

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1
提出年月日	平成30年7月13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. 耐震評価方法	6
3.1 記号の定義	6
3.2 評価対象部位	7
3.3 荷重及び荷重の組合せ	8
3.3.1 荷重の設定	8
3.3.2 荷重の組合せ	8
3.4 許容限界	9
3.5 評価方法	10
3.5.1 荷重条件	10
3.5.2 耐震評価	11
3.5.3 固有値解析	12
4. 評価条件	13
5. 耐震評価結果	14

## 1. 概 要

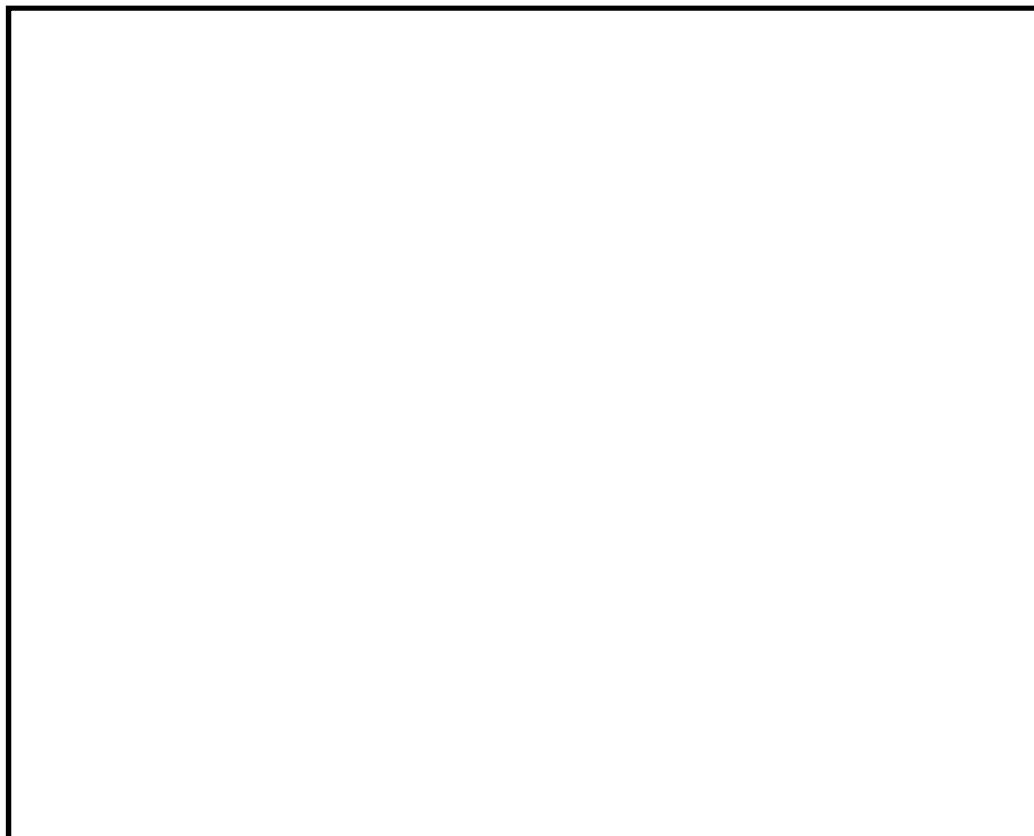
本資料は、添付資料V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度に基づき、浸水防護施設のうち放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋が設計用地震力に対して、主要な構造部材が十分な構造健全性を有することを説明するものである。その耐震評価は放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の固有値解析及び応力評価により行う。

