

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-添 2-011-08改02
提出年月日	2023年6月7日

VI-2-10-2-4 防波壁通路防波扉の耐震性についての計算書

2023年6月

中国電力株式会社

## 防波壁通路防波扉の耐震性についての計算書

1. 防波壁通路防波扉（1号機北側，2号機北側）に関する耐震計算書
2. 防波壁通路防波扉（荷揚場南）に関する耐震計算書
3. 防波壁通路防波扉（3号機東側）に関する耐震計算書

1. 防波壁通路防波扉（1号機北側，2号機北側）  
に関する耐震計算書

## 目 次

1.	概要	1
2.	一般事項	2
2.1	検討対象防波扉一覧	2
2.2	配置概要	3
2.3	構造計画	7
2.4	評価方針	8
2.5	適用規格・基準等	9
2.6	記号の説明	10
3.	固有値解析	12
3.1	固有振動数の算出方法	12
3.1.1	解析モデルの設定	12
3.2	固有振動数の算出条件	13
3.2.1	記号の説明	13
3.2.2	固有振動数の算出方法	13
3.2.3	固有振動数の算出条件	14
3.3	固有振動数の算出結果	14
4.	耐震評価	15
4.1	評価対象部位	15
4.2	荷重及び荷重の組合せ	16
4.2.1	荷重の設定	16
4.2.2	荷重の組合せ	16
4.3	許容限界	17
4.3.1	使用材料	17
4.3.2	許容限界	17
4.4	設計用地震力	19
4.5	評価方法	20
4.5.1	応力算定	20
4.5.2	断面検定	26
5.	評価条件	31
6.	評価結果	32

## 1. 概要

本資料は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、津波防護施設である防波壁通路防波扉（以下「防波扉」という。）のうち、防波壁通路防波扉（1号機北側）（以下「防波扉（1号機北側）」という。）及び防波壁通路防波扉（2号機北側）（以下「防波扉（2号機北側）」という。）が、基準地震動 $S_s$ に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

防波扉に要求される機能の維持を確認するにあたっては、応力評価に基づく構造部材の健全性評価を行う。

## 2. 一般事項

### 2.1 検討対象防波扉一覧

検討対象の防波扉を表 2-1 に示す。

表 2-1 検討対象防波扉一覧

扉名称	設置高さ
	EL (m)
防波扉 (1号機北側)	9.5
防波扉 (2号機北側)	9.5

## 2.2 配置概要

防波扉（1号機北側）及び防波扉（2号機北側）の位置図を図2-1に，防波扉（1号機北側）の構造図を図2-2に，防波扉（2号機北側）の構造図を図2-3に示す。

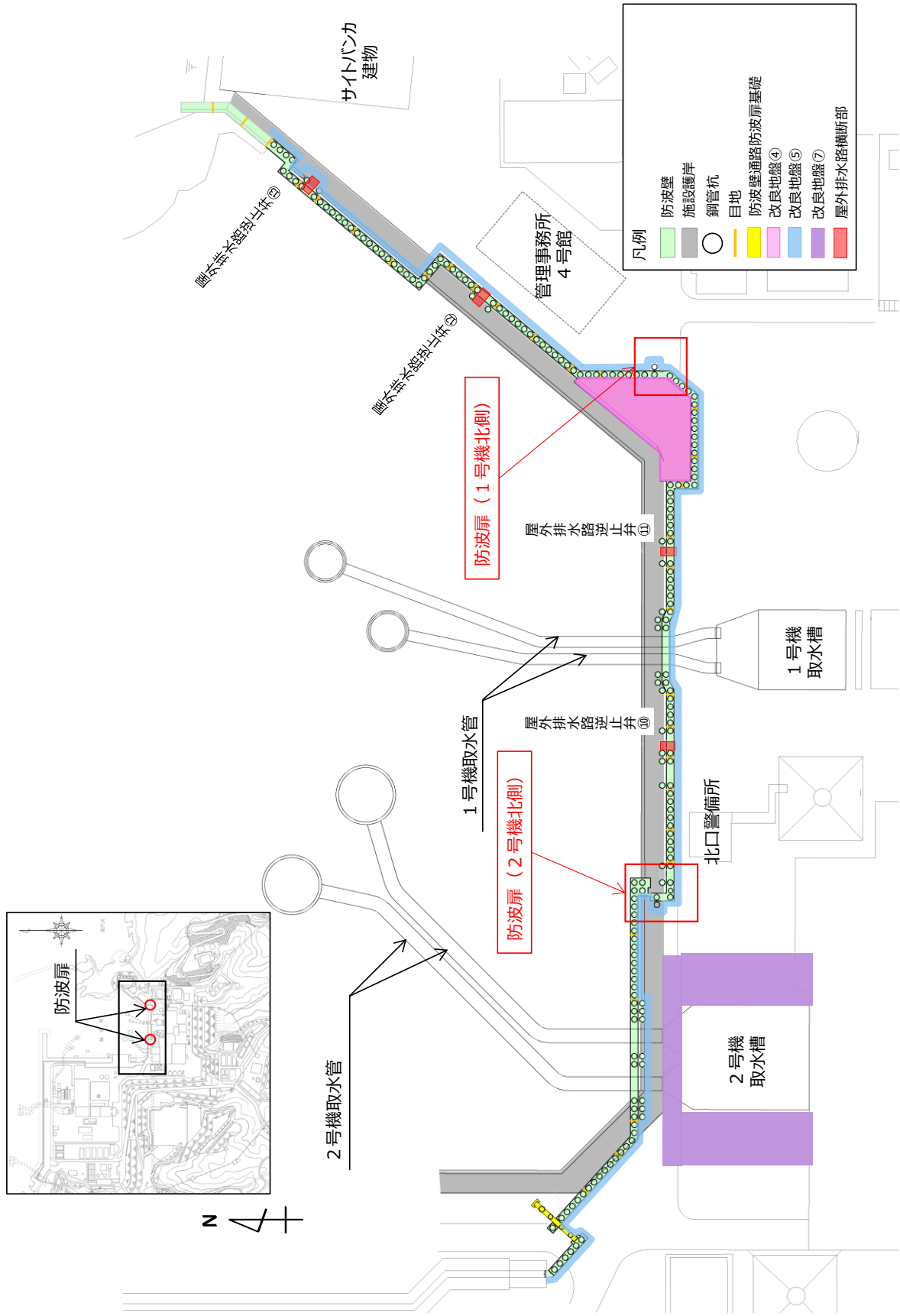
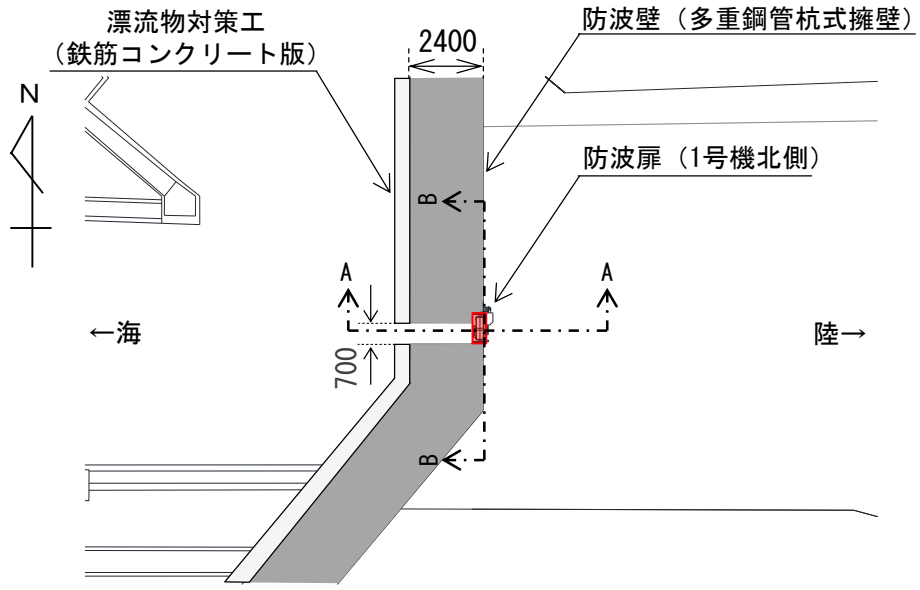


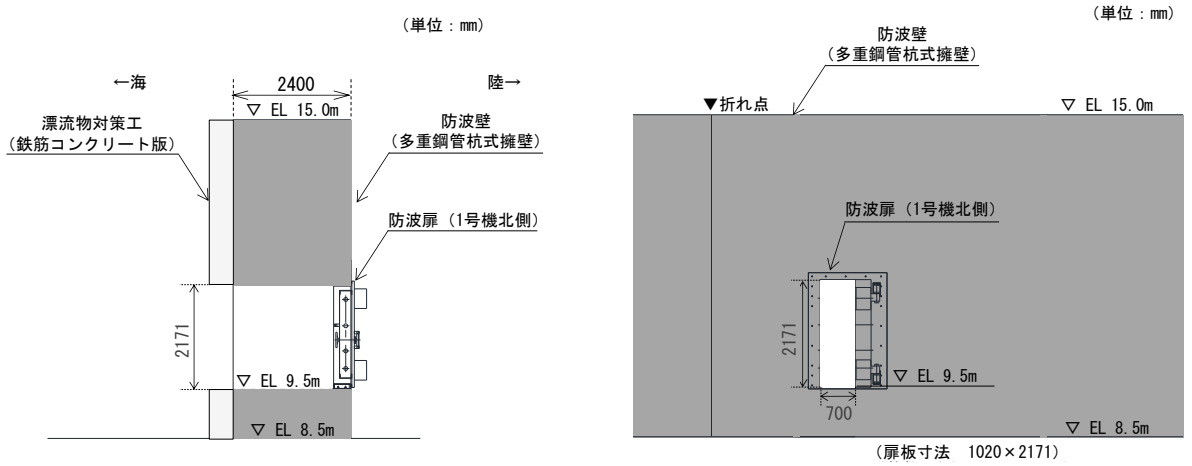
図 2-1 防波扉 (1号機北側) 及び防波扉 (2号機北側) の位置図



(単位：mm)



平面図



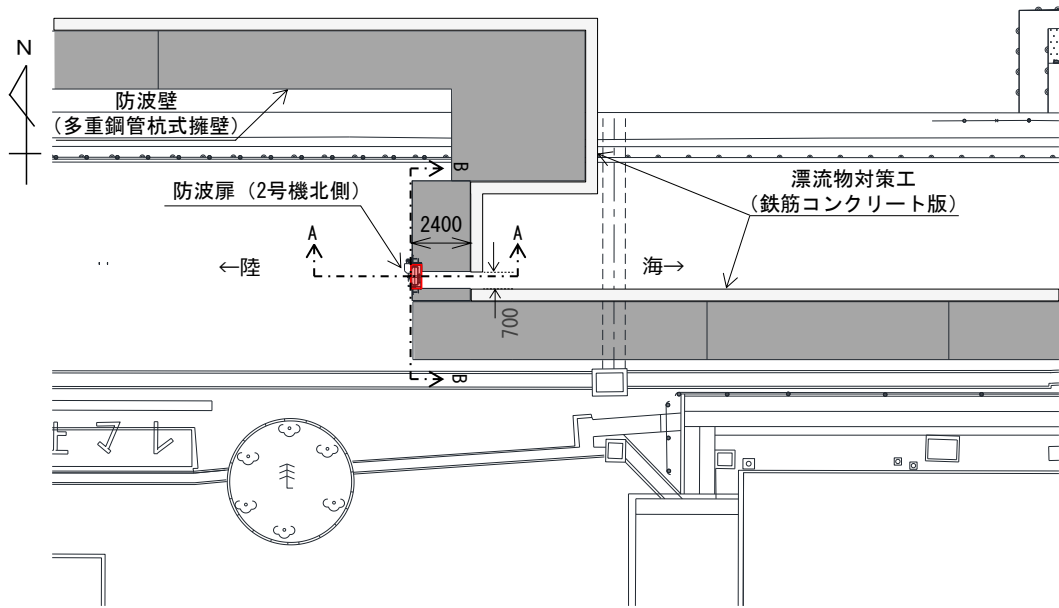
A-A 断面

B-B 断面

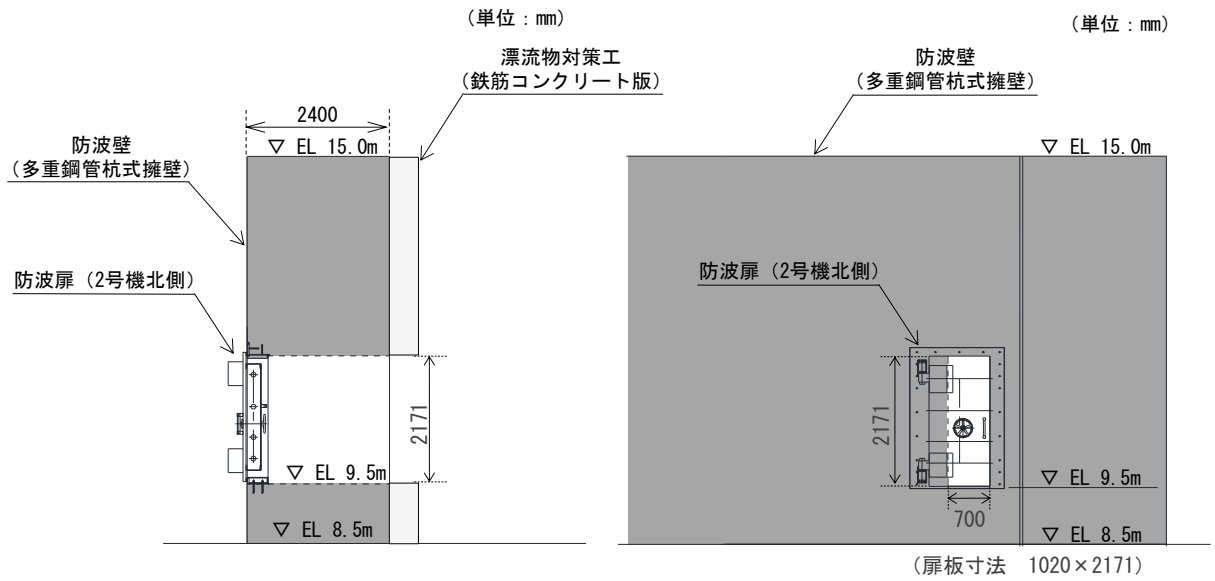
断面図

図 2-2 防波扉 (1号機北側) の構造図

(単位 : mm)



平面図



A-A 断面図

B-B 断面図

図 2-3 防波扉 (2号機北側) の構造図

### 2.3 構造計画

防波扉（1号機北側）及び防波扉（2号機北側）の構造計画を表 2-2 に示す。防波扉（1号機北側）及び防波扉（2号機北側）は扉板、芯材、カンヌキ、ヒンジ部（ヒンジ板、ヒンジピン、ヒンジボルト）、扉枠、アンカーボルトにより構成され、アンカーボルトにより躯体へ固定する構造とする。なお、固定する躯体は防波壁（多重鋼管杭式擁壁）である。

表 2-2 防波扉（1号機北側）及び防波扉（2号機北側）の構造計画

計画の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>扉開放時においては、ヒンジにより扉が扉枠に固定され、扉閉止時には、カンヌキ（差込形）により扉と扉枠を一体化する構造とする。</p> <p>扉枠はアンカーボルトにより躯体（防波壁（多重鋼管杭式擁壁））へ固定する構造とする。</p>	<p>片開型の鋼製扉とし、鋼製の扉板に芯材を取付け、扉に設置されたカンヌキ（差込形）を鋼製の扉枠に差込み、扉と扉枠を一体化させる構造とする。</p> <p>また、扉と躯体の接続はヒンジ部を介する構造とする。</p>	<p>説明図</p> <p>正面図</p> <p>断面図</p>

## 2.4 評価方針

防波扉（1号機北側）及び防波扉（2号機北側）の耐震評価は、VI-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「2.3 構造計画」に示す防波扉の構造を踏まえ、「4.1 評価対象部位」にて設定する評価部位において、設計用地震力により算出した応力度等が許容限界以下であることを、「4.5 評価方法」に示す方法にて確認する。応力評価の確認結果を「6. 評価結果」にて示す。耐震評価フローを図2-4に示す。

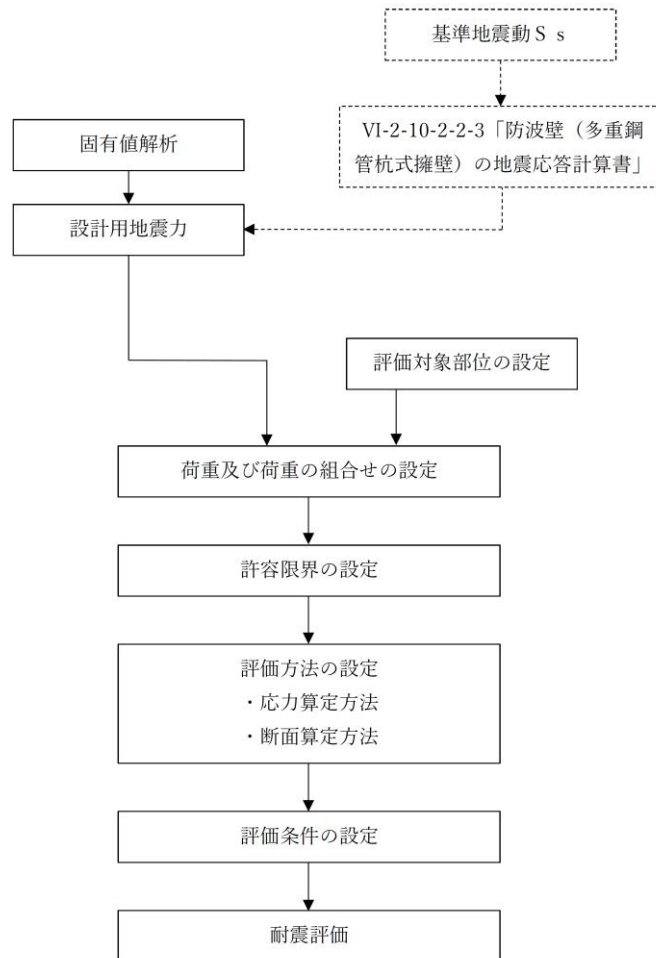


図2-4 防波扉（1号機北側）及び防波扉（2号機北側）の耐震評価フロー

## 2.5 適用規格・基準等

適用する規格，基準等を以下に示す。

- ・ 建築基準法・同施行令
- ・ 機械工学便覧（（社）日本機械学会）
- ・ 各種合成構造設計指針・同解説（（社）日本建築学会，2010年）
- ・ 鋼構造設計規準－許容応力度設計法－（（社）日本建築学会，2005年改定）
- ・ 日本産業規格（J I S）

## 2.6 記号の説明

防波扉（1号機北側）及び防波扉（2号機北側）の耐震評価に用いる記号を表2-3に示す。

表2-3(1) 耐震評価に用いる記号

記号	単位	定義
G	kN	扉の固定荷重
P <sub>k</sub>	kN	風荷重
S <sub>s</sub>	kN	基準地震動 S <sub>s</sub> による地震荷重
k	—	設計震度
W <sub>1</sub>	kN	スラスト荷重
k <sub>UD</sub>	—	鉛直震度
F <sub>1</sub>	kN	扉幅方向転倒力
F <sub>2</sub>	kN	扉厚方向転倒力
k <sub>H</sub>	—	水平震度
W <sub>2</sub>	kN/m <sup>2</sup>	風圧力
L <sub>1</sub>	m	扉幅方向の扉重心とヒンジ芯間距離
L <sub>2</sub>	m	扉厚方向の扉重心とヒンジ芯間距離
L <sub>3</sub>	m	ヒンジ芯間距離
L <sub>4</sub>	m	扉幅
L <sub>5</sub>	m	扉高さ
M <sub>1</sub>	kN・m	ヒンジ板の曲げモーメント
L <sub>6</sub>	m	ヒンジ板の2軸間距離
Q <sub>1</sub>	kN	ヒンジ板に生じるせん断力
T <sub>1</sub>	kN	ヒンジ板に生じる引張力
M <sub>2</sub>	kN・m	ヒンジピンの曲げモーメント
L <sub>7</sub>	m	ヒンジ板と受板間距離
Q <sub>2</sub>	kN	ヒンジピンに生じるせん断力
C <sub>1</sub>	kN	ヒンジピンに生じる圧縮力
Q <sub>3</sub>	kN	ヒンジボルト1本あたりに生じるせん断力
n <sub>1</sub>	本	ヒンジボルトの本数
T <sub>2</sub>	kN	ヒンジボルト1本あたりに生じる引張力
R <sub>1</sub>	kN	カンヌキ1本あたりに作用する荷重
n <sub>2</sub>	本	カンヌキの本数
M <sub>3</sub>	kN・m	カンヌキの曲げモーメント

表 2-3(2) 耐震評価に用いる記号

記号	単位	定義
$L_8$	m	カンヌキの扉外間距離
$Q_4$	kN	カンヌキ 1 本あたりに生じるせん断力
$W_{1a}$	kN	扉と扉枠の重量を含んだスラスト荷重
$F_{1a}$	kN	扉と扉枠の重量を含んだ扉幅方向転倒力
$G_a$	kN	ヒンジ側枠の固定荷重
$N$	本	ヒンジ側のアンカーボルト総本数
$T_3$	kN	アンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力
$Q_5$	kN	アンカーボルト 1 本あたりに生じるせん断力
$\sigma_1$	N/mm <sup>2</sup>	ヒンジ板に生じる曲げ応力度
$Z_1$	mm <sup>3</sup>	ヒンジ板の断面係数
$\tau_1$	N/mm <sup>2</sup>	ヒンジ板に生じるせん断応力度
$A_1$	mm <sup>2</sup>	ヒンジ板の断面積
$\sigma_{T1}$	N/mm <sup>2</sup>	ヒンジ板に生じる引張応力度
$x_1$	N/mm <sup>2</sup>	ヒンジ板に生じる組合せ応力度
$\sigma_2$	N/mm <sup>2</sup>	ヒンジピンに生じる曲げ応力度
$Z_2$	mm <sup>3</sup>	ヒンジピンの断面係数
$\tau_2$	N/mm <sup>2</sup>	ヒンジピンに生じるせん断応力度
$A_2$	mm <sup>2</sup>	ヒンジピンの断面積
$\sigma_{c1}$	N/mm <sup>2</sup>	ヒンジピンに生じる圧縮応力度
$x_2$	N/mm <sup>2</sup>	ヒンジピンに生じる組合せ応力度
$\tau_3$	N/mm <sup>2</sup>	ヒンジボルトに生じるせん断応力度
$A_3$	mm <sup>2</sup>	ヒンジボルトの断面積
$\sigma_{T2}$	N/mm <sup>2</sup>	ヒンジボルトに生じる引張応力度
$\sigma_3$	N/mm <sup>2</sup>	カンヌキに生じる曲げ応力度
$Z_3$	mm <sup>3</sup>	カンヌキの断面係数
$\tau_4$	N/mm <sup>2</sup>	カンヌキに生じるせん断応力度
$A_4$	mm <sup>2</sup>	カンヌキの断面積
$x_3$	N/mm <sup>2</sup>	カンヌキに生じる組合せ応力度
$T_{3A}$	kN	アンカーボルト 1 本あたりの短期許容引張力
$Q_{5A}$	kN	アンカーボルト 1 本あたりの短期許容せん断力

### 3. 固有値解析

#### 3.1 固有振動数の算出方法

防波扉（1号機北側）及び防波扉（2号機北側）の構造に応じた解析モデルを設定し、1次固有振動数を算出する。

##### 3.1.1 解析モデルの設定

防波扉（1号機北側）及び防波扉（2号機北側）は、ヒンジ部及びカンヌキにより扉と扉枠を固定することから、扉閉止時には両端固定はりに、扉開放時にはヒンジ、自由端はりに単純化したモデルとする。モデル化に用いる芯材の長さは扉板幅とする。

防波扉（1号機北側）及び防波扉（2号機北側）の固有値解析モデル図を図3-1に示す。

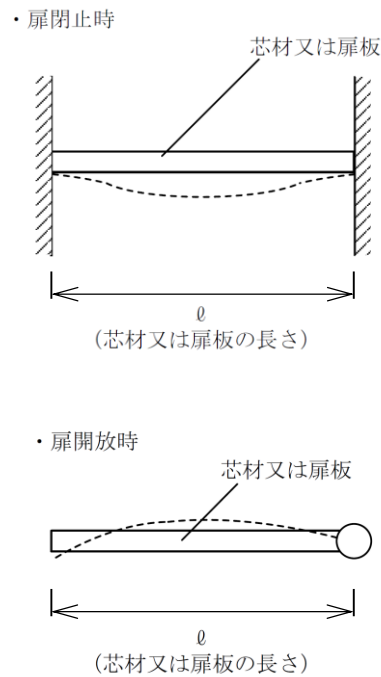


図3-1 防波扉（1号機北側）及び防波扉（2号機北側）の固有値解析モデル図



### 3.2 固有振動数の算出条件

#### 3.2.1 記号の説明

防波扉（1号機北側）及び防波扉（2号機北側）の固有振動数算出に用いる記号を表3-1に示す。

表3-1 防波扉（1号機北側）及び防波扉（2号機北側）の固有振動数算出に用いる記号

記号	単位	定義
f	Hz	防波扉（1号機北側）及び防波扉（2号機北側）の1次固有振動数
ℓ	mm	モデル化に用いる芯材の長さ
E	N/m <sup>2</sup>	ヤング係数
I	mm <sup>4</sup>	断面二次モーメント
m	kg/m	質量分布

#### 3.2.2 固有振動数の算出方法

1次固有振動数 f を「機械工学便覧（（社）日本機械学会）」に基づき以下の式より計算する。ここで、防波扉（1号機北側）及び防波扉（2号機北側）の固有振動数は水平方向（扉体面外方向）について算出するものとし、鉛直方向（扉体面内方向）については、扉に配された鉛直方向の芯材等の軸剛性が、面外方向の剛性に比べて十分に大きいため、固有振動数の算出を省略する。

##### (1) 扉閉止時

$$f = \frac{4.730^2}{2\pi\ell^2} \cdot \sqrt{\frac{EI}{m}}$$

##### (2) 扉開放時

扉開放時においては、面外方向については剛体モード（固有振動数がほぼゼロ）となり、これに伴う荷重の増幅は生じないが、本評価においては保守的に芯材が自由振動するものとして、下記の評価式にて固有振動数を算出する。

$$f = \frac{3.927^2}{2\pi\ell^2} \cdot \sqrt{\frac{EI}{m}}$$

### 3.2.3 固有振動数の算出条件

防波扉（1号機北側）及び防波扉（2号機北側）の固有振動数の算出条件を表3-2に示す。

表3-2 防波扉（1号機北側）及び防波扉（2号機北側）の固有振動数の算出条件

部位	モデル化に 用いる芯材 長さ $l$ (mm)	ヤング係数 $E$ (N/m <sup>2</sup> )	断面二次 モーメント $I$ (mm <sup>4</sup> )	質量分布 $m$ (kg/m)
防波扉（1号機北側）及び 防波扉（2号機北側）	1020	$2.05 \times 10^{11}$	$2260 \times 10^4$	1666.7

### 3.3 固有振動数の算出結果

防波扉（1号機北側）及び防波扉（2号機北側）の固有振動数の算出結果を表3-3に示す。防波扉（1号機北側）及び防波扉（2号機北側）の固有振動数は20Hz以上であり、剛構造であることを確認した。

表3-3 防波扉（1号機北側）及び防波扉（2号機北側）の固有振動数の算出結果

部位	固有振動数 $f$ (Hz)	
	扉閉止時	扉開放時
防波扉（1号機北側）及び 防波扉（2号機北側）	180.50	124.14

## 4. 耐震評価

### 4.1 評価対象部位

評価対象部位は「2.3 構造計画」に示す防波扉（1号機北側）及び防波扉（2号機北側）の構造上の特徴を踏まえ選定する。

基準地震動  $S_s$  による地震荷重により防波扉（1号機北側）及び防波扉（2号機北側）に生じる慣性力は、ヒンジ部（ヒンジ板、ヒンジピン、ヒンジボルト）及びカンヌキから扉枠に伝わり、扉枠を固定するアンカーボルトを介し、開口部周囲の躯体（防波壁（多重鋼管杭式擁壁））に伝達されることから、評価対象部位をヒンジ部、カンヌキ及びアンカーボルトとする。

図4-1に防波扉（1号機北側）及び防波扉（2号機北側）閉止時の荷重の作用イメージと評価対象部位を示す。

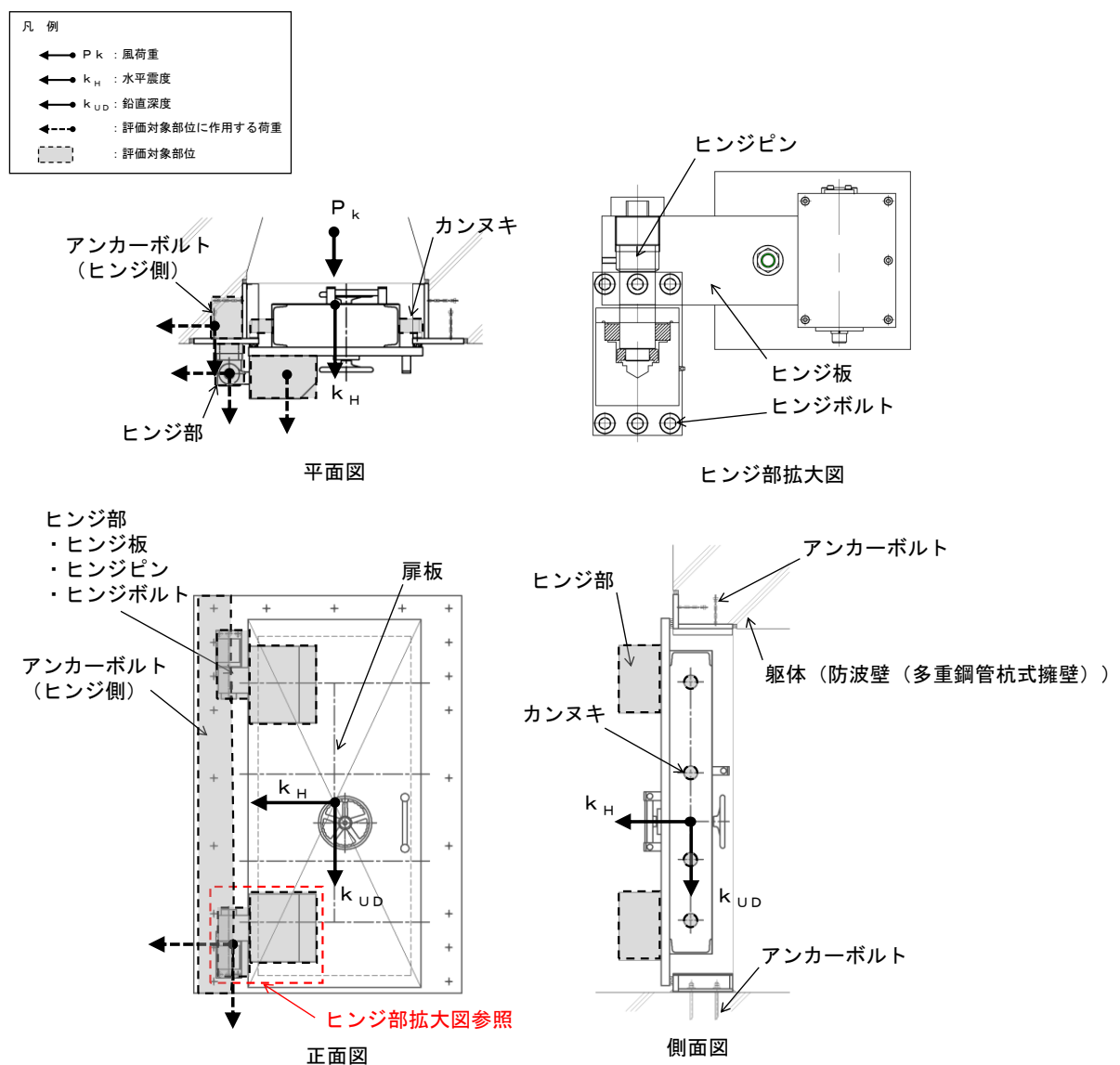


図4-1 防波扉（1号機北側）及び防波扉（2号機北側）閉止時の荷重の作用イメージ図と評価対象部位

## 4.2 荷重及び荷重の組合せ

### 4.2.1 荷重の設定

#### (1) 扉の固定荷重 (G)

固定荷重として防波扉（1号機北側）及び防波扉（2号機北側）の自重を考慮する。

#### (2) 風荷重 (P<sub>k</sub>)

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

#### (3) 地震荷重 (S<sub>s</sub>)

基準地震動 S<sub>s</sub> による荷重を考慮する。「4.4 設計用地震力」で設定する設計震度を用いて次式により算出する。

$$S_s = G \cdot k$$

ここで、

S<sub>s</sub> : 基準地震動 S<sub>s</sub> による地震荷重 (kN)

G : 扉の固定荷重 (kN)

k : 設計震度

なお、水平及び鉛直地震力による組合せ応力が作用する部位は、水平方向と鉛直方向の地震力が同時に作用するものとして評価する。

### 4.2.2 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 4-1 に示す。

表 4-1 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
地震時 (S <sub>s</sub> )	G + P <sub>k</sub> + S <sub>s</sub>

G : 扉の固定荷重

P<sub>k</sub> : 風荷重

S<sub>s</sub> : 地震荷重 (基準地震動 S<sub>s</sub>)

### 4.3 許容限界

許容限界はVI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している許容限界を踏まえて設定する。

#### 4.3.1 使用材料

防波扉（1号機北側）及び防波扉（2号機北側）を構成するヒンジ部、カンヌキ、アンカーボルトの使用材料を表4-2に示す。

表4-2 使用材料

評価対象部位		材質	仕様
ヒンジ部	ヒンジ板	SS400	PL-70×150
	ヒンジピン	S45C	60φ
	ヒンジボルト	SCM435	M22
カンヌキ		SUS304	80φ
アンカーボルト		アルミキルド鋼	φ16×160

#### 4.3.2 許容限界

##### (1) 鋼材

鋼材の許容限界は「鋼構造設計規準—許容応力度設計法—（（社）日本建築学会，2005年改定）」（以下「S規準」という。）に基づき算定した短期許容応力度とする。表4-3に値を示す。

表4-3 鋼材の許容限界

材質		短期許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> ) * <sup>1</sup>			
		引張	曲げ	圧縮	せん断
SS400	$t \leq 40$ * <sup>2</sup>	235	235	235	135
	$40 < t \leq 100$ * <sup>2</sup>	215	215	215	124
SUS304		205	205	205	118
SCM435		651	651	651	375
S45C		345	345	345	199

注記\*1：許容応力度を決定する場合の基準値Fは、「日本産業規格（JIS）」に基づく。

\*2：tは板厚(mm)を示す。

(2) アンカーボルト

アンカーボルトの許容限界は、「4.1 評価対象部位」に記載したアンカーボルトに作用する荷重の向きを踏まえて、「各種合成構造設計指針・同解説（（社）日本建築学会，2010年）」（以下「各種合成構造設計指針・同解説」という。）に基づき算定した。アンカーボルトの許容限界を表4-4に示す。

表4-4 アンカーボルトの許容限界

材質	許容耐力 (kN/本)	
	引張	せん断
アルミキルド鋼	47	33

#### 4.4 設計用地震力

「3. 固有値解析」に示すとおり、防波扉（1号機北側）及び防波扉（2号機北側）の固有振動数が20Hz以上であることを確認したため、防波扉（1号機北側）及び防波扉（2号機北側）の耐震計算に用いる設計震度は、VI-2-10-2-2-3「防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の地震応答計算書」に示す防波扉（1号機北側）及び防波扉（2号機北側）設置位置の最大応答加速度に基づき設定した。設定値を表4-5に示す。

表 4-5 設計用地震力

設置場所	設置高さ	設計震度	
		水平方向 $k_H$	鉛直方向 $k_{UD}$
防波扉（1号機北側） 及び防波扉（2号機北側）	EL 9.5m	3.5	1.0

## 4.5 評価方法

### 4.5.1 応力算定

#### (1) ヒンジ部

ヒンジ部は、ヒンジ板、ヒンジピン及びヒンジボルトで構成されており、次式により算定するスラスト荷重（回転軸線方向荷重）及び転倒力から、各部材に発生する応力を算定する。ヒンジ部に作用する荷重の例を図4-2に示す。

$$W_1 = G + k_{UD} \cdot G$$

$$F_1 = W_1 \cdot L_1 / L_3 + k_H \cdot G / 2$$

$$F_2 = W_1 \cdot L_2 / L_3 + W_2 \cdot L_4 \cdot L_5$$

ここで、

$W_1$  : スラスト荷重 (kN)

$G$  : 扉の固定荷重 (kN)

$k_{UD}$  : 鉛直震度

$F_1$  : 扉幅方向転倒力 (kN)

$F_2$  : 扉厚方向転倒力 (kN)

$k_H$  : 水平震度

$W_2$  : 風圧力 (kN/m<sup>2</sup>)

$L_1$  : 扉幅方向の扉重心とヒンジ芯間距離 (m)

$L_2$  : 扉厚方向の扉重心とヒンジ芯間距離 (m)

$L_3$  : ヒンジ芯間距離 (m)

$L_4$  : 扉幅 (m)

$L_5$  : 扉高さ (m)

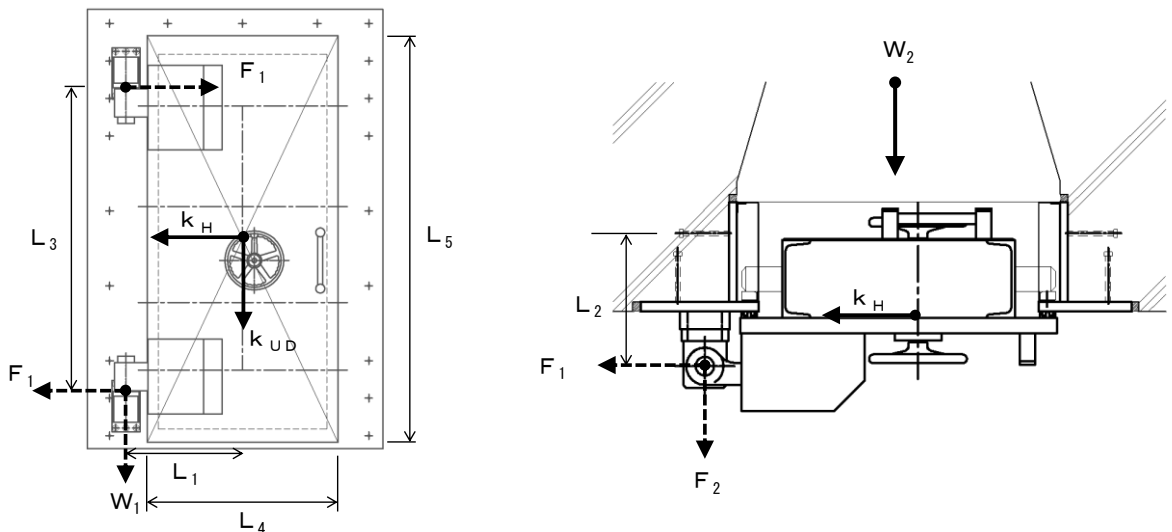


図4-2 ヒンジ部に作用する荷重の例



a. ヒンジ板

ヒンジ板に生じる応力は、次式により算定する。ヒンジ板に作用する荷重の例を図4-3に示す。

$$M_1 = W_1 \cdot L_6$$

$$Q_1 = W_1$$

$$T_1 = F_1$$

ここで、

$M_1$  : ヒンジ板の曲げモーメント (kN・m)

$W_1$  : スラスト荷重 (kN)

$L_6$  : ヒンジ板の2軸間距離 (m)

$Q_1$  : ヒンジ板に生じるせん断力 (kN)

$T_1$  : ヒンジ板に生じる引張力 (kN)

$F_1$  : 扉幅方向転倒力 (kN)

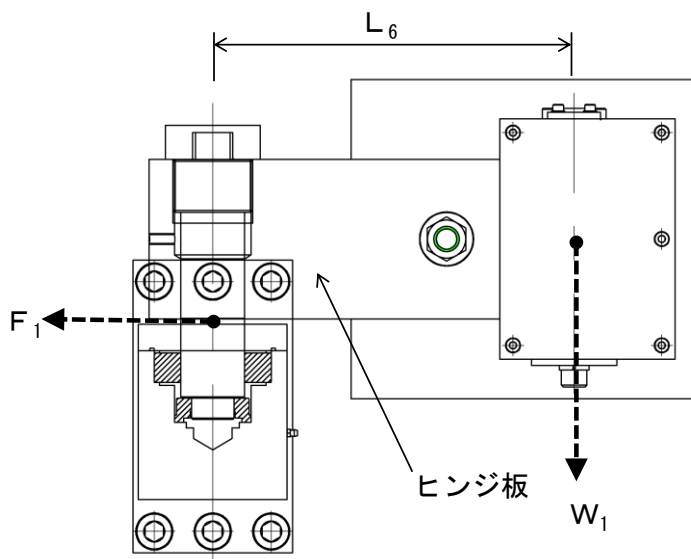


図4-3 ヒンジ板に作用する荷重の例

b. ヒンジピン

ヒンジピンに生じる応力は、次式により算定する。ヒンジピンに作用する荷重の例を図 4-4 に示す。

$$M_2 = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} \cdot L_7$$

$$Q_2 = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$$

$$C_1 = W_1$$

ここで、

$M_2$  : ヒンジピンの曲げモーメント (kN・m)

$F_1$  : 扉幅方向転倒力 (kN)

$F_2$  : 扉厚方向転倒力 (kN)

$L_7$  : ヒンジ板と受板間距離 (m)

$Q_2$  : ヒンジピンに生じるせん断力 (kN)

$C_1$  : ヒンジピンに生じる圧縮力 (kN)

$W_1$  : スラスト荷重 (kN)

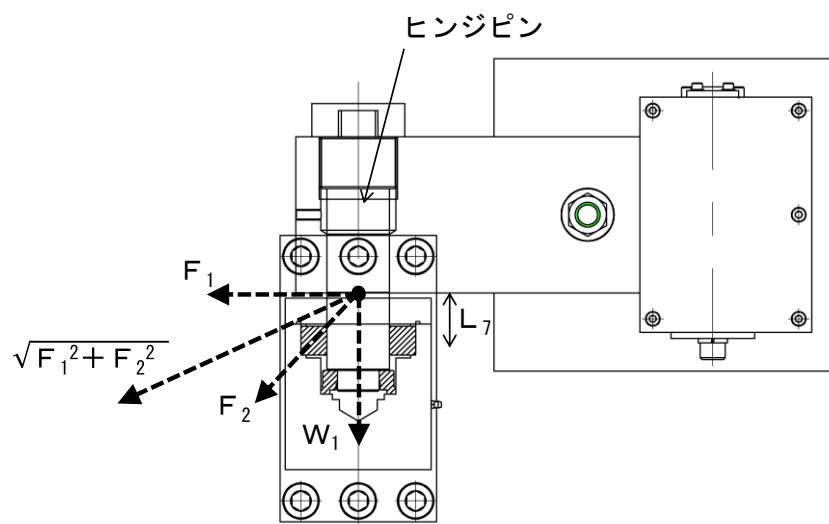


図 4-4 ヒンジピンに作用する荷重の例

c. ヒンジボルト

ヒンジボルトに生じる応力は、次式により算定する。ヒンジボルトに作用する荷重の例を図 4-5 に示す。

$$Q_3 = \frac{\sqrt{W_1^2 + F_1^2}}{n_1}$$

$$T_2 = F_1 / n_1$$

ここで、

$Q_3$  : ヒンジボルト 1 本あたりに生じるせん断力 (kN)

$W_1$  : スラスト荷重 (kN)

$F_1$  : 扉幅方向転倒力 (kN)

$n_1$  : ヒンジボルトの本数 (本)

$T_2$  : ヒンジボルト 1 本あたりに生じる引張力 (kN)

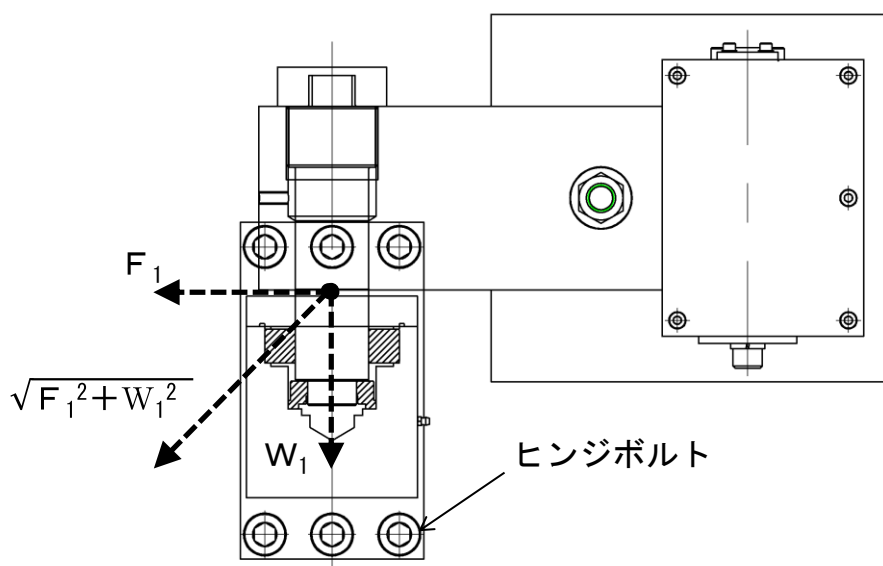


図 4-5 ヒンジボルトに作用する荷重の例

(2) カンヌキ

カンヌキに生じる応力は、次式により算定する。カンヌキに作用する荷重の例を図4-6に示す。

$$R_1 = k_H \cdot G / n_2$$

ここで、

$R_1$  : カンヌキ 1 本あたりに作用する荷重 (kN)

$k_H$  : 水平震度

$G$  : 扉の固定荷重 (kN)

$n_2$  : カンヌキの本数 (本)

$$M_3 = R_1 \cdot L_8$$

$$Q_4 = R_1$$

ここで、

$M_3$  : カンヌキの曲げモーメント (kN・m)

$L_8$  : カンヌキの扉外間距離 (m)

$Q_4$  : カンヌキ 1 本あたりに生じるせん断力 (kN)

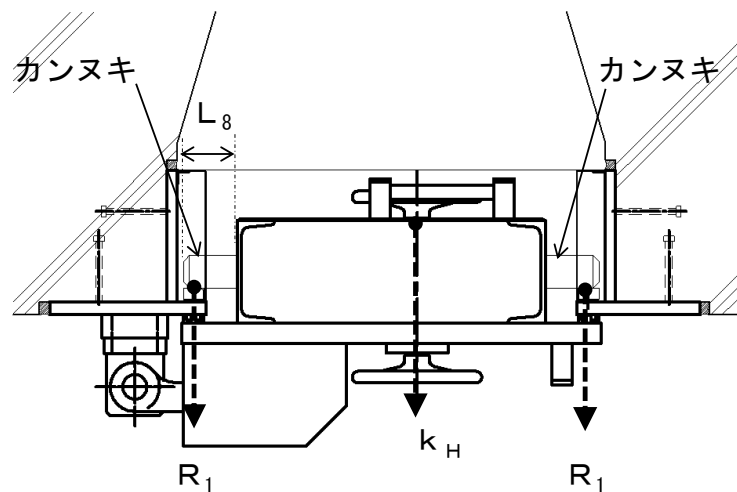


図 4-6 カンヌキに作用する荷重の例

## (3) アンカーボルト

アンカーボルトに生じる荷重は、ヒンジ側のアンカーボルトで負担するものとして、次式により算出する。ここで、アンカーボルトに作用する荷重は、扉の開閉状況に応じ、せん断又は引張に作用する。アンカーボルトに作用する荷重の例を図4-7に示す。

$$W_{1a} = (W_1 + k_{UD} \cdot G_a) / N$$

$$F_{1a} = (F_1 + k_H \cdot G_a) / N$$

ここで、

$W_{1a}$  : 扉と扉枠の重量を含んだスラスト荷重 (kN)

$W_1$  : スラスト荷重 (kN)

$F_{1a}$  : 扉と扉枠の重量を含んだ扉幅方向転倒力 (kN)

$F_1$  : 扉幅方向転倒力 (kN)

$G_a$  : ヒンジ側枠の固定荷重 (kN)

$k_{UD}$  : 鉛直震度

$k_H$  : 水平震度

$N$  : ヒンジ側のアンカーボルト総本数 (本)

$$T_3 = Q_5 = \sqrt{W_{1a}^2 + F_{1a}^2}$$

ここで、

$T_3$  : アンカーボルト1本あたりに生じる引張力 (kN)

$Q_5$  : アンカーボルト1本あたりに生じるせん断力 (kN)

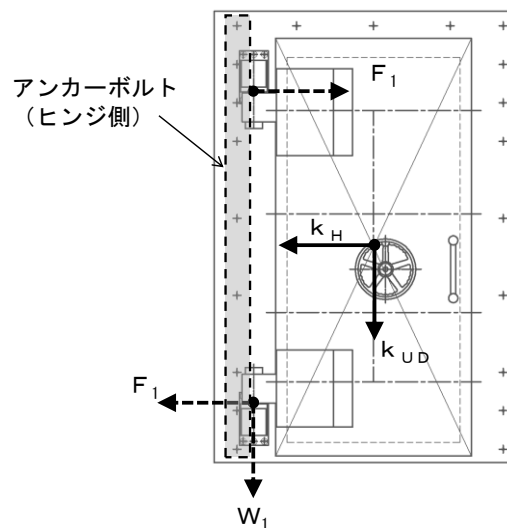


図4-7 アンカーボルトに作用する荷重の例

#### 4.5.2 断面検定

各部材に生じる応力より算定する応力度等が、許容限界以下であることを確認する。なお、異なる荷重が同時に作用する部材については、組合せを考慮する。

##### (1) ヒンジ部

###### a. ヒンジ板

ヒンジ板に生じる曲げ応力度及びせん断応力度から、組合せ応力度を「S規準」に基づく次式により算定し、ヒンジ板の短期許容応力度以下であることを確認する。

また、ヒンジ板に生じる引張応力度が許容引張応力度以下であることを確認する。

###### (a) 曲げ応力度

$$\sigma_1 = M_1 / Z_1$$

ここで、

$\sigma_1$  : ヒンジ板に生じる曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$M_1$  : ヒンジ板の曲げモーメント (kN・m)

$Z_1$  : ヒンジ板の断面係数 (mm<sup>3</sup>)

###### (b) せん断応力度

$$\tau_1 = Q_1 / A_1$$

ここで、

$\tau_1$  : ヒンジ板に生じるせん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$Q_1$  : ヒンジ板に生じるせん断力 (kN)

$A_1$  : ヒンジ板の断面積 (mm<sup>2</sup>)

###### (c) 引張応力度

$$\sigma_{T1} = T_1 / A_1$$

ここで、

$\sigma_{T1}$  : ヒンジ板に生じる引張応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$T_1$  : ヒンジ板に生じる引張力 (kN)

$A_1$  : ヒンジ板の断面積 (mm<sup>2</sup>)

(d) 組合せ応力度

$$x_1 = \sqrt{\sigma_1^2 + 3\tau_1^2}$$

ここで,

$x_1$ : ヒンジ板に生じる組合せ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma_1$ : ヒンジ板に生じる曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\tau_1$ : ヒンジ板に生じるせん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

b. ヒンジピン

ヒンジピンに生じる曲げ応力度及びせん断応力度から、組合せ応力度を「S規  
準」に基づく次式により算定し、ヒンジピンの短期許容応力度以下であることを  
確認する。

また、ヒンジ板に生じる圧縮応力度が許容圧縮応力度以下であることを確認す  
る。

(a) 曲げ応力度

$$\sigma_2 = M_2 / Z_2$$

ここで,

$\sigma_2$ : ヒンジピンに生じる曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$M_2$ : ヒンジピンの曲げモーメント (kN・m)

$Z_2$ : ヒンジピンの断面係数 (mm<sup>3</sup>)

(b) せん断応力度

$$\tau_2 = Q_2 / A_2$$

ここで,

$\tau_2$ : ヒンジピンに生じるせん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$Q_2$ : ヒンジピンに生じるせん断力 (kN)

$A_2$ : ヒンジピンの断面積 (mm<sup>2</sup>)

(c) 圧縮応力度

$$\sigma_{c1} = C_1 / A_2$$

ここで,

$\sigma_{c1}$ : ヒンジピンに生じる圧縮応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$C_1$ : ヒンジピンに生じる圧縮力 (kN)

$A_2$ : ヒンジピンの断面積 (mm<sup>2</sup>)

(d) 組合せ応力度

$$x_2 = \sqrt{\sigma_2^2 + 3\tau_2^2}$$

ここで,

$x_2$ : ヒンジピンに生じる組合せ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma_2$ : ヒンジピンに生じる曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\tau_2$ : ヒンジピンに生じるせん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

c. ヒンジボルト

ヒンジボルトに生じるせん断応力度及び引張応力度を次式により算定し、ヒンジボルトの短期許容応力度以下であることを確認する。

(a) せん断応力度

$$\tau_3 = Q_3 / A_3$$

ここで,

$\tau_3$ : ヒンジボルトに生じるせん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$Q_3$ : ヒンジボルト 1 本あたりに生じるせん断力 (kN)

$A_3$ : ヒンジボルトの断面積 (mm<sup>2</sup>)

(b) 引張応力度

$$\sigma_{T2} = T_2 / A_3$$

ここで,

$\sigma_{T2}$ : ヒンジボルトに生じる引張応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$T_2$ : ヒンジボルト 1 本あたりに生じる引張力 (kN)

$A_3$ : ヒンジボルトの断面積 (mm<sup>2</sup>)



(2) カンヌキ

カンヌキに生じる曲げ応力度及びせん断応力度から，組合せ応力度を「S規準」に基づく次式により算定し，カンヌキの短期許容応力度以下であることを確認する。

a. 曲げ応力度

$$\sigma_3 = M_3 / Z_3$$

ここで，

$\sigma_3$  : カンヌキに生じる曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$M_3$  : カンヌキの曲げモーメント (kN・m)

$Z_3$  : カンヌキの断面係数 (mm<sup>3</sup>)

b. せん断応力度

$$\tau_4 = Q_4 / A_4$$

ここで，

$\tau_4$  : カンヌキに生じるせん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$Q_4$  : カンヌキ 1本あたりに生じるせん断力 (kN)

$A_4$  : カンヌキの断面積 (mm<sup>2</sup>)

c. 組合せ応力度

$$x_3 = \sqrt{\sigma_3^2 + 3\tau_4^2}$$

ここで，

$x_3$  : カンヌキに生じる組合せ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma_3$  : カンヌキに生じる曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\tau_4$  : カンヌキに生じるせん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

(3) アンカーボルト

アンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力及びせん断力が「各種合成構造設計指針・同解説」に基づき算定したアンカーボルトの短期許容荷重以下であることを確認する。

$$(T_3 / T_{3A})^2 + (Q_5 / Q_{5A})^2 \leq 1.0$$

$$T_3 / T_{3A} \leq 1.0$$

ここで,

$T_3$  : アンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力 (kN)

$T_{3A}$  : アンカーボルト 1 本あたりの短期許容引張力 (kN)

$$Q_5 / Q_{5A} \leq 1.0$$

ここで,

$Q_5$  : アンカーボルト 1 本あたりに生じるせん断力 (kN)

$Q_{5A}$  : アンカーボルト 1 本あたりの短期許容せん断力 (kN)

5. 評価条件

耐震評価に用いる評価条件を表 5-1 に示す。

表 5-1 耐震評価に用いる評価条件

対象部位		記号	単位	定義	値
共通		G	kN	扉の固定荷重	16.67
		$k_{UD}$	—	鉛直震度	1.0
		$k_H$	—	水平震度	3.5
		$W_2$	kN/m <sup>2</sup>	風圧力	1.713
		$L_1$	m	扉幅方向の扉重心とヒンジ芯間距離	0.623
		$L_2$	m	扉厚方向の扉重心とヒンジ芯間距離	0.407
		$L_3$	m	ヒンジ芯間距離	1.621
		$L_4$	m	扉幅	1.02
		$L_5$	m	扉高さ	2.171
ヒンジ部	ヒンジ板	$L_6$	m	ヒンジ板の 2 軸間距離	0.34
		$Z_1$	mm <sup>3</sup>	ヒンジ板の断面係数	262500
		$A_1$	mm <sup>2</sup>	ヒンジ板の断面積	10500
	ヒンジピン	$L_7$	m	ヒンジ板と受板間距離	0.046
		$Z_2$	mm <sup>3</sup>	ヒンジピンの断面係数	21210
		$A_2$	mm <sup>2</sup>	ヒンジピンの断面積	2827
ヒンジボルト	$n_1$	本	ヒンジボルトの本数	6	
	$A_3$	mm <sup>2</sup>	ヒンジボルトの断面積	303	
カンヌキ		$n_2$	本	カンヌキの本数	8
		$L_8$	m	カンヌキの扉外間距離	0.131
		$Z_3$	mm <sup>3</sup>	カンヌキの断面係数	50270
		$A_4$	mm <sup>2</sup>	カンヌキの断面積	5027
アンカーボルト		$G_a$	kN	ヒンジ側枠の固定荷重	8.336
		N	本	ヒンジ側アンカーボルト総本数	9

6. 評価結果

防波扉（1号機北側）及び防波扉（2号機北側）の評価結果を表6-1に示す。各部材の断面検定を行った結果，発生応力度又は荷重が許容限界以下であることを確認した。

表6-1 断面検定結果

扉名称	評価対象部位		単位	分類	発生応力度 又は荷重 (a)	許容 限界 (b)	照査値 (a)/(b)
防波扉 (1号機北側) 及び 防波扉 (2号機北側)	ヒンジ部	ヒンジ板	N/mm <sup>2</sup>	組合せ	45	215	0.21
				引張	4	215	0.02
		ヒンジ ピン	N/mm <sup>2</sup>	組合せ	99	345	0.29
				圧縮	12	345	0.04
		ヒンジ ボルト	N/mm <sup>2</sup>	せん断	30	375	0.08
				引張	24	651	0.04
	カンヌキ	N/mm <sup>2</sup>	組合せ	30	205	0.15	
	アンカーボルト	kN	引張	9	47	0.20	
			せん断	9	33	0.28	

## 2. 防波壁通路防波扉（荷揚場南）に関する耐震計算書

## 目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	2
2.1 位置	2
2.2 構造概要	3
2.3 評価方針	15
2.4 適用規格・基準等	20
3. 固有値解析	21
3.1 解析モデルの設定	21
3.2 記号の説明	22
3.3 固有振動数の計算方法	22
3.4 固有振動数の計算条件	23
3.5 固有振動数の計算結果	23
4. 耐震評価	24
4.1 記号の定義	24
4.2 評価対象断面	36
4.3 解析方法	38
4.3.1 施設	38
4.3.2 地盤物性のばらつき	39
4.3.3 減衰定数	39
4.3.4 解析ケース	39
4.4 荷重及び荷重の組合せ	41
4.4.1 耐震評価上考慮する状態	41
4.4.2 荷重	41
4.4.3 荷重の組合せ	42
4.5 入力地震動	43
4.6 解析モデル及び諸元	56
4.6.1 解析モデル	56
4.6.2 使用材料及び材料の物性値	58
4.6.3 地盤の物性値	59
4.6.4 地下水位	59
4.7 評価対象部位	60
4.7.1 施設・地盤の健全性評価	60
4.7.2 基礎地盤の支持性能評価	60
4.8 許容限界	61
4.8.1 防波扉	61

4.8.2	漂流物対策工	65
4.8.3	基礎地盤	68
4.9	設計用地震力	69
4.10	評価方法	70
4.10.1	防波扉	71
4.10.2	漂流物対策工	86
5.	評価条件	107
6.	耐震評価結果	113
6.1	防波扉	113
6.1.1	防波扉（鋼製扉体）	113
6.1.2	防波扉戸当り（RC支柱）	114
6.1.3	防波扉基礎スラブ	115
6.1.4	防波扉（鋼管杭）	120
6.1.4	改良地盤	122
6.1.5	基礎地盤	123
6.2	漂流物対策工	124
6.2.1	漂流物対策工（鋼製扉体）	124
6.2.2	漂流物対策工戸当り（RC支柱）	126
6.2.3	漂流物対策工基礎スラブ	131
6.2.4	基礎地盤	135

## 1. 概要

本資料は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、防波壁通路防波扉（荷揚場南）（以下「防波扉（荷揚場南）」という。）が基準地震動  $S_s$  に対して十分な構造強度及び止水機能を有していることを確認するものである。

防波扉（荷揚場南）に要求される機能の維持を確認するにあたっては、構造部材の健全性評価では、地震応答解析に基づく施設・地盤の健全性評価を行う。基礎地盤の支持性能評価では、地震応答解析により基礎地盤に発生した接地圧を確認する。



## 2. 基本方針

### 2.1 位置

防波扉（荷揚場南）の位置図を図2-1に示す。

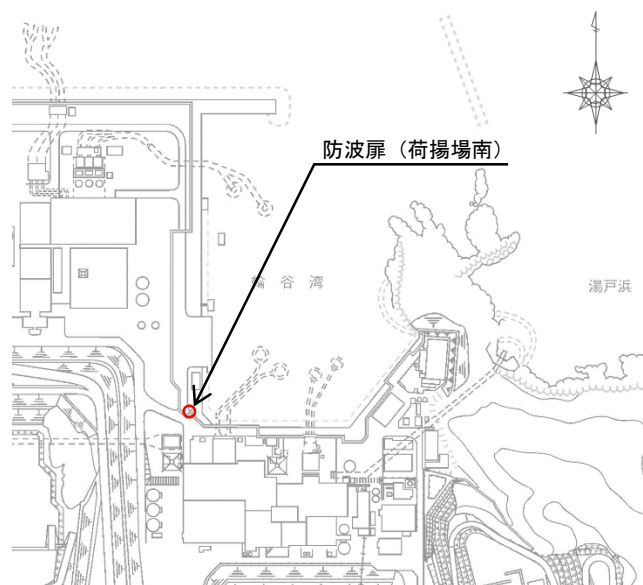


図2-1 防波扉（荷揚場南）の位置図

## 2.2 構造概要

防波扉（荷揚場南）の構造概要図を図 2-2 に示す。

防波扉（荷揚場南）は、入力津波高さ（EL 11.9m）に対して、余裕を考慮した天端高さ（EL 15.0m）とする。

防波扉（荷揚場南）は、防波扉及び漂流物対策工から構成される。

防波扉は、岩盤に支持される鋼管（以下「防波扉（鋼管杭）」という。）による杭基礎構造と、防波扉（鋼製扉体）、防波扉戸当り（RC支柱）及び防波扉基礎スラブによる上部構造から構成される。防波扉（鋼製扉体）、防波扉戸当り（RC支柱）及び防波扉基礎スラブの境界部には水密ゴムを設置し、止水性を確保する。

防波扉の構造図を図 2-3 に、防波扉戸当り（RC支柱）の概略配筋図を図 2-4 に、防波扉基礎スラブの概略配筋図を図 2-5 に、水密ゴムの概念図を図 2-6 に示す。

漂流物対策工は、漂流物対策工（鋼製扉体）、漂流物対策工戸当り（RC支柱）及び漂流物対策工基礎スラブから構成され、マンメイドロック（以下「MMR」という。）及び改良地盤を介して岩盤に支持される。

漂流物対策工の構造図を図 2-7 に、漂流物対策工戸当り（RC支柱）の概略配筋図を図 2-8 に、漂流物対策工基礎スラブの概略配筋図を図 2-9 に、漂流物対策工戸当り（RC支柱）及び基礎スラブの接続部における概略配筋図を図 2-10 に、漂流物対策工戸当り（RC支柱）のアンカー部付近における概略配筋図を図 2-11 に示す。

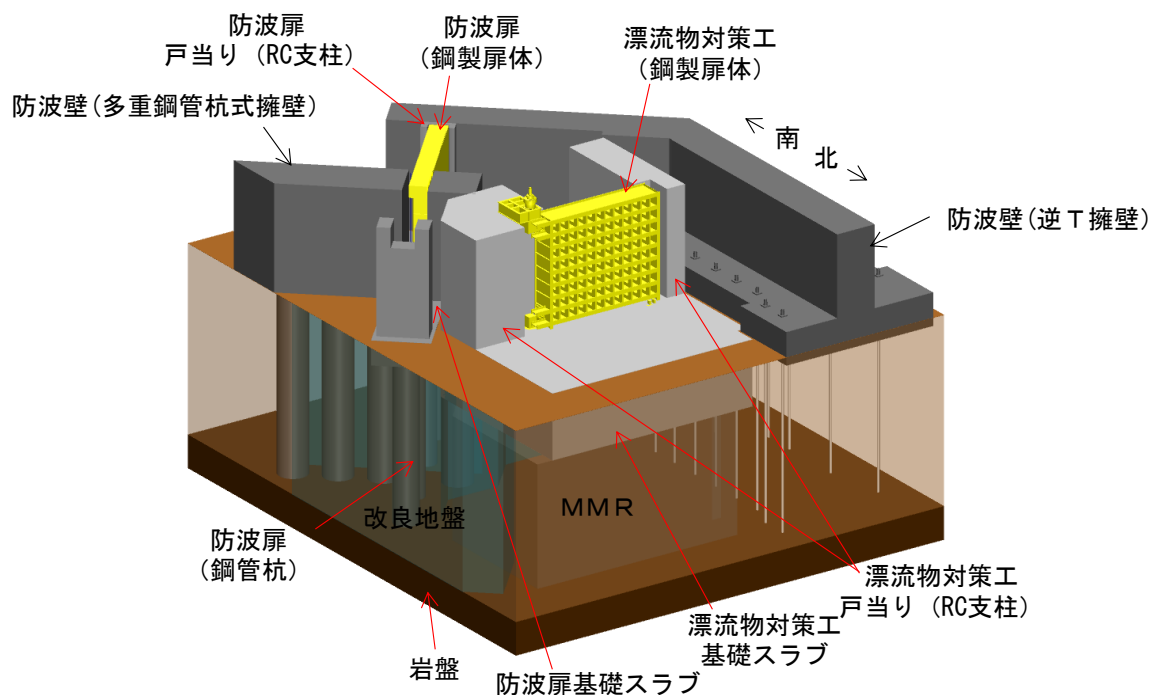


図 2-2(1) 防波扉（荷揚場南）の構造概要図（鳥瞰図）

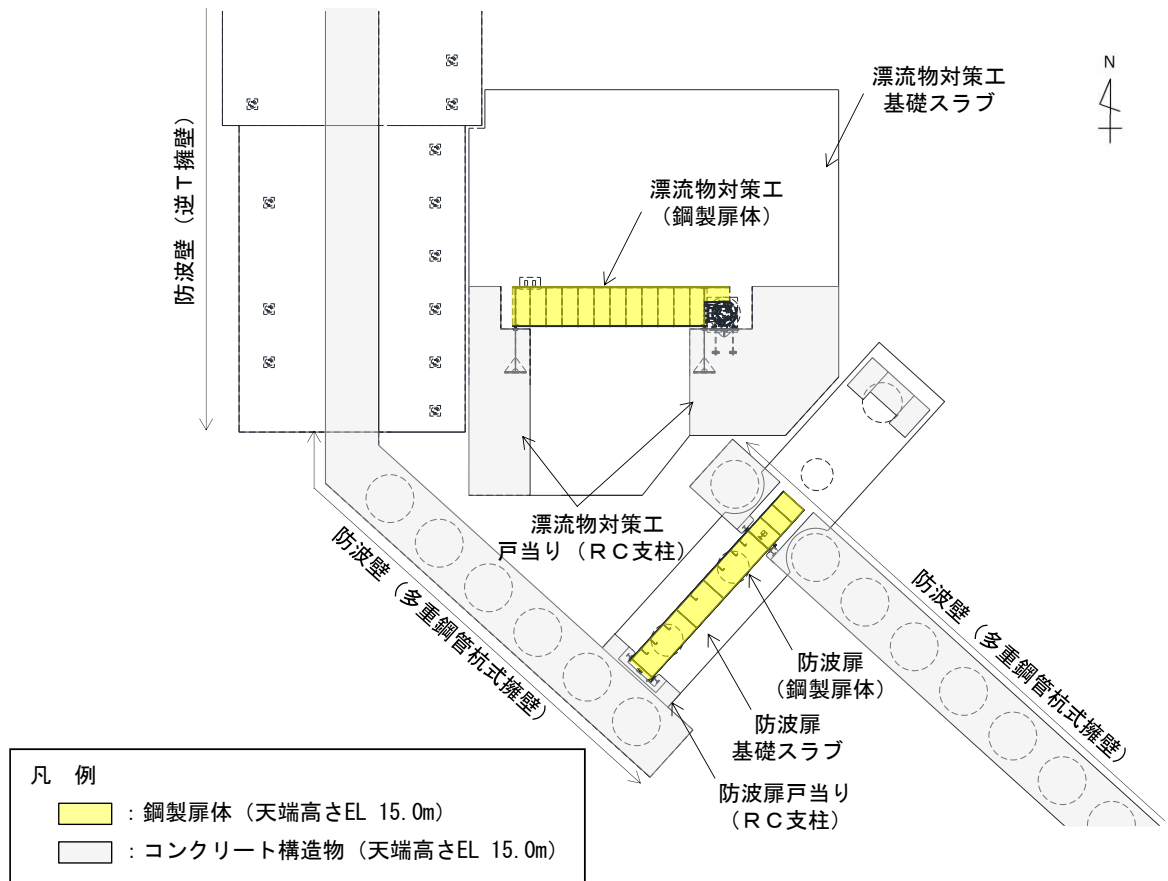


図 2-2(2) 防波扉 (荷揚場南) の構造概要図 (平面図)

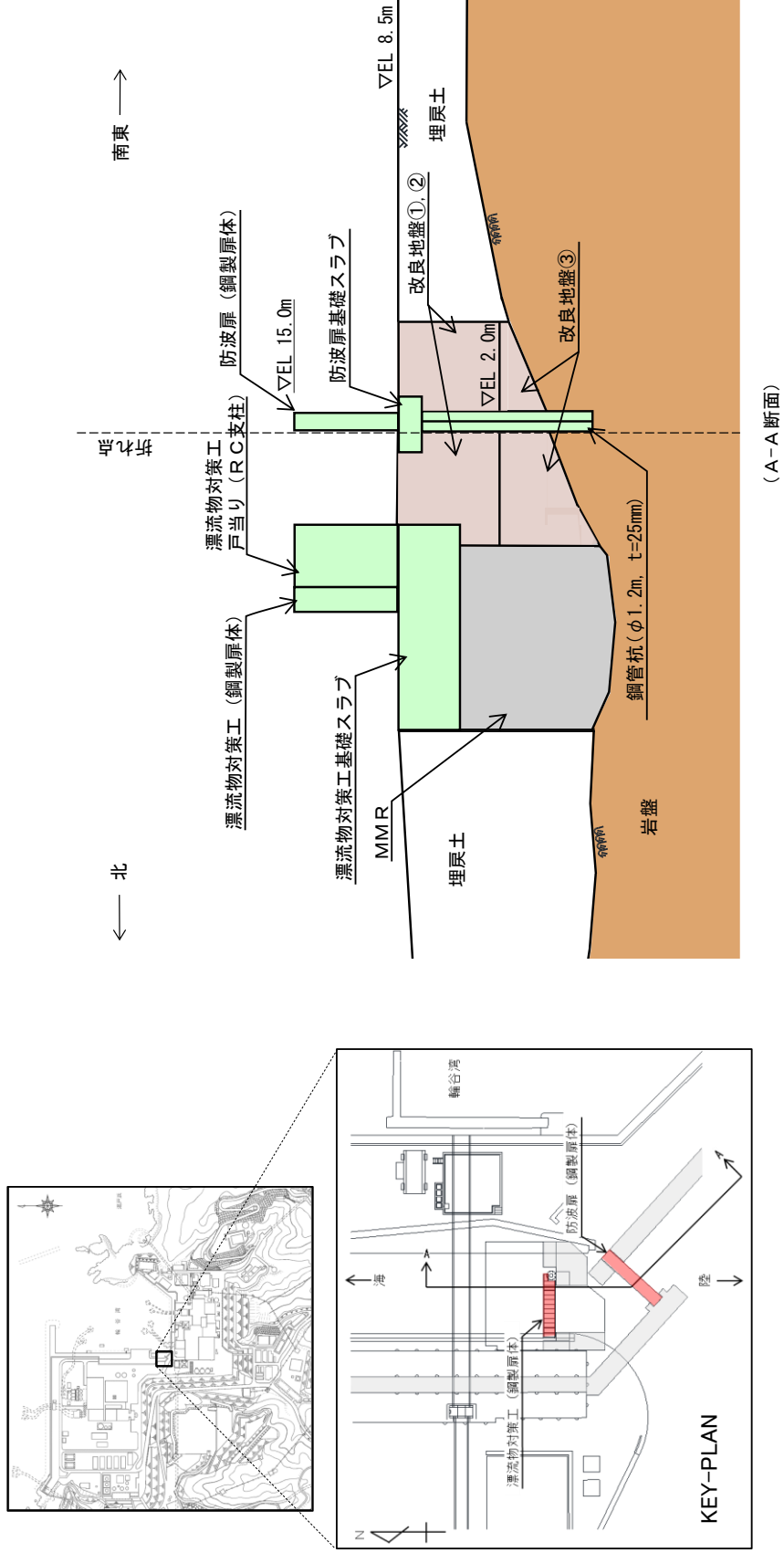
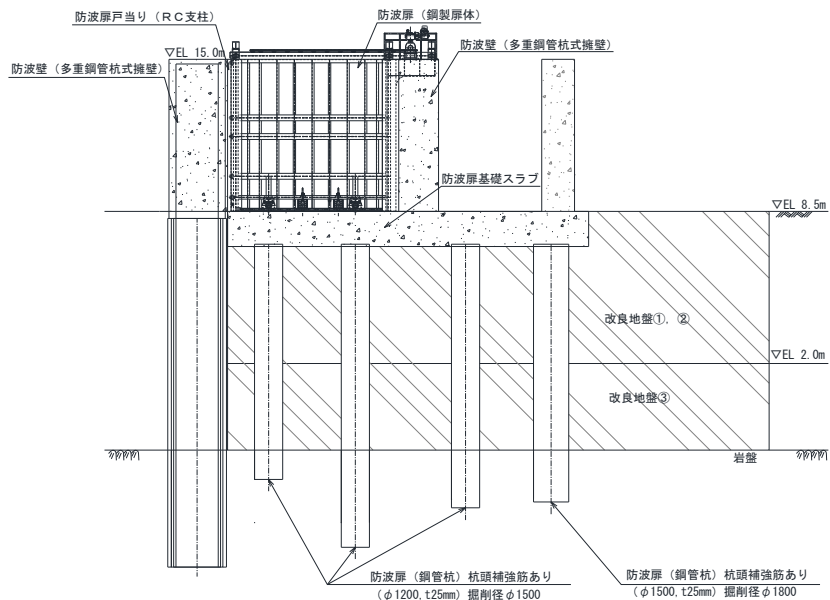
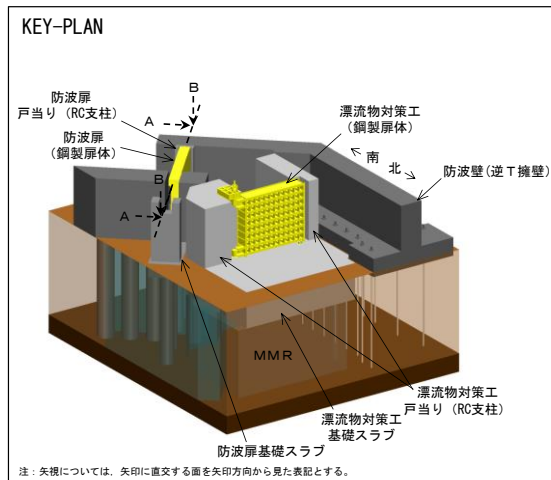
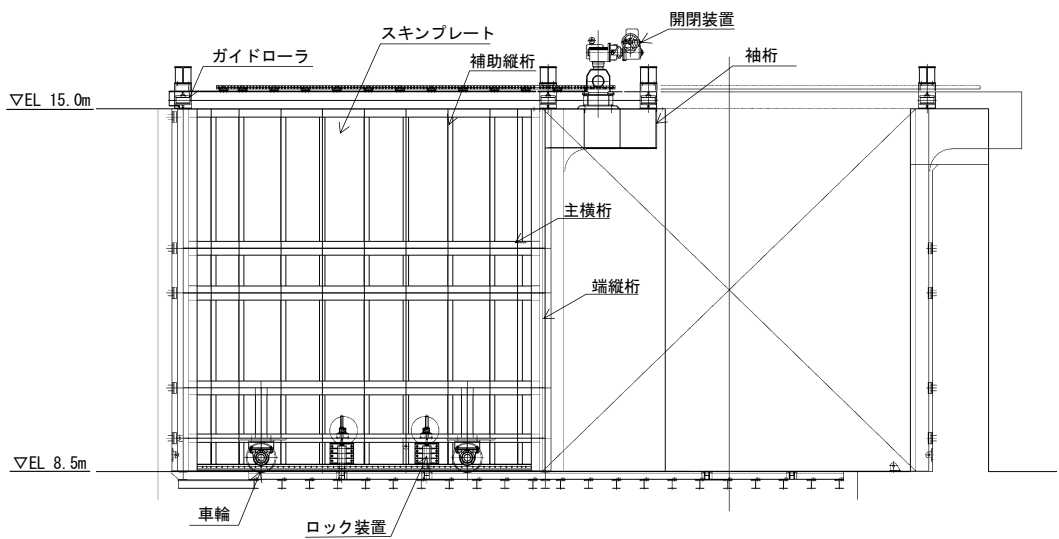


図2-2(3) 防波扉 (荷揚場南) の構造概要図 (断面図)



(全体図)



(防波扉 (鋼製扉体) 拡大図)

図 2-3(1) 防波扉の構造図 (A-A断面)

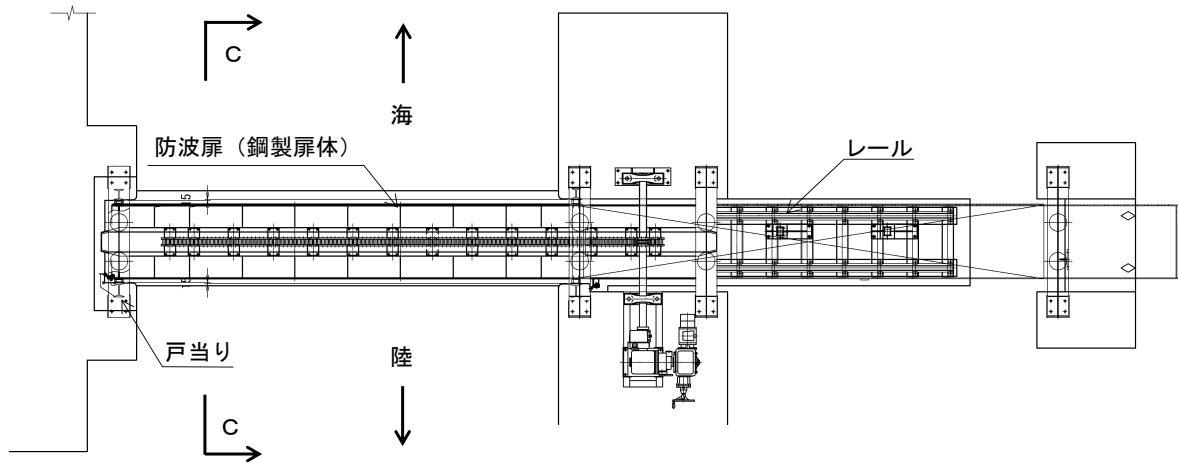


図 2-3(2) 防波扉の構造図 (B-B 断面)

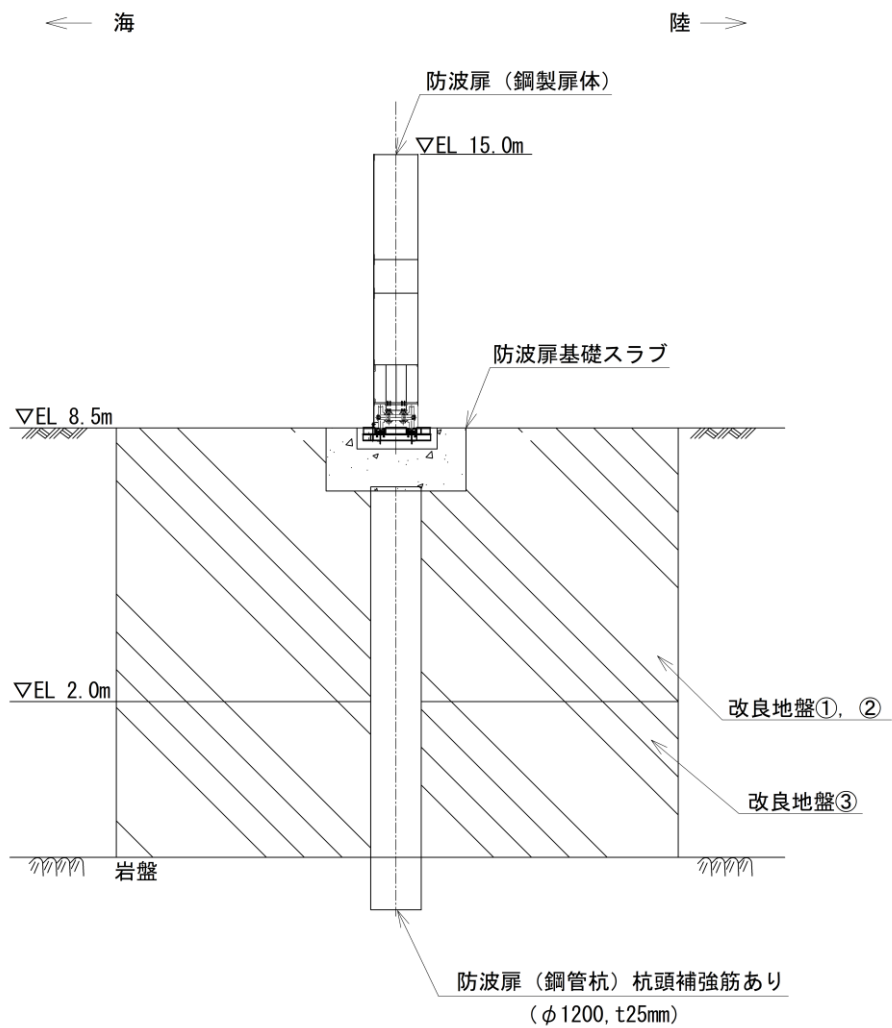


図 2-3(3) 防波扉の構造図 (C-C 断面)

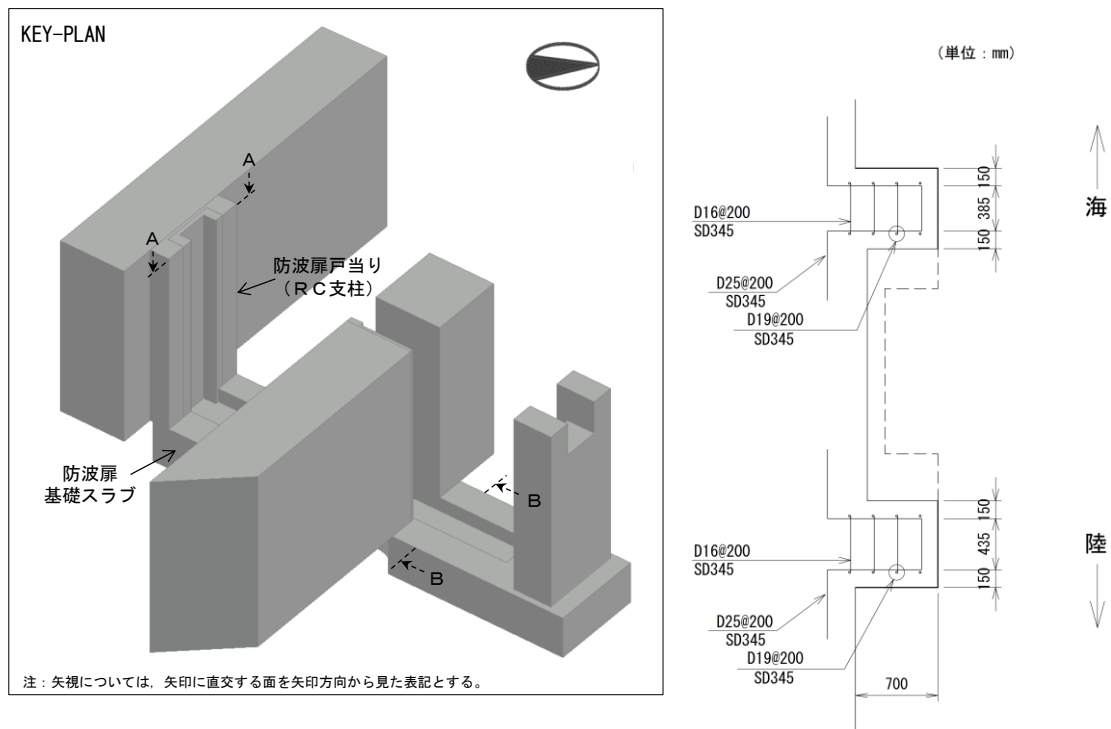


図 2-4 防波扉戸当り (RC 支柱) の概略配筋図 (A-A 断面)

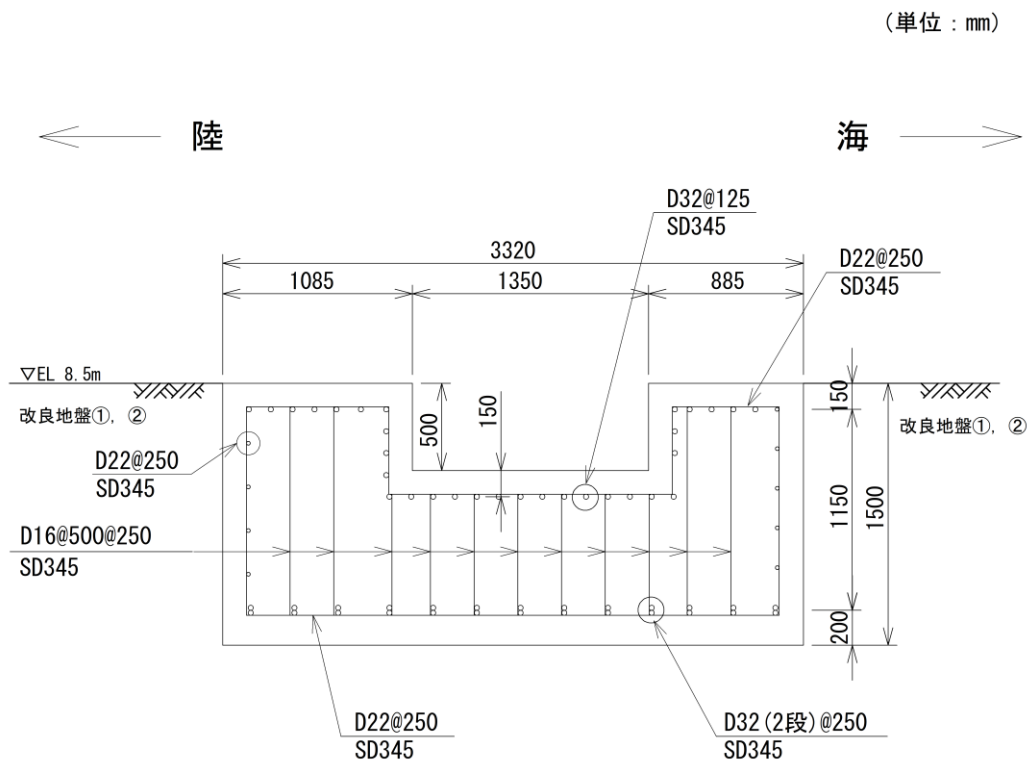


図 2-5 防波扉基礎スラブの概略配筋図 (B-B 断面)

