

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-243 改 2
提出年月日	平成 30 年 7 月 24 日

## 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

## 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	5
3. 評価対象部位	6
4. 固有値解析	7
5. 応力評価	8
5.1 基本方針	8
5.2 荷重及び荷重の組合せ	8
5.2.1 荷重の設定	8
5.2.2 荷重の組合せ	9
5.2.3 許容限界	10
5.3 設計用地震力	10
5.4 応力評価方法	11
5.4.1 記号の定義	11
5.4.2 応力計算	12
5.5 応力評価条件	13
6. 耐震評価結果	14

## 1. 概 要

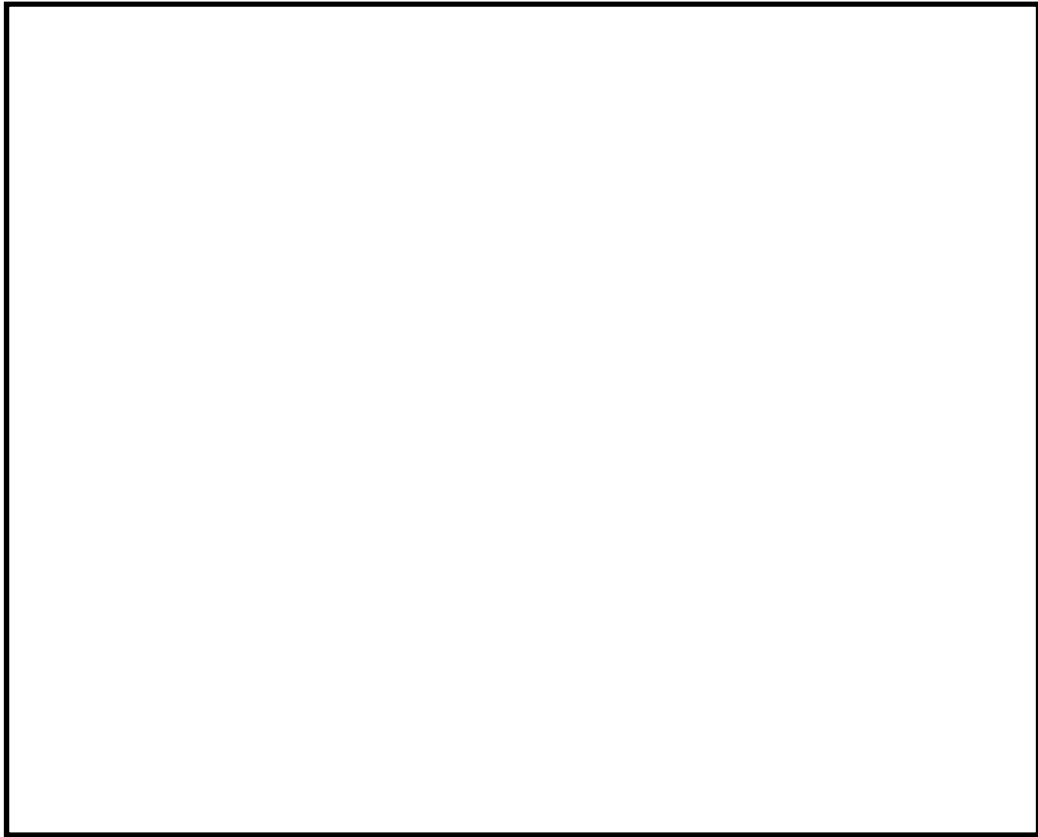
本資料は、添付資料V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度に基づき、浸水防護施設のうち放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋が設計用地震力に対して、主要な構造部材が十分な構造健全性を有することを説明するものである。その耐震評価は放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の固有値解析及び応力評価により行う。

