

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-245 改2
提出年月日	平成30年9月12日

V-2-10-2-5-4 緊急用海水ポンプピット点検用開口部

浸水防止蓋の耐震性についての計算書

目次

1.	概要	1
2.	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	適用基準	5
2.5	記号の説明	6
3.	評価部位	8
4.	固有周期	9
4.1	固有周期の計算方法	9
4.2	固有周期の計算条件	9
4.3	固有周期の計算結果	9
5.	構造強度評価	10
5.1	構造強度評価方法	10
5.2	荷重及び荷重の組合せ	10
5.3	許容限界	11
5.4	設計用地震力	12
5.5	計算方法	12
5.6	計算条件	15
6.	評価結果	16

1. 概要

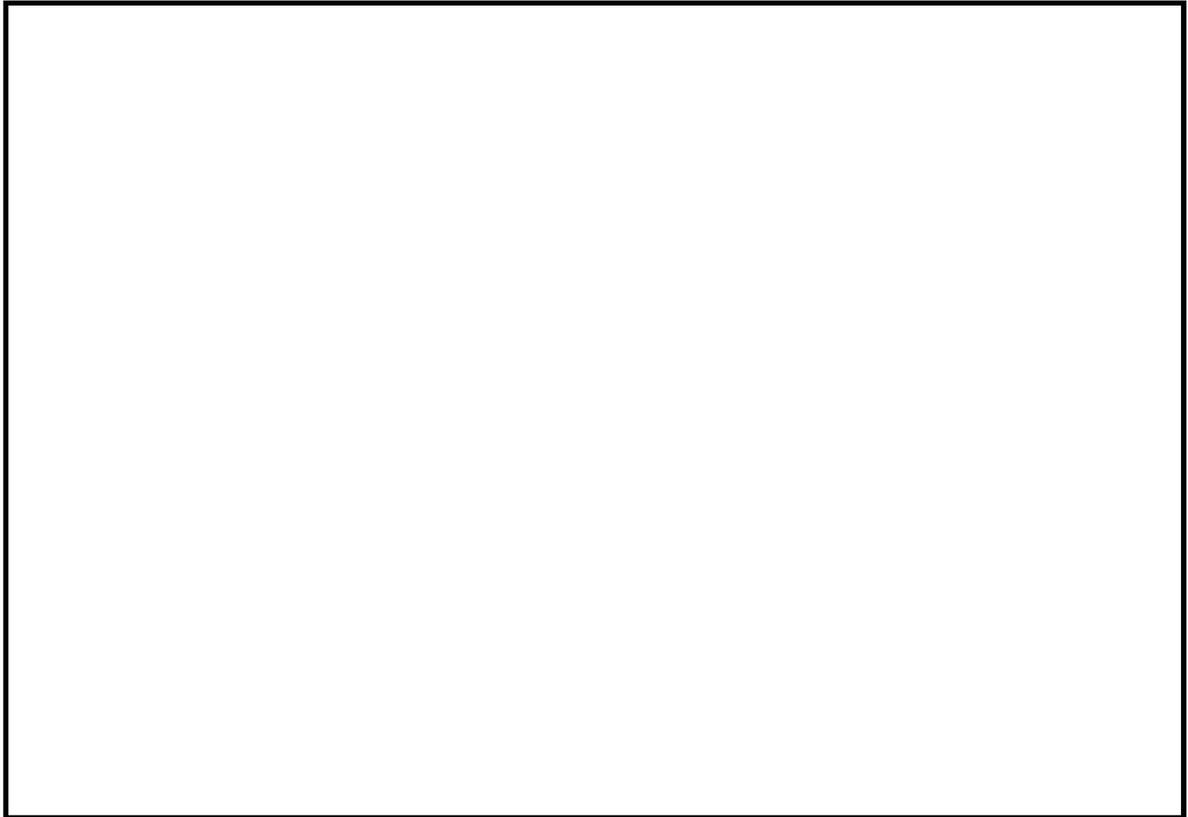
本資料は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度に基づき、浸水防護施設のうち緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋が設計用地震力に対して、主要な構造部材が十分な構造健全性を有することを説明するものである。その耐震評価は緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋の固有値解析及び応力評価により行う。

