

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-添2-014-40改05
提出年月日	2023年6月8日

VI-2-11-2-7-18 循環水ポンプ渦防止板の耐震性についての計算書

S2 補 VI-2-11-2-7-18 R0

2023年6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。

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	2
2.3 評価方針	5
2.4 適用規格・基準等	6
2.5 記号の説明	7
2.6 計算精度と数値の丸め方	10
3. 評価部位	11
4. 固有周期	11
4.1 固有周期の計算方法	11
4.2 固有周期の計算条件	14
4.3 固有周期の計算結果	14
5. 構造強度評価	15
5.1 構造強度評価方法	15
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	15
5.3 設計用地震力	19
5.4 計算方法	21
5.5 計算条件	31
5.6 応力の評価	32
6. 評価結果	33
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	33
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	33

1. 概要

本計算書は、VI-2-11-1「波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の耐震評価方針」の耐震評価方針に基づき、下位クラス施設である循環水ポンプ渦防止板（Cクラス施設）が基準地震動 S_s による地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認することで、隣接している上位クラス施設である原子炉補機海水ポンプ（以下「RSWポンプ」という。）及び高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ（以下「HP SWポンプ」という。）に対して、波及的影響を及ぼさないことを説明するものである。

2. 一般事項

2.1 配置概要

循環水ポンプ渦防止板は、取水槽に設置されている。循環水ポンプ渦防止板は、図2-1の位置関係図に示すように、上位クラス施設であるR SWポンプ及びHP SWポンプに隣接していることから、地震時に鋼板が損傷して脱落した場合は、R SWポンプ及びHP SWポンプに対して波及的影響を及ぼすおそれがある。

