

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-19-0125_改0
提出年月日	2021年4月21日

VI-2-10-2-6 逆流防止設備の耐震性についての計算書

2021年4月

東北電力株式会社

目 次

- VI-2-10-2-6-1 屋外排水路逆流防止設備の耐震性についての計算書
- VI-2-10-2-6-2 補機冷却海水系放水路逆流防止設備の耐震性についての計算書

VI-2-10-2-6-1 屋外排水路逆流防止設備の耐震性についての計算書

目 次

VI-2-10-2-6-1-1 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）の耐震性についての計算書

VI-2-10-2-6-1-2 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）の耐震性についての計算書

VI-2-10-2-6-1-1 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）の
耐震性についての計算書

目次

1.	概要	1
2.	一般事項	2
2.1	配置概要	2
2.2	構造計画	3
2.3	評価方針	4
2.4	適用基準	5
2.5	記号の説明	6
3.	評価部位	8
4.	固有周期	9
4.1	固有周期の計算方法	9
4.2	固有周期の計算条件	9
4.3	固有周期の計算結果	10
5.	構造強度評価	11
5.1	構造強度評価方法	11
5.2	荷重及び荷重の組合せ	11
5.2.1	荷重の設定	11
5.2.2	荷重の組合せ	11
5.3	許容限界	12
5.4	設計用地震力	13
5.5	計算方法	14
5.6	計算条件	25
6.	評価結果	27
7.	出口側集水ピットの強度評価	28
7.1	出口側集水ピットの構造概要	28
7.2	評価方針	31
7.3	適用基準	33
8.	地震応答解析	34
8.1	地震時荷重算出断面	34
8.2	解析方法	35
8.3	荷重及び荷重の組合せ	38
8.3.1	耐震評価上考慮する状態	38
8.3.2	荷重	38
8.3.3	荷重の組合せ	39
8.4	入力地震動	40
8.5	解析モデル及び諸元	55
8.6	地震応答解析結果	58

9.	三次元構造解析	75
9.1	評価対象部材	75
9.2	解析方法	75
9.3	解析モデル及び諸元	76
9.4	照査時刻及び入力荷重	78
9.5	三次元構造解析結果	82
10.	耐震評価	90
10.1	許容限界	90
10.1.1	構造部材の健全性に対する許容限界	90
10.1.2	基礎地盤の支持性能に対する許容限界	91
10.2	評価方法	91
11.	評価結果	92
11.1	構造部材の健全性に対する評価結果	92
11.2	基礎地盤の支持性能に対する評価結果	95

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に基づき、浸水防護施設のうち屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）(No. 1), (No. 2), (No. 3)（以下「屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）」という。）が設計用地震力に対して、主要な構造部材が十分な構造健全性を有することを確認するものである。

屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）は、浸水防護施設としてSクラス施設に分類される。以下、浸水防護施設としての構造強度評価を示す。また、屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）が設置される出口側集水ピットは耐震重要度分類Sクラスの間接支持構造物としての機能が要求されることから、基準地震動 S_s に対して、構成する部材がおおむね弾性範囲にとどまることを確認するため、地震応答解析に基づく構造部材健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を行う。

なお、屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）の強度評価においては、平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震による地殻変動に伴い、牡鹿半島全体で約1mの地盤沈下が発生したことを考慮し、地盤沈下量を考慮した敷地高さや施設高さ等を記載する。

2. 一般事項

2.1 配置概要

屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）の設置位置を図 2-1 に示す。

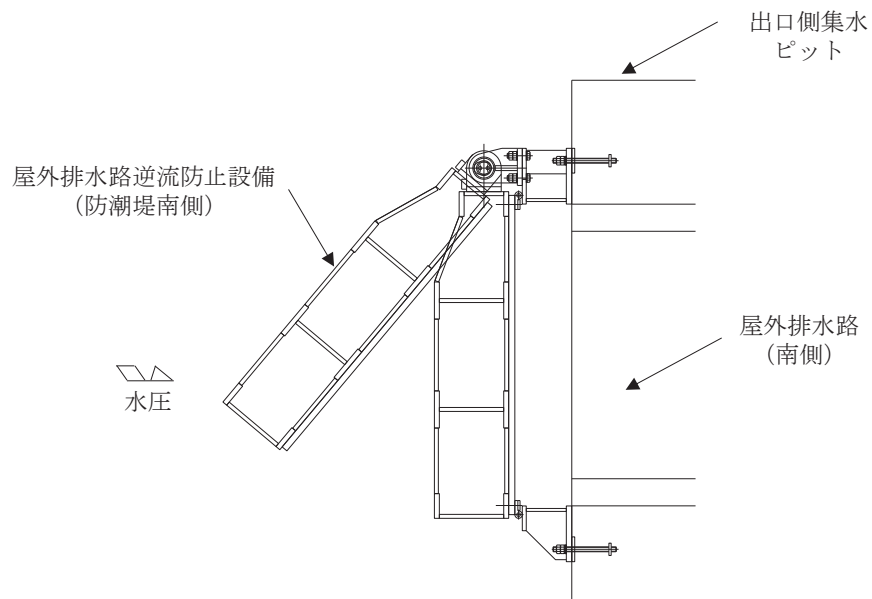
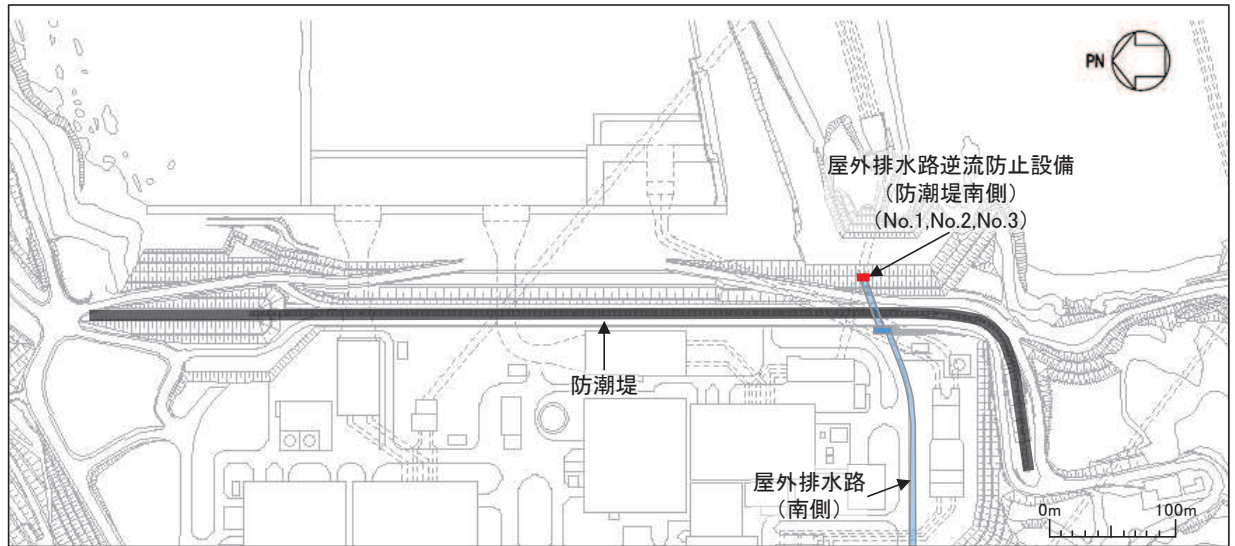


図 2-1 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）の設置位置

2.2 構造計画

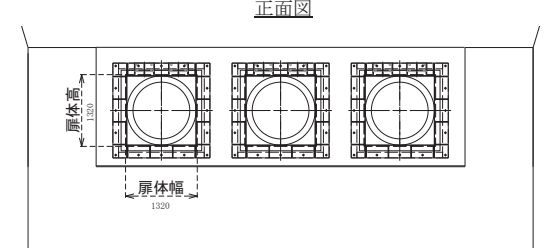
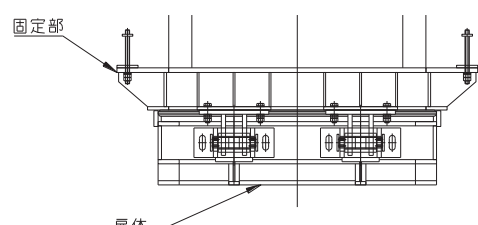
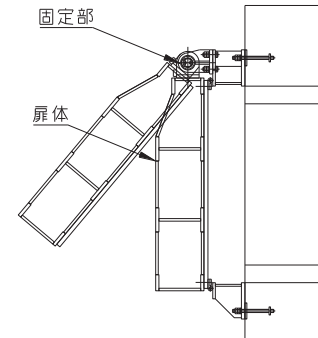
防潮堤の南側に位置する3本の屋外排水路に対して、それぞれ屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）を設置する。各屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）は、鋼製の扉体（スキンプレート、主桁、補助縦桁、ヒンジ（吊りピン含む）及びヒンジ取付けボルト）、固定部（ヒンジ、ヒンジ取付けボルト、戸当り及びアンカーボルト）で構成される。

扉体及び固定部で構成される屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）は、出口側集水ピット（鉄筋コンクリート製）にアンカーで固定し、屋外排水路を経路とした津波の流入を防止する。また、扉体に作用する荷重は、アンカーを介して鉄筋コンクリートに伝達する構造とする。

なお、出口側集水ピットは地中に設置することから、屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）及び出口側集水ピットには漂流物は衝突しない。

屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）の構造概要を表2-1に示す。

表 2-1 構造計画（屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側））

計画の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>本体はアンカーを介して出口側集水ピットに固定する。</p>	<p>鋼製の扉体（スキンプレート、主桁、補助縦桁、ヒンジ（吊りピン含む）及びヒンジ取付けボルト）及び固定部（ヒンジ、ヒンジ取付けボルト、戸当り及びアンカーボルト）により構成する。</p>	<p style="text-align: center;">正面図</p>  <p style="text-align: center;">平面図</p>  <p style="text-align: center;">断面図</p> 

2.3 評価方針

屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）の耐震評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.2 構造計画」に示す屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）の構造を踏まえ、「3. 評価部位」にて設定する評価部位において、設計用地震力による応力が許容限界以下であることを、「5. 構造強度評価」に示す方法にて確認することで実施する。応力評価の確認結果を「6. 評価結果」に示す。

屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）の耐震評価フローを図 2-2 に示す。

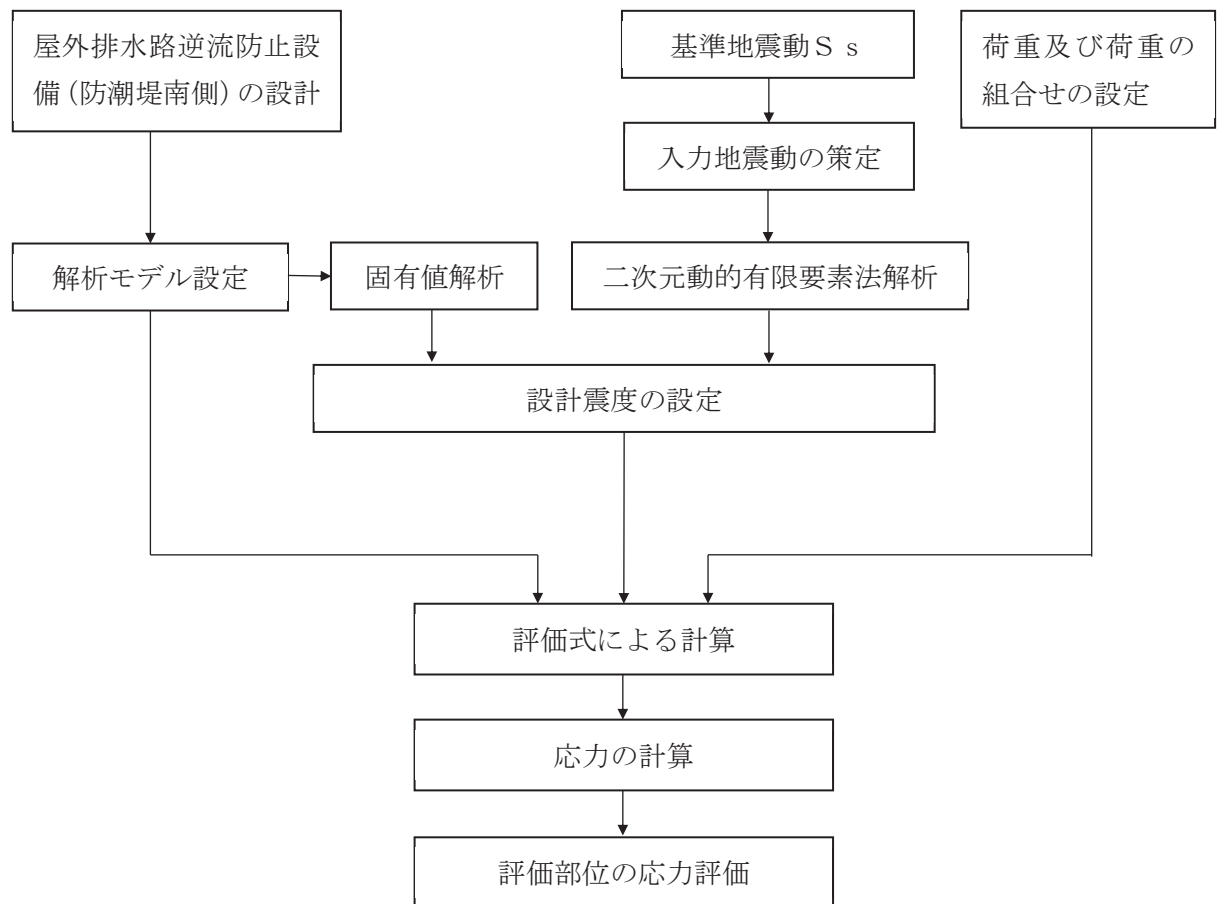


図 2-2 耐震評価フロー

2.4 適用基準

適用する規格，基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・ 補一
1984 (日本電気協会)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 - 1987 (日本電気協会)
- (3) 日本工業規格 J I S G 4 0 5 3 - 2008 機械構造用合金鋼鋼材
- (4) ダム・堰施設技術基準(案)(基準解説編・設備計画マニュアル編)(ダム・堰施設技術
協会 平成 28 年 3 月)
- (5) 水門鉄管技術基準 水門扉編 ((社)水門鉄管協会, 平成 31 年)
- (6) 各種合成構造設計指針・同解説 ((社)日本建築学会, 平成 22 年)
- (7) コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] (土木学会, 2002 年制定)
- (8) 構造力学公式集 (土木学会, 1988 年)

2.5 記号の説明

屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）の固有周期の計算に用いる記号を表 2-2 に、応力評価に用いる記号を表 2-3 にそれぞれ示す。

表 2-2 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）の固有周期の計算に用いる記号

記号	定義	単位
T	固有周期	s
f	一次固有振動数	Hz
E	縦弾性係数	N/mm ²
I	屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）の断面二次モーメント	mm ⁴
m	扉体の単位長さ当たり質量	kg/mm
L	主桁の長さ	mm

表 2-3(1) 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）の応力評価に用いる記号（1/2）

記号	定義	単位
G	固定荷重（扉体の自重）	N
K _H	基準地震動 S _s による水平方向の設計震度	—
K _V	基準地震動 S _s による鉛直方向の設計震度	—
A ₁	扉体面積	mm ²
W ₀	水の単位体積重量	N/mm ³
k	スキンプレートの辺長比 (b ₁ /a ₁) による係数	—
a ₁	スキンプレートの短辺	mm
b ₁	スキンプレートの長辺	mm
P ₁	スキンプレートに加わる単位面積当たりの荷重	N/mm ²
t ₁	スキンプレートの板厚	mm
W	各主桁に作用する等分布荷重	N/mm
L ₂	主桁支間長	mm
Z ₂	各主桁の断面係数	mm ³
Aw ₂	各主桁のせん断抵抗断面積	mm ²
p	補助縦桁に作用する各区画の平均荷重	N/mm ²
ℓ	補助縦桁の主桁間隔	mm
Z ₃	補助縦桁の断面係数	mm ³
Aw ₃	補助縦桁のせん断抵抗断面積	mm ²

表 2-3(2) 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）の応力評価に用いる記号（2/2）

記号	定義	単位
L_4	ヒンジ（吊りピン）支間長	mm
B_4	ヒンジ（吊りピン）受圧幅	mm
P_4	ヒンジ（吊りピン）に作用する荷重	N
Z_4	ヒンジ（吊りピン）の断面係数	mm ³
A_4	ヒンジ（吊りピン）の断面積	mm ²
P_5	ヒンジ（プレート）に作用する荷重	N
A_{h5}	ヒンジ（プレート）の最薄部の断面積	mm ²
A_{b6}	取付けボルトの断面積	mm ²
P_{w6}	ヒンジ1箇所あたりが負担する自重荷重	N
P_{v6}	鉛直地震力	N
P_{H6}	水平地震力	N
P_7	戸当りへ作用する荷重	N/mm ²
L_s	扉体幅	mm
L_c	戸当り支圧部の板厚	mm
q	地震荷重	N/mm ²
L_x	戸当り横幅	mm
L_y	戸当り縦幅	mm
ℓ_x	支圧板中心横幅	mm
ℓ_y	支圧板中心縦幅	mm
b_{wx}	支圧横幅	mm
b_{wy}	支圧縦幅	mm
S	戸当り幅	mm

3. 評価部位

屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）は、扉体（スキンプレート、主桁、補助縦桁、ヒンジ（吊りピン含む）及びヒンジ取付けボルト）及び固定部（ヒンジ、ヒンジ取付けボルト、戸当り及びアンカーボルト）で構成される。

耐震評価においては、スキンプレート、主桁、補助縦桁、ヒンジ（吊りピン含む）、ヒンジ取付けボルト及び戸当りを評価部位として選定する。屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）の評価部位を図 3-1 に示す。

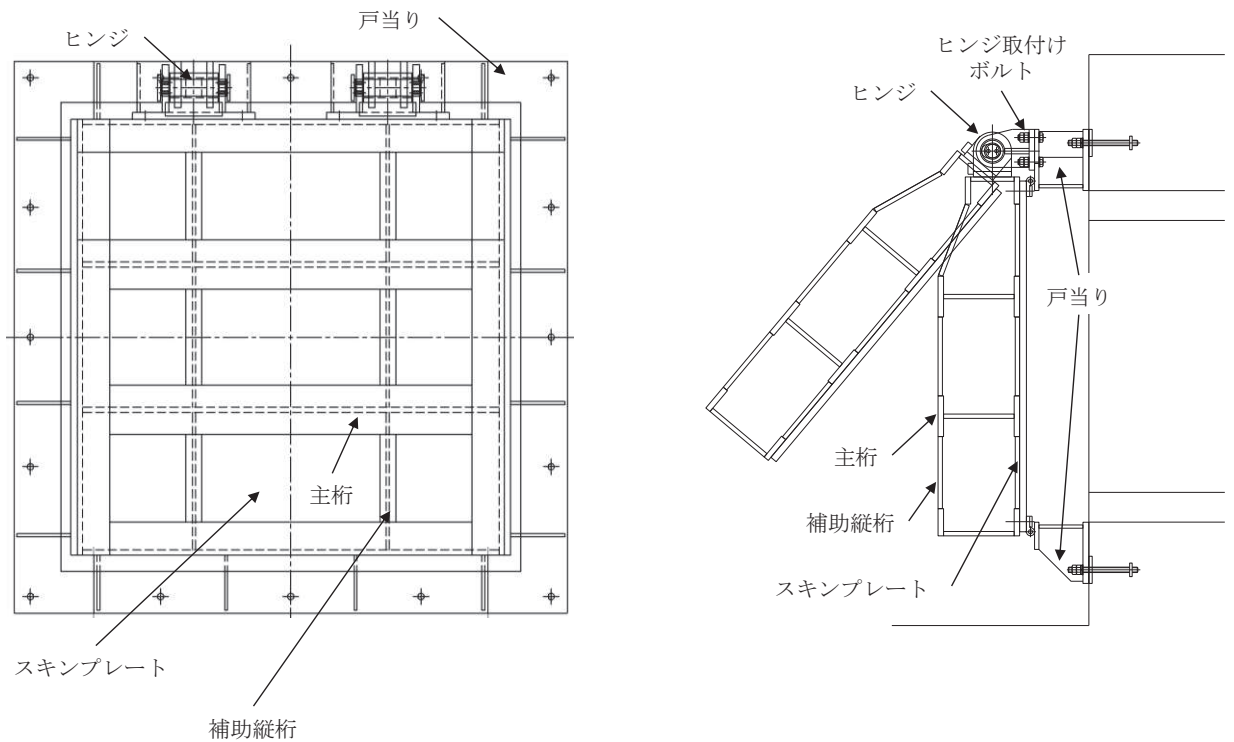


図 3-1 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）の評価部位

4. 固有周期

4.1 固有周期の計算方法

屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）は扉体及び固定部で構成されており、扉体に地震力が作用する状態は、扉体と戸当りが密着した状態であることから、戸当り部を支点とする単純梁でモデル化する。なお、横断方向（水平方向）及び鉛直方向については振動が生じる構造ではないことから、出口側集水ピットと一体の剛体として評価する。

固有周期の計算を以下で実施する。

(1) 解析モデル

屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）の主桁を単純梁としてモデル化する。

(2) 固有周期の計算

固有周期の計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

「構造力学公式集（土木学会，1988年）」より、単純梁の一次固有振動数 f 及び固有周期 T は次のとおり与えられる。

$$T = \frac{1}{f}$$

$$f = \frac{\pi^2}{2\pi L^2} \sqrt{\frac{E \cdot I \cdot 10^3}{m}}$$

4.2 固有周期の計算条件

屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）の固有周期の計算に必要な諸元を表 4-1 に示す。

表 4-1 固有周期の計算に必要な諸元

記号	定義	数値	単位
T	固有周期	—	s
f	一次固有振動数	—	Hz
E	縦弾性係数	1.93×10^5	N/mm ²
I	屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）の断面二次モーメント	4.3883×10^8	mm ⁴
m	扉体の単位長さ当たり質量	1.13636	kg/mm
L	主桁の長さ	1320	mm

4.3 固有周期の計算結果

屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）の扉体の固有周期の計算結果を表 4-2 に示す。固有周期は、0.05s 以下であることから、剛構造である。

表 4-2 固有周期の計算結果

固有振動数 (Hz)	固有周期 (s)
245	0.0041

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）の耐震評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえて、「3. 評価部位」にて設定する評価部位に作用する応力等が「5.3 許容限界」にて示す許容限界以下であることを確認する。

5.2 荷重及び荷重の組合せ

5.2.1 荷重の設定

屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）の耐震評価において考慮する荷重を以下に示す。
その構造及び設置位置から風荷重及び積雪荷重の影響は考慮しない。

また、屋外排水路から流下する排水による水圧作用方向は扉体への作用荷重を打ち消す方向に作用するため考慮しないこととする。

(1) 固定荷重（G）

固定荷重として、扉体自重を考慮する。

(2) 地震荷重（S_s）

地震荷重として、基準地震動S_sによる地震力を考慮する。

5.2.2 荷重の組合せ

屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）の設計に考慮する荷重の組合せを表 5-1 に示す。

表 5-1 荷重の組合せ

区分	荷重の組合せ
地震時	G + S _s

G : 固定荷重

S_s : 地震荷重

5.3 許容限界

屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）の各部材の許容値は、評価対象部位毎に、「水門鉄管技術基準 水門扉編（（社）水門鉄管協会、平成 31 年）」に規定される許容応力度を用いる。

屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）の許容限界を表 5-2 に示す。

なお、地震後の再使用性を想定し、当該構造物全体の変形能力に対して浸水防護機能として十分な余裕を有するよう、設備を構成する材料が弾性域内に収まることを基本とする。

表 5-2 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）の許容限界

評価部位	材質	許容応力度 (N/mm ²)				短期許容応力度 (N/mm ²) *2			
		曲げ σ_{ab} *1	引張 σ_{at} *1	せん断 τ_a *1	支圧 σ_{as} *1	曲げ	引張	せん断	支圧
スキンプレート	SUS304	103	—	—	—	154	—	—	—
主桁	1桁	103	103	59	—	151*3	154	88	—
	2,3桁					154			
	4桁					151*3			
補助縦桁	SUS304	103	103	59	—	144*3	154	88	—
戸当り	SUS304	—	—	—	154	—	—	—	231
戸当り部コンクリート	コンクリート	—	—	1.0	9.0	—	—	1.5	13.5
ヒンジ(吊りピン)	SUS304	103	103	59	—	154	154	88	—
ヒンジ(プレート)	SUS304	—	—	59	—	—	—	88	—
ヒンジ取付けボルト	SUS304	—	103	59	—	—	154	88	—

注記 *1 : σ_{ab} : 許容曲げ応力度, σ_{at} : 許容引張応力度, τ_a : 許容せん断応力度, σ_{as} : 許容支圧応力度を示す。

*2 : 許容限界は、「水門鉄管技術基準 水門扉編（（社）水門鉄管協会、平成 31 年）」に基づき、短期許容応力度とする。短期許容応力度は、鋼材又はコンクリートの許容応力度に対して 1.5 倍の割増しを考慮する。

*3 : 主桁, 補助縦桁に用いる構造用鋼材の許容曲げ圧縮応力度は、「水門鉄管技術基準 水門扉編（（社）水門鉄管協会、平成 31 年）」に基づき、許容曲げ応力度横倒れ座屈に対する配慮として許容応力の低減を考慮する。

5.4 設計用地震力

地震時における屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）は剛構造として考慮し，屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）の設計震度は，「8. 地震応答解析」の結果に基づき，表 5-3 に示すとおりとする。

表 5-3 設計用地震力

設備名称	地震動	解析ケース	設置場所及び 床面高さ (m)	地震による 設計震度	
屋外排水路 逆流防止設備 (防潮堤南側)	S _s -F 3 (-+)	解析ケース①	出口側集水ピット O. P. +8.38m (屋外排水路底面高さ)	水平方向 K _H	0.8
	S _s -D 2 (++)	解析ケース①		鉛直方向 K _V	0.5

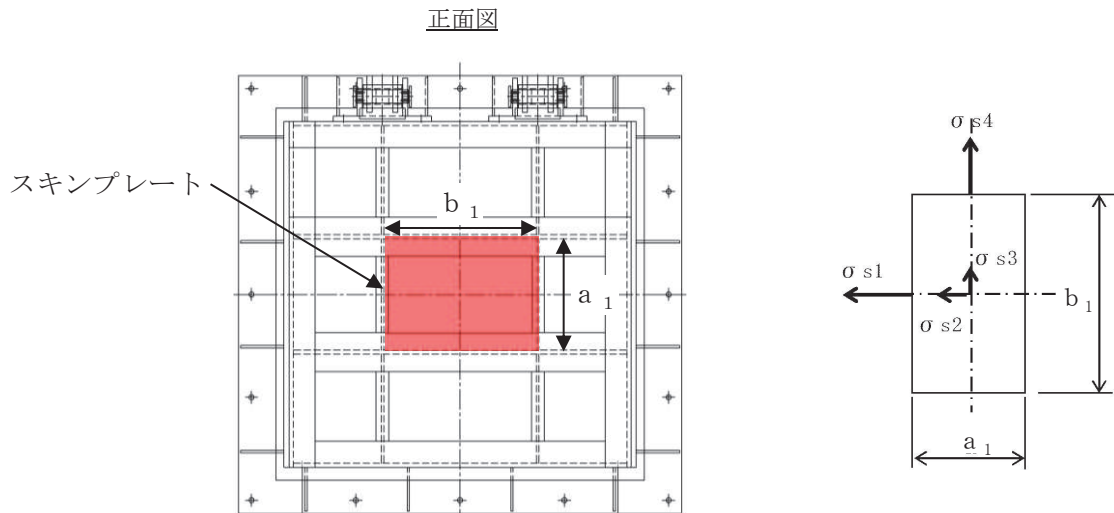
5.5 計算方法

各評価対象部位に加わる応力等の算出式を以下にまとめる。

(1) スキンプレート

スキンプレートは、「水門鉄管技術基準 水門扉編（（社）水門鉄管協会，平成 31 年）」に基づき，等分布荷重が作用する四辺固定版としてモデル化し，発生する曲げモーメントより算定される応力が許容限界以下であることを確認する。

スキンプレートのモデル図及び応力算定式を図 5-1 に示す。



$$\sigma = \left(\frac{1}{1 \ 0 \ 0} \right) \cdot k \cdot a_1^2 \cdot \frac{P_1}{t_1^2}$$

σ : 曲げ応力度 (N/mm²)

k : 辺長比 (b_1/a_1) による係数

a_1 : スキンプレートの短辺 (mm)

b_1 : スキンプレートの長辺 (mm)

P_1 : スキンプレートに加わる単位面積当たりの荷重 (N/mm²)

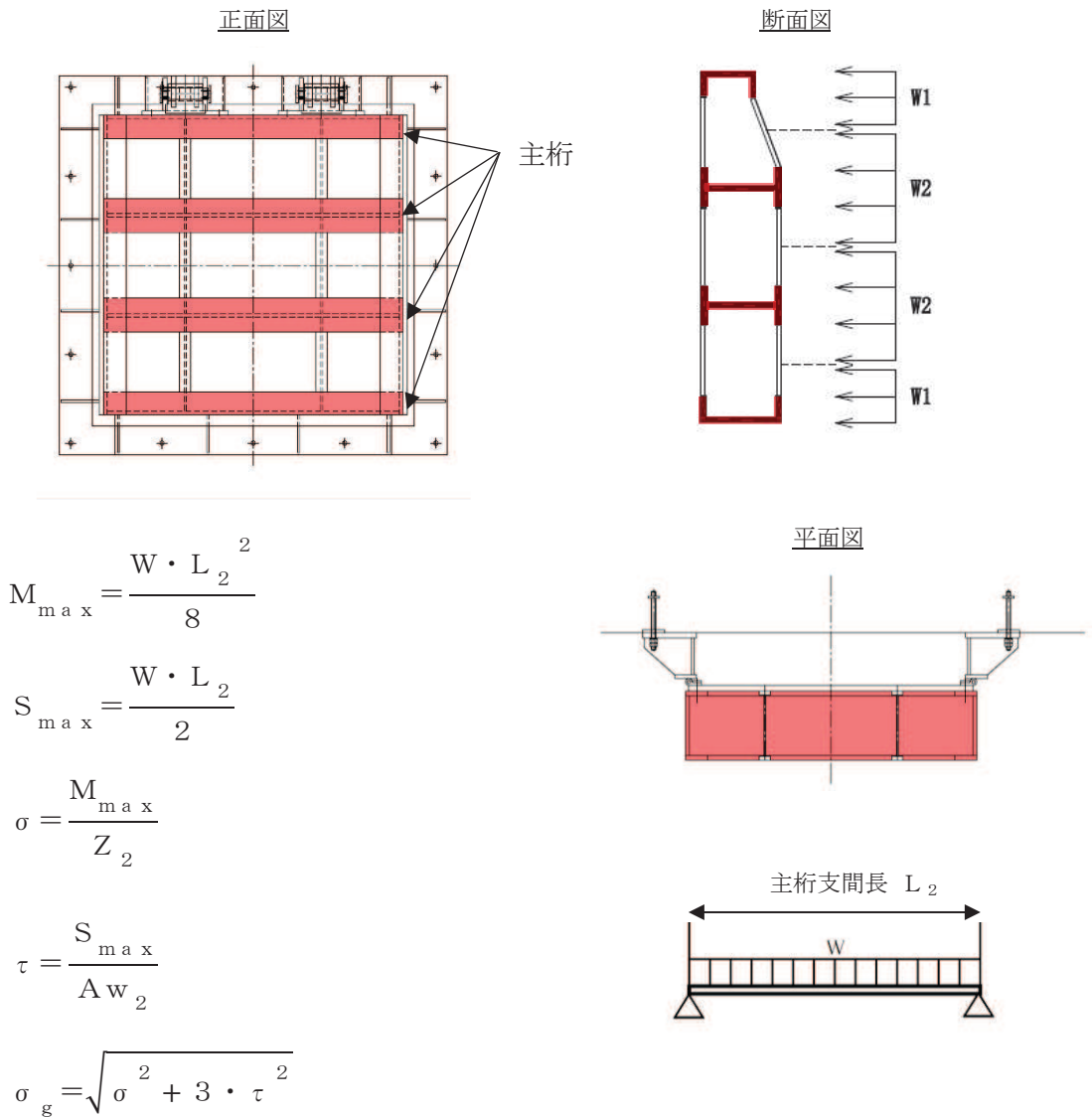
t_1 : スキンプレートの板厚 (mm)

図 5-1 スキンプレートのモデル図及び応力算定式

(2) 主桁

主桁は、等分布荷重が作用する単純梁としてモデル化し、発生する曲げ応力度及びせん断応力度が許容限界以下であることを確認する。また、合成応力に対しても許容限界以下であることを確認する。

主桁のモデル図及び応力算定式を図 5-2 に示す。



- | | | | |
|-----------|-----------------------------------|------------|-------------------------------|
| W | : 各主桁に作用する荷重 (N/mm) | σ | : 曲げ応力度 (N/mm ²) |
| L_2 | : 主桁支間長 (mm) | τ | : せん断応力度 (N/mm ²) |
| Z_2 | : 各主桁の断面係数 (mm ³) | σ_g | : 合成応力度 (N/mm ²) |
| A_{w2} | : 各主桁のせん断抵抗断面積 (mm ²) | | |
| M_{max} | : 最大曲げモーメント (N・mm) | | |
| S_{max} | : 最大せん断力 (N) | | |

図 5-2 主桁のモデル図及び応力算定式

(3) 補助縦桁

補助縦桁は、「水門鉄管技術基準 水門扉編（（社）水門鉄管協会，平成31年）」に基づき，等分布荷重が作用する，主桁によって支持された単純梁としてモデル化し，発生する曲げ応力度及びせん断応力度が許容限界以下であることを確認する。また，合成応力に対しても許容限界以下であることを確認する。

補助縦桁のモデル図及び応力算定式を図 5-3 及び図 5-4 に示す。

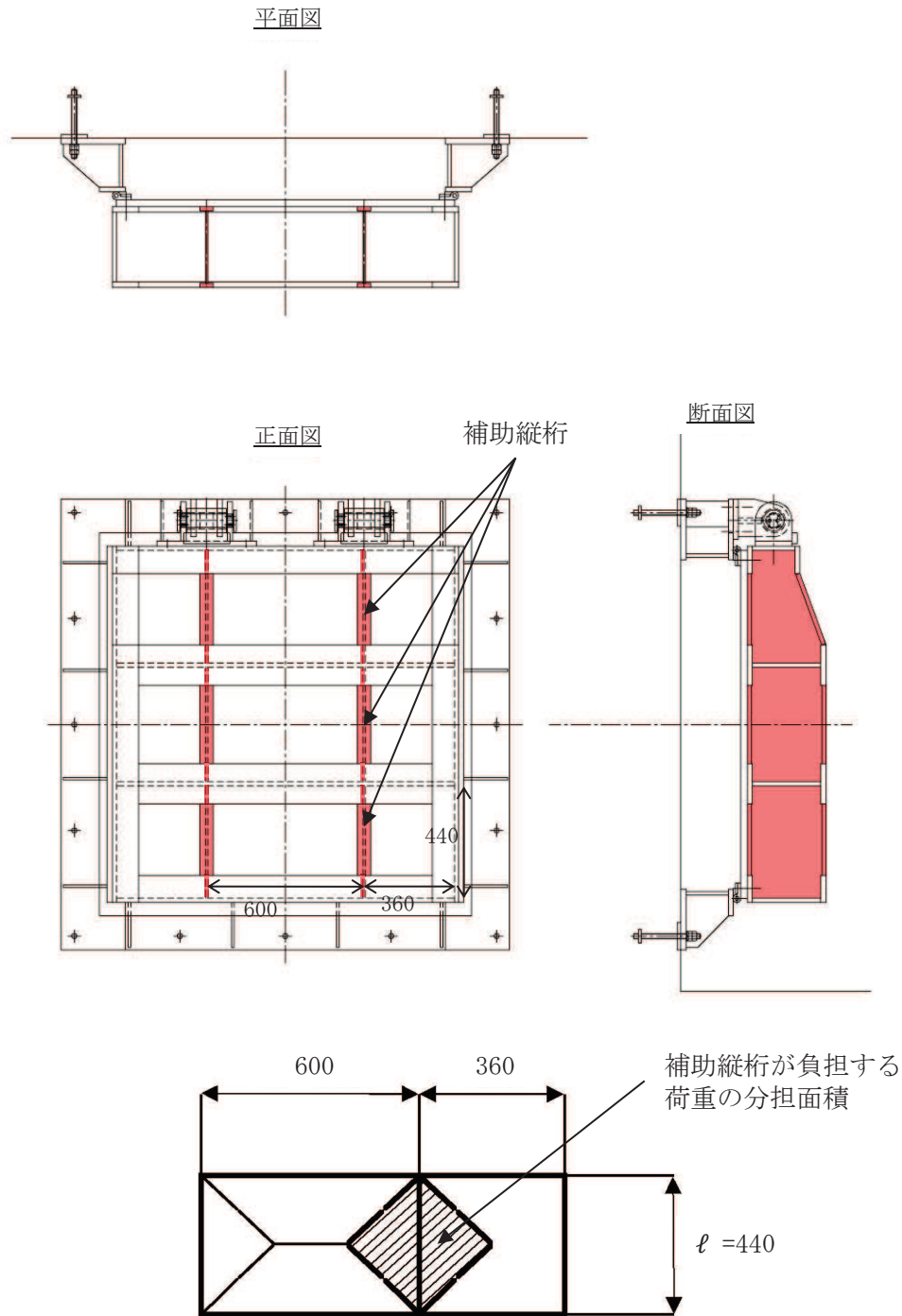


図 5-3 補助縦桁の構造図及びモデル図

$$M_{\text{max}} = \frac{p \cdot \ell^3}{12}$$

$$S_{\text{max}} = \frac{p \cdot \ell^2}{4}$$

$$\sigma = \frac{M_{\text{max}}}{Z_3}$$

$$\tau = \frac{S_{\text{max}}}{A_{w3}}$$

$$\sigma_g = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

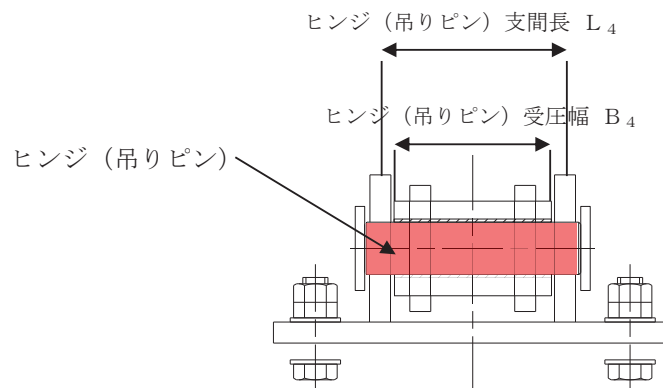
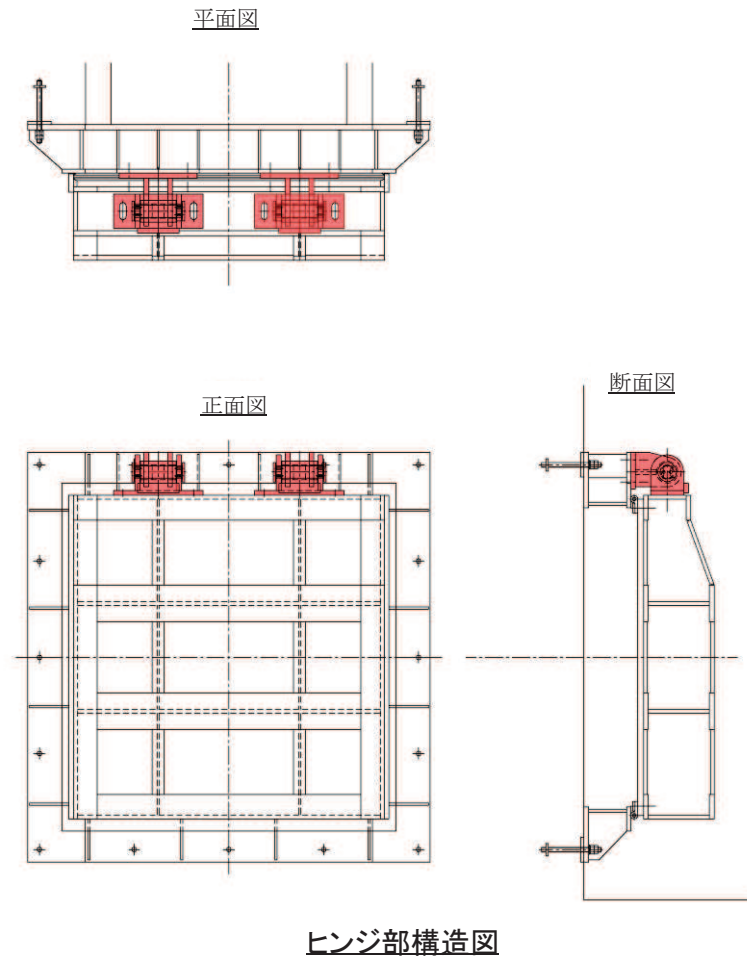
p : 補助縦桁に作用する各区画の平均荷重 (N/mm²)
 ℓ : 補助縦桁の主桁間隔 (mm)
 Z_3 : 補助縦桁の断面係数 (mm³)
 A_{w3} : 補助縦桁のせん断抵抗断面積 (mm²)
 M_{max} : 最大曲げモーメント (N・mm)
 S_{max} : 最大せん断力 (N)
 σ : 曲げ応力度 (N/mm²)
 τ : せん断応力度 (N/mm²)
 σ_g : 合成応力度 (N/mm²)

図 5-4 補助縦桁の応力算定式

(4) ヒンジ（吊りピン）

ヒンジ（吊りピン）は、ヒンジ（吊りピン）に発生する曲げ応力度及びせん断応力度が許容限界以下であることを確認する。また、合成応力に対しても許容限界以下であることを確認する。

ヒンジ（吊りピン）の構造図、モデル図及び応力算定式を図 5-5 及び図 5-6 に示す。



ヒンジ(吊りピン)構造図

図 5-5 ヒンジ（吊りピン）の構造図

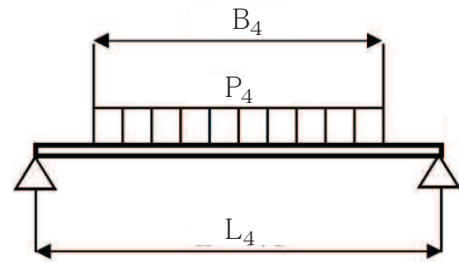
$$M_{\text{max}} = \frac{P_4 \cdot (2 \cdot L_4 - B_4)}{8}$$

$$S_{\text{max}} = \frac{P_4}{2}$$

$$\sigma = \frac{M_{\text{max}}}{Z_4}$$

$$\tau = \frac{4 \cdot S_{\text{max}}}{3 \cdot A_4}$$

$$\sigma_s = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2}$$



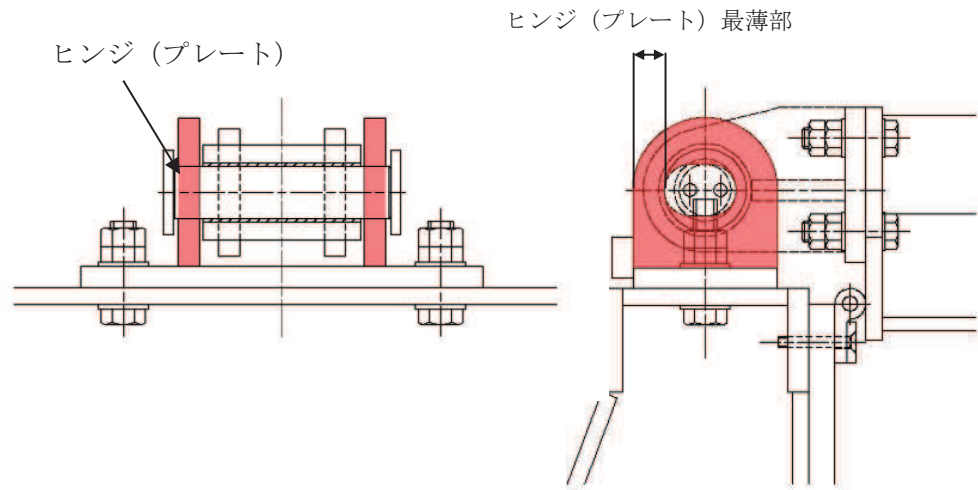
- L_4 : ヒンジ (吊りピン) 支間長 (mm)
- B_4 : ヒンジ (吊りピン) 受圧幅 (mm)
- P_4 : ヒンジ (吊りピン) に作用する荷重 (N)
- Z_4 : ヒンジ (吊りピン) の断面係数 (mm³)
- A_4 : ヒンジ (吊りピン) の断面積 (mm²)
- M_{max} : 最大曲げモーメント (N・mm)
- S_{max} : 最大せん断力 (N)
- σ : 曲げ応力度 (N/mm²)
- τ : せん断応力度 (N/mm²)

図 5-6 ヒンジ (吊りピン) のモデル図及び応力算定式

(5) ヒンジ (プレート)

ヒンジ (プレート) は、扉体部及び固定部の最薄部に発生するせん断応力度が許容限界以下であることを確認する。また、合成応力に対しても許容限界以下であることを確認する。

ヒンジ (プレート) の構造図及び応力算定式を図 5-7 に示す。



$$\tau = \frac{P_5}{A h_5}$$

P_5 : ヒンジ (プレート) に作用する荷重 (N)

$A h_5$: ヒンジ (プレート) の最薄部の断面積 (mm^2)

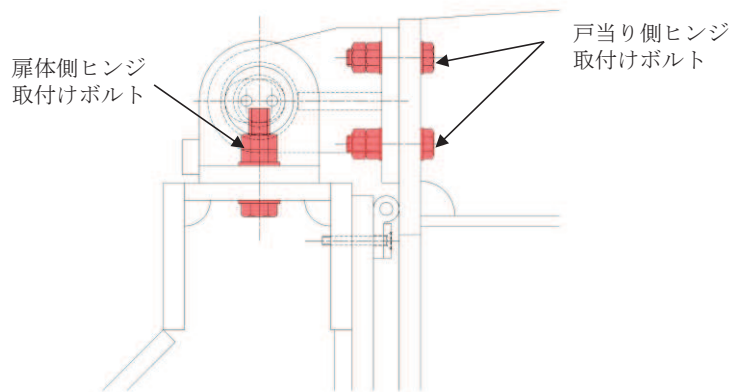
τ : せん断応力度 (N/mm^2)

図 5-7 ヒンジ (プレート) の構造図及び応力算定式

(6) ヒンジ取付けボルト

ヒンジ取付けボルトは、ヒンジ取付けボルトに発生する引張応力度及びせん断応力度が許容限界以下であることを確認する。また、合成応力に対しても許容限界以下であることを確認する。

ヒンジ取付けボルトの構造図及び応力算定式を図5-8に示す。

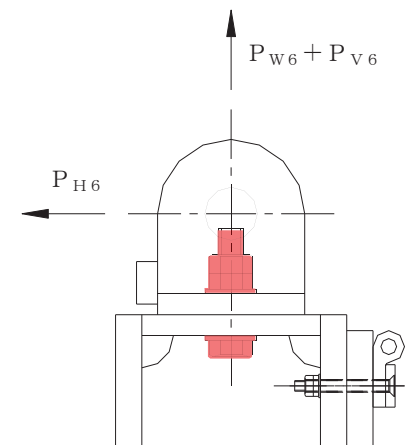
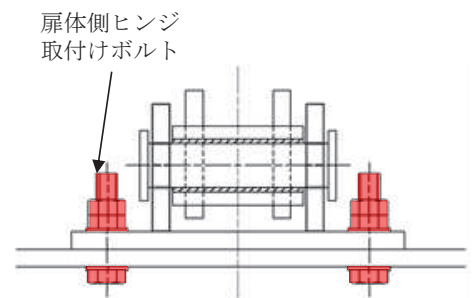


【扉側】

$$\sigma = \frac{P_{W6} + P_{V6}}{A b_6 \cdot 2}$$

$$\tau = \frac{P_{H6}}{A b_6 \cdot 2}$$

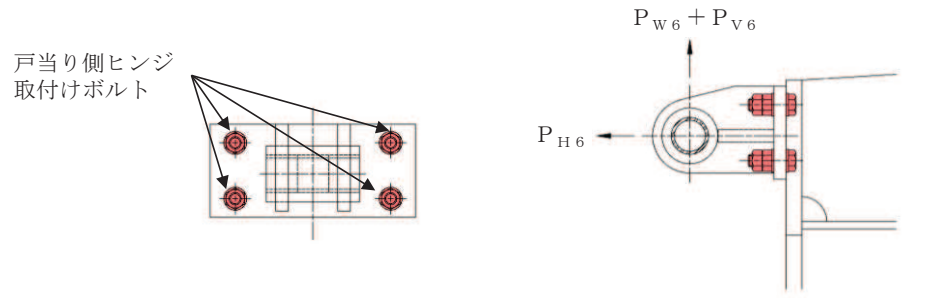
$$\sigma_g = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2}$$



- $A b_6$: 取付けボルトの断面積 (mm²)
- P_{W6} : ヒンジ1箇所あたりが負担する扉体の自重 (N)
- P_{V6} : 鉛直地震力 (N)
- P_{H6} : 水平地震力 (N)
- σ : 引張応力度 (N/mm²)
- τ : せん断応力度 (N/mm²)
- σ_g : 合成応力度 (N/mm²)

図 5-8(1) ヒンジ取付けボルトの構造図及び応力算定式

【戸当り側】



$$\sigma = \frac{P_{H6}}{A b_6 \cdot 4}$$

$$\tau = \frac{P_{W6} + P_{V6}}{A b_6 \cdot 4}$$

$$\sigma_g = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

$A b_6$: 取付けボルトの断面積 (mm²)

P_{W6} : ヒンジ1箇所あたりが負担する扉体の自重 (N)

P_{V6} : 鉛直地震力 (N)

P_{H6} : 水平地震力 (N)

σ : 引張応力度 (N/mm²)

τ : せん断応力度 (N/mm²)

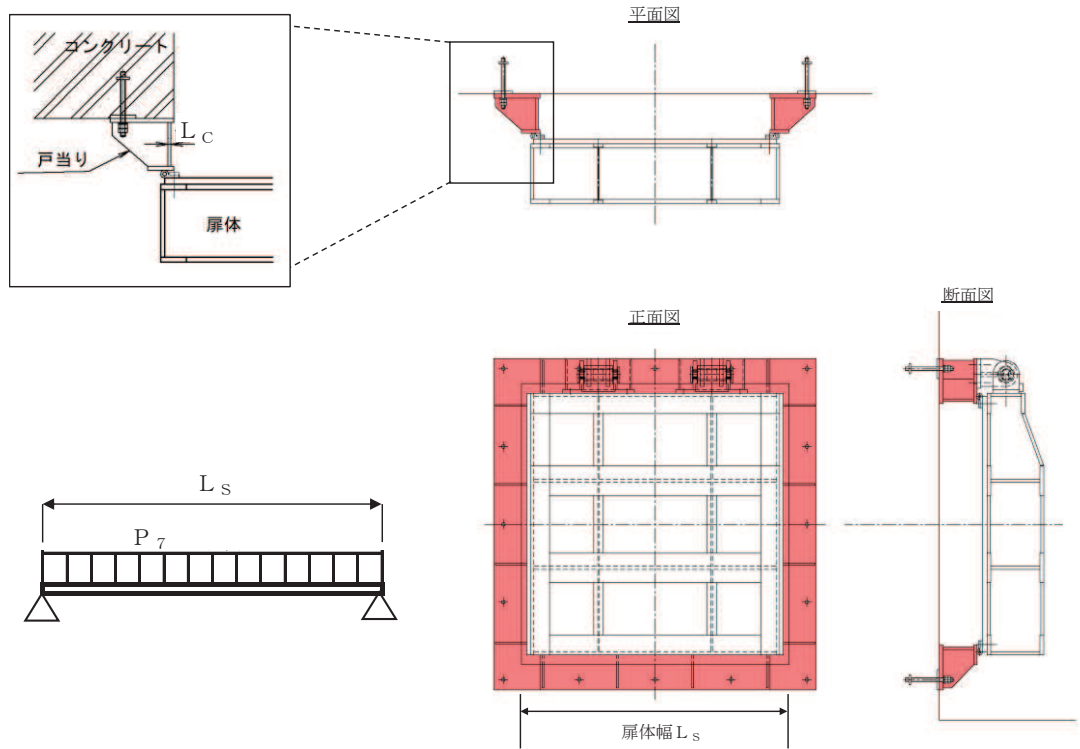
σ_g : 合成応力度 (N/mm²)

図 5-8(2) ヒンジ取付けボルトの構造図及び応力算定式

(7) 戸当り

戸当りは、等分布荷重を受ける支圧材として、発生する支圧応力度が許容限界以下であることを確認する。

戸当りの構造図，モデル図及び応力算定式を図 5-9 に示す。



$$\sigma = \frac{P_7 \cdot L_s}{2 \cdot L_c}$$

P_7 : 戸当りへ作用する荷重 (N/mm²)

L_s : 扉体幅 (mm)

L_c : 戸当り支圧部の板厚 (mm)

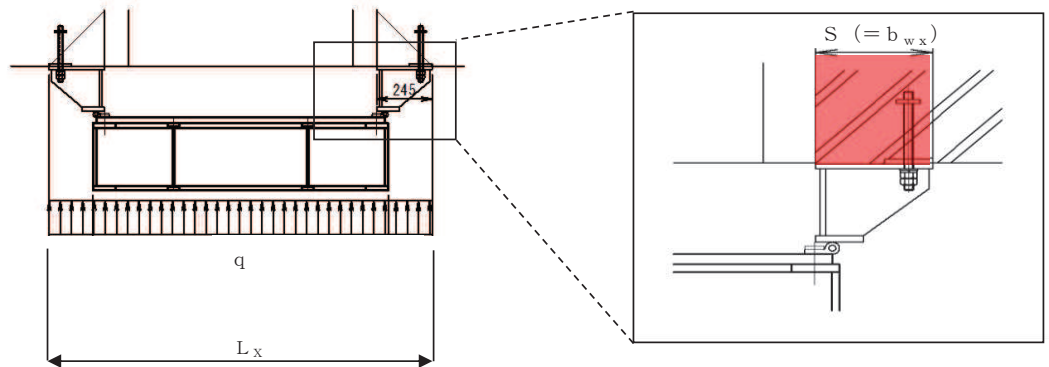
σ : 支圧応力度 (N/mm²)

図 5-9 戸当りの構造図，モデル図及び応力算定式

(8) 戸当り部コンクリート

戸当り部コンクリートは、コンクリートに加わる圧力を戸当り全周で支持するものとして、コンクリートに発生する支圧応力度及びせん断応力度が許容限界以下であることを確認する。

戸当り部コンクリートの構造図、モデル図及び応力算定式を図 5-10 に示す。



$$\sigma_{bk} = \frac{q \cdot (L_x \cdot L_y)}{2 (\ell_x \cdot b_{wx} + \ell_y \cdot b_{wy})}$$

$$\tau = \frac{\sigma_{bk} \cdot b_{wx}}{2 \cdot S}$$

- q : 地震荷重 (N/mm²)
- L_x : 戸当り横幅 (mm)
- L_y : 戸当り縦幅 (mm)
- ℓ_x : 支圧板中心横幅 (mm)
- ℓ_y : 支圧板中心縦幅 (mm)
- S : 戸当り幅 (mm)
- b_{wx} : 支圧横幅 (mm) (= S)
- b_{wy} : 支圧縦幅 (mm)
- σ_{bk} : 支圧応力度 (N/mm²)
- τ : せん断応力度 (N/mm²)

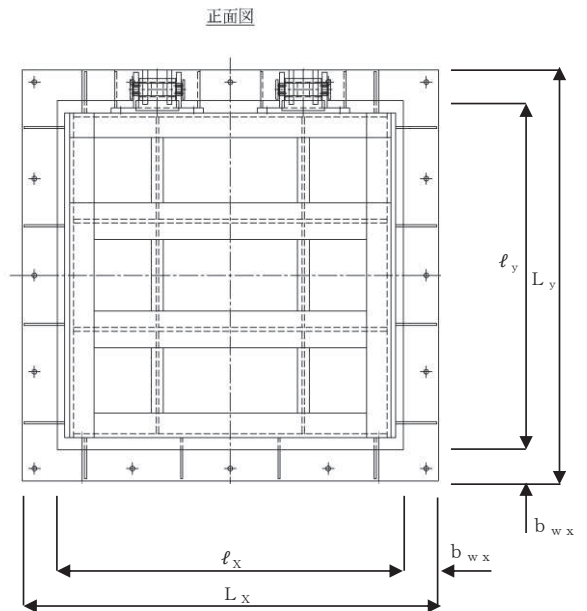


図 5-10 戸当り部コンクリートの構造図、モデル図及び応力算定式

5.6 計算条件

屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）の応力評価に用いる計算条件を表5-4 に示す。

表 5-4 応力評価に用いる計算条件 (1/2)

固定荷重 (1 門あたりの扉体の自重) G (N)	1 門あたりの 扉体面積 A ₁ (mm ²)	水の単位体積重量 W ₀ (N/mm ³)
1.4709975×10 ⁴	1.7424×10 ⁶	1.01×10 ⁻⁵

区画	スキンプレート				
	辺長比 (b ₁ /a ₁) による係数 k	短辺 a ₁ (mm)	長辺 b ₁ (mm)	板厚 t ₁ (mm)	単位面積当たりの 荷重 P ₁ (N/mm ²)
1~2 桁	41.96	440	600	25	0.006754
2~3 桁	41.96	440	600	25	0.006754
3~4 桁	41.96	440	600	25	0.006754

区画	主桁へ作用する 等分布荷重 W (N/mm)	主桁支間長 L ₂ (mm)	主桁の 断面係数 Z ₂ (mm ³)	主桁の せん断抵抗断面積 A _{w2} (mm ²)
1 桁	1.4859	1320	3.799467×10 ⁵	2.56×10 ³
2, 3 桁	2.9717	1320	9.415644×10 ⁵	4.16×10 ³
4 桁	1.4859	1320	6.797867×10 ⁵	4.16×10 ³

補助縦桁に作用する 各区画の平均荷重 p (N/mm ²)	補助縦桁の 主桁間隔 ℓ (mm)	補助縦桁の断面係数 Z ₃ (mm ³)	補助縦桁の せん断抵抗断面積 A _{w3} (mm ²)
0.006754	440	1.713276×10 ⁵	1.512×10 ³

ヒンジ (吊りピン)					ヒンジ (プレート)	
支間長 L ₄ (mm)	受圧幅 B ₄ (mm)	作用する荷重 P ₄ (N)	断面係数 Z ₄ (mm ³)	断面積 A ₄ (mm ²)	最薄部の断面積 A _{h5} (mm ²)	作用する荷重 P ₅ (N)
176	150	12503	1.2272×10 ⁴	1.963×10 ³	1200	12503

取付けボルトの 断面積 A _{b6} (mm ²)	ヒンジ1箇所あたりが 負担する自重荷重 P _{w6} (N)	鉛直地震力 P _{v6} (N)	水平地震力 P _{H6} (N)
234.89880	7355.0	3677.5	5884.0

表 5-4 応力評価に用いる計算条件 (2/2)

戸当りへ作用する 水平地震力 P_7 (N/mm ²)	扉体幅 L_s (mm)	戸当り支圧部の 板厚 L_c (mm)	戸当り幅 S (mm)	支圧幅 b_{wx} (mm)	支圧幅 b_{wy} (mm)
0.0101	1320	12	245	245	225

地震荷重 q (N/mm ²)	戸当り横幅 L_x (mm)	戸当り縦幅 L_y (mm)	支圧板中心横幅 l_x (mm)	支圧板中心縦幅 l_y (mm)
0.0101	1710	1670	1465	1445

6. 評価結果

屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）の評価部位の応力評価結果を表6-1 に示す。

発生応力が許容応力以下であることから、構造部材が十分な構造健全性を有することを確認した。

表 6-1 耐震評価結果（屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側））

評価部位		評価応力	応力度 (a)	許容限界 (b)	照査値 (a/b)	
扉体	スキンプレート	曲げ応力度 (N/mm ²)	0.88	154	0.01	
	主桁	1桁	曲げ応力度 (N/mm ²)	0.86	151	0.01
		2,3桁		0.69	154	0.01
		4桁		0.48	151	0.01
		1桁	せん断応力度 (N/mm ²)	0.39	88	0.01
		2,3桁		0.48	88	0.01
		4桁		0.24	88	0.01
		1桁	合成応力度 (N/mm ²) *	1.10	154	0.01
		2,3桁		1.09	154	0.01
	4桁	0.64		154	0.01	
	補助縦桁	曲げ応力度 (N/mm ²)		0.29	144	0.01
		せん断応力度 (N/mm ²)		0.22	88	0.01
		合成応力度 (N/mm ²) *		0.48	154	0.01
	ヒンジ (プレート)		せん断応力度 (N/mm ²)	10.42	88	0.12
	ヒンジ (ピン)	曲げ応力度 (N/mm ²)		25.73	154	0.17
		せん断応力度 (N/mm ²)		4.25	88	0.05
		合成応力度 (N/mm ²) *		26.77	154	0.18
	ヒンジ取付けボルト	引張応力度 (N/mm ²)		23.49	154	0.16
		せん断応力度 (N/mm ²)		12.53	88	0.15
		合成応力度 (N/mm ²) *		31.99	154	0.21
固定部	ヒンジ取付けボルト	引張応力度 (N/mm ²)	6.27	154	0.05	
		せん断応力度 (N/mm ²)	11.75	88	0.14	
		合成応力度 (N/mm ²) *	21.30	154	0.14	
	戸当り	支圧応力度 (N/mm ²)	0.56	231	0.01	
	戸当り部コンクリート	支圧応力度 (N/mm ²)	0.03	13.5	0.01	
せん断応力度 (N/mm ²)		0.02	1.5	0.02		

注記 * : 同じ荷重条件の曲げ応力度 (又は引張応力度) 及びせん断応力度から算出する。

7. 出口側集水ピットの強度評価

7.1 出口側集水ピットの構造概要

出口側集水ピットは、底版と4面の壁からなる箱型の鉄筋コンクリート構造物であり、十分な支持性能を有する岩盤に設置する。出口側集水ピットが屋外排水路（防潮堤南側）と接続する箇所に屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）を設置する。

出口側集水ピットに要求される機能維持の確認として、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を行う。

出口側集水ピットの概念図を図7-1に、構造図を図7-2に、概略配筋図を図7-3に示す。

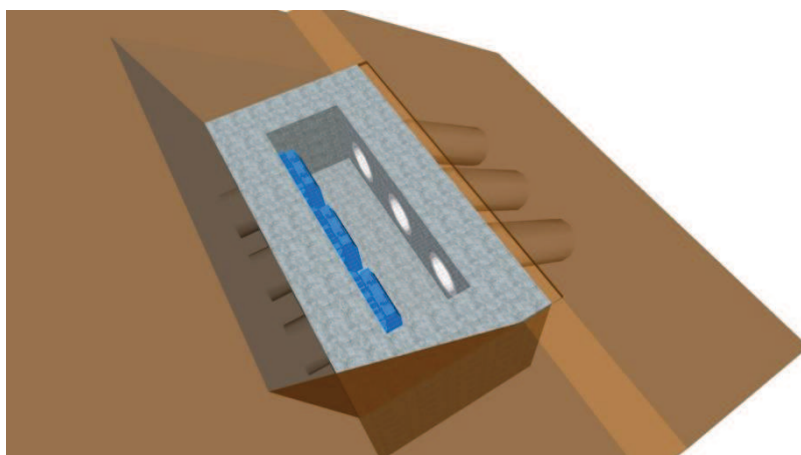
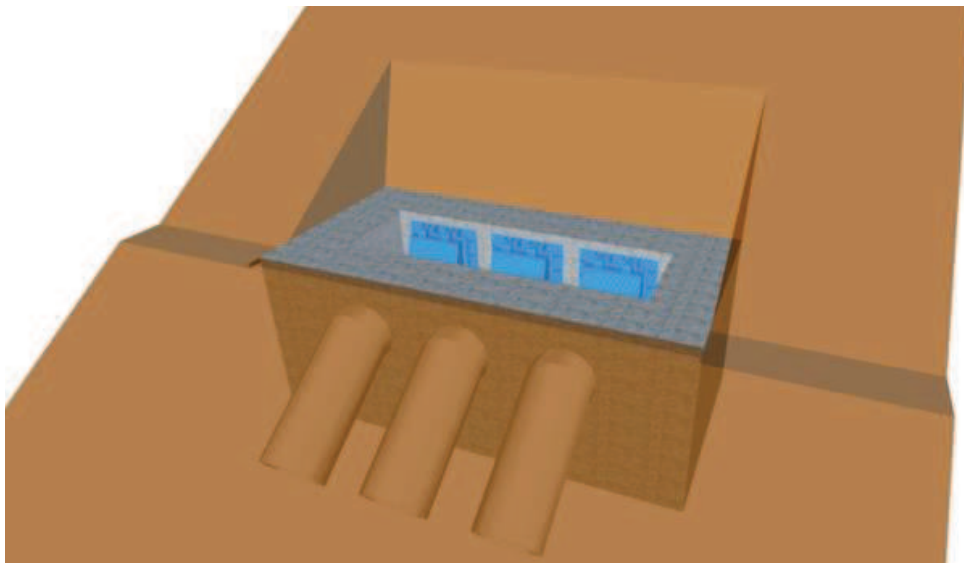
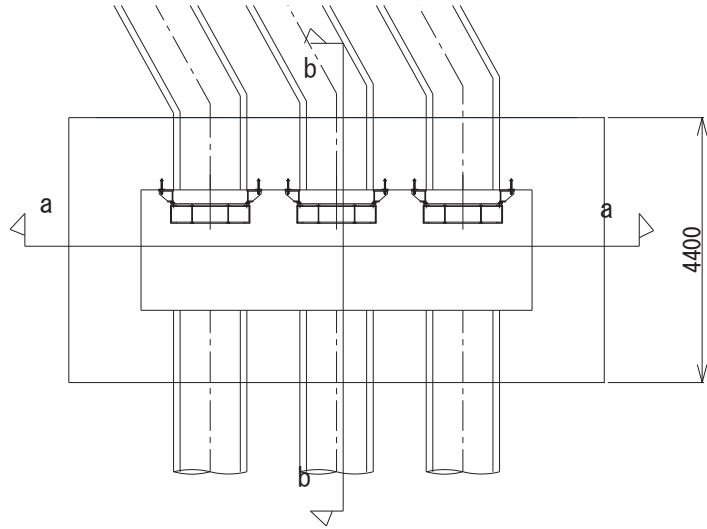
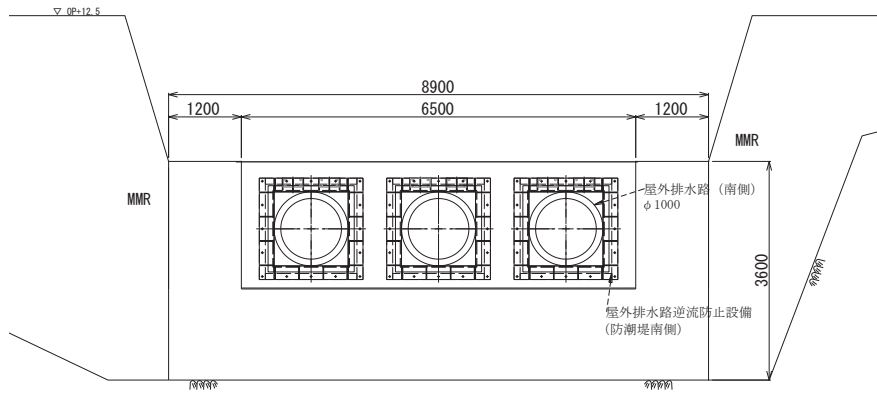


図7-1 出口側集水ピットの概念図



a-a 正面図



b-b 断面図

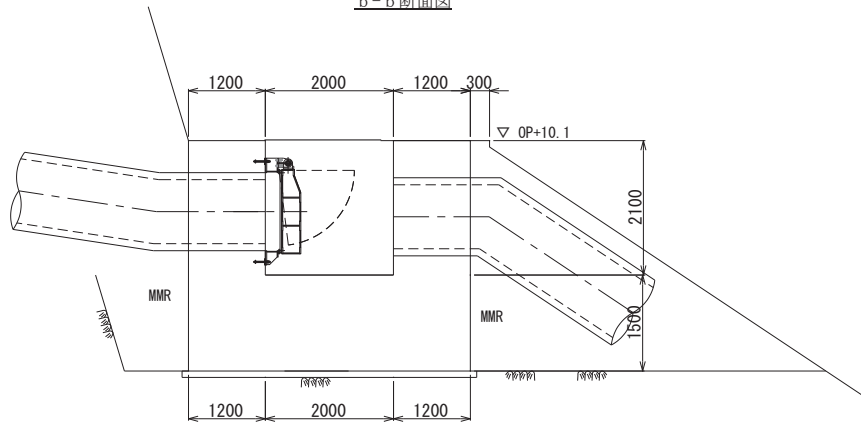


図 7-2 出口側集水ピット構造図

7.2 評価方針

出口側集水ピットの耐震評価は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に基づき、基準地震動 S_s に対して実施する地震応答解析の結果を用いて、表 7-1 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。

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により、構造強度を有すること及び屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）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、地震応答解析から得られた水平方向及び鉛直方向の荷重を用いた線形シェル要素による三次元静的線形解析（以下「三次元構造解析」という。）を実施し、部材に発生する発生応力が許容限界以下であることを確認する。

基礎地盤の支持性能評価については、基礎地盤に生じる鉛直力が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認する。

図7-4に出口側集水ピットの耐震評価フローを示す。

表 7-1 出口側集水ピットの評価項目

評価方針	評価項目	部位	評価方法	許容限界	
				曲げ・軸力	せん断力
構造強度を有すること及び屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）を支持する機能を損なわないこと	構造部材の健全性	鉄筋コンクリート部材	発生する応力が許容限界を下回ることを確認	短期許容応力度	短期許容せん断力
	構造部材の支持性能	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	極限支持力*	

