

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-補-018-02 改16
提出年月日	2023年4月13日

津波への配慮に関する説明書に係る補足説明資料

2023年4月

中国電力株式会社

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

補足説明資料目次

今回提出範囲：



1. 入力津波の評価
 - 1.1 潮位観測記録の評価
 - 1.2 遡上・浸水域の評価の考え方
 - 1.3 港湾内の局所的な海面の励起
 - 1.4 管路解析のモデル
 - 1.5 入力津波の不確かさの考慮
 - 1.6 遡上解析のモデル
 - 1.7 入力津波の流路縮小工による水位低減効果の考慮
 - 1.8 海域活断層上昇側最大ケースの津波

2. 津波防護対象設備
 - 2.1 津波防護対象設備の選定及び配置
 - 2.2 タービン建物（Sクラスの設備を設置するエリア）及び取水槽循環水ポンプエリアにおけるSクラス設備に対する浸水影響

3. 取水性に関する考慮事項
 - 3.1 砂移動による影響確認
 - 3.2 原子炉補機海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ補機海水ポンプの波力に対する強度評価
 - 3.3 除じん装置の取水性への影響
 - 3.4 循環水ポンプ停止手順
 - 3.5 循環水ポンプ渦防止板の取水性への影響

4. 漂流物に関する考慮事項
 - 4.1 設計に用いる遡上波の流速
 - 4.2 漂流物による影響確認
 - 4.3 燃料等輸送船の係留索の耐力
 - 4.4 燃料等輸送船の喫水と津波高さの関係
 - 4.5 漂流物による衝突荷重
 - 4.6 荷揚場作業に係る車両・資機材の漂流物評価
 - 4.7 防波壁通路防波扉の運用対応

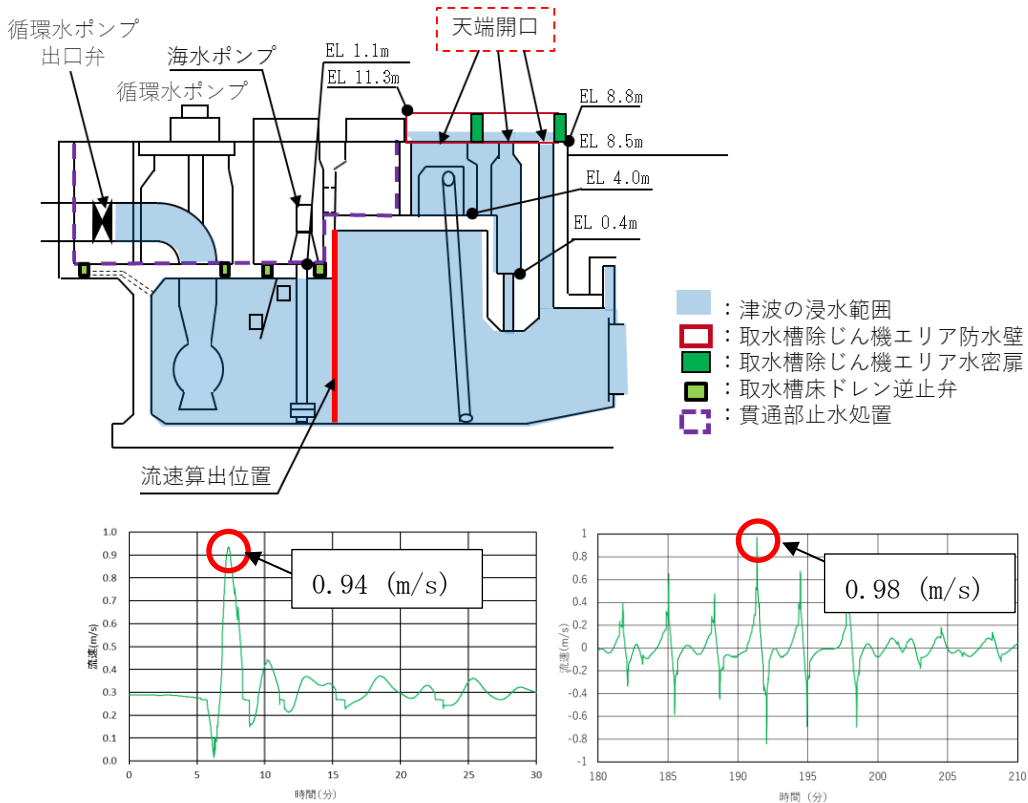
5. 浸水防護施設の設計における補足説明
 - 5.1 耐津波設計における現場確認プロセス
 - 5.2 津波監視設備の設備構成及び電源構成
 - 5.3 津波による溢水に対して浸水対策を実施する範囲の考え方
 - 5.4 循環水ポンプ出口弁及び復水器水室出口弁の津波に対する健全性
 - 5.5 屋外タンク等からの溢水評価
 - 5.6 除じん系ポンプ他移設に関する影響評価
 - 5.7 タービン補器海水ポンプ出口弁の地震起因による溢水に対する健全性

