

本資料のうち、枠囲みの内容は、機密事項に属しますので公開できません。

柏崎刈羽原子力発電所第6号機 設計及び工事計画審査資料	
資料番号	KK6 添-2-042-2 改0
提出年月日	2023年11月24日

VI-2-10-2-2-1 取水槽閉止板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 適用規格・基準等	5
2.5 記号の説明	6
3. 評価対象部位及び評価対象設備	7
4. 固有値解析	9
4.1 固有振動数の計算方法	9
4.1.1 解析モデルの設定	9
4.1.2 記号の説明	10
4.1.3 固有振動数の算出方法	10
4.2 固有振動数の計算条件	11
4.3 固有振動数の計算結果	11
5. 構造強度評価	12
5.1 構造強度評価方法	12
5.2 荷重及び荷重の組合せ	12
5.2.1 荷重の組合せ	12
5.2.2 荷重の設定	12
5.3 許容限界	13
5.3.1 使用材料	13
5.3.2 許容限界	14
5.4 設計用地震力	15
5.5 評価方法	16
5.5.1 主桁	16
5.5.2 スキンプレート	19
5.5.3 締付ボルト	21
5.5.4 戸当り	22
5.5.5 アンカーボルト	25
5.6 評価条件	28
6. 評価結果	29

1. 概要

本計算書は、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に基づき、浸水防止設備のうちタービン補機冷却用海水取水槽閉止板 1，タービン補機冷却用海水取水槽閉止板 2，補機冷却用海水取水槽(A)閉止板，補機冷却用海水取水槽(B)閉止板及び補機冷却用海水取水槽(C)閉止板（以下「取水槽閉止板」という。）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。その耐震評価は取水槽閉止板の固有値解析及び応力評価により行う。