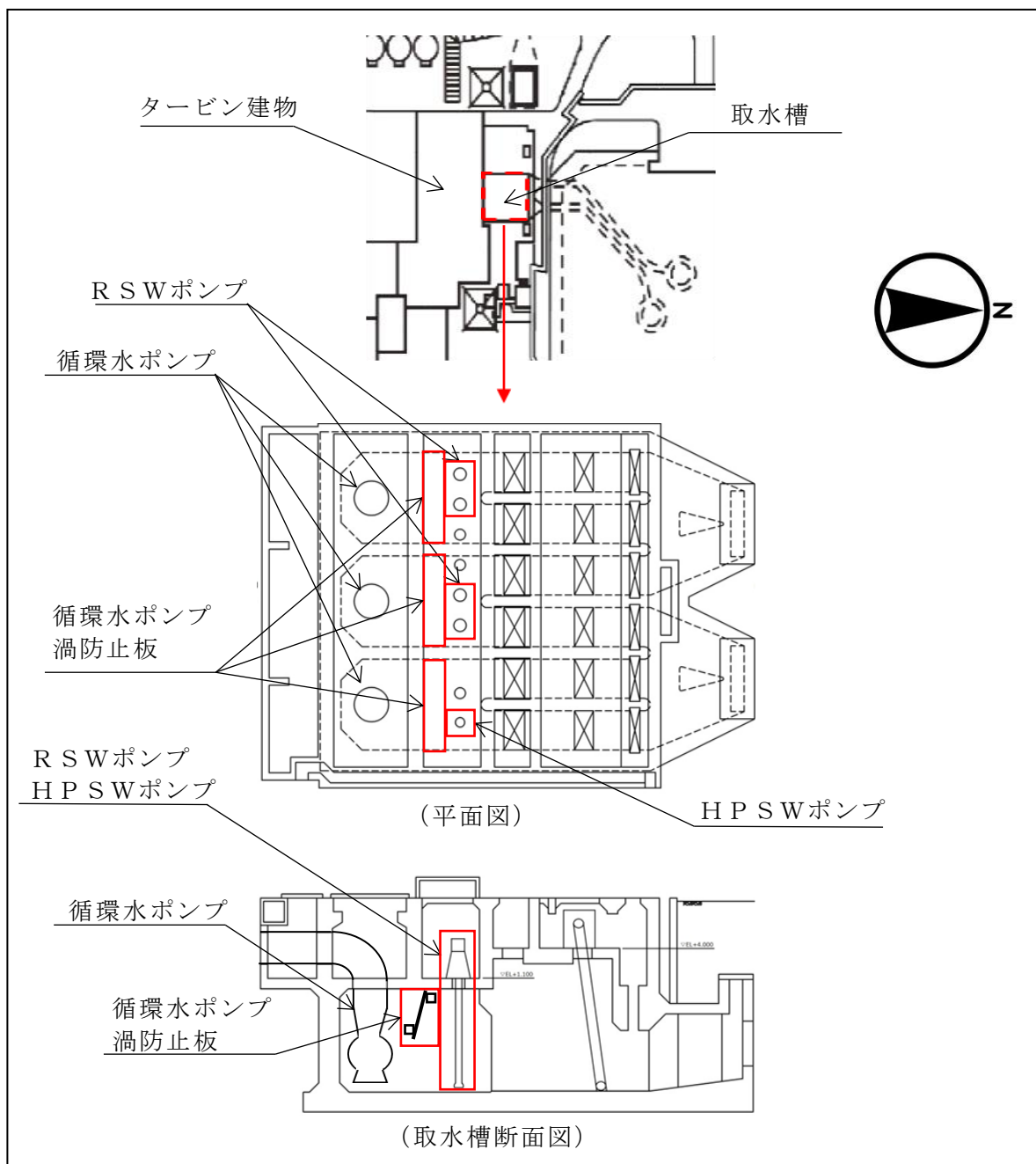


図 2-1 循環水ポンプ渦防止板と上位クラス施設の位置関係図

2.2 構造計画

循環水ポンプ渦防止板の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画 (1/2)

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>鋼板は取付ボルト①で支持梁に固定され、支持梁は取付ボルト②でブラケットに固定される。ブラケットは基礎ボルトで取水槽壁に据え付ける。</p>	<p>鋼板, 支持梁, ブラケット, 取付ボルト及び基礎ボルトにより構成する。</p>	

表 2-1 構造計画 (2/2)

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
		<p>(正面図)</p> <p>(単位: mm)</p>

2.3 評価方針

循環水ポンプ渦防止板の応力評価は、VI-2-11-1「波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の耐震評価方針」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」にて示す循環水ポンプ渦防止板の部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」にて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」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6. 評価結果」に示す。

循環水ポンプ渦防止板の耐震評価フローを図 2-2 に示す。

なお、通常時水位において、表 2-1 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、大部分は没水しているため、耐震評価においては全て没水しているとして評価を実施する。

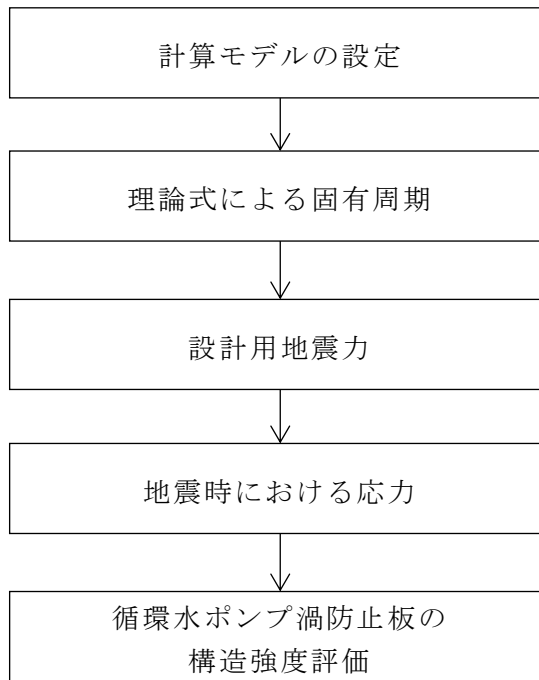


図 2-2 循環水ポンプ渦防止板の耐震評価フロー

2.4 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・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)
- ・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)
- ・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)
- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格 ((社) 日本機械学会, 2005/2007) (以下
「設計・建設規格」という。)
- ・機械工学便覧 ((社) 日本機械学会)