3.5 循環水ポンプ渦防止板の取水性への影響

津波発生時の荷重を受けた場合の循環水ポンプ渦防止板の健全性を評価する。

(1) 評価条件

- 取水路の管路解析により算出された基準津波による循環水ポンプ渦防止板設置箇所
の最大流速は図3.5-1に示すとおり水平方向が0.94m/s、鉛直方向が0.98m/sである
が、波力に対する強度評価では、保守的に水平方向・鉛直方向ともに1.0m/sを設定
し、循環水ポンプ渦防止板に作用する流体力（抗力）を算出する。
- 循環水ポンプ渦防止板は、漂流物の影響を受けない取水槽に設置されていることか
ら、流木、がれき等の影響は想定しない。
- 通常時水位において、図3.5-2に示すとおり循環水ポンプ渦防止板は一部が空中に
位置するが、評価においては全て水中にあると仮定する。



水平方向最大津波流速（基準津波 4）

鉛直方向最大津波流速（基準津波 6）

図 3.5-1 循環水ポンプ渦防止板設置箇所における津波最大流速

(2) 評価部位

評価部位は、鋼板、支持梁、ブラケット、取付ボルト（①及び②）及び基礎ボルトとし、当該部に発生する荷重及び応力を評価する。各評価部位を図3.5-2に示す。また、評価に用いる寸法を補足したものを図3.5-3に示す。

