

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1
提出年月日	平成30年7月13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	9
3.3 荷重及び荷重の組合せ	10
3.3.1 荷重の設定	10
3.3.2 荷重の組合せ	10
3.4 許容限界	11
3.5 評価方法	12
3.5.1 荷重条件	12
3.5.2 強度評価	12
3.5.3 固有値解析	13
4. 評価条件	15
5. 強度評価結果	15

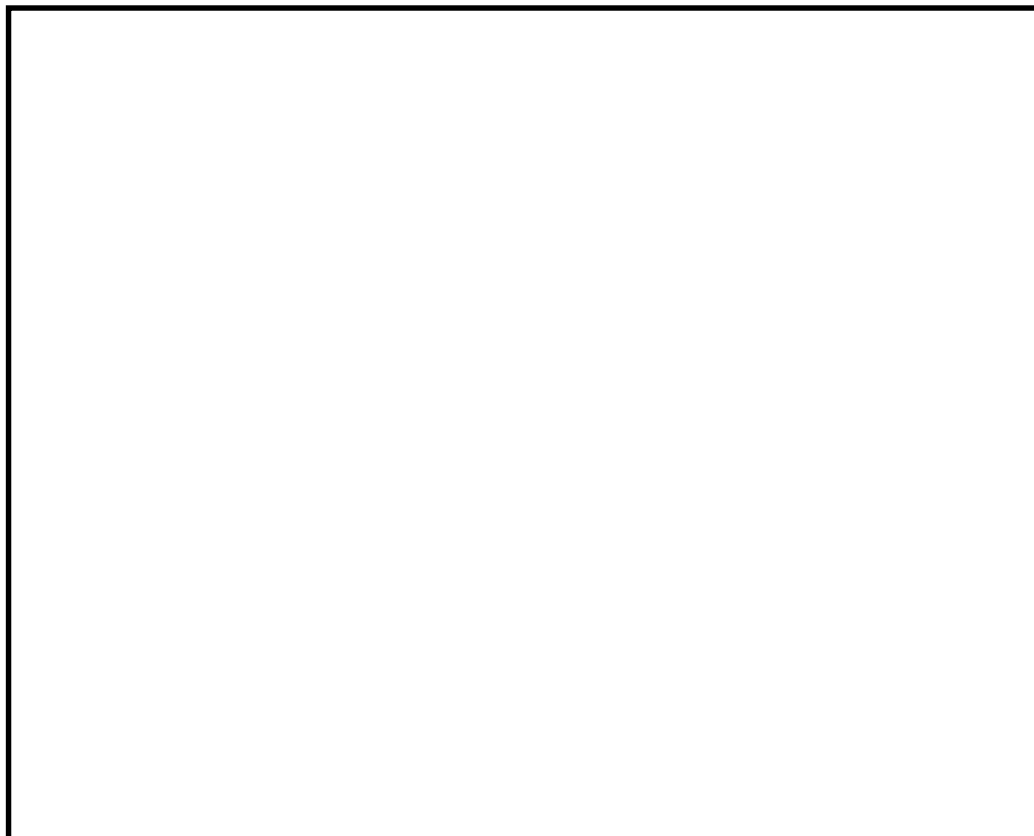
1. 概要

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、余震を考慮した荷重及びその他自然現象等による荷重に対し、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。

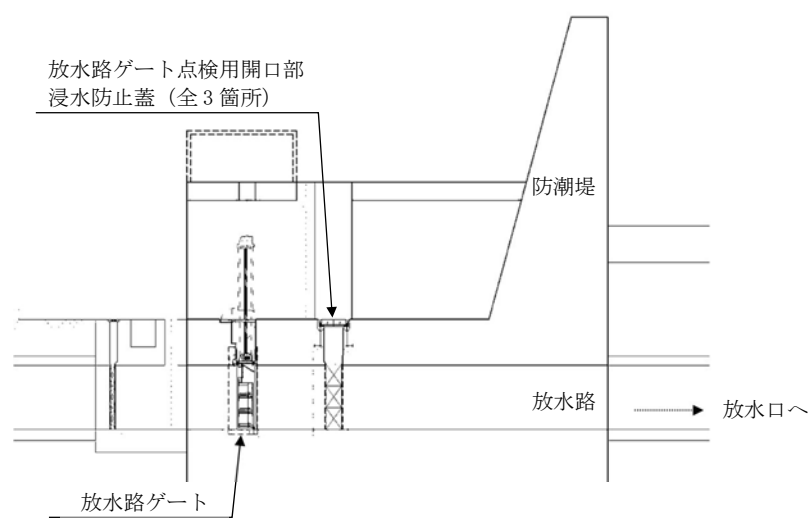
2. 基本方針

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)