注記 *：妥当な安全余裕を考慮する。

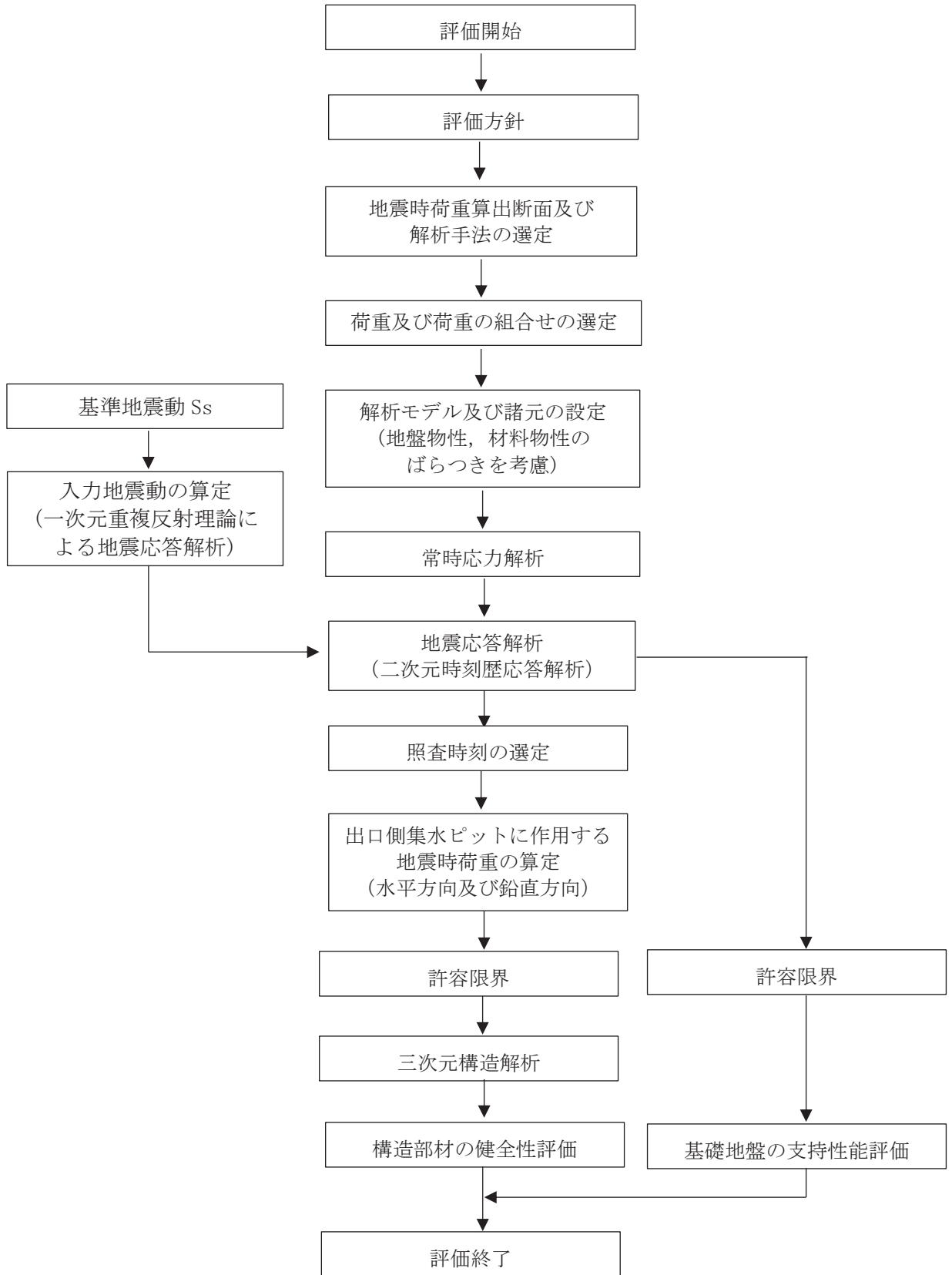


図 7-4 出口側集水ピットの耐震評価フロー

7.3 適用基準

適用する規格，基準等を以下に示す。

- (1) コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（土木学会，2002年制定）
- (2) 道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（日本道路協会，平成14年3月）
- (3) 道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（日本道路協会，平成24年3月）
- (4) 道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅴ耐震設計編）・同解説（日本道路協会，平成14年3月）
- (5) 原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（土木学会 原子力土木委員会，2005年6月）
- (6) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 - 1987（日本電気協会）

8. 地震応答解析

8.1 地震時荷重算出断面

出口側集水ピットの地震時荷重算出断面位置を図 8-1 に示す。地震時荷重算出断面は、構造的特徴や周辺状況から、ピットの縦断方向である A-A 断面とする。また、出口側集水ピットの評価対象断面図を図 8-2 に示す。

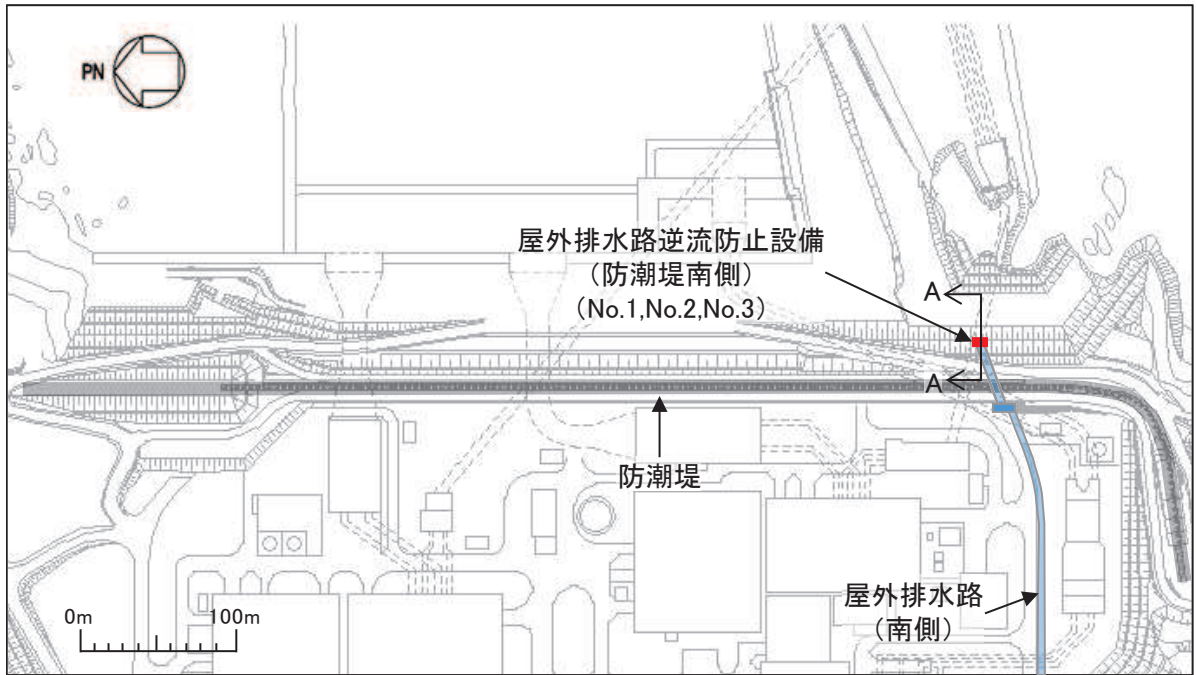


図 8-1 出口側集水ピットの評価対象断面位置図

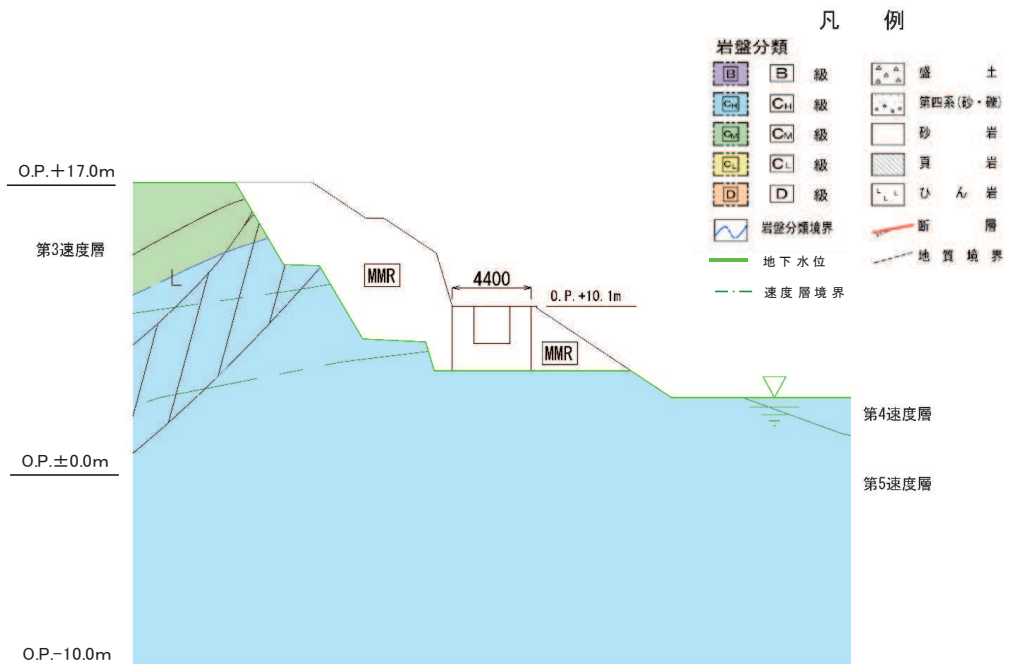


図 8-2 出口側集水ピットの評価対象断面図 (A-A 断面)

8.2 解析方法

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動的有限要素法により、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を行うこととし、出口側集水ピットが岩盤内に設置され、液状化検討対象外の施設であることから、全応力解析手法を用いる。

全応力解析には、解析コード「TDAPⅢ Ver3.11」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、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) 構造部材

出口側集水ピットは、東西壁及び底版を線形はり要素（ビーム要素）、南北壁を平面応力要素でモデル化する。

(2) 材料物性及び地盤物性のばらつき

図 8-2 に示すとおり、出口側集水ピットの周辺には、主として C_n 級岩盤及び C_M 級岩盤が分布しており、これらの地盤のせん断変形が地震時に出口側集水ピットの応答に影響を与えると判断されることから、これらの地盤の物性（せん断弾性係数）のばらつきについて影響を確認する。

解析ケースを表 8-1 に示す。

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。

なお、出口側集水ピットは、新設構造物であり許容応力度法により設計を行っており、十分に裕度を確保した設計としていることから、材料物性のばらつきを考慮した解析ケース④による耐震評価は実施せず、屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）に対する応答加速度抽出において、材料物性のばらつきを考慮した解析ケース④を実施する。

表 8-1 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	
		旧表土, 盛土, 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 _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	平均値 + 1 σ
ケース③	設計基準強度	平均値	平均値 - 1 σ
ケース④	実強度に基づく 圧縮強度*	平均値	平均値

注記*: 新設構造物のため推定した圧縮強度とする。

(3) 減衰定数

構造部材の減衰定数は、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係数 α , β を表 8-2 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 8-2 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	α	β
A-A 断面	1.743	3.873×10^{-4}

(4) 地震応答解析の検討ケースの選定

耐震評価においては、全ての基準地震動 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 以上となる照査項目に対して、最も厳しい地震動を用いて表 8-1 に示す解析ケース②及び③を実施する。耐震評価における解析ケースを表 8-3 に示す。

また、屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）に対する応答加速度抽出において、材料物性のばらつきを考慮した解析ケース④を実施する。

表 8-3 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	
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	
地盤物性		平均値	平均値 + 1 σ	平均値 - 1 σ	平均値	
地震動 (位相)	$S_s - D 1$	++*1	○	基準地震動 S_s (7 波) 及び位相反転を考慮した地震動 (7 波) を加えた全 14 波により照査を行ったケース①（基本ケース）の結果から、曲げ・軸力系の破壊、せん断破壊及び基礎地盤の支持力照査において照査値が 0.5 以上となる全ての照査項目に対して、最も厳しい地震動を用いてケース②～③を実施する。 照査値がいずれも 0.5 未満の場合は、照査値が最も厳しくなる地震動を用いてケース②～③を実施する。 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）に対する応答加速度抽出において、材料物性のばらつきを考慮した解析ケース④を実施する。		
		-+*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：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：新設構造物のため推定した圧縮強度とする。

8.3 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。

8.3.1 耐震評価上考慮する状態

出口側集水ピット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

積雪の影響を考慮する。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

重大事故等時の状態の影響を受けないことから考慮しない。

8.3.2 荷重

出口側集水ピット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、屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）の荷重を考慮する。また、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)

積雪荷重については、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)

地震荷重として、基準地震動 S_s による地震力を考慮する。

8.3.3 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 8-4 に示す。

表 8-4 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/m²)

S_s : 地震荷重

8.4 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底面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」に示す地下構造モデルを用いる。

図 8-3 に入力地震動算定の概念図を、図 8-4 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「microSHAKE ver. 2.3.3」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。

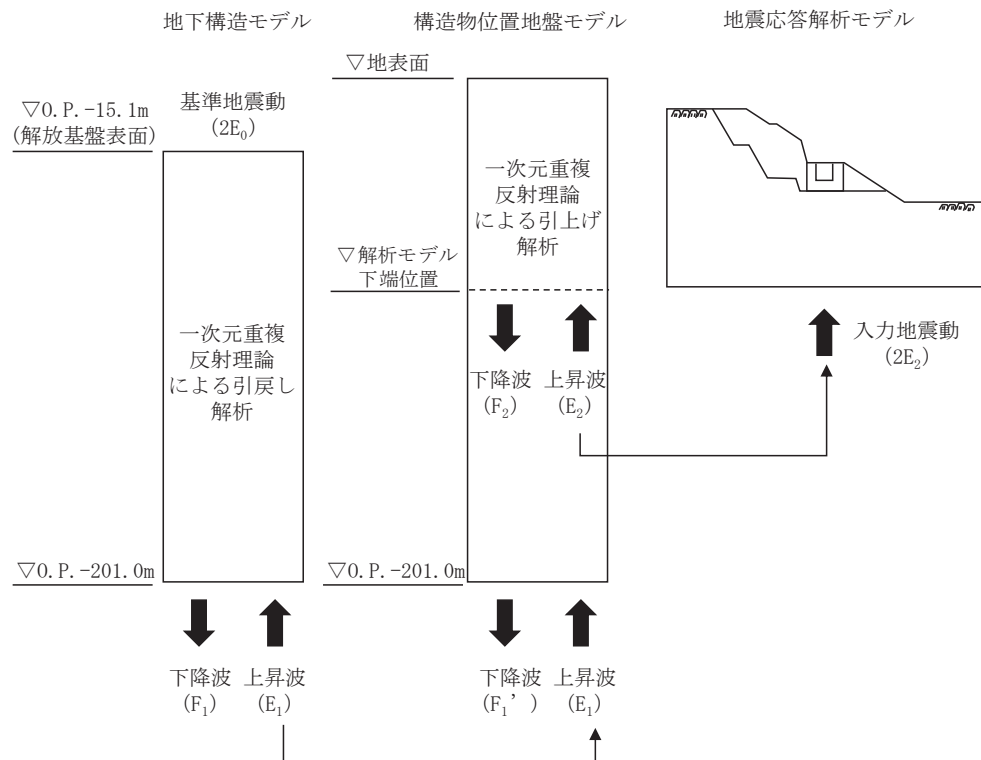
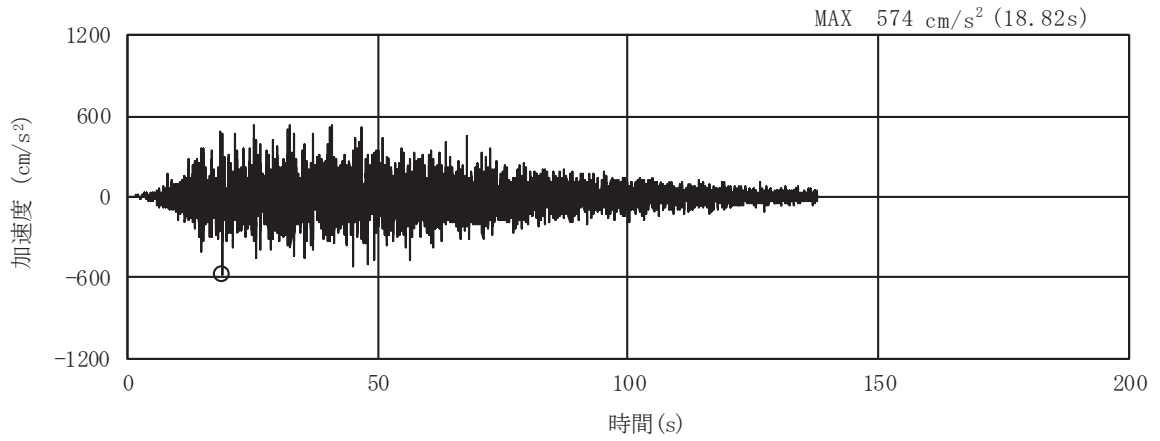
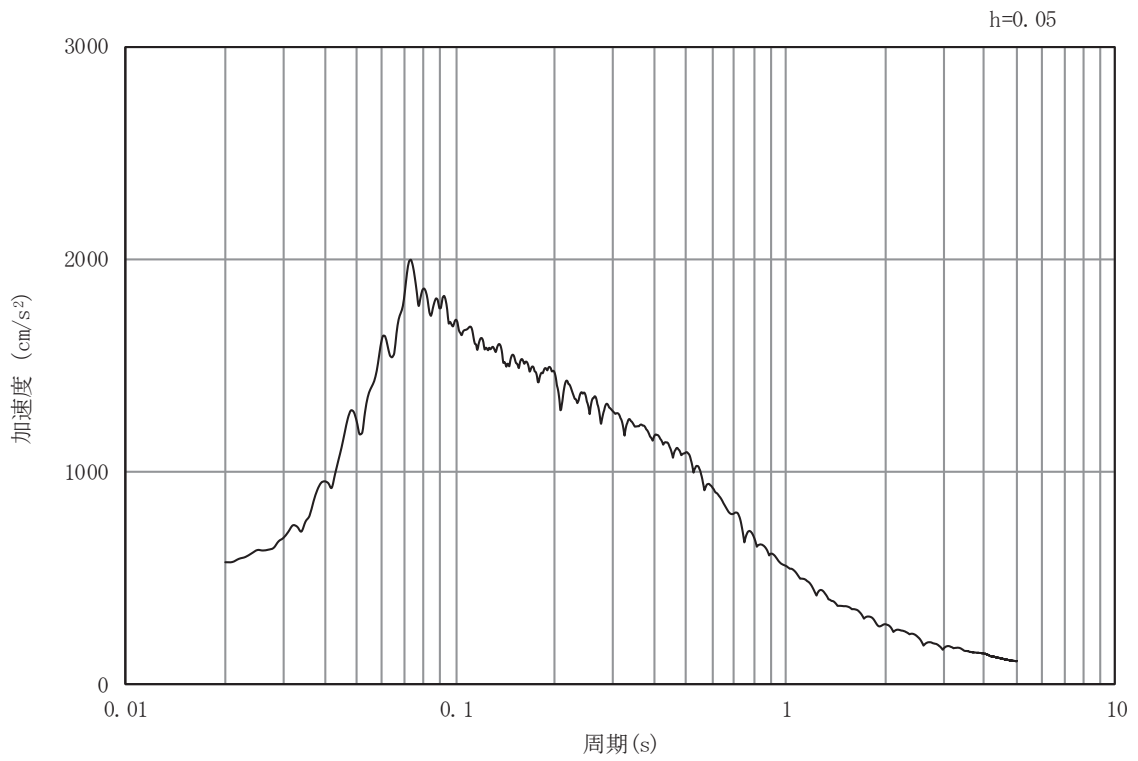


図 8-3 入力地震動算定の概念図

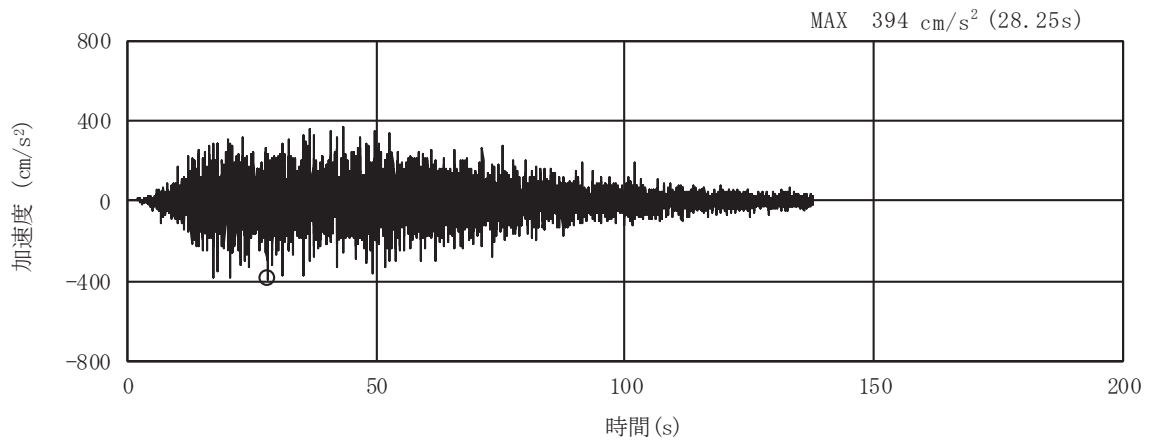


(a) 加速度時刻歴波形

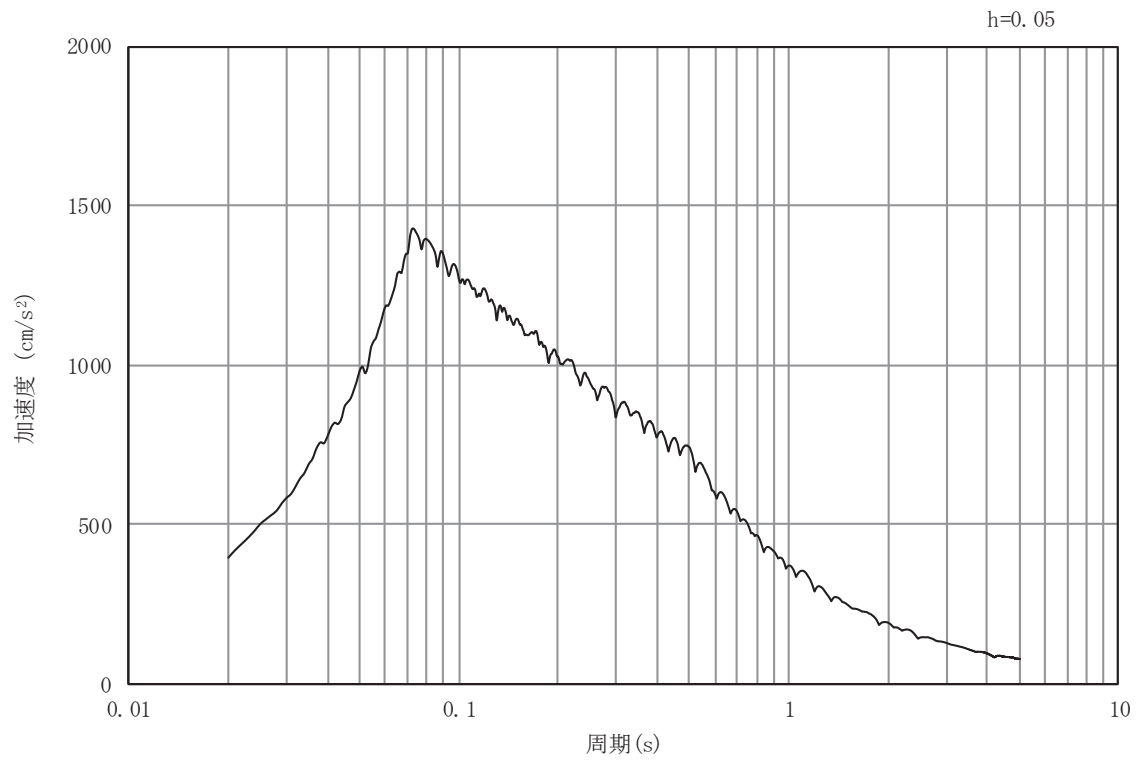


(b) 加速度応答スペクトル

図 8-4(1) 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
(水平方向 : S s - D 1)

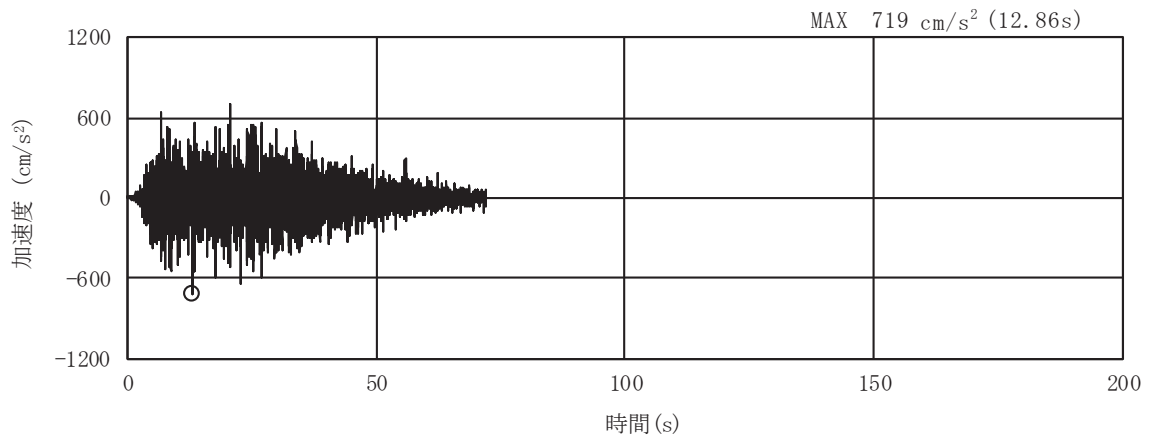


(a) 加速度時刻歴波形

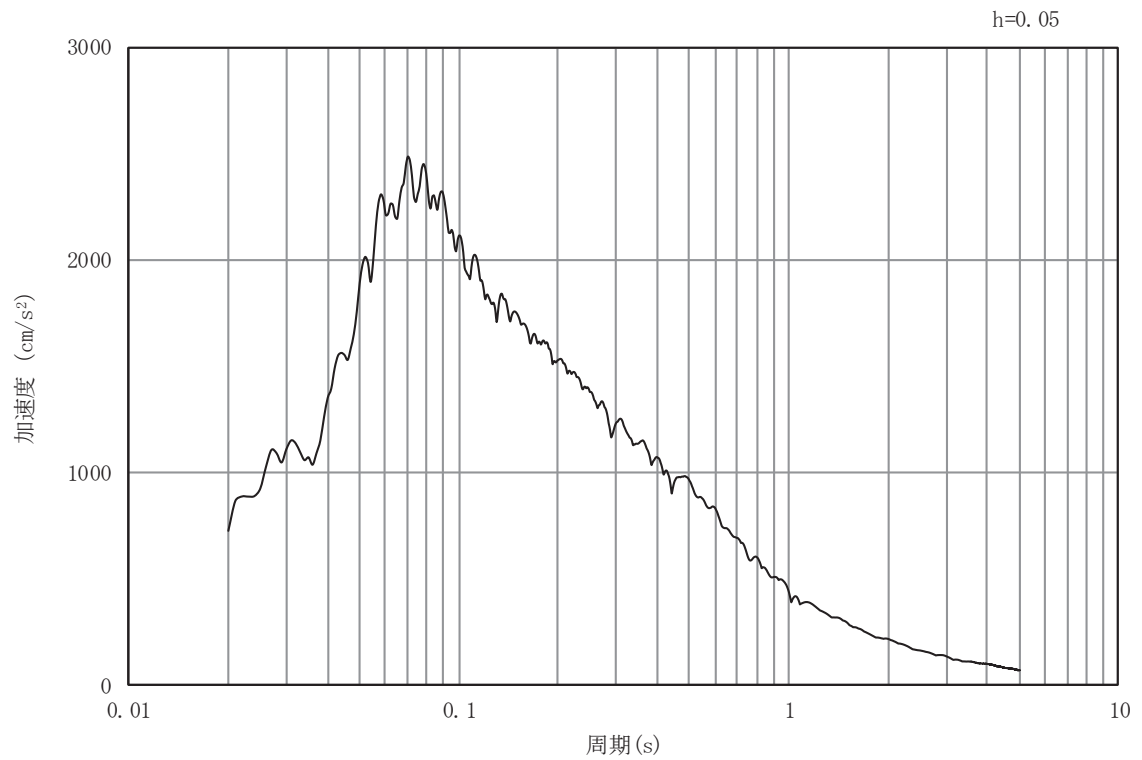


(b) 加速度応答スペクトル

図 8-4(2) 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
(鉛直方向：S s - D 1)

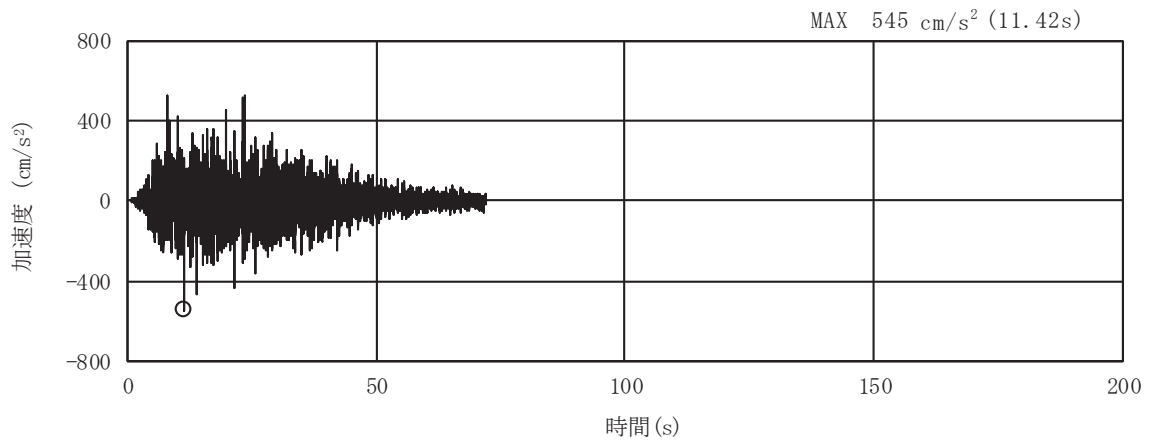


(a) 加速度時刻歴波形

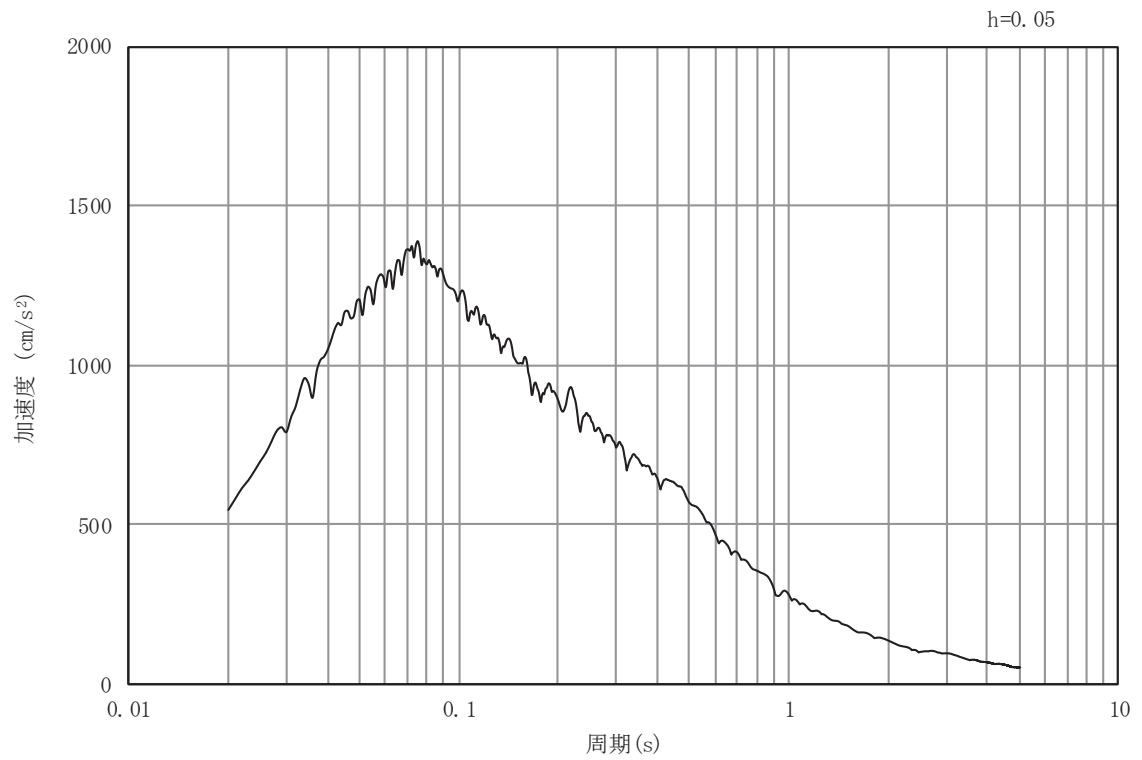


(b) 加速度応答スペクトル

図 8-4(3) 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
(水平方向：S s - D 2)

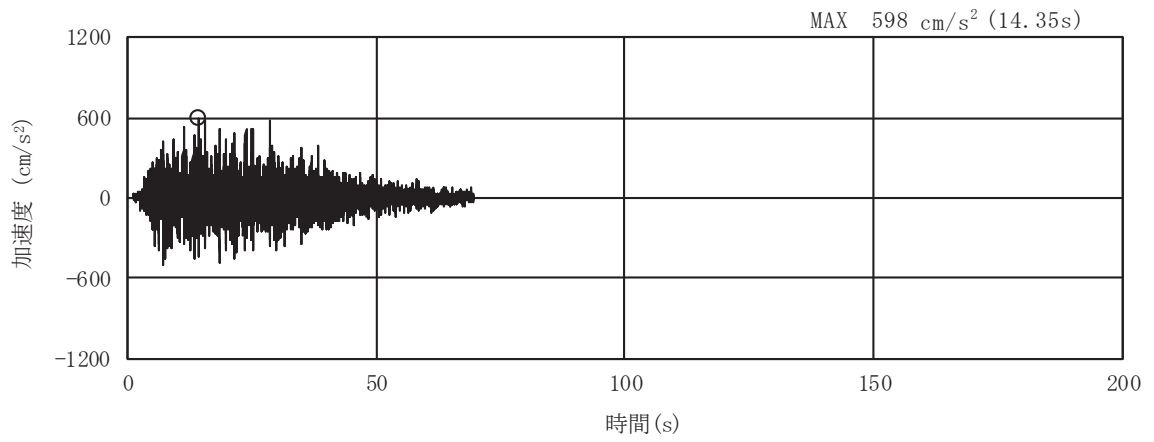


(a) 加速度時刻歴波形

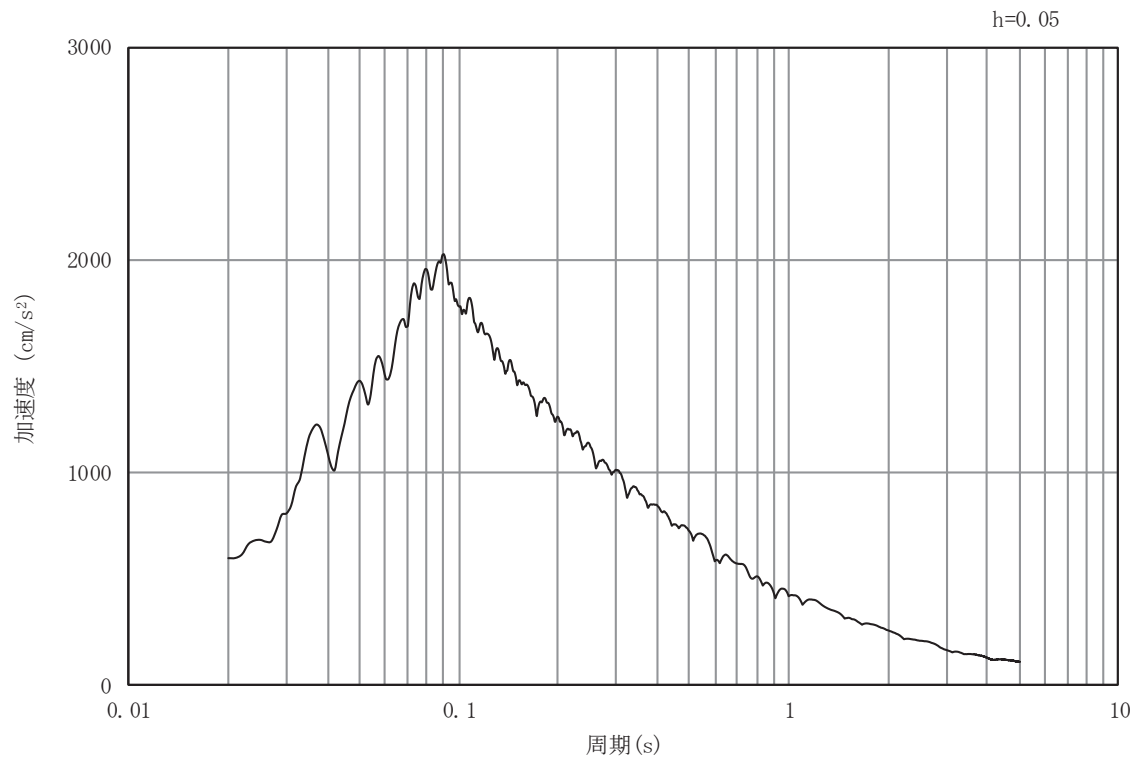


(b) 加速度応答スペクトル

図 8-4(4) 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
(鉛直方向：S s - D 2)

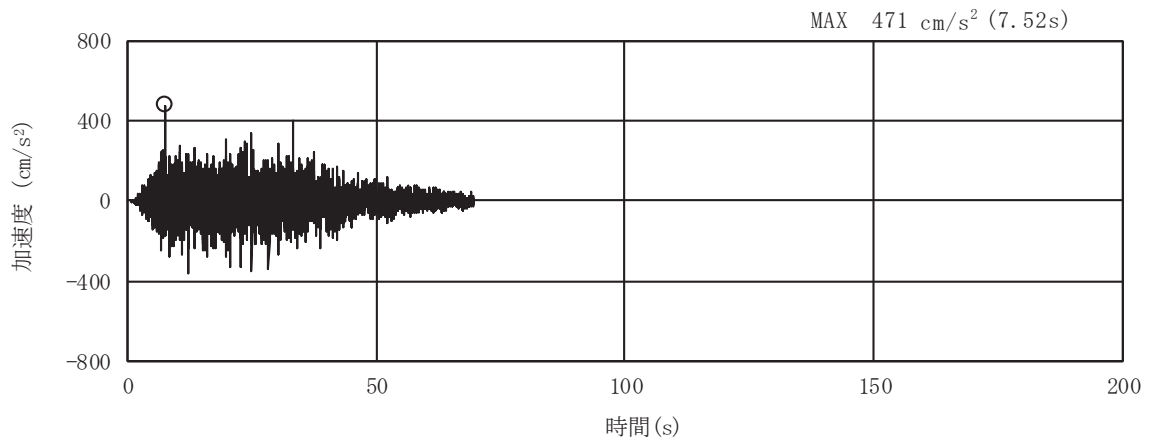


(a) 加速度時刻歴波形

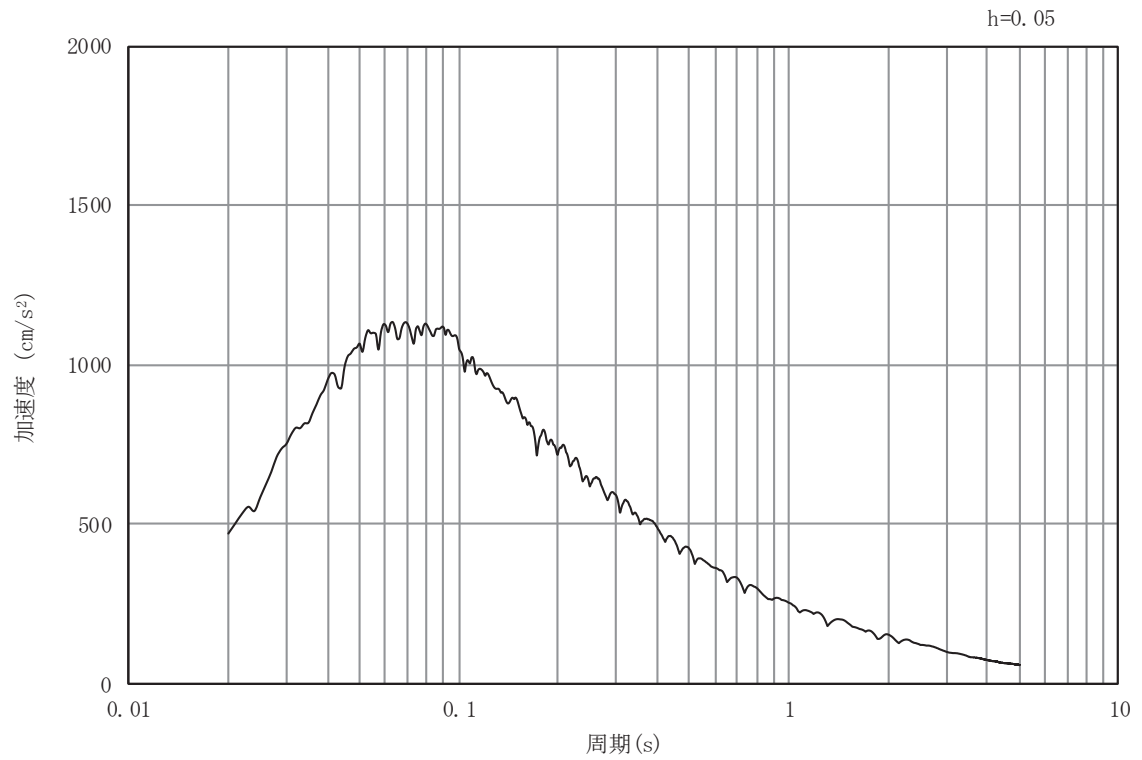


(b) 加速度応答スペクトル

図 8-4(5) 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
(水平方向：S s - D 3)

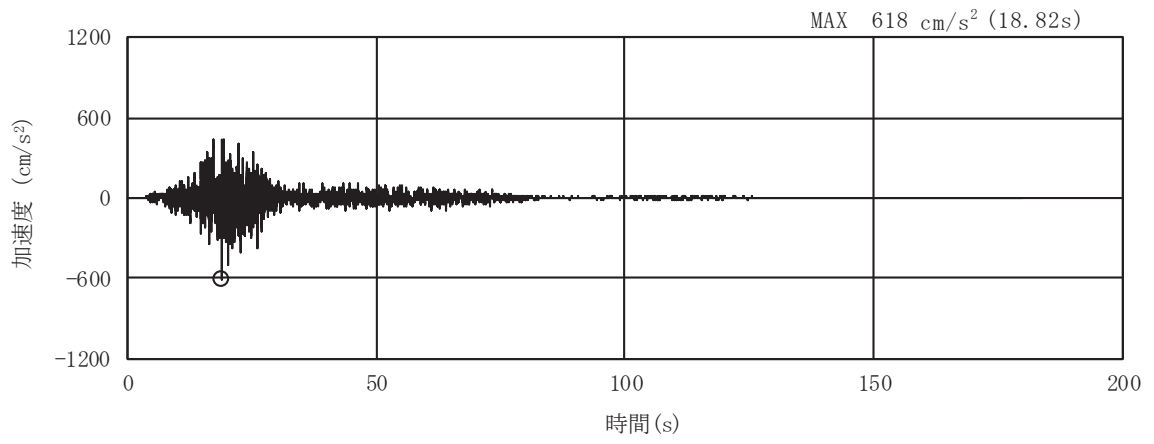


(a) 加速度時刻歴波形

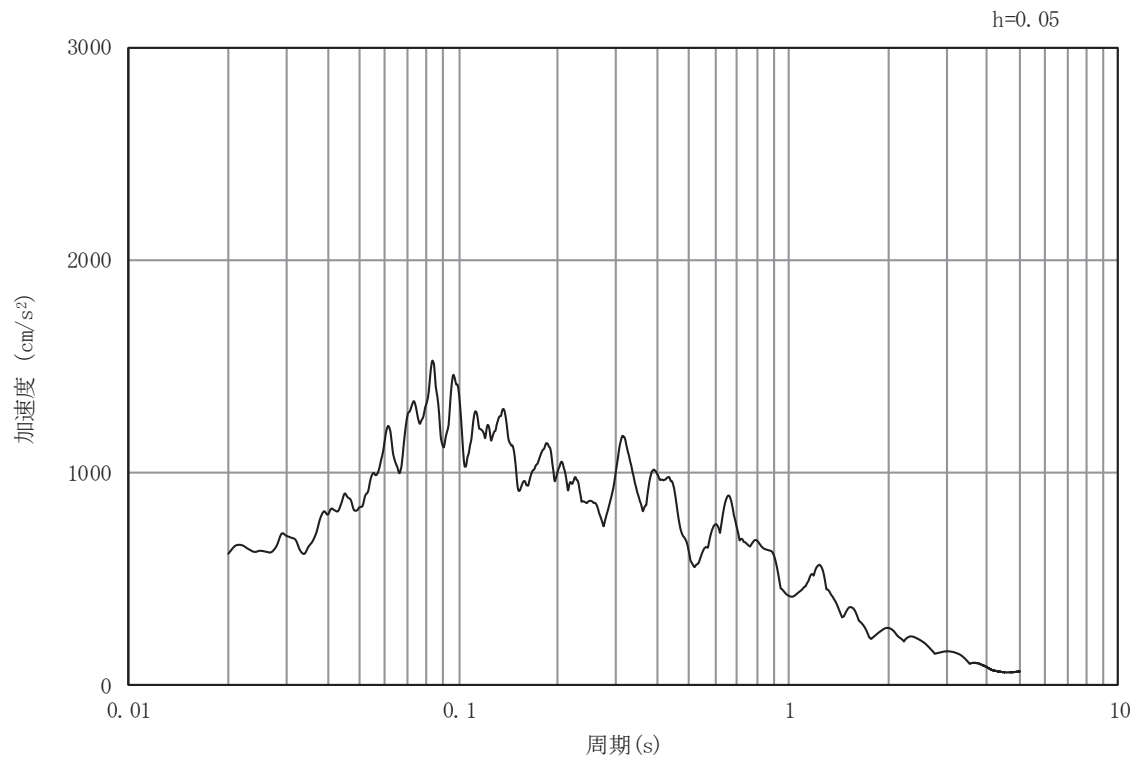


(b) 加速度応答スペクトル

図 8-4(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
(鉛直方向：S s - D 3)

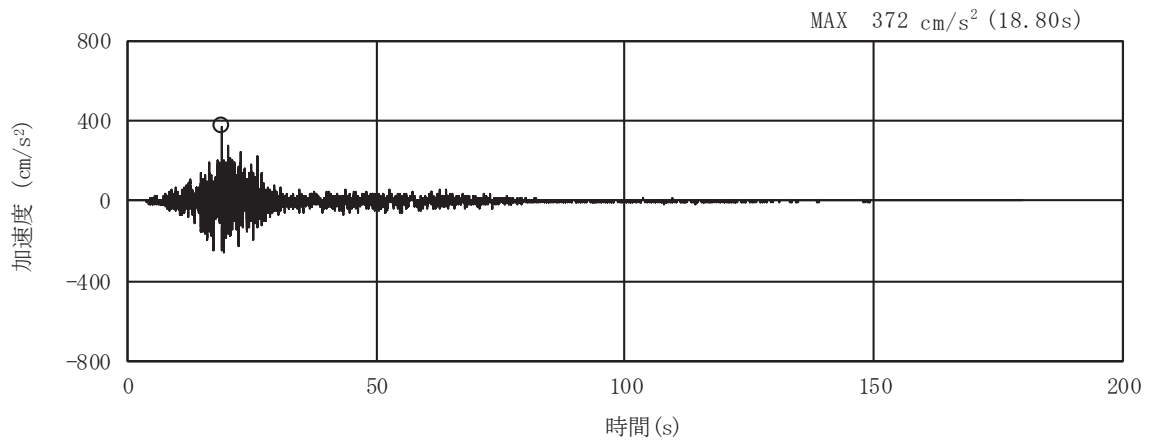


(a) 加速度時刻歴波形

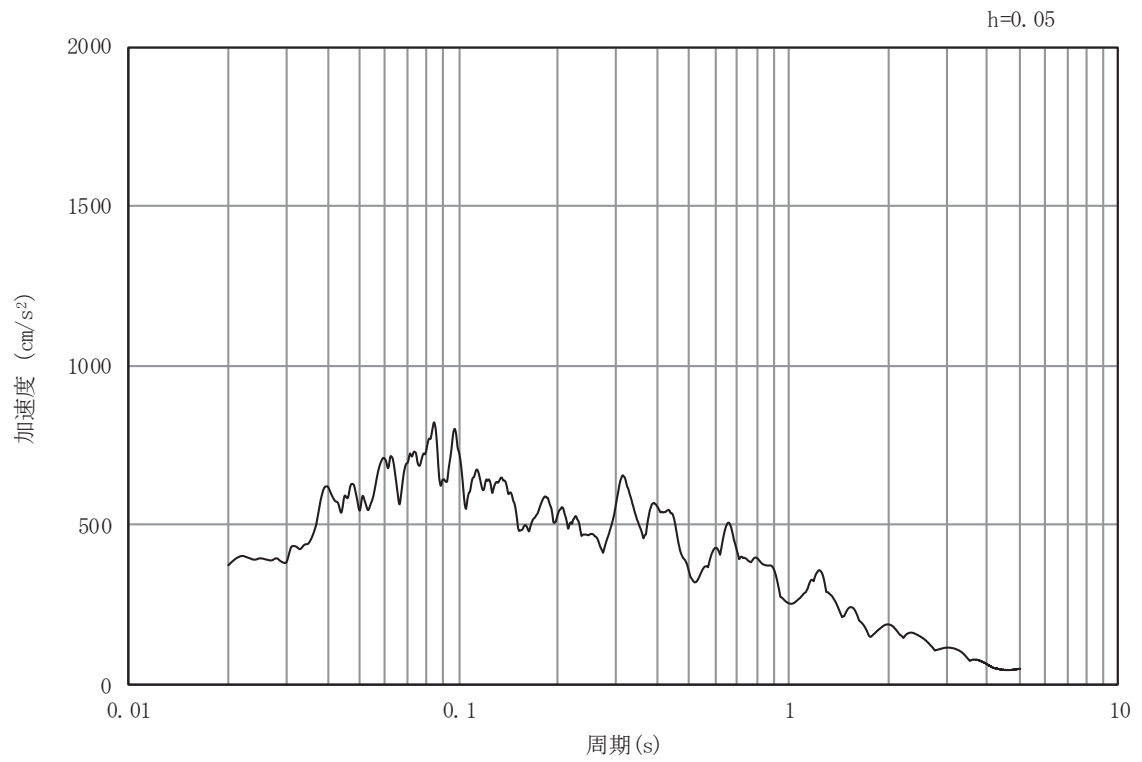


(b) 加速度応答スペクトル

図 8-4(7) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平方向：S s - F 1)

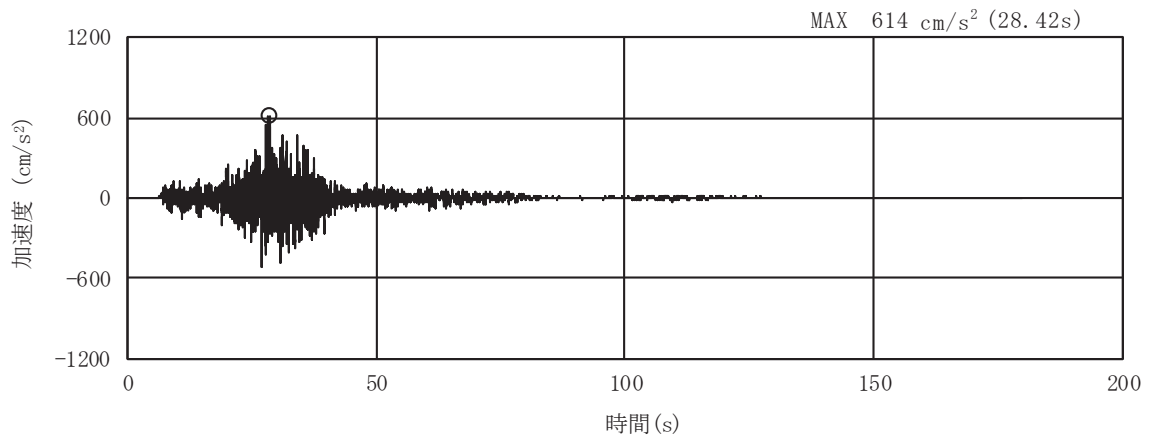


(a) 加速度時刻歴波形

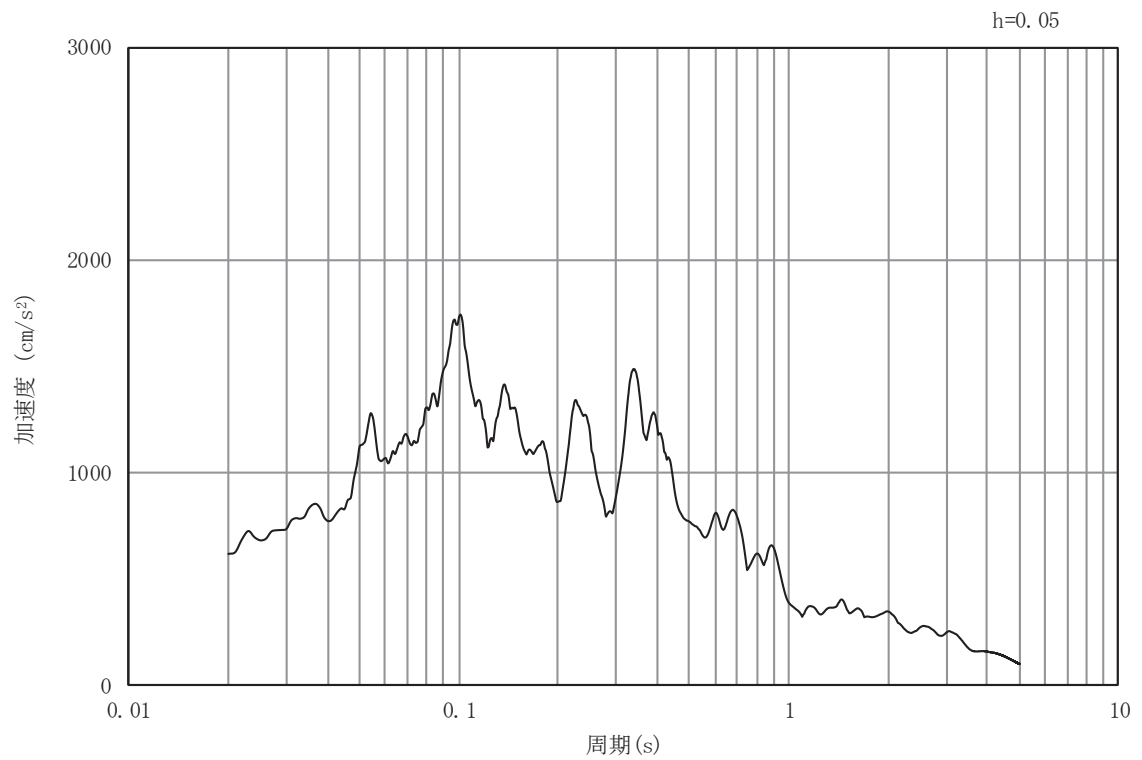


(b) 加速度応答スペクトル

図 8-4(8) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向：S s - F 1)

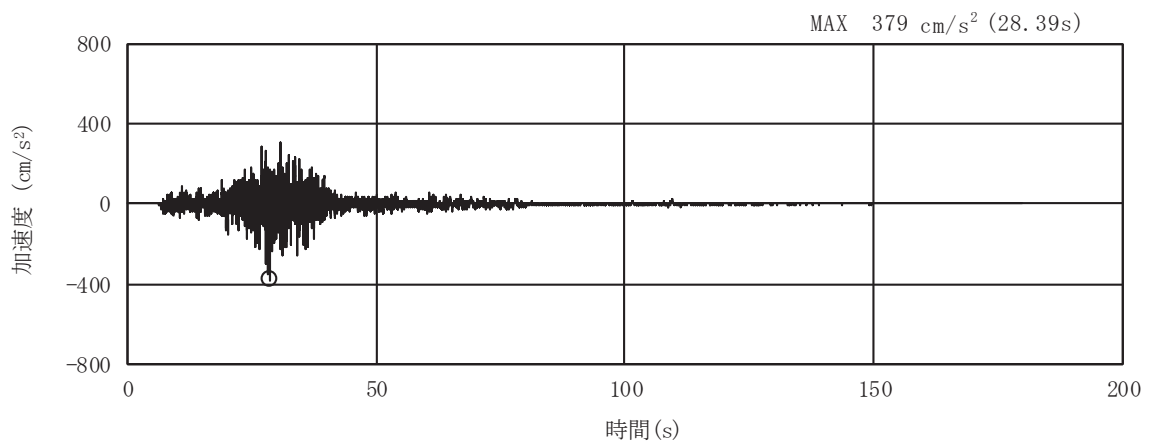


(a) 加速度時刻歴波形

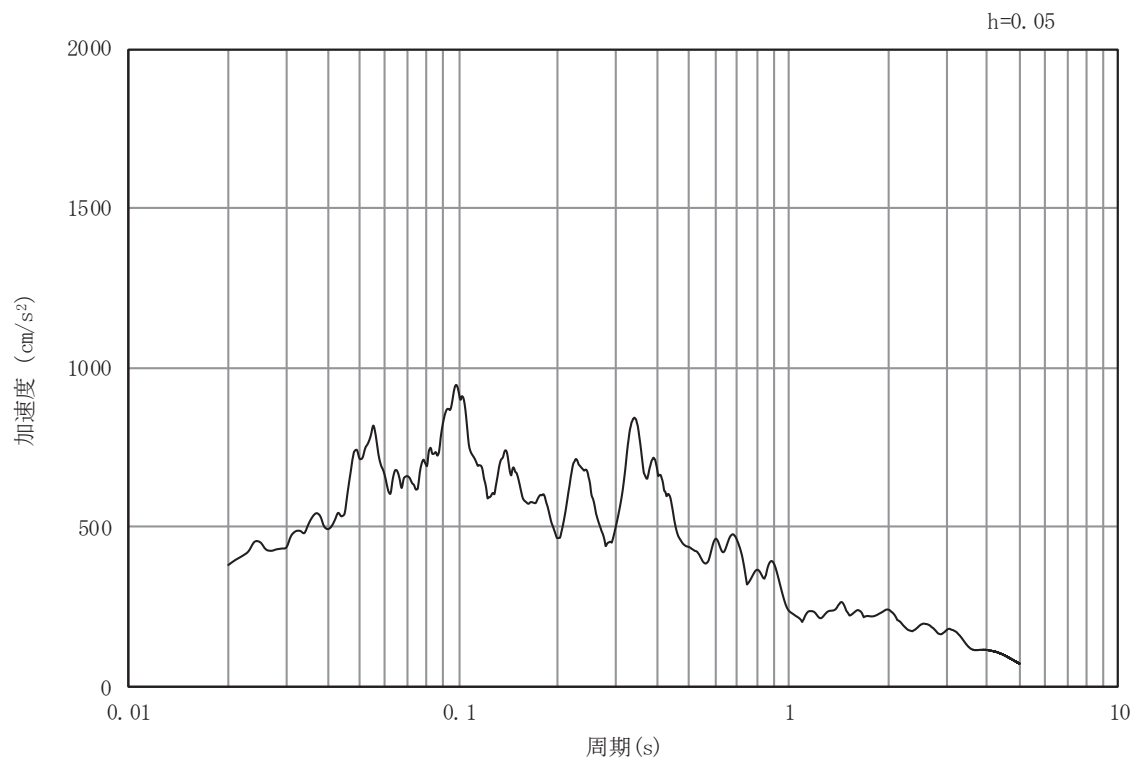


(b) 加速度応答スペクトル

図 8-4(9) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平方向：S s - F 2)

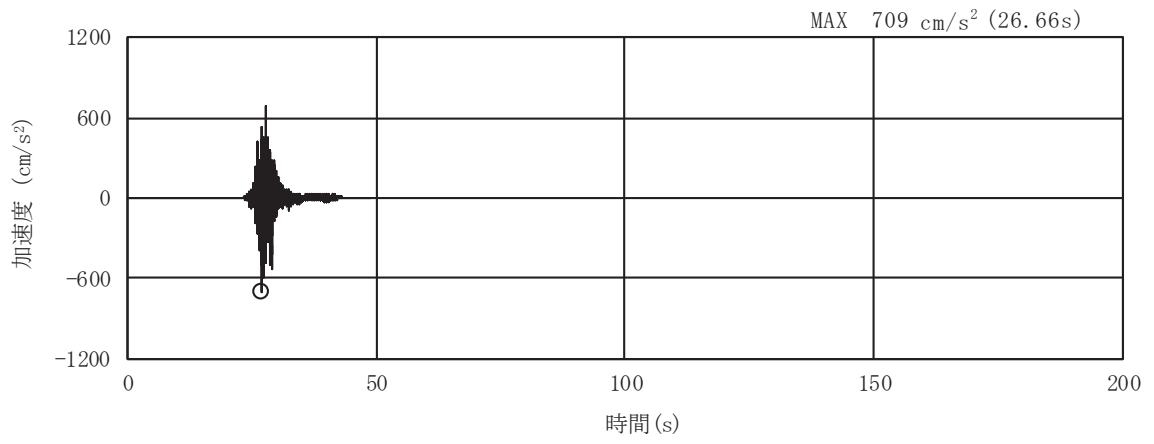


(a) 加速度時刻歴波形

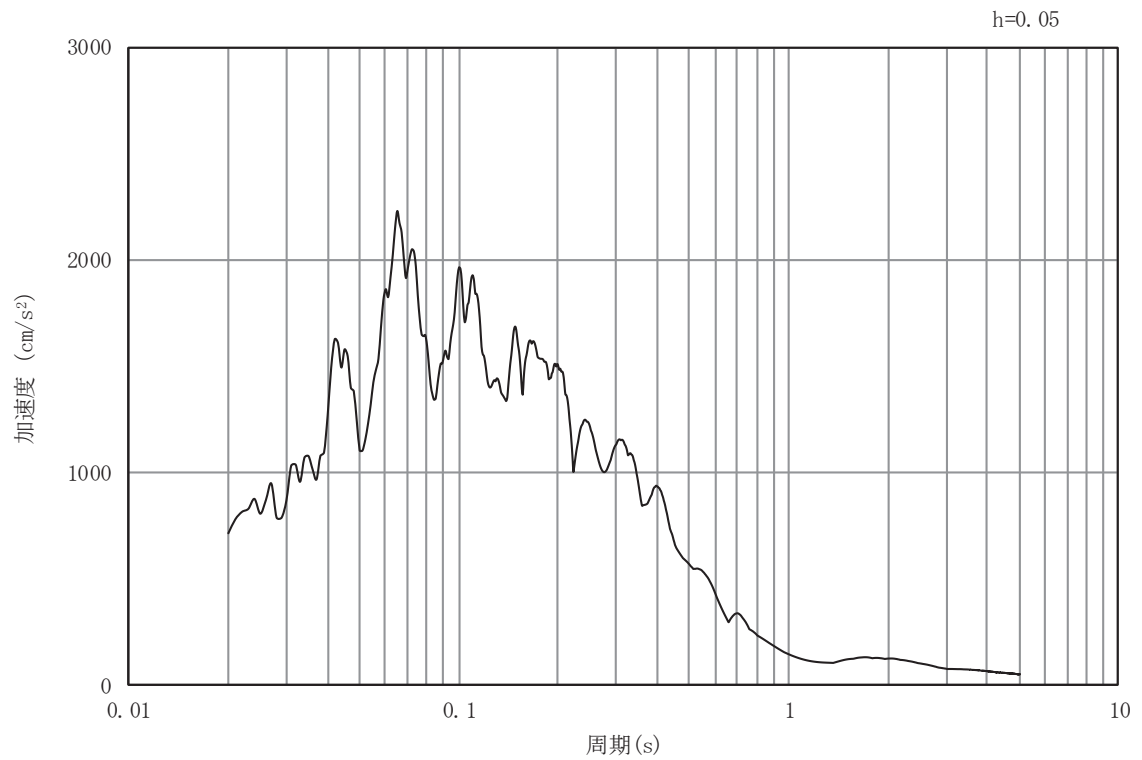


(b) 加速度応答スペクトル

図 8-4(10) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向：S s - F 2)

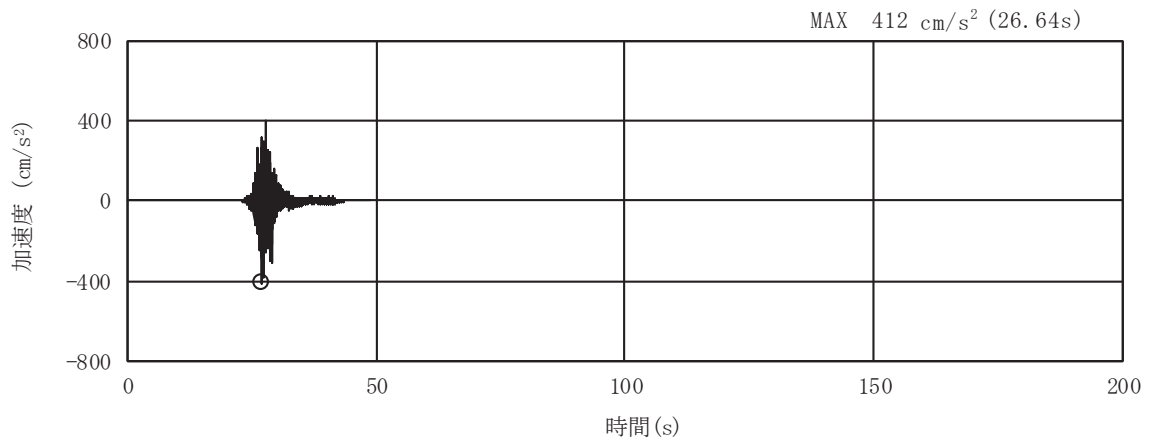


(a) 加速度時刻歴波形

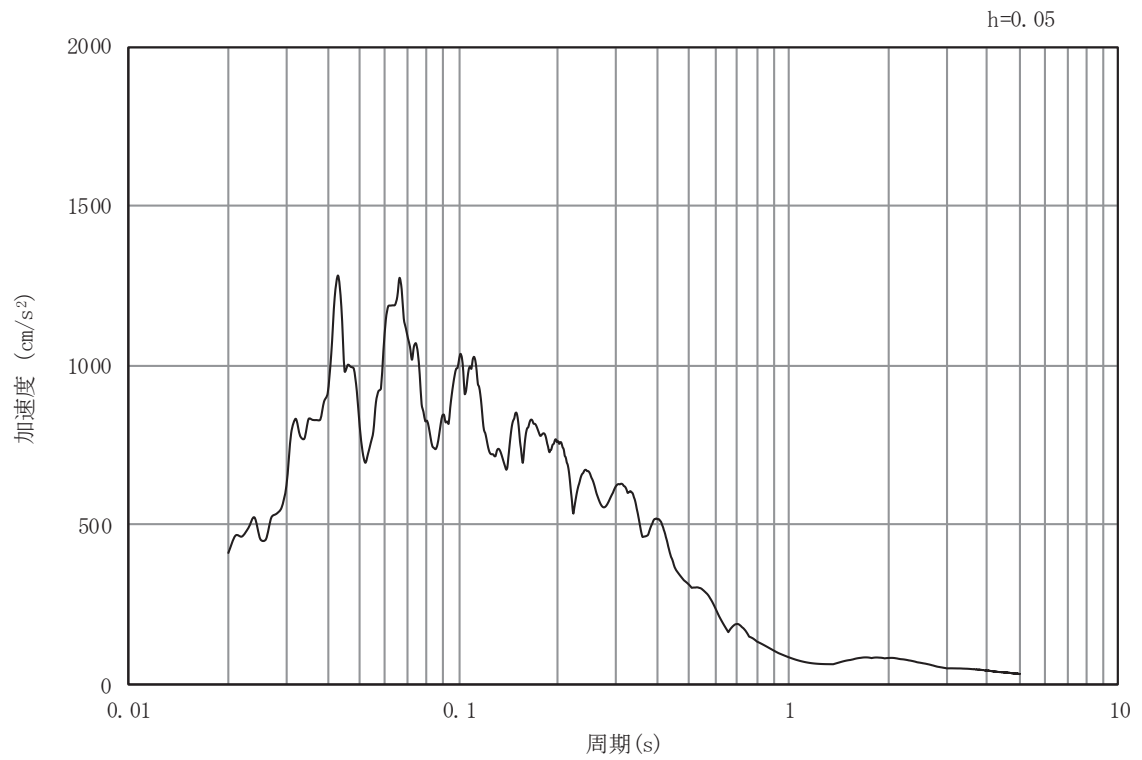


(b) 加速度応答スペクトル

図 8-4(11) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平方向：S s - F 3)

