

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-19-0171_改1
提出年月日	2021年9月22日

### VI-2-10-4-3 取水口の耐震性についての計算書

○ 2 ④ VI-2-10-4-3 R 1

2021年9月

東北電力株式会社

## 目 次

1.	概要	1
2.	基本方針	2
2.1	位置	2
2.2	構造及び補強の概要	3
2.3	評価方針	10
2.4	適用基準	13
3.	地震応答解析	14
3.1	地震時荷重算出断面	14
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	16
3.2.3	減衰定数	18
3.2.4	地震応答解析の解析ケースの選定	19
3.3	荷重及び荷重の組合せ	22
3.3.1	耐震評価上考慮する状態	22
3.3.2	荷重	22
3.3.3	荷重の組合せ	23
3.4	入力地震動	24
3.5	解析モデル及び諸元	39
3.5.1	解析モデル	39
3.5.2	使用材料及び材料の物性値	42
3.5.3	地盤の物性値	42
3.6	地震応答解析結果	43
3.6.1	全応力解析による地震時荷重	43
3.6.2	有効応力解析による地震時荷重	47
3.6.3	過剰間隙水圧比分布	51
4.	三次元構造解析	53
4.1	評価対象部材	53
4.2	解析方法	54
4.3	解析モデルの諸元	54
4.3.1	解析モデル	54
4.3.2	使用材料及び材料の物性値	57
4.4	照査時刻及び入力荷重	58
4.4.1	照査時刻	58
4.4.2	入力荷重	59
4.5	三次元構造解析結果	60

4.5.1	全応力解析による荷重に対する断面力分布	60
4.5.2	有効応力解析による荷重に対する断面力分布	70
5.	耐震評価	80
5.1	許容限界	80
5.1.1	構造部材の健全性に対する許容限界	80
5.1.2	基礎地盤の支持性能に対する許容限界	86
5.2	評価方法	87
6.	耐震評価結果	88
6.1	全応力解析による荷重に対する耐震評価結果	88
6.1.1	構造部材の健全性に対する評価結果	88
6.1.2	各要求機能に対する評価結果	92
6.1.3	Sクラスの施設を支持する機能に対する評価結果	97
6.1.4	基礎地盤の支持性能に対する評価結果	98
6.2	有効応力解析による荷重に対する耐震評価結果	100
6.2.1	構造部材の健全性に対する評価結果	100
6.2.2	各要求機能に対する評価結果	103
6.2.3	Sクラスの施設を支持する機能に対する評価結果	108
6.2.4	基礎地盤の支持性能に対する評価結果	109

## 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、取水口が基準地震動  $S_s$  に対して十分な構造強度及び支持機能を有していることを確認するものである。また、取水口と一体構造となっている貯留堰が、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。

取水口及び貯留堰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。

なお、取水口と貯留堰は一体構造となっていることから、構造部材の健全性評価にあたっては、貯留堰は取水口に含むものとして扱う。



2. 基本方針

2.1 位置

取水口及び貯留堰の位置を図 2-1 に示す。

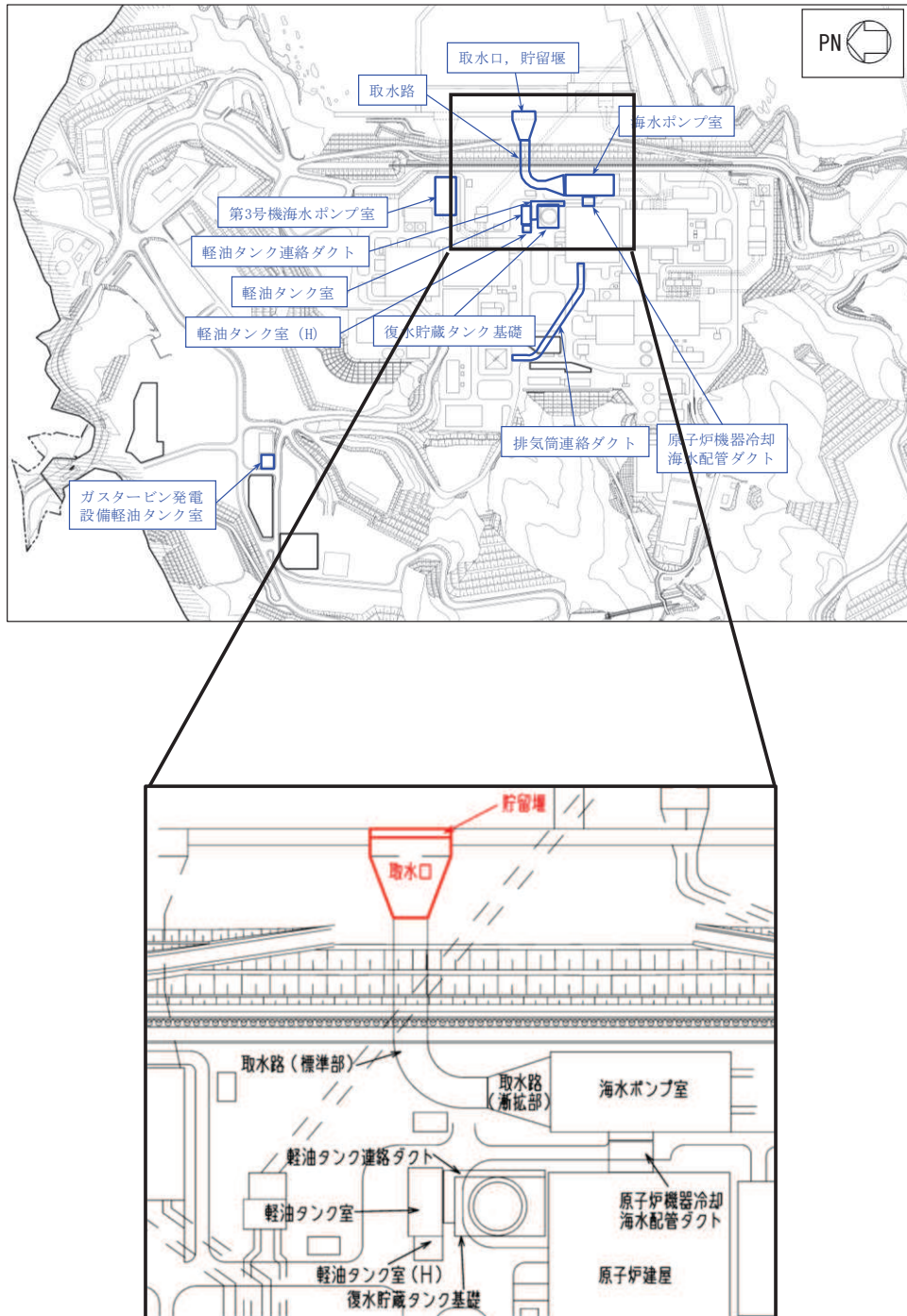


図 2-1 取水口, 貯留堰の位置図

## 2.2 構造及び補強の概要

取水口、貯留堰の平面図を図 2-2 に、断面図を図 2-3～図 2-6 に、縦断面図を図 2-7 に、補強図を図 2-8 に、概略配筋図を図 2-9～図 2-13 に示す。

取水口は、非常時における海水の通水機能及び貯水機能、貯留堰を間接支持する支持機能が要求される。また、貯留堰は取水口上流側に配置され、取水口底版と一体構造となっており、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。

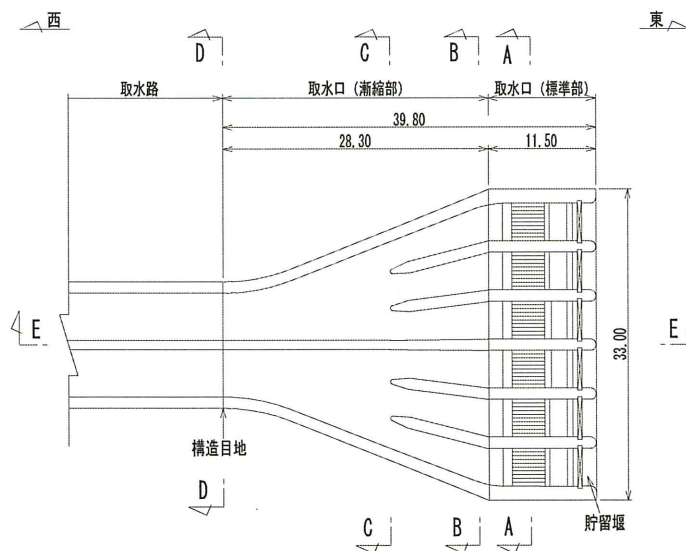
取水口は鉄筋コンクリート造の地中構造物であり、延長 11.50m、内空幅 [ ] 内空高さ [ ] の六連のボックスカルバート構造の標準部と、延長 28.30m、内空幅 [ ] 内空高さ [ ] の六連のボックスカルバートから内空幅 [ ] 内空高さ [ ] の二連のボックスカルバートに断面が縮小する漸縮部より構成され、マンメイドロック（以下「MMR」という。）を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置されている。

取水口は、断面が延長方向で異なり、面部材として加振方向に平行に配置される妻壁や導流壁を有する箱形構造物である。

貯留堰は、取水口と一体の鉄筋コンクリート構造物であり、津波による水位低下に対して非常用海水ポンプの機能が保持でき、かつ、原子炉冷却に必要な海水を確保できるよう、取水口底版より 1.2m の堰高を有している。

取水口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。



(単位：m)

図 2-2 取水口、貯留堰平面図

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

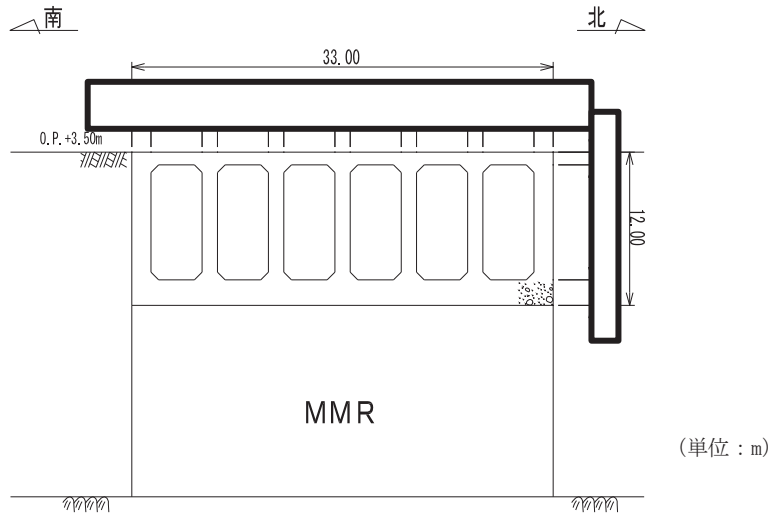


図 2-3 取水口断面図 (A-A 断面, 南北 (標準部))

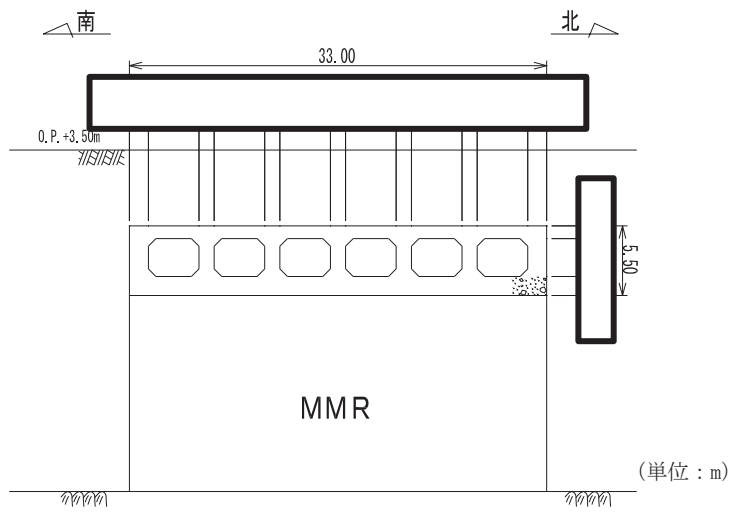


図 2-4 取水口断面図 (B-B 断面, 南北 (漸縮部))

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

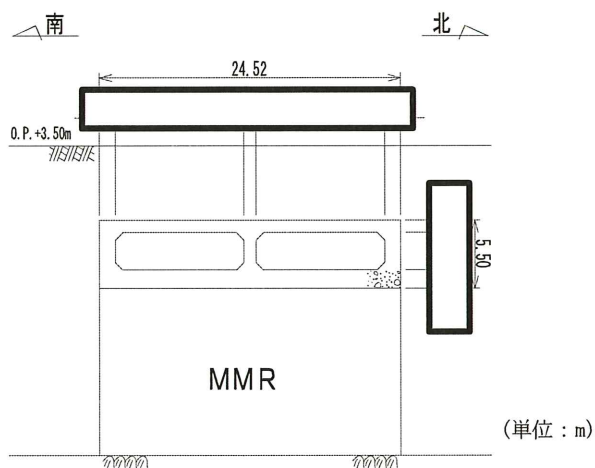


図 2-5 取水口断面図 (C-C 断面, 南北 (漸縮部))

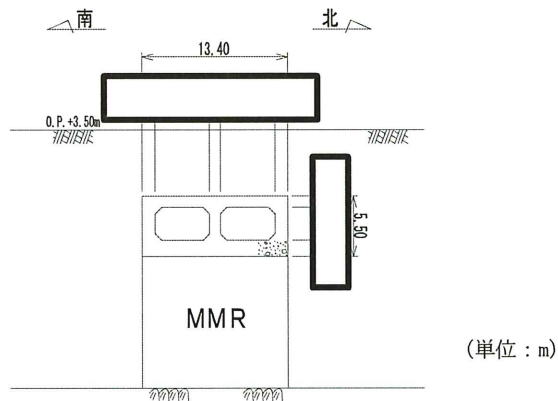


図 2-6 取水口断面図 (D-D 断面, 南北 (漸縮部))

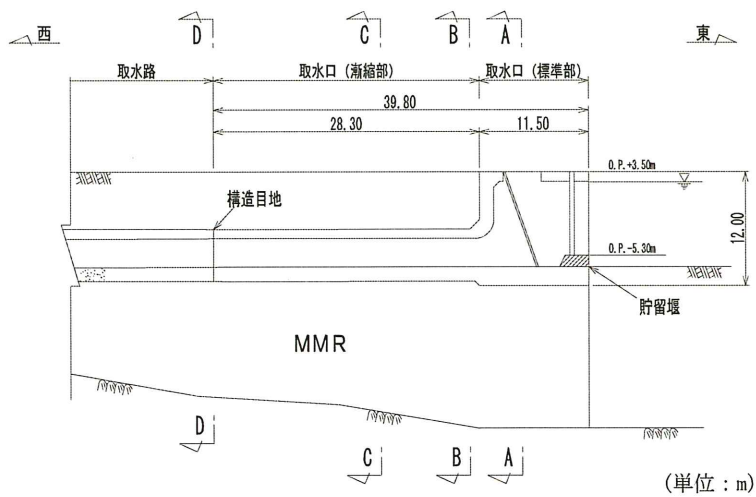
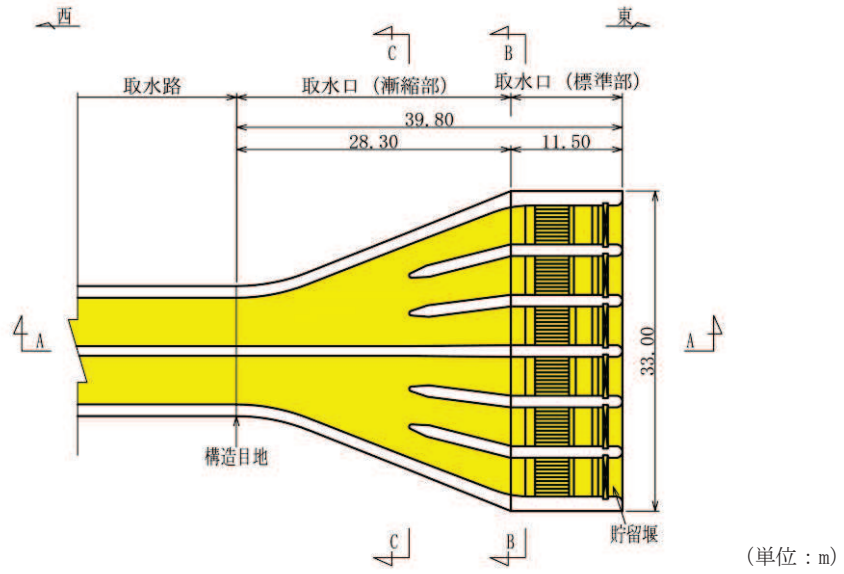


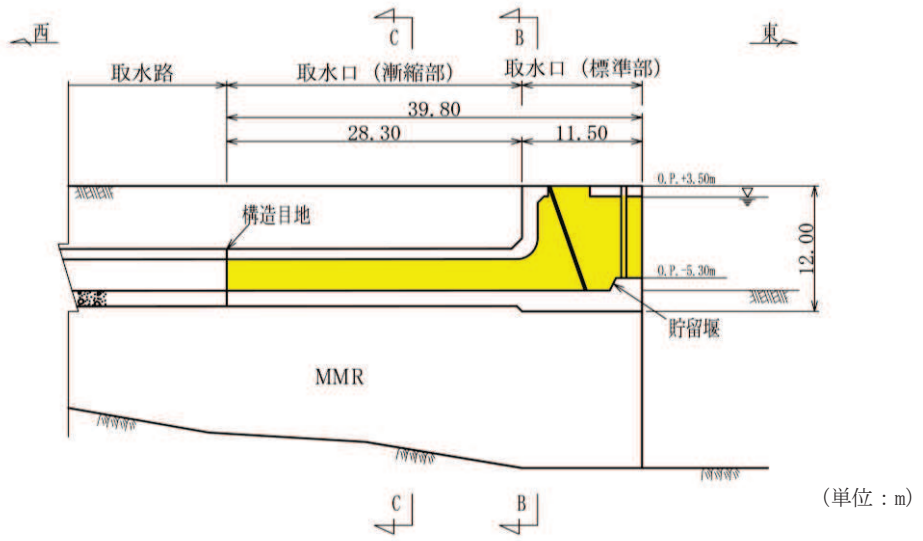
図 2-7 取水口縦断面図 (E-E 断面, 東西)

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 2-8(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 2-8(2) Ccbによる耐震補強箇所 (A-A 断面)

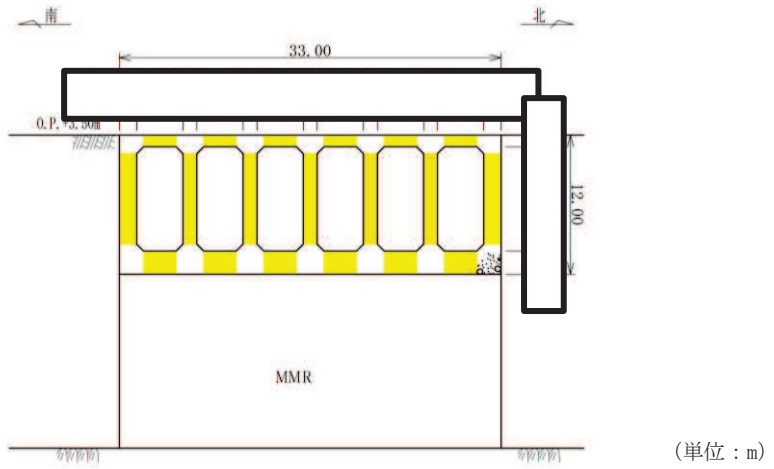


図 2-8(3) Ccbによる耐震補強箇所 (B-B 断面)

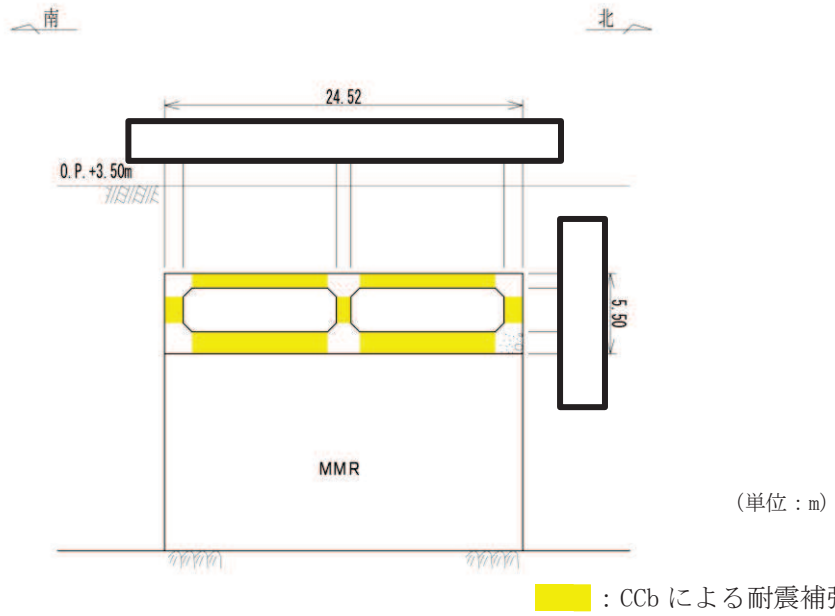


図 2-8(4) Ccbによる耐震補強箇所 (C-C 断面)

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

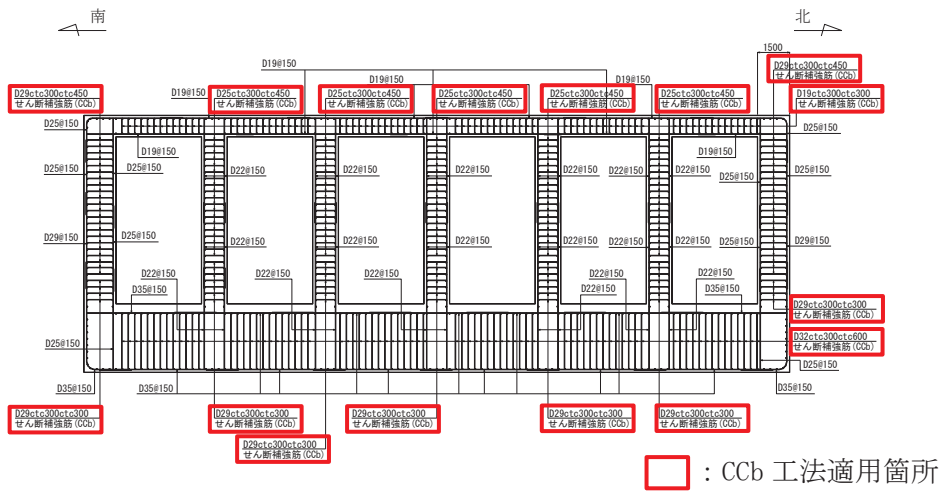


図 2-9 取水口概略配筋図 (A-A 断面, 標準部)

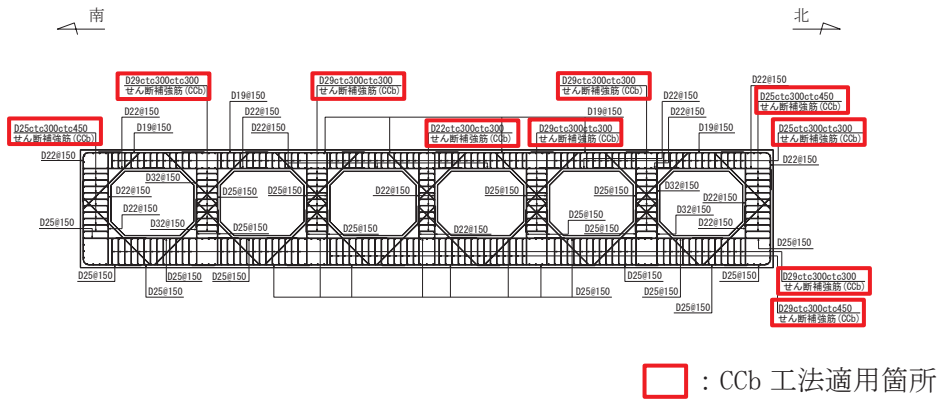


図 2-10 取水口概略配筋図 (B-B 断面, 漸縮部)

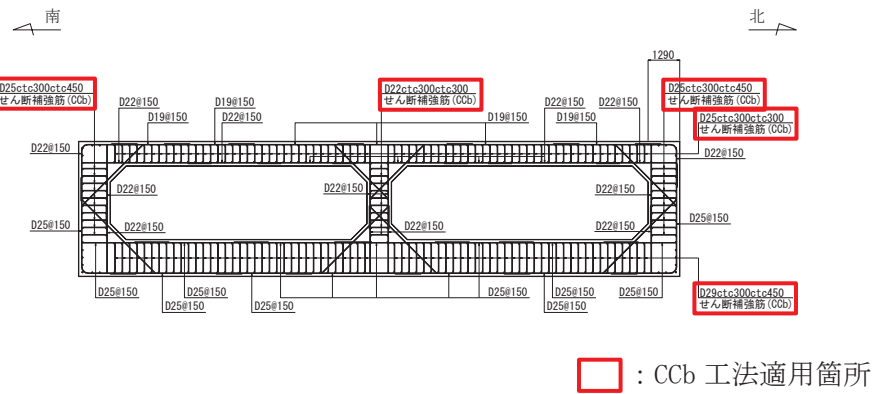


図 2-11 取水口概略配筋図 (C-C 断面, 南北(漸縮部))







### 2.3 評価方針

取水口は、設計基準対象施設においては、非常用取水設備及びSクラス施設の間接支持構造物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及び常設重大事故緩和設備に分類される。また、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が設置される重大事故等対処施設に分類される。

また、貯留堰は、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及び常設重大事故緩和設備に分類される。

取水口及び貯留堰の耐震評価は、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。

取水口及び貯留堰の耐震評価フローを図2-14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及びSクラスの施設を支持する機能を損なわないことを確認する。

構造部材の健全性評価については、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、照査用せん断力及び照査用面内せん断ひずみ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、取水口及び貯留堰の運転時、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 取水口及び貯留堰の評価項目

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, 照査用せん断力及び照査用面内せん断ひずみが許容限界を下回ることを確認	曲げ・軸力		
				せん断力	面外	せん断耐力*2
					面内	限界せん断ひずみ*2
	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				
Sクラスの施設を支持する機能を損なわないこと*1	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		
				せん断力		せん断耐力*2

注記\*1：取水口（標準部）には、貯留堰を間接支持する支持機能が要求される。

\*2：妥当な安全余裕を考慮する。

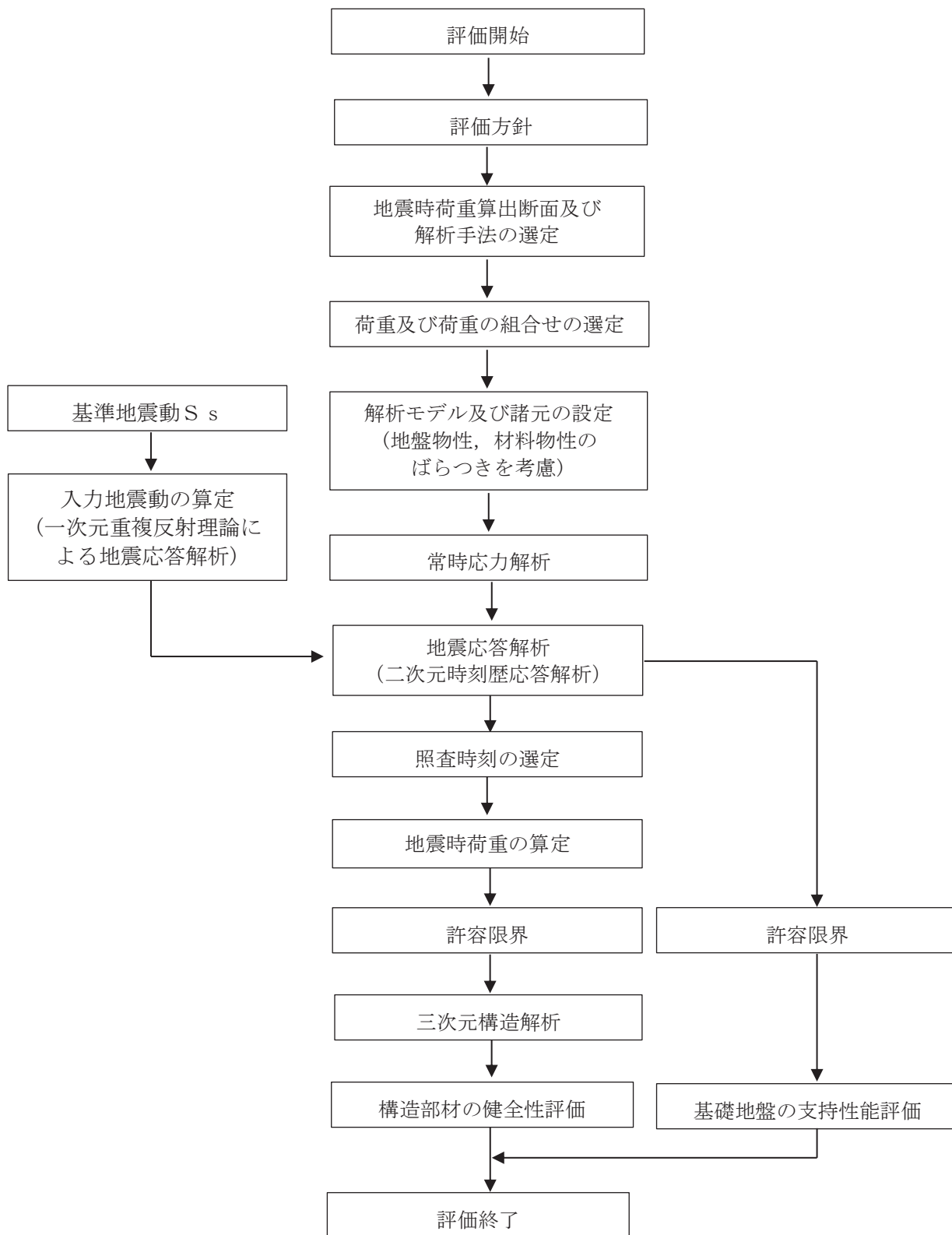


図 2-14 取水口, 貯留堰の耐震評価フロー

## 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

取水口、貯留堰の地震時荷重算出断面位置を図 3-1 に示す。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、南北方向では妻壁や隔壁の配置が異なることによる剛性差を考  
慮し、標準部 (A-A 断面) 及び漸縮部 (C-C 断面) の各エリアの構造モデルを使用して地震時応  
答解析を行う。

また、東西方向については、軸心を中心とする対称性を有し、周辺状況の差異もないことか  
ら、構造物中心を通る断面 (E-E 断面) を地震時荷重算出断面とする。

地震時荷重算出用地質断面図を図 3-2～図 3-4 に示す。

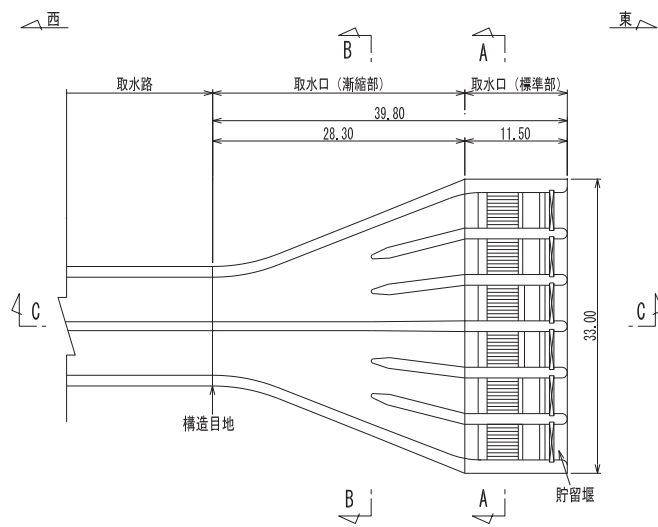


図 3-1 取水口の地震時荷重算出断面位置図

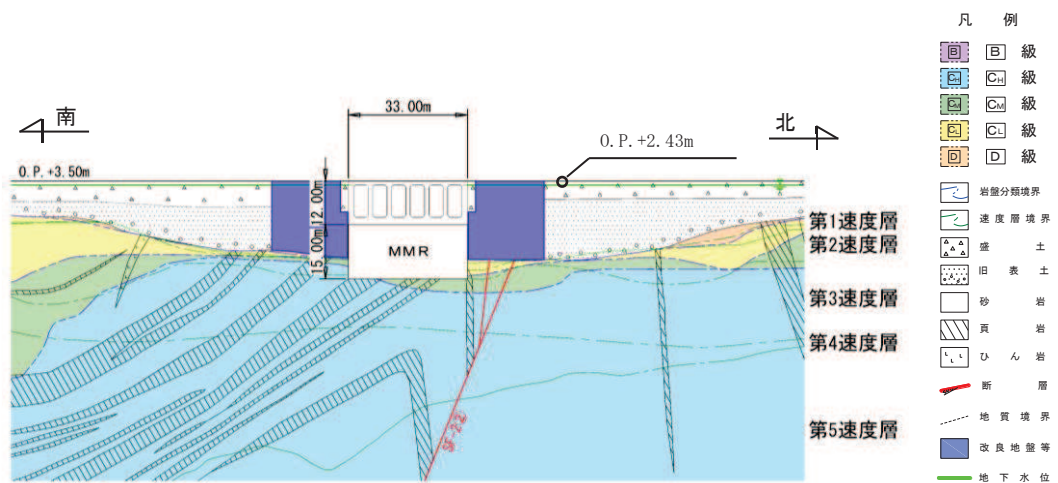


図 3-2 取水口、貯留堰 地震時荷重算出用地質断面図 (A-A 断面, 標準部)

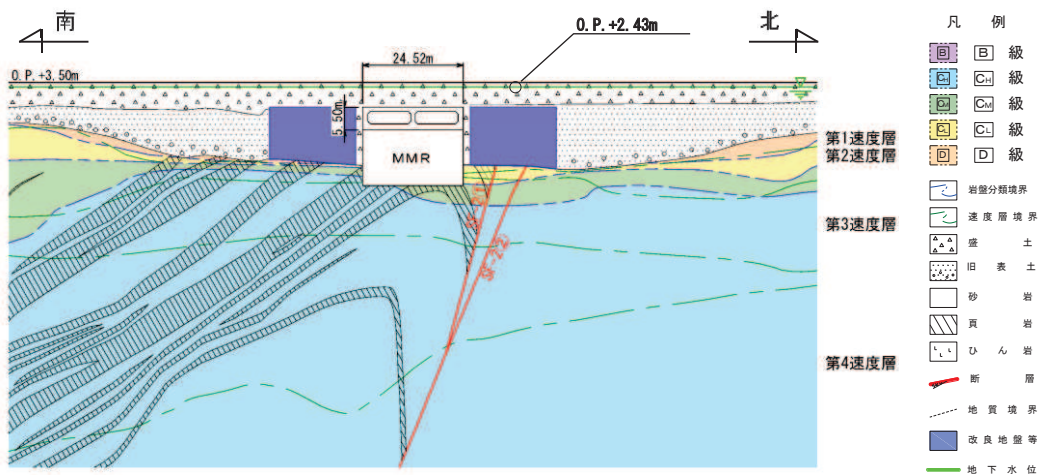


图 3-3 取水口，貯留堰 地震時荷重算出用地質断面図 (B-B 断面，漸縮部)