2.5 記号の説明

記号	記号の説明	単位
$A_{a b}$	基礎ボルトの呼び径断面積	mm^2
A_B	支持梁の断面積	mm^2
A_{BR}	ブラケットの断面積	mm^2
A_{b1}	取付ボルト①の呼び径断面積	mm^2
A_{b2}	取付ボルト②の呼び径断面積	mm^2
$A_{W B j}$	支持梁のせん断断面積* ²	mm^2
$A_{W B R j}$	ブラケットのせん断断面積* ²	mm^2
A_{WP}	鋼板のせん断断面積	mm^2
C_D	抗力係数	—
$C_{H i}$	水平方向設計震度* ¹	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
E	縦弾性係数	MPa
e	ブラケットと鋼板の芯間距離	mm
F^*	設計・建設規格 SSB-3121.3又はSSB-3133に定める値	MPa
F_H	循環水ポンプ渦防止板に作用する単位面積当たりの水平地震荷重	N/mm^2
F_V	循環水ポンプ渦防止板に作用する単位面積当たりの鉛直地震荷重	N/mm^2
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s^2
$I_{B i}$	支持梁の断面2次モーメント* ¹	mm^4
$I_{BR i}$	ブラケットの断面2次モーメント* ¹	mm^4
k_i	循環水ポンプ渦防止板のばね定数* ¹	N/mm
$k_{B i}$	支持梁の圧縮・引張に対するばね定数* ¹	N/mm
$k_{BR i A}$	ブラケットの圧縮・引張に対するばね定数* ¹	N/mm
$k_{BR i R}$	ブラケットに作用するモーメントに対する並進ばね定数* ¹	N/mm
L_B	支持梁の支持点間長さ	mm
L_{BR}	ブラケットの長さ	mm
L_C	鋼板の支持点間長さ	mm
L_L	鋼板の下側はね出し長さ	mm
L_U	鋼板の上側はね出し長さ	mm
$L_{g h}$	評価上水平方向引張力を受けるとして期待する基礎ボルト間距離	mm
$L_{g v}$	評価上鉛直方向引張力を受けるとして期待する基礎ボルト間距離	mm
L_P	鋼板の幅	mm

記号	記号の説明	単位
m_1	支持梁1本が負担する循環水ポンプ渦防止板（鋼板，支持梁，ブラケット）の質量	kg
m_{11i}	支持梁1本が負担する循環水ポンプ渦防止板に対する水の付加質量* ¹	kg
m_B	支持梁の単位長さ当たりの質量（ブラケット質量含む）	kg/mm
M_{Bj}	支持梁に生じる曲げモーメント* ²	N・mm
M_{BRj}	ブラケットに生じる曲げモーメント* ²	N・mm
M_P	鋼板に生じる曲げモーメント	N・mm
N_{ab}	基礎ボルトに生じる引張力	N
N_{b1}	取付ボルト①に生じる引張力	N
N_{b2}	取付ボルト②に生じる引張力	N
n_{ab}	基礎ボルトの本数	本
n_{ah}	評価上水平方向引張力を受けるとして期待する基礎ボルトの本数	本
n_{av}	評価上鉛直方向引張力を受けるとして期待する基礎ボルトの本数	本
n_{b1}	取付ボルト①の本数	本
n_{b2}	取付ボルト②のブラケット1体当たりの本数	本
Q_{ab}	基礎ボルトに生じるせん断力	N
Q_{Bj}	支持梁に生じるせん断力* ²	N
Q_{BRj}	ブラケットに生じるせん断力* ²	N
Q_{b1}	取付ボルト①に生じるせん断力	N
Q_{b2}	取付ボルト②に生じるせん断力	N
Q_P	鋼板に生じるせん断力	N
S_u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
T_{si}	固有周期* ¹	s
t_P	鋼板の厚み	mm
v_c	循環水ポンプ運転時の水平方向（NS方向）の取水槽内流速	m/s
w_{Pk}	鋼板に作用する単位長さ当たりの荷重* ³	N/mm
w_{Bj}	支持梁に作用する単位長さ当たりの荷重* ²	N/mm
w_F	循環水ポンプ運転時の単位面積当たりの流体力	N/mm ²
Z_{Bj}	支持梁の断面係数* ²	mm ³
Z_{BRj}	ブラケットの断面係数* ²	mm ³
Z_P	鋼板の断面係数	mm ³

