

本資料のうち、枠囲みの内容は営業秘密又は防護上の観点から公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-240 改2
提出年月日	平成30年9月12日

#### V-2-10-2-4 構内排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	4
2.3	評価方針	6
2.4	適用基準	7
2.5	記号の説明	8
3.	評価部位	10
4.	固有周期	11
4.1	固有周期の計算方法	11
4.2	固有周期の計算条件	12
4.3	固有周期の計算結果	13
5.	構造強度評価	15
5.1	構造強度評価方法	15
5.2	荷重及び荷重の組合せ	15
5.3	許容限界	16
5.4	設計用地震力	18
5.5	計算方法	20
5.6	計算条件	27
6.	評価結果	33
7.	出口側集水橋の耐震評価	35
7.1	出口側集水橋の構造概要	35
7.2	評価方針	41
7.3	適用基準	45
8.	地震応答解析	46
8.1	評価対象断面	46
8.1.1	杭間部	46
8.1.2	RC防潮壁部	48
8.2	解析方法	50
8.2.1	杭間部	50
8.2.2	RC防潮壁部	52
8.3	荷重及び荷重の組合せ	53
8.3.1	耐震安全性評価上考慮する状態	53
8.3.2	荷重	53
8.3.3	荷重の組合せ	53
8.4	入力地震動	54

8.4.1	杭間部	54
8.4.2	R C防潮壁部	71
8.5	解析モデル及び諸元	72
8.5.1	杭間部	72
8.5.2	R C防潮壁部	76
9.	出口側集水桁の耐震評価	77
9.1	評価対象部位	77
9.1.1	杭間部	77
9.1.2	R C防潮壁部	77
9.2	解析方法	77
9.2.1	杭間部	77
9.2.2	R C防潮壁部	77
9.3	荷重及び荷重の組合せ	78
9.3.1	耐震安全性評価上考慮する状態	78
9.3.2	荷重	78
9.3.3	荷重の組合せ	78
9.4	許容限界	79
9.4.1	杭間部	79
9.4.2	R C防潮壁部	82
9.5	解析モデル及び諸元	84
9.6	評価方法	84
9.6.1	杭間部	84
9.6.2	R C防潮壁部	87
10.	耐震評価結果	90
10.1	杭間部	90
10.1.1	構造部材の健全性に対する評価結果	90
10.1.2	基礎地盤の支持性能に対する評価結果	98
10.2	R C防潮壁部	99
10.2.1	構造部材の健全性に対する評価結果	99

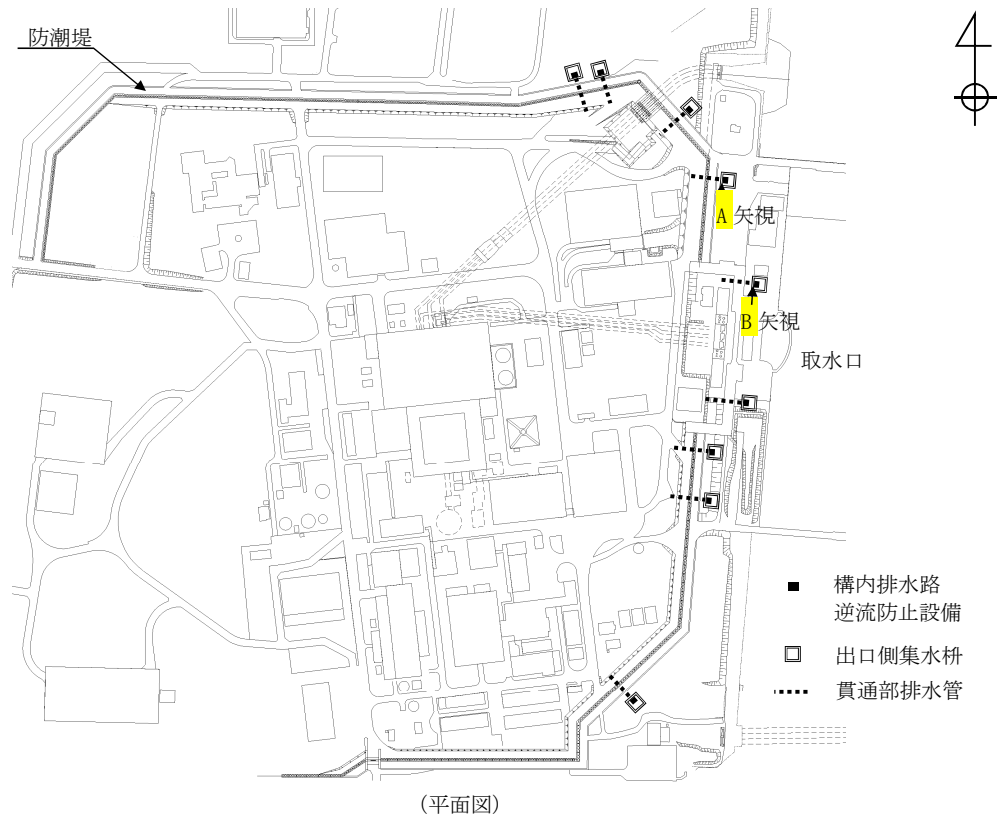
## 1. 概要

本資料は、添付書類「V-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構内排水路逆流防止設備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説明するものである。その耐震評価は構内排水路逆流防止設備の固有値解析及び応力評価により行う。また、構内排水路逆流防止設備が設置される出口側集水枡は耐震重要度分類 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、構成する部材が概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の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を行う。

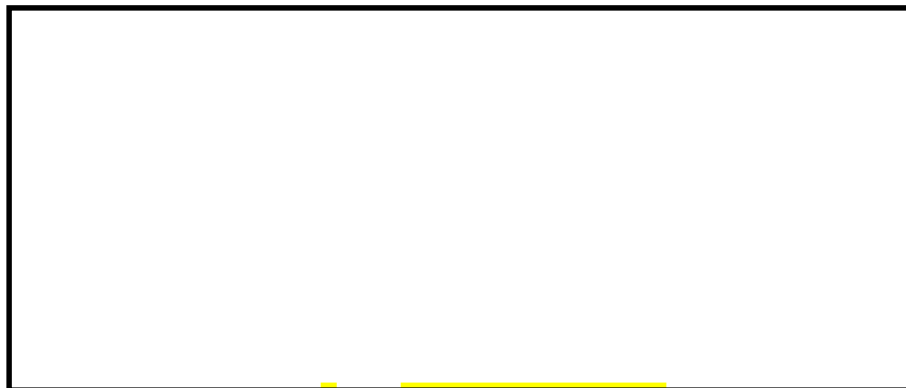
## 2. 一般事項

### 2.1 配置概要

構内排水路逆流防止設備は、構内排水路の出口側集水枡に設置する。  
構内排水路逆流防止設備の設置位置を図 2-1 に示す。



(A 矢視 構内排水路逆流防止設備 1,2,3,4,7,8,9)



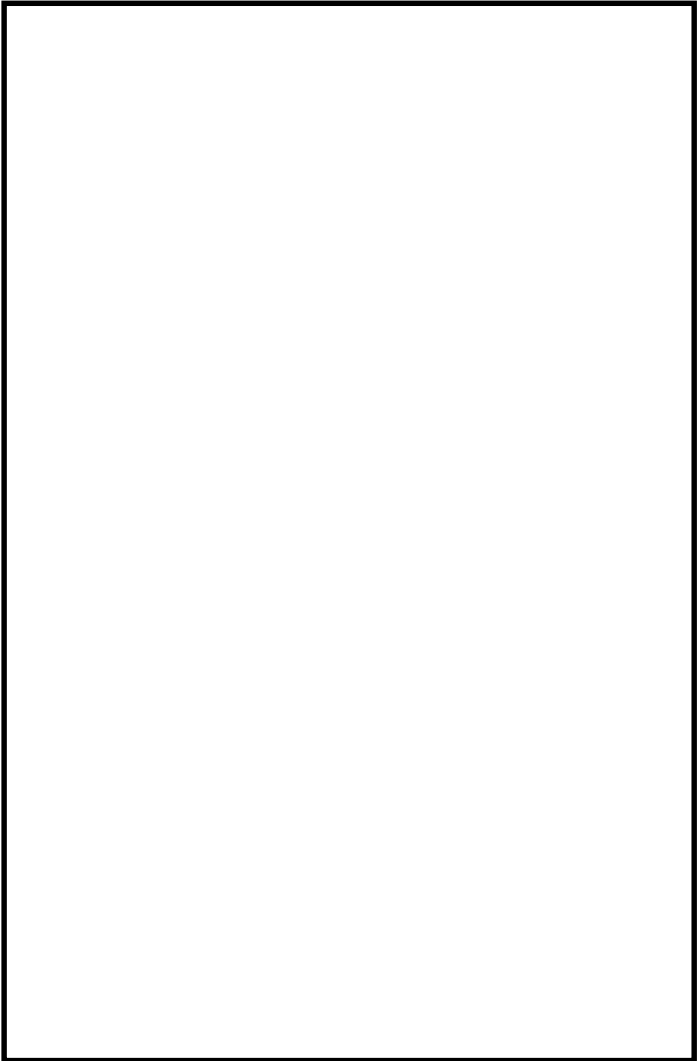
(B 矢視 構内排水路逆流防止設備 5,6)

図 2-1 構内排水路逆流防止設備の設置位置図

## 2.2 構造計画

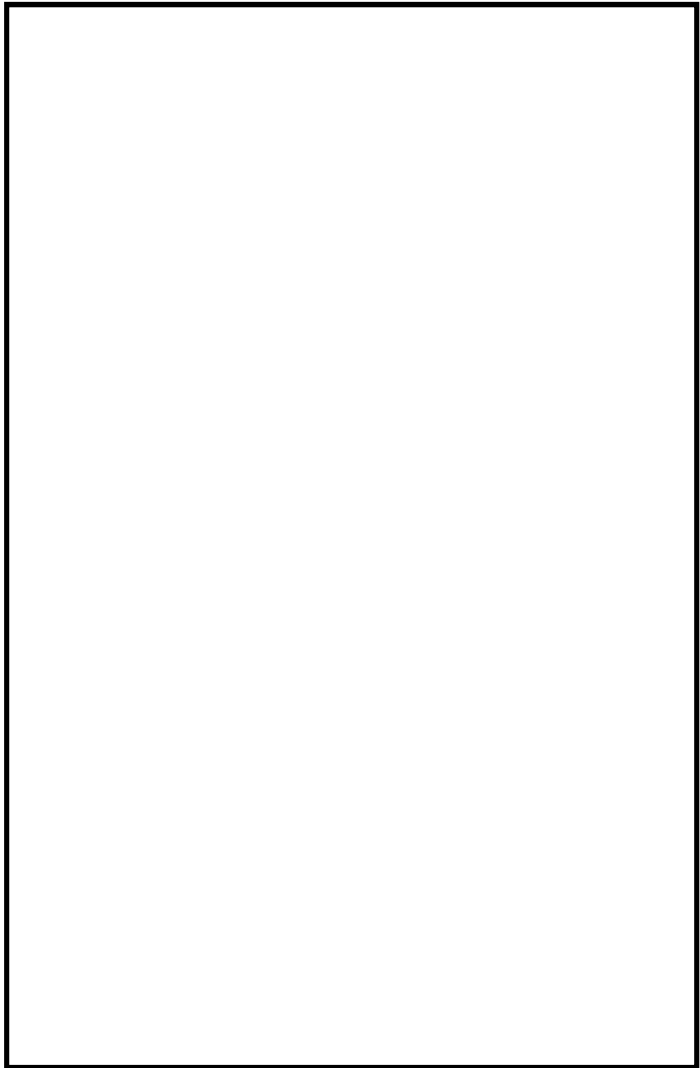
構内排水路逆流防止設備の構造は、スキンプレートに主桁及び補助桁を組合せた構造とする。本体をヒンジ（扉体部側及び固定部側），吊りピン及び戸当り金物を介して出口側集水枡に固定し，構内排水路を経由した津波の流入を防止する。構内排水路逆流防止設備の構造概要を表 2-1 及び表 2-2 に示す。

表 2-1 構内排水路逆流防止設備（1, 2, 3, 4, 7, 8, 9）の構造概要

設備名称	計画の概要		概略構造図
	基礎・支持構造	主体構造	
構内排水路逆流防止設備 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9	本体をヒンジ（扉体部側及び固定部側），吊りピン及び戸当り金物を介して出口側集水枡に固定する。	主桁及び補助桁を組合せたスキンプレートにより構成する。	

(単位：mm)

表 2-2 構内排水路逆流防止設備 (5, 6) の構造概要

設備名称	計画の概要		概略構造図
	基礎・支持構造	主体構造	
構内排水路逆流防止設備 5, 6	本体をヒンジ（扉体部側及び固定部側）、吊りピン及び戸当り金物を介して出口側集水枡に固定する。	主桁及び補助桁を組合せたスキンプレートにより構成する。	 <p style="text-align: right;">(単位：mm)</p>



### 2.3 評価方針

構内排水路逆流防止設備の耐震評価は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した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」に示す構内排水路逆流防止設備の構造を踏まえ、「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等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」に示す方法にて確認することを実施する。応力評価の確認結果を「6. 評価結果」に示す。

構内排水路逆流防止設備の耐震評価フローを図 2-2 に示す。

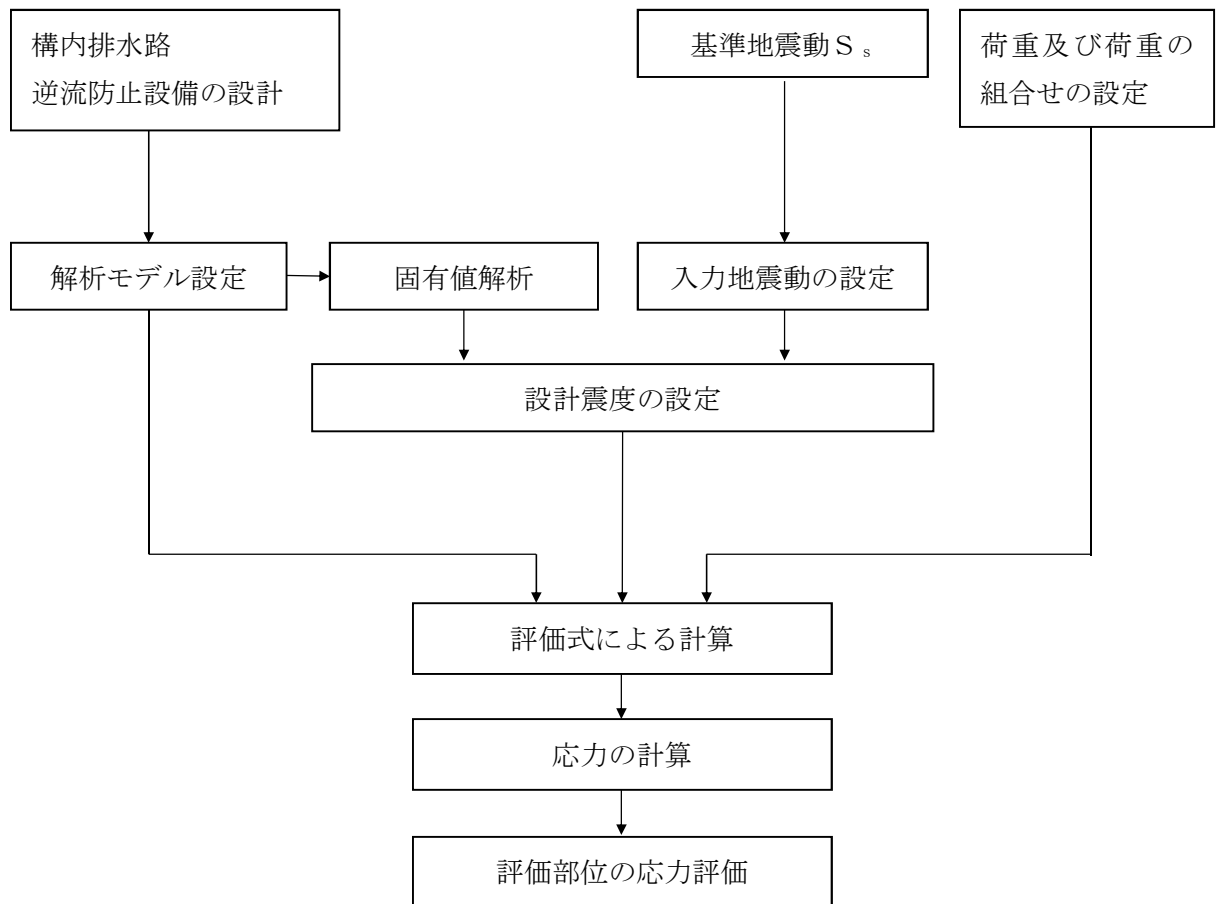


図 2-2 耐震評価フロー

## 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・マニュアル編)」 ((社) ダム・堰施設技術協会)

## 2.5 記号の説明

構内排水路逆流防止設備の固有周期の計算に用いる記号を表 2-3 に、応力評価に用いる記号を表 2-4 にそれぞれ示す。

表 2-3 構内排水路逆流防止設備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 <sup>2</sup>
I	主桁の断面二次モーメント	mm <sup>4</sup>
m	主桁の単位長さ当たりの質量	kg/mm
L <sub>1</sub>	主桁の長さ	mm
L <sub>2</sub>	振り子の長さ	mm
g	重力加速度	mm/s <sup>2</sup>

表 2-4 構内排水路逆流防止設備の耐震計算に用いる記号 (1/2)

記号	定義	単位
G	固定荷重 (扉体の自重)	N
K <sub>H</sub>	基準地震動 S <sub>s</sub> による水平方向の設計震度	—
K <sub>V</sub>	基準地震動 S <sub>s</sub> による鉛直方向の設計震度	—
A <sub>1</sub>	扉体面積	mm <sup>2</sup>
q <sub>1</sub>	単位面積当たりの地震荷重	N/mm <sup>2</sup>
k	スキンプレートの辺長比 (b/a) による係数	—
a <sub>1</sub>	スキンプレートの短辺	mm
b <sub>1</sub>	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 <sup>2</sup>
t <sub>1</sub>	スキンプレートの板厚	mm
α <sub>1</sub>	スキンプレートの応力の補正係数	—
W	主桁に加わる扉体自重による荷重	N
L <sub>0</sub>	主桁の支圧板中心間	mm
Z <sub>2</sub>	主桁の断面係数	mm <sup>3</sup>
A <sub>w2</sub>	主桁のウェブ断面積	mm <sup>2</sup>
p	縦補助桁に加わる各区分の平均荷重	N/mm <sup>2</sup>
a <sub>3</sub>	縦補助桁の主桁間隔	mm
Z <sub>3</sub>	縦補助桁の断面係数	mm <sup>3</sup>
A <sub>w3</sub>	縦補助桁のウェブ断面積	mm <sup>2</sup>
V <sub>e</sub>	鉛直方向地震荷重	N

表 2-4 構内排水路逆流防止設備の耐震計算に用いる記号 (2/2)

記号	定義	単位
$H_e$	水平方向地震荷重	N
$\alpha_4$	$m_1-n_1$ 断面における応力集中係数	—
$\beta_4$	$m-n$ 断面における応力集中係数	—
$a_4$	ピン穴半径	mm
$b_4$	リング部の半径	mm
$T_p$	引張部材の板厚	mm
$S_V$	地震時吊りリンク片側荷重(鉛直)	N
$S_H$	地震時吊りリンク片側荷重(水平)	N
$L_2$	ブラケット長さ	mm
$B_t$	ブラケット幅	mm
$t_2$	ブラケット板厚	mm
$A_s$	せん断断面積	mm <sup>2</sup>
$D_1$	ピン穴部外径	mm
$d_1$	ピン穴部内径	mm
$P_g$	リンク荷重	N
$L$	支持間隔	mm
$b_6$	リンクピン部厚さ	mm
$Z_6$	リンクピンの断面係数	mm <sup>3</sup>
$A_6$	リンクピンの断面積	mm <sup>2</sup>
$q$	下部作用圧力	N/mm <sup>2</sup>
$D_r$	支圧板中心径	mm
$b_w$	支圧幅 (= $t_0+2t_r$ )	mm
$b_r$	管内面から戸当り中心距離	mm
$S$	戸当り幅	mm

### 3. 評価部位

構内排水路逆流防止設備は、主桁及び縦補助桁等を有する扉体部及び扉体を集水枡に固定するヒンジ（扉体部側及び固定部側）、吊りピン等を有する固定部で構成されている。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、縦補助桁及びヒンジ（扉体部側）を選定し、固定部の評価部位としてヒンジ（固定部側）、吊りピン及び戸当り（コンクリート）を選定する。構内排水路逆流防止設備の評価部位について、図 3-1 に示す。

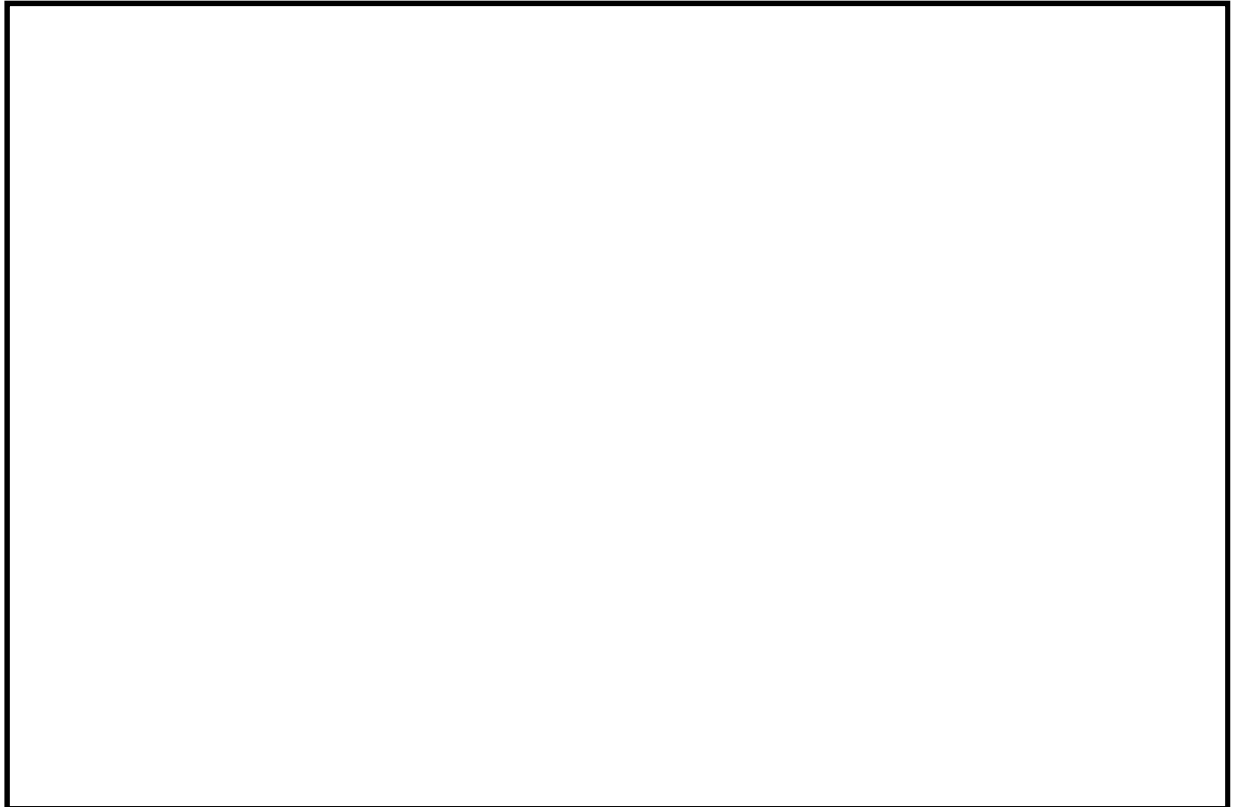


図 3-1 構内排水路逆流防止設備の評価部位

## 4. 固有周期

### 4.1 固有周期の計算方法

構内排水路逆流防止設備は扉体部及び固定部で構成されるため、固有周期の計算に用いる解析モデルは扉体部及び固定部をモデル化する。固定部のモデル化については、地震力が構内排水路逆流防止設備の閉方向に作用する場合（以下「閉門時」という。）には扉体部は戸当りと密着した状態となることから戸当り部を支点とする両端支持梁でモデル化し、地震力が構内排水路逆流防止設備の開方向に作用する場合（以下「開門時」という。）には構内排水路逆流防止設備がヒンジを中心に縦断方向に振動することから、振り子振動としてモデル化する。以下で閉門時及び開門時における固有周期の計算を実施する。

#### 4.1.1 閉門時

##### (1) 解析モデル(閉門時)

構内排水路逆流防止設備の主桁を単純支持梁としてモデル化する。

##### (2) 固有周期の計算(閉門時)

固有周期の計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

両端支持梁の固有周期は次のとおり与えられる。

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

$$f = \frac{\pi^2}{2 \pi L_1^2} \sqrt{\frac{E \cdot I}{m}}$$

#### 4.1.2 開門時

##### (1) 解析モデル(開門時)

ゲートの扉体がヒンジ部を回転中心とした振り子と考えてモデル化する。解析モデル図を図4-1に示す。

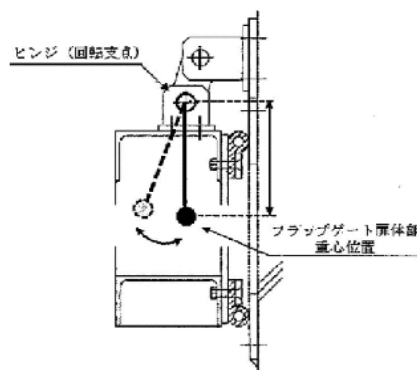


図4-1 解析モデル図（開門時）

##### (2) 固有周期の計算(開門時)

固有周期の計算に用いる寸法は、公称値を使用する。開門時の固有周期は次式により計算する。

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

$$f = 1 / (2\pi) \sqrt{\frac{g}{L_2}}$$

## 4.2 固有周期の計算条件

### 4.2.1 閉門時

構内排水路逆流防止設備（1, 2, 3, 4, 7, 8, 9）の閉門時における固有周期の計算に必要な諸元を表 4-1 に、構内排水路逆流防止設備（5, 6）の閉門時における固有周期の計算に必要な諸元を表 4-2 にそれぞれ示す。

表 4-1 固有周期の計算に必要な諸元（閉門時）

構内排水路逆流防止設備（1, 2, 3, 4, 7, 8, 9）

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 <sup>5</sup>	N/mm <sup>2</sup>
I	主桁の断面二次モーメント	1.11×10 <sup>8</sup>	mm <sup>4</sup>
m	主桁の単位長さ当たりの質量	0.32415	kg/mm
L <sub>1</sub>	主桁の長さ	1090	mm

表 4-2 固有周期の計算に必要な諸元（閉門時）

構内排水路逆流防止設備（5, 6）

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 <sup>5</sup>	N/mm <sup>2</sup>
I	主桁の断面二次モーメント	8.90×10 <sup>6</sup>	mm <sup>4</sup>
m	主桁の単位長さ当たりの質量	0.17522	kg/mm
L <sub>1</sub>	主桁の長さ	570	mm

### 4.2.2 開門時

構内排水路逆流防止設備（1, 2, 3, 4, 7, 8, 9）の開門時における固有周期の計算に必要な諸元を表 4-3 に、構内排水路逆流防止設備（5, 6）の開門時における固有周期の計算に必要な諸元を表 4-4 にそれぞれ示す。

表 4-3 固有周期の計算に必要な諸元（開門時）  
（構内排水路逆流防止設備（1, 2, 3, 4, 7, 8, 9））

記号	定義	数値	単位
T	固有周期	—	s
f	一次固有振動数	—	Hz
$L_2$	振り子の長さ	665	mm
<b>g</b>	重力加速度	9810	mm/s <sup>2</sup>

表 4-4 固有周期の計算に必要な諸元（開門時）  
構内排水路逆流防止設備（5, 6）

記号	定義	数値	単位
T	固有周期	—	s
f	一次固有振動数	—	Hz
$L_2$	振り子の長さ	370	mm
<b>g</b>	重力加速度	9810	mm/s <sup>2</sup>

#### 4.3 固有周期の計算結果

##### 4.3.1 閉門時

構内排水路逆流防止設備（1, 2, 3, 4, 7, 8, 9）の閉門時における固有周期の計算結果を表 4-5 に、構内排水路逆流防止設備（5, 6）の閉門時における固有周期の計算結果を表 4-6 にそれぞれ示す。固有周期は、0.05 s Hz 以上であることから、剛構造である。

表 4-5 固有周期の計算結果（閉門時）  
（構内排水路逆流防止設備（1, 2, 3, 4, 7, 8, 9））

固有振動数 (Hz)	固有周期 (s)
345	0.0029

表 4-6 固有周期の計算結果（閉門時）  
（構内排水路逆流防止設備（5, 6））

固有振動数 (Hz)	固有周期 (s)
476	0.0021



#### 4.3.2 開門時

構内排水路逆流防止設備（1, 2, 3, 4, 7, 8, 9）の開門時における固有周期の算出結果を表 4-7 に、構内排水路逆流防止設備（5, 6）の開門時における固有周期の算出結果を表 4-8 にそれぞれ示す。固有周期が 0.05s 以上であったことから、開門時における構内排水路逆流防止設備の耐震計算に用いる設計震度については固有周期の計算結果を踏まえて設定する。

