

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-271 改2
提出年月日	平成30年7月24日

V-3-別添 3-2-4-2 放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の強度計算書

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	4
2.4 適用規格	6
3. 強度評価方法	7
3.1 記号の定義	8
3.2 評価対象部位	10
3.3 荷重及び荷重の組合せ	11
3.3.1 荷重の設定	11
3.3.2 荷重の組合せ	12
3.4 許容限界	13
3.5 評価方法	14
4. 評価条件	16
5. 強度評価結果	17

1. 概要

本資料は、添付資料V-3-別添 3-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に基づき、浸水防護施設のうち放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋が津波荷重及び余震を考慮した荷重に対し、主要な構造部材が構造健全性を有することを確認するものである。

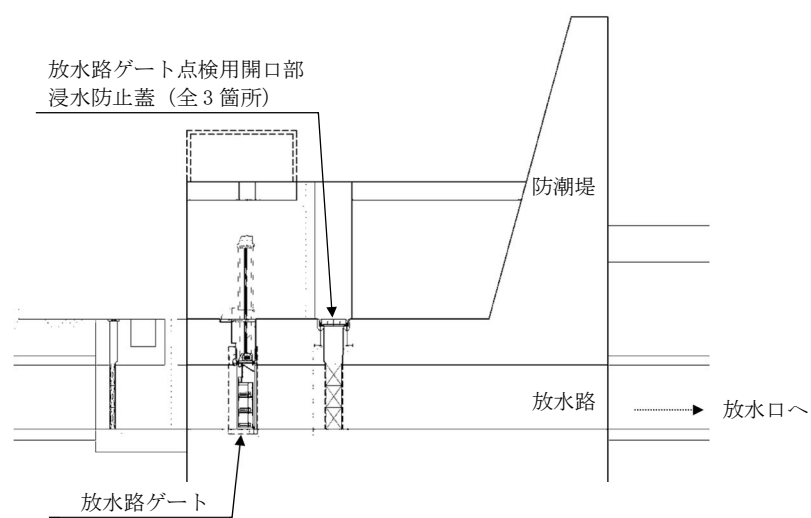
2. 基本方針

2.1 位置

放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋は、放水路上版に設置する。
 放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の設置位置を図 2-1 に示す。



(平面図)



(A-A 断面図)

図 2-1 放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の設置位置図

2.2 構造概要

放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の構造は、長方形の鋼板に主桁及び補助桁を組合せた構造とし、本体を放水路上版に固定ボルトにより固定することで、止水性を確保する。放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の構造概要を表 2-1 に示す。

表 2-1 放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の構造概要

設備名称	構造概要		説明図
	主体構造	支持構造	
放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋 1, 2, 3	蓋により構成する。	放水路上版に固定ボルトで固定する。	<p>(単位 : mm)</p>

2.3 評価方針

放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の強度評価は、添付資料V-3-別添 3-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」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、放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋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「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」にて確認する。

放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の強度評価フローを図 2-2 に示す。放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の強度評価においては、その構造を踏まえ、津波及び余震に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し、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。）及び津波に伴う荷重と余震に伴う荷重の作用時（以下、「重畳時」という。）を考慮し、評価される最大荷重を設定する。重畳時においては、添付資料V-3-別添 3-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に示す津波荷重との重畳を考慮する弾性設計用地震動 S_d を入力して得られた最大床応答加速度の最大値を設計震度として用いる。