## 2. 基本方針

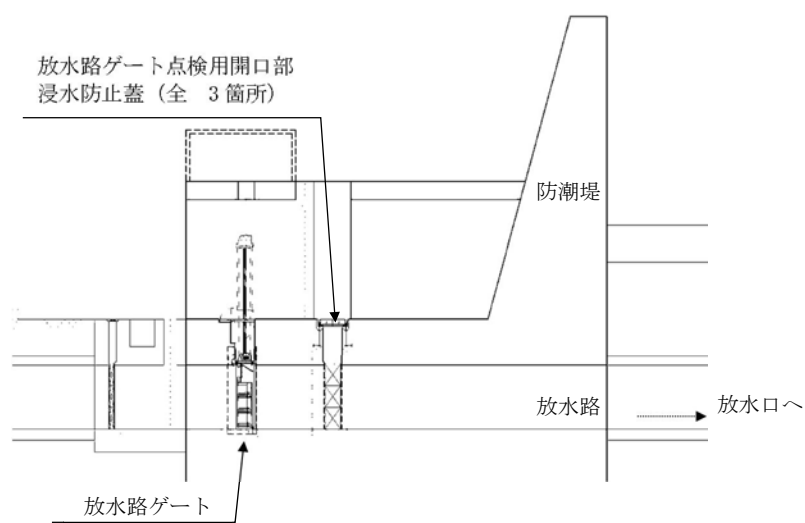
### 2.1 位置

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

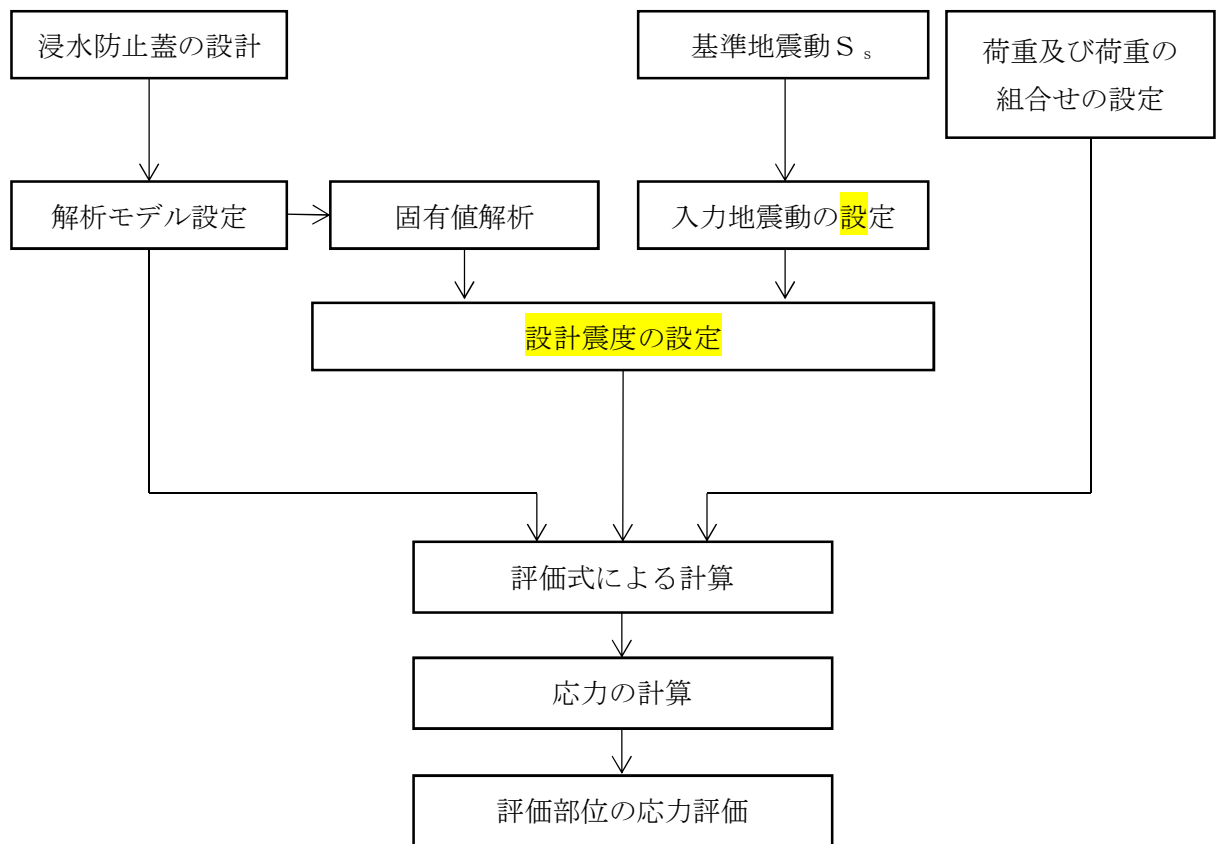
設備名称	構造概要		説明図
	主体構造	支持構造	
放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋 1, 2, 3	蓋により構成する。	放水上版に固定ボルトで固定する。	<p>(平面図)</p> <p>(B-B 断面図)</p> <p>(A-A 断面図)</p> <p>(単位 : mm)</p>

### 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、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が許容限界以下であることを「3. 耐震評価方法」に示す方法により、「4. 評価条件」に示す評価条件を用いて計算し、「5. 耐震評価結果」にて確認する。

