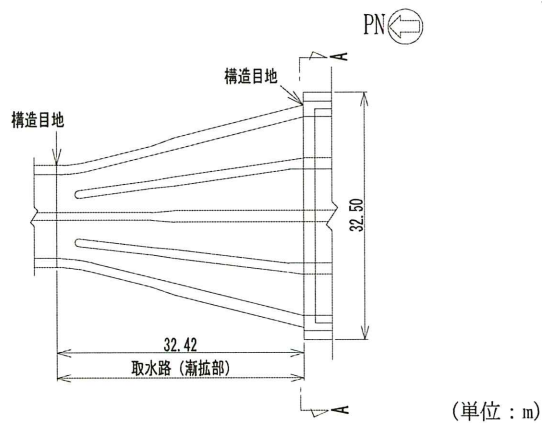


図 2-2 取水路（漸拡部）平面図

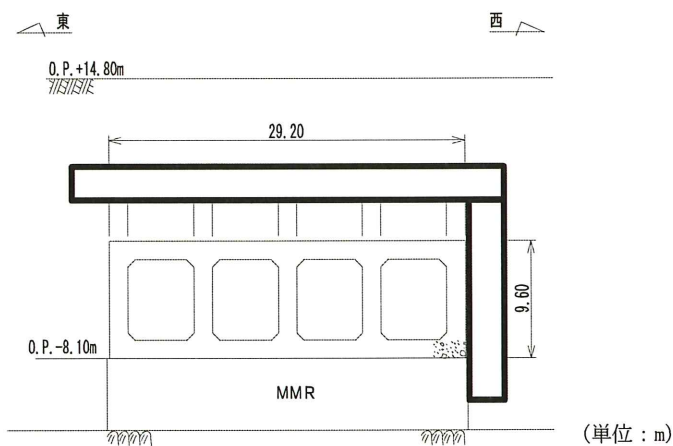
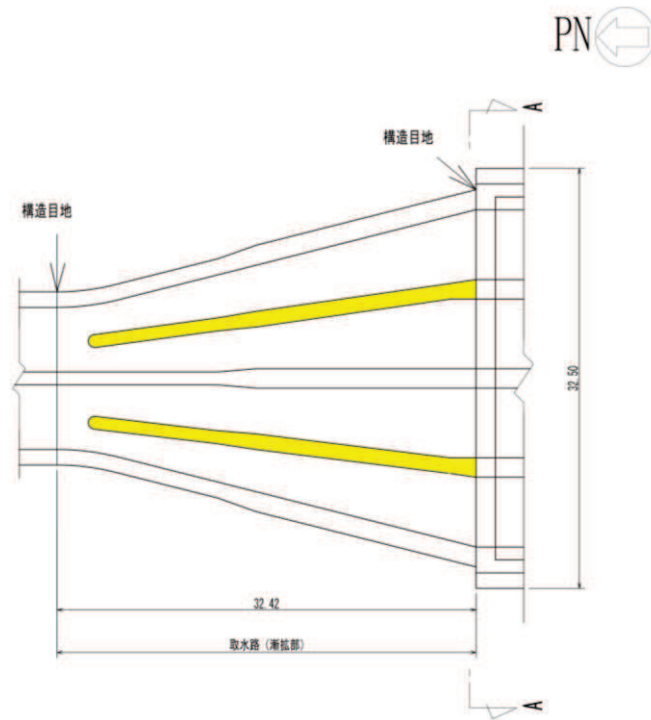


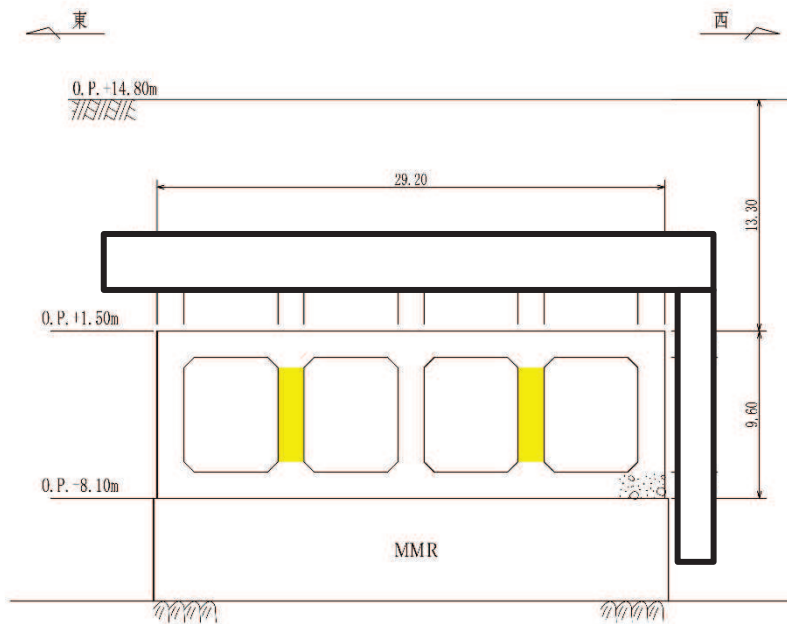
図 2-3 取水路（漸拡部）断面図（A-A 断面）

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。



■ : CCbによる耐震補強箇所

図2-4(1) CCbによる耐震補強箇所(平面図)



■ : CCbによる耐震補強箇所

図2-4(2) CCbによる耐震補強箇所(A-A断面)

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

2.3 評価方針

取水路（漸拡部）は、設計基準対象施設においては、非常用取水設備である屋外重要土木構造物に分類され、重大事故等対処施設においては、常設重大事故緩和設備及び常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備に分類される。

取水路（漸拡部）の耐震評価は、地震応答解析の結果に基づき、設計基準対象施設及び重大事故等対処施設の評価として、表 2-1 に示すとおり、構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を行う。

取水路（漸拡部）の耐震評価フローを図 2-6 に示す。

構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を実施することで、構造強度を有することを確認する。

構造部材の健全性評価については、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、曲げ・軸力系の破壊については構造部材の照査用層間変形角が許容限界を下回ることを確認する。せん断破壊に対しては照査用せん断力が許容限界を下回ることを確認する。加えて、貯水機能が要求される部材については、照査用曲げモーメントが降伏曲げモーメントを下回ることを確認する。

基礎地盤の支持性能評価については、地震応答解析より得られた基礎地盤の接地圧が、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づく許容限界を下回ることを確認する。

ここで、取水路（漸拡部）の運転時、設計基準事故時及び重大事故時の状態における荷重条件は変わらないため、評価は設計基準対象施設の評価結果に包括されることから、設計基準対象施設の評価結果を用いた重大事故等対処施設の評価を行う。

表 2-1 取水路（漸拡部）の評価項目

評価方針	評価項目	部位	評価方法	許容限界	
構造強度を有すること	構造部材の健全性	鉄筋コンクリート部材	照査用層間変形角，照査用曲げモーメント及び照査用せん断力が許容限界を下回ることを確認	曲げ・軸力	限界層間変形角* 降伏曲げモーメント*
				せん断力	せん断耐力*
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	発生する接地圧が許容限界を下回ることを確認	岩盤の極限支持力	
		MMR		MMR の支圧強度	

注記*：妥当な安全余裕を考慮する。

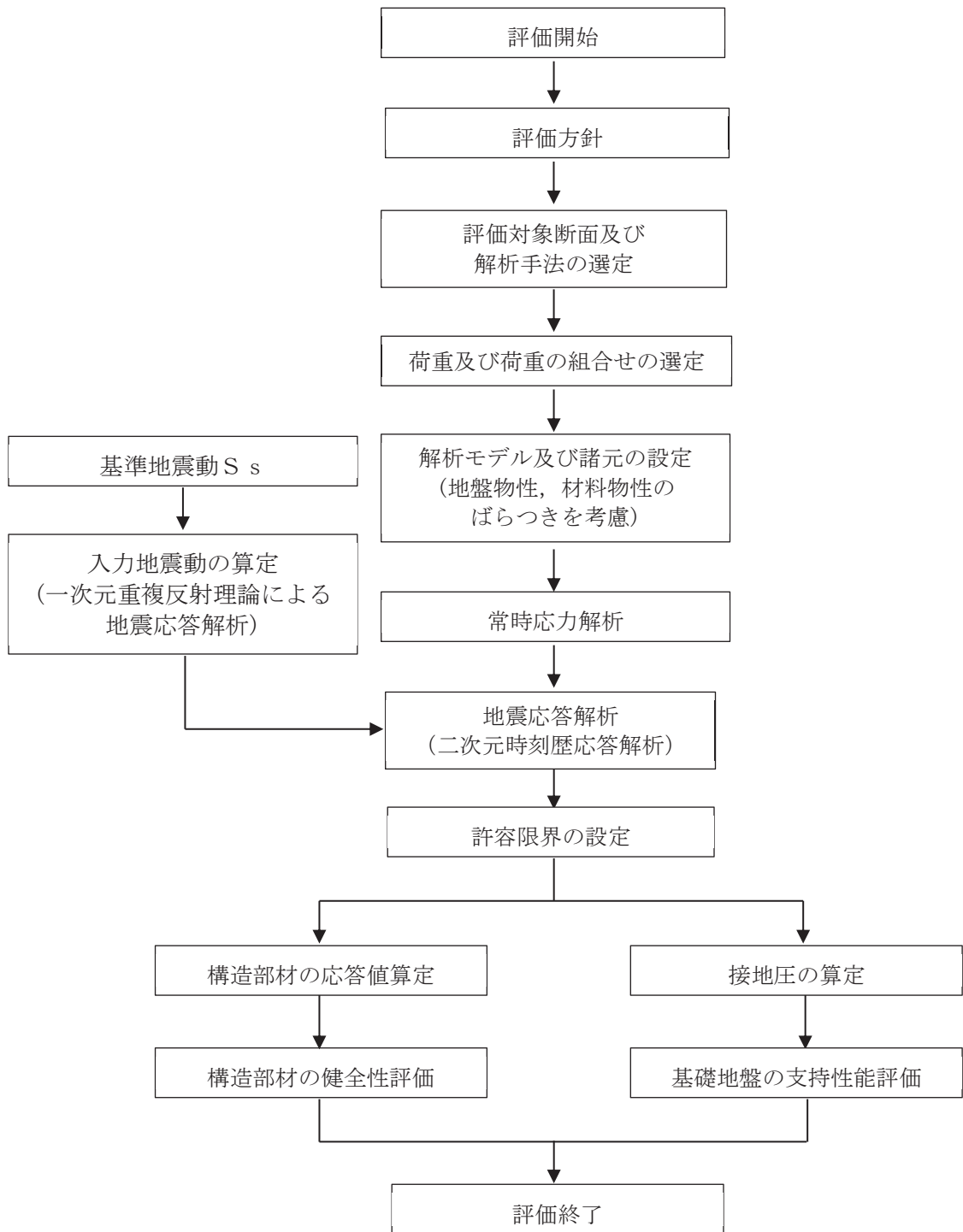


図 2-6 取水路（漸拡部）の耐震評価フロー

2.4 適用基準

適用する規格，基準等を以下に示す。

- ・土木学会 2002年 コンクリート標準示方書[構造性能照査編]
- ・土木学会 2017年 コンクリート標準示方書[設計編]
- ・土木学会 2005年 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
- ・原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1 -1987）
- ・日本道路協会 平成14年3月 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 道路橋示方書・同解説 V耐震設計編
- ・一般財団法人土木研究センター 建設技術審査証明報告書 後施工セラミック定着型せん断補強鉄筋「セラミックキャップバー (CCb)」

3. 耐震評価

3.1 評価対象断面

取水路（漸拡部）の評価対象断面位置を図3-1に示す。

評価対象断面は、構造的特徴や周辺地質状況を踏まえ、図3-1に示すA-A断面とする。評価対象地質断面図を図3-2に示す。

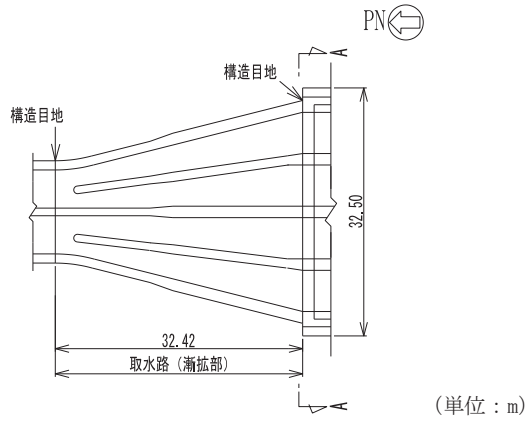


図3-1 取水路（漸拡部）の評価対象断面位置図

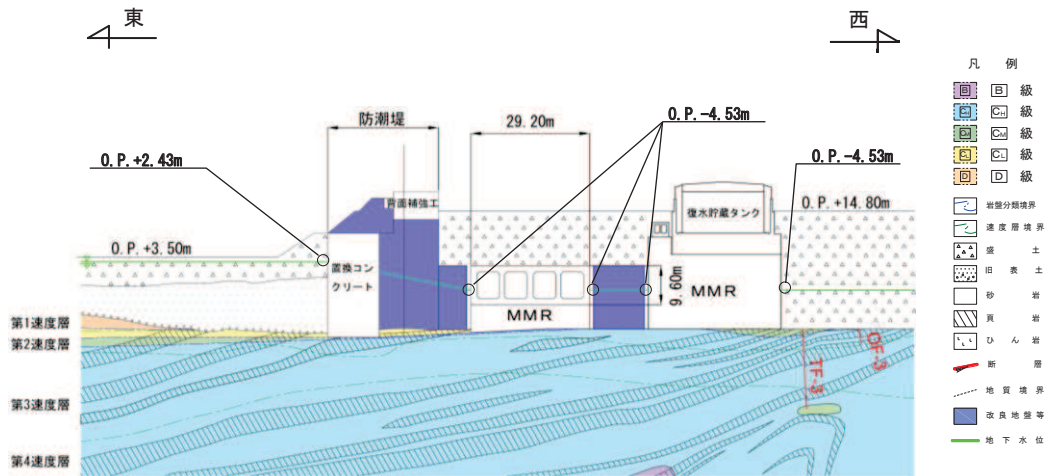


図3-2 取水路（漸拡部）評価対象地質断面図（A-A断面）

3.2 解析方法

取水路（漸拡部）の地震応答解析は、添付書類「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二次元有限要素法により、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。取水路（漸拡部）は、耐震性の確認された復水貯蔵タンク基礎のMMR と防潮堤に挟まれ、これら隣接構造物との間には地盤改良されていることから、解析手法は全応力解析とする。

隣接構造物となる復水貯蔵タンク基礎下のMMRは、改良地盤を介して接しており、お互いの振動の影響を受けることから、復水貯蔵タンク基礎下のMMRをモデル化する。また、防潮堤（鋼管式鉛直壁）は、添付書類「VI-2-10-2-2-1 防潮堤（鋼管式鉛直壁）の耐震性について」に基づき、鋼管杭は、線形はり要素（ビーム要素）でモデル化する。

構造部材については、非線形はり要素を用いることとし、構造部材の非線形性については、鉄筋コンクリートのM- ϕ 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。地震応答解析については、解析コード「Soil Plus Ver. 2015 Build3」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、添付書類「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、非線形はり要素でモデル化することとし、図3-3に示すM- ϕ 関係のトリリニアモデルとする。また、履歴特性は、図3-4に示すとおり修正武田モデルを適用する。また、コンクリートの応力-ひずみ関係及び鉄筋の応力-ひずみ関係には、それぞれ図3-5及び図3-6に示す非線形特性を考慮する。

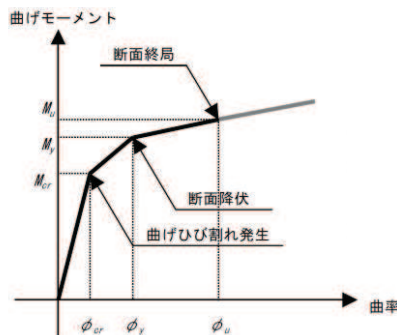


図3-3 鉄筋コンクリート部材のM- ϕ 関係

（「土木学会 2005年 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」より引用）

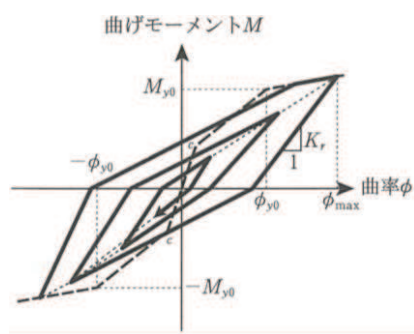


図 3-4 鉄筋コンクリート部材の履歴特性（修正武田モデル）

（「日本道路協会 平成 14 年 3 月 道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編」より引用）

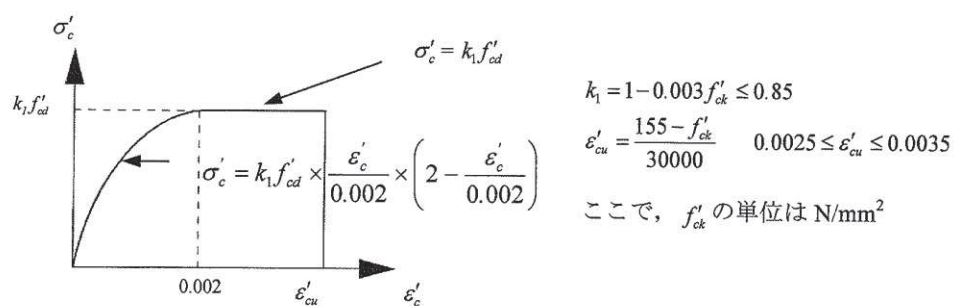


図 3-5 構造部材の非線形特性（コンクリートの応力-ひずみ関係）

（「土木学会 2002 年 コンクリート標準示方書[構造性能照査編]」より引用）

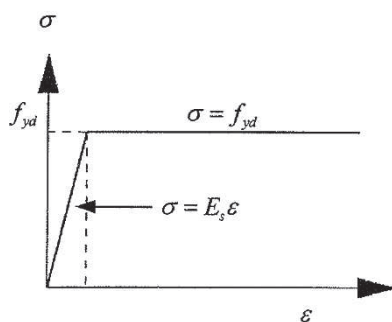


図 3-6 構造部材の非線形特性（鉄筋の応力-ひずみ関係）

（「土木学会 2002 年 コンクリート標準示方書[構造性能照査編]」より引用）

3.2.2 地盤物性及び材料物性のばらつき

地盤物性及び材料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。

取水路（漸拡部）は、直接又は MMR を介して岩盤上に設置され、側面に改良地盤が分布し、主たる荷重は改良地盤等の土圧となることから、盛土、旧表土、**D** 級岩盤及び改良地盤の初期せん断弾性係数のばらつきを考慮する。

初期せん断弾性係数の標準偏差 σ を用いて設定した解析ケース②及び③を実施することにより地盤物性のばらつきの影響を網羅的に考慮する。

また、材料物性のばらつきとして構造物の実強度に基づいて設定した解析ケース④を実施することにより、材料物性のばらつきの影響を考慮する。

詳細な解析ケースの考え方は、「3.2.4 地震応答解析の解析ケースの選定」に示す。

表 3-1 解析ケース

解析ケース	材料物性 (コンクリート) (E_0 : ヤング係数)	地盤物性	
		盛土, 旧表土, D 級岩盤, 改良地盤 (G_0 : 初期せん断弾性係数)	C_L 級岩盤, C_M 級岩盤, C_H 級岩盤, B 級岩盤 (G_d : 動せん断弾性係数)
ケース① (基本ケース)	設計基準強度	平均値	平均値
ケース②	設計基準強度	平均値+1 σ	平均値
ケース③	設計基準強度	平均値-1 σ	平均値
ケース④	実強度に基づく 圧縮強度*	平均値	平均値

注記*: 既設構造物のコア採取による圧縮強度試験の結果を使用する。

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	5.67×10^{-1}	5.29×10^{-4}

3.2.4 地震応答解析の解析ケースの選定

耐震評価においては、すべての基準地震動 S_s に対し、解析ケース①（基本ケース）を実施する。解析ケース①において、曲げ・軸力系の破壊、せん断破壊及び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 3-1 に示す解析ケース②～④を実施する。また、上記解析ケースの結果を踏まえ、更に照査値が大きくなる可能性がある場合は、追加解析ケースを実施する。耐震評価におけ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	ケース④
		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	材料物性（コンクリート）に実強度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	平均値
材料物性		設計基準強度	設計基準強度	設計基準強度	実強度に基づく圧縮強度*2
地震動（位相）	$S_s - D 1$	++*1	○		
		-+*1	○		
	$S_s - D 2$	++*1	○		
		-+*1	○		
	$S_s - D 3$	++*1	○		
		-+*1	○		
	$S_s - F 1$	++*1	○		
		-+*1	○		
	$S_s - F 2$	++*1	○		
		-+*1	○		
	$S_s - F 3$	++*1	○		
		-+*1	○		
	$S_s - N 1$	++*1	○		
		-+*1	○		

【追加解析ケースについて】
 基準地震動 S_s （7波）に水平動の位相反転を考慮した地震動（7波）を加えた全 14 波に対し、全応力解析による基本ケース①を実施し、曲げ・軸力系の破壊、せん断破壊、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②～④を実施する。
 すべての照査項目の照査値がいずれも 0.5 以下の場合には、照査値が最も厳しくなる地震動を用いてケース②～④を実施する。
 また、上記解析ケースの結果を踏まえ、更に照査値が大きくなる可能性がある場合は、追加解析ケースを実施する。

注記*1：耐震評価にあたっては、「土木学会 2005 年 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」（以下「土木学会マニュアル」という。）に従い、水平方向の位相反転を考慮する。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：既設構造物のコア採取による圧縮強度試験の結果を使用する。

3.3 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、添付書類「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

取水路（漸拡部）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。なお、取水路（漸拡部）の隣接構造物としてモデル化される防潮堤（鋼管式鉛直壁）は、添付書類「VI-2-10-2-2-1 防潮堤（鋼管式鉛直壁）の耐震性について」に基づき、風の影響を考慮する。

(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

取水路（漸拡部）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、躯体自重を考慮する。

(2) 積載荷重（P）

積載荷重として、積雪荷重 P_s を含めて地表面に 4.9kN/m^2 を考慮する。

(3) 積雪荷重（ P_s ）

積雪荷重として、発電所の最寄りの気象官署である石巻特別地域気象観測所で観測された月最深積雪の最大値である 43cm に平均的な積雪荷重を与えるための係数 0.35 を考慮した値を設定する。また、建築基準法施行令第86条第2項により、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 3-4 に示す。

表 3-4 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 (積雪荷重 P_s を含めて 4.9kN/m^2 を地表面に考慮)

S_s : 地震荷重 (基準地震動 S_s)

3.4 入力地震動

入力地震動は、添付書類「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 を一次元重複反射理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、添付書類「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3-7に入力地震動算定の概念図を、図3-8～図3-21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「Ark Quake Ver. 3.10」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、添付書類「VI-5 計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

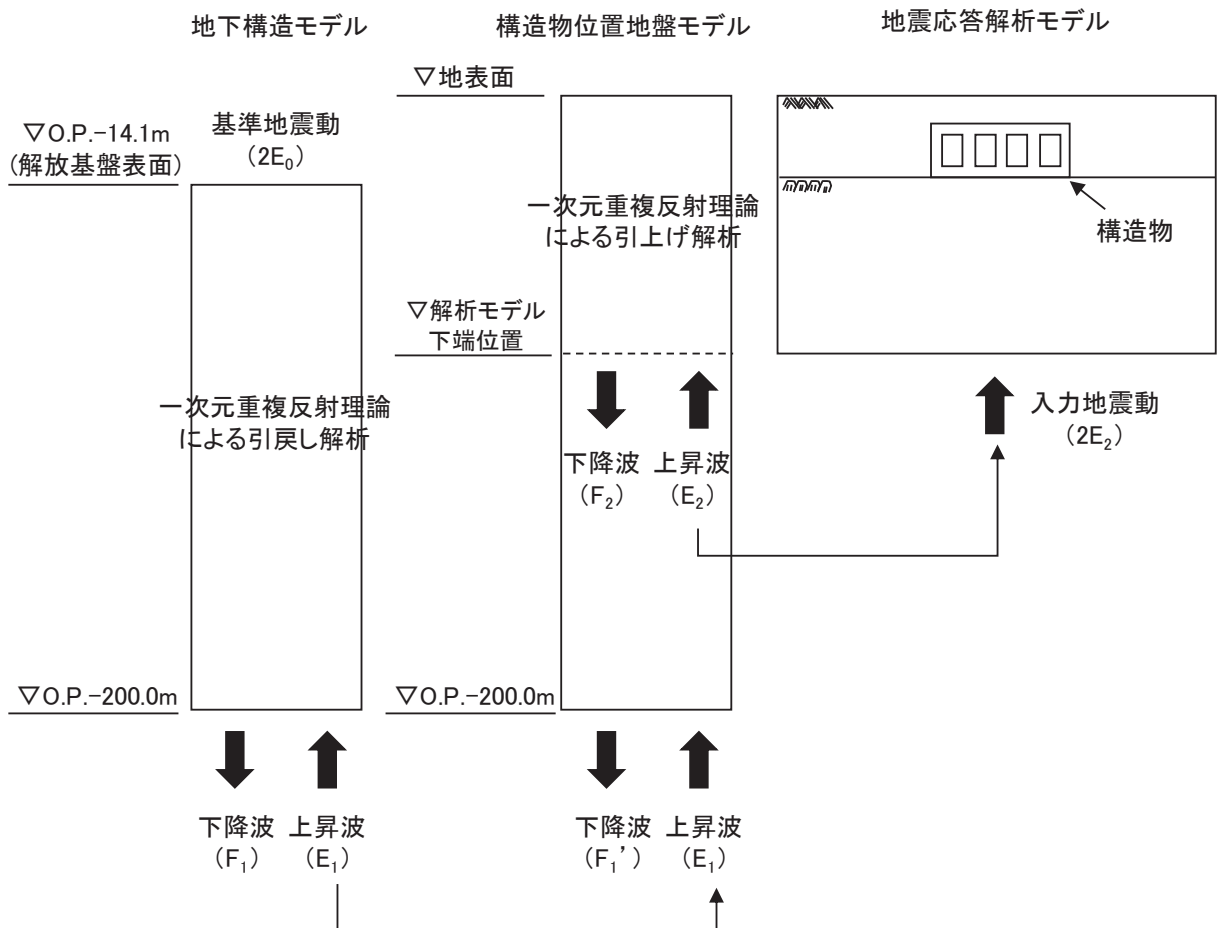
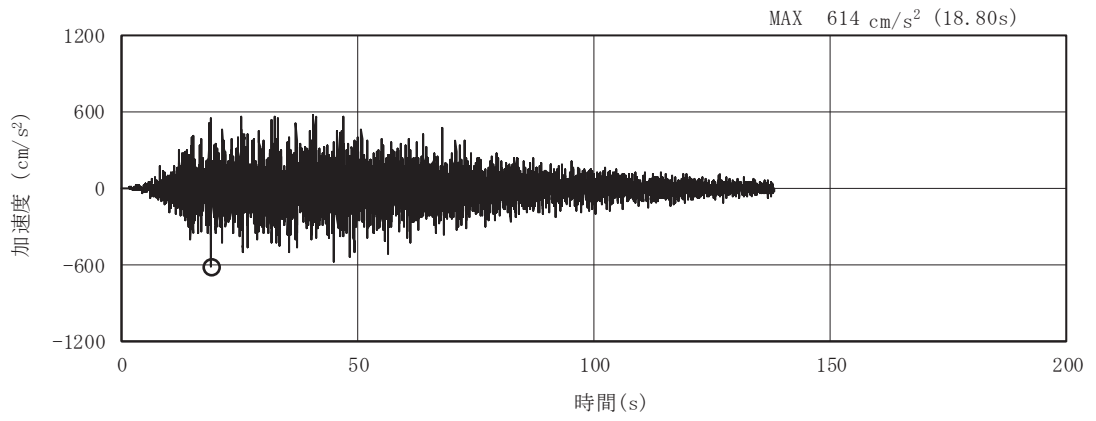
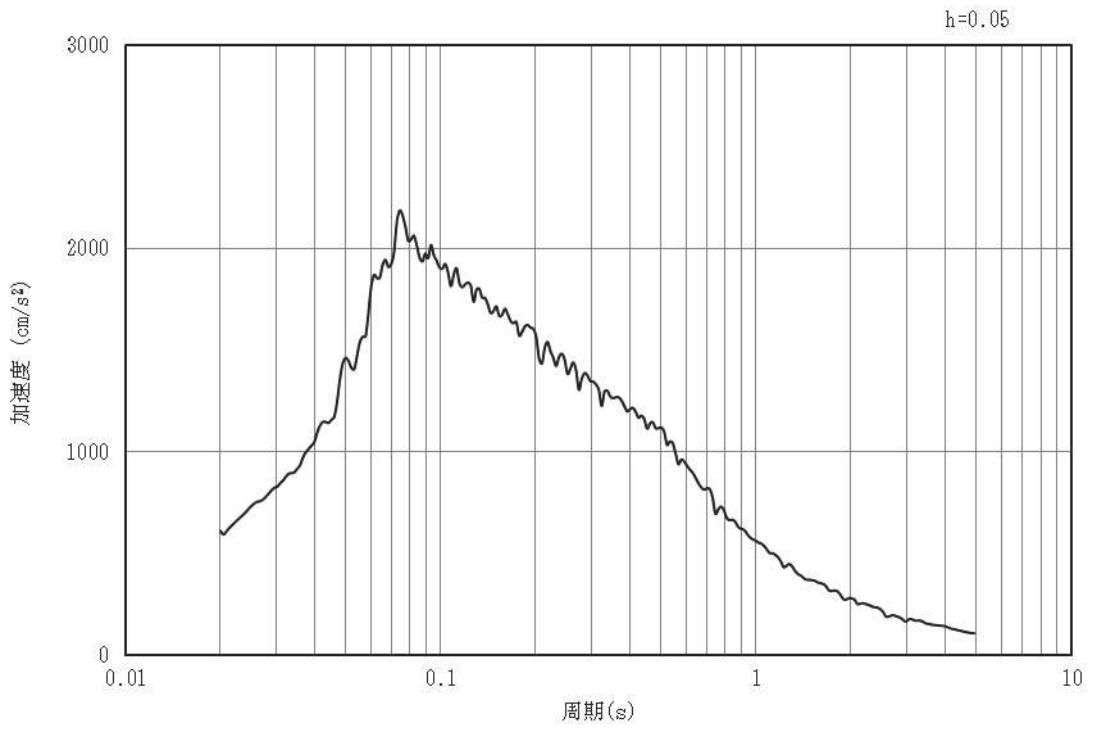


図 3-7 入力地震動算定の概念図

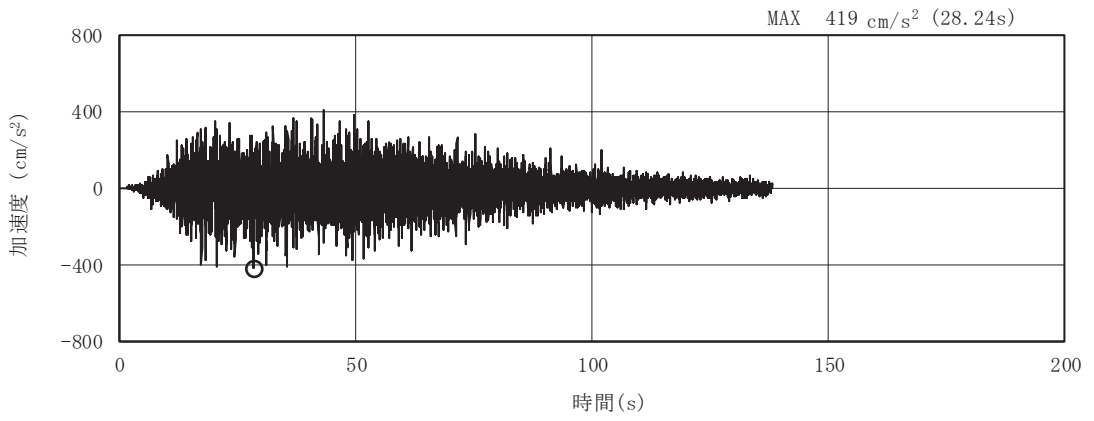


(a) 加速度時刻歴波形

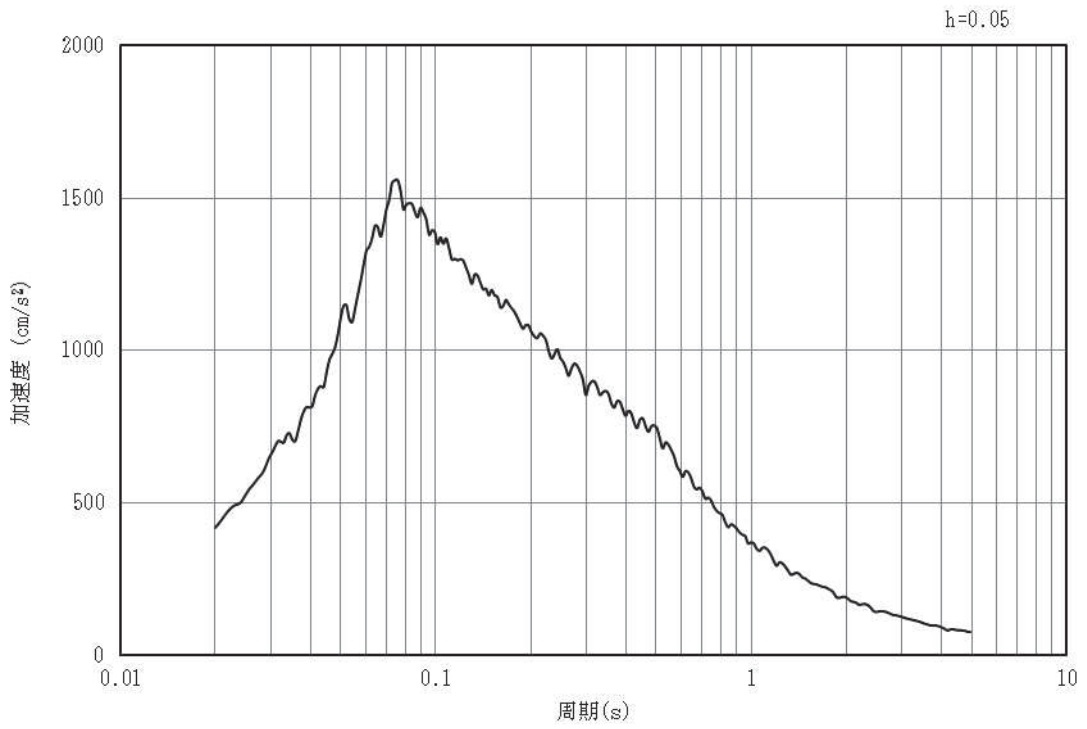


(b) 加速度応答スペクトル

図3-8 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
(水平成分：S s - D 1)

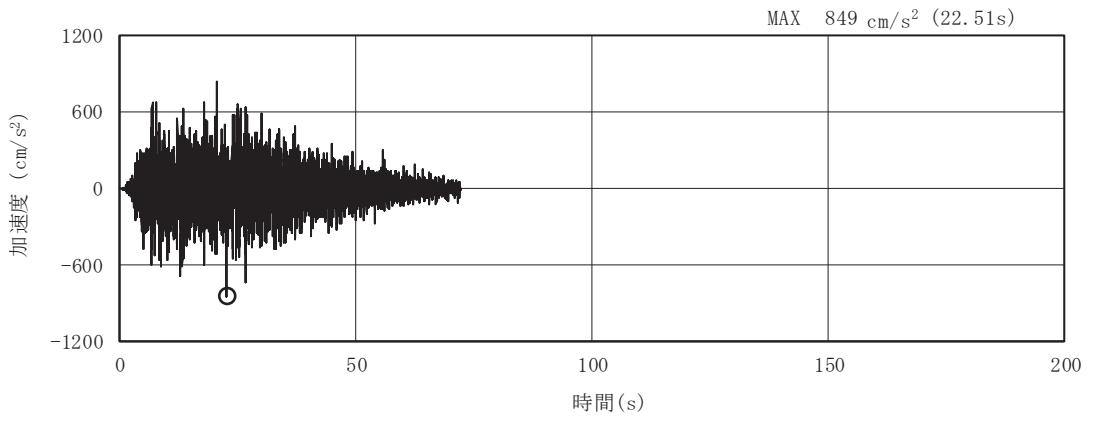


(a) 加速度時刻歴波形

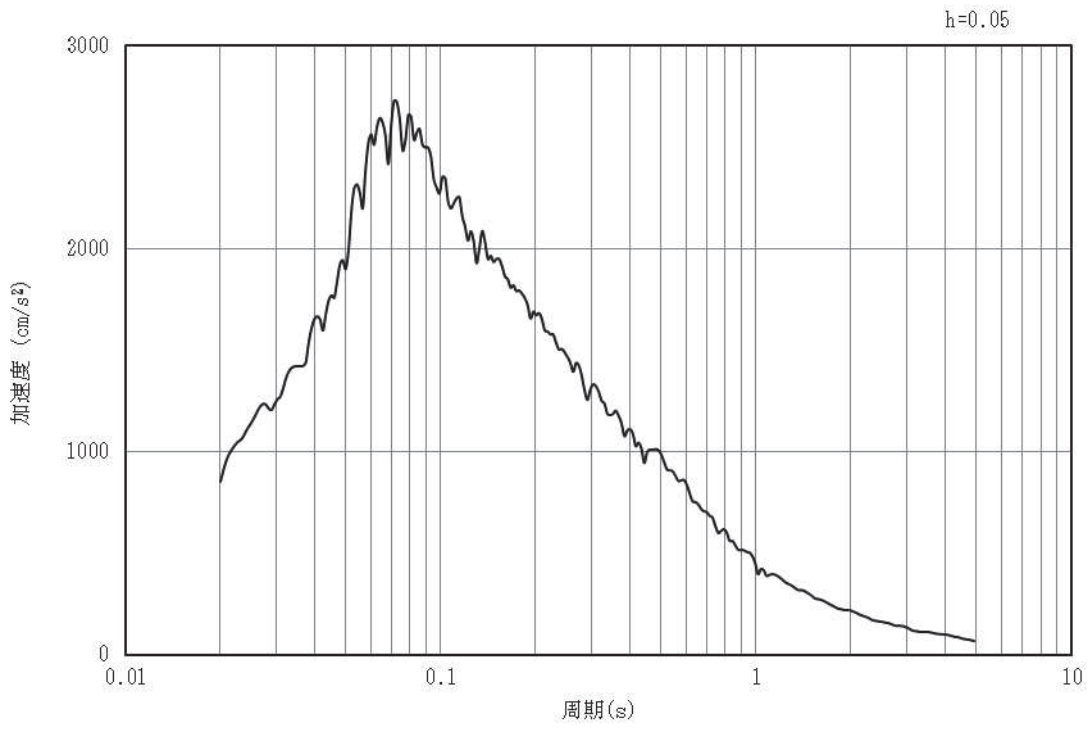


(b) 加速度応答スペクトル

図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
(鉛直成分：S s - D 1)

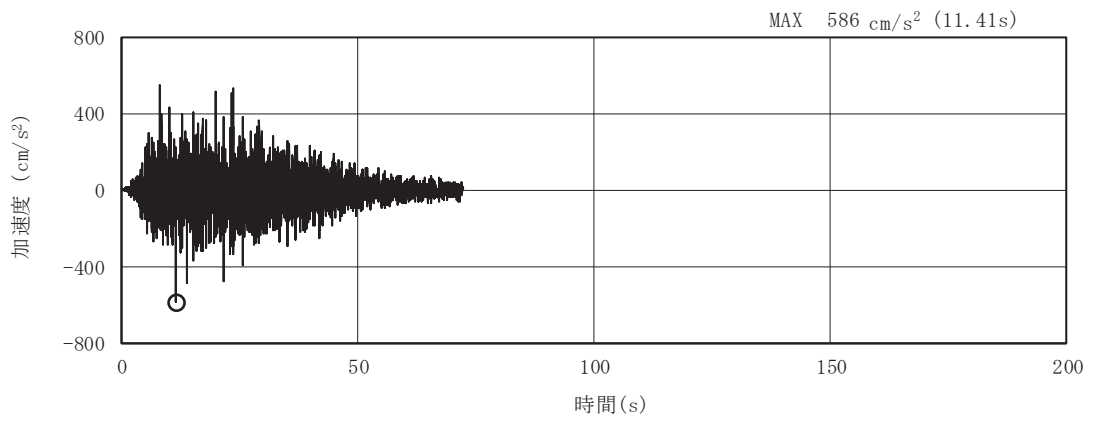


(a) 加速度時刻歴波形

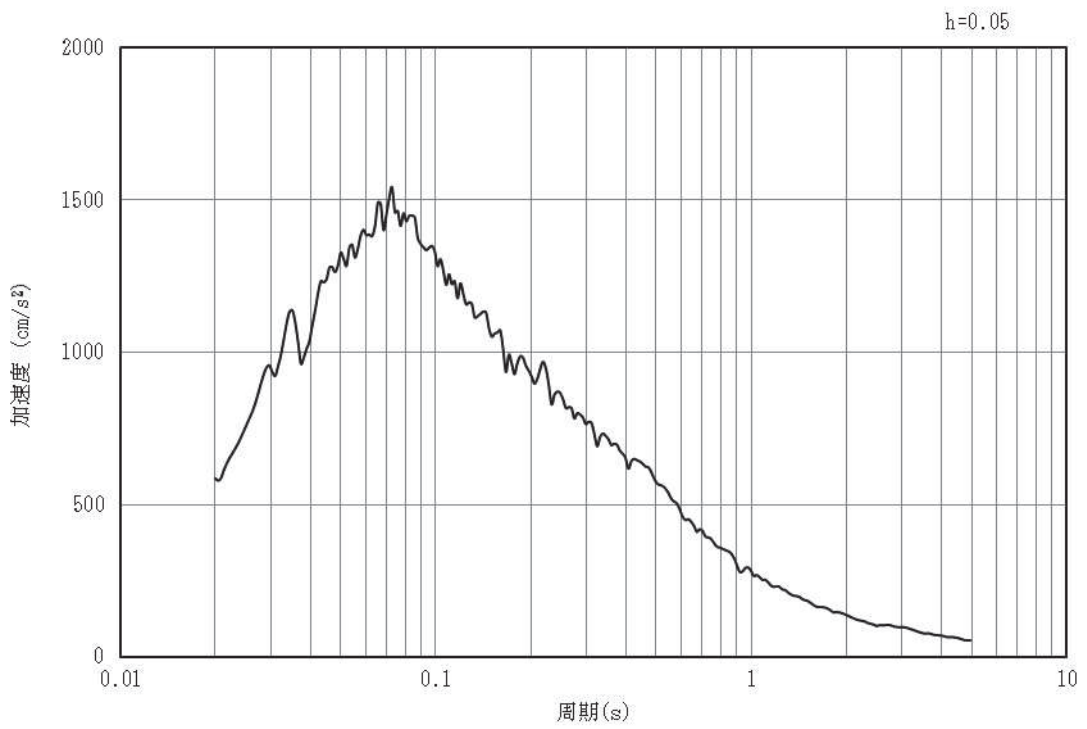


(b) 加速度応答スペクトル

図3-10 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分：S s - D 2)

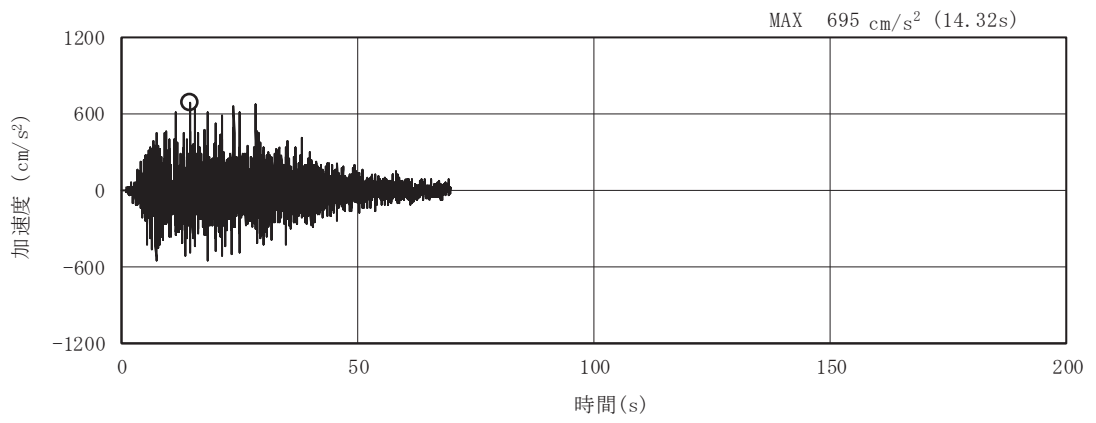


(a) 加速度時刻歴波形

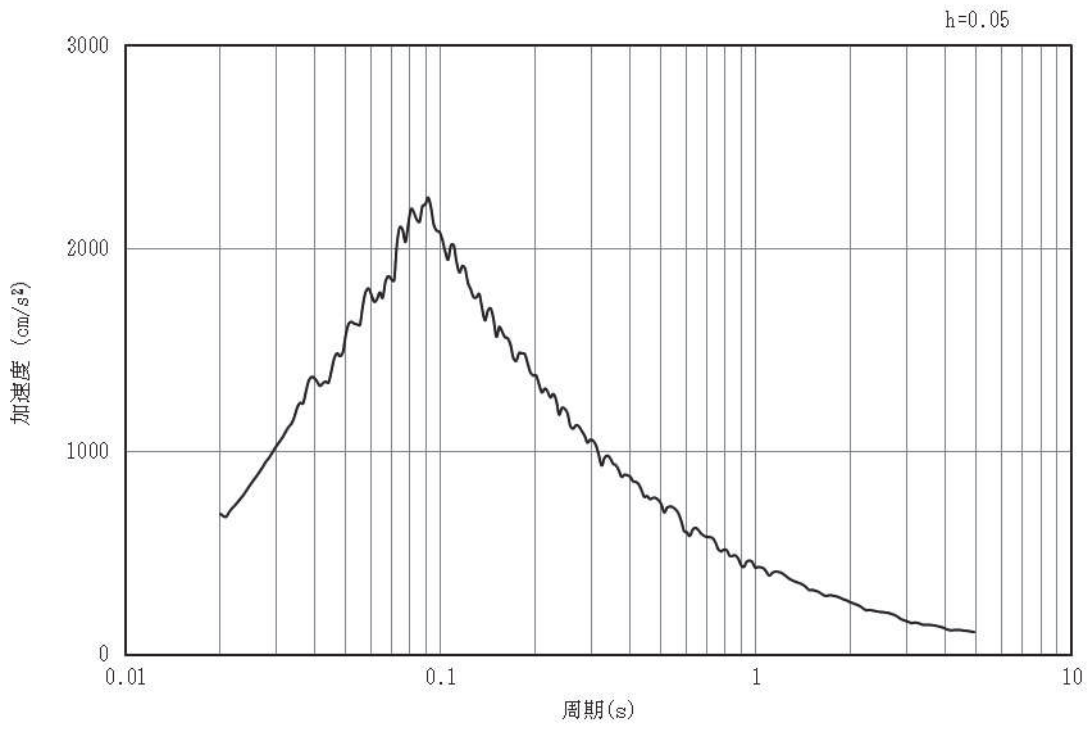


(b) 加速度応答スペクトル

図3-11 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S s - D 2)

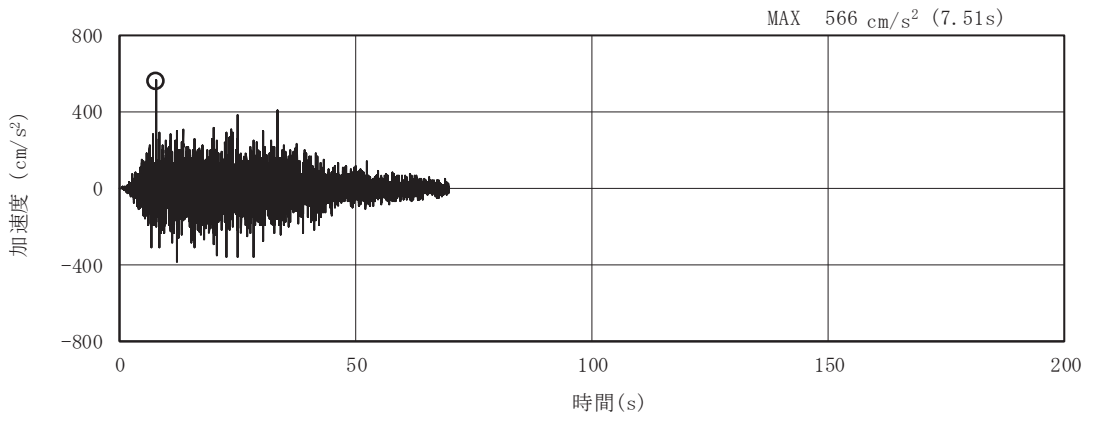


(a) 加速度時刻歴波形

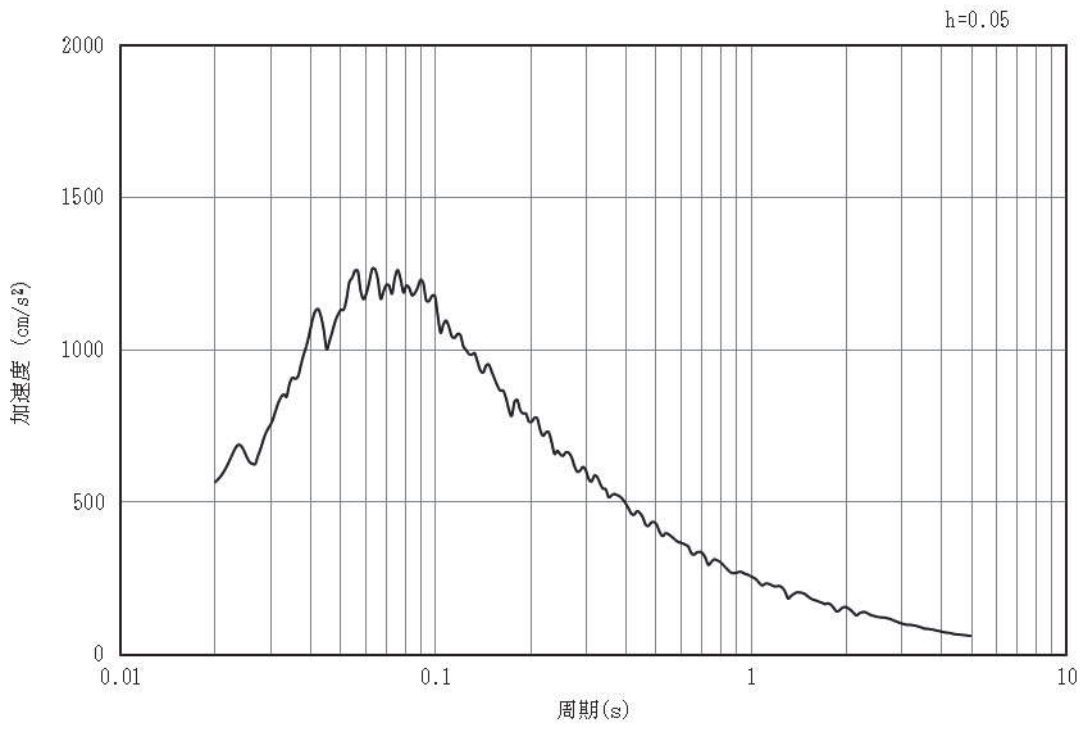


(b) 加速度応答スペクトル

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 3)

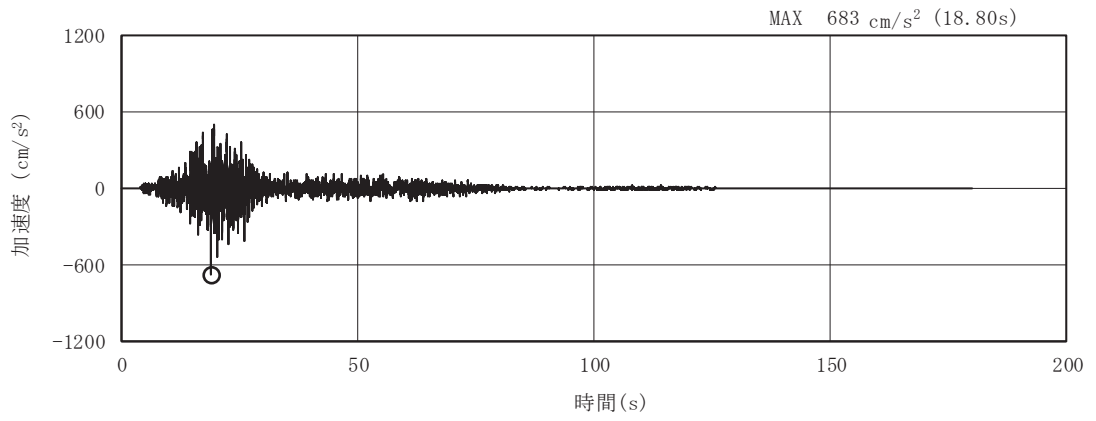


(a) 加速度時刻歴波形

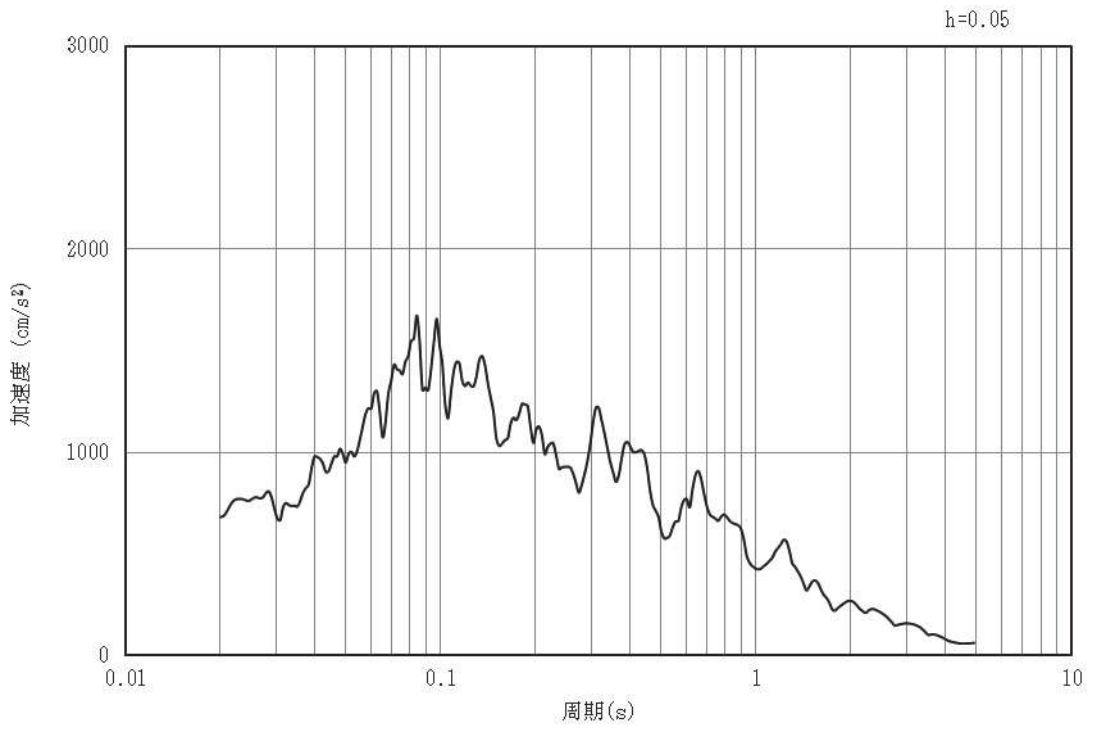


(b) 加速度応答スペクトル

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 3)

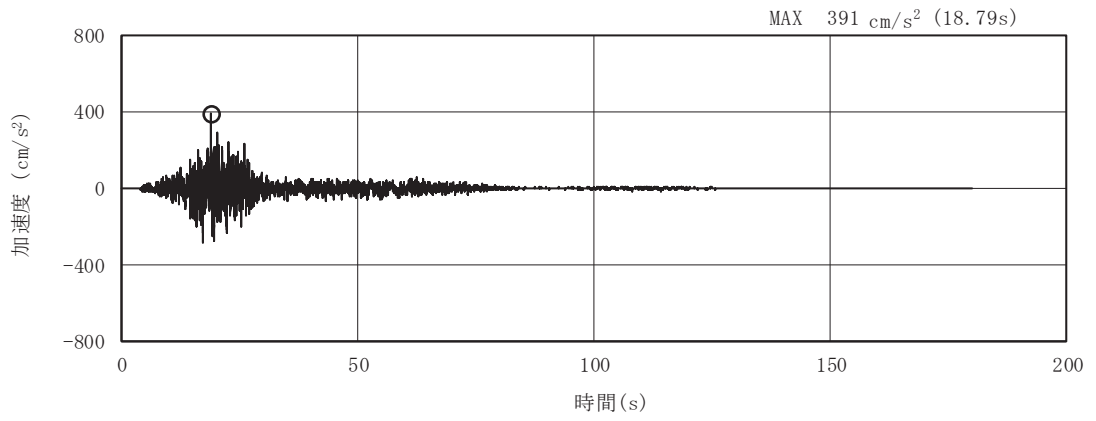


(a) 加速度時刻歴波形

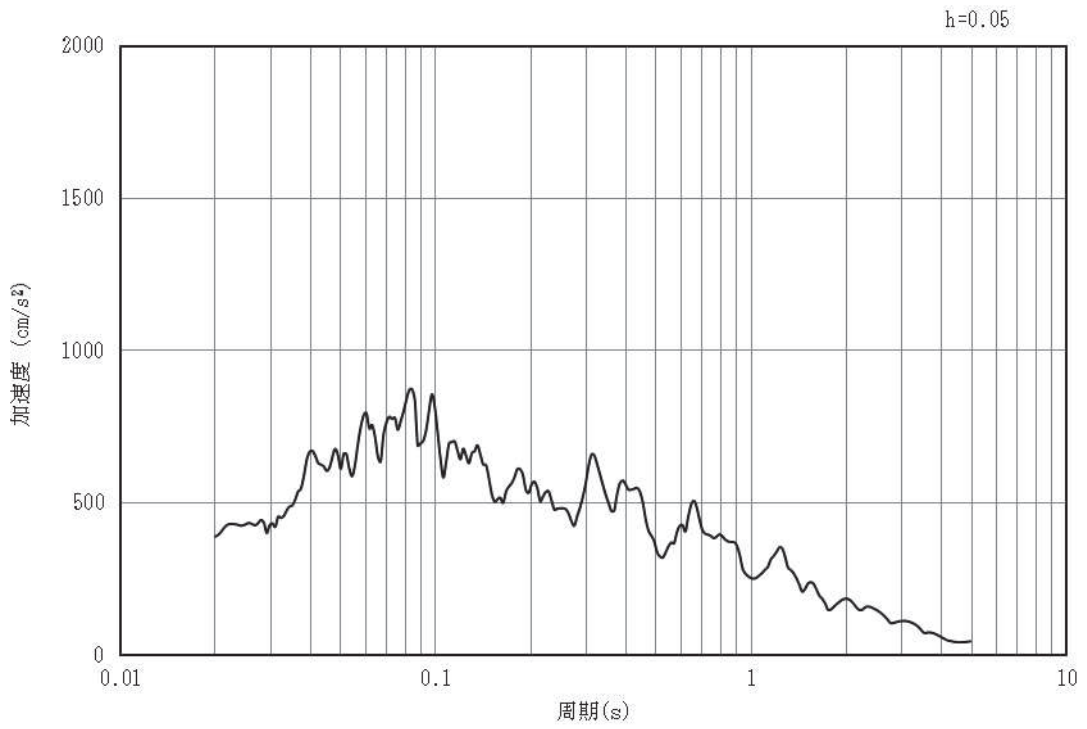


(b) 加速度応答スペクトル

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)

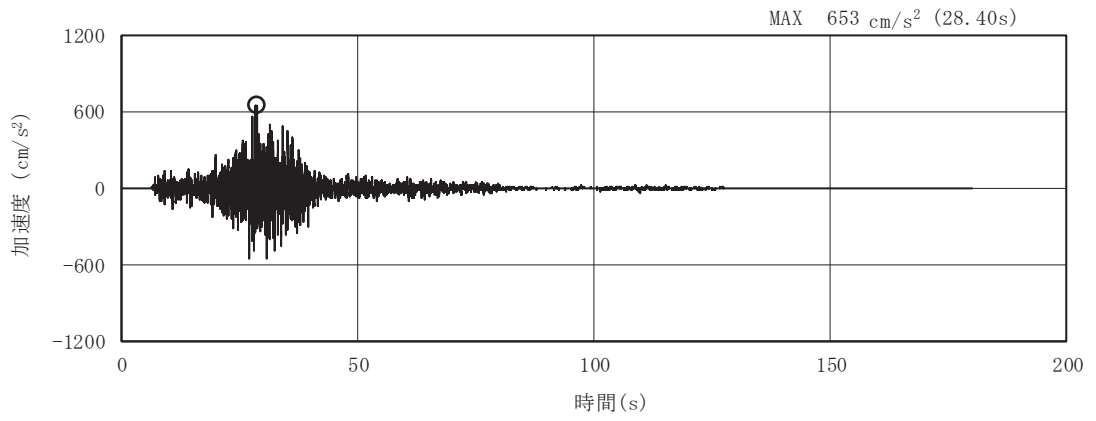


(a) 加速度時刻歴波形

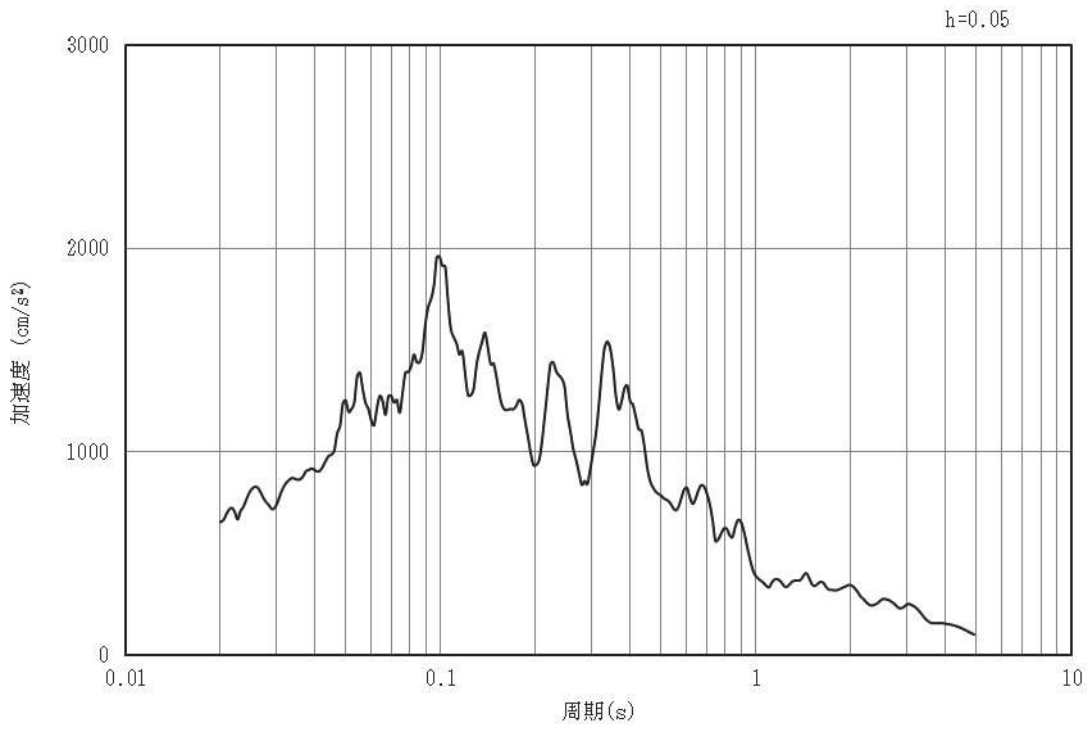


(b) 加速度応答スペクトル

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)

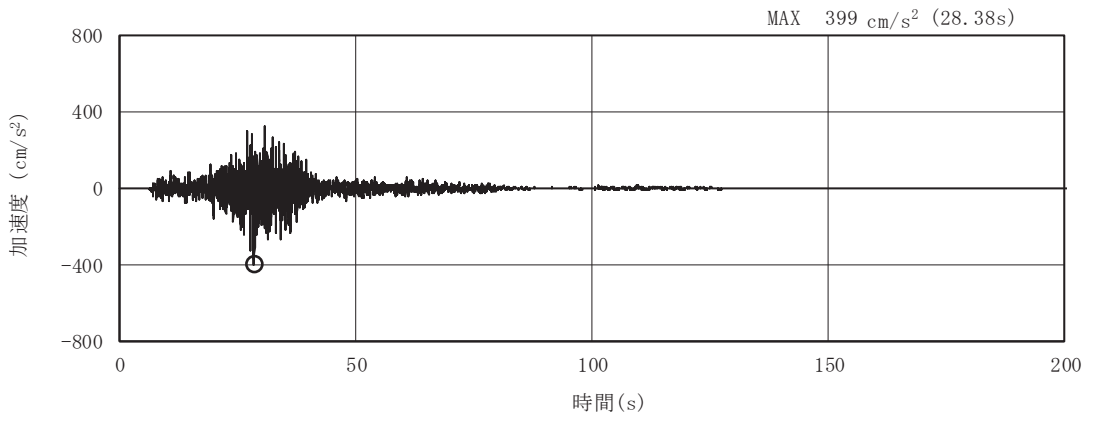


(a) 加速度時刻歴波形

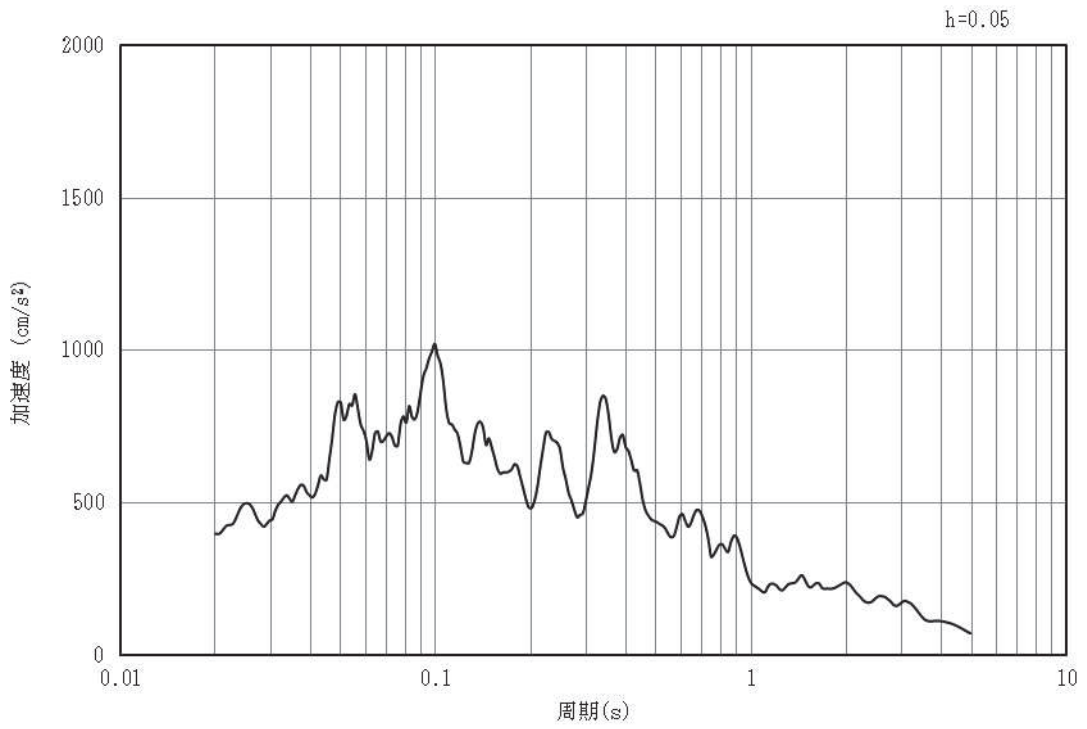


(b) 加速度応答スペクトル

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)

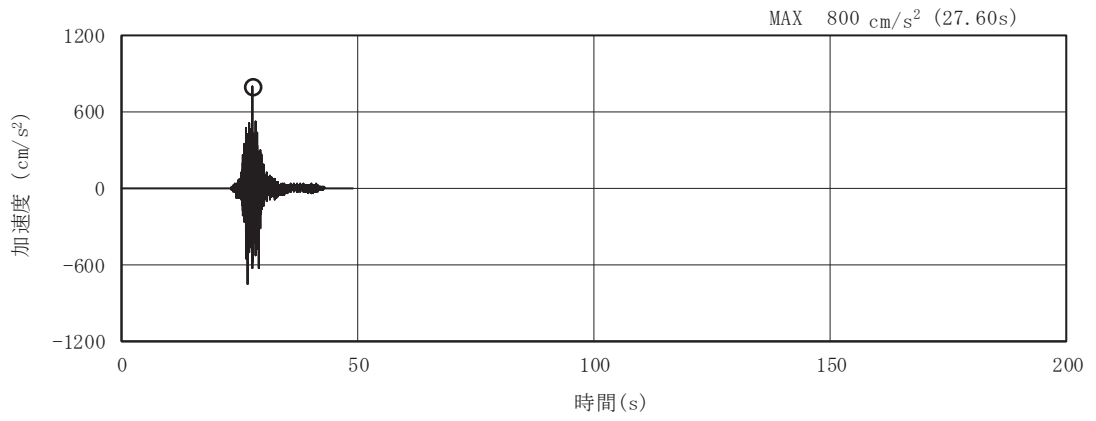


(a) 加速度時刻歴波形

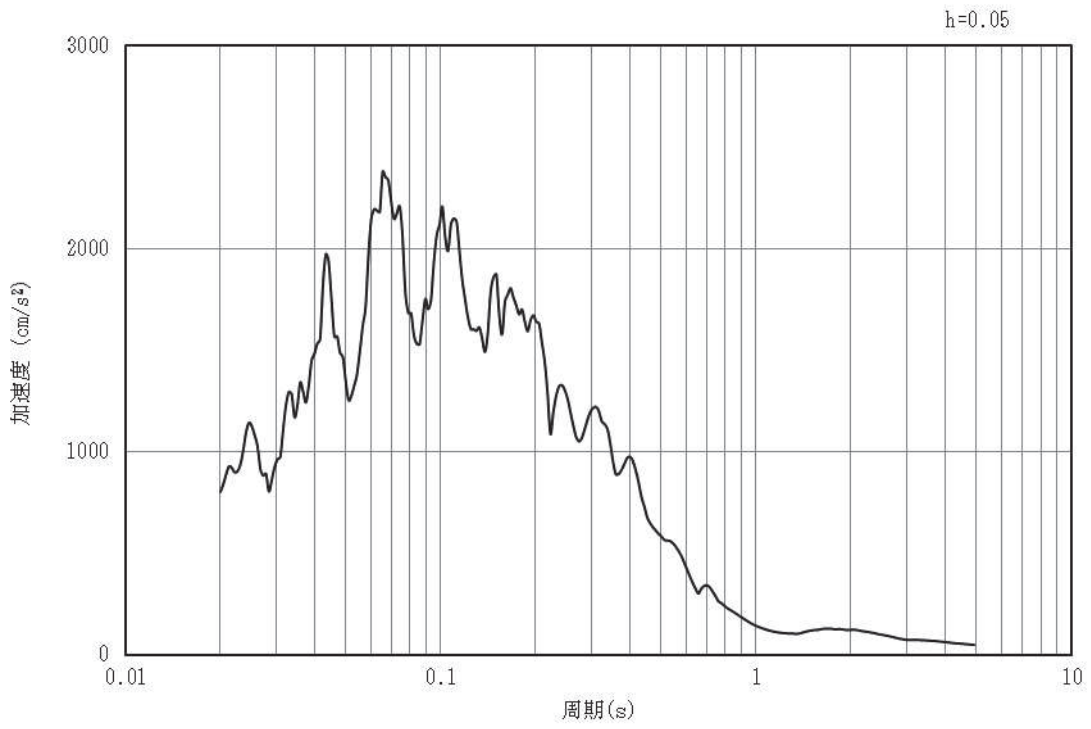


(b) 加速度応答スペクトル

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)

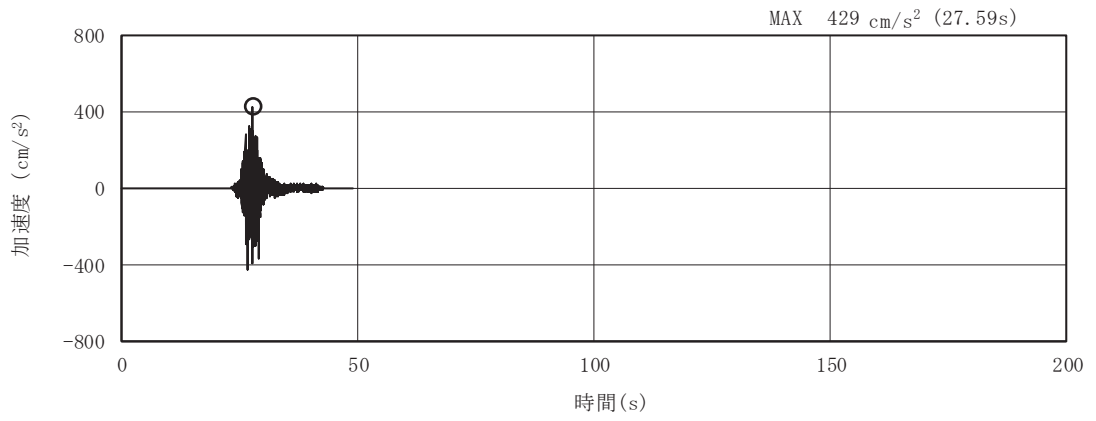


(a) 加速度時刻歴波形

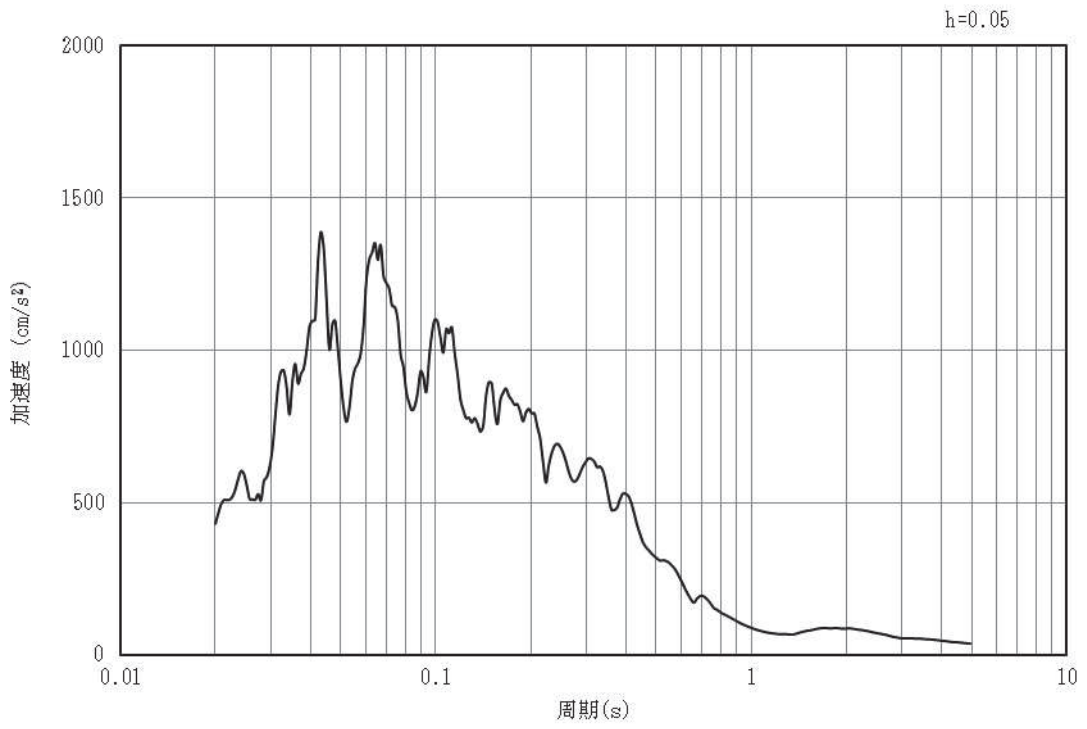


(b) 加速度応答スペクトル

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 - F 3)

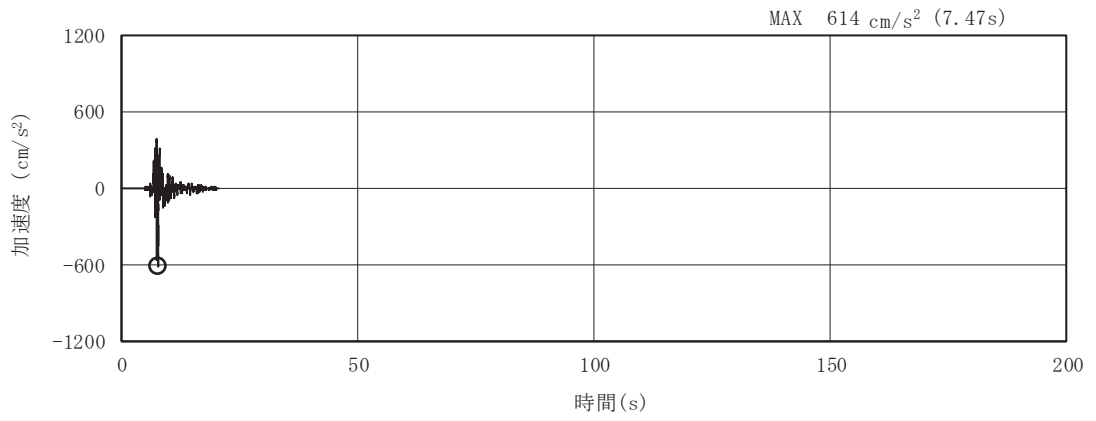


(a) 加速度時刻歴波形

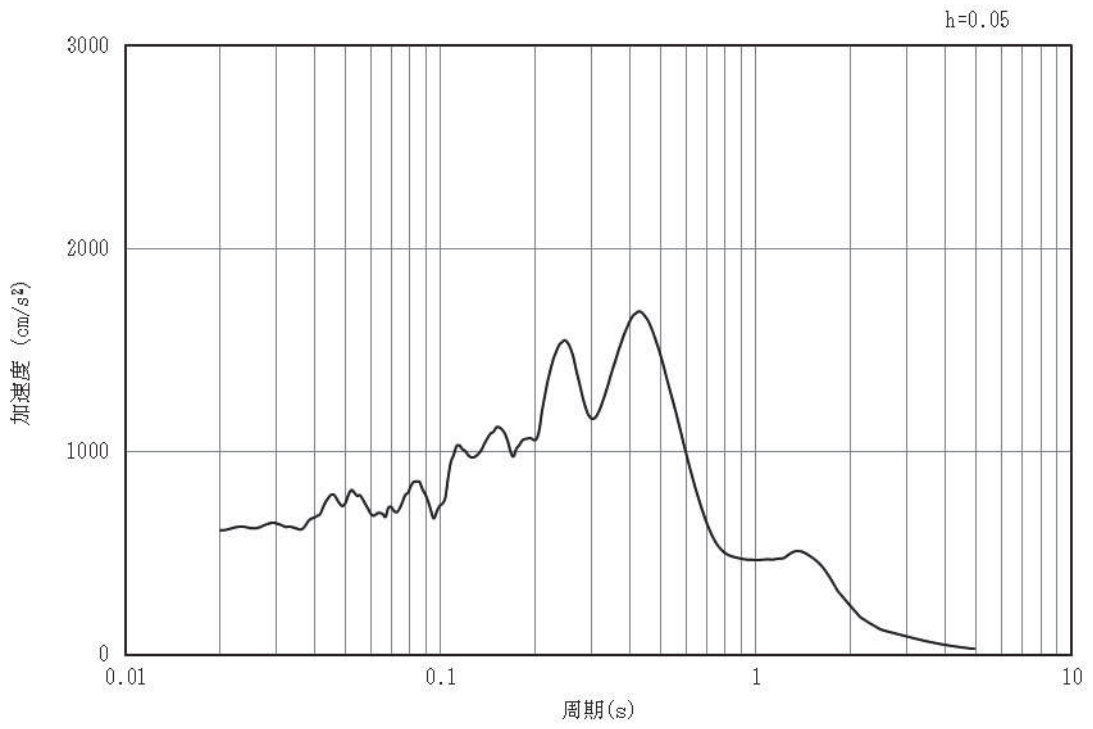


(b) 加速度応答スペクトル

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 - F 3)

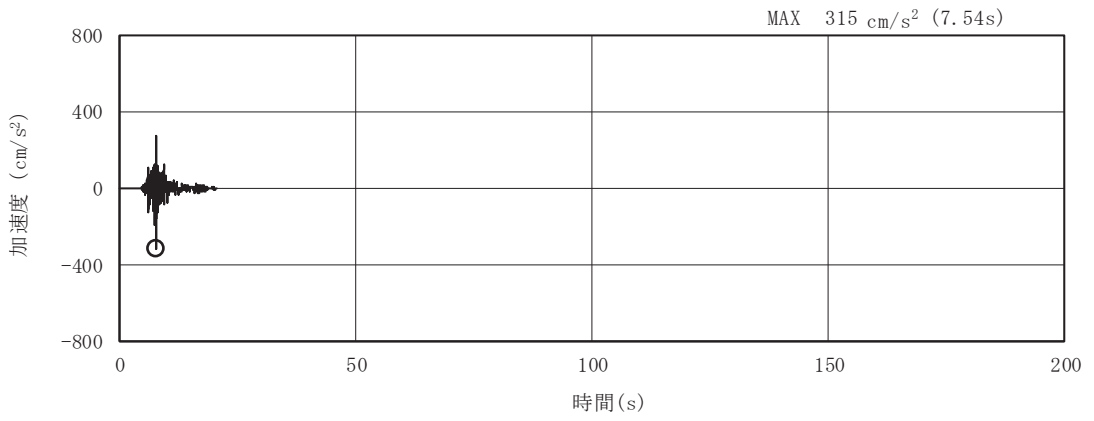


(a) 加速度時刻歴波形

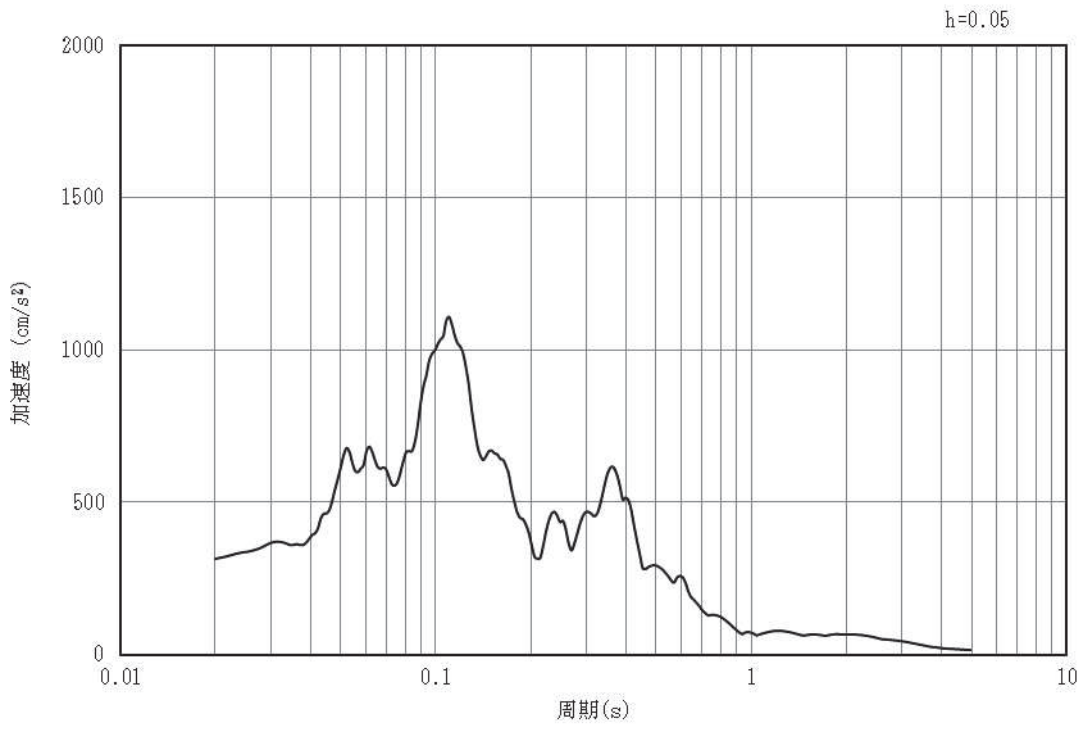


(b) 加速度応答スペクトル

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 1)



(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 1)

3.5 解析モデル及び諸元

3.5.1 解析モデル

取水路（漸拡部）の地震応答解析モデルを図 3-22 に示す。

(1) 解析領域

二次元有限要素法による時刻歴応答解析の解析モデルの解析領域は、境界条件の影響が地盤及び構造物の応力状態に及ばないように、十分に広い領域とする。

(2) 境界条件

二次元有限要素法による時刻歴応答解析の解析モデルの境界条件については、有限要素解析における半無限地盤を模擬するため、粘性境界を設ける。

(3) 構造物のモデル化

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。

(4) 地盤のモデル化

D級を除く岩盤は、線形の平面ひずみ要素でモデル化する。また、盛土、旧表土、D級岩盤及び改良地盤は、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

隣接構造物となる復水貯蔵タンク基礎下の MMR は、改良地盤を介して接しており、お互いの振動の影響を受けることから、復水貯蔵タンク基礎下の MMR をモデル化する。また、防潮堤（鋼管式鉛直壁）は、添付書類「VI-2-10-2-2-1 防潮堤（鋼管式鉛直壁）の耐震性について」に基づき、鋼管杭は、線形はり要素（ビーム要素）でモデル化する。

(6) ジョイント要素の設定

地震時の「MMR と構造物」、「盛土及び岩盤と MMR」、「盛土及び岩盤と改良地盤」及び「盛土と構造物」との接合面における剥離及びすべりを考慮するため、これらの接合面にジョイント要素を設定する。なお、防潮堤（鋼管式鉛直壁）は、添付書類「VI-2-10-2-2-1 防潮堤（鋼管式鉛直壁）の耐震性について」に基づき、ジョイント要素を設定する。

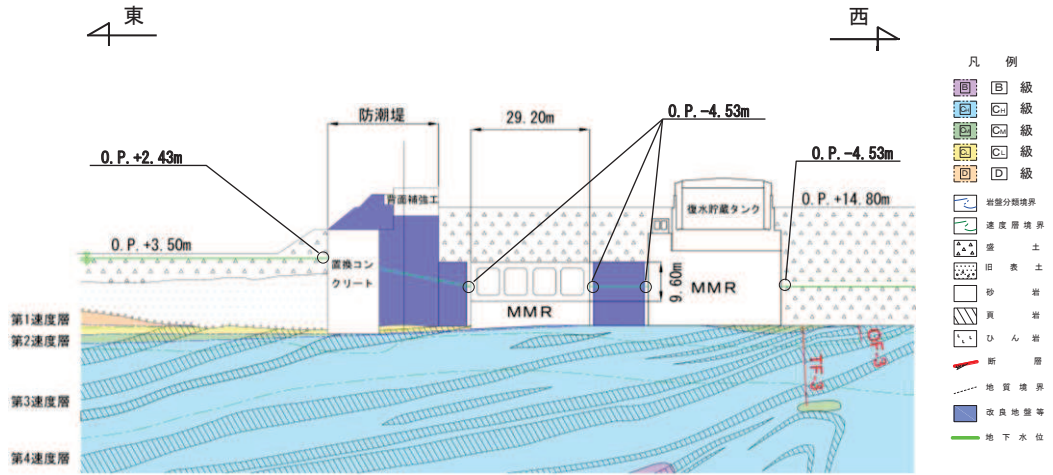


図 3-23 設計用地下水位

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
コンクリート	設計基準強度 20.5N/mm ²
鉄筋	SD345

表 3-7 材料の物性値 (構造部材)

材料	項目	材料諸元	備考
鉄筋コンクリート	単位体積重量 (kN/m ³)	24.0	
コンクリート	ヤング係数 (N/mm ²)	実強度*	3.18×10 ⁴ 解析ケース④
		設計基準強度	2.33×10 ⁴ 解析ケース①, ②, ③
	ポアソン比	0.2	

注記* : 既設構造物のコア採取による圧縮強度試験の結果を使用する。

3.5.3 地盤の物性値

地盤については、添付書類「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。

3.6 許容限界

許容限界は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき設定する。

3.6.1 構造部材の健全性に対する許容限界

(1) 曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界

構造強度を有することの確認における構造部材（鉄筋コンクリート）の曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界は、「土木学会マニュアル」に基づき、限界層間変形角（層間変形角 1/100）とする。

曲げ・軸力系の破壊に対する限界状態については、「土木学会マニュアル」ではコンクリートの圧縮縁のかぶりが剥落しないこととされており、層間変形角 1/100 の状態は、かぶりコンクリートが剥落する前の状態であることが、屋外重要土木構造物を模したラーメン構造の破壊実験及び数値シミュレーション等の結果より確認されている。この状態を限界値とすることで構造全体としての安定性等が確保できるとして設定されたものである。

貯水機能を損なわないことの確認における許容限界は、鉄筋の降伏を許容限界として降伏曲げモーメントとする。

鉄筋コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界を表 3-8 に示す。

表 3-8 取水路（漸拡部）の曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界

確認項目		許容限界	
構造強度を有すること	通水機能を有すること	限界層間変形角	1/100
	貯水機能を損なわないこと	曲げモーメント	降伏曲げモーメント

(2) せん断破壊に対する許容限界

構造強度を有することの確認、通水機能を有することの確認及び貯水機能を損なわないことの確認における構造部材（鉄筋コンクリート）のせん断破壊に対する許容限界は、「土木学会マニュアル」に基づくせん断耐力とする。

せん断耐力は、「土木学会マニュアル」に基づき「a. 棒部材式」、「b. ディープビーム式」のせん断耐力式で求まるせん断耐力のうち、いずれか大きい方を用いる。

せん断耐力式による照査において照査用せん断力が上記のせん断耐力を上回る場合、より詳細に材料非線形解析を用いて部材のせん断耐力を求め許容限界とする。

また、CCb工法を用いる構造部材については「c. CCbによりせん断補強された部材のせん断耐力式」を用いる。せん断破壊に対する耐力評価フローを図3-24に示す。

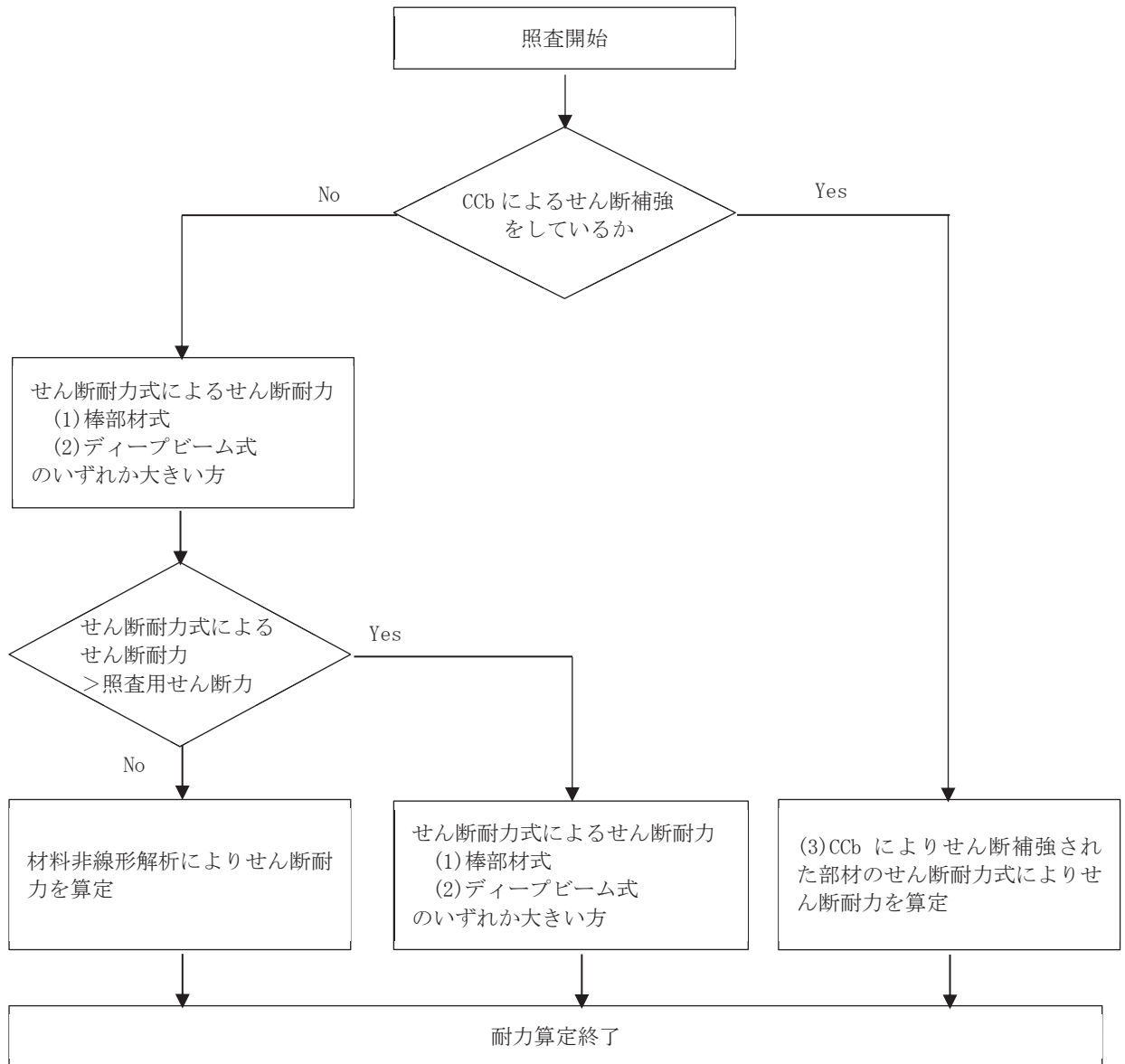


図3-24 せん断破壊に対する耐力評価フロー

a. 棒部材式

$$V_{y d} = V_{c d} + V_{s d}$$

ここで、 $V_{y d}$: せん断耐力

$V_{c d}$: コンクリートが分担するせん断耐力

$V_{s d}$: せん断補強鉄筋が分担するせん断耐力

$$V_{c d} = \beta_d \cdot \beta_p \cdot \beta_n \cdot \beta_a \cdot f_{v c d} \cdot b_w \cdot d / \gamma_{b c}$$

$$f_{v c d} = 0.20 \sqrt[3]{f'_{c d}} \quad \text{ただし、} f_{v c d} > 0.72 \text{ (N/mm}^2\text{) となる場合は}$$

$$f_{v c d} = 0.72 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$\beta_d = \sqrt[4]{1/d} \quad (d \text{ [m]}) \quad \text{ただし、} \beta_d > 1.5 \text{ となる場合は } \beta_d = 1.5$$

$$\beta_p = \sqrt[3]{100 p_v} \quad \text{ただし、} \beta_p > 1.5 \text{ となる場合は } \beta_p = 1.5$$

$$\beta_n = 1 + M_0 / M_d \quad (N'_d \geq 0) \quad \text{ただし、} \beta_n > 2.0 \text{ となる場合は } \beta_n = 2.0$$

$$= 1 + 2M_0 / M_d \quad (N'_d < 0) \quad \text{ただし、} \beta_n < 0 \text{ となる場合は } \beta_n = 0$$

$$\beta_a = 0.75 + \frac{1.4}{a/d} \quad \text{ただし、} \beta_a < 1.0 \text{ となる場合は } \beta_a = 1.0$$

ここで、 $f'_{c d}$: コンクリート圧縮強度の設計用値(N/mm²)で設計基準強度 $f'_{c k}$ を材料係数 $\gamma_{m c}$ で除したもの

p_v : 引張鉄筋比 $p_v = A_s / (b_w \cdot d)$

A_s : 引張側鋼材の断面積

b_w : 部材の有効幅

d : 部材の有効高さ

N'_d : 設計軸圧縮力

M_d : 設計曲げモーメント

M_0 : M_d に対する引張縁において、軸方向力によって発生する応力を打ち消すのに必要なモーメント (デコンプレッションモーメント)

$$M_0 = N'_d \cdot D / 6$$

D : 断面高さ

a/d : せん断スパン比

$\gamma_{b c}$: 部材係数

$\gamma_{m c}$: 材料係数

$$V_{s d} = \left\{ A_w f_{w y d} (\sin \alpha + \cos \alpha) / s \right\} z / \gamma_{b s}$$

- ここで、 A_w : 区間 s におけるせん断補強鉄筋の総断面積
 $f_{w y d}$: せん断補強鉄筋の降伏強度を $\gamma_{m s}$ で除したもので、
 400N/mm²以下とする。ただし、コンクリート圧縮強度の特性
 値 $f'_{c k}$ が 60N/mm²以上のときは 800N/mm²以下とする。
 α : せん断補強鉄筋と部材軸のなす角度
 s : せん断補強鉄筋の配置間隔
 z : 圧縮応力の合力の作用位置から引張鋼材図心までの
 距離で $d/1.15$ とする。
 $\gamma_{b s}$: 部材係数
 $\gamma_{m s}$: 材料係数

b. ディープビーム式

$$V_{y d d} = V_{c d d} + V_{s d d}$$

- ここで、 $V_{y d d}$: せん断耐力
 $V_{c d d}$: コンクリートが分担するせん断耐力
 $V_{s d d}$: せん断補強鉄筋が分担するせん断耐力

$$V_{c d d} = \beta_d \cdot \beta_p \cdot \beta_n \cdot f_{d d} \cdot b_w \cdot d / \gamma_{b c}$$

$$f_{d d} = 0.19 \sqrt{f'_{c d}}$$

$$\beta_d = \sqrt[4]{1/d} \quad (d \text{ [m]}) \quad \text{ただし、} \beta_d > 1.5 \text{ となる場合は } \beta_d = 1.5$$

$$\beta_p = \sqrt[3]{100 p_v} \quad \text{ただし、} \beta_p > 1.5 \text{ となる場合は } \beta_p = 1.5$$

$$\beta_a = \frac{5}{1 + (a/d)^2}$$

- ここで、 $\gamma_{b c}$: 部材係数

$$V_{s d d} = \phi \cdot V_{s d}$$

$$\phi = -0.17 + 0.3 a/d + 0.33/p_{w b} \quad \text{ただし } 0 \leq \phi \leq 1$$

- ここで、 $p_{w b}$: せん断補強鉄筋比(%)

c. CCbによりせん断補強された部材のせん断耐力式

取水路（漸拡部）において後施工せん断補強（セラミックキャップバー（CCb））を配置した構造部材については、「一般財団法人土木研究センター 建設技術審査証明報告書 後施工セラミック定着型せん断補強鉄筋「セラミックキャップバー（CCb）」」（以下「建設技術証明書」という。）に示されている以下の設計式により求める。

$$V_{pyd} = V_{cd} + V_{sd} + V_{CCbd} \quad \dots \text{式(1)}$$

$$V_{CCbd} = \beta_{aw} \cdot V_{awd}$$

$$= \beta_{aw} \cdot \{A_{aw} \cdot f_{awyd} (\sin \alpha_{aw} + \cos \alpha_{aw}) / S_{aw}\} z / \gamma_b \quad \dots \text{式(2)}$$

$$\beta_{aw} = \eta = 1 - \frac{l_y}{2S_{rb}} \quad \dots \text{式(3)}$$

ただし、 $l_y - d' \leq 0$ となる場合は $l_y - d' = 0$ とする。

ここに、 V_{cd} : せん断補強鋼材を用いない壁部材の単位幅あたりのせん断耐力

V_{sd} : 既存のせん断補強鋼材により受け持たれる壁部材の単位幅あたりのせん断耐力

V_{CCbd} : セラミックキャップバー（CCb）により受け持たれる壁部材の単位幅あたりのせん断耐力

V_{awd} : セラミックキャップバー（CCb）を通常のスターラップと見なして求められる壁部材の単位幅あたりのせん断耐力

β_{aw} : セラミックキャップバー（CCb）のせん断耐力の向上への有効性を示す係数

A_{aw} : 単位長さ当たりの区間 S_{aw} におけるセラミックキャップバー（CCb）の総断面積

f_{awyd} : セラミックキャップバー（CCb）の設計降伏強度で 400N/mm^2 以下とする。

α_{aw} : セラミックキャップバー（CCb）が部材軸となす角度

S_{aw} : セラミックキャップバー（CCb）の配置間隔

z : 圧縮応力の合力の作用位置から引張鋼材図心までの距離で一般に $d/1.15$ としてよい。

γ_b : 部材係数（一般に 1.10としてよい）

l_y : セラミックキャップバー（CCb）の先端型定着体の定着長（5Dとしてよい）

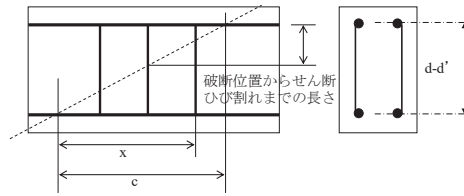
D : CCbの鉄筋径

S_{rb} : 補強対象部材の圧縮鉄筋と引張鉄筋の間隔

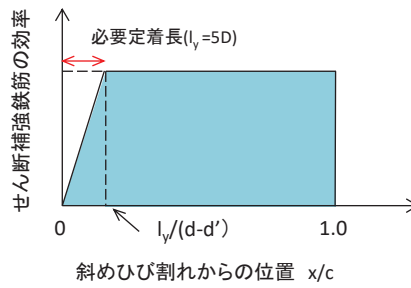
d : 補強対象部材の有効高さ

d' : 差し込み側の部材表面から圧縮鋼材図心までの距離

セラミックキャップバー (CCb) が負担するせん断耐力は、先端型定着体の定着長が $5D$ であることから、通常のせん断鉄筋に比べ補強効率が低下することから、セラミックキャップバー (CCb) が負担するせん断耐力は同定着長と補強対象部材の主鉄筋間隔から算出される有効率 β_{aw} を通常のせん断補強鉄筋の負担分に乗じることにより考慮されている。図 3-25 に有効率算定における概念図を示す。



(a) 斜めひび割れ内に定着不良が生じたせん断補強鉄筋



(b) 標準型

図 3-25 セラミックキャップバー (CCb) の有効率算定の概念図

3.6.2 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

(1) 基礎地盤（狐崎部層）

基礎地盤（狐崎部層）に発生する接地圧に対する許容限界は、添付書類「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき、岩盤の極限支持力とする。

基礎地盤（狐崎部層）の許容限界を表3-9に示す。

表3-9 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

評価項目	基礎地盤	許容限界 (N/mm ²)
極限支持力	狐崎部層	13.7

(2) MMR（既設）

MMR（既設）に発生する接地圧に対する許容限界は、「土木学会 2002年 コンクリート標準示方書[構造性能照査編]」に基づき、コンクリートの支圧強度とする。

MMR（既設）の許容限界を表3-10に示す。

表3-10 MMR（既設）の支持性能に対する許容限界

評価項目	MMR（既設）	許容限界 (N/mm ²)
支圧強度	コンクリート ($f'_{ck} = 15.6 \text{ N/mm}^2$)	$f'_a = 15.6$

3.7 評価方法

取水路（漸拡部）の耐震評価は、地震応答解析により算定した照査用応答値が「3.6 許容限界」において設定した許容限界を下回ることを確認する。

3.7.1 構造部材の健全性評価

構造部材の健全性評価については、鉄筋コンクリートの曲げ・軸力系の破壊及びせん断破壊に対する照査において、地震応答解析により算定した照査用層間変形角、照査用曲げモーメント及び照査用せん断力が許容限界を下回ることを確認する。

構造部材（鉄筋コンクリート）の曲げ・軸力系の破壊に対して最大照査値となる解析ケース及び地震動での層間変形角の時刻歴波形を図3-26に、せん断破壊に対する最大照査値の評価時刻での断面力図を図3-27に示す。

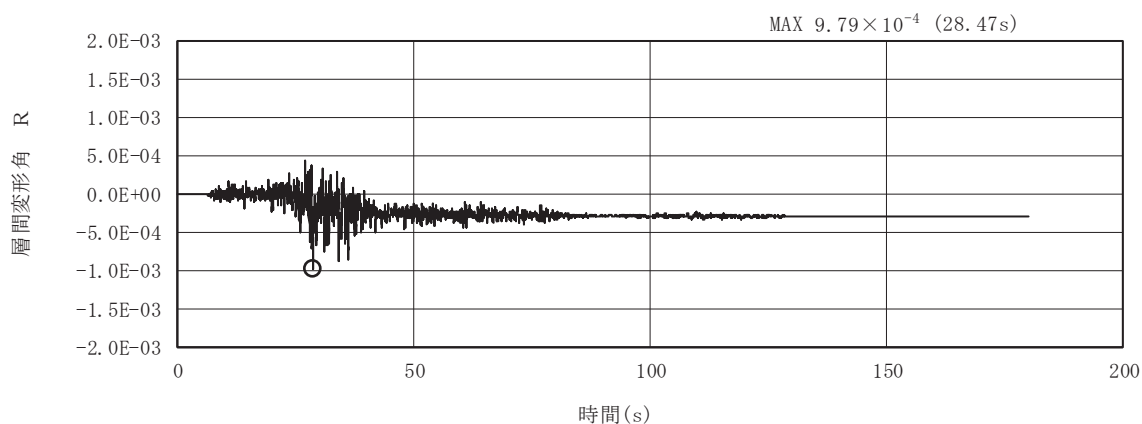
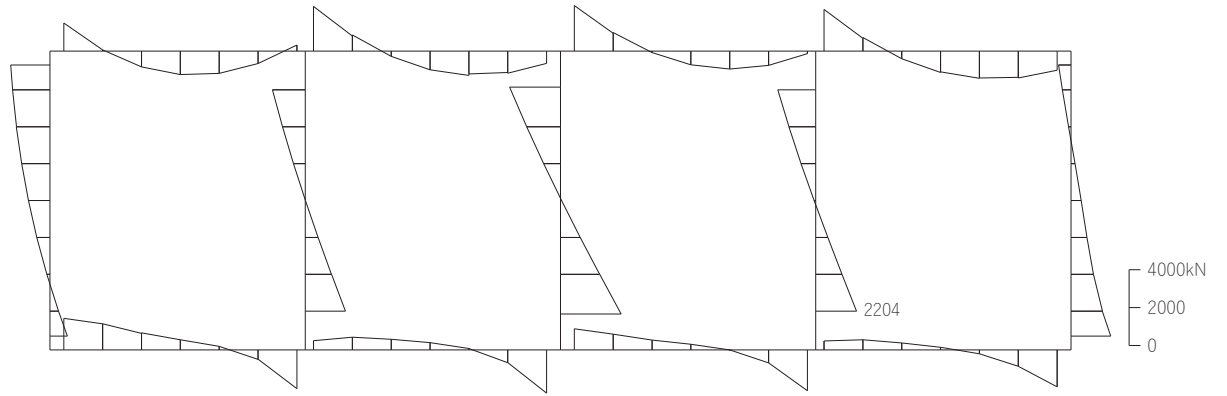
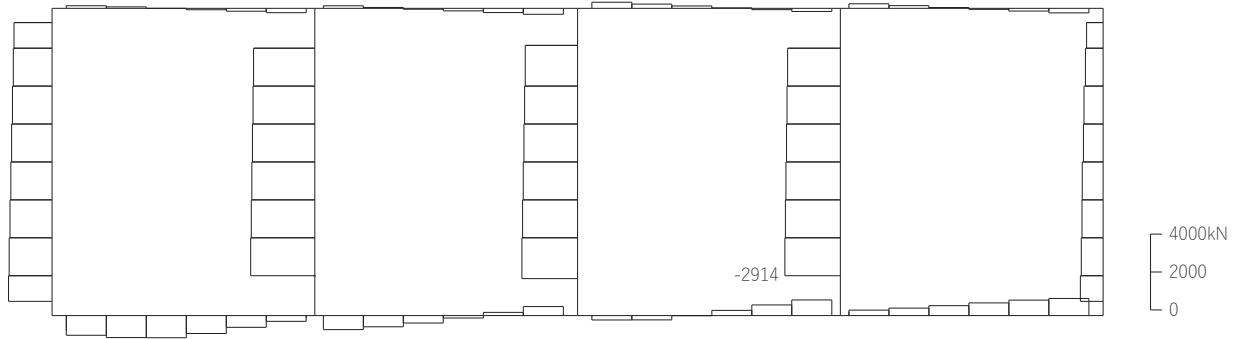


図3-26 曲げ・軸力系の破壊に対する照査における層間変形角の時刻歴波形
(解析ケース③, S s - F 2 (-+))

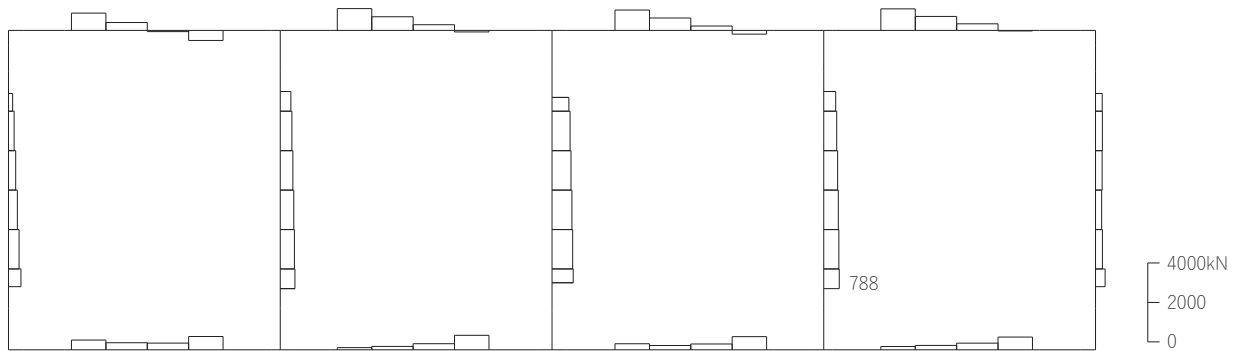
VI-2-10-4-4-1 R 1
④
O 2



曲げモーメント (kN·m)



軸力 (kN) (-圧縮, +引張)



せん断力 (kN)

図 3-27 せん断破壊に対する照査値最大時の断面力図
(隔壁, 解析ケース④, S s - F 2 (-+))

3.7.2 基礎地盤の支持性能評価

基礎地盤の支持性能評価においては、構造部材を支持する基礎地盤に発生する接地圧が許容限界を下回ることを確認する。

4. 耐震評価結果

4.1 構造部材の健全性に対する評価結果

鉄筋コンクリート部材の曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値を表 4-1 に、せん断破壊に対する各評価位置での最大照査値を表 4-2 に示す。

取水路（漸拡部）の照査用層間変形角及び照査用せん断力が、構造部材の健全性に対する許容限界を下回ることを確認した。

表 4-1 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値

解析 ケース	地震動	照査用層間変形角* R_d	限界層間変形角 R_u	照査値 R_d/R_u
③	$S_s - F 2$ (-+)	-1.18×10^{-3}	1.0×10^{-2}	0.12

注記*：照査用層間変形角 $R_d =$ 最大層間変形角 $R \times$ 構造解析係数 γ_a

表 4-2 せん断破壊に対する最大照査値

評価位置*1		解析 ケース	地震動	照査用せん断力*2 V_d (kN)	せん断耐力*3 $V_{y d}$ (kN)	照査値 $V_d/V_{y d}$
頂版	21	④	$S_s - D 2$ (-+)	1195	1648	0.73
側壁	60	③	$S_s - F 2$ (++)	1048	1428	0.74
隔壁	90	④	$S_s - F 2$ (-+)	828	1011	0.82
底版	11	④	$S_s - F 2$ (-+)	1013	2519	0.41