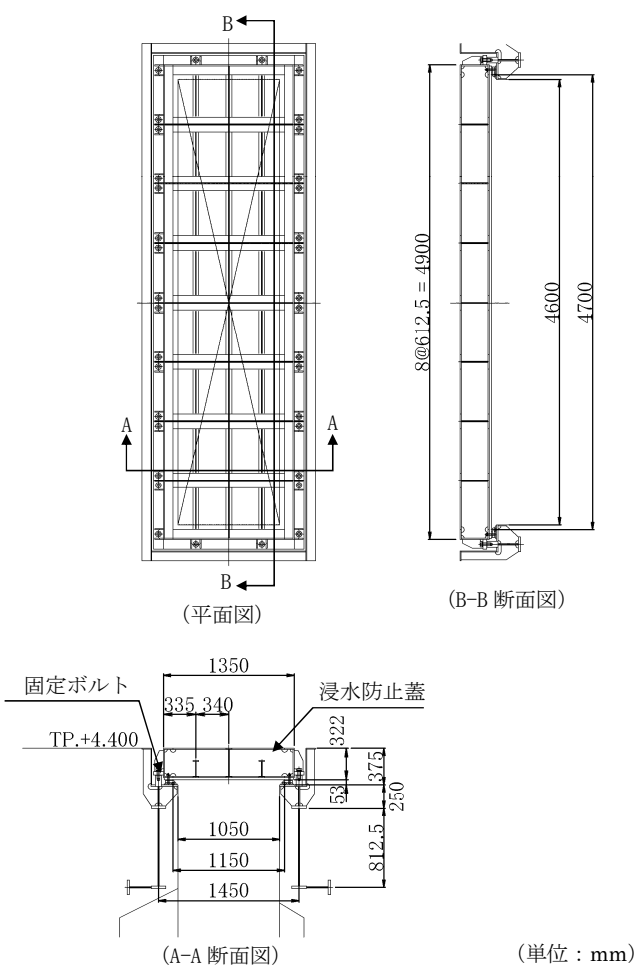
(A-A 断面図)

