

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	02-工-B-19-0125_改2
提出年月日	2021年10月13日

02-工-B-19-0125_改1 (2021年9月29日提出) から説明範囲のみ抜粋

VI-2-10-2-6 逆流防止設備の耐震性についての計算書

2021年10月

東北電力株式会社

目 次

VI-2-10-2-6-1 屋外排水路逆流防止設備の耐震性についての計算書

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



: 本日の提出範囲

VI-2-10-2-6-1 屋外排水路逆流防止設備の耐震性についての計算書

目 次

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

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

O 2 ③ VI-2-10-2-6-1 R 2 E



: 本日の提出範囲

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

目次

1.	概要	1
2.	一般事項	2
2.1	配置概要	2
2.2	構造計画	3
2.3	評価方針	4
2.4	適用基準	5
2.5	記号の説明	6
3.	評価部位	10
4.	固有周期	12
4.1	固有周期の計算方法	12
4.1.1	閉門時	12
4.1.2	開門時	13
4.2	固有周期の計算結果	14
5.	構造強度評価	15
5.1	構造強度評価方法	15
5.2	荷重及び荷重の組合せ	15
5.2.1	荷重の設定	15
5.2.2	荷重の組合せ	15
5.3	許容限界	16
5.4	設計用地震力	18
5.5	計算方法	22
5.6	計算条件	60
6.	評価結果	64
7.	出口側集水ピットの強度評価	67
7.1	出口側集水ピットの構造概要	67
7.2	評価方針	70
8.	地震応答解析	72
8.1	地震時荷重算出断面	72
8.2	解析方法	73
8.3	荷重及び荷重の組合せ	77
8.3.1	耐震評価上考慮する状態	77
8.3.2	荷重	77
8.3.3	荷重の組合せ	78
8.4	入力地震動	79
8.5	解析モデル及び諸元	94
8.6	地震応答解析結果	97

9.	三次元構造解析	114
9.1	評価対象部材	114
9.2	解析方法	114
9.3	解析モデル及び諸元	115
9.4	照査時刻及び入力荷重	117
9.5	三次元構造解析結果	121
10.	耐震評価	129
10.1	許容限界	129
10.1.1	構造部材の健全性に対する許容限界	129
10.2	評価方法	130
11.	評価結果	131
11.1	構造部材の健全性に対する評価結果	131



: 本日の提出範囲

2.4 適用基準

適用する規格，基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編（J E A G 4 6 0 1・補一
1984)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1－1987)
- (3) 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1－1991 追補版)
- (4) 日本工業規格 J I S G 4 0 5 3－2008 機械構造用合金鋼鋼材
- (5) 水門鉄管協会 平成 31 年 水門鉄管技術基準 水門扉編
- (6) 日本建築学会 2010 年 各種合成構造設計指針・同解説
- (7) 土木学会 2002 年 コンクリート標準示方書 [構造性能照査編]
- (8) 土木学会 1988 年 構造力学公式集
- (9) 日本道路協会 平成 14 年 3 月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・II 鋼橋編

2.5 記号の説明

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

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

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

表 2-3(1) 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）の応力評価に用いる記号（1/4）

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

表 2-3(2) 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）の応力評価に用いる記号（2/4）

記号	定義	単位
w_4	中央支柱に作用する荷重	N/mm
L_4	中央支柱固定高	mm
Z_4	中央支柱の断面係数	mm^3
$A w_4$	中央支柱のせん断抵抗断面積	mm^2
M_4	中央支柱両端に生じる曲げモーメント	$\text{N} \cdot \text{mm}$
F_1	アンカーボルト①が負担する引張荷重（ $= 3 F_3$ ）	N
F_2	アンカーボルト②が負担する引張荷重（ $= 2 F_3$ ）	N
F_3	アンカーボルト③が負担する引張荷重	N
S_4	中央支柱両端に生じるせん断力	N
P_4	アンカーボルト1本に作用する最大引張力	N
Q_4	アンカーボルト1本に作用するせん断力	N
n_4	アンカーボルトの本数	本
w_5	中央横桁に作用する荷重	N/mm
L_5	中央横桁の支間長	mm
Z_5	中央横桁の断面係数	mm^3
$A w_5$	中央横桁のせん断抵抗断面積	mm^2
L_6	ヒンジ（吊りピン）支間長	mm
B_6	ヒンジ（吊りピン）受圧幅	mm
P	ヒンジに作用する荷重	N
P_{H6}	ヒンジに作用する水平地震荷重	N
Z_6	ヒンジ（吊りピン）の断面係数	mm^3
A_6	ヒンジ（吊りピン）の断面積	mm^2
P_{p4}	せん断作用位置における単位円周方向幅当たりの水平慣性力	N/mm^2
A_s	単位円周方向幅当たりのエンドプレート面積	mm^2
l	せん断作用位置における周長	mm
P_7	ヒンジ（プレート）に作用する荷重	N
$A h_7$	ヒンジ（プレート）の最薄部の断面積	mm^2
P_{H7}	ヒンジ（プレート）に作用する水平地震荷重	N
L_7	吊りピン中心からヒンジ（プレート）下端までの距離	mm
Z_7	ヒンジ（プレート）の断面係数	mm^3
A_p	支圧抵抗断面積	mm^2
A_b	取付けボルトの断面積	mm^2
P_{w8}	ヒンジ1箇所当たりが負担する扉体の自重	N
P_{v8}	鉛直地震力	N
P_{H8}	水平地震力	N

表 2-3(3) 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）の応力評価に用いる記号（3/4）

記号	定義	単位
P_g	戸当りへ作用する荷重	N/mm^2
L_s	扉体幅	mm
L_c	戸当り支圧部の板厚	mm
q	戸当りへ作用する水平地震力	N/mm^2
L_x	戸当り横幅	mm
L_y	戸当り縦幅	mm
b_{w1}	上部戸当り支圧幅	mm
b_{w2}	側部戸当り支圧幅	mm
b_{w3}	下部戸当り支圧幅	mm
b_{w4}	中央支柱部の戸当り支圧幅	mm
S	戸当り幅	mm
P_{bh1}	防護梁に作用する水平荷重	N/mm
L_{b1}	防護梁のスパン長	mm
Z_{bh1}	防護梁の水平（強軸）方向の断面係数	mm^3
A_{wbh1}	防護梁の水平（強軸）方向のせん断抵抗断面積	mm^2
P_{bv1}	防護梁に作用する鉛直荷重	N/mm
Z_{bv1}	防護梁の鉛直（弱軸）方向の断面係数	mm^3
A_{wbv1}	防護梁の鉛直（弱軸）方向のせん断抵抗断面積	mm^2
P_{10}	エンドプレート下端の鉛直荷重	N
A_{10}	エンドプレート下端の断面積	mm^2

表 2-3(4) 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）の応力評価に用いる記号（4/4）

記号	定義	単位
P_{b2}	ブラケットに作用する水平力	N
ℓ_{b2}	側壁からエンドプレート中心までの長さ	mm
Z_{b2}	ブラケットの断面係数	mm ³
A_{wb2}	ブラケットのせん断抵抗断面積	mm ²
T	受け台に作用する引張力	N
a	ブラケット端部からつなぎ材ボルト中心までの長さ	mm
Z_c	受け台プレートの断面係数	mm ³
P_{b3}	つなぎ材プレートに作用する水平力	N
ℓ_{b3}	エンドプレートからボルト中心までの長さ	mm
Z_{b3}	つなぎ材プレートの断面係数	mm ³
A_{b3}	つなぎ材プレートの断面積	mm ²
B_p	有効プレート幅	mm
t_p	プレート厚さ	mm
P_d	つなぎ材ボルトに作用する引張力	N
A_d	つなぎ材ボルトの有効断面積	mm ²
P_{b4}	アンカーボルト 1 本の引張力	N
q_{b4}	アンカーボルト 1 本のせん断力	N
Z_{b4}	アンカーボルト群 1 列の断面係数	mm
n	アンカーボルト群 1 列の本数	本
F'	押さえ工（プレート）に作用する防護梁の地震慣性力	N
Z_{b5}	押さえ工（プレート）の断面係数	mm ³
A_{b5}	押さえ工（プレート）の断面積	mm ²
P_{b5}	押さえ工（ボルト）1本の引張力	N
q_{b5}	押さえ工（ボルト）1本のせん断力	N
ℓ_{b5}	押さえ工（ボルト）の鉛直方向のピッチ	mm
n_5	押さえ工（ボルト）の本数	本

3. 評価部位

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

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

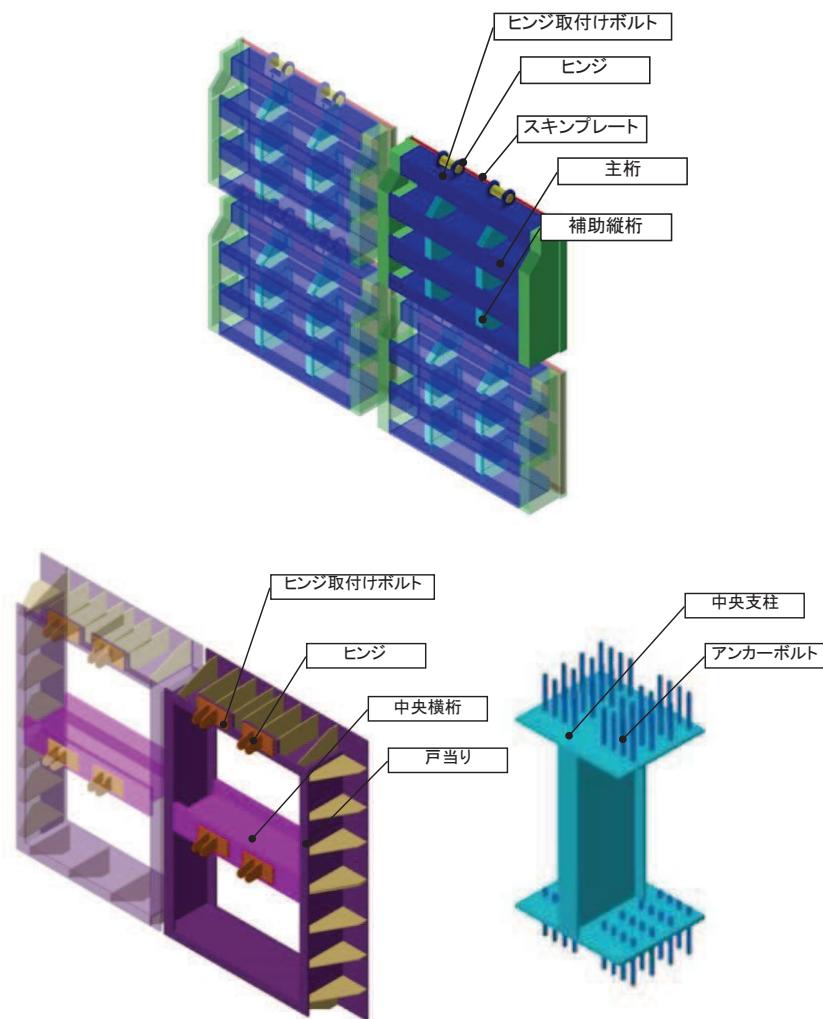


図 3-1(1) 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）の評価部位

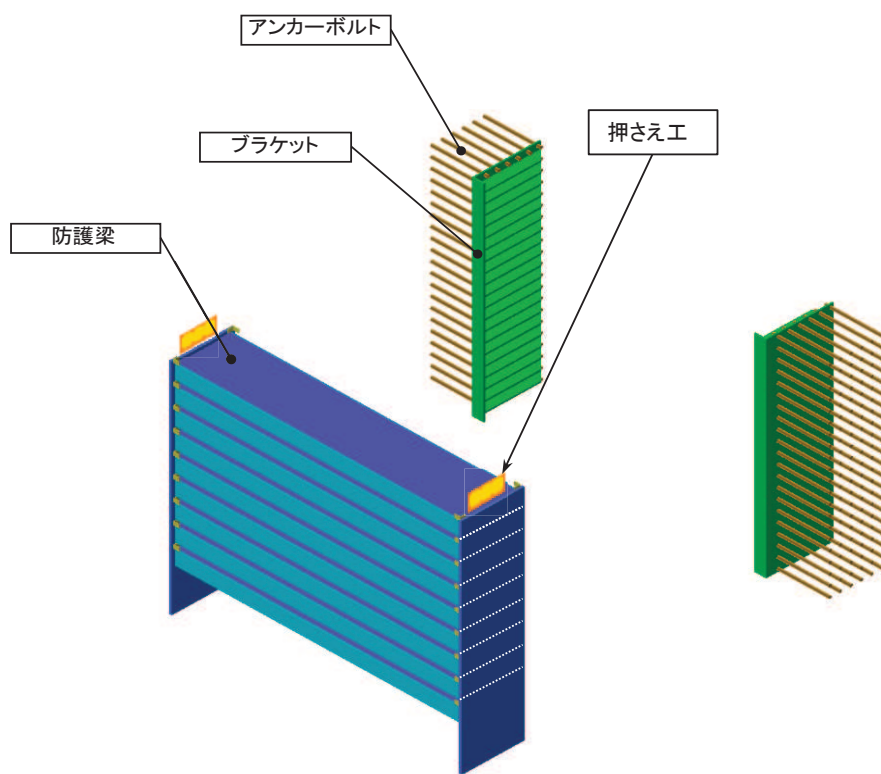


図 3-1(2) 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）の評価部位

5.3 許容限界

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

屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）の許容限界を表 5-2 に示す。

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

表 5-2(1) 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）の許容限界

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

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

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

表 5-2(2) 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）の許容限界

評価部位	材質	許容応力度 (N/mm ²)				短期許容応力度 (N/mm ²) *2			
		曲げ σ_{ab} *1	引張 σ_{at} *1	せん断 τ_a *1	支圧 σ_{as} *1	曲げ	引張	せん断	支圧
漂流物防護工 (防護梁)	SM570	255	—	145	—	382	—	217	—
漂流物防護工 (ブラケット)	SM570	255	—	145	—	382	—	217	—
漂流物防護工 (つなぎ材(M20))	強度区分 4.6	—	140	—	—	—	210	—	—
漂流物防護工 (つなぎ材プレート)	SM570	255	—	145	—	382	—	217	—
漂流物防護工 (押さえ工 (プレート))	SM570	255	—	145	—	382	—	217	—
出口側集水ピット 底版コンクリート	コンクリート	—	—	1.0	9.0	—	—	1.5	13.5