取水槽閉止板は、浸水防止設備としてSクラスの施設に分類される。以下、浸水防止設備としての構造強度評価を示す。

2. 一般事項

2.1 配置概要

取水槽閉止板は、タービン建屋の補機冷却用海水取水槽の上部床面に設置する。取水槽閉止板の設置位置図を図 2-1 に示す。

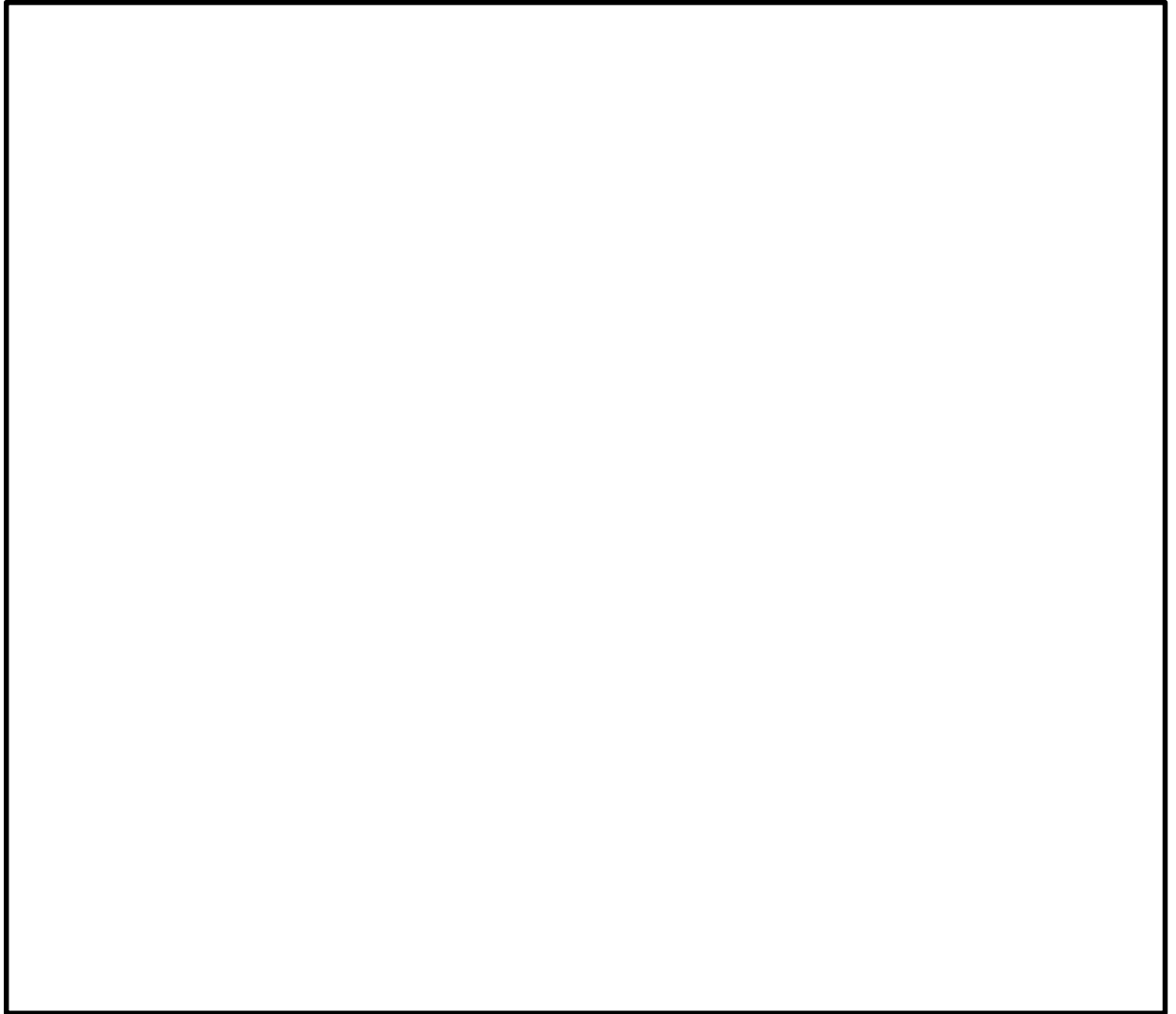


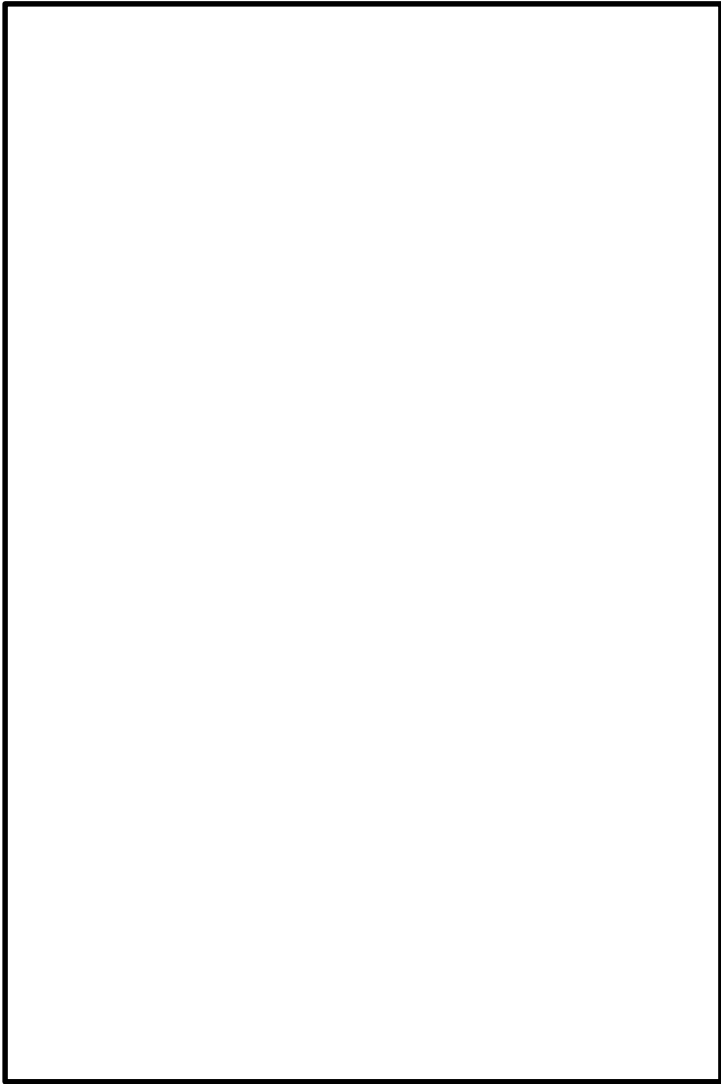
図 2-1 取水槽閉止板の設置位置図（タービン建屋 地下 1 階）

2.2 構造計画

取水槽閉止板の構造は、長方形のスキンプレートに主桁（溝形鋼）を組合せた構造とする。

取水槽閉止板は、補機冷却用海水取水槽の上部床面及び壁面に設置するアンカーボルトにて固定する。取水槽閉止板の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 取水槽閉止板の構造計画

計画の概要		概略構造図
主体構造	支持構造	
スキンプレート、主桁及び戸当りにより構成する。	補機冷却用海水取水槽の上部床面及び壁面に設置するアンカーボルトで戸当りを躯体に固定し、締付ボルトによりスキンプレート、主桁を戸当りに固定する。	

2.3 評価方針

取水槽閉止板の耐震評価は、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、「2.2 構造計画」に示す取水槽閉止板の構造を踏まえ、「3. 評価対象部位及び評価対象設備」にて設定する評価部位において、「4. 固有値解析」で算出した固有振動数に基づく設計用地震力により算出した応力等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」に示す方法にて確認する。応力評価の確認結果を「6. 評価結果」にて確認する。

耐震評価フローを図 2-2 に示す。

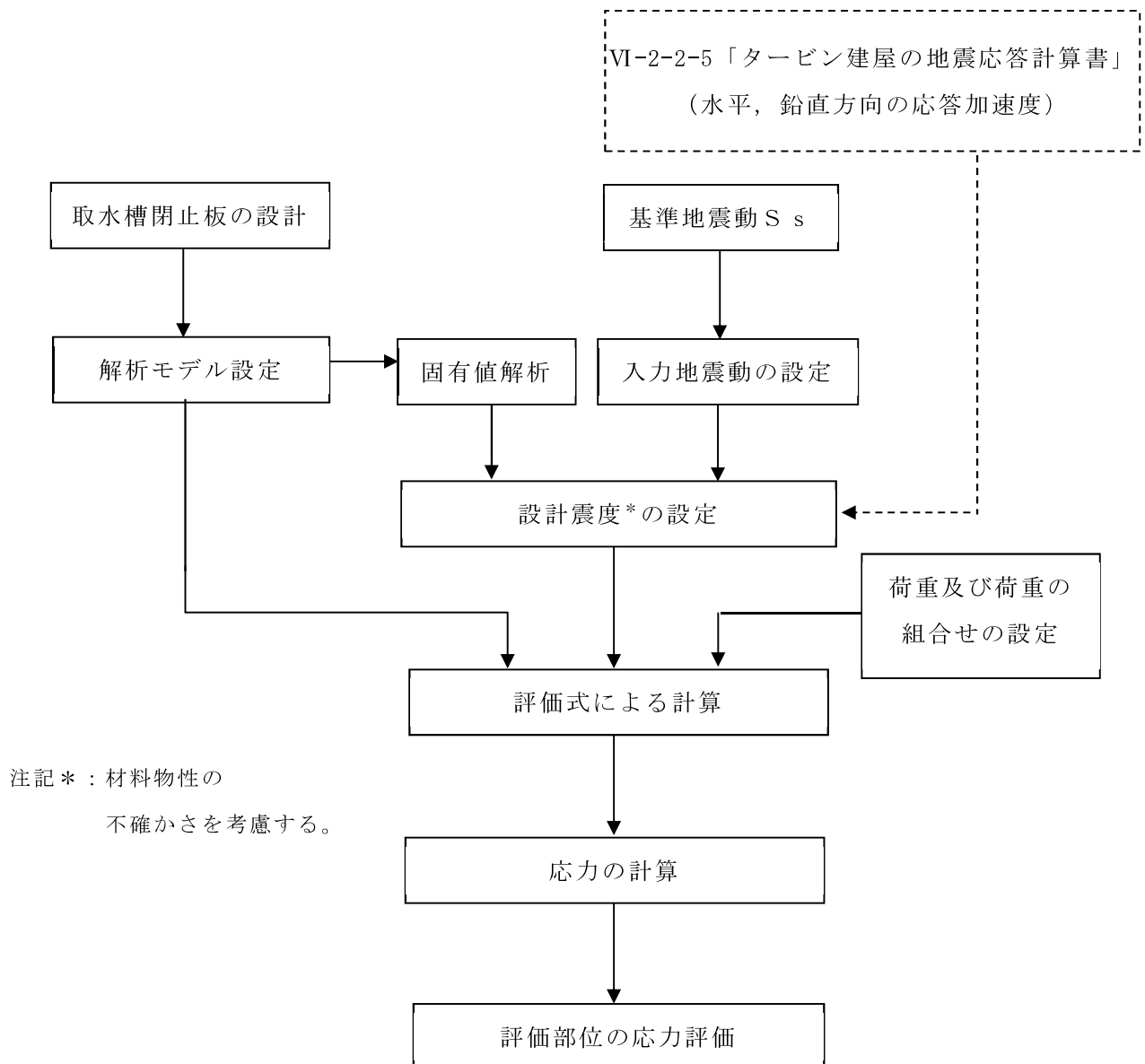


図 2-2 耐震評価フロー

2.4 適用規格・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
- ・ 鋼構造設計規準－許容応力度設計法－（（社）日本建築学会，2005 改定）
- ・ 各種合成構造設計指針・同解説（（社）日本建築学会，2010 改定）
- ・ 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説－許容応力度設計法－
（（社）日本建築学会，1999 改定）
- ・ 日本産業規格（J I S）
- ・ 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）
- ・ 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
（（社）日本電気協会）