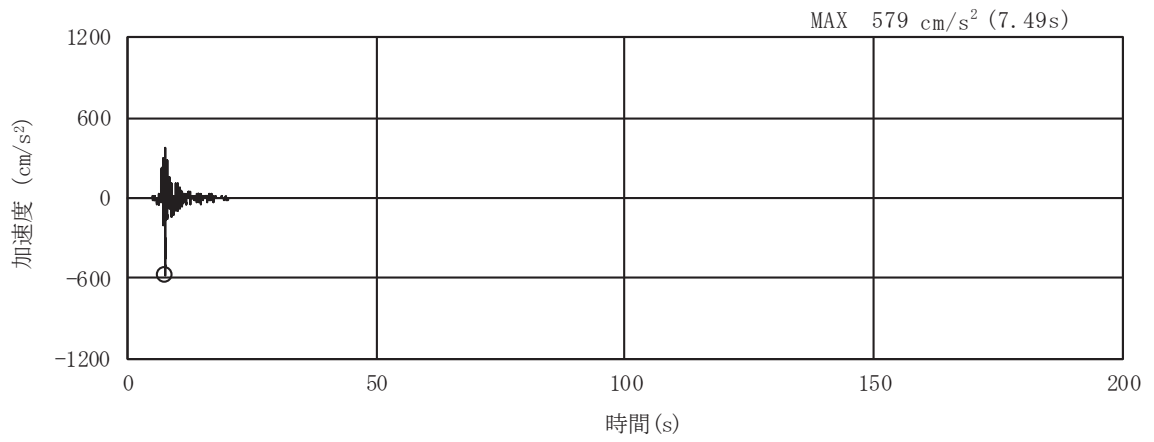


(a) 加速度時刻歴波形

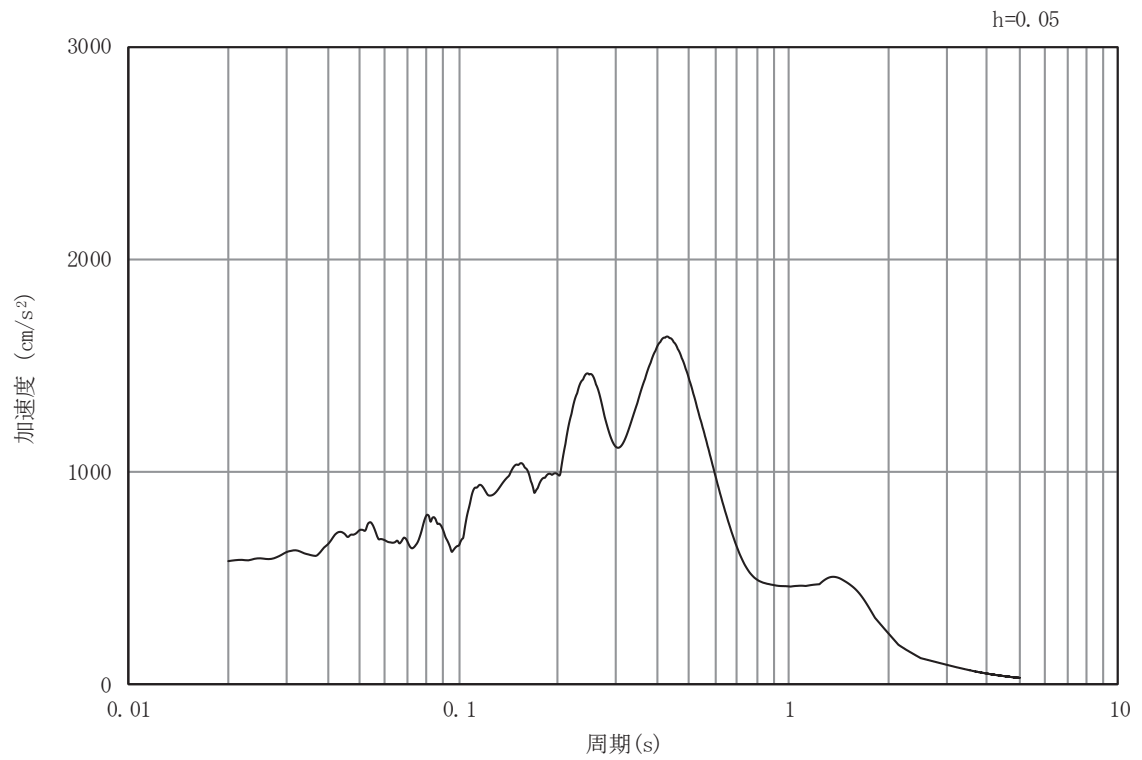


(b) 加速度応答スペクトル

図 8-4(12) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向：S s - F 3)

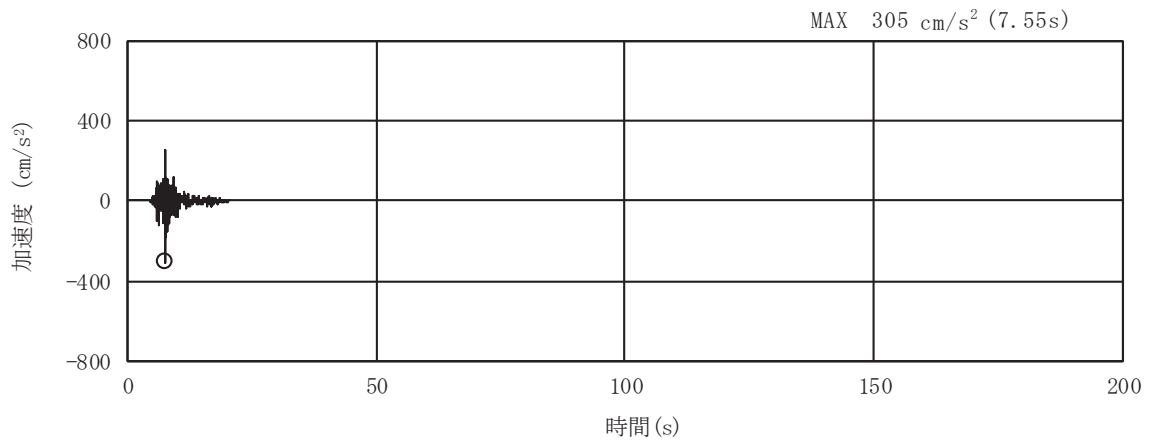


(a) 加速度時刻歴波形

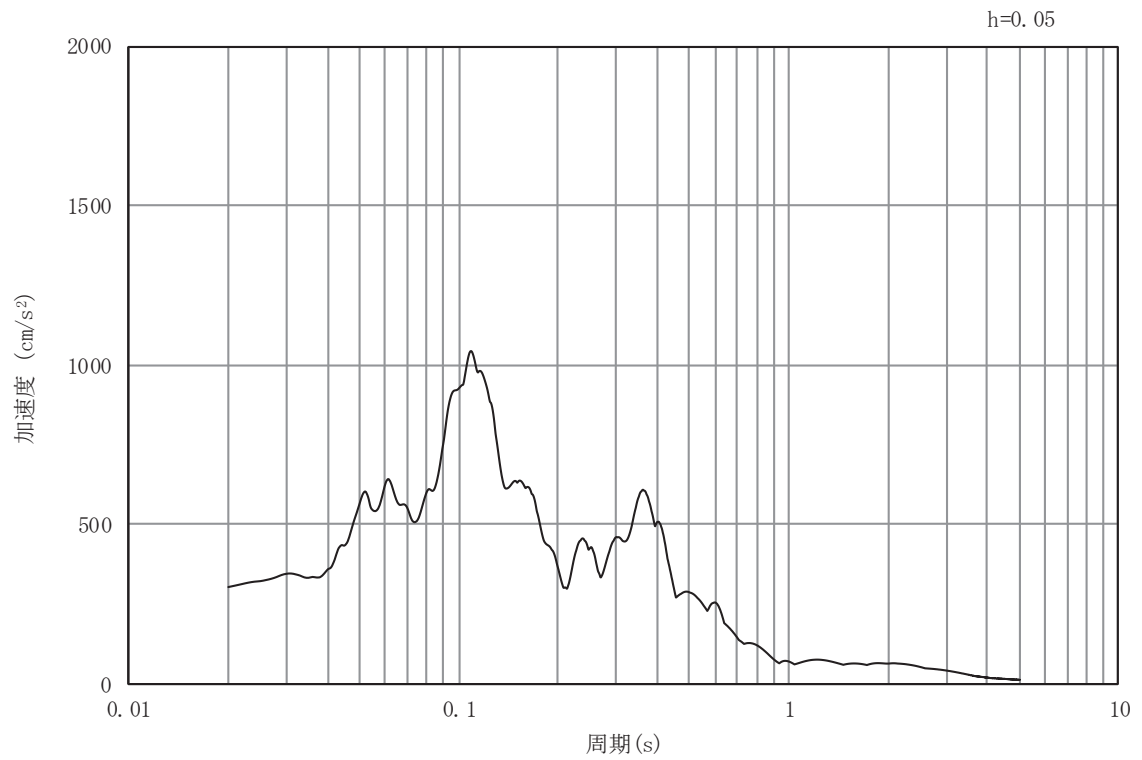


(b) 加速度応答スペクトル

図 8-4(13) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平方向：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 8-4(14) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向：S s - N 1)

8.5 解析モデル及び諸元

(1) 解析モデル

出口側集水ピットの解析モデルを図 8-5 に示す。

a. 解析領域

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影響を及ぼさないよう、十分広い領域とする。

b. 境界条件

境界条件は、解析領域の側方及び底面において半無限地盤を模擬するため、粘性境界を設ける。

c. 構造物のモデル化

出口側集水ピットは、線形はり要素（ビーム要素）及び平面応力要素でモデル化する。

d. 地盤のモデル化

C_H 級岩盤及び C_M 級岩盤は線形の平面ひずみ要素（ソリッド要素）でモデル化する。

e. ジョイントのモデル化

「構造物とマンメイドロック」、「構造物と岩盤」及び「マンメイドロックと岩盤」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。

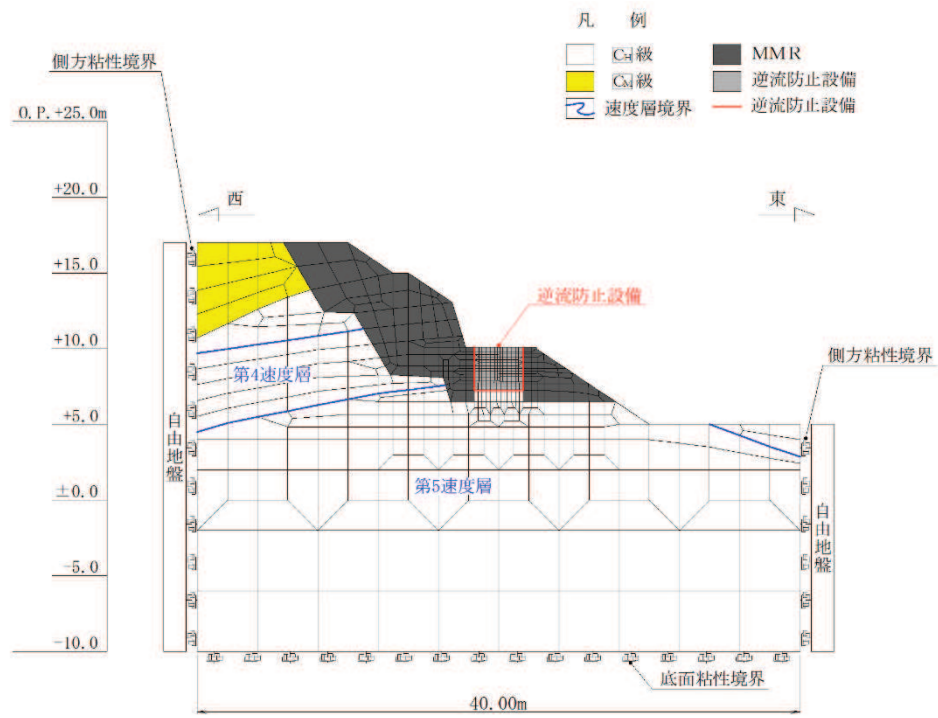


図 8-5 出口側集水ピットの解析モデル (A-A 断面)

(2) 使用材料及び材料の物性値

使用材料を表 8-5 に、材料の物性値を表 8-6 に示す。

表 8-5 使用材料

諸元		
出口側集水ピット	鉄筋（主筋）	SD345
	コンクリート	設計基準強度 30 N/mm ²

表 8-6 材料の物性値

材料	単位体積重量 (kN/m ³)	ヤング係数 (N/mm ²)	ポアソン比
鉄筋コンクリート	24.0	2.80×10^4	0.2

(3) 地盤の物性値

地盤の物性値は、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。

(4) 地下水位

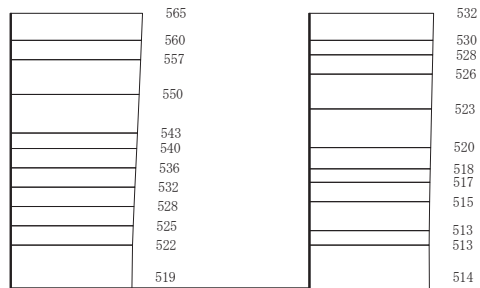
地下水位については、添付書類「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」に従って設定した設計用地下水位を図 8-2 に示す。また、設計用地下水位の一覧を表 8-7 に示す。

表 8-7 設計用地下水位の一覧

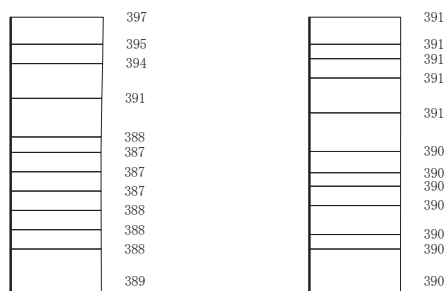
施設名称	評価対象断面	設計用地下水位
出口側集水ピット	A-A断面	地表面に設定する。

8.6 地震応答解析結果

地震応答解析で得られた各ケースの最大加速度分布を図 8-6 に示す。



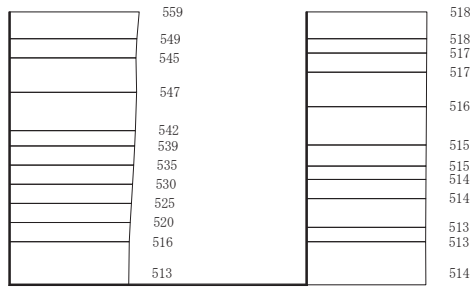
(a) S s - D 1 (++) 水平



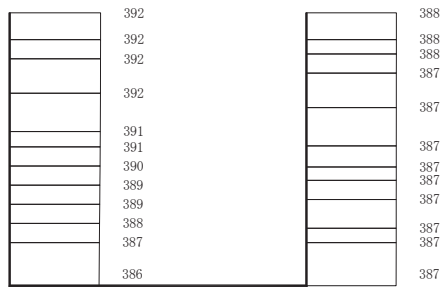
(b) S s - D 1 (++) 鉛直

構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

図 8-6(1) 最大加速度分布図
(解析ケース①)



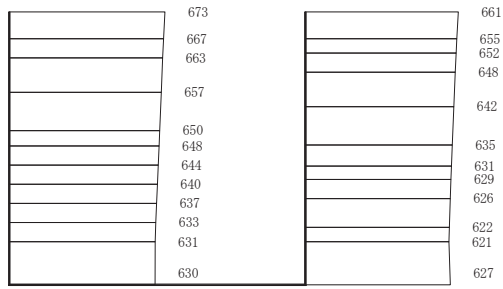
(a) $S_s - D 1$ (- +) 水平



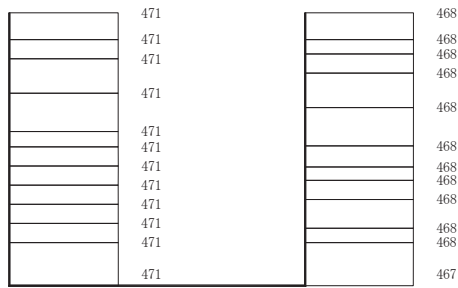
(b) $S_s - D 1$ (- +) 鉛直



図 8-6(2) 最大加速度分布図
(解析ケース①)



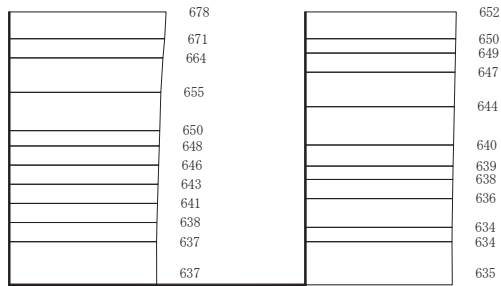
(a) $S_s - D 2$ (++) 水平



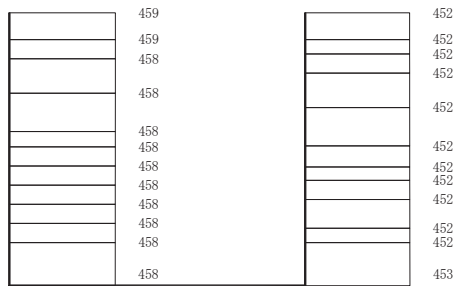
(b) $S_s - D 2$ (++) 鉛直



図 8-6(3) 最大加速度分布図
(解析ケース①)



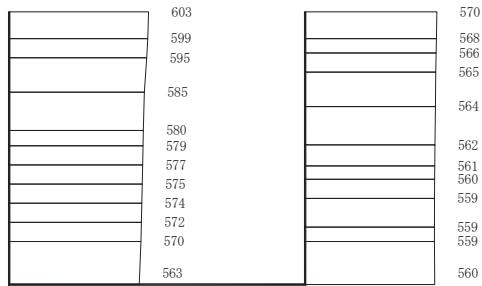
(a) $S_s - D 2$ (- +) 水平



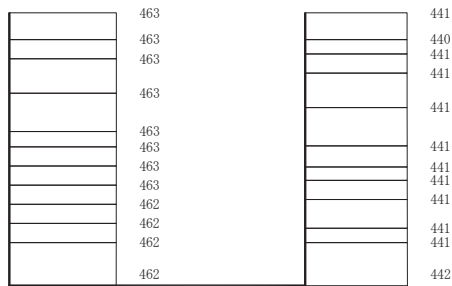
(b) $S_s - D 2$ (- +) 鉛直



図 8-6(4) 最大加速度分布図
(解析ケース①)



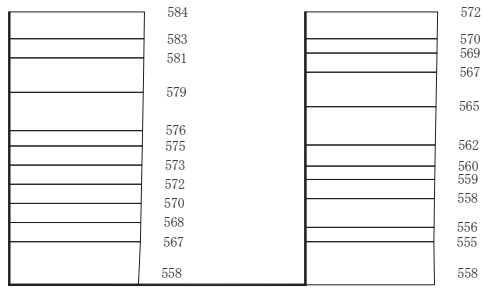
(a) S s - D 3 (++) 水平



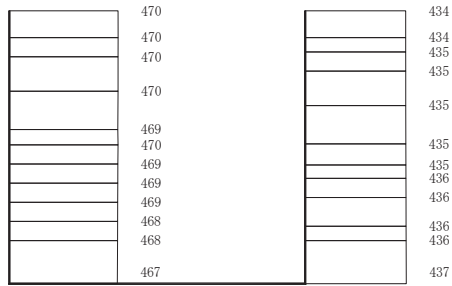
(b) S s - D 3 (++) 鉛直



図 8-6(5) 最大加速度分布図
(解析ケース①)



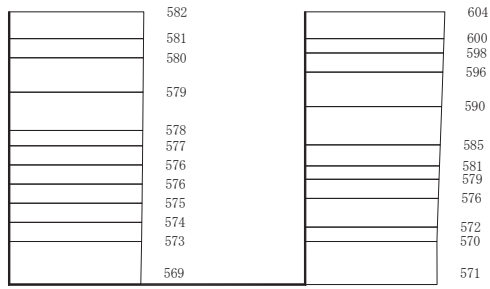
(a) $S_s - D 3$ (ー+) 水平



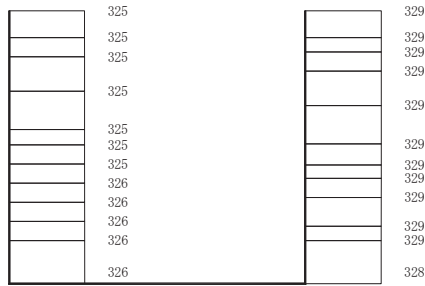
(b) $S_s - D 3$ (ー+) 鉛直



図 8-6(6) 最大加速度分布図
(解析ケース①)



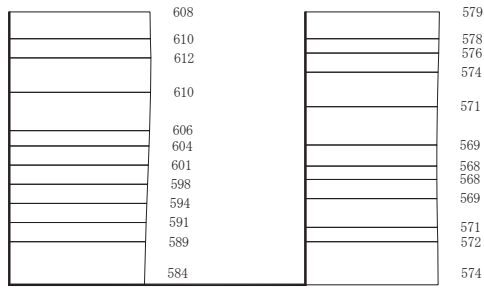
(a) S s - F 1 (++) 水平



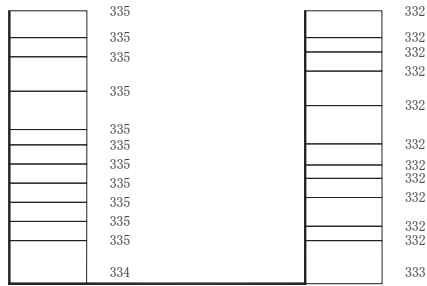
(b) S s - F 1 (++) 鉛直



図 8-6(7) 最大加速度分布図
(解析ケース①)



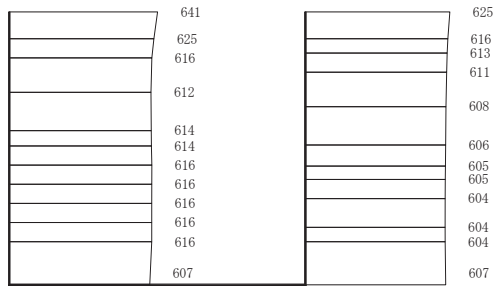
(a) $S_s - F 1$ (- +) 水平



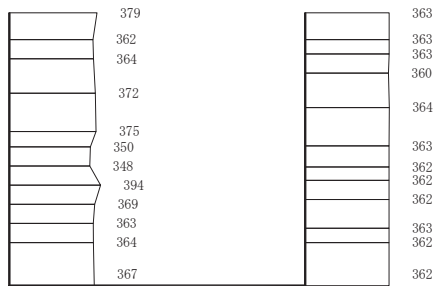
(b) $S_s - F 1$ (- +) 鉛直



図 8-6(8) 最大加速度分布図
(解析ケース①)



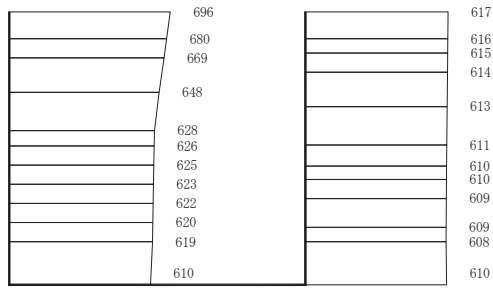
(a) $S_s - F 2$ (++) 水平



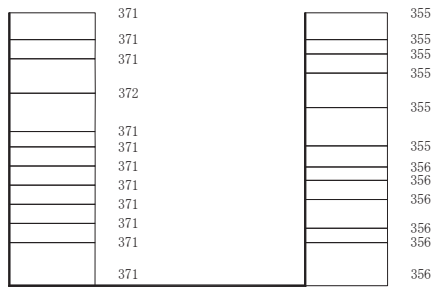
(b) $S_s - F 2$ (++) 鉛直



図 8-6(9) 最大加速度分布図
(解析ケース①)



(a) $S_s - F 2 (-+)$ 水平

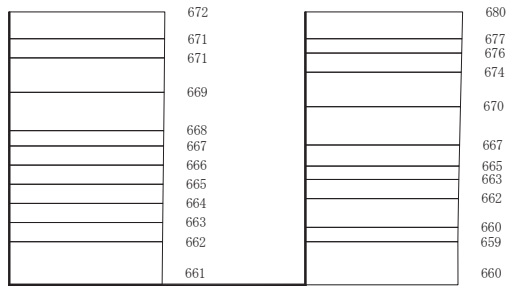


(b) $S_s - F 2 (-+)$ 鉛直

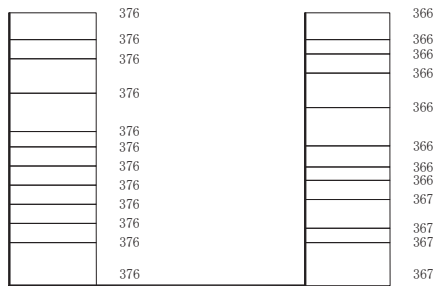


図 8-6(10) 最大加速度分布図

(解析ケース①)



(a) $S_s - F 3$ (++) 水平

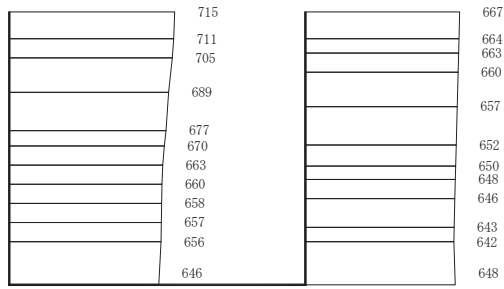


(b) $S_s - F 3$ (++) 鉛直

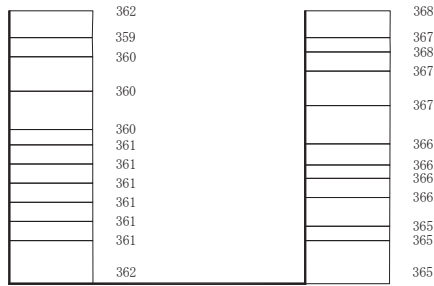


図 8-6(11) 最大加速度分布図

(解析ケース①)



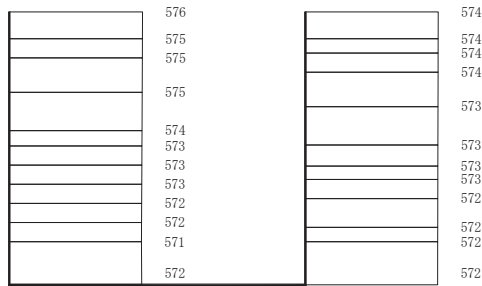
(a) $S_s - F 3 (-+)$ 水平



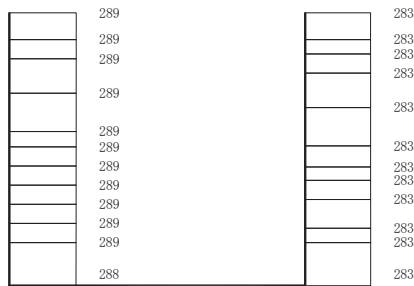
(b) $S_s - F 3 (-+)$ 鉛直



図 8-6(12) 最大加速度分布図
(解析ケース①)



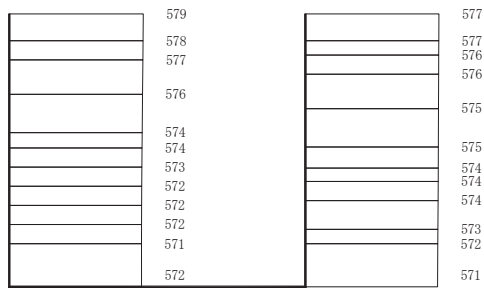
(a) $S_s - N 1$ (++) 水平



(b) $S_s - N 1$ (++) 鉛直



図 8-6(13) 最大加速度分布図
(解析ケース①)



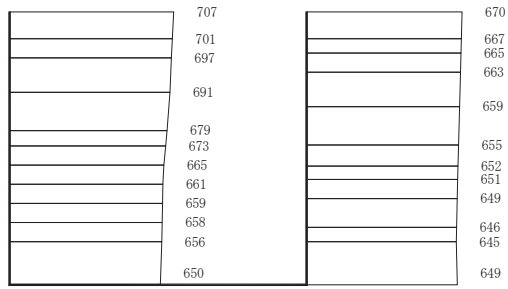
(a) S s - N 1 (- +) 水平



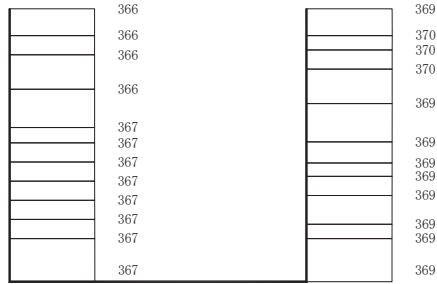
(b) S s - N 1 (- +) 鉛直



図 8-6(14) 最大加速度分布図
(解析ケース①)



(a) S s - F 3 (- +) 水平

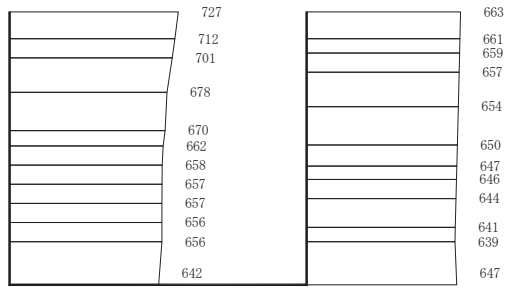


(b) S s - F 3 (- +) 鉛直

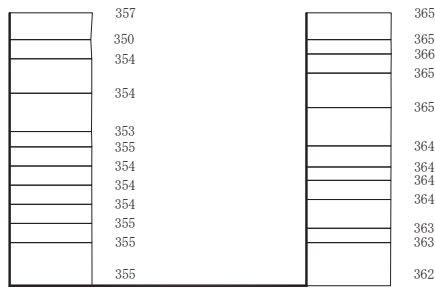
構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

図 8-6(15) 最大加速度分布図

(解析ケース②：地盤物性のばらつき (+1σ) を考慮した解析ケース)



(a) $S_s - F 3 (-+)$ 水平

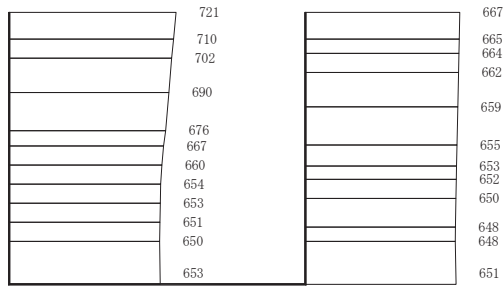


(b) $S_s - F 3 (-+)$ 鉛直

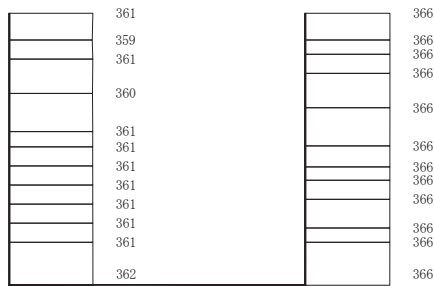


図 8-6(16) 最大加速度分布図

(解析ケース③：地盤物性のばらつき (-1σ) を考慮した解析ケース)



(a) S s - F 3 (- +) 水平



(b) S s - F 3 (- +) 鉛直

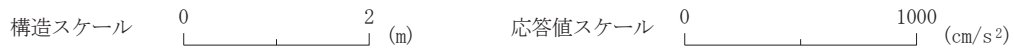


図 8-6(17) 最大加速度分布図

(解析ケース④ 材料物性 (コンクリート) に実強度を考慮した解析ケース)

9. 三次元構造解析

9.1 評価対象部材

三次元構造解析の評価対象部材は、出口側集水ピットを構成する構造部材である側壁（北壁，東壁，南壁及び西壁）及び底版とする。

図 9-1 に評価対象部材を示す。

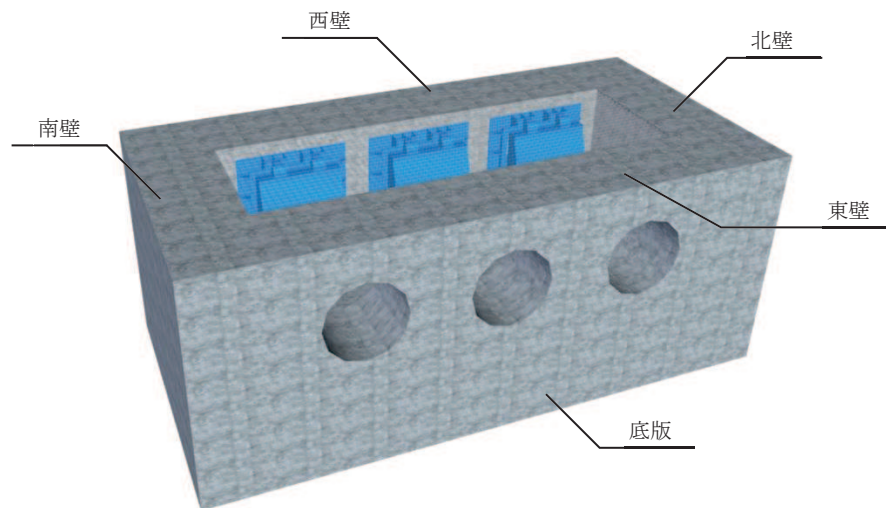


図 9-1 三次元構造解析の評価対象部材

9.2 解析方法

出口側集水ピットの三次元構造解析は、「8. 地震応答解析」に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「SLAP ver6.64」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。

9.3 解析モデル及び諸元

(1) 解析モデル

出口側集水ピットの解析モデルを図 9-2 に、要素分割図を図 9-3 に示す。

a. 構造物のモデル化

構造物は、線形シェル要素でモデル化する。

b. 境界条件

構造物と周辺地盤には、境界条件としての地盤ばねを配置する。地盤ばねは節点ばねとする。

地盤ばねは、常時解析においては「道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編」に基づき設定する。

地震時解析においては、支持地盤は、地盤と構造物底面の剥離を考慮できる非線形ばねでモデル化し、「田治見の振動アドミッタンス理論」に基づき設定する。側方地盤は、弾性ばねでモデル化し、北壁及び南壁の法線方向に取り付け、「道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編」に基づき設定する。

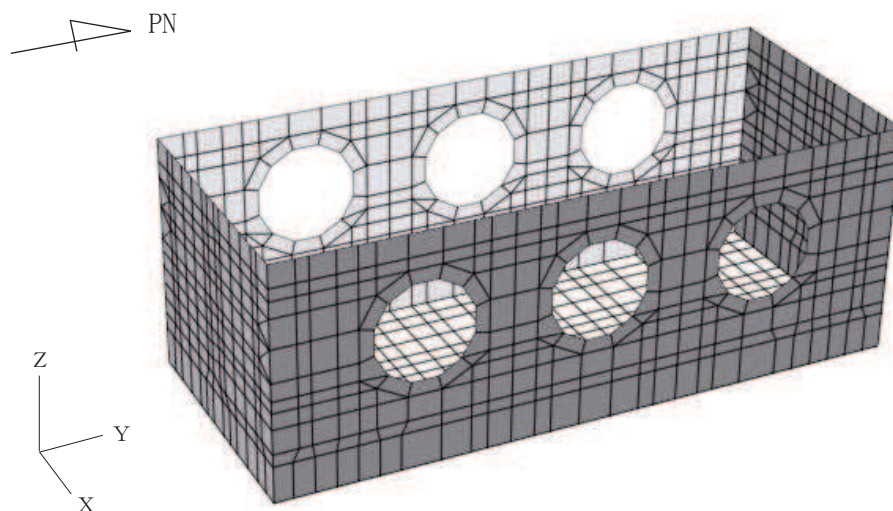


図 9-2 出口側集水ピットの解析モデル

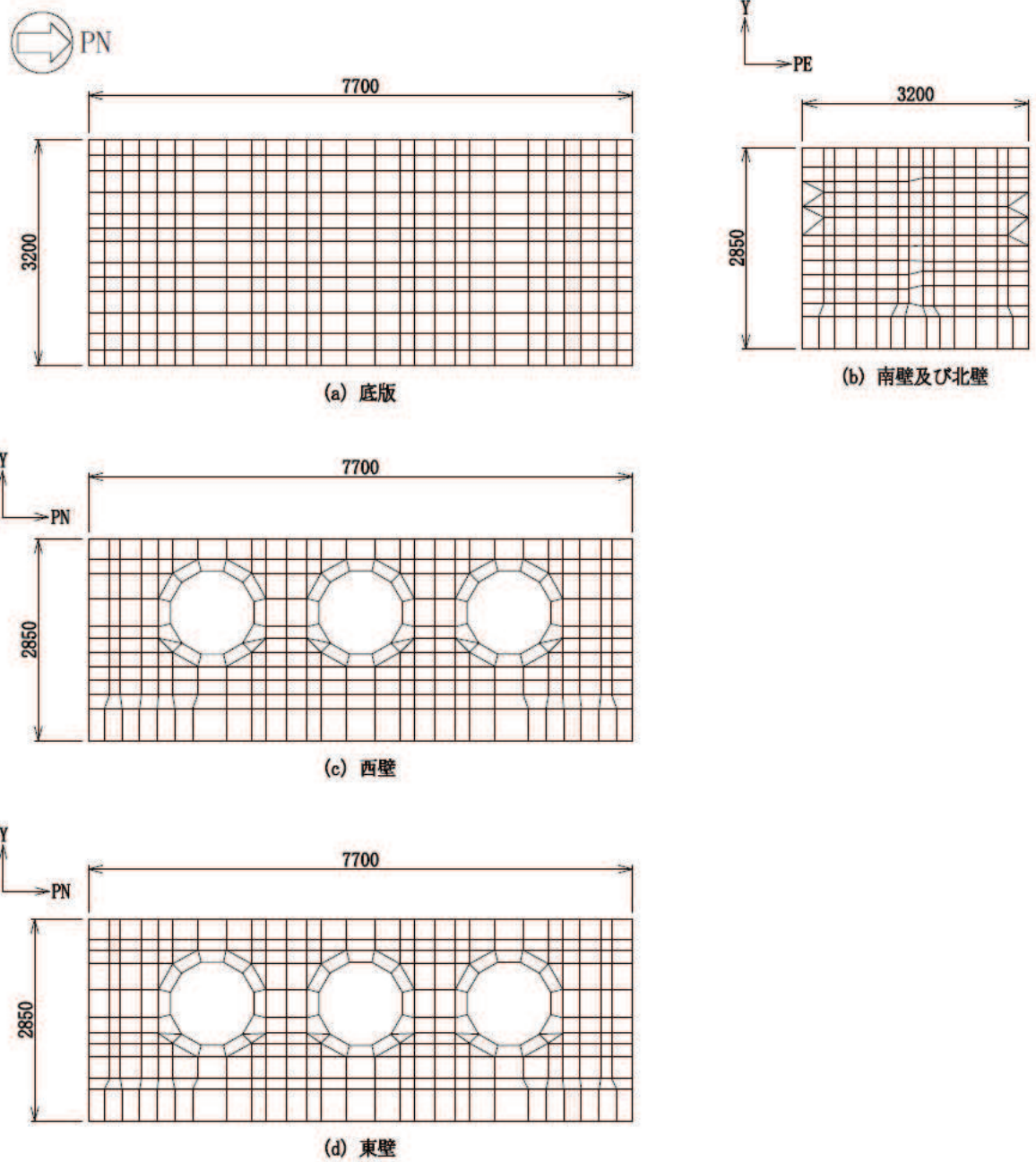


図 9-3 要素分割図

(2) 使用材料及び材料の物性値

出口側集水ピットの使用材料及び材料の物性値は、「8.5(2) 使用材料及び材料の物性値」と同様である。

9.4 照査時刻及び入力荷重


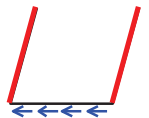
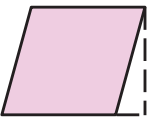
(1) 照査時刻

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、損傷モード毎及び部材毎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 9-1 に照査時刻の選定の考え方を示す。

照査値が最大となる曲げ・軸力系の破壊に対する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 9-4, 図 9-5 に示す。

表9-1 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)		構造物上端と下端の層間変位が最大となる時刻
時刻 2	せん断破壊	壁 (面外)		総水平荷重が最大となる時刻
時刻 3	せん断破壊	壁 (面内)		面部材の層間変位が最大となる時刻

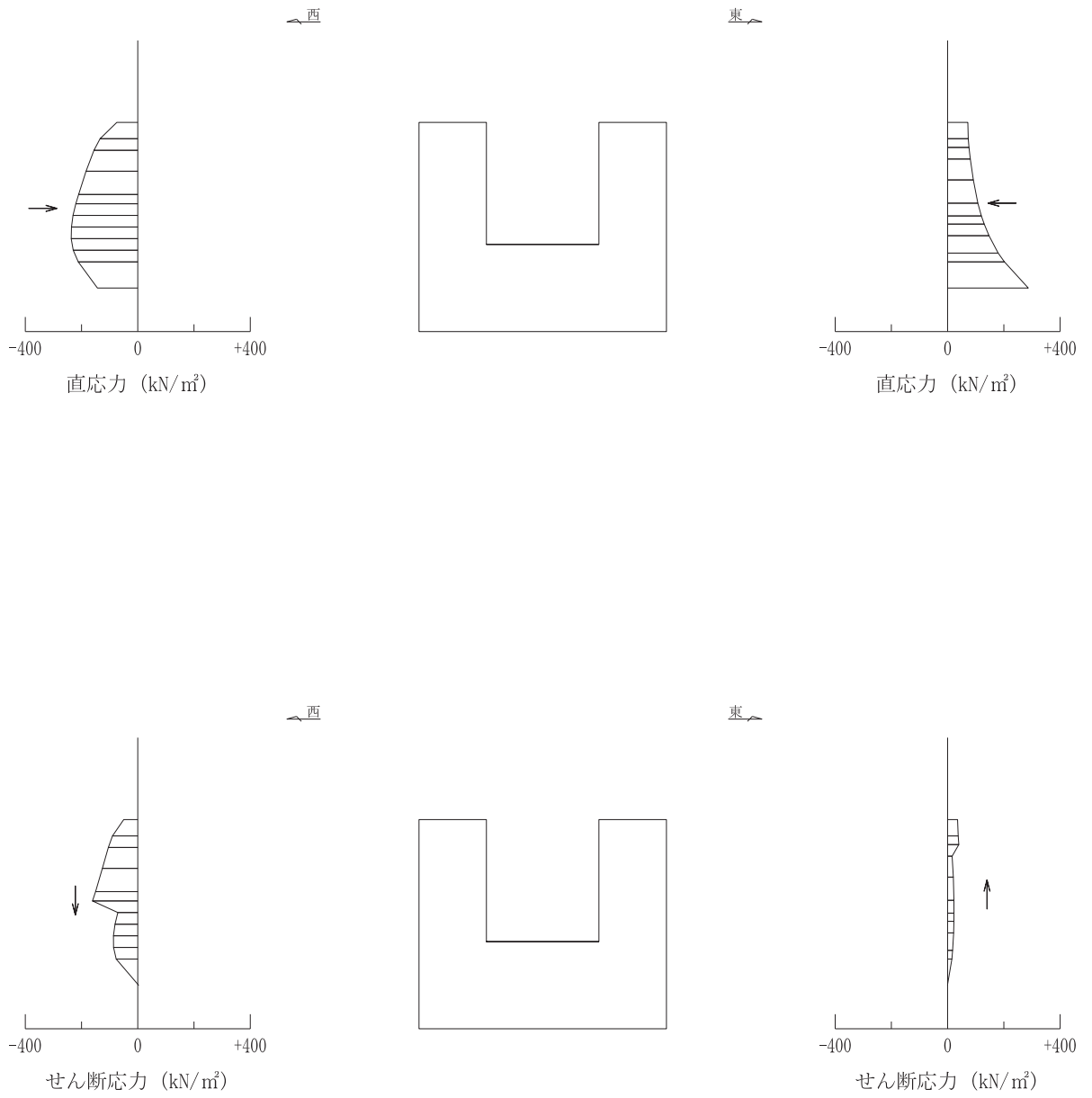
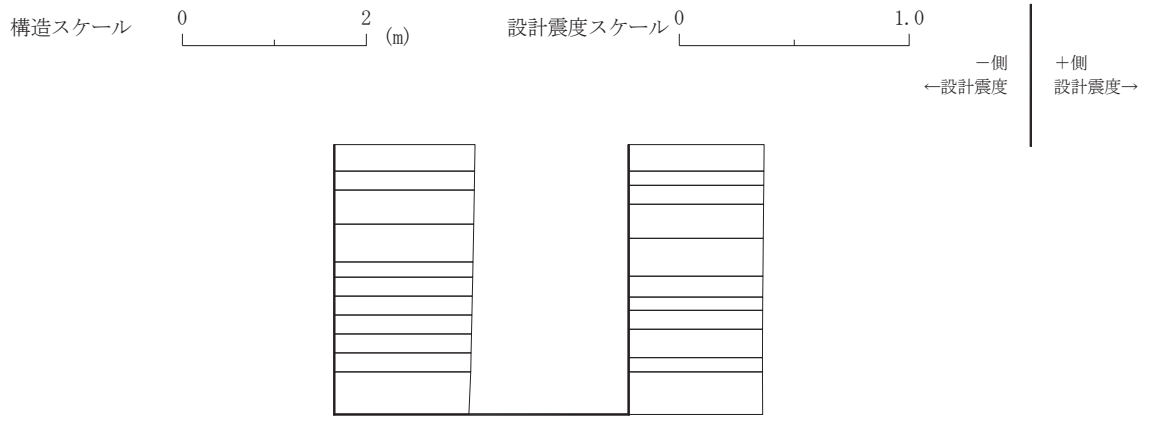
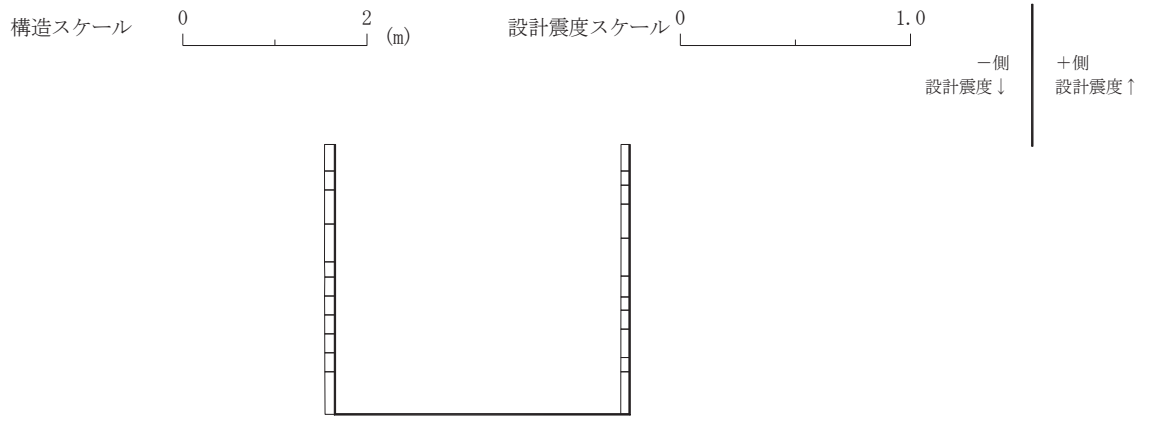


図 9-4 作用荷重分布図 (直応力及びせん断応力)
 (解析ケース③, S s - F 2 (-+))



設計水平震度



設計鉛直震度

図 9-5 作用荷重分布図 (設計震度分布)
(解析ケース③, S s - F 2 (-+))

(2) 入力荷重

三次元構造解析の入力荷重は、二次元動的解析に基づく「9.4(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 9-2 に示す。

表9-2 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
	積載荷重	機器・配管荷重
	常時土圧	躯体側面に作用する常時土圧
	常時水圧	躯体側面に作用する常時水圧
地震時 荷重	慣性力	躯体に作用する慣性力
	地震時土圧	躯体側面に作用する地震時土圧
	地震時水圧	躯体側面に作用する地震時水圧

9.5 三次元構造解析結果

シェル要素における応答断面力は図 9-6 に示す 8 成分を算出する。なお、プログラム上、断面力の出力が下記と異なる場合は、下記の断面力の向きに変換して取り扱う。

三次元構造解析に基づく構造部材の曲げ・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断面力分布を図 9-7～図 9-11 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 9-12、図 9-13 に示す。

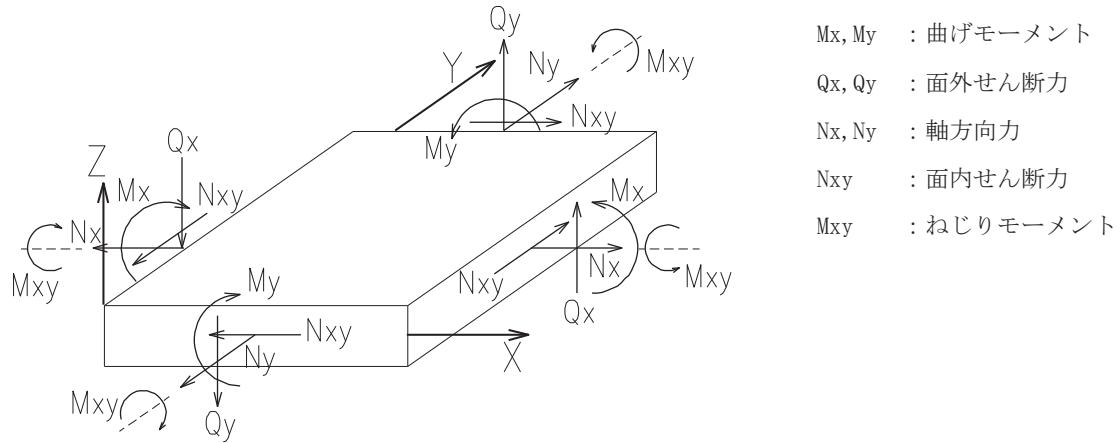


図 9-6 シェル要素における応答断面力

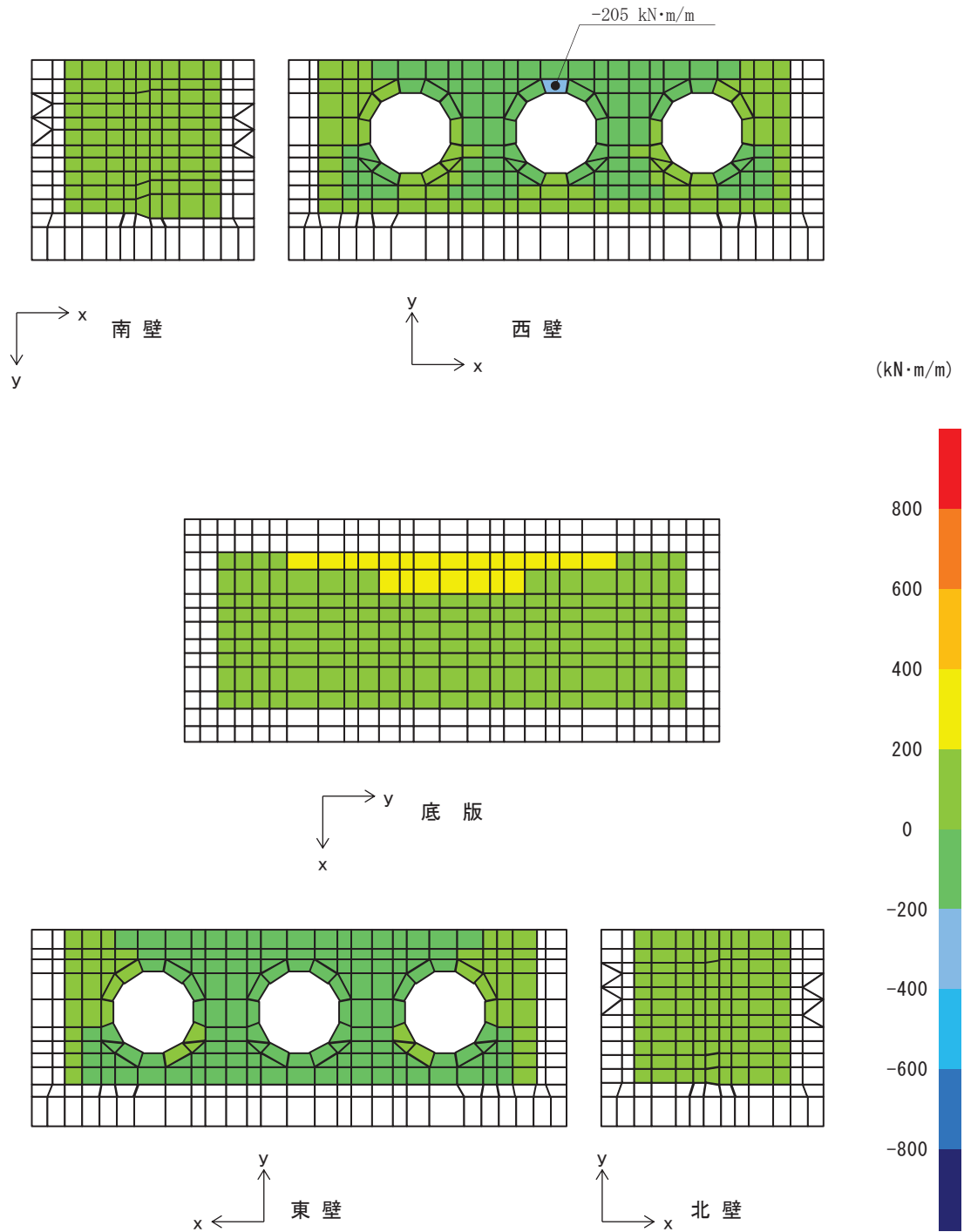


図 9-7 曲げ・軸力系の破壊に対する照査値最大時の断面力分布図
 (曲げモーメント(kN・m/m) : M_x)
 (西壁, 解析ケース③, $S_s - F 2 (-+)$)

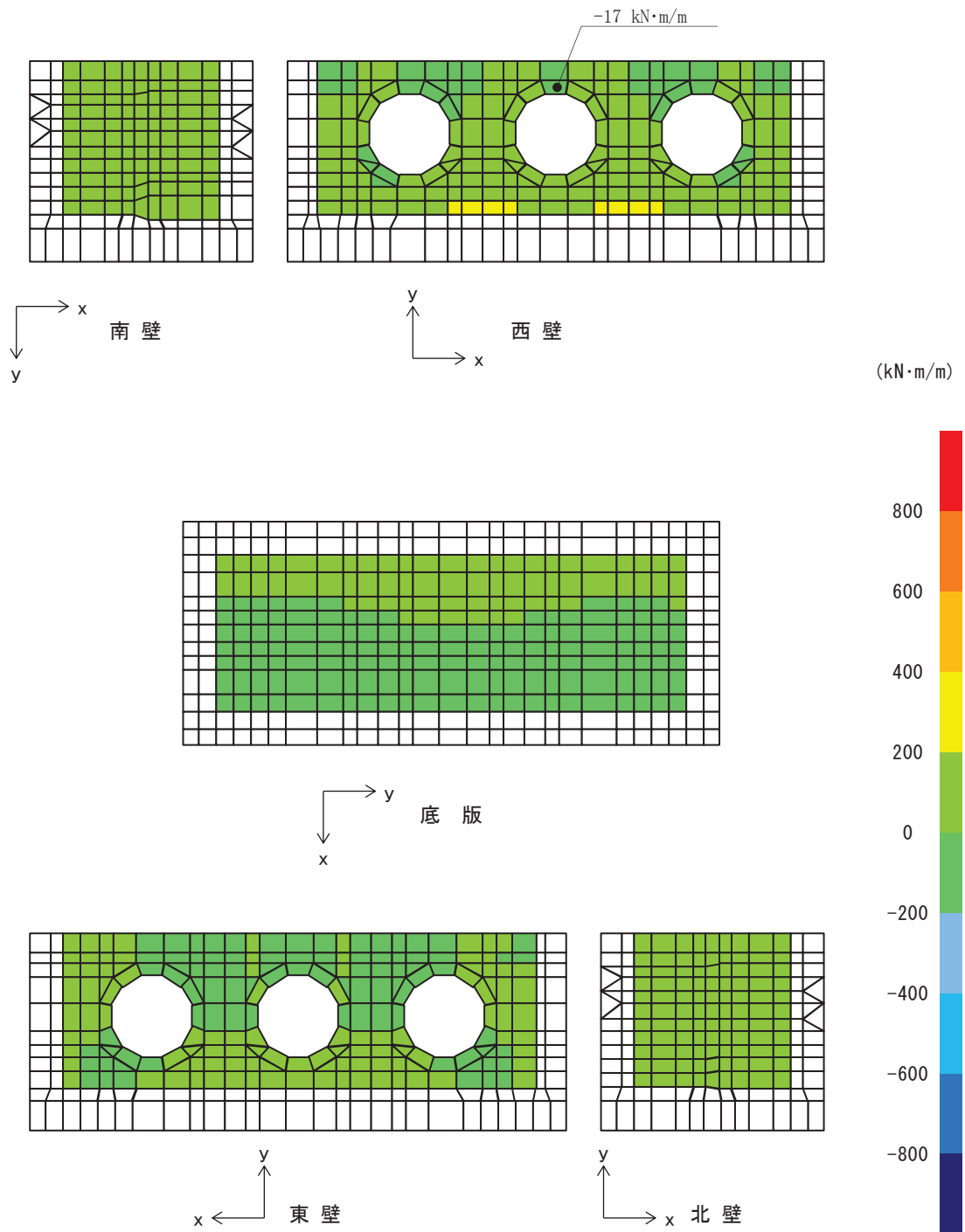


図 9-8 曲げ・軸力系の破壊に対する照査値最大時の断面力分布図
 (曲げモーメント($\text{kN}\cdot\text{m}/\text{m}$) : M_y)
 (西壁, 解析ケース③, $S_s - F_2 (-+)$)

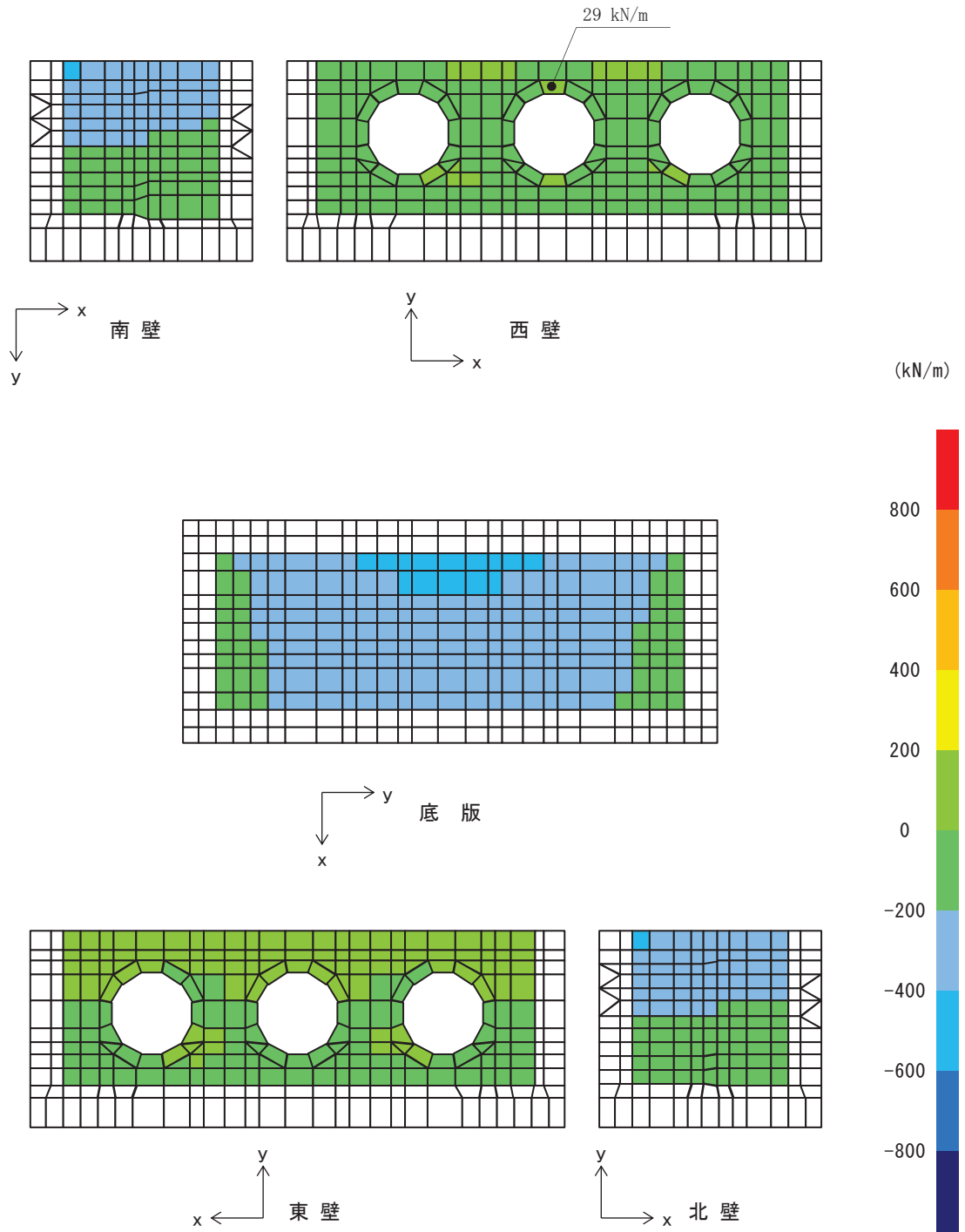


図 9-9 曲げ・軸力系の破壊に対する照査値最大時の断面力分布図
 (軸力(kN/m) : N_x)
 (西壁, 解析ケース③, $S_s - F_2 (-+)$)

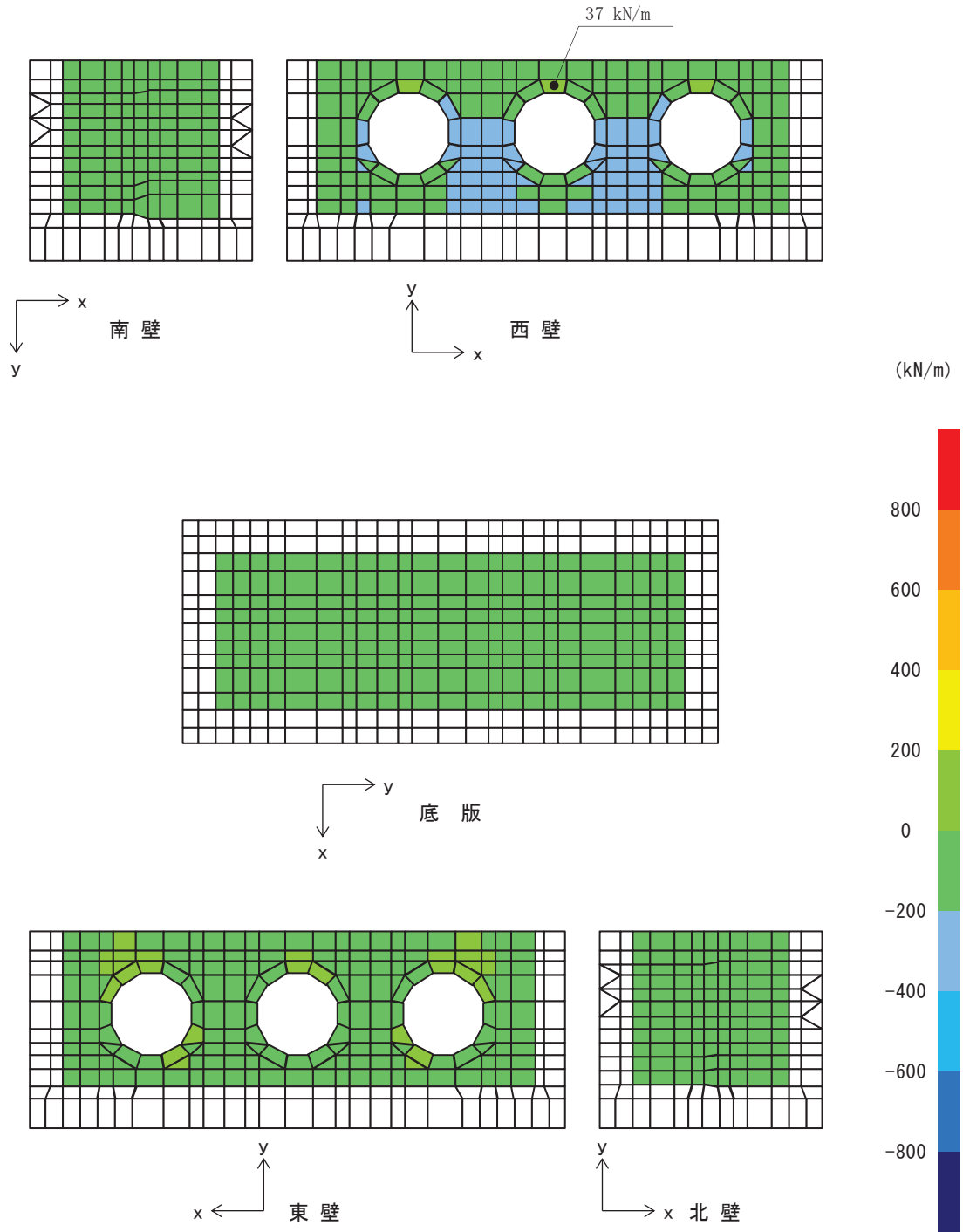


図 9-10 曲げ・軸力系の破壊に対する照査値最大時の断面力分布図

(軸力(kN/m) : N_y)

(西壁, 解析ケース③, $S_s - F_2 (-+)$)

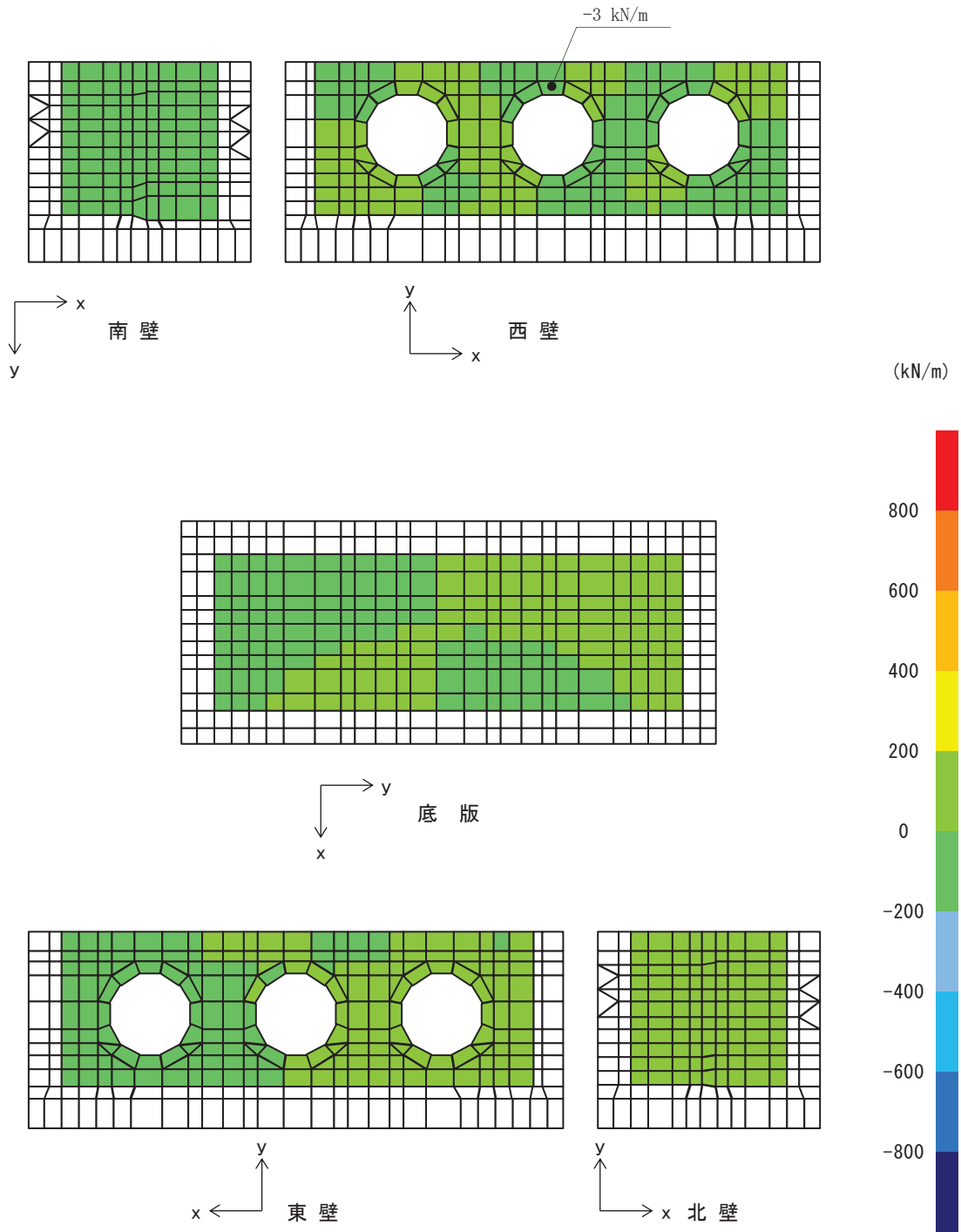


図 9-11 曲げ・軸力系の破壊に対する照査値最大時の断面力分布図
 (面内せん断力(kN/m) : N_{xy})
 (西壁, 解析ケース③, $S_s - F_2 (-+)$)