放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の耐震評価では、地震発生時に各部に作用する荷重を考慮する。耐震評価フローを図 2-2 に示す。

また、上記評価を実施するに当たり、放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋をモデル化した固有値解析を行う。



NT2 補② V-2-10-2-5-2 R1

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. 耐震評価方法

放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の耐震評価は、「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」に示す荷重の種類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耐震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耐震計算に用いる記号

記号	単位	定義
$g$	$m/s^2$	重力加速度
$\sigma_v$	$N/mm^2$	日本工業規格に規定される材料の設計降伏点
$\sigma_u$	$N/mm^2$	日本工業規格に規定される材料の設計引張強さ
$\sigma_a$	$N/mm^2$	許容圧縮・引張・曲げ応力 ダム・堰施設技術基準 (案) $\sigma_a = \sigma_v / F$ *安全率 F は 2 程度
$\tau_a$	$N/mm^2$	許容せん断応力 ダム・堰施設技術基準 (案) $\tau_a = \sigma_a / \sqrt{3}$
$\sigma_{ca}$	$N/mm^2$	許容支圧応力 ダム・堰施設技術基準 (案) $\sigma_{ca} = 1.5 \times \sigma_a$



### 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、「2.2 構造概要」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。

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

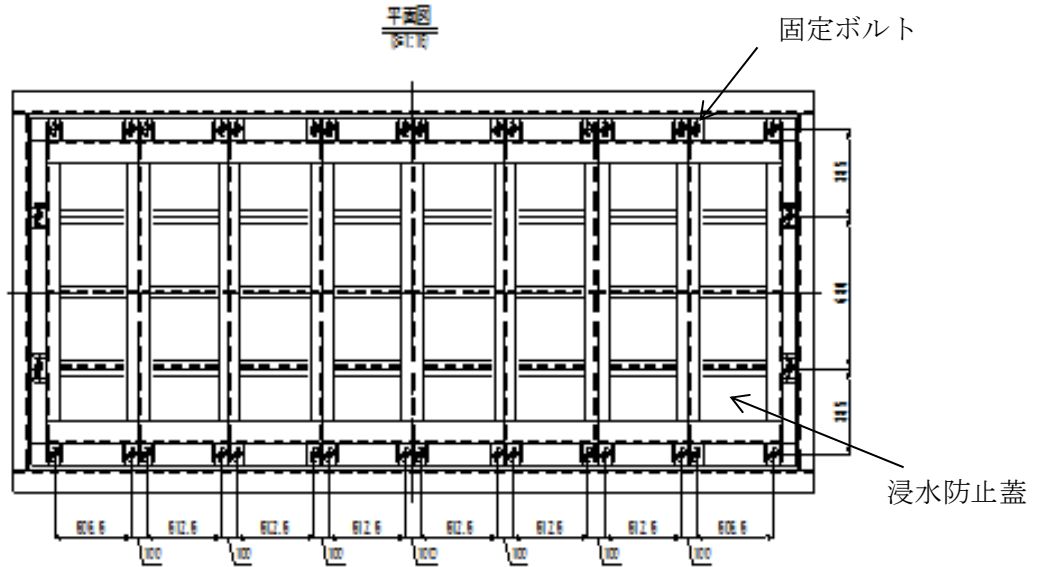


図 3-1 評価対象部位

### 3.3 荷重及び荷重の組合せ

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。

#### 3.3.1 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。

(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。

#### 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 3-2 表に示す。

表 3-2 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。

### 3.4 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 3-3 に示す。

表 3-3 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	引張	せん断
	$1.5\sigma_a$	$1.5\tau_a$	$1.5\sigma_a$	$1.5\tau_a$

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 とする。

\*2： $\sigma_a$ ：許容曲げ応力度， $\tau_a$ ：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耐震評価は、地震荷重による各部材の発生応力が許容値以下であることを確認するものとする。

#### 3.5.1 荷重条件

(1) 固定荷重 (M)

固定荷重による質量を考慮する。

(2) 地震荷重 ( $S_s$ )

地震荷重  $S_s$  は、以下のとおりとする。

なお、鉛直震度は、自重と同じ鉛直下向きに考慮する。

$$W_{hg} = K_h \cdot M \cdot g$$

$$W_{vg} = K_v \cdot M \cdot g$$

$$w_{vg} = W_{vg} / A$$

ここで、

$K_h$  : 設計水平震度 (G)