表 4-7 固有周期の計算結果（開門時）  
（構内排水路逆流防止設備（1, 2, 3, 4, 7, 8, 9））

固有振動数 (Hz)	固有周期 (s)
0.61	1.636

表 4-8 固有周期の計算結果（開門時）  
（構内排水路逆流防止設備（5, 6））

固有振動数 (Hz)	固有周期 (s)
0.820	1.22

## 5. 構造強度評価

### 5.1 構造強度評価方法

構内排水路逆流防止設備の耐震評価は、添付書類「V-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

構内排水路逆流防止設備の耐震評価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、扉体自重を考慮する。

##### (2) 地震荷重 ( $K_s$ )

基準地震動  $S_s$  による地震荷重を考慮する。

#### 5.2.2 荷重の組合せ

構内排水路逆流防止設備は、構内排水路の出口側集水柵に設置されるため、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。

荷重の組合せを表 5-1 に示す。

表 5-1 荷重の組合せ

施設区分	機器名称	荷重の組合せ*
浸水防護施設 (津波防護施設)	構内排水路逆流防止設備	$G + K_s$

注記 \* : Gは固定荷重,  $K_s$ は基準地震動  $S_s$  による地震荷重を示す。

### 5.3 許容限界

構内排水路逆流防止設備の各部材の許容値は、評価対象部位毎に、ダム・堰施設技術基準(案)に規定される許容応力度を用いる。

構内排水路逆流防止設備の許容限界を表 5-2 に、構内排水路逆流防止設備の許容応力評価条件を表 5-3 に、構内排水路逆流防止設備の許容応力算出結果を表 5-4 示す。

表 5-2 構内排水路逆流防止設備の許容限界

許容応力状態	許容限界* <sup>1</sup>			
	1 次応力			
	曲げ <sup>b</sup>	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。

\*2: 扉体の許容限界は、「ダム・堰施設技術基準(案)(基準解説編・マニュアル編)((社)ダム・堰施設技術協会 平成 25 年 6 月)」に基づき、短期許容応力度とする。短期許容応力度は、鋼材の許容応力度に対して 1.5 倍の割増しを考慮する。

表 5-3 構内排水路逆流防止設備の許容応力評価条件

評価対象部位	材料	$\sigma_{ab}^{*1,2}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\sigma_{at}^{*1,2}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_a^{*1,2}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\sigma_{as}^{*1,2}$ (N/mm <sup>2</sup> )
スキンプレート	SUS316L	90	—	—	—
主桁	SUS316L	90	—	50	—
縦補助桁	SUS316L	90	—	50	—
ヒンジ (扉体部側)	SUS316L	—	90	50	—
ヒンジ (固定部側)	SUS316L	90	—	50	—
吊りピン	SUS316L	90	—	50	—
戸当り (コンクリート)	無筋コンクリート	—	—	0.40	5.9

注記 \*1:  $\sigma_{ab}$ : 許容曲げ応力度,  $\sigma_{ac}$ : 許容圧縮応力度,  $\sigma_{at}$ : 許容引張応力度,  $\tau_a$ : 許容せん断  
 応力度,  $\sigma_{as}$ : 許容支圧応力度を示す。

\*2: 各許容応力度の値は、「ダム・堰施設技術基準(案)(基準解説編・マニュアル編)((社)  
 ダム・堰施設技術協会 平成 25 年 6 月)」に基づく。

表 5-4 構内排水路逆流防止設備の許容応力算出結果

許容応力 状態	評価対象部位	許容限界			
		1 次応力			
		曲げ (N/mm <sup>2</sup> )	引張 (N/mm <sup>2</sup> )	せん断 (N/mm <sup>2</sup> )	支圧 (N/mm <sup>2</sup> )
短期許容 応力度	スキンプレート	135	—	—	—
	主桁	135	—	75	—
	縦補助桁	135	—	75	—
	ヒンジ (扉体部側)	—	135	75	—
	ヒンジ (固定部側)	135	—	75	—
	吊りピン	135	—	75	—
	戸当り (コンクリート)	—	—	0.6	8.9

## 5.4 設計用地震力

「4. 固有周期」に示したとおり、閉門時においては構内排水路逆流防止設備の固有周期が0.05s以下であることを確認したため、閉門時における構内排水路逆流防止設備の耐震計算に用いる設計震度は、表5-5に示すとおりとする。また、開門時においては構内排水路逆流防止設備の固有周期が0.05s以上であったことから、開門時における構内排水路逆流防止設備の耐震計算に用いる設計震度は、表5-6に示すとおりとする。

表5-5 設計用地震力（閉門時）

設備名称	地震動	設置場所 及び 床面高さ (m)	地震による設計震度*1	
構内排水路逆流防止設備 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9	基準地震動 $S_s$	出口側集水枡 EL. 1.14~5.40 (管底高さ)  ( EL. 5.550*2)	水平方向 $K_H$	0.75
			鉛直方向 $K_V$	0.55
構内排水路逆流防止設備 5, 6		出口側集水枡 1.350 (管底高さ)  ( EL. 1.8*3)	水平方向 $K_H$	0.72
			鉛直方向 $K_V$	0.67

注記 \*1: 「4. 固有周期」より、構内排水路逆流防止設備の固有周期が0.05s以下であることを確認したため、設置床の最大応答加速度の1.2倍を考慮した設計震度を設定した。

\*2: 防潮堤（鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁）における基準床レベルを示す。

\*3: 防潮堤（鉄筋コンクリート防潮壁）における基準床レベルを示す。

表 5-6 設計用地震力 (開門時)

設備名称	地震動	設置場所 及び 床面高さ (EL. m)	地震による設計震度*1	
構内排水路逆流防止設備 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9	基準地震動 $S_s$	出口側集水枡 EL. 1.14~5.40 (管底高さ)  ( EL. 5.550*2)	水平方向 $K_H$	1.13
			鉛直方向 $K_V$	0.83
構内排水路逆流防止設備 5, 6		出口側集水枡 1.350 (管底高さ)  ( EL. 1.8*3)	水平方向 $K_H$	1.08
			鉛直方向 $K_V$	1.01

注記 \*1 : 「4. 固有周期」より、構内排水路逆流防止設備の固有周期が0.05s以下であることを確認したため、設置床の最大応答加速度の1.2倍を考慮した設計震度を設定した。

\*2 : 防潮堤 (鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁) における基準床レベルを示す。

\*3 : 防潮堤 (鉄筋コンクリート防潮壁) における基準床レベルを示す。

## 5.5 計算方法

各評価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

スキンプレートに発生する曲げモーメントは、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 5-1 に示す。

$$\sigma = \frac{k \cdot a_1^2 \cdot P \cdot -10^6}{100 \cdot t^2}$$

$\sigma$  : 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)

$P$  : 発生圧力 (N/mm<sup>2</sup>)

$t_1$  : スキンプレートの板厚 (mm)

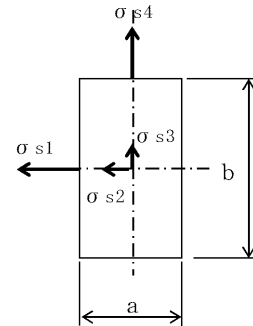
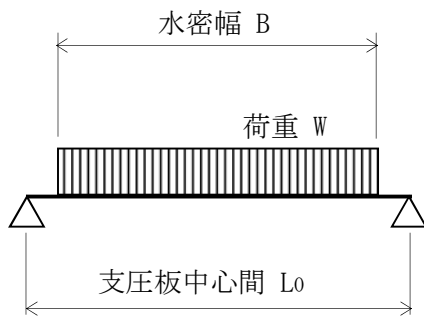


図 5-1 スキンプレートのモデル図及び応力算定式

## (2) 主桁

主桁は、部材の発生断面力に対して保守的な評価となるよう、支圧板の設置位置を支点とする両端をピン支点の単純梁によりモデル化する。

主桁のモデル図を図 5-2 に示す。



$$M_{\max} = \frac{W}{8} \cdot (2 \cdot L_0 - B)$$

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

$$\sigma = \frac{M_{\max} \cdot 10^6}{Z_2 \cdot 10^3}$$

$$\tau = \frac{S_{\max} \cdot 10^3}{A_{w2} \cdot 10^2}$$

$M_{\max}$  : 最大曲げモーメント (N・mm)

$S_{\max}$  : 最大せん断力 (N)

$\sigma$  : 曲げ応力 (N/mm<sup>2</sup>)

$\tau$  : せん断応力 (N/mm<sup>2</sup>)

$W$  : 扉体自重による荷重 (N)

$L_0$  : 支圧板中心間 (mm)

$Z_2$  : 主桁の断面係数 (mm<sup>3</sup>)

$A_{w2}$  : 主桁のウェブ断面積 (mm<sup>2</sup>)

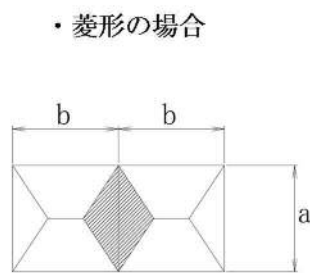
図 5-2 主桁のモデル図



(3) 縦補助桁

縦補助桁については、主桁によって支持された単純支持梁とし、荷重は平均水圧が亀甲形または菱形に作用したものとして、「ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・マニュアル編）（(社)ダム・堰施設技術協会，平成25年6月）」の式により曲げ応力及びせん断応力を算定する。

縦補助桁のモデル図及び応力算定式を図5-3に示す。



$M_{max}$  : 最大曲げモーメント (N・mm)

$S_{max}$  : 最大せん断力 (N)

$\sigma$  : 曲げ応力 (N/mm<sup>2</sup>)

$\tau$  : せん断応力 (N/mm<sup>2</sup>)

$p$  : 各区分の平均水圧 (N/mm<sup>2</sup>)

$a_3$  : 主桁間隔 (mm)

$Z_3$  : 縦補助桁の断面係数 (mm<sup>3</sup>)

$A_{w3}$  : 縦補助桁のウェブ断面積 (mm<sup>2</sup>)

$$M = \frac{p \cdot a_3^3}{12}$$

$$S = \frac{p \cdot a_3^2}{4}$$

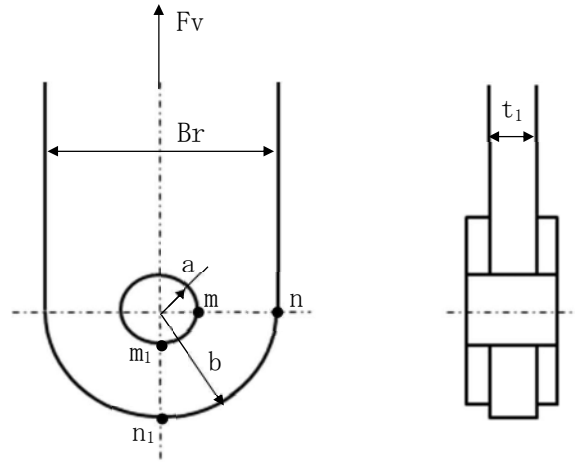
$$\sigma = \frac{M_{max} \cdot 10^6}{Z_3 \cdot 10^3}$$

$$\tau = \frac{S_{max} \cdot 10^3}{A_{w3} \cdot 10^2}$$

図5-3 縦補助桁のモデル図及び応力算定式

(4) ヒンジ（扉体部側）

ヒンジ（扉体部側）のピン穴接合部は、ダム・堰施設技術基準（案）のピン接合として計算する。ヒンジ（扉体部側）のモデル図及び応力算定式を図 5-4 に示す。



$b_4/a_4$	$\alpha$	$\beta$
2	1.44	3.85
4	0.17	1.57

$2 < b_4/a_4 < 4$  のとき、 $\alpha$ 、 $\beta$  はそれぞれ直線補間とする。

$$V_e = W \cdot (1 + K_v)$$

$$H_e = W \cdot K_H$$

$$F_v = V_e$$

$$\sigma_A = \frac{\beta \cdot F_v}{2 \cdot a_4 \cdot t_p}$$

$$\sigma_B = \frac{\alpha \cdot F_v}{2 \cdot a_4 \cdot t_p}$$

ここに、

$V_e$  : 鉛直方向地震荷重 (N)

$H_e$  : 水平方向地震荷重 (N)

$F_v$  : 引張部材に作用する軸力 (N)

$\alpha_4$  :  $m_1$ - $n_1$  断面における応力集中係数

$\beta_4$  :  $m$ - $n$  断面における応力集中係数

$a_4$  : ピン穴半径 (mm)

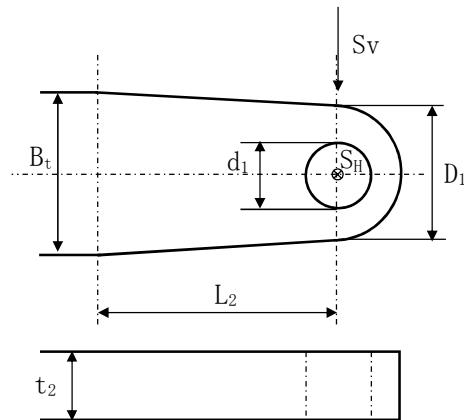
$b_4$  : リング部の半径 (mm)

$t_p$  : 引張部材の板厚 (mm)

図 5-4 ヒンジ（扉体部側）のモデル図及び応力算定式

(5) ヒンジ (固定部側)

ヒンジ (扉体部側) のモデル図及び応力算定式を図 5-5 に示す。



$$A_s = \frac{(D_1 - d_1) \cdot t_2}{2}$$

$$S_v = V_e$$

$$S_H = H_e$$

支持部曲げ応力(鉛直方向)

$$\sigma_b = \frac{6 \cdot S_v \cdot L_2}{2 \cdot t_2 \cdot B_t^2}$$

支持部曲げ応力(水平方向)

$$\sigma_b = \frac{6 \cdot S_H \cdot L_2}{2 \cdot B_t \cdot t_2^2}$$

ピン穴部せん断応力

$$\tau_B = \frac{S_v}{4 \cdot A_s}$$

ここに,

$S_v$  : 地震時吊りリンク片側荷重  
(鉛直) (N)

$S_H$  : 地震時吊りリンク片側荷重  
(水平) (N)

$L_2$  : ブラケット長さ (mm)

$B_t$  : ブラケット幅 (mm)

$t_2$  : ブラケット板厚 (mm)

$A_s$  : せん断面積 ( $\text{mm}^2$ )

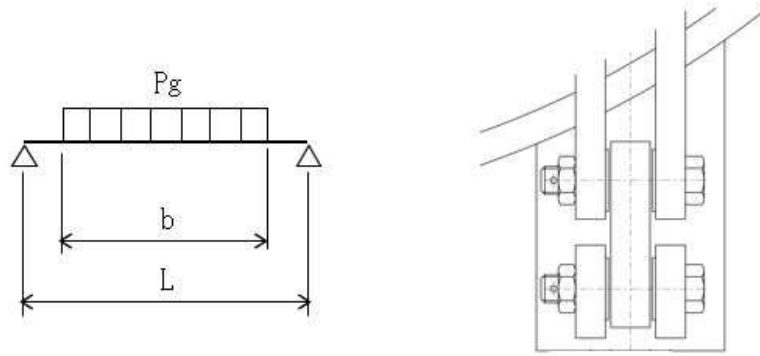
$D_1$  : ピン穴部外径 (mm)

$d_1$  : ピン穴部内径 (mm)

図 5-5 ヒンジ (固定部側) のモデル図及び応力算定式

(6) 吊りピン

吊りピンのモデル図及び応力算定式を図 5-6 に示す。



曲げモーメント

$$M = \frac{P_g}{8} (2L - b)$$

せん断力

$$S = \frac{P_g}{2}$$

$$Z_6 = \frac{\pi}{32} \cdot d^3$$

$$A_6 = \frac{\pi}{4} \cdot d^2$$

$$\sigma = \frac{M}{Z_6}$$

$$\tau = \frac{S}{A_6}$$

ここに、

$P_g$  : リンク荷重 (N)

$L$  : 支持間隔 (mm)

$b$  : リンクピン部厚さ (mm)

$Z_6$  : リンクピンの断面係数 ( $\text{mm}^3$ )

$A_6$  : リンクピンの断面積 ( $\text{mm}^2$ )

$\sigma$  : 曲げ応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )

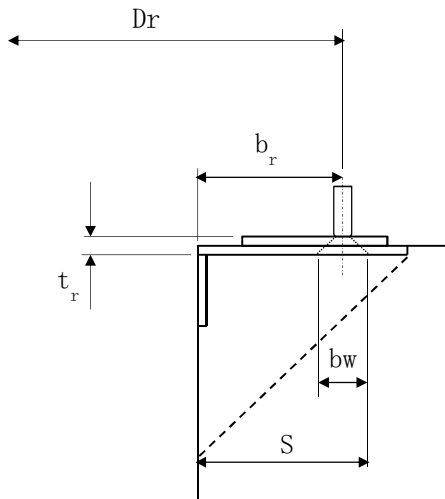
$\tau$  : せん断応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )

図 5-6 リンクピンのモデル図及び応力算定式

## (7) コンクリート

戸当りのコンクリートは、下部水圧が計算高に作用しているとして、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5-7に示す。



コンクリートの支圧応力度

$$\sigma_{bk} = \frac{q \cdot A}{\pi \cdot D_r \cdot b_w}$$

$$A = \frac{\pi \cdot D_r^2}{4}$$

コンクリートのせん断応力度

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

ここに、

q : 下部作用圧力 (N/mm<sup>2</sup>)

D<sub>r</sub> : 支圧板中心径 (mm)

b<sub>w</sub> : 支圧幅 (= t<sub>0</sub> + 2t<sub>r</sub>) (mm)

t<sub>0</sub> : 扉体支圧板有効幅 (mm)

b<sub>r</sub> : 管内面から戸当り中心距離 (mm)

σ<sub>bk</sub> : コンクリート支圧応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

A : 支圧面積 (mm<sup>2</sup>)

S : 戸当り幅 (mm)

図5-7 戸当り部コンクリートのモデル図及び応力算定式

## 5.6 計算条件

構内排水路逆流防止設備（1, 2, 3, 4, 7, 8, 9）の応力評価に用いる計算条件を表 5-7 に、構内排水路逆流防止設備（5, 6）の応力評価に用いる計算条件を表 5-8 にそれぞれ示す。

表 5-7 応力評価に用いる計算条件（構内排水路逆流防止設備（1, 2, 3, 4, 7, 8, 9））（1/3）

スキンプレー ト, 主桁, 補助桁, ヒンジ及び吊り ピンの材質	固定荷重 (扉体の自重) $G$ (N)	扉体面積 $A_1$ ( $\text{mm}^2$ )	単位面積当たり の地震荷重 $q_1$ ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )
SUS316L	$3.5 \times 10^3$	$8.99 \times 10^5$	$2.92 \times 10^{-3}$

スキンプレーートの辺 長比 (b/a) による 係数 $k$	スキンプレーートの 短辺 $a_1$ (mm)	スキンプレーートの 長辺 $b_1$ (mm)	スキンプレーートに 加わる単位面積当た りの荷重 $P$ ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )
44.88	390	575	$2.92 \times 10^{-3}$

スキンプレーートの 板厚 $t_1$ (mm)	スキンプレーートの 応力の補正係数 $\alpha_1$	主桁に加わる 扉体自重による荷重 $W$ (N)	主桁の 支圧板中心間 $L_0$ (mm)
16	0.8	$1.31 \times 10^3$	$1.089 \times 10^3$

主桁の 断面係数 $Z_2$ ( $\text{mm}^3$ )	主桁の ウェブ断面積 $A_{w2}$ ( $\text{mm}^2$ )	縦補助桁に加わる 各区分の平均荷重 $p$ ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	縦補助桁の 主桁間隔 $a_3$ (mm)
$2.24 \times 10^5$	$1.632 \times 10^3$	$2.92 \times 10^{-3}$	390

表 5-7 応力評価に用いる計算条件（構内排水路逆流防止設備（1, 2, 3, 4, 7, 8, 9））（2/3）

縦補助桁の断面係数 $Z_3$ ( $\text{mm}^3$ )	縦補助桁の ウェブ断面積 $A_{w3}$ ( $\text{mm}^2$ )	鉛直方向地震荷重 $V_e$ (N)	水平方向地震荷重 $H_e$ (N)
$2.50 \times 10^4$	$7.04 \times 10^2$	$5.40 \times 10^3$	$2.60 \times 10^3$

$m_1-n_1$ 断面における応力集中係数 $\alpha_4$	$m-n$ 断面における応力集中係数 $\beta_4$	ピン穴半径 $a_4$ (mm)	リング部の半径 $b_4$ (mm)
1.44	3.85	12.5	25

引張部材の板厚 $t_p$ (mm)	地震時吊りリンク片側荷重(鉛直) $S_v$ (N)	地震時吊りリンク片側荷重(水平) $S_H$ (N)	ブラケット長さ $L_2$ (mm)
25	$2.70 \times 10^3$	$1.30 \times 10^3$	95

ブラケット幅 $B_t$ (mm)	ブラケット板厚 $t_2$ (mm)	せん断断面積 $A_s$ ( $\text{mm}^2$ )	ピン穴部外径 $D_1$ (mm)
60	19	238	50

ピン穴部内径 $d_1$ (mm)	リンク荷重 $P_g$ (N)	支持間隔 $L$ (mm)	リンクピン部厚さ $b_6$ (mm)
25	$2.70 \times 10^3$	51	25

表 5-7 応力評価に用いる計算条件（構内排水路逆流防止設備（1, 2, 3, 4, 7, 8, 9））（3/3）

リンクピンの 断面係数 $Z_6$ ( $\text{mm}^3$ )	リンクピンの断面積 $A_6$ ( $\text{mm}^2$ )	下部作用圧力 $q$ ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	支圧板中心径 $D_r$ ( $\text{mm}$ )
$1.534 \times 10^3$	$4.91 \times 10^2$	$2.92 \times 10^{-3}$	$1.15 \times 10^3$

支圧幅（ $=t_0+2t_r$ ） $b_w$ ( $\text{mm}$ )	管内面から戸当り中 心距離 $b_r$ ( $\text{mm}$ )	戸当り幅 $S$ ( $\text{mm}$ )
50	75	$1.20 \times 10^2$



表 5-8 応力評価に用いる計算条件（構内排水路逆流防止設備（5, 6）（1/3）

スキンプレー ト, 主桁, 補助桁, ヒンジ及び吊り ピンの材質	固定荷重 (扉体の自重) G (N)	扉体面積 A <sub>1</sub> (mm <sup>2</sup> )	単位面積当たり の地震荷重 q <sub>1</sub> (N/mm <sup>2</sup> )
SUS316L	981	2.12×10 <sup>5</sup>	3.33×10 <sup>-3</sup>

スキンプレー トの辺 長比 (b/a) による 係数 k	スキンプレー トの 短辺 a <sub>1</sub> (mm)	スキンプレー トの 長辺 b <sub>1</sub> (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 <sup>2</sup> )
45.50	2.00×10 <sup>2</sup>	3.00×10 <sup>2</sup>	3.33×10 <sup>-3</sup>

スキンプレー トの 板厚 t <sub>1</sub> (mm)	スキンプレー トの 応力の補正係数 α <sub>1</sub>	主桁に加わる 扉体自重による荷重 W (N)	主桁の 支圧板中心間 L <sub>0</sub> (mm)
9	0.8	3.54×10 <sup>2</sup>	566

主桁の 断面係数 Z <sub>2</sub> (mm <sup>3</sup> )	主桁の ウェブ断面積 A <sub>w2</sub> (mm <sup>2</sup> )	縦補助桁に加わる 各区分の平均荷重 p (N/mm <sup>2</sup> )	縦補助桁の 主桁間隔 a <sub>3</sub> (mm)
3.300×10 <sup>4</sup>	4.00×10 <sup>2</sup>	3.33×10 <sup>-3</sup>	2.00×10 <sup>2</sup>

縦補助桁の断面係数 Z <sub>3</sub> (mm <sup>3</sup> )	縦補助桁の ウェブ断面積 A <sub>w3</sub> (mm <sup>2</sup> )	鉛直方向地震荷重V。 (N)	水平方向地震荷重H。 (N)
1.7×10 <sup>4</sup>	5.60×10 <sup>2</sup>	1.60×10 <sup>3</sup>	7.00×10 <sup>2</sup>

表 5-8 応力評価に用いる計算条件（構内排水路逆流防止設備（5,6））（2/3）

$m_1-n_1$ 断面における応力集中係数 $\alpha_4$	$m-n$ 断面における応力集中係数 $\beta_4$	ピン穴半径 $a_4$ (mm)	リング部の半径 $b_4$ (mm)
1.039	3.13	9.5	25

引張部材の板厚 $t_p$ (mm)	地震時吊りリンク片側荷重(鉛直) $S_v$ (N)	地震時吊りリンク片側荷重(水平) $S_H$ (N)	ブラケット長さ $L_2$ (mm)
20	$8.00 \times 10^2$	$3.50 \times 10^2$	96

ブラケット幅 $B_t$ (mm)	ブラケット板厚 $t_2$ (mm)	せん断断面積 $A_s$ (mm <sup>2</sup> )	ピン穴部外径 $D_1$ (mm)
60	12	186	50

ピン穴部内径 $d_1$ (mm)	リンク荷重 $P_g$ (N)	支持間隔 $L$ (mm)	リンクピン部厚さ $b_6$ (mm)
19	$8.00 \times 10^2$	44	20

リンクピンの断面係数 $Z_6$ (mm <sup>3</sup> )	リンクピンの断面積 $A_6$ (mm <sup>2</sup> )	下部作用圧力 $q$ (N/mm <sup>2</sup> )	支圧板中心径 $D_r$ (mm)
$6.73 \times 10^2$	$2.84 \times 10^2$	$3.33 \times 10^{-3}$	$6.00 \times 10^2$

表 5-8 応力評価に用いる計算条件（構内排水路逆流防止設備（5, 6））（3/3）

支圧幅 ( $=t_0+2t_r$ ) $b_w$ (mm)	管内面から戸当中 心距離 $b_r$ (mm)	戸当り幅 $S$ (mm)
50	75	$1.20 \times 10^2$

6. 評価結果

構内排水路逆流防止設備（1, 2, 3, 4, 7, 8, 9）の扉体及び戸当りの評価結果を表 6-1 に、構内排水路逆流防止設備（5, 6）の扉体及び戸当りの評価結果を表 6-2 にそれぞれ示す。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（構内排水路逆流防止設備（1, 2, 3, 4, 7, 8, 9））

評価部位		評価応力	発生応力 (N/mm <sup>2</sup> )	許容応力 (N/mm <sup>2</sup> )
扉体部	スキンプレート	最大応力度	1	135
	主桁	曲げ応力度	1	135
		せん断応力度	1	75
	縦補助桁	曲げ応力度	1	135
		せん断応力度	1	75
	ヒンジ（扉体部側）	引張応力度	17	135
せん断応力度		5	75	
固定部	ヒンジ（固定部側）	曲げ応力度	18	135
		せん断応力度	3	75
	吊りピン	曲げ応力度	17	135
		せん断応力度	4	75
	戸当り （コンクリート）	支圧応力度	0.02	8.9
		せん断応力度	0.004	0.6

表 6-2 耐震評価結果（構内排水路逆流防止設備（5, 6））

評価部位		評価応力	発生応力 (N/mm <sup>2</sup> )	許容応力 (N/mm <sup>2</sup> )
扉体部	スキンプレート	最大応力度	1	135
	主桁	曲げ応力度	1	135
		せん断応力度	1	75
	補助桁	曲げ応力度	1	135
		せん断応力度	1	75
	ヒンジ（扉体部側）	引張応力度	7	135
せん断応力度		1	75	
固定部	ヒンジ（固定部側）	曲げ応力度	12	135
		せん断応力度	2	75
	吊りピン	曲げ応力度	11	135
		せん断応力度	2	75
	戸当り （コンクリート）	支圧応力度	0.01	8.9
		せん断応力度	0.002	0.6



## 7. 出口側集水枡の耐震評価

### 7.1 出口側集水枡の構造概要

集水枡は、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。支持形式の違いにより、鋼管杭を介するもの（以下、「集水枡（杭間部）」という。）と鉄筋コンクリート防潮壁の底版と一体化させるもの（以下、「集水枡（RC防潮壁部）」という。）に区分される。堤内側で接続する集水枡（以下、「入口側集水枡」という。）と堤外側で接続する集水枡（以下、「出口側集水枡」という。）があり、構内排水路逆流防止設備は出口側集水枡に設置する。