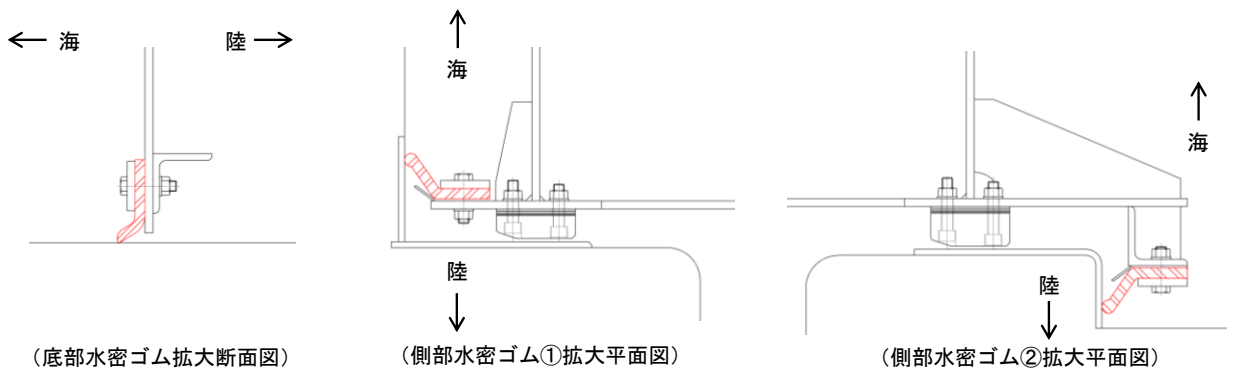
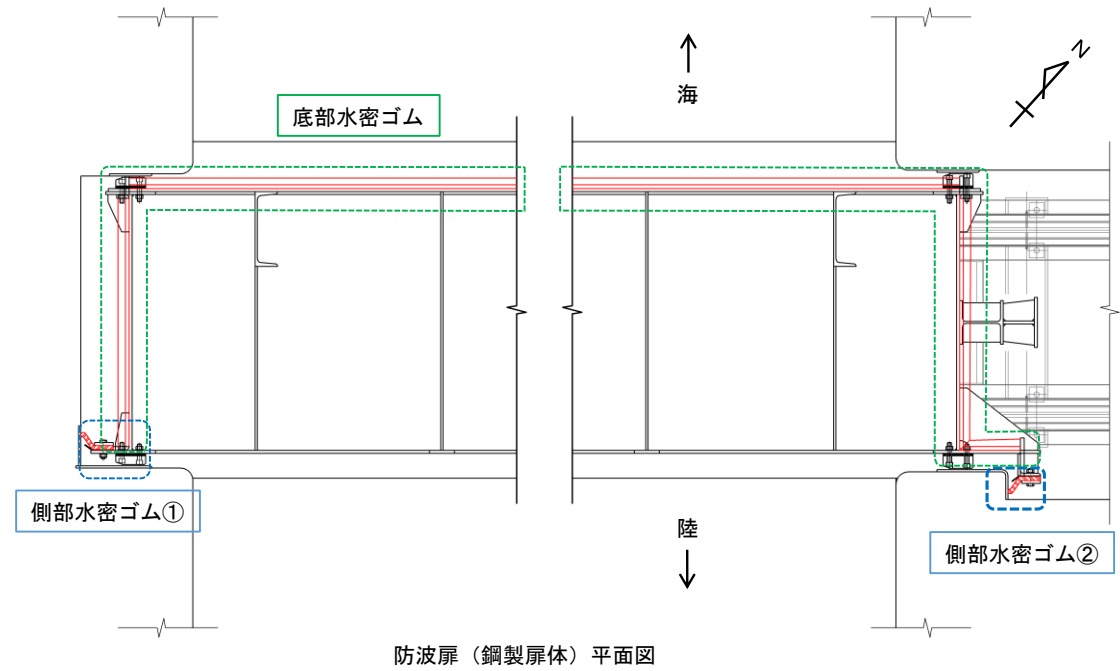
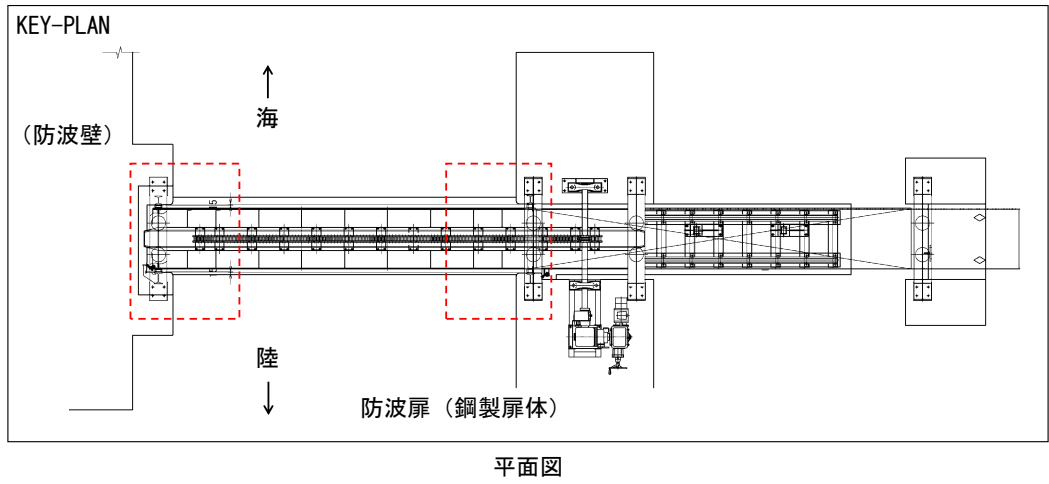
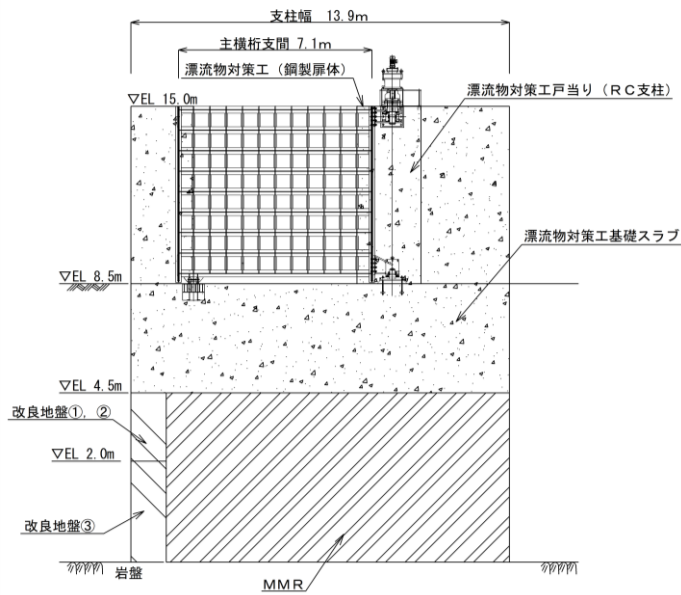
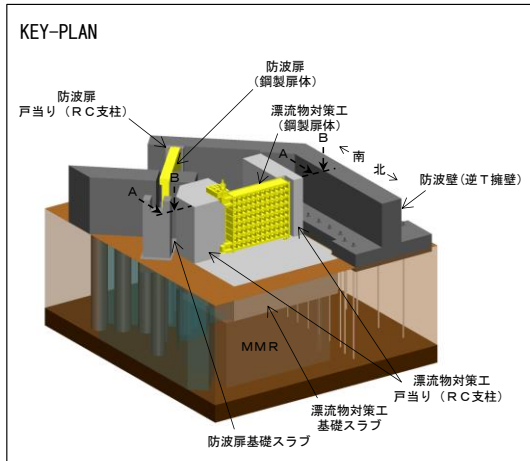


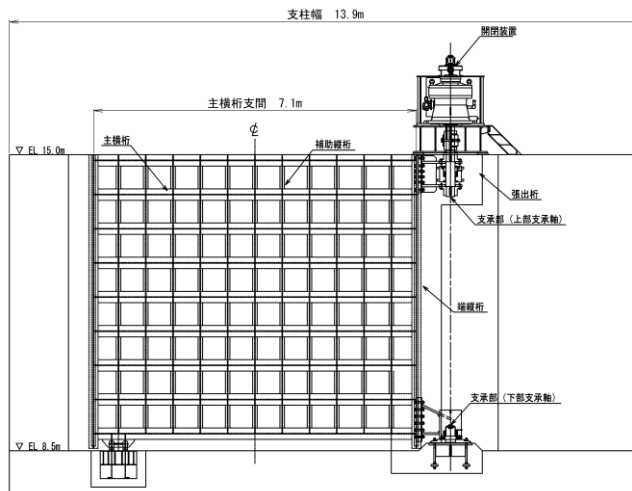
図 2-6 水密ゴムの概念図





注：陸側から海側を望む

(全体図)



注：陸側から海側を望む

(防波扉 (鋼製扉体) 拡大図)

図 2-7(1) 漂流物対策工の構造図 (A-A 断面)

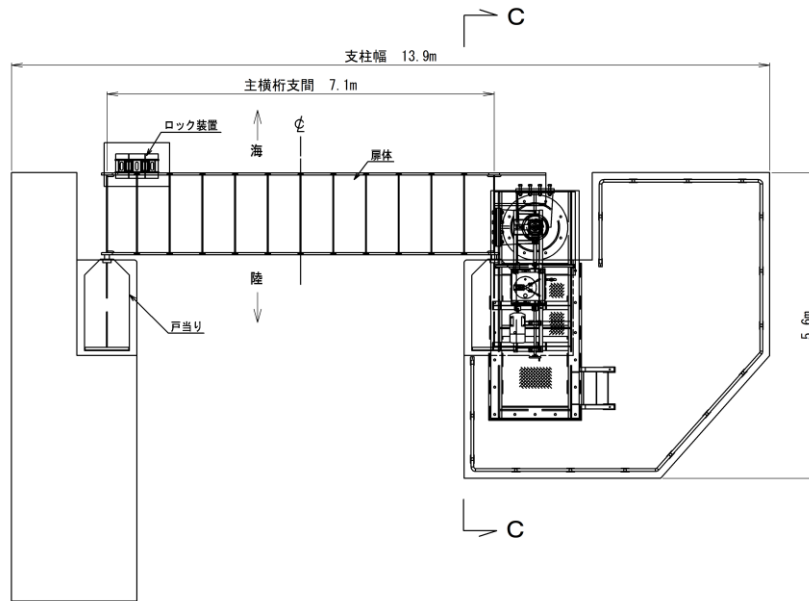


図 2-7(2) 漂流物対策工の構造図 (B-B 断面)

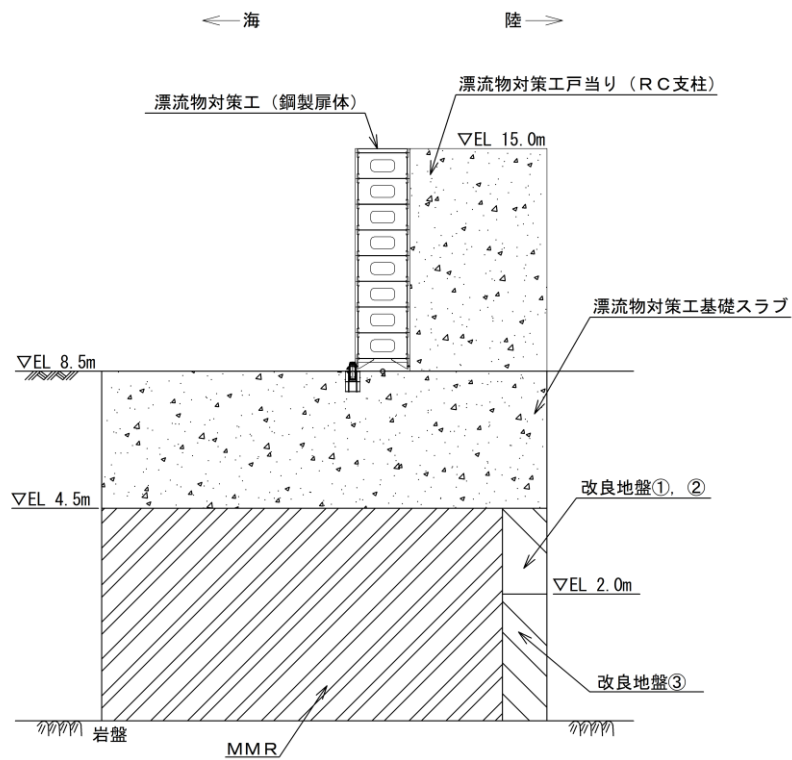


図 2-7(3) 漂流物対策工の構造図 (C-C 断面)

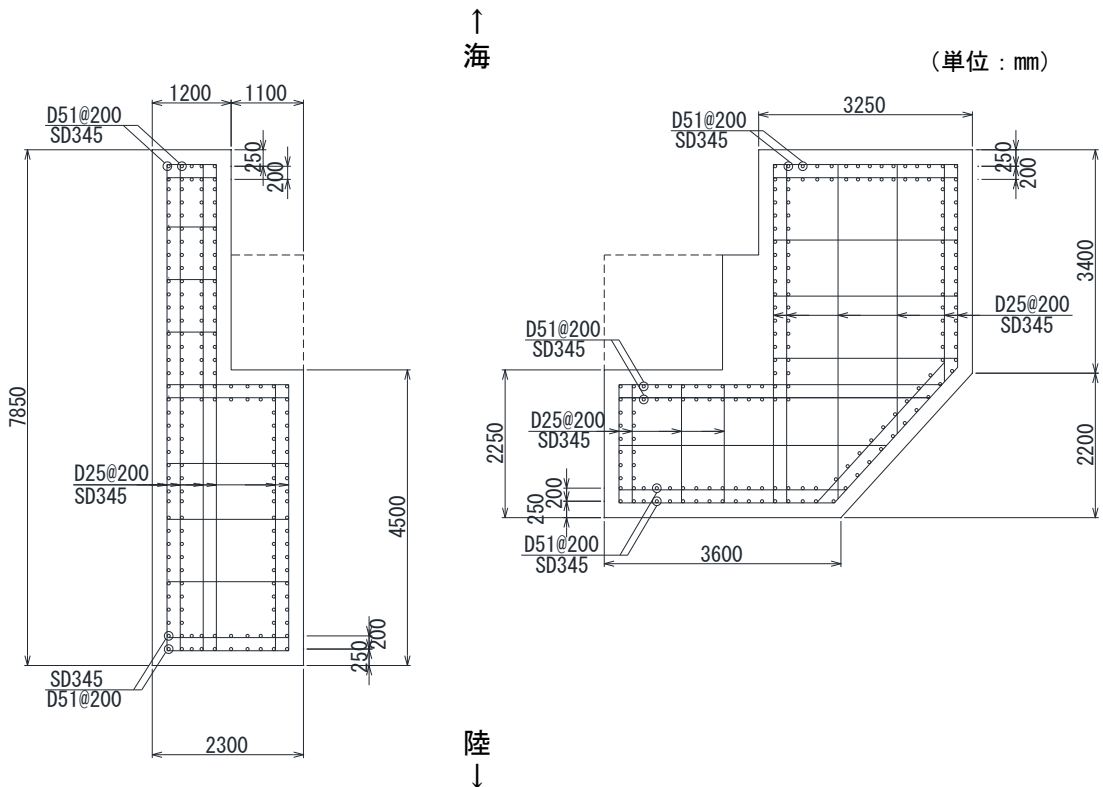
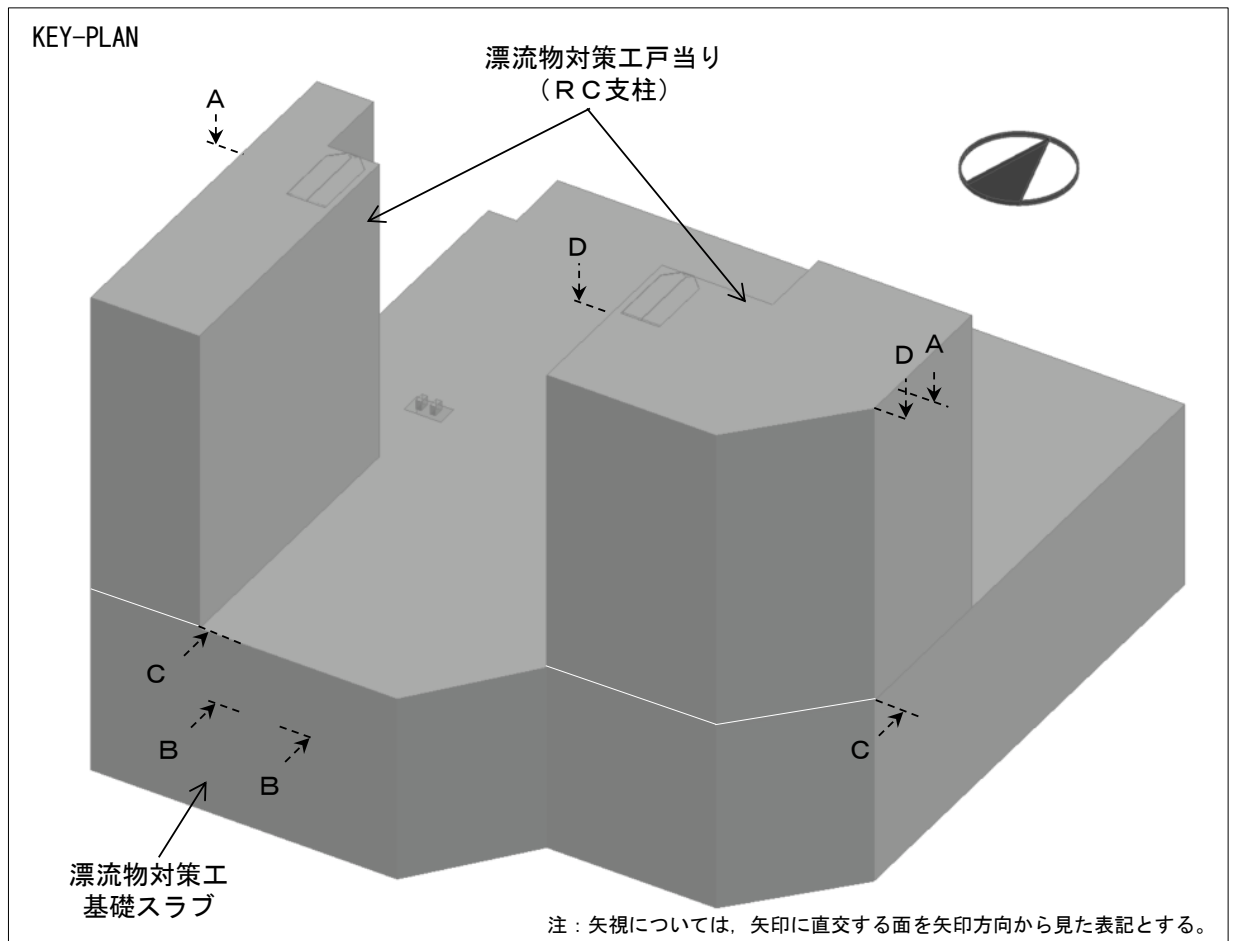


図 2-8 漂流物対策工戸当り (RC支柱) の概略配筋図 (A-A断面)

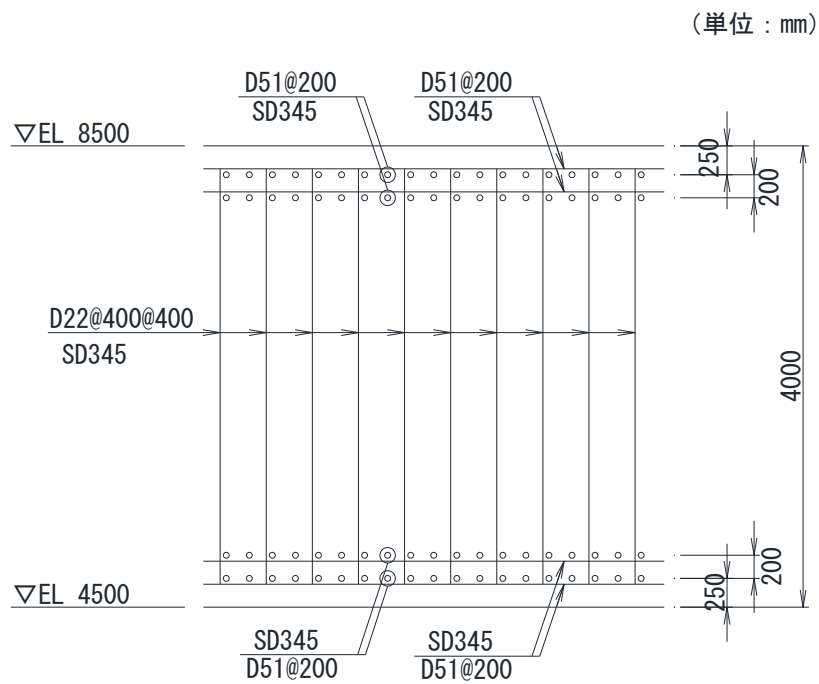


図 2-9 漂流物対策工基礎スラブの概略配筋図 (B-B 断面)

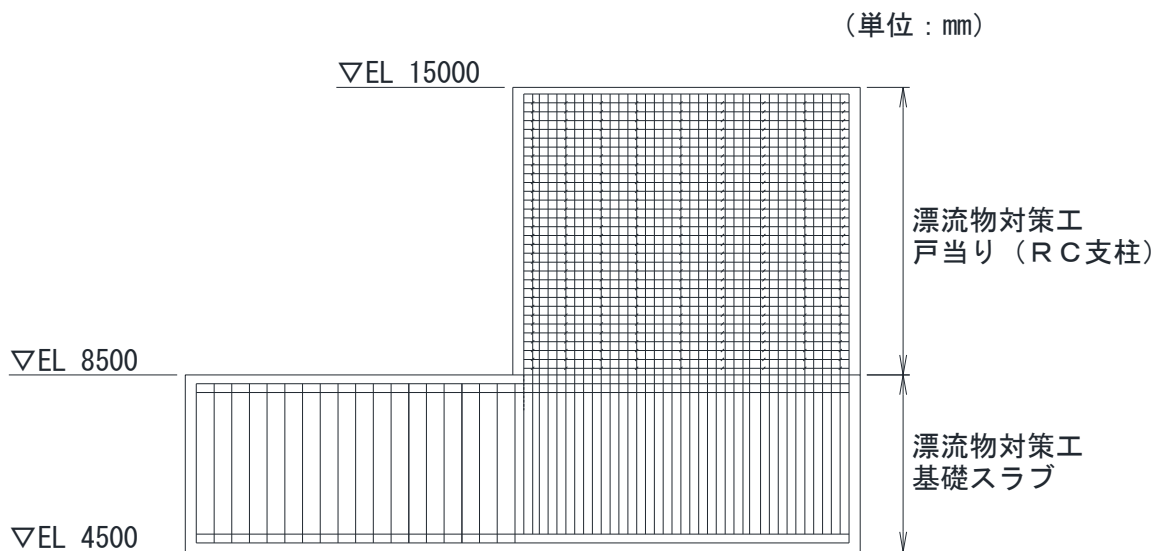


図 2-10 漂流物対策工戸当り (RC支柱) 及び基礎スラブの  
接続部における概略配筋図 (C-C 断面)

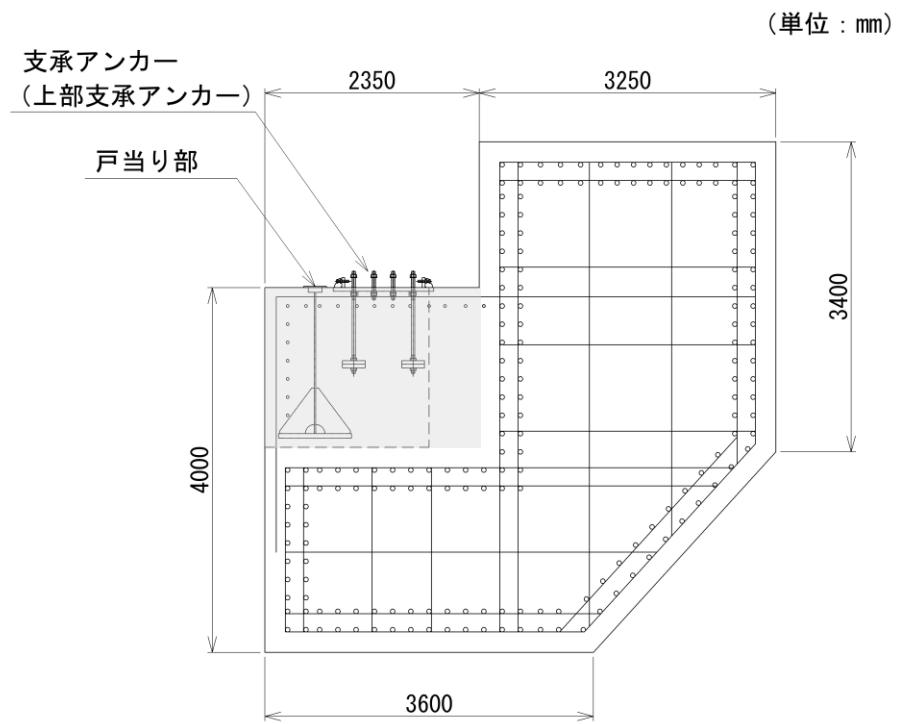


図 2-11 漂流物対策工戸当り (RC支柱) のアンカー部付近における概略配筋図 (D-D断面)

### 2.3 評価方針

防波扉（荷揚場南）は、Sクラス施設である津波防護施設に分類される。また、漂流物対策工により、津波による漂流物が防波扉に直接衝突しない構造とする。

防波扉（荷揚場南）の各部位の役割及び性能目標を表2-1及び表2-2に示す。

防波扉（荷揚場南）の耐震評価は、地震応答解析の結果に基づき、設計基準対象施設として、表2-3に示すとおり、施設・地盤の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を行う。

施設・地盤の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を実施することで、構造強度を有すること及び止水性を損なわないことを確認する。

施設・地盤の健全性評価については、施設・地盤ごとに定める照査項目（発生応力度、すべり安全率）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おいては、基礎地盤の接地圧が許容限界以下であることを確認する。

防波扉（荷揚場南）の耐震評価フローを図2-12に示す。

表 2-1 防波扉（荷揚場南）の各部位の役割

	部位の名称	地震時の役割	津波時の役割
施設	防波扉 (鋼製扉体)	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>・遮水性を保持する。</li> <li>・津波荷重を基礎に伝達する。</li> </ul>
	防波扉戸当り (RC支柱)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・防波扉（鋼製扉体）を支持する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・防波扉（鋼製扉体）を支持する。</li> <li>・津波荷重を基礎に伝達する。</li> </ul>
	防波扉基礎 スラブ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・防波扉（鋼製扉体）及び防波扉戸当り（RC支柱）を支持する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・防波扉（鋼製扉体）及び防波扉戸当り（RC支柱）を支持する。</li> </ul>
	防波扉 (鋼管杭)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・防波扉基礎スラブを支持する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・防波扉基礎スラブを支持する。</li> </ul>
	漂流物対策工 (鋼製扉体)	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>・漁船等の漂流物を防波扉に直接衝突させない。</li> <li>・漂流物の衝突荷重及び津波荷重を基礎に伝達する。</li> </ul>
	漂流物対策工 戸当り (RC支柱)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・漂流物対策工（鋼製扉体）を支持する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・防波扉に漁船等の漂流物を衝突させない。</li> <li>・漂流物対策工（鋼製扉体）を支持する。</li> <li>・漂流物の衝突荷重及び津波荷重を基礎に伝達する。</li> </ul>
	漂流物対策工 基礎スラブ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・漂流物対策工（鋼製扉体）及び漂流物対策工戸当り（RC支柱）を支持する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・漂流物対策工（鋼製扉体）及び漂流物対策工戸当り（RC支柱）を支持する。</li> </ul>
地盤	改良地盤 ①～③	<ul style="list-style-type: none"> <li>・鋼管杭の変形を抑制する。</li> <li>・漂流物対策工基礎スラブを鉛直支持する。</li> <li>・基礎地盤のすべり安定性に寄与する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・鋼管杭の変形を抑制する。</li> <li>・漂流物衝突荷重及び津波荷重を岩盤に伝達する。</li> <li>・地盤中からの回り込みによる浸水を防止する（難透水性を保持する）。</li> </ul>
	MMR	<ul style="list-style-type: none"> <li>・漂流物対策工基礎スラブを鉛直支持する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・漂流物の衝突荷重及び津波荷重を岩盤に伝達する。</li> </ul>
	岩盤	<ul style="list-style-type: none"> <li>・鋼管杭，漂流物対策工基礎スラブ，改良地盤及びMMRを鉛直支持する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・鋼管杭，漂流物対策工基礎スラブ，改良地盤及びMMRを鉛直支持する。</li> </ul>
	埋戻土	<ul style="list-style-type: none"> <li>・役割に期待しない（解析モデルに反映し，防波扉及び漂流物対策工への相互作用を考慮する）。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・役割に期待しない（解析モデルに反映し，防波扉及び漂流物対策工への相互作用を考慮する）。</li> </ul>

表 2-2 防波扉（荷揚場南）の各部位の性能目標

性能目標		鉛直支持	すべり安定性	耐震性	耐津波性 (遮水性、難透水性)		
部位							
施設	防波扉 (鋼製扉体)	-	-	構造物材の健全性を保持するために、各部位がおおむね弾性状態に留まること。	防波扉から有意な漏えいを生じさせないために、おおむね弾性状態に留まること。		
	防波扉戸当り (RC支柱)				防波扉の支持機能を喪失して防波扉との間から有意な漏えいを生じさせないために、おおむね弾性状態に留まること。		
	防波扉基礎 スラブ				防波扉の支持機能を喪失して防波扉との間から有意な漏えいを生じさせないために、おおむね弾性状態に留まること。		
	防波扉 (鋼管杭)			-	-	-	構造部材の健全性を保持するために、おおむね弾性状態に留まること。
	漂流物対策工 (鋼製扉体)						漁船等の漂流物を防波扉に衝突させないために、各部位がおおむね弾性状態に留まること。
	漂流物対策工 戸当り (RC支柱)					構造物材の健全性を保持するために、各部位がおおむね弾性状態に留まること。	構造部材の健全性を保持するために、各部位がおおむね弾性状態に留まること。
	漂流物対策工 基礎スラブ					構造物材の健全性を保持するために、各部位がおおむね弾性状態に留まること。	構造部材の健全性を保持するために、各部位がおおむね弾性状態に留まること。
地盤	改良地盤 ①～③	漂流物対策工を鉛直支持するため、十分な支持力を保持すること。	基礎地盤のすべり安定性を確保するため、十分なすべり安定性を保持すること。	鋼管杭の変形を抑制するため、改良地盤がすべり破壊しないこと(内的安定を保持)。 改良地盤がすべり破壊しないこと(内的安定を保持)。	鋼管杭の変形を抑制するため、改良地盤がすべり破壊しないこと(内的安定を保持)。 地盤中からの回り込みによる浸水を防止(難透水性を維持)するため、改良地盤がすべり破壊しないこと(内的安定を保持)。		
	岩盤	鋼管杭及び漂流物対策工を鉛直支持するため、十分な支持力を保持すること。			-	-	
	MMR	漂流物対策工を鉛直支持するため、十分な支持力を保持すること。		-	-	-	



表 2-3 防波扉（荷揚場南）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	施設・地盤の健全性	防波扉（鋼製扉体）	発生する応力（曲げ応力及びせん断応力）が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		防波扉戸当り（RC支柱）	発生する応力（曲げ応力及びせん断応力）が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		防波扉基礎スラブ	発生する応力（曲げ応力及びせん断応力）が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		防波扉（鋼管杭）	発生する断面力（曲げ応力及びせん断応力）が許容限界以下であることを確認	降伏モーメント（曲げ・軸力） 短期許容応力度
		漂流物対策工（鋼製扉体）	発生する応力（曲げ応力及びせん断応力）が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		漂流物対策工戸当り（RC支柱）	発生する応力（曲げ応力及びせん断応力）が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		漂流物対策工基礎スラブ	発生する応力（曲げ応力及びせん断応力）が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
	改良地盤①～③	すべり破壊しないこと（内的安定を保持）を確認	すべり安全率 1.2以上	
基礎地盤の支持性能	基礎地盤	発生する応力（接地圧）が許容限界以下であることを確認	極限支持力度* 支圧強度	
	基礎地盤	発生する応力（接地圧）が許容限界以下であることを確認	極限支持力度* 支圧強度	
止水性を損なわないこと	施設・地盤の健全性	防波扉（鋼製扉体）	発生する応力（曲げ応力及びせん断応力）が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		防波扉戸当り（RC支柱）	発生する応力（曲げ応力及びせん断応力）が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		防波扉基礎スラブ	発生する応力（曲げ応力及びせん断応力）が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		防波扉（鋼管杭）	発生する断面力（曲げ応力及びせん断応力）が許容限界以下であることを確認	降伏モーメント（曲げ・軸力） 短期許容応力度
		改良地盤①～③	すべり破壊しないこと（内的安定を保持）を確認	すべり安全率 1.2以上
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	発生する応力（接地圧）が許容限界以下であることを確認	極限支持力度* 支圧強度

注記\*：妥当な安全余裕を考慮する。

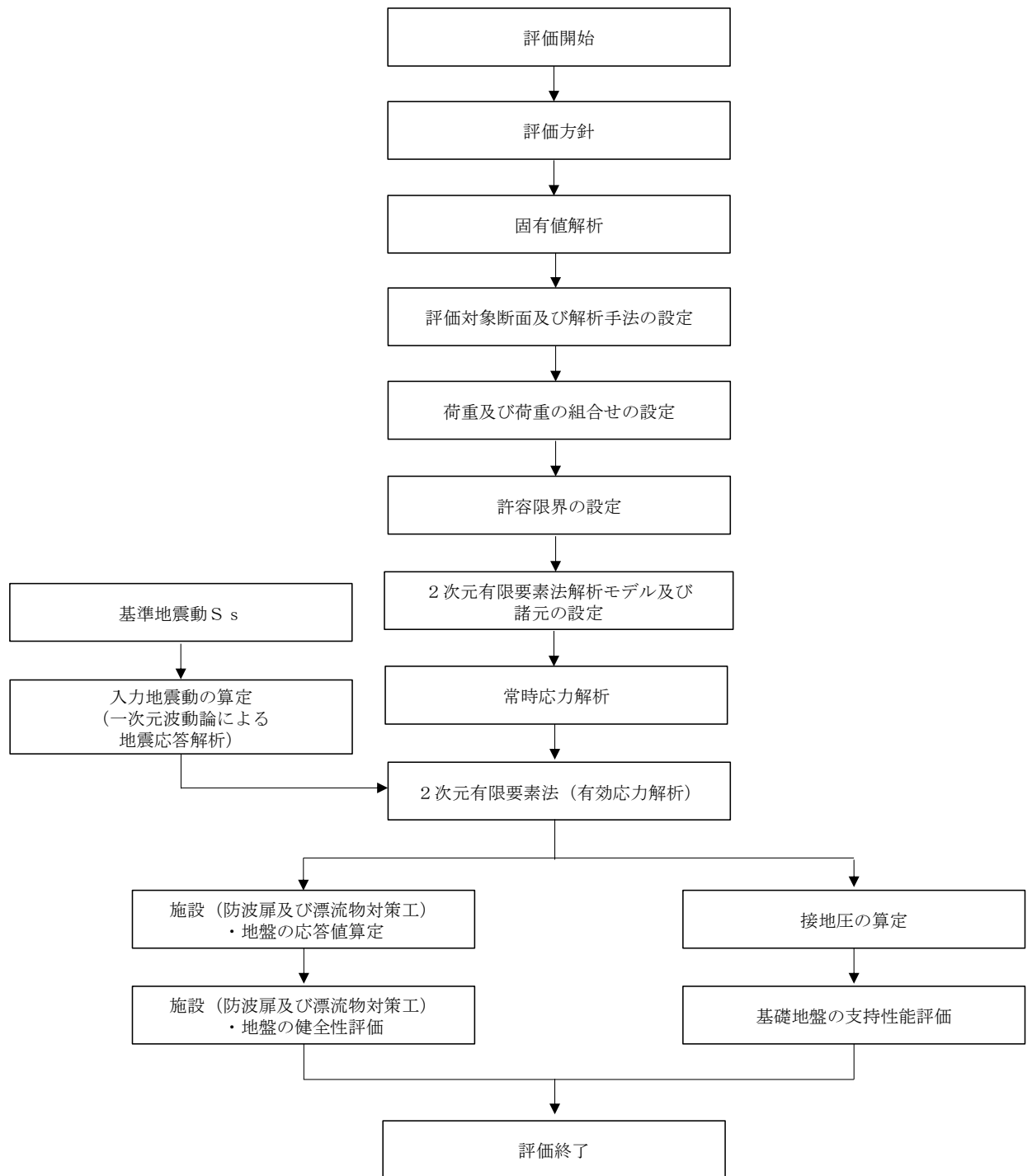


図 2-12 防波扉（荷揚場南）の耐震評価フロー

## 2.4 適用規格・基準等

適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] ( (社) 土木学会, 2002 年制定)
- ・機械工学便覧 ( (社) 日本機械学会)
- ・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)
- ・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)
- ・港湾の施設の技術上の基準・同解説 (国土交通省港湾局, 2007 年版)
- ・耐津波設計に係る工認審査ガイド (平成 25 年 6 月 19 日原管地発第 1306196 号)
- ・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)
- ・港湾構造物設計事例集 (沿岸技術研究センター, 平成 19 年 3 月)
- ・建築基準法・同施行令

### 3. 固有値解析

#### 3.1 解析モデルの設定

防波扉（鋼製扉体）及び漂流物対策工（鋼製扉体）は、両端のRC支柱により支持する構造であることから、両端ヒンジはりに単純化したモデルとする。固有値解析モデル図を図3-1に示す。

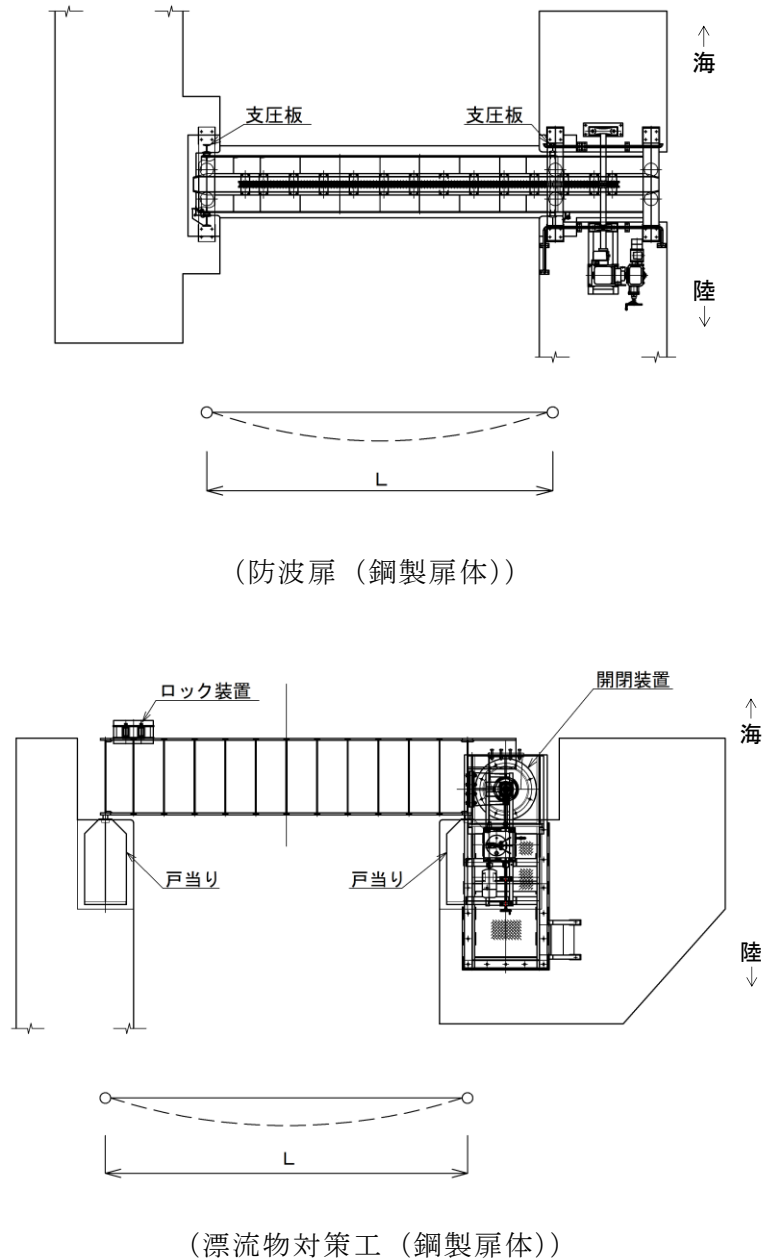


図3-1 固有値解析モデル

### 3.2 記号の説明

防波扉（鋼製扉体）及び漂流物対策工（鋼製扉体）の固有振動数の計算に用いる記号を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有振動数の計算に用いる記号

記号	単位	定義
f	Hz	固有振動数
L	m	スパン長
$\lambda$	—	支持条件によって定まる係数
$\gamma$	kN/m <sup>3</sup>	単位体積重量
A	m <sup>2</sup>	断面積
E	kN/m <sup>2</sup>	ヤング係数
I	m <sup>4</sup>	断面二次モーメント
g	m/s <sup>2</sup>	重力加速度

### 3.3 固有振動数の計算方法

固有振動数を「機械工学便覧（（社）日本機械学会）」に基づき以下の式より計算する。

$$f = \frac{\lambda^2}{2\pi L^2} \cdot \sqrt{\frac{EI g}{\gamma A}}$$

### 3.4 固有振動数の計算条件

防波扉（鋼製扉体）及び漂流物対策工（鋼製扉体）の固有振動数の計算条件を表 3-2 に示す。

表 3-2 固有振動数の計算条件

記号	定義	単位	防波扉 (鋼製扉体)	漂流物対策工 (鋼製扉体)
L	スパン長	m	6.7	7.3
$\lambda$	支持条件によって 定まる係数	—	3.14	3.14
$\gamma$	単位体積重量	kN/m <sup>3</sup>	77	77
A	断面積	m <sup>2</sup>	0.165	0.0418
E	ヤング係数	kN/m <sup>2</sup>	2.00×10 <sup>8</sup>	2.00×10 <sup>8</sup>
I	断面二次 モーメント	m <sup>4</sup>	0.0238	0.0140
g	重力加速度	m/s <sup>2</sup>	9.8065	9.8065

### 3.5 固有振動数の計算結果

防波扉（鋼製扉体）及び漂流物対策工（鋼製扉体）の固有振動数の計算結果を表 3-3 に示す。固有振動数は 20Hz 以上であり，防波扉（鋼製扉体）及び漂流物対策工（鋼製扉体）は剛構造であることを確認した。

表 3-3 固有振動数の計算結果

部位	固有振動数 (Hz)
防波扉（鋼製扉体）	67.2
漂流物対策工（鋼製扉体）	86.1

## 4. 耐震評価

### 4.1 記号の定義

耐震評価に用いる記号を表 4-1 及び表 4-2 に示す。

表 4-1(1) 防波扉の耐震評価に用いる記号

評価対象部位	記号	単位	定義	
防波扉 (鋼製 扉体)	主横桁	M	kN・m	主横桁に生じる曲げモーメント
		S	kN	主横桁に生じるせん断力
		$\sigma$	N/mm <sup>2</sup>	主横桁に生じる曲げ応力度
		$\tau$	N/mm <sup>2</sup>	主横桁に生じるせん断応力度
		W	kN/m	主横桁に作用する地震時慣性力
		W'	kN/m	主横桁に作用する風荷重
		L	m	主横桁の支間長
		a	m	主横桁の張出長さ
		L <sub>1</sub>	m	主横桁の水密幅
		Z	mm <sup>3</sup>	主横桁の断面係数
		A <sub>w</sub>	mm <sup>2</sup>	主横桁腹板の断面積
		$\sigma_{ca}$	N/mm <sup>2</sup>	許容曲げ応力度
		$\tau_a$	N/mm <sup>2</sup>	許容せん断応力度
	補助 縦桁	M	kN・m	補助縦桁に生じる曲げモーメント
		S	kN	補助縦桁に生じるせん断力
		$\sigma$	N/mm <sup>2</sup>	補助縦桁に生じる曲げ応力度
		$\tau$	N/mm <sup>2</sup>	補助縦桁に生じるせん断応力度
		P	kN/m <sup>2</sup>	補助縦桁に作用する地震時荷重（地震時慣性力 ＋風荷重）
		l	m	主横桁間隔
		m	m	補助縦桁間隔
		Z	mm <sup>3</sup>	補助縦桁の断面係数
		A <sub>w</sub>	mm <sup>2</sup>	補助縦桁腹板の断面積
		$\sigma_{ca}$	N/mm <sup>2</sup>	許容曲げ応力度
$\tau_a$	N/mm <sup>2</sup>	許容せん断応力度		

表 4-1 (2) 防波扉の耐震評価に用いる記号

評価対象部位	記号	単位	定義	
防波扉 (鋼製 扉体)	端縦桁	R	kN	端縦桁に生じる支点反力
		$A_q$	mm <sup>2</sup>	補剛材の有効断面積
		$A_w$	mm <sup>2</sup>	端縦桁腹板の有効断面積
		$A_s$	mm <sup>2</sup>	主横桁腹板の有効断面積
		$\sigma_c$	N/mm <sup>2</sup>	端縦桁に生じる圧縮応力度
		$\sigma_{ca}$	N/mm <sup>2</sup>	許容圧縮応力度
		$t_w$	mm	端縦桁腹板の厚さ
		$t_s$	mm	主横桁腹板の厚さ
		$b_w$	mm	端縦桁腹板の長さ
		$b_s$	mm	主横桁腹板の長さ
	車輪	F	kN	車輪に作用する地震時荷重 (扉体自重+積雪荷重+地震時慣性力)
		$R_1$	kN	海側車輪に作用する荷重
		$R_2$	kN	陸側車輪に作用する荷重
		L	m	車輪荷重の作用位置
		$L_1$	m	海側車輪の作用位置
		$L_2$	m	陸側車輪の作用位置
		$P_r$	N	車輪荷重
		$E_1$	N/mm <sup>2</sup>	車輪の弾性係数
		$E_2$	N/mm <sup>2</sup>	レールの弾性係数
		$B_0$	mm	車輪有効踏面幅
		R	mm	車輪半径
		C	mm	接触幅の 1/2
		p	N/mm <sup>2</sup>	接触面圧応力度
		$p_a$	N/mm <sup>2</sup>	許容接触応力度
	車輪軸	M	kN・m	車輪軸に生じる曲げモーメント
		$L_3$	m	張出長さ
		Z	mm <sup>3</sup>	車輪軸の断面係数
		S	kN	車輪軸に生じるせん断力
		A	mm <sup>2</sup>	車輪軸の断面積
		$\sigma$	N/mm <sup>2</sup>	車輪軸に生じる曲げ応力度
		$\tau$	N/mm <sup>2</sup>	車輪軸に生じるせん断応力度
		$\sigma_a$	N/mm <sup>2</sup>	許容曲げ応力度
	車輪 軸受	$\tau_a$	N/mm <sup>2</sup>	許容せん断応力度
		$R_a$	kN	車輪軸受に作用する荷重
		$C_{cr}$	kN	許容荷重



表 4-1(3) 防波扉の耐震評価に用いる記号

評価対象部位	記号	単位	定義	
防波扉 (鋼製 扉体)	レール	M	kN・m	レールに生じる曲げモーメント
		R <sub>1</sub>	kN	海側車輪に生じる荷重
		L <sub>M</sub>	m	レール基礎材間隔
		S	kN	レールに生じるせん断力
		Z <sub>1</sub>	mm <sup>3</sup>	レールの引張側断面係数
		Z <sub>2</sub>	mm <sup>3</sup>	レールの圧縮側断面係数
		A <sub>w</sub>	mm <sup>2</sup>	レール(腹板)の断面積
		b <sub>p</sub>	mm	レール(腹板)の受圧幅
		C	mm	接触幅の1/2
		t <sub>w</sub>	mm	レール(腹板)の厚さ
		t <sub>f</sub>	mm	レール踏面板の厚さ
		σ <sub>c</sub>	N/mm <sup>2</sup>	レールに生じる曲げ圧縮応力度
		σ <sub>t</sub>	N/mm <sup>2</sup>	レールに生じる曲げ引張応力度
		τ	N/mm <sup>2</sup>	レールに生じるせん断応力度
		σ <sub>b</sub>	N/mm <sup>2</sup>	レール(腹板)に生じる支圧応力度
		σ <sub>ca</sub>	N/mm <sup>2</sup>	許容曲げ圧縮応力度
		σ <sub>a</sub>	N/mm <sup>2</sup>	許容曲げ引張応力度
		τ <sub>a</sub>	N/mm <sup>2</sup>	許容せん断応力度
		σ <sub>ba</sub>	N/mm <sup>2</sup>	許容支圧応力度
		ロック 装置	P	kN
	F <sub>h</sub>		kN	ロックピンに作用する地震時慣性力
	n		本	ロックピン数
	L		m	ロックピンの突出長さ
	M		kN・m	ロックピンに生じる曲げモーメント
	Z		mm <sup>3</sup>	ロックピンの断面係数
	S		kN	ロックピンに生じるせん断力
	A		mm <sup>2</sup>	ロックピンのせん断面積
	b		mm	ロックピン受圧幅
	h		mm	ロックピン受圧長さ
	σ		N/mm <sup>2</sup>	ロックピンに生じる曲げ応力度
	τ		N/mm <sup>2</sup>	ロックピンに生じるせん断応力度
	σ <sub>b</sub>		N/mm <sup>2</sup>	ロックピンに生じる支圧応力度
	σ <sub>ca</sub>	N/mm <sup>2</sup>	許容曲げ応力度	
τ <sub>a</sub>	N/mm <sup>2</sup>	許容せん断応力度		
σ <sub>ba</sub>	N/mm <sup>2</sup>	許容支圧応力度		

表 4-1(4) 防波扉の耐震評価に用いる記号

評価対象部位		記号	単位	定義
防波扉 (鋼製扉体)	支圧板	P	kN	支圧板に作用する地震時荷重 (地震時慣性力+風荷重)
		C	mm	支圧板の有効幅
		L	mm	防波扉 (鋼製扉体) 高さ
		$\sigma_p$	N/mm <sup>2</sup>	支圧板に生じる支圧応力度
		$\sigma_{pa}$	N/mm <sup>2</sup>	許容支圧応力度
	戸当り	P	kN	戸当り (コンクリート) に作用する地震時荷重 (地震時慣性力+風荷重)
		L	mm	防波扉 (鋼製扉体) の高さ
		$b_f$	mm	戸当り (底面フランジ) の幅
		$t_f$	mm	戸当り (底面フランジ) の厚さ
		$l_1$	mm	戸当りの埋込深さ
		$l_2$	mm	戸当りのコンクリート側面からの埋込み深さ
		$M_f$	N・mm/mm	戸当り (底面フランジ) に生じる曲げモーメント
		$\Sigma l$	mm	せん断抵抗長さ (= $l_1 + 2l_2$ )
		$\sigma_f$	N/mm <sup>2</sup>	戸当り (底面フランジ) に生じる曲げ応力度
		$\sigma_{cb}$	N/mm <sup>2</sup>	戸当り (コンクリート) に生じる支圧応力度
		$\tau_c$	N/mm <sup>2</sup>	戸当り (コンクリート) に生じるせん断応力度
		$\sigma_{ca}$	N/mm <sup>2</sup>	許容曲げ応力度
		$\sigma_{cba}$	N/mm <sup>2</sup>	コンクリートの許容支圧応力度
		$\tau_{ca}$	N/mm <sup>2</sup>	コンクリートの許容せん断応力度
		$\sigma_c$	N/mm <sup>2</sup>	コンクリートの曲げ圧縮応力度
$\sigma_s$	N/mm <sup>2</sup>	鉄筋の曲げ引張応力度		
$\sigma_{sa}$	N/mm <sup>2</sup>	鉄筋の許容曲げ引張応力度		
防波扉戸当り (RC支柱)	$\sigma_{ca}$	N/mm <sup>2</sup>	コンクリートの短期許容曲げ圧縮応力度	
	$\tau_{a1}$	N/mm <sup>2</sup>	コンクリートの短期許容せん断応力度	
	$\sigma_{sa}$	N/mm <sup>2</sup>	鉄筋の短期許容曲げ引張応力度	

表 4-1(5) 防波扉の耐震評価に用いる記号

評価対象部位	記号	単位	定義
防波扉基礎 スラブ	$\sigma_{ca}$	N/mm <sup>2</sup>	コンクリートの短期許容曲げ圧縮応力度
	$\tau_{a1}$	N/mm <sup>2</sup>	コンクリートの短期許容せん断応力度
	$\sigma_{sa}$	N/mm <sup>2</sup>	鉄筋の短期許容曲げ引張応力度
	M	kN・m	防波扉基礎スラブに生じる曲げモーメント
	N	kN	防波扉基礎スラブに生じる軸力
	Q	kN	防波扉基礎スラブに生じるせん断力
防波扉 (鋼管杭)	$M_y$	kN・m	降伏モーメント
	$f_y$	N/mm <sup>2</sup>	鋼管杭の降伏基準点
	$Z_e$	mm <sup>3</sup>	鋼管杭の断面係数
	N	kN	鋼管杭に生じる軸力
	A	mm <sup>2</sup>	鋼管杭の断面積
	M	kN・m	防波扉（鋼管杭）に生じる曲げモーメント
	N	kN	防波扉（鋼管杭）に生じる軸力
	Q	kN	鋼管杭に生じるせん断力
	$\tau_s$	N/mm <sup>2</sup>	鋼管杭のせん断応力度
改良地盤	$F_s$	-	局所安全係数
基礎地盤	$R_u$	N/mm <sup>2</sup>	極限支持力度
	$R_d$	N/mm <sup>2</sup>	鋼管杭下端の軸力により算出される軸応力度
	N	kN	鋼管杭下端に発生する軸力
	A'	mm <sup>2</sup>	鋼管杭下端の断面積

表 4-2(1) 漂流物対策工の耐震評価に用いる記号

評価対象部位	記号	単位	定義	
漂流物 対策工 (鋼製 扉体)	主横桁	M	kN・m	主横桁（最下段）に生じる曲げモーメント
		S	kN	主横桁（最下段）に生じるせん断力
		W	kN/m	主横桁に作用する地震時慣性力
		W'	kN/m	主横桁に作用する風荷重
		L	m	主横桁の支間長
		a	m	主横桁の張出長さ
		L <sub>1</sub>	m	主横桁の水密幅
		M'	kN・m	主横桁（最上段）に生じる曲げモーメント
		S'	kN	主横桁（最上段）に生じるせん断力
		L'	m	主横桁の突出長さ
		Z	mm <sup>3</sup>	主横桁の断面係数
		A <sub>w</sub>	mm <sup>2</sup>	主横桁腹板の断面積
		σ	N/mm <sup>2</sup>	主横桁（最上段）に生じる曲げ応力度
		τ	N/mm <sup>2</sup>	主横桁（最上段）に生じるせん断応力度
		σ <sub>ca</sub>	N/mm <sup>2</sup>	許容曲げ応力度
		τ <sub>a</sub>	N/mm <sup>2</sup>	許容せん断応力度
	張出桁	M	kN・m	張出桁に生じる曲げモーメント
		S	kN	張出桁に生じるせん断力
		W	kN/m	張出桁に作用する地震時慣性力
		W'	kN/m	張出桁に作用する風荷重
		L	m	張出長さ
		Z	mm <sup>3</sup>	張出桁の断面係数
		A <sub>w</sub>	mm <sup>2</sup>	張出桁腹板の断面積
		σ	N/mm <sup>2</sup>	張出桁に生じる曲げ応力度
		τ	N/mm <sup>2</sup>	張出桁に生じるせん断応力度
		σ <sub>ca</sub>	N/mm <sup>2</sup>	許容曲げ応力度
	τ <sub>a</sub>	N/mm <sup>2</sup>	許容せん断応力度	
	補助 縦桁	M	kN・m	補助縦桁に生じる曲げモーメント
		S	kN	補助縦桁に生じるせん断力
		W	kN/m	補助縦桁に作用する地震時慣性力
		W'	kN/m	補助縦桁に作用する風荷重
		l	m	主横桁の間隔
		Z	mm <sup>3</sup>	補助縦桁の断面係数
A <sub>w</sub>		mm <sup>2</sup>	補助縦桁腹板の断面積	
σ		N/mm <sup>2</sup>	補助縦桁に生じる曲げ応力度	
τ		N/mm <sup>2</sup>	補助縦桁に生じるせん断応力度	
σ <sub>ca</sub>		N/mm <sup>2</sup>	許容曲げ応力度	
τ <sub>a</sub>	N/mm <sup>2</sup>	許容せん断応力度		

表 4-2(2) 漂流物対策工の耐震評価に用いる記号

評価対象部位		記号	単位	定義
漂流物対策工（鋼製扉体）	端縦桁	R	kN	端縦桁に生じる支点反力
		$A_q$	mm <sup>2</sup>	補剛材の有効総断面積
		$\sigma_c$	N/mm <sup>2</sup>	端縦桁に生じる圧縮応力度
		$\sigma_{ca}$	N/mm <sup>2</sup>	許容圧縮応力度
		$t_w$	mm	端縦桁腹板の厚さ
		$t_{s1}$	mm	主横桁腹板の厚さ
		$t_{s2}$	mm	スチフナの厚さ
		$b_w$	mm	端縦桁腹板の長さ
		$b_{s1}$	mm	主横桁腹板の長さ
		$b_{s2}$	mm	スチフナの長さ
		$A_w$	mm	端縦桁腹板の有効断面積
		$A_{s1}$	mm	主横桁腹板の有効断面積
		$A_{s2}$	mm	スチフナの有効断面積
	支承部（上部支承軸）	M	kN・m	支承軸（上部支承軸）に生じる曲げモーメント
		$R_H$	kN	支承部（上部支承軸）に作用する水平荷重
		L	m	支承軸支持間隔
		S	kN	支承部（上部支承軸）に生じるせん断力
		Z	mm <sup>3</sup>	支承部（上部支承軸）の断面係数
		A	mm <sup>2</sup>	支承部（上部支承軸）の断面積
		$\sigma$	N/mm <sup>2</sup>	支承部（上部支承軸）に生じる曲げ応力度
		$\tau$	N/mm <sup>2</sup>	支承部（上部支承軸）に生じるせん断応力度
		$\sigma_a$	N/mm <sup>2</sup>	許容曲げ応力度
	$\tau_a$	N/mm <sup>2</sup>	許容せん断応力度	
	支承部（下部支承軸）	M	kN・m	支承部（下部支承軸）に生じる曲げモーメント
		$R_H$	kN	支承部（下部支承軸）に作用する水平荷重
		L	m	支承部（下部支承軸）の長さ
		S	kN	支承部（下部支承軸）のせん断力
		Z	mm <sup>3</sup>	支承部（下部支承軸）の断面係数
		A	mm <sup>2</sup>	支承部（下部支承軸）の断面積
		$\sigma$	N/mm <sup>2</sup>	支承部（下部支承軸）に生じる曲げ応力度
		$\tau$	N/mm <sup>2</sup>	支承部（下部支承軸）に生じるせん断応力度
		$\sigma_a$	N/mm <sup>2</sup>	許容曲げ応力度
	$\tau_a$	N/mm <sup>2</sup>	許容せん断応力度	

表 4-2(3) 漂流物対策工の耐震評価に用いる記号

評価対象部位	記号	単位	定義
支承部 (下部支承軸受)	$R_v$	kN	支承部（下部支承軸）に作用する鉛直荷重
	$r$	mm	軸受（壺金）の球面の半径
	$E$	N/mm <sup>2</sup>	軸受（壺金）の弾性係数
	$p$	N/mm <sup>2</sup>	軸受（壺金）に生じる支圧応力度
	$p_a$	N/mm <sup>2</sup>	許容接触応力度
支承部 (支承軸受)	$R$	kN	支承部（支承軸受）に作用する荷重
	$C_{cr}$	kN	許容荷重

表 4-2 (3) 漂流物対策工の耐震評価に用いる記号

評価対象部位		記号	単位	定義
漂流物 対策工 (鋼製 扉体)	支承部 (浮上 防止金 物)	M	kN・m	支承部（浮上防止金物）に生じる曲げモーメント
		R <sub>v</sub>	kN	支承部（浮上防止金物）に作用する鉛直上向き荷重
		L	m	支承部（浮上防止金物）の突出長さ
		S	kN	支承部（浮上防止金物）に生じるせん断力
		Z	mm <sup>3</sup>	支承部（浮上防止金物）の断面係数
		A	mm <sup>2</sup>	支承部（浮上防止金物）の断面積
		σ <sub>b</sub>	N/mm <sup>2</sup>	支承部（浮上防止金物）に生じる曲げ応力度
		τ	N/mm <sup>2</sup>	支承部（浮上防止金物）に生じるせん断応力度
		σ <sub>a</sub>	N/mm <sup>2</sup>	許容曲げ圧縮応力度
		τ <sub>a</sub>	N/mm <sup>2</sup>	許容せん断応力度
		F	kN	固定ボルトに生じる軸力
		a, b	mm	支持点からの距離
		A <sub>2</sub>	mm <sup>2</sup>	固定ボルトの有効断面積
		σ <sub>t</sub>	N/mm <sup>2</sup>	固定ボルトに生じる軸方向引張応力度
	σ <sub>a</sub>	N/mm <sup>2</sup>	許容軸方向引張応力度	
	上部支 承（ア ンカー ボルト） 、 上部支 承（コ ンクリ ート）	F	kN	アンカーボルト 1 本あたりに生じる軸力
		R <sub>H</sub>	kN	支承部（上部支承軸）に作用する水平荷重
		l	mm	支承軸からアンカーボルト固定部までの距離
		m	mm	アンカーボルトの間隔
		n	本	アンカーボルトの片側本数
		A	mm <sup>2</sup>	アンカーボルトの断面積
		d	mm	アンカーボルト埋込深さ
		a, b	mm	アンカープレートの寸法
		c, e	mm	支圧板の寸法
		σ <sub>t</sub>	N/mm <sup>2</sup>	アンカーボルトに生じる軸方向引張応力度
		σ <sub>a</sub>	N/mm <sup>2</sup>	許容軸方向引張応力度
σ <sub>c1</sub>		N/mm <sup>2</sup>	上部支承（コンクリート）に生じる支圧応力度(アンカープレート)	
σ <sub>c2</sub>	N/mm <sup>2</sup>	上部支承（コンクリート）に生じる支圧応力度(支圧板)		
τ <sub>c</sub>	N/mm <sup>2</sup>	上部支承（コンクリート）に生じるせん断応力度(アンカープレート)		

		$\sigma_{cba}$	N/mm <sup>2</sup>	コンクリートの許容支圧応力度
		$\tau_{ca}$	N/mm <sup>2</sup>	コンクリートの許容せん断応力度

表 4-2 (4) 漂流物対策工の耐震評価に用いる記号

評価対象部位	記号	単位	定義	
漂流物 対策工 (鋼製 扉体)	下部支承 (アンカ ーボル ト) , 下部支承 (コンク リート)	F	kN	アンカーボルト 1 本あたりに生じる軸力
		R <sub>H</sub>	kN	支承部 (下部支承軸) に作用する水平荷重
		L	mm	軸受中心からアンカーボルト固定部までの距離
		2y	mm	アンカーボルトの間隔
		n	本	アンカーボルトの片側本数
		A	mm <sup>2</sup>	アンカーボルトの断面積
		d	mm	アンカーボルト埋込深さ
		a, b	mm	アンカープレートの寸法
		c, e	mm	支圧板の寸法
		$\sigma_t$	N/mm <sup>2</sup>	アンカーボルトに生じる軸方向引張応力度
		$\sigma_a$	N/mm <sup>2</sup>	許容軸方向引張応力度
		$\sigma_{c1}$	N/mm <sup>2</sup>	下部支承 (コンクリート) に生じる支圧応力度 (アンカープレート)
		$\sigma_{c2}$	N/mm <sup>2</sup>	下部支承 (コンクリート) に生じる支圧応力度 (支圧板)
		$\tau_c$	N/mm <sup>2</sup>	下部支承 (コンクリート) に生じるせん断応力度 (アンカープレート)
	$\sigma_{cba}$	N/mm <sup>2</sup>	コンクリートの許容支圧応力度	
	$\tau_{ca}$	N/mm <sup>2</sup>	コンクリートの許容せん断応力度	
	ロック 装置	M	kN・m	ロックビームに生じる曲げモーメント
		R <sub>r</sub>	kN	ロックビームに作用する荷重
		a	m	ロックビームの突出長さ
		n	本	ロックビーム数
		Z	mm <sup>3</sup>	ロックビームの断面係数
		S	kN	ロックビームに生じるせん断力
A		mm <sup>2</sup>	ロックビームのせん断面積	
$\sigma$		N/mm <sup>2</sup>	ロックビームに生じる曲げ応力度	
$\tau$		N/mm <sup>2</sup>	ロックビームに生じるせん断応力度	
$\sigma_{ca}$		N/mm <sup>2</sup>	許容曲げ応力度	
$\tau_a$	N/mm <sup>2</sup>	許容せん断応力度		



表 4-2 (5) 漂流物対策工の耐震評価に用いる記号

部材		記号	単位	定義
漂流物 対策工 (鋼製 扉体)	支圧板 , 戸当 り	W	kN/m	戸当りに作用する地震時荷重
		C	mm	支圧板の有効幅
		L <sub>1</sub>	mm	漂流物対策工(鋼製扉体)の幅
		L <sub>2</sub>	mm	主横桁の荷重分担長さ
		t <sub>w</sub>	mm	戸当り(腹板)の厚さ
		b <sub>f</sub>	mm	戸当り(底面フランジ)の幅
		t <sub>f</sub>	mm	戸当り(底面フランジ)の厚さ
		l <sub>1</sub>	mm	戸当りの埋込深さ
		l <sub>2</sub>	mm	戸当りのコンクリート側面からの埋込み深さ
		M <sub>f</sub>	N・mm/mm	戸当り(底面フランジ)に生じる曲げモーメント
		Σl	mm	せん断抵抗長さ(=l <sub>1</sub> +2l <sub>2</sub> )
		σ <sub>p</sub>	N/mm <sup>2</sup>	支圧板に生じる支圧応力度
		σ <sub>b</sub>	N/mm <sup>2</sup>	戸当り(腹板)に生じる支圧応力度
		σ <sub>f</sub>	N/mm <sup>2</sup>	戸当り(底面フランジ)に生じる曲げ応力度
		σ <sub>cb</sub>	N/mm <sup>2</sup>	戸当り(コンクリート)に生じる支圧応力度
		τ <sub>c</sub>	N/mm <sup>2</sup>	戸当り(コンクリート)に生じるせん断応力度
		σ <sub>pa</sub>	N/mm <sup>2</sup>	支圧板の許容支圧応力度
		σ <sub>ba</sub>	N/mm <sup>2</sup>	戸当り(腹板)の許容支圧応力度
		σ <sub>ca</sub>	N/mm <sup>2</sup>	戸当り(底面フランジ)の許容曲げ応力度
		σ <sub>cba</sub>	N/mm <sup>2</sup>	コンクリートの許容支圧応力度
τ <sub>ca</sub>	N/mm <sup>2</sup>	コンクリートの許容せん断応力度		
σ <sub>sa</sub>	N/mm <sup>2</sup>	鉄筋の許容曲げ引張応力度		
漂流物対策工 戸当り (RC支柱)		σ <sub>ca</sub>	N/mm <sup>2</sup>	コンクリートの短期許容曲げ圧縮応力度
		τ <sub>a1</sub>	N/mm <sup>2</sup>	コンクリートの短期許容せん断応力度
		σ <sub>sa</sub>	N/mm <sup>2</sup>	鉄筋の短期許容曲げ引張応力度
		M	kN・m	漂流物対策工戸当り(RC支柱)に生じる曲げモーメント
		N	kN	漂流物対策工戸当り(RC支柱)に生じる軸力
		Q	kN	漂流物対策工戸当り(RC支柱)に生じるせん断力

表 4-2 (6) 漂流物対策工の耐震評価に用いる記号

部材	記号	単位	定義
漂流物対策工 基礎スラブ	$\sigma_{ca}$	N/mm <sup>2</sup>	コンクリートの短期許容曲げ圧縮応力度
	$\tau_{a1}$	N/mm <sup>2</sup>	コンクリートの短期許容せん断応力度
	$\sigma_{sa}$	N/mm <sup>2</sup>	鉄筋の短期許容曲げ引張応力度
	M	kN・m	漂流物対策工基礎スラブに生じる曲げモーメント
	N	kN	漂流物対策工基礎スラブに生じる軸力
	Q	kN	漂流物対策工基礎スラブに生じるせん断力
基礎地盤	$R_u$	N/mm <sup>2</sup>	極限支持力度
	$f'_a$	N/mm <sup>2</sup>	支圧強度
	$R_d$	N/mm <sup>2</sup>	基礎地盤の最大接地圧

#### 4.2 評価対象断面

防波扉（荷揚場南）の評価対象断面は，防波扉（荷揚場南）の構造上の特徴を踏まえ選定する。防波扉及び漂流物対策工の扉体軸方向が強軸方向であるため，弱軸方向である防波扉及び漂流物対策工の扉体直交方向の断面とする。

防波扉（荷揚場南）の評価対象断面位置図を図 4-1 に，縦断面図を図 4-2 に示す。

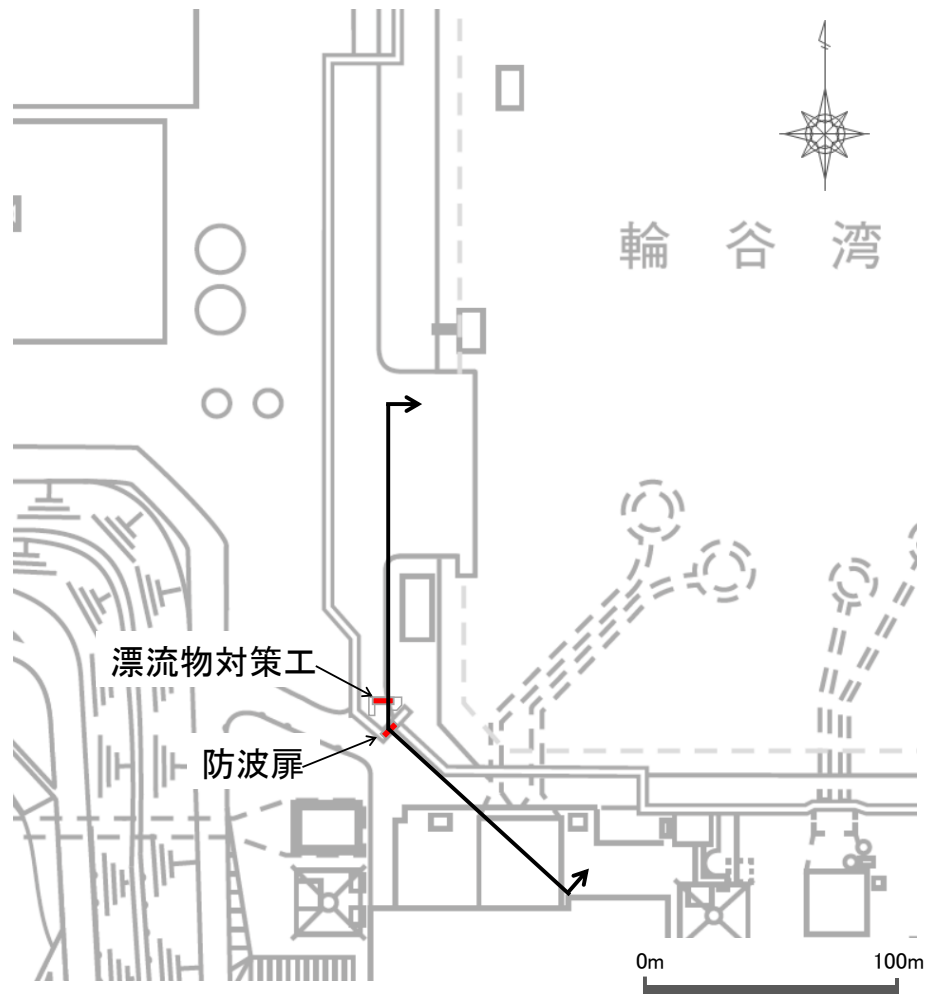


図 4-1 防波扉（荷揚場南）の評価対象断面位置図

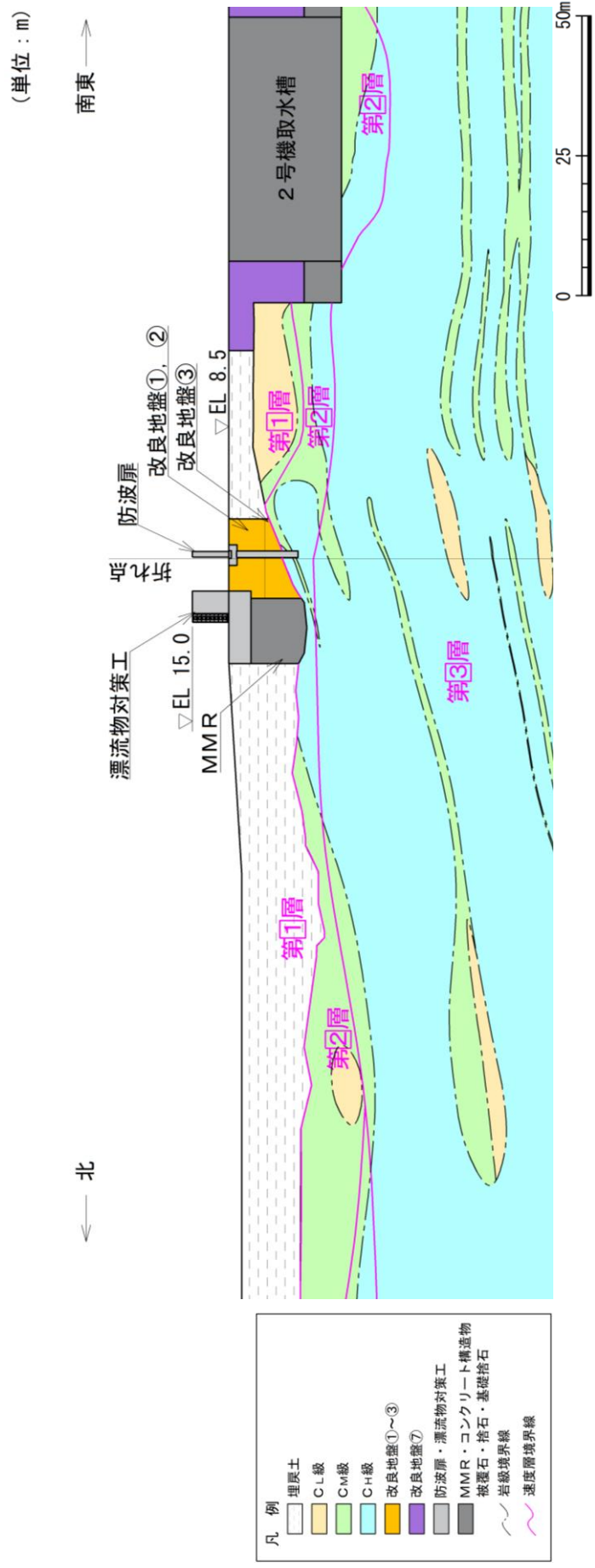


図 4-2 防波扉（荷揚場南）の縦断面図

#### 4.3 解析方法

防波扉（荷揚場南）の地震応答解析は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」のうち、「2.3 屋外重要土木構造物」に示す解析方法及び解析モデルを踏まえて実施する。

地震応答解析は、構造物と地盤の相互作用を考慮できる２次元有限要素法を用いて、基準地震動  $S_s$  に基づき設定した水平地震動と鉛直地震動の同時加振による逐次時間積分の時刻歴応答解析により行うこととする。地震時における地盤の有効応力の変化に伴う影響を考慮するため、解析方法は有効応力解析とする。

構造部材については、線形はり要素（ビーム要素）及び線形の平面ひずみ要素でモデル化する。また、地盤については地盤のひずみ依存性を適切に考慮できるようモデル化する。

地震応答解析については、解析コード「FLIP」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

##### 4.3.1 施設

防波扉基礎スラブ及び防波扉（鋼管杭）は線形はり要素（ビーム要素）でモデル化し、防波扉（鋼製扉体）は付加重量として考慮する。

また、漂流物対策工戸当り（RC支柱）は線形はり要素（ビーム要素）でモデル化し、漂流物対策工（鋼製扉体）は付加重量として考慮する。漂流物対策工基礎スラブは、線形の平面ひずみ要素としてモデル化する。

#### 4.3.2 地盤物性のばらつき

防波扉（荷揚場南）の地震時の応答は、周辺地盤との相互作用によることから、地盤物性のばらつきの影響を考慮する。地盤物性のばらつきについては、表 4-3 に示す解析ケースにおいて考慮する。

図 4-2 に示すとおり、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防波扉（荷揚場南）の応答に与える影響が大きいと考えられる。このうち、広範囲に分布しており、応答に与える影響が大きいと考えられる埋戻土の物性（初期せん断弾性係数）のばらつきについて影響を確認する。

詳細な解析ケースの考え方は、「4.3.4 解析ケース」に示す。

表 4-3 解析ケース

解析ケース	地盤物性	
	埋戻土 ( $G_0$ : 初期せん断弾性係数)	岩盤 ( $G_d$ : 動せん断弾性係数)
ケース① (基本ケース)	平均値	平均値
ケース②	平均値 + $1\sigma$	平均値
ケース③	平均値 - $1\sigma$	平均値

#### 4.3.3 減衰定数

Rayleigh 減衰を考慮することとし、剛性比例型減衰 ( $\alpha=0$ ,  $\beta=0.002$ ) を設定する。

#### 4.3.4 解析ケース

耐震評価においては、すべての基準地震動  $S_s$  に対し、解析ケース①（基本ケース）を実施する。すべての基準地震動  $S_s$  に対して実施した解析ケース①（基本ケース）において、各照査値が最も厳しい地震動を用いて、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 4-4 に示す。

表 4-4 耐震計価における解析ケース

解析ケース		ケース①	ケース②	ケース③
		基本 ケース	地盤物性のばらつき (+1σ) を考慮し た解析ケース	地盤物性のばらつき (-1σ) を考慮した 解析ケース
地盤物性		平均値	平均値+1σ	平均値-1σ
地震動 (位相)	S <sub>s</sub> -D	(++)*	○	基準地震動 S <sub>s</sub> (6波) に位相反転を考慮した地震動 (6波) を加えた全 12 波に対し、ケース① (基本ケース) を実施し、曲げ・軸力系の破壊、せん断破壊及び基礎地盤の支持力照査の各照査項目ごとに照査値が 0.5 を超える照査項目に対して、最も厳しい (許容限界に対する裕度が最も小さい) 地震動を用いてケース②及び③を実施する。 すべての照査項目の照査値がいずれも 0.5 以下の場合、照査値が最も厳しくなる地震動を用いてケース②及び③を実施する。
		(-+)*	○	
		(+-)*	○	
		(--)*	○	
	S <sub>s</sub> -F 1	(++)*	○	
	S <sub>s</sub> -F 2	(++)*	○	
	S <sub>s</sub> -N 1	(++)*	○	
		(-+)*	○	
	S <sub>s</sub> -N 2	(++)*	○	
	(NS)	(-+)*	○	
S <sub>s</sub> -N 2	(++)*	○		
(EW)	(-+)*	○		

注記\* : 地震動の位相について、(++) の左側は水平動、右側は鉛直動を表し、「-」は位相を反転させたケースを示す。

#### 4.4 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。

##### 4.4.1 耐震評価上考慮する状態

防波扉（荷揚場南）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

積雪荷重及び風荷重を考慮する。

###### (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。

##### 4.4.2 荷重

防波扉（荷揚場南）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（鋼製扉体を含む）を考慮する。

###### (2) 積載荷重（P）

積載荷重として、土圧及び水圧を考慮する。

###### (3) 積雪荷重（P<sub>s</sub>）

積雪荷重として、発電所最寄りの気象官署である松江地方気象台（松江市）での観測記録（1941～2018年）より、観測史上1位の月最深積雪100cm（1971年2月4日）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35.0cmとする。

積雪荷重については、「松江市建築基準法施行細則（平成17年3月31日松江市規則第234号）」により、積雪量1cmごとに20N/m<sup>2</sup>の積雪荷重が作用することを考慮し設定する。

###### (4) 風荷重（P<sub>k</sub>）

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

###### (5) 地震荷重（S<sub>s</sub>）

基準地震動S<sub>s</sub>による荷重を考慮する。



#### 4.4.3 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 4-5 に示す。

表 4-5 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
地震時 (S <sub>s</sub> )	G + P + P <sub>s</sub> + P <sub>k</sub> + S <sub>s</sub>

G : 固定荷重

P : 積載荷重

P<sub>s</sub> : 積雪荷重

P<sub>k</sub> : 風荷重

S<sub>s</sub> : 地震荷重 (基準地震動 S<sub>s</sub>)

#### 4.5 入力地震動

入力地震動は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」のうち「2.3 屋外重要土木構造物」に示す入力地震動の設定方針を踏まえて設定する。

地震応答解析に用いる入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動  $S_s$  を一次元波動論により地震応答解析モデル下端位置で評価したものをを用いる。なお、入力地震動の設定に用いる地下構造モデルは、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」のうち「7.1 入力地震動の設定に用いる地下構造モデル」を用いる。

図4-3に入力地震動算定の概念図を、図4-4～図4-15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」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、VI-5「計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

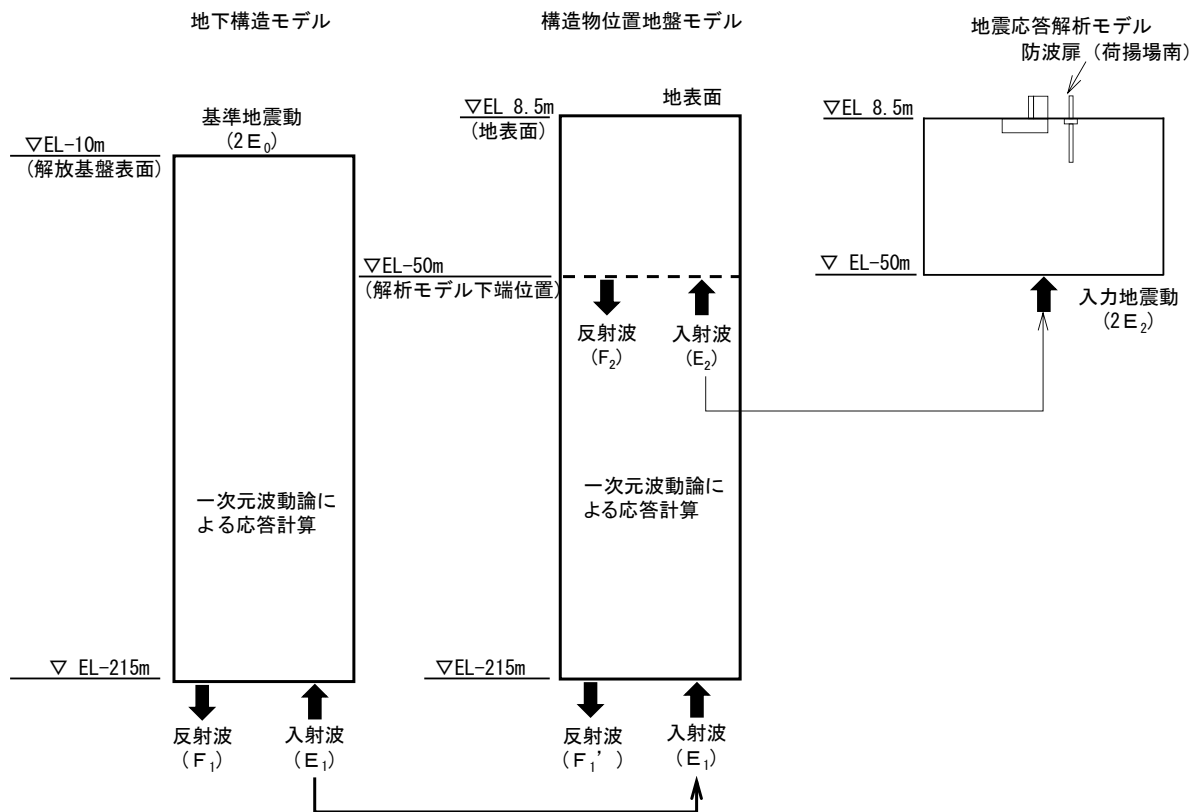
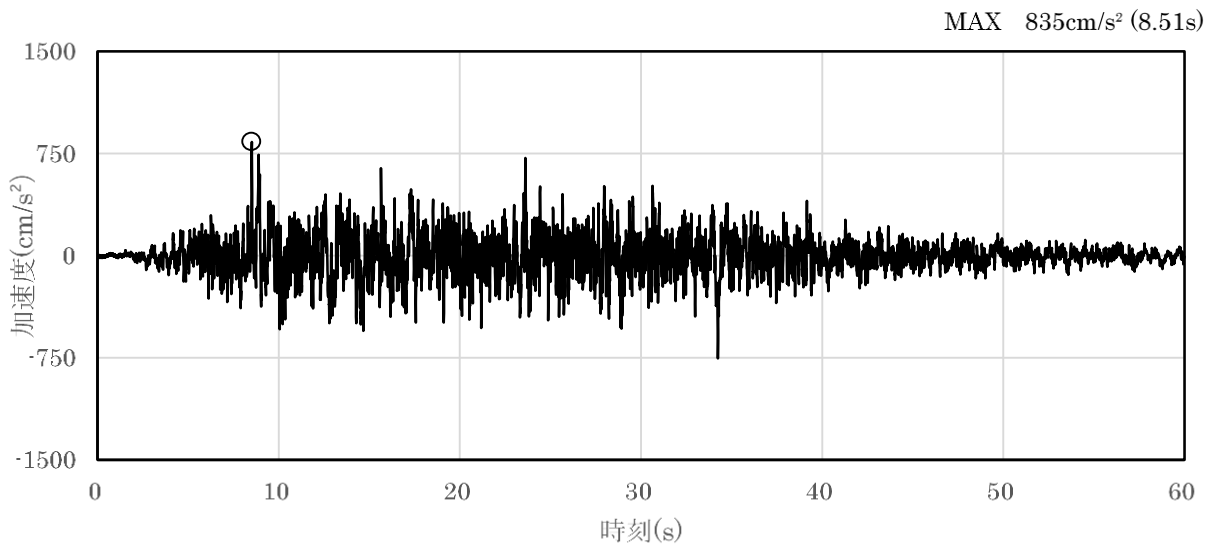
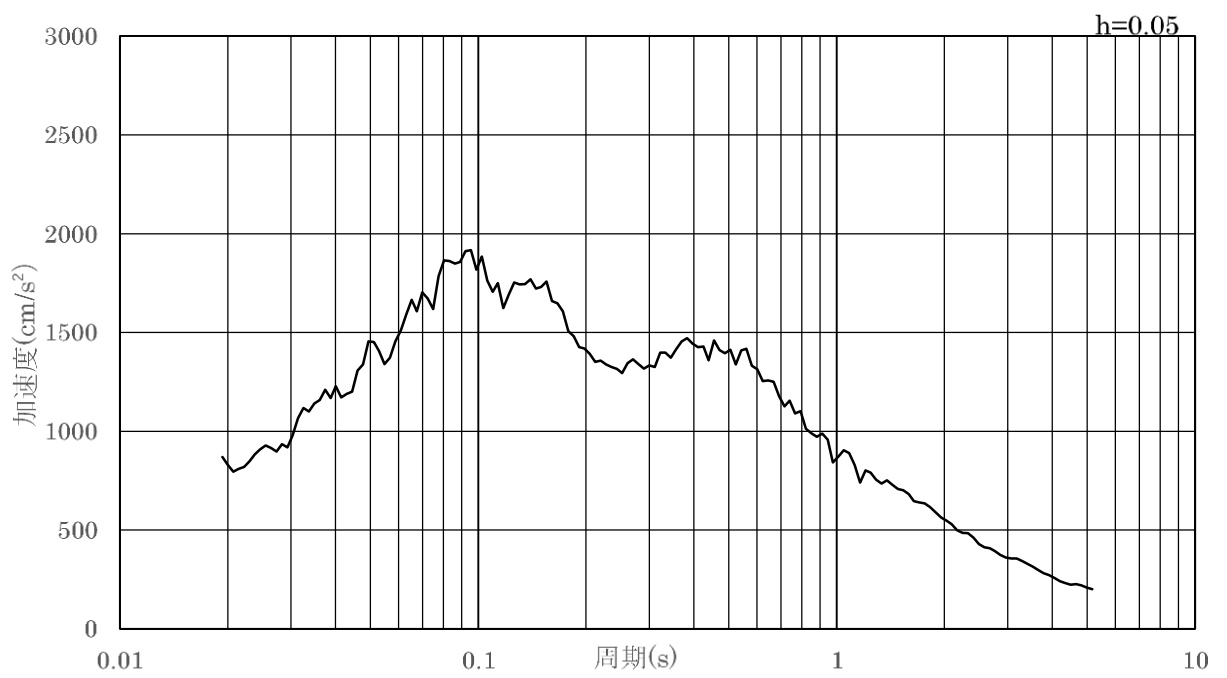


図4-3 入力地震動算定の概念図

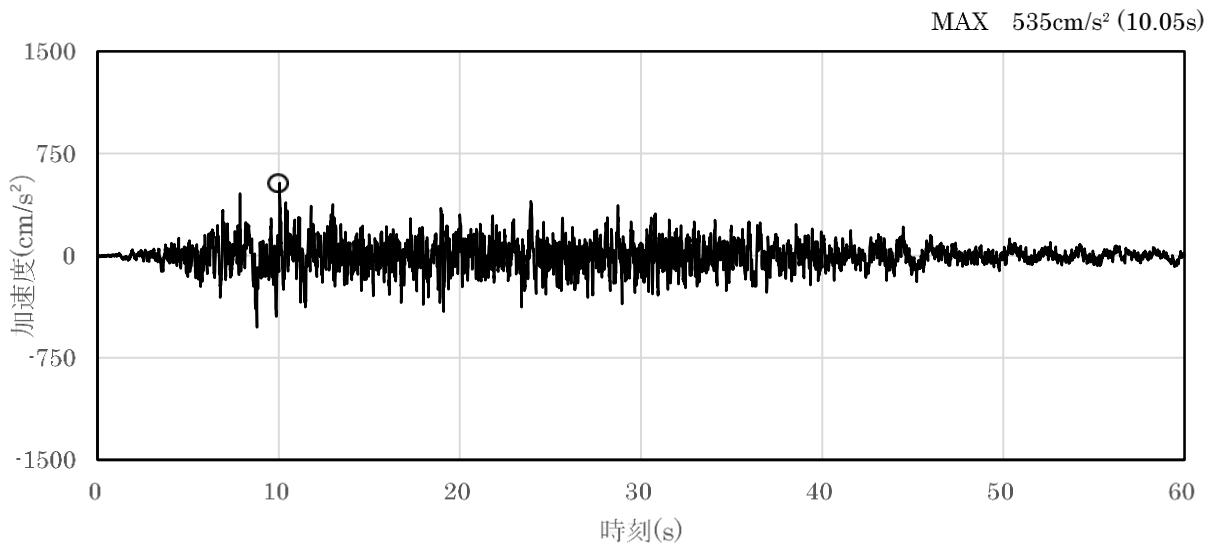


(a) 加速度時刻歴波形

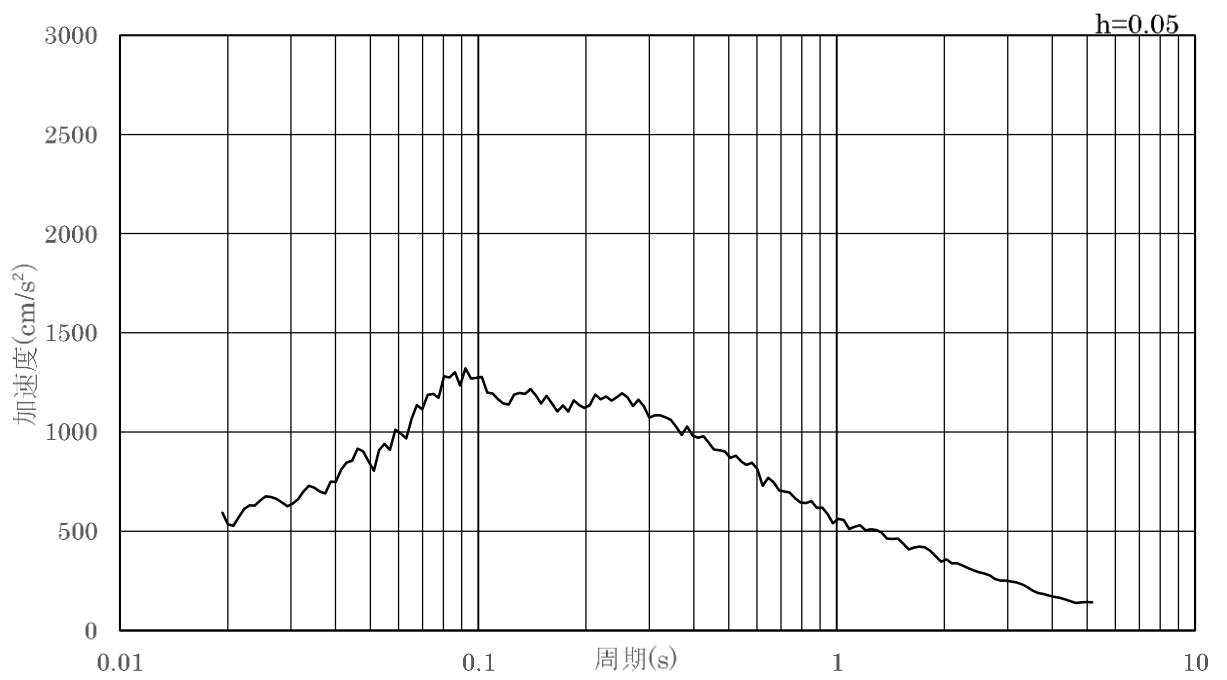


(b) 加速度応答スペクトル

図 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  
(水平成分：S s - D)