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

*2: 許容限界は、「日本道路協会 平成 14 年 3 月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・II 鋼橋編」に基づき、短期許容応力度とする。短期許容応力度は、鋼材の許容応力度に対して 1.5 倍の割増しを考慮する。

表 5-2(3) 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）の許容限界

評価部位	材質	許容限界 (kN) *	
		引張*	せん断*
中央支柱 (アンカーボルト)	SUS304	292	204
漂流物防護工 (アンカーボルト)	SD345	105	85
漂流物防護工 (押さえ工 (ボルト), M20)	SS400	22.4	36.9

注記 *: 許容引張力及び許容せん断力の許容値は、「日本建築学会 2010 年 各種合成構造設計指針同解説」に基づき算出する。

5.5 計算方法

各評価対象部位に加わる応力等の算出式を以下にまとめる。

(1) スキンプレート

スキンプレートは、主桁、補助縦桁及び側部縦桁に溶接することで支持される構造である。計算方法は、「水門鉄管協会 平成 31 年 水門鉄管技術基準 水門扉編」に基づき、等分布荷重が作用する四辺固定版としてモデル化し、発生する曲げモーメントより算定される応力が許容限界以下であることを確認する。

スキンプレートの構造図及びモデル図を図 5-4 に示す。

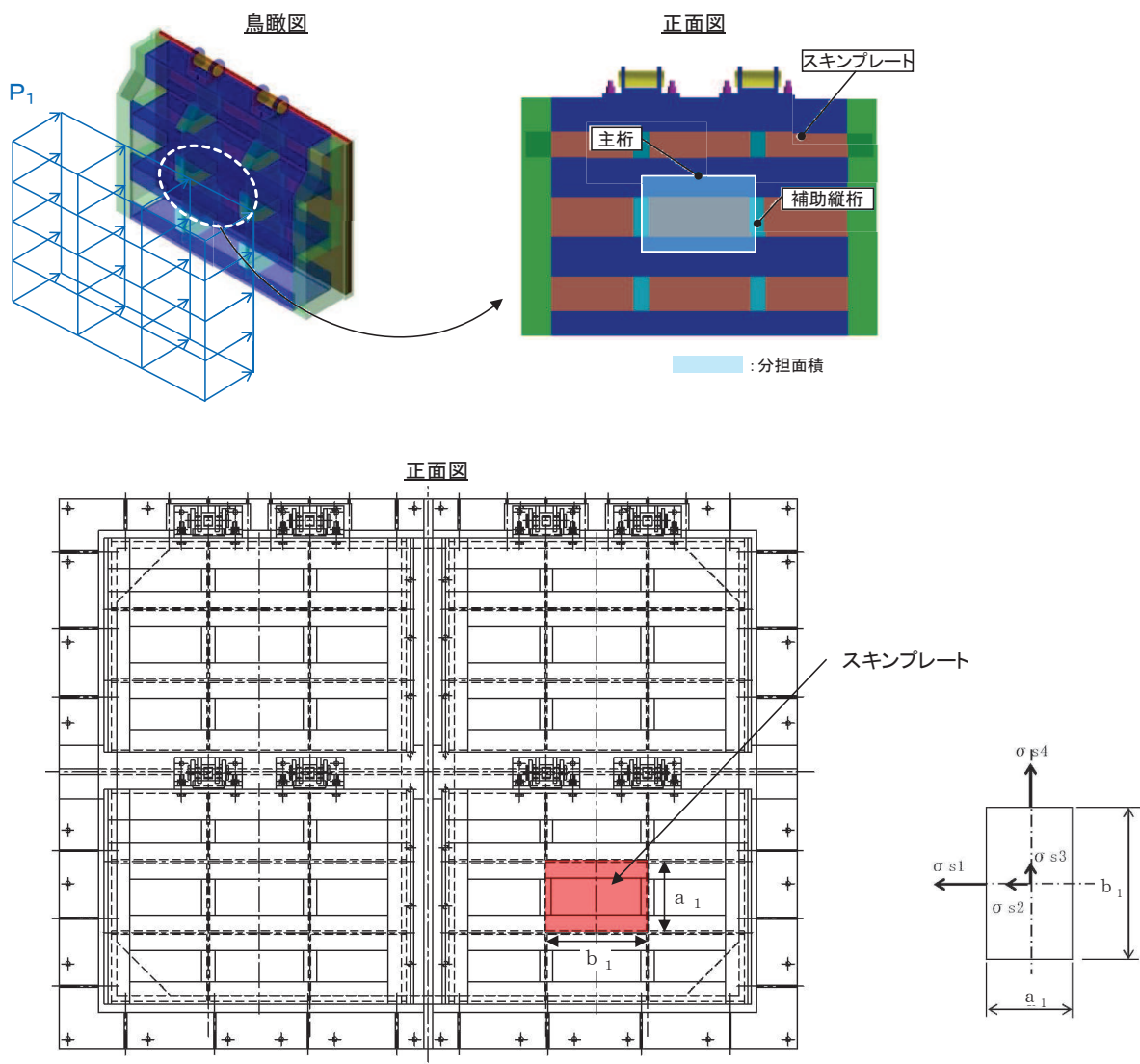


図 5-4 スキンプレートの構造図及びモデル図

また、スキンプレーートの応力算定式は以下のとおりである。

$$\sigma = \left(\frac{1}{100} \right) \cdot k \cdot a_1^2 \cdot \frac{P_1}{t_1^2}$$

ここで、

σ : 曲げ応力度 (N/mm²)

k : スキンプレーートの辺長比 (b_1/a_1) による係数

a_1 : スキンプレーートの短辺 (mm)

b_1 : スキンプレーートの長辺 (mm)

P_1 : スキンプレーートに加わる単位面積当たりの荷重 (N/mm²)

t_1 : スキンプレーートの板厚 (mm)

(2) 主桁

主桁は、戸当りと接触することによって支持される構造である。計算方法は、等分布荷重が作用する両端ピン支点の単純梁としてモデル化し、発生する曲げ応力度及びせん断応力度が許容限界以下であることを確認する。また、合成応力に対しても許容限界以下であることを確認する。

主桁の構造図及びモデル図を図 5-5 に示す。

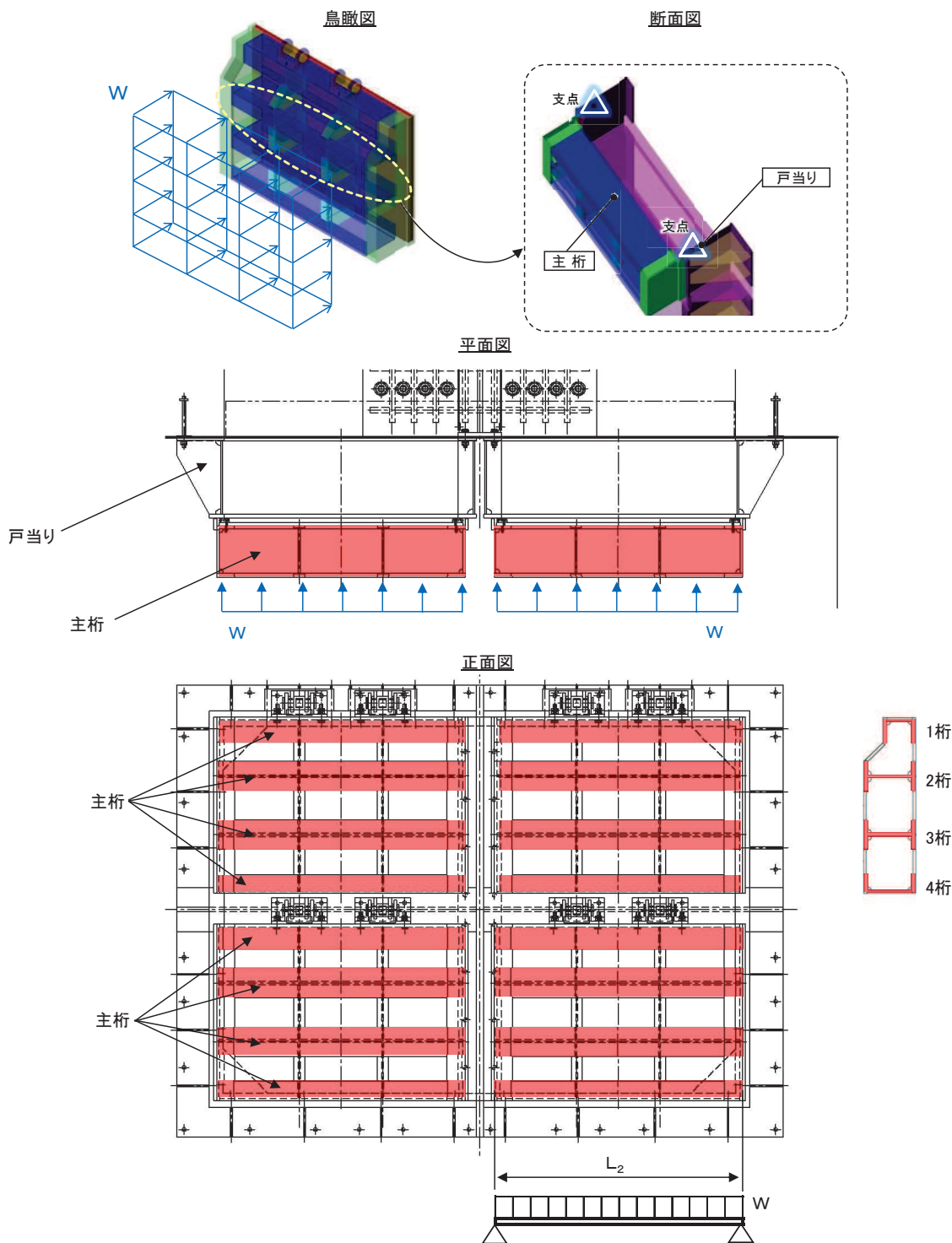


図 5-5 主桁の構造及びモデル図

また、主桁の応力算定式は以下のとおりである。

$$M_{\text{max}} = \frac{W \cdot L_2^2}{8}$$

$$S_{\text{max}} = \frac{W \cdot L_2}{2}$$

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

$$\tau = \frac{S_{\text{max}}}{A w_2}$$

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

ここで、

W : 各主桁に作用する等分布荷重 (N/mm)

L₂ : 主桁支間長 (mm)

Z₂ : 各主桁の断面係数 (mm³)

A w₂ : 各主桁のせん断抵抗断面積 (mm²)

M_{max} : 最大曲げモーメント (N・mm)

S_{max} : 最大せん断力 (N)

σ : 曲げ応力度 (N/mm²)

τ : せん断応力度 (N/mm²)

σ_g : 合成応力度 (N/mm²)

(3) 補助縦桁

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

補助縦桁の構造及びモデル図を図 5-6 に示す。

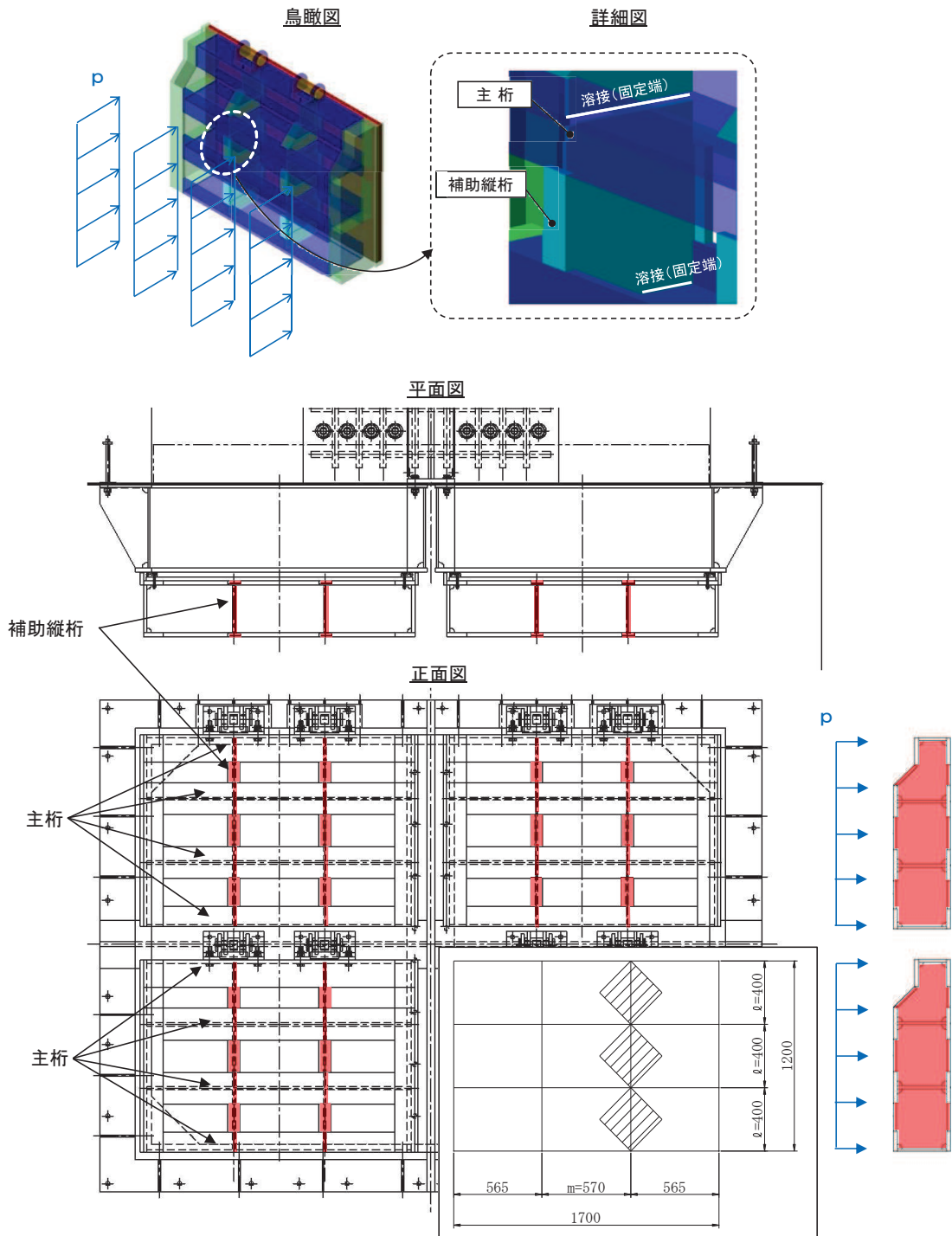


図 5-6 補助縦桁の構造図及びモデル図

また、補助縦桁の応力算定式は以下のとおりである。

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

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

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

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

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

ここで、

p : 補助縦桁に作用する各区画の平均荷重 (N/mm²)