出口側集水枡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。

出口側集水枡の構造図を図7-1に示す。

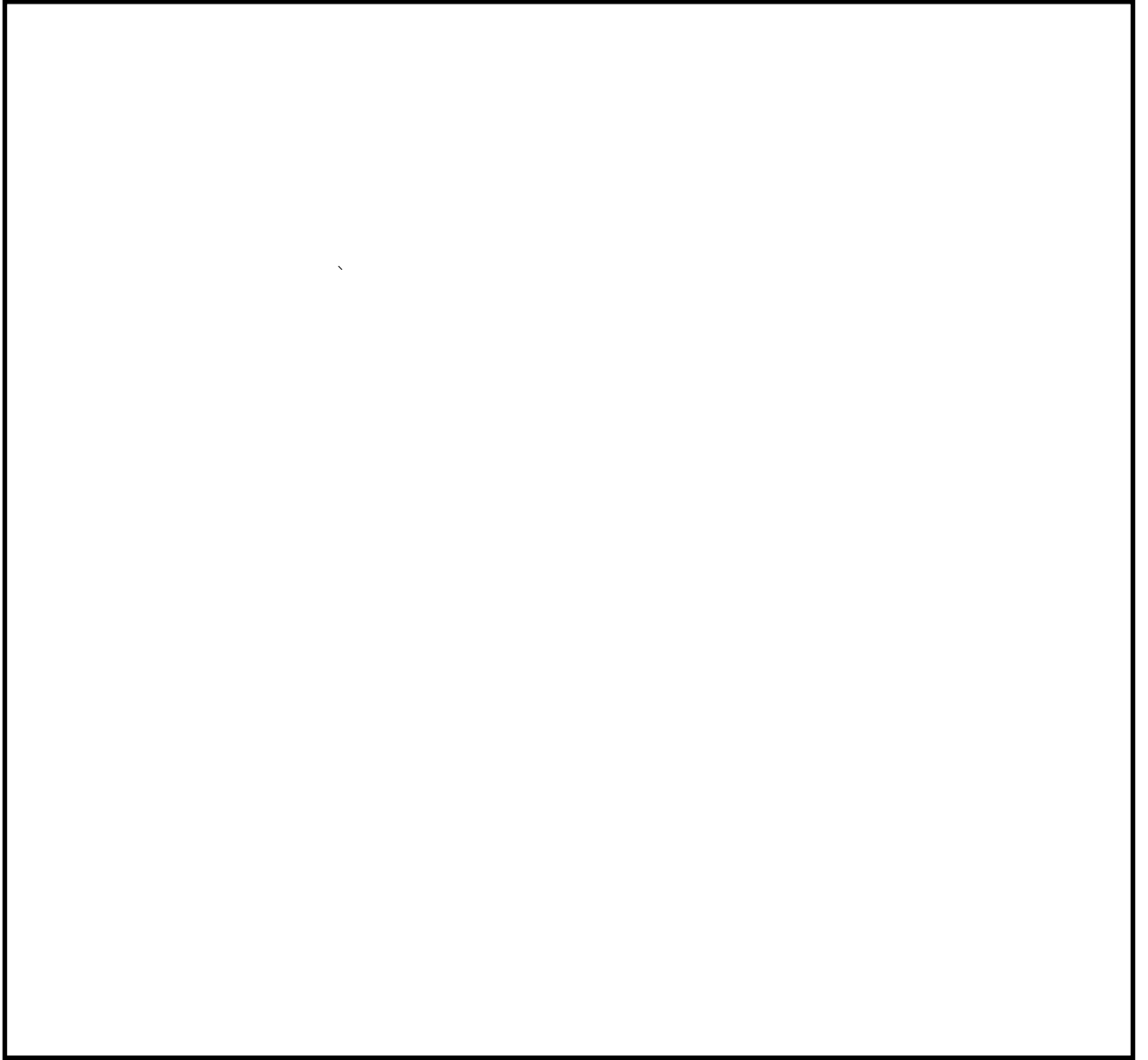
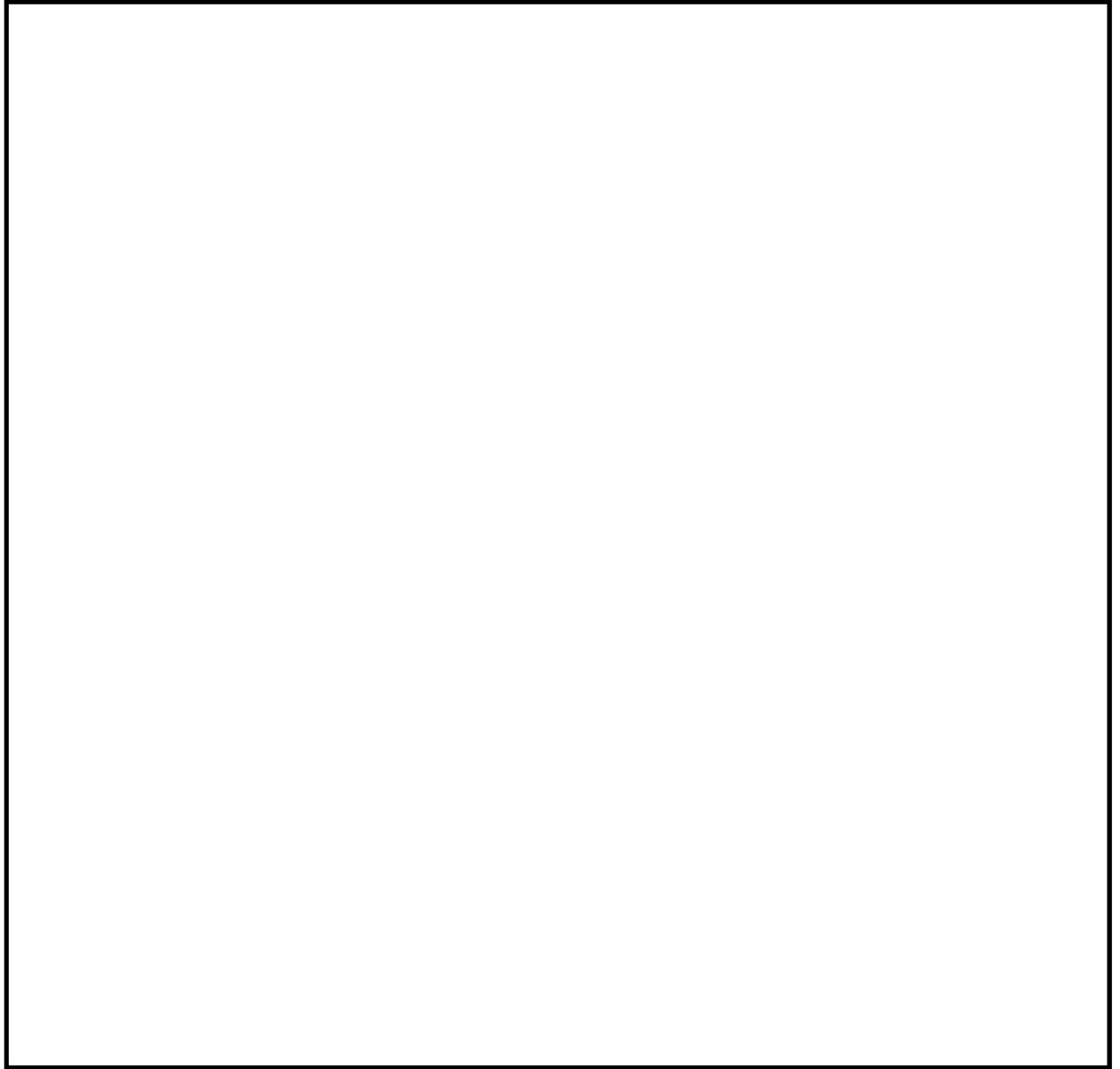


図 7-1 (1) 構内排水路 (杭間部) 出口側集水枡構造図(排水系統 I-2)

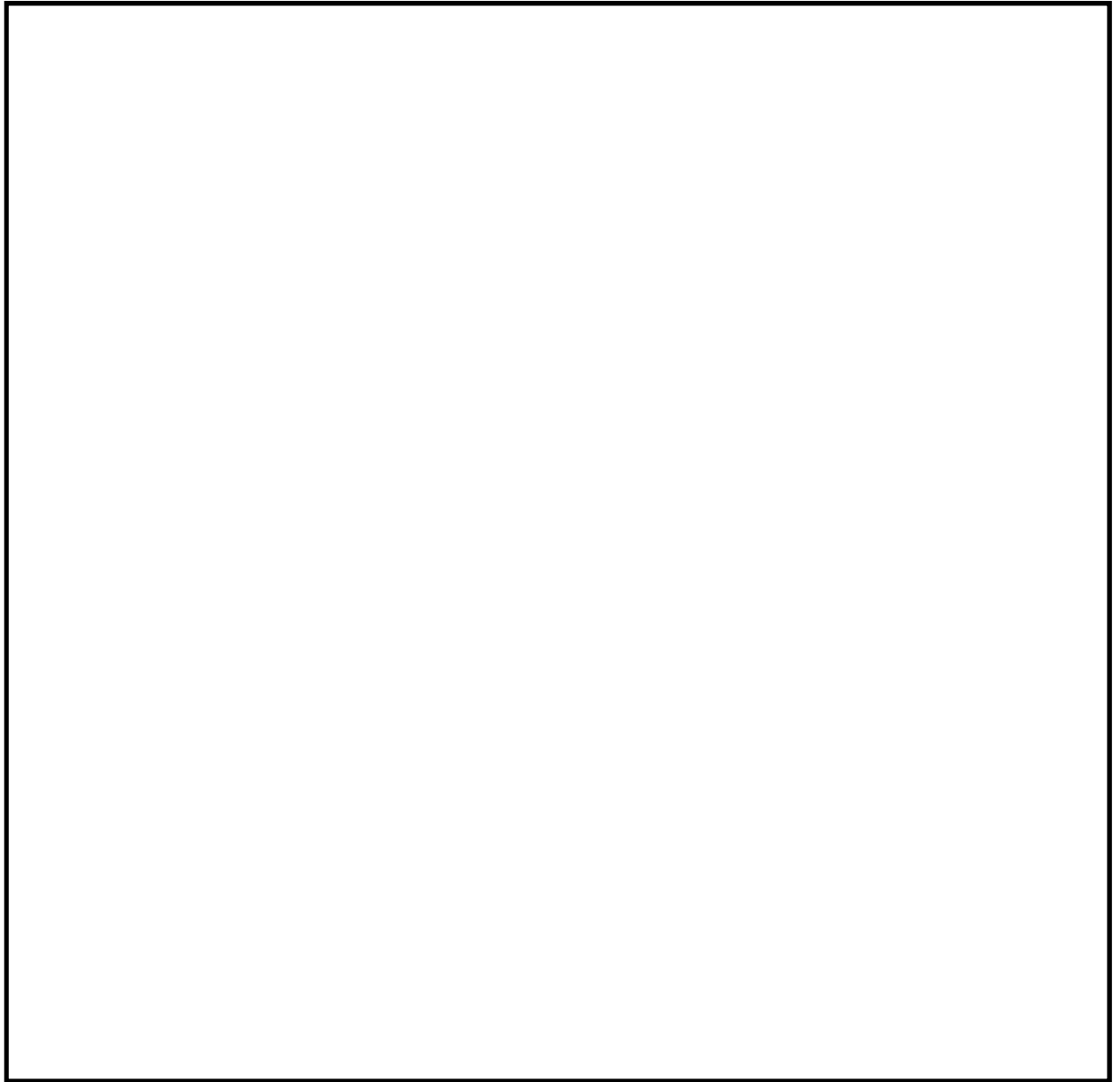


(排水系統 I -3)

(排水系統 II -1)

図 7-1 (2) 構内排水路 (杭間部) 出口側集水柵構造図 (排水系統 I -3・II -1)

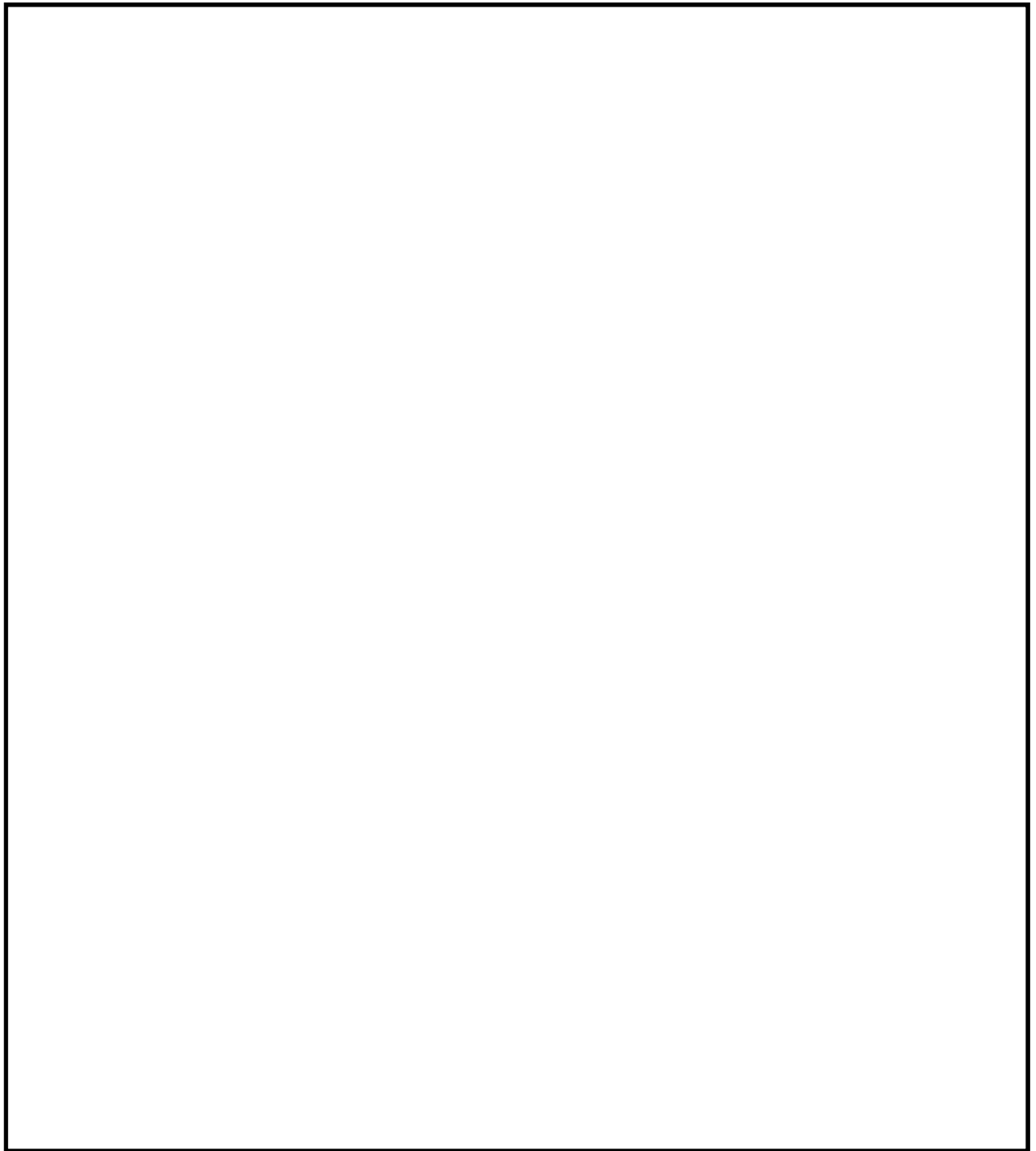




(排水系統Ⅱ-2)

(排水系統Ⅲ-1)

図 7-1 (3) 構内排水路 (杭間部) 出口側集水枡構造図 (排水系統Ⅱ-2・Ⅲ-1)



(排水系統Ⅲ-2)

(排水系統Ⅴ)

図 7-1 (4) 構内排水路 (杭間部) 出口側集水枡構造図(排水系統Ⅲ-2・Ⅴ)

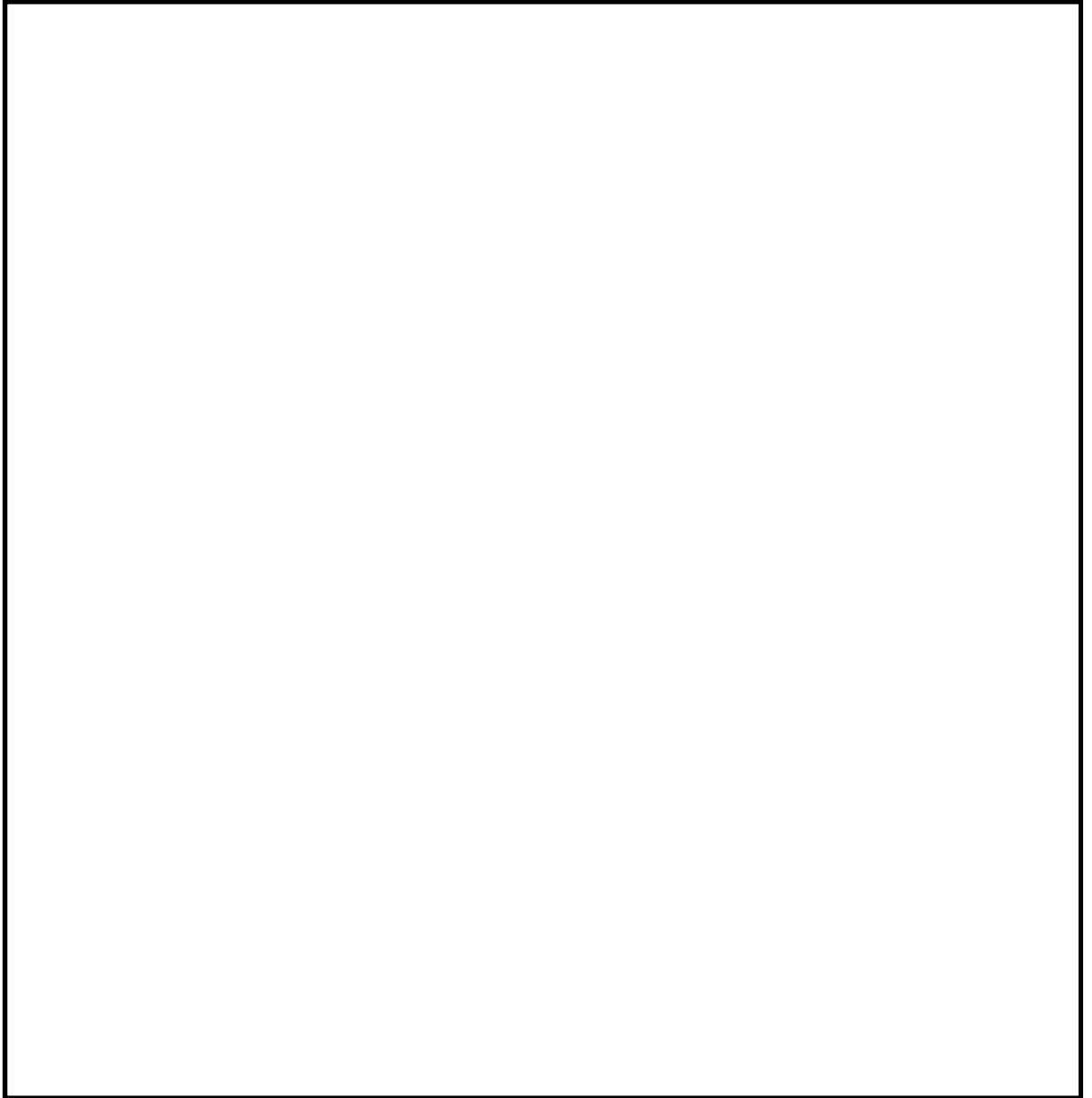


図 7-1 (5) 集水枡 (R C 防潮壁部) 及び貫通部配管 R C 底版の構造概要図

## 7.2 評価方針

出口側集水枡の評価においては、地震応答解析により得られる応答値を用いて各々の耐震評価を行う。

地震応答解析においては、地震時の地盤の有効応力の変化に応じた影響を考慮できる有効応力解析を実施する。

有効応力解析に用いる液状化強度特性は、代表性及び網羅性を踏まえた上で保守性を考慮して設定する。

津波防護施設への地盤変位に対する保守的な配慮として、地盤を強制的に液状化させることを仮定した影響を考慮する。その際は、原地盤よりも十分に小さい液状化強度特性（敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく液状化強度特性）を仮定する。

津波防護施設及び機器・配管系への加速度応答に対する保守的な配慮として、地盤の非液状化の影響を考慮する。その際は、原地盤において非液状化の条件を仮定した解析を実施する。

### (1) 出口側集水枡（杭間部）

出口側集水枡（杭間部）の耐震評価は、「8. 地震応答解析」により得られた解析結果に基づき、設計基準対象施設として表 7-1 の評価項目に示すとおり、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については、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。

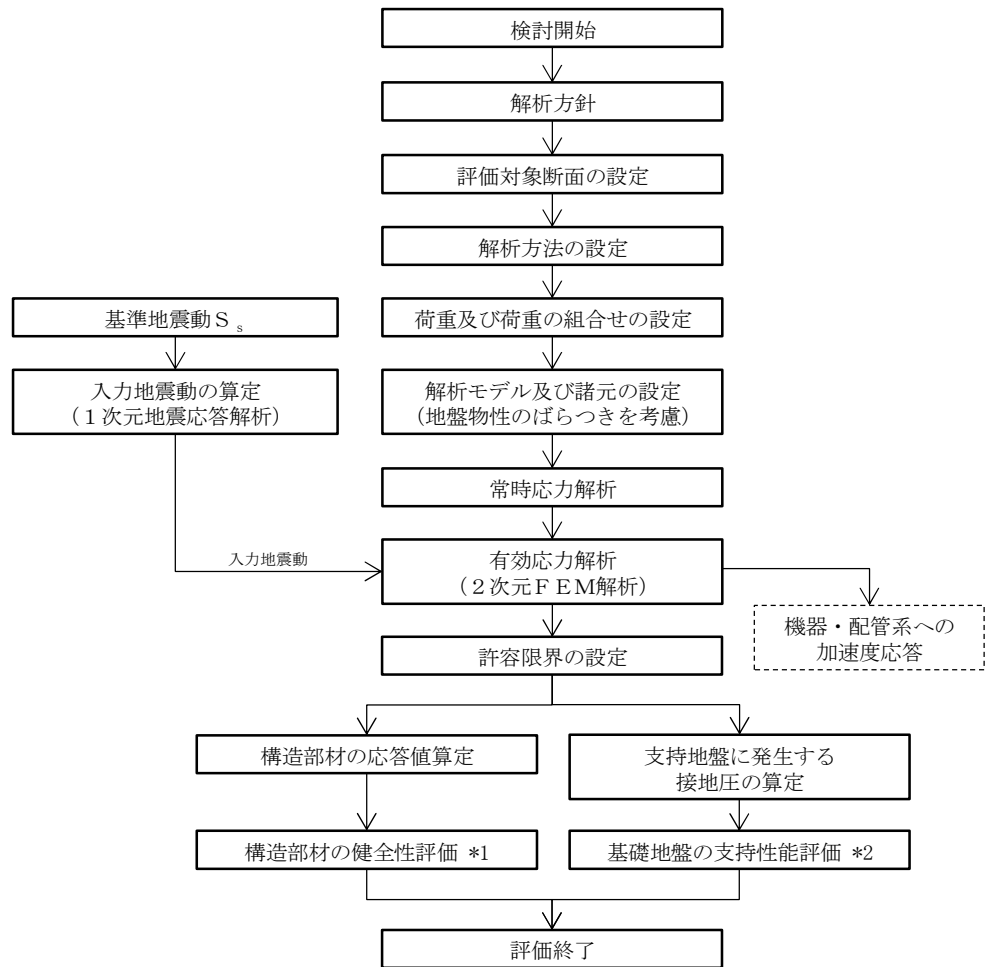
基礎地盤の支持性能評価については、基礎地盤に作用する接地圧が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認する。

出口側集水枡（杭間部）の耐震評価フローを図 7-2 に示す。

表 7-1 出口側集水枡（杭間部）の評価項目

評価方針	評価項目	部位	評価方法	許容限界
構造強度を有すること	構造部材の健全性	出口側集水枡（杭間部）の全構造部材	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	接地圧が許容限界以下であることを確認	極限支持力*
有意な漏えいを生じないこと	構造部材の健全性	出口側集水枡（杭間部）の全構造部材	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度

注記 \*：妥当な安全余裕を考慮する。



注記 \*1：構造部材の健全性評価を実施することで、第7-1表に示す「構造強度を有すること」及び「有意な漏えいを生じないこと」を満足することを確認する。  
 \*2：基礎地盤の支持性能評価を実施することで、第7-1表に示す「構造強度を有すること」を満足することを確認する。

図7-2 出口側集水枡（杭間部）の耐震評価フロー

## (2) 出口側集水枡（RC防潮壁部）

出口側集水枡（RC防潮壁部）の耐震評価は、「8. 地震応答解析」により得られた解析結果に基づき、設計基準対象施設として表 7-2 の評価項目に示すとおり、構造部材の健全性評価を行う。

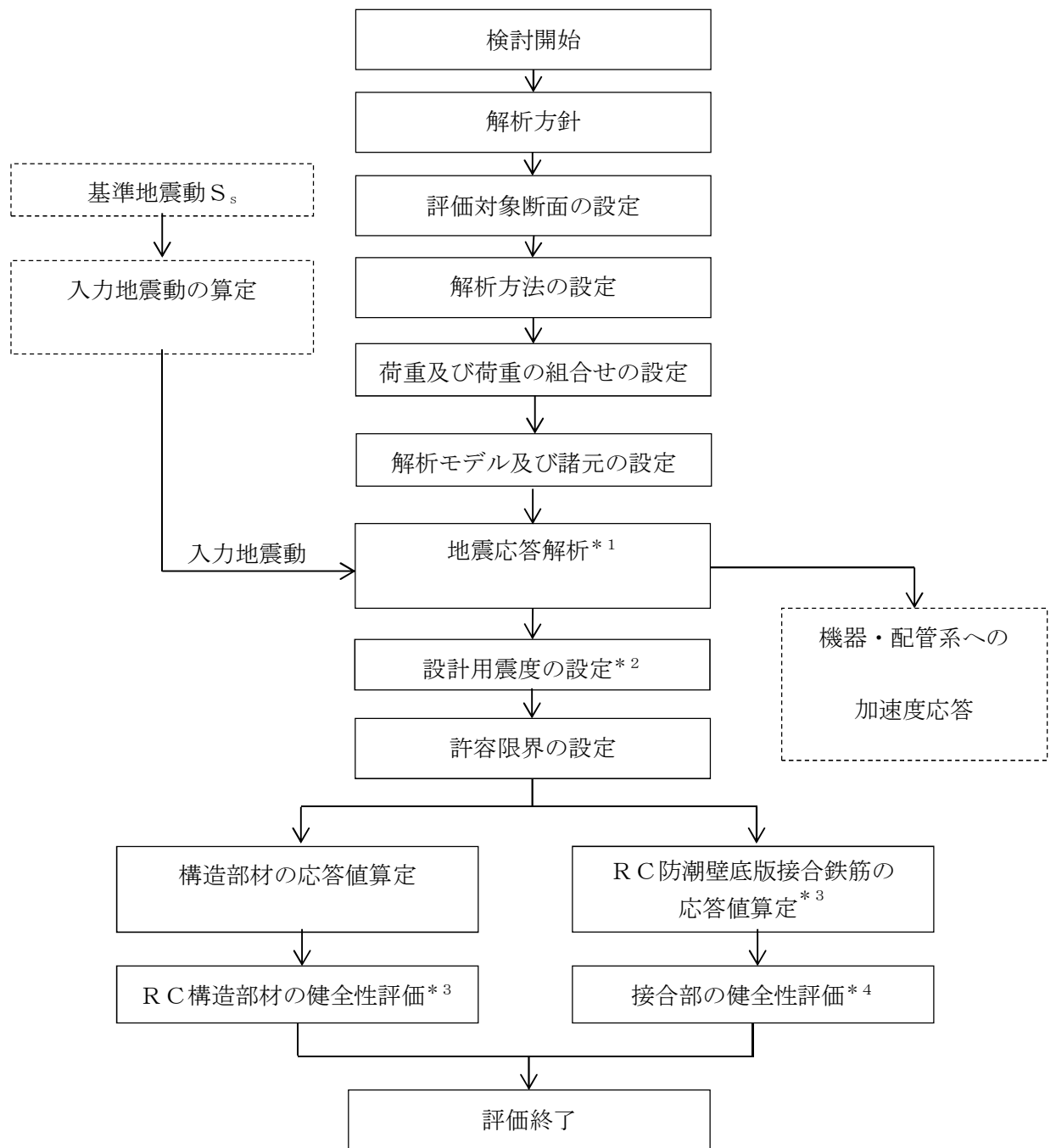
構造部材の健全性評価については、部材に発生する発生応力が許容限界以下であることを確認する。

出口側集水枡（RC防潮壁部）の支持性能評価については、鉄筋コンクリート防潮壁底版と一体化することから、底版との接合鉄筋に生ずる発生応力が許容限界以下であることを確認する。

出口側集水枡（RC防潮壁部）の耐震評価フローを図 7-3 に示す。

表 7-2 出口側集水枡（RC防潮壁部）の評価項目

評価方針	評価項目	部位	評価方法	許容限界
構造強度を有すること	構造部材の健全性	出口側集水枡（RC防潮壁部）の全構造部材	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
	構造物の支持性能	RC防潮壁底版と一体化部 底版との接合鉄筋	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
有意な漏えいを生じないこと	構造部材の健全性	出口側集水枡（RC防潮壁部）の全構造部材	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度



- 注記 \*1：地盤応答解析は、添付書類「V-2-10-2-2-2-1 防潮堤（鉄筋コンクリート防潮壁）の耐震性についての計算書」の地震応答解析結果を用いる。
- \*2：地震時応答解析にて算出された最大加速度による設計用震度を設定する。
- \*3：RC構造部材の健全性評価を実施することで、第7-2表「構造強度を有すること」及び「有意な漏えいを生じないこと」を満足することを確認する。
- \*4：RC防潮壁底板接合鉄筋の健全性評価を実施することで、第7-2表に示す「構造強度を有すること」を満足することを確認する。

図 7-3 出口側集水柵（RC防潮壁部）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。

- ・ コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（(社) 土木学会，2002 年制定）
- ・ 道路土工 カルバート工指針（平成 21 年度版）
- ・ 道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（(社) 日本道路協会，平成 14 年 3 月）
- ・ 道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（(社) 日本道路協会，平成 24 年 3 月）
- ・ 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（(社) 土木学会，2005 年）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 - 1987（(社) 日本電気協会）



## 8. 地震応答解析

### 8.1 評価対象断面

#### 8.1.1 杭間部

評価対象断面は、出口側集水枡及び出口側集水枡を接続する排水管を含む断面のうち、津波波圧が大きく、地震時の変位が大きい、排水系統 I-2 の断面とする。排水系統 I-2 の断面位置を第図 8-1 に示す。また、排水系統 I-2 の断面図を図 8-2 に示す。

