

本資料のうち、枠囲みの内容は、商業機密あるい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-124 改0
提出年月日	平成30年2月13日

V-3-別添 3-2-4 防潮扉の強度計算書

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	9
2.4 適用規格	14
3. 強度評価方法	15
3.1 記号の定義	15
3.2 評価対象断面及び部位	18
3.3 荷重及び荷重の組合せ	23
3.4 許容限界	27
3.5 評価方法	32

1. 概要

本資料は、V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」に示す通り、防潮扉が地震後の繰返しの襲来を想定した津波荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、主要な構造部材の構造健全性を保持すること及び主要な構造体の境界部に設置する部材が有意な漏えいを生じない変形に留まることを確認するものである。

2. 基本方針

V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」に示す「2.1 評価対象施設」を踏まえて、防潮扉の位置及び構造概要を示す。

2.1 位置

防潮扉は、海水ポンプエリアと敷地南側境界部に設置する。

防潮扉 1 及び防潮扉 2 の設置位置図を図 2-1 に示す。

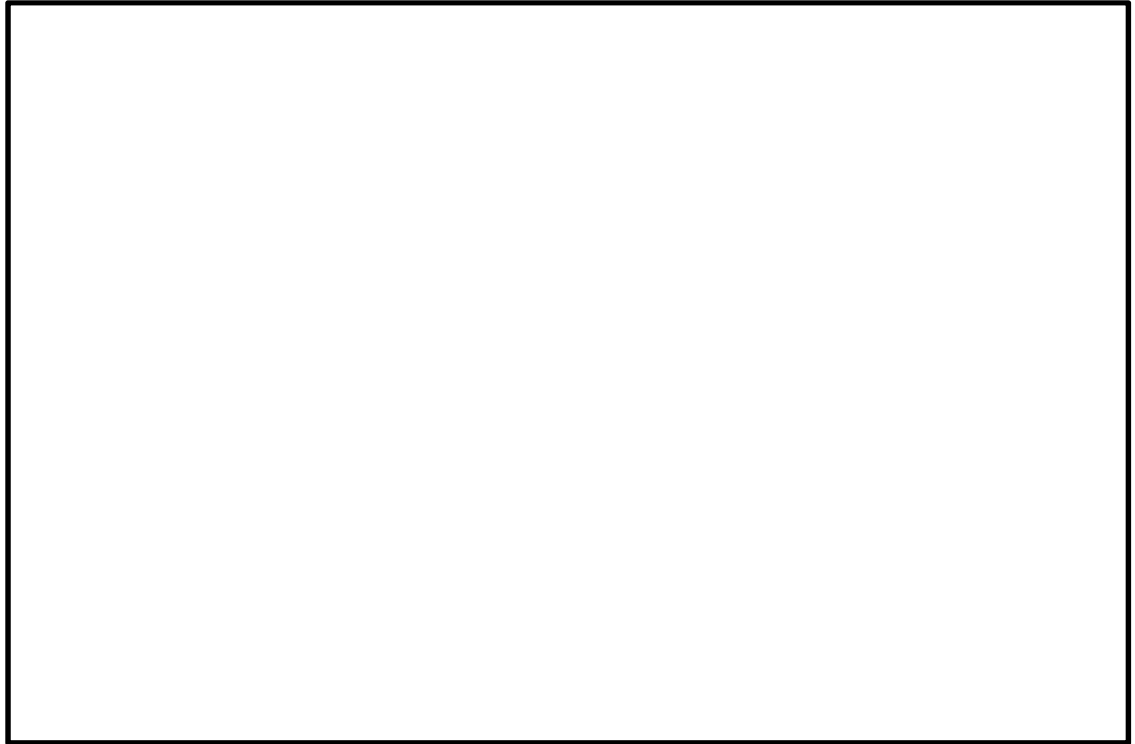


図 2-1 防潮扉の設置位置図

2.2 構造概要

(1) 防潮扉 1

防潮扉は、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、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が受ける構造である。

扉体の構造は、鋼製の桁及びスキンプレートを組合せた構造であり、鉄筋コンクリート防潮壁の躯体で保持している。戸当りは、H形鋼を組合せた構造である。

躯体は、鉄筋コンクリート防潮壁から構成され、鉄筋コンクリート造の構造物であり、ブロック間に止水ジョイントを設置する。鉄筋コンクリート防潮壁は、地中連続壁基礎を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置する。鉄筋コンクリート防潮壁と地中連続壁基礎は、鉄筋コンクリート製のフーチングを介した剛結合で一体構造とする。

