

本資料のうち、枠囲みの内容は営業秘密又は防護上の観点から公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-239 改2
提出年月日	平成30年7月25日

V-2-10-2-3 放水路ゲートの耐震性についての計算書

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	6
2.4	適用規格	7
3.	耐震評価部位	8
4.	固有周期	11
4.1	基本方針	11
4.2	固有振動数の計算方法	11
4.2.1	記号の説明	11
4.2.2	固有振動数の算出方法	11
4.2.3	固有振動数の計算条件	11
4.3	固有値解析結果	12
5.	応力評価	13
5.1	基本方針	13
5.2	荷重の組合せ及び許容応力	13
5.2.1	荷重の組合せ	13
5.2.2	許容応力	13
5.3	設計用地震力	16
5.4	応力評価方法	17
5.4.1	記号の説明	17
5.4.2	応力計算	19
5.5	応力評価条件	27
6.	機能維持評価	30
6.1	止水機能維持評価方法	30
7.	耐震評価結果	31

1. 概要

本資料は、添付資料V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度に基づき、浸水防護施設のうち放水路ゲートが設計用地震力に対して、主要な構造部材が十分な構造健全性を有することを説明するものである。その耐震評価は、放水路ゲートの地震応答解析、地震応答解析に基づく主要な構造部材の応力評価、放水路ゲート駆動装置の機能維持評価により行う。

放水路ゲートは、浸水防護施設として耐震Sクラス、重要安全施設（MS-1）に分類する。

2. 基本方針

2.1 位置

放水路ゲートは、放水口に近い位置で放水路上に設置する。

放水路ゲートの設置位置を図 2-1 に示す。

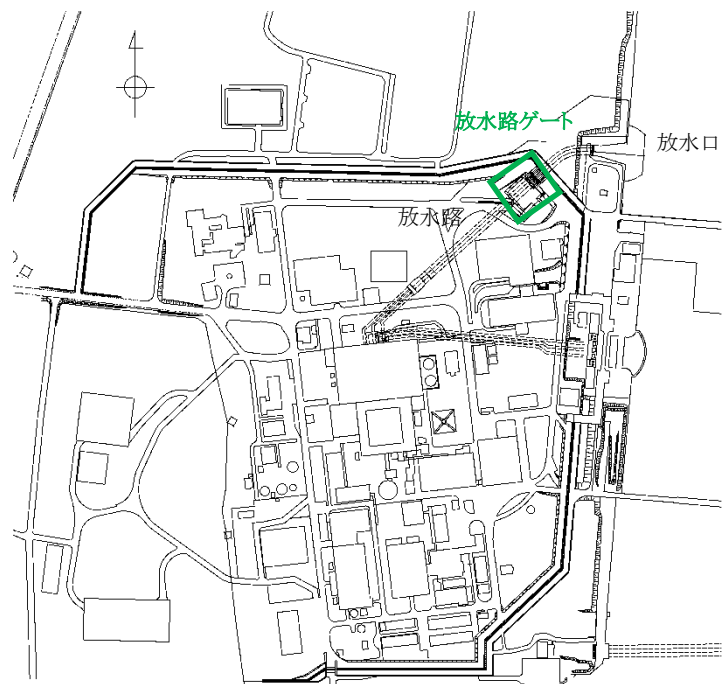


図 2-1 放水路ゲートの設置位置図

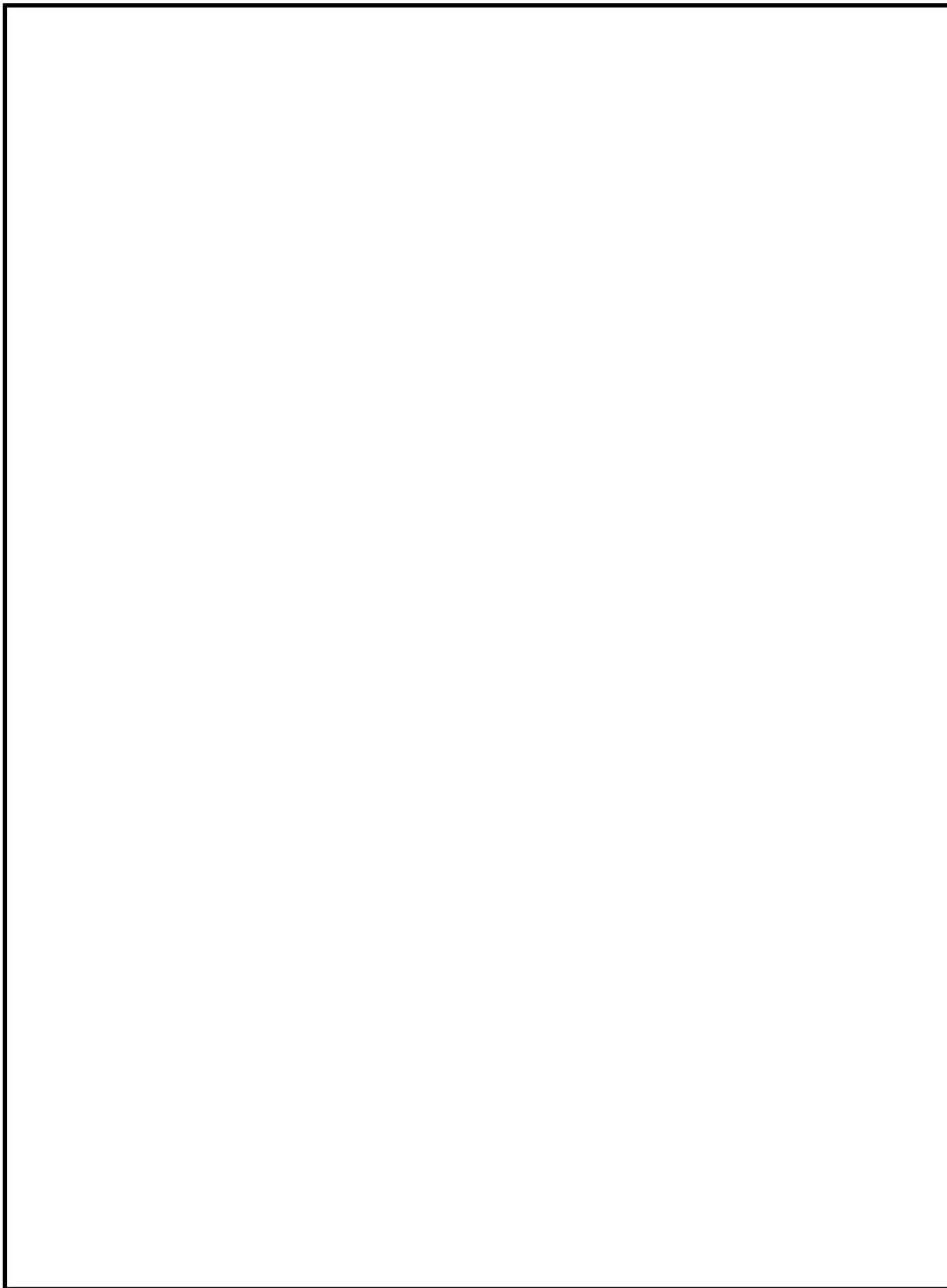
2.2 構造概要

放水路ゲートは、スライド式のゲートで扉体、戸当り、駆動装置、間接支持構造物から構成されている。扉体は鋼製の構造であり、津波荷重を受ける受圧部にスキンプレートがあり、主桁、縦補助桁、端桁により架構が構成され、スキンプレートに掛る荷重を架構が受ける構造である。扉体で受けた荷重については、扉体の支圧板から支承部の戸当りを介して間接支持構造物である防潮堤（鉄筋コンクリート防潮堤（放水路エリア））が受ける構造である。