注記*1：評価位置は図 4-1 に示す。

*2：照査用せん断力 = 発生せん断力 \times 構造解析係数 γ_a

*3：せん断耐力式によるせん断耐力

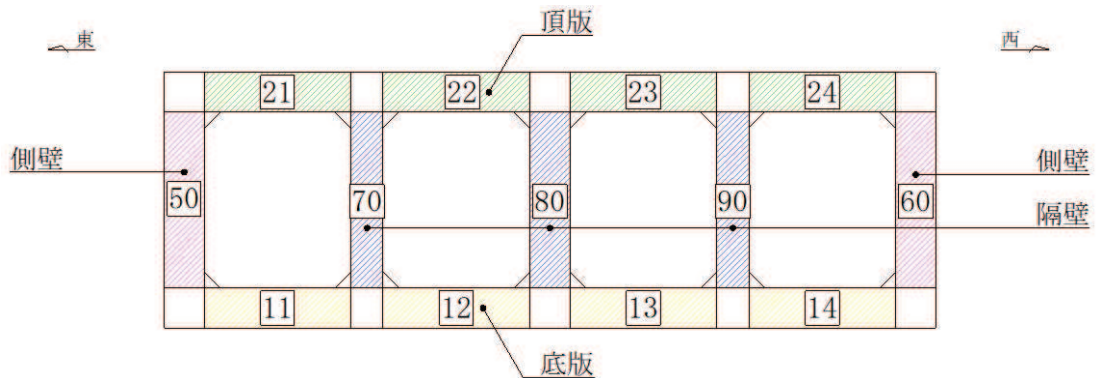


図 4-1 評価位置図

4.2 各要求機能に対する評価結果

4.2.1 通水機能

鉄筋コンクリート部材の曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値を表 4-3 に、せん断破壊に対する各評価位置での最大照査値を表 4-4 に示す。

取水路（漸拡部）の照査用層間変形角及び照査用せん断力が、通水機能に対する許容限界を下回ることを確認した。

表 4-3 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値（再掲）

解析 ケース	地震動	照査用層間変形角* R_d	限界層間変形角 R_u	照査値 R_d/R_u
③	$S_s - F 2$ (-+)	-1.18×10^{-3}	1.0×10^{-2}	0.12

注記*：照査用層間変形角 $R_d =$ 最大層間変形角 $R \times$ 構造解析係数 γ_a

表 4-4 せん断破壊に対する最大照査値（再掲）

評価位置*1, 2		解析 ケース	地震動	照査用せん断力*3 V_d (kN)	せん断耐力*4 V_{yd} (kN)	照査値 V_d/V_{yd}
頂版	21	④	$S_s - D 2$ (-+)	1195	1648	0.73
側壁	60	③	$S_s - F 2$ (++)	1048	1428	0.74
隔壁	90	④	$S_s - F 2$ (-+)	828	1011	0.82
底版	11	④	$S_s - F 2$ (-+)	1013	2519	0.41

注記*1：評価位置は図 4-1 に示す。

*2：通水機能が要求される部材の範囲は図 4-2 に示す。

*3：照査用せん断力 = 発生せん断力 \times 構造解析係数 γ_a

*4：せん断耐力式によるせん断耐力

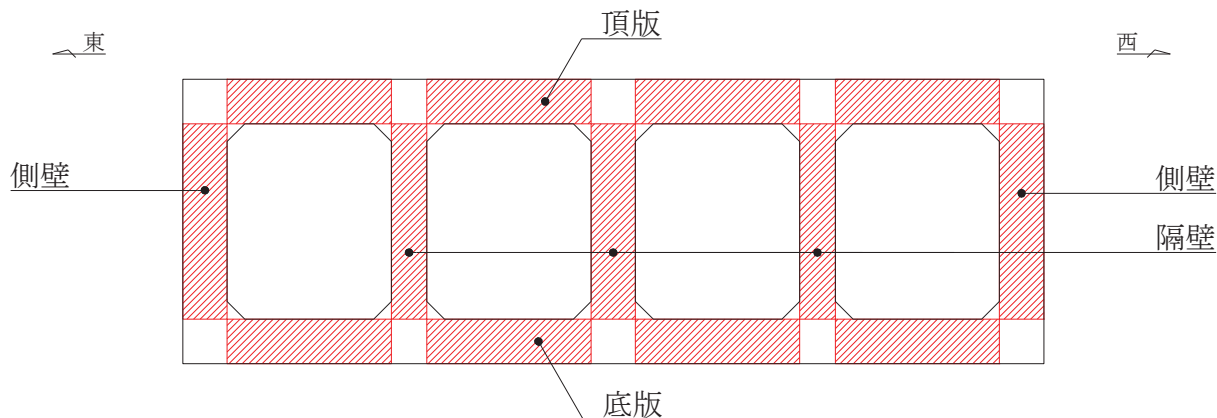


図 4-2 通水機能が要求される部材の範囲

4.2.2 貯水機能

鉄筋コンクリート部材の曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値を表 4-5 に、せん断破壊に対する各評価位置での最大照査値を表 4-6 に示す。

取水路（漸拡部）の照査用曲げモーメント及び照査用せん断力が、貯水機能に対する許容限界を下回ることを確認した。

表 4-5 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値

評価位置*1, 2		解析 ケース	地震動	照査用曲げ モーメント M_d *3 (kN・m)	降伏曲げ モーメント M_y (kN・m)	照査値 M_d/M_y
頂版	—	—	—	—	—	—
側壁	50	①	S s - D 2 (-+)	1022	2621	0.39
隔壁	—	—	—	—	—	—
底版	13	④	S s - F 2 (-+)	1026	1702	0.61

注記*1：評価位置は図 4-1 に示す。

*2：貯水機能が要求される部材の範囲は図 4-3 に示す。

*3：照査用曲げモーメント M_d = 最大曲げモーメント M × 構造解析係数 γ_a

表 4-6 せん断破壊に対する最大照査値

評価位置*1, 2		解析 ケース	地震動	照査用 せん断力*3 V_d (kN)	せん断 耐力*4 $V_{y d}$ (kN)	照査値 $V_d/V_{y d}$
頂版	—	—	—	—	—	—
側壁	50	①	S s - N 1 (-+)	1074	2391	0.45
隔壁	—	—	—	—	—	—
底版	11	④	S s - F 2 (-+)	1013	2519	0.41

注記*1：評価位置は図 4-1 に示す。

*2：貯水機能が要求される部材の範囲は図 4-3 に示す。

*3：照査用せん断力 = 発生せん断力 × 構造解析係数 γ_a

*4：せん断耐力式によるせん断耐力

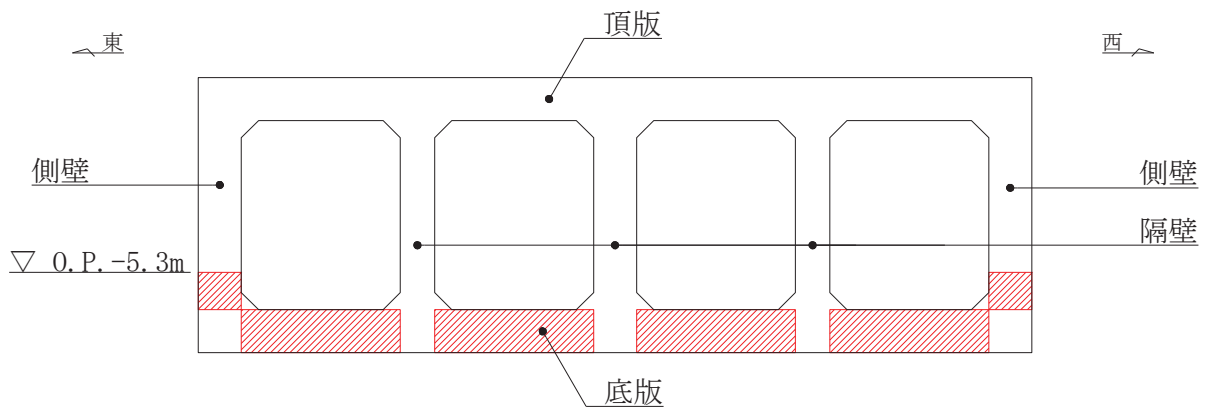


図 4-3 貯水機能が要求される部材の範囲

4.3 基礎地盤の支持性能に対する評価結果

4.3.1 基礎地盤（狐崎部層）

基礎地盤の支持性能に対する照査結果を表4-7に示す。また、最大接地圧分布図を図4-4に示す。

取水路（漸拡部）の基礎地盤に発生する最大接地圧が、極限支持力を下回ることを確認した。

表4-7 基礎地盤の支持性能照査結果

解析ケース	地震動	最大接地圧 R_d (N/mm ²)	極限支持力 R_u (N/mm ²)	照査値 R_d/R_u
④	S _s -F2 (-+)	1.3	13.7	0.10

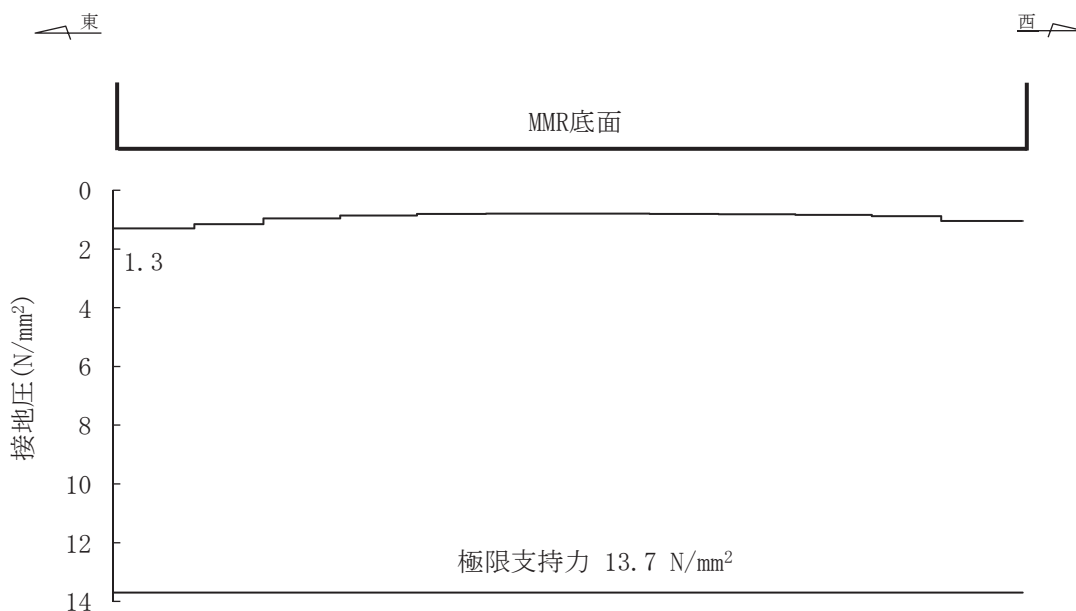


図4-4 基礎地盤の最大接地圧分布図
(解析ケース④, S_s-F2 (-+))

4.3.2 MMR（既設）

MMR（既設）の支持性能に対する照査結果を表4-8に示す。また、最大接地圧分布図を図4-5に示す。

取水路（漸拡部）のMMR（既設）に発生する最大接地圧が、支圧強度を下回ることを確認した。

表4-8 MMR（既設）の支持性能照査結果

解析ケース	地震動	最大接地圧 R_d (N/mm ²)	支圧強度 f'_a (N/mm ²)	照査値 R_d/f'_a
③	S _s -F2 (-+)	4.6	15.6	0.30

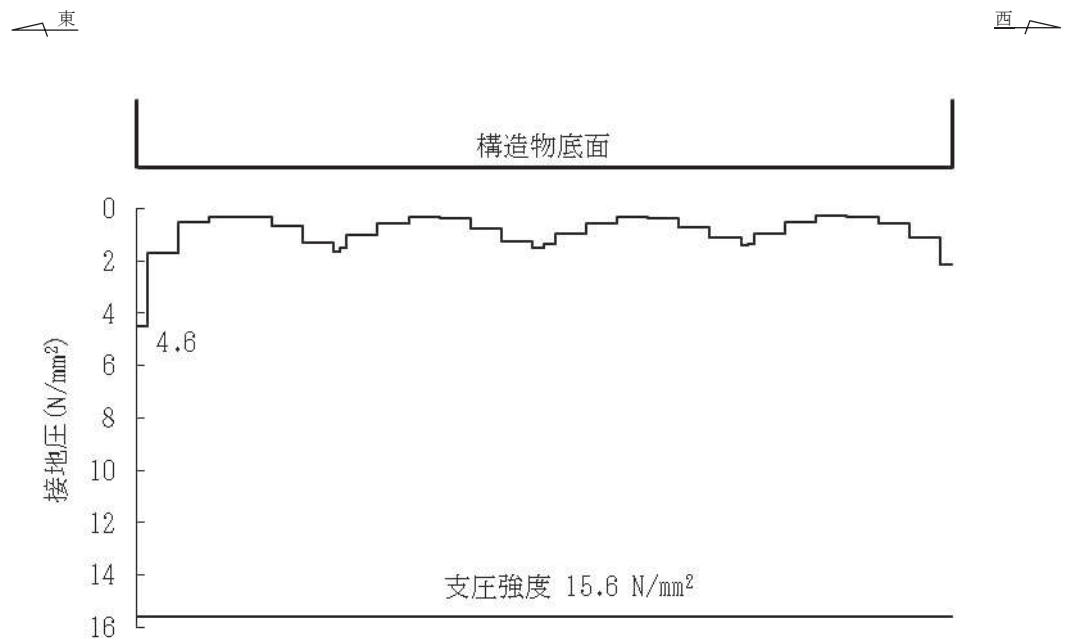


図4-5 MMR（既設）の最大接地圧分布図
(解析ケース③, S_s-F2 (-+))

VI-2-10-4-4-2 取水路（標準部）の耐震性についての計算書

目 次

1.	概要	1
2.	基本方針	2
2.1	位置	2
2.2	構造及び補強の概要	3
2.3	評価方針	8
2.4	適用基準	10
3.	地震応答解析	11
3.1	地震時荷重算出断面	11
3.2	解析方法	16
3.2.1	構造部材	16
3.2.2	地盤物性及び材料物性のばらつき	18
3.2.3	減衰定数	20
3.2.4	地震応答解析の解析ケースの選定	21
3.3	荷重及び荷重の組合せ	24
3.3.1	耐震評価上考慮する状態	24
3.3.2	荷重	24
3.3.3	荷重の組合せ	25
3.4	入力地震動	26
3.5	解析モデル及び諸元	111
3.5.1	解析モデル	111
3.5.2	使用材料及び材料の物性値	119
3.5.3	地盤の物性値	120
3.6	地震応答解析結果	121
4.	三次元構造解析	157
4.1	評価対象部材	157
4.2	解析方法	159
4.3	解析モデルの諸元	159
4.3.1	解析モデル	159
4.3.2	使用材料及び材料の物性値	163
4.4	照査時刻及び入力荷重	164
4.4.1	照査時刻	164
4.4.2	入力荷重	169
4.5	三次元構造解析結果	170
5.	耐震評価	207
5.1	許容限界	207
5.1.1	構造部材の健全性に対する許容限界	207

5.1.2	基礎地盤の支持性能に対する許容限界.....	213
5.2	評価方法	214
6.	耐震評価結果	215
6.1	構造部材の健全性に対する評価結果.....	215
6.2	各要求機能に対する評価結果.....	220
6.2.1	通水機能	220
6.2.2	貯水機能	225
6.3	基礎地盤の支持性能に対する評価結果.....	232
6.3.1	基礎地盤（狐崎部層）	232
6.3.2	MMR（既設）	234

1. 概要

本資料は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、取水路（標準部）が基準地震動 S_s に対して十分な構造強度を有していることを確認するものである。

取水路（標準部）に要求される機能の維持を確認するにあたっては、地震応答解析に基づく構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価により行う。

2. 基本方針

2.1 位置

取水路（標準部）の位置を図2-1に示す。

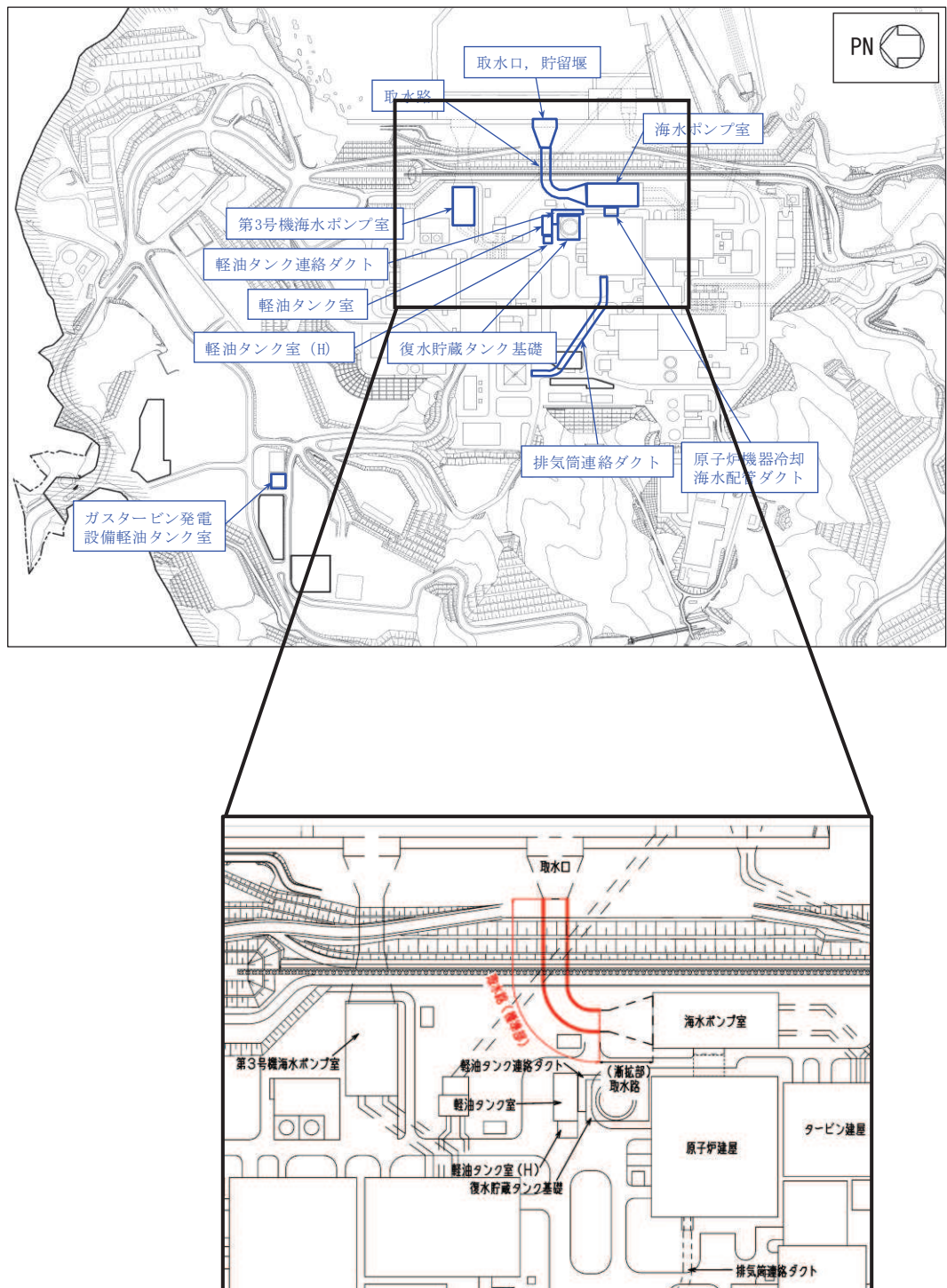


図2-1 取水路（標準部）の位置図

2.2 構造及び補強の概要

取水路（標準部）の平面図を図 2-2 に、断面図を図 2-3 に、補強図を図 2-4 に、概略配筋図を図 2-5 に示す。

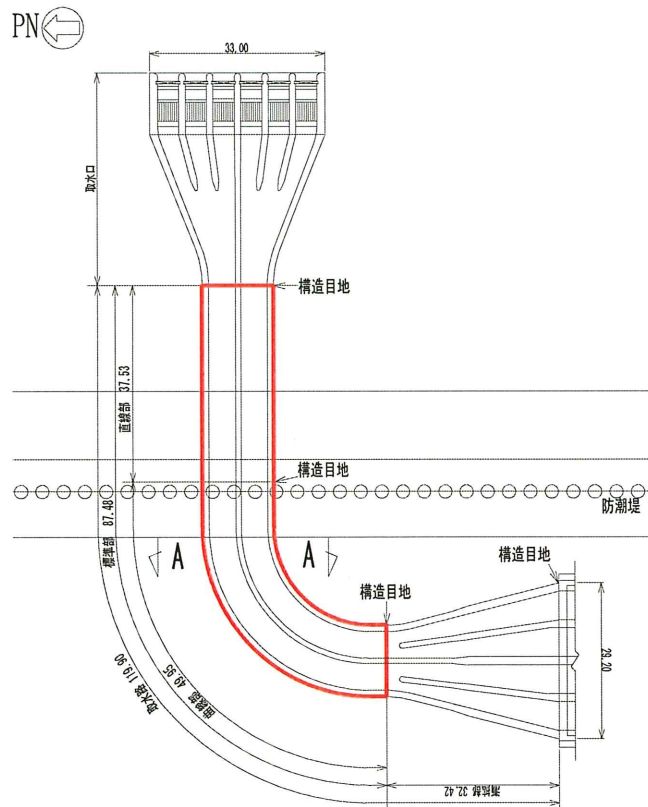
取水路（標準部）は、非常時における海水の通水機能及び貯水機能が要求される。

取水路（標準部）は、取水口と取水路（漸拡部）を結ぶ延長 87.48m、内空幅 [] 内空高さ [] の下り勾配の二連ボックスカルバート構造で延長方向に断面が一様な地中構造物であり、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岩盤に設置されている。

取水路（標準部）は、取水口から防潮堤までの直線部と、防潮堤から取水路（漸拡部）までの曲線部に大別される。また、取水口及び取水路（漸拡部）との接合部及び直線部と曲線部の境界に構造目地が設置されている線状構造物である。

取水路（標準部）の耐震性を確保するために耐震補強を実施する。

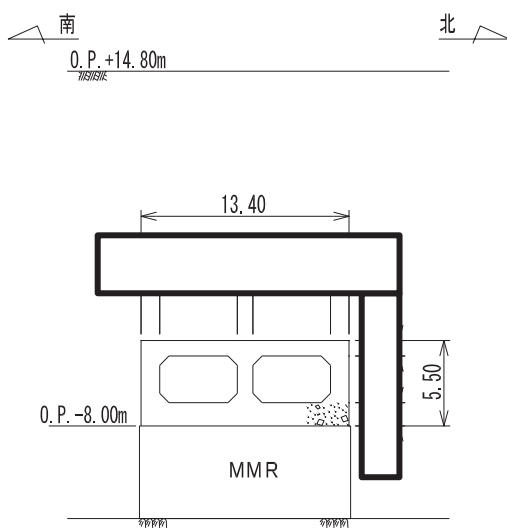
せん断破壊に対する補強として、後施工せん断補強工法（セラミックキャップバー工法）（以下「CCb 工法」という。）によるせん断補強を実施する。CCb は、取水路（標準部）の延長方向に対して一部の区間（直線部と曲線部の境界付近、及び海水ポンプ室との境界付近）にのみ設置する。なお、配筋は、CCb 補強箇所を除き、全断面で同一配筋である。



(単位：m)

図 2-2 取水路（標準部）平面図

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

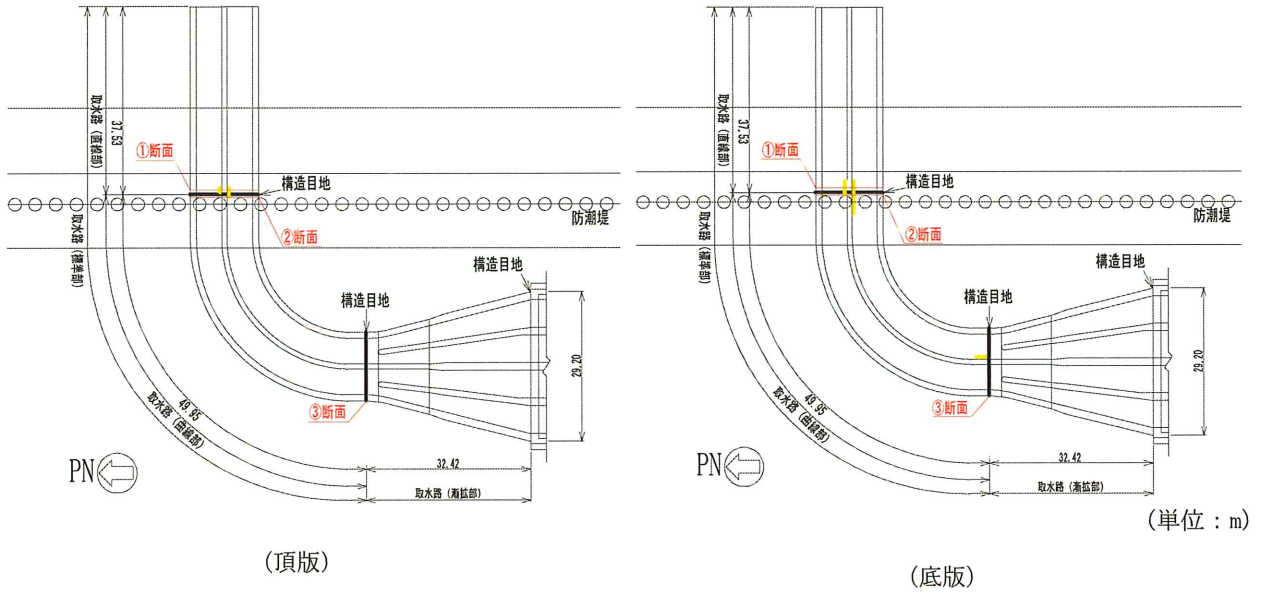


(単位：m)

図 2-3 取水路（標準部）断面図（A-A 断面）

0 2 ④ VI-2-10-4-4-2 R 1

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。



■ : Ccbによる耐震補強箇所

図 2-4(1) Ccbによる耐震補強箇所 (平面図)

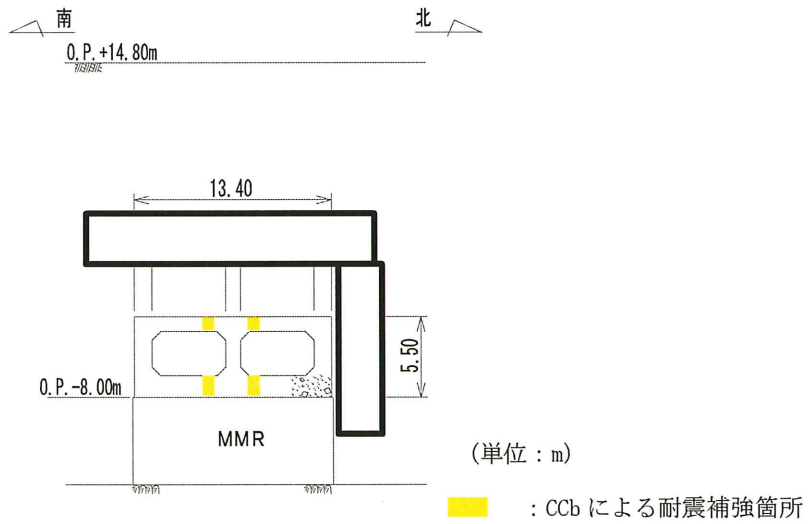


図 2-4(2) Ccbによる耐震補強箇所 (①断面, 直線部)

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

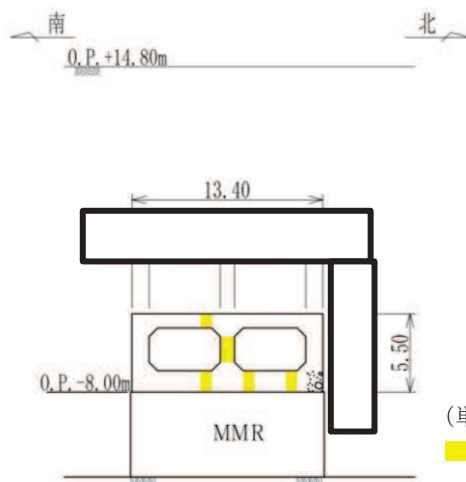


図 2-4(3) CCbによる耐震補強箇所 (②断面, 曲線部; 取水口側)

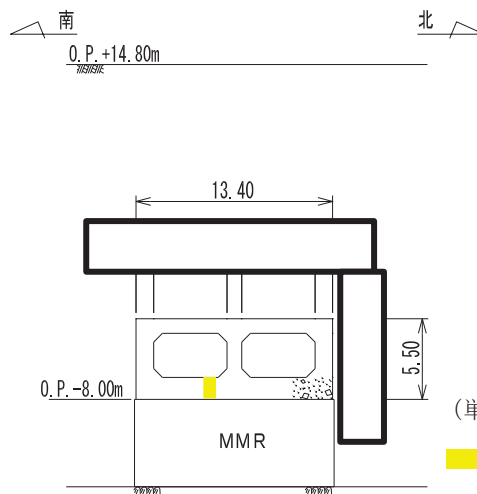


図 2-4(4) CCbによる耐震補強箇所 (③断面, 曲線部; 海水ポンプ室側)

VI-2-10-4-4-2 R 1
④
O 2

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

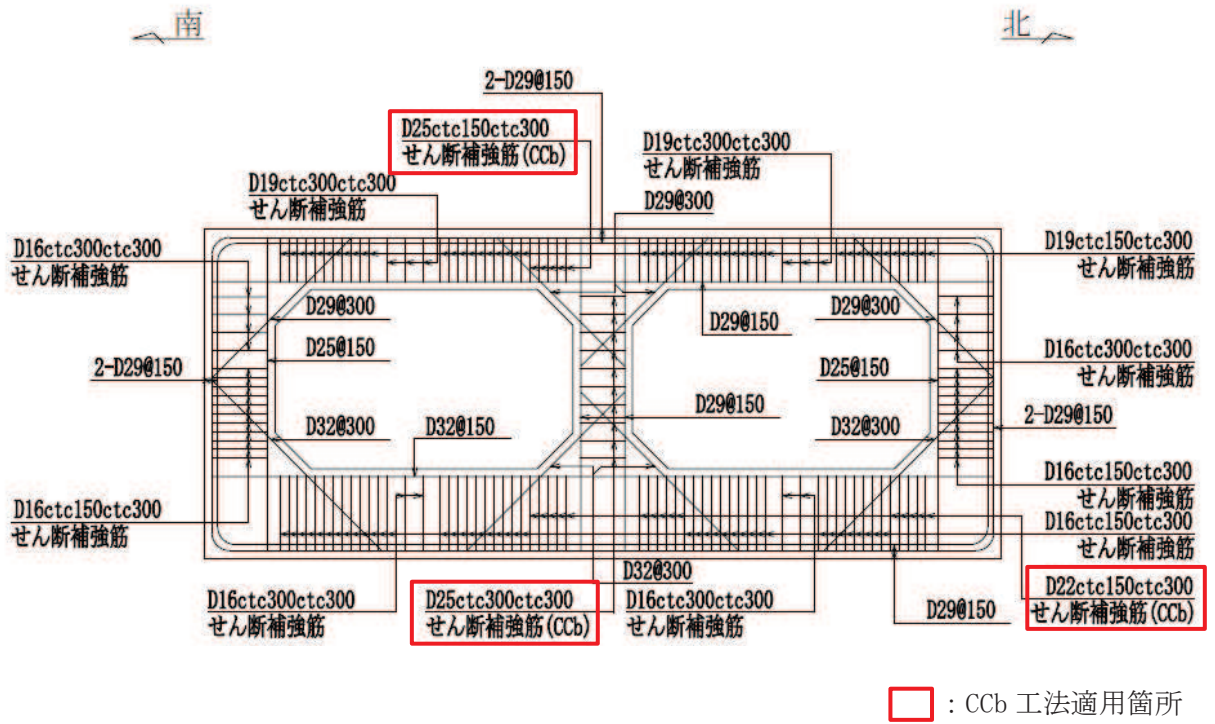


図 2-5 取水路 (標準部) 概略配筋図 (A-A 断面)

2.3 評価方針

取水路（標準部）は、設計基準対象施設においては、非常用取水設備である屋外重要土木構造物に分類され、重大事故等対処施設においては、常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。

取水路（標準部）の耐震評価は、地震応答解析の結果に基づき、設計基準対象施設及び重大事故等対処施設の評価として、表2-1に示すとおり、構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を行う。

取水路（標準部）の耐震評価フローを図2-6に示す。

構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を実施することで、構造強度を有することを確認する。

構造部材の健全性評価については、取水路（標準部）は線状構造物であるものの、防潮堤を横断し周辺地盤の剛性が急変する箇所が存在すること、防潮堤の西側に曲線箇所を有し躯体のねじれ等の影響を評価する必要があることから、直線部、曲線部のそれぞれ三次元モデルを用いて耐震評価を行う。また、地震応答解析より得られた水平方向及び鉛直方向の荷重を用い、非線形ソリッド要素による三次元静的材料非線形解析（以下「三次元構造解析」という。）により応答値を算定し、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、曲げ・軸力系の破壊については構造部材の照査用ひずみが許容限界を下回ることを、せん断破壊に対しては、照査用せん断力が許容限界を下回ることを確認する。

基礎地盤の支持性能評価においては、地震応答解析より得られた基礎地盤の接地圧が、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づく許容限界を下回ることを確認する。

ここで、取水路（標準部）の運転時、設計基準事故時及び重大事故時の状態における荷重条件は変わらないため、評価は設計基準対象施設の評価結果に包括されることから、設計基準対象施設の評価結果を用いた重大事故等対処施設の評価を行う。

表 2-1 取水路（標準部）の評価項目

評価方針	評価項目	部位	評価方法	許容限界	
構造強度を有すること	構造部材の健全性	鉄筋コンクリート部材	照査用ひずみ及び照査用せん断力が許容限界を下回ることを確認	曲げ・軸力	限界ひずみ*
				せん断力	せん断耐力*
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	発生する接地圧が許容限界を下回ることを確認	岩盤の極限支持力	
		MMR		MMR の支圧強度	

注記*：妥当な安全余裕を考慮する。

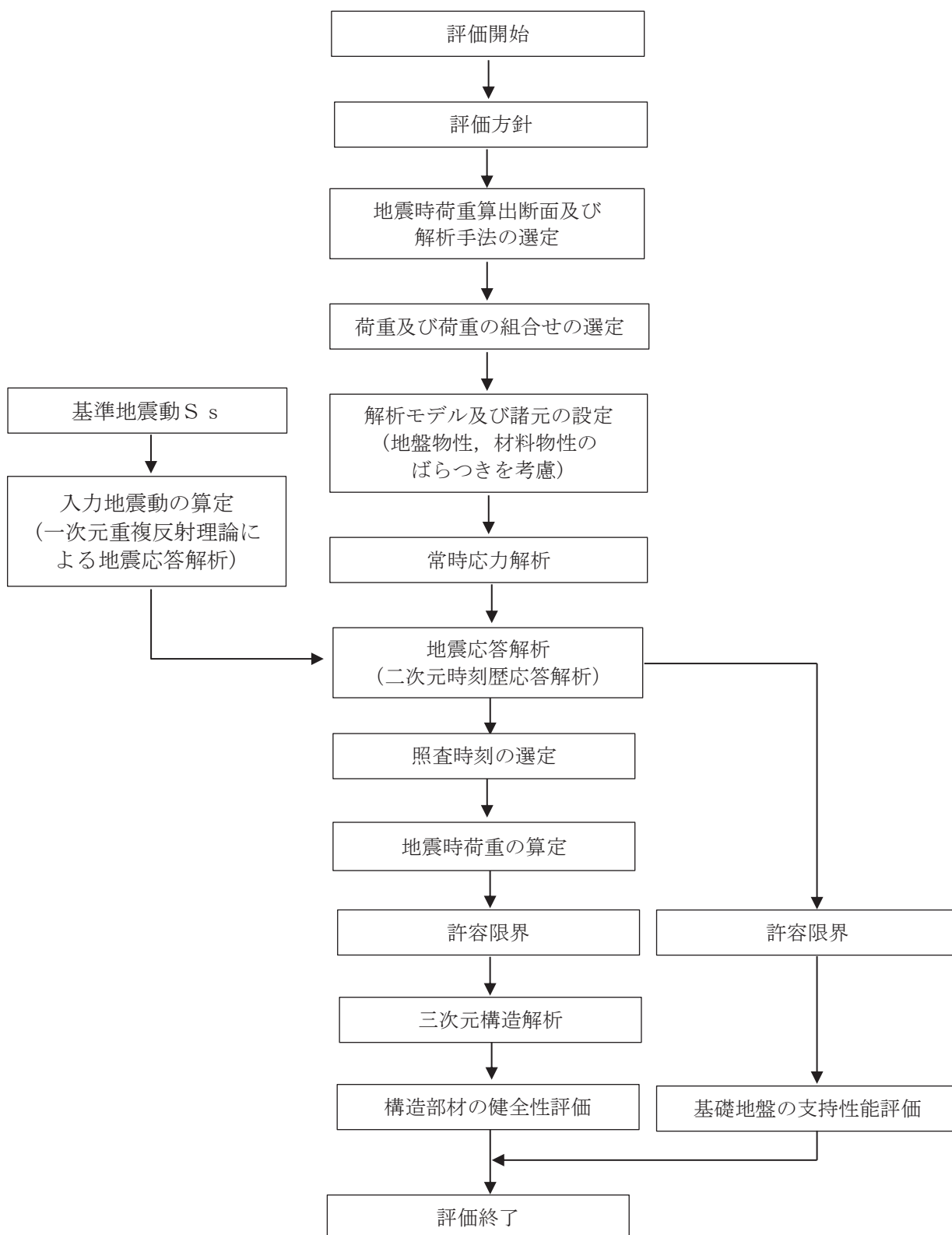


図 2-6 取水路（標準部）の耐震評価フロー

2.4 適用基準

適用する規格，基準等を以下に示す。

- 土木学会 2002年 コンクリート標準示方書[構造性能照査編]
- 土木学会 2012年 コンクリート標準示方書[設計編]
- 土木学会 2017年 コンクリート標準示方書[設計編]
- 土木学会 2005年 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
- 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1 -1987）
- 日本道路協会 平成14年3月 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 道路橋示方書・同解説 V耐震設計編
- 一般財団法人土木研究センター 建設技術審査証明報告書 後施工セラミック定着型せん断補強鉄筋「セラミックキャップバー(CCb)」

3. 地震応答解析

3.1 地震時荷重算出断面

取水路（標準部）の地震時荷重算出断面は、構造的特徴や周辺地質状況を踏まえ、図 3-1 に示す断面②～断面⑦とする。各地震時荷重算出断面において算出した地震時荷重は三次元構造解析モデルにおいて、表 3-1 に示す区間にそれぞれ載荷する。地震時荷重算出断面位置図を図 3-2 に、地震時荷重算出用地質断面図を図 3-3～図 3-8 に示す。

なお、取水路は線状構造物であり、横断方向（延長方向に直交する方向）が弱軸方向となることから、耐震評価に用いる応答値の抽出は、弱軸方向に対して実施する。

表 3-1 地震時荷重算出断面に対する代表区間の関係

名称	代表区間*	地震時荷重算出断面
直線部	a	②
	b	③
	c	④
	d	⑤
e		
曲線部	f	⑥
		⑦

注記*：代表区間の位置は図 3-1 に示す。

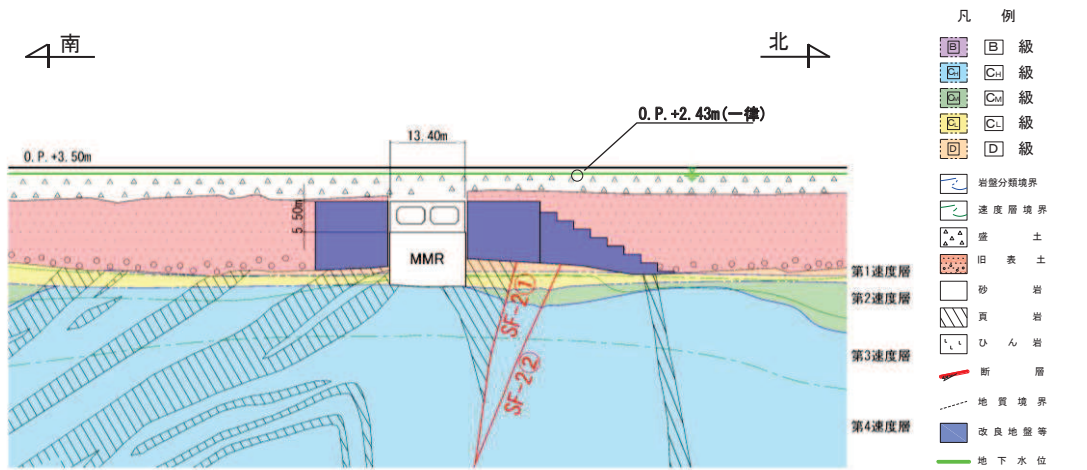


图 3-3 取水路（標準部） 地震時荷重算出用地質断面図（断面②）

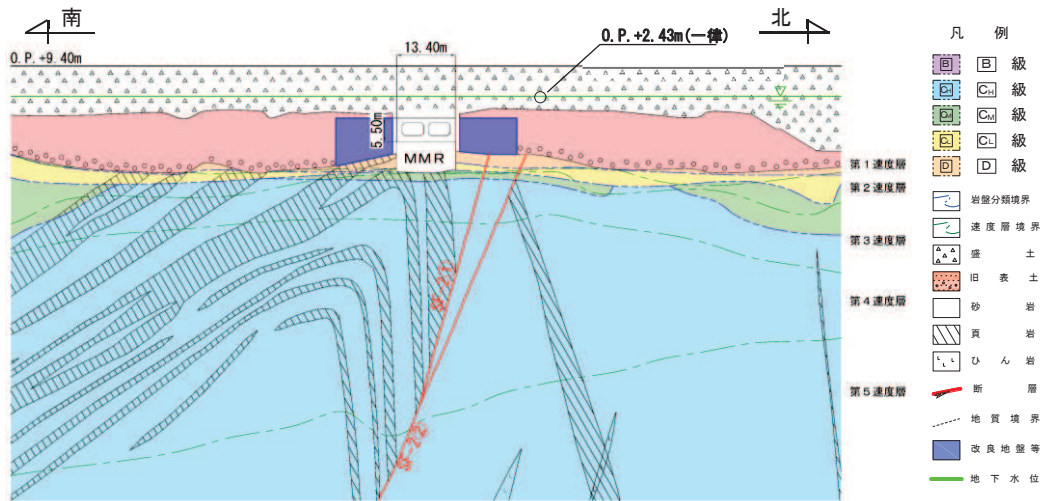


图 3-4 取水路（標準部） 地震時荷重算出用地質断面図（断面③）

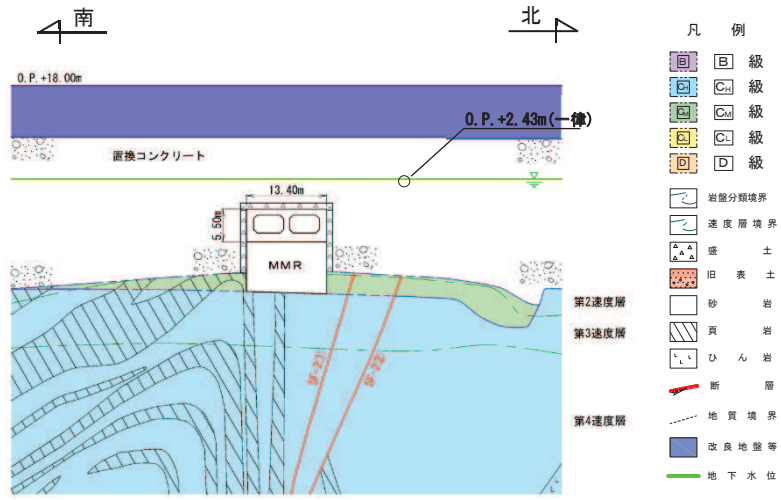


図 3-5 取水路（標準部） 地震時荷重算出用地質断面図（断面④）

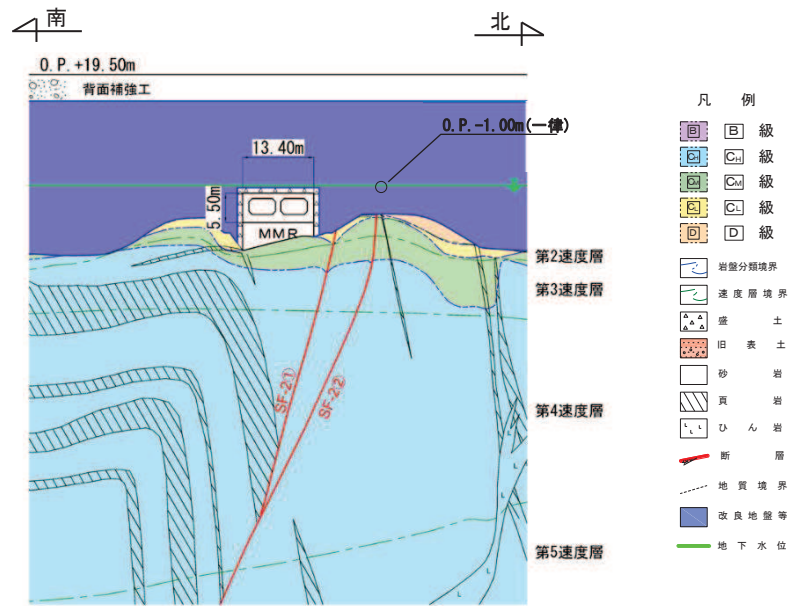


図 3-6 取水路（標準部） 地震時荷重算出用地質断面図（断面⑤）

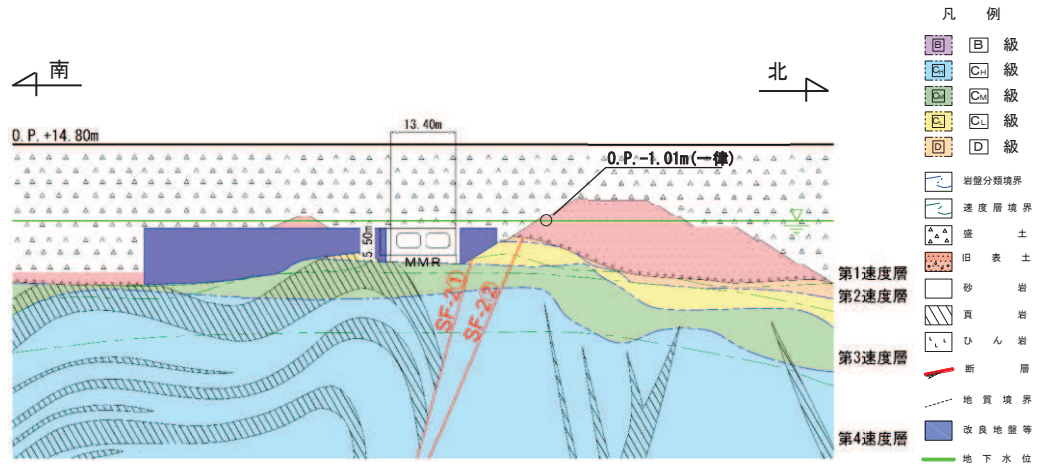


図3-7 取水路（標準部） 地震時荷重算出用地質断面図（断面⑥）

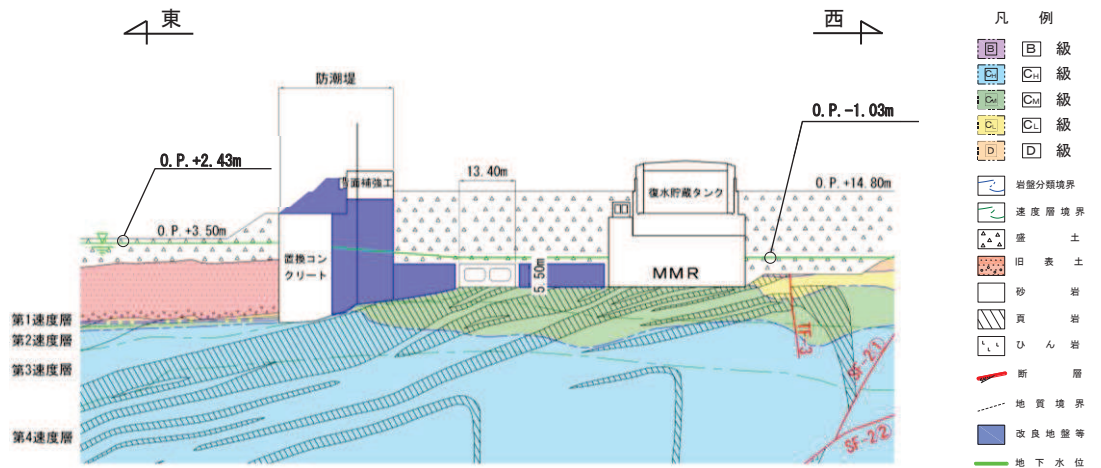


図3-8 取水路（標準部） 地震時荷重算出用地質断面図（断面⑦）

3.2 解析方法

取水路（標準部）の地震応答解析は、添付書類「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二次元有限要素法により、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。解析手法については、断面②，断面③，断面⑥及び断面⑦については、構造物の周囲は地盤改良をしており、その外側には地下水位以深の盛土・旧表土が存在することから、全応力解析及び有効応力解析とする。断面④，断面⑤については、構造物が防潮堤の置換コンクリート又は改良地盤に囲まれ、液状化の影響はないことから、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、構造部材の非線形性については、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にモデル化する。

地震応答解析については、解析コード「Soil Plus Ver.2015 Build3」及び「FLIP Ver.7.3.0_2」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「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、非線形はり要素でモデル化することとし、図3-9に示す $M-\phi$ 関係のトリリニアモデルとする。また、履歴特性は、図3-10に示すとおり修正武田モデルを適用する。また、コンクリートの応力-ひずみ関係及び鉄筋の応力-ひずみ関係には、それぞれ図3-11及び図3-12に示す非線形特性を考慮する。

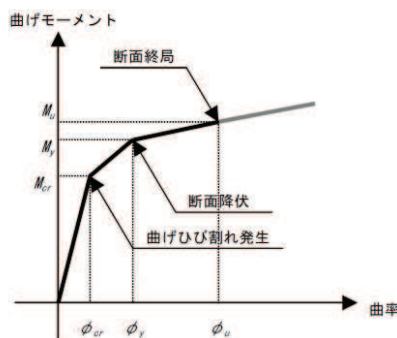


図3-9 鉄筋コンクリート部材の $M-\phi$ 関係

（「土木学会 2005年 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」より引用）

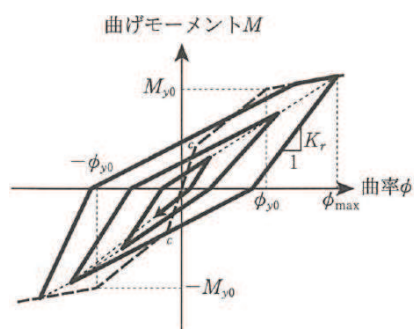


図3-10 鉄筋コンクリート部材の履歴特性（修正武田モデル）
 （「日本道路協会 平成14年3月 道路橋示方書・同解説 V耐震設計編」より引用）

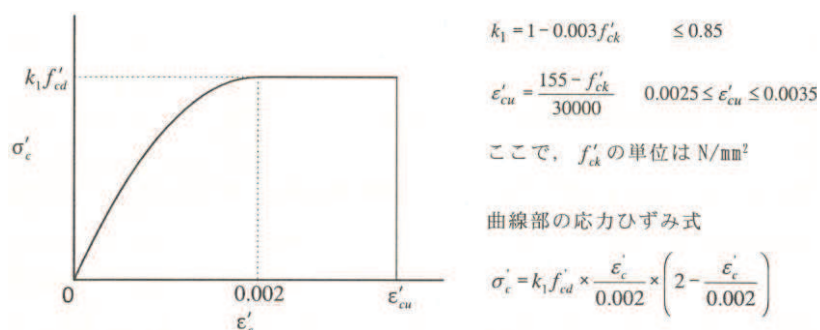


図3-11 構造部材の非線形特性（コンクリートの応力-ひずみ関係）
 （「土木学会 2002年 コンクリート標準示方書[構造性能照査編]」より引用）

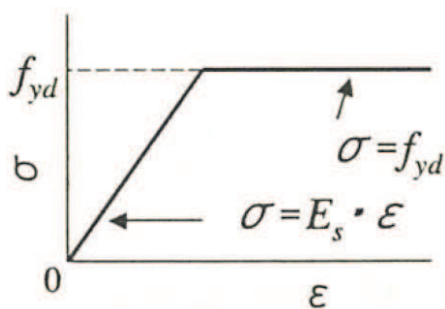


図3-12 構造部材の非線形特性（鉄筋の応力-ひずみ関係）
 （「土木学会 2002年 コンクリート標準示方書[構造性能照査編]」より引用）

3.2.2 地盤物性及び材料物性のばらつき

地盤物性及び材料物性のばらつきの影響を考慮するため、表 3-2 に示す解析ケースを設定する。

取水路（標準部）は、直接又は MMR を介して岩盤上に設置され、側面に改良地盤が分布し、主たる荷重は改良地盤等の土圧となることから、盛土、旧表土、D 級岩盤及び改良地盤の初期せん断弾性係数のばらつきを考慮する。

初期せん断弾性係数の標準偏差 σ を用いて設定した解析ケース②、③、⑦' 及び⑧' を実施することにより地盤物性のばらつきの影響を網羅的に考慮する。

また、材料物性のばらつきとして構造物の実強度に基づいて設定した解析ケース④又は⑨' を実施することにより、材料物性のばらつきの影響を考慮する。

詳細な解析ケースの考え方は、「3.2.4 地震応答解析の解析ケースの選定」に示す。

表 3-2 解析ケース

解析ケース	解析手法*1	材料物性 (コンクリート) (E_0 : ヤング係数)	地盤物性	
			盛土, 旧表土, D級岩盤, セメント改良土, 改良地盤 (G_0 : 初期せん断弾性係数)	C ₁ 級岩盤, C ₂ 級岩盤, C ₃ 級岩盤, B級岩盤 (G_d : 動せん断弾性係数)
ケース① (基本ケース)	全応力解析	設計基準強度	平均値	平均値
ケース②	全応力解析	設計基準強度	平均値 + 1 σ	平均値
ケース③	全応力解析	設計基準強度	平均値 - 1 σ	平均値
ケース④*3	全応力解析	実強度に基づく 圧縮強度*2	平均値	平均値
ケース⑥' (基本ケース)	有効応力解析	設計基準強度	平均値	平均値
ケース⑦'	有効応力解析	設計基準強度	平均値 + 1 σ	平均値
ケース⑧'	有効応力解析	設計基準強度	平均値 - 1 σ	平均値
ケース⑨' *3	有効応力解析	実強度に基づく 圧縮強度*2	平均値	平均値

注記*1: 断面②, 断面③, 断面⑥, 断面⑦は, 全応力解析及び有効応力解析を実施する。断面④, 断面⑤は全応力解析を実施する。

*2: 既設構造物のコア採取による圧縮強度試験の結果を使用する。

*3: 基本ケース(ケース①及び⑥')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における照査値の最大値を比較し, 最大照査値を示す解析手法において, 実強度を考慮した解析ケース(ケース④又はケース⑨')を実施する。なお, ケース①とケース⑥'の曲げ・軸力系の破壊, せん断破壊及び基礎地盤の支持力照査における照査値の最大値の差が 0.05 未満の場合は, 両解析ケースで実強度を考慮した解析ケース(ケース④及びケース⑨')を実施する。

3.2.3 減衰定数

構造部材の減衰定数は、断面②～断面⑦における全応力解析では、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。

また、断面②、断面③、断面⑥及び断面⑦の有効応力解析では、Rayleigh 減衰を考慮することとし、剛性比例型減衰 ($\alpha = 0$, $\beta = 0.002$) とする。なお、係数 β の設定については、「FLIP 研究会 14 年間の検討成果のまとめ「理論編」」による。

固有値解析結果に基づき設定した α , β を表 3-3 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 3-3 Rayleigh 減衰における係数 α , β の設定結果

地震時荷重算出断面	解析手法	α	β
断面②	全応力解析	5.32×10^{-1}	5.64×10^{-4}
	有効応力解析	0.00	2.00×10^{-3}
断面③	全応力解析	4.37×10^{-1}	6.87×10^{-4}
	有効応力解析	0.00	2.00×10^{-3}
断面④	全応力解析	1.37	2.19×10^{-4}
断面⑤	全応力解析	9.76×10^{-1}	3.07×10^{-4}
断面⑥	全応力解析	4.35×10^{-1}	6.90×10^{-4}
	有効応力解析	0.00	2.00×10^{-3}
断面⑦	全応力解析	5.16×10^{-1}	5.82×10^{-4}
	有効応力解析	0.00	2.00×10^{-3}

3.2.4 地震応答解析の解析ケースの選定

耐震評価においては、すべての基準地震動 S_s に対し、基本ケース（全応力解析の場合はケース①、有効応力解析の場合はケース⑥'）を実施する。解析ケースにおいて、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 を超えるすべての照査項目に対して、最も厳しい地震動を用いて、全応力解析の場合は、表 3-2 に示す解析ケース②及び③を、有効応力解析の場合は、表 3-2 に示す解析ケース⑦' 及び⑧' を実施する。また、上記解析ケース①、⑥' において、曲げ・軸力系の破壊、せん断破壊及び基礎地盤の支持力照査における照査値の最大値を比較し、最大照査値を示す解析手法において、実強度を考慮した解析ケース（ケース④又はケース⑨'）を実施する。なお、ケース①とケース⑥' の曲げ・軸力系の破壊、せん断破壊及び基礎地盤の支持力照査における照査値の最大値の差が 0.05 未満の場合は、両解析ケースで実強度を考慮した解析ケース（ケース④及びケース⑨'）を実施する。

また、上記解析ケースの結果を踏まえ、更に照査値が大きくなる可能性がある場合は、追加解析ケースを実施する。耐震評価における解析ケースを表 3-4 に示す。

表 3-4(1) 耐震評価における解析ケース (全応力解析)

解析ケース		ケース①	ケース②	ケース③	ケース④
		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	材料物性 (コンクリート) に実強度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	平均値
材料物性		設計基準強度	設計基準強度	設計基準強度	実強度に基づく圧縮強度*2
地震動 (位相)	S _s -D 1	++*1	○	<p style="text-align: center;">【追加解析ケースについて】</p> <p>基準地震動 S_s (7 波) に水平動の位相反転を考慮した地震動 (7 波) を加えた全 14 波に対し、全応力解析及び有効応力解析を実施し、照査を行ったケース①及びケース⑥'の結果から、曲げ・軸力系の破壊、せん断破壊、基礎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 (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, ③, ⑦' 及び⑧' を実施する。</p> <p>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, ③, ⑦' 及び⑧' を実施する。また、ケース①及びケース⑥'の結果から、曲げ・軸力系の破壊、せん断破壊、基礎地盤の支持力照査の各照査項目の照査値が最大となる解析手法において、ケース④又はケース⑨' を実施する。</p> <p>なお、ケース①とケース⑥'の曲げ・軸力系の破壊、せん断破壊及び基礎地盤の支持力照査における照査値の最大値の差が 0.05 未満の場合は、両解析ケースで実強度を考慮した解析ケース (ケース④及びケース⑨') を実施する。</p> <p>また、上記解析ケースの結果を踏まえ、更に照査値が大きくなる可能性がある場合は、追加解析ケースを実施する。</p>	
		-+*1	○		
	S _s -D 2	++*1	○		
		-+*1	○		
	S _s -D 3	++*1	○		
		-+*1	○		
	S _s -F 1	++*1	○		
		-+*1	○		
	S _s -F 2	++*1	○		
		-+*1	○		
	S _s -F 3	++*1	○		
		-+*1	○		
	S _s -N 1	++*1	○		
		-+*1	○		

注記*1: 耐震評価にあたっては、「土木学会 2005 年 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」(以下「土木学会マニュアル」という。)に従い、水平方向の位相反転を考慮する。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: 既設構造物のコア採取による圧縮強度試験の結果を使用する。

表 3-4(2) 耐震評価における解析ケース (有効応力解析)

解析ケース		ケース⑥'	ケース⑦'	ケース⑧'	ケース⑨'
		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	材料物性 (コンクリート) に実強度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	平均値
材料物性		設計基準強度	設計基準強度	設計基準強度	実強度に基づく圧縮強度*2
地震動 (位相)	S _s -D 1	++*1	○	表 3-4(1)の【追加解析ケースについて】による	
		-+*1	○		
	S _s -D 2	++*1	○		
		-+*1	○		
	S _s -D 3	++*1	○		
		-+*1	○		
	S _s -F 1	++*1	○		
		-+*1	○		
	S _s -F 2	++*1	○		
		-+*1	○		
	S _s -F 3	++*1	○		
		-+*1	○		
	S _s -N 1	++*1	○		
		-+*1	○		

注記*1: 耐震評価にあたっては、「土木学会マニュアル」に従い、水平方向の位相反転を考慮する。
 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: 既設構造物のコア採取による圧縮強度試験の結果を使用する。

3.3 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、添付書類「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

取水路（標準部）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

取水路（標準部）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、躯体自重を考慮する。

(2) 積載荷重（P）

積載荷重として、積雪荷重 P_s を含めて地表面に 4.9kN/m^2 を考慮する。

(3) 積雪荷重（ P_s ）

積雪荷重として、発電所の最寄りの気象官署である石巻特別地域気象観測所で観測された月最深積雪の最大値である 43cm に平均的な積雪荷重を与えるための係数 0.35 を考慮した値を設定する。また、建築基準法施行令第86条第2項により、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 3-5 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_s)	$G + P + S_s$

G : 固定荷重

P : 積載荷重 (積雪荷重 P_s を含めて 4.9kN/m^2 を地表面に考慮)

S_s : 地震荷重 (基準地震動 S_s)

3.4 入力地震動

入力地震動は、添付書類「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 を一次元重複反射理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、添付書類「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。

入力地震動算定の概念図を図3-13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図3-14～図3-97に示す。入力地震動の算定には、解析コード「Ark Quake Ver3.10」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、添付書類「VI-5 計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

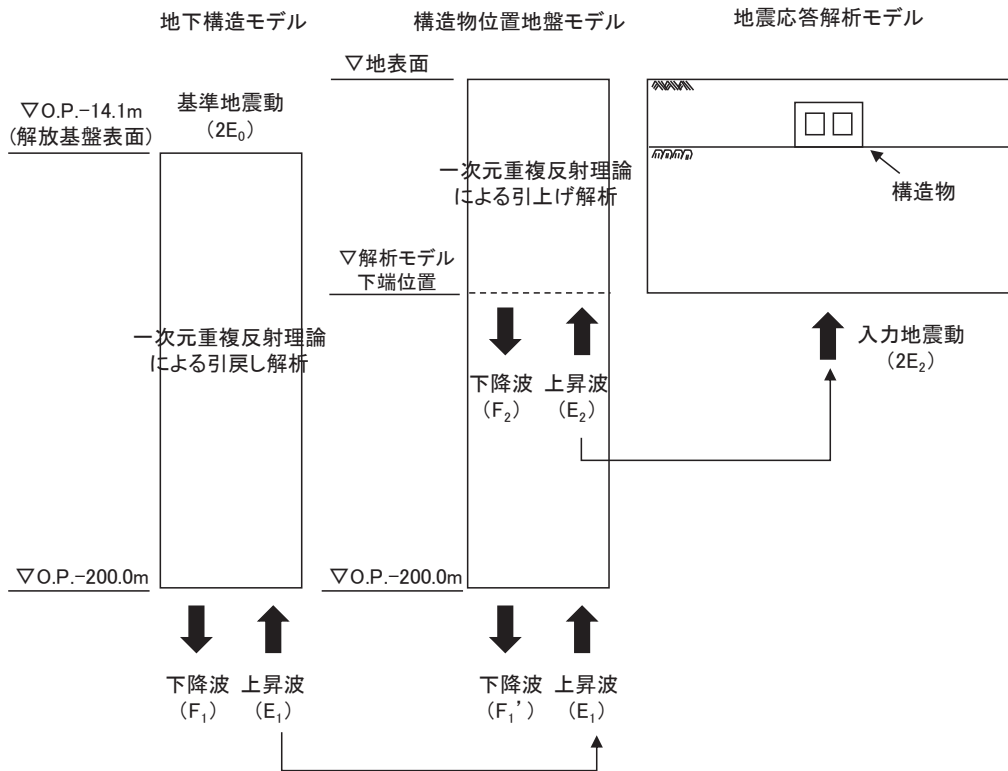
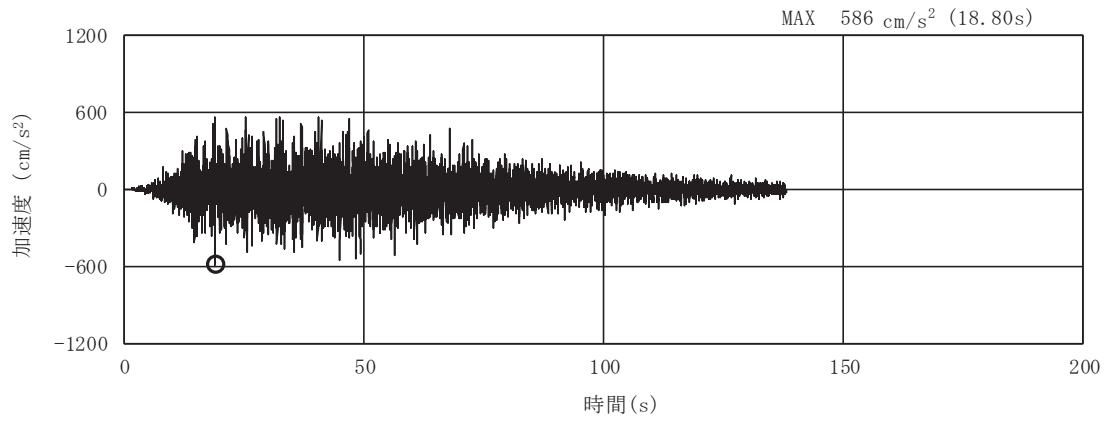
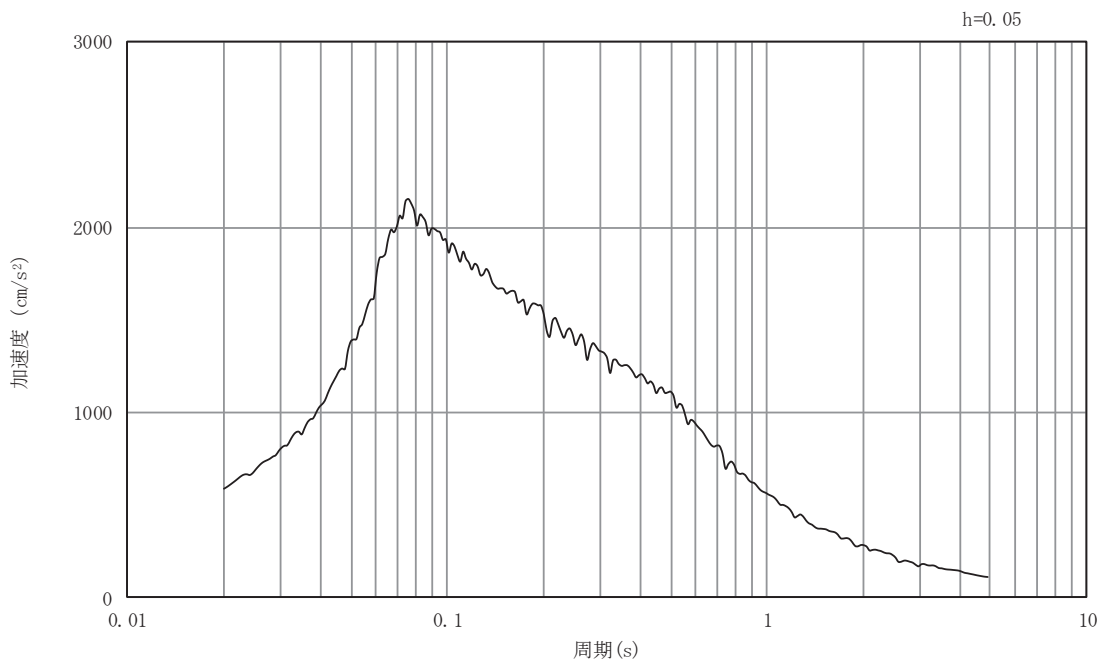


図3-13 入力地震動算定の概念図

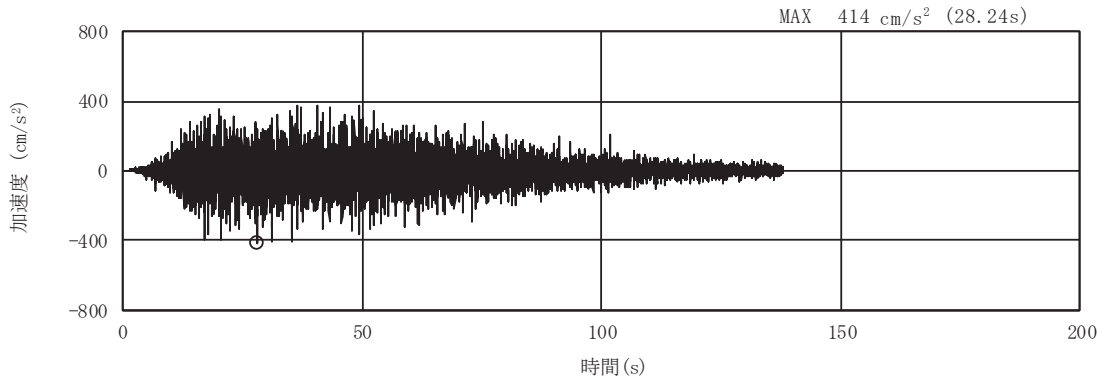


(a) 加速度時刻歴波形

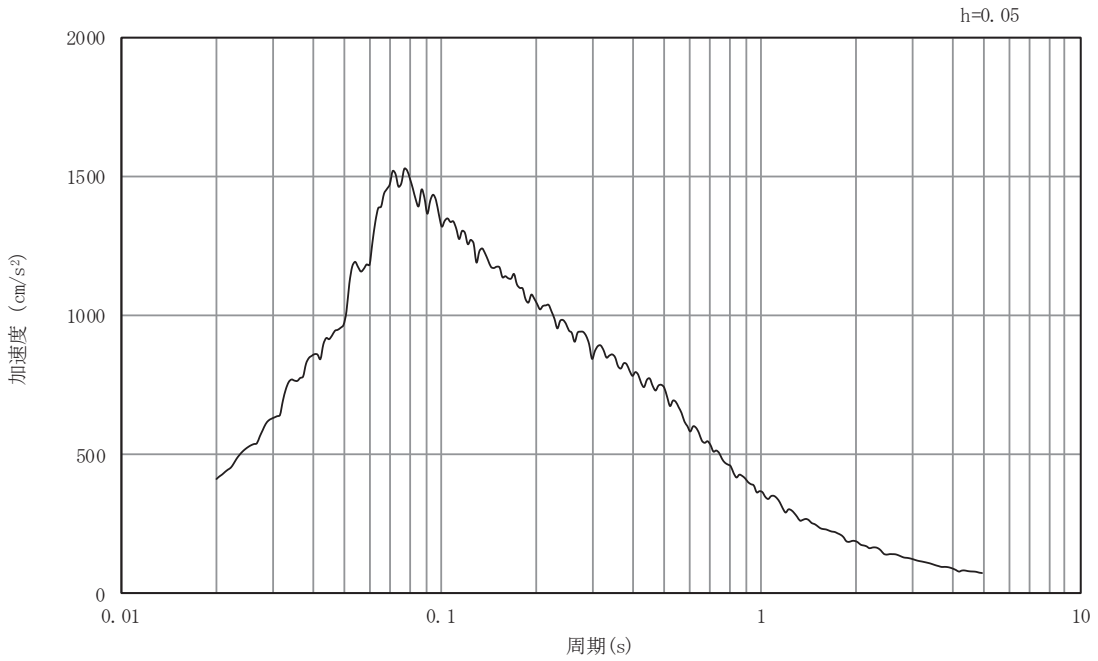


(b) 加速度応答スペクトル

図3-14 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
断面②
(水平成分：S s - D 1)

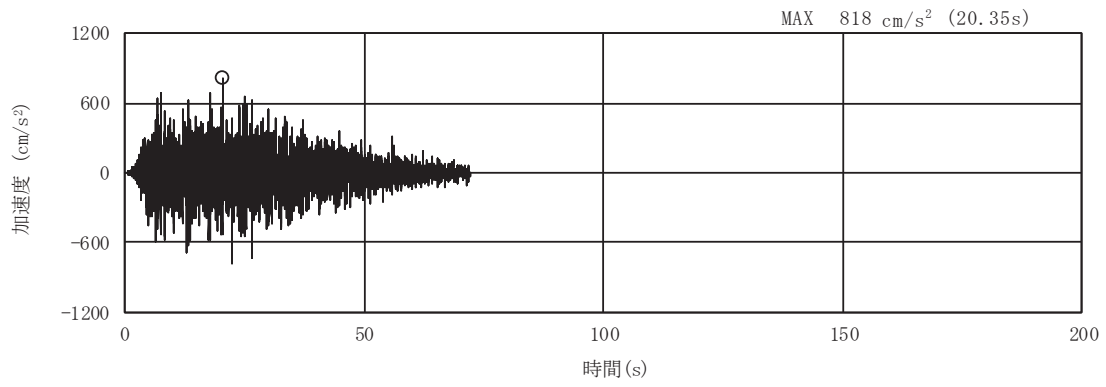


(a) 加速度時刻歴波形

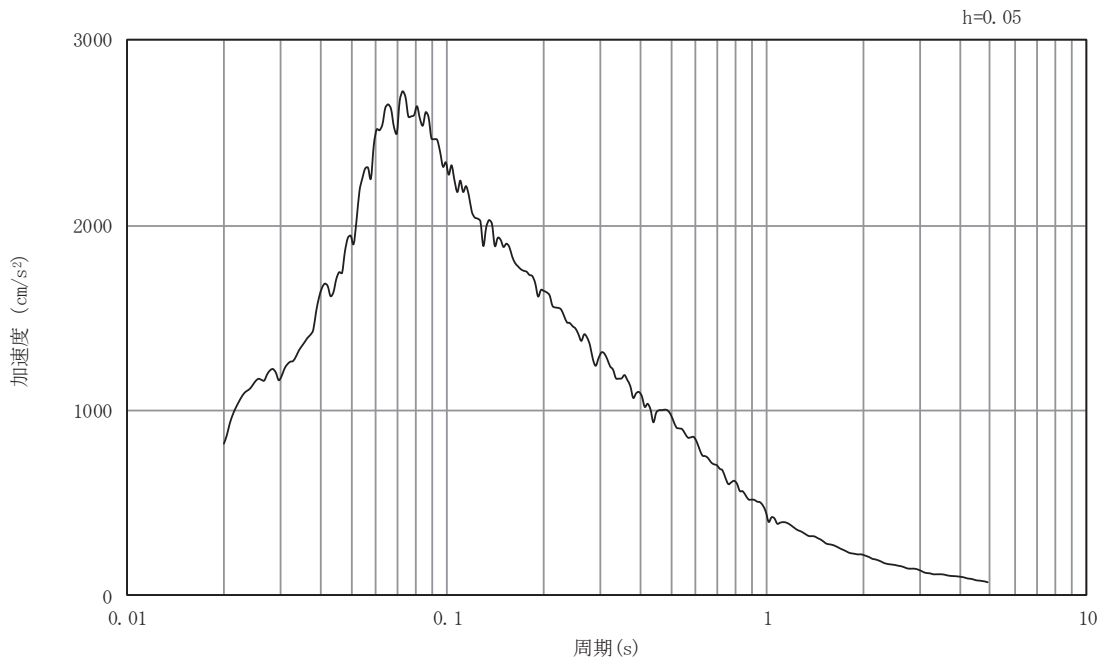


(b) 加速度応答スペクトル

図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
断面②
(鉛直成分：S s - D 1)

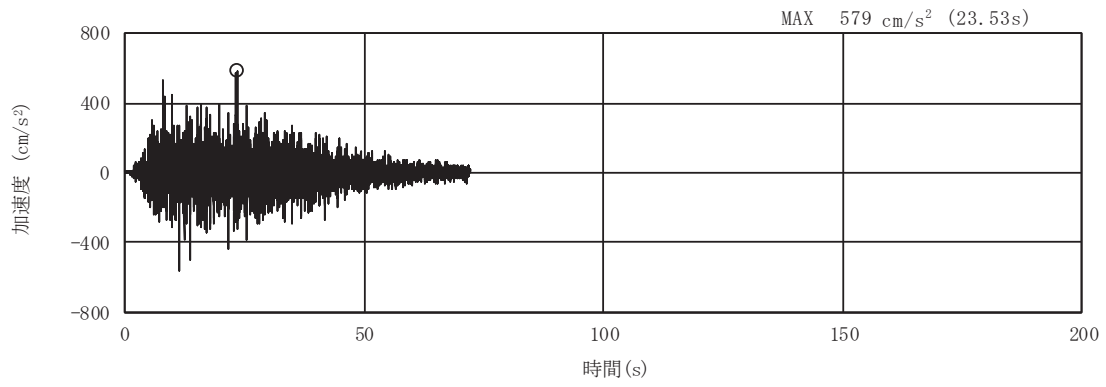


(a) 加速度時刻歴波形

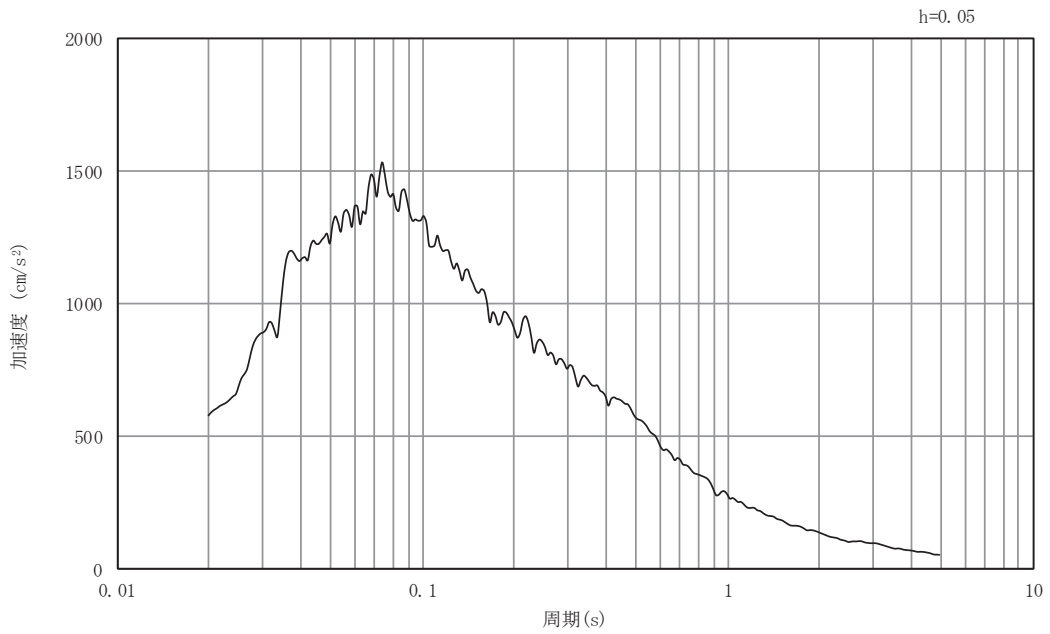


(b) 加速度応答スペクトル

図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
断面②
(水平成分：S s - D 2)

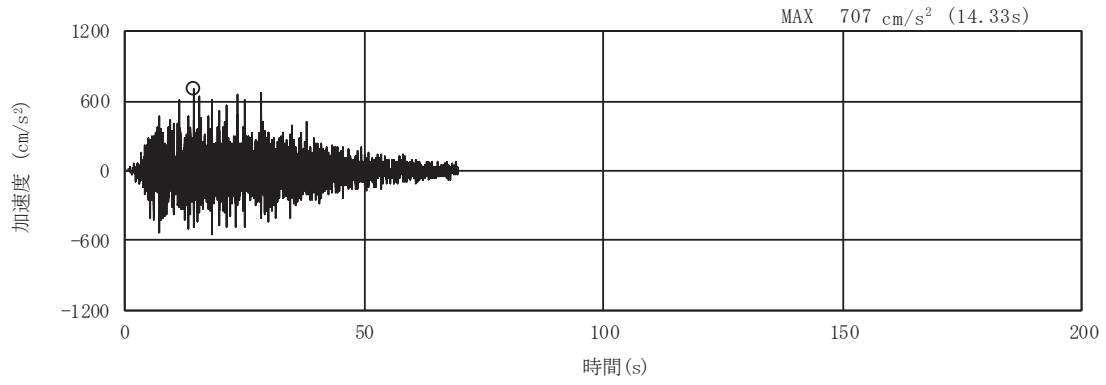


(a) 加速度時刻歴波形

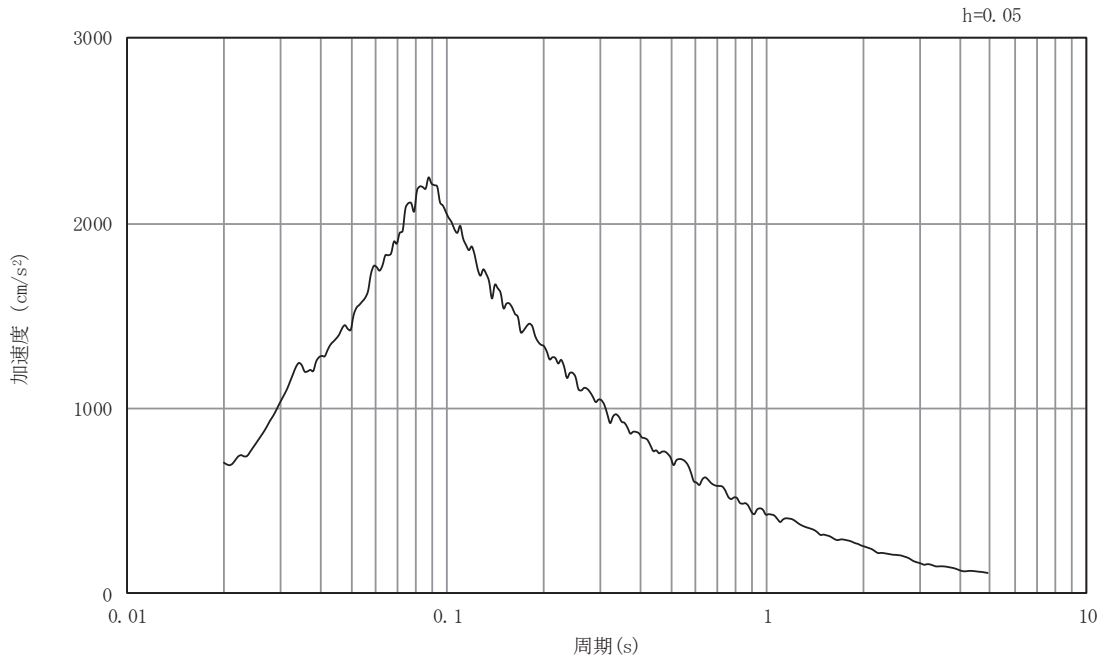


(b) 加速度応答スペクトル

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
断面②
(鉛直成分：S s - D 2)

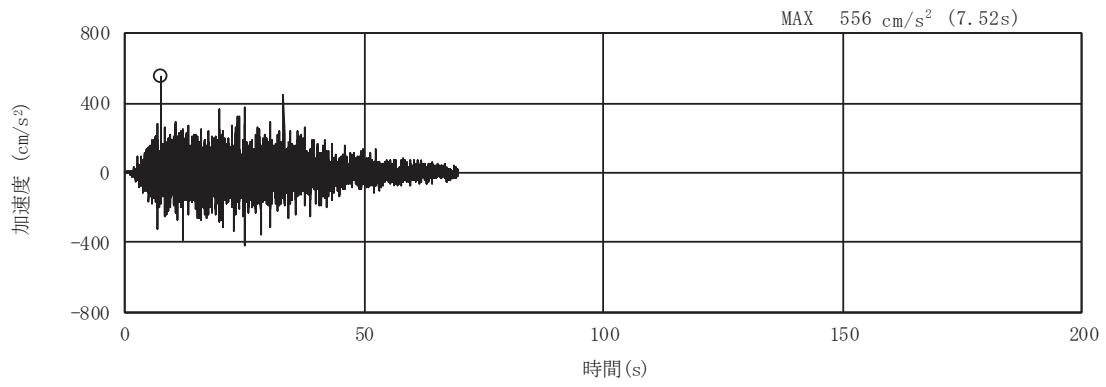


(a) 加速度時刻歴波形

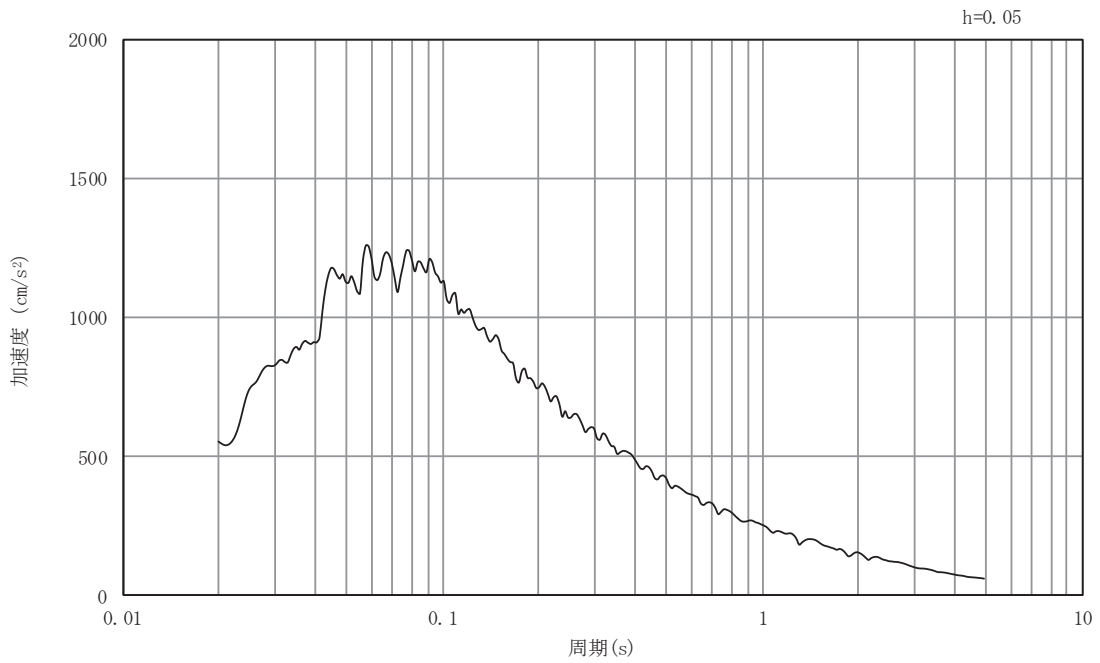


(b) 加速度応答スペクトル

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
断面②
(水平成分：S s - D 3)

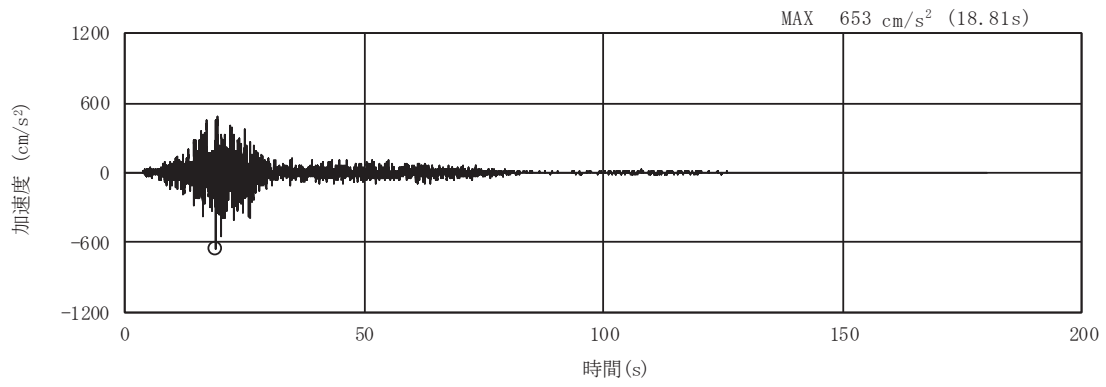


(a) 加速度時刻歴波形

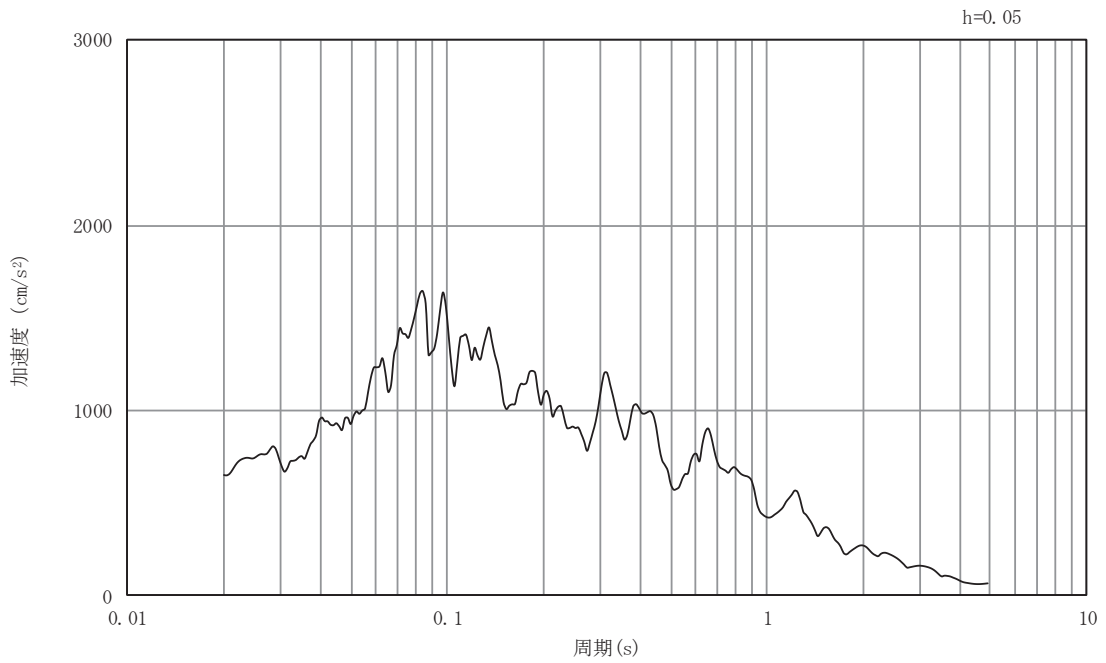


(b) 加速度応答スペクトル

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
断面②
(鉛直成分：S s - D 3)

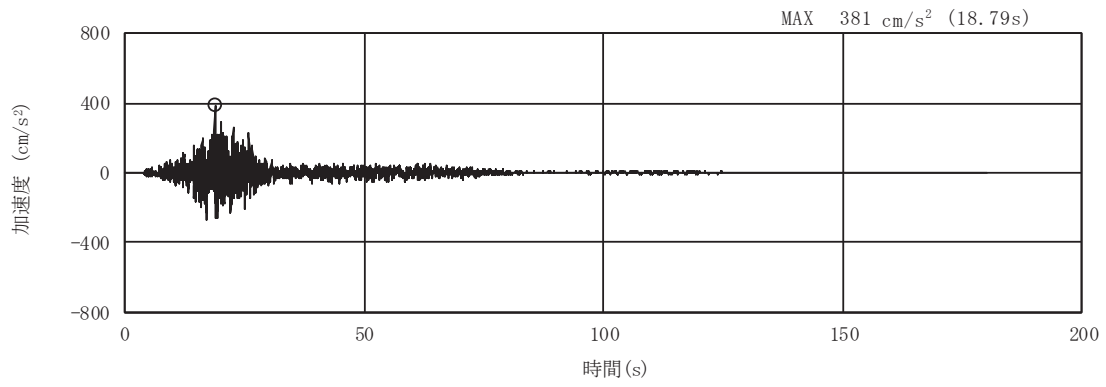


(a) 加速度時刻歴波形

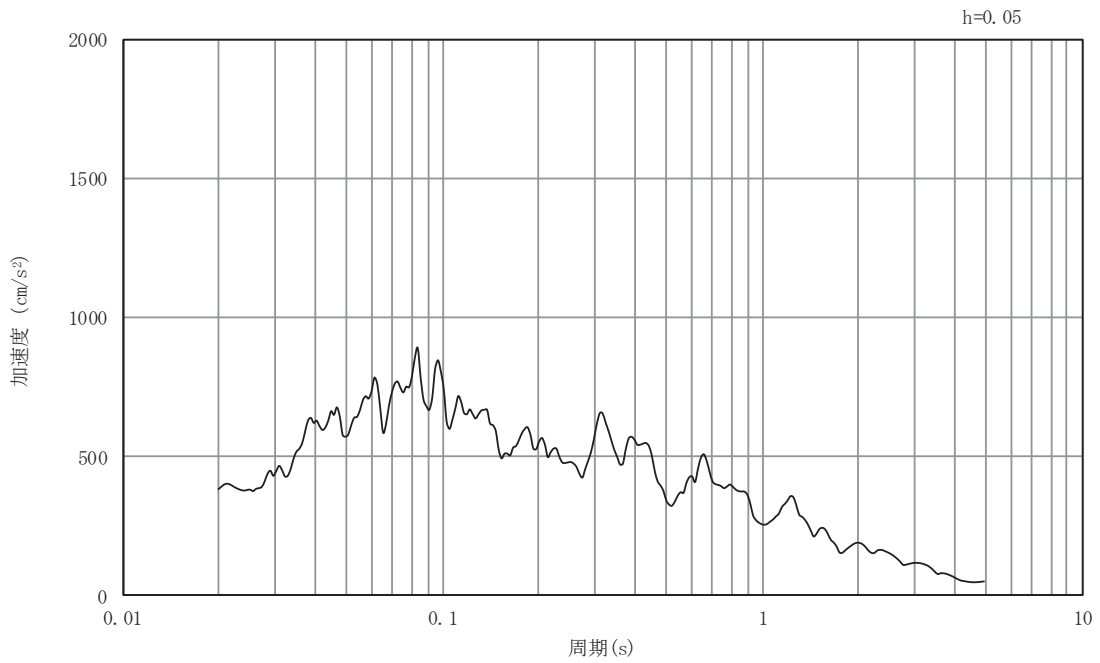


(b) 加速度応答スペクトル

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
断面②
(水平成分：S s - F 1)

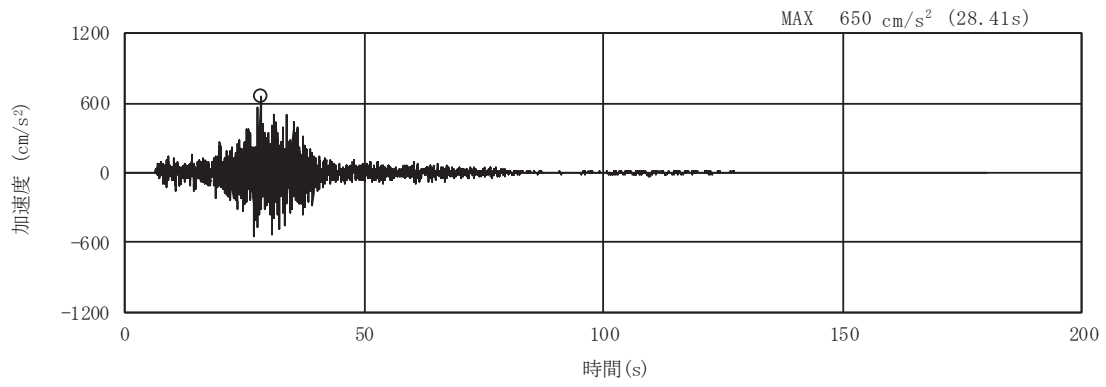


(a) 加速度時刻歴波形

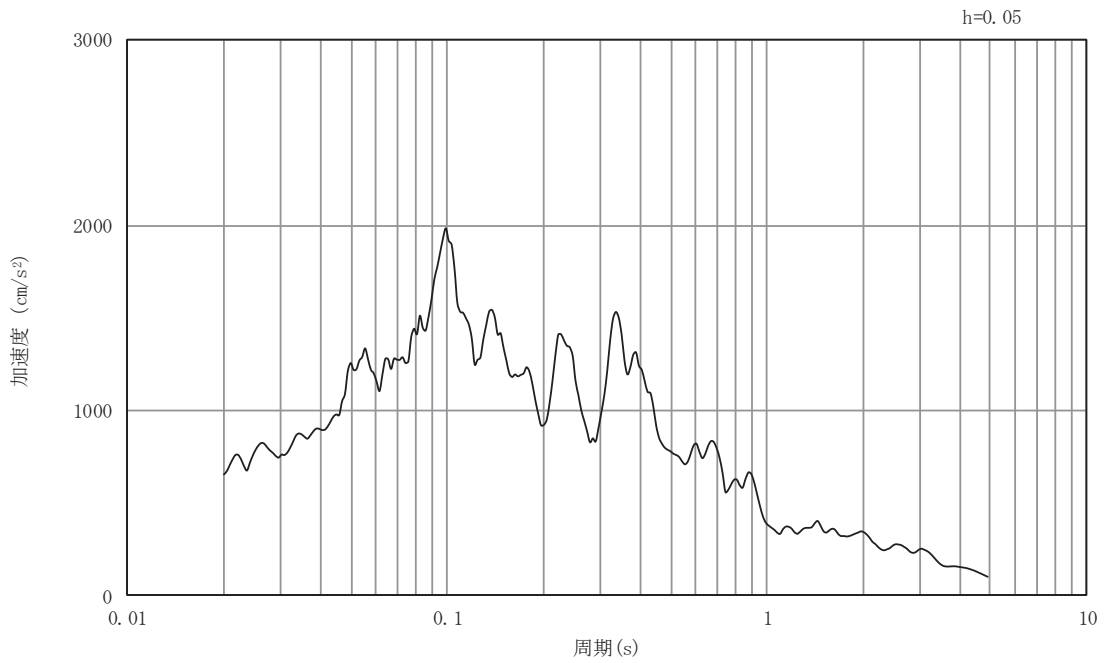


(b) 加速度応答スペクトル

図3-21 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
断面②
(鉛直成分：S s - F 1)

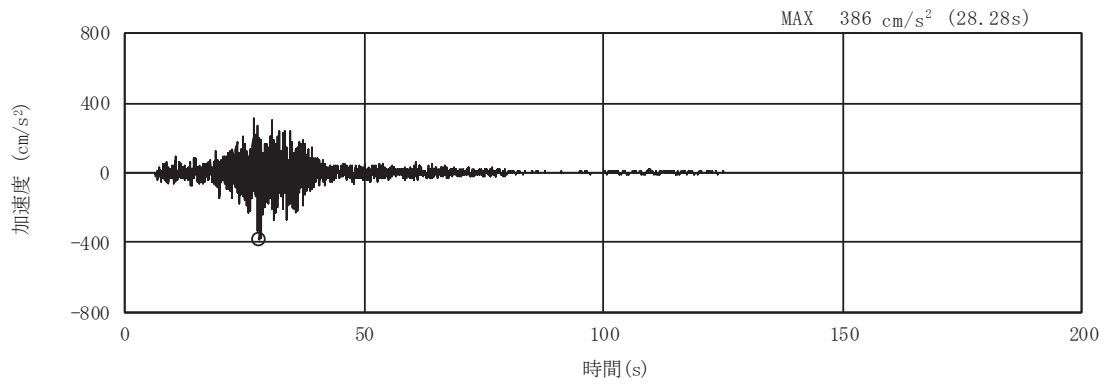


(a) 加速度時刻歴波形

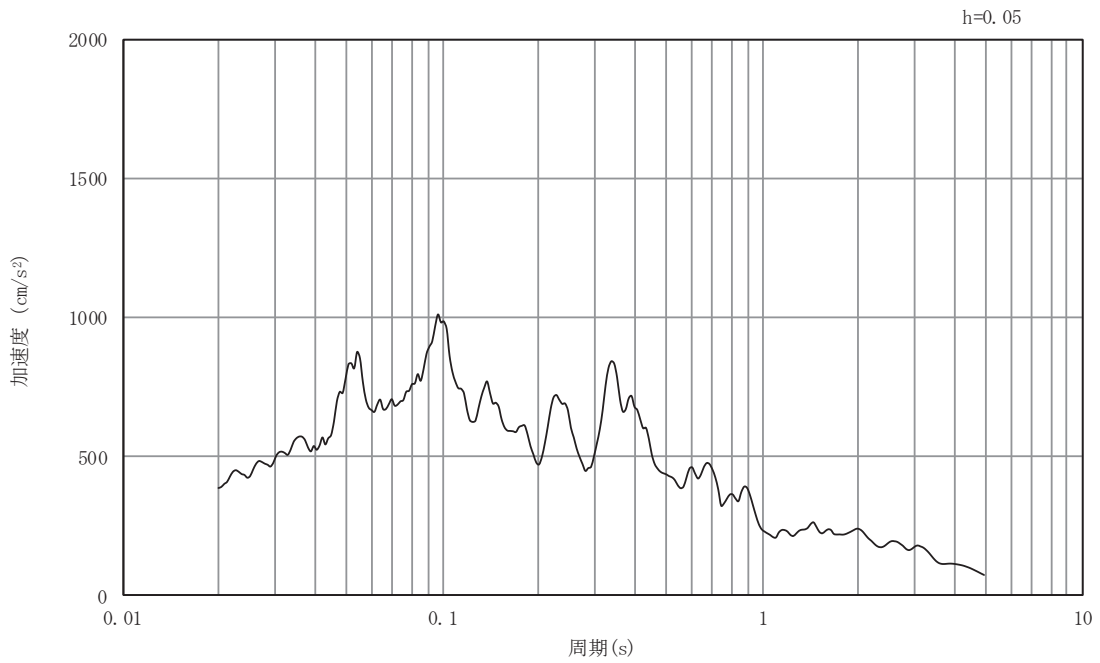


(b) 加速度応答スペクトル

図3-22 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
断面②
(水平成分：S s - F 2)

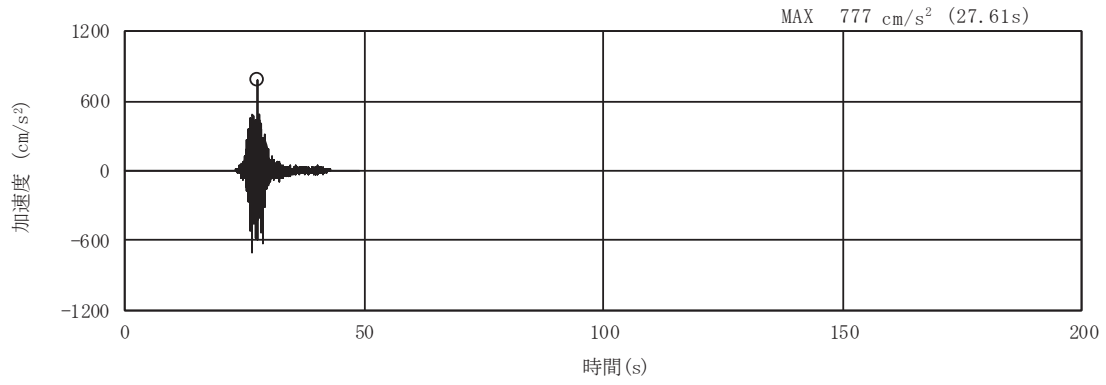


(a) 加速度時刻歴波形

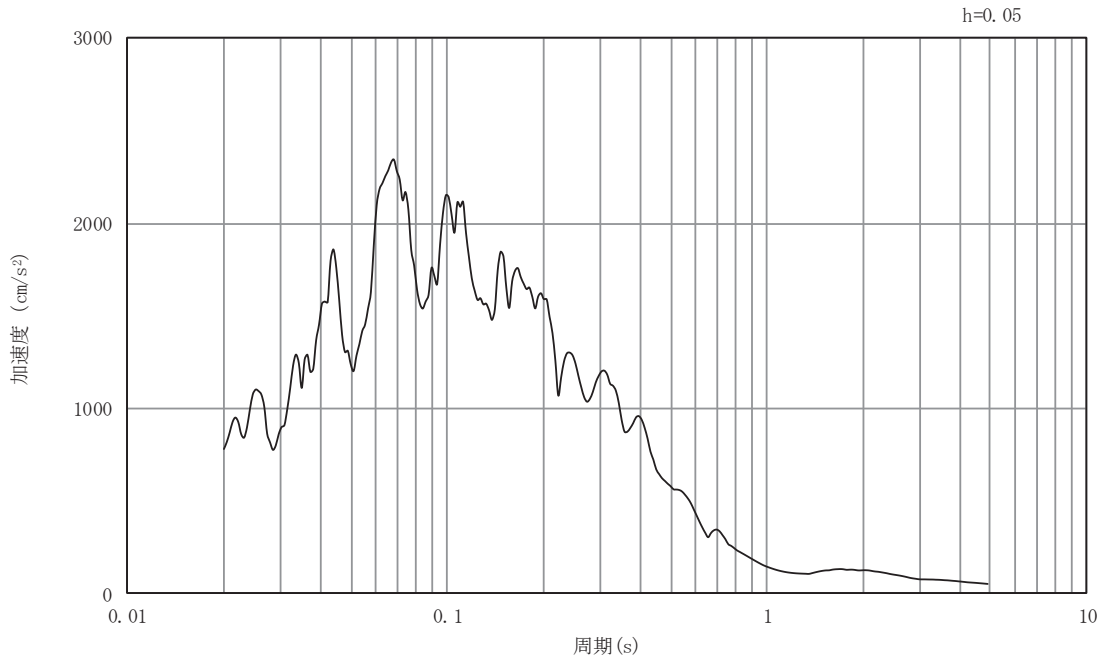


(b) 加速度応答スペクトル

図3-23 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
断面②
(鉛直成分：S s - F 2)

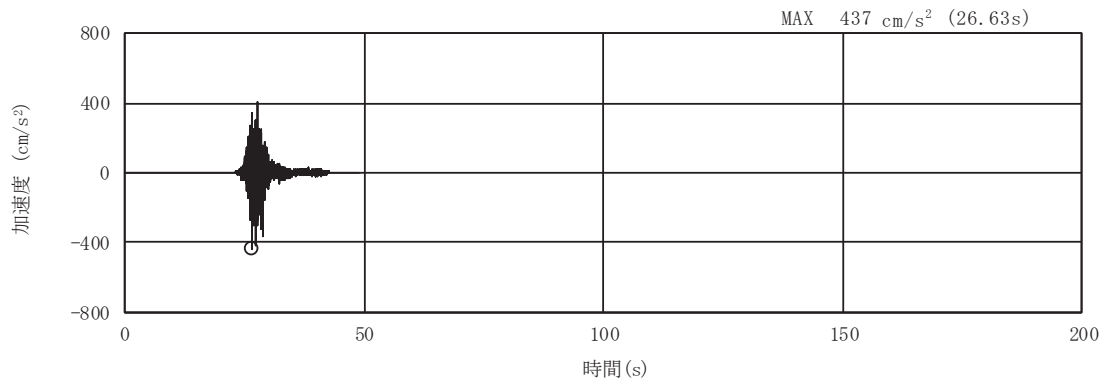


(a) 加速度時刻歴波形

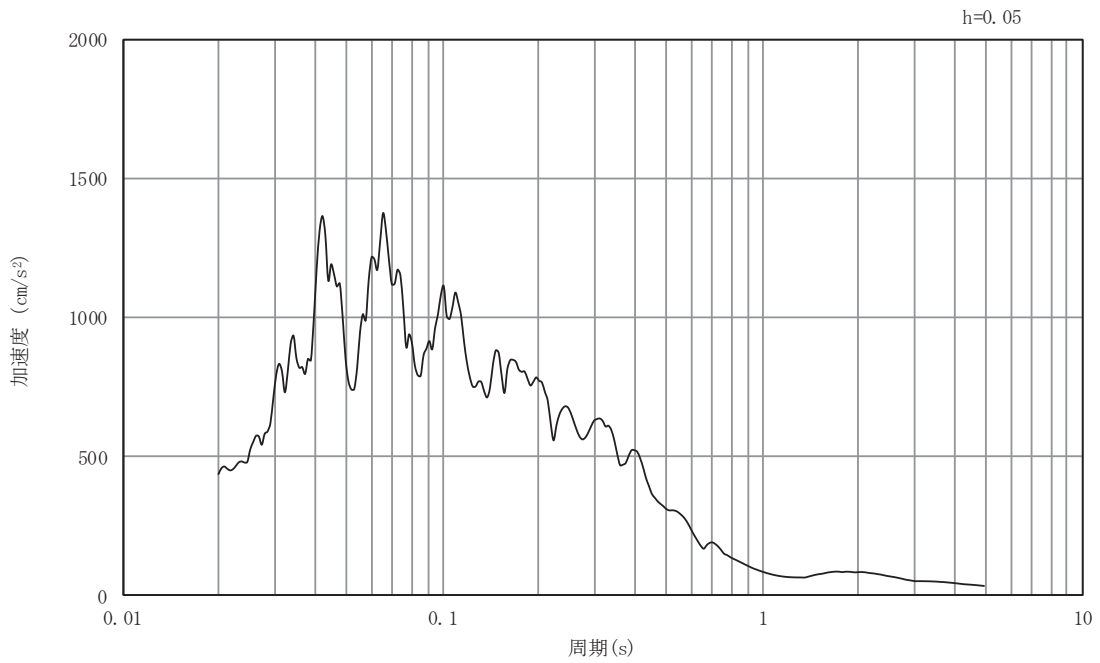


(b) 加速度応答スペクトル

図3-24 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
断面②
(水平成分：S s - F 3)

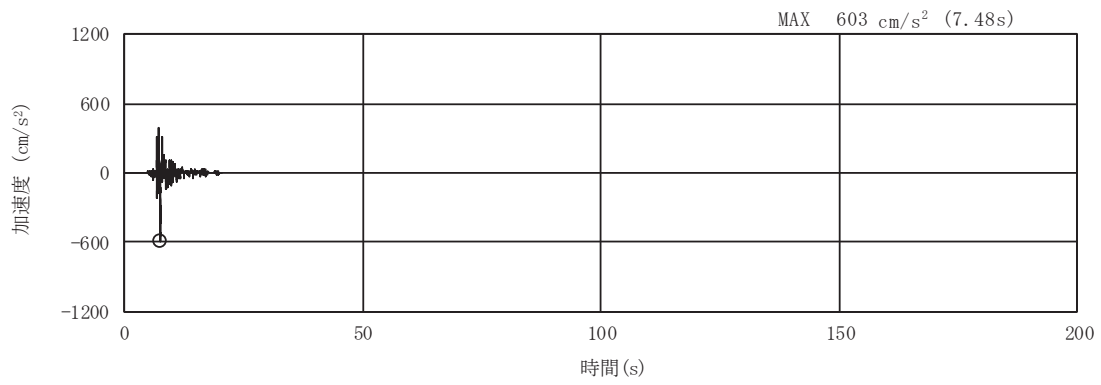


(a) 加速度時刻歴波形

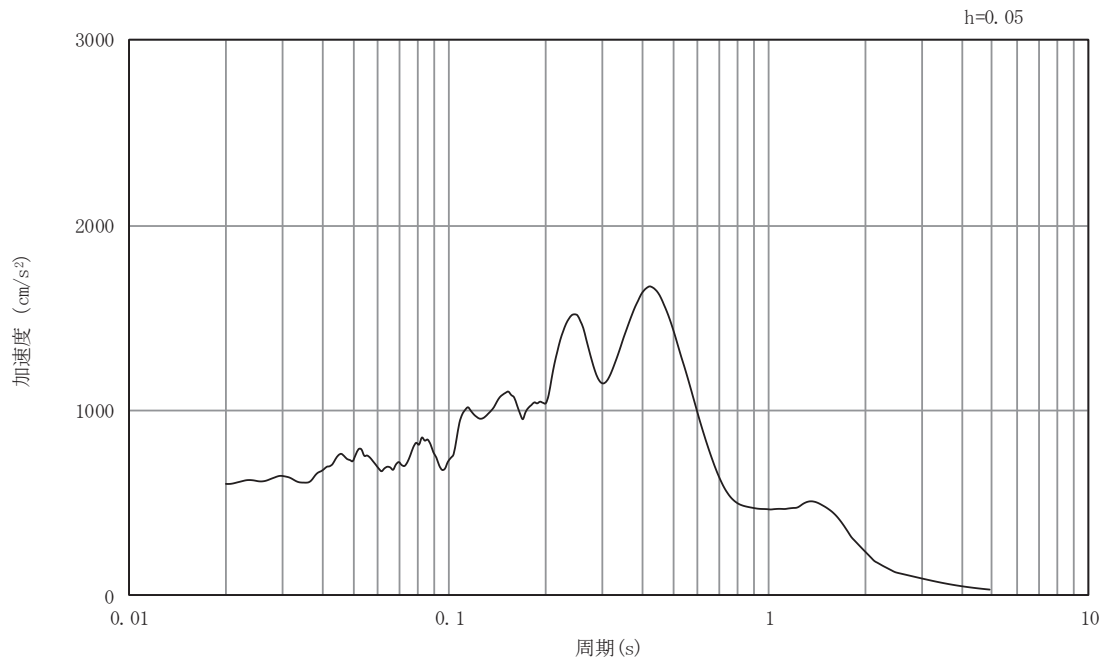


(b) 加速度応答スペクトル

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
断面②
(鉛直成分：S s - F 3)