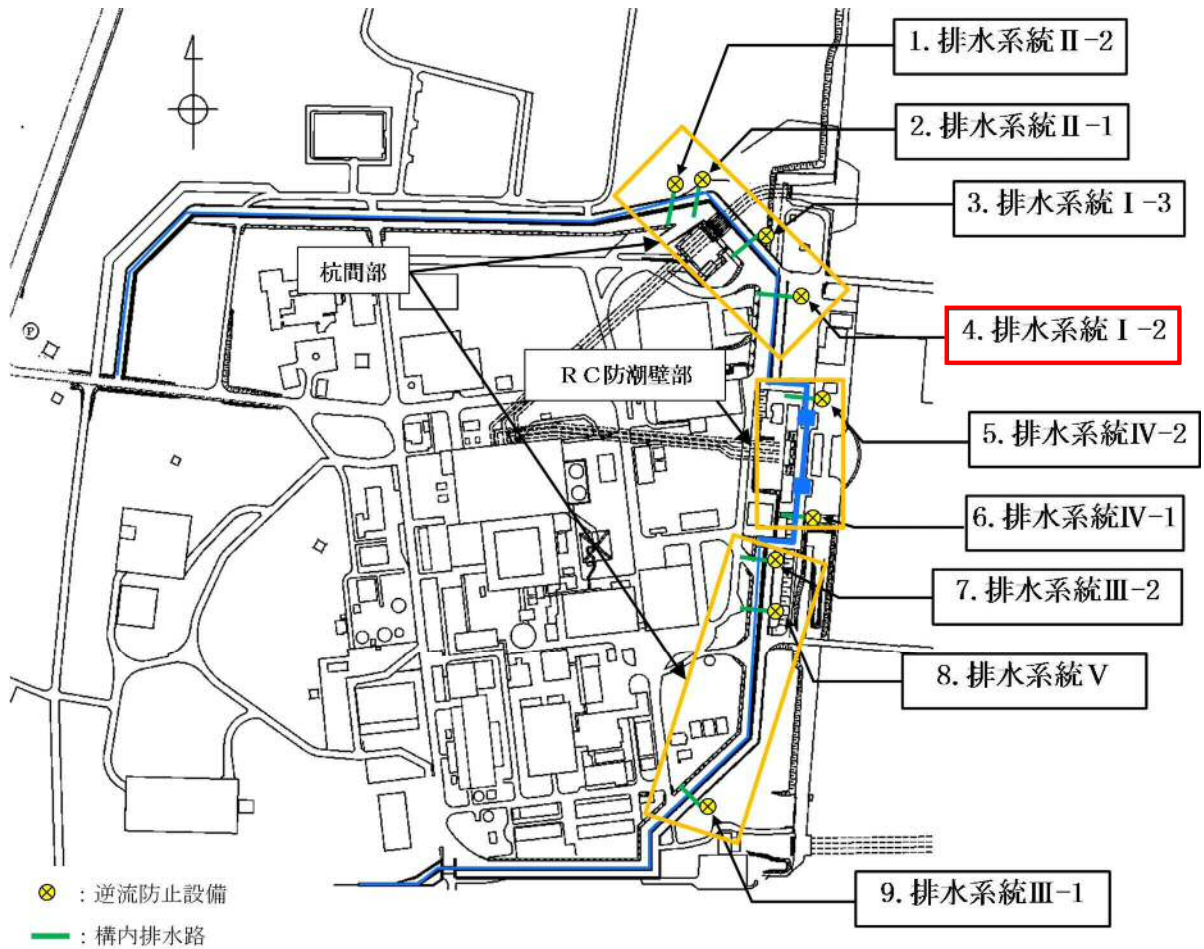


図 8-1 構内排水路逆流節設備の配置及び地震応答解析断面位置

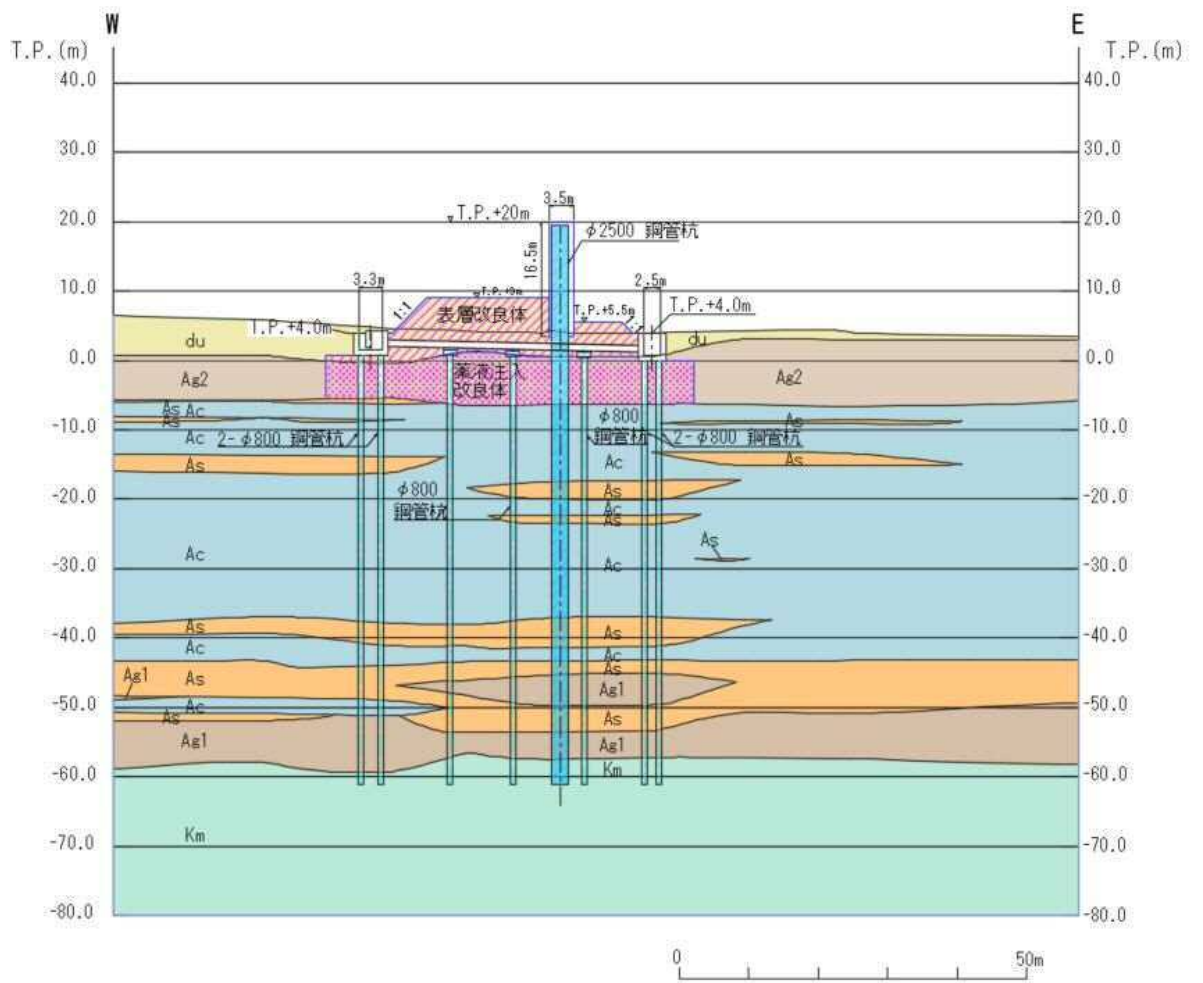


図 8-2 評価対象断面図 (排水系統 I-2)

### 8.1.2 RC防潮壁部

排水系統IV-1の断面位置を図8-3に示す。また、排水系統IV-1の断面図を図8-4に示す。

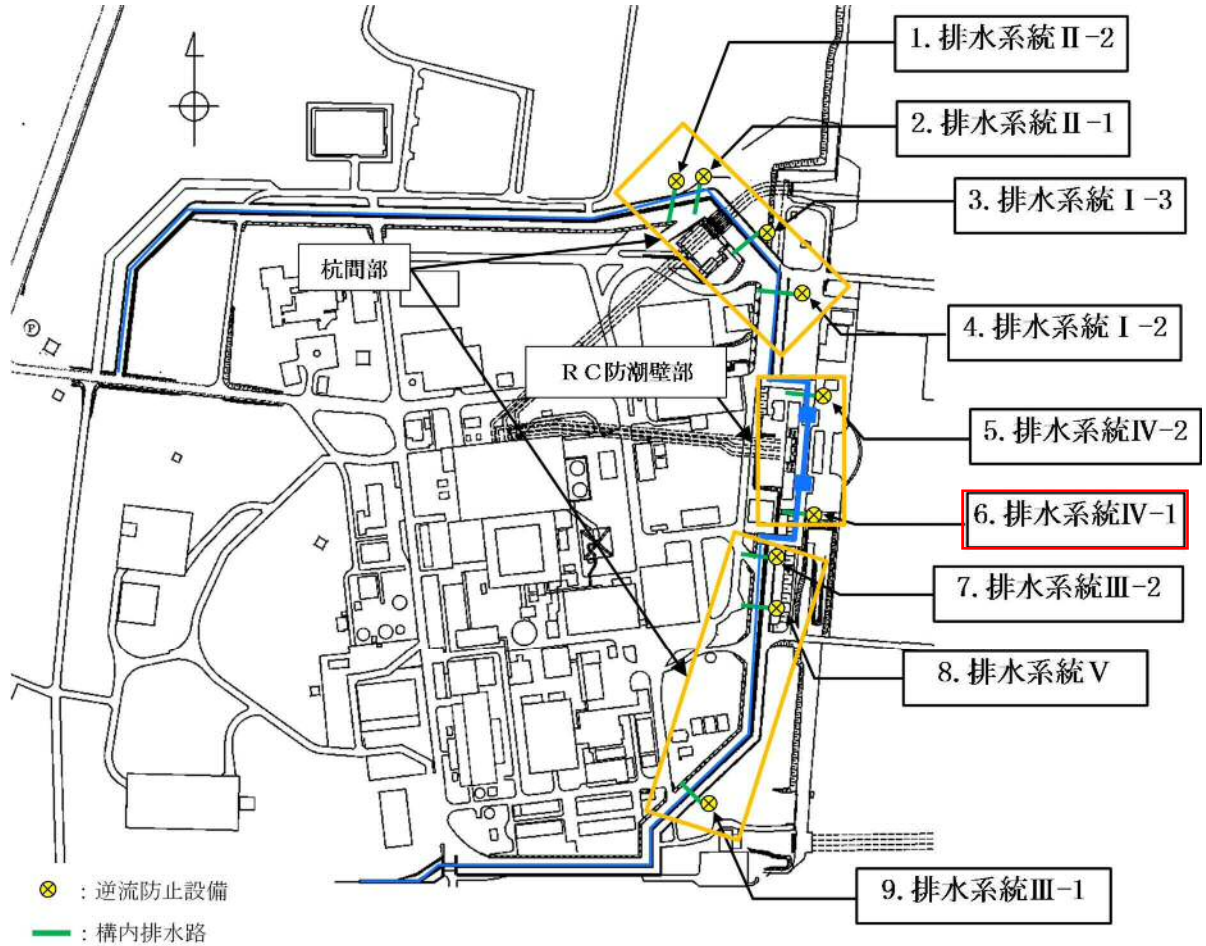


図8-3 構内排水路逆流防止設備の配置及び評価対象断面位置図

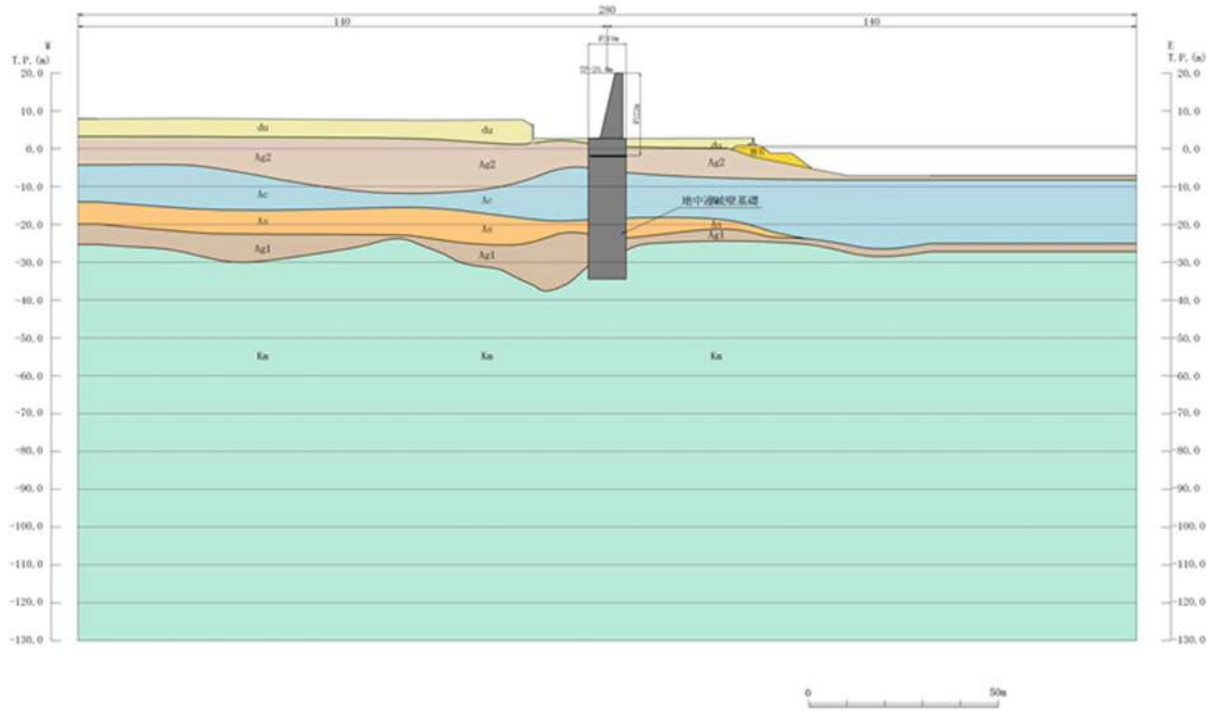


図 8-4 評価対象断面図 (排水系統IV-1)

## 8.2 解析方法

地震応答解析は、添付書類「V-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。

### 8.2.1 杭間部

地震応答解析では、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「V-2-10 計算機プログラム（解析コード）の概要・FLIP」に示す。

#### (1) 構造部材

鋼管杭は、線形梁要素でモデル化する。集水柵の底版及び縦断面に垂直な側壁を線形梁要素でモデル化し、縦断面に平行な面内壁を平面ひずみ要素でモデル化する。

#### (2) 地盤

地盤は、マルチスプリング要素及び間隙水要素にてモデル化し、地震時の有効応力の変化に応じた非線形せん断応力～せん断ひずみ関係を考慮する。

#### (3) 減衰定数

動的解析における地盤及び構造物の減衰については、固有値解析により求められる固有振動数及び初期減衰定数に基づく剛性比例型減衰を考慮する。

(4) 地震応答解析の検討ケース

a. 耐震評価における検討ケース

耐震評価における検討ケースを表 8-1 に示す。

耐震評価においては、全ての基準地震動  $S_s$  に対して実施する①の検討ケース（基本ケース）において、せん断力照査及び曲げ軸力照査をはじめとした全ての照査項目について、各照査値が最も厳しい（許容限界に対する余裕が最も小さい）地震動を用い、②～⑥より追加検討ケースを実施する。

表 8-1 耐震評価における検討ケース

検討ケース	① 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース）	② 地盤物性のばらつきを考慮（+1σ）した解析ケース	③ 地盤物性のばらつきを考慮（-1σ）した解析ケース	④ 地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース	⑤ 原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース	⑥ 地盤物性のばらつきを考慮（+1σ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース
液状化強度特性の設定	原地盤に基づく液状化強度特性（標準偏差を考慮）	原地盤に基づく液状化強度特性（標準偏差を考慮）	原地盤に基づく液状化強度特性（標準偏差を考慮）	敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく液状化強度特性	液状化パラメータを非適用	液状化パラメータを非適用

構造物間の相対変位の算定を行う場合は、上記の実施ケースにおいて変位量が厳しいケースで行う。

b. 機器・配管系に対する加速度応答抽出のための検討ケース

機器・配管系に対する加速度応答の抽出における検討ケースを表 8-2 に示す。

全ての基準地震動  $S_s$  に対して実施する⑤の検討ケース（原地盤において非液状化の条件を仮定した検討ケース）において、上載される機器・配管系の固有周期帯で加速度応答が最も大きくなる地震動を用い、④及び⑥より追加検討ケースを実施する。

表 8-2 機器・配管系に対する加速度応答の抽出のための検討ケース

検討ケース	④ 地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース	⑤ 原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース	⑥ 地盤物性のばらつきを考慮（+1σ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース
液状化強度特性の設定	敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく液状化強度特性	液状化パラメータを非適用	液状化パラメータを非適用

### 8.2.2 RC防潮壁部

出口側集水柵（RC防潮壁部）の地震応答解析は、必要となる設計震度を応答値より算出し、算出した設計震度によって水平地震動と鉛直地震動を同時加振し、鉄筋コンクリート部材としての構造健全性を確認する。なお、応答値の算出には、解析コード「FLIP Ver. 7.3.0\_2」を使用する。

### 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「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき設定する。

#### 8.3.1 耐震安全性評価上考慮する状態

集水枡の地震応答解析において、地震以外に考慮する状態を以下に示す。

(1) 運転時の状態

発電用原子炉施設が運転状態にあり、通常の条件下におかれている状態。ただし、運転時の異常な過渡変化時の影響を受けないことから考慮しない。

(2) 設計基準事故時の状態

設計基準事故時の影響を受けないことから考慮しない。

(3) 設計用自然条件

積雪を考慮する。

(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

構内排水路逆流防止設備の地震応答解析において、考慮する荷重を以下に示す。

(1) 固定荷重 (G)

固定荷重として、躯体自重及び土圧を考慮する。

(2) 積載荷重 (P)

積載荷重として、静水圧による荷重を考慮する。

(3) 地震荷重 ( $K_s$ )

基準地震動  $S_s$  による荷重を考慮する。

(4) 積雪荷重 ( $P_s$ )

積雪荷重として 30 cm の積雪を考慮する。

#### 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

区分	荷重の組合せ
地震時	$G + P + K_s + P_s$

G : 固定荷重

P : 積載荷重

$K_s$  : 地震荷重

$P_s$  : 積雪荷重



## 8.4 入力地震動

### 8.4.1 杭間部

入力地震動は、添付書類「V-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 1 次元波動論により地震応答解析モデルの底面位置で評価したものをを用いる。入力地震動算定の概念図を図 8-5 に、入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを図 8-6 に示す。

入力地震動の算定には、解析コード「k-SHAKE Ver. 6.2.0」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「V-5-25 計算機プログラム(解析コード)の概要・k-SHAKE」に示す。

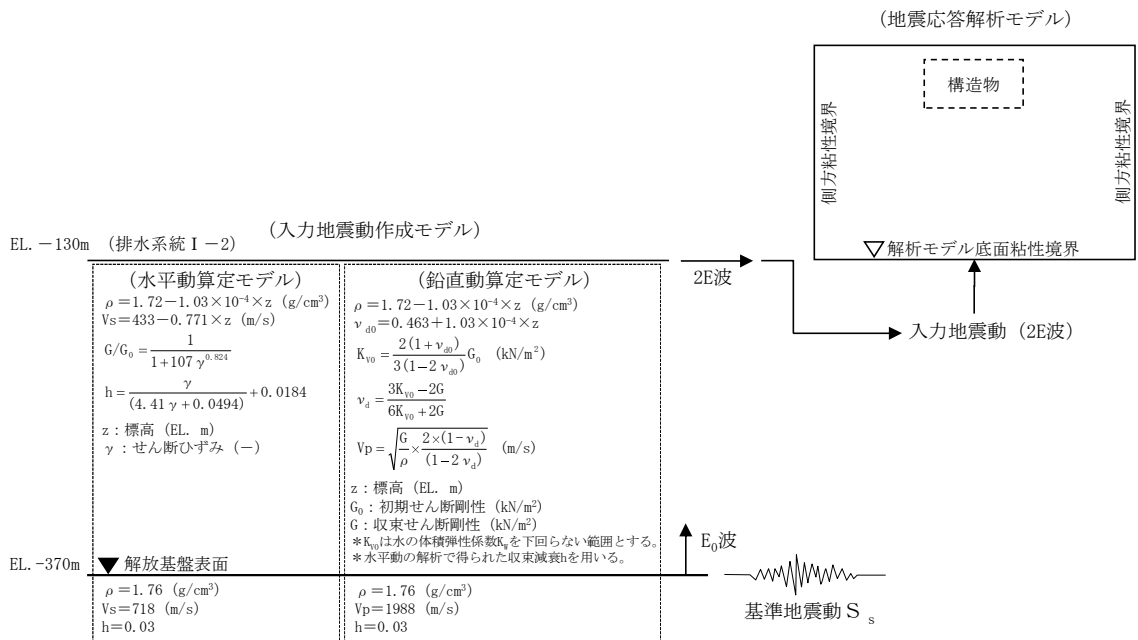
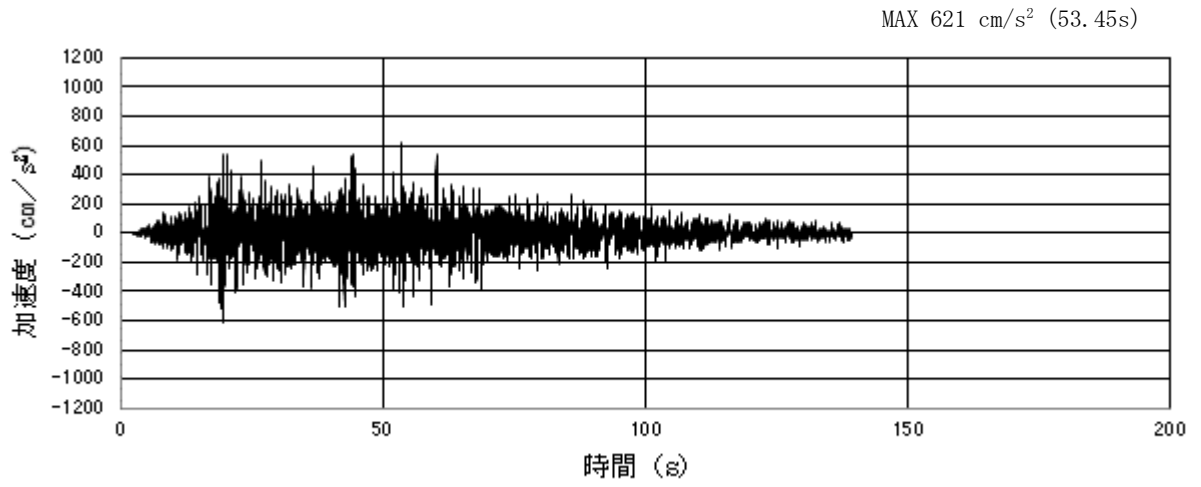
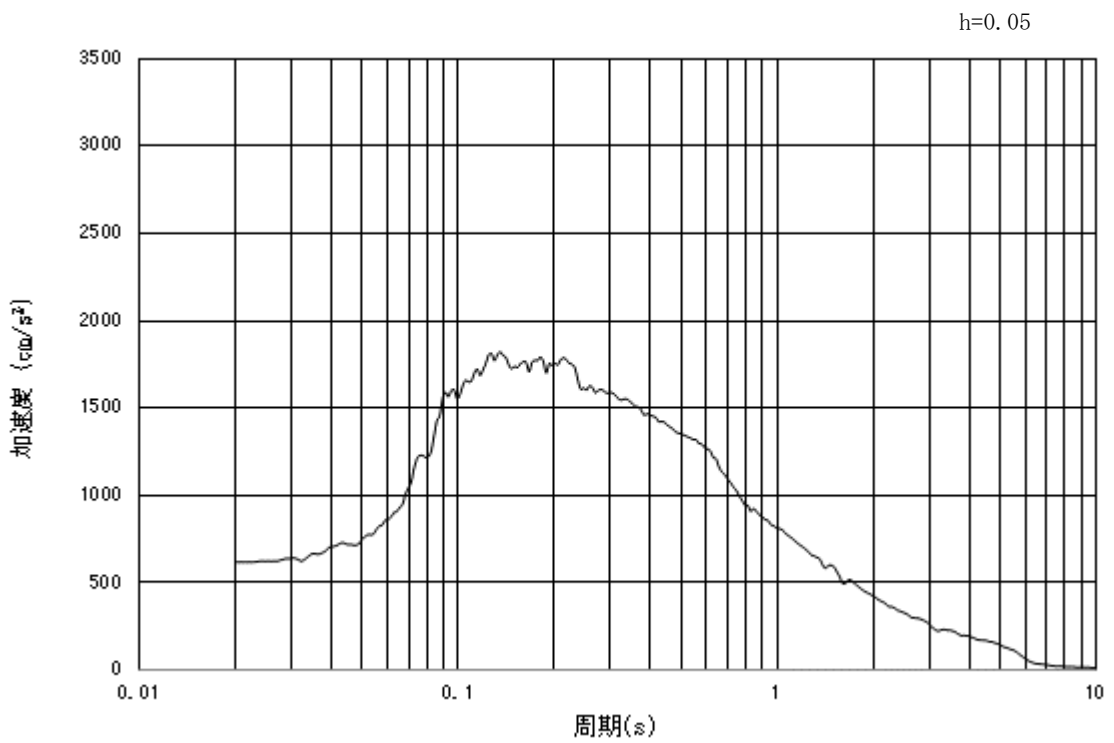


図 8-5 入力地震動算定の概念図

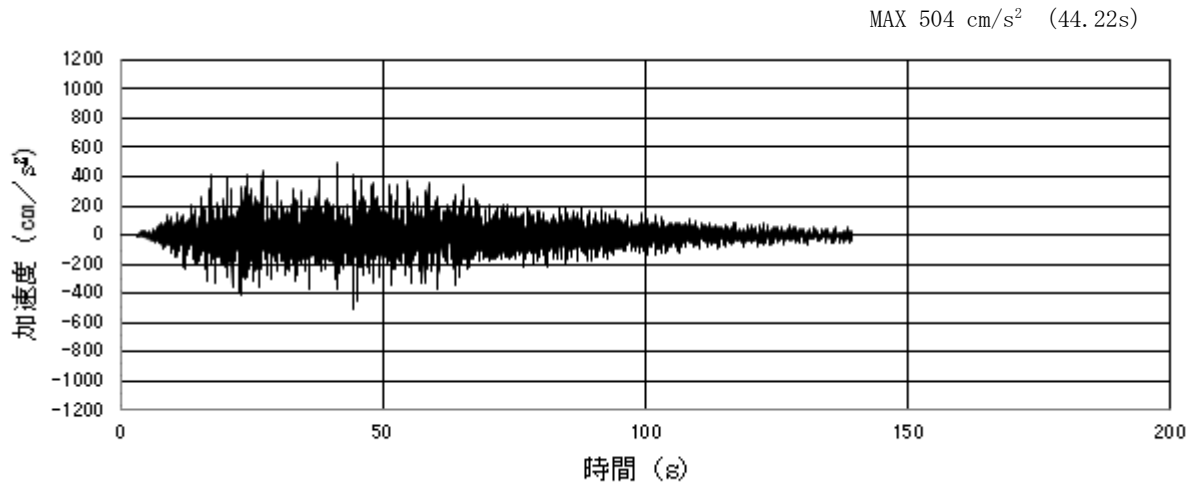


(a) 加速度時刻歴波形

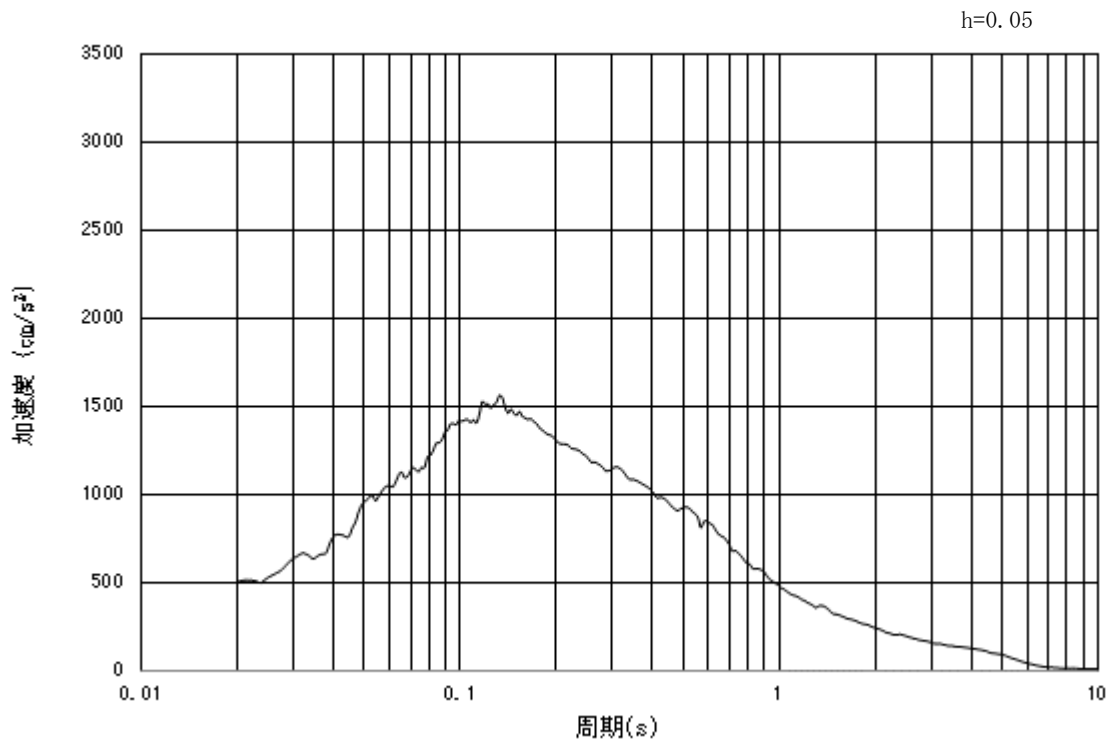


(b) 加速度応答スペクトル

図 8-6 (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<sub>s</sub>-D1)