## 2. 基本方針

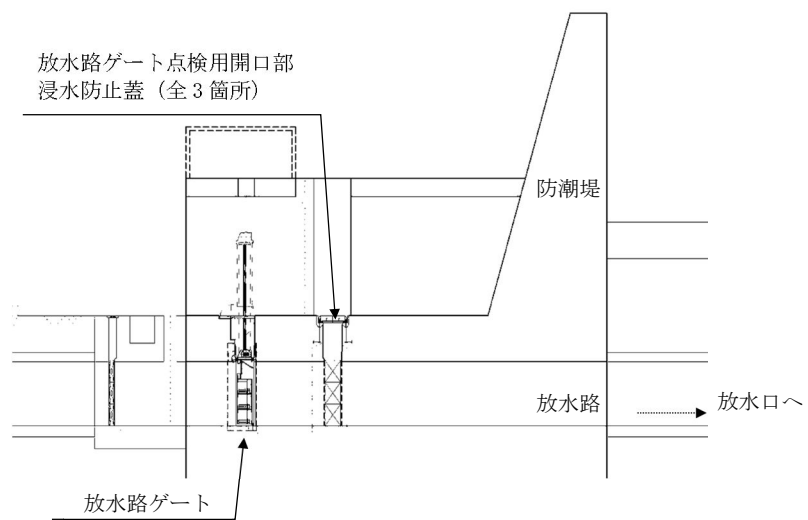
### 2.1 位置

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。	放水上版に固定ボルトで固定する。	<p>(平面図)</p> <p>(B-B 断面図)</p> <p>(A-A 断面図)</p> <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点検用開口部浸水防止蓋の構造を踏まえ、「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. 応力評価」に示す方法にて確認する。応力評価の確認結果を「6. 耐震評価結果」に示す。