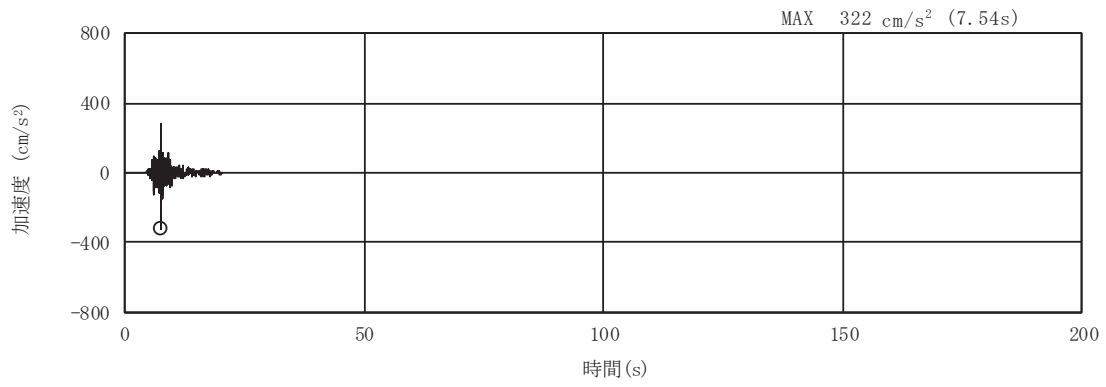


(a) 加速度時刻歴波形

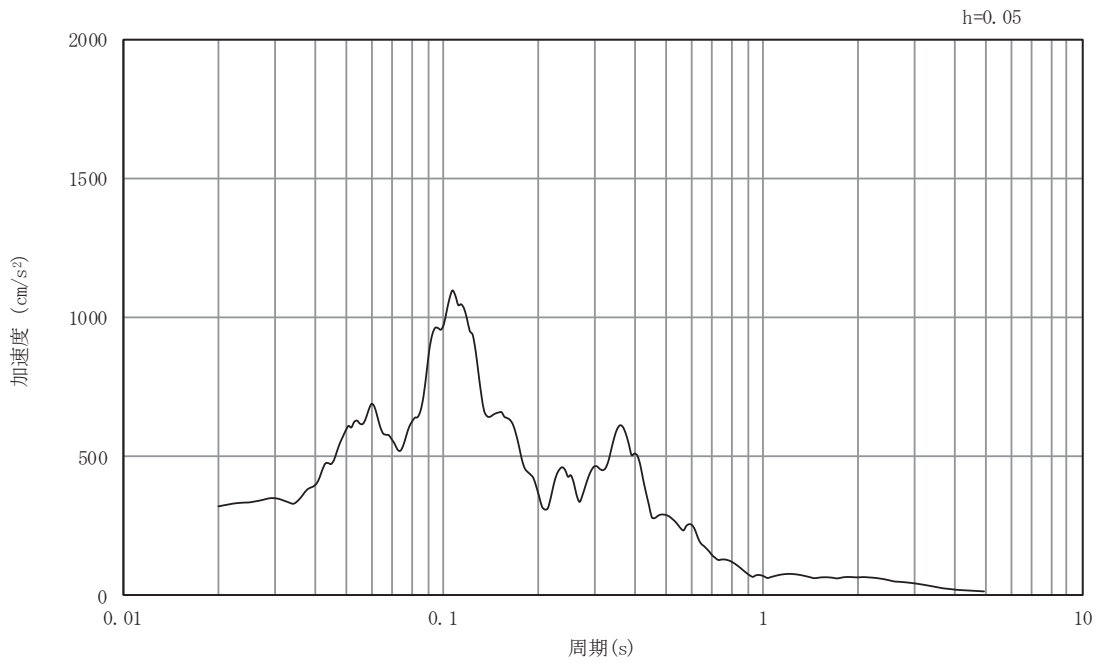


(b) 加速度応答スペクトル

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
断面②
(水平成分：S s - N 1)

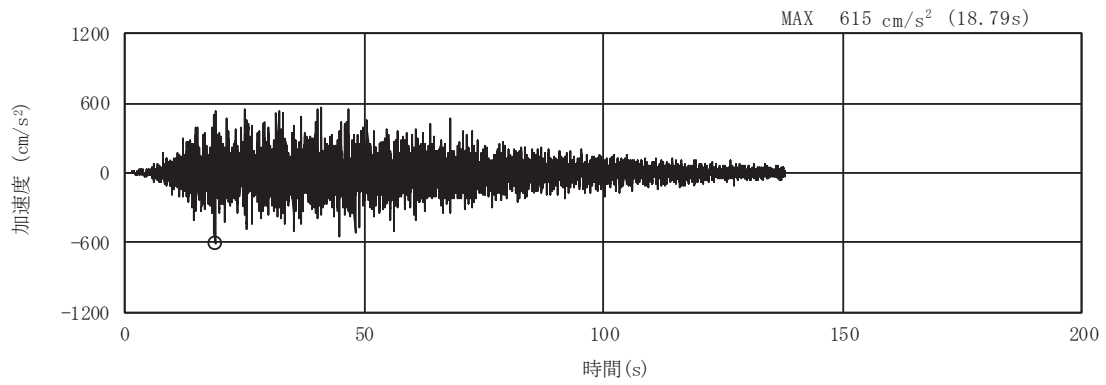


(a) 加速度時刻歴波形

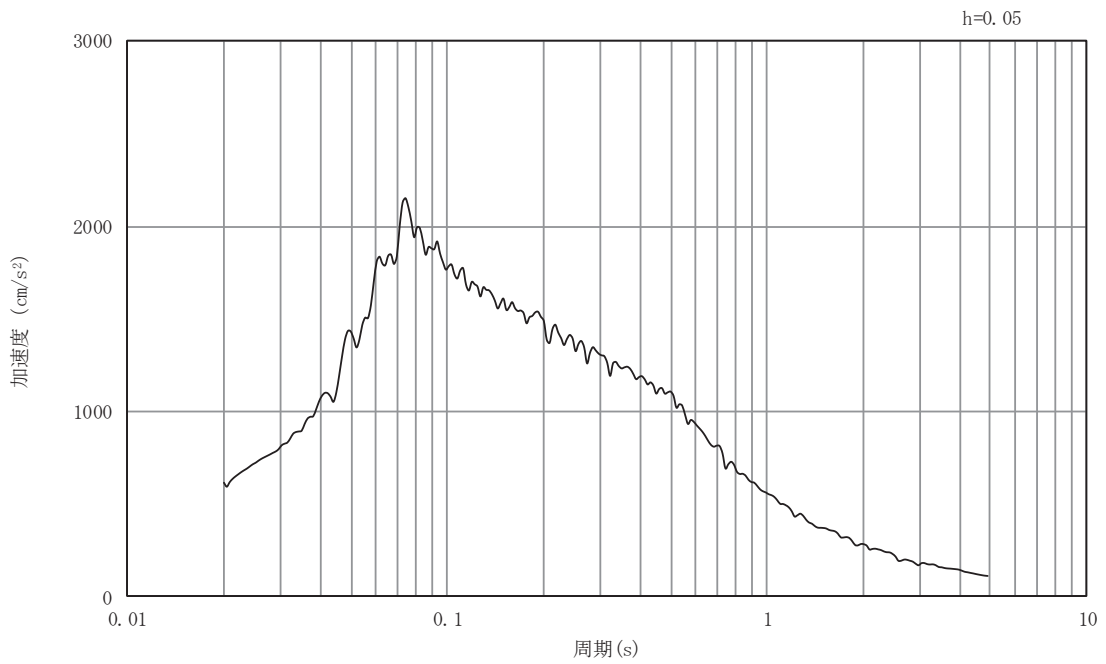


(b) 加速度応答スペクトル

図3-27 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
断面②
(鉛直成分：S s - N 1)

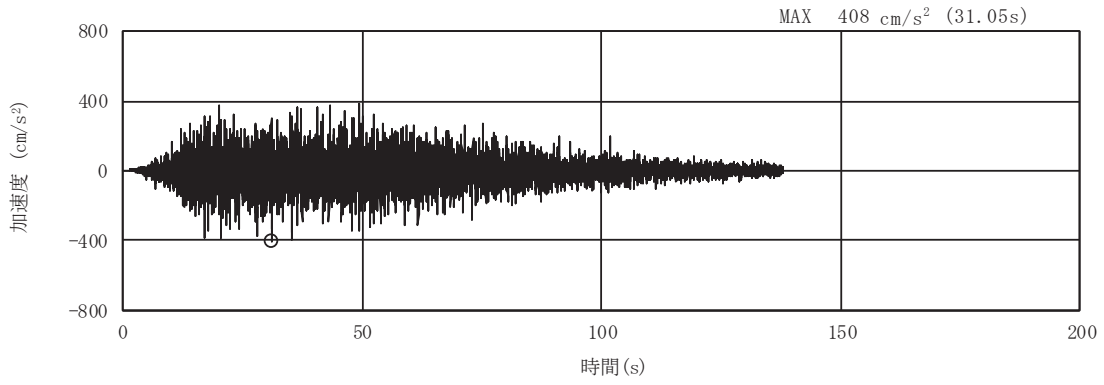


(a) 加速度時刻歴波形

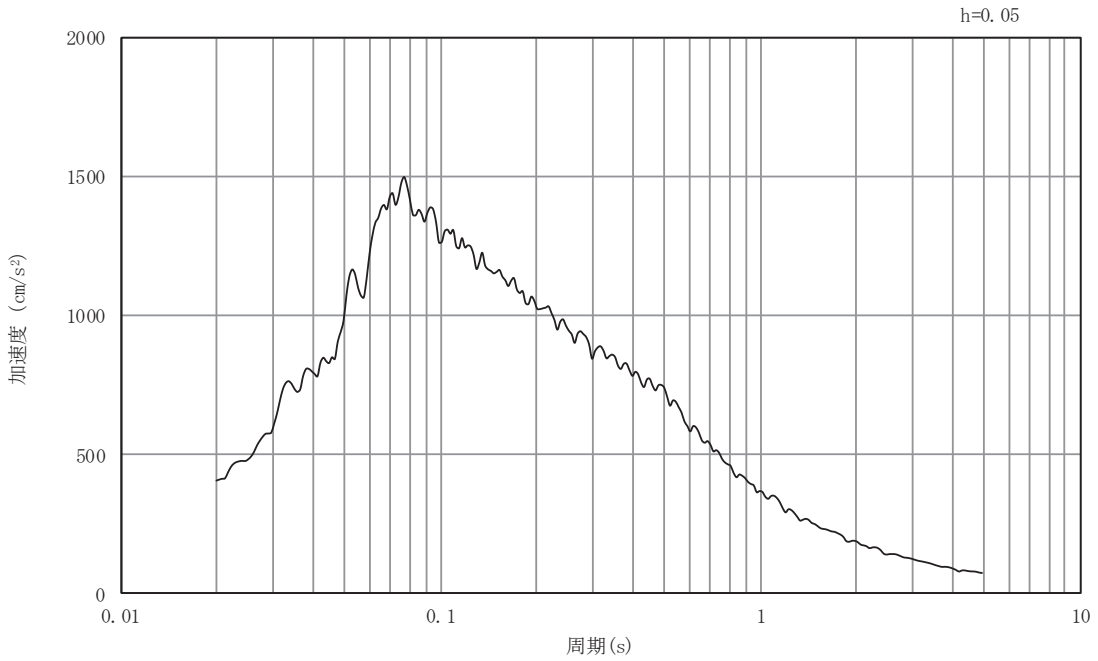


(b) 加速度応答スペクトル

図3-28 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
断面③
(水平成分：S s -D 1)

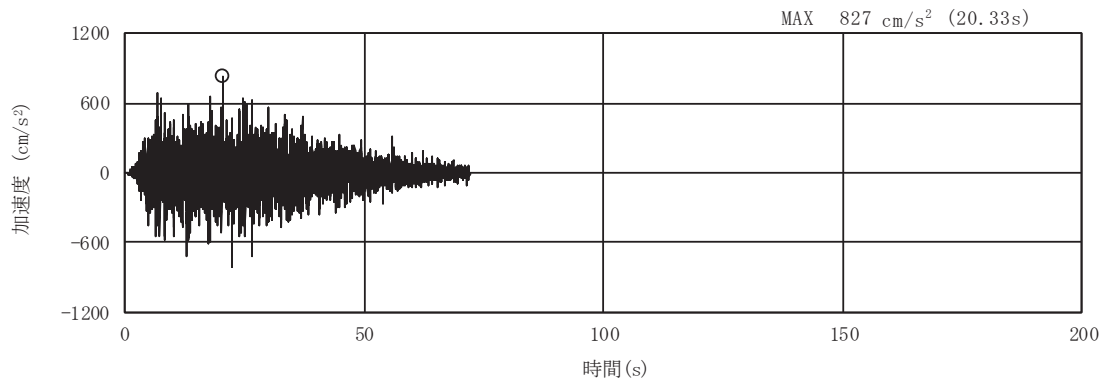


(a) 加速度時刻歴波形

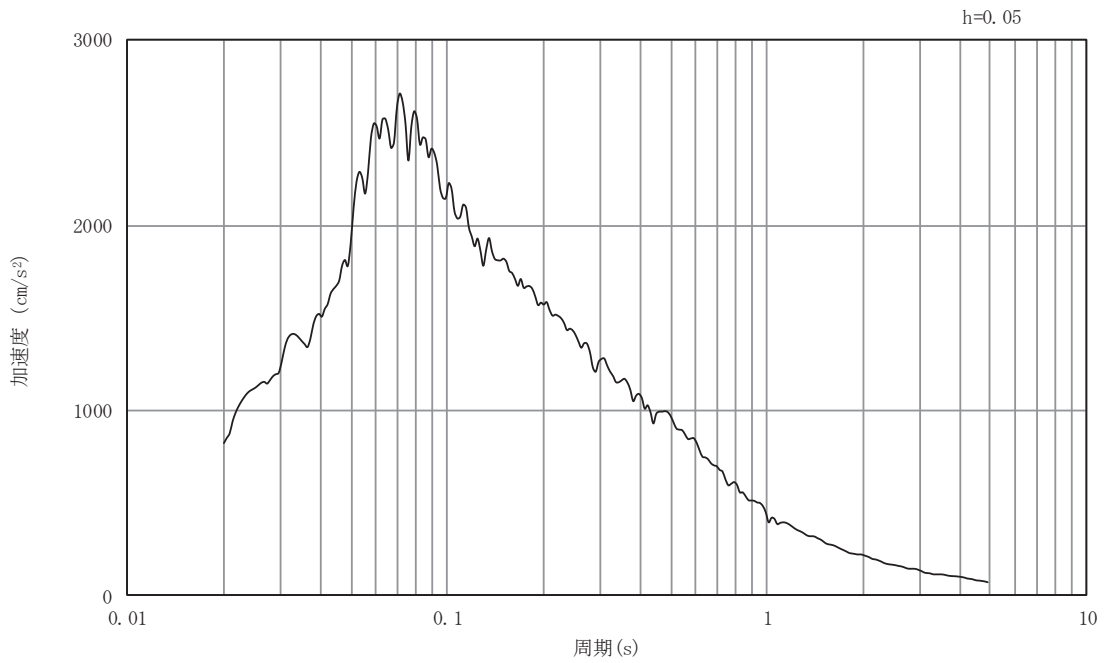


(b) 加速度応答スペクトル

図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
断面③
(鉛直成分：S s - D 1)

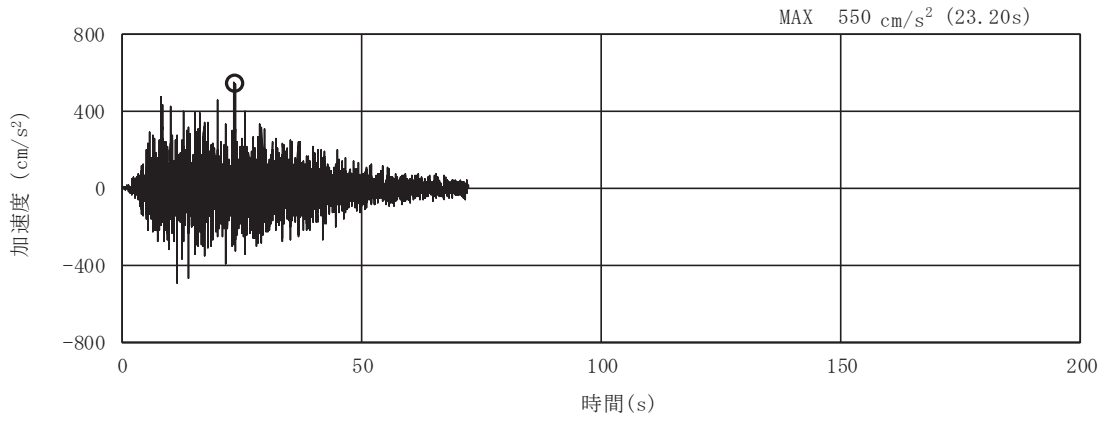


(a) 加速度時刻歴波形

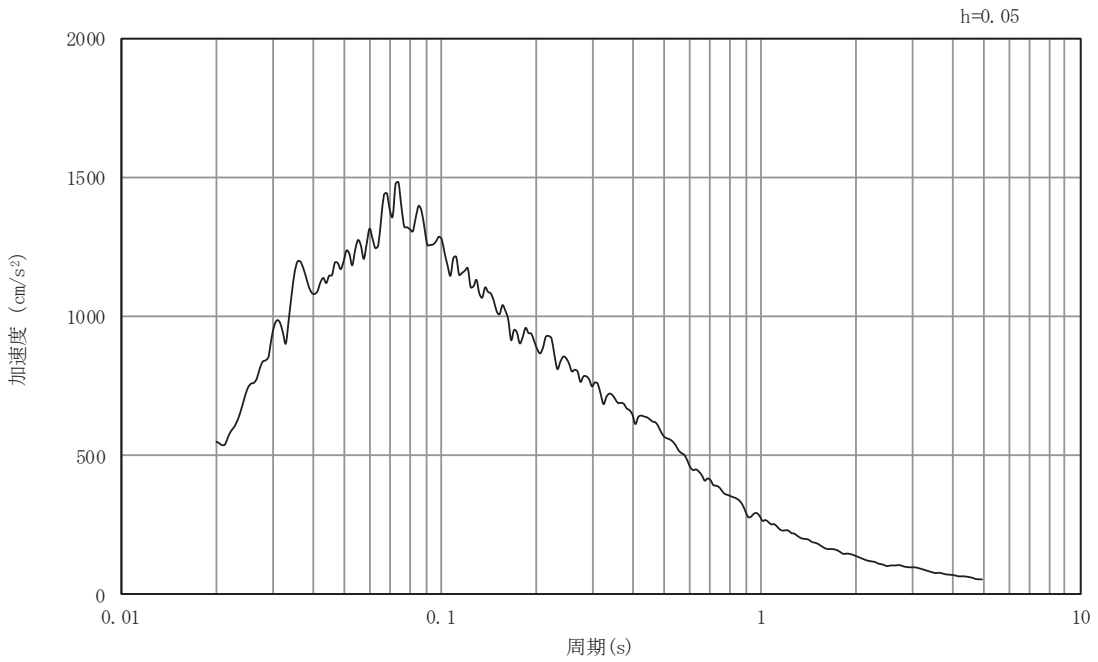


(b) 加速度応答スペクトル

図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
断面③
(水平成分：S s - D 2)

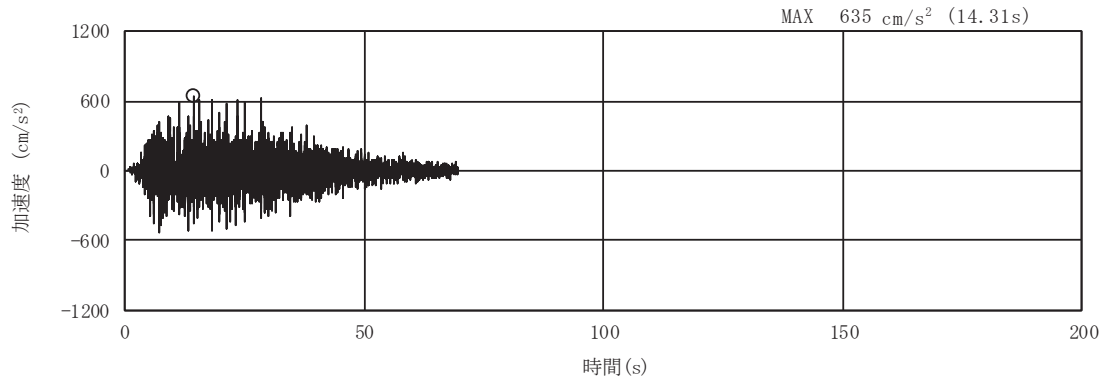


(a) 加速度時刻歴波形

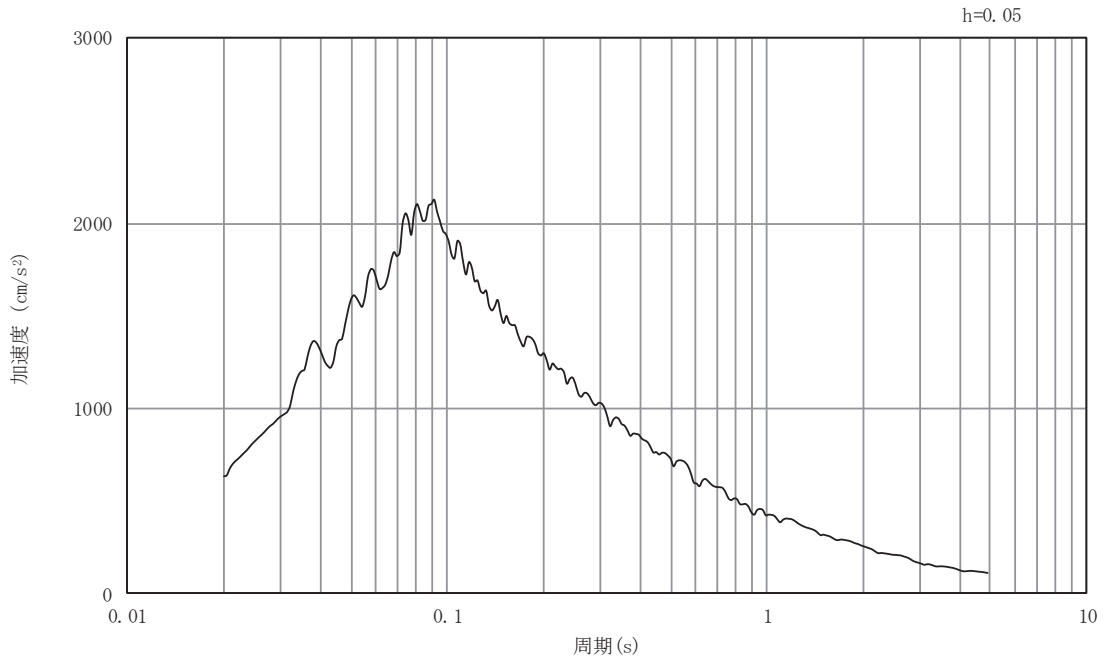


(b) 加速度応答スペクトル

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
断面③
(鉛直成分：S s - D 2)

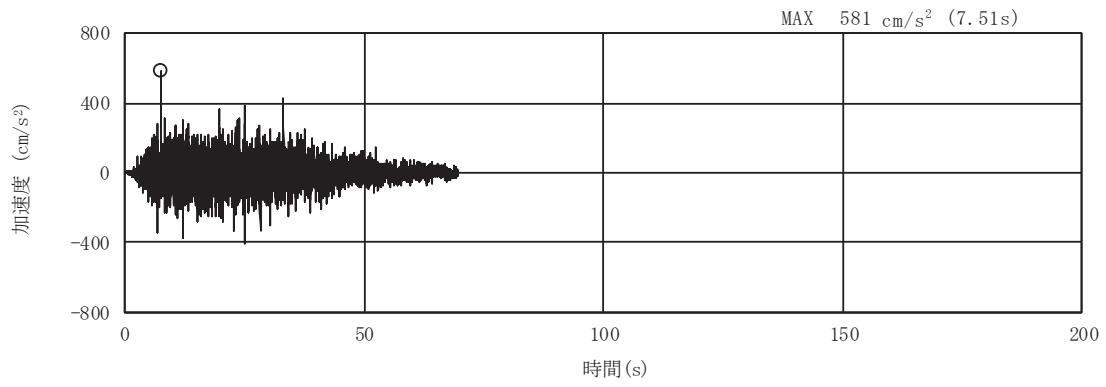


(a) 加速度時刻歴波形

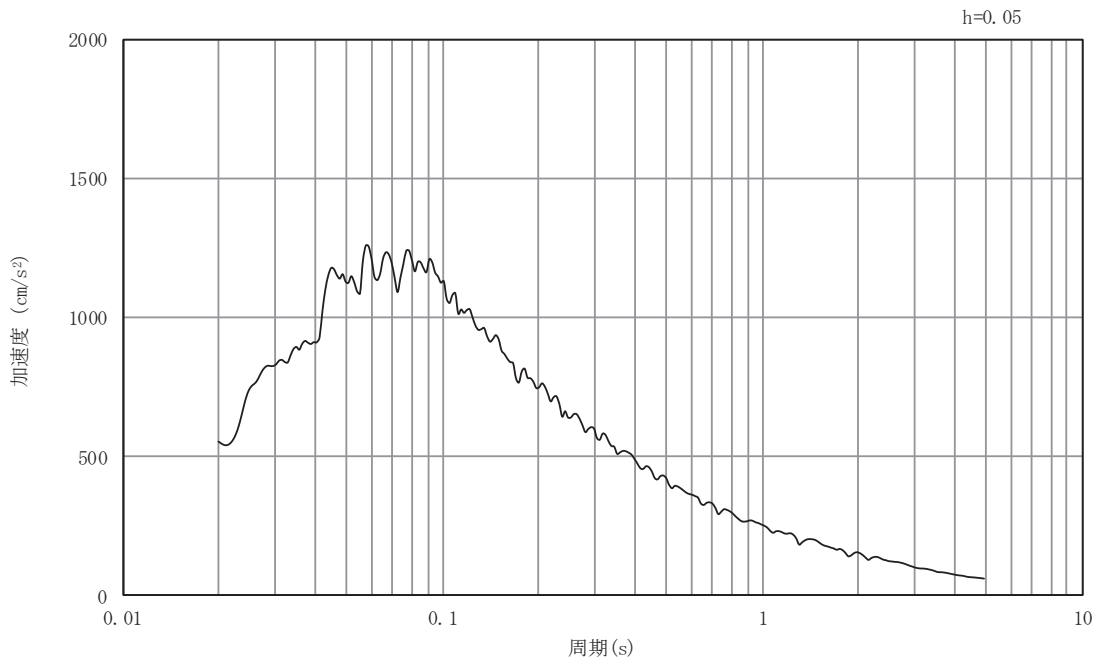


(b) 加速度応答スペクトル

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
断面③
(水平成分：S s - D 3)

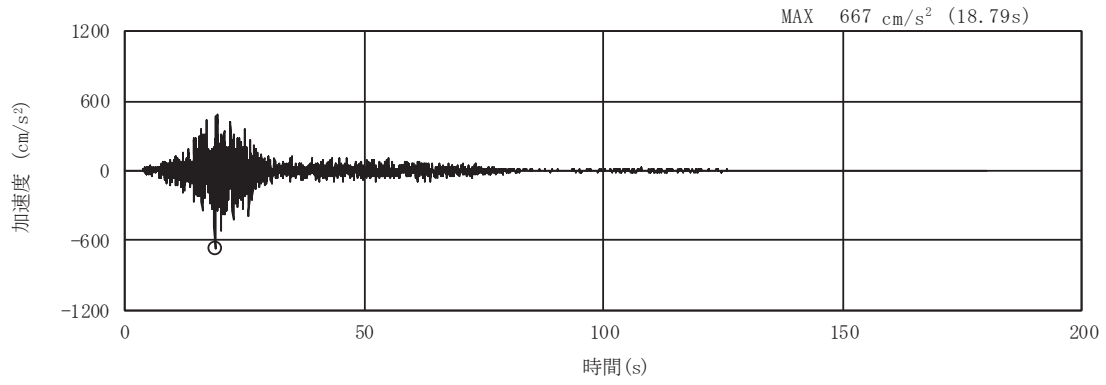


(a) 加速度時刻歴波形

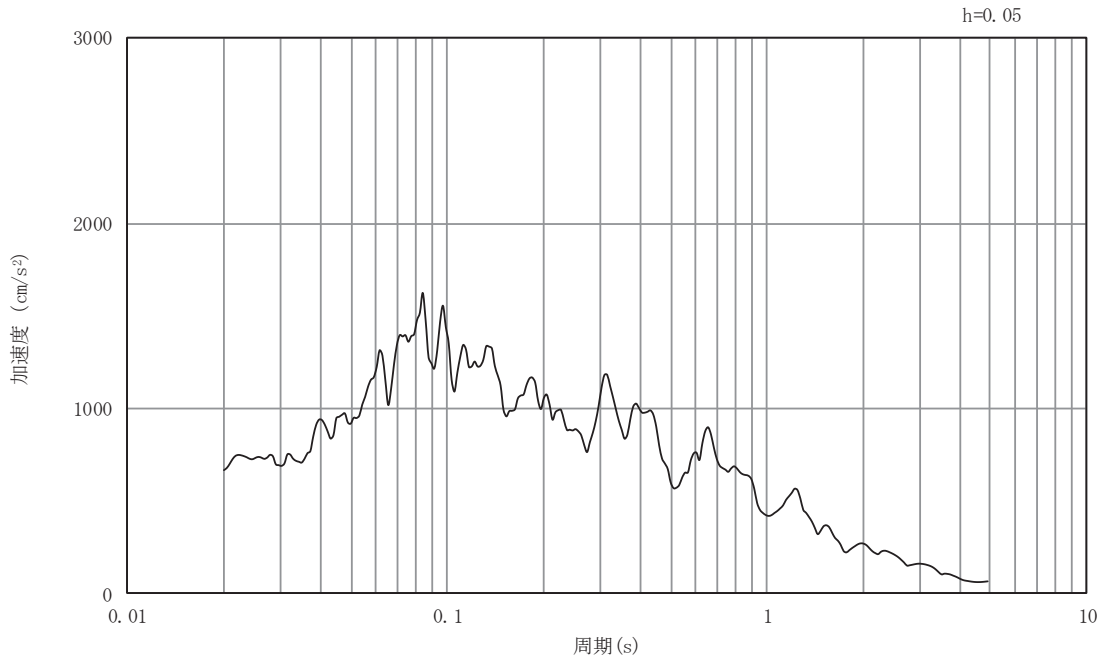


(b) 加速度応答スペクトル

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
断面③
(鉛直成分：S s - D 3)

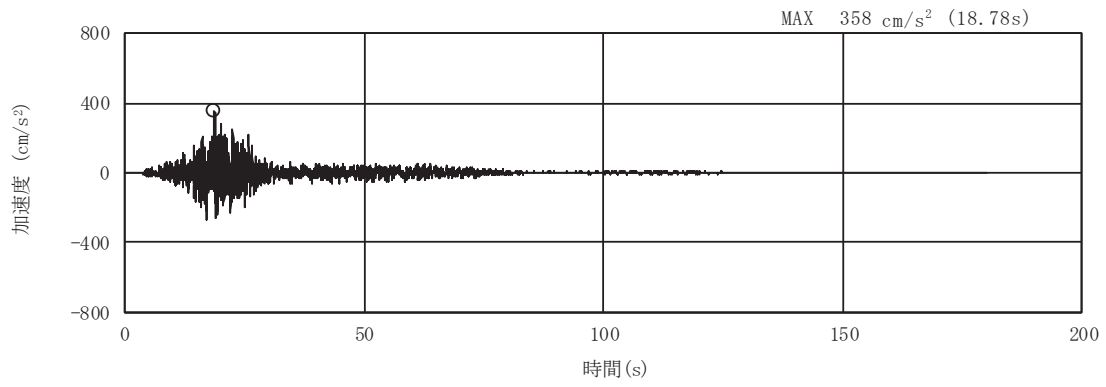


(a) 加速度時刻歴波形

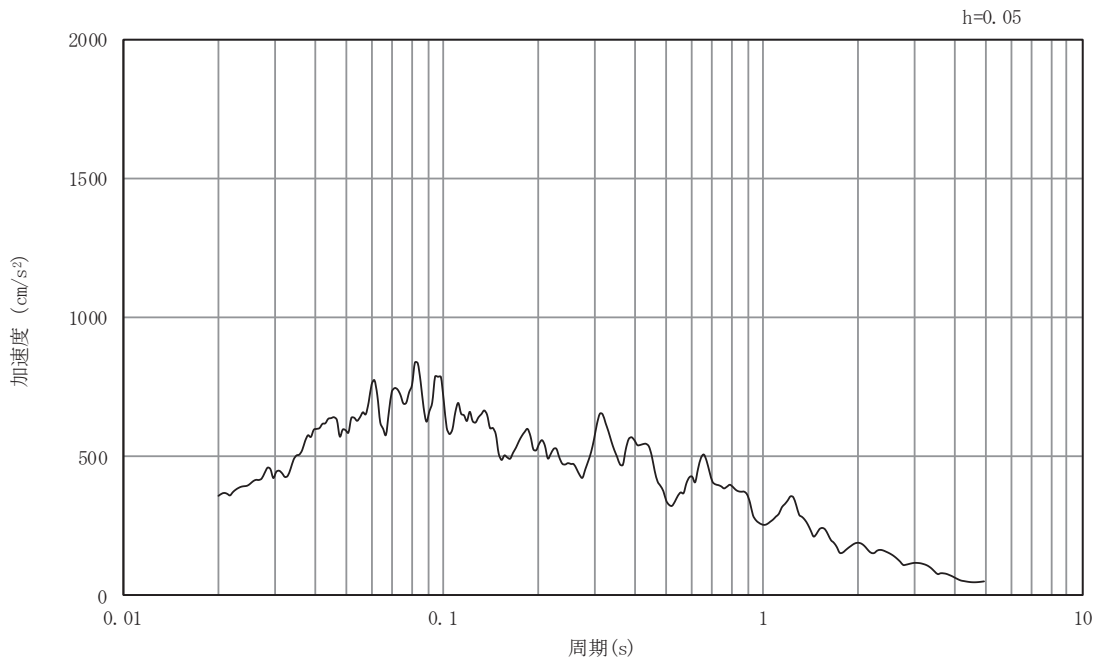


(b) 加速度応答スペクトル

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
断面③
(水平成分：S s - F 1)

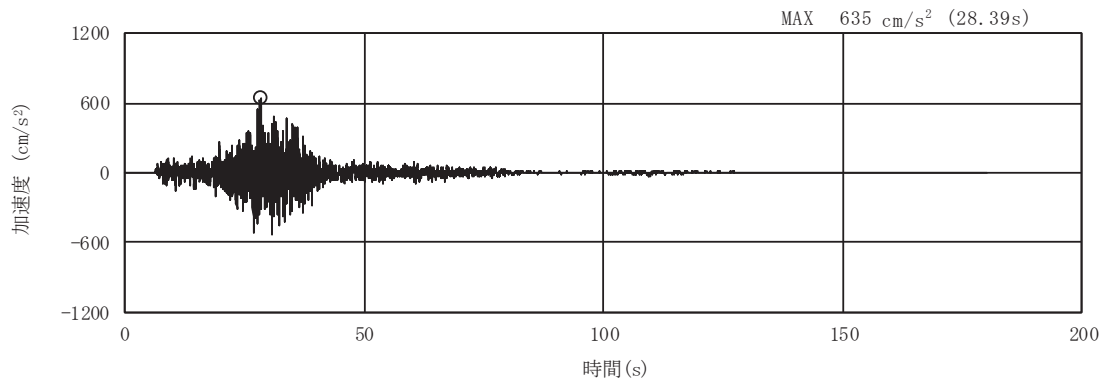


(a) 加速度時刻歴波形

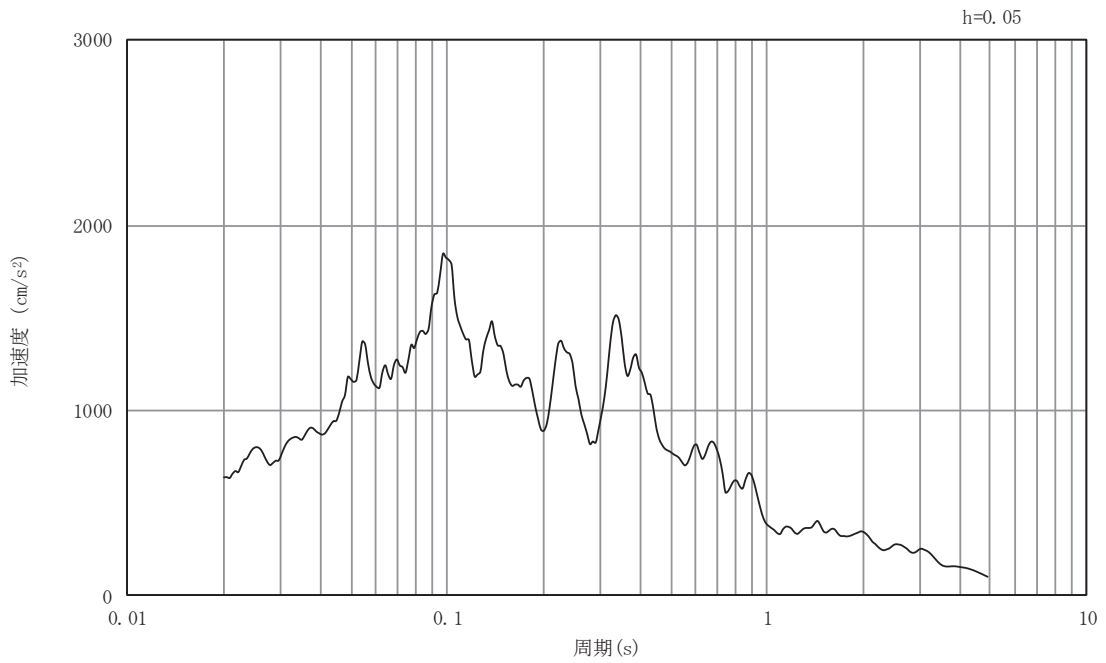


(b) 加速度応答スペクトル

図3-35 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
断面③
(鉛直成分：S s - F 1)

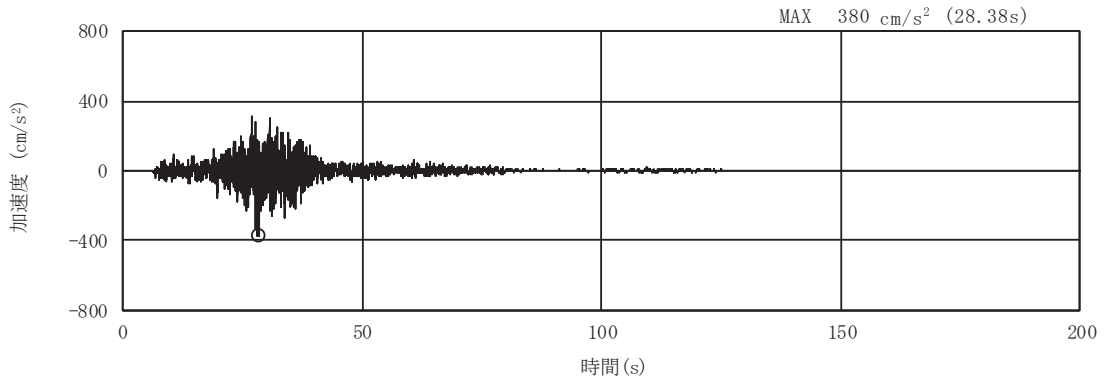


(a) 加速度時刻歴波形

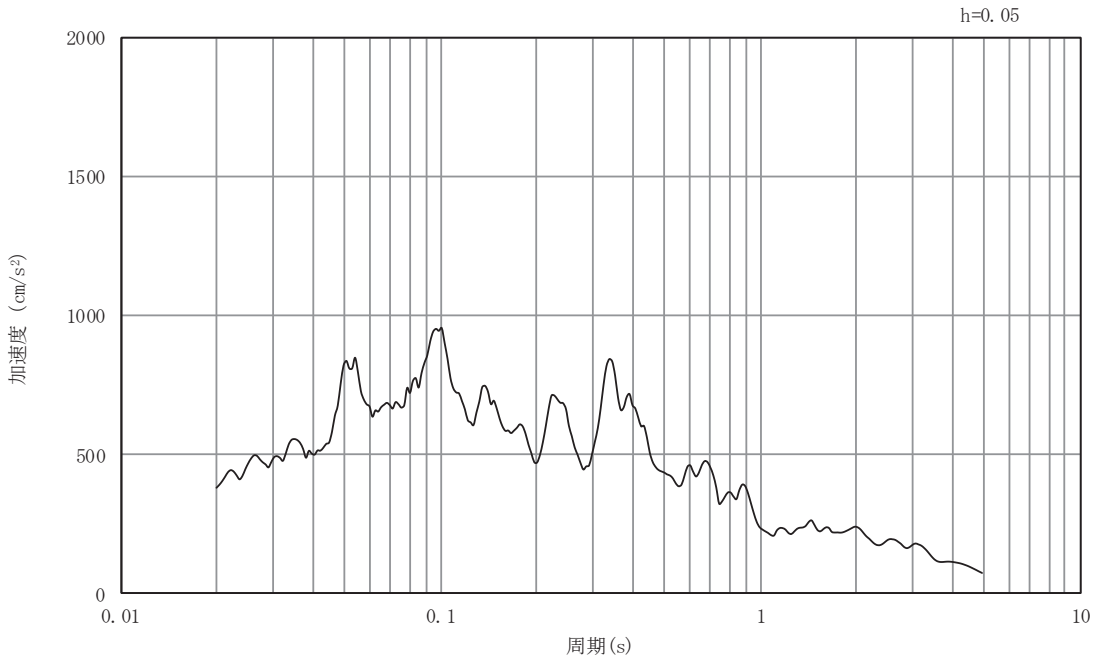


(b) 加速度応答スペクトル

図3-36 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
断面③
(水平成分：S s - F 2)

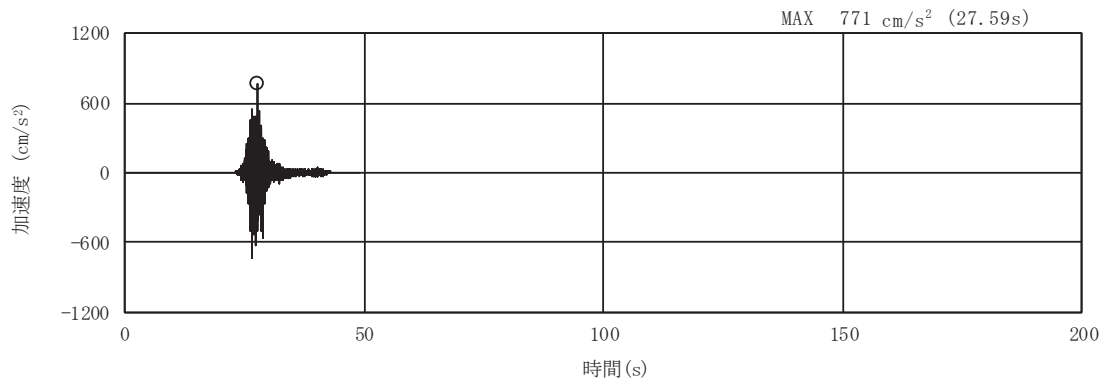


(a) 加速度時刻歴波形

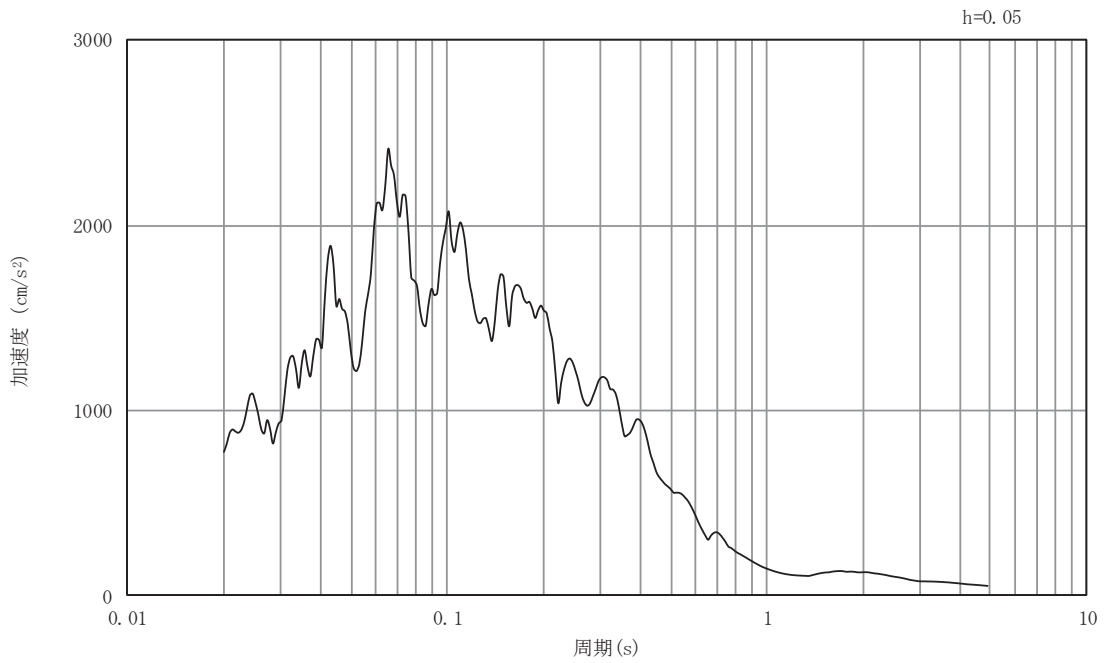


(b) 加速度応答スペクトル

図3-37 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
断面③
(鉛直成分：S s - F 2)

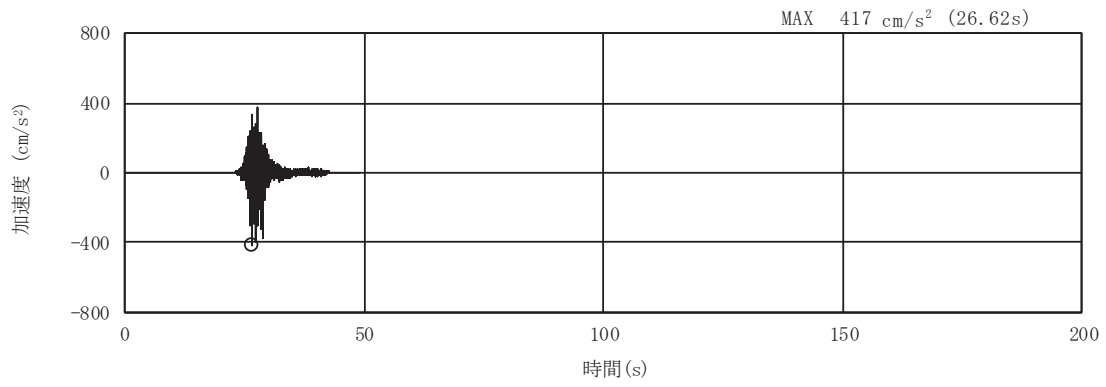


(a) 加速度時刻歴波形

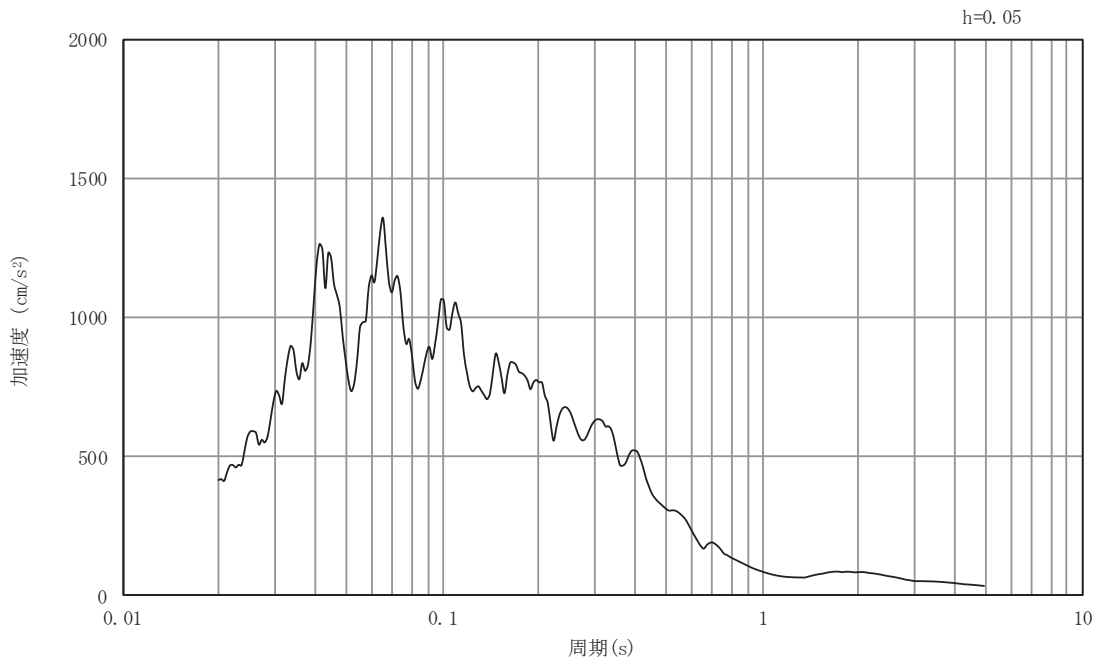


(b) 加速度応答スペクトル

図3-38 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
断面③
(水平成分：S s - F 3)

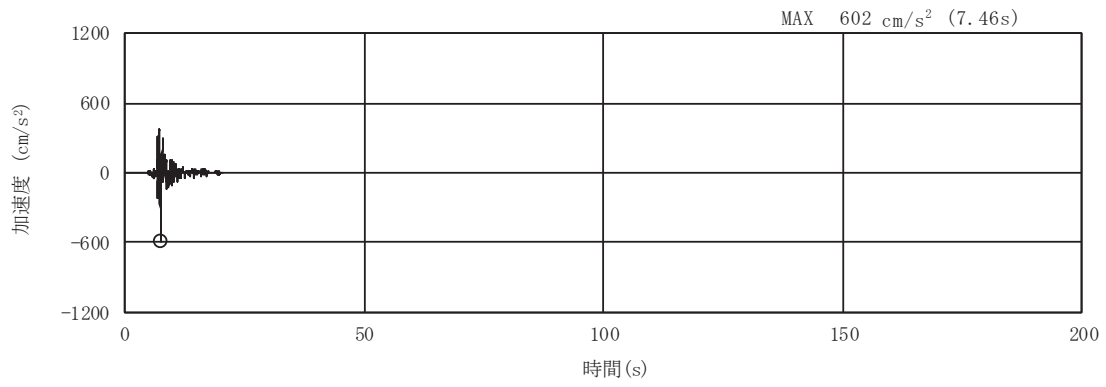


(a) 加速度時刻歴波形

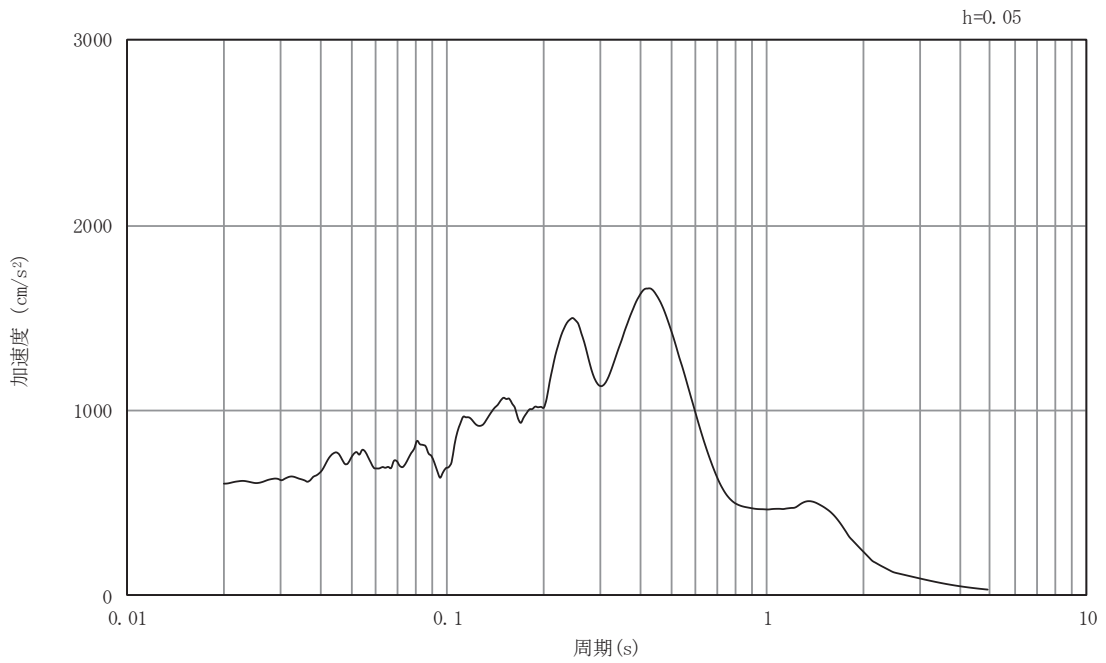


(b) 加速度応答スペクトル

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
断面③
(鉛直成分：S s - F 3)

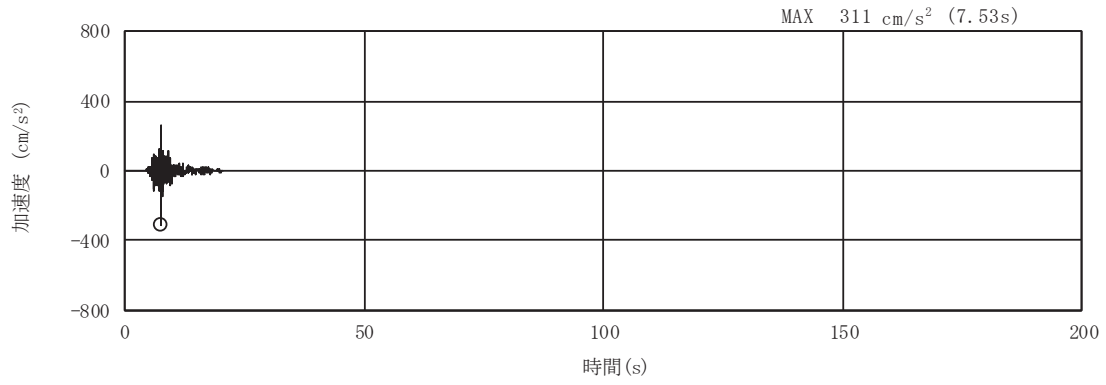


(a) 加速度時刻歴波形

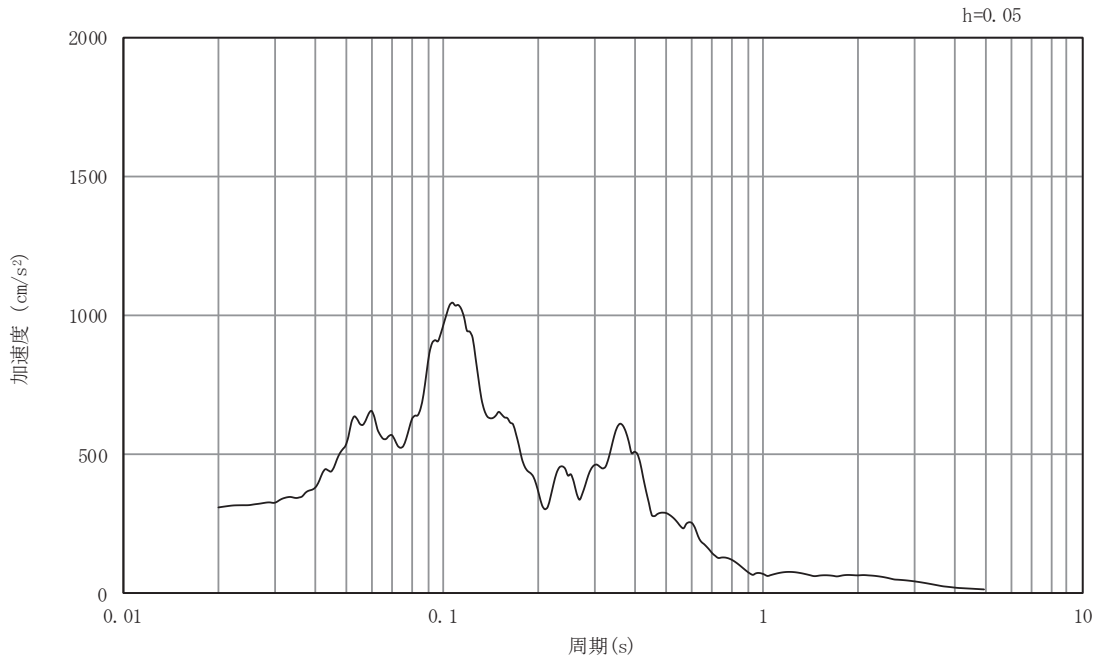


(b) 加速度応答スペクトル

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
断面③
(水平成分：S s - N 1)

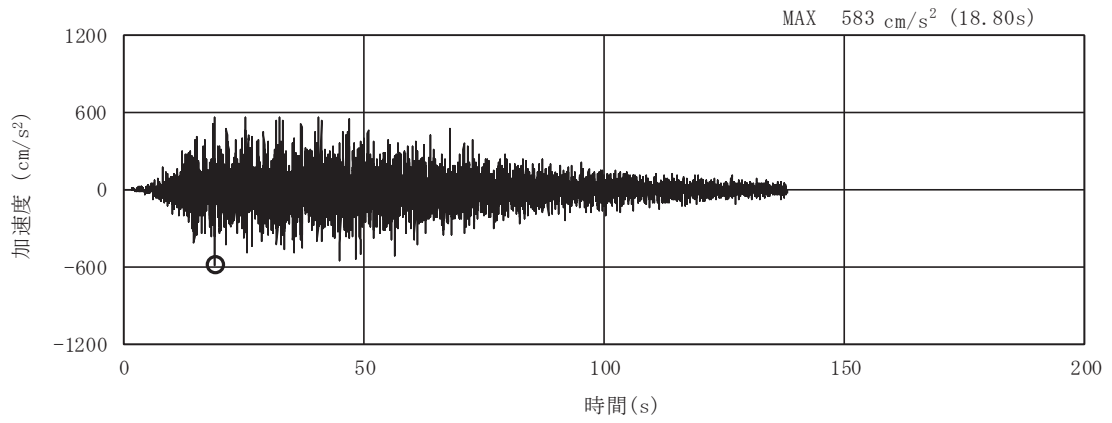


(a) 加速度時刻歴波形

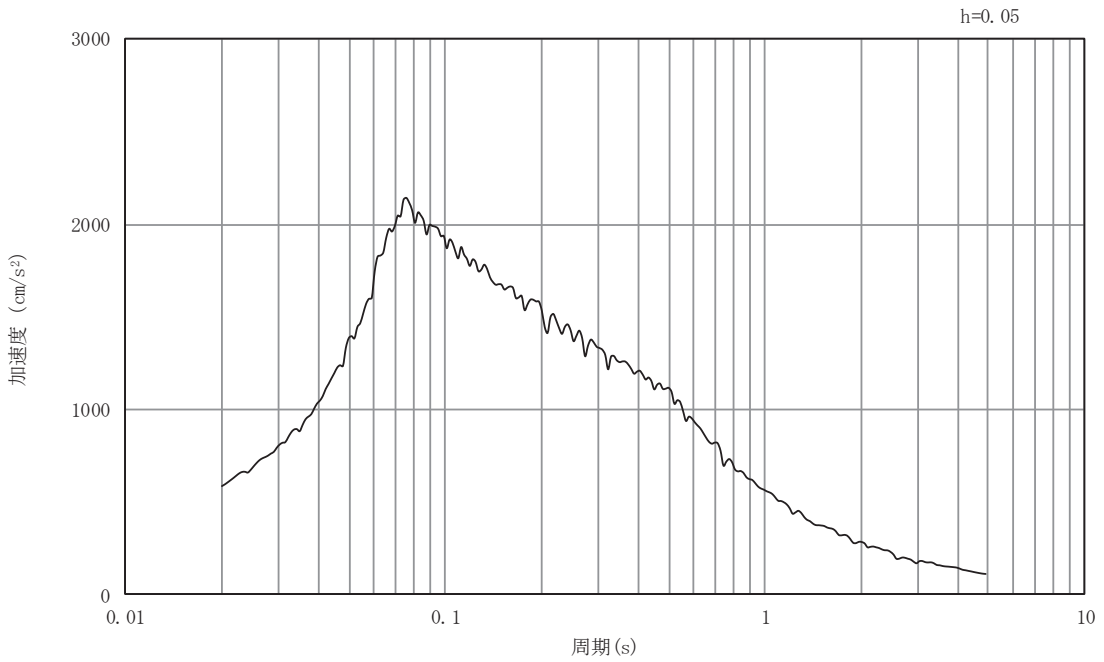


(b) 加速度応答スペクトル

図3-41 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
断面③
(鉛直成分：S s - N 1)

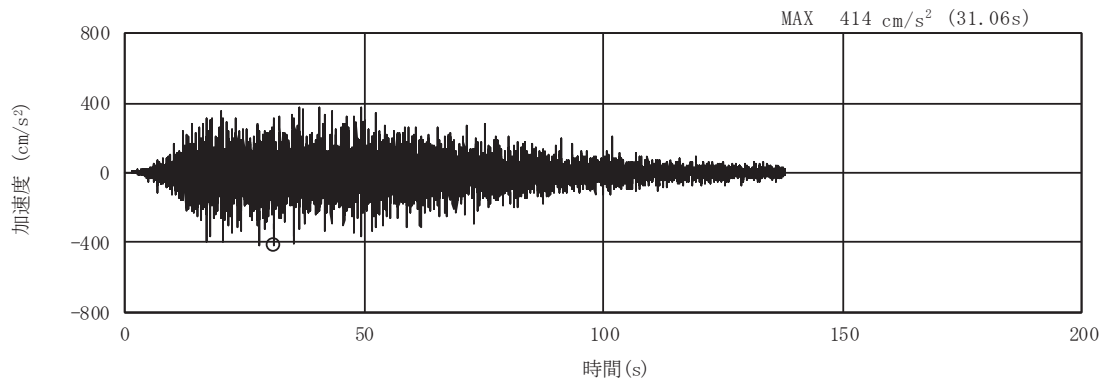


(a) 加速度時刻歴波形

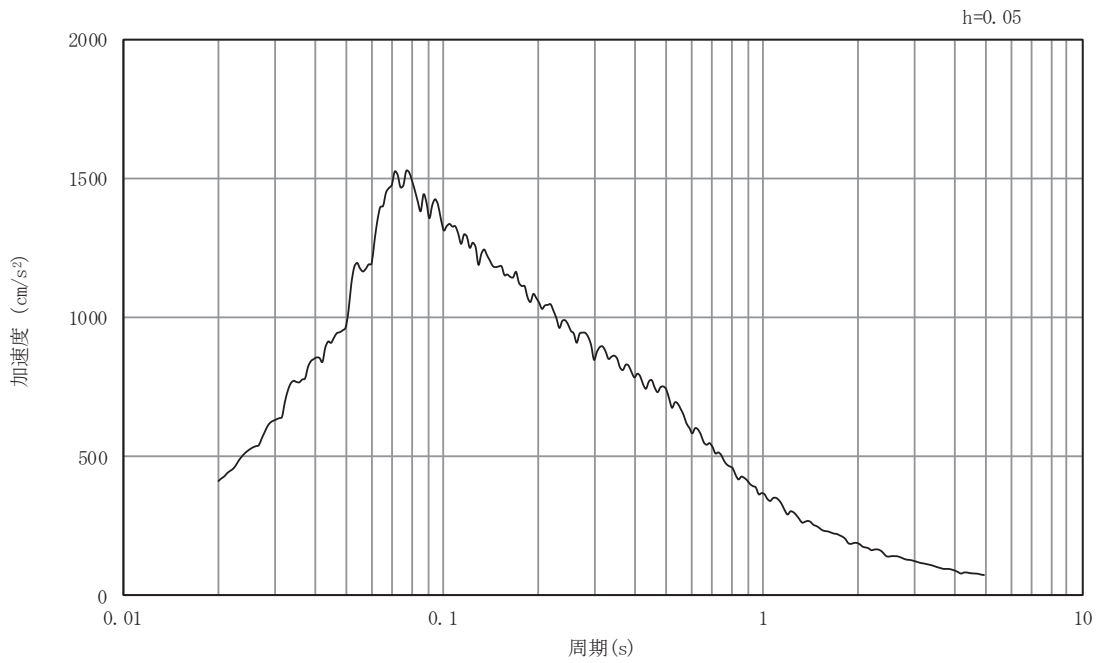


(b) 加速度応答スペクトル

図3-42 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
断面④
(水平成分：S s - D1)

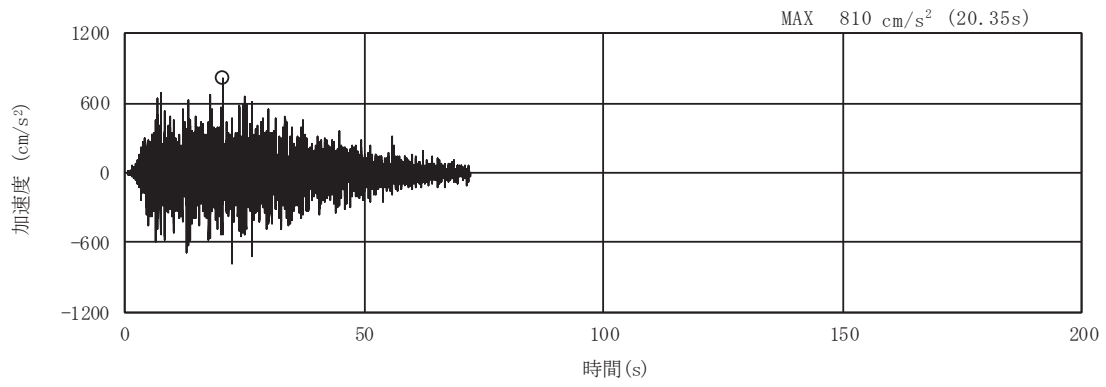


(a) 加速度時刻歴波形

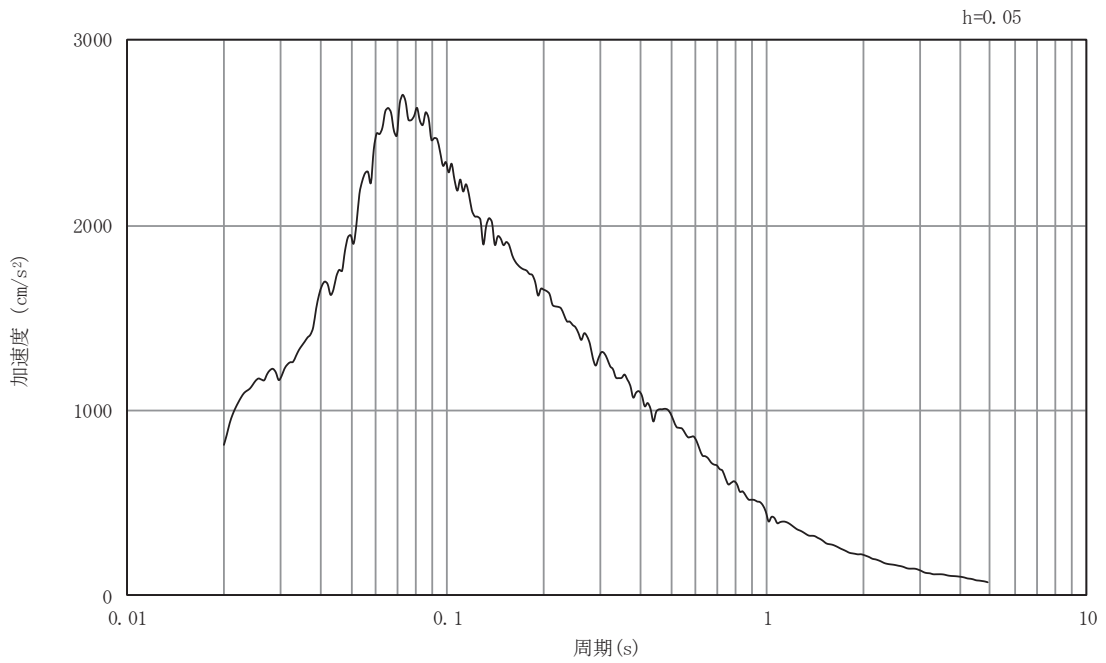


(b) 加速度応答スペクトル

図3-43 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
断面④
(鉛直成分：S s - D 1)

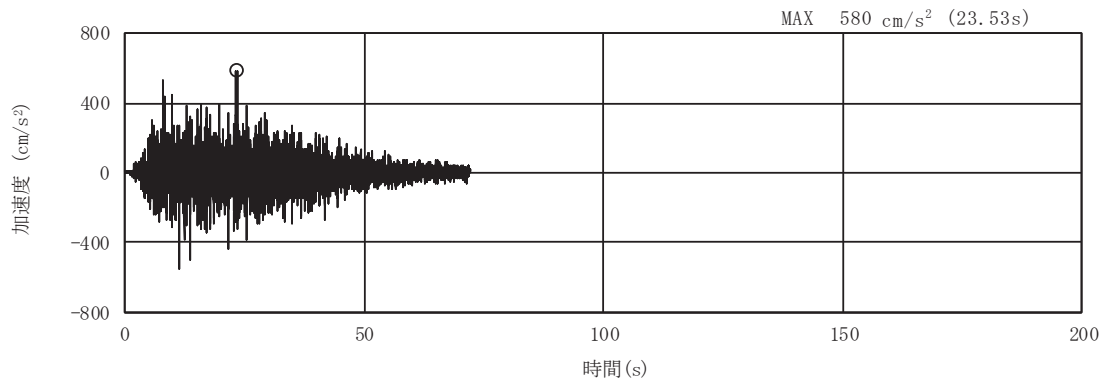


(a) 加速度時刻歴波形

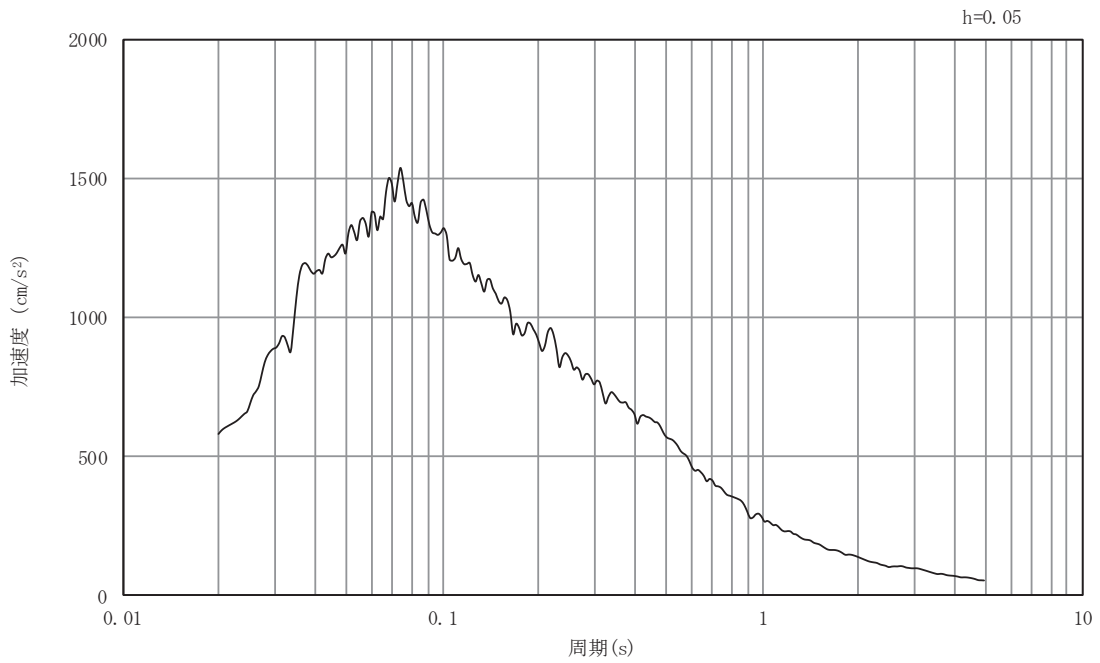


(b) 加速度応答スペクトル

図3-44 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
断面④
(水平成分：S s - D 2)

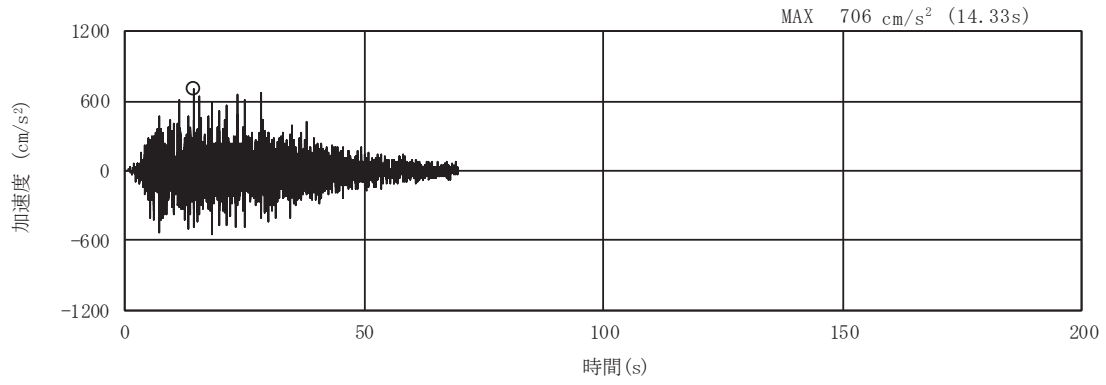


(a) 加速度時刻歴波形

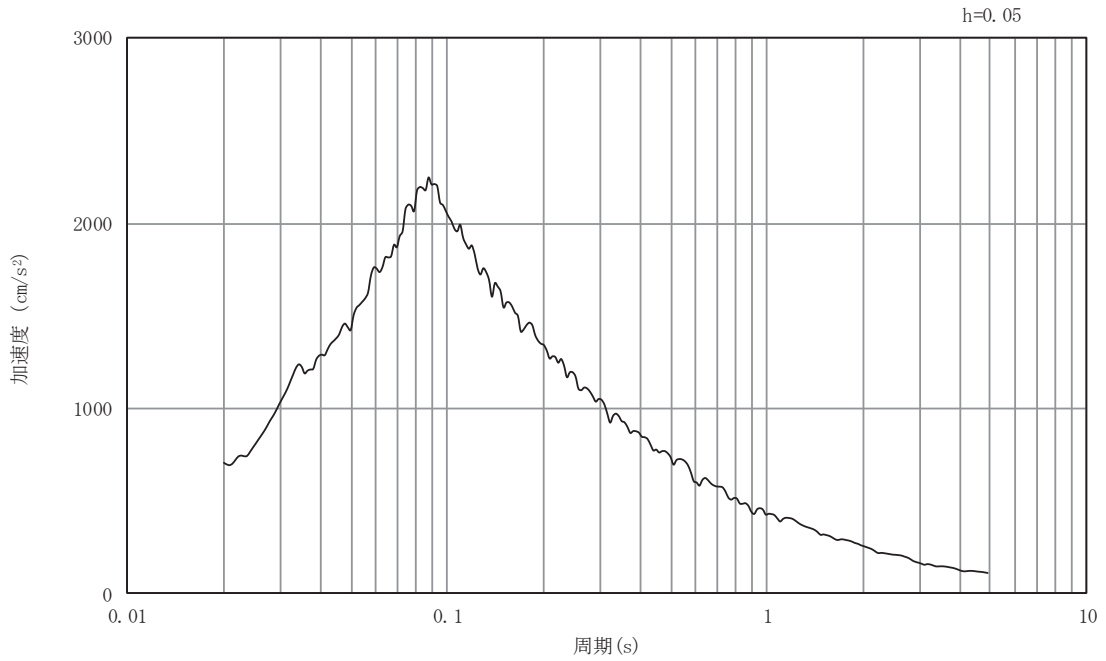


(b) 加速度応答スペクトル

図3-45 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
断面④
(鉛直成分：S s - D 2)

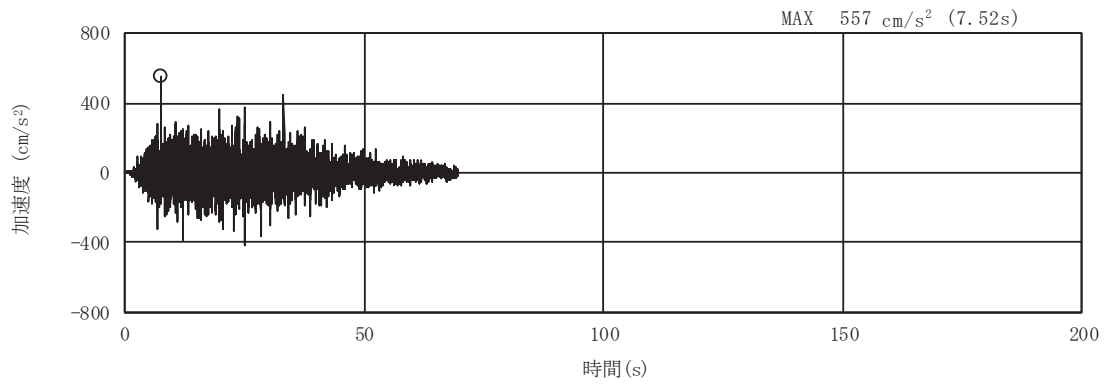


(a) 加速度時刻歴波形

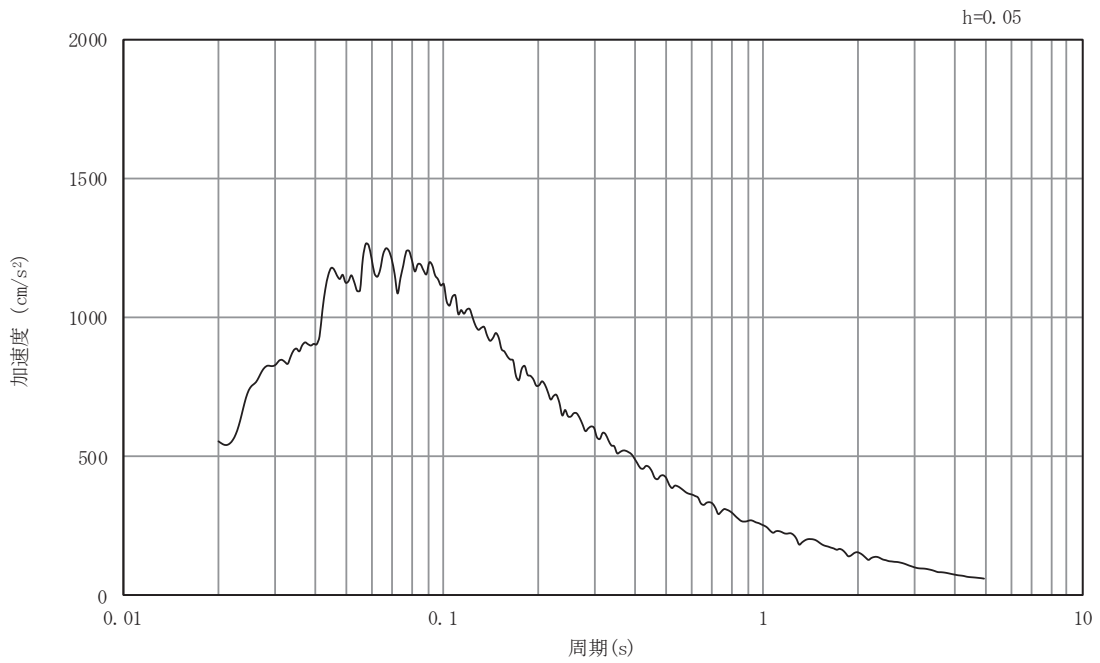


(b) 加速度応答スペクトル

図3-46 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
断面④
(水平成分：S s - D 3)

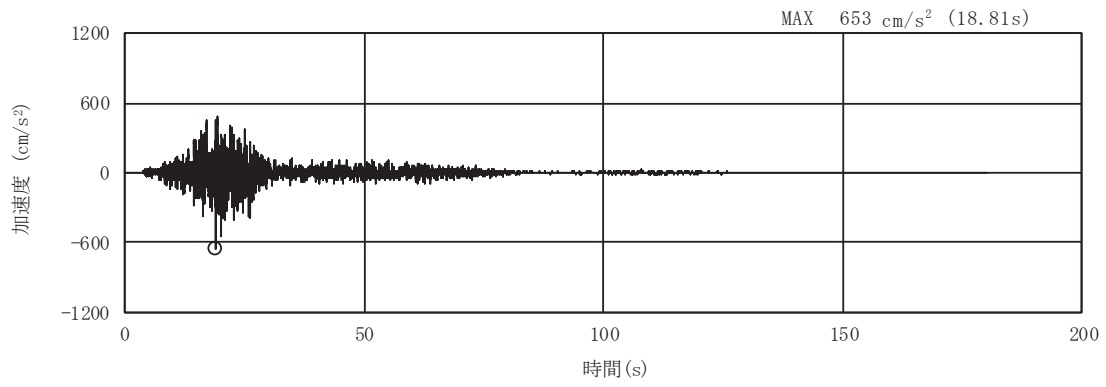


(a) 加速度時刻歴波形

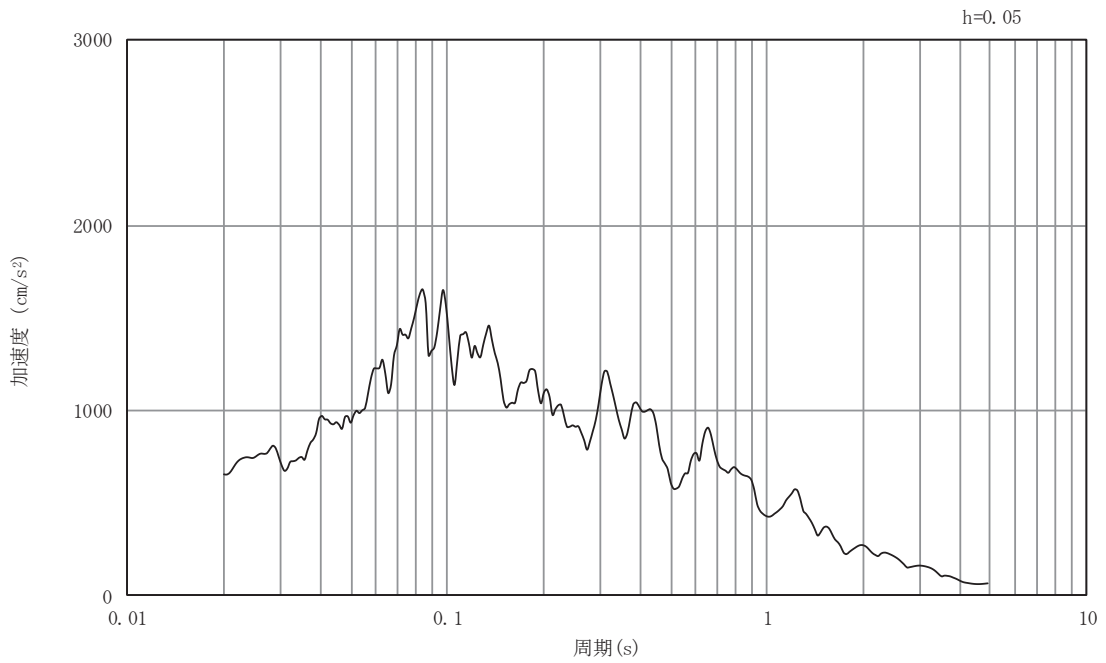


(b) 加速度応答スペクトル

図3-47 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
断面④
(鉛直成分：S s - D 3)

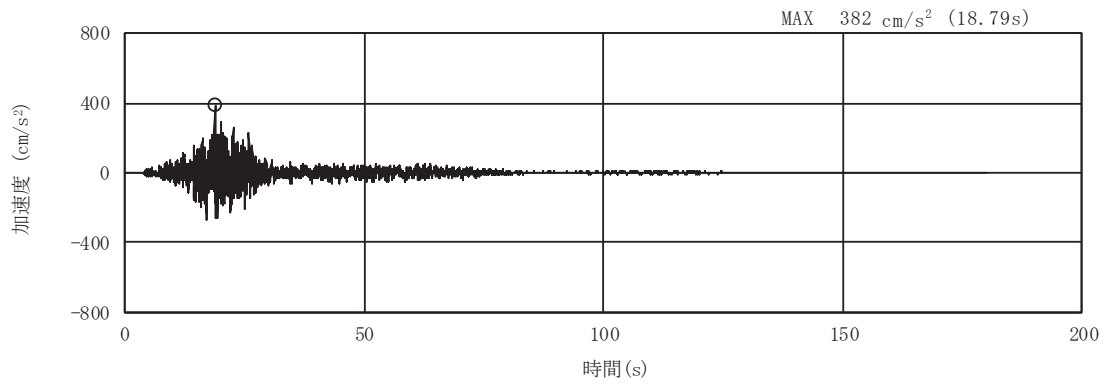


(a) 加速度時刻歴波形

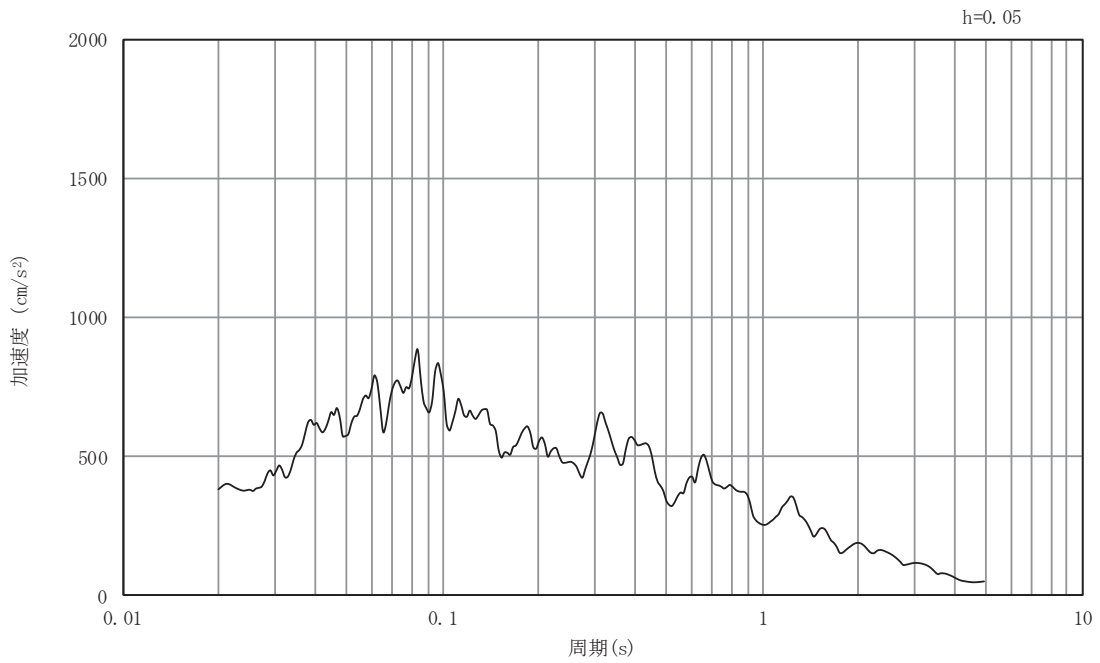


(b) 加速度応答スペクトル

図3-48 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
断面④
(水平成分：S s - F 1)

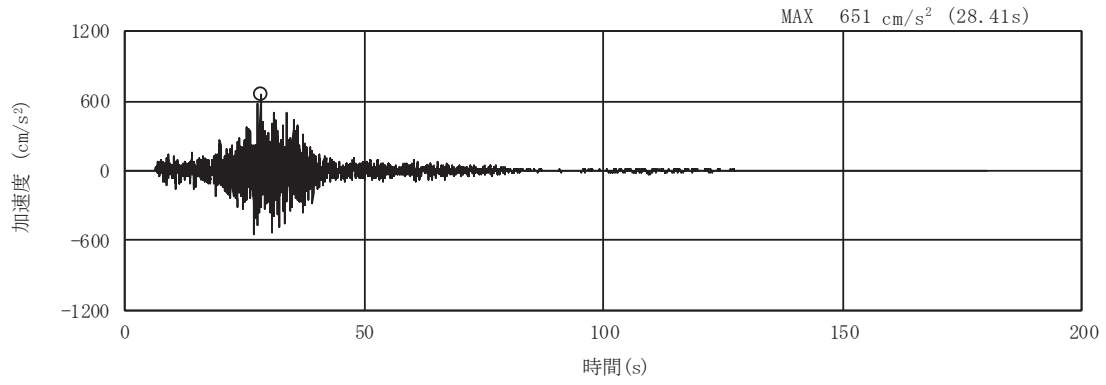


(a) 加速度時刻歴波形

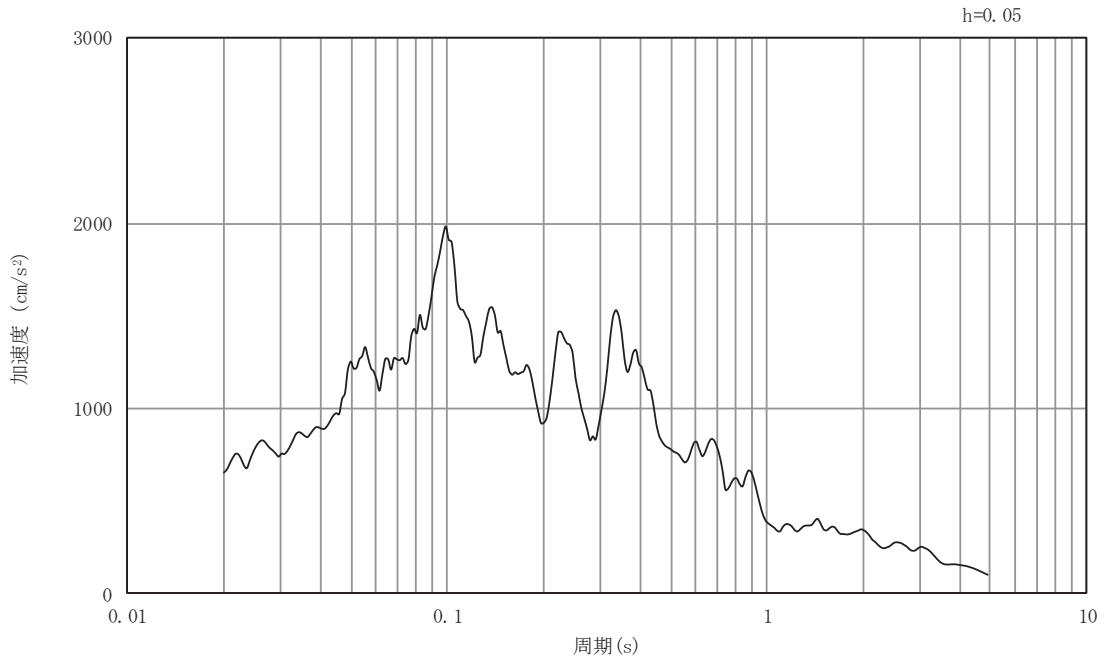


(b) 加速度応答スペクトル

図3-49 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
断面④
(鉛直成分：S s - F 1)

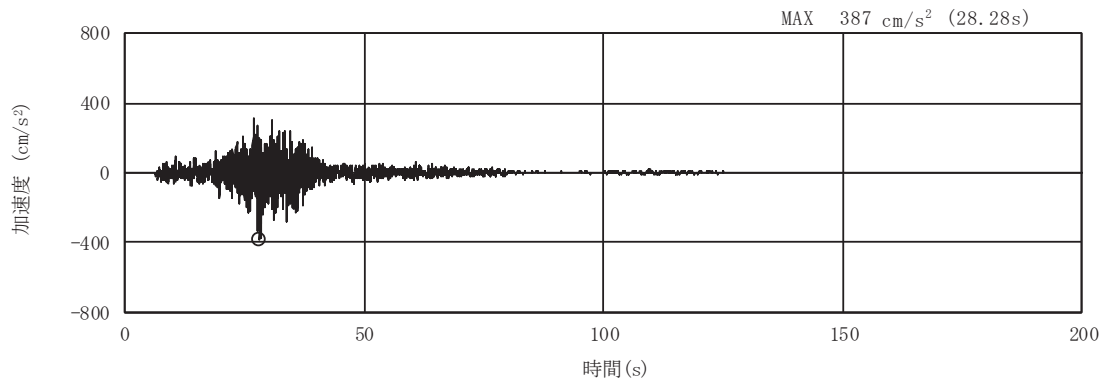


(a) 加速度時刻歴波形

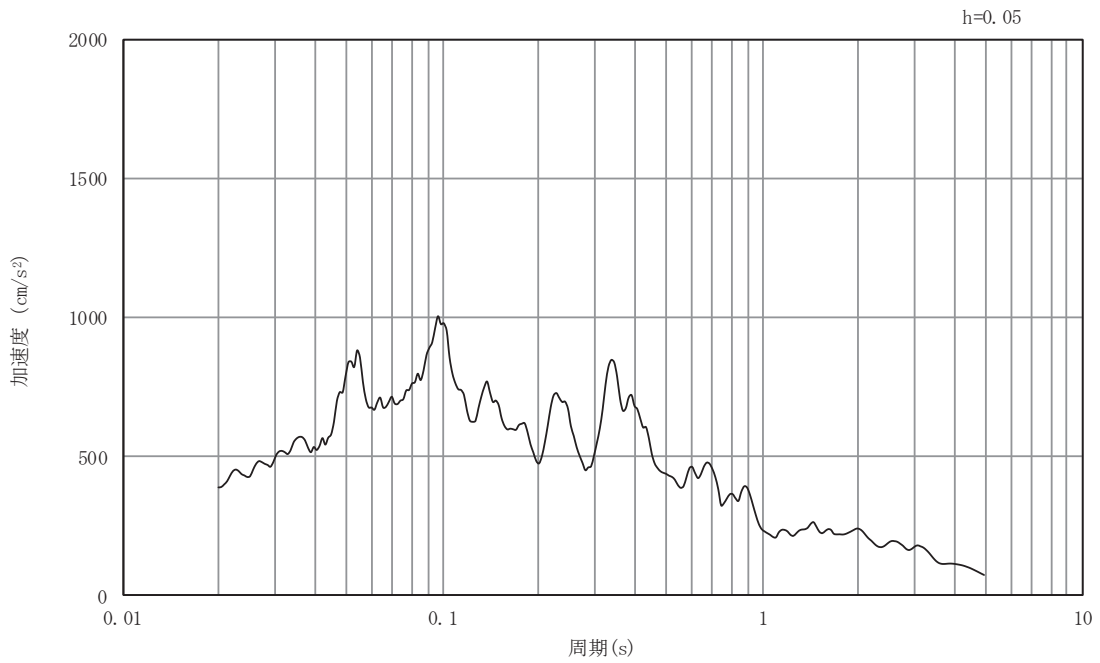


(b) 加速度応答スペクトル

図3-50 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
断面④
(水平成分：S s - F 2)

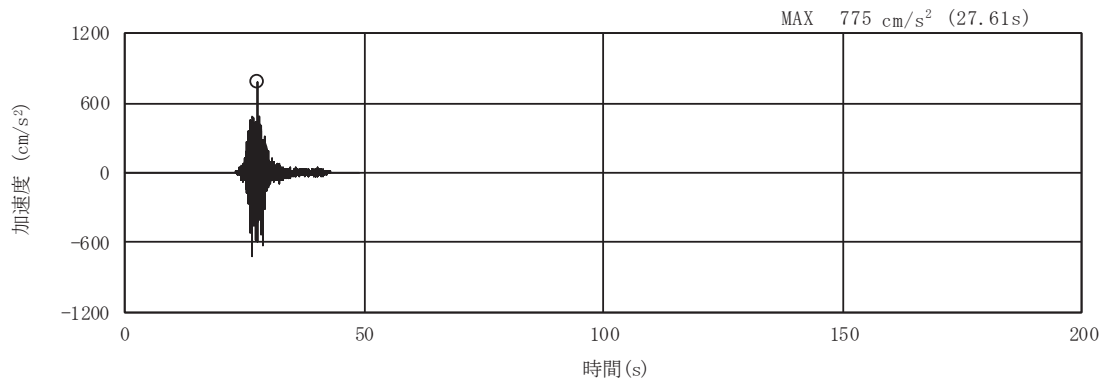


(a) 加速度時刻歴波形

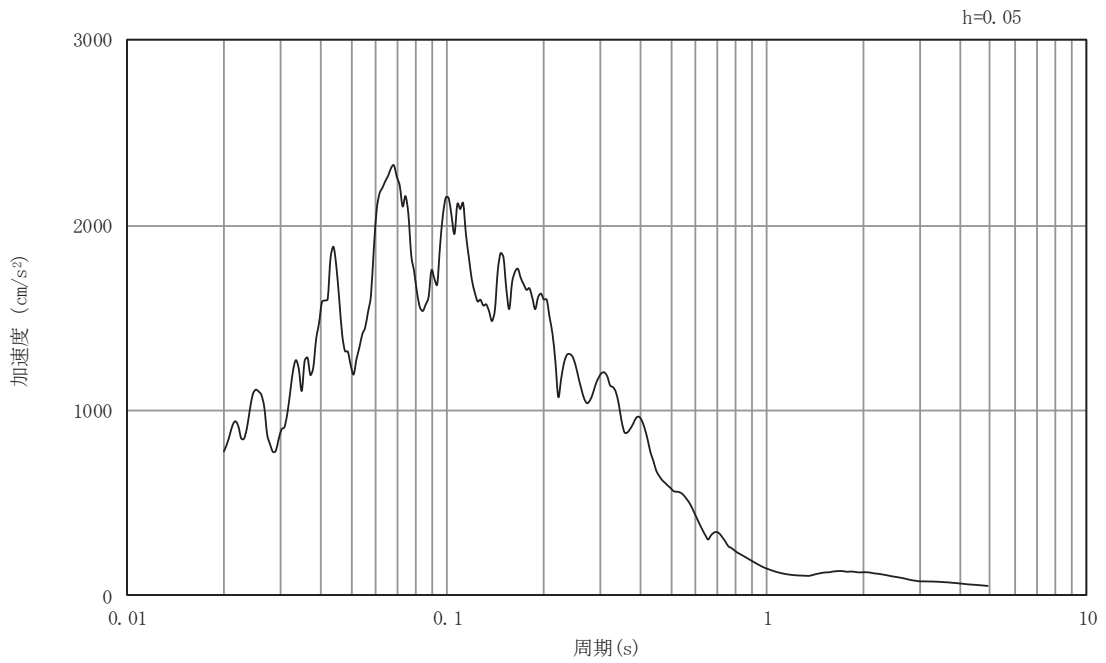


(b) 加速度応答スペクトル

図3-51 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
断面④
(鉛直成分：S s - F 2)

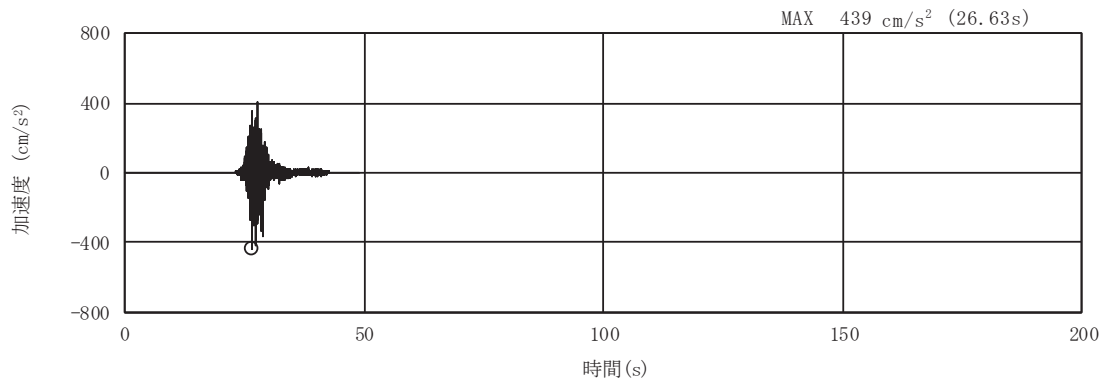


(a) 加速度時刻歴波形

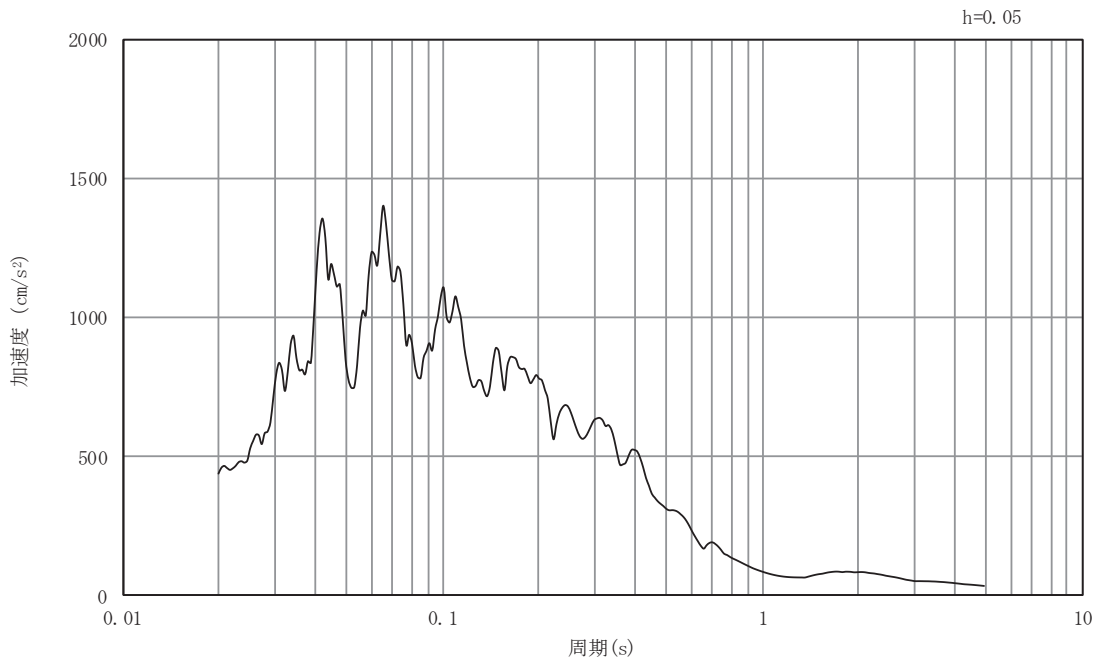


(b) 加速度応答スペクトル

図3-52 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
断面④
(鉛直成分：S s - F 3)

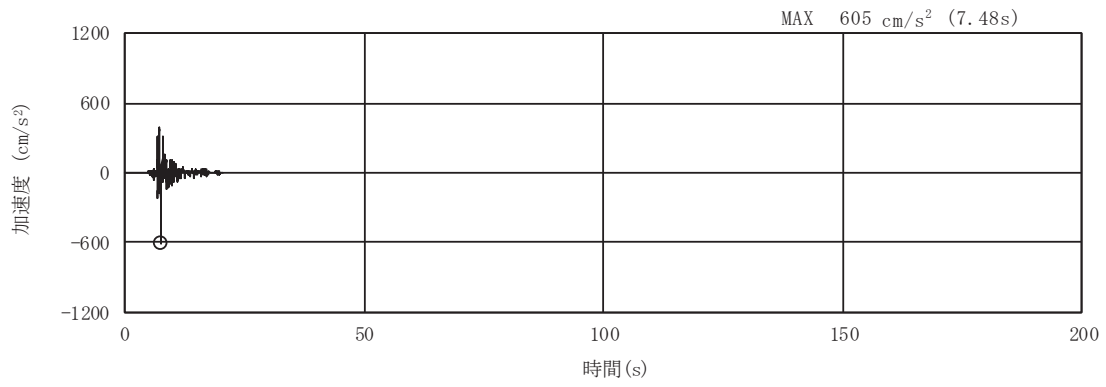


(a) 加速度時刻歴波形

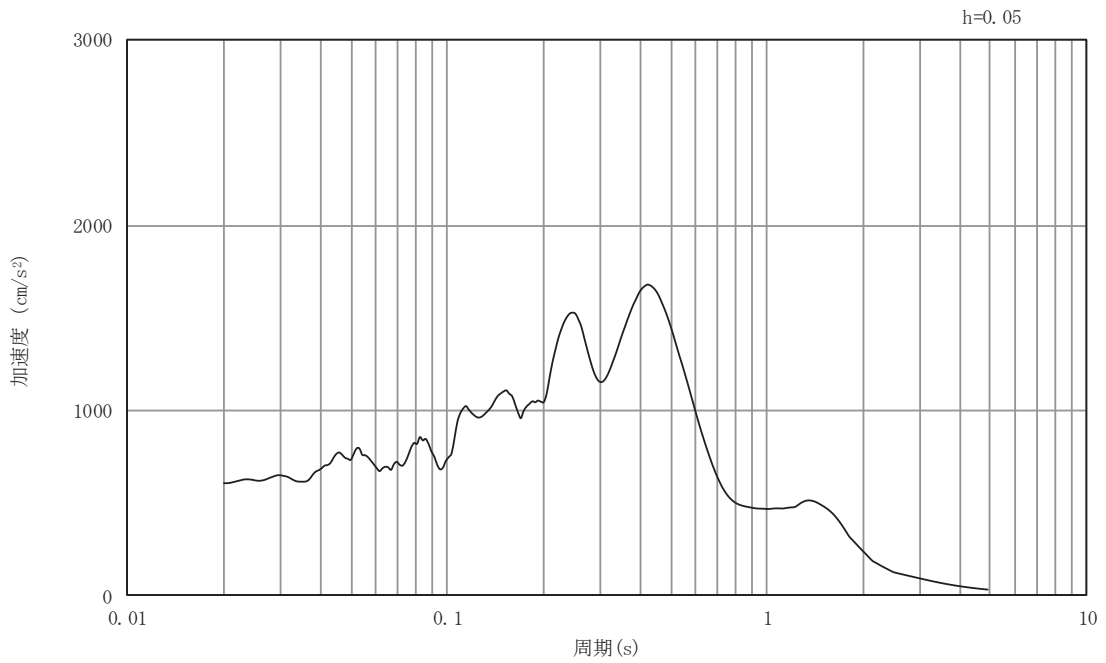


(b) 加速度応答スペクトル

図3-53 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
断面④
(鉛直成分：S s - F 3)

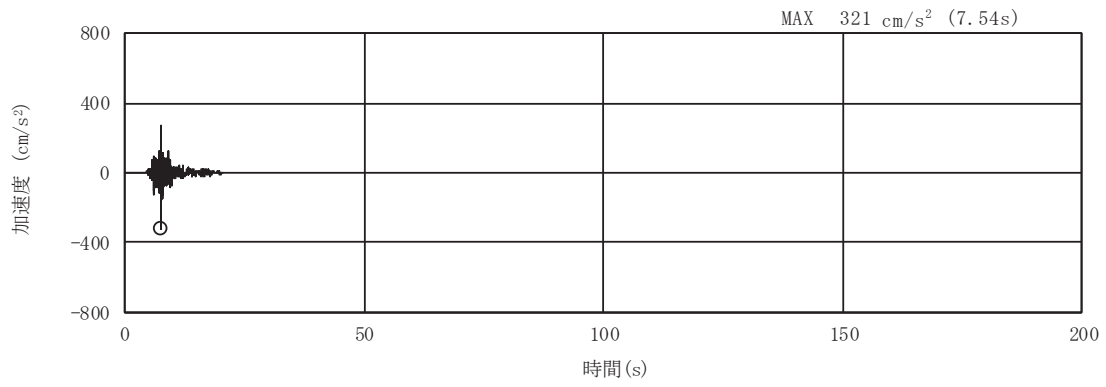


(a) 加速度時刻歴波形

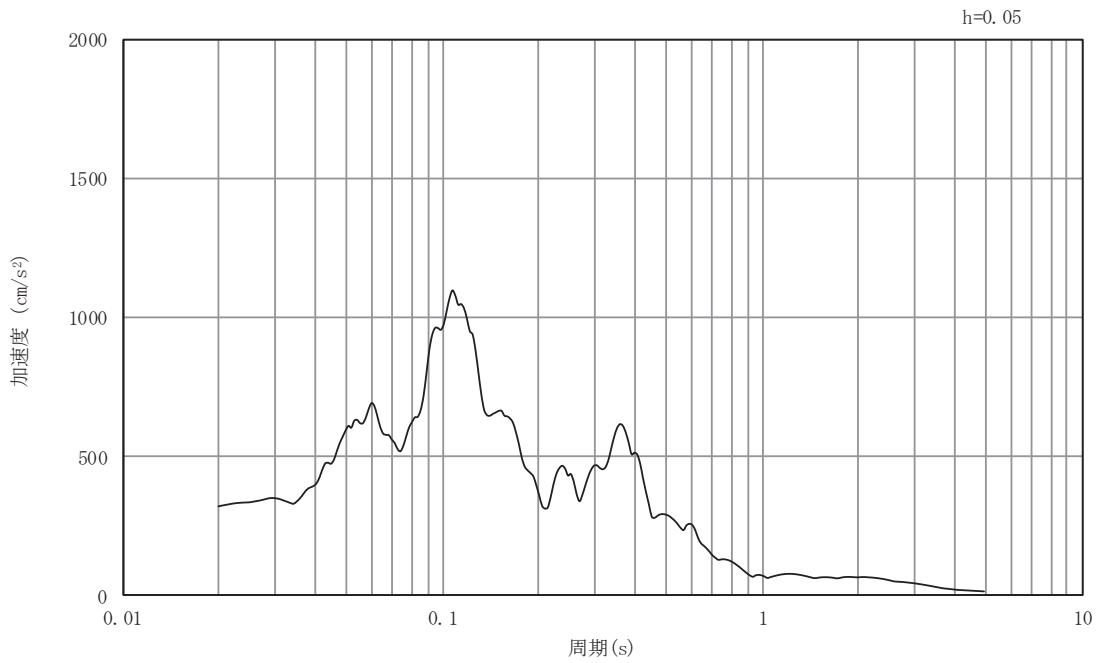


(b) 加速度応答スペクトル

図3-54 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
断面④
(水平成分：S s - N 1)