ℓ : 補助縦桁の主桁間隔 (mm)

Z_3 : 補助縦桁の断面係数 (mm³)

A_{w3} : 補助縦桁のせん断抵抗断面積 (mm²)

M_{max} : 最大曲げモーメント (N・mm)

S_{max} : 最大せん断力 (N)

σ : 曲げ応力度 (N/mm²)

τ : せん断応力度 (N/mm²)

σ_g : 合成応力度 (N/mm²)

(4) 中央支柱

中央支柱は、アンカーボルトを打ち込んだコンクリートに支持される構造である。計算方法は、等分布荷重が作用する両端固定梁でモデル化し、曲げモーメント及びせん断力より算定されるせん断応力が許容限界以下であることを確認する。また、合成応力に対しても許容限界以下であることを確認する。

なお、中央支柱は剛性が高く、たわみによる止水性への影響は小さいと考えられることから、たわみの評価は省略する。

中央支柱の構造図及びモデル図を図 5-7 に示す。

【中央支柱】

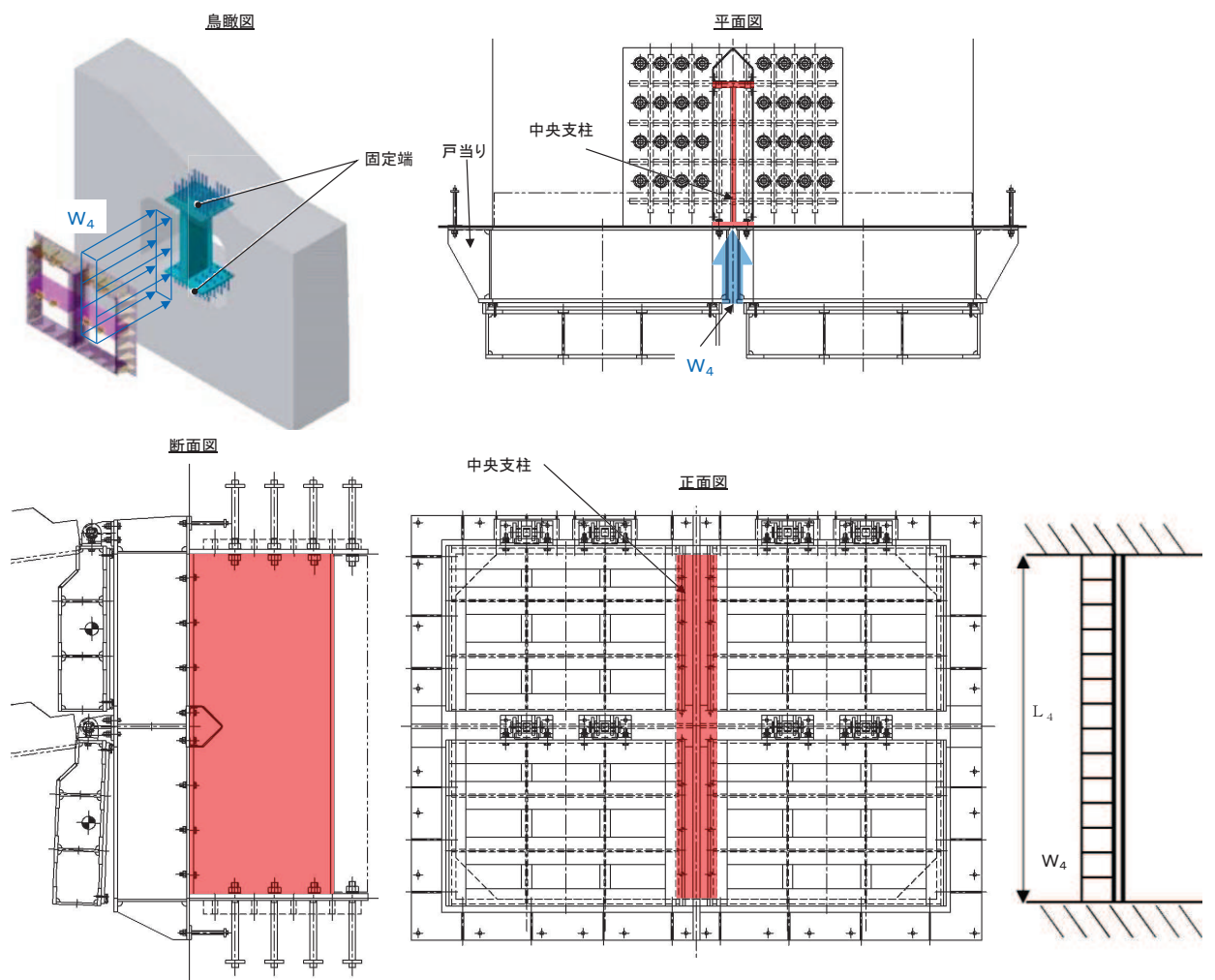


図5-7(1) 中央支柱の構造図及びモデル図

中央支柱の応力算定式は以下のとおりである。

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

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

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

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

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

ここで、

- w_4 : 中央支柱に作用する荷重 (N/mm)
- L_4 : 中央支柱固定高 (mm)
- Z_4 : 中央支柱の断面係数 (mm³)
- $A w_4$: 中央支柱のせん断抵抗断面積 (mm²)
- M_{max} : 最大曲げモーメント (N・mm)
- S_{max} : 最大せん断力 (N)
- σ : 曲げ応力度 (N/mm²)
- τ : せん断応力度 (N/mm²)
- σ_g : 合成応力度

【中央支柱（アンカーボルト）】

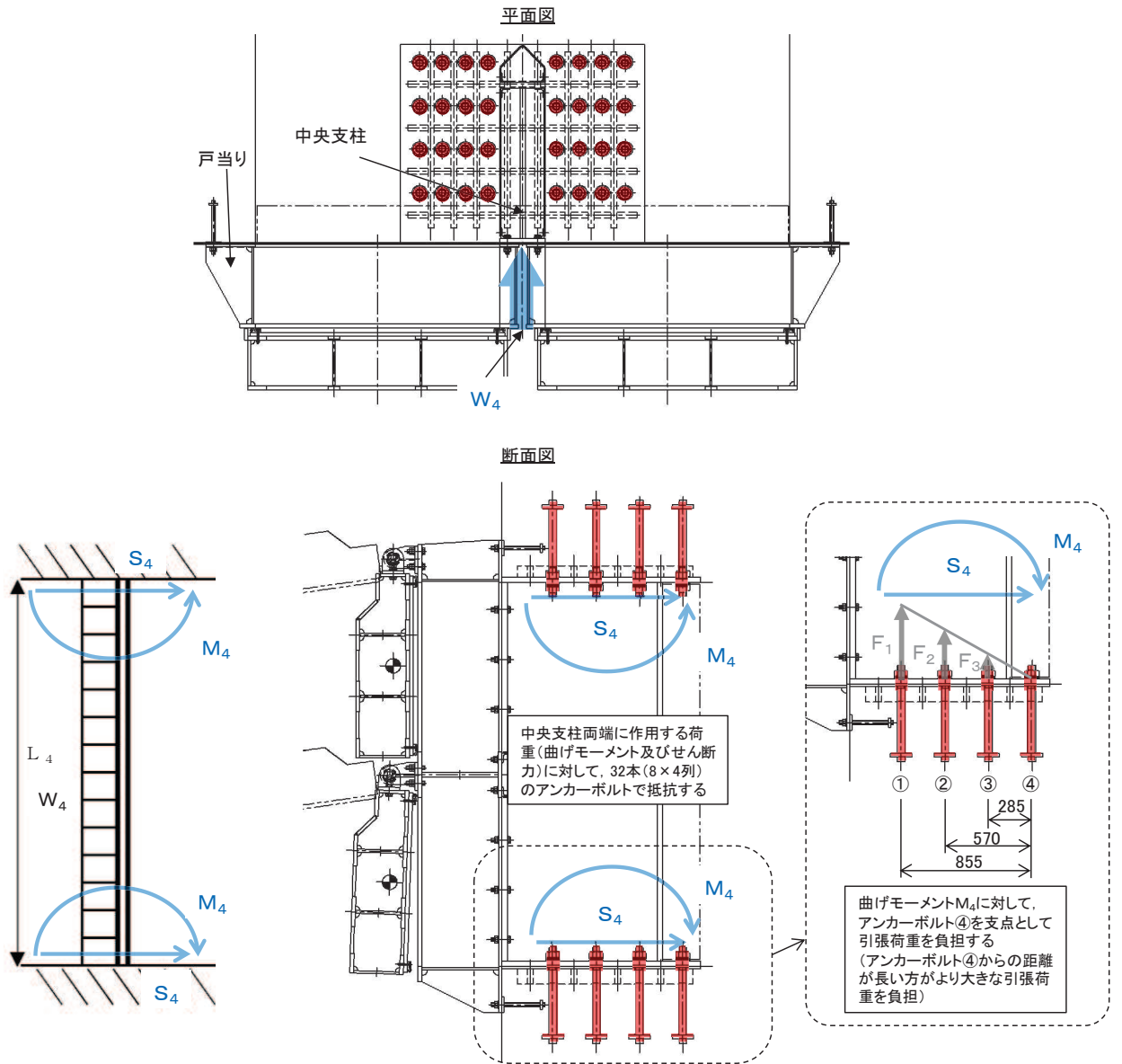


図5-7(2) 中央支柱（アンカーボルト）の構造図及びモデル図

中央支柱（アンカーボルト）の応力算定式は以下のとおりである。

$$M_4 = M_{\max} = \frac{w_4 \cdot L_4^2}{12} = (F_1 \cdot 855 + F_2 \cdot 570 + F_3 \cdot 285) \cdot 8$$

$$S_4 = S_{\max} = \frac{w_4 \cdot L_4}{2}$$

$$P_4 = F_1$$

$$Q_4 = \frac{S_{\max}}{n_4}$$

ここで、

- M_4 : 中央支柱両端に生じる曲げモーメント (N・mm)
- L_4 : 中央支柱固定高 (mm)
- M_{\max} : 最大曲げモーメント (N・mm)
- S_{\max} : 最大せん断力 (N)
- F_1 : アンカーボルト①が負担する引張荷重 (= $3 F_3$) (N)
- F_2 : アンカーボルト②が負担する引張荷重 (= $2 F_3$) (N)
- F_3 : アンカーボルト③が負担する引張荷重 (N)
- S_4 : 中央支柱両端に生じるせん断力 (N)
- P_4 : アンカーボルト1本に作用する最大引張力 (N)
- Q_4 : アンカーボルト1本に作用するせん断力 (N)
- n_4 : アンカーボルトの本数(本)

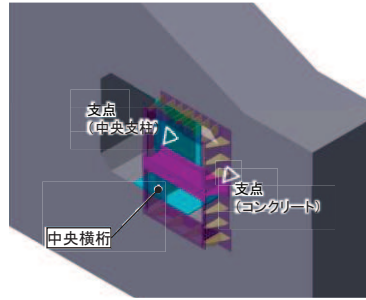
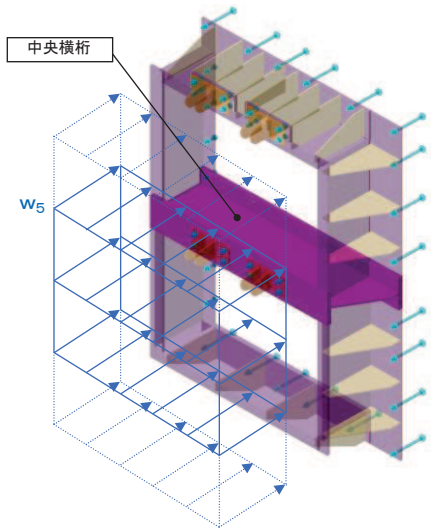
(5) 中央横桁

中央横桁は、コンクリートおよび中間支柱と接触することによって支持される構造である。計算方法は、等分布荷重（地震荷重）が作用する単純支持梁としてモデル化し、発生する曲げ応力度及びせん断応力度が許容限界以下であることを確認する。また、合成応力に対しても許容限界以下であることを確認する。