また、扉体にはフラップ式の鋼製の小扉が設置されており、放水路ゲートが閉止後においても非常用海水ポンプの運転が可能な構造である。

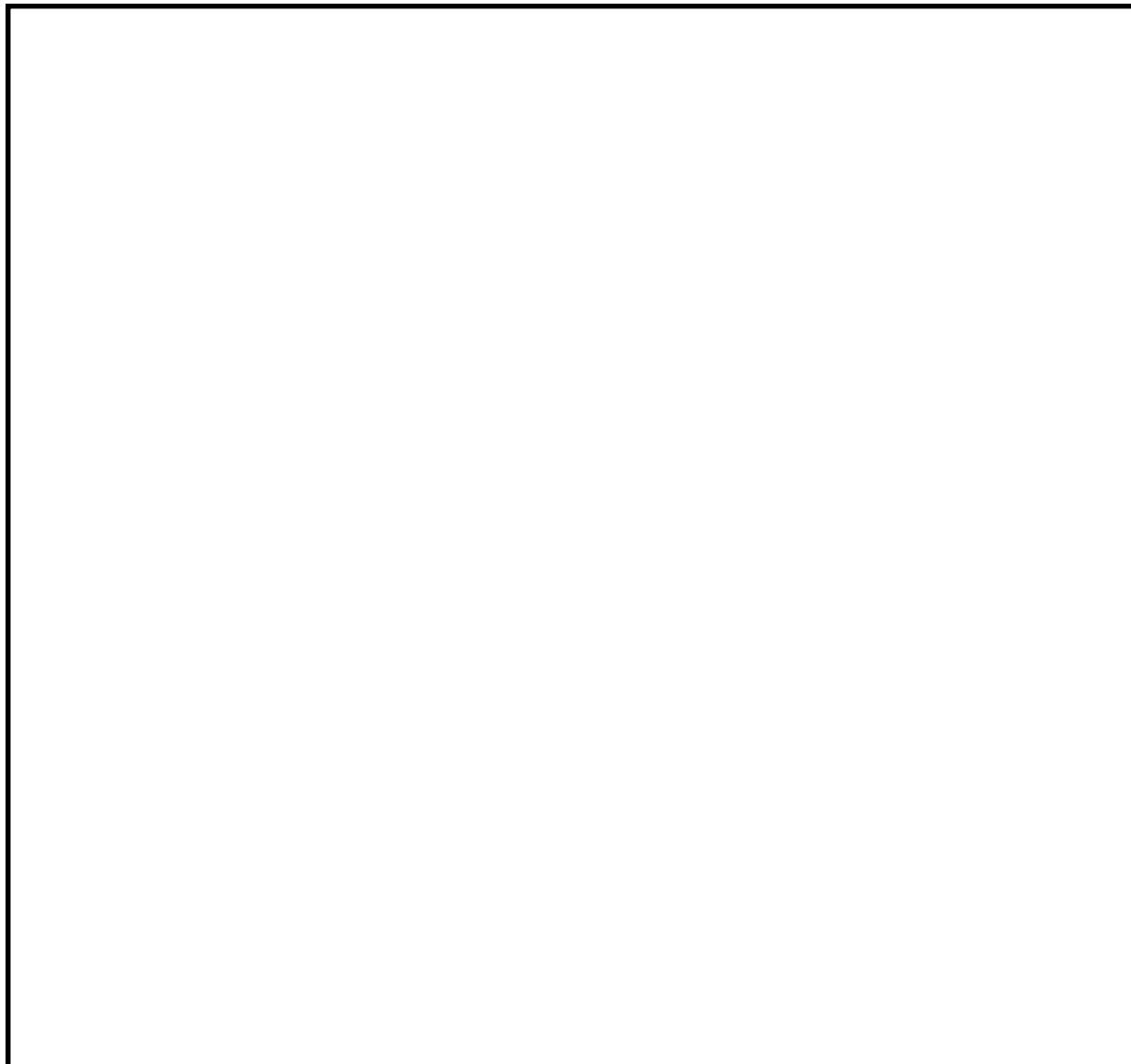
扉体の駆動装置は、放水路ゲートの上部に設置されており、中央制御室からの信号により電動駆動式と自重降下式の駆動機構によって確実に閉止する。