$K_v$  : 設計鉛直震度 (G)

$W_{hg}$  : 全体の水平地震荷重 (N)

$W_{vg}$  : 全体の鉛直地震荷重 (N)

$w_{vg}$  : 鉛直地震分布荷重 (N/mm<sup>2</sup>)

M : 固定荷重による全体質量 (kg)

g : 重力加速度 (m/s<sup>2</sup>)

A : 浸水防止蓋の投影面積 (mm<sup>2</sup>)

(3) 積雪荷重 ( $P_s$ )

積雪荷重として、30 cm の積雪荷重を考慮する。

### 3.5.2 耐震評価

以下に、評価対象部位ごとに、各評価対象部位に作用する応力及びその算出式等をまとめる。

#### (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。浸水防止蓋を構成する主桁および補助桁に発生す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

浸水防止蓋の主桁及び補助桁に発生する最大曲げ応力  $\sigma$  は、それぞれ、次式により算出する。

$$\sigma = M / Z$$

ここで、

M：主桁及び補助桁に発生する最大曲げモーメント

Z：浸水防止蓋の主桁及び補助桁の断面係数

##### b. せん断応力

浸水防止蓋の主桁及び補助桁に発生する最大せん断応力  $\tau$  は次式により算出する。

$$\tau = S / A_w$$

ここで、

S：主桁及び補助桁に発生する最大せん断力

A<sub>w</sub>：は浸水防止蓋の主桁及び補助桁のウェブ断面積である。

#### (2) 固定ボルト

固定ボルトに作用する荷重は、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、鉛直方向荷重及び水平方向荷重に対して評価を行う。

##### a. 引張応力

固定ボルト 1 本あたりの引張応力  $\sigma_b$  は、次式により算出する。

$$\sigma_b = P_b / A_b$$

ここで、

P<sub>b</sub>：固定ボルト 1 本あたりに作用する引張応力

A<sub>b</sub>：固定ボルトの有効断面積

##### b. せん断応力

固定ボルト 1 本あたりのせん断応力  $\tau_b$  は、次式により算出する。

$$\tau_b = S_b / A_b$$

ここで、

S<sub>b</sub>：固定ボルト 1 本あたりに作用するせん断荷重

##### c. 組合せ応力

固定ボルトに発生する曲げ応力  $\sigma_b$  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。

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

### 3.5.3 固有値解析

放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の耐震評価にあたり、「2.3 評価方針」に記載したとおり、当該設備をモデル化した固有値解析を実施する。

#### (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

放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋は、主桁を単純支持梁としてモデル化し、評価を行う。「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 3-4 に示す。

表 3-4 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	$2.06 \times 10^{11}$	N/m <sup>2</sup>
I	主桁の断面 2 次モーメント	$9.57 \times 10^{-5}$	m <sup>4</sup>
m	主桁の単位長さ当りの重量	54.3	kg/m
L	主桁の長さ	1.45	m

#### (3) 固有値解析結果

固有振動数の算出結果を表 3-5 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 3-5 固有振動数の算出結果

(単位 : Hz)

機器名称	固有振動数
緊急用海水ポンプピット 点検用開口部浸水防止蓋	450

#### 4. 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評価条件を以下に説明する。

##### (1) 評価対象部位の諸元

評価対象部位である、浸水防止蓋及び固定ボルトの各諸元を、表 4-1、表 4-2 に示す。

表 4-1 評価対象部位の各諸元（浸水防止蓋）

項目	材質	鋼材仕様
浸水防止蓋	スキンプレート	S M490 PL-22
	主桁	S M490 BC-300×80×9×12(端部) BC-300×150×12×12(端部以外)
	補助桁	S M490 BH-175×60×9×9

表 4-2 評価対象部位の各諸元（固定ボルト）

材質	呼び径 (mm)
S C M435	30

## 5. 耐震評価結果

蓋、固定ボルトの耐震評価結果を表 5-1 に示す。放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の各部位の発生応力は、許容応力以下であり、地震荷重に対して構造部材が十分な健全性を有することを確認した。

表 5-1 強度評価結果

(単位 : N/mm<sup>2</sup>)

		評価応力	発生応力	許容応力
端部桁	蓋	曲げ	2	175
		せん断	1	135
		組合せ	2	175
	固定ボルト	せん断	3	339
中央桁	蓋	曲げ	2	216
		せん断	2	135
		組合せ	3	216
	固定ボルト	せん断	4	339