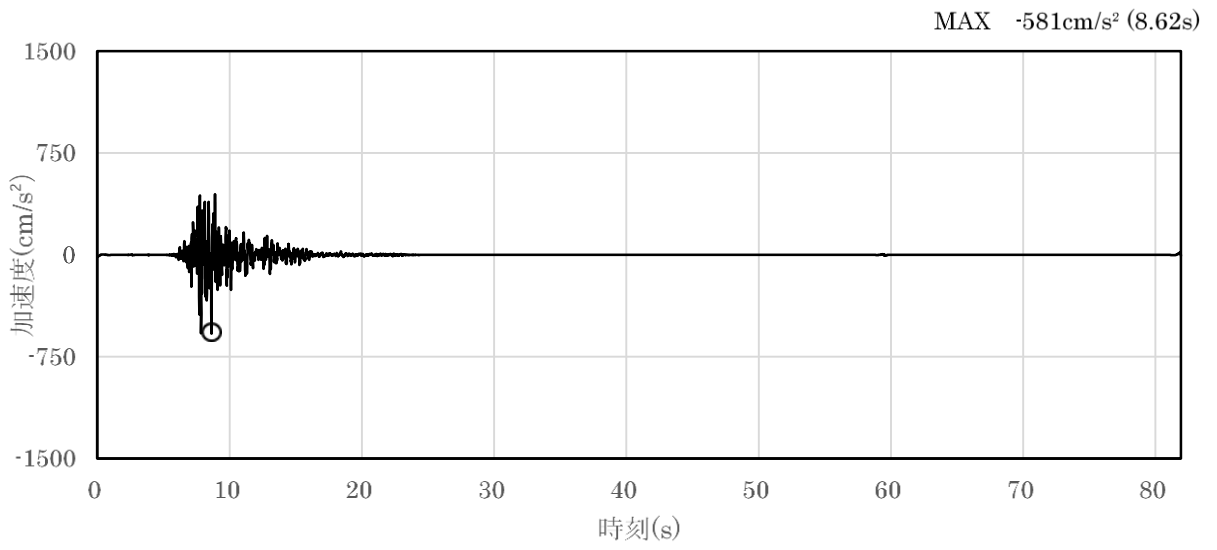


(a) 加速度時刻歴波形

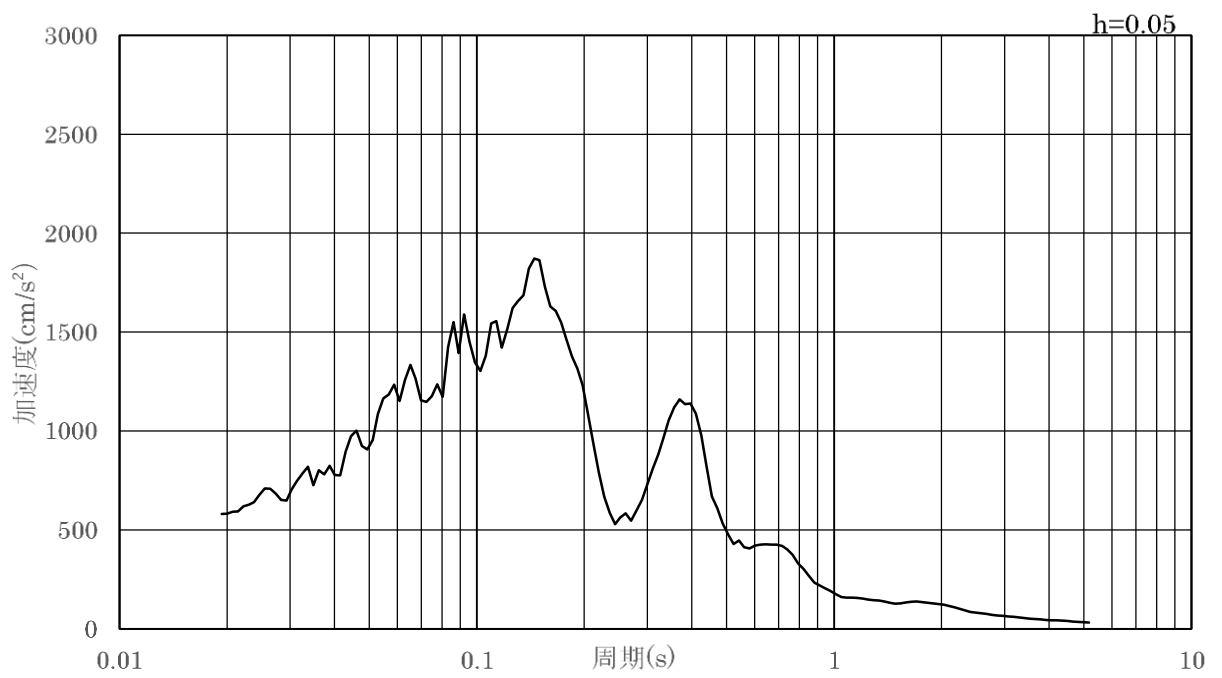


(b) 加速度応答スペクトル

図 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  
(鉛直成分：S s - D)

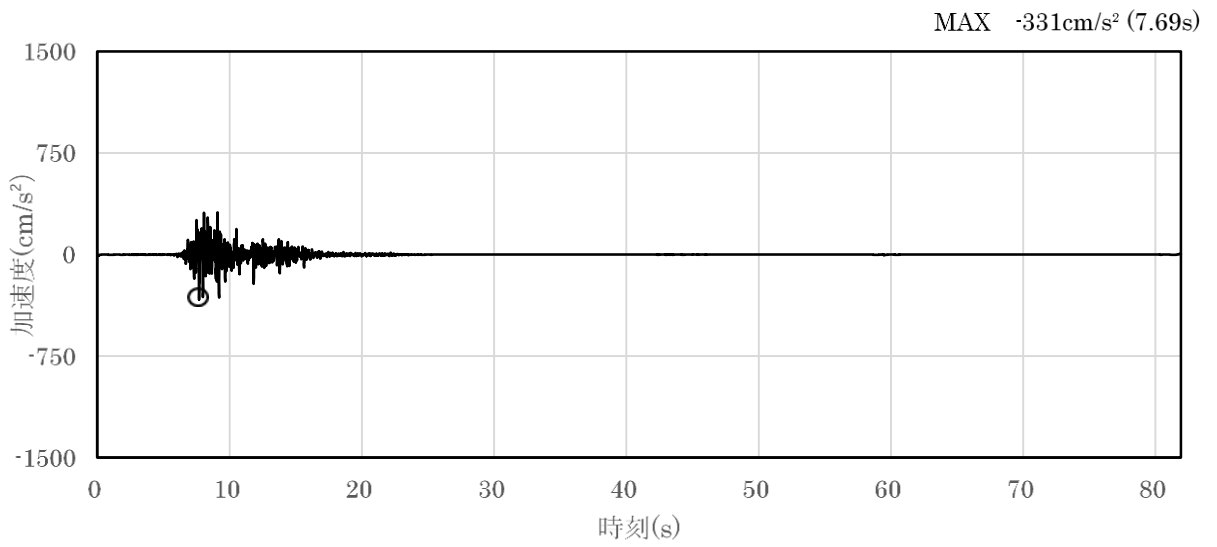


(a) 加速度時刻歴波形

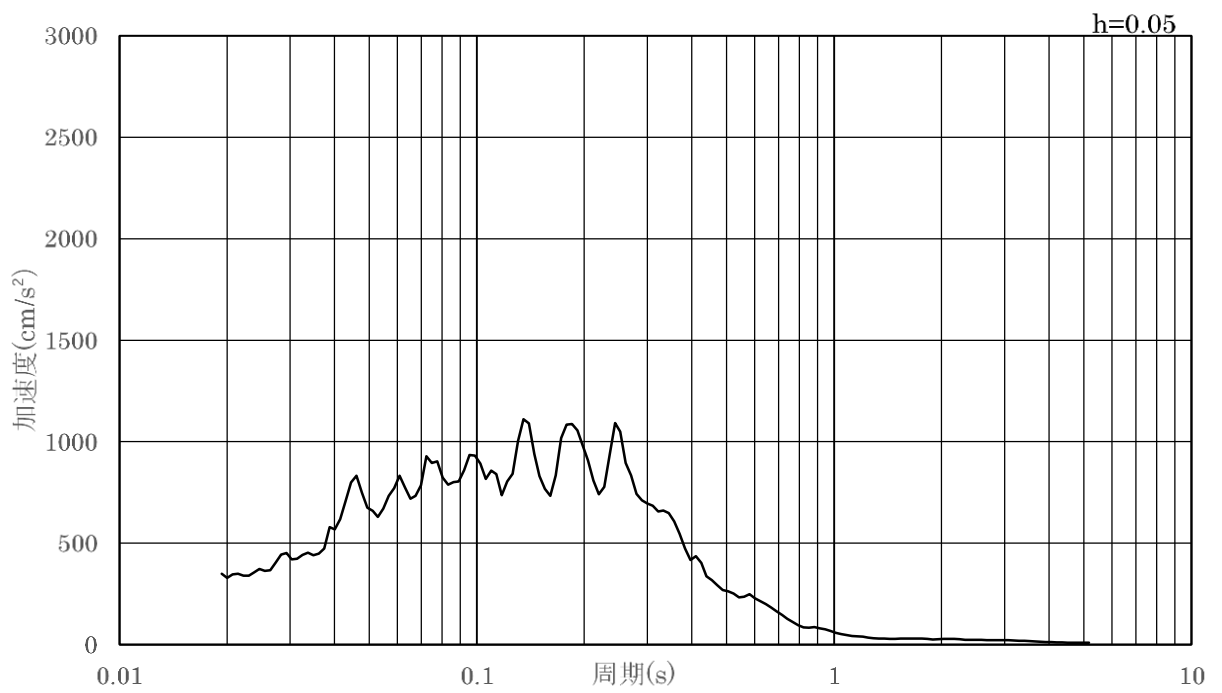


(b) 加速度応答スペクトル

図 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  
(水平成分 : S s - F 1)

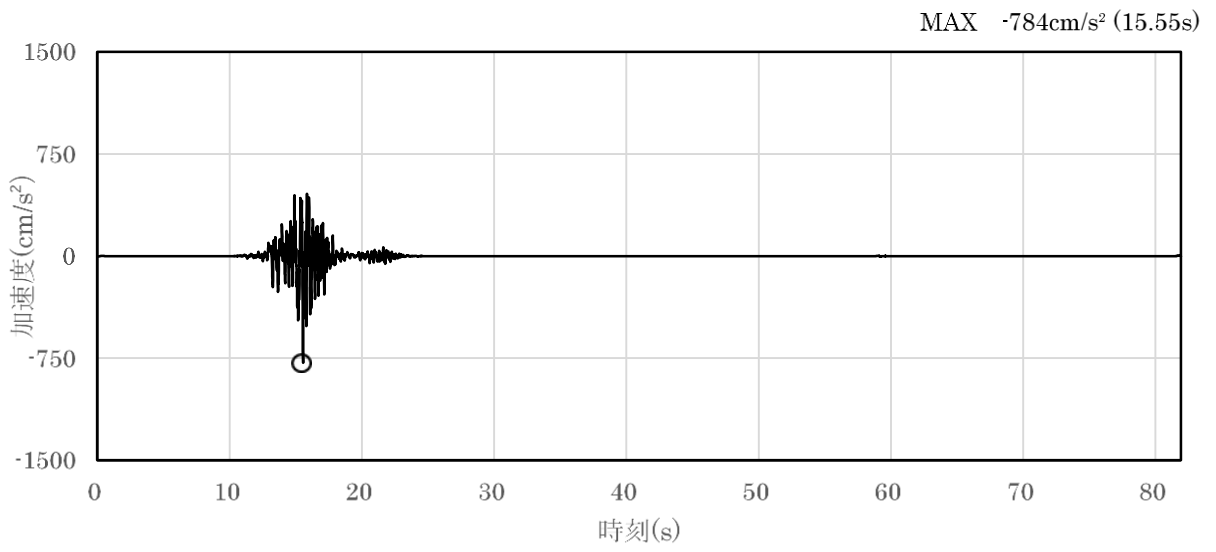


(a) 加速度時刻歴波形

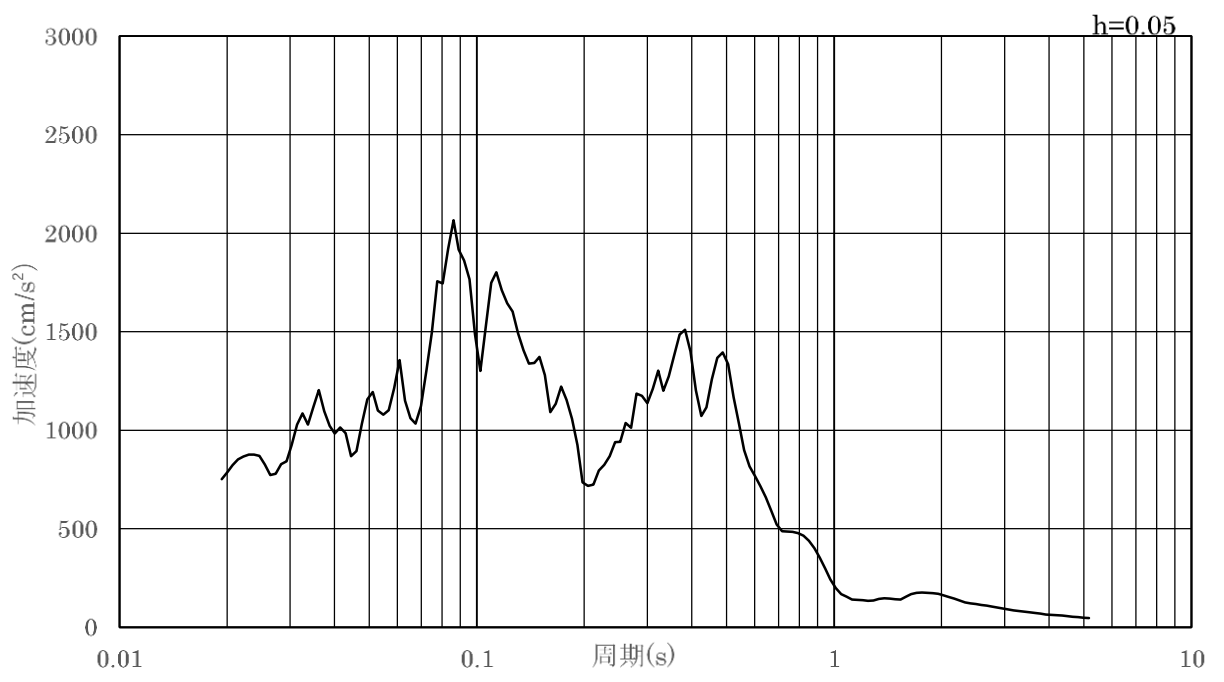


(b) 加速度応答スペクトル

図 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  
(鉛直成分：S s - F 1)

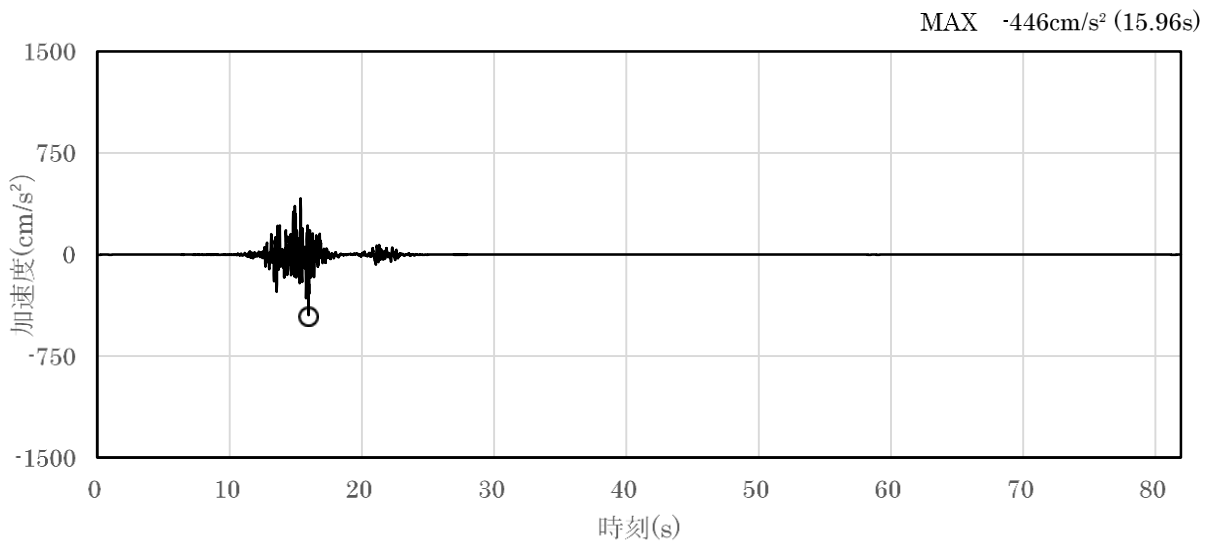


(a) 加速度時刻歴波形

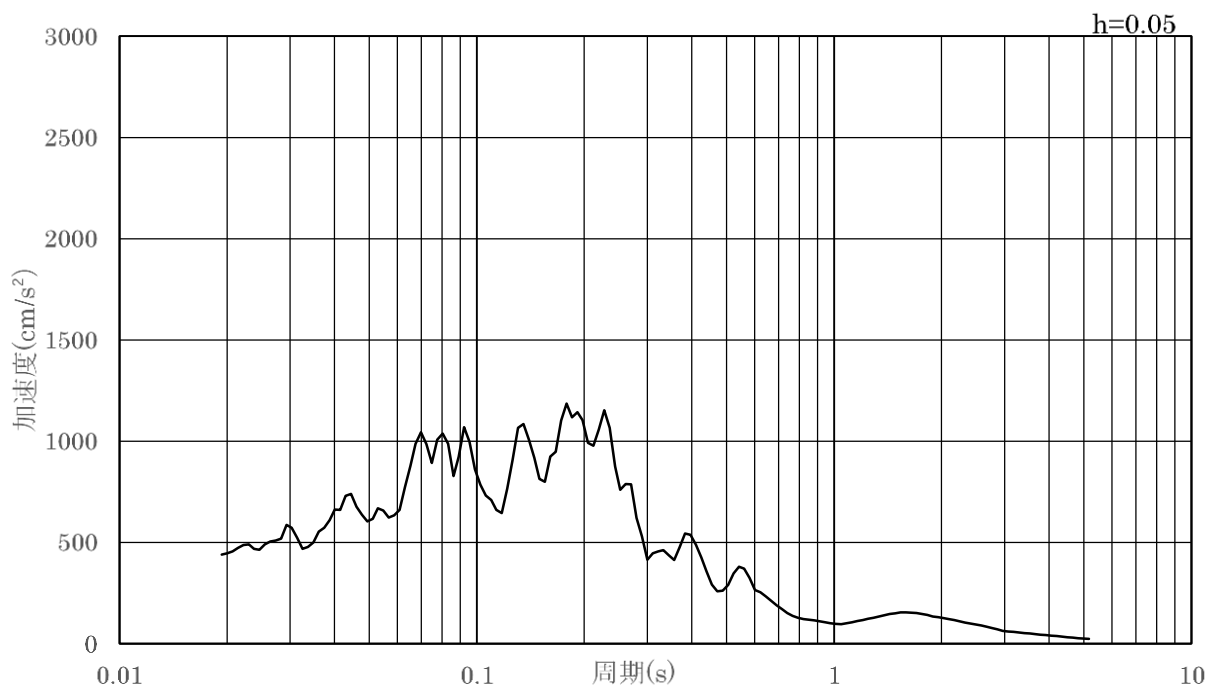


(b) 加速度応答スペクトル

図 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  
(水平成分：S s - F 2)



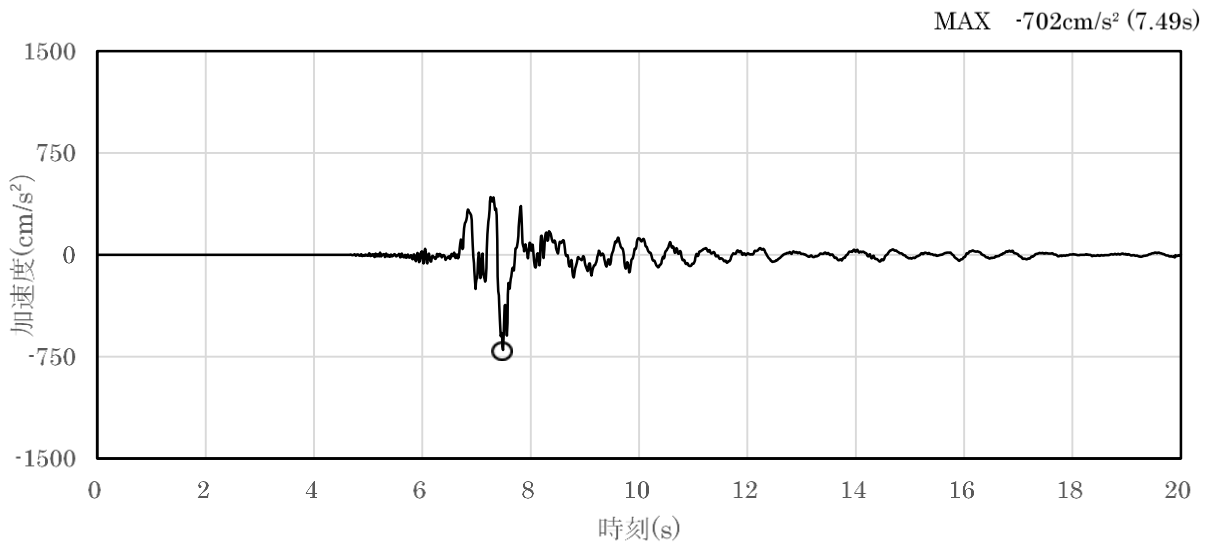
(a) 加速度時刻歴波形



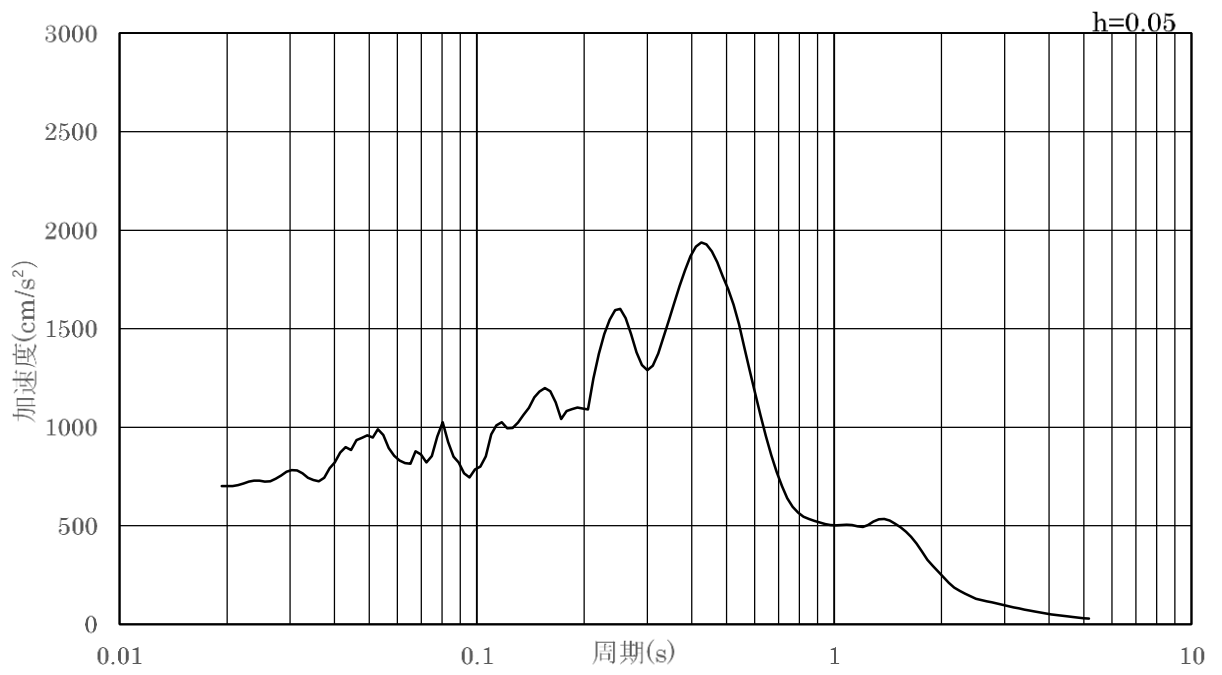
(b) 加速度応答スペクトル

図 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  
(鉛直成分：S s - F 2)



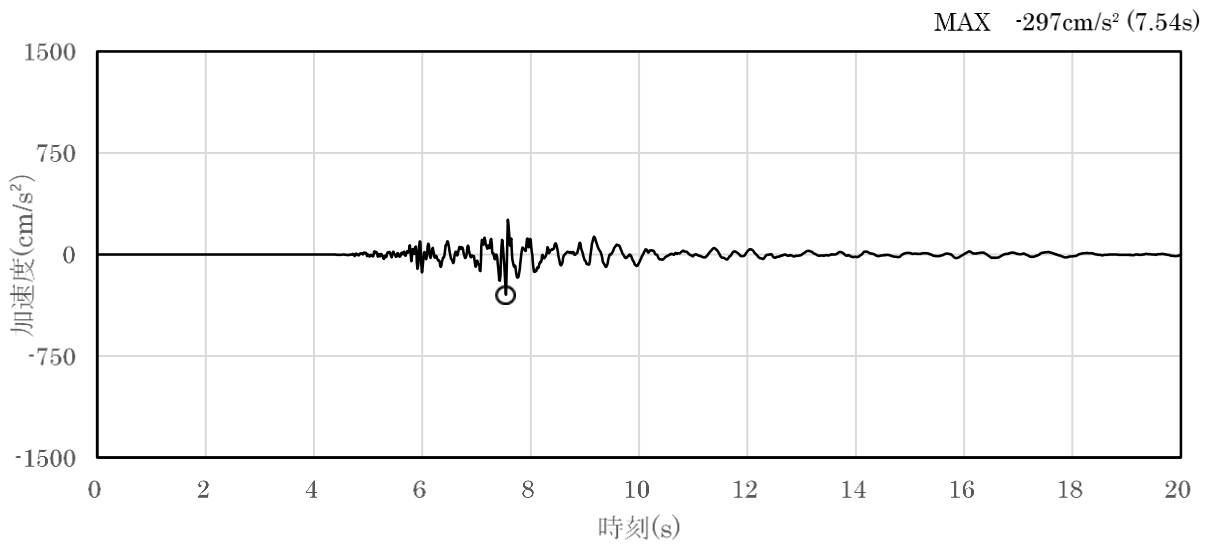


(a) 加速度時刻歴波形

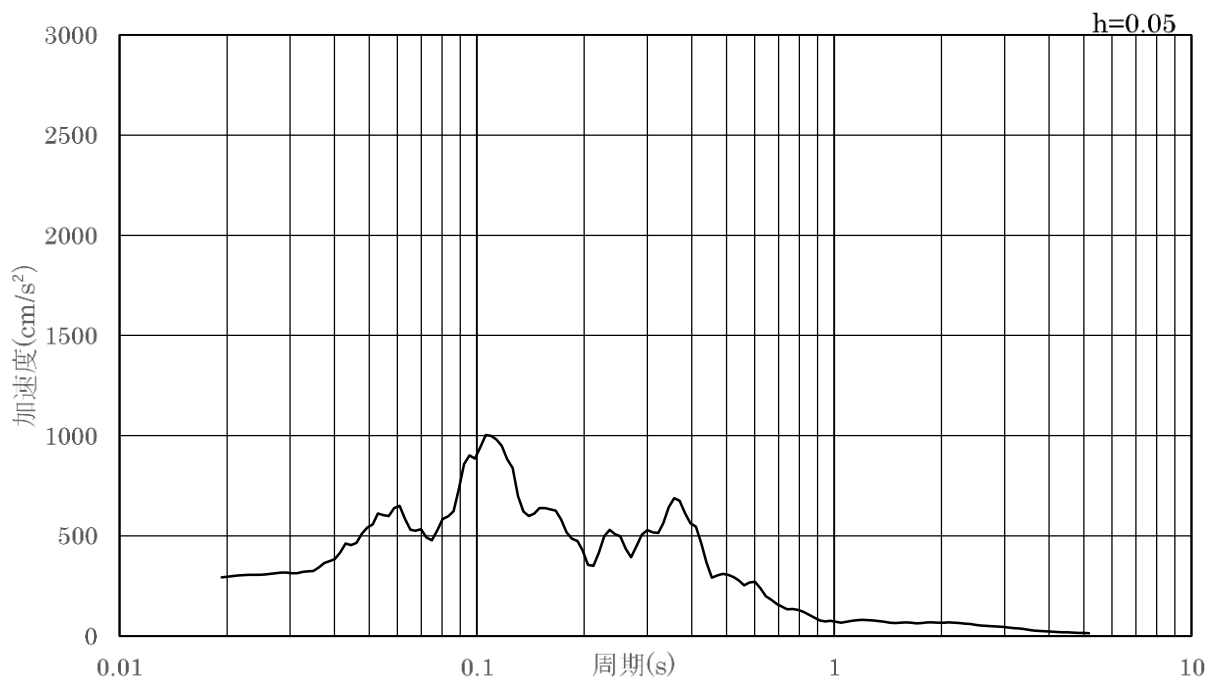


(b) 加速度応答スペクトル

図 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  
(水平成分：S s - N 1)

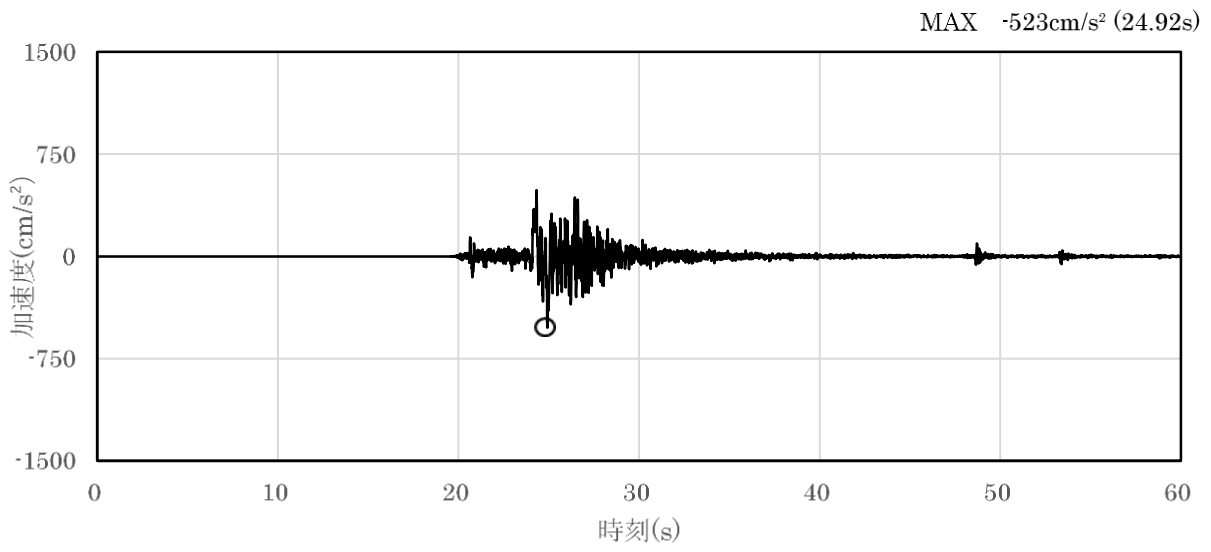


(a) 加速度時刻歴波形

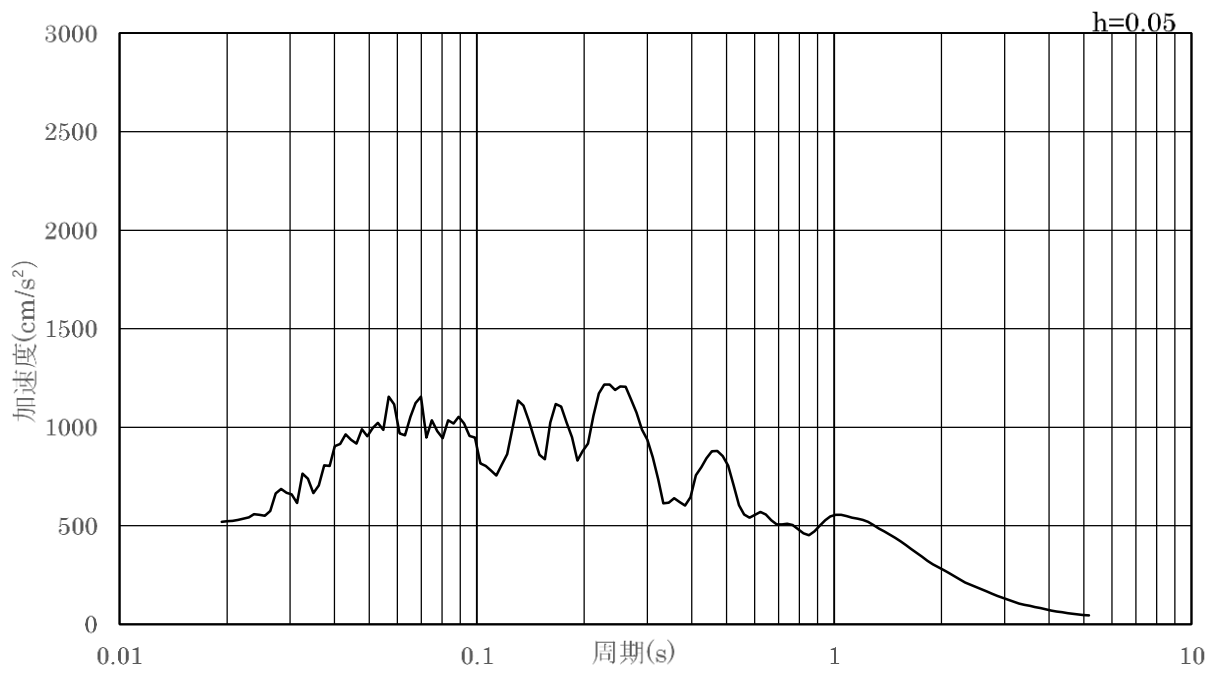


(b) 加速度応答スペクトル

図 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  
(鉛直成分：S s - N 1)

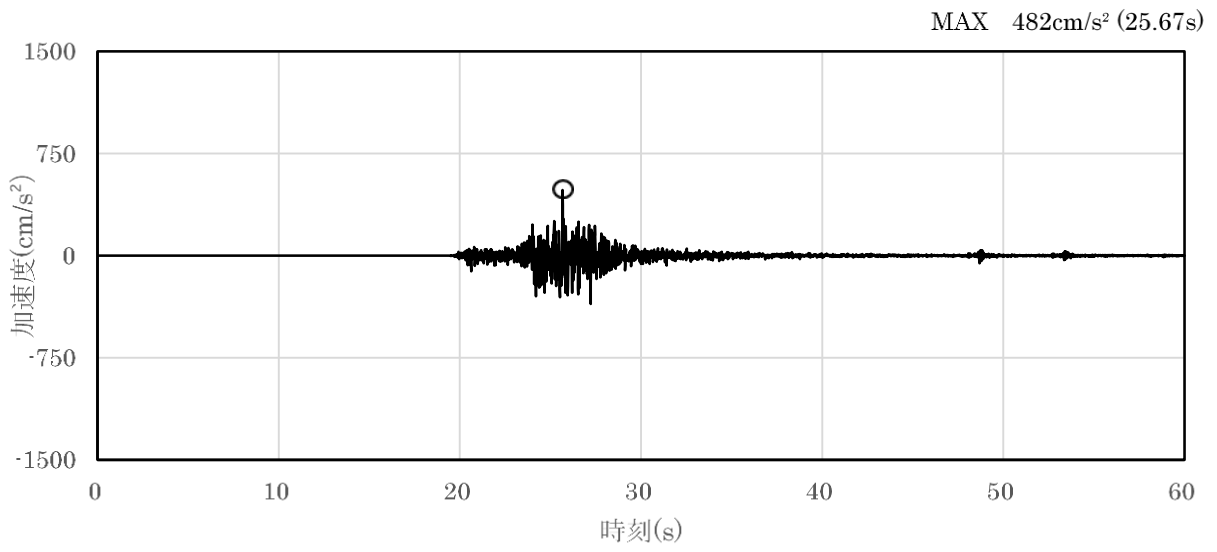


(a) 加速度時刻歴波形

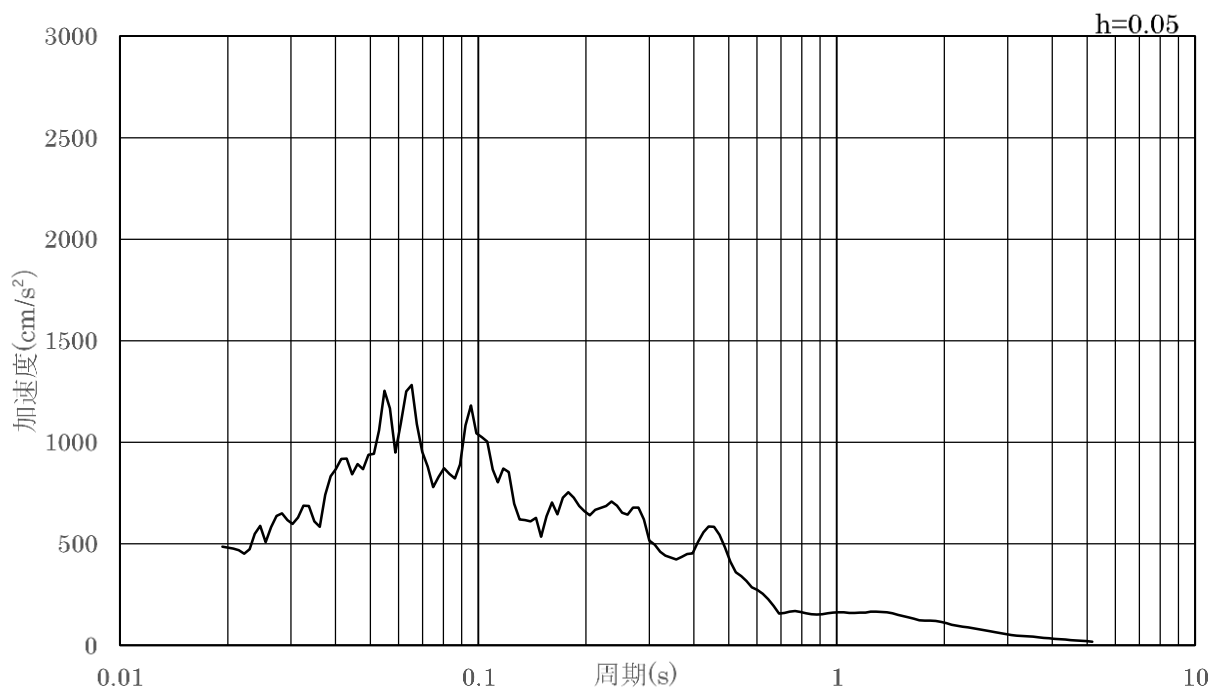


(b) 加速度応答スペクトル

図 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  
(水平成分：S s - N 2 ( N S ) )

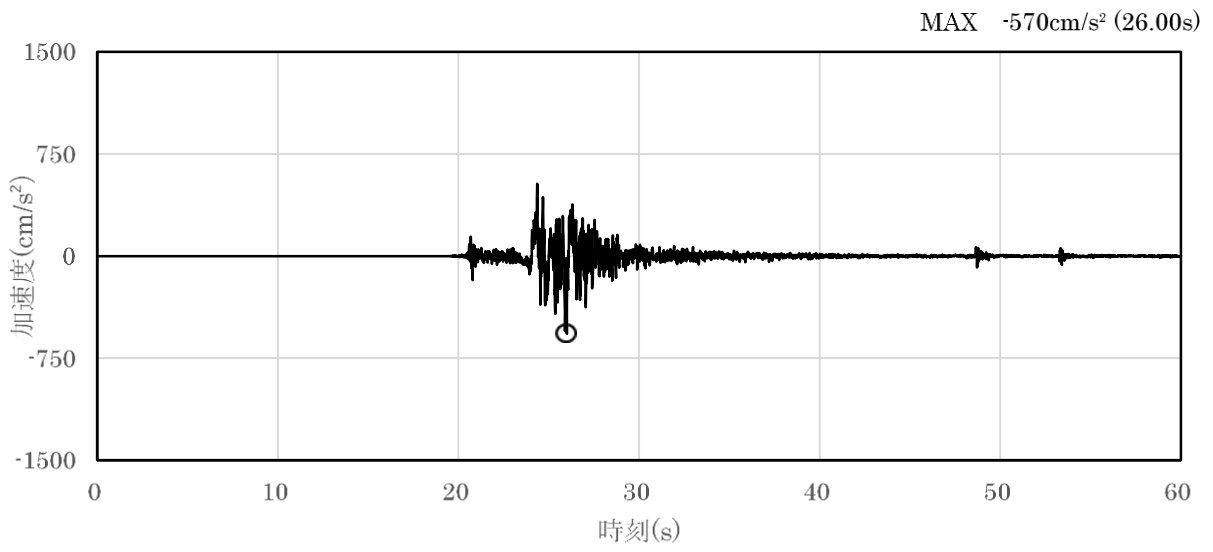


(a) 加速度時刻歴波形

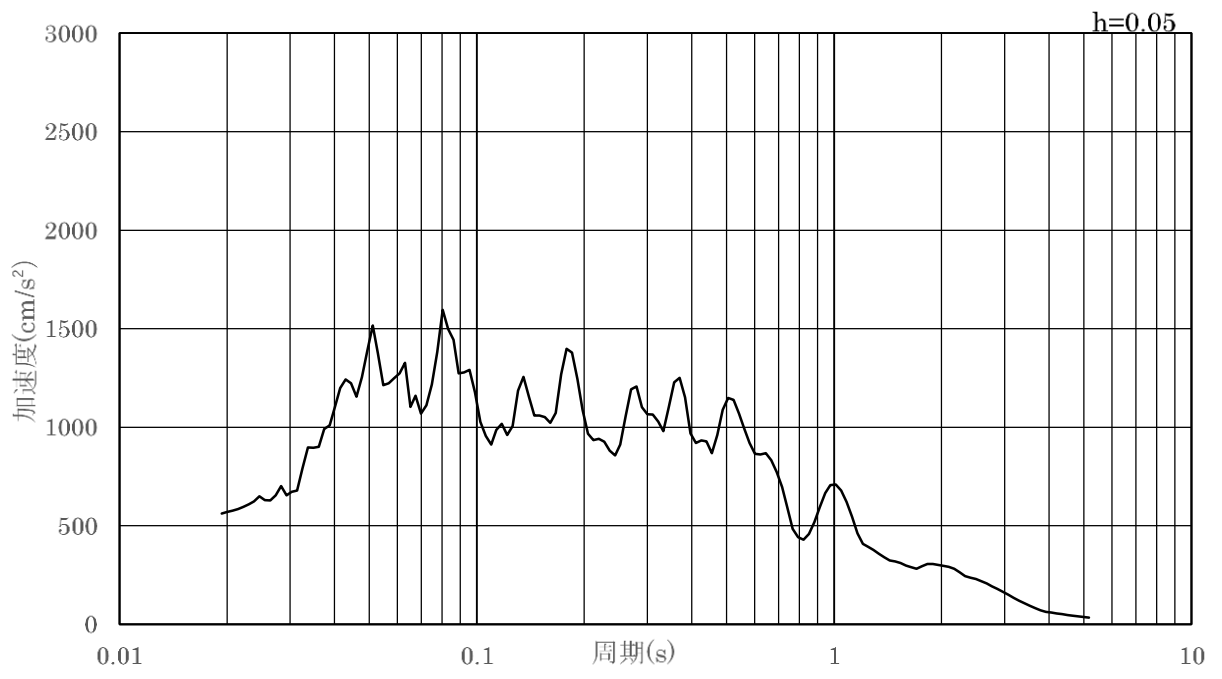


(b) 加速度応答スペクトル

図 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  
(鉛直成分：S s - N 2 (N S) )

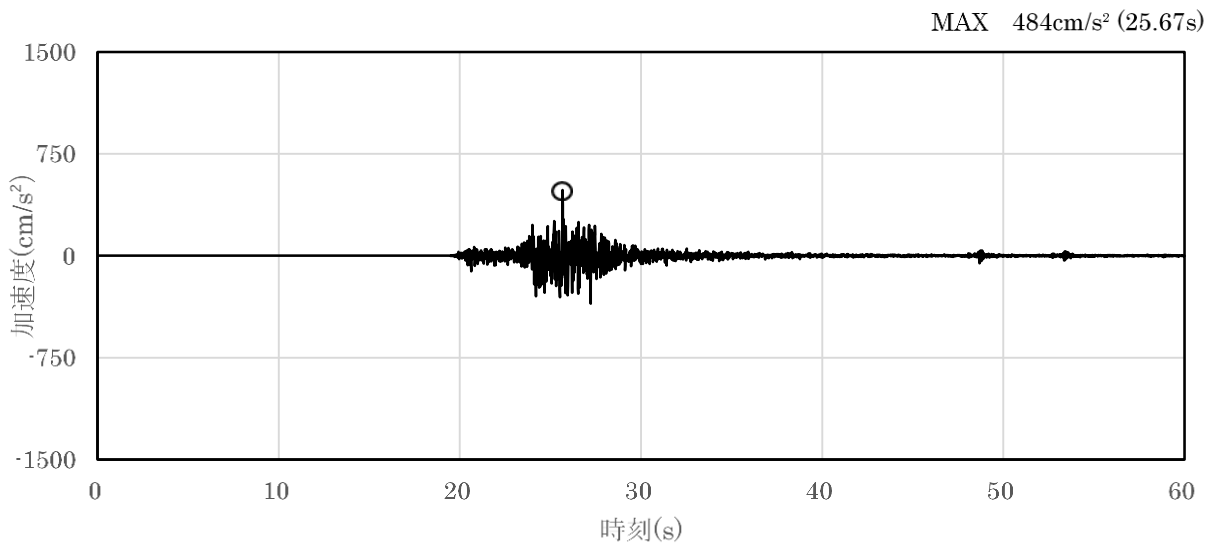


(a) 加速度時刻歴波形

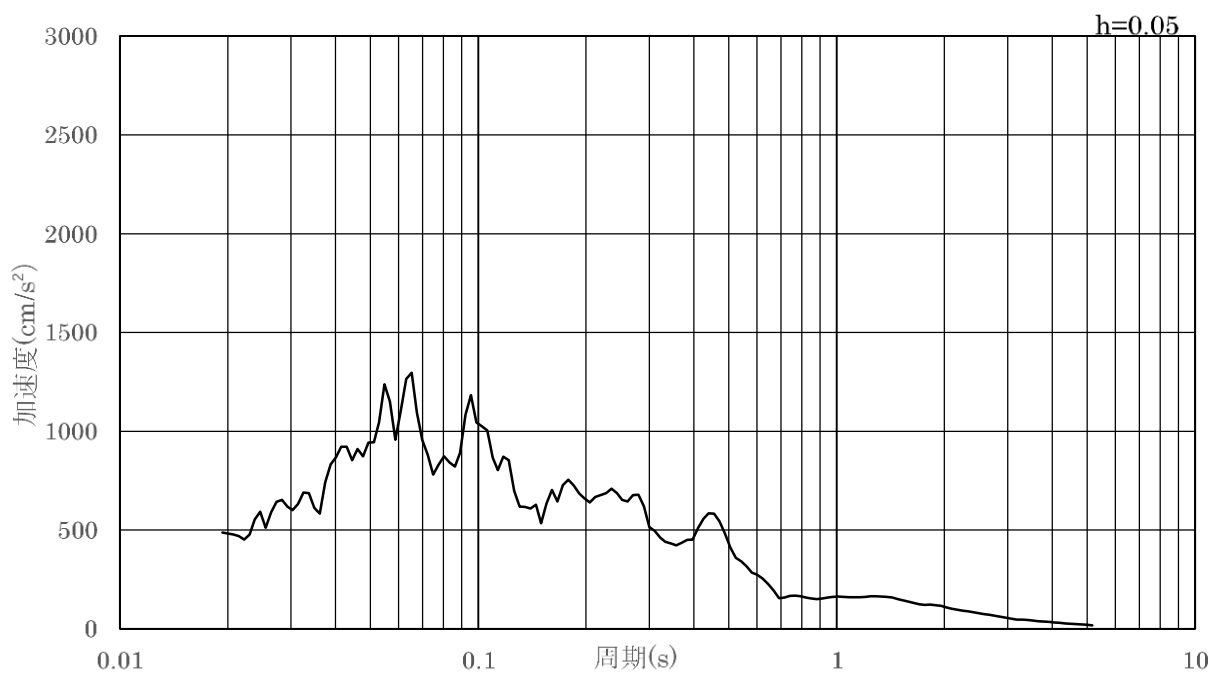


(b) 加速度応答スペクトル

図 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  
(水平成分 : S s - N 2 ( E W ) )



(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

図 4-15 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直成分：S s - N 2 (E W) )

## 4.6 解析モデル及び諸元

### 4.6.1 解析モデル

防波扉（荷揚場南）の地震応答解析モデルを図 4-16 に示す。

#### (1) 解析領域

地震応答解析モデルは、「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）」を参考に、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。

#### (2) 境界条件

常時応力解析時の境界条件は底面固定とし、側方は自重等による地盤の鉛直方向の変形を拘束しないよう鉛直ローラーとする。

また、地震応答解析時の境界条件は、2次元有限要素法における半無限地盤を模擬するため、粘性境界を設ける。

#### (3) 構造物のモデル化

防波扉戸当り（R C 支柱）、防波扉基礎スラブ及び防波扉（鋼管杭）は線形はり要素（ビーム要素）でモデル化し、防波扉（鋼製扉体）は付加重量として考慮する。

また、漂流物対策工戸当り（R C 支柱）は線形はり要素（ビーム要素）でモデル化し、漂流物対策工基礎スラブは、線形の平面ひずみ要素としてモデル化する。漂流物対策工（鋼製扉体）は付加重量として考慮する。

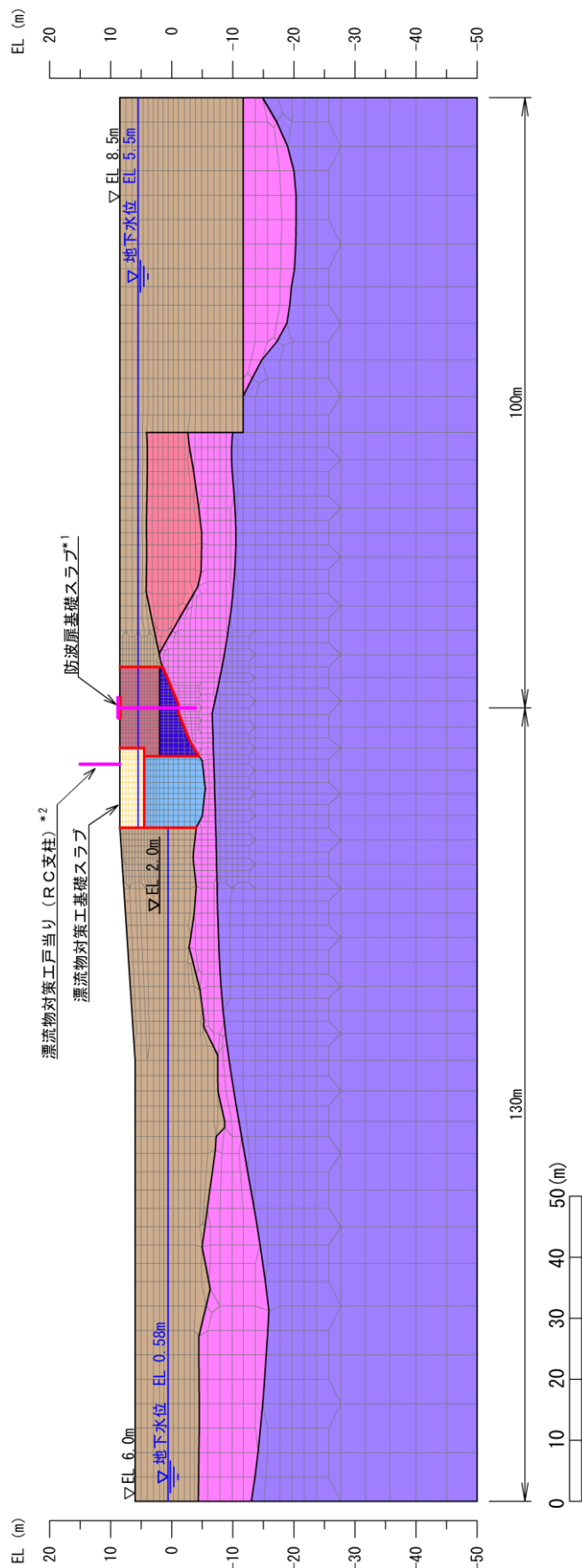
#### (4) 地盤のモデル化

岩盤は線形の平面ひずみ要素でモデル化する。

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。

#### (5) ジョイント要素の設定

地震時の施設及び地盤の接合面における剥離及びすべりを考慮するため、「港湾の施設の技術上の基準・同解説（国土交通省港湾局，2007年版）」及び「港湾構造物設計事例集（沿岸技術研究センター，平成19年3月）」に準拠して、これらの接合面にジョイント要素を設定する。



注記\*1: 鋼管杭との接続位置において、防波扉（鋼製扉体）を付加質量として考慮する。  
 \*2: 線形はり要素において、漂流物対策工（鋼製扉体）を付加質量として考慮する。

図 4-16 防波扉（荷揚場南）の解析モデル（評価対象断面）



#### 4.6.2 使用材料及び材料の物性値

耐震評価に用いる材料定数は、適用基準類を基に設定する。使用材料を表 4-6 に、材料の物性値を表 4-7 に示す。

表 4-6(1) 使用材料 (防波扉)

材料		諸元
防波扉戸当り (RC 支柱) 防波扉基礎スラブ	鉄筋	SD345
	コンクリート	設計基準強度 : 24N/mm <sup>2</sup>
防波扉 (鋼製扉体)		SM490, SS400
防波扉 (鋼管杭) *		φ 1200mm (SKK490) t=25mm

注記\* : 「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) 」に基づき腐食代 1mm を考慮する。

表 4-6(2) 使用材料 (漂流物対策工)

材料		諸元
漂流物対策工戸当り (RC 支柱) 漂流物対策工基礎スラブ	鉄筋	SD345
	コンクリート	設計基準強度 : 40N/mm <sup>2</sup>
漂流物対策工 (鋼製扉体)		SBHS700, SM570

表 4-7(1) 材料の物性値 (防波扉)

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
鉄筋コンクリート	24.0* <sup>1</sup>	2.5×10 <sup>4</sup> * <sup>1</sup>	0.2* <sup>1</sup>
鋼管杭	77.0* <sup>2</sup>	2.0×10 <sup>5</sup> * <sup>2</sup>	0.3* <sup>2</sup>

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)

表 4-7(2) 材料の物性値 (漂流物対策工)

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
鉄筋コンクリート	24.0*	3.1×10 <sup>4</sup> *	0.2*

注記\* : 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)

#### 4.6.3 地盤の物性値

地盤の物性値は，VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値を用いる。

地盤のうち改良地盤①～③の残留強度及び引張強度を表4-8のとおり設定する。

表 4-8 改良地盤①～③の残留強度及び引張強度

地盤	残留強度		引張強度 $\sigma_t$ (N/mm <sup>2</sup> )
	$c'$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\phi'$ (°)	
改良地盤①, ②	0.091	46.08	0.258
改良地盤③	0.205	42.71	0.495

#### 4.6.4 地下水位

設計地下水位は，VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に従い設定する。設計地下水位を表4-9に示す。

表 4-9 設計地下水位

施設名称	設計地下水位
防波扉（荷揚場南）	漂流物対策工より陸側：EL 5.5m 漂流物対策工より海側：EL 0.58m

#### 4.7 評価対象部位

評価対象部位は、防波扉（荷揚場南）の構造上の特徴を踏まえ設定する。

##### 4.7.1 施設・地盤の健全性評価

###### (1) 防波扉

施設・地盤の健全性評価に係る評価対象部位は、防波扉（鋼製扉体）、防波扉戸当り（RC支柱）、防波扉基礎スラブ、防波扉（鋼管杭）及び改良地盤①～③とする。

###### (2) 漂流物対策工

施設・地盤の健全性評価に係る評価対象部位は、漂流物対策工（鋼製扉体）、漂流物対策工戸当り（RC支柱）、漂流物対策工基礎スラブとする。

##### 4.7.2 基礎地盤の支持性能評価

###### (1) 防波扉

基礎地盤の支持性能評価に係る評価対象部位は、防波扉を支持する基礎地盤（岩盤）とする。

###### (2) 漂流物対策工

基礎地盤の支持性能評価に係る評価対象部位は、漂流物対策工を支持する基礎地盤（MMR、改良地盤及び岩盤）とする。

#### 4.8 許容限界

許容限界は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。

##### 4.8.1 防波扉

###### (1) 防波扉（鋼製扉体）

防波扉（鋼製扉体）の許容限界は、「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）」に基づき、表 4-10 に示す短期許容応力度とする

表 4-10(1) 防波扉（鋼製扉体）の許容限界

部材	材質	許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )		短期許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )
主横桁	SM490	許容曲げ応力度 $\sigma_{ca}$	160	240
		許容せん断応力度 $\tau_a$	90	135
補助縦桁	SS400	許容曲げ応力度 $\sigma_{ca}$	120	180
		許容せん断応力度 $\tau_a$	70	105
端縦桁	SM490	許容圧縮応力度 $\sigma_{ca}$	160	240
支圧板	SUS304	許容支圧応力度 $\sigma_a$	150	225
車輪	SCS3	許容接触応力度 $p_a$	640*	960
車輪軸	S45C-H	許容曲げ応力度 $\sigma_a$	245	367
		許容せん断応力度 $\tau_a$	140	210

注記\*：「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）」に基づきブリネル硬さにより算出する。

表 4-10(2) 防波扉（鋼製扉体）の許容限界

部材		許容荷重 (kN)
車輪軸受	自動調心ころ軸受	700*

注記\*：「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）」に基づき基本静定格荷重に安全率を考慮する。

表 4-10 (3) 防波扉（鋼製扉体）の許容限界

部材	材質	許容応力度(N/mm <sup>2</sup> )		短期許容 応力度(N/mm <sup>2</sup> )
レール	SUS304N2	許容曲げ圧縮応力度 $\sigma_{ca}$	170*	255
	SM490	許容曲げ引張応力度 $\sigma_a$	160	240
		許容せん断応力度 $\tau_a$	90	135
レール(腹板)	SM490	許容支圧応力度 $\sigma_{ba}$	240	360
ロック装置	SUS630	許容曲げ応力度 $\sigma_{ca}$	360*	540
	H1150	許容せん断応力度 $\tau_a$	207*	310
	SUS304	許容支圧応力度 $\sigma_{ba}$	150	225
支圧板	SUS304	許容支圧応力度 $\sigma_{pa}$	150	225
戸当り (底面フランジ)	SS400	許容曲げ応力度 $\sigma_{ca}$	120	180
戸当り (コンクリート)	$f'_{ck}=24\text{N/mm}^2$	許容支圧応力度 $\sigma_{cba}$	5.9	8.8
		許容せん断応力度 $\tau_{ca}$	0.40	0.60

注記\*：「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）」に基づき，許容曲げ応力度は，降伏点の応力度を安全率 2.0 で除して算出する。また，許容せん断応力度は，許容曲げ応力度を $\sqrt{3}$ で除して算出する。

(2) 防波扉戸当り（RC支柱）及び防波扉基礎スラブ

防波扉戸当り（RC支柱）及び防波扉基礎スラブの許容限界は，「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）」に基づき，表 4-11 に示す短期許容応力度とする。

表 4-11 防波扉戸当り（RC支柱）及び防波扉基礎スラブの許容限界

種別	許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )		短期許容応力度* (N/mm <sup>2</sup> )
コンクリート ( $f'_{ck}=24\text{N/mm}^2$ )	許容曲げ圧縮応力度 $\sigma_{ca}$	9.0	13.5
	許容せん断応力度 $\tau_{a1}$	0.45	0.67
鉄筋 (SD345)	許容曲げ引張応力度 $\sigma_{sa}$	196	294

注記\*：短期許容応力度は，「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）」より許容応力度に対して 1.5 倍の割増を考慮する。

## (3) 防波扉（鋼管杭）

防波扉（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）」を基に算出した降伏モーメント及び短期許容せん断応力度とする。表 4-12 に鋼管杭の許容限界を示す。

降伏モーメントは次式により算定する。

$$M_y = (f_y - \frac{|N|}{A}) Z_e$$

ここで、

$M_y$  : 鋼管杭の降伏モーメント (kN・m)

$f_y$  : 鋼管杭の降伏基準点 (N/mm<sup>2</sup>)

$Z_e$  : 鋼管杭の断面係数 (mm<sup>3</sup>)

$N$  : 鋼管杭に発生する軸力 (kN)

$A$  : 鋼管杭の断面積 (mm<sup>2</sup>)

表 4-12 防波扉（鋼管杭）の許容限界

杭径	杭板厚	鋼種	降伏 モーメント*2 (kN・m)	短期許容 せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )
φ 1.2m	25mm*1	SKK490	7960	157

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）」に基づき，腐食代 1mm を考慮する。

\*2：降伏モーメントは，鋼管杭に発生する軸力を考慮する。

(3) 改良地盤

改良地盤の許容限界は、「耐津波設計に係る工認審査ガイド（平成 25 年 6 月 19 日原管地発第 1306196 号）」を準用し、表 4-13 に改良地盤の許容限界を示す。

表 4-13 改良地盤の許容限界

評価項目	許容限界
すべり安全率 $F_s$	1.2 以上

(4) 基礎地盤

基礎地盤に発生する接地圧に対する許容限界は、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき設定する。基礎地盤の許容限界を表 4-14 に示す。

表 4-14 基礎地盤の許容限界

評価項目	基礎地盤		許容限界 ( $N/mm^2$ )
極限支持力度 $R_u$	岩盤	C <sub>H</sub> 級	9.8
		C <sub>M</sub> 級	

#### 4.8.2 漂流物対策工

##### (1) 漂流物対策工（鋼製扉体）

漂流物対策工（鋼製扉体）の許容限界は、「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）」に基づき，表 4-15 に示す短期許容応力度とする。

表 4-15 (1) 漂流物対策工（鋼製扉体）の許容限界

部材	材質	許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )		短期許容 応力度 (N/mm <sup>2</sup> )
主横桁	SBHS700	許容曲げ応力度 $\sigma_{ca}$	350 <sup>*1</sup>	525
	SM570	許容せん断応力度 $\tau_a$	129 <sup>*1</sup>	193
張出桁	SBHS700	許容曲げ応力度 $\sigma_{ca}$	350 <sup>*1</sup>	525
		許容せん断応力度 $\tau_a$	202 <sup>*1</sup>	303
補助縦桁	SM570	許容曲げ応力度 $\sigma_{ca}$	207 <sup>*1, *2</sup>	310
		許容せん断応力度 $\tau_a$	129 <sup>*1</sup>	193
端縦桁	SM570	許容圧縮応力度 $\sigma_{ca}$	225 <sup>*1</sup>	337

注記\*1：「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）」に基づき，許容曲げ応力度は，降伏点の応力度を安全率 2.0 で除して算出する。また，許容せん断応力度は，許容曲げ応力度を $\sqrt{3}$ で除して算出する。

\*2：補助縦桁に用いる構造用鋼材（SM570）の許容曲げ応力度は，「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）」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，横倒れ座屈を考慮する。



表 4-15 (2) 漂流物対策工（鋼製扉体）の許容限界

部材	材質	許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )		短期許容 応力度 (N/mm <sup>2</sup> )
支承部 (上部支承軸)	SUS630	許容曲げ応力度 $\sigma_a$	360 <sup>*1</sup>	540
	H1150	許容せん断応力度 $\tau_a$	207 <sup>*1</sup>	310
支承部 (下部支承軸)	SUS304N2	許容曲げ応力度 $\sigma_a$	170 <sup>*1</sup>	255
		許容せん断応力度 $\tau_a$	98 <sup>*1</sup>	147
支承部 (下部支承軸受)	SUS630 H1150	許容接触応力度 $p_a$	1357 <sup>*2</sup>	2035
支承部 (浮上防止金物)	SUS304	許容曲げ応力度 $\sigma_a$	100	150
		許容せん断応力度 $\tau_a$	60	90
	SUS304N2	許容軸方向 引張応力度 $\sigma_a$	170 <sup>*1</sup>	255
上部支承 (アンカーボルト)	S45C-H	許容軸方向 引張応力度 $\sigma_a$	245	367
下部支承 (アンカーボルト)	S45C-H	許容軸方向 引張応力度 $\sigma_a$	245	367
上部支承 (コンクリート)	$f'_{ck}=40\text{N/mm}^2$	許容支圧応力度 $\sigma_{cba}$	5.9	8.8
		許容せん断応力度 $\tau_{ca}$	0.40	0.60
下部支承 (コンクリート)	$f'_{ck}=40\text{N/mm}^2$	許容支圧応力度 $\sigma_{cba}$	5.9	8.8
		許容せん断応力度 $\tau_{ca}$	0.40	0.60

注記\*1: 「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）」に基づき，許容曲げ応力度は，降伏点の応力度を安全率 2.0 で除して算出する。また，許容せん断応力度は，許容曲げ応力度を $\sqrt{3}$ で除して算出する。

\*2: 「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）」に基づきブリネル硬さにより算出する。

表 4-15(3) 漂流物対策工（鋼製扉体）の許容限界

部材	許容荷重 (kN)
支承部（支承軸受）	2140*

注記\*：「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）」に基づき基本静定格荷重に安全係数を考慮し算出する。

表 4-15 (4) 漂流物対策工（鋼製扉体）の許容限界

部材	材質	許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )		短期許容 応力度 (N/mm <sup>2</sup> )
ロックビーム	SM570	許容曲げ応力度 $\sigma_{ca}$	225*	337
		許容せん断応力度 $\tau_a$	129*	193
支圧板	SUS304	許容支圧応力度 $\sigma_{pa}$	150	225
戸当り（腹板）	SM400	許容支圧応力度 $\sigma_{ba}$	180	270
戸当り （底面フランジ）	SBHS700	許容曲げ応力度 $\sigma_{ca}$	350*	525
戸当り （コンクリート）	$f_{ck}=40\text{N/mm}^2$	許容支圧応力度 $\sigma_{cba}$	5.9	8.8
		許容せん断応力度 $\tau_{ca}$	0.40	0.60

注記\*：「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）」に基づき，許容曲げ応力度は，降伏点の応力度を安全率 2.0 で除して算出する。また，許容せん断応力度は，許容曲げ応力度を $\sqrt{3}$ で除して算出する。

(2) 漂流物対策工戸当り（RC支柱）及び漂流物対策工基礎スラブ

漂流物対策工戸当り（RC支柱）及び漂流物対策工基礎スラブの許容限界は、「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）」に基づき，表4-16に示す短期許容応力度とする。

表4-16 漂流物対策工戸当り（RC支柱）及び漂流物対策工基礎スラブの許容限界

種別	許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )		短期許容応力度* (N/mm <sup>2</sup> )
	コンクリート (f' <sub>ck</sub> =40N/mm <sup>2</sup> )	許容曲げ圧縮応力度 $\sigma_{ca}$	
許容せん断応力度 $\tau_{a1}$		0.55	0.82
鉄筋 (SD345)	許容曲げ引張応力度 $\sigma_{sa}$	196	294

注記\*：短期許容応力度は，「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）」より許容応力度に対して1.5倍の割増を考慮する。

4.8.3 基礎地盤

基礎地盤に発生する接地圧に対する許容限界は，VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき設定する。基礎地盤の許容限界を表4-17に示す。

表4-17 基礎地盤の許容限界

評価項目	基礎地盤		許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )
極限支持力度 $R_u$	岩盤	C <sub>H</sub> 級	9.8
		C <sub>M</sub> 級	
	改良地盤		1.4
支圧強度 $f'_a$	MMR		18.0

#### 4.9 設計用地震力

「3. 固有値解析」に示すとおり、防波扉（鋼製扉体）及び漂流物対策工（鋼製扉体）の固有振動数が 20Hz 以上であることを確認したため、防波扉（鋼製扉体）及び漂流物対策工（鋼製扉体）の耐震計算に用いる設計震度は、防波扉（鋼製扉体）及び漂流物対策工（鋼製扉体）設置位置の最大応答加速度に基づき設定した。

防波扉（鋼製扉体）及び漂流物対策工（鋼製扉体）の耐震評価に用いる設計用地震力を表 4-18 に示す。

表 4-18 防波扉（鋼製扉体）及び漂流物対策工（鋼製扉体）の耐震評価に用いる設計用地震力

名称	設計震度	
	水平方向： $k_H$	鉛直方向： $k_V$
防波扉（鋼製扉体）	2.4	1.3
漂流物対策工（鋼製扉体）		

#### 4.10 評価方法

防波扉（荷揚場南）の耐震評価のうち、防波扉（鋼製扉体）、漂流物対策工（鋼製扉体）及び防波扉戸当り（RC支柱）については、構成する各部材に発生する発生応力度又は作用荷重を算定式より算出し、「4.8 許容限界」で設定した許容限界を満足することを確認する。

また、防波扉（鋼管杭）、防波扉基礎スラブ、漂流物対策工戸当り（RC支柱）、漂流物対策工基礎スラブ、改良地盤及び基礎地盤は、2次元有限要素法より算定した発生応力度又は発生断面力が「4.8 許容限界」で設定した許容限界を満足することを確認する。2次元有限要素法における応力算定には、解析コード「RC断面計算」を使用する。なお、解析コードの検証、妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

#### 4.10.1 防波扉

##### (1) 防波扉（鋼製扉体）

###### a. 主横桁

主横桁は、戸当たりとの接触位置をピン固定とする単純はりでモデル化し、地震時荷重として等分布荷重が作用することで主横桁に生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

主横桁の評価対象部を図 4-17 に、主横桁の評価イメージ図を図 4-18 に示す。

$$M = \frac{1}{2}(W + W')L_1^2\left(\frac{a}{L_1} - \frac{1}{4}\right)$$

$$S = \frac{1}{2}(W + W')L$$

$$\sigma = \frac{M \cdot 10^6}{Z}$$

$$\tau = \frac{S \cdot 10^3}{A_w}$$

ここで、

M : 主横桁に生じる曲げモーメント (kN・m)

S : 主横桁に生じるせん断力 (kN)

$\sigma$  : 主横桁に生じる曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\tau$  : 主横桁に生じるせん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

W : 主横桁に作用する地震時慣性力 (kN/m)

W' : 主横桁に作用する風荷重 (kN/m)

L<sub>1</sub> : 主横桁の水密幅 (m)

L : 主横桁の支間長 (m)

a : 主横桁の張出長さ (m)

Z : 主横桁の断面係数 (mm<sup>3</sup>)

A<sub>w</sub> : 主横桁腹板の断面積 (mm<sup>2</sup>)

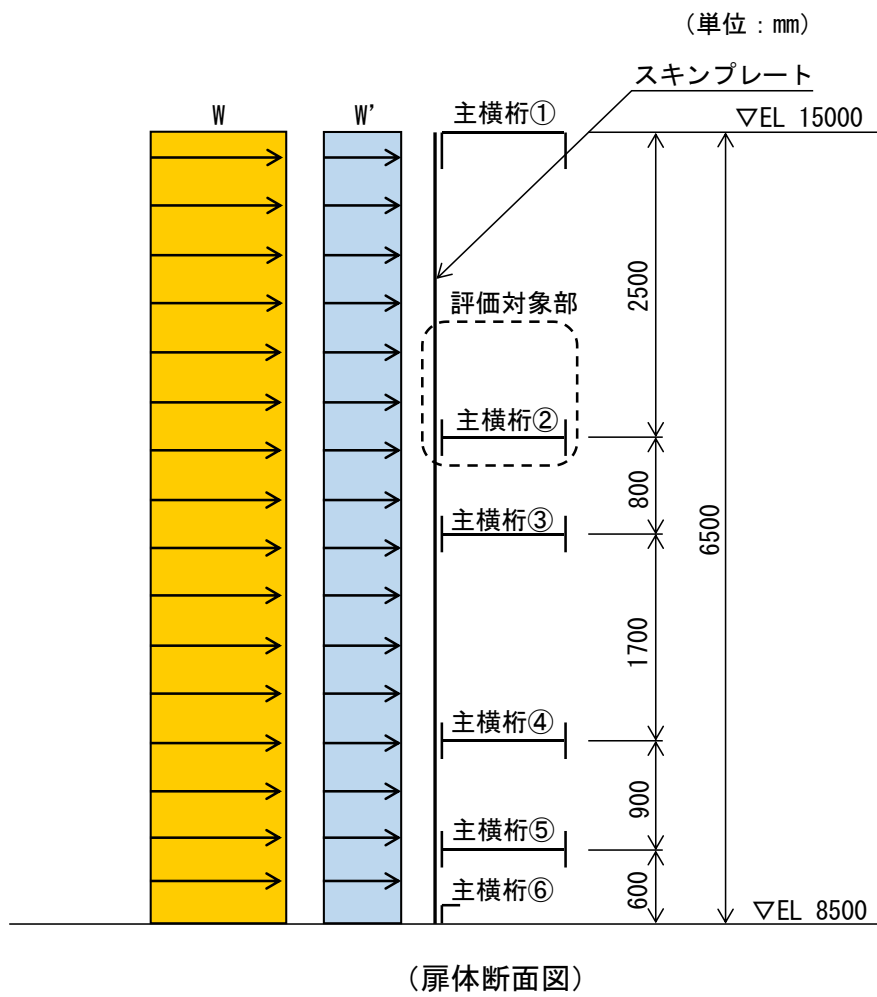


図 4-17 主横桁の評価対象部

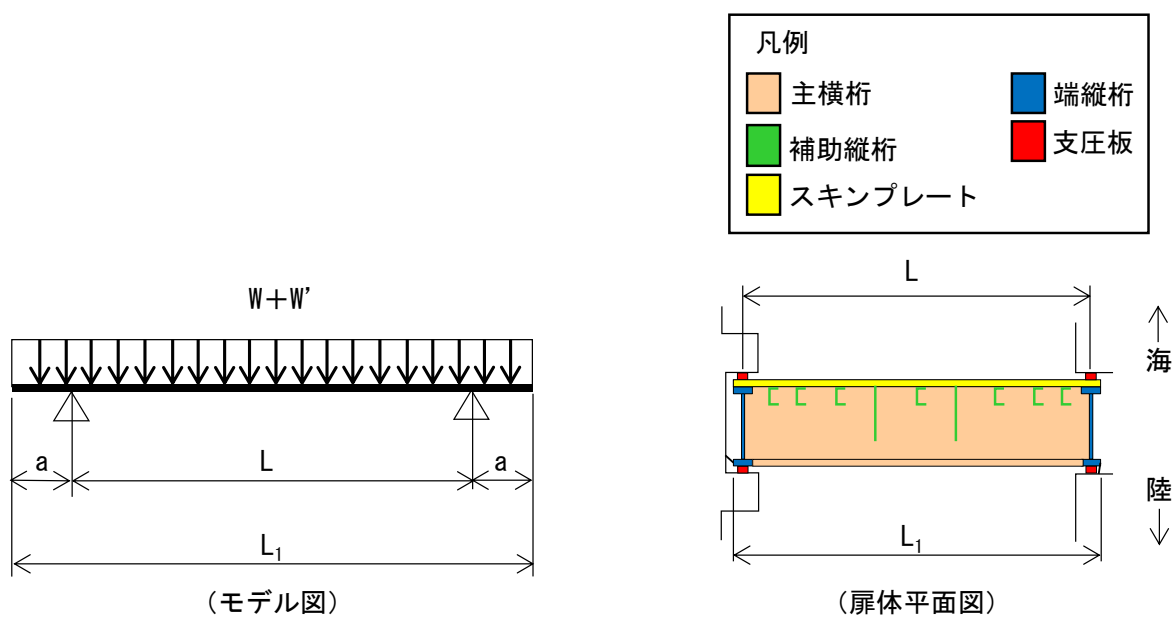


図 4-18 主横桁の評価イメージ図

b. 補助縦桁

補助縦桁は、両端をピン固定とする単純はりでモデル化し、地震時荷重として分布荷重が作用することで補助縦桁に生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

補助縦桁の評価イメージ図を図 4-19 に示す。

$$M = \frac{P \cdot m}{24} (3 \cdot l^2 - m^2)$$

$$S = \frac{P \cdot m}{2} \left(1 - \frac{m}{2}\right)$$

$$\sigma = \frac{M \cdot 10^6}{Z}$$

$$\tau = \frac{S \cdot 10^3}{A_w}$$

ここで、

M : 補助縦桁に生じる曲げモーメント (kN・m)

S : 補助縦桁に生じるせん断力 (kN)

$\sigma$  : 補助縦桁に生じる曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\tau$  : 補助縦桁に生じるせん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

P : 補助縦桁に作用する地震時荷重 (地震時慣性力+風荷重) (kN/m<sup>2</sup>)

l : 主横桁間隔 (m)

m : 補助縦桁間隔 (m)

Z : 補助縦桁の断面係数 (mm<sup>3</sup>)

A<sub>w</sub> : 補助縦桁腹板の断面積 (mm<sup>2</sup>)

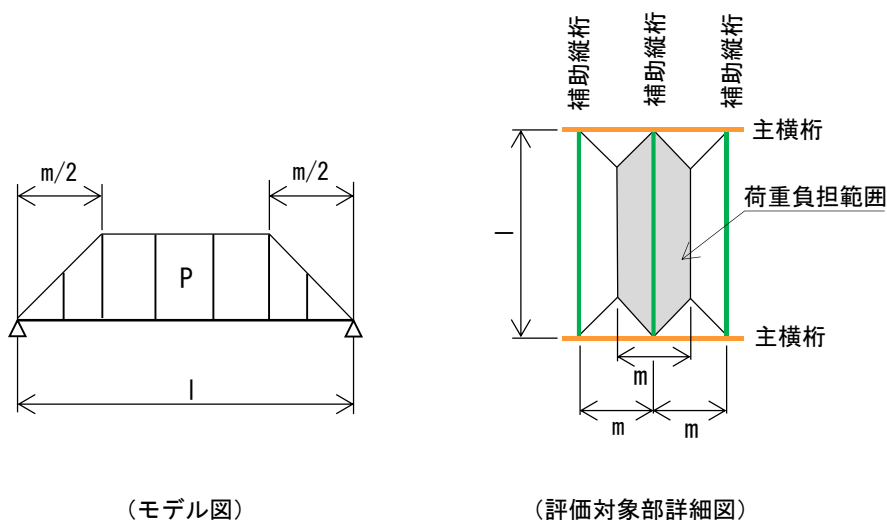


図 4-19 補助縦桁の評価イメージ図



c. 端縦桁

端縦桁は、主横桁からの荷重伝達を考慮し、端縦桁と主横桁の接合部に生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

端縦桁の評価イメージ図を図 4-20 に示す。

$$\sigma_c = \frac{R \cdot 10^3}{A_q}$$

$$A_q = A_w + A_s \quad \text{ただし, } A_q \leq 1.7A_s$$

$$A_w = b_w \cdot t_w \quad (\text{端縦桁腹板})$$

$$A_s = b_s \cdot t_s \quad (\text{主横桁腹板})$$

ここで、

$\sigma_c$  : 端縦桁に生じる圧縮応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

R : 端縦桁に生じる支点反力 (kN)

$A_q$  : 補剛材の有効断面積 (mm<sup>2</sup>)

$A_w$  : 端縦桁腹板の有効断面積 (mm<sup>2</sup>)

$A_s$  : 主横桁腹板の有効断面積 (mm<sup>2</sup>)

$b_w$  : 端縦桁腹板の長さ (mm)

$t_w$  : 端縦桁腹板の厚さ (mm)

$b_s$  : 主横桁腹板の長さ (mm)

$t_s$  : 主横桁腹板の厚さ (mm)

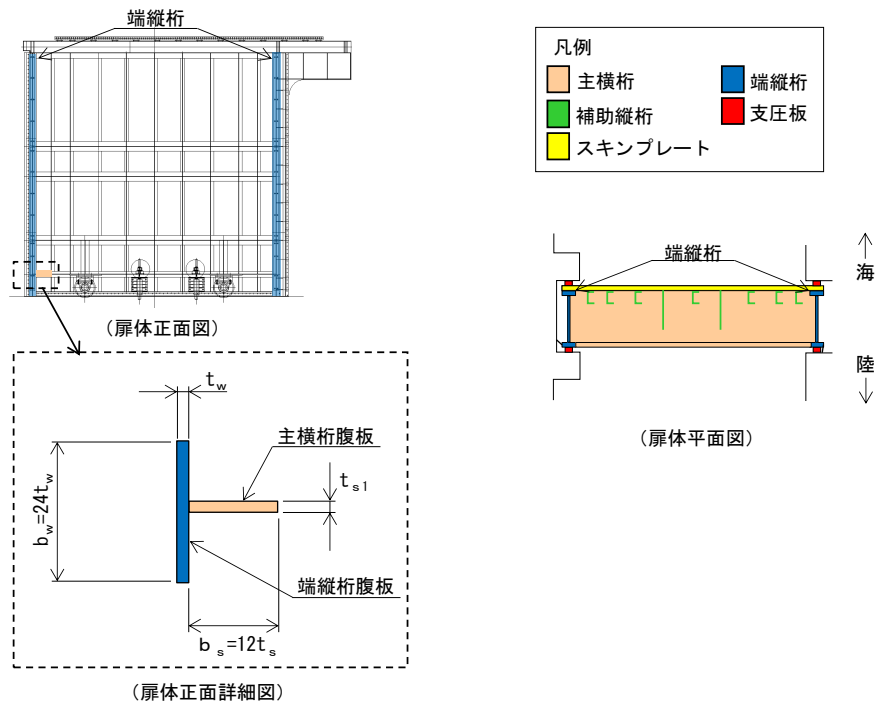


図 4-20 端縦桁の評価イメージ図

d. 車輪，車輪軸及び車輪軸受

車輪は，地震時荷重が作用することで車輪に生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

車輪軸は，車輪をピン固定とする単純はりモデル化し，車輪軸受より伝達される地震時荷重が作用することで車輪軸に生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

車輪軸受は，車輪軸受に作用する地震時荷重が許容限界以下であることを確認する。

車輪，車輪軸及び車輪軸受の評価イメージ図を図4-21に示す。

(a) 車輪

$$R_1 = \frac{FL_2}{2L}$$

$$R_2 = \frac{FL_1}{2L}$$

$$p = 0.591 \sqrt{\frac{P_r E_1 E_2}{B_0 R (E_1 + E_2)}}$$

$$C = 1.080 \sqrt{\frac{P_r R (E_1 + E_2)}{B_0 E_1 E_2}}$$

ここで，

$R_1$ ：海側車輪に作用する荷重 (kN)

$R_2$ ：陸側車輪に作用する荷重 (kN)

$p$ ：接触面圧応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$F$ ：防波扉（鋼製扉体）に作用する地震時荷重

（扉体自重＋積雪荷重＋地震時慣性力） (kN)

$L$ ：車輪荷重の作用位置 (m)

$L_1$ ：海側車輪の作用位置 (m)

$L_2$ ：陸側車輪の作用位置 (m)

$P_r$ ：車輪荷重 (N) (=R1)

$E_1$ ：車輪の弾性係数 (N/mm<sup>2</sup>)

$E_2$ ：レールの弾性係数 (N/mm<sup>2</sup>)

$B_0$ ：車輪有効踏面幅 (mm)

$R$ ：車輪半径 (mm)

$C$ ：接触幅の 1/2 (mm)

(b) 車輪軸

$$M = R_1 L_3$$

$$S = R_1$$

$$\sigma = \frac{M \cdot 10^6}{Z}$$

$$\tau = \frac{4S \cdot 10^3}{3A}$$

ここで、

M : 車輪軸に生じる曲げモーメント (kN・m)

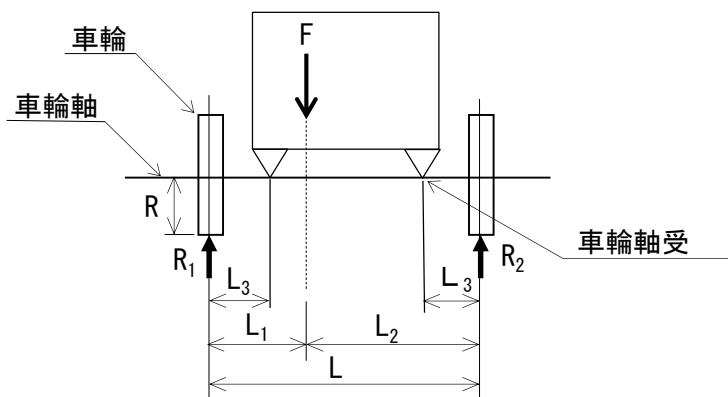
S : 車輪軸に生じるせん断力 (kN)

 $\sigma$  : 車輪軸に生じる曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>) $\tau$  : 車輪軸に生じるせん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)R<sub>1</sub> : 海側車輪に作用する荷重 (kN)L<sub>3</sub> : 張出長さ (m)Z : 車輪軸の断面係数 (mm<sup>3</sup>)A : 車輪軸の断面積 (mm<sup>2</sup>)

(c) 車輪軸受

$$R_a = R_1$$

ここで、

R<sub>a</sub> : 車輪軸受に作用する荷重 (kN)R<sub>1</sub> : 海側車輪に作用する荷重 (kN)

(扉体側面図)

図 4-21 車輪, 車輪軸及び車輪軸受の評価イメージ図

e. レール

レール及びレール（腹板）は、両端をピン固定とする単純はりでモデル化し、車両荷重が作用することでレール及びレール（腹板）に生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

レール及びレール（腹板）の評価イメージ図を図 4-22 に示す。

(a) レール

$$M = \frac{RL_M}{4}$$

$$S = R_1$$

$$\sigma_c = \frac{M \cdot 10^6}{Z_2}$$

$$\sigma_t = \frac{M \cdot 10^6}{Z_1}$$

$$\tau = \frac{S \cdot 10^3}{A_w}$$

ここで、

M : レールに生じる曲げモーメント (kN・m)

S : レールに生じるせん断力 (kN)

$\sigma_c$  : レールに生じる曲げ圧縮応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma_t$  : レールに生じる曲げ引張応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\tau$  : レールに生じるせん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$R_1$  : 海側車輪に作用する荷重 (kN)

$L_M$  : レール基礎材間隔 (m)

$Z_1$  : レールの引張側断面係数 (mm<sup>3</sup>)

$Z_2$  : レールの圧縮側断面係数 (mm<sup>3</sup>)

$A_w$  : レール（腹板）の断面積 (mm<sup>2</sup>)

(b) レール（腹板）

$$\sigma_b = \frac{R \cdot 10^3}{b_p t_w}$$

$$b_p = 2C + 2t_f$$

ここで、

$\sigma_b$  : レール（腹板）に生じる支圧応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$b_p$  : レール（腹板）の受圧幅 (mm)

$R_1$  : 海側車輪に作用する荷重 (kN)

$t_w$  : レール（腹板）の厚さ (mm)

$C$  : 接触幅の 1/2 (mm)

$t_f$  : レール踏面板の厚さ (mm)

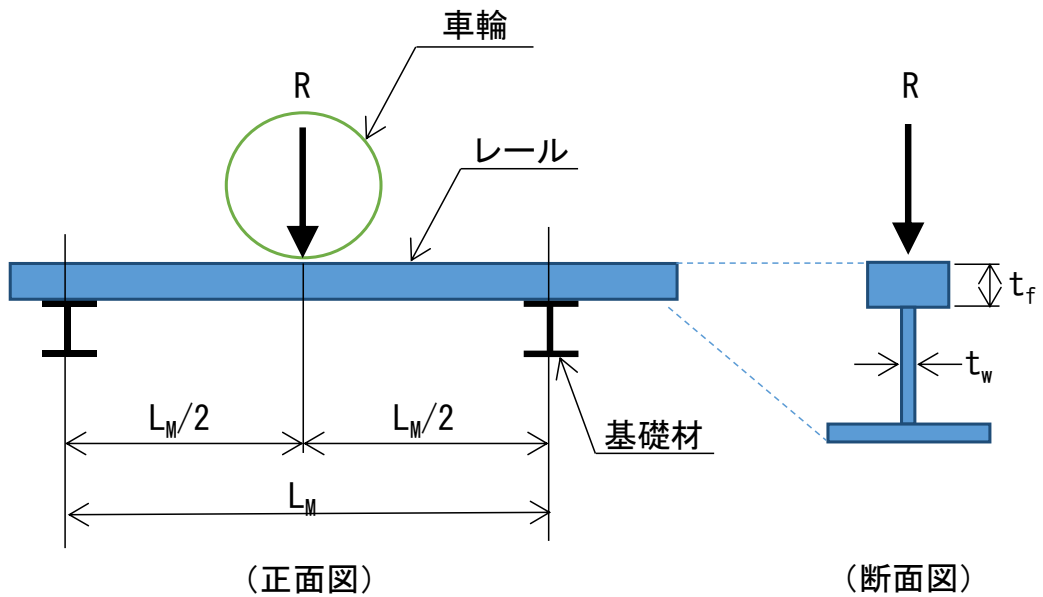


図 4-22 レール及びレール（腹板）の評価イメージ図

f. ロック装置

ロック装置は、片持ちはりでモデル化し、地震時荷重が作用することでロックピンに生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

ロック装置の評価イメージ図を図 4-23 に示す。

$$P = \frac{F_h}{n}$$

$$M = PL$$

$$S = P$$

$$\sigma = \frac{M \cdot 10^6}{Z}$$

$$\tau = \frac{S \cdot 10^3}{A}$$

$$\sigma_b = \frac{P \cdot 10^3}{bh}$$

ここで、

P : ロックピンに作用する荷重 (kN)

M : ロックピンに生じる曲げモーメント (kN・m)

S : ロックピンに生じるせん断力 (kN)

$\sigma$  : ロックピンに生じる曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\tau$  : ロックピンに生じるせん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma_b$  : ロックピンに生じる支圧応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$F_h$  : ロックピンに作用する地震時慣性力 (kN)

n : ロックピン数 (本)

L : ロックピンの突出長さ (m)

Z : ロックピンの断面係数 (mm<sup>3</sup>)

A : ロックピンのせん断面積 (mm<sup>2</sup>)

b : ロックピン受圧幅 (mm)

h : ロックピン受圧長さ (mm)