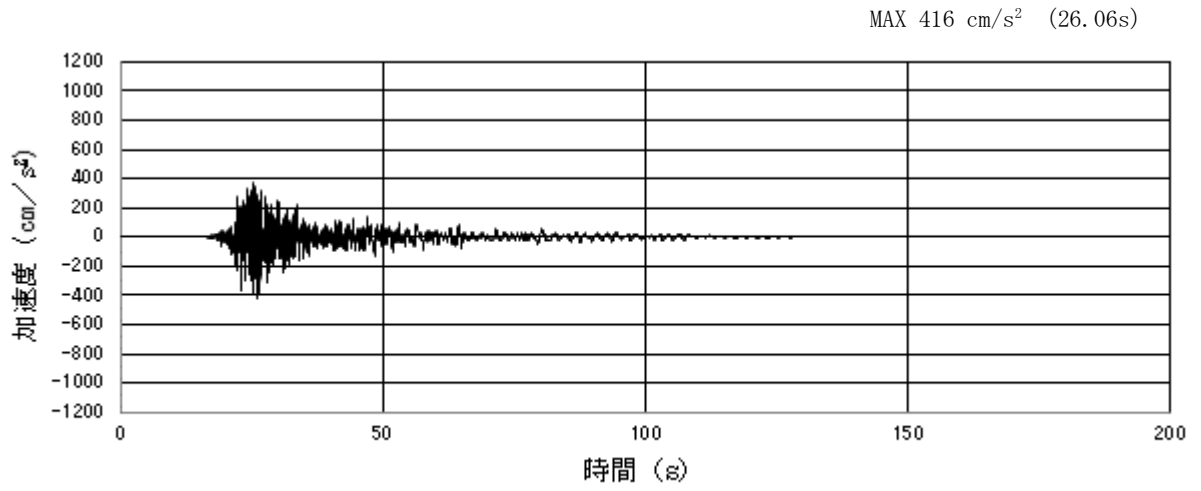


(a) 加速度時刻歴波形

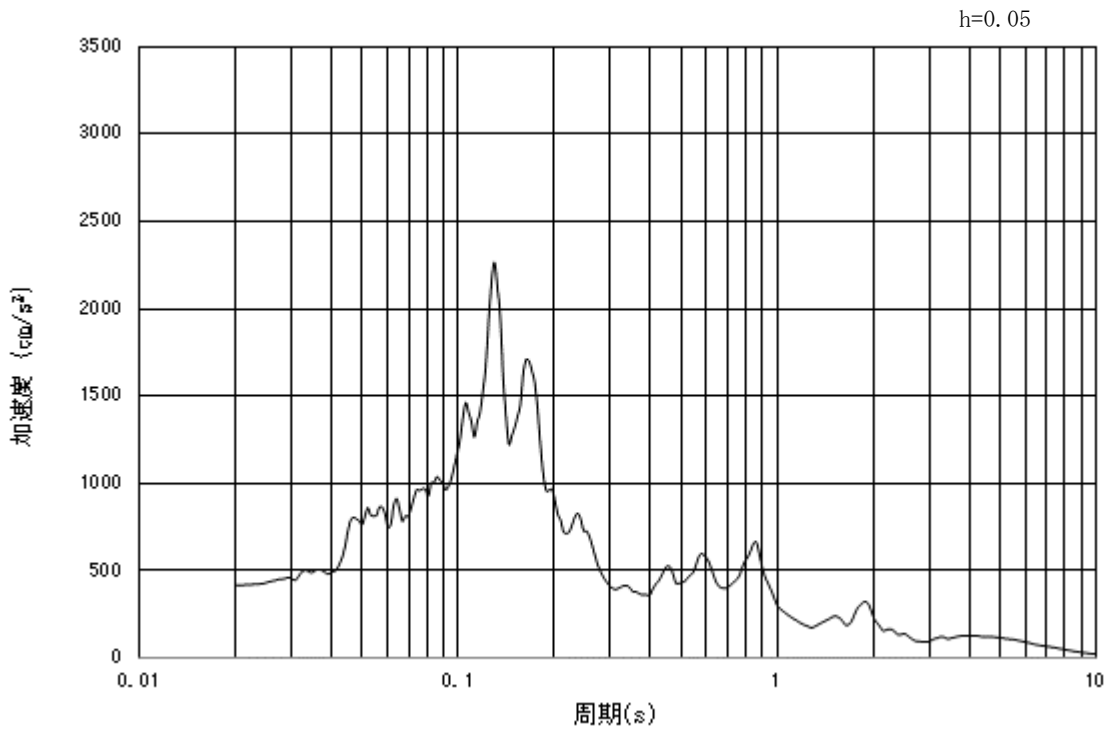


(b) 加速度応答スペクトル

図 8-6 (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<sub>s</sub>-D1)

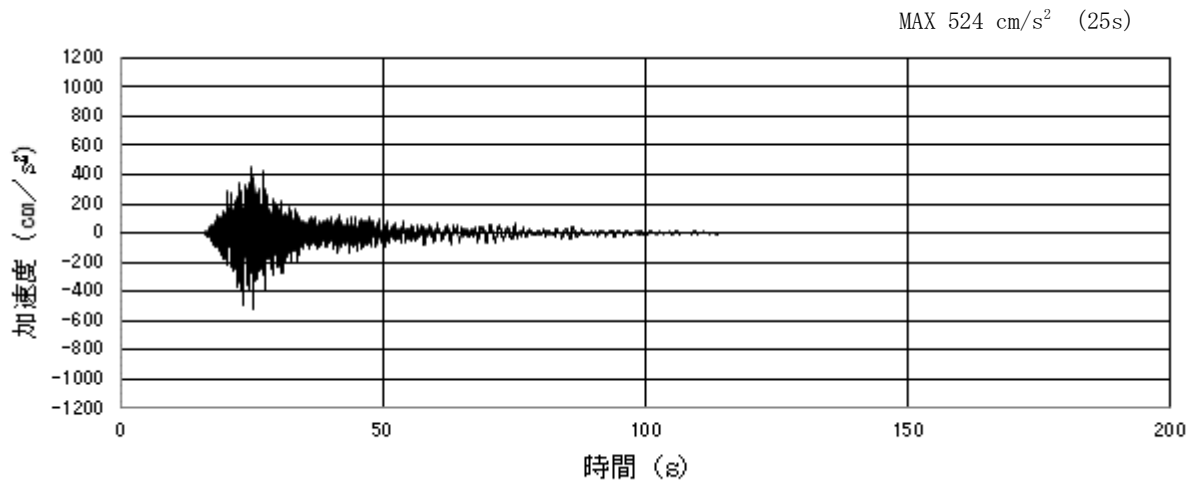


(a) 加速度時刻歴波形

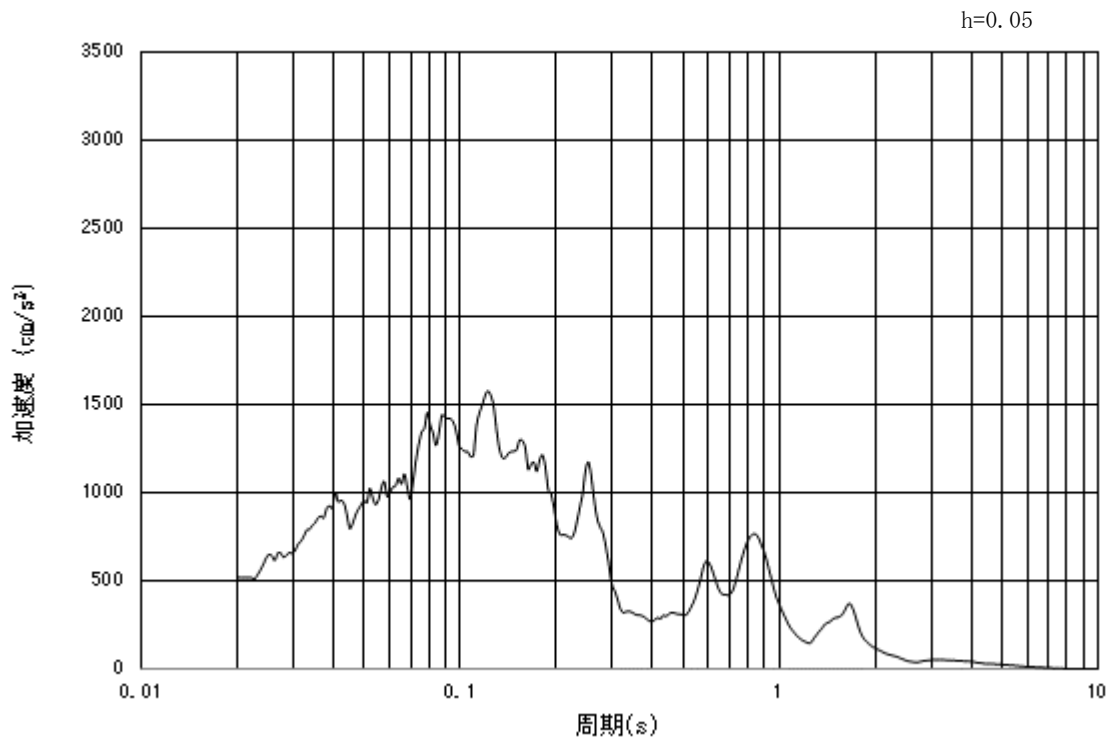


(b) 加速度応答スペクトル

図 8-6 (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 :  $S_s - 11$ )

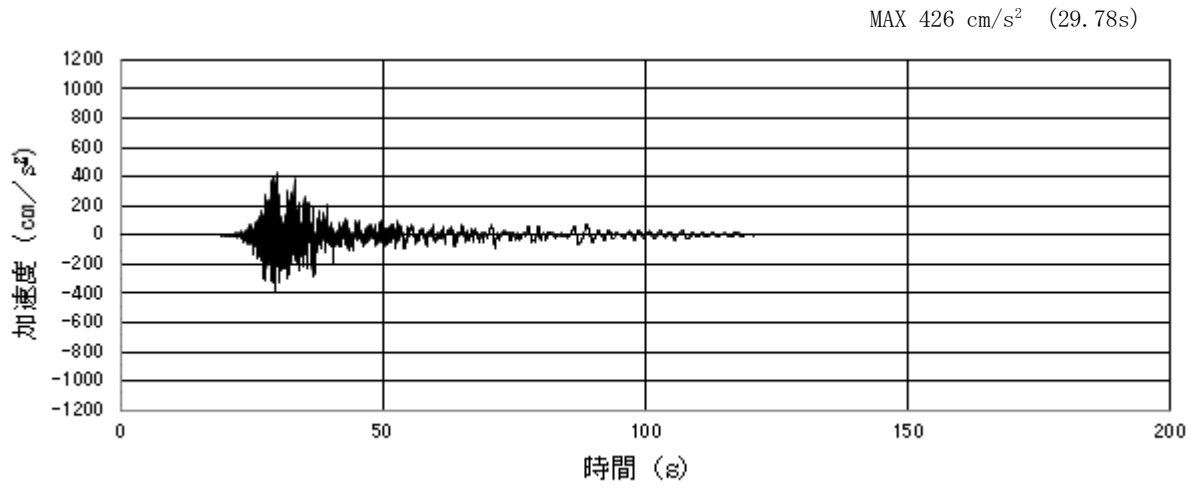


(a) 加速度時刻歴波形

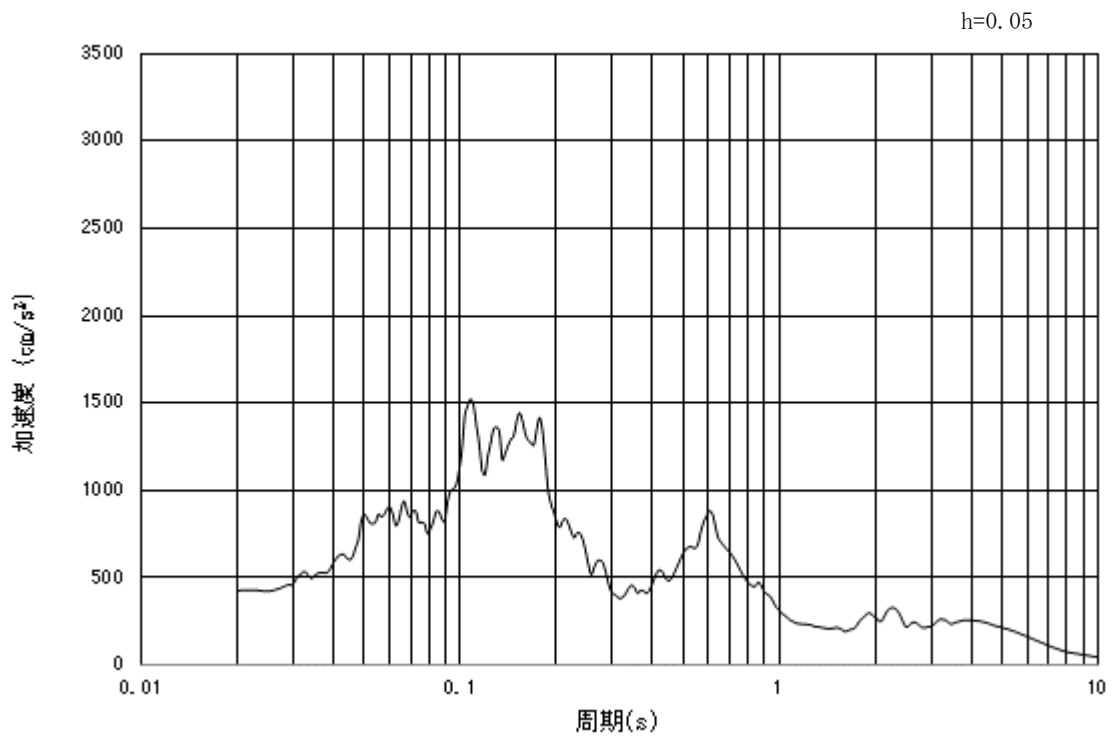


(b) 加速度応答スペクトル

図 8-6 (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： $S_s - 11$ )

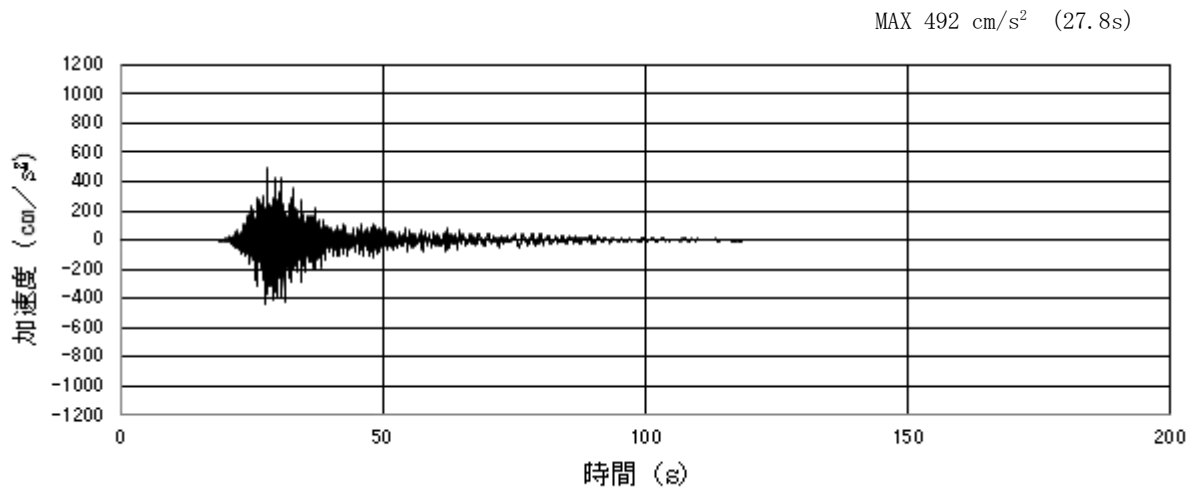


(a) 加速度時刻歴波形

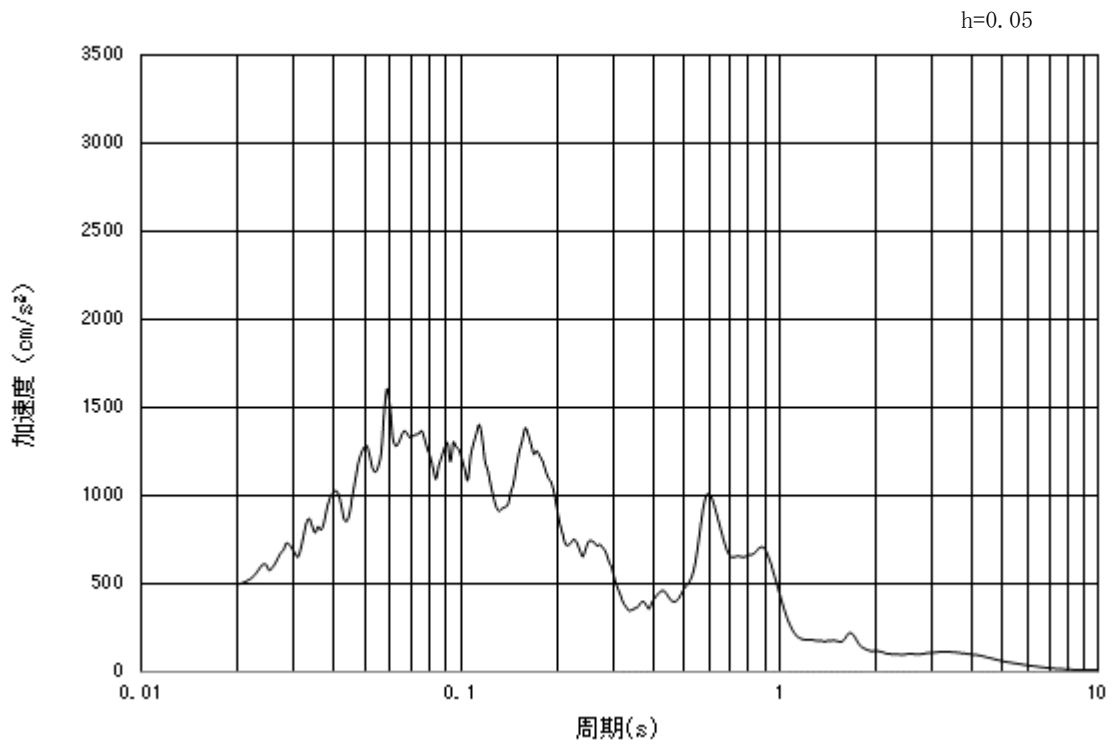


(b) 加速度応答スペクトル

図 8-6 (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 :  $S_s - 1.2$ )

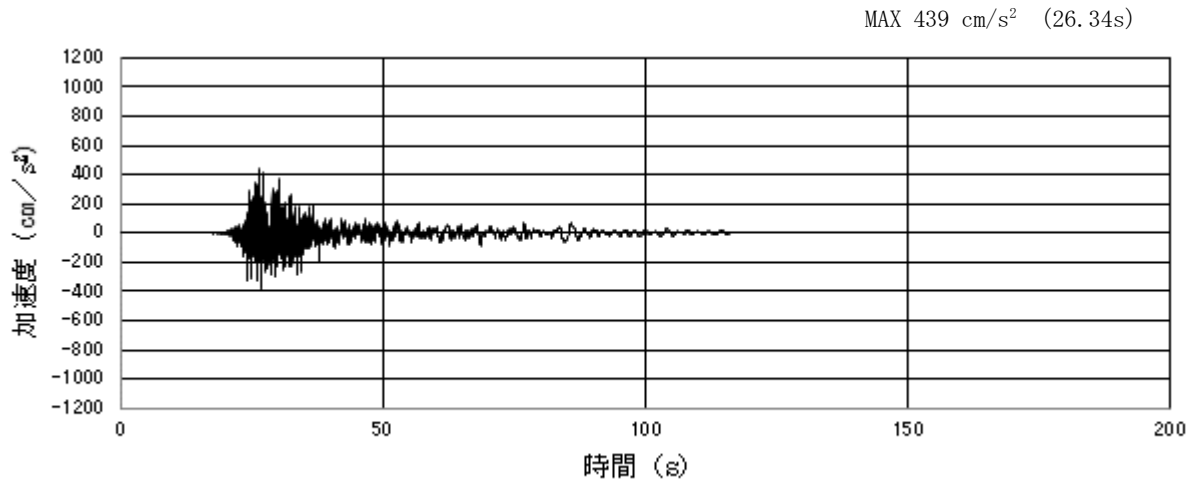


(a) 加速度時刻歴波形

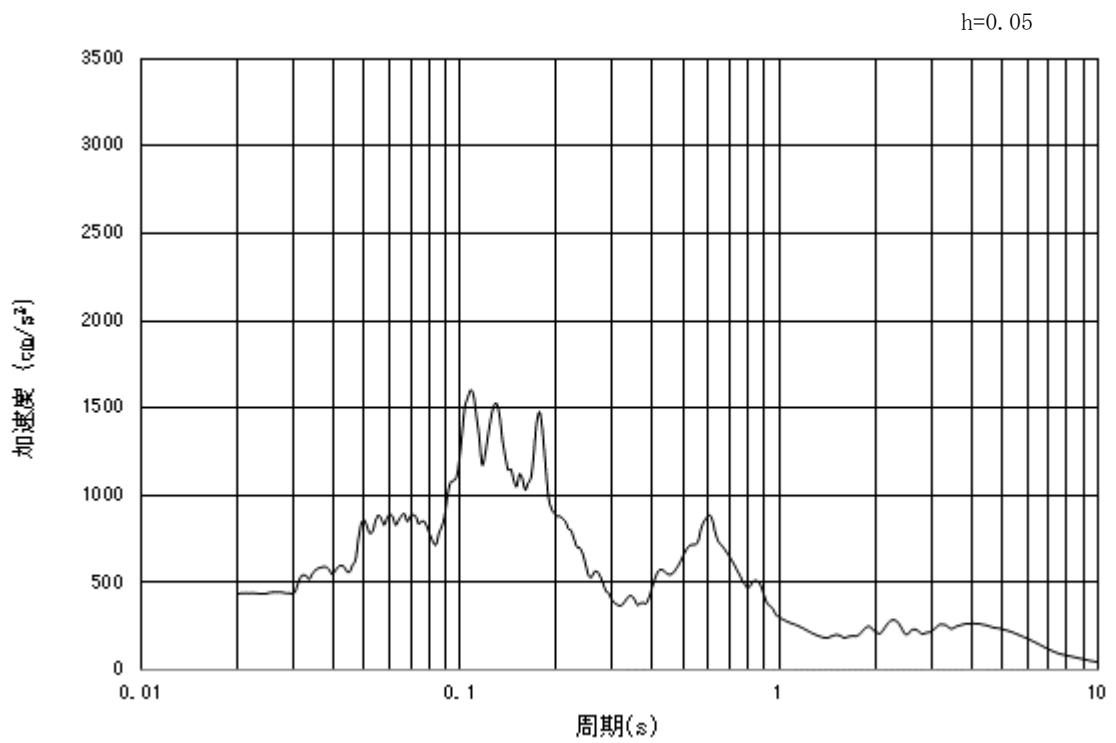


(b) 加速度応答スペクトル

図 8-6 (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:  $S_s - 12$ )



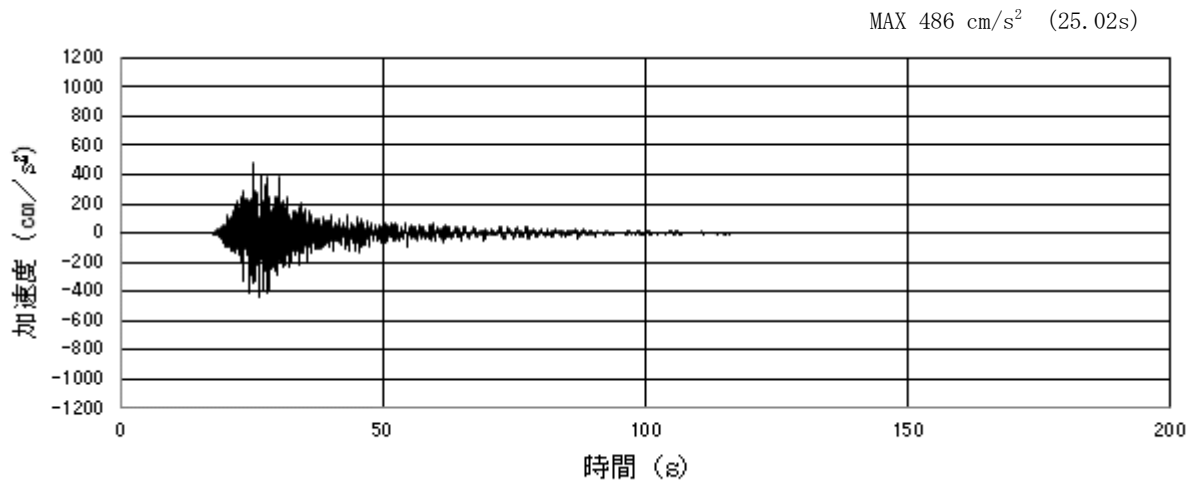
(a) 加速度時刻歴波形



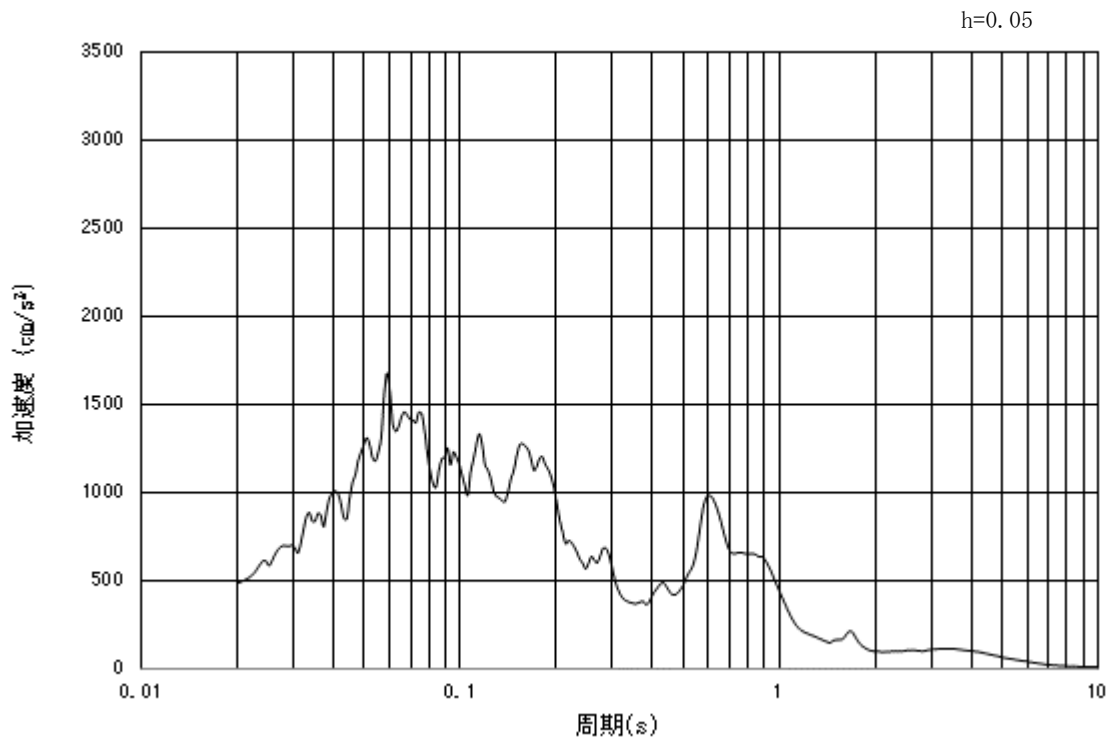
(b) 加速度応答スペクトル

図 8-6 (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 :  $S_s - 1.3$ )