防潮扉 1 の正面図及び平面図を図 2-2、側面図を図 2-3 に示す。

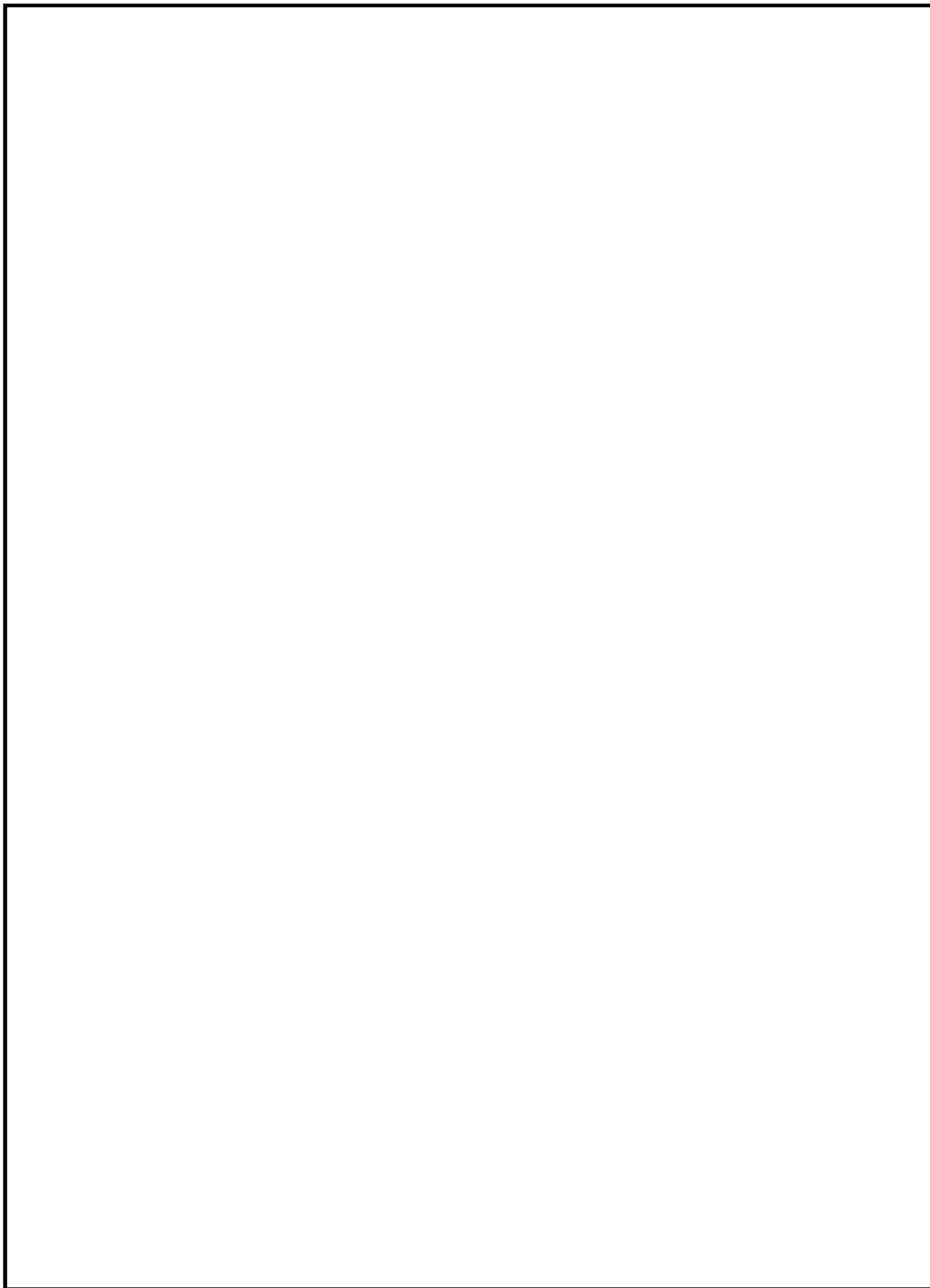


図 2-2 防潮扉 1 正面図及び平面図

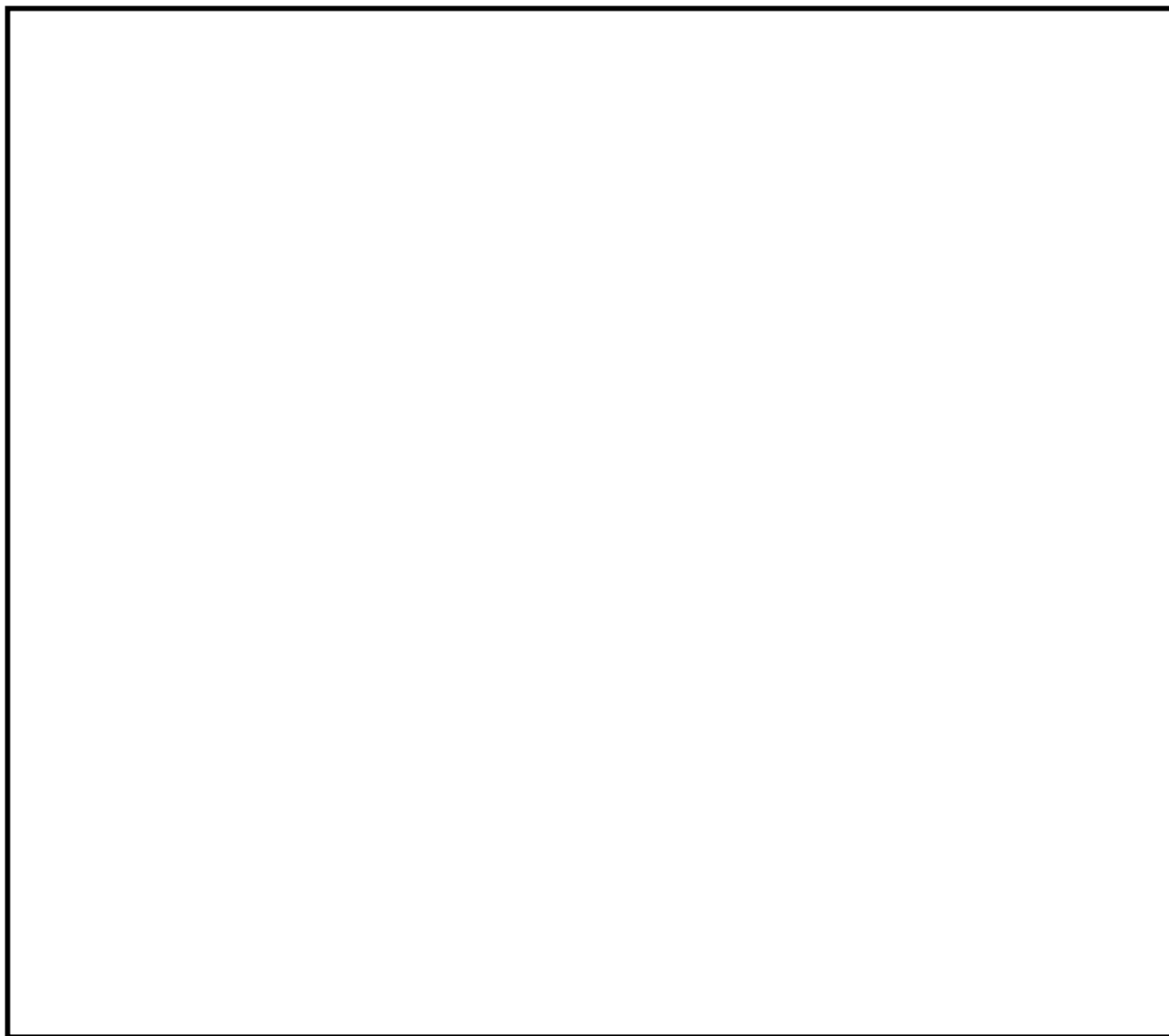


図 2-3 防潮扉 1 側面図

(2) 防潮扉 2

防潮扉は、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、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が受ける構造である。

扉体の構造は、鋼製の桁及びスキンプレートを組合せた構造であり、鉄筋コンクリート防潮壁の躯体で保持している。戸当りは、H形鋼を組合せた構造である。

躯体は、鉄筋コンクリート防潮壁から構成され、鉄筋コンクリート造の構造物であり、ブロック間に止水ジョイントを設置する。鉄筋コンクリート防潮壁は、鋼管杭を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置する。鉄筋コンクリート防潮壁と鋼管杭基礎は、鉄筋コンクリート製のフーチングを介した剛結合で一体構造とする。

防潮扉 2 の正面図及び平面図を図 2-4、側面図を図 2-5 に示す。

NT2 補② V-3-別添 3-2-4 R0

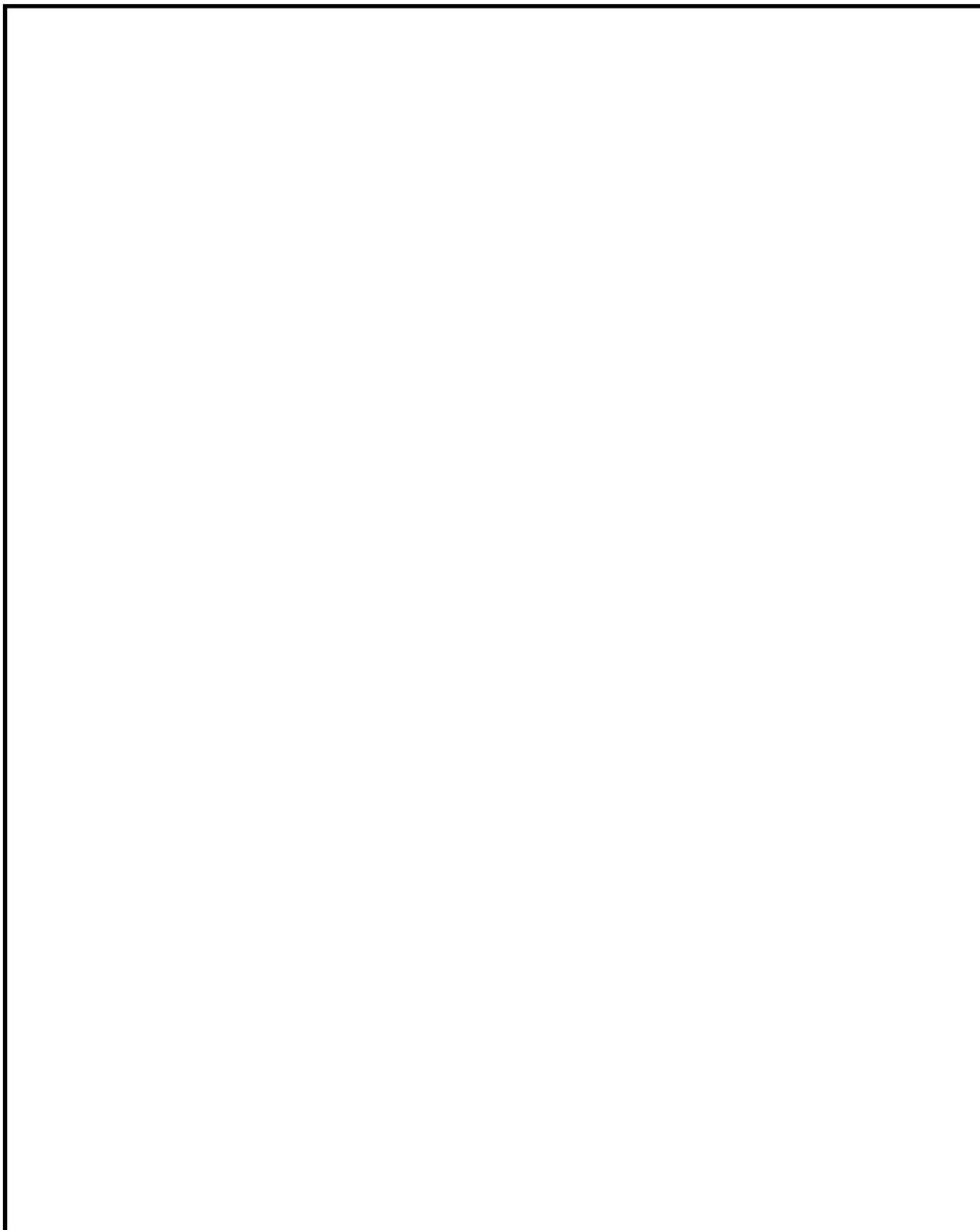


図 2-4 防潮扉 2 正面図及び平面図

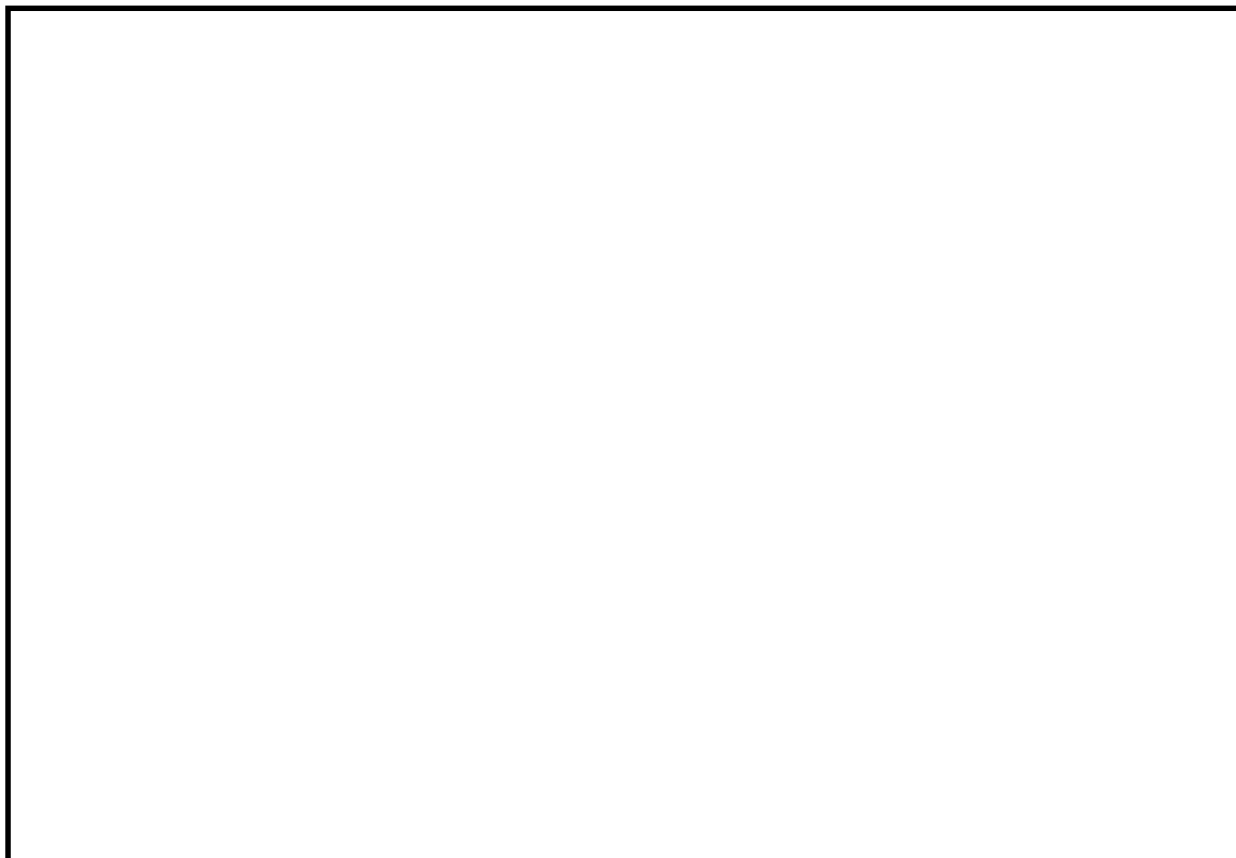


図 2-5 図 防潮扉 2 側面図

2.3 評価方針

防潮扉の強度評価は、V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」及び「4.2 許容限界」において設定している荷重及び荷重の組合せ、並びに許容限界を踏まえて実施する。強度評価では、「3. 強度評価方法」に示す方法により、「4. 評価条件」に示す評価条件を用いて評価し、「5. 強度評価結果」より、防潮扉の評価対象部位に作用する応力等が許容限界以下であることを確認する。