2.5 記号の説明

取水槽閉止板の耐震評価に用いる記号を表 2-2 に示す。

表 2-2 耐震評価に用いる記号

記号	単位	定義
S_s	kN	基準値震動 S_s による地震荷重
k_H	-	基準地震動 S_s の水平方向の設計震度
k_V	-	基準地震動 S_s の鉛直方向の設計震度
G	kN	固定荷重
w_{s_s}	kN/m	単位長さ当りの鉛直方向の等分布荷重
w_{s_s}'	kN/m	単位長さ当りの水平方向の等分布荷重
τ	N/mm ²	最大せん断応力度
σ	N/mm ²	最大曲げ応力度
Q	kN	最大せん断力
M	kN・m	最大曲げモーメント
x	N/mm ²	組合せ応力度
A_s	mm ²	せん断断面積
Z	mm ³	断面係数
L_1	mm	主桁の負担幅
L_2	mm	主桁と直交方向のスキンプレートの長さ
L_3	mm	主桁全長
L_4	mm	スキンプレートの負担幅
L_5	mm	戸当り全長
L_6	mm	戸当りウェブ中心から上フランジの等分布荷重が作用する位置までの距離
L_7	mm	アンカーボルト中心位置から戸当りウェブ中心位置までの距離
N_1	本	戸当り本数
T_s	kN	締付ボルト1本当りに作用する引張力
q_s	kN	締付ボルト1本当りに作用するせん断力
σ_t	N/mm ²	最大引張応力度
A	mm ²	締付ボルトの有効断面積
n_s	本	締付ボルトの本数
F_H	kN	アンカーボルトに作用する水平方向力
F_V	kN	アンカーボルトに作用する鉛直方向力
Q_A	kN	アンカーボルト1本当りの短期許容せん断力
T_A	kN	アンカーボルト1本当りの短期許容引張力
n_{NS}	本	壁 (NS方向) に設置されたアンカーボルト本数
n_{EW}	本	壁 (EW方向) に設置されたアンカーボルト本数
n_V	本	床に設置されたアンカーボルト本数
f_{NS}	kN	NS方向荷重時のアンカーボルト耐力
f_{EW}	kN	EW方向荷重時のアンカーボルト耐力
f_V	kN	鉛直荷重時のアンカーボルト耐力

3. 評価対象部位及び評価対象設備

取水槽閉止板の評価対象部位は、「2.2 構造計画」にて設定している構造を踏まえて、地震に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し設定する。また、取水槽閉止板は構成部材の寸法、規格が等しく、評価結果が変わらないことから、代表としてタービン補機冷却用海水取水槽(C)閉止板を評価対象設備として選定する。ただし、アンカーボルトについては各取水槽閉止板により固定条件や本数が異なるため、全ての取水槽閉止板を選定する。

取水槽閉止板の評価対象部位は、地震に伴う慣性力が取水槽閉止板のスキンプレート、主桁、締付ボルト及び戸当りに伝わり、取水槽閉止板を固定するアンカーボルトを介して躯体に伝達されることから、スキンプレート、主桁、締付ボルト、戸当り及びアンカーボルトとし、評価対象部位を図 3-1 に示す。

K6 ① VI-2-10-2-2-1 R0

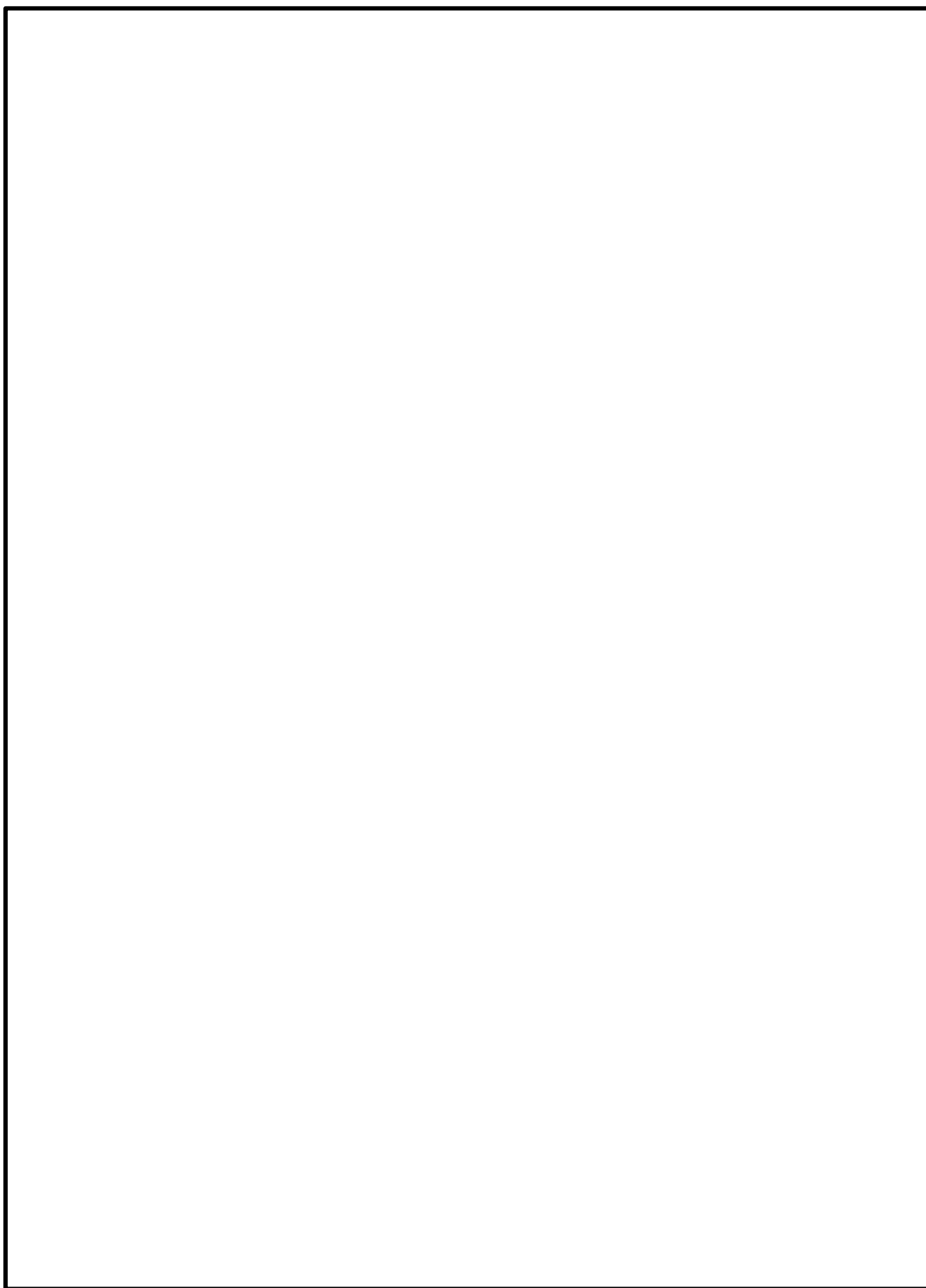


図 3—1 評価対象部位

4. 固有値解析

4.1 固有振動数の計算方法

取水槽閉止板の構造に応じて解析モデルを設定し，固有振動数を算出する。

4.1.1 解析モデルの設定

取水槽閉止板は，スキンプレート及び主桁の組合せにより剛な断面を有しているとともに，締付ボルトを介し，戸当り及びアンカーボルトにて取水槽閉止板と躯体を固定する構造であることから，取水槽閉止板の主桁を両端固定はりに単純化したモデルとし，モデル化に用いるはり長さは，主桁の全長とする。図 4-1 に解析モデル図を示す。



図 4-1 取水槽閉止板の固有値解析モデル

4.1.2 記号の説明

取水槽閉止板の固有振動数算出に用いる記号を表 4-1 に示す。

表 4-1 取水槽閉止板の固有振動数算出に用いる記号

記号	単位	定義
f	Hz	主桁の 1 次固有振動数
L	mm	はり長さ
E	N/mm ²	ヤング率
I	mm ⁴	主桁の断面二次モーメント
m	kg/m	質量分布