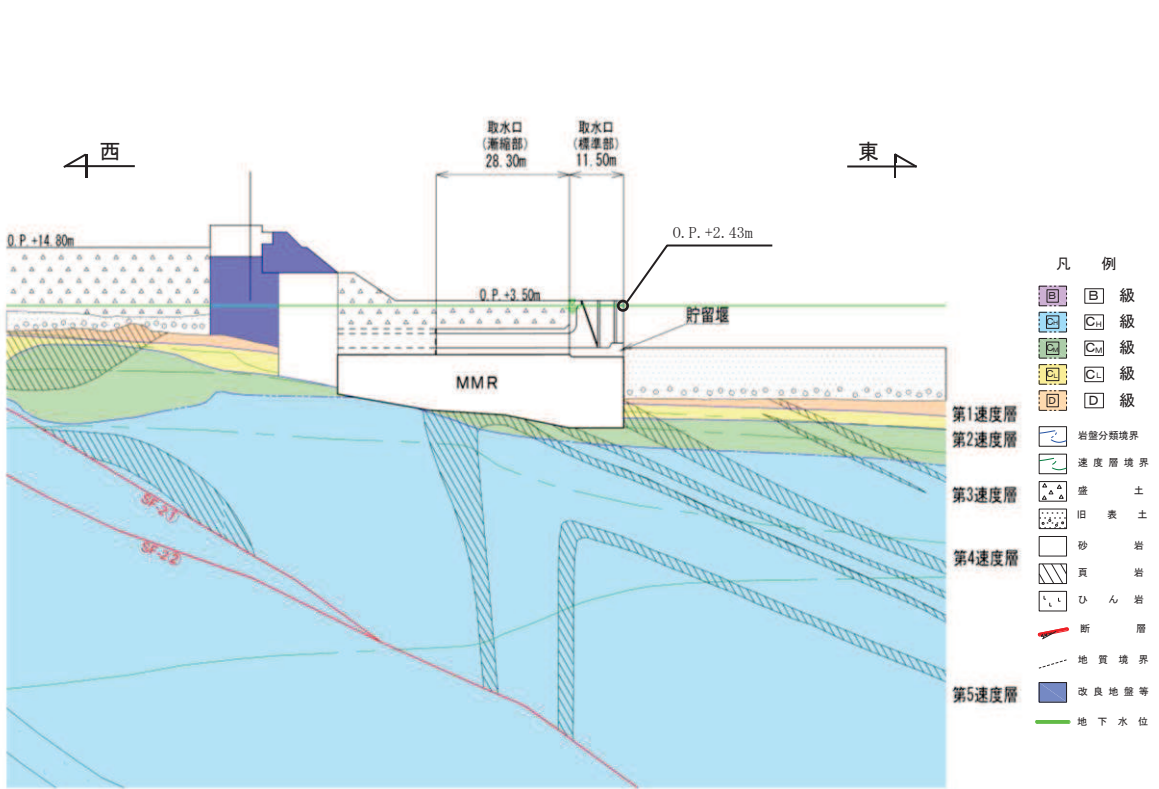


图 3-4 取水口，貯留堰 地震時荷重算出用地質断面図 (C-C 断面，東西)

### 3.2 解析方法

取水口、貯留堰の地震応答解析は、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設定する。

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。取水口の南北方向は、構造物の両脇を一様な幅で地盤改良がなされており、外側に地下水以深の旧表土が分布していることから、解析手法は、全応力解析及び有効応力解析とする。

東西方向は、取水口（漸縮部）の頂版上には、盛土が分布する。また、O.P. 14.8m 盤との法面が、O.P. 3.5m 盤に分布する盛土・旧表土の液状化の影響で流動し、標準部へ作用する土圧が増大する可能性が否定できないことから、解析手法は、有効応力解析とする。

取水口の西側には取水路及び MMR が隣接しているが、荷重伝達は発生しない構造となっていることから、取水路及び MMR は保守的な評価になるよう盛土としてモデル化する。

構造部材については、頂版、底版及び地震時荷重算出断面に垂直な壁部材は線形はり要素、断面に平行な壁部材は平面応力要素とし、構造物の奥行方向の長さ各部材の奥行方向の長さの比率や三次元構造物モデルとの変位を整合させるためのヤング係数の調整を行い、実構造物と等価な剛性となるようモデル化する。また、地盤については、地盤のひずみ依存性を適切に考慮できるようモデル化する。

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、線形はり要素及び平面応力要素でモデル化する。

#### 3.2.2 地盤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。

取水口、貯留堰は、MMR を介して岩盤上に設置され、両脇を地盤改良されており、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  $\sigma$  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又ケース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 3-1(1) 解析ケース (南北方向における A-A 断面及び C-C 断面)

解析ケース	解析手法	材料物性 (コンクリート) ( $E_o$ : 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 ( $G_o$ : 初期せん断弾性係 数)	C <sub>L</sub> 級岩盤, C <sub>M</sub> 級岩盤, C <sub>H</sub> 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 $\sigma$	平均値
ケース③	全応力解析	設計基準強度	平均値 - 1 $\sigma$	平均値
ケース④	全応力解析	実強度に基づく 圧縮強度* <sup>1</sup>	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 $\sigma$	平均値
ケース⑧	有効応力解析	設計基準強度	平均値 - 1 $\sigma$	平均値
ケース⑨* <sup>2</sup>	有効応力解析	実強度に基づく 圧縮強度* <sup>1</sup>	平均値	平均値

注記\*1: 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。

\*2: 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。

表 3-1(2) 耐震評価における解析ケース (東西方向における D-D 断面)

解析ケース	解析手法	材料物性 (コンクリート) ( $E_o$ : 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 ( $G_o$ : 初期せん断弾性係 数)	C <sub>L</sub> 級岩盤, C <sub>M</sub> 級岩盤, C <sub>H</sub> 級岩盤, B級岩盤 ( $G_d$ : 動せん断弾性係数)
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 $\sigma$	平均値
ケース⑧	有効応力解析	設計基準強度	平均値 - 1 $\sigma$	平均値
ケース⑨	有効応力解析	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、全応力解析では粘性減衰で考慮する。

粘性減衰は、固有値解析にて求められる固有周期と各材料の減衰比に基づき、質量マトリックス及び剛性マトリックスの線形結合で表される以下の Rayleigh 減衰を解析モデル全体に与える。固有値解析結果に基づき設定した  $\alpha$ 、 $\beta$  を表 3-2 に示す。

また、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  $\beta$  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。

$$[c] = \alpha [m] + \beta [k]$$

[c] : 減衰係数マトリックス

[m] : 質量マトリックス

[k] : 剛性マトリックス

$\alpha$ ,  $\beta$  : 係数

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

地震時荷重算出断面	解析手法	$\alpha$	$\beta$
A-A 断面	全応力解析	$5.968 \times 10^{-1}$	$5.027 \times 10^{-4}$
	有効応力解析	0.000	$2.000 \times 10^{-3}$
B-B 断面	全応力解析	$5.458 \times 10^{-1}$	$5.497 \times 10^{-4}$
	有効応力解析	0.000	$2.000 \times 10^{-3}$

### 3.2.4 地震応答解析の解析ケースの選定

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（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3-1に示す解析ケース②及び③を、有効応力解析の場合は表3-1に示す解析ケース⑦及び⑧を実施する。また、上記のケース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3-3に示す。

表 3-3(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 <sub>s</sub> -D 1	++*1	○	<p>【追加解析ケースについて】</p> <p>基準地震動 S<sub>s</sub> (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各照査項目に照査値が 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。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 <sub>s</sub> -D 2	++*1	○		
		-+*1	○		
	S <sub>s</sub> -D 3	++*1	○		
		-+*1	○		
	S <sub>s</sub> -F 1	++*1	○		
		-+*1	○		
	S <sub>s</sub> -F 2	++*1	○		
		-+*1	○		
	S <sub>s</sub> -F 3	++*1	○		
		-+*1	○		
	S <sub>s</sub> -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 3-3(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 (+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 <sub>s</sub> -D 1	++*1	○	表 3-3(1)の【追加解析ケースについて】による	
		-+*1	○		
	S <sub>s</sub> -D 2	++*1	○		
		-+*1	○		
	S <sub>s</sub> -D 3	++*1	○		
		-+*1	○		
	S <sub>s</sub> -F 1	++*1	○		
		-+*1	○		
	S <sub>s</sub> -F 2	++*1	○		
		-+*1	○		
	S <sub>s</sub> -F 3	++*1	○		
		-+*1	○		
	S <sub>s</sub> -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

取水口、貯留堰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

取水口、貯留堰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  $4.9\text{kN/m}^2$  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  $43\text{cm}$  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  $1\text{cm}$  ごとに  $20\text{N/m}^2$  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  $4.9\text{kN/m}^2$  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 3-5 に入力地震動算定の概念図を、図 3-6 ～ 図 3-19 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 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。

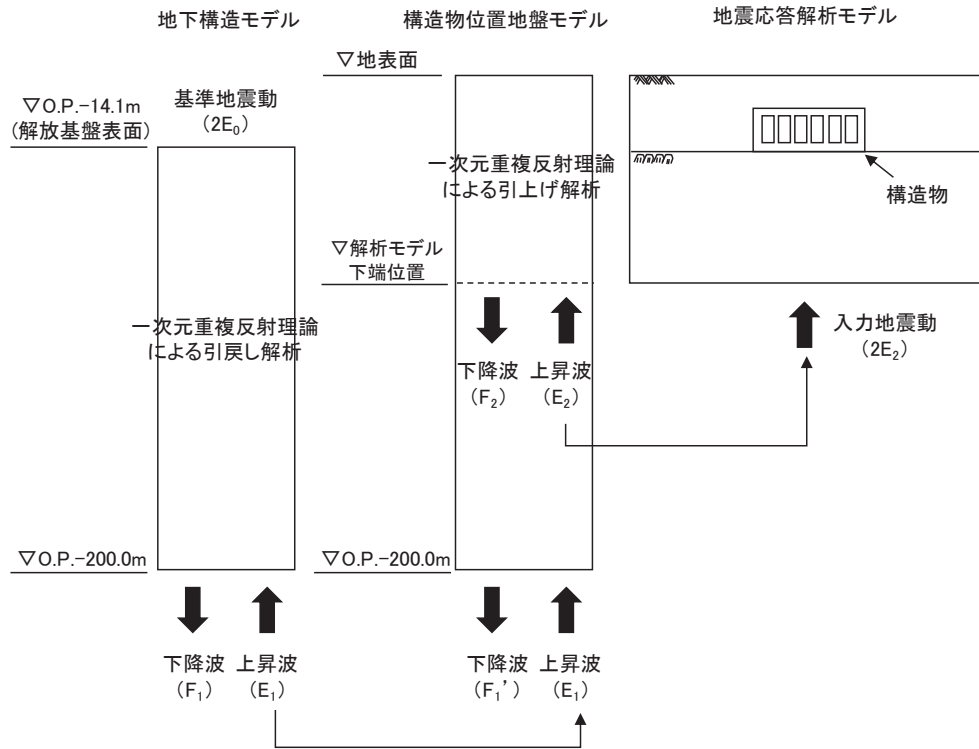
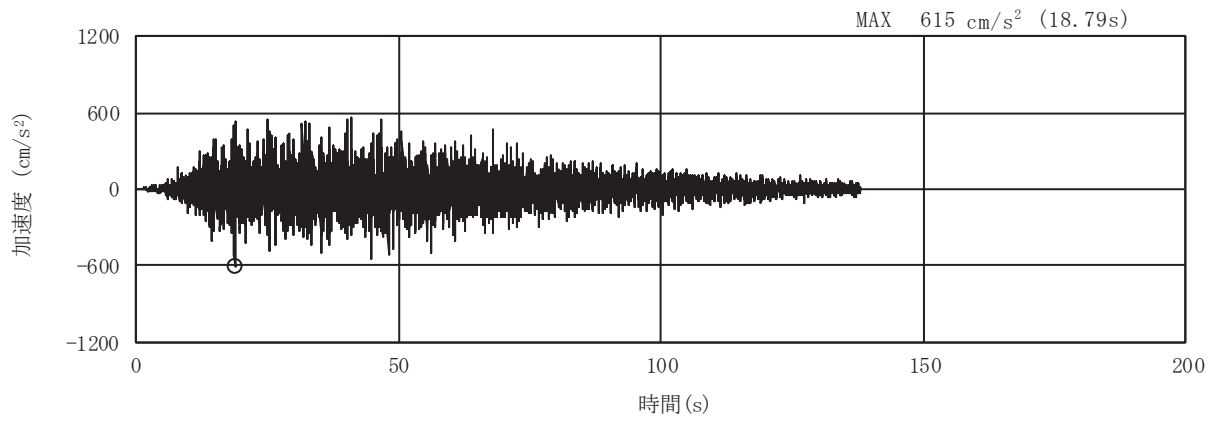
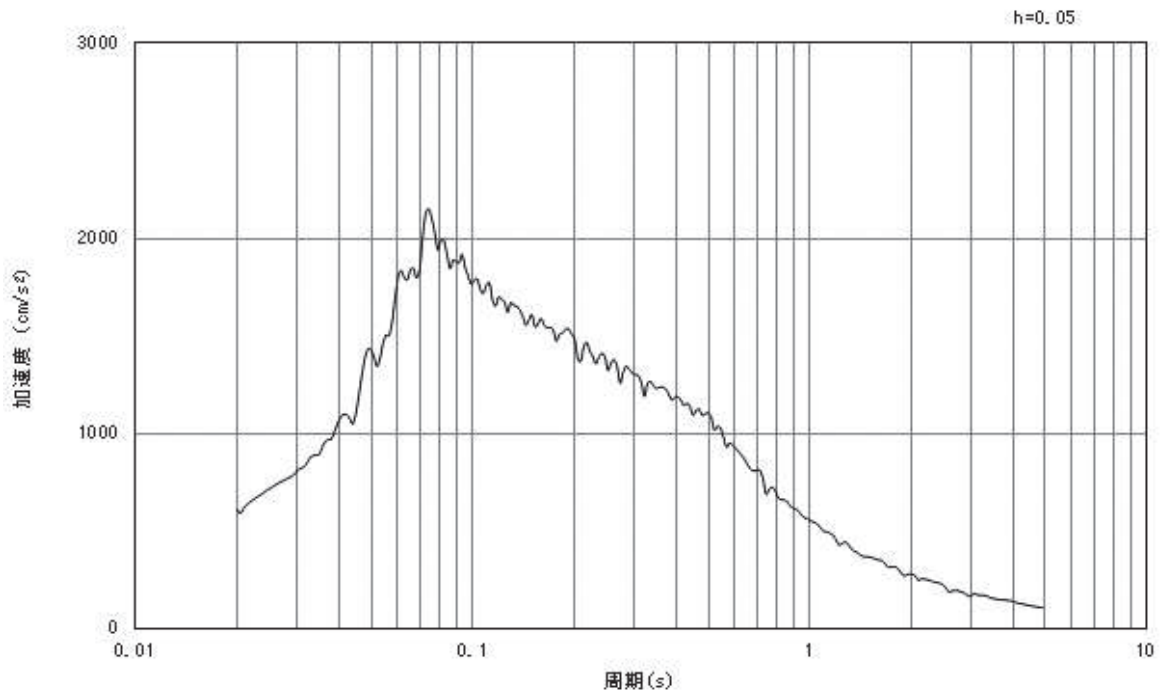


図 3-5 入力地震動算定の概念図



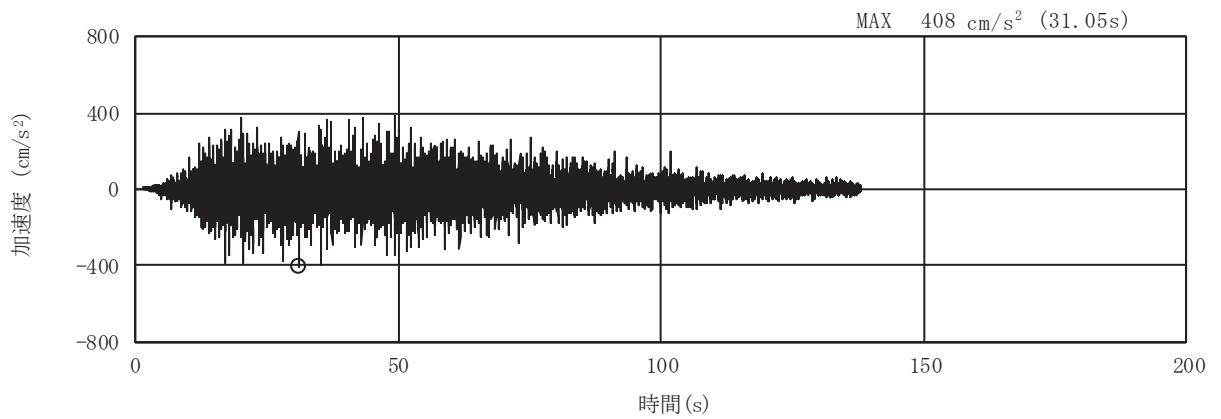
(a) 加速度時刻歴波形



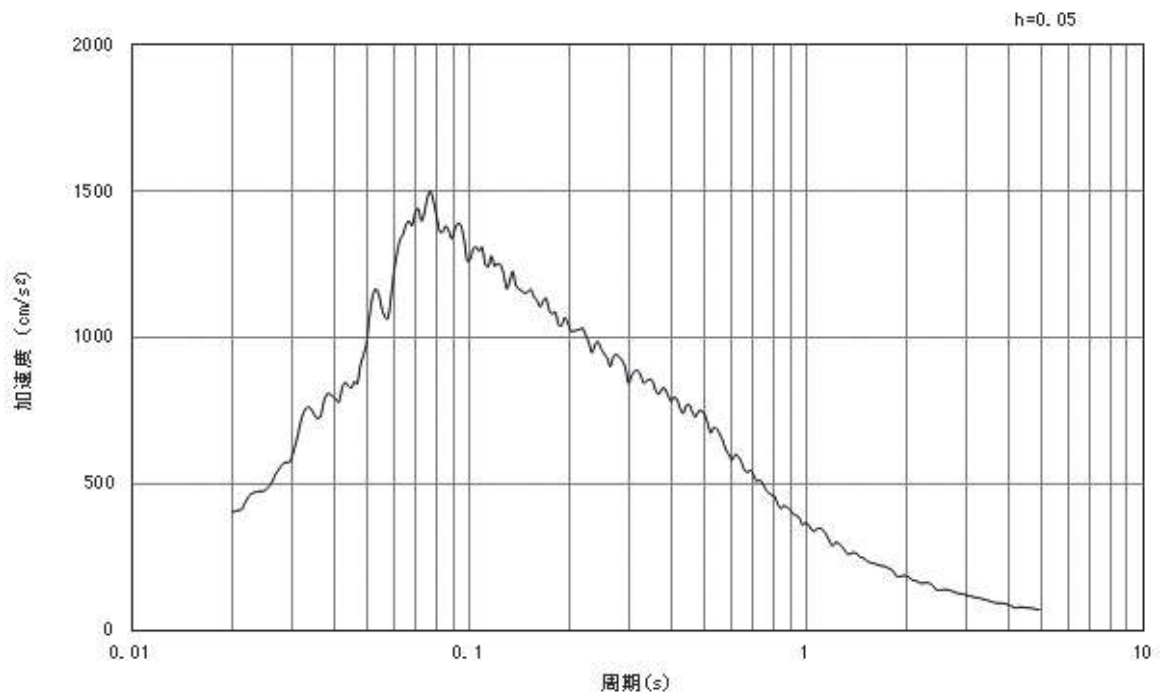
(b) 加速度応答スペクトル

図3-6 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)



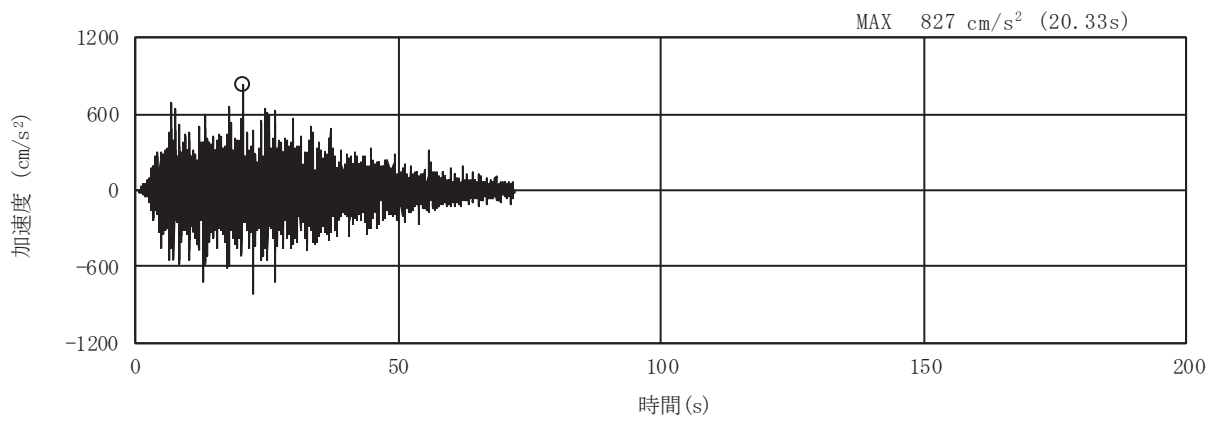


(a) 加速度時刻歴波形

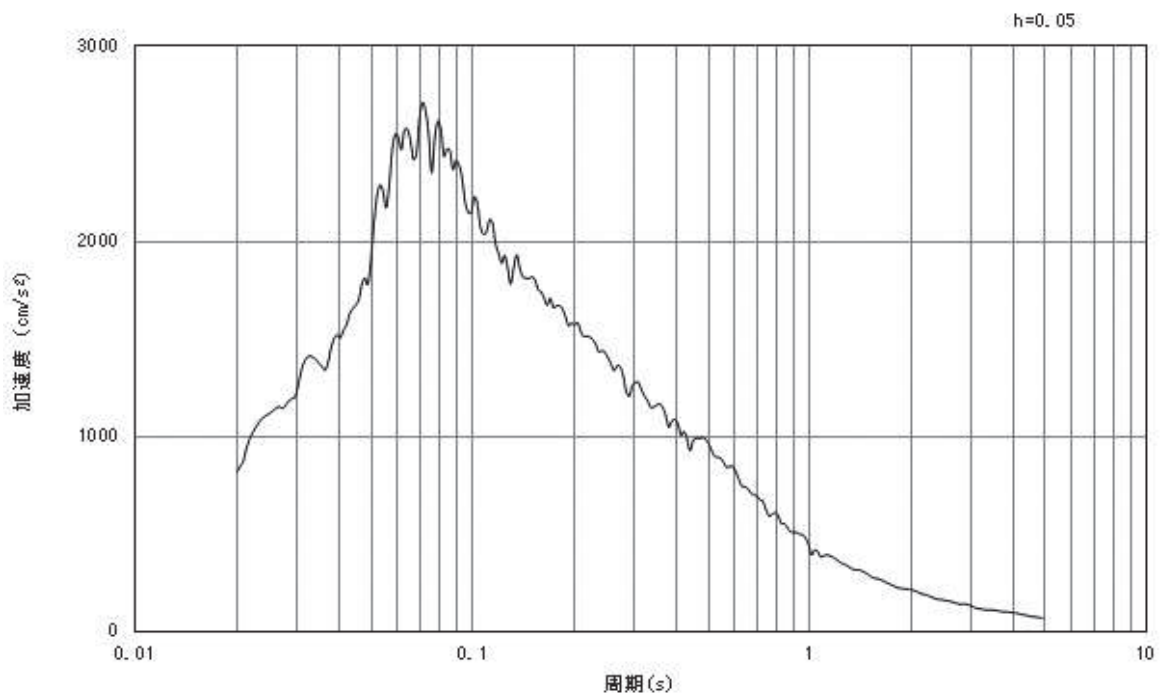


(b) 加速度応答スペクトル

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

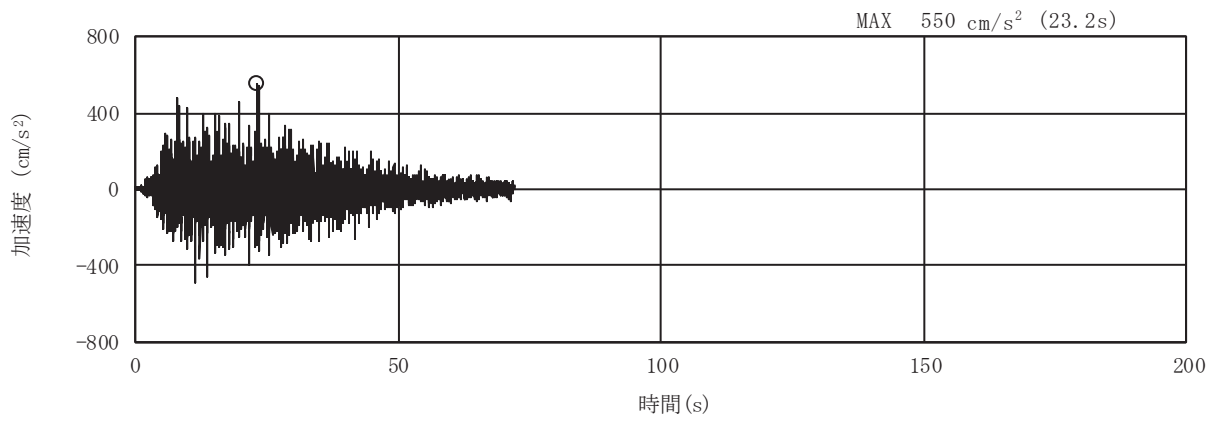


(a) 加速度時刻歴波形

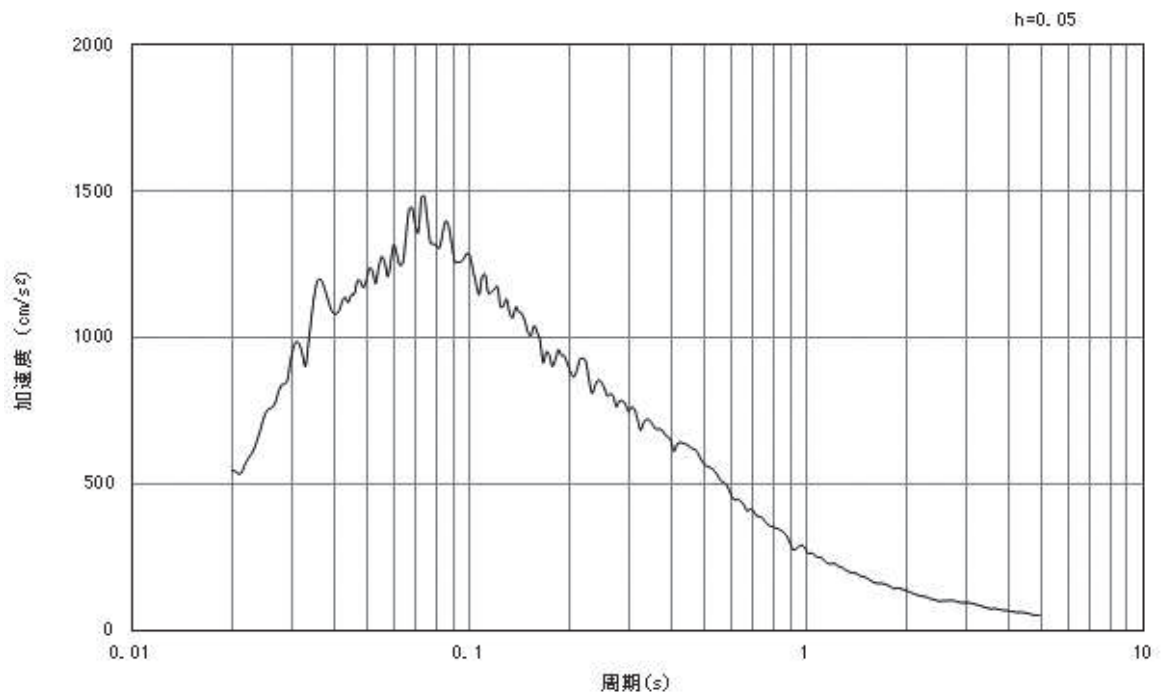


(b) 加速度応答スペクトル

図3-8 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 2)

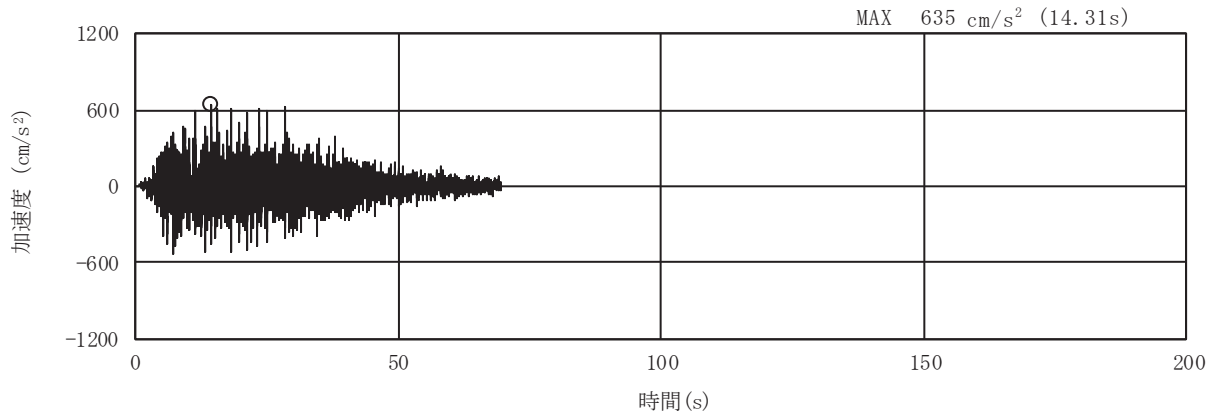


(a) 加速度時刻歴波形

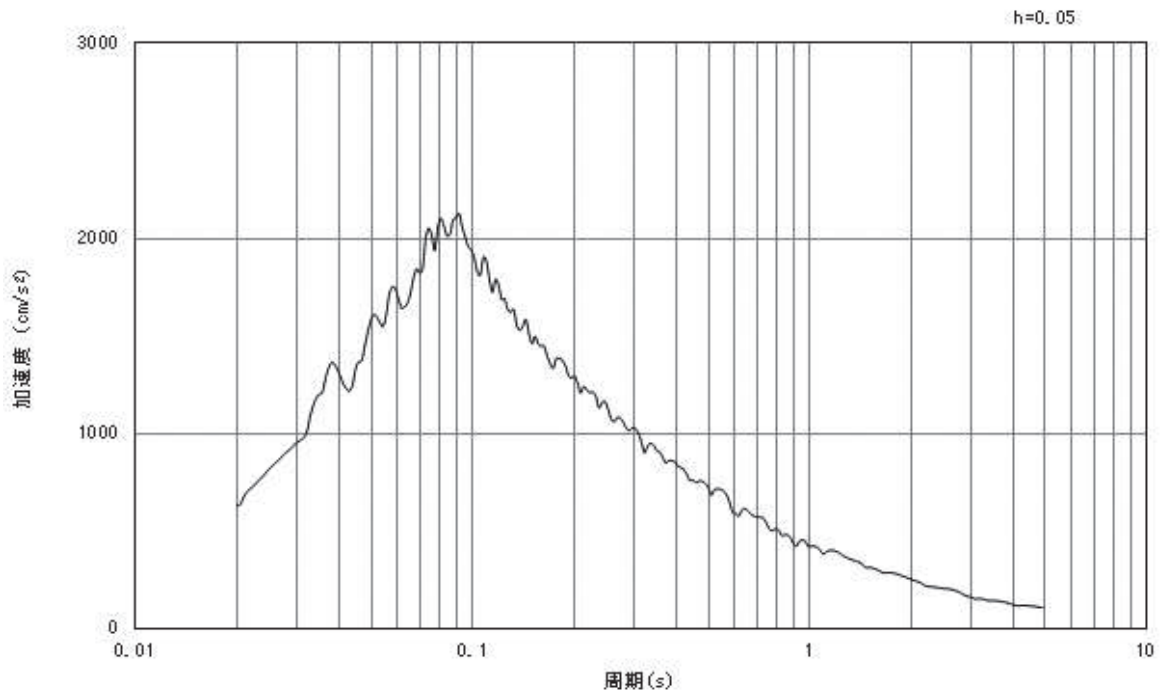


(b) 加速度応答スペクトル

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 2)