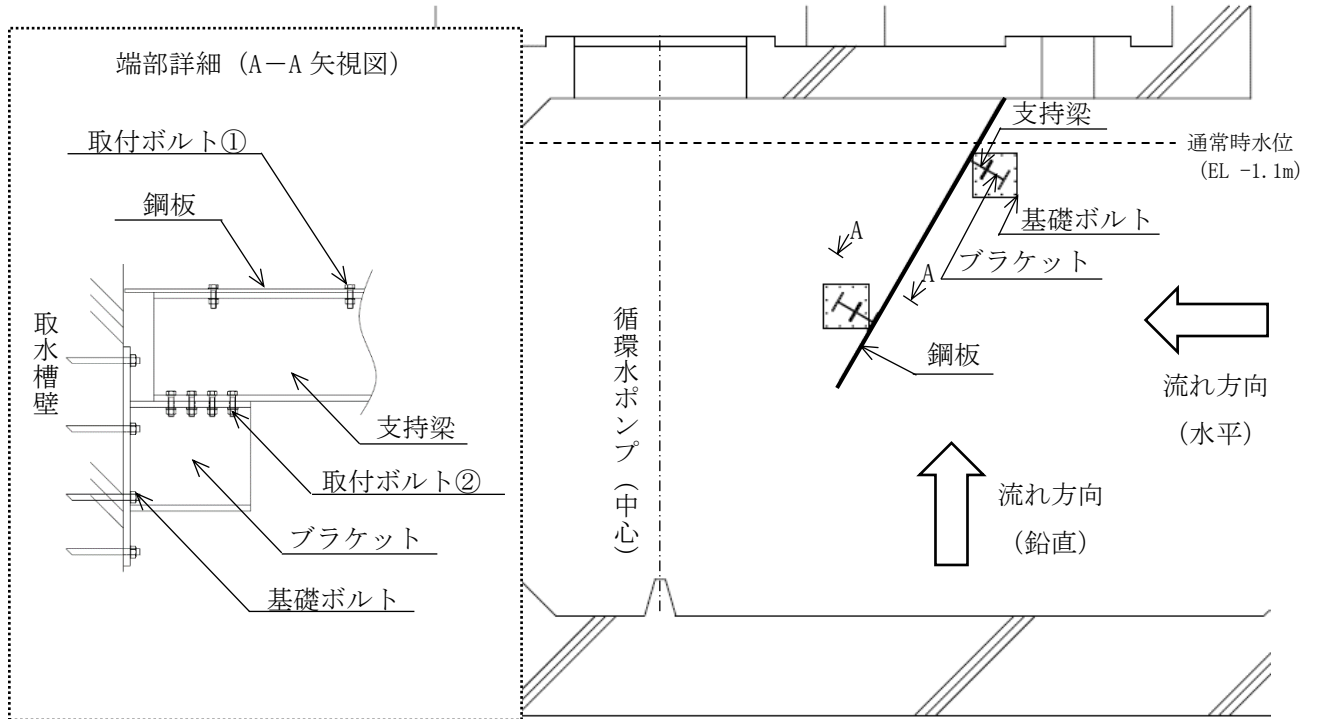


図3.5-2 評価部位

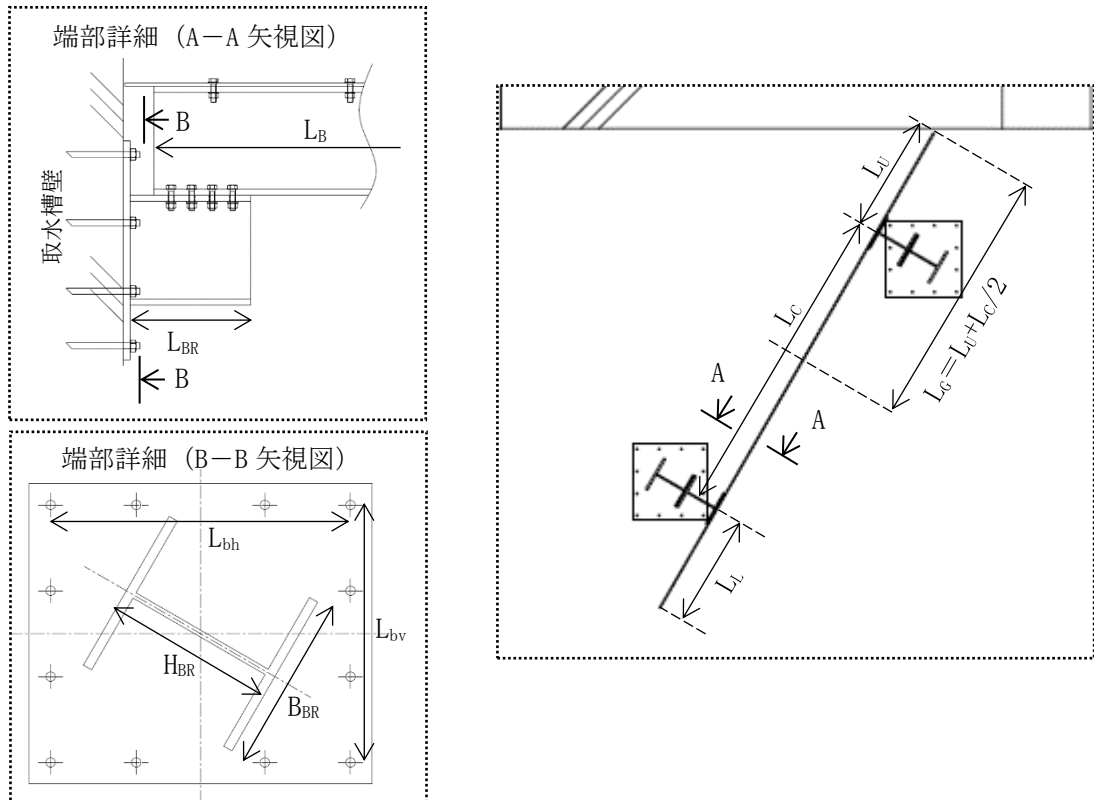


図3.5-3 評価に用いる寸法

(3) 荷重の組合せ及び許容応力

循環水ポンプ渦防止板の荷重の組合せ及び許容応力状態を表3.5-1に示す。許容応力状態は津波の繰り返しの来襲を想定し、許容応力状態Ⅲ_ASとする。また、循環水ポンプ渦防止板の評価部位に対する許容応力及び使用材料の許容応力評価条件を各々表3.5-2及び表3.5-3に示す。