2. 一般事項

2.1 配置概要

緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋は、緊急用海水ポンプ室床面に設置する。

緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋の設置位置を図 2-1 に示す。



(単位：mm)

図 2-1 緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋の設置位置図

2.2 構造計画

緊急用海水ポンプピッ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を組合せた構造とし、本体を緊急用海水ポンプ室床面に固定ボルトにより固定することで、止水性を確保する。緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
緊急用海水ポンプ室床面に固定ボルトで固定する。	蓋により構成する。	<p>(平面図)</p> <p>(A-A 断面図)</p> <p>(単位: mm)</p>

2.3 評価方針

緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋の耐震評価は、添付書類「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 構造計画」に示す緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋の構造を踏まえ、「3. 評価部位」にて設定する評価部位において、「4. 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による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。応力評価結果を「6. 評価結果」に示す。

緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋の耐震評価フローを図 2-2 に示す。

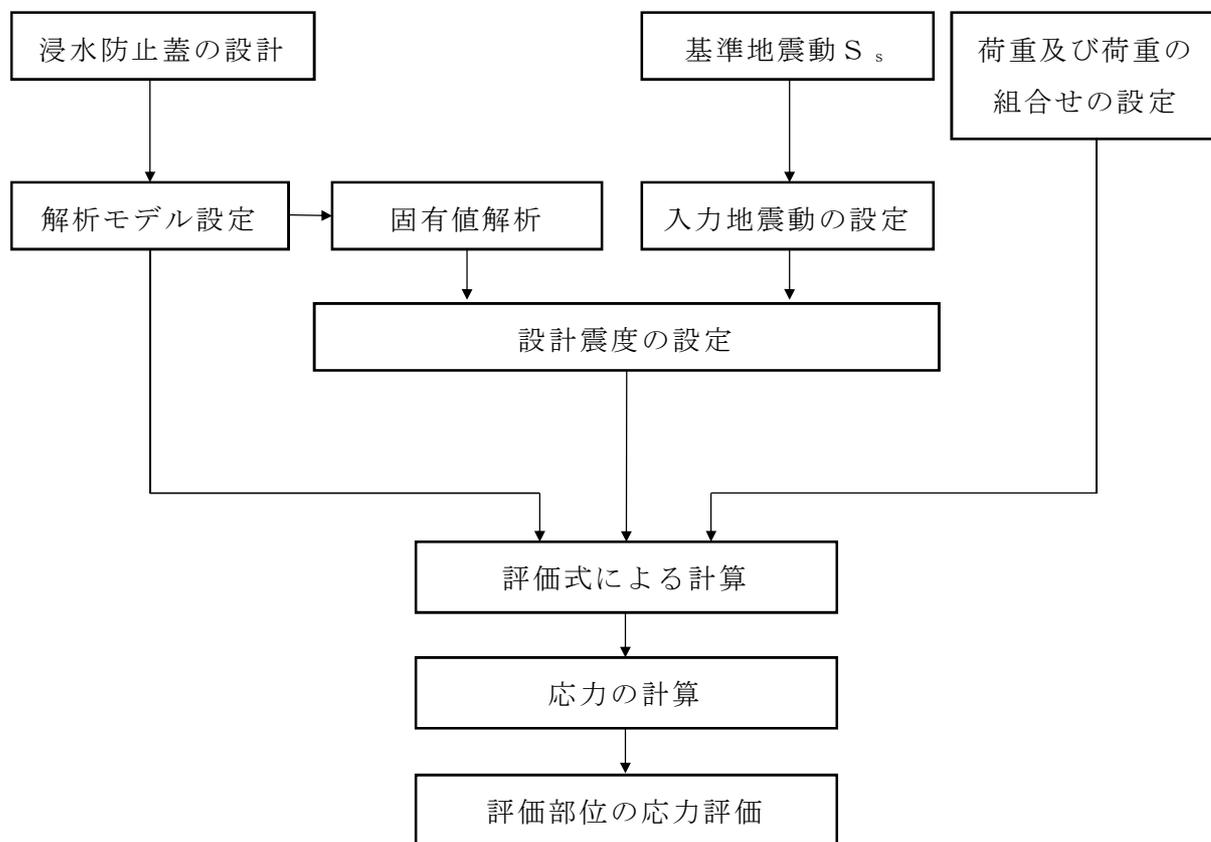


図 2-2 耐震評価フロー

2.4 適用基準

適用する規格，基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 (日本電気協会)
- (2) 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 (日本電気協会)
- (3) 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 (日本電気協会)
- (4) 日本工業規格 (J I S)
- (5) ダム・堰施設技術基準 (案) (基準解説編・マニュアル編) (ダム・堰施設技術協会 平成 25 年 6 月)