放水路ゲートの構造概要を図 2-2 及び図 2-3 に示す。



注：寸法は mm を示す。

図 2-2 放水路ゲートの構造概要（正面図及び平面図）



注：寸法は mm を示す。

図 2-3 放水路ゲートの構造概要（側面図）

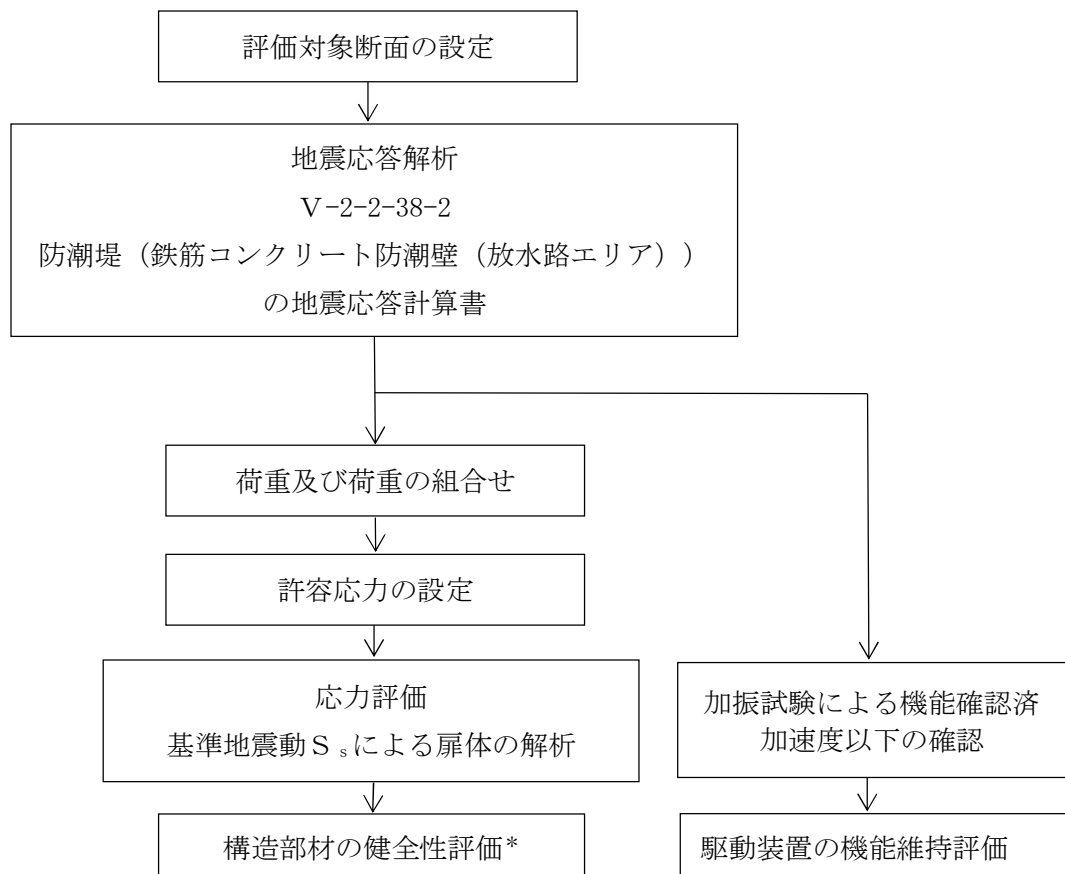
2.3 評価方針

放水路ゲートの耐震評価は、添付資料V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.2 構造概要」に示す放水路ゲートの構造を踏まえ、「3. 耐震評価部位」にて設定する評価対象部位を設定し、各評価対象部位に生じる応力を「5. 応力評価」に記載する計算式に基づき算出する。また、放水路ゲートの駆動装置の機能維持評価は、地震応答解析により得られる加速度が機能確認済加速度以下であることを「6. 機能維持評価」に示す方法にて確認する。応力評価及び機能維持評価の確認結果を「7. 耐震評価結果」にて確認する。

放水路ゲートの地震応答解析の結果については、V-2-2-38-2「防潮堤（鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア））の地震応答計算書」において説明する。

放水路ゲートの間接支持構造物となる鉄筋コンクリート防潮壁の構造物全体の安全性評価及び基礎地盤の支持性能については、V-2-2-39-2「防潮堤（鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア））の耐震性についての計算書」において説明する。

耐震評価フローを図 2-4 に示す。



注記 *：構造部材の健全性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」を満足することを確認する。

図 2-4 耐震評価フロー

2.4 適用規格

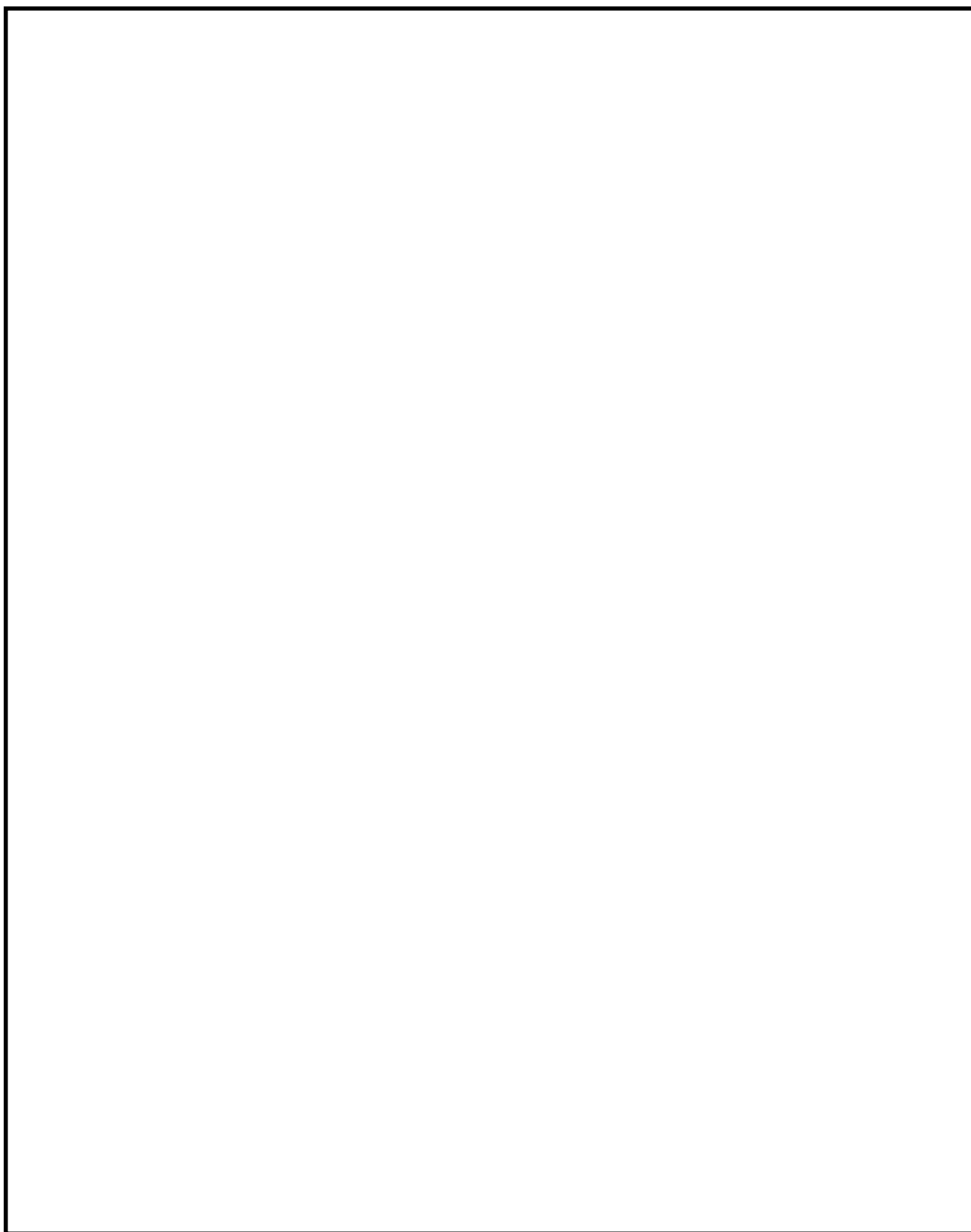
適用する規格，基準等を以下に示す。

- ・ ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・マニュアル編）（（社）ダム・堰施設技術協会 平成 25 年 6 月）
- ・ 構造力学公式集（（社）土木学会 1986 年）
- ・ コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（（社）土木学会 2002 年制定）
- ・ 道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会 平成 24 年 3 月）
- ・ 原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（（社）土木学会 2005 年）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987（（社）日本電気協会）
- ・ 各種合成構造設計指針・同解説（（社）日本建築学会 2010 年 11 月）
- ・ 鋼構造設計規準－許容応力度設計法－（（社）日本建築学会 2005 年 9 月）