4.1.3 固有振動数の算出方法

固有振動数 f を「土木学会構造力学公式集」を参考に以下の式より算出する。

$$f = \frac{4.7300^2}{2\pi L^2} \sqrt{\frac{E I \cdot 10^6}{m}}$$

4.2 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

設備名称	はり長さ L (mm)	ヤング率 E (N/mm ²)	断面二次 モーメント I (mm ⁴)	質量分布 m (kg/m)
タービン補機冷却用海水取水槽 閉止板1	1000	1.93×10^5	8.500×10^6	3.993×10
タービン補機冷却用海水取水槽 閉止板2	1000	1.93×10^5	8.500×10^6	3.993×10
補機冷却用海水取水槽 (A) 閉止板	1000	1.93×10^5	8.500×10^6	3.993×10
補機冷却用海水取水槽 (B) 閉止板	1000	1.93×10^5	8.500×10^6	3.993×10
補機冷却用海水取水槽 (C) 閉止板	1000	1.93×10^5	8.500×10^6	3.993×10

4.3 固有振動数の計算結果

固有振動数の計算結果を表 4-3 に示す。固有振動数は 20Hz 以上であることから、剛構造である。

表 4-3 固有振動数の計算結果

設備名称	固有振動数 f (Hz)
タービン補機冷却用海水取水槽 閉止板1	721.74
タービン補機冷却用海水取水槽 閉止板2	721.74
補機冷却用海水取水槽 (A) 閉止板	721.74
補機冷却用海水取水槽 (B) 閉止板	721.74
補機冷却用海水取水槽 (C) 閉止板	721.74

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

取水槽閉止板の耐震評価は，VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえて，「3. 評価対象部位及び評価対象設備」にて設定する評価対象部位に作用する応力等が「5.3 許容限界」にて示す許容限界以下であることを確認する。

5.2 荷重及び荷重の組合せ

5.2.1 荷重の組合せ

取水槽閉止板の評価に用いる荷重の組合せを下記に示す。

$$G + S_s$$

ここで， G ：閉止板蓋の固定荷重(kN)

S_s ：基準地震動 S_s による地震荷重(kN)

なお，積載荷重は考慮しない。

5.2.2 荷重の設定

耐震評価に用いる荷重は，以下のとおりとする。

(1) 固定荷重 (G)

固定荷重として，取水槽閉止板を構成する部材の自重を考慮する。

(2) 基準地震動 S_s による地震荷重 (S_s)

地震荷重として，基準地震動 S_s に伴う慣性力を考慮する。地震荷重は，取水槽閉止板の固定荷重に設計震度を乗じた次式により算出する。

$$S_s = G \cdot k$$

ここで， S_s ：基準地震動 S_s による地震荷重(kN)

G ：固定荷重(kN)

k ：基準地震動 S_s の設計震度

(最大応答加速度／重力加速度)

5.3 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。

5.3.1 使用材料

取水槽閉止板を構成するスキンプレート、主桁、戸当り、締付ボルト及びアンカーボルトの使用材料を表5-1に示す。

表5-1 使用材料

評価対象部位	材質	仕様
スキンプレート	SUS304	厚さ <input type="text"/>
主桁	SUS304	C-150×75×9×9 (mm)
戸当り	SUS304	BH-150×150×7×10 (mm)
締付ボルト	SUS304	M30
アンカーボルト	SUS304	M16

5.3.2 許容限界

(1) スキンプレート，主桁，戸当り，締付ボルト

鋼材の許容応力度は，「鋼構造設計規準－許容応力度設計法－（（社）日本建築学会，2005改定）」を踏まえて表5-2に示す。

表5-2 鋼材の短期許容応力度

材質	短期許容応力度 (N/mm ²)		
	曲げ	引張	せん断
SUS304	205	205	118

注：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) アンカーボルト

アンカーボルトの許容荷重は，「3. 評価対象部位及び評価対象設備」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改定）」に基づき算定する。

地震荷重を考慮する場合のアンカーボルトの許容荷重を表5-3に示す。

なお，アンカーボルトは躯体に埋め込まれていることから，アンカーボルトが引張力を受ける場合においては，アンカーボルトの降伏により決まる許容荷重，付着力により決まる許容荷重を比較して，いずれか小さい値を採用する。また，アンカーボルトがせん断力を受ける場合においては，アンカーボルトのせん断強度により決まる許容荷重，定着したコンクリート躯体の支圧強度により決まる許容荷重及びコーン状破壊により決まる許容荷重を比較して，いずれか小さい値を採用する。

表5-3 地震荷重を考慮する場合のアンカーボルトの短期許容荷重

材質	短期許容荷重 (kN/本)	
	引張	せん断
SUS304	31.4	22.4

5.4 設計用地震力

「4. 固有値解析」に示したとおり，取水槽閉止板の固有振動数が 20Hz 以上であることを確認したため，取水槽閉止板の耐震評価に用いる設計震度は，材料物性の不確かさを考慮したものとして VI-2-2-5 「タービン建屋の地震応答計算書」の地震応答解析結果を用いる。

耐震評価で用いる設計震度を表 5-4 に示す。

表 5-4 設計震度

建屋	フロア	基準地震動 S_s の 設計震度	
		水平 k_H	鉛直 k_V
タービン建屋	B1F	0.881	0.748

5.5 評価方法

取水槽閉止板を構成する主桁，スキンプレート，戸当り，締付ボルト及びアンカーボルトに発生する応力より算定する応力度が，許容限界以下であることを確認する。主桁とスキンプレートについては，箇所によって評価結果に差異が生じることから，図 5-1，図 5-2 にそれぞれ評価の対象とする主桁，スキンプレートを示す。また，図 5-3 に，戸当り，締付ボルト及びアンカーボルトの納まりを示す。

5.5.1 主桁

主桁の支持条件は両端をピン支持とし，図 5-1 に示す通り，主桁が荷重を負担する範囲が最も大きくなり，評価上最も厳しい条件となるよう評価を実施する。

(1) 基準地震動 S_s による地震荷重 S_s

$$S_s = G \cdot k_v$$

- ここで， S_s : 基準地震動 S_s による地震荷重 (kN)
 G : 主桁とスキンプレートの固定荷重 (kN)
 k_v : 基準地震動 S_s の鉛直方向の設計震度

(2) 主桁に作用する単位長さ当りの鉛直等分布荷重 w

$$w_{s_s} = S_s \cdot L_1 / (L_2 \cdot L_3 \cdot 10^{-3})$$

- ここで， w_{s_s} : 主桁に作用する単位長さ当りの鉛直方向の等分布荷重 (kN/m)
 S_s : 基準地震動 S_s による地震荷重 (kN)
 L_1 : 主桁の負担幅 (mm)
 L_2 : 主桁と直交方向のスキンプレートの長さ (mm)
 L_3 : 主桁全長 (mm)

(3) 主桁に作用する最大せん断応力度 τ

$$\tau = (Q \cdot 10^3) / A_s$$

- τ : 主桁に作用する最大せん断応力度 (N/mm²)
 Q : 主桁に作用する最大せん断力 (kN)
 A_s : 主桁のせん断断面積 (mm²)
ここで， $Q = 1/2 \cdot w_{s_s} \cdot L_3 \cdot 10^{-3}$
 Q : 主桁に作用する最大せん断力 (kN)
 w_{s_s} : 主桁に作用する単位長さ当りの鉛直方向の等分布荷重 (kN/m)
 L_3 : 主桁全長 (mm)