表 3.5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態

機器名称	耐震重要度分類	荷重の組合せ	許容応力状態
循環水ポンプ渦防止板	C	D+津波荷重 ^{*1,*2}	Ⅲ _A S

注記 *1：Dは固定荷重を示す。

*2：固定荷重が津波荷重を緩和する方向に作用する場合、保守的に組み合わせない。

表 3.5-2 許容応力

許容応力状態	許容限界 (ボルト以外)		許容限界 (ボルト)	
	一次応力		一次応力	
	曲げ	せん断	引張	せん断
Ⅲ _A S	$1.5 \cdot f_b$	$1.5 \cdot f_s$	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$

f_t ：設計・建設規格 SSB-3131.1(1)に定める値

f_s ：設計・建設規格 SSB-3131.1(2)に定める値

f_b ：設計・建設規格 SSB-3131.1(4)に定める値

表 3.5-3 許容応力評価条件

機器名称	評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
循環水 ポンプ 渦防止板	鋼板		周囲 環境 温度	40	175	480	175
	支持梁		周囲 環境 温度	40	175	480	175
	ブラケット		周囲 環境 温度	40	175	480	175
	取付ボルト①		周囲 環境 温度	40	175	480	175
	取付ボルト②		周囲 環境 温度	40	175	480	175
	基礎ボルト		周囲 環境 温度	40	175	480	175

S_y : 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値

S_u : 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値

S_y(R T) : 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の40°Cにおける値

(4) 循環水ポンプ渦防止板に作用する流体力と評価部位に発生する荷重の計算

循環水ポンプ渦防止板のうち鋼板に津波が作用することを想定し流体力を算出した。鋼板を平板と仮定し、保守的に水平方向津波による最大流体力と鉛直方向津波による最大流体力を同時に受けるとして計算する。

- a. 鋼板に作用する流体力（以下「抗力」という。）は次式より求める。評価結果を表3.5-4に示す。

$$F_{DH} = \frac{1}{2} C_D \cdot \rho \cdot V^2 \cdot A_H$$

$$F_{DV} = \frac{1}{2} C_D \cdot \rho \cdot U^2 \cdot A_V$$

F_{DH} : 抗力（水平方向）

F_{DV} : 抗力（鉛直方向）

C_D : 抗力係数（平板）

ρ : 海水密度

V : 水平方向津波流速

U : 鉛直方向津波流速

A_H : 抗力が作用する投影面積（水平方向）

A_V : 抗力が作用する投影面積（鉛直方向）

表3.5-4 津波により作用する抗力

項目	循環水ポンプ 渦防止板
抗力係数（平板） C_D	2.01
海水密度 ρ (kg/m ³)	1030
水平方向津波流速 V (m/s)	1.0
鉛直方向津波流速 U (m/s)	1.0
抗力が作用する投影面積（水平方向） A_H (m ²)	46.6
抗力が作用する投影面積（鉛直方向） A_V (m ²)	27.0
抗力（水平方向） F_{DH} (N)	48238
抗力（鉛直方向） F_{DV} (N)	27949

(5) 鋼板の評価

a. 鋼板に発生するせん断応力

鋼板は支持梁を支点としたはね出し単純梁として抵抗するため、鋼板の単位長さ当たりに発生するせん断力 Q_P 及びせん断応力 τ_P は次式より求める。

$$Q_P = \frac{w \cdot (L_U + L_C)^2 - w \cdot L_L^2}{2 \cdot L_C} - w \cdot L_U$$

$$w = (F_{DH} \cdot \sin\theta + F_{DV} \cdot \cos\theta) / (W_P \cdot H_P)$$

$$\tau_P = Q_P / A_{WP}$$

Q_P : 鋼板に発生するせん断力

w : 鋼板に作用する板面外抗力

L_U : 鋼板の上側はね出し長さ

L_C : 鋼板の支持点間長さ

L_L : 鋼板の下側はね出し長さ

θ : 鋼板の取付角度 (仰角)