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静的震度として用いる。

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。

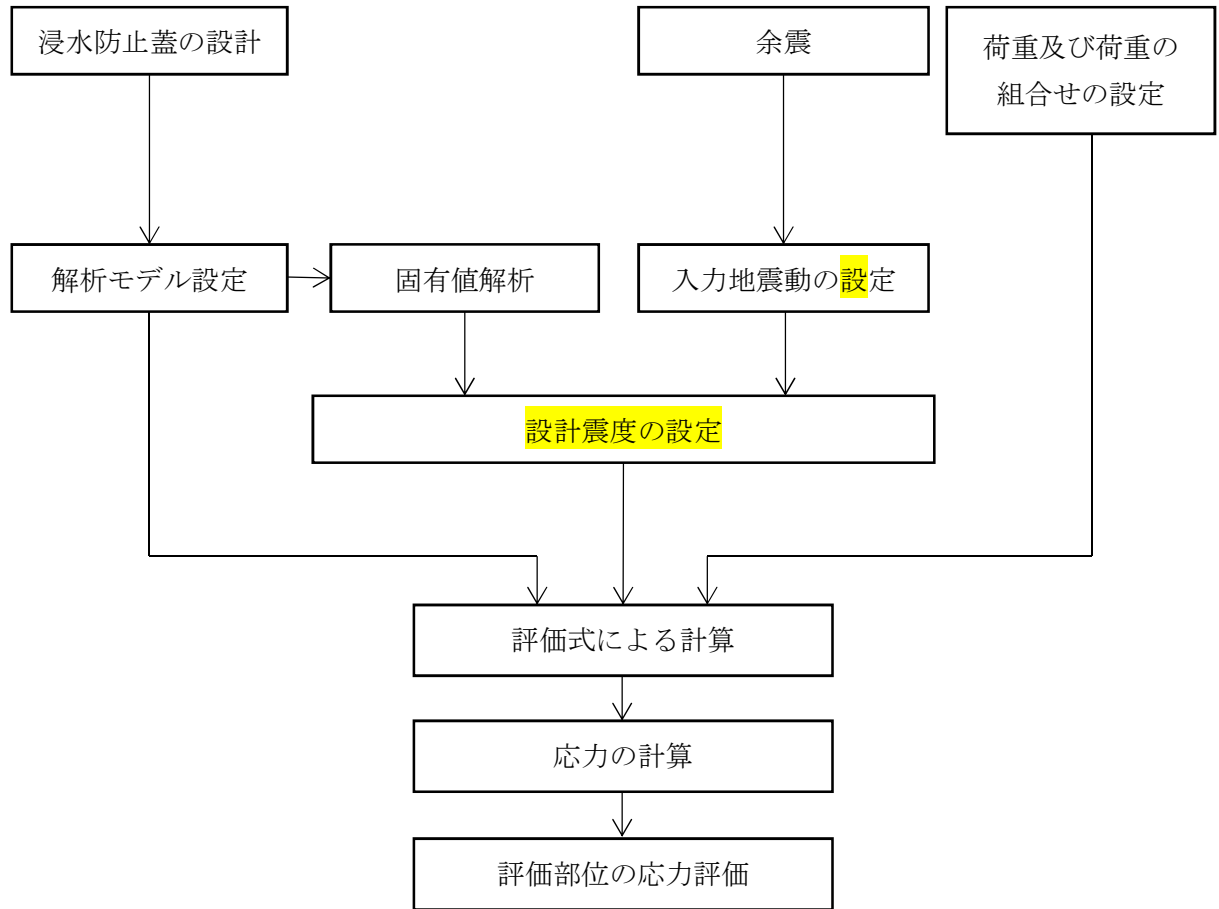


図 2-2 強度評価フロー

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、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、「3.2 評価対象部位」にて設定する評価対象部位に作用する応力等が、「3.4 許容限界」にて示す許容限界以下であることを確認する。

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

記号	単位	定義
W_0	kg/m^3	海水の密度
g	m/s^2	重力加速度
K	G	余震時設計震度
H	m	津波水位(T.P.)
h	m	津波時設計水深
q	kN/m^2	津波時静水圧
m_s	kg	積雪荷重による質量
P_s	N	積雪荷重
A_s	m^2	積雪面積
w_s	Pa	積雪量 1cm ごとの積雪荷重
d_s	cm	垂直積雪量
σ_v	N/mm^2	日本工業規格に規定される材料の設計降伏点
σ_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
σ_a	N/mm^2	許容圧縮・引張・曲げ応力 ダム・堰施設技術基準 (案) $\sigma_a = \sigma_v / F$
τ_a	N/mm^2	許容せん断応力 ダム・堰施設技術基準 (案) $\tau_a = \sigma_a / \sqrt{3}$
σ_{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、津波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。