(4) 主桁に作用する最大曲げ応力度 σ

$$\sigma = (M \cdot 10^6) / Z$$

σ : 主桁に作用する最大曲げ応力度 (N/mm²)

M : 主桁に作用する最大曲げモーメント (kN・m)

Z : 主桁の断面係数 (mm³)

ここで, $M = 1/8 \cdot w_{ss} \cdot (L_3 \cdot 10^{-3})^2$

M : 主桁に作用する最大曲げモーメント (kN・m)

w_{ss} : 主桁に作用する単位長さ当りの鉛直方向の等分布荷重 (kN/m)

L_3 : 主桁全長 (mm)

(5) 主桁に作用する組合せ応力度 x

主桁に作用する曲げ応力度, せん断応力度を算定し, 主桁の短期許容応力度以下であることを確認する。また主桁に生じる曲げ応力度とせん断応力度から, 組合せ応力度を「鋼構造設計規準—許容応力度設計法—(社)日本建築学会, 2005改定)」に基づく次式により算定し, 短期許容応力度以下であることを確認する。

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

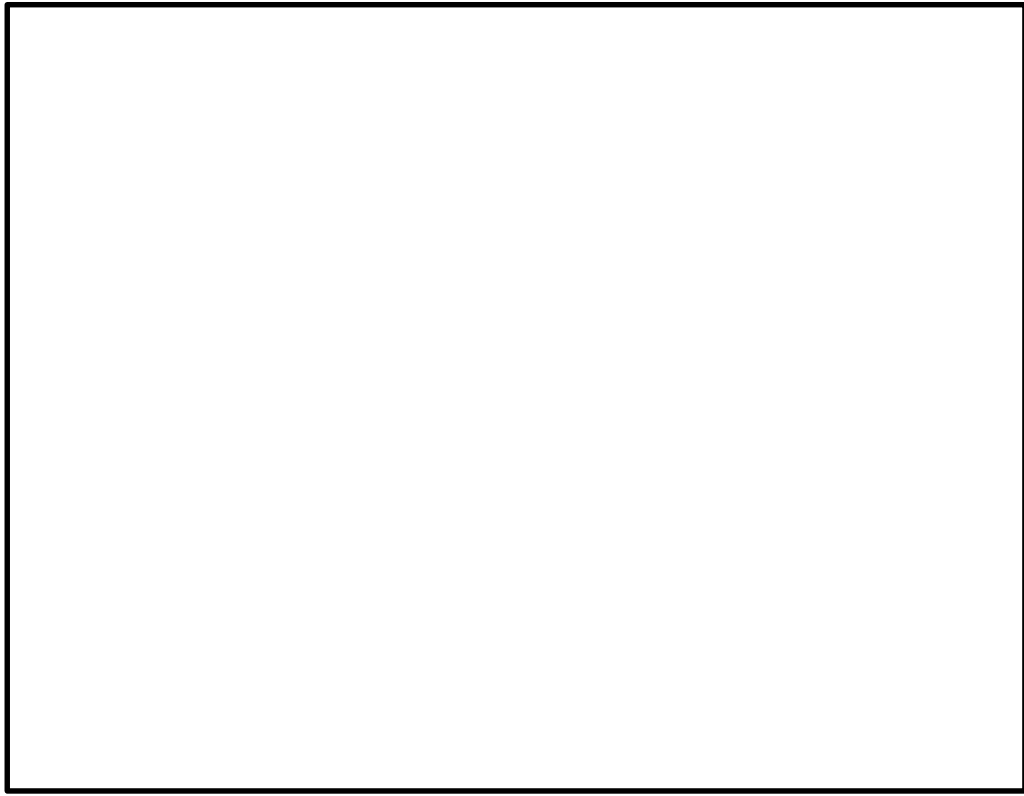
x : 組合せ応力度 (N/mm²)

σ : 曲げ応力度 M/Z (N/mm²)

(M : 曲げモーメント, Z : 断面係数)

τ : せん断応力度 Q/A_s (N/mm²)

(Q : せん断力, A_s : せん断断面積)



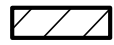
 : 評価の対象とする主桁

図 5-1 評価の対象とする主桁

5.5.2 スキンプレート

図 5-2 に示す通り，スキンプレートが荷重を負担する範囲が最も大きくなり，評価上最も厳しい条件となるよう評価を実施する。

(1) 基準地震動 S_s による地震荷重 S_s

$$S_s = G \cdot k_v$$

S_s : 基準地震動 S_s による地震荷重 (kN)

G : スキンプレートの固定荷重 (kN)

k_v : 基準地震動 S_s の鉛直方向の設計震度

(2) スキンプレートに作用する単位長さ当りの鉛直方向の等分布荷重 w_{s_s}

$$w_{s_s} = S_s / (L_4 \cdot 10^{-3})$$

w_{s_s} : スキンプレートに作用する単位長さ当りの鉛直方向の等分布荷重 (kN/m)

S_s : 基準地震動 S_s による地震荷重 (kN)

L_4 : スキンプレートの負担幅 (mm)

(3) スキンプレートに作用する最大曲げ応力度 σ

$$\sigma = (M \cdot 10^6) / Z$$

σ : スキンプレートに作用する最大曲げ応力度 (N/mm²)

M : スキンプレートに作用する最大曲げモーメント (kN・m)

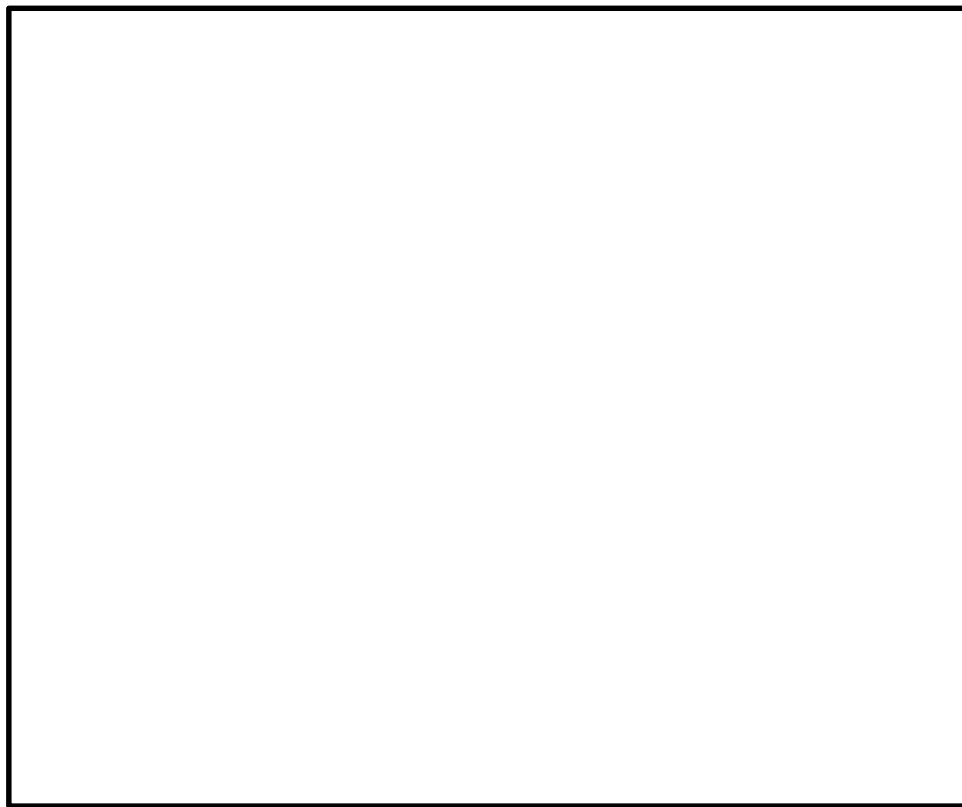
Z : スキンプレートの断面係数 (mm³)