3. 耐震評価部位

放水路ゲートは、扉体、戸当り、駆動装置等から構成されている。耐震評価においては、扉体の主要構成部材であるスキンプレート、主桁、縦補助桁、端桁、支圧板、小扉を評価対象部位とする。また、底面フランジ、腹板及びコンクリートから構成される戸当り並びに扉体の駆動装置についても評価対象部位とする。

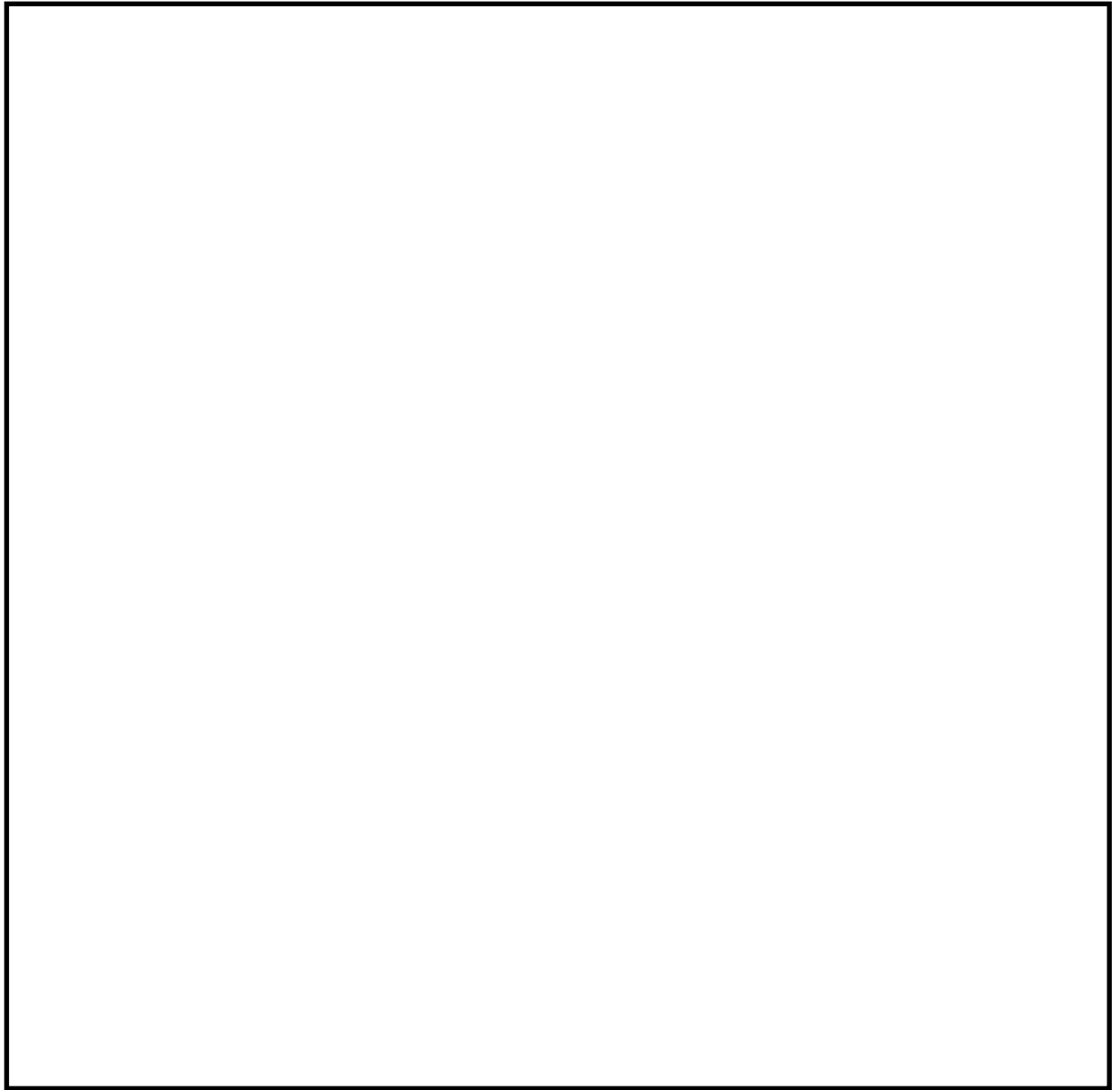
放水路ゲートの評価対象部位について、図 3-1 及び図 3-2 に示す。



注：寸法は mm を示す。

図中の①～⑦は応力評価箇所を，⑧は機能維持評価箇所を示す。

図 3-1 放水路ゲートの評価対象部位（正面図及び平面図）



注：寸法は mm を示す。

図 3-2 放水路ゲートの評価対象部位（側面図）

4. 固有周期

4.1 基本方針

- (1) 固有振動数計算モデルは、単純支持梁モデルとして計算する。
- (2) 固有振動数の計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

4.2 固有振動数の計算方法

4.2.1 記号の説明

放水路ゲートの固有振動数算出に用いる記号を表 4-1 に示す。

表 4-1 放水路ゲートの固有振動数算出に用いる記号

記号	記号の説明	単位
L	スパン長	m
m	扉体部自重	kg/m
E	縦弾性係数	N/mm ²
I	断面二次モーメント	cm ⁴
λ_n	支持条件 (単純支持梁, 1 次モード)	—

4.2.2 固有振動数の算出方法

放水路ゲートを単純支持梁としてモデル化し、固有振動数 f を以下の式より算出する。

$$f = \frac{\lambda_n^2}{2\pi L^2} \cdot \sqrt{\frac{EI}{m}}$$

4.2.3 固有振動数の計算条件

固有振動数の計算条件を表 4-2 に示す。

表 4-2 固有振動数の計算条件

扉体の材質	スパン長 L (m)	扉体部自重 m (kg/m)
SM490	4.00	3370
縦弾性係数 E (N/mm ²)	断面二次モーメント I (cm ⁴)	支持条件 λ_n (—)
206000	2088303	3.142

4.3 固有値解析結果

固有振動数算出により，放水路ゲートの固有振動数が20Hz以上であることを確認した。表4-3に固有振動数の算出結果を示す。

表 4-3 固有振動数の算出結果

固有振動数 (Hz)
111

5. 応力評価

5.1 基本方針

- (1) 放水路ゲートの評価対象部位の応力評価を実施し、発生応力を算出する。
- (2) 評価対象部位の発生応力と許容応力を比較し、発生応力が許容応力以下であることを確認する。