防潮扉の強度評価においては、その構造を踏まえ、津波及び余震荷重の作用方向や伝達過程を考慮し、評価対象部位を設定する。強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、津波に伴う荷重作用時（以下、「津波時」という。）及び津波荷重に伴う荷重作用時と余震に伴う荷重作用時（以下、「重畳時」という。）について行う。

(1) 扉体及び戸当り

防潮扉の強度評価は、スキンプレート、主桁、縦補助桁、端桁、支圧板の各部材に発生する応力を算定し、許容限界との比較を行う。

戸当りの強度評価は、H鋼及び後打ちコンクリートに発生する応力を算定し、許容限界との比較を行う。強度評価のフローを図 2-6 に示す。

なお、重畳時の評価における入力地震動は、解放基盤表面で定義される弾性設計用地震動 S_d-D1 を 1 次元波動論により地震応答解析モデル底面位置で評価したものをを用いる。

(2) 防潮壁

a. 防潮扉 1

防潮扉 1 における鉄筋コンクリート防潮壁の強度評価は、V-3-別添 3-2-2-1「防潮堤（鉄筋コンクリート防潮壁）の強度計算書」に示す。

b. 防潮扉 2

防潮扉 2 における鉄筋コンクリート防潮壁の強度評価は、設計基準対象施設として表 2-1 の防潮扉（防潮壁）の評価項目に示すとおり、構造部材の健全性評価、基礎地盤の支持性能評価及び構造物の変形性評価を行う。

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

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

構造物の変形性評価については、止水ジョイント部材の変形量を算定し、有意な漏えいが生じないことを確認した許容限界以下であることを確認する。

防潮壁の強度評価フローを図 2-7 に示す。

なお、重畳時の評価における入力地震動は、解放基盤表面で定義される弾性設計用地震動 S_d-D1 を 1 次元波動論により地震応答解析モデル底面位置で評価したものをを用いる。

NT2 補② V-3-別添 3-2-4 R0

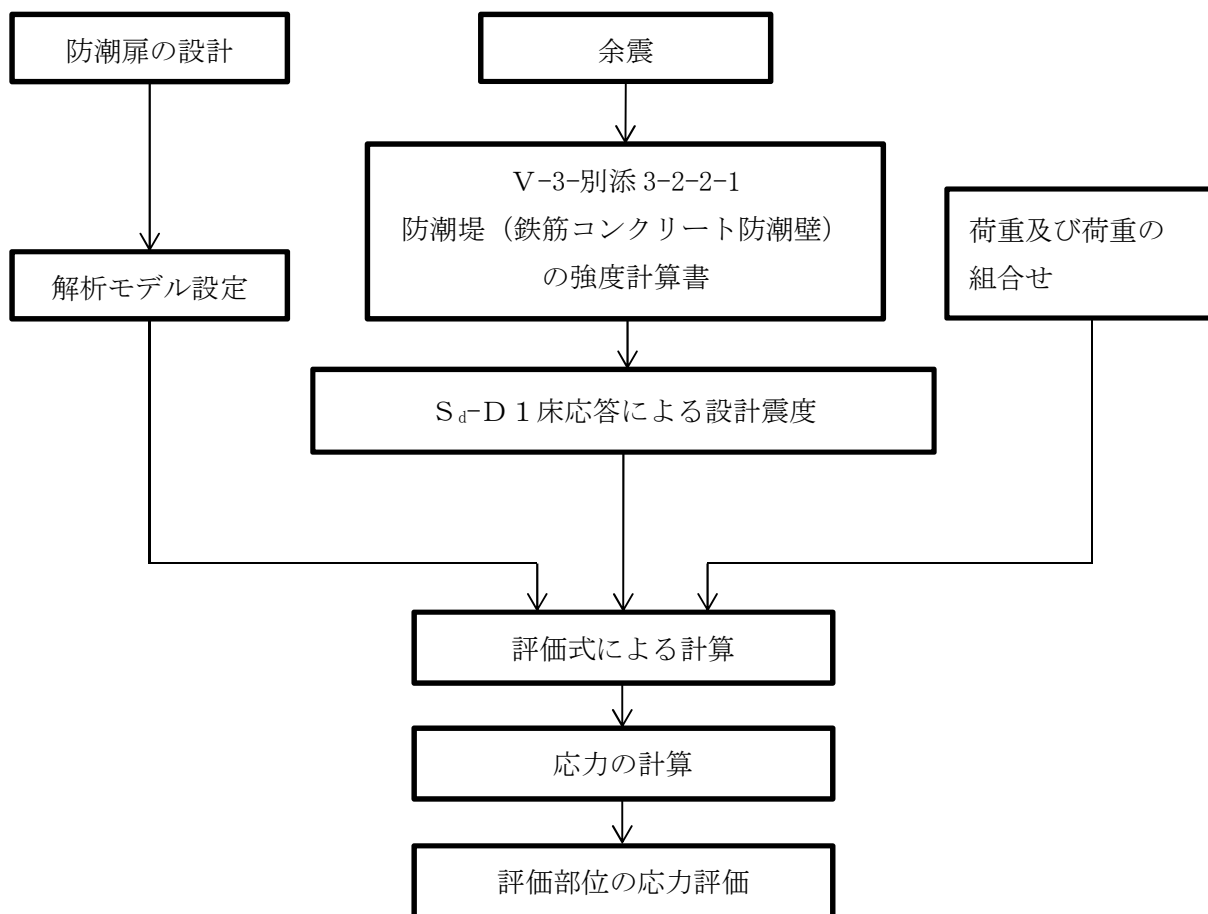
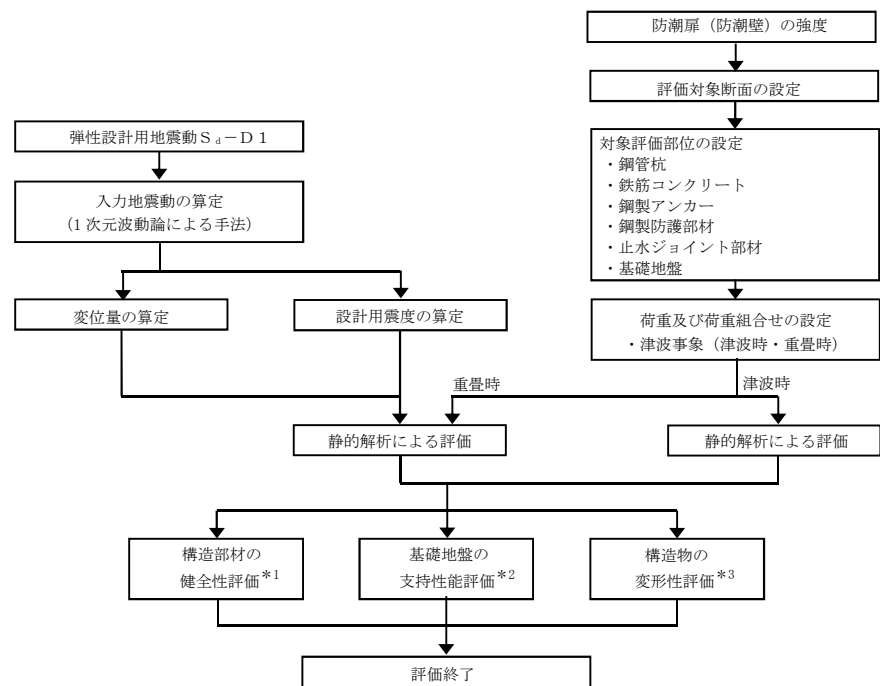


図 2-6 防潮扉（扉体及び戸当り）の強度評価における評価フロー

表 2-1 防潮扉（防潮壁）の評価項目

評価方針	評価項目	部位	評価方法	許容限界
構造強度を有すること	構造部材の健全性	鋼管杭	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		鉄筋コンクリート	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		鋼製アンカー	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		鋼製防護部材	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	発生応力が許容限界以下であることを確認	極限支持力*
止水性を損なわないこと	構造部材の健全性	鋼管杭	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		鉄筋コンクリート	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		鋼製アンカー	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		鋼製防護部材	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
	構造物の変形性	止水ジョイント部材	発生変形量が許容限界以下であることを確認	有意な漏えいが生じないことを確認した変形量

注記 *：妥当な安全余裕を考慮する。



- 注記 *1：構造部材の健全性評価を実施することで、表 2-1 に示す「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。
- *2：基礎地盤の支持性能評価を実施することで、表 2-1 に示す「構造強度を有すること」を満足することを確認する。
- *3：構造物の変形性評価を実施することで、表 2-1 に示す「止水性を損なわないこと」を満足することを確認する。

図 2-7 防潮壁（防潮壁）の強度評価フロー

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）
- ・ 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）
- ・ 乾式キャスクを用いる使用済燃料中間貯蔵建屋の基礎構造の設計に関する技術規程 J E A C 4 6 1 6 -2009（（社）日本電気協会）
- ・ 建築基礎構造設計指針（（社）日本建築学会 2001 年）
- ・ 各種合成構造設計指針・同解説（（社）日本建築学会 2010 年 11 月）
- ・ 建築基準法（昭和 25 年 5 月 24 日法律第 201 号）
- ・ 建築基準法施行令（昭和 25 年 11 月 16 日政令第 338 号）
- ・ 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）
- ・ 津波漂流物対策施設設計ガイドライン（（財）沿岸技術研究センター，（社）寒地港湾技術研究センター 2014 年 3 月）

3. 強度評価方法

3.1 記号の定義

(1) 扉体及び戸当り

扉体及び戸当りの強度評価に用いる記号を表 3-1 に示す。

表 3-1 扉体及び戸当りの強度評価に用いる記号(1/2)