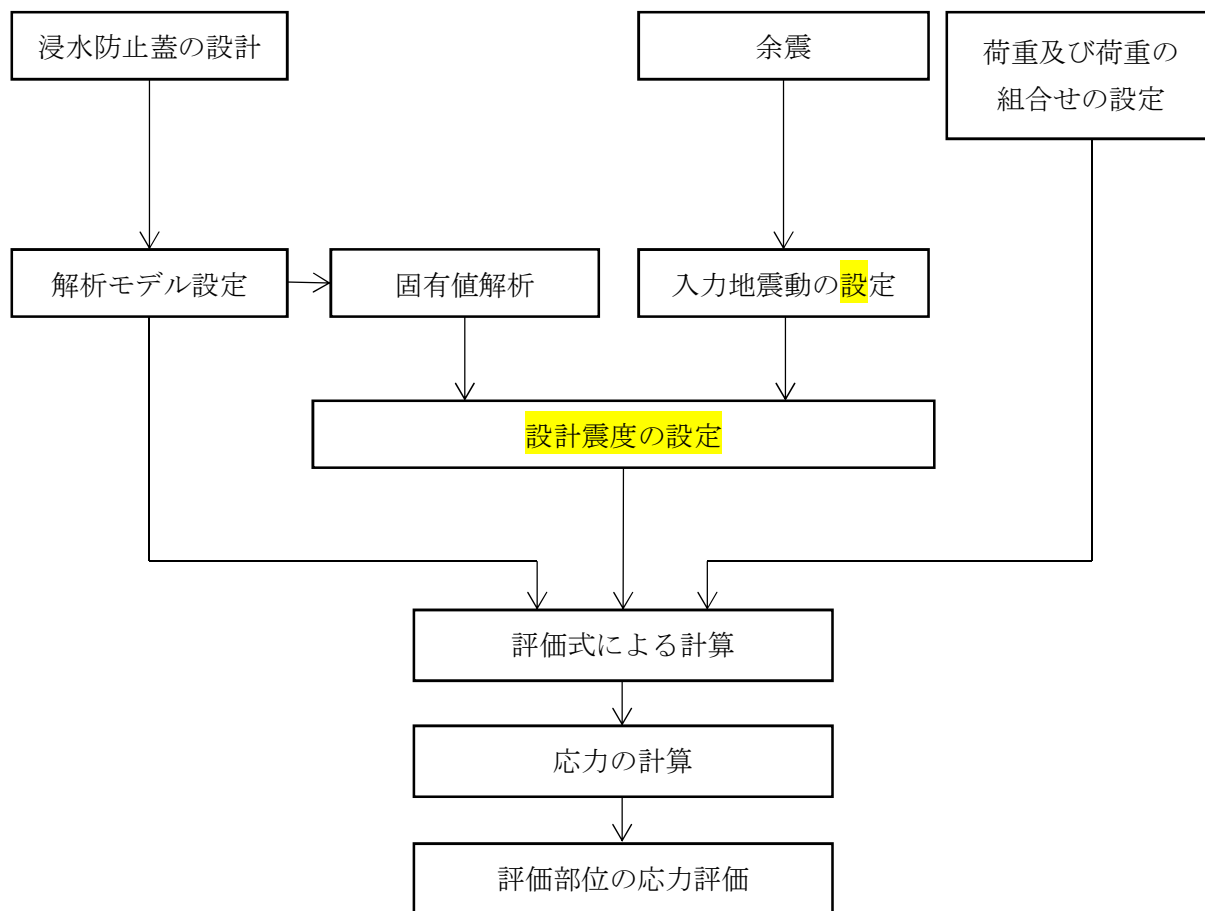


図 2-2 強度評価フロー

2.4 適用規格

適用する規格，基準等を以下に示す。

- ・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－1984
（（社）日本電気協会 昭和 59 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 昭和 62
年）
- ・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 平成 3 年）
- ・日本工業規格 JIS G4053(2008) 機械構造用合金鋼鋼材
- ・「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）

3. 強度評価方法

放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の強度評価は、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「5. 強度評価方法」にて設定している方法を用いて、強度評価を実施する。

放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の強度評価は、「3.2 評価対象部位」に示す評価対象部位に対し、「3.3 荷重及び荷重の組合せ」及び「3.4 許容限界」に示す荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえ、「3.5 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

3.1 記号の定義

放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の強度計算に用いる記号を表 3-1 に示す。

表 3-1 放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の強度計算に用いる記号 (1/2)

記号	記号の説明	単位
g	重力加速度	m/s^2
σ_v	日本工業規格に規定される材料の設計降伏点	N/mm^2
σ_u	日本工業規格に規定される材料の設計引張強さ	N/mm^2
σ_a	許容圧縮・引張・曲げ応力 ダム・堰施設技術基準 (案) $\sigma_a = \sigma_v / F^*$	N/mm^2
τ_a	許容せん断応力 ダム・堰施設技術基準 (案) $\tau_a = \sigma_a / \sqrt{3}$	N/mm^2
K_{HSd}	弾性設計用地震動 S_d による水平方向の設計震度	—
K_{VSd}	弾性設計用地震動 S_d による鉛直方向の設計震度	—
W_0	海水の密度	kg/m^3
h	津波荷重水位 (T.P. +)	m
q	津波時静水圧	N/mm^2
I_{HSd}	余震による水平方向地震荷重	N
I_{VSd}	余震による鉛直方向地震荷重	N
m_D	蓋の質量	Kg
m_S	積雪荷重による質量	kg
A	浸水防止蓋の面積	mm^2
M	浸水防止蓋に加わる最大曲げモーメント	$N \cdot mm$
B	荷重の作用幅	mm
L	支間	mm
S	浸水防止蓋に加わる最大せん断力	N
σ	浸水防止蓋に加わる最大曲げ応力	N/mm^2
Z	浸水防止蓋の断面係数	mm^3
τ	浸水防止蓋に加わる最大せん断応力	N/mm^2
A_w	浸水防止蓋のウェブ断面積	mm^2
σ_m	浸水防止蓋に加わる曲げ応力及びせん断応力による組合せ応力	N/mm^2
σ_b	固定ボルト 1 本あたりに加わる引張応力	N/mm^2
P_b	固定ボルト 1 本あたりに加わる引張荷重	N
A_b	固定ボルトの断面積	mm^2
τ_b	固定ボルト 1 本あたりに加わるせん断応力	N/mm^2