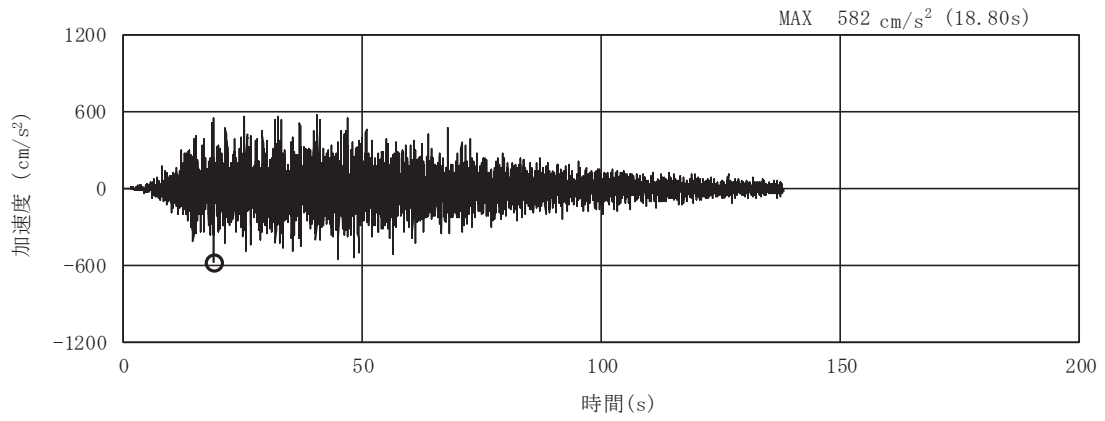


(a) 加速度時刻歴波形

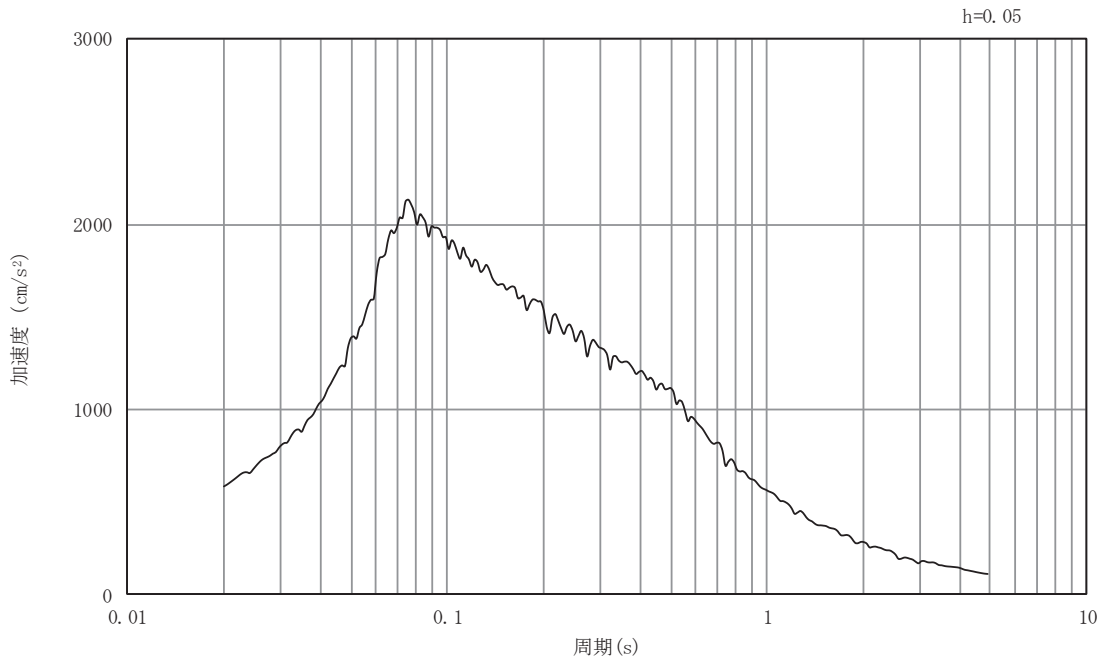


(b) 加速度応答スペクトル

図3-55 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
断面④
(鉛直成分：S s - N 1)

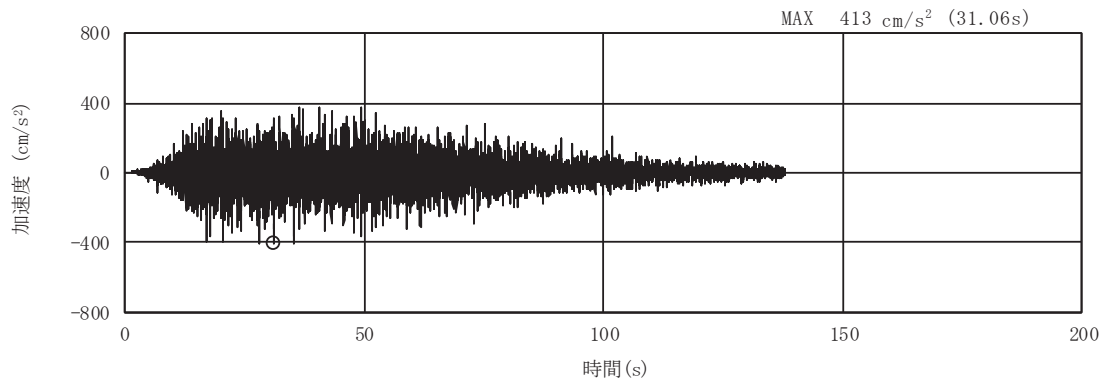


(a) 加速度時刻歴波形

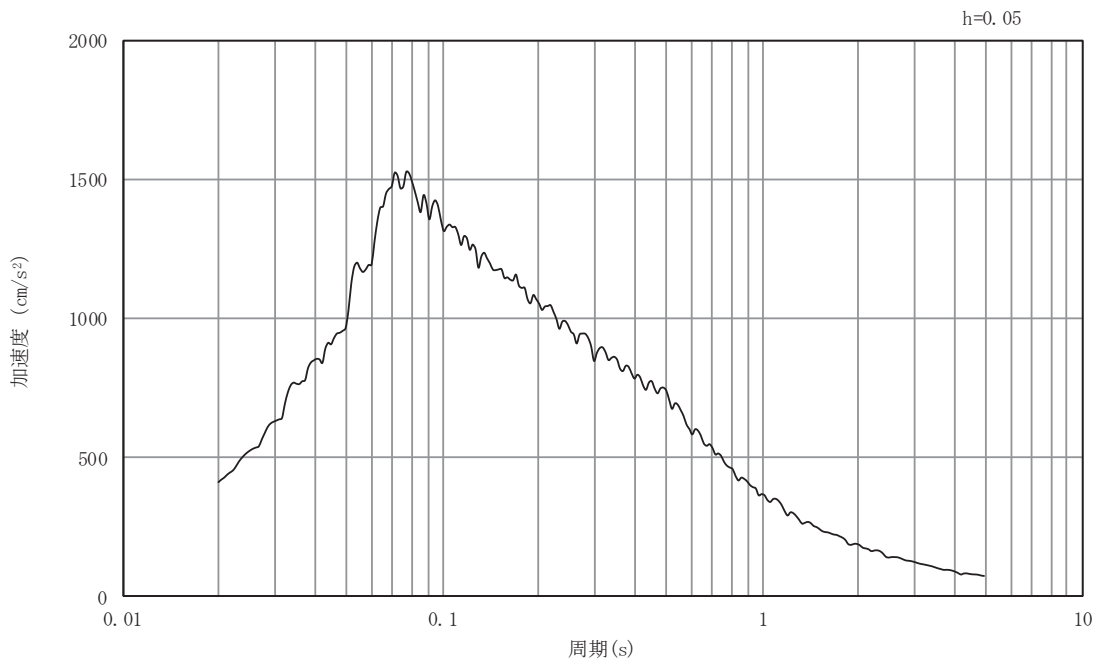


(b) 加速度応答スペクトル

図3-56 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
断面⑤
(水平成分：S s -D 1)

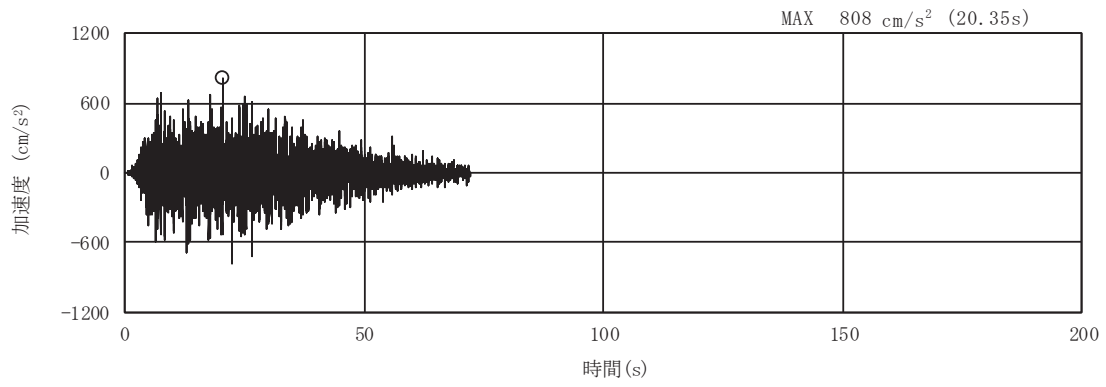


(a) 加速度時刻歴波形

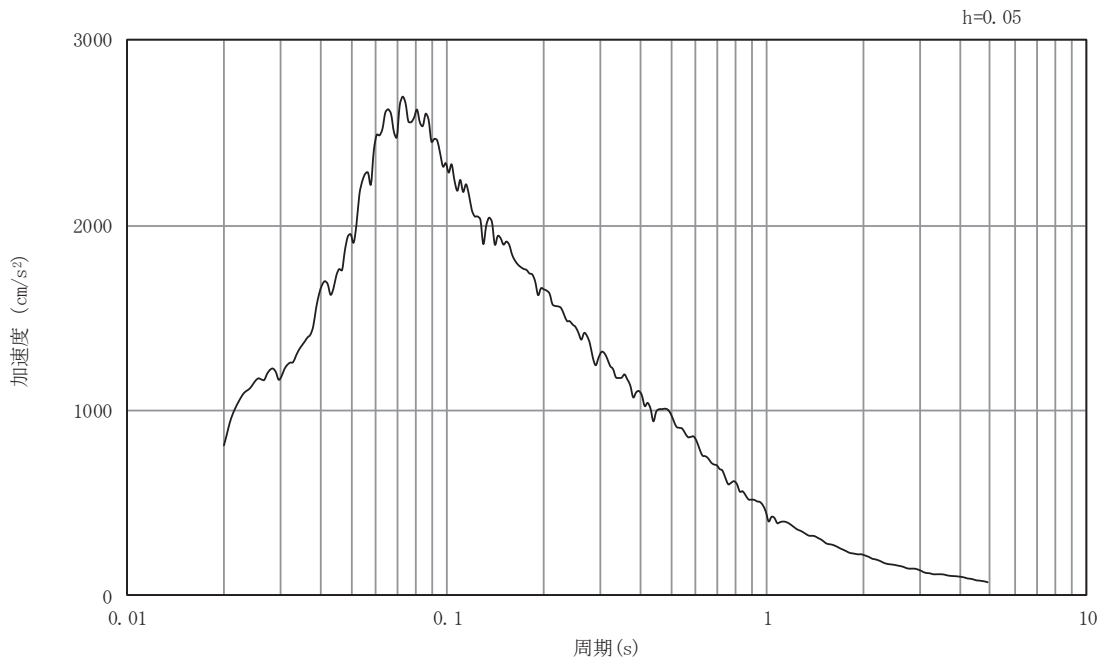


(b) 加速度応答スペクトル

図3-57 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
断面⑤
(鉛直成分：S s - D 1)

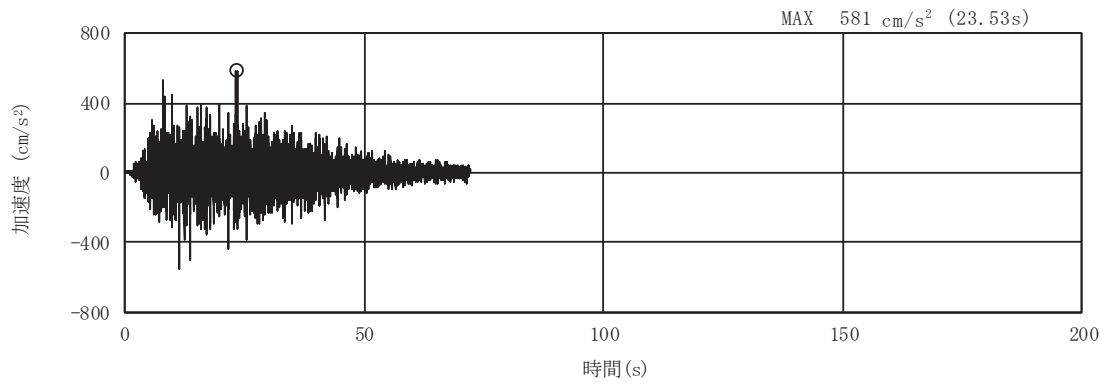


(a) 加速度時刻歴波形

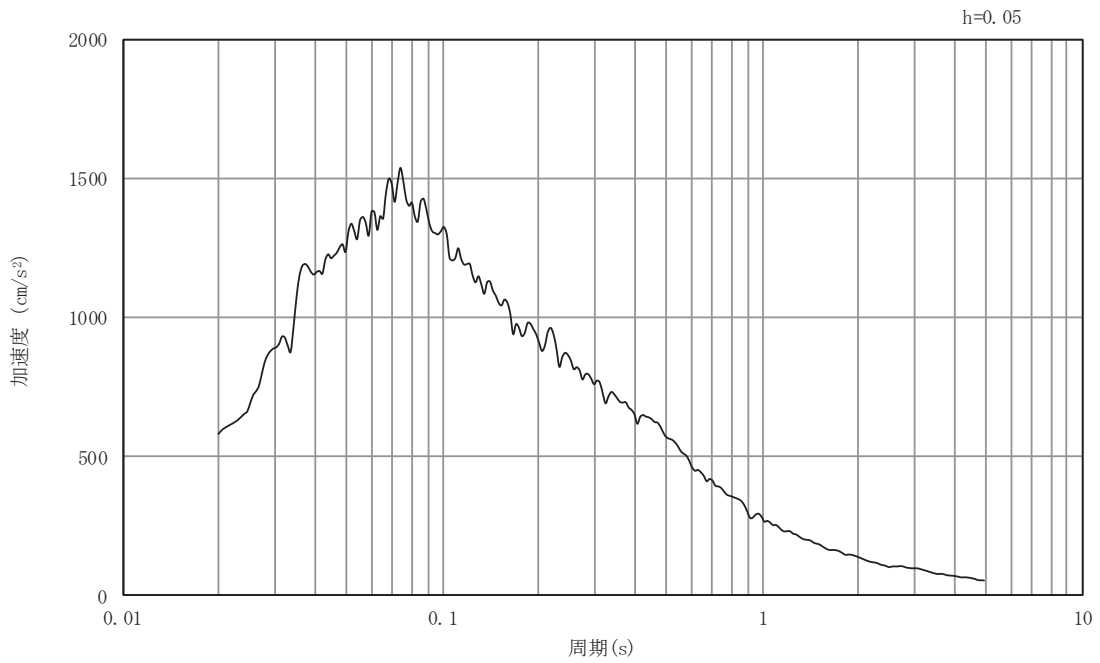


(b) 加速度応答スペクトル

図3-58 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
断面⑤
(水平成分：S s - D 2)

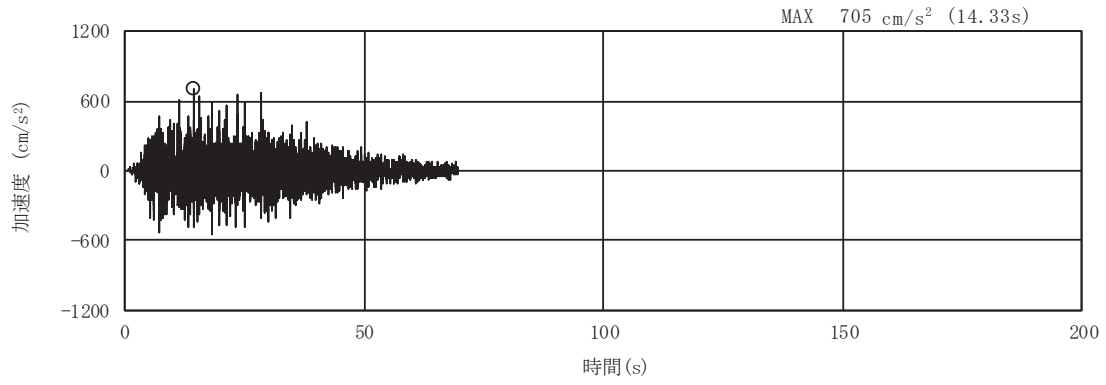


(a) 加速度時刻歴波形

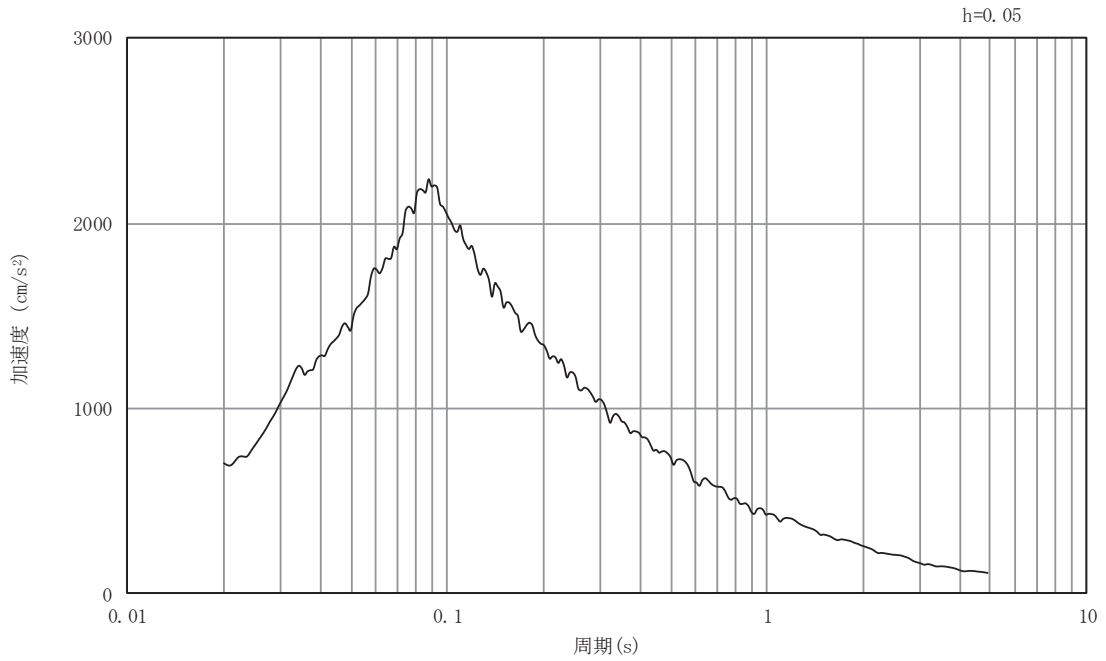


(b) 加速度応答スペクトル

図3-59 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
断面⑤
(鉛直成分：S s - D 2)

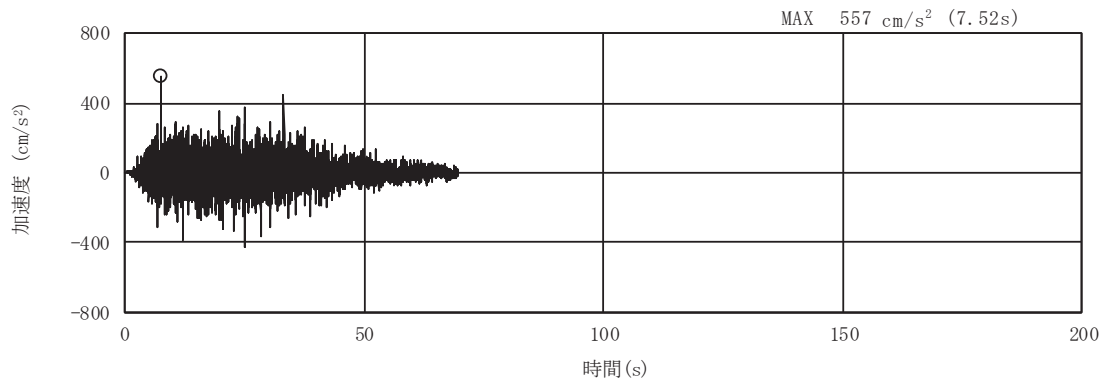


(a) 加速度時刻歴波形

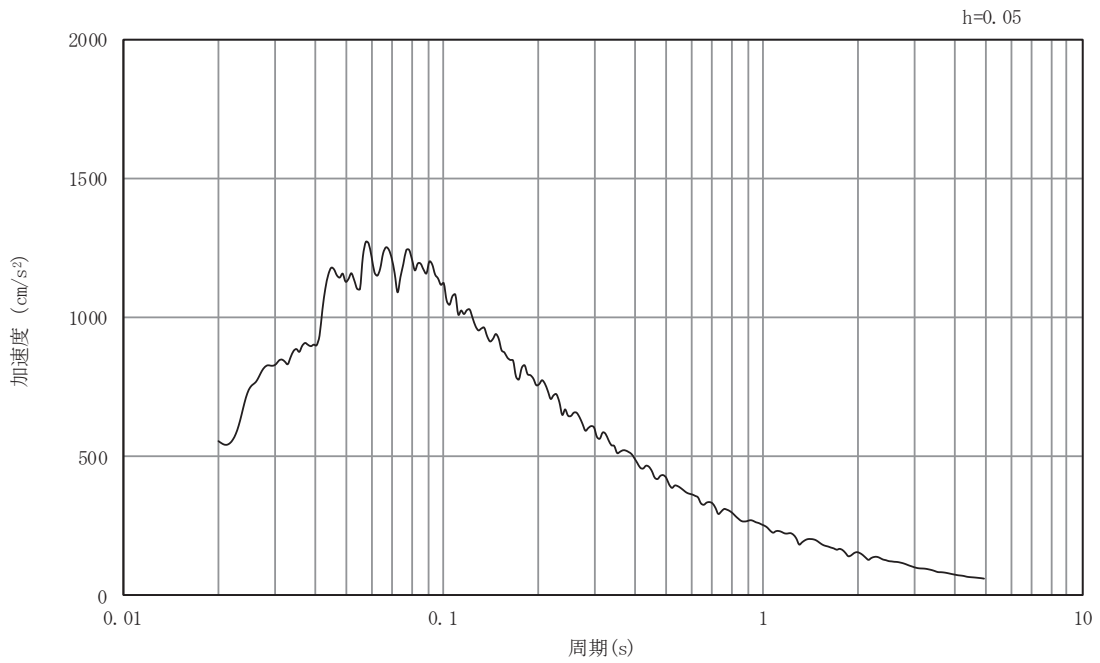


(b) 加速度応答スペクトル

図3-60 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
断面⑤
(水平成分：S s - D 3)

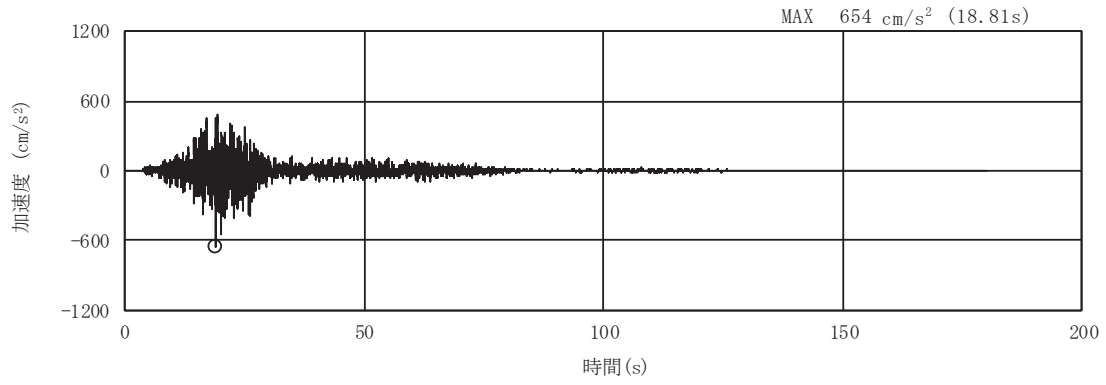


(a) 加速度時刻歴波形

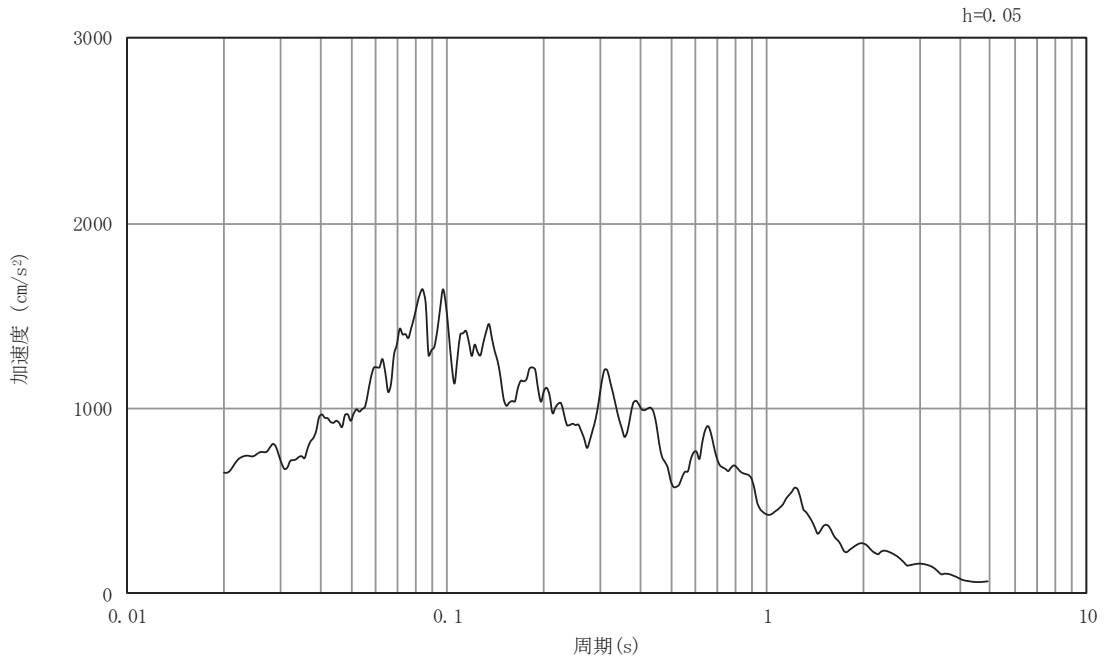


(b) 加速度応答スペクトル

図3-61 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
断面⑤
(鉛直成分：S s - D 3)

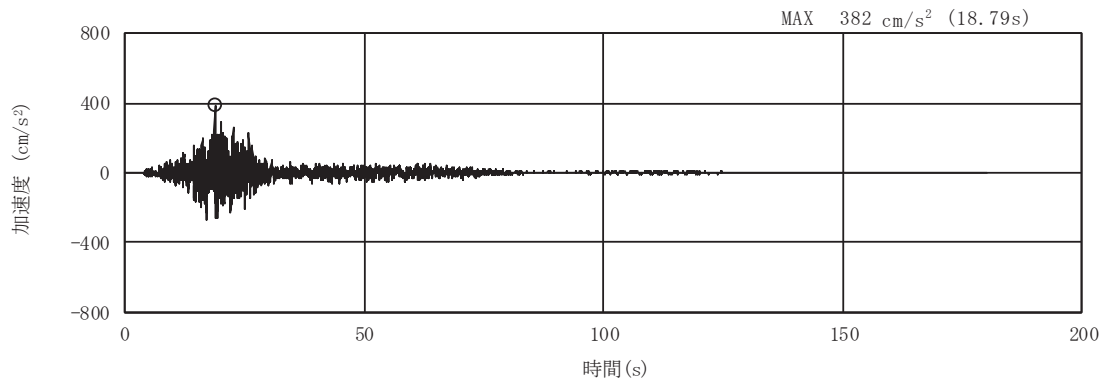


(a) 加速度時刻歴波形

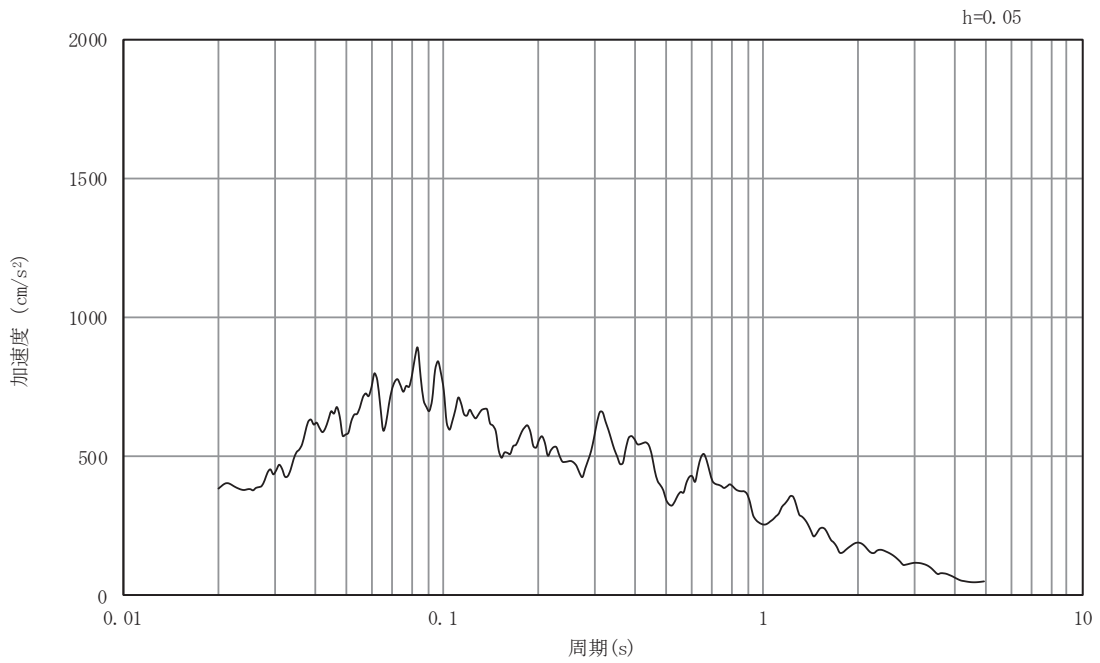


(b) 加速度応答スペクトル

図3-62 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
断面⑤
(水平成分：S s - F 1)

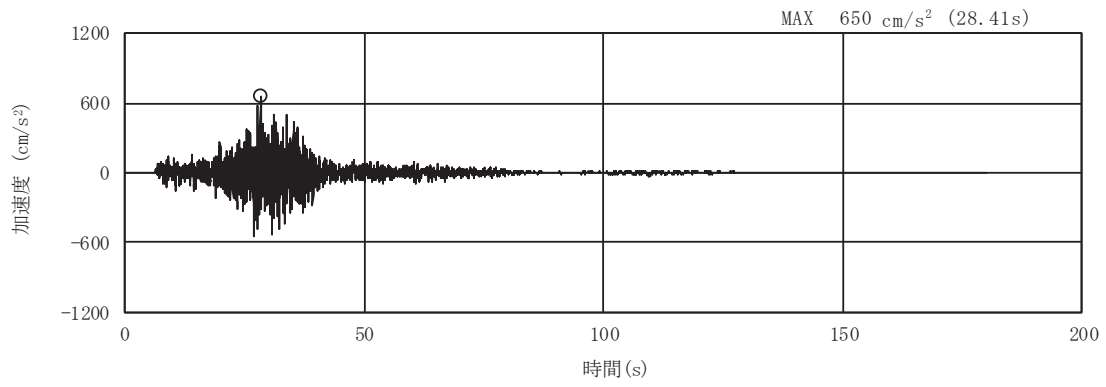


(a) 加速度時刻歴波形

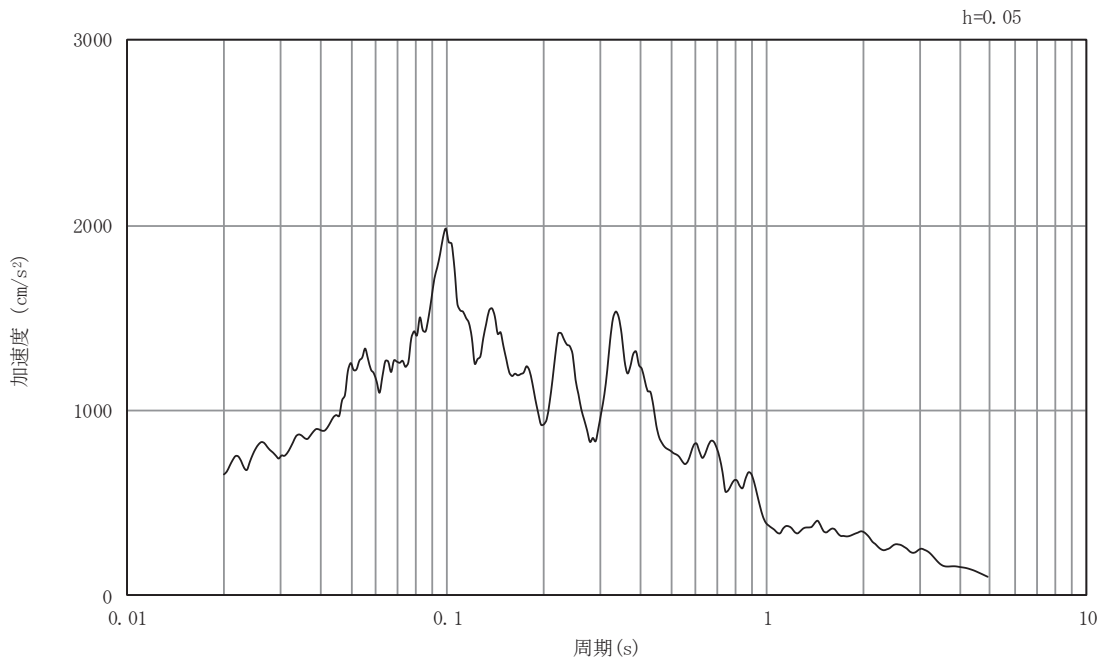


(b) 加速度応答スペクトル

図3-63 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
断面⑤
(鉛直成分：S s - F 1)

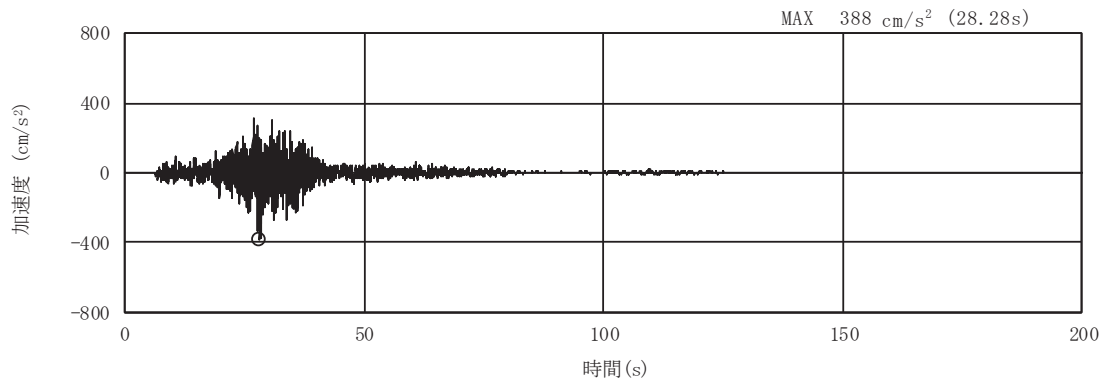


(a) 加速度時刻歴波形

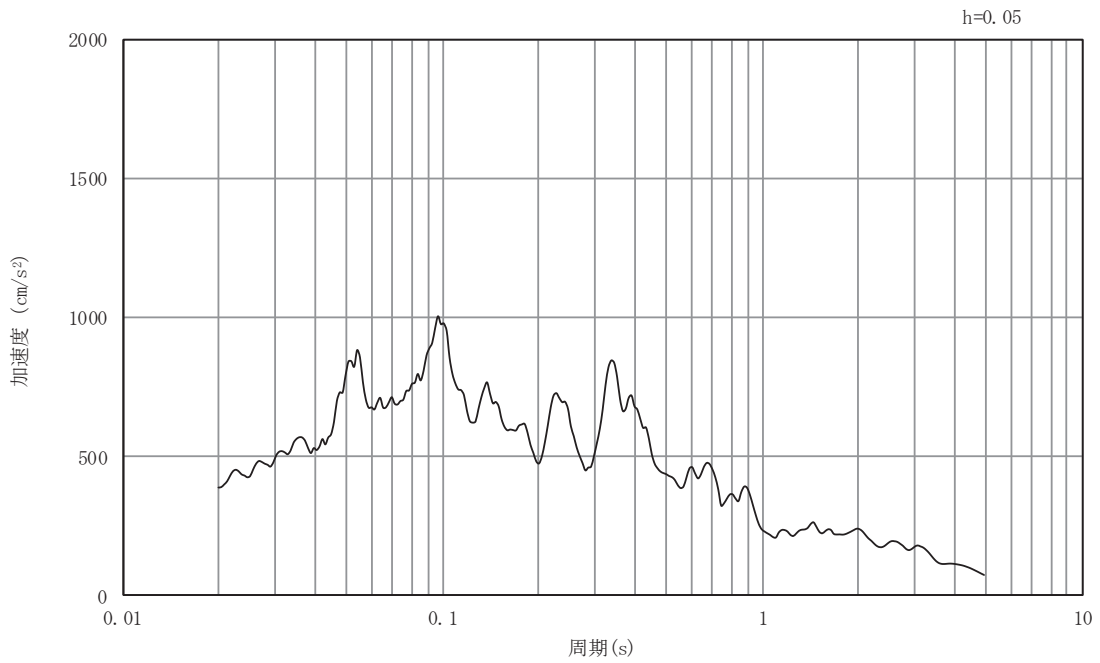


(b) 加速度応答スペクトル

図3-64 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
断面⑤
(水平成分：S s - F 2)

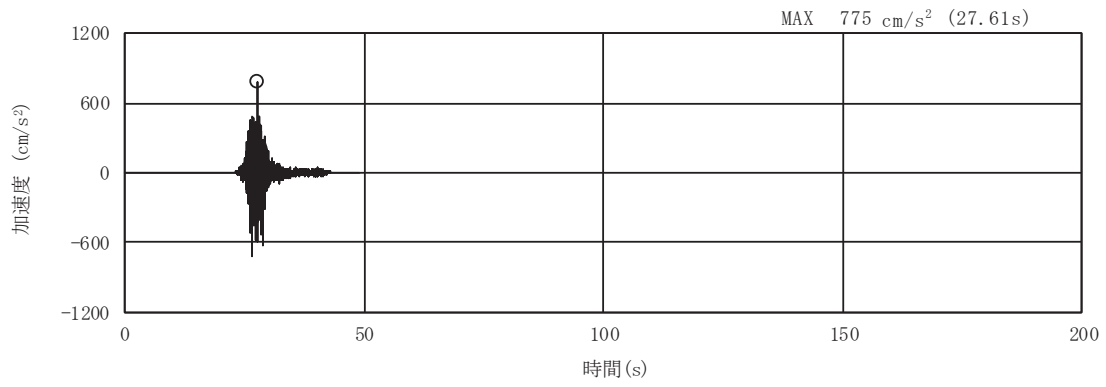


(a) 加速度時刻歴波形

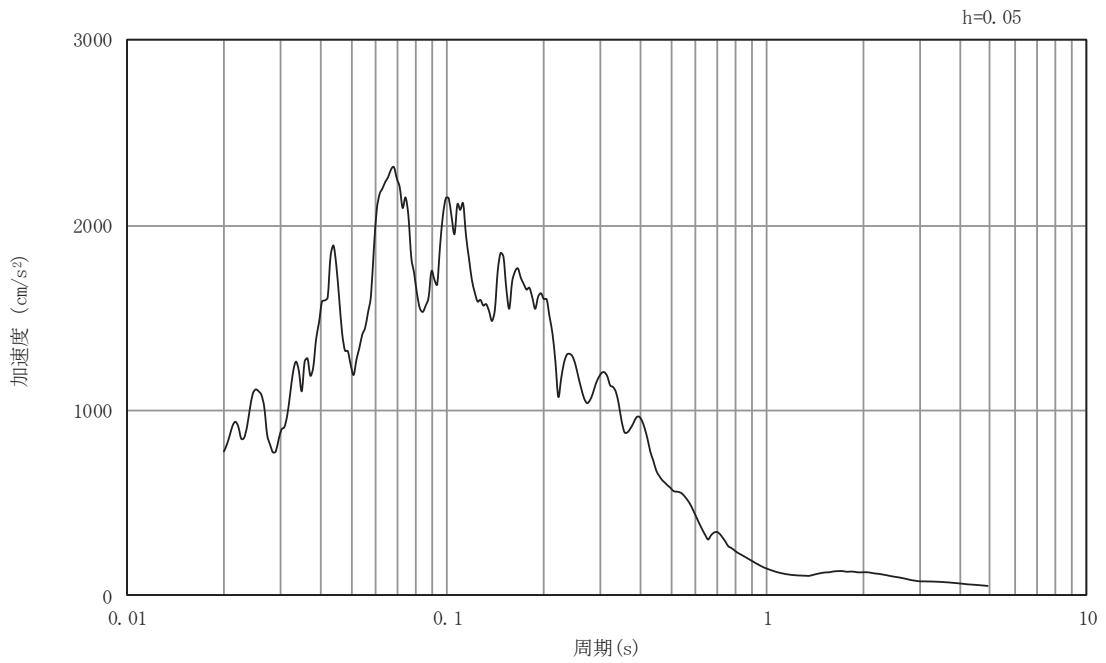


(b) 加速度応答スペクトル

図3-65 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
断面⑤
(鉛直成分：S s - F 2)

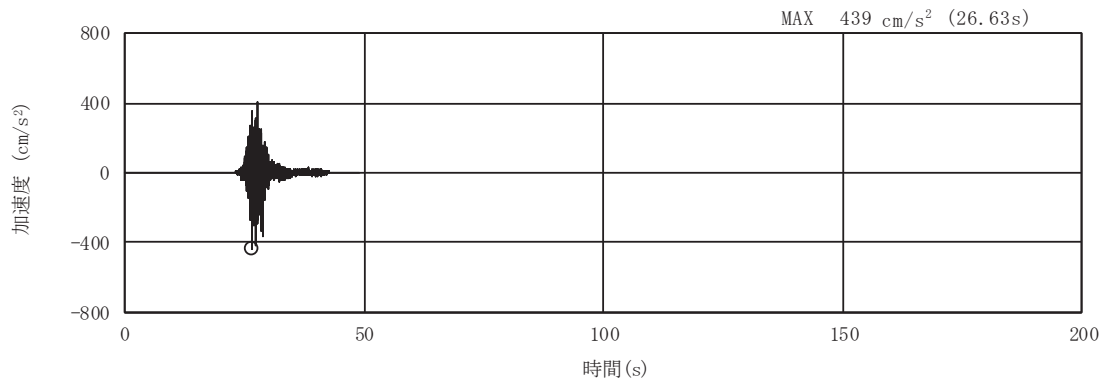


(a) 加速度時刻歴波形

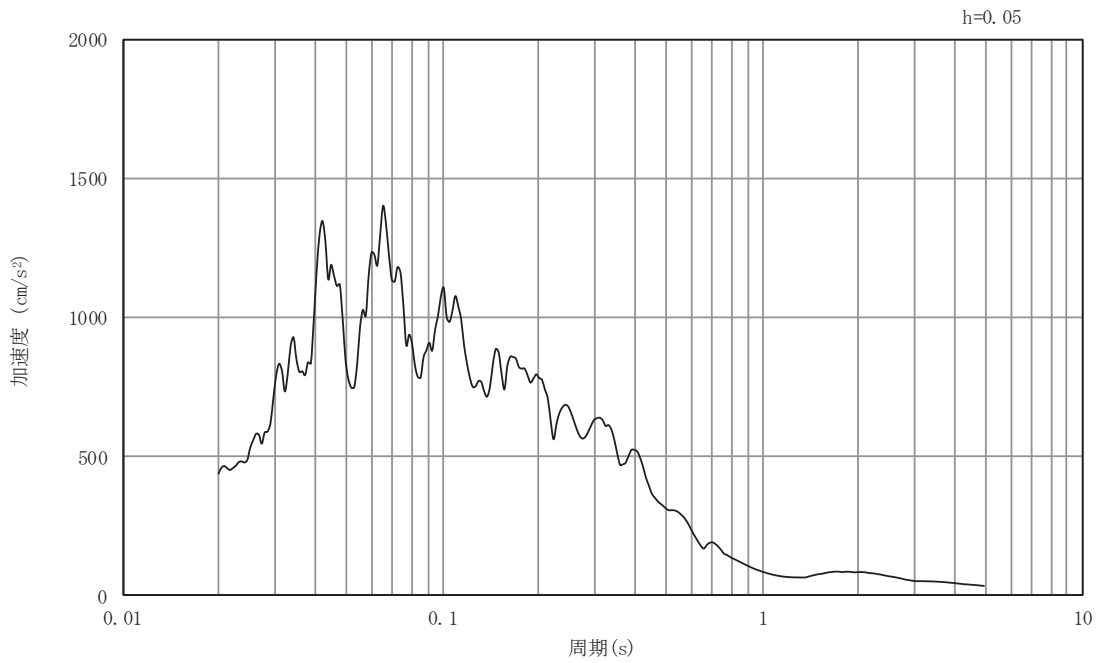


(b) 加速度応答スペクトル

図3-66 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
断面⑤
(水平成分：S s - F 3)

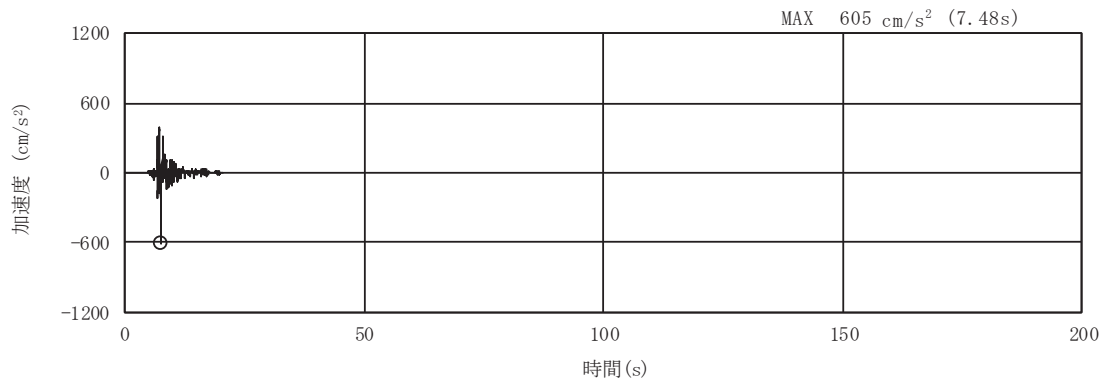


(a) 加速度時刻歴波形

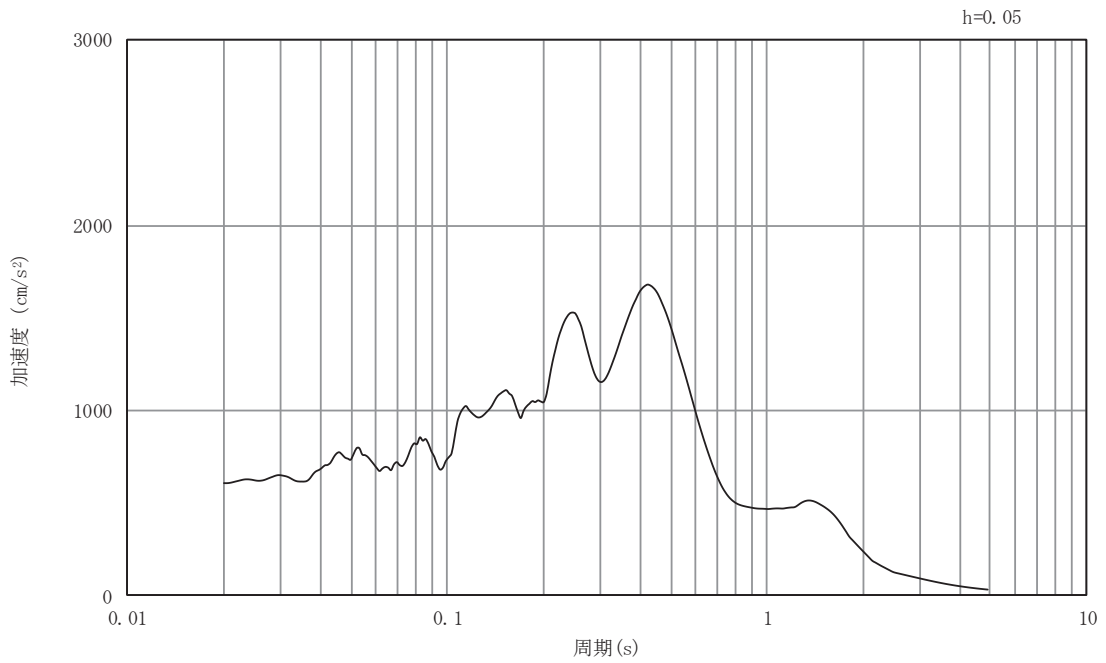


(b) 加速度応答スペクトル

図3-67 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
断面⑤
(鉛直成分：S s - F 3)

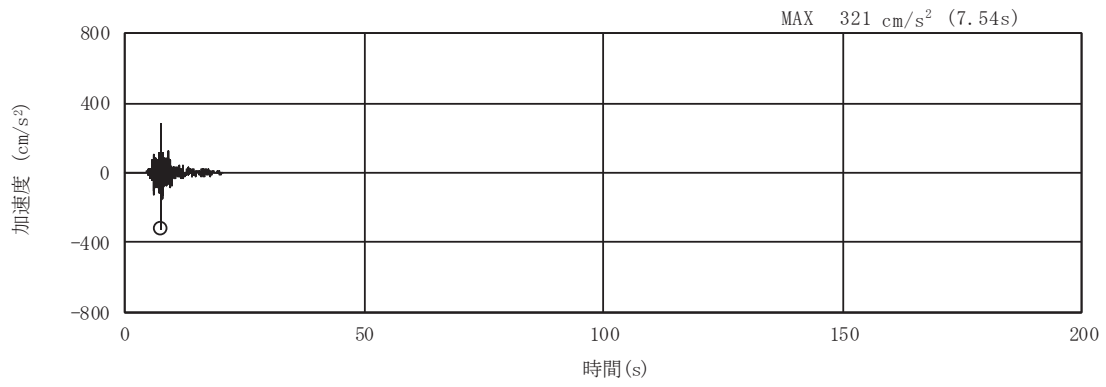


(a) 加速度時刻歴波形

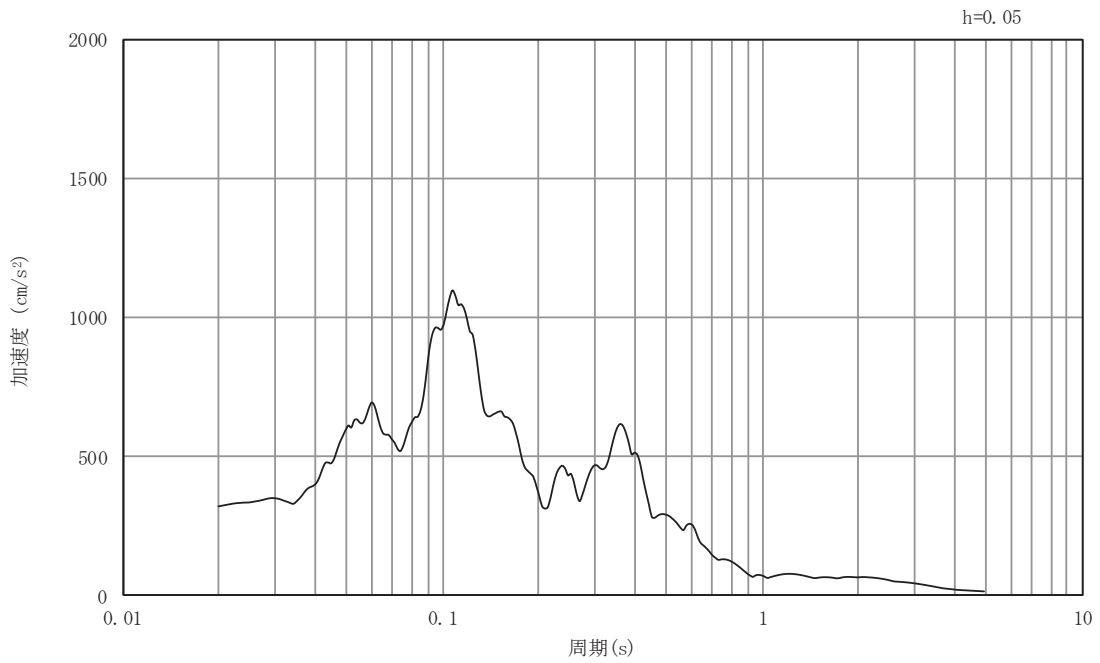


(b) 加速度応答スペクトル

図3-68 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
断面⑤
(水平成分：S s - N 1)

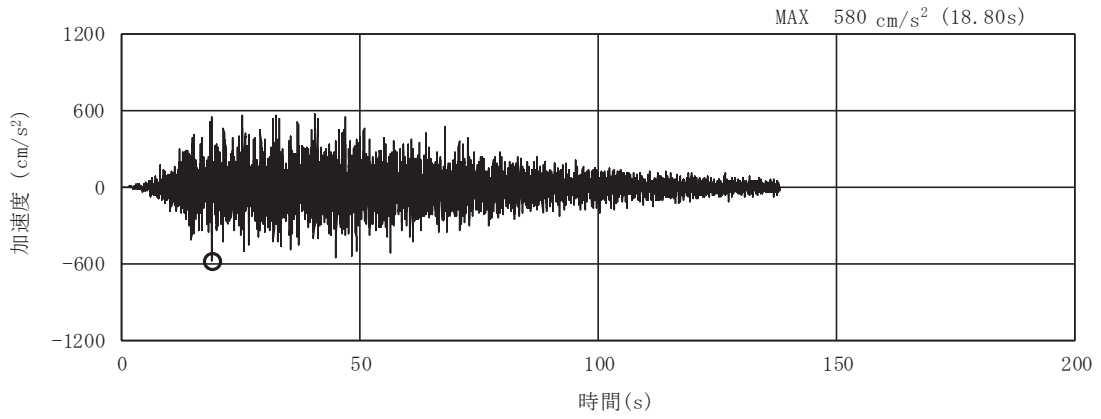


(a) 加速度時刻歴波形

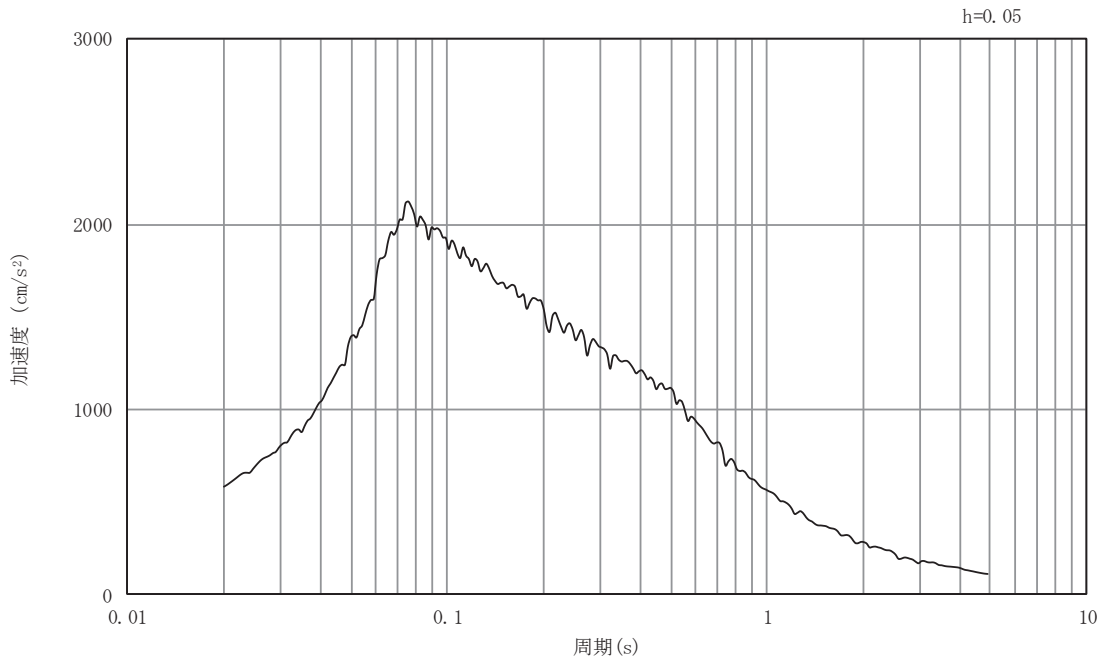


(b) 加速度応答スペクトル

図3-69 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
断面⑤
(鉛直成分：S s - N 1)

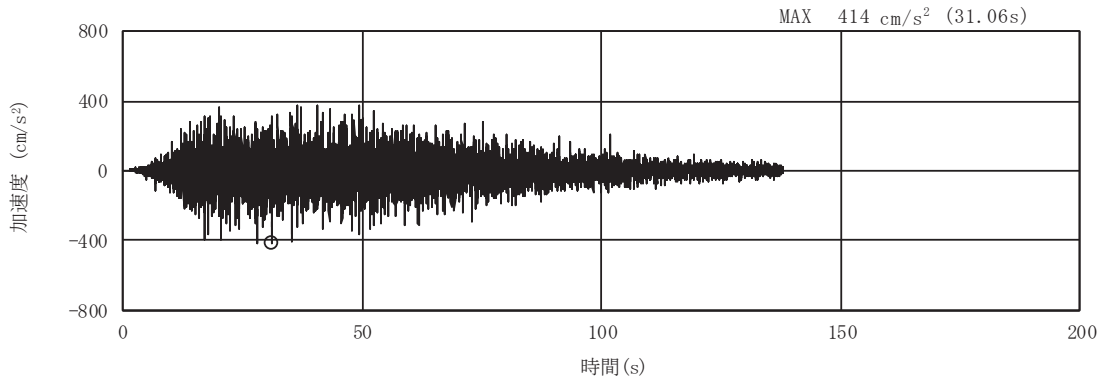


(a) 加速度時刻歴波形

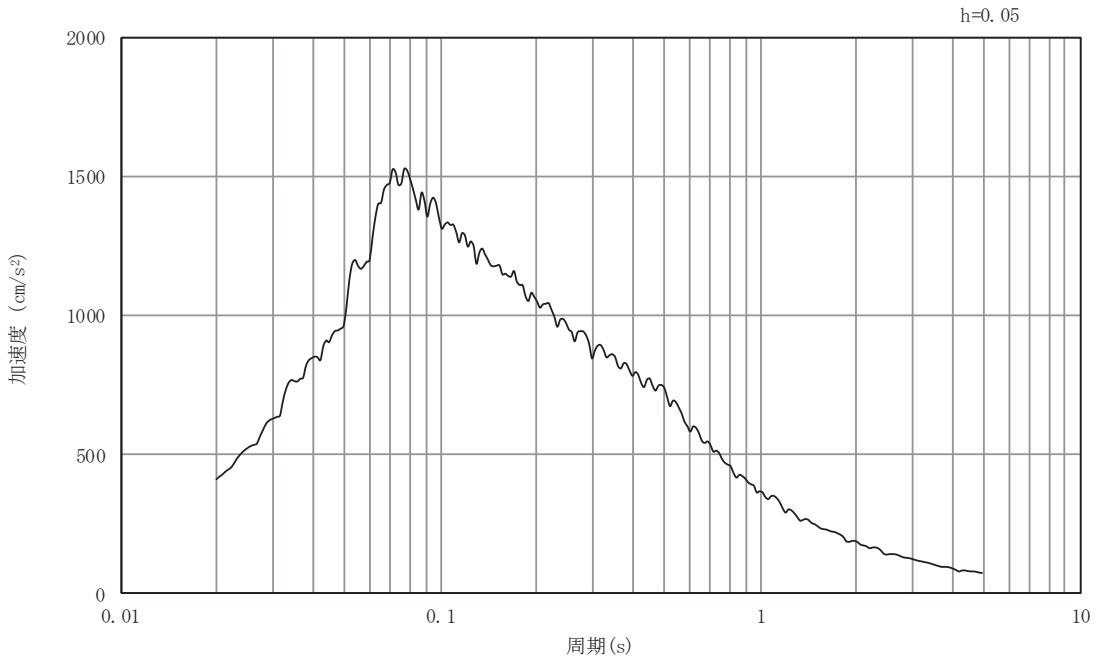


(b) 加速度応答スペクトル

図3-70 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
断面⑥
(水平成分：S s -D 1)

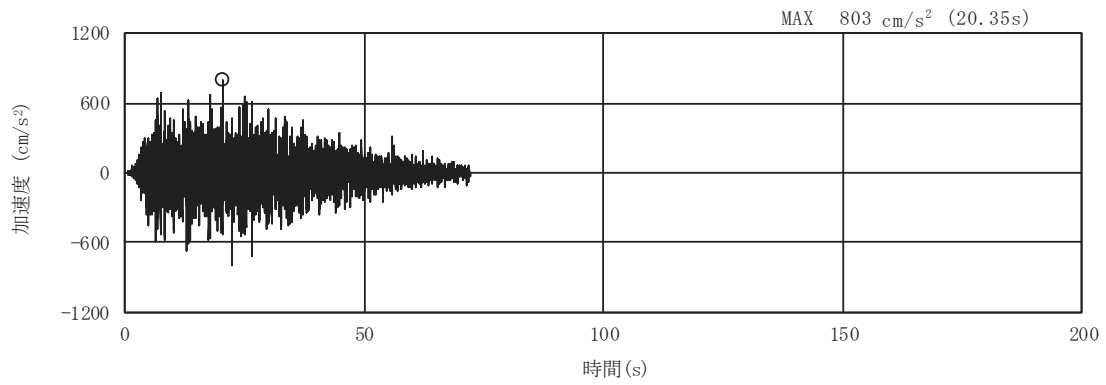


(a) 加速度時刻歴波形

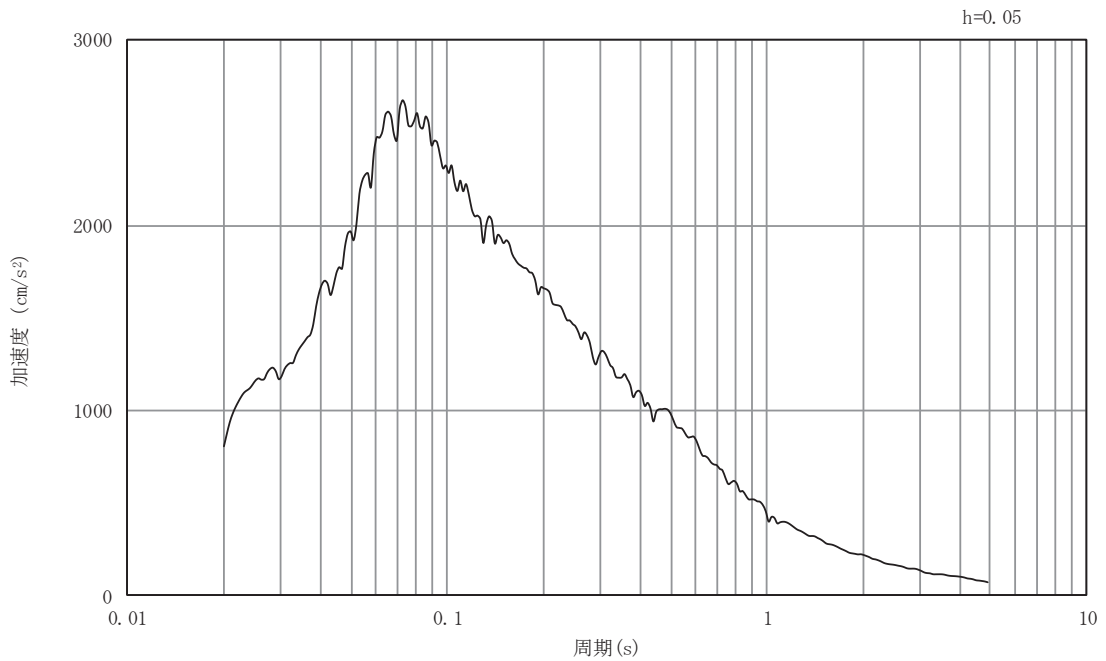


(b) 加速度応答スペクトル

図3-71 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
断面⑥
(鉛直成分：S s - D 1)

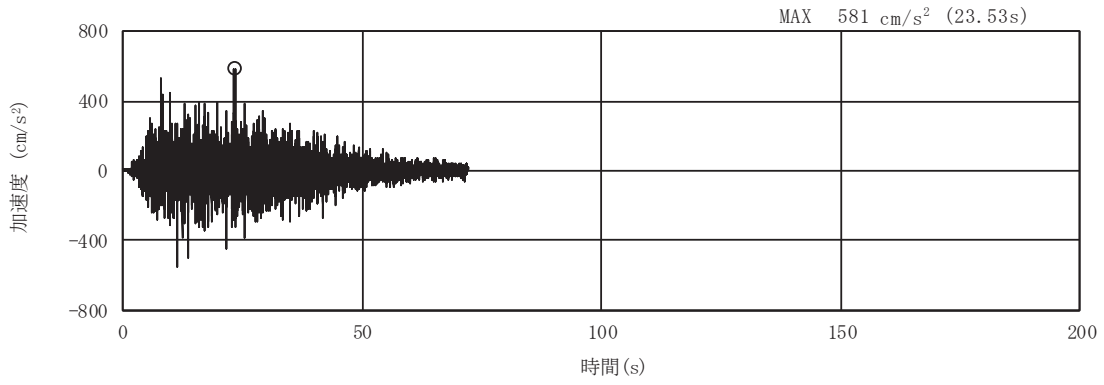


(a) 加速度時刻歴波形

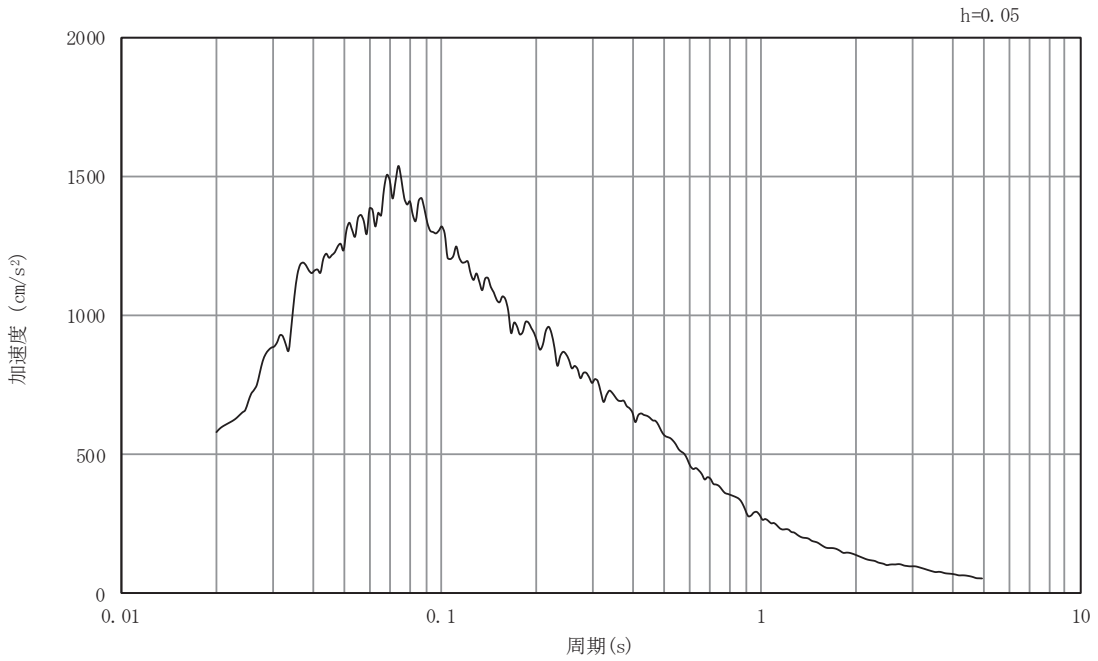


(b) 加速度応答スペクトル

図3-72 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
断面⑥
(水平成分：S s - D 2)

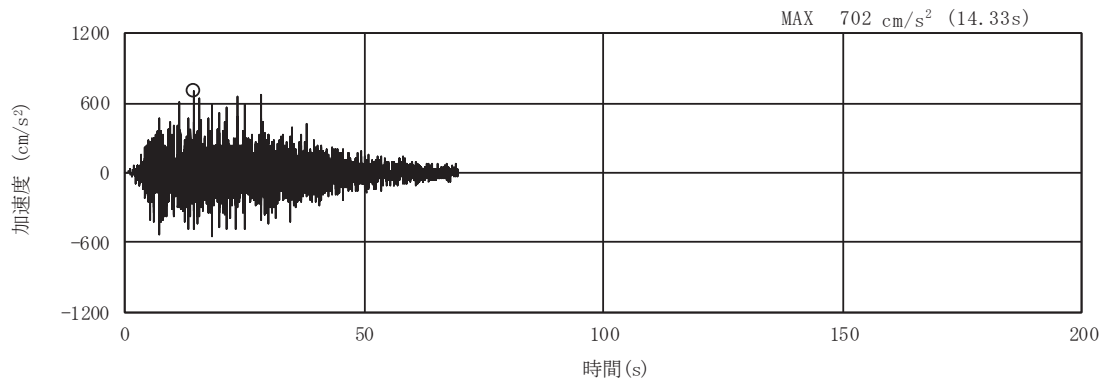


(a) 加速度時刻歴波形

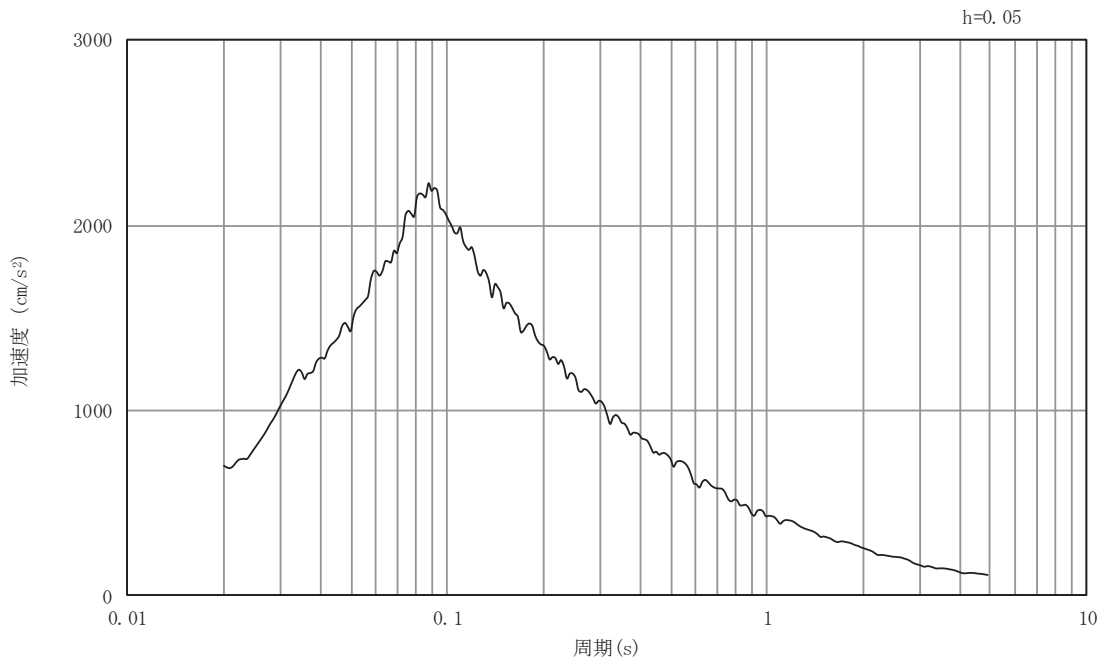


(b) 加速度応答スペクトル

図3-73 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
断面⑥
(鉛直成分：S s - D 2)

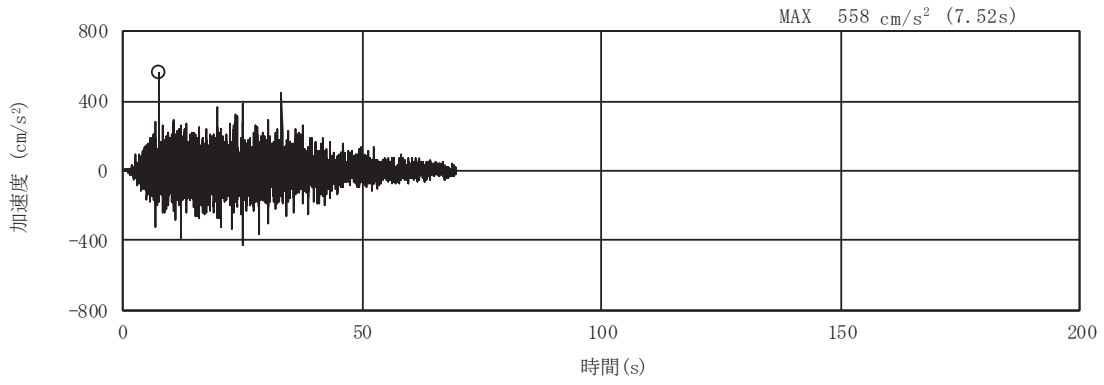


(a) 加速度時刻歴波形

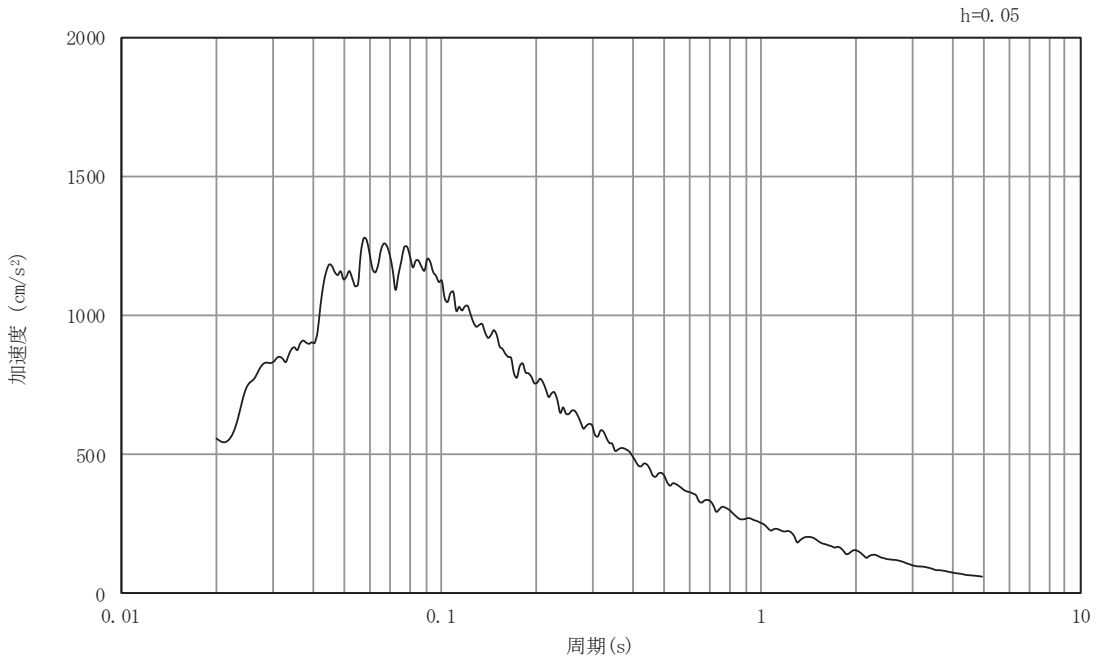


(b) 加速度応答スペクトル

図3-74 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
断面⑥
(水平成分：S s - D 3)

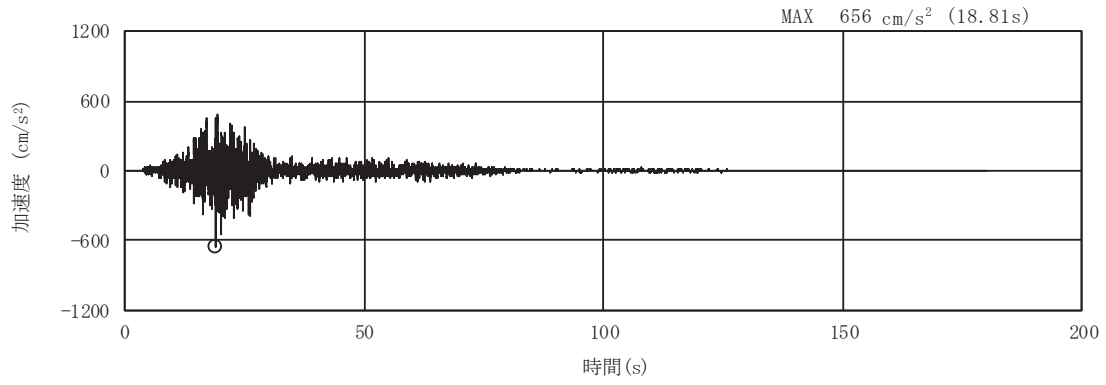


(a) 加速度時刻歴波形

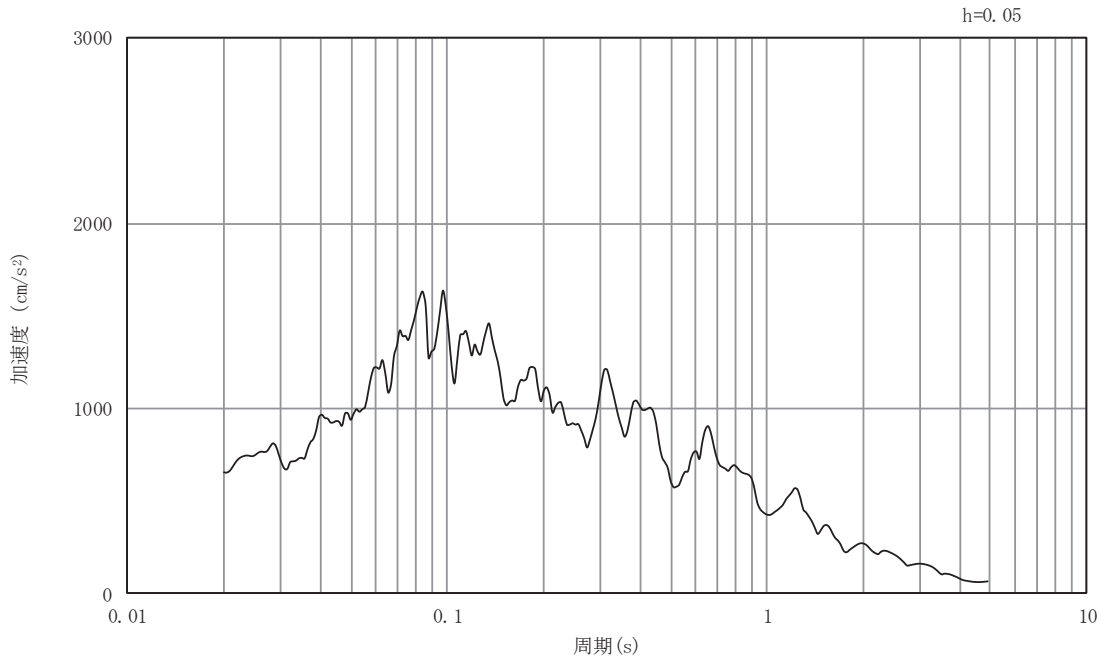


(b) 加速度応答スペクトル

図3-75 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
断面⑥
(鉛直成分：S s - D 3)

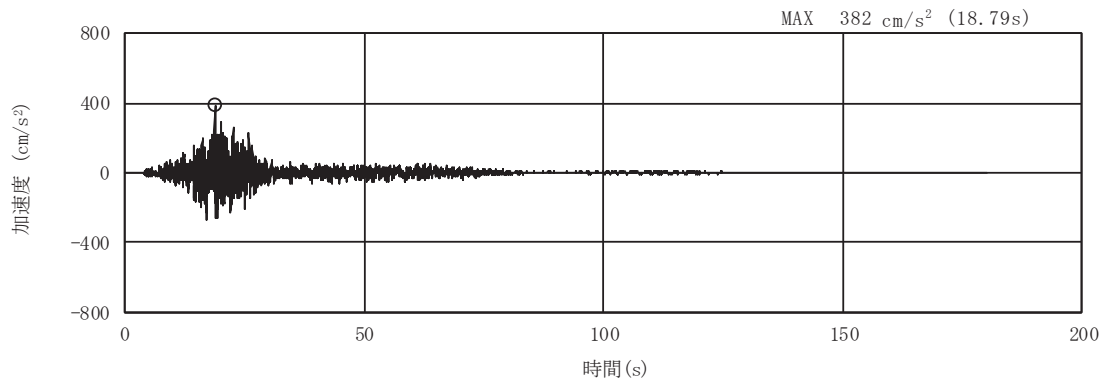


(a) 加速度時刻歴波形

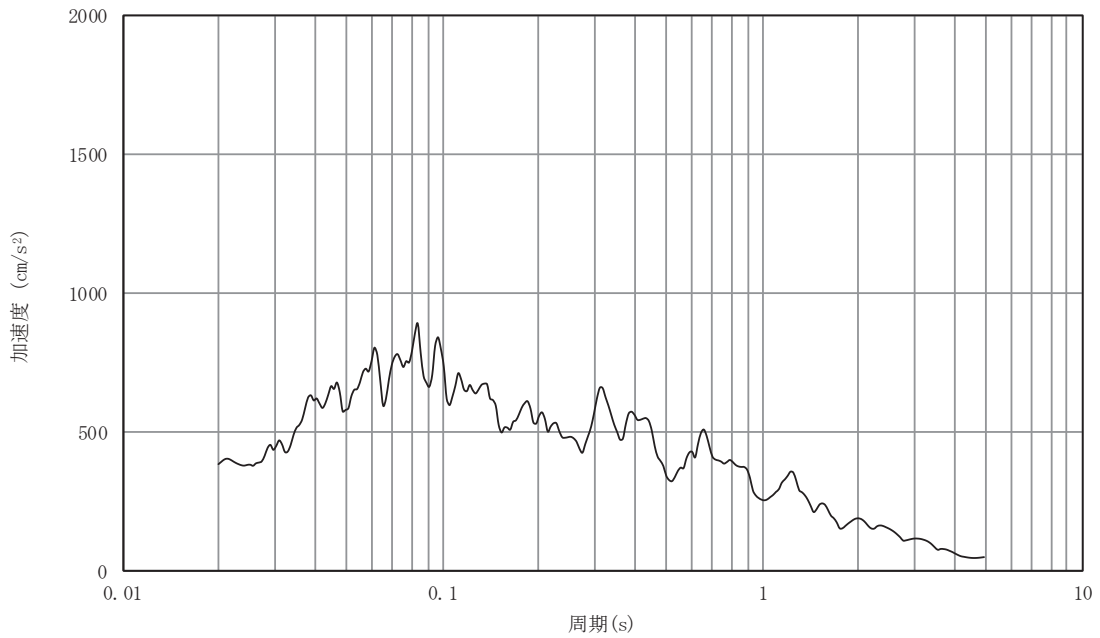


(b) 加速度応答スペクトル

図3-76 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
断面⑥
(水平成分：S s - F 1)

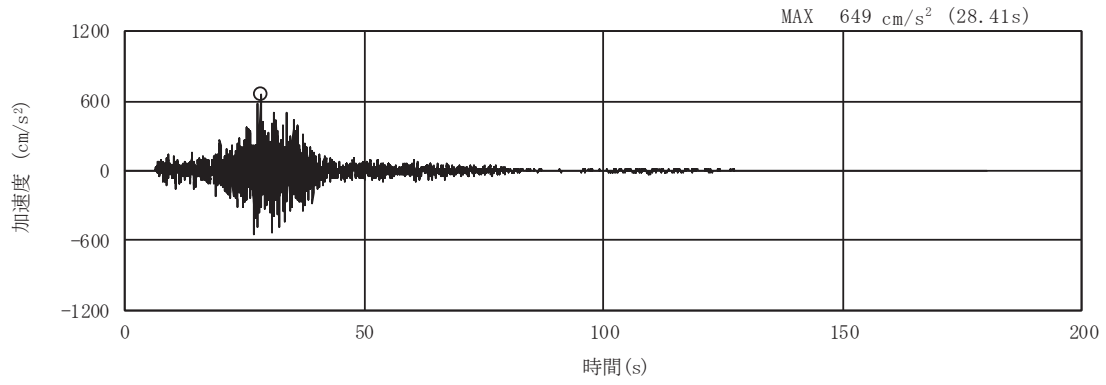


(a) 加速度時刻歴波形

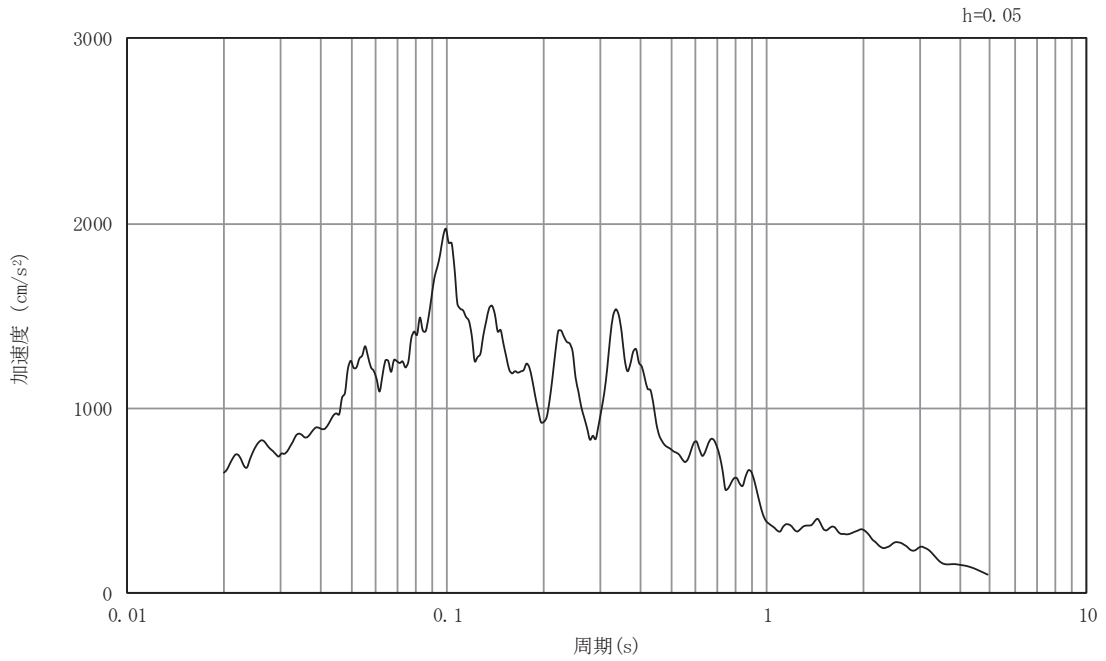


(b) 加速度応答スペクトル

図3-77 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
断面⑥
(鉛直成分：S s - F 1)

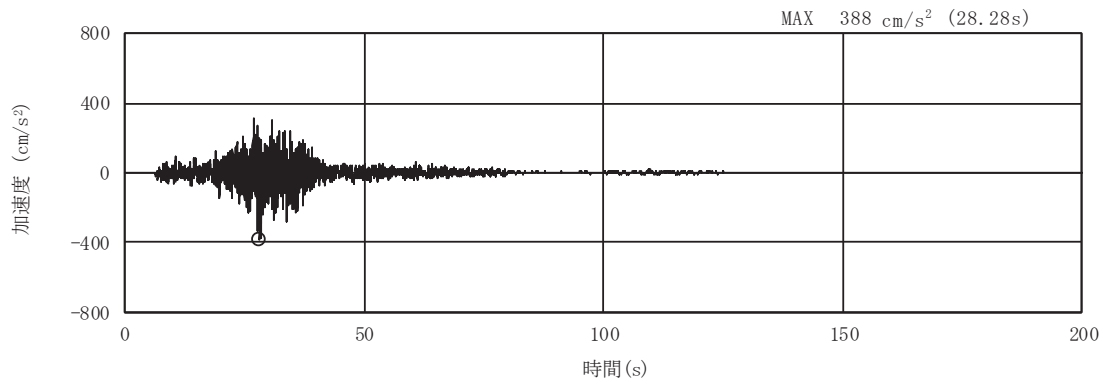


(a) 加速度時刻歴波形

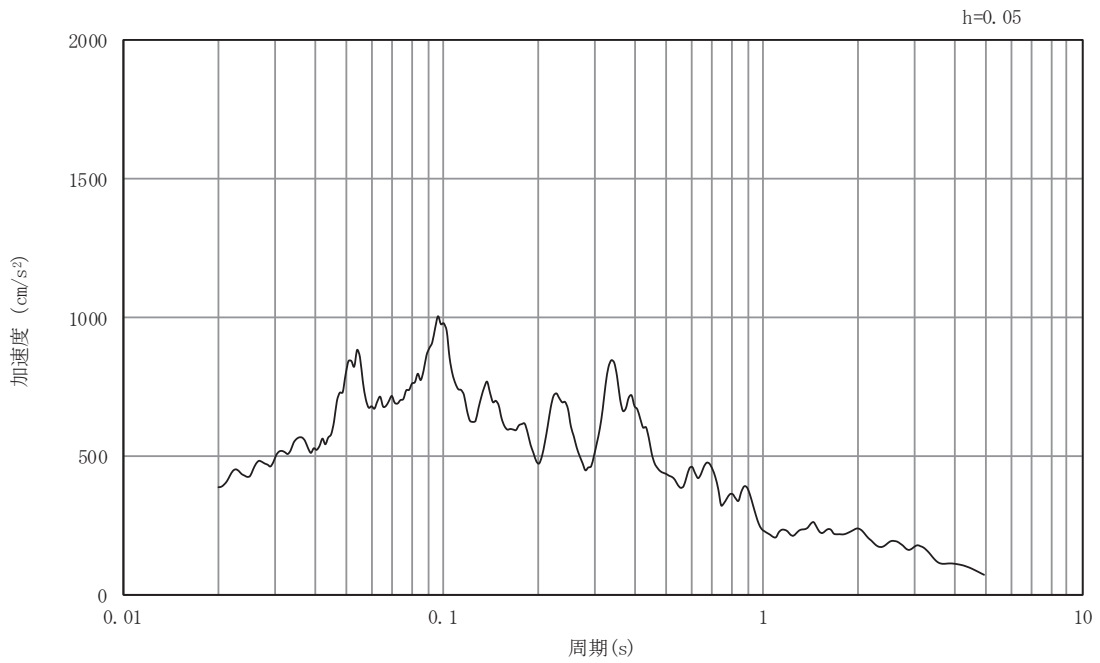


(b) 加速度応答スペクトル

図3-78 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
断面⑥
(水平成分：S s - F 2)

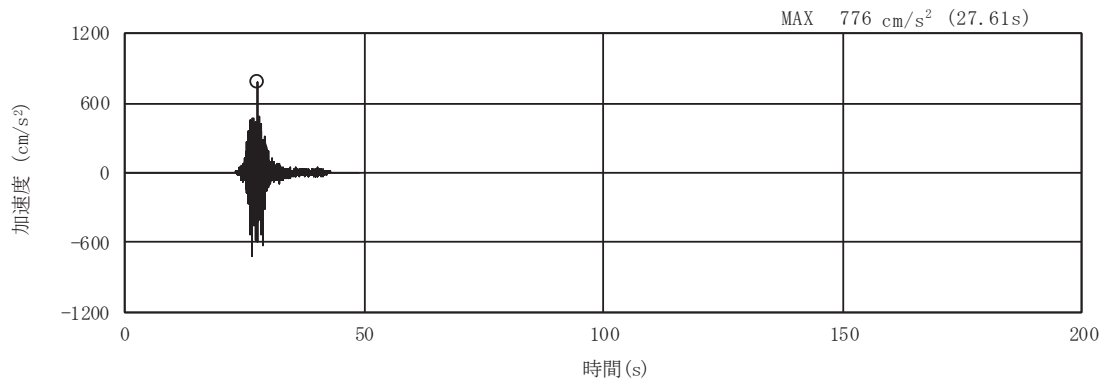


(a) 加速度時刻歴波形

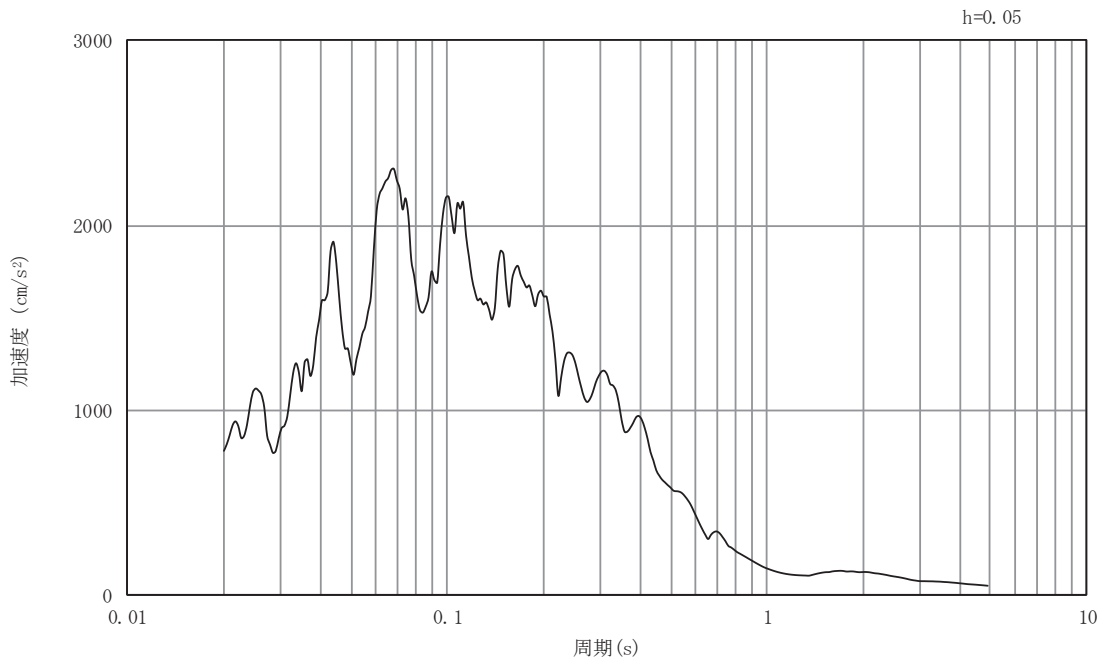


(b) 加速度応答スペクトル

図3-79 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
断面⑥
(鉛直成分：S s - F 2)

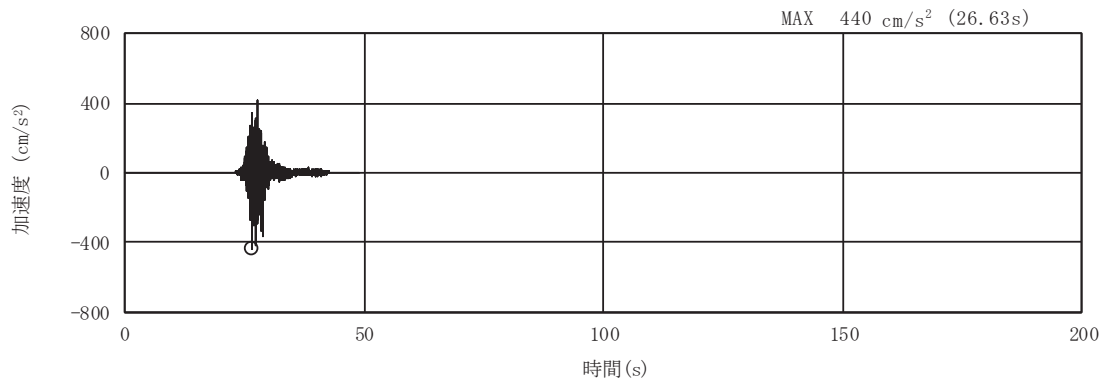


(a) 加速度時刻歴波形

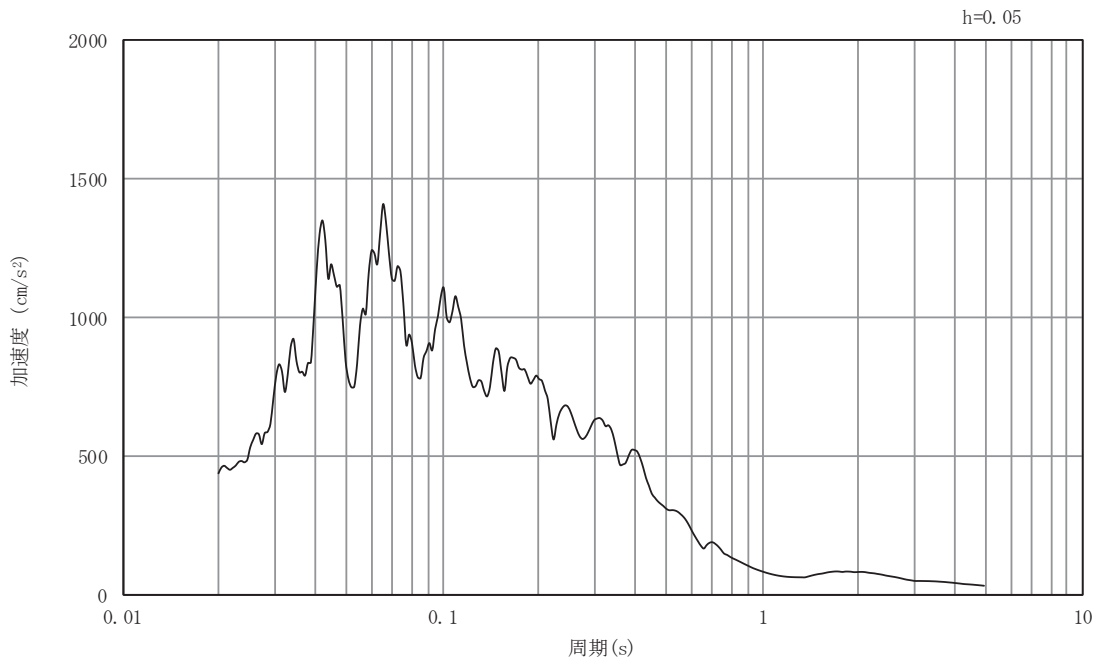


(b) 加速度応答スペクトル

図3-80 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
断面⑥
(水平成分：S s - F 3)

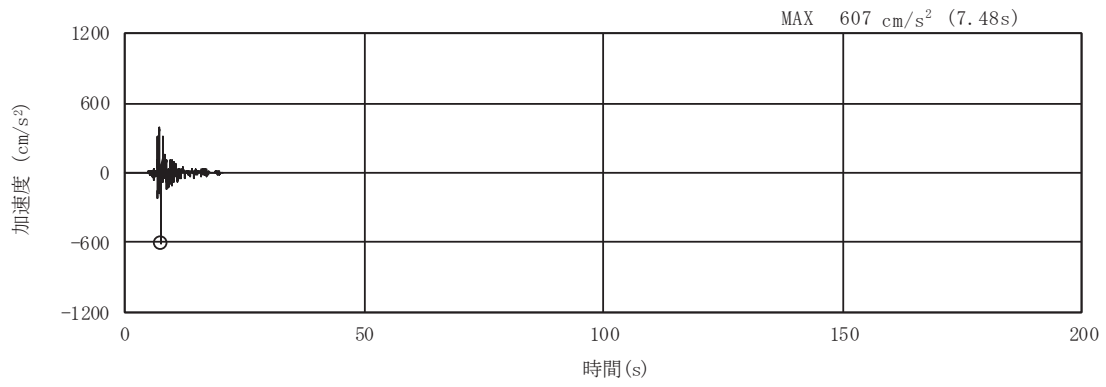


(a) 加速度時刻歴波形

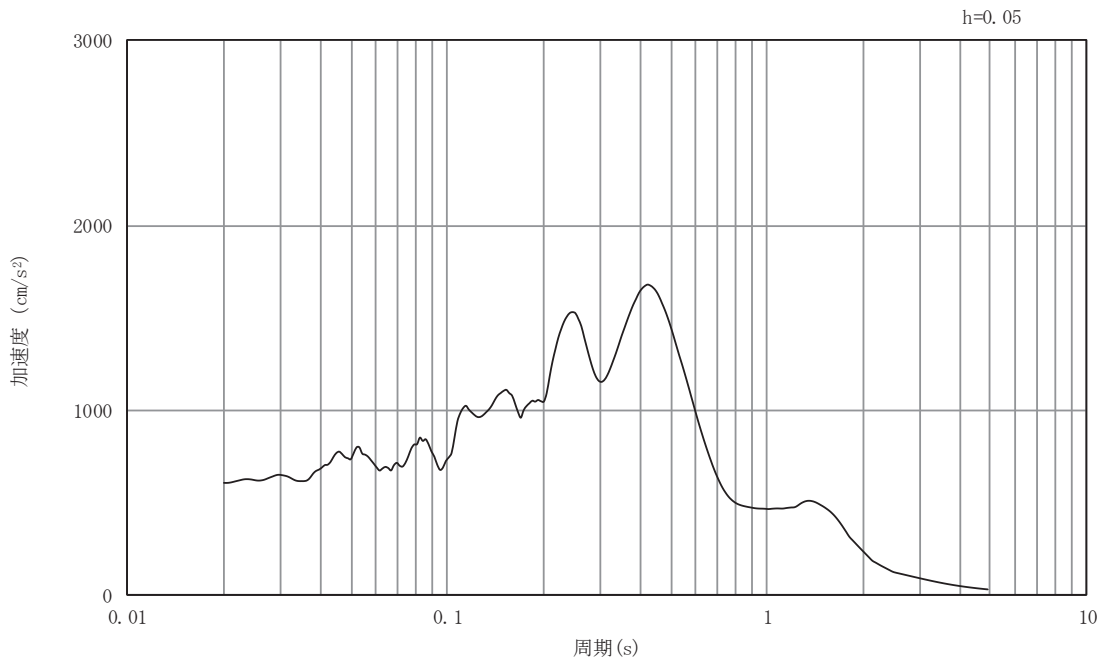


(b) 加速度応答スペクトル

図3-81 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
断面⑥
(鉛直成分：S s - F 3)

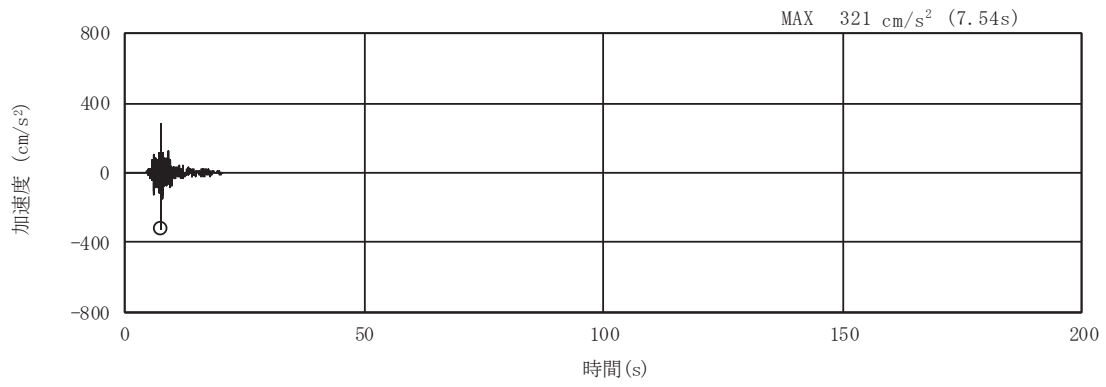


(a) 加速度時刻歴波形

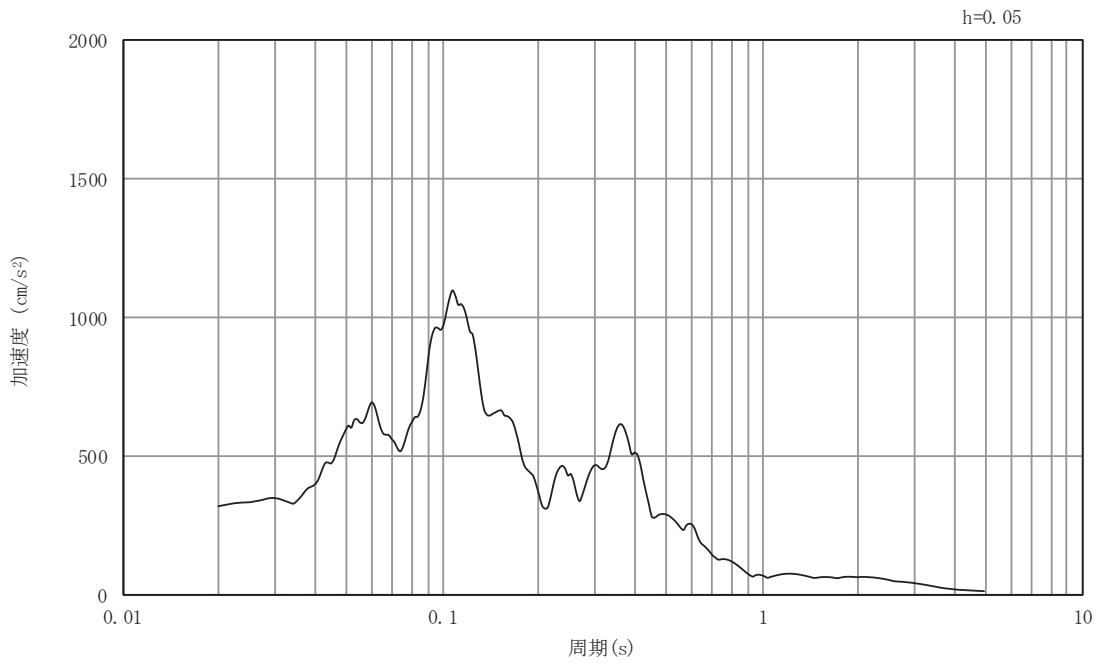


(b) 加速度応答スペクトル

図3-82 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
断面⑥
(水平成分：S s - N 1)

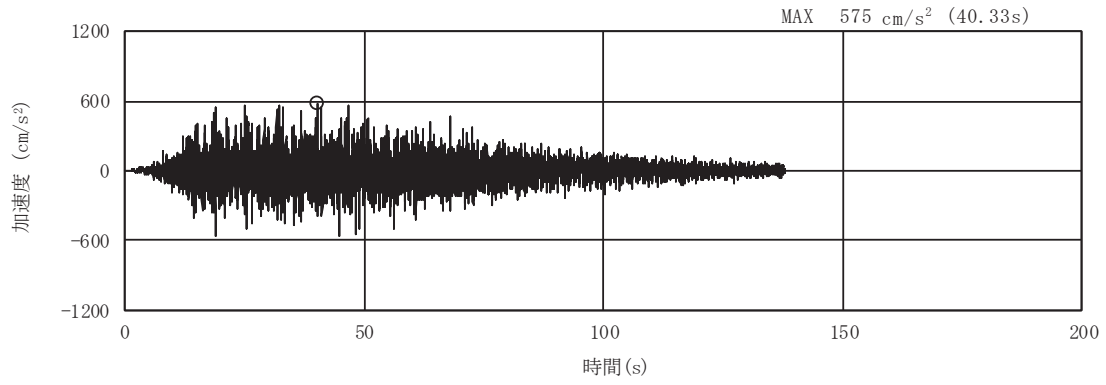


(a) 加速度時刻歴波形

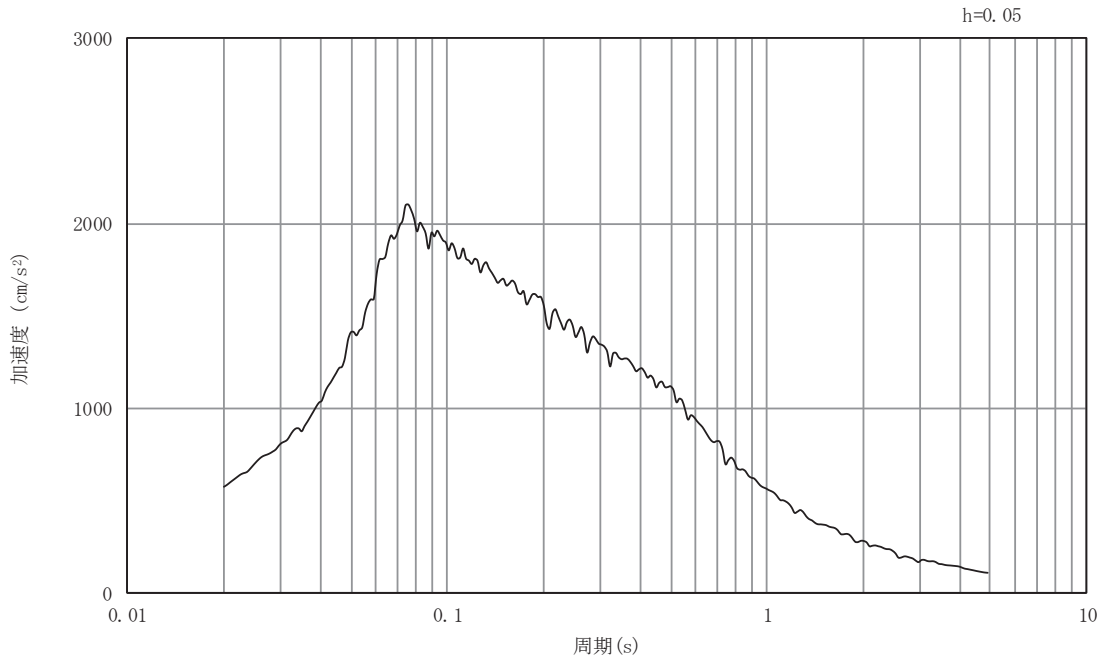


(b) 加速度応答スペクトル

図3-83 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
断面⑥
(鉛直成分：S s - N 1)

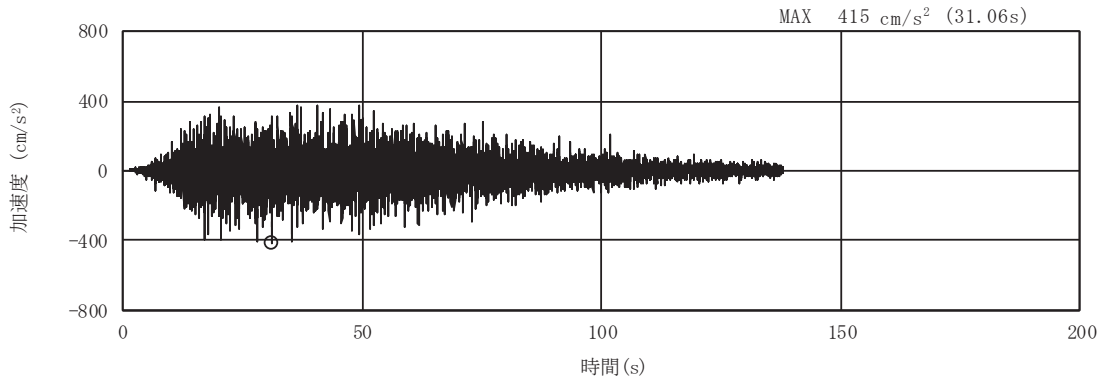


(a) 加速度時刻歴波形

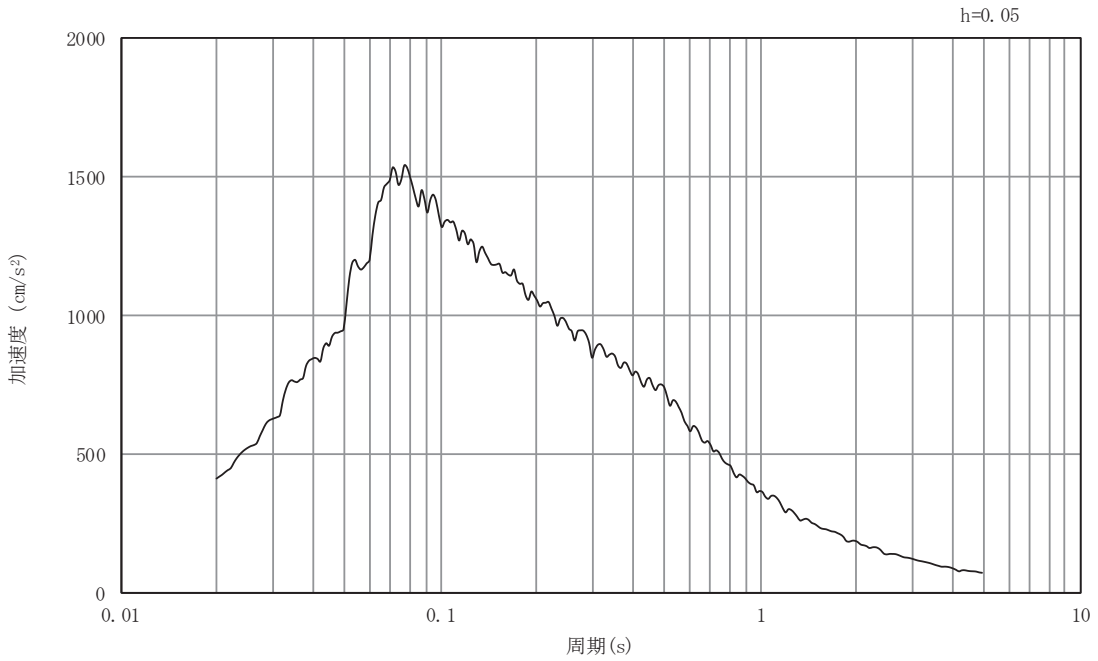


(b) 加速度応答スペクトル

図3-84 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
断面⑦
(水平成分：S s - D 1)