記号	記号の説明	単位
γ	鋼材の密度	kg/mm ³
θ	鋼板の取付角度	°
θ_1	支持梁の取付角度	°
π	円周率	—
ρ	海水密度	kg/m ³
ρ_A	支持梁1本が負担する質量 (m_i 及び m_{11i}) を支持梁の質量とした場合の見掛けの支持梁の密度	kg/mm ³
σ_{ab}	基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
σ_{B12}	支持梁に生じる組合せ曲げ応力	MPa
σ_{BC}	支持梁に生じる組合せ応力	MPa
σ_{Bj}	支持梁に生じる曲げ応力* ²	MPa
σ_{BR12}	ブラケットに生じる組合せ曲げ応力	MPa
σ_{BRC}	ブラケットに生じる組合せ応力	MPa
σ_{BRj}	ブラケットに生じる曲げ応力* ²	MPa
σ_{b1}	取付ボルト①に生じる引張応力	MPa
σ_{b2}	取付ボルト②に生じる引張応力	MPa
σ_{PC}	鋼板に生じる組合せ応力	MPa
σ_P	鋼板に生じる曲げ応力	MPa
τ_{ab}	基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa
τ_{B12}	支持梁に生じる組合せせん断応力	MPa
τ_{Bj}	支持梁に生じるせん断応力* ²	MPa
τ_{BR12}	ブラケットに生じる組合せせん断応力	MPa
τ_{BRj}	ブラケットに生じるせん断応力* ²	MPa
τ_{b1}	取付ボルト①に生じるせん断応力	MPa
τ_{b2}	取付ボルト②に生じるせん断応力	MPa
τ_P	鋼板に生じるせん断応力	MPa

注記*1：添字 i の意味は、以下のとおりとする。

$i=1$ ：NS方向

$i=2$ ：EW方向

$i=3$ ：UD方向

*2：添字 j の意味は、以下のとおりとする。

$j=1$ ：支持梁又はブラケットの強軸方向

$j=2$ ：支持梁又はブラケットの弱軸方向

*3：添字 k の意味は、以下のとおりとする。

$k=1$ ：鋼板の面外方向

$k=2$ ：鋼板の面内高さ方向

2.6 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表 2-2 に示すとおりである。

表 2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第 4 位	四捨五入	小数点以下第 3 位
震度	—	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
温度	℃	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位 ^{*1}
長さ	mm	—	—	整数位 ^{*1}
面積	mm ²	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}
モーメント	N・mm	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}
力	N	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}
縦弾性係数	MPa	有効数字 4 桁目	四捨五入	有効数字 3 桁
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力 ^{*3}	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位

注記*1: 設計上定める値が小数点以下第 1 位の場合は、小数点以下第 1 位表示とする。

*2: 絶対値が 1000 以上のときは、べき数表示とする。

*3: 設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は、比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨て、整数位までの値とする。

3. 評価部位

循環水ポンプ渦防止板の耐震評価は、「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、波及的影響を及ぼすおそれのある循環水ポンプ渦防止板に対し、耐震評価上厳しくなる鋼板、支持梁、ブラケット、取付ボルト（①及び②）及び基礎ボルトについて実施する。循環水ポンプ渦防止板の耐震評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。

4. 固有周期

4.1 固有周期の計算方法

循環水ポンプ渦防止板の固有周期の計算方法を以下に示す。

(1) 計算モデル

- a. 循環水ポンプ渦防止板はブラケットによる支持のため、図 4-1 に示すように単純梁モデルにて水平方向（N S 方向）及び鉛直方向の固有周期を算定する。また、剛性は支持梁のみ考慮する。水平方向（E W 方向）のばね定数はブラケットと支持梁の偏心を考慮した 1 質点系モデルにて算定する。質点位置は鋼板の重心位置とする。
- b. 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- c. 固有周期の算出には水の付加質量*を考慮する。付加質量は形状によって決まり、軸方向により断面形状が異なることから、軸方向ごとに算出する。