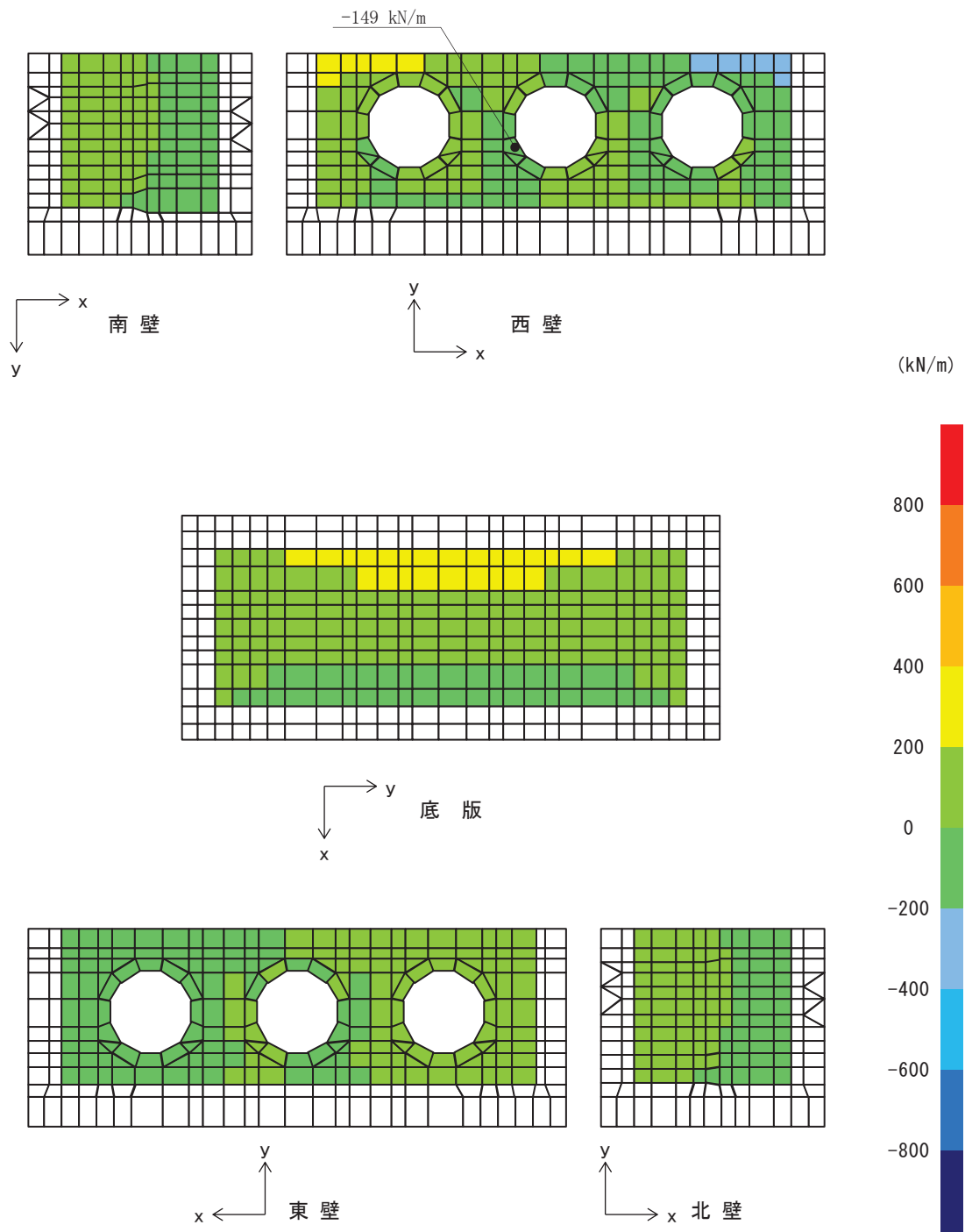


図 9-12 せん断破壊に対する照査値最大時の断面力分布図

(せん断力 (kN/m) : Q_x)

(西壁, 解析ケース③, $S_s - F 2$ (-+))

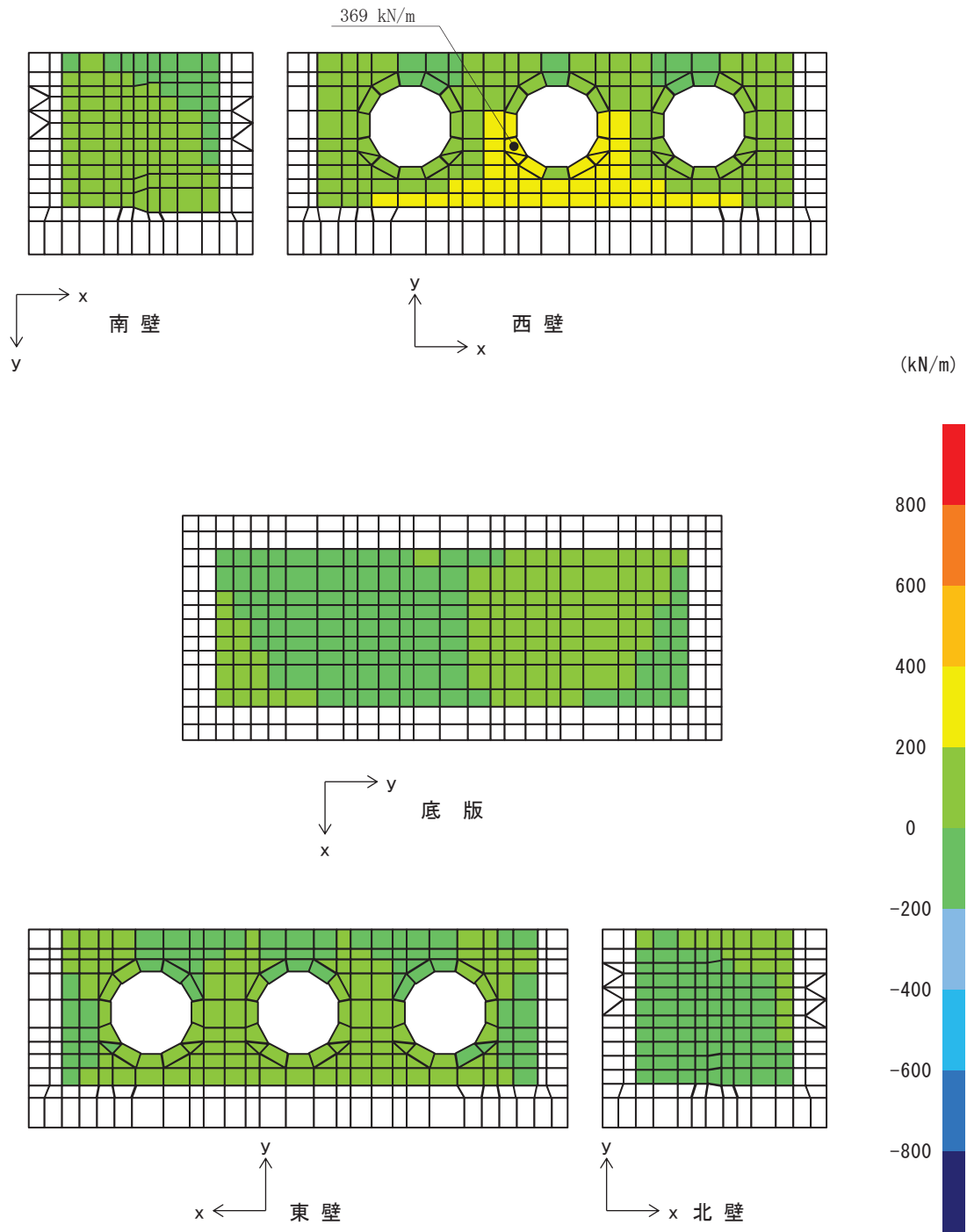


図 9-13 せん断破壊に対する照査値最大時の断面力分布図

(せん断力 (kN/m) : Q_y)

(西壁, 解析ケース③, $S_s - F_2 (-+)$)

10. 耐震評価

10.1 許容限界

10.1.1 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及び屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）を支持する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）の曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界は、短期許容応力度とする。コンクリート及び鉄筋の許容応力度を表 10-1 及び表 10-2 に示す。

なお、西壁に屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）を支持する機能を要求されるが、短期許容応力度により照査を行うため、構造強度を有することの確認と許容限界が同一となることから、全部材に対して構造強度を有することを確認することで、支持する機能を損なわないことの確認も同時に行う。

表 10-1 コンクリートの許容応力度及び短期許容応力度

設計基準強度	許容応力度 (N/mm ²)		短期許容応力度* (N/mm ²)
	f' ck=30.0(N/mm ²)	許容曲げ圧縮応力度 σ'_{ca}	11.0
許容せん断応力度 τ_{al}		0.5	0.75

注記*：コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（土木学会，2002年制定）により地震時の割り増し係数として1.5を考慮する。

表 10-2 鉄筋の許容応力度及び短期許容応力度

鉄筋の種類	許容応力度 (N/mm ²)		短期許容応力度* (N/mm ²)
	SD345	許容引張応力度 σ_{sa}	196

注記*：コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（土木学会，2002年制定）により地震時の割り増し係数として1.5を考慮する。

(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及び屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）を支持する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、表 10-1 及び表 10-2 に示すコンクリートと鉄筋の短期許容応力度から算定した短期許容せん断力とする。なお、曲げ・軸力系の破壊に対する照査において、面内せん断力を軸力として考慮していることから、壁部材の面内せん断（層間変形角）に対しては、曲げ・軸力系の破壊に対する照査において併せて確認している。

10.1.2 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

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 10-3 に示す。

表 10-3 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

10.2 評価方法

出口側集水ピットの耐震評価は、地震応答解析により得られた応答値から、三次元構造解析モデルへ入力する荷重を算定する。

構造部材の健全性評価については、三次元構造解析により算定した照査用応答値が、「10.1 許容限界」に示す許容限界以下であることを確認する。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、「10.1 許容限界」に示す許容限界以下であることを確認する。

11. 評価結果

11.1 構造部材の健全性に対する評価結果

断面計算に用いた断面諸元を表 11-1 に示す。

構造部材の曲げ・軸力系の破壊に対する各評価位置での最大照査値を表 11-2 及び表 11-3 に、せん断破壊に対する各評価位置での最大照査値を表 11-4 に示す。また、出口側集水ピットの評価位置を図 11-1 に示す。

出口側集水ピットの構造部材の発生応力度及び発生せん断力が許容限界以下であることを確認した。

表 11-1 鉄筋コンクリート断面諸元

部材	部材厚 (mm)	X方向 (EW方向・水平方向)		Y方向 (NS方向・鉛直方向)	
		配置鉄筋*1	芯かぶり*2 (mm)	配置鉄筋*1	芯かぶり*2 (mm)
底版	1500	D29@200(上側) D38@200(下側)	200	D29@200(上側) D29@200(下側)	200
南北壁	1200	D38@150(上側) D38@200(下側)	200	D29@200	200
東西壁	1200	D38@150(上側) D38@200(下側)	200	D38@200(外側) D29@200(内側)	200

注記 *1：特記のない場合、上縁・下縁の配筋は同配筋とする。

*2：実配筋は、格子鉄筋となるため、2方向の芯かぶりは鉄筋径分異なるが、保守的に有効高さが小さくなる側の芯かぶりを2方向に適用する

表 11-2 曲げ・軸力系の破壊に対する照査（コンクリート）

評価位置		解析 ケース	地震動	曲げモー メント (kN・m/m)	軸力 (kN/m)	発生 応力度 σ'_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ'_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ'_c/σ'_{ca}
底版	1	③	S _s -F 2 (-+)	284	-436	1.2	16.5	0.08
西壁	2	③	S _s -F 2 (-+)	217	-287	1.5	16.5	0.10
東壁	3	③	S _s -F 2 (-+)	-121	163	0.6	16.5	0.04
南北壁	4	③	S _s -F 2 (-+)	157	-470	1.0	16.5	0.07

表 11-3 曲げ・軸力系の破壊に対する照査（鉄筋）

評価位置		解析 ケース	地震動	曲げモー メント (kN・m/m)	軸力 (kN/m)	発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s/σ_{sa}
底版	1	③	S _s -F 2 (-+)	284	-443	13.2	294	0.05
西壁	2	③	S _s -F 2 (-+)	-205	32	33.3	294	0.12
東壁	3	③	S _s -F 2 (-+)	-121	168	29.8	294	0.11
南北壁	4	①	S _s -F 3 (-+)	15	81	18.5	294	0.07

表 11-4 せん断破壊に対する照査

評価位置		解析 ケース	地震動	発生 せん断力 V (kN/m)	短期許容 せん断力 V _a (kN/m)	照査値 V/V _a
底版	1	①	S _s -F 3 (-+)	215	1227	0.18
西壁	2	③	S _s -F 2 (-+)	370	1563	0.24
東壁	3	③	S _s -F 2 (-+)	120	1563	0.08
南北壁	4	③	S _s -F 2 (-+)	65	944	0.07

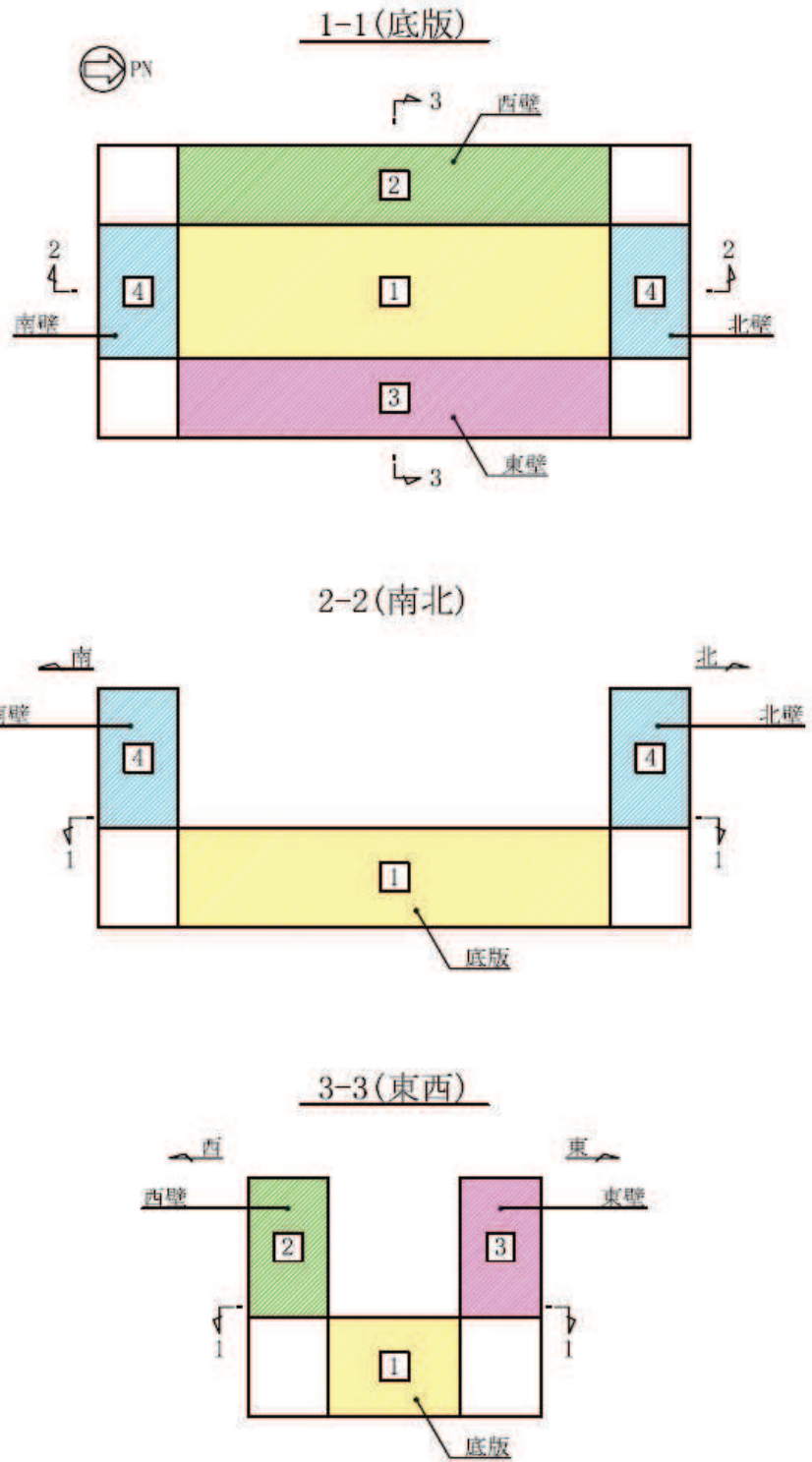


图 11-1 評価位置図

11.2 基礎地盤の支持性能に対する評価結果

基礎地盤の支持性能に対する照査結果を表 11-5 に示す。最大接地圧分布図を図 11-2 に示す。
 出口側集水ピットの基礎地盤に発生する最大接地圧が極限支持力度以下であることを確認した。

表 11-5 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 -F3 (-+)	0.3	13.7	0.03

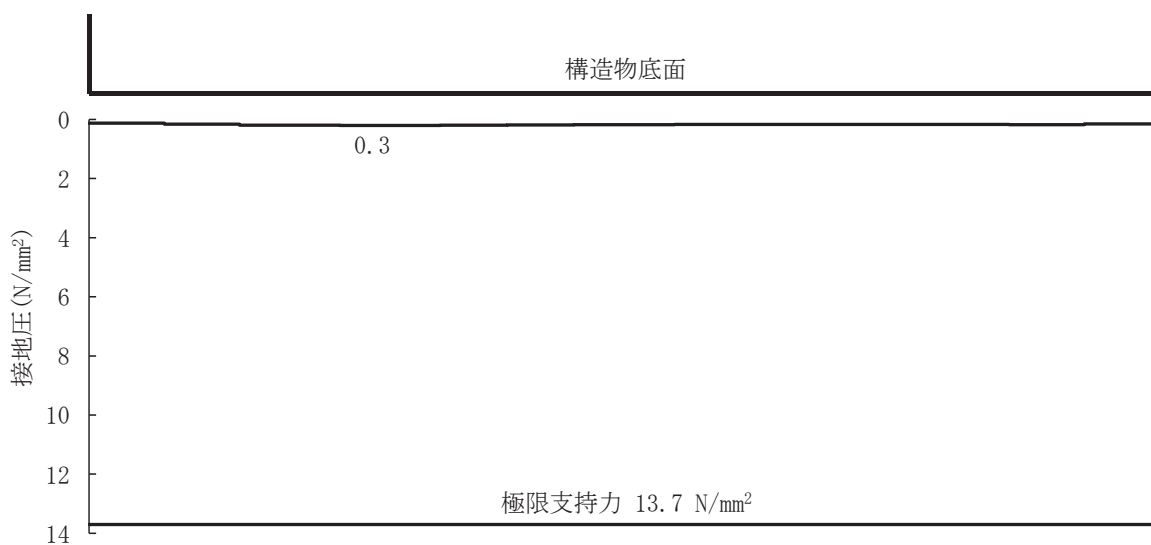


図 11-2 出口側集水ピットの基礎地盤の最大接地圧分布図
 (解析ケース①, S_s-F3 (-+))

VI-2-10-2-6-1-2 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）の
耐震性についての計算書

目次

1.	概要	1
2.	一般事項	2
2.1	配置概要	2
2.2	構造計画	3
2.3	評価方針	4
2.4	適用基準	5
2.5	記号の説明	6
3.	評価部位	9
4.	固有周期	10
4.1	固有周期の計算方法	10
4.2	固有周期の計算条件	10
4.3	固有周期の計算結果	11
5.	構造強度評価	12
5.1	構造強度評価方法	12
5.2	荷重及び荷重の組合せ	12
5.2.1	荷重の設定	12
5.2.2	荷重の組合せ	12
5.3	許容限界	13
5.4	設計用地震力	15
5.5	計算方法	16
5.6	計算条件	38
6.	評価結果	41
7.	出口側集水ピットの強度評価	43
7.1	出口側集水ピットの構造概要	43
7.2	評価方針	46
7.3	適用基準	48
8.	地震応答解析	49
8.1	地震時荷重算出断面	49
8.2	解析方法	50
8.3	荷重及び荷重の組合せ	54
8.3.1	耐震評価上考慮する状態	54
8.3.2	荷重	54
8.3.3	荷重の組合せ	55
8.4	入力地震動	56
8.5	解析モデル及び諸元	71
8.6	地震応答解析結果	74

9.	三次元構造解析	91
9.1	評価対象部材	91
9.2	解析方法	91
9.3	解析モデル及び諸元	92
9.4	照査時刻及び入力荷重	94
9.5	三次元構造解析結果	98
10.	耐震評価	106
10.1	許容限界	106
10.1.1	構造部材の健全性に対する許容限界	106
10.2	評価方法	107
11.	評価結果	108
11.1	構造部材の健全性に対する評価結果	108

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に基づき、浸水防護施設のうち屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）が設計用地震力に対して、主要な構造部材が十分な構造健全性を有することを確認するものである。

屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）は、浸水防護施設としてSクラス施設に分類される。以下、浸水防護施設としての構造強度評価を示す。また、屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）が設置される出口側集水ピットは耐震重要度分類Sクラスの間接支持構造物としての機能が要求されることから、基準地震動 S_s に対して、構成する部材がおおむね弾性範囲にとどまることを確認するため、地震応答解析に基づく構造部材健全性評価を行う。

なお、屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）の強度評価においては、平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震による地殻変動に伴い、牡鹿半島全体で約1mの地盤沈下が発生したことを考慮し、地盤沈下量を考慮した敷地高さや施設高さ等を記載する。

2. 一般事項

2.1 配置概要

屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）の設置位置を図 2-1 に示す。

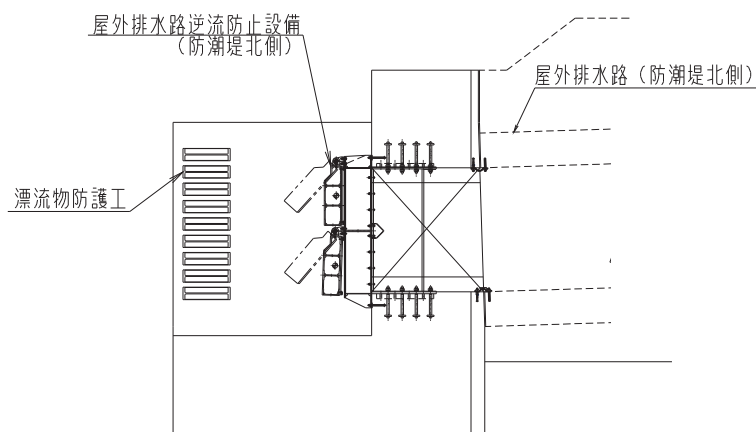
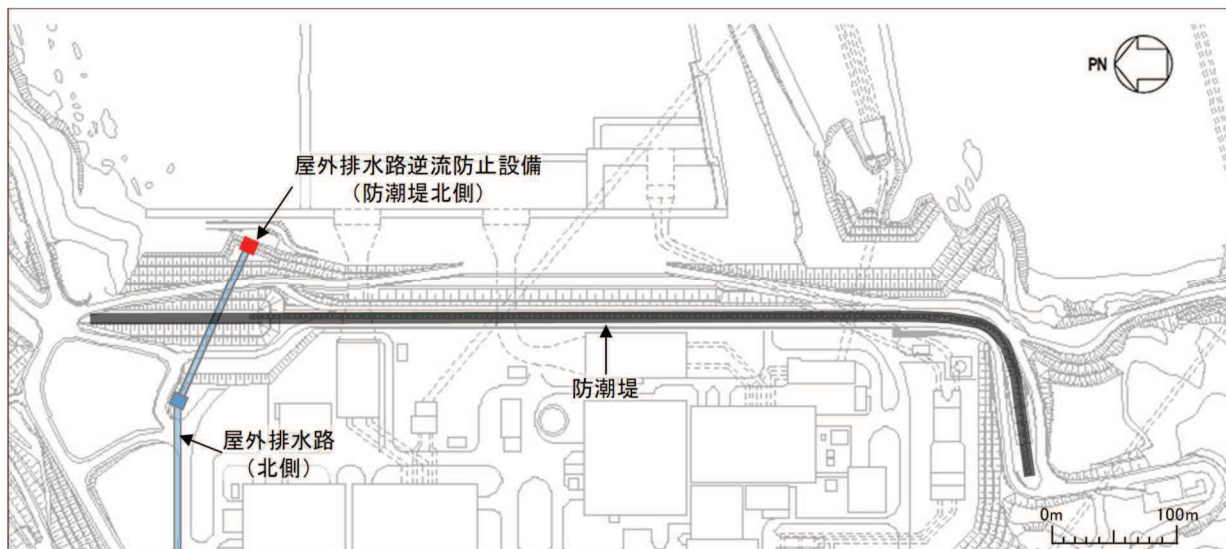


図 2-1 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）の設置位置

2.2 構造計画

屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）は、4門の鋼製の扉体（スキンプレート、主桁、補助縦桁、ヒンジ（吊りピン含む）及びヒンジ取付けボルト）、固定部（ヒンジ、ヒンジ取付けボルト、中央支柱、中央横桁、戸当り及びアンカーボルト）及び漂流物防護工で構成され、漂流物防護工により扉体及び固定部には漂流物が衝突しない構造とする。

扉体、固定部及び漂流物防護工で構成される屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）は、防潮堤（盛土堤防）に設置された出口側集水ピット（鉄筋コンクリート製）にアンカーで固定し、屋外排水路を経由した津波の流入を防止する。また、扉体に作用する荷重は、アンカーを介して鉄筋コンクリートに伝達する構造とする。

屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）の構造概要を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画（屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）

計画の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>本体はアンカーを介して出口側集水ピットに固定する。</p>	<p>4門の鋼製の扉体（スキンプレート、主桁、補助縦桁、ヒンジ（吊りピン含む）及びヒンジ取付けボルト）、固定部（ヒンジ、ヒンジ取付けボルト、中央支柱、中央横桁、戸当り及びアンカーボルト）及び漂流物防護工により構成する。</p>	

2.3 評価方針

屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）の耐震評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.2 構造計画」に示す屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）の構造を踏まえ、「3. 評価部位」にて設定する評価部位において、設計用地震力による応力等が許容限界以下であることを、「5. 構造強度評価」に示す方法にて確認することで実施する。応力評価の確認結果を「6. 評価結果」に示す。

屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）の耐震評価フローを図 2-2 に示す。

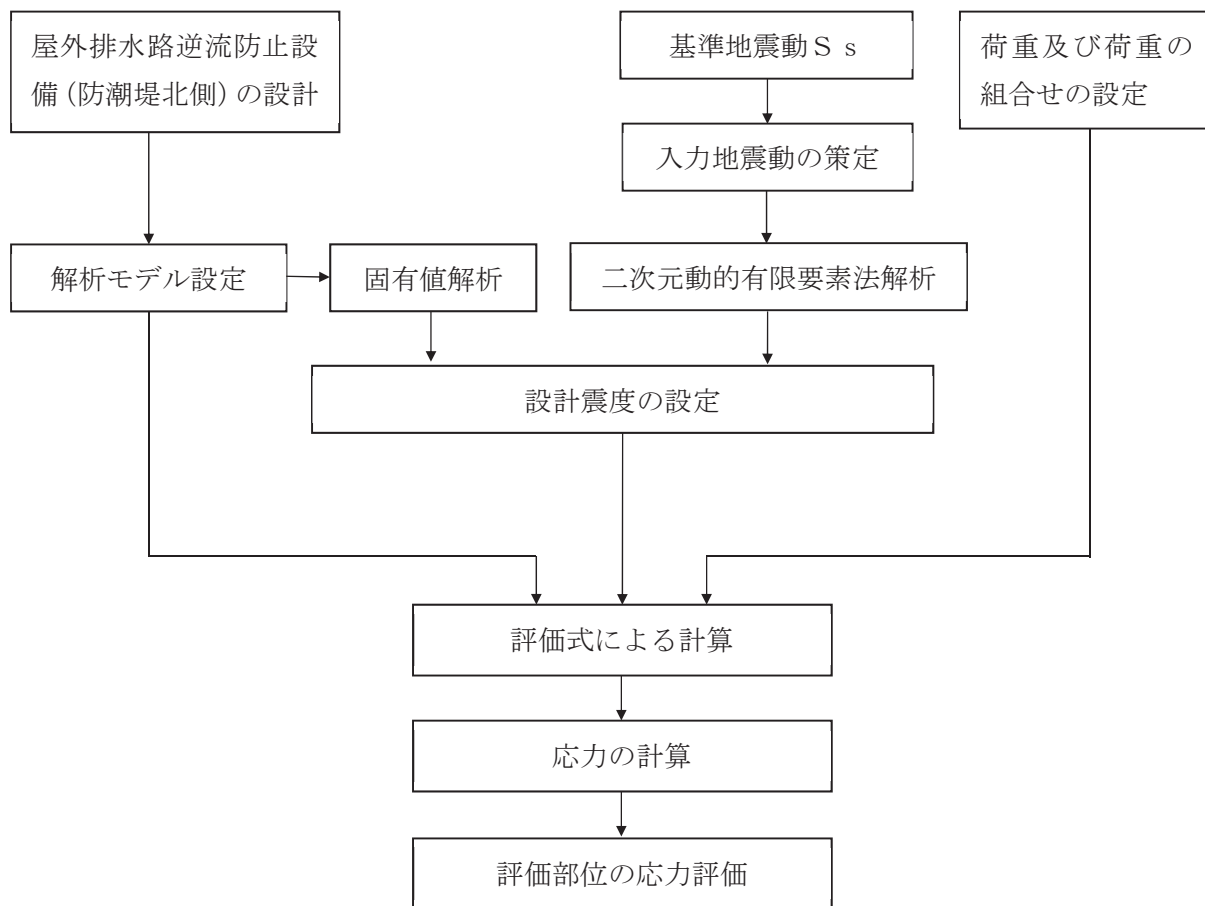


図 2-2 耐震評価フロー

2.4 適用基準

適用する規格，基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補一
1984 (日本電気協会)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 (日本電気協会)
- (3) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版 (日本電気協会)
- (4) 日本工業規格 J I S G 4 0 5 3 -2008 機械構造用合金鋼鋼材
- (5) ダム・堰施設技術基準 (案) (基準解説編・設備計画マニュアル編) (ダム・堰施設技術
協会 平成 28 年 3 月)
- (6) 水門鉄管技術基準 水門扉編 ((社) 水門鉄管協会, 平成 31 年)
- (7) 各種合成構造設計指針・同解説 ((社) 日本建築学会, 平成 22 年)
- (8) コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] (土木学会, 2002 年制定)
- (9) 構造力学公式集 (土木学会, 1988 年)

2.5 記号の説明

屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）の固有周期の計算に用いる記号を表 2-2 に、応力評価に用いる記号を表 2-3 にそれぞれ示す。

表 2-2 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）の固有周期の計算に用いる記号

記号	定義	単位
T	固有周期	s
f	一次固有振動数	Hz
E	縦弾性係数	N/mm ²
I	屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）の断面二次モーメント	mm ⁴
m	扉体の単位長さ当たり質量	kg/mm
L	主桁の長さ	mm

表 2-3(1) 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）の応力評価に用いる記号（1/3）

記号	定義	単位
G	固定荷重（扉体の自重）	N
K _H	基準地震動 S _s による水平方向の設計震度	—
K _V	基準地震動 S _s による鉛直方向の設計震度	—
A ₁	扉体面積	mm ²
W ₀	水の単位体積重量	N/mm ³
k	スキンプレートの辺長比 (b/a) による係数	—
a ₁	スキンプレートの短辺	mm
b ₁	スキンプレートの長辺	mm
P ₁	スキンプレートに加わる単位面積当たりの荷重	N/mm ²
t ₁	スキンプレートの板厚	mm
W	各主桁に作用する等分布荷重	N/mm
L	主桁支間長	mm
Z ₂	各主桁の断面係数	mm ³
A _{w2}	各主桁のせん断抵抗断面積	mm ²
p	補助縦桁に作用する各区画の平均荷重	N/mm ²
ℓ	補助縦桁の主桁間隔	mm
Z ₃	補助縦桁の断面係数	mm ³
A _{w3}	補助縦桁のせん断抵抗断面積	mm ²

表 2-3(2) 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）の応力評価に用いる記号（2/3）

記号	定義	単位
W_4	中央支柱に作用する荷重	N/mm
L_4	中央支柱固定高	mm
Z_4	中央支柱の断面係数	mm ³
A_{w4}	中央支柱のせん断抵抗断面積	mm ²
W_5	中央横桁に作用する荷重	N
L_5	中央横桁の支間長	mm
Z_5	中央横桁の断面係数	mm ³
A_{w5}	中央横桁のせん断抵抗断面積	mm ²
L_6	ヒンジ（吊りピン）支間長	mm
B_6	ヒンジ（吊りピン）受圧幅	mm
P	ヒンジに作用する荷重	N
Z_6	ヒンジ（吊りピン）の断面係数	mm ³
A_6	ヒンジ（吊りピン）の断面積	mm ²
P_7	ヒンジ（プレート）に作用する荷重	N
A_h	ヒンジ（プレート）の最薄部の断面積	mm ²
A_b	取付けボルトの断面積	mm ²
P_{w8}	自重荷重	N
P_{v8}	鉛直地震力	N
P_{H8}	水平地震力	N
P_9	戸当りへ作用する荷重	N/mm ²
L_s	戸当りから中央支柱中心までの距離	mm
L_c	戸当り支圧部の板厚	mm
q	戸当りへ作用する水平地震力	N/mm ²
L_x	戸当り横幅	mm
L_y	戸当り縦幅	mm
b_{w1}	上部戸当り支圧幅	mm
b_{w2}	側部戸当り支圧幅	mm
b_{w3}	下部戸当り支圧幅	mm
b_{w4}	中央支柱部の戸当り支圧幅	mm
S	戸当り幅	mm

表 2-3(3) 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）の応力評価に用いる記号（3/3）

記号	定義	単位
P_{bh1}	防護梁に作用する水平荷重	N/mm
L_{b1}	防護梁のスパン長	mm
Z_{bh1}	防護梁の水平（強軸）方向の断面係数	mm ³
A_{wbh1}	防護梁の水平（強軸）方向のせん断抵抗断面積	mm ²
P_{bv1}	防護梁に作用する鉛直荷重	N/mm
Z_{bv1}	防護梁の鉛直（弱軸）方向の断面係数	mm ³
A_{wbv1}	防護梁の鉛直（弱軸）方向のせん断抵抗断面積	mm ²
P_{b2}	ブラケットに作用する水平力	N
l_{b2}	側壁からつなぎ材ボルト中心までの長さ	mm
Z_{b2}	ブラケットの断面係数	mm ³
A_{wb2}	ブラケットのせん断抵抗断面積	mm ²
T	受け台に作用する引張力	N
a	側壁からつなぎ材ボルト中心までの長さ	mm
Z_c	受け台プレートの断面係数	mm ³
P_{b3}	つなぎ材プレートに作用する水平力	N
l_{b3}	エンドプレートからボルト中心までの長さ	mm
Z_{b3}	つなぎ材プレートの断面係数	mm ³
A_{b3}	つなぎ材プレートの断面積	mm ²
P_d	つなぎ材ボルトに作用する引張力	N
A_d	つなぎ材ボルトの有効断面積	mm ²
P_{b4}	アンカーボルト 1 本の引張力	N
q_{b4}	アンカーボルト 1 本のせん断力	N
Z_{b4}	アンカーボルト群 1 列の断面係数	mm ³
n	アンカーボルト群 1 列の本数	本

3. 評価部位

屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）は、扉体（スキンプレート、主桁、補助縦桁、ヒンジ（吊りピン含む））及びヒンジ取付けボルト、固定部（ヒンジ、ヒンジ取付けボルト、中央支柱、中央横桁、戸当り及びアンカーボルト）及び漂流物防護工で構成され、漂流物防護工により扉体及び固定部には漂流物が衝突しない構造とする。

耐震評価においては、スキンプレート、主桁、補助縦桁、ヒンジ（吊りピン含む）、ヒンジ取付けボルト、中央支柱、中央横桁、戸当り及び漂流物防護工を、評価部位として選定する。屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）の評価部位を図 3-1 に示す。

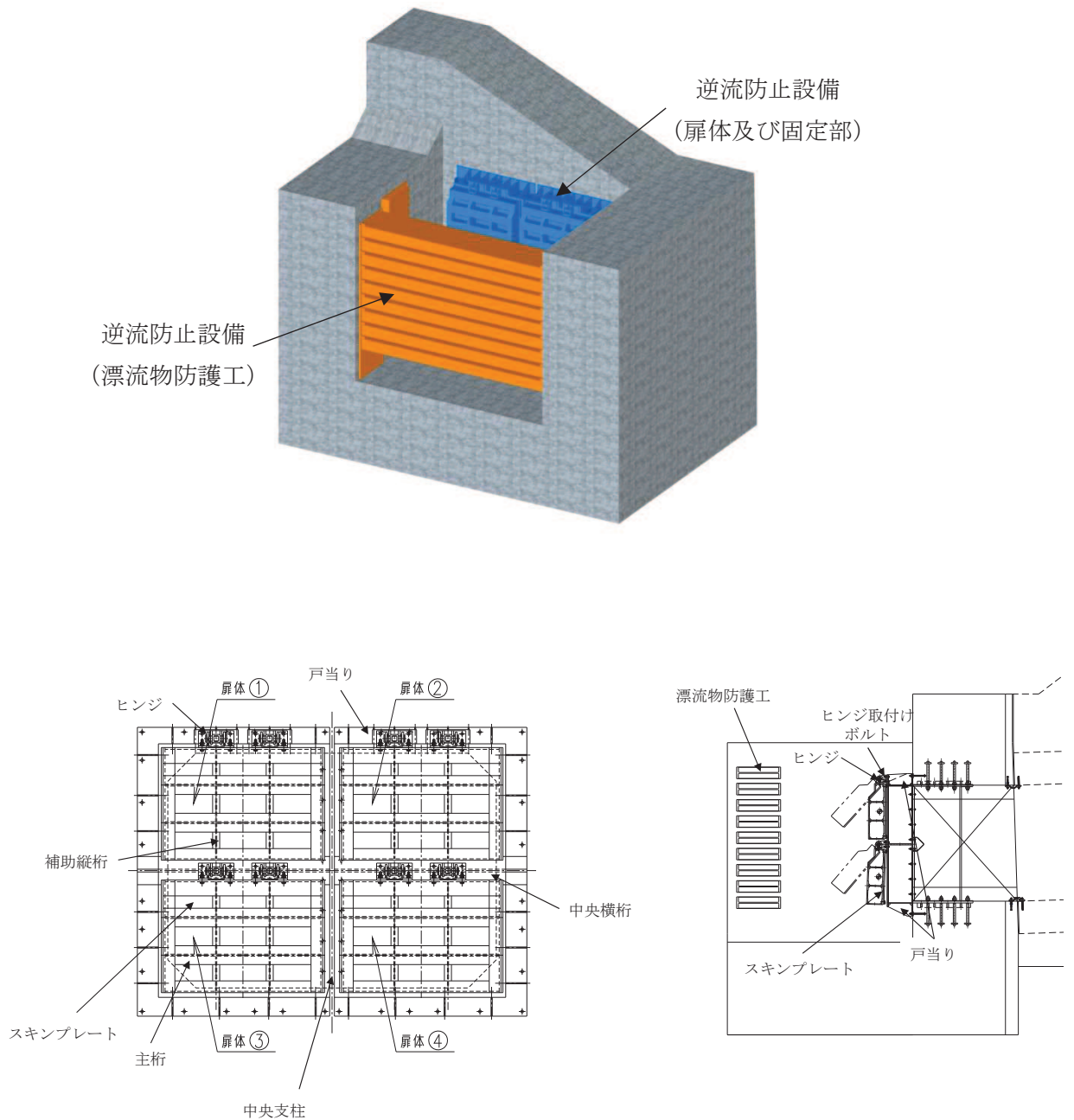


図 3-1 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）の評価部位

4. 固有周期

4.1 固有周期の計算方法

屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）は扉体及び固定部で構成されており、扉体に地震力が作用する状態は、扉体と戸当りが密着した状態であることから、戸当り部を支点とする単純梁でモデル化する。なお、横断方向（水平方向）及び鉛直方向については振動が生じる構造ではないことから、出口側集水ピットと一体の剛体として評価する。

固有周期の計算を以下で実施する。

(1) 解析モデル

屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）の扉体を単純梁としてモデル化する。

(2) 固有周期の計算

固有周期の計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

「構造力学公式集（土木学会，1988年）」より、単純梁の一次固有振動数 f 及び固有周期 T は次のとおり与えられる。

$$T = \frac{1}{f}$$

$$f = \frac{\pi^2}{2\pi L^2} \sqrt{\frac{E \cdot I \cdot 10^3}{m}}$$

4.2 固有周期の計算条件

固有周期の計算に必要な諸元を表 4-1 に示す。

表 4-1 固有周期の計算に必要な諸元

記号	定義	数値	単位
T	固有周期	—	s
f	一次固有振動数	—	Hz
E	縦弾性係数	1.93×10^5	N/mm ²
I	屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）の断面二次モーメント	9.47×10^8	mm ⁴
m	扉体の単位長さ当たり質量	0.88235	kg/mm
L	主桁の長さ	1700	mm

4.3 固有周期の計算結果

固有周期の計算結果を表 4-2 に示す。固有周期は、0.05s 以下であることから、剛構造である。

表 4-2 固有周期の計算結果

固有振動数 (Hz)	固有周期 (s)
247	0.0040

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）の耐震評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえて、「3. 評価部位」にて設定する評価部位に作用する応力等が「5.3 許容限界」にて示す許容限界以下であることを確認する。

5.2 荷重及び荷重の組合せ

5.2.1 荷重の設定

屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）の耐震評価において考慮する荷重を以下に示す。
 なお、屋外排水路から流下する排水による水圧作用方向は扉体への作用荷重を打ち消す方向に作用するため考慮しないこととする。

(1) 固定荷重（G）

固定荷重として、屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）の自重を考慮する。

(2) 地震荷重（S_s）

地震荷重として、基準地震動S_sによる地震力を考慮する。

5.2.2 荷重の組合せ

屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）の設計に考慮する荷重の組合せを表 5-1 に示す。

表 5-1 荷重の組合せ

区分	荷重の組合せ
地震時	G + S _s

G : 固定荷重

S_s : 地震荷重

5.3 許容限界

屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）の各部材の許容値は、評価対象部位毎に、「水門鉄管技術基準 水門扉編（（社）水門鉄管協会、平成 31 年）」に規定される許容応力度を用いる。

屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）の許容限界を表 5-2 に示す。

なお、地震後の再使用性を想定し、当該構造物全体の变形能力に対して浸水防護機能として十分な余裕を有するよう、設備を構成する材料が弾性域内に収まることを基本とする。

表 5-2(1) 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）の許容限界

評価部位	材質	許容応力度 (N/mm ²)				短期許容応力度 (N/mm ²) *2			
		曲げ σ_{ab} *1	引張 σ_{at} *1	せん断 τ_a *1	支圧 σ_{as} *1	曲げ	引張	せん断	支圧
スキンプレート	SUS304	103	—	—	—	154	—	—	—
主桁	1桁	103	103	59	—	154	154	88	—
	2,3桁								
	4桁								
補助縦桁	SUS304	103	103	59	—	153*3	154	88	—
中央支柱	SUS304	103	103	59	—	143*3	154	88	—
中央横桁	SUS304	103	103	59	—	153*3	154	88	—
戸当り	SUS304	—	—	—	154	—	—	—	231
戸当り部コンクリート	コンクリート	—	—	1.0	9.0	—	—	1.5	13.5
ヒンジ（吊りピン）	SUS304	103	103	59	—	154	154	88	—
ヒンジ（プレート）	SUS304	—	—	59	—	—	—	88	—
ヒンジ取付けボルト	SUS304	—	103	59	—	—	154	88	—

注記 *1 : σ_{ab} : 許容曲げ応力度, σ_{at} : 許容引張応力度, τ_a : 許容せん断応力度, σ_{as} : 許容支圧応力度を示す。

*2 : 許容限界は、「水門鉄管技術基準 水門扉編（（社）水門鉄管協会、平成 31 年）」に基づき、短期許容応力度とする。短期許容応力度は、鋼材又はコンクリートの許容応力度に対して 1.5 倍の割増しを考慮する。

*3 : 補助縦桁、中央支柱及び中央横桁に用いる構造用鋼材の許容曲げ圧縮応力度は、「水門鉄管技術基準 水門扉編（（社）水門鉄管協会、平成 31 年）」に基づき、許容曲げ応力度横倒れ座屈に対する配慮として許容応力の低減を考慮する。

表 5-2(2) 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）の許容限界

評価部位	材質	許容応力度 (N/mm ²)				短期許容応力度 (N/mm ²) *2			
		曲げ σ_{ab} *1	引張 σ_{at} *1	せん断 τ_a *1	支圧 σ_{as} *1	曲げ	引張	せん断	支圧
漂流物防護工 (ブラケット)	SS400	140	—	80	—	210	—	120	—
漂流物防護工 (防護梁)	SM570	255	—	145	—	382	—	217	—
漂流物防護工 (つなぎ材(M20))	強度区分 4.6	—	140	—	—	—	210	—	—
漂流物防護工 (つなぎ材プレート)	SM570	255	—	145	—	382	—	217	—

注記 *1 : σ_{ab} : 許容曲げ応力度, σ_{at} : 許容引張応力度, τ_a : 許容せん断応力度, σ_{as} : 許容支圧応力度を示す。

*2 : 許容限界は、「水門鉄管技術基準 水門扉編 ((社) 水門鉄管協会, 平成 31 年)」に基づき、短期許容応力度とする。短期許容応力度は、鋼材又はコンクリートの許容応力度に対して 1.5 倍の割増しを考慮する。

*3 : 補助縦桁、中央支柱及び中央横桁に用いる構造用鋼材の許容曲げ圧縮応力度は、「水門鉄管技術基準 水門扉編 ((社) 水門鉄管協会, 平成 31 年)」に基づき、許容曲げ応力度横倒れ座屈に対する配慮として許容応力の低減を考慮する。

表 5-2(3) 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）の許容限界

評価部位	材質	許容限界 (kN)	
		引張*	せん断*
漂流物防護工 (アンカーボルト)	SD345	105	85

注記 * : 漂流物防護工 (アンカーボルト) に対する許容引張力及び許容せん断力の許容値は、「各種合成構造設計指針同解説 ((社) 日本建築学会 平成 22 年)」に基づき算出する。

5.4 設計用地震力

地震時における屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）は剛構造として考慮し，屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）の設計震度は，「8. 地震応答解析」の結果に基づき，表 5-3 に示すとおりとする。

表 5-3(1) 設計用地震力（屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）のうち扉体及び固定部）

地震動	解析ケース	設置場所及び 床面高さ (m)	地震による 設計震度	
S s - D 1 (-+)	解析ケース①	出口側集水ピット O. P. +6. 483m (屋外排水路底面高さ)	水平方向 K_H	1. 3
S s - D 1 (++)			鉛直方向 K_V	1. 1

表 5-3(2) 設計用地震力（屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）のうち漂流物防護工）

地震動	解析ケース	設置場所及び 床面高さ (m)	地震による 設計震度	
S s - D 1 (-+)	解析ケース①	出口側集水ピット O. P. +5. 6m (出口側集水ピット底面高さ)	水平方向 K_H	1. 3
S s - D 1 (++)			鉛直方向 K_V	1. 1

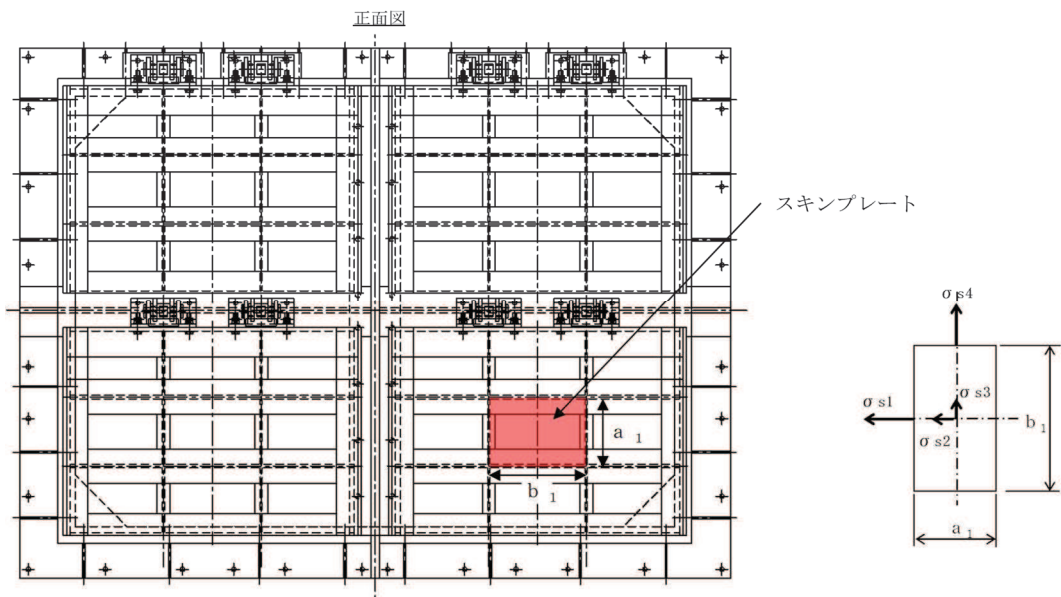
5.5 計算方法

各評価対象部位に加わる応力等の算出式を以下にまとめる。

(1) スキンプレート

スキンプレートは、「水門鉄管技術基準 水門扉編（（社）水門鉄管協会，平成 31 年）」に基づき，等分布荷重が作用する四辺固定版としてモデル化し，発生する曲げモーメントより算定される応力が許容限界以下であることを確認する。

スキンプレートのモデル図及び応力算定式を図 5-1 に示す。



$$\sigma = \left(\frac{1}{1 \ 0 \ 0} \right) \cdot k \cdot a_1^2 \cdot \frac{P_1}{t_1}$$

σ : 曲げ応力度 (N/mm)

k : 辺長比 (b_1/a_1) による係数

a_1 : スキンプレートの短辺 (mm)

b_1 : スキンプレートの長辺 (mm)

P_1 : スキンプレートに加わる単位面積当たりの荷重 (N/mm²)

t_1 : スキンプレートの板厚 (mm)

図 5-1 スキンプレートのモデル図及び応力算定式

(2) 主桁

主桁は、等分布荷重が作用する単純梁としてモデル化し、発生する曲げ応力度及びせん断応力度が許容限界以下であることを確認する。また、合成応力に対しても許容限界以下であることを確認する。

主桁の構造及びモデル図を図 5-2 に、応力算定式を図 5-3 に示す。

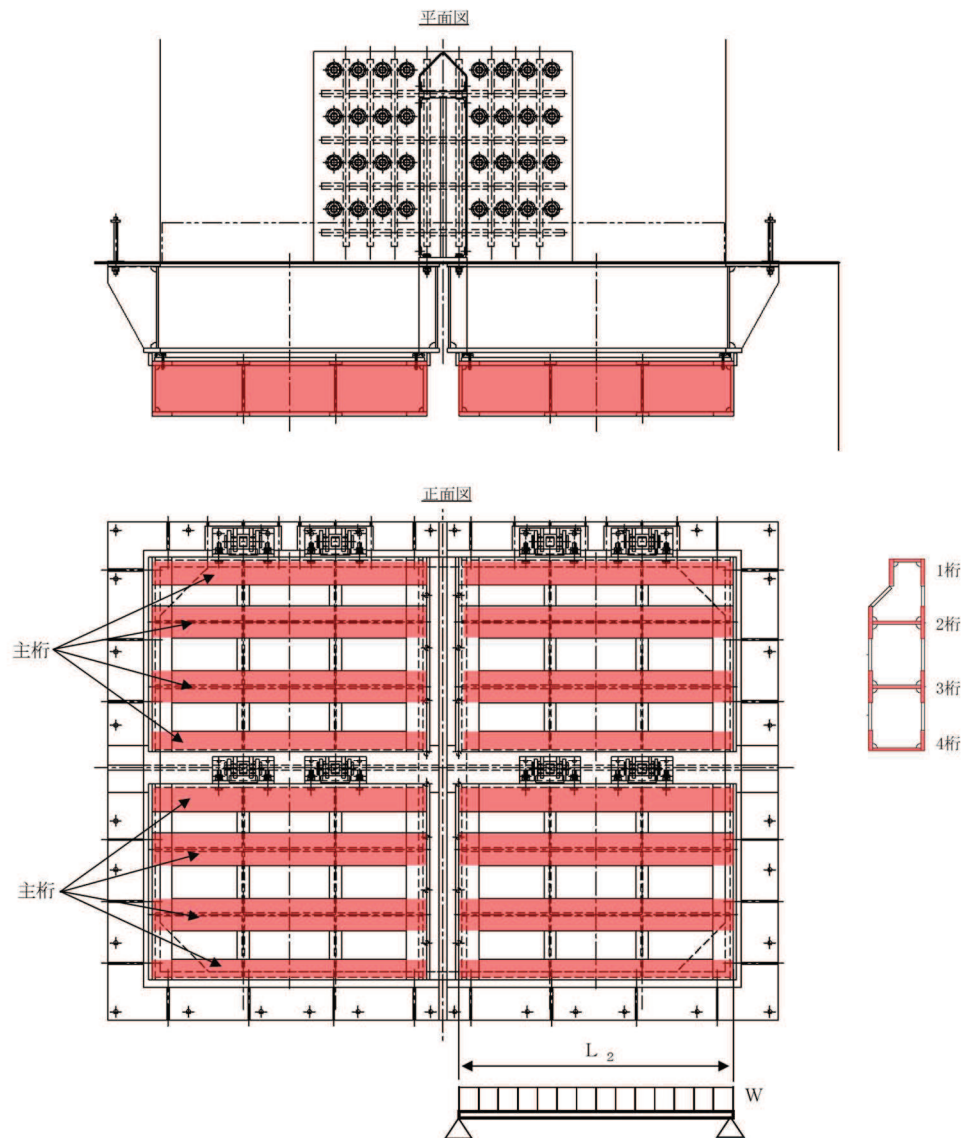


図 5-2 主桁の構造及びモデル図

$$M_{\max} = \frac{W \cdot L^2}{8}$$

$$S_{\max} = \frac{W \cdot L}{2}$$

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{Z_2}$$

$$\tau = \frac{S_{\max}}{A_{w2}}$$

$$\sigma_g = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

W : 各主桁に作用する等分布荷重 (N/mm)

L : 主桁支間長 (mm)

Z₂ : 各主桁の断面係数 (mm³)

A_{w2} : 各主桁のせん断抵抗断面積 (mm²)

M_{max} : 最大曲げモーメント (N・mm)

S_{max} : 最大せん断力 (N)

σ : 曲げ応力度 (N/mm²)

τ : せん断応力度 (N/mm²)

σ_g : 合成応力度 (N/mm²)

図 5-3 主桁の応力算定式

(3) 補助縦桁

補助縦桁は、「水門鉄管技術基準 水門扉編（（社）水門鉄管協会，平成31年）」に基づき，等分布荷重が作用する，主桁によって支持された単純梁としてモデル化し，発生する曲げ応力度及びせん断応力度が許容限界以下であることを確認する。また，合成応力に対しても許容限界以下であることを確認する。

補助縦桁の構造及びモデル図を図 5-4 に，応力算定式を図 5-5 に示す。

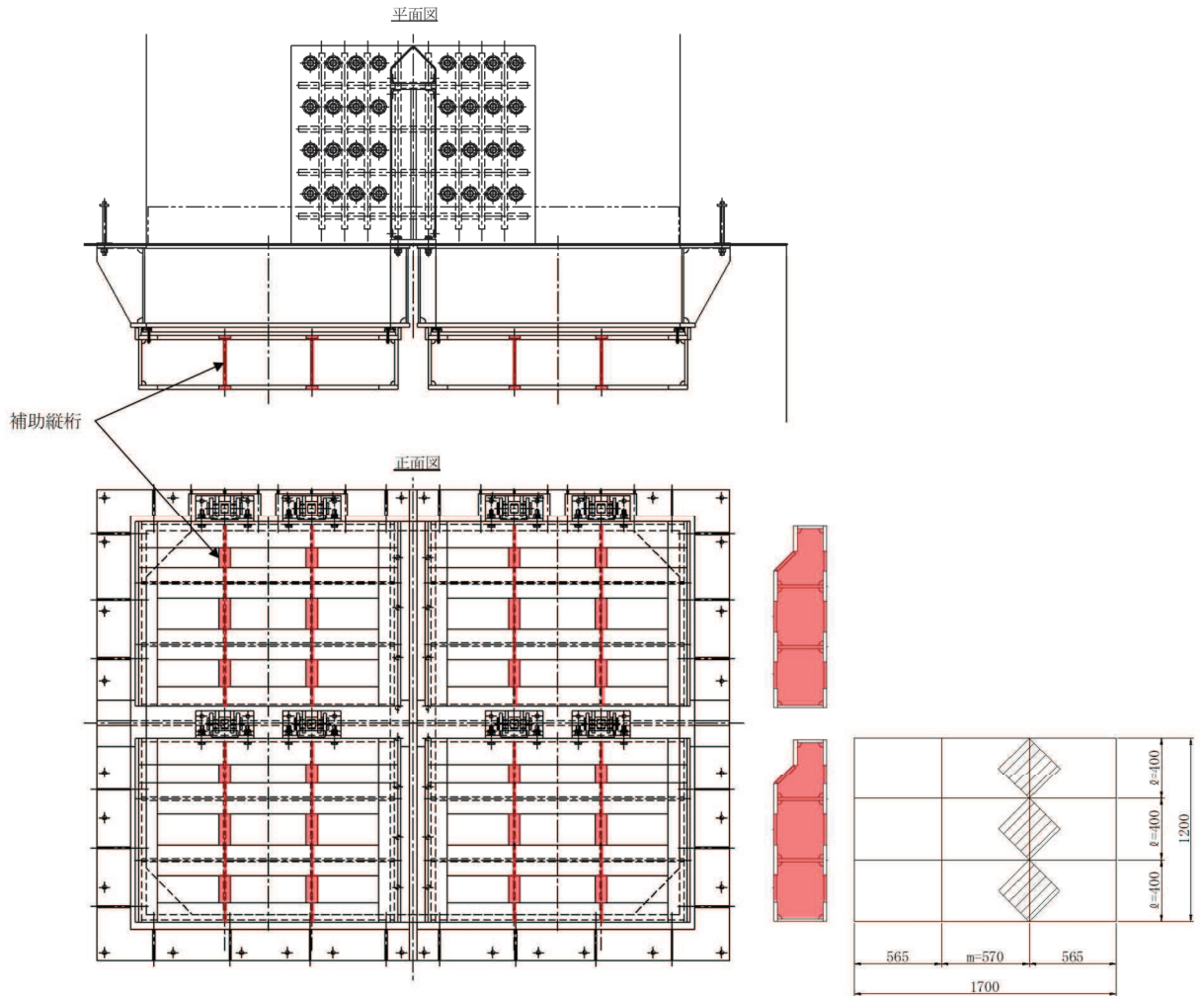


図 5-4 補助縦桁の構造図及びモデル図

$$M_{\text{max}} = \frac{p \cdot \ell^3}{12}$$

$$S_{\text{max}} = \frac{p \cdot \ell^2}{4}$$

$$\sigma = \frac{M_{\text{max}}}{Z_3}$$

$$\tau = \frac{S_{\text{max}}}{A_{w3}}$$

$$\sigma_g = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

p : 補助縦桁に作用する各区画の平均荷重 (N/mm²)

ℓ : 補助縦桁の主桁間隔 (mm)

Z_3 : 補助縦桁の断面係数 (mm³)

A_{w3} : 補助縦桁のせん断抵抗断面積 (mm²)

M_{max} : 最大曲げモーメント (N・mm)

S_{max} : 最大せん断力 (N)

σ : 曲げ応力度 (N/mm²)

τ : せん断応力度 (N/mm²)

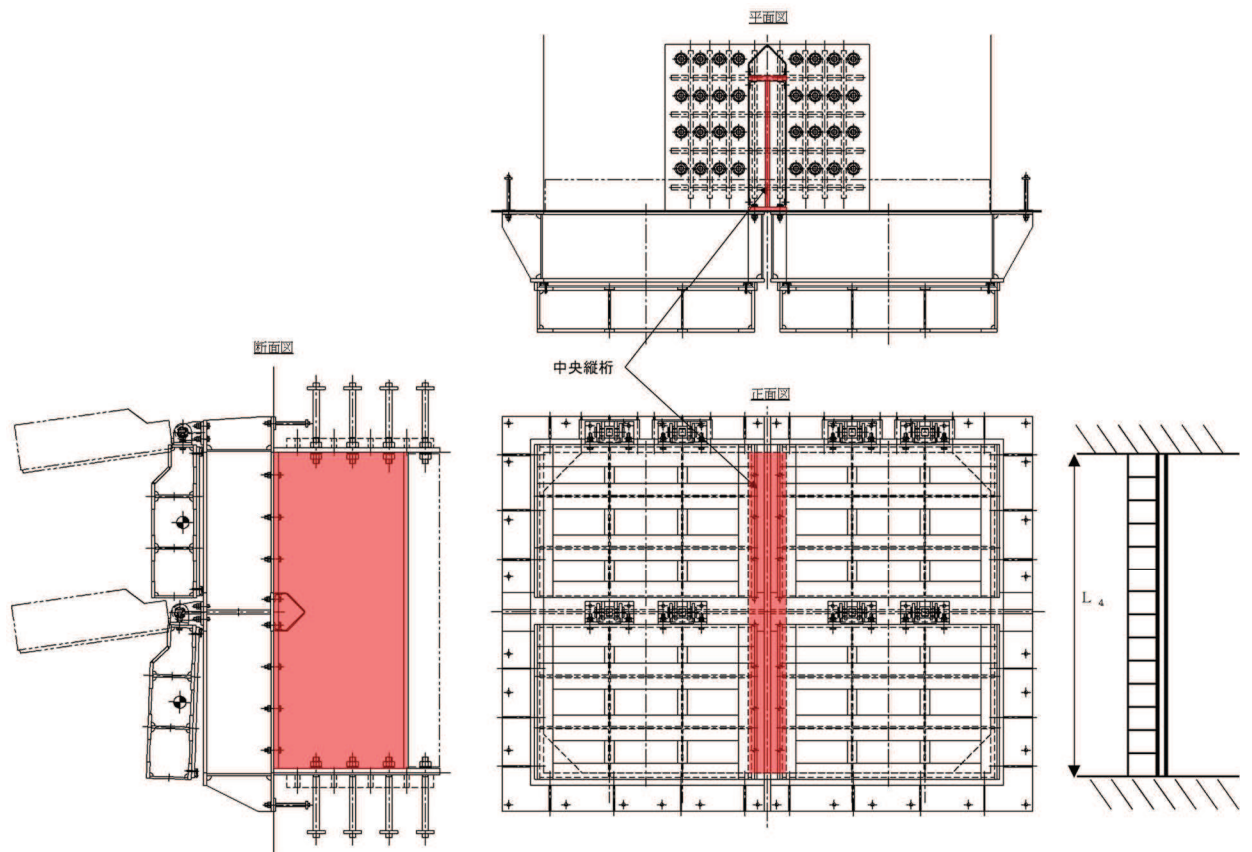
σ_g : 合成応力度 (N/mm²)

図 5-5 補助縦桁の応力算定式

(4) 中央支柱

中央支柱は、等分布荷重が作用する両端固定梁でモデル化し、曲げモーメント及びせん断力より算定されるせん断応力が許容限界以下であることを確認する。また、合成応力に対しても許容限界以下であることを確認する。

中央支柱のモデル図及び応力算定式を図 5-6 に示す。



$$M_{\max} = \frac{w_4 \cdot L_4^2}{12}$$

$$S_{\max} = \frac{w_4 \cdot L_4}{2}$$

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{Z_4}$$

$$\tau = \frac{S_{\max}}{A w_4}$$

$$\sigma_g = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

w_4 : 中央支柱に作用する荷重 (N/mm)

L_4 : 中央支柱固定高 (mm)

Z_4 : 中央支柱の断面係数 (mm³)

$A w_4$: 中央支柱のせん断抵抗断面積 (mm²)

M_{\max} : 最大曲げモーメント (N・mm)

S_{\max} : 最大せん断力 (N)

σ : 曲げ応力度 (N/mm²)

τ : せん断応力度 (N/mm²)

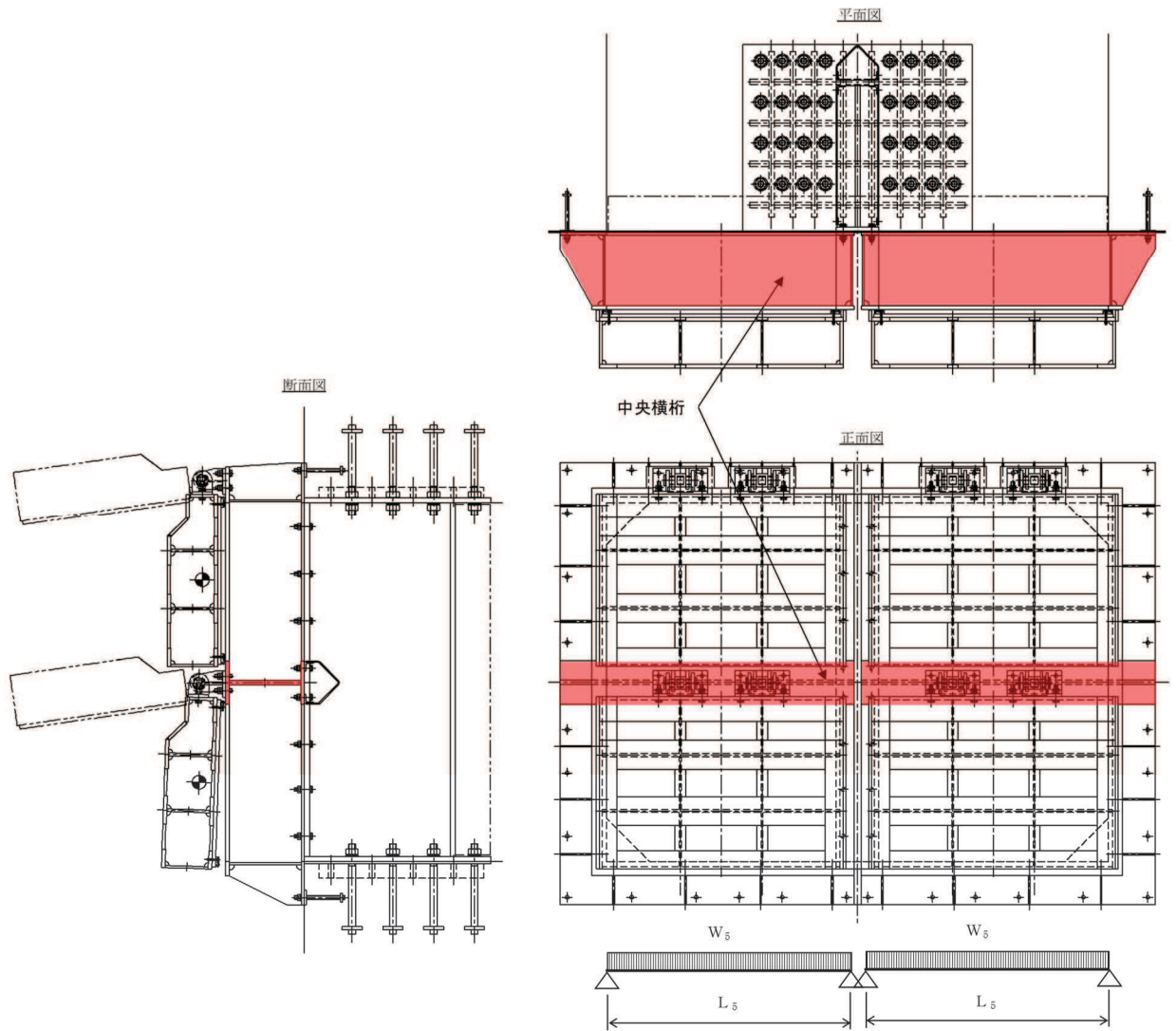
σ_g : 合成応力度 (N/mm²)

図 5-6 中央支柱のモデル図及び応力算定式

(5) 中央横桁

中央横桁は、等分布荷重（地震荷重）が作用する単純支持梁としてモデル化し、発生する曲げ応力度及びせん断応力度が許容限界以下であることを確認する。また、合成応力に対しても許容限界以下であることを確認する。

中央横桁のモデル図及び応力算定式を図 5-7 に示す。



$$M_{\max} = \frac{w_5 \cdot L_5^2}{8}$$

$$S_{\max} = \frac{w_5 \cdot L_5^3}{2}$$

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{Z_5}$$

$$\tau = \frac{S_{\max}}{A w_5}$$

$$\sigma_g = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

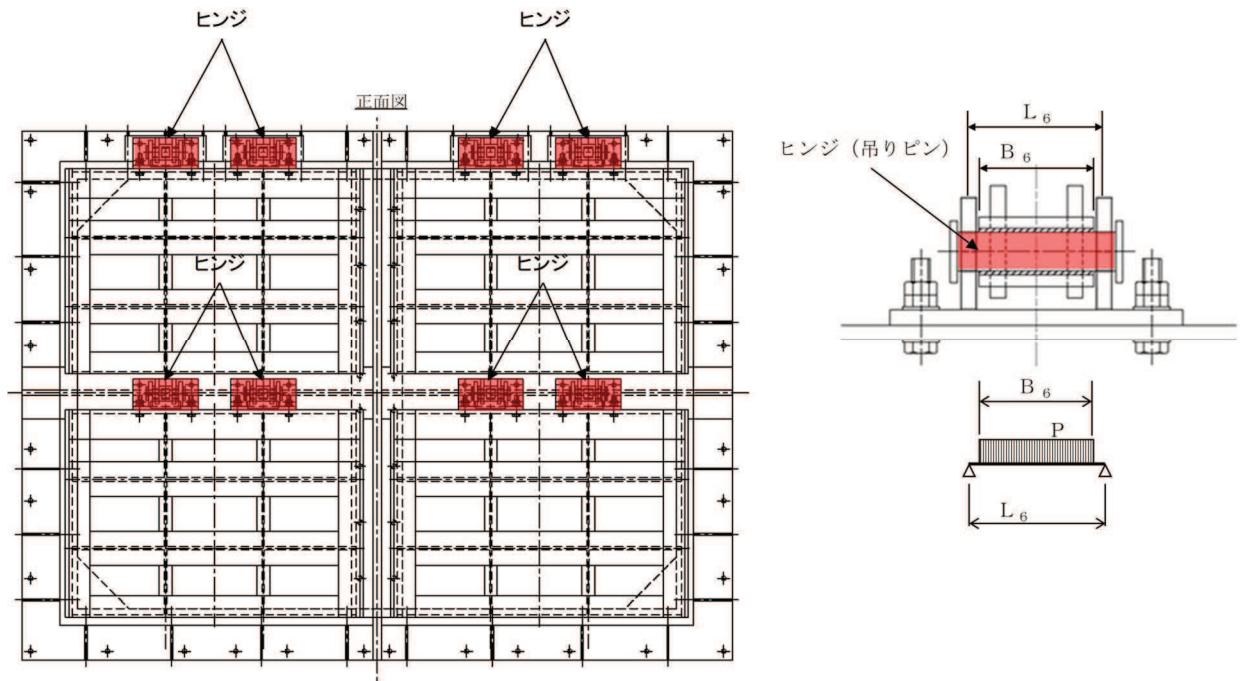
- w_5 : 中央横桁に作用する荷重 (N/mm²)
- L_5 : 中央横桁の支間長 (mm)
- Z_5 : 中央横桁の断面係数 (mm³)
- $A w_5$: 中央横桁のせん断抵抗断面積 (mm²)
- M_{\max} : 最大曲げモーメント (N・mm)
- S_{\max} : 最大せん断力 (N)
- σ : 曲げ応力度 (N/mm²)
- τ : せん断応力度 (N/mm²)
- σ_g : 合成応力度 (N/mm²)