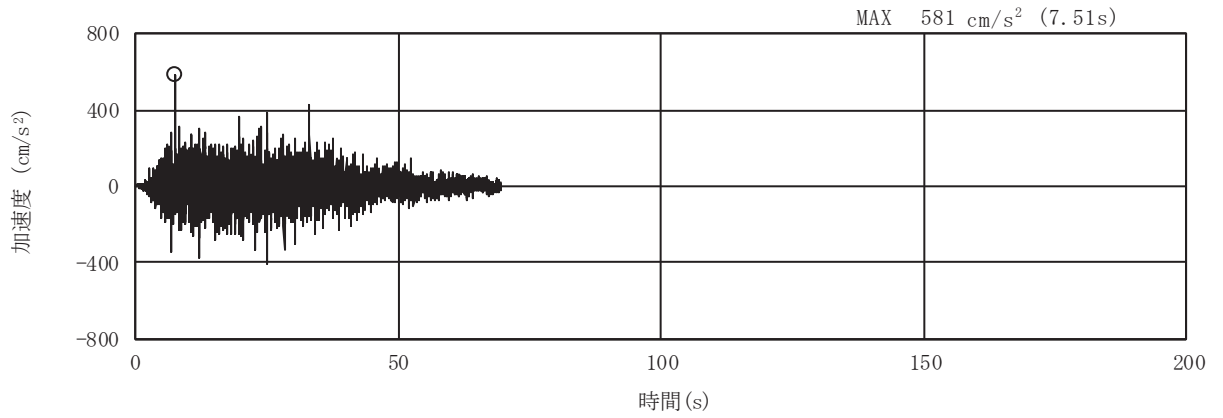


(a) 加速度時刻歴波形

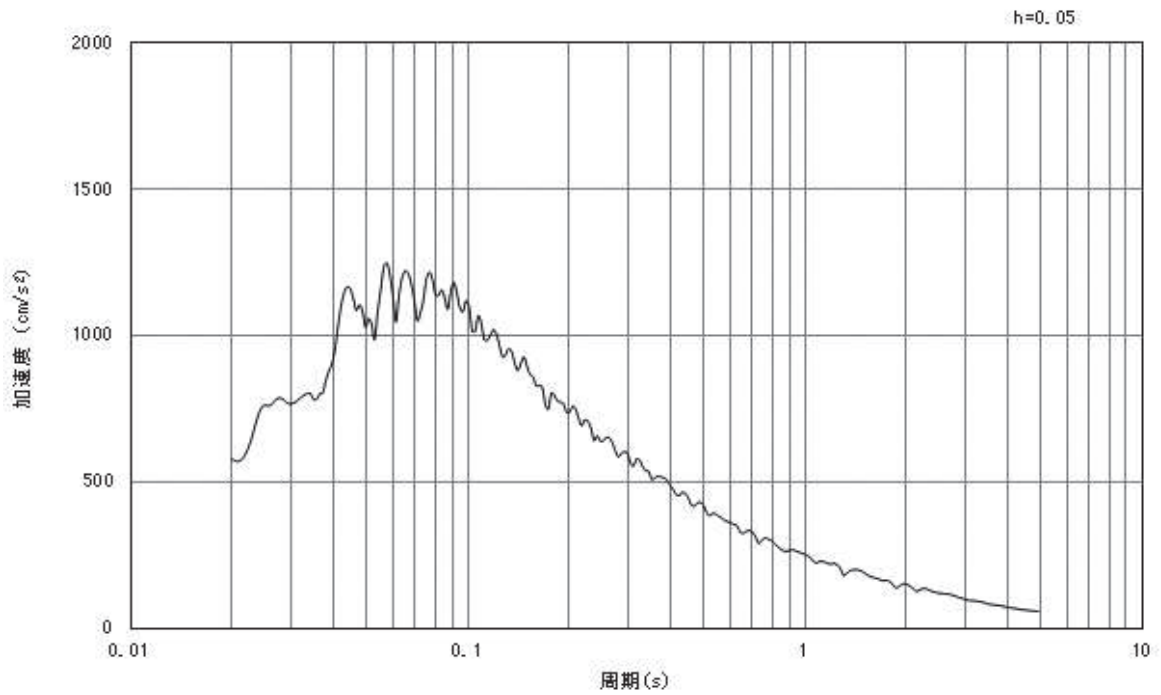


(b) 加速度応答スペクトル

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 3)

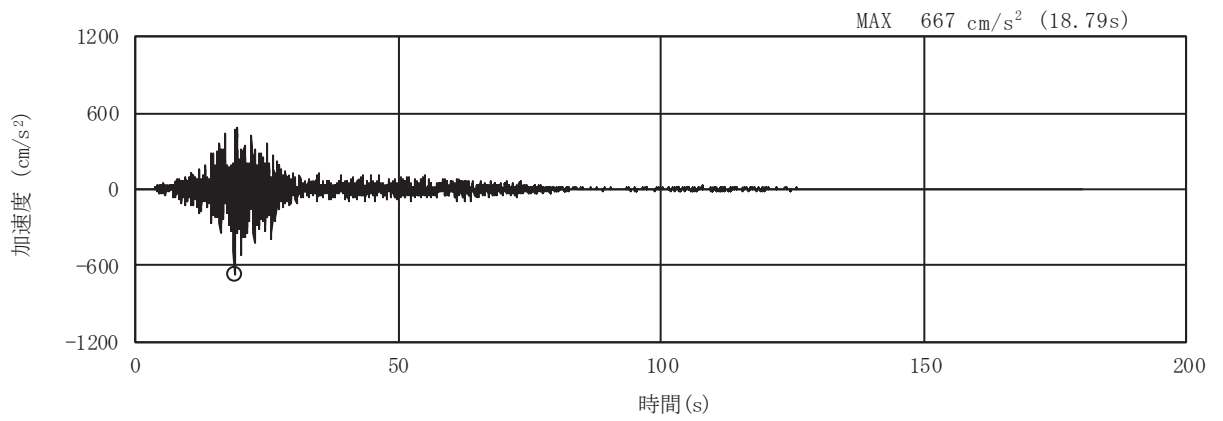


(a) 加速度時刻歴波形

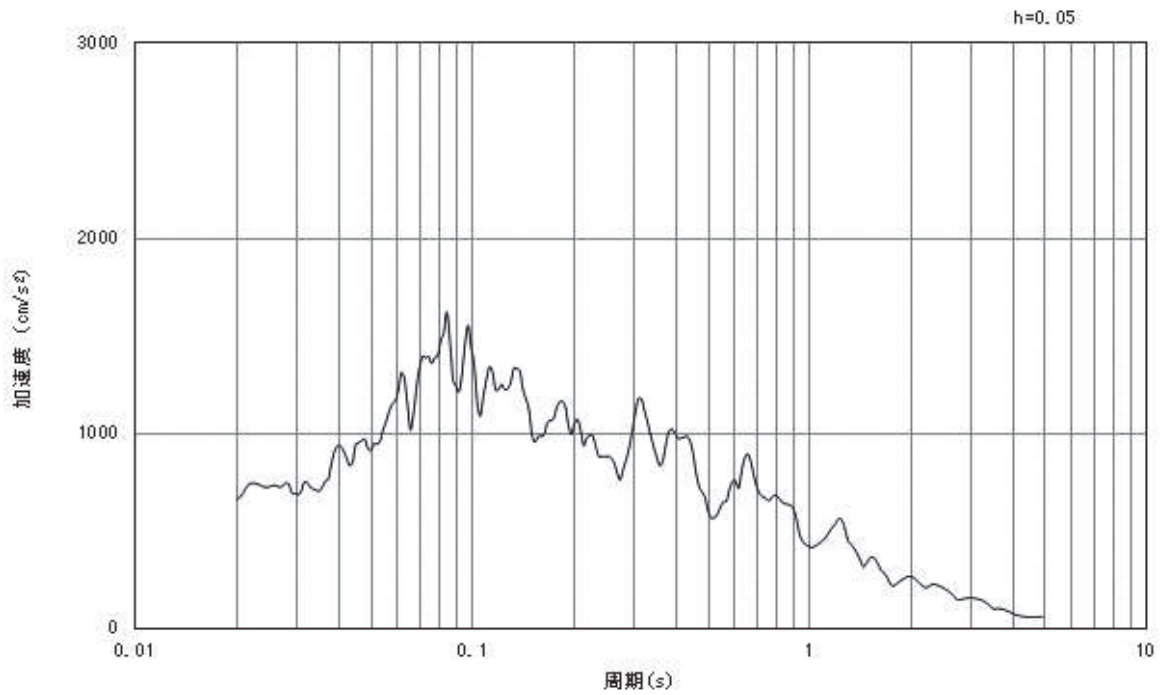


(b) 加速度応答スペクトル

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 3)

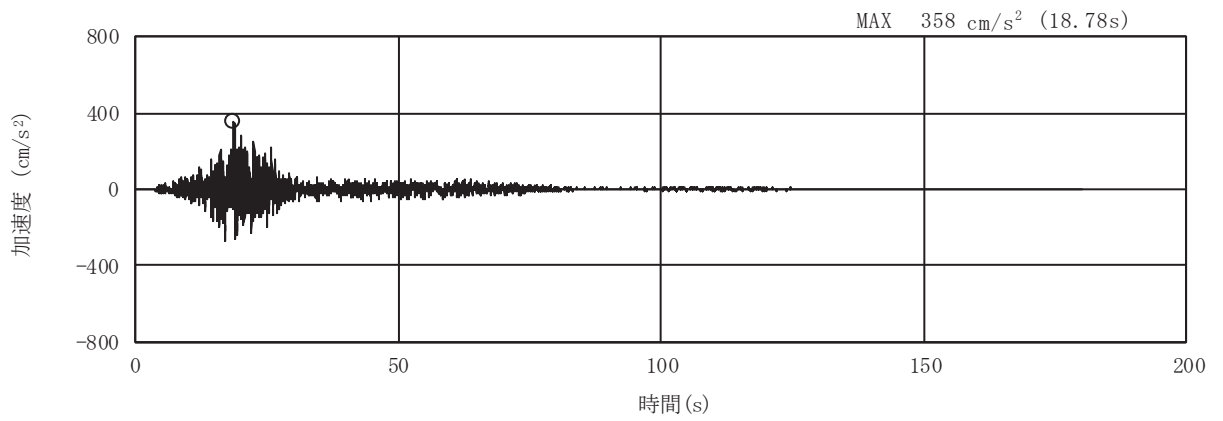


(a) 加速度時刻歴波形

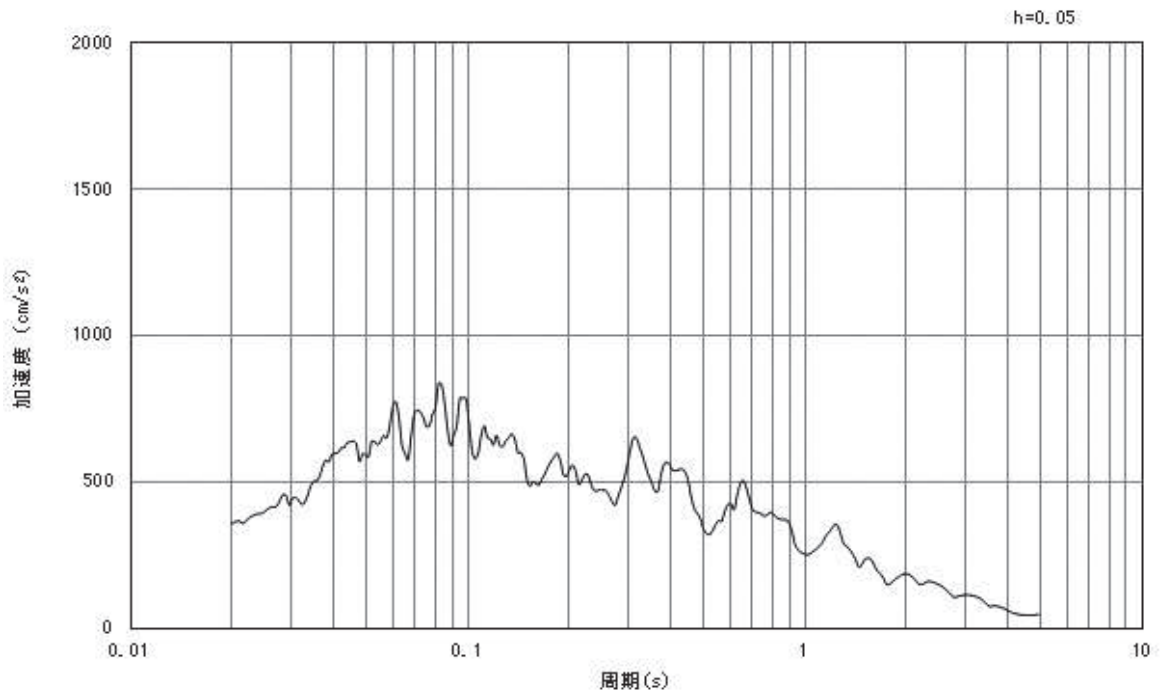


(b) 加速度応答スペクトル

図3-12 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平成分：S s - F 1)

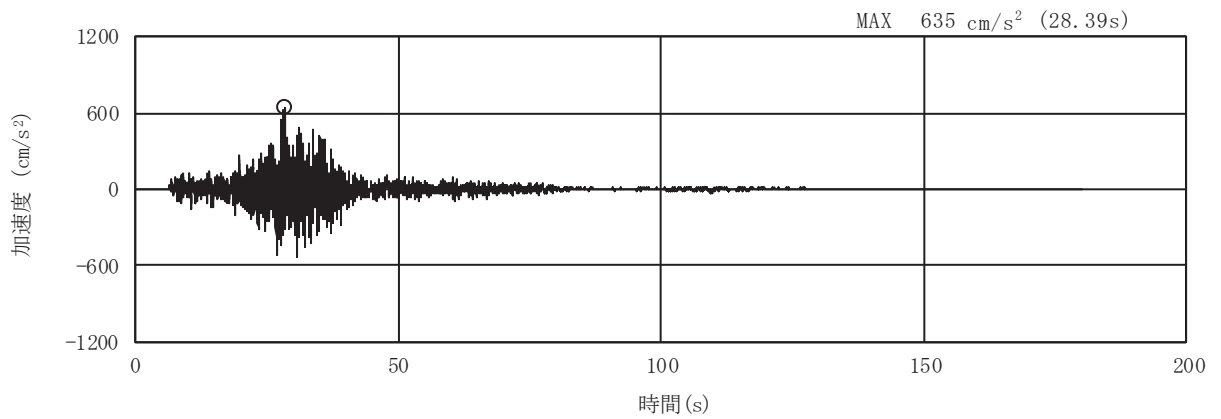


(a) 加速度時刻歴波形

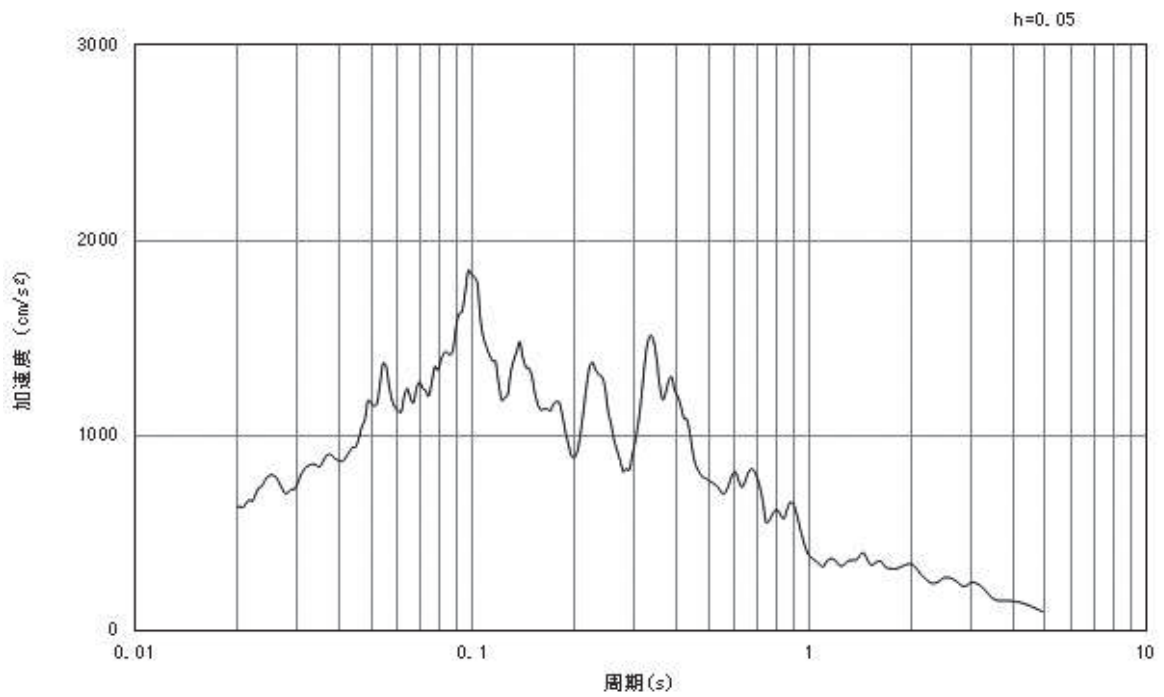


(b) 加速度応答スペクトル

図3-13 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直成分：S s - F 1)



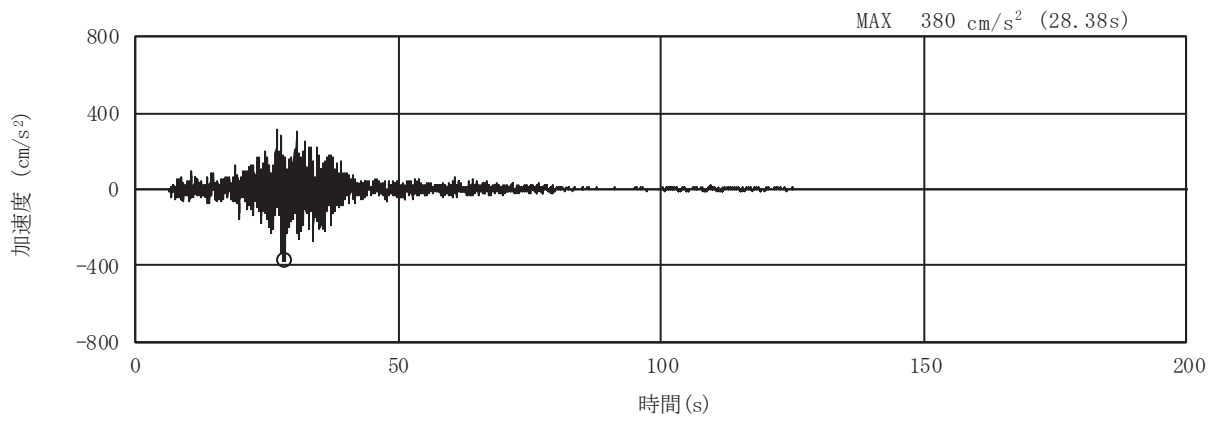
(a) 加速度時刻歴波形



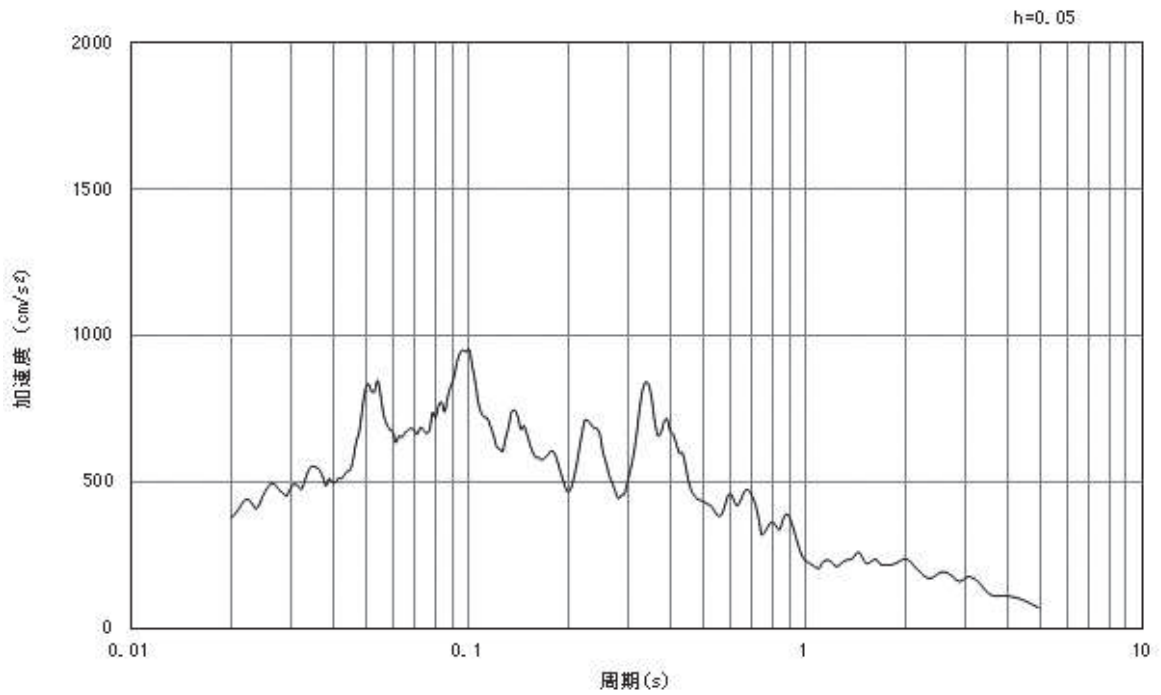
(b) 加速度応答スペクトル

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



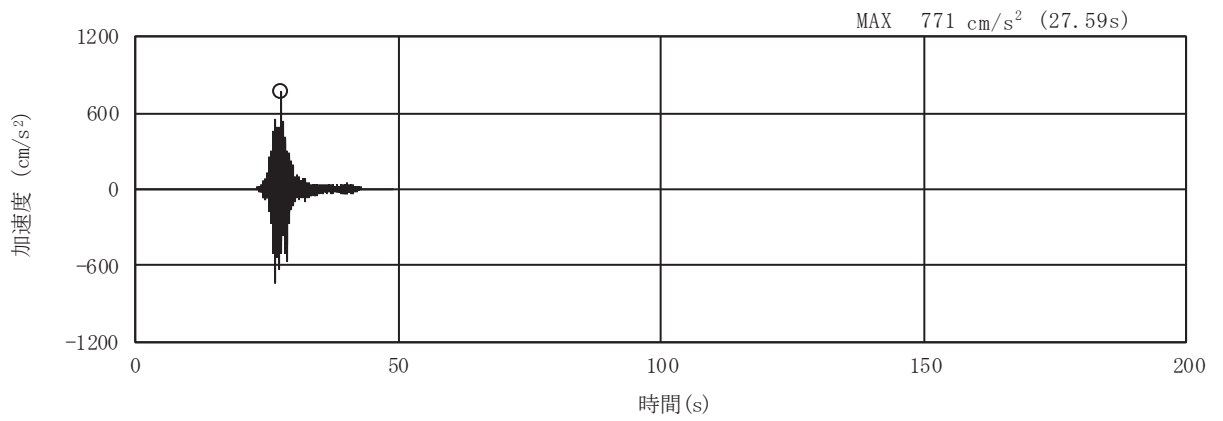


(a) 加速度時刻歴波形

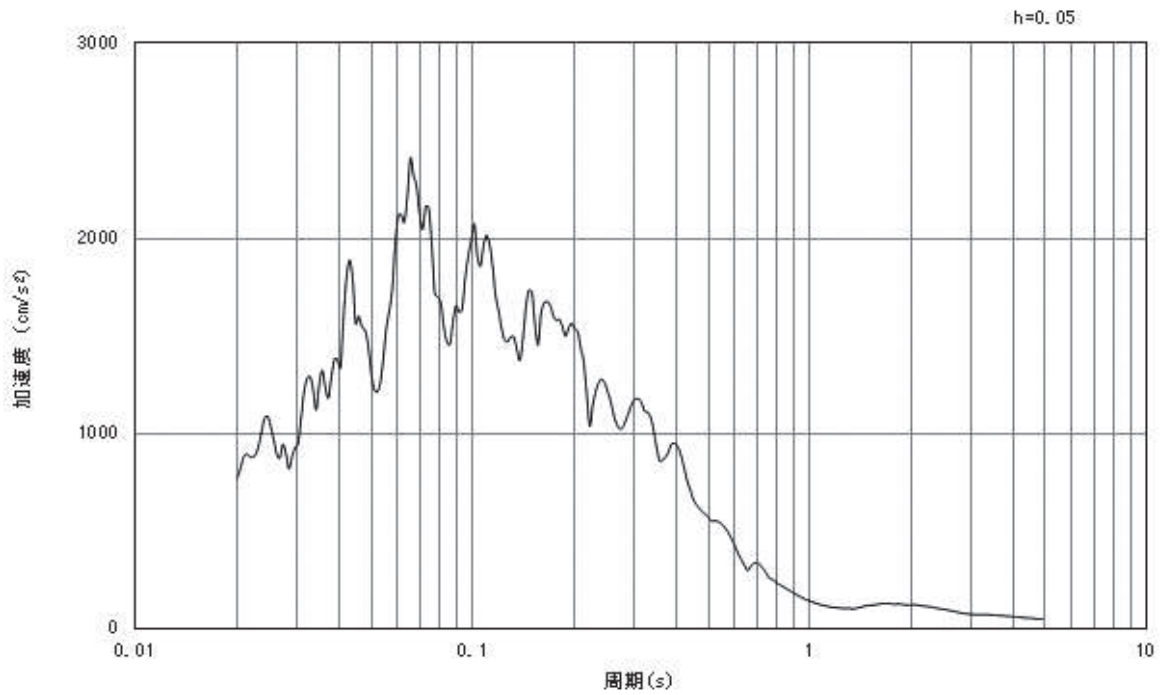


(b) 加速度応答スペクトル

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

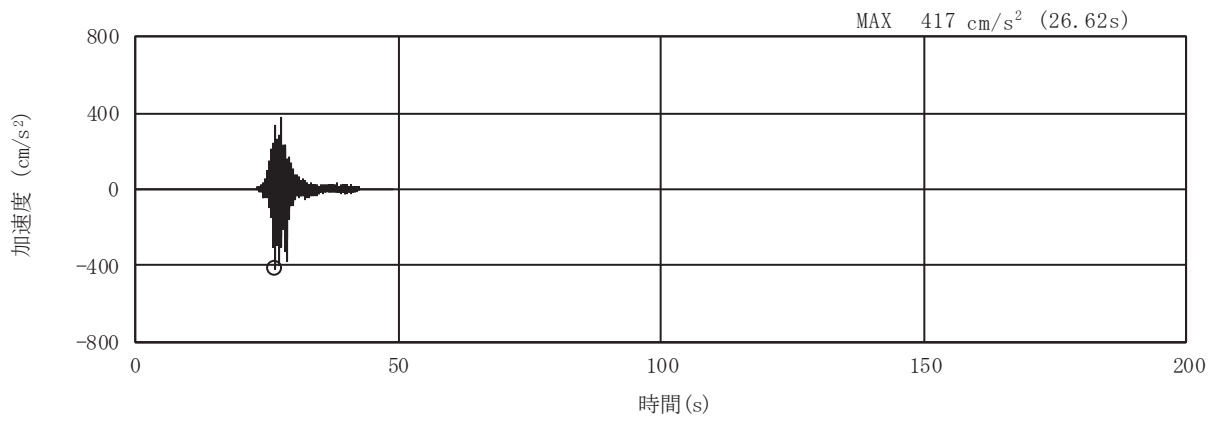


(a) 加速度時刻歴波形

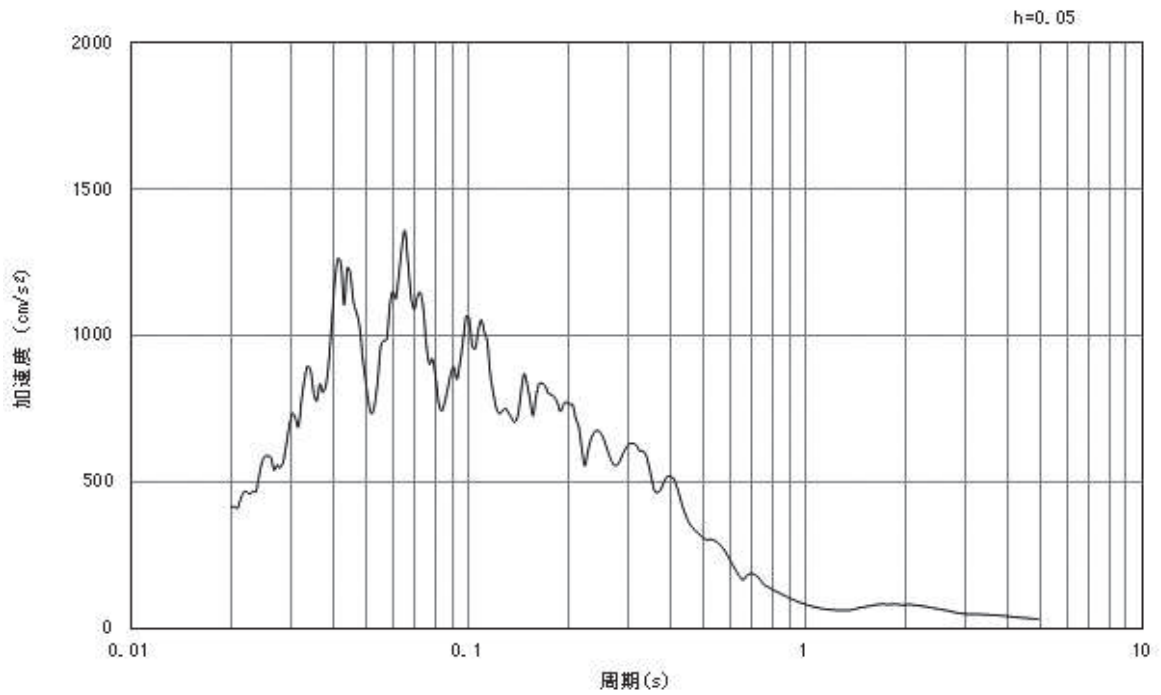


(b) 加速度応答スペクトル

図3-16 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平成分：S s - F 3)

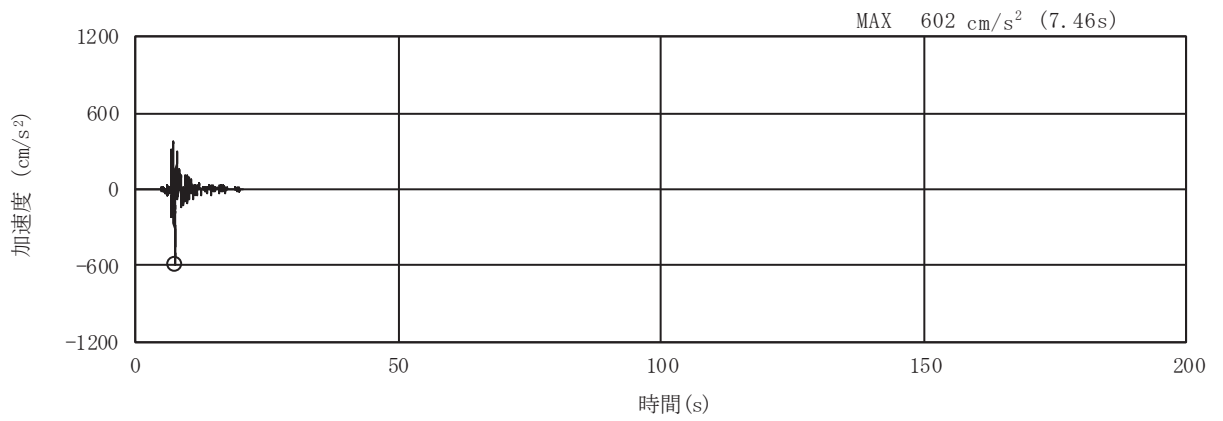


(a) 加速度時刻歴波形

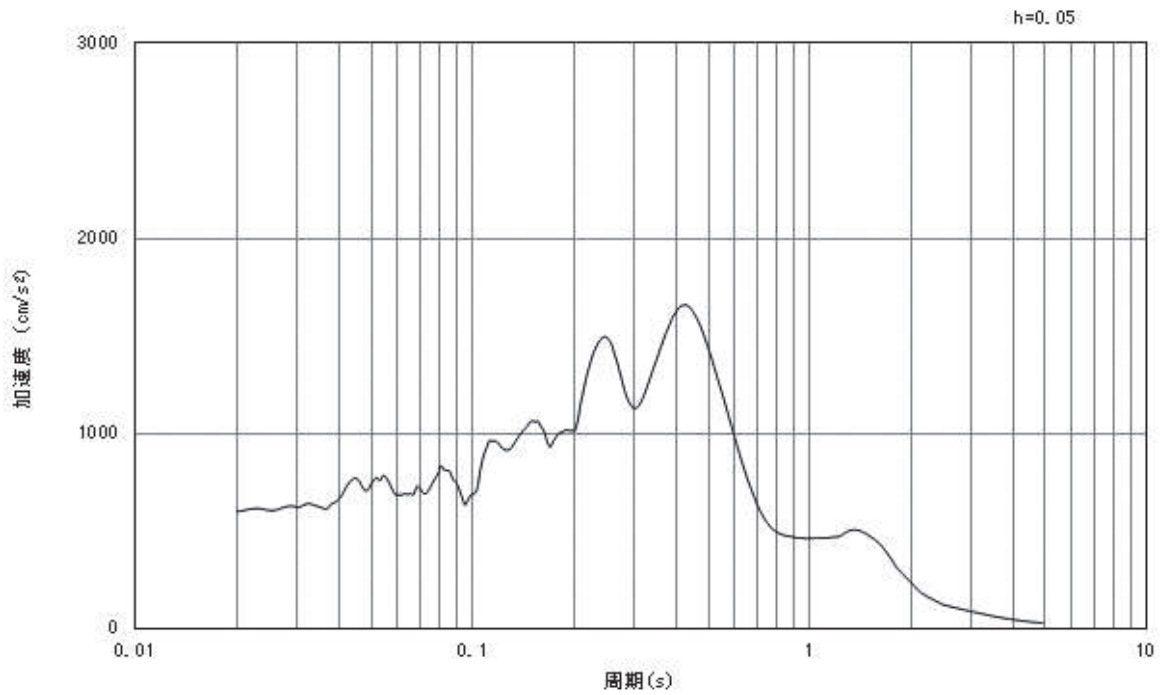


(b) 加速度応答スペクトル

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 3)