記号	単位	定義
G	kN	固定荷重
P_s	kN/m^2	静水圧
P_e	kN/m^2	動水圧
I_{gi}	kN	地震時慣性力
W_s	kN	積雪荷重
P_c	kN	漂流物衝突荷重
H	m	津波高さ
H_s	m	水密高さ
H_0	m	津波時の設計水深
H_1	m	津波時の下端止水位置までの水深
H_2	m	津波時の上端止水位置までの水深
H_3	m	余震時の基礎地盤までの深さ
H_4	m	余震時の設計水深
B	m	水密幅
W_1	kN/m^3	水の単位体積荷重
W_g	kN	扉体自重による荷重
K_i	—	余震時の設計震度
P_w	kN	風荷重
ρ	$\text{kN}\cdot\text{s}^2/\text{m}^4$	空気密度
U_d	m/s	風速
G	—	ガスト応答係数
C_d	—	形状係数
A	m^2	投影面積
q_s	kN/m^2	単位積雪荷重
D_s	m	扉体総桁高
B_s	m	扉体受圧幅

表 3-1 扉体及び戸当りの強度評価に用いる記号(2/2)

記号	単位	定義
M	kN・m	各評価対象部位における最大曲げモーメント
R	kN	各評価対象部位における最大圧縮力
σ_c	N/mm ²	各評価対象部位における最大曲げ、圧縮及び支圧応力度
S	kN	各評価対象部位における最大せん断力
τ	N/mm ²	各評価対象部位における最大せん断応力
δ	mm	各評価対象部位における最大たわみ
t_s	mm	スキンプレート厚
σ_f	N/mm ²	戸当り底面フランジの曲げ応力度
σ_w	N/mm ²	戸当り腹板の圧縮応力度
τ_c	N/mm ²	戸当りコンクリートのせん断応力度

(2) 防潮壁

防潮壁の強度評価に用いる記号を表 3-2 に示す。

表 3-2 防潮壁の強度評価に用いる記号

記号	単位	定義
G	kN	固定荷重
P	kN	積載荷重
P_s	kN	積雪荷重
P_k	kN	風荷重
P_t	kN/m ²	遡上津波波力
K_{Sd}	kN	余震荷重
P_c	kN	漂流物衝突荷重
P_d	kN/m ²	動水圧
τ_{sa1}	N/mm ²	鋼管杭の許容せん断応力度
σ_{ca}	N/mm ²	コンクリートの許容曲げ圧縮応力度
τ_{a1}	N/mm ²	コンクリートの許容せん断応力度
τ_{a1}'	N/mm ²	コンクリートの許容押抜きせん断応力度
σ_{ca}'	N/mm ²	コンクリートの許容支圧応力度
V_c	kN	コンクリートの負担するせん断力
V_s	kN	斜め引張鉄筋の負担するせん断力
b_w	m	有効幅
j	—	1/1.15
d	m	有効高さ
A_w	m ²	斜め引張鉄筋断面積
σ_{sa1}	N/mm ²	鋼管杭の許容引張応力度及び許容圧縮応力度
σ_{sa2}	N/mm ²	鉄筋の許容曲げ引張応力度
s	m	斜め引張鉄筋間隔
σ	N/mm ²	鋼管杭の曲げモーメント及び軸力より算定される応力
M	N・mm	最大曲げモーメント
Z	mm ³	断面係数
N	N	軸力
A	mm ²	有効断面積
τ	N/mm ²	鋼管杭のせん断力より算定されるせん断応力
S	kN	せん断力
κ	—	せん断応力の分布係数 ($\kappa = 2.0$)

3.2 評価対象断面及び部位

防潮扉の評価対象断面及び評価対象部位は、V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度に関する説明書」の「3.2 許容限界」にて示している。

(1) 扉体及び戸当り

評価対象部位は、水圧等の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、端桁により構成される架構の構造部材を評価対象部材とする。また、扉体の支圧板から支承部の戸当りについても評価対象部材にする。

防潮扉1の部材名を図3-1及び図3-2に示す。

a. 扉体の健全性

扉体は主桁、スキンプレート、縦補助桁、端桁、支圧板について検討する。

b. 戸当りの健全性

戸当りはコンクリート支圧応力、底面フランジ曲げ応力、コンクリートのせん断応力それぞれについて検討する。

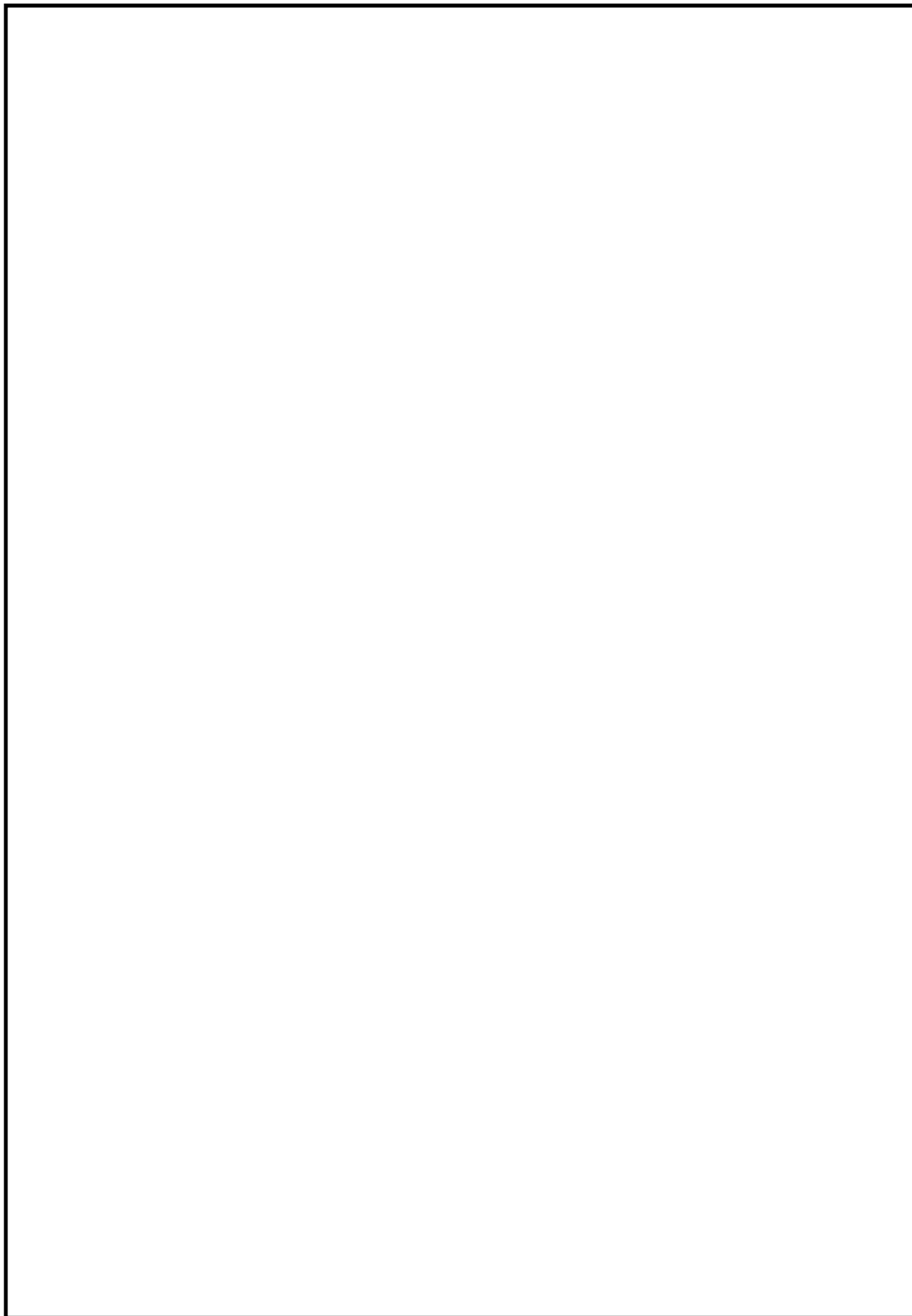


図 3-1 防潮扉 1 の部材名 (正面図, 平面図)