図 5-7 中央横桁のモデル図及び応力算定式

(6) ヒンジ (吊りピン)

ヒンジ (吊りピン) は、ヒンジ (吊りピン) に発生する曲げ応力度及びせん断応力度が許容限界以下であることを確認する。また、合成応力に対しても許容限界以下であることを確認する。

ヒンジ (吊りピン) のモデル図及び応力算定式を図 5-8 に示す。



$$M_{\max} = \frac{P \cdot (2 \cdot L_6 - B_6)}{8}$$

$$S_{\max} = \frac{P}{2}$$

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{Z_6}$$

$$\tau = \frac{4 \cdot S_{\max}}{3 \cdot A_6}$$

$$\sigma_g = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

L_6 : ヒンジ (吊りピン) 支間長 (mm)

B_6 : ヒンジ (吊りピン) 受圧幅 (mm)

P : ヒンジに作用する荷重 (N)

Z_6 : ヒンジ (吊りピン) の断面係数 (mm³)

A_6 : ヒンジ (吊りピン) の断面積 (mm²)

M_{\max} : 最大曲げモーメント (N・mm)

S_{\max} : せん断力 (N)

σ : 曲げ応力度 (N/mm²)

τ : せん断応力度 (N/mm²)

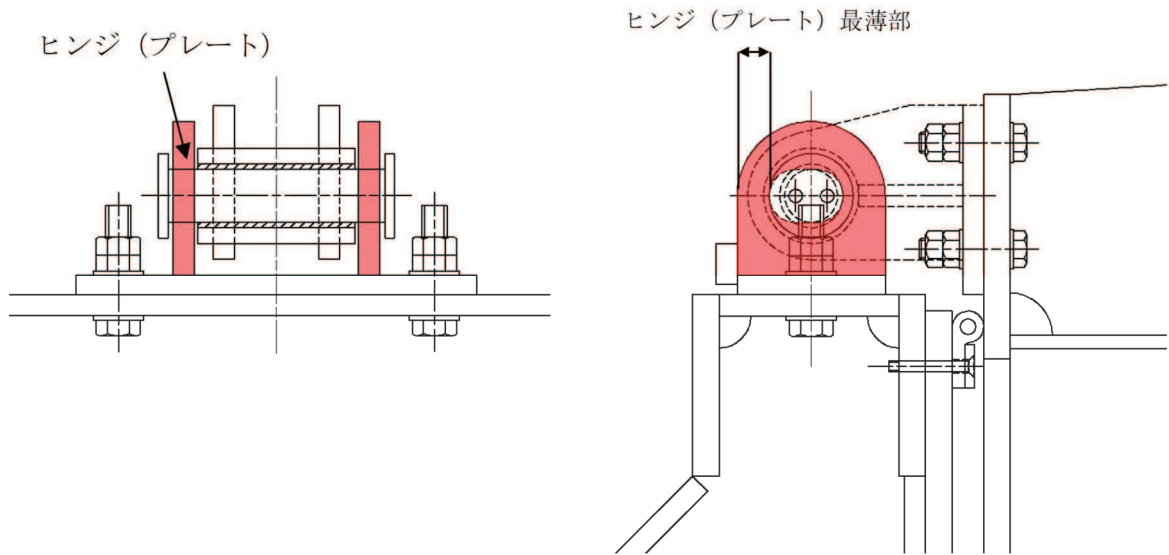
σ_g : 合成応力度 (N/mm²)

図 5-8 ヒンジ (吊りピン) のモデル図及び応力算定式

(7) ヒンジ (プレート)

ヒンジ (プレート) は、扉体部及び固定部の最薄部に発生するせん断応力度が許容限界以下であることを確認する。

ヒンジ (プレート) の構造及び応力算定式を図 5-9 に示す。



$$\tau = \frac{P}{A h}$$

P : ヒンジに作用する荷重 (N)

A h : ヒンジ (プレート) の最薄部の断面積 (mm²)

τ : せん断応力度 (N/mm²)

図 5-9 ヒンジ (プレート) の構造及び応力算定式

(8) ヒンジ取付けボルト

ヒンジ取付けボルトは、ヒンジ取付けボルトに発生する引張応力度及びせん断応力度が許容限界以下であることを確認する。

ヒンジ取付けボルトの構造図を図5-10に、応力算定式を図5-11に示す。

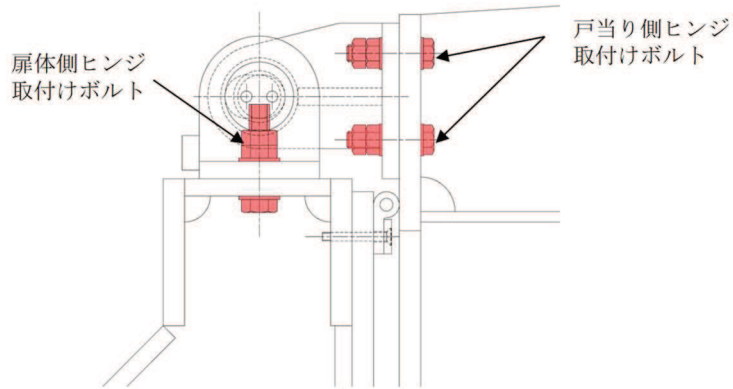
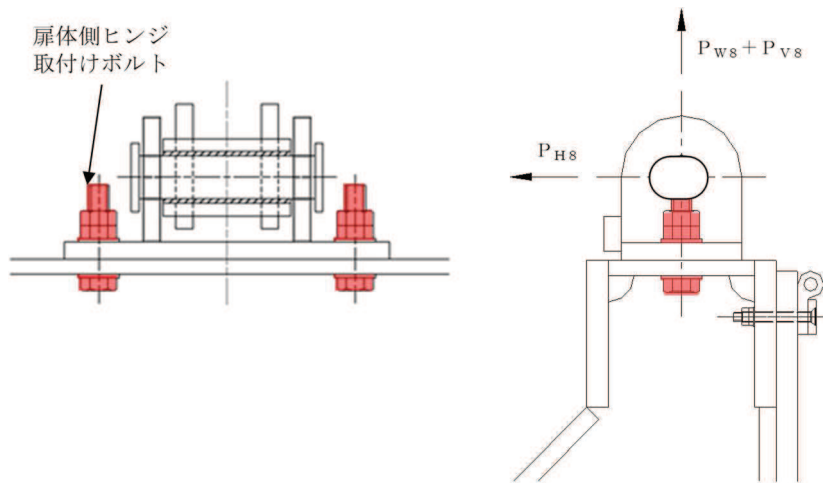


図 5-10 ヒンジ取付けボルトの構造図

【扉体側】



$$\sigma = \frac{P_{W8} + P_{V8}}{A b \cdot 2}$$

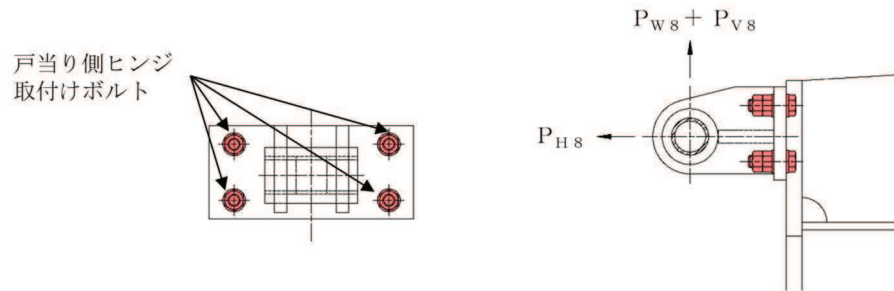
$$\tau = \frac{P_{H8}}{A b \cdot 2}$$

$$\sigma_g = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

- A b : 取付けボルトの断面積 (mm²)
- P_{W8} : ヒンジ1箇所あたりが負担する扉体の自重 (N)
- P_{V8} : 鉛直地震力 (N)
- P_{H8} : 水平地震力 (N)
- σ : 引張応力度 (N/mm²)
- τ : せん断応力度 (N/mm²)
- σ_g : 合成応力度 (N/mm²)

図 5-11(1) ヒンジ取付けボルト (扉体側) の応力算定式

【戸当り側】



$$\sigma = \frac{P_{H8}}{A b \cdot 4}$$

$$\tau = \frac{P_{W8} + P_{V8}}{A b \cdot 4}$$

$$\sigma_g = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

$A b$: 取付けボルトの断面積 (mm²)

P_{W8} : 扉体の自重 (N)

P_{V8} : 鉛直地震力 (N)

P_{H8} : 水平地震力 (N)

σ : 引張応力度 (N/mm²)

τ : せん断応力度 (N/mm²)

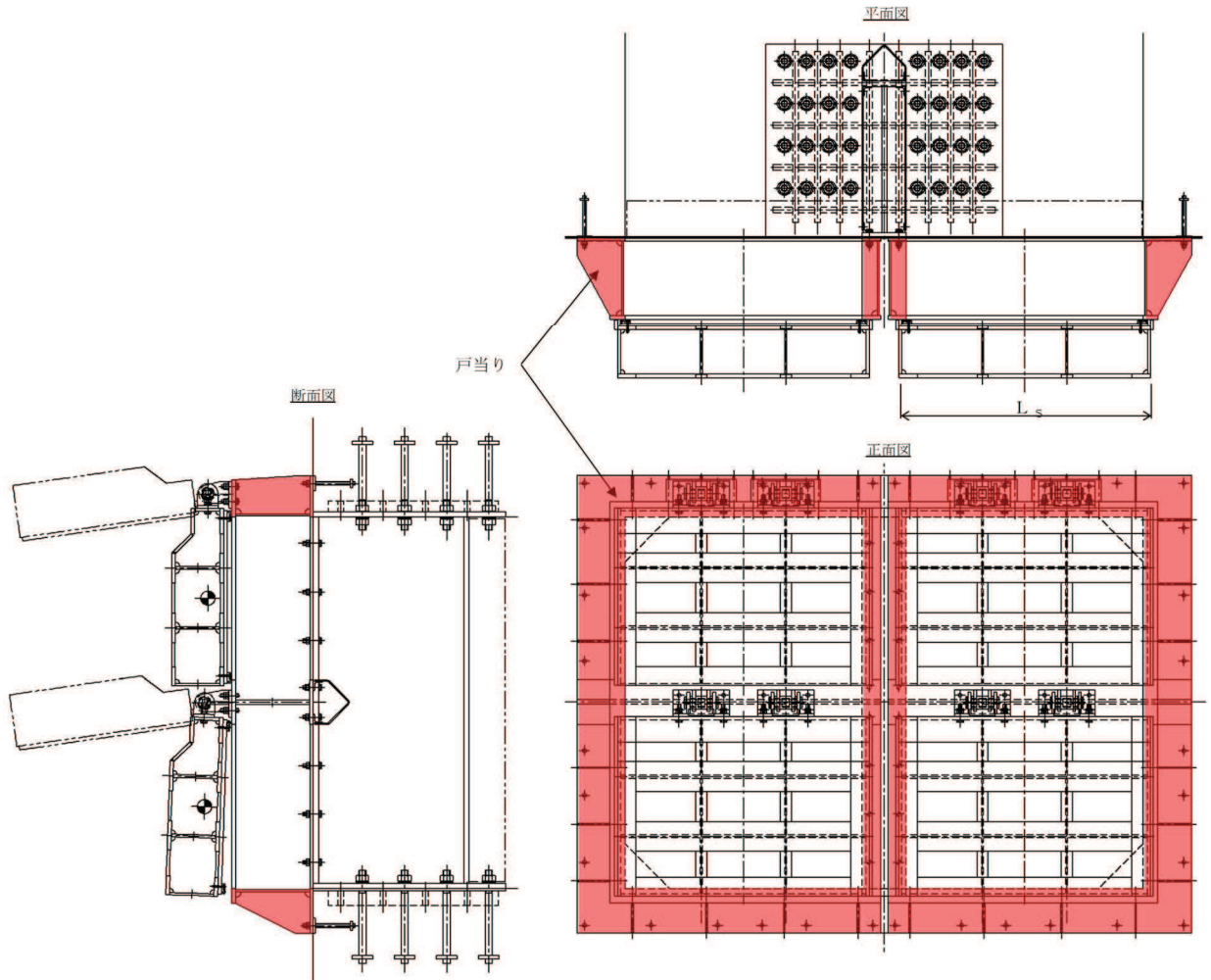
σ_g : 合成応力度 (N/mm²)

図 5-11(2) ヒンジ取付けボルト (戸当り側) の応力算定式

(9) 戸当り

戸当りは、等分布荷重（地震荷重）を受ける支圧材として、発生する支圧応力度が許容限界以下であることを確認する。

戸当りのモデル図及び応力算定式を図5-12に示す。



$$\sigma = \frac{P_9 \cdot L_s}{2 \cdot L_c}$$

P_9 : 戸当りへ作用する荷重 (N/mm²)

L_s : 戸当りから中央支柱中心までの距離 (mm)

L_c : 戸当り支圧部の板厚 (mm)

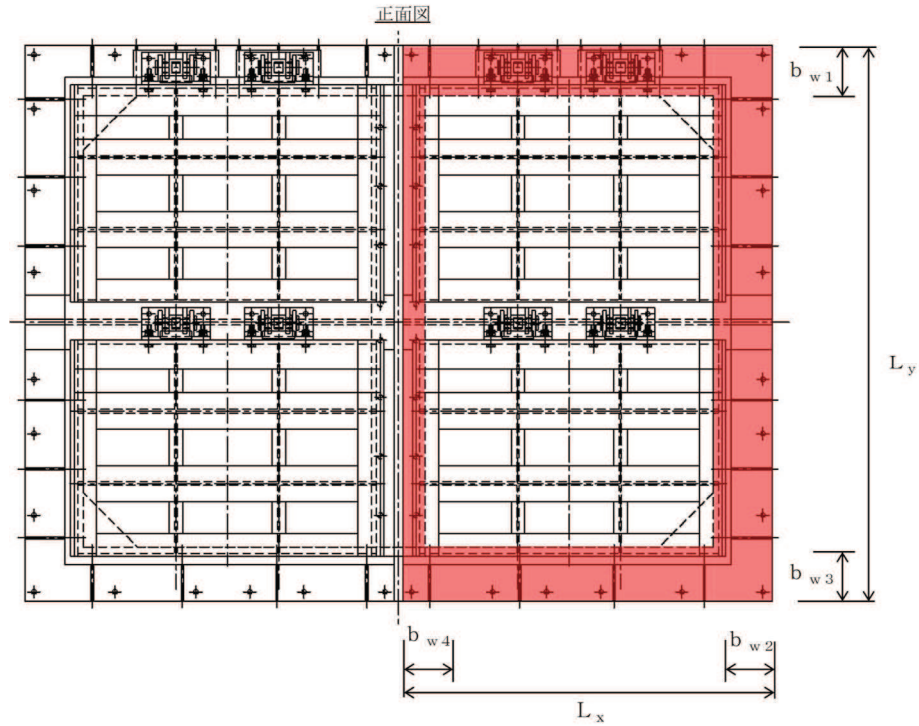
σ : 支圧応力度 (N/mm²)

図 5-12 戸当りのモデル図及び応力算定式

(10) 戸当り部コンクリート

戸当り部コンクリートは、コンクリートに加わる圧力を戸当り全周で支持するものとして、コンクリートに発生する支圧応力度及びせん断応力度が許容限界以下であることを確認する。

戸当り部コンクリートのモデル図及び応力算定式を図 5-13 に示す。



$$\sigma_{bk} = \frac{q \cdot (L_x \cdot L_y)}{L_x (b_{w1} + b_{w3}) + (L_y - b_{w1} - b_{w3}) (b_{w2} + b_{w4})}$$

$$\tau = \frac{\sigma_{bk} \cdot b_w}{2 \cdot S}$$

q : 戸当りへ作用する水平地震力 (N/mm²)

L_x : 戸当り横幅 (mm)

L_y : 戸当り縦幅 (mm)

b_{w1} : 上部戸当り支圧幅 (mm)

b_{w2} : 側部戸当り支圧幅 (mm)

b_{w3} : 下部戸当り支圧幅 (mm)

b_{w4} : 中央支柱部の戸当り支圧幅 (mm)

S : 戸当り幅 (mm) (上部及び下部戸当りの最小支圧幅)

σ_{bk} : 支圧応力度 (N/mm²)

τ : せん断応力度 (N/mm²)

図5-13 戸当り部コンクリートのモデル図及び応力算定式

(11) 漂流物防護工（防護梁）

防護梁は、両端のエンドプレートを通じてブラケットに支持される構成のため、単純梁としてモデル化する。なお、評価においては防護梁の上下に設置するスキンプレートは考慮せず、防護梁本体の腐食代を 1mm 考慮する。

照査は、曲げ応力度、せん断応力度について行うとともに、曲げとせん断が同時に作用する場合は合成応力度の照査を行う。

防護梁の構造及びモデル図を図 5-14 に、応力算定式を図 5-15 に示す。

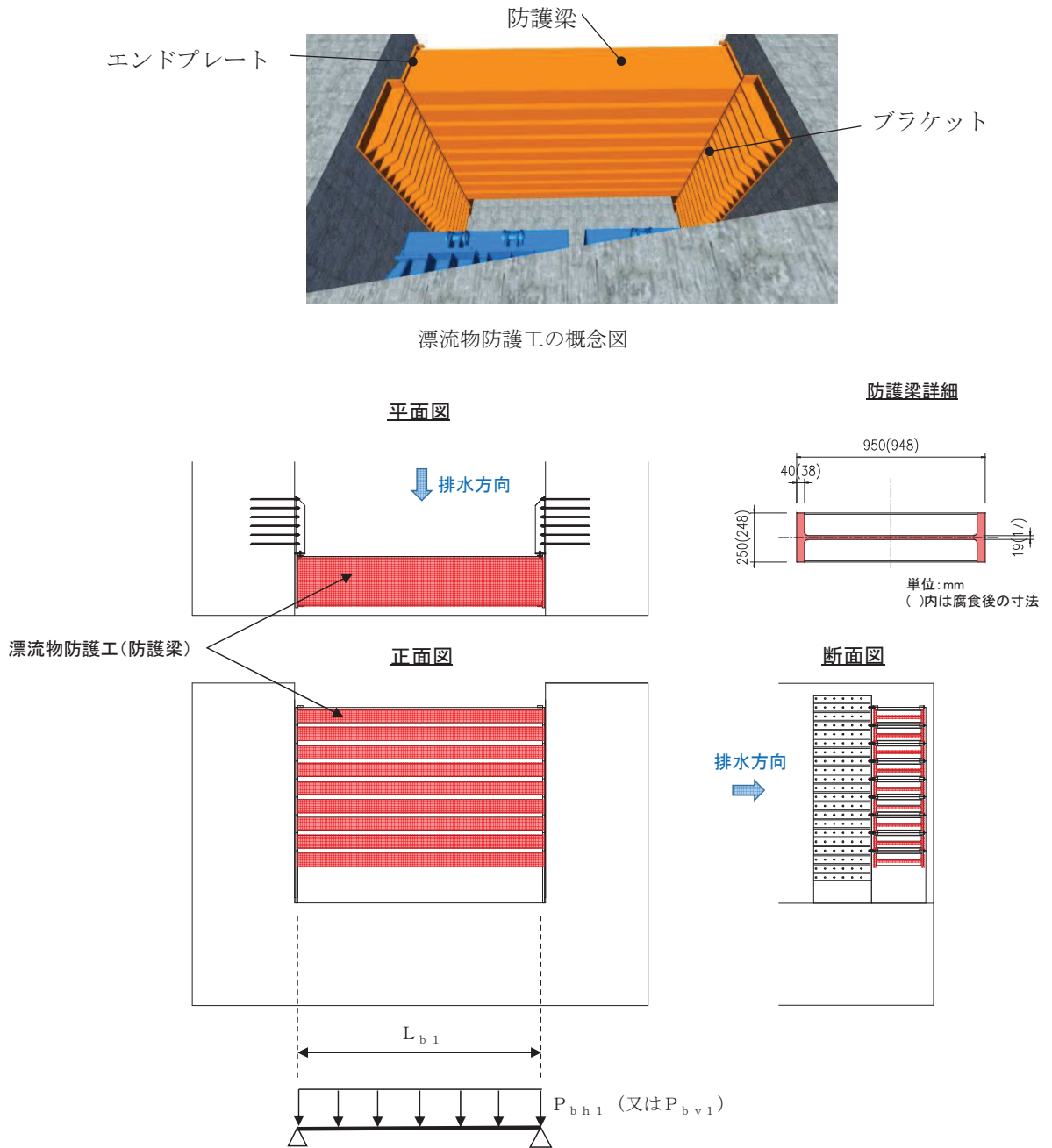


図 5-14 防護梁の構造及びモデル図

【水平方向】

$$M_{max} = \frac{P_{bh1} \cdot L_{b1}^2}{8}$$

$$S_{max} = \frac{P_{bh1} \cdot L_{b1}}{2}$$

$$\sigma = \frac{M_{max}}{Z_{bh1}}$$

$$\tau = \frac{S_{max}}{Aw_{bh1}}$$

$$\left(\frac{\sigma}{\sigma_a}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{\tau_a}\right)^2 \leq 1.2 \quad (\text{合成応力度})$$

P_{bh1} : 防護梁に作用する水平荷重 (N/mm)

L_{b1} : 防護梁のスパン長 (mm)

Z_{bh1} : 防護梁の水平 (強軸) 方向の断面係数 (mm³)

Aw_{bh1} : 防護梁の水平 (強軸) 方向のせん断抵抗断面積 (mm²)

M_{max} : 最大曲げモーメント (N・mm)

S_{max} : 最大せん断力 (N)

σ : 曲げ応力度 (N/mm²)

τ : せん断応力度 (N/mm²)

σ_a : 短期許容曲げ応力度 (N/mm²)

τ_a : 短期許容せん断応力度 (N/mm²)

【鉛直方向】

$$M_{max} = \frac{P_{bv1} \cdot L_{b1}^2}{8}$$

$$S_{max} = \frac{P_{bv1} \cdot L_{b1}}{2}$$

$$\sigma = \frac{M_{max}}{Z_{bv1}}$$

$$\tau = \frac{S_{max}}{Aw_{bv1}}$$

$$\left(\frac{\sigma}{\sigma_a}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{\tau_a}\right)^2 \leq 1.2 \quad (\text{合成応力度})$$

P_{bv1} : 防護梁に作用する鉛直荷重 (N/mm)

L_{b1} : 防護梁のスパン長 (mm)

Z_{bv1} : 防護梁の鉛直 (弱軸) 方向の断面係数 (mm³)

Aw_{bv1} : 防護梁の鉛直 (弱軸) 方向のせん断抵抗断面積 (mm²)

M_{max} : 最大曲げモーメント (N・mm)

S_{max} : 最大せん断力 (N)

σ : 曲げ応力度 (N/mm²)

τ : せん断応力度 (N/mm²)

σ_a : 短期許容曲げ応力度 (N/mm²)

τ_a : 短期許容せん断応力度 (N/mm²)

図 5-15 防護梁の応力算定式

(12) 漂流物防護工 (ブラケット)

ブラケットは、側壁（北壁及び南壁）にアンカーボルトで固定された片持ち梁としてモデル化する。地震時においては、山側への荷重に対しては防護梁のエンドプレートを紹介して荷重が作用し、海側への荷重に対してはエンドプレートに溶接されたつなぎ材を紹介して荷重が作用するが、照査値が最大となる海側への荷重を考慮する。

照査は、曲げ応力度，せん断応力度について行うとともに，曲げとせん断が同時に作用する場合は合成応力度の照査を行う。

なお，この荷重に対してブラケットは幅 350mm の π 形の断面で抵抗し，腐食代を 1mm 考慮する。

ブラケットの構造及びモデル図を図 5-16 に，応力算定式を図 5-17 に示す。

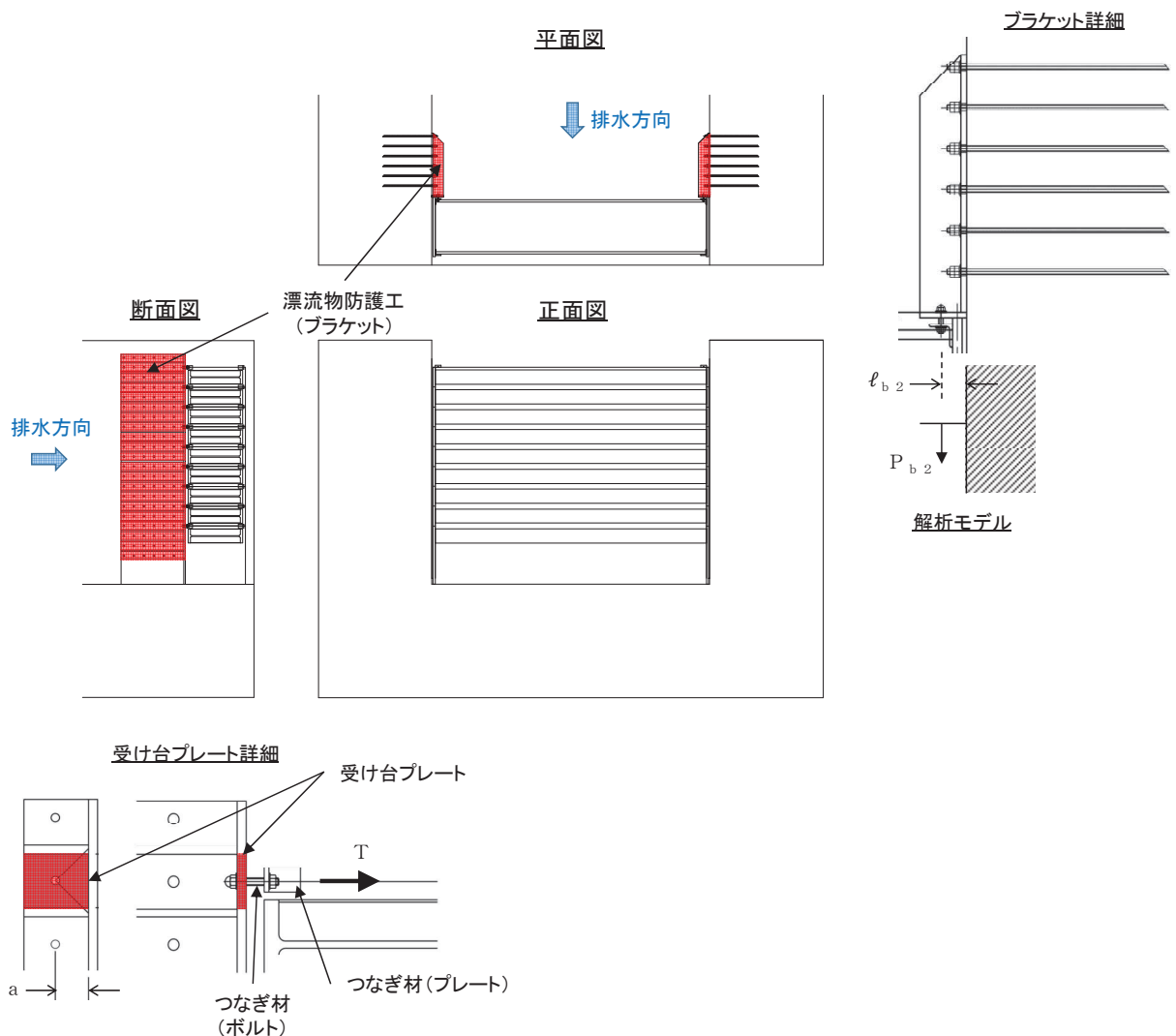


図 5-16 ブラケットの構造及びモデル図

【ブラケット本体】

$$M_{max} = P_{b2} \cdot \ell_{b2}$$

$$S_{max} = P_{b2}$$

$$\sigma = \frac{M_{max}}{Z_{b2}}$$

$$\tau = \frac{S_{max}}{A_{wb2}}$$

$$\left(\frac{\sigma}{\sigma_a}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{\tau_a}\right)^2 \leq 1.2 \quad (\text{合成応力度})$$

P_{b2} : ブラケットに作用する水平力 (N)
 (=防護梁に作用する水平の最大せん断力)

ℓ_{b2} : 側壁からつなぎ材ボルト中心までの長さ (mm)

Z_{b2} : ブラケットの断面係数 (mm³)

A_{wb2} : ブラケットのせん断抵抗断面積 (mm²)

M_{max} : 最大曲げモーメント (N・mm)

S_{max} : 最大せん断力 (N)

σ : 曲げ応力度 (N/mm²)

τ : せん断応力度 (N/mm²)

σ_a : 短期許容曲げ応力度 (N/mm²)

τ_a : 短期許容せん断応力度 (N/mm²)

【ブラケットのうち受け台プレート】

$$M_{max} = T \cdot a$$

$$\sigma = \frac{M_{max}}{Z_c}$$

T : 受け台に作用する引張力 (N)

(=防護梁に作用する水平の最大せん断力)

a : 側壁からつなぎ材ボルト中心までの長さ (mm)

Z_c : 受け台プレートの断面係数 (mm³)

M_{max} : 最大曲げモーメント (N・mm)

σ : 曲げ応力度 (N/mm²)

図 5-17 ブラケットの応力算定式

(13) 漂流物防護工 (つなぎ材)

つなぎ材は、エンドプレートに溶接されたプレートとブラケットをつなぎボルト (M20) からなる。

プレートについては、曲げ応力度、せん断応力度について行うとともに、曲げとせん断が同時に作用する場合は合成応力度の照査を行う。ボルトについては、曲げ応力度の照査を行う。

なお、つなぎ材の照査にあたっては腐食代を 1mm 考慮する。

つなぎ材の構造図を図 5-18 に、応力算定式を図 5-19 に示す。

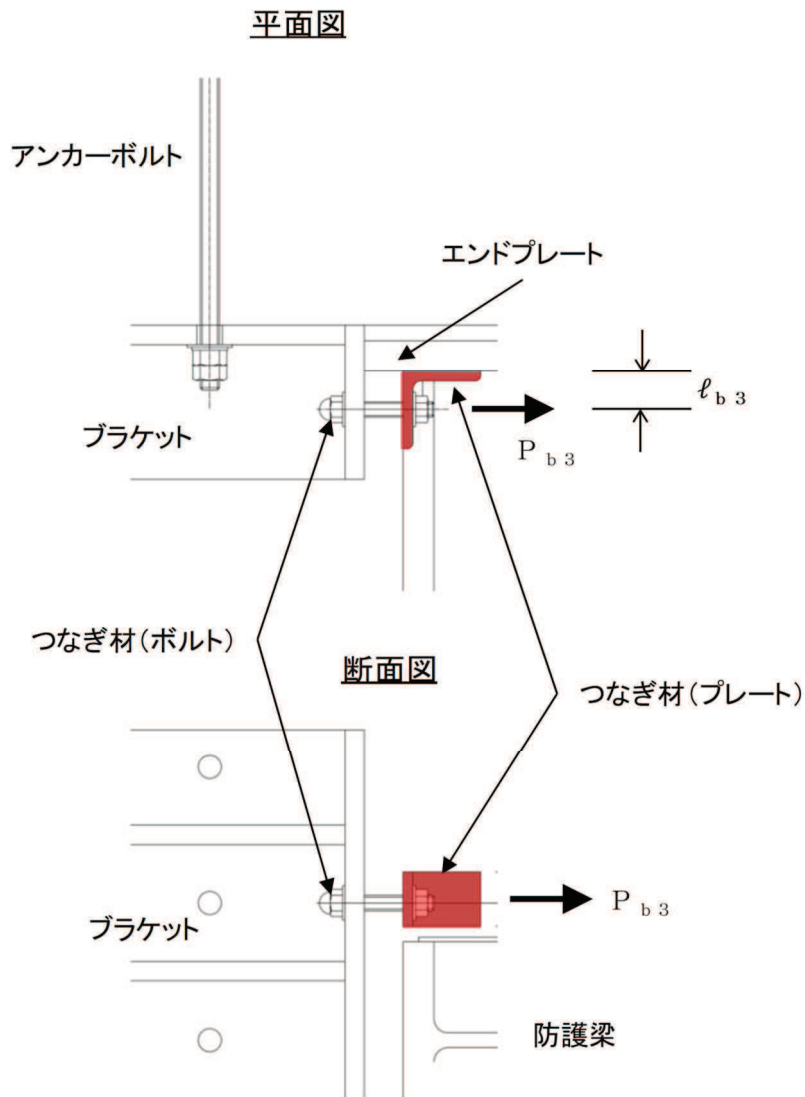


図 5-18 つなぎ材の構造図

【プレート】

$$M_{\max} = P_{b3} \cdot \ell_{b3}$$

$$S_{\max} = P_{b3}$$

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{Z_{b3}}$$

$$\tau = \frac{S_{\max}}{A_{b3}}$$

$$\left(\frac{\sigma}{\sigma_a}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{\tau_a}\right)^2 \leq 1.2 \quad (\text{合成応力度})$$

P_{b3} : つなぎ材プレートに作用する水平力 (N)

(=防護梁に作用する水平の最大せん断力)

ℓ_{b3} : エンドプレートからボルト中心までの長さ (mm)

Z_{b3} : つなぎ材プレートの断面係数 (mm³)

A_{b3} : つなぎ材プレートの断面積 (mm²)

M_{\max} : 最大曲げモーメント (N・mm)

S_{\max} : 最大せん断力 (N)

σ : 曲げ応力度 (N/mm²)

τ : せん断応力度 (N/mm²)

σ_a : 短期許容曲げ応力度 (N/mm²)

τ_a : 短期許容せん断応力度 (N/mm²)

【ボルト】

$$\sigma = \frac{P_d}{A_d}$$

P_d : つなぎ材ボルトに作用する引張力 (N)

(=防護梁に作用する水平の最大せん断力)

A_d : つなぎ材ボルトの有効断面積 (mm²)

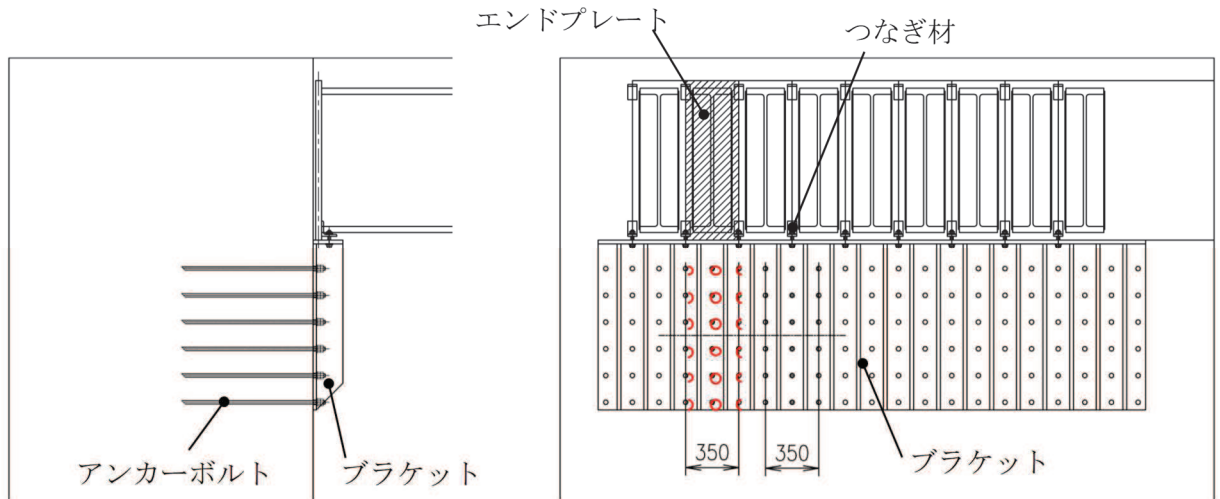
σ : 引張応力度 (N/mm²)

図 5-19 つなぎ材の応力算定式

(14) 漂流物防護工（アンカーボルト）

ブラケットに発生したモーメントとせん断力は，埋め込まれたアンカーボルト群により側壁に荷重伝達される。

防護梁 1 本に作用する荷重に対して，図 5-20 に示すように，エンドプレート幅 350mm の範囲にある 6 本 2 列，計 12 本のアンカーボルトで抵抗する。



$$P_{b4} = \frac{(M_{b4}/2)}{Z_{b4}}$$

$$q_{b4} = \frac{(Q_{b4}/2)}{n}$$

$$\left(\frac{P_{b4}}{P_a}\right)^2 + \left(\frac{q_{b4}}{q_a}\right)^2 \leq 1.2 \quad (\text{合成応力度})$$

- P_{b4} : アンカーボルト 1 本の引張力 (N)
- q_{b4} : アンカーボルト 1 本のせん断力 (N)
- M_{b4} : ブラケットに生じる曲げモーメント (N・mm)
- Q_{b4} : ブラケットに生じるせん断力 (N)
- Z_{b4} : アンカーボルト群 1 列の断面係数 (mm³)
- n : アンカーボルト群 1 列の本数 (本)
- P_a : アンカーボルトの許容引張力 (N)
- q_a : アンカーボルトの許容せん断力 (N)

図 5-20 アンカーボルトの構造及び応力算定式

5.6 計算条件

屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）の応力評価に用いる計算条件を表5-4に示す。

表 5-4(1) 応力評価に用いる計算条件 (1/3)

固定荷重 (1 門あたりの扉体の自重) G (N)	1 門あたりの 扉体面積 A ₁ (mm ²)	水の単位体積重量 W ₀ (N/mm ³)
14.70998×10 ³	2.04×10 ⁶	1.01×10 ⁻⁵

区画	スキンプレート				
	辺長比 (b ₁ /a ₁) による係数 k	短辺 a ₁ (mm)	長辺 b ₁ (mm)	板厚 t ₁ (mm)	単位面積当たりの 荷重 P ₁ (N/mm ²)
1~2 桁	43.94	400	570	25	0.0094
2~3 桁	43.94	400	570	25	0.0094
3~4 桁	43.94	400	570	25	0.0094

区画	主桁へ作用する 等分布荷重 W (N/mm)	主桁支間長 L (mm)	主桁の 断面係数 Z ₂ (mm ³)	主桁の せん断抵抗断面積 A _{w2} (mm ²)
1 桁	1.87	1700	8.130379×10 ⁵	3.40×10 ³
2, 3 桁	3.75	1700	1.769048×10 ⁶	6.00×10 ³
4 桁	1.87	1700	1.137798×10 ⁶	4.50×10 ³

補助縦桁に作用する 各区画の平均荷重 p (N/mm ²)	補助縦桁の 主桁間隔 ℓ (mm)	補助縦桁の断面係数 Z ₃ (mm ³)	補助縦桁の せん断抵抗断面積 A _{w3} (mm ²)
9.4×10 ⁻³	400	3.266545×10 ⁵	2.16×10 ³

中央支柱に作用する 荷重 w ₄ (N/mm)	中央支柱固定高 L ₄ (mm)	中央支柱の断面係数 Z ₄ (mm ³)	中央支柱の せん断抵抗断面積 A _{w4} (mm ²)
71.82	2500	1.5535178×10 ⁷	3.43×10 ⁴

中央横桁に作用する 荷重 w ₅ (N/mm)	中央横桁の 支間長 L ₅ (mm)	中央横桁の断面係数 Z ₅ (mm ³)	中央横桁の せん断抵抗断面積 A _{w5} (mm ²)
52.07	1600	4.897727×10 ⁶	1.50×10 ⁴

表 5-4(2) 応力評価に用いる計算条件 (2/3)

ヒンジ (吊りピン)					ヒンジ (プレート)
支間長 L_6 (mm)	受圧幅 B_6 (mm)	ヒンジに 作用する荷重 P (N)	断面係数 Z_6 (mm ³)	断面積 A_6 (mm ²)	最薄部の断面積 A_h (mm ²)
176	150	18165	1.2272×10^4	1.963×10^3	1.2×10^3

取付けボルトの 断面積 A_b (mm ²)	ヒンジ 1 箇所あたりが 負担する扉体の自重 P_{w8} (N/mm ²)	鉛直地震力 P_{v8} (N)	水平地震力 P_{H8} (N)
234.89880	7354.9875	8090.4863	9561.4838

戸当りへ作用する 荷重 P_9 (N/mm ²)	戸当りから 中央支柱中心まで の距離 L_s (mm)	戸当り支圧部 の板厚 L_c (mm)	戸当り横幅 L_x (mm)	戸当り縦幅 L_y (mm)
0.0225	1700	12	2075	3075

支圧幅 b_{w1} (mm)	支圧幅 b_{w2} (mm)	支圧幅 b_{w3} (mm)	支圧幅 b_{w4} (mm)
275	325	300	125

戸当りへ作用する水平地震力 q (N/mm ²)	戸当り幅 S (mm)
0.0620	275

防護梁			
作用する水平荷重 P_{bh1} (N/mm)	スパン長 L_{b1} (mm)	水平 (強軸) 方向の 断面係数 Z_{bh1} (mm ³)	水平 (強軸) 方向の せん断抵抗断面積 A_{wbh1} (mm ²)
6.743	4820	10.22×10^6	14.82×10^3

防護梁		
作用する鉛直荷重 P_{bv1} (N/mm)	鉛直 (弱軸) 方向の 断面係数 Z_{bv1} (mm ³)	鉛直 (弱軸) 方向の せん断抵抗断面積 A_{wbv1} (mm ²)
10.892	0.7819×10^6	18.85×10^3

表 5-4(3) 応力評価に用いる計算条件 (3/3)

ブラケットに作用する水平力 P_{b2} (N)	側壁からつなぎ材ボルト中心までの長さ l_{b2} (mm)	ブラケットの断面係数 Z_{b2} (mm ³)	ブラケットのせん断抵抗断面積 A_{wb2} : (mm ²)
16.3×10^3	110	14.67×10^6	50.6×10^3

受け台に作用する引張力 T (N)	側壁からつなぎ材ボルト中心までの長さ a (mm)	受け台プレートの断面係数 Z_c (mm ³)
16.3×10^3	90	13.225×10^3

つなぎ材プレートに作用する水平力 P_{b3} (N)	エンドプレートからボルト中心までの長さ l_{b3} (mm)	つなぎ材プレートの断面係数 Z_{b3} (mm ³)	つなぎ材プレートの断面積 A_{b3} (mm ²)
16.3×10^3	43	5.995×10^3	1.564×10^3

つなぎ材ボルトに作用する引張力 P_d (N)	つなぎ材ボルトの有効断面積 A_d (mm ²)	アンカーボルト群 1列の断面係数 Z_{b4} (mm)	アンカーボルト群 1列の本数 n (本)
16.3×10^3	245	1225	6

6. 評価結果

屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）の評価部位の応力評価結果を表6-1 に示す。

発生応力が許容応力以下であることから構造部材が十分な構造健全性を有することを確認した。

表 6-1(1) 耐震評価結果（屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）のうち扉体）

評価部位		評価応力	発生応力 a (N/mm ²)	許容応力 b (N/mm ²)	照査値 a/b		
扉体	スキンプレート	曲げ応力度	1.06	154	0.01		
	主桁	1桁	曲げ応力度	0.84	154	0.01	
				2,3桁	0.77	154	0.01
				4桁	0.60	154	0.01
		1桁		0.47	88	0.01	
		2,3桁		0.54	88	0.01	
		4桁		0.36	88	0.01	
		1桁		1.17	154	0.01	
		2,3桁		1.22	154	0.01	
	4桁	0.87	154	0.01			
	補助縦桁	曲げ応力度	0.16	153	0.01		
		せん断応力度	0.18	88	0.01		
		合成応力度	0.36	154	0.01		
	中央支柱	曲げ応力度	2.41	143	0.02		
		せん断応力度	2.62	88	0.03		
		合成応力度	5.14	154	0.04		
	中央横桁	曲げ応力度	3.41	153	0.03		
		せん断応力度	2.78	88	0.04		
		合成応力度	5.91	154	0.04		
	ヒンジ（プレート）	せん断応力度	15.14	88	0.18		
	ヒンジ（ピン）	曲げ応力度	37.38	154	0.25		
		せん断応力度	6.17	88	0.08		
		合成応力度	38.88	154	0.26		
	ヒンジ取付けボルト	引張応力度	32.88	154	0.22		
		せん断応力度	20.36	88	0.24		
		合成応力度	48.22	154	0.32		

表 6-1(2) 耐震評価結果（屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）のうち固定部）

評価部位		評価応力	発生応力 a (N/mm ²)	許容応力 b (N/mm ²)	照査値 a/b
固定部	ヒンジ取付けボルト	引張応力度	10.18	154	0.07
		せん断応力度	16.44	88	0.19
		合成応力度	30.24	154	0.20
	戸当り	支圧応力度	1.60	231	0.01
	戸当り部コンクリート	支圧応力度	0.07	13.5	0.01
		せん断応力度	0.04	1.5	0.03

表 6-1(3) 耐震評価結果（屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）のうち漂流物防護工）

評価部位		評価応力	発生応力 a (N/mm ²)	許容応力 b (N/mm ²)	照査値 a/b
漂流物 防護工	防護梁	曲げ応力度	41	382	0.11
		せん断応力度	2	217	0.01
		合成応力度	0.02	1.2	0.02
	ブラケット	曲げ応力度	1	210	0.01
		せん断応力度	1	120	0.01
		合成応力度	0.01	1.2	0.01
	つなぎ材 (M20)	引張応力度	67	210	0.32
	つなぎ材 (プレート)	曲げ応力度	117	382	0.31
		せん断応力度	11	217	0.06
		合成応力度	0.10	1.2	0.09
	アンカーボルト	評価項目	発生値 a (kN)	許容値 b (kN)	照査値 a/b
		引張	1	105	0.01
		せん断	2	85	0.03
		合成	0.01	1.2	0.01

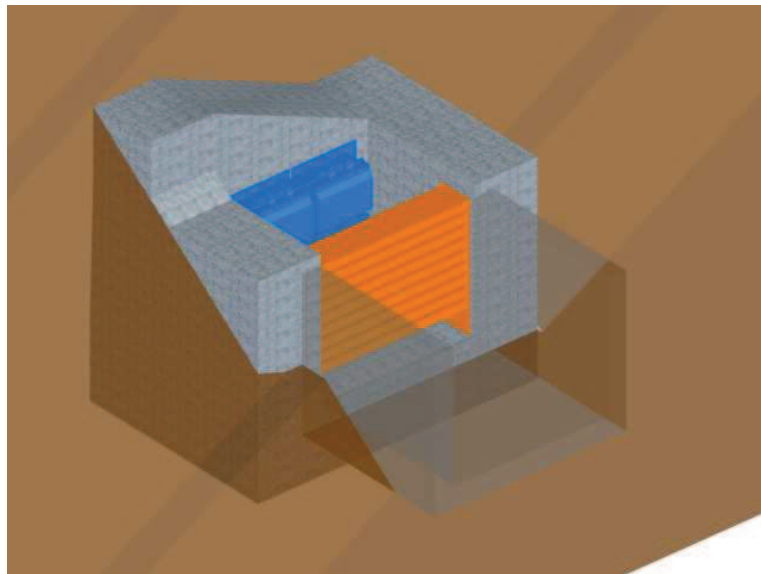
7. 出口側集水ピットの強度評価

7.1 出口側集水ピットの構造概要

出口側集水ピットは、底版と3面の壁からなる箱型の鉄筋コンクリート構造物であり、防潮堤（盛土堤防）に設置する。出口側集水ピットが屋外排水路（防潮堤北側）と接続する箇所には屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）を設置する。

出口側集水ピットに要求される機能維持の確認として、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を行う。

出口側集水ピットの概念図を図7-1に、構造図を図7-2に、概略配筋図を図7-3に示す。



**構造概略図
(正面)**

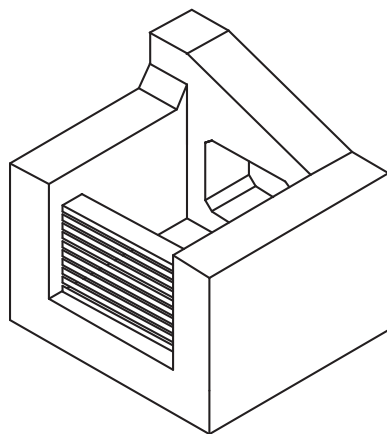


図7-1 出口側集水ピットの概念図

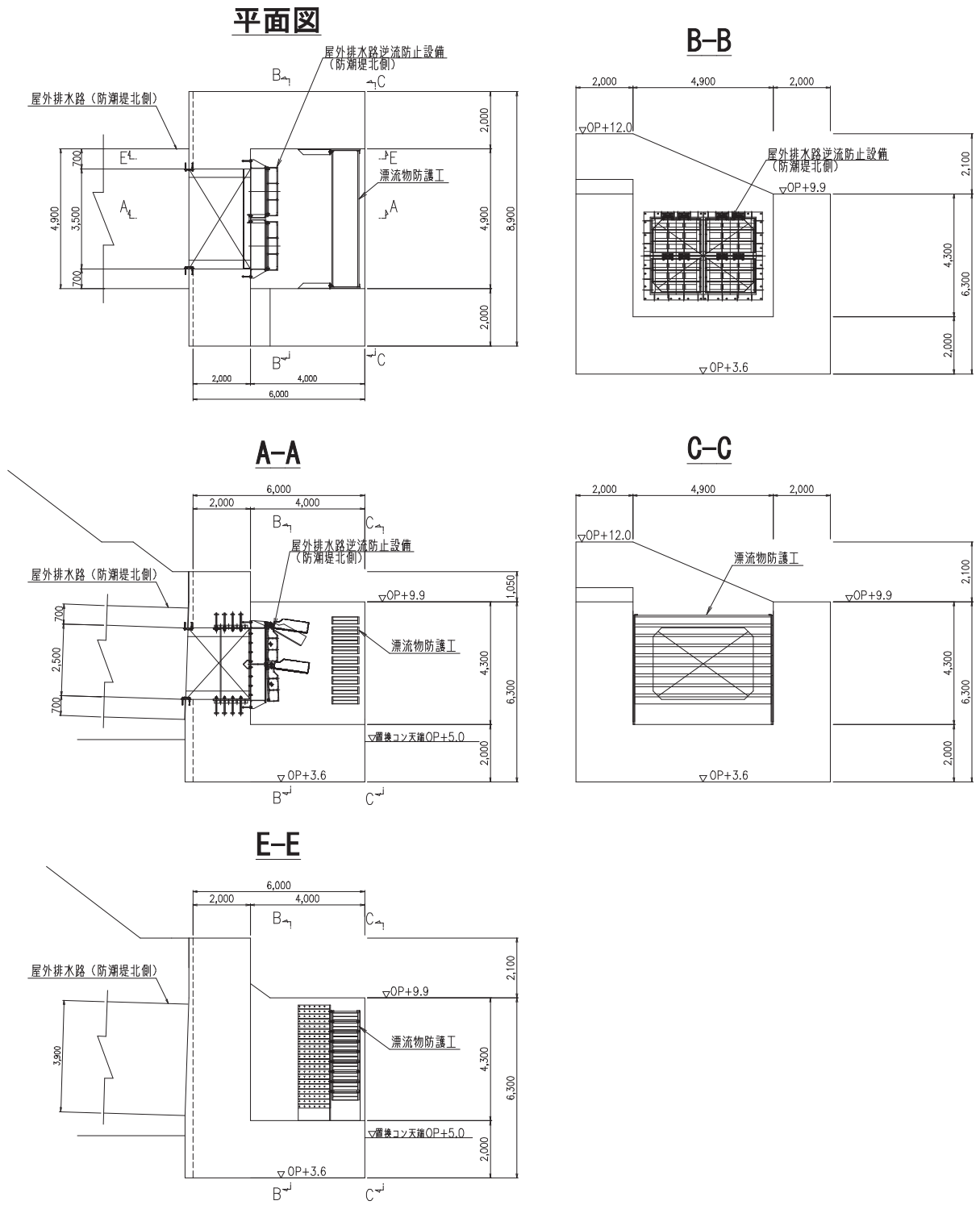
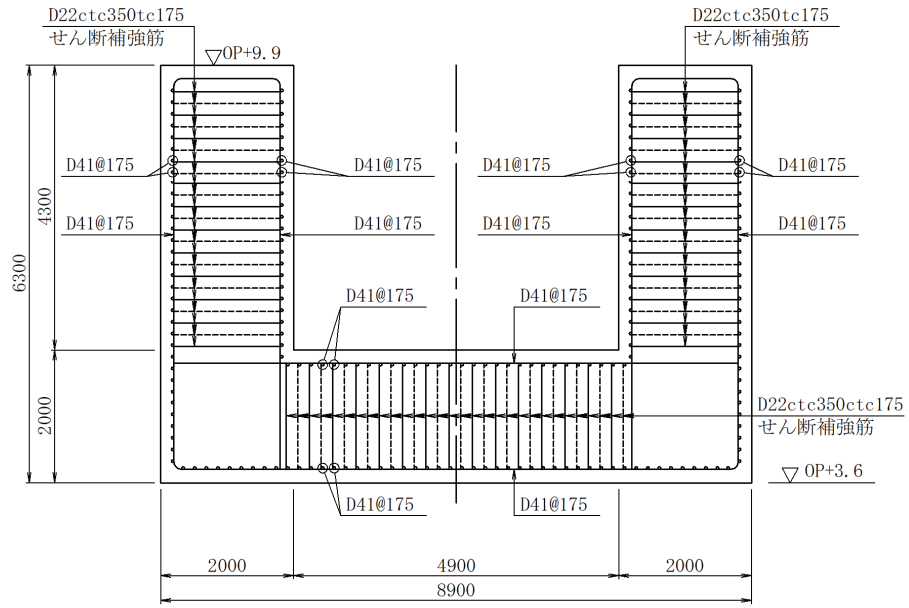


図 7-2 出口側集水ピット構造図

B-B 断面



E-E 断面

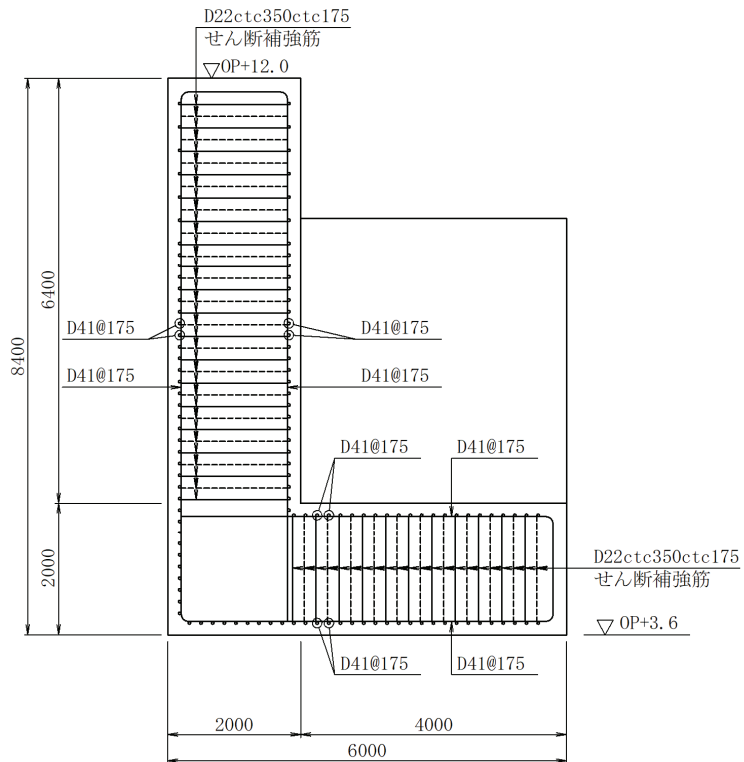


図 7-3 出口側集水ピット概略配筋図 (単位 : mm)

7.2 評価方針

出口側集水ピットの耐震評価は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に基づき、基準地震動 S_s に対して実施する地震応答解析の結果に基づき、表 7-1 に示すとおり、構造部材の健全性評価を行う。

構造部材の健全性評価を実施することにより、構造強度を有すること及び屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）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、地震応答解析から得られた水平方向及び鉛直方向の荷重を用いた線形シェル要素による三次元静的線形解析（以下「三次元構造解析」という。）を実施し、部材に発生する発生応力が許容限界以下であることを確認する。

図7-4に出口側集水ピットの耐震評価フローを示す。

表 7-1 出口側集水ピットの評価項目

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及び屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）を支持する機能を損なわないこと	構造部材の健全性	鉄筋コンクリート部材	発生する応力が許容限界を下回ることを確認	曲げ・軸力	短期許容応力度
				せん断力	短期許容せん断力

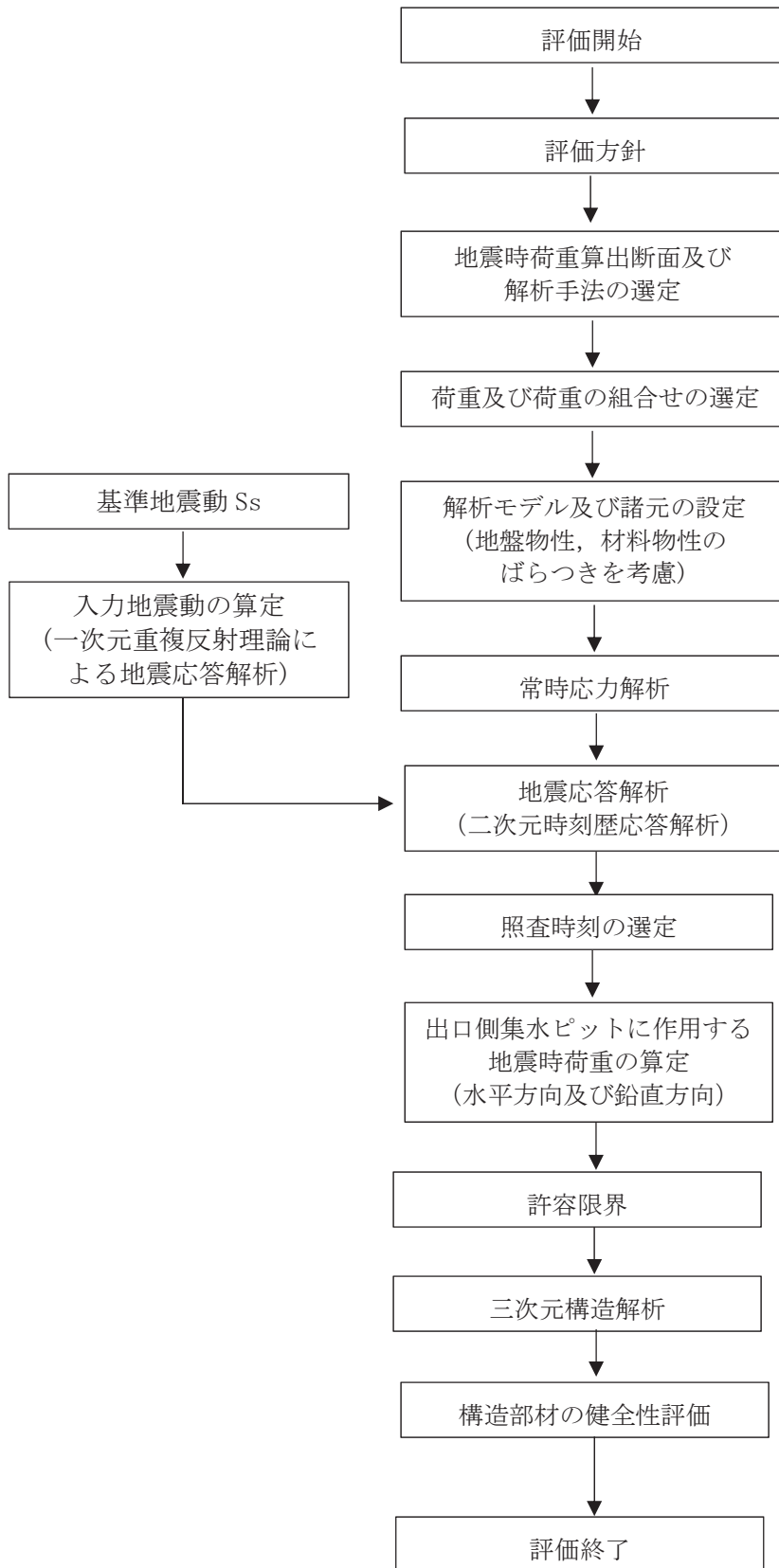


図 7-4 出口側集水ピットの耐震評価フロー

7.3 適用基準

適用する規格，基準等を以下に示す。

- (1) コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（土木学会，2002年制定）
- (2) 道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（日本道路協会，平成14年3月）
- (3) 道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（日本道路協会，平成24年3月）
- (4) 道路土工 カルバート工指針（平成21年度版）（日本道路協会，平成22年3月）
- (5) 新しい高性能鋼材の利用技術照査研究報告書～SBHS500(W)，SBHS700(W)の設計・製作ガイドライン（案）～（土木学会，平成21年11月）
- (6) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987（日本電気協会）

8. 地震応答解析

8.1 地震時荷重算出断面

出口側集水ピットの地震時荷重算出断面位置を図 8-1 に示す。地震時荷重算出断面は、構造的特徴や周辺状況から、ピットの縦断方向である A-A 断面とする。また、出口側集水ピットの評価対象断面図を図 8-2 に示す。

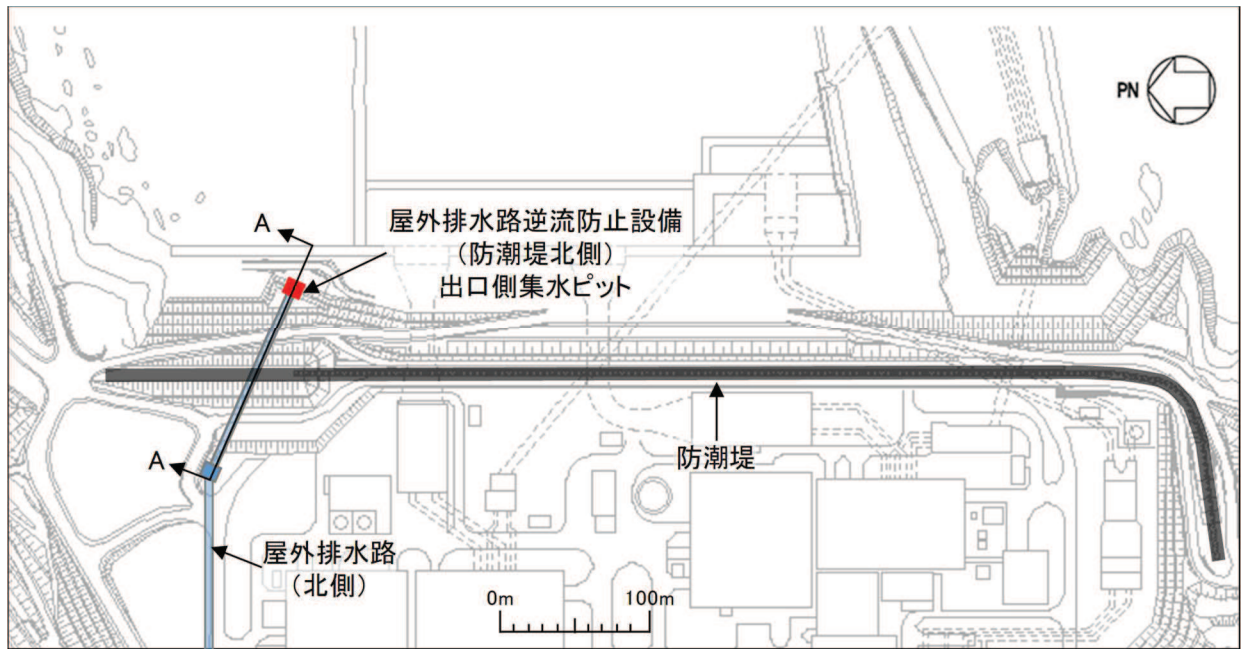


図 8-1 出口側集水ピットの評価対象断面位置図

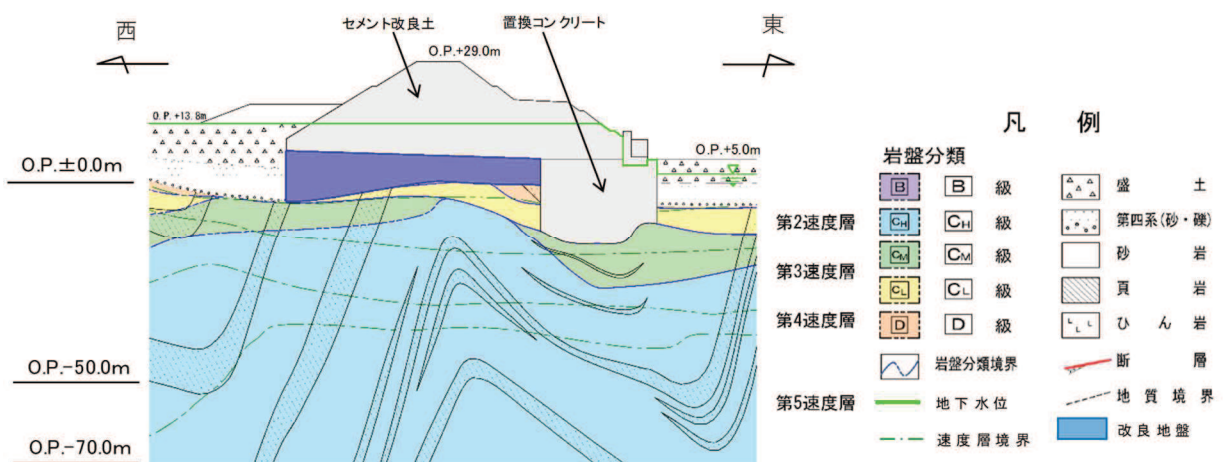


図 8-2 出口側集水ピットの評価対象断面図

8.2 解析方法

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動的有限要素法により、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を行うこととし、地盤の有効応力の変化に応じた地震時挙動を考慮できる有効応力解析手法を用いる。

有効応力解析には、解析コード「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) 構造部材

出口側集水ピットは、西壁及び底版は線形はり要素（ビーム要素）、南北壁は平面応力要素でモデル化する。

なお、防潮堤（盛土堤防）のセメント改良土は、非線形性を考慮した平面ひずみ要素（マルチスプリング要素）、置換コンクリートは線形の平面ひずみ要素（ソリッド要素）でモデル化する。

(2) 材料物性及び地盤物性のばらつき

図 8-2 に示すとおり、出口側集水ピットの周辺には、主として旧表土、盛土、 D 級岩盤、セメント改良土及び改良地盤といった、動的変形特性にひずみ依存性がある地盤が分布しており、これらの地盤のせん断変形が地震時に出口側集水ピットの応答に影響を与えると判断されることから、これらの地盤の物性（せん断弾性係数）のばらつきについて影響を確認する。

解析ケースを表 8-1 に示す。

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。

なお、出口側集水ピットは、新設構造物であり許容応力度法により設計を行っており、十分に裕度を確保した設計としていることから、材料物性のばらつきを考慮した解析ケース④による耐震評価は実施せず、屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）に対する応答加速度抽出において、材料物性のばらつきを考慮した解析ケース④を実施する。

表 8-1 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	
		旧表土, 盛土, 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 _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*: 新設構造物のため推定した圧縮強度とする。

(3) 減衰定数

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。

(4) 地震応答解析の検討ケースの選定

耐震評価においては、全ての基準地震動 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以上となる照査項目に対して、最も厳しい地震動を用いて表8-1に示す解析ケース②及び③を実施する。耐震評価における解析ケースを表8-2に示す。

また、屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）に対する応答加速度抽出において、材料物性のばらつきを考慮した解析ケース④を実施する。

表 8-2 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
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
地盤物性		平均値	平均値 + 1 σ	平均値 - 1 σ	平均値
地震動 位相	S _s -D 1	++*1	○	基準地震動 S _s (7 波) 及び位相反転を考慮した地震動 (7 波) を加えた全 14 波により照査を行ったケース① (基本ケース) の結果から、曲げ・軸力系の破壊及びせん断破壊の照査において照査値が 0.5 以上となる全ての照査項目に対して、最も厳しい地震動を用いてケース②～③を実施する。 照査値がいずれも 0.5 未満の場合は、照査値が最も厳しくなる地震動を用いてケース②～③を実施する。 屋外排水路逆流防止設備 (防潮堤北側) に対する応答加速度抽出において、材料物性のばらつきを考慮した解析ケース④を実施する。	
		-+*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: 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: 新設構造物のため推定した圧縮強度とする。

8.3 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。

8.3.1 耐震評価上考慮する状態

出口側集水ピット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

積雪及び風の影響を考慮する。

(4) 重大事故等時の状態

重大事故等時の状態の影響を受けないことから考慮しない。

8.3.2 荷重

出口側集水ピット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、屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）の荷重を考慮する。また、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)

積雪荷重については、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) 風荷重 (P_k)

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

(5) 地震荷重 (S_s)

地震荷重として、基準地震動 S_s による地震力を考慮する。

8.3.3 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 8-3 に示す。

表 8-3 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
地震時 (S_s)	$G + P + P_k + S_s$

G : 固定荷重

P : 積載荷重 (積雪荷重 P_s を含めて 4.9kN/m^2)

P_k : 風荷重

S_s : 地震荷重

8.4 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底面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」に示す地下構造モデルを用いる。

図 8-3 に入力地震動算定の概念図を、図 8-4 に入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを示す。入力地震動の算定には、解析コード「Shake ver. 1.63」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。