W_P : 鋼板の全幅

H_P : 鋼板の全高

τ_P : 鋼板に発生するせん断応力

A_{WP} : 鋼板のせん断断面積

表3.5-5 鋼板に発生するせん断力及びせん断応力

項目	循環水ポンプ 渦防止板
鋼板の上側はね出し長さ L_U (mm)	
鋼板の支持点間長さ L_C (mm)	
鋼板の下側はね出し長さ L_L (mm)	
鋼板の取付角度 θ (°)	
鋼板の全幅 W_P (mm)	8600
鋼板の全高 H_P (mm)	6170
鋼板のせん断断面積 A_{WP} (mm ²)	12000

b. 鋼板に発生する曲げ応力

鋼板の単位長さ当たりが発生する曲げモーメント M_P 及び曲げ応力 σ_P は次式より求める。

$$M_P = \text{Max} \left(\frac{w \cdot L_U^2}{2}, \frac{w \cdot (L_U + L_C)^2 - w \cdot L_L^2}{2 \cdot L_C} \cdot \frac{L_C}{2} - \frac{w}{2} \cdot \left(L_U + \frac{L_C}{2} \right)^2 \right)$$

$$\sigma_P = M_P / Z_P$$

$$Z_P = 1000 \cdot t_P^2 / 6$$

M_P : 鋼板に発生する曲げモーメント

σ_P : 鋼板に発生する曲げ応力

Z_P : 鋼板の断面係数

t_P : 鋼板の厚み

表3.5-6 鋼板に発生する曲げモーメント及び曲げ応力

項目	循環水ポンプ 渦防止板
鋼板の厚み t_P (mm)	
鋼板の断面係数 Z_P (mm ³)	

(6) 支持梁の評価

a. 支持梁に発生するせん断応力

支持梁は、ブラケットにより支持される単純梁として抵抗する。支持梁1本当たりが負担する鋼板に作用する板面外抗力により発生するせん断力 Q_B 及びせん断応力 τ_B は次式より求める。

$$Q_B = \frac{w \cdot L_G \cdot L_B}{2}$$

$$\tau_B = Q_B / A_{WB}$$

Q_B : 支持梁に発生するせん断力

L_G : 支持梁1本当たりが負担する鋼板幅

L_B : 支持梁の長さ

τ_B : 支持梁に発生するせん断応力

A_{WB} : 支持梁のせん断断面積

表3.5-7 支持梁に発生するせん断力及びせん断応力

項目	循環水ポンプ 渦防止板
支持梁の長さ L_B (mm)	8700
支持梁1本当たりが負担する鋼板幅 L_G (mm)	
支持梁のせん断断面積 A_{WB} (mm ²)	4344

b. 支持梁に発生する曲げ応力

支持梁に生じる曲げモーメント M_B 及び曲げ応力 σ_B は次式より求める。

$$M_B = \frac{w \cdot L_G \cdot L_B^2}{8}$$

$$\sigma_B = M_B / Z_B$$

$$Z_B = \frac{\{H_B^3 \cdot B_B - (H_B - 2 \cdot t_{flg})^3 \cdot (B_B - t_{web})\} / 12}{H_B / 2}$$

M_B : 支持梁に発生する曲げモーメント

σ_B : 支持梁に発生する曲げ応力

Z_B : 支持梁の断面係数

H_B : 支持梁の高さ

B_B : 支持梁の幅

t_{flg} : 支持梁のフランジの厚み

t_{web} : 支持梁のウェブの厚み

表3.5-8 支持梁に発生する曲げモーメント及び曲げ応力

項目	循環水ポンプ 渦防止板
支持梁の高さ H_B (mm)	
支持梁の幅 B_B (mm)	
支持梁のフランジの厚み t_{flg} (mm)	
支持梁のウェブの厚み t_{web} (mm)	
支持梁の断面係数 Z_B (mm ³)	2997535