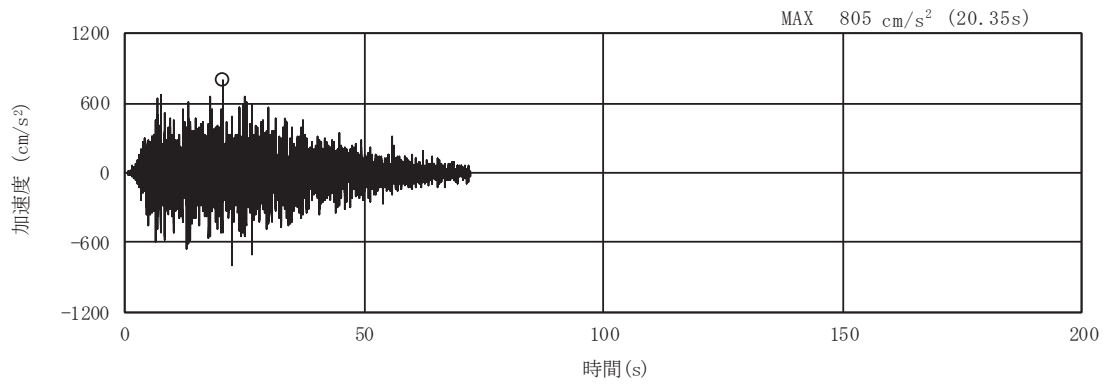


(a) 加速度時刻歴波形

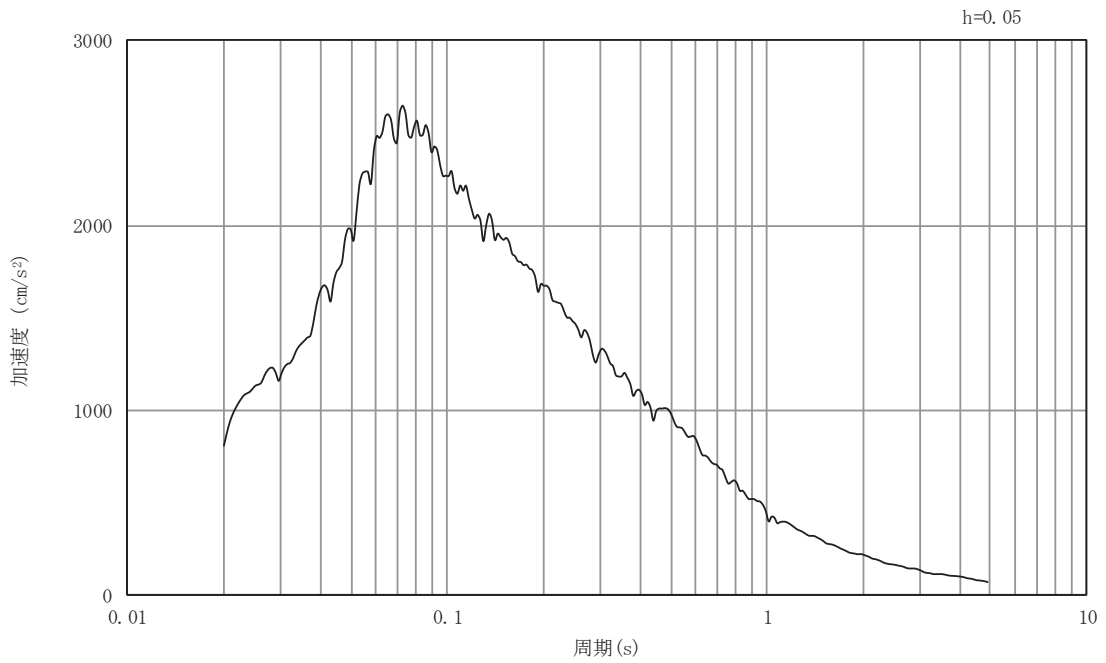


(b) 加速度応答スペクトル

図3-85 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
断面⑦
(鉛直成分：S s - D 1)

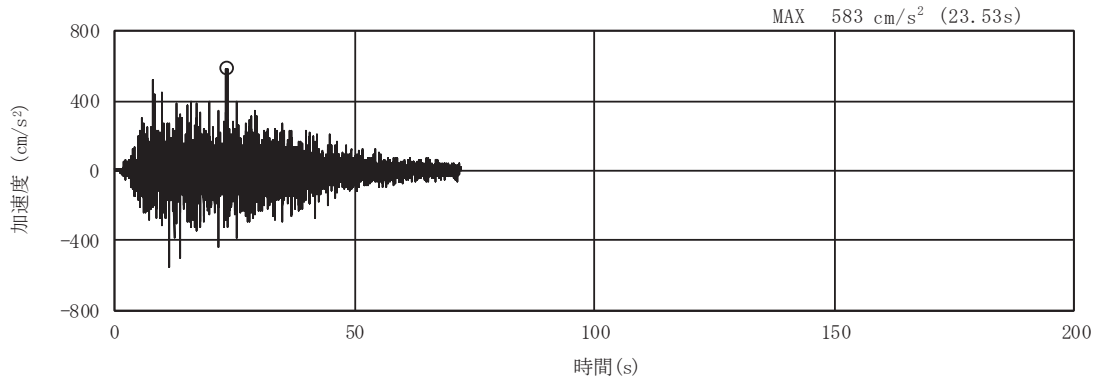


(a) 加速度時刻歴波形

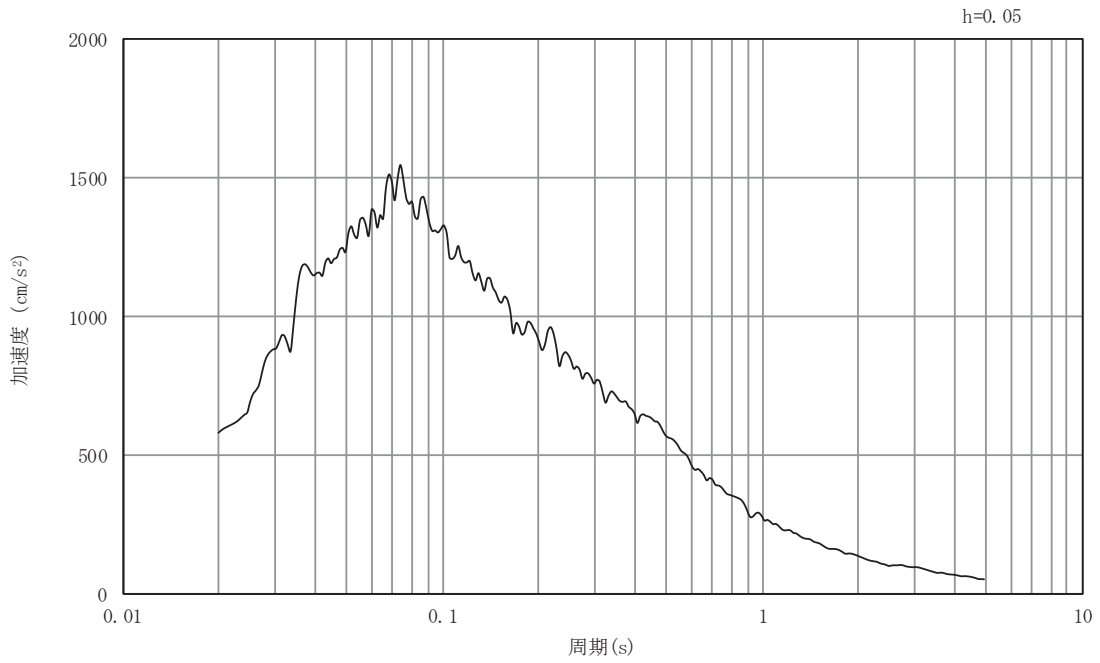


(b) 加速度応答スペクトル

図3-86 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
断面⑦
(水平成分：S s - D 2)

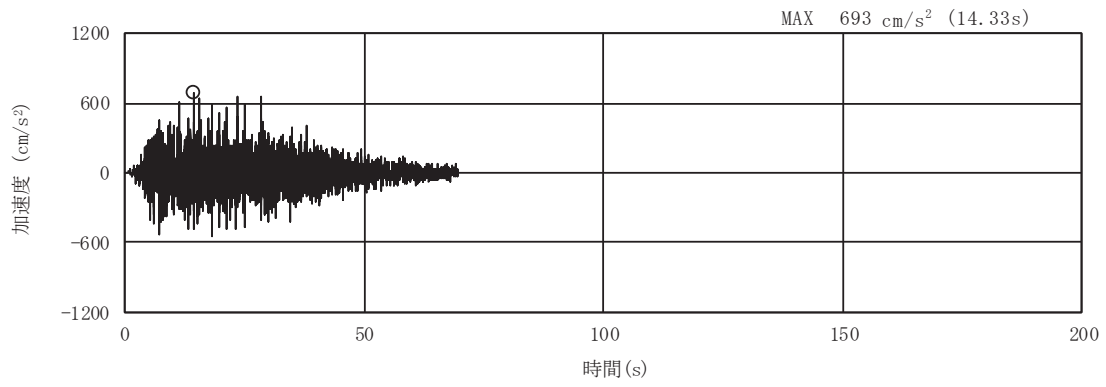


(a) 加速度時刻歴波形

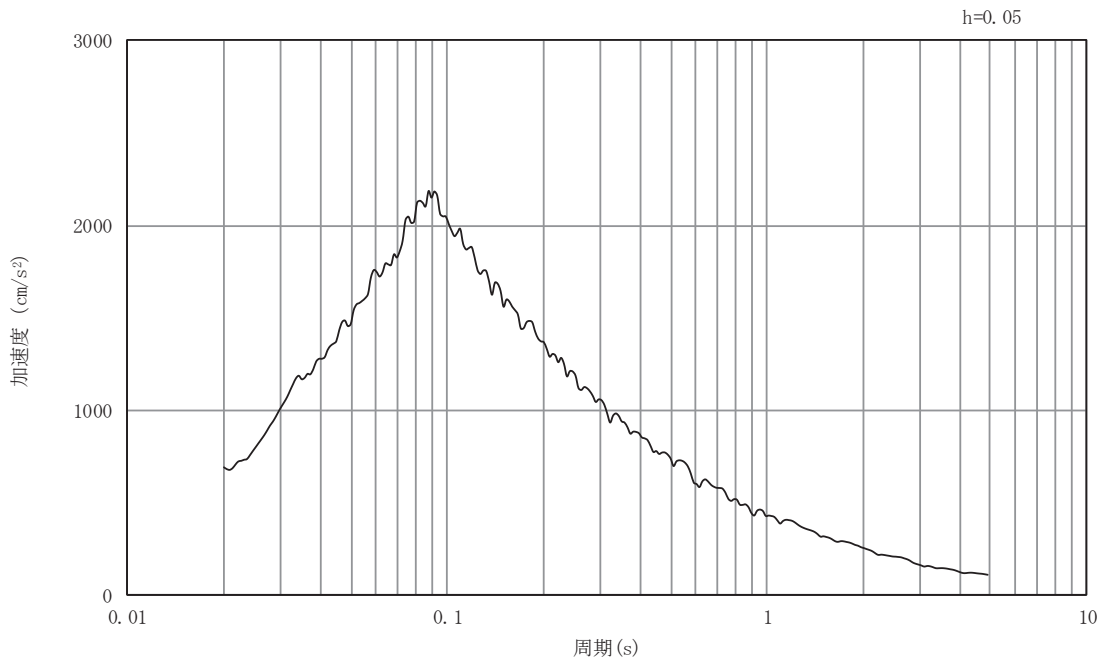


(b) 加速度応答スペクトル

図3-87 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
断面⑦
(鉛直成分：S s - D 2)

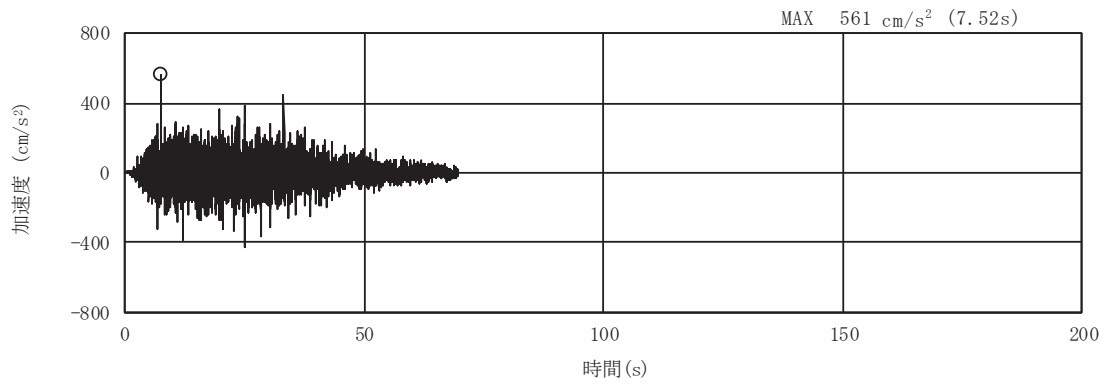


(a) 加速度時刻歴波形

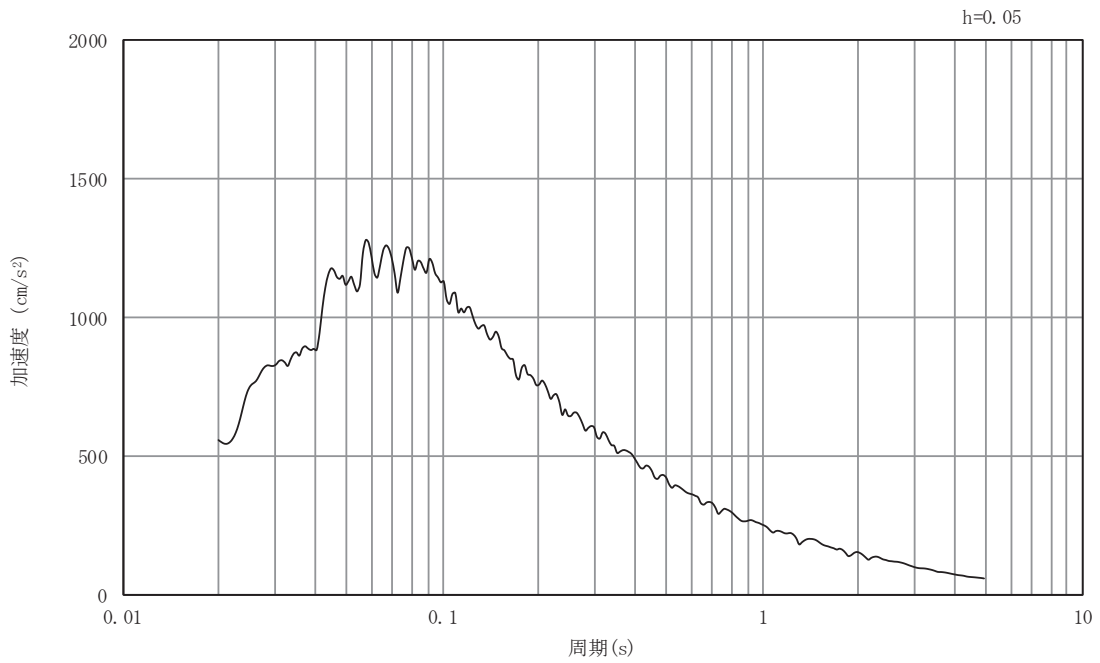


(b) 加速度応答スペクトル

図3-88 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
断面⑦
(水平成分：S s - D 3)

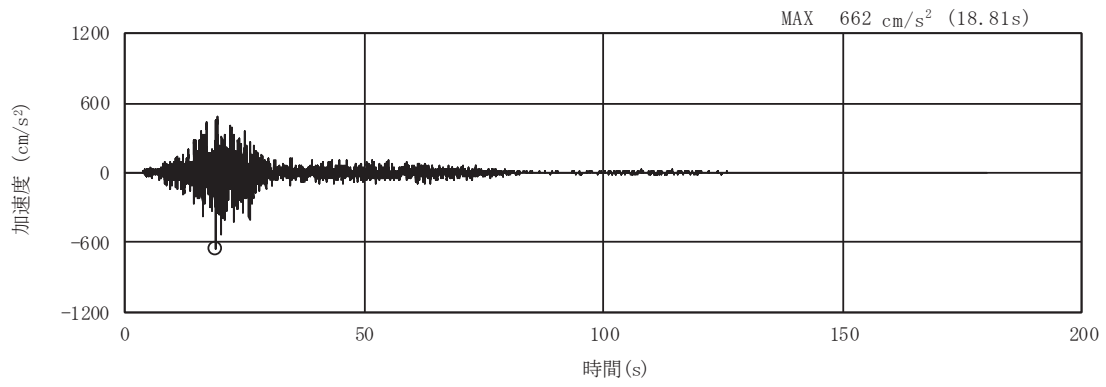


(a) 加速度時刻歴波形

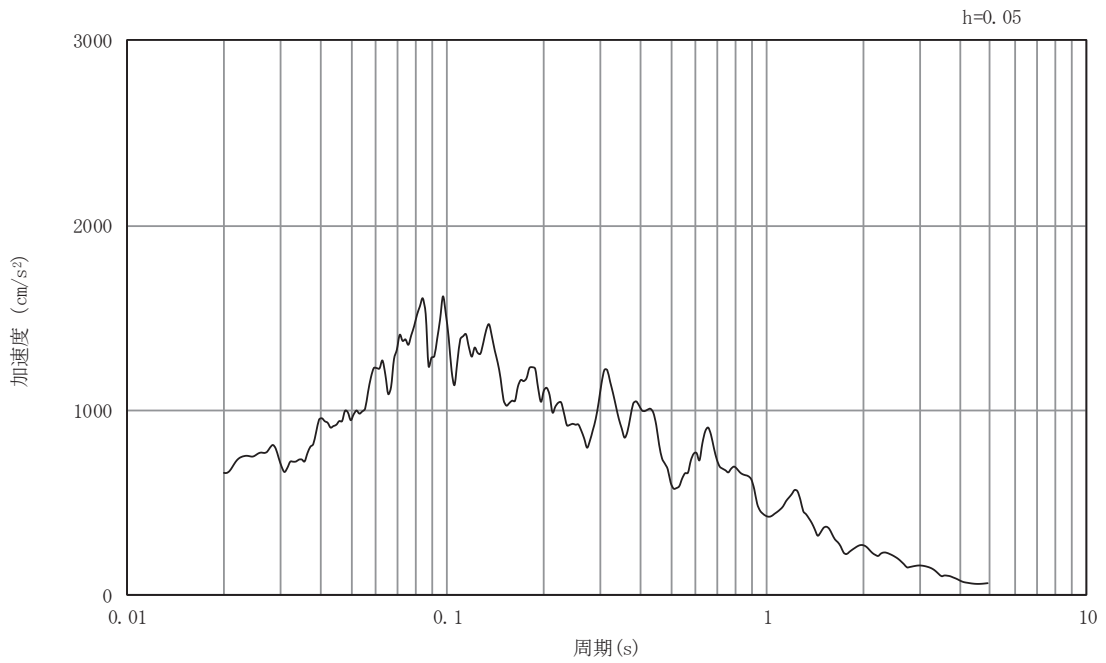


(b) 加速度応答スペクトル

図3-89 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
断面⑦
(鉛直成分：S s - D 3)

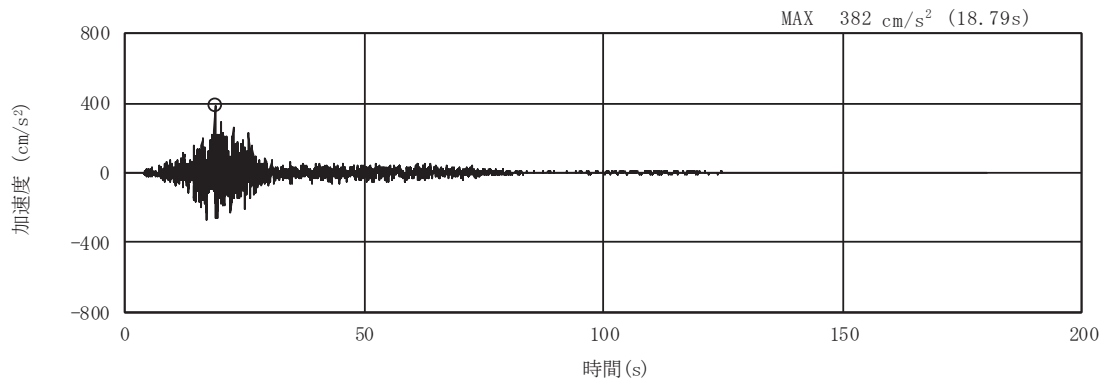


(a) 加速度時刻歴波形

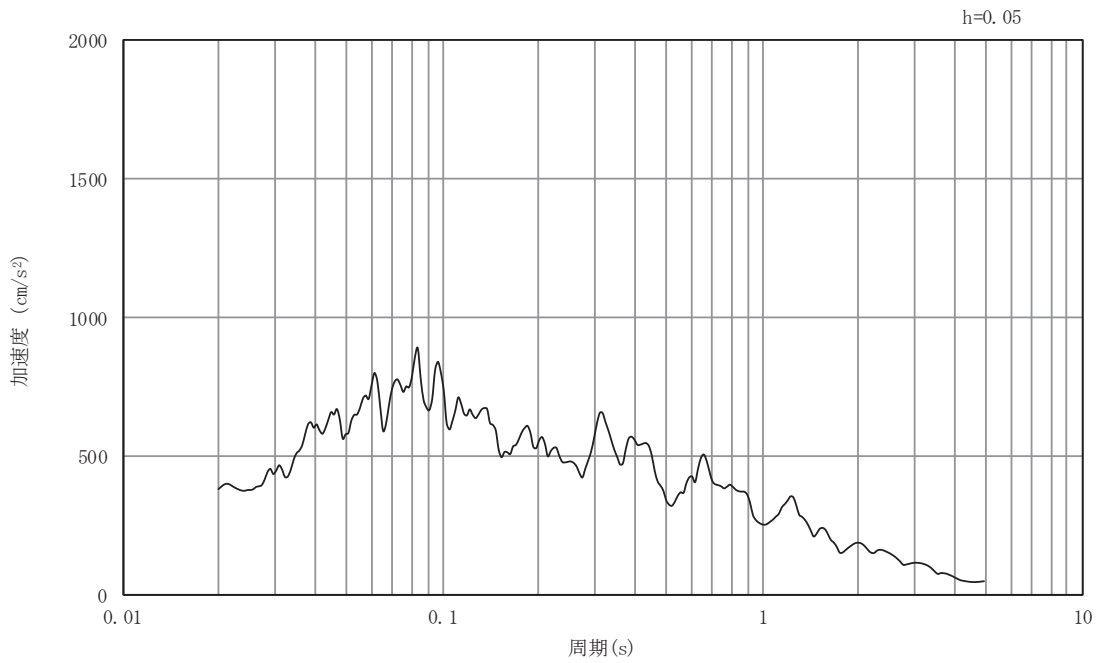


(b) 加速度応答スペクトル

図3-90 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
断面⑦
(水平成分：S s - F 1)

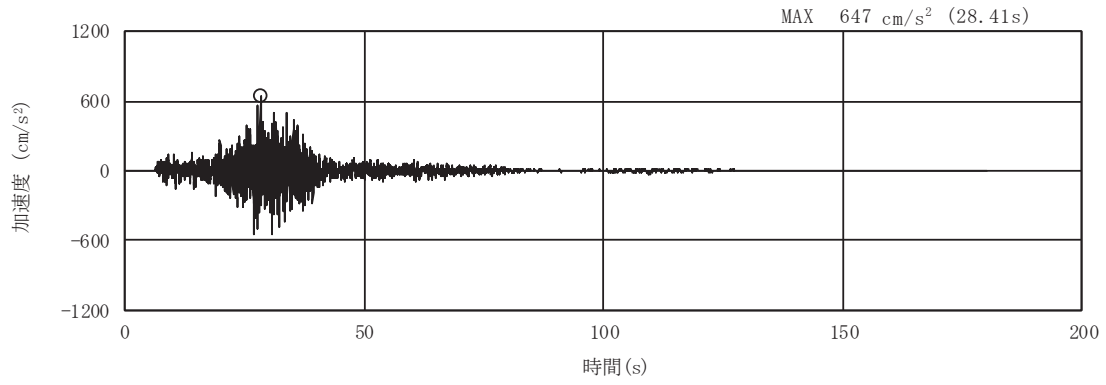


(a) 加速度時刻歴波形

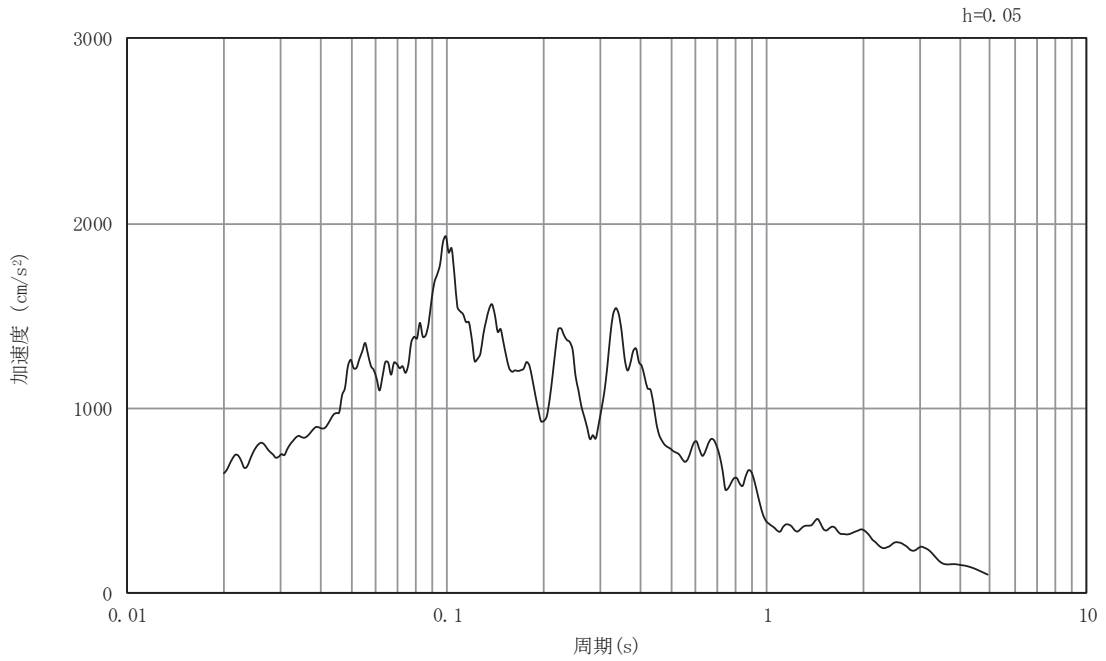


(b) 加速度応答スペクトル

図3-91 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
断面⑦
(鉛直成分：S s - F 1)

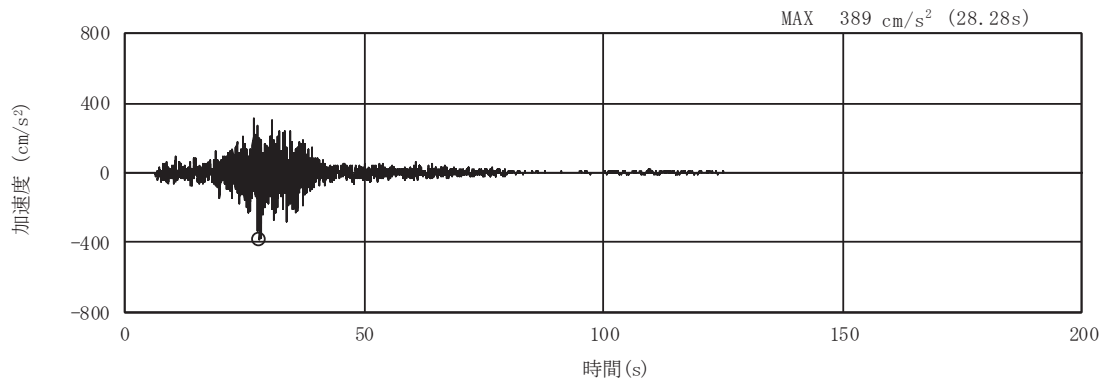


(a) 加速度時刻歴波形

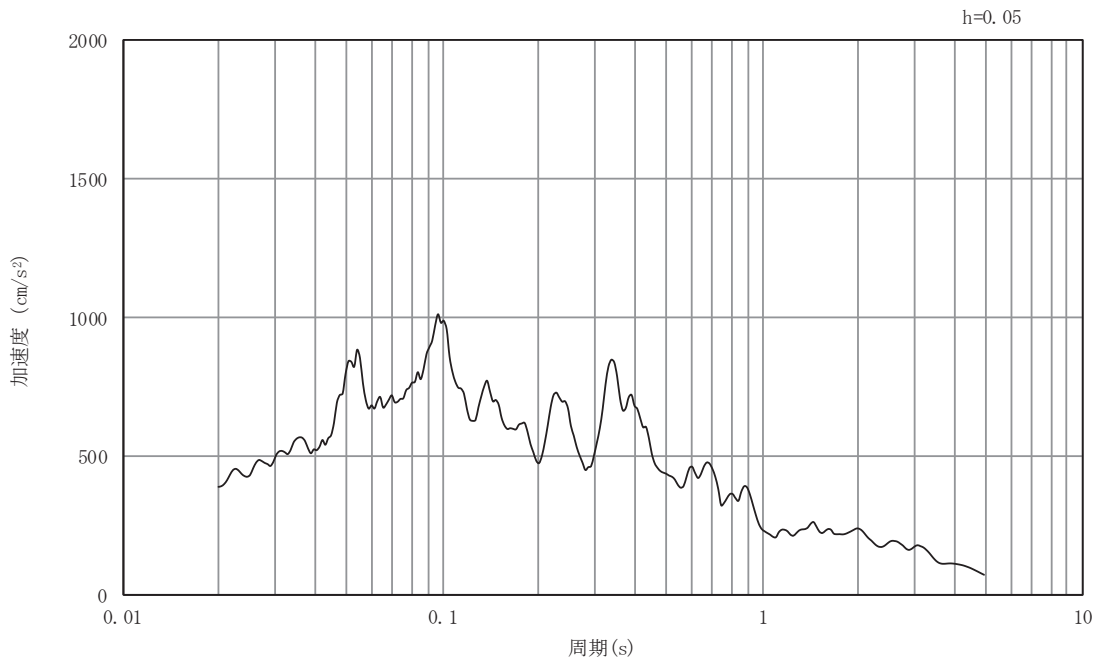


(b) 加速度応答スペクトル

図3-92 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
断面⑦
(水平成分：S s - F 2)

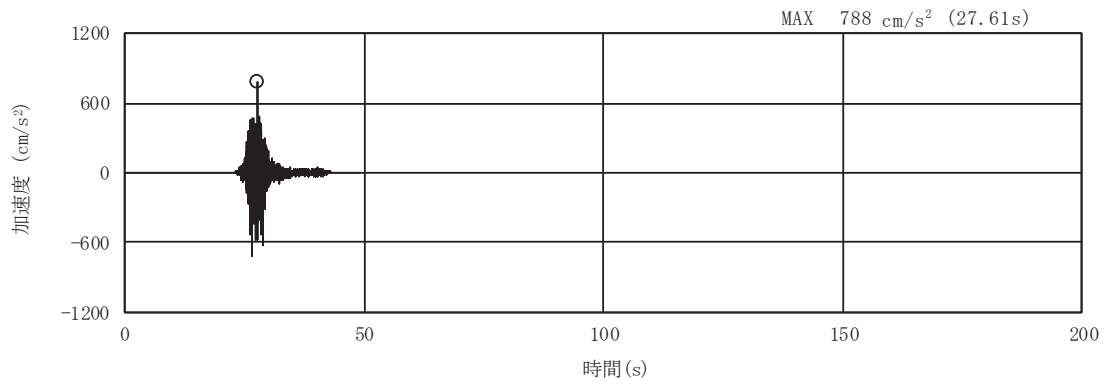


(a) 加速度時刻歴波形

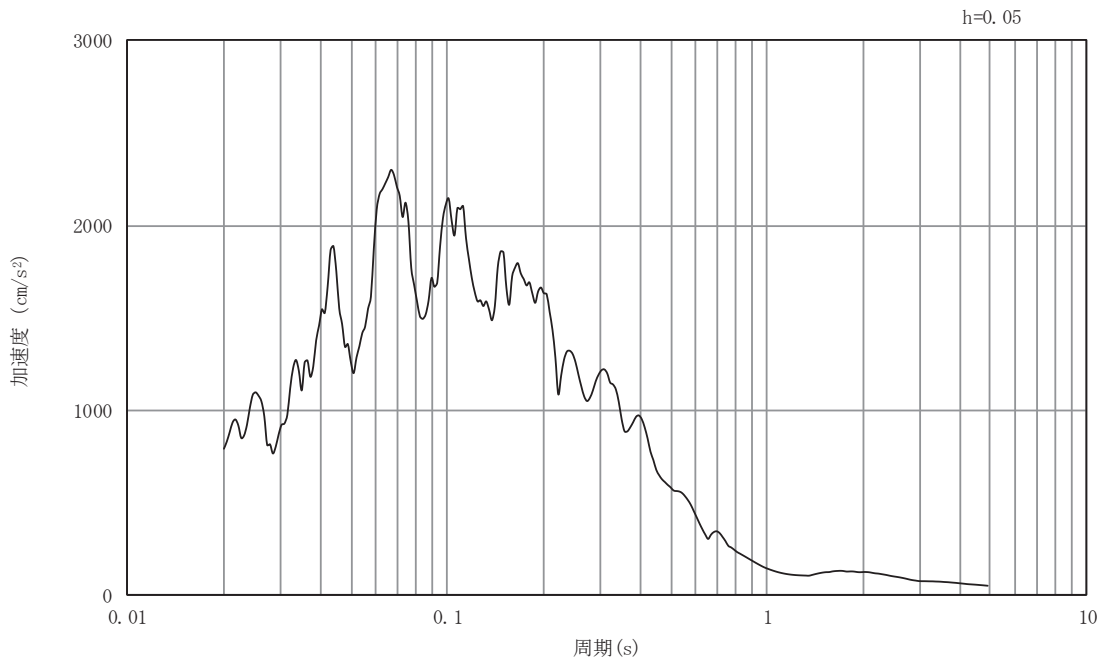


(b) 加速度応答スペクトル

図3-93 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
断面⑦
(鉛直成分：S s - F 2)

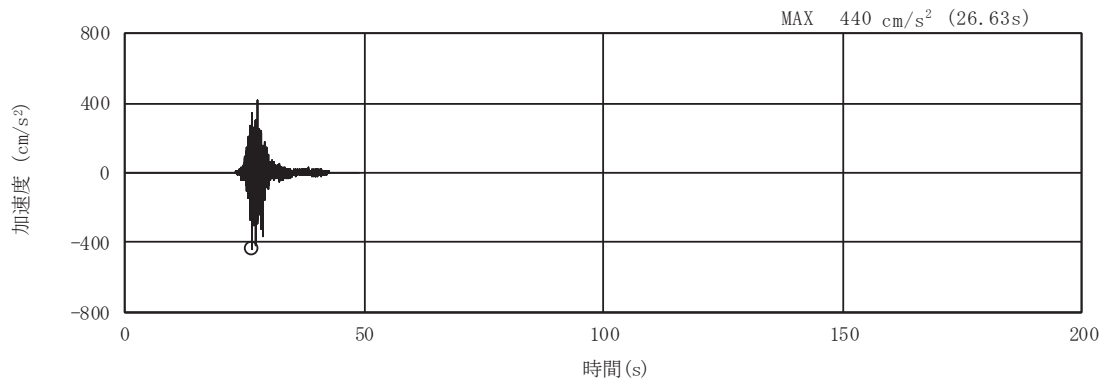


(a) 加速度時刻歴波形

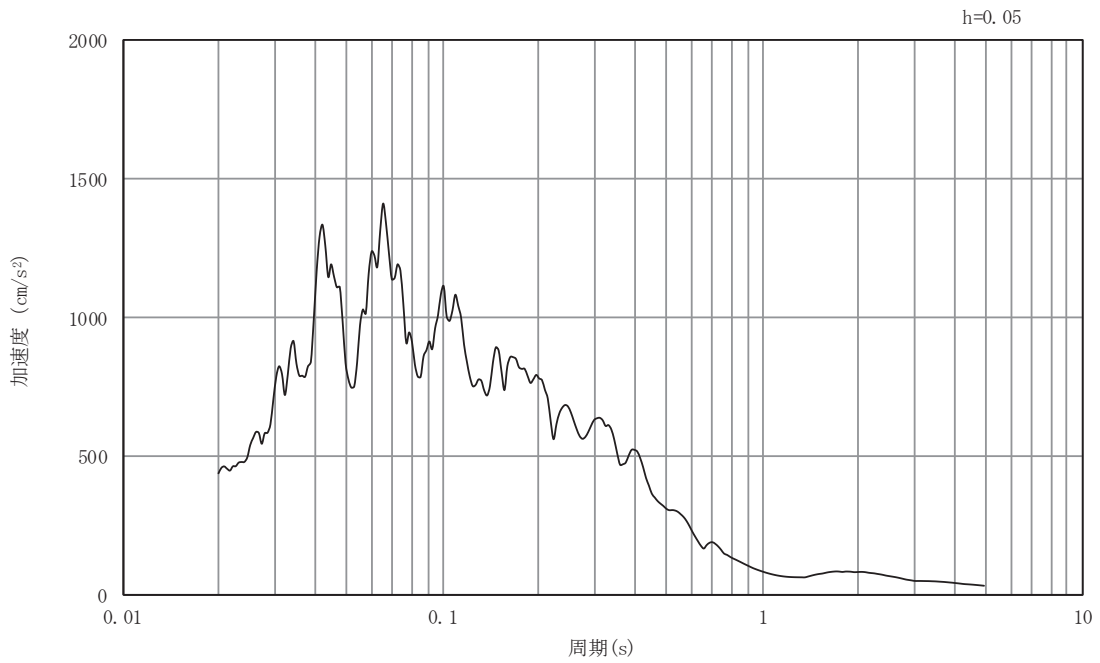


(b) 加速度応答スペクトル

図3-94 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
断面⑦
(水平成分：S s - F 3)

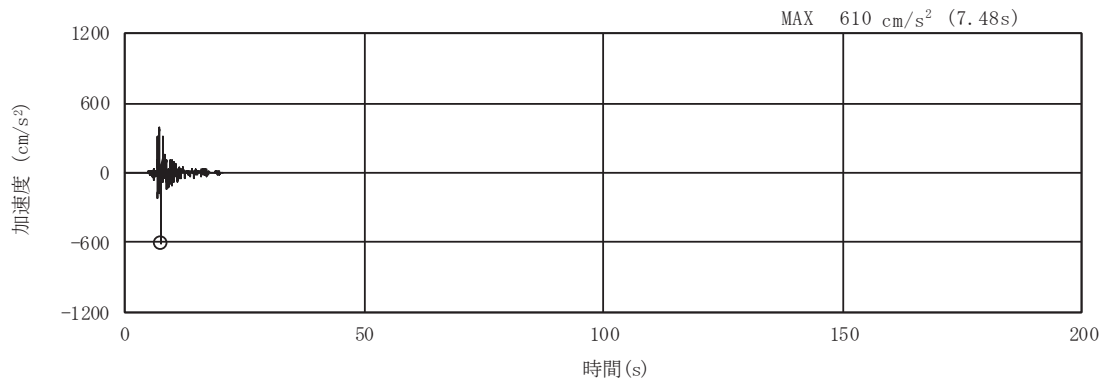


(a) 加速度時刻歴波形

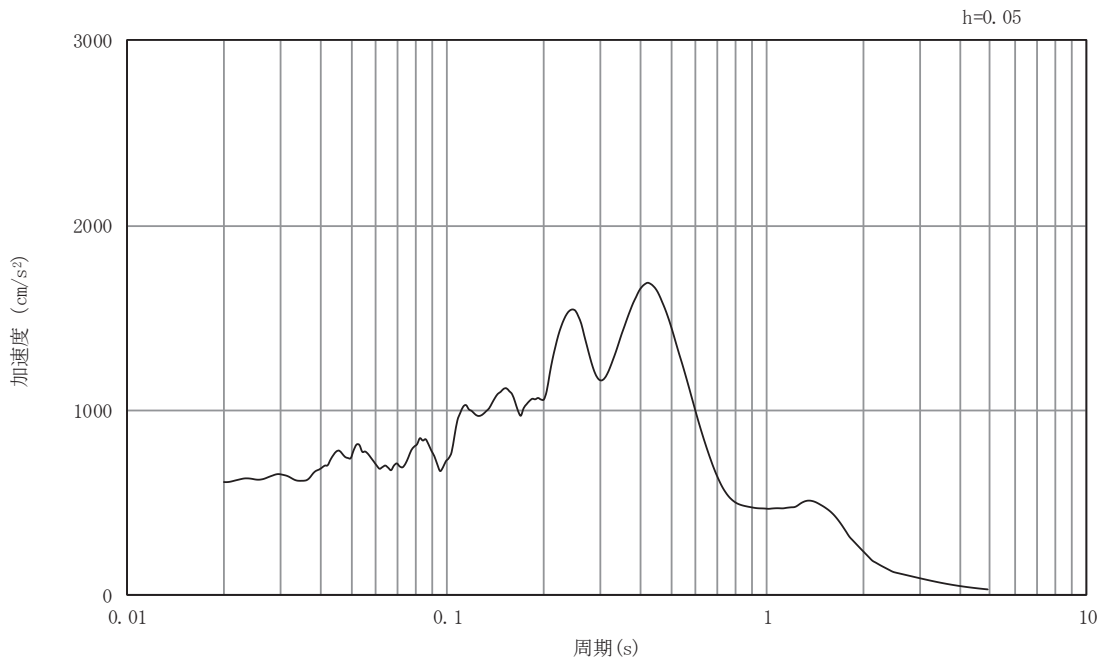


(b) 加速度応答スペクトル

図3-95 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
断面⑦
(鉛直成分：S s - F 3)

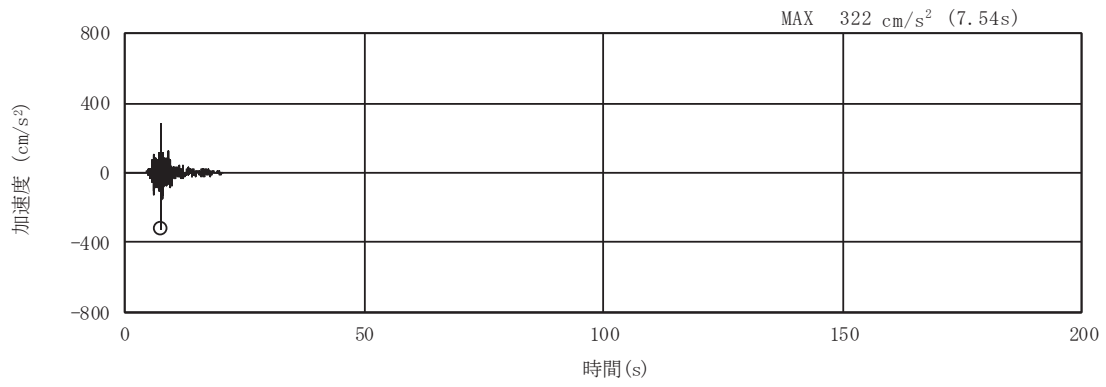


(a) 加速度時刻歴波形

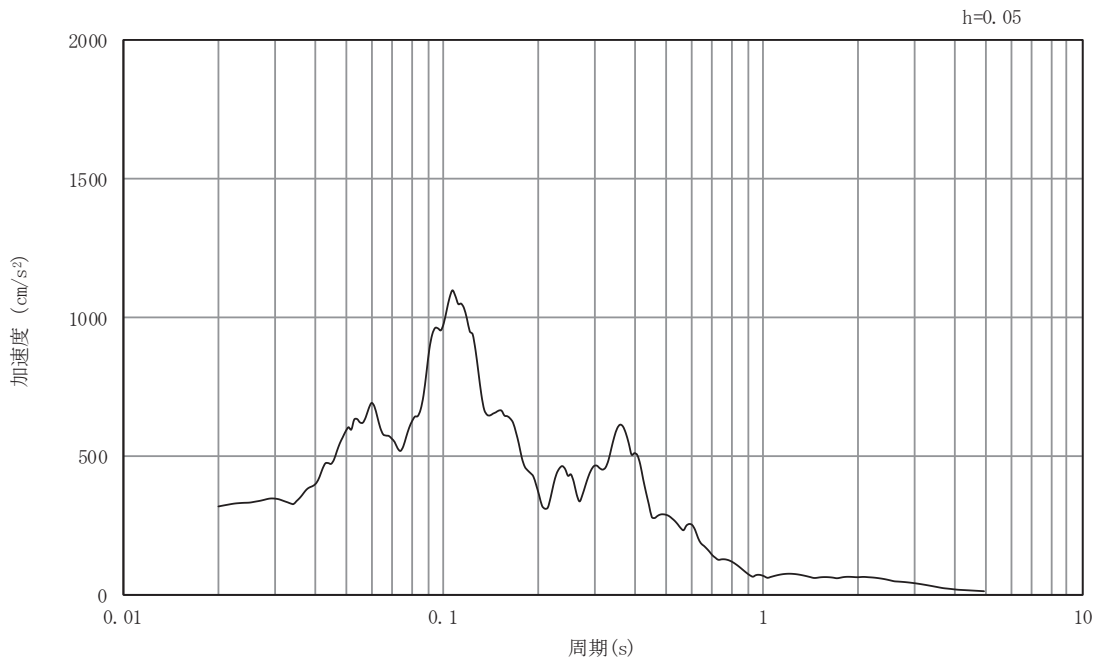


(b) 加速度応答スペクトル

図3-96 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
断面⑦
(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3-97 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
断面⑦
(鉛直成分：S s - N 1)

3.5 解析モデル及び諸元

3.5.1 解析モデル

取水路（標準部）の地震応答解析モデルを図 3-98～図 3-103 に示す。

(1) 解析領域

二次元有限要素法による時刻歴応答解析の解析モデルの解析領域は、境界条件の影響が地盤及び構造物の応力状態に及ばないように、十分に広い領域とする。

(2) 境界条件

二次元有限要素法による時刻歴応答解析の解析モデルの境界条件については、有限要素解析における半無限地盤を模擬するため、粘性境界を設ける。

(3) 構造物のモデル化

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。

(4) 地盤のモデル化

D級を除く岩盤は線形の平面ひずみ要素でモデル化する。また、盛土・旧表土、D級岩盤及び改良地盤は、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

断面⑦において隣接構造物となる防潮堤（鋼管式鉛直壁）は、添付書類「VI-2-10-2-2-1 防潮堤（鋼管式鉛直壁）の耐震性について」に基づき、鋼管杭は、線形はり要素（ビーム要素）でモデル化する。復水貯蔵タンクの基礎と直下の MMR は盛土でモデル化する。

(6) ジョイント要素の設定

地震時の「MMR と構造物」、「盛土及び岩盤と MMR」、「盛土・旧表土及び岩盤と改良地盤」及び「盛土と構造物」との接合面における剥離及びすべりを考慮するため、これらの接合面にジョイント要素を設定する。なお、防潮堤（鋼管式鉛直壁）は、添付書類「VI-2-10-2-2-1 防潮堤（鋼管式鉛直壁）の耐震性について」に基づき、ジョイント要素を設定する。

(7) 水位条件

内水位は、朔望平均満潮位（O.P. +2.43m）とする。

地下水位は、添付書類「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。設計用地下水位を表 3-6 及び図 3-104～図 3-109 に示す。

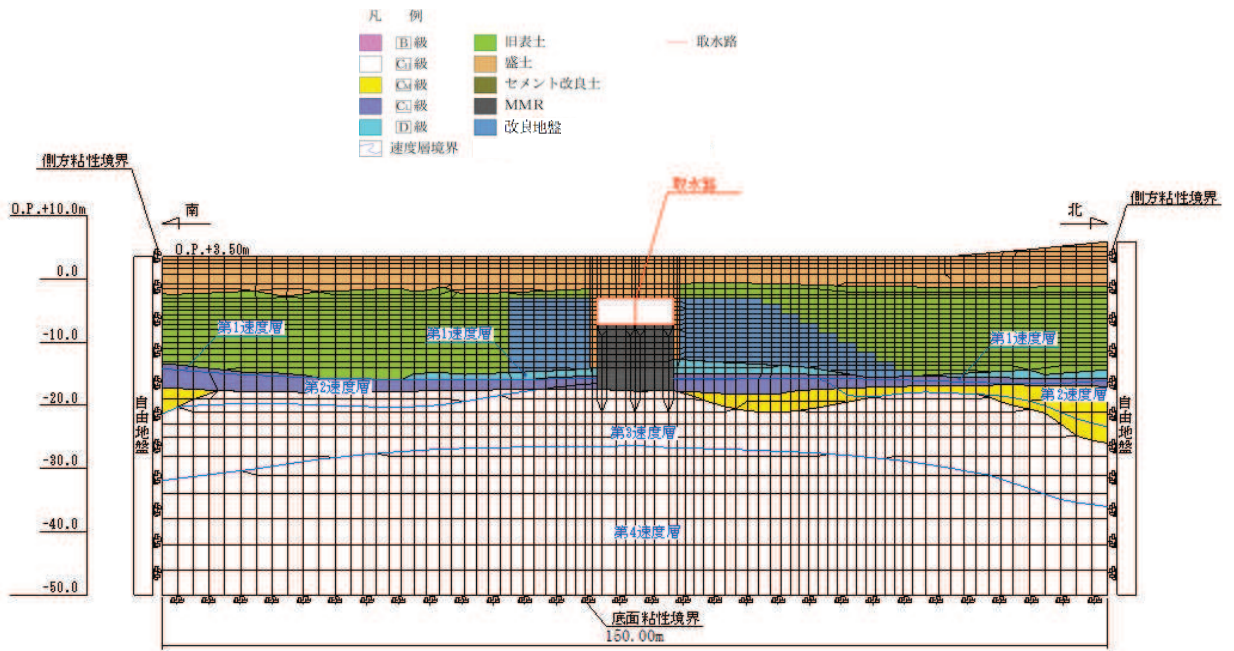


図 3-98 取水路（標準部）の地震応答解析モデル（断面②）

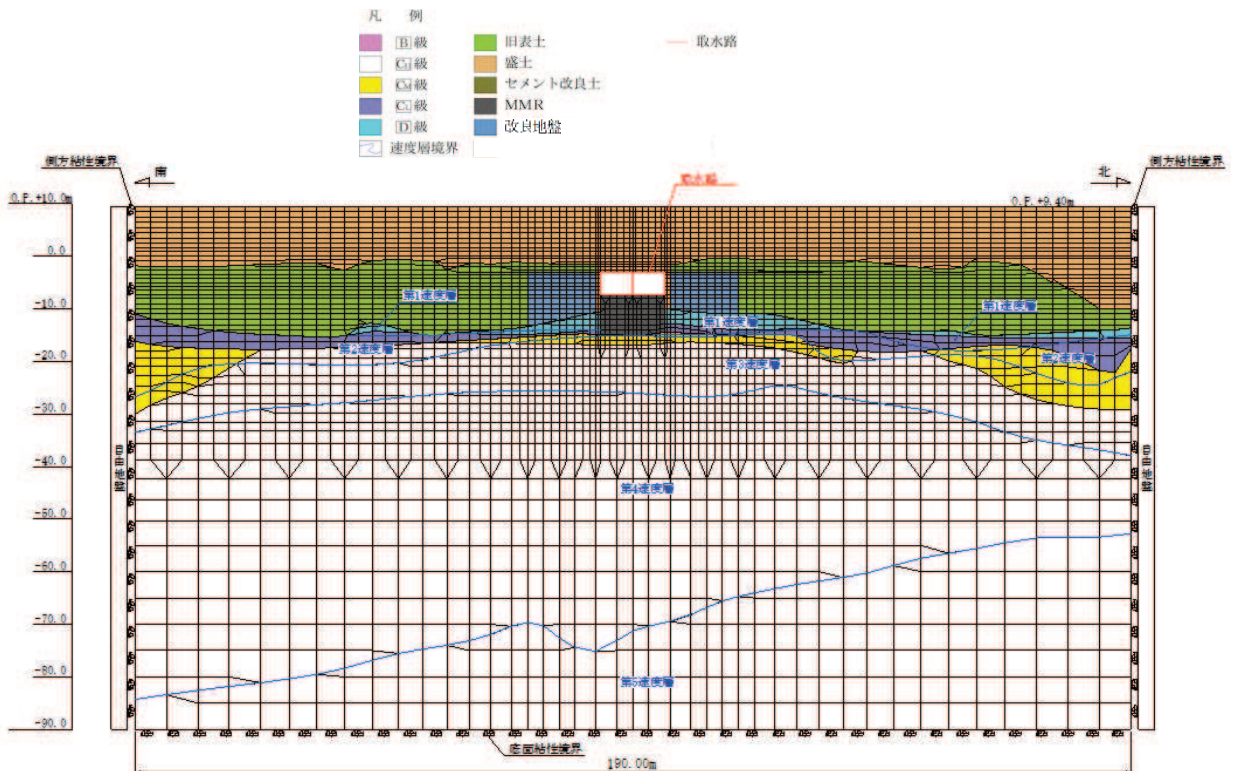


図 3-99 取水路（標準部）の地震応答解析モデル（断面③）

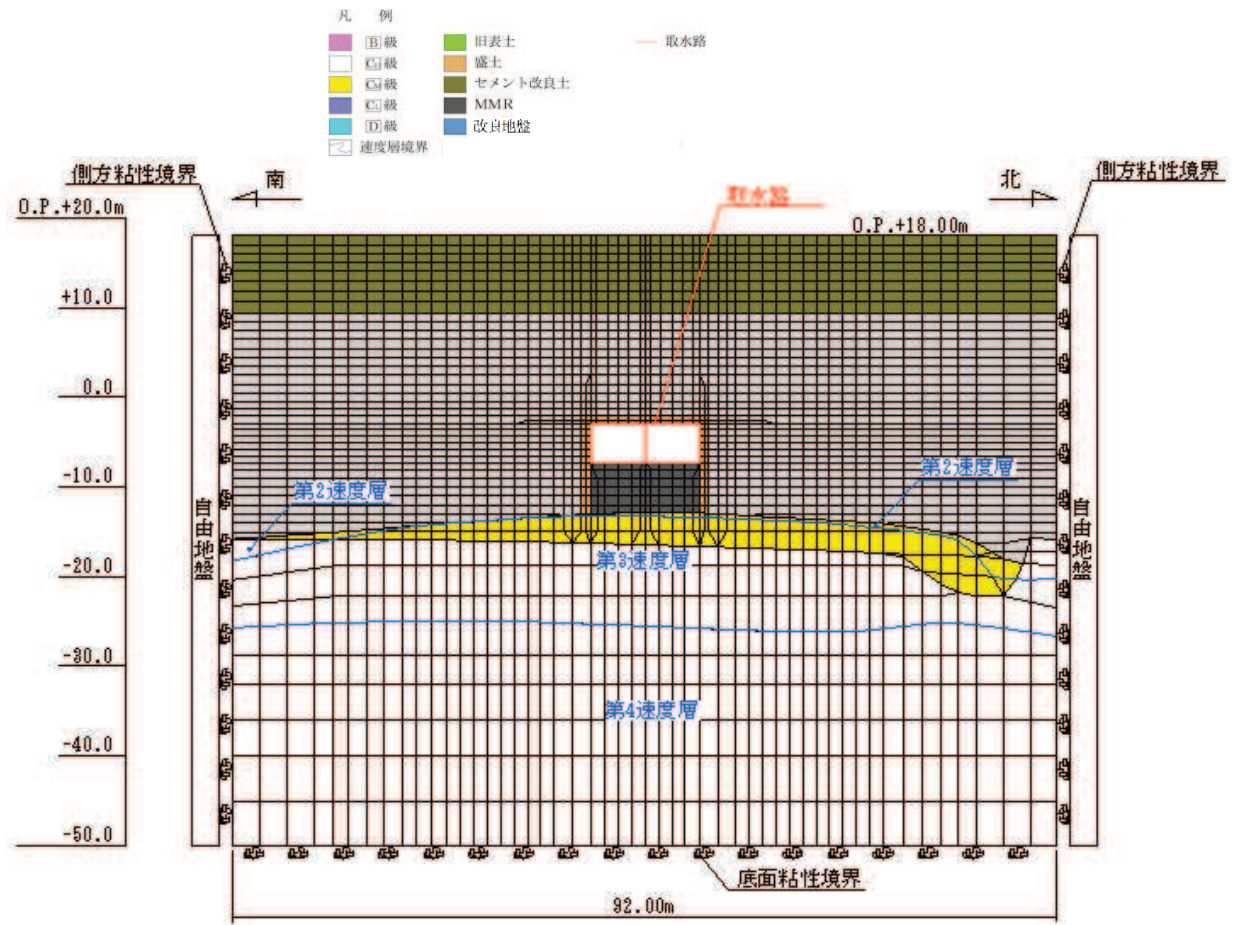


図 3-100 取水路（標準部）の地震応答解析モデル（断面④）

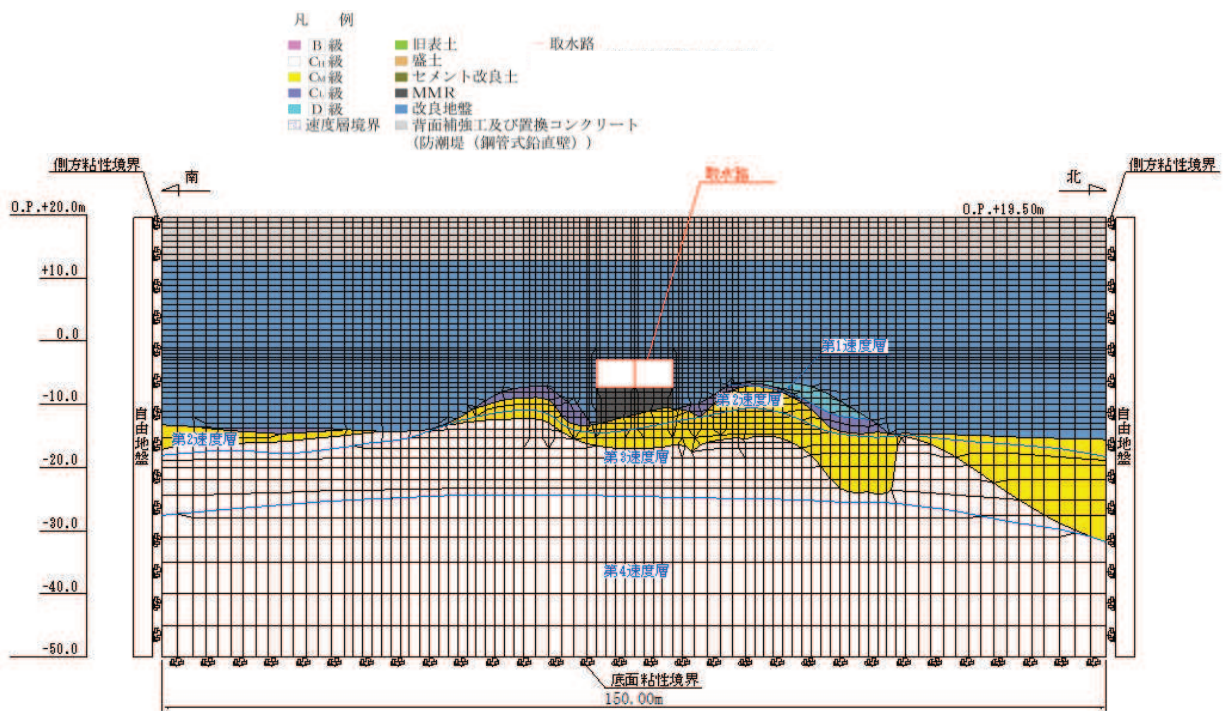


図 3-101 取水路（標準部）の地震応答解析モデル（断面⑤）

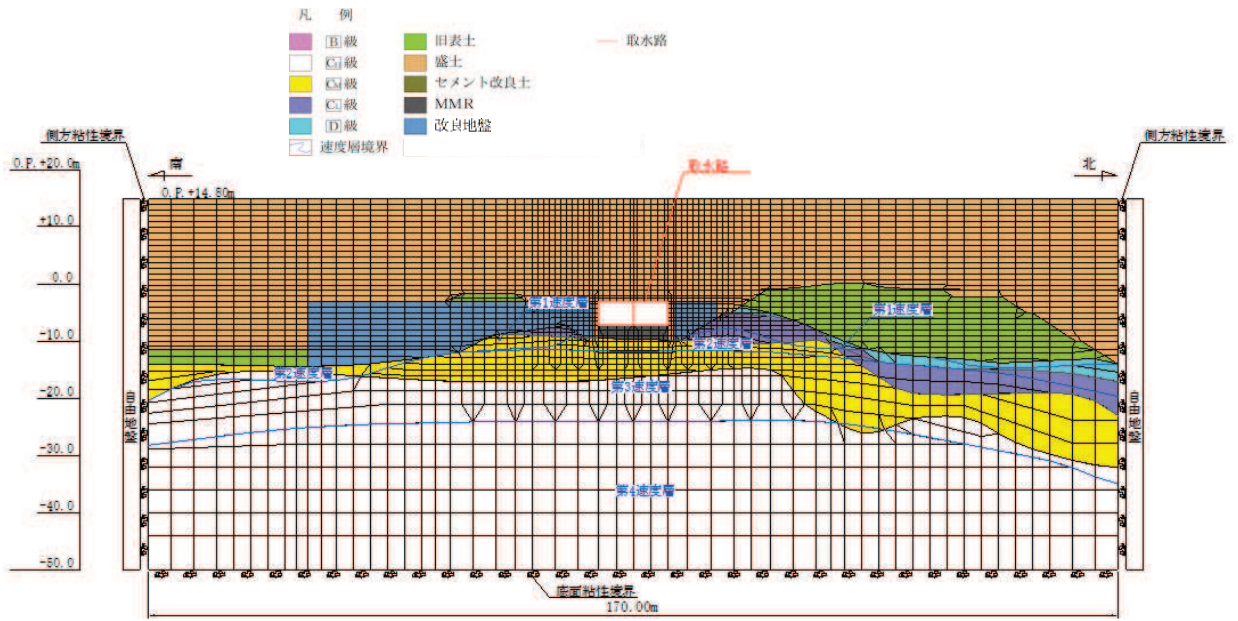


図 3-102 取水路（標準部）の地震応答解析モデル（断面⑥）

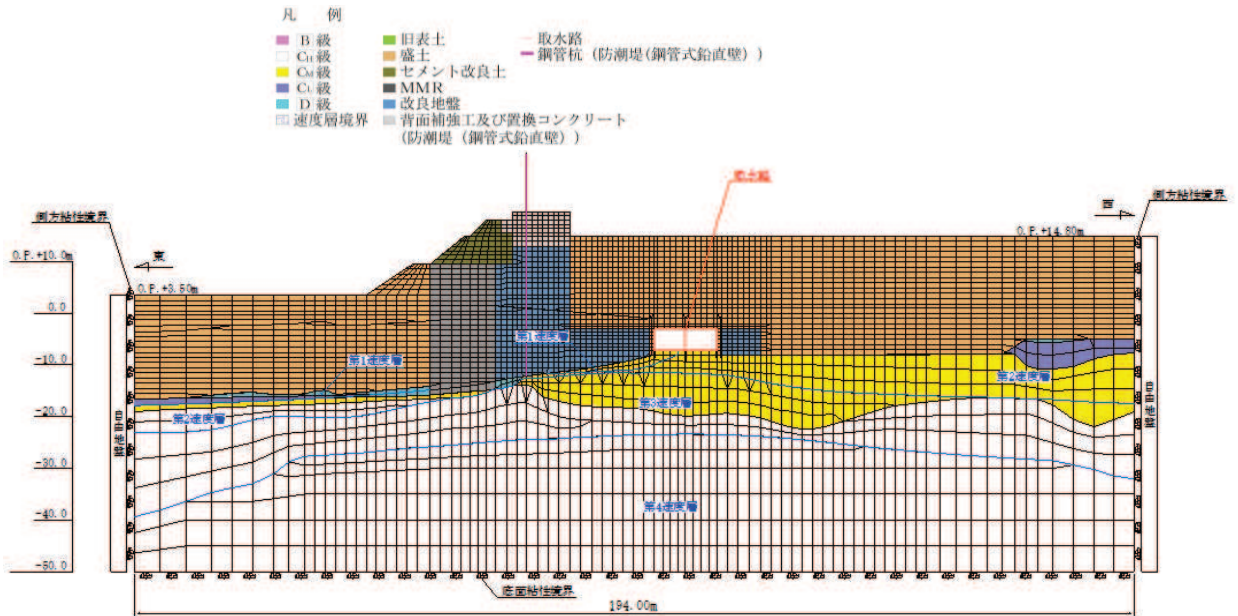


図 3-103 取水路（標準部）の地震応答解析モデル（断面⑦）

表 3-6 設計用地下水位

施設名称	対象エリア	設計用地下水位
取水路 (標準部)	断面②	0. P. +2. 43m ^{*1, 2}
	断面③	0. P. +2. 43m ^{*1, 2}
	断面④	0. P. +2. 43m ^{*1, 2}
	断面⑤	0. P. -1. 00m
	断面⑥	0. P. -1. 01m
	断面⑦	0. P. -1. 03m~0. P. +2. 43m ^{*1, 2}

注記*1：朔望平均満潮位。

*2：東北地方太平洋沖地震による約 1m の沈降を，敷地高さ（0. P. +14. 8m）を固定とし朔望平均満潮位を 0. P. +1. 43 から 0. P. +2. 43m とすることにより考慮する。

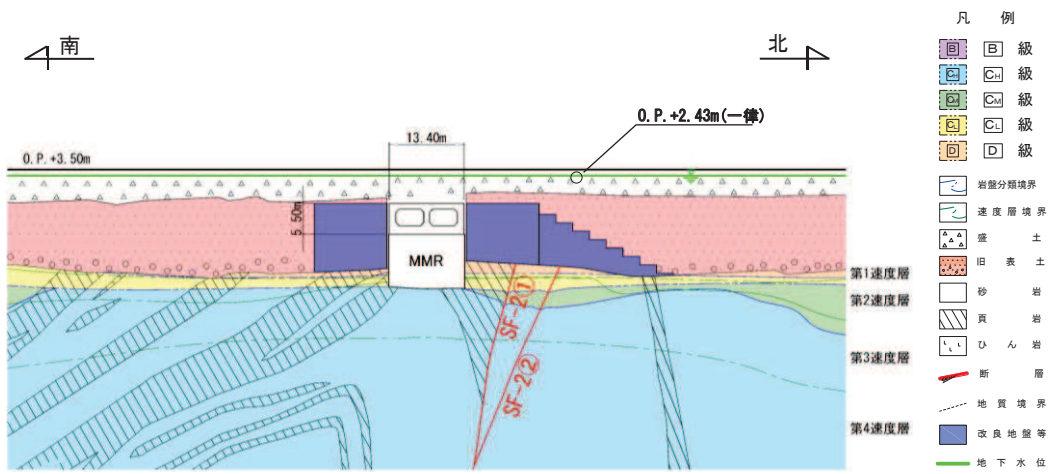


图 3-104 设计用地下水位 (断面②)

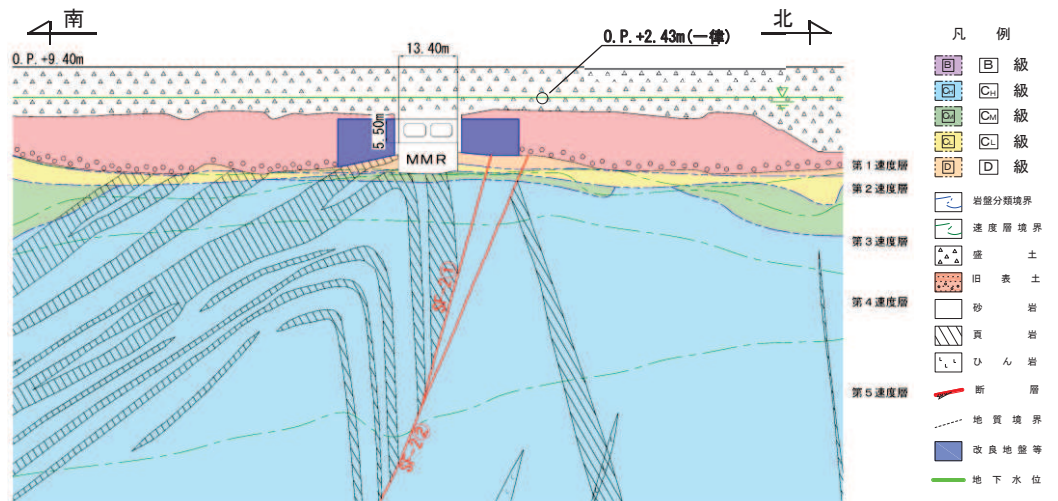


图 3-105 设计用地下水位 (断面③)

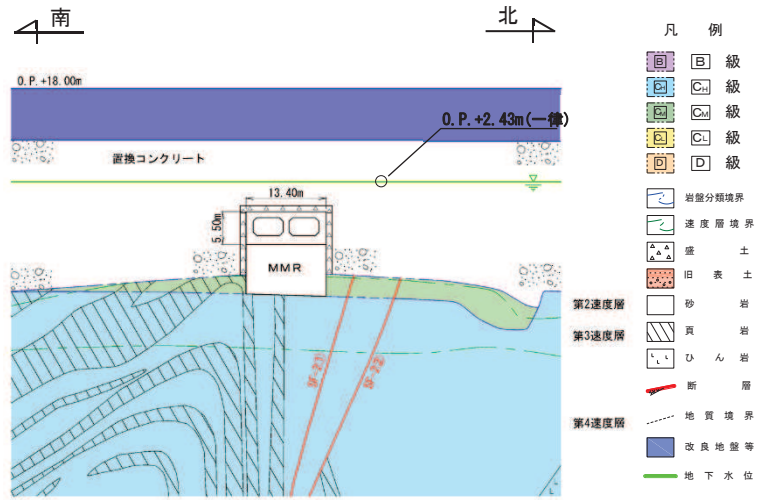


図 3-106 設計用地下水位 (断面④)

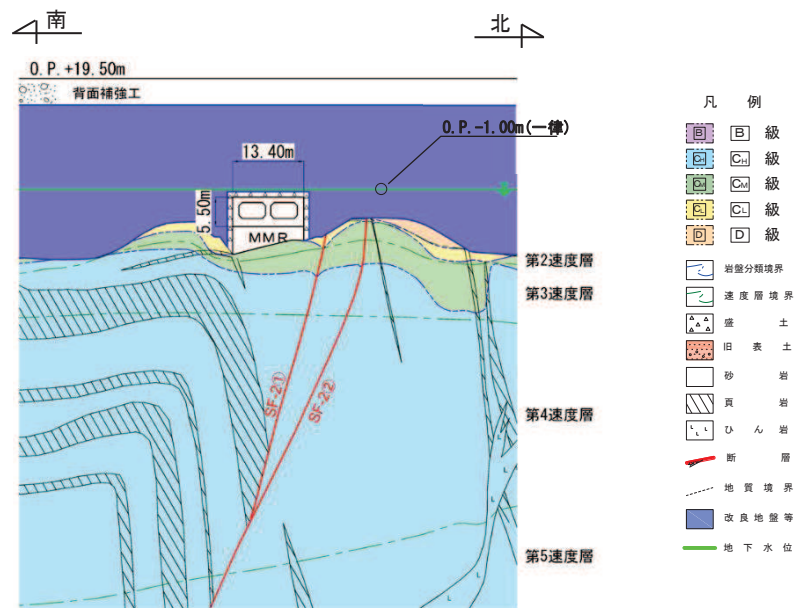


図 3-107 設計用地下水位 (断面⑤)

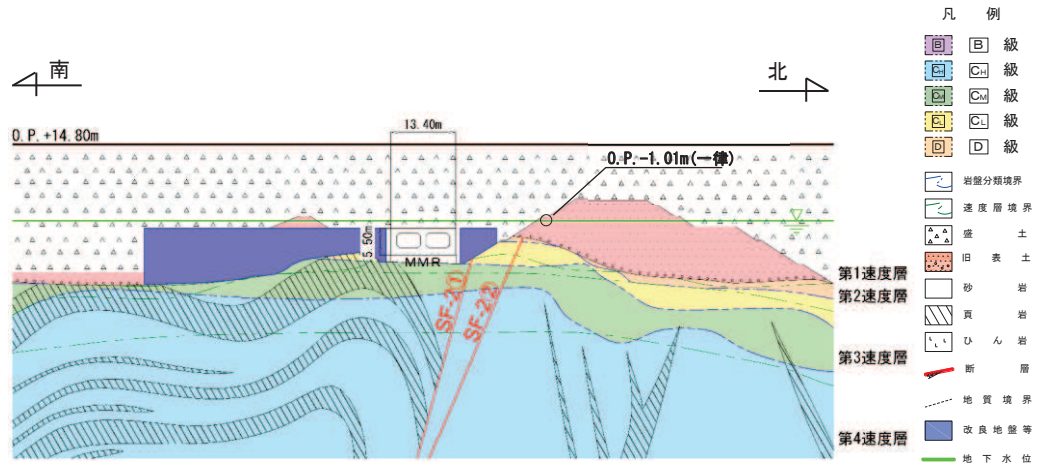


図 3-108 設計用地下水位 (断面⑥)

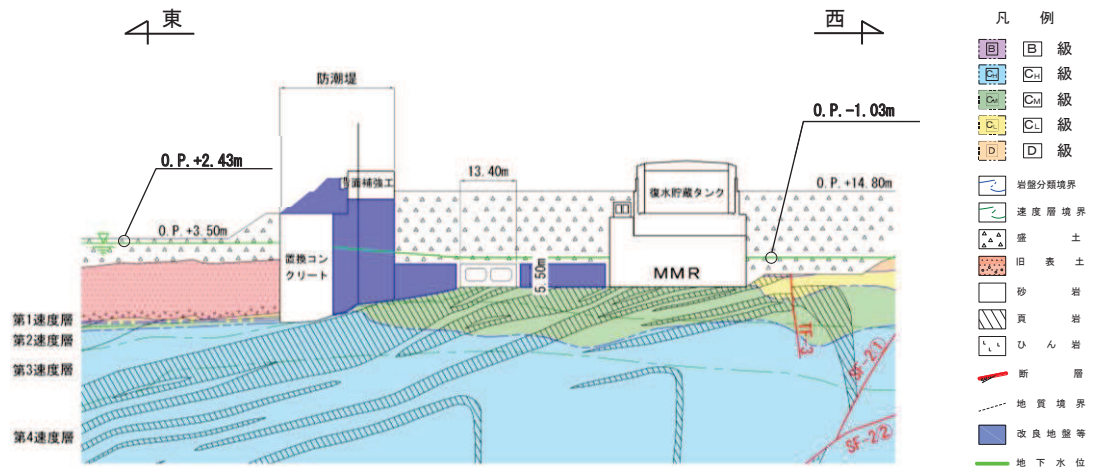


図 3-109 設計用地下水位 (断面⑦)

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
コンクリート	設計基準強度 20.5N/mm ²
鉄筋	SD345

表 3-8 材料の物性値 (構造部材)

材料	項目	材料諸元	備考
鉄筋コンクリート	単位体積重量 (kN/m ³)	24.0	
コンクリート	ヤング係数 (N/mm ²)	実強度*	3.18×10 ⁴ 解析ケース④, ⑨'
		設計基準強度	2.33×10 ⁴ 解析ケース①, ②, ③, ⑥', ⑦', ⑧'
	ポアソン比	0.2	

注記* : 既設構造物のコア採取による圧縮強度試験の結果を使用する。

3.5.3 地盤の物性値

地盤については、添付書類「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。

3.6 地震応答解析結果

取水路（標準部）における耐震評価については、断面④及び断面⑤は全応力解析のみ実施していることから、全応力解析と有効応力解析によりそれぞれ評価した荷重を組み合わせ、直線部及び曲線部の三次元構造解析モデルへ作用させている。そのため、取水路（標準部）の耐震評価における解析ケースと作用させる断面の地震応答解析手法の関係は、表 3-9 に示すとおりとする。

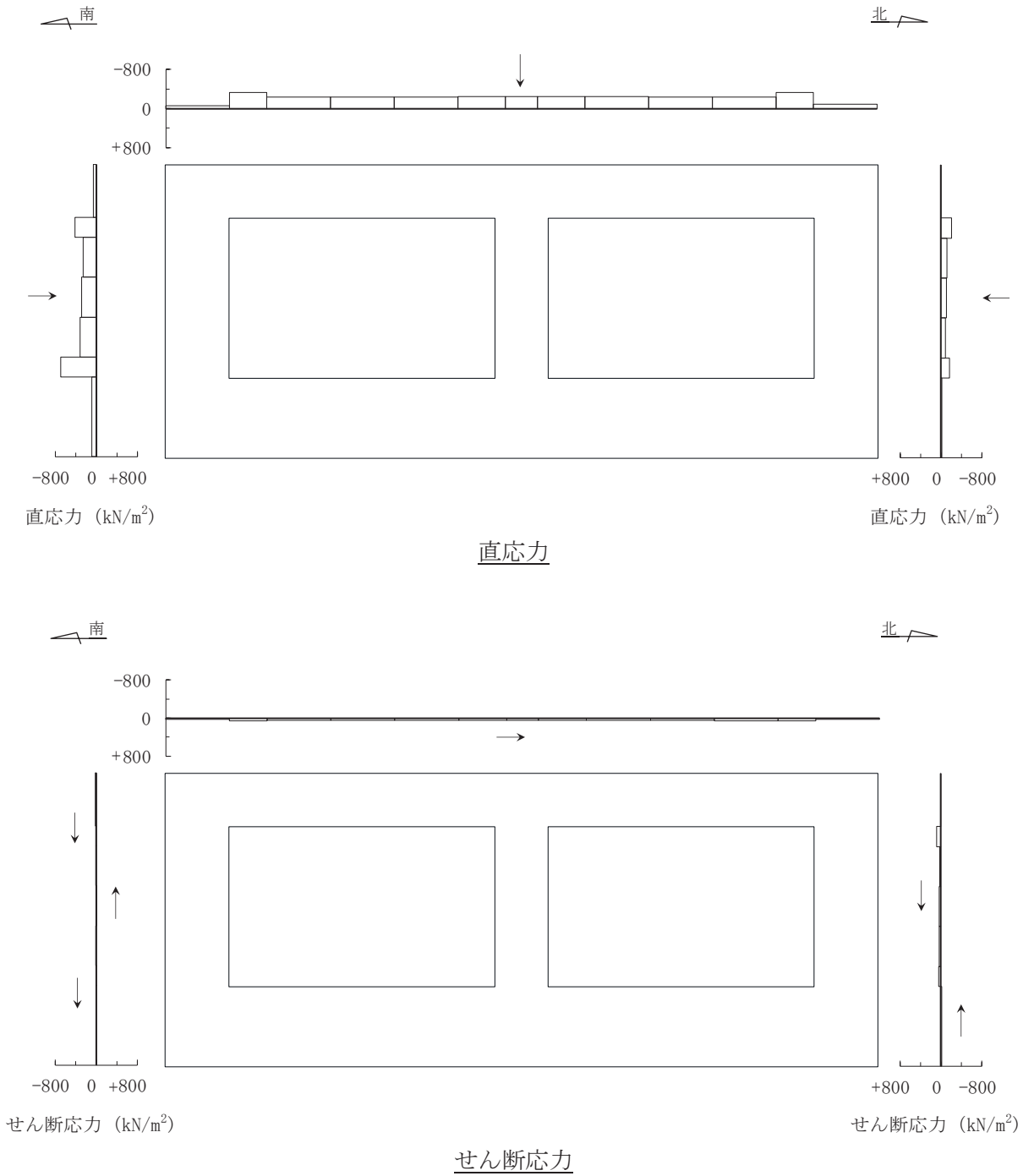
構造部材の曲げ・軸力系の破壊及びせん断破壊に対する照査のうち、地震応答解析による地震時荷重を用いた三次元構造解析の結果において、照査値が最大となるせん断力照査の地震動及び解析ケースにおける作用荷重分布図を図 3-110～図 3-137 に示す。

なお、断面⑤は曲線部に位置するが、周辺地盤の状況等を考慮し直線部の地震時荷重算出断面として選定しており、直線部と曲線部の両方の三次元モデルに作用させる荷重となる。このため、断面⑤については、それぞれのモデル（直線部・曲線部）で照査値が最大となる 2 ケースを示す。

また、曲げ・軸力系の破壊に対する照査及びせん断破壊に対する照査で最大照査値を示すケースについて、地盤に発生した過剰間隙水圧比分布を確認する。過剰間隙水圧比分布図を図 3-138～図 3-141 に示す。

表 3-9 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	ケース④	ケース⑥'	ケース⑦'	ケース⑧'	ケース⑨'
	地盤物性	基本ケース 平均値	地盤物性のばらつき(+1σ)を考慮した解析ケース 平均値+1σ	地盤物性のばらつき(-1σ)を考慮した解析ケース 平均値-1σ	材料物性(コンクリート)に実強度を考慮した解析ケース 平均値	基本ケース 平均値	地盤物性のばらつき(+1σ)を考慮した解析ケース 平均値+1σ	地盤物性のばらつき(-1σ)を考慮した解析ケース 平均値-1σ
材料物性	設計基準強度	設計基準強度	設計基準強度	実強度に基づく圧縮強度	設計基準強度	設計基準強度	設計基準強度	実強度に基づく圧縮強度
直線部	断面②	全応力解析	全応力解析	全応力解析	有効応力解析	有効応力解析	有効応力解析	有効応力解析
	断面③	全応力解析	全応力解析	全応力解析	有効応力解析	有効応力解析	有効応力解析	有効応力解析
	断面④	全応力解析	全応力解析	全応力解析	全応力解析	全応力解析	全応力解析	全応力解析
曲線部	断面⑤	全応力解析	全応力解析	全応力解析	全応力解析	全応力解析	全応力解析	全応力解析
	断面⑥	全応力解析	全応力解析	全応力解析	有効応力解析	有効応力解析	有効応力解析	有効応力解析
	断面⑦	全応力解析	全応力解析	全応力解析	有効応力解析	有効応力解析	有効応力解析	有効応力解析



図中の矢印は荷重の作用方向を示す

図 3-110 作用荷重分布図 (直応力及びせん断応力)
 (断面②: 直線部, 解析ケース③, S s - N 1 (++))

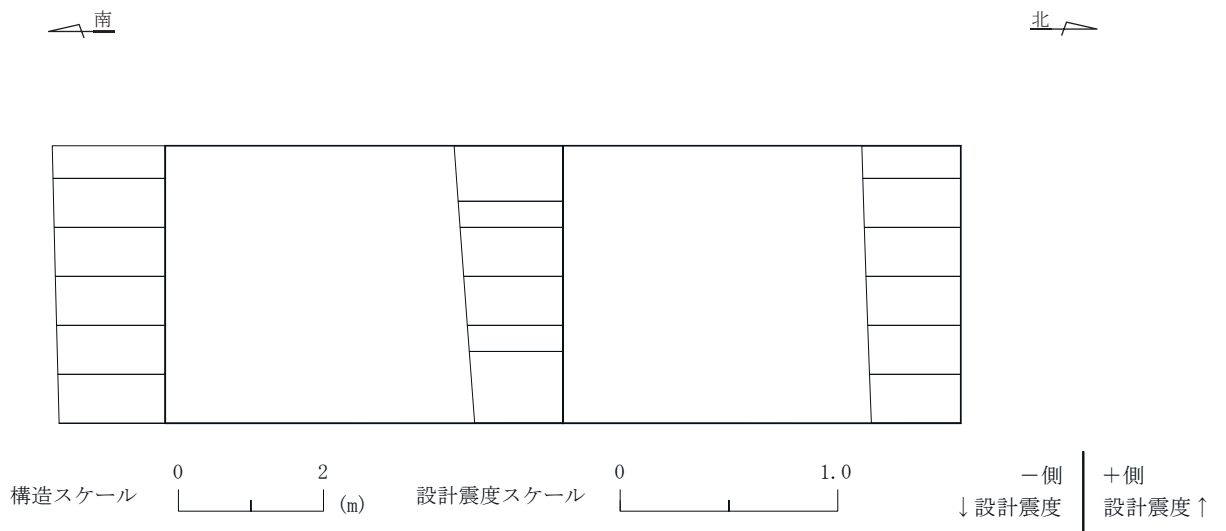
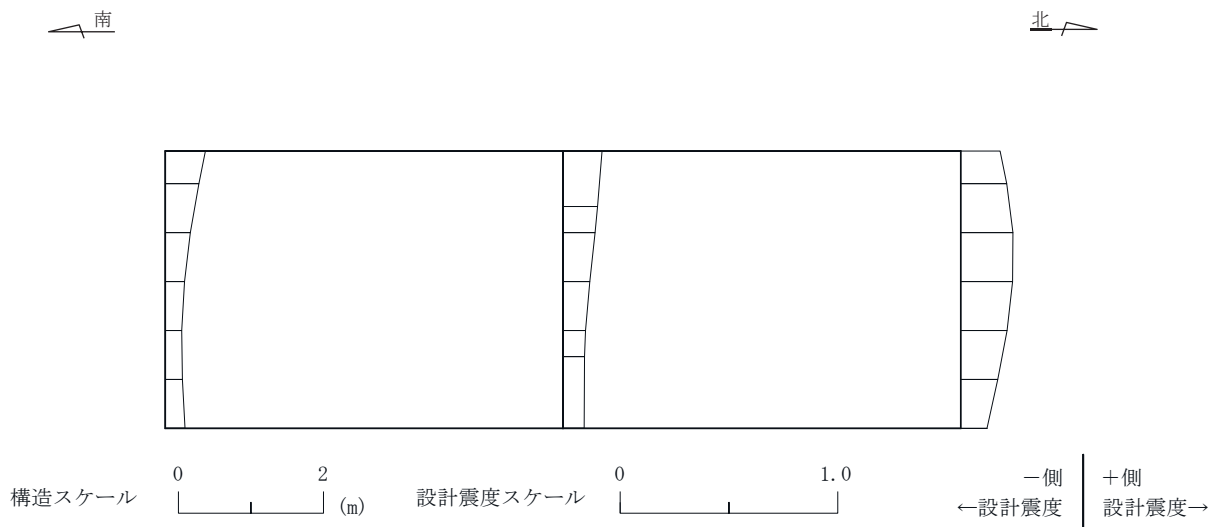
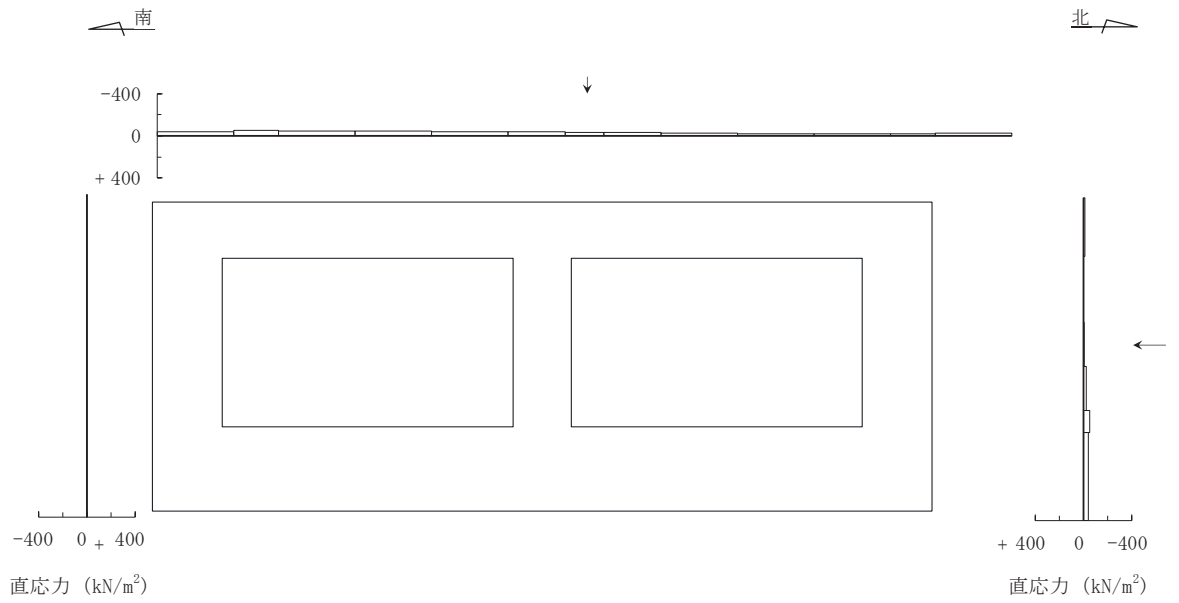
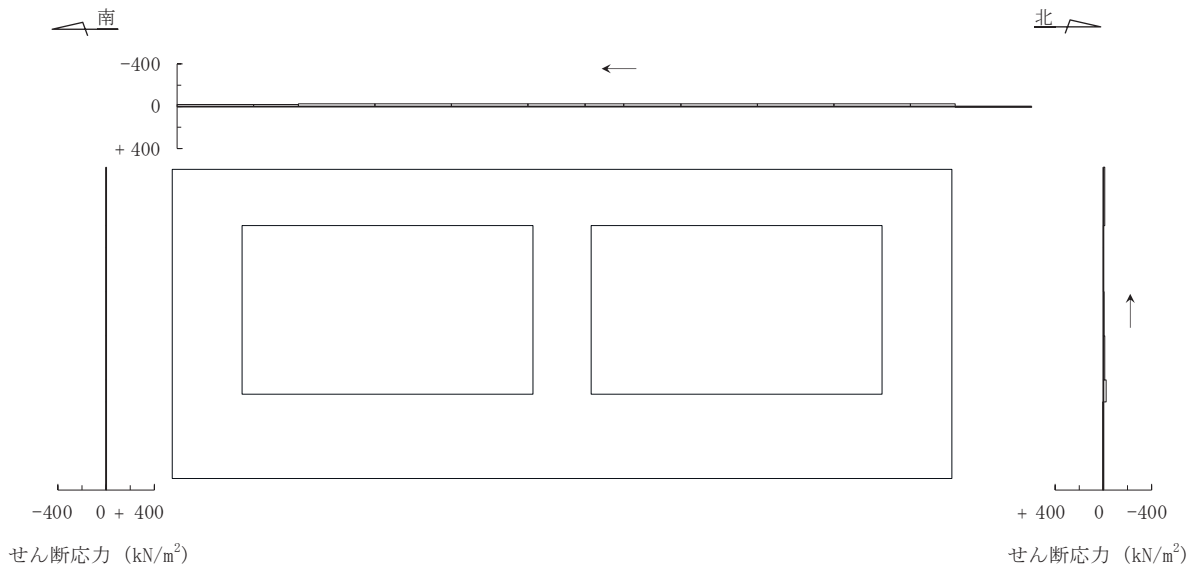


図3-111 作用荷重分布図（設計震度分布）
 （断面②：直線部，解析ケース③，S_s-N1（++））



直応力

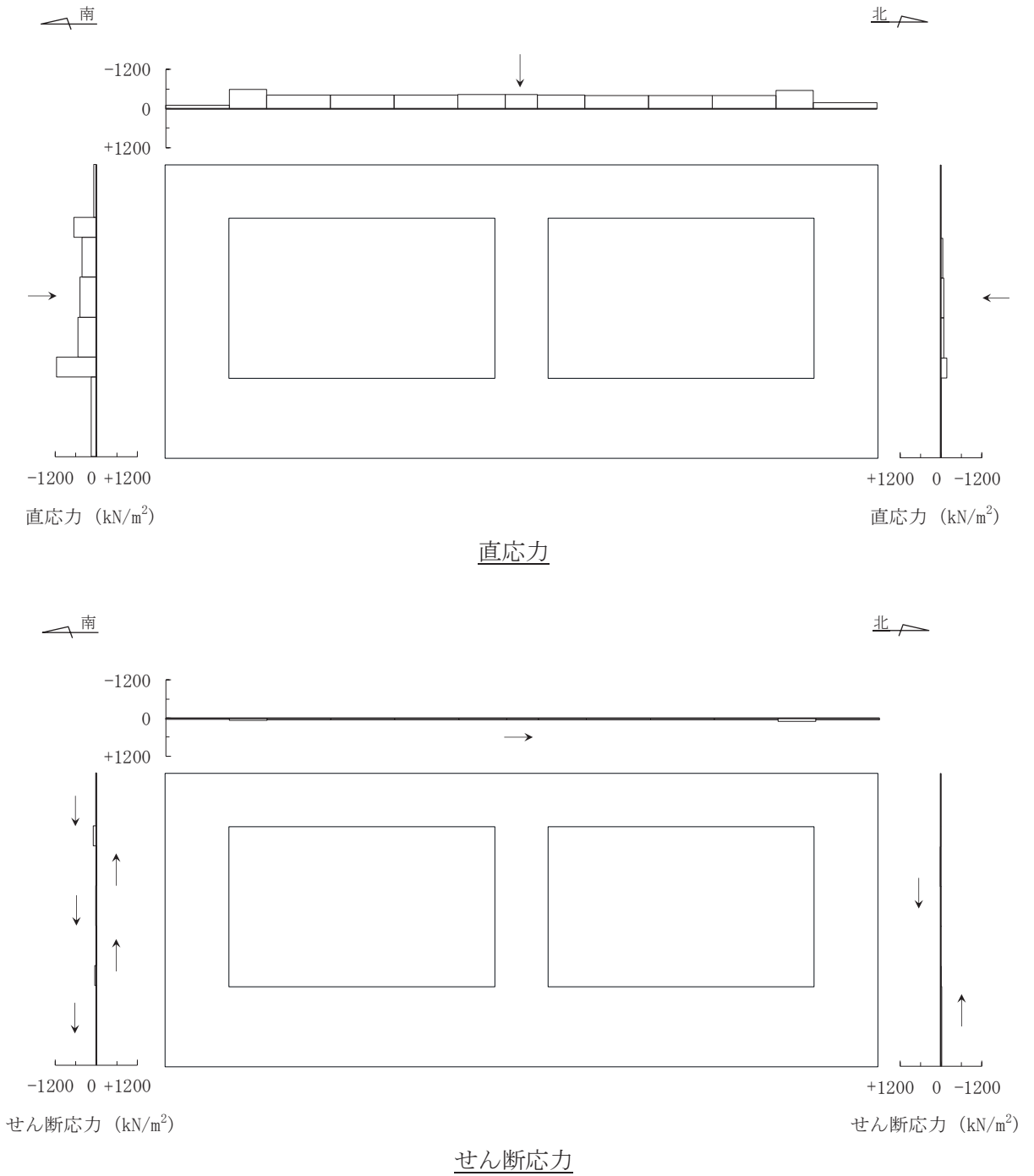


せん断応力

図中の矢印は荷重の作用方向を示す

図 3-112 作用荷重分布図 (直応力及びせん断応力)

(断面② : 直線部, 解析ケース⑨', S s - F 3 (++))



図中の矢印は荷重の作用方向を示す

図 3-114 作用荷重分布図 (直応力及びせん断応力)
 (断面③ : 直線部, 解析ケース③, S s - N 1 (++))

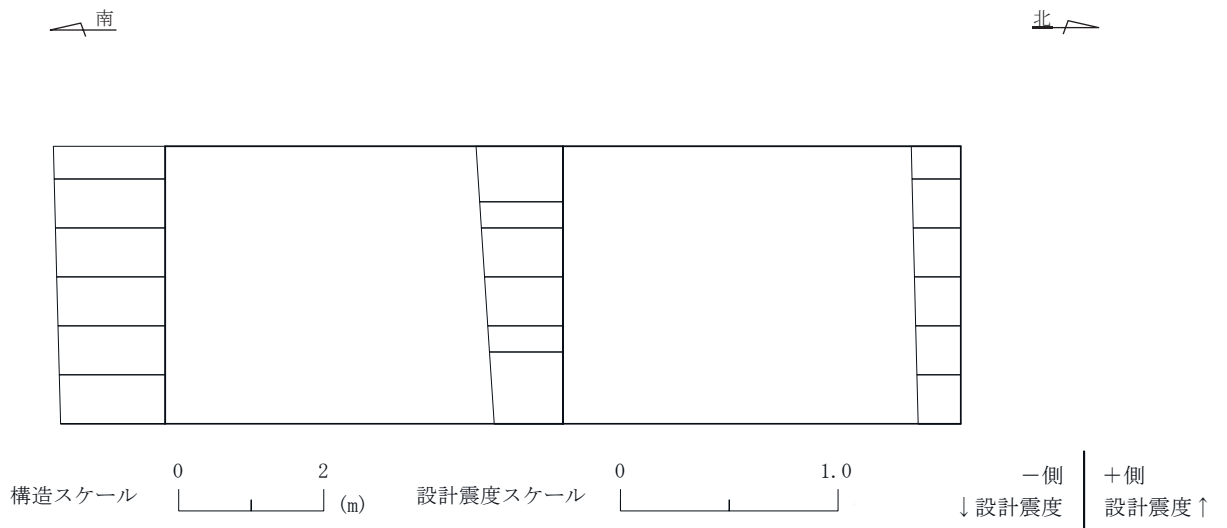
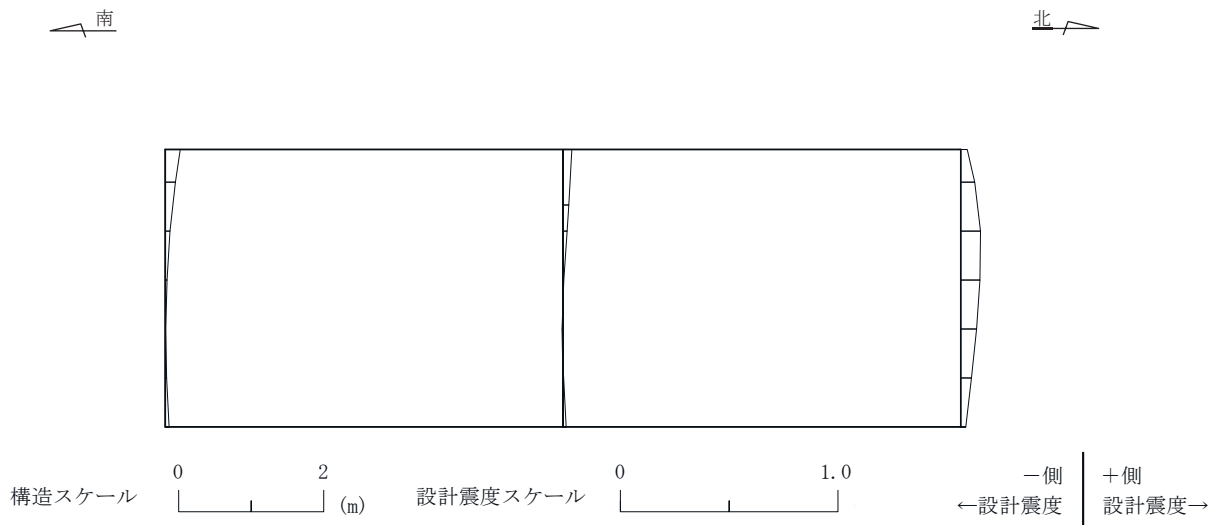
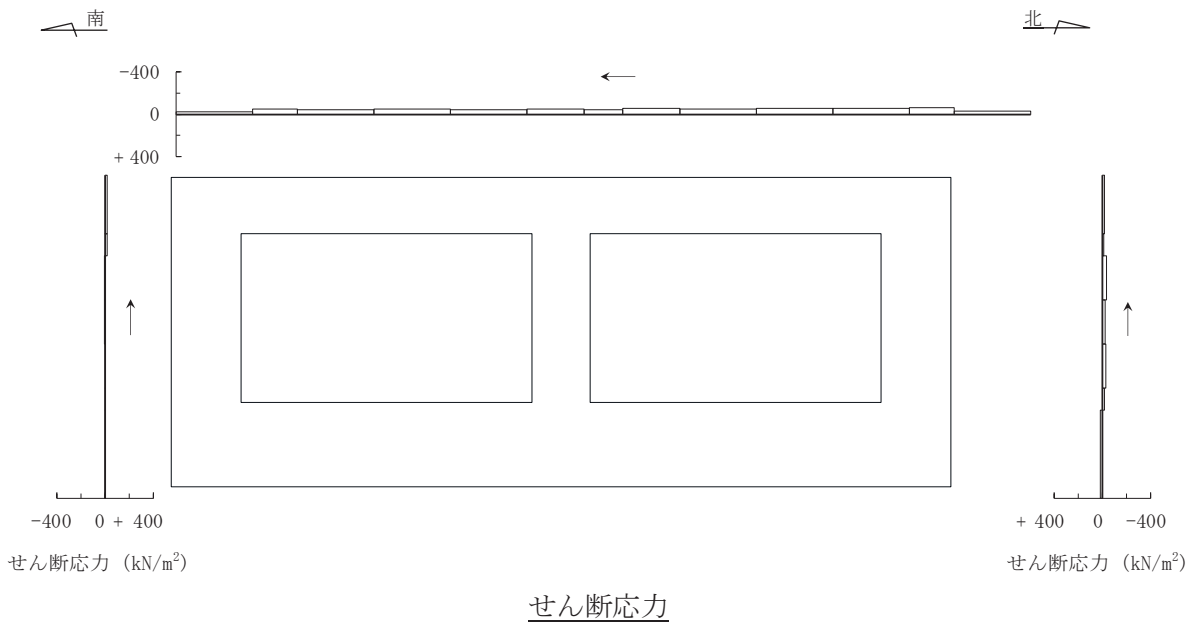
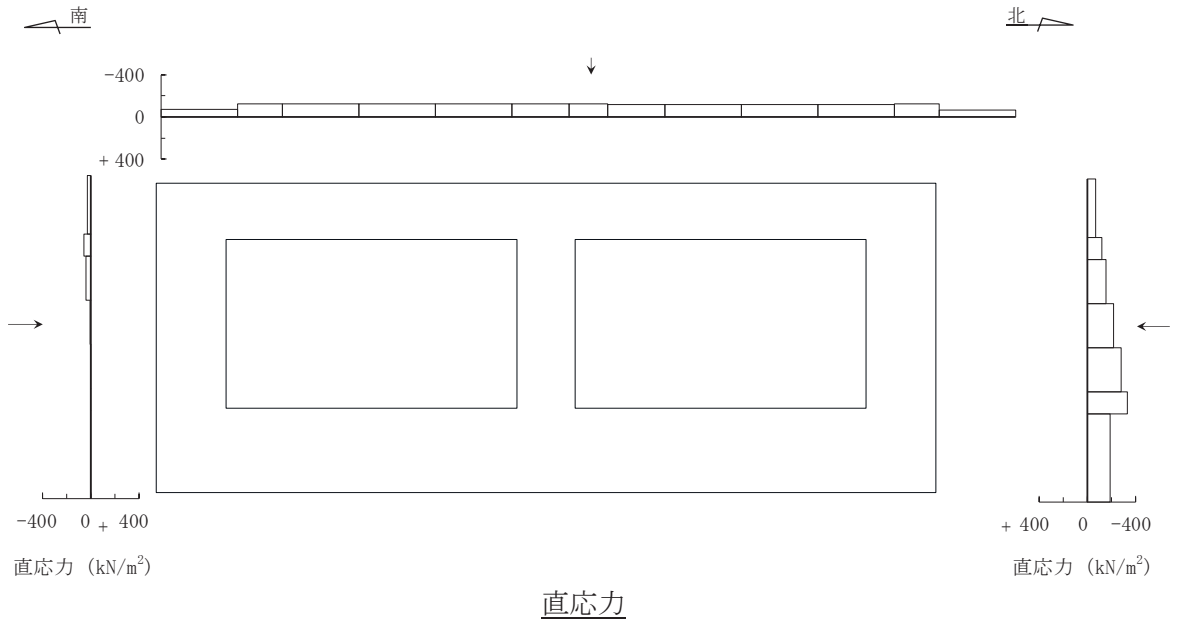


図 3-115 作用荷重分布図 (設計震度分布)
 (断面③：直線部，解析ケース③，S_s-N1 (++))



図中の矢印は荷重の作用方向を示す

図 3-116 作用荷重分布図 (直応力及びせん断応力)

(断面③ : 直線部, 解析ケース⑨', S s - F 3 (++))

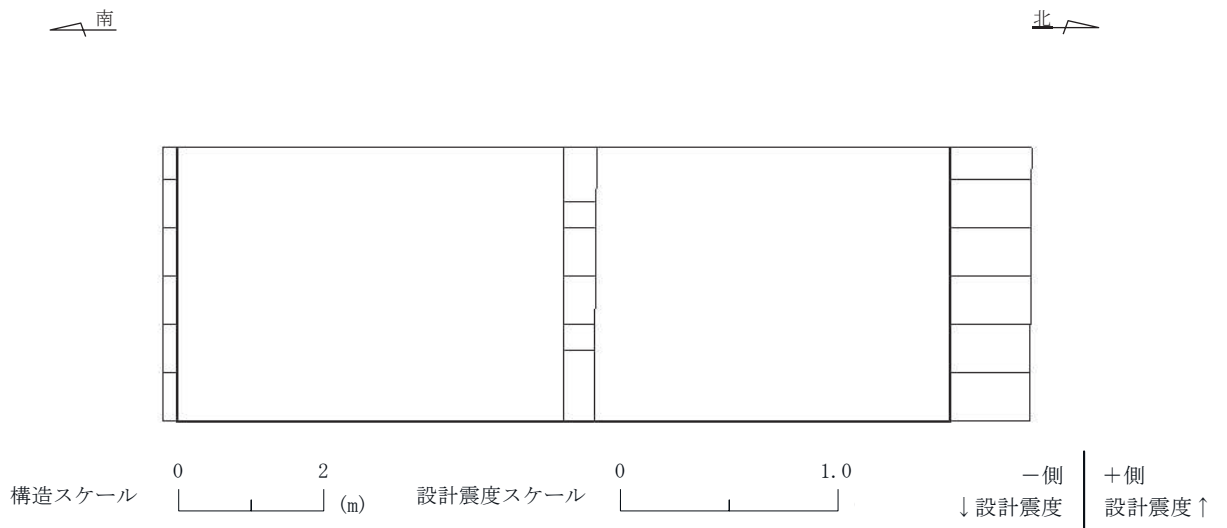
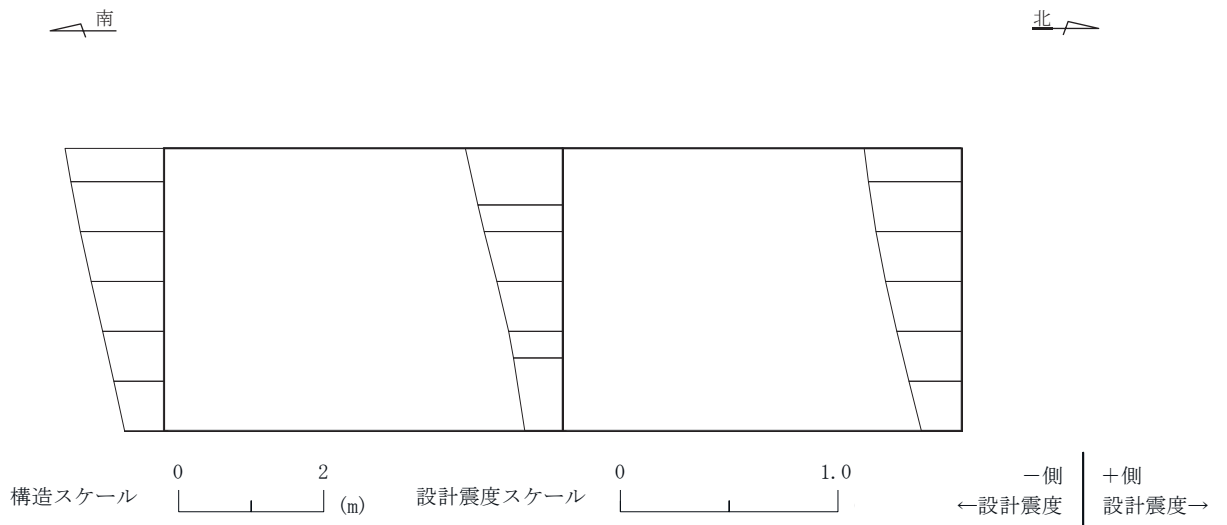
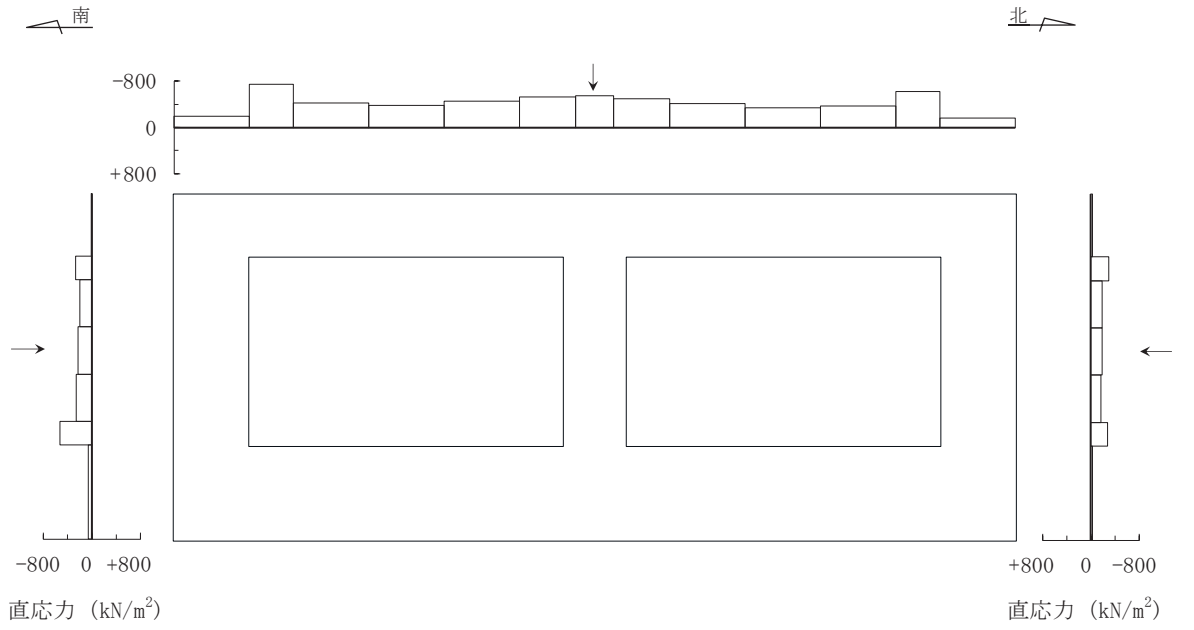
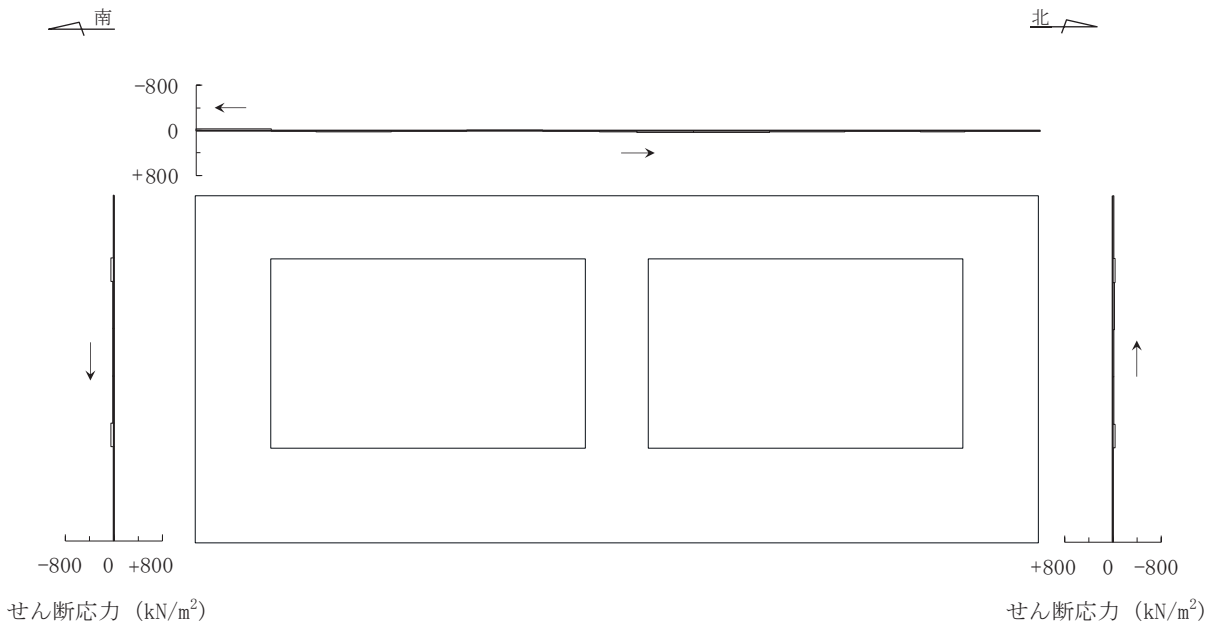