注記*：機器が流体中で加速度を受けた場合に質量が増加したような効果を模擬した質量

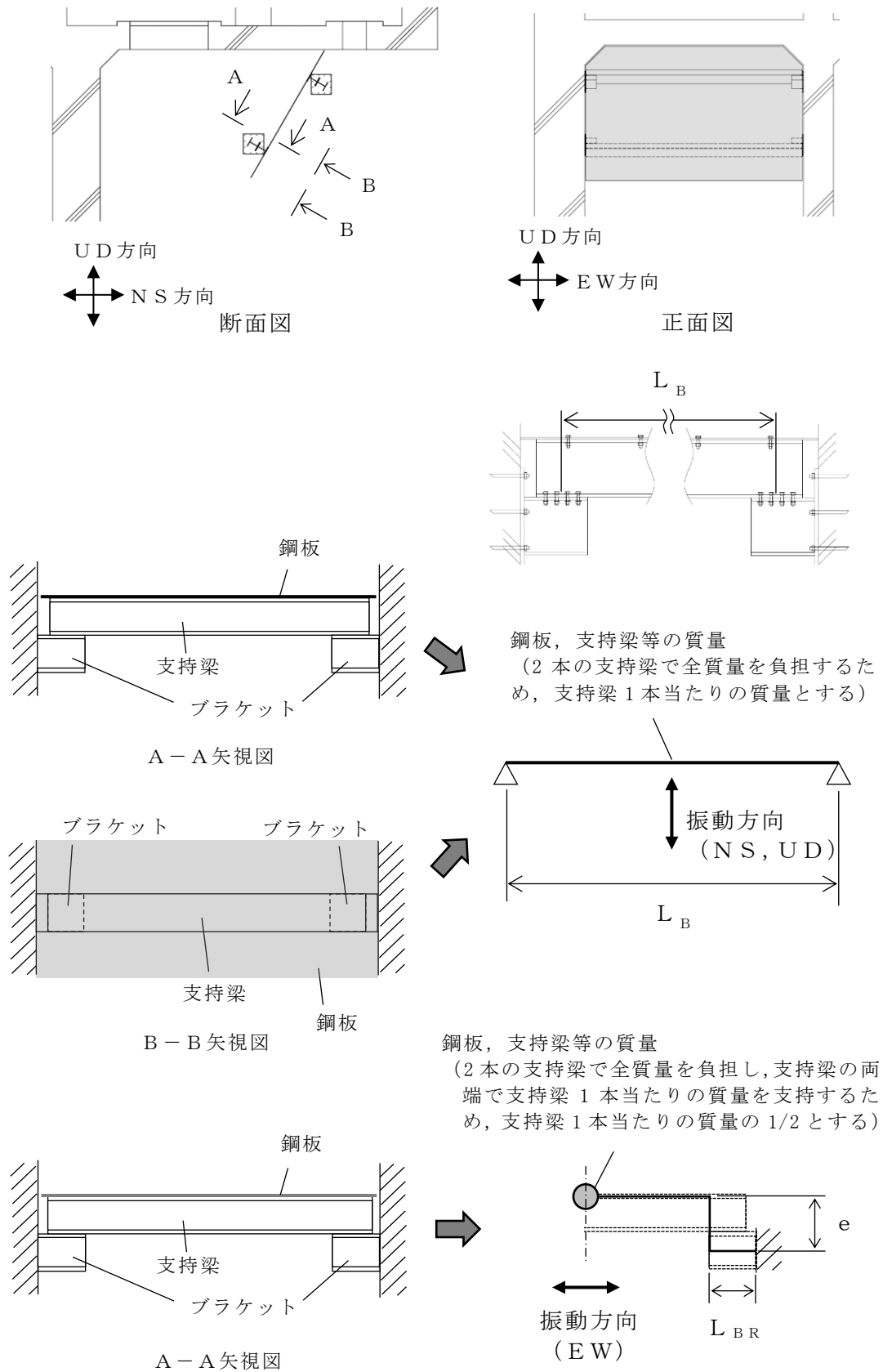


図 4-1 固有周期の計算モデル

(2) 固有周期

循環水ポンプ渦防止板の固有周期 $T_{S i}$ は次式より求める。

なお、 $\rho_A \cdot A_B \cdot L_B = m_1 + m_{11i}$ 及び $\lambda_n = \pi$ (1次モード) となるため、