注記 * : F は安全率

表 3-1 放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の強度計算に用いる記号 (2/2)

記号	記号の説明	単位
S_b	固定ボルト 1 本あたりに加わるせん断荷重	N
σ_{bm}	固定ボルトに加わる曲げ引張応力及びせん断応力による組合せ応力	N/mm^2
τ	浸水防止蓋に加わる最大せん断応力	N/mm^2
A_s	積雪面積	m^2
w_s	積雪量 1cm ごとの積雪荷重	N/mm^3
d_s	垂直積雪量	mm

3.2 評価対象部位

放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の評価対象部位は、津波に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し、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」にて示すとおり、浸水防止蓋及び固定ボルトを対象とする。

放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の強度評価における評価対象部位を、図 3-1 に示す。

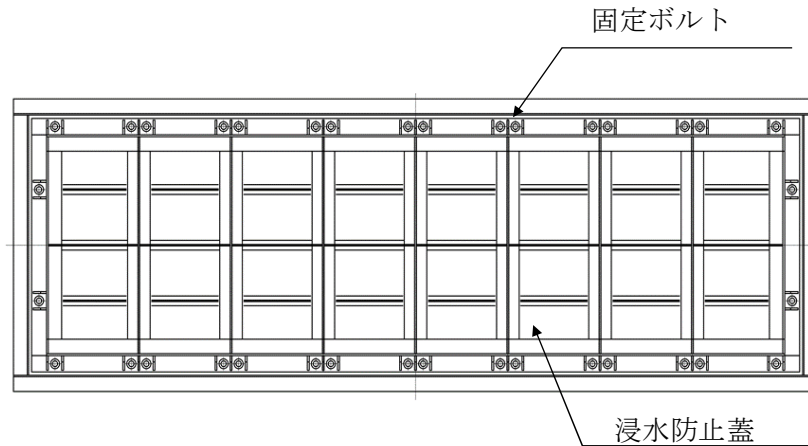


図 3-1 評価対象部位

3.3 荷重及び荷重の組合せ

強度評価に用いる荷重の種類及び荷重の組合せに関して以下に示す。

3.3.1 荷重の設定

強度評価に用いる荷重は以下のとおりとする。

(1) 固定荷重 (D)

固定荷重として、自重を考慮する。

(2) 突き上げ津波荷重 (P_t)

突き上げ津波荷重を考慮して算出した設計水圧と各部材の受圧面積から各部材の津波荷重を算出する。

(3) 余震荷重 (S_d)

余震荷重は、添付資料V-3-別添 3-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に示すとおり、弾性設計用地震動 $S_d-D 1$ に伴う地震力（動水圧含む。）とする。強度評価における弾性設計用地震動 $S_d-D 1$ に伴う地震力については、表 3-2 にて示す設計震度を用いて設定する。

地震力の算出に用いる設計震度 K_{HSd} 及び K_{VSd} については、V-2「耐震性に関する説明書」のうちV-2-10-2-5-2「放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の耐震性についての計算書」の「4. 固有値解析」に示すとおり、放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の固有振動数が 20 Hz 以上であることを確認したため、放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の強度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））における最大床応答加速度の 1.2 倍を考慮して設定する。表 3-3 に固有振動数の算出結果を示す。

表 3-2 設計震度の諸元

地震動	設置場所 及び 床面高さ (EL. m)	建屋 及び高さ (EL. m)	余震による設計震度*	
弾性設計用 地震動 $S_d-D 1$	放水路上版 3.500	防潮堤（鉄筋コ ンクリート防潮 壁（放水路エリ ア）） 3.500	水平方向 K_{HSd}	0.44
			鉛直方向 K_{VSd}	0.32

注記 *：固有値解析結果より、放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の固有振動数が 20 Hz 以上であることを確認したため、最大床応答加速度の 1.2 倍を考慮した設計震度を設定した。

表 3-3 固有振動数の算出結果

固有振動数 (Hz)
450

(4) 積雪荷重 (P_s)

積雪荷重 P_s については、30 cm の積雪量を想定する。

3.3.2 荷重の組合せ

放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋は、放水路上版に設置されている浸水防止蓋であるため、その構造及び設置位置から風荷重の影響は考慮しない。

荷重の組合せを表 3-4 に示す。

表 3-4 荷重の組合せ

施設区分	機器名称	荷重の組合せ ^{*1*2}
浸水防止設備	放水路ゲート点検用 開口部浸水防止蓋	$D + P_t + S_d + P_s$

注記 *1: D は固定荷重, P_t は突き上げ津波荷重, S_d は余震による地震荷重, P_s は積雪荷重を示す。

*2: 固定荷重 (D) 及び余震荷重 (S_d) の組合せが、強度評価上、突き上げ津波荷重 (P_t) を緩和する方向に作用する場合、保守的にこれらを組合せない評価を実施する。