図 3-117 作用荷重分布図 (設計震度分布)

(断面③ : 直線部, 解析ケース⑨', S s - F 3 (++))



直応力



せん断応力

図中の矢印は荷重の作用方向を示す

図 3-118 作用荷重分布図 (直応力及びせん断応力)
 (断面④：直線部，解析ケース③，S s - N 1 (++))

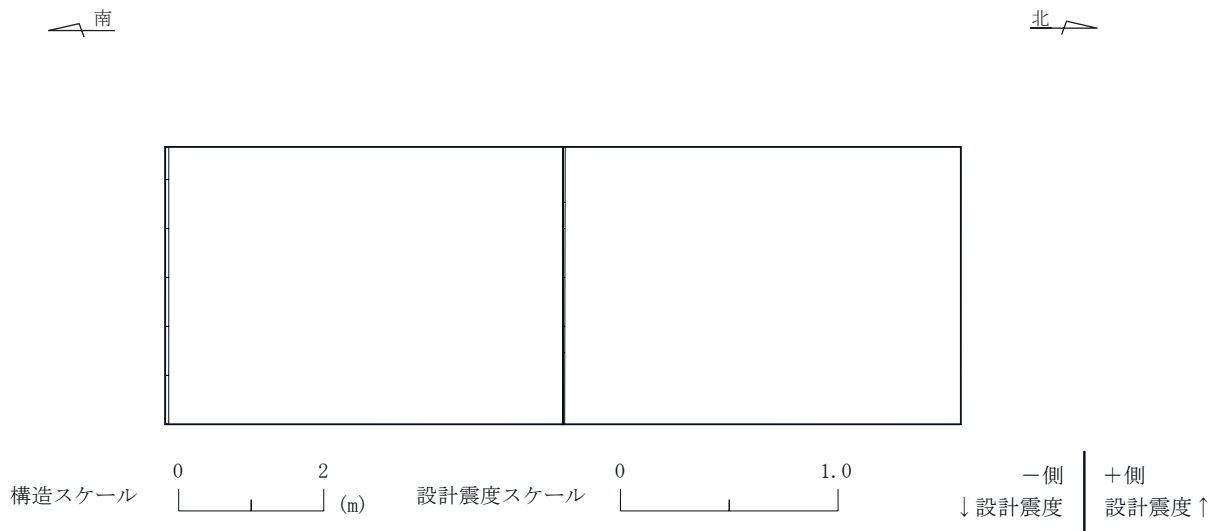
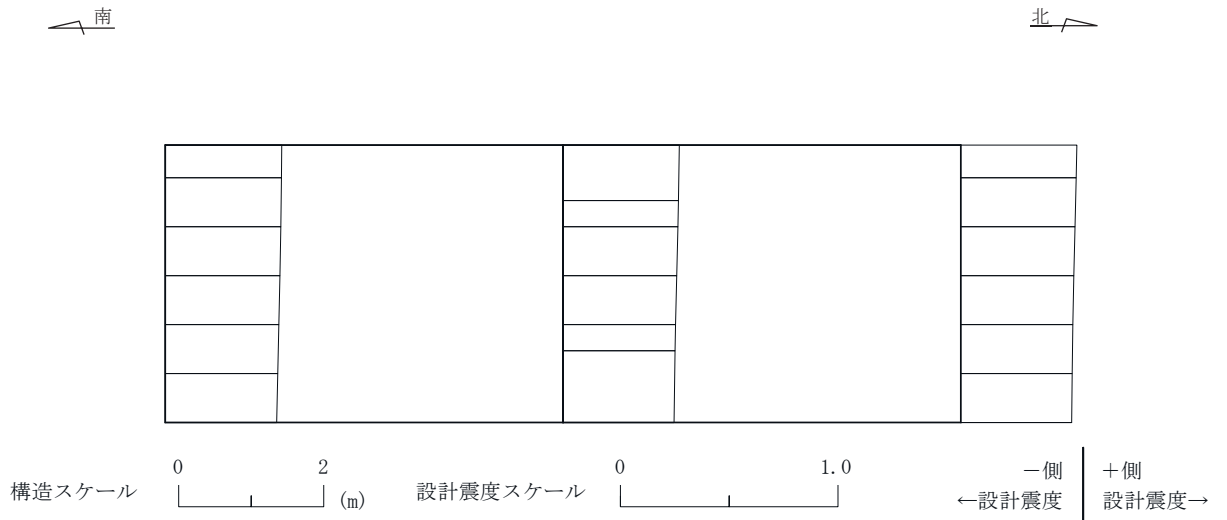
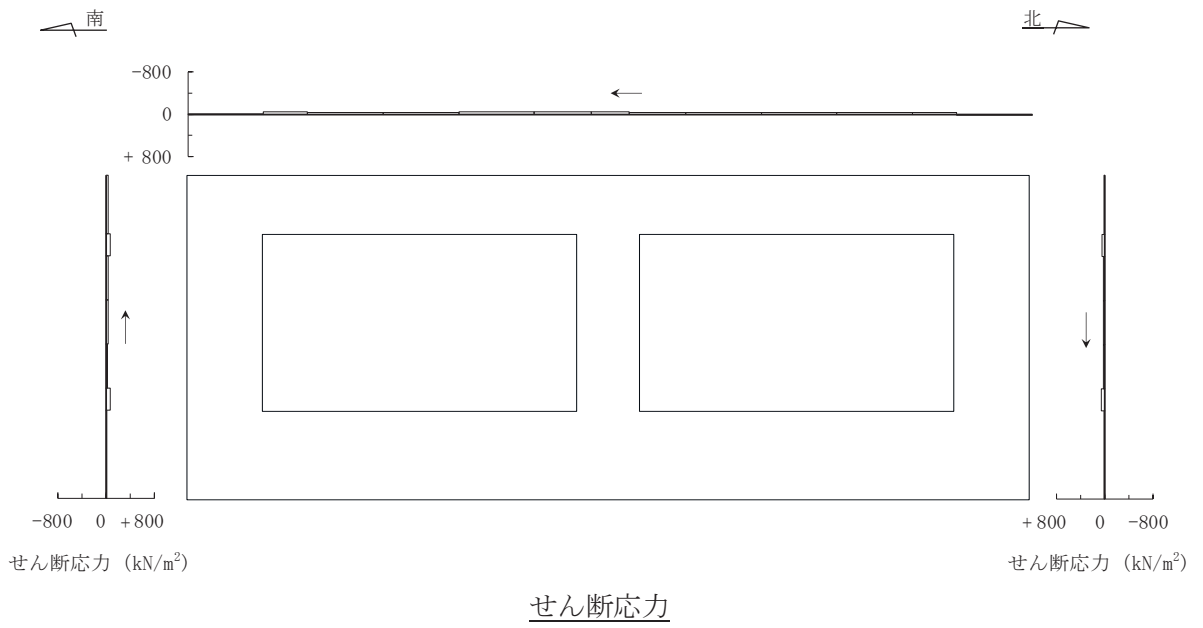
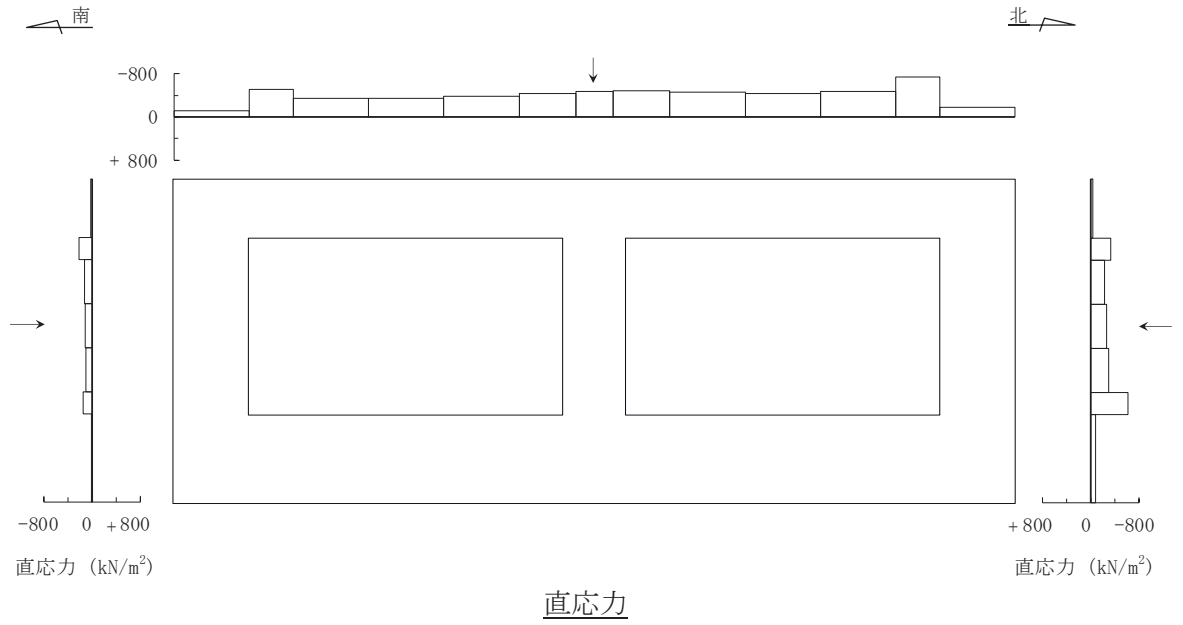


図 3-119 作用荷重分布図 (設計震度分布)
 (断面④：直線部，解析ケース③，S_s-N1 (++))



図中の矢印は荷重の作用方向を示す

図 3-120 作用荷重分布図 (直応力及びせん断応力)

(断面④ : 直線部, 解析ケース⑨', S s - F 3 (++))

O 2 ④ VI-2-10-4-4-2 R 1

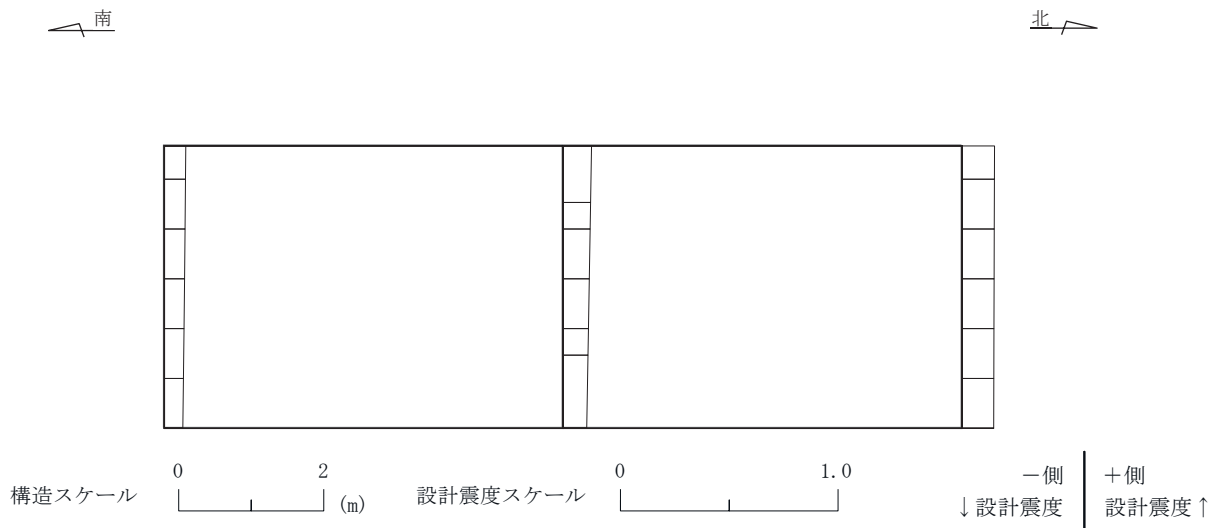
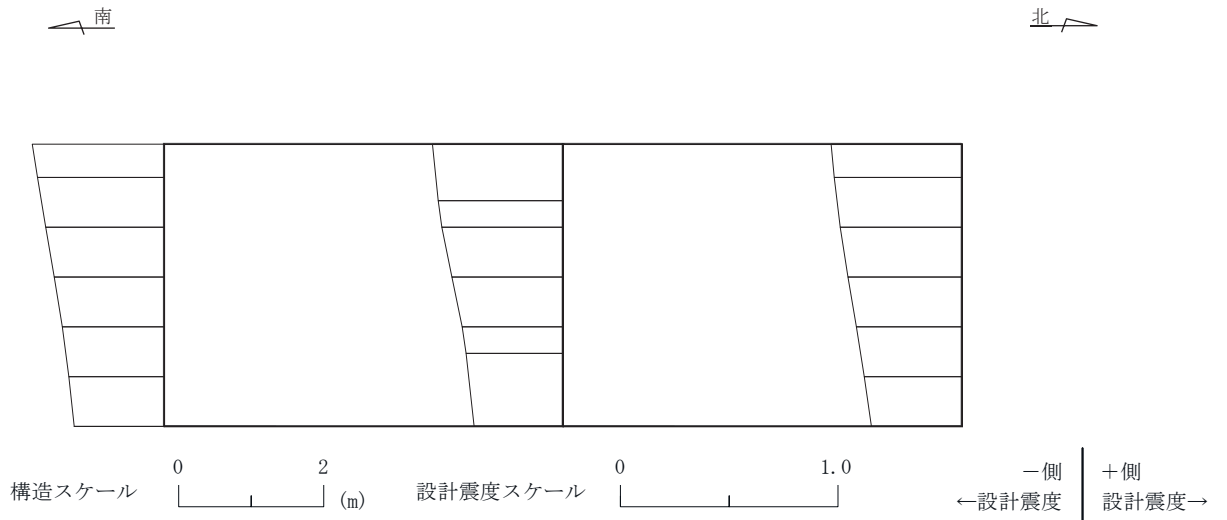
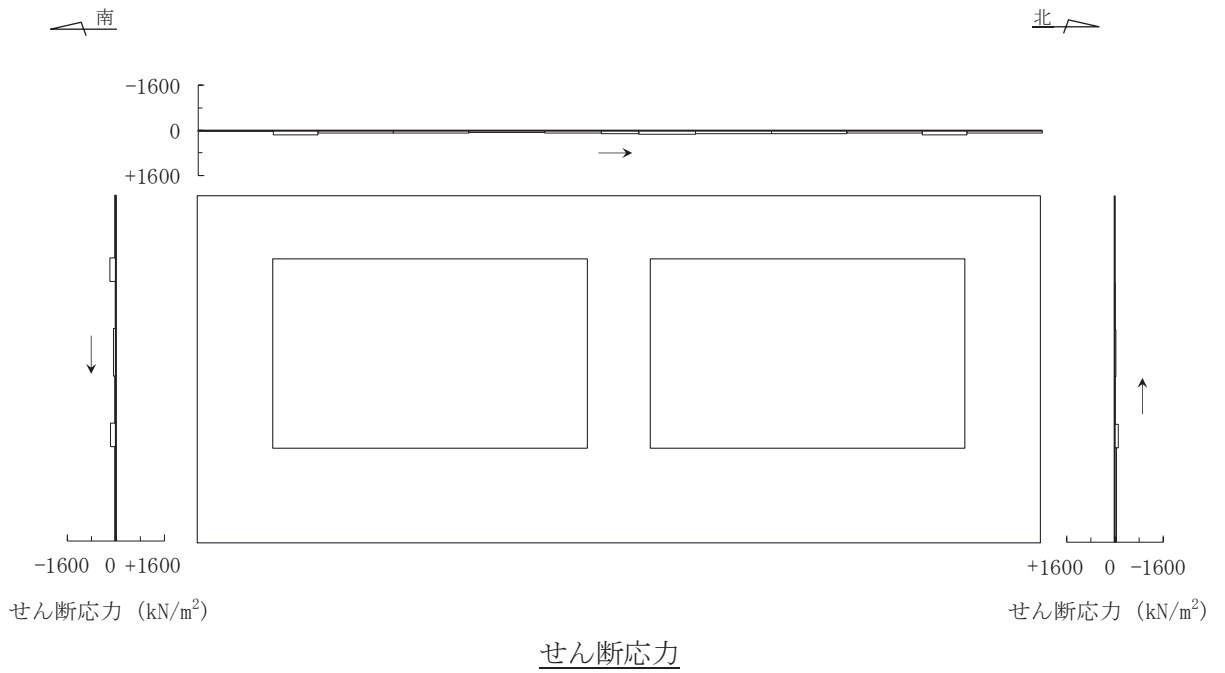
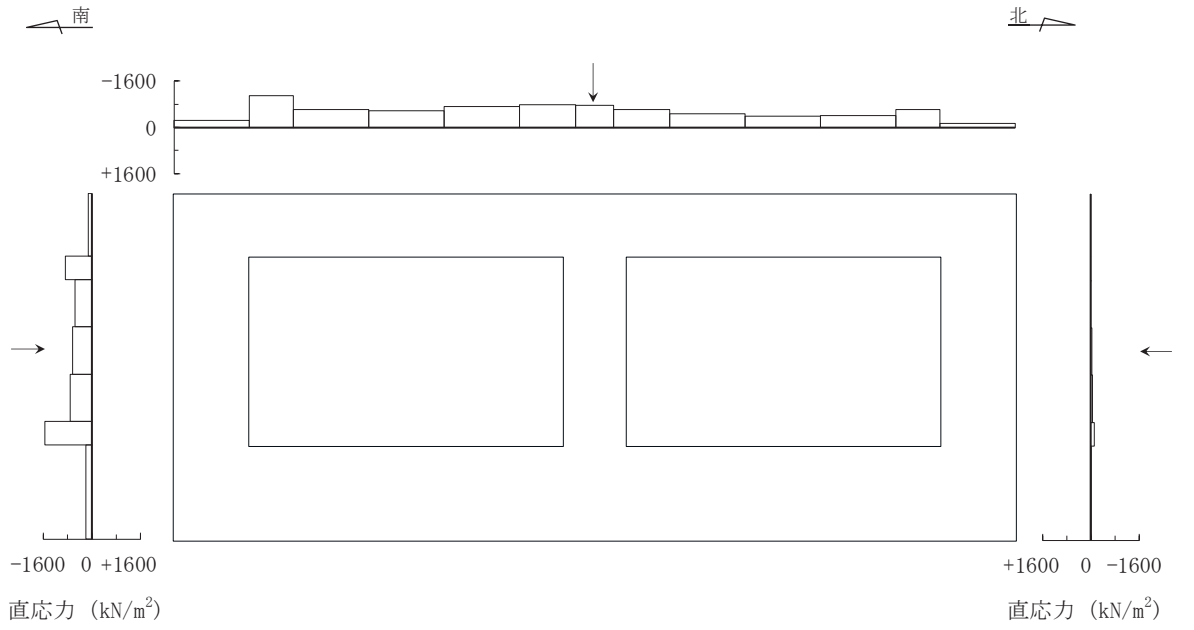


図 3-121 作用荷重分布図 (設計震度分布)

(断面④ : 直線部, 解析ケース⑨', S s - F 3 (++))



図中の矢印は荷重の作用方向を示す

図 3-122 作用荷重分布図 (直応力及びせん断応力)
 (断面⑤ : 直線部, 解析ケース③, S s - N 1 (++)

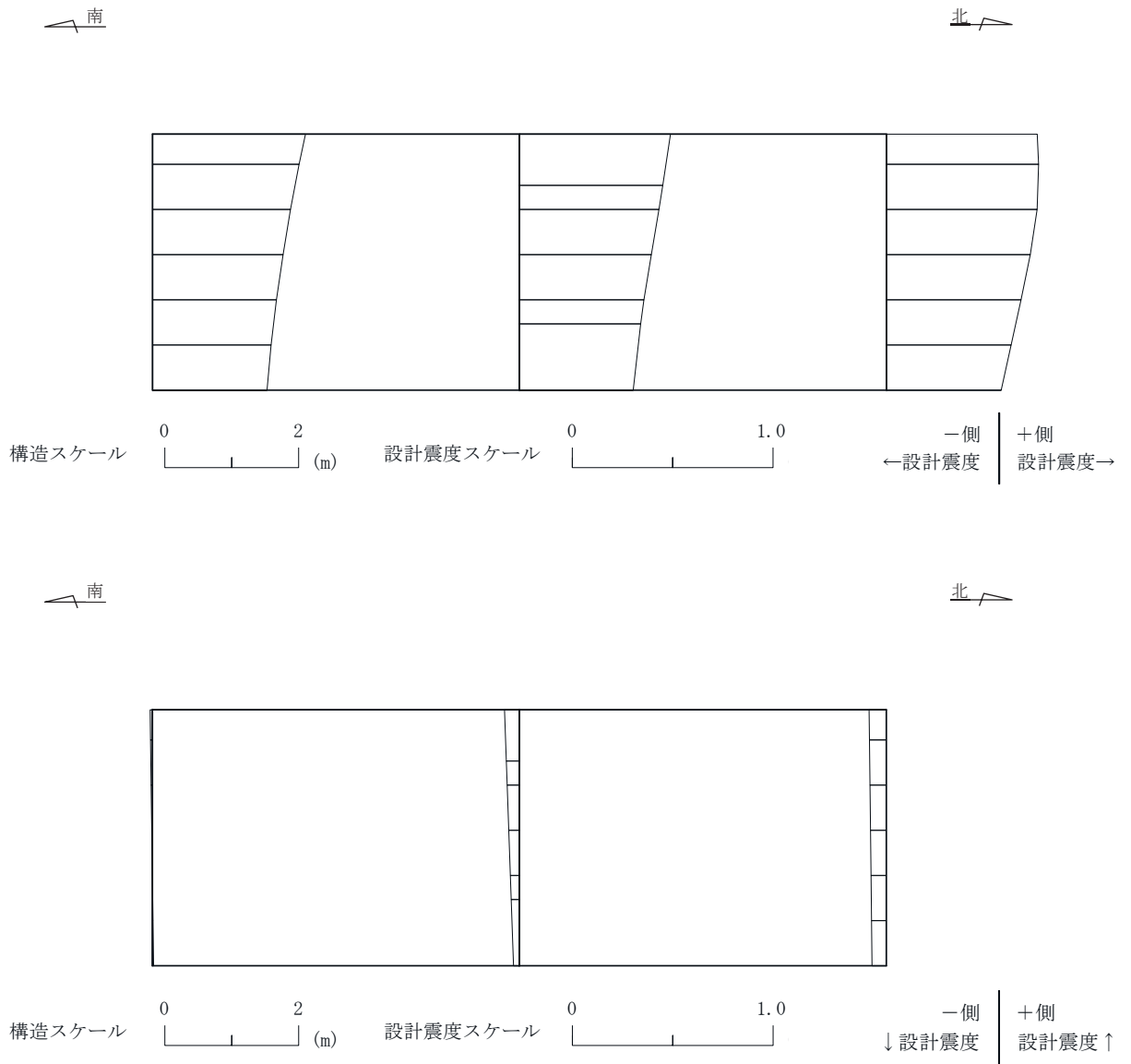
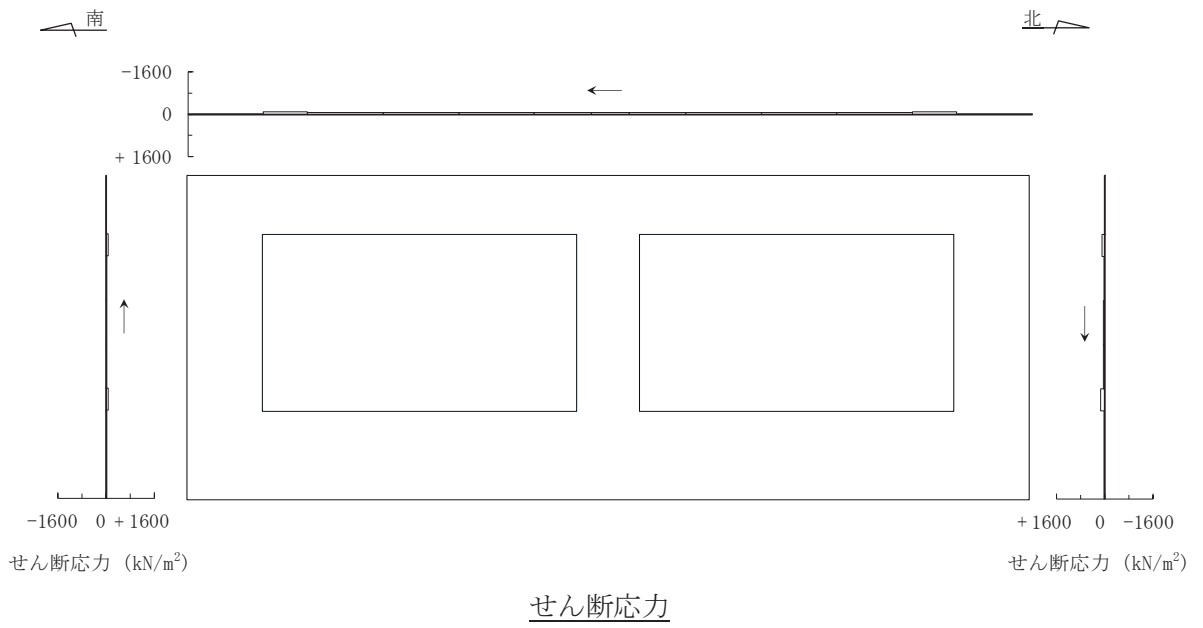
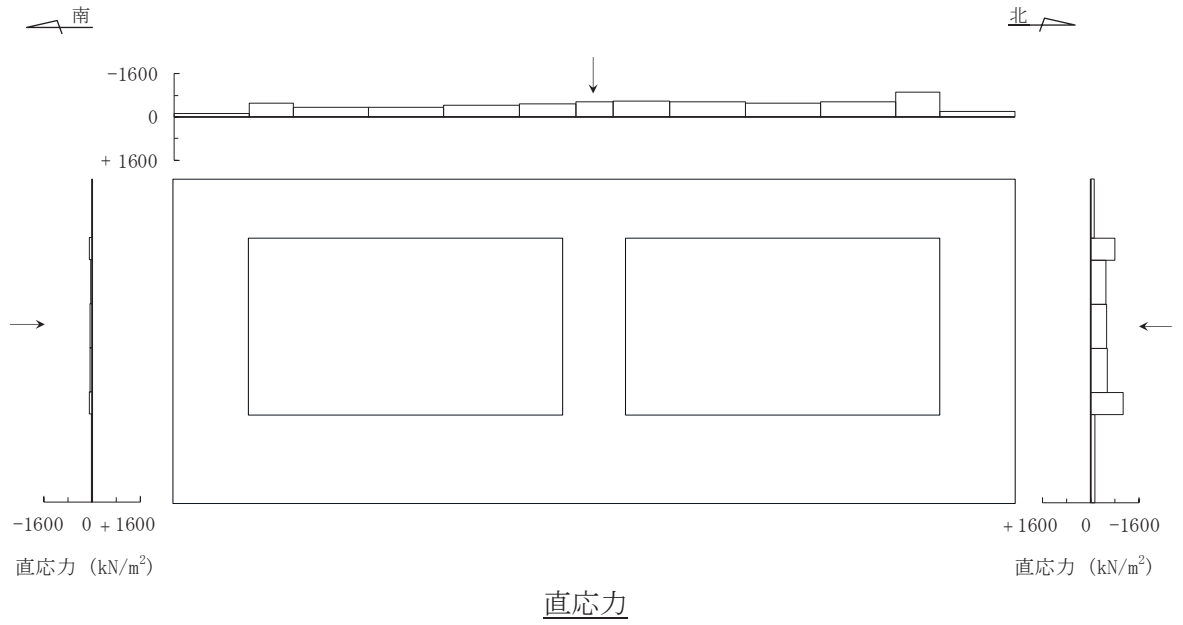


図 3-123 作用荷重分布図 (設計震度分布)
 (断面⑤: 直線部, 解析ケース③, S_s-N1 (++))



図中の矢印は荷重の作用方向を示す

図 3-124 作用荷重分布図 (直応力及びせん断応力)

(断面⑤ : 直線部, 解析ケース⑨', S s - F 3 (++))

O 2 ④ VI-2-10-4-4-2 R 1

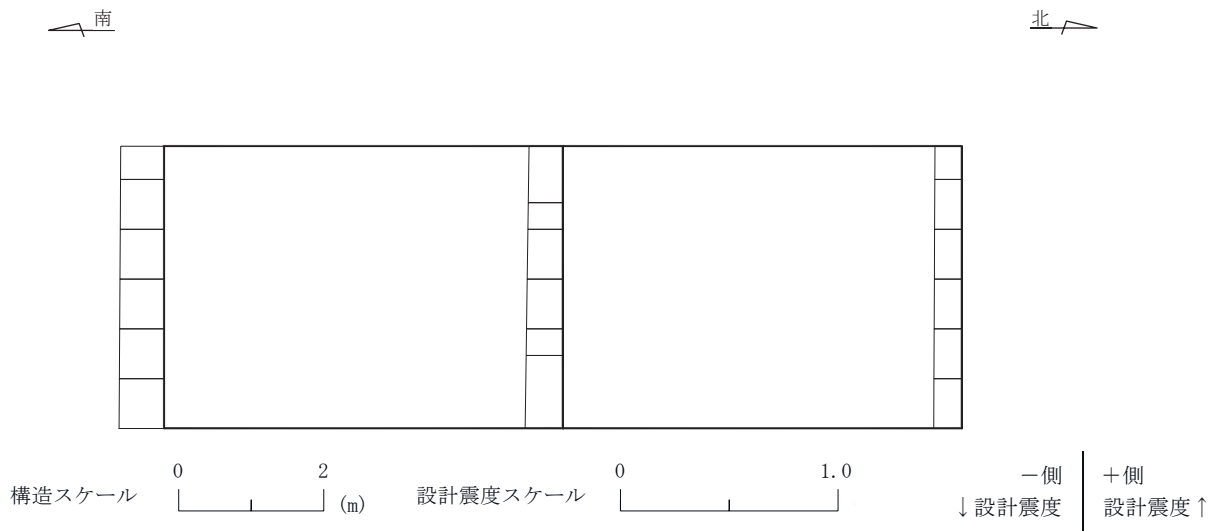
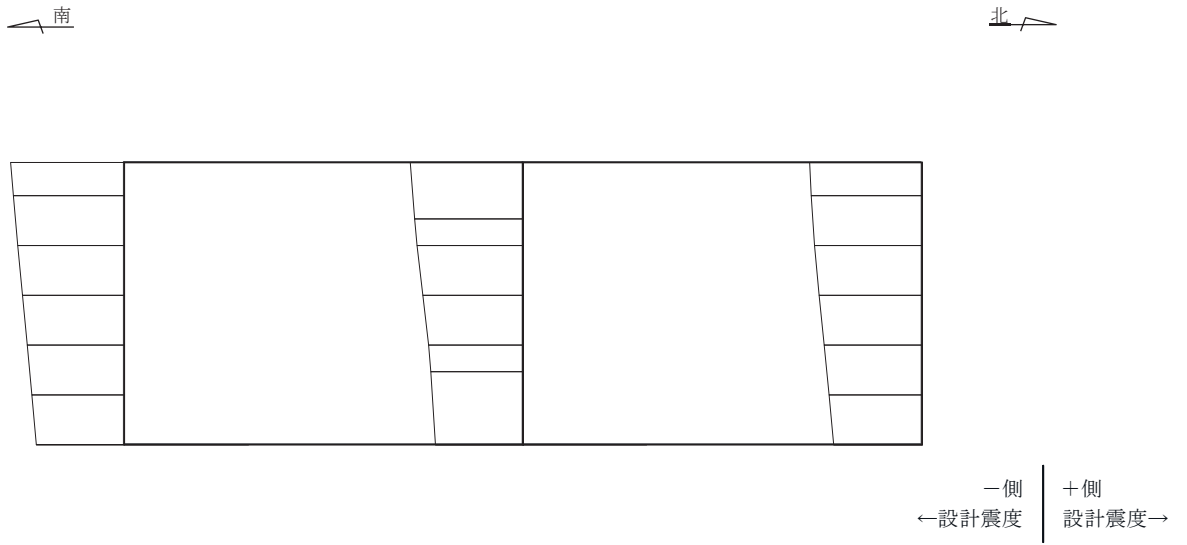
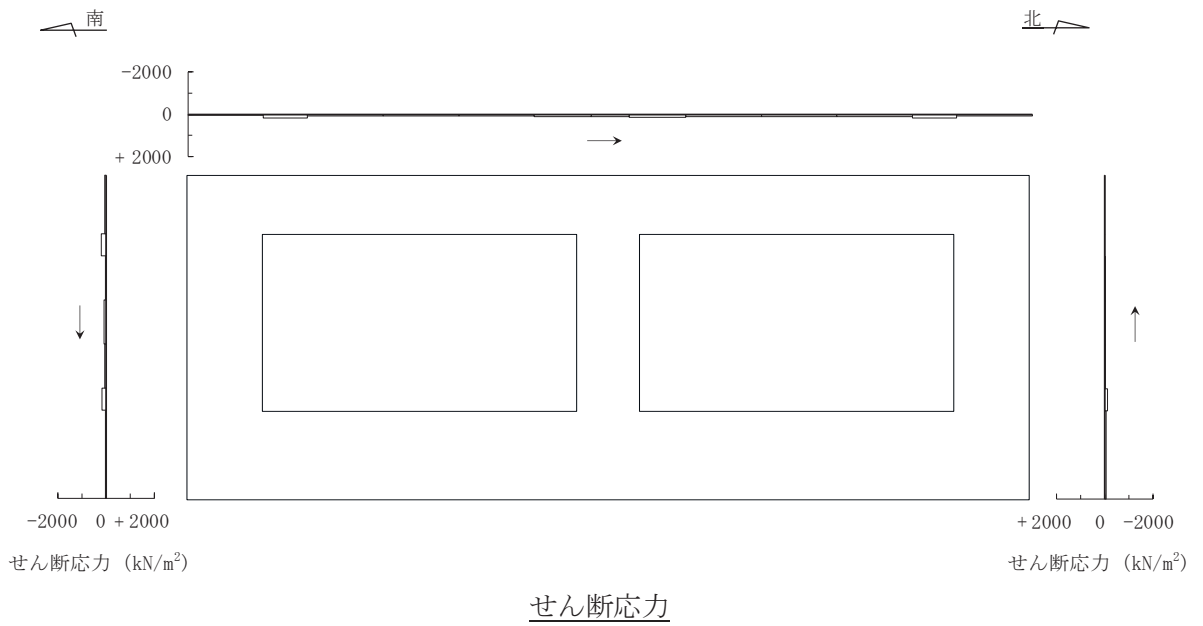
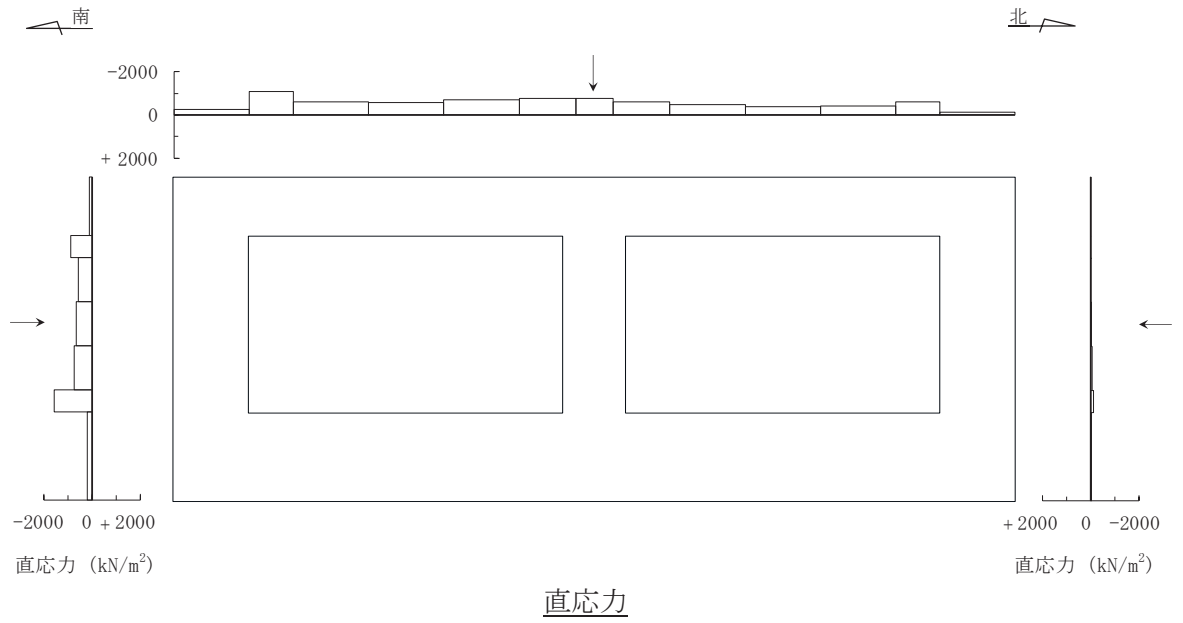


図 3-125 作用荷重分布図 (設計震度分布)

(断面⑤ : 直線部, 解析ケース⑨', S s - F 3 (++))



図中の矢印は荷重の作用方向を示す

図 3-126 作用荷重分布図 (直応力及びせん断応力)

(断面⑤ : 曲線部, 解析ケース③, S_s-N1 (++))

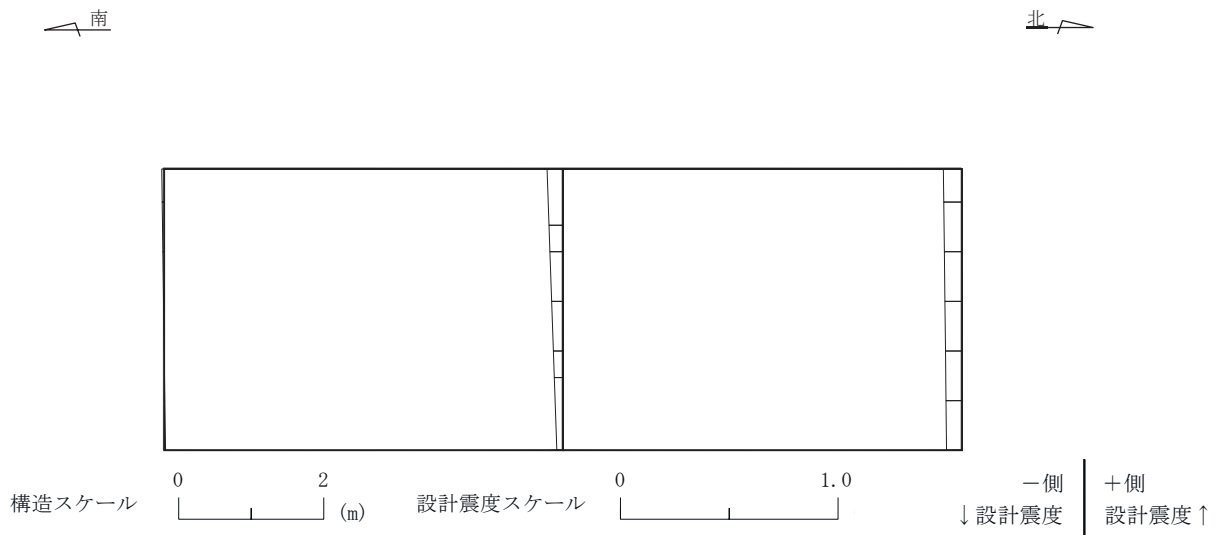
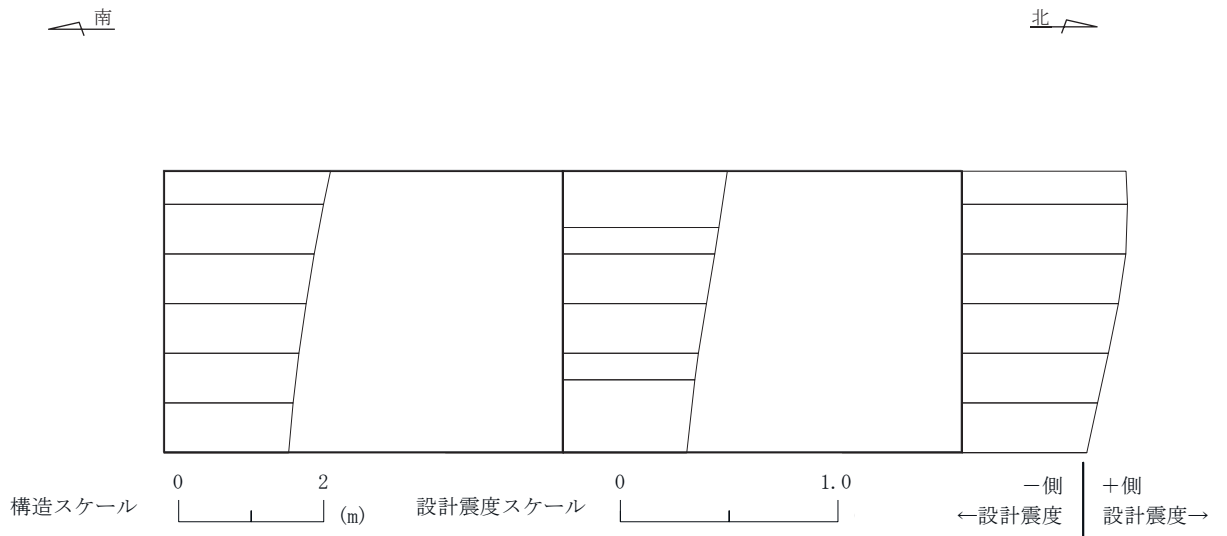
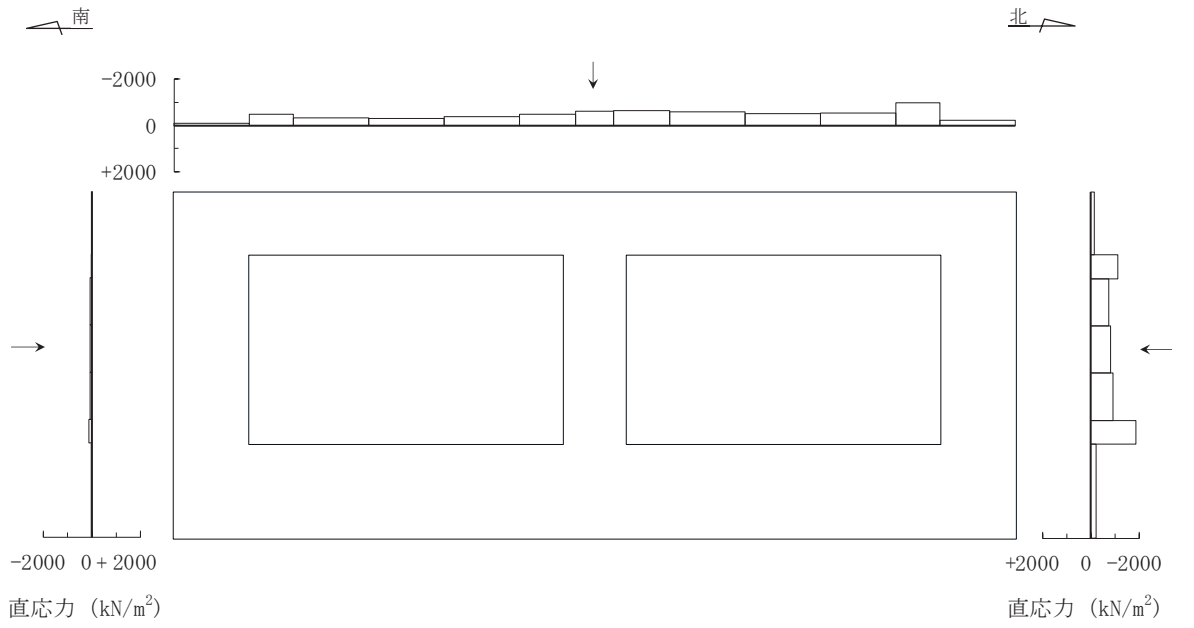
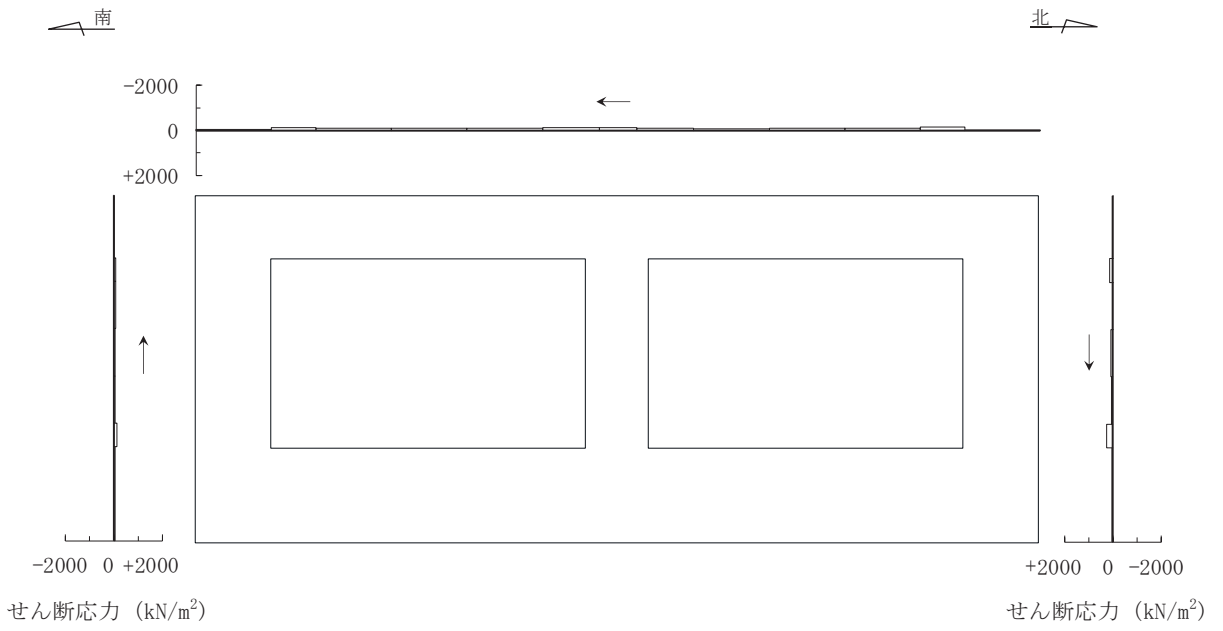


図 3-127 作用荷重分布図 (設計震度分布)
 (断面⑤ : 曲線部, 解析ケース③, S_s-N1 (++))



直応力



せん断応力

図中の矢印は荷重の作用方向を示す

図 3-128 作用荷重分布図 (直応力及びせん断応力)

(断面⑤ : 曲線部, 解析ケース⑧', S s - N 1 (-+))

O 2 ④ VI-2-10-4-4-2 R 1

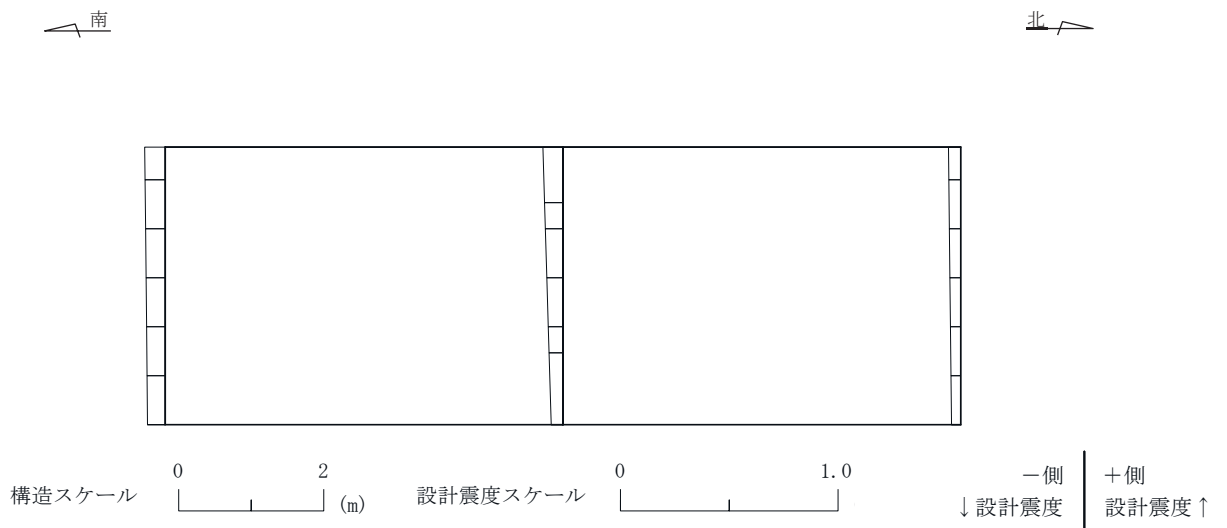
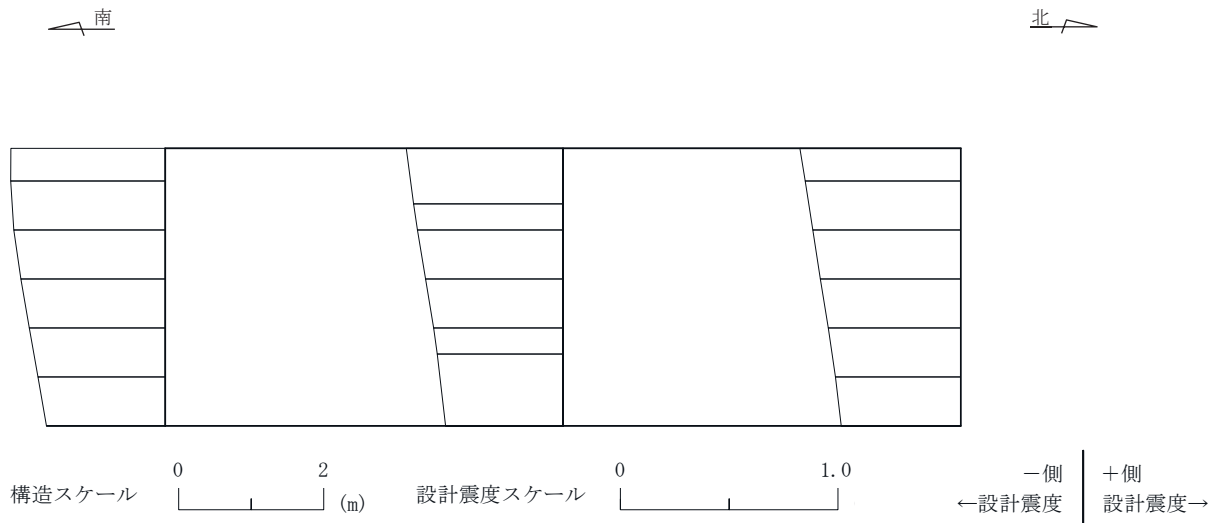
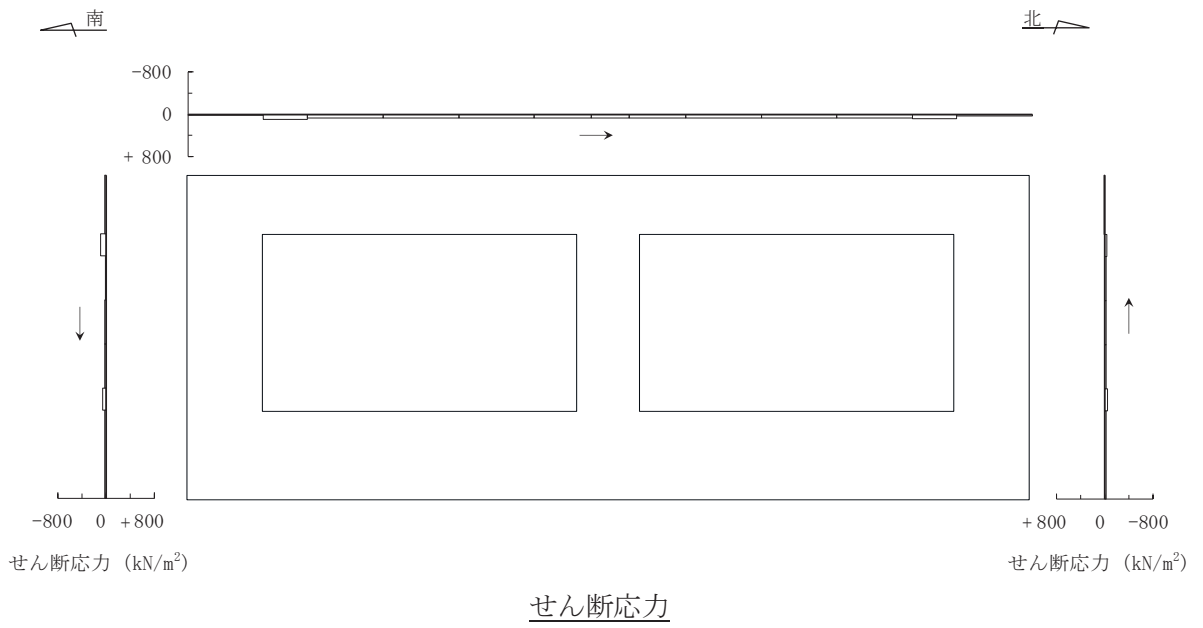
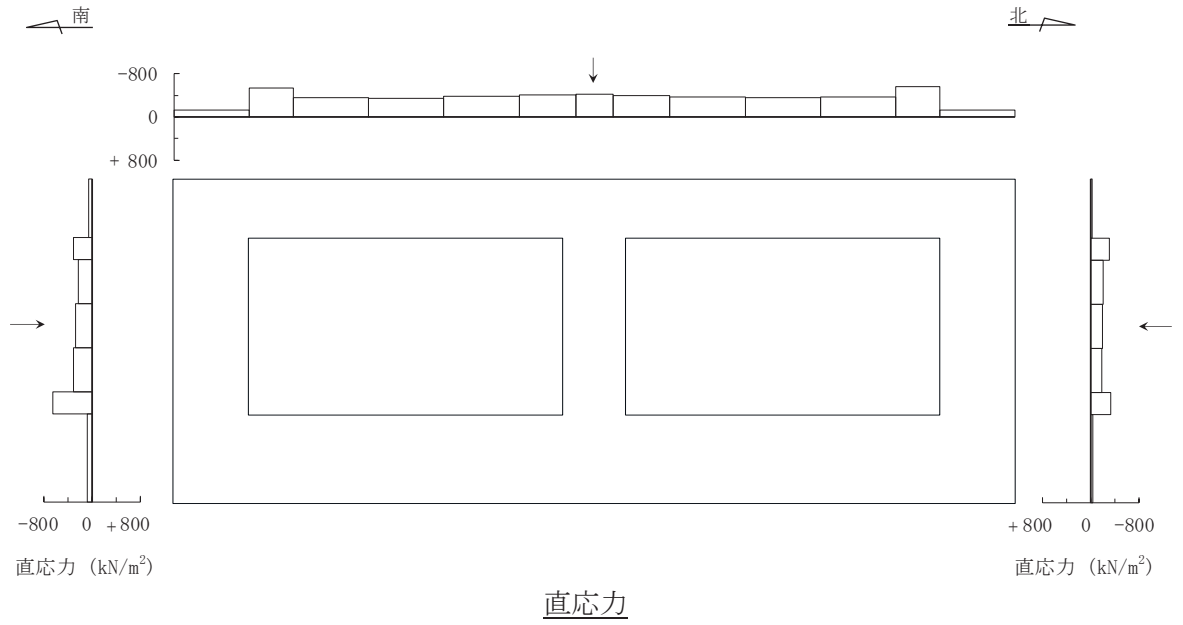


図 3-129 作用荷重分布図 (設計震度分布)

(断面⑤ : 曲線部, 解析ケース⑧', S s - N 1 (-+))



図中の矢印は荷重の作用方向を示す

図 3-130 作用荷重分布図 (直応力及びせん断応力)

(断面⑥ : 曲線部, 解析ケース③, S_s-N1 (++))

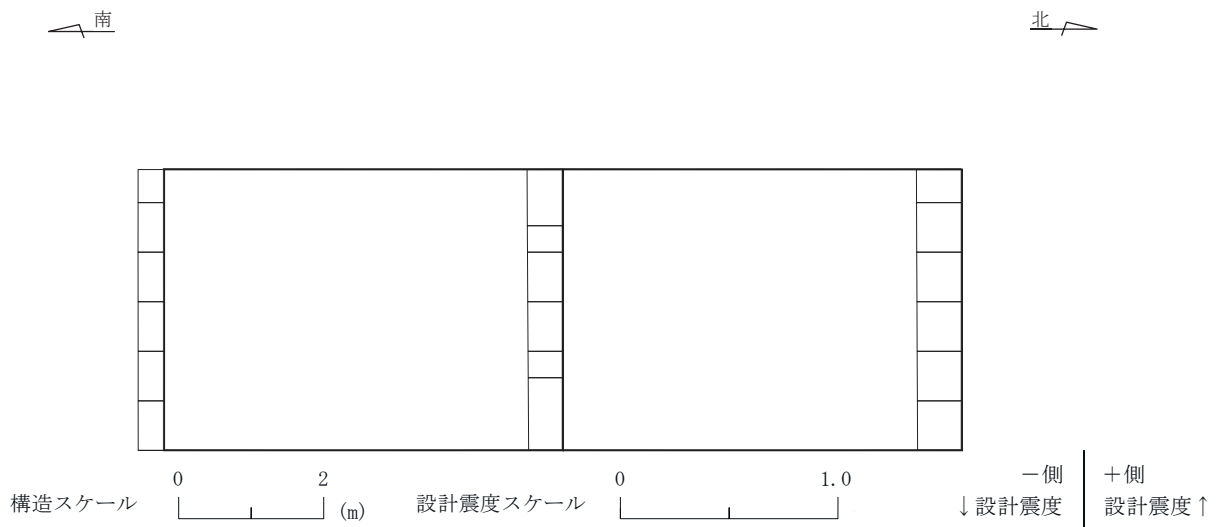
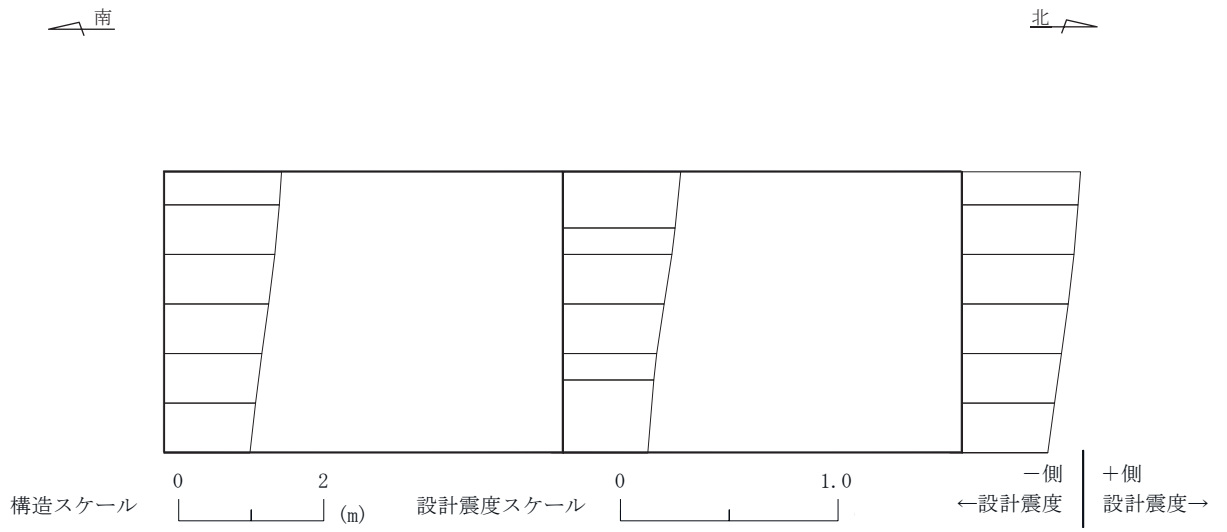
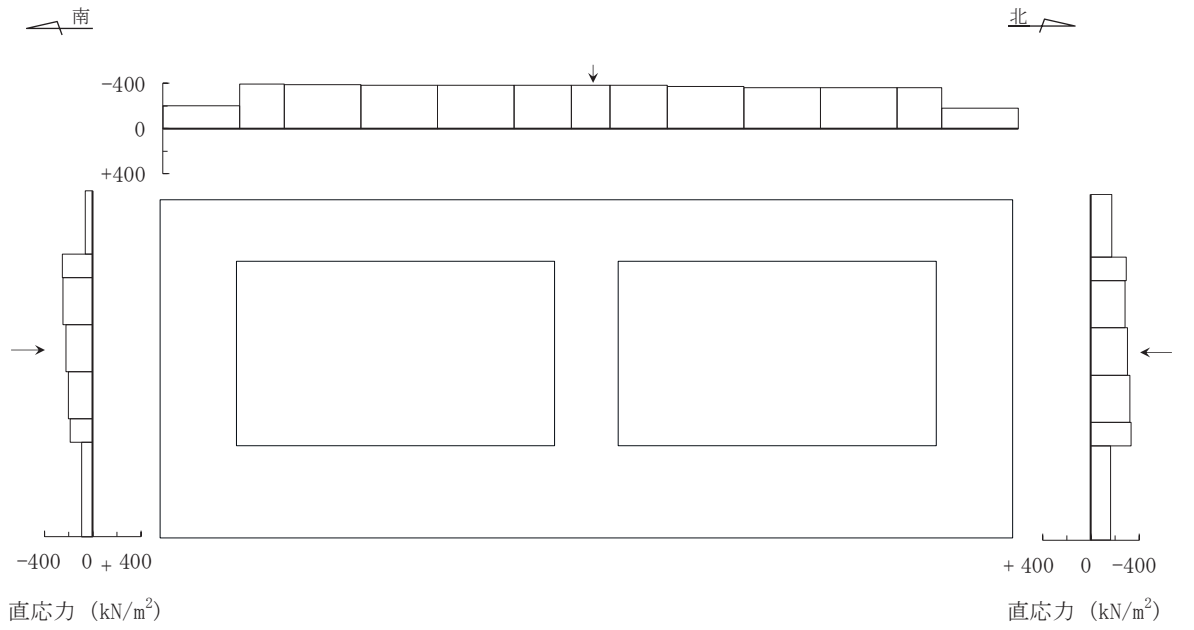
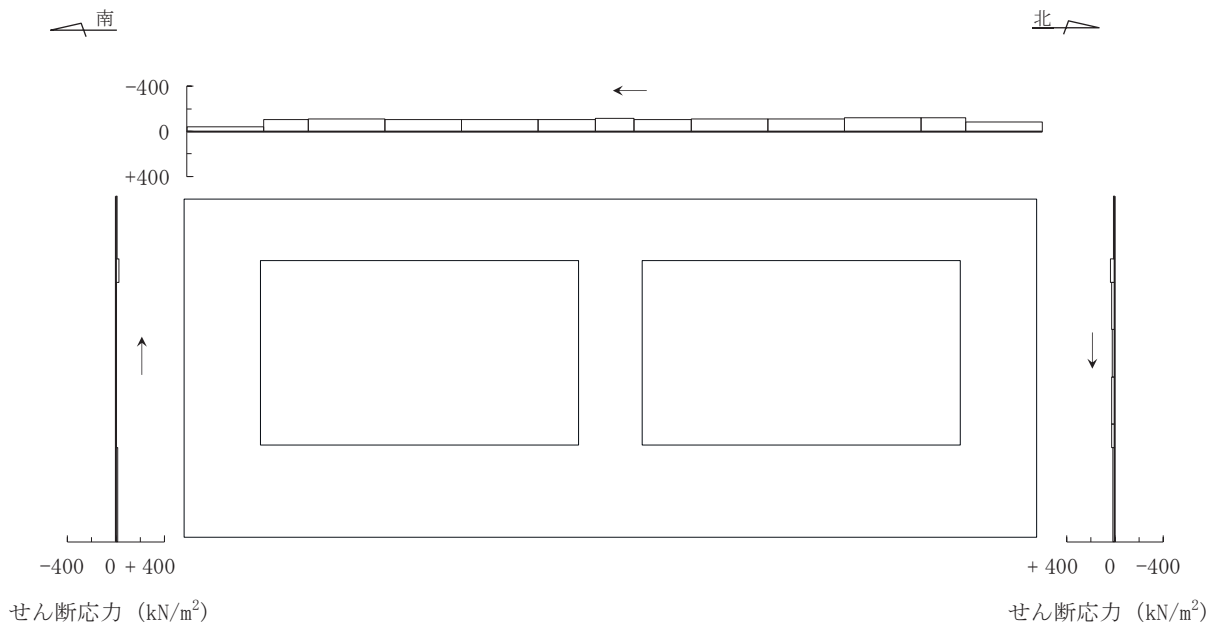


図 3-131 作用荷重分布図 (設計震度分布)
 (断面⑥ : 曲線部, 解析ケース③, S_s-N1 (++))



直応力



せん断応力

図中の矢印は荷重の作用方向を示す

図 3-132 作用荷重分布図 (直応力及びせん断応力)

(断面⑥ : 曲線部, 解析ケース⑧', S s - N 1 (-+))

O 2 ④ VI-2-10-4-4-2 R 1

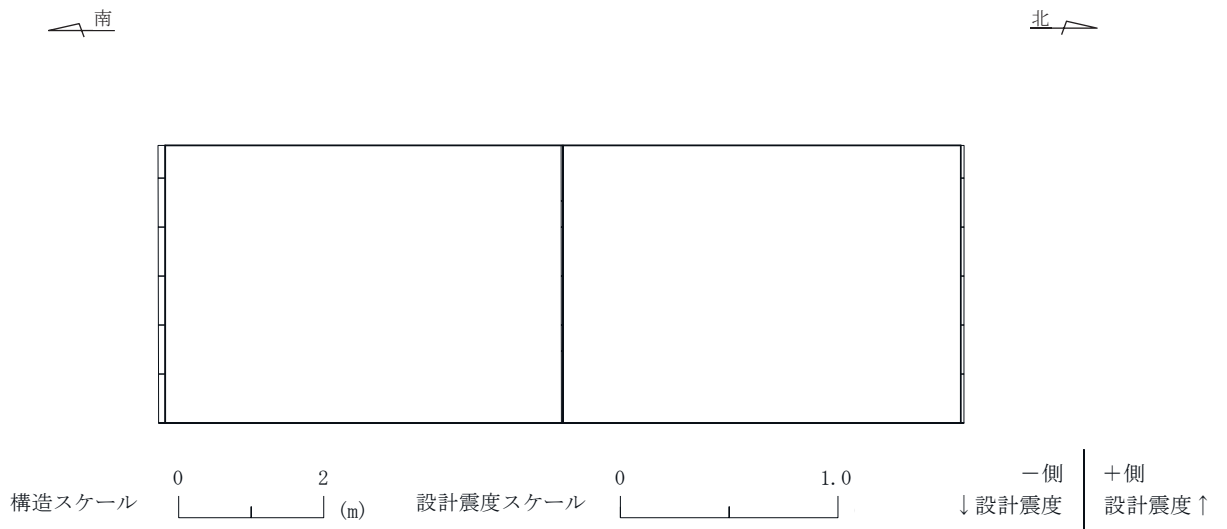
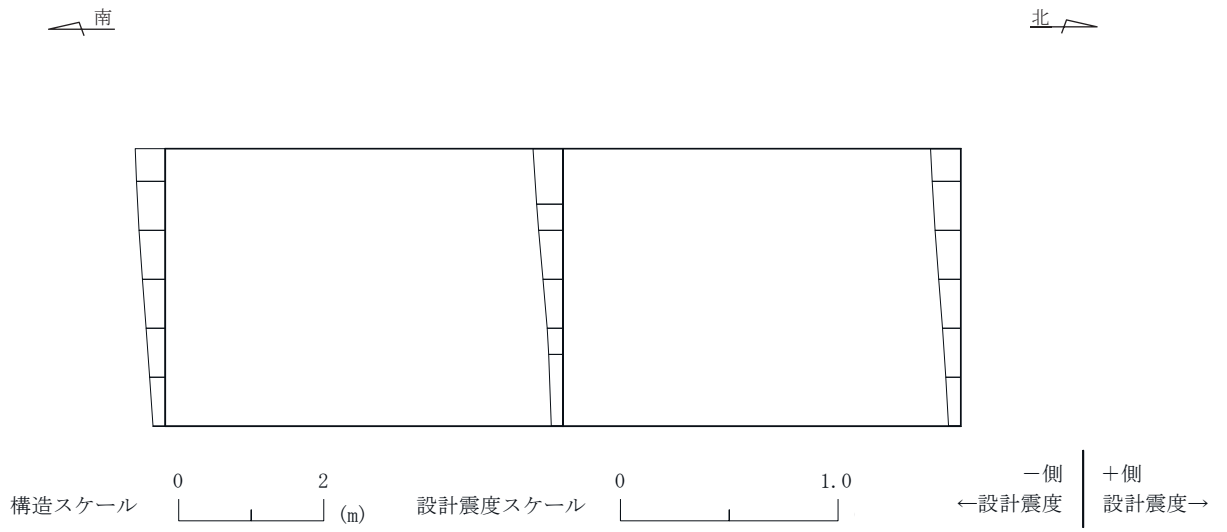


図 3-133 作用荷重分布図 (設計震度分布)

(断面⑥ : 曲線部, 解析ケース⑧', S s - N 1 (-+))

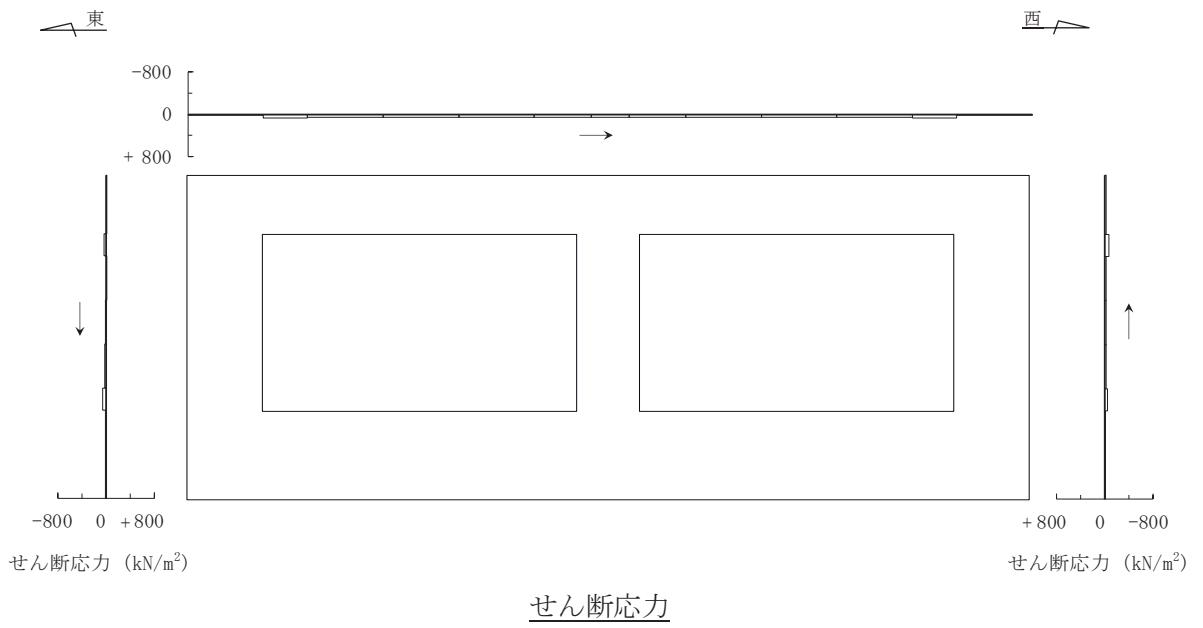
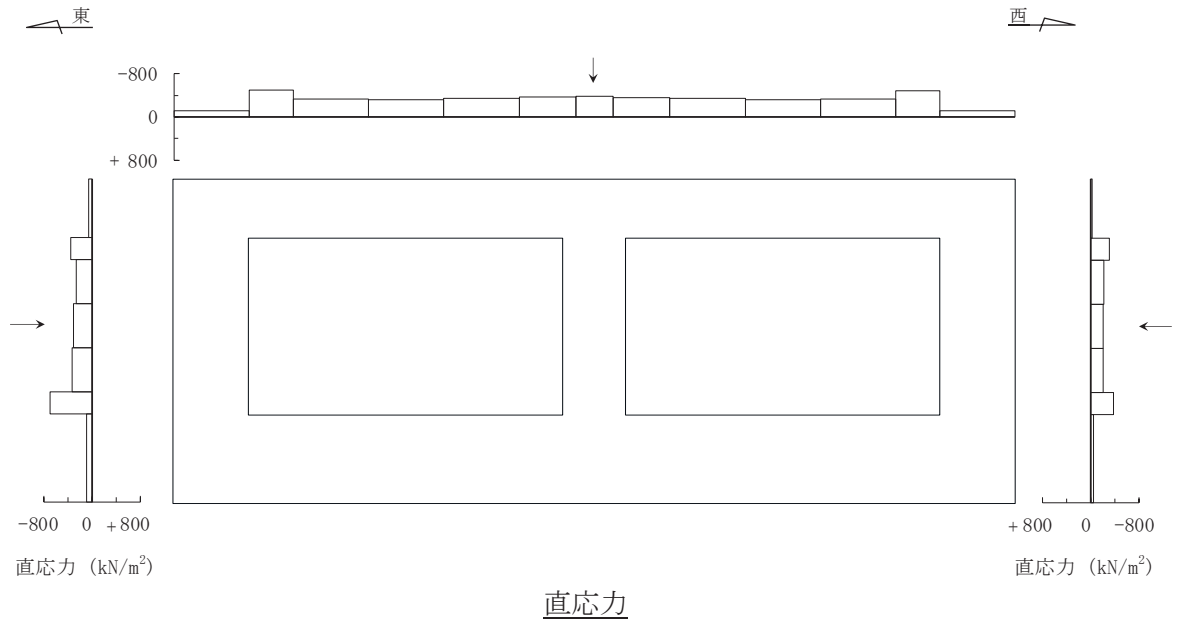


図 3-134 作用荷重分布図 (直応力及びせん断応力)
 (断面⑦ : 曲線部, 解析ケース③, S_s-N1 (++))

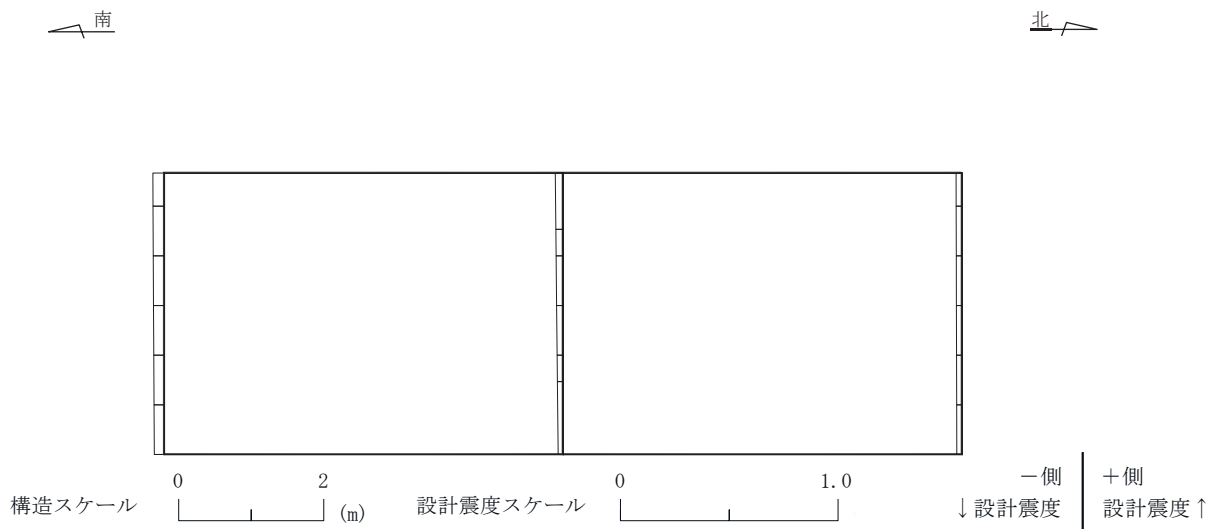
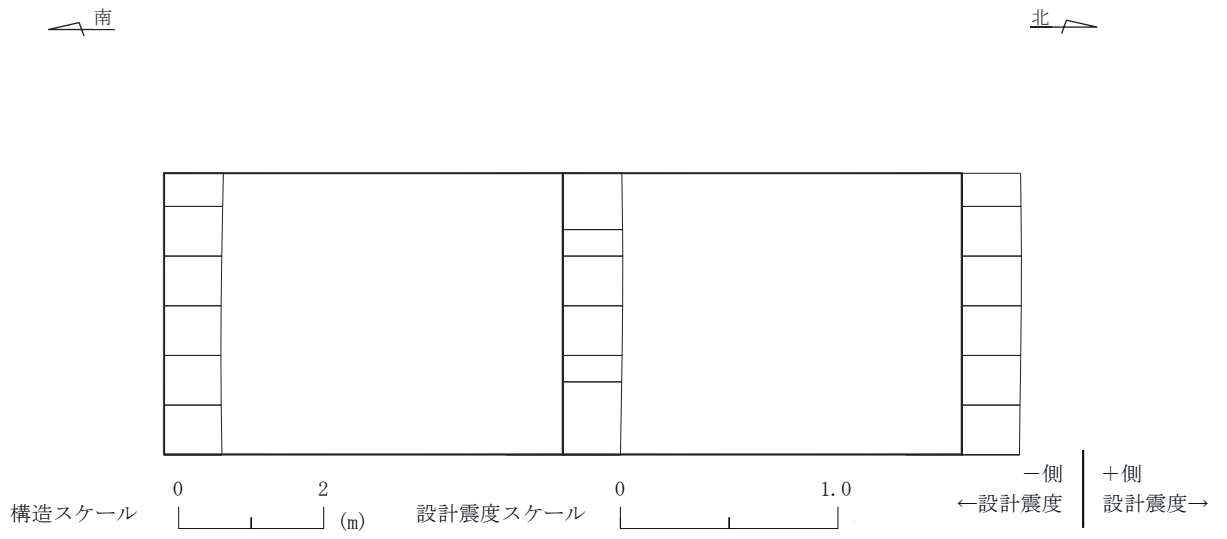
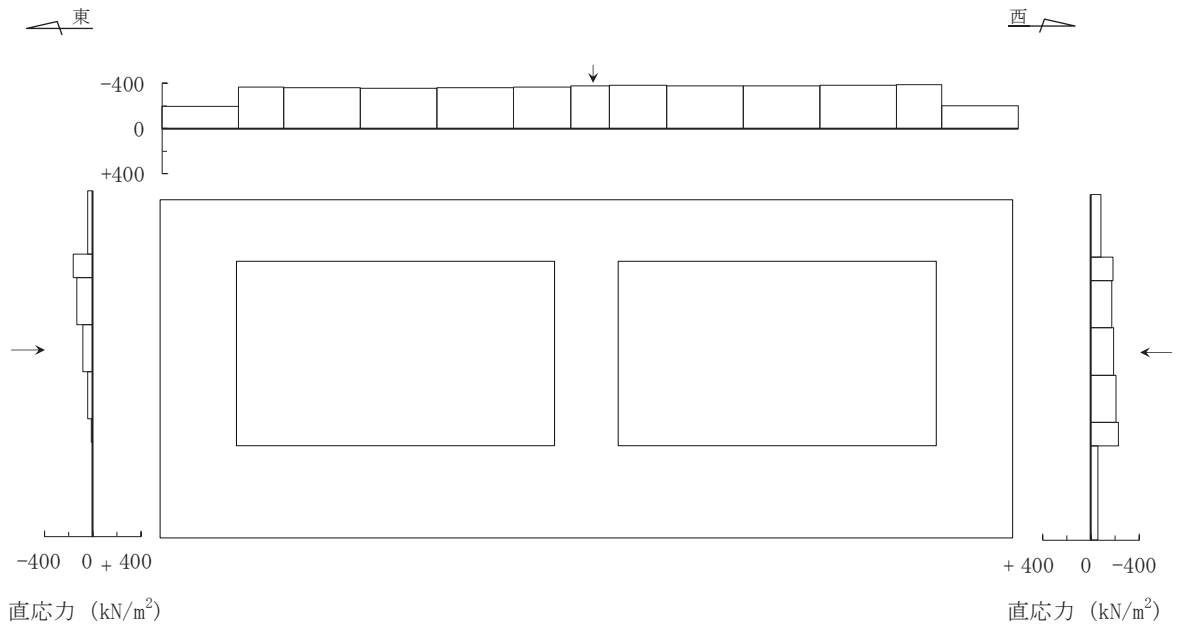
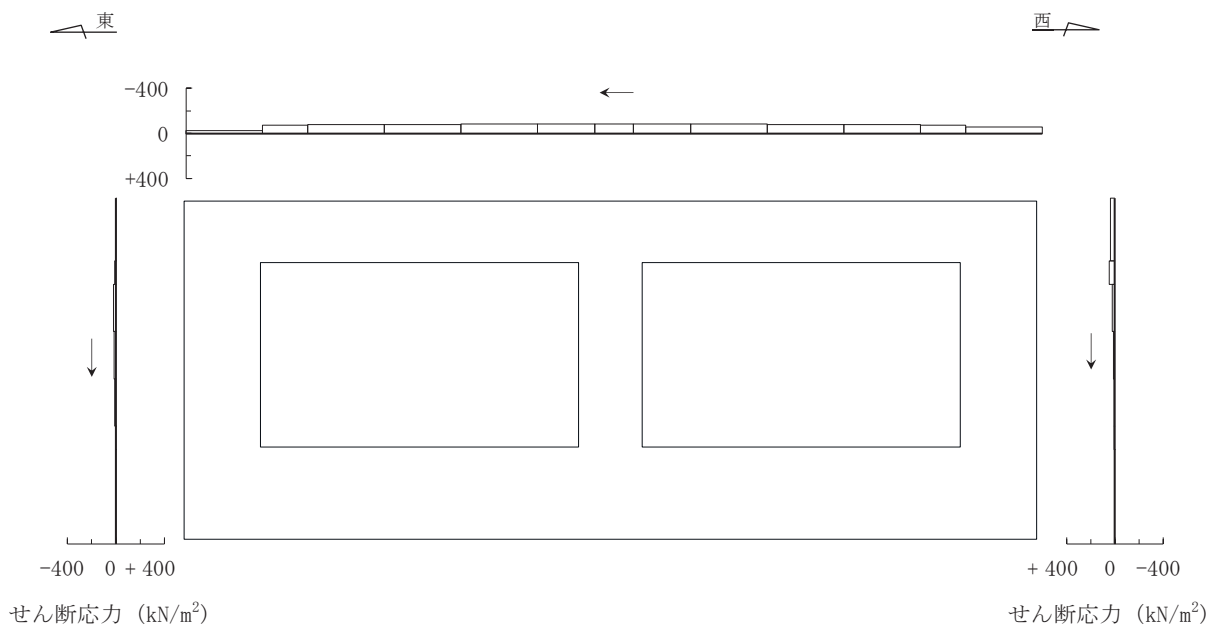


図 3-135 作用荷重分布図 (設計震度分布)
 (断面⑦ : 曲線部, 解析ケース③, S_s-N1 (++))



直応力



せん断応力

図 3-136 作用荷重分布図 (直応力及びせん断応力)

(断面⑦ : 曲線部, 解析ケース⑧', S s - N 1 (-+))

O 2 ④ VI-2-10-4-4-2 R 1

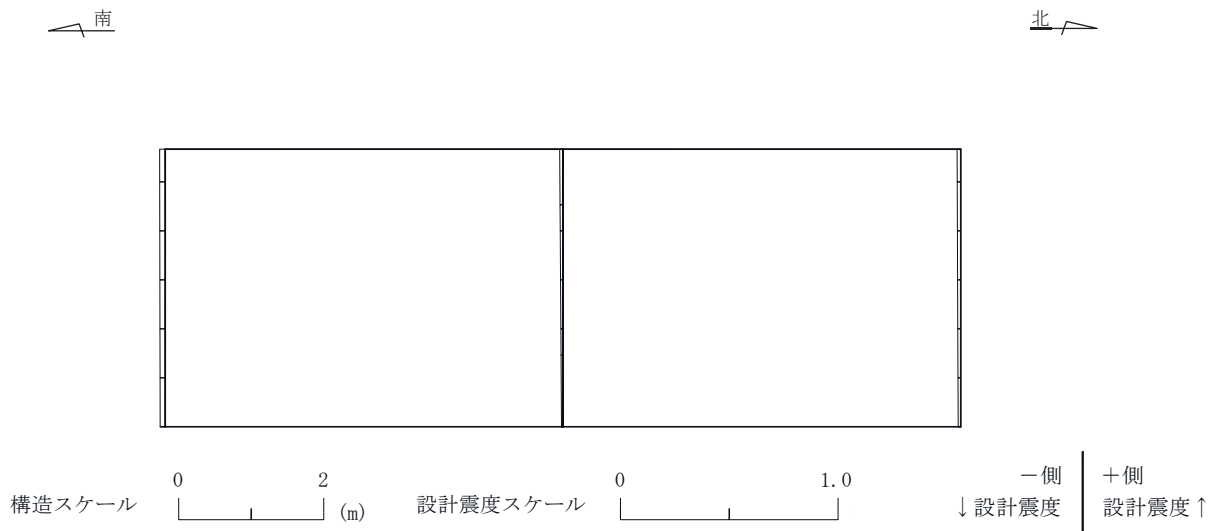
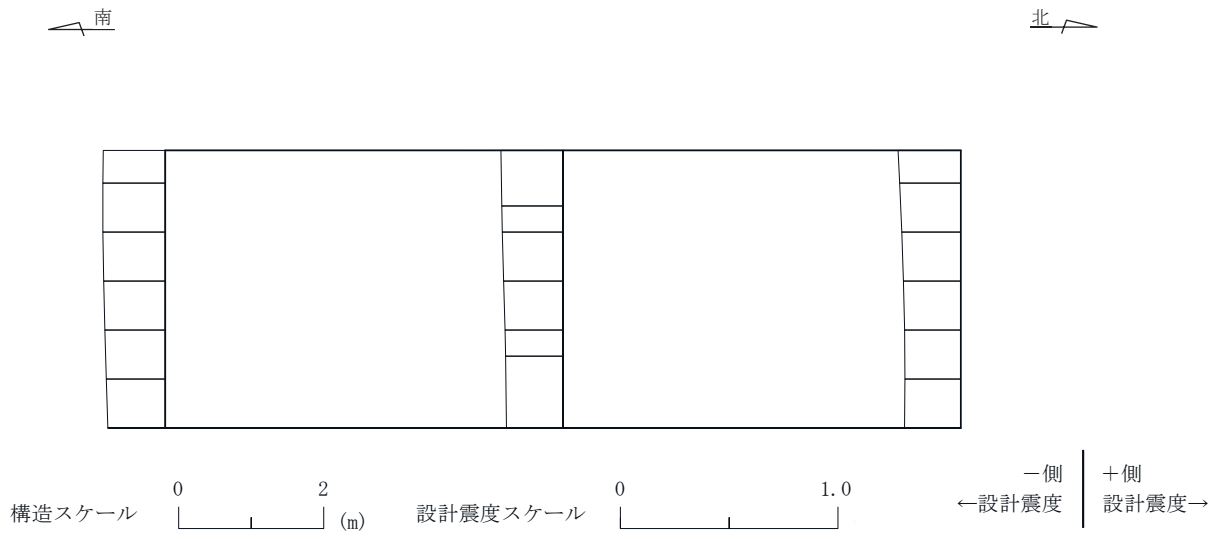
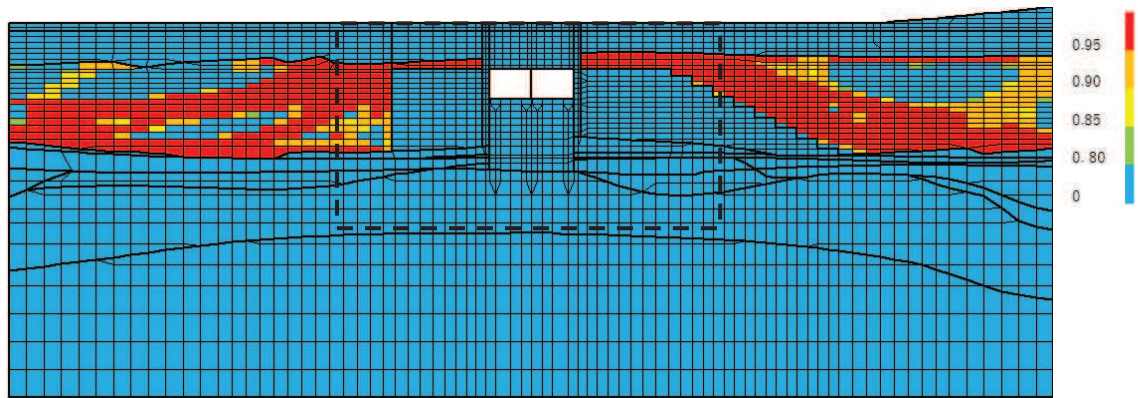
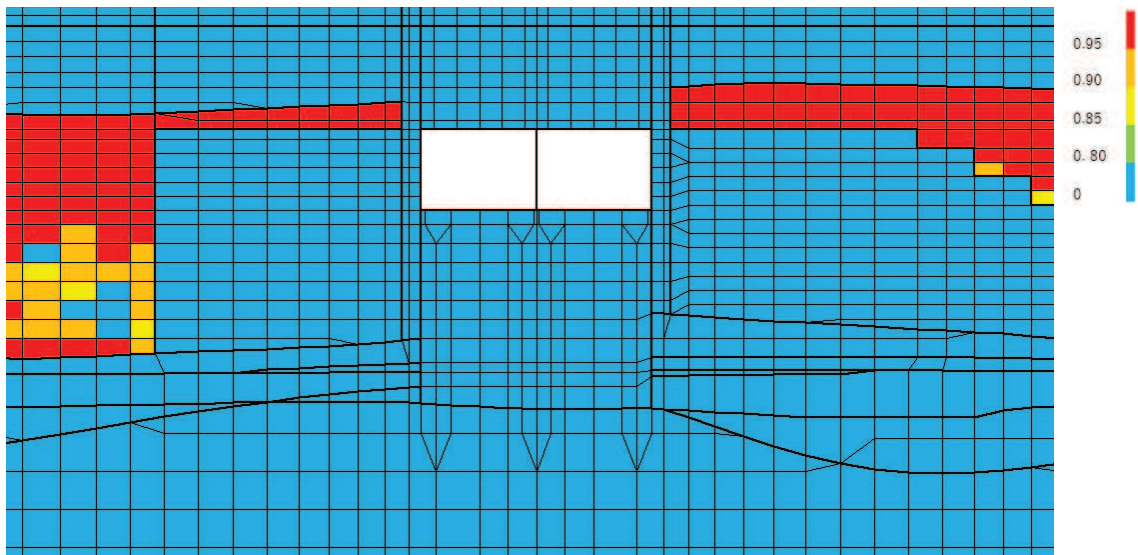


図 3-137 作用荷重分布図 (設計震度分布)

(断面⑦ : 曲線部, 解析ケース⑧', S s - N 1 (-+))



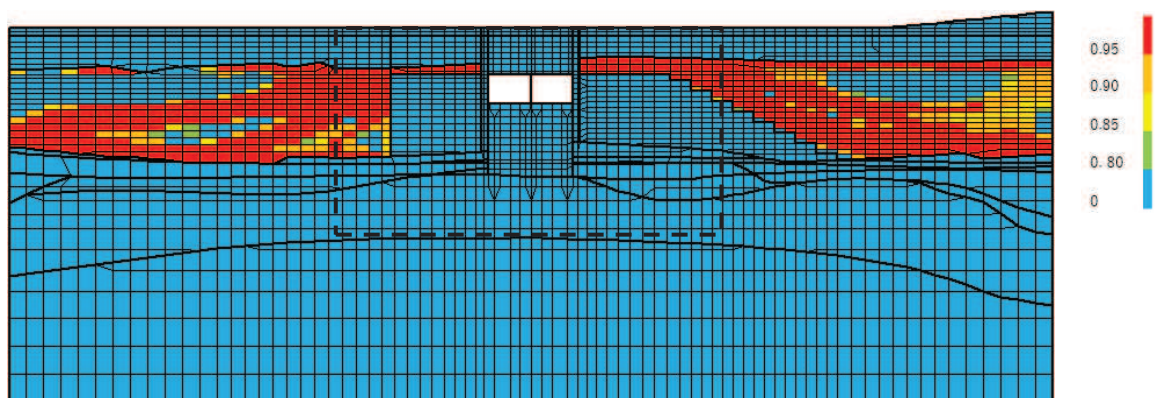
(a) 全体図



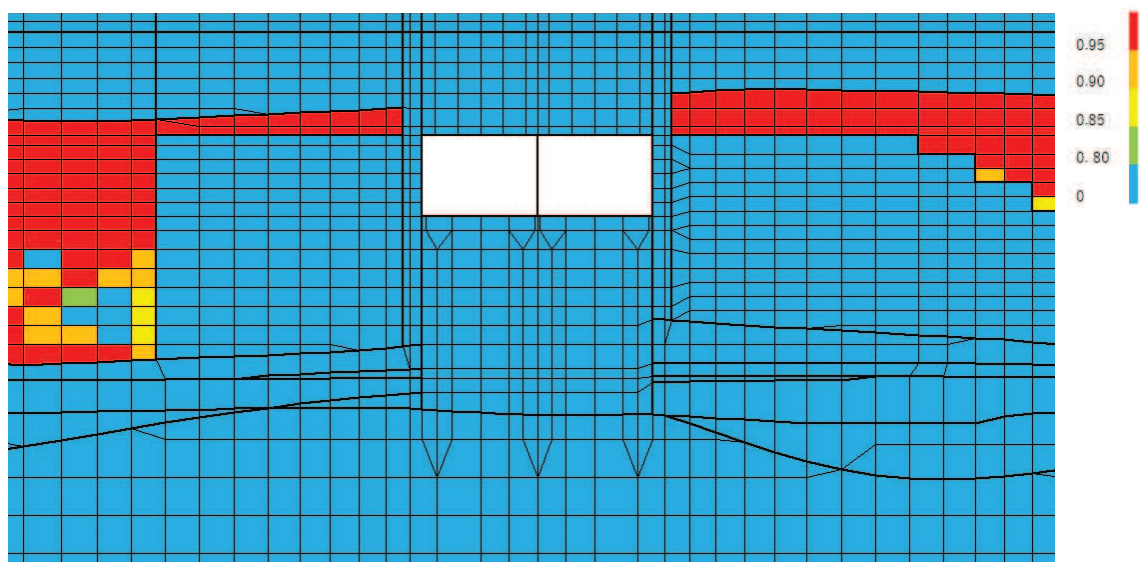
(b) 構造物周辺拡大図

図 3-138(1) 過剰間隙水圧比分布図 (曲げ・軸力系の破壊)

(断面②: 直線部, 解析ケース⑧', $S_s - F_3$ (++)



(a) 全体図

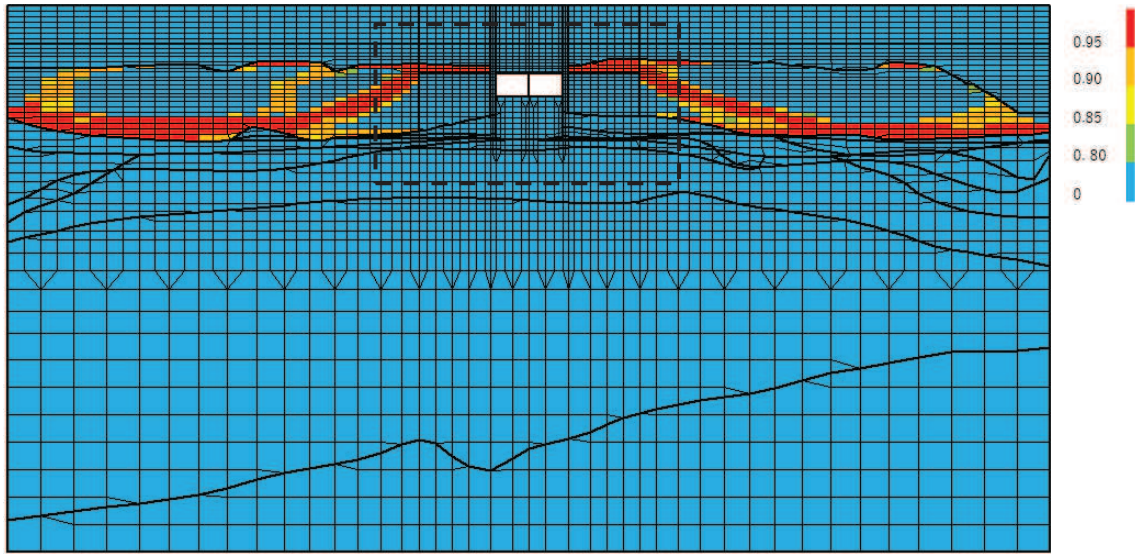


(b) 構造物周辺拡大図

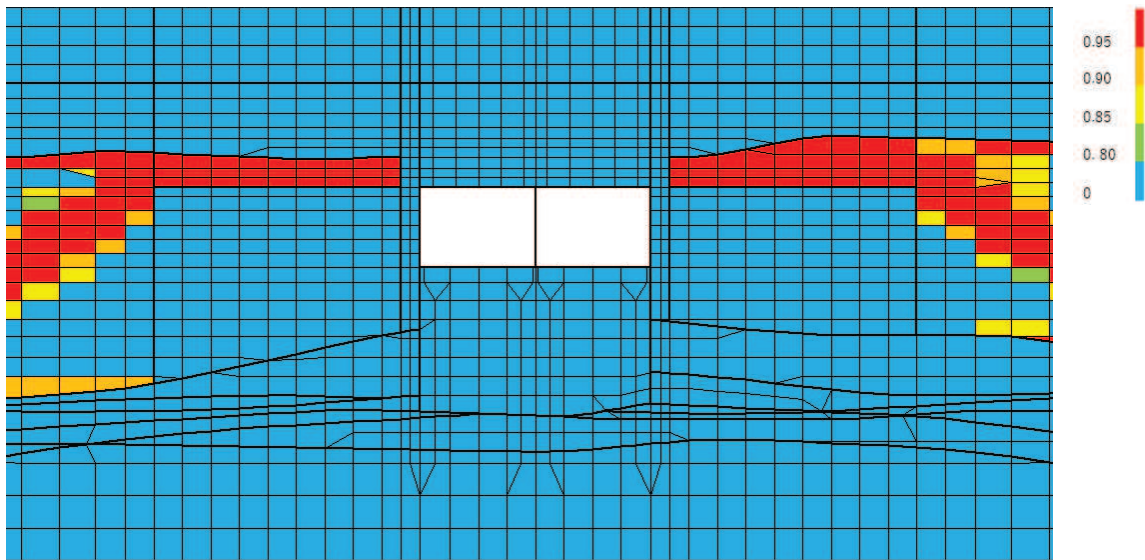
図 3-138(2) 過剰間隙水圧比分布図 (せん断破壊)

(断面②: 直線部, 解析ケース⑨', $S_s - F_3$ (++)

O 2 ④ VI-2-10-4-4-2 R 1



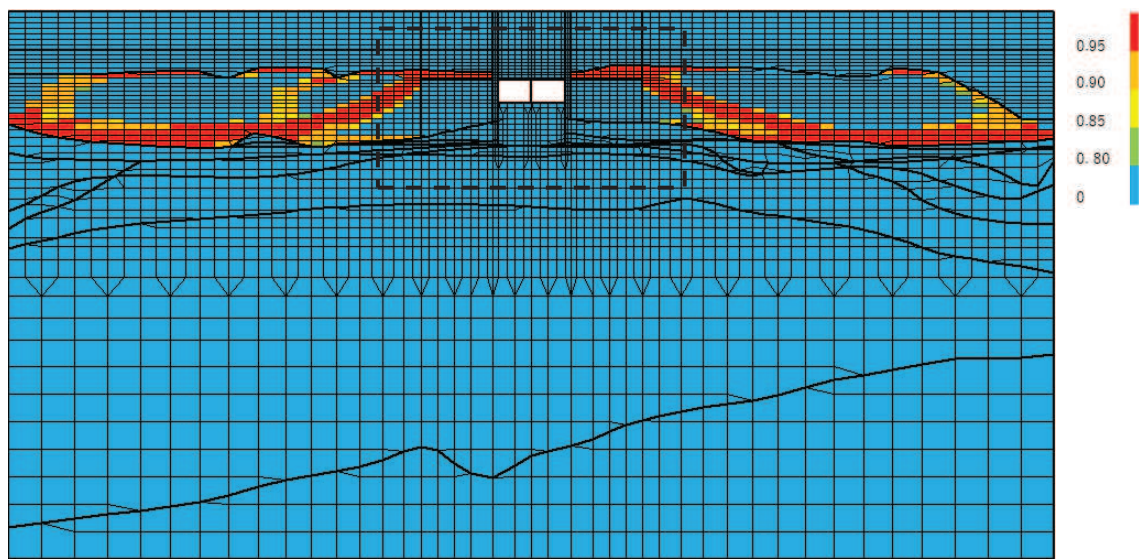
(a) 全体図



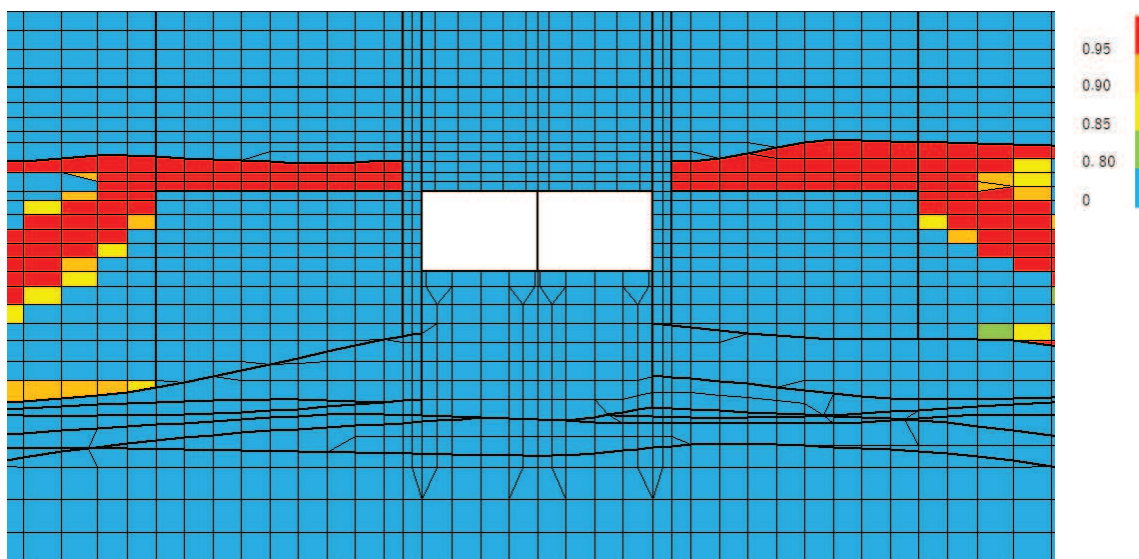
(b) 構造物周辺拡大図

図 3-139(1) 過剰間隙水圧比分布図 (曲げ・軸力系の破壊)

(断面③: 直線部, 解析ケース⑧', $S_s - F 3$ (++)



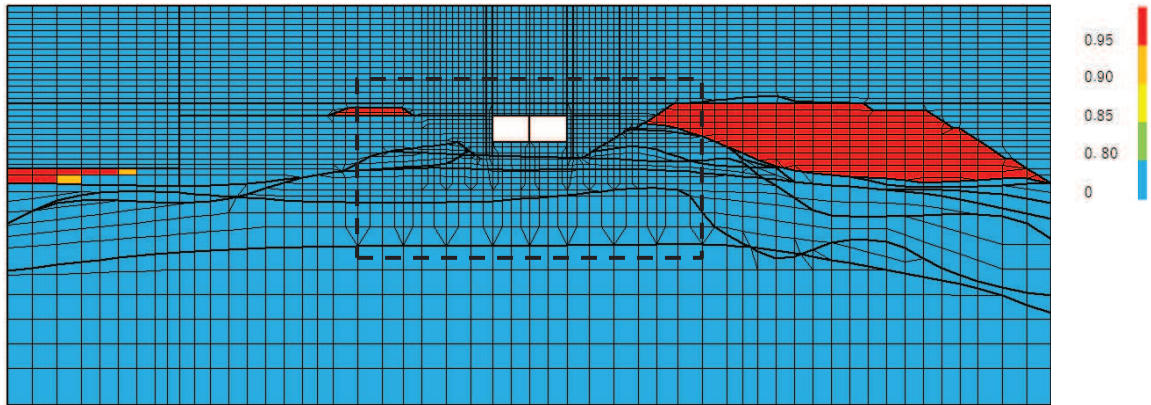
(a) 全体図



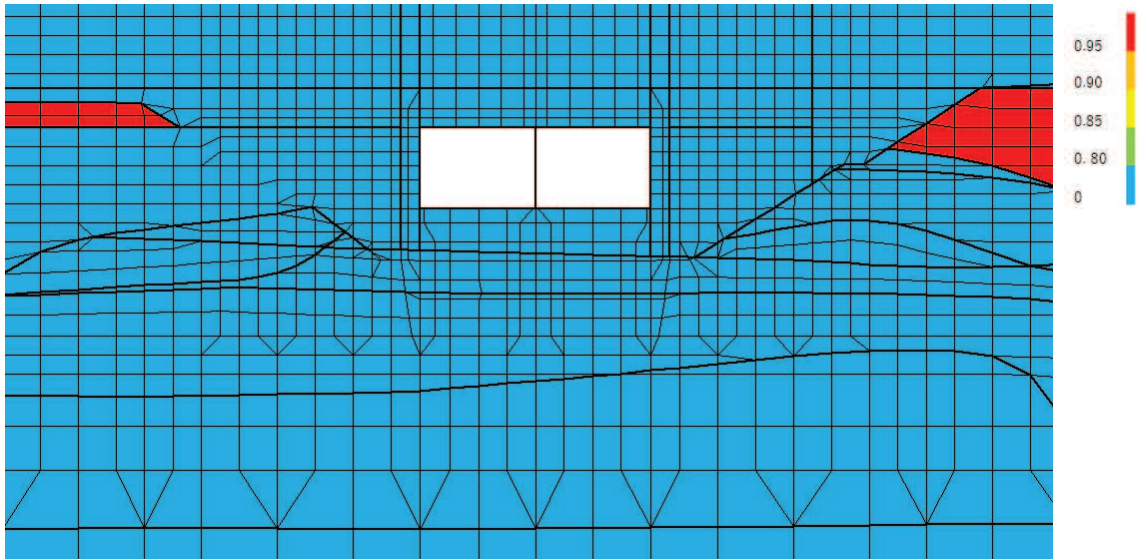
(b) 構造物周辺拡大図

図 3-139(2) 過剰間隙水圧比分布図 (せん断破壊)
 (断面③: 直線部, 解析ケース⑨', S_s-F 3 (++)