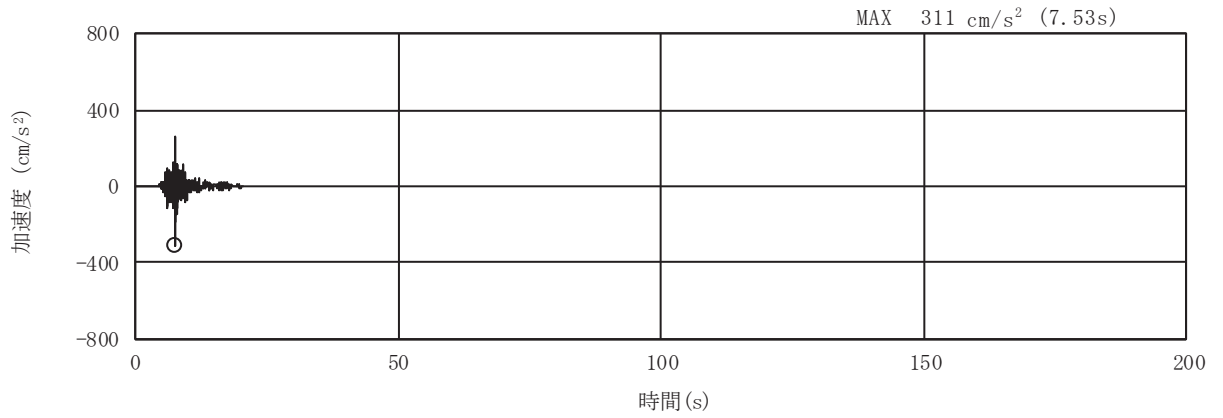


(a) 加速度時刻歴波形

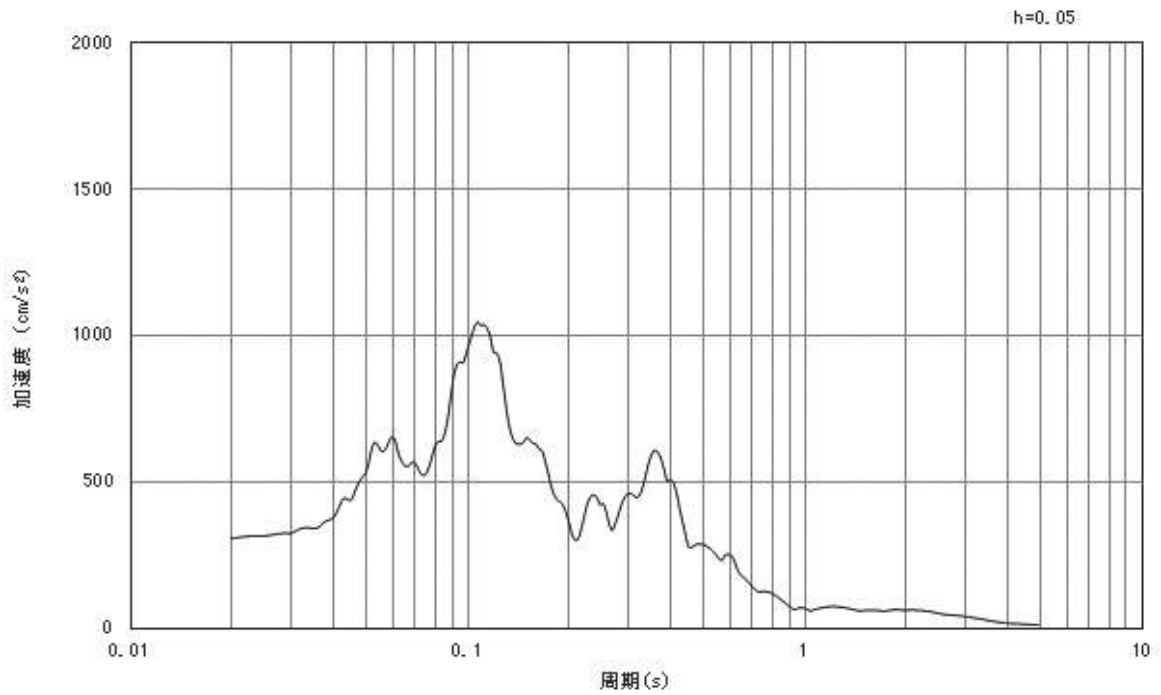


(b) 加速度応答スペクトル

図3-18 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平成分：S s - N 1)



(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

図3-19 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直成分：S s - N 1)

### 3.5 解析モデル及び諸元

#### 3.5.1 解析モデル

取水口、貯留堰の地震応答解析モデルを図 3-20 及び図 3-21 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

取水口の標準部と漸縮部の剛性の違いが地震時荷重に影響を及ぼすことから、地震応答解析は、それぞれのエリアで構造物と等価な剛性を有する二次元等価剛性モデルを作成して実施することとし、構造部材については、線形はり要素及び平面応力要素によりモデル化する。

##### (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) 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。

##### (6) 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。設計用地下水位の一覧を表 3-5 に、設計用地下水位を図 3-22 及び図 3-23 に示す。

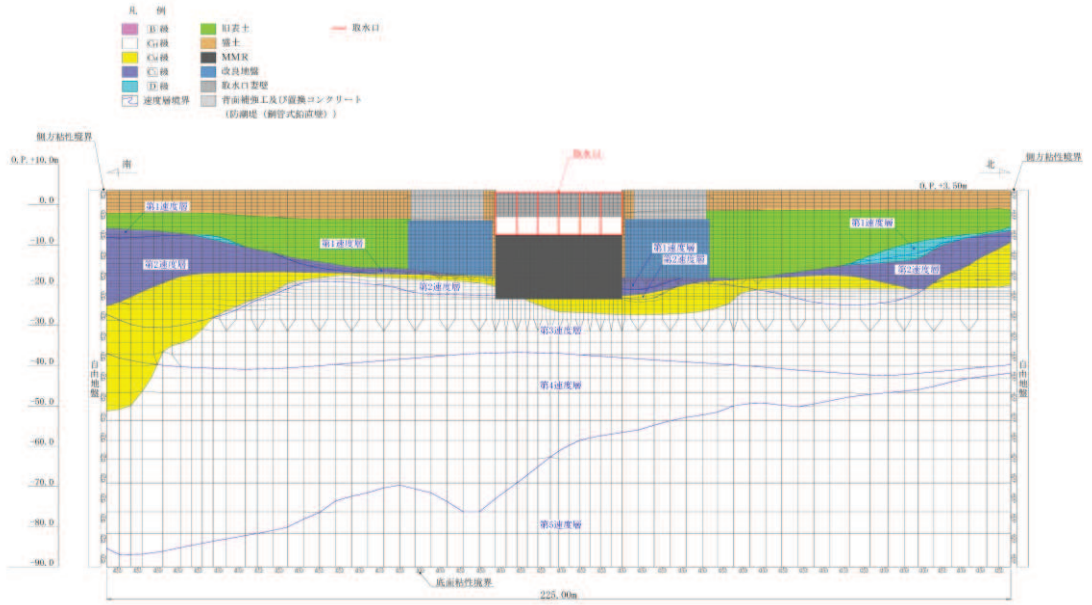


図 3-20 取水口，貯留堰の地震応答解析モデル（標準部）

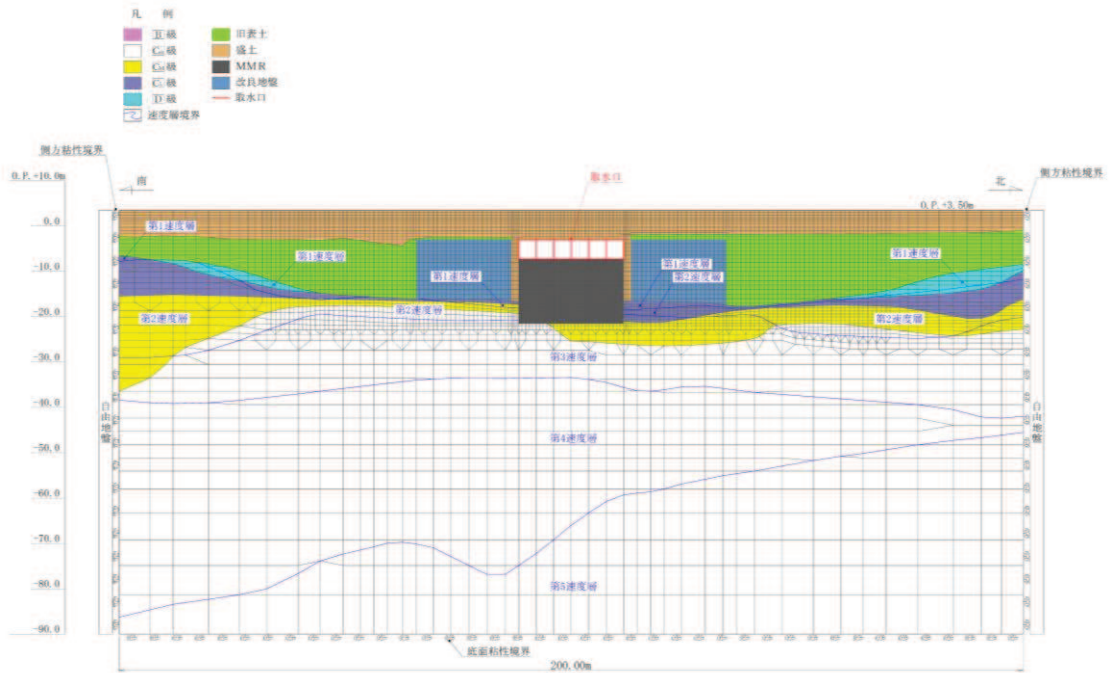


図 3-21 取水口，貯留堰の地震応答解析モデル（漸縮部）

表 3-5 設計用地下水位の一覧

施設名称	地震時荷重算出断面	設計用地下水位
取水口, 貯留堰	A-A断面 (標準部)	O. P. +2.43m <sup>*1, 2</sup>
	B-B断面 (漸縮部)	O. P. +2.43m <sup>*1, 2</sup>

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 (O. P. +14.8m) を固定とし朔望平均満潮位を O. P. +1.43 から O. P. +2.43m とすることにより考慮する。

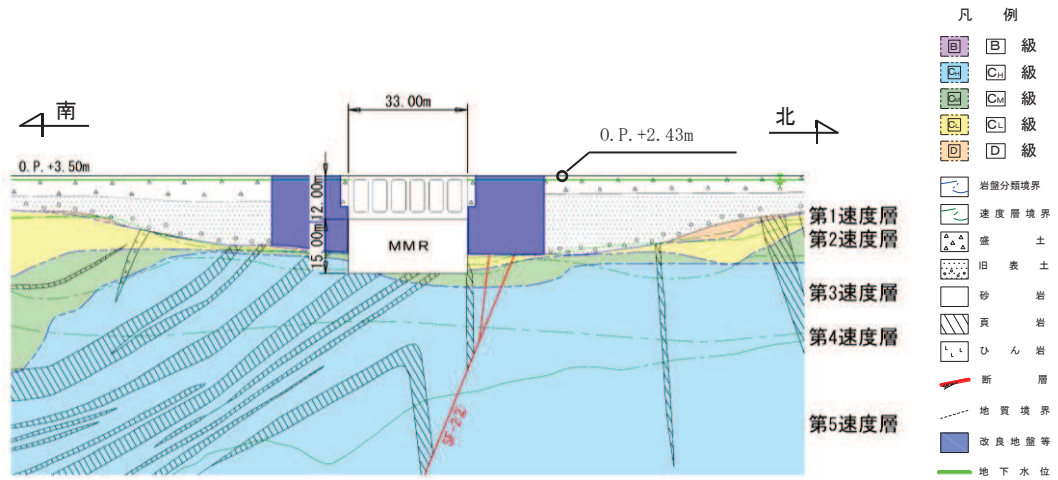


図 3-22 設計用地下水位 (A-A 断面, 標準部)

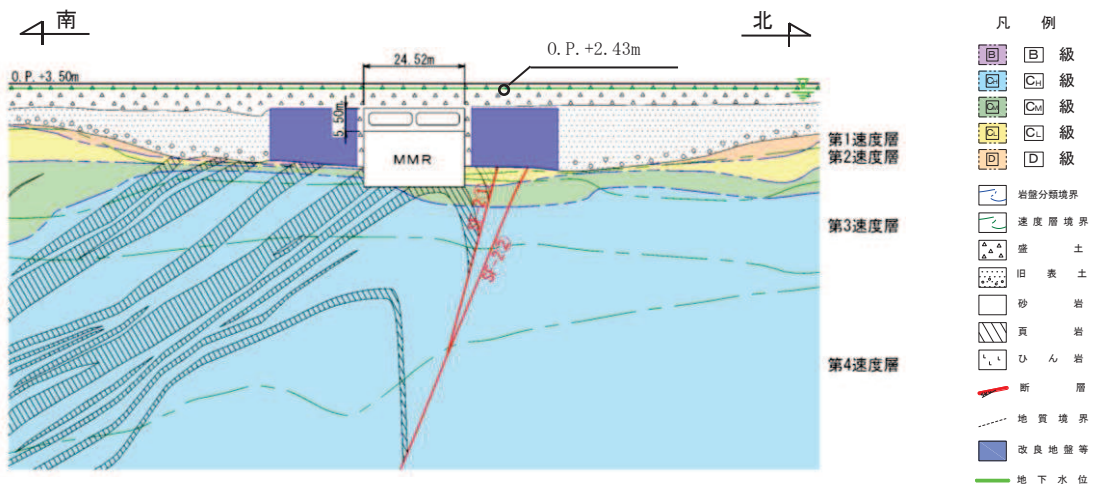


図 3-23 設計用地下水位 (B-B 断面, 漸縮部)



### 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 <sup>2</sup>
鉄筋	SD345

表 3-7 材料の物性値

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 <sup>3</sup> )	24.0	
コンクリート	ヤング係数 (N/mm <sup>2</sup> )	実強度*	解析ケース④, ⑨
		設計基準強度	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。

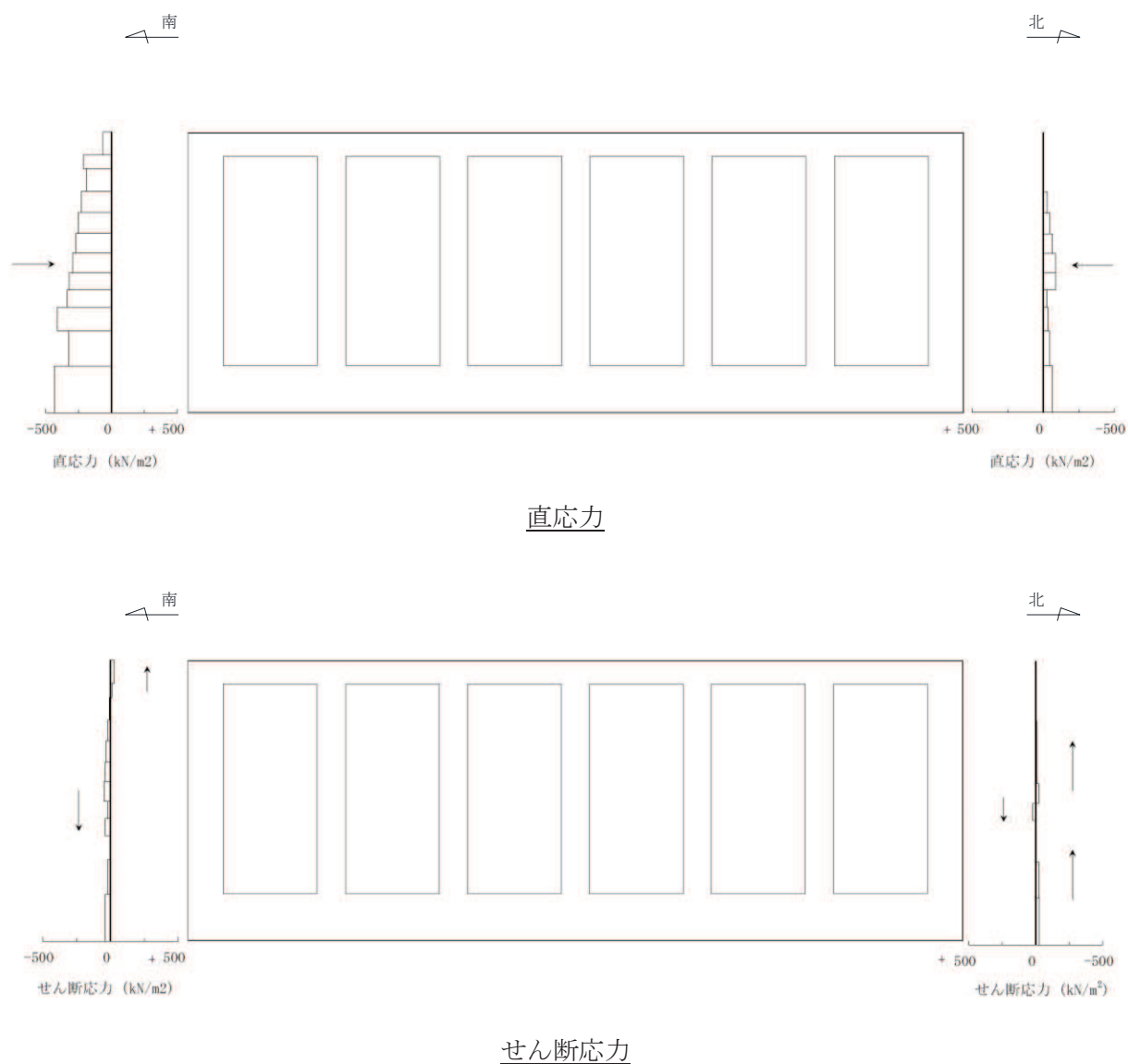
### 3.5.3 地盤の物性値

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

#### 3.6.1 全応力解析による地震時荷重

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のうち、全応力解析におけ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作用荷重分布図を図3-24及び図3-25に示す。



図中の矢印は荷重の作用方向を示す

図3-24(1) 作用荷重分布図 (直応力及びせん断応力)

(A-A断面 (標準部), 解析ケース③, S s - D 2 (++) )

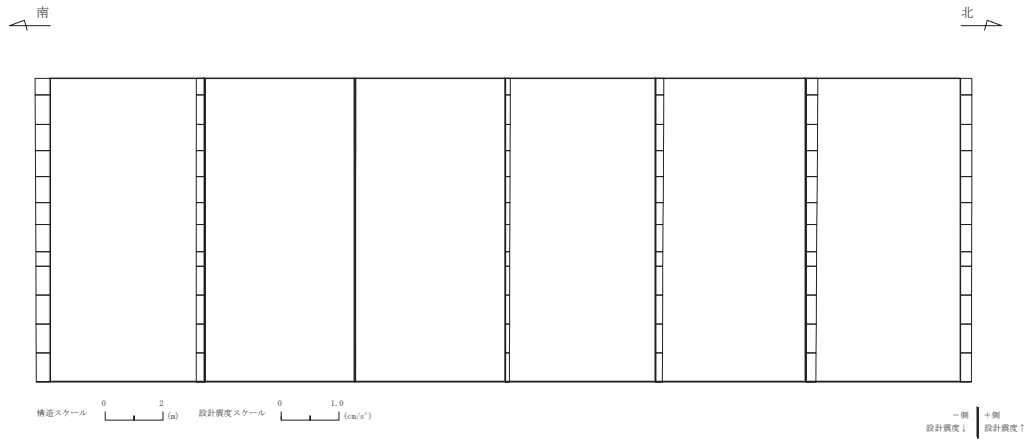
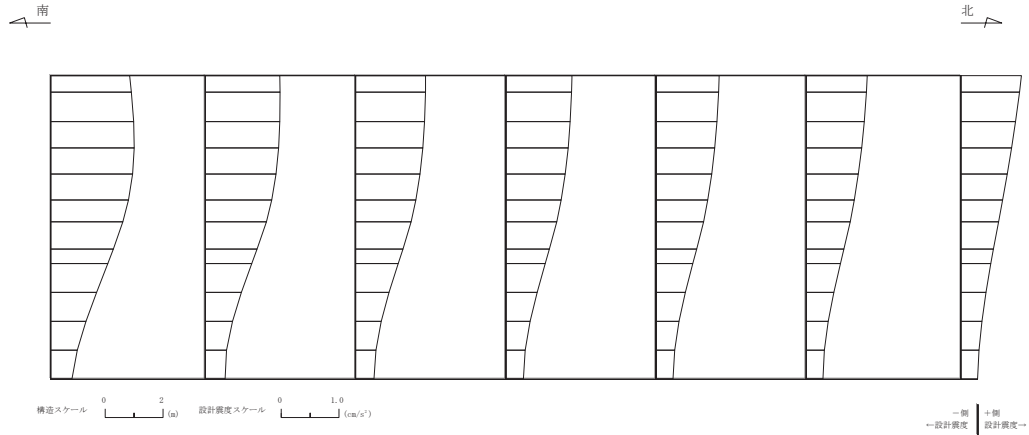
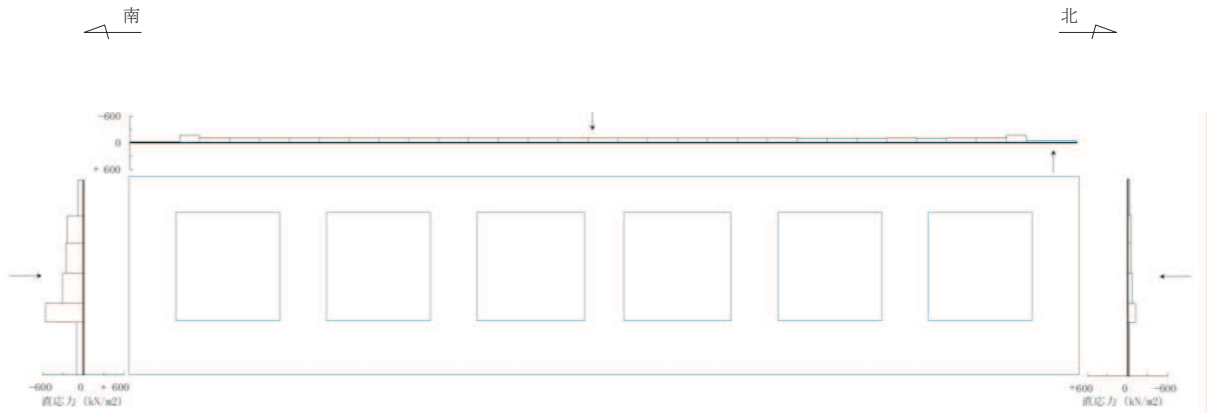
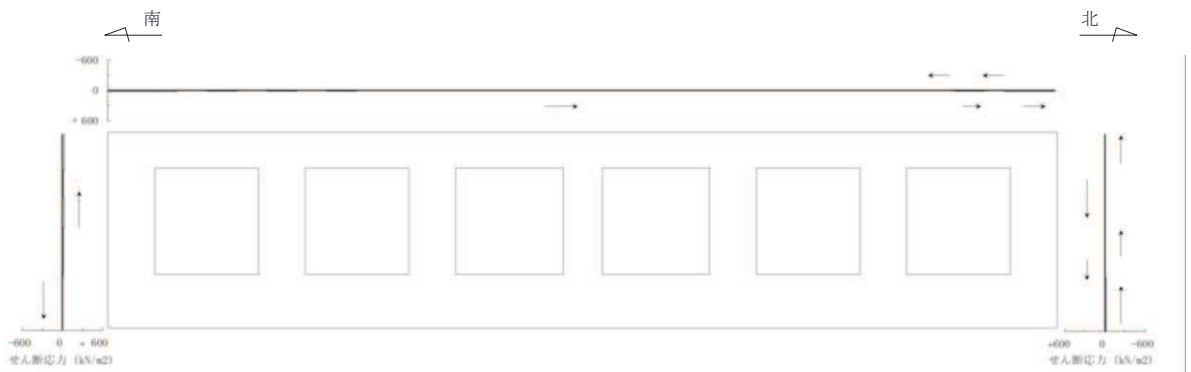


図 3-24(2) 作用荷重分布図 (設計震度分布)  
 (A-A 断面 (標準部), 解析ケース③, S s - D 2 (++) )



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 3-25(1) 作用荷重分布図 (直応力及びせん断応力)

(B-B 断面 (漸縮部), 解析ケース③, S s - D 2 (++) )

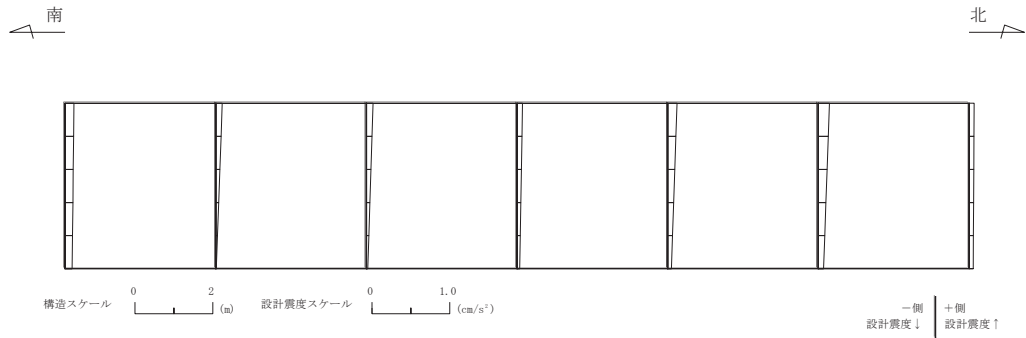
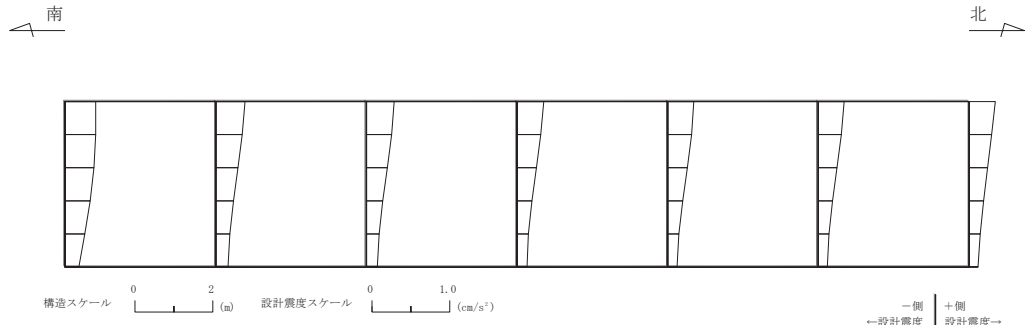
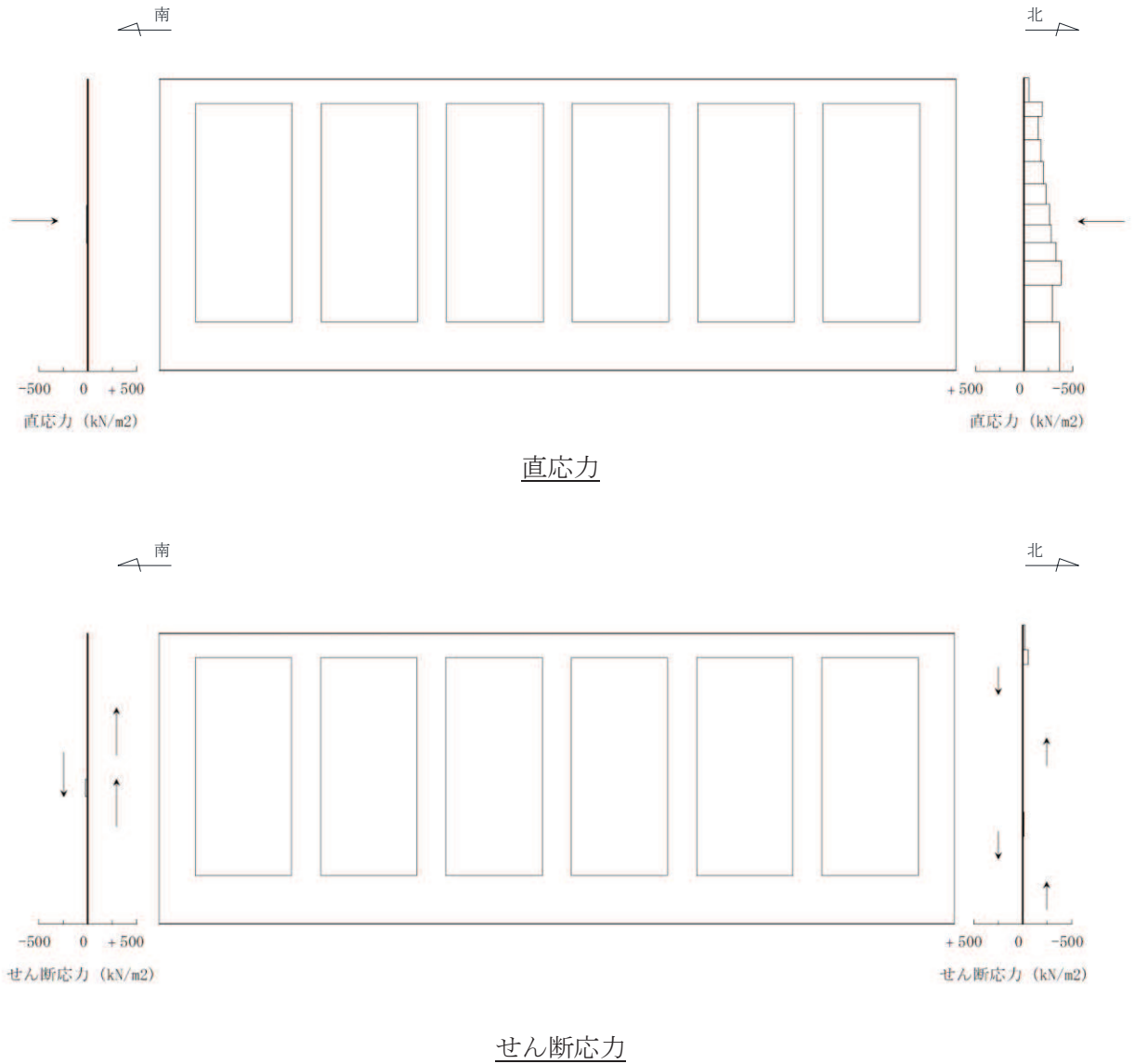


図 3-25(2) 作用荷重分布図 (設計震度分布)  
 (B-B 断面 (漸縮部), 解析ケース③, S s - D 2 (++) )

### 3.6.2 有効応力解析による地震時荷重

構造部材の曲げ・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のうち、有効応力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作用荷重分布図を図3-26及び図3-27に示す。



図中の矢印は荷重の作用方向を示す

図3-26(1) 作用荷重分布図 (直応力及びせん断応力)  
(A-A断面 (標準部), 解析ケース⑨, S s - D 2 (++) )

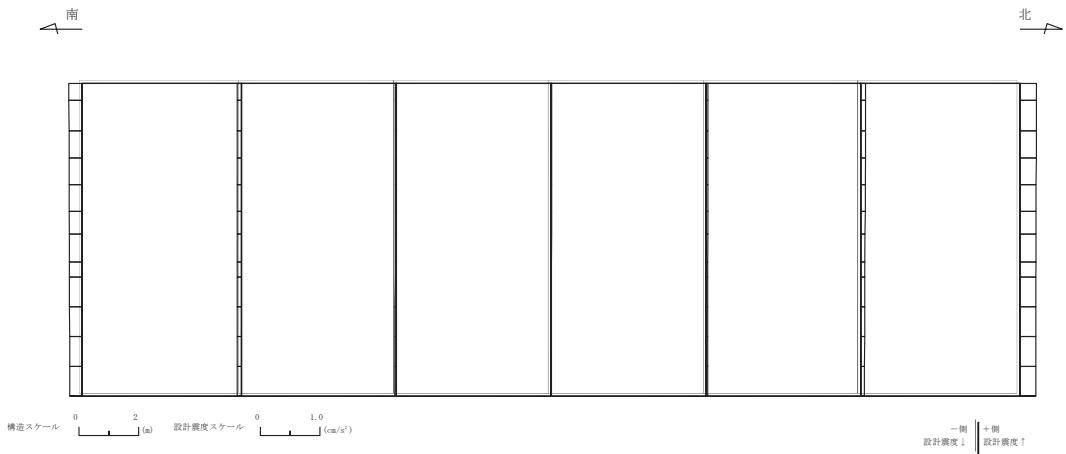
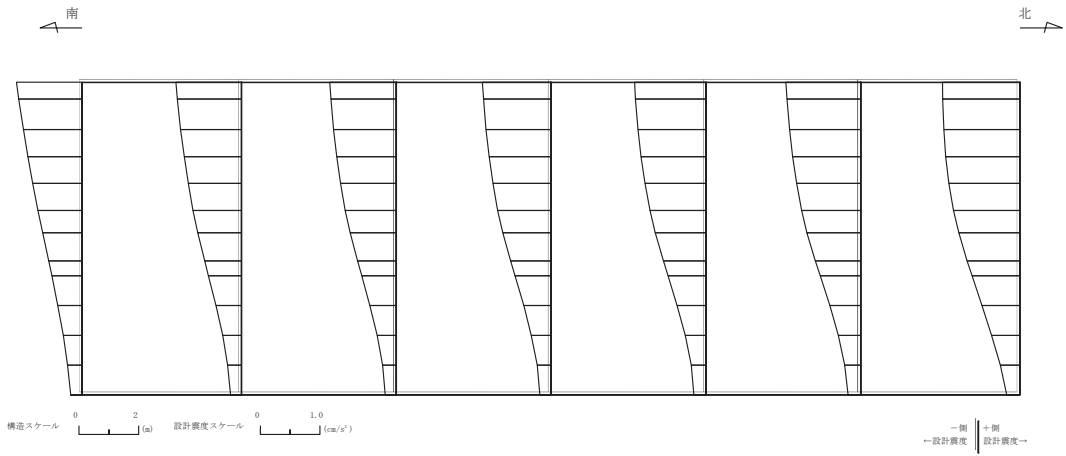
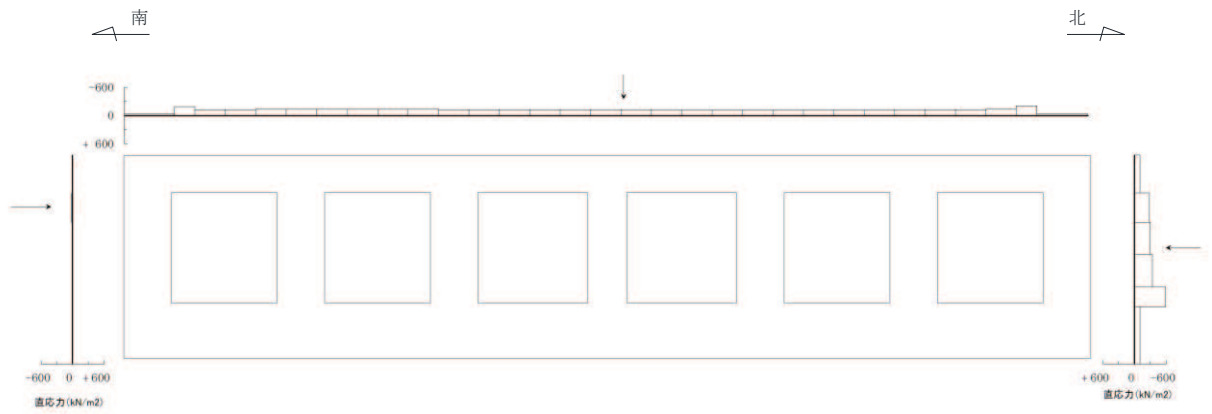
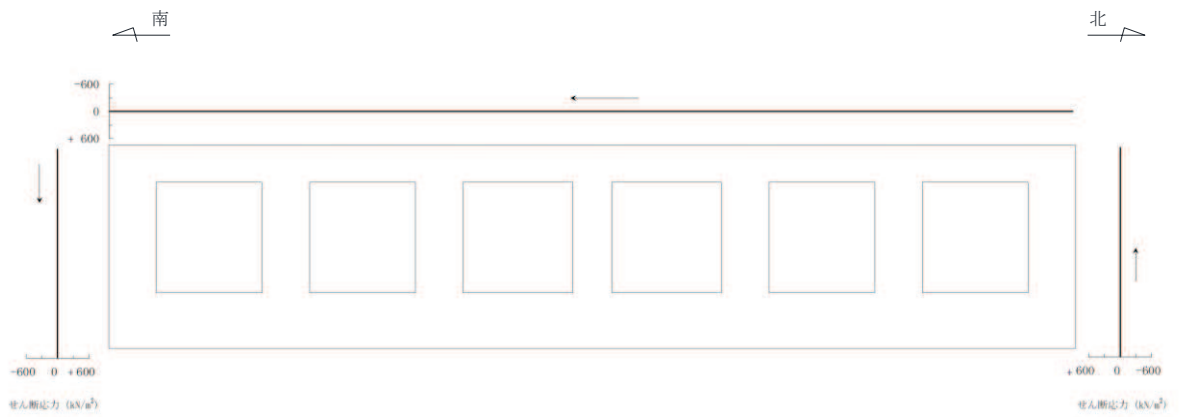