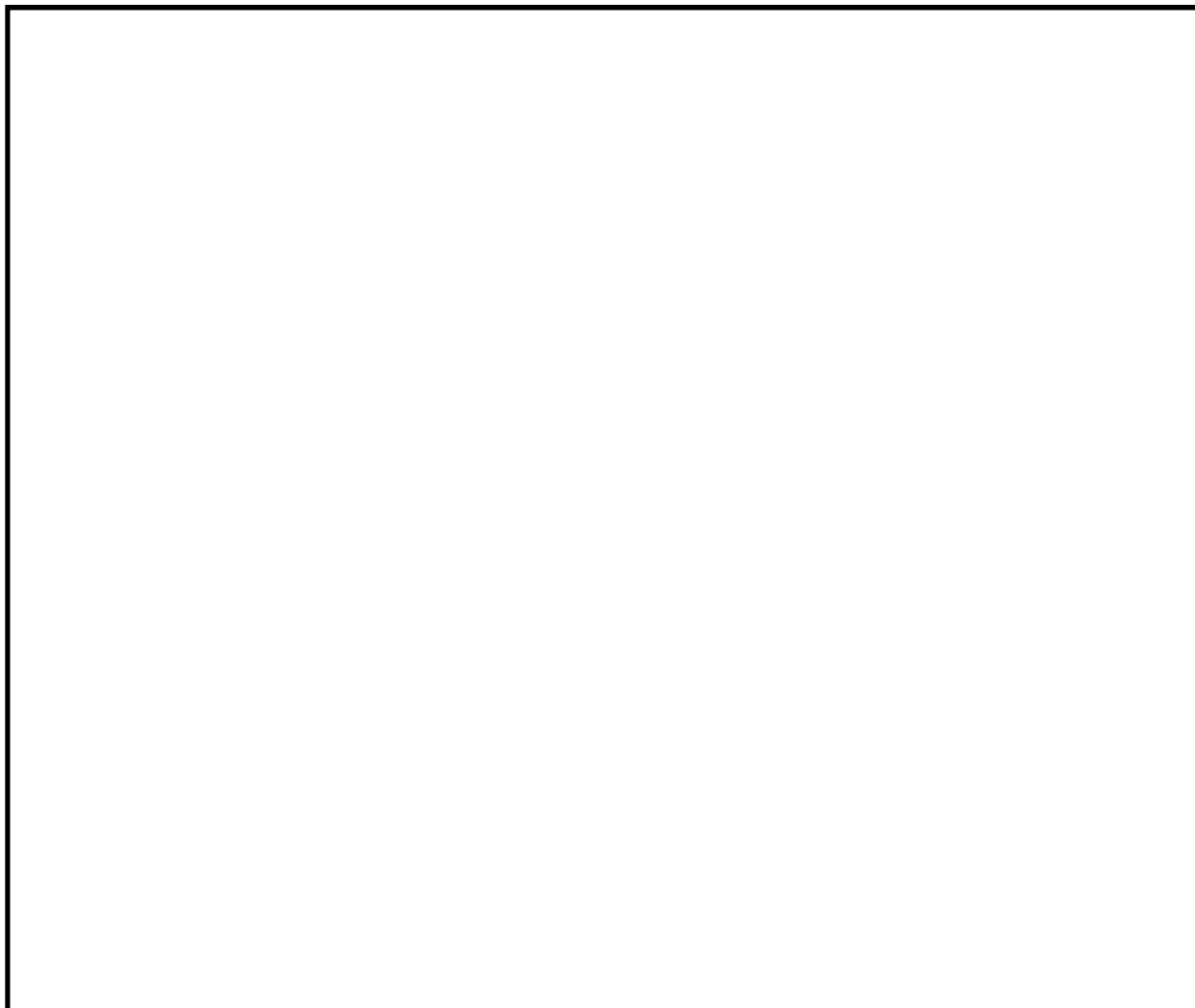


図 3-2 防潮扉 2 の部材名 (側面図)

(2) 防潮壁

a. 評価対象断面

評価対象断面は津波荷重が作用する方向，すなわち防潮扉横断方向とする。評価対象断面位置図を図 3-3，評価対象断面図を図 3-4 に示す。

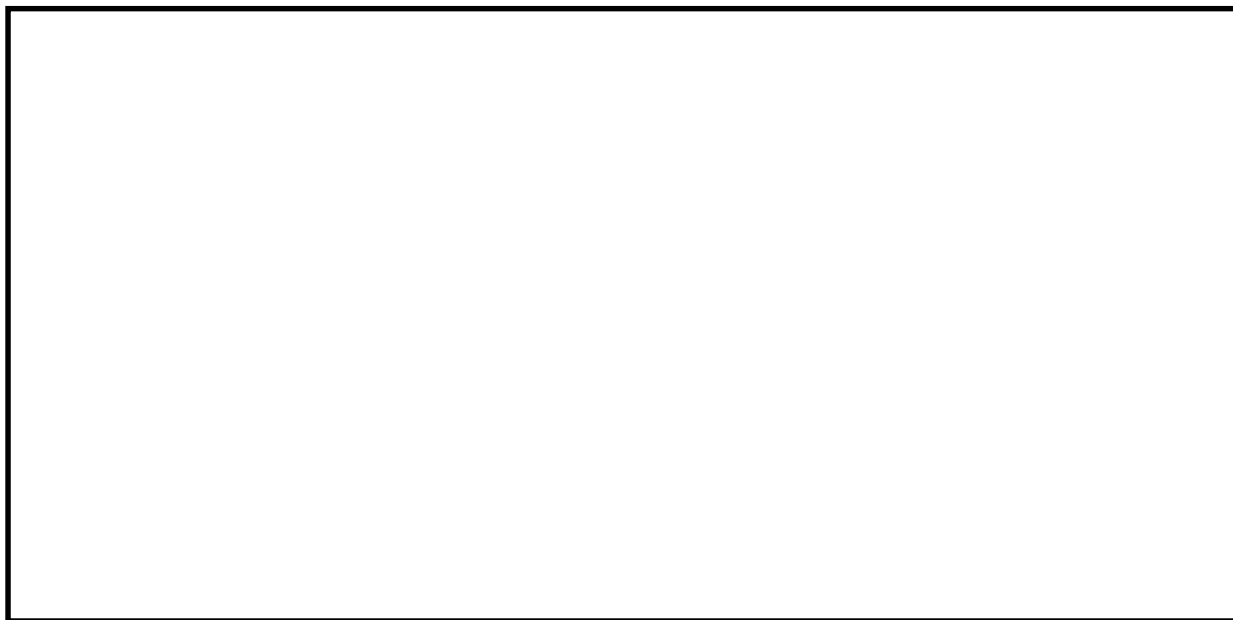


図 3-3 評価対象断面位置図

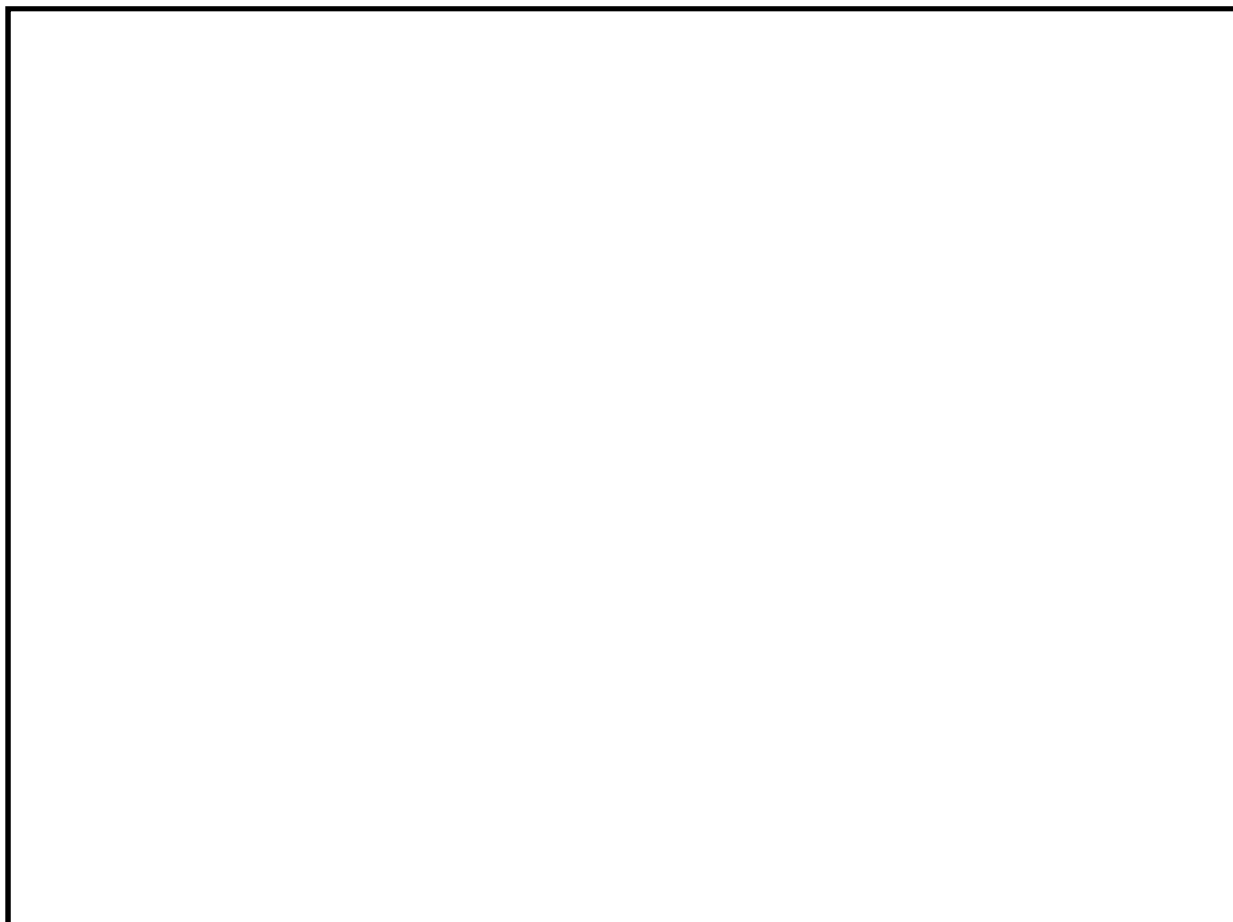


図 3-4 評価対象断面図

b. 評価対象部位

評価対象部位は、防潮壁の構造上の特徴を踏まえ設定する。

(a) 鋼管杭

鋼管杭の評価対象部位は、防潮壁を支持する鋼管杭とする。

(b) 鉄筋コンクリート

鉄筋コンクリートの評価対象部位は、防潮壁とフーチングの鉄筋コンクリートとする。

(c) 基礎地盤の支持力

基礎地盤の評価対象部位は、鉄筋コンクリート防潮壁を支持する基礎地盤とする。

(d) 止水ジョイント部材

止水ジョイント部材の評価対象部位は、構造物間に設置する止水ゴム及び止水シートとする。

(e) 鋼製アンカー

鋼製アンカーの評価対象部位は、止水ジョイント部材の取り付け部のアンカーとする。

(f) 鋼製防護部材

鋼製防護部材の評価対象部位は、止水ジョイント部材を防護する鋼製防護部材とする。

3.3 荷重及び荷重の組合せ

強度計算に用いる荷重及び荷重の組合せは、V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」にて示している荷重及び荷重の組合せを踏まえて設定する。

(1) 扉体及び戸当り

a. 荷重

荷重強度には、以下の荷重を用いる。

(a) 固定荷重 (G)

固定荷重として、扉体自重 (W_g) を考慮する。

(b) 静水圧 (P_s)

津波時の扉体への作用静水圧を考慮する。

$$P_s = \{H_s(p_u + p_d)B\}/2$$

$$p_u = W_1 \cdot H_2$$

$$p_d = W_1 \cdot H_1$$

(c) 動水圧 (P_e)

余震時の扉体への作用動水圧を考慮する。

$$P_e = 7/12 \cdot W_1 \cdot K_H \cdot \sqrt{H_3} \cdot (\sqrt{H_4^3} - \sqrt{H_5^3}) \cdot B$$

(d) 地震時慣性力 (I_{gi})

余震時の扉体自重による慣性力を考慮する。

$$I_{gi} = W_g \cdot K_i$$

(e) 積雪荷重 (W_s)

津波時・余震時とも扉体への積雪荷重を考慮する。

$$W_s = q_s \cdot D_s \cdot B_s$$

(f) 漂流物衝突荷重 (P_c)