$$T_{S i} = \frac{2 \cdot \pi \cdot L_B^2}{\lambda_n^2} \sqrt{\frac{\rho_A \cdot A_B}{10^3 \cdot E \cdot I_{B i}}} \\ = \frac{2}{\pi} \sqrt{\frac{(m_1 + m_{11i}) \cdot L_B^3}{10^3 \cdot E \cdot I_{B i}}} \quad (i = 1, 3) \quad \dots\dots\dots (4.1.1)$$

$$T_{S i} = 2\pi \sqrt{\frac{m_1 + m_{11i}}{2 \cdot 10^3 \cdot k_i}} \quad (i = 2) \quad \dots\dots\dots (4.1.2)$$

水平方向 (EW方向) ($i = 2$) のばね定数は図 4-2 に示すとおり、次式より求める。

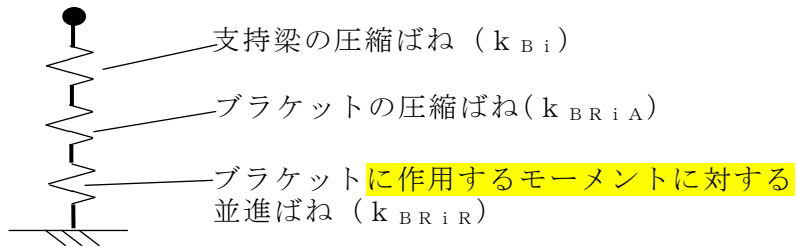


図 4-2 水平方向 (EW方向) のばねモデル

$$k_i = 1 / \left(\frac{1}{k_{B i}} + \frac{1}{k_{B R i A}} + \frac{1}{k_{B R i R}} \right) \quad \dots\dots\dots (4.1.3)$$

ここで、各ばね定数は以下により求める。

$$k_{B i} = \frac{2 \cdot E \cdot A_B}{L_B} \quad \dots\dots\dots (4.1.4)$$

$$k_{B R i A} = \frac{E \cdot A_{B R}}{L_{B R}} \quad \dots\dots\dots (4.1.5)$$

$$k_{B R i R} = \frac{2 \cdot E \cdot I_{B R i}}{L_{B R} \cdot e^2} \quad \dots\dots\dots (4.1.6)$$

4.2 固有周期の計算条件

固有周期の計算に用いる計算条件は、本計算書の【循環水ポンプ渦防止板の耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

4.3 固有周期の計算結果

固有周期の計算結果を表 4-1 に示す。計算の結果、水平方向（N S 方向）及び鉛直方向の 1 次固有周期は 0.05 秒を超えており、柔構造であることを確認した。また、水平方向（E W 方向）の固有周期は 0.05 秒以下であり剛構造であることを確認した。

なお、水平方向（N S 方向）及び鉛直方向については、2 次モード以降で有意な刺激係数をもつ固有周期は 0.05 秒以下であることから、高次の影響は軽微である。

表 4-1 固有周期 (単位: s)

水平方向 (N S 方向)	
水平方向 (E W 方向)	
鉛直方向	

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

4.1(1)項 a.～c.のほか、次の条件で計算する。

- (1) 地震力は、循環水ポンプ渦防止板に対して、水平方向及び鉛直方向から個別に作用させる。ここで、水平方向地震力は、NS方向に作用する場合とEW方向に作用する場合を考慮する。また、水平方向及び鉛直方向の動的地震力による荷重の組合せには、SRSS法を適用する。
- (2) 循環水ポンプ渦防止板には、同ポンプ運転に伴い発生する流速による流体力を考慮する。

5.2 荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

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のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表5-1に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表5-2に示す。

5.2.2 許容応力

循環水ポンプ渦防止板の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表5-3のとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

循環水ポンプ渦防止板の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表5-4に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表5-5に示す。

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分	機器名称	耐震設計上の 重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他	循環水ポンプ渦防止板	C	—*	