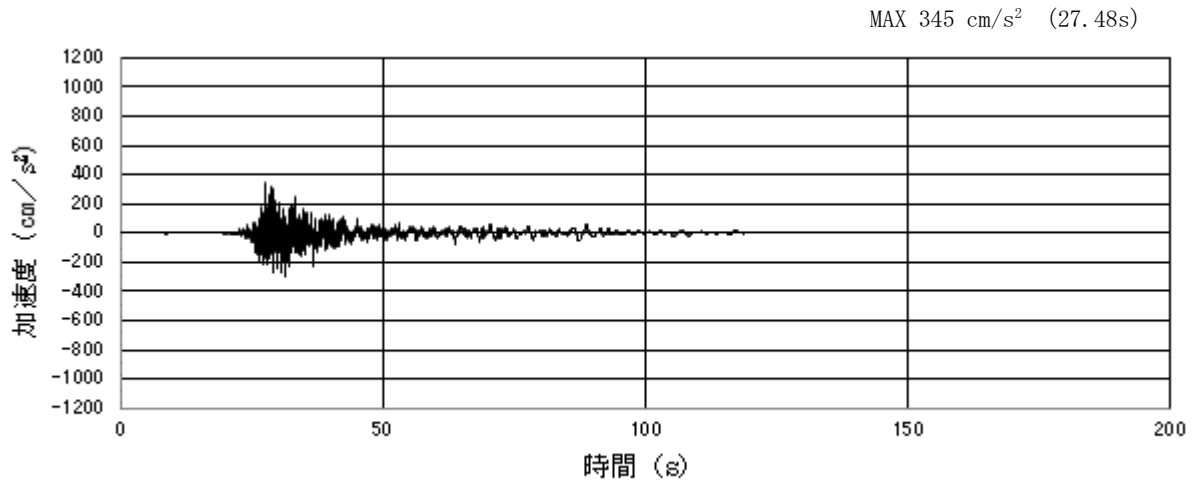


(a) 加速度時刻歴波形

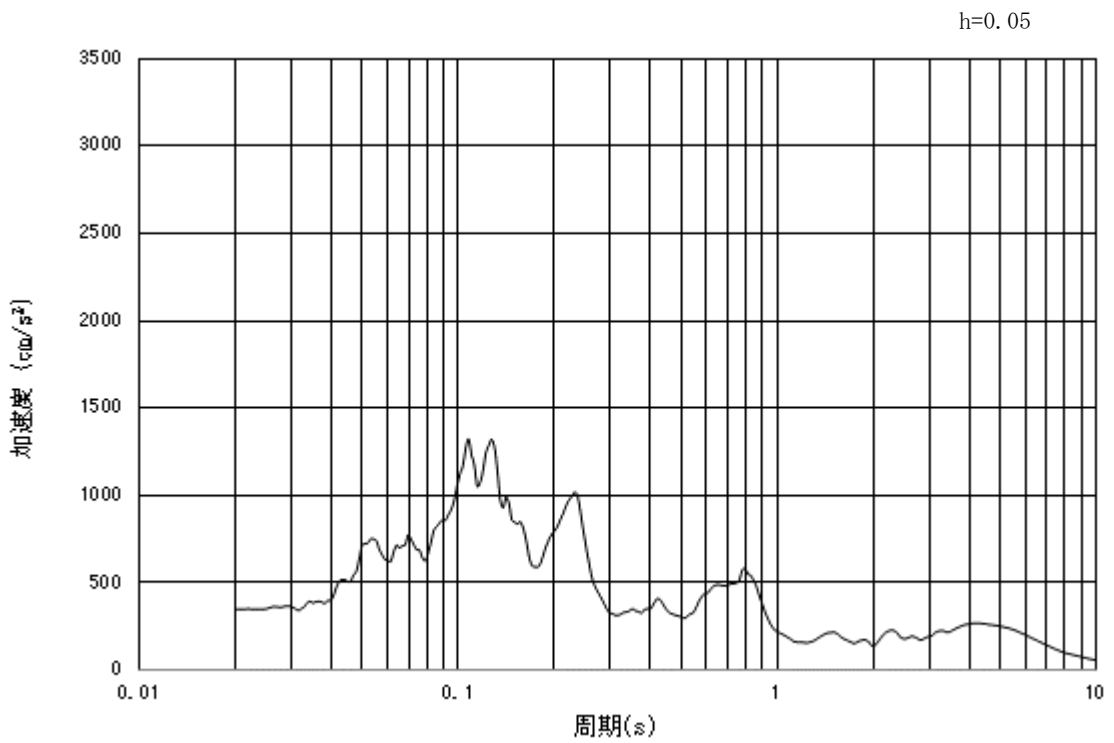


(b) 加速度応答スペクトル

図 8-6 (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:  $S_s - 13$ )

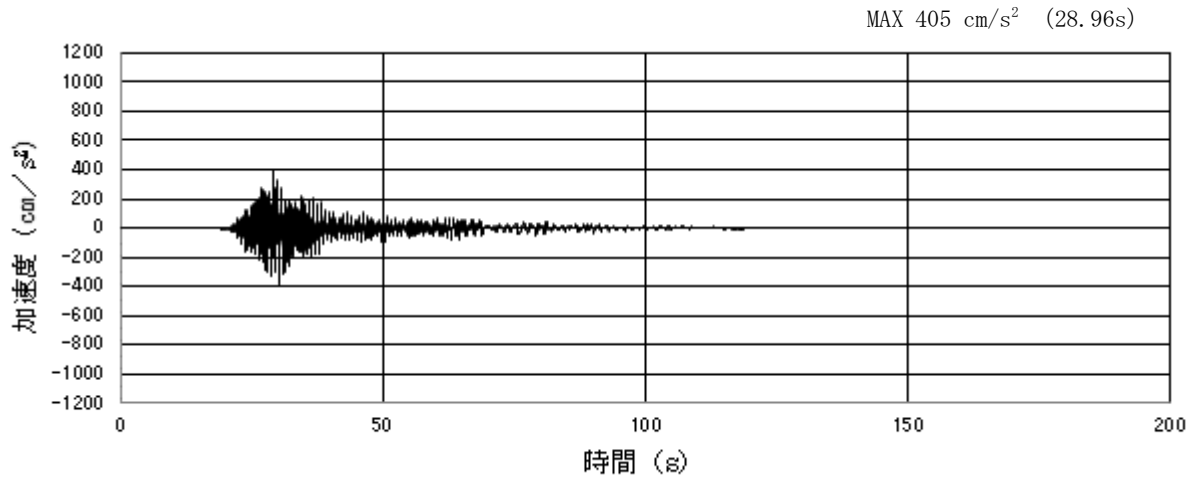


(a) 加速度時刻歴波形

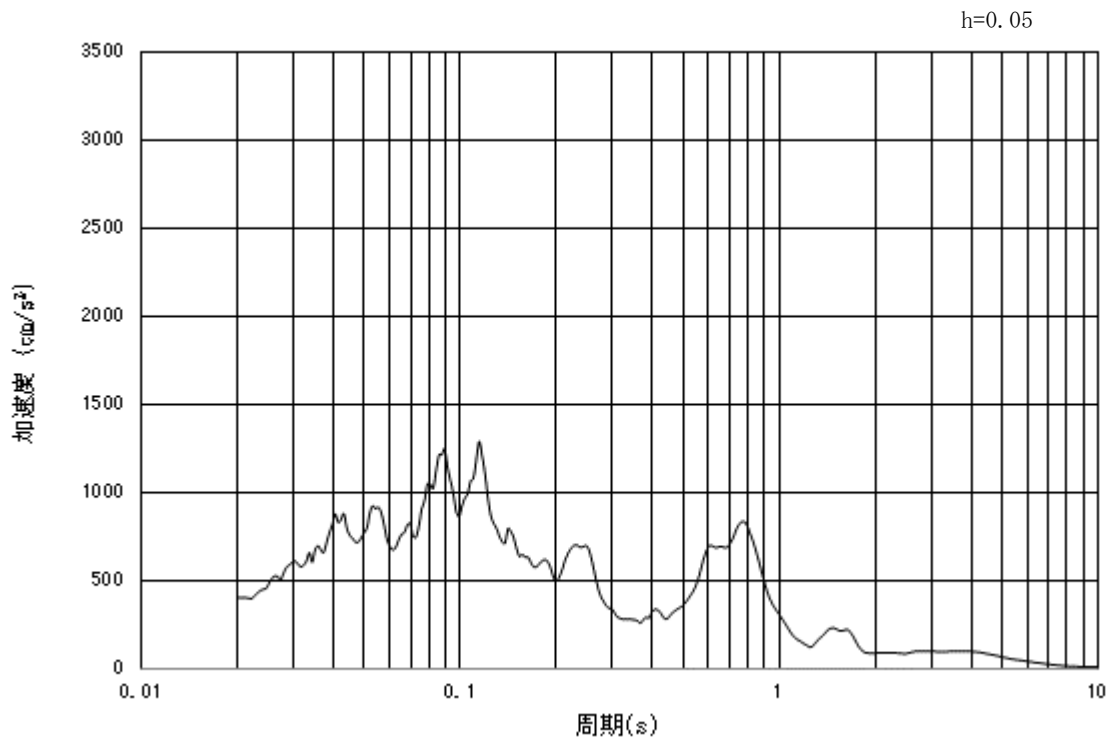


(b) 加速度応答スペクトル

図 8-6 (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 :  $S_s - 1.4$ )

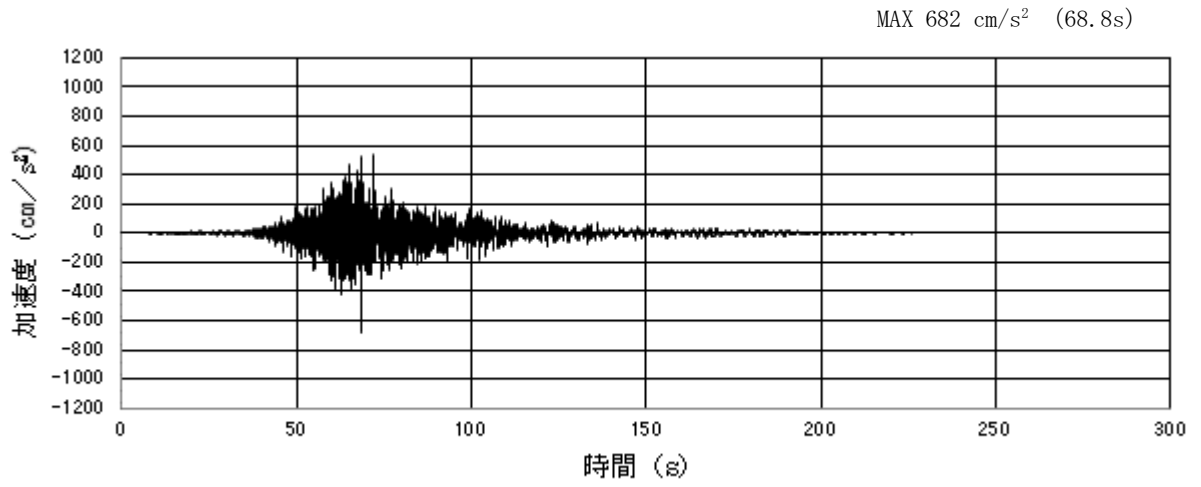


(a) 加速度時刻歴波形

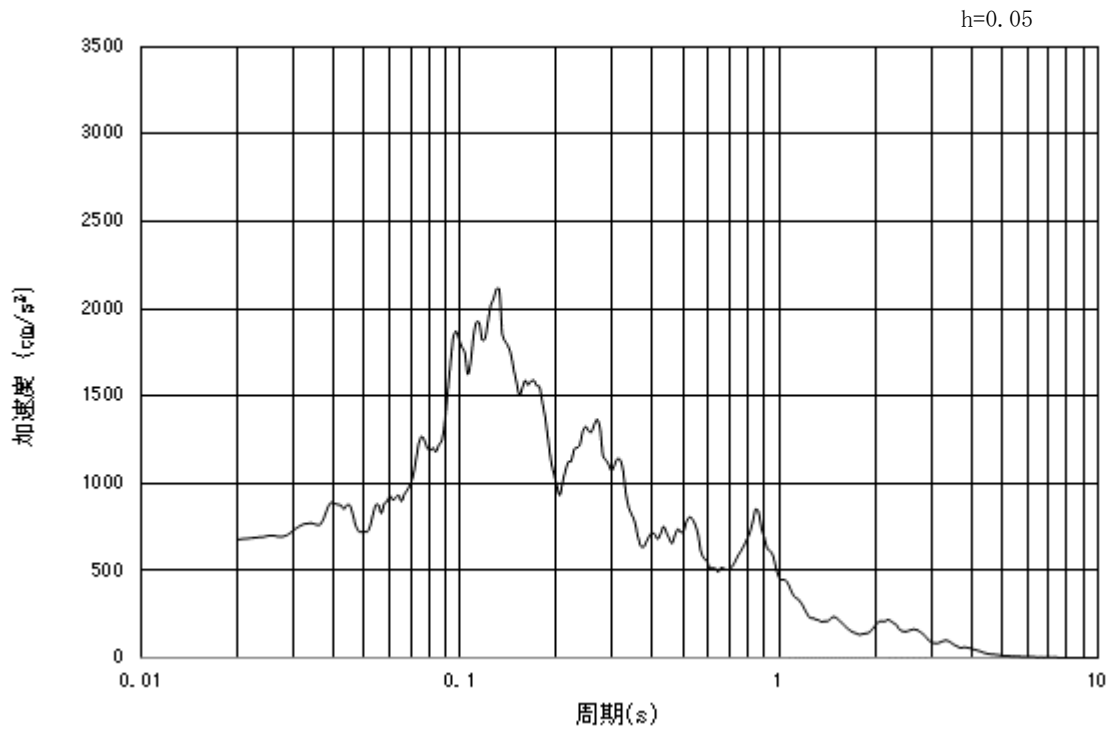


(b) 加速度応答スペクトル

図 8-6 (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:  $S_s - 14$ )

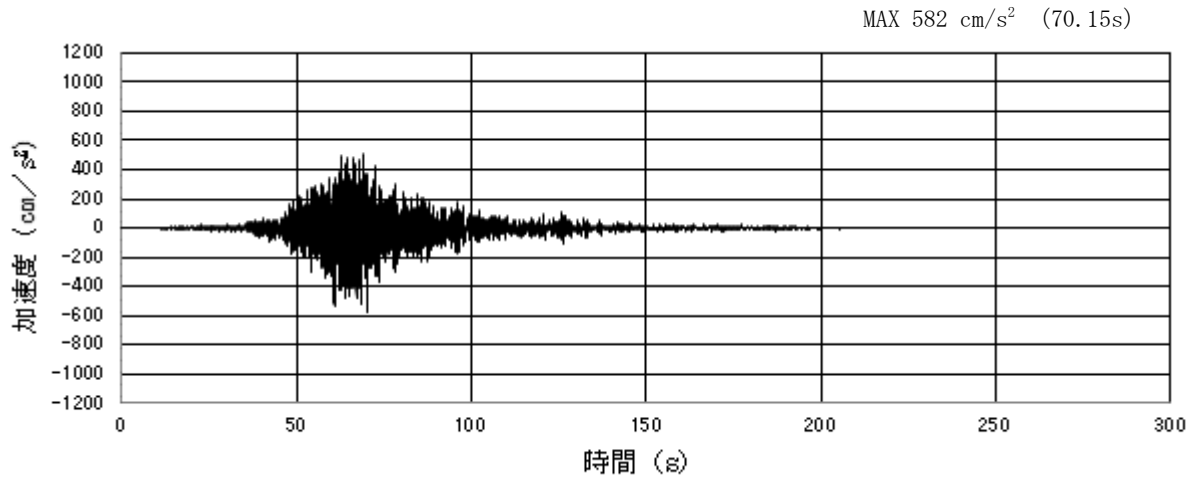


(a) 加速度時刻歴波形

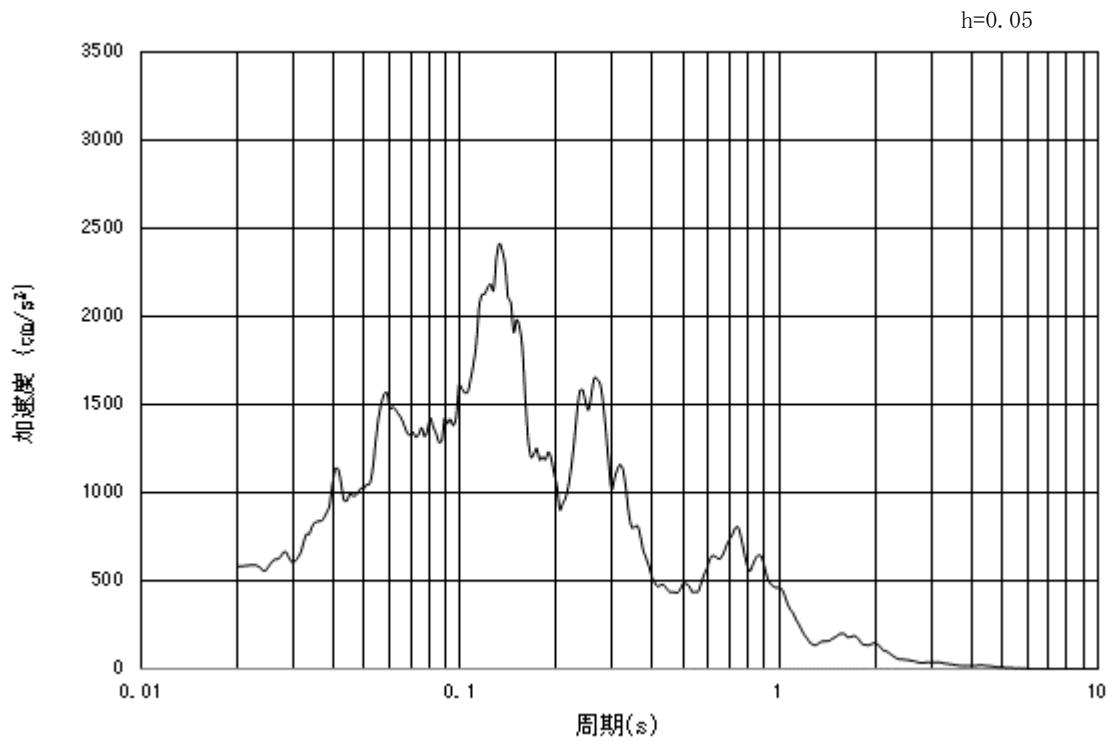


(b) 加速度応答スペクトル

図 8-6 (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 :  $S_s - 21$ )

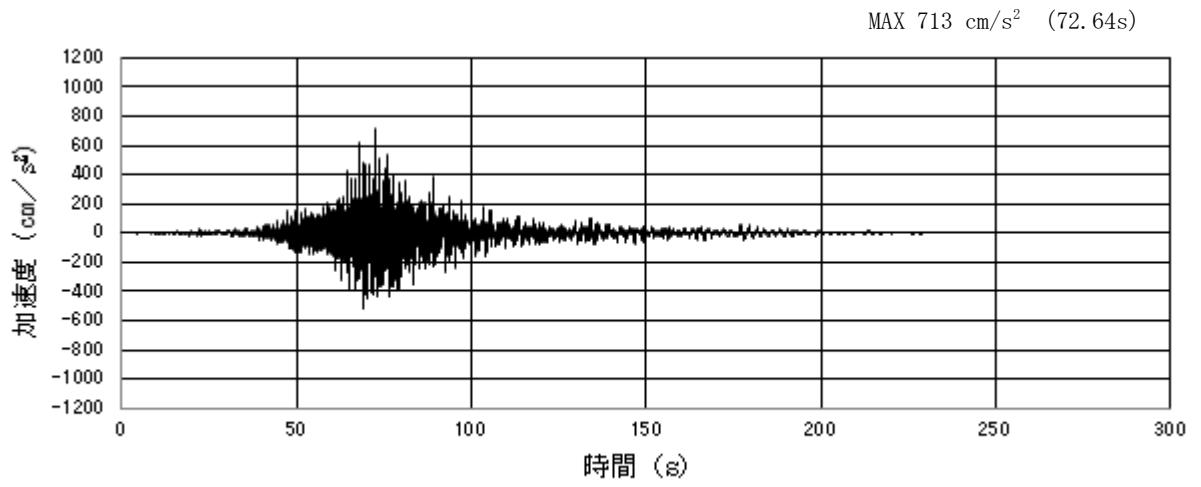


(a) 加速度時刻歴波形

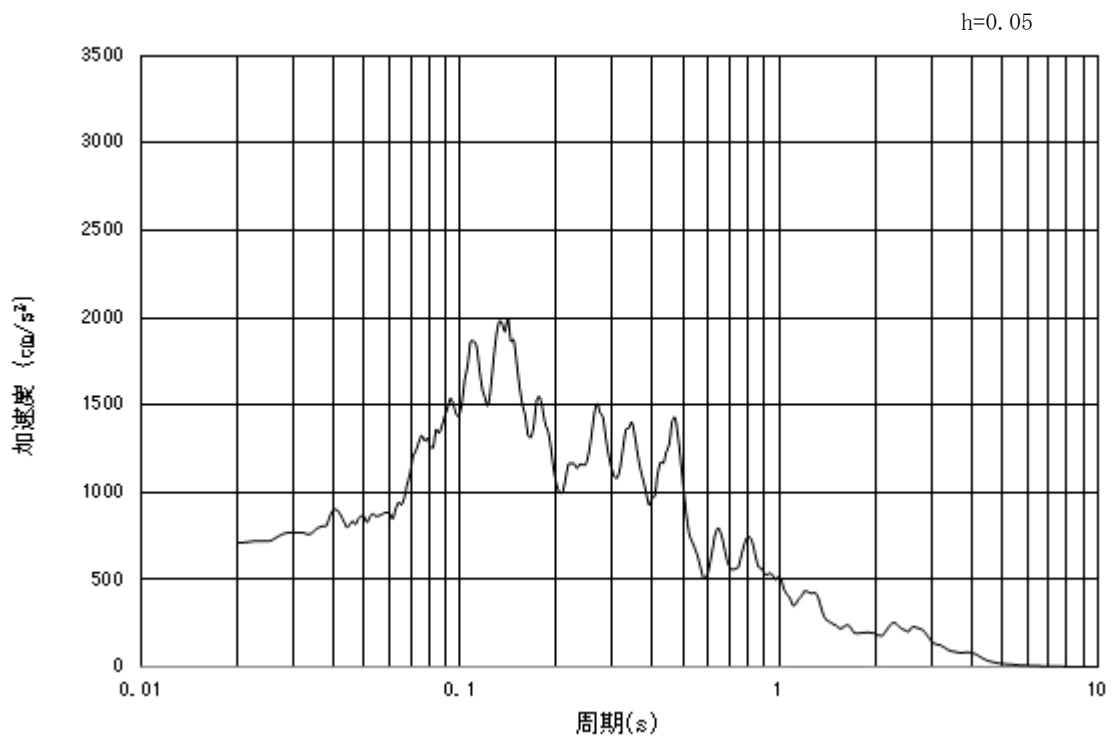


(b) 加速度応答スペクトル

図 8-6 (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:  $S_s - 21$ )

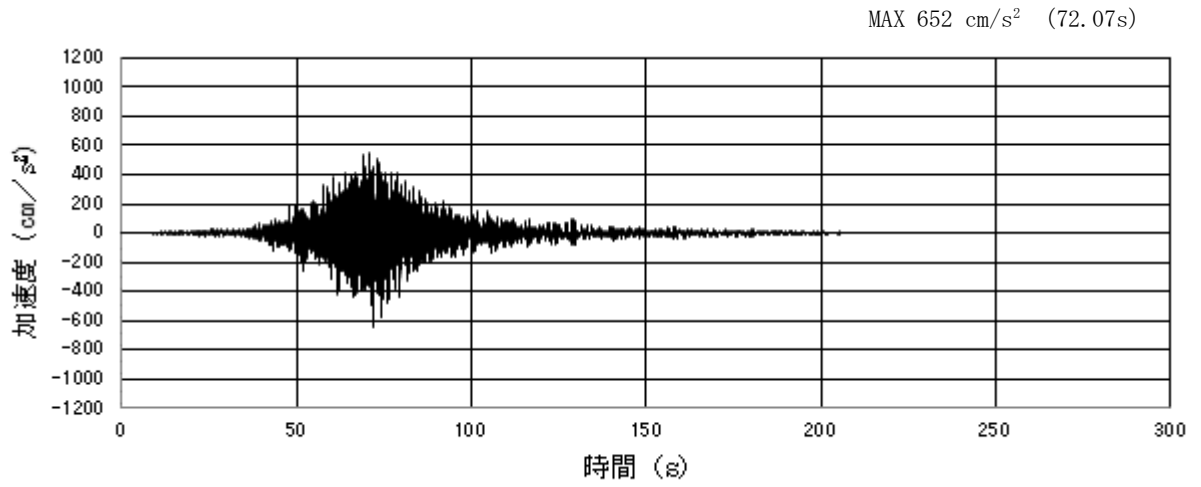


(a) 加速度時刻歴波形

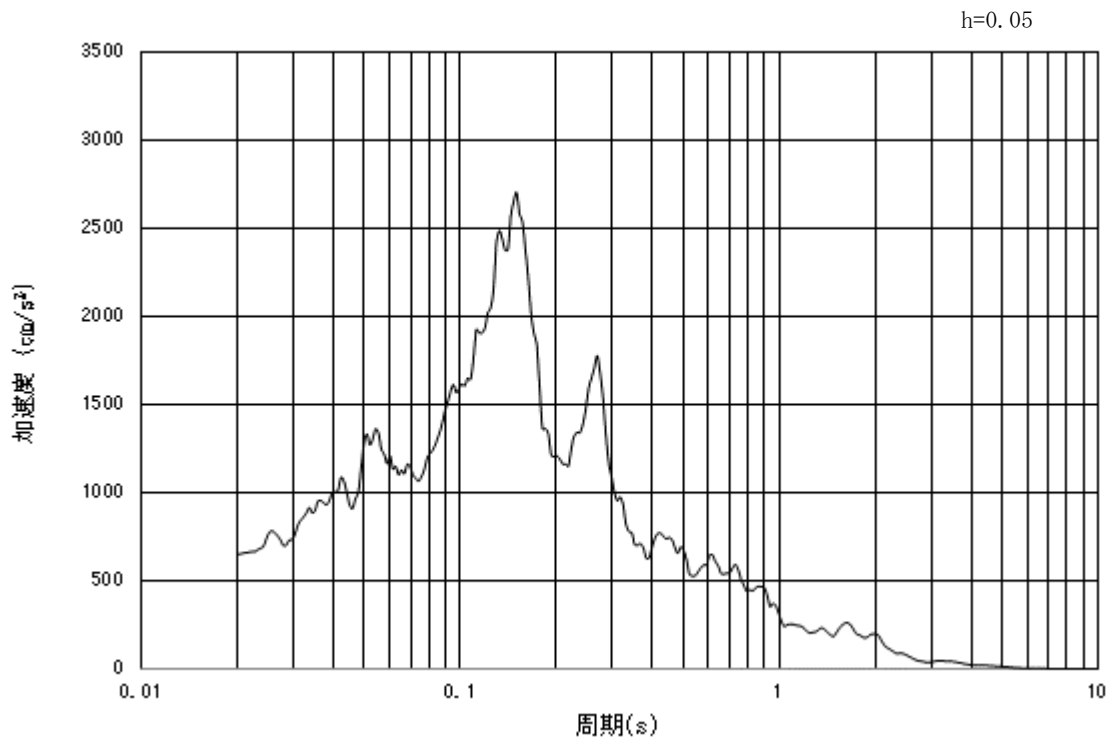


(b) 加速度応答スペクトル

図 8-6 (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<sub>s</sub> - 2 2)

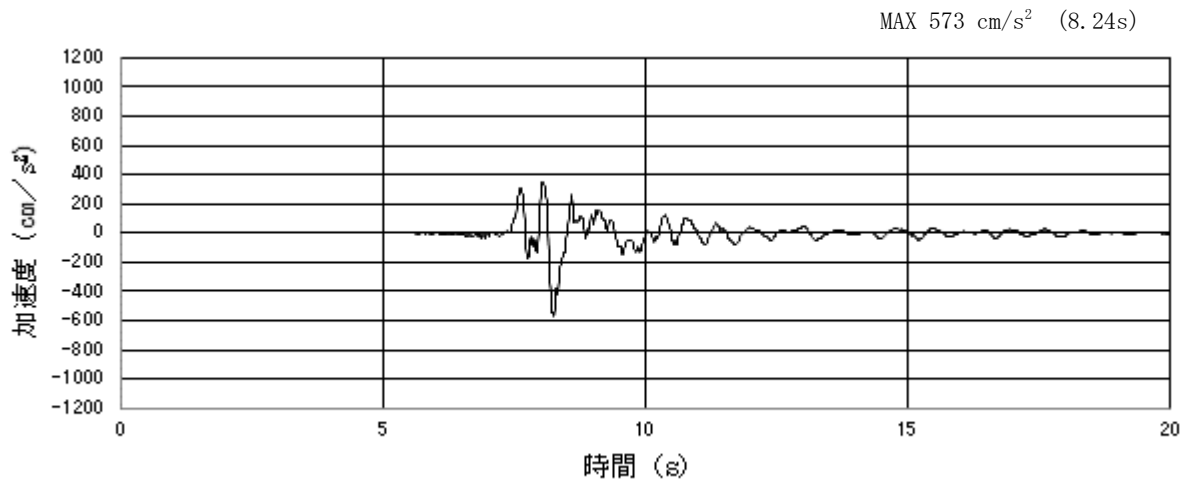


(a) 加速度時刻歴波形

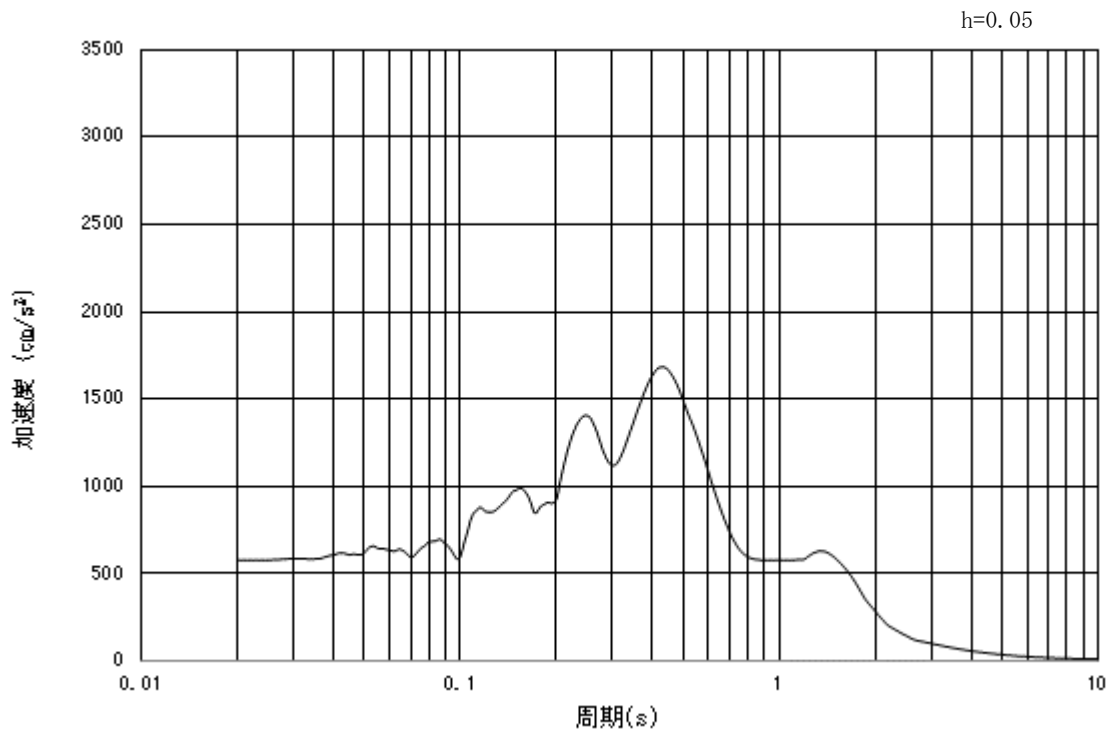


(b) 加速度応答スペクトル

図 8-6 (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:  $S_s - 22$ )