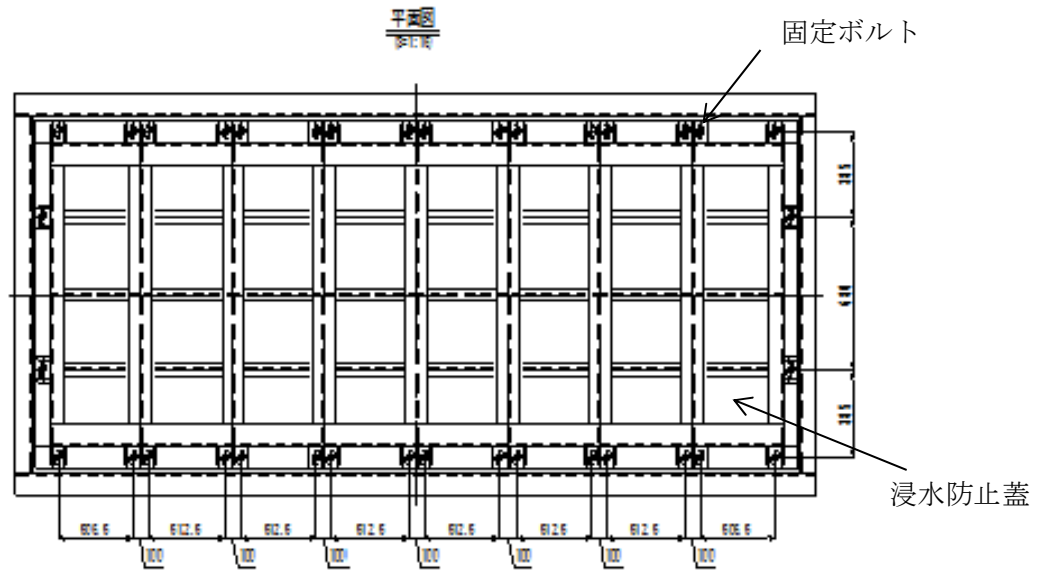


図 3-1 評価対象部位

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)

余震荷重として、弾性設計用地震動 S_d-D1 による地震力を考慮する。

余震荷重 S_d は、放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋に作用する余震による慣性力を考慮する。

(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 3-2 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*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	$D + S_d + P_t + P_s$

注記 *1: Dは固定荷重, S_d は余震による地震荷重, P_t は突き上げ津波荷重, 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 3-3 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： 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、津波荷重が、また余震による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 (D)

表 3-2 に示すとおり、固定荷重は突き上げ津波荷重を緩和する方向に作用することから、考慮しない。ただし、余震による水平地震力を求めるにあたっては、固定荷重による質量を考慮する。

(2) 突き上げ津波荷重 (P_t)

津波時の水圧は、静水圧と動水圧の 2 つを考慮するものとする。静水圧 q はそれぞれ以下のとおりとする。

$$q = h \cdot W_0$$

(3) 余震荷重 (S_d)

余震荷重は、以下のとおりとする。

$$W_g = K \cdot M \cdot g$$

ここで、

K：余震時設計震度 (G)

W_g：余震時地震荷重 (kN)

M：固定荷重による全体質量 (kg)

g：重力加速度 (m/s²)

また、余震による動水圧荷重は以下のとおりとする。

$$q' = \frac{7}{8} \cdot W_0 \cdot K \cdot \sqrt{H \cdot h} \quad (\text{ウエスタガードの簡易式})$$

(4) 積雪荷重 (P_s)

積雪荷重 P_s については、30 cm の積雪量を想定し、平均的な積雪荷重を与えるための係数 0.35 を考慮する。

積雪荷重による質量は次式を用いて算出する。

$$m_s = P_s \cdot A_s / g = 0.35 \cdot w_s \cdot d_s \cdot A_s / g$$

3.5.2 強度評価

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。なお、主桁については、ダム・堰施設技術基準（案）に準じ、たわみ度も確認する。

a. 曲げ応力

津波時水圧により浸水防止蓋の主桁及び補助桁に発生する最大曲げ応力 σ 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 τ は次式により算出する。

$$\tau = S / Aw$$

ここで、

S：主桁及び補助桁に発生する最大せん断力

Aw：浸水防止蓋の主桁及び補助桁のウェブ断面積

(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 σ_b は、次式により算出する。

$$\sigma_b = P_b / A_b$$

ここで、

P_b ：固定ボルト 1 本あたりに作用する引張応力

A_b ：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 τ_b は、次式により算出する。

$$\tau_b = S_b / A_b$$

ここで、

S_b ：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 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。

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

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	備考
f	一次固有振動数	—	Hz	
E	縦弾性係数	2.06×10^{11}	N/m ²	
I	主桁の断面 2 次モーメント	9.57×10^{-5}	m ⁴	
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強度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	PL-22
	主桁	BC-300×80×9×12(端部) BC-300×150×12×12(端部以外)
	補助桁	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. 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部位の発生応力は、許容応力以下であり、基準津波荷重を考慮した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/mm²)

		評価応力	発生応力	許容応力
端部桁	蓋	曲げ	61	240
		せん断	27	135
		組合せ	76	240
	固定ボルト	引張	48	588
		せん断	2	339
		組合せ	48	588
中央桁	蓋	曲げ	96	240
		せん断	54	135
		組合せ	133	240
	固定ボルト	引張	129	588
		せん断	2	339
		組合せ	129	588