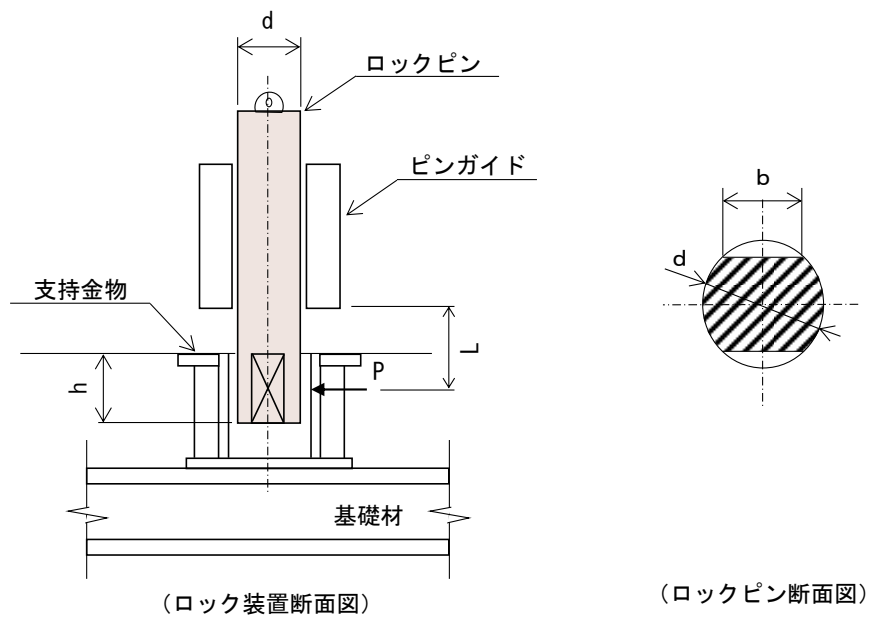


図 4-23 ロック装置の評価イメージ図

## g. 支圧板

支圧板は、防波扉（鋼製扉体）から伝達される地震時荷重が作用することで支圧板に生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

支圧板の評価イメージ図を図 4-24 に示す。

$$\sigma_p = \frac{P \cdot 10^3}{2CL}$$

ここで、

$\sigma_p$  : 支圧板に生じる支圧応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

P : 支圧板に作用する地震時荷重 (地震時慣性力+風荷重) (kN)

C : 支圧板の有効幅 (mm)

L : 防波扉 (鋼製扉体) の高さ (mm)

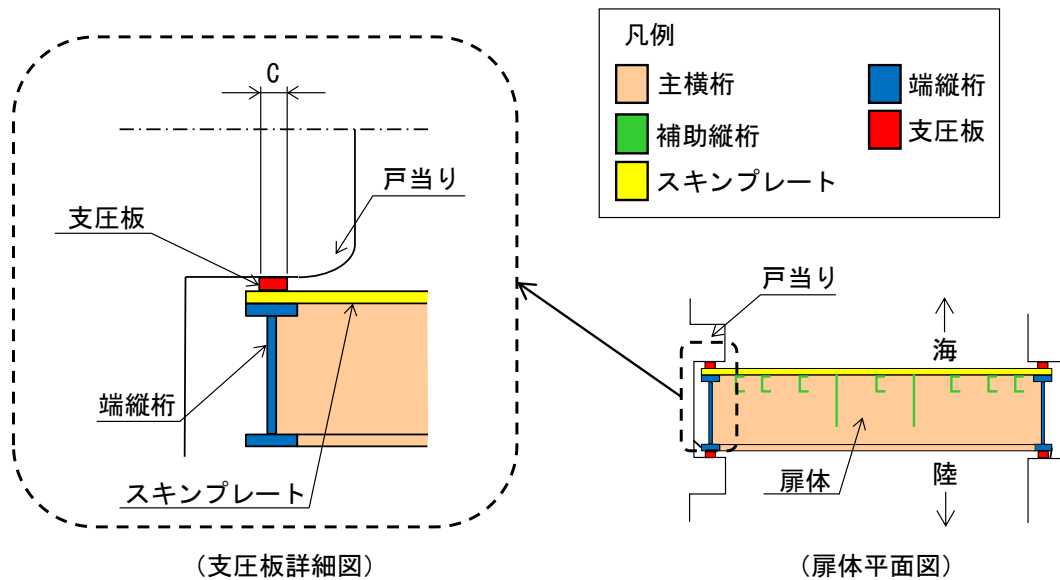


図 4-24 支圧板の評価イメージ図



h. 戸当り（底面フランジ）及び戸当り（コンクリート）

戸当り（底面フランジ）及び戸当り（コンクリート）は、防波扉（鋼製扉体）から伝達される地震時荷重が作用することで戸当り（底面フランジ）及び戸当り（コンクリート）に生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

なお、戸当りは、陸側及び海側に設置されるが、地震時荷重の作用面積が小さい海側の戸当りの評価を実施する。

戸当り（底面フランジ）及び戸当り（コンクリート）の評価イメージ図を図4-25に示す。

(a) 戸当り（底面フランジ）

$$\sigma_f = \frac{6M_f}{t_f^2}$$

$$M_f = \frac{\sigma_{cb} b_f^2}{8}$$

ここで、

$\sigma_f$  : 戸当り（底面フランジ）に生じる曲げ応力度（N/mm<sup>2</sup>）

$M_f$  : 戸当り（底面フランジ）に生じる曲げモーメント（N・mm/mm）

$\sigma_{cb}$  : 戸当り（コンクリート）に生じる支圧応力度（N/mm<sup>2</sup>）

$b_f$  : 戸当り（底面フランジ）の幅（mm）

$t_f$  : 戸当り（底面フランジ）の厚さ（mm）

(b) 戸当り（コンクリート）

$$\sigma_{cb} = \frac{P \cdot 10^3}{2b_f L}$$

$$\tau_c = \frac{P \cdot 10^3}{2\sum l}$$

ここで、

$\sigma_{cb}$  : 戸当り（コンクリート）に生じる支圧応力度（N/mm<sup>2</sup>）

$\tau_c$  : 戸当り（コンクリート）に生じるせん断応力度（N/mm<sup>2</sup>）

$P$  : 戸当り（コンクリート）に作用する地震時荷重  
（地震時慣性力＋風荷重）（kN）

$b_f$  : 戸当り（底面フランジ）の幅（mm）

$L$  : 防波扉（鋼製扉体）の高さ（mm）

$\sum l$  : せん断抵抗長さ（=  $l_1 + 2l_2$ ）（mm）

$l_1$  : 戸当りの埋込深さ（mm）

$l_2$  : 戸当りのコンクリート側面からの埋込み深さ（mm）

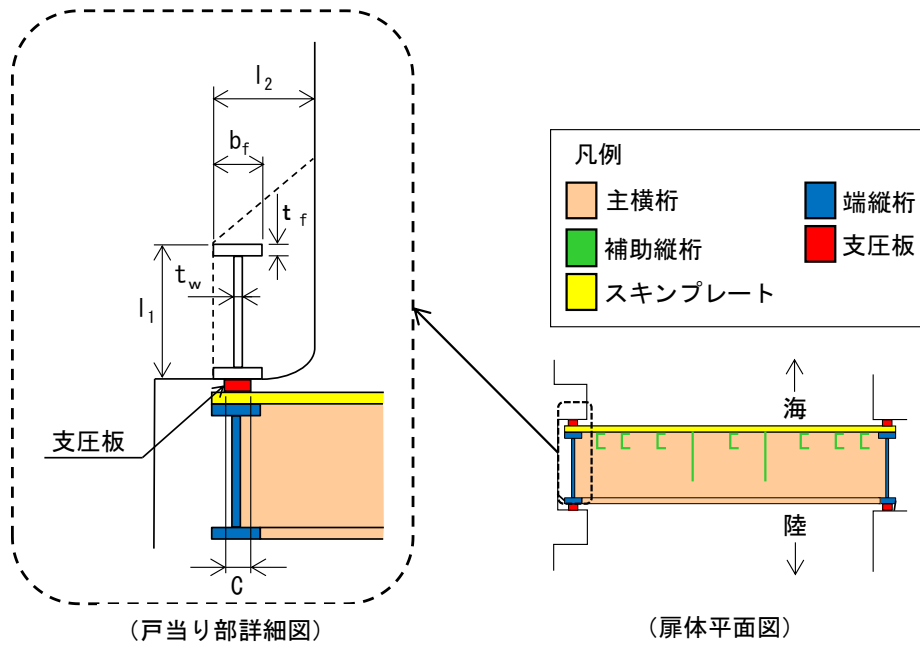


図 4-25 戸当り（底面フランジ）及び戸当り（コンクリート）の評価イメージ図

## (2) 防波扉戸当り (RC支柱)

防波扉戸当り (RC支柱) は、防波壁を支点とした片持ちはりでモデル化し、地震時荷重が作用することで防波扉戸当り (RC支柱) に生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

なお、防波扉戸当り (RC支柱) は、陸側及び海側に設置されるが、荷重の作用面積が小さい海側の戸当りについて評価を実施する。

防波扉戸当り (RC支柱) の位置図を図 4-26 に示す。

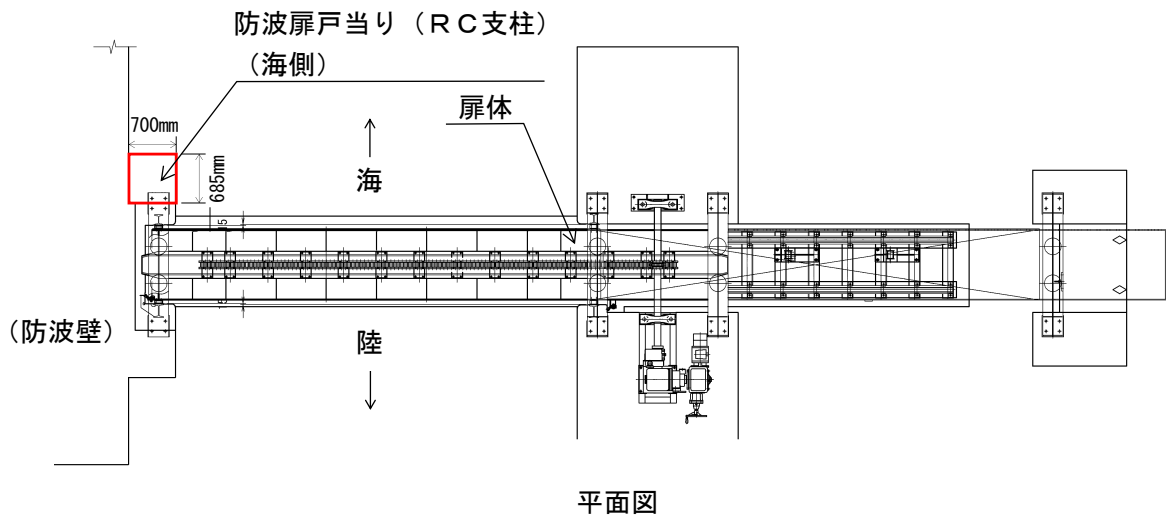


図 4-26 防波扉戸当り (RC支柱) の位置図

(3) 防波扉基礎スラブ

防波扉基礎スラブに生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

(4) 防波扉（鋼管杭）

鋼管杭の評価は，鋼管杭の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度が許容限界以下であることを確認する。

a. 曲げ照査

防波扉（鋼管杭）の発生曲げモーメントが許容限界以下であることを確認する。

b. せん断照査

防波扉（鋼管杭）の発生せん断応力度が許容限界以下であることを確認する。

(5) 改良地盤

改良地盤の評価は，改良地盤を通るすべり面のすべり安全率が 1.2 以上であることを確認する。すべり安全率は，想定したすべり面上の応力状態をもとに，すべり面上のせん断抵抗力の和をせん断力の和で除した値を求め，最小すべり安全率を算定する。

すべり安全率の算定には，解析コード「CPOSTSK」を使用する。なお，解析コードの検証，妥当性確認等の概要については，VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

(6) 基礎地盤

基礎地盤の支持性能評価においては，鋼管杭下端部の軸力を用いて次式により算定される軸応力度が基礎地盤の許容限界以下であることを確認する。

$$R_d = \frac{N}{A'}$$

ここで，

$R_d$  : 鋼管杭下端の軸力より算定される軸応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$N$  : 鋼管杭下端に発生する軸力 (N)

$A'$  : 鋼管杭下端の断面積 (mm<sup>2</sup>)

#### 4.10.2 漂流物対策工

##### (1) 漂流物対策工（鋼製扉体）

###### a. 主横桁

主横桁（最下段）は、戸当たりとの接触位置をピン固定とする単純はりでモデル化し、地震時荷重として等分布荷重が作用することで主横桁に生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

主横桁（最上段）は、保守的に片持ちはりでモデル化し、主横桁に生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

主横桁の評価対象部を図 4-27 に、主横桁の評価イメージ図を図 4-28 に示す。

###### (a) 主横桁（最下段）

$$M = \frac{1}{2}(W + W')L_1^2 \left( \frac{a}{L_1} - \frac{1}{4} \right)$$

$$S = \frac{1}{2}(W + W')L$$

$$\sigma = \frac{M \cdot 10^6}{Z}$$

$$\tau = \frac{S \cdot 10^3}{A_w}$$

ここで、

M : 主横桁（最下段）に生じる曲げモーメント (kN・m)

S : 主横桁（最下段）に生じるせん断力 (kN)

$\sigma$  : 主横桁（最下段）に生じる曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\tau$  : 主横桁（最下段）に生じるせん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

W : 主横桁（最下段）に作用する地震時慣性力 (kN/m)

W' : 主横桁（最下段）に作用する風荷重 (kN/m)

a : 主横桁の張出長さ (m)

L : 主横桁の支間長 (m)

L<sub>1</sub> : 主横桁の水密幅 (m)

Z : 主横桁の断面係数 (mm<sup>3</sup>)

A<sub>w</sub> : 主横桁腹板の断面積 (mm<sup>2</sup>)

(b) 主横桁（最上段）

$$M' = \frac{1}{2}(W + W')L'^2$$

$$S' = \frac{1}{2}(W + W')L'$$

$$\sigma = \frac{M' \cdot 10^6}{Z}$$

$$\tau = \frac{S' \cdot 10^3}{A_w}$$

ここで、

$M'$  : 主横桁（最上段）に生じる曲げモーメント（ $\text{kN}\cdot\text{m}$ ）

$S'$  : 主横桁（最上段）に生じるせん断力（ $\text{kN}$ ）

$\sigma$  : 主横桁（最上段）に生じる曲げ応力度（ $\text{N}/\text{mm}^2$ ）

$\tau$  : 主横桁（最上段）に生じるせん断応力度（ $\text{N}/\text{mm}^2$ ）

$W$  : 主横桁（最上段）に作用する地震時慣性力（ $\text{kN}/\text{m}$ ）

$W'$  : 主横桁（最上段）に作用する風荷重（ $\text{kN}/\text{m}$ ）

$L'$  : 主横桁の突出長さ（ $\text{m}$ ）

$Z$  : 主横桁の断面係数（ $\text{mm}^3$ ）

$A_w$  : 主横桁腹板の断面積（ $\text{mm}^2$ ）

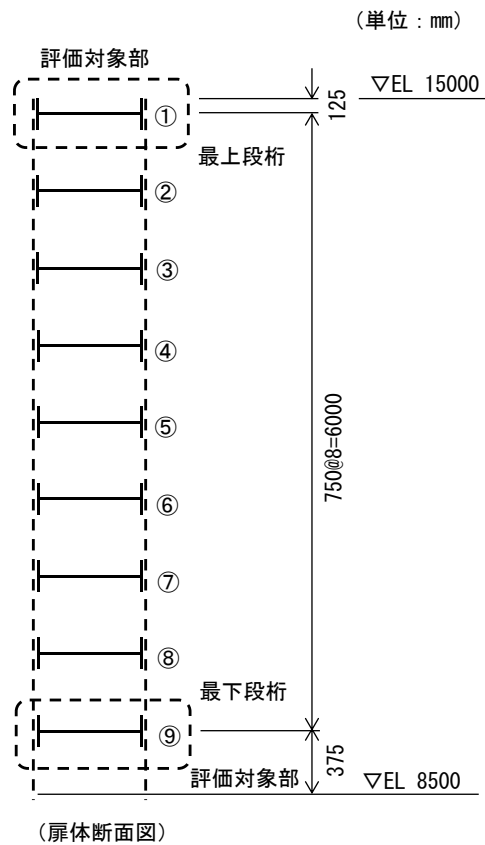


図 4-27 主横桁の評価対象部

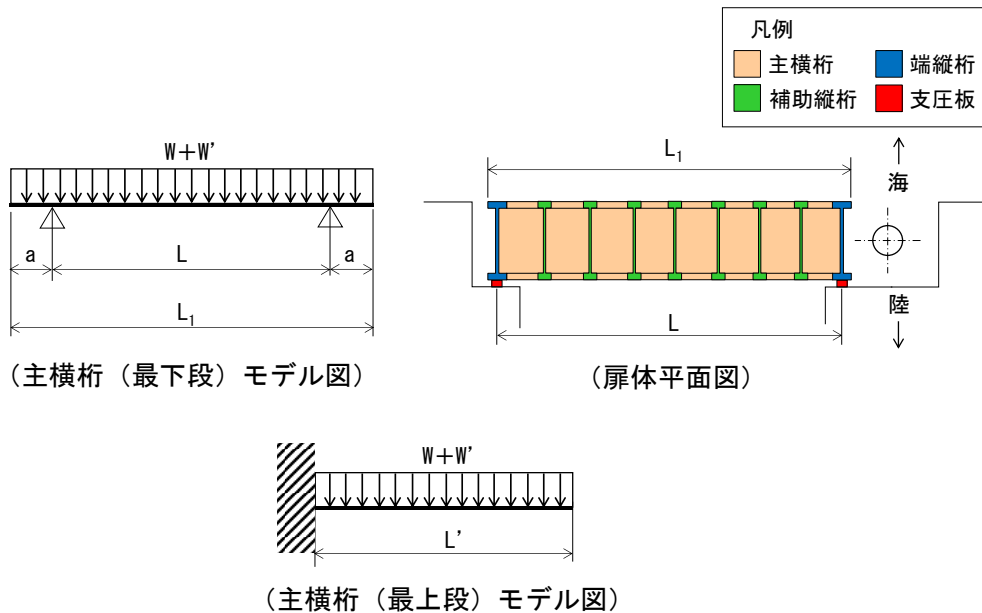


図 4-28 主横桁の評価イメージ図

b. 張出桁

張出桁は、片持ちはりでモデル化し、地震時荷重として等分布荷重が作用することで張出桁に生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

張出桁の評価イメージ図を図 4-29 に示す。

$$M = \frac{1}{2}(W + W')L^2$$

$$S = (W + W')L$$

$$\sigma = \frac{M \cdot 10^6}{Z}$$

$$\tau = \frac{S \cdot 10^3}{A_w}$$

ここで、

M : 張出桁に生じる曲げモーメント (kN・m)

S : 張出桁に生じるせん断力 (kN)

$\sigma$  : 張出桁に生じる曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\tau$  : 張出桁に生じるせん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

W : 張出桁に作用する地震時慣性力 (kN/m)

W' : 張出桁に作用する風荷重 (kN/m)

L : 張出長さ (m)

Z : 張出桁の断面係数 (mm<sup>3</sup>)

A<sub>w</sub> : 張出桁腹板の断面積 (mm<sup>2</sup>)

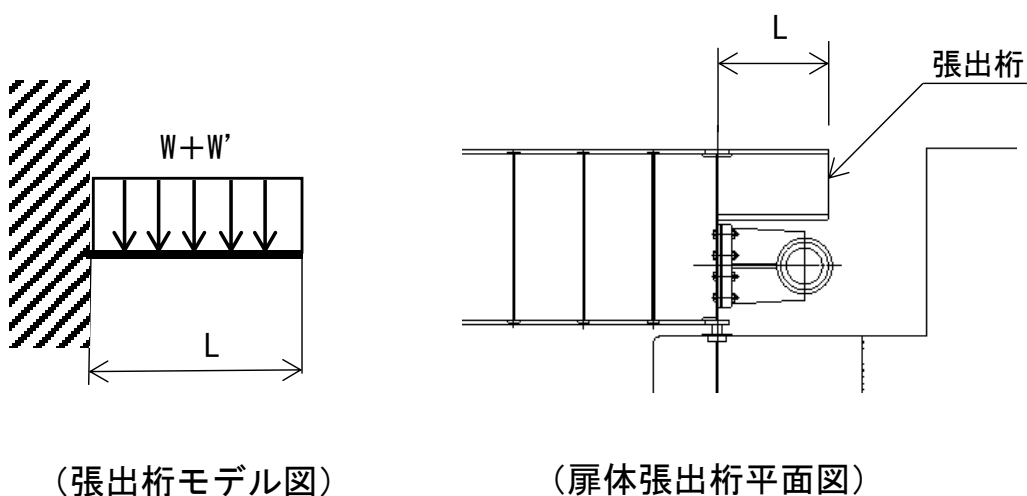


図 4-29 張出桁の評価イメージ図



c. 補助縦桁

補助縦桁は、主横桁をピン固定とする単純はりでモデル化し、地震時荷重として等分布荷重が作用することで補助縦桁に生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

補助縦桁の評価イメージ図を図 4-30 に示す。

$$M = \frac{1}{8}(W + W')l^2$$

$$S = \frac{1}{2}(W + W') l$$

$$\sigma = \frac{M \cdot 10^6}{Z}$$

$$\tau = \frac{S \cdot 10^3}{A_w}$$

ここで、

M : 補助縦桁に生じる曲げモーメント (kN・m)

S : 補助縦桁に生じるせん断力 (kN)

$\sigma$  : 補助縦桁に生じる曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\tau$  : 補助縦桁に生じるせん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

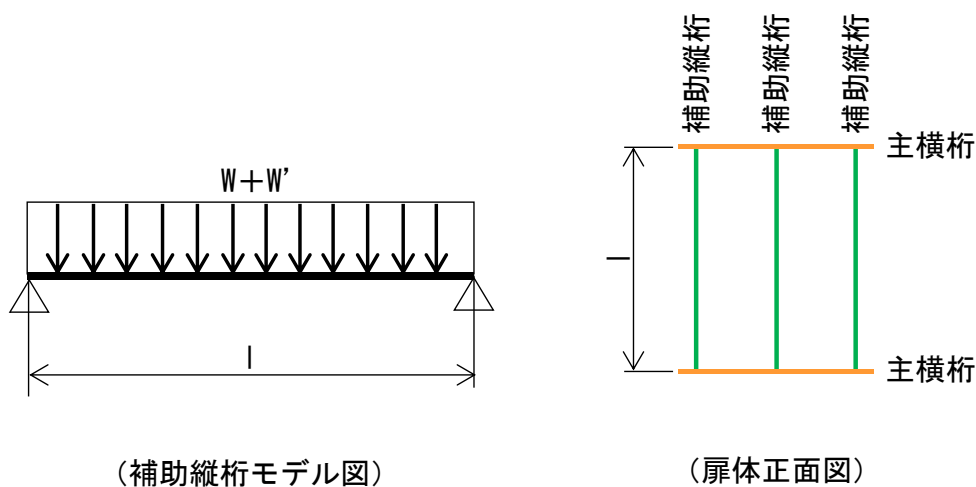
W : 補助縦桁に作用する地震時慣性力 (kN/m)

W' : 補助縦桁に作用する風荷重 (kN/m)

l : 主横桁の間隔 (m)

Z : 補助縦桁の断面係数 (mm<sup>3</sup>)

A<sub>w</sub> : 補助縦桁腹板の断面積 (mm<sup>2</sup>)



(補助縦桁モデル図)

(扉体正面図)

図 4-30 補助縦桁の評価イメージ図

d. 端縦桁

端縦桁は、主横桁からの荷重伝達を考慮し、端縦桁と主横桁の接合部に生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

端縦桁の評価イメージ図を図 4-31 に示す。

$$\sigma_c = \frac{R \cdot 10^3}{A_q}$$

$$A_q = A_w + A_{s1} + A_{s2} \quad \text{ただし, } A_q \leq 1.7 (A_{s1} + A_{s2})$$

$$A_w = b_w \cdot t_w \quad (\text{端縦桁腹板})$$

$$A_{s1} = b_{s1} \cdot t_{s1} \quad (\text{主横桁腹板})$$

$$A_{s2} = b_{s2} \cdot t_{s2} \quad (\text{スチフナ})$$

ここで、

$\sigma_c$  : 端縦桁に生じる圧縮応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

R : 主横桁に生じる支点反力 (kN)

$A_q$  : 補剛材の有効断面積 (mm<sup>2</sup>)

$A_w$  : 端縦桁腹板の有効断面積 (mm<sup>2</sup>)

$A_{s1}$  : 主横桁腹板の有効断面積 (mm<sup>2</sup>)

$A_{s2}$  : スチフナの有効断面積 (mm<sup>2</sup>)

$b_w$  : 端縦桁腹板の長さ (mm)

$t_w$  : 端縦桁腹板の厚さ (mm)

$b_{s1}$  : 主横桁腹板の長さ (mm)

$t_{s1}$  : 主横桁腹板の厚さ (mm)

$b_{s2}$  : スチフナの長さ (mm)

$t_{s2}$  : スチフナの厚さ (mm)

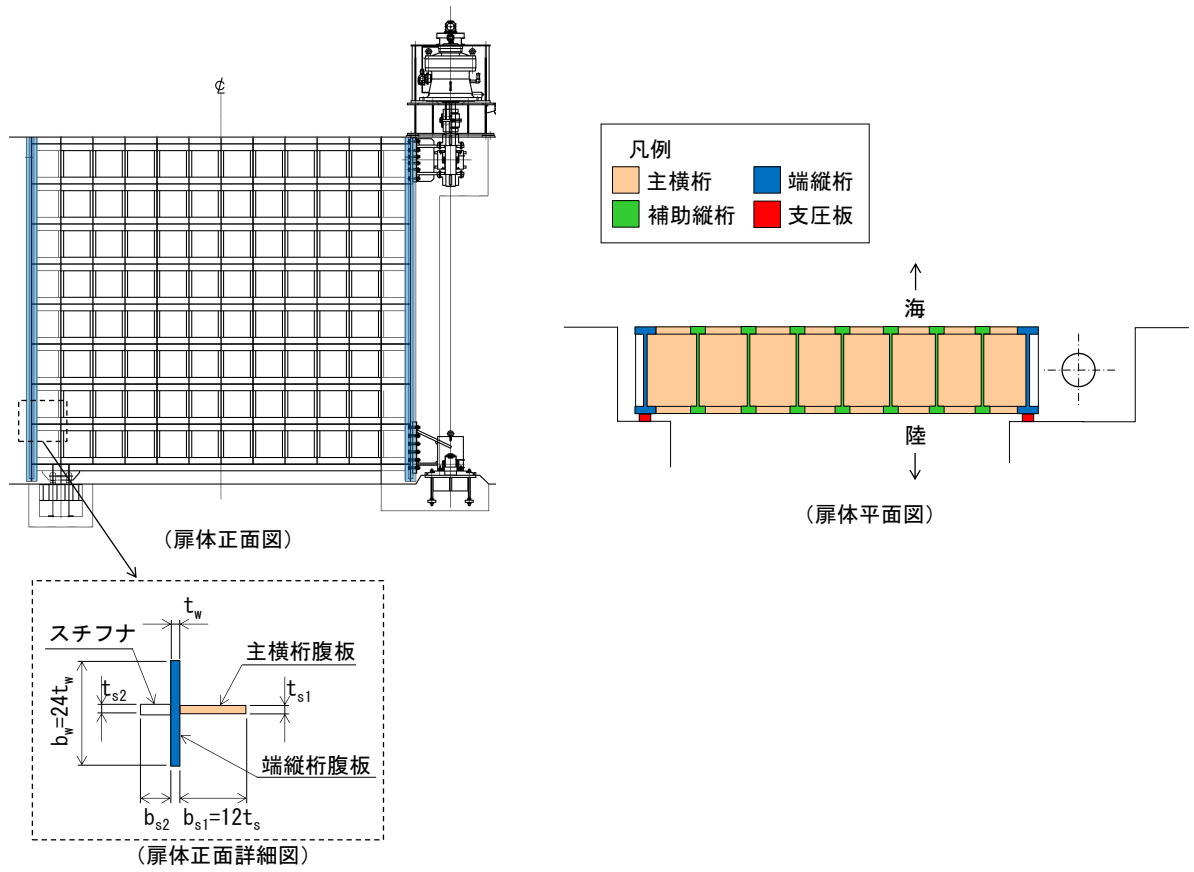


図 4-31 端縦桁の評価イメージ図

## e. 支承部

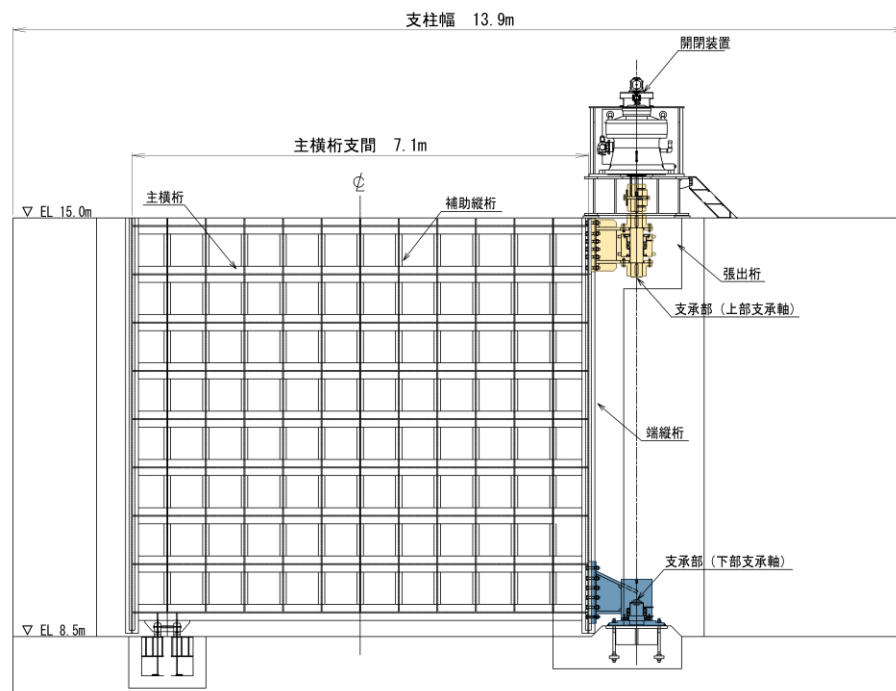
支承部は、水平方向及び鉛直方向の地震時荷重が作用することで支承部に生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

水平方向及び鉛直方向の地震時荷重の組合せは、組合せ係数法により以下のとおり設定する。

組合せ①： $1.0 \times$  水平方向の地震時荷重  $+ 0.4 \times$  鉛直方向の地震時荷重

組合せ②： $0.4 \times$  水平方向の地震時荷重  $+ 1.0 \times$  鉛直方向の地震時荷重

支承部の構造正面図を図 4-32 に示す。



## (正面図)

図 4-32 支承部の構造正面図

(a) 支承部（上部支承軸）

支承部（上部支承軸）は，両端ピン固定とする単純はりでモデル化し，地震時荷重が作用することで支承部（上部支承軸）に生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

支承部（上部支承軸）の評価イメージ図を図 4-33 に示す。

$$M = \frac{R_H L}{4}$$

$$S = R_H$$

$$\sigma = \frac{M \cdot 10^6}{Z}$$

$$\tau = \frac{4S \cdot 10^3}{3A}$$

ここで，

M : 支承部（上部支承軸）に生じる曲げモーメント (kN・m)

S : 支承部（上部支承軸）に生じるせん断力 (kN)

$\sigma$  : 支承部（上部支承軸）に生じる曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\tau$  : 支承部（上部支承軸）に生じるせん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$R_H$  : 支承部（上部支承軸）に作用する水平荷重 (kN)

L : 支承軸支持間隔 (m)

Z : 支承部（上部支承軸）の断面係数 (mm<sup>3</sup>)

A : 支承部（上部支承軸）の断面積 (mm<sup>2</sup>)

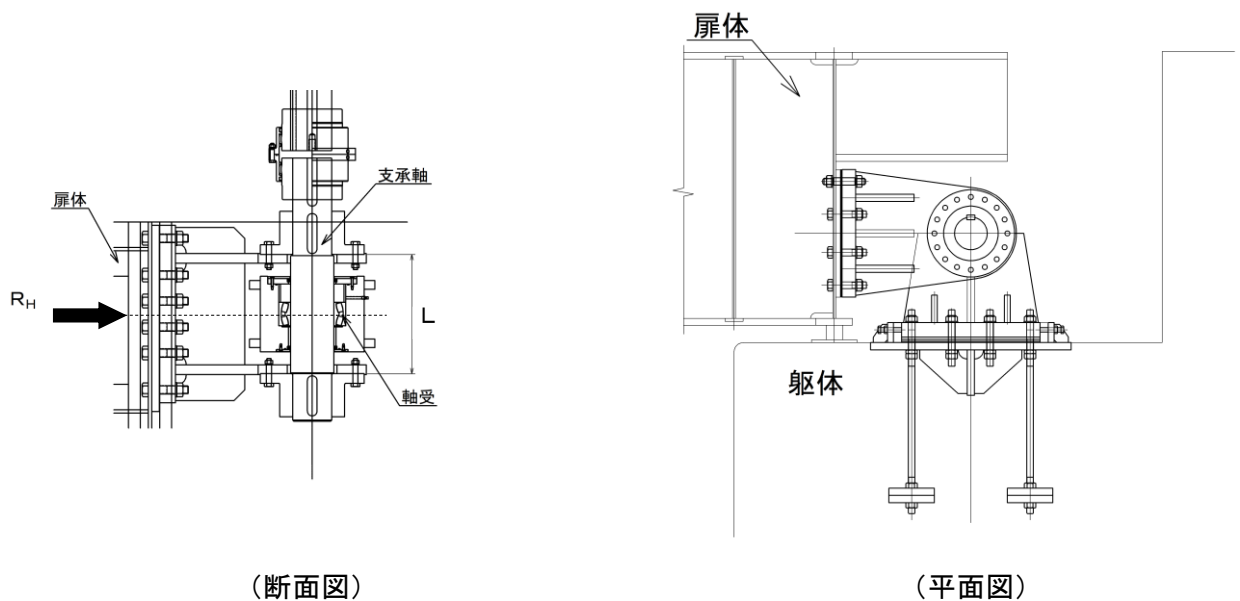


図 4-33 支承部（上部支承軸）の評価イメージ図

(b) 支承部（下部支承軸），支承部（下部支承軸受）及び支承部（支承軸受）  
 支承部（下部支承軸）は，片持ちはりモデル化し，地震時荷重が作用することで支承部（下部支承軸）に生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

支承部（下部支承軸受）は，鉛直方向の地震時荷重が作用することで軸受（壺金）に生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

支承部（支承軸受）は，支承軸受に作用する地震時荷重が許容限界以下であることを確認する。

支承部（下部支承軸）の評価イメージ図を図 4-34 に示す。

イ. 支承部（下部支承軸）

$$M = R_H L$$

$$S = R_H$$

$$\sigma = \frac{M \cdot 10^6}{Z}$$

$$\tau = \frac{4S \cdot 10^3}{3A}$$

ここで，

M : 支承部（下部支承軸）に生じる曲げモーメント (kN・m)

S : 支承部（下部支承軸）に生じるせん断力 (kN)

$\sigma$  : 支承部（下部支承軸）に生じる曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\tau$  : 支承部（下部支承軸）に生じるせん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$R_H$  : 支承部（下部支承軸）に作用する水平荷重 (kN)

L : 支承部（下部支承軸）の長さ (m)

Z : 支承部（下部支承軸）の断面係数 (mm<sup>3</sup>)

A : 支承部（下部支承軸）の断面積 (mm<sup>2</sup>)

ロ. 支承部（下部支承軸受）

$$p = 0.388 \left( \frac{R_v \cdot 10^3 E^2}{r^2} \right)^{1/3}$$

ここで，

p : 軸受（壺金）に生じる支圧応力度 (mm<sup>2</sup>)

$R_v$  : 支承部（下部支承軸）に作用する鉛直荷重 (kN)

E : 軸受（壺金）の弾性係数 (N/mm<sup>2</sup>)

r : 軸受（壺金）の球面の半径 (mm)

ハ. 支承部（支承軸受）

$$R = R_H$$

R : 支承部（支承軸受）に作用する荷重(kN)

$R_H$  : 支承部（下部支承軸）に作用する水平荷重 (kN)

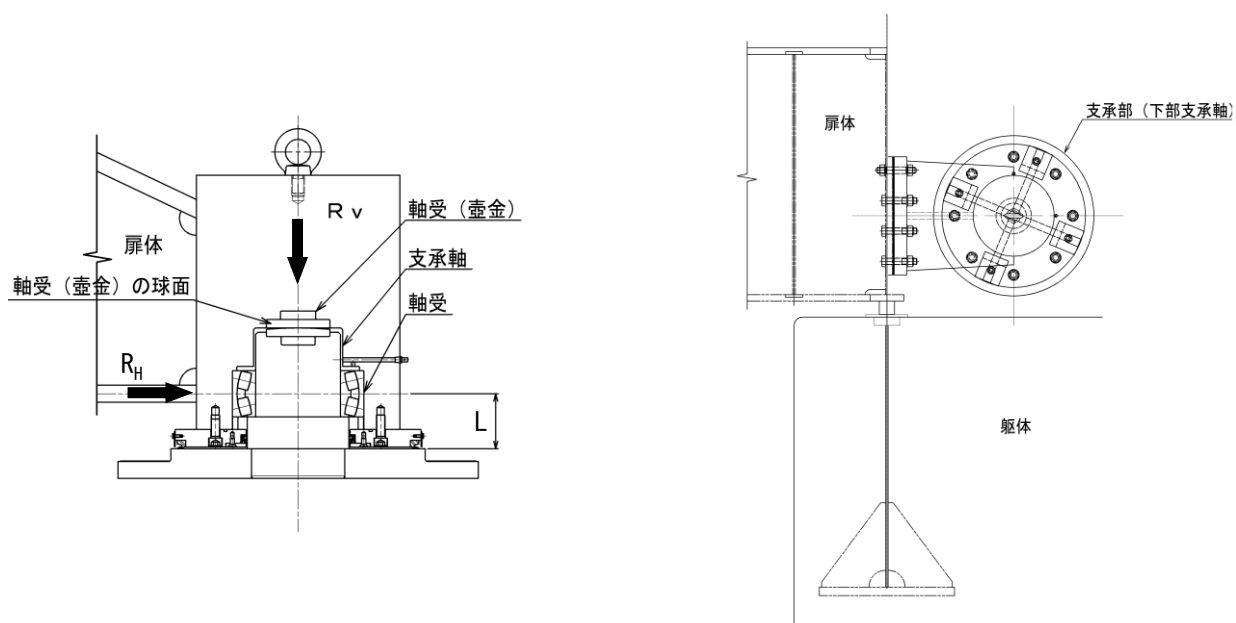


図 4-34 支承部（下部支承軸）の評価イメージ図

(c) 支承部（浮上防止金物）

支承部（浮上防止金物）は、支承部（下部支承軸）から伝達される地震時荷重が作用することで支承部（浮上防止金物）に生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

支承部（浮上防止金物）の評価イメージ図を図 4-35 に示す。

$$M = R_v L / 4$$

$$S = R_v / 4$$

$$\sigma_b = \frac{M \cdot 10^6}{Z}$$

$$\tau = \frac{3S \cdot 10^3}{2A_1}$$

$$F = \frac{aR_v}{4b}$$

$$\sigma_t = \frac{F \cdot 10^6}{A_2}$$

ここで、

M : 支承部（浮上防止金物）に生じる曲げモーメント（kN・m）

S : 支承部（浮上防止金物）に生じるせん断力（kN）

$\sigma_b$  : 支承部（浮上防止金物）に生じる曲げ応力度（N/mm<sup>2</sup>）

$\tau$  : 支承部（浮上防止金物）に生じるせん断応力度（N/mm<sup>2</sup>）

F : 固定ボルトに生じる軸力（kN）

$\sigma_t$  : 固定ボルトに生じる軸方向引張応力度（N/mm<sup>2</sup>）

$R_v$  : 支承部（浮上防止金物）に作用する鉛直上向き荷重（kN）

L : 支承部（浮上防止金物）の突出長さ（m）

Z : 支承部（浮上防止金物）の断面係数（mm<sup>3</sup>）

$A_1$  : 支承部（浮上防止金物）の断面積（mm<sup>2</sup>）

a, b : 支持点からの距離（mm）

$A_2$  : 固定ボルトの有効断面積（mm<sup>2</sup>）



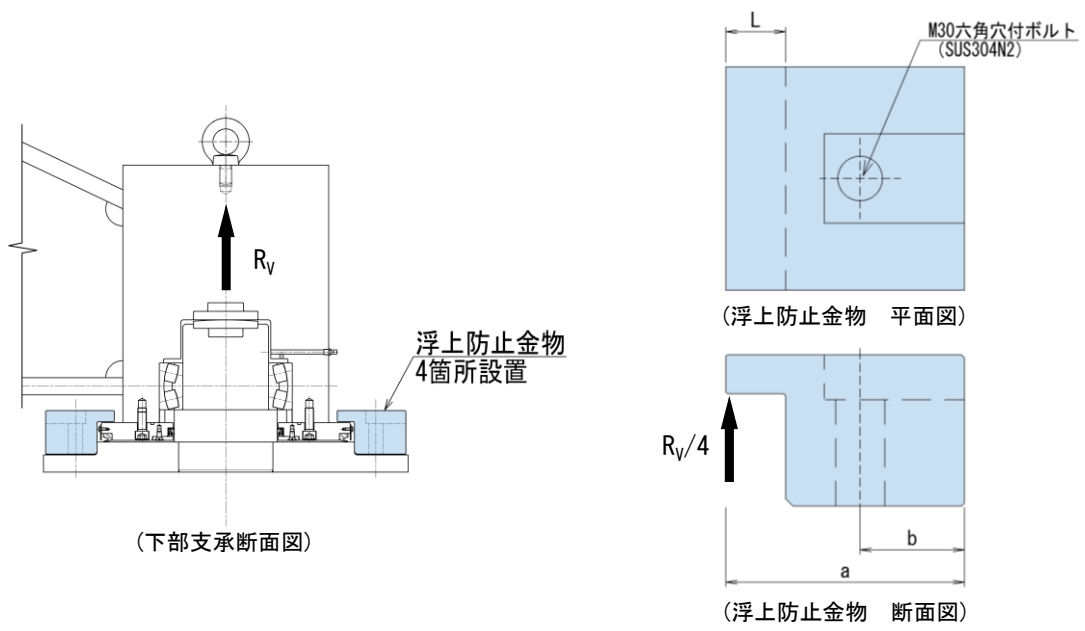


図 4-35 支承部（浮上防止金物）の評価イメージ図

(d) 上部支承（アンカーボルト）及び上部支承（コンクリート）

上部支承（アンカーボルト）及び上部支承（コンクリート）は、支承軸から伝達される地震時荷重が作用することで上部支承（アンカーボルト）及び上部支承（コンクリート）に生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

上部支承（アンカーボルト）及び上部支承（コンクリート）の評価イメージ図を図 4-36 に示す。

イ. 上部支承（アンカーボルト）

$$F = \frac{R_{H1}l}{mn}$$

$$\sigma_t = \frac{F \cdot 10^3}{A}$$

ここで、

F : アンカーボルト 1 本あたりの軸力 (kN)

$\sigma_t$  : アンカーボルトに生じる軸方向引張応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$R_H$  : 支承部（上部支承軸）に作用する水平荷重 (kN)

l : 支承軸からアンカーボルト固定部までの距離 (mm)

m : アンカーボルトの間隔 (mm)

n : アンカーボルトの片側本数 (本)

A : アンカーボルトの断面積 (mm<sup>2</sup>)

ロ. 上部支承（コンクリート）

$$\sigma_{c1} = \frac{nF \cdot 10^3}{ab}$$

$$\sigma_{c2} = \frac{R_{H1} \cdot 10^3}{ce}$$

$$\tau_c = \frac{nF \cdot 10^3}{2b \cdot 2d}$$

ここで、

$\sigma_{c1}$  : 上部支承（コンクリート）に生じる支圧応力度  
(アンカープレート) (N/mm<sup>2</sup>)

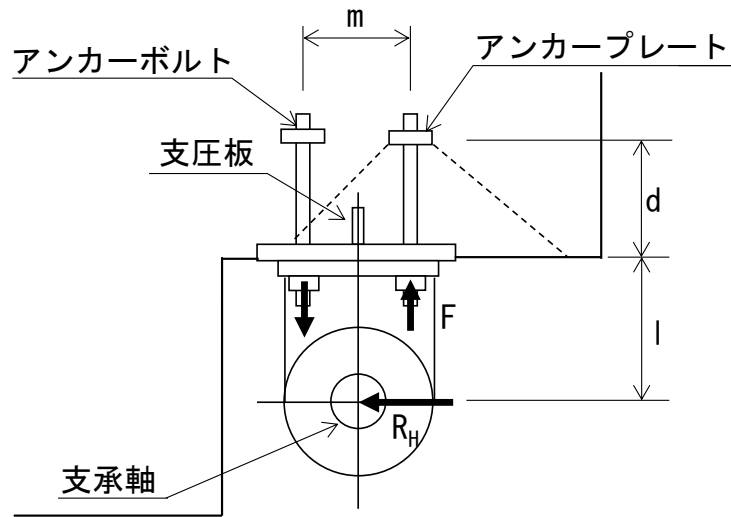
$\sigma_{c2}$  : 上部支承（コンクリート）に生じる支圧応力度(支圧板) (N/mm<sup>2</sup>)

$\tau_c$  : 上部支承（コンクリート）に生じるせん断応力度  
(アンカープレート) (N/mm<sup>2</sup>)

n : アンカーボルトの片側本数 (本)

F : アンカーボルト 1 本あたりに生じる軸力 (kN)

- a, b : アンカープレートの寸法 (mm)
- $R_H$  : 支承部 (上部支承軸) に作用する水平荷重 (kN)
- c, e : 支圧板の寸法 (mm)
- d : アンカーボルトの埋込深さ (mm)



(平面図)

図 4-36 上部支承 (アンカーボルト) 及び上部支承 (コンクリート) の評価イメージ図

(e) 下部支承（アンカーボルト）及び下部支承（コンクリート）

下部支承（アンカーボルト）及び下部支承（コンクリート）は、支承軸から伝達される地震時荷重が作用することで下部支承（アンカーボルト）及び下部支承（コンクリート）に生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

下部支承（アンカーボルト）及び下部支承（コンクリート）の評価イメージ図を図 4-37 に示す。

イ. 下部支承（アンカーボルト）

$$F = \frac{R_H L}{yn}$$

$$\sigma_t = \frac{F \times 10^3}{A}$$

ここで、

F : アンカーボルト 1 本あたりに生じる軸力 (kN)

$\sigma_t$  : アンカーボルトに生じる軸方向引張応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$R_H$  : 支承部（下部支承軸）に作用する水平荷重 (kN)

L : 軸受中心からアンカーボルト固定部までの距離 (mm)

2y : アンカーボルトの間隔 (mm)

n : アンカーボルトの片側本数 (本)

A : アンカーボルトの断面積 (mm<sup>2</sup>)

ロ. 下部支承（コンクリート）

$$\sigma_{c1} = \frac{nF \cdot 10^3}{ab}$$

$$\sigma_{c2} = \frac{R_H \cdot 10^3}{ce}$$

$$\tau_c = \frac{nF \cdot 10^3}{2b \cdot 2d}$$

ここで、

$\sigma_{c1}$  : 下部支承（コンクリート）に生じる支圧応力度  
(アンカープレート) (N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma_{c2}$  : 下部支承（コンクリート）に生じる支圧応力度(支圧板) (N/mm<sup>2</sup>)

$\tau_c$  : 下部支承（コンクリート）に生じるせん断応力度  
(アンカープレート) (N/mm<sup>2</sup>)

n : アンカーボルトの片側本数 (本)

F : アンカーボルト 1 本あたりに生じる軸力 (kN)

a, b : アンカープレートの寸法 (mm)

$R_H$  : 支承部（下部支承軸）に作用する水平荷重（kN）  
 $c, e$  : 支圧板の寸法（mm）  
 $d$  : アンカーボルトの埋込深さ（mm）

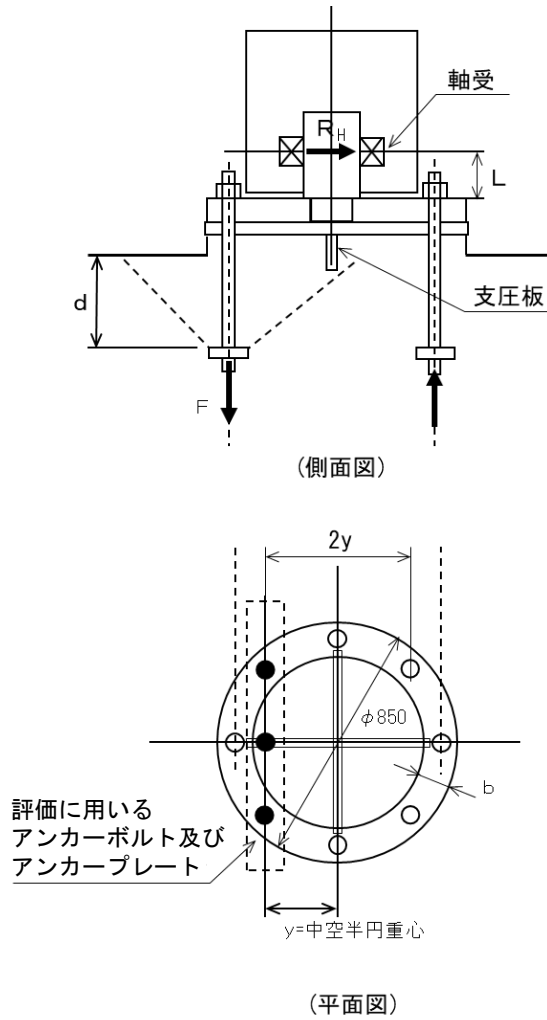


図 4-37 下部支承（アンカーボルト）及び下部支承（コンクリート）の評価イメージ図

f. ロック装置

ロック装置は、片持ちはりモデル化し、地震時荷重が作用することでロックビームに生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

ロック装置の評価イメージ図を図4-38に示す。

$$M = R_r a$$

$$S = R_r$$

$$\sigma = \frac{M \cdot 10^6}{2Z}$$

$$\tau = \frac{S \cdot 10^3}{2A}$$

ここで、

M : ロックビームに生じる曲げモーメント (kN・m)

S : ロックビームに生じるせん断力 (kN)

$\sigma$  : ロックビームに生じる曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\tau$  : ロックビームに生じるせん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$R_r$  : ロックビームに作用する荷重 (kN)

a : ロックビームの突出長さ (m)

Z : ロックビームの断面係数 (mm<sup>3</sup>)

A : ロックビームのせん断面積 (mm<sup>2</sup>)

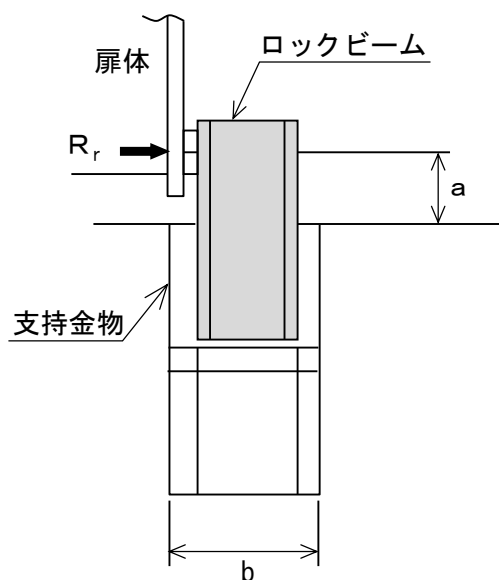


図4-38 ロック装置の評価イメージ図

g. 支圧板及び戸当り（腹板，底面フランジ，コンクリート）

支圧板及び戸当り（腹板，底面フランジ，コンクリート）は，漂流物対策工（鋼製扉体）から伝達される地震時荷重が作用することで支圧板，戸当り（腹板），戸当り（底面フランジ）及び戸当り（コンクリート）に生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

支圧板及び戸当り（腹板，底面フランジ，コンクリート）の評価イメージ図を図4-39に示す。

(a) 支圧板

$$\sigma_p = \frac{WL_1}{2CL_2}$$

ここで，

$\sigma_p$  : 支圧板に生じる支圧応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$W$  : 戸当りに作用する地震時荷重（地震時慣性力＋風荷重） (kN/m)

$L_1$  : 漂流物対策工（鋼製扉体）の幅 (mm)

$C$  : 支圧板の有効幅 (mm)

$L_2$  : 主横桁の荷重分担長さ (mm)

(b) 戸当り（腹板）

$$\sigma_b = \frac{WL_1}{2t_w L_2}$$

ここで，

$\sigma_b$  : 腹板に生じる支圧応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$W$  : 戸当りに作用する地震時荷重（地震時慣性力＋風荷重） (kN/m)

$L_1$  : 漂流物対策工（鋼製扉体）の幅 (mm)

$t_w$  : 戸当り（腹板）の厚さ (mm)

$L_2$  : 主横桁の荷重分担長さ (mm)

(c) 戸当り（底面フランジ）

$$M_f = \frac{\sigma_{cb} b_f^2}{8}$$

$$\sigma_f = \frac{6M_f}{t_f^2}$$

$M_f$  : 戸当り（底面フランジ）に生じる曲げモーメント (N・mm/mm)

$\sigma_f$  : 戸当り（底面フランジ）に生じる曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma_{cb}$  : 戸当り（コンクリート）に生じる支圧応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$b_f$  : 戸当り（底面フランジ）の幅（mm）  
 $t_f$  : 戸当り（底面フランジ）の厚さ（mm）

(d) 戸当り（コンクリート）

$$\sigma_{cb} = \frac{WL_1}{2b_f L_2}$$

$$\tau_c = \frac{WL_1}{2\Sigma l L_2}$$

ここで、

$\sigma_{cb}$  : コンクリートに生じる支圧応力度（N/mm<sup>2</sup>）

$\tau_c$  : コンクリートに生じるせん断応力度（N/mm<sup>2</sup>）

$W$  : 戸当りに作用する地震時荷重（地震時慣性力+風荷重）（kN/m）

$L_1$  : 漂流物対策工（鋼製扉体）の幅（mm）

$b_f$  : 戸当り（底面フランジ）の幅（mm）

$L_2$  : 主横桁の荷重分担長さ（mm）

$\Sigma l$  : せん断抵抗長さ（ $=l_1 + 2l_2$ ）（mm）

$l_1$  : 戸当りの埋込深さ（mm）

$l_2$  : 戸当りのコンクリート側面からの埋込み深さ（mm）

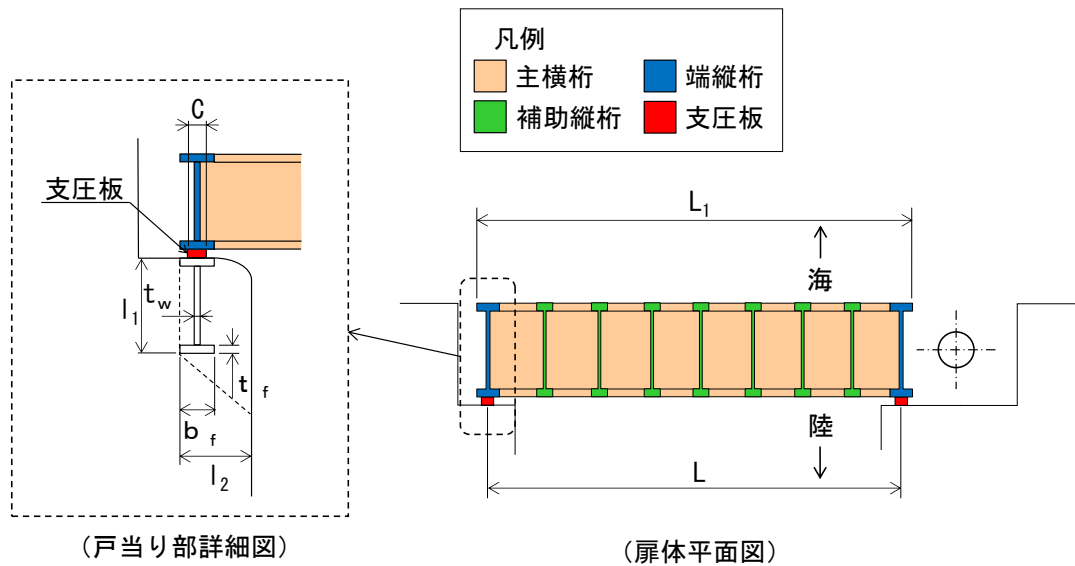


図 4-39 戸当り（腹板，底面フランジ，コンクリート）の評価イメージ図



(2) 漂流物対策工戸当り (RC支柱)

漂流物対策工戸当り (RC支柱) に生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

(3) 漂流物対策工基礎スラブ

漂流物対策工基礎スラブに生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

(4) 基礎地盤

基礎地盤の支持性能評価においては、MMR, 改良地盤及び岩盤に生じる接地圧が許容限界以下であることを確認する。

## 5. 評価条件

「4. 耐震評価」に用いる評価条件を表 5-1 及び表 5-2 に示す。

表 5-1(1) 防波扉の耐震評価に用いる条件

部材	記号	定義	数値	単位
主横桁	M	主横桁に生じる曲げモーメント	119.009	kN・m
	S	主横桁に生じるせん断力	73.515	kN
	W	主横桁に作用する地震時慣性力	19.642	kN/m
	W'	主横桁に作用する風荷重	2.978	kN/m
	L	主横桁の支間長	6.500	m
	a	主横桁の張出長さ	0.200	m
	L <sub>1</sub>	主横桁の水密幅	6.900	m
	Z	主横桁の断面係数	5136000	mm <sup>3</sup>
	A <sub>w</sub>	主横桁腹板の断面積	11350	mm <sup>2</sup>
補助縦桁	l	主横桁間隔	2.5	m
	m	補助縦桁間隔	0.7545	m
	P	補助縦桁に作用する地震時荷重（地震時慣性力+風荷重）	13.709	kN/m <sup>2</sup>
	M	補助縦桁に生じる曲げモーメント	7.835	kN・m
	S	補助縦桁に生じるせん断力	10.978	kN
	Z	補助縦桁の断面係数	424000	mm <sup>3</sup>
	A <sub>w</sub>	補助縦桁腹板の断面積	2470	mm <sup>2</sup>
端縦桁	R	端縦桁に生じる支点反力	73.515	kN
	A <sub>q</sub>	補剛材の有効断面積	2938	mm <sup>2</sup>
車輪	F	車輪に作用する地震時荷重（扉体自重+積雪荷重+地震時慣性力）	497.5	kN
	R <sub>1</sub>	海側車輪に作用する荷重	189.9	kN
	R <sub>2</sub>	陸側車輪に作用する荷重	58.8	kN
	L	車輪荷重の作用位置	0.74	m
	L <sub>1</sub>	海側車輪に作用位置	0.175	m
	L <sub>2</sub>	陸側車輪に作用位置	0.565	m
	P <sub>r</sub>	車輪荷重	189900	N
	E <sub>1</sub>	車輪の弾性係数	1.93×10 <sup>5</sup>	N/mm <sup>2</sup>
	E <sub>2</sub>	レールの弾性係数	1.93×10 <sup>5</sup>	N/mm <sup>2</sup>
	B <sub>0</sub>	車輪有効踏面幅	60	mm
	R	車輪半径	250	mm
	C	接触幅の 1/2	3.09	mm

表 5-1(2) 防波扉の耐震評価に用いる条件

部材	記号	定義	数値	単位
車輪軸	M	車輪軸に生じる曲げモーメント	38.0	kN・m
	L <sub>3</sub>	張出長さ	0.2	m
	Z	車輪軸の断面係数	130700	mm <sup>3</sup>
	S	車輪軸に生じるせん断力	189.9	kN
	A	車輪軸の断面積	9500	mm <sup>2</sup>
車輪軸受	R <sub>a</sub>	車輪軸受に作用する荷重	189.9	kN
レール	M	レールに生じる曲げモーメント	23.7	kN・m
	R <sub>1</sub>	海側車輪に生じる荷重	189.9	kN
	L <sub>M</sub>	レール基礎材間隔	0.5	m
	S	レールに生じるせん断力	189.9	kN
	Z <sub>1</sub>	レール引張側断面係数	175800	mm <sup>3</sup>
	Z <sub>2</sub>	レール圧縮側断面係数	198800	mm <sup>3</sup>
	A <sub>w</sub>	レール（腹板）の断面積	2020	mm <sup>2</sup>
	b <sub>p</sub>	レール（腹板）の受圧幅	66.18	mm
	C	接触幅の 1/2	3.09	mm
	t <sub>w</sub>	腹板の厚さ	20	mm
	t <sub>f</sub>	レール踏面板の厚さ	30	mm
ロック装置	P	ロックピンに作用する荷重	259.5	kN
	F <sub>h</sub>	ロックピンに作用する地震時慣性力	519.0	kN
	n	ロックピン数	2	本
	L	ロックピンの突出長さ	0.088	m
	M	ロックピンに生じる曲げモーメント	22.8	kN・m
	Z	ロックピンの断面係数	71569	mm <sup>3</sup>
	S	ロックピンに生じるせん断力	259.5	kN
	A	ロックピンのせん断面積	5100	mm <sup>2</sup>
	b	ロックピン受圧幅	65	mm
	h	ロックピン受圧長さ	70	mm
支圧板	P	支圧板に作用する地震時荷重（地震時慣性力+風荷重）	597.7	kN
	C	支圧板の有効幅	85	mm
	L	防波扉（鋼製扉体）の高さ	6500	mm

表 5-1(3) 防波扉の耐震評価に用いる条件

部材	記号	定義	数値	単位
戸当り（底面フランジ），戸当り（コンクリート）	P	戸当り（コンクリート）に作用する地震時荷重（地震時慣性力+風荷重）	597.7	kN
	L	防波扉（鋼製扉体）の高さ	6500	mm
	$b_f$	戸当り（底面フランジ）の幅	125	mm
	$t_f$	戸当り（底面フランジ）の厚さ	18.3	mm
	$l_1$	戸当りの埋込深さ	150	mm
	$l_2$	戸当りのコンクリート側面からの埋込深さ	312.5	mm
	$M_f$	戸当り（底面フランジ）に生じる曲げモーメント	781	N・mm/mm
	$\Sigma l$	せん断抵抗長さ（ $= l_1 + 2l_2$ ）	775	mm

表 5-2(1) 漂流物対策工の耐震評価に用いる条件

部材	記号	定義	数値	単位
主横桁	M	主横桁（最下段）に生じる曲げモーメント	115.7	kN・m
	S	主横桁（最下段）に生じるせん断力	65.2	kN
	W	主横桁に作用する地震時慣性力	17.015	kN/m
	W'	主横桁に作用する風荷重	1.354	kN/m
	L	主横桁の支間	7.1	m
	a	主横桁の張出長さ	0.1	m
	L <sub>1</sub>	主横桁の水密幅	7.3	m
	M <sub>1</sub> '	主横桁（最上段）に生じる曲げモーメント	580.5	kN・m
	S <sub>1</sub> '	主横桁（最上段）に生じるせん断力	146.0	kN
	L'	主横桁の突出長さ	7.95	m
	Z	主横桁の断面係数	18674000	mm <sup>3</sup>
	A <sub>w</sub>	主横桁腹板の断面積	21500	mm <sup>2</sup>
張出桁	M	張出桁に生じる曲げモーメント	2.8	kN・m
	S	張出桁に生じるせん断力	5.8	kN
	W	張出桁に作用する地震時慣性力	5.672	kN/m
	W'	張出桁に作用する風荷重	0.451	kN/m
	L <sub>2</sub>	張出長さ	0.95	m
	Z	張出桁の断面係数	6527000	mm <sup>3</sup>
	A <sub>w</sub>	張出桁腹板の断面積	16870	mm <sup>2</sup>
補助縦桁	M	補助縦桁に生じる曲げモーメント	0.2	kN・m
	S	補助縦桁に生じるせん断力	0.9	kN
	W	補助縦桁に作用する地震時慣性力	2.269	kN/m
	W'	補助縦桁に作用する風荷重	0.181	kN/m
	l	主横桁の間隔	0.75	m
	Z	補助縦桁の断面係数	7567000	mm <sup>3</sup>
	A <sub>w</sub>	補助縦桁腹板の断面積	21500	mm <sup>2</sup>
端縦桁	R	端縦桁に生じる支点反力	146.0	kN
	A <sub>q</sub>	補剛材の有効断面積	10747	mm <sup>2</sup>
支承部 (上部支 承軸)	M	支承軸（上部支承軸）に生じる曲げモーメント	144.9	kN・m
	R <sub>H</sub>	支承部（上部支承軸）に作用する水平荷重	1053.9	kN
	L	支承軸支持間隔	0.55	m
	S	支承部（上部支承軸）に生じるせん断力	527.0	kN
	Z	支承部（上部支承軸）の断面係数	572600	mm <sup>3</sup>
	A	支承部（上部支承軸）の断面積	25450	mm <sup>2</sup>

表 5-2(2) 漂流物対策工の耐震評価に用いる条件

部材	記号	定義	数値	単位
支承部（下部支承軸）	M	支承部（下部支承軸）に生じる曲げモーメント	137.0	kN・m
	R <sub>H</sub>	支承部（下部支承軸）に作用する水平荷重	1053.9	kN
	L	支承部（下部支承軸）の突出長さ	0.130	m
	S	支承部（下部支承軸）に生じるせん断力	1053.9	kN
	Z	支承部（下部支承軸）の断面係数	1045400	mm <sup>3</sup>
	A	支承部（下部支承軸）の断面積	38010	mm <sup>2</sup>
支承部（下部支承軸受）	R <sub>v</sub>	支承部（下部支承軸）に作用する鉛直荷重	1033	kN
	r	軸受（壺金）の球面の半径	900	mm
	E	軸受（壺金）の弾性係数	1.93×10 <sup>5</sup>	N/mm <sup>2</sup>
支承部（支承軸受）	R	支承部（支承軸受）に作用する荷重	1053.9	kN
支承部（浮上防止金物）	M	支承部（浮上防止金物）に生じる曲げモーメント	1.35	kN・m
	R <sub>v</sub>	支承部（浮上防止金物）に作用する鉛直上向き荷重	135	kN
	L	支承部（浮上防止金物）の突出長さ	0.040	m
	S	支承部（浮上防止金物）に生じるせん断力	33.8	kN
	Z	支承部（浮上防止金物）の断面係数	16900	mm <sup>3</sup>
	A <sub>1</sub>	支承部（浮上防止金物）の断面積	3900	mm <sup>2</sup>
	F	固定ボルトに生じる軸力	77.1	kN
	a,b	支持点からの距離	160, 70	mm
上部支承（アンカーボルト）, 上部支承（コンクリート）	A <sub>2</sub>	固定ボルトの有効断面積	561	mm <sup>2</sup>
	F	アンカーボルト1本あたりに生じる軸力	162.1	kN
	R <sub>H</sub>	支承部（上部支承軸）に作用する水平荷重	1053.6	kN
	l	支承軸からアンカーボルト固定部までの距離	600	mm
	m	アンカーボルトの間隔	650	mm
	n	アンカーボルトの片側本数	6	本
	A	アンカーボルトの断面積	865	mm <sup>2</sup>
	d	アンカーボルト埋込深さ	800	mm
a,b	アンカープレートの寸法	250, 800	mm	
c,e	支圧板の寸法	250, 800	mm	

表 5-2(3) 漂流物対策工の耐震評価に用いる条件

部材	記号	定義	数値	単位
下部支承 (アンカー ボルト) , 下部支承 (コンクリ ート)	F	アンカーボルト 1 本あたりに生じる軸力	102.4	kN
	R <sub>H</sub>	支承部 (下部支承軸) に作用する水平荷重	1053.9	kN
	L	軸受中心からアンカーボルト固定部までの 距離	130	mm
	2y	アンカーボルトの間隔	446	mm
	n	アンカーボルトの片側本数	3	本
	A	アンカーボルトの断面積	865	mm <sup>2</sup>
	d	アンカーボルト埋込深さ	300	mm
	a, b	アンカープレートの寸法	150, 850	mm
c, e	支圧板の寸法	250, 650	mm	
ロック 装置	M	ロックビームに生じる曲げモーメント	60.6	kN・m
	R <sub>r</sub>	ロックビームに作用する荷重	404.3	kN
	a	ロックビームの突出長さ	0.15	m
	n	ロックビーム数	2	本
	Z	ロックビームの断面係数	238000	mm <sup>3</sup>
	S	ロックビームに生じるせん断力	404.1	kN
	A	ロックビームのせん断面積	1872	mm <sup>2</sup>
支圧板及び 戸当り	W	戸当りに作用する地震時荷重 (地震時慣性 力+風荷重)	18.369	kN/m
	C	支圧板の有効幅	80	mm
	L <sub>1</sub>	漂流物対策工 (鋼製扉体) の幅	7300	mm
	L <sub>2</sub>	主横桁の荷重分担長さ	750	mm
	t <sub>w</sub>	戸当り (腹板) の厚さ	14	mm
	b <sub>f</sub>	戸当り (底面フランジ) の幅	800	mm
	t <sub>f</sub>	戸当り (底面フランジ) の厚さ	50	mm
	l <sub>1</sub>	戸当りの埋込深さ	1650	mm
	l <sub>2</sub>	当りのコンクリート側面からの埋込み深さ	950	mm
	M <sub>f</sub>	戸当り (底面フランジ) に生じる曲げモー メント	8000	N・mm/mm
Σl	せん断抵抗長さ (= l <sub>1</sub> + 2l <sub>2</sub> )	3550	mm	

## 6. 耐震評価結果

### 6.1 防波扉

#### 6.1.1 防波扉（鋼製扉体）

防波扉（鋼製扉体）の耐震評価結果を表 6-1 に示す。防波扉（鋼製扉体）の各部材の発生応力度又は作用荷重が許容限界以下であることを確認した。

表 6-1(1) 防波扉（鋼製扉体）の耐震評価結果

部材		発生 応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	照査値
主横桁	曲げ応力度	23	240	0.10
	せん断応力度	6	135	0.05
補助縦桁	曲げ応力度	18	180	0.10
	せん断応力度	4	105	0.04
端縦桁	圧縮応力度	25	240	0.11
車輪	接触応力度	653	960	0.69
車輪軸	曲げ応力度	291	367	0.80
	せん断応力度	27	210	0.13
レール	曲げ圧縮応力度	119	255	0.47
	曲げ引張応力度	135	240	0.57
	せん断応力度	94	135	0.70
レール(腹板)	支圧応力度	143	360	0.40
ロック装置	曲げ応力度	319	540	0.60
	せん断応力度	68	310	0.22
	支圧応力度	57	225	0.26
支圧板	支圧応力度	0.5	225	0.01
戸当り (底面フランジ)	曲げ応力度	14	180	0.08
戸当り (コンクリート)	支圧応力度	0.4	8.8	0.05
	せん断応力度	0.06	0.6	0.10

表 6-1(2) 防波扉（鋼製扉体）の耐震評価結果

部材	作用荷重 (kN)	許容限界 (kN)	照査値
車輪軸受	189.9	700	0.28



### 6.1.2 防波扉戸当り（RC支柱）

防波扉戸当り（RC支柱）の耐震評価結果を表 6-2 に示す。防波扉戸当り（RC支柱）の発生応力度が許容限界以下であることを確認した。

表 6-2 防波扉戸当り（RC支柱）の耐震評価結果

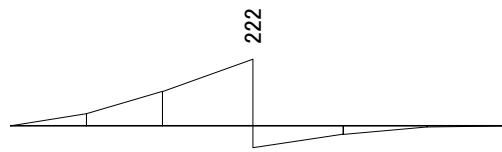
部材		発生応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	照査値
防波扉戸当り (RC支柱)	曲げ引張応力度	17	294	0.06
	曲げ圧縮応力度	0.5	13.5	0.04
	せん断応力度	0.10	0.67	0.15

### 6.1.3 防波扉基礎スラブ

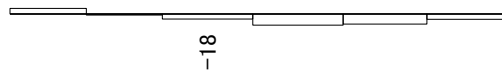
#### (1) 曲げ照査

防波扉基礎スラブのコンクリートの曲げ・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図を図 6-1 に、コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値を表 6-3 に示す。防波扉基礎スラブの鉄筋の曲げ・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図を図 6-2 に、鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値を表 6-4 に示す。

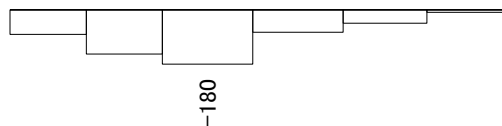
この結果から、防波扉基礎スラブのコンクリート及び鉄筋の発生応力度が許容限界以下であることを確認した。



曲げモーメント (kN・m)



軸力 (kN)

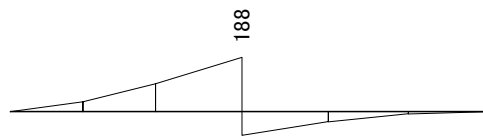


せん断力 (kN)

図 6-1 コンクリートの曲げ・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  
 (S s - D (+ -) , t=8.58s)  
 解析ケース①：基本ケース

表 6-3 コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値

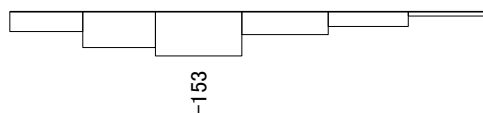
地震動	解析 ケース	発生断面力		曲げ圧縮 応力度 $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{ca}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_c / \sigma_{ca}$
		曲げモーメント M (kN・m)	軸力 N (kN)			
S s - D (+ -)	①	222	18	0.7	13.5	0.05



曲げモーメント (kN·m)



軸力 (kN)



せん断力 (kN)

図 6-2 鉄筋の曲げ・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  
 (S<sub>s</sub>-D (-+), t=19.18s)  
 解析ケース①：基本ケース

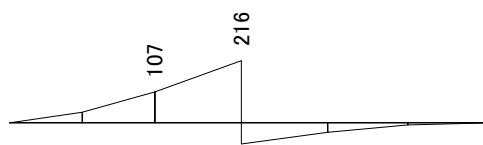
表 6-4 鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値

地震動	解析 ケース	発生断面力		曲げ引張 応力度 $\sigma_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{sa}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_s / \sigma_{sa}$
		曲げモーメント M (kN·m)	軸力 N (kN)			
S <sub>s</sub> -D (-+)	①	188	114	41	294	0.15

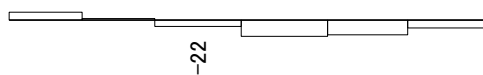
(2) せん断照査

防波扉基礎スラブのコンクリートの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図を図 6-3 に、コンクリートのせん断破壊に対する最大照査値を表 6-5 に示す。

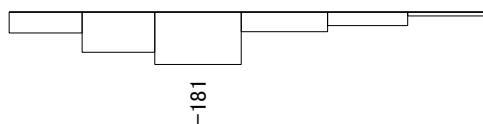
この結果から、防波扉基礎スラブのコンクリートの発生応力度が許容限界以下であることを確認した。



曲げモーメント (kN・m)



軸力 (kN)



せん断力 (kN)

図 6-3 コンクリートの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  
 (S s - D (++) , t=8.57s)  
 解析ケース①：基本ケース

表 6-5 コンクリートのせん断破壊に対する照査における最大照査値

地震動	解析 ケース	発生断面力	せん断応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\tau_{a1}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c / \tau_{a1}$
		せん断力 Q (kN)			
S s - D (++)	①	181	0.05	0.67	0.08

### 6.1.4 防波扉（鋼管杭）

#### (1) 曲げ照査

防波扉（鋼管杭）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図を図 6-4 に、曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値を表 6-6 に示す。

この結果から、防波扉（鋼管杭）に発生する断面力が許容限界以下であることを確認した。

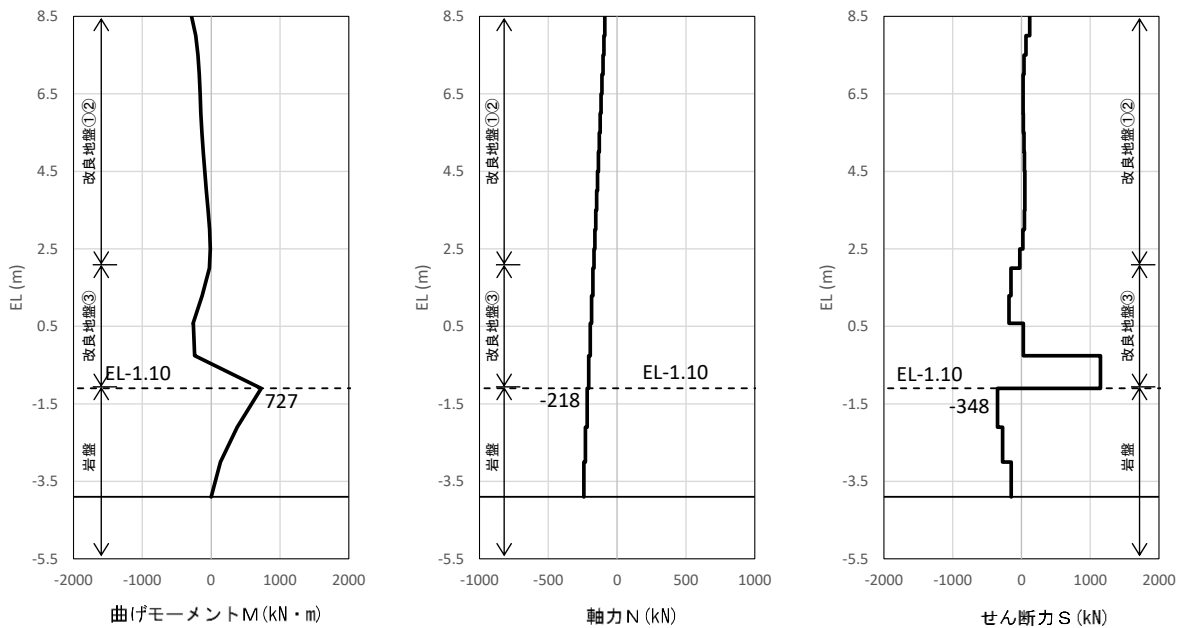


図 6-4 防波扉（鋼管杭）の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値の評価時刻での断面力  
 (  $S_s - D (+ -)$  ,  $t = 8.57s$  )  
 解析ケース①：基本ケース

表 6-6 防波扉（鋼管杭）の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値

地震動	解析ケース	発生断面力		降伏モーメント $M_y$ (kN・m)	照査値 $M/M_y$
		曲げモーメント $M$ (kN・m)	軸力 $N$ (kN)		
$S_s - D (+ -)$	①	727	218	7960	0.10

(2) せん断照査

防波扉（鋼管杭）の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図を図 6-5 に、せん断破壊に対する最大照査値を表 6-7 に示す。

この結果から、防波扉（鋼管杭）の発生応力度が許容限界以下であることを確認した。

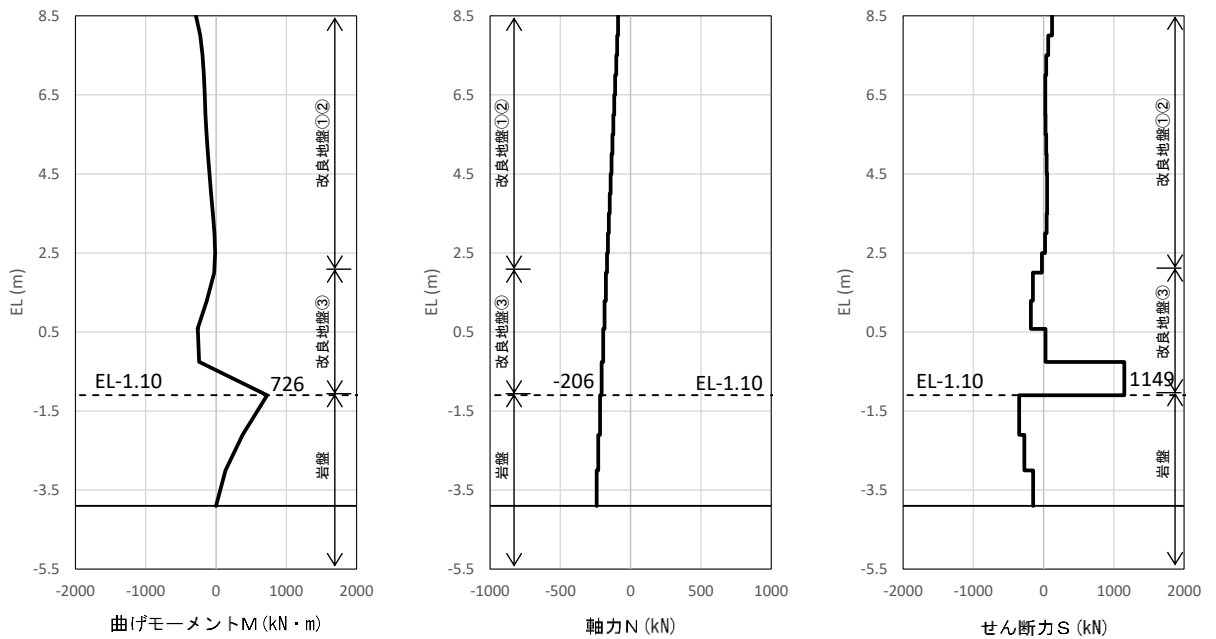


図 6-5 コンクリートのせん断破壊に対する照査における  
 最大照査値の評価時刻での断面力  
 (S s - D (+ -), t=8.57s)  
 解析ケース①：基本ケース

表 6-7 防波扉（鋼管杭）のせん断破壊に対する照査における最大照査値

地震動	解析 ケース	発生断面力		短期許容 応力度 $\tau_{sa}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_s / \tau_{sa}$
		せん断力 Q (kN)	せん断応力度 $\tau_s$ (N/mm <sup>2</sup> )		
S s - D (+ -)	①	1149	26	157	0.17



## 6.1.4 改良地盤

改良地盤のすべり安全率による評価結果を表 6-8 に、最小すべり安全率となる時刻におけるすべり線及び局所安全係数分布図を図 6-6 に示す。この結果から、改良地盤のすべり安全率が 1.2 以上あることを確認した。

表 6-8 改良地盤のすべり安全率評価結果

地震動	解析ケース	発生時刻 (s)	最小すべり安全率
S s - D (- +)	①	8.58	2.87

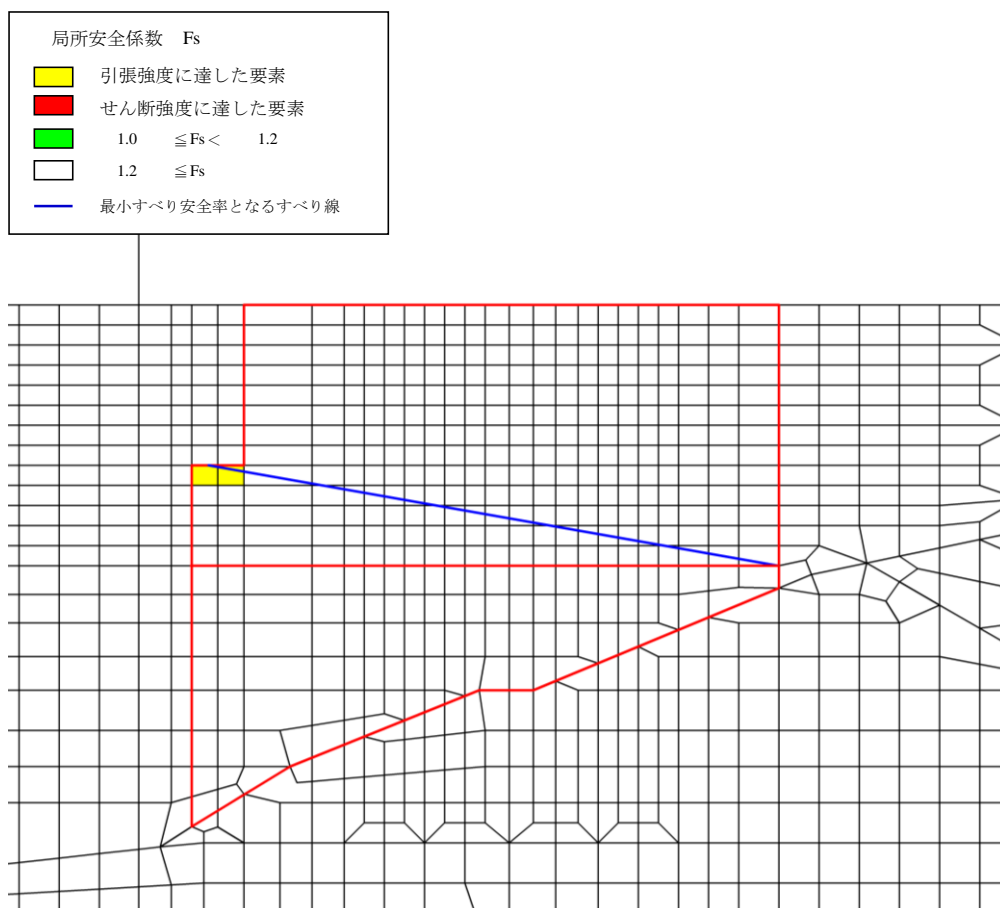


図 6-6 改良地盤の最小すべり安全率時刻におけるすべり線及び局所安全係数分布

(S s - D (- +),  $t=8.58s$ )

解析ケース①：基本ケース

### 6.1.5 基礎地盤

基礎地盤の支持性能照査結果を表 6-9 に示す。

防波扉（鋼管杭）の杭下端部に生じる軸応力度が許容限界以下であることを確認した。

表 6-9 基礎地盤の支持性能照査結果

地震動	解析 ケース	発生断面力	軸応力度 $R_d$ (N/mm <sup>2</sup> )	極限支持力度 $R_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $R_d/R_u$
		軸力 N (kN)			
S s - D (+ -)	①	494	0.4	9.8	0.05

## 6.2 漂流物対策工

### 6.2.1 漂流物対策工（鋼製扉体）

漂流物対策工（鋼製扉体）の耐震評価結果を表6-10に示す。漂流物対策工（鋼製扉体）の各部材の発生応力度又は作用荷重が許容限界以下であることを確認した。

表6-10(1) 漂流物対策工（鋼製扉体）の耐震評価結果

部材		発生 応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	照査値
主横桁 (最下段)	曲げ応力度	6	525	0.02
	せん断応力度	3	193	0.02
主横桁 (最上段)	曲げ応力度	31	525	0.06
	せん断応力度	7	193	0.04
張出桁	曲げ応力度	0.4	525	0.01
	せん断応力度	0.3	303	0.01
補助縦桁	曲げ応力度	0.03	310	0.01
	せん断応力度	0.04	193	0.01
端縦桁	圧縮応力度	14	337	0.05
支承部（上部支承軸）	曲げ応力度	253	540	0.47
	せん断応力度	28	310	0.10
支承部（下部支承軸）	曲げ応力度	131	255	0.52
	せん断応力度	13	147	0.09
支承部（下部支承軸受）	接触応力度	1405	2035	0.70
支承部 (浮上防止金物)	曲げ応力度	80	150	0.54
	せん断応力度	13	90	0.15
	軸方向引張 応力度	137	255	0.54

表6-10(2) 漂流物対策工（鋼製扉体）の耐震評価結果

部材	作用荷重 (kN)	許容限界 (kN)	照査値
支承軸受	1053.9	2140	0.50

表 6-10(3) 漂流物対策工（鋼製扉体）の耐震評価結果

部材	種別	発生 応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	照査値
上部支承 (アンカーボルト)	軸方向引張 応力度	187	367	0.51
下部支承 (アンカーボルト)	軸方向引張 応力度	118	367	0.33
上部支承 (コンクリート)	支圧応力度 アンカープレート	4.9	8.8	0.56
	支圧応力度 支圧板	5.3	8.8	0.61
	せん断応力度	0.38	0.60	0.64
下部支承 (コンクリート)	支圧応力度 アンカープレート	2.4	8.8	0.28
	支圧応力度	6.5	8.8	0.74
	せん断応力度	0.30	0.60	0.50
ロック装置	曲げ圧縮 応力度	127	337	0.38
	せん断応力度	108	193	0.56
支圧板	支圧応力度	1.1	225	0.01
戸当り（腹板）	支圧応力度	6	270	0.03
戸当り (底面フランジ)	曲げ応力度	19	525	0.04
戸当り (コンクリート)	支圧応力度	0.1	8.8	0.02
	せん断応力度	0.03	0.60	0.05

## 6.2.2 漂流物対策工戸当り（RC支柱）

### (1) 曲げ照査

漂流物対策工戸当り（RC支柱）のコンクリートの曲げ・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図を図 6-7 に、コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値を表 6-11 に示す。漂流物対策工戸当り（RC支柱）の鉄筋の曲げ・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図を図 6-8 に、曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値を表 6-12 に示す。

この結果から、漂流物対策工戸当り（RC支柱）のコンクリート及び鉄筋の発生応力度が許容限界以下であることを確認した。

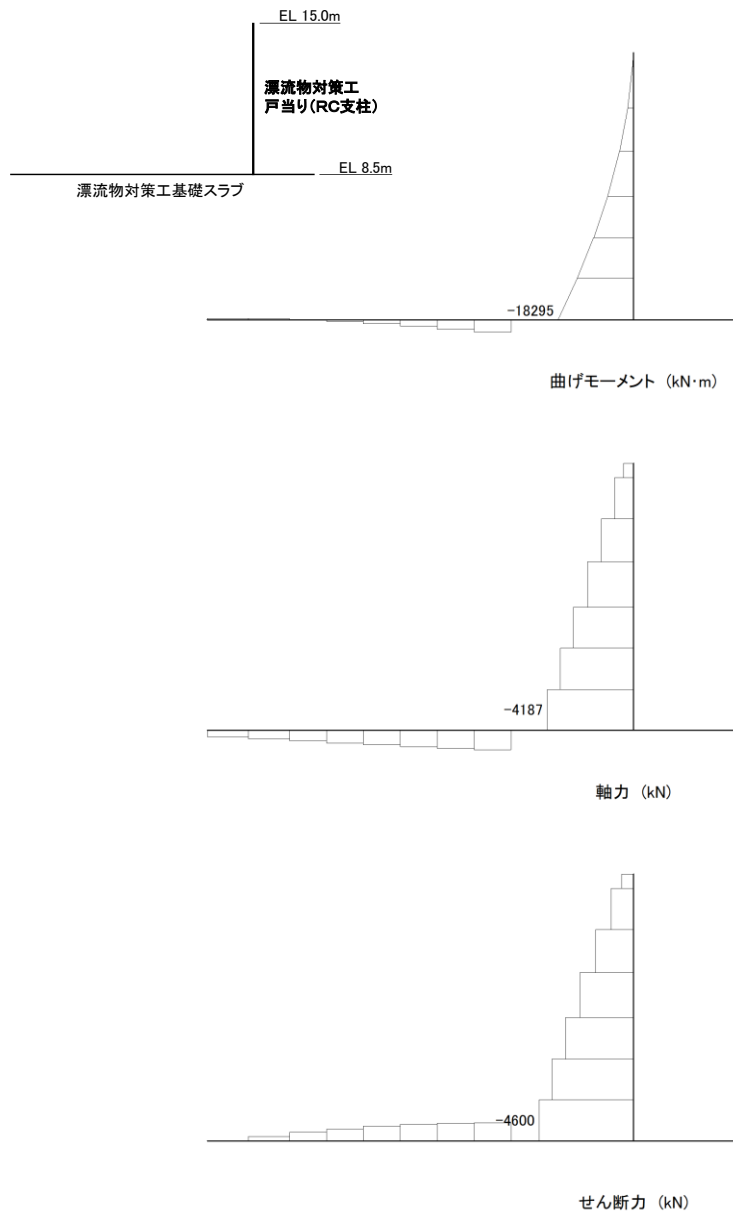


図 6-7 コンクリートの曲げ・軸力系破壊に対する照査における  
 最大照査値の評価時刻での断面力  
 (S<sub>s</sub>-D (---), t=8.58s)