津波時は漂流物として総排水トン 15 t の漁船による衝突荷重を集中荷重として考慮する。

b. 荷重の組合せ

扉体及び戸当りの設計に考慮する荷重の組合せを表 3-3 に、静水圧と動水圧の荷重作用図を図 3-5、図 3-6 に示す。

表 3-3 荷重の組合せ

区分	荷重の組合せ
津波時	$G + P_s + W_s + P_c$
重畳時	$G + P_s + P_e + I_{gi} + W_s$

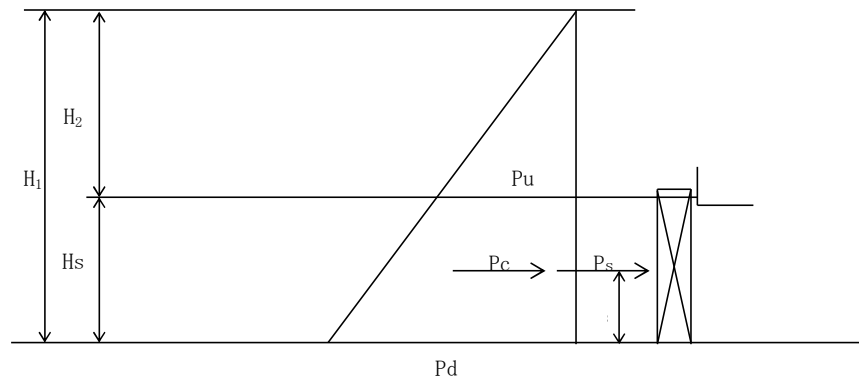


図 3-5 静水圧の荷重作用図

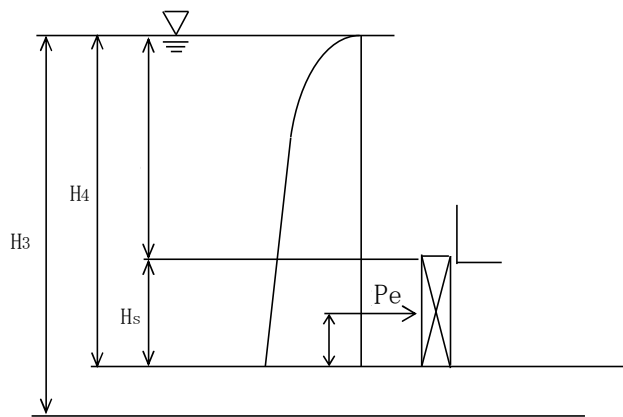


図 3-6 動水圧の荷重作用図

3.3.1 使用材料及び材料の物性値

使用材料及び材料の物性値について表 3-4 に示す。

表 3-4 扉体本体の使用材料

評価部材	諸元
スキンプレート, 縦補助桁, 主桁, 端桁	SM490
支圧板	SUS304

(2) 防潮壁

a. 荷重

防潮壁の強度評価には、以下の荷重を用いる。

(a) 固定荷重 (G)

固定荷重として、構造物の自重及び浮力を考慮する。地下水位のレベルは地表面とする。

(b) 積載荷重 (P)

積載荷重として、機器荷重とする。

(c) 積雪荷重 (P_s)

積雪荷重として、30 cm の積雪を考慮する。

(d) 風荷重 (P_k)

津波の遡上時には海面下にあり、風荷重は考慮しない。

(e) 遡上津波荷重 (P_t)

イ. 遡上津波波圧

遡上津波荷重については、防潮堤前面における最大津波水位標高と防潮堤設置地盤標高の差分の $3/2$ 倍を考慮して算定する。

ロ. 海水重量

防潮扉前面のフーチング上について津波の水塊による海水重量を考慮する。なお、海水の密度は $\rho = 1.03 \text{ t/m}^3$ とする。

ハ. 津波による揚圧力

津波波圧が防潮扉上部の軒を超える場合は津波による揚圧力を考慮する。

(f) 漂流物衝突荷重 (P_c)

漂流物衝突荷重として、総排水トン 15t の漁船の衝突を考慮する。

(g) 余震荷重 (K_{sd})

余震荷重として、弾性設計用地震動 $S_d - D1$ による地震力及び動水圧を考慮する。

余震と津波の「重畳時」は余震荷重 (K_{sd}) として水平慣性力及び鉛直慣性力を考慮する。地震応答解析で算定した地表面の最大加速度から水平震度及び鉛直震度を算定し、慣性力を作用させる。

イ. 動水圧

余震と津波の「重畳時」は、余震による地表面最大加速度に応じた水平震度に基づき算定される動水圧を考慮する。

b. 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3-5 に示す。

表 3-5 荷重の組合せ

区分	荷重の組合せ
津波時	$G + P + P_s + P_t + P_c$
重畳時	$G + P + P_s + P_t + K_{Sd}$

G : 固定荷重

P : 積載荷重

P_s : 積雪荷重

P_t : 津波波力

K_{Sd} : 余震荷重

P_c : 衝突荷重

3.4 許容限界

防潮扉の許容限界は、「3.2 評価対象断面及び部位」にて設定した評価対象断面の機能損傷モードを考慮し、V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」の「4.2 許容限界」にて示している許容限界を踏まえて設定する。

(1) 扉体及び戸当り

a. 扉体

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、表 3-6 に示す短期許容応力度とする。短期許容応力度は、基準津波時及び余震＋基準津波時に対しては鋼材の許容応力度に対して 1.5 倍、敷地に遡上する津波時（T.P. +24 m）及び余震＋敷地に遡上する津波時（T.P. +24 m）に対しては鋼材の許容応力度に対して 2.0 倍の割増しを考慮する。

また、止水性については許容限界を短期許容応力度とすることで部材をおおむね弾性域内の変形に留め、戸当りとの圧着構造を保つことで止水性を確保するものとする。

表 3-6 鋼材の許容応力度（短期）

評価項目				短期許容応力度 (N/mm ²)	
				基準津波	敷地に遡上する津波
スキンプレート, 主桁, 補助桁, 端桁	SM490	t ≤ 40* ¹	許容曲げ応力度 σ_{ca}	240	320
			許容圧縮応力度, 許容引張応力度 σ_{ca}	240	320
			許容せん断応力度 τ_a	135	180
			許容支圧応力度 σ_{ca} * ²	360	480
支圧板	SUS304	t ≤ 40* ¹	許容支圧応力度 σ_{ca} * ²	225	300

注記 *1: t 鋼材の板厚 (mm)

*2: 許容支圧応力の上限值は降伏点とする。

b. 戸当り

防潮扉戸当りの許容限界は、鋼材については扉体と同様とする。コンクリートの許容限界は、は表 3-7 に示す短期許容応力度とする。短期許容応力度は、基準津波時及び余震＋基準津波時に対してはコンクリートの許容応力度に対して 1.5 倍、敷地に遡上する津波時 (T.P. +24 m) 及び余震＋敷地に遡上する津波時 (T.P. +24 m) に対してはコンクリートの許容応力度に対して 2.0 倍の割増しを考慮する。

表 3-7 コンクリートの許容応力度 (短期)

評価項目			短期許容応力度 (N/mm ²)	
			基準津波時	敷地に遡上する津波時 (T.P. +24 m)
無筋 コンクリート	コンクリートの 設計基準強度 24 N/mm ²	許容圧縮応力度 σ_{ca}	8.1	10.8
		許容支圧応力度 σ_{ca}	8.85	11.8
		許容せん断応力度 τ_a	0.6	0.8
		許容付着応力度 σ_{ca}^*	2.4	3.2

注記 * : 異形鉄筋の場合を示す。

(2) 防潮壁

a. 鋼管杭

鋼管杭の許容限界は、「道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 24 年 3 月）」に基づき，表 3-8 に示す短期許容応力度とする。短期許容応力度は，基準津波時における鋼材の許容応力度に対して 1.5 倍の割増を考慮する。また，敷地に遡上する津波時（T.P. +24 m）は 1.7 倍の割増を考慮する。

表 3-8 鋼管杭の許容限界
基準津波時

評価項目			短期許容応力度 (N/mm ²)
鋼管杭	SM570	許容引張応力度 σ_{sa1}	382.5
		許容圧縮応力度 σ_{sa1}	
		許容せん断応力度 τ_{sa1}	217.5

敷地に遡上する津波時（T.P. +24 m）

評価項目			短期許容応力度 (N/mm ²)
鋼管杭	SM570	許容引張応力度 σ_{sa1}	433.5
		許容圧縮応力度 σ_{sa1}	
		許容せん断応力度 τ_{sa1}	246.5

b. 鉄筋コンクリート

鉄筋コンクリートの許容限界は、「コンクリート標準示方書 [構造性能照査編]（（社）土木学会 2002 年制定）」及び「道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会 平成 24 年 3 月）」に基づき，表 3-9 に示す短期許容応力度とする。短期許容応力度は，基準津波時における鉄筋コンクリートの許容応力度に対して 1.5 倍の割増を考慮する。また，敷地に遡上する津波時（T.P. +24 m）においては，コンクリートの許容応力度に対して 2.0 倍，鉄筋の許容応力度に対して 1.65 倍の割増を考慮する。

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

表 3-9 コンクリート及び鉄筋の許容限界
基準津波時

評価項目			短期許容応力度 (N/mm ²)
コンクリート	f' _{ck} =40 N/mm ²	許容曲げ圧縮応力度 σ _{ca}	21
		許容せん断応力度 τ _{a1}	0.825*
		許容押抜きせん断応力度 τ _{a1} '	1.65
		許容支圧応力度 σ _{ca} '	18
鉄筋	SD490	許容曲げ引張応力度 σ _{sa2} (軸方向鉄筋)	435
		許容曲げ引張応力度 σ _{sa2} (せん断補強筋)	300

敷地に遡上する津波時 (T.P. +24 m)

評価項目			短期許容応力度 (N/mm ²)
コンクリート	f' _{ck} =40 N/mm ²	許容曲げ圧縮応力度 σ _{ca}	28
		許容せん断応力度 τ _{a1}	1.1*
		許容押抜きせん断応力度 τ _{a1} '	2.2
		許容支圧応力度 σ _{ca} '	24
鉄筋	SD490	許容曲げ引張応力度 σ _{sa2} (軸方向鉄筋)	478.5
		許容曲げ引張応力度 σ _{sa2} (せん断補強筋)	330