図3-26(2) 作用荷重分布図(設計震度分布)  
 (A-A断面(標準部), 解析ケース⑨, S<sub>s</sub>-D2(++))



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 3-27(1) 作用荷重分布図 (直応力及びせん断応力)

(B-B 断面 (漸縮部), 解析ケース⑨, S s - D 2 (++) )



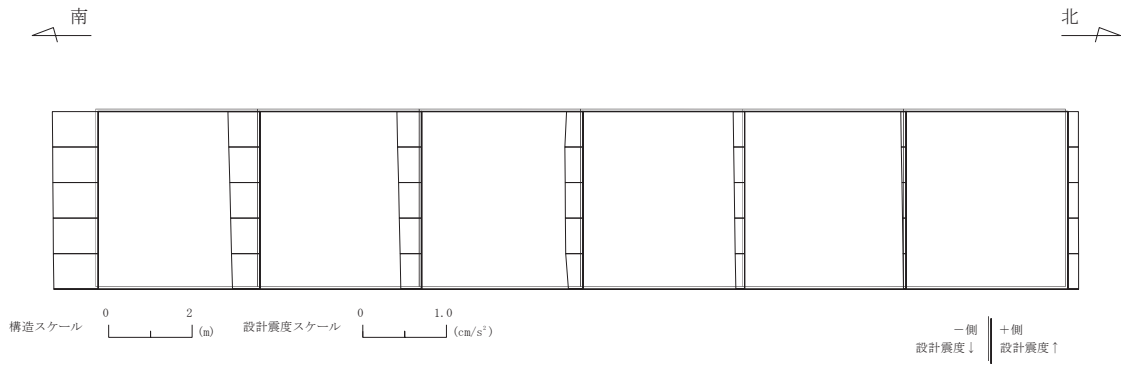
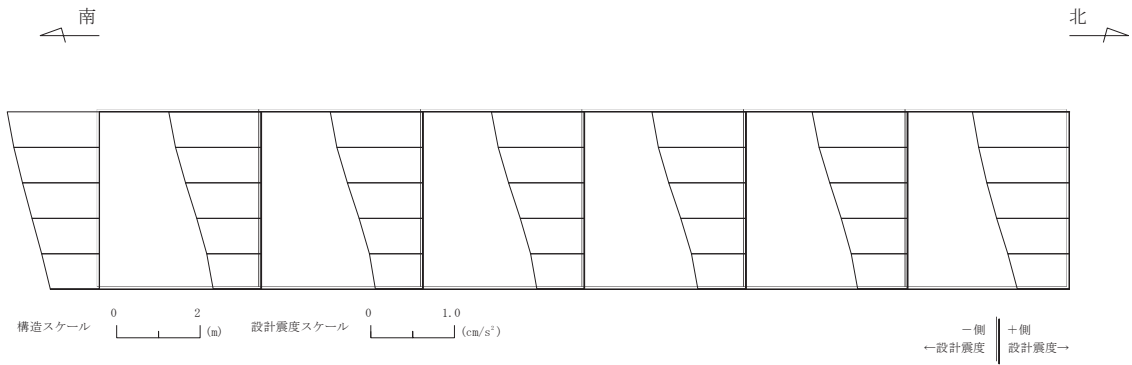
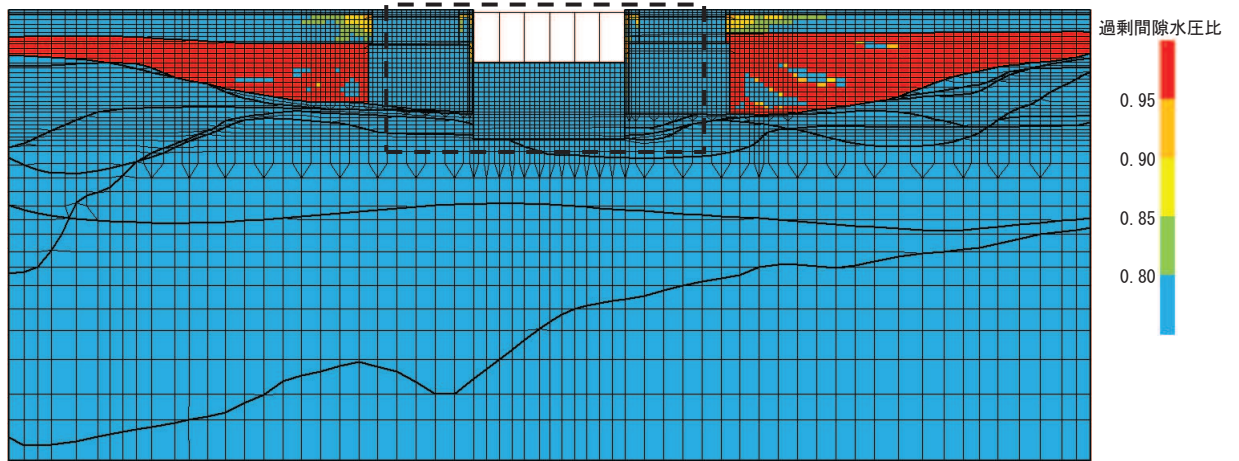


図 3-27(2) 作用荷重分布図 (設計震度分布)  
(B-B 断面 (漸縮部), 解析ケース⑨, S s - D 2 (++) )

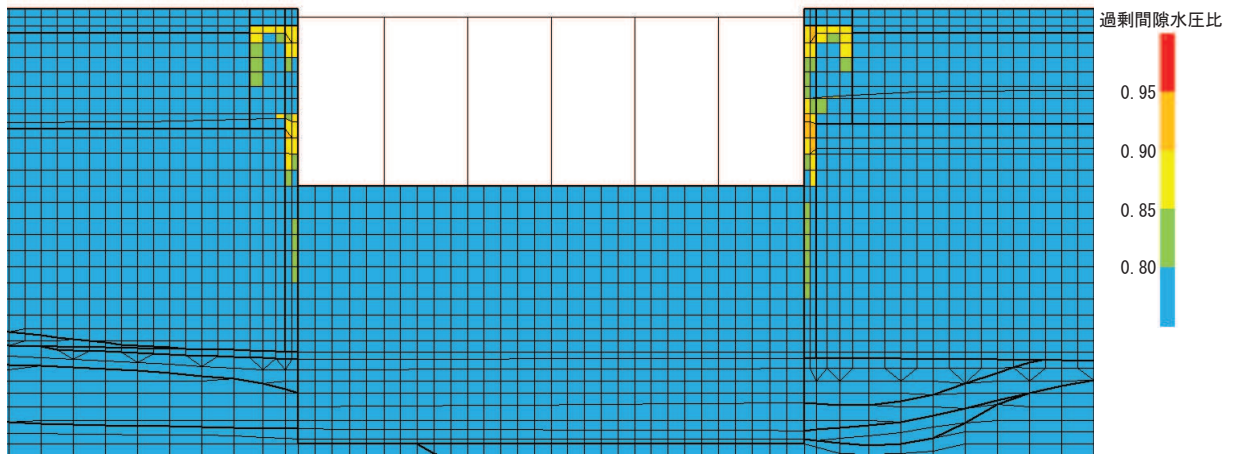
### 3.6.3 過剰間隙水圧比分布

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 3-28 及び図 3-29 に示す。

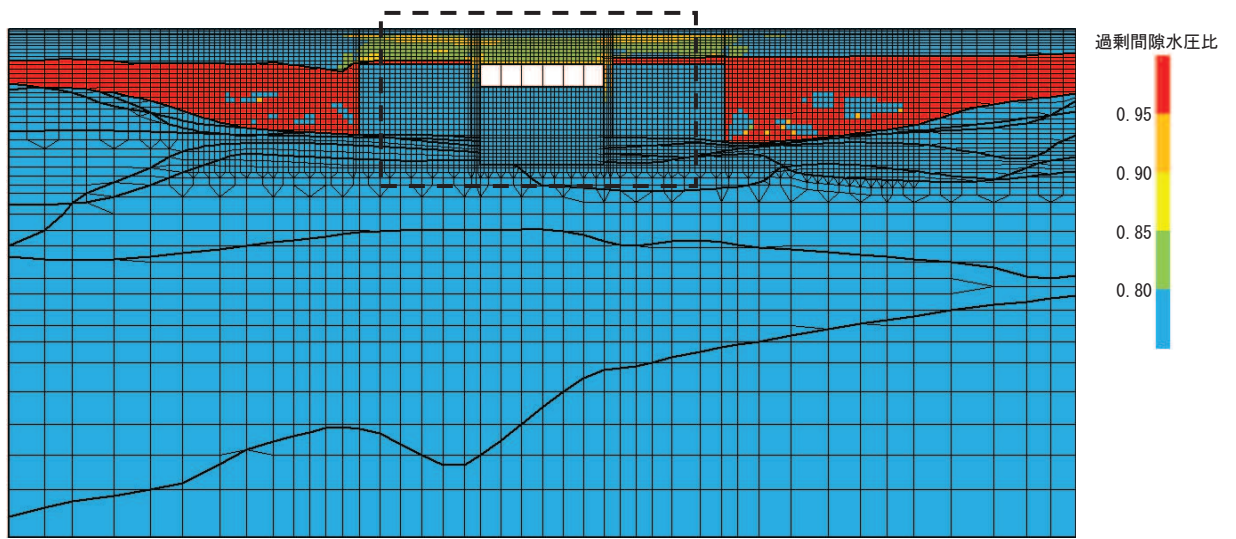


(a) 全体図

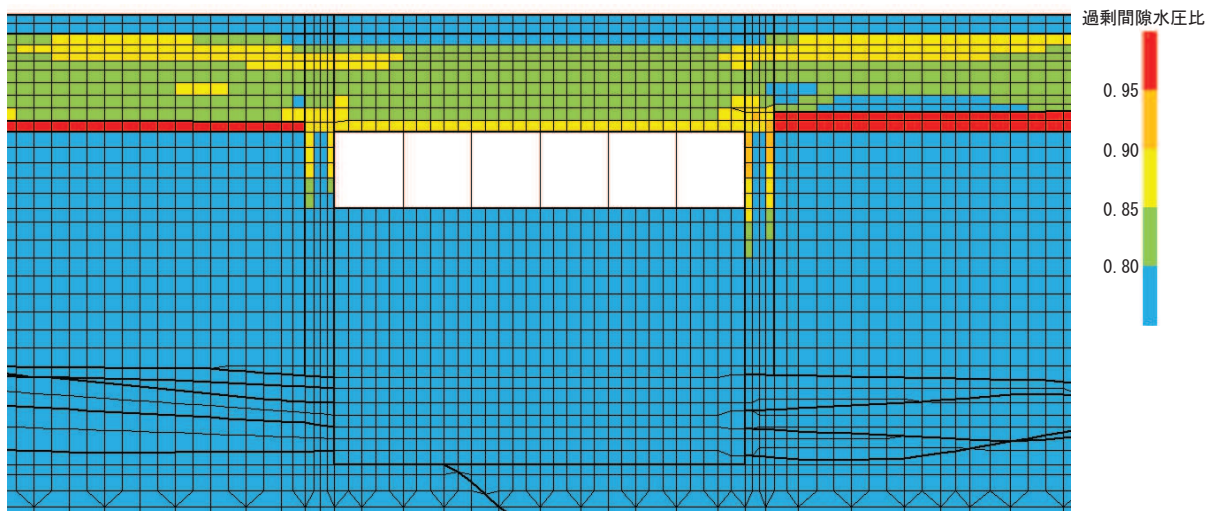


(b) 構造物周辺拡大図

図 3-28 最大過剰間隙水圧比分布図 (標準部)  
(解析ケース⑨, S<sub>s</sub>-D 2 (++) )



(a) 全体図



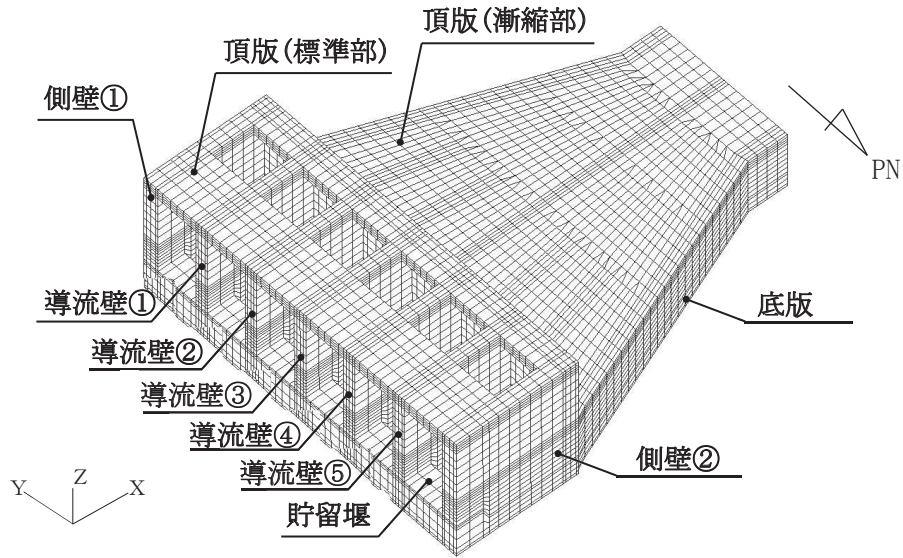
(b) 構造物周辺拡大図

図 3-29 最大過剰間隙水圧比分布図 (漸縮部)  
(解析ケース④, S<sub>s</sub>-D2 (++) )

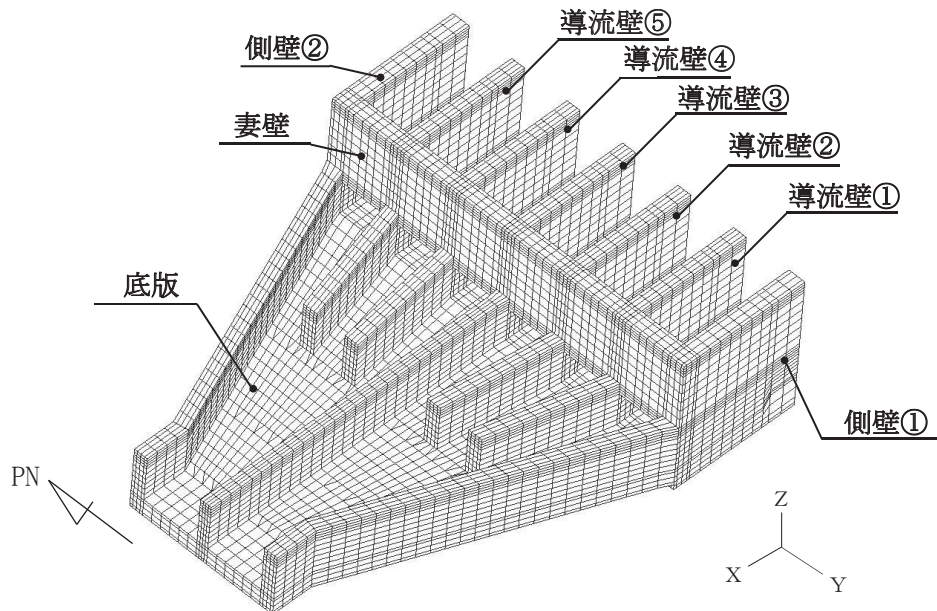


4. 三次元構造解析  
 4.1 評価対象部材

三次元構造解析の評価対象部材は、取水口を構成する構造部材である頂版（標準部）、頂版（漸縮部）、側壁、導流壁、底版、妻壁、及び取水口と一体構造となっている貯留堰とする。評価対象部材を図4-1に示す。



(a) 鳥瞰図（東側視点）



(b) 鳥瞰図（西側視点：頂板非表示）

図4-1 三次元構造解析の評価対象部材

## 4.2 解析方法

取水口、貯留堰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4-2に、ソリッド要素における各要素の断面力の方向を図4-3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」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4-4及び図4-5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。

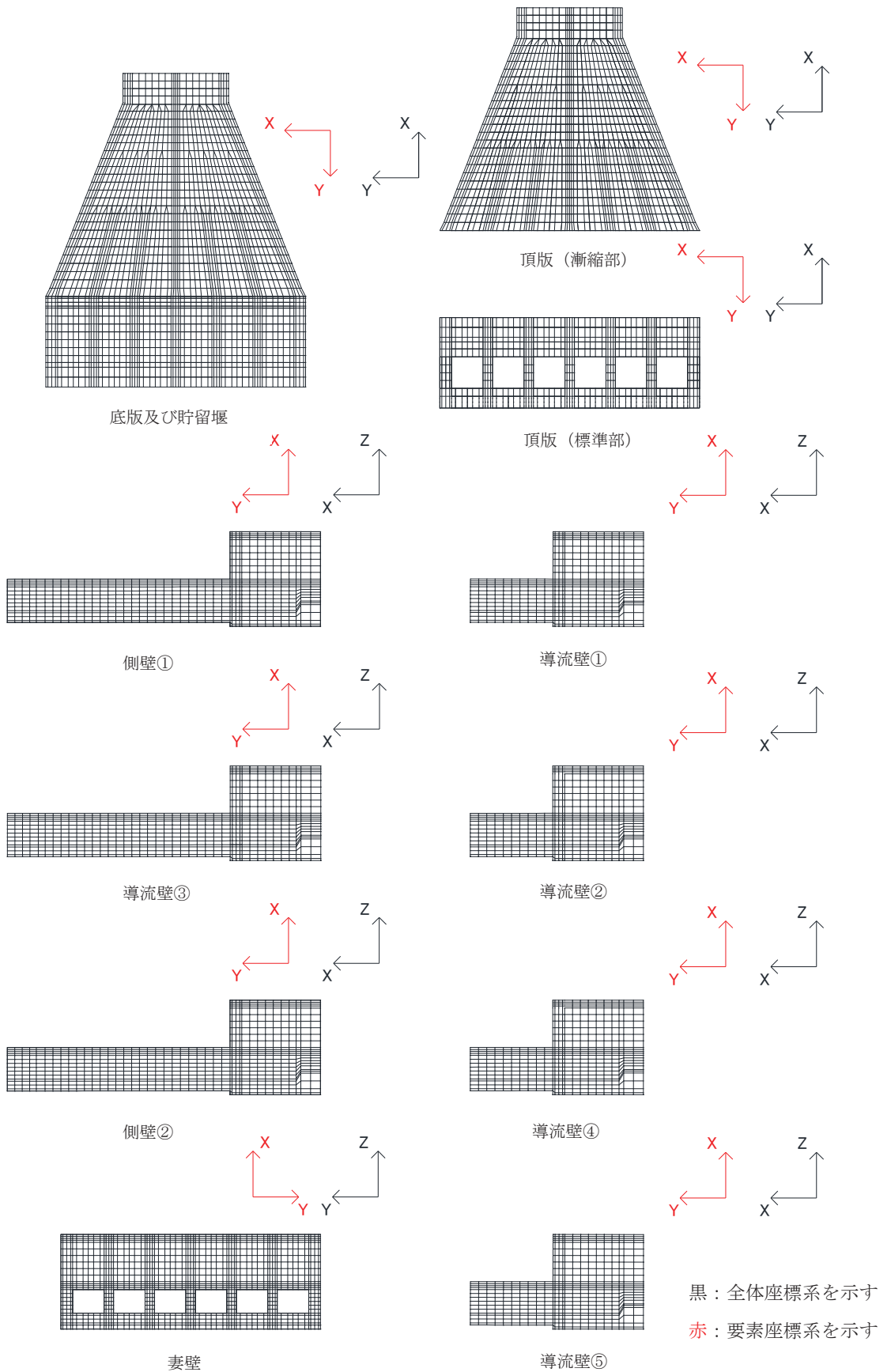


図 4-2 要素座標系

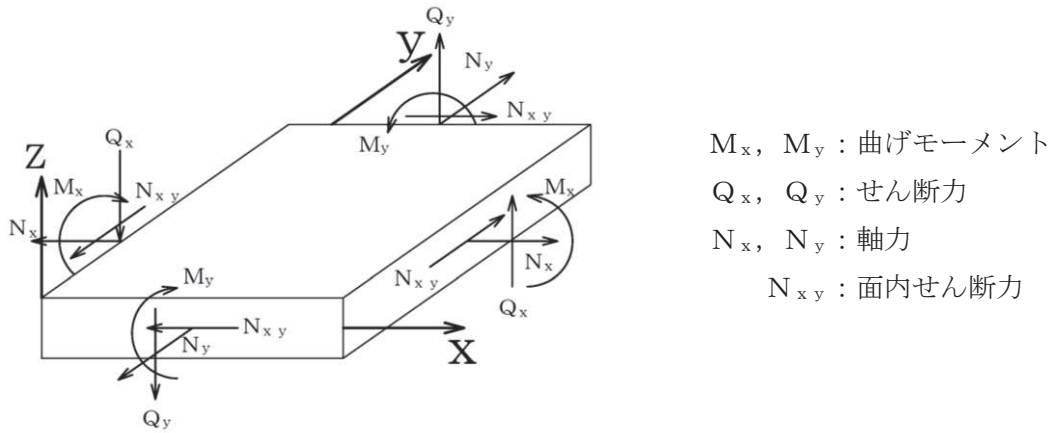


図 4-3 ソリッド要素における断面力の方角

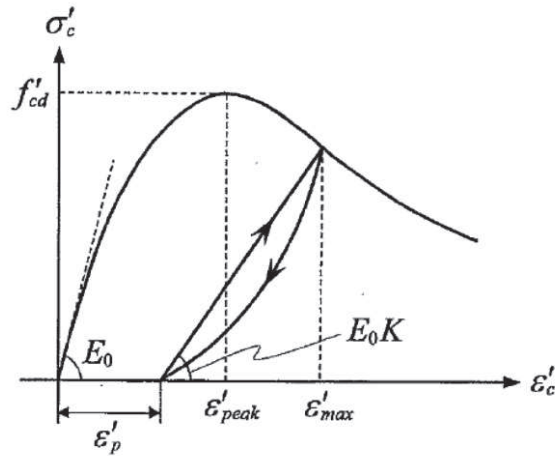


図 4-4 構造部材の非線形特性（コンクリートの応力-ひずみ関係）  
 （「土木学会 2017 年 コンクリート標準示方書[設計編]」より引用）

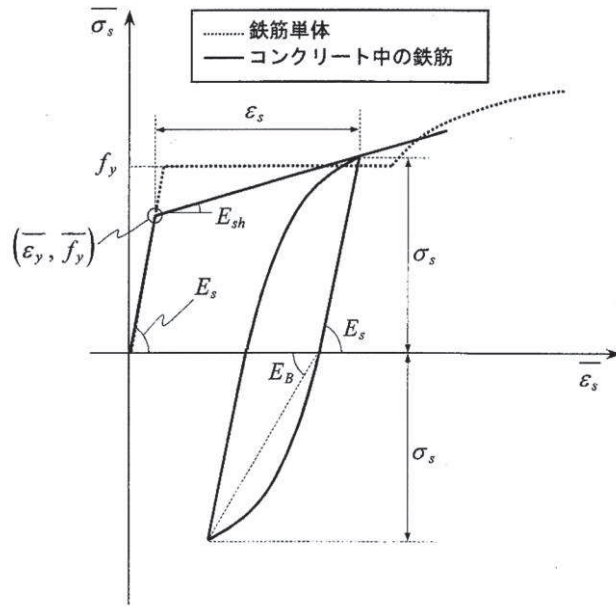


図 4-5 構造部材の非線形特性（鉄筋の応力-ひずみ関係）  
 (「土木学会 2012 年 コンクリート標準示方書[設計編]」より引用)

4.3.2 使用材料及び材料の物性値

取水口，貯留堰の使用材料及び材料の物性値は，「3.5.2 使用材料及び材料の物性値」に基づき設定する。

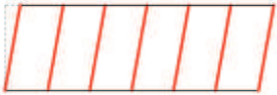


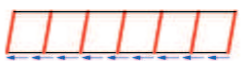
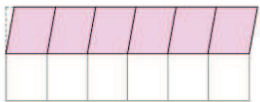


#### 4.4 照査時刻及び入力荷重

##### 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。

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)		標準部における頂底板間の層間変位が最大となる時刻
時刻2		壁 (面外)		漸縮部における頂底板間の層間変位が最大となる時刻
時刻3	せん断破壊 (面外)	壁 (面外)		標準部の総水平荷重が最大となる時刻
時刻4		壁 (面外)		漸縮部の総水平荷重が最大となる時刻
時刻5	せん断破壊 (面内)	壁 (面内)		妻壁の層間変位が最大となる時刻

#### 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4-2及び表4-3に示す。

表4-2 三次元構造解析における入力荷重（標準部）

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
	内水圧	躯体に作用する静水圧
	外水圧	躯体に作用する静水圧
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導流壁の応答加速度に基づき算定する。

表4-3 三次元構造解析における入力荷重（漸縮部）

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
	内水圧	躯体に作用する静水圧
	外水圧	躯体に作用する静水圧
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導流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

##### 4.5.1 全応力解析による荷重に対する断面力分布

全応力解析による地震時荷重を用いた三次元構造解析における曲げ・軸力系の破壊に対する照査のうち、各部材のコンクリートの圧縮縁ひずみ、コンクリートの圧縮ひずみ及び主筋のひずみに対して最大照査値となる評価時刻でのひずみ分布を図 4-6～図 4-8 に、せん断破壊に対して最大照査値となる評価時刻での断面力分布を図 4-9～図 4-14 に示す。

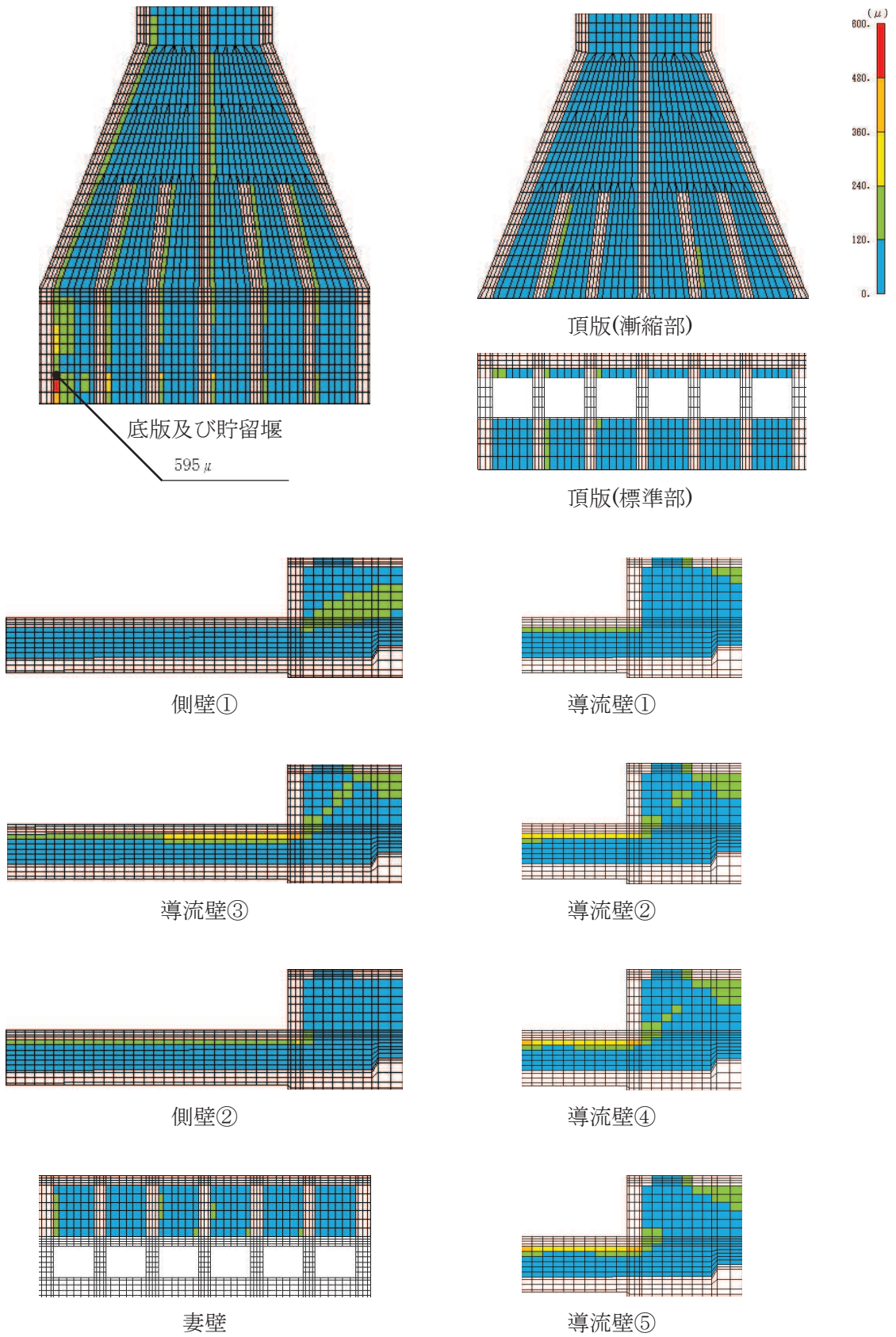


図 4-6 曲げ・軸力系の破壊に対する照査における照査値最大時のひずみ分布図  
 (コンクリートの圧縮縁ひずみ)  
 (貯留堰, 解析ケース③, S s - D 2 (-+))

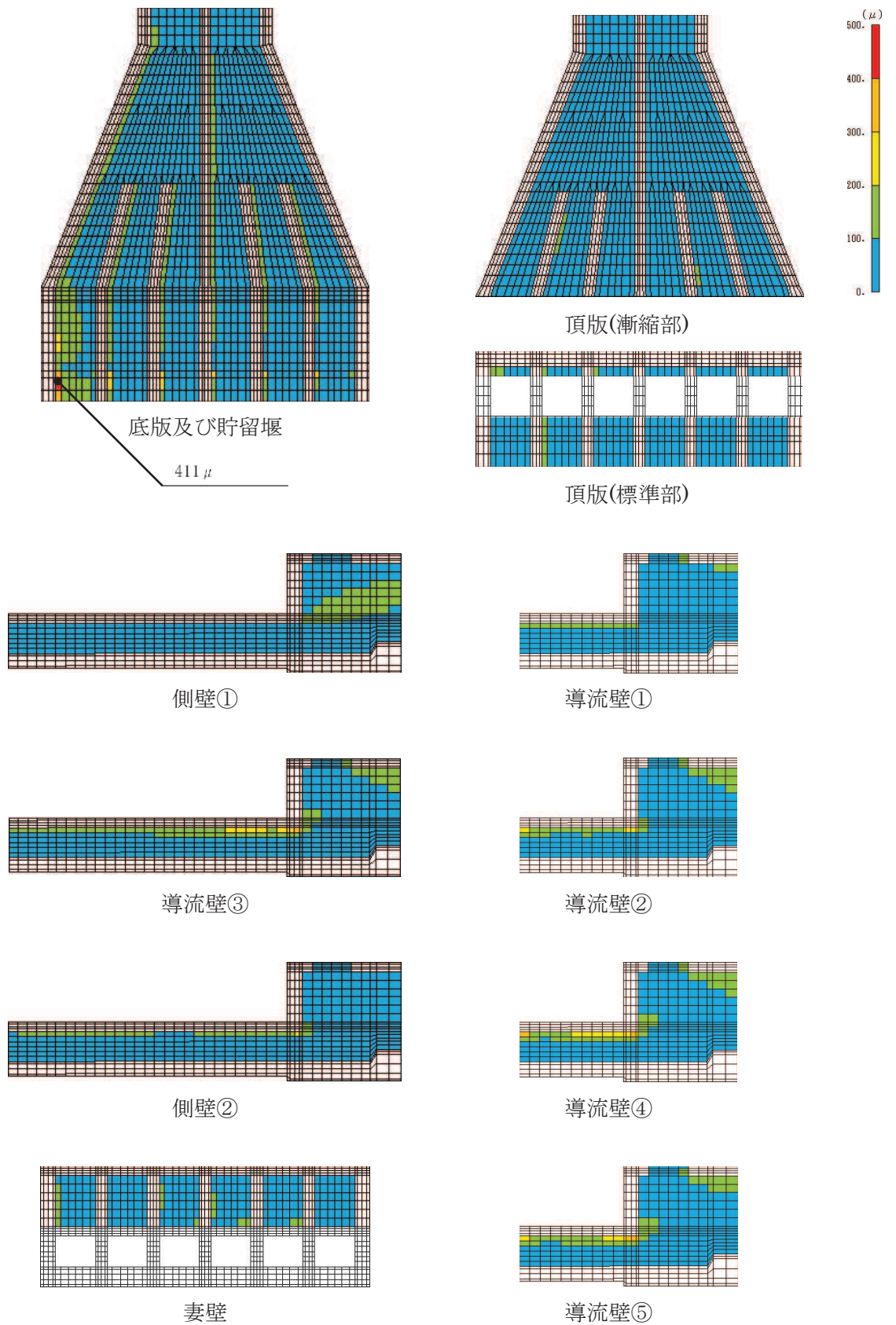


図 4-7 曲げ・軸力系の破壊に対する照査における照査値最大時のひずみ分布図  
(コンクリートの圧縮ひずみ)  
(貯留堰, 解析ケース③, S s - D 2 (-+))