解析ケース②：地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース (平均値 + 1σ)

表 6-11 コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値

地震動	解析 ケース	発生断面力		曲げ圧縮 応力度 $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{ca}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_c / \sigma_{ca}$
		曲げモーメント M (kN・m)	軸力 N (kN)			
S <sub>s</sub> -D (---)	②	18295	4187	1.8	21.0	0.09

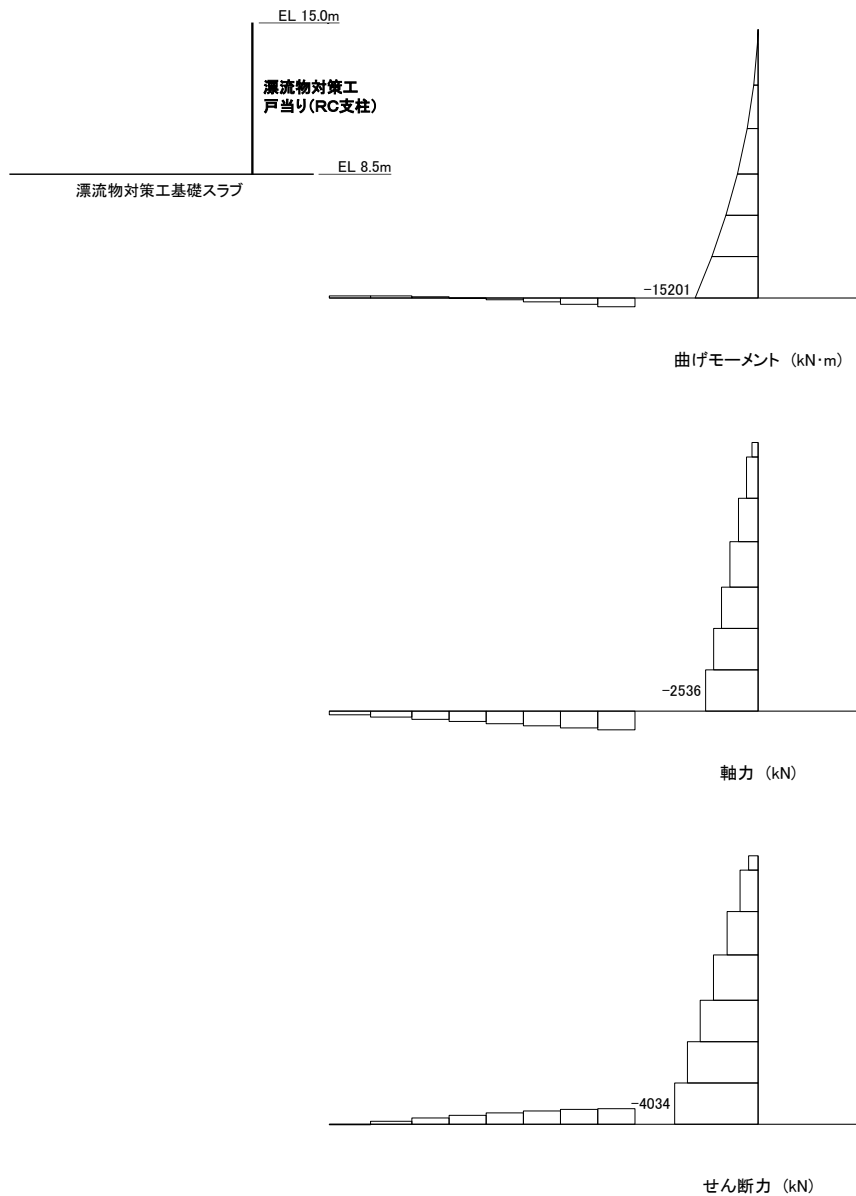


図 6-8 鉄筋の曲げ・軸力系破壊に対する照査における  
 最大照査値の評価時刻での断面力  
 (S<sub>s</sub>-D (-+), t=8.58s)  
 解析ケース①：基本ケース

表 6-12 鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値

地震動	解析 ケース	発生断面力		曲げ引張 応力度 $\sigma_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{sa}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_s / \sigma_{sa}$
		曲げモーメント M (kN·m)	軸力 N (kN)			
S <sub>s</sub> -D (-+)	①	15201	2536	46	294	0.16

(2) せん断照査

漂流物対策工戸当り（RC支柱）のコンクリートの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図を図 6-9 に、コンクリートのせん断破壊に対する最大照査値を表 6-13 に示す。

この結果から、漂流物対策工戸当り（RC支柱）のコンクリートの発生応力度が許容限界以下であることを確認した。



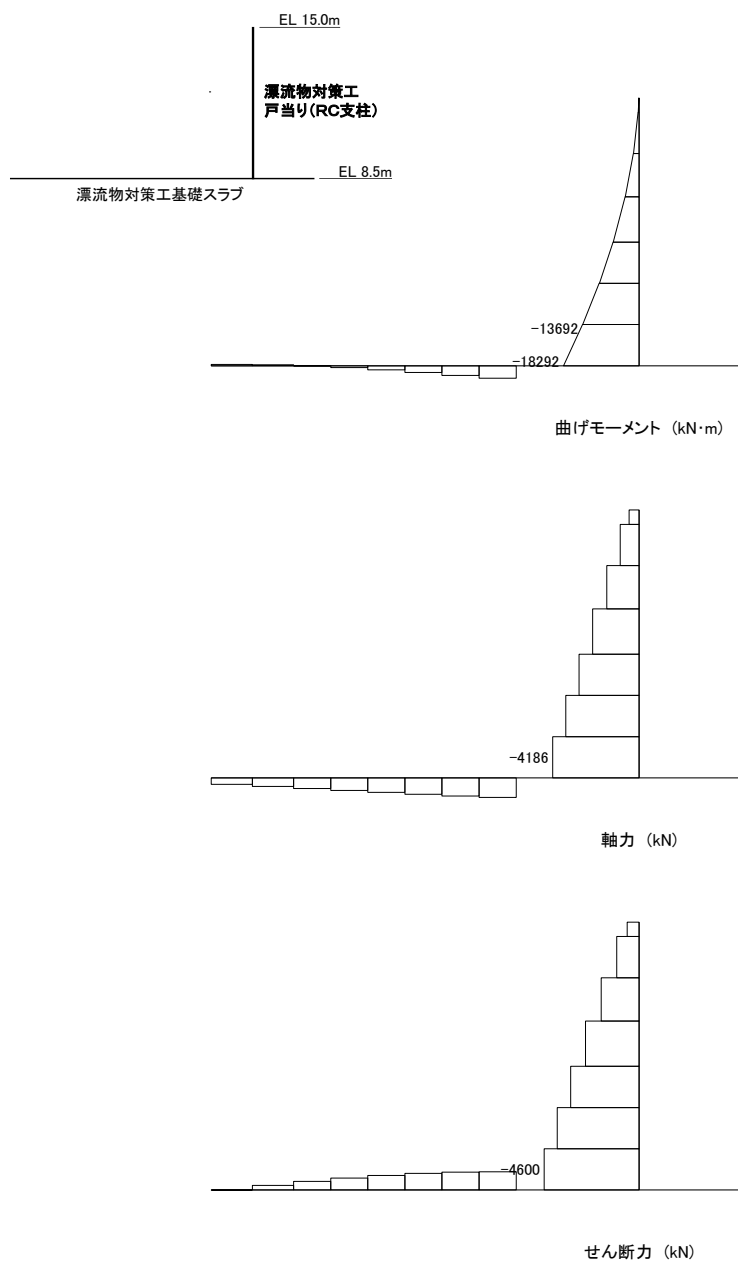


図 6-9 コンクリートのせん断照査における最大照査値の評価時刻での断面力  
 (S<sub>s</sub>-D (---), t=8.58s)  
 解析ケース①：基本ケース

表 6-13 コンクリートのせん断照査における最大照査値

地震動	解析 ケース	発生断面力	せん断応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\tau_{a1}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c / \tau_{a1}$
		せん断力 Q (kN)			
S <sub>s</sub> -D (---)	①	4600	0.37	0.82	0.46

### 6.2.3 漂流物対策工基礎スラブ

#### (1) 曲げ照査

漂流物対策工基礎スラブのコンクリート及び鉄筋の曲げ・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図を図 6-10 に、コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値を表 6-14 に、漂流物対策工基礎スラブの鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値を表 6-15 に示す。

この結果から、漂流物対策工基礎スラブのコンクリート及び鉄筋の発生応力度が許容限界以下であることを確認した。

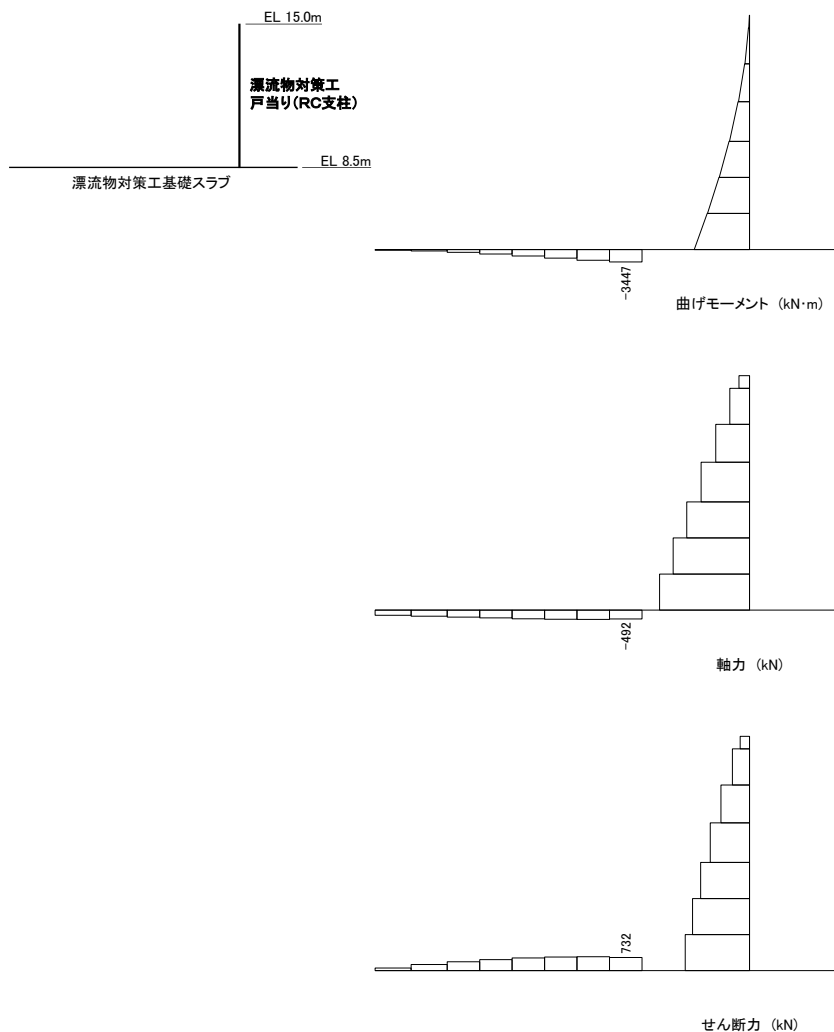


図 6-10 コンクリート及び鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における  
 最大照査値の評価時刻での断面力  
 (S<sub>s</sub>-D (+-), t=18.93s)  
 解析ケース①：基本ケース

表 6-14 コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値

地震動	解析 ケース	発生断面力		曲げ圧縮 応力度 $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{ca}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_c / \sigma_{ca}$
		曲げモーメント M (kN・m)	軸力 N (kN)			
S <sub>s</sub> -D (+-)	①	3447	492	1.5	21.0	0.08

表 6-15 鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値

地震動	解析 ケース	発生断面力		曲げ引張 応力度 $\sigma_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{sa}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_s / \sigma_{sa}$
		曲げモーメント M (kN・m)	軸力 N (kN)			
S <sub>s</sub> -D (+-)	①	3447	492	42	294	0.15

(2) せん断照査

コンクリートの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図を図 6-11 に、せん断破壊に対する最大照査値を表 6-16 に示す。

この結果から、漂流物対策工基礎スラブの発生応力度が許容限界以下であることを確認した。

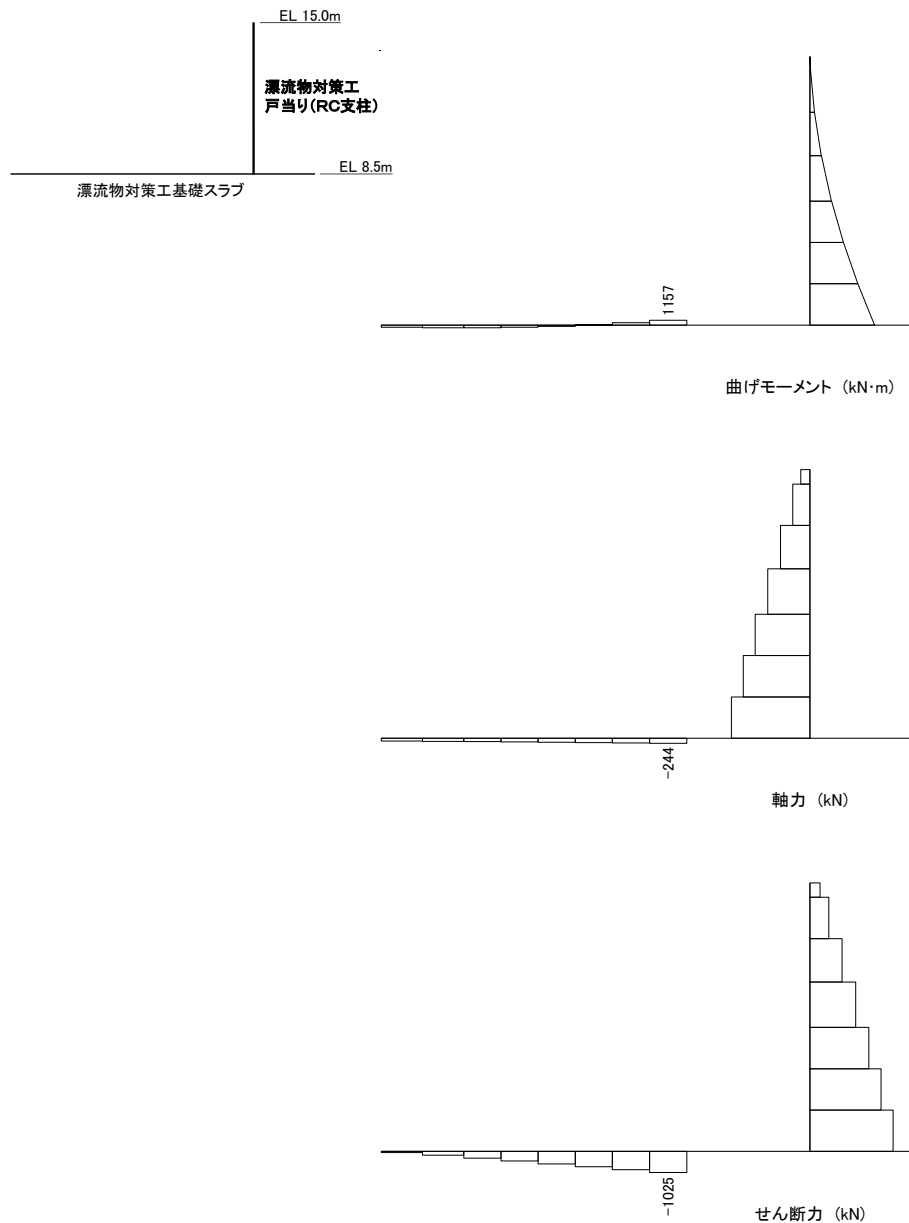


図 6-11 コンクリートのせん断照査における最大照査値の評価時刻での断面力  
 (S<sub>s</sub>-D (+-), t=8.58s)  
 解析ケース①: 基本ケース

表 6-16 コンクリートのせん断照査における最大照査値

地震動	解析 ケース	発生断面力	せん断応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\tau_{a1}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c / \tau_{a1}$
		せん断力 Q (kN)			
S <sub>s</sub> -D (+-)	①	1025	0.32	0.82	0.40

#### 6.2.4 基礎地盤

基礎地盤の支持性能照査結果を表 6-17 に、接地圧分布を図 6-12 に示す。

漂流物対策工の基礎地盤に生じる最大接地圧が許容限界以下であることを確認した。

表 6-17(1) 基礎地盤の支持性能照査結果 (MMR)

地震動	解析ケース	最大接地圧 $R_d$ (N/mm <sup>2</sup> )	支圧強度 $f'_a$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $R_d / f'_a$
S <sub>s</sub> -D (+-)	①	0.8	18.0	0.05

表 6-17(2) 基礎地盤の支持性能照査結果 (改良地盤)

地震動	解析ケース	最大接地圧 $R_d$ (N/mm <sup>2</sup> )	極限支持力度 $R_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $R_d / R_u$
S <sub>s</sub> -D (--)	①	0.5	1.4	0.35

表 6-17(3) 基礎地盤の支持性能照査結果 (岩盤)

地震動	解析ケース	最大接地圧 $R_d$ (N/mm <sup>2</sup> )	極限支持力度 $R_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $R_d / R_u$
S <sub>s</sub> -D (--)	①	2.0	9.8	0.21

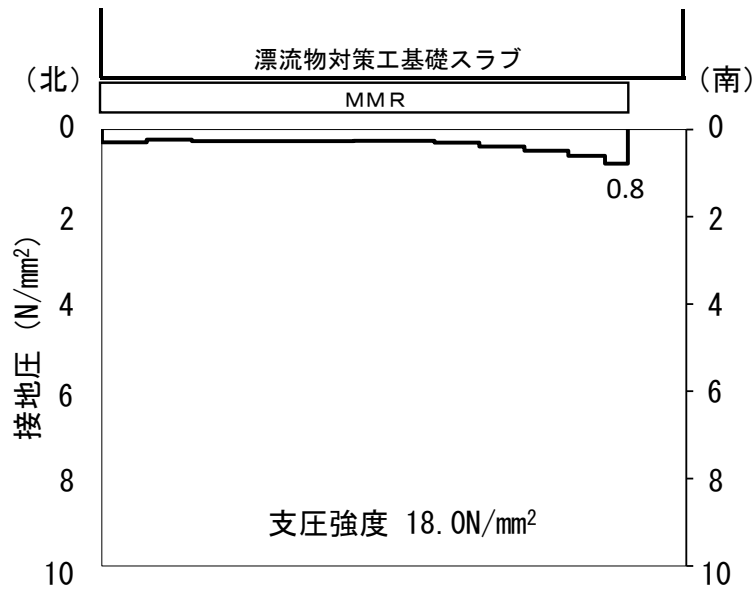


図 6-12(1) 基礎地盤の接地圧分布図 (MMR)  
 (S s - D (+ -))  
 解析ケース①：基本ケース

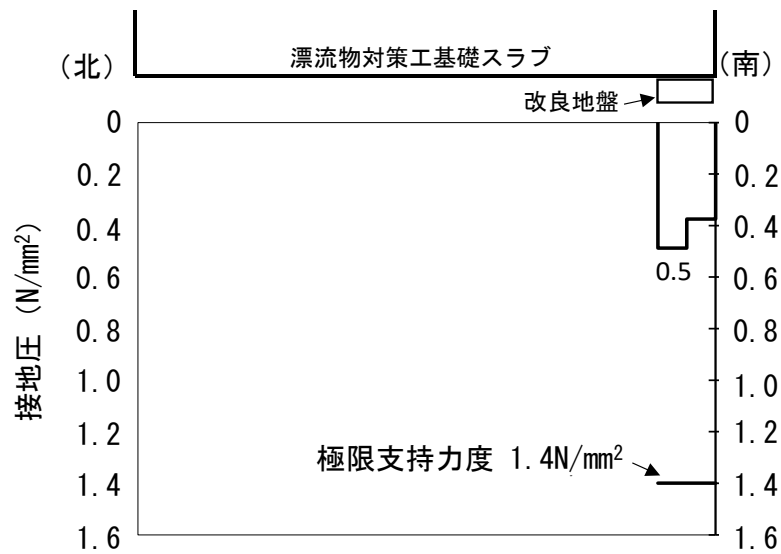


図 6-12(2) 基礎地盤の接地圧分布図 (改良地盤)  
 (S s - D (- -))  
 解析ケース①：基本ケース

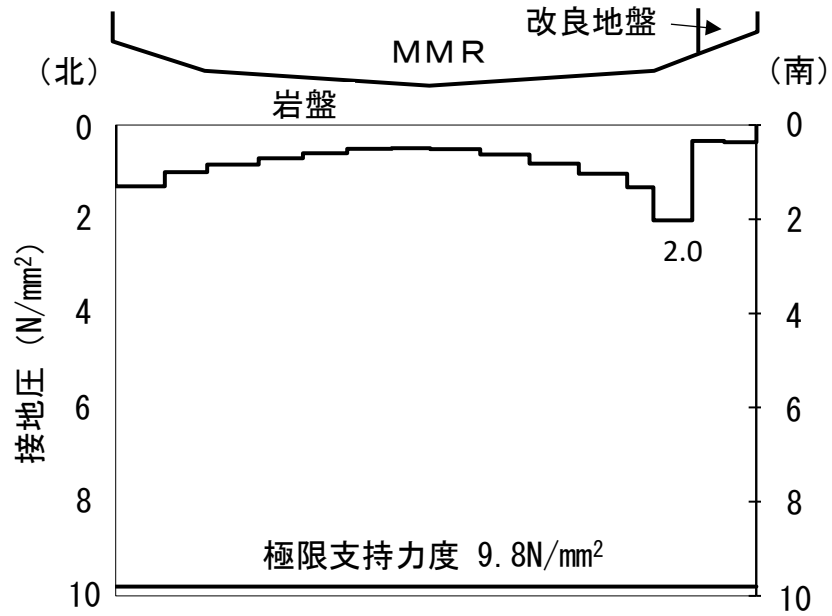


図 6-12(3) 基礎地盤の接地圧分布図 (岩盤)

( S s - D ( - - ) )

解析ケース①：基本ケース



### 3. 防波壁通路防波扉（3号機東側）に関する耐震計算書

## 目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	2
2.1 位置	2
2.2 構造概要	3
2.3 評価方針	16
2.4 適用規格・基準等	21
3. 固有値解析	22
3.1 解析モデルの設定	22
3.2 記号の説明	23
3.3 固有振動数の計算方法	23
3.4 固有振動数の計算条件	24
3.5 固有振動数の計算結果	24
4. 耐震評価	25
4.1 記号の定義	25
4.2 評価対象断面	37
4.3 解析方法	39
4.3.1 施設	39
4.3.2 地盤物性のばらつき	40
4.3.3 減衰定数	40
4.3.4 解析ケース	40
4.4 荷重及び荷重の組合せ	42
4.4.1 耐震評価上考慮する状態	42
4.4.2 荷重	42
4.4.3 荷重の組合せ	43
4.5 入力地震動	44
4.6 解析モデル及び諸元	57
4.6.1 解析モデル	57
4.6.2 使用材料及び材料の物性値	59
4.6.3 地盤の物性値	61
4.6.4 地下水位	61
4.7 評価対象部位	62
4.7.1 施設・地盤の健全性評価	62
4.7.2 基礎地盤の支持性能評価	62
4.8 許容限界	63

4.8.1	防波扉	63
4.8.2	漂流物対策工	66
4.8.3	基礎地盤	69
4.9	設計用地震力	70
4.10	評価方法	71
4.10.1	防波扉	72
4.10.2	漂流物対策工	88
5.	評価条件	110
6.	耐震評価結果	116
6.1	防波扉	116
6.1.1	防波扉（鋼製扉体）	116
6.1.2	防波扉戸当り（RC支柱）	117
6.1.3	防波扉基礎スラブ	122
6.1.4	グラウンドアンカ	127
6.1.5	改良地盤	128
6.1.6	基礎地盤	129
6.2	漂流物対策工	131
6.2.1	漂流物対策工（鋼製扉体）	131
6.2.2	漂流物対策工戸当り（RC支柱）	133
6.2.3	漂流物対策工基礎スラブ	137
6.2.4	基礎地盤	142

## 1. 概要

本資料は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、防波壁通路防波扉（3号機東側）（以下「防波扉（3号機東側）」という。）が、基準地震動  $S_s$  に対して十分な構造強度及び止水機能を有していることを確認するものである。

防波扉（3号機東側）に要求される機能の維持を確認するにあたっては、構造部材の健全性評価では、地震応答解析に基づく施設・地盤の健全性評価を行う。基礎地盤の支持性能評価では、地震応答解析により基礎地盤に発生した接地圧を確認する。

## 2. 基本方針

### 2.1 位置

防波扉（3号機東側）の位置図を図2-1に示す。

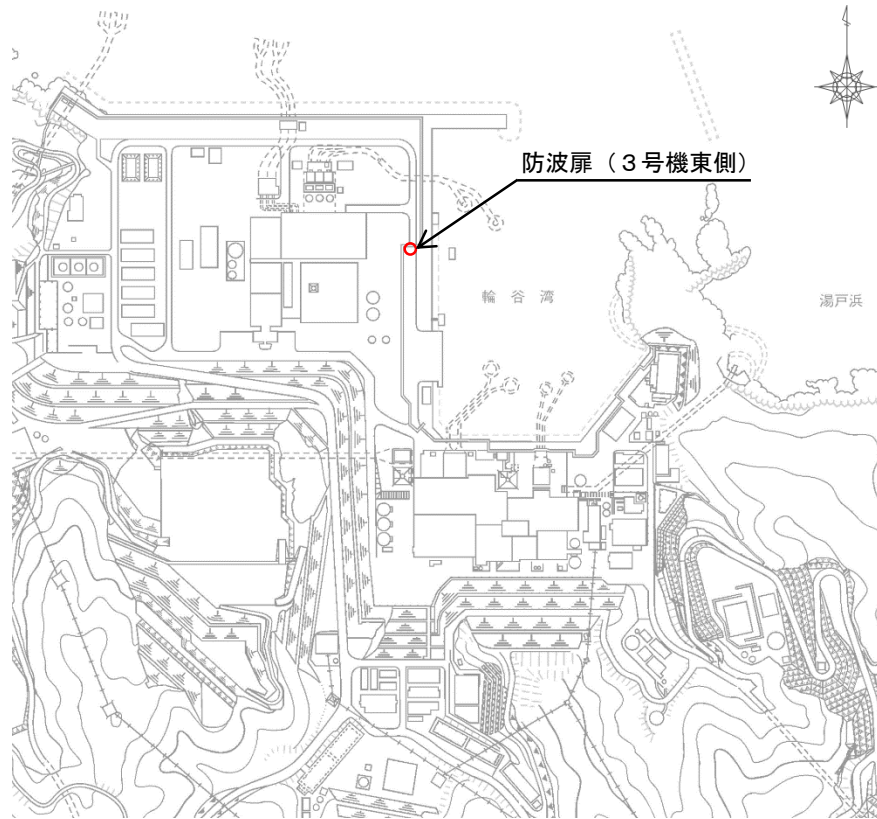


図2-1 防波扉（3号機東側）の位置図

## 2.2 構造概要

防波扉（3号機東側）の構造概要図を図2-2に示す。

防波扉（3号機東側）は、入力津波高さ（EL 11.9m）に対して、余裕を考慮した天端高さ（EL 15.0m）とする。

防波扉（3号機東側）は、防波扉及び漂流物対策工から構成される。

防波扉は、改良地盤を介して岩盤に支持される直接支持構造と、防波扉（鋼製扉体）、防波扉戸当り（RC支柱）及び防波扉基礎スラブによる上部構造から構成される。

防波扉（鋼製扉体）、防波扉戸当り（RC支柱）及び防波扉基礎スラブの境界部には水密ゴムを設置し、止水性を確保する。また、防波扉基礎スラブにはグラウンドアンカを設置している。

防波扉（3号機東側）の構造図を図2-3に、防波扉戸当り（RC支柱）及び防波扉基礎スラブ接続部の概略配筋図を図2-4に、防波扉戸当り（RC支柱）の概略配筋図を図2-5に、水密ゴムの概念図を図2-6に示す。

漂流物対策工は、漂流物対策工（鋼製扉体）、漂流物対策工戸当り（RC支柱）及び漂流物対策工基礎スラブから構成され、マンメイドロック（以下「MMR」という。）及び改良地盤を介して岩盤に支持される。

漂流物対策工の構造図を図2-7に、漂流物対策工戸当り（RC支柱）の概略配筋図を図2-8に、漂流物対策工基礎スラブの概略配筋図を図2-9に、漂流物対策工戸当り（RC支柱）及び基礎スラブ接続部の概略配筋図を図2-10に、漂流物対策工戸当り（RC支柱）のアンカー部付近の概略配筋図を図2-11に示す。

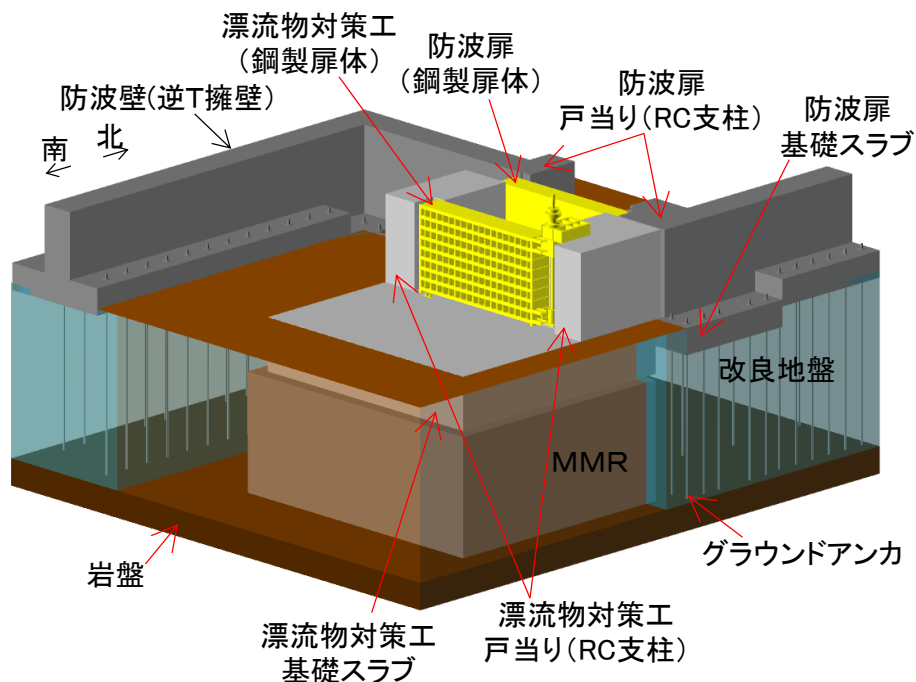


図2-2(1) 防波扉（3号機東側）の構造概要図（鳥瞰図）

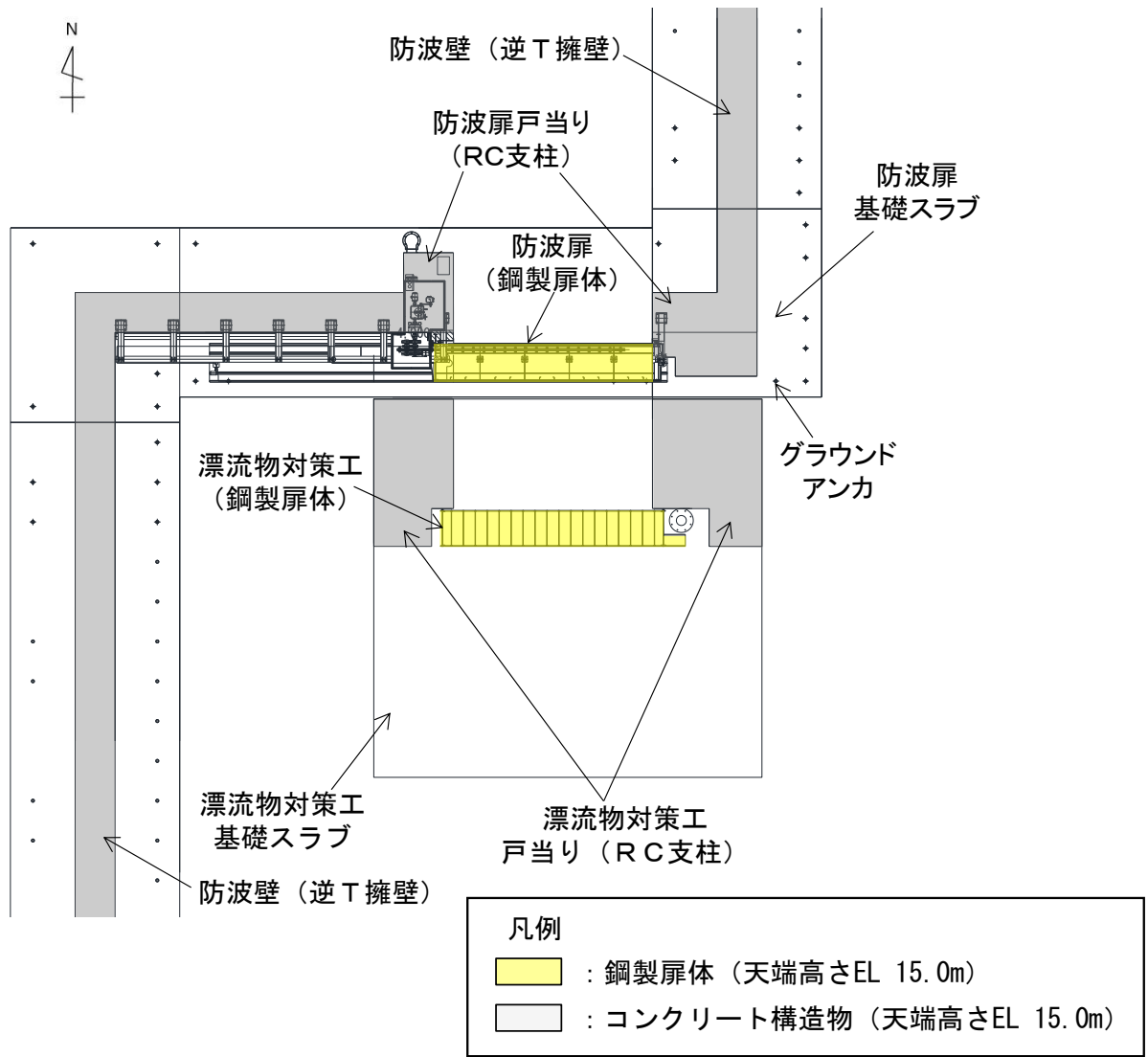


図 2-2(2) 防波扉 (3号機東側) の構造概要図 (平面図)

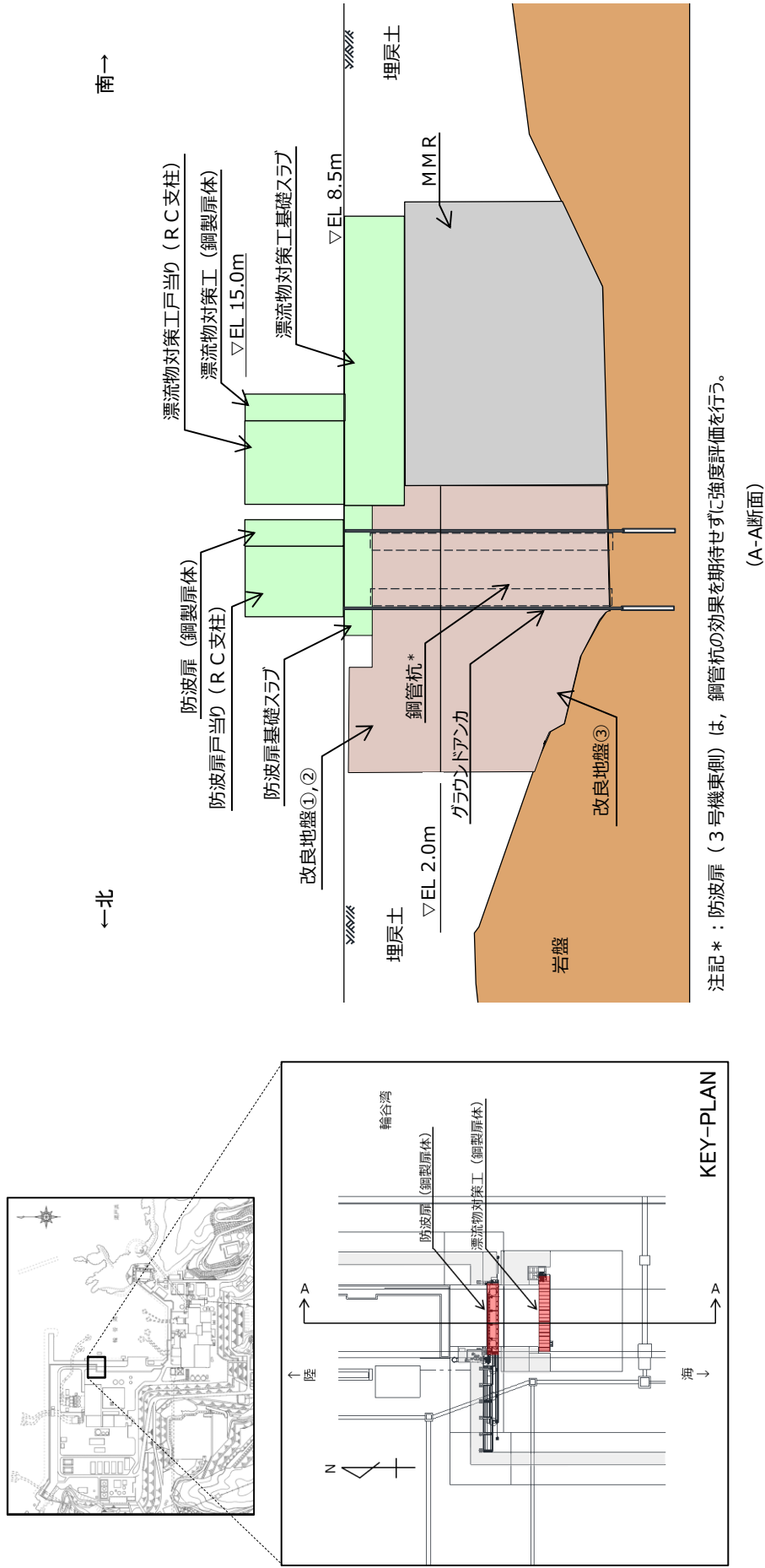
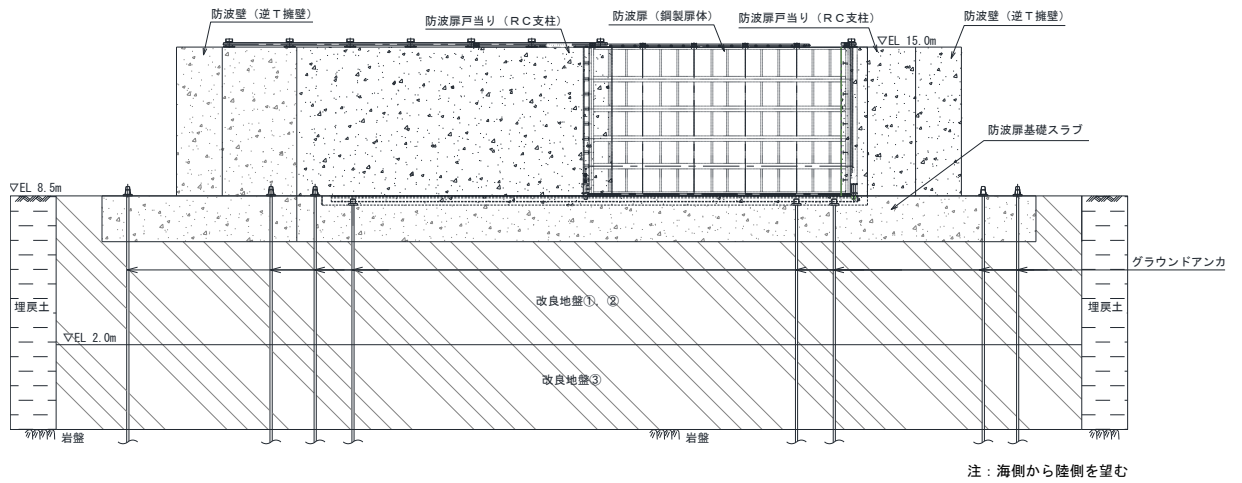
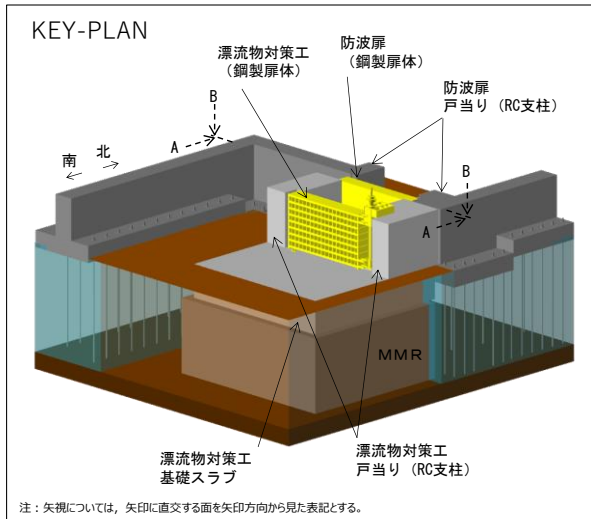
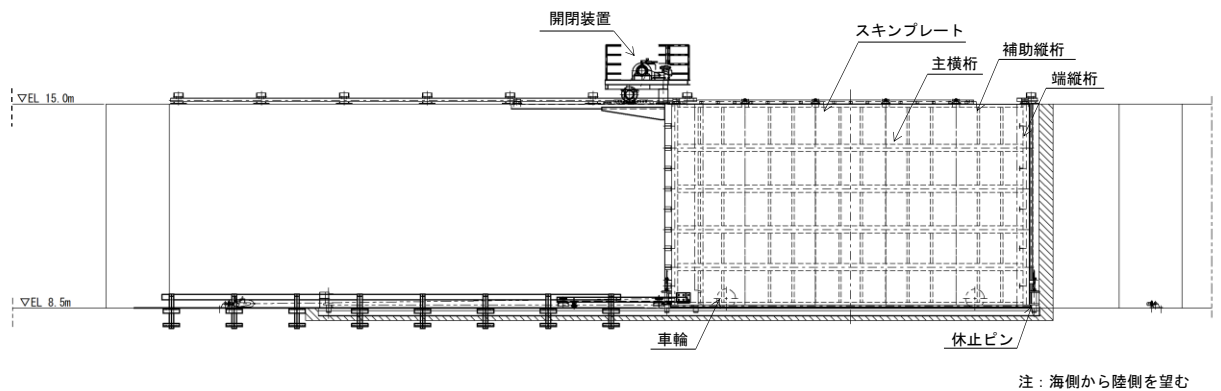


図2-2(3) 防波扉 (3号機東側) の構造概要図 (断面図)





(全体図)



(防波扉 (鋼製扉体) 拡大図)

図 2-3(1) 防波扉の構造図 (A-A断面)

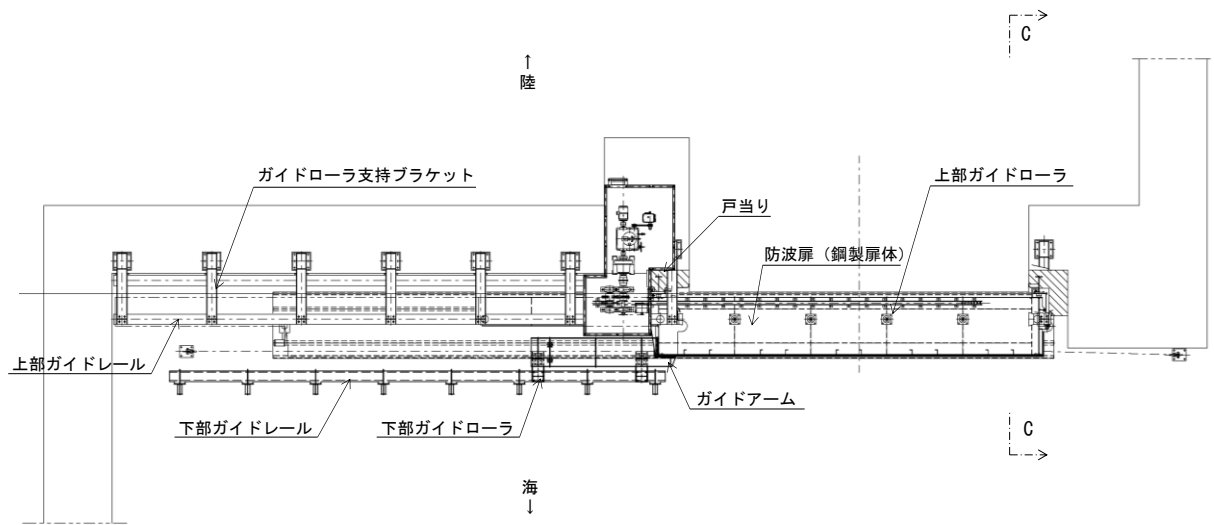


図 2-3(2) 防波扉の構造図 (B-B 断面)

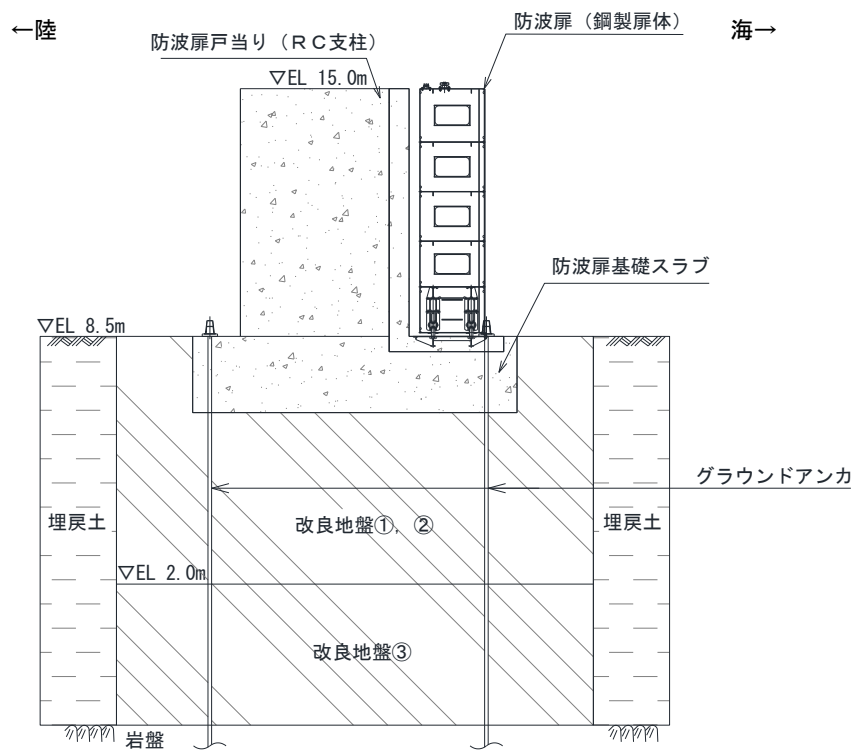


図 2-3(3) 防波扉の構造図 (C-C 断面)

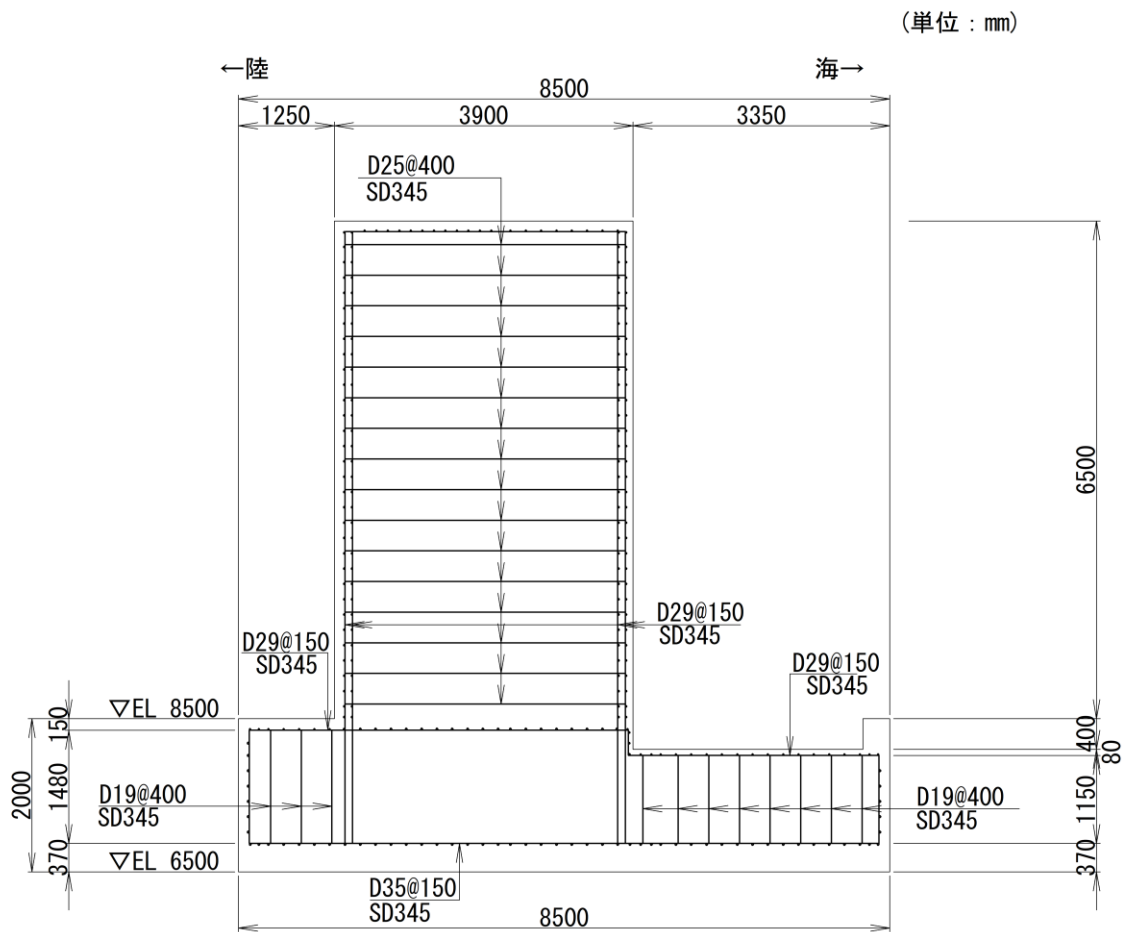
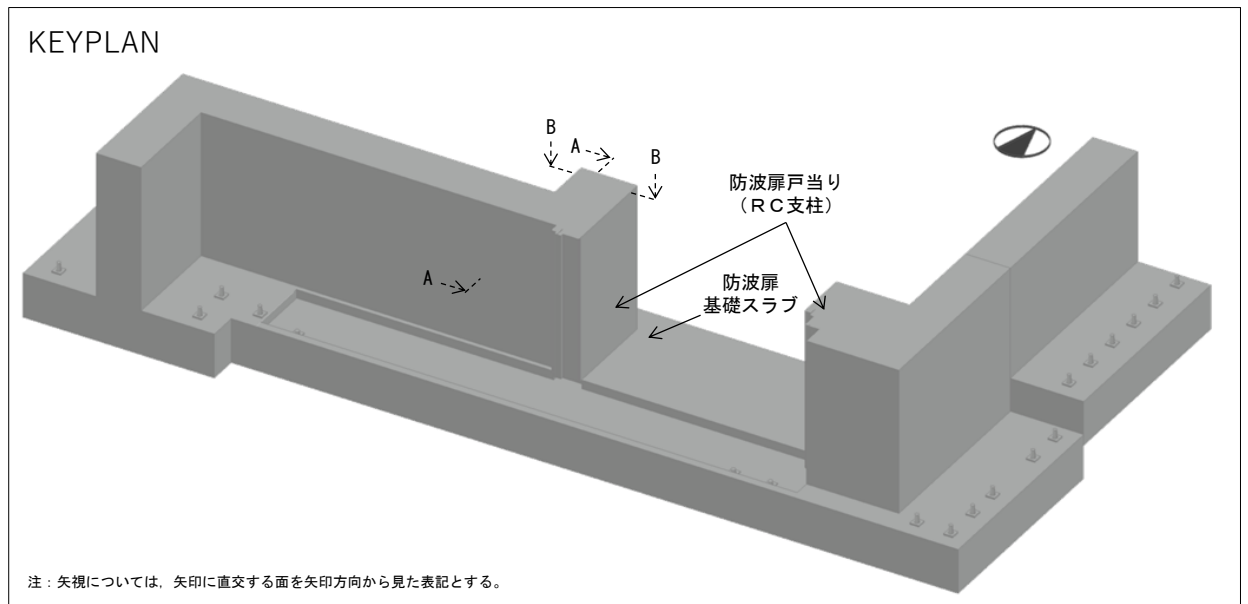


図 2-4 防波扉当り (RC 支柱) 及び防波扉基礎スラブ接続部の概略配筋図 (A-A 断面)

(単位 : mm)

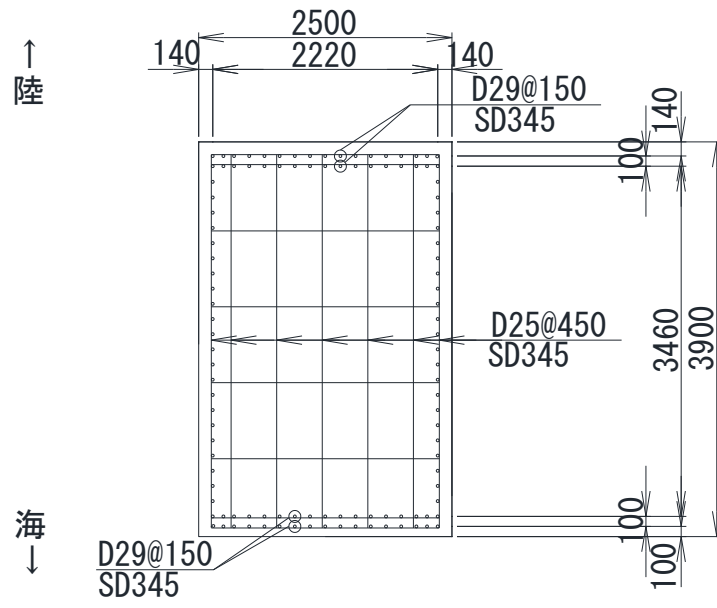
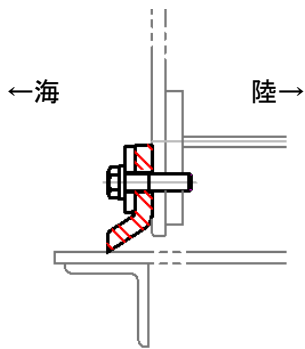
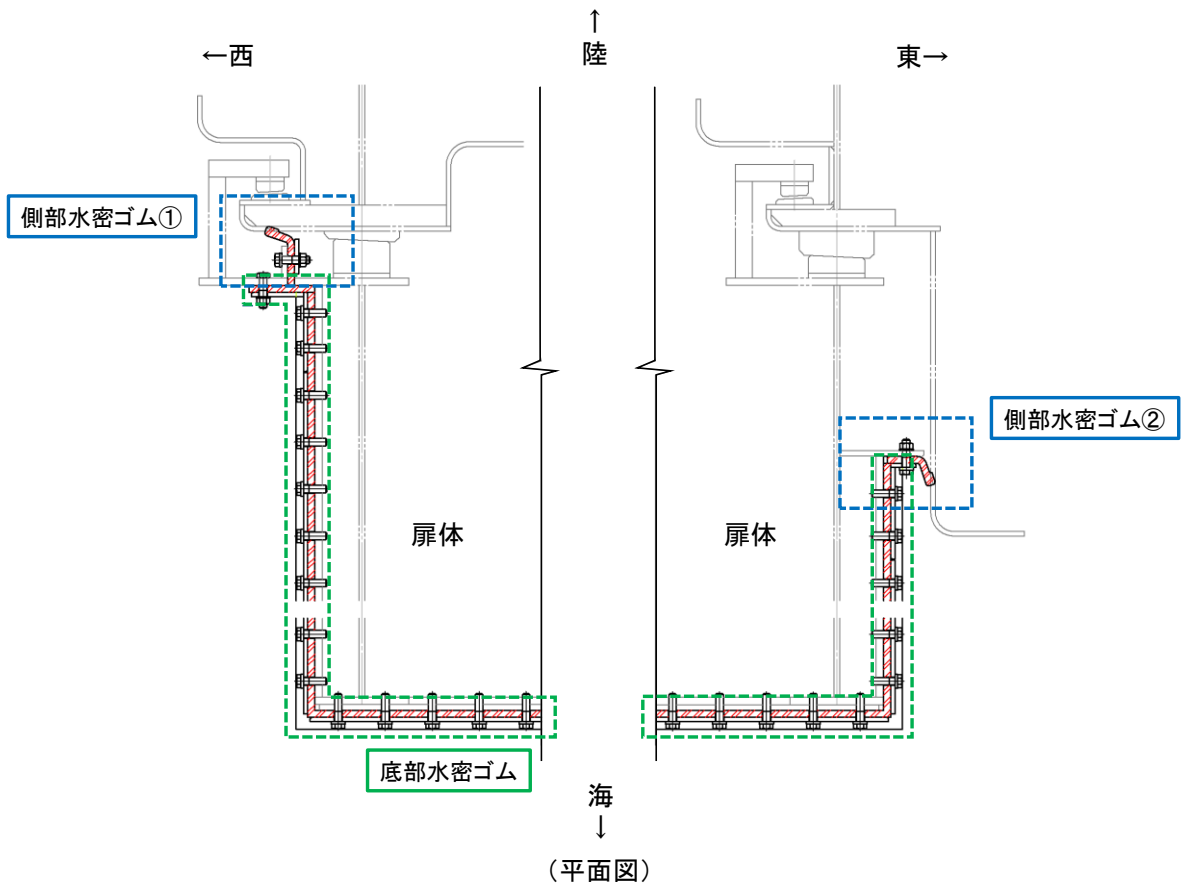
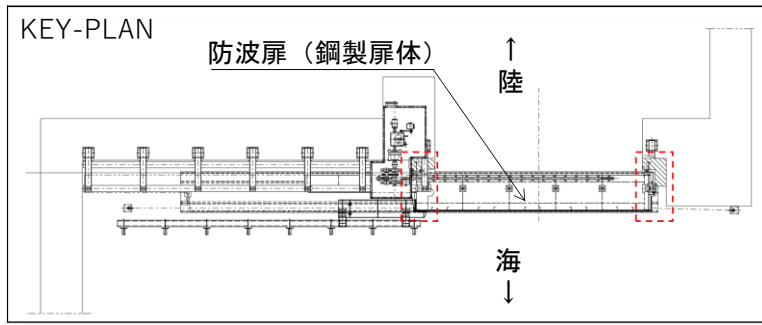
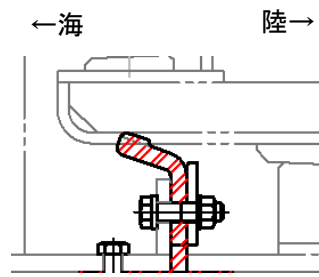


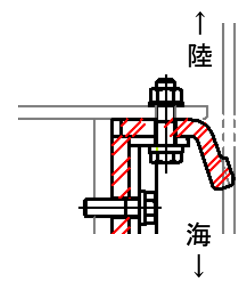
図 2-5 防波扉戸当り (RC 支柱) の概略配筋図 (B-B 断面)



(底部水密ゴム断面図)

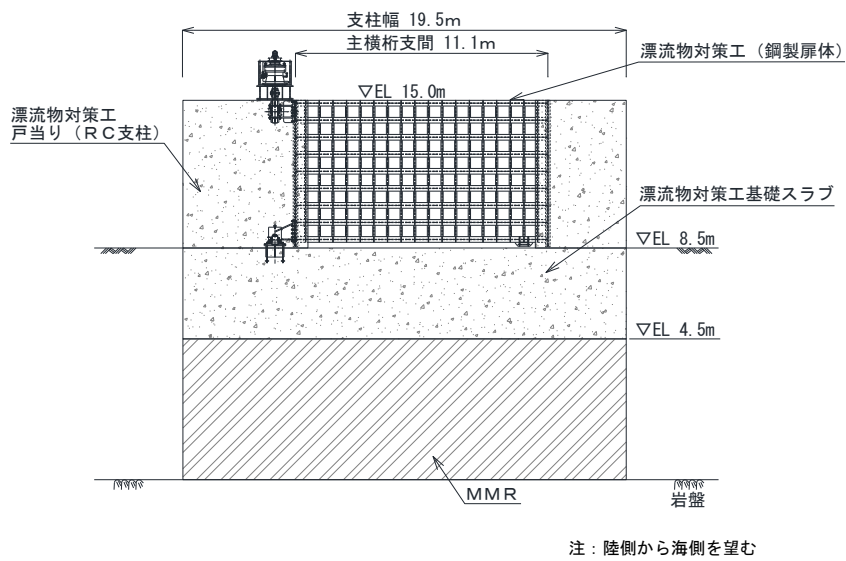
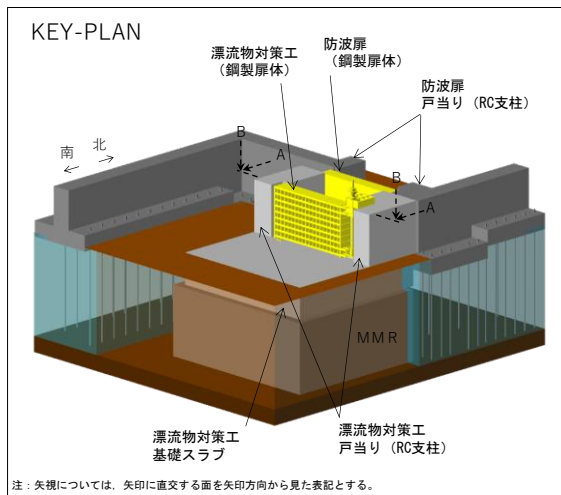


(側部水密ゴム①断面図)

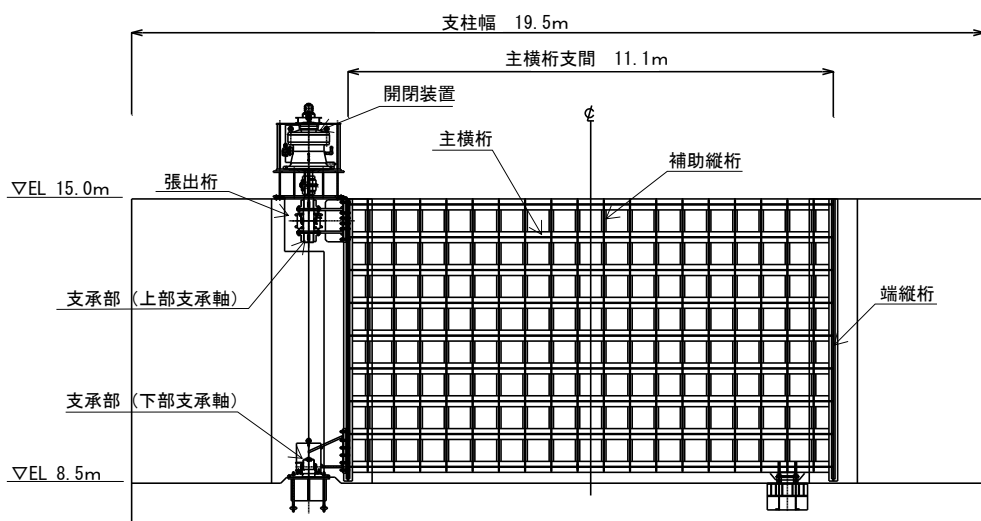


(側部水密ゴム②断面図)

図 2-6 水密ゴム概念図



(全体図)



(漂流物対策工 (鋼製扉体) 拡大図)

図 2-7(1) 漂流物対策工の構造図 (A-A 断面)

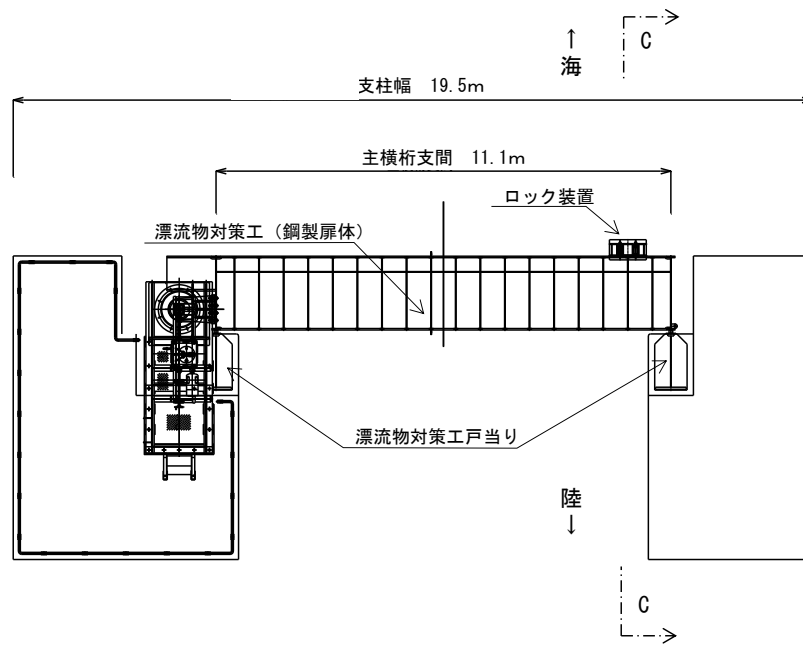


図 2-7(2) 漂流物対策工の構造図 (B-B断面)

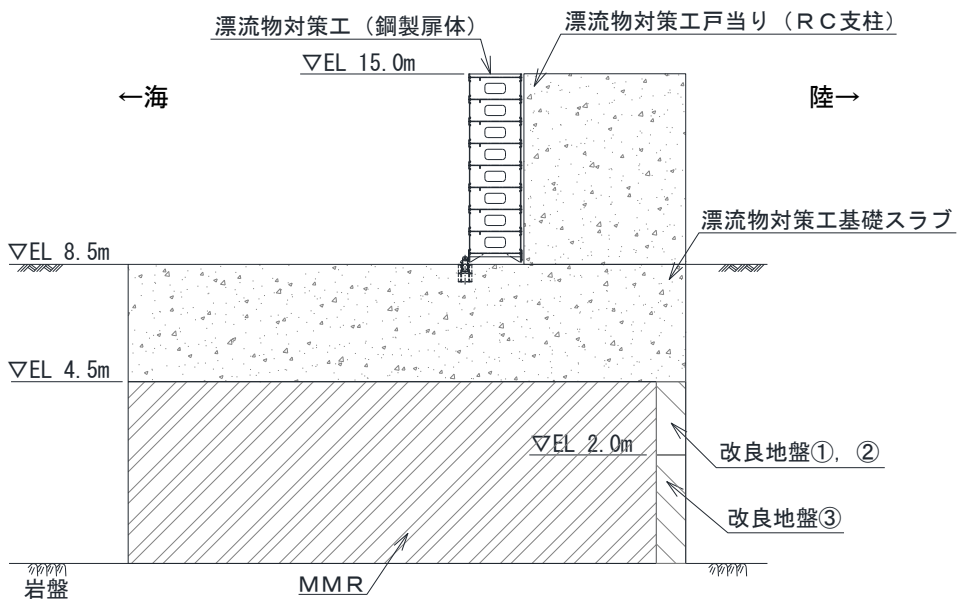
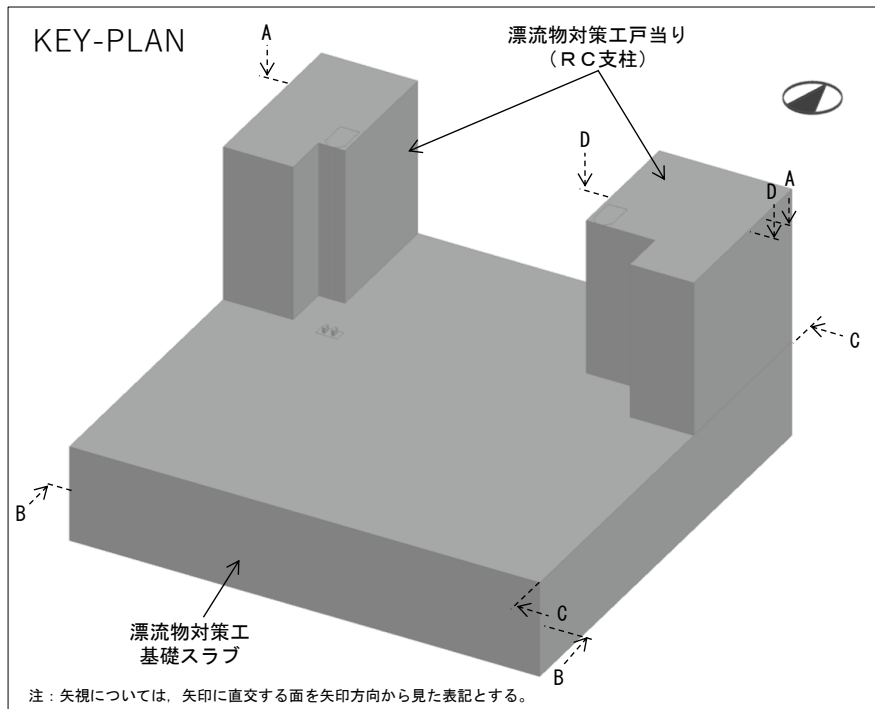


図 2-7(3) 漂流物対策工の構造図 (C-C断面)



(単位：mm)

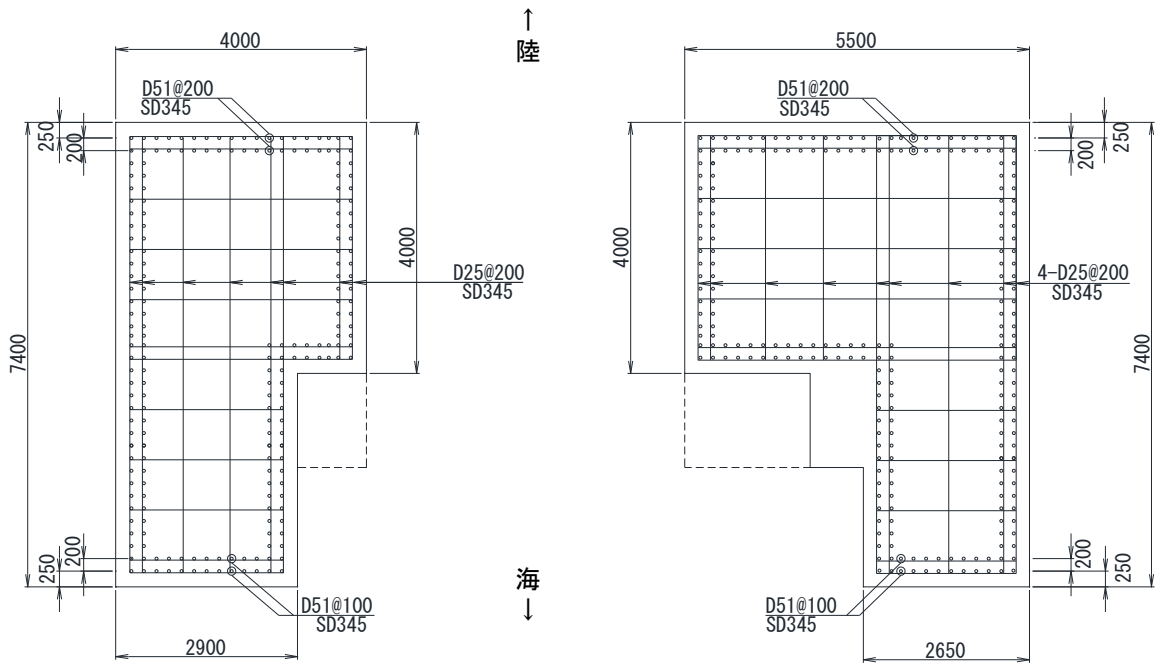


図 2-8 漂流物対策工戸当り (RC支柱) の概略配筋図 (A-A断面)



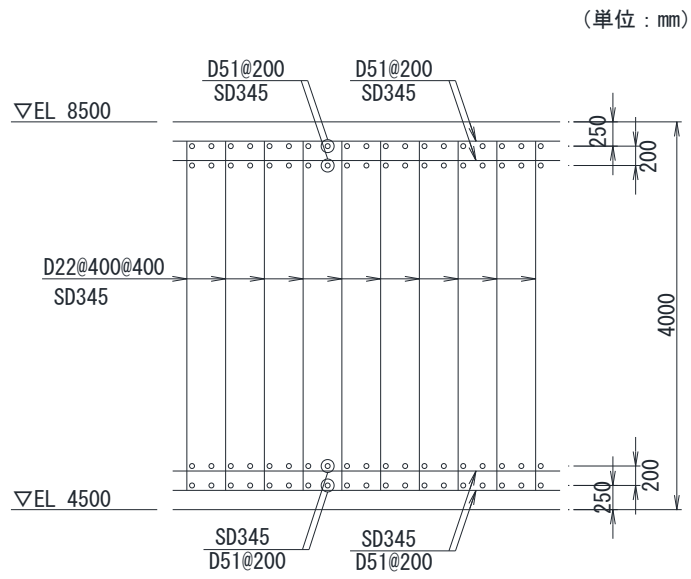


図 2-9 漂流物対策工基礎スラブの概略配筋図 (B-B 断面)

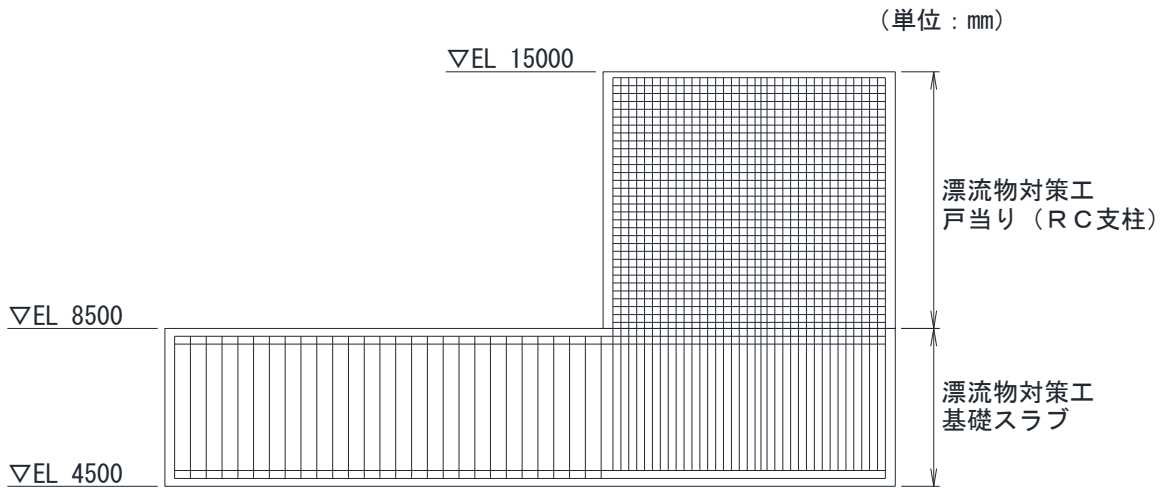
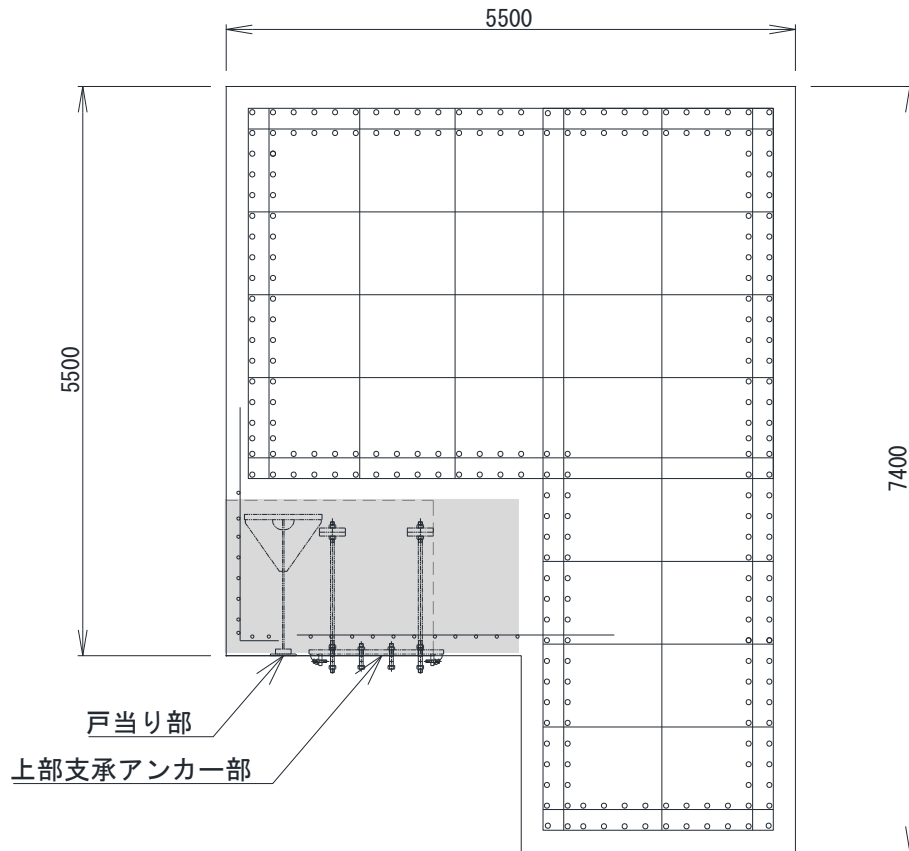


図 2-10 漂流物対策工戸当り (RC 支柱) 及び基礎スラブ  
接続部の概略配筋図 (C-C 断面)

(単位 : mm)



注 : なお、戸当り部及び上部支承アンカー部には、ひび割れ補強鉄筋を配置する。  
ひび割れ補強鉄筋は構造部材として期待していない。

図 2-11 漂流物対策工戸当り (RC支柱) のアンカー部付近の概略配筋図 (D-D断面)

### 2.3 評価方針

防波扉（3号機東側）は、Sクラス施設である津波防護施設に分類される。また、漂流物対策工により、津波による漂流物が直接衝突しない構造とする。

防波扉（3号機東側）の各部位の役割及び性能目標を表2-1及び表2-2に示す。

防波扉（3号機東側）の耐震評価は、地震応答解析の結果に基づき、設計基準対象施設として、表2-3に示すとおり、施設・地盤の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を行う。

施設・地盤の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を実施することで、構造強度を有すること及び止水性を損なわないことを確認する。

施設・地盤の健全性評価については、施設・地盤ごとに定める照査項目（発生応力度、すべり安全率）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おいては、基礎地盤の接地圧が許容限界以下であることを確認する。

防波扉（3号機東側）の耐震評価フローを図2-12に示す。

表 2-1 防波扉（3号機東側）の各部位の役割

	部位の名称	地震時の役割	津波時の役割
施設	防波扉 (鋼製扉体)	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>・遮水性を保持する。</li> <li>・津波荷重を基礎に伝達する。</li> </ul>
	防波扉戸当り (RC支柱)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・防波扉（鋼製扉体）を支持する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・防波扉（鋼製扉体）を支持する。</li> <li>・津波荷重を基礎に伝達する。</li> </ul>
	防波扉基礎 スラブ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・防波扉（鋼製扉体）及び防波扉戸当り（RC支柱）を支持する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・防波扉（鋼製扉体）及び防波扉戸当り（RC支柱）を支持する。</li> </ul>
	グラウンド アンカ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・防波扉基礎スラブ及び改良地盤の滑動・転倒を抑止する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・防波扉基礎スラブ及び改良地盤の滑動・転倒を抑止する。</li> </ul>
	漂流物対策工 (鋼製扉体)	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>・漁船等の漂流物を防波扉に衝突させない。</li> <li>・漂流物の衝突荷重及び津波荷重を基礎に伝達する。</li> </ul>
	漂流物対策工 戸当り (RC支柱)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・漂流物対策工（鋼製扉体）を支持する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・防波扉に漁船等の漂流物を衝突させない。</li> <li>・漂流物対策工（鋼製扉体）を支持する。</li> <li>・漂流物の衝突荷重及び津波荷重を基礎に伝達する。</li> </ul>
	漂流物対策工 基礎スラブ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・漂流物対策工（鋼製扉体）及び漂流物対策工戸当り（RC支柱）を支持する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・漂流物対策工（鋼製扉体）及び漂流物対策工戸当り（RC支柱）を支持する。</li> </ul>
地盤	改良地盤 ①～③	<ul style="list-style-type: none"> <li>・防波扉基礎スラブを鉛直支持する。</li> <li>・漂流物対策工基礎スラブを鉛直支持する。</li> <li>・基礎地盤のすべり安定性に寄与する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・防波扉基礎スラブを鉛直支持する。</li> <li>・漂流物衝突荷重及び津波荷重を岩盤に伝達する。</li> <li>・地盤中からの回り込みによる浸水を防止する（難透水性を保持する）。</li> </ul>
	MMR	<ul style="list-style-type: none"> <li>・漂流物対策工基礎スラブを鉛直支持する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・漂流物の衝突荷重及び津波荷重を岩盤に伝達する。</li> </ul>
	岩盤	<ul style="list-style-type: none"> <li>・防波扉基礎スラブ，漂流物対策工基礎スラブ，改良地盤及びMMRを鉛直支持する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・防波扉基礎スラブ，漂流物対策工基礎スラブ，改良地盤及びMMRを鉛直支持する。</li> </ul>
	埋戻土	<ul style="list-style-type: none"> <li>・役割に期待しない（解析モデルに反映し，防波扉及び漂流物対策工への相互作用を考慮する）。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・役割に期待しない（解析モデルに反映し，防波扉及び漂流物対策工への相互作用を考慮する）。</li> </ul>

表 2-2 防波扉（3号機東側）の各部位の性能目標

性能目標 部位		鉛直支持	すべり安定性	耐震性	耐津波性 (遮水性, 難透水性)		
施設	防波扉 (鋼製扉体)	-	-	構造物材の健全性を保持するために、各部位がおおむね弾性状態に留まること。	防波扉から有意な漏えいを生じさせないために、弾性状態に留まること。		
	防波扉戸当り (RC支柱)				防波扉(鋼製扉体)の支持機能を喪失して防波扉(鋼製扉体)との間から有意な漏えいを生じさせないために、弾性状態に留まること。		
	防波扉基礎 スラブ						
	グラウンド アンカ				防波扉及び改良地盤の滑動・転倒抑止のために許容アンカー力を確保すること。	防波扉及び改良地盤の滑動・転倒抑止のために許容アンカー力を確保すること。	
	漂流物対策工 (鋼製扉体)				-	-	防波扉に漁船等の漂流物を直接衝突させないために、漂流物対策工がおおむね弾性状態に留まること。
	漂流物対策工 戸当り(RC 支柱)			-	-	構造物材の健全性を保持するために、各部位がおおむね弾性状態に留まること。	構造部材の健全性を保持するために、各部位がおおむね弾性状態に留まること。
	漂流物対策工 基礎スラブ						
地盤	改良地盤 ①～③	防波扉及び漂流物対策工を鉛直支持するため、十分な支持力を保持すること。	基礎地盤のすべり安定性を確保するため、十分なすべり安定性を保持すること。	-	地盤中からの回り込みによる浸水を防止(難透水性を維持)するため、改良地盤がすべり破壊しないこと(内的安定を保持)。		
	岩盤				-		
	MMR	漂流物対策工を鉛直支持するため、十分な支持力を保持すること。	-	-	-		

表 2-3 防波扉（3号機東側）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	施設・地盤の健全性	防波扉（鋼製扉体）	発生する応力（曲げ応力及びせん断応力）が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		防波扉戸当り（RC支柱）	発生する応力（曲げ応力及びせん断応力）が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		防波扉基礎スラブ	発生する応力（曲げ応力、せん断応力及びグラウンドアンカによる支圧応力）が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		グラウンドアンカ	発生するアンカー力が許容限界以下であることを確認	許容アンカー力
		漂流物対策工（鋼製扉体）	発生する応力（曲げ応力及びせん断応力）が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		漂流物対策工戸当り（RC支柱）	発生する応力（曲げ応力及びせん断応力）が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		漂流物対策工基礎スラブ	発生する応力（曲げ応力及びせん断応力）が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		改良地盤①～③	すべり破壊しないこと（内的安定を保持）を確認	すべり安全率1.2以上
基礎地盤の支持性能	基礎地盤	基礎地盤	発生する応力（接地圧）が許容限界以下であることを確認	極限支持力度* 支圧強度
		基礎地盤	発生する応力（接地圧）が許容限界以下であることを確認	極限支持力度* 支圧強度
止水性を損なわないこと	施設・地盤の健全性	防波扉（鋼製扉体）	発生する応力（曲げ応力及びせん断応力）が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		防波扉戸当り（RC支柱）	発生する応力（曲げ応力及びせん断応力）が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		防波扉基礎スラブ	発生する応力（曲げ応力、せん断応力及びグラウンドアンカによる支圧応力）が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		グラウンドアンカ	発生するアンカー力が許容限界以下であることを確認	許容アンカー力
		改良地盤①～③	すべり破壊しないこと（内的安定を保持）を確認	すべり安全率1.2以上
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	発生する応力（接地圧）が許容限界以下であることを確認	極限支持力度* 支圧強度

注記\*：妥当な安全余裕を考慮する。

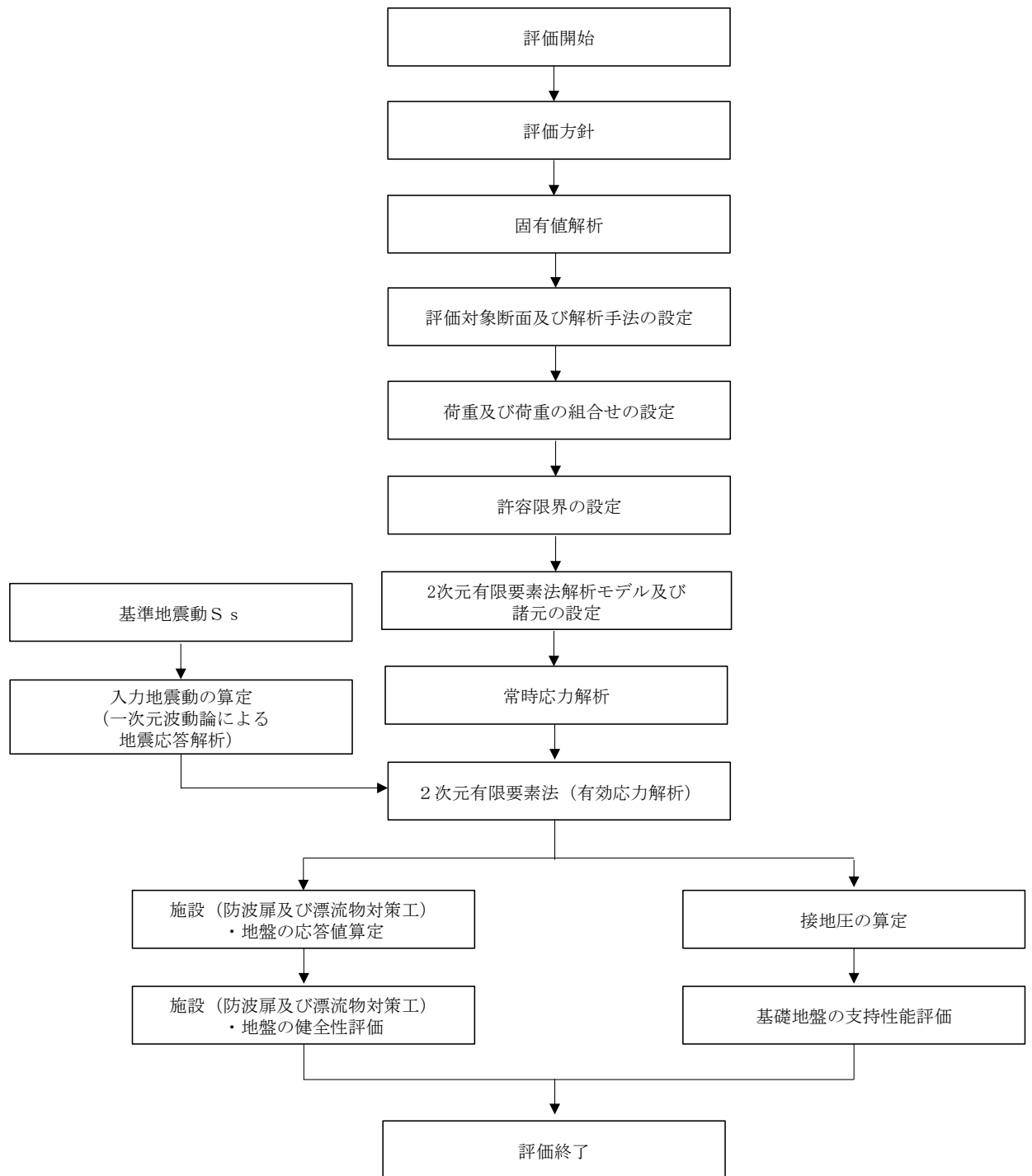


図 2-12 防波壁（3号機東側）の耐震評価フロー

## 2.4 適用規格・基準等

適用する規格・基準等を以下に示す。

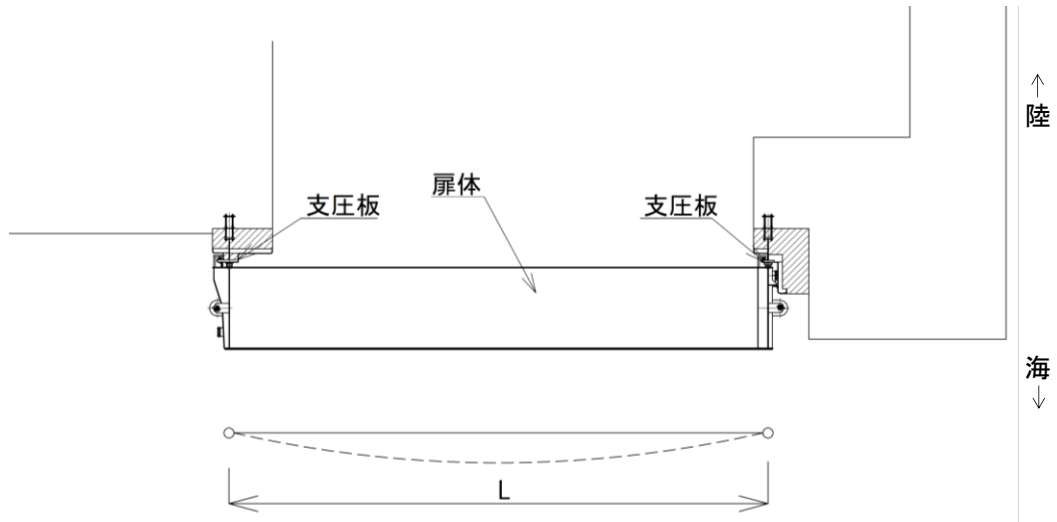
- ・コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] ( (社) 土木学会, 2002 年制定)
- ・機械工学便覧 ( (社) 日本機械学会)
- ・ダム・堰施設技術基準 (案) (基準解説編・設備計画マニュアル編) ( (社) ダム・堰施設技術協会, 平成 28 年 3 月)
- ・道路橋示方書 (I 共通編・IV 下部構造編)・同解説 ( (社) 日本道路協会, 平成 14 年 3 月)
- ・グラウンドアンカー設計・施工基準, 同解説 ( (社) 地盤工学会, 2012 年)
- ・港湾の施設の技術上の基準・同解説 (国土交通省港湾局, 2007 年版)
- ・耐津波設計に係る工認審査ガイド (平成 25 年 6 月 19 日原管地発第 1306196 号)
- ・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)
- ・港湾構造物設計事例集 (沿岸技術研究センター, 平成 19 年 3 月)
- ・建築基準法・同施行令