3.4 許容限界

放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の許容限界値は、評価対象部位ごとに、ダム・堰施設技術基準（案）に規定される許容応力度を用いる。

各評価対象部位の許容限界を表 3-5 に示す。

表 3-5 各評価対象部位の許容限界

状態	許容限界 ^{*1*2}					
	浸水防止蓋			固定ボルト		
	一次応力			一次応力		
短期	曲げ	せん断	組合せ	引張	せん断	組合せ
	$1.5\sigma_a$	$1.5\tau_a$	$1.65\sigma_a$	$1.5\sigma_a$	$1.5\tau_a$	$1.65\sigma_a$

注記 *1：ダム・堰施設技術基準（案）に準じ、短期時許容値割増 1.5 又は 1.65 とする。

*2： σ_a ：許容曲げ応力度， τ_a ：許容せん断応力度

3.5 評価方法

放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の強度評価は、評価対象部位に加わる応力が許容値以下であることを確認するものとする。

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) 浸水防止蓋

浸水防止蓋は、地震荷重を等分布荷重として受ける鋼構造物として評価する。応力の算出に必要な荷重を次式により算出する。

$$q = h \cdot W_0$$

$$I_{HSd} = W \cdot K_{HSd}$$

$$I_{VSd} = W \cdot K_{VSd}$$

$$W = (m_D + m_S) \cdot g$$

$$M = \frac{w \cdot B \cdot (2 \cdot L - B)^3}{8}$$

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

$$m_S = \frac{0.35 \cdot w_S \cdot d_S \cdot A_S}{g}$$

浸水防止蓋に加わる最大曲げモーメント及び最大せん断力はダム・堰施設技術基準(案)に規定される計算式を用いる。

a. 曲げ応力

津波時水圧により浸水防止蓋に加わる最大曲げ応力 σ は次式により算出する。

$$\sigma = M / Z$$

b. せん断応力

浸水防止蓋に加わる最大せん断応力 τ は次式により算出する。

$$\tau = S / A_w$$

c. 組合せ応力

浸水防止蓋に加わる曲げ応力 σ 及びせん断応力 τ による組合せ応力 σ_m をダム・堰施設技術基準(案)記載の次式により算出する。

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

(2) 固定ボルト

固定ボルトに加わる応力は、固定ボルト設置位置及び間隔から浸水防止蓋に対する負担面積を設定し、水平方向荷重及び鉛直方向荷重に対して評価を行う。

a. 引張応力

固定ボルト 1 本あたりに加わる引張応力 σ_b は次式により算出する。

$$\sigma_b = P_b / A_b$$

b. せん断応力

固定ボルト 1 本あたりに加わるせん断応力 τ_b は次式により算出する。

$$\tau_b = S_b / A_b$$

c. 組合せ応力

固定ボルトに加わる引張応力 σ_b 及びせん断応力 τ_b による組合せ荷重 σ_{bm} をダム・堰施設技術基準(案)記載の次式により算出する。

$$\sigma_{bm} = \sqrt{\sigma_b^2 + 3 \cdot \tau_b^2}$$

4. 評価条件

放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の強度評価に関する評価条件を表 4-1 に示す。

表 4-1 放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の強度評価に関する評価条件

浸水防止蓋の材質	蓋の質量 m_D (kg)	積雪質量 m_s (kg)	荷重の作用幅 B (mm)
SM490	3.00×10^3	1.44×10^2	1.150×10^3

支間 L (mm)	固定ボルトの材質	固定ボルトの呼び径 (mm)	固定ボルトの断面積 A_b (mm^2)
1.450×10^3	SCM435	30	7.06858×10^2

積雪量 1 cm 毎の積雪 荷重 w_s (N/mm^3)	垂直積雪量 d_s (mm)	固定ボルトの本数 n	重力加速度 g (m/s^2)
2.0×10^6	300	36	9.80665

津波荷重水位 h (m)
30

5. 強度評価結果

蓋、固定ボルトの強度評価結果を表 5-1 に示す。放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の各評価対象部位における発生応力は許容応力以下であり、津波荷重及び余震を考慮した荷重に対して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 5-1 強度評価結果

評価対象部位			評価応力	発生応力 (N/mm ²)	許容応力 (N/mm ²)
蓋	主桁	端部桁	曲げ	47	240
			せん断	21	135
			組合せ*1	60	264
		中間桁	曲げ	74	240
			せん断	42	135
			組合せ*1	104	264
固定ボルト			引張	76	588
			せん断	1	339
			組合せ*2	77	646

注記 *1：曲げとせん断の組合せ応力

*2：引張とせん断の組合せ応力