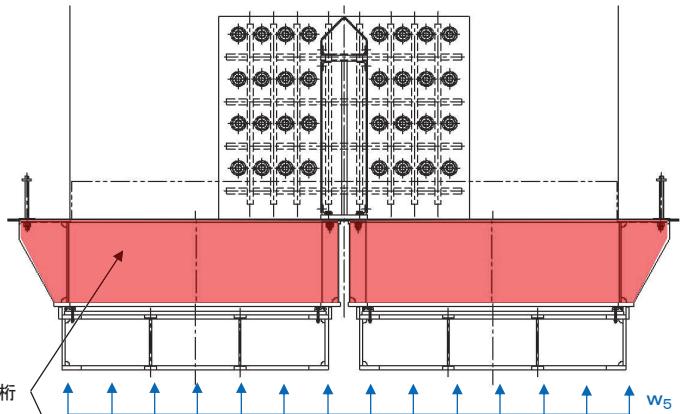
なお、中央横桁は剛性が高く、たわみによる止水性への影響は小さいと考えられることから、たわみの評価は省略する。

中央横桁の構造図及びモデル図を図 5-8 に示す。

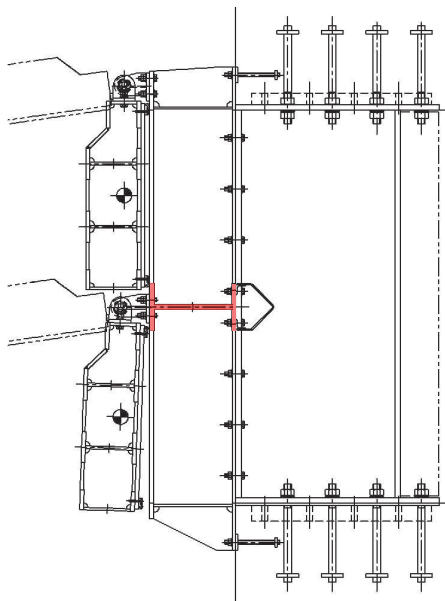
鳥瞰図



平面図



断面図



正面図

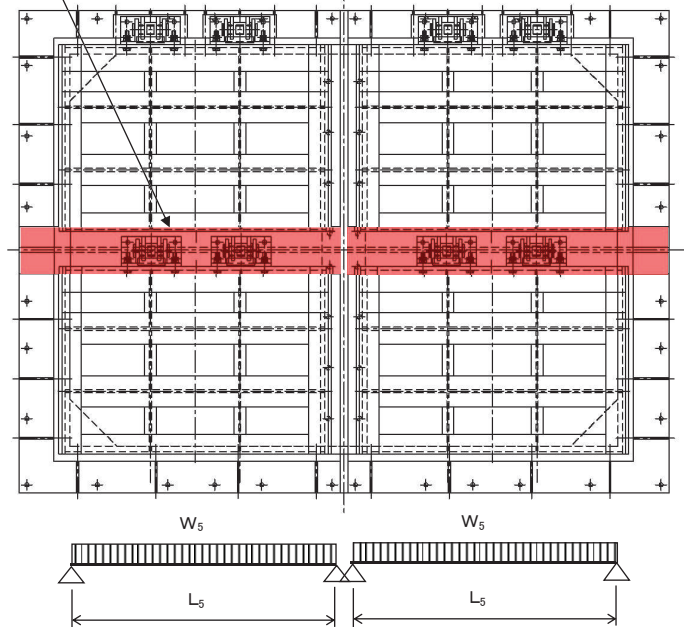


図 5-8 中央横桁の構造図及びモデル図

また、中央横桁の応力算定式は以下のとおりである。

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

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

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

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

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

ここで、

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

(6) ヒンジ (吊りピン)

ヒンジ (吊りピン) は、ヒンジ (プレート) と接触することによって、支持される構造である。計算方法は、等分布荷重 (扉体の自重および慣性力) が作用する単純梁としてモデル化し、ヒンジ (吊りピン) に発生する曲げ応力度及びせん断応力度が許容限界以下であることを確認する。また、合成応力に対しても許容限界以下であることを確認する。

加えて、ヒンジ (吊りピン) 両端のエンドプレートが水路横断方向の加振時にヒンジプレートと接触する構造であることから、エンドプレートに発生するせん断応力度が許容限界以下であることを確認する。

ヒンジ (吊りピン) の構造図及びモデル図を図 5-9 に示す。

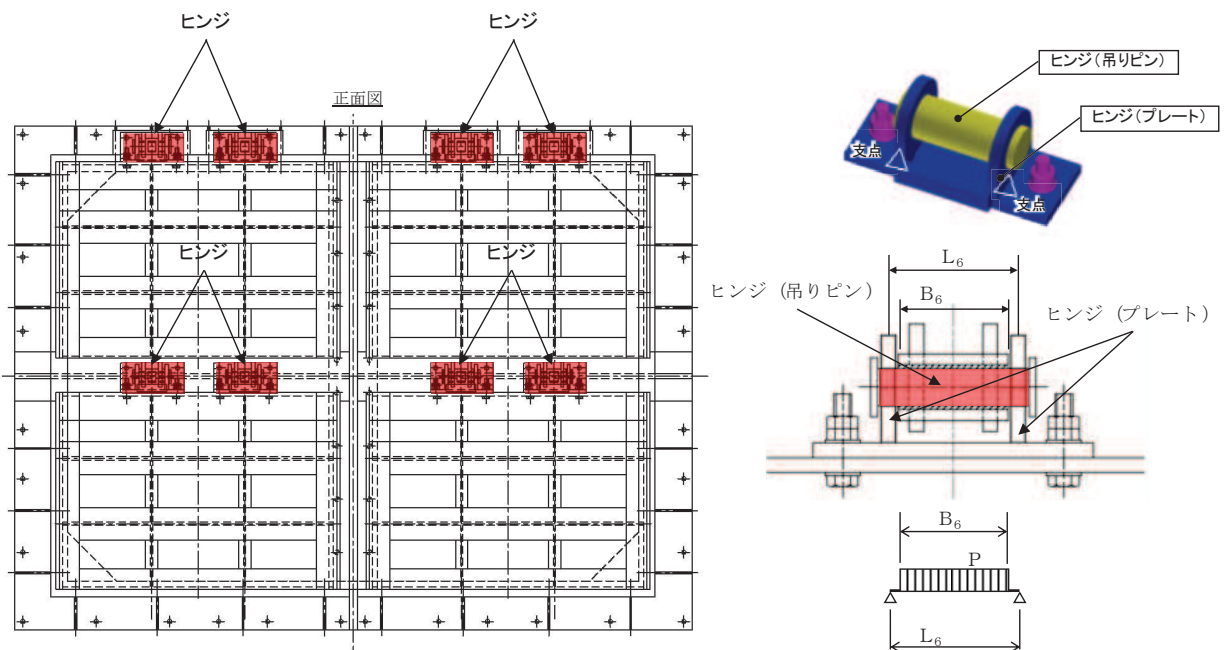


図 5-9(1) ヒンジ (吊りピン) の構造図及びモデル図 (水路縦断方向)

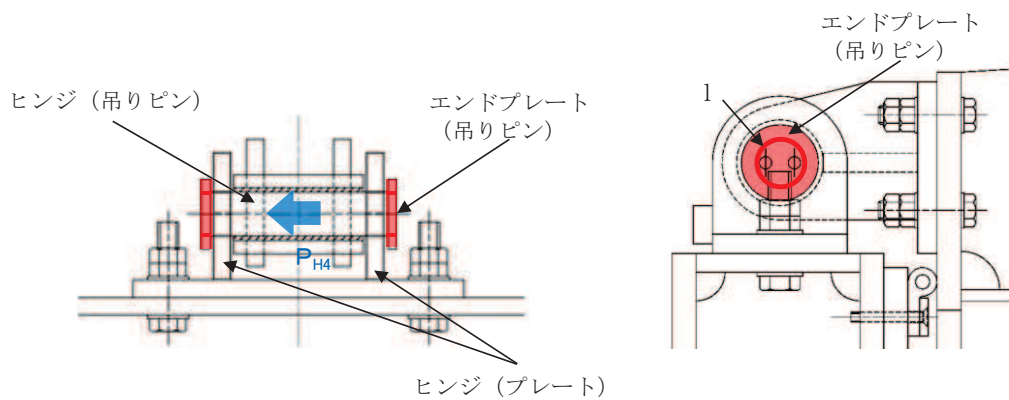


図 5-9(2) ヒンジ (吊りピン) の構造図及びモデル図 (水路横断方向)

また、ヒンジ（吊りピン）の応力算定式は以下のとおりである。

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

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

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

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

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

エンドプレート（吊りピン）のせん断応力について、以下の式にて計算を行う。

$$\tau = P_{p4} / A_s$$

$$P_{p4} = P_{H6} / l$$

ここで、

L_6 : ヒンジ（吊りピン）支間長（mm）

B_6 : ヒンジ（吊りピン）受圧幅（mm）

P : ヒンジに作用する荷重（N）

P_{H6} : ヒンジに作用する水平地震荷重（N）

Z_6 : ヒンジ（吊りピン）の断面係数（mm³）

A_6 : ヒンジ（吊りピン）の断面積（mm²）

M_{max} : 最大曲げモーメント（N・mm）

S_{max} : せん断力（N）

σ : 曲げ応力度（N/mm²）

τ : せん断応力度（N/mm²）

σ_g : 合成応力度（N/mm²）

P_{p4} : せん断力作用位置における単位円周方向幅
当たりの水平慣性力（N/mm）

A_s : 単位円周方向幅当たりのエンドプレート面積（mm）

l : せん断作用位置における周長（mm）

(7) ヒンジ (プレート)

ヒンジ (プレート) は、ヒンジ (吊りピン) に作用する荷重を支持する構造である。計算方法は、「(6) ヒンジ (吊りピン)」の単純梁検討における支点反力に対し、ヒンジ (プレート) が必要せん断耐力を有していることを確認する。ここで、ヒンジ (プレート) の照査断面はヒンジ (プレート) の最薄部とし、支点反力により発生するせん断応力度が許容限界以下であることを確認する。

また、吊ピンのエンドプレートを通じて伝達される水平地震荷重により生じる支圧応力度、ならびにヒンジ (プレート) 下端の曲げ応力度が許容限界以下であることを確認する。

ヒンジ (プレート) の構造図を図 5-10 に示す。

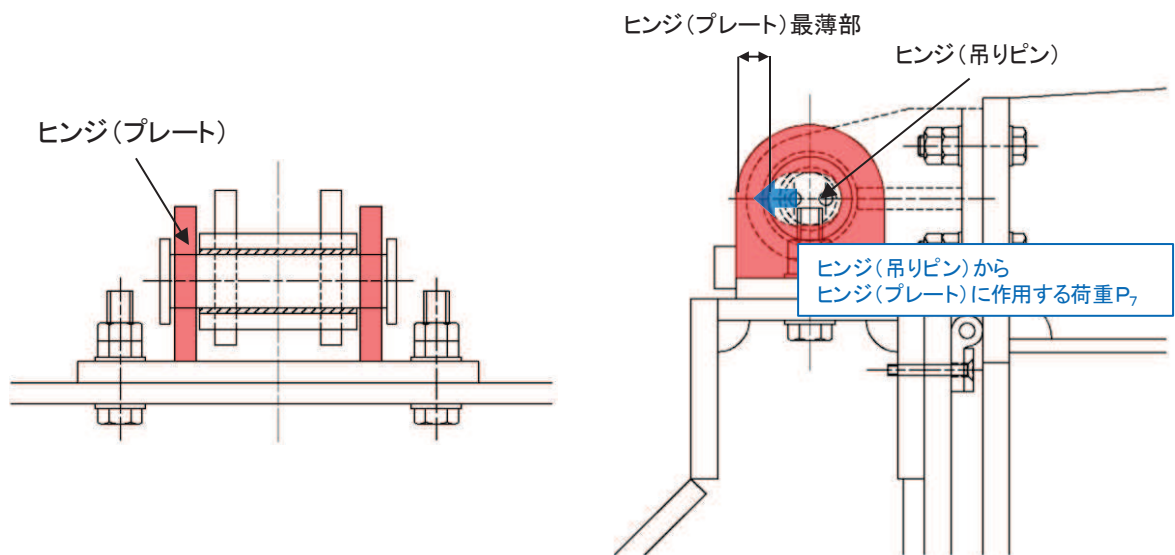


図5-10(1) ヒンジ (プレート) の構造図 (水路縦断方向)

また、ヒンジ (プレート) の応力算定式は以下のとおりである。

$$\tau = \frac{P_7}{A h_7}$$

ここで、

- P_7 : ヒンジ (プレート) に作用する荷重 (N)
- $A h_7$: ヒンジ (プレート) の最薄部の断面積 (mm^2)
- τ : せん断応力度 (N/mm^2)

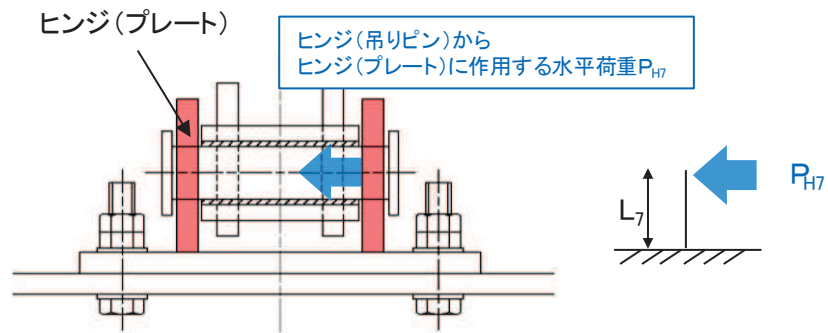


図5-10(2) ヒンジ (プレート) の構造図 (水路横断方向)