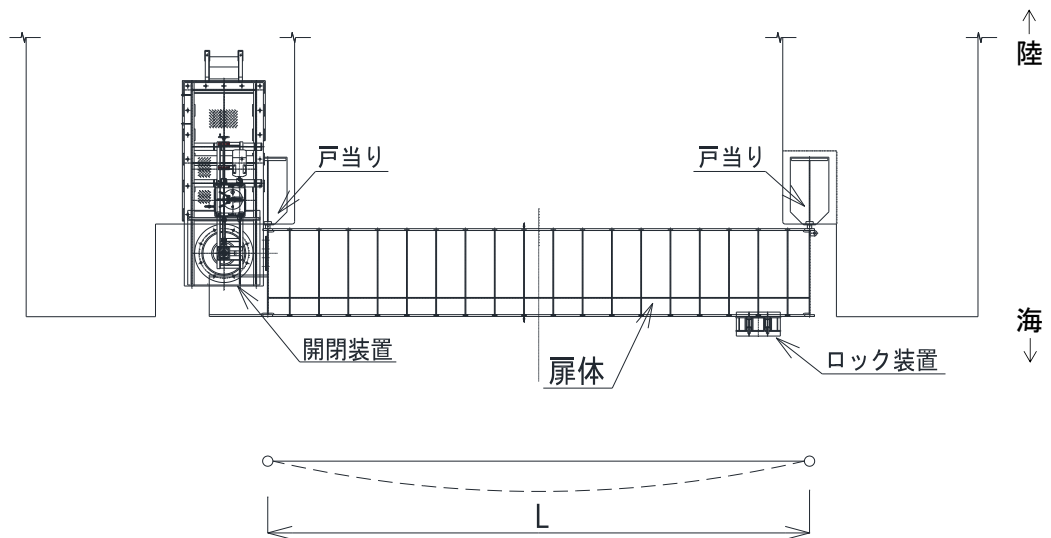
### 3. 固有値解析

#### 3.1 解析モデルの設定

防波扉（鋼製扉体）及び漂流物対策工（鋼製扉体）は、両端のRC支柱により支持する構造であることから、両端ヒンジはりに単純化したモデルとする。固有値解析モデル図を図3-1に示す。



(防波扉（鋼製扉体）)



(漂流物対策工（鋼製扉体）)

図3-1 固有値解析モデル

### 3.2 記号の説明

防波扉（鋼製扉体）及び漂流物対策工（鋼製扉体）の固有振動数の計算に用いる記号を表 3-1 に示す。

1

表 3-1 固有振動数の計算に用いる記号

記号	単位	定義
f	Hz	固有振動数
L	m	スパン長
$\lambda$	—	支持条件によって定まる係数
$\gamma$	kN/m <sup>3</sup>	単位体積重量
A	m <sup>2</sup>	断面積
E	kN/m <sup>2</sup>	ヤング係数
I	m <sup>4</sup>	断面二次モーメント
g	m/s <sup>2</sup>	重力加速度

### 3.3 固有振動数の計算方法

固有振動数を「機械工学便覧（（社）日本機械学会）」に基づき以下の式より計算する。

$$f = \frac{\lambda^2}{2\pi L^2} \cdot \sqrt{\frac{EI g}{\gamma A}}$$

### 3.4 固有振動数の計算条件

防波扉（鋼製扉体）及び漂流物対策工（鋼製扉体）の固有振動数の計算条件を表 3-2 に示す。

表 3-2 固有振動数の計算条件

記号	定義	単位	防波扉 (鋼製扉体)	漂流物対策工 (鋼製扉体)
L	スパン長	m	11.4	11.3
$\lambda$	支持条件によって 定まる係数	—	3.14	3.14
$\gamma$	単位体積重量	kN/m <sup>3</sup>	77	77
A	断面積	m <sup>2</sup>	0.206	0.0466
E	ヤング係数	kN/m <sup>2</sup>	2.00×10 <sup>8</sup>	2.00×10 <sup>8</sup>
I	断面二次 モーメント	m <sup>4</sup>	0.143	0.0216
g	重力加速度	m/s <sup>2</sup>	9.8065	9.8065

### 3.5 固有振動数の計算結果

防波扉（鋼製扉体）及び漂流物対策工（鋼製扉体）の固有振動数の計算結果を表 3-3 に示す。固有振動数は 20Hz 以上であり、防波扉（鋼製扉体）及び漂流物対策工（鋼製扉体）は剛構造であることを確認した。

表 3-3 固有振動数の計算結果

部位	固有振動数 (Hz)
防波扉（鋼製扉体）	50.8
漂流物対策工（鋼製扉体）	42.3

## 4. 耐震評価

### 4.1 記号の定義

耐震評価に用いる記号を表 4-1 及び表 4-2 に示す。

表 4-1(1) 防波扉の強度評価に用いる記号

評価対象部位	記号	単位	定義	
防波扉 (鋼製扉体)	主横桁	W	kN/m	主横桁に作用する地震時荷重 (地震時慣性力+風荷重)
		B	m	主横桁の水密幅
		L	m	主横桁の支間長
		M	kN・m	主横桁に生じる曲げモーメント
		S	kN	主横桁に生じるせん断力
		N	kN	主横桁に生じる軸力
		Z	mm <sup>3</sup>	主横桁の断面係数
		D	m	側部水密幅
		A <sub>w</sub>	mm <sup>2</sup>	主横桁腹板の断面積
		A <sub>g</sub>	mm <sup>2</sup>	主横桁の断面積
		σ	N/mm <sup>2</sup>	主横桁に生じる曲げ応力度
		τ	N/mm <sup>2</sup>	主横桁に生じるせん断応力度
		σ <sub>a</sub>	N/mm <sup>2</sup>	許容曲げ応力度
		τ <sub>a</sub>	N/mm <sup>2</sup>	許容せん断応力度
	補助縦桁	P	kN/m <sup>2</sup>	補助縦桁に作用する地震時荷重 (地震時慣性力+風荷重)
		a	m	補助縦桁間隔
		b	m	主横桁間隔
		M	kN・m	補助縦桁に生じる曲げモーメント
		S	kN	補助縦桁に生じるせん断力
		Z	mm <sup>3</sup>	補助縦桁の断面係数
		A <sub>w</sub>	mm <sup>2</sup>	補助縦桁腹板の断面積
		σ	N/mm <sup>2</sup>	補助縦桁に生じる曲げ応力度
		τ	N/mm <sup>2</sup>	補助縦桁に生じるせん断応力度
		σ <sub>a</sub>	N/mm <sup>2</sup>	許容曲げ応力度
τ <sub>a</sub>	N/mm <sup>2</sup>	許容せん断応力度		

表 4-1(2) 防波扉の耐震評価に用いる記号

評価対象部位	記号	単位	定義	
防波扉 (鋼製扉体)	端縦桁	R	kN	端縦桁に生じる支点反力
		$A_q$	mm <sup>2</sup>	補剛材の有効断面積
		$\sigma_c$	N/mm <sup>2</sup>	端縦桁に生じる圧縮応力度
		$\sigma_{ca}$	N/mm <sup>2</sup>	許容圧縮応力度
		$A_w$	mm <sup>2</sup>	端縦桁腹板の有効断面積
		$A_{s1}$	mm <sup>2</sup>	主横桁腹板の有効断面積
		$A_{s2}$	mm <sup>2</sup>	スチフナの有効断面積
		$t_w$	mm	端縦桁腹板の厚さ
		$t_{s1}$	mm	主横桁腹板の厚さ
		$t_{s2}$	mm	スチフナの厚さ
		$b_w$	mm	端縦桁腹板の幅
		$b_{s1}$	mm	主横桁腹板の幅
		$b_{s2}$	mm	スチフナの幅
	支圧板	$W_{gh}$	kN/m	支圧板に作用する地震時慣性力
		W	kN/mm <sup>2</sup>	支圧板に作用する風荷重
		B	mm	防波扉（鋼製扉体）の水密幅
		b	mm	支圧板の有効幅
		$\sigma_p$	N/mm <sup>2</sup>	支圧板に生じる支圧応力度
		$\sigma_a$	N/mm <sup>2</sup>	許容支圧応力度
	戸当り	P	kN	戸当り（コンクリート）に作用する地震時荷重（地震時慣性力+風荷重）
		$b_f$	mm	戸当り（底面フランジ）の幅
		$t_f$	mm	戸当り（底面フランジ）の厚さ
		B	mm	防波扉（鋼製扉体）の水密幅
		h	mm	戸当りの埋込深さ
		L	mm	戸当りのコンクリート側面からの埋込深さ
		$\sigma_b$	N/mm <sup>2</sup>	戸当り（底面フランジ）に生じる曲げ応力度
		$\sigma_k$	N/mm <sup>2</sup>	戸当り（コンクリート）に生じる支圧応力度
		$\tau_c$	N/mm <sup>2</sup>	戸当り（コンクリート）に生じるせん断応力度
		$\sigma_c$	N/mm <sup>2</sup>	コンクリートに生じる圧縮応力度
		$\sigma_{ca}$	N/mm <sup>2</sup>	許容曲げ応力度
		$\sigma_{cba}$	N/mm <sup>2</sup>	許容支圧応力度
		$\tau_{ca}$	N/mm <sup>2</sup>	許容せん断応力度

表 4-1(3) 防波扉の耐震評価に用いる記号

評価対象部位	記号	単位	定義	
防波扉 (鋼製扉体)	車輪	$R_1$	kN	海側車輪に作用する荷重
		$R_2$	kN	陸側車輪に作用する荷重
		$K_V$	—	鉛直震度
		$L$	mm	車輪荷重の作用位置
		$L_1$	mm	海側車輪荷重の作用位置
		$L_2$	mm	陸側車輪荷重の作用位置
		$W_g$	kN	防波扉（鋼製扉体）の自重
		$W_{S1}$	kN	防波扉（鋼製扉体）天端に作用する積雪荷重
		$W_{S2}$	kN	ガイドアームに作用する積雪荷重
		$P$	kN	車輪に作用する荷重
		$E_1$	N/mm <sup>2</sup>	車輪の弾性係数
		$E_2$	N/mm <sup>2</sup>	車輪踏面板の弾性係数
		$B$	mm	車輪有効踏面幅
		$R$	mm	車輪半径
		$C$	mm	接触幅の 1/2
		$\sigma_a$	N/mm <sup>2</sup>	許容接触面圧応力度
		$M$	N・mm	車輪軸に生じる曲げモーメント
		$S$	N	車輪軸に生じるせん断力
		$A$	mm <sup>2</sup>	車輪軸の断面積
		$Z$	mm <sup>3</sup>	車輪軸の断面係数
		$L_3$	mm	車輪軸の支持間隔
		$L_4$	mm	車輪受桁の支持間隔
		$a$	mm	車輪受桁の荷重載荷位置から端縦桁までの長さ
		$b$	mm	車輪受桁の荷重載荷位置から補助縦桁までの長さ
		$M_1$	N・mm	車輪受桁に生じる曲げモーメント
		$S_1$	N	車輪受桁に生じるせん断力
		$Z$	mm <sup>3</sup>	車輪受桁の断面係数
		$A_w$	mm <sup>2</sup>	車輪受桁腹板の断面積
		$p$	N/mm <sup>2</sup>	接触面圧応力度
		$\sigma$	N/mm <sup>2</sup>	車輪軸に生じる曲げ応力度
$\tau$	N/mm <sup>2</sup>	車輪軸に生じるせん断応力度		
$\sigma_1$	N/mm <sup>2</sup>	車輪受桁に生じる曲げ応力度		
$\tau_1$	N/mm <sup>2</sup>	車輪受桁に生じるせん断応力度		

表 4-1(4) 防波扉の耐震評価に用いる記号

評価対象部位	記号	単位	定義	
防波扉 (鋼製扉体)	車輪戸当り	P	kN	車輪に作用する荷重
		K	N/mm <sup>2</sup>	車輪荷重直下のコンクリートに生じる支圧応力度
		a	mm	コンクリートの応力度の分布長さの 1/2
		M	N・mm	車輪戸当りに生じる曲げモーメント
		S	N	車輪戸当りに生じるせん断力
		I	mm <sup>4</sup>	車輪戸当りの断面 2 次モーメント
		B	mm	車輪戸当り (底面フランジ) の幅
		Z	mm <sup>3</sup>	車輪戸当りの断面係数
		A <sub>w</sub>	mm <sup>2</sup>	車輪戸当り腹板の断面積
		M <sub>f</sub>	N・mm	車輪戸当り (底面フランジ) に生じる曲げモーメント
		σ	N/mm <sup>2</sup>	車輪戸当りに生じる曲げ応力度
		τ	N/mm <sup>2</sup>	車輪戸当りに生じるせん断応力度
		σ <sub>a</sub>	N/mm <sup>2</sup>	許容曲げ応力度
		τ <sub>a</sub>	N/mm <sup>2</sup>	許容せん断応力度
		σ <sub>f</sub>	N/mm <sup>2</sup>	車輪戸当り (底面フランジ) に生じる曲げ応力度
		t <sub>f</sub>	mm	車輪戸当り (底面フランジ) の厚さ
	ガイドアーム	P <sub>v</sub>	kN	ガイドアームに作用する地震時鉛直荷重
		W <sub>g</sub>	kN	防波扉 (鋼製扉体) の自重
		W <sub>s</sub>	kN	ガイドアームに作用する積雪荷重
		L	mm	ガイドアームの支間長
		M	kN・m	ガイドアームに生じる曲げモーメント
		S	kN	ガイドアームに生じるせん断力
		Z	mm <sup>3</sup>	ガイドアームの断面係数
		A <sub>w</sub>	mm <sup>2</sup>	ガイドアーム腹板の断面積
		σ	N/mm <sup>2</sup>	ガイドアームに生じる曲げ応力度
		τ	N/mm <sup>2</sup>	ガイドアームに生じるせん断応力度
σ <sub>a</sub>	N/mm <sup>2</sup>	許容曲げ応力度		
τ <sub>a</sub>	N/mm <sup>2</sup>	許容せん断応力度		

表 4-1(5) 防波扉の耐震評価に用いる記号

評価対象部位		記号	単位	定義
防波扉 (鋼製扉体)	休止ピン	$P_h$	kN	休止ピンに作用する水平荷重
		$W$	kN	自重 (扉体自重+積雪荷重)
		$K_H$	—	水平震度
		$M$	N・mm	休止ピンに生じる曲げモーメント
		$S$	N	休止ピンに生じるせん断力
		$Z$	mm <sup>3</sup>	休止ピンの断面係数
		$A$	mm <sup>2</sup>	休止ピンの断面積
		$L$	mm	休止ピンの突出長さ
		$d$	mm	休止ピンの径
		$\sigma$	N/mm <sup>2</sup>	休止ピンに生じる曲げ応力度
		$\tau$	N/mm <sup>2</sup>	休止ピンに生じるせん断応力度
		$\sigma_a$	N/mm <sup>2</sup>	許容曲げ応力度
$\tau_a$	N/mm <sup>2</sup>	許容せん断応力度		
防波扉戸当り (RC支柱)	$\sigma_{ca}$	N/mm <sup>2</sup>	コンクリートの短期許容曲げ圧縮応力度	
	$\tau_{a1}$	N/mm <sup>2</sup>	コンクリートの短期許容せん断応力度	
	$\sigma_{sa}$	N/mm <sup>2</sup>	鉄筋の短期許容曲げ引張応力度	
	$M$	kN・m	防波扉戸当り (RC支柱) に生じる曲げモーメント	
	$N$	kN	防波扉戸当り (RC支柱) に生じる軸力	
	$Q$	kN	防波扉戸当り (RC支柱) に生じるせん断力	
防波扉基礎 スラブ, グラウンドアンカ	$\sigma_{ca}$	N/mm <sup>2</sup>	コンクリートの短期許容曲げ圧縮応力度	
	$\tau_{a1}$	N/mm <sup>2</sup>	コンクリートの短期許容せん断応力度	
	$\sigma_{sa}$	N/mm <sup>2</sup>	鉄筋の短期許容曲げ引張応力度	
	$\sigma_b$	N/mm <sup>2</sup>	グラウンドアンカにより発生する支圧応力度	
	$T$	kN	発生アンカー力	
	$S$	mm <sup>2</sup>	支圧板の面積	
	$T_a$	kN	許容アンカー力	
	$M$	kN・m	防波扉基礎スラブに生じる曲げモーメント	
	$N$	kN	防波扉基礎スラブに生じる軸力	
	$Q$	kN	防波扉基礎スラブに生じるせん断力	



表 4-1(6) 防波扉の耐震評価に用いる記号

評価対象部位	記号	単位	定義
改良地盤	$F_s$	-	局所安全係数
基礎地盤	$R_u$	$N/mm^2$	極限支持力度
	$R_d$	$N/mm^2$	基礎地盤の最大接地圧

表 4-2(1) 漂流物対策工の耐震評価に用いる記号

評価対象部位	記号	単位	定義	
漂流物 対策工 (鋼製 扉体)	主横桁	M	kN・m	主横桁（最下段）に生じる曲げモーメント
		S	kN	主横桁（最下段）に生じるせん断力
		W	kN/m	主横桁に作用する地震時慣性力
		W'	kN/m	主横桁に作用する風荷重
		L	m	主横桁の支間長
		a	m	主横桁の張出長さ
		L <sub>1</sub>	m	漂流物対策工（鋼製扉体）の幅
		Z	mm <sup>3</sup>	主横桁の断面係数
		A <sub>w</sub>	mm <sup>2</sup>	主横桁腹板の断面積
		σ	N/mm <sup>2</sup>	主横桁に生じる曲げ応力度
		τ	N/mm <sup>2</sup>	主横桁に生じるせん断応力度
		L'	m	主横桁の張出長さ
		M'	kN・m	主横桁（最上段）に生じる曲げモーメント
		S'	kN	主横桁（最上段）に生じるせん断力
		σ <sub>ca</sub>	N/mm <sup>2</sup>	許容曲げ応力度
		τ <sub>a</sub>	N/mm <sup>2</sup>	許容せん断応力度
	張出桁	M	kN・m	張出桁に生じる曲げモーメント
		S	kN	張出桁に生じるせん断力
		W	kN/m	張出桁に作用する地震時慣性力
		W'	kN/m	張出桁に作用する風荷重
		L	m	張出長さ
		Z	mm <sup>3</sup>	張出桁の断面係数
		A <sub>w</sub>	mm <sup>2</sup>	張出桁腹板の断面積
		σ	N/mm <sup>2</sup>	張出桁に生じる曲げ応力度
		τ	N/mm <sup>2</sup>	張出桁に生じるせん断応力度
		σ <sub>ca</sub>	N/mm <sup>2</sup>	許容曲げ応力度
	τ <sub>ca</sub>	N/mm <sup>2</sup>	許容せん断応力度	
	補助 縦桁	M	kN・m	補助縦桁に生じる曲げモーメント
		S	kN	補助縦桁に生じるせん断力
		W	kN/m	補助縦桁に作用する地震時慣性力
		W'	kN/m	補助縦桁に作用する風荷重
		l	m	主横桁の間隔
		Z	mm <sup>3</sup>	補助縦桁の断面係数
A <sub>w</sub>		mm <sup>2</sup>	補助縦桁腹板の断面積	
σ		N/mm <sup>2</sup>	補助縦桁に生じる曲げ応力度	
τ		N/mm <sup>2</sup>	補助縦桁に生じるせん断応力度	
σ <sub>ca</sub>		N/mm <sup>2</sup>	許容曲げ応力度	
τ <sub>ca</sub>	N/mm <sup>2</sup>	許容せん断応力度		

表 4-2(2) 漂流物対策工の耐震評価に用いる記号

評価対象部位	記号	単位	定義	
漂流物 対策工 (鋼製 扉体)	端縦桁	R	kN	主横桁に生じる支点反力
		$A_g$	mm <sup>2</sup>	補剛材の有効断面積
		$A_w$	mm <sup>2</sup>	端縦桁腹板の有効断面積
		$A_{s1}$	mm <sup>2</sup>	主横桁腹板の有効断面積
		$A_{s2}$	mm <sup>2</sup>	スチフナの有効断面積
		$t_w$	mm	端縦桁腹板の厚さ
		$b_w$	mm	端縦桁腹板の長さ
		$t_{s1}$	mm	主横桁腹板の厚さ
		$t_{s2}$	mm	スチフナの厚さ
		$b_{s1}$	mm	主横桁腹板の長さ
		$b_{s2}$	mm	スチフナの長さ
		$\sigma_c$	N/mm <sup>2</sup>	端縦桁に生じる圧縮応力度
		$\sigma_{ca}$	N/mm <sup>2</sup>	許容圧縮応力度
		支承部（上 部支承軸）	M	kN・m
	$R_H$		kN	支承部（上部支承軸）に作用する水平荷重
	L		m	支承軸支持間隔
	S		kN	支承部（上部支承軸）に生じるせん断力
	Z		mm <sup>3</sup>	支承部（上部支承軸）の断面係数
	A		mm <sup>2</sup>	支承部（上部支承軸）の断面積
	$\sigma$		N/mm <sup>2</sup>	支承部（上部支承軸）に生じる曲げ応力度
	$\tau$		N/mm <sup>2</sup>	支承部（上部支承軸）に生じるせん断応力度
	$\sigma_a$		N/mm <sup>2</sup>	許容曲げ応力度
	$\tau_a$		N/mm <sup>2</sup>	許容せん断応力度
	支承部（下 部支承軸）		M	kN・m
		$R_H$	kN	支承部（下部支承軸）に作用する水平荷重
		L	m	支承部（下部支承部）の突出長さ
		S	kN	支承部（下部支承部）に生じるせん断力
		Z	mm <sup>3</sup>	支承部（下部支承軸）の断面係数
		A	mm <sup>2</sup>	支承部（下部支承軸）の断面積
		$\sigma$	N/mm <sup>2</sup>	支承部（下部支承軸）に生じる曲げ応力度
		$\tau$	N/mm <sup>2</sup>	支承部（下部支承軸）に生じるせん断応力度
		$\sigma_a$	N/mm <sup>2</sup>	許容曲げ応力度
		$\tau_a$	N/mm <sup>2</sup>	許容せん断応力度
	支承部（下 部支承軸 受）	$R_v$	kN	支承部（下部支承軸）に作用する鉛直荷重
		r	mm	軸受（壺金）の球面の半径
		E	N/mm <sup>2</sup>	軸受（壺金）の弾性係数
		p	N/mm <sup>2</sup>	軸受（壺金）に生じる支圧応力度
	支承部（支 承軸受）	$p_a$	N/mm <sup>2</sup>	許容接触応力度
		R	kN	支承部（支承軸受）に作用する荷重
		$C_{cr}$	kN	許容荷重

表 4-2(3) 漂流物対策工の耐震評価に用いる記号

評価対象部位		記号	単位	定義
漂流物 対策工 (鋼製 扉体)	支承部 (支承軸 受)	$R_1$	kN	支承軸受に作用する荷重
		$C_{cr}$	kN	許容荷重
	支承部 (浮上防 止金物)	$M$	$kN \cdot m$	支承部 (浮上防止金物) に生じる曲げモーメント
		$R_v$	kN	支承部 (浮上防止金物) に作用する鉛直上向き荷重
		$L$	m	支承部 (浮上防止金物) の突出長さ
		$S$	kN	支承部 (浮上防止金物) に生じるせん断力
		$Z$	$mm^3$	支承部 (浮上防止金物) の断面係数
		$A_1$	$mm^2$	支承部 (浮上防止金物) の断面積
		$\sigma_b$	$N/mm^2$	支承部 (浮上防止金物) に生じる曲げ応力度
		$\tau$	$N/mm^2$	支承部 (浮上防止金物) に生じるせん断応力度
		$\sigma_a$	$N/mm^2$	許容曲げ圧縮応力度
		$\tau_a$	$N/mm^2$	許容せん断応力度
		$F$	kN	固定ボルトに生じる軸力
		$a, b$	mm	支持点からの距離
		$A_2$	$mm^2$	固定ボルトの有効断面積
		$\sigma_t$	$N/mm^2$	固定ボルトに生じる軸方向引張応力度
$\sigma_a$	$N/mm^2$	許容軸方向引張応力度		

表 4-2(4) 漂流物対策工の耐震評価に用いる記号

評価対象部位	記号	単位	定義	
漂流物 対策工 (鋼製 扉体)	上部支承 (アンカ ーボル ト) , 上部支承 (コンク リート)	F	kN	アンカーボルト 1 本あたりに生じる軸力
		$R_H$	kN	支承部 (上部支承軸) に作用する水平荷重
		l	mm	支承軸からアンカーボルト固定部までの距離
		m	mm	アンカーボルトの間隔
		n	本	アンカーボルトの片側本数
		A	mm <sup>2</sup>	アンカーボルトの断面積
		d	mm	アンカーボルトの埋込深さ
		a, b	mm	アンカープレートの寸法
		c, e	mm	支圧板の寸法
		$\sigma_t$	N/mm <sup>2</sup>	アンカーボルトに生じる軸方向引張応力度
		$\sigma_a$	N/mm <sup>2</sup>	許容軸方向引張応力度
		$\sigma_{c1}$	N/mm <sup>2</sup>	上部支承 (コンクリート) に生じる支圧応力度 (アンカープレート)
		$\sigma_{c2}$	N/mm <sup>2</sup>	上部支承 (コンクリート) に生じる支圧応力度 (支圧板)
		$\tau_c$	N/mm <sup>2</sup>	上部支承 (コンクリート) に生じるせん断応力度 (アンカープレート)
		$\sigma_{cba}$	N/mm <sup>2</sup>	コンクリートの許容支圧応力度
		$\tau_{ca}$	N/mm <sup>2</sup>	コンクリートの許容せん断応力度
		$\sigma_t$	N/mm <sup>2</sup>	アンカーボルトに生じる軸方向引張応力度
		$\sigma_a$	N/mm <sup>2</sup>	許容軸方向引張応力度
	下部支承 (アンカ ーボル ト) , 下部支承 (コンク リート)	F	kN	アンカーボルト 1 本あたりに生じる軸力
		$R_H$	kN	支承部 (下部支承軸) に作用する水平荷重
		L	mm	軸受中心からアンカーボルト固定部までの距離
		y	mm	アンカーボルトの間隔
		n	本	アンカーボルトの片側本数
		A	mm <sup>2</sup>	アンカーボルトの断面積
d		mm	アンカーボルトの埋込深さ	
a, b		mm	アンカープレートの寸法	
c, e		mm	支圧板の寸法	
$\sigma_t$		N/mm <sup>2</sup>	アンカーボルトに生じる軸方向引張応力度	
$\sigma_a$		N/mm <sup>2</sup>	許容軸方向引張応力度	
$\sigma_{c1}$		N/mm <sup>2</sup>	下部支承 (コンクリート) に生じる支圧応力度 (アンカープレート)	
$\sigma_{c2}$	N/mm <sup>2</sup>	下部支承 (コンクリート) に生じる支圧応力度 (支圧板)		
$\tau_c$	N/mm <sup>2</sup>	コンクリートに生じるせん断応力度 (アンカー プレート)		
$\sigma_{cba}$	N/mm <sup>2</sup>	コンクリートの許容支圧応力度		
$\tau_{ca}$	N/mm <sup>2</sup>	コンクリートの許容せん断応力度		

表 4-2(5) 漂流物対策工の耐震評価に用いる記号

評価対象部位	記号	単位	定義	
漂流物 対策工 (鋼製 扉体)	ロック 装置	M	kN・m	ロックビームに生じる曲げモーメント
		R <sub>r</sub>	kN	ロックビームに作用する荷重
		a	m	ロックビームの突出長さ
		n	本	ロックビーム数
		Z	mm <sup>3</sup>	ロックビームの断面係数
		S	kN	ロックビームに生じるせん断力
		A	mm <sup>2</sup>	ロックビームのせん断面積
		σ	N/mm <sup>2</sup>	ロックビームに生じる曲げ応力度
		τ	N/mm <sup>2</sup>	ロックビームに生じるせん断応力度
		σ <sub>ca</sub>	N/mm <sup>2</sup>	許容曲げ応力度
		τ <sub>a</sub>	N/mm <sup>2</sup>	許容せん断応力度
	支圧板, 戸当り	W	kN/m	戸当りに作用する地震時荷重(地震時慣性力+風荷重)
		C	mm	支圧板の有効幅
		L <sub>1</sub>	mm	漂流物対策工(鋼製扉体)の幅
		L <sub>2</sub>	mm	主横桁の荷重分担長さ
		t <sub>w</sub>	mm	戸当り(腹板)の厚さ
		b <sub>f</sub>	mm	戸当り(底面フランジ)の幅
		t <sub>f</sub>	mm	戸当り(底面フランジ)の厚さ
		l <sub>1</sub>	mm	戸当りの埋込深さ
		l <sub>2</sub>	mm	戸当りのコンクリート側面からの埋込深さ
		M <sub>f</sub>	N・mm/mm	戸当り(底面フランジ)に生じる曲げモーメント
		Σl	mm	せん断抵抗長さ(=l <sub>1</sub> +2l <sub>2</sub> )
		σ <sub>p</sub>	N/mm <sup>2</sup>	支圧板に生じる支圧応力度
		σ <sub>b</sub>	N/mm <sup>2</sup>	戸当り(腹板)に生じる支圧応力度
		σ <sub>f</sub>	N/mm <sup>2</sup>	戸当り(底面フランジ)に生じる曲げ応力度
		σ <sub>cb</sub>	N/mm <sup>2</sup>	戸当り(コンクリート)に生じる支圧応力度
		τ <sub>c</sub>	N/mm <sup>2</sup>	戸当り(コンクリート)に生じるせん断応力度
		σ <sub>c</sub>	N/mm <sup>2</sup>	戸当り(コンクリート)に生じる圧縮応力度
		σ <sub>s</sub>	N/mm <sup>2</sup>	鉄筋に生じる引張応力度
		σ <sub>sa</sub>	N/mm <sup>2</sup>	鉄筋の許容引張応力度
		σ <sub>pa</sub>	N/mm <sup>2</sup>	支圧板の許容支圧応力度
		σ <sub>ba</sub>	N/mm <sup>2</sup>	戸当り(腹板)の許容支圧応力度
		σ <sub>ca</sub>	N/mm <sup>2</sup>	戸当り(底面フランジ)の許容曲げ応力度
σ <sub>cba</sub>	N/mm <sup>2</sup>	戸当り(コンクリート)の許容支圧応力度		
τ <sub>ca</sub>	N/mm <sup>2</sup>	戸当り(コンクリート)の許容せん断応力度		

表 4-2(6) 漂流物対策工の耐震評価に用いる記号

評価対象部位	記号	単位	定義
漂流物対策工 戸当り (RC支柱)	$\sigma_{ca}$	N/mm <sup>2</sup>	コンクリートの短期許容曲げ圧縮応力度
	$\tau_{a1}$	N/mm <sup>2</sup>	コンクリートの短期許容せん断応力度
	$\sigma_{sa}$	N/mm <sup>2</sup>	鉄筋の短期許容曲げ引張応力度
	M	kN・m	漂流物対策工戸当り (RC支柱) に生じる曲げモーメント
	N	kN	漂流物対策工戸当り (RC支柱) に生じる軸力
	Q	kN	漂流物対策工戸当り (RC支柱) に生じるせん断力
漂流物対策工 基礎スラブ	$\sigma_{ca}$	N/mm <sup>2</sup>	コンクリートの短期許容曲げ圧縮応力度
	$\tau_{a1}$	N/mm <sup>2</sup>	コンクリートの短期許容せん断応力度
	$\sigma_{sa}$	N/mm <sup>2</sup>	鉄筋の短期許容曲げ引張応力度
	M	kN・m	漂流物対策工基礎スラブに生じる曲げモーメント
	N	kN	漂流物対策工基礎スラブに生じる軸力
	Q	kN	漂流物対策工基礎スラブに生じるせん断力
基礎地盤	$R_u$	N/mm <sup>2</sup>	極限支持力度
	$f'_a$	N/mm <sup>2</sup>	支圧強度
	$R_d$	N/mm <sup>2</sup>	基礎地盤の最大接地圧

#### 4.2 評価対象断面

防波扉（3号機東側）の評価対象断面は，防波扉（3号機東側）の構造上の特徴を踏まえ，防波扉及び漂流物対策工の扉体軸方向が強軸方向であるため，弱軸方向である防波扉及び漂流物対策工の扉体直交方向の断面とする。

防波扉（3号機東側）の評価対象断面位置図を図4-1に，縦断面図を図4-2に示す。

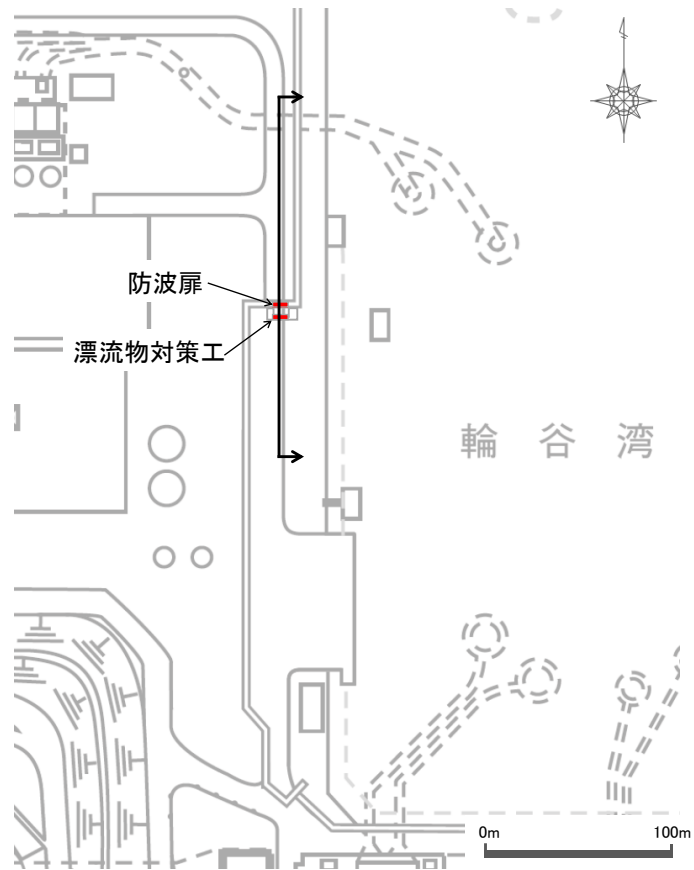


図4-1 防波扉（3号機東側）の評価対象断面位置図



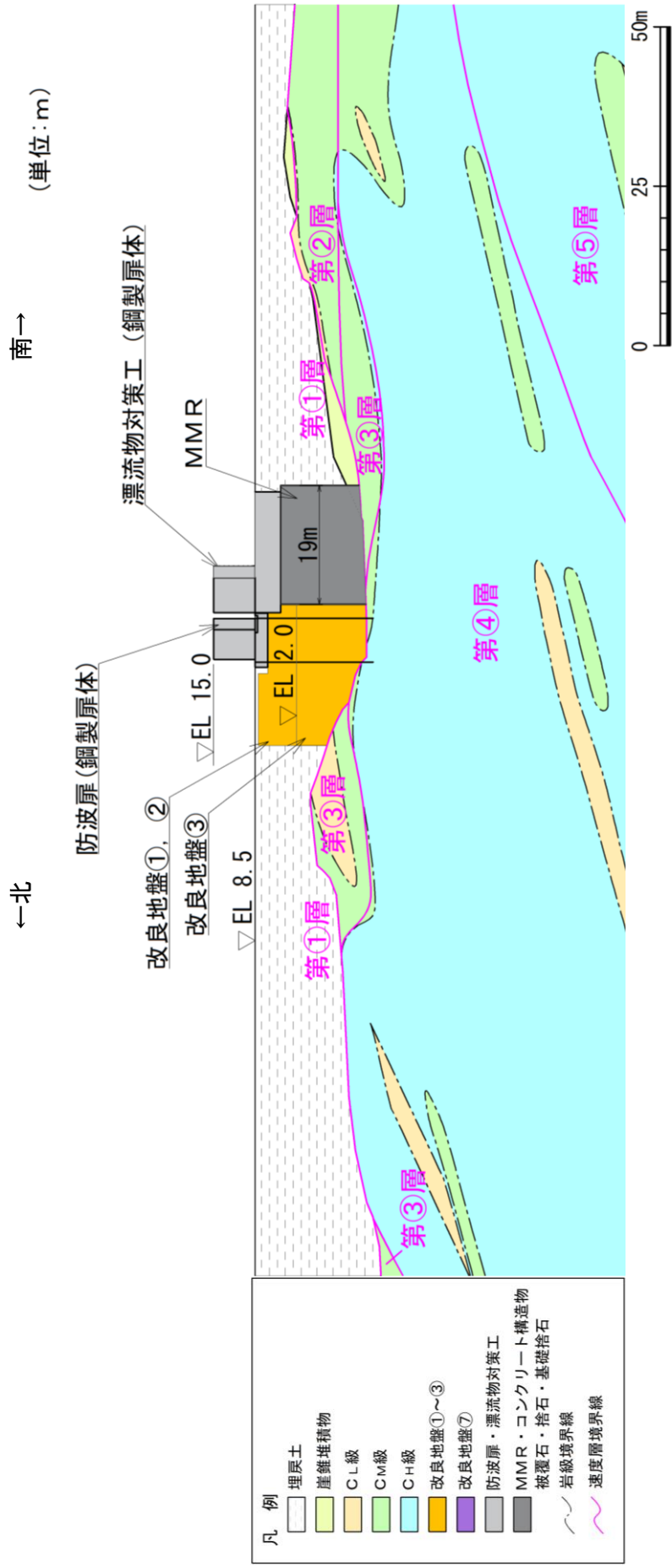


図 4-2 防波扉 (3号機東側) の縦断面図

### 4.3 解析方法

防波扉（3号機東側）の地震応答解析は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」のうち、「2.3 屋外重要土木構造物」に示す解析方法及び解析モデルを踏まえて実施する。

地震応答解析は、構造物と地盤の相互作用を考慮できる2次元有限要素法を用いて、基準地震動 $S_s$ に基づき設定した水平地震動と鉛直地震動の同時加振による逐次時間積分の時刻歴応答解析により行うこととする。地震時における地盤の有効応力の変化に伴う影響を考慮するため、解析方法は有効応力解析とする。

構造部材については、線形はり要素（ビーム要素）、非線形ばね要素及び線形の平面ひずみ要素でモデル化する。また、地盤については地盤のひずみ依存性を適切に考慮できるようにモデル化する。

地震応答解析については、解析コード「FLIP」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

#### 4.3.1 施設

防波扉戸当り（RC支柱）及び防波扉基礎スラブは線形はり要素（ビーム要素）、グラウンドアンカは非線形ばね要素でモデル化し、防波扉（鋼製扉体）は付加重量として考慮する。

また、漂流物対策工戸当り（RC支柱）は線形はり要素（ビーム要素）でモデル化し、漂流物対策工（鋼製扉体）は付加重量として考慮する。漂流物対策工基礎スラブは、線形の平面ひずみ要素としてモデル化する。

#### 4.3.2 地盤物性のばらつき

防波扉（3号機東側）の地震時の応答は、周辺地盤との相互作用によることから、地盤物性のばらつきの影響を考慮する。地盤物性のばらつきについては、表4-3に示す解析ケースにおいて考慮する。

図4-2に示すとおり、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防波扉（3号機東側）の応答に与える影響が大きいと考えられる。このうち、広範囲に分布しており、応答に与える影響が大きいと考えられる埋戻土の物性（初期せん断弾性係数）のばらつきについて影響を確認する。

詳細な解析ケースの考え方は、「4.3.4 解析ケース」に示す。

表4-3 解析ケース

解析ケース	地盤物性	
	埋戻土 ( $G_0$ : 初期せん断弾性係数)	岩盤 ( $G_d$ : 動せん断弾性係数)
ケース① (基本ケース)	平均値	平均値
ケース②	平均値 + $1\sigma$	平均値
ケース③	平均値 - $1\sigma$	平均値

#### 4.3.3 減衰定数

Rayleigh 減衰を考慮することとし、剛性比例型減衰 ( $\alpha=0$ ,  $\beta=0.002$ ) を設定する。

#### 4.3.4 解析ケース

耐震評価においては、すべての基準地震動  $S_s$  に対し、解析ケース①（基本ケース）を実施する。すべての基準地震動  $S_s$  に対して実施した解析ケース①（基本ケース）において、各照査値が最も厳しい地震動を用いて、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4-4に示す。

表 4-4 耐震計価における解析ケース

解析ケース		ケース①	ケース②	ケース③
		基本 ケース	地盤物性のばらつき (+1σ)を考慮し た解析ケース	地盤物性のばらつき (-1σ)を考慮した 解析ケース
地盤物性		平均値	平均値+1σ	平均値-1σ
地震動 (位相)	S <sub>s</sub> -D	(++)*	○	基準地震動S <sub>s</sub> (6波)に位相反転を考慮した地震動(6波)を加えた全12波に対し、ケース①(基本ケース)を実施し、曲げ・軸力系の破壊、せん断破壊及び基礎地盤の支持力照査の各照査項目ごとに照査値が0.5を超える照査項目に対して、最も厳しい(許容限界に対する裕度が最も小さい)地震動を用いてケース②及び③を実施する。 すべての照査項目の照査値がいずれも0.5以下の場合、照査値が最も厳しくなる地震動を用いてケース②及び③を実施する。
		(-+)*	○	
		(+-)*	○	
		(--)*	○	
	S <sub>s</sub> -F1	(++)*	○	
	S <sub>s</sub> -F2	(++)*	○	
	S <sub>s</sub> -N1	(++)*	○	
		(-+)*	○	
	S <sub>s</sub> -N2	(++)*	○	
	(NS)	(-+)*	○	
S <sub>s</sub> -N2	(++)*	○		
(EW)	(-+)*	○		

注記\* : 地震動の位相について、(++)の左側は水平動、右側は鉛直動を表し、「-」は位相を反転させたケースを示す。

#### 4.4 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。

##### 4.4.1 耐震評価上考慮する状態

防波扉（3号機東側）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

積雪荷重及び風荷重を考慮する。

###### (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。

##### 4.4.2 荷重

防波扉（3号機東側）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（鋼製扉体を含む）を考慮する。

また、グラウンドアンカの初期緊張力を考慮する。

###### (2) 積載荷重（P）

積載荷重として、土圧及び水圧を考慮する。

###### (3) 積雪荷重（P<sub>s</sub>）

積雪荷重として、発電所最寄りの気象官署である松江地方気象台（松江市）での観測記録（1941～2018年）より、観測史上1位の月最深積雪100cm（1971年2月4日）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35.0cmとする。

積雪荷重については、「松江市建築基準法施行細則（平成17年3月31日松江市規則第234号）」により、積雪量1cmごとに20N/m<sup>2</sup>の積雪荷重が作用することを考慮し設定する。

###### (4) 風荷重（P<sub>k</sub>）

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

###### (5) 地震荷重（S<sub>s</sub>）

基準地震動S<sub>s</sub>による荷重を考慮する。

#### 4.4.3 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 4-5 に示す。

表 4-5 荷重の組合せ

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

G : 固定荷重

P : 積載荷重

$P_s$  : 積雪荷重

$P_k$  : 風荷重

$S_s$  : 地震荷重 (基準地震動  $S_s$ )

#### 4.5 入力地震動

入力地震動は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」のうち「2.3 屋外重要土木構造物」に示す入力地震動の設定方針を踏まえて設定する。

地震応答解析に用いる入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動  $S_s$  を一次元波動論により地震応答解析モデル下端位置で評価したものをを用いる。なお、入力地震動の設定に用いる地下構造モデルは、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」のうち「7.1 入力地震動の設定に用いる地下構造モデル」を用いる。

図4-3に入力地震動算定の概念図を、図4-4～図4-15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」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、VI-5「計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

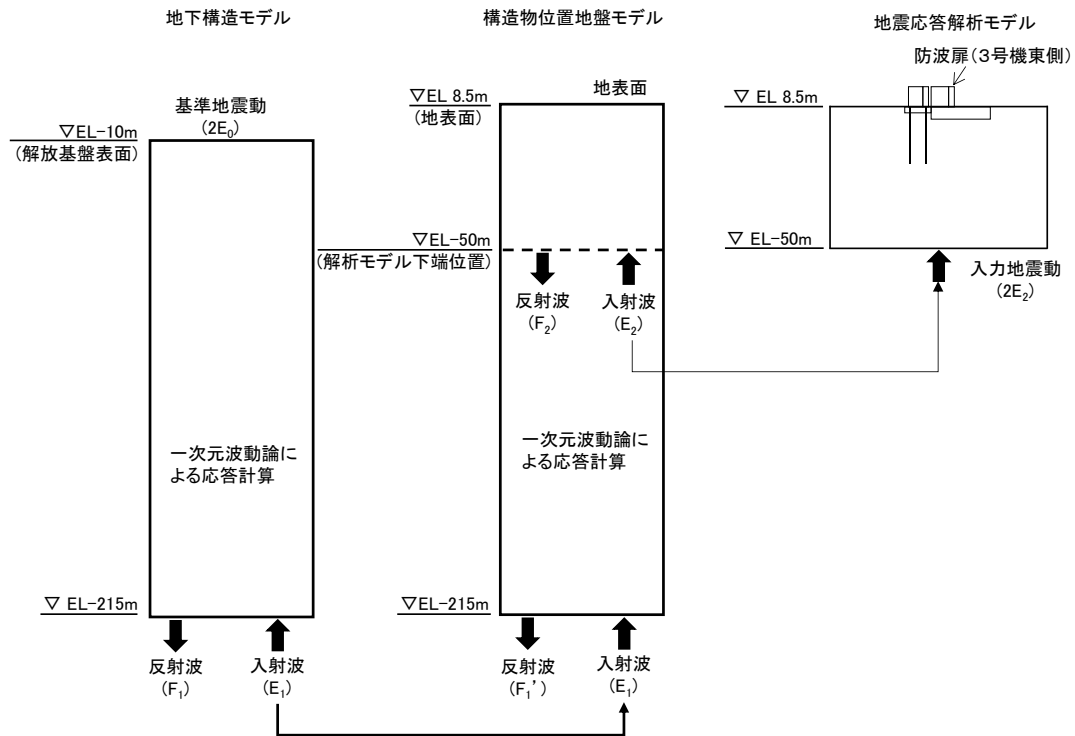
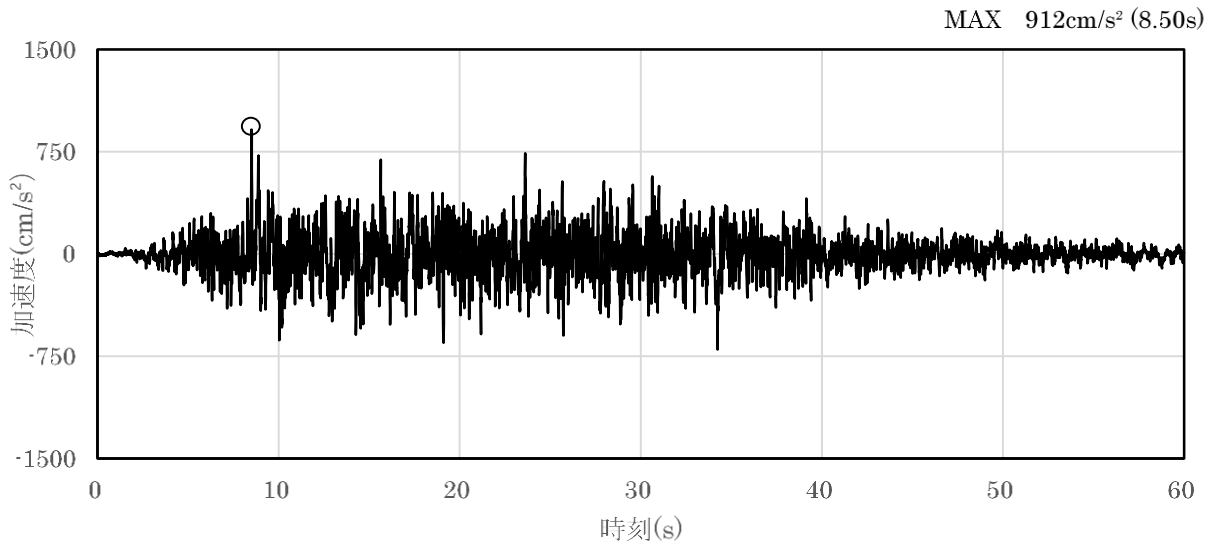
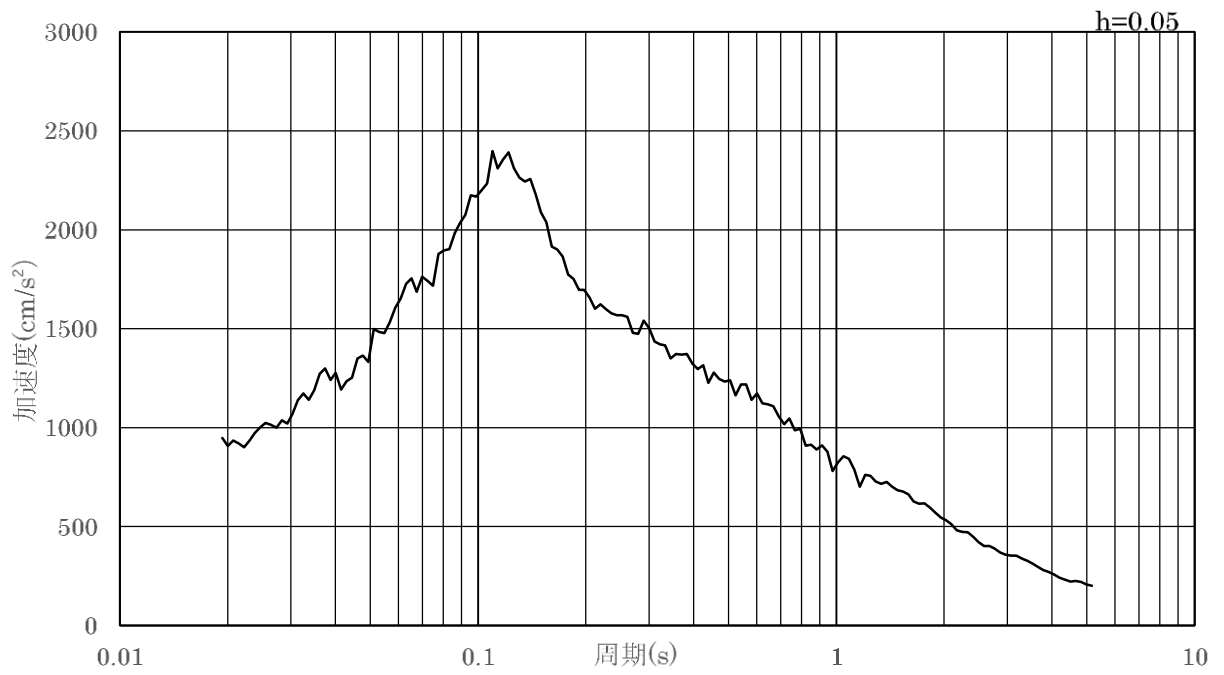


図4-3 入力地震動算定の概念図



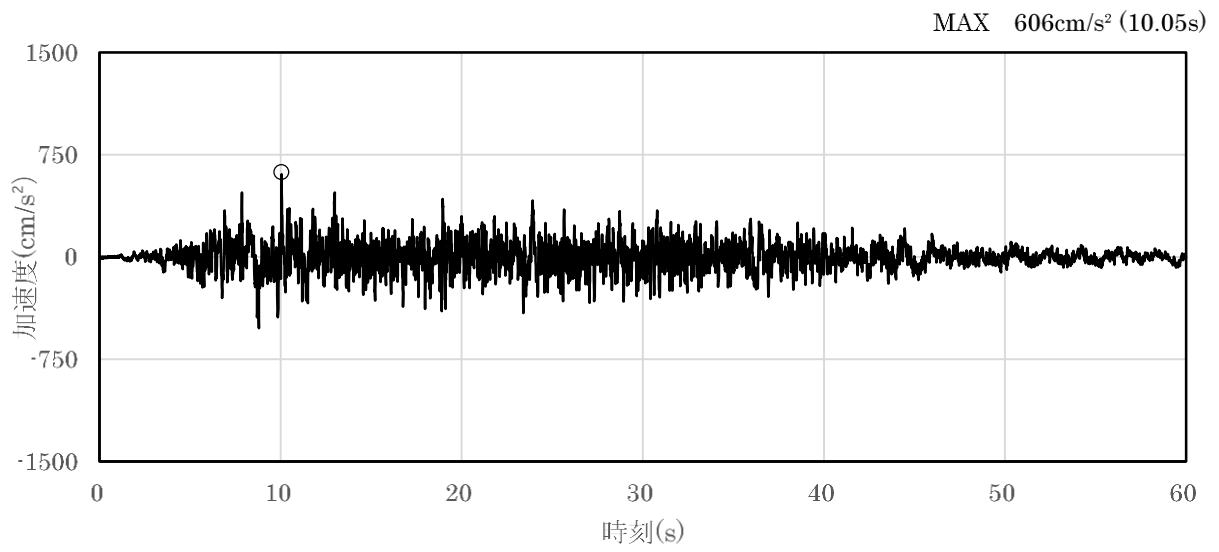
(a) 加速度時刻歴波形



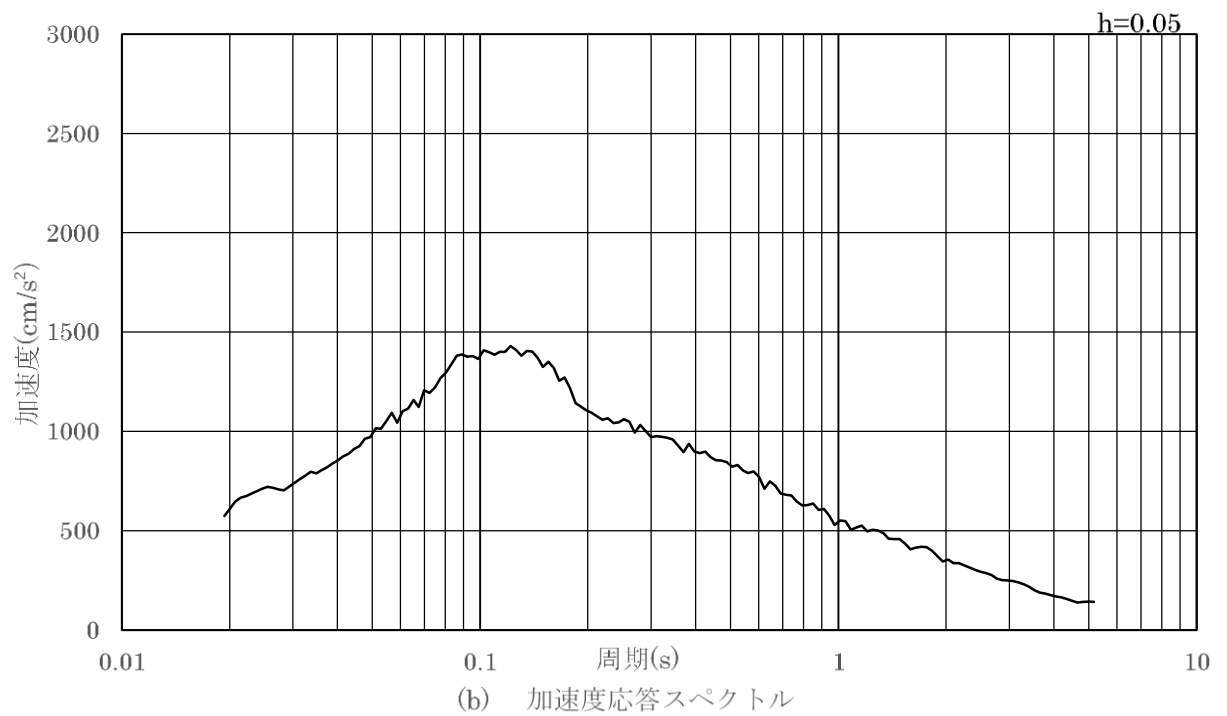
(b) 加速度応答スペクトル

図 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  
(水平成分：S s - D)



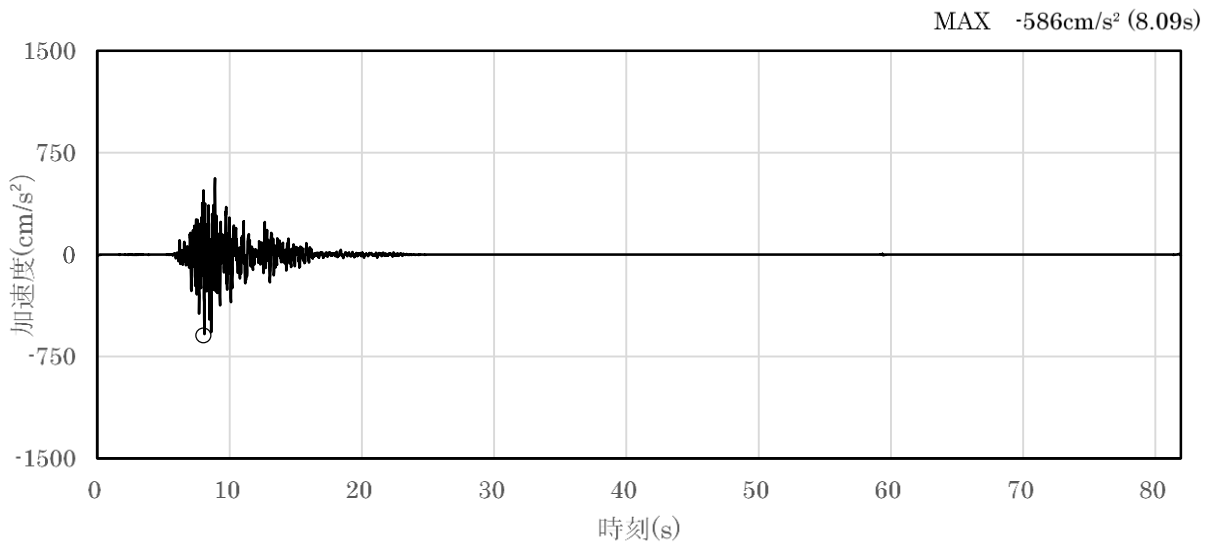


(a) 加速度時刻歴波形

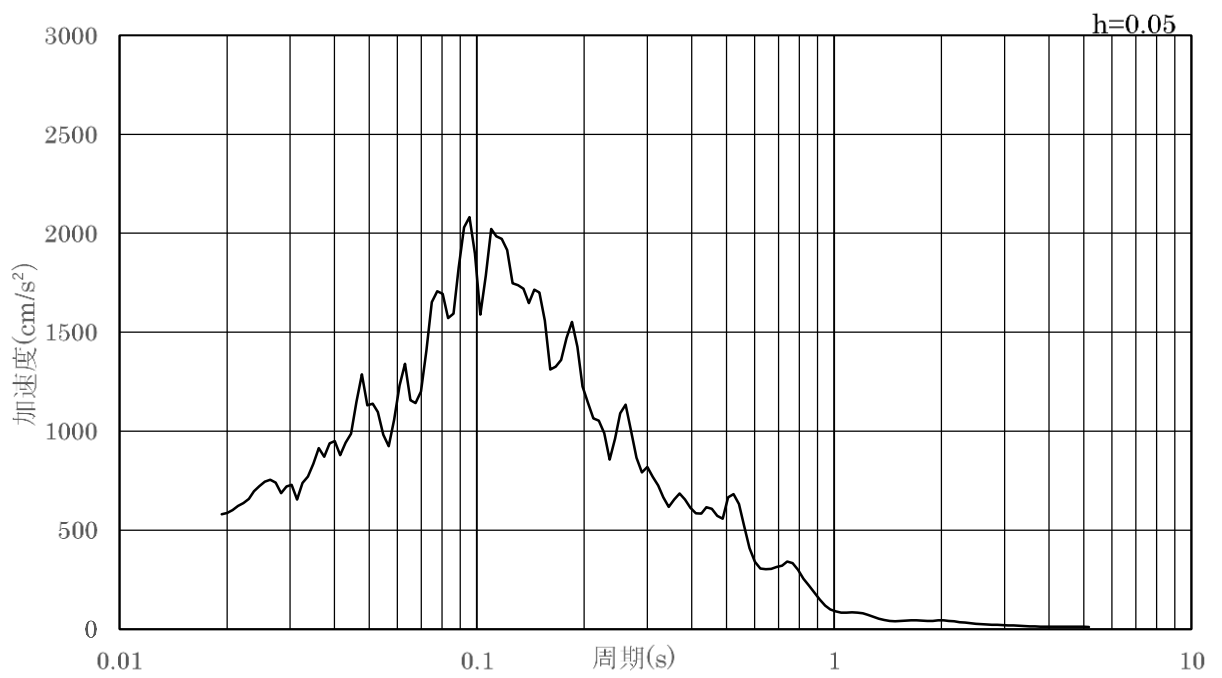


(b) 加速度応答スペクトル

図 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  
(鉛直成分：S s - D)

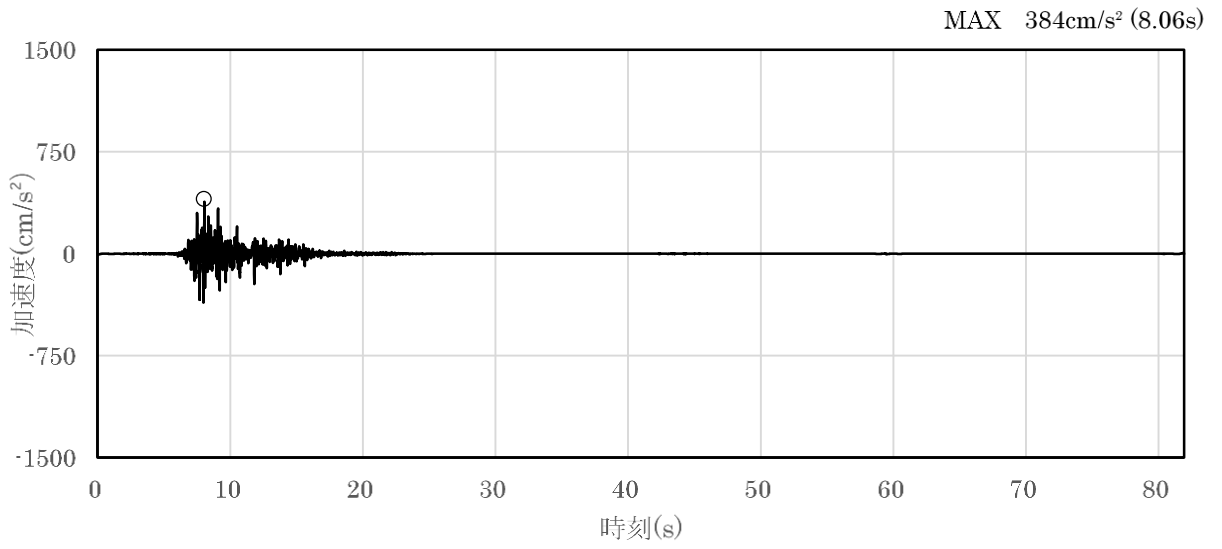


(a) 加速度時刻歴波形

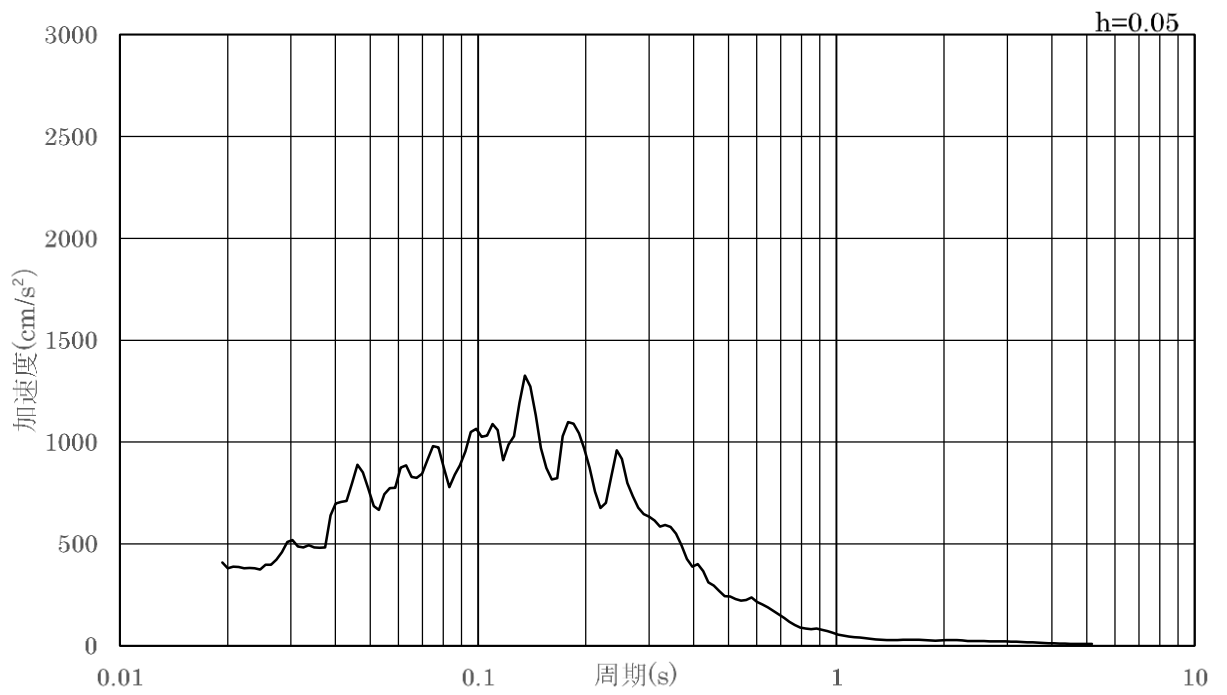


(b) 加速度応答スペクトル

図 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  
(水平成分：S s - F 1)

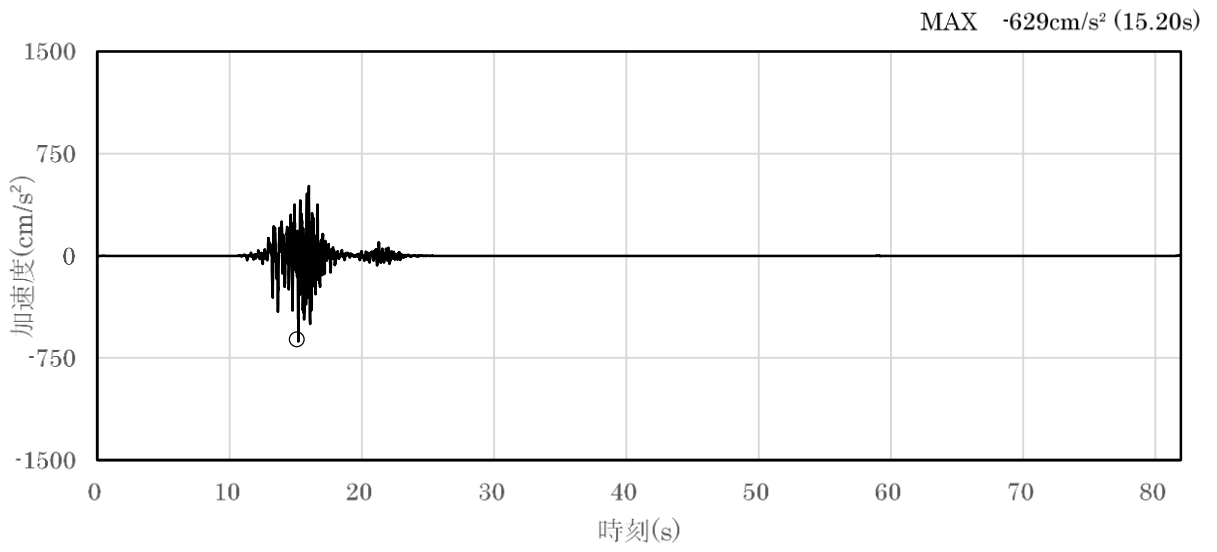


(a) 加速度時刻歴波形

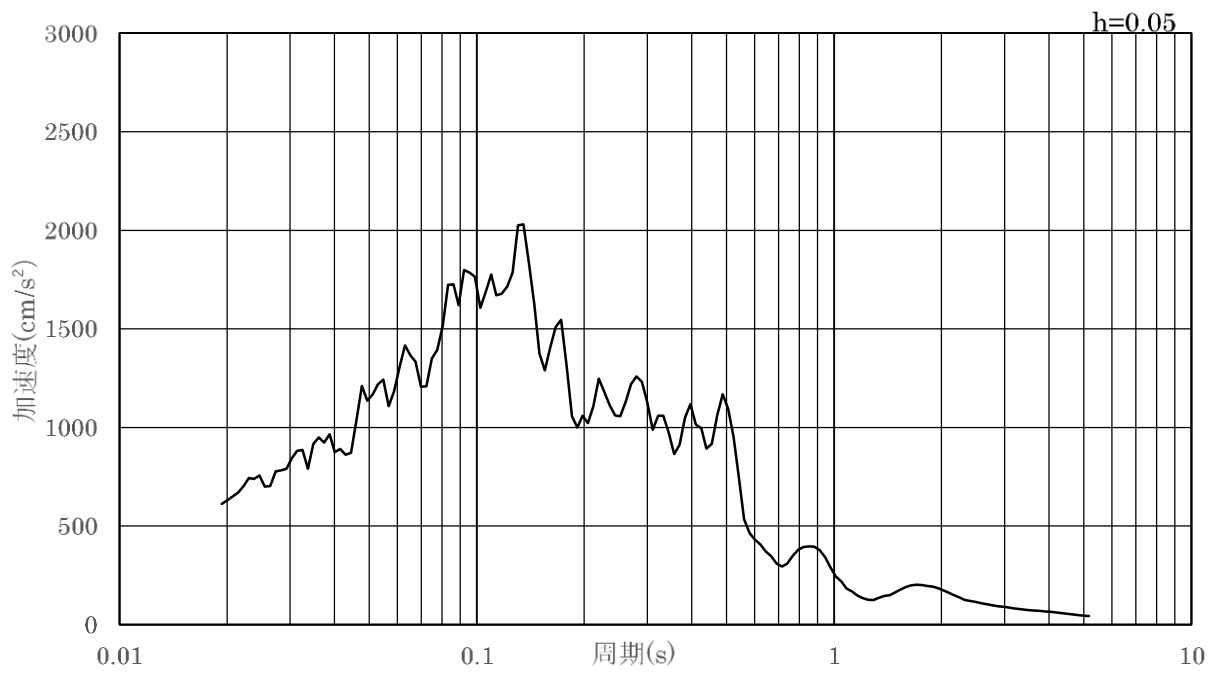


(b) 加速度応答スペクトル

図 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  
(鉛直成分：S<sub>s</sub>-F1)

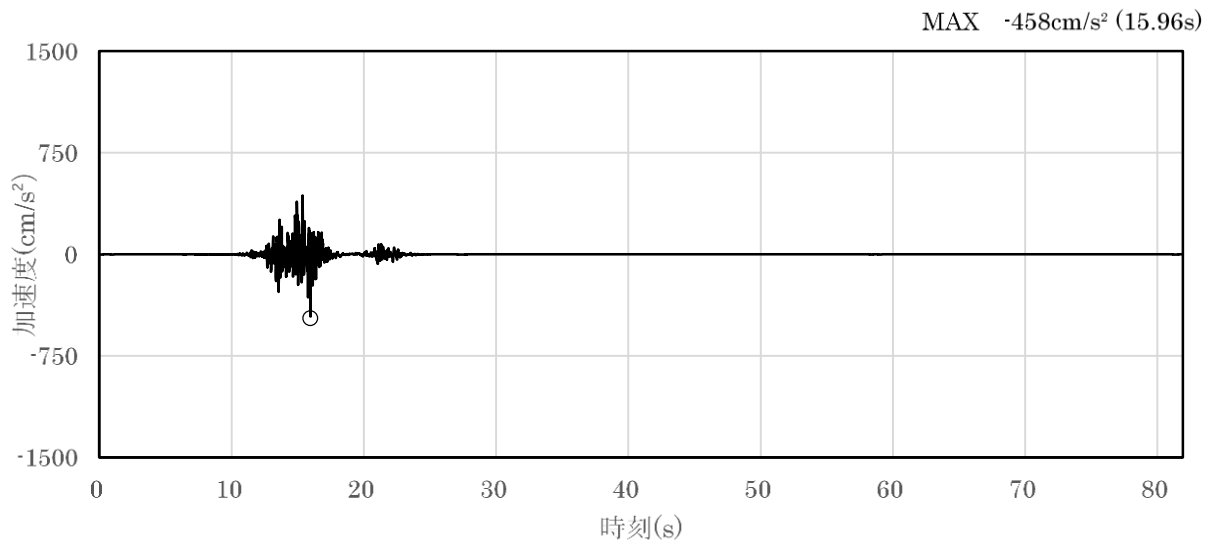


(a) 加速度時刻歴波形

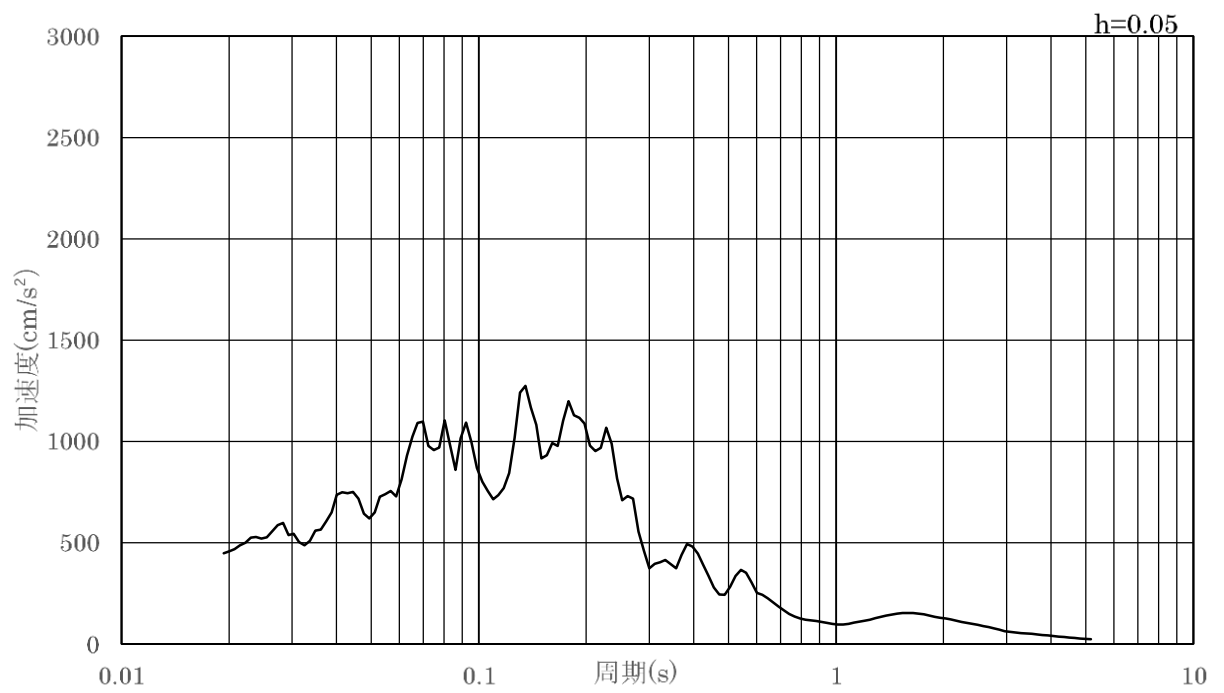


(b) 加速度応答スペクトル

図 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  
(水平成分 : S s - F 2)

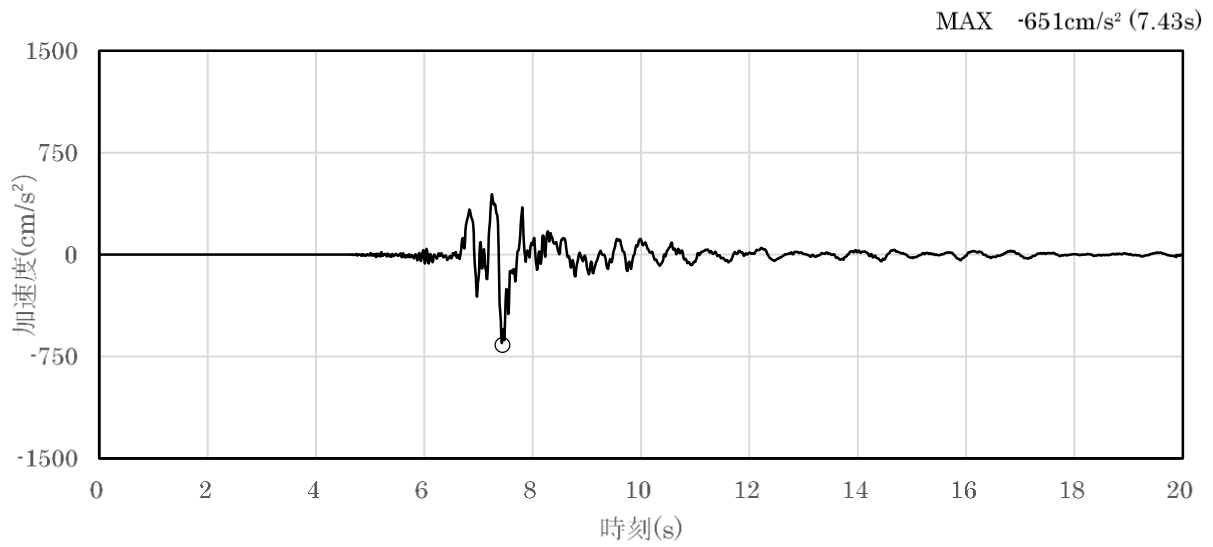


(a) 加速度時刻歴波形

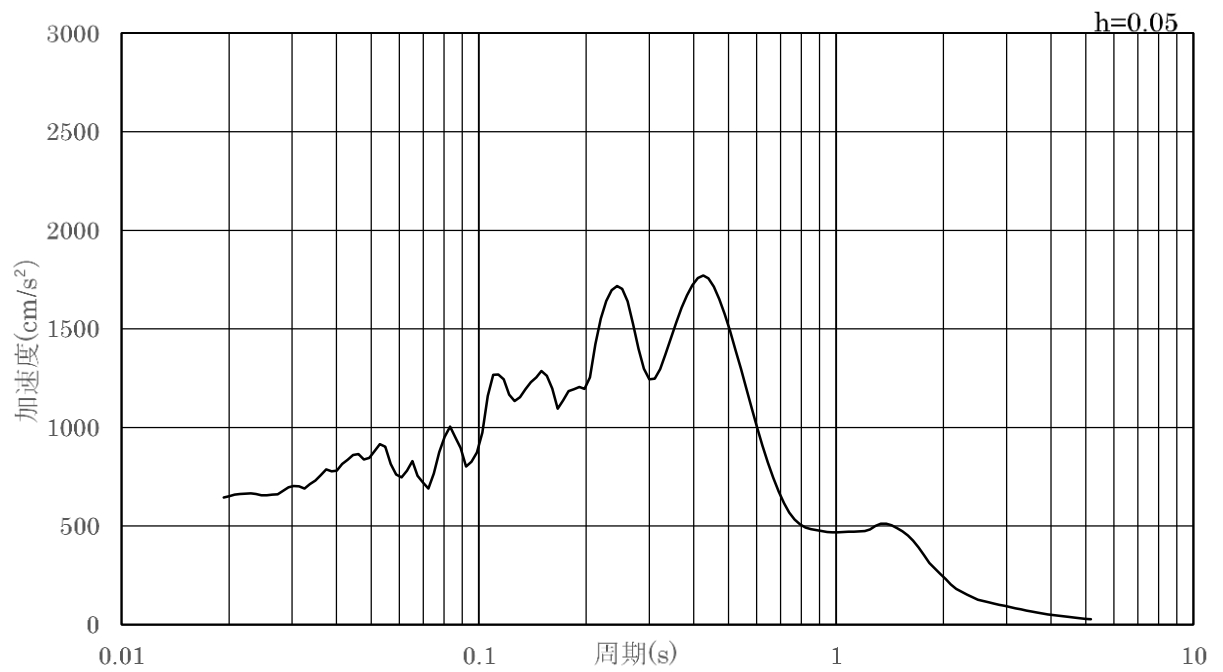


(b) 加速度応答スペクトル

図 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  
(鉛直成分：S<sub>s</sub>-F2)

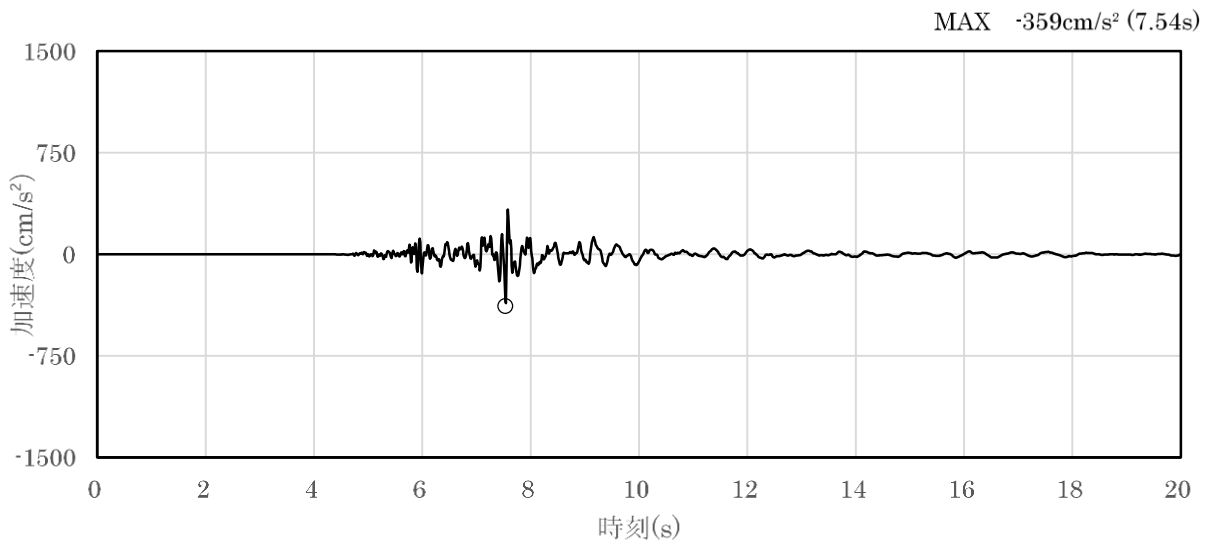


(a) 加速度時刻歴波形

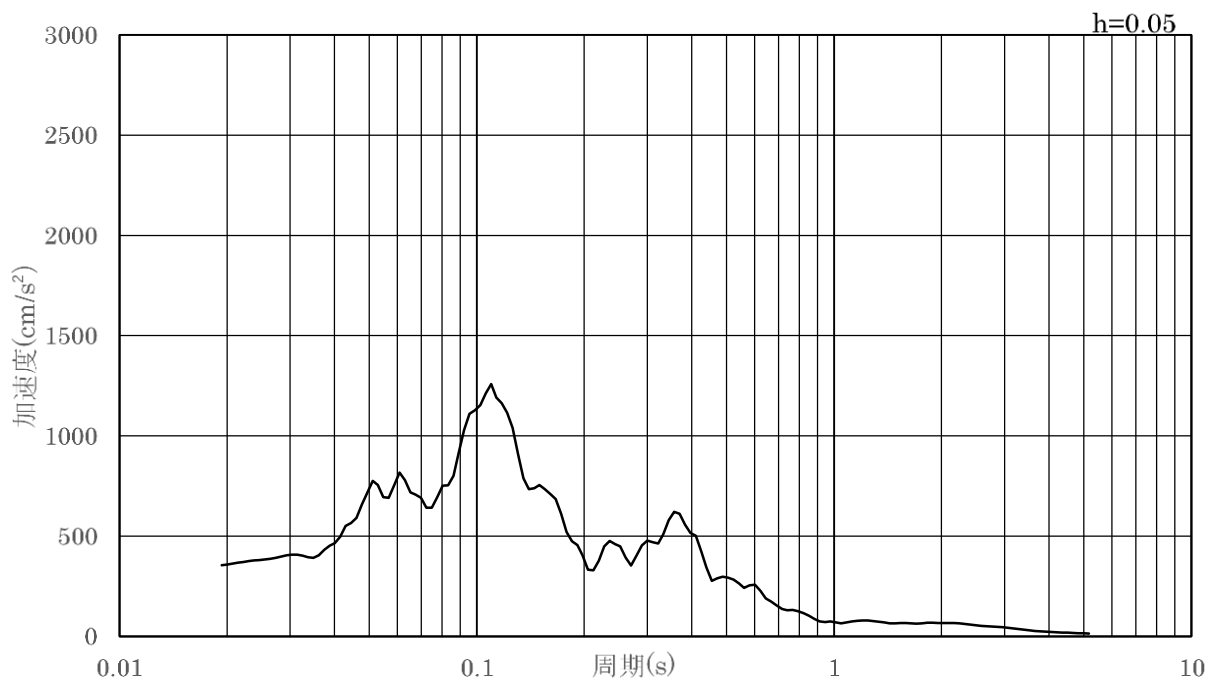


(b) 加速度応答スペクトル

図 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  
(水平成分 : S s - N 1)

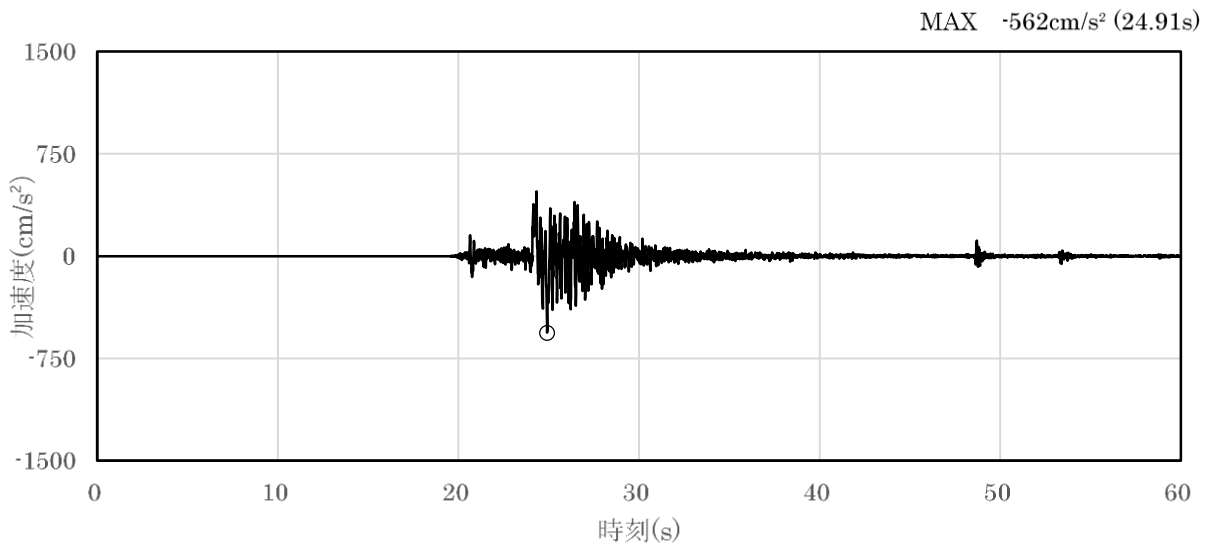


(a) 加速度時刻歴波形

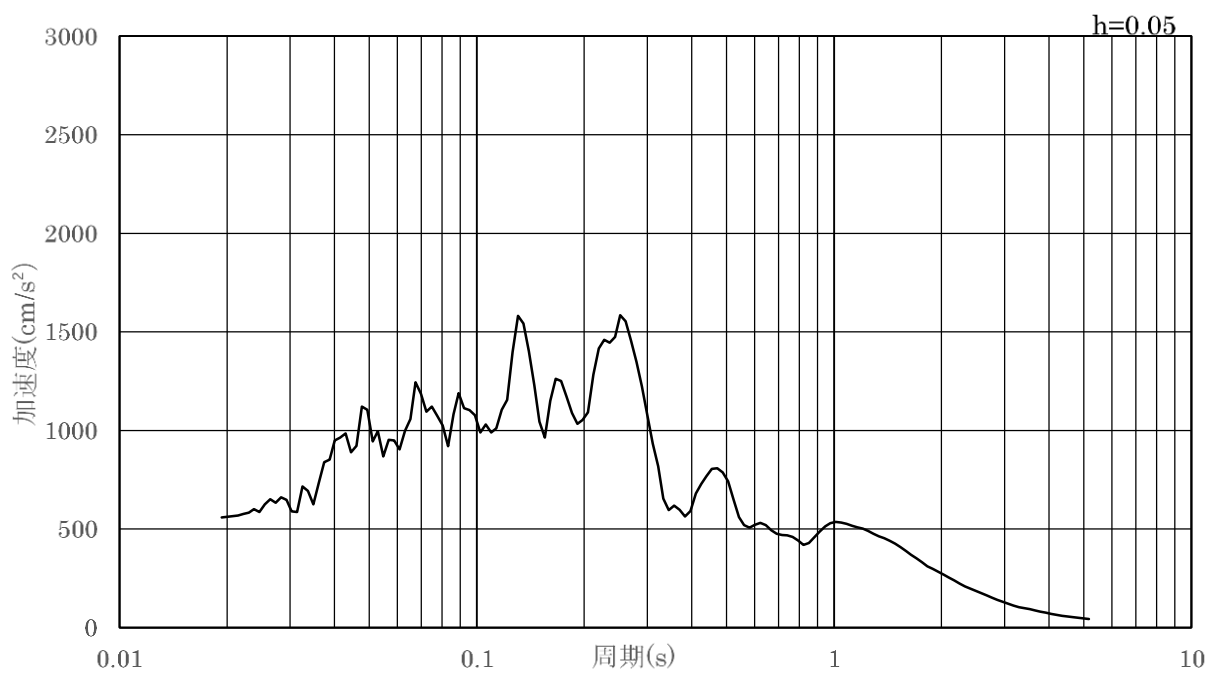


(b) 加速度応答スペクトル

図 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  
(鉛直成分：S s - N 1)