R 1
VI-2-10-4-4-2
④
O 2



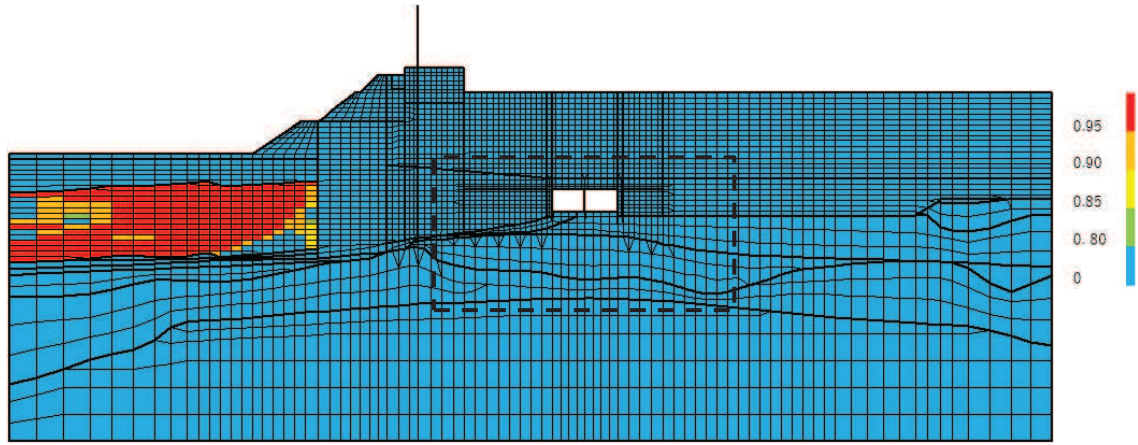
(a) 全体図



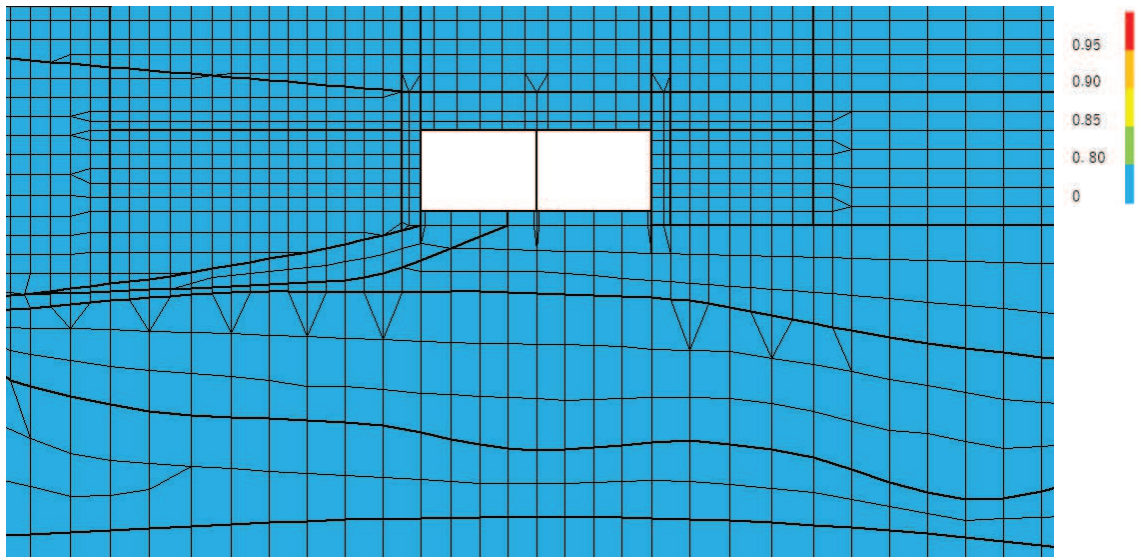
(b) 構造物周辺拡大図

図 3-140 過剰間隙水圧比分布図（曲げ・軸力系の破壊及びせん断破壊）

（断面⑥：曲線部，解析ケース⑧'， $S_s - N 1$ （-+））



(a) 全体図



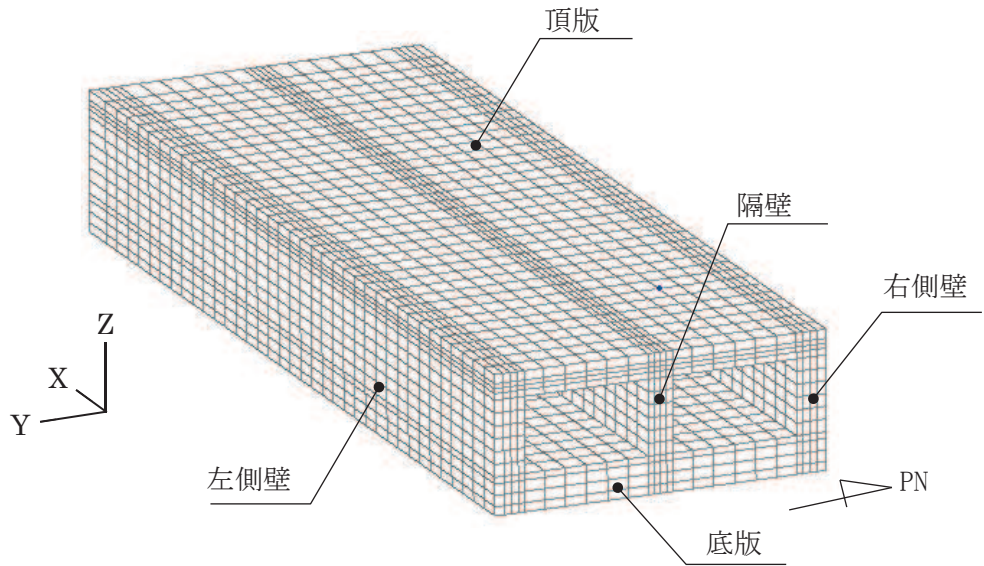
(b) 構造物周辺拡大図

図3-141 過剰間隙水圧比分布図（曲げ・軸力系の破壊及びせん断破壊）

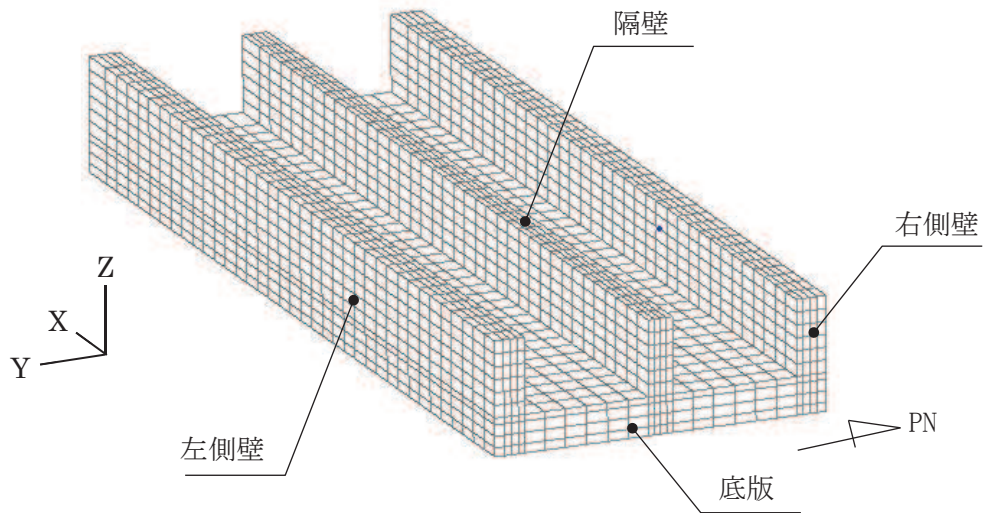
（断面⑦：曲線部，解析ケース⑧'， $S_s - N1$ （-+））

4. 三次元構造解析
4.1 評価対象部材

三次元構造解析の評価対象部材は、取水路（標準部）を構成する構造部材である頂版，側壁，隔壁，底版とする。直線部及び曲線部の評価対象部材を図 4-1 及び図 4-2 に示す。

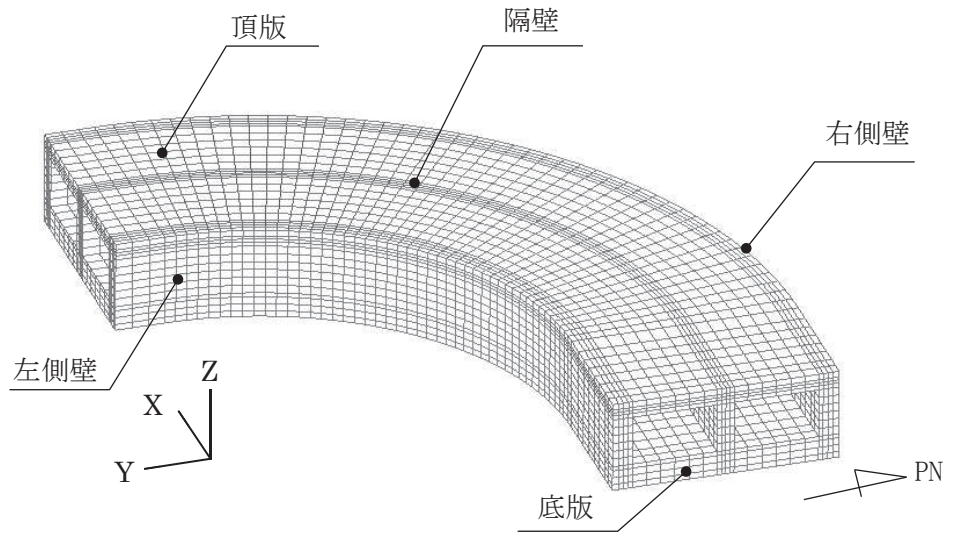


(a) 鳥瞰図

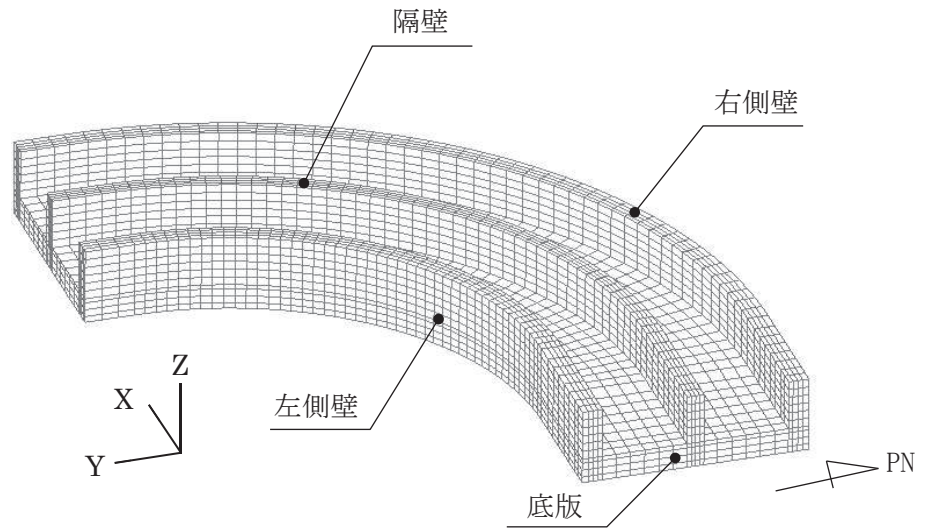


(b) 鳥瞰図（頂版非表示）

図 4-1 三次元構造解析の評価対象部材（直線部）



(a) 鳥瞰図



(b) 鳥瞰図 (頂版非表示)

図 4-2 三次元構造解析の評価対象部材 (曲線部)

4.2 解析方法

取水路（標準部）の三次元構造解析は、「3. 地震応答解析」より得られた応答値に基づき、水平方向及び鉛直方向の荷重を入力し、各構造部材について、曲げ・軸力系の破壊及びせん断破壊に対する照査を実施する。

三次元構造解析には、解析コード「COM3 Ver. 9.15」を用いる。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、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

4.3 解析モデルの諸元

4.3.1 解析モデル

三次元構造解析モデルの要素座標系を図4-3及び図4-4に、ソリッド要素における各要素の断面力の方向を図4-5に示す。

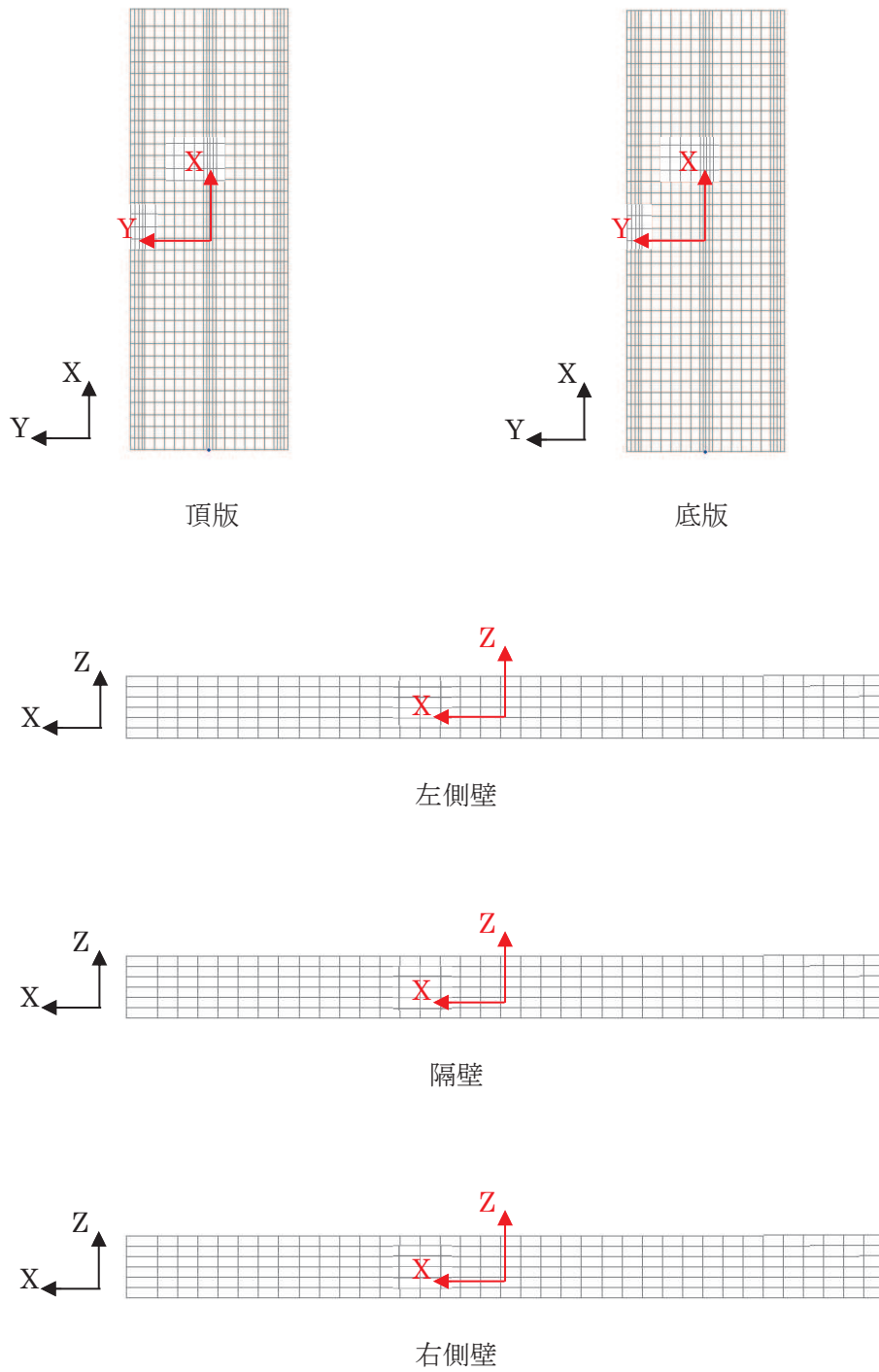
圧縮縁ひずみの算出には解析コード「StrainCom3 Ver. 2021.01.26」を、主筋ひずみの算定には解析コード「Com3FldModRun Ver. 2021.01.06」を、断面力の算出には解析コード「Com3EvalSh Ver. 2021.01.27」を用いる。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

(1) 構造物のモデル化

構造物は、コンクリート及び鉄筋の非線形特性を考慮した非線形ソリッド要素でモデル化する。構造部材のモデル化にあたっては、鉄筋の付着が有効な領域を鉄筋コンクリート要素としてモデル化し、付着の影響が及ばない領域を無筋コンクリート要素としてモデル化する。構造部材（鉄筋コンクリート）の非線形特性を図4-6及び図4-7に示す。

(2) 境界条件

三次元構造解析モデルの底面には、地盤ばね要素を配置する。



黒：全体座標系を示す
 赤：要素座標系を示す

図 4-3 要素座標系 (直線部)

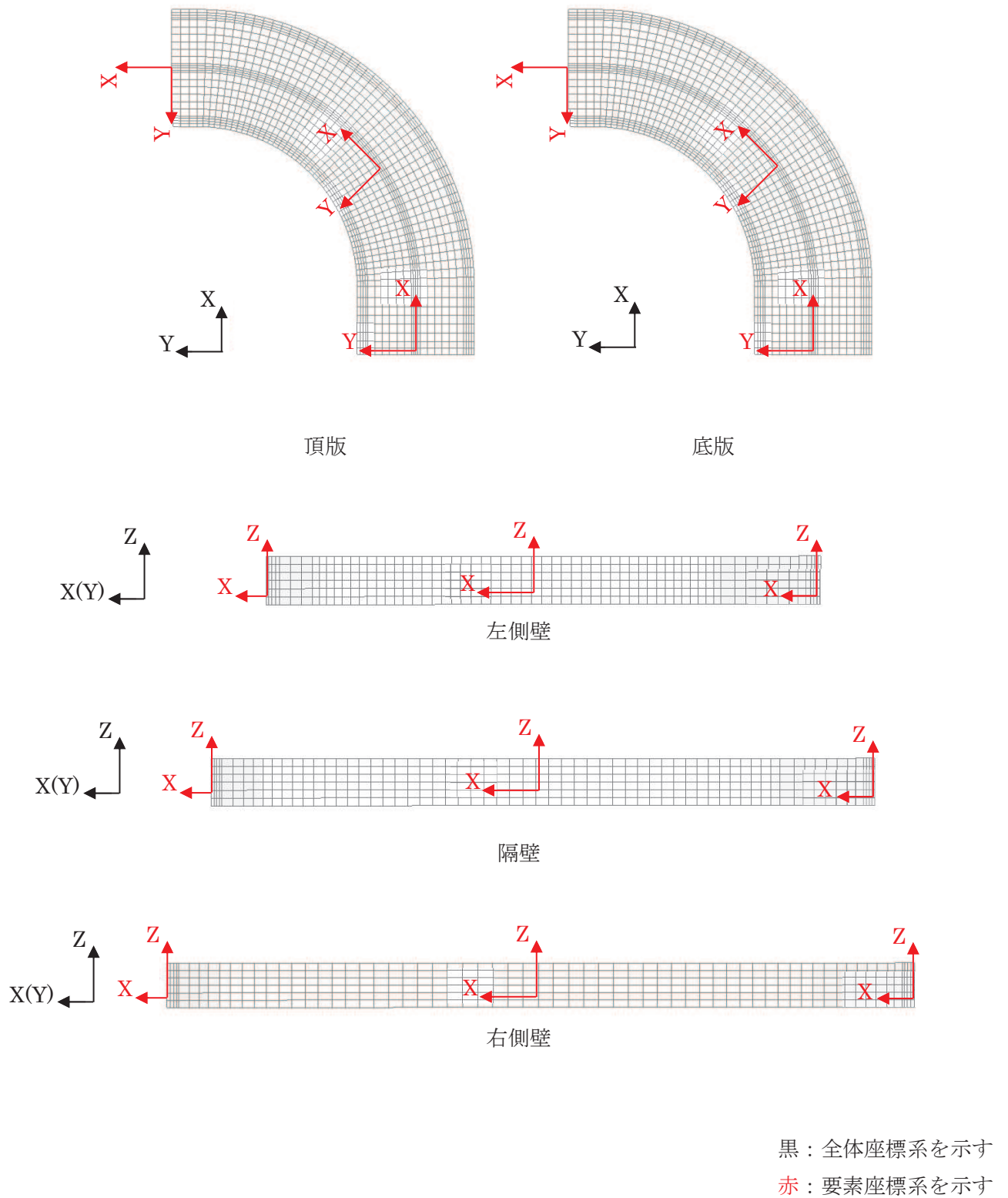


図 4-4 要素座標系（曲線部）

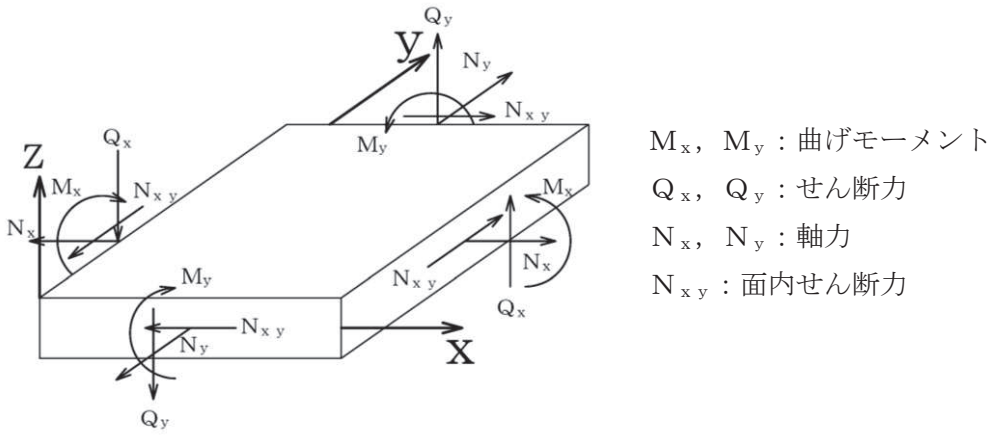


図 4-5 ソリッド要素における断面力方向

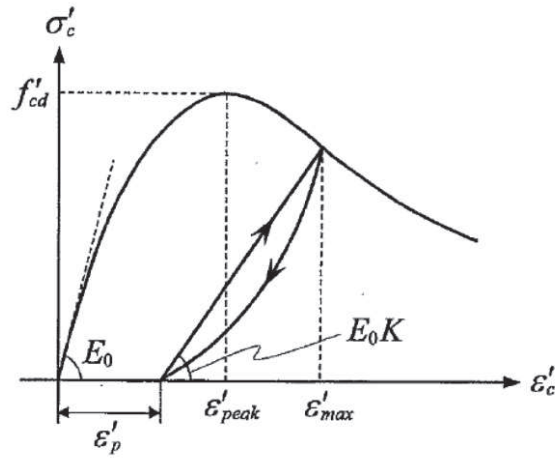


図 4-6 構造部材の非線形特性（コンクリートの応力-ひずみ関係）
 （「土木学会 2017 年 コンクリート標準示方書[設計編]」より引用）

4.4 照査時刻及び入力荷重

4.4.1 照査時刻

構造部材の健全性評価において、照査時刻は構造的特徴を踏まえ、損傷モードごと及び部材ごとに評価が厳しくなる時刻を、地震時荷重算出断面ごとに地震応答解析の結果から複数選定する。表4-1に照査時刻の選定の考え方を示す。

曲げ・軸力系の破壊に対しては、頂底板間の層間変位が最大となる時刻（時刻1）、せん断破壊に対しては、総水平荷重が最大となる時刻（時刻2）及び剛性急変部において地震時荷重算出断面間の相対変位が最大となる時刻（時刻3）を選定する。

直線部における地震時荷重の載荷方法の考え方を表4-2に示す。ケース1については、曲げ・軸力系破壊及びせん断破壊の破壊モードを想定する。曲げ・軸力系の破壊については表4-1において抽出される各断面の「時刻1」の荷重を、せん断破壊については各断面の「時刻2」の荷重を算出し三次元構造解析モデルに同時に作用させる。また、ケース2については、剛性急変部における荷重載荷による曲げ・軸力系の破壊の破壊モードを想定し、表4-1において抽出される「時刻3」の荷重を各断面で算出し、三次元構造解析モデルに同時に作用させる。

曲線部における地震時荷重の載荷方法の考え方を表4-3に示す。ケース1及びケース2については、曲げ・軸力系破壊及びせん断破壊の破壊モードを想定する。曲げ・軸力系の破壊については表4-1において抽出される「時刻1」の荷重を、せん断破壊については「時刻2」の荷重を、各断面で算出し三次元構造解析モデルに同時に作用させる。また、ケース3-1, 3-2及びケース4については、曲線部のねじれ変形や剛性急変部における荷重載荷による曲げ・軸力系の破壊を想定し、表4-1において抽出される「時刻1」または「時刻3」の荷重を各断面で算出し、三次元構造解析モデルに同時に作用させる。

表4-1 照査時刻の考え方


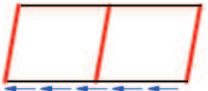

照査時刻	損傷モード	着目部位		荷重抽出時刻
時刻 1	曲げ・軸力系の破壊	壁 (面外)		各断面において 頂底板間の層間変位が 最大となる時刻
時刻 2	せん断破壊 (面外)	壁 (面外)		各断面において 総水平荷重が 最大となる時刻
時刻 3	曲げ・軸力系の破壊	壁 (面外)		地震時荷重算出断面間 (剛性変化部)の相対変位 が最大となる時刻

表 4-2 地震時荷重の載荷方法の考え方 (直線部)

載荷ケース	載荷方向の考え方	載荷方向のイメージ図	損傷モード	荷重の載荷方法*
ケース 1	載荷方向へ載荷 ・各断面の荷重を同方向に載荷		曲げ・軸力系の破壊	各地震時荷重重算出断面 (断面②～断面⑤) における「時刻 1」の荷重を組合わせる。それぞれの断面で層間変位が最大となる時刻における荷重を載荷。
ケース 2	(剛性急変部の影響考慮) ・剛性急変部となる断面間での相対変位が最大となる時刻における荷重を各断面に載荷		曲げ・軸力系の破壊	各地震時荷重重算出断面 (断面②～断面⑤) における「時刻 3」の荷重を組合わせる。剛性急変部となる断面③と断面④の相対変位が最大となる「時刻 3」を選定し、全断面「時刻 3」における荷重を載荷。

注記* : 断面②及び断面③の地震応答解析手法が全応力解析の場合は、断面②～断面⑤の全てについて全応力解析による荷重を組合わせる。断面②及び断面③の地震応答解析手法が有効応力解析の場合は、断面②・断面③の有効応力解析による荷重と断面④及び断面⑤の全応力解析による荷重を組合わせる。

表 4-3(1) 地震時荷重の載荷方法の考え方 (曲線部)

載荷ケース	載荷方向の考え方	載荷方向のイメージ図	損傷モード	荷重の載荷方法*
ケース 1	<p>載荷方向へ載荷 ：曲線部が開く変形</p> <ul style="list-style-type: none"> 断面⑤及び断面⑥の地震時荷重は北方向に、断面⑦の地震時荷重は、西方向に載荷 		<p>曲げ・軸力系の破壊</p> <p>せん断破壊 (面外)</p>	<p>各地震時荷重算出断面 (断面⑤～断面⑦) における「時刻 1」の荷重を組み合わせる。それぞれの断面で層間変位が最大となる時刻における荷重を載荷。</p> <p>各地震時荷重算出断面 (断面⑤～断面⑦) における「時刻 2」の荷重を組み合わせる。それぞれの断面で総水平荷重が最大となる時刻における荷重を載荷。</p>
ケース 2	<p>(同変形方向へ載荷 ：曲線部が閉じる変形)</p> <ul style="list-style-type: none"> 断面⑤及び断面⑥の地震時荷重は南方向に、断面⑦の地震時荷重は、東方向に載荷 		<p>曲げ・軸力系の破壊</p> <p>せん断破壊 (面外)</p>	<p>各地震時荷重算出断面 (断面⑤～断面⑦) における「時刻 1」の荷重を組み合わせる。それぞれの断面で層間変位が最大となる時刻における荷重を載荷。</p> <p>各地震時荷重算出断面 (断面⑤～断面⑦) における「時刻 2」の荷重を組み合わせる。それぞれの断面で総水平荷重が最大となる時刻における荷重を載荷。</p>

注記*：断面⑥及び断面⑦の地震応答解析手法が全応力解析の場合は、断面⑤～断面⑦のすべてについて全応力解析による荷重を組み合わせ
る。断面⑥及び断面⑦の地震応答解析手法が有効応力解析の場合は、断面⑤の全応力解析による荷重と断面⑥及び断面⑦の有効応力解
析の荷重を組み合わせる。

表 4-3(2) 地震時荷重の載荷方法の考え方 (曲線部)

載荷ケース	載荷方向の考え方	載荷方向のイメージ図	損傷モード	荷重の載荷方法*
ケース 3-1	(逆変形方向へ載荷) : 曲線部がねじれる変形 ・断面⑤及び断面⑥の地震時荷重は北方向に、断面⑦の地震時荷重は、東方向に載荷		曲げ・軸力系の破壊	各地震時荷重算出断面 (断面⑤～断面⑦) における「時刻 1」の荷重を組み合わせる。それぞれの断面で層間変位が最大となる時刻における荷重を載荷。
ケース 3-2	(逆変形方向へ載荷) : 曲線部がねじれる変形 ・断面⑤及び断面⑥の地震時荷重は南方向に、断面⑦の地震時荷重は、西方向に載荷		曲げ・軸力系の破壊	各地震時荷重算出断面 (断面⑤～断面⑦) における「時刻 1」の荷重を組み合わせる。それぞれの断面で層間変位が最大となる時刻における荷重を載荷。
ケース 4	(剛性急変部の影響考慮) ・剛性急変部となる断面間での相対変位が最大となる時刻における荷重を各断面に載荷		曲げ・軸力系の破壊	各地震時荷重算出断面 (断面⑤～断面⑦) における「時刻 3」の荷重を組み合わせる。剛性急変部となる断面⑤と断面⑥の相対変位が最大となる「時刻 3」を選定し、全断面「時刻 3」における荷重を載荷。

注記* : 断面⑥及び断面⑦の地震応答解析手法が全応力解析の場合は、断面⑤～断面⑦のすべての応力解析による荷重を組み合わせて、断面⑥及び断面⑦の地震応答解析が有効力解析の場合は、断面⑤の全応力解析による荷重と断面⑥及び断面⑦の有効力解析の荷重を組み合わせる。

4.4.2 入力荷重

三次元構造解析の入力荷重は、地震応答解析に基づく「4.4.1 照査時刻」で選定した照査時刻における応答値を用いて算定する。入力荷重の一覧を表 4-4 に示す。

表 4-4 三次元構造解析における入力荷重

区分	種別	考慮する荷重
常時 荷重	固定荷重	躯体自重
	常時土圧	躯体に作用する常時土圧
地震時 荷重	慣性力	躯体に作用する慣性力
	動水圧（内水）	躯体に作用する動水圧*
	地震時土圧	躯体に作用する地震時土圧
	地震時水圧	躯体に作用する地震時水圧

注記*：動水圧は、地震応答解析から抽出した側壁及び隔壁の応答加速度に基づき算定する。

4.5 三次元構造解析結果

地震応答解析による地震時荷重を用いた三次元構造解析結果における構造部材の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値の評価時刻でのひずみ分布を図 4-8～図 4-19 に、せん断破壊に対する照査における最大照査値の評価時刻での断面力分布を図 4-20～図 4-43 に示す。

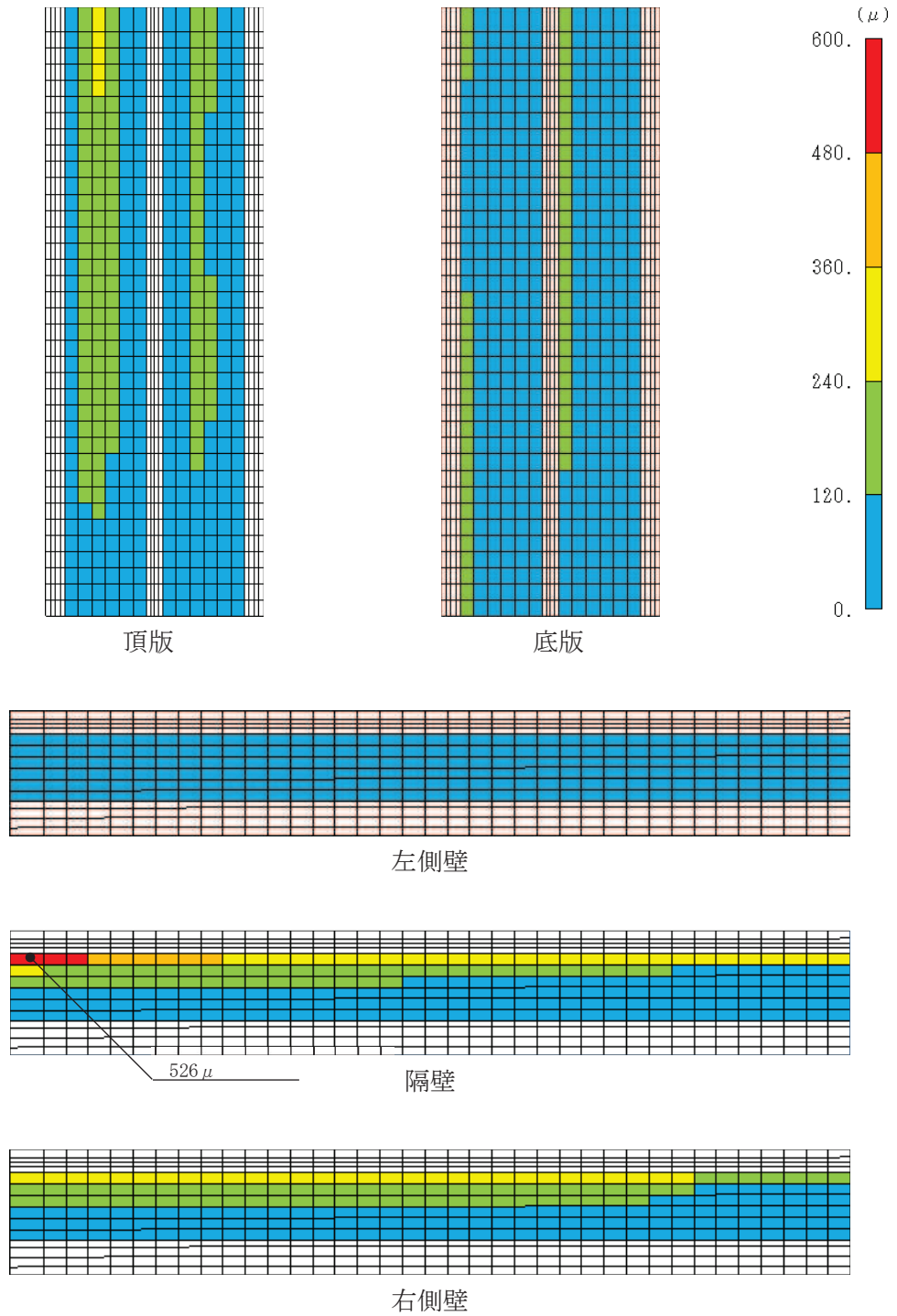


図 4-8 曲げ・軸力系の破壊に対する照査における
 照査値最大時のひずみ分布図 (コンクリートの圧縮縁ひずみ)
 (直線部, 隔壁, 解析ケース③, S s - N 1 (++))

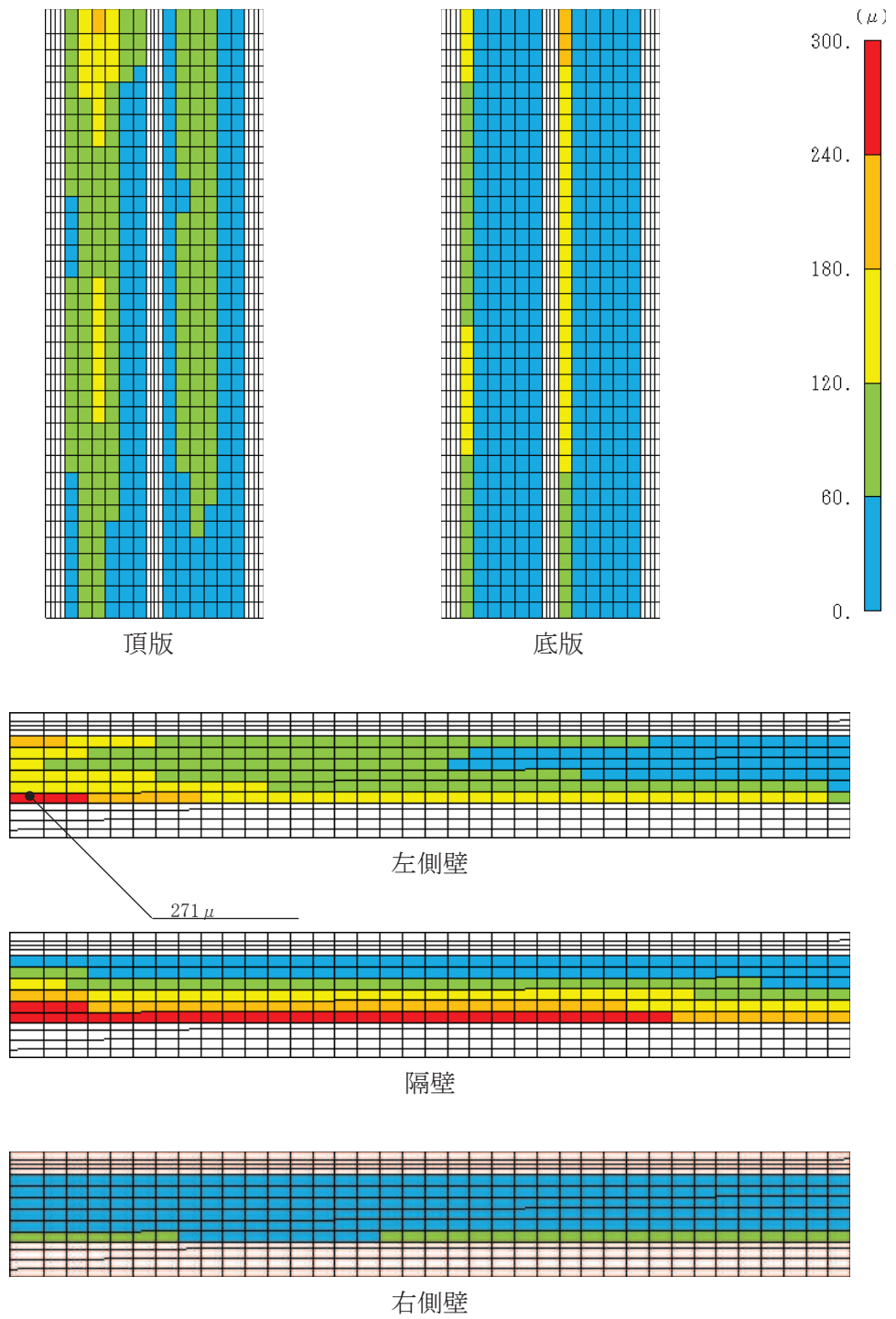


図 4-9 曲げ・軸力系の破壊に対する照査における
 照査値最大時のひずみ分布図 (コンクリートの圧縮ひずみ)
 (直線部, 左側壁, 解析ケース③, S s - N 1 (++))

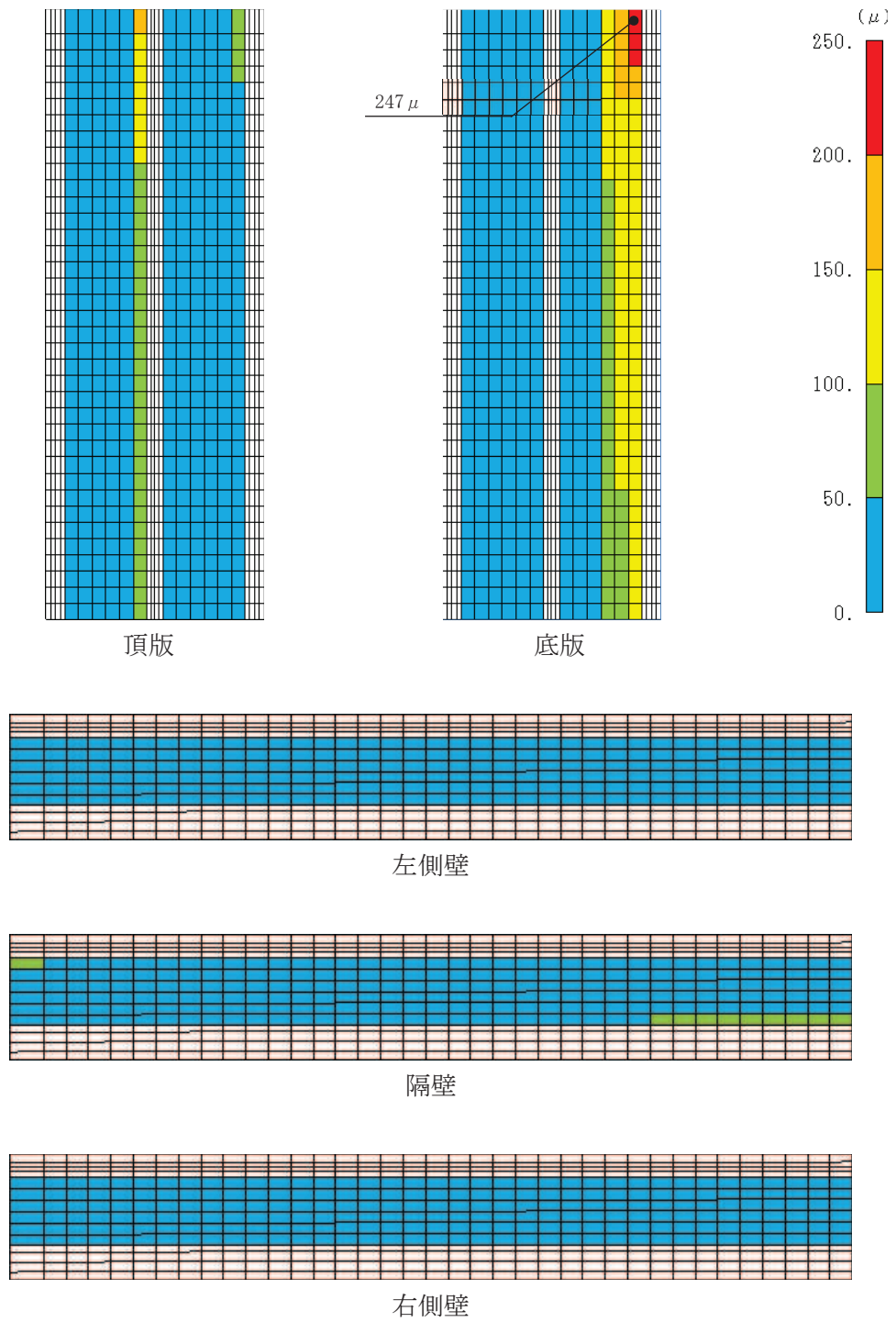


図 4-10 曲げ・軸力系の破壊に対する照査における
 照査値最大時のひずみ分布図 (鉄筋)
 (直線部, 底版, 解析ケース③, S s - N 1 (++))

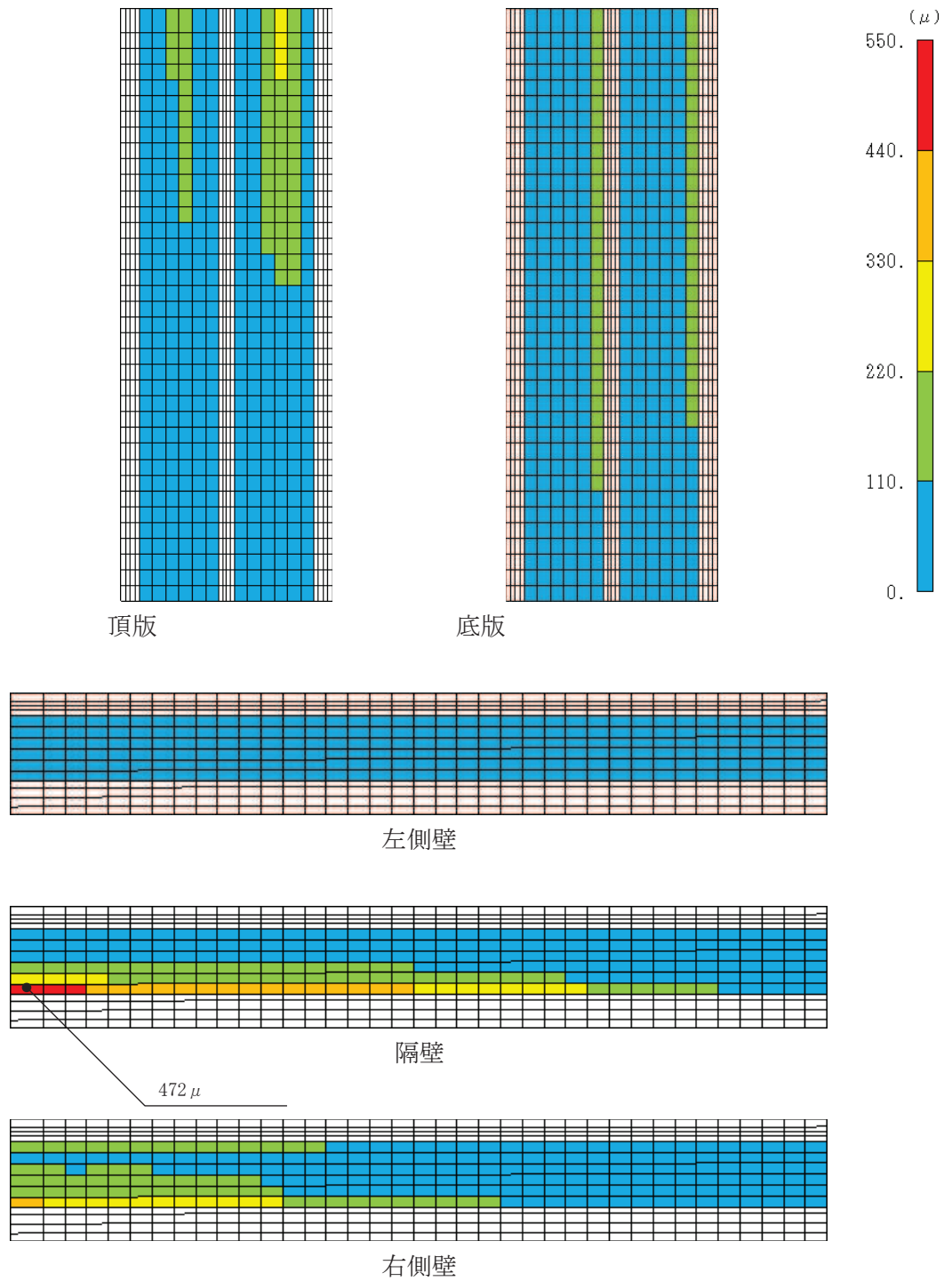


図 4-11 曲げ・軸力系の破壊に対する照査における
照査値最大時のひずみ分布図 (コンクリートの圧縮縁ひずみ)
(直線部, 隔壁, 解析ケース⑧', S_s-F3 (++)

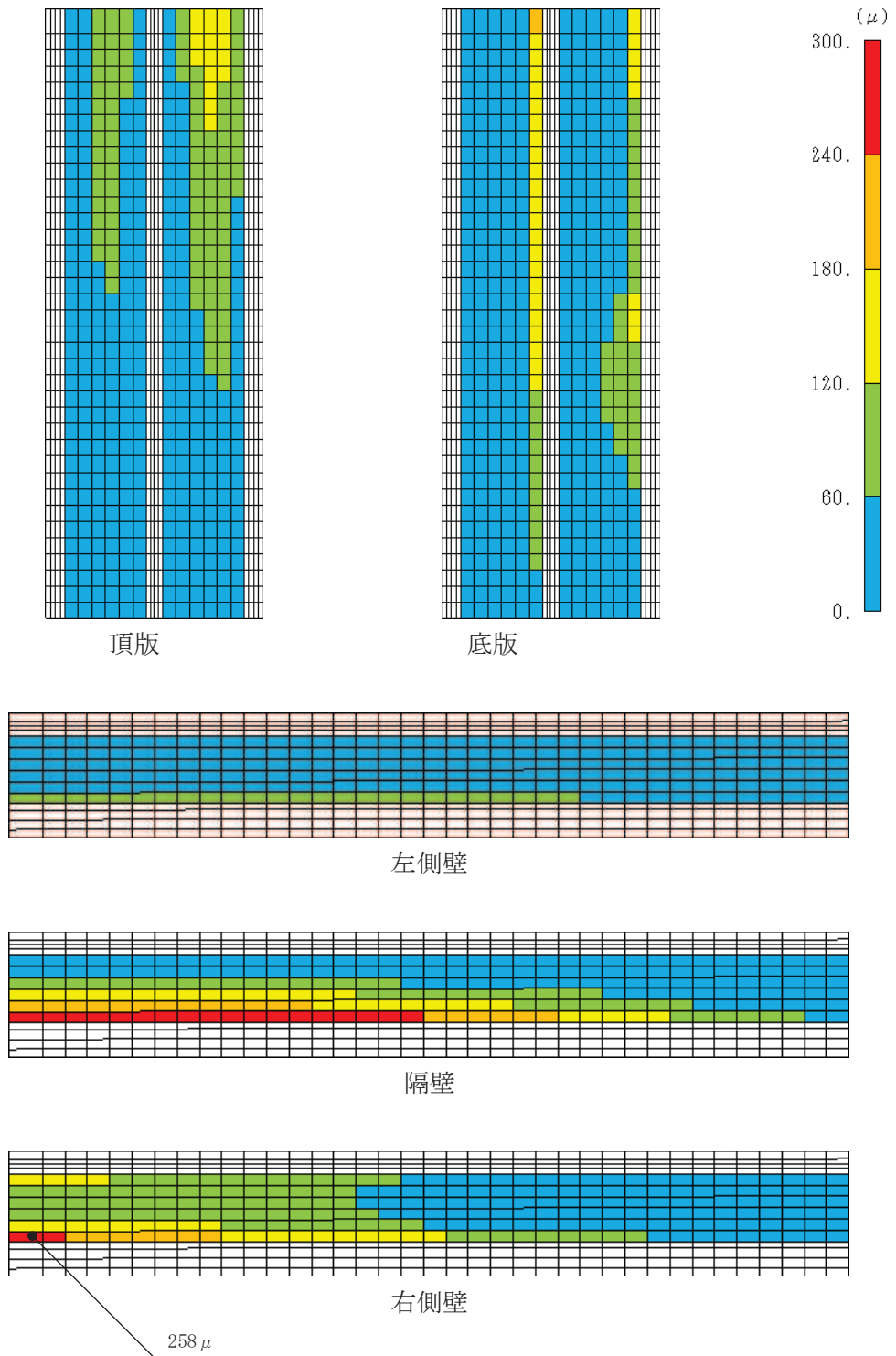


図 4-12 曲げ・軸力系の破壊に対する照査における
 照査値最大時のひずみ分布図 (コンクリートの圧縮ひずみ)
 (直線部, 隔壁, 解析ケース⑧', $S_s - F_3$ (++))

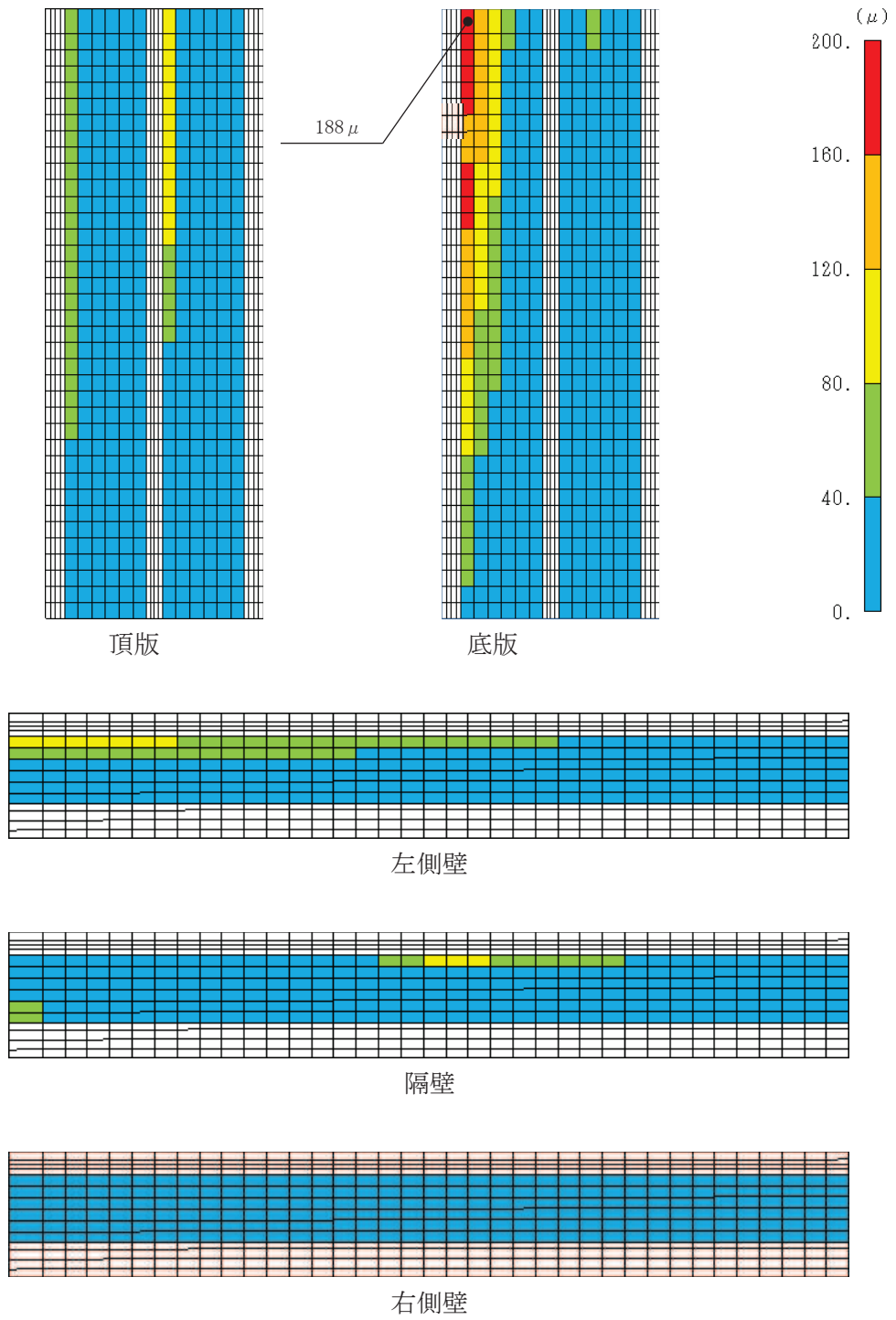


図 4-13 曲げ・軸力系の破壊に対する照査における
 照査値最大時のひずみ分布図 (鉄筋)
 (直線部, 頂版, 解析ケース⑧', $S_s - F 3$ (++)

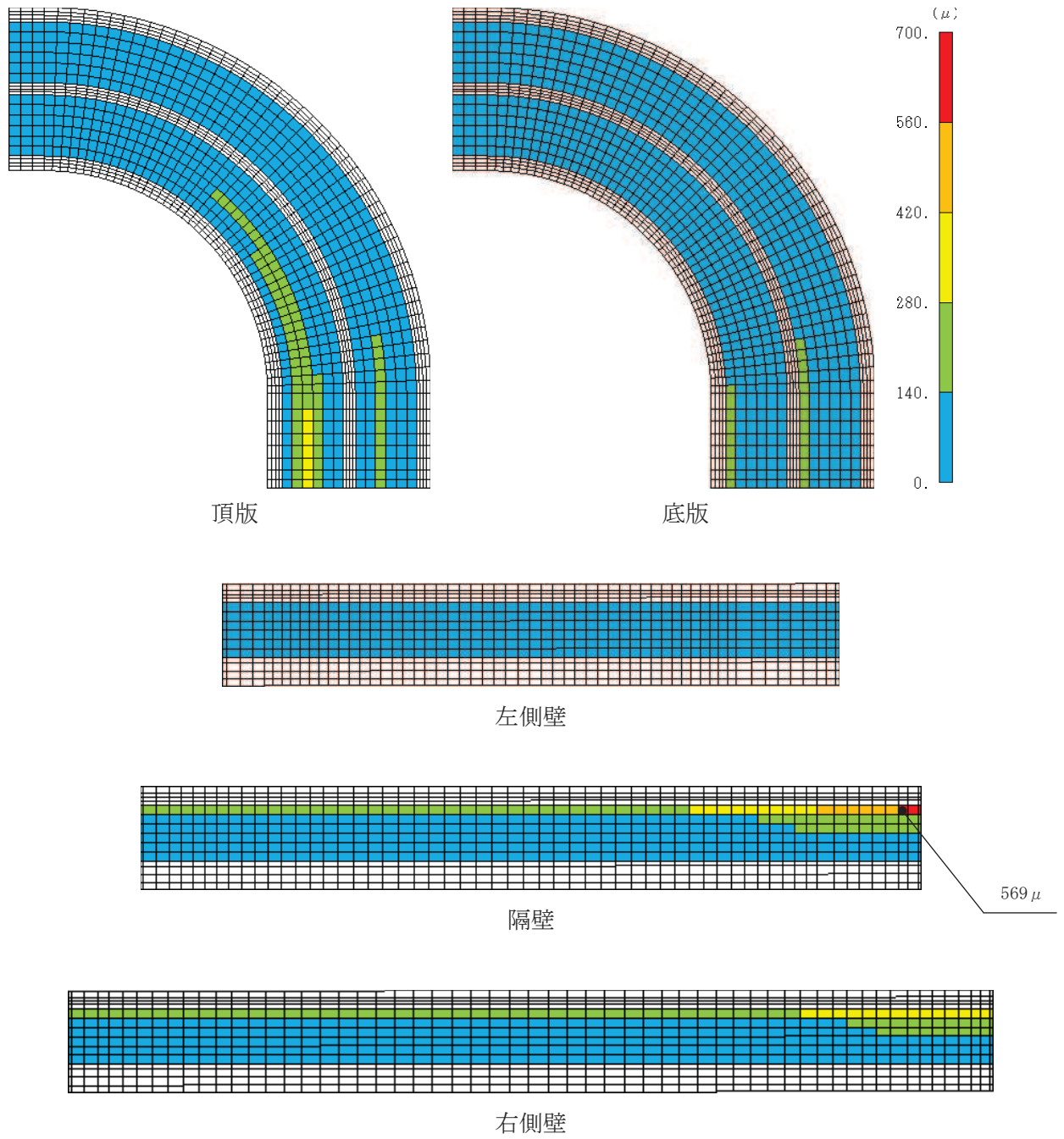


図 4-14 曲げ・軸力系の破壊に対する照査における
 照査値最大時のひずみ分布図 (コンクリートの圧縮縁ひずみ)
 (曲線部, 隔壁, 解析ケース③, S s - N 1 (++))

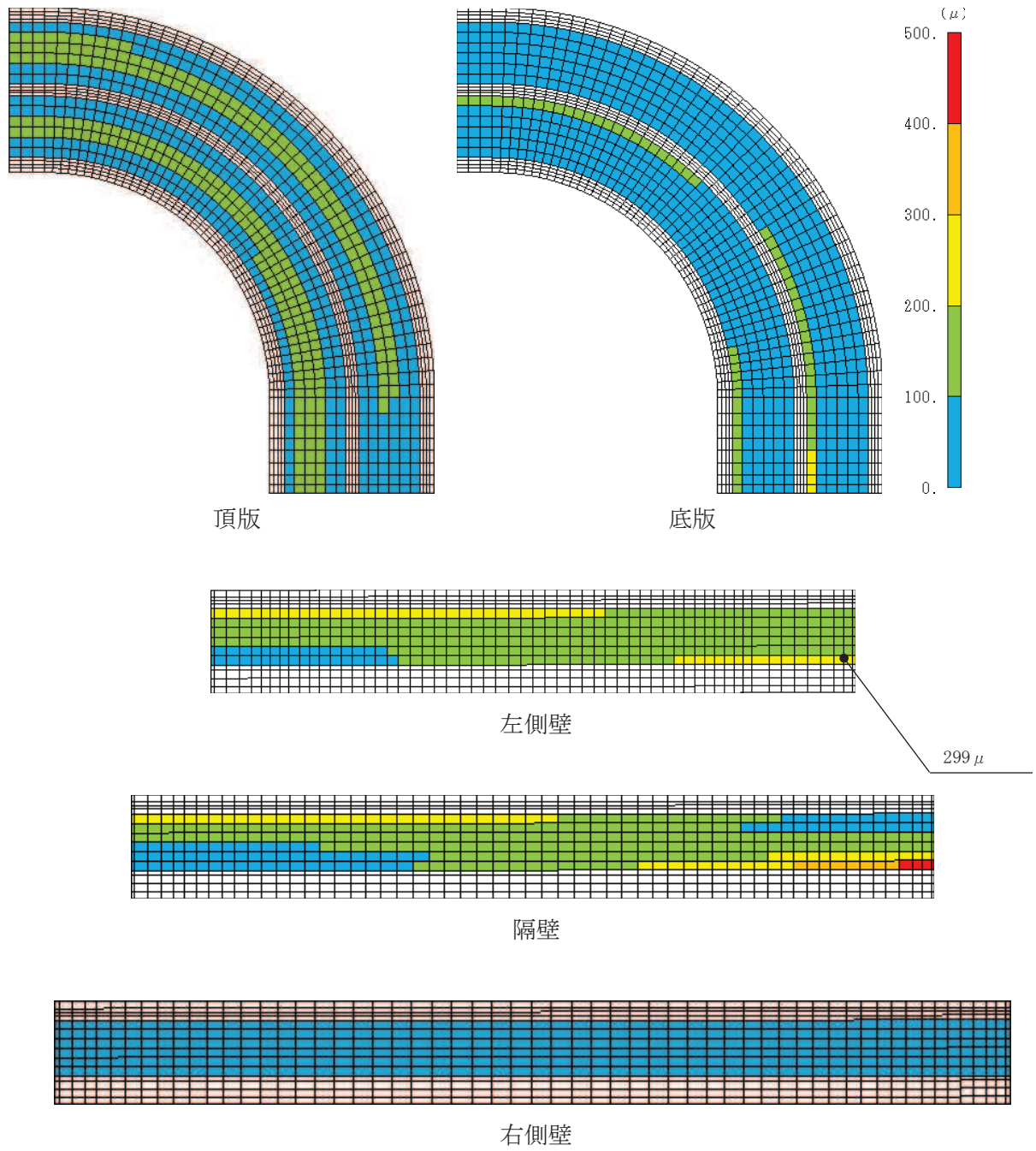


図 4-15 曲げ・軸力系の破壊に対する照査における
 照査値最大時のひずみ分布図 (コンクリートの圧縮ひずみ)
 (曲線部, 隔壁, 解析ケース③, S s - N 1 (++))

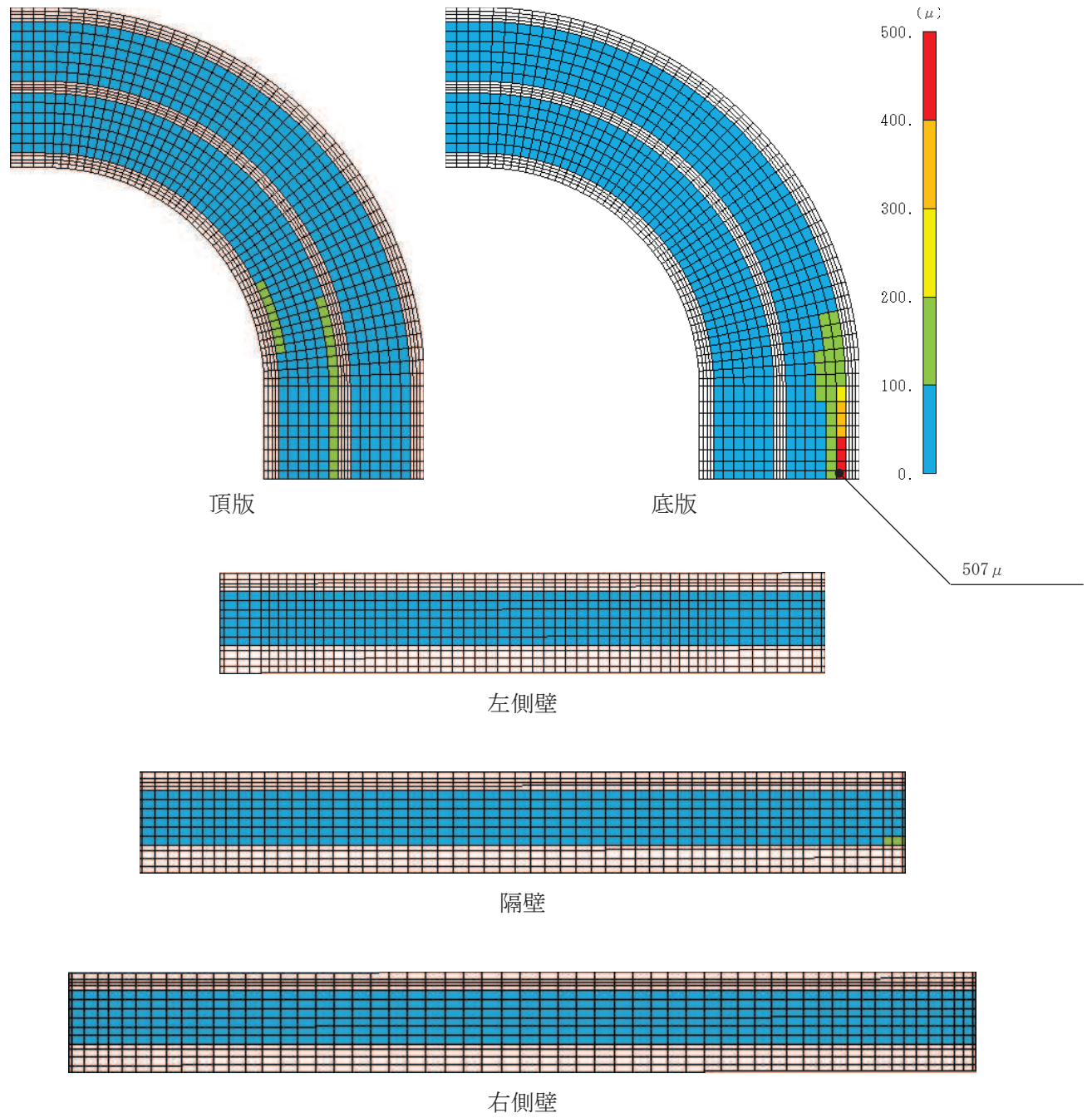


図 4-16 曲げ・軸力系の破壊に対する照査における
照査値最大時のひずみ分布図 (鉄筋)
(曲線部, 頂版, 解析ケース③, $S_s - N 1$ (++))

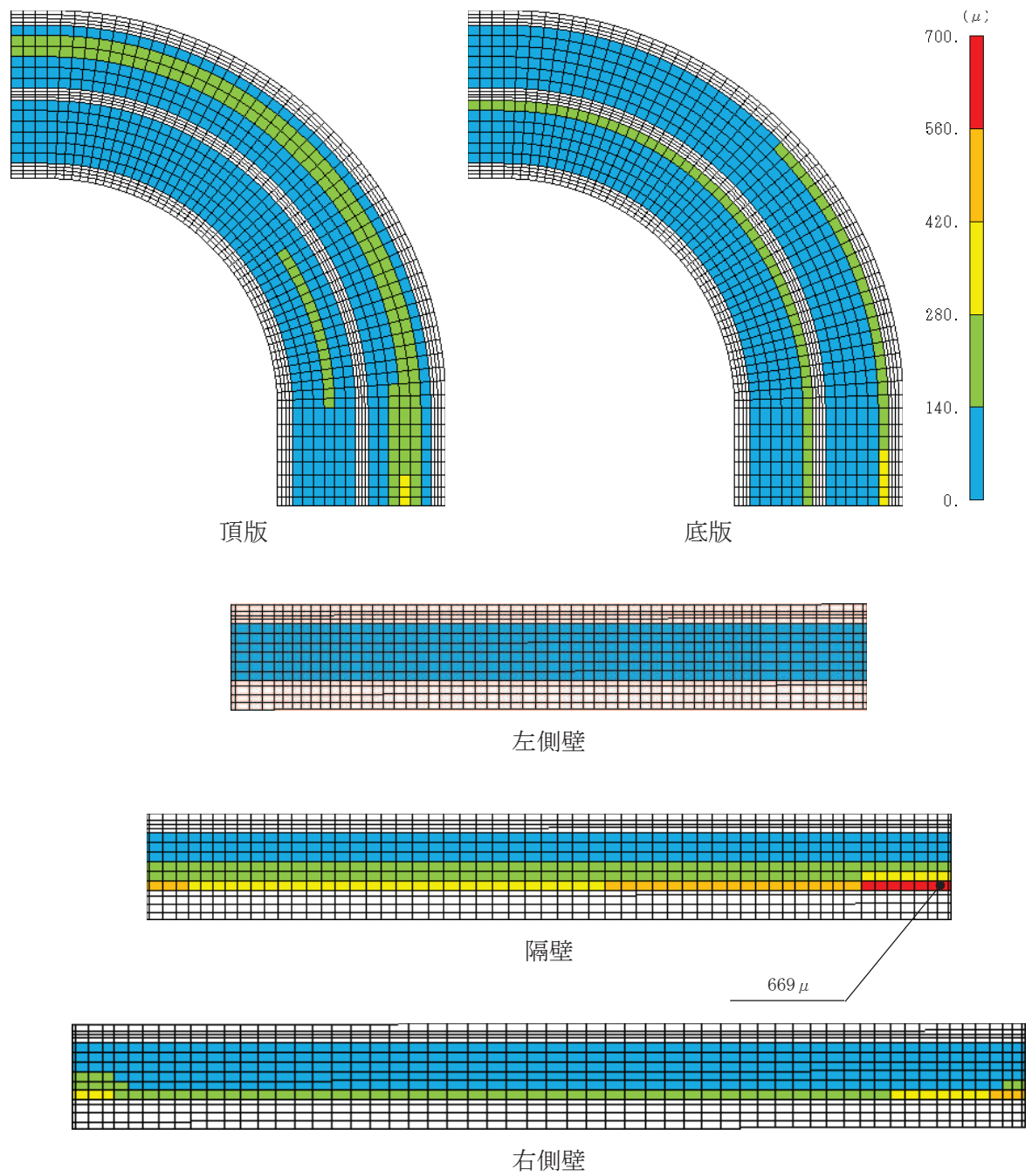


図 4-17 曲げ・軸力系の破壊に対する照査における
 照査値最大時のひずみ分布図（コンクリートの圧縮縁ひずみ）
 （曲線部，隔壁，解析ケース⑧'，S_s-N1（-+））

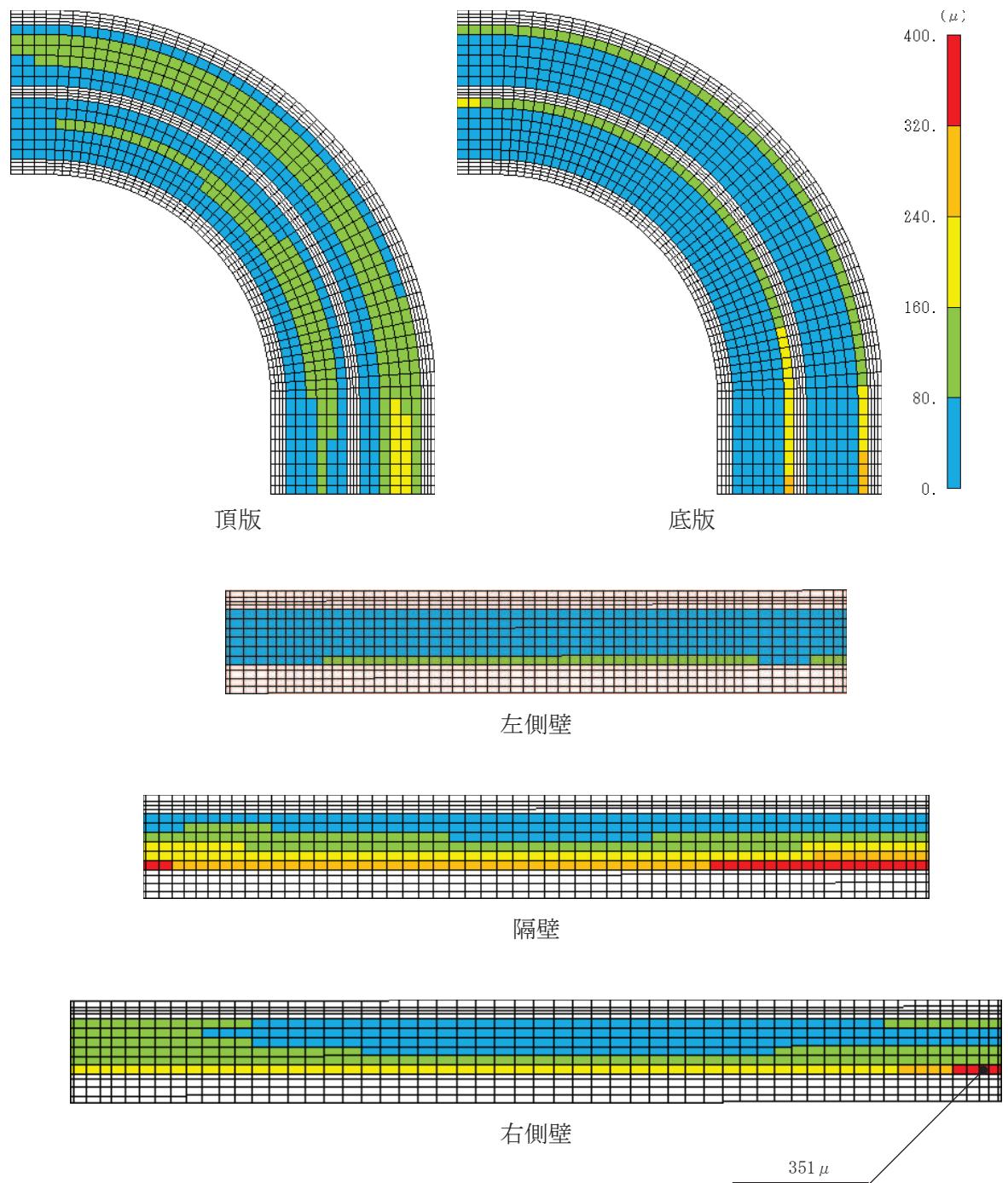


図 4-18 曲げ・軸力系の破壊に対する照査における
 照査値最大時のひずみ分布図（コンクリートの圧縮ひずみ）
 （曲線部，右側壁，解析ケース⑧'，S s - N 1（-+））

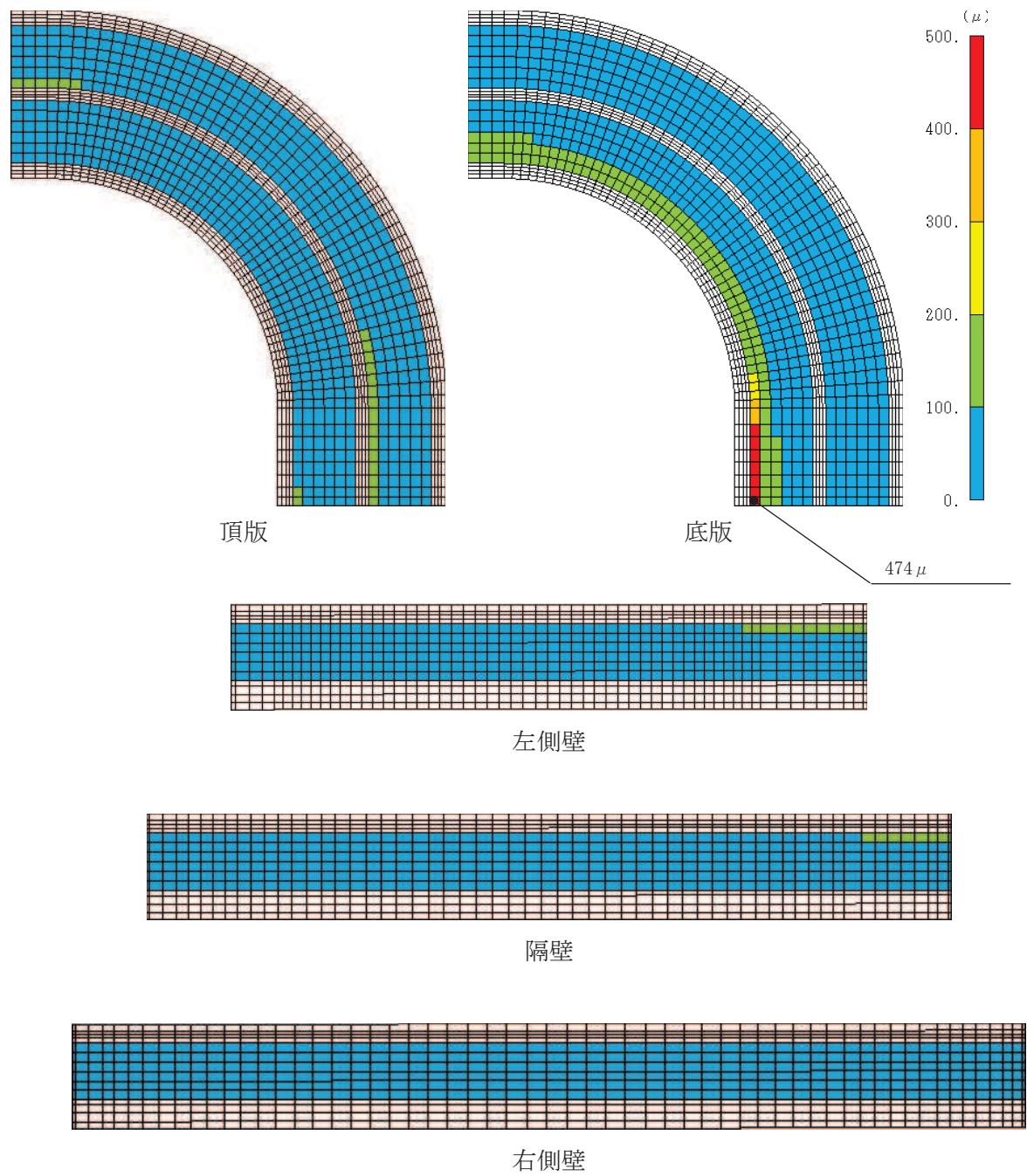


図 4-19 曲げ・軸力系の破壊に対する照査における
 照査値最大時のひずみ分布図 (鉄筋)
 (曲線部, 底版, 解析ケース⑧', $S_s - N1 (-+)$)

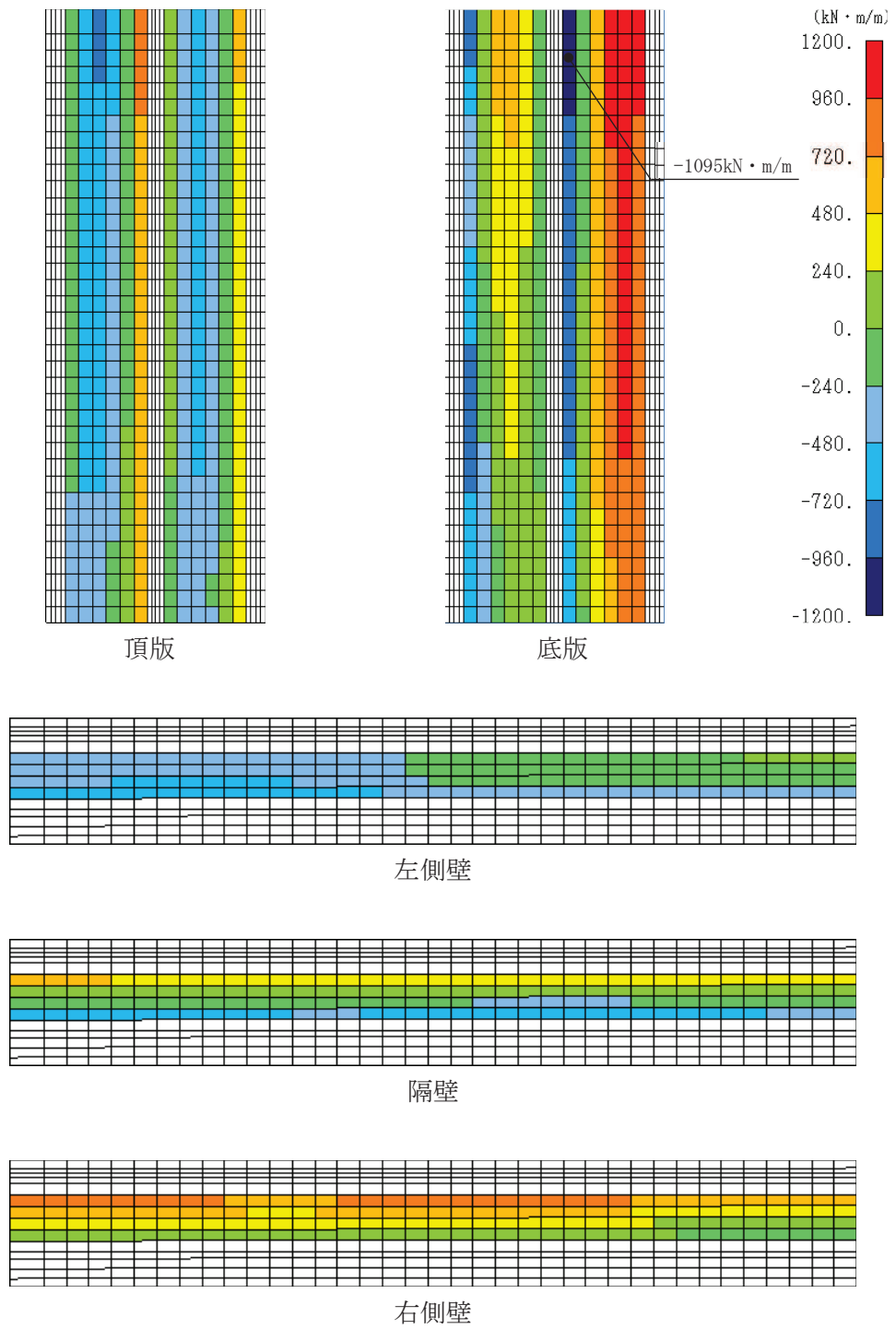


図 4-20 せん断破壊に対する照査における照査値最大時の断面力分布図
 (曲げモーメント (kN · m/m) : Mx)
 (直線部, 底板, 解析ケース③, S s - N 1 (++))

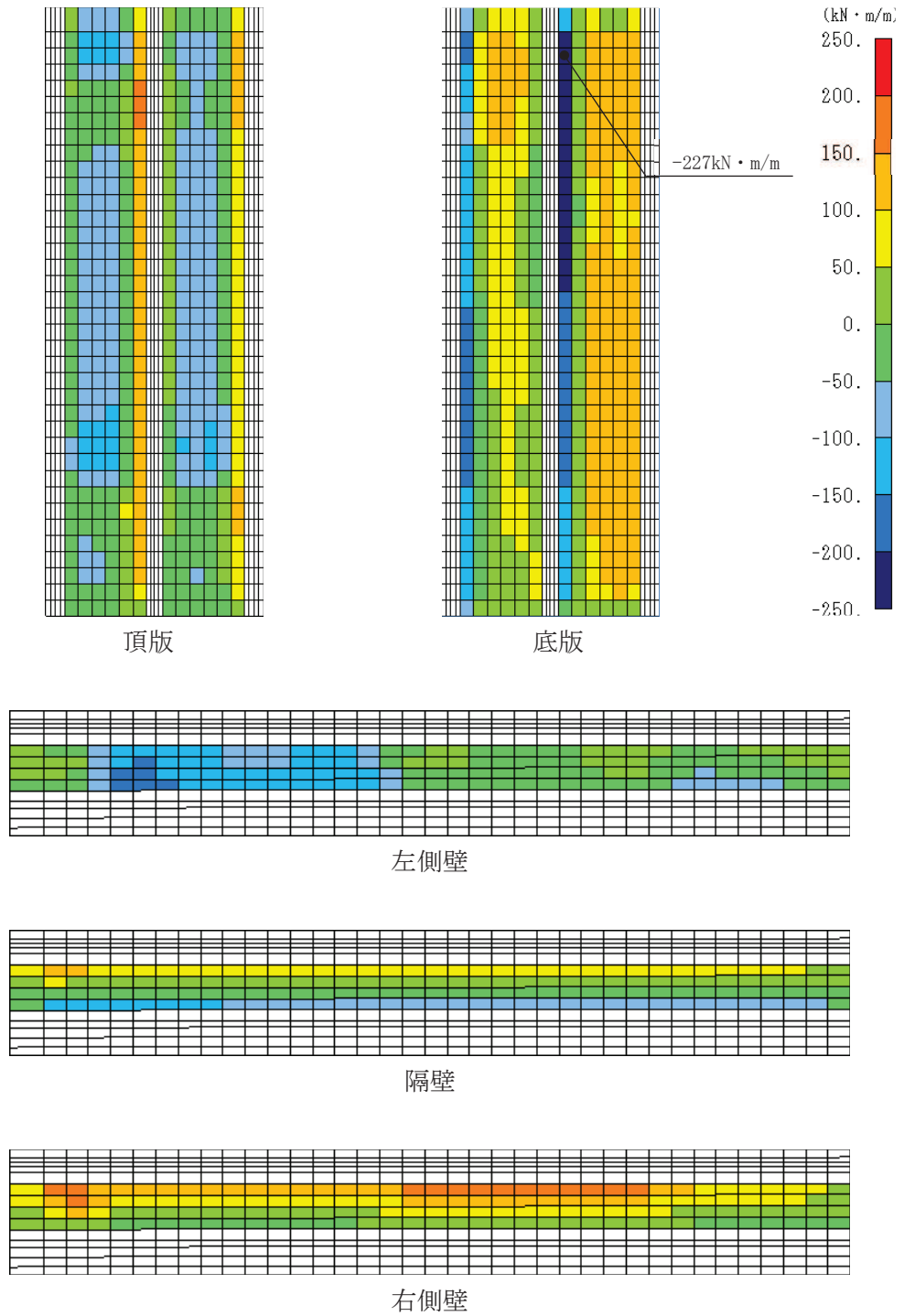


図 4-21 せん断破壊に対する照査における照査値最大時の断面力分布図
 (曲げモーメント ($\text{kN} \cdot \text{m}/\text{m}$) : My)
 (直線部, 底板, 解析ケース③, S s - N 1 (++))

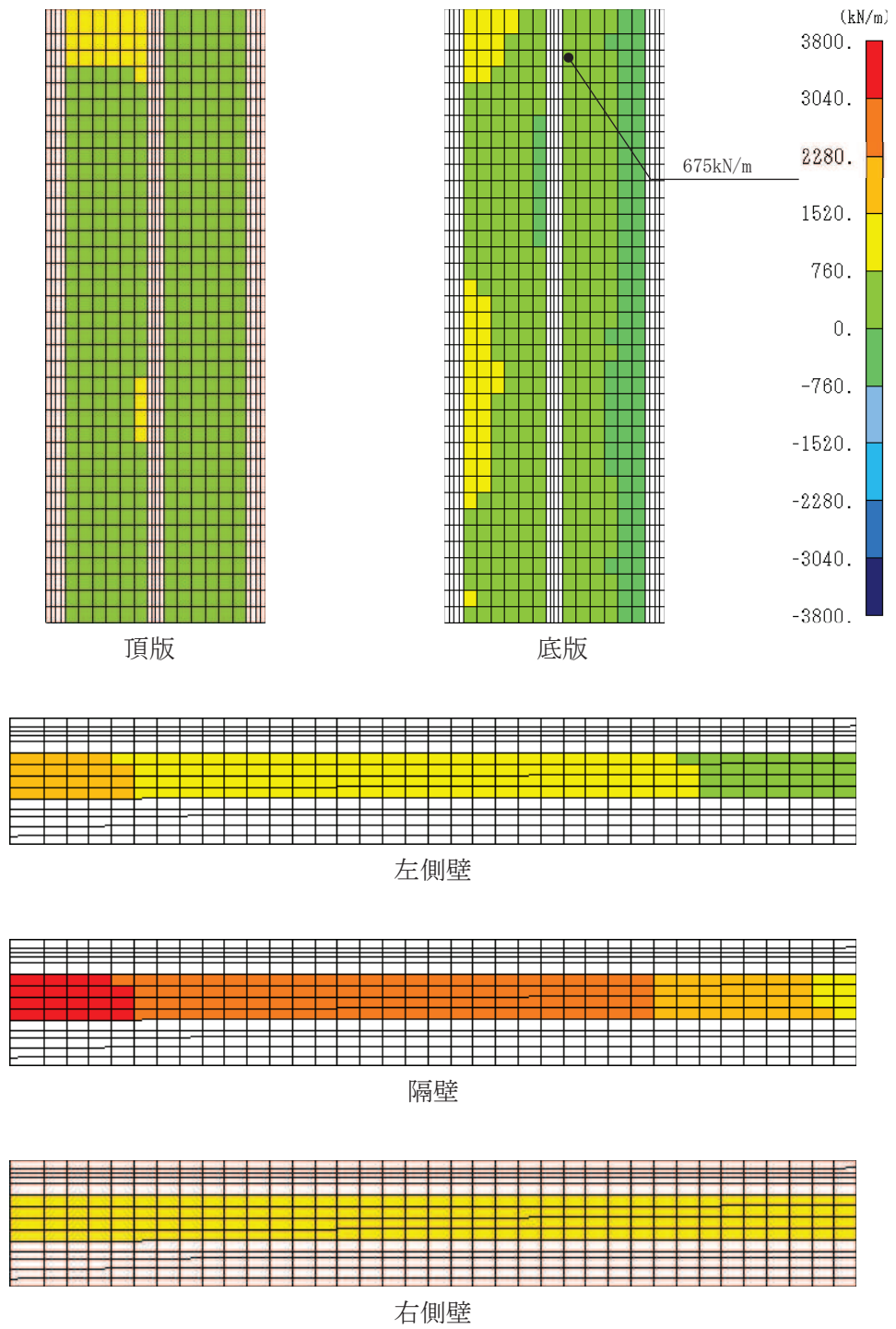


図 4-22 せん断破壊に対する照査における照査値最大時の断面力分布図
 (軸力 (kN/m) : Nx)
 (直線部, 底板, 解析ケース③, S s - N 1 (++))

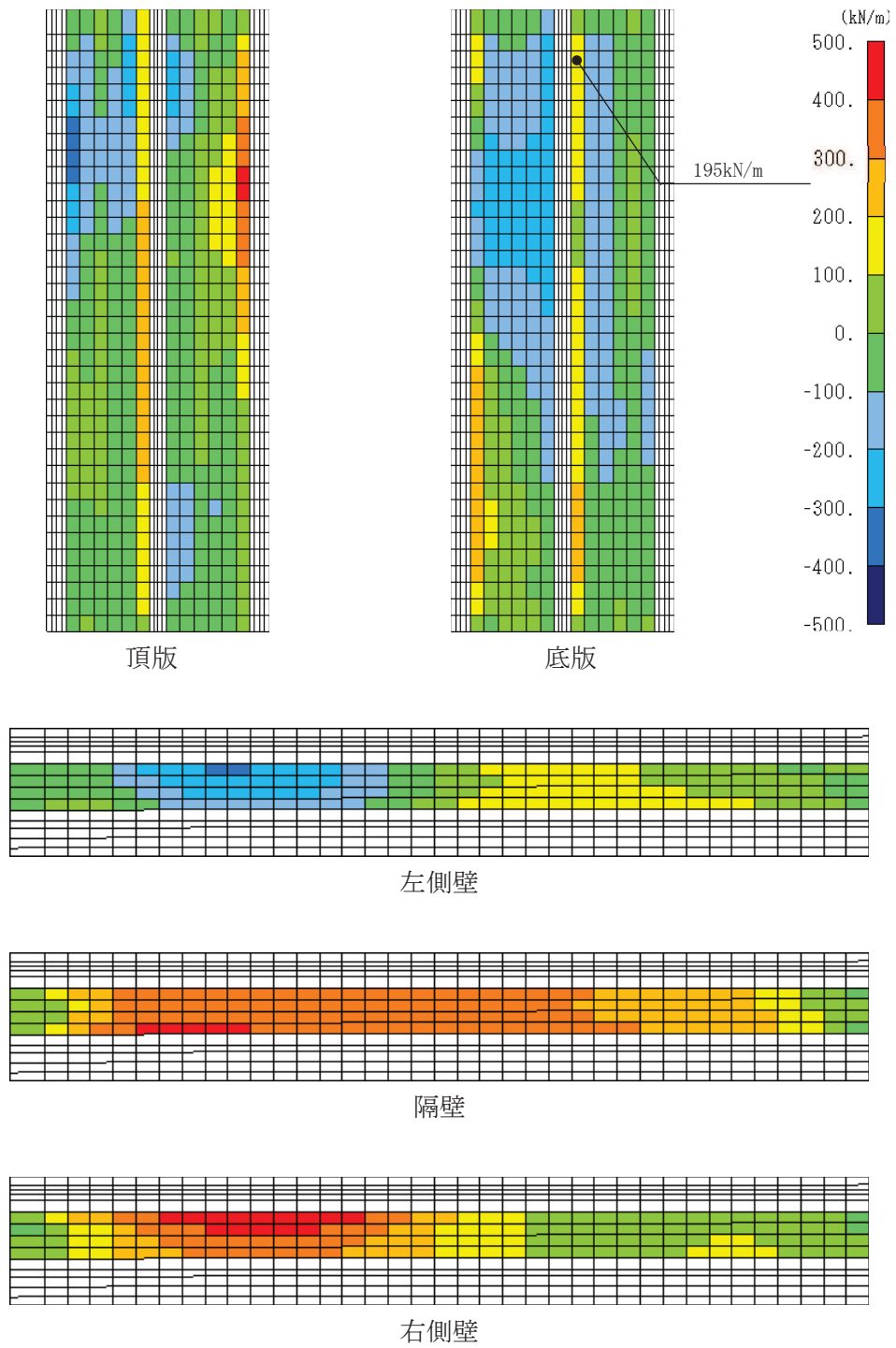


図 4-23 せん断破壊に対する照査における照査値最大時の断面力分布図
 (軸力 (kN/m) : Ny)
 (直線部, 底板, 解析ケース③, S s - N 1 (++))

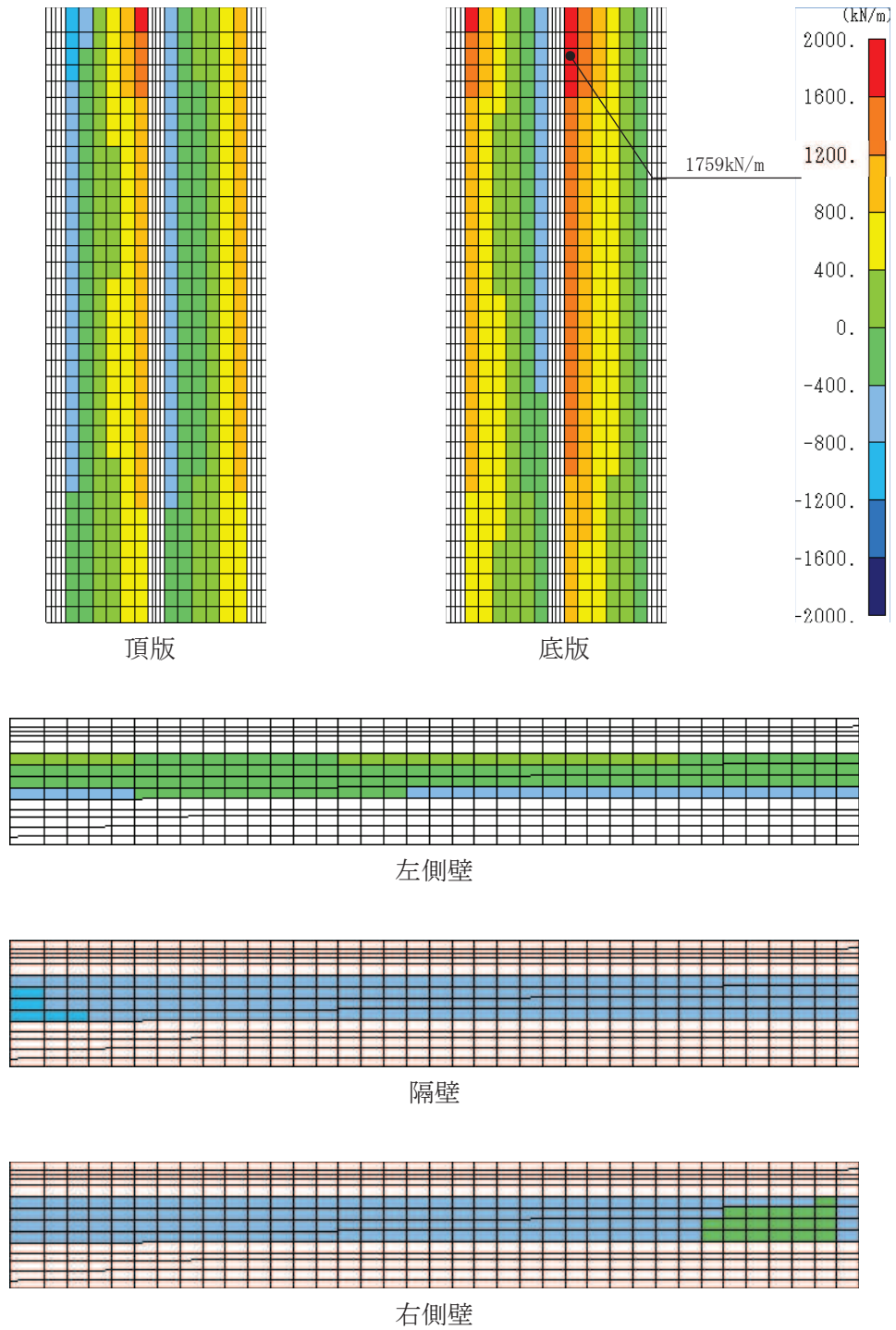


図 4-24 せん断破壊に対する照査における照査値最大時の断面力分布図
 (せん断力 (kN/m) : Q_x)
 (直線部, 底板, 解析ケース③, $S_s - N 1$ (++))

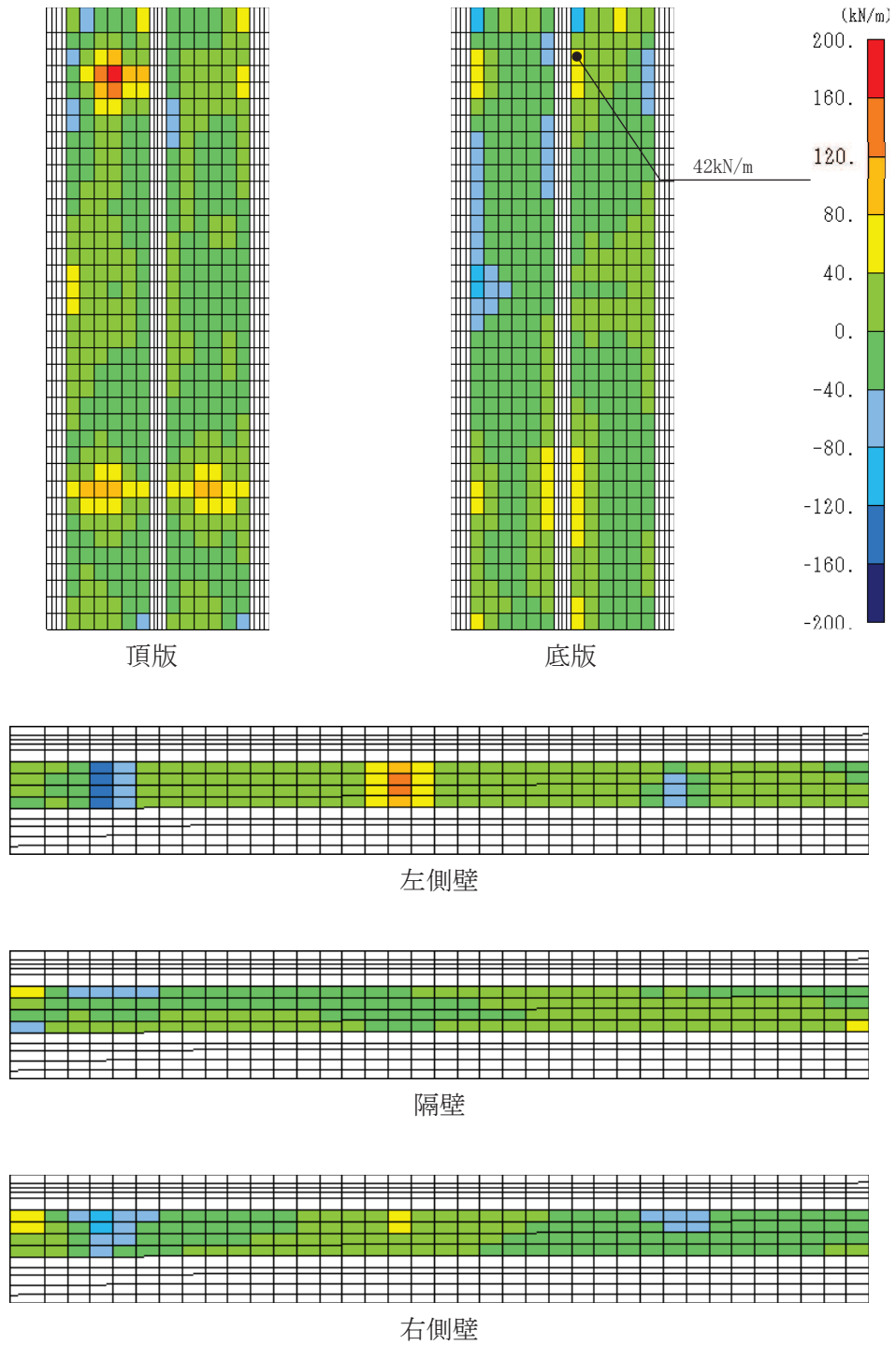


図 4-25 せん断破壊に対する照査における照査値最大時の断面力分布図
 (せん断力 (kN/m) : Qy)
 (直線部, 底板, 解析ケース③, S s - N 1 (++))

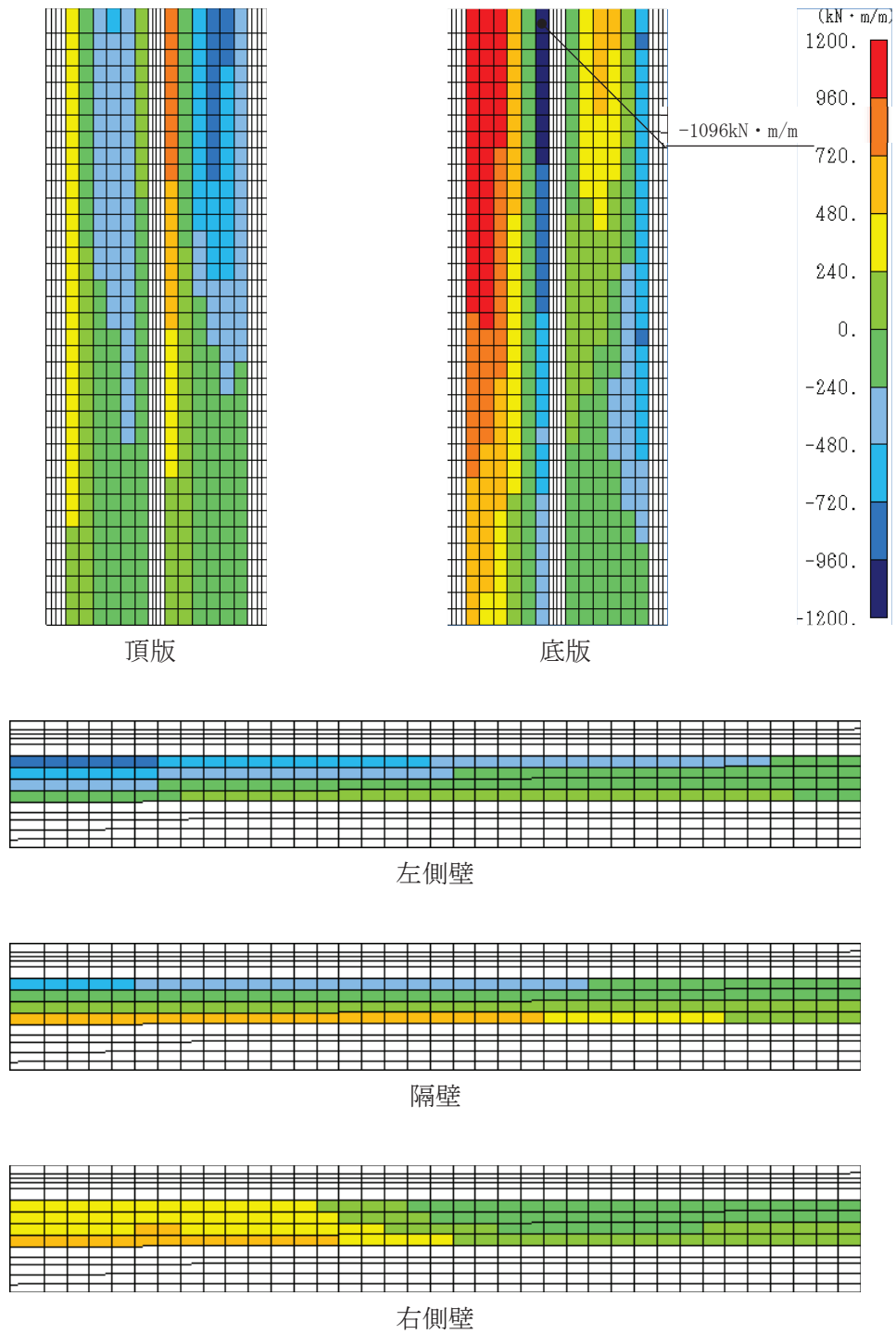


図 4-26 せん断破壊に対する照査における照査値最大時の断面力分布図
 (曲げモーメント ($\text{kN} \cdot \text{m}/\text{m}$) : M_x)
 (直線部, 底板, 解析ケース④', $S_s - F 3$ (++)

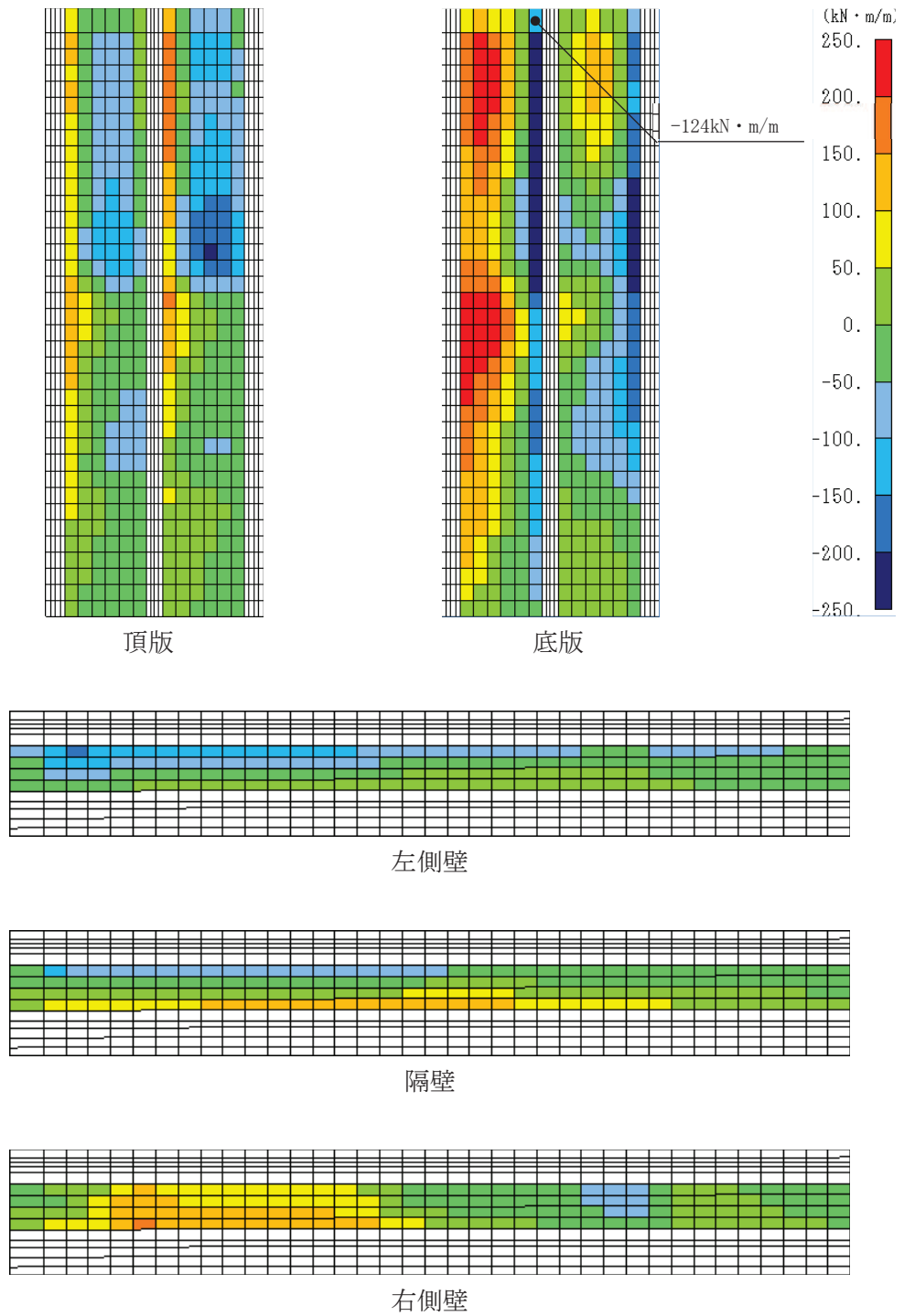


図 4-27 せん断破壊に対する照査における照査値最大時の断面力分布図
 (曲げモーメント (kN · m/m) : My)
 (直線部, 底板, 解析ケース④', S_s-F3 (++)

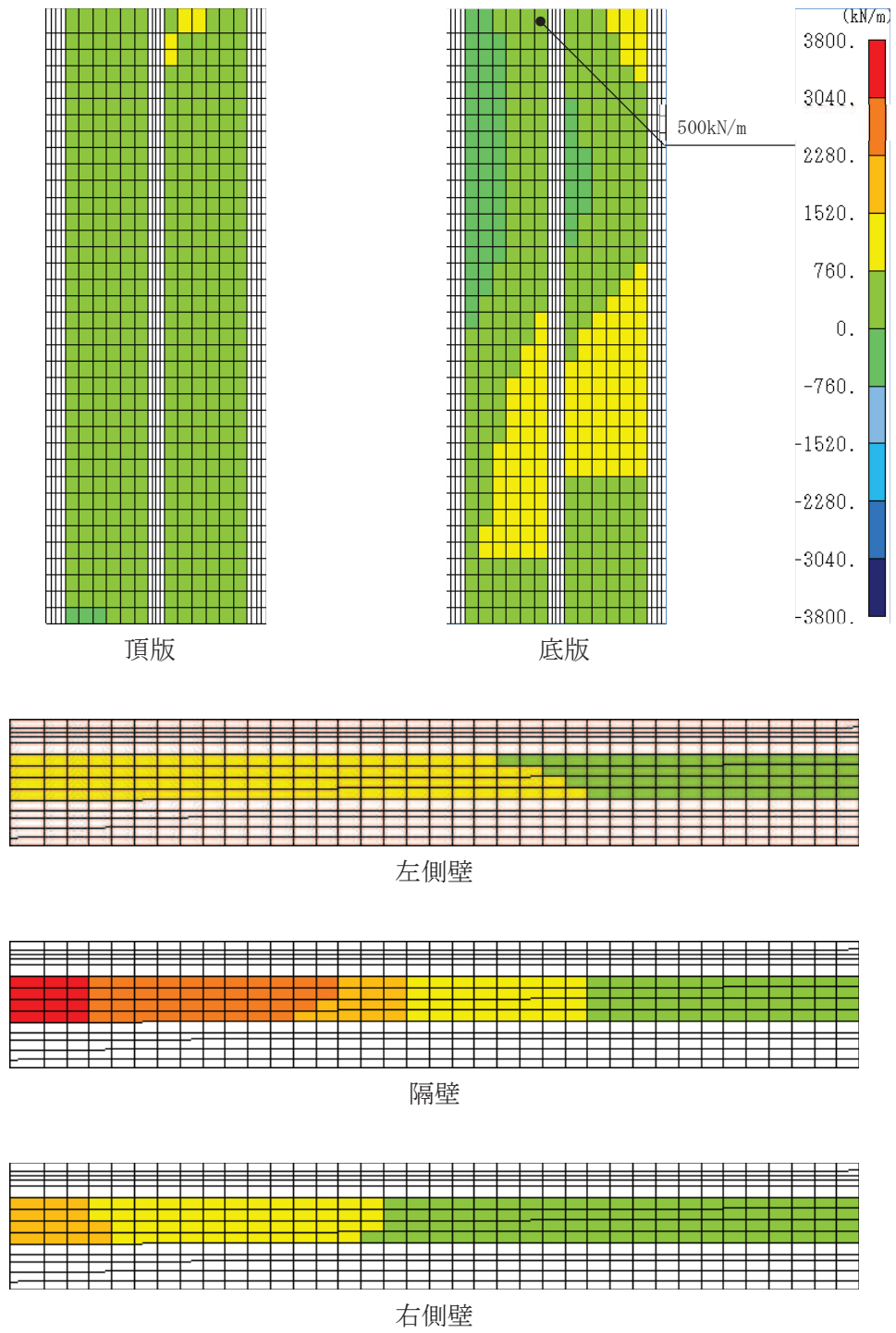


図 4-28 せん断破壊に対する照査における照査値最大時の断面力分布図
 (軸力 (kN/m) : Nx)
 (直線部, 底板, 解析ケース④', S s - F 3 (++)

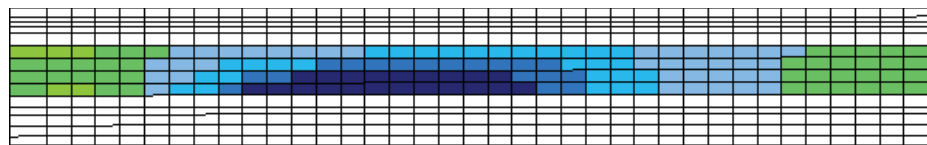
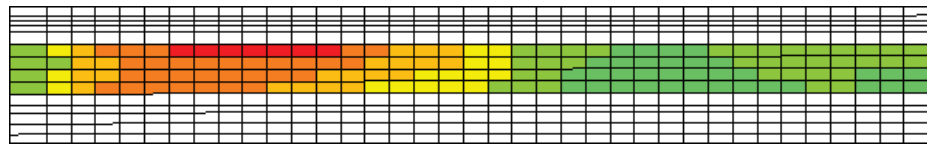
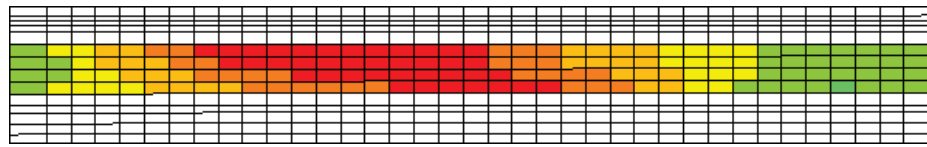
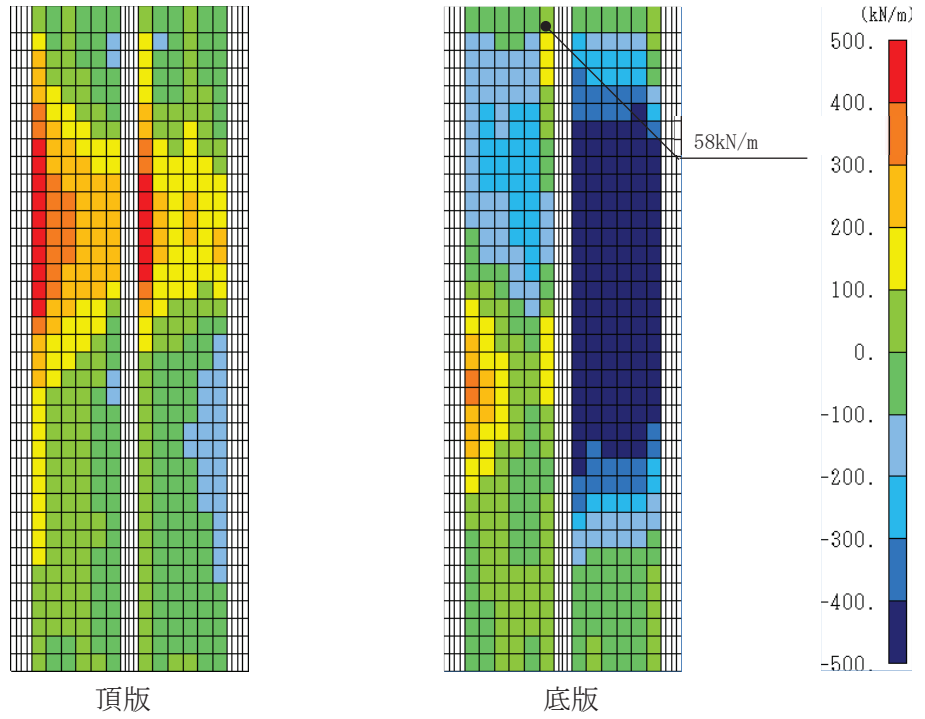