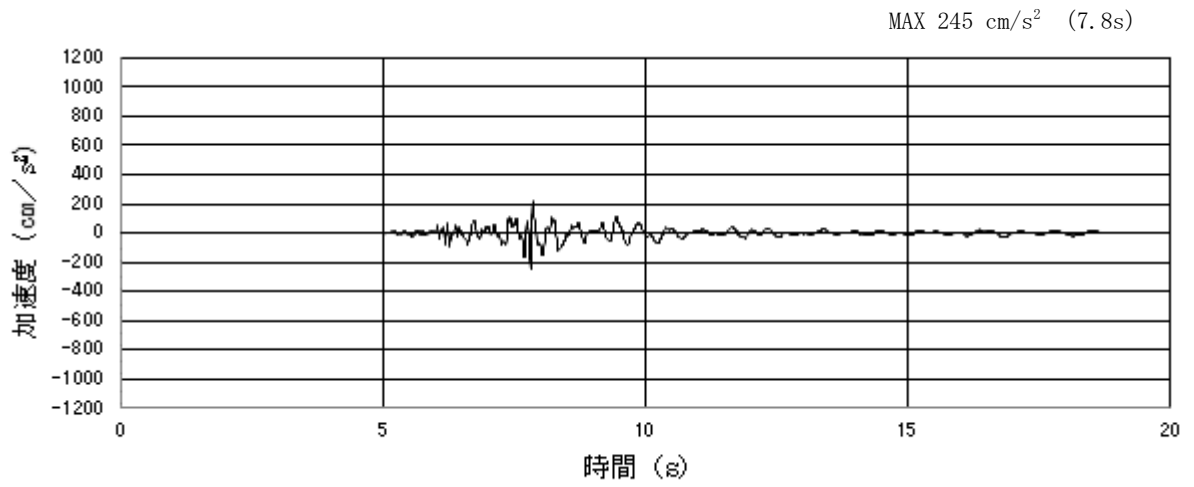
(a) 加速度時刻歴波形



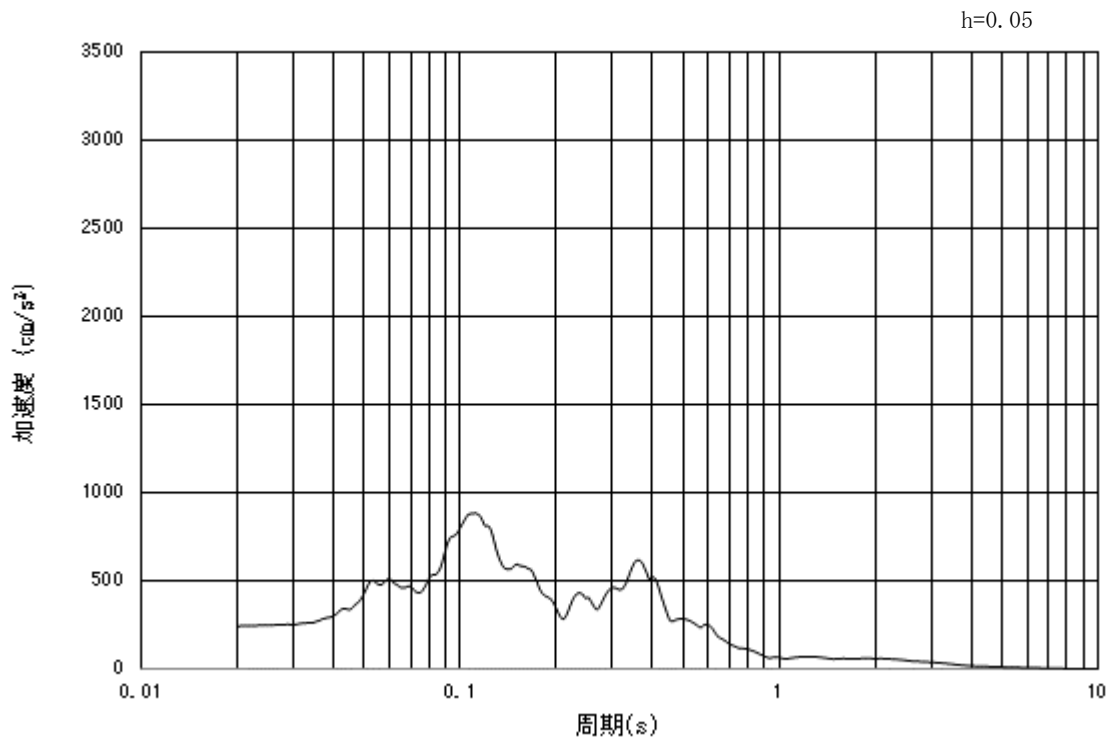
(b) 加速度応答スペクトル

図 8-6 (15) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平方向 : S<sub>s</sub> - 3 1)





(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

図 8-6 (16) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直方向:  $S_s - 31$ )

#### 8.4.2 RC防潮壁部

添付書類「V-2-2-38-1 防潮堤（鉄筋コンクリート防潮壁）の地震応答計算書」に示す入力地震動とする。

## 8.5 解析モデル及び諸元

### 8.5.1 杭間部

#### (1) 解析モデル

##### a. 解析領域

地震応答解析モデルは，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，十分に広い領域とする。

##### b. 境界条件

地震応答解析時の境界条件については，有限要素解析における半無限地盤を模擬するため，粘性境界を設ける。

##### c. 構造物のモデル化

底版及び縦断面に垂直な側壁を線形梁要素でモデル化し，縦断面に平行な面内壁を平面ひずみ要素でモデル化する。

##### d. 地盤のモデル化

地盤は，マルチスプリング要素及び間隙水要素にてモデル化し，地震時の有効応力の変化に応じた非線形せん断応力～せん断ひずみ関係を考慮する。

構内排水路逆流防止設備の地震応答解析モデルを図 8-7 に示す。



図 8-7 地震応答解析モデル

(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。

表 8-4 使用材料

諸元		
集水枡	鉄筋	SD490
	コンクリート	設計基準強度 50 N/mm <sup>2</sup>
基礎杭*		φ 800 mm (SM570) t = 40

\* : 道路橋示方書・同解説IV下部工編に従い腐食代 1 mm を考慮する。鋼管杭の断面照査及び鋼管杭の曲げ剛性を算出する際は腐食代 1 mm による断面積の低減を考慮する。

表 8-5 材料の物性値

材料	単位体積重量 (kN/m <sup>3</sup> )	ヤング係数 (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比	減衰定数 (%)
鉄筋コンクリート	24.5 <sup>*1</sup>	3.30×10 <sup>4</sup> <sup>*1</sup>	0.2 <sup>*1</sup>	5 <sup>*2</sup>
鋼管杭	77.0 <sup>*1</sup>	2.00×10 <sup>5</sup> <sup>*1</sup>	0.3 <sup>*1</sup>	3 <sup>*2</sup>

注記 \*1 : 道路橋示方書 ( I 共通編・IV下部構造編)・同解説 ((社) 日本道路協会,  
平成 14 年 3 月)

\*2 : 道路橋示方書 ( I 共通編・V耐震設計編)・同解説 ((社) 日本道路協会,  
平成 14 年 3 月)

(3) 地盤の物性値

地盤の物性値は、添付書類「V-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、地盤については、液状化検討対象層における有効応力の変化に応じた地震挙動を適切にモデル化する。地盤の物性値を表 8-6 に示す。

表 8-6 (1) 地盤の解析用物性値一覧 (液状化検討対象層)

パラメータ				原地盤								豊浦標準砂	
				埋戻土		第四系 (液状化検討対象層)							
				f1	du	Ag2	As	Ag1	D2s-3	D2g-3	D2g-2		D1g-1
物理特性	密度 ()は地下水位以浅	$\rho$	g/cm <sup>3</sup>	1.98 (1.82)	1.98 (1.82)	2.01 (1.89)	1.74	2.01 (1.89)	1.92	2.15 (2.11)	2.15	2.01 (1.89)	1.958
	間隙比	e	—	0.75	0.75	0.67	1.20	0.67	0.79	0.43	0.43	0.67	0.70
変形特性	ポアソン比	$\nu_{CD}$	—	0.26	0.26	0.25	0.26	0.25	0.19	0.26	0.26	0.25	0.333
	基準平均有効主応力 ()は地下水位以浅	$\sigma'_{sa}$	kN/m <sup>2</sup>	358 (312)	358 (312)	497 (299)	378	814 (814)	966	1167 (1167)	1167	1695 (1710)	12.6
	基準初期せん断剛性 ()は地下水位以浅	$G_{sa}$	kN/m <sup>2</sup>	253529 (220739)	253529 (220739)	278087 (167137)	143284	392073 (392073)	650611	1362035 (1362035)	1362035	947946 (956776)	18975
	最大履歴減衰率	$h_{max}$	—	0.220	0.220	0.233	0.216	0.221	0.192	0.130	0.130	0.233	0.287
強度特性	粘着力	$C_{CD}$	N/mm <sup>2</sup>	0	0	0	0.012	0	0.010	0	0	0	0
	内部摩擦角	$\phi_{CD}$	度	37.3	37.3	37.4	41.0	37.4	35.8	44.4	44.4	37.4	30.0
液状化特性	液状化パラメータ	$\phi_F$	—	34.8	34.8	34.9	38.3	34.9	33.4	41.4	41.4	34.9	28.0
	液状化パラメータ	$S_1$	—	0.047	0.047	0.028	0.046	0.029	0.048	0.030	0.030	0.020	0.005
	液状化パラメータ	$W_1$	—	6.5	6.5	56.5	6.9	51.6	17.6	45.2	45.2	10.5	5.06
	液状化パラメータ	$P_1$	—	1.26	1.26	9.00	1.00	12.00	4.80	8.00	8.00	7.00	0.57
	液状化パラメータ	$P_2$	—	0.80	0.80	0.60	0.75	0.60	0.96	0.60	0.60	0.50	0.80
液状化パラメータ	$C_1$	—	2.00	2.00	3.40	2.27	3.35	3.15	3.82	3.82	2.83	1.44	

表 8-6 (2) 地盤の解析用物性値一覧 (非液状化層)

パラメータ				原地盤					新第三系
				第四系 (非液状化層)				Km	
				Ac	D2c-3	D2c-2	Im		
物理特性	密度 ()は地下水位以浅	$\rho$	g/cm <sup>3</sup>	1.65	1.77	1.77	1.47 (1.43)	1.77	1.72-1.03×10 <sup>-4</sup> ・z
	間隙比	e	—	1.59	1.09	1.09	2.80	1.09	1.16
変形特性	ポアソン比	$\nu_{cm}$	—	0.10	0.22	0.22	0.14	0.22	0.16+0.00025・z
	基準平均有効主応力 ()は地下水位以浅	$\sigma'_{sa}$	kN/m <sup>2</sup>	480	696	696	249 (223)	696	動的変形特性に基づき、Z (標高) 毎に物性値を設定
	基準初期せん断剛性 ()は地下水位以浅	$G_{cm}$	kN/m <sup>2</sup>	121829	285223	285223	38926 (35783)	285223	
	最大履歴減衰率	$h_{max}$	—	0.200	0.186	0.186	0.151	0.186	
強度特性	粘着力	$C_{CD}$	N/mm <sup>2</sup>	0.025	0.026	0.026	0.042	0.026	
	内部摩擦角	$\phi_{CD}$	度	29.1	35.6	35.6	27.3	35.6	23.2+0.0990・z

z : 標高 (m)



表 8-6 (4) 地盤改良体の物性値一覧

項目		地盤改良体 (セメント改良) *	
		一軸圧縮強度 (≤8.5N/mm <sup>2</sup> の場合)	一軸圧縮強度 (>8.5N/mm <sup>2</sup> の場合)
物理特性	密度 $\rho_t$ (g/cm <sup>3</sup> )	改良対象の原地盤の平均密度×1.1	
静的変形特性	静弾性係数 (N/mm <sup>2</sup> )	581	2159
	静ポアソン比 $\nu_s$	0.260	
動的変形特性	初期せん断剛性 $G_0$ (N/mm <sup>2</sup> )	$G_0 = \rho_t / 1000 \times V_s^2$ $V_s = 147.6 \times q_u^{0.417}$ (m/s) $q_u$ : 一軸圧縮強度 (kgf/cm <sup>2</sup> )	
	動ポアソン比 $\nu_d$	0.431	
	動せん断弾性係数のひずみ依存性 $G/G_0 \sim \gamma$	$G/G_0 = \frac{1}{1 + \gamma / 0.000537}$ $\gamma$ : せん断ひずみ (-)	$G/G_0 = \frac{1}{1 + \gamma / 0.001560}$ $\gamma$ : せん断ひずみ (-)
	減衰定数 $h \sim \gamma$	$h = 0.152 \frac{\gamma / 0.000537}{1 + \gamma / 0.000537}$ $\gamma$ : せん断ひずみ (-)	$h = 0.178 \frac{\gamma / 0.001560}{1 + \gamma / 0.001560}$ $\gamma$ : せん断ひずみ (-)
強度特性	粘着力 $C$ (N/mm <sup>2</sup> )	$C = q_u / 2$ $q_u$ : 一軸圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	

\* : 地盤改良体 (嵩上げ部) の一軸圧縮強度 : 1.5 N/mm<sup>2</sup>

(4) 地下水位

地下水位は地表面として設定する。

8.5.2 RC防潮壁部

地盤応答解析は、添付書類「V-2-2-38-1 防潮堤 (鉄筋コンクリート防潮壁) の地震応答計算書」と同じモデルを用いる。

## 9. 出口側集水枡の耐震評価

### 9.1 評価対象部位

#### 9.1.1 杭間部

評価対象部位は、出口側集水枡（杭間部）の特徴を踏まえ設定する。

#### (1) 構造部材の健全性評価

##### a. 鋼管杭

鋼管杭の評価対象部位は、出口側集水枡（杭間部）を支持する鋼管杭とする。

##### b. 鉄筋コンクリート

鉄筋コンクリートの評価対象部位は、出口側集水枡（杭間部）の底版及び縦断面に垂直な側壁とする。

#### (2) 基礎地盤の支持性能評価

基礎地盤の評価対象部位は、出口側集水枡（杭間部）を支持する基礎地盤とする。

#### 9.1.2 R C防潮壁部

評価対象部位は、出口側集水枡（R C防潮壁部）の底版及び縦断面に垂直な側壁とし、鉄筋コンクリート部材とする。

### 9.2 解析方法

#### 9.2.1 杭間部

設計対象構造物～地盤の連成系モデルによる2次元地震応答解析を行い、地震時の各構造部位の構造健全性及び支持性能を確認する。有効応力の変化を考慮することができる有効応力法を用いることとし、2次元有効応力解析を実施する。

#### 9.2.2 R C防潮壁部

地震応答解析は、必要となる設計震度を応答値より算出し、算出した設計震度によって水平地震動と鉛直地震動を同時加振し、鉄筋コンクリート部材としての構造健全性を確認する。



### 9.3 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「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき設定する。

#### 9.3.1 耐震安全性評価上考慮する状態

集水枡の地震応答解析において、地震以外に考慮する状態を以下に示す。

(1) 運転時の状態

発電用原子炉施設が運転状態にあり、通常の条件下におかれている状態。ただし、運転時の異常な過渡変化時の影響を受けないことから考慮しない。

(2) 設計基準事故時の状態

設計基準事故時の影響を受けないことから考慮しない。

(3) 設計用自然条件

積雪を考慮する。

(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。

#### 9.3.2 荷重

構内排水路逆流防止設備の地震応答解析において、考慮する荷重を以下に示す。

(1) 固定荷重 (G)

固定荷重として、躯体自重及び土圧を考慮する。

(2) 積載荷重 (P)

積載荷重として、静水圧による荷重を考慮する。

(3) 地震荷重 ( $K_s$ )

基準地震動  $S_s$  による荷重を考慮する。

(4) 積雪荷重 ( $P_s$ )

積雪荷重として 30 cm の積雪を考慮する。

#### 9.3.3 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 9-1 に示す。

表 9-1 荷重の組合せ

区分	荷重の組合せ
地震時	$G + P + K_s + P_s$

G : 固定荷重

P : 積載荷重

$K_s$  : 地震荷重

$P_s$  : 積雪荷重

## 9.4 許容限界

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

### 9.4.1 杭間部

#### (1) 構造部材の健全性に対する許容限界

##### a. 鋼管杭

鋼管杭の許容限界は、「道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 14 年 3 月）」に基づき，表 9-2 に示す短期許容応力度とする。短期許容応力度は，鋼材の許容応力度に対して 1.5 倍の割増を考慮する。

表 9-2 鋼管杭の許容限界

評価項目		許容限界
鋼管杭 SM570	短期許容引張応力度 $\sigma_{sa1}$ (N/mm <sup>2</sup> )	382.5
	短期許容圧縮応力度 $\sigma_{sa1}$ (N/mm <sup>2</sup> )	
	短期許容せん断応力度 $\tau_{sa}$ (N/mm <sup>2</sup> )	217.5

##### b. 鉄筋コンクリート

鉄筋コンクリートの許容限界は、「コンクリート標準示方書 [構造性能照査編]（（社）土木学会，2002 年制定）」，道路土工 カルバート工指針（（社）日本道路協会 平成 21 年度版）及び「道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会 平成 24 年 3 月）」に基づき，表 9-3 に示す短期許容応力度とする。短期許容応力度は，鉄筋コンクリートの許容応力度に対して 1.5 倍の割増を考慮する。

なお，杭頭部に関しても，鉄筋コンクリートは表 9-3 に示す短期許容応力度を許容限界とする。

表 9-3 鉄筋コンクリートの許容限界

評価項目		許容限界	
コンクリート	$f'_{ck}=50$ N/mm <sup>2</sup>	短期許容曲げ圧縮応力度 $\sigma_{ca}^{*3}$ (N/mm <sup>2</sup> )	24.0
		短期許容せん断応力度 $\tau_{a1}^{*1}$ (N/mm <sup>2</sup> )	0.825 <sup>*4</sup>
		短期許容押抜きせん断応力度 $\tau_{a1}'^{*1}$ (N/mm <sup>2</sup> )	1.1
		短期許容支圧応力度 $\sigma_{ca}'^{*1}$ (N/mm <sup>2</sup> )	22.5
鉄筋	SD490 <sup>*2</sup>	短期許容曲げ引張応力度 $\sigma_{sa2}$ (N/mm <sup>2</sup> ) (軸方向鉄筋)	435
		短期許容曲げ引張応力度 $\sigma_{sa2}$ (N/mm <sup>2</sup> ) (せん断補強筋)	300

- 注記 \*1：コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] ((社) 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 ((社) 日本道路協会 平成 24 年 3 月)  
 \*3：道路土工 カルバート工指針 ((社) 日本道路協会 平成 21 年度版)  
 \*4：斜め引張鉄筋を考慮する場合は, 「コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] ((社) 土木学会 2002 年制定)」に準拠し, 次式により求められる許容せん断力 ( $V_a$ ) を許容限界とする。

$$V_a = V_{ca} + V_{sa}$$

ここで,

$V_{ca}$  : コンクリートの許容せん断力

$$V_{ca} = 1/2 \cdot \tau_{a1} \cdot b_w \cdot j \cdot d$$

$V_{sa}$  : 斜め引張鉄筋の許容せん断力

$$V_{sa} = A_w \cdot \sigma_{sa2} \cdot j \cdot d / s$$

$\tau_{a1}$  : 斜め引張鉄筋を考慮しない場合の許容せん断応力度

$b_w$  : 有効幅

$j$  : 1/1.15

$d$  : 有効高さ

$A_w$  : 斜め引張鉄筋断面積

$\sigma_{sa2}$  : 鉄筋の許容引張応力度

$s$  : 斜め引張鉄筋間隔

斜め引張鉄筋を配置する部材のせん断力に対する許容限界を表 9-4 に示す。

表 9-4 斜め引張鉄筋を配置する部材のせん断力に対する許容限界

位置	断面形状				せん断補強筋			許容せん断力		短期許容 せん断力 $V_a$ (= $V_{ca}+V_{sa}$ ) (kN)
	部材幅 (mm)	部材高 (mm)	かぶり (mm)	有効高 (mm)	径	$S_b$ (mm)	$S_s$ (mm)	コンクリート $V_{ca}$ (kN)	鉄筋 $V_{sa}$ (kN)	
壁部	1000	800	150	650	D22	200	400	233.15	820.27	1053.4
底版部	1000	800	150	650	D22	200	400	233.15	820.27	1053.4

## (2) 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

極限支持力は、添付書類「V-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき、道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 14 年 3 月）により以下の支持力算定式により設定する。基礎地盤の支持性能に対する許容限界を表 9-5 に示す。

極限支持力算定式（杭基礎 [中掘り工法]）

$$R_u = q_d A + U \sum L_i f_i$$

$R_u$ ：地盤から決まる杭の極限支持力（kN）

$q_d$ ：杭下端における単位面積あたりの極限支持力度（kN/m<sup>2</sup>）：コンクリート打設方式

$$q_d = 3 \cdot q_u$$

$q_u$ ：支持岩盤の一軸圧縮強度（kN/m<sup>2</sup>）

\*  $c_{cu} = q_u / 2$  より， $q_u = c_{cu} \times 2$ 。ここで， $c_{cu}$  は Km 層の非排水せん断強度

A：杭下端面積（m<sup>2</sup>）

U：杭の周長（m）

$L_i$ ：周面摩擦力を考慮する層の層厚（m）

$f_i$ ：周面摩擦力を考慮する層の最大周面摩擦力度（kN/m<sup>2</sup>）

表 9-5 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

項目	算定結果	備考
極限支持力 $R_u$ (kN)	—	
$q_d A$ (kN)	—	
$U \sum L_i f_i$ (kN)	—	
極限支持力度 $q_d$ (kN/m <sup>2</sup> )	6288	= $3 \cdot q_u$
一軸圧縮強度 $q_u$ (kN/m <sup>2</sup> )	2096	= 非排水せん断強度 $\times 2$
非排水せん断強度 (kN/m <sup>2</sup> )	1048	
杭下端標高 EL. (m)	-61.0	
杭下端面積 A (m <sup>2</sup> )	—	
杭の周長 U (m)	—	
周面摩擦力を考慮する層の層厚 $L_i$ (m)	—	
最大周面摩擦力度 $f_i$ (kN/m <sup>2</sup> )	—	

### 9.4.2 RC防潮壁部

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

#### (1) 構造部材の健全性に対する許容限界

鉄筋コンクリートの許容限界は、「コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] ((社) 土木学会, 2002 年制定)」及び「道路橋示方書 (I 共通編・IV 下部構造編)・同解説 ((社) 日本道路協会 平成 14 年 3 月)」に基づき、表 9-6 に示す短期許容応力度とする。短期許容応力度は、鉄筋コンクリートの許容応力度に対して 1.5 倍の割増を考慮する。

表 9-6 鉄筋コンクリートの許容限界 (RC 防潮壁部)

評価項目		許容限界	
コンクリート	$f'_{ck}=40 \text{ N/mm}^2$	短期許容曲げ圧縮応力度 $\sigma_{ca}^{*1} \text{ (N/mm}^2\text{)}$	21.0
		短期許容せん断応力度 $\tau_{a1}^{*1} \text{ (N/mm}^2\text{)}$	$0.825^{*3}$
		短期許容押抜きせん断応力度 $\tau_{a1}'^{*1} \text{ (N/mm}^2\text{)}$	1.65
		短期許容支圧応力度 $\sigma_{ca}'^{*1} \text{ (N/mm}^2\text{)}$	18.0
鉄筋	SD345 <sup>*1</sup>	短期許容曲げ引張応力度 $\sigma_{sa2} \text{ (N/mm}^2\text{)}$ (軸方向鉄筋)	294
		短期許容曲げ引張応力度 $\sigma_{sa2} \text{ (N/mm}^2\text{)}$ (せん断補強筋)	294
	SD490 <sup>*2</sup>	短期許容曲げ引張応力度 $\sigma_{sa2} \text{ (N/mm}^2\text{)}$ (軸方向鉄筋)	435
		短期許容曲げ引張応力度 $\sigma_{sa2} \text{ (N/mm}^2\text{)}$ (せん断補強筋)	300

注記 \*1: コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] ((社) 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 ((社) 日本道路協会 平成 14 年 3 月)

\*3: 斜め引張鉄筋を考慮する場合は、「コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] ((社) 土木学会 2002 年制定)」に準拠し、次式により求められる許容せん断力 ( $V_a$ ) を許容限界とする。

$$V_a = V_{ca} + V_{sa}$$

ここで,

$V_{ca}$  : コンクリートの許容せん断力

$$V_{ca} = 1/2 \cdot \tau_{a1} \cdot b_w \cdot j \cdot d$$

$V_{sa}$  : 斜め引張鉄筋の許容せん断力

$$V_{sa} = A_w \cdot \sigma_{sa2} \cdot j \cdot d / s$$

$\tau_{a1}$  : 斜め引張鉄筋を考慮しない場合の許容せん断応力度

$b_w$  : 有効幅

$j$  : 1/1.15

$d$  : 有効高さ

$A_w$  : 斜め引張鉄筋断面積

$\sigma_{sa2}$  : 鉄筋の許容引張応力度

$s$  : 斜め引張鉄筋間隔

(2) 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

出口側集水枡（RC防潮壁部）はRC防潮基礎底版と一体化することから、防潮壁基礎と集水枡の接続鉄筋の健全性評価の確認をもって支持性能評価を満足するものとする。

## 9.5 解析モデル及び諸元

構内排水路逆流防止設備を間接支持する出口側集水桁の耐震評価は、「8.5 解析モデル及び諸元」に示す地震応答解析モデルにより実施する。

## 9.6 評価方法

### 9.6.1 杭間部

出口側集水桁の耐震評価は、「8. 地震応答解析」により得られる照査用応答値が、「9.4 許容限界」で設定した許容限界以下であることを確認する。

#### (1) 構造部材の健全性評価

##### a. 鋼管杭

鋼管杭の曲げ軸力に対する照査については、地震応答解析により算定した曲げ応力が許容限界以下であることを確認する。

せん断力に対する照査については、地震応答解析により算定したせん断応力が許容限界以下であることを確認する。

#### (a) 曲げモーメント及び軸力に対する照査

曲げモーメント及び軸力を用いて次式に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。

$$\sigma = \frac{N}{A} \pm \frac{M}{Z}$$

ここで、

$\sigma$  : 鋼管杭の曲げモーメント及び軸力より算定される応力 (N/mm<sup>2</sup>)

$M$  : 最大曲げモーメント (N・mm)

$Z$  : 断面係数 (mm<sup>3</sup>)

$N$  : 軸力 (N)

$A$  : 有効断面積 (mm<sup>2</sup>)

#### (b) せん断力に対する照査

せん断力を用いて次式により算定されるせん断応力がせん断強度に基づく許容限界以下であることを確認する。

$$\tau = \kappa \frac{S}{A}$$

ここで、

$\tau$  : 鋼管杭のせん断力より算定されるせん断応力 (N/mm<sup>2</sup>)

$S$  : せん断力 (N)

$A$  : 有効断面積 (mm<sup>2</sup>)

$\kappa$  : せん断応力の分布係数 (2.0)

鋼管杭の健全性評価において最も厳しい照査値は曲げ軸力照査である。曲げ軸力照査結果が最も厳しくなる検討ケースにおける、照査値が最大となる評価時刻における断面力図を図 9-1 に示す。