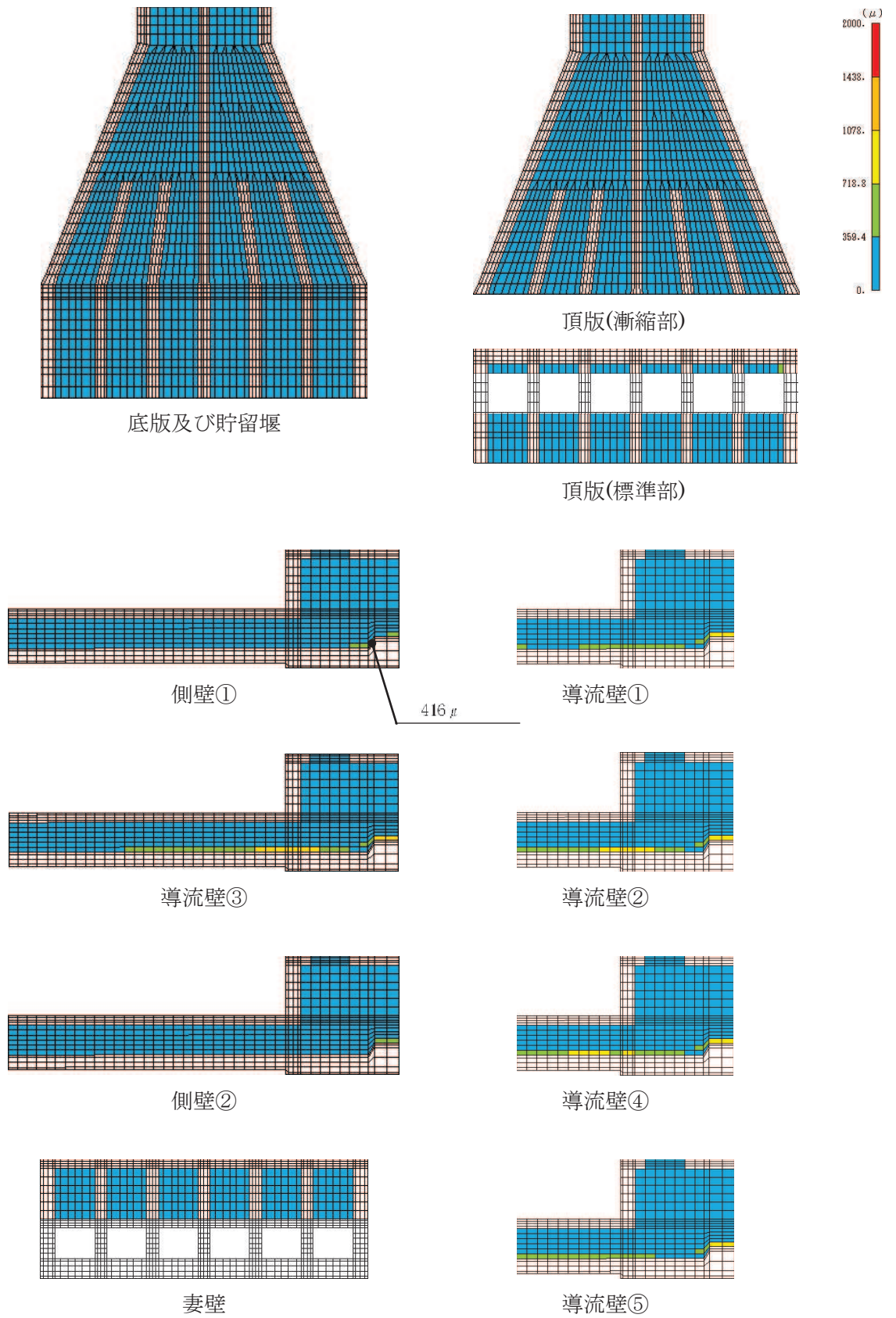


図 4-8 曲げ・軸力系の破壊に対する照査における照査値最大時のひずみ分布図 (鉄筋)  
(側壁, 解析ケース③, S s - D 2 (-+))

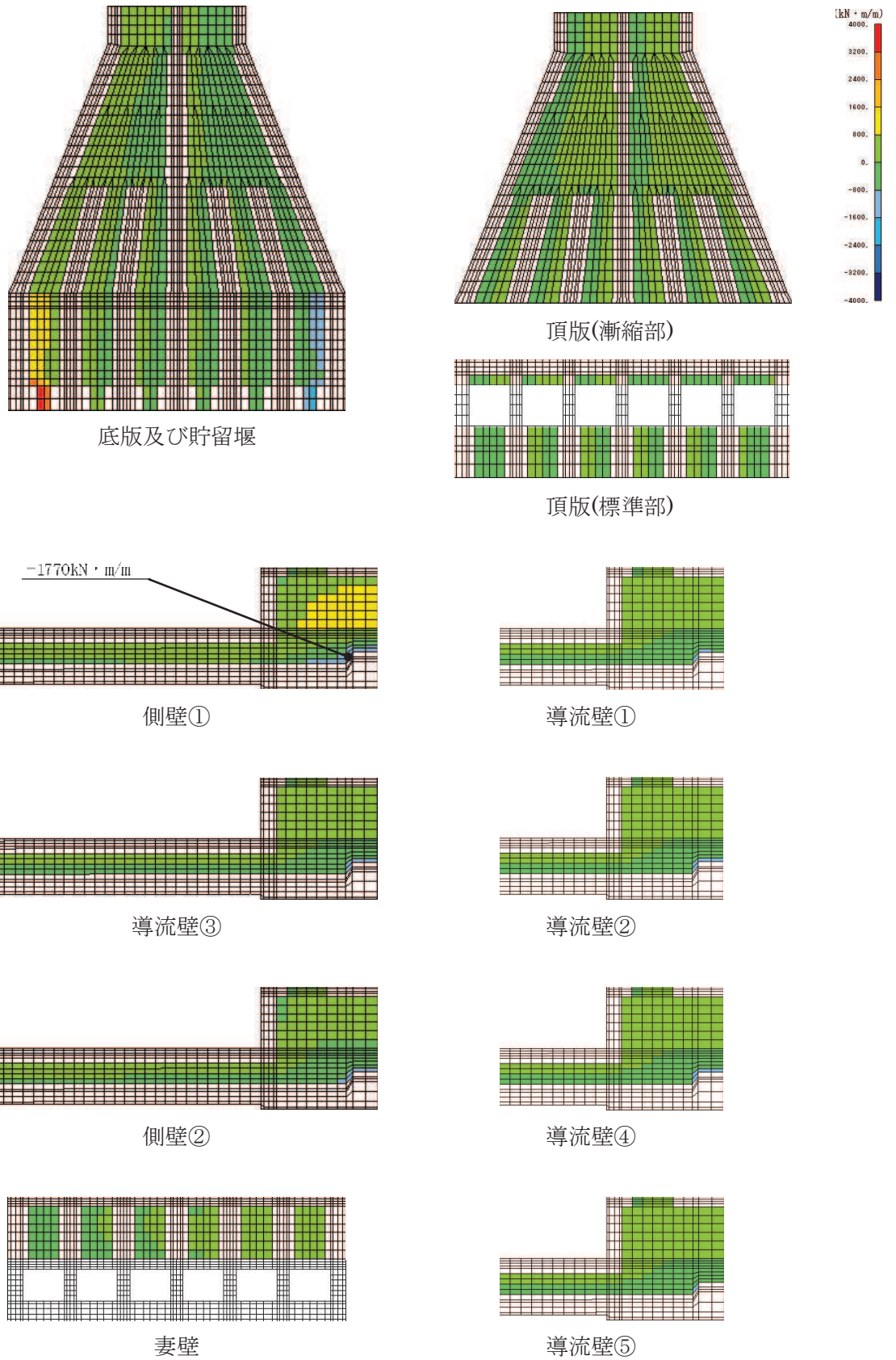


図 4-9 せん断破壊に対する照査における照査値最大時の断面力分布図

(曲げモーメント (kN · m/m) : Mx)

(側壁, 解析ケース③, S s - D 2 (++) )



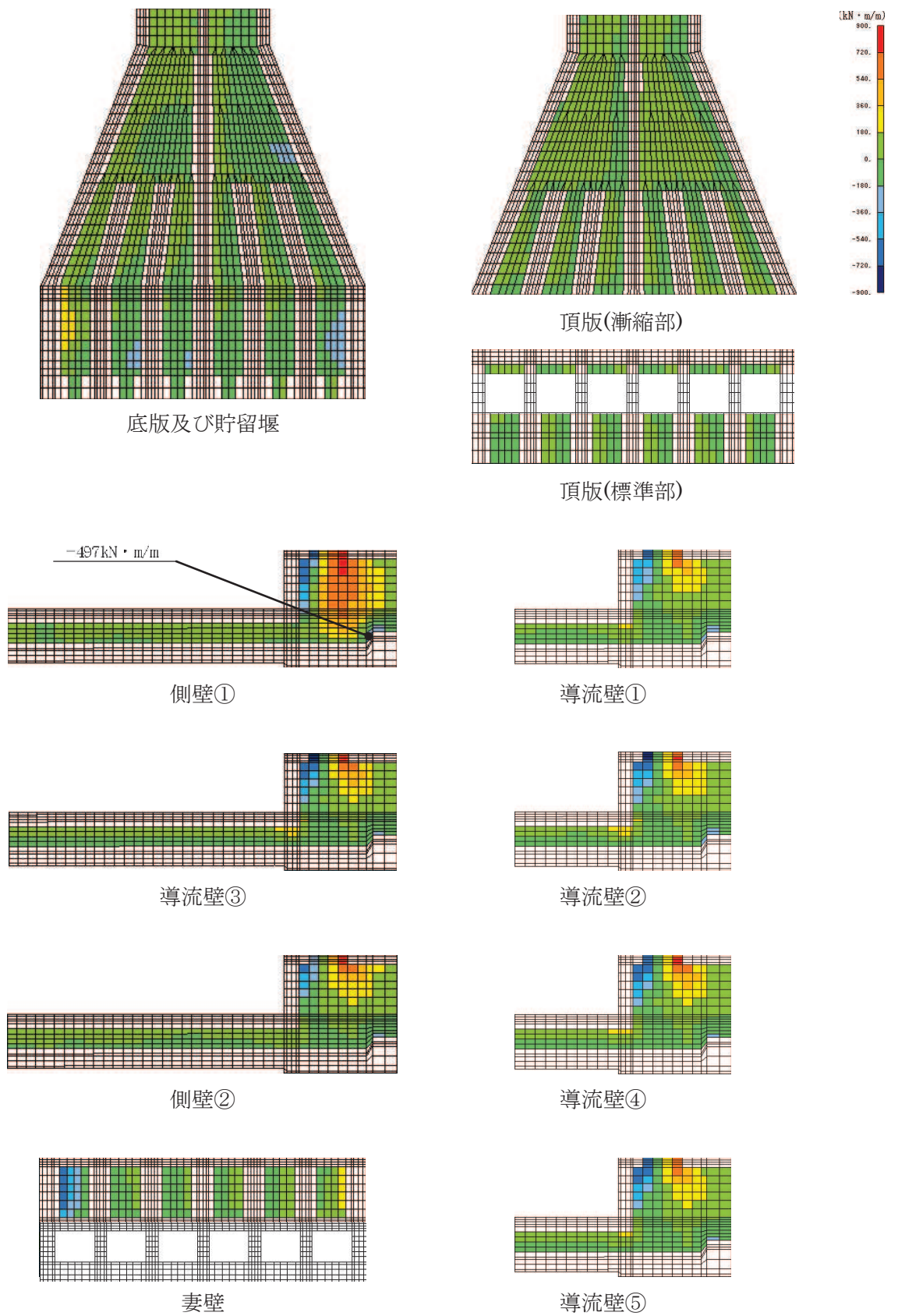


図 4-10 せん断破壊に対する照査における照査値最大時の断面力分布図

(曲げモーメント (kN · m/m) : My)

(側壁, 解析ケース③, S s - D 2 (++) )



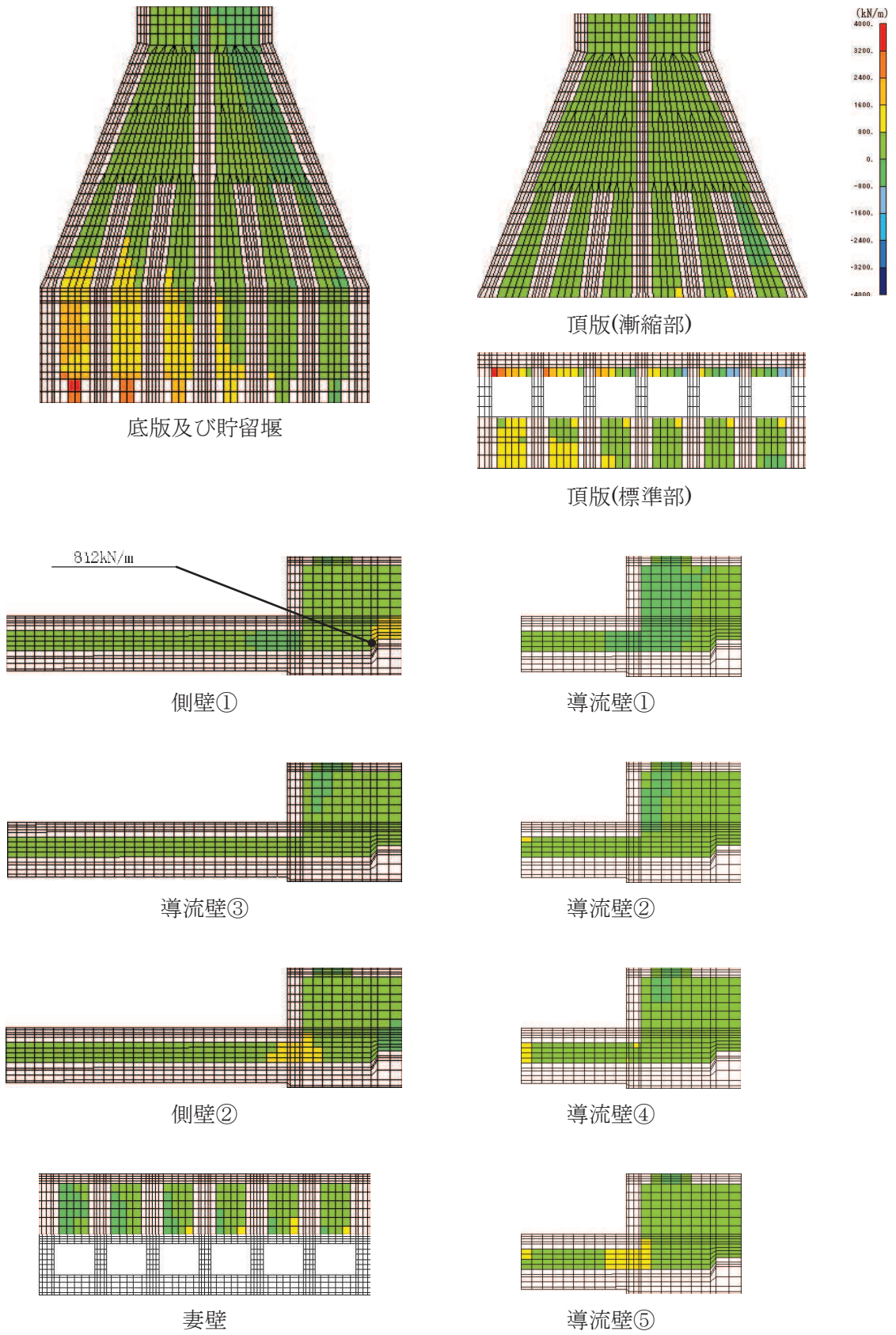


図 4-11 せん断破壊に対する照査における照査値最大時の断面力分布図

(軸力 (kN/m) :  $N_x$ )

(側壁, 解析ケース③,  $S_s - D 2$  (++) )

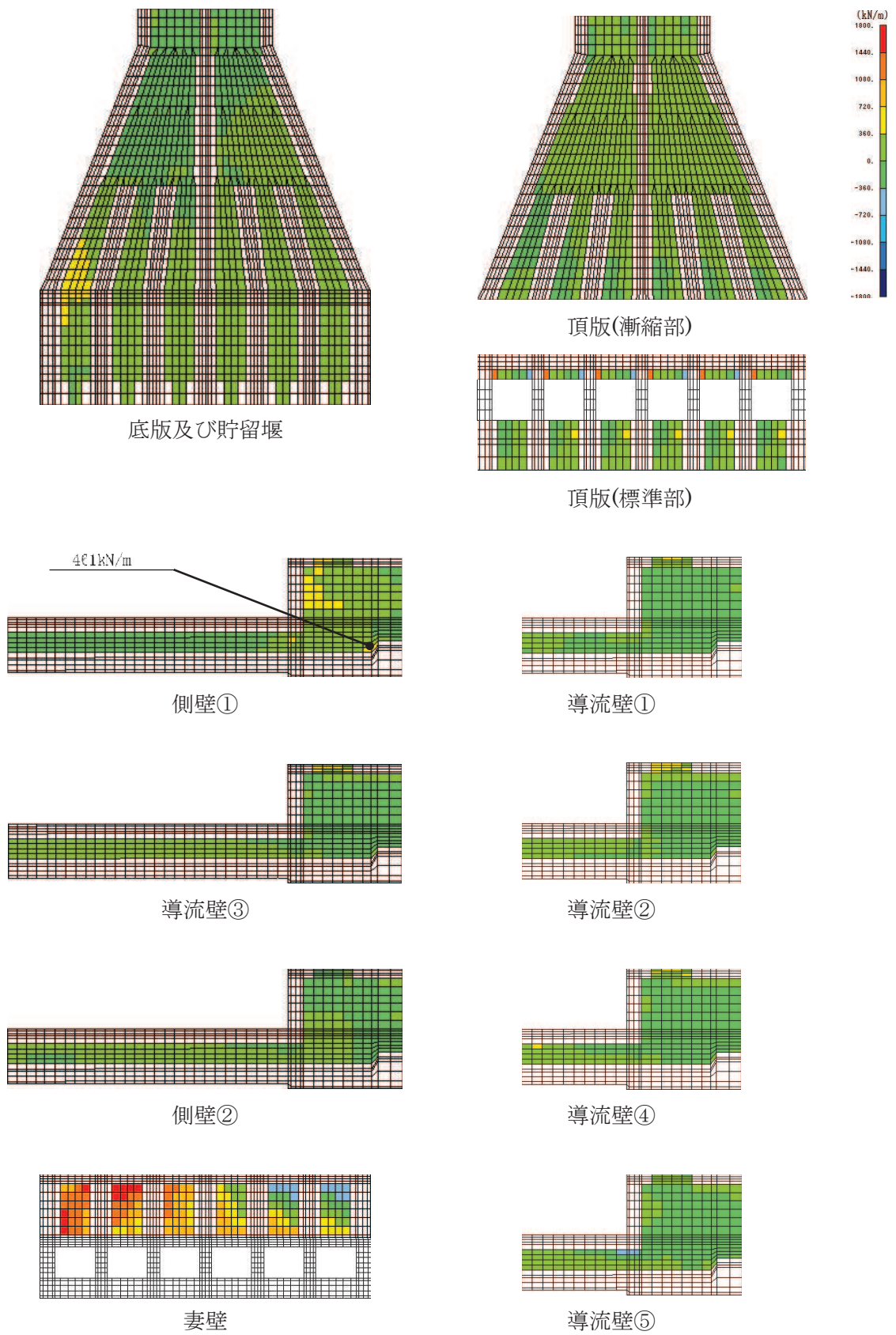


図 4-12 せん断破壊に対する照査における照査値最大時の断面力分布図

(軸力 (kN/m) :  $N_y$ )

(側壁, 解析ケース③,  $S_s - D 2 (+ +)$ )



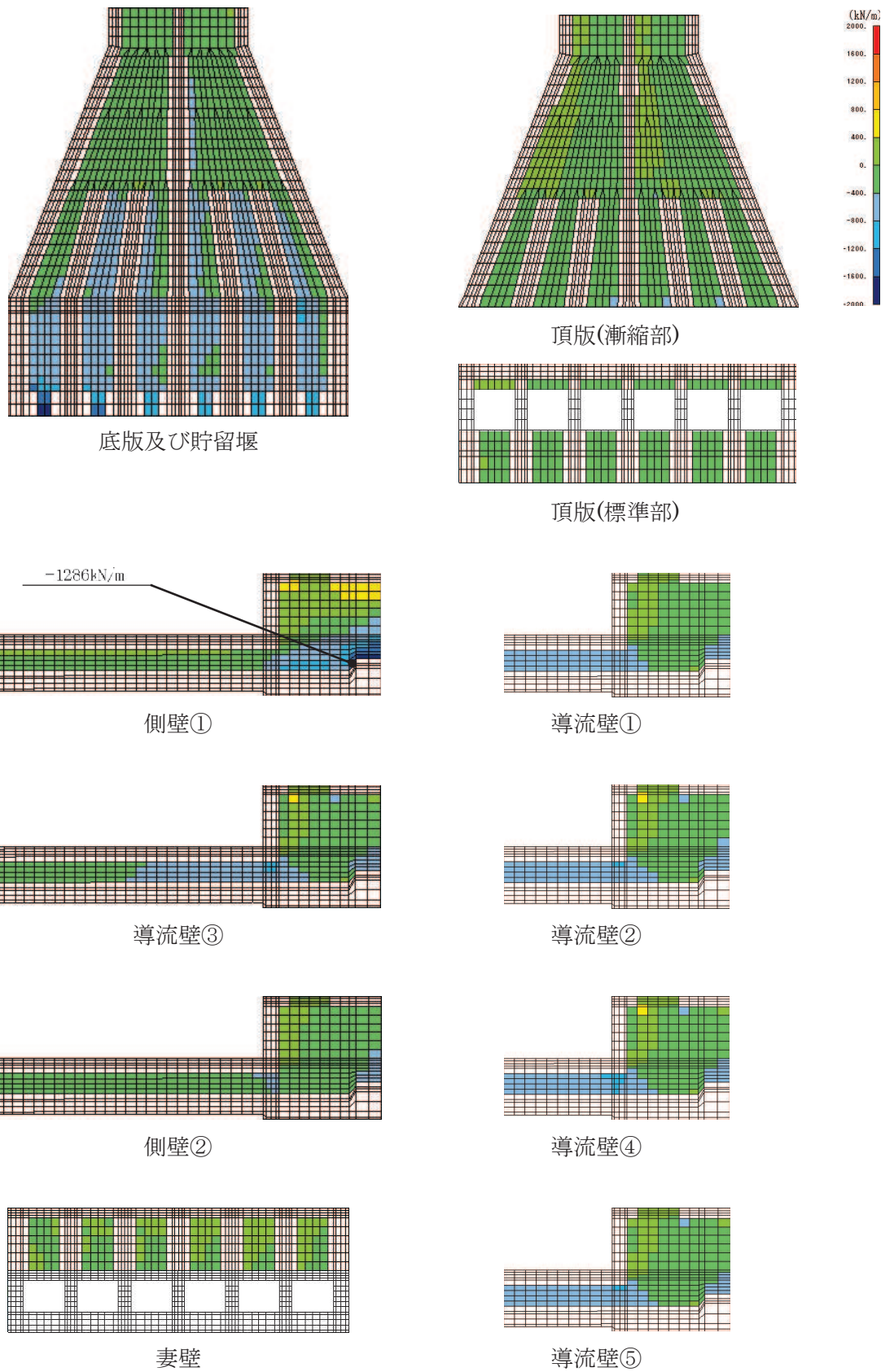


図 4-13 せん断破壊に対する照査における照査値最大時の断面力分布図

(せん断力 (kN/m) :  $Q_x$ )

(側壁, 解析ケース③,  $S_s - D 2 (+ +)$ )

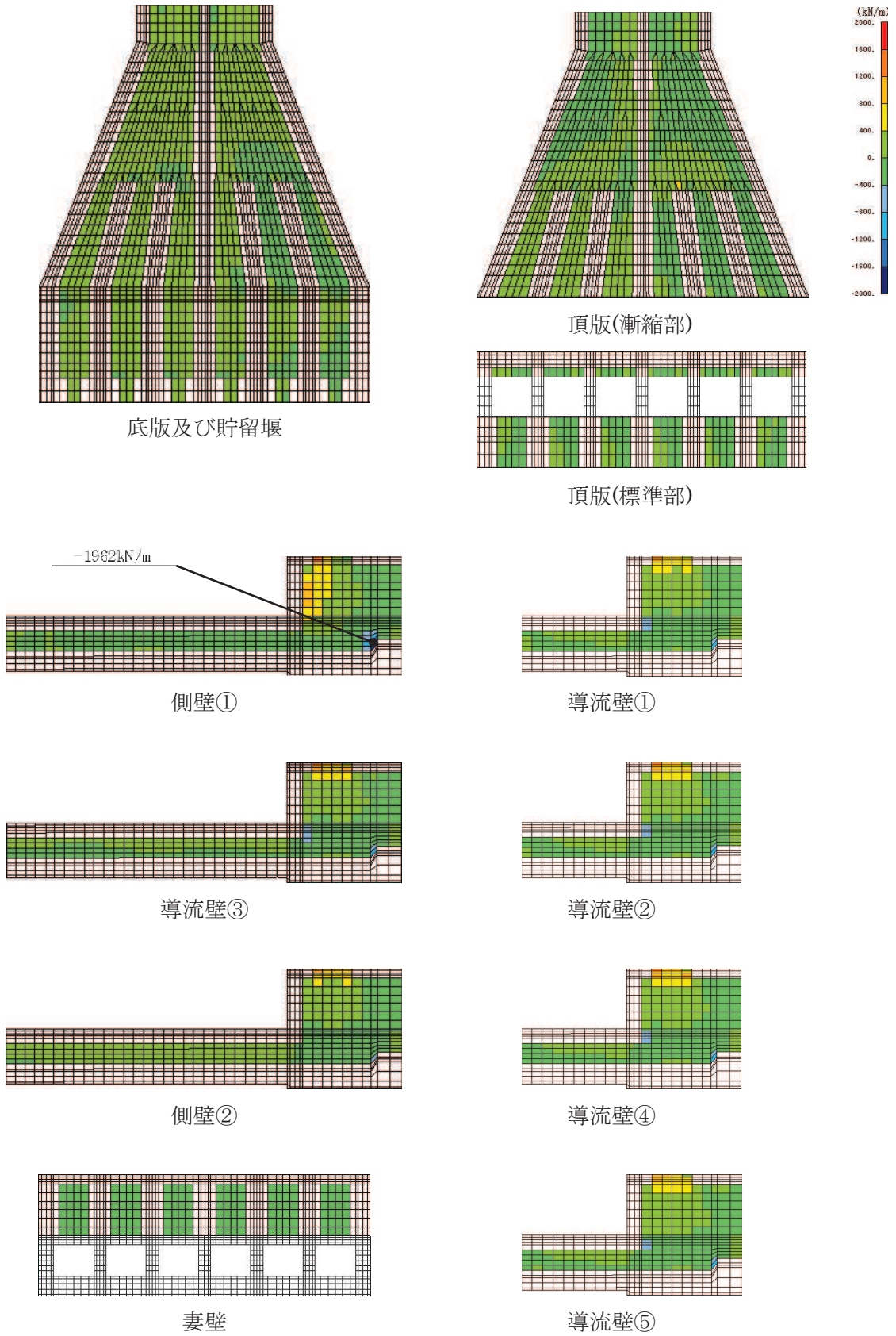


図 4-14 せん断破壊に対する照査における照査値最大時の断面力分布図

(せん断力 (kN/m) :  $Q_y$ )

(側壁, 解析ケース③,  $S_s - D 2$  (++) )

#### 4.5.2 有効応力解析による荷重に対する断面力分布

有効応力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曲げ・軸力系の破壊に対する照査のうち、各部材のコンクリートの圧縮縁ひずみ、コンクリートの圧縮ひずみ及び主筋のひずみに対して最大照査値となる評価時刻でのひずみ分布を図 4-15～図 4-17 に、せん断破壊に対して最大照査値となる評価時刻での断面力分布を図 4-18～図 4-23 に示す。



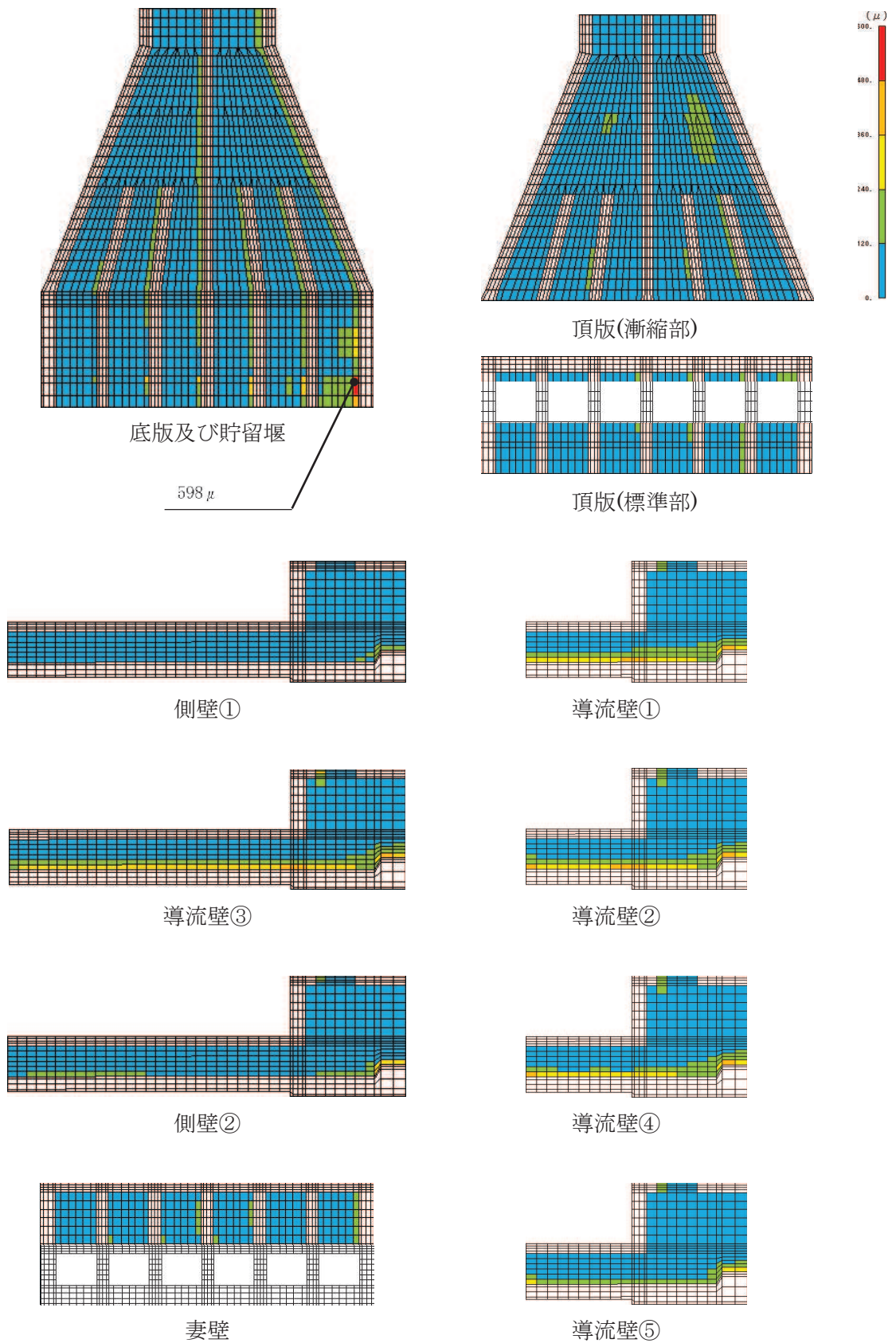


図 4-15 曲げ・軸力系の破壊に対する照査における照査値最大時のひずみ分布図  
 (コンクリートの圧縮縁ひずみ)  
 (貯留堰, 解析ケース⑧, S s - D 2 (++) )

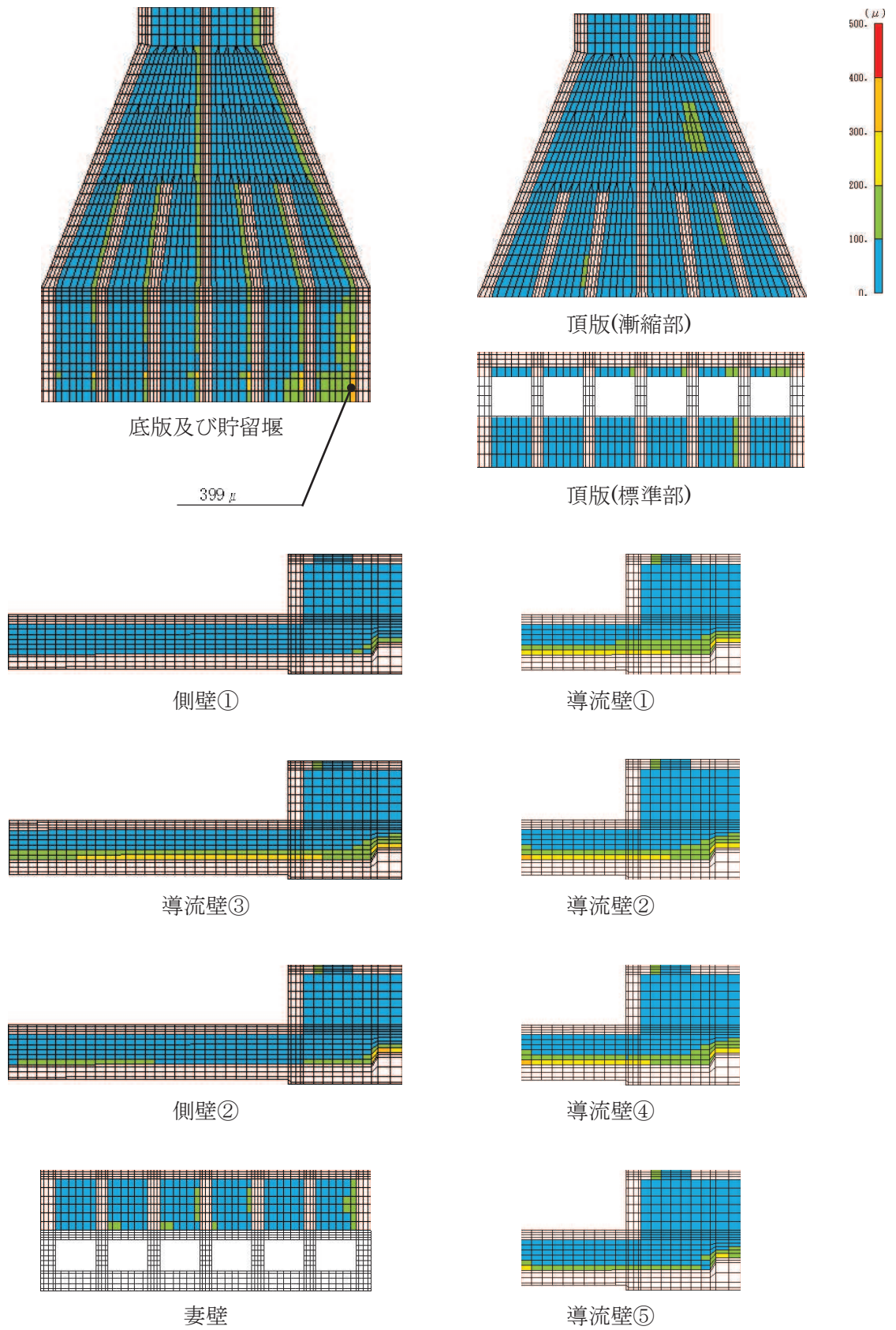


図 4-16 曲げ・軸力系の破壊に対する照査における照査値最大時のひずみ分布図  
 (コンクリートの圧縮ひずみ)  
 (貯留堰, 解析ケース⑧, S s - D 2 (++) )