ここで、 $M = 1/12 \cdot w_{s_s} \cdot (L_4 \cdot 10^{-3})^2$

M : スキンプレートに作用する最大曲げモーメント (kN・m)

w_{s_s} : スキンプレートに作用する単位長さ当りの鉛直方向の等分布荷重 (kN/m)

L_4 : スキンプレートの負担幅 (mm)




 : 評価の対象とするスキンプレート

図 5-2 評価の対象とするスキンプレート

5.5.3 締付ボルト

- (1) 締付ボルト 1 本当りに作用する鉛直方向の引張荷重 T

$$T_s = G \cdot k_v / n_s$$

T_s : 締付ボルト 1 本当りに作用する引張力 (kN)

G : 主桁とスキンプレートの固定荷重 (kN)

k_v : 基準地震動 S_s の鉛直方向の設計震度

n_s : 締付ボルトの本数 (本)

- (2) 締付ボルト 1 本当りに作用する鉛直方向の引張応力度 σ_t

$$\sigma_t = T_s \cdot 10^3 / A$$

σ_t : 締付ボルト 1 本当りに作用する鉛直方向の引張応力度 (N/mm²)

T_s : 締付ボルト 1 本当りに作用する引張力 (kN)

A : 締付ボルトの有効断面積 (mm²)

- (3) 締付ボルト 1 本当りに作用する水平方向のせん断荷重 q_s

$$q_s = G \cdot k_H / n_s$$

q_s : 締付ボルト 1 本当りに作用するせん断力 (kN)

G : 主桁とスキンプレートの固定荷重 (kN)

k_H : 基準地震動 S_s の水平方向の設計震度

n_s : 締付ボルトの本数 (本)

- (4) 締付ボルト 1 本当りに作用する水平方向のせん断応力度 τ

$$\tau = q_s \cdot 10^3 / A$$

τ : 締付ボルト 1 本当りに作用する水平方向のせん断応力度 (N/mm²)

q_s : 締付ボルト 1 本当りに作用する水平方向のせん断荷重 (kN)

A : 締付ボルトの有効断面積 (mm²)

5.5.4 戸当り

- (1) 基準地震動 S_s による水平方向の地震荷重 S_s

$$S_s = G \cdot k_H$$

S_s : 基準地震動 S_s による水平方向の地震荷重 (kN)

G : 閉止板の固定荷重 (kN)

k_H : 基準地震動 S_s の水平方向の設計震度

- (2) 基準地震動 S_s による鉛直方向の地震荷重 S_s

$$S_s = G \cdot k_V$$

S_s : 基準地震動 S_s による鉛直方向の地震荷重 (kN)

G : 閉止板の固定荷重 (kN)

k_V : 基準地震動 S_s の鉛直方向の設計震度

- (3) 戸当りに作用する水平方向の単位長さ当りの等分布荷重 w_{s_s}'

$$w_{s_s}' = S_s / (L_5 \cdot N_1 \cdot 10^{-3})$$

w_{s_s}' : 戸当りウェブ部に作用する単位長さ当りの水平方向の等分布荷重 (kN/m)

S_s : 基準地震動 S_s による水平方向の地震荷重 (kN)

L_5 : 戸当り全長 (mm)

N_1 : 戸当り本数

- (4) 戸当りに作用する鉛直方向の単位長さ当りの等分布荷重 w_{s_s}

$$w_{s_s} = S_s / (L_5 \cdot N_1 \cdot 10^{-3})$$

w_{s_s} : 戸当りに作用する単位長さ当りの鉛直方向の等分布荷重 (kN/m)

S_s : 基準地震動 S_s による鉛直方向の地震荷重 (kN)

L_5 : 戸当り全長 (mm)

N_1 : 戸当り本数

- (5) 戸当り上フランジに作用する単位長さ当りの最大曲げ応力度 σ

$$\sigma = (M \cdot 10^6) / Z$$

σ : 戸当り上フランジに作用する最大曲げ応力度 (N/mm²)

M : 戸当り上フランジに作用する最大曲げモーメント (kN・m/m)

Z : 戸当り上フランジの断面係数 (mm³)

ここで, $M = w_{ss} \cdot L_6 \cdot 10^{-3}$

w_{ss} : 戸当りに作用する単位長さ当りの鉛直方向の等分布荷重 (kN/m)

L_6 : 戸当りウェブ中心から上フランジに等分布荷重が作用する位置までの距離 (mm)

- (6) 戸当り下フランジに作用する単位長さ当りの最大曲げ応力度 σ

$$\sigma = (M \cdot 10^6) / Z$$

σ : 戸当り下フランジに作用する最大曲げ応力度 (N/mm²)

M : 戸当り下フランジに作用する最大曲げモーメント (kN・m/m)

Z : 戸当り下フランジの断面係数 (mm³/m)

ここで, $M = w_{ss} \cdot L_7 \cdot 10^{-3}$

w_{ss} : 戸当りに作用する単位長さ当りの鉛直方向の等分布荷重 (kN/m)

L_7 : アンカーボルト中心位置から戸当りウェブ中心位置までの距離 (mm)

- (7) 戸当りウェブ部に作用する単位長さ当りの最大せん断応力度 τ

$$\tau = (Q \cdot 10^3) / A_s$$

τ : 戸当りに作用する最大せん断応力度 (N/mm²)

Q : 戸当りに作用する最大せん断力 (kN)

A_s : 戸当りのせん断断面積 (mm²)

ここで, $Q = w_{ss}' \cdot L_5 \cdot 10^{-3}$

w_{ss}' : 戸当りウェブ部に作用する単位長さ当りの水平方向の等分布荷重 (kN/m)

L_5 : 戸当り全長 (mm)