5.2 荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1 荷重の組合せ

放水路ゲートの設計にて考慮する荷重の組合せを表 5-1 に示す。

表 5-1 放水路ゲートの設計にて考慮する荷重の組合せ

施設区分	機器名称	荷重の組合せ*1
浸水防護施設 (津波防護施設)	放水路ゲート	$G + K_s + P_s + W_k$

注記 *1: Gは固定荷重, K_s は地震荷重, P_s は積雪荷重, W_k は風荷重を示す。

5.2.2 許容応力

放水路ゲートの許容限界を表 5-2 に、許容応力評価条件を表 5-3 に、放水路ゲートの許容応力算出結果を表 5-4 にそれぞれ示す。

表 5-2 放水路ゲートの許容限界

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

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

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

表 5-3 放水路ゲートの許容応力評価条件

評価対象部位	材料	$\sigma_{ab}^{*1,2}$ (N/mm ²)	$\sigma_{ac}^{*1,2}$ (N/mm ²)	$\sigma_{at}^{*1,2}$ (N/mm ²)	$\tau_a^{*1,2}$ (N/mm ²)
スキンプレート	SM490	160	—	—	—
主桁	SM490	160	—	—	90
縦補助桁	SM490	160	—	—	90
端桁	SM490	—	160	—	—
支圧板*3	SUS304	—	—	—	—
小扉	SM490	160	—	—	—
戸当り (底面フランジ)	SM490	160	—	—	—
戸当り (腹板)	SM400	—	120	—	—
戸当り (コンクリート)	無筋コンクリート	—	5.9 ($\sigma_{as}^{*1,2}$)	—	0.40

注記 *1 : σ_{ab} : 許容曲げ応力度, σ_{ac} : 許容圧縮応力度, 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 : 各許容応力度の値は, 「ダム・堰施設技術基準 (案) (基準解説編・マニュアル編) ((社) ダム・堰施設技術協会 平成 25 年 6 月) 」に基づく。

*3 : 支圧板 (ローラ接触面) の許容応力は, 材料の硬度より算出する。

表 5-4 放水路ゲートの許容応力算出結果

許容応力 状態	評価対象部位	許容限界				
		1次応力				
		曲げ (N/mm ²)	圧縮 (N/mm ²)	引張 (N/mm ²)	せん断 (N/mm ²)	ローラ接触面の 許容応力
短期許容 応力度	スキンプレート	240	—	—	—	—
	主桁	237* ¹	—	—	135	—
	縦補助桁	193* ¹	—	—	135	—
	端桁	—	240	—	—	—
	支圧板	—	—	—	—	241* ²
	小扉	240	—	—	—	—
	戸当り (底面フ ランジ)	240	—	—	—	—
	戸当り (腹板)	—	180	—	—	—
	戸当り (コンク リート)	—	8.9	—	0.6	—

注記 *1: 主桁, 縦補助桁に用いる構造用鋼材の許容曲げ圧縮応力度は, 「ダム・堰施設技術基準 (案) (基準解説編・マニュアル編) ((社)ダム・堰施設技術協会 平成 25 年 6 月)」に基づき, 許容曲げ応力度横倒れ座屈に対する配慮として許容応力の低減を考慮し, 以下の計算式により算出する。

$$\frac{L}{b} \leq \frac{8}{K} \quad : \quad 160 \times 1.5 = 240 \quad (\text{N/mm}^2)$$

$$\frac{8}{K} < \frac{L}{b} \leq 30 \quad : \quad \sigma_{ca} = \left(160 - 1.6 \left(K \frac{L}{b} - 8 \right) \right) \times 1.5 \quad (\text{N/mm}^2)$$

$$K = \sqrt{3 + \frac{A_w}{2 \cdot A_c}} \quad \text{ただし, } \frac{A_w}{A_c} \leq 2 \quad \text{の場合} \quad K = 2$$

ここに, L : 圧縮フランジの固定間隔 (mm)
 b : 圧縮フランジ幅 (mm)
 A_w : 腹板の総断面積 (mm²)
 A_c : 圧縮フランジの総断面積 (mm²)

*2: 支圧板のローラ接触面の許容応力は, 「ダム・堰施設技術基準 (案) (基準解説編・マニュアル編) ((社)ダム・堰施設技術協会 平成 25 年 6 月)」に基づき, 以下の計算式により算出する。

$$p_a = \frac{9.8 \cdot H_B}{2 \cdot \nu}$$

ここに, p_a : 接触面の許容応力度 (N/mm²)
 H_B : 支圧板のブリネル硬さ
 ν : 安全率 (線接触の場合) (1.3)

5.3 設計用地震力

「4.3 固有値解析結果」に示したとおり放水路ゲートの固有振動数が20Hz以上であることを確認したため、放水路ゲートの耐震計算に用いる設計震度は、添付資料V-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に示す防潮堤（鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア））における最大応答加速度を基に設定する。放水路ゲートの耐震計算に用いる設計震度を表5-5に示す。

表 5-5 設計用地震力

地震動	設置場所及び床面 高さ (T.P. m)	地震による設計震度	
		基準地震動 S_s	放水路ゲート -2.5
		鉛直方向 C_V	0.75

5.4 応力評価方法

5.4.1 記号の説明

放水路ゲートの応力評価に用いる記号を表 5-6 に示す。

表 5-6 放水路ゲートの応力評価に用いる記号 (1/2)

記号	定義	単位
σ	スキンプレートに生じる曲げ応力	N/mm ²
k	スキンプレートの辺長比 (b/a) による係数	—
a	スキンプレートの短辺	mm
b	スキンプレートの長辺	mm
P	スキンプレートにかかる水圧	N/m ²
t	スキンプレートの板厚	cm
M _{max}	主桁に生じる最大曲げモーメント	kN・m
S _{max}	主桁に生じる最大せん断力	kN
σ	主桁に生じる曲げ応力	N/mm ²
τ	主桁に生じるせん断応力	N/mm ²
W	主桁にかかる扉体自重による荷重	kN/m
B	主桁の水密幅	m
L ₀	主桁の支圧板中心間	m
Z	主桁の断面係数	cm ³
A _w	主桁のウェブ断面積	cm ²
M _{max}	縦補助桁に生じる最大曲げモーメント	kN・m
S _{max}	縦補助桁に生じる最大せん断力	kn
σ	縦補助桁に生じる曲げ応力	N/mm ²
τ	縦補助桁に生じるせん断応力	N/mm ²
p	縦補助桁にかかる各区分の平均水圧	N/mm ²
a	縦補助桁の主桁間隔	m
b	縦補助桁間隔	m
Z	縦補助桁の断面係数	cm ³
A _w	縦補助桁のウェブ断面積	cm ²
σ	端桁に生じる圧縮応力	N/mm ²
R	端桁にかかる主桁反力	kN
A	端桁の断面積	cm ²
p	支圧板の評価に用いるヘルツの接触応力度	N/mm ²
C	支圧板とローラの接触幅の 1/2	mm
Z	支圧板の最大せん断応力度が発生する深さ	mm

表 5-6 放水路ゲートの応力評価に用いる記号 (2/2)