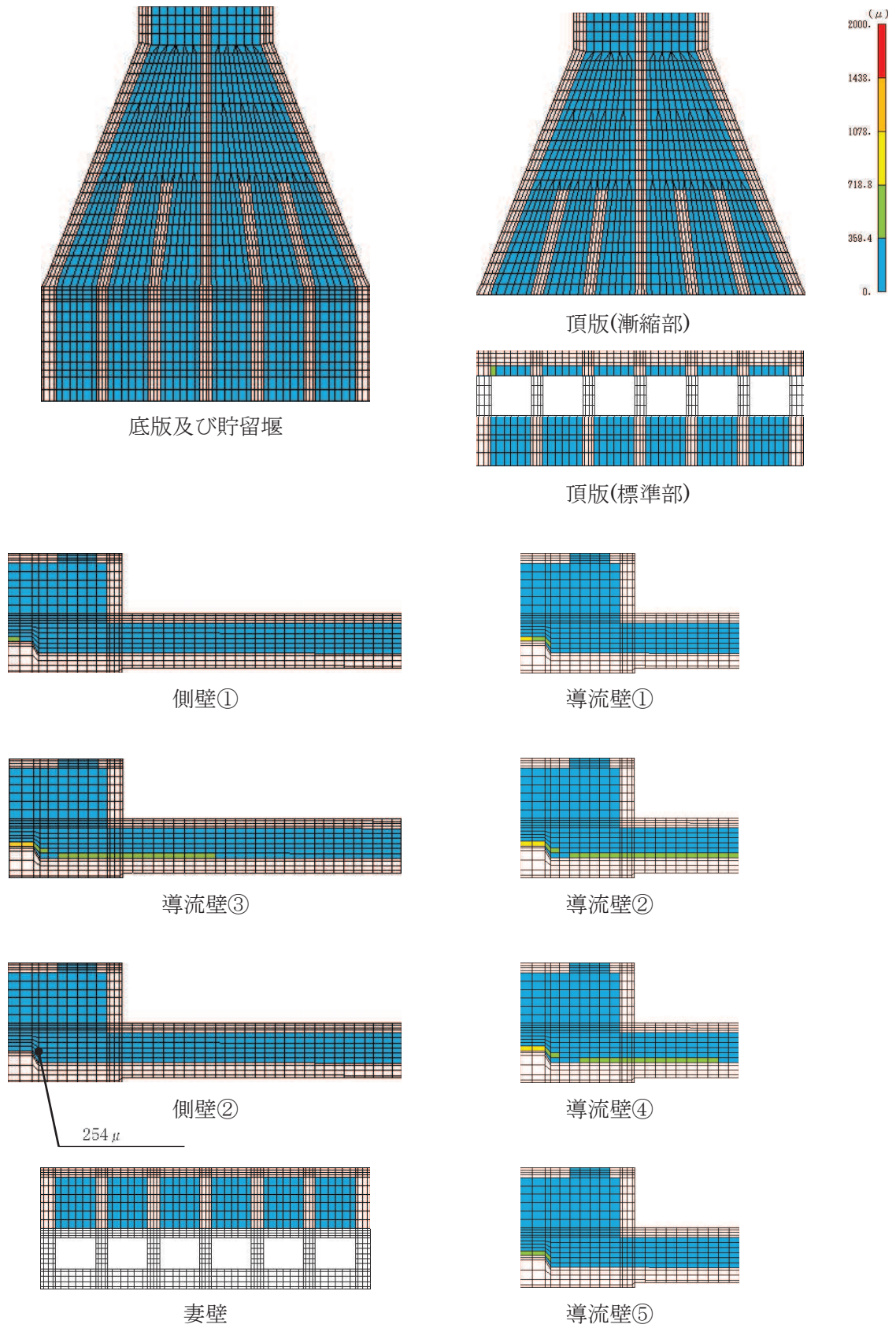


図 4-17 曲げ・軸力系の破壊に対する照査における照査値最大時のひずみ分布図 (鉄筋)  
 (側壁, 解析ケース⑧, S s - D 2 (++) )



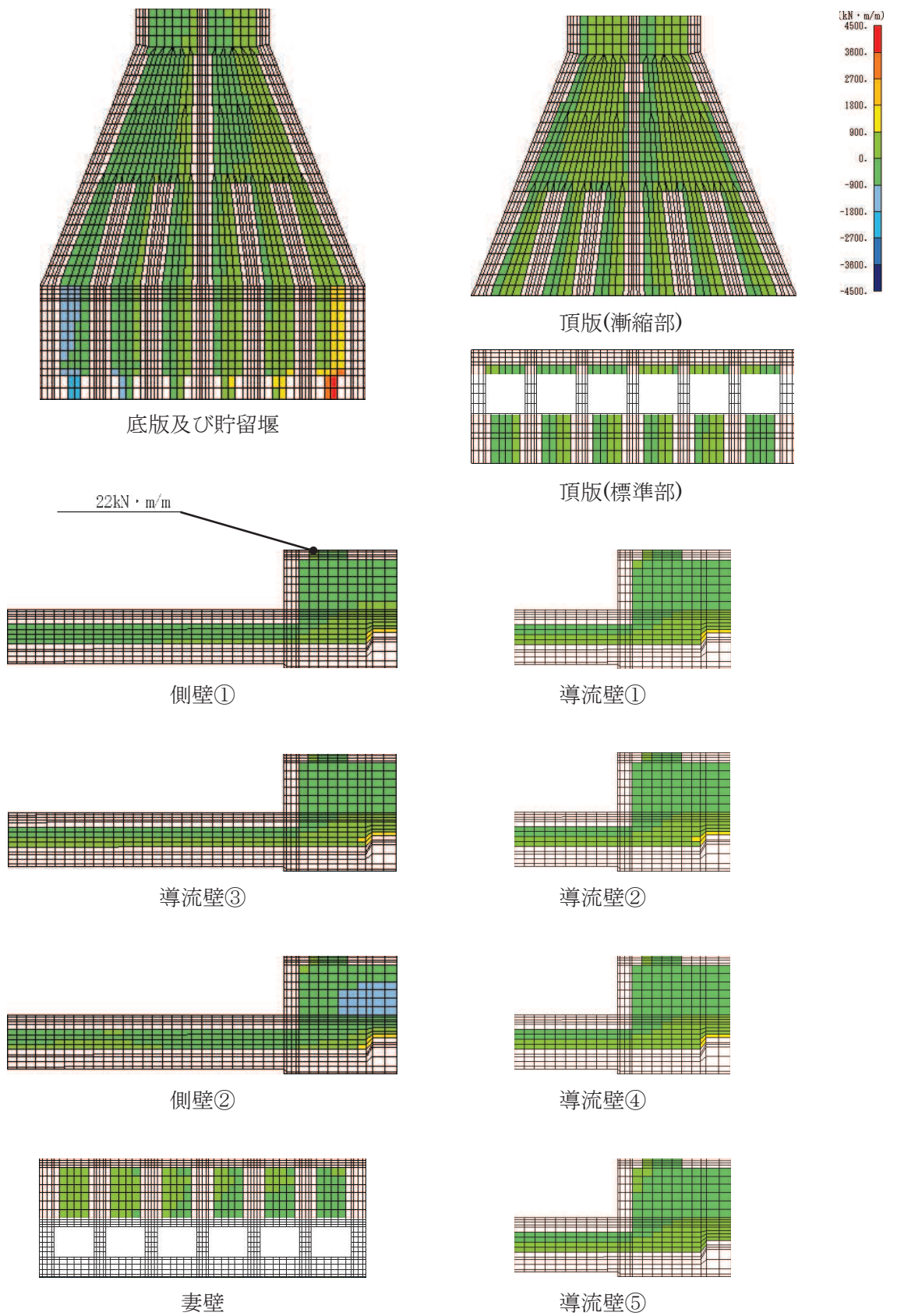


図 4-18 せん断破壊に対する照査における照査値最大時の断面力分布図

(曲げモーメント (kN・m/m) : Mx)

(側壁, 解析ケース⑨, S s - D 2 (++) )

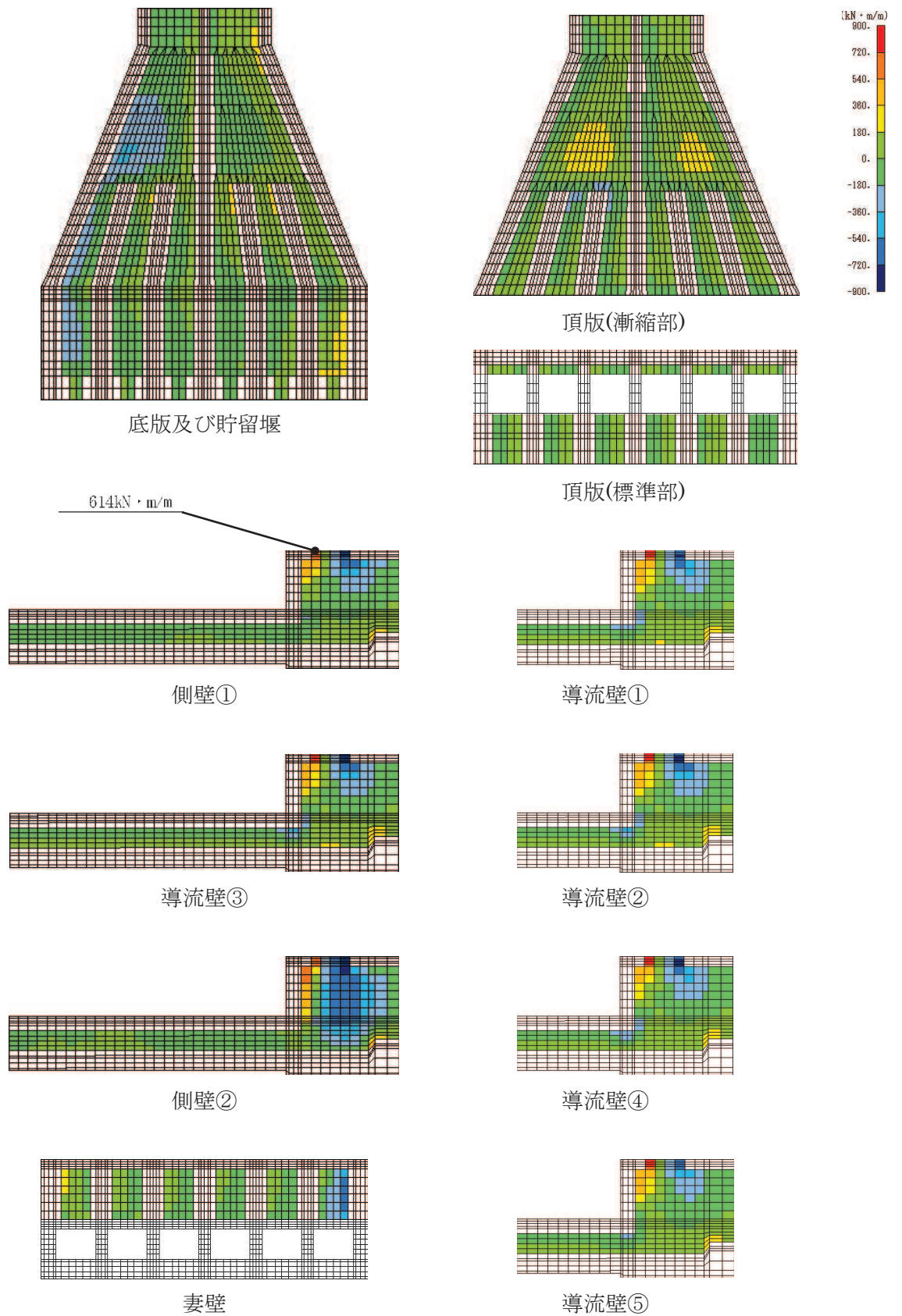


図 4-19 せん断破壊に対する照査における照査値最大時の断面力分布図

(曲げモーメント (kN・m/m) : My)

(側壁, 解析ケース⑨, S s - D 2 (++) )



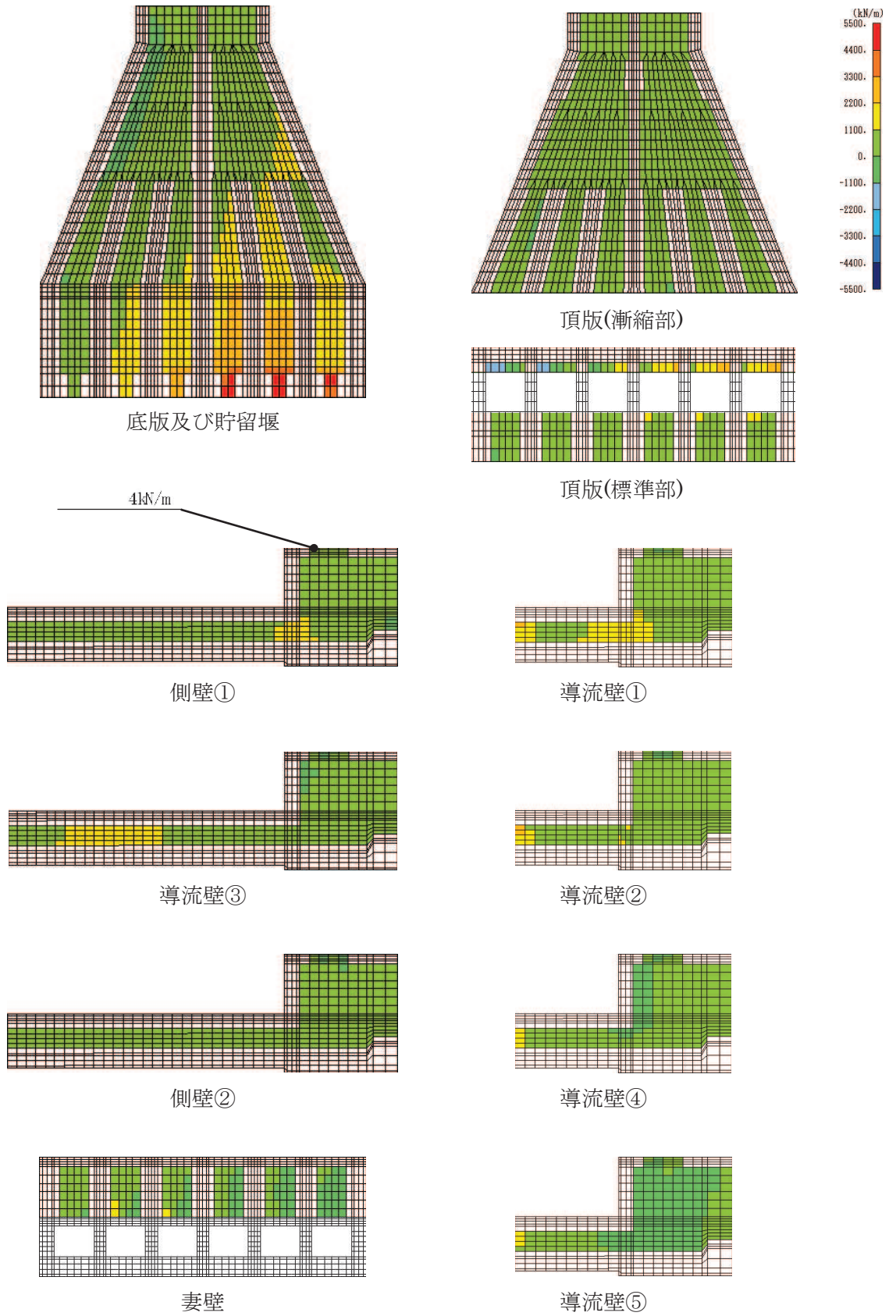


図 4-20 せん断破壊に対する照査における照査値最大時の断面力分布図

(軸力 (kN/m) :  $N_x$ )

(側壁, 解析ケース⑨,  $S_s - D 2 (+ +)$ )

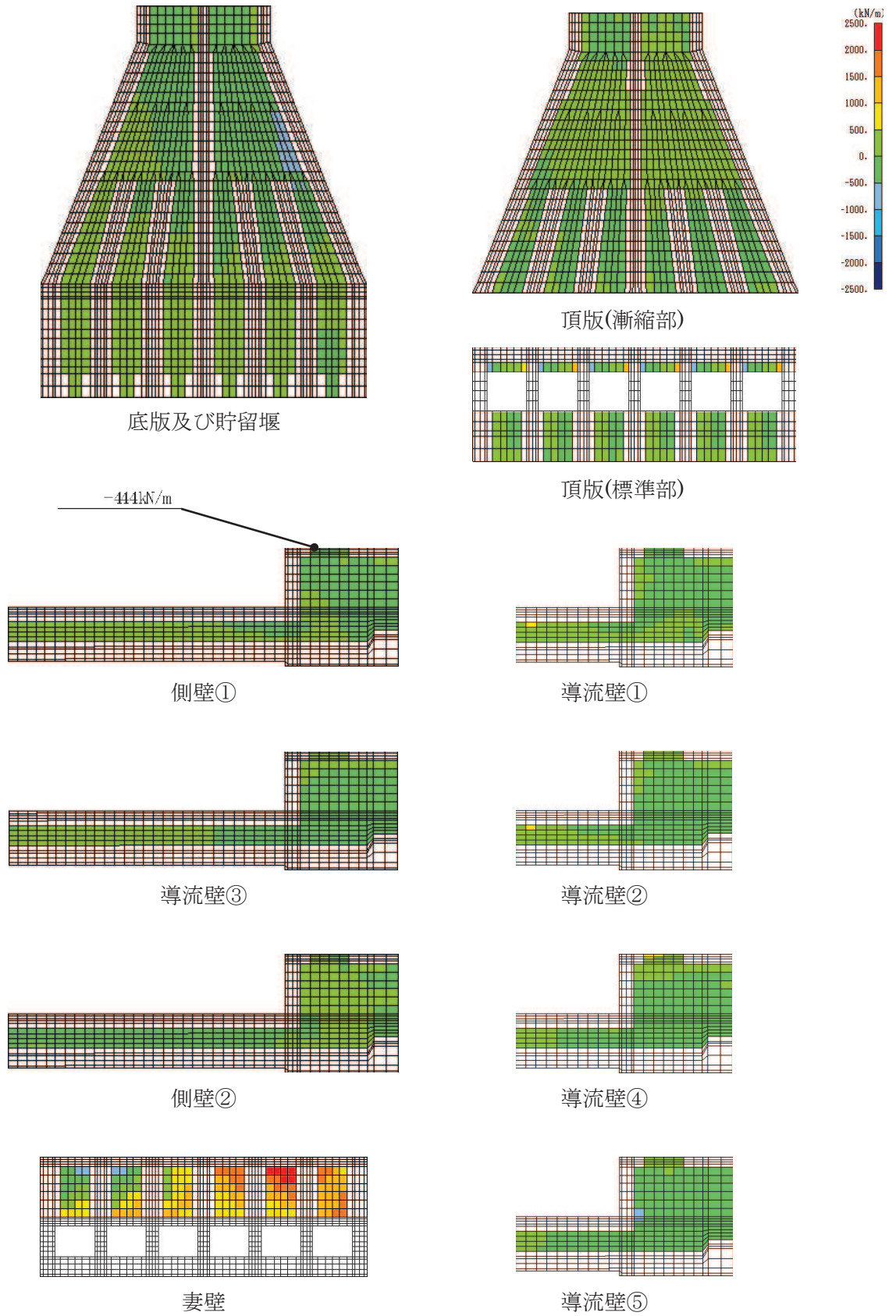


図 4-21 せん断破壊に対する照査における照査値最大時の断面力分布図

(軸力 (kN/m) :  $N_y$ )

(側壁, 解析ケース⑨,  $S_s - D 2 (+ +)$ )



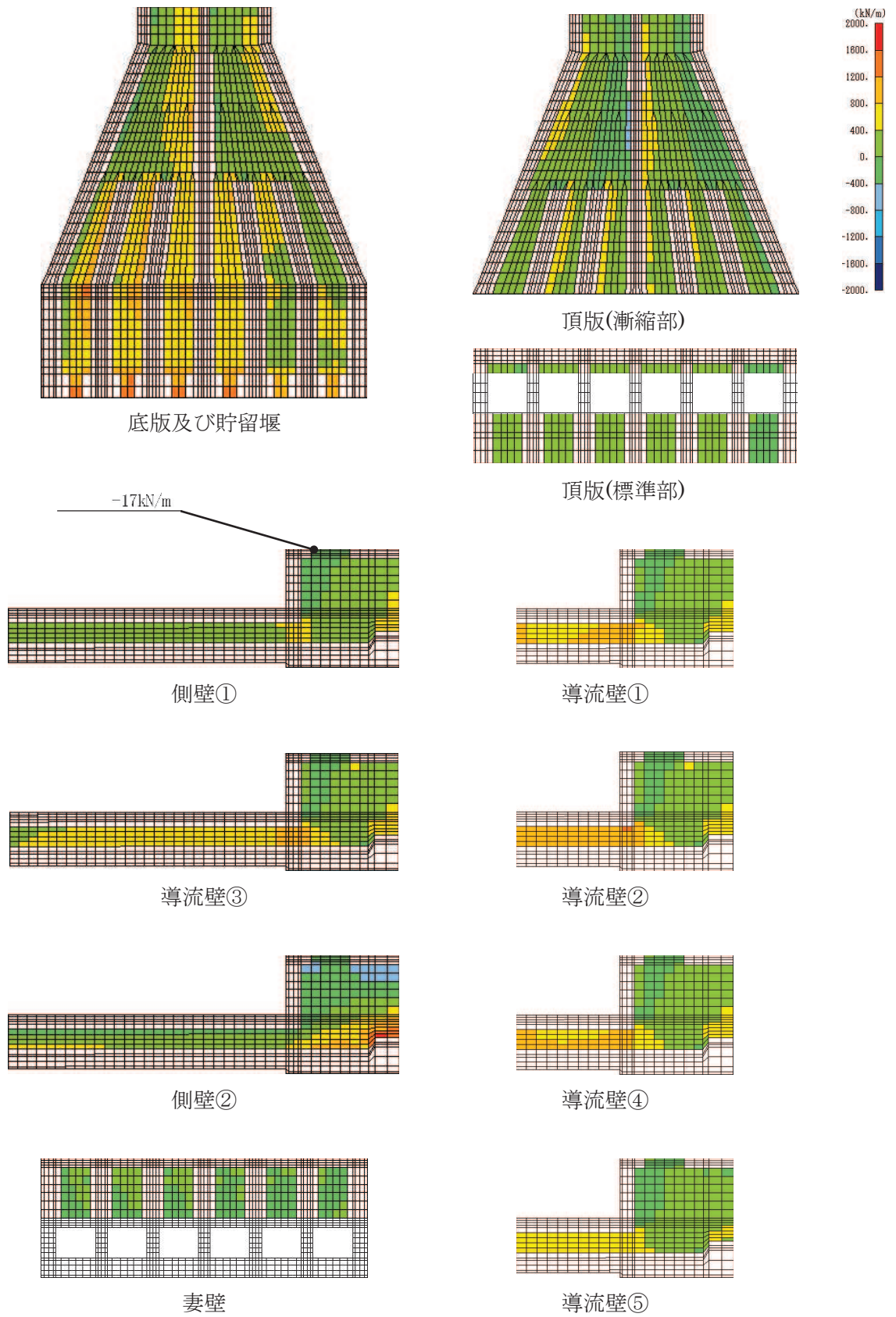


図 4-22 せん断破壊に対する照査における照査値最大時の断面力分布図

(せん断力 (kN/m) : Qx)

(側壁, 解析ケース⑨, S s - D 2 (++) )

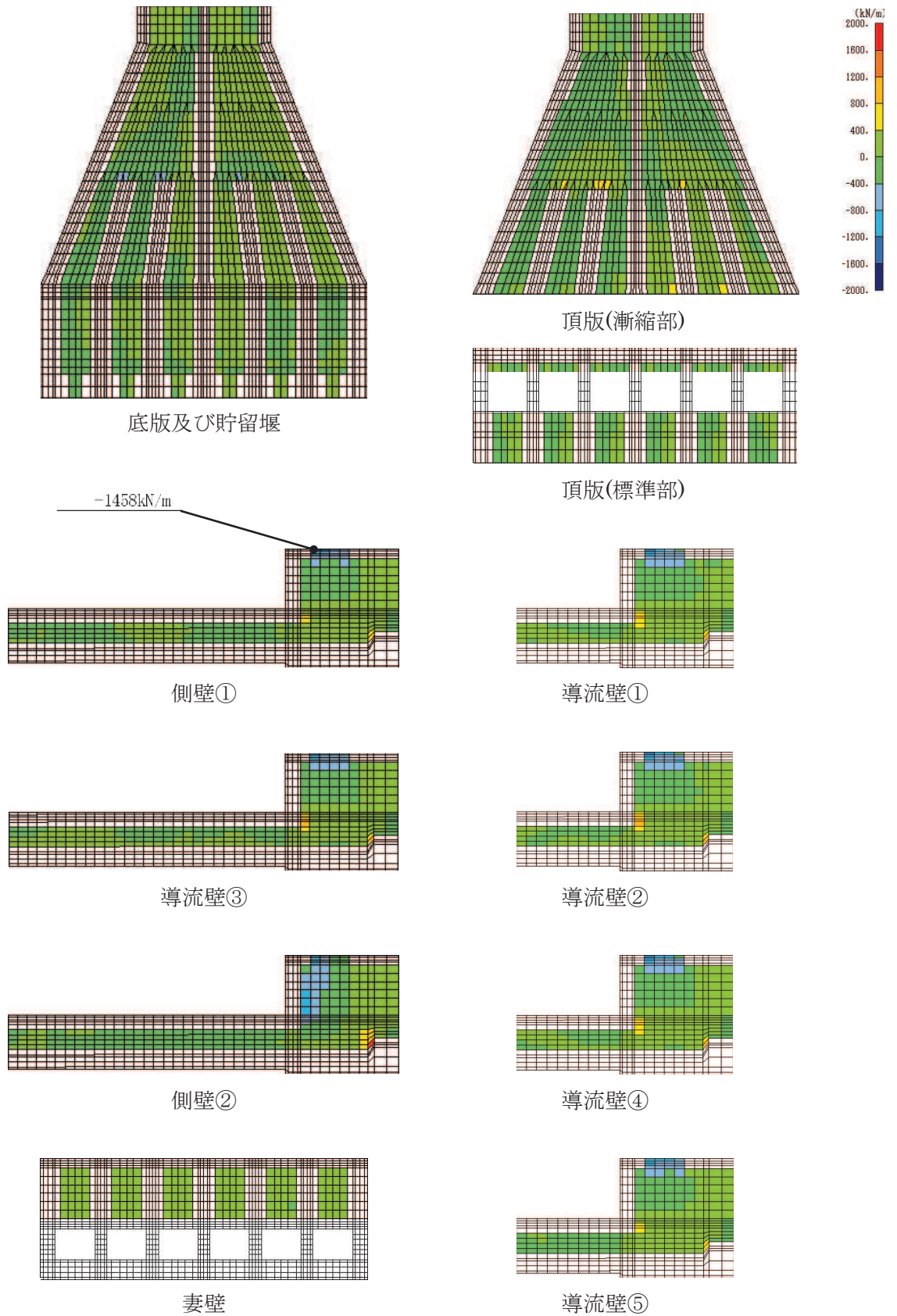


図 4-23 せん断破壊に対する照査における照査値最大時の断面力分布図

(せん断力 (kN/m) :  $Q_y$ )

(側壁, 解析ケース⑨,  $S_s - D 2 (+ +)$ )

## 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及び S クラスの施設を支持する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  $1725\mu$ 、コンクリート圧縮ひずみ  $2000\mu$ ）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 取水口の曲げ・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% ( $10000\mu$ ) 貯水機能：主鉄筋(SD345)： $1725\mu$ コンクリート： $2000\mu$
S クラスの施設を支持する機能を損なわないこと		支持機能：主鉄筋(SD345)： $1725\mu$ コンクリート： $2000\mu$

(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きせん断耐力とする。

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、デュ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、支持機能のいずれも、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。

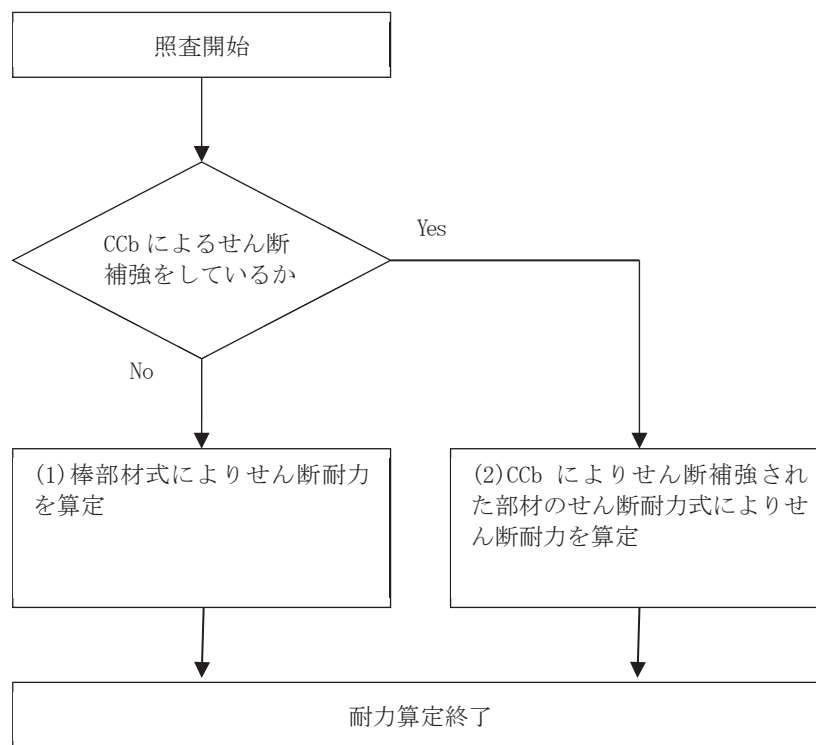


図 5-1 せん断破壊に対する耐力評価フロー



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

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

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

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

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

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

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

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

$$\beta_a = 1$$

ここで、 $f'_{cd}$  : コンクリート圧縮強度の設計用値(N/mm<sup>2</sup>)で設計基準強度 $f'_{ck}$ を材料係数 $\gamma_{mc}$ 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

$\gamma_{bc}$  : 部材係数

$\gamma_{mc}$  : 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 $\gamma_{ms}$ で除したもので、  
400N/mm<sup>2</sup>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/mm<sup>2</sup>以上の時は、800N/mm<sup>2</sup>以下としてよい。

$\alpha$  : 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。

$\gamma_{bs}$  : 部材係数

$\gamma_{ms}$  : 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

$\beta_{aw}$  : 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  $400\text{N/mm}^2$  以下とする。

$\alpha_{aw}$  : 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。

$\gamma_b$  : 部材係数 (一般に 1.10 としてよい)

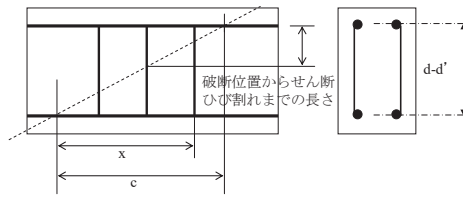
$l_y$  : セラミックキャップバー (CCb) の先端型定着耐の定着長 (5D としてよい)

$S_{rb}$  : 補強対象部材の圧縮鉄筋と引張鉄筋の間隔

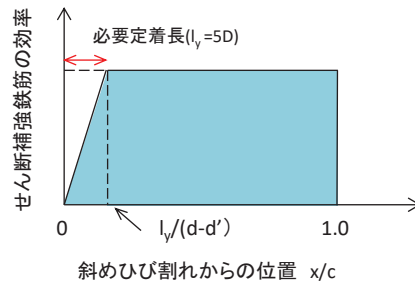
$d$  : 補強対象部材の有効高さ

$d'$  : 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鉄筋間隔から算出される有効率  $\beta_{aw}$  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

(3) 壁部材の面内せん断に対する許容限界

壁部材の面内せん断に対する許容限界は、「原子力発電所耐震設計技術指針 (J E A G 4 6 0 1 - 1987)」に基づき、面内せん断ひずみ  $2000 \mu$  ( $2/1000$ ) を許容限界とする。

「原子力発電所耐震設計技術指針 (J E A G 4 6 0 1 - 1987)」において、限界せん断ひずみ  $2000 \mu$  ( $2/1000$ ) は、耐震壁の終局耐力に相当する面内せん断ひずみ  $4000 \mu$  ( $4/1000$ ) に余裕を見込んだ許容限界として規定されている。

### 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 <sup>2</sup> )
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 <sup>2</sup> )
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、**全応力解析及び有効応力解析を用いた**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、照査用面内せん断ひずみが「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

取水口は、基準地震動  $S_s$  による耐震評価として、全応力解析及び有効応力解析から算定した地震時荷重を用いた三次元構造解析により構造部材の曲げ・軸力系の破壊、せん断破壊及び基礎地盤の支持性能に対する評価を実施した。

構造部材の健全性評価については、鉄筋及びコンクリートのひずみ、せん断力、壁部材の面内せん断変形に伴う面内せん断ひずみが要求機能に応じた許容限界を下回ることを確認した。

基礎地盤の支持性能評価については、基礎地盤に発生する応力（接地圧）が極限支持力に基づく許容限界を下回ること、MMR（既設）に発生する応力（接地圧）が支圧強度を下回ることを確認した。

6.1 全応力解析による荷重に対する耐震評価結果

6.1.1 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各評価位置での最大照査値を表 6-1 に、せん断破壊に対する各評価位置での最大照査値を表 6-2 に、妻壁の面内せん断に対する最大照査値を表 6-3 に示す。

取水口、貯留堰の照査用ひずみ、照査用せん断力及び照査用面内せん断ひずみが、許容限界を下回ることを確認した。

表 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）

評価位置*1		解析 ケース	地震動	照査用 ひずみ*2 $\epsilon_d$	限界 ひずみ $\epsilon_R$	照査値 $\epsilon_d / \epsilon_R$
頂版 (標準部)	11	③	$S_s - D 2 (-+)$	$357 \mu$	$10000 \mu$	0.04
頂版 (漸縮部)	25	①	$S_s - D 2 (-+)$	$358 \mu$	$10000 \mu$	0.04
側壁	31	③	$S_s - D 2 (-+)$	$476 \mu$	$10000 \mu$	0.05
導流壁	64	①	$S_s - F 2 (-+)$	$597 \mu$	$10000 \mu$	0.06
底版	71	③	$S_s - D 2 (-+)$	$310 \mu$	$10000 \mu$	0.04
妻壁	106	①	$S_s - F 3 (-+)$	$220 \mu$	$10000 \mu$	0.03
貯留堰	91	③	$S_s - D 2 (-+)$	$714 \mu$	$10000 \mu$	0.08