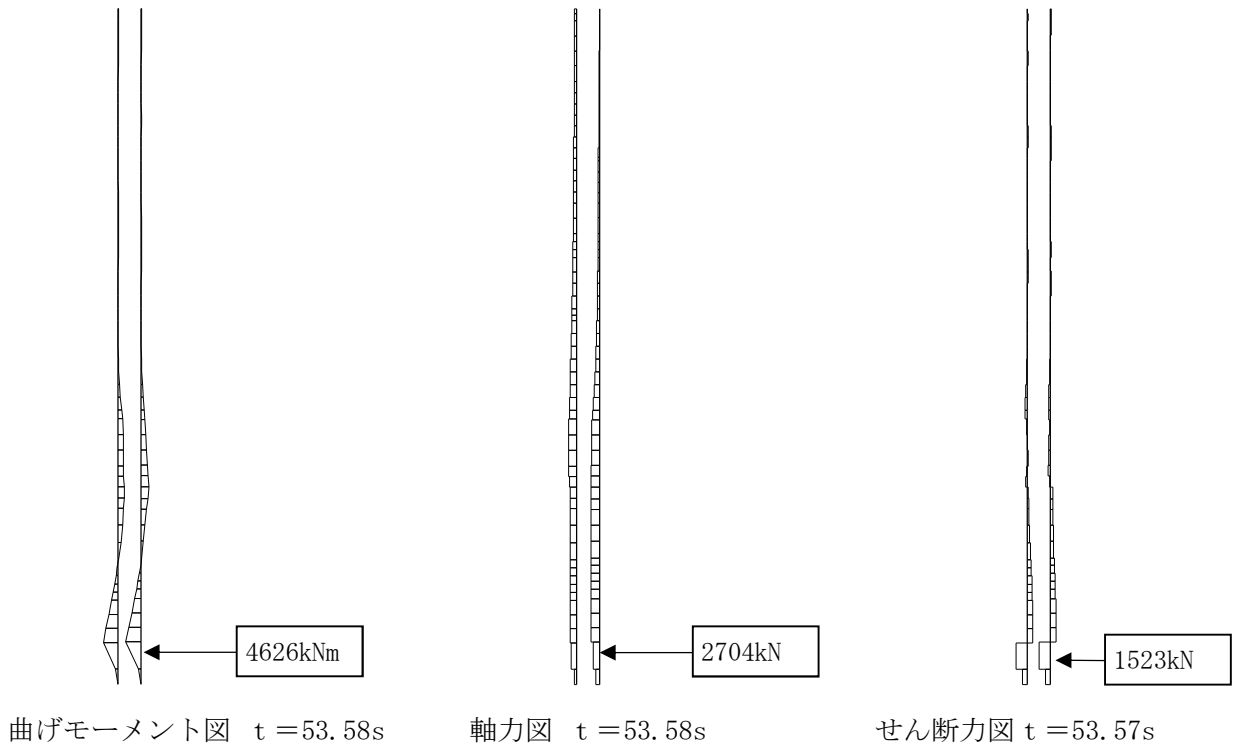


図 9-1 照査値が最も厳しくなる時刻の地震時断面力図 ( $S_s - D1 [H+, V+]$ ),  
 検討ケース④ 敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく液状化強度特性により  
 地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)

#### b. 鉄筋コンクリート

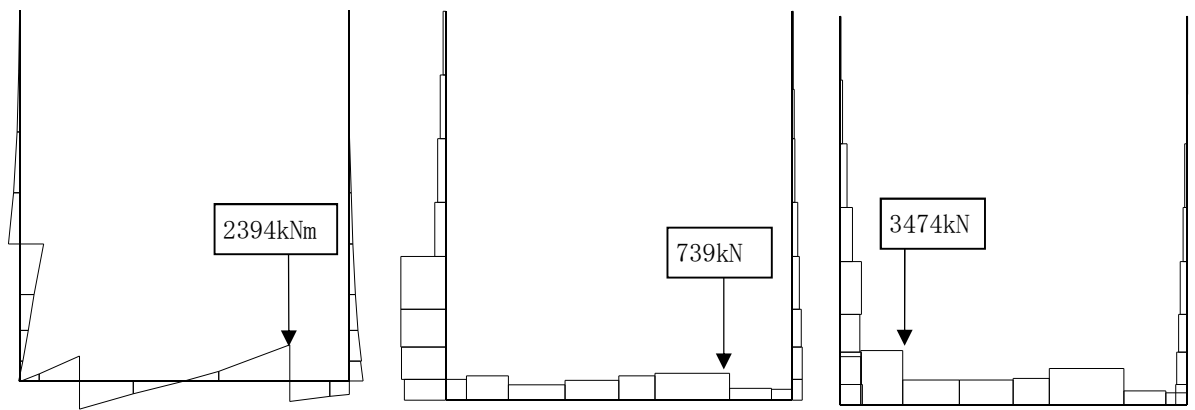
コンクリートの曲げ軸力に対する照査については、地震応答解析により算定した曲げ応力が許容限界以下であることを確認する。

鉄筋の曲げ軸力に対する照査については、地震応答解析により算定した曲げ応力が許容限界以下であることを確認する。

せん断力に対する照査については、地震応答解析により算定したせん断応力が許容限界以下であることを確認する。

鉄筋コンクリートの健全性評価において最も厳しい照査値はせん断力照査である。せん断力照査結果が最も厳しくなる検討ケースにおける、照査値が最大となる評価時刻における断面力図を図 9-2 に示す。





曲げモーメント図 t = 19.88s

軸力図 t = 19.88s

せん断力図 t = 22.84s

図 9-2 照査値が最も厳しくなる時刻の地震時断面力図 ( $S_s - D 1 [H+, V+]$ ,  
 検討ケース③ 地盤物性のばらつきを考慮 ( $-1\sigma$ ) した解析ケース)

(2) 基礎地盤の支持性能評価

基礎地盤の支持性能評価においては、基礎地盤に作用する接地圧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。

### 9.6.2 RC防潮壁部

出口側集水桁の耐震評価は、地震応答解析により得られる照査用応答値が、「9.4 許容限界」で設定した許容限界以下であることを確認する。

#### (1) 構造部材の健全性評価

##### a. 梁部材としての評価

集水桁のRC防潮壁側を固定支持とし、底版と側壁を断面に考慮した片持ち梁モデルとする。また、地震応答解析にて算定された最大加速度により設計用震度を設定し、慣性力を考慮した二次元静的フレーム解析により鉄筋コンクリート部材の構造健全性を確認する。

2次元静的フレーム解析には解析コード「Engineer's Studio Ver. 6.00.04」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「V-5-39 計算機プログラム（解析コード）の概要・Engineer's Studio」に示す。

片持ち梁のモデル概念図を図9-3に示す。

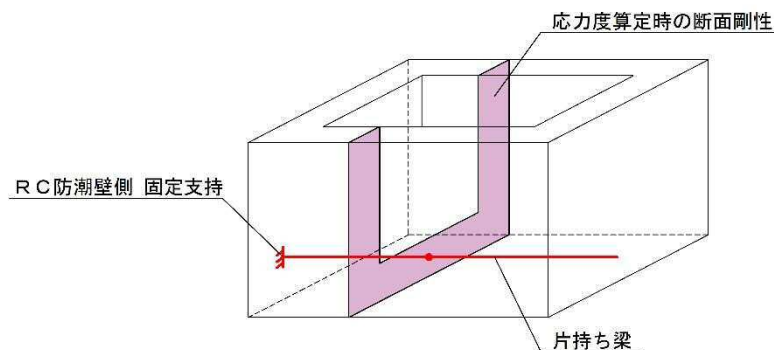


図9-3 片持ち梁モデル概念図

片持ち梁に生じる曲げモーメント及び軸力を底版及び側壁を考慮した断面剛性によって応力度を算出し許容限界以下であることを確認する。また、せん断については側壁のみを有効断面として応力度を算出し許容限界以下であることを確認する。

棲壁に作用する地震時土圧については、慣性力と同じ向きに作用する場合は保守的である。従って、土圧と慣性力が逆向きに作用する場合は考慮しないものとする。土圧作用の概念図を図9-4に示す。

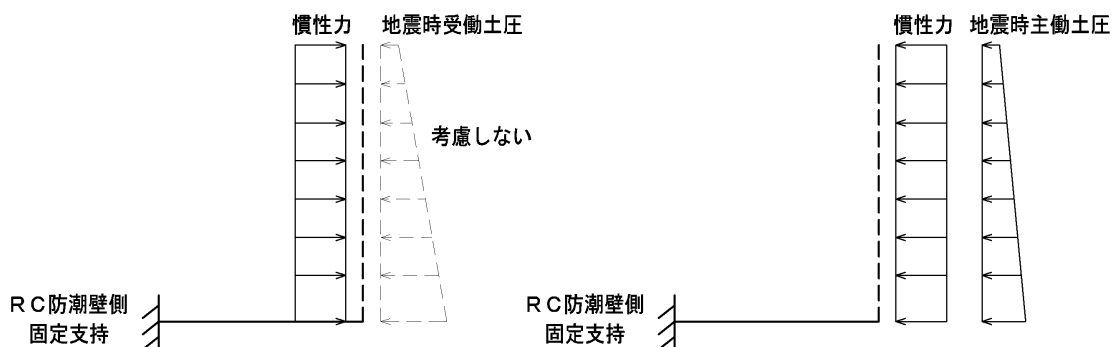


図9-4 土圧作用の概念図

b. 面部材としての評価

集水枡の側壁については、底版及び両側壁との結合部を固定端、開口面となる上面を自由端とする三辺固定一辺自由スラブとして鉄筋コンクリート部材の構造健全性を確認する。

「a. 梁部材としての評価」と同様に、地震応答解析にて算定された最大加速度により設計用震度を設定し、慣性力を考慮するものとする。

三辺固定版のモデル概念図を図 9-5 に示す。

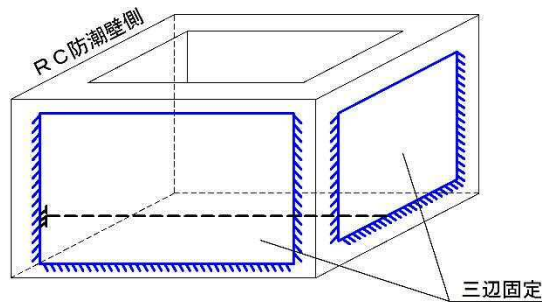
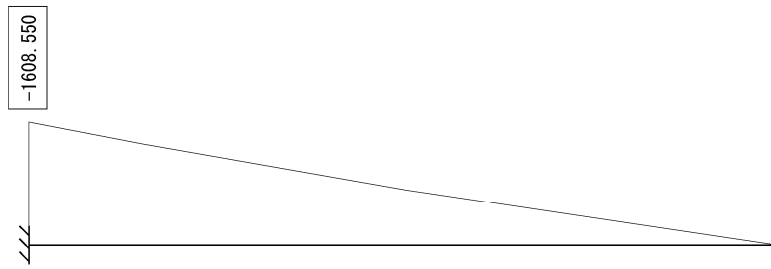


図 9-5 三辺固定版モデル概念図

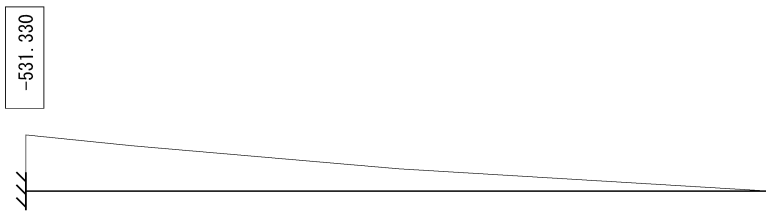
側壁に生じる曲げモーメント及びせん断力に対して部材応力を算出し許容限界以下であることを確認する。

土圧作用の考え方については「a. 梁部材としての評価」としての評価における考え方と同様とする。

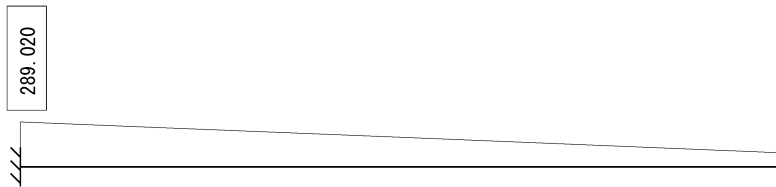
鉄筋コンクリートの健全性評価において最も厳しい照査値はせん断力照査である。せん断力照査結果が最も厳しくなる検討ケースにおける、照査値が最大となる評価時刻における断面力図を図 9-6 に示す。



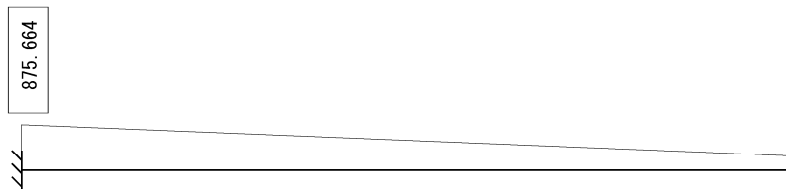
曲げモーメント図 (kN・m) (X 方向に生じる曲げモーメント：二軸照査用)



曲げモーメント図 (kN・m) (Y 方向に生じる曲げモーメント：二軸照査用)



軸力図 (kN)



せん断力図 (kN)

図 9-6 水平方向：引張応力が最も厳しくなる地震時断面力 ( $S_s - D 1$  [H+, V+], 検討ケース⑤ 原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース)

## 10. 耐震評価結果

### 10.1 杭間部

#### 10.1.1 構造部材の健全性に対する評価結果

##### (1) 鋼管杭の評価結果

###### a. 曲げ軸力に対する照査

断面計算に用いた断面諸元を表10-1に、曲げ軸力に対する照査結果を表10-2に示す。鋼管杭に対して許容応力度法による照査を行った結果、曲げ軸応力が短期許容応力度以下であることを確認した。なお、発生応力度は各地震動において最大となる値を示している。

表 10-1 鋼管杭 (SM570) 断面諸元

断面	板厚 (mm)	断面積 (m <sup>2</sup> )	断面係数 (m <sup>3</sup> )
I-2	40	0.09299	0.01682

表 10-2 曲げ軸力に対する照査結果 ( I -2 断面)

検討ケース	地震動	曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)	発生曲げ 軸応力 (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力 (N/mm <sup>2</sup> )	照査値
①	S <sub>s</sub> -D 1 ++	2423	3079	177.17	382.5	0.47
	S <sub>s</sub> -D 1 +-	2428	2875	175.27	382.5	0.46
	S <sub>s</sub> -D 1 -+	2170	1099	140.84	382.5	0.37
	S <sub>s</sub> -D 1 --	2279	-782	127.09	382.5	0.34
	S <sub>s</sub> -1 1	887	746	60.76	382.5	0.16
	S <sub>s</sub> -1 2	1299	2079	99.59	382.5	0.27
	S <sub>s</sub> -1 3	1203	2071	93.80	382.5	0.25
	S <sub>s</sub> -1 4	1034	2031	83.32	382.5	0.22
	S <sub>s</sub> -2 1	1062	798	71.73	382.5	0.19
	S <sub>s</sub> -2 2	1125	1861	86.90	382.5	0.23
	S <sub>s</sub> -3 1 ++	2083	1355	138.42	382.5	0.37
	S <sub>s</sub> -3 1 -+	1472	663	94.65	382.5	0.25
②	S <sub>s</sub> -D 1 ++	2724	2703	191.02	382.5	0.50
③	S <sub>s</sub> -D 1 ++	1957	2844	146.94	382.5	0.39
④	S <sub>s</sub> -D 1 ++	4626	2704	304.11	382.5	0.80
⑤	S <sub>s</sub> -D 1 ++	1851	1246	123.45	382.5	0.33
⑥	S <sub>s</sub> -D 1 ++	1583	1134	106.31	382.5	0.28

b. せん断力に対する照査

断面計算に用いた断面諸元は前出の表 10-1 に、せん断に対する照査結果を表 10-3 に示す。

鋼管杭に対して許容応力度法による照査を行った結果、せん断応力が短期許容応力度以下であることを確認した。なお、発生応力は各地震動において最大となる値を示している。

表 10-3 せん断力に対する照査結果（I-2 断面）

検討ケース	地震動	せん断力 (kN)	せん断 応力 (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力 (N/mm <sup>2</sup> )	照査値
①	S <sub>s</sub> -D 1 ++	923	19.86	217.5	0.10
	S <sub>s</sub> -D 1 +-	924	19.88	217.5	0.10
	S <sub>s</sub> -D 1 -+	889	19.13	217.5	0.09
	S <sub>s</sub> -D 1 --	900	19.36	217.5	0.09
	S <sub>s</sub> -1 1	328	7.06	217.5	0.04
	S <sub>s</sub> -1 2	602	12.95	217.5	0.06
	S <sub>s</sub> -1 3	583	12.53	217.5	0.06
	S <sub>s</sub> -1 4	470	10.11	217.5	0.05
	S <sub>s</sub> -2 1	393	8.45	217.5	0.04
	S <sub>s</sub> -2 2	514	11.06	217.5	0.06
	S <sub>s</sub> -3 1 ++	525	11.29	217.5	0.06
	S <sub>s</sub> -3 1 -+	437	9.39	217.5	0.05
②	S <sub>s</sub> -D 1 ++	816	17.56	217.5	0.09
③	S <sub>s</sub> -D 1 ++	839	18.05	217.5	0.09
④	S <sub>s</sub> -D 1 ++	1524	32.77	217.5	0.16
⑤	S <sub>s</sub> -D 1 ++	463	9.95	217.5	0.05
⑥	S <sub>s</sub> -D 1 ++	418	9.00	217.5	0.05

(2) 鉄筋コンクリートの評価結果

a. 曲げ軸力に対する照査

断面計算に用いた断面諸元を表 10-4 に、曲げ軸力に対する照査結果を表 10-5 及び表 10-6 に、概略配筋図を図 10-1 に示す。

鉄筋コンクリートに対して許容応力度法による照査を行った結果、コンクリートに発生する曲げ圧縮応力及び鉄筋に発生する曲げ引張応力が短期許容応力度以下であることを確認した。なお、発生応力は各地震動において最大となる値を示している。

表 10-4 鉄筋コンクリート断面諸元

断面	かぶり (m)	断面有効高さ (m)	主筋	主筋断面積 (cm <sup>2</sup> )
I-2	0.15	0.65	D32@200	39.7



図 10-1 概略配筋図



表 10-5 曲げ軸力に対する照査結果（壁部）

検討ケース	地震動	曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)	曲げ 圧縮応力 (N/mm <sup>2</sup> )	曲げ 引張応力 (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )		曲げ 圧縮 応力 照査値	曲げ 引張 応力 照査値
						曲げ 圧縮	曲げ 引張		
①	S <sub>s</sub> -D1++	424	190	6.10	164	24	435	0.26	0.38
	S <sub>s</sub> -D1+-	399	152	5.73	157	24	435	0.24	0.37
	S <sub>s</sub> -D1-+	260	-283	3.55	152	24	435	0.15	0.35
	S <sub>s</sub> -D1--	235	-334	3.15	148	24	435	0.14	0.35
	S <sub>s</sub> -11	226	99	3.26	88	24	435	0.14	0.21
	S <sub>s</sub> -12	223	99	3.21	86	24	435	0.14	0.20
	S <sub>s</sub> -13	244	100	3.51	96	24	435	0.15	0.23
	S <sub>s</sub> -14	235	114	3.38	90	24	435	0.15	0.21
	S <sub>s</sub> -21	299	126	4.30	117	24	435	0.18	0.27
	S <sub>s</sub> -22	294	123	4.24	115	24	435	0.18	0.27
	S <sub>s</sub> -31++	500	199	7.19	196	24	435	0.30	0.46
S <sub>s</sub> -31-+	429	-451	5.87	249	24	435	0.25	0.58	
②	S <sub>s</sub> -D1++	339	179	4.88	127	24	435	0.21	0.30
③	S <sub>s</sub> -D1++	438	198	6.30	169	24	435	0.27	0.39
④	S <sub>s</sub> -D1++	300	155	4.32	113	24	435	0.18	0.26
⑤	S <sub>s</sub> -D1++	404	-463	5.50	240	24	435	0.23	0.56
⑥	S <sub>s</sub> -D1++	349	-469	4.69	217	24	435	0.20	0.50

表 10-6 曲げ軸力に対する照査結果（底版部）

検討ケース	地震動	曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)	曲げ 圧縮応力 (N/mm <sup>2</sup> )	曲げ 引張応力 (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )		曲げ 圧縮 応力 照査値	曲げ 引張 応力 照査値
						曲げ 圧縮	曲げ 引張		
①	S <sub>s</sub> -D1++	529	162	7.60	214	24	435	0.32	0.50
	S <sub>s</sub> -D1+-	535	164	7.68	216	24	435	0.32	0.50
	S <sub>s</sub> -D1-+	465	152	6.68	187	24	435	0.28	0.43
	S <sub>s</sub> -D1--	442	146	6.36	177	24	435	0.27	0.41
	S <sub>s</sub> -11	332	104	4.76	134	24	435	0.20	0.31
	S <sub>s</sub> -12	336	154	4.83	129	24	435	0.21	0.30
	S <sub>s</sub> -13	339	109	4.87	136	24	435	0.21	0.32
	S <sub>s</sub> -14	328	111	4.72	131	24	435	0.20	0.31
	S <sub>s</sub> -21	385	124	5.53	155	24	435	0.24	0.36
	S <sub>s</sub> -22	391	129	5.62	157	24	435	0.24	0.37
	S <sub>s</sub> -31++	717	218	10.30	290	24	435	0.43	0.67
S <sub>s</sub> -31-+	523	-176	7.40	255	24	435	0.31	0.59	
②	S <sub>s</sub> -D1++	473	143	6.79	191	24	435	0.29	0.44
③	S <sub>s</sub> -D1++	584	180	8.39	236	24	435	0.35	0.55
④	S <sub>s</sub> -D1++	397	134	5.71	159	24	435	0.24	0.37
⑤	S <sub>s</sub> -D1++	637	196	9.14	257	24	435	0.39	0.60
⑥	S <sub>s</sub> -D1++	474	-155	6.70	230	24	435	0.28	0.53

b. せん断力に対する照査

断面計算に用いた断面諸元を表 10-7 に、せん断力に対する照査結果を表 10-8 及び表 10-9 に示す。

鉄筋コンクリートにおける許容応力度法による照査を行った結果、せん断応力が短期許容応力度以下であることを確認した。なお、発生応力は各地震動において最大となる値を示している。

表 10-7 鉄筋コンクリート断面諸元

断面	斜め引張鉄筋	区間 s (m)	区間 s における斜め引張鉄筋断面積 (mm <sup>2</sup> )
I-2	D22@200	0.4	1935

表 10-8 せん断力に対する照査結果 (壁部)

検討ケース	地震動	せん断力 (kN)	せん断耐力 (kN)	照査値
①	S <sub>s</sub> -D 1 ++	349	1053.4	0.34
	S <sub>s</sub> -D 1 +-	337	1053.4	0.32
	S <sub>s</sub> -D 1 -+	295	1053.4	0.29
	S <sub>s</sub> -D 1 --	303	1053.4	0.29
	S <sub>s</sub> -1 1	215	1053.4	0.21
	S <sub>s</sub> -1 2	206	1053.4	0.20
	S <sub>s</sub> -1 3	224	1053.4	0.22
	S <sub>s</sub> -1 4	215	1053.4	0.21
	S <sub>s</sub> -2 1	264	1053.4	0.26
	S <sub>s</sub> -2 2	262	1053.4	0.25
	S <sub>s</sub> -3 1 ++	370	1053.4	0.36
	S <sub>s</sub> -3 1 -+	408	1053.4	0.39
②	S <sub>s</sub> -D 1 ++	300	1053.4	0.29
③	S <sub>s</sub> -D 1 ++	347	1053.4	0.33
④	S <sub>s</sub> -D 1 ++	237	1053.4	0.23
⑤	S <sub>s</sub> -D 1 ++	380	1053.4	0.37
⑥	S <sub>s</sub> -D 1 ++	319	1053.4	0.31

表 10-9 せん断力に対する照査結果（底版部）

検討ケース	地震動	せん断力 (kN)	せん断耐力 (kN)	照査値
①	S <sub>s</sub> -D 1 ++	827	1053.4	0.79
	S <sub>s</sub> -D 1 +-	807	1053.4	0.77
	S <sub>s</sub> -D 1 -+	691	1053.4	0.66
	S <sub>s</sub> -D 1 --	647	1053.4	0.62
	S <sub>s</sub> -1 1	493	1053.4	0.47
	S <sub>s</sub> -1 2	600	1053.4	0.57
	S <sub>s</sub> -1 3	584	1053.4	0.56
	S <sub>s</sub> -1 4	496	1053.4	0.48
	S <sub>s</sub> -2 1	565	1053.4	0.54
	S <sub>s</sub> -2 2	533	1053.4	0.51
	S <sub>s</sub> -3 1 ++	820	1053.4	0.78
	S <sub>s</sub> -3 1 -+	540	1053.4	0.52
	②	S <sub>s</sub> -D 1 ++	782	1053.4
③	S <sub>s</sub> -D 1 ++	847	1053.4	0.81
④	S <sub>s</sub> -D 1 ++	614	1053.4	0.59
⑤	S <sub>s</sub> -D 1 ++	742	1053.4	0.71
⑥	S <sub>s</sub> -D 1 ++	688	1053.4	0.66

### 10.1.2 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評価結果を表 10-10 に示す。

基礎地盤の支持力に対する照査を行った結果、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 10-10 基礎地盤の支持性能に対する評価結果（I-2 断面）

検討ケース	地震動	最大接地圧 (kN/m <sup>2</sup> )	極限支持力度 (kN/m <sup>2</sup> )
①	S <sub>s</sub> -D 1 ++	1149	6288
	S <sub>s</sub> -D 1 +-	1166	6288
	S <sub>s</sub> -D 1 -+	1291	6288
	S <sub>s</sub> -D 1 --	1189	6288
	S <sub>s</sub> - 1 1	1053	6288
	S <sub>s</sub> - 1 2	1111	6288
	S <sub>s</sub> - 1 3	1106	6288
	S <sub>s</sub> - 1 4	1044	6288
	S <sub>s</sub> - 2 1	1069	6288
	S <sub>s</sub> - 2 2	1080	6288
	S <sub>s</sub> - 3 1 ++	797	6288
	S <sub>s</sub> - 3 1 -+	876	6288
②	S <sub>s</sub> -D 1 +-	1191	6288
③	S <sub>s</sub> -D 1 +-	1159	6288
④	S <sub>s</sub> -D 1 +-	1265	6288
⑤	S <sub>s</sub> -D 1 +-	1109	6288
⑥	S <sub>s</sub> -D 1 +-	1123	6288

## 10.2 RC防潮壁部

### 10.2.1 構造部材の健全性に対する評価結果

#### (1) 曲げ軸力に対する照査

断面計算に用いた断面諸元を表 10-11 に、曲げ軸力に対する照査結果を表 10-12 及び表 10-13 に、概略配筋図を図 10-2 に示す。

鉄筋コンクリートに対して許容応力度法による照査を行った結果、コンクリートに発生する曲げ圧縮応力及び鉄筋に発生する曲げ引張応力が短期許容応力度以下であることを確認した。なお、発生応力は各地震動において最大となる値を示している。また、軸力は正の値を引張、負の値を圧縮とする。

表 10-11 鉄筋コンクリート断面諸元

断面	主筋方向	かぶり (m)	断面有効高さ (m)	鉄筋
IV-1	水平	0.30	2.10 (2.40-0.30)	D32@150
	鉛直	0.127	0.473 (0.60-0.127)	D22@150



図 10-2 概略配筋図

表 10-12 水平鉄筋：曲げ軸力に対する照査結果（壁部＋底版）

解析 ケース	地震動	曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)	曲げ 圧縮応 力 (N/mm <sup>2</sup> )	曲げ 引張応力 (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )		曲げ 圧縮 応力 照査値	曲げ 引張 応力 照査値
						曲げ 圧縮	曲げ 引張		
平均剛性 (非液状化)	S <sub>s</sub> -D1 ++	1608.6 (531.3)*	289.0 (-479.7)*	0.8	40	21	435	0.04	0.10

注記 \*：( )内は二軸照査に用いた Y 方向の曲げモーメント値を示す。

表 10-13 鉛直鉄筋：曲げ軸力に対する照査結果（壁部）

解析 ケース	地震動	曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)	曲げ 圧縮応力 (N/mm <sup>2</sup> )	曲げ 引張応力 (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )		曲げ 圧縮 応力 照査値	曲げ 引張 応力 照査値
						曲げ 圧縮	曲げ 引張		
平均剛性 (非液状化)	S <sub>s</sub> -D1++	20.1	0.0	0.2	8	21	435	0.01	0.02

## (2) せん断力に対する照査

計算の断面諸元を表 10-14 に、せん断力に対する照査結果を表 10-15 及び表 10-16 に示す。

鉄筋コンクリートにおける許容応力度法による照査を行った結果、せん断応力が短期許容応力度以下であることを確認した。なお、発生応力は各地震動において最大となる値を示している。

表 10-14 鉄筋コンクリート断面諸元

断面	せん断補強筋	本数 (本)	区間 s における せん断補強鉄筋断面積 (mm <sup>2</sup> )
IV-1	D19@150	6.66	1322.7

表 10-15 水平方向：せん断力に対する照査結果（壁部+底版）

荷重ケース	設計基準強度	発生せん断力 (kN)	許容せん断 耐力* (kN)	照査値
地震時 (本震)	40 N/mm <sup>2</sup>	438	904	0.49

注記 \*：許容せん断耐力  $S_a = \tau a \cdot b \cdot j \cdot d$  ( $j = 1/1.15$ )  
 $= 0.825 \times 0.60 \times 2.10 / 1.15 \times 1000$   
 $= 904$

表 10-16 鉛直方向：せん断力に対する照査結果（壁部）

荷重ケース	設計基準強度	発生せん断力 (kN)	許容せん断 耐力* (kN)	照査値
地震時 (本震)	40 N/mm <sup>2</sup>	50	848	0.06

注記 \*：許容せん断耐力  $S_a = \tau a \cdot b \cdot j \cdot d$  ( $j = 1/1.15$ )  
 $= 0.825 \times 0.473 \times 2.50 / 1.15 \times 1000$   
 $= 848$