記号	定義	単位
P	支圧板の計算に用いる計算荷重の常時換算値 = (Ps+Pw) / γ	N
Ps	支圧板の計算に用いる地震荷重	N
Pw	支圧板の計算に用いる風荷重	N
γ	支圧板の計算に用いる許容応力補正係数に裕度を乗じた係数 (1.5)	—
E ₁	支圧板の弾性係数	N/mm ²
E ₂	支圧板当たりの弾性係数	N/mm ²
Lh	支圧板計算高さ	mm
R	支圧板半径	mm
σ_s	小扉に生じる曲げ応力	N/m ²
β	小扉の辺長比 (b/a) による係数	—
p	小扉にかかる水圧	N/m ²
t	小扉の板厚	cm
a	小扉の短辺	cm
b	小扉の長辺	cm
σ_f	戸当りの底面フランジに生じる曲げ応力度	N/mm ²
σ_{cw}	戸当りの腹板に生じる圧縮応力度	N/mm ²
σ_k	戸当りのコンクリートに生じる支圧応力度	N/mm ²
bf	戸当り底面フランジ幅	mm
tf	戸当り底面フランジ厚さ	mm
pd	戸当りの下部作用水圧	N/mm ²
B	扉体水密幅	mm
tw	戸当りウェブ厚さ	mm
hr	戸当り高さ	mm
br	水路面より戸当り中心までの距離	mm
σ_k	コンクリートの支圧応力度	N/mm ²
τ_k	コンクリートのせん断応力度	N/mm ²
S	堰柱側面から底面フランジ端面までの距離 (S=br+bf/2)	mm

5.4.2 応力計算

(1) 扉体

a. スキンプレート

スキンプレートに発生する曲げモーメントは、4辺を固定支持された平板としてモデル化し、曲げ応力を算定する。

スキンプレートのモデル図及び応力算定式を図 5-1 に示す。

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

σ : 曲げ応力 (N/mm²)

k : 辺長比 (b/a) による係数

a : 短辺 (mm)

b : 長辺 (mm)

P : 水圧 (N/m²)

t : 板厚 (cm)

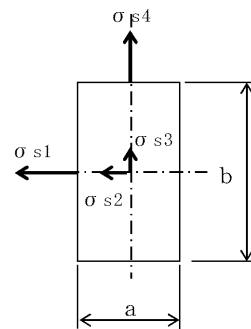
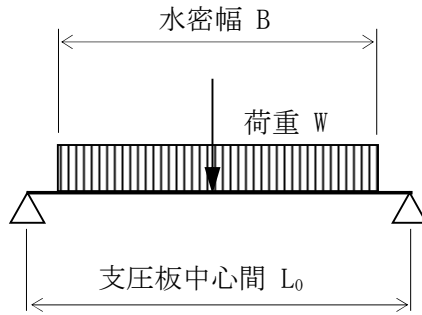


図 5-1 スキンプレートの応力算定式とモデル図

b. 主桁

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

主桁のモデル図及び応力算定式を図 5-2 に示す。



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

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

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

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

M_{max} : 最大曲げモーメント (kN・m)

S_{max} : 最大せん断力 (kN)

σ : 曲げ応力 (N/mm²)

τ : せん断応力 (N/mm²)

W : 扉体自重による荷重 (kN/m)

B : 水密幅 (m)

L₀ : 支圧板中心間(m)

Z : 断面係数 (cm³)

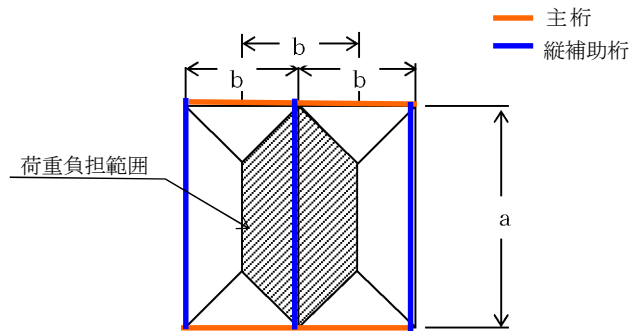
A_w : ウェブ断面積 (cm²)

図 5-2 主桁の応力算定式とモデル図

c. 縦補助桁

縦補助桁については、主桁によって支持された単純支持梁とし、荷重は平均水圧が亀甲形または菱形に作用したものととして、曲げ応力及びせん断応力を算定する。

縦補助桁のモデル図（補助桁の荷重分担範囲）及び応力算定式を図 5-3 に示す。



M_{max} : 最大曲げモーメント (kN・m)

S_{max} : 最大せん断力 (kN)

σ : 曲げ応力 (N/mm²)

τ : せん断応力 (N/mm²)

p : 各区分の平均水圧 (kN/m²)

a : 主桁間隔 (m)

b : 縦補助桁間隔 (m)

Z : 断面係数 (cm³)

A_w : ウェブ断面積 (cm²)

最大曲げモーメント

$$M = \frac{p \cdot b}{24} (3 \cdot a^2 - b^2) \quad (\text{kN} \cdot \text{m})$$

最大せん断力

$$S = \frac{p \cdot b}{2} \left(a - \frac{b}{2} \right) \quad (\text{kN})$$

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

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

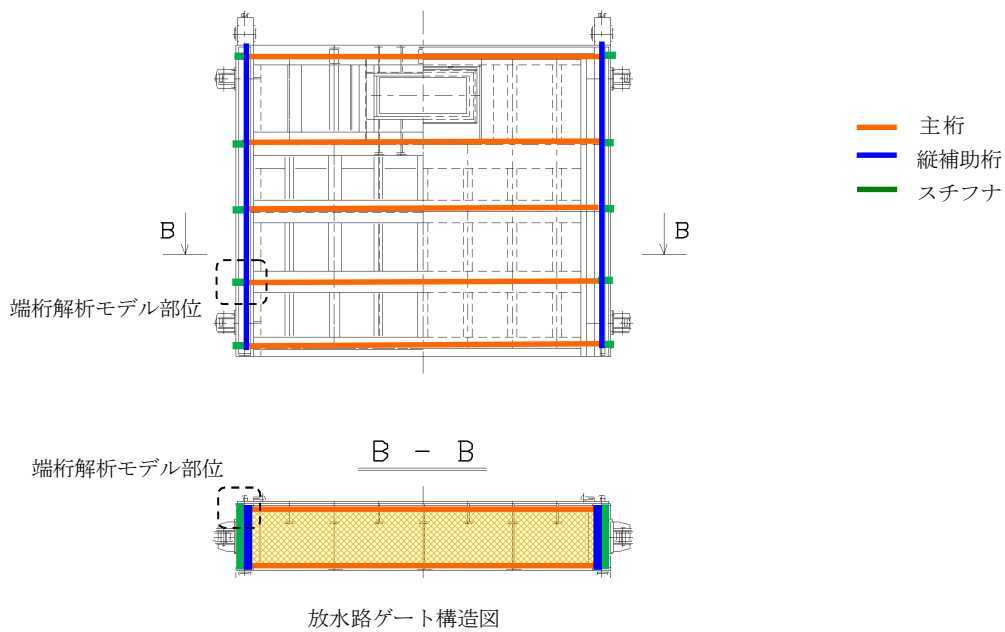
図 5-3 縦補助桁のモデル図及び応力算定式（亀甲形の例）

d. 端桁

本設備はスライドゲートであるため、端桁は主桁端部に生じた反力を戸当りに介してコンクリート躯体に伝達する役割を果たしている。そのため、垂直補剛材を有するプレートガーダの荷重集中点として腹板強度の照査を行う。