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

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

ここで、

V_{ca} : コンクリートの許容せん断力

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

V_{sa} : 斜め引張鉄筋の許容せん断力

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

τ_{a1} : 斜め引張鉄筋を考慮しない場合の許容せん断応力度

b_w : 有効幅

j : 1/1.15

d : 有効高さ

- A_w : 斜め引張鉄筋断面積
- σ_{sa2} : 鉄筋の許容引張応力度
- s : 斜め引張鉄筋間隔

c. 基礎地盤の支持力

基礎地盤に作用する許容限界は、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」を考慮し、極限支持力に基づき設定する。

d. 止水ジョイント部材

止水ジョイント部材の変形量の許容限界は、メーカー規格、漏水試験及び変形試験により、有意な漏えいが生じないことを確認した変形量とする。表 3-10 に止水ジョイント部材の変形量の許容限界を示す。

表 3-10 止水ジョイント部材の変形量の許容限界

評価項目		許容限界
止水ジョイント部材	ゴムジョイント	水平：200 mm, 鉛直：200 mm, 軸直角：200 mm
	シートジョイント	防潮壁天端相対変位：2 m

e. 鋼製アンカー

鋼製アンカーの許容限界は、「各種合成構造設計指針・同解説（（社）日本建築学会 2010 年 11 月）」に基づき設定する。コンクリートの許容限界は、表 3-9 に示す短期許容応力度を許容限界とする。

f. 鋼製防護部材

鋼製防護部材の許容限界は、「鋼構造設計規準—許容応力度設計法—（（社）日本建築学会 2005 年 9 月）」、「各種合成構造設計指針・同解説（（社）日本建築学会 2010 年 11 月）」及び「津波漂流物対策施設設計ガイドライン（（社）沿岸技術研究センター、（社）寒地港湾技術研究センター 2014 年 3 月）」に基づき設定する。

3.5 評価方法

防潮壁の耐震評価は、V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」の「5. 強度評価方法」に基づき設定する。

(1) 津波時

a. 扉体及び戸当り

評価対象部位における発生応力が許容限界以下であることを確認する。

(a) 扉体

イ. 主桁

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

主桁のモデル図を図 3-7 に示す。

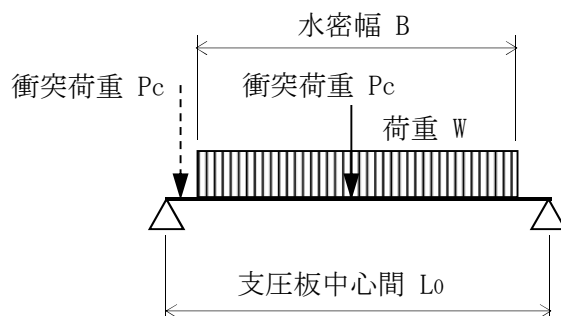


図 3-7 主桁のモデル図

ロ. 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辺を固定指示された平板としてモデル化し、「ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・マニュアル編）（（社）ダム・堰施設技術協会 平成 25 年 6 月）」の式により曲げ応力を算定する。

スキンプレートのモデル図及び応力算定式を図 3-8 に示す。

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

σ : 応力度 (N/mm)

k : 辺長比 (b/a) による係数

a : 短辺 (mm)

b : 長辺 (mm)

P : 水圧

t : 板厚

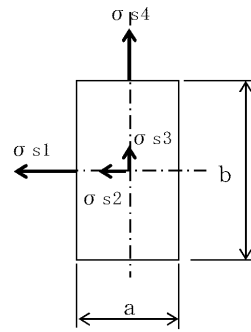


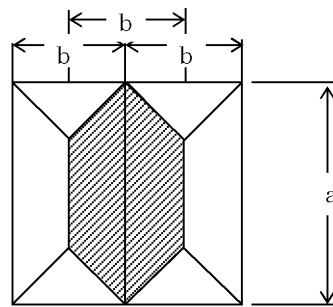
図 3-8 スキンプレートのモデル図及び応力算定式

ハ. 縦補助桁

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

また、縦補助桁はスキンプレートの補剛材であるため、衝突荷重についても考慮する。衝突荷重は曲げモーメント時は桁中央に、せん断力時は桁端部に 1/2 の集中荷重が作用したとして計算する。

縦補助桁のモデル図及び応力算定式を図 3-9 に示す。



- p : 各区分の平均水圧 (kN/m²)
- Pc : 衝突荷重
- a : 主桁及び横補助桁間隔 (m)
- b : 縦補助桁間隔 (m)

最大曲げモーメント

$$M = \frac{p \cdot b}{24} (3 \cdot a^2 - b^2) + \frac{Pc \cdot b}{4} \text{ (kN-m)}$$

最大せん断力

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

図 3-9 縦補助桁のモデル図及び応力算定式

二. 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が戸当りを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。よって「ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・マニュアル編）（（社）ダム・堰施設技術協会 平成 25 年 6 月）」に従い、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。縦桁腹板は天地方向に、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ため、有効幅はそれぞれの板厚の 12 倍までとする。ただし、補剛材（主桁ウェブ）については、全有効断面積が補剛材断面積の 1.7 倍を超える場合は有効幅を小さくし、全有効断面積が補剛材断面積の 1.7 倍となるようにする。

端桁のモデル図を図 3-10 に示す。

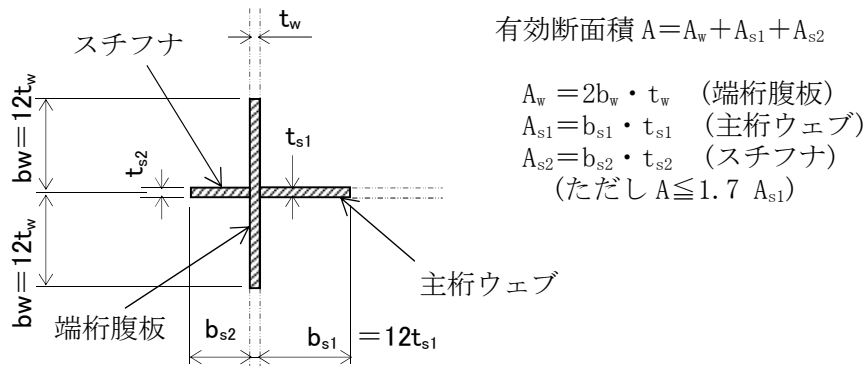


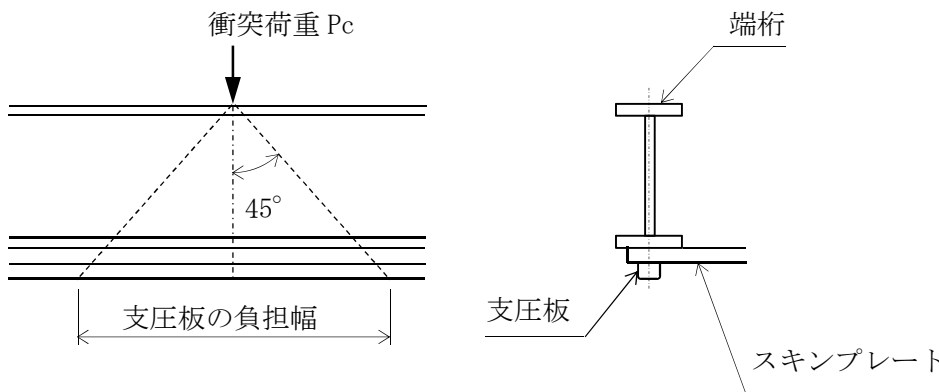
図 3-10 端桁のモデル図

ホ. 支圧板

支圧板の面圧は踏面に曲率を設けるため、「ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・マニュアル編）（（社）ダム・堰施設技術協会 平成 25 年 6 月）」のローラの線接触に倣って計算する。

なお、衝突荷重については扉体端桁に作用したとして、端桁高、スキンプレート厚さ支圧板厚さを考慮した片側 45 度分布長で負担するものとする。

端桁のモデル図及び応力算定式を図 3-11 に示す。



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

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

$$Z = 0.78 \cdot C$$

ここに、

- p : ヘルツの接触応力度 (N/mm²)
- P : 計算荷重の常時換算値 = (Ps+Pc) / γ (N)
- Ps : 静水圧
- Pc : 衝突荷重
- pd : 扉体下端水圧 (N/mm²)
- B : 扉体水密幅
- γ : 許容応力補正係数に裕度を乗じた係数
- E₁ : 支圧板の弾性係数
- E₂ : 支圧板当りの弾性係数
- Lh : 支圧板計算高さ
- R : 支圧板半径 (mm)
- 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)
- ν : 安全率=1.3(線接触の場合)
- H_b : 支圧板のブリネル硬さ