耐震評価フローを図 2-2 に示す。

NT2 補② V-2-10-2-5-2 R2

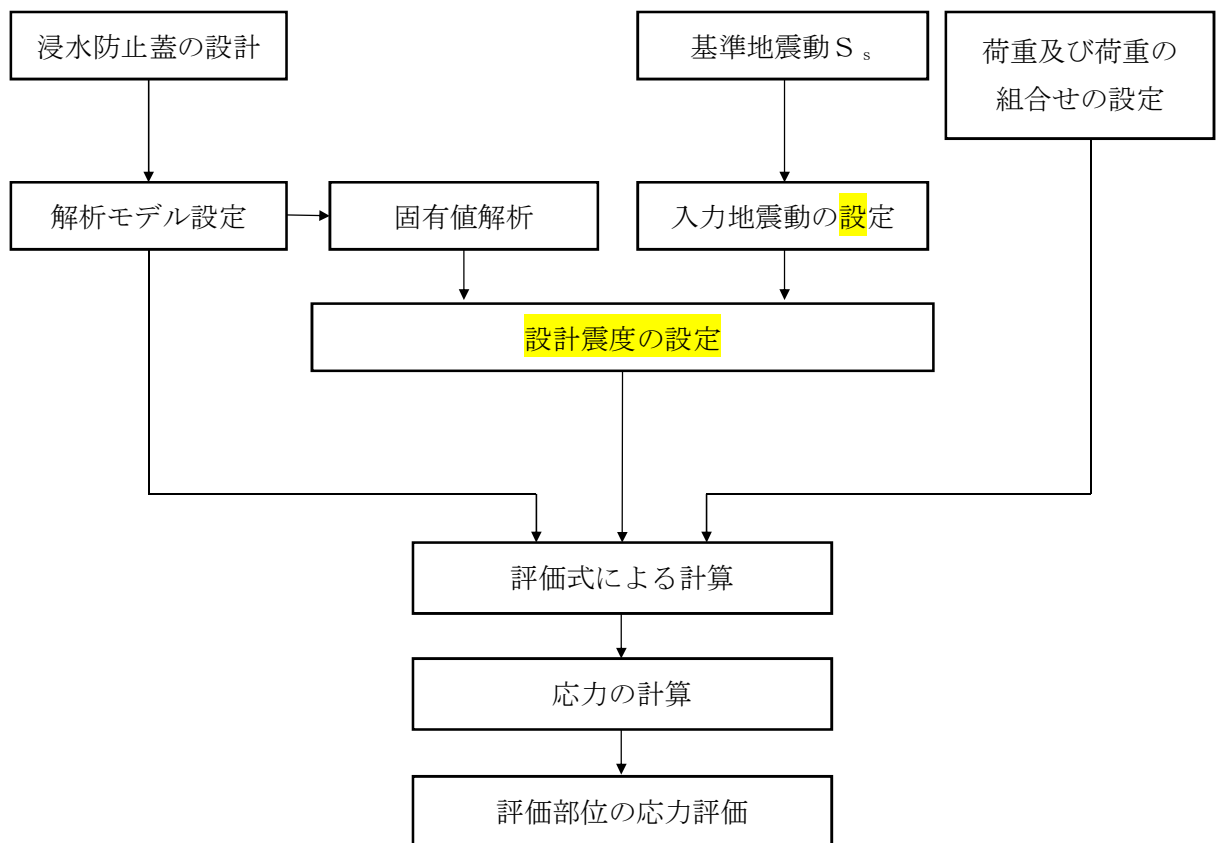


図 2-2 耐震評価フロー

## 2.4 適用規格

適用する規格，基準等を以下に示す。

- ・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. 評価対象部位

放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋は、主桁及び補助桁等を有する構造である浸水防止蓋、固定ボルト等で構成されている。耐震評価においては、そのうち主要部材である浸水防止蓋及び固定ボルトを評価対象部位とする。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ついて、図3-1に示す。

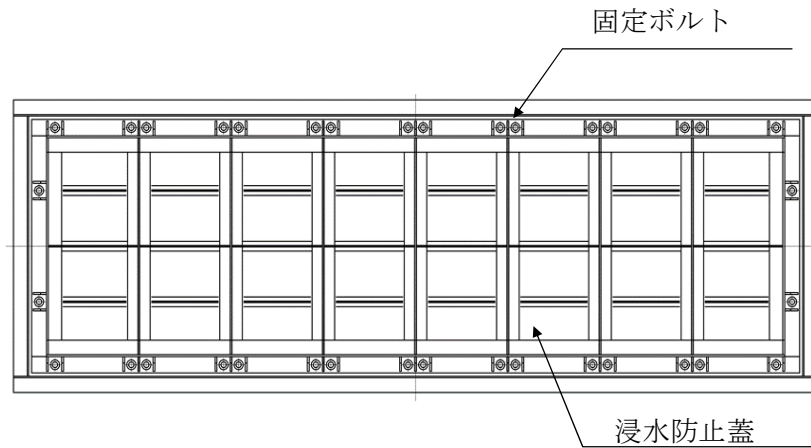


図 3-1 評価対象部位



#### 4. 固有値解析

(1) 解析モデル

放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の主桁を単純支持梁としてモデル化する。

(2) 固有振動数の計算

固有振動数の計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

「構造力学公式集(1988年)、土木学会」より、両端支持梁の一次固有振動数は次のとおり与えられる。

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

各記号の定義並びに評価に必要な諸元を表 4-1 に示す。

表 4-1 固有振動数の計算における記号の定義と評価に必要な諸元

記号	定義	数値	単位
f	一次固有振動数	—	Hz
E	縦弾性係数	$2.06 \times 10^5$	N/mm <sup>2</sup>
I	主桁の断面二次モーメント	$9.57 \times 10^7$	mm <sup>4</sup>
m	主桁の単位長さ当たりの質量	$54.3 \times 10^{-3}$	kg/mm
L	主桁の長さ	1450	mm

(3) 固有値解析結果

固有振動数の算出結果を表 4-2 に示す。固有振動数は、20 Hz 以上であることから、剛構造である。

表 4-2 固有振動数の算出結果

固有振動数 (Hz)
450

## 5. 応力評価

### 5.1 基本方針

- (1) 放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋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 荷重及び荷重の組合せ

耐震評価に用いる荷重及び荷重の組合せに関して以下に示す。

#### 5.2.1 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 (D)  
固定荷重として，自重を考慮する。
- (2) 基準地震動  $S_s$  による地震荷重 ( $S_s$ )  
基準地震動  $S_s$  による地震荷重を考慮する。  
なお，鉛直震度は，自重と同じ鉛直下向きに考慮する。
- (3) 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。

### 5.2.2 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 5-1 に示す。

表 5-1 荷重の組合せ

施設区分	機器名称	荷重の組合せ*
浸水防止設備	放水路ゲート点検用開口部 浸水防止蓋	$D + S_s + P_s$

注記 \* :  $D$ は固定荷重,  $S_s$ は基準地震動 $S_s$ による地震荷重,  $P_s$ は積雪荷重を示す。

### 5.2.3 許容限界

放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の各部材の許容値は、評価対象部位毎に、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 5-2 に示す。

表 5-2 各評価対象部位の許容限界

状態	許容限界 <sup>*1*2</sup>			
	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	せん断
	$1.5\sigma_a$	$1.5\tau_a$	$1.65\sigma_a$	$1.5\tau_a$

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： $\sigma_a$ ：許容曲げ応力度， $\tau_a$ ：許容せん断応力度