K6 ① VI-2-10-2-2-1 R0

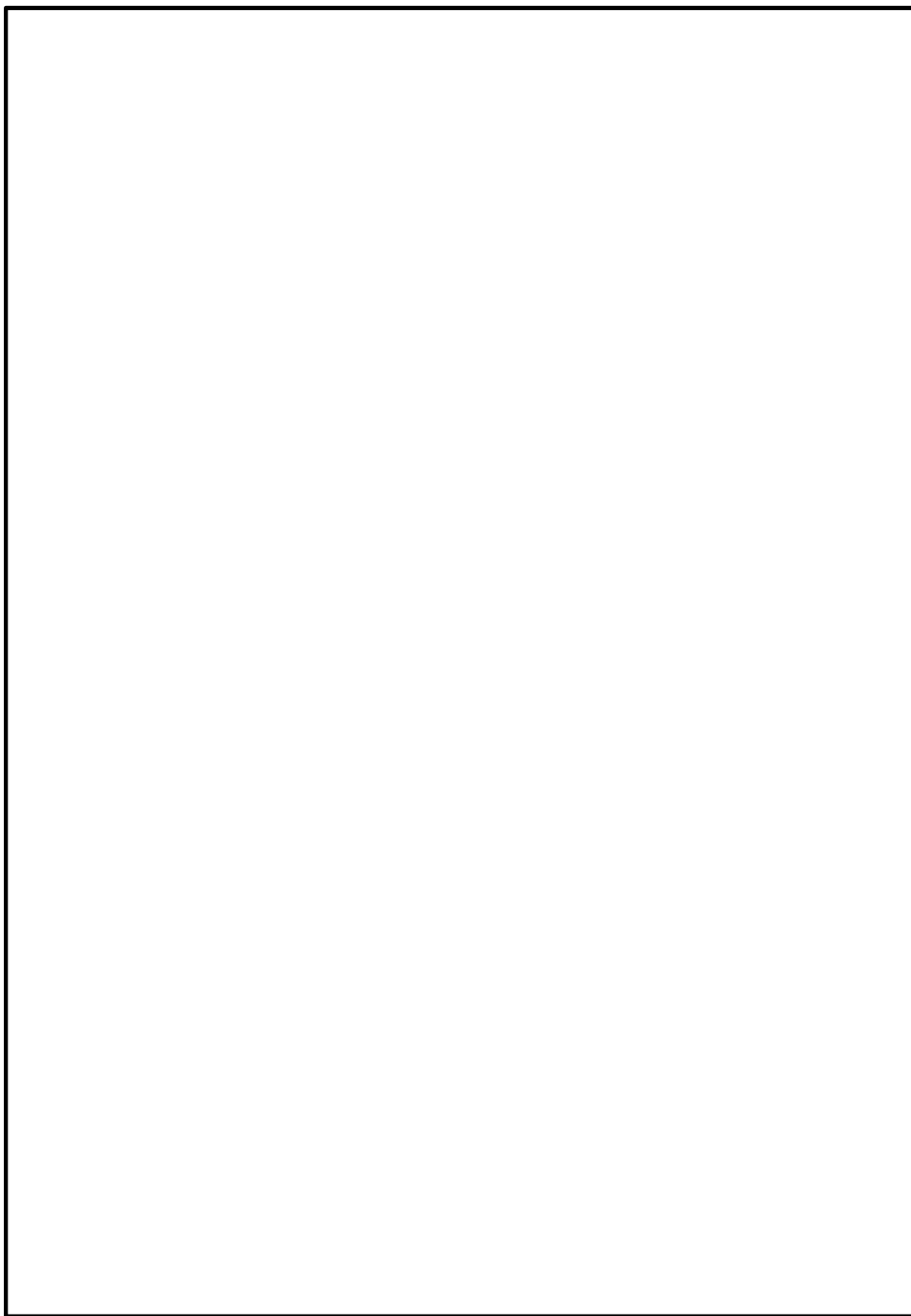


図 5-3 戸当り，締付ボルト及びアンカーボルトの納まり

5.5.5 アンカーボルト

- (1) 基準地震動 S_s による水平方向の地震荷重 S_s

$$S_s = G \cdot k_H$$

S_s : 基準地震動 S_s による水平方向の地震荷重 (kN)

G : 閉止板の固定荷重 (kN)

k_H : 基準地震動 S_s の水平方向の設計震度

- (2) 基準地震動 S_s による鉛直方向の地震荷重 S_s

$$S_s = G \cdot k_V$$

S_s : 基準地震動 S_s による鉛直方向の地震荷重 (kN)

G : 閉止板の固定荷重 (kN)

k_V : 基準地震動 S_s の鉛直方向の設計震度

- (3) アンカーボルトに作用する水平方向力 F_H

$$F_H = S_s$$

S_s : 基準地震動 S_s による水平方向の地震荷重 (kN)

- (4) アンカーボルトに作用する鉛直方向力 F_V

$$F_V = S_s$$

S_s : 基準地震動 S_s による鉛直方向の地震荷重 (kN)

(5) 水平方向力 F_H に対する検討

水平方向力 F_H は、床に敷設したアンカーボルトのせん断耐力と壁に敷設したアンカーボルトのせん断耐力及び引張耐力の合計により評価を行う。検討概念図を図 5-4 に示す。

$$F_H / f_{NS} \leq 1$$

$$F_H / f_{EW} \leq 1$$

$$f_{NS} = (n_{NS} + n_V) \cdot Q_A + n_{EW} \cdot T_A$$

$$f_{EW} = (n_{EW} + n_V) \cdot Q_A + n_{NS} \cdot T_A$$

f_{NS} : NS 方向荷重時のアンカーボルト耐力 (kN)

f_{EW} : EW 方向荷重時のアンカーボルト耐力 (kN)

n_{NS} : 壁 (NS 方向) に設置されたアンカーボルト本数 (本)

n_{EW} : 壁 (EW 方向) に設置されたアンカーボルト本数 (本)

n_V : 床に設置されたアンカーボルト本数 (本)

Q_A : アンカーボルト 1 本当りの短期許容せん断力 (kN)

T_A : アンカーボルト 1 本当りの短期許容引張力 (kN)