2.5 記号の説明

緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋の固有周期の計算に用いる記号を表 2-2 に、応力評価に用いる記号を表 2-3 にそれぞれ示す。

表 2-2 緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋の固有周期の算出に用いる記号

記号	定義	単位
f	一次固有振動数	Hz
T	固有周期	s
E	縦弾性係数	N/m ²
I	主桁の断面 2 次モーメント	m ⁴
m	主桁の単位長さ当りの重量	kg/m
L	主桁の長さ	m

表 2-3 緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋の
応力評価に用いる記号 (1/2)

記号	記号の説明	単位
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	許容圧縮応力度・許容引張応力度・許容曲げ応力度 ダム・堰施設技術基準 (案) $\sigma_a = \sigma_v / F$	N/mm ²
τ_a	許容せん断応力度 ダム・堰施設技術基準 (案) $\tau_a = \sigma_a / \sqrt{3}$	N/mm ²
σ	最大曲げ応力度	N/mm ²
M	曲げモーメント	N・mm
Z	主桁の断面係数	mm ³
τ	最大せん断応力度	N/mm ²
S	最大せん断力	N
A_w	主桁のウェブ断面積	mm ²
σ_b	固定ボルト 1 本あたりの引張応力度	N/mm ²
P b	固定ボルト 1 本あたりに作用する引張応力	N/mm ²
A b	固定ボルトの有効断面積	mm ²
τ_b	固定ボルト 1 本あたりのせん断応力度	N/mm ²
a	主桁間隔	mm

表 2-3 緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋の
応力評価に用いる記号 (2/2)

記号	記号の説明	単位
b_2	主桁の長さ	mm
t	スキンプレートの板厚	mm
γ	スキンプレートの評価に用いる応力の補正係数	—
k	スキンプレートの評価に用いる辺長比 (b/a) による係数	—
$\sigma_{b m}$	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
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	kN
I_v	鉛直方向地震荷重	kN
i_v	鉛直地震分布荷重	N/mm ²
W	蓋の荷重	kN
w	主桁にかかる荷重	kN/m
B	荷重の負担幅	mm
L	支間	mm
σ_m	主桁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
b_1	主桁にかかる荷重の受圧幅	mm

NT2 補② V-2-10-2-2-5-4 R2

3. 評価部位

緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋の評価部位は、「2.2 構造計画」にて設定している構造を踏まえ設定する。

緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋に対して、地震発生による荷重が作用する。蓋に作用する荷重は、それを固定している基礎ボルトに伝達することから、蓋及び基礎ボルトを評価部位として設定する。

緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋の評価部位を、図 3-1 に示す。

NT2 補② V-2-10-2-2-5-4 R2

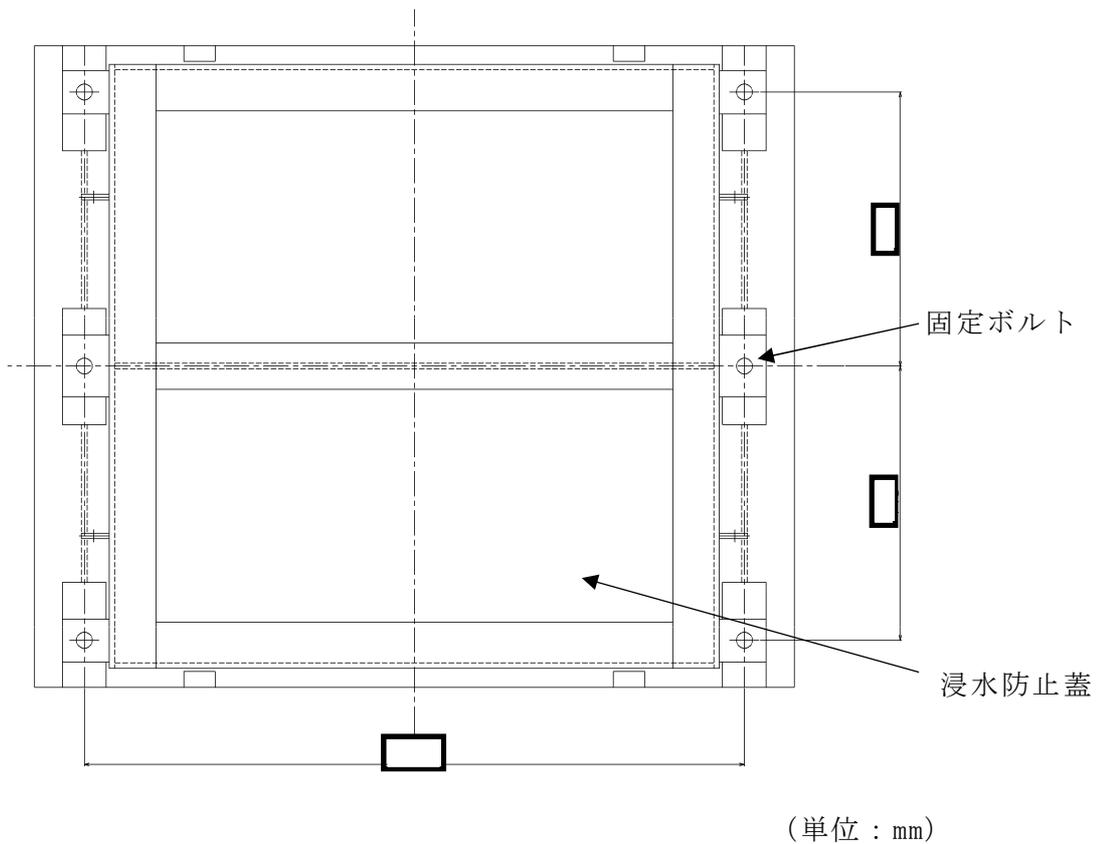


図 3-1 評価部位

4. 固有周期

4.1 固有周期の計算方法

(1) 解析モデル

緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋の主桁を両端単純支持ばりとしてモデル化する。

(2) 固有周期の計算

固有周期の計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

固有周期を以下の式により算出する。

$$T = \frac{1}{f}$$

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

4.2 固有周期の計算条件

表 4-1 に固有周期の計算条件を示す。

表 4-1 固有周期の計算条件

縦弾性係数 E (N/mm ²)	主桁の断面二次 モーメント I (mm ⁴)	主桁の長さ L (mm)	単位面積当たり の質量 m (kg/m)
1.93 × 10 ⁵	4.177 × 10 ⁷	1060	191.840

4.3 固有周期の計算結果

表 4-2 に固有周期の計算結果を示す。固有周期は、0.05s 以下であることから、剛構造である。

表 4-2 固有周期の計算結果

固有振動数 (Hz)	335
固有周期 (s)	0.0029

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋の耐震評価は、添付書類「V-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. 評価部位」にて設定する評価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。

なお、「3. 評価部位」にて設定した評価部位のうち蓋についてはその構造を踏まえ、主桁、補助桁及びスキンプレートについて評価を実施する。

5.2 荷重及び荷重の組合せ

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。

(1) 固定荷重 (D)

固定荷重として、自重を考慮する。

(2) 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。

$$I_H = W \cdot K_H$$

$$I_V = W \cdot (1 + K_V)$$

5.2.2 荷重の組合せ

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*
浸水防護施設 (浸水防止設備)	緊急用海水ポンプピット 点検用開口部浸水防止蓋	$D + S_s$

注記 * : Dは固定荷重, S_s は地震荷重を示す。

5.3 許容限界

緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋の各部材の許容限界は、評価部位ごとに、「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。

各評価部位の許容限界を表 5-2 に、許容応力評価条件を表 5-3 に、許容応力算出結果を表 5-4 にそれぞれ示す。

表 5-2 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

表 5-3 許容応力評価条件

評価部位	材料	$\sigma_a^{*1,2}$ (N/mm ²)	$\tau_a^{*1,2}$ (N/mm ²)
主桁	SUS304	100	60
補助桁	SUS304	100	60
スキンプレート	SUS304	100	—
固定ボルト	SUS304	100	60