また、ヒンジ (プレート) の応力算定式は以下のとおりである。

$$M_{\max} = P_{H7} \cdot L_7$$

$$\sigma_b = \frac{M_{\max}}{Z_7}$$

$$\sigma_p = \frac{P_{H7}}{A_p}$$

ここで、

A_{h7} : ヒンジ (プレート) の最薄部の断面積 (mm^2)

τ : せん断応力度 (N/mm^2)

P_{H7} : ヒンジ (プレート) に作用する水平地震荷重 (N)

L_7 : 吊ピン中心からヒンジ (プレート) 下端までの距離 (mm)

M_{\max} : 最大曲げモーメント ($\text{N} \cdot \text{mm}$)

Z_7 : ヒンジ (プレート) の断面係数 (mm^3)

A_p : 支圧抵抗面積 (mm^2)

(8) ヒンジ取付けボルト

ヒンジ取付けボルトは、ヒンジ部に作用する扉体の自重および慣性力を負担する構造である。計算方法は、扉体自重および慣性力より算出されるヒンジ取付けボルトに発生する引張応力度及びせん断応力度が許容限界以下であることを確認する。また、合成応力度に対しても許容限界以下であることを確認する。

ヒンジ取付けボルトの構造図を図5-11に、応力算定式を図5-12に示す。

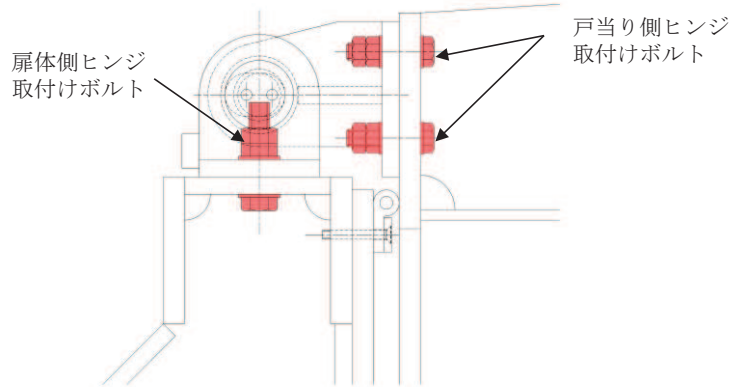
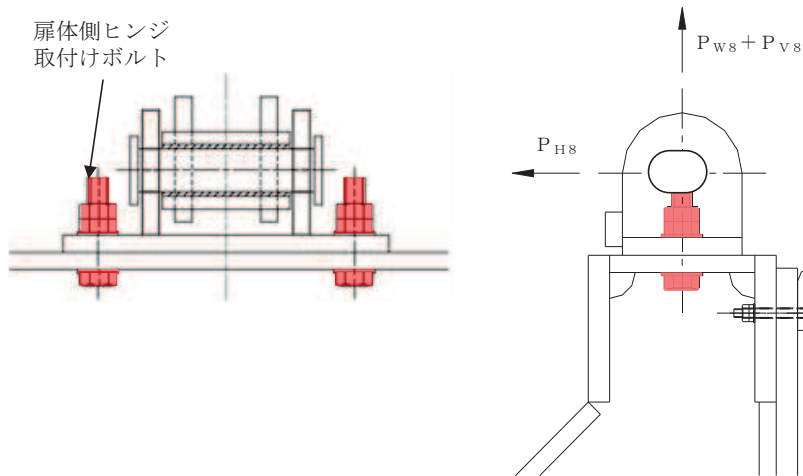


図 5-11 ヒンジ取付けボルトの構造図

【扉体側】



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

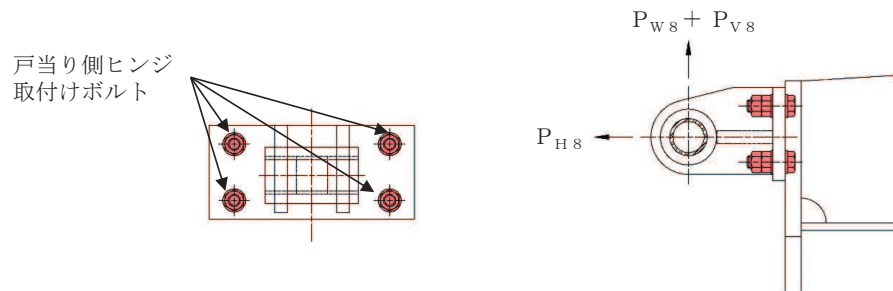
$$\tau = \frac{P_{H8}}{A b \cdot 2}$$

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

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

図 5-12(1) ヒンジ取付けボルト (扉体側) の応力算定式

【戸当り側】



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

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

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

$A b$: 取付けボルトの断面積 (mm²)

P_{W8} : ヒンジ1箇所あたりが負担する扉体の自重 (N)

P_{V8} : 鉛直地震力 (N)

P_{H8} : 水平地震力 (N)

σ : 引張応力度 (N/mm²)

τ : せん断応力度 (N/mm²)

σ_g : 合成応力度 (N/mm²)

図 5-12(2) ヒンジ取付けボルト (戸当り側) の応力算定式

(9) 戸当り

戸当りは、アンカーボルトを打ち込んだコンクリート及び中央支柱と接触することによって支持される構造である。計算方法は、等分布荷重（地震荷重）を受ける支圧材として、発生する支圧応力度が許容限界以下であることを確認する。

戸当りの構造図を図 5-13 に示す。

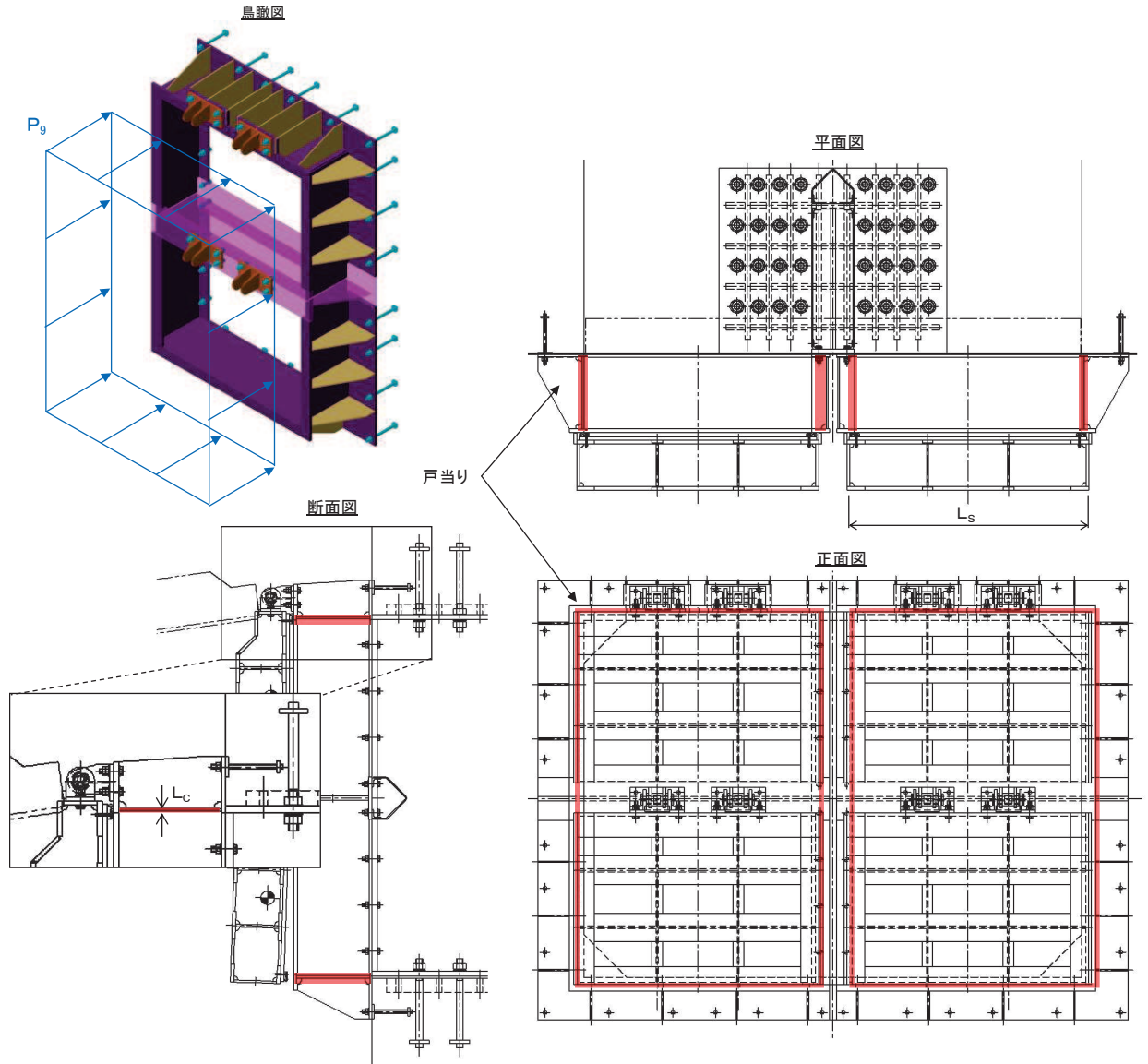


図 5-13 戸当りの構造図

また、戸当りの応力算定式は以下のとおりである。

$$\sigma_{bk} = \frac{P_g \cdot L_s}{2 \cdot L_c}$$

ここで、

P_g : 戸当りへ作用する荷重 (N/mm²)

L_s : 扉体幅 (mm)

L_c : 戸当り支圧部の板厚 (mm)

σ_{bk} : 支圧応力度 (N/mm²)

(10) 戸当り部コンクリート

戸当り部コンクリートは、戸当りから伝達されてきた荷重を支持する構造である。計算方法は、戸当りから伝達されてきた荷重を戸当りとコンクリートの接触面で受圧した際に、コンクリートに発生する支圧応力度及びせん断応力度が許容限界以下であることを確認する。

戸当り部コンクリートの構造図を図 5-14 に示す。

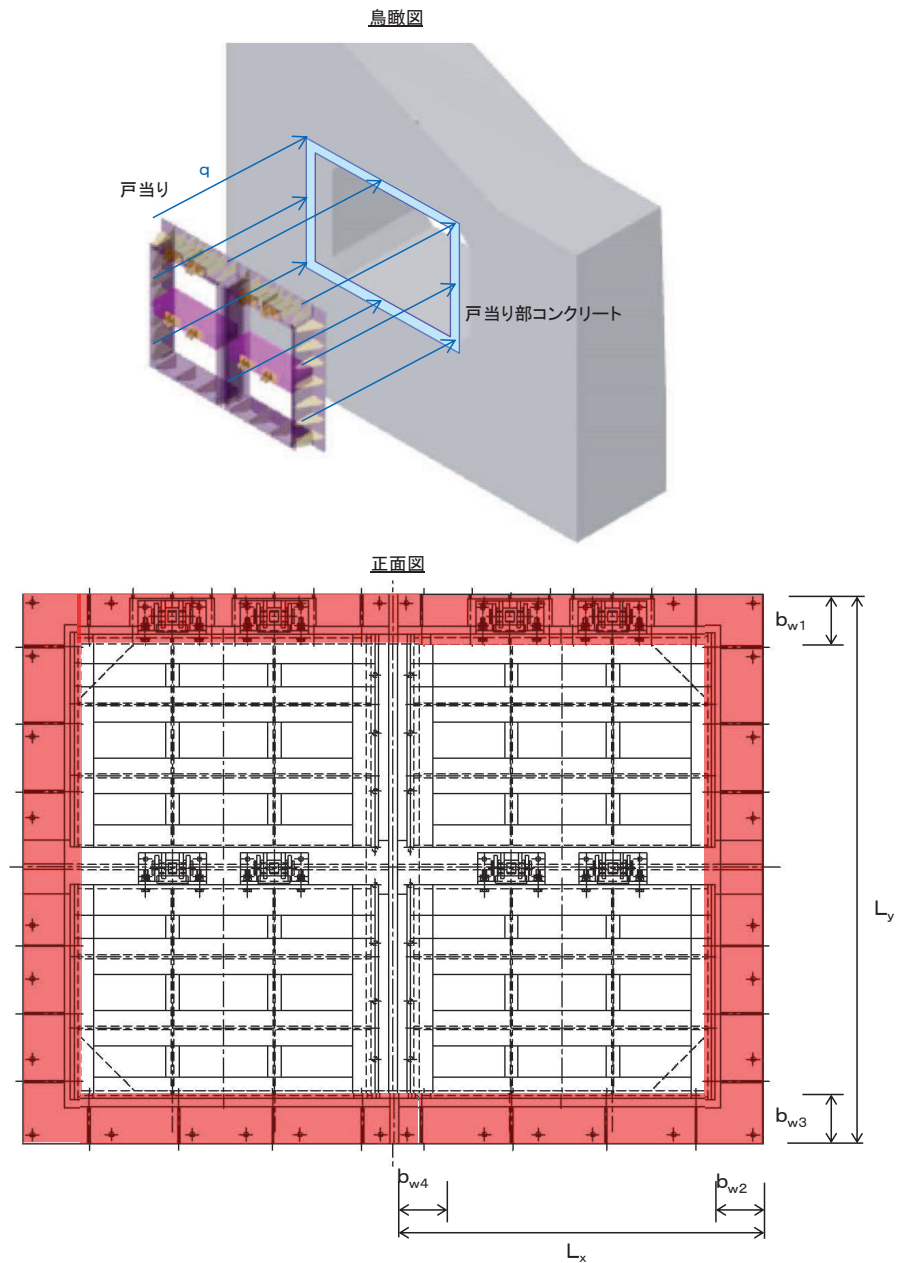


図 5-14 戸当り部コンクリートの構造図

また、戸当り部コンクリートの応力算定式は以下のとおりである。

$$\sigma_{bk} = \frac{q \cdot (L_x \cdot L_y)}{L_x (b_{w1} + b_{w3}) + (L_y - b_{w1} - b_{w3})(b_{w2} + b_{w4})}$$
$$\tau = \frac{\sigma_{bk} \cdot b_{w1}}{2 \cdot S}$$