(7) ブラケットの評価

a. ブラケットに発生するせん断応力

支持梁より伝達されるせん断力がブラケットに生じるせん断力となるため、せん断力 Q_{BR} 及びせん断応力 τ_{BR} は次式より求める。

$$Q_{BR} = Q_B$$

$$\tau_{BR} = Q_{BR}/A_{WBR}$$

Q_{BR} : ブラケットに作用するせん断力

τ_{BR} : ブラケットに発生するせん断応力

A_{WBR} : ブラケットのせん断断面積

表3.5-9 支持梁に作用するせん断力及びせん断応力

項目	循環水ポンプ 渦防止板
ブラケットのせん断断面積 A_{WBR} (mm ²)	

b. ブラケットに発生する曲げ応力

ブラケットに発生する曲げモーメント M_{BR} 及び曲げ応力 σ_{BR} は次式より求める。

$$M_{BR} = Q_{BR} \cdot L_{BR}$$

$$\sigma_{BR} = M_{BR}/Z_{BR}$$

$$Z_{BR} = \frac{\{H_{BR}^3 \cdot B_{BR} - (H_{BR} - 2 \cdot t_{BRflg})^3 \cdot (B_{BR} - t_{BRweb})\} / 12}{H_{BR} / 2}$$

M_{BR} : ブラケットに発生する曲げモーメント

σ_{BR} : ブラケットに発生する曲げ応力

L_{BR} : ブラケットの長さ

Z_{BR} : ブラケットの断面係数

H_{BR} : ブラケットの高さ

B_{BR} : ブラケットの幅

t_{BRflg} : ブラケットのフランジの厚み

t_{BRweb} : ブラケットのウェブの厚み

表3.5-10 ブラケットに作用する曲げモーメント及び曲げ応力

項目	循環水ポンプ 渦防止板
ブラケットの長さ L_{BR} (mm)	
ブラケットの高さ H_{BR} (mm)	
ブラケットの幅 B_{BR} (mm)	
ブラケットのフランジの厚み t_{BRflg} (mm)	
ブラケットのウェブの厚み t_{BRweb} (mm)	
ブラケットの断面係数 Z_{BR} (mm ³)	2997535

(8) 取付ボルト①の評価

a. 取付ボルト①に発生する引張応力

はね出し梁である鋼板の支持点荷重が取付ボルト①に作用する引張力となるため、鋼板単位幅当たりで発生する取付ボルト①の引張力 N_{b1} 及び引張応力 σ_{b1} は次式より求める。

$$N_{b1} = \frac{w \cdot (L_U + L_C)^2 - w \cdot L_B^2}{2 \cdot L_C}$$

$$\sigma_{b1} = N_{b1} / (n_{b1} \cdot A_{b1})$$

N_{b1} : 取付ボルト①に作用する引張力

σ_{b1} : 取付ボルト①に発生する引張応力

n_{b1} : 鋼板の単位幅当たりの取付ボルト①の本数

A_{b1} : 取付ボルト①の断面積

表3.5-11 取付ボルト①に発生する引張力及び引張応力

項目	循環水ポンプ 渦防止板
鋼板の単位幅当たりの取付ボルト①の本数 n_{b1} (本)	
取付ボルト①の断面積 A_{b1} (mm ²)	314

b. 取付ボルト①に発生するせん断応力

取付ボルト①に発生するせん断力 Q_{b1} 及びせん断応力 τ_{b1} は、次式より求める。

$$Q_{b1} = (F_{DH} \cdot \cos\theta - F_{DV} \cdot \sin\theta) / n_{b1t}$$

$$\tau_{b1} = Q_{b1} / A_{b1}$$

Q_{b1} : 取付ボルト①に作用するせん断力

τ_{b1} : 取付ボルト①に発生するせん断応力

n_{b1t} : 取付ボルト①の総本数

表3.5-12 取付ボルト①に発生するせん断力及びせん断応力

項目	循環水ポンプ 渦防止板
取付ボルト①の総本数 n_{b1t} (本)	