注記 *1: σ_a : 許容曲げ応力度, τ_a : 許容せん断応力度を示す。

*2: 各許容応力度の値は、「ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・マニュアル編）（ダム・堰施設技術協会 平成 25 年 6 月）」に基づく。

表 5-4 許容応力算出結果

許容応力度	評価部位		許容限界		
			1 次応力		
			曲げ (N/mm ²)	せん断 (N/mm ²)	組合せ (N/mm ²)
短期許容応力度	主桁	端部桁	150	90	165
		中間桁	150	90	165
	補助桁		150	90	165
	スキンプレート		150	—	—
	固定ボルト		150	90	165

5.4 設計用地震力

「4. 固有周期」に示したとおり固有周期が 0.05 s 以下あることを確認したため、緊急用海水ポンプピッ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、添付書類「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に示す緊急用海水ポンプピットにおける設置床の最大応答加速度の 1.2 倍を考慮して設定する。緊急用海水ポンプピッ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 5-5 設計用地震力

地震動	据付場所及び 床面高さ (EL. m)	地震による設計震度*1	
		基準地震動 S_s	緊急用海水 ポンプピット EL. 0.800*2
		鉛直方向 K_V	0.65

注記 *1: 固有値解析結果より、緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋の固有周期が 0.05 s 以下であることを確認したため、設置床の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。

*2: 基準床レベルを示す。

5.5 計算方法

5.5.1 荷重条件

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。

$$i_v = I_v / (B \cdot L)$$

$$w = i_v \cdot b_1$$

5.5.2 耐震評価

(1) 浸水防止蓋

浸水防止蓋は、地震荷重を等分布荷重とし、浸水防止蓋を構成するスキンプレート及び主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）に規定されている計算式を用いる。

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

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

a. 曲げ応力

a) 主桁に発生する曲げ応力

主桁に発生する最大曲げ応力度 σ は、次式により算出する。

$$\sigma = M / Z$$

b) スキンプレートに発生する曲げ応力

スキンプレートに発生する最大曲げ応力度 σ は、次式により算出する。

$$\sigma = \frac{k \cdot a^2 \cdot w}{100 \cdot t} \cdot \gamma$$

b. せん断応力

浸水防止蓋の主桁に発生する最大せん断応力度 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）による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度 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 本あたりのせん断応力度 τ_b は、次式により算出する。

$$\tau_b = I_v / A_b$$

c. 組合せ応力

固定ボルトに発生する曲げ応力度 σ_b 及びせん断応力度 τ_b による組合せ荷重 σ_{bm} を「ダム・堰施設技術基準（案）」による次式により算出する。

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

5.6 計算条件

緊急用海水ポンプピッ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 5-6 に示す。

表 5-6 緊急用海水ポンプピッ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	蓋の荷重 W (kN)	主桁にかかる 荷重の受圧幅 b ₁ (mm)	荷重の負担幅 B (mm)
SUS304	4.0	193.5 / 490 *	1.350 × 10 ³
支間 L (mm)	固定ボルトの材質	固定ボルトの本数 n (本)	固定ボルトの 呼び径 (mm)
1.060 × 10 ³	SUS304	3	24
固定ボルトの 断面積 A _b (mm ²)	主桁間隔 a (mm)	主桁長さ b ₂ (mm)	スキンプレートの 板厚 t (mm)
3.38228 × 10 ²	490	980	15.4

* : (端部桁 / 中間桁) を示す。

6. 評価結果

緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋の耐震評価結果を表 6-1 に示す。発生応力が許容応力以下であることから、構造部材が構造健全性を有することを確認した。

表 6-1 緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋の耐震評価結果

評価部位			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	2	150
			せん断	1	90
			組合せ* ¹	3	165
		中間桁	曲げ	5	150
			せん断	2	90
			組合せ* ¹	7	165
	スキンプレート	曲げ	4	150	
固定ボルト	引張	5	150		
	せん断	3	90		
	組合せ* ²	8	165		

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