ここで、

- q : 戸当りへ作用する水平地震力 (N/mm²)
- L_x : 戸当り横幅 (mm)
- L_y : 戸当り縦幅 (mm)
- b_{w1} : 上部戸当り支圧幅 (mm)
- b_{w2} : 側部戸当り支圧幅 (mm)
- b_{w3} : 下部戸当り支圧幅 (mm)
- b_{w4} : 中央支柱部の戸当り支圧幅 (mm)
- S : 戸当り幅 (mm) (上部及び下部戸当りの最小支圧幅)
- σ_{bk} : 支圧応力度 (N/mm²)
- τ : せん断応力度 (N/mm²)

(11) 漂流物防護工（防護梁）

防護梁は、両端のエンドプレートとブラケットが接触することによって支持される構成である。計算方法は、単純梁としてモデル化する。なお、評価においては防護梁の上下に設置するスキンプレートは考慮せず、防護梁本体の腐食代を 1mm 考慮する。

照査は、曲げ応力度、せん断応力度について行うとともに、曲げとせん断が同時に作用する場合は合成応力度の照査を行う。加えて、防護梁には水平方向及び鉛直方向の荷重が同時に作用することから、「日本道路協会 平成 14 年 3 月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・II 鋼橋編」二軸応力状態の照査について行う。

また、エンドプレート最下端が出口側集水ピット底版に接しているため、エンドプレートが接する出口側集水ピット底版コンクリートの支圧応力度についても照査を行う。

なお、防護梁と出口側集水ピット側壁には隙間があり、出口側集水ピットの南北方向の変形に対しても防護梁の軸方向圧縮力が作用しない構造であることから、座屈を考慮しない。

防護梁の構造及びモデル図を図 5-15 に示す。

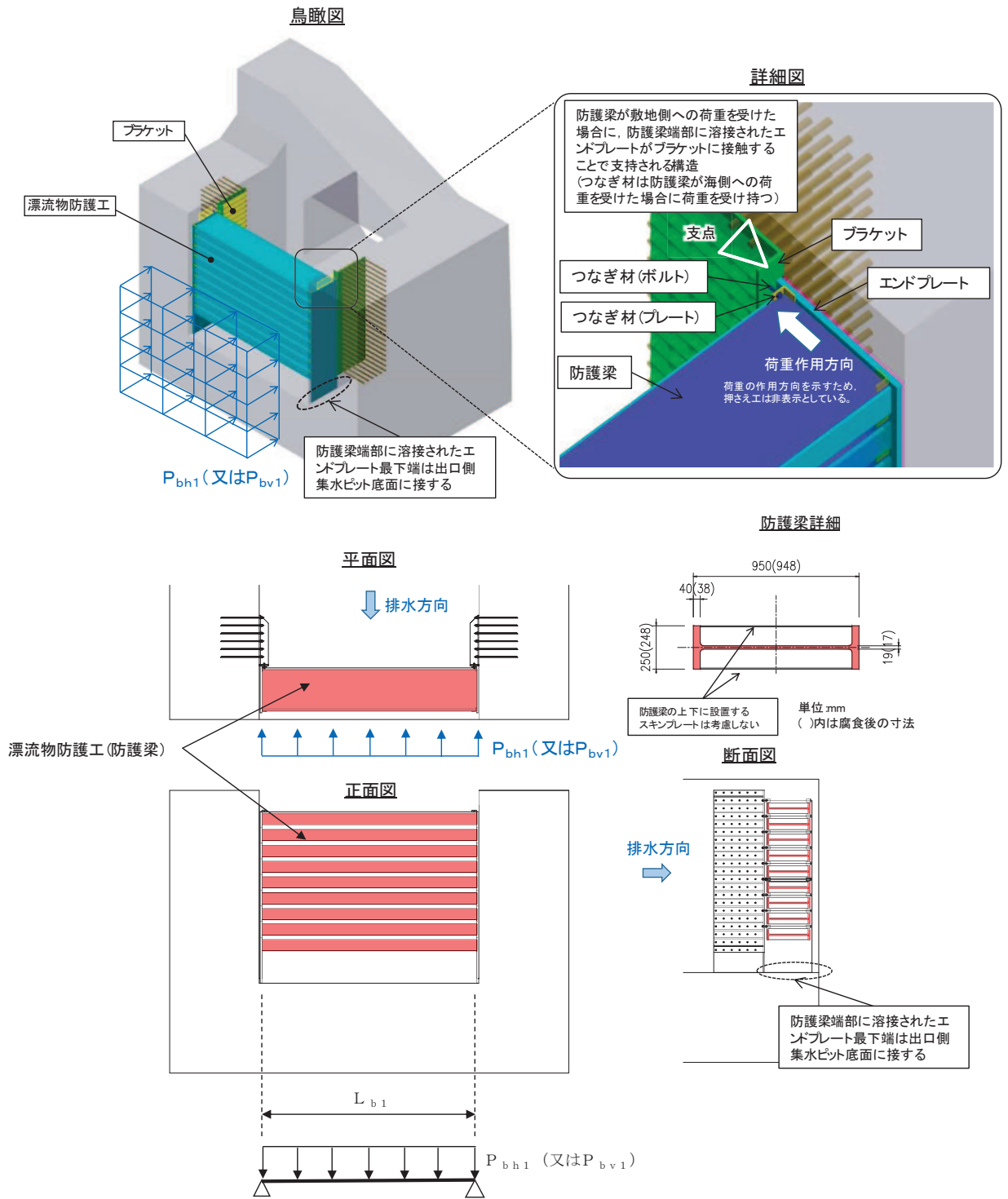


図 5-15 防護梁の構造及びモデル図

また、防護梁及び出口側集水ピット底板コンクリートの応力算定式は以下のとおり。

【水平方向】

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

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

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

$$\tau_x = \frac{S_{max}}{A_{wbh1}}$$

$$\left(\frac{\sigma_x}{\sigma_a}\right)^2 + \left(\frac{\tau_x}{\tau_a}\right)^2 \leq 1.2$$

P_{bh1} : 防護梁に作用する水平荷重 (N/mm)

L_{b1} : 防護梁のスパン長 (mm)

Z_{bh1} : 防護梁の水平 (強軸) 方向の断面係数 (mm³)

A_{wbh1} : 防護梁の水平 (強軸) 方向のせん断抵抗断面積 (mm²)

M_{max} : 最大曲げモーメント (N・mm)

S_{max} : 最大せん断力 (N)

σ_x : 曲げ応力度 (N/mm²)

τ_x : せん断応力度 (N/mm²)

(合成応力度)

【鉛直方向】

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

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

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

$$\tau_y = \frac{S_{max}}{A_{wbv1}}$$

$$\left(\frac{\sigma_y}{\sigma_a}\right)^2 + \left(\frac{\tau_y}{\tau_a}\right)^2 \leq 1.2$$

P_{bv1} : 防護梁に作用する鉛直荷重 (N/mm)

L_{b1} : 防護梁のスパン長 (mm)

Z_{bv1} : 防護梁の鉛直 (弱軸) 方向の断面係数 (mm³)

A_{wbv1} : 防護梁の鉛直 (弱軸) 方向のせん断抵抗断面積 (mm²)

M_{max} : 最大曲げモーメント (N・mm)

S_{max} : 最大せん断力 (N)

σ_y : 曲げ応力度 (N/mm²)

τ_y : せん断応力度 (N/mm²)

(合成応力度)

【二軸応力状態の照査】

$$\left(\frac{\sigma_x}{\sigma_a}\right)^2 - \left(\frac{\sigma_x}{\sigma_a}\right)\left(\frac{\sigma_y}{\sigma_a}\right) + \left(\frac{\sigma_y}{\sigma_a}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{\tau_a}\right)^2 \leq 1.2$$

$$\tau = \sqrt{\tau_x^2 + \tau_y^2}$$

ここに,

τ : 照査箇所が生じるせん断応力度 (N/mm²)

【出口側集水ピット底版コンクリート】

$$\sigma_{bk} = \frac{P_{10}}{A_{10}}$$

ここで,

σ_{bk} : エンドプレート下端コンクリートに作用する支圧応力度 (N/mm²)

P_{10} : エンドプレート下端の鉛直荷重 (N)

A_{10} : エンドプレート下端の断面積 (mm²)

(12) 漂流物防護工（ブラケット）

ブラケットは、**出口側集水ピットの側壁**に埋め込まれたアンカーボルトを固定端として支持される構造である。計算方法は、防護梁と一体化したエンドプレートを通じて伝達される荷重が作用する**出口側集水ピットの側壁**（北壁及び南壁）にアンカーボルトで固定された片持ち梁としてモデル化する。地震時においては、山側への荷重に対しては防護梁のエンドプレートを通じて荷重が作用し、海側への荷重に対してはエンドプレートに溶接されたつなぎ材を通じて荷重が作用する。これらの荷重は同値であるため、アーム長が大きくなり、照査値が厳しくなると想定される海側への荷重を考慮する。

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

ブラケットの構造及びモデル図を図 5-16 に示す。

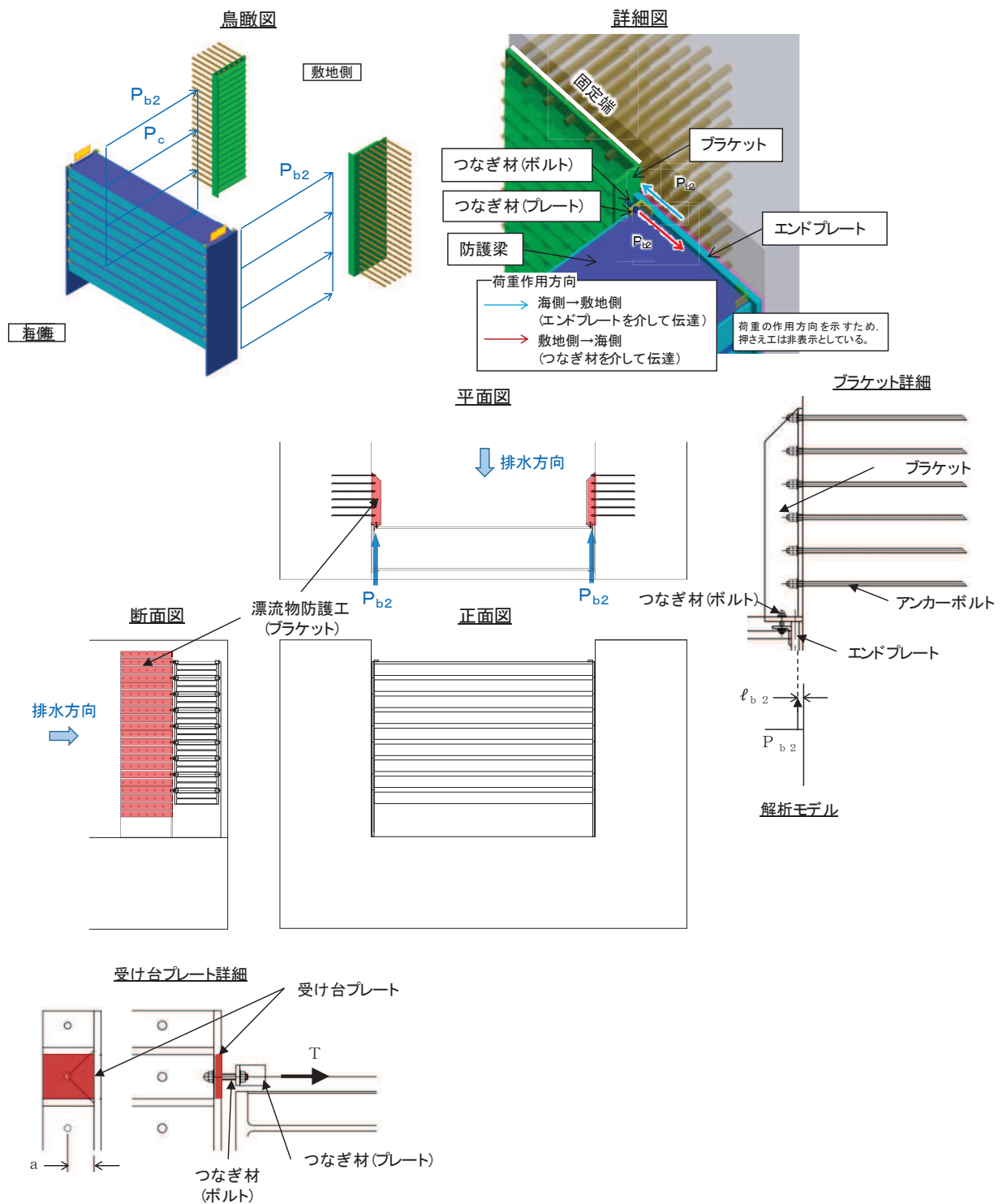


図 5-16 ブラケットの構造及びモデル図

また、漂流物防護工（ブラケット）の応力算定式は以下のとおりである。

【ブラケット本体】

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

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

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

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

P_{b2} : ブラケットに作用する水平力 (N)
 (=防護梁に作用する水平の最大せん断力)
 ℓ_{b2} : 側壁からエンドプレート中心までの長さ (mm)
 Z_{b2} : ブラケットの断面係数 (mm³)
 A_{wb2} : ブラケットのせん断抵抗断面積 (mm²)
 M_{max} : 最大曲げモーメント (N・mm)
 S_{max} : 最大せん断力 (N)
 σ : 曲げ応力度 (N/mm²)
 τ : せん断応力度 (N/mm²)