### 5.3 設計用地震力

「4. 固有値解析」に示した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 20Hz 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））における最大床応答加速度の 1.2 倍を考慮して設定する。放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の耐震計算に用いる設計震度を表 5-5 に示す。

表 5-3 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)	地震による設計震度*	
基準地震動 $S_s$	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 $K_H$	0.79
			鉛直方向 $K_V$	0.90

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 20Hz 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。

## 5.4 応力評価方法

### 5.4.1 記号の定義

放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の耐震計算に用いる記号を表 5-4 に示す。

表 5-4 放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の耐震計算に用いる記号 (1/2)

記号	記号の説明	単位
$g$	重力加速度	$m/s^2$
$\sigma_v$	日本工業規格に規定される材料の設計降伏点	$N/mm^2$
$\sigma_u$	日本工業規格に規定される材料の設計引張強さ	$N/mm^2$
$\sigma_a$	許容圧縮・引張・曲げ応力 ダム・堰施設技術基準 (案) $\sigma_a = \sigma_v / F^*$	$N/mm^2$
$\tau_a$	許容せん断応力 ダム・堰施設技術基準 (案) $\tau_a = \sigma_a / \sqrt{3}$	$N/mm^2$
$K_H$	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	—
$I_H$	水平方向地震荷重	N
$I_V$	鉛直方向地震荷重	N
$i_v$	鉛直地震分布荷重	$N/mm^2$
$m_D$	蓋の質量	kg
$m_S$	積雪質量	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	$N \cdot mm$
$B$	荷重の負担幅	mm
$L$	支間	mm
$S$	浸水防止蓋に加わる最大せん断力	N
$\sigma$	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	$mm^3$
$\tau$	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	$mm^2$
$\sigma_m$	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	$N/mm^2$
$\sigma_b$	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	$mm^2$
$\tau_b$	固定ボルト 1 本あたりに加わるせん断応力	$N/mm^2$
$S_b$	固定ボルト 1 本あたりに加わるせん断荷重	N

注記 \* : F は安全率

表 5-4 放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の耐震計算に用いる記号 (2/2)

記号	記号の説明	単位
$\sigma_{bm}$	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 <sup>2</sup>
$w_s$	積雪量 1 cm 毎の積雪荷重	N/mm <sup>3</sup>
$d_s$	垂直積雪量	mm
$w_s$	積雪量 1 cm 毎の積雪荷重	N/mm <sup>3</sup>

#### 5.4.2 応力計算

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。

$$I_H = W \cdot K_H$$

$$I_V = W \cdot K_V$$

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

$$i_V = I_V / A$$

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

$$m_S = \frac{0.35 \cdot w_s \cdot d_s \cdot A_s}{g}$$

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

浸水防止蓋に加わる最大曲げ応力  $\sigma$  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  $\tau$  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  $\sigma$  及びせん断応力  $\tau$  による組合せ応力  $\sigma_m$  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 本当たりに加わる引張応力  $\sigma_b$  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 本当たりに加わるせん断応力  $\tau_b$  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  $\sigma_b$  及びせん断応力  $\tau_b$  による組合せ荷重  $\sigma_{bm}$  をダム・堰施設技術基準(案)記載の次式により算出する。

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

## 5.5 応力評価条件

放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の耐震評価に関する応力評価条件を表 5-5 に示す。

表 5-5 放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の耐震評価に関する応力評価条件

浸水防止蓋の材質	蓋の質量 $m_D$ (kg)	積雪質量 $m_s$ (kg)	荷重の負担幅 $B$ (mm)
SM490	$3.00 \times 10^3$	$1.44 \times 10^2$	$1.350 \times 10^3$

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 $A_b$ ( $\text{mm}^2$ )
$1.450 \times 10^3$	SCM435	30	$7.06858 \times 10^2$

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



## 6. 耐震評価結果

蓋、固定ボルトの耐震評価結果を表 6-1 に示す。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おける発生応力は、許容応力以下であり、設計用地震力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 6-1 強度評価結果

評価対象部位			評価応力	発生応力 (N/mm <sup>2</sup> )	許容応力 (N/mm <sup>2</sup> )
蓋	主桁	端部桁	曲げ	1	240
			せん断	1	135
			組合せ*	2	264
	中間桁	曲げ	2	240	
		せん断	1	135	
		組合せ*	3	264	
固定ボルト			せん断	1	339

注記 \* : 曲げとせん断の組合せ応力