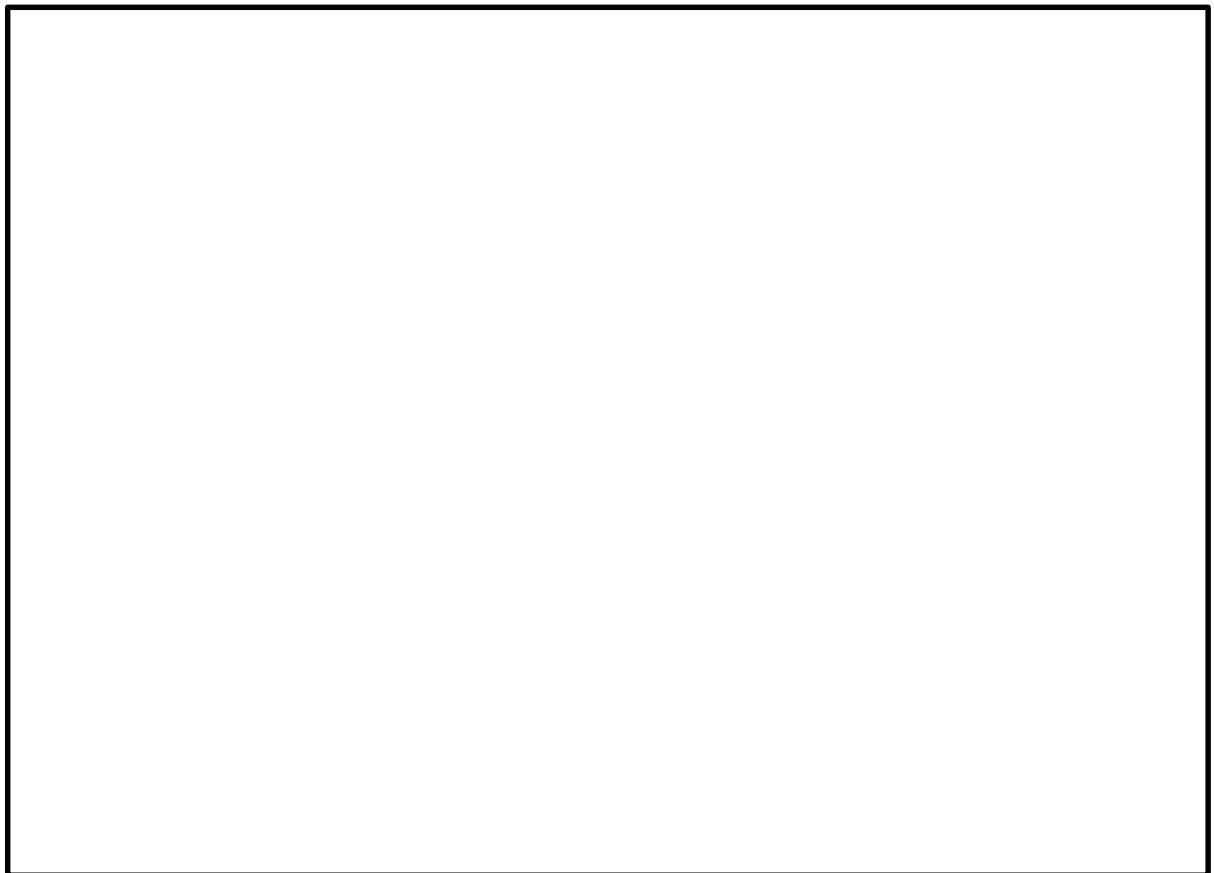


図 5-4 水平方向荷重時の検討概念図
(補機冷却用海水取水槽 (C) 閉止板の例)

(6) 鉛直方向力 F_v に対する検討

鉛直方向力 F_v は、床に敷設したアンカーボルトの引張耐力の合計と壁に敷設したアンカーボルトのせん断耐力の合計により評価を行う。検討概念図を図 5-5 に示す。

$$F_v / f_v \leq 1$$

$$f_v = (n_{NS} + n_{EW}) \cdot Q_A + n_v \cdot T_A$$

f_v : 鉛直方向荷重時のアンカーボルト耐力 (kN)

n_{NS} : 壁 (NS 方向) に設置されたアンカーボルト本数 (本)

n_{EW} : 壁 (EW 方向) に設置されたアンカーボルト本数 (本)

n_v : 床に設置されたアンカーボルト本数 (本)

Q_A : アンカーボルト 1 本当りの短期許容せん断力 (kN)

T_A : アンカーボルト 1 本当りの短期許容引張力 (kN)



図 5-5 鉛直方向荷重時の検討概念図
(補機冷却用海水取水槽 (C) 閉止板の例)

5.6 評価条件

取水槽閉止板の耐震評価に用いる入力値を表 5-5 に示す。

表 5-5 取水槽閉止板の耐震評価に用いる入力値

評価対象部位	記号	単位	定義	数値				
				タービン補機冷却用海水取水槽閉止板1	タービン補機冷却用海水取水槽閉止板2	補機冷却用海水取水槽(A)閉止板	補機冷却用海水取水槽(B)閉止板	補機冷却用海水取水槽(C)閉止板
主桁	G	kN	主桁とスキンプレートの固定荷重	0.5				
	L ₁	mm	主桁の負担幅	275				
	L ₂	mm	主桁と直交方向のスキンプレート長さ	850				
	L ₃	mm	主桁全長	1000				
	A _s	mm ²	せん断断面積	1.188×10 ³				
	Z	mm ³	断面係数	1.130×10 ⁵				
スキンプレート	L ₄	mm	スキンプレートの負担幅	175				
	Z	mm ³	断面係数	1.140×10 ⁴				
締付ボルト	n _s	本	締付ボルトの本数	8				
	A	mm ²	締付ボルトの有効断面積	561				
	G	kN	主桁とスキンプレートの固定荷重	3.54				
戸当り	G	kN	スキンプレート、主桁及び戸当りの固定荷重	5.31				
	L ₅	mm	戸当り全長	1150				
	L ₆	mm	戸当りウェブ中心から上フランジの等分布荷重作用位置までの距離	37.5				
	L ₇	mm	アンカーボルト中心からウェブ中心までの距離	45				
	A _s	mm ²	戸当りウェブ部のせん断断面積	8050				
	Z	mm ³ /m	戸当りフランジ部の断面係数	1.660×10 ⁴				
アンカーボルト	N ₁	本	戸当り本数	4				
	n _{NS}	本	壁(NS方向)に設置されたアンカーボルト本数	0	0	0	0	4
	n _{EW}	本	壁(EW方向)に設置されたアンカーボルト本数	2	2	0	2	4
	n _V	本	床に設置されたアンカーボルト本数	14	14	16	14	8
	f _{NS}	kN	NS方向荷重時のアンカーボルト耐力	376.4	376.4	358.4	376.4	394.4
	f _{EW}	kN	EW方向荷重時のアンカーボルト耐力	358.4	358.4	358.4	358.4	394.4
	f _V	kN	鉛直荷重時のアンカーボルト耐力	484.4	484.4	502.4	484.4	430.4

6. 評価結果

取水槽閉止板の耐震評価結果を表 6-1 に示す。各部材の断面検定を行った結果、全ての部材において発生応力又は応力度が許容限界以下であることを確認した。

表 6-1 耐震評価結果

設備名称	評価対象部位		発生値		許容限界		検定値
			(応力度 又は荷重)				
補機冷却用 海水取水槽 (C)閉止板	主桁	曲げ	0.62	N/mm ²	205	N/mm ²	0.01 < 1.0
		せん断	0.26	N/mm ²	118	N/mm ²	0.01 < 1.0
		組合せ	0.77	N/mm ²	205	N/mm ²	0.01 < 1.0
	スキンプレート	曲げ	0.88	N/mm ²	205	N/mm ²	0.01 < 1.0
	締付ボルト	引張	0.61	N/mm ²	205	N/mm ²	0.01 < 1.0
		せん断	0.70	N/mm ²	118	N/mm ²	0.01 < 1.0
	戸当り	曲げ*1	3.02	N/mm ²	205	N/mm ²	0.02 < 1.0
		せん断*2	0.16	N/mm ²	118	N/mm ²	0.01 < 1.0
タービン補機冷却用 海水取水槽 閉止板 1	アンカー ボルト	NS 方向	4.68	kN	376.4	kN	0.02 < 1.0
		EW 方向	4.68	kN	358.4	kN	0.02 < 1.0
		鉛直方向	3.98	kN	484.4	kN	0.01 < 1.0
タービン補機冷却用 海水取水槽 閉止板 2	アンカー ボルト	NS 方向	4.68	kN	376.4	kN	0.02 < 1.0
		EW 方向	4.68	kN	358.4	kN	0.02 < 1.0
		鉛直方向	3.98	kN	484.4	kN	0.01 < 1.0
補機冷却用 海水取水槽 (A)閉止板	アンカー ボルト	NS 方向	4.68	kN	358.4	kN	0.02 < 1.0
		EW 方向	4.68	kN	358.4	kN	0.02 < 1.0
		鉛直方向	3.98	kN	502.4	kN	0.01 < 1.0
補機冷却用 海水取水槽 (B)閉止板	アンカー ボルト	NS 方向	4.68	kN	376.4	kN	0.02 < 1.0
		EW 方向	4.68	kN	358.4	kN	0.02 < 1.0
		鉛直方向	3.98	kN	484.4	kN	0.01 < 1.0
補機冷却用 海水取水槽 (C)閉止板	アンカー ボルト	NS 方向	4.68	kN	394.4	kN	0.02 < 1.0
		EW 方向	4.68	kN	394.4	kN	0.02 < 1.0
		鉛直方向	3.98	kN	430.4	kN	0.01 < 1.0

注記*1：上フランジと下フランジのうち厳しい評価結果を記載する。

*2：ウェブ部を評価対象とする。