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

【ブラケットのうち受け台プレート】

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

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

- T : 受け台に作用する引張力 (N)
 (=防護梁に作用する水平の最大せん断力)
 a : ブラケット端部からつなぎ材ボルト中心までの長さ (mm)
 Z_c : 受け台プレートの断面係数 (mm³)
 M_{max} : 最大曲げモーメント (N・mm)
 σ : 曲げ応力度 (N/mm²)

(13) 漂流物防護工（つなぎ材）

つなぎ材は、エンドプレートに溶接されたプレートとブラケットをつなぐボルト（M20）からなり、敷地側から海側の荷重が作用した際に、ボルトを介してブラケットおよびアンカーボルトに荷重伝達する構造である。プレートの計算方法は、ボルトに生じる引張力が作用する片持ち梁（エンドプレートを固定端とする）としてモデル化する。プレートについては、曲げ応力度、せん断応力度について行うとともに、曲げとせん断が同時に作用する場合は合成応力度の照査を行う。ボルトについては、曲げ応力度の照査を行う。なお、つなぎ材の照査にあたっては腐食代を 1mm 考慮する。

つなぎ材の構造図を図 5-17 に示す。

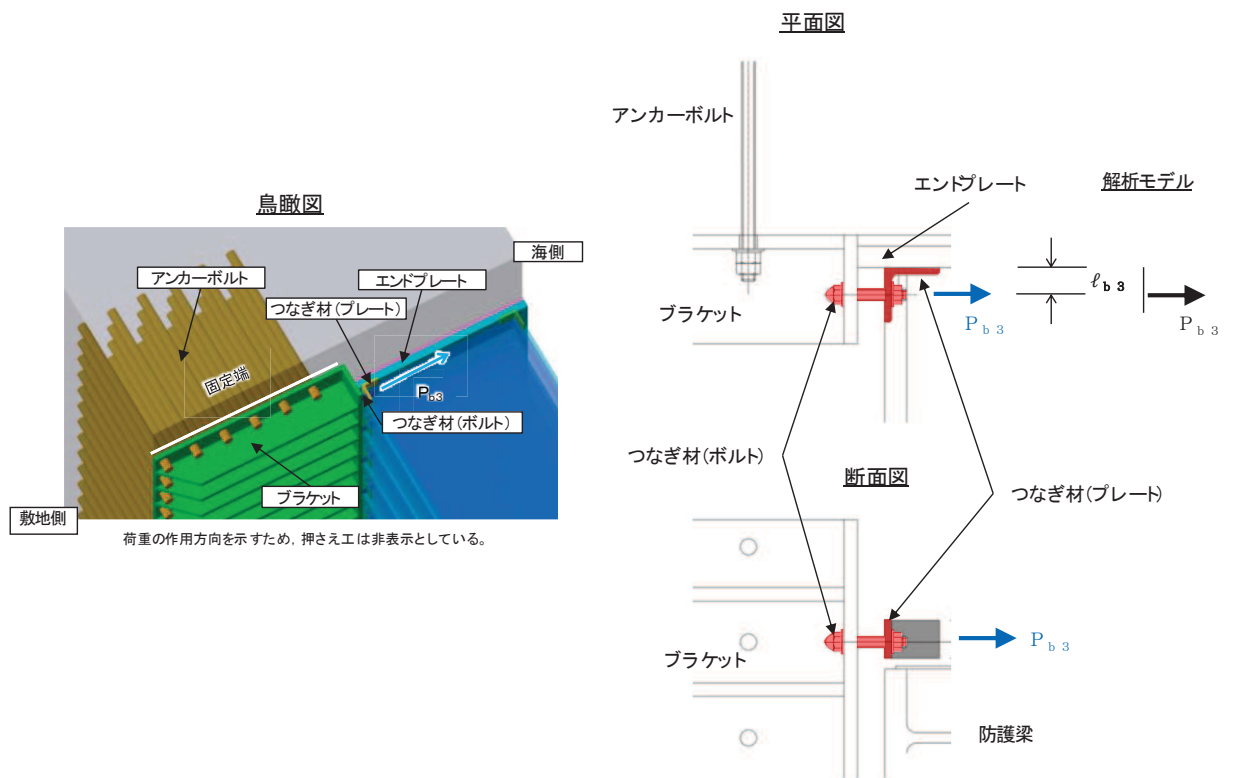


図 5-17(1) つなぎ材の構造図及びモデル図（水路縦断方向）

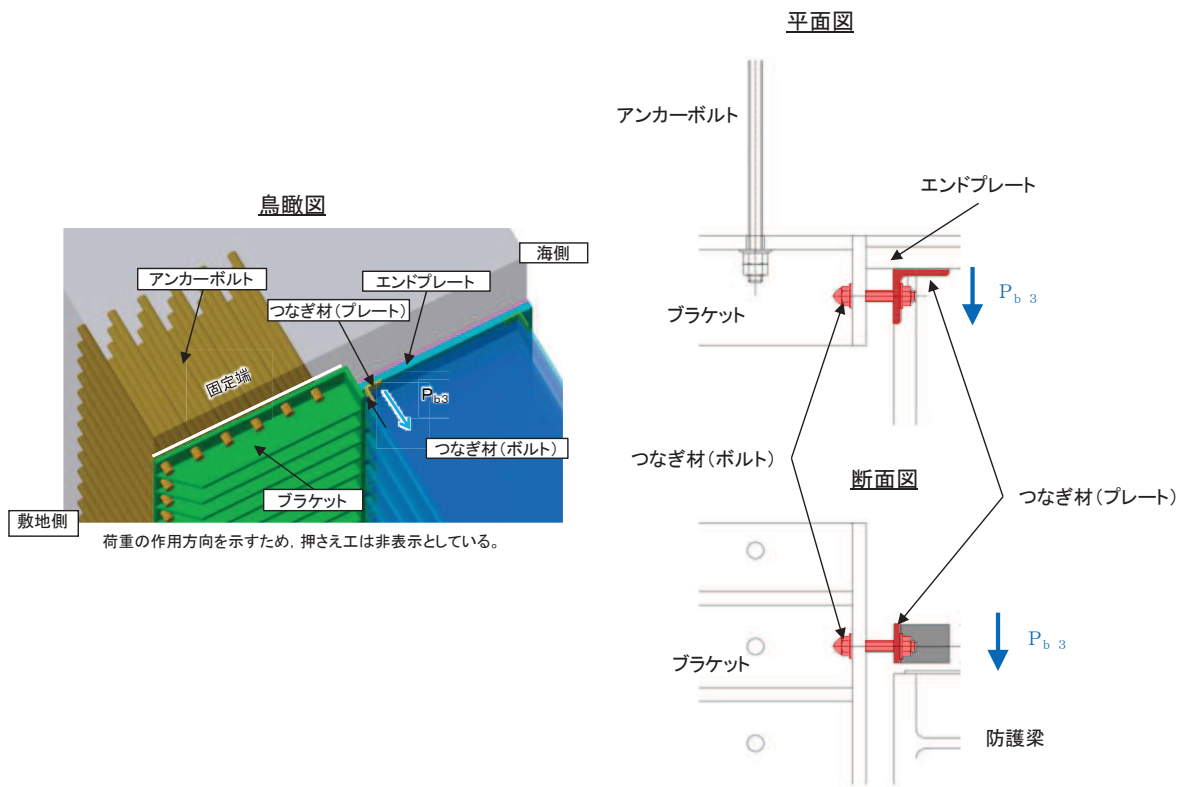


図5-17(2) つなぎ材の構造図及び計算モデル（水路横断方向）

また、つなぎ材の応力算定式は以下のとおりである。

【水路縦断方向】

(プレート)

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

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

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

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

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

P_{b3} : つなぎ材プレートに作用する水平力 (N)
 (=防護梁に作用する水平の最大せん断力)
 ℓ_{b3} : エンドプレートからボルト中心までの長さ (mm)
 Z_{b3} : つなぎ材プレートの断面係数 (mm³)
 A_{b3} : つなぎ材プレートの断面積 (mm²)
 M_{max} : 最大曲げモーメント (N・mm)
 S_{max} : 最大せん断力 (N)
 σ : 曲げ応力度 (N/mm²)
 τ : せん断応力度 (N/mm²)

(ボルト)

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

P_d : つなぎ材ボルトに作用する引張力 (N)
 (=防護梁に作用する水平の最大せん断力)
 A_d : つなぎ材ボルトの有効断面積 (mm²)
 σ : 曲げ応力度 (N/mm²)

【水路横断方向】

(プレート)

$$\tau = \frac{P_{b3}}{B_p \cdot t_p}$$

ここで,

τ : せん断応力度 (N/mm²)

P_{b3} : つなぎ材プレートに作用する水平力 (N)
(=防護梁に作用する水平の最大せん断力)

B_p : 有効プレート幅 (mm)

t_p : プレート厚さ (mm)

(14) 漂流物防護工（アンカーボルト）

漂流物防護工（アンカーボルト）は、側壁のコンクリートに埋め込むことによって、ブラケットを支持する構造である。ブラケットに発生したモーメントとせん断力は、埋め込まれたアンカーボルト群により側壁に荷重伝達される。

計算方法は、防護梁 1 本に作用する荷重に対して、図 5-18 に示すように、エンドプレート幅 350mm の範囲にある 6 本 2 列、計 12 本のアンカーボルトで抵抗する。

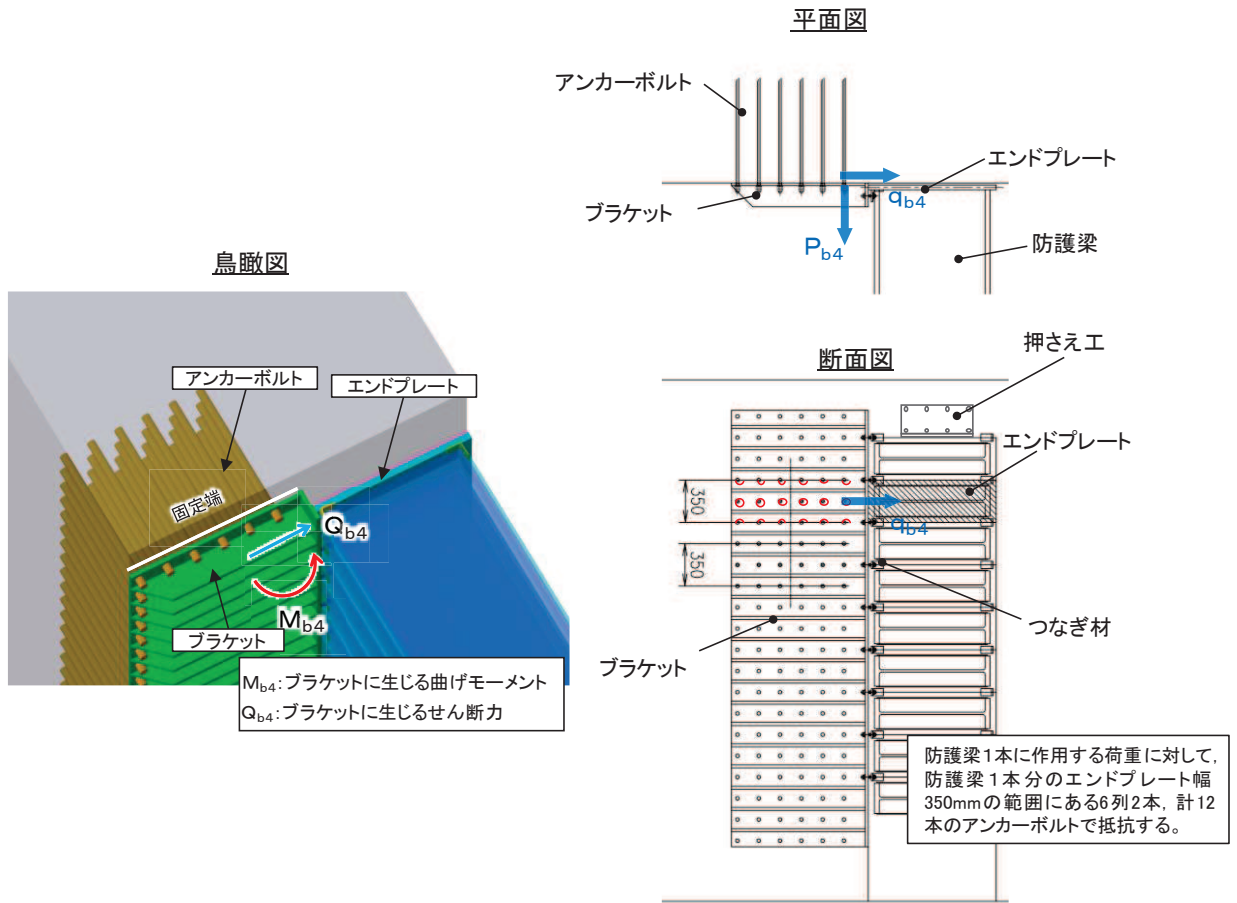


図 5-18 アンカーボルトの構造図

また、漂流物防護工（アンカーボルト）の応力算定式は以下のとおりである。

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

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

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

ここで、

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

(15) 漂流物防護工（押さえ工）

押さえ工は、押さえ工（プレート）と押さえ工（ボルト）から構成し、防護梁のエンドプレートからの鉛直上向きの地震荷重に対して支持する構造である。計算方法は、図 5-19 に示すように、押さえ工（プレート）は側壁に押さえ工（ボルト）で固定された片持ち梁としてモデル化する。押さえ工（ボルト）は、押さえ工（プレート）に発生する荷重に対して、所用の引張力及びせん断力が確保できるか確認する。また、押さえ工の応力算定式は以下のとおりである。