図 3-11 支圧板のモデル図及び応力算定式

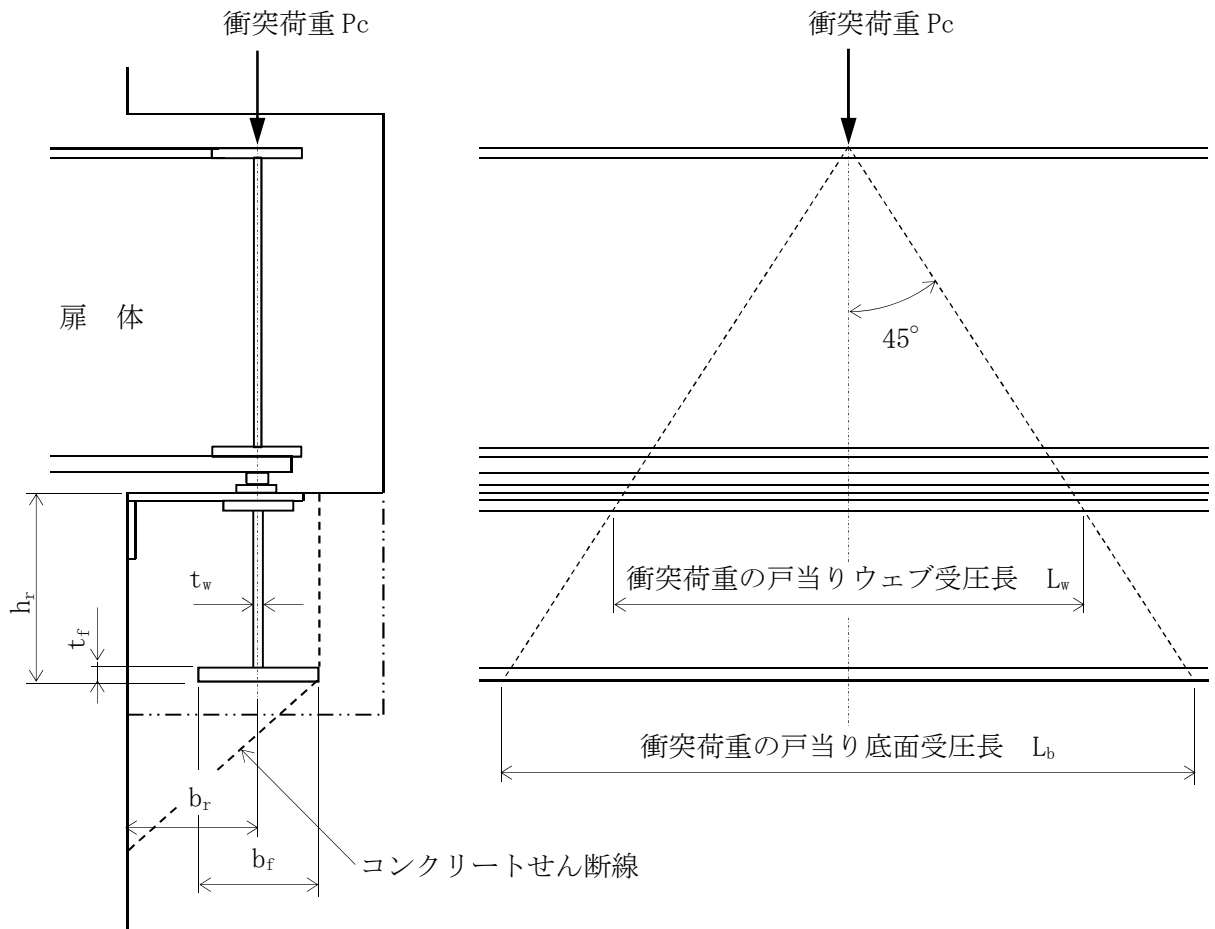
(b) 戸当り

評価位置において鋼材については底面フランジの曲げ応力、腹板の圧縮応力が、コンクリートについては支圧応力、せん断応力が許容限界以下であることを確認する。

イ. 鋼材

戸当りの鋼材は、下面の水圧が高いため作用水圧とする。また、衝突荷重は扉体端桁上流側フランジに作用したとして、片側 45 度の分布長で負担するものとする。

戸当りのモデル図及び応力算定式を図 3-12 に示す。



底面フランジ曲げ応力度

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

腹板の圧縮応力度

$$\sigma_{cw} = \frac{pd \cdot B}{2 \cdot tw} + \frac{Pc}{Lw \cdot bf} \quad (\text{N/mm}^2)$$

ここに、

pd : 下部作用水圧 (N/mm²)

B : 扉体水密幅

Pc : 衝突荷重

br : 水路面より戸当り中心までの距離

hr : 戸当り高

tw : 戸当りウェブ厚さ

bf : 戸当り底面フランジ幅

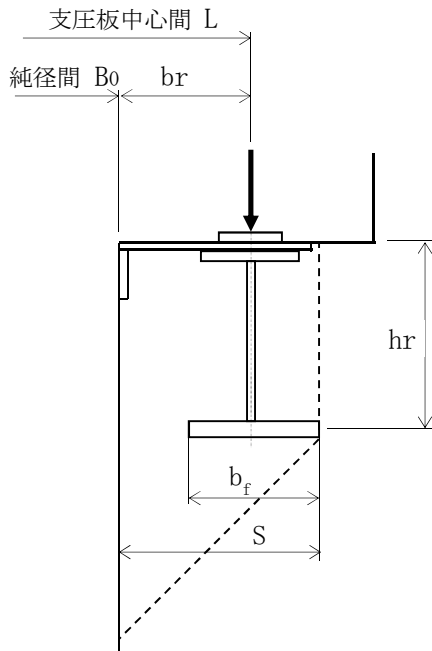
tf : 戸当り底面フランジ厚さ

図 3-12 戸当り鋼材のモデル図及び応力算定式

ロ. 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負担するものとして支圧応力及びせん断応力を評価する。

戸当りコンクリートのモデル図及び応力算定式を図 3-13 に示す。



コンクリートの支圧応力度

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

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、

支圧板中心間	L
純径間	B0
水路面より戸当り中心 までの距離	br
コンクリート支圧応力度	σ_k (N/mm ²)
戸当り底面フランジ幅	bf
戸当り高さ	hr
堰柱側面から底面フランジ 端面までの距離	$S = br + bf/2$

図 3-13 戸当りコンクリートのモデル図及び応力算定式

b. 防潮壁

(a) 鋼管杭

鋼管杭の評価は、杭体の曲げモーメント及び軸力より算定される応力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。

イ. 曲げモーメント及び軸力に対する照査

曲げモーメント及び軸力を用いて次式により算定される応力が許容限界以下であることを確認する。

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

ここで、

- σ : 鋼管杭の曲げモーメント及び軸力より算定される応力 (N/mm²)
- M : 最大曲げモーメント (N・mm)
- Z : 断面係数 (mm³)
- N : 軸力 (N)
- A : 有効断面積 (mm²)

ロ. せん断力に対する照査

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

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

ここで、

- τ : 鋼管杭のせん断力より算定されるせん断応力 (N/mm²)
- S : せん断力 (kN)
- A : 有効断面積 (mm²)
- κ : せん断応力の分布係数 (2.0)

(b) 鉄筋コンクリート

鉄筋コンクリートは、強度評価により算定した曲げ圧縮応力、曲げ引張応力及びせん断応力が許容限界以下であることを確認する。

(c) 基礎地盤の支持力

基礎地盤の支持性能評価においては、基礎地盤に作用する発生応力が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認する。

(d) 止水ジョイント部材

地震時残留変位と津波荷重作用時変位の和で求められる相対変位が許容限界以下であることを確認する。

(e) 鋼製アンカー

津波荷重が止水ジョイントへ載荷された際に、アンカーの引張力、せん断力及びコンクリートのせん断応力が許容限界以下であることを確認する。

(f) 鋼製防護部材

鋼製防護部材に発生する応力が許容限界以下であることを確認する。

(2) 重畳時

a. 扉体及び戸当り

評価対象部位における発生応力が許容限界以下であることを確認する。

(a) 扉体

評価位置において主桁など鋼材の曲げ応力、せん断応力が、たわみ、スキンプレートの最大応力、支圧板の支圧応力が許容限界以下であることを確認する。

イ. 主桁

主桁の重畳時の評価は「(1) 津波時」と同じ方法により行う。

ロ. スキンプレート

スキンプレートの重畳時の評価は「(1) 津波時」と同じ方法により行う。

ハ. 縦補助桁

縦補助桁の重畳時の評価は「(1) 津波時」と同じ方法により行う。

ニ. 端桁

端桁の重畳時の評価は「(1) 津波時」と同じ方法により行う。

ホ. 支圧板

支圧板の重畳時の評価は「(1) 津波時」と同じ方法により行う。

(b) 戸当り

評価位置において鋼材については底面フランジの曲げ応力、腹板の圧縮応力が、コンクリートについては支圧応力、せん断応力が許容限界以下であることを確認する。

イ. 鋼材

鋼材の重畳時の評価は「(1) 津波時」と同じ方法により行う。

ロ. コンクリート

コンクリートの重畳時の評価は「(1) 津波時」と同じ方法により行う。

b. 防潮壁

(a) 地震応答解析

イ. 解析方法

重畳時の検討で実施する地震応答解析は、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できる有効応力解析を実施する。有効応力解析に用いる液状化強度特性は、敷地の原地盤における代表性及び網羅性を踏まえた上で保守性を考慮して設定することを基本とする。

地中土木構造物への地盤変位に対する保守的な配慮として、地盤を強制的に液状化させることを仮定した影響を考慮する場合は、原地盤よりも十分に小さい液状化強度特性（敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく液状化強度特性）を設定する。

上部土木構造物及び機器・配管系への加速度応答に対する保守的な配慮として、地盤の非液状化の影響を考慮する場合は、原地盤において非液状化の条件を仮定した解析を実施する。

解析コードは、「FLIP Ver. 7.3.0_2」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、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

(イ) 地盤

V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に示す有効応力解析用地盤物性値に基づき、地盤の有効応力の変化に応じた地震時挙動を考慮できるモデル化とする。

(ロ) 減衰特性

時刻歴非線形解析における減衰特性については、固有値解析にて求められる固有振動数に基づく Rayleigh 減衰を考慮する。

ロ. 解析モデル及び諸元

(イ) 解析モデル

解析モデルは、構造物設置位置の地層構成に基づきモデル化する。

(ロ) 地盤の物性値

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

ハ. 入力地震動

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

地震応答解析に用いる入力地震動は、解放基盤表面で定義される弾性設計用地震動 $S_d - D1$ を 1 次元波動論により地震応答解析モデル底面位置で評価したものをを用いる。

入力地震動の算定には、解析コード「k-SHAKE Ver. 6.2.0」を使用する。解析コ

ードの検証及び妥当性確認の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

(b) 静的解析

イ. 鋼管杭

鋼管杭の重畳時の評価は「(1) 津波時」と同じ方法により、許容限界以下であることを確認する。

ロ. 鉄筋コンクリート

鉄筋コンクリートの重畳時の評価は「(1) 津波時」と同じ方法により、許容限界以下であることを確認する。

ハ. 止水ジョイント部材

止水ジョイント部材の重畳時の評価は、本震後の残留変位に加え、余震時の変形量が許容限界以下であることを確認する。

ニ. 鋼製アンカー

鋼製アンカーの重畳時の評価は「(1) 津波時」と同じ方法により、許容限界以下であることを確認する。

ホ. 鋼製防護部材

鋼製防護部材の重畳時の評価は「(1) 津波時」と同じ方法により、発生する応力が許容限界以下であることを確認する。