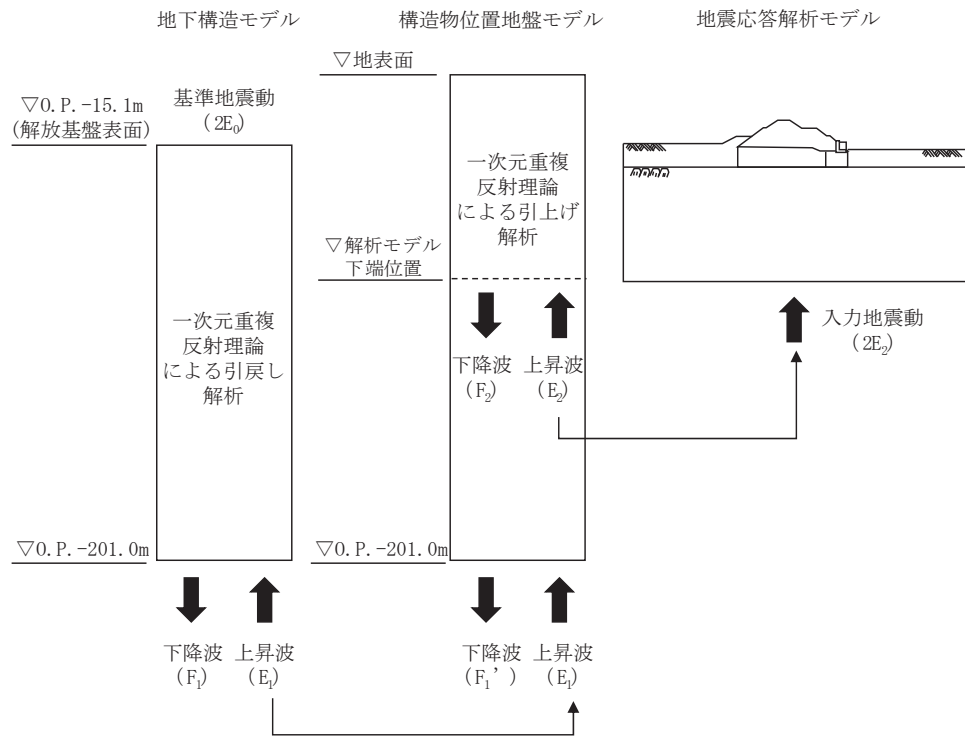
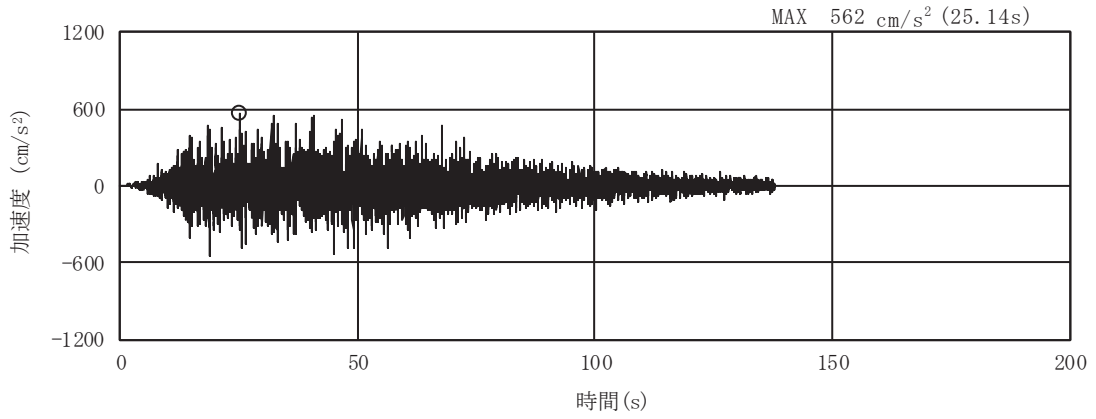
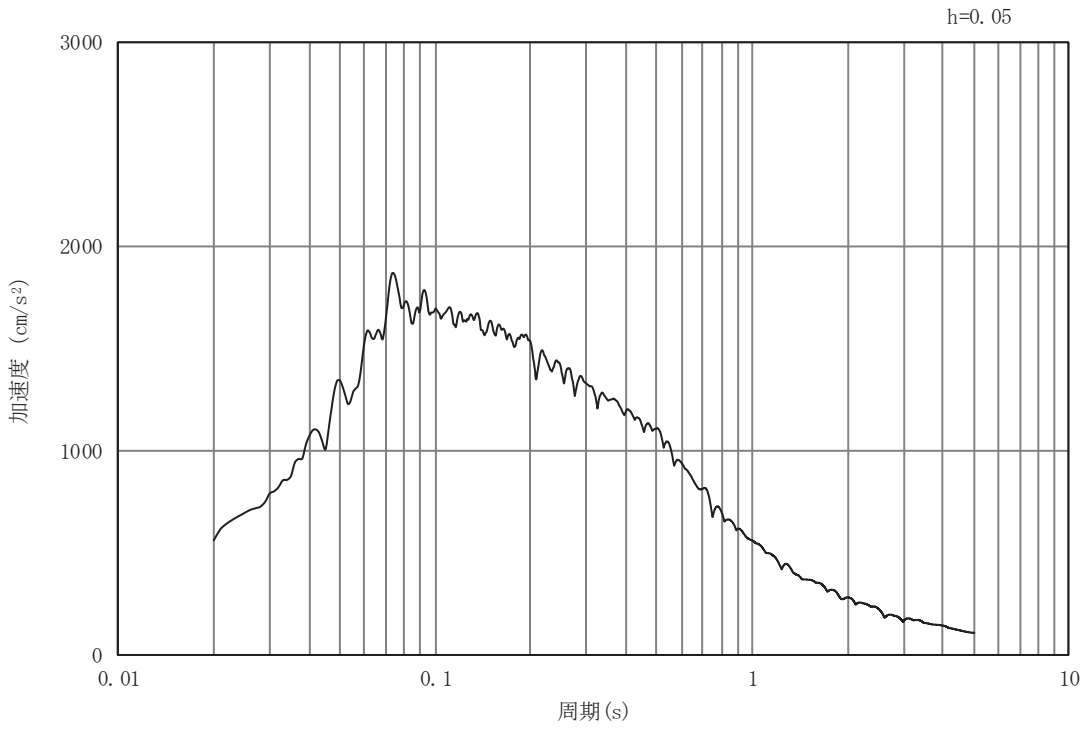


図 8-3 入力地震動算定の概念図

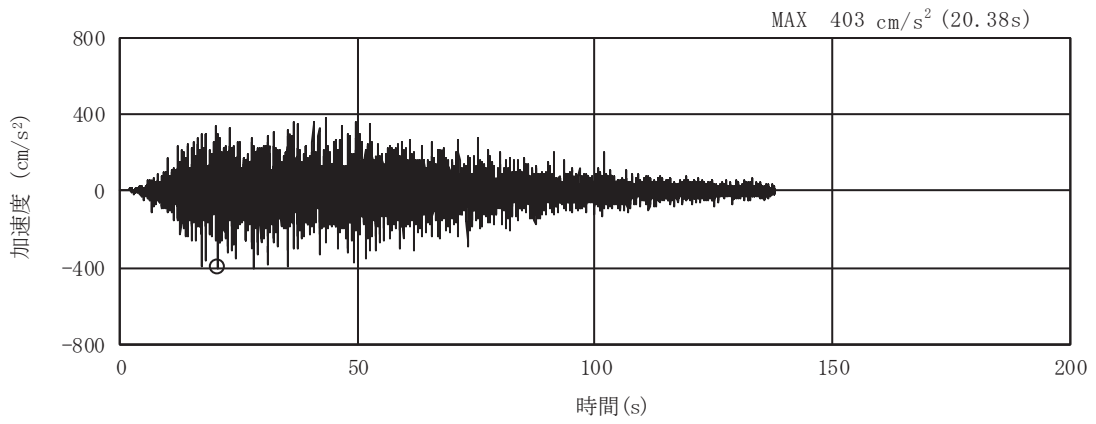


(a) 加速度時刻歴波形

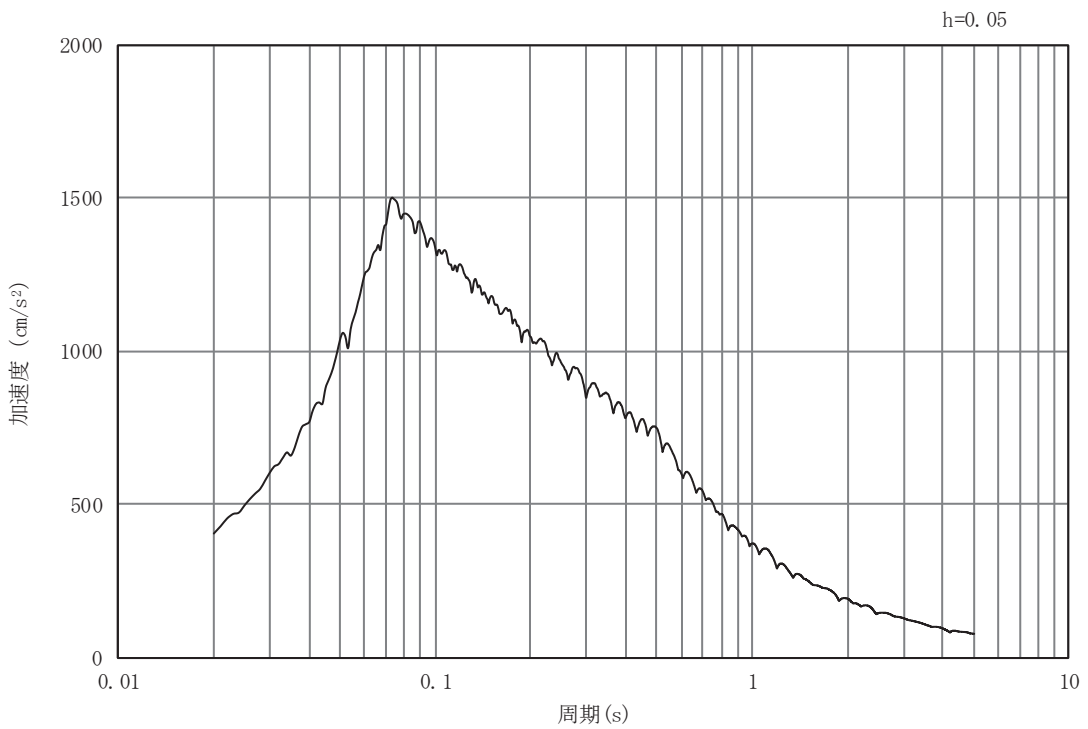


(b) 加速度応答スペクトル

図 8-4(1) 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
(水平方向：S s - D 1)

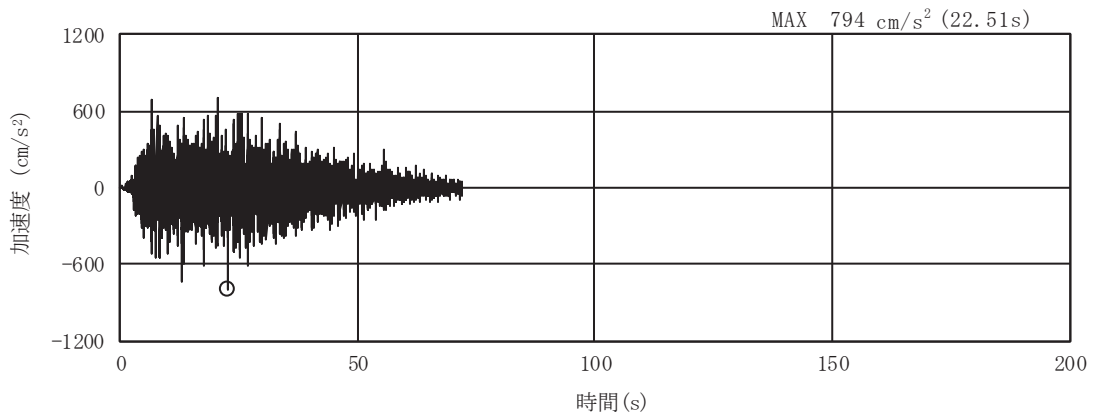


(a) 加速度時刻歴波形

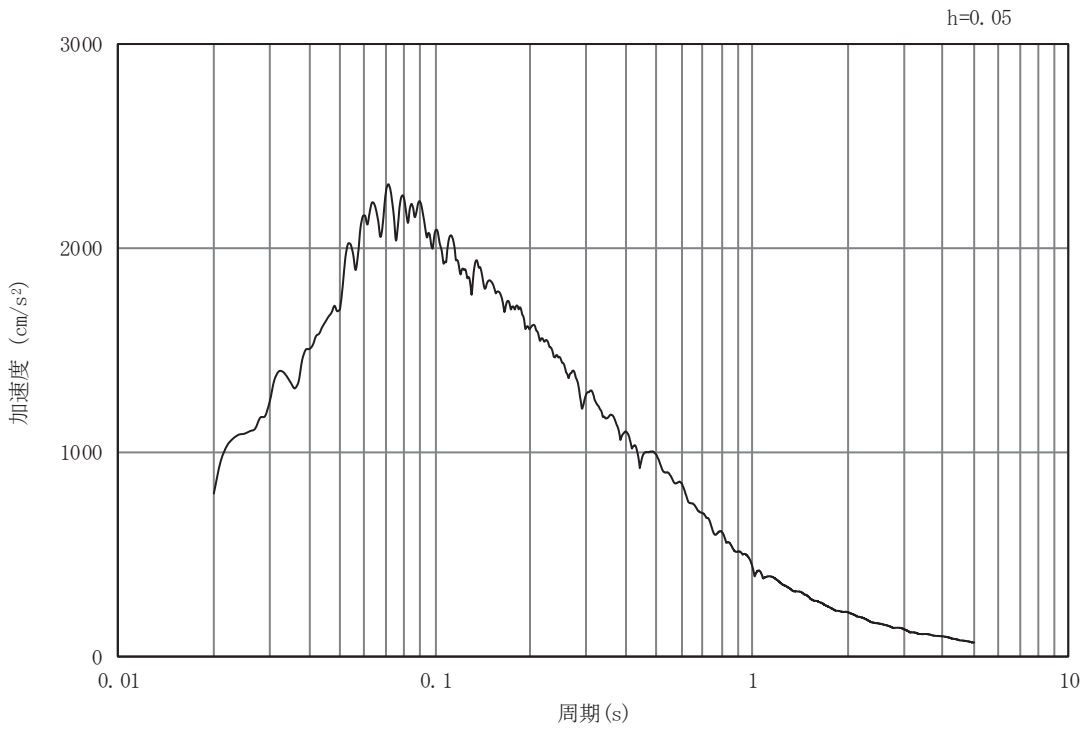


(b) 加速度応答スペクトル

図 8-4(2) 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
(鉛直方向：S s - D 1)

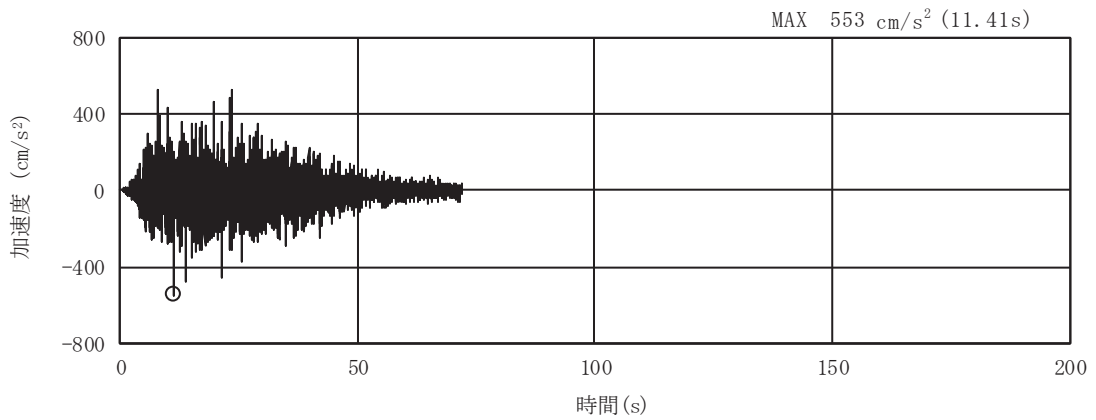


(a) 加速度時刻歴波形

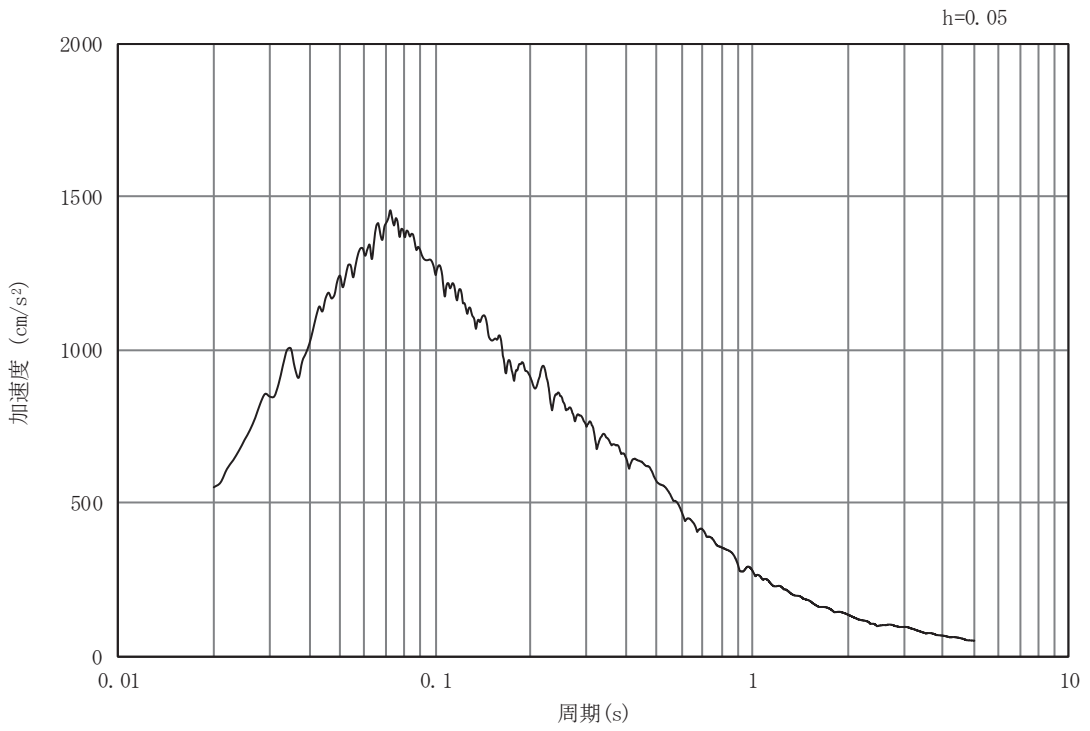


(b) 加速度応答スペクトル

図 8-4(3) 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
(水平方向 : S s - D 2)

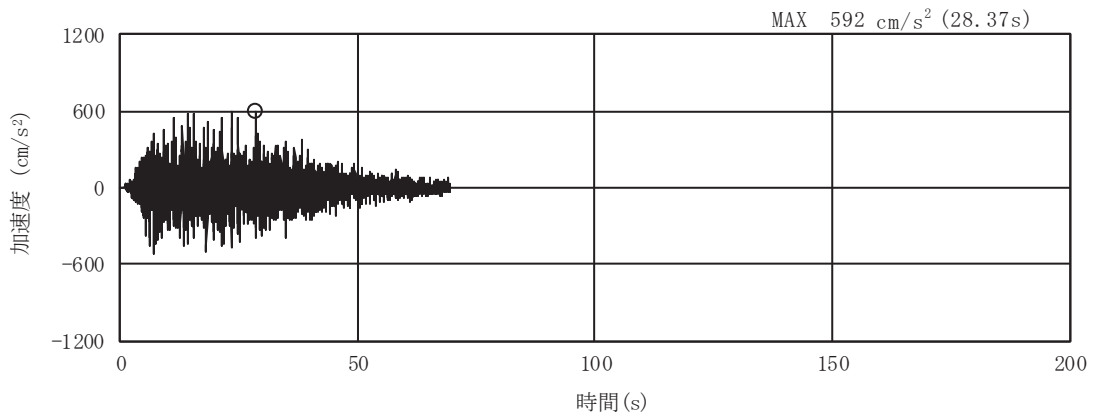


(a) 加速度時刻歴波形

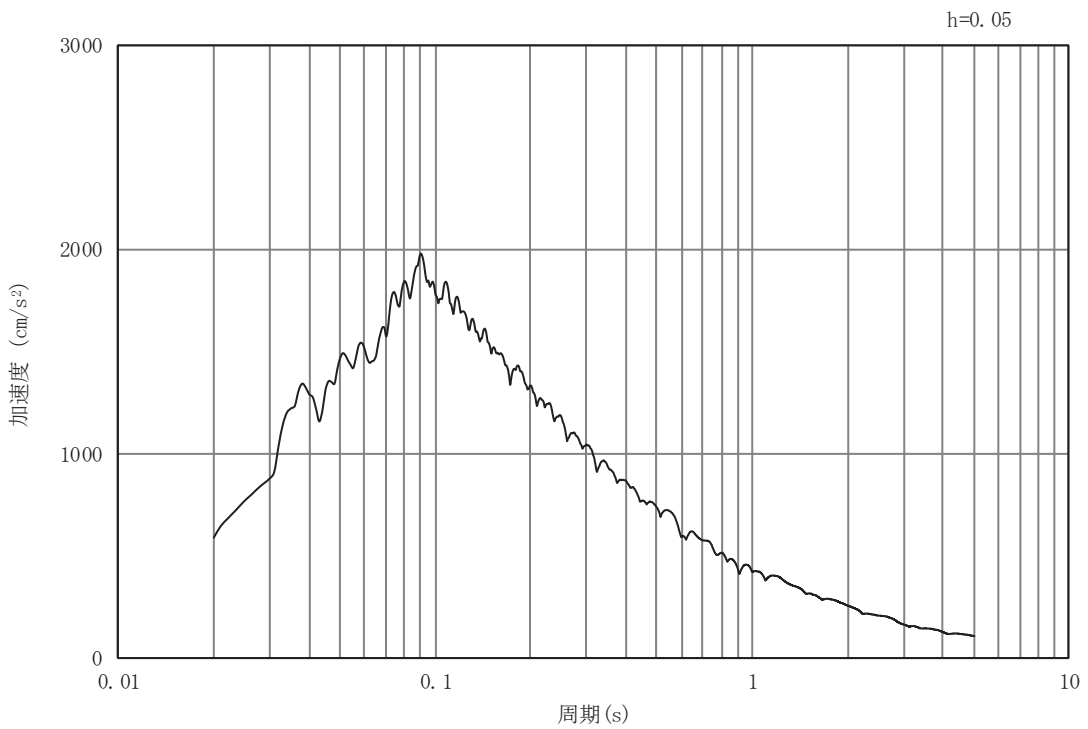


(b) 加速度応答スペクトル

図 8-4(4) 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
(鉛直方向：S s - D 2)

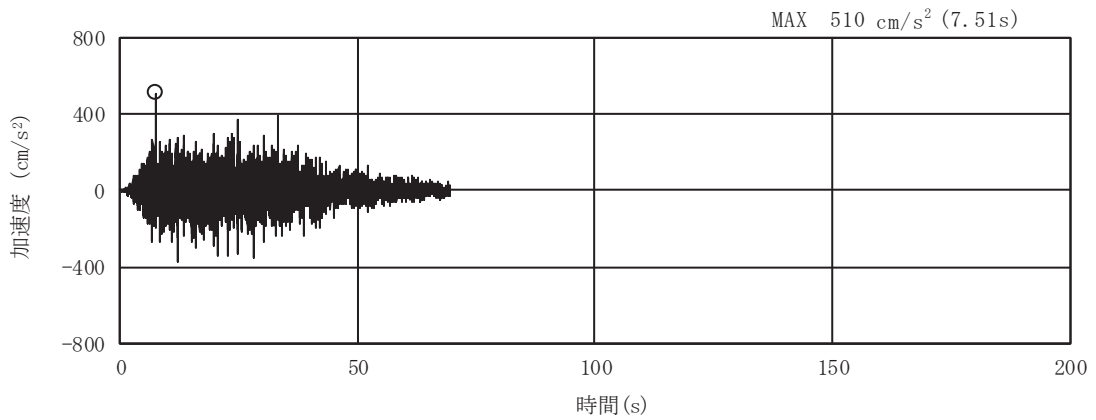


(a) 加速度時刻歴波形

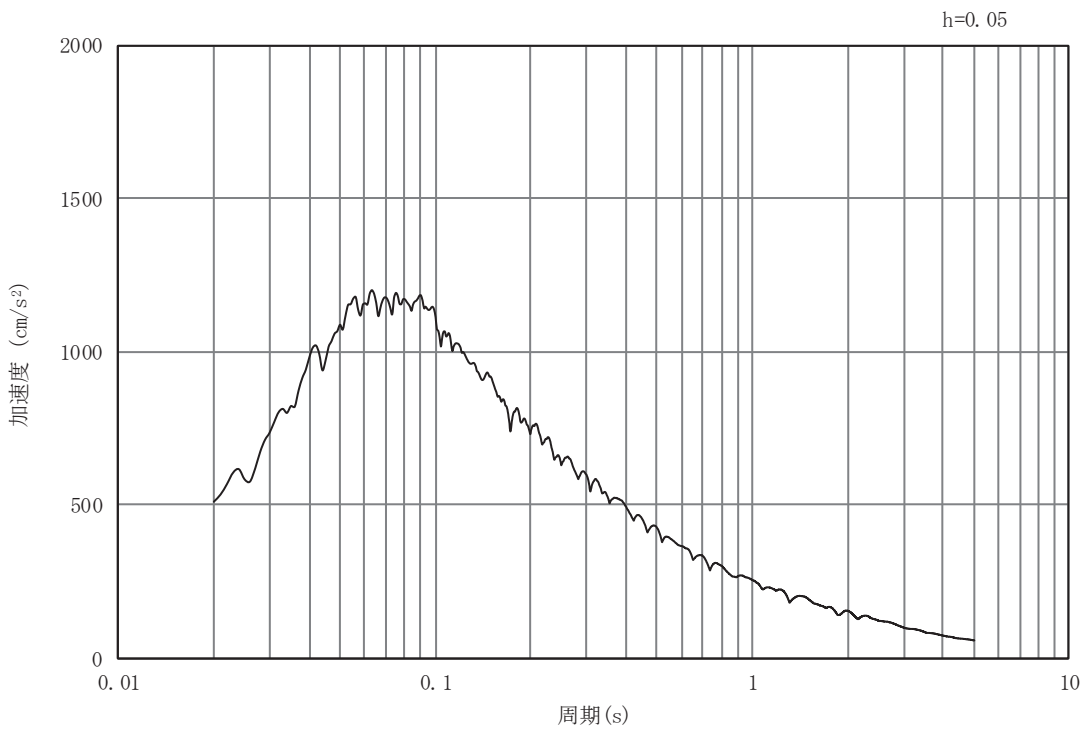


(b) 加速度応答スペクトル

図 8-4(5) 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
(水平方向 : S s - D 3)

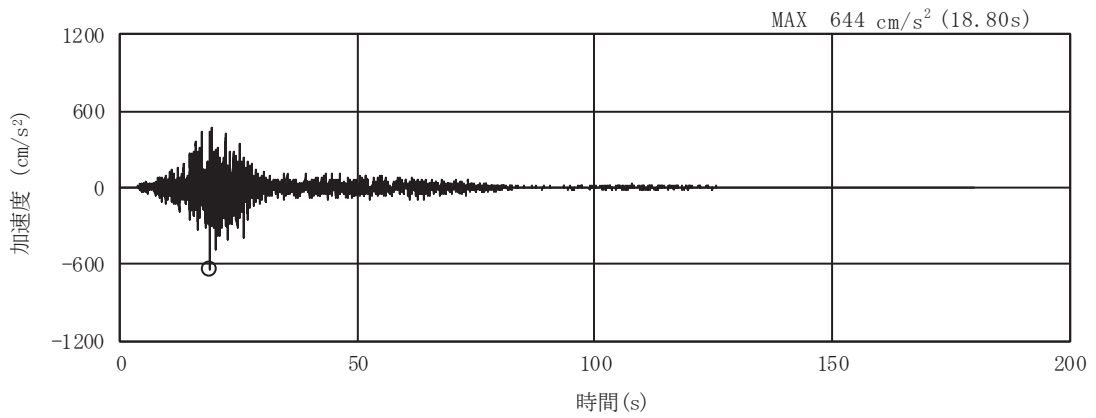


(a) 加速度時刻歴波形

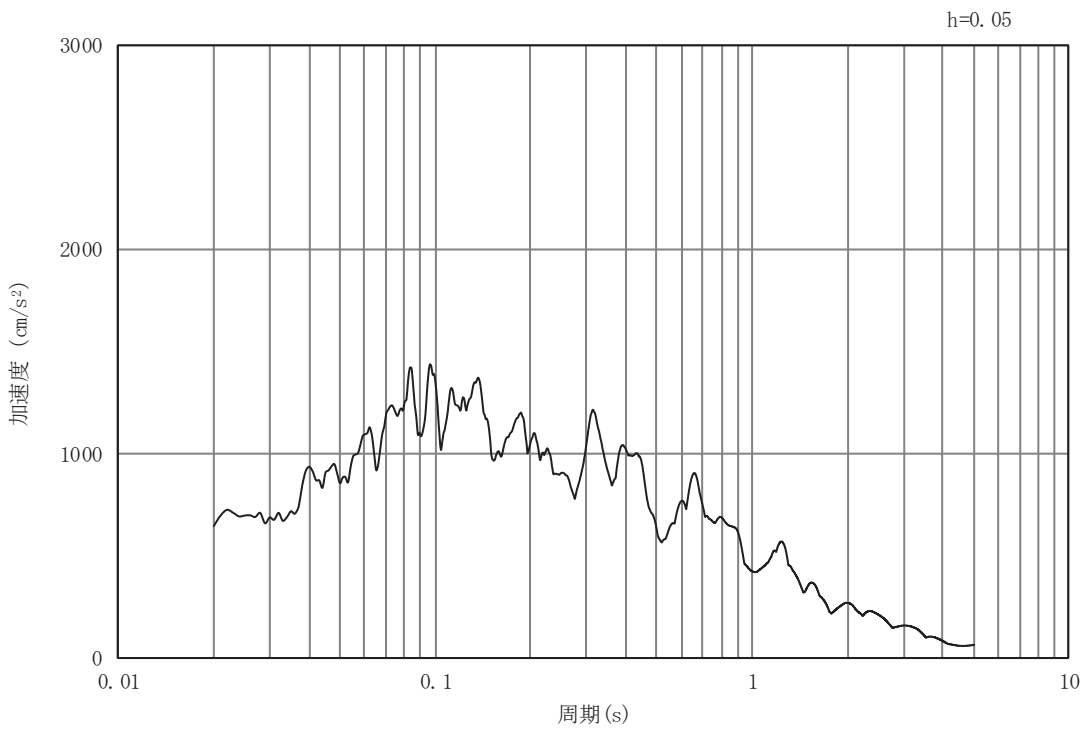


(b) 加速度応答スペクトル

図 8-4(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
(鉛直方向：S s - D 3)

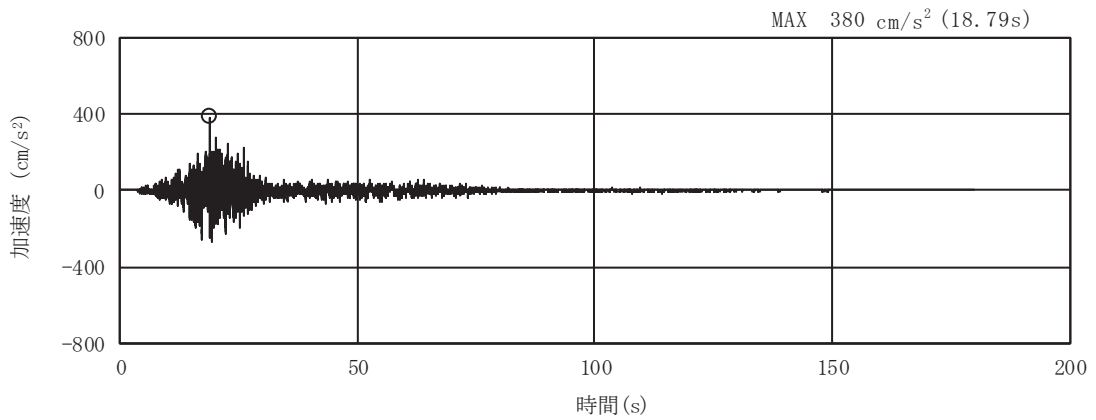


(a) 加速度時刻歴波形

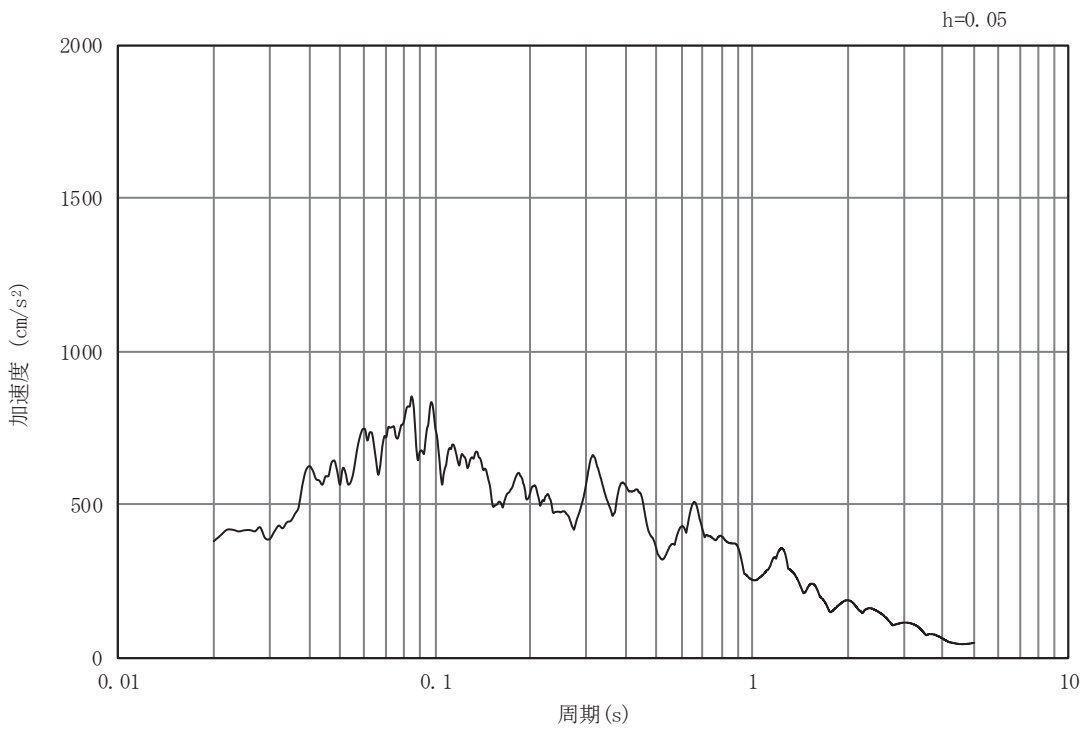


(b) 加速度応答スペクトル

図 8-4(7) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平方向 : S s - F 1)

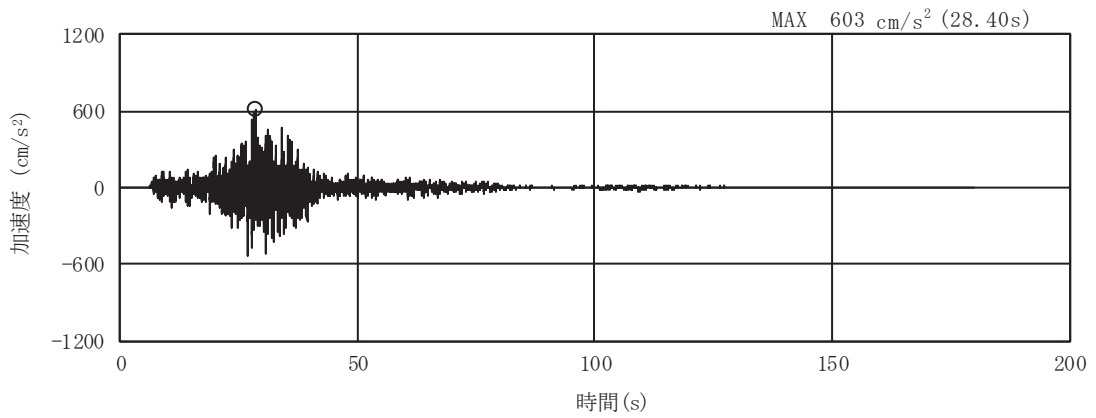


(a) 加速度時刻歴波形

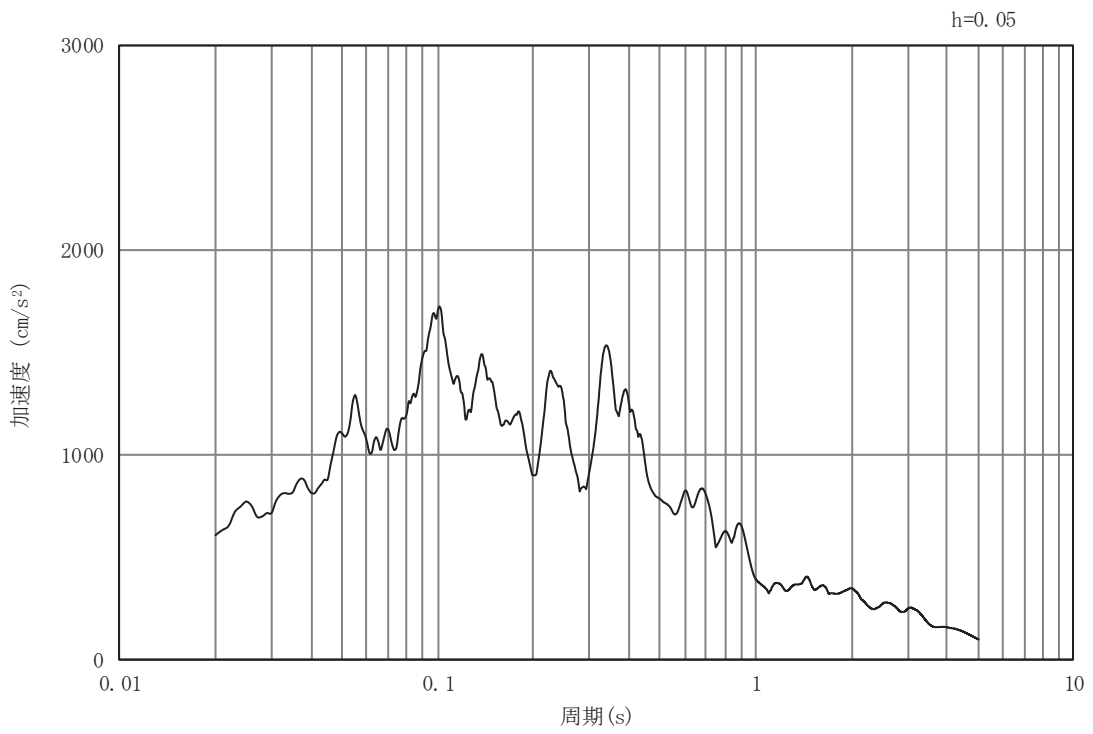


(b) 加速度応答スペクトル

図 8-4(8) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向：S s - F 1)

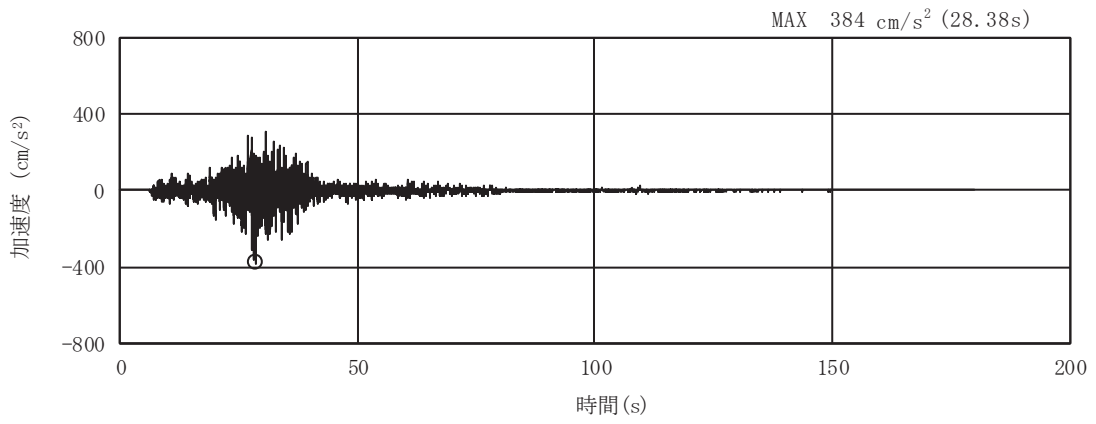


(a) 加速度時刻歴波形

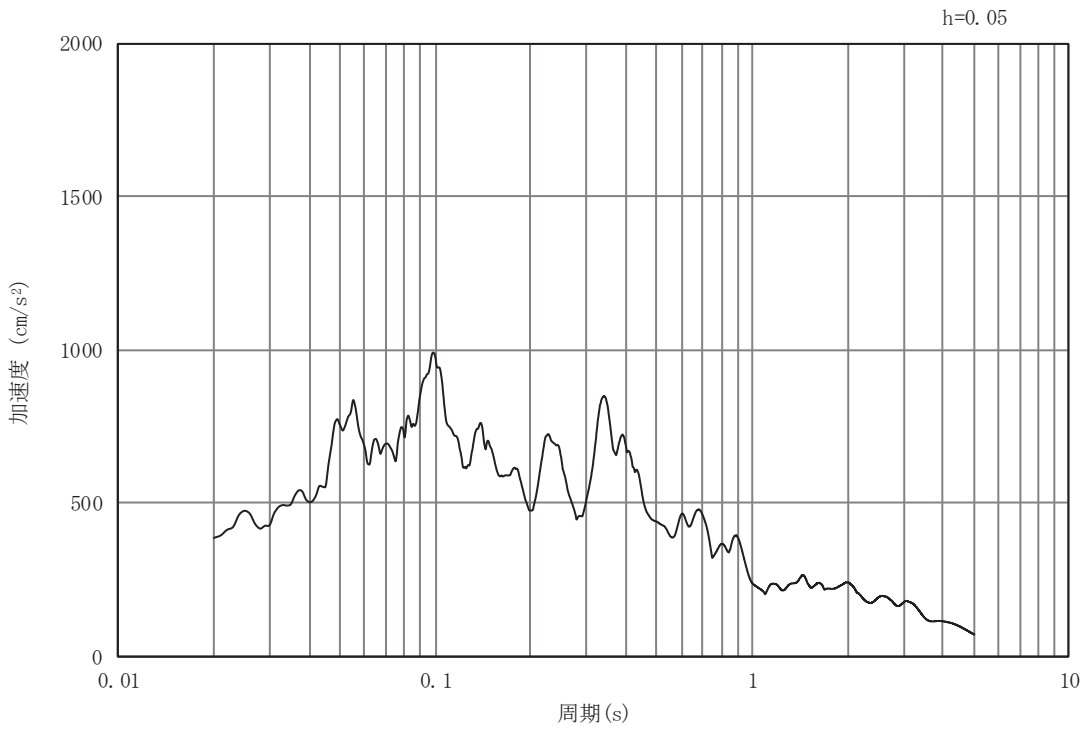


(b) 加速度応答スペクトル

図 8-4(9) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平方向：S s - F 2)

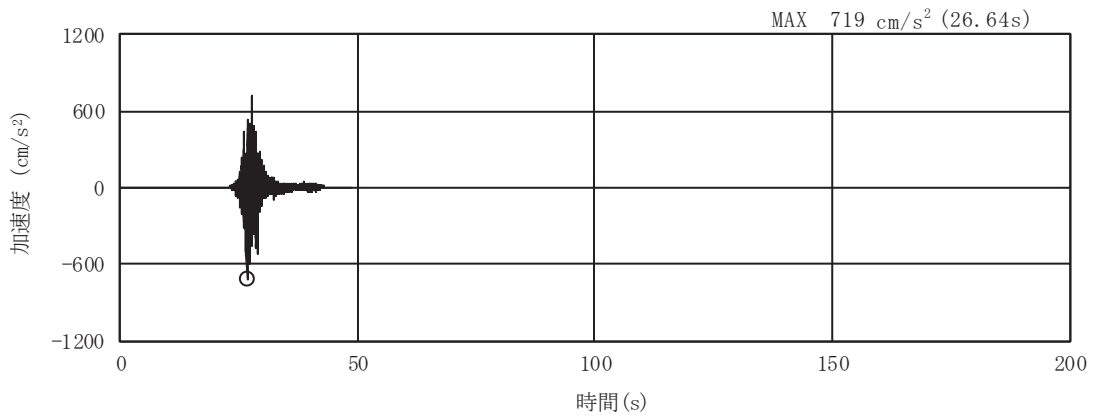


(a) 加速度時刻歴波形

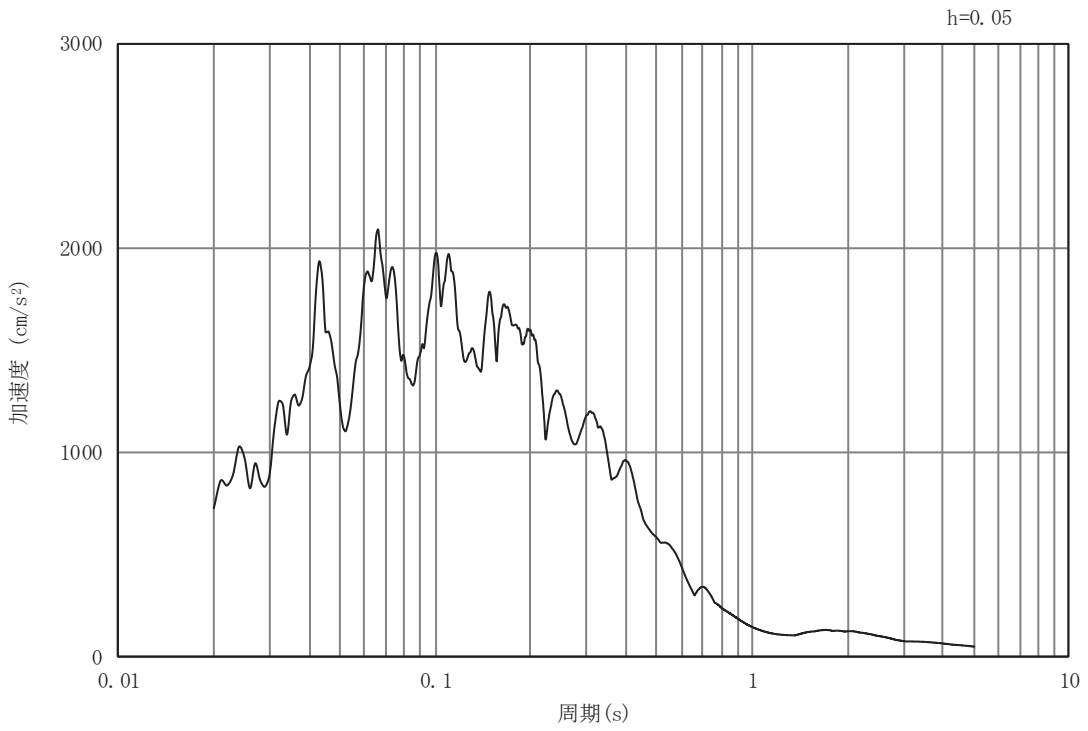


(b) 加速度応答スペクトル

図 8-4(10) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向：S s - F 2)

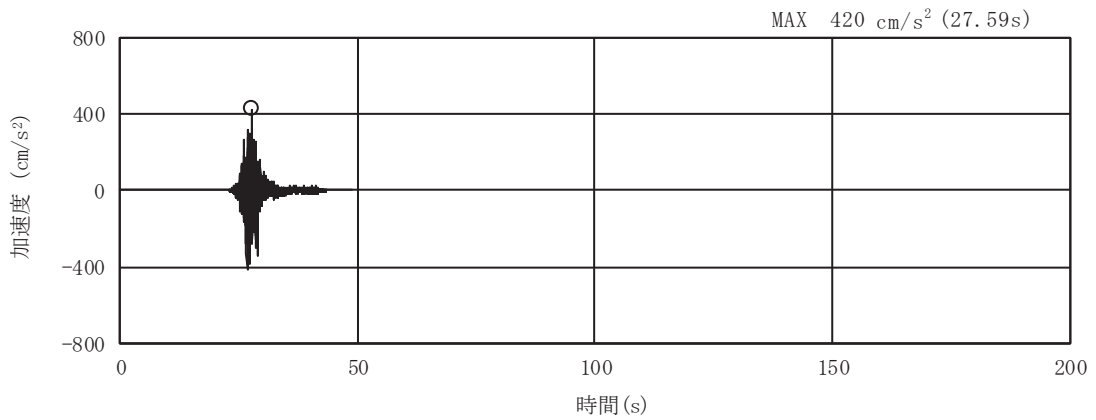


(a) 加速度時刻歴波形

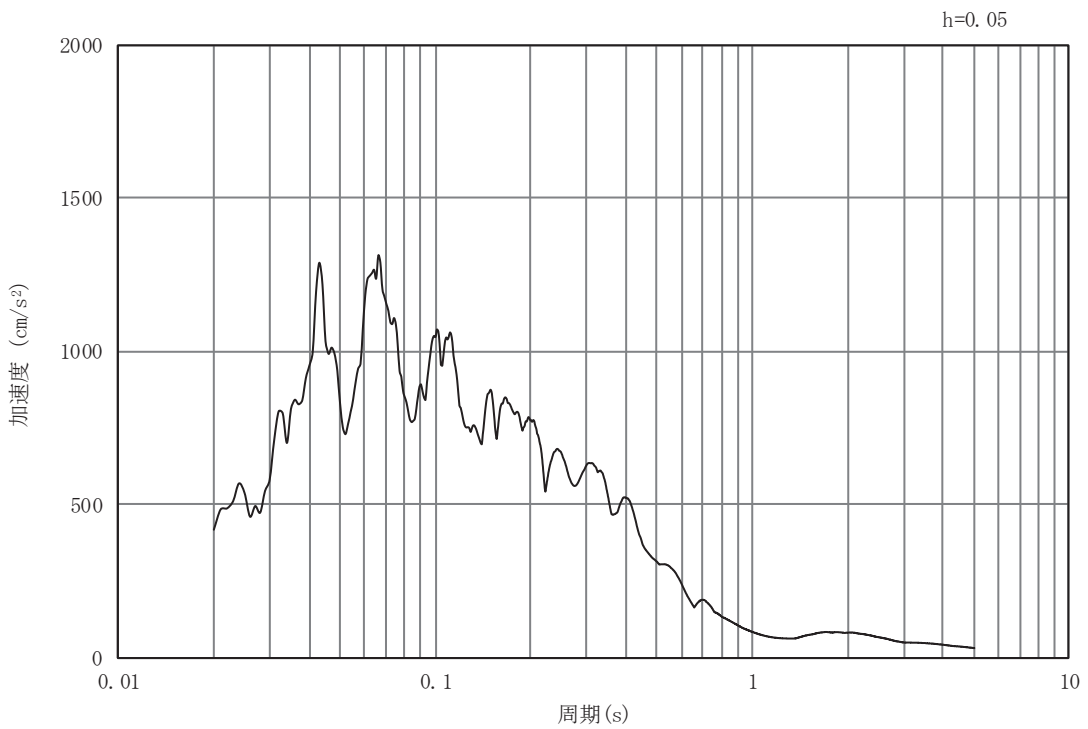


(b) 加速度応答スペクトル

図 8-4(11) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (水平方向 : S s - F 3)

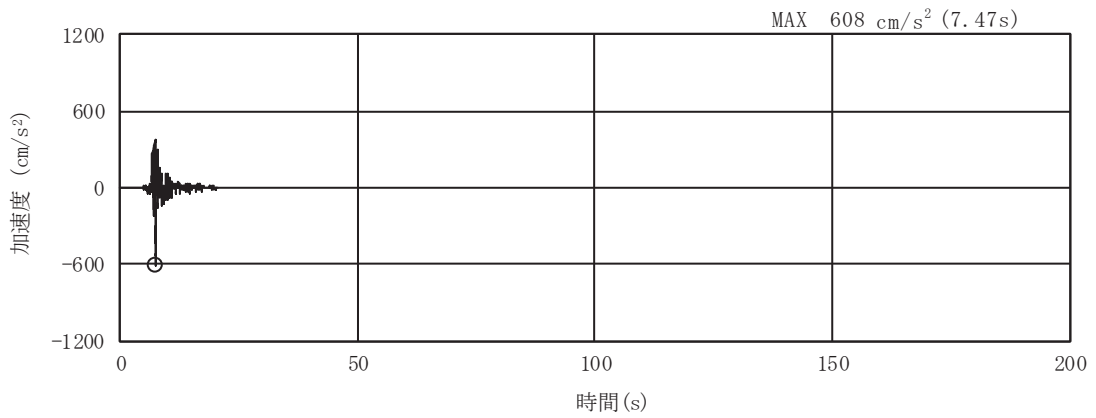


(a) 加速度時刻歴波形

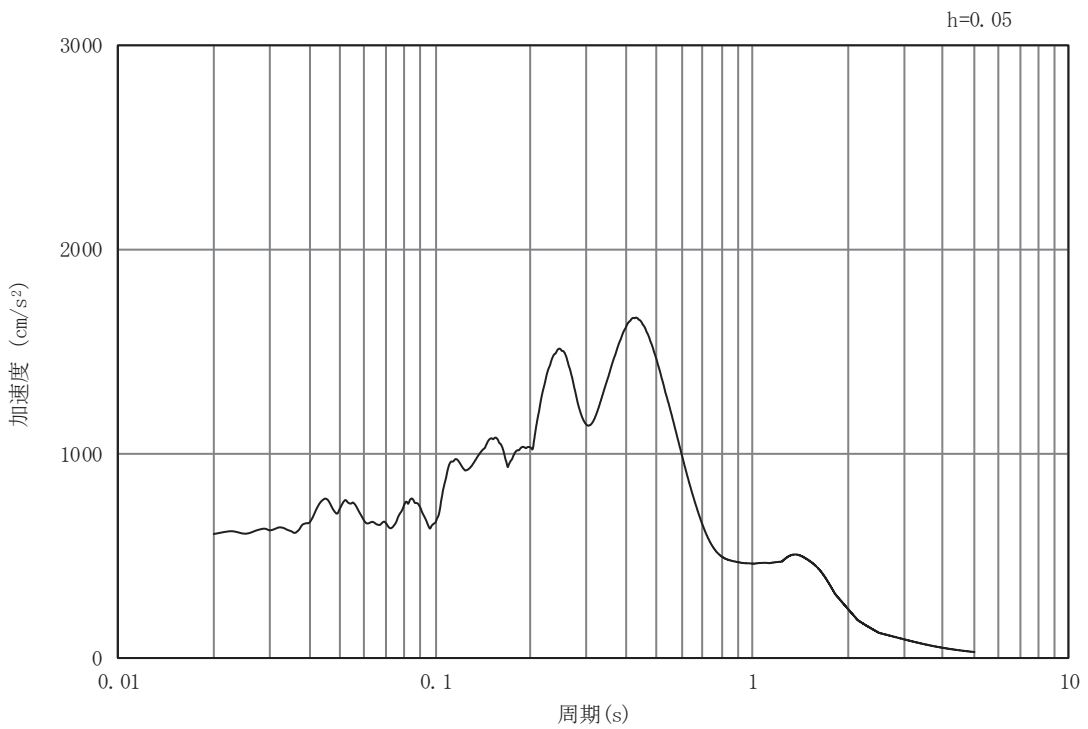


(b) 加速度応答スペクトル

図 8-4(12) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向：S s - F 3)

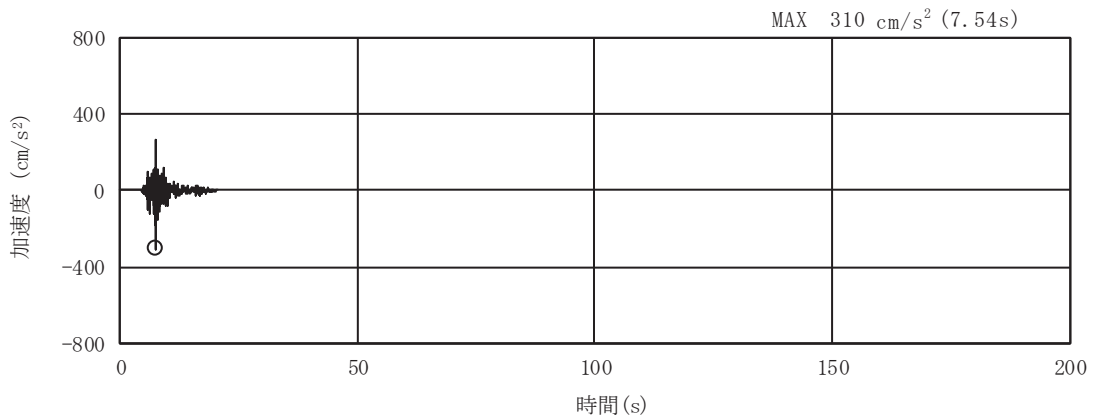


(a) 加速度時刻歴波形

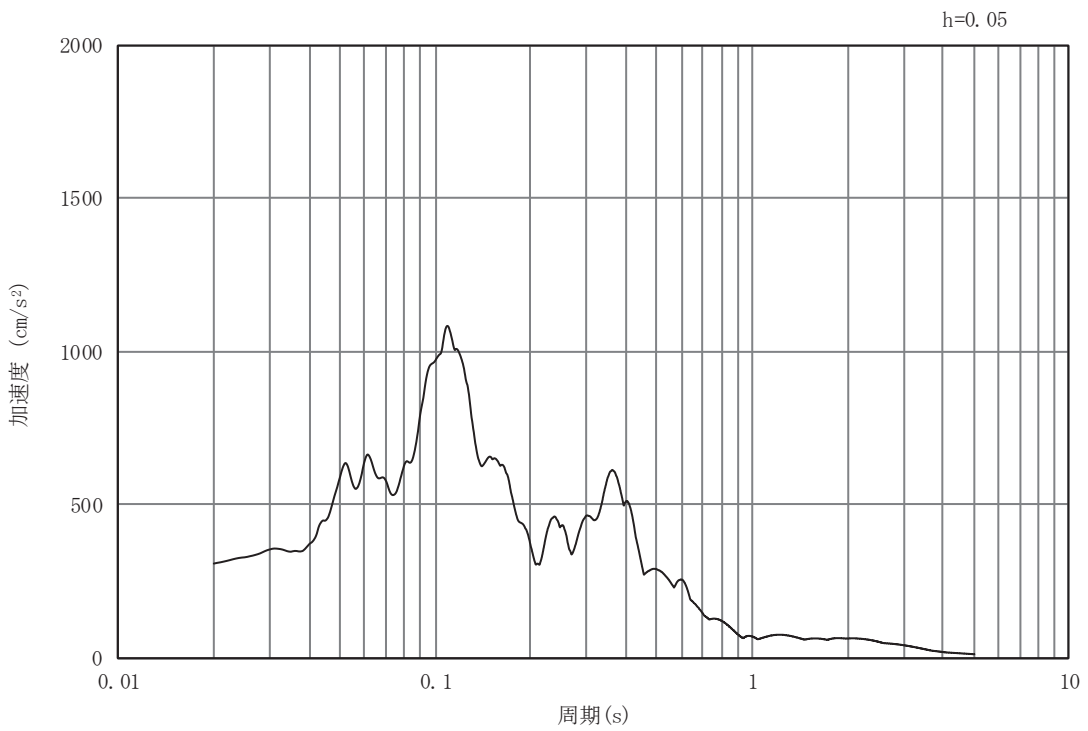


(b) 加速度応答スペクトル

図 8-4(13) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平方向：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 8-4(14) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向：S s - N 1)

8.5 解析モデル及び諸元

(1) 解析モデル

出口側集水ピットの解析モデルを図 8-5 に示す。

a. 解析領域

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影響を及ぼさないよう、十分広い領域とする。

b. 境界条件

境界条件は、解析領域の側方及び底面において半無限地盤を模擬するため、粘性境界を設ける。

c. 構造物のモデル化

出口側集水ピットは、線形はり要素（ビーム要素）及び平面応力要素でモデル化する。

なお、防潮堤（盛土堤防）のセメント改良土及び置換コンクリートは、非線形性を考慮した平面ひずみ要素（マルチスプリング要素）及び線形の平面ひずみ要素（ソリッド要素）でモデル化する。

d. 地盤のモデル化

D₁級を除く岩盤は線形の平面ひずみ要素（ソリッド要素）でモデル化する。また、一般部に分布するD₂級岩盤、改良地盤及び盛土・旧表土は地盤の非線形性を考慮するため、マルチスプリング要素でモデル化する。

e. ジョイントのモデル化

「セメント改良土・改良地盤と盛土・旧表土」、「改良地盤と岩盤」、「置換コンクリートと岩盤」、「置換コンクリートと盛土・旧表土」、「セメント改良土と改良地盤」、「改良地盤と置換コンクリート」、「出口側集水ピットとセメント改良土」及び「出口側集水ピットと置換コンクリート」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。

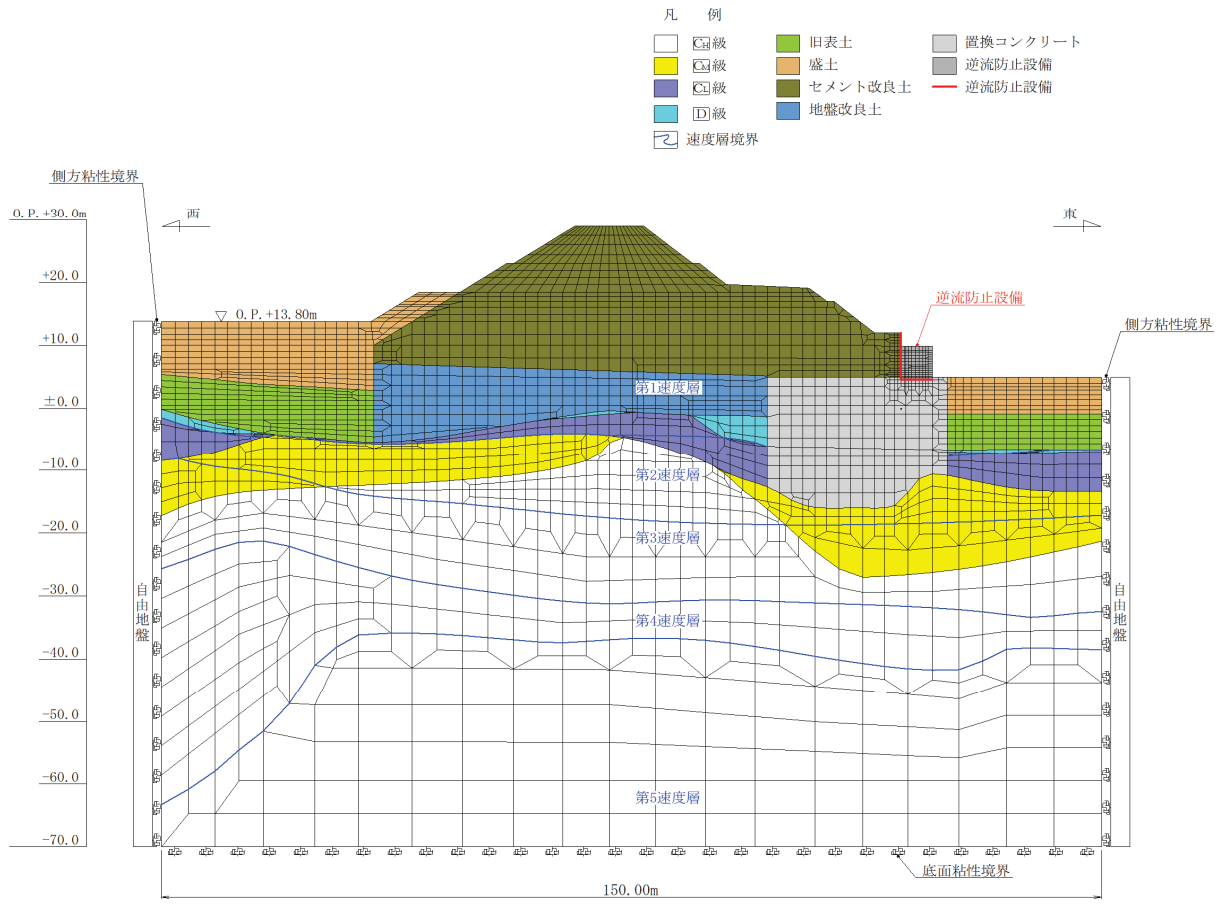


図 8-5 出口側集水ピットの解析モデル (A-A断面)

(2) 使用材料及び材料の物性値

使用材料を表 8-4 に、材料の物性値を表 8-5 に示す。なお、セメント改良土及び改良地盤の物性値は、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。

表 8-4 使用材料

諸元		
出口側集水ピット	鉄筋（主筋）	SD345
	コンクリート	設計基準強度 30 N/mm ²
防潮堤（盛土堤防）	置換コンクリート	設計基準強度 30 N/mm ²

表 8-5 材料の物性値

材料	単位体積重量 (kN/m ³)	ヤング係数 (N/mm ²)	ポアソン比
鉄筋コンクリート（出口側集水ピット）	24.0	2.80×10 ⁴	0.2
コンクリート （防潮堤（盛土堤防）：置換コンクリート）	22.5	2.80×10 ⁴	0.2

(3) 地盤の物性値

地盤の物性値は、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。

なお、有効応力解析に用いる液状化強度特性は、敷地の原地盤における代表性及び網羅性を踏まえた上で、下限値として設定する。

(4) 地下水位

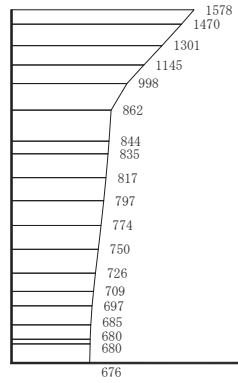
地下水位については、添付書類「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」に従って設定した設計用地下水位を図 8-2 に示す。また、設計用地下水位の一覧を表 8-6 に示す。

表 8-6 設計用地下水位の一覧

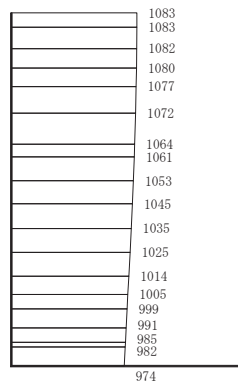
施設名称	評価対象断面	設計用地下水位
出口側集水ピット	A-A断面	地表面に設定する。

8.6 地震応答解析結果

地震応答解析で得られた各ケースの東西方向の最大加速度分布を図 8-6 に示す。



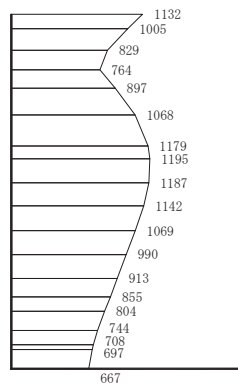
(a) S s - D 1 (++) 水平



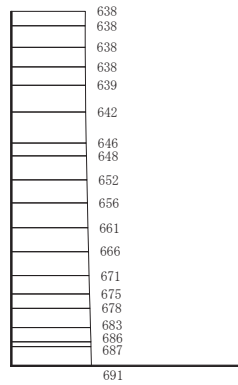
構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

(b) S s - D 1 (++) 鉛直

図 8-6(1) 最大加速度分布図
(解析ケース①)



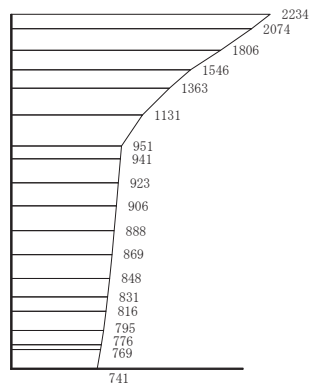
(a) S s - D 1 (- +) 水平



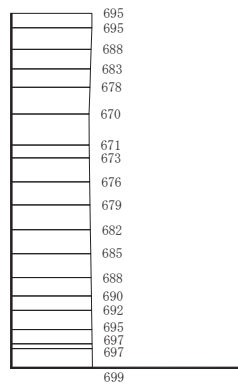
構造スケール $0 \quad \quad \quad 2$ (m) 応答値スケール $0 \quad \quad \quad 1000$ (cm/s²)

(b) S s - D 1 (- +) 鉛直

図 8-6(2) 最大加速度分布図
(解析ケース①)



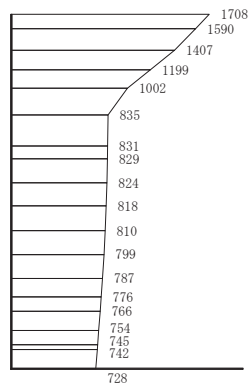
(a) S s - D 2 (++) 水平



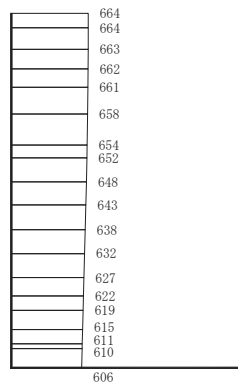
構造スケール $0 \quad \quad \quad 2$ (m) 応答値スケール $0 \quad \quad \quad 1000$ (cm/s²)

(b) S s - D 2 (++) 鉛直

図 8-6(3) 最大加速度分布図
(解析ケース①)



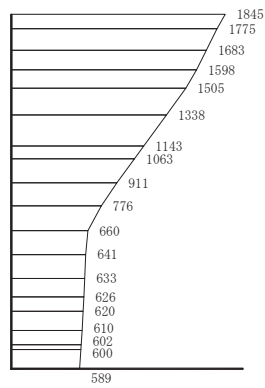
(a) $S_s - D 2$ (- +) 水平



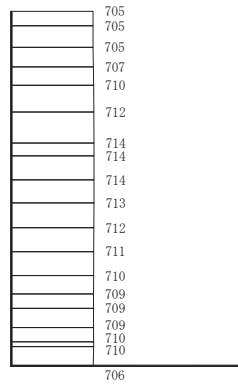
(b) $S_s - D 2$ (- +) 鉛直

構造スケール $0 \quad \quad \quad 2$ (m) 応答値スケール $0 \quad \quad \quad 1000$ (cm/s²)