端桁腹板には垂直補剛材として主桁ウェブとスチフナを有する。縦桁腹板は上下方向に、主桁ウェブは径間方向に部材が伸びているが、実際に荷重が作用している有効断面のみで検討する。

端桁のモデル図及び応力算定式を図 5-4 に示す。



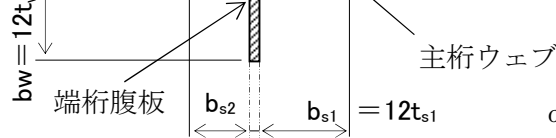
有効断面積 $A = A_w + A_{s1} + A_{s2}$

$A_w = 2b_w \cdot t_w$ (端桁腹板)

$A_{s1} = b_{s1} \cdot t_{s1}$ (主桁ウェブ)

$A_{s2} = b_{s2} \cdot t_{s2}$ (スチフナ)

(ただし $A \leq 1.7 A_{s1}$)



$$\sigma = \frac{R \cdot 10^3}{A \cdot 10^2}$$

σ : 圧縮応力 (N/mm²)

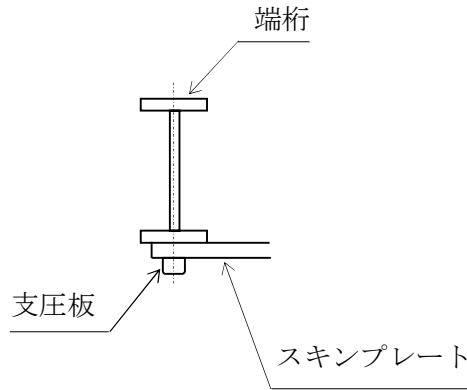
R : 主桁反力 (kN)

A : 断面積 (cm²)

図 5-4 端桁のモデル図及び応力算定式

e. 支圧板

支圧板の面圧は踏面に曲率を設けるため、ローラの線接触に沿って算出する。
端桁のモデル図及び応力算定式を図 5-5 に示す。



接触応力は,

$$p = 0.591 \sqrt{\frac{P \cdot E_1 \cdot E_2}{Lh \cdot R \cdot (E_1 + E_2)}}$$

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

$$Z = 0.78 \cdot C$$

ここに,

p : ヘルツの接触応力度 (N/mm²)

C : 接触幅の 1/2 (mm)

Z : 最大せん断応力度が発生する深さ (mm)

P : 計算荷重の常時換算値 = (Ps + Pw) / γ (N)

Ps : 地震荷重 (N)

Pw : 風荷重 (N)

γ : 許容応力補正係数に裕度を乗じた係数 (1.5)

E₁ : 支圧板の弾性係数 (N/mm²)

E₂ : 支圧板当たりの弾性係数 (N/mm²)

Lh : 支圧板計算高さ (mm)

R : 支圧板半径 (mm)

図 5-5 支圧板のモデル図及び応力算定式

f. 小扉

周辺単純支持板の分布荷重による曲げ応力を算出する。（「構造力学公式集（土木学会編）」より）

小扉のモデル図及び応力算定式を図 5-6 に示す。

ここに、

β : 辺長比 (b/a) による係数

p : 水圧 (N/m^2)

t : 板厚 (cm)

a : 短辺 (cm)

b : 長辺 (cm)

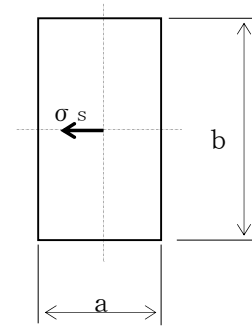


図 5-6 小扉のモデル図及び応力算定式

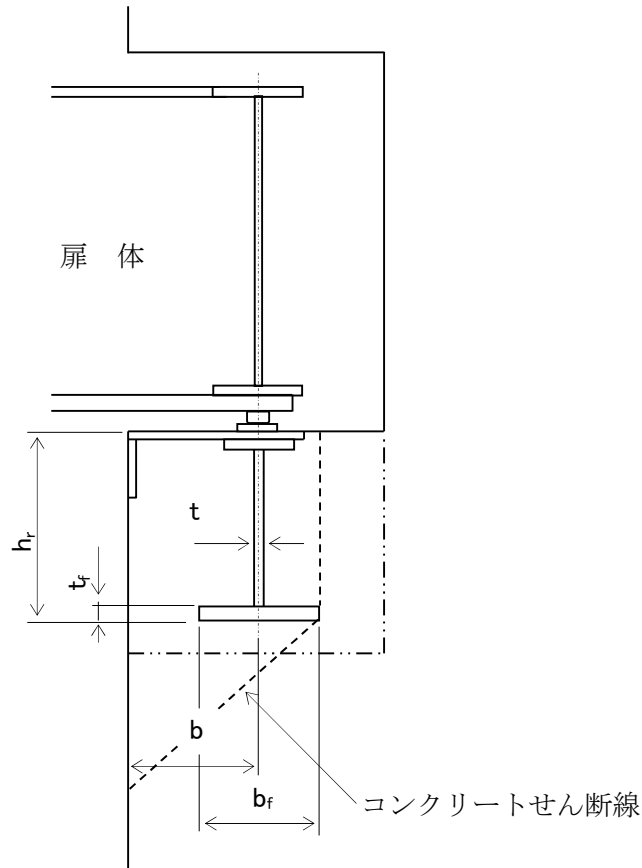
(2) 戸当り

扉体の荷重を伝達する戸当りについて、発生応力を算出する。

a. 鋼材

戸当りの鋼材への水圧は、下面の水圧が高いため下部の水圧にて算出する。

戸当りのモデル図及び応力算定式を図 5-7 に示す。



底面フランジ曲げ応力度

$$\sigma_f = \frac{6 \cdot \sigma_k \cdot b_f^2}{8 \cdot t_f^2} \quad (\text{N/mm}^2)$$

腹板の圧縮応力度

$$\sigma_{cw} = \frac{p_d \cdot B}{2 \cdot t_w} \quad (\text{N/mm}^2)$$

σ_k : コンクリートの支圧応力度 (N/mm²)

b_f : 戸当り底面フランジ幅 (mm)

t_f : 戸当り底面フランジ厚さ (mm)

p_d : 下部作用水圧 (N/mm²)

B : 扉体水密幅 (mm)

t_w : 戸当りウェブ厚さ (mm)

h_r : 戸当り高さ (mm)