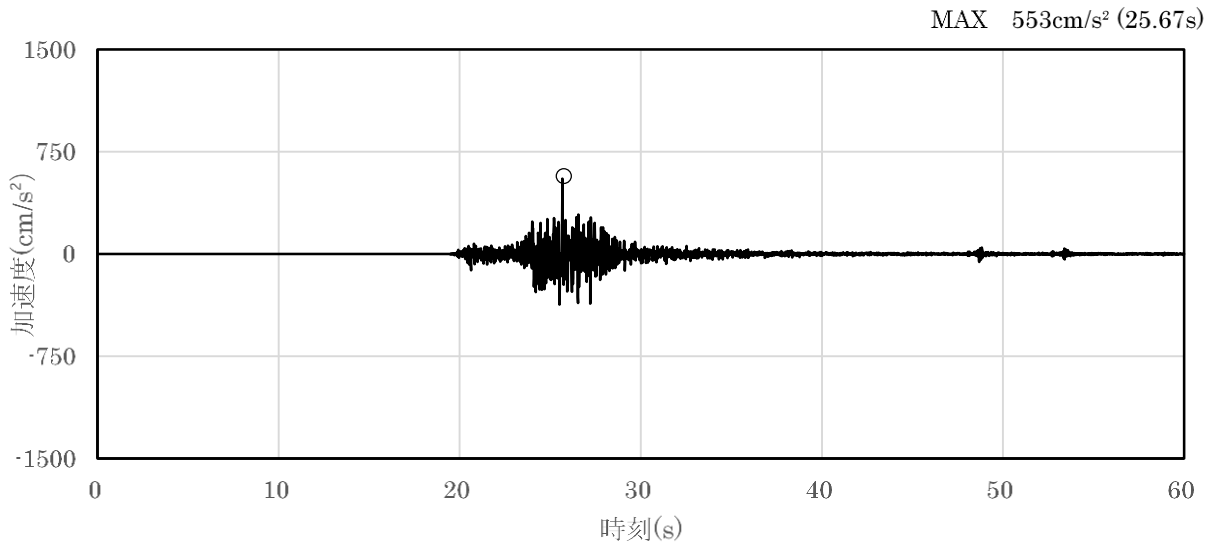
(a) 加速度時刻歴波形



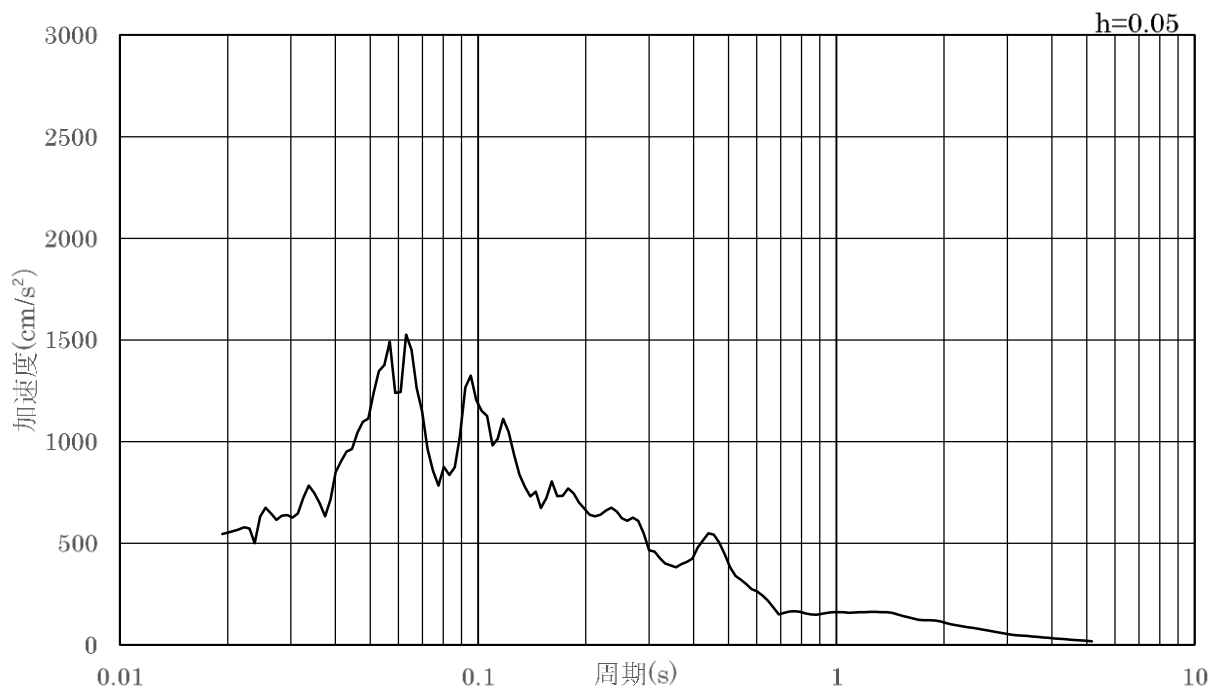
(b) 加速度応答スペクトル

図 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  
(水平成分 : S s - N 2 ( N S ) )



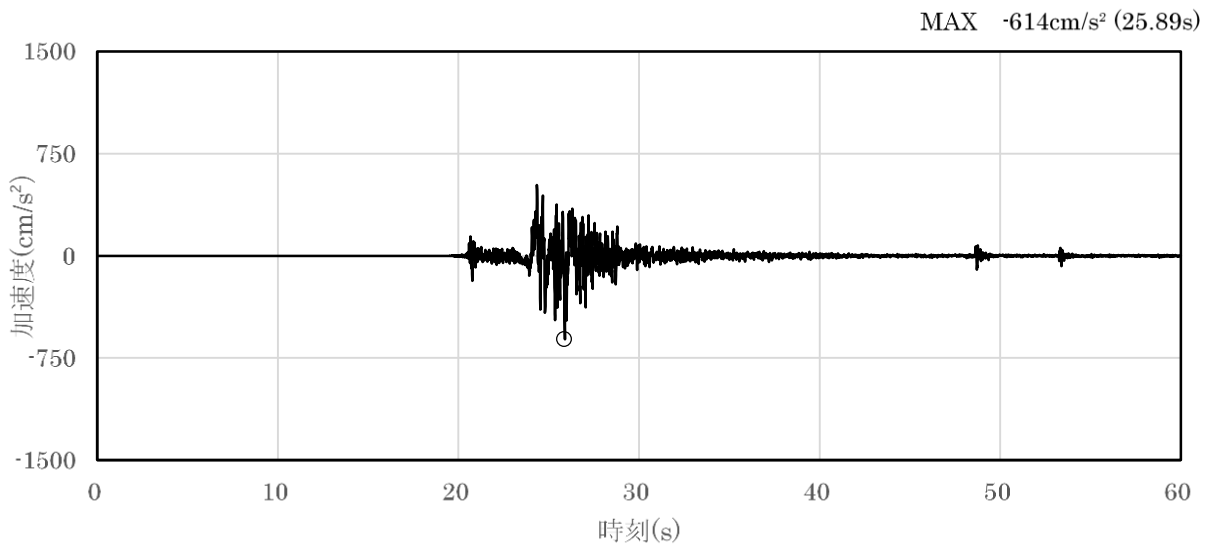


(a) 加速度時刻歴波形

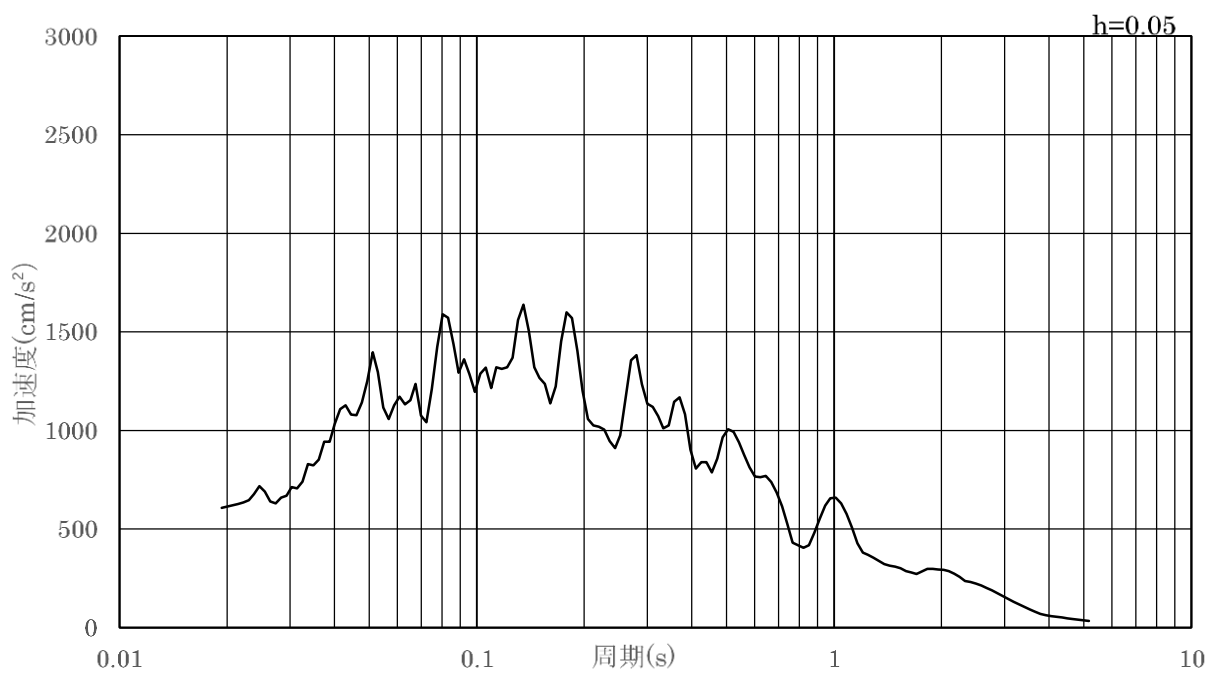


(b) 加速度応答スペクトル

図 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  
(鉛直成分：S<sub>s</sub>-N2 (NS))

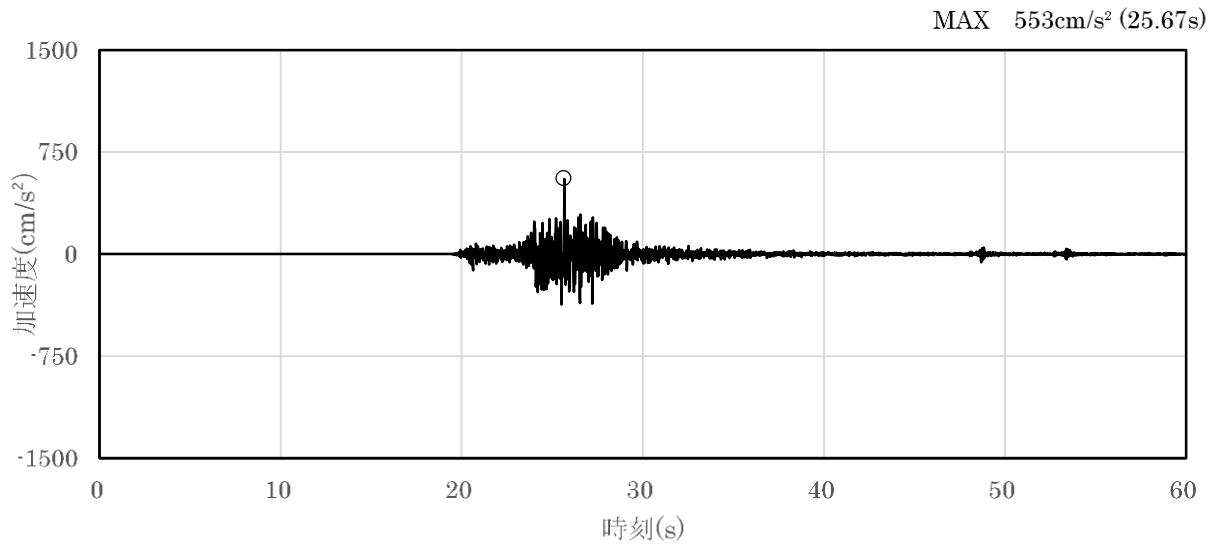


(a) 加速度時刻歴波形

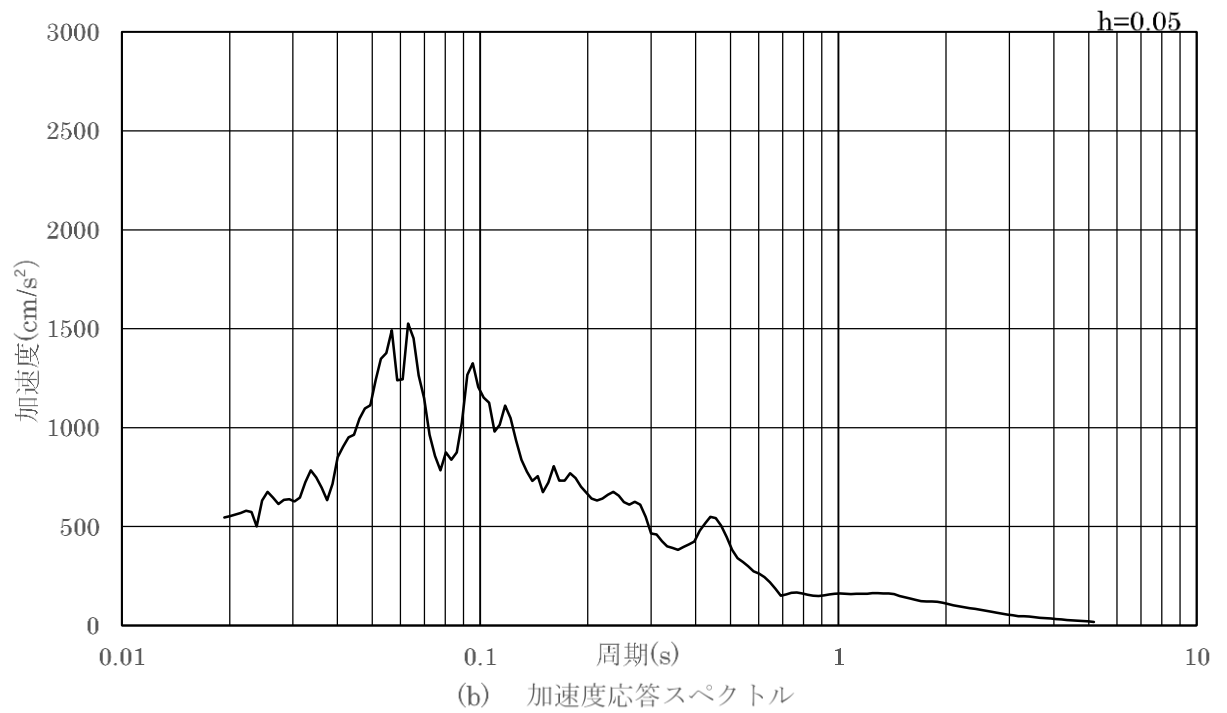


(b) 加速度応答スペクトル

図 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  
(水平成分：S s - N 2 (E W) )



(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

図 4-15 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直成分：S s - N 2 (EW) )

## 4.6 解析モデル及び諸元

### 4.6.1 解析モデル

防波扉（3号機東側）の地震応答解析モデルを図4-16に示す。

#### (1) 解析領域

解析領域は、「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）」を参考に、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。

#### (2) 境界条件

常時応力解析時の境界条件は底面固定とし、側方は自重等による地盤の鉛直方向の変形を拘束しないよう鉛直ローラーとする。

また、地震応答解析時の境界条件は、2次元有限要素法における半無限地盤を模擬するため、粘性境界を設ける。

#### (3) 構造物のモデル化

防波扉戸当り（RC支柱）及び防波扉基礎スラブは線形はり要素（ビーム要素）、グラウンドアンカは非線形ばね要素でモデル化し、防波扉（鋼製扉体）は付加重量として考慮する。

また、漂流物対策工戸当り（RC支柱）は線形はり要素（ビーム要素）で、漂流物対策工基礎スラブは線形の平面ひずみ要素としてモデル化する。漂流物対策工（鋼製扉体）は付加重量として考慮する。

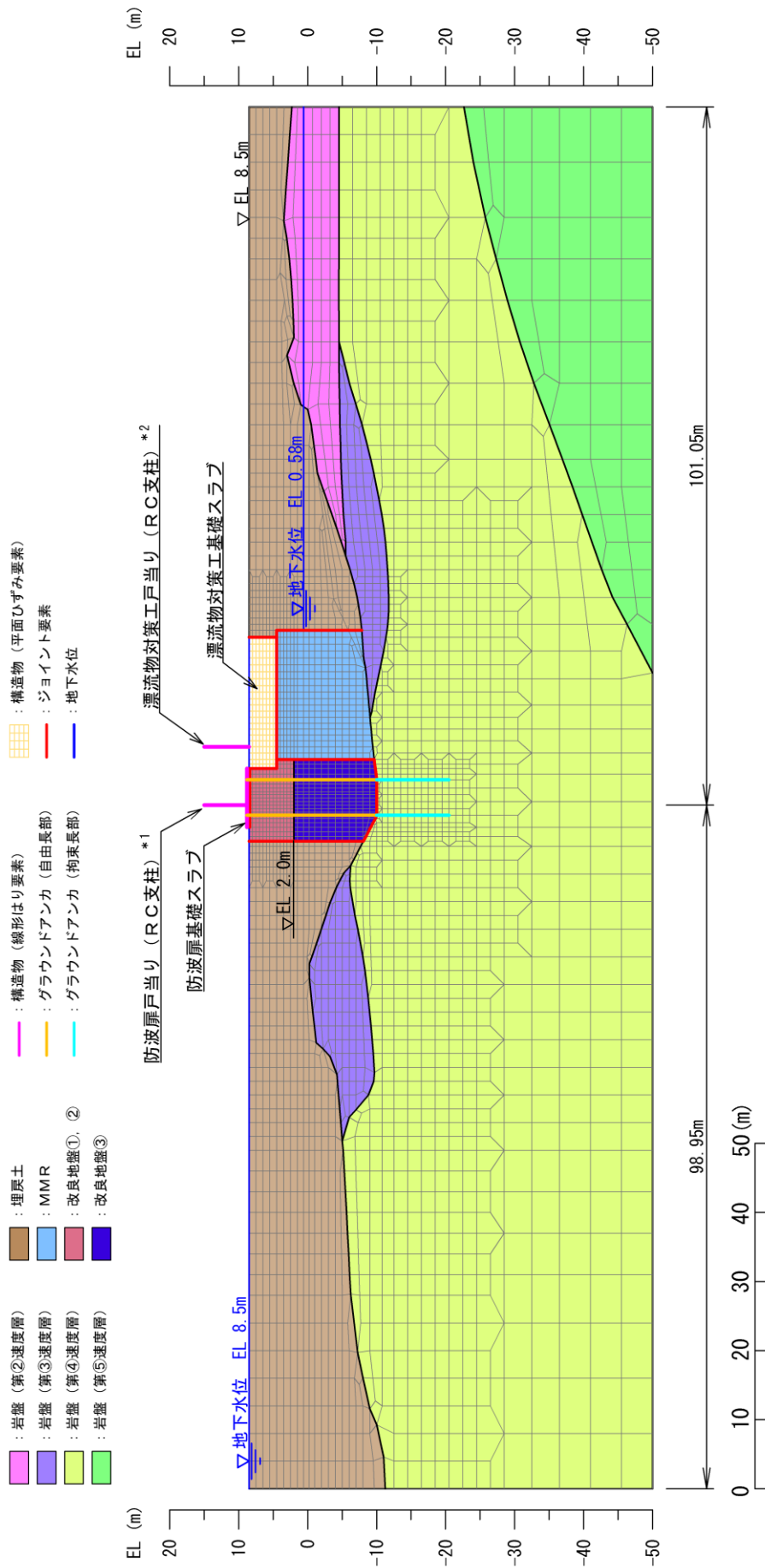
#### (4) 地盤のモデル化

岩盤は線形の平面ひずみ要素でモデル化する。

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。

#### (5) ジョイント要素の設定

地震時の施設及び地盤の接合面における剥離及びすべりを考慮するため、「港湾の施設の技術上の基準・同解説（国土交通省港湾局，2007年版）」及び「港湾構造物設計事例集（沿岸技術研究センター，平成19年3月）」に準拠して、これらの接合面にジョイント要素を設定する。



注記 \*1: 線形はり要素の全体の節点において, 防波扉 (鋼製扉体) を付加重量として考慮する。  
 \*2: 線形はり要素の上下端において, 漂流物対策工 (鋼製扉体) を付加重量として考慮する。

図 4-16 防波扉 (3号機東側) の地震応答解析モデル (評価対象断面)

#### 4.6.2 使用材料及び材料の物性値

耐震評価に用いる材料定数は、適用基準類を基に設定する。使用材料を表 4-6 に、材料の物性値を表 4-7 に、グラウンドアンカの非線形ばねモデルの概念図を図 4-17 に示す。

表 4-6(1) 使用材料 (防波扉)

材料		諸元
防波扉戸当り (RC支柱) 防波扉基礎スラブ	鉄筋	SD345
	コンクリート	設計基準強度：24N/mm <sup>2</sup>
防波扉 (鋼製扉体)		SM490, SS400, SUS304
グラウンドアンカ		アンカー長：27.5m~29.5m 極限引張力：2800kN 降伏引張力：2400kN

表 4-6(2) 使用材料 (漂流物対策工)

材料		諸元
漂流物対策工戸当り (RC支柱) 漂流物対策工基礎スラブ	鉄筋	SD345
	コンクリート	設計基準強度：40N/mm <sup>2</sup>
漂流物対策工 (鋼製扉体)		SBHS700, SM570

表 4-7(1) 材料の物性値 (防波扉)

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
鉄筋コンクリート	24.0*	2.5×10 <sup>4</sup> *	0.2*

注記\*：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)

表 4-7(2) 材料の物性値 (漂流物対策工)

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
鉄筋コンクリート	24.0*	3.1×10 <sup>4</sup> *	0.2*

注記\*：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)

表 4-7(3) 材料の物性値 (グラウンドアンカ)

引張剛性 $k$ (kN/m)	テンドン降伏引張力 (kN)	設計アンカー力 (kN)	初期変位量 (mm)
14777	2400	1650	112

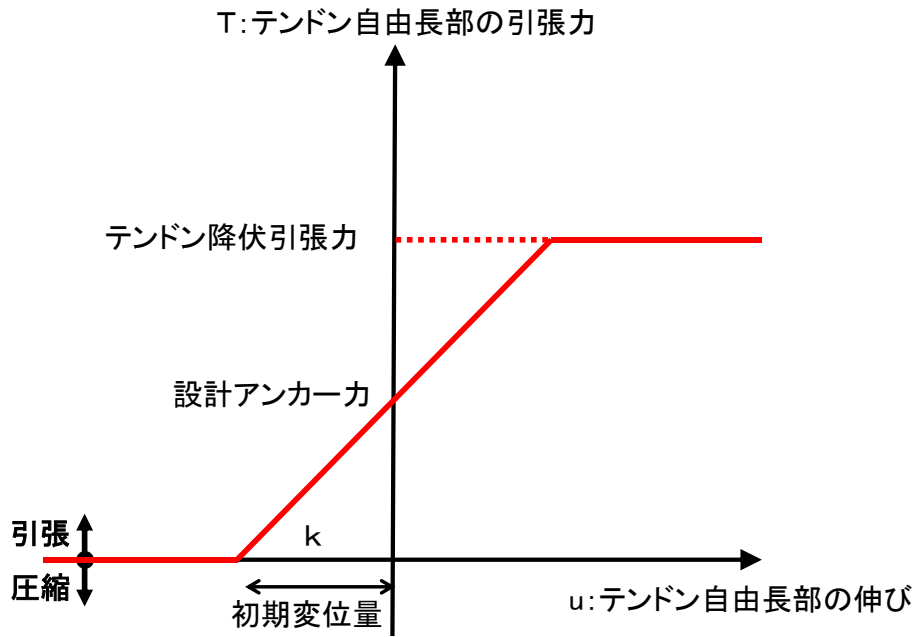


図 4-17 グラウンドアンカの非線形ばねモデルの概念図

#### 4.6.3 地盤の物性値

地盤の物性値は、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値を用いる。

地盤のうち改良地盤①～③の残留強度及び引張強度を表4-8のとおり設定する。

表 4-8 改良地盤①～③の残留強度及び引張強度

地盤	残留強度		引張強度 $\sigma_t$ (N/mm <sup>2</sup> )
	$c'$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\phi'$ (°)	
改良地盤①, ②	0.091	46.08	0.258
改良地盤③	0.205	42.71	0.495

#### 4.6.4 地下水位

設計地下水位は、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に従い設定する。設計地下水位を表4-9に示す。

表 4-9 設計地下水位

施設名称	設計地下水位
防波扉 (3号機東側)	漂流物対策工より陸側 : EL 8.5m 漂流物対策工より海側 : EL 0.58m



#### 4.7 評価対象部位

評価対象部位は、防波扉（3号機東側）の構造上の特徴を踏まえ設定する。

##### 4.7.1 施設・地盤の健全性評価

###### (1) 防波扉

施設・地盤の健全性評価に係る評価対象部位は、防波扉（鋼製扉体）、防波扉戸当り（RC支柱）、防波扉基礎スラブ、グラウンドアンカ及び改良地盤①～③とする。

###### (2) 漂流物対策工

施設・地盤の健全性評価に係る評価対象部位は、漂流物対策工（鋼製扉体）、漂流物対策工戸当り（RC支柱）及び漂流物対策工基礎スラブとする。

##### 4.7.2 基礎地盤の支持性能評価

###### (1) 防波扉

基礎地盤の支持性能評価に係る評価対象部位は、防波扉を支持する基礎地盤（改良地盤及び岩盤）とする。

###### (2) 漂流物対策工

基礎地盤の支持性能評価に係る評価対象部位は、漂流物対策工を支持する基礎地盤（MMR、改良地盤及び岩盤）とする。

#### 4.8 許容限界

許容限界は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。

##### 4.8.1 防波扉

###### (1) 防波扉（鋼製扉体）

防波扉（鋼製扉体）の許容限界は、「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）」に基づき、表4-10に示す短期許容応力度とする。

表4-10 防波扉（鋼製扉体）の許容限界

部材	材質	許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )		短期 許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )
主横桁	SM490	許容曲げ応力度 $\sigma_a$	160	240
		許容せん断応力度 $\tau_a$	90	135
補助縦桁	SS400	許容曲げ応力度 $\sigma_a$	120	180
		許容せん断応力度 $\tau_a$	70	105
端縦桁	SM490	許容圧縮応力度 $\sigma_{ca}$	160	240
支圧板	SUS304	許容支圧応力度 $\sigma_a$	150	225
戸当り (底面フランジ)	SM490	許容曲げ応力度 $\sigma_{ca}$	160	240
戸当り (コンクリート)	$f'_{ck}=24\text{N/mm}^2$	許容支圧応力度 $\sigma_{cba}$	5.9	8.8
		許容せん断応力度 $\tau_{ca}$	0.40	0.60
車輪	SUS304	許容接触面圧応力度 $\sigma_a$	565.8	849
車輪軸	SUS304	許容曲げ応力度 $\sigma_{a1}$	100	150
		許容せん断応力度 $\tau_{a1}$	60	90
車輪受桁	SM490	許容曲げ応力度 $\sigma_{a2}$	160	240
		許容せん断応力度 $\tau_{a2}$	90	135
車輪戸当り	SS400	許容曲げ応力度 $\sigma_a$	120	180
		許容せん断応力度 $\tau_a$	70	105
ガイドアーム	SM490	許容曲げ応力度 $\sigma_a$	160	240
		許容せん断応力度 $\tau_a$	90	135
休止ピン	SUS329J4L	許容曲げ応力度 $\sigma_a$	225	338
		許容せん断応力度 $\tau_a$	130	195

## (2) 防波扉戸当り（RC支柱）及び防波扉基礎スラブ

防波扉戸当り（RC支柱）及び防波扉基礎スラブの許容限界は、「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）」に基づき，表4-11に示す短期許容応力度とする。

表4-11 防波扉戸当り（RC支柱）及び防波扉基礎スラブの許容限界

種別	許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )		短期許容応力度* (N/mm <sup>2</sup> )
	コンクリート (f' <sub>ck</sub> =24N/mm <sup>2</sup> )	許容曲げ圧縮応力度 $\sigma_{ca}$	
許容せん断応力度 $\tau_{a1}$		0.45	0.67
鉄筋 (SD345)	許容曲げ引張応力度 $\sigma_{sa}$	196	294

注記\*：短期許容応力度は、「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）」より許容応力度に対して1.5倍の割増を考慮する。

## (3) グラウンドアンカ

グラウンドアンカの許容限界は、「グラウンドアンカー設計・施工基準，同解説（（社）地盤工学会，2012年）」に基づき，許容アンカー力を表4-12のとおり設定する。

表4-12 グラウンドアンカの許容限界

許容アンカー力 $T_a$ (kN)
2076

## (4) 改良地盤

改良地盤の許容限界は、「耐津波設計に係る工認審査ガイド（平成25年6月19日原管地発第1306196号）」を準用し，表4-13に改良地盤の許容限界を示す。

表4-13 改良地盤の許容限界

評価項目	許容限界
すべり安全率	1.2以上

(5) 基礎地盤

基礎地盤に発生する接地圧に対する許容限界は、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき、設定する。基礎地盤の許容限界を表 4-14 に示す。

表 4-14 基礎地盤の許容限界

評価項目	基礎地盤		許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )
極限支持力度 R <sub>u</sub>	岩盤	C <sub>H</sub> 級	9.8
		C <sub>M</sub> 級	
	改良地盤		1.4

#### 4.8.2 漂流物対策工

##### (1) 漂流物対策工（鋼製扉体）

漂流物対策工（鋼製扉体）の許容限界は、「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）」に基づき，表 4-15 に示す短期許容応力度とする。

表 4-15(1) 漂流物対策工（鋼製扉体）の許容限界

部材	材質	許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )		短期許容 応力度 (N/mm <sup>2</sup> )
主横桁	SBHS700	許容曲げ応力度 $\sigma_{ca}$	350 <sup>*1</sup>	525
	SM570	許容せん断応力度 $\tau_a$	129 <sup>*1</sup>	193
張出桁	SBHS700	許容曲げ応力度 $\sigma_{ca}$	350 <sup>*1</sup>	525
		許容せん断応力度 $\tau_a$	202 <sup>*1</sup>	303
補助縦桁	SM570	許容曲げ応力度 $\sigma_{ca}$	204 <sup>*1, *2</sup>	306
		許容せん断応力度 $\tau_a$	129 <sup>*1</sup>	193
端縦桁	SM570	許容圧縮応力度 $\sigma_{ca}$	225 <sup>*1</sup>	337

注記\*1：「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）」に基づき，許容曲げ応力度は，降伏点の応力度を安全率 2.0 で除して算出する。また，許容せん断応力度は，許容曲げ応力度を $\sqrt{3}$ で除して算出する。

\*2：補助縦桁に用いる構造用鋼材（SM570）の許容曲げ応力度は，「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）」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，横倒れ座屈を考慮する。

表 4-15(2) 漂流物対策工（鋼製扉体）の許容限界

部材	材質	許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )		短期許容 応力度 (N/mm <sup>2</sup> )
支承部 (上部支承軸)	SUS630	許容曲げ応力度 $\sigma_a$	360* <sup>1</sup>	540
	H1150	許容せん断応力度 $\tau_a$	207* <sup>1</sup>	
支承部 (下部支承軸)	SUS304N2	許容曲げ応力度 $\sigma_a$	170* <sup>1</sup>	255
		許容せん断応力度 $\tau_a$	98* <sup>1</sup>	147
支承部 (下部支承軸受)	SUS630 H1150	許容接触応力度 $p_a$	1357* <sup>2</sup>	2035
支承部 (浮上防止金物)	SUS304	許容曲げ応力度 $\sigma_a$	100	150
		許容せん断応力度 $\tau_a$	60	90
	SUS304N2	許容軸方向 引張応力度 $\sigma_a$	170* <sup>1</sup>	255
上部支承 (アンカーボルト)	SCM435	許容軸方向 引張応力度 $\sigma_{a1}$	390	585
下部支承 (アンカーボルト)	SCM435	許容軸方向 引張応力度 $\sigma_a$	390	585
上部支承 (コンクリート)	$f'_{ck}=40\text{N/mm}^2$	許容支圧応力度 $\sigma_{cba}$	5.9	8.8
		許容せん断応力度 $\tau_{ca}$	0.40	0.60
下部支承 (コンクリート)	$f'_{ck}=40\text{N/mm}^2$	許容支圧応力度 $\sigma_{cba}$	5.9	8.8
		許容せん断応力度 $\tau_{ca}$	0.40	0.60

注記\*1: 「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）」に基づき，許容曲げ応力度は，降伏点の応力度を安全率 2.0 で除して算出する。また，許容せん断応力度は，許容曲げ応力度を $\sqrt{3}$ で除して算出する。

\*2: 「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）」に基づきブリネル硬さにより算出する。

表 4-15(3) 漂流物対策工（鋼製扉体）の許容限界

部材	許容荷重 (kN)
支承部（支承軸受） $C_{cr}$	3800*

注記\*：「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）」に基づき基本静定格荷重に安全係数を考慮し算出する。

表 4-15 (4) 漂流物対策工（鋼製扉体）の許容限界

部材	材質	許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )		短期許容 応力度 (N/mm <sup>2</sup> )
ロックビーム	SM570	許容曲げ応力度 $\sigma_{ca}$	225*	337
		許容せん断応力度 $\tau_a$	129*	193
支圧板	SUS304	許容支圧応力度 $\sigma_{pa}$	150	225
戸当り（腹板）	SM400	許容支圧応力度 $\sigma_{ba}$	180	270
戸当り （底面フランジ）	SBHS700	許容曲げ応力度 $\sigma_{ca}$	350*	525
戸当り （コンクリート）	$f_{ck}=40\text{N/mm}^2$	許容支圧応力度 $\sigma_{cba}$	5.9	8.8
		許容せん断応力度 $\tau_{ca}$	0.40	0.60

注記\*：「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）」に基づき，許容曲げ応力度は，降伏点の応力度を安全率 2.0 で除して算出する。また，許容せん断応力度は，許容曲げ応力度を $\sqrt{3}$ で除して算出する。

(2) 漂流物対策工戸当り（RC支柱）及び漂流物対策工基礎スラブ

漂流物対策工戸当り（RC支柱）及び漂流物対策工基礎スラブの許容限界は、「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）」に基づき，表4-16に示す短期許容応力度とする。

表4-16 漂流物対策工戸当り（RC支柱）及び漂流物対策工基礎スラブの許容限界

種別	許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )		短期許容応力度* (N/mm <sup>2</sup> )
	コンクリート (f'ck=40N/mm <sup>2</sup> )	許容曲げ圧縮応力度 $\sigma_{ca}$	
許容せん断応力度 $\tau_{a1}$		0.55	0.82
鉄筋 (SD345)	許容曲げ引張応力度 $\sigma_{sa}$	196	294

注記\*：短期許容応力度は，「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）」より許容応力度に対して1.5倍の割増を考慮する。

4.8.3 基礎地盤

基礎地盤に発生する接地圧に対する許容限界は，VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき設定する。基礎地盤の許容限界を表4-17に示す。

表4-17 基礎地盤の許容限界

評価項目	基礎地盤		許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )
極限支持力度 $R_u$	岩盤	C <sub>H</sub> 級	9.8
		C <sub>M</sub> 級	
	改良地盤		1.4
支圧強度 $f'_a$	MMR		18.0



#### 4.9 設計用地震力

「3. 固有値解析」に示すとおり，防波扉（鋼製扉体）及び漂流物対策工（鋼製扉体）の固有振動数が 20Hz 以上であることを確認したため，防波扉（鋼製扉体）及び漂流物対策工（鋼製扉体）の耐震計算に用いる設計震度は，防波扉（鋼製扉体）及び漂流物対策工（鋼製扉体）設置位置の最大応答加速度に基づき設定した。

防波扉（鋼製扉体）及び漂流物対策工（鋼製扉体）の耐震評価に用いる設計用地震力を表 4-18 に示す。

表 4-18 防波扉（鋼製扉体）及び漂流物対策工（鋼製扉体）の耐震評価に用いる設計用地震力

名称	設計震度	
	水平方向： $k_H$	鉛直方向： $k_V$
防波扉（鋼製扉体）	2.1	1.5
漂流物対策工（鋼製扉体）		1.1

#### 4.10 評価方法

防波扉（3号機東側）の耐震評価のうち、防波扉（鋼製扉体）及び漂流物対策工（鋼製扉体）については、構成する各部材に発生する発生応力度又は作用荷重を算定式より算出し、「4.8 許容限界」で設定した許容限界を満足することを確認する。

また、防波扉基礎スラブ、漂流物対策工戸当り（RC支柱）、漂流物対策工基礎スラブ、改良地盤及び基礎地盤は2次元有限要素法より算定した発生応力度又は発生断面力が「4.8 許容限界」で設定した許容限界を満足することを確認する。2次元有限要素法における応力算定には、解析コード「RC断面計算」を使用する。なお、解析コードの検証、妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

#### 4.10.1 防波扉

##### (1) 防波扉（鋼製扉体）

###### a. 主横桁

主横桁は、戸当たりとの接触位置をピン固定とする単純はりでモデル化し、地震時荷重として等分布荷重が作用することで主横桁に生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

主横桁の評価対象部を図 4-18 に、主横桁の評価イメージ図を図 4-19 に示す。

$$M = \frac{W \cdot B}{8} (2L - B)$$

$$S = \frac{W \cdot B}{2}$$

$$N = W \cdot D$$

$$\sigma = \frac{M \cdot 10^6}{Z} + \frac{N \cdot 10^3}{A_g}$$

$$\tau = \frac{S \cdot 10^3}{A_w}$$

ここで、

M : 主横桁に生じる曲げモーメント (kN・m)

S : 主横桁に生じるせん断力 (kN)

N : 主横桁に生じる軸力 (kN)

$\sigma$  : 主横桁に生じる曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\tau$  : 主横桁に生じるせん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

W : 主横桁に作用する地震時荷重 (地震時慣性力+風荷重) (kN/m)

B : 主横桁の水密幅 (m)

L : 主横桁の支間長 (m)

D : 側部水密幅 (m)

Z : 主横桁の断面係数 (mm<sup>3</sup>)

A<sub>g</sub> : 主横桁の断面積 (mm<sup>2</sup>)

A<sub>w</sub> : 主横桁腹板の断面積 (mm<sup>2</sup>)

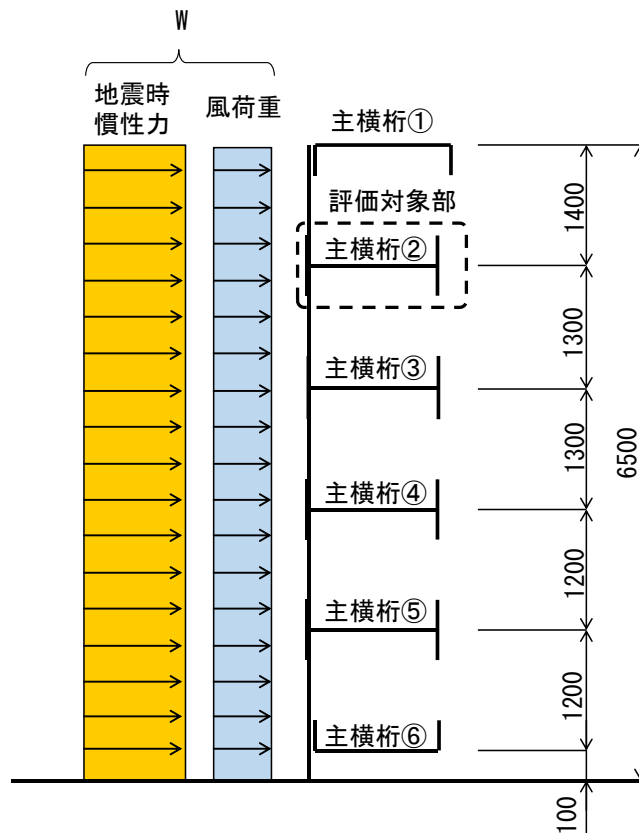


図 4-18 主横桁の評価対象部

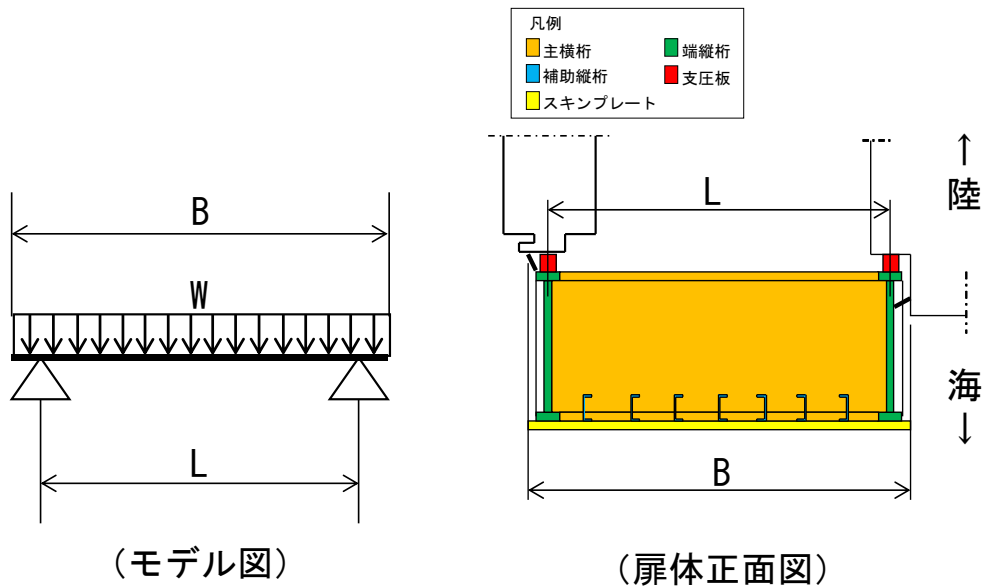


図 4-19 主横桁の評価イメージ図

b. 補助縦桁

補助縦桁は、主横桁をピン固定とする単純はりでモデル化し、地震時荷重として分布荷重が作用することで補助縦桁に生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

補助縦桁の評価イメージ図を図 4-20 に示す。

$$M = \frac{P \cdot a}{24} (3b^2 - a^2)$$

$$S = \frac{P \cdot a}{2} \left(b - \frac{a}{2}\right)$$

$$\sigma = \frac{M \cdot 10^6}{Z}$$

$$\tau = \frac{S \cdot 10^3}{A_w}$$

ここで、

M : 補助縦桁に生じる曲げモーメント (kN・m)

S : 補助縦桁に生じるせん断力 (kN)

$\sigma$  : 補助縦桁に生じる曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\tau$  : 補助縦桁に生じるせん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

P : 補助縦桁に作用する地震時荷重 (地震時慣性力+風荷重) (kN/m<sup>2</sup>)

a : 補助縦桁間隔 (m)

b : 主横桁間隔 (m)

Z : 補助縦桁の断面係数 (mm<sup>3</sup>)

$A_w$  : 補助縦桁腹板の断面積 (mm<sup>2</sup>)

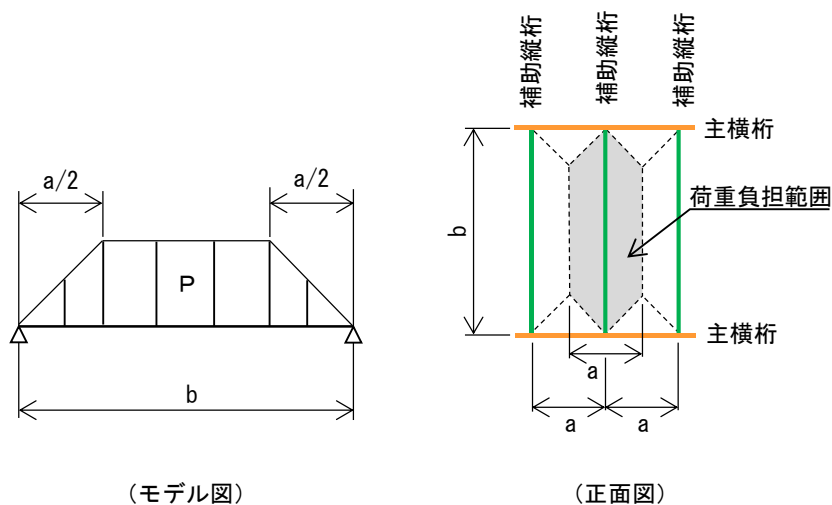


図 4-20 補助縦桁の評価イメージ図

c. 端縦桁

端縦桁は、主横桁からの荷重伝達を考慮し、端縦桁と主横桁の接合部に生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

端縦桁の評価イメージ図を図 4-21 に示す。

$$\sigma_c = \frac{R \cdot 10^3}{A_g}$$

$$A_g = A_w + A_{s1} + A_{s2} \quad \text{ただし, } A \leq 1.7 (A_{s1} + A_{s2})$$

$$A_w = 2b_w \cdot t_w \quad (\text{端縦桁腹板})$$

$$A_{s1} = b_{s1} \cdot t_{s1} \quad (\text{主横桁腹板})$$

$$A_{s2} = b_{s2} \cdot t_{s2} \quad (\text{スチフナ})$$

ここで、

$\sigma_c$  : 端縦桁に生じる圧縮応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

R : 端縦桁に生じる支点反力 (kN)

A : 補剛材の有効断面積 (mm<sup>2</sup>)

$A_w$  : 端縦桁腹板の有効断面積 (mm<sup>2</sup>)

$A_{s1}$  : 主横桁腹板の有効断面積 (mm<sup>2</sup>)

$A_{s2}$  : スチフナの有効断面積 (mm<sup>2</sup>)

$t_w$  : 端縦桁腹板の厚さ (mm)

$t_{s1}$  : 主横桁腹板の厚さ (mm)

$t_{s2}$  : スチフナの厚さ (mm)

$b_w$  : 端縦桁腹板の幅 (mm)

$b_{s1}$  : 主横桁腹板の幅 (mm)

$b_{s2}$  : スチフナの幅 (mm)

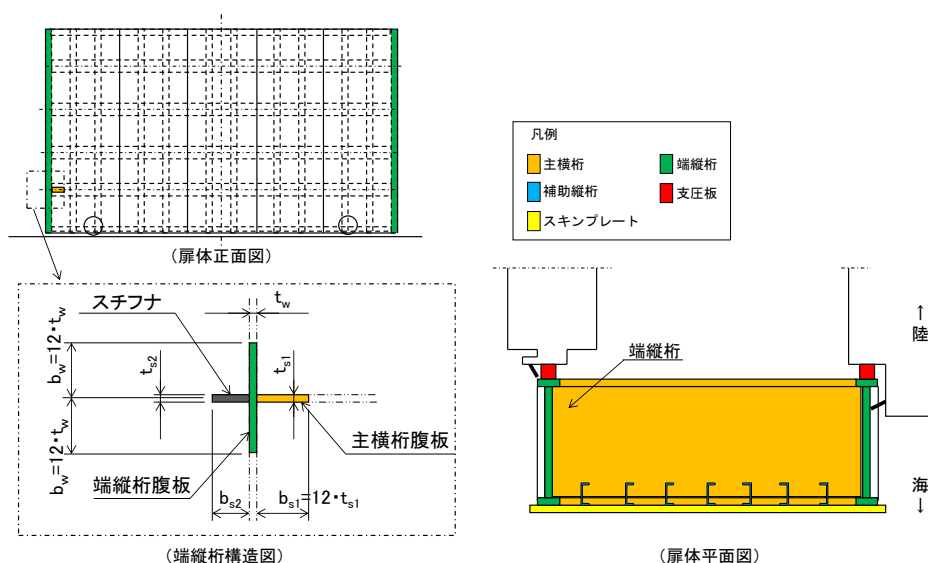


図 4-21 端縦桁の評価イメージ図

## d. 支圧板

支圧板は、防波扉（鋼製扉体）から伝達される地震時荷重が作用することで支圧板に生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

支圧板の評価イメージ図を図 4-22 に示す。

$$\sigma_p = \frac{(W_{gh} + W \cdot 10^{-3} \cdot B)}{2b}$$

ここで、

$\sigma_p$  : 支圧板に生じる支圧応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$W_{gh}$  : 支圧板に作用する地震時慣性力 (kN/m)

$W$  : 支圧板に作用する風荷重 (kN/mm<sup>2</sup>)

$B$  : 防波扉（鋼製扉体）の水密幅 (mm)

$b$  : 支圧板の有効幅 (mm)

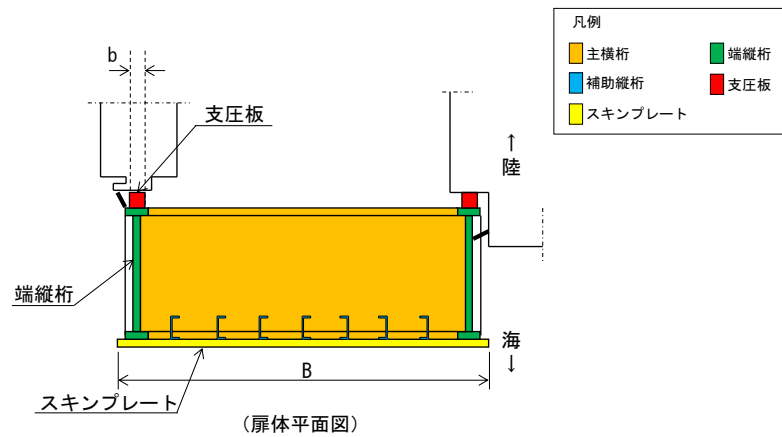


図 4-22 支圧板の評価イメージ図

e. 戸当り（底面フランジ）及び戸当り（コンクリート）

戸当り（底面フランジ）及び戸当り（コンクリート）は、防波扉（鋼製扉体）から伝達される地震時荷重が作用することで戸当り（底面フランジ）及び戸当り（コンクリート）に生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

なお、戸当りは、陸側及び海側に設置されるが、地震時荷重の作用面積が小さい海側の戸当りの評価を実施する。

戸当り（底面フランジ）及び戸当り（コンクリート）の評価イメージ図を図4-23に示す。

(a) 戸当り（底面フランジ）

$$\sigma_b = \frac{6\sigma_k b_f^2}{8t_f^2}$$

ここで、

$\sigma_b$  : 戸当り（底面フランジ）に生じる曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma_k$  : 戸当り（コンクリート）に生じる支圧応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$b_f$  : 戸当り（底面フランジ）の幅 (mm)

$t_f$  : 戸当り（底面フランジ）の厚さ (mm)

(b) 戸当り（コンクリート）

$$\sigma_k = \frac{PB \cdot 10^3}{2b_f}$$

$$\tau_c = \frac{\sigma_k b_f}{h + 2L}$$

ここで、

$\sigma_k$  : 戸当り（コンクリート）に生じる支圧応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\tau_c$  : 戸当り（コンクリート）に生じるせん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$P$  : 戸当り（コンクリート）に作用する地震時荷重  
(地震時慣性力+風荷重) (kN/m)

$B$  : 防波扉（鋼製扉体）の水密幅 (mm)

$h$  : 戸当りの埋込深さ (mm)

$L$  : 戸当りのコンクリート側面からの埋込深さ (mm)



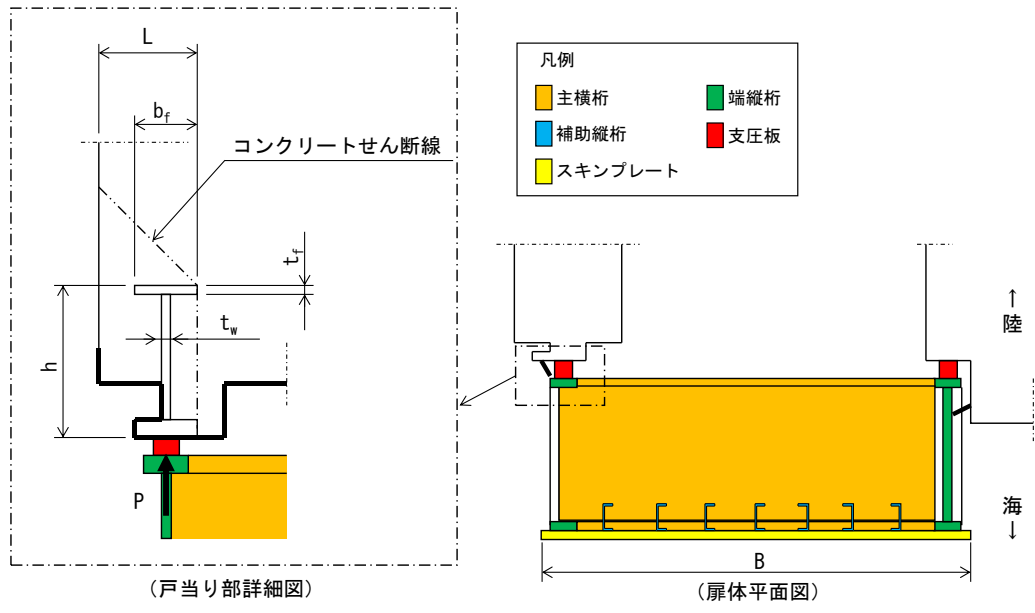


図 4-23 戸当りの評価イメージ図

f. 車輪，車輪軸及び車輪受桁

車輪は，地震時荷重が作用することで車輪に生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

車輪軸は，車輪をピン固定とする単純はりでモデル化し，車輪受桁より伝達される地震時荷重が作用することで車輪軸に生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

車輪受桁は，車輪受桁に作用する地震時荷重が許容限界以下であることを確認する。

車輪の評価イメージ図を図 4-24 に，車輪軸の評価イメージ図を図 4-25 に，車輪受桁の評価イメージ図を図 4-26 に示す。

(a) 車輪

$$R_1 = \frac{(1+K_V) \cdot W_i \cdot L_2}{2 \cdot L}$$

$$R_2 = \frac{(1+K_V) \cdot W_i \cdot L_1}{2 \cdot L}$$

$$p = 0.591 \cdot \sqrt{\frac{P \cdot E_1 \cdot E_2}{B \cdot R \cdot E_1 + E_2}}$$

$$C = 1.080 \cdot \sqrt{\frac{P \cdot R \cdot (E_1 + E_2)}{B \cdot E_1 \cdot E_2}}$$

ここで，

$R_1$  : 海側車輪に作用する荷重 (kN)

$R_2$  : 陸側車輪に作用する荷重 (kN)

$p$  : 接触面圧応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$C$  : 接触幅の 1/2 (mm)

$K_V$  : 鉛直震度

$W_i$  : 防波扉 (鋼製扉体) に作用する鉛直荷重 (kN)

$$(W_i = W_g, W_{s1}, W_{s2})$$

$W_g$  : 防波扉 (鋼製扉体) の自重 (kN)

$W_{s1}$  : 防波扉 (鋼製扉体) 天端に作用する積雪荷重 (kN)

$W_{s2}$  : ガイドアームに作用する積雪荷重 (kN)

$L$  : 車輪荷重の作用位置 (mm)

$L_1$  : 海側車輪荷重の作用位置 (mm)

$L_2$  : 陸側車輪荷重の作用位置 (mm)

$P$  : 車輪に作用する荷重 (=  $R_1$ ) (kN)

$E_1$  : 車輪の弾性係数 (N/mm<sup>2</sup>)

$E_2$  : 車輪踏面板の弾性係数 ( $N/mm^2$ )

$B$  : 車輪有効踏面幅 (mm)

$R$  : 車輪半径 (mm)

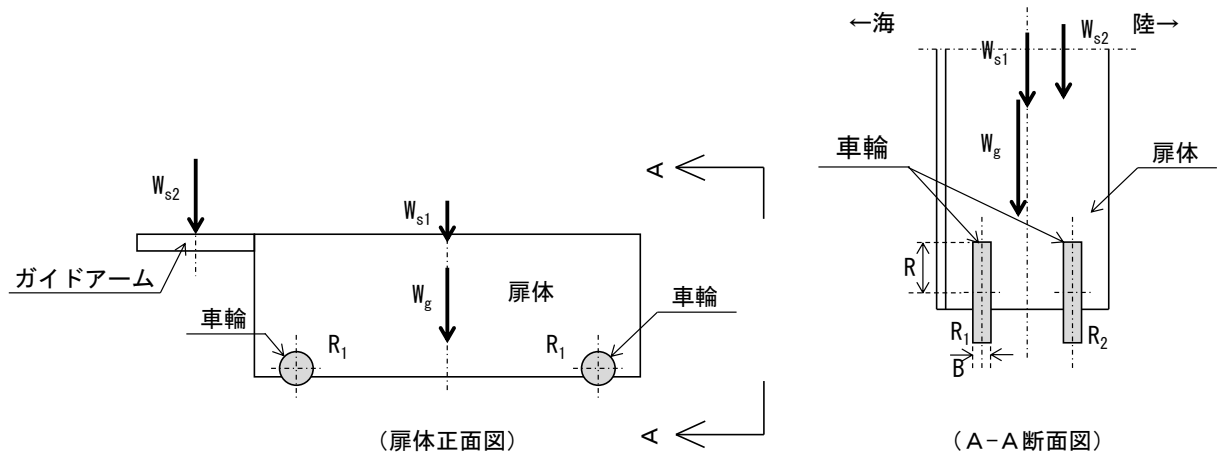


図 4-24 車輪の評価イメージ図

(b) 車輪軸

$$M = \frac{P \cdot 10^{-3} \cdot L_3}{4}$$

$$S = \frac{P \cdot 10^{-3}}{2}$$

$$\sigma = \frac{M \cdot 10^6}{Z}$$

$$\tau = \frac{4}{3} \cdot \frac{S \cdot 10^3}{A}$$

ここで、

M : 車輪軸に生じる曲げモーメント (N・mm)

S : 車輪軸に生じるせん断力 (N)

$\sigma$  : 車輪軸に生じる曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\tau$  : 車輪軸に生じるせん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

P : 車輪に作用する荷重 (kN)

L<sub>3</sub> : 車輪軸の支持間隔 (mm)

Z : 車輪軸の断面係数 (mm<sup>3</sup>)

A : 車輪軸の断面積 (mm<sup>2</sup>)

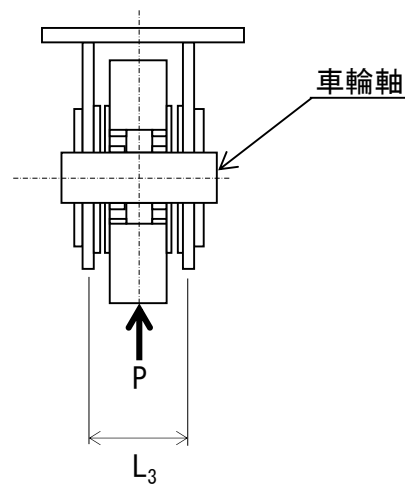


図 4-25 車輪軸の評価イメージ図

(c) 車輪受桁

$$M_1 = \frac{a \cdot b}{L_4} \cdot P \cdot 10^3$$

$$S_1 = \frac{a}{L_4} \cdot P \cdot 10^3$$

$$\sigma_1 = \frac{M_c}{Z_1}$$

$$\tau_1 = \frac{S_b}{A_w}$$

ここで、

$M_1$  : 車輪受桁に生じる曲げモーメント (N・mm)

$S_1$  : 車輪受桁に生じるせん断力 (N)

$\sigma_1$  : 車輪受桁に生じる曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\tau_1$  : 車輪受桁に生じるせん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$a$  : 車輪受桁の荷重載荷位置から端縦桁までの長さ (mm)

$b$  : 車輪受桁の荷重載荷位置から補助縦桁までの長さ (mm)

$L_4$  : 車輪受桁の支持間隔 (mm)

$P$  : 車輪に作用する荷重 (kN)

$Z_1$  : 車輪受桁の断面係数 (mm<sup>3</sup>)

$A_w$  : 車輪受桁腹板の断面積 (mm<sup>2</sup>)

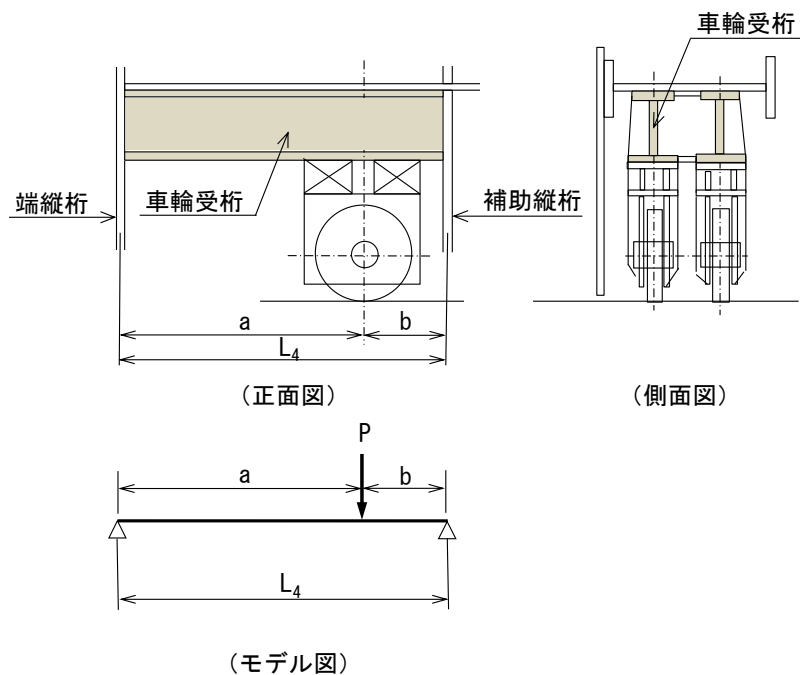


図 4-26 車輪受桁の評価イメージ図

g. 車輪戸当り

車輪戸当りは、車輪から伝達される地震時荷重が作用することで車輪戸当りに生じる応力が許容限界以下であることを確認する。

車輪戸当りの評価イメージ図を図 4-27 に示す。

$$K = 0.0588 \cdot \frac{P \cdot 10^3}{\sqrt[3]{B^2 \cdot I}}$$

$$a = 0.75 \cdot \frac{P}{K \cdot B} \cdot 10^3$$

$$M = \frac{K \cdot a^2 \cdot B}{4}$$

$$S = \frac{P \cdot 10^3}{2}$$

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

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

ここで、

K : 車輪荷重直下のコンクリートに生じる支圧応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

a : コンクリートの応力度の分布長さの 1/2 (mm)

M : 車輪戸当りに生じる曲げモーメント (N・mm)

S : 車輪戸当りに生じるせん断力 (N)

σ : 車輪戸当りに生じる曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

τ : 車輪戸当りに生じるせん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

P : 車輪に作用する荷重 (kN)

B : 車輪戸当り (底面フランジ) の幅 (mm)

I : 車輪戸当りの断面 2 次モーメント (mm<sup>4</sup>)

Z : 車輪戸当りの断面係数 (mm<sup>3</sup>)

A<sub>w</sub> : 車輪戸当り腹板の断面積 (mm<sup>2</sup>)

$$M_f = \frac{KB^2}{8}$$

$$\sigma_f = \frac{6M_f}{t_f^2}$$

ここで、

$M_f$  : 車輪戸当り (底面フランジ) に生じる曲げモーメント (N・mm)

$\sigma_f$  : 車輪戸当り (底面フランジ) に生じる曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$K$  : 車輪荷重直下のコンクリートに生じる支圧応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$B$  : 車輪戸当り (底面フランジ) の幅 (mm)

$t_f$  : 車輪戸当り (底面フランジ) の厚さ (mm)

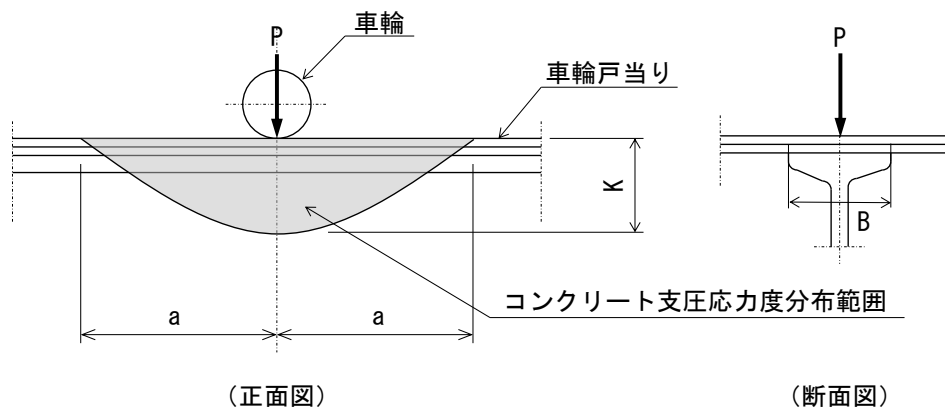


図 4-27 車輪戸当りの評価イメージ図

## h. ガイドアーム

ガイドアームは、地震時荷重が作用することで生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。なお、地震時鉛直荷重は3箇所のガイドローラ部に作用すると仮定する。

ガイドアームの評価イメージ図を図4-28に示す。

$$P_v = \frac{(1 - K_v)(W_g + W_s)}{3}$$

$$M = P_v \cdot L \cdot 10^3$$

$$S = P_v$$

$$\sigma_c = \frac{M_m \cdot 10^6}{Z_c}$$

$$\tau = \frac{S_m \cdot 10^3}{A_w}$$

ここで、

$P_v$  : ガイドアームに作用する地震時鉛直荷重 (kN)

$M$  : ガイドアームに生じる曲げモーメント (kN・m)

$S$  : ガイドアームに生じるせん断力 (kN)

$\sigma_c$  : ガイドアームに生じる曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\tau$  : ガイドアームに生じるせん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$K_v$  : 鉛直震度

$W_g$  : 防波扉（鋼製扉体）の自重 (kN)

$W_s$  : ガイドアームに作用する積雪荷重 (kN)

$L$  : 支間長 (mm)

$Z$  : ガイドアームの断面係数 (mm<sup>3</sup>)

$A_w$  : ガイドアーム腹板の断面積 (mm<sup>2</sup>)

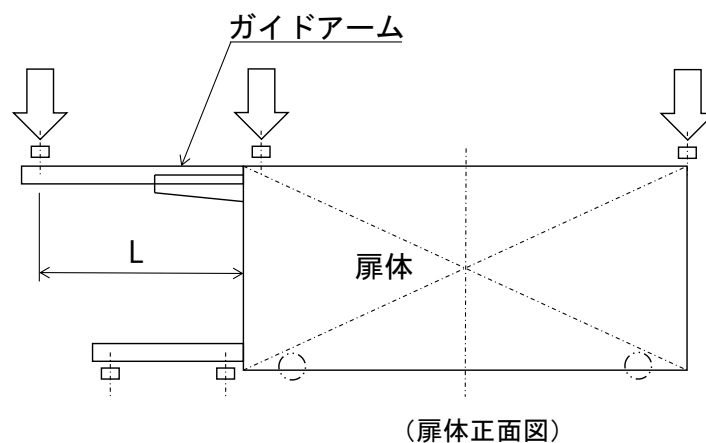


図4-28 ガイドアームの評価イメージ図



i. 休止ピン

休止ピンは、防波扉（鋼製扉体）から伝達される地震時荷重が作用することで生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

休止ピンの評価イメージ図を図 4-29 に示す。

$$P_h = \frac{K_H W}{2}$$

$$M = P_h L \cdot 10^{-6}$$

$$S = P_h$$

$$A = \frac{\pi d^2}{4}$$

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

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

$$\tau = \frac{4}{3} \cdot \frac{S}{A}$$

ここで、

$P_h$  : 休止ピンに作用する水平荷重 (kN)

$M$  : 休止ピンに生じる曲げモーメント (N・mm)

$S$  : 休止ピンに生じるせん断力 (N)

$A$  : 休止ピンの断面積 (mm<sup>2</sup>)

$Z$  : 休止ピンの断面係数 (mm<sup>3</sup>)

$\sigma$  : 休止ピンに生じる曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\tau$  : 休止ピンに生じるせん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$K_H$  : 水平震度

$W$  : 自重 (扉体自重+積雪荷重) (kN)

$L$  : 休止ピンの突出長さ (mm)

$d$  : 休止ピンの径 (mm)

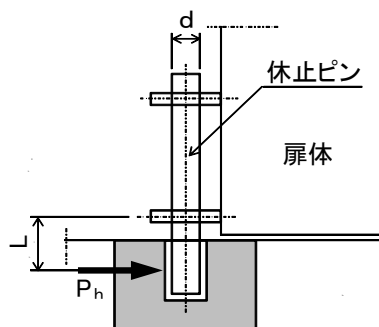


図 4-29 休止ピンの評価イメージ図

## (2) 防波扉戸当り (RC支柱)

防波扉戸当り (RC支柱) に生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

## (3) 防波扉基礎スラブ

防波扉基礎スラブに生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

また、グラウンドアンカによる支圧照査として、発生アンカー力を用いて次式により算定される支圧応力度が許容限界以下であることを確認する。

$$\sigma_b = \frac{T}{S}$$

ここで、

$\sigma_b$  : グラウンドアンカにより発生する支圧応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

T : 発生アンカー力 (N)

S : 支圧板の面積 (mm<sup>2</sup>)

## (4) グラウンドアンカ

グラウンドアンカの耐震評価は、地震応答解析に基づいて算定した発生アンカー力が許容限界以下であることを確認する。

## (5) 改良地盤

改良地盤の評価は、改良地盤を通るすべり面のすべり安全率が 1.2 以上であることを確認する。すべり安全率は、想定したすべり面上の応力状態をもとに、すべり面上のせん断抵抗力の和をせん断力の和で除した値を求め、最小すべり安全率を算定する。

すべり安全率の算定には、解析コード「CPOSTSK」を使用する。なお、解析コードの検証、妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

## (6) 基礎地盤

基礎地盤の支持性能評価においては、改良地盤及び岩盤に生じる最大接地圧が許容限界以下であることを確認する。

#### 4.10.2 漂流物対策工

##### (1) 漂流物対策工（鋼製扉体）

###### a. 主横桁

主横桁（最下段）は、戸当たりとの接触位置をピン固定とする単純はりでモデル化し、地震時荷重として等分布荷重が作用することで主横桁に生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

主横桁（最上段）は、保守的に片持ちはりでモデル化し、主横桁に生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

主横桁の評価対象部を図 4-30 に、主横桁の評価イメージ図を図 4-31 に示す。

###### (a) 主横桁（最下段）

$$M = \frac{1}{2}(W + W')L_1^2 \left( \frac{a}{L_1} - \frac{1}{4} \right)$$

$$S = \frac{1}{2}(W + W')L$$

$$\sigma = \frac{M \cdot 10^6}{Z}$$

$$\tau = \frac{S \cdot 10^3}{A_w}$$

ここで、

M : 主横桁（最下段）に生じる曲げモーメント (kN・m)

S : 主横桁（最下段）に生じるせん断力 (kN)

$\sigma$  : 主横桁（最下段）に生じる曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\tau$  : 主横桁（最下段）に生じるせん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

W : 主横桁（最下段）に作用する地震時慣性力 (kN/m)

W' : 主横桁（最下段）に作用する風荷重 (kN/m)

L<sub>1</sub> : 漂流物対策工（鋼製扉体）の幅 (m)

a : 主横桁の張出長さ (m)

L : 主横桁の支間長 (m)

Z : 主横桁の断面係数 (mm<sup>3</sup>)

A<sub>w</sub> : 主横桁腹板の断面積 (mm<sup>2</sup>)

(b) 主横桁（最上段）

$$M' = \frac{1}{2}(W + W')L'^2$$

$$S' = \frac{1}{2}(W + W')L'$$

$$\sigma = \frac{M' \cdot 10^6}{Z}$$

$$\tau = \frac{S' \cdot 10^3}{A_w}$$

ここで、

$M'$  : 主横桁（最上段）に生じる曲げモーメント (kN・m)

$S'$  : 主横桁（最上段）に生じるせん断力 (kN)

$\sigma$  : 主横桁（最上段）に生じる曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\tau$  : 主横桁（最上段）に生じるせん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$W$  : 主横桁（最上段）に作用する地震時慣性力 (kN/m)

$W'$  : 主横桁（最上段）に作用する風荷重 (kN/m)

$L'$  : 主横桁の突出長さ (m)

$Z$  : 主横桁の断面係数 (mm<sup>3</sup>)

$A_w$  : 主横桁腹板の断面積 (mm<sup>2</sup>)

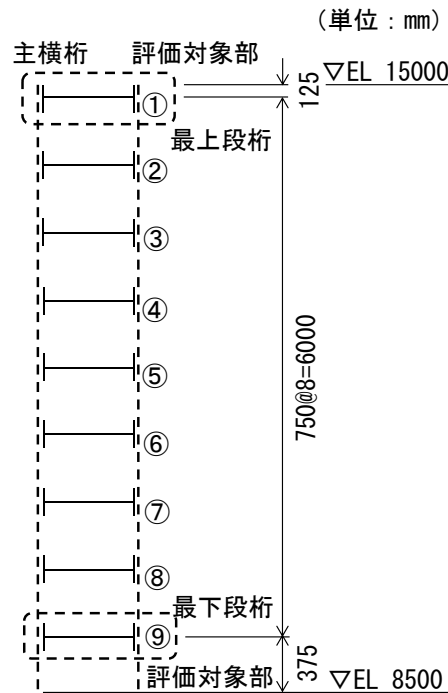
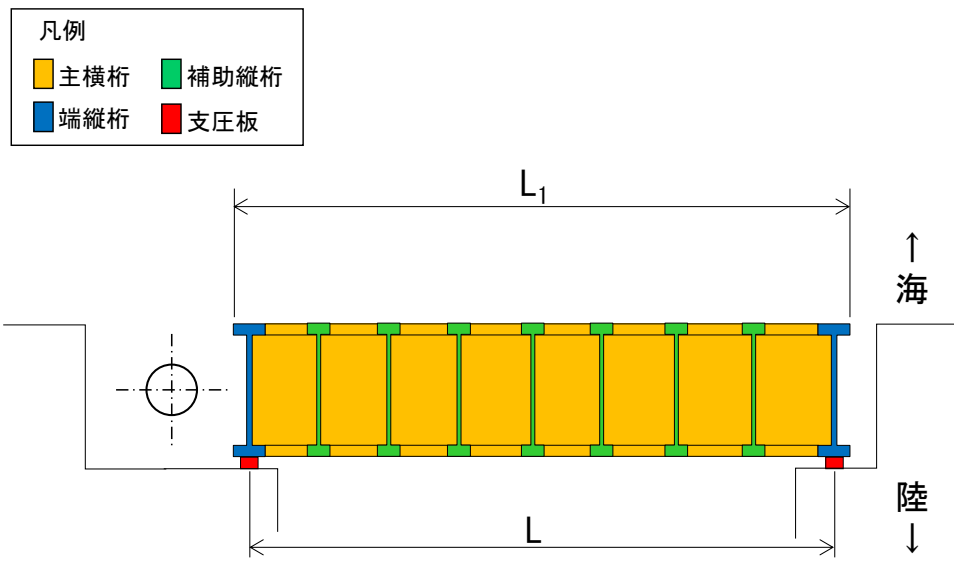
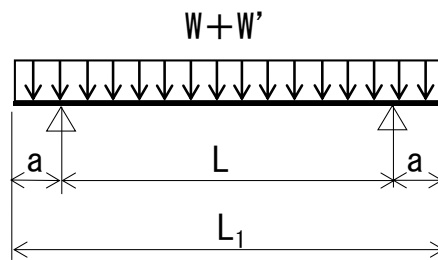


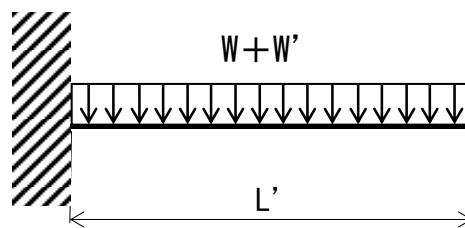
図 4-30 主横桁の評価対象部



(扉体平面図)



(主横桁 (最下段) のモデル図)



(主横桁 (最上段) のモデル図)

図 4-31 主横桁の評価イメージ図

b. 張出桁

張出桁は、片持ちはりでモデル化し、地震時荷重として等分布荷重が作用することで張出桁に生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

張出桁の評価イメージ図を図 4-32 に示す。

$$M = \frac{1}{2}(W + W')L^2$$

$$S = (W + W')L$$

$$\sigma = \frac{M \cdot 10^6}{Z}$$

$$\tau = \frac{S \cdot 10^3}{A_w}$$

ここで、

M : 張出桁に生じる曲げモーメント (kN・m)

S : 張出桁に生じるせん断力 (kN)

$\sigma$  : 張出桁に生じる曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\tau$  : 張出桁に生じるせん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

W : 張出桁に作用する地震時慣性力 (kN/m)

W' : 張出桁に作用する風荷重 (kN/m)

L : 張出長さ (m)

Z : 張出桁の断面係数 (mm<sup>3</sup>)

A<sub>w</sub> : 張出桁腹板の断面積 (mm<sup>2</sup>)

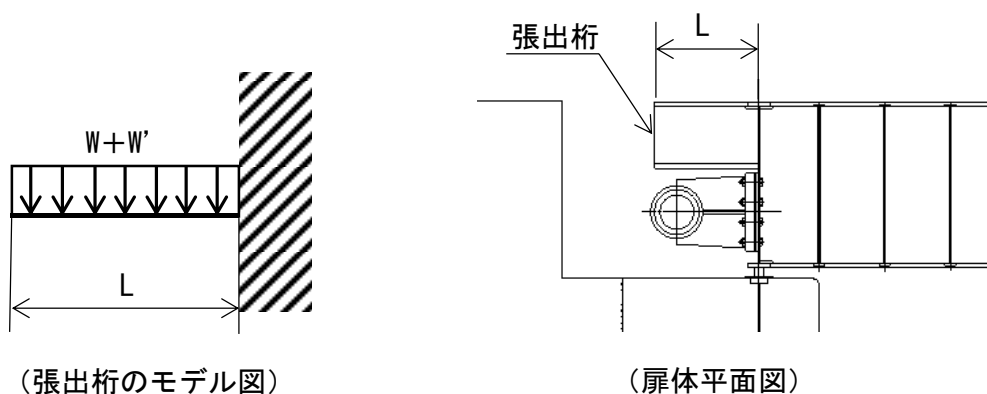


図 4-32 張出桁の評価イメージ図

c. 補助縦桁

補助縦桁は、主横桁をピン固定とする単純はりでモデル化し、地震時荷重として等分布荷重が作用することで補助縦桁に生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

補助縦桁の評価イメージ図を図 4-33 に示す。

$$M = \frac{1}{8}(W + W')l^2$$

$$S = \frac{1}{2}(W + W') l$$

$$\sigma = \frac{M \cdot 10^6}{Z}$$

$$\tau = \frac{S \cdot 10^3}{A_w}$$

ここで、

M : 補助縦桁に生じる曲げモーメント (kN・m)

S : 補助縦桁に生じるせん断力 (kN)

$\sigma$  : 補助縦桁に生じる曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\tau$  : 補助縦桁に生じるせん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

W : 補助縦桁に作用する地震時慣性力 (kN/m)

W' : 補助縦桁に作用する風荷重 (kN/m)

l : 主横桁の間隔 (m)

Z : 補助縦桁の断面係数 (mm<sup>3</sup>)

A<sub>w</sub> : 補助縦桁腹板の断面積 (mm<sup>2</sup>)

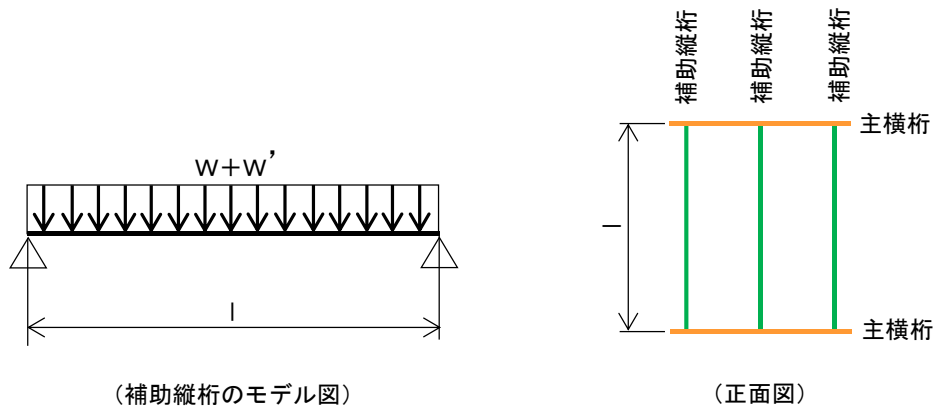


図 4-33 補助縦桁の評価イメージ図

d. 端縦桁

端縦桁は、主横桁からの荷重伝達を考慮し、端縦桁と主横桁の接合部に生じる生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

端縦桁の評価イメージ図を図 4-34 に示す。

$$\sigma_c = \frac{R \cdot 10^3}{A_q}$$

$$A_q = A_w + A_{s1} + A_{s2} \quad \text{ただし, } A_q \leq 1.7(A_{s1} + A_{s2})$$

$$A_w = b_w \cdot t_w \quad (\text{端縦桁腹板})$$

$$A_{s1} = b_{s1} \cdot t_{s1} \quad (\text{主横桁腹板})$$

$$A_{s2} = b_{s2} \cdot t_{s2} \quad (\text{スチフナ})$$

ここで、

$\sigma_c$  : 端縦桁に生じる圧縮応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

R : 主横桁に生じる支点反力 (kN)

$A_q$  : 補剛材の有効断面積 (mm<sup>2</sup>)

$A_w$  : 端縦桁腹板の有効断面積 (mm<sup>2</sup>)

$A_{s1}$  : 主横桁腹板の有効断面積 (mm<sup>2</sup>)

$A_{s2}$  : スチフナの有効断面積 (mm<sup>2</sup>)

$b_w$  : 端縦桁腹板の長さ (mm)

$t_w$  : 端縦桁腹板の厚さ (mm)

$b_{s1}$  : 主横桁腹板の長さ (mm)

$t_{s1}$  : 主横桁腹板の厚さ (mm)

$b_{s2}$  : スチフナの長さ (mm)

$t_{s2}$  : スチフナの厚さ (mm)



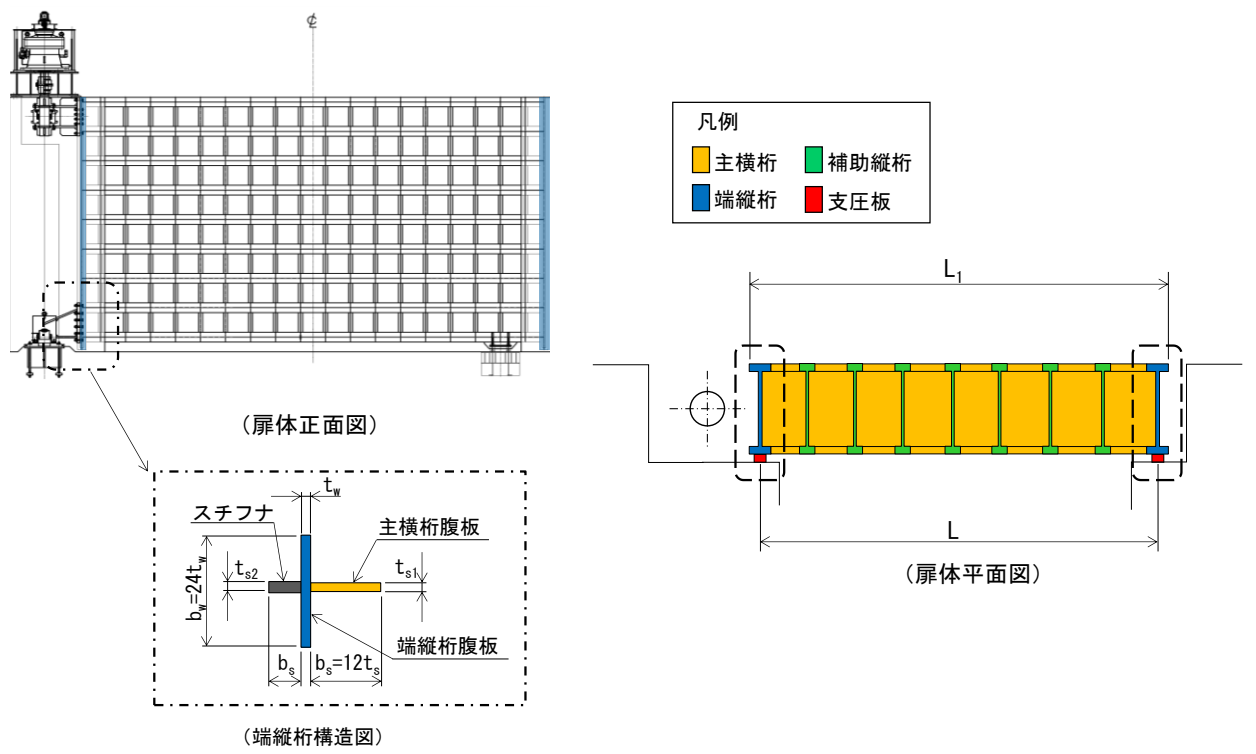


図 4-34 端縦桁の評価イメージ図

e. 支承部

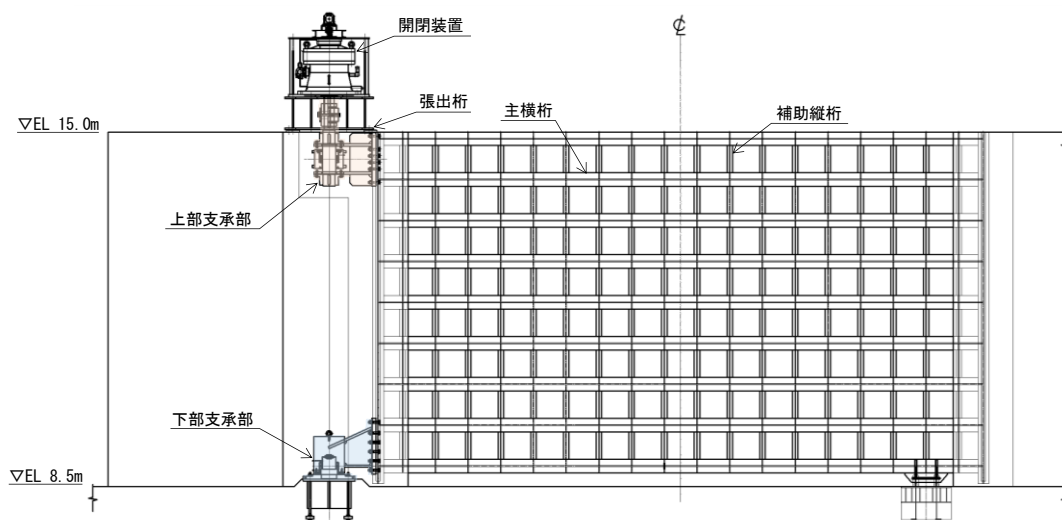
支承部は、水平方向及び鉛直方向の地震時荷重が作用することで支承部に生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

水平方向及び鉛直方向の地震時荷重の組合せは、組合せ係数法により以下のとおり設定する。

組合せ①：1.0×水平方向の地震時荷重+0.4×鉛直方向の地震時荷重

組合せ②：0.4×水平方向の地震時荷重+1.0×鉛直方向の地震時荷重

支承部の構造正面図を図4-35に示す。



(正面図)

図4-35 支承部の構造正面図

(a) 支承部（上部支承軸）

支承部（上部支承軸）は，両端ピン固定とする単純はりでモデル化し，地震時荷重が作用することで支承部（上部支承軸）に生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

支承部（上部支承軸）の評価イメージ図を図 4-36 に示す。

$$M = \frac{R_H L}{4}$$

$$S = R_H$$

$$\sigma = \frac{M \cdot 10^6}{Z}$$

$$\tau = \frac{4S \cdot 10^3}{3A}$$

ここで，

$M$  : 支承部（上部支承軸）に生じる曲げモーメント (kN・m)

$S$  : 支承部（上部支承軸）に生じるせん断力 (kN)

$\sigma$  : 支承部（上部支承軸）に生じる曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\tau$  : 支承部（上部支承軸）に生じるせん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$R_H$  : 支承部（上部支承軸）に作用する水平荷重 (kN)

$L$  : 支承軸支持間隔 (m)

$Z$  : 支承部（上部支承軸）の断面係数 (mm<sup>3</sup>)

$A$  : 支承部（上部支承軸）の断面積 (mm<sup>2</sup>)

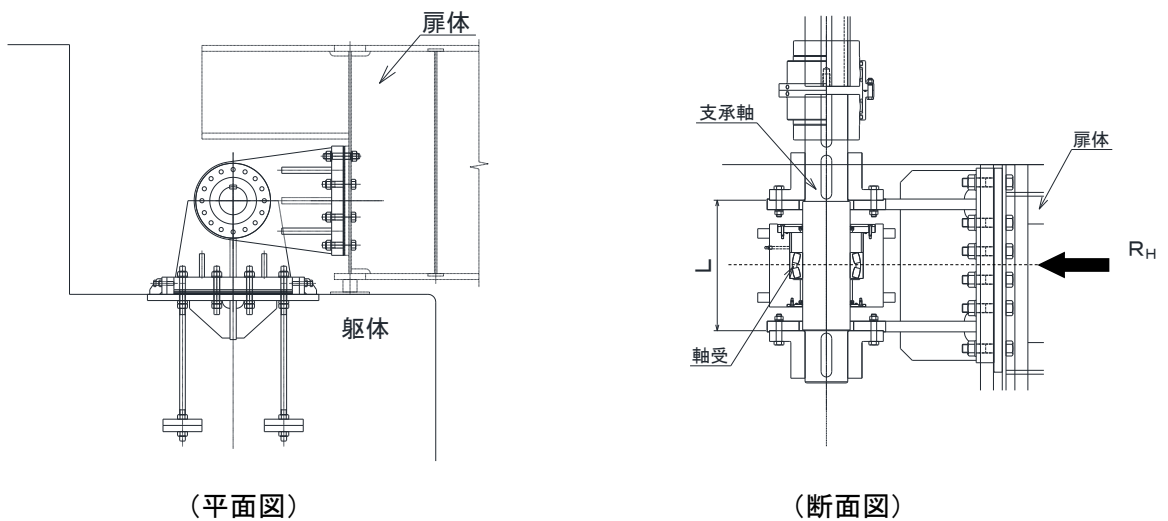


図 4-36 支承部（上部支承軸）の評価イメージ図

- (b) 支承部（下部支承軸），支承部（下部支承軸受）及び支承部（支承軸受）  
 支承部（下部支承軸）は，片持ちはりモデル化し，地震時荷重が作用することで支承部（下部支承軸）に生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。  
 支承部（下部支承軸受）は，鉛直方向の地震時荷重が作用することで軸受（壺金）に生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。  
 支承部（支承軸受）は，支承軸受に作用する地震時荷重が許容限界以下であることを確認する。  
 支承部（下部支承軸），支承部（下部支承軸受）及び支承部（支承軸受）の評価イメージ図を図 4-37 に示す。