【押さえ工（プレート）】

$$M_{\text{max}} = F' \cdot \ell_{b2}$$

$$S_{\text{max}} = F'$$

$$\sigma = \frac{M_{\text{max}}}{Z_{b5}}$$

$$\tau = \frac{S_{\text{max}}}{A_{b5}}$$

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

ここで、

F' : 押さえ工（プレート）に作用する防護梁の地震慣性力 (N)

ℓ_{b2} : 側壁からエンドプレート中心までの長さ (mm)

Z_{b5} : 押さえ工（プレート）の断面係数 (mm³)

A_{b5} : 押さえ工（プレート）の断面積 (mm²)

M_{max} : 最大曲げモーメント (N・mm)

S_{max} : 最大せん断力 (N)

σ : 曲げ応力度 (N/mm²)

τ : せん断応力度 (N/mm²)

【押さえ工（ボルト）】

$$P_{b5} = \frac{M_{b5}'}{\ell_{b5} \cdot n_5}$$

$$q_{b5} = \frac{Q_{b5}'}{n_5}$$

ここで、

- P_{b5} : 押さえ工（ボルト）1本の引張力（N）
- q_{b5} : 押さえ工（ボルト）1本のせん断力（N）
- M_{b5}' : 押さえ工（プレート）に生じる曲げモーメント（N・mm）
- ℓ_{b5} : 押さえ工（ボルト）の鉛直方向のピッチ（mm）
- Q_{b5}' : 押さえ工（プレート）に生じるせん断力（N）
- n_5 : 押さえ工（ボルト）の本数（本）

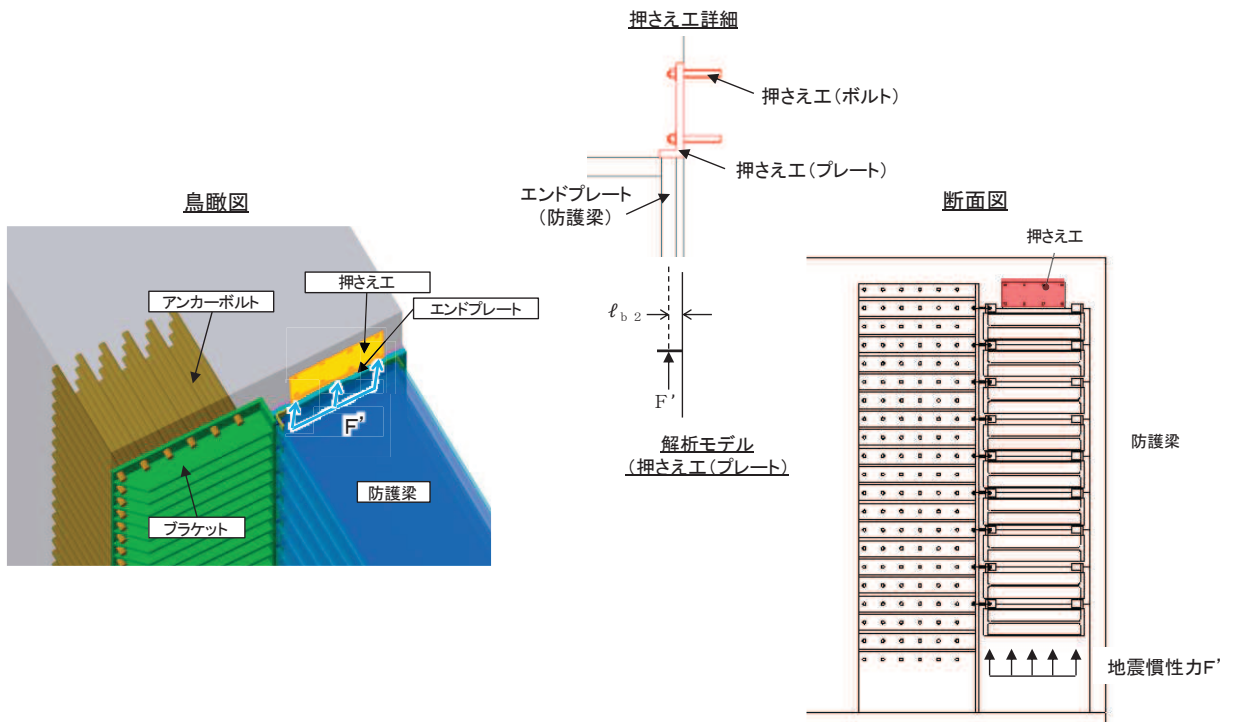


図 5-19 押さえ工の構造図及びモデル図

5.6 計算条件

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

表 5-4(1) 応力評価に用いる計算条件 (1/4)

固定荷重 (1門当たりの扉体の自重) G (N)	1門当たりの 扉体面積 A ₁ (mm ²)	水の単位体積重量 W ₀ (N/mm ³)
1.4709975×10 ⁴	2.04×10 ⁶	1.01×10 ⁻⁵

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

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

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

アンカーボルト の本数 n ₄ (本)	中央支柱に作用 する荷重 w ₄ (N/mm)	中央支柱固定高 L ₄ (mm)	中央支柱の 断面係数 Z ₄ (mm ³)	中央支柱の せん断抵抗断面積 A _{w4} (mm ²)
32	71.82	2500	1.5535178×10 ⁷	3.43×10 ⁴

表 5-4(2) 応力評価に用いる計算条件 (2/4)

中央横桁に作用する荷重 w_5 (N/mm)	中央横桁の支間長 L_5 (mm)	中央横桁の断面係数 Z_5 (mm ³)	中央横桁のせん断抵抗断面積 A_{w5} (mm ²)
52.07	1600	4.897727×10^6	1.50×10^4

ヒンジ (吊りピン)				
支間長 L_6 (mm)	受圧幅 B_6 (mm)	ヒンジに作用する荷重 P (N)	断面係数 Z_6 (mm ³)	断面積 A_6 (mm ²)
176	150	18165	1.2272×10^4	1.963×10^3

単位円周方向幅当たりのエンドプレート面積 A_s (mm ²)	せん断作用位置における周長 l (mm)
9	50π

ヒンジ (プレート)				
最薄部の断面積 A_{h7} (mm ²)	水平地震荷重 P_{H7} (N)	吊ピン中心からヒンジ (プレート) 下端までの距離 L_7 (mm)	断面係数 Z_7 (mm ³)	支圧抵抗面積 A_p (mm ²)
1.2×10^3	9561.4838	75	9.3333×10^3	3.063×10^3

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

戸当りへ作用する荷重 P_9 (N/mm ²)	扉体幅 L_s (mm)	戸当り支圧部の板厚 L_c (mm)	戸当り横幅 L_x (mm)	戸当り縦幅 L_y (mm)
0.0225	1700	12	2075	3075

上部戸当り支圧幅 b_{w1} (mm)	側部戸当り支圧幅 b_{w2} (mm)	下部戸当り支圧幅 b_{w3} (mm)	中央支柱部戸当り支圧幅 b_{w4} (mm)
275	325	300	125

表 5-4(3) 応力評価に用いる計算条件 (3/4)

戸当りへ作用する水平地震力 q (N/mm ²)	戸当り幅 S (mm)
0.0225	275

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

防護梁				
作用する 鉛直荷重 P_{bv1} (N/mm)	鉛直 (弱軸) 方向 の断面係数 Z_{bv1} (mm ³)	鉛直 (弱軸) 方向の せん断抵抗断面積 A_{wbv1} (mm ²)	エンドプレート 下端の鉛直荷重 P_{10} (N)	エンドプレート 下端の断面積 A_{10} (mm ²)
10.892	0.7819×10^6	18.85×10^3	3.08909475×10^5	39.824×10^3

ブラケットに 作用する水平力 P_{b2} (N)	側壁からエンドプレート 中心までの長さ l_{b2} (mm)	ブラケットの 断面係数 Z_{b2} (mm ³)	ブラケットの せん断抵抗断面積 A_{wb2} (mm ²)
16.3×10^3	110	14.67×10^6	50.6×10^3

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

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

表5-4(4) 応力評価に用いる計算条件 (4/4)

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

つなぎ材ボルトの有効プレート幅 B_p (mm)	つなぎ材プレート厚 t_p (mm)
36.5	23

押さえ工 (プレート) に作用する防護梁の地震慣性力 F' (N)	押さえ工 (プレート) の断面係数 Z_{b5} (mm ³)	押さえ工 (プレート) の断面積 A_{b5} (mm ²)
2.035×10^5	3.5532×10^4	1.1844×10^4

押さえ工 (ボルト) の鉛直方向のピッチ l_{b5} (mm)	押さえ工 (ボルト) の本数 n_5 (本)
200	8

6. 評価結果

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

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

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

評価部位		地震力方向	評価応力	発生応力 a (N/mm ²)	許容応力 b (N/mm ²)	照査値 a/b		
扉体	スキンプレート	水路縦断方向	曲げ応力度	1.06	154	0.01		
	主桁	水路縦断方向	曲げ応力度	1桁	0.84	154	0.01	
				2,3桁	0.77	154	0.01	
				4桁	0.60	154	0.01	
			せん断応力度	1桁	0.47	88	0.01	
				2,3桁	0.54	88	0.01	
				4桁	0.36	88	0.01	
			-	合成応力度	1桁	1.17	154	0.01
					2,3桁	1.22	154	0.01
					4桁	0.87	154	0.01
	補助縦桁	水路縦断方向	曲げ応力度	0.16	153	0.01		
			せん断応力度	0.18	88	0.01		
		-	合成応力度	0.36	154	0.01		
	中央支柱	水路縦断方向	曲げ応力度	2.41	143	0.02		
			せん断応力度	2.62	88	0.03		
		-	合成応力度	5.14	154	0.04		
	中央支柱（アンカーボルト）	水路縦断方向	引張力*	3.60	292	0.02		
			せん断力*	2.81	204	0.02		
	中央横桁	水路縦断方向	曲げ応力度	3.41	153	0.03		
			せん断応力度	2.78	88	0.04		
-		合成応力度	5.91	154	0.04			

注記*：アンカーボルトの照査については発生力（単位：kN），許容値（単位：kN）を示す。

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

評価部位		地震力方向	評価応力	発生応力 a (N/mm ²)	許容応力 b (N/mm ²)	照査値 a/b
扉体	ヒンジ (プレート)	水路縦断方向	せん断応力度	15.14	88	0.18
		水路横断方向	曲げ応力度	76.84	154	0.50
			支圧応力度	3.13	231	0.02
	ヒンジ(ピン)	水路縦断方向 鉛直方向	曲げ応力度	37.38	154	0.25
			せん断応力度	6.17	88	0.08
		—	合成応力度	38.88	154	0.26
	エンドプレート	水路横断方向	せん断応力度	6.8	88	0.08
	ヒンジ取付け ボルト	水路縦断方向 鉛直方向	引張応力度	32.88	154	0.22
			せん断応力度	20.36	88	0.24
		—	合成応力度	48.22	154	0.32

表 6-1(3) 耐震評価結果（屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）のうち固定部）

評価部位		地震力方向	評価応力	発生応力 a (N/mm ²)	許容応力 b (N/mm ²)	照査値 a/b
固定部	ヒンジ取付 けボルト	水路縦断方向 鉛直方向	引張応力度	10.18	154	0.07
			せん断応力度	16.44	88	0.19
		—	合成応力度	30.24	154	0.20
		水路横断方向 鉛直方向	せん断応力度	19.34	88	0.22
	戸当り	水路縦断方向	支圧応力度	1.60	231	0.01
	戸当り部コ ンクリート	水路縦断方向	支圧応力度	0.07	13.5	0.01
			せん断応力度	0.04	1.5	0.03

表 6-1(4) 耐震評価結果（屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）のうち漂流物防護工）

評価部位	地震力方向	評価応力	発生応力 a (N/mm ²)	許容応力 b (N/mm ²)	照査値 a/b
防護梁	水路縦断方向	曲げ応力度	41	382	0.11
	鉛直方向	せん断応力度	2	217	0.01
	—	合成応力度	0.02	1.2	0.02
	水路縦断方向 鉛直方向	二軸応力	0.02	1.2	0.02
出口側集水ピット 底板コンクリート	鉛直方向	支圧応力度	7.76	13.5	0.58
ブラケット	水路縦断方向	曲げ応力度	1	382	0.01
		せん断応力度	1	217	0.01
	—	合成応力度	0.01	1.2	0.01
つなぎ材 (M20)	水路縦断方向	引張応力度	67	210	0.32
つなぎ材 (プレート)	水路縦断方向	曲げ応力度	117	382	0.31
		せん断応力度	11	217	0.06
	—	合成応力度	0.10	1.2	0.09
	水路横断方向	せん断応力度	20	217	0.10
アンカー ボルト		評価項目	発生値 a (kN)	許容値 b (kN)	照査値 a/b
		水路縦断方向	引張	1	105
	せん断		2	85	0.03
	—	合成	0.01	1.2	0.01
押さえ工 (プレート)	鉛直方向	評価応力	発生応力 a (N/mm ²)	許容応力 b (N/mm ²)	照査値 a/b
		曲げ応力度	115	382	0.31
		せん断応力度	9	217	0.01
	—	合成応力度	0.10	1.2	0.09
押さえ工 (ボルト)	鉛直方向	評価項目	発生値 a (kN)	許容値 b (kN)	照査値 a/b
		引張	6	22.4	0.27
		せん断	13	36.9	0.36
	—	合成	0.20	1.2	0.17