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  $\gamma_a$

表 6-2 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/m)	せん断 耐力 $V_{y d}$ (kN/m)	照査値 $V_d / V_{y d}$
頂版 (標準部)	14	①	$S_s - D 2 (-+)$	358	950	0.38
頂版 (漸縮部)	27	②	$S_s - N 1 (++)$	705	1019	0.70
側壁	31	③	$S_s - D 2 (++)$	2061	2651	0.78
導流壁	53	①	$S_s - D 2 (-+)$	1509	2021	0.75
底版	88	①	$S_s - N 1 (++)$	774	1155	0.68
妻壁	106	②	$S_s - D 2 (-+)$	425	1511	0.29
貯留堰*3	96	①	$S_s - D 2 (++)$	1840	4383	0.42

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  $\gamma_a$

\*3：貯留堰直下の底版の評価を含む。



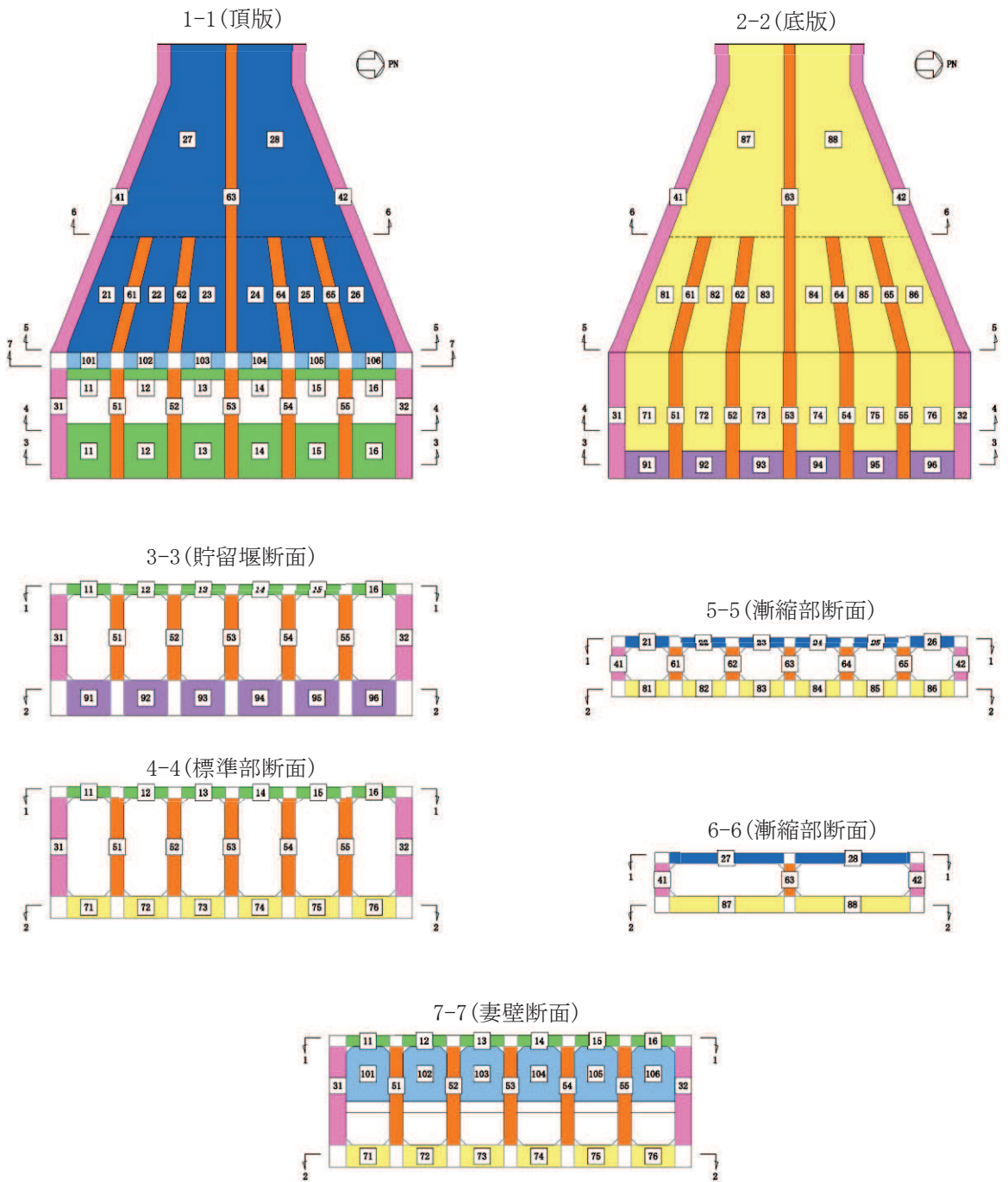


図 6-1 評価位置図（曲げ・軸力系の破壊及びせん断破壊）

表 6-3 妻壁の面内せん断に対する照査

評価位置*1		解析 ケース	地震動	照査用 面内せん断ひずみ*2 $\epsilon_d$	限界せん断 ひずみ $\epsilon_R$	照査値 $\epsilon_d / \epsilon_R$
妻壁	100	①	S <sub>s</sub> -D2 (-+)	124 $\mu$	2000 $\mu$	0.07

注記\*1：評価位置は図 6-2 に示す。

\*2：照査用ひずみ＝発生ひずみ×構造解析係数  $\gamma_a$

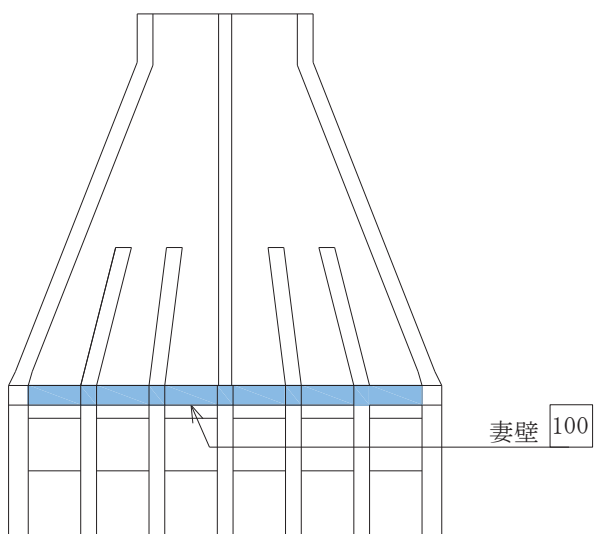


図 6-2 評価位置図（妻壁の面内せん断）

## 6.1.2 各要求機能に対する評価結果

### (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 6-4 に、せん断破壊に対する各評価位置での最大照査値を表 6-5 に、妻壁の面内せん断に対する最大照査値を表 6-6 に示す。

取水口、貯留堰の照査用ひずみ、照査用せん断力及び照査用面内せん断ひずみが、通水機能に対する許容限界を下回ることを確認した。

表 6-4 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）（再掲）

評価位置*1, 2		解析 ケース	地震動	照査用 ひずみ*3 $\epsilon_d$	限界 ひずみ $\epsilon_R$	照査値 $\epsilon_d / \epsilon_R$
頂版 (標準部)	11	③	S s - D 2 (-+)	357 $\mu$	10000 $\mu$	0.04
頂版 (漸縮部)	25	①	S s - D 2 (-+)	358 $\mu$	10000 $\mu$	0.04
側壁	31	③	S s - D 2 (-+)	476 $\mu$	10000 $\mu$	0.05
導流壁	64	①	S s - F 2 (-+)	597 $\mu$	10000 $\mu$	0.06
底版	71	③	S s - D 2 (-+)	310 $\mu$	10000 $\mu$	0.04
妻壁	106	①	S s - F 3 (-+)	220 $\mu$	10000 $\mu$	0.03
貯留堰	91	③	S s - D 2 (-+)	714 $\mu$	10000 $\mu$	0.08

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 6-3 に示す。

\*3：照査用ひずみ＝発生ひずみ×構造解析係数  $\gamma_a$

表 6-5 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/m)	せん断 耐力 $V_{y d}$ (kN/m)	照査値 $V_d / V_{y d}$
頂版 (標準部)	14	①	$S_s - D 2 (-+)$	358	950	0.38
頂版 (漸縮部)	27	②	$S_s - N 1 (++)$	705	1019	0.70
側壁	31	③	$S_s - D 2 (++)$	2061	2651	0.78
導流壁	53	①	$S_s - D 2 (-+)$	1509	2021	0.75
底版	88	①	$S_s - N 1 (++)$	774	1155	0.68
妻壁	106	②	$S_s - D 2 (-+)$	425	1511	0.29
貯留堰*4	96	①	$S_s - D 2 (++)$	1840	4383	0.42

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 6-3 に示す。

\*3：照査用せん断力＝発生せん断力×構造解析係数  $\gamma_a$

\*4：貯留堰直下の底版の評価を含む。

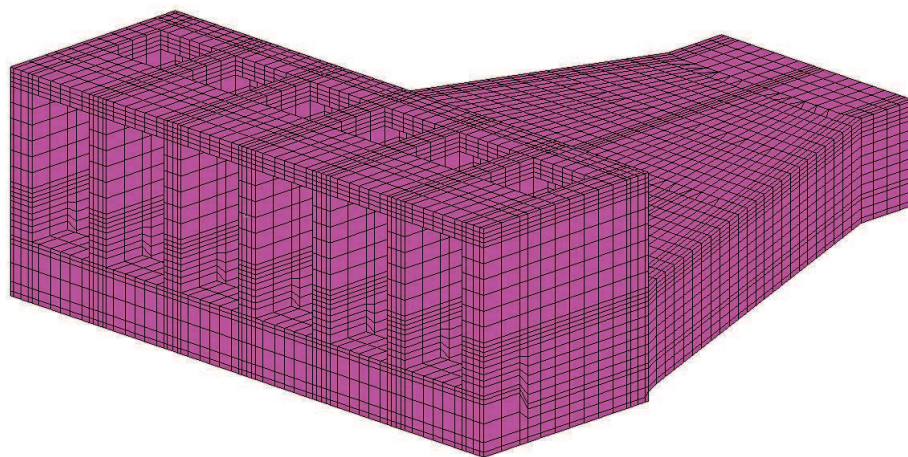


図 6-3 通水機能が要求される部材の範囲

表 6-6 妻壁の面内せん断に対する照査（再掲）

評価位置*1		解析 ケース	地震動	照査用 面内せん断ひずみ*2 $\epsilon_d$	限界せん断 ひずみ $\epsilon_R$	照査値 $\epsilon_d / \epsilon_R$
妻壁	100	①	S s - D 2 (-+)	124 $\mu$	2000 $\mu$	0.07

注記\*1：評価位置は図 6-2 に示す。

\*2：照査用ひずみ＝発生ひずみ×構造解析係数  $\gamma_a$

(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 6-7 及び表 6-8 に、せん断破壊に対する各評価位置での最大照査値を表 6-9 に示す。

取水口、貯留堰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 6-7 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）

評価位置*1, 2		解析 ケース	地震動	照査用 ひずみ*3 $\epsilon_d$	限界 ひずみ $\epsilon_R$	照査値 $\epsilon_d / \epsilon_R$
頂版 (標準部)	—	—	—	—	—	—
頂版 (漸縮部)	—	—	—	—	—	—
側壁	31	③	S s - D 2 (-+)	357 $\mu$	2000 $\mu$	0.18
導流壁	—	—	—	—	—	—
底版	71	③	S s - D 2 (-+)	248 $\mu$	2000 $\mu$	0.13
妻壁	—	—	—	—	—	—
貯留堰	91	③	S s - D 2 (-+)	494 $\mu$	2000 $\mu$	0.25

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 6-4 に示す。

\*3：照査用ひずみ＝発生ひずみ×構造解析係数  $\gamma_a$

表 6-8 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値（主筋ひずみ）

評価位置*1, 2		解析 ケース	地震動	照査用 ひずみ*3 $\epsilon_d$	限界 ひずみ $\epsilon_R$	照査値 $\epsilon_d / \epsilon_R$
頂版 (標準部)	—	—	—	—	—	—
頂版 (漸縮部)	—	—	—	—	—	—
側壁	31	③	S s - D 2 (-+)	500 $\mu$	1725 $\mu$	0.29
導流壁	—	—	—	—	—	—
底版	76	①	S s - D 2 (-+)	358 $\mu$	1725 $\mu$	0.21
妻壁	—	—	—	—	—	—
貯留堰	96	①	S s - D 2 (-+)	387 $\mu$	1725 $\mu$	0.23

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 6-4 に示す。

\*3：照査用ひずみ＝発生ひずみ×構造解析係数  $\gamma_a$



表 6-9 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/m)	せん断 耐力 $V_{y d}$ (kN/m)	照査値 $V_d / V_{y d}$
頂版 (標準部)	—	—	—	—	—	—
頂版 (漸縮部)	—	—	—	—	—	—
側壁	31	③	S s - D 2 (++)	2061	2651	0.78
導流壁	—	—	—	—	—	—
底版	88	①	S s - N 1 (++)	774	1155	0.68
妻壁	—	—	—	—	—	—
貯留堰*4	96	①	S s - D 2 (++)	1840	4383	0.42

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 6-4 に示す。

\*3：照査用せん断力＝発生せん断力×構造解析係数  $\gamma_a$

\*4：貯留堰直下の底版の評価を含む。

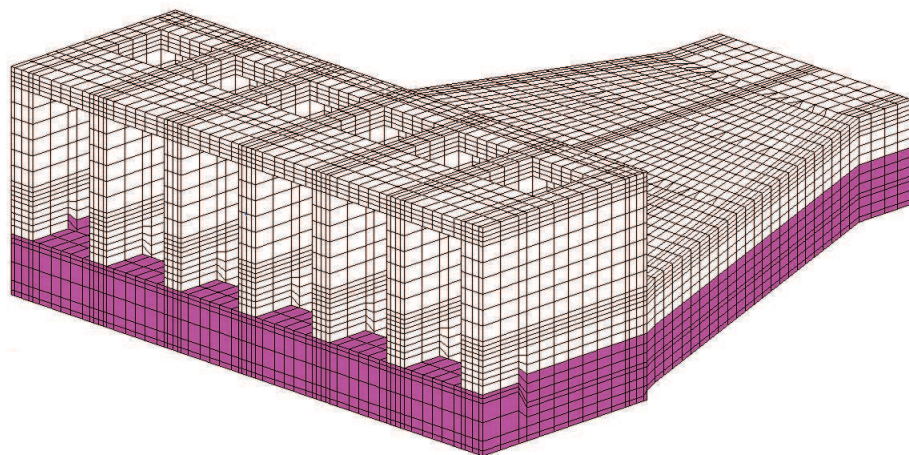


図 6-4 貯水機能が要求される部材の範囲

### 6.1.3 Sクラスの施設を支持する機能に対する評価結果

取水口（標準部）の底版は、貯留堰を間接支持する支持機能が要求されるが、支持機能が要求される部材の範囲は、貯水機能が要求される部材の範囲に包含される。また、支持機能と貯水機能の許容限界は同じであるため、「6.2.2 貯水機能」の評価結果により、Sクラスの施設を支持する機能を損なわないことを確認した。

6.1.4 基礎地盤の支持性能に対する評価結果

(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 6-10 に示す。また，最大接地圧分布図を図 6-5 に示す。

取水口，貯留堰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 6-10 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 <sup>2</sup> )	極限支持力 $R_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $R_d/R_u$
①	S <sub>s</sub> -D1 (++)	3.3	13.7	0.25

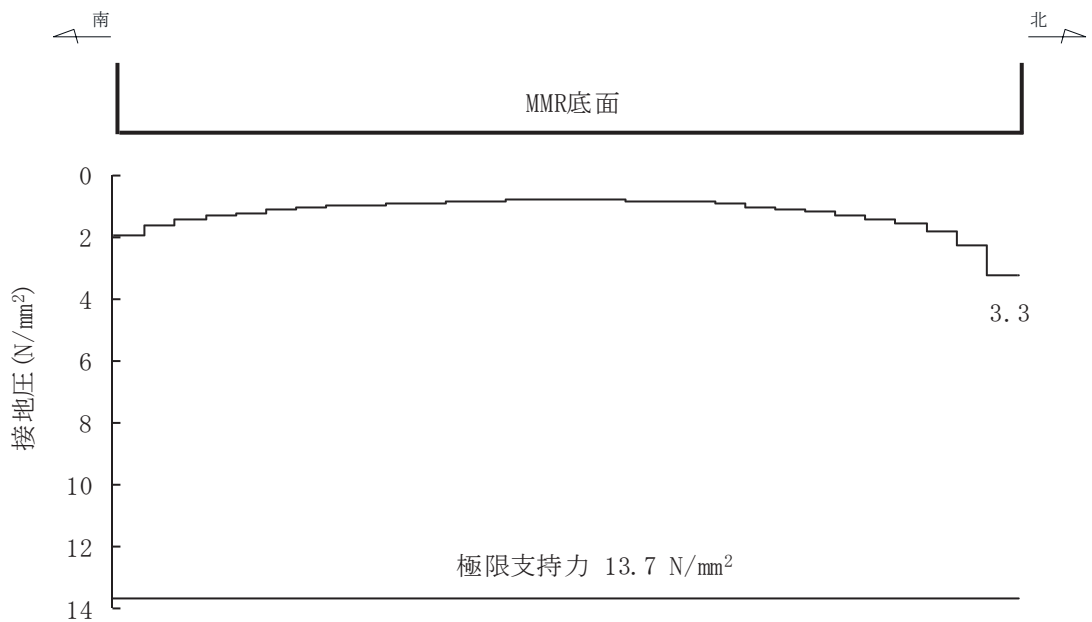


図 6-5 基礎地盤の最大接地圧分布図  
(解析ケース①，S<sub>s</sub>-D1 (++)，標準部)

(2) MMR (既設)

MMR (既設) の支持性能に対する照査結果を表 6-11 に示す。また、最大接地圧分布図を図 6-6 に示す。

取水口、貯留堰の 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 6-11 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 <sup>2</sup> )	支圧強度 $f'_a$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $R_d/f'_a$
②	S <sub>s</sub> -D 2 (-+)	1.5	15.6	0.10

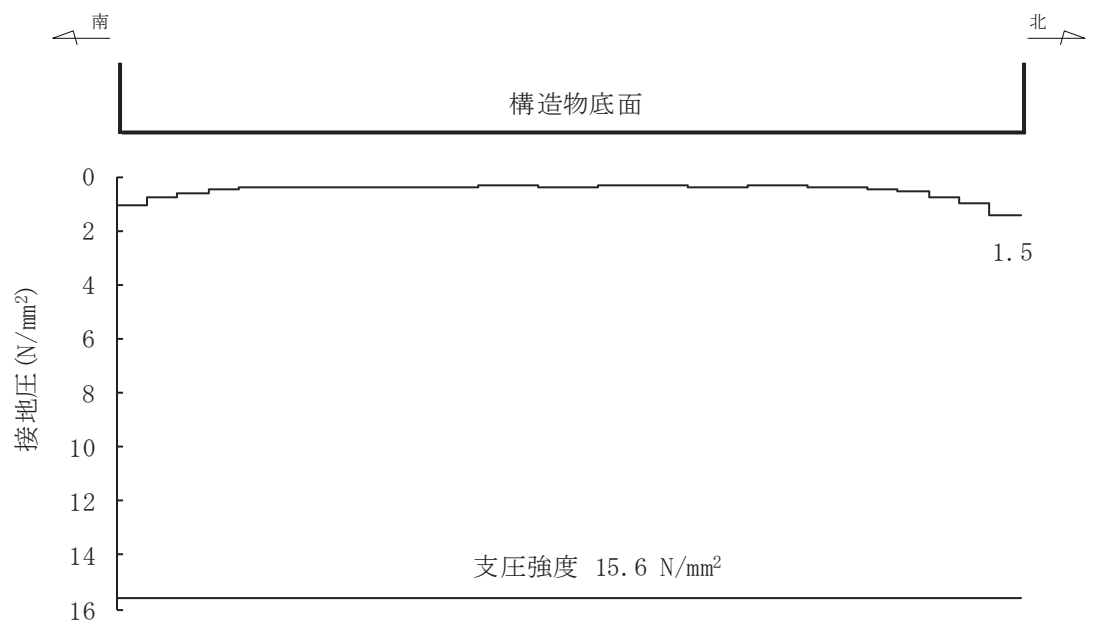


図 6-6 MMR (既設) の最大接地圧分布図  
(解析ケース②, S<sub>s</sub>-D 2 (-+), 標準部)

## 6.2 有効応力解析による荷重に対する耐震評価結果

### 6.2.1 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各評価位置での最大照査値を表 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 に、妻壁の面内せん断に対する最大照査値を表 6-14 に示す。

取水口、貯留堰の照査用ひずみ、照査用せん断力及び照査用面内せん断ひずみが、許容限界を下回ることを確認した。

表 6-12 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）

評価位置*1		解析 ケース	地震動	照査用 ひずみ*2 $\epsilon_d$	限界 ひずみ $\epsilon_R$	照査値 $\epsilon_d / \epsilon_R$
頂版 (標準部)	16	⑧	S s - D 2 (++)	401 $\mu$	10000 $\mu$	0.05
頂版 (漸縮部)	28	⑧	S s - D 2 (++)	350 $\mu$	10000 $\mu$	0.04
側壁	32	⑧	S s - D 2 (++)	423 $\mu$	10000 $\mu$	0.05
導流壁	62	⑧	S s - D 2 (++)	528 $\mu$	10000 $\mu$	0.06
底版	76	⑧	S s - D 2 (++)	305 $\mu$	10000 $\mu$	0.04
妻壁	106	⑧	S s - D 2 (++)	257 $\mu$	10000 $\mu$	0.03
貯留堰	96	⑧	S s - D 2 (++)	718 $\mu$	10000 $\mu$	0.08

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  $\gamma_a$

表 6-13 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/m)	せん断 耐力 $V_{y d}$ (kN/m)	照査値 $V_d / V_{y d}$
頂版 (標準部)	16	⑨	S s - D 2 (++)	359	878	0.41
頂版 (漸縮部)	27	⑨	S s - D 2 (++)	870	1399	0.63
側壁	31	⑨	S s - D 2 (++)	1531	2041	0.76
導流壁	53	⑨	S s - D 2 (++)	1495	2010	0.75
底版	87	⑨	S s - D 2 (++)	862	1216	0.71
妻壁	101	⑧	S s - D 2 (++)	348	1485	0.24
貯留堰*3	92	⑨	S s - D 2 (++)	1583	4161	0.39

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  $\gamma_a$

\*3：貯留堰直下の底版の評価を含む。



表 6-14 妻壁の面内せん断に対する照査

評価位置*1		解析 ケース	地震動	照査用 面内せん断ひずみ*2 $\epsilon_d$	限界せん断 ひずみ $\epsilon_R$	照査値 $\epsilon_d / \epsilon_R$
妻壁	100	⑧	S <sub>s</sub> -D2(++)	110 $\mu$	2000 $\mu$	0.06

注記\*1：評価位置は図 6-2 に示す。

\*2：照査用ひずみ＝発生ひずみ×構造解析係数  $\gamma_a$

## 6.2.2 各要求機能に対する評価結果

### (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 6-15 に、せん断破壊に対する各評価位置での最大照査値を表 6-16 に、妻壁の面内せん断に対する最大照査値を表 6-17 に示す。

取水口、貯留堰の照査用ひずみ、照査用せん断力及び照査用面内せん断ひずみが、通水機能に対する許容限界を下回ることを確認した。

表 6-15 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）（再掲）

評価位置*1, 2		解析 ケース	地震動	照査用 ひずみ*3 $\epsilon_d$	限界 ひずみ $\epsilon_R$	照査値 $\epsilon_d / \epsilon_R$
頂版 (標準部)	16	⑧	S s - D 2 (++)	401 $\mu$	10000 $\mu$	0.05
頂版 (漸縮部)	28	⑧	S s - D 2 (++)	350 $\mu$	10000 $\mu$	0.04
側壁	32	⑧	S s - D 2 (++)	423 $\mu$	10000 $\mu$	0.05
導流壁	62	⑧	S s - D 2 (++)	528 $\mu$	10000 $\mu$	0.06
底版	76	⑧	S s - D 2 (++)	305 $\mu$	10000 $\mu$	0.04
妻壁	106	⑧	S s - D 2 (++)	257 $\mu$	10000 $\mu$	0.03
貯留堰	96	⑧	S s - D 2 (++)	718 $\mu$	10000 $\mu$	0.08

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 6-3 に示す。

\*3：照査用ひずみ＝発生ひずみ×構造解析係数  $\gamma_a$

表 6-16 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/m)	せん断 耐力 $V_{y d}$ (kN/m)	照査値 $V_d / V_{y d}$
頂版 (標準部)	16	⑨	S s - D 2 (++)	359	878	0.41
頂版 (漸縮部)	27	⑨	S s - D 2 (++)	870	1399	0.63
側壁	31	⑨	S s - D 2 (++)	1531	2041	0.76
導流壁	53	⑨	S s - D 2 (++)	1495	2010	0.75
底版	87	⑨	S s - D 2 (++)	862	1216	0.71
妻壁	101	⑧	S s - D 2 (++)	348	1485	0.24
貯留堰*4	92	⑨	S s - D 2 (++)	1583	4161	0.39

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 6-3 に示す。

\*3：照査用せん断力=発生せん断力×構造解析係数  $\gamma_a$

\*4：貯留堰直下の底版の評価を含む。

表 6-17 妻壁の面内せん断に対する照査（再掲）

評価位置*1		解析 ケース	地震動	照査用 面内せん断ひずみ*2 $\epsilon_d$	限界せん断 ひずみ $\epsilon_R$	照査値 $\epsilon_d / \epsilon_R$
妻壁	100	⑧	S s - D 2 (++)	110 $\mu$	2000 $\mu$	0.06

注記\*1：評価位置は図 6-2 に示す。

\*2：照査用ひずみ＝発生ひずみ×構造解析係数  $\gamma_a$

(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 6-18 及び表 6-19 に、せん断破壊に対する各評価位置での最大照査値を表 6-20 に示す。

取水口、貯留堰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 6-18 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）

評価位置*1, 2		解析 ケース	地震動	照査用 ひずみ*3 $\epsilon_d$	限界 ひずみ $\epsilon_R$	照査値 $\epsilon_d / \epsilon_R$
頂版 (標準部)	—	—	—	—	—	—
頂版 (漸縮部)	—	—	—	—	—	—
側壁	32	⑧	S s - D 2 (++)	328 $\mu$	2000 $\mu$	0.17
導流壁	—	—	—	—	—	—
底版	76	⑧	S s - D 2 (++)	245 $\mu$	2000 $\mu$	0.13
妻壁	—	—	—	—	—	—
貯留堰	96	⑧	S s - D 2 (++)	479 $\mu$	2000 $\mu$	0.24

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 6-4 に示す。

\*3：照査用ひずみ＝発生ひずみ×構造解析係数  $\gamma_a$

表 6-19 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値（主筋ひずみ）

評価位置*1, 2		解析 ケース	地震動	照査用 ひずみ*3 $\epsilon_d$	限界 ひずみ $\epsilon_R$	照査値 $\epsilon_d / \epsilon_R$
頂版 (標準部)	—	—	—	—	—	—
頂版 (漸縮部)	—	—	—	—	—	—
側壁	32	⑧	S s - D 2 (++)	305 $\mu$	1725 $\mu$	0.18
導流壁	—	—	—	—	—	—
底版	71	⑧	S s - D 2 (++)	214 $\mu$	1725 $\mu$	0.13
妻壁	—	—	—	—	—	—
貯留堰	91	⑧	S s - D 2 (++)	231 $\mu$	1725 $\mu$	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 6-4 に示す。

\*3：照査用ひずみ＝発生ひずみ×構造解析係数  $\gamma_a$

表 6-20 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/m)	せん断 耐力 $V_{y d}$ (kN/m)	照査値 $V_d/V_{y d}$
頂版 (標準部)	—	—	—	—	—	—
頂版 (漸縮部)	—	—	—	—	—	—
側壁	32	⑧	S s - D 2 (++)	1902	2654	0.72
導流壁	—	—	—	—	—	—
底版	87	⑨	S s - D 2 (++)	862	1216	0.71
妻壁	—	—	—	—	—	—
貯留堰*4	92	⑨	S s - D 2 (++)	1583	4161	0.39

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 6-4 に示す。

\*3：照査用せん断力＝発生せん断力×構造解析係数  $\gamma_a$

\*4：貯留堰直下の底版の評価を含む。

### 6.2.3 Sクラスの施設を支持する機能に対する評価結果

取水口（標準部）の底版は、貯留堰を間接支持する支持機能が要求されるが、支持機能が要求される部材の範囲は、貯水機能が要求される部材の範囲に包含される。また、支持機能と貯水機能の許容限界は同じであるため、「6.2.2 貯水機能」の評価結果により、Sクラスの施設を支持する機能を損なわないことを確認した。



6.2.4 基礎地盤の支持性能に対する評価結果

(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 6-21 に示す。また、最大接地圧分布図を図 6-7 に示す。

取水口、貯留堰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 6-21 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 <sup>2</sup> )	極限支持力 $R_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $R_d/R_u$
⑧	$S_s - D 2$ (++)	4.0	13.7	0.30

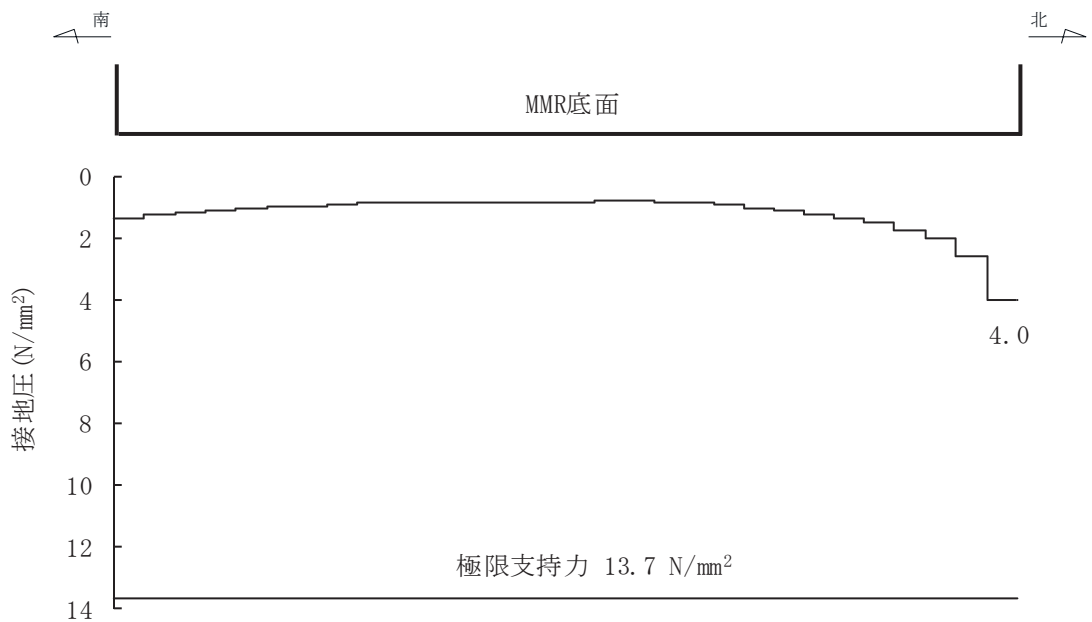


図 6-7 基礎地盤の最大接地圧分布図  
(解析ケース⑧,  $S_s - D 2$  (++) , 標準部)

(2) MMR (既設)

MMR (既設) の支持性能に対する照査結果を表 6-22 に示す。また、最大接地圧分布図を図 6-8 に示す。

取水口、貯留堰の 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 6-22 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 <sup>2</sup> )	支圧強度 $f'_a$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $R_d/f'_a$
⑧	S <sub>s</sub> -D 2 (++)	1.3	15.6	0.09

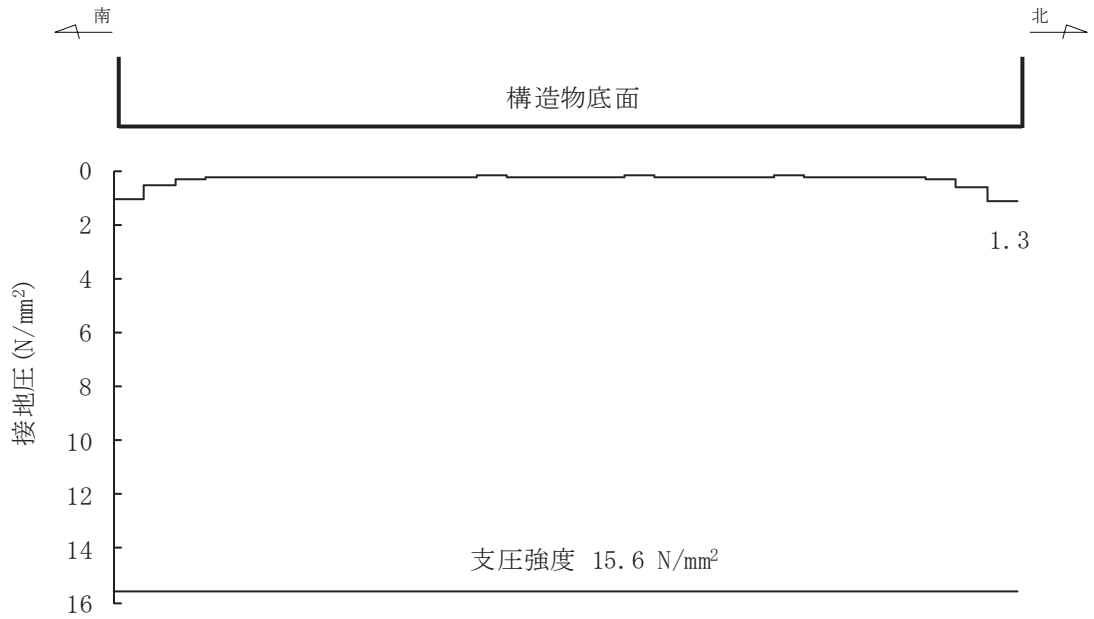


図 6-8 MMR (既設) の最大接地圧分布図  
(解析ケース⑧, S<sub>s</sub>-D 2 (++) , 標準部)