図 8-6(4) 最大加速度分布図
(解析ケース①)



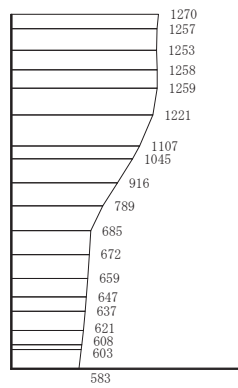
(a) S s - D 3 (++) 水平



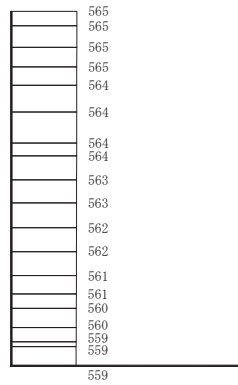
構造スケール $0 \quad \quad \quad 2$ (m) 応答値スケール $0 \quad \quad \quad 1000$ (cm/s²)

(b) S s - D 3 (++) 鉛直

図 8-6(5) 最大加速度分布図
(解析ケース①)



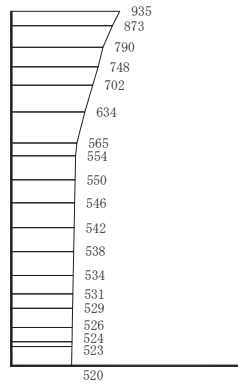
(a) S s - D 3 (- +) 水平



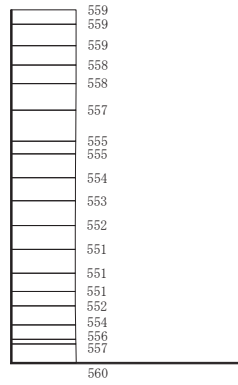
構造スケール $0 \quad \quad \quad 2$ (m) 応答値スケール $0 \quad \quad \quad 1000$ (cm/s²)

(b) S s - D 3 (- +) 鉛直

図 8-6(6) 最大加速度分布図
(解析ケース①)



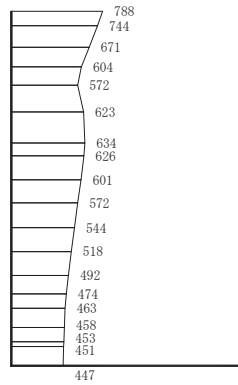
(a) $S_s - F 1$ (++) 水平



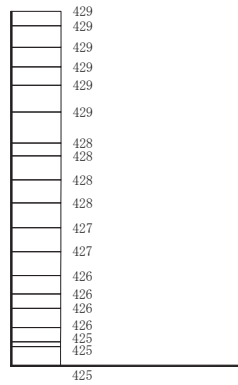
構造スケール $0 \quad \quad \quad 2$ (m) 応答値スケール $0 \quad \quad \quad 1000$ (cm/s^2)

(b) $S_s - F 1$ (++) 鉛直

図 8-6(7) 最大加速度分布図
(解析ケース①)



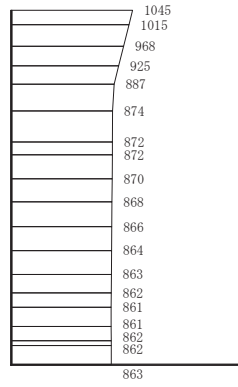
(a) $S_s - F 1$ (- +) 水平



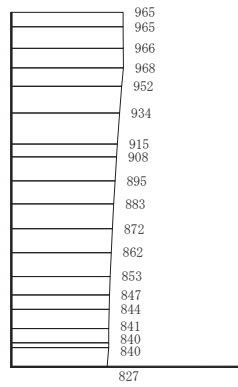
構造スケール $0 \quad \quad \quad 2$ (m) 応答値スケール $0 \quad \quad \quad 1000$ (cm/s²)

(b) $S_s - F 1$ (- +) 鉛直

図 8-6(8) 最大加速度分布図
(解析ケース①)



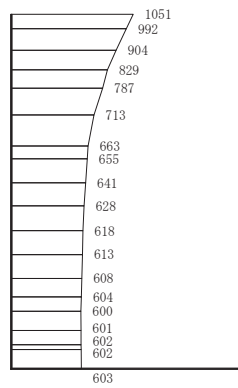
(a) S s - F 2 (++) 水平



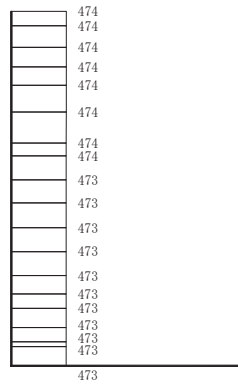
構造スケール $0 \quad \quad \quad 2$ (m) 応答値スケール $0 \quad \quad \quad 1000$ (cm/s²)

(b) S s - F 2 (++) 鉛直

図 8-6(9) 最大加速度分布図
(解析ケース①)



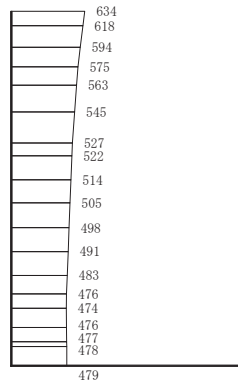
(a) $S_s - F 2 (-+)$ 水平



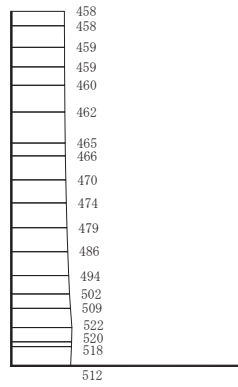
構造スケール $0 \quad \quad \quad 2$ (m) 応答値スケール $0 \quad \quad \quad 1000$ (cm/s²)

(b) $S_s - F 2 (-+)$ 鉛直

図 8-6(10) 最大加速度分布図
(解析ケース①)



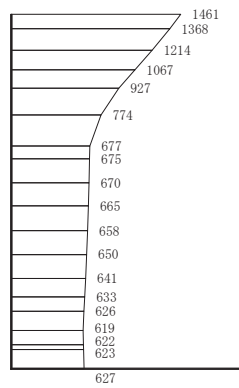
(a) S s - F 3 (++) 水平



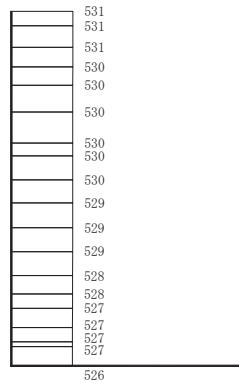
構造スケール $0 \quad \quad \quad 2$ (m) 応答値スケール $0 \quad \quad \quad 1000$ (cm/s²)

(b) S s - F 3 (++) 鉛直

図 8-6(11) 最大加速度分布図
(解析ケース①)



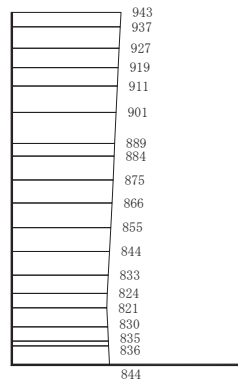
(a) S s - F 3 (-+) 水平



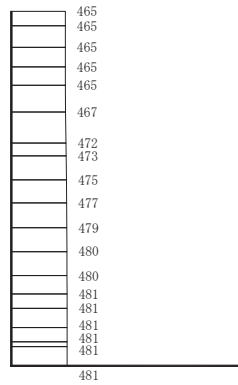
構造スケール $0 \quad \quad \quad 2$ (m) 応答値スケール $0 \quad \quad \quad 1000$ (cm/s²)

(b) S s - F 3 (-+) 鉛直

図 8-6(12) 最大加速度分布図
(解析ケース①)



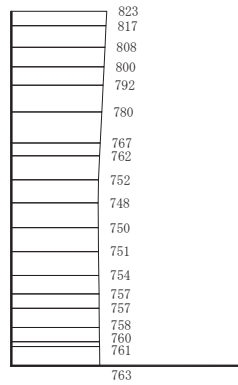
(a) $S_s - N 1$ (++) 水平



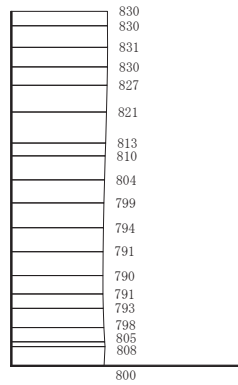
構造スケール $0 \quad \quad \quad 2$ (m) 応答値スケール $0 \quad \quad \quad 1000$ (cm/s^2)

(b) $S_s - N 1$ (++) 鉛直

図 8-6(13) 最大加速度分布図
(解析ケース①)



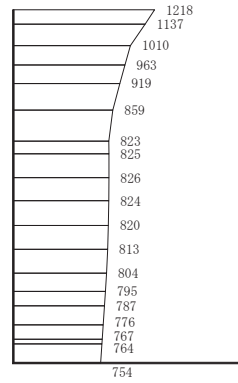
(a) S s - N 1 (- +) 水平



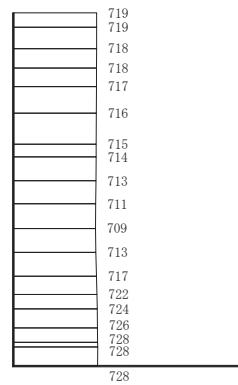
構造スケール $0 \quad \quad \quad 2$ (m) 応答値スケール $0 \quad \quad \quad 1000$ (cm/s²)

(b) S s - N 1 (- +) 鉛直

図 8-6(14) 最大加速度分布図
(解析ケース①)



(a) S s - D 2 (- +) 水平

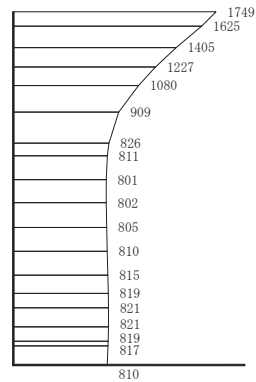


(b) S s - D 2 (- +) 鉛直

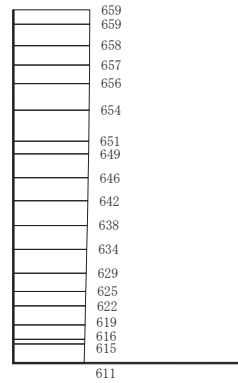
構造スケール $0 \quad \quad \quad 2$ (m) 応答値スケール $0 \quad \quad \quad 1000$ (cm/s²)

図 8-6(15) 最大加速度分布図

(解析ケース②：地盤物性のばらつき (+1σ) を考慮した解析ケース)



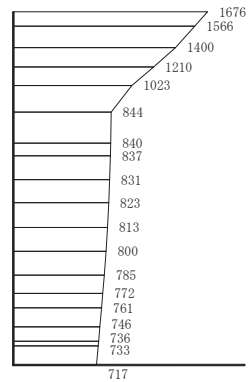
(a) S s - D 2 (- +) 水平



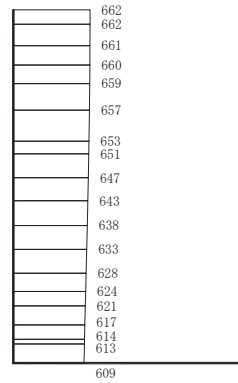
構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

(b) S s - D 2 (- +) 鉛直

図 8-6(16) 最大加速度分布図
 (解析ケース③：地盤物性のばらつき (-1σ) を考慮した解析ケース)



(a) S s - D 2 (- +) 水平



構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

(b) S s - D 2 (- +) 鉛直

図 8-6(17) 最大加速度分布図

(解析ケース④：材料物性（コンクリート）に実強度を考慮した解析ケース)

9. 三次元構造解析

9.1 評価対象部材

三次元構造解析の評価対象部材は、出口側集水ピットを構成する構造部材である側壁（北壁、南壁及び西壁）及び底版とする。

図 9-1 に評価対象部材を示す。

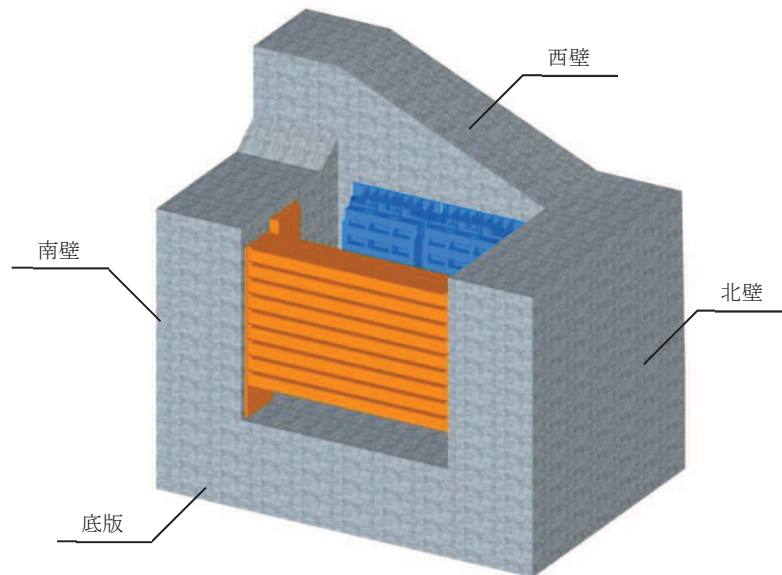


図 9-1 三次元構造解析の評価対象部材

9.2 解析方法

出口側集水ピットの三次元構造解析は、「8. 地震応答解析」に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「SLAP ver6.64」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。

9.3 解析モデル及び諸元

(1) 解析モデル

出口側集水ピットの解析モデルを図 9-2 に、要素分割図を図 9-3 に示す。

a. 構造物のモデル化

構造物は、線形シェル要素でモデル化する。

b. 境界条件

構造物と周辺地盤には、境界条件としての地盤ばねを配置する。地盤ばねは節点ばねとする。

地盤ばねは、常時解析においては「道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編」に基づき設定する。

地震時解析においては、支持地盤は、地盤と構造物底面の剥離を考慮できる非線形ばねでモデル化し、「田治見の振動アドミッタンス理論」に基づき設定する。側方地盤は、弾性ばねでモデル化し、北壁及び南壁の法線方向に取り付け、「道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編」に基づき設定する。

支持地盤は、地盤と構造物底面の剥離を考慮できる非線形ばねでモデル化し、「田治見の振動アドミッタンス理論」に基づき設定する。また、側方地盤は、弾性ばねでモデル化し、北壁及び南壁の法線方向に取り付け、「道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編」に基づき設定する。

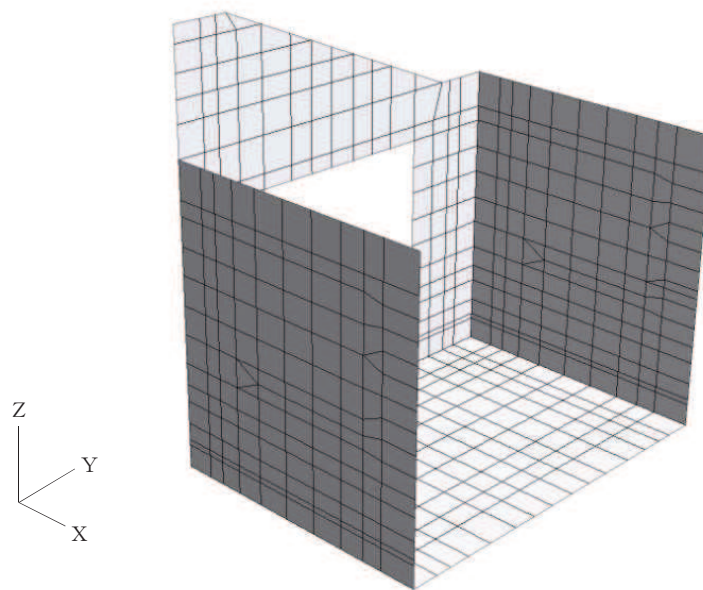
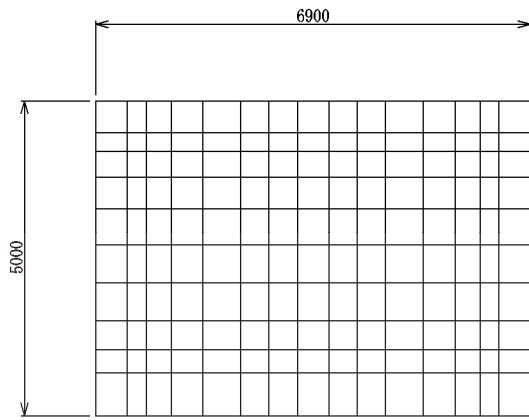
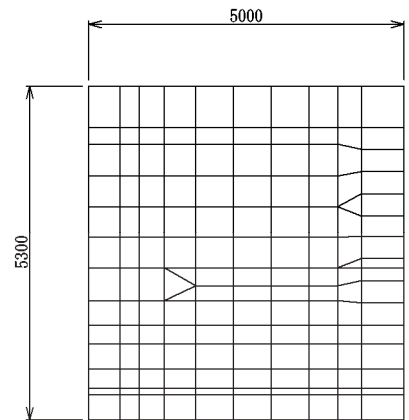


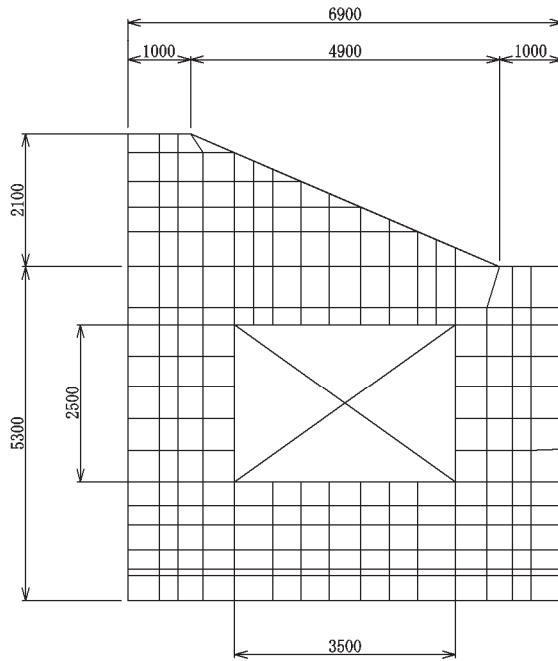
図 9-2 出口側集水ピットの解析モデル



(a) 底版



(b) 南壁及び北壁



(c) 西壁

図 9-3 要素分割図

(2) 使用材料及び材料の物性値

出口側集水ピットの使用材料及び材料の物性値は、「8.5(2) 使用材料及び材料の物性値」と同様である。

9.4 照査時刻及び入力荷重

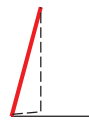

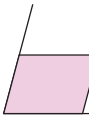
(1) 照査時刻

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、損傷モード毎及び部材毎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 9-1 に照査時刻の選定の考え方を示す。

照査値が最大となる曲げ・軸力系の破壊に対する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 9-4、照査値最大時刻震度分布図を図 9-5 に示す。

表 9-1 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)		構造物の上面と下面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)		総水平荷重が最大となる時刻
時刻 3 (時刻 1)	せん断破壊 (面内)	壁 (面内)		面部材の層間変位が最大となる時刻

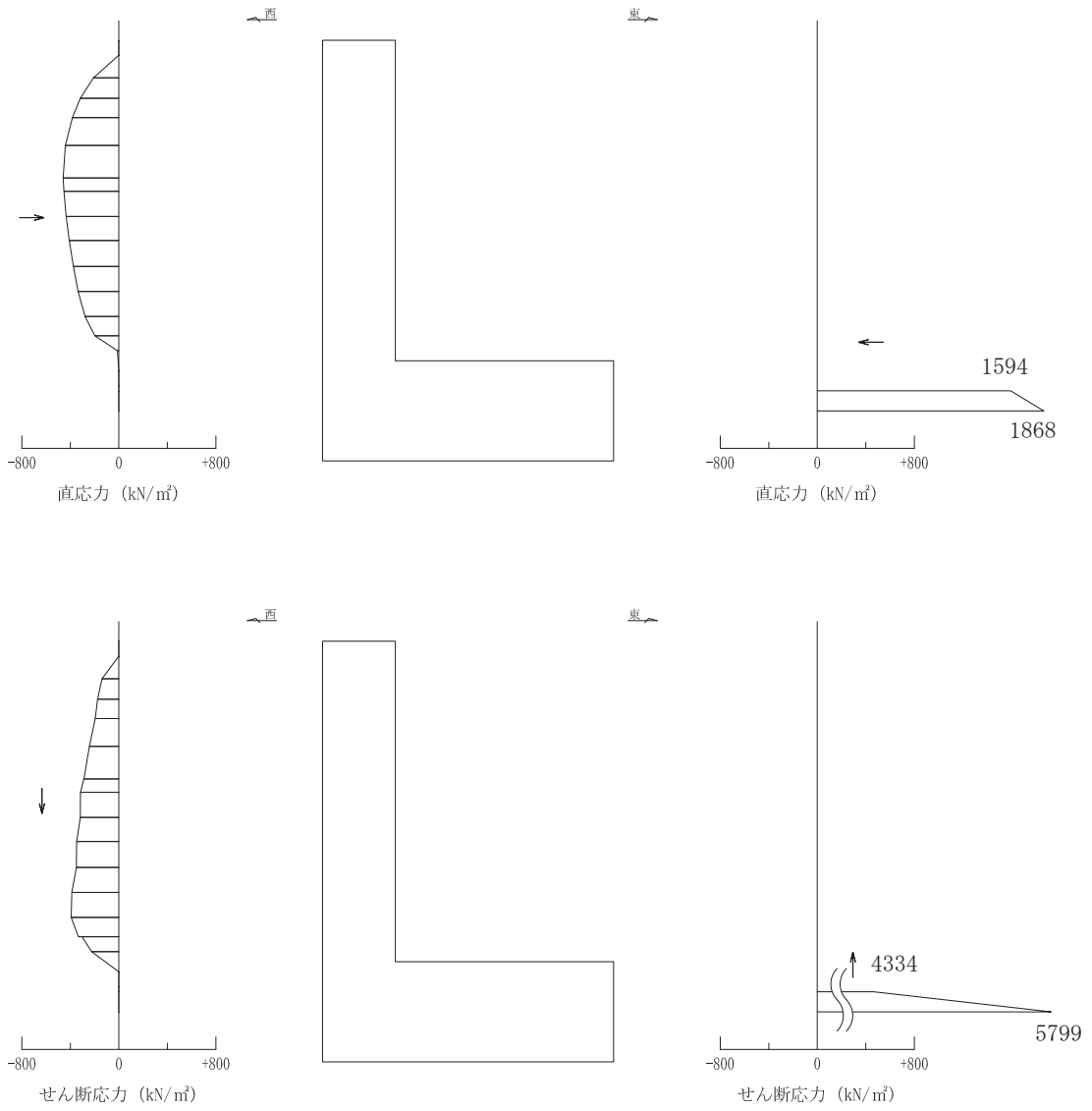
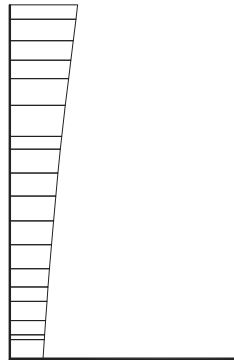


図 9-4 作用荷重分布図 (直応力及びせん断応力)
(解析ケース③, S s - D 2 (-+))

構造スケール 0 2 (m) 設計震度スケール 0 1.0

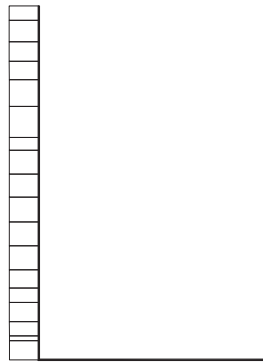
← 設計震度 ← 設計震度 →



設計水平震度

構造スケール 0 2 (m) 設計震度スケール 0 1.0

← 設計震度 ↓ 設計震度 ↑



設計鉛直震度

図 9-5 照査値最大時刻震度分布図
(解析ケース③, S s - D 2 (-+))

(2) 入力荷重

三次元構造解析の入力荷重は、二次元動的解析に基づく「9.4(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 9-2 に示す。

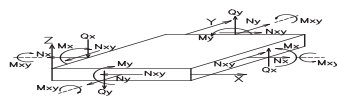
表9-2 三次元構造解析における入力荷重

区分	種別	考慮する荷重
常時 荷重	固定荷重	躯体自重
	積載荷重	機器・配管荷重
	常時土圧	躯体側面に作用する常時土圧
	常時水圧	躯体側面に作用する常時水圧
地震時 荷重	慣性力	躯体に作用する慣性力
	地震時土圧	躯体側面に作用する地震時土圧
	地震時水圧	躯体側面に作用する地震時水圧

9.5 三次元構造解析結果

シェル要素における応答断面力は図 9-6 に示す 8 成分を算出する。なお、プログラム上、断面力の出力が下記と異なる場合は、下記の断面力の向きに変換して取り扱う。

三次元構造解析に基づく構造部材の曲げ・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断面力分布を図 9-7～図 9-11 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 9-12、図 9-13 に示す。



- M_x, M_y : 曲げモーメント
- Q_x, Q_y : 面外せん断力
- N_x, N_y : 軸方向力
- N_{xy} : 面内せん断力
- M_{xy} : ねじりモーメント

図 9-6 シェル要素における応答断面力

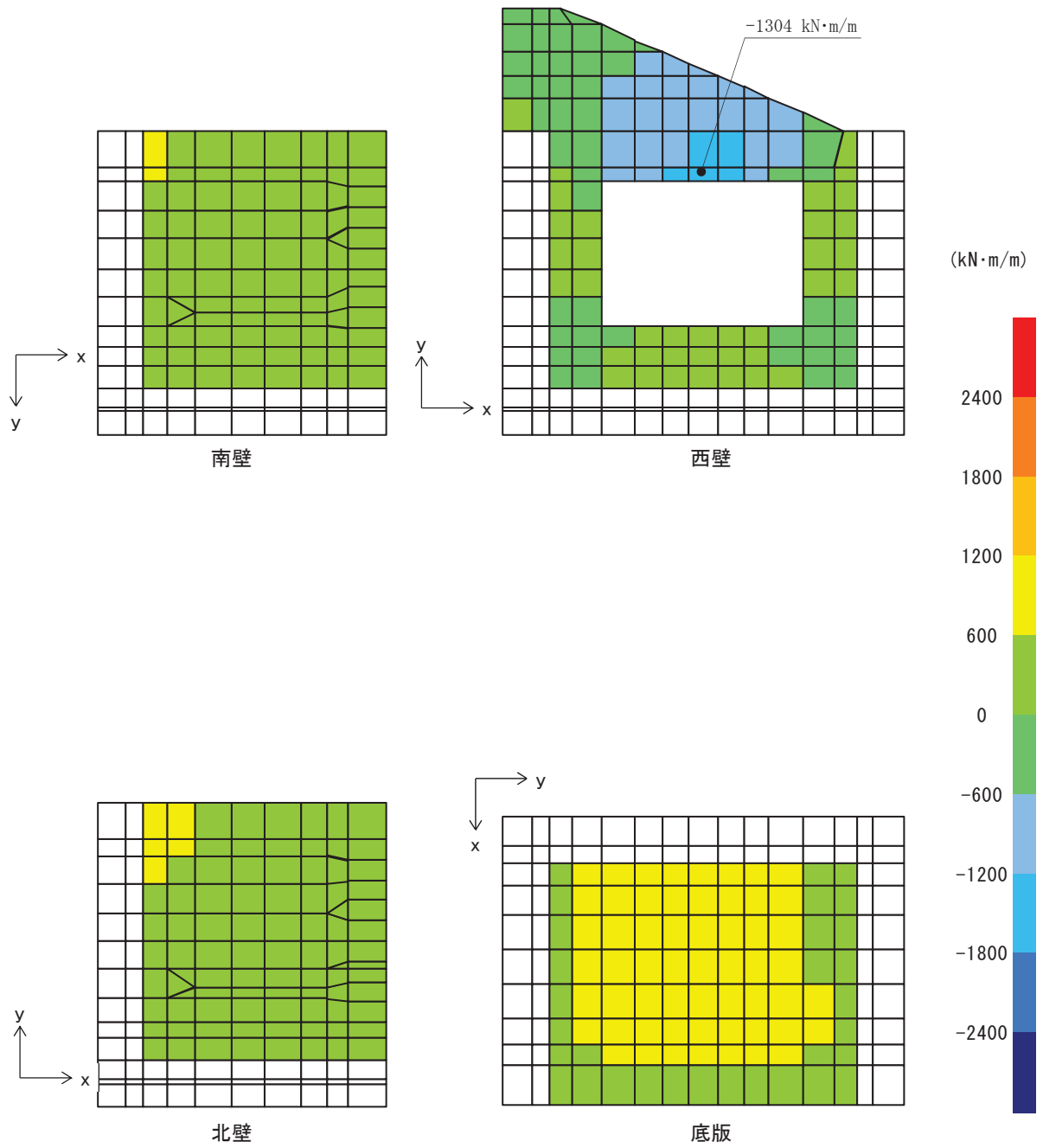


図 9-7 曲げ・軸力系の破壊に対する照査値最大時の断面力分布図
 (曲げモーメント($\text{kN}\cdot\text{m}/\text{m}$) : M_x)
 (西壁, 解析ケース③, $S_s - D 2 (-+)$)

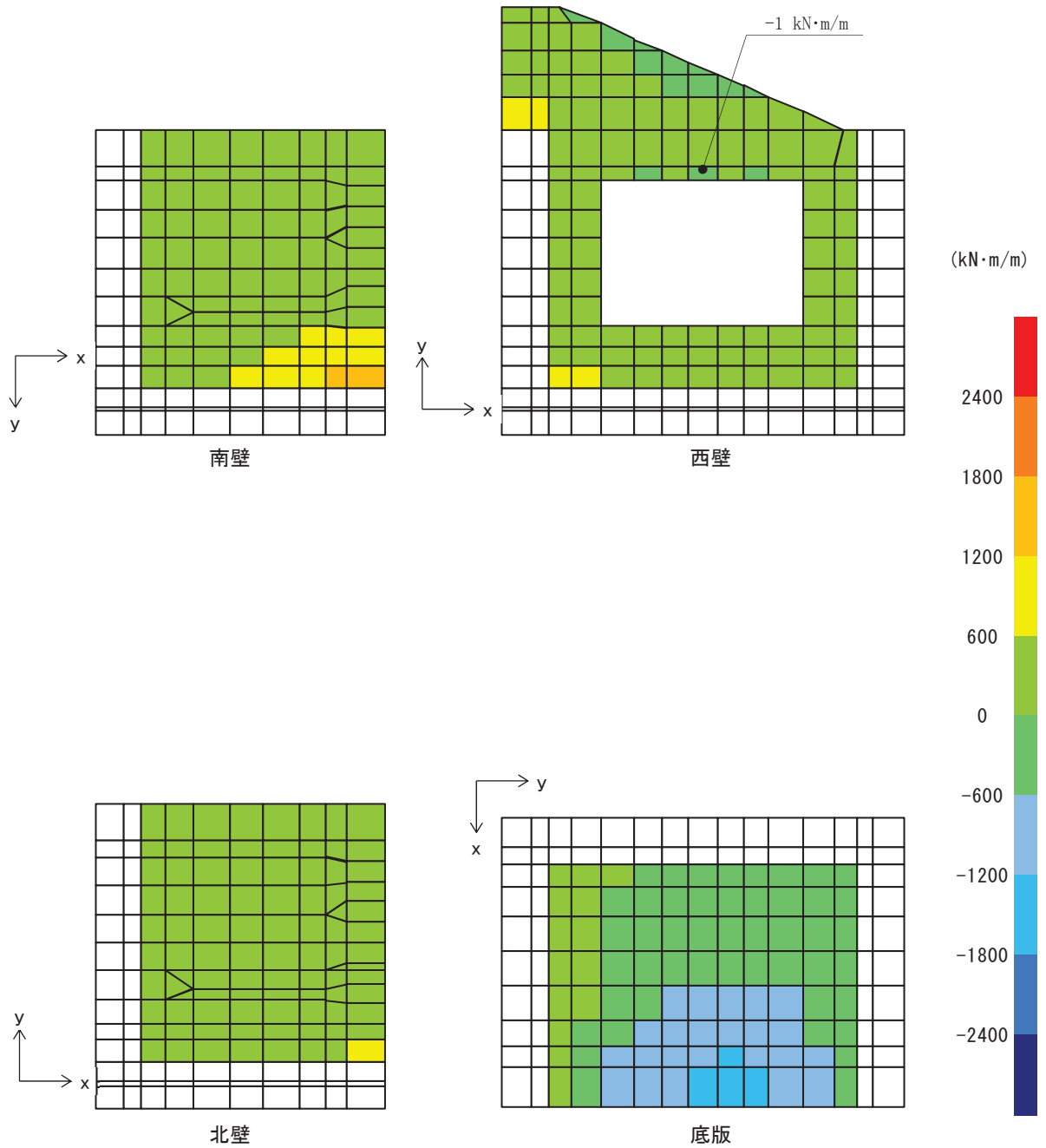


図 9-8 曲げ・軸力系の破壊に対する照査値最大時の断面力分布図

(曲げモーメント($\text{kN}\cdot\text{m}/\text{m}$) : M_y)

(西壁, 解析ケース③, $S_s - D 2 (-+)$)

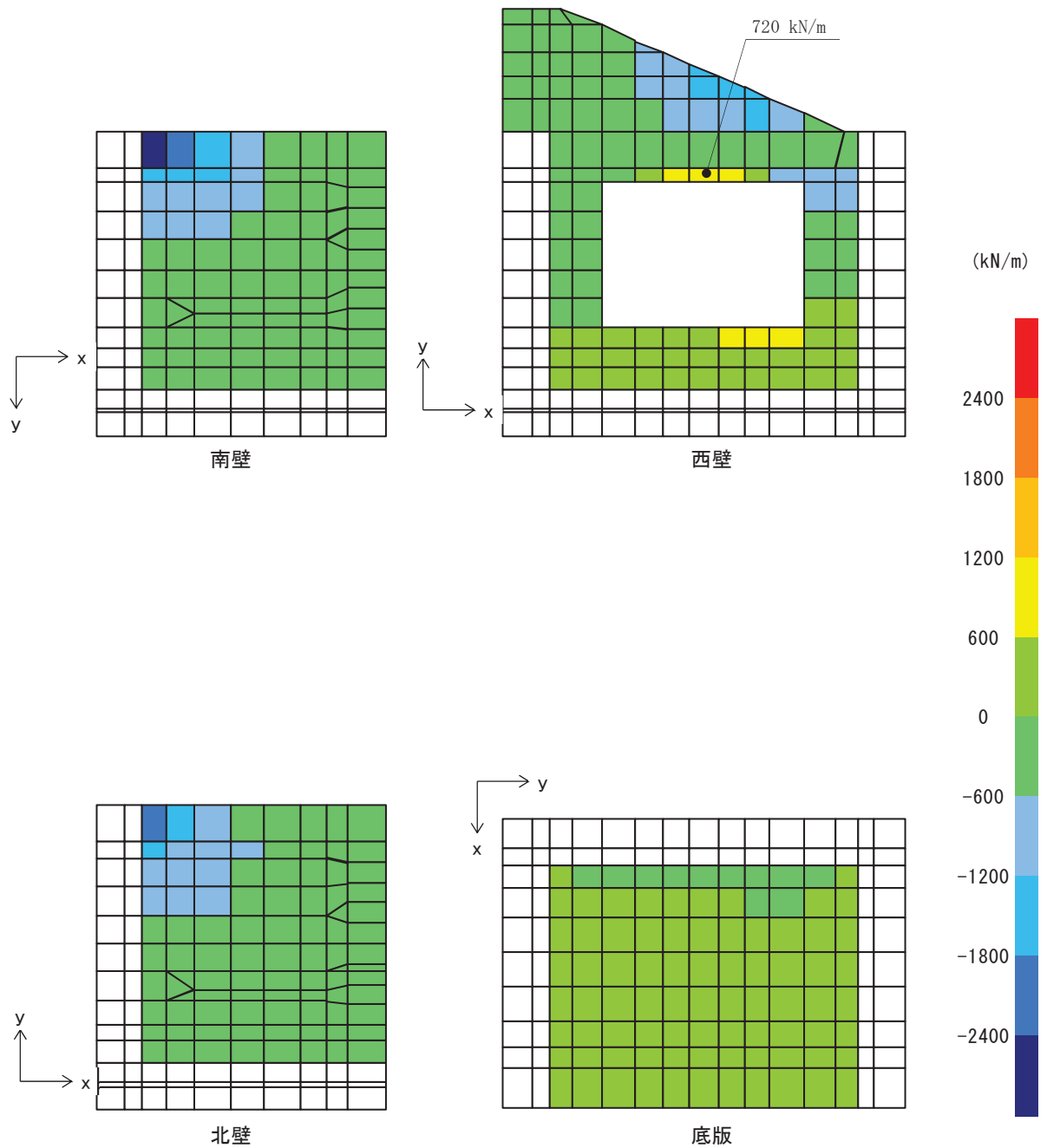


図 9-9 曲げ・軸力系の破壊に対する照査値最大時の断面力分布図

(軸力 (kN/m) : N_x)

(西壁, 解析ケース③, $S_s - D 2 (-+)$)

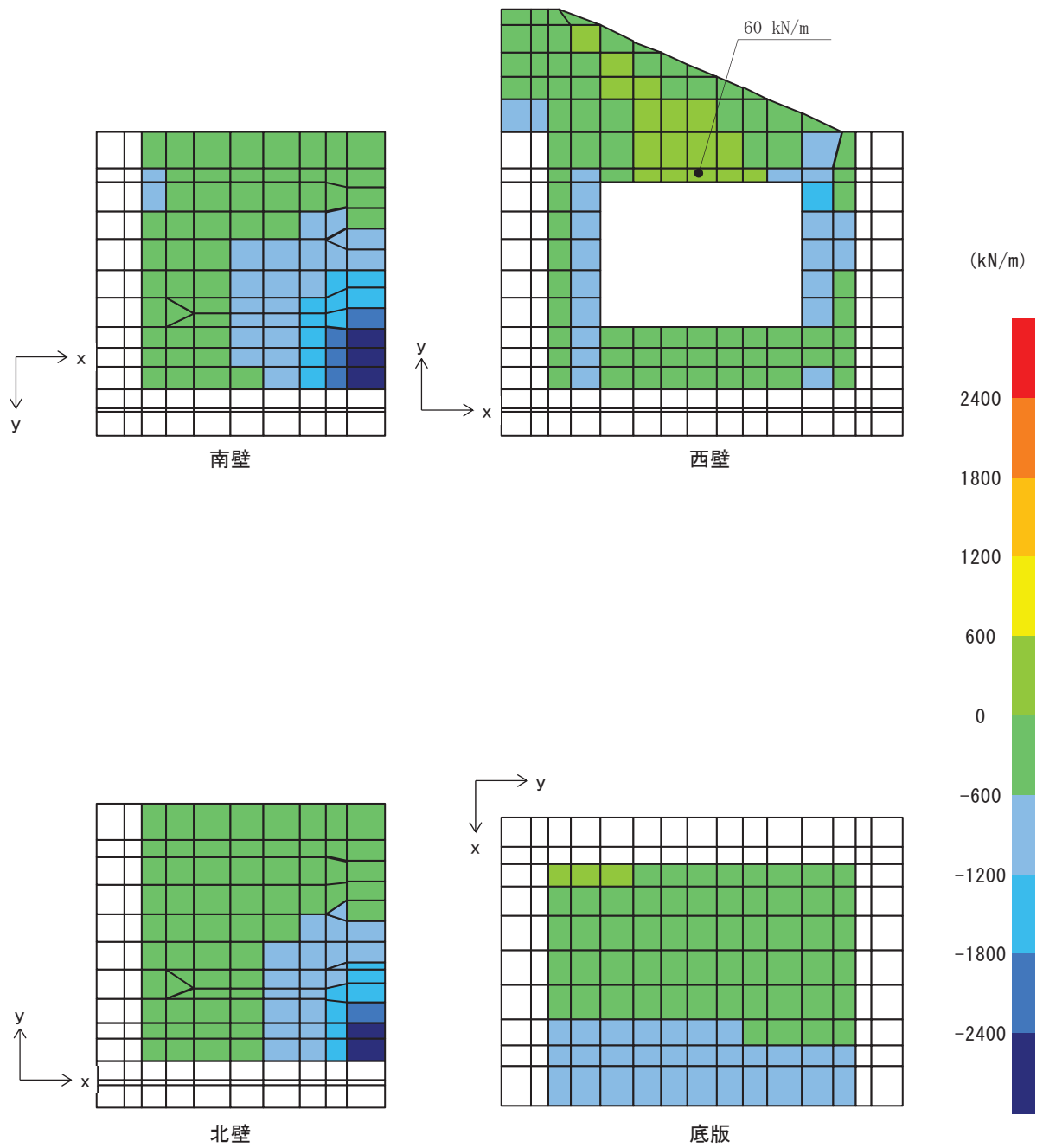


図 9-10 曲げ・軸力系の破壊に対する照査値最大時の断面力分布図

(軸力 (kN/m) : N_y)

(西壁, 解析ケース③, $S_s - D 2 (-+)$)

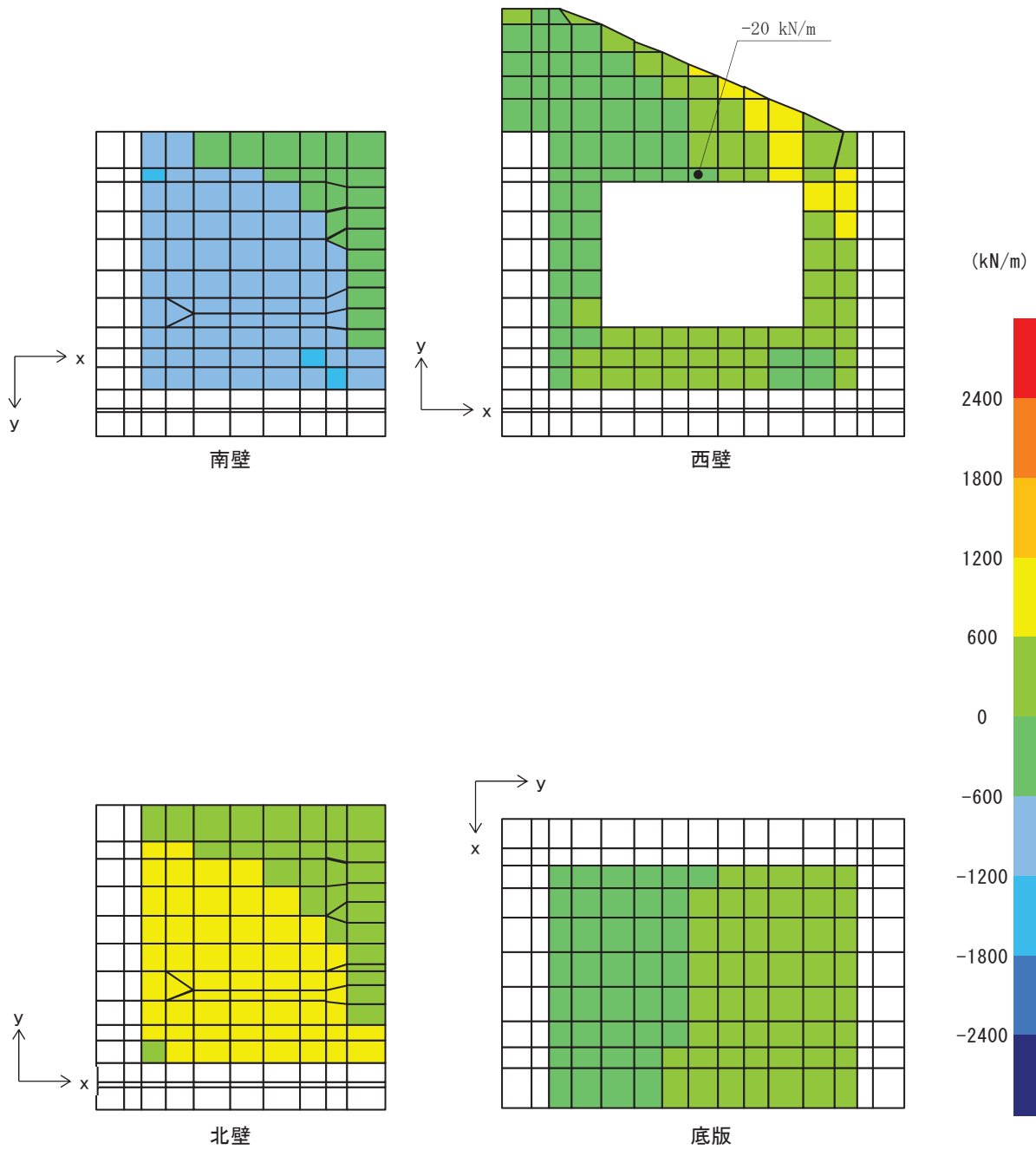


図 9-11 曲げ・軸力系の破壊に対する照査値最大時の断面力分布図

(面内せん断力 $(\text{kN/m}) : N_{xy}$)

(西壁, 解析ケース③, $S_s - D 2 (-+)$)

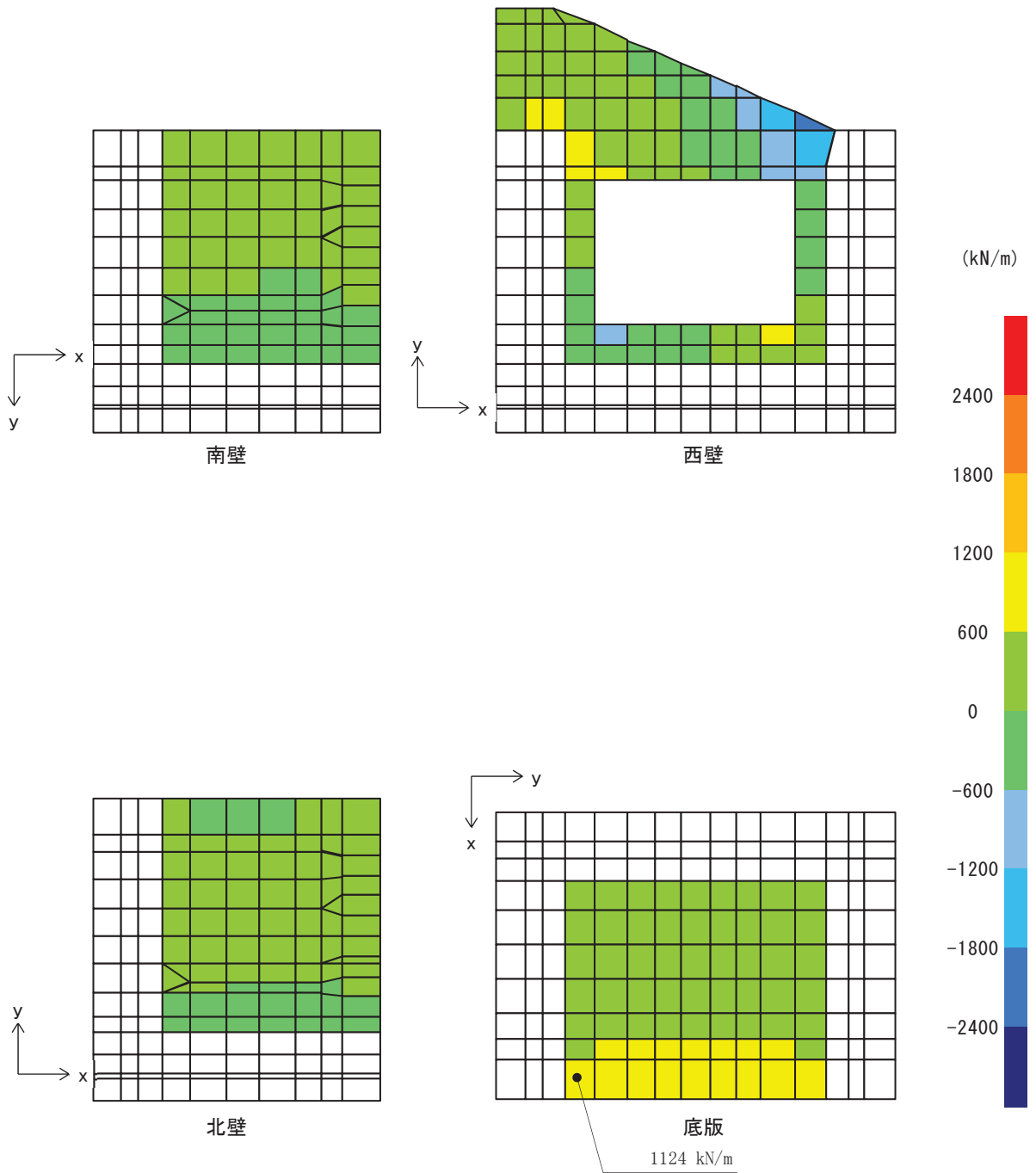


図 9-12 せん断破壊に対する照査値最大時の断面力分布図

(せん断力 (kN/m) : Q_x)

(底版, 解析ケース③, $S_s - D 2$ (-+))

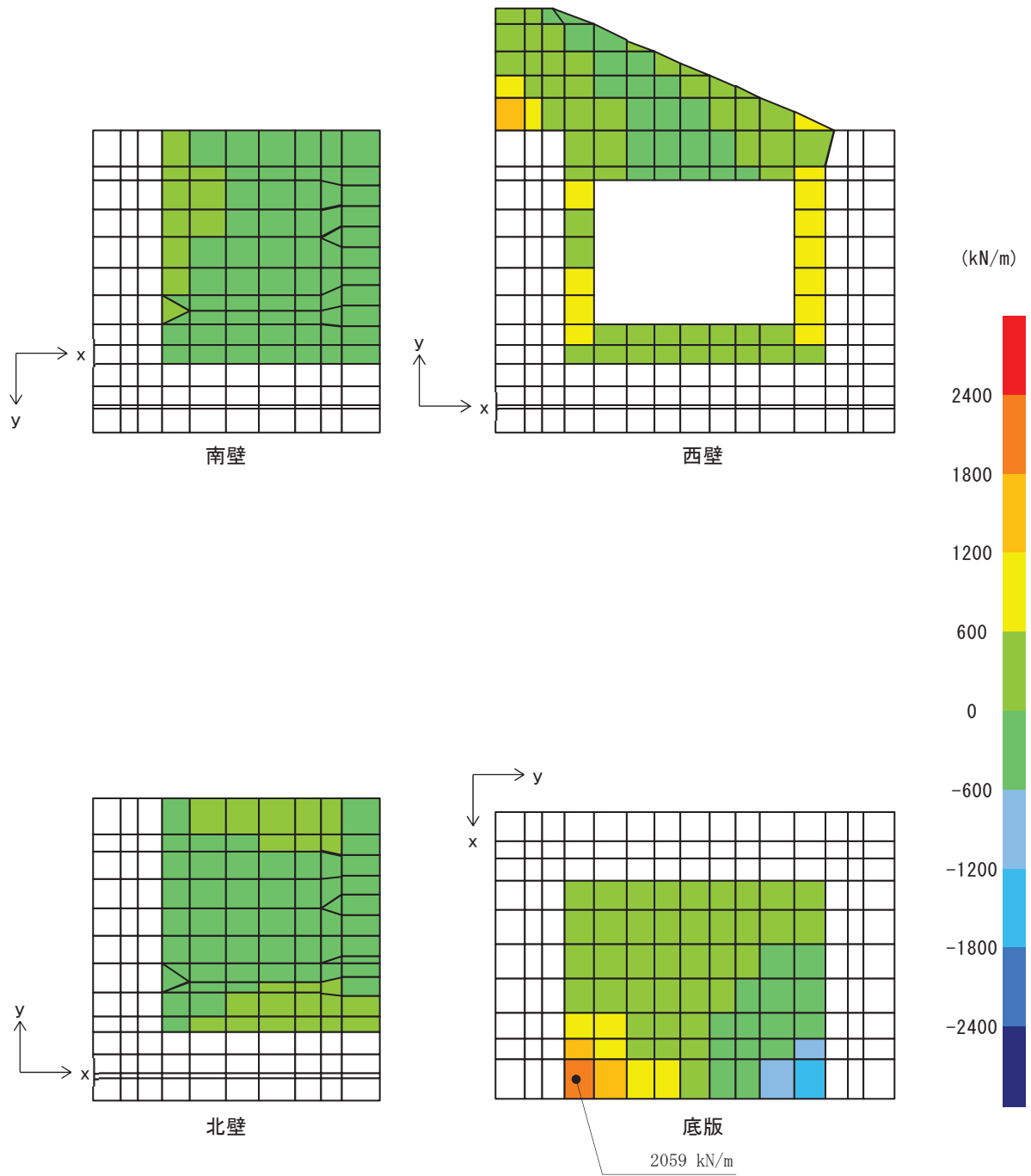


図 9-13 せん断破壊に対する照査値最大時の断面力分布図

(せん断力 (kN/m) : Q_y)

(底版, 解析ケース③, $S_s - D 2 (-+)$)

10. 耐震評価

10.1 許容限界

10.1.1 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及び屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）を支持する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）の曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界は、短期許容応力度とする。コンクリート及び鉄筋の許容応力度を表 10-1 及び表 10-2 に示す。

なお、西壁に屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）を支持する機能を要求されるが、短期許容応力度により照査を行うため、構造強度を有することの確認と許容限界が同一となることから、全部材に対して構造強度を有することを確認することで、支持する機能を損なわないことの確認も同時に行う。

表 10-1 コンクリートの許容応力度及び短期許容応力度

設計基準強度	許容応力度 (N/mm ²)		短期許容応力度* (N/mm ²)
	f' ck=30.0(N/mm ²)	許容曲げ圧縮応力度 σ'_{ca}	11.0
許容せん断応力度 τ_{al}		0.5	0.75

注記*：コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（土木学会，2002年制定）により地震時の割り増し係数として1.5を考慮する。

表 10-2 鉄筋の許容応力度及び短期許容応力度

鉄筋の種類	許容応力度 (N/mm ²)		短期許容応力度* (N/mm ²)
	SD345	許容引張応力度 σ_{sa}	196

注記*：コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（土木学会，2002年制定）により地震時の割り増し係数として1.5を考慮する。

(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及び屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）を支持する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、表 10-1 及び表 10-2 に示すコンクリートと鉄筋の短期許容応力度から算定した短期許容せん断力とする。なお、曲げ・軸力系の破壊に対する照査において、面内せん断力を軸力として考慮していることから、壁部材の面内せん断（層間変形角）に対しては、曲げ・軸力系の破壊に対する照査において併せて確認している。

10.2 評価方法

出口側集水ピットの耐震評価は，地震応答解析により得られた応答値から，三次元構造解析モデルへ入力する荷重を算定する。

構造部材の健全性評価については，三次元構造解析により算定した照査用応答値が，「10.1 許容限界」に示す許容限界以下であることを確認する。

11. 評価結果

11.1 構造部材の健全性に対する評価結果

断面計算に用いた断面諸元を表 11-1 に示す。

構造部材の曲げ・軸力系の破壊に対する各評価位置での最大照査値を表 11-2 及び表 11-3 に、せん断破壊に対する各評価位置での最大照査値を表 11-4 に示す。また、出口側集水ピットの評価位置を図 11-1 に示す。

出口側集水ピットの構造部材の発生応力度及び発生せん断力が許容限界以下であることを確認した。

表 11-1 鉄筋コンクリート断面諸元

部材	部材厚 (mm)	X方向 (EW 方向・水平方向)		Y方向 (NS 方向・鉛直方向)	
		配置鉄筋*1	芯かぶり*2 (mm)	配置鉄筋*1	芯かぶり*2 (mm)
底版	2000	D41@175 (上側) D41@175 (下側)	200	D41@175 (上側) D41@175 (下側)	200
南北壁	2000	D41@175 (外側) D41@175 (内側)	200	D41@175 (外側) D41@175 (内側)	200
西壁	2000	D41@175 (外側) D41@175 (内側)	200	D41@175 (外側) D41@175 (内側)	200

注記 *1：特記のない場合、上縁・下縁の配筋は同配筋とする。

*2：実配筋は、格子鉄筋となるため、2方向の芯かぶりは鉄筋径分異なるが、保守的に有効高さが小さくなる側の芯かぶりを2方向に適用する

表 11-2 曲げ・軸力系の破壊に対する照査（コンクリート）

評価位置		解析 ケース	地震動	曲げモー メント (kN・m/m)	軸力 (kN/m)	発生 応力度 σ'_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ'_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ'_c / σ'_{ca}
底版	1	③	S _s -D2 (-+)	-1283	-1051	2.7	16.5	0.17
南壁	2	③	S _s -D2 (-+)	1366	-4646	3.8	16.5	0.24
西壁	3	③	S _s -D2 (-+)	-1206	-363	2.5	16.5	0.16
北壁	4	③	S _s -D2 (-+)	667	-4029	2.7	16.5	0.17

表 11-3 曲げ・軸力系の破壊に対する照査（鉄筋）

評価位置		解析 ケース	地震動	曲げモー メント (kN・m/m)	軸力 (kN/m)	発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
底版	1	③	S _s -D2 (-+)	594	824	102.2	294	0.35
南壁	2	③	S _s -D2 (-+)	624	420	77.2	294	0.27
西壁	3	③	S _s -D2 (-+)	-1304	740	152.2	294	0.52
北壁	4	①	S _s -N1 (++)	102	803	60.8	294	0.21

表 11-4 せん断破壊に対する照査

評価位置		解析 ケース	地震動	発生 せん断力 V (kN/m)	短期許容 せん断力 V _a (kN/m)	照査値 V/V _a
底版	1	③	S _s -D2 (-+)	2060	3495	0.59
南壁	2	③	S _s -D2 (-+)	570	3495	0.17
西壁	3	③	S _s -D2 (-+)	1807	3495	0.52
北壁	4	③	S _s -D2 (-+)	251	3495	0.08

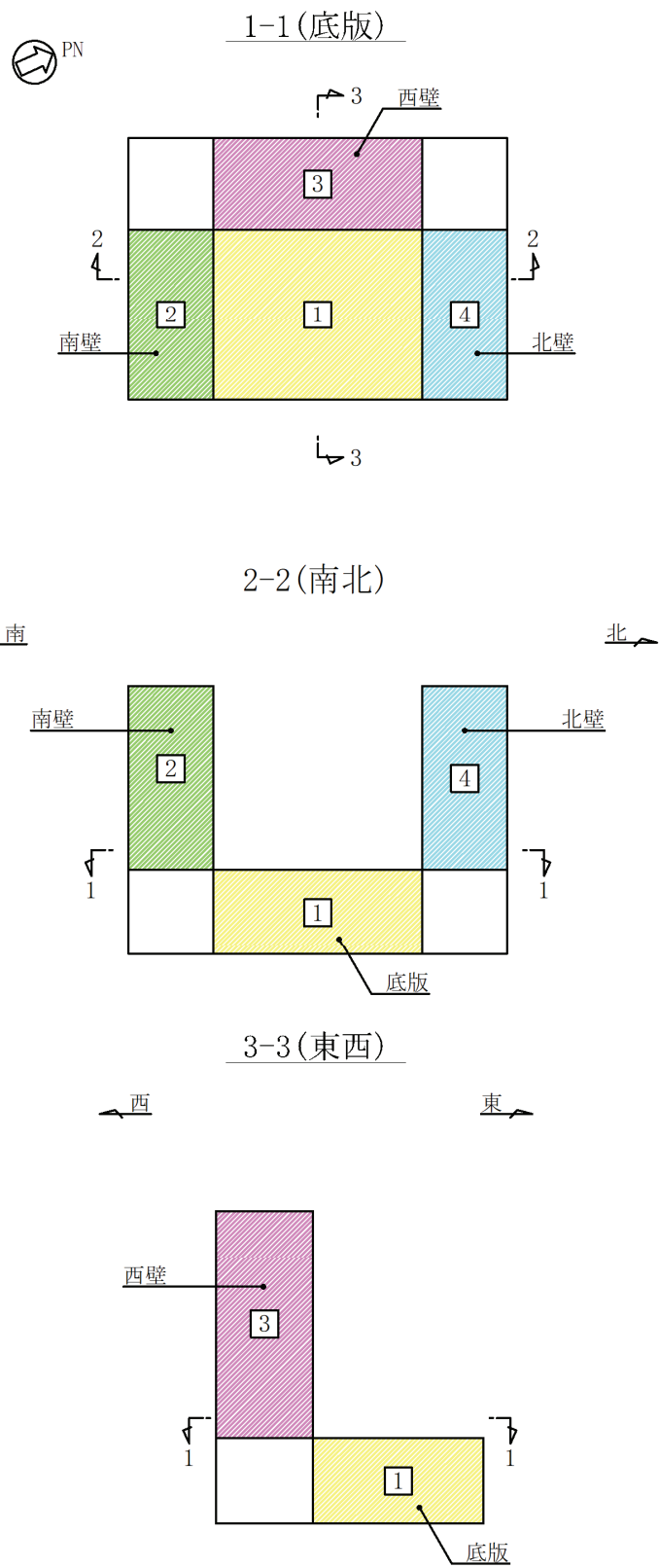


图 11-1 評価位置図

VI-2-10-2-6-2 補機冷却海水系放水路逆流防止設備の
耐震性についての計算書

目次

1.	概要	1
2.	一般事項	2
2.1	配置概要	2
2.2	構造計画	3
2.3	評価方針	4
2.4	適用基準	5
2.5	記号の説明	6
3.	評価部位	8
4.	固有周期	9
4.1	固有周期の計算方法	9
4.1.1	解析モデル	9
4.1.2	固有周期の計算	9
4.2	固有周期の計算条件	10
4.3	固有周期の計算結果	10
5.	構造強度評価	11
5.1	構造強度評価方法	11
5.2	荷重及び荷重の組合せ	11
5.2.1	荷重の設定	11
5.2.2	荷重の組合せ	11
5.3	許容限界	13
5.3.1	使用材料	13
5.3.2	許容限界	13
5.4	設計用地震力	18
5.5	計算方法	19
5.5.1	スキンプレート	19
5.5.2	主桁	20
5.5.3	補助縦桁	22
5.5.4	ヒンジ部	23
5.5.5	戸当りコンクリート	28
5.5.6	戸当り	29
5.6	計算条件	30
6.	評価結果	33

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に基づき、浸水防護施設のうち補機冷却海水系放水路逆流防止設備（No. 1）、（No. 2）が設計用地震力に対して、主要な構造部材が十分な構造健全性を有することを確認するものである。

補機冷却海水系放水路逆流防止設備（No. 1）、（No. 2）は、浸水防護施設としてSクラス施設に分類される。以下、浸水防護施設としての構造強度評価を示す。

なお、補機冷却海水系放水路逆流防止設備（No. 1）、（No. 2）の耐震評価においては、平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震による地殻変動に伴い、牡鹿半島全体で約1mの地盤沈下が発生したことを考慮し、地盤沈下量を考慮した敷地高さや施設高さ等を記載する。

2. 一般事項

2.1 配置概要

補機冷却海水系放水路逆流防止設備 (No. 1), (No. 2) の設置位置を図 2-1 に示す。

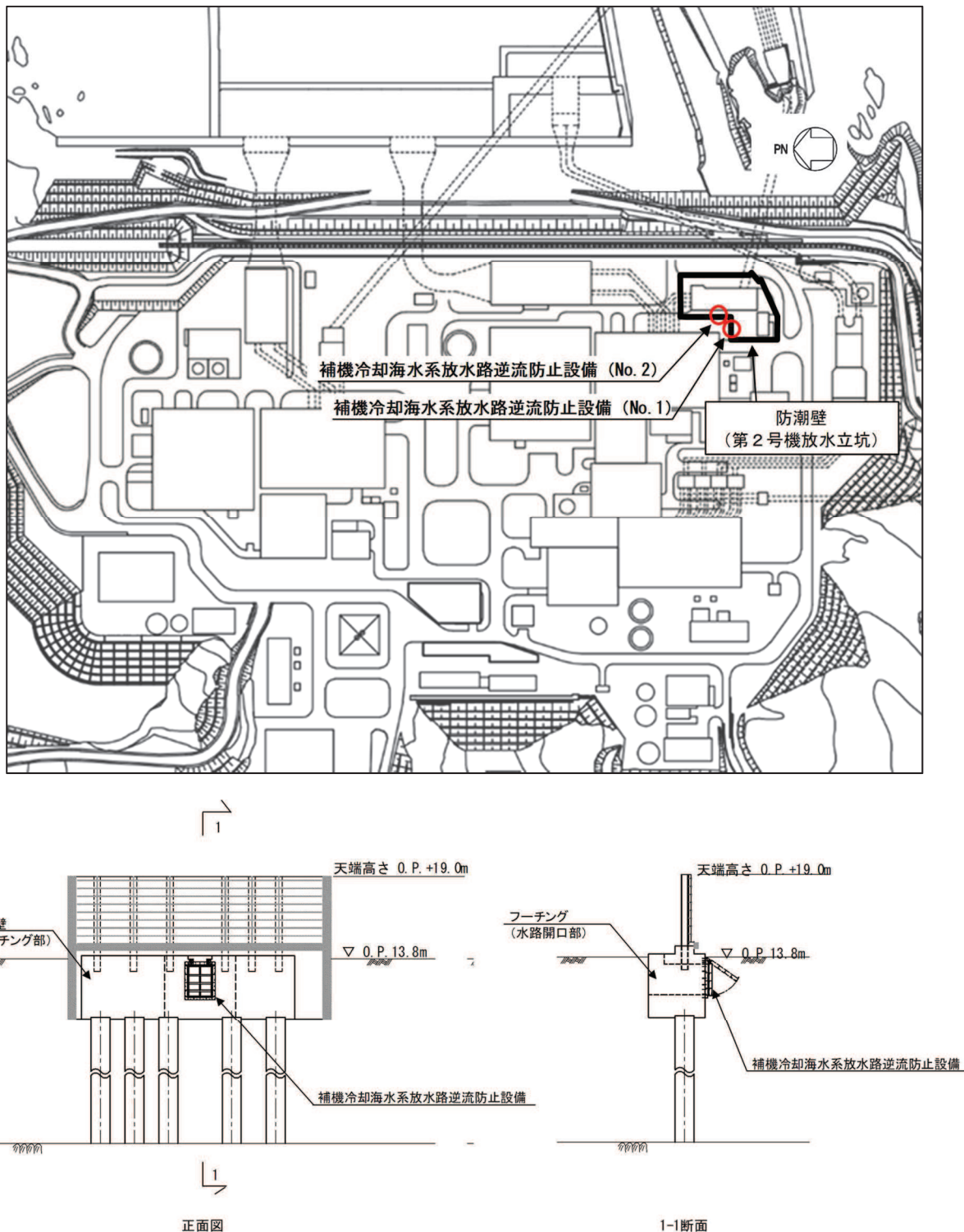


図 2-1 補機冷却海水系放水路逆流防止設備の概要

2.2 構造計画

補機冷却海水系放水路逆流防止設備 (No. 1), (No. 2) の構造は, 鋼製の扉体 (スキンプレート, 主桁, 側部縦桁及び補助縦桁) 及び固定部 (ヒンジ部及びヒンジ部アンカーボルト) を主体構造とし, 第 2 号機放水立坑を経由した津波の流入を防止する。また, 扉体に作用する荷重は, アンカーを介して防潮壁のフーチング部に伝達する構造とする。

補機冷却海水系放水路逆流防止設備 (No. 1), (No. 2) の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画 (補機冷却海水系放水路逆流防止設備 (No. 1), (No. 2))

計画の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	
十分な支持機能を有する構造物に設置する。	鋼製の扉体 (スキンプレート, 主桁, 側部縦桁及び補助縦桁) 及び固定部 (ヒンジ部, ヒンジ部アンカーボルト) 並びに戸当り	<p>(正面図)</p> <p>(側面図)</p>

2.3 評価方針

補機冷却海水系放水路逆流防止設備 (No. 1), (No. 2) の耐震評価は, 添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき, 「2.2 構造計画」に示す補機冷却海水系放水路逆流防止設備 (No. 1), (No. 2) の構造を踏まえ, 「3. 評価部位」にて設定する評価部位において, 「4. 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力が許容限界以下であることを, 「5. 構造強度評価」に示す方法にて確認することで実施する。応力評価の確認結果を「6. 評価結果」に示す。