図 4-29 せん断破壊に対する照査における照査値最大時の断面力分布図
 (軸力 (kN/m) : N_y)
 (直線部, 底版, 解析ケース④', $S_s - F 3$)

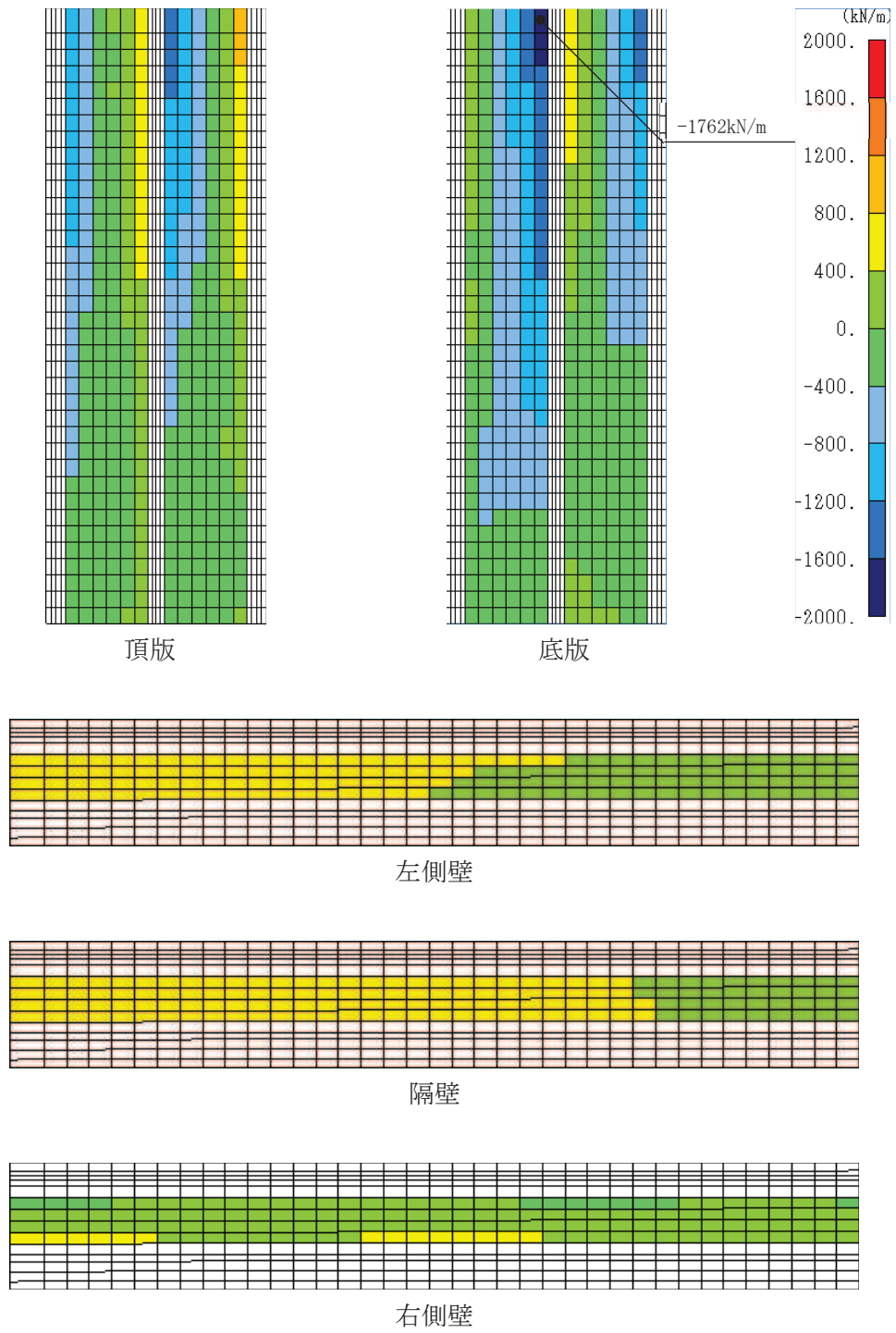


図 4-30 せん断破壊に対する照査における照査値最大時の断面力分布図
 (せん断力 (kN/m) : Qx)
 (直線部, 底板, 解析ケース④', S_s-F3 (++))

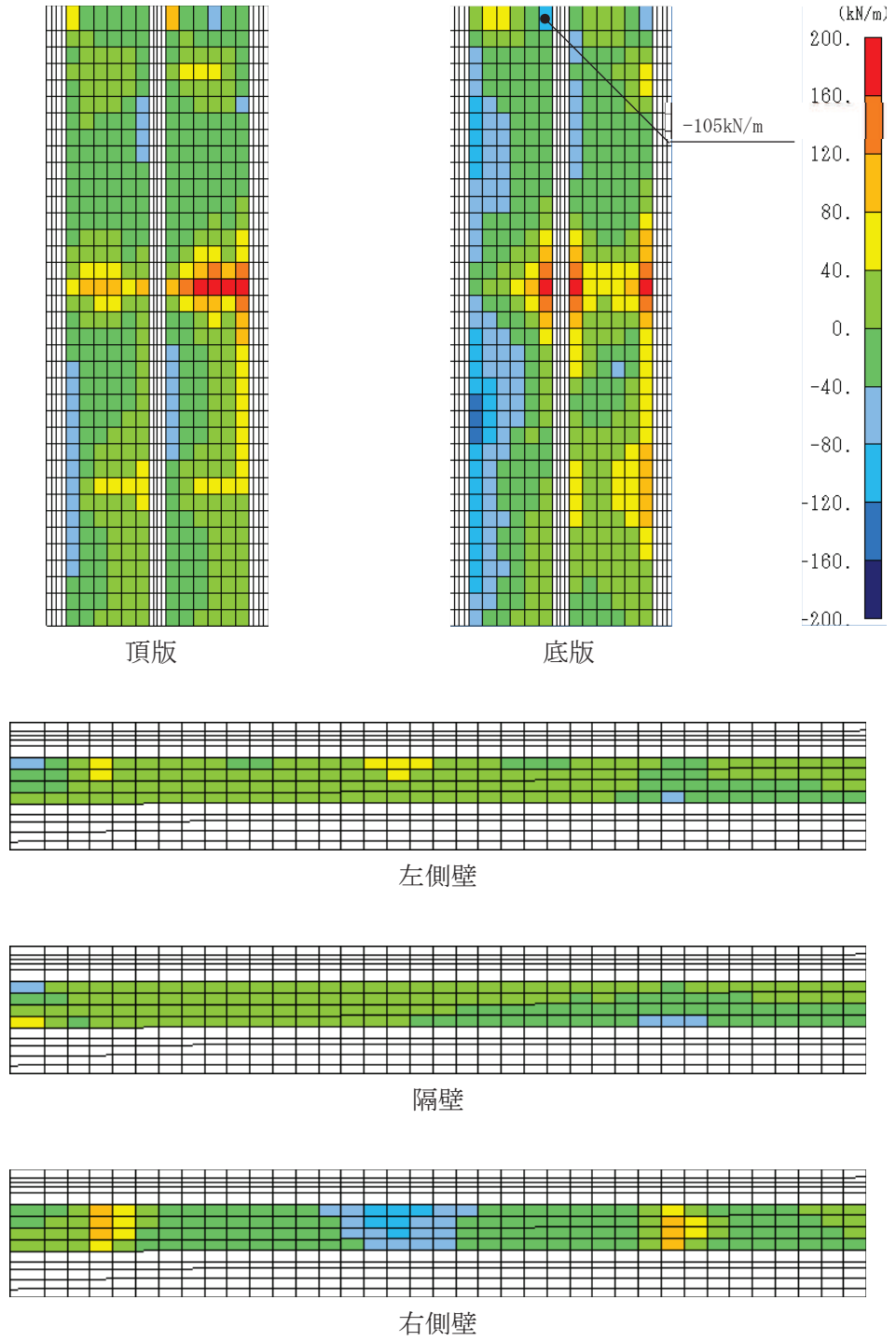


図 4-31 せん断破壊に対する照査における照査値最大時の断面力分布図
(せん断力 (kN/m) : Q_y)
(直線部, 底板, 解析ケース④', $S_s - F 3$ (++)

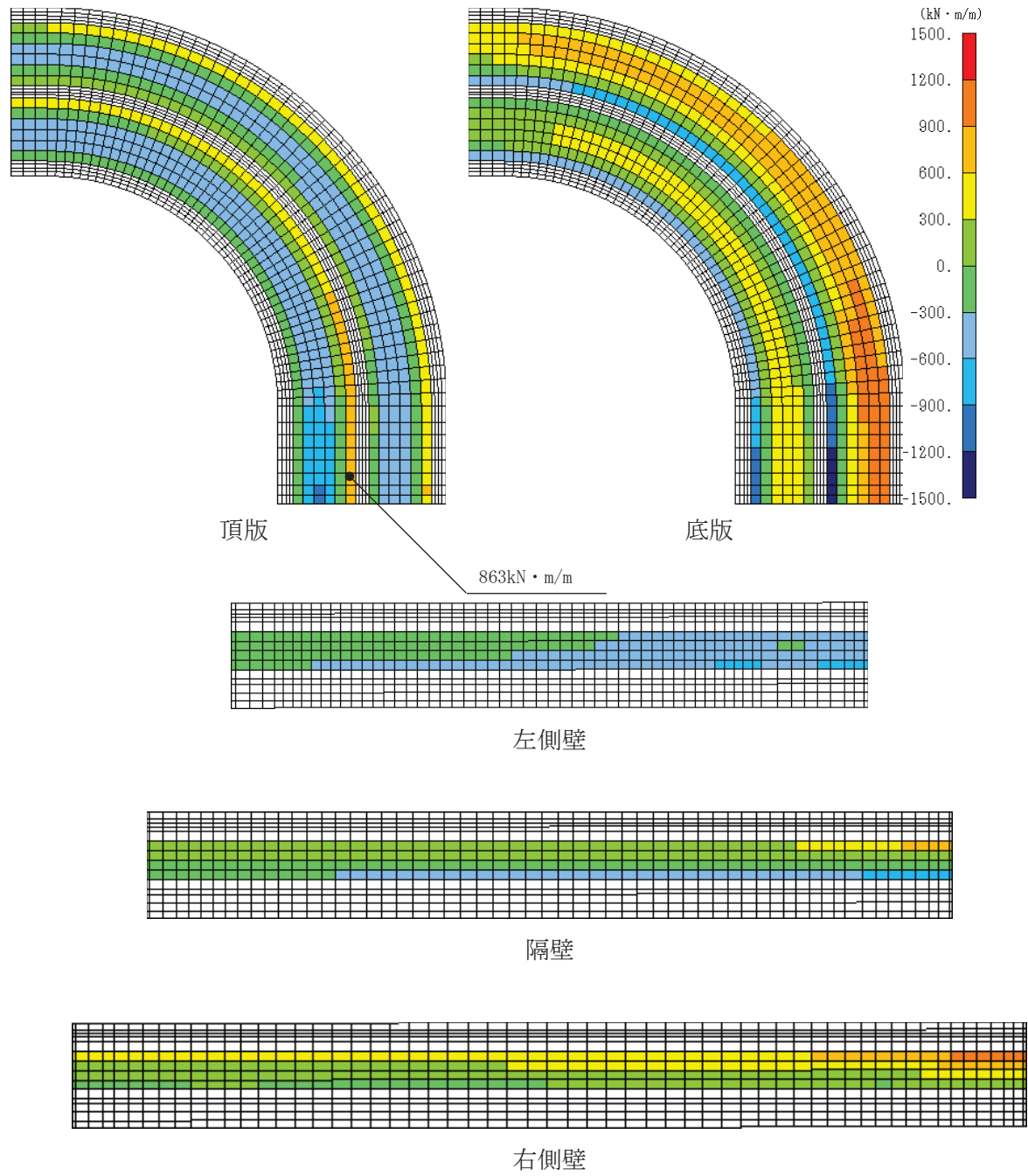


図 4-32 せん断破壊に対する照査における照査値最大時の断面力分布図

(曲げモーメント (kN · m/m) : Mx)

(曲線部, 頂版, 解析ケース③, S s - N 1 (++))

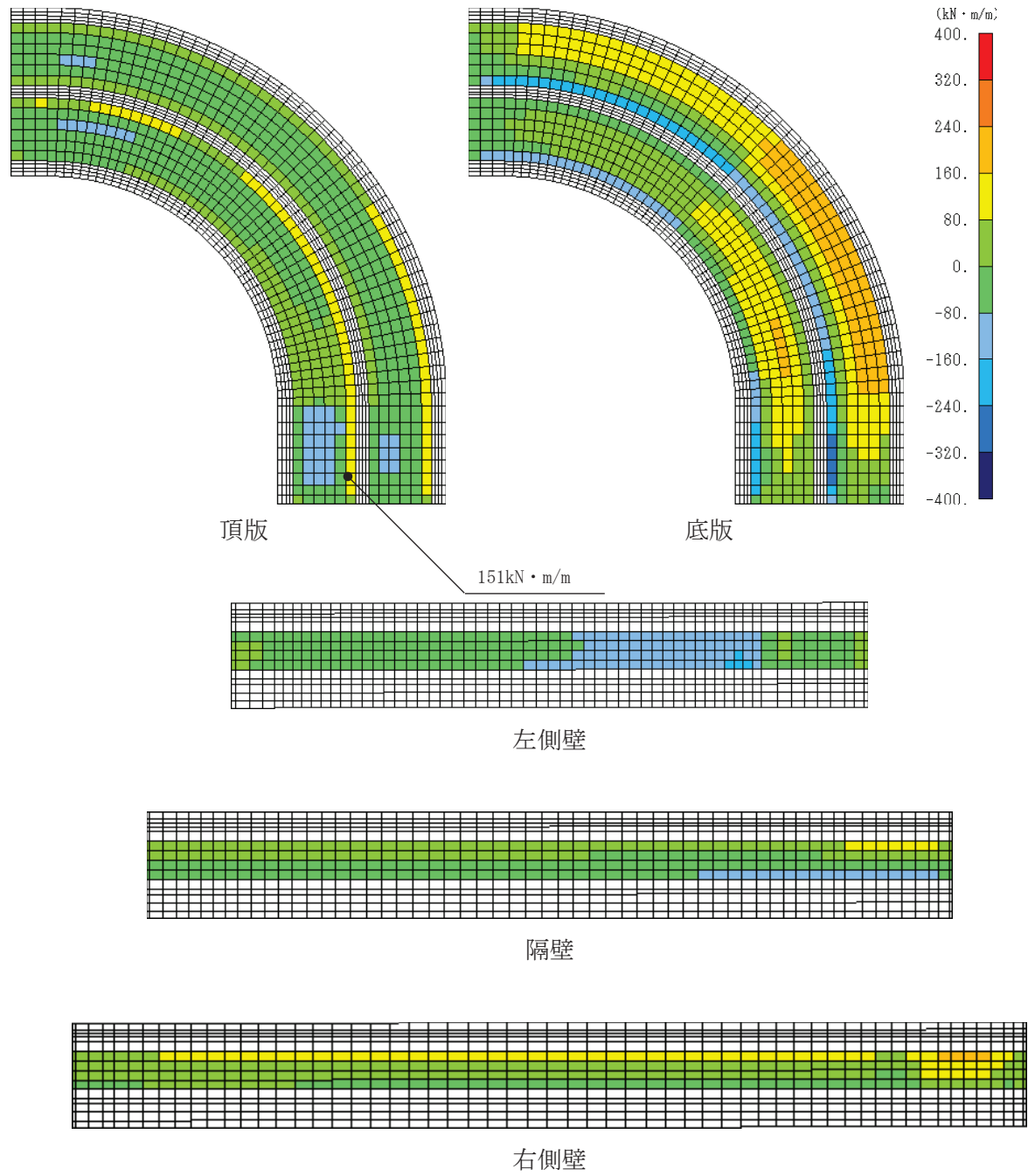


図 4-33 せん断破壊に対する照査における照査値最大時の断面力分布図

(曲げモーメント (kN · m/m) : My)

(曲線部, 頂版, 解析ケース③, S s - N 1 (++))

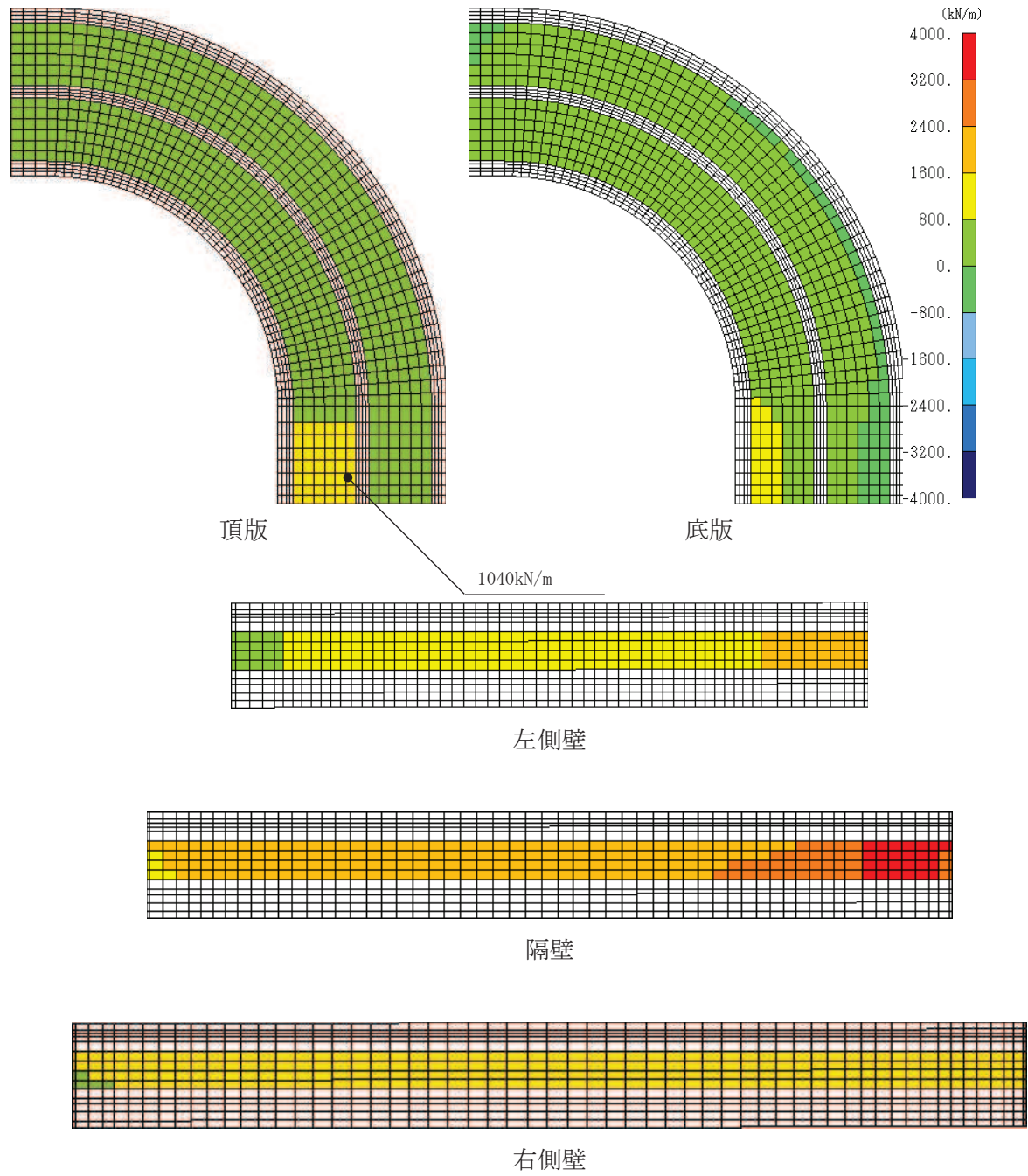


図 4-34 せん断破壊に対する照査における照査値最大時の断面力分布図
 (軸力 (kN/m) : N_x)
 (曲線部, 頂版, 解析ケース③, $S_s - N_1$ (++))

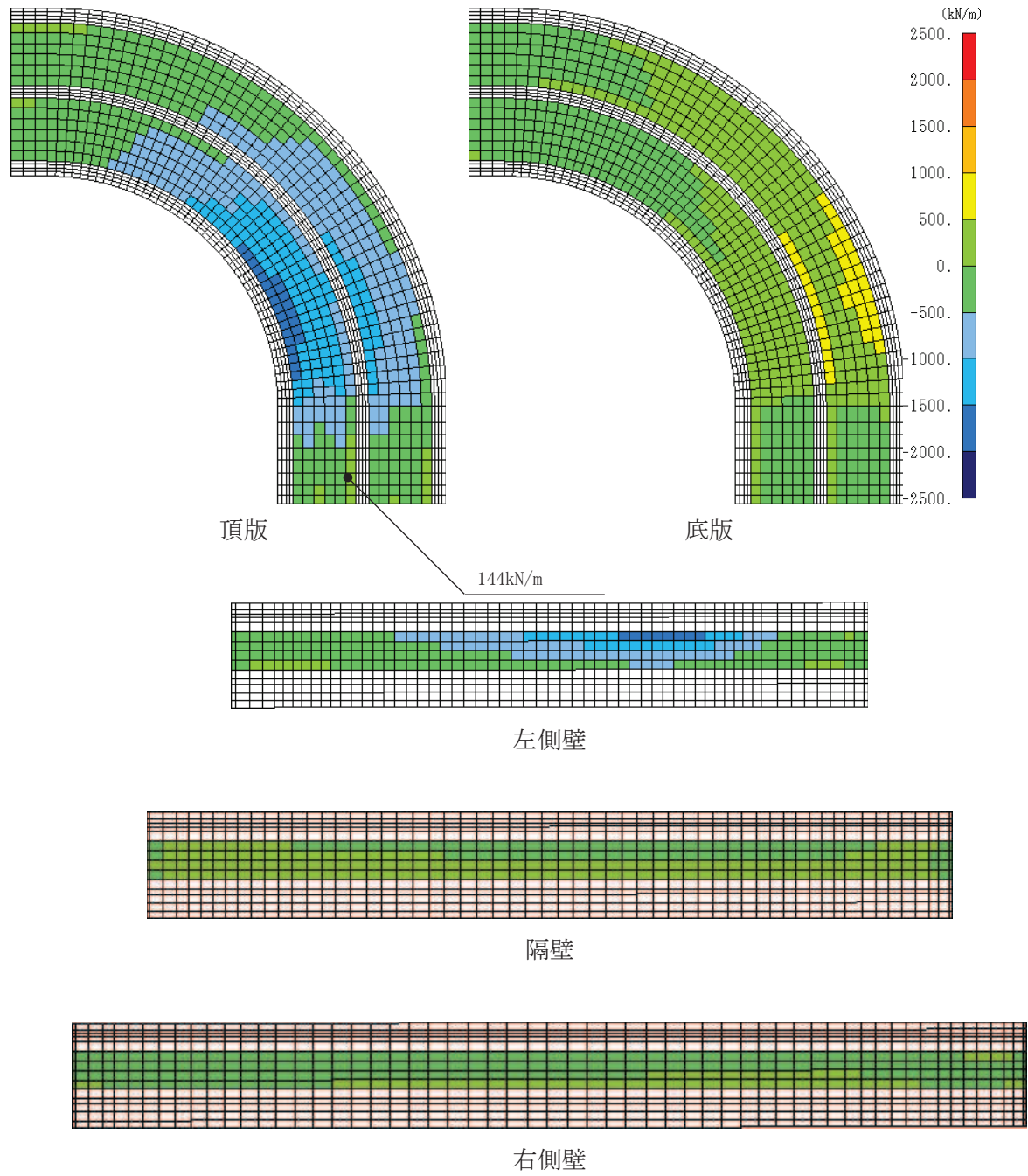


図 4-35 せん断破壊に対する照査における照査値最大時の断面力分布図
 (軸力 (kN/m) : N_y)
 (曲線部, 頂版, 解析ケース③, $S_s - N 1$ (++))

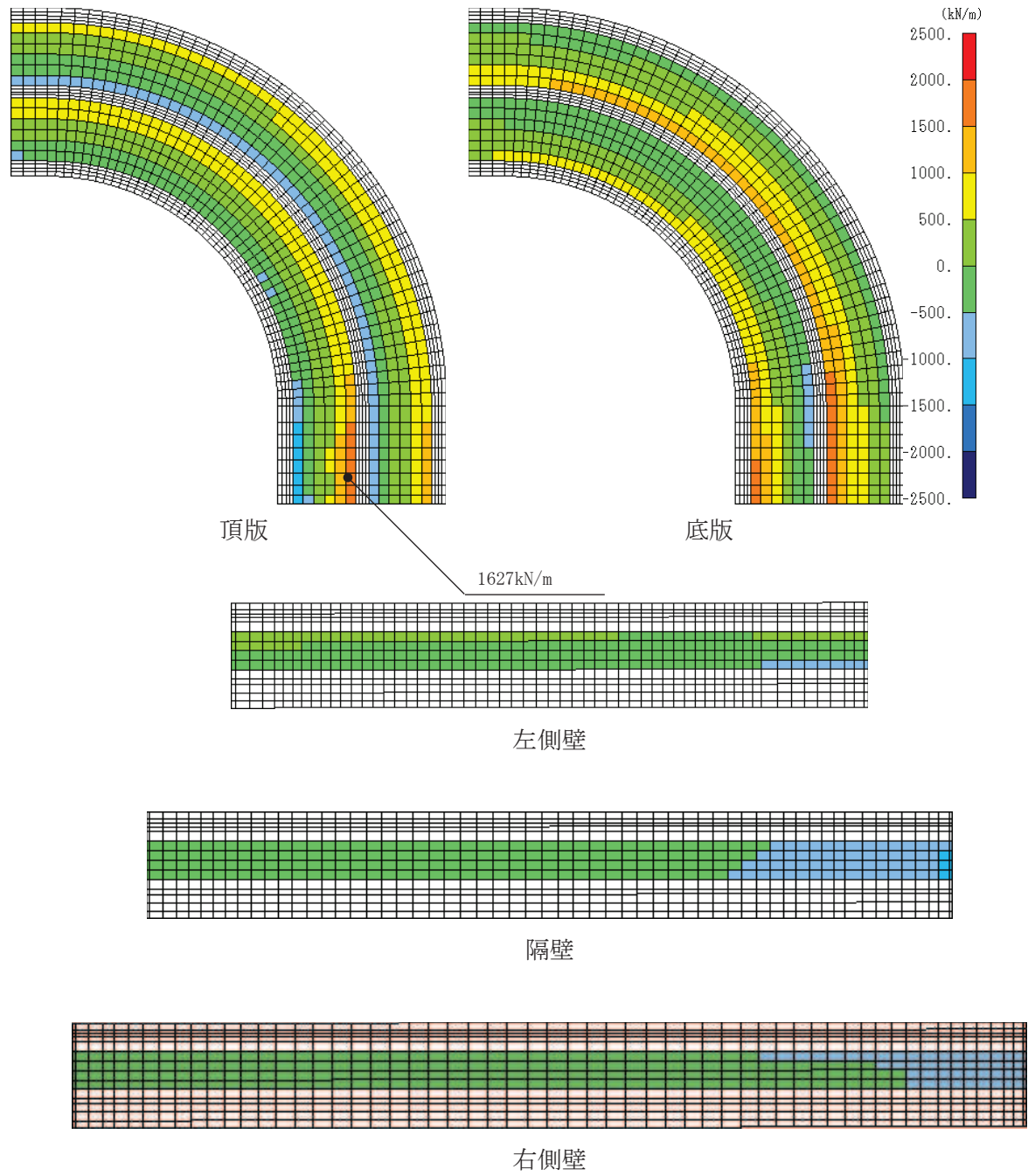


図 4-36 せん断破壊に対する照査における照査値最大時の断面力分布図
 (せん断力 (kN/m) : Q_x)
 (曲線部, 頂版, 解析ケース③, $S_s - N 1$ (++))

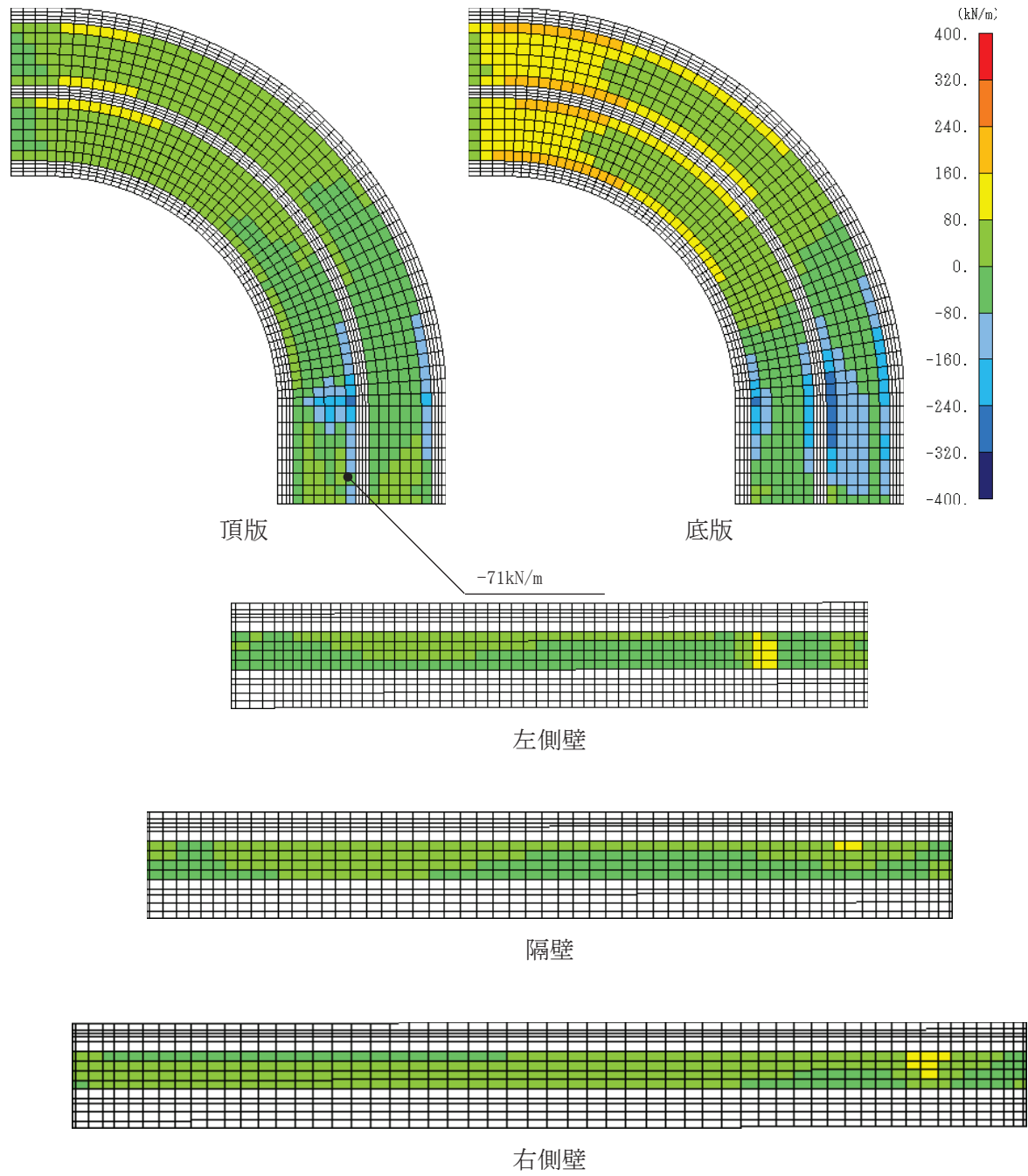


図 4-37 せん断破壊に対する照査における照査値最大時の断面力分布図

(せん断力 (kN/m) : Q_y)

(曲線部, 頂版, 解析ケース③, $S_s - N 1$ (++))

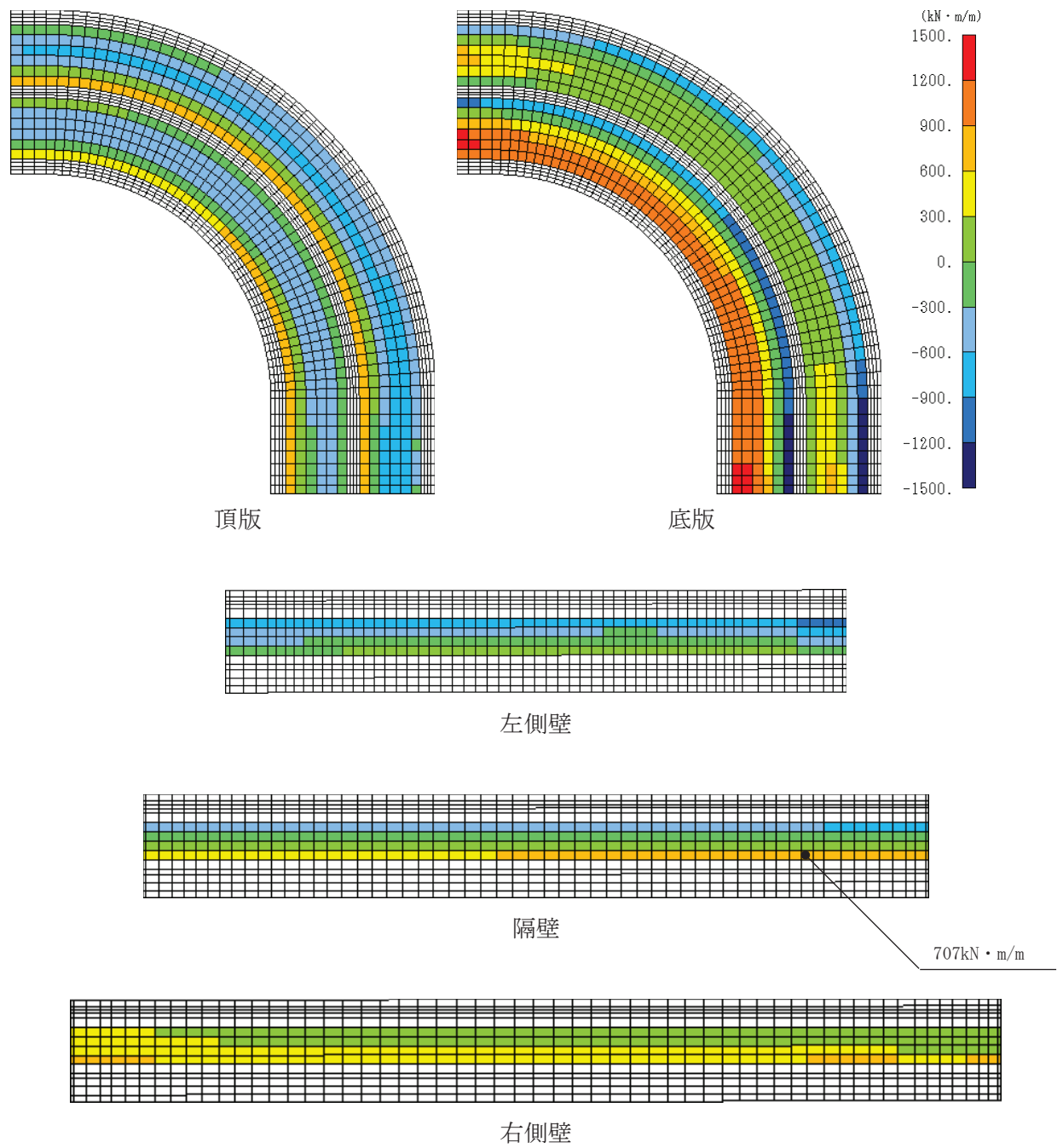


図 4-38 せん断破壊に対する照査における照査値最大時の断面力分布図
 (曲げモーメント (kN・m/m) : Mx)
 (曲線部, 隔壁, 解析ケース⑧', S s - N 1 (-+))

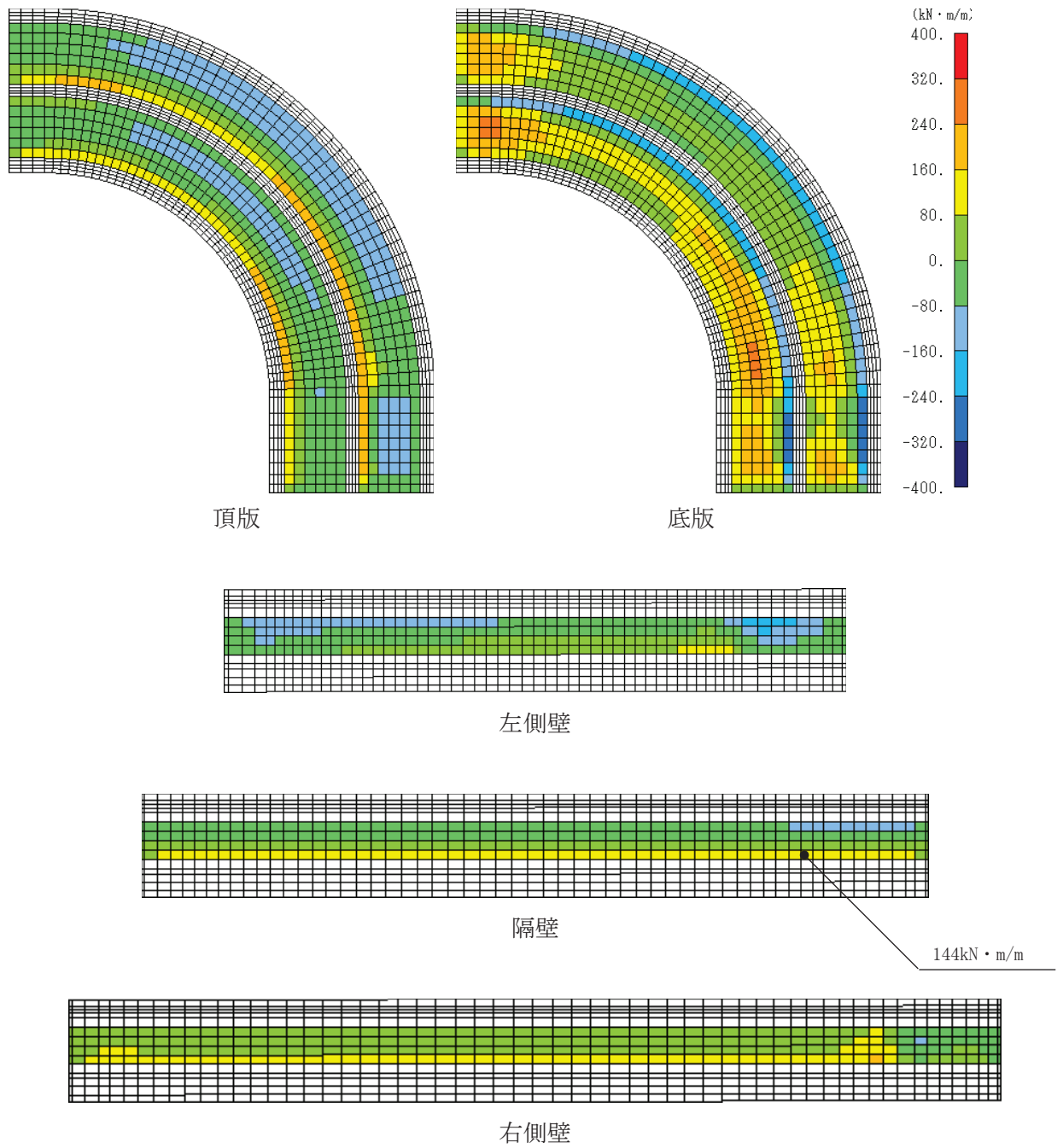


図 4-39 セン断破壊に対する照査における照査値最大時の断面力分布図
 (曲げモーメント (kN · m/m) : My)
 (曲線部, 隔壁, 解析ケース⑧', S s - N 1 (-+))

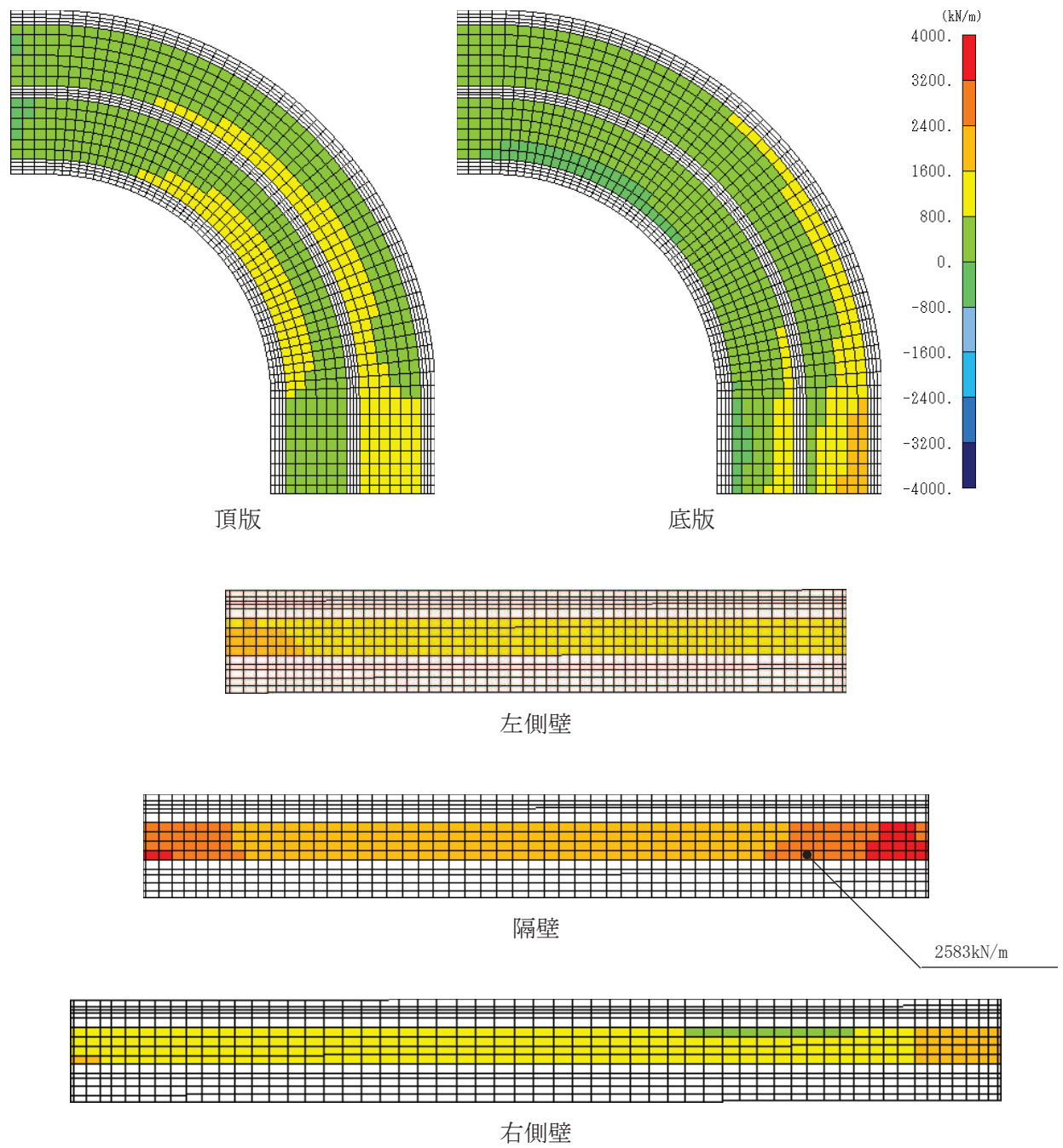


図 4-40 せん断破壊に対する照査における照査値最大時の断面力分布図
 (軸力 (kN/m) : N_x)
 (曲線部, 隔壁, 解析ケース⑧', $S_s - N1 (-+)$)

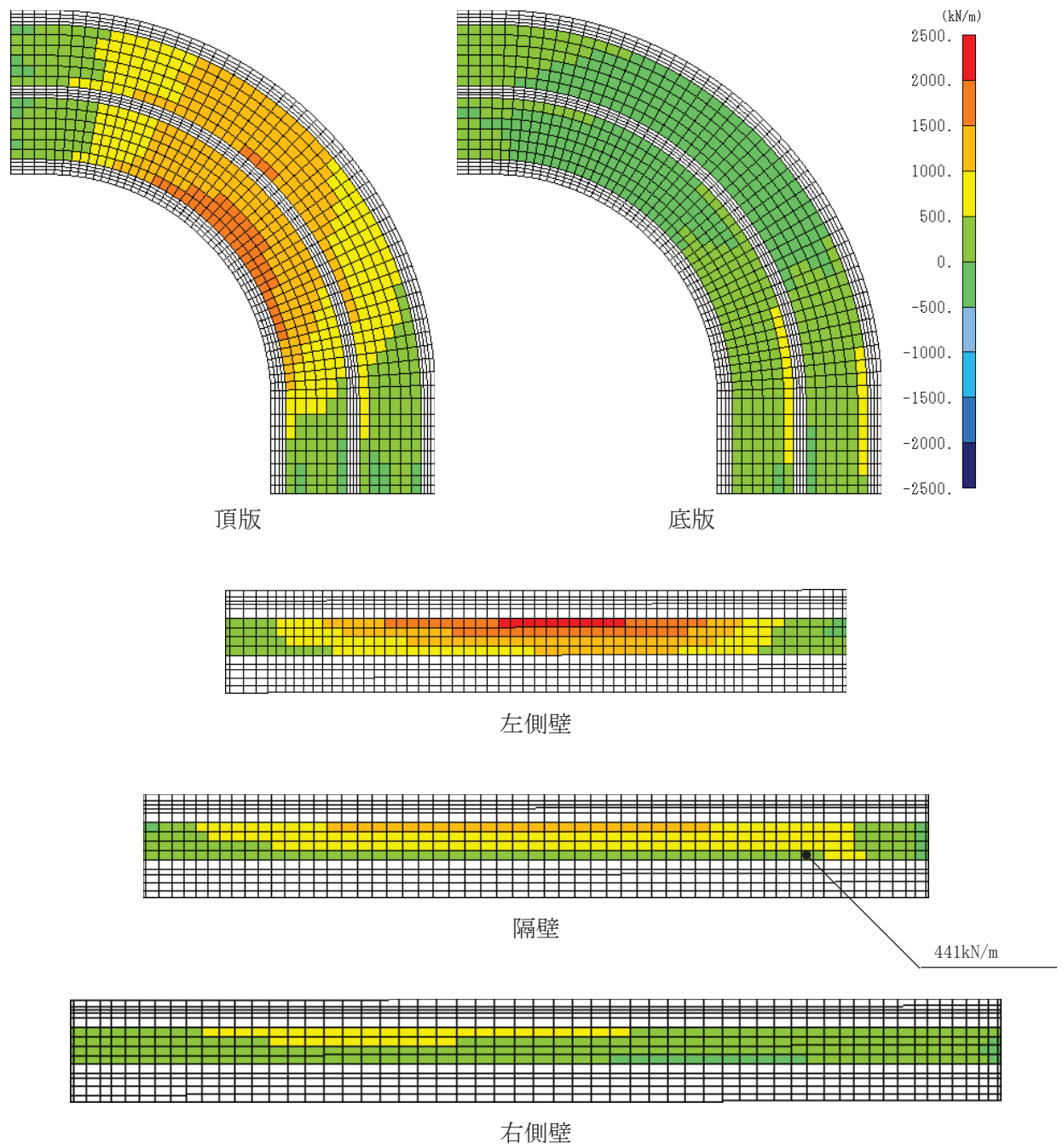


図 4-41 せん断破壊に対する照査における照査値最大時の断面力分布図
 (軸力 (kN/m) : N_y)
 (曲線部, 隔壁, 解析ケース⑧', $S_s - N_1$ (-+))

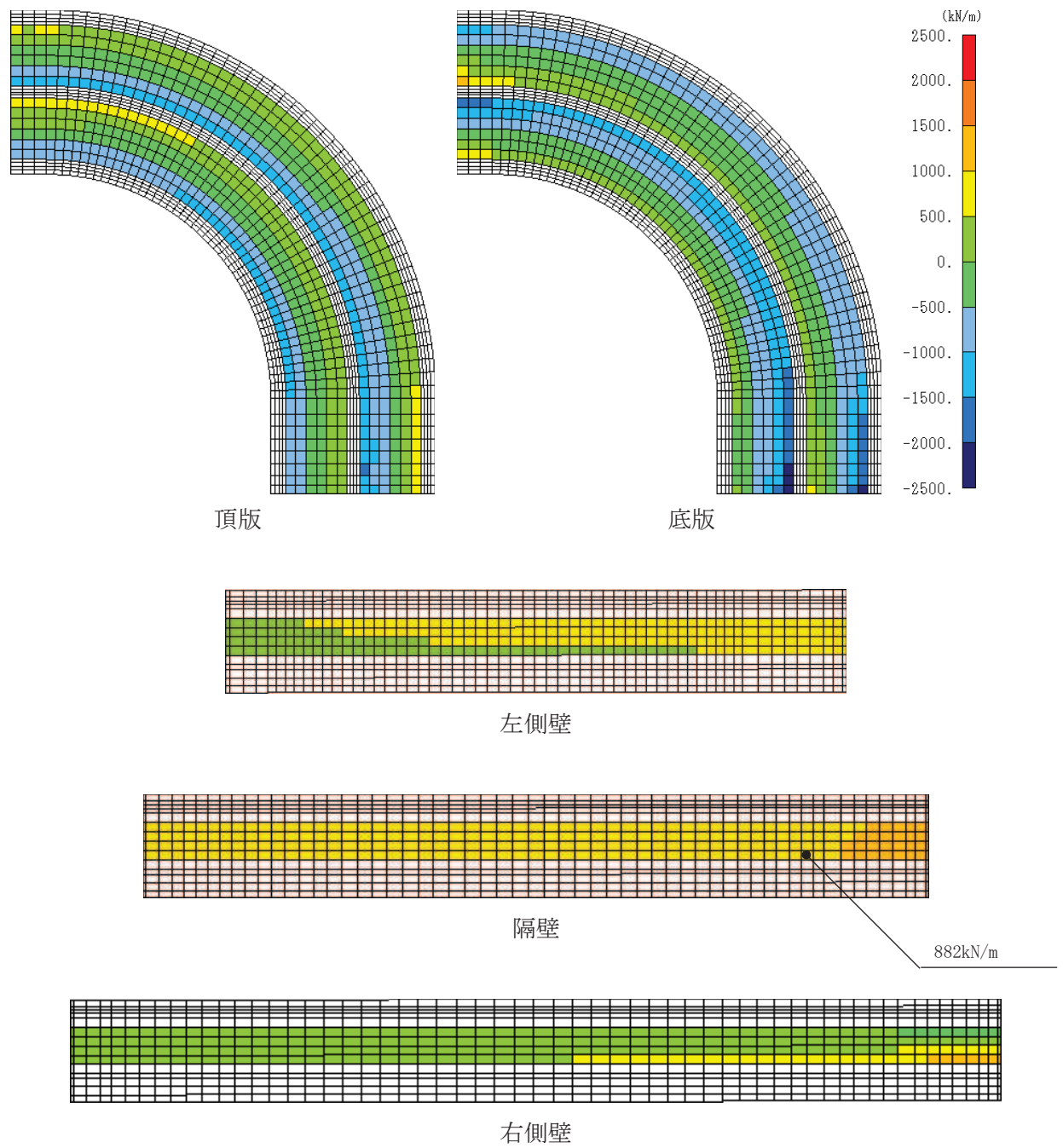


図 4-42 せん断破壊に対する照査における照査値最大時の断面力分布図
 (せん断力 (kN/m) : Q_x)
 (曲線部, 隔壁, 解析ケース⑧', $S_s - N1$ (-+))

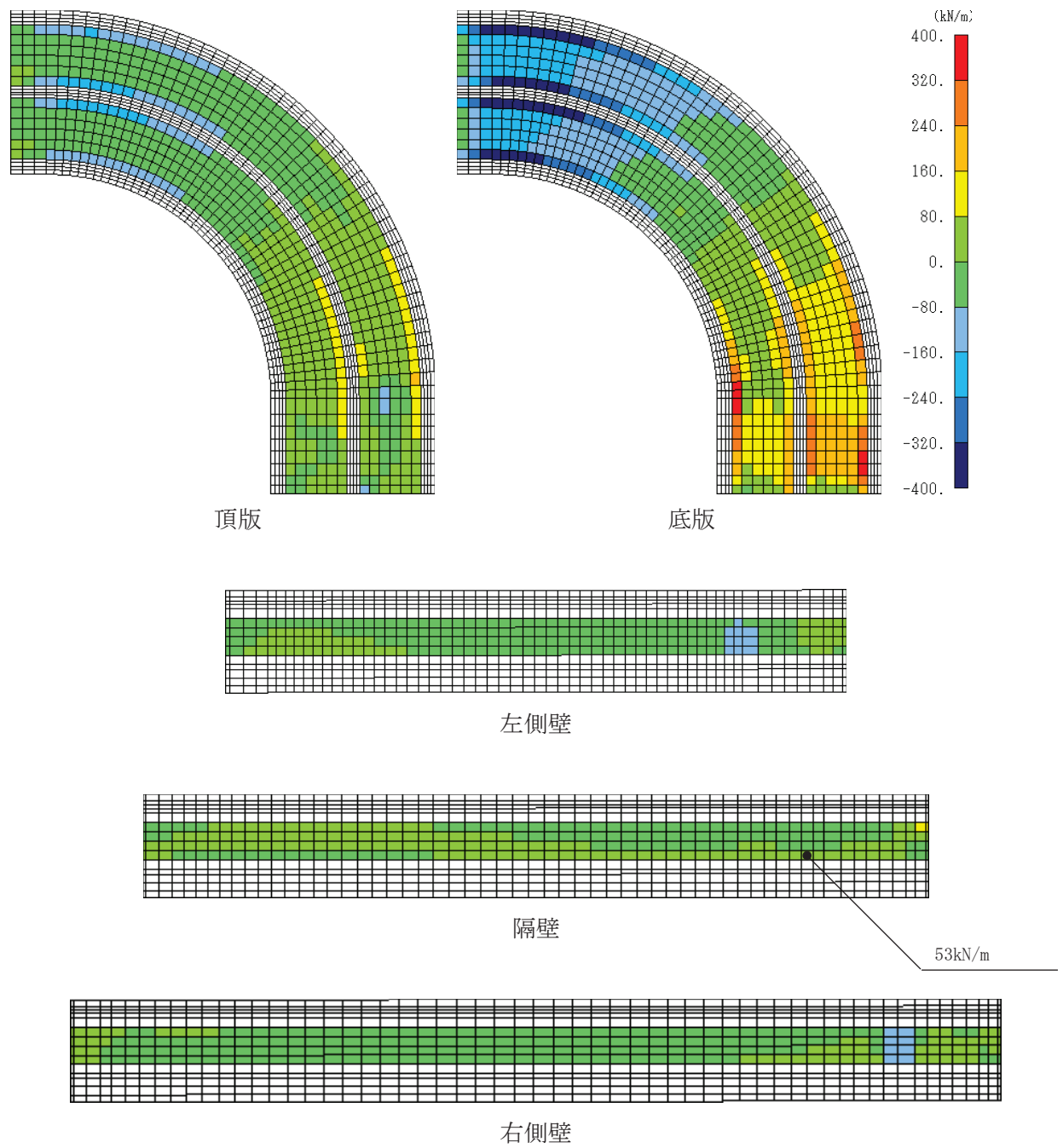


図 4-43 せん断破壊に対する照査における照査値最大時の断面力分布図
 (せん断力 (kN/m) : Q_y)
 (曲線部, 隔壁, 解析ケース⑧', $S_s - N 1 (-+)$)

5. 耐震評価

5.1 許容限界

許容限界は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき設定する。

5.1.1 構造部材の健全性に対する許容限界

(1) 曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界

構造強度を有することの確認における構造部材（鉄筋コンクリート）の曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界は、「土木学会マニュアル」に基づき、限界ひずみ（圧縮縁コンクリートひずみ 1.0%）とする。

曲げ・軸力系の破壊に対する限界状態については、「土木学会マニュアル」ではコンクリートの圧縮縁のかぶりが剥落しないこととされており、圧縮縁コンクリートひずみ 1.0%の状態は、かぶりコンクリートが剥落する前の状態であることが、屋外重要土木構造物を模したラーメン構造の破壊実験及び数値シミュレーション等の結果より確認されている。この状態を限界値とすることで構造全体としての安定性等が確保できるとして設定されたものである。

各要求機能について、通水機能を有することの確認においては、部材が終局状態に至らないことを目標性能とすることから、限界ひずみ（圧縮縁コンクリートひずみ 1.0%）を許容限界とする。貯水機能を損なわないことの確認においては、「コンクリート標準示方書」に基づき、主筋ひずみ及びコンクリートの圧縮ひずみについて、部材降伏に相当するひずみ（主筋ひずみ 1725μ 、コンクリート圧縮ひずみ 2000μ ）とする。

鉄筋コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界を表 5-1 に示す。

表 5-1 取水路（標準部）の曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界

確認項目	許容限界	
構造強度を有すること	限界ひずみ	通水機能：圧縮縁コンクリート ひずみ：1.0% (10000μ) 貯水機能：主筋(SD345)： 1725μ コンクリート： 2000μ

(2) せん断破壊に対する許容限界

構造強度を有することの確認におけるせん断破壊に対する許容限界は、「土木学会マニュアル」に基づくせん断耐力とする。

せん断耐力は、「土木学会マニュアル」に基づき「a. 棒部材式」を適用することとし、ディープビームとなる部材についても、「a. 棒部材式」を用いることで安全側の評価とする。

CCb 工法を用いる構造部材については「b. CCb によりせん断補強された部材のせん断耐力式」を用いる。せん断破壊に対する耐力評価のフローを図 5-1 に示す。

各要求機能に対する確認について、通水機能、貯水機能のいずれも、せん断破壊に対しては、終局状態に至らないことを目標性能とすることから、せん断耐力を許容限界とする。

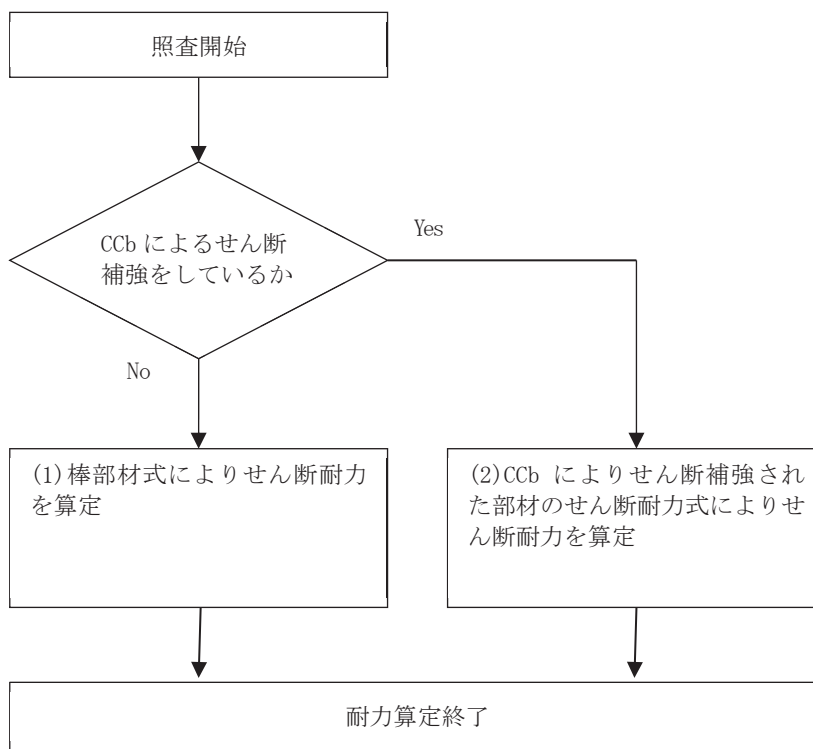


図 5-1 せん断破壊に対する耐力評価フロー

a. 棒部材式

$$V_{yd} = V_{cd} + V_{sd}$$

- ここで、 V_{yd} : せん断耐力
 V_{cd} : コンクリートが分担するせん断耐力
 V_{sd} : せん断補強鉄筋が分担するせん断耐力

$$V_{cd} = \beta_d \cdot \beta_p \cdot \beta_n \cdot \beta_a \cdot f_{vcd} \cdot b_w \cdot d / \gamma_{bc}$$

$$f_{vcd} = 0.20 \sqrt[3]{f'_{cd}} \quad \text{ただし、} f_{vcd} > 0.72 \text{ (N/mm}^2\text{)} \text{ となる場合は}$$

$$f_{vcd} = 0.72 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$\beta_d = \sqrt[4]{1/d} \quad (d \text{ [m]}) \quad \text{ただし、} \beta_d > 1.5 \text{ となる場合は } \beta_d = 1.5$$

$$\beta_p = \sqrt[3]{100p_v} \quad \text{ただし、} \beta_p > 1.5 \text{ となる場合は } \beta_p = 1.5$$

$$\beta_n = 1 + M_0/M_d \quad (N'_d \geq 0) \quad \text{ただし、} \beta_n > 2.0 \text{ となる場合は } \beta_n = 2.0$$

$$= 1 + 2M_0/M_d \quad (N'_d < 0) \quad \text{ただし、} \beta_n < 0 \text{ となる場合は } \beta_n = 0$$

$$\beta_a = 1$$

ここで、 f'_{cd} : コンクリート圧縮強度の設計用値(N/mm²)で設計基準強度 f'_{ck} を材料係数 γ_{mc} で除したもの

$$p_v : \text{引張鉄筋比 } p_v = A_s / (b_w \cdot d)$$

A_s : 引張側鋼材の断面積

b_w : 部材の有効幅

d : 部材の有効高さ

N'_d : 設計軸圧縮力

M_d : 設計曲げモーメント

M_0 : M_d に対する引張縁において、軸方向力によって発生する応力を打ち消すのに必要なモーメント (デコンプレッションモーメント)

$$M_0 = N'_d \cdot D / 6$$

D : 断面高さ

a/d : せん断スパン比

γ_{bc} : 部材係数

γ_{mc} : 材料係数

$$V_{sd} = \{A_w f_{wyd} (\sin \alpha + \cos \alpha) / s\} z / \gamma_{bs}$$

ここで、 A_w : 区間 s におけるせん断補強筋の総断面積

f_{wyd} : せん断補強筋の降伏強度の材料係数 γ_{ms} で除いたもので、
400N/mm²以下とする。ただし、コンクリートの圧縮強度の特性値
 f'_{ck} が60N/mm²以上の時は、800N/mm²以下としてよい。

α : せん断補強筋と部材軸のなす角度

s : せん断補強筋の配置間隔

z : 圧縮応力の合力の作用位置から引張鋼材図心までの距離で、
 $d/1.15$ とする。

γ_{bs} : 部材係数

γ_{ms} : 材料係数

b. Ccbによりせん断補強された部材のせん断耐力式 (棒部材式)

海水ポンプ室において後施工せん断補強 (セラミックキャップバー (CCb)) を配置した構造部材のせん断耐力については、「一般財団法人土木研究センター 建設技術審査証明報告書 後施工セラミック定着型せん断補強鉄筋「セラミックキャップバー (CCb)」」 (以下、建設技術証明書という) に示されている以下の設計式により求める。

$$V_{pyd} = V_{cd} + V_{sd} + V_{CCbd} \quad (1)$$

$$V_{CCbd} = \beta_{aw} \cdot V_{awd}$$

$$= \beta_{aw} \left\{ A_{aw} \cdot f_{awy d} (\sin \alpha_{aw} + \cos \alpha_{aw}) / S_{aw} \right\} z / \gamma_b \quad (2)$$

$$\beta_{aw} = \eta = 1 - \frac{1}{2S_{rb}} \quad (3)$$

ここに、

V_{cd} : せん断補強鋼材を用いない壁部材の単位幅あたりのせん断耐力

V_{sd} : 既存のせん断補強鋼材により受け持たれる壁部材の単位幅あたりのせん断耐力

V_{CCbd} : セラミックキャップバー (CCb) により受け持たれる壁部材の単位幅あたりのせん断耐力

V_{awd} : セラミックキャップバー (CCb) を通常のスターラップと見なして求められる壁部材の単位幅あたりのせん断耐力

β_{aw} : セラミックキャップバー (CCb) のせん断耐力の向上への有効性を示す係数

A_{aw} : 単位長さ当たりの区間 S_{aw} におけるセラミックキャップバー (CCb) の総断面積

$f_{awy d}$: セラミックキャップバー (CCb) の設計降伏強度で 400N/mm^2 以下とする。

α_{aw} : セラミックキャップバー (CCb) が部材軸となす角度

S_{aw} : セラミックキャップバー (CCb) の配置間隔

z : 圧縮応力の合力の作用位置から引張鋼材図心までの距離で一般に $d/1.15$ としてよい。

γ_b : 部材係数 (一般に 1.10 としてよい)

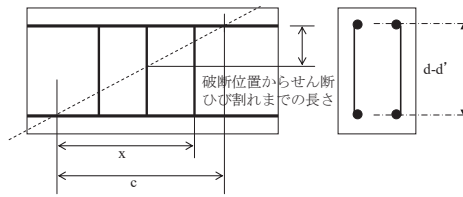
l_y : セラミックキャップバー (CCb) の先端型定着耐の定着長 (5D としてよい)

S_{rb} : 補強対象部材の圧縮鉄筋と引張鉄筋の間隔

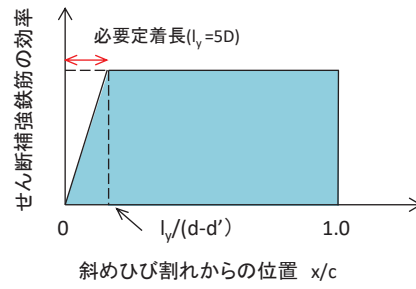
d : 補強対象部材の有効高さ

d' : 差し込み側の部材表面から圧縮鋼材図心までの距離

セラミックキャップバー (CCb) が負担するせん断耐力は、先端型定着体の定着長が 5D であることから、通常のせん断鉄筋に比べ補強効率が低下することから、セラミックキャップバー (CCb) が負担するせん断耐力は同定着長と補強対象部材の主筋間隔から算出される有効率 β_{aw} を通常のせん断補強鉄筋の負担分に乗じることにより考慮されている。図 5-2 に有効率算定における概念図を示す。



(a) 斜めひび割れ内に定着不良が生じたせん断補強鉄筋



(b) 標準型

図 5-2 セラミックキャップバー (CCb) の有効率算定の概念図

5.1.2 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

(1) 基礎地盤（狐崎部層）

基礎地盤（狐崎部層）に発生する接地圧に対する許容限界は、添付書類「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき、岩盤の極限支持力とする。

基礎地盤（狐崎部層）の許容限界を表 5-2 に示す。

表 5-2 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

評価項目	基礎地盤	許容限界 (N/mm ²)
極限支持力	狐崎部層	13.7

(2) MMR（既設）

MMR（既設）に発生する接地圧に対する許容限界は、「土木学会 2002年 コンクリート標準示方書[構造性能照査編]」に基づき、コンクリートの支圧強度とする。

MMR（既設）の許容限界を表 5-3 に示す。

表 5-3 MMR（既設）の支持性能に対する許容限界

評価項目	MMR（既設）	許容限界 (N/mm ²)
支圧強度	コンクリート ($f'_{ck} = 15.6 \text{ N/mm}^2$)	$f'_a = 15.6$

5.2 評価方法

構造部材の健全性評価については、地震応答解析により得られた応答値から三次元構造モデルへ入力する荷重を算定し、三次元解析により算定した照査用ひずみ、照査用せん断力が「5.1 許容限界」に示す許容限界を下回ることを確認する。基礎地盤の支持性能については、地震応答解析から算定した最大接地圧が「5.1 許容限界」に示す許容限界を下回ることを確認する。

6. 耐震評価結果

6.1 構造部材の健全性に対する評価結果

鉄筋コンクリート部材の曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値を表 6-1 及び表 6-2 に、せん断破壊に対する各評価位置での最大照査値を表 6-3 及び表 6-4 に示す。

取水路（標準部）の照査用ひずみ及び照査用せん断力が許容限界を下回ることを確認した。

表 6-1(1) 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値（コンクリートの圧縮縁ひずみ）（直線部）

評価位置*1		解析 ケース	地震動	照査用 ひずみ*2 ϵ_d	限界 ひずみ ϵ_R	照査値 ϵ_d / ϵ_R
頂版	21	③	S s - N 1 (++)	411 μ	10000 μ	0.05
側壁	71	③	S s - N 1 (++)	430 μ	10000 μ	0.05
隔壁	81	③	S s - N 1 (++)	632 μ	10000 μ	0.07
底版	12	③	S s - N 1 (++)	254 μ	10000 μ	0.03

注記*1：評価位置は図 6-1 に示す。

*2：照査用ひずみ＝発生ひずみ×構造解析係数 γ_a

表 6-1(2) 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値（コンクリートの圧縮縁ひずみ）（直線部）

評価位置*1		解析 ケース	地震動	照査用 ひずみ*2 ϵ_d	限界 ひずみ ϵ_R	照査値 ϵ_d / ϵ_R
頂版	22	⑧'	S s - F 3 (++)	371 μ	10000 μ	0.04
側壁	71	⑧'	S s - F 3 (++)	404 μ	10000 μ	0.05
隔壁	81	⑧'	S s - F 3 (++)	567 μ	10000 μ	0.06
底版	11	⑧'	S s - F 3 (++)	233 μ	10000 μ	0.03

注記*1：評価位置は図 6-1 に示す。

*2：照査用ひずみ＝発生ひずみ×構造解析係数 γ_a

表 6-2(1) 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値（コンクリートの圧縮縁ひずみ）（曲線部）

評価位置*1		解析 ケース	地震動	照査用 ひずみ*2 ϵ_d	限界 ひずみ ϵ_R	照査値 ϵ_d / ϵ_R
頂版	21	③	S s - N 1 (++)	453 μ	10000 μ	0.05
側壁	61	③	S s - N 1 (++)	479 μ	10000 μ	0.05
隔壁	81	③	S s - N 1 (++)	683 μ	10000 μ	0.07
底版	12	③	S s - N 1 (++)	284 μ	10000 μ	0.03

注記*1：評価位置は図 6-1 に示す。

*2：照査用ひずみ＝発生ひずみ×構造解析係数 γ_a

表 6-2(2) 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値（コンクリートの圧縮縁ひずみ）（曲線部）

評価位置*1		解析 ケース	地震動	照査用 ひずみ*2 ϵ_d	限界 ひずみ ϵ_R	照査値 ϵ_d / ϵ_R
頂版	22	⑧'	S s - N 1 (-+)	448 μ	10000 μ	0.05
側壁	71	⑧'	S s - N 1 (-+)	527 μ	10000 μ	0.06
隔壁	81	⑧'	S s - N 1 (-+)	803 μ	10000 μ	0.09
底版	12	⑧'	S s - N 1 (-+)	363 μ	10000 μ	0.04

注記*1：評価位置は図 6-1 に示す。

*2：照査用ひずみ＝発生ひずみ×構造解析係数 γ_a

表 6-3(1) せん断破壊に対する最大照査値 (直線部)

評価位置*1		解析 ケース	地震動	照査用 せん断力*2 V_d (kN/m)	せん断 耐力 $V_{y d}$ (kN/m)	照査値 $V_d / V_{y d}$
頂版	21	③	S s - N 1 (++)	1634	1823	0.90
側壁	71	③	S s - N 1 (++)	637	1129	0.57
隔壁	81	③	S s - N 1 (++)	918	1054	0.88
底版	12	③	S s - N 1 (++)	1847	2060	0.90

注記*1：評価位置は図 6-1 に示す。

*2：照査用せん断力=発生せん断力×構造解析係数 γ_a

表 6-3(2) せん断破壊に対する最大照査値 (直線部)

評価位置*1		解析 ケース	地震動	照査用 せん断力*2 V_d (kN/m)	せん断 耐力 $V_{y d}$ (kN/m)	照査値 $V_d / V_{y d}$
頂版	22	⑧'	S s - F 3 (++)	1520	1825	0.84
側壁	61	⑨'	S s - F 3 (++)	585	1102	0.54
隔壁	81	⑨'	S s - F 3 (++)	749	969	0.78
底版	11	⑨'	S s - F 3 (++)	1851	2043	0.91

注記*1：評価位置は図 6-1 に示す。

*2：照査用せん断力=発生せん断力×構造解析係数 γ_a

表 6-4(1) せん断破壊に対する最大照査値 (曲線部)

評価位置*1		解析 ケース	地震動	照査用 せん断力*2 V_d (kN/m)	せん断 耐力 $V_{y d}$ (kN/m)	照査値 $V_d / V_{y d}$
頂版	21	③	S s - N 1 (++)	1709	1827	0.94
側壁	71	③	S s - N 1 (++)	738	1109	0.67
隔壁	81	①	S s - F 2 (++)	710	977	0.73
底版	12	④	S s - N 1 (++)	1915	2052	0.94

注記*1：評価位置は図 6-1 に示す。

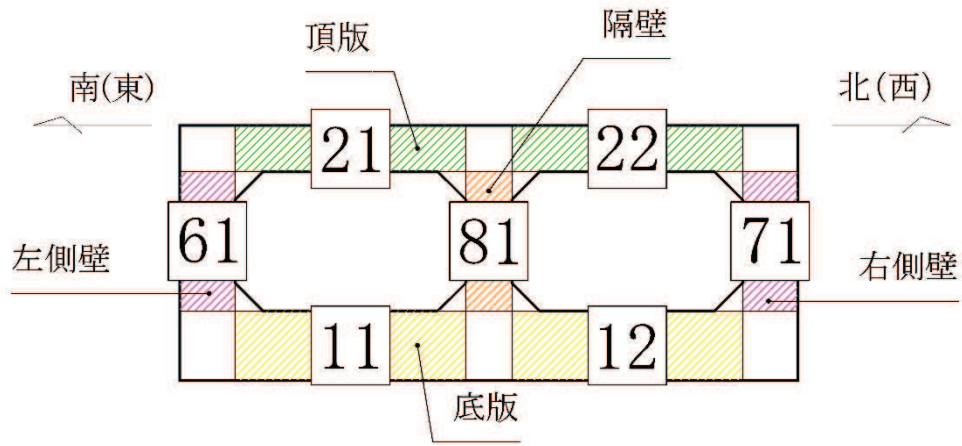
*2：照査用せん断力=発生せん断力×構造解析係数 γ_a

表 6-4(2) せん断破壊に対する最大照査値 (曲線部)

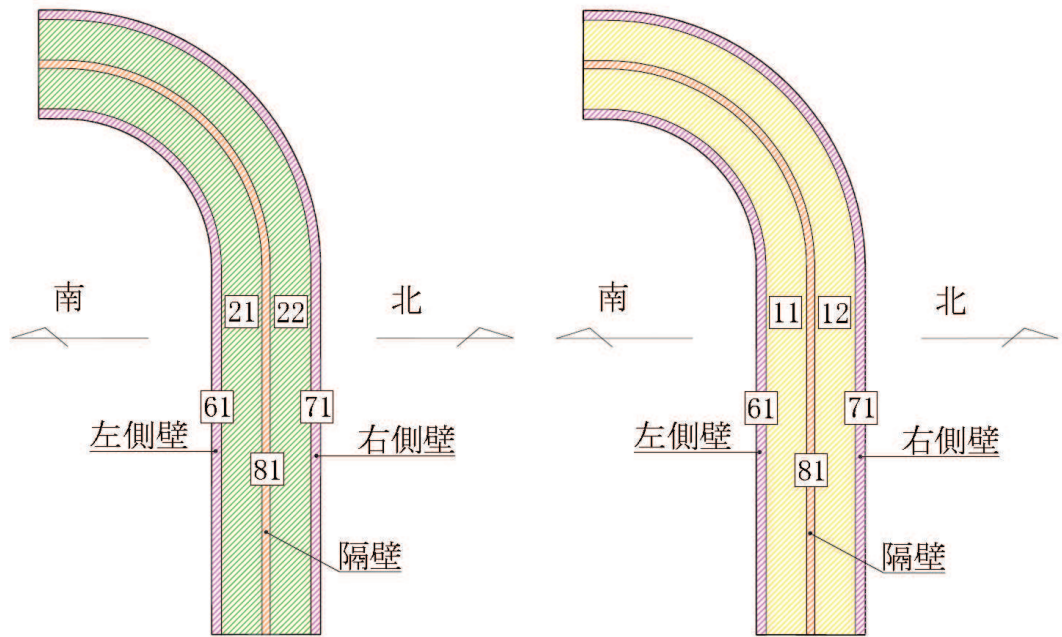
評価位置*1		解析 ケース	地震動	照査用 せん断力*2 V_d (kN/m)	せん断 耐力 $V_{y d}$ (kN/m)	照査値 $V_d / V_{y d}$
頂版	21	⑨'	S s - N 1 (++)	1661	1817	0.92
側壁	61	⑧'	S s - N 1 (-+)	897	1145	0.79
隔壁	81	⑧'	S s - N 1 (-+)	927	964	0.97
底版	12	⑧'	S s - N 1 (-+)	2048	2152	0.96

注記*1：評価位置は図 6-1 に示す。

*2：照査用せん断力=発生せん断力×構造解析係数 γ_a



断面図



側壁、隔壁及び頂版

側壁、隔壁及び底版

図 6-1 評価位置図 (曲げ・軸力系の破壊及びせん断破壊)

6.2 各要求機能に対する評価結果

6.2.1 通水機能

鉄筋コンクリート部材の曲げ・軸力系の破壊に対する各評価位置での最大照査値を表 6-5 及び表 6-6 に、せん断破壊に対する各評価位置での最大照査値を表 6-7 及び表 6-8 に示す。

取水路（標準部）の構造部材の照査用ひずみ及び照査用せん断力が通水機能に対する許容限界を下回ることを確認した。

表 6-5(1) 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値
(コンクリートの圧縮縁ひずみ) (直線部) (再掲)

評価位置*1, 2		解析 ケース	地震動	照査用 ひずみ*3 ϵ_d	限界 ひずみ ϵ_R	照査値 ϵ_d / ϵ_R
頂版	21	③	S s - N 1 (++)	411 μ	10000 μ	0.05
側壁	71	③	S s - N 1 (++)	430 μ	10000 μ	0.05
隔壁	81	③	S s - N 1 (++)	632 μ	10000 μ	0.07
底版	12	③	S s - N 1 (++)	254 μ	10000 μ	0.03

注記*1：評価位置は図 6-1 に示す。

*2：通水機能が要求される部材の範囲は図 6-2 に示す。

*3：照査用ひずみ＝発生ひずみ×構造解析係数 γ_a

表 6-5(2) 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値
(コンクリートの圧縮縁ひずみ) (直線部) (再掲)

評価位置*1, 2		解析 ケース	地震動	照査用 ひずみ*3 ϵ_d	限界 ひずみ ϵ_R	照査値 ϵ_d / ϵ_R
頂版	22	⑧'	S s - F 3 (++)	371 μ	10000 μ	0.04
側壁	71	⑧'	S s - F 3 (++)	404 μ	10000 μ	0.05
隔壁	81	⑧'	S s - F 3 (++)	567 μ	10000 μ	0.06
底版	11	⑧'	S s - F 3 (++)	233 μ	10000 μ	0.03

注記*1：評価位置は図 6-1 に示す。

*2：通水機能が要求される部材の範囲は図 6-2 に示す。

*3：照査用ひずみ＝発生ひずみ×構造解析係数 γ_a

表 6-6(1) 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値
(コンクリートの圧縮縁ひずみ) (曲線部) (再掲)

評価位置 ^{*1, 2}		解析 ケース	地震動	照査用 ひずみ ^{*3} ϵ_d	限界 ひずみ ϵ_R	照査値 ϵ_d / ϵ_R
頂版	21	③	S s - N 1 (++)	453 μ	10000 μ	0.05
側壁	61	③	S s - N 1 (++)	479 μ	10000 μ	0.05
隔壁	81	③	S s - N 1 (++)	683 μ	10000 μ	0.07
底版	12	③	S s - N 1 (++)	284 μ	10000 μ	0.03

注記*1：評価位置は図 6-1 に示す。

*2：通水機能が要求される部材の範囲は図 6-2 に示す。

*3：照査用ひずみ＝発生ひずみ×構造解析係数 γ_a

表 6-6(2) 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値
(コンクリートの圧縮縁ひずみ) (曲線部) (再掲)

評価位置 ^{*1, 2}		解析 ケース	地震動	照査用 ひずみ ^{*3} ϵ_d	限界 ひずみ ϵ_R	照査値 ϵ_d / ϵ_R
頂版	22	⑧'	S s - N 1 (-+)	448 μ	10000 μ	0.05
側壁	71	⑧'	S s - N 1 (-+)	527 μ	10000 μ	0.06
隔壁	81	⑧'	S s - N 1 (-+)	803 μ	10000 μ	0.09
底版	12	⑧'	S s - N 1 (-+)	363 μ	10000 μ	0.04

注記*1：評価位置は図 6-1 に示す。

*2：通水機能が要求される部材の範囲は図 6-2 に示す。

*3：照査用ひずみ＝発生ひずみ×構造解析係数 γ_a

表 6-7(1) せん断破壊に対する最大照査値（直線部）（再掲）

評価位置*1, 2		解析 ケース	地震動	照査用 せん断力*3 V_d (kN/m)	せん断 耐力 $V_{y d}$ (kN/m)	照査値 $V_d / V_{y d}$
頂版	21	③	S s - N 1 (++)	1634	1823	0.90
側壁	71	③	S s - N 1 (++)	637	1129	0.57
隔壁	81	③	S s - N 1 (++)	918	1054	0.88
底版	12	③	S s - N 1 (++)	1847	2060	0.90

注記*1：評価位置は図 6-1 に示す。

*2：通水機能が要求される部材の範囲は図 6-2 に示す。

*3：照査用せん断力＝発生せん断力×構造解析係数 γ_a

表 6-7(2) せん断破壊に対する最大照査値（直線部）（再掲）

評価位置*1, 2		解析 ケース	地震動	照査用 せん断力*3 V_d (kN/m)	せん断 耐力 $V_{y d}$ (kN/m)	照査値 $V_d / V_{y d}$
頂版	22	⑧'	S s - F 3 (++)	1520	1825	0.84
側壁	61	⑨'	S s - F 3 (++)	585	1102	0.54
隔壁	81	⑨'	S s - F 3 (++)	749	969	0.78
底版	11	⑨'	S s - F 3 (++)	1851	2043	0.91

注記*1：評価位置は図 6-1 に示す。

*2：通水機能が要求される部材の範囲は図 6-2 に示す。

*3：照査用せん断力＝発生せん断力×構造解析係数 γ_a

表 6-8(1) せん断破壊に対する最大照査値 (曲線部) (再掲)

評価位置*1, 2		解析 ケース	地震動	照査用 せん断力*3 V_d (kN/m)	せん断 耐力 $V_{y d}$ (kN/m)	照査値 $V_d / V_{y d}$
頂版	21	③	S s - N 1 (++)	1709	1827	0.94
側壁	71	③	S s - N 1 (++)	738	1109	0.67
隔壁	81	①	S s - F 2 (++)	710	977	0.73
底版	12	④	S s - N 1 (++)	1915	2052	0.94

注記*1: 評価位置は図 6-1 に示す。

*2: 通水機能が要求される部材の範囲は図 6-2 に示す。

*3: 照査用せん断力=発生せん断力×構造解析係数 γ_a

表 6-8(2) せん断破壊に対する最大照査値 (曲線部) (再掲)

評価位置*1, 2		解析 ケース	地震動	照査用 せん断力*3 V_d (kN/m)	せん断 耐力 $V_{y d}$ (kN/m)	照査値 $V_d / V_{y d}$
頂版	21	⑨'	S s - N 1 (++)	1661	1817	0.92
側壁	61	⑧'	S s - N 1 (-+)	897	1145	0.79
隔壁	81	⑧'	S s - N 1 (-+)	927	964	0.97
底版	12	⑧'	S s - N 1 (-+)	2048	2152	0.96

注記*1: 評価位置は図 6-1 に示す。

*2: 通水機能が要求される部材の範囲は図 6-2 に示す。

*3: 照査用せん断力=発生せん断力×構造解析係数 γ_a

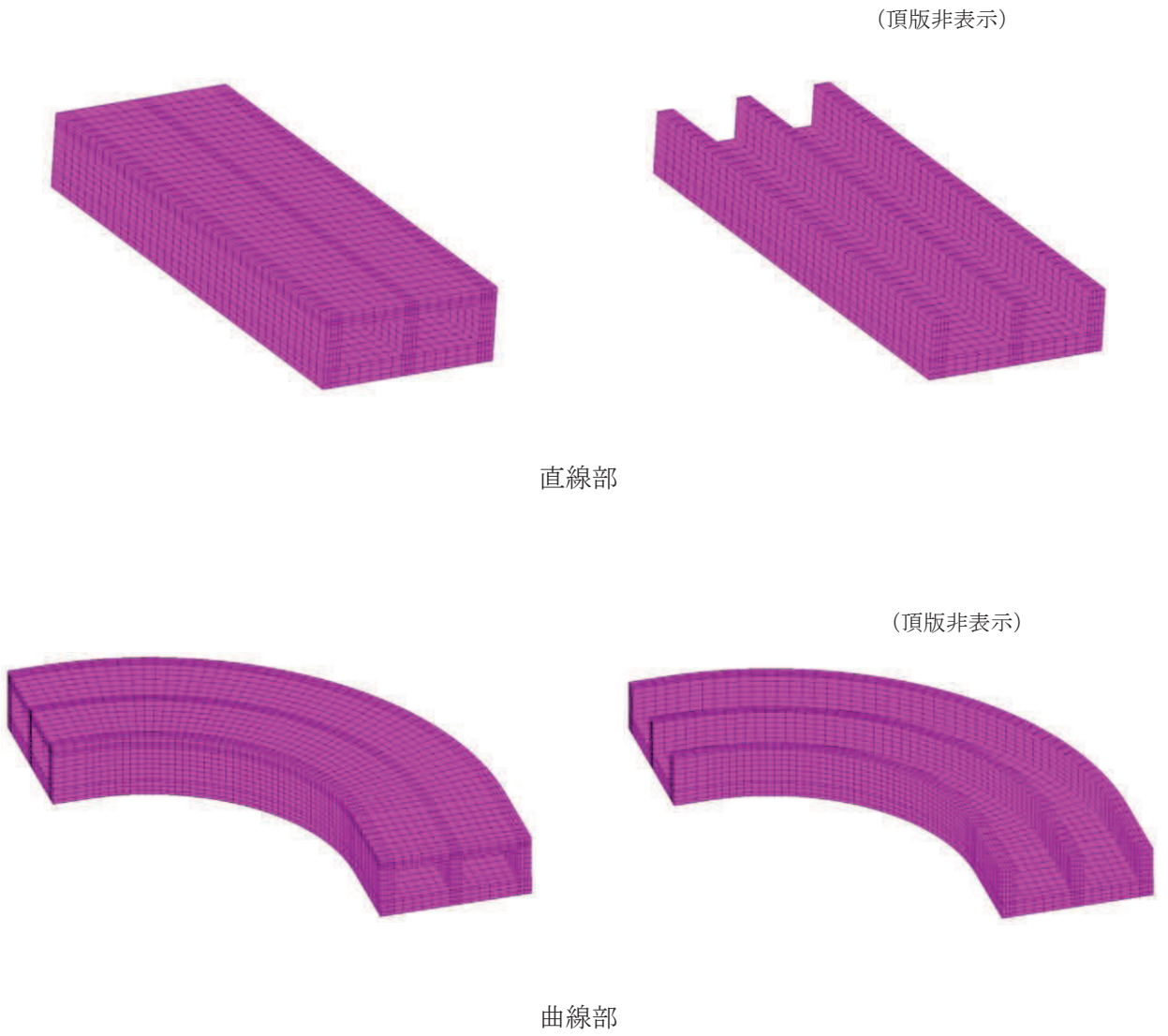


図 6-2 通水機能が要求される部材の範囲

6.2.2 貯水機能

鉄筋コンクリート部材の曲げ・軸力系の破壊に対する各評価位置での最大照査値を表 6-9～表 6-12 に、せん断破壊に対する各評価位置での最大照査値を表 6-13 及び表 6-14 に示す。

取水路（標準部）の照査用ひずみ及び照査用せん断力が、貯水機能に対する許容限界を下回ることを確認した。

表 6-9(1) 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値（コンクリートの圧縮ひずみ）（直線部）

評価位置*1, 2		解析 ケース	地震動	照査用 ひずみ*3 ϵ_d	限界 ひずみ ϵ_R	照査値 ϵ_d / ϵ_R
頂版	—	—	—	—	—	—
側壁	61	③	S s - N 1 (++)	326 μ	2000 μ	0.17
隔壁	—	—	—	—	—	—
底版	12	③	S s - N 1 (++)	237 μ	2000 μ	0.12

注記*1：評価位置は図 6-1 に示す。

*2：貯水機能が要求される部材の範囲は図 6-3 に示す。

*3：照査用ひずみ＝発生ひずみ×構造解析係数 γ_a

表 6-9(2) 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値（コンクリートの圧縮ひずみ）（直線部）

評価位置*1, 2		解析 ケース	地震動	照査用 ひずみ*3 ϵ_d	限界 ひずみ ϵ_R	照査値 ϵ_d / ϵ_R
頂版	—	—	—	—	—	—
側壁	71	⑧'	S s - F 3 (++)	310 μ	2000 μ	0.16
隔壁	—	—	—	—	—	—
底版	12	⑧'	S s - F 3 (++)	218 μ	2000 μ	0.11

注記*1：評価位置は図 6-1 に示す。

*2：貯水機能が要求される部材の範囲は図 6-3 に示す。

*3：照査用ひずみ＝発生ひずみ×構造解析係数 γ_a

表 6-10(1) 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値（主筋ひずみ）（直線部）

評価位置*1, 2		解析 ケース	地震動	照査用 ひずみ*3 ϵ_d	限界 ひずみ ϵ_R	照査値 ϵ_d / ϵ_R
頂版	—	—	—	—	—	—
側壁	61	①	S s - F 2 (++)	69 μ	1725 μ	0.04
隔壁	—	—	—	—	—	—
底版	12	③	S s - N 1 (++)	297 μ	1725 μ	0.18

注記*1：評価位置は図 6-1 に示す。

*2：貯水機能が要求される部材の範囲は図 6-3 に示す。

*3：照査用ひずみ＝発生ひずみ×構造解析係数 γ_a

表 6-10(2) 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値（主筋ひずみ）（直線部）

評価位置*1, 2		解析 ケース	地震動	照査用 ひずみ*3 ϵ_d	限界 ひずみ ϵ_R	照査値 ϵ_d / ϵ_R
頂版	—	—	—	—	—	—
側壁	71	⑧'	S s - F 3 (++)	57 μ	1725 μ	0.04
隔壁	—	—	—	—	—	—
底版	11	⑧'	S s - F 3 (++)	226 μ	1725 μ	0.14

注記*1：評価位置は図 6-1 に示す。

*2：貯水機能が要求される部材の範囲は図 6-3 に示す。

*3：照査用ひずみ＝発生ひずみ×構造解析係数 γ_a

表 6-11(1) 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値（コンクリートの圧縮ひずみ）（曲線部）

評価位置*1, 2		解析 ケース	地震動	照査用 ひずみ*3 ϵ_d	限界 ひずみ ϵ_R	照査値 ϵ_d / ϵ_R
頂版	—	—	—	—	—	—
側壁	61	③	S s - N 1 (++)	359 μ	2000 μ	0.18
隔壁	—	—	—	—	—	—
底版	12	③	S s - N 1 (++)	256 μ	2000 μ	0.13

注記*1：評価位置は図 6-1 に示す。

*2：貯水機能が要求される部材の範囲は図 6-3 に示す。

*3：照査用ひずみ＝発生ひずみ×構造解析係数 γ_a

表 6-11(2) 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値（コンクリートの圧縮ひずみ）（曲線部）

評価位置*1, 2		解析 ケース	地震動	照査用 ひずみ*3 ϵ_d	限界 ひずみ ϵ_R	照査値 ϵ_d / ϵ_R
頂版	—	—	—	—	—	—
側壁	71	⑧'	S s - N 1 (-+)	422 μ	2000 μ	0.22
隔壁	—	—	—	—	—	—
底版	12	⑧'	S s - N 1 (-+)	308 μ	2000 μ	0.16

注記*1：評価位置は図 6-1 に示す。

*2：貯水機能が要求される部材の範囲は図 6-3 に示す。

*3：照査用ひずみ＝発生ひずみ×構造解析係数 γ_a

表 6-12(1) 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値（主筋ひずみ）（曲線部）

評価位置*1, 2		解析 ケース	地震動	照査用 ひずみ*3 ϵ_d	限界 ひずみ ϵ_R	照査値 ϵ_d / ϵ_R
頂版	—	—	—	—	—	—
側壁	61	③	S s - N 1 (++)	66 μ	1725 μ	0.04
隔壁	—	—	—	—	—	—
底版	12	③	S s - N 1 (++)	609 μ	1725 μ	0.36

注記*1：評価位置は図 6-1 に示す。

*2：貯水機能が要求される部材の範囲は図 6-3 に示す。

*3：照査用ひずみ＝発生ひずみ×構造解析係数 γ_a

表 6-12(2) 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値（主筋ひずみ）（曲線部）

評価位置*1, 2		解析 ケース	地震動	照査用 ひずみ*3 ϵ_d	限界 ひずみ ϵ_R	照査値 ϵ_d / ϵ_R
頂版	—	—	—	—	—	—
側壁	71	⑧'	S s - N 1 (-+)	111 μ	1725 μ	0.07
隔壁	—	—	—	—	—	—
底版	11	⑧'	S s - N 1 (-+)	569 μ	1725 μ	0.33

注記*1：評価位置は図 6-1 に示す。

*2：貯水機能が要求される部材の範囲は図 6-3 に示す。

*3：照査用ひずみ＝発生ひずみ×構造解析係数 γ_a

表 6-13(1) せん断破壊に対する最大照査値 (直線部)

評価位置 ^{*1, 2}		解析 ケース	地震動	照査用 せん断力 ^{*3} V_d (kN/m)	せん断 耐力 $V_{y d}$ (kN/m)	照査値 $V_d / V_{y d}$
頂版	—	—	—	—	—	—
側壁	71	③	$S_s - N 1$ (++)	692	1839	0.38
隔壁	—	—	—	—	—	—
底版	12	③	$S_s - N 1$ (++)	1847	2060	0.90

注記*1：評価位置は図 6-1 に示す。

*2：貯水機能が要求される部材の範囲は図 6-3 に示す。

*3：照査用せん断力=発生せん断力×構造解析係数 γ_a

表 6-13(2) せん断破壊に対する最大照査値 (直線部)

評価位置 ^{*1, 2}		解析 ケース	地震動	照査用 せん断力 ^{*3} V_d (kN/m)	せん断 耐力 $V_{y d}$ (kN/m)	照査値 $V_d / V_{y d}$
頂版	—	—	—	—	—	—
側壁	71	⑧'	$S_s - F 3$ (++)	698	1834	0.39
隔壁	—	—	—	—	—	—
底版	11	⑨'	$S_s - F 3$ (++)	1851	2043	0.91

注記*1：評価位置は図 6-1 に示す。

*2：貯水機能が要求される部材の範囲は図 6-3 に示す。

*3：照査用せん断力=発生せん断力×構造解析係数 γ_a

表 6-14(1) せん断破壊に対する最大照査値 (曲線部)

評価位置*1, 2		解析 ケース	地震動	照査用 せん断力*3 V_d (kN/m)	せん断 耐力 $V_{y d}$ (kN/m)	照査値 $V_d / V_{y d}$
頂版	—	—	—	—	—	—
側壁	71	③	$S_s - N 1 (+ +)$	809	1810	0.45
隔壁	—	—	—	—	—	—
底版	12	④	$S_s - N 1 (+ +)$	1915	2052	0.94

注記*1：評価位置は図 6-1 に示す。

*2：貯水機能が要求される部材の範囲は図 6-3 に示す。

*3：照査用せん断力=発生せん断力×構造解析係数 γ_a

表 6-14(2) せん断破壊に対する最大照査値 (曲線部)

評価位置*1, 2		解析 ケース	地震動	照査用 せん断力*3 V_d (kN/m)	せん断 耐力 $V_{y d}$ (kN/m)	照査値 $V_d / V_{y d}$
頂版	—	—	—	—	—	—
側壁	71	⑧'	$S_s - N 1 (- +)$	1149	1823	0.64
隔壁	—	—	—	—	—	—
底版	12	⑧'	$S_s - N 1 (- +)$	2048	2152	0.96

注記*1：評価位置は図 6-1 に示す。

*2：貯水機能が要求される部材の範囲は図 6-3 に示す。

*3：照査用せん断力=発生せん断力×構造解析係数 γ_a

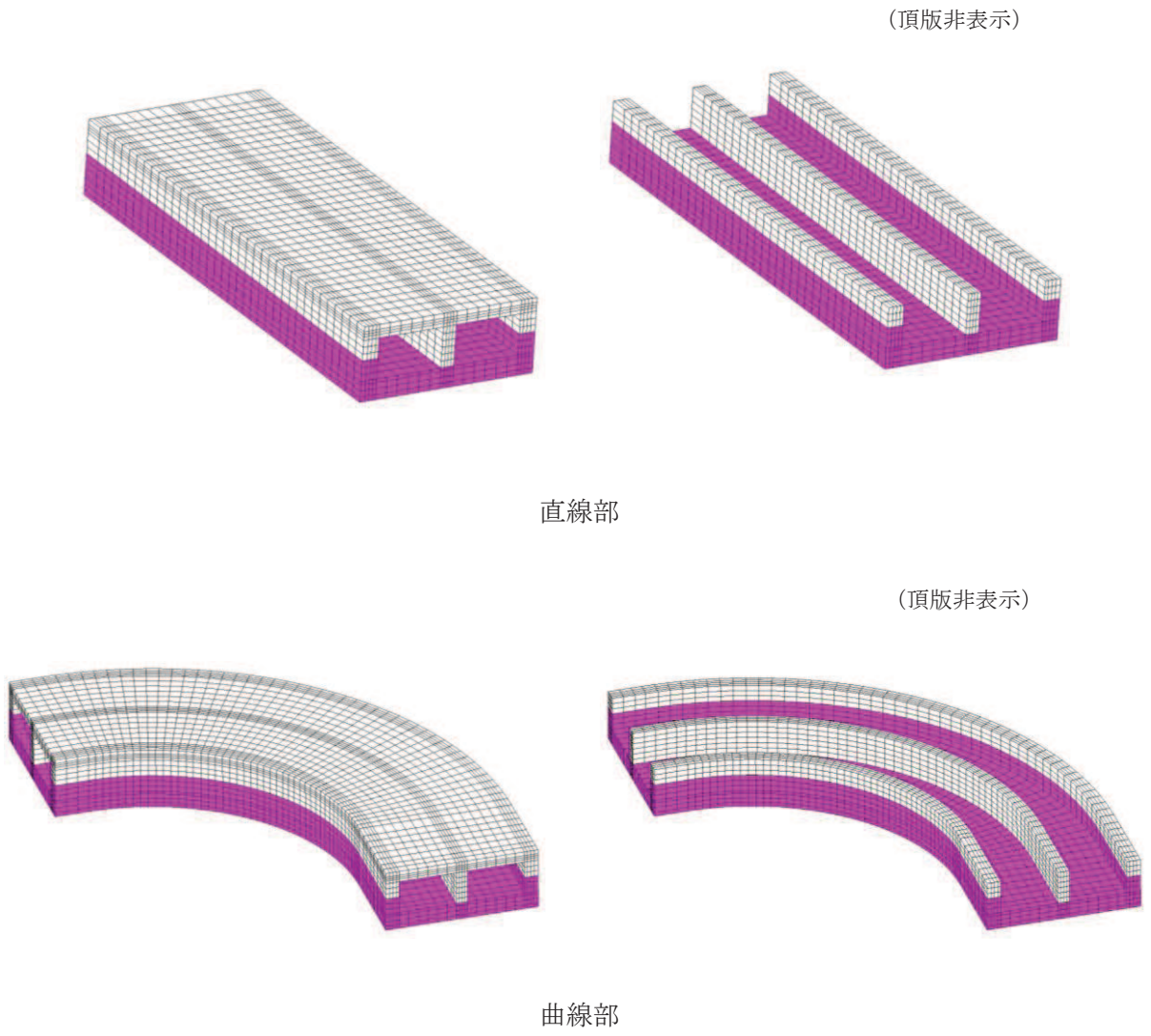


図 6-3 貯水機能が要求される部材の範囲

6.3 基礎地盤の支持性能に対する評価結果

6.3.1 基礎地盤（狐崎部層）

基礎地盤の支持性能の照査結果を表 6-15 及び表 6-16 に示す。また、最大接地圧分布図を図 6-4 及び図 6-5 に示す。

取水路（標準部）の基礎地盤に発生する最大接地圧が、極限支持力を下回ることを確認した。

表 6-15 基礎地盤の支持性能照査結果

解析ケース	地震動	最大接地圧 R_d (N/mm ²)	極限支持力 R_u (N/mm ²)	照査値 R_d/R_u
①	S _s -F 1 (-+)	3.3	13.7	0.25

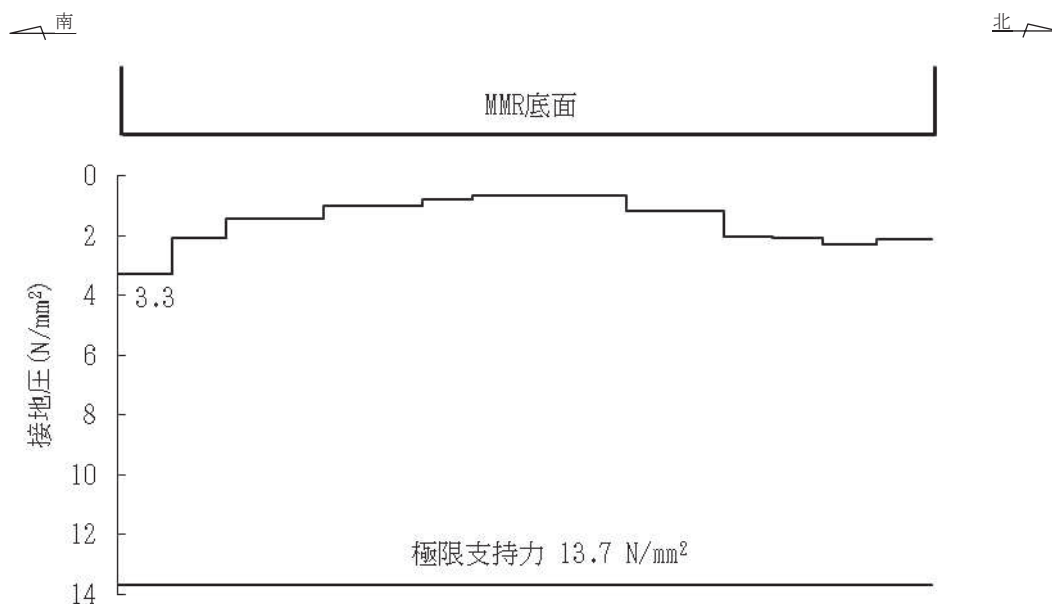


図 6-4 基礎地盤の最大接地圧分布図
(解析ケース①, S_s-F 1 (-+), 断面③)

表 6-16 基礎地盤の支持性能照査結果

解析ケース	地震動	最大接地圧 R_d (N/mm^2)	極限支持力 R_u (N/mm^2)	照査値 R_d/R_u
⑥'	S s - D 1 (-+)	3.0	13.7	0.22

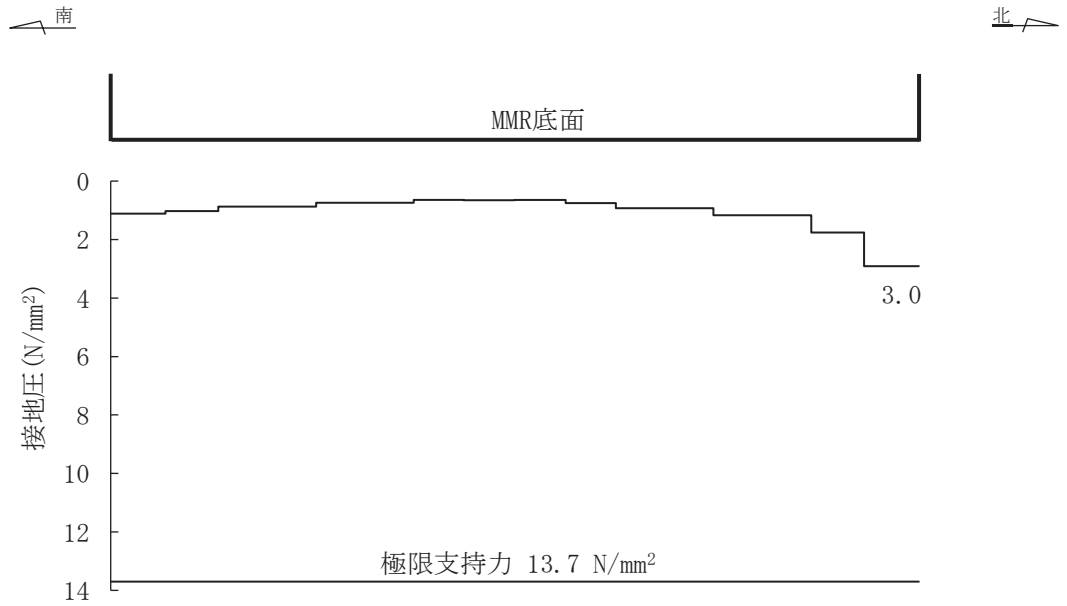


図 6-5 基礎地盤の最大接地圧分布図
(解析ケース⑥', S s - D 1 (-+), 断面②)

6.3.2 MMR（既設）

MMR（既設）の支持性能に対する照査結果を表 6-17 及び表 6-18 に示す。また、最大接地圧分布図を図 6-6 及び図 6-7 に示す。

取水路（標準部）の MMR（既設）に発生する最大接地圧が、支圧強度を下回ることを確認した。

表 6-17 MMR（既設）の支持性能照査結果

解析ケース	地震動	最大接地圧 R_d (N/mm ²)	支圧強度 f'_a (N/mm ²)	照査値 R_d/f'_a
③	S _s -N1 (++)	3.3	15.6	0.22

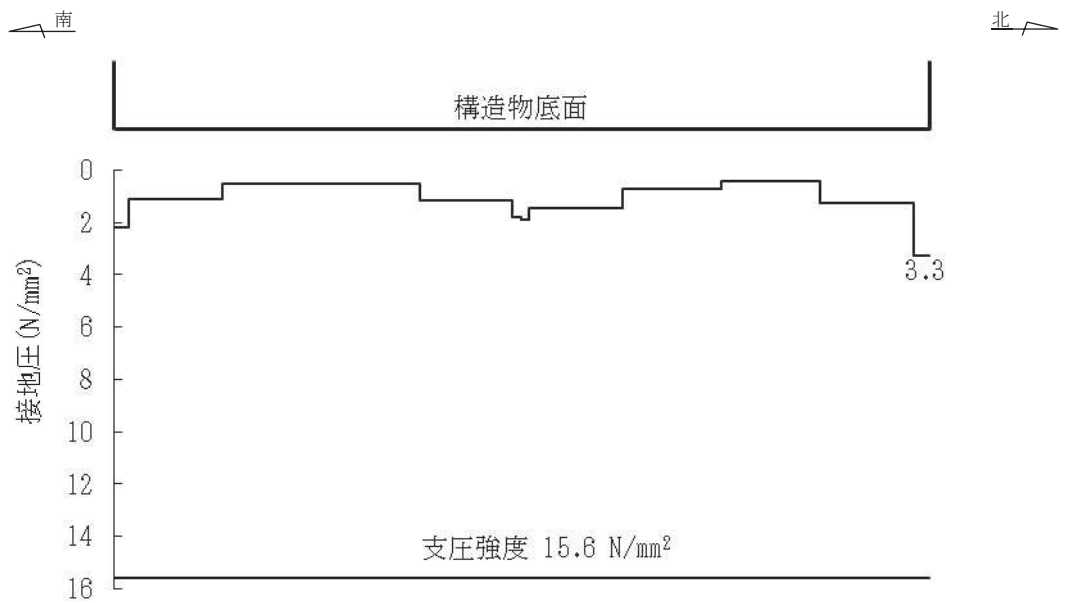


図 6-6 MMR（既設）の最大接地圧分布図
(解析ケース③, S_s-N1 (++) , 断面⑤)

表 6-18 MMR (既設) の支持性能照査結果

解析ケース	地震動	最大接地圧 R_d (N/mm ²)	支圧強度 f'_a (N/mm ²)	照査値 R_d/f'_a
⑧'	S _s -N1 (-+)	2.8	15.6	0.18

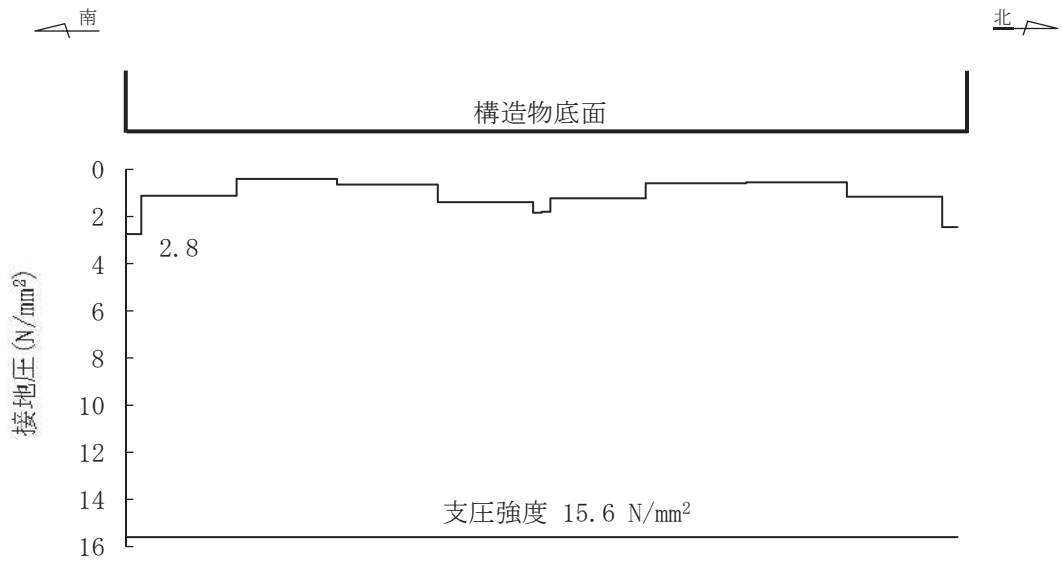


図 6-7 MMR (既設) の最大接地圧分布図

(解析ケース⑧', S_s-N1 (-+), 断面⑤)