(9) 取付ボルト②の評価

a. 取付ボルト②に発生する引張応力

単純梁である支持梁の支持点荷重が取付ボルト②に作用する引張力となるため、取付ボルト②の引張力 N_{b2} 及び引張応力 σ_{b2} は次式より求める。

$$N_{b2} = Q_B$$

$$\sigma_{b2} = N_{b2} / (n_{b2} \cdot A_{b2})$$

N_{b2} : 取付ボルト②に作用する引張力

σ_{b2} : 取付ボルト②に発生する引張応力

n_{b2} : ブラケット 1 体当たりの取付ボルト②の本数

A_{b2} : 取付ボルト②の断面積

表3.5-13 取付ボルト②に発生する引張力及び引張応力

項目	循環水ポンプ 渦防止板
ブラケット 1 体当たりの取付ボルト②の本数 n_{b2} (本)	
取付ボルト②の断面積 A_{b2} (mm ²)	314

b. 取付ボルト②に発生するせん断応力

取付ボルト②に発生するせん断力 Q_{b2} 及びせん断応力 τ_{b2} は、次式より求める。

$$Q_{b2} = (F_{DH} \cdot \cos\theta - F_{DV} \cdot \sin\theta) / n_{b2t}$$

$$\tau_{b2} = Q_{b2} / A_{b2}$$

Q_{b2} : 取付ボルト②に作用するせん断力

τ_{b2} : 取付ボルト②に発生するせん断応力

n_{b2t} : 取付ボルト②の総本数

表3.5-14 取付ボルト②に発生するせん断力及びせん断応力

項目	循環水ポンプ 渦防止板
取付ボルト①の総本数 n_{b2t} (本)	

(10) 基礎ボルトの評価

a. 基礎ボルトに発生する引張応力

基礎ボルトに発生する引張力 P_{Ab} 及び引張応力 σ_{Ab} は次式より求める。

$$N_{Ab} = \frac{M_{BR} \cdot \sin\theta}{n_{bv} \cdot L_{bh}} + \frac{M_{BR} \cdot \cos\theta}{n_{bh} \cdot L_{bv}}$$

$$\sigma_{Ab} = N_{Ab} / A_{Ab}$$

N_{Ab} : 基礎ボルトに作用する引張力

L_{bh} : 水平方向の基礎ボルト距離

L_{bv} : 鉛直方向の基礎ボルト距離

n_{bh} : 水平方向に並ぶ基礎ボルト本数 (引張群力側)

n_{bv} : 鉛直方向に並ぶ基礎ボルト本数 (引張群力側)

σ_{Ab} : 基礎ボルトに発生する引張応力

A_{Ab} : 基礎ボルトの断面積

表3.5-15 基礎ボルトに発生する引張力及び引張応力

項目	循環水ポンプ 渦防止板
水平方向の基礎ボルト距離 L_{bh} (mm)	
鉛直方向の基礎ボルト距離 L_{bv} (mm)	
水平方向に並ぶ基礎ボルト本数 (引張群力側) n_{bh} (本)	
鉛直方向に並ぶ基礎ボルト本数 (引張群力側) n_{bv} (本)	
鋼板の取付角度 (仰角) θ (°)	
基礎ボルトの断面積 A_{Ab} (mm ²)	314

b. 基礎ボルトに発生するせん断応力

基礎ボルトに発生するせん断力 Q_{Ab} 及びせん断応力 τ_{Ab} は次式より求める。

$$Q_{Ab} = Q_{BR} / n_{Ab}$$

$$\tau_{Ab} = Q_{Ab} / A_{Ab}$$

Q_{Ab} : 基礎ボルトに作用するせん断力

n_{Ab} : ブラケット1体当たりの基礎ボルト本数

τ_{Ab} : 基礎ボルトに発生するせん断応力

表3.5-16 基礎ボルトに発生するせん断力及びせん断応力

項目	循環水ポンプ 渦防止板
ブラケット1体当たりの基礎ボルト本数 n_{Ab} (本)	

(11) 評価結果

循環水ポンプ渦防止板に発生する応力を表 3.5-17 に示す。発生応力は、許容応力以下であることから、津波発生時の押し波に対して循環水ポンプ渦防止板の健全性は確保されることを確認した。

表 3.5-17 評価結果一覧

	評価部位	材料	項目	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
循環水ポンプ 渦防止板	鋼板		せん断	追而	追而
			曲げ		
	支持梁		せん断		
			曲げ		
	ブラケット		せん断		
			曲げ		
	取付ボルト①		引張		
			せん断		
	取付ボルト②		引張		
			せん断		
	基礎ボルト		引張		
			せん断		