補機冷却海水系放水路逆流防止設備 (No. 1), (No. 2) の耐震評価フローを図 2-2 に示す。

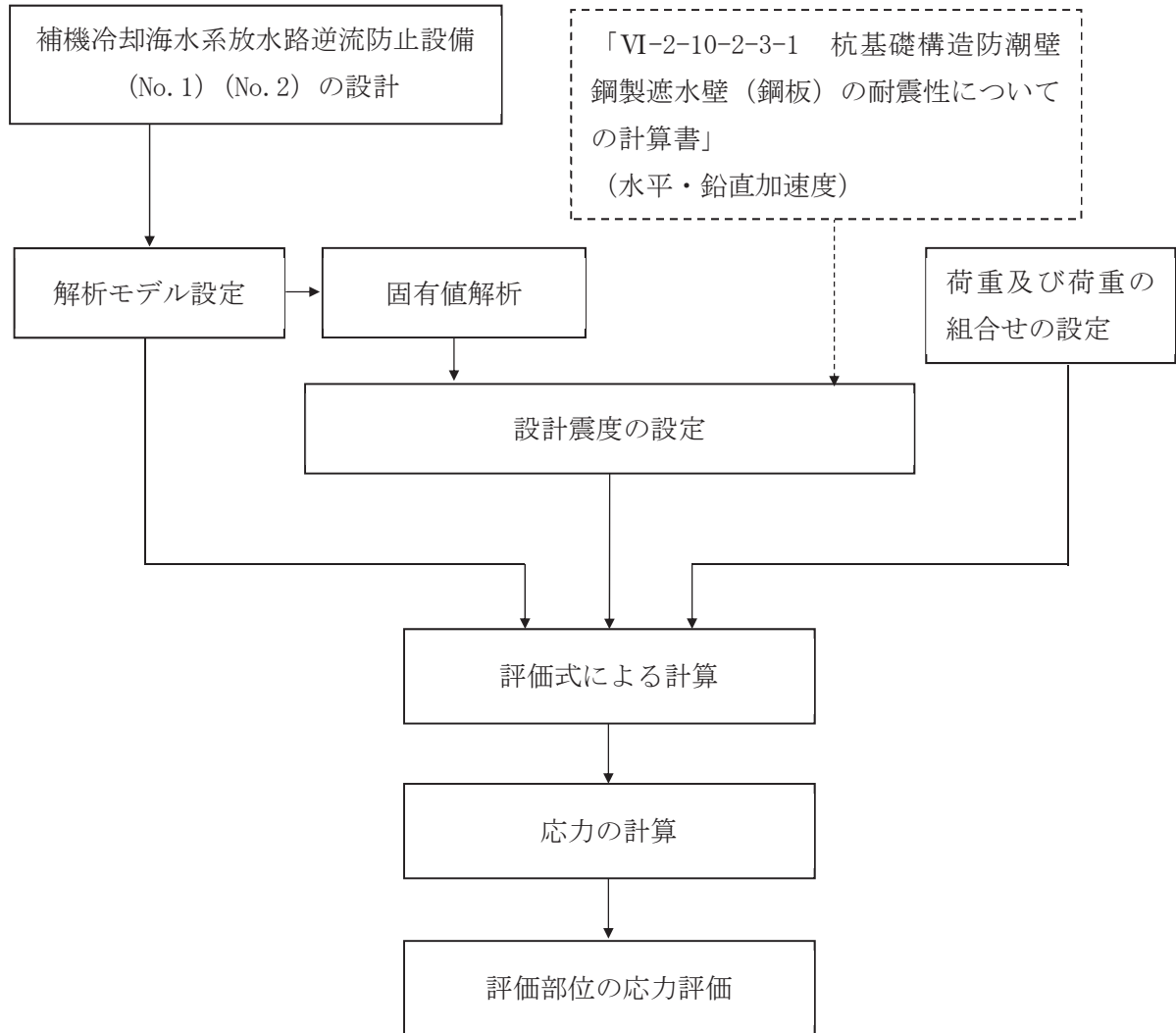


図 2-2 耐震評価フロー

2.4 適用基準

適用する規格，基準等を以下に示す。

- ・ 水門鉄管技術基準水門扉編 ((社) 水門鉄管協会 平成 31 年)
- ・ 水門・樋門ゲート設計要領 (案) ((社) ダム・堰施設技術協会 平成 13 年 12 月)
- ・ ダム・堰施設技術基準 (案) (基準 解説編・設備計画マニュアル編) ((社) ダム・堰施設技術協会 平成 28 年 3 月)
- ・ 各種合成構造設計指針・同解説 ((社) 日本建築学会 平成 26 年)

2.5 記号の説明

補機冷却海水系放水路逆流防止設備 (No. 1), (No. 2) の固有周期の計算に用いる記号を表 2-2 に、応力評価に用いる記号を表 2-3 にそれぞれ示す。

表 2-2 補機冷却海水系放水路逆流防止設備 (No. 1), (No. 2) の固有周期の計算に用いる記号

記号	定義	単位
T	固有周期	s
f	一次固有振動数	Hz
E	縦弾性係数	N/mm ²
I	主桁の断面二次モーメント	mm ⁴
m	扉体部の単位長さ当たり質量	kg/mm
L ₁	主桁の長さ	mm

表 2-3 補機冷却海水系放水路逆流防止設備 (No. 1), (No. 2) の応力評価に用いる記号 (1/2)

記号	定義	単位
G	固定荷重 (扉体の自重)	N
K _H	基準地震動 S _s による水平方向の設計震度	—
K _V	基準地震動 S _s による鉛直方向の設計震度	—
W ₀	水の単位体積重量	N/mm ³
k	スキンプレートの辺長比 (b ₁ /a ₁) による係数	—
a ₁	スキンプレートの短辺	mm
b ₁	スキンプレートの長辺	mm
P	スキンプレートに加わる単位面積当たりの荷重	N/mm ²
t ₁	スキンプレートの板厚	mm
W	主桁に加わる地震による荷重	N
b _{s1}	主桁 1 と主桁 2 の間隔	mm
b _{s2}	主桁 2 と主桁 3 の間隔	mm
b _{s3}	主桁 3 と主桁 4 の間隔	mm
b _{s4}	主桁 4 と主桁 5 の間隔	mm
L _{s1}	主桁圧縮フランジの固定間隔	mm
Z ₂	主桁の断面係数	mm ³
A _{w2}	主桁のウェブ断面積	mm ²
B	扉体の水密幅	mm

表 2-3 補機冷却海水系放水路逆流防止設備 (No. 1), (No. 2) の応力評価に用いる記号 (2/2)

記号	定義	単位
q_{s1}	主桁 1 での発生圧力	N/mm^2
q_{s2}	主桁 2 での発生圧力	N/mm^2
q_{s3}	主桁 3 での発生圧力	N/mm^2
q_{s4}	主桁 4 での発生圧力	N/mm^2
q_{s5}	主桁 5 での発生圧力	N/mm^2
p_3	補助縦桁に加わる各区分の平均荷重	N/mm^2
a_3	補助縦桁の主桁間隔	mm
Z_3	補助縦桁の断面係数	mm^3
A_{w3}	補助縦桁のウェブ断面積	mm^2
q_b	地震動により扉体に加わる最大分布荷重	N/mm^2
D	コンクリート面より戸当り底面までの深さ	mm
S	戸当り幅	mm
t_w	戸当り腹板の板厚	mm
I_{HSs}	基準地震動 S_s による水平方向地震荷重	N
I_{VSs}	基準地震動 S_s による鉛直方向地震荷重	N
P_{HS}	基準地震動 S_s によるヒンジ 1 箇所の水平方向地震荷重	N
P_{VS}	基準地震動 S_s によるヒンジ 1 箇所の鉛直方向地震荷重と固定荷重の和	N
Z_4	ピンの断面係数	mm^3
A_4	ピンの断面積	mm^2
L_4	ピンの支点間長さ	mm
B_4	ピンの分布荷重載荷長	mm
t_5	ヒンジ (連結部) の板厚	mm
L_5	ヒンジ (連結部) の端抜けせん断長さ	mm
L_6	アンカーボルト基部からピン穴中心の水平方向長さ	mm
H_6	鉛直方向アンカーボルト間距離	mm
a_6	アンカーボルトからピン穴中心までの鉛直方向長さ	mm
l_e	アンカーボルトのコンクリート内への有効埋め込み長さ	mm
D_A	頭付きアンカーボルト頭部の直径	mm
a_p	近接する 2 本のアンカーボルトの距離	mm
c	アンカーボルトのへりあき寸法	mm

3. 評価部位

補機冷却海水系放水路逆流防止設備 (No. 1), (No. 2) は、鋼製の扉体 (スキンプレート、主桁、側部縦桁及び補助縦桁) 及び固定部 (ヒンジ部及びヒンジ部アンカーボルト) で構成されている。耐震評価においては、扉体部の評価部位として、主要部材であるスキンプレート、主桁及び補助縦桁を、固定部の評価部位としてヒンジ部及びヒンジ部アンカーボルトを選定するとともに、戸当り部についても評価する。側部縦桁については、「地震時」の荷重が扉体に作用する状態において、扉体が戸当りと密着した状態であることから、側部縦桁には有意な変形等が生じないため評価を省略する。

補機冷却海水系放水路逆流防止設備 (No. 1), (No. 2) の評価部位を図 3-1 に示す。

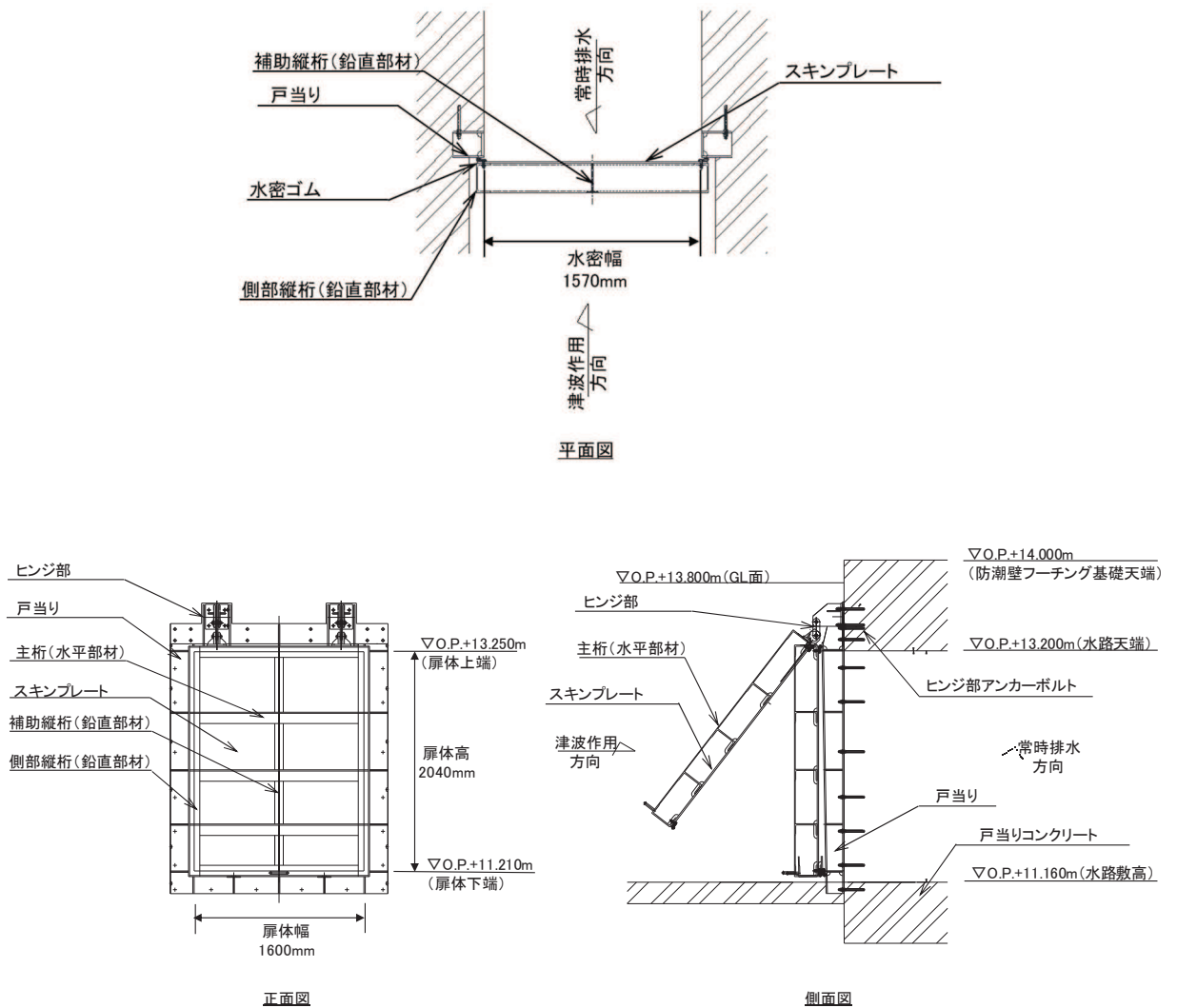


図 3-1 補機冷却海水系放水路逆流防止設備の評価部位

4. 固有周期

4.1 固有周期の計算方法

補機冷却海水系放水路逆流防止設備は扉体及び固定部で構成されており、扉体に地震力が作用する状態は、扉体と戸当りが密着した状態であることから、戸当り部を支点とする両端固定梁でモデル化する。なお、横断方向（水平方向）及び鉛直方向については振動が生じる構造ではないことから、防潮壁と一体の剛体として評価する。

固有周期の計算を以下で実施する。

4.1.1 解析モデル

解析モデルを図4-1に示す。主要な構造部材である主桁を単純支持梁としてモデル化し、スキンプレート及び補助縦桁等は保守的に考慮しないものとする。

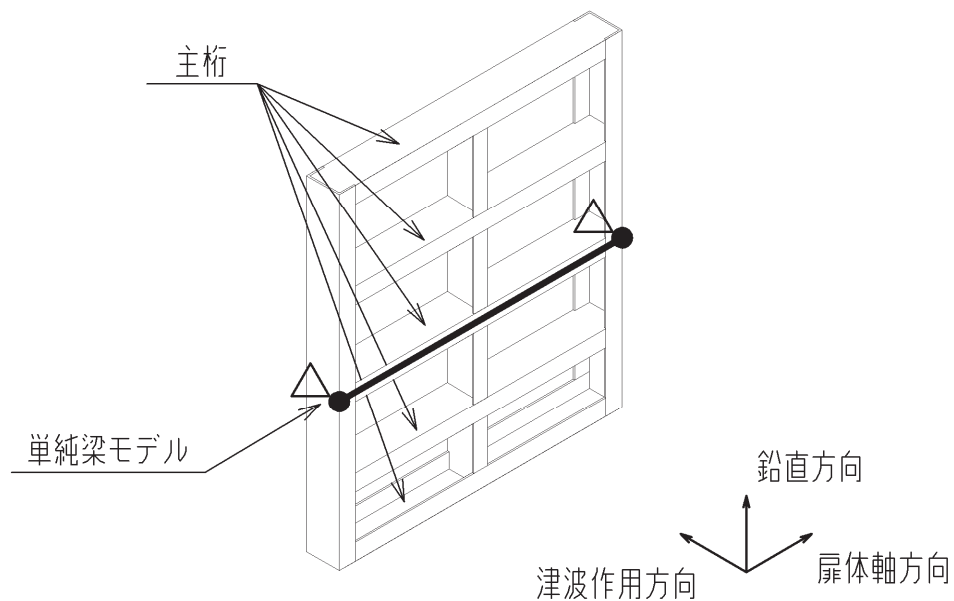


図4-1 両端単純支持梁によるモデル化

4.1.2 固有周期の計算

固有周期の計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

「構造力学公式集（土木学会，1988年）」より、両端支持梁の一次固有振動数 f 及び固有周期 T は次のとおり与えられる。

$$T = \frac{1}{f}$$

$$f = \frac{\pi^2}{2\pi L_I^2} \sqrt{\frac{E \cdot I \cdot 10^3}{m}}$$

4.2 固有周期の計算条件

補機冷却海水系放水路逆流防止設備 (No. 1), (No. 2) の固有周期の計算に必要な諸元を表 4-1 に示す。

表 4-1 固有周期の計算に必要な諸元

記号	定義	数値	単位
T	固有周期	—	s
f	一次固有振動数	—	Hz
E	縦弾性係数	1.93×10^5	N/mm ²
I	主桁の断面二次モーメント	1.155×10^8	mm ⁴
m	扉体部の単位長さ当たり質量	0.46875	kg/mm
L ₁	主桁の長さ	1600	mm

4.3 固有周期の計算結果

補機冷却海水系放水路逆流防止設備 (No. 1), (No. 2) の固有周期の計算結果を表 4-2 に示す。固有周期は、0.05s 以下であることから、剛構造である。

表 4-2 固有周期の計算結果

固有振動数 (Hz)	固有周期 (s)
133	0.0075

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

補機冷却海水系放水路逆流防止設備 (No. 1), (No. 2) の耐震評価は, 添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえて, 「3. 評価部位」にて設定する評価部位に作用する応力等が「5.3 許容限界」にて示す許容限界以下であることを確認する。

5.2 荷重及び荷重の組合せ

5.2.1 荷重の設定

補機冷却海水系放水路逆流防止設備 (No. 1), (No. 2) の耐震評価において考慮する荷重を以下に示す。補機冷却海水系放水路逆流防止設備 (No. 1), (No. 2) は, 防潮壁 (鋼製遮水壁 (鋼板)) の補機冷却海水系放水路の開口部に設置されるため, その構造及び設置位置から風荷重及び積雪荷重の影響は考慮しない。また, 補機冷却海水系放水路を常時流下する放水の水圧は, 地震による扉体への作用荷重を打ち消す方向に作用するため考慮しない。

(1) 固定荷重 (G)

固定荷重として, 扉体自重を考慮する。

(2) 地震荷重 (S_s)

地震荷重として, 基準地震動 S_s による地震力を考慮する。

5.2.2 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 5-1 に, 扉体に作用する荷重の概念図を図 5-1 に示す。

表 5-1 荷重の組合せ

区分	荷重の組合せ
地震時	$G + S_s$

G : 固定荷重

S_s : 地震荷重

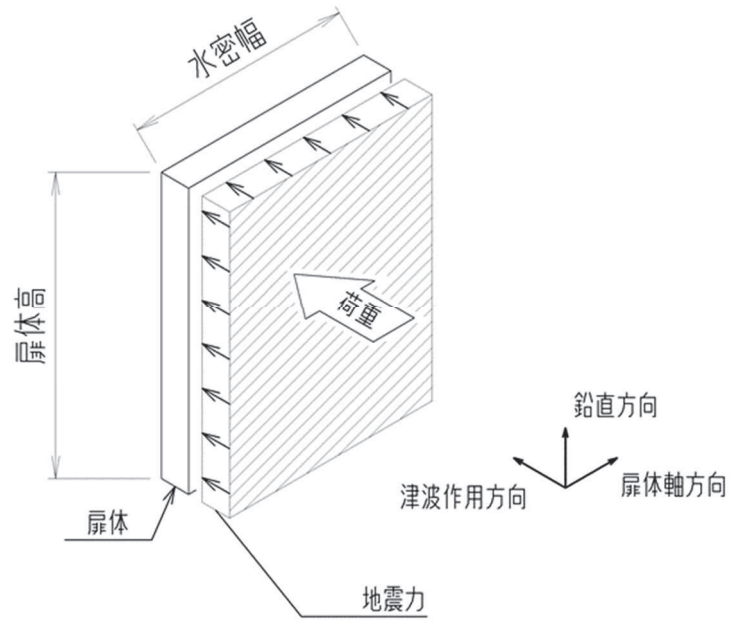


図5-1 扉体に作用する荷重の概念図

5.3 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。

5.3.1 使用材料

補機冷却海水系放水路逆流防止設備を構成するスキンプレート、主桁、補助縦桁、固定ボルトの使用材料を表 5-2 に示す。

表 5-2 使用材料

評価対象部位	材質	仕様
スキンプレート	SUS316L	PL12mm
主桁	SUS316L	CH200×100×10×10
補助縦桁	SUS316L	BT 200×75×6×6 (溶接構造)
ヒンジ	SUS316L	PL20mm×1 枚(連結部) PL16mm×2 枚(扉体部) PL16mm×2 枚(固定部)
戸当り	SUS316L	PL12mm (腹板) $f'_{ck}=50\text{N/mm}^2$ (コンクリート)
アンカーボルト	SUS316L	頭付きアンカーボルト (M20)

5.3.2 許容限界

補機冷却海水系放水路逆流防止設備 (No. 1), (No. 2) の各部材の許容値は、評価対象部位毎に、「水門鉄管技術基準 水門扉編 ((社) 水門鉄管協会 平成 31 年)」に規定される許容応力度を用いる。

補機冷却海水系放水路逆流防止設備 (No. 1), (No. 2) の許容限界を表 5-3 に、補機冷却海水系放水路逆流防止設備 (No. 1), (No. 2) の許容応力評価条件を表 5-4 に、補機冷却海水系放水路逆流防止設備 (No. 1), (No. 2) の許容応力算出結果を表 5-5 にそれぞれ示す。

表 5-3 補機冷却海水系放水路逆流防止設備 (No. 1), (No. 2) の許容限界

許容応力状態	許容限界*1			
	一次応力			
	曲げ	引張	せん断	支圧
短期許容応力度	$1.5 \sigma_{ab}^{*2}$	$1.5 \sigma_{at}^{*2}$	$1.5 \tau_a^{*2}$	$1.5 \sigma_{as}^{*2}$

注記 *1: 地震後, 津波後の再使用性や津波の繰返し作用を想定し, 当該構造物全体の変形能力に対して浸水防護機能として十分な余裕を有するよう, 設備を構成する材料が弾性域内に収まることを基本とする。

*2: 扉体の許容限界は, 「水門鉄管技術基準 水門扉編 ((社) 水門鉄管協会 平成 31 年)」に基づき, 短期許容応力度とする。短期許容応力度は, 鋼材又はコンクリートの許容応力度に対して 1.5 倍の割増しを考慮する。

表 5-4 補機冷却海水系放水路逆流防止設備 (No. 1), (No. 2) の許容応力評価条件 (1/2)

評価部位	材料	$\sigma_{ab}^{*1,2}$ (N/mm ²)	$\sigma_{at}^{*1,2}$ (N/mm ²)	$\tau_a^{*1,2,3}$ (N/mm ²)	$\sigma_{as}^{*1,3}$ (N/mm ²)
スキンプレート	SUS316L	88	—	—	—
主桁	SUS316L	88	—	51	—
補助縦桁	SUS316L	88	—	51	—
ヒンジ	SUS316L	88	88	51	—
吊りピン	SUS316L	88	—	51	—
戸当り	SUS316L	—	88	—	—
戸当りコンクリート	コンクリート	—	—	0.40	5.9

注記 *1: σ_{ab} : 許容曲げ応力度, σ_{at} : 許容引張応力度, τ_a : 許容せん断応力度, σ_{as} : 許容支圧応力度を示す。

*2: 鋼材の各許容応力度の値は, 「水門鉄管技術基準 水門扉編 ((社) 水門鉄管協会 平成 31 年)」に基づく。

*3: コンクリートの許容応力度の値は, 「ダム・堰施設技術基準 (案) (基準解説編・設備計画マニュアル編) ((社) ダム・堰施設技術協会 平成 28 年 3 月)」に基づく。

表 5-4 補機冷却海水系放水路逆流防止設備 (No. 1), (No. 2) の許容応力評価条件 (2/2)

評価部位	材料	$\sigma_Y^{*1,2}$ (N/mm ²)
アンカーボルト	SUS316L	175

*1: σ_Y : 耐力を示す。

*2: アンカーボルトの耐力の値は, 「J I S G 4304 熱間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯」に基づく。

表 5-5 補機冷却海水系放水路逆流防止設備 (No. 1), (No. 2) の許容応力算出結果(1/2)

許容応力 状態	評価部位	許容限界				
		一次応力				
		曲げ (N/mm ²)	引張/圧縮 (N/mm ²)	せん断 (N/mm ²)	支圧 (N/mm ²)	合成応力 (-)
短期許容 応力度	スキンプレート	132	-	-	-	-
	主桁	125* ¹	-	76	-	1.1
	補助縦桁	125* ¹	-	76	-	1.1
	ヒンジ	132	132	76	-	-
	吊りピン	132	-	76	-	1.1
	戸当り	-	132* ²	-	-	-
	戸当り コンクリート	-	-	0.6	8.8	-

注記 *1: 主桁, 補助縦桁に用いる構造用鋼材の許容曲げ圧縮応力度は, 「水門鉄管技術基準 水門扉編 (社) 水門鉄管協会 平成 31 年」に基づき, 許容曲げ応力度横倒れ座屈に対する配慮として許容応力の低減を考慮し, 以下の計算式により算出する。各圧縮フランジの固定間隔のモデル図について図 5-2 に示す。

$$\frac{L}{b} \leq \frac{10}{K} : \sigma_{ab} = 88 \times 1.5 = 132 \quad (\text{N/mm}^2)$$

$$\frac{L}{b} > \frac{10}{K} : \sigma_{ab} = \left(88 - 0.7 \left(K \frac{L}{b} - 10 \right) \right) \times 1.5 \quad (\text{N/mm}^2)$$

$$K = \sqrt{3 + \frac{A_w}{2 \cdot A_c}}$$

ただし $\frac{A_w}{A_c} < 2$ の場合 $K = 2$

ここに, L : 圧縮フランジの固定間隔 (mm)

b : 圧縮フランジ幅 (mm)

A_w : 腹板の総断面積 (mm²)

A_c : 圧縮フランジの総断面積 (mm²)

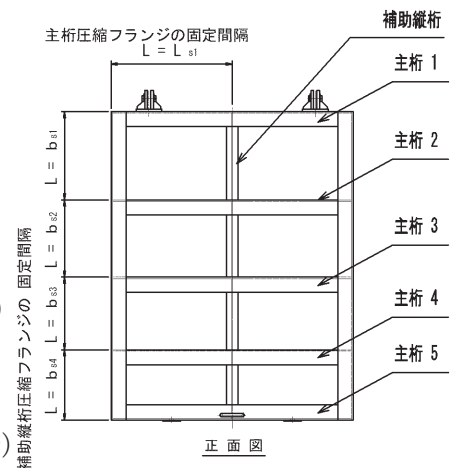


図 5-2 圧縮フランジの固定間隔のモデル図及び許容曲げ圧縮応力度算定式

*2: 戸当りの照査に用いる腹板の許容軸方向圧縮応力度は, 構造上躯体に固定されており座屈に対する許容応力度の低減検討が必要ないことから, 許容軸方向引張応力度の数値を使用する。

表 5-5 補機冷却海水系放水路逆流防止設備 (No. 1), (No. 2) の許容応力算出結果 (2/2)

許容応力 状態	評価部位	許容限界		
		一次応力		
		引張*1, 2 (N)	せん断*1, 2 (N)	合成応力*1 (-)
短期許容 荷重	アンカーボルト	4.28×10^4	3.00×10^4	1.0
	コンクリートの コーン状破壊	1.89×10^5	1.19×10^5	—

注記 *1: アンカーボルトに対する許容引張力, 許容せん断力及び合成応力の許容値は, 「各種合成構造設計指針・同解説 ((社) 日本建築学会 平成 26 年)」に基づき算出する。

*2: アンカーボルトの埋め込まれるコンクリートのコーン状破壊に対する許容引張力及び許容せん断力は, 「各種合成構造設計指針・同解説 ((社) 日本建築学会 平成 26 年)」に基づき以下の式により算出する。コーン状破壊面の概要及び有効投影面積の計算モデルについて図 5-3 に示す。

$$P_{a2} = \phi_2 \cdot c \sigma_t \cdot A_c \quad (N)$$

$$c \sigma_t = 0.31 \sqrt{f'_{ck}} \quad (N/mm^2)$$

$$A_c = \Sigma A_c \div 2 \quad (mm^2)$$

$$\Sigma A_c = \left(2\pi - \frac{\theta}{180} \pi + \sin \theta \right) \left(l_e + \frac{D_A}{2} \right)^2 - \frac{1}{2} \pi D_A^2 \quad (mm^2)$$

$$\theta = 2 \cos^{-1} \frac{a}{2l_e + D_A} \quad (^\circ)$$

$$Q_{a2} = \phi_2 \cdot c \sigma_t^A \cdot A_{qc} \quad (N)$$

$$A_{qc} = 0.5 \pi c^2 \quad (mm^2)$$

ここに, P_{a2} : アンカーボルト 1 本当りのコーン状破壊に対する許容引張力 (N)

ϕ_2 : 低減係数 (短期荷重時)

$c \sigma_t$: コーン状破壊に対するコンクリートの引張強度 (N/mm²)

f'_{ck} : コンクリートの設計基準強度 (N/mm²)

A_c : アンカーボルト 1 本のコーン状破壊面の有効水平投影面積 (mm²)

ΣA_c : 2 本のボルトのコーン状破壊面の合計有効水平投影面積 (mm²)

θ : 近接して設けたアンカーボルトの有効水平投影面積が互いに重なるとき, その円の中心と 2 つの円周の交点をもたらす角度 (°)

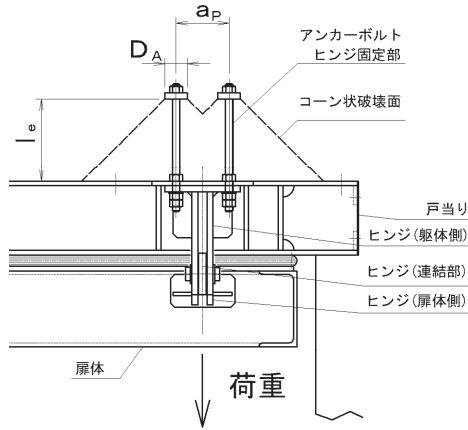
l_e : アンカーボルトのコンクリート内への有効埋め込み長さ (mm)

D_A : 頭付きアンカーボルト頭部の直径 (mm)

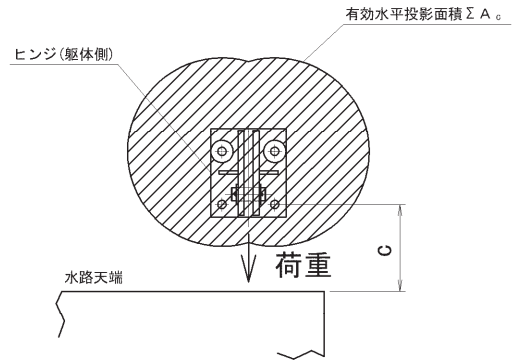
a_p : 近接する 2 本のアンカーボルトの距離 (mm)

Q_{a2} : アンカーボルト 1 本当りのコーン状破壊に対する許容せん断力 (N)

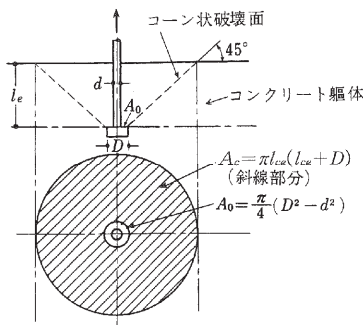
A_{qc} : せん断力方向の側面におけるコーン状破壊面の有効投影面積 (mm²)
 c : へりあき寸法 (mm)



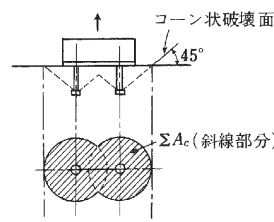
アンカーボルト部平面図



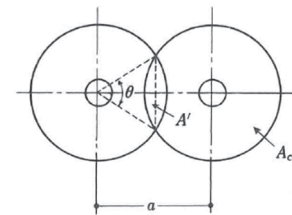
アンカーボルト部正面図



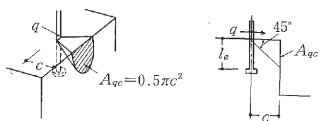
引張力に対するコーン状破壊面
 (1) 1本の場合



(2) 複数本の場合



アンカーボルトが近接する場合の有効水平投影面積の算定方法概要



せん断力に対するコーン状破壊面

図 5-3 コンクリートのコーン状破壊のモデル図及び耐力算定式

5.4 設計用地震力

「4. 固有周期」に示したとおり，補機冷却海水系放水路逆流防止設備（No.1），（No.2）の固有周期が0.05s以下であることを確認したため，設計震度は，添付書類「VI-2-10-2-3-1 杭基礎構造防潮壁 鋼製遮水壁（鋼板）の耐震性についての計算書」に示す鋼製遮水壁（鋼板）断面⑦における，ゲート固定部の最大応答加速度に基づき設定する。補機冷却海水系放水路逆流防止設備（No.1），（No.2）の設計震度は，表5-6に示すとおりとする。

表 5-6 設計震度

設備名称	地震動	解析ケース	設置場所及び床面高さ (m)	地震による設計震度*	
補機冷却海水系放水路逆流防止設備	S s - F 3 (++)	基本ケース	防潮壁 (第2号機放水立坑)	水平方向 K_H	2.6
	S s - D 2 (++)	地盤ばらつき -1σ	O. P. +11.160m (水路敷高)	鉛直方向 K_V	0.7

注記 * : 「4. 固有周期」より，補機冷却海水系放水路逆流防止設備（No.1），（No.2）の固有周期が0.05s以下であることを確認したため，設置部の最大応答加速度を考慮した設計震度を設定した。

5.5 計算方法

各評価対象部位に加わる応力等の算出式を以下にまとめる。

5.5.1 スキンプレート

スキンプレートに発生する曲げ応力は、「水門鉄管技術基準水門扉編（（社）水門鉄管協会 平成31年）」に基づき、4辺を固定支持された平板としてモデル化し、曲げ応力を算定する。

スキンプレートのモデル図及び応力算定式を図5-4に示す。

$$\sigma = \frac{k \cdot a_1^2 \cdot P}{100 \cdot t_1^2}$$

σ : 板に生じる最大応力度 (N/mm²)

k : 辺長比 (b_1/a_1) による係数

a_1 : スキンプレートの短辺 (mm)

b_1 : スキンプレートの長辺 (mm)

P : スキンプレートに加わる単位面積当たりの荷重 (N/mm²)

t_1 : スキンプレートの板厚 (mm)

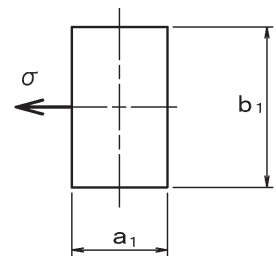
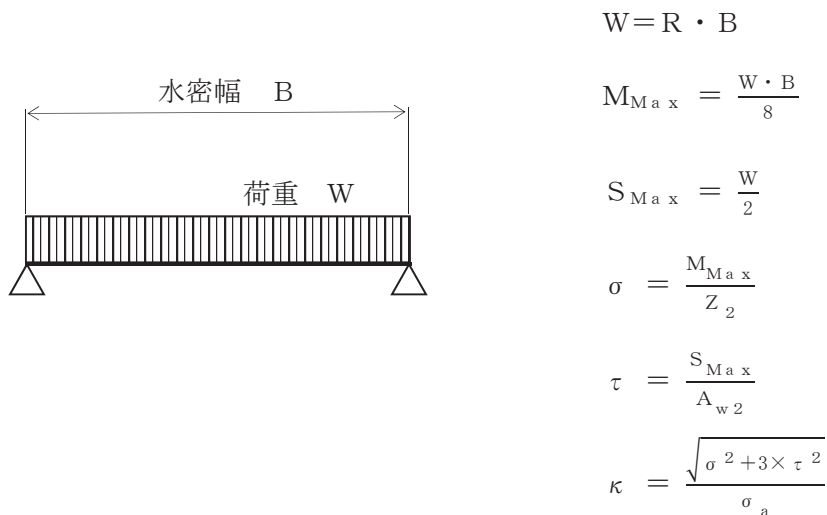


図5-4 スキンプレートのモデル図及び応力算定式

5.5.2 主桁

主桁に発生する断面力は、側部水密ゴムの位置を支点とする両端ピン支点の単純梁によりモデル化し、算定する。主桁のモデル図を図5-5に示す。

なお、各主桁が分担する荷重は「水門・樋門ゲート設計要領（案）（（社）ダム・堰施設技術協会 平成13年12月）」に基づき、図5-6に示す方法により算出する。



- W : 主桁に加わる地震による荷重 (N)
- R : 主桁に加わる地震による線荷重 (N/mm)
- M_{Max} : 最大曲げモーメント (N・mm)
- S_{Max} : 最大せん断力 (N)
- σ : 曲げ応力 (N/mm²)
- τ : せん断応力 (N/mm²)
- κ : 合成応力度
- σ_a : 許容曲げ応力度 (N/mm²)
- B : 水密幅 (mm)
- Z_2 : 主桁の断面係数 (mm³)
- A_{w2} : 主桁のウェブ断面積 (mm²)

図5-5 主桁のモデル図及び応力算定式

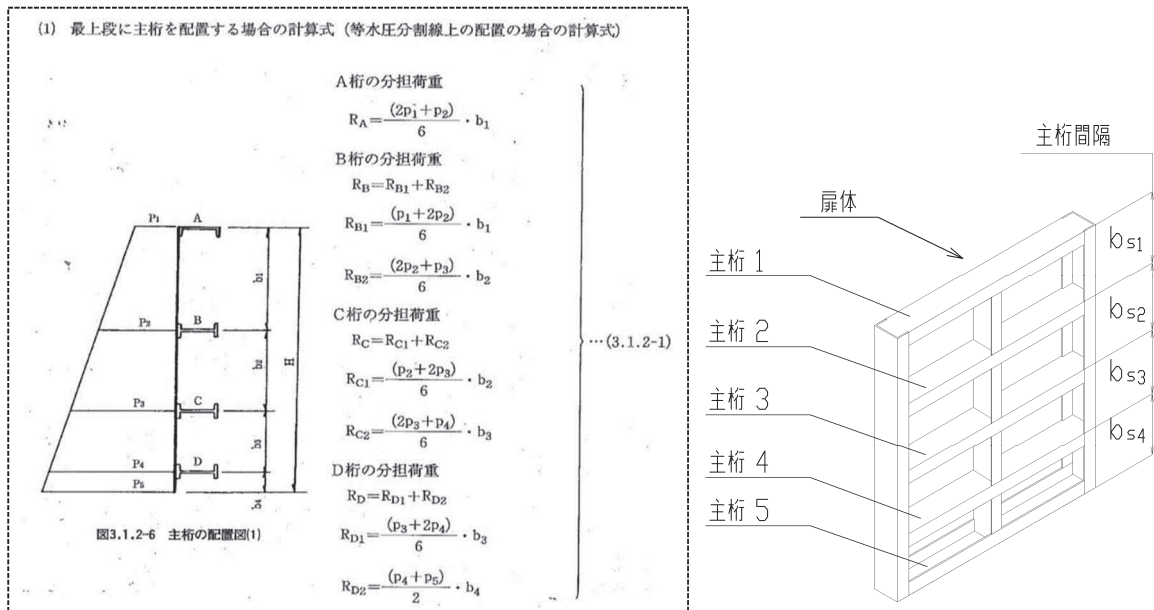


図5-6 主桁に作用する荷重の算定式及び本ゲートの主桁間隔概要図

「水門・樋門ゲート設計要領（案）（（社）ダム・堰施設技術協会 平成 13 年 12 月）」より引用

上記算定式を本ゲートの構造に照らし合わせて主桁1～5がそれぞれ分担する線荷重 $R_1 \sim R_5$ を求める式を得る。

$$\text{主桁1: } R_1 = \frac{2 \times q_{s1} + q_{s2}}{6} b_{s1}$$

$$\text{主桁2: } R_2 = \frac{q_{s1} + 2 \times q_{s2}}{6} b_{s1} + \frac{2 \times q_{s2} + q_{s3}}{6} b_{s2}$$

$$\text{主桁3: } R_3 = \frac{q_{s2} + 2 \times q_{s3}}{6} b_{s2} + \frac{2 \times q_{s3} + q_{s4}}{6} b_{s3}$$

$$\text{主桁4: } R_4 = \frac{q_{s3} + 2 \times q_{s4}}{6} b_{s3} + \frac{2 \times q_{s4} + q_{s5}}{6} b_{s4}$$

$$\text{主桁5: } R_5 = \frac{q_{s4} + 2 \times q_{s5}}{6} b_{s4}$$

b_{s1} : 主桁1, 主桁2の桁間隔 (mm)

b_{s2} : 主桁2, 主桁3の桁間隔 (mm)

b_{s3} : 主桁3, 主桁4の桁間隔 (mm)

b_{s4} : 主桁4, 主桁5の桁間隔 (mm)

q_{s1} : 主桁1での発生圧力 (N/mm²)

q_{s2} : 主桁2での発生圧力 (N/mm²)

q_{s3} : 主桁3での発生圧力 (N/mm²)

q_{s4} : 主桁4での発生圧力 (N/mm²)

q_{s5} : 主桁5での発生圧力 (N/mm²)

5.5.3 補助縦桁

補助縦桁については、主桁によって支持された単純支持梁とし、荷重は平均水圧が菱形に作用したものとして、「水門鉄管技術基準水門扉編（（社）水門鉄管協会、平成 31 年）」に基づき曲げ応力及びせん断応力を算定する。

補助縦桁のモデル図及び応力算定式を図 5-7 に示す。

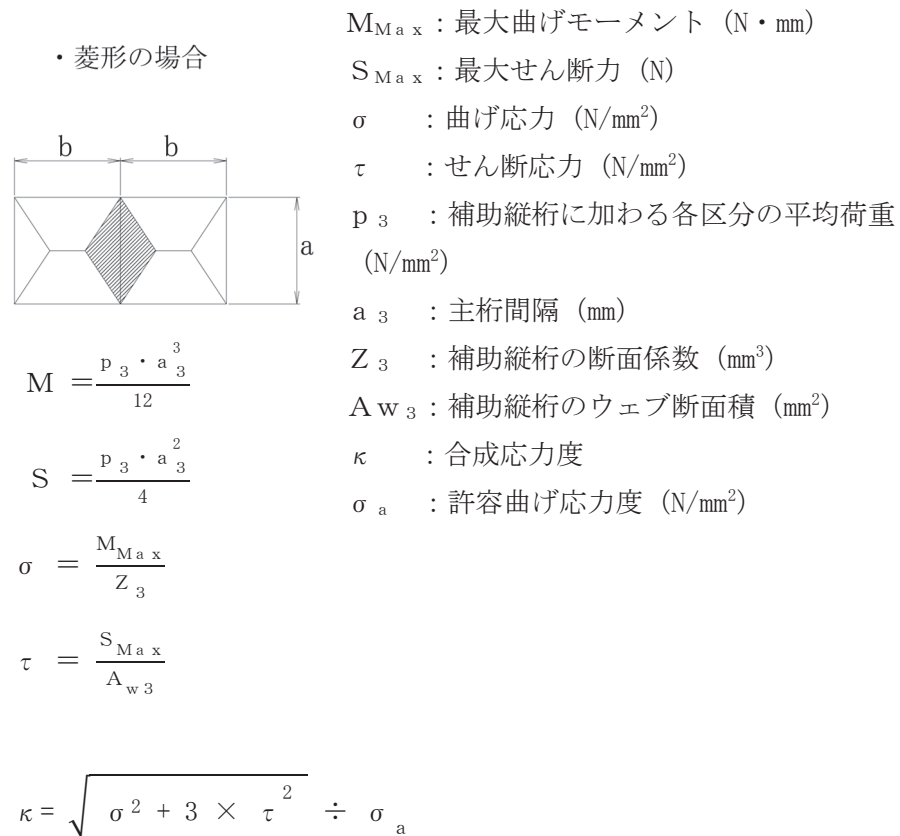


図 5-7 補助縦桁のモデル図及び応力算定式

5.5.4 ヒンジ部

ヒンジ部の構造概要を図5-8に、ヒンジに作用する荷重の計算モデルを図5-9に示す。ヒンジ部の評価は、「ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・設備計画マニュアル編）（（社）ダム・堰施設技術協会 平成28年3月）」のピン接合として、ヒンジピン、ヒンジ及びアンカーボルトについて評価を行う。

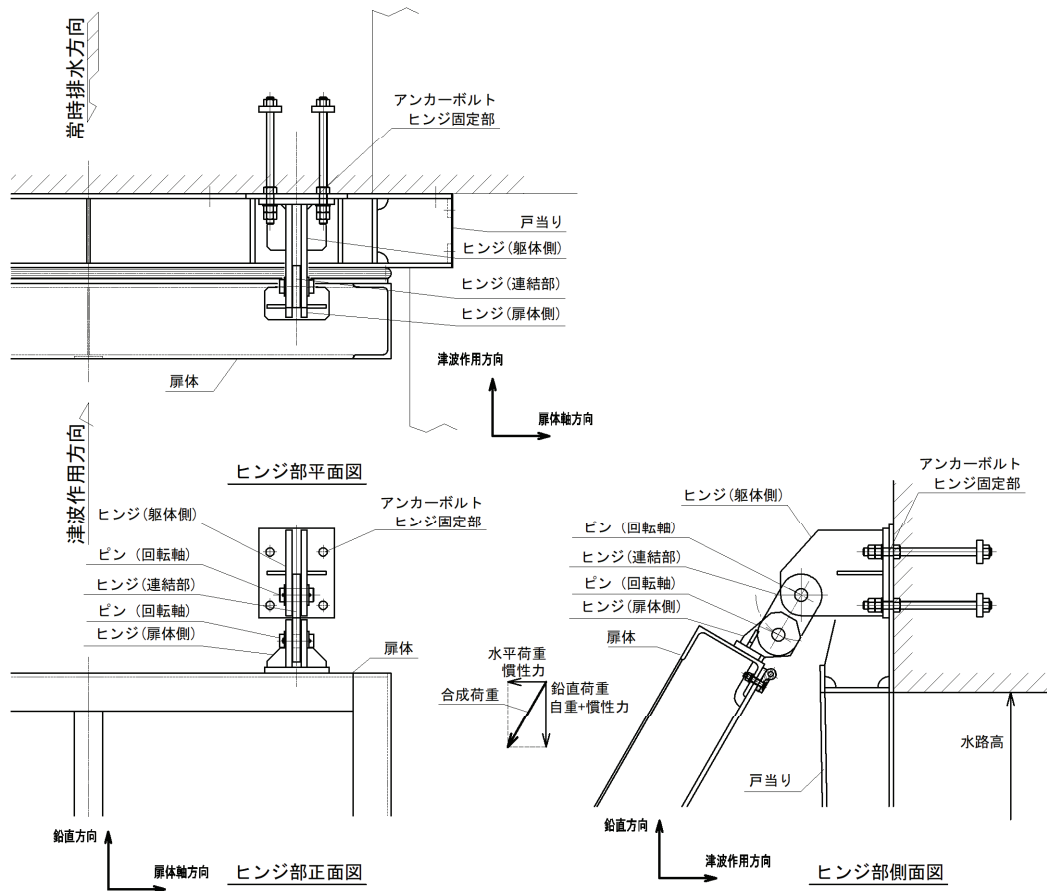
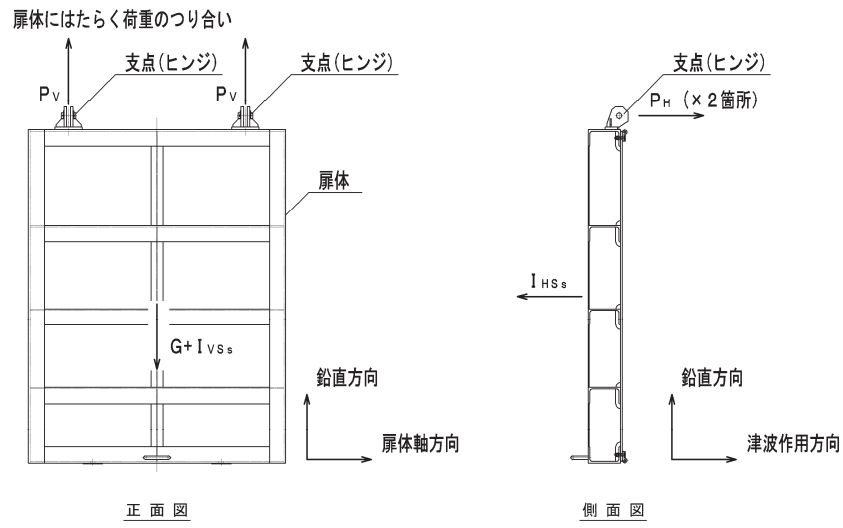


図5-8 ヒンジ部の構造概要

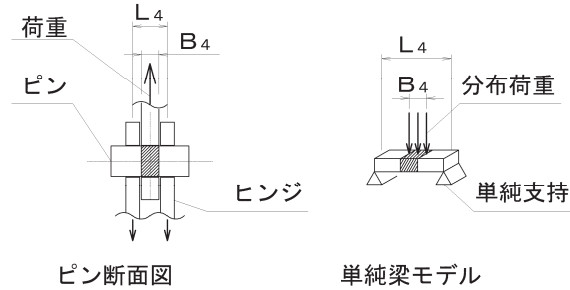


$P_H = I_{HS_s} \div 2$	ここに,
$P_V = (G + I_{VS_s}) \div 2$	P_H : ヒンジ 1 箇所への水平方向荷重 (N)
$I_{HS_s} = G \times K_H$	P_V : ヒンジ 1 箇所への鉛直方向荷重 (N)
$I_{VS_s} = G \times K_V$	I_{HS_s} : 水平方向地震荷重 (N)
	G : 扉体自重 (N)
	I_{VS_s} : 鉛直方向地震荷重 (N)
	K_H : 基準地震動 S_s による水平方向設計震度
	K_V : 基準地震動 S_s による鉛直方向設計震度

図 5-9 ヒンジ部に作用する荷重の計算モデル

(1) 吊りピン

吊りピンに発生する曲げ応力度，せん断応力度，合成応力度が，許容限界以下となることを確認する。ピンのモデル図及び応力算定式を図5-10に示す。



$M_H = \frac{P_H \times (2 \times L_4 - B_4)}{8}$ $M_V = \frac{P_V \times (2 \times L_4 - B_4)}{8}$ $S_H = \frac{P_H}{2}$ $S_V = \frac{P_V}{2}$ $\sigma_H = \frac{M_Z}{Z_4}$ $\sigma_V = \frac{M_V}{Z_4}$ $\tau_H = \frac{S_Z}{A_4}$ $\tau_V = \frac{S_V}{A_4}$	<p>ここに，</p> <p>P_H : ヒンジ1箇所への水平方向荷重 (N)</p> <p>P_V : ヒンジ1箇所への鉛直方向荷重 (N)</p> <p>Z_4 : ピンの断面係数 (mm³)</p> <p>A_4 : ピンの断面積 (mm²)</p> <p>L_4 : ヒンジの板厚中心間距離 (mm)</p> <p>B_4 : 荷重の載荷長さ (mm)</p> <p>M_H : 水平方向荷重による曲げモーメント (N・mm)</p> <p>M_V : 鉛直方向荷重による曲げモーメント (N・mm)</p> <p>S_H : 水平方向荷重によるせん断力 (N)</p> <p>S_V : 鉛直方向荷重によるせん断力 (N)</p> <p>σ_H : 水平方向荷重による曲げ応力度 (N/mm²)</p> <p>σ_V : 鉛直方向荷重による曲げ応力度 (N/mm²)</p> <p>τ_H : 水平方向荷重によるせん断応力度 (N/mm²)</p> <p>τ_V : 鉛直方向荷重によるせん断応力度 (N/mm²)</p> <p>$\Sigma \sigma$: 曲げ応力度の合計値 (N/mm²)</p> <p>$\Sigma \tau$: せん断応力度の合計値 (N/mm²)</p> <p>κ : 合成応力度</p> <p>σ_a : 許容曲げ応力度 (N/mm²)</p>
---	--

$$\Sigma|\sigma| = |\sigma_H| + |\sigma_V|$$

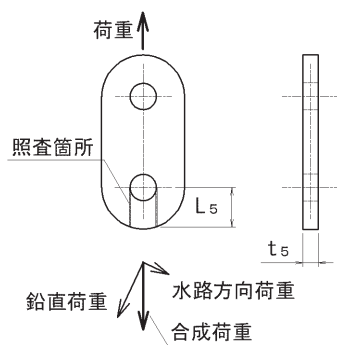
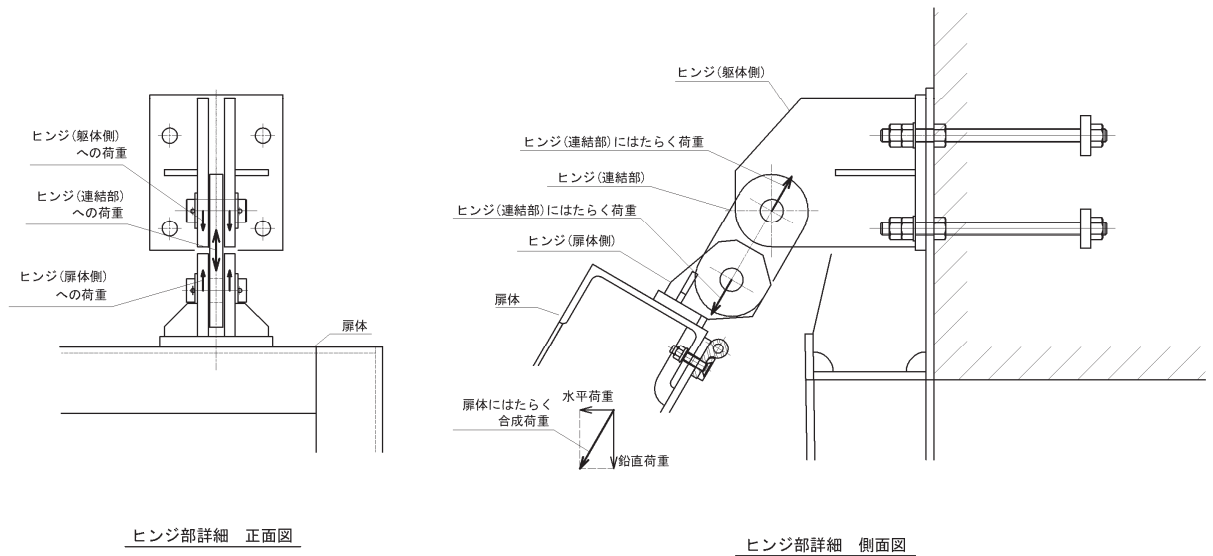
$$\Sigma|\tau| = |\tau_H| + |\tau_V|$$

$$\kappa = \sqrt{\Sigma|\sigma|^2 + 3 \times \Sigma|\tau|^2} \div \sigma_a$$

図5-10 吊りピンの構造概要及び応力算定式

(2) ヒンジ

ヒンジの扉体部側及び固定部側とその連結部のうち、作用荷重が最も大きくなる連結部のピン穴周りのせん断応力度が、許容限界以下となることを確認する。連結部のピン穴周りのせん断応力度のモデル図及び応力算定式を図5-11に示す。



$$\tau = \frac{\sqrt{P_H^2 + P_V^2}}{2 \times L_5 \times t_5}$$

ここに、

P_H : ヒンジ1箇所への水平方向荷重(N)

P_V : ヒンジ1箇所への鉛直方向荷重(N)

t_5 : ヒンジ(連結部)の板厚(mm)

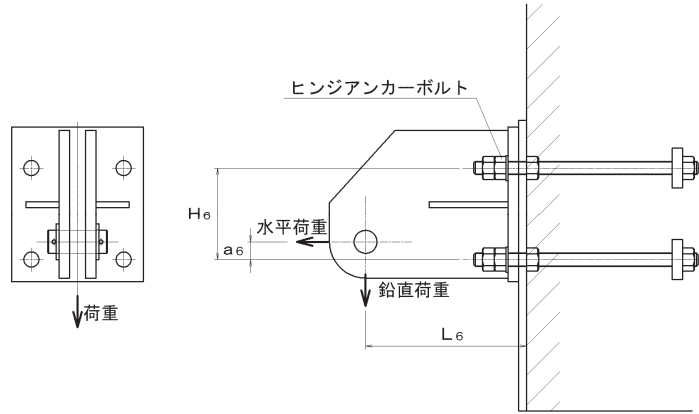
L_5 : ピン穴周りの端抜けせん断長さ(mm)

τ : せん断応力度(N/mm²)

図5-11 ヒンジ(連結部)の構造概要及びせん断応力算定式

(3) アンカーボルト

アンカーボルトは「各種合成構造設計指針・同解説」に従い、アンカーボルトに発生する引張力、せん断力及びコンクリートのコーン状破壊が、許容限界以下となることを確認する。アンカーボルトのモデル図及び応力算定式を図5-12に示す。



$$P_6 = |P_H| \times \frac{a_6}{H_6} \div 2 + |P_V| \times \frac{L_6}{H_6} \div 2$$

$$Q_6 = |P_V| \div 4$$

$$\kappa = \left(\frac{P_6}{P_a} \right)^2 + \left(\frac{Q_6}{Q_a} \right)^2$$

ここに、

P_H : ヒンジ 1 箇所への水平方向荷重 (N)

P_V : ヒンジ 1 箇所への鉛直方向荷重 (N)

P_6 : アンカーボルト 1 本にはたらく引張力 (N)

Q_6 : アンカーボルト 1 本にはたらくせん断力 (N)

L_6 : アンカーボルト基部からピン穴中心の水平方向長さ (mm)

H_6 : 鉛直方向アンカーボルト間距離 (mm)

a_6 : アンカーボルトからピン穴中心までの鉛直方向長さ (mm)

κ : アンカーボルトの合成応力

P_a : アンカーボルトの許容引張力 (N)

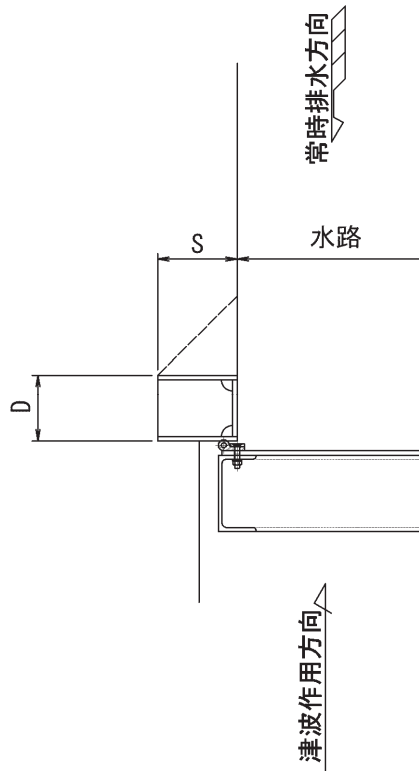
Q_a : アンカーボルトの許容せん断力 (N)

図 5-12 アンカーボルトの構造概要及び応力算定式

5.5.5 戸当りコンクリート

戸当りコンクリートは、「水門鉄管技術基準 水門扉編（社）水門鉄管協会 平成 31 年」に基づき、扉体の下端からコンクリートに加わる圧力を戸当り全幅で支持するものとして、支圧応力及びせん断応力を評価する。

戸当り部コンクリートのモデル図及び応力算定式を図 5-13 に示す。



コンクリートの支圧応力度

$$\sigma_{bk} = \frac{q_b \cdot B}{2 \cdot S}$$

コンクリートのせん断応力度

$$\tau_c = \frac{q_b \cdot B}{2 \cdot (D + 2 \cdot S)}$$

q_b : 扉体への地震による最大分布荷重 (N/mm²)

D : コンクリート面より戸当り底面までの深さ (mm)

B : 扉体水密幅 (mm)

S : 戸当り幅 (mm)

σ_{bk} : コンクリート支圧応力度 (N/mm²)

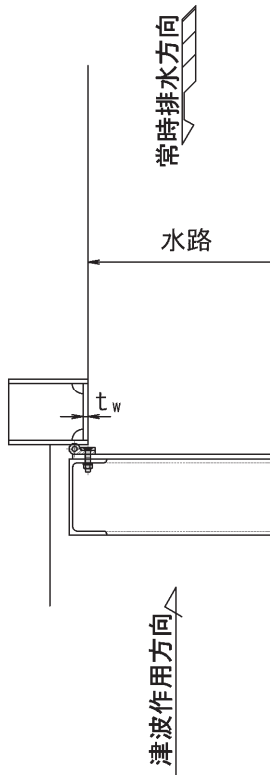
τ_c : コンクリートのせん断応力度 (N/mm²)

図 5-13 戸当りコンクリートのモデル図及び応力算定式

5.5.6 戸当り

戸当りの腹板は、「水門鉄管技術基準 水門扉編（（社）水門鉄管協会 平成 31 年）」に基づき、扉体からコンクリートに加わる最大圧力を戸当りで負担するものとして、戸当り腹板の圧縮応力を評価する。

戸当りのモデル図及び応力算定式を図 5-14 に示す。



戸当り腹板の圧縮応力度

$$\sigma_{bw} = \frac{q_b \cdot B}{2 \cdot t_w}$$

q_b : 扉体への地震による最大分布荷重 (N/mm²)

B : 水密幅 (mm)

t_w : 戸当り腹板の板厚 (mm)

σ_{bw} : 戸当り腹板の圧縮応力度 (N/mm²)

図 5-14 戸当りのモデル図及び応力算定式

5.6 計算条件

補機冷却海水系放水路逆流防止設備 (No. 1), (No. 2) の応力評価に用いる計算条件を表5-7に示す。

表 5-7 応力評価に用いる計算条件 (1/3)

スキンプレート, 主桁, 補助縦桁, ヒンジ及び吊りピンの材質	固定荷重 (扉体の自重) G (N)	扉体高 H _p (mm)	水の単位体積重量 W ₀ (N/mm ³)
SUS316L	7.355×10^3	2.040×10^3	1.01×10^{-5}
スキンプレートの辺長比 (b_1/a_1) による係数 k	スキンプレートの短辺 a ₁ (mm)	スキンプレートの長辺 b ₁ (mm)	スキンプレートに加わる単位面積当たりの荷重 P (N/mm ²)
42.74	585	800	2.44×10^{-3}
スキンプレートの板厚 t ₁ (mm)	主桁に加わる扉体自重による荷重 W (N)	水密幅 B (mm)	主桁の断面係数 Z ₂ (mm ³)
12	5.13×10^3	1.570×10^3	2.3100×10^5
主桁のウェブ断面積 A _{w2} (mm ²)	主桁 1, 主桁 2 の桁間隔 b _{s1} (mm)	主桁 2, 主桁 3 の桁間隔 b _{s2} (mm)	主桁 3, 主桁 4 の桁間隔 b _{s3} (mm)
1.8000×10^3	585	510	480

表 5-7 応力評価に用いる計算条件 (2/3)

主桁 4, 主桁 5 の 桁間隔 b_{s4} (mm)	主桁圧縮フランジの 固定間隔 L_{s1} (mm)	主桁 1 での発生圧力 q_{s1} (N/mm ²)	主桁 2 での発生圧力 q_{s2} (N/mm ²)
465	800	5.97×10^{-3}	5.97×10^{-3}

主桁 3 での発生圧力 q_{s3} (N/mm ²)	主桁 4 での発生圧力 q_{s4} (N/mm ²)	主桁 5 での発生圧力 q_{s5} (N/mm ²)	補助縦桁の 主桁間隔 a_3 (mm)
5.97×10^{-3}	5.97×10^{-3}	5.97×10^{-3}	585

補助縦桁の断面係数 Z_3 (mm ³)	補助縦桁の ウェブ断面積 A_{w3} (mm ²)	補助縦桁に加わる 各区分の平均荷重 p_3 (N/mm ²)	扉体への地震による 最大分布荷重 q_b (N/mm ²)
5.5232×10^4	1.1640×10^3	5.97×10^{-3}	5.97×10^{-3}

コンクリート面より 戸当り底面までの 深さ D (mm)	戸当り幅 S (mm)	戸当り腹板の板厚 t_w (mm)	ピンの断面係数 Z_4 (mm ³)
159	210	12	4.2092×10^3

ピンの断面積 A_4 (mm ²)	ピンの支点間長さ L_4 (mm)	ピンの分布荷重 載荷長 B_4 (mm)	ヒンジ (連結部) の 板厚 t_5 (mm)
9.6211×10^2	40	20	20

表 5-7 応力評価に用いる計算条件 (3/3)

ヒンジ (連結部) の 端抜けせん断長さ L_5 (mm)	アンカーボルト基部 からピン穴中心の 水平方向長さ L_6 (mm)	鉛直方向アンカー ボルト間距離 H_6 (mm)	アンカーボルトから ピン穴中心までの 鉛直方向長さ a_6 (mm)
52.057	244	140	27

アンカーボルトの コンクリートへの 有効埋め込み長さ l_e (mm)	頭付きアンカー ボルト頭部の直径 D_A (mm)	水平方向アンカー ボルト間距離 a_p (mm)	アンカーボルトの へりあき寸法 c (mm)
220	60	140	228

6. 評価結果

補機冷却海水系放水路逆流防止設備 (No. 1), (No. 2) の扉体部及び固定部の評価結果を表6-1に、評価部位の最大照査値発生位置を図6-1～図6-3に示す。発生応力が許容応力以下であることから構造部材が十分な構造健全性を有することを確認した。

表 6-1 耐震評価結果 (補機冷却海水系放水路逆流防止設備 (No. 1), (No. 2)) (1/2)

評価部位	応力成分	応力度 (a)	許容限界 (b)	照査値 (a / b)
スキンプレート	最大応力度 (N/mm ²)	2.5	132	0.02
主桁	曲げ応力度 (N/mm ²)	4.4	125	0.04
	せん断応力度 (N/mm ²)	1.5	76	0.02
	合成応力度	0.05	1.1	0.05
補助縦桁	曲げ応力度 (N/mm ²)	1.9	125	0.02
	せん断応力度 (N/mm ²)	0.5	76	0.01
	合成応力度	0.02	1.1	0.02
ピン	曲げ応力度 (N/mm ²)	28.2	132	0.22
	せん断応力度 (N/mm ²)	8.3	76	0.11
	合成応力度	0.24	1.1	0.22
ヒンジ (連結部)	せん断応力度 (N/mm ²)	5.5	76	0.08
戸当り コンクリート	支圧応力度 (N/mm ²)	0.03	8.8	0.01
	せん断応力度 (N/mm ²)	0.01	0.6	0.02
戸当り	圧縮応力度 (N/mm ²)	0.4	132	0.01

表 6-1 耐震評価結果（補機冷却海水系放水路逆流防止設備（No. 1），（No. 2））（2/2）

評価部位	応力成分	応力度 (a)	許容限界 (b)	照査値 (a / b)
アンカーボルト	引張力 (N)	6.37×10^3	4.28×10^4	0.15
	せん断力 (N)	1.57×10^3	3.00×10^4	0.06
	合成力	0.03	1.0	0.03
コンクリートの コーン状破壊	引張力 (N)	6.37×10^3	1.89×10^5	0.04
	せん断力 (N)	1.57×10^3	1.19×10^5	0.02

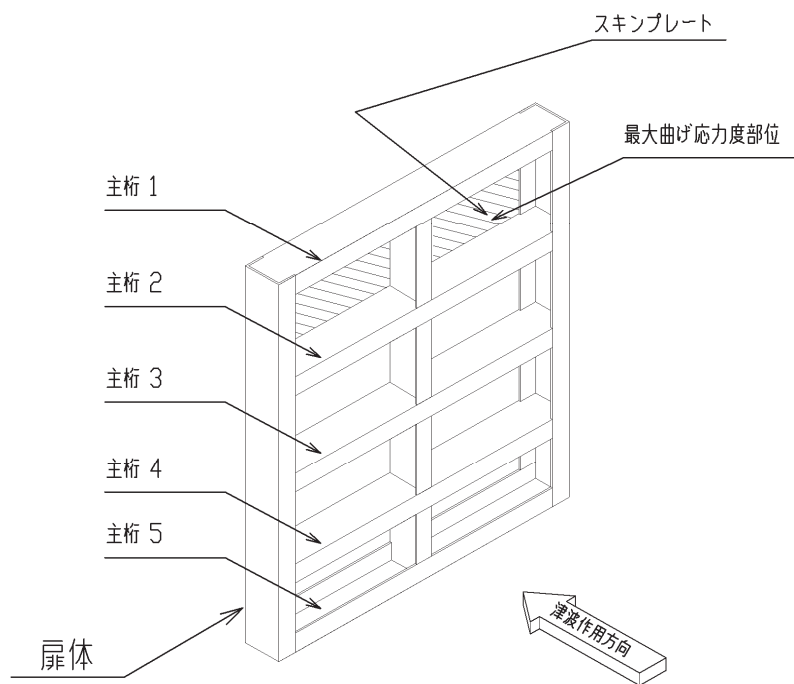


図 6-1 スキンプレート最大照査値発生位置

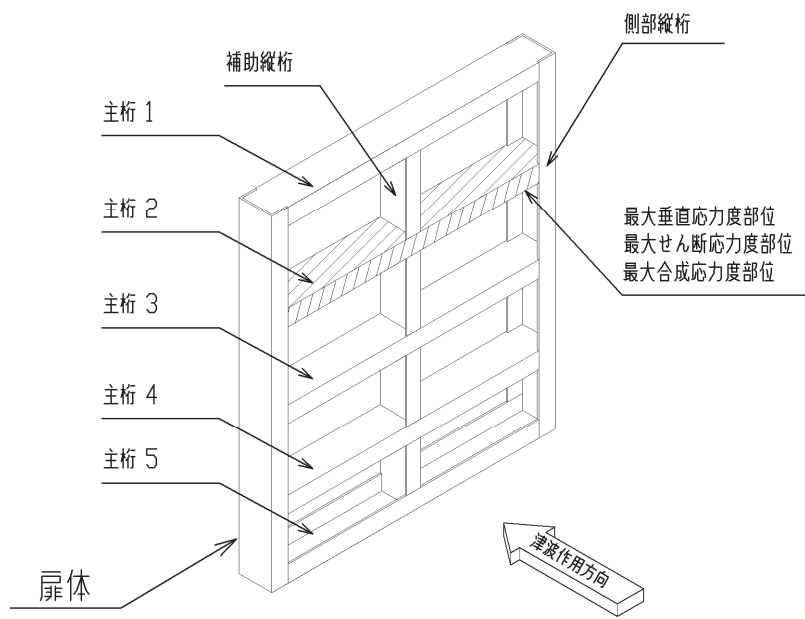


図 6-2 主桁最大照査値発生位置

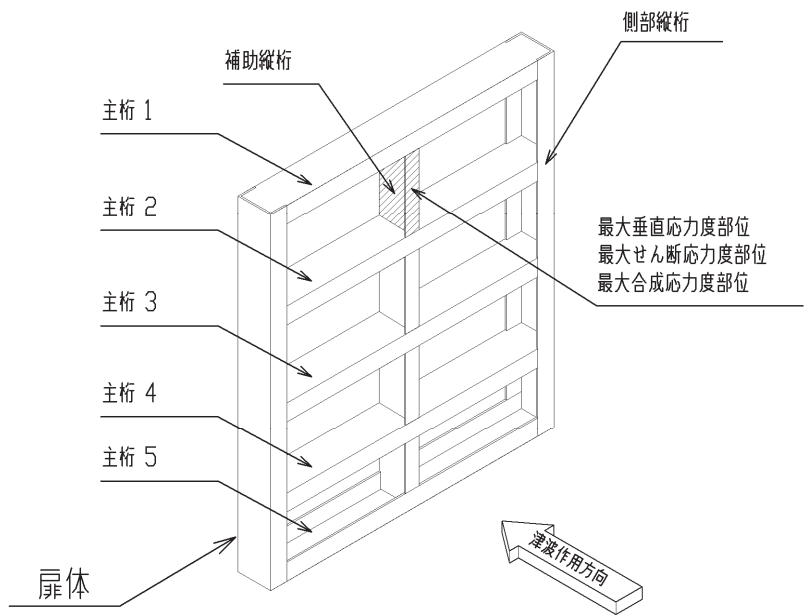


図 6-3 補助縦桁最大照査値発生位置