イ. 支承部（下部支承軸）

$$M = R_H L$$

$$S = R_H$$

$$\sigma = \frac{M \cdot 10^6}{Z}$$

$$\tau = \frac{4S \cdot 10^3}{3A}$$

ここで，

$M$  : 支承部（下部支承部）に生じる曲げモーメント（ $\text{kN}\cdot\text{m}$ ）

$S$  : 支承部（下部支承部）に生じるせん断力（ $\text{kN}$ ）

$\sigma$  : 支承部（下部支承部）に生じる曲げ応力度（ $\text{N}/\text{mm}^2$ ）

$\tau$  : 支承部（下部支承部）に生じるせん断応力度（ $\text{N}/\text{mm}^2$ ）

$R_H$  : 支承部（下部支承部）に作用する水平荷重（ $\text{kN}$ ）

$L$  : 支承部（下部支承部）の突出長さ（ $\text{m}$ ）

$Z$  : 支承部（下部支承部）の断面係数（ $\text{mm}^3$ ）

$A$  : 支承部（下部支承部）の断面積（ $\text{mm}^2$ ）

ロ. 支承部（下部支承軸受）

$$p = 0.388 \left( \frac{R_v \cdot 10^3 E^2}{r^2} \right)^{1/3}$$

ここで、

$p$  : 軸受（壺金）に生じる支圧応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$R_v$  : 支承部（下部支承軸）に作用する鉛直荷重 (kN)

$E$  : 軸受（壺金）の弾性係数 (N/mm<sup>2</sup>)

$r$  : 軸受（壺金）の球面の半径 (mm)

ハ. 支承部（支承軸受）

$$R = R_H$$

ここで、

$R$  : 支承部（支承軸受に作用する荷重） (kN)

$R_H$  : 支承部（下部支承部）に作用する水平荷重 (kN)

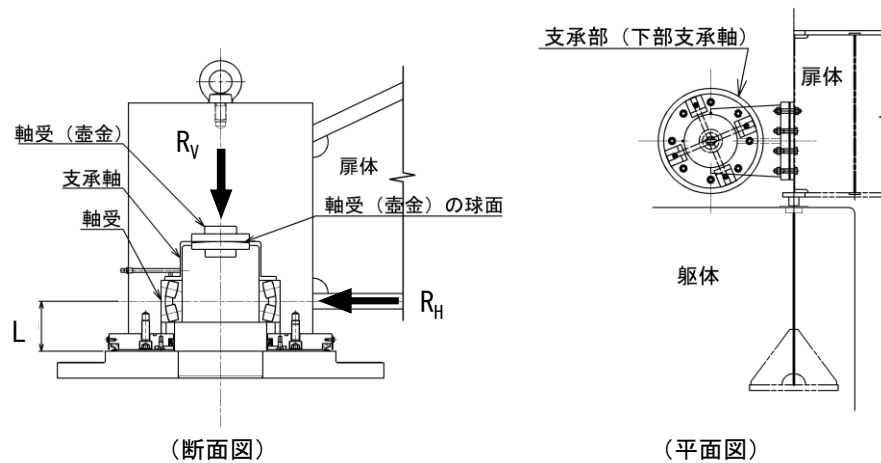


図 4-37 支承部（下部支承軸），支承部（下部支承軸受）及び  
支承部（支承軸受）の評価イメージ図

(c) 支承部（浮上防止金物）

支承部（浮上防止金物）は、支承部（下部支承軸）から伝達される地震時荷重が作用することで支承部（浮上防止金物）に生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

支承部（浮上防止金物）の評価イメージ図を図 4-38 に示す。

$$M = R_V L / 4$$

$$S = R_V / 4$$

$$\sigma_b = \frac{M}{Z}$$

$$\tau = \frac{3S \cdot 10^3}{2A_1}$$

$$F = \frac{aR_V}{4b}$$

$$\sigma_t = \frac{F \cdot 10^3}{A_2}$$

ここで、

M : 支承部（浮上防止金物）に生じる曲げモーメント (kN・m)

S : 支承部（浮上防止金物）に生じるせん断力 (kN)

$\sigma_b$  : 支承部（浮上防止金物）に生じる曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\tau$  : 支承部（浮上防止金物）に生じるせん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

F : 固定ボルトに生じる軸力 (kN)

$\sigma_t$  : 固定ボルトに生じる軸方向引張応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$R_V$  : 支承部（浮上防止金物）に作用する鉛直上向き荷重 (kN)

L : 支承部（浮上防止金物）の突出長さ (m)

Z : 支承部（浮上防止金物）の断面係数 (mm<sup>3</sup>)

$A_1$  : 支承部（浮上防止金物）の断面積 (mm<sup>2</sup>)

a, b : 支持点からの距離 (mm)

$A_2$  : 固定ボルトの有効断面積 (mm<sup>2</sup>)

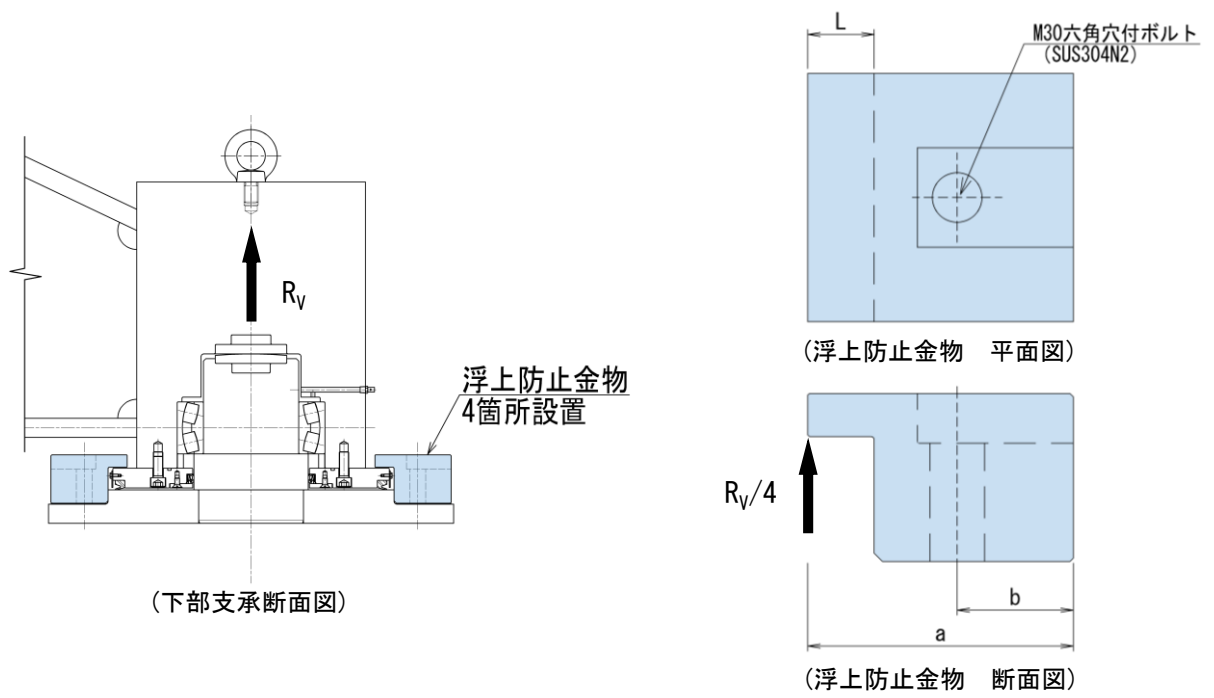


図 4-38 支承部（浮上防止金物）の評価イメージ図

f. 上部支承（アンカーボルト）及び上部支承（コンクリート）

上部支承（アンカーボルト）及び上部支承（コンクリート）は、支承軸から伝達される地震時荷重が作用することで上部支承（アンカーボルト）及び上部支承（コンクリート）に生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

上部支承（アンカーボルト）及び上部支承（コンクリート）の評価イメージ図を図 4-39 に示す。

(a) 上部支承（アンカーボルト）

$$F = \frac{R_H l}{mn}$$

$$\sigma_t = \frac{F \cdot 10^3}{A}$$

ここで、

F : アンカーボルト 1 本あたりに生じる軸力 (kN)

$\sigma_t$  : アンカーボルトに生じる軸方向引張応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$R_H$  : 支承部（上部支承軸）に作用する水平荷重 (kN)

l : 支承軸からアンカーボルト固定部までの距離 (mm)

m : アンカーボルトの間隔 (mm)

n : アンカーボルト片側本数 (本)

A : アンカーボルトの断面積 (mm<sup>2</sup>)

(b) 上部支承（コンクリート）

$$\sigma_{c1} = \frac{nF \cdot 10^3}{ab}$$

$$\sigma_{c2} = \frac{R_H \cdot 10^3}{ce}$$

$$\tau_c = \frac{nF \cdot 10^3}{2b \cdot 2d}$$

ここで、

$\sigma_{c1}$  : 上部支承（コンクリート）に生じる支圧応力度  
（アンカープレート）(N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma_{c2}$  : 上部支承（コンクリート）に生じる支圧応力度（支圧板）(N/mm<sup>2</sup>)

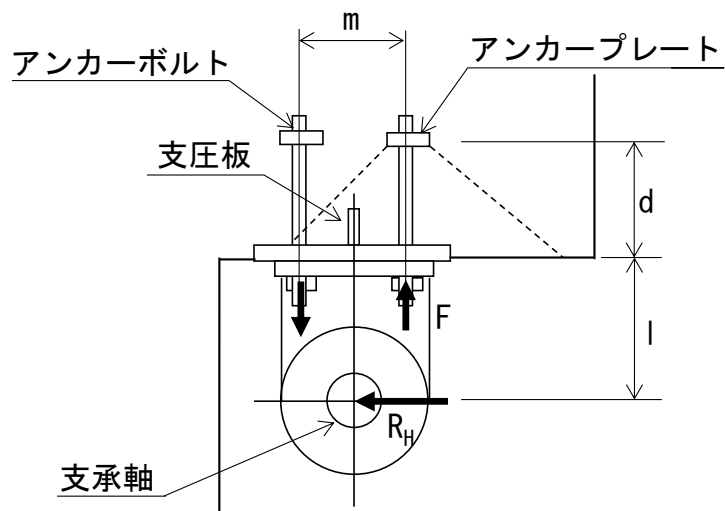
$\tau_c$  : 上部支承（コンクリート）に生じるせん断応力度  
（アンカープレート）(N/mm<sup>2</sup>)

n : アンカーボルト片側本数 (本)

F : アンカーボルト 1 本あたりに生じる軸力 (kN)



- a, b : アンカープレートの寸法 (mm)
- $R_H$  : 支承部 (上部支承軸) に作用する水平荷重 (kN)
- c, e : 支圧板の寸法 (mm)
- d : アンカーボルトの埋込深さ (mm)



(平面図)

図 4-39 上部支承 (アンカーボルト) 及び上部支承 (コンクリート) の評価イメージ図

- g. 下部支承（アンカーボルト）及び下部支承（コンクリート）

下部支承（アンカーボルト）及び下部支承（コンクリート）は、支承軸から伝達される地震時荷重が作用することで下部支承（アンカーボルト）及び下部支承（コンクリート）に生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

下部支承（アンカーボルト）及び下部支承（コンクリート）の評価イメージ図を図 4-40 に示す。

- (a) 下部支承（アンカーボルト）

$$F = \frac{R_H L}{yn}$$

$$\sigma_t = \frac{F \cdot 10^3}{A}$$

ここで、

F : アンカーボルト 1 本あたりに生じる軸力 (kN)

$\sigma_t$  : アンカーボルトに生じる軸方向引張応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$R_H$  : 支承部（下部支承軸）に作用する水平荷重 (kN)

L : 軸受中心からアンカーボルト固定部までの距離 (mm)

y : アンカーボルトの間隔 (mm)

n : アンカーボルトの片側本数 (本)

A : アンカーボルトの断面積 (mm<sup>2</sup>)

- (b) 下部支承（コンクリート）

$$\sigma_{c1} = \frac{nF \cdot 10^3}{ab}$$

$$\sigma_{c2} = \frac{R_H \cdot 10^3}{ce}$$

$$\tau_c = \frac{nF \cdot 10^3}{2b \cdot 2d}$$

ここで、

$\sigma_{c1}$  : 下部支承（コンクリート）に生じる支圧応力度  
（アンカープレート）(N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma_{c2}$  : 下部支承（コンクリート）に生じる支圧応力度（支圧板）(N/mm<sup>2</sup>)

$\tau_c$  : 下部支承（コンクリート）に生じるせん断応力度  
（アンカープレート）(N/mm<sup>2</sup>)

n : アンカーボルトの片側本数 (本)

F : アンカーボルト 1 本あたりに生じる軸力 (kN)

- a, b : アンカープレートの寸法 (mm)
- $R_H$  : 支承部 (下部支承軸) に作用する水平荷重 (kN)
- c, e : 支圧板の寸法 (mm)
- d : アンカーボルトの埋込深さ (mm)

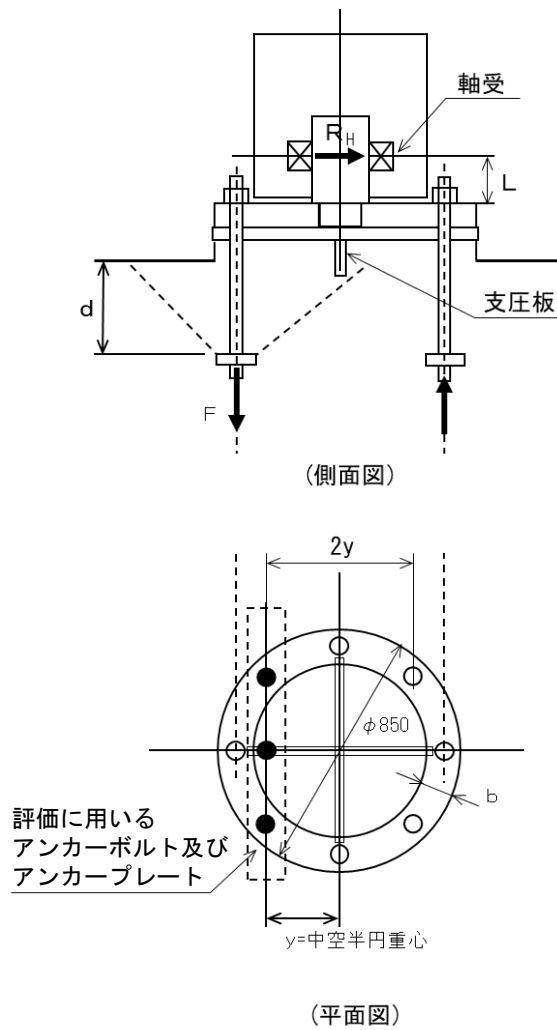


図 4-40 下部支承 (アンカーボルト) 及び下部支承 (コンクリート) の評価イメージ図

h. ロック装置

ロック装置は、片持ちはりでモデル化し、地震時荷重が作用することでロックビームに生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

ロック装置の評価イメージ図を図 4-41 に示す。

$$M = R_r a$$

$$S = R_r$$

$$\sigma = \frac{M \cdot 10^6}{2Z}$$

$$\tau = \frac{S \cdot 10^3}{2A}$$

ここで、

M : ロックビームに生じる曲げモーメント (kN・m)

S : ロックビームに生じるせん断力 (kN)

$\sigma$  : ロックビームに生じる曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\tau$  : ロックビームに生じるせん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

R<sub>r</sub> : ロックビームに作用する荷重 (kN)

a : ロックビームの突出長さ (m)

Z : ロックビームの断面係数 (mm<sup>3</sup>)

A : ロックビームのせん断面積 (mm<sup>2</sup>)

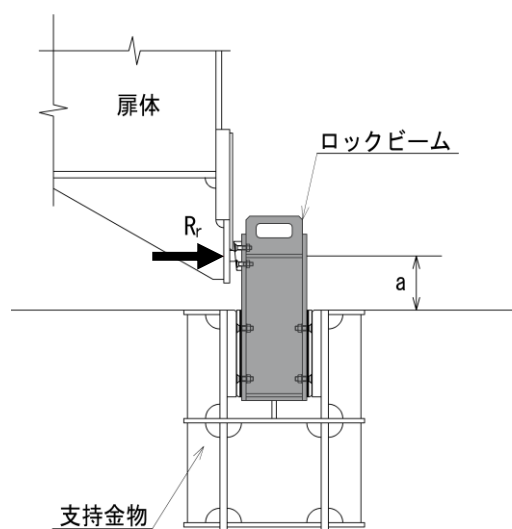


図 4-41 ロック装置の評価イメージ図

i. 支圧板及び戸当り（腹板，底面フランジ，コンクリート）

支圧板及び戸当り（腹板，底面フランジ，コンクリート）は，漂流物対策工（鋼製扉体）から伝達される地震時荷重が作用することで支圧板及び戸当り（腹板，底面フランジ，コンクリート）に生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

支圧板及び戸当り（腹板，底面フランジ，コンクリート）の評価イメージ図を図4-42に示す。

(a) 支圧板

$$\sigma_p = \frac{WL_1}{2CL_2}$$

ここで，

$\sigma_p$  : 支圧板に生じる支圧応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$W$  : 戸当りに作用する地震時荷重（地震時慣性力＋風荷重） (kN/m)

$L_1$  : 漂流物対策工（鋼製扉体）の幅 (mm)

$C$  : 支圧板の有効幅 (mm)

$L_2$  : 主横桁の荷重分担長さ (mm)

(b) 戸当り（腹板）

$$\sigma_b = \frac{WL_1}{2t_w L_2}$$

ここで，

$\sigma_b$  : 戸当り（腹板）に生じる支圧応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$W$  : 戸当りに作用する地震時荷重 (kN/m)

$L_1$  : 漂流物対策工（鋼製扉体）の幅 (mm)

$t_w$  : 戸当り（腹板）の厚さ (mm)

$L_2$  : 主横桁の荷重分担長さ (mm)

(c) 戸当り (底面フランジ)

$$M_f = \frac{\sigma_{cb} \cdot b_f^2}{8}$$

$$\sigma_f = \frac{6M_f}{t_f^2}$$

ここで,

$M_f$  : 戸当り (底面フランジ) に生じる曲げモーメント (N・mm/mm)

$\sigma_f$  : 戸当り (底面フランジ) に生じる曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma_{cb}$  : 戸当り (コンクリート) に生じる支圧応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$b_f$  : 戸当り (底面フランジ) の幅 (mm)

$t_f$  : 戸当り (底面フランジ) の厚さ (mm)

(d) 戸当り (コンクリート)

$$\sigma_{cb} = \frac{WL_1}{2b_fL_2}$$

$$\tau_c = \frac{WL_1}{2\Sigma lL_2}$$

ここで,

$\sigma_{cb}$  : 戸当り (コンクリート) に生じる支圧応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\tau_c$  : 戸当り (コンクリート) に生じるせん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$W$  : 戸当りに作用する地震時荷重 (kN/m)

$L_1$  : 漂流物対策工 (鋼製扉体) の幅 (mm)

$b_f$  : 戸当り (底面フランジ) の幅 (mm)

$L_2$  : 主横桁の荷重分担長さ (mm)

$\Sigma l$  : せん断抵抗長さ (=  $l_1 + 2l_2$ ) (mm)

$l_1$  : 戸当りの埋込深さ (mm)

$l_2$  : 戸当りのコンクリート側面からの埋込深さ (mm)

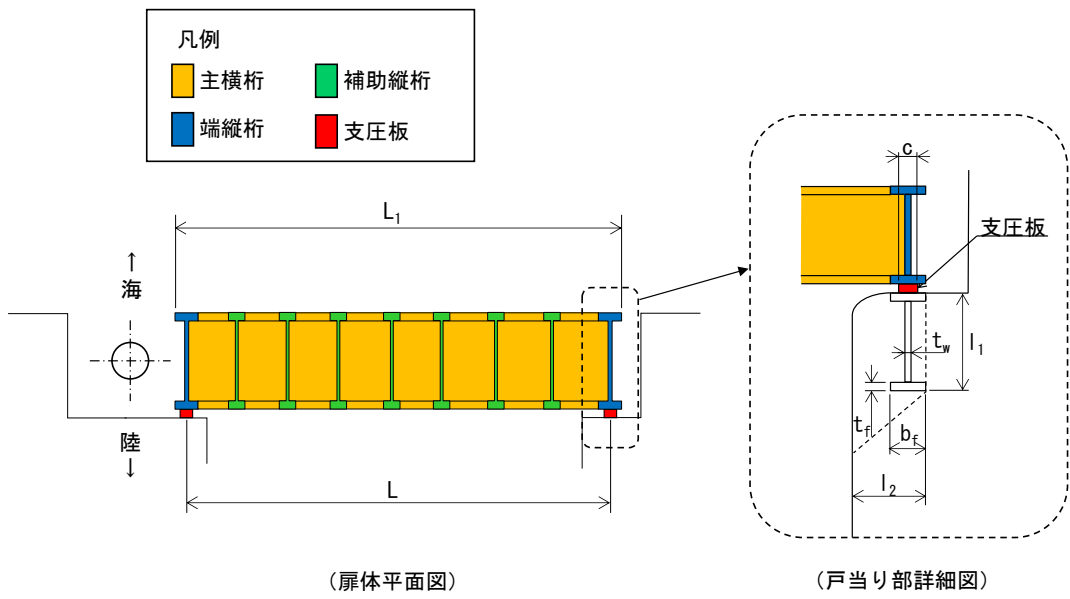


図 4-42 支圧板及び戸当り（腹板，底面フランジ，コンクリート）  
の評価イメージ図

(2) 漂流物対策工戸当り (RC支柱)

漂流物対策工戸当り (RC支柱) に生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

(3) 漂流物対策工基礎スラブ

漂流物対策工基礎スラブに生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

(4) 基礎地盤

基礎地盤の支持性能評価においては、MMR, 改良地盤及び岩盤に生じる最大接地圧が許容限界以下であることを確認する。



## 5. 評価条件

「4. 耐震評価」に用いる条件を表 5-1 及び表 5-2 に示す。

表 5-1(1) 防波扉の耐震評価に用いる条件

部材	記号	定義	数値	単位
主横桁	W	主横桁に作用する地震時荷重（地震時慣性力+風荷重）	16.967	kN/m
	B	主横桁の水密幅	11.600	m
	L	主横桁の支間長	11.200	m
	M	主横桁に生じる曲げモーメント	265.700	kN・m
	S	主横桁に生じるせん断力	98.407	kN
	N	主横桁に生じる軸力	30.540	kN
	Z	主横桁の断面係数	10767582	mm <sup>3</sup>
	D	側部水密幅	1.800	m
	A <sub>w</sub>	主横桁腹板の断面積	14382	mm <sup>2</sup>
A <sub>g</sub>	主横桁の断面積	23012	mm <sup>2</sup>	
補助縦桁	P	補助縦桁に作用する地震時荷重（地震時慣性力+風荷重）	12.568	kN/m <sup>2</sup>
	a	補助縦桁間隔	0.747	m
	b	主横桁間隔	1.200	m
	M	補助縦桁に生じる曲げモーメント	2.082	kN・m
	S	補助縦桁に生じるせん断力	4.819	kN
	Z	補助縦桁の断面係数	114034	mm <sup>3</sup>
	A <sub>w</sub>	補助縦桁腹板の断面積	611	mm <sup>2</sup>
端縦桁	R	端縦桁に生じる支点反力	98.407	kN
	A <sub>q</sub>	補剛材の有効断面積	2938	mm <sup>2</sup>
支圧板	W <sub>gh</sub>	支圧板に作用する地震時慣性力	124.850	kN/m
	W	支圧板に作用する風荷重	1.805	kN/mm <sup>2</sup>
	B	防波扉（鋼製扉体）の水密幅	11600	mm
	b	支圧板の有効幅	100	mm
戸当り	P	戸当り（コンクリート）に作用する地震時荷重（地震時慣性力+風荷重）	145.789	kN/m
	b <sub>f</sub>	戸当り（底面フランジ）の幅	200	mm
	t <sub>f</sub>	戸当り（底面フランジ）の厚さ	22	mm
	B	防波扉（鋼製扉体）の水密幅	11600	mm
	h	戸当りの埋込深さ	510	mm
	L	戸当りのコンクリート側面からの埋込深さ	400	mm

表 5-1(2) 防波扉の耐震評価に用いる条件

部材	記号	定義	数値	単位
車輪, 車輪軸, 車輪受桁	$R_1$	海側車輪に作用する荷重	318.653	kN
	$R_2$	陸側車輪に作用する荷重	166.486	kN
	$W_g$	防波扉（鋼製扉体）の自重	370	kN
	$W_{S1}$	防波扉（鋼製扉体）天端に作用する積雪荷重	13.328	kN
	$W_{S2}$	ガイドアームに作用する積雪荷重	3.112	kN
	$P$	車輪荷重	318.653	kN
	$E_1$	車輪の弾性係数	193000	N/mm <sup>2</sup>
	$E_2$	車輪踏面板の弾性係数	193000	N/mm <sup>2</sup>
	$B$	車輪有効踏面幅	85	mm
	$R$	車輪半径	345	mm
	$C$	接触幅の 1/2	3.954	mm
	$M$	車輪軸に生じる曲げモーメント	10913881	N・mm
	$S$	車輪軸に生じるせん断力	159327	N
	$A$	車輪軸の断面積	9503	mm <sup>2</sup>
	$Z$	車輪軸の断面係数	130671	mm <sup>3</sup>
	$L_3$	車輪軸の支持間隔	137	mm
	$L_4$	車輪受桁の支持間隔	2240	mm
	$a$	車輪受桁の荷重載荷位置から端縦桁までの長さ	1640	mm
	$b$	車輪受桁の荷重載荷位置から補助縦桁までの長さ	600	mm
	$M_1$	車輪受桁に生じる曲げモーメント	139980000	N・mm
$S_1$	車輪受桁に生じるせん断力	233300	N	
$Z_1$	車輪受桁の断面係数	875000	mm <sup>3</sup>	
$A_w$	車輪受桁腹板の断面積	2208	mm <sup>2</sup>	

表 5-1(3) 防波扉の耐震評価に用いる条件

部材	記号	定義	数値	単位
車輪 戸当り	P	車輪荷重	318.653	kN
	K	車輪荷重直下のコンクリートに生じる支 圧応力度	1.79	N/mm <sup>2</sup>
	a	コンクリートの応力度の分布長さの 1/2	1068	mm
	M	車輪戸当りに生じる曲げモーメント	63817061	N・mm
	S	車輪戸当りに生じるせん断力	159327	N
	I	車輪戸当りの断面 2 次モーメント	73100000	mm <sup>4</sup>
	B	車輪戸当り（底面フランジ）の幅	125	mm
	Z	車輪戸当りの断面係数	585000	mm <sup>3</sup>
	A <sub>w</sub>	車輪戸当り腹板の断面積	2040	mm <sup>2</sup>
M <sub>f</sub>	車輪戸当り（底面フランジ）に生じる曲げ モーメント	3496	N・mm	
ガイド アーム	P <sub>v</sub>	ガイドアームに作用する地震時鉛直荷重	64.407	kN
	W <sub>g</sub>	防波扉（鋼製扉体）の自重	370	kN
	W <sub>s</sub>	ガイドアームに作用する積雪荷重	16.44	kN
	M	ガイドアームに生じる曲げモーメント	325.254	kN・m
	S	ガイドアームに生じるせん断力	64.407	kN
	Z	ガイドアームの断面係数	1811700	mm <sup>3</sup>
A <sub>w</sub>	ガイドアーム腹板の断面積	27200	mm <sup>2</sup>	
休止 ピン	P <sub>h</sub>	休止ピンに作用する水平荷重	405.762	kN
	W	自重（扉体自重+積雪荷重）	386.44	kN
	M	休止ピンに生じる曲げモーメント	52749060	N・mm
	S	休止ピンに生じるせん断力	405762	N
	Z	休止ピンの断面係数	331340	mm <sup>3</sup>
	A	休止ピンの断面積	17671	mm <sup>2</sup>
	L	休止ピンの突出長さ	130	mm
d	休止ピンの径	150	mm	

表 5-2(1) 漂流物対策工の耐震評価に用いる条件 (1/3)

部材	記号	定義	数値	単位
主横桁	M	主横桁（最下段）に生じる曲げモーメント	268.2	kN・m
	S	主横桁（最下段）に生じるせん断力	96.7	kN
	W	主横桁に作用する地震時慣性力	16.065	kN/m
	W'	主横桁に作用する風荷重	1.354	kN/m
	L	主横桁の支間長	11.100	m
	a	主横桁の張出長さ	0.100	m
	L <sub>1</sub>	漂流物対策工（鋼製扉体）の幅	11.300	m
	M'	主横桁（最上段）に生じる曲げモーメント	1275.2	kN・m
	S'	主横桁（最上段）に生じるせん断力	210.8	kN
	L'	主横桁の突出長さ	12.100	m
	Z	主横桁の断面係数	23979000	mm <sup>3</sup>
	A <sub>w</sub>	主横桁腹板の断面積	26300	mm <sup>2</sup>
張出桁	M	張出桁に生じる曲げモーメント	4.2	kN・m
	S	張出桁に生じるせん断力	7.0	kN
	W	張出桁に作用する地震時慣性力	5.355	kN/m
	W'	張出桁に作用する風荷重	0.451	kN/m
	L	張出長さ	1.200	m
	Z	張出桁の断面係数	10829000	mm <sup>3</sup>
	A <sub>w</sub>	張出桁腹板の断面積	26370	mm <sup>2</sup>
補助縦桁	M	補助縦桁に生じる曲げモーメント	0.2	kN・m
	S	補助縦桁に生じるせん断力	0.9	kN
	W	補助縦桁に作用する地震時慣性力	2.142	kN/m
	W'	補助縦桁に作用する風荷重	0.181	kN/m
	l	主横桁の間隔	0.750	m
	Z	補助縦桁の断面係数	10540000	mm <sup>3</sup>
	A <sub>w</sub>	補助縦桁腹板の断面積	26300	mm <sup>2</sup>
端縦桁	R	主横桁に生じる支点反力	210.8	kN
	A <sub>q</sub>	補剛材の有効断面積	10747	mm <sup>2</sup>

表 5-2(2) 漂流物対策工の耐震評価に用いる条件

部材	記号	定義	数値	単位
支承部 (上部 支承軸)	M	支承部 (上部支承軸) に生じる曲げモーメント	291.6	kN・m
	R <sub>H</sub>	支承部 (上部支承軸) に作用する水平荷重	2120.5	kN
	L	支承軸支持間隔	0.550	m
	S	支承部 (上部支承軸) に生じるせん断力	1060.3	kN
	Z	支承部 (上部支承軸) の断面係数	1045400	mm <sup>3</sup>
	A	支承部 (上部支承軸) の断面積	38010	mm <sup>2</sup>
支承部 (下部 支承軸)	M	支承部 (下部支承軸) に生じる曲げモーメント	330.8	kN・m
	R <sub>H</sub>	支承部 (下部支承軸) に作用する水平荷重	2120.5	kN
	L	支承部 (下部支承部) の突出長さ	0.156	m
	S	支承部 (下部支承部) に生じるせん断力	2120.5	kN
	Z	支承部 (下部支承軸) の断面係数	2155100	mm <sup>3</sup>
	A	支承部 (下部支承軸) の断面積	61580	mm <sup>2</sup>
支承部 (下部支 承軸受)	R <sub>v</sub>	支承部 (下部支承軸) に作用する鉛直荷重	1574.7	kN
	r	軸受 (壺金) の球面の半径	1150	mm
	E	軸受 (壺金) の弾性係数	1.93×10 <sup>5</sup>	N/mm <sup>2</sup>
支承部 (支承 軸受)	R	支承部 (支承軸受) に作用する荷重	2025.1	kN
支承部 (浮上防 止金物)	M	支承部 (浮上防止金物) に生じる曲げモーメント	0.75	kN・m
	R <sub>v</sub>	支承部 (浮上防止金物) に作用する鉛直上向き荷重	75.3	kN
	L	支承部 (浮上防止金物) の突出長さ	0.040	m
	S	支承部 (浮上防止金物) に生じるせん断力	18.8	kN
	Z	支承部 (浮上防止金物) の断面係数	16900	mm <sup>3</sup>
	A <sub>1</sub>	支承部 (浮上防止金物) の断面積	3900	mm <sup>2</sup>
	F	固定ボルトに生じる軸力	43.0	kN
	a, b	支持点からの距離	160, 70	mm
A <sub>2</sub>	固定ボルトの有効断面積	561	mm <sup>2</sup>	

表 5-2(3) 漂流物対策工の耐震評価に用いる条件

部材	記号	定義	数値	単位
上部支承 (アンカー ボルト), 上部支承 (コンク リート)	F	アンカーボルト 1 本あたりに生じる軸力	249.5	kN
	R <sub>H</sub>	支承部 (上部支承軸) に作用する水平荷重	2120.5	kN
	l	支承軸からアンカーボルト固定部までの距離	600	mm
	m	アンカーボルトの間隔	850	mm
	n	アンカーボルトの片側本数	6	本
	A	アンカーボルトの断面積	865	mm <sup>2</sup>
	d	アンカーボルトの埋込深さ	1100	mm
	a, b	アンカープレートの寸法	300, 950	mm
	c, e	支圧板の寸法	400, 950	mm
下部支承 (アンカ ーボ ルト), 下部支承 (コンク リート)	F	アンカーボルト 1 本あたりに生じる軸力	247.2	kN
	R <sub>H</sub>	支承部 (下部支承軸) に作用する水平荷重	2120.5	kN
	L	軸受中心からアンカーボルト固定部までの距離	156	mm
	y	アンカーボルトの間隔	446	mm
	n	アンカーボルトの片側本数	3	本
	A	アンカーボルトの断面積	865	mm <sup>2</sup>
	d	アンカーボルトの埋込深さ	550	mm
	a, b	アンカープレートの寸法	150, 850	mm
c, e	支圧板の寸法	500, 800	mm	
ロック 装置	M	ロックビームに生じる曲げモーメント	88.5	kN・m
	R <sub>r</sub>	ロックビームに作用する荷重	590.3	kN
	a	ロックビームの突出長さ	0.150	m
	n	ロックビーム数	2	本
	Z	ロックビームの断面係数	260000	mm <sup>3</sup>
	S	ロックビームに生じるせん断力	590.3	kN
	A	ロックビームのせん断面積	2128	mm <sup>2</sup>
支圧板 戸当り (底面フ ランジ) 戸当り (コンク リート)	W	戸当りに作用する地震時荷重 (地震時慣性力+風荷重)	17.419	kN/m
	C	支圧板の有効幅	80	mm
	L <sub>1</sub>	漂流物対策工 (鋼製扉体) の幅	11300	mm
	L <sub>2</sub>	主横桁の荷重分担長さ	750	mm
	t <sub>w</sub>	戸当り (腹板) の厚さ	14	mm
	b <sub>f</sub>	戸当り (底面フランジ) の幅	750	mm
	t <sub>f</sub>	戸当り (底面フランジ) の厚さ	50	mm
	l <sub>1</sub>	戸当りの埋込深さ	1350	mm
	l <sub>2</sub>	戸当りのコンクリート側面からの埋込深さ	925	mm
	M <sub>f</sub>	戸当り (底面フランジ) に生じる曲げモーメント	14100	N・mm/mm
Σl	せん断抵抗長さ (= l <sub>1</sub> +2l <sub>2</sub> )	3200	mm	

## 6. 耐震評価結果

### 6.1 防波扉

#### 6.1.1 防波扉（鋼製扉体）

防波扉（鋼製扉体）の耐震評価結果を表 6-1 に示す。防波扉（鋼製扉体）の各部材の発生応力度又は作用荷重が許容限界以下であることを確認した。

表 6-1 防波扉（鋼製扉体）の耐震評価結果

部材		発生 応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	照査値
主横桁	曲げ応力度	26	240	0.11
	せん断応力度	6.8	135	0.06
補助縦桁	曲げ応力度	18.3	180	0.11
	せん断応力度	7.9	105	0.08
端縦桁	圧縮応力度	33	240	0.14
支圧板	支圧応力度	0.729	225	0.01
戸当り (底面フランジ)	曲げ応力度	22.6	240	0.10
戸当り (コンクリート)	支圧応力度	0.36	8.8	0.05
	せん断応力度	0.06	0.60	0.10
車輪	接触面圧応力度	605.2	849	0.72
車輪軸	曲げ応力度	83.5	150	0.56
	せん断応力度	22.4	90	0.25
車輪受桁	曲げ応力度	160.0	240	0.67
	せん断応力度	106.0	135	0.79
車輪戸当り	曲げ応力度	109.1	180	0.61
	せん断応力度	78.1	105	0.75
車輪戸当り (底面フランジ)	曲げ応力度	58.1	180	0.33
ガイドアーム	曲げ応力度	180	240	0.75
	せん断応力度	2.4	135	0.02
休止ピン	曲げ応力度	159.2	338	0.48
	せん断応力度	30.6	195	0.16

## 6.1.2 防波扉戸当り（RC支柱）

### (1) 曲げ照査

防波扉戸当り（RC支柱）のコンクリートの曲げ・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図を図 6-1 に，コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値を表 6-2 に示す。防波扉戸当り（RC支柱）の鉄筋の曲げ・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図を図 6-2 に，鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値を表 6-3 に示す。

この結果から，防波扉戸当り（RC支柱）のコンクリート及び鉄筋の発生応力度が許容限界以下であることを確認した。



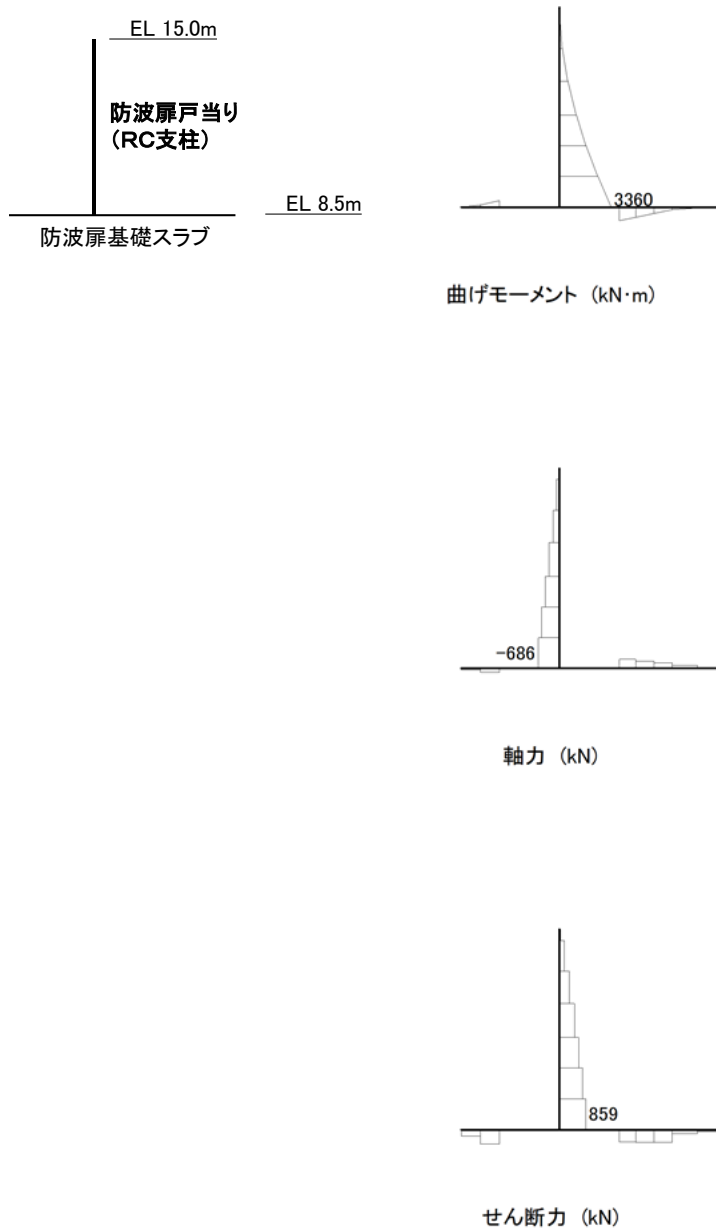


図 6-1 コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する照査における  
 最大照査値の評価時刻での断面力図  
 (S s - D (---), t=19.21s)

解析ケース③：地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース (平均値 - 1σ)

表 6-2 コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値

地震動	解析 ケース	発生断面力		曲げ圧縮 応力度 $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{ca}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_c / \sigma_{ca}$
		曲げモーメント M (kN・m)	軸力 N (kN)			
S s - D (---)	③	3360	686	2.1	13.5	0.16

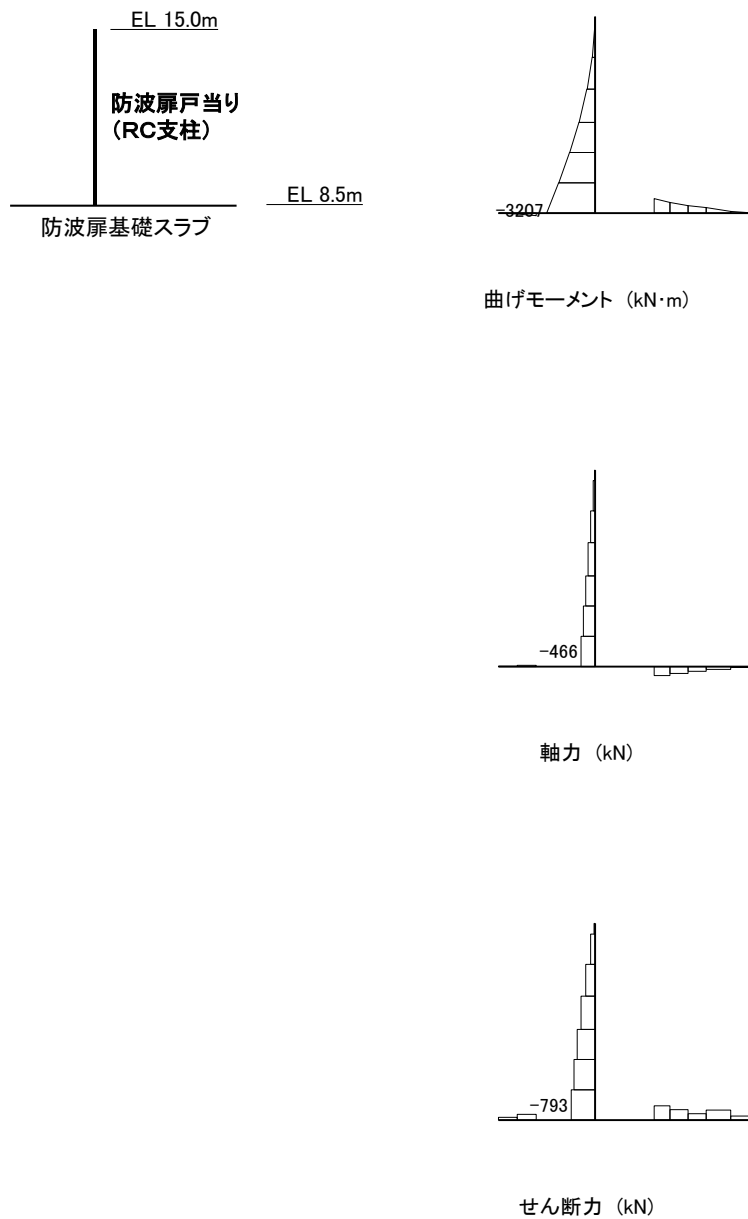


図 6-2 鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における  
 最大照査値の評価時刻での断面力図  
 (S<sub>s</sub>-D (-+), t=8.61s)  
 解析ケース①：基本ケース

表 6-3 鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値

地震動	解析 ケース	発生断面力		曲げ引張 応力度 $\sigma_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{sa}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_s / \sigma_{sa}$
		曲げモーメント M (kN・m)	軸力 N (kN)			
S <sub>s</sub> -D (-+)	①	3207	466	85	294	0.29

(2) せん断照査

防波扉戸当り（RC支柱）のコンクリートの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図を図 6-3 に、コンクリートのせん断破壊に対する最大照査値を表 6-4 に示す。

この結果から、漂流物対策工戸当り（RC支柱）のコンクリートの発生応力度が許容限界以下であることを確認した。

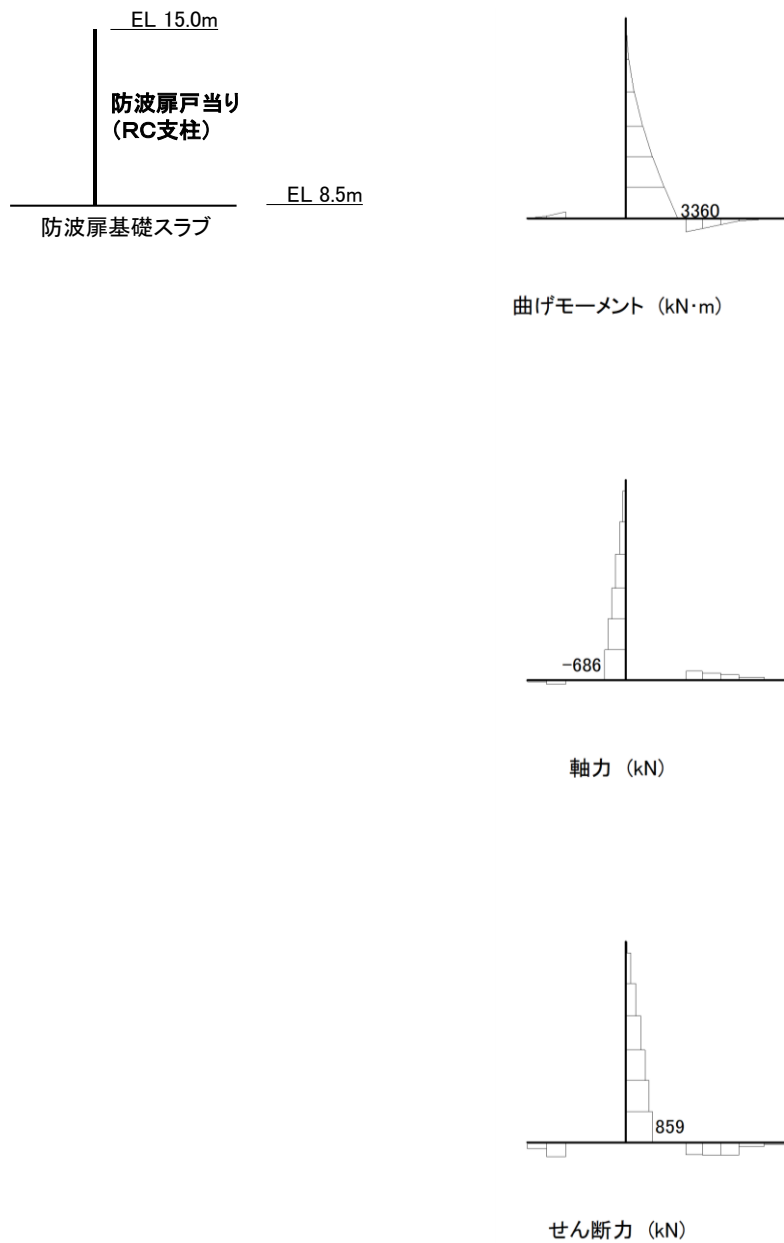


図 6-3 コンクリートのせん断破壊に対する照査における  
 最大照査値の評価時刻での断面力図  
 (S<sub>s</sub>-D (---), t=19.21s)

解析ケース③：地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース (平均値 - 1σ)

表 6-4 コンクリートのせん断破壊に対する照査における最大照査値

地震動	解析 ケース	発生断面力	せん断応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\tau_{ca}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c / \tau_{ca}$
		せん断力 Q (kN)			
S <sub>s</sub> -D (---)	③	859	0.27	0.67	0.40

### 6.1.3 防波扉基礎スラブ

#### (1) 曲げ照査

防波扉基礎スラブのコンクリートの曲げ・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図を図 6-4 に、コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値を表 6-5 に示す。防波扉基礎スラブの曲げ・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図を図 6-5 に、鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値を表 6-6 に示す。

この結果から、漂流物対策工基礎スラブのコンクリート及び鉄筋の発生応力度が許容限界以下であることを確認した。

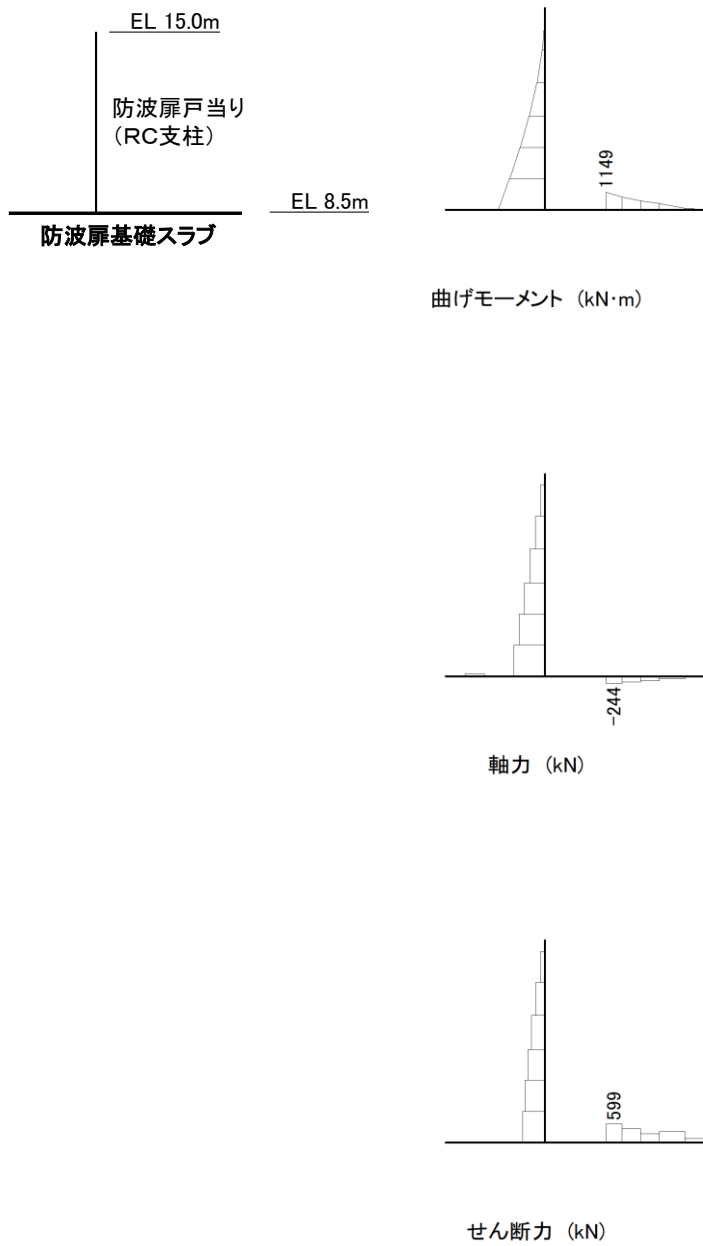


図 6-4 コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する照査における  
 最大照査値の評価時刻での断面力図  
 (S s - D (++) , t=28.17s)

解析ケース③：地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース (平均値 - 1σ)

表 6-5 コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値

地震動	解析 ケース	発生断面力		曲げ圧縮 応力度 $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{ca}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_c / \sigma_{ca}$
		曲げモーメント M (kN・m)	軸力 N (kN)			
S s - D (++)	③	1149	244	4.5	13.5	0.34

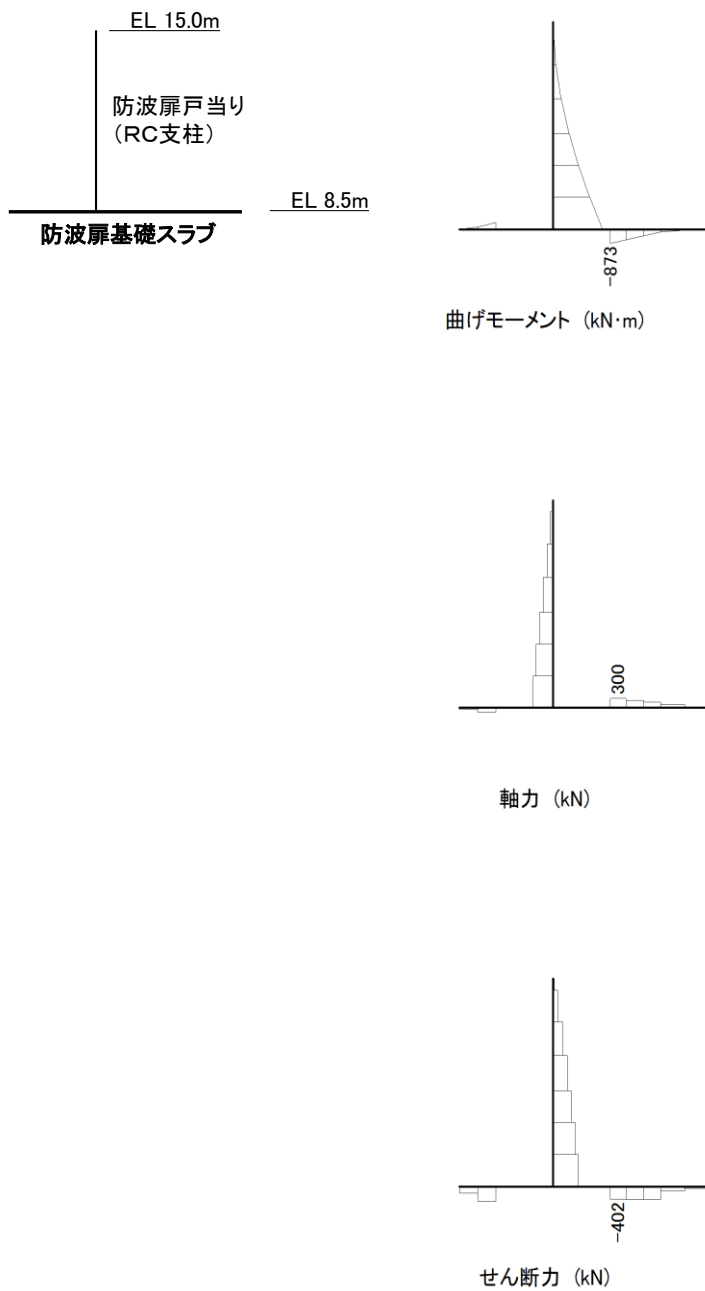


図 6-5 鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における  
 最大照査値の評価時刻での断面力図  
 (S<sub>s</sub>-D (---), t=19.21s)

解析ケース③：地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース（平均値-1σ）

表 6-6 鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値

地震動	解析 ケース	発生断面力		曲げ引張 応力度 $\sigma_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{sa}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_s / \sigma_{sa}$
		曲げモーメント M (kN·m)	軸力 N (kN)			
S <sub>s</sub> -D (---)	③	873	300	177	294	0.61

(2) せん断照査

防波扉基礎スラブのコンクリートの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図を図 6-6 に、せん断破壊に対する最大照査値を表 6-7 に示す。

この結果から、防波扉基礎スラブのコンクリートの発生応力度が許容限界以下であることを確認した。



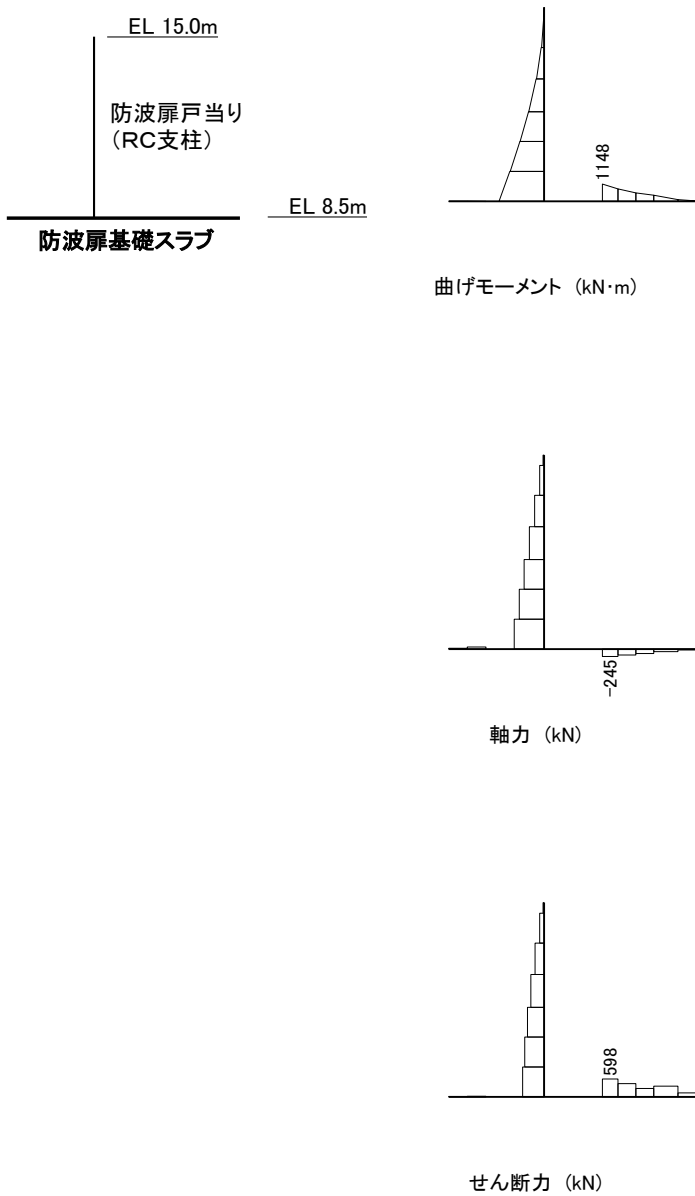


図 6-6 コンクリートのせん断破壊に対する照査における  
 最大照査値の評価時刻での断面力図  
 (S<sub>s</sub>-D (++) , t=28.17s)  
 解析ケース①：基本ケース

表 6-7 コンクリートのせん断破壊に対する照査における最大照査値

地震動	解析 ケース	発生断面力	せん断応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\tau_{ca}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c / \tau_{ca}$
		せん断力 Q (kN)			
S <sub>s</sub> -D (++)	①	598	0.56	0.67	0.84

## (3) グラウンドアンカによる支圧照査

防波扉基礎スラブのグラウンドアンカによる支圧に対する照査値を表 6-8 に示す。

この結果から、防波扉基礎スラブのグラウンドアンカによる支圧応力度が許容限界以下であることを確認した。

表 6-8 防波扉基礎スラブのグラウンドアンカによる支圧に対する  
照査における最大照査値

地震動	解析 ケース	支圧応力度 $\sigma_b$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{ba}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_b / \sigma_{ba}$
S <sub>s</sub> -N1 (++)	①	11.9	18.0	0.67

## 6.1.4 グラウンドアンカ

防波扉基礎スラブのグラウンドアンカの発生アンカー力に対する照査値を表 6-9 に示す。

この結果から防波扉基礎スラブのグラウンドアンカの発生アンカー力が許容限界以下であることを確認した。

表 6-9 防波扉基礎スラブのグラウンドアンカの発生アンカー力に対する  
照査における最大照査値

地震動	解析 ケース	発生アンカー力 T (kN)	許容 アンカー力 T <sub>a</sub> (kN)	照査値 T/T <sub>a</sub>
S <sub>s</sub> -N1 (++)	①	1710	2076	0.83

## 6.1.5 改良地盤

改良地盤のすべり安全率による評価結果を表 6-10 に、最小すべり安全率となる時刻におけるすべり線及び局所安全係数分布図を図 6-7 に示す。この結果から、改良地盤のすべり安全率が 1.2 以上あることを確認した。

表 6-10 改良地盤のすべり安全率評価結果

地震動	解析ケース	発生時刻 (s)	最小すべり安全率
S <sub>s</sub> -N1 (-+)	①	7.56	1.65

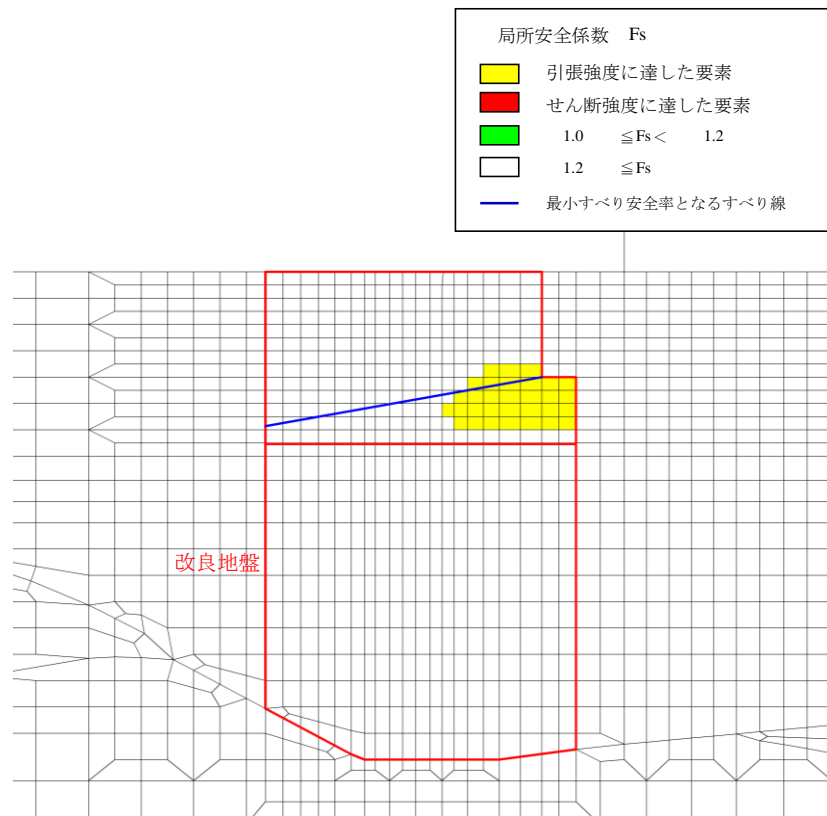


図 6-7 改良地盤の最小すべり安全率時刻における局所安全係数分布

(S<sub>s</sub>-N1 (-+), t=7.56s)

解析ケース①：基本ケース

### 6.1.6 基礎地盤

基礎地盤の支持性能照査結果を表 6-11 に、接地圧分布を図 6-8 に示す。

防波扉の基礎地盤に生じる最大接地圧が許容限界以下であることを確認した。

表 6-11(1) 基礎地盤の支持性能照査結果 (改良地盤)

地震動	解析ケース	最大接地圧 $R_d$ (N/mm <sup>2</sup> )	極限支持力度 $R_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $R_d/R_u$
S <sub>s</sub> -D (+-)	①	0.5	1.4	0.37

表 6-11(2) 基礎地盤の支持性能照査結果 (岩盤)

地震動	解析ケース	最大接地圧 $R_d$ (N/mm <sup>2</sup> )	極限支持力度 $R_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $R_d/R_u$
S <sub>s</sub> -D (+-)	①	1.1	9.8	0.11

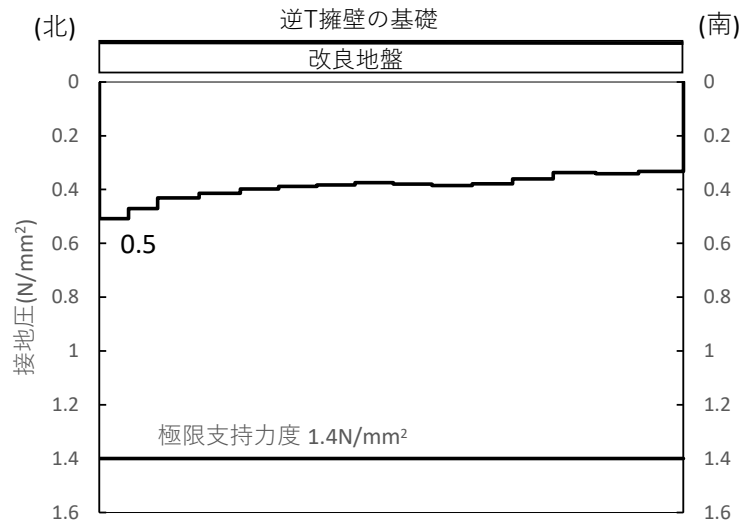


図 6-8(1) 基礎地盤の接地圧分布図 (改良地盤)  
 ( S s - D ( + - ) )  
 解析ケース①：基本ケース

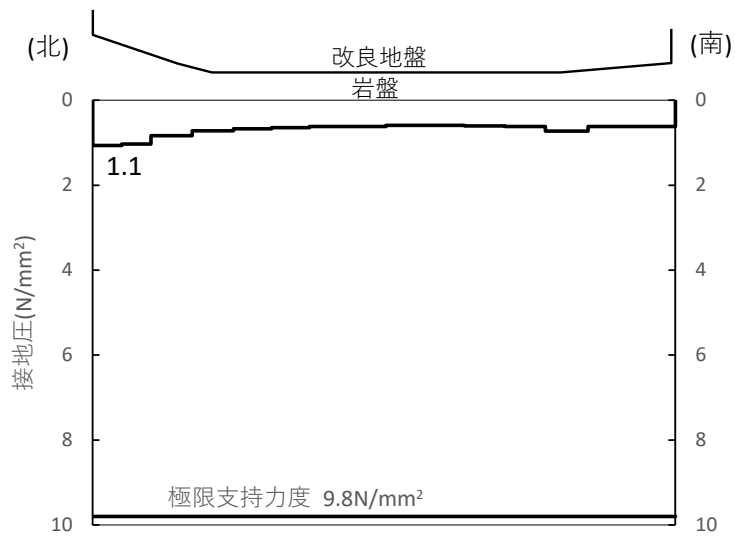


図 6-8(2) 基礎地盤の接地圧分布図 (岩盤)  
 ( S s - D ( + - ) )  
 解析ケース①：基本ケース

## 6.2 漂流物対策工

### 6.2.1 漂流物対策工（鋼製扉体）

漂流物対策工（鋼製扉体）（鋼製扉体）の耐震評価結果を表6-12に示す。漂流物対策工（鋼製扉体）（鋼製扉体）の各部材の発生応力度又は作用荷重が許容限界以下であることを確認した。

表6-12(1) 漂流物対策工（鋼製扉体）の耐震評価結果

部材		発生 応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	照査値	
主横桁	最下段	曲げ応力度	11	525	0.03
		せん断応力度	4	193	0.03
	最上段	曲げ応力度	53	525	0.11
		せん断応力度	8	193	0.05
張出桁		曲げ応力度	0.4	525	0.01
		せん断応力度	0.3	303	0.01
補助縦桁		曲げ応力度	0.02	306	0.01
		せん断応力度	0.03	193	0.01
端縦桁		圧縮応力度	20	337	0.06
支承部 (上部支承軸)		曲げ応力度	279	540	0.52
		せん断応力度	37	310	0.12
支承部 (下部支承軸)		曲げ応力度	153	255	0.60
		せん断応力度	13	147	0.09
支承部 (下部支承軸受)		接触応力度	1373	2035	0.68
支承部 (浮上防止金物)		曲げ応力度	44	150	0.30
		せん断応力度	7	90	0.08
		軸方向引張 応力度	77	255	0.31

表6-12(2) 漂流物対策工（鋼製扉体）の耐震評価結果

部材	作用荷重 (kN)	許容限界 (kN)	照査値
支承部（支承軸受）	2025	3800	0.54

表 6-12(3) 漂流物対策工（鋼製扉体）の耐震評価結果

部材	種別	発生 応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	照査値
上部支承 (アンカーボルト)	軸方向引張 応力度	288	585	0.50
下部支承 (アンカーボルト)	軸方向引張 応力度	286	585	0.49
上部支承 (コンクリート)	支圧応力度 アンカープレート	7.4	8.8	0.85
	支圧応力度 支圧板	5.6	8.8	0.64
	せん断応力度	0.36	0.60	0.60
下部支承 (コンクリート)	支圧応力度 アンカープレート	5.8	8.8	0.66
	支圧応力度	5.3	8.8	0.61
	せん断応力度	0.40	0.60	0.67
ロック装置	曲げ圧縮 応力度	170	337	0.51
	せん断応力度	139	193	0.73
支圧板	支圧応力度	2	225	0.01
戸当り (腹板)	支圧応力度	9	270	0.04
戸当り (底面フランジ)	曲げ応力度	34	525	0.07
戸当り (コンクリート)	支圧応力度	0.2	8.8	0.03
	せん断応力度	0.04	0.60	0.07

## 6.2.2 漂流物対策工戸当り（RC支柱）

### (1) 曲げ照査

漂流物対策工戸当り（RC支柱）のコンクリート及び鉄筋の曲げ・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図を図 6-9 に、コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値を表 6-13 に、鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値を表 6-14 に示す。

この結果から、漂流物対策工戸当り（RC支柱）のコンクリート及び鉄筋の発生応力度が許容限界以下であることを確認した。



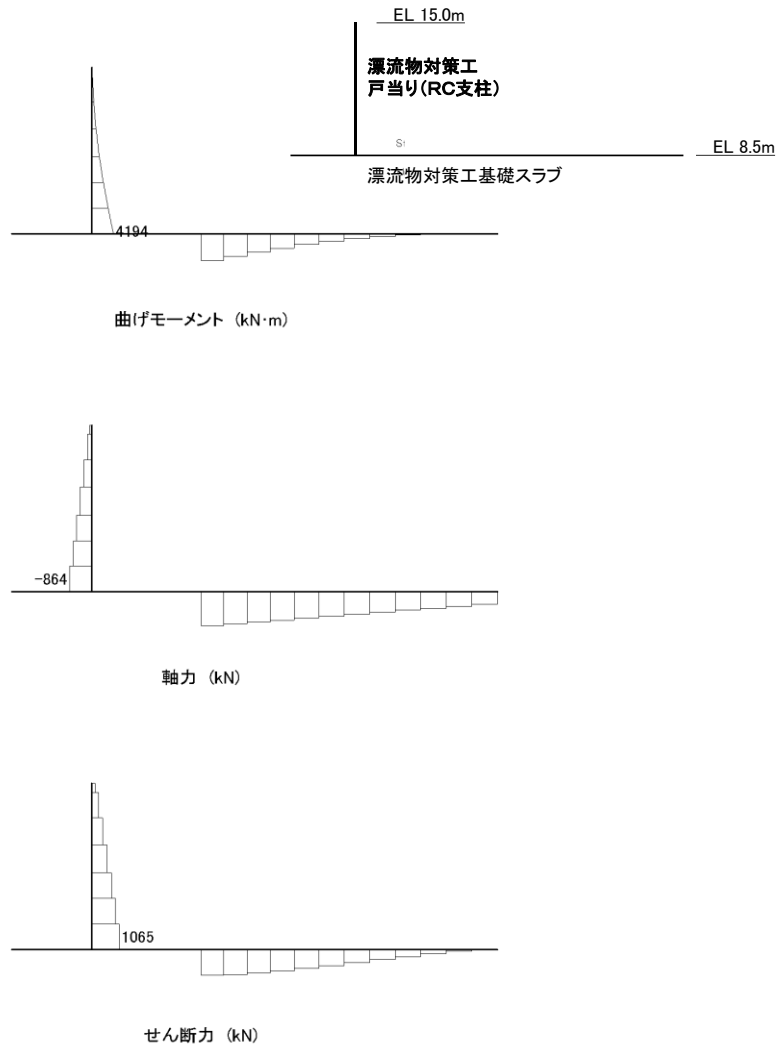


図 6-9 コンクリート及び鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値の評価時刻での断面力図  
 (S<sub>s</sub>-N1 (-+), t=7.55s)  
 解析ケース①：基本ケース

表 6-13 コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値

地震動	解析ケース	発生断面力		曲げ圧縮応力度 $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容応力度 $\sigma_{ca}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_c / \sigma_{ca}$
		曲げモーメント M (kN・m)	軸力 N (kN)			
S <sub>s</sub> -N1 (-+)	①	4194	864	1.3	21.0	0.07

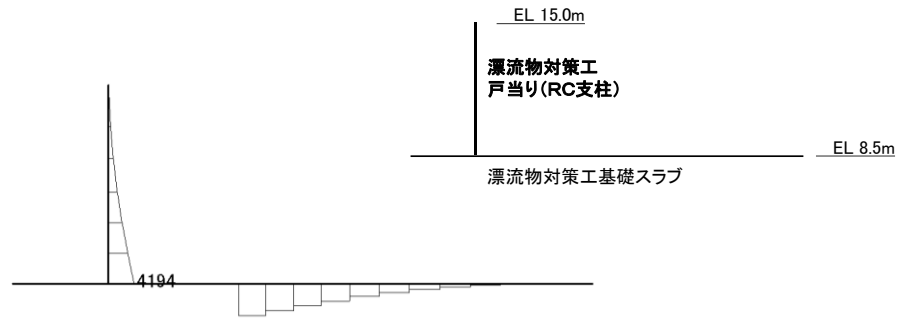
表 6-14 鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値

地震動	解析ケース	発生断面力		曲げ引張応力度 $\sigma_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容応力度 $\sigma_{sa}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_s / \sigma_{sa}$
		曲げモーメント M (kN・m)	軸力 N (kN)			
S <sub>s</sub> -N1 (-+)	①	4194	864	35	294	0.13

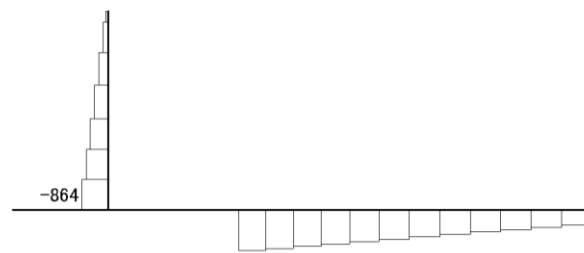
(2) せん断照査

漂流物対策工戸当り（RC支柱）のコンクリートの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図を図 6-10 に、コンクリートのせん断破壊に対する最大照査値を表 6-15 に示す。

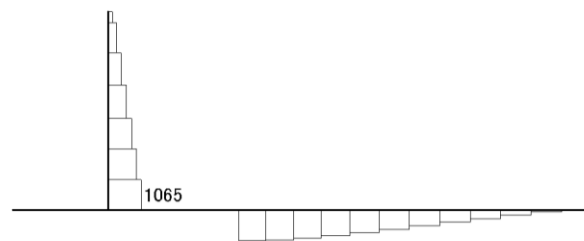
この結果から、漂流物対策工戸当り（RC支柱）のコンクリートの発生応力度が許容限界以下であることを確認した。



曲げモーメント (kN・m)



軸力 (kN)



せん断力 (kN)

図 6-10 コンクリートの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  
 (S<sub>s</sub>-N1 (-+), t=7.55s)  
 解析ケース①：基本ケース

表 6-15 コンクリートのせん断破壊に対する照査における最大照査値

地震動	解析 ケース	発生断面力	せん断応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\tau_{ca}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c / \tau_{ca}$
		せん断力 Q (kN)			
S <sub>s</sub> -N1 (-+)	①	1065	0.36	0.82	0.44

### 6.2.3 漂流物対策工基礎スラブ

#### (1) 曲げ照査

漂流物対策工基礎スラブのコンクリートの曲げ・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図を図 6-11 に，コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値を表 6-16 に示す。鉄筋の曲げ・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図を図 6-12 に，鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値を表 6-17 に示す。

この結果から，漂流物対策工基礎スラブのコンクリート及び鉄筋の発生応力度が許容限界以下であることを確認した。

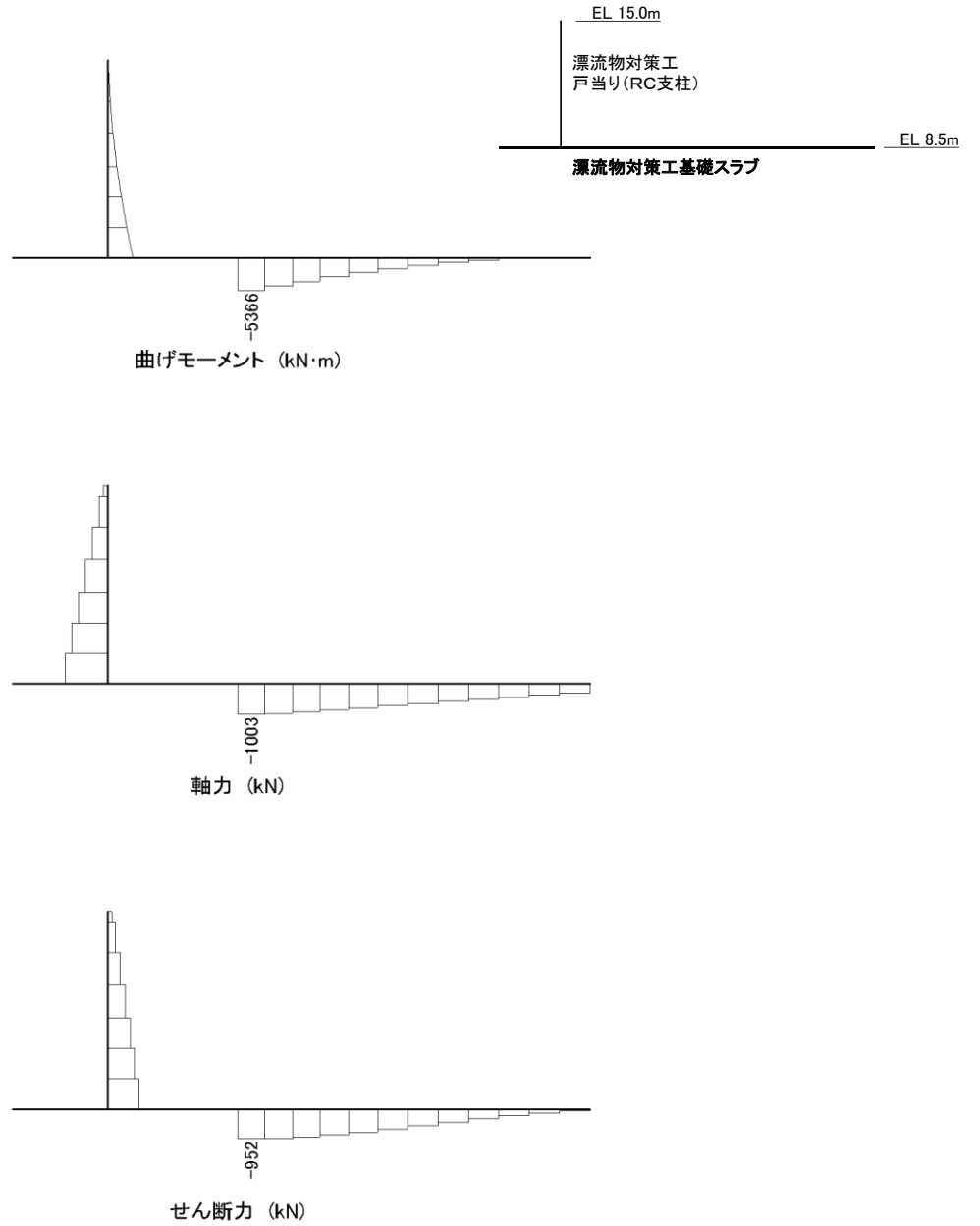


図 6-11 コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する照査における  
 最大照査値の評価時刻での断面力  
 (S<sub>s</sub>-D (+-), t=8.59s)  
 解析ケース①：基本ケース

表 6-16 コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値

地震動	解析 ケース	発生断面力		曲げ圧縮 応力度 $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{ca}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_c / \sigma_{ca}$
		曲げモーメント M (kN・m)	軸力 N (kN)			
S <sub>s</sub> -D (+-)	①	5366	1003	2.4	21.0	0.12

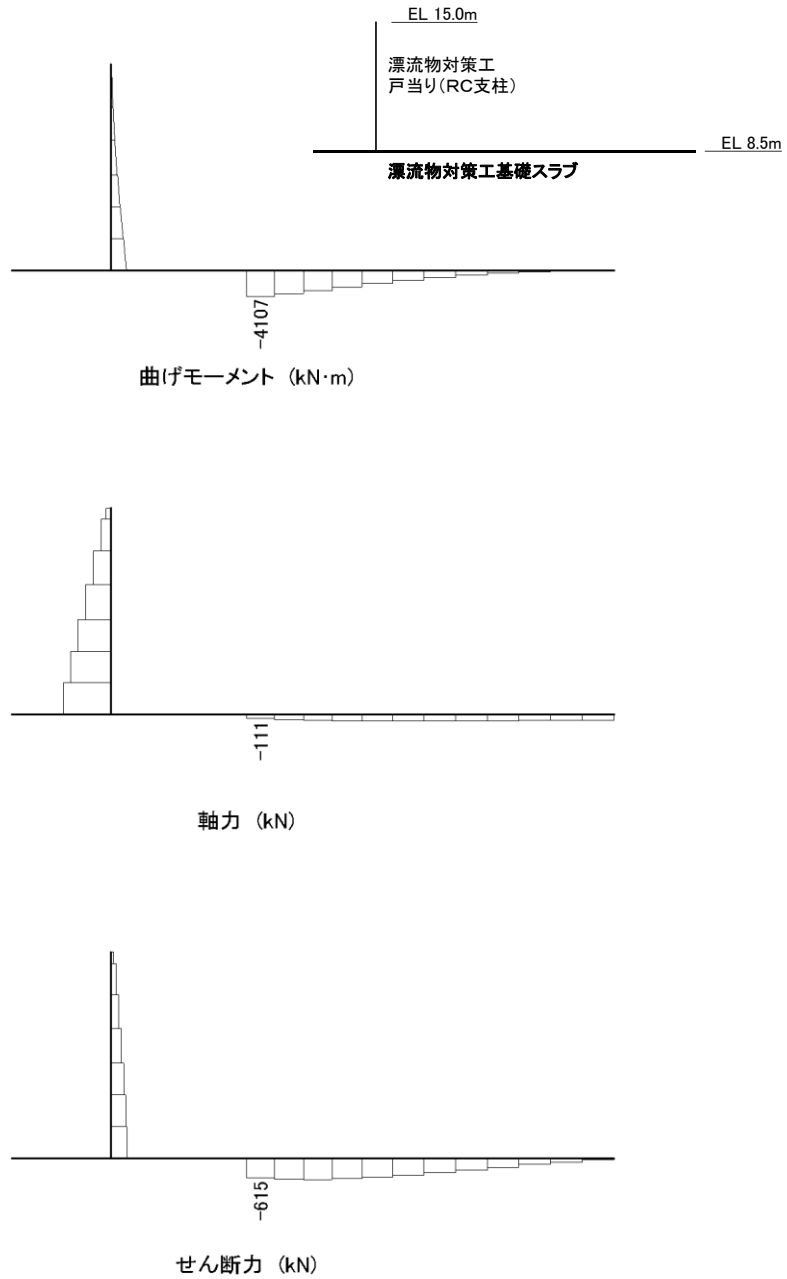


図 6-12 鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における  
 最大照査値の評価時刻での断面力  
 (S<sub>s</sub>-D (+-), t=32.48s)  
 解析ケース①：基本ケース

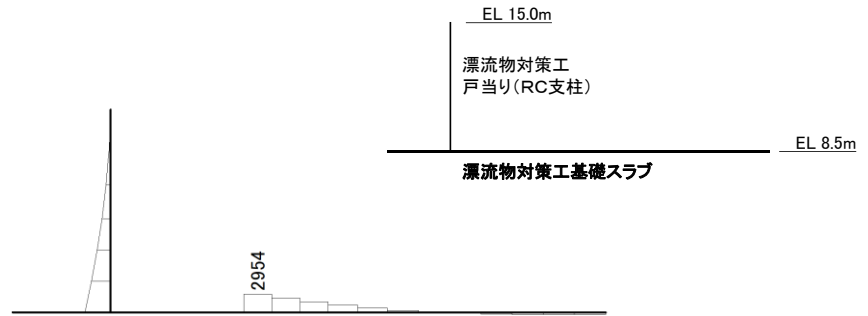
表 6-17 鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値

地震動	解析 ケース	発生断面力		曲げ引張 応力度 $\sigma_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{sa}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_s / \sigma_{sa}$
		曲げモーメント M (kN·m)	軸力 N (kN)			
S <sub>s</sub> -D (+-)	①	4107	111	61	294	0.21

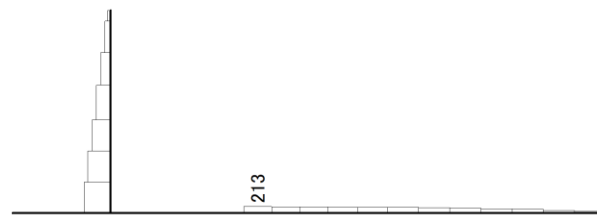
(2) せん断照査

漂流物対策工基礎スラブのコンクリートの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図を図 6-13 に、コンクリートのせん断破壊に対する最大照査値を表 6-18 に示す。

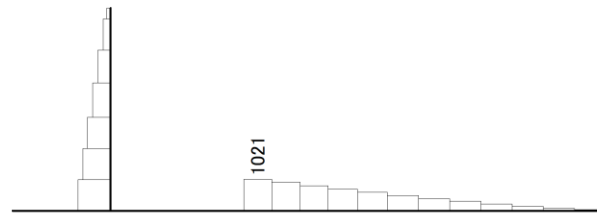
この結果から、漂流物対策工基礎スラブのコンクリートの発生応力度が許容限界以下であることを確認した。



曲げモーメント (kN·m)



軸力 (kN)



せん断力 (kN)

図 6-13 コンクリートの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  
( $S_s - N1$  (++) ,  $t = 7.53s$ )

解析ケース③：地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース (平均値 -  $1\sigma$ )

表 6-18 コンクリートのせん断照査における最大照査値

地震動	解析 ケース	発生断面力	せん断応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\tau_{ca}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c / \tau_{ca}$
		せん断力 Q (kN)			
$S_s - N1$ (++)	③	1021	0.32	0.82	0.40



#### 6.2.4 基礎地盤

基礎地盤の支持性能照査結果を表 6-19 に、接地圧分布を図 6-14 に示す。

漂流物対策工の基礎地盤に生じる最大接地圧が許容限界以下であることを確認した。

表 6-19(1) 基礎地盤の支持性能照査結果 (MMR)

地震動	解析ケース	最大接地圧 $R_d$ (N/mm <sup>2</sup> )	支圧強度 $f'_a$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $R_d / f'_a$
S <sub>s</sub> -F2 (++)	①	0.8	18.0	0.05

表 6-19(2) 基礎地盤の支持性能照査結果 (改良地盤)

地震動	解析ケース	最大接地圧 $R_d$ (N/mm <sup>2</sup> )	極限支持力度 $R_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $R_d / R_u$
S <sub>s</sub> -D (+-)	①	0.5	1.4	0.33

表 6-19(3) 基礎地盤の支持性能照査結果 (岩盤)

地震動	解析ケース	最大接地圧 $R_d$ (N/mm <sup>2</sup> )	極限支持力度 $R_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $R_d / R_u$
S <sub>s</sub> -N1 (-+)	①	2.3	9.8	0.24

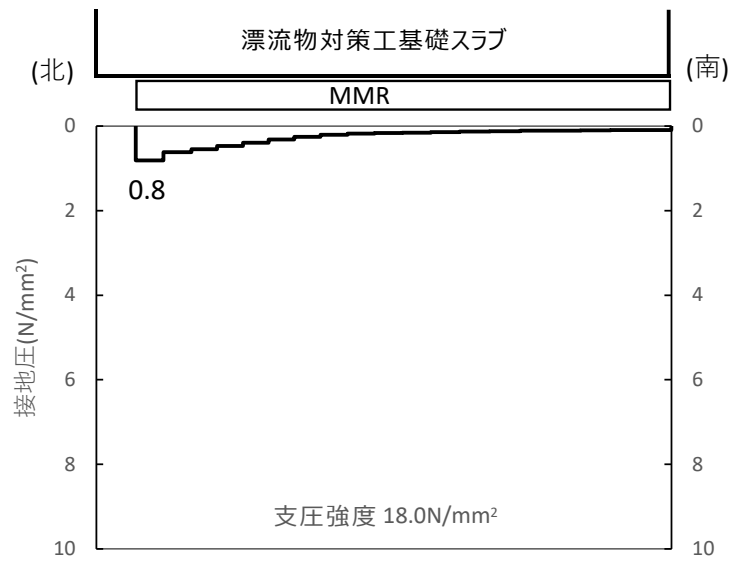


図 6-14(1) 基礎地盤の接地圧分布図 (MMR)  
 ( S s - F 2 ( + + ) )  
 解析ケース①：基本ケース

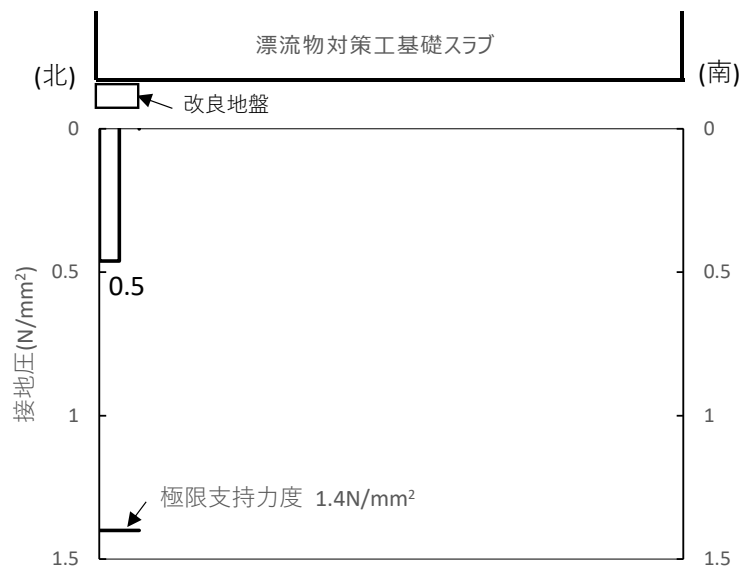


図 6-14(2) 基礎地盤の接地圧分布図 (改良地盤)  
 ( S s - D ( + - ) )  
 解析ケース①：基本ケース

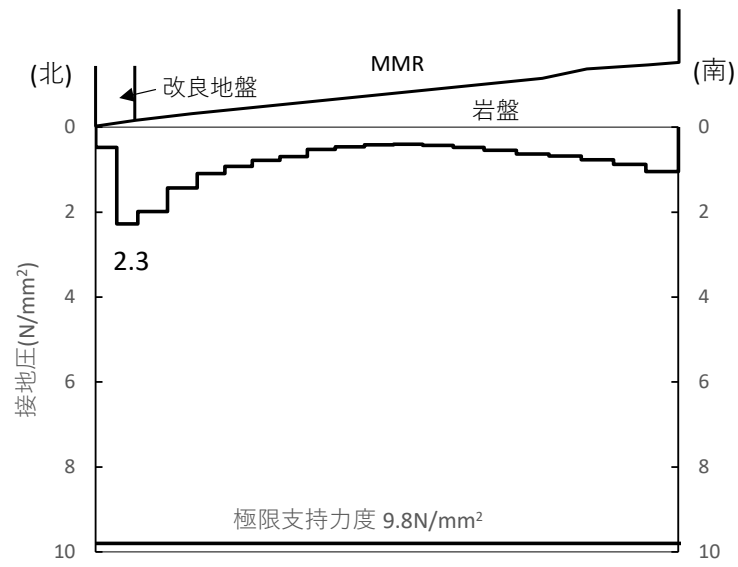


図 6-14(3) 基礎地盤の接地圧分布図 (岩盤)  
 ( S s - N 1 ( - + ) )  
 解析ケース①：基本ケース