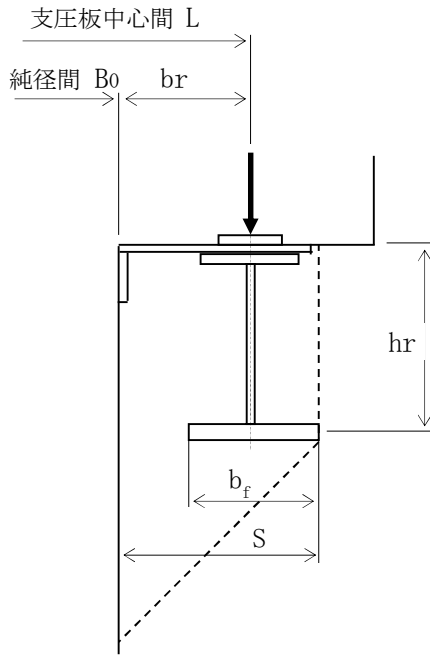
b_r : 水路面より戸当り中心までの距離 (mm)

図 5-7 戸当り鋼材のモデル図及び応力算定式

b. コンクリート

戸当りのコンクリートは、前項の鋼材の作用力を受ける部材として支圧応力及びせん断応力を算出する。

戸当りコンクリートのモデル図及び応力算定式を図 5-8 に示す。



コンクリートの支圧応力度

$$\sigma_k = \frac{pd \cdot B}{2 \cdot bf} \quad (\text{N/mm}^2)$$

コンクリートのせん断応力度

$$\tau_k = \frac{\sigma_k \cdot bf}{hr + 2 \cdot S} \quad (\text{N/mm}^2)$$

ここに、

- pd : 下部作用水圧 (N/mm²)
- B : 扉体水密幅 (mm)
- bf : 戸当り底面フランジ幅 (mm)
- hr : 戸当り高さ (mm)
- S : 堰柱側面から底面フランジ端面までの距離 (S = br + bf/2) (mm)

図 5-8 戸当りコンクリートのモデル図及び応力算定式

5.5 応力評価条件

表 5-7 に応力評価条件を示す。

表 5-7 応力評価条件 (1/3)

応力評価に使用する条件

スキンプレー ト, 主桁, 補助桁, 端桁の材質	支圧板の材質	固定荷重 (扉体の自重) G (kN)	積雪荷重 P _s (kN)	風荷重 W _k (kN)
SM490	SUS304	120	0.365	26.37

以下, 各部位毎の応力評価に使用する条件

スキンプレー ト評価 に用いる 辺長比 (b/a) による 係数 k	スキンプレー ト評価 に用いる短辺 a (mm)	スキンプレー ト評価 に用いる長辺 b (mm)	スキンプレー トの評価に用いる水圧 P (N/m ²)
49.92	500	1050	6739

スキンプレー トの評価に用いる板厚 t (cm)	主桁評価に用いる 扉体自重による荷重 W (kN/m)	主桁評価に用いる 水密幅 B (m)	主桁評価に用いる 支圧板中心間 L _o (m)
2.6	5.518	4.2	4.0

主桁評価に用いる 断面係数 Z (cm ³)	主桁評価に用いる ウェブ断面積 A _w (cm ²)	縦補助桁の評価に 用いる各区分の 平均荷重 P (kN/m ²)	縦補助桁の評価に 用いる主桁間隔 a (m)
3897	70	6.739	1.05

表 5-7 応力評価条件 (2/3)

縦補助桁の評価に 用いる縦補助桁間隔 b (m)	縦補助桁の評価に 用いる断面係数 Z (cm ³)	縦補助桁の評価に 用いるウェブ断面積 A _w (cm ²)	端桁の評価に用いる 主桁反力 R (kN)
0.500	190	10.70	11.588

端桁の評価に用いる 断面積 A (cm ²)	支圧板評価に用いる 計算荷重の 常時換算値 P (N)	支圧板評価に用いる 支圧板の弾性係数 E ₁ (N/mm ²)	支圧板評価に用いる 支圧板当たりの 弾性係数 E ₂ (N/mm ²)
67.24	36000	80800	193000

支圧板評価に用いる 支圧板計算高さ L _h (mm)	支圧板評価に用いる 支圧板半径 R (mm)	小扉の評価に用いる 辺長比 (b/a) による 係数 β	小扉の評価に用いる 水圧 p (N/m ²)
3680	800	0.0975	6739

小扉の評価に用いる 板厚 t (cm)	小扉の評価に用いる 短辺 a (cm)	小扉の評価に用いる 長辺 b (cm)	戸当り評価に用いる 戸当り底面フランジ 幅 bf (mm)
3.4	63.0	118.0	320

表 5-7 応力評価条件 (3/3)

戸当り評価に用いる 戸当り底面フランジ 厚さ t_f (mm)	戸当り評価に用いる 下部作用荷重 p_d (N/mm ²)	戸当り評価に用いる 水密幅 B (m)	戸当り評価に用いる 戸当りウェブ厚さ t_w (mm)
40	0.005056	4.2	12

戸当り評価に用いる 戸当り高さ h_r (mm)	戸当り評価に用いる 水路面より戸当り中 心までの距離 b_r (mm)
509	250

6. 機能維持評価

6.1 止水機能維持評価方法

放水路ゲートの止水機能維持評価について以下に示す。

なお、評価用加速度は「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

放水路ゲートは地震時止水機能維持を加振試験により確認しているため、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、加振試験により確認した加速度を適用する。

放水路ゲートの機能確認済加速度には、加振試験により止水機能の健全性を確認した振動台の最大加速度を適用する。

機能確認済み加速度を表 6-1 に示す。

表 6-1 機能確認済加速度

(単位： $\times 9.8\text{m/s}^2$)

評価部位	機能確認済加速度	
	水平方向	鉛直方向
駆動装置	2.2	1.6

7. 耐震評価結果

放水路ゲートの耐震評価結果を以下に示す。発生値は評価基準値を満足しており、耐震性を有することを確認した。

(1) 基準地震動 S_s に対する評価

基準地震動 S_s に対する構造強度評価結果を表 7-1, 表 7-2 に示す。

表 7-1 扉体（鋼材）の基準地震動 S_s による評価結果

No	部 位	評価応力	発生応力 (N/mm ²)	許容応力 (N/mm ²)
①	スキンプレート	曲 げ	1	240
②	主桁	曲 げ	3	237
		せん断	2	135
③	縦補助桁	曲 げ	3	193
		せん断	2	135
④	端桁	圧 縮	2	240
⑤	支圧板	支 圧	16	241
⑥	小扉	曲 げ	2	240

表 7-2 戸当り（鋼材，コンクリート）の基準地震動 S_s による評価結果

No	部 位	評価応力	発生応力 (N/mm ²)	許容応力 (N/mm ²)	
⑦	戸当り	底面フランジ	曲 げ	3	240
		腹板	圧 縮	1	180
		コンクリート	支 圧	0.1	8.9
			せん断	0.1	0.6

(2) 機能維持に対する評価

放水路ゲートの駆動装置の機能維持について、機能維持確認結果を表 7-3 に示す。

表 7-3 基準地震動 S_s による評価結果 (×9.8 m/s²)

No	部 位	機能確認済加速度との比較			
		水平加速度		鉛直加速度	
		応答加速度	機能確認済 加速度	応答加速度	機能確認済 加速度
⑧	駆動装置	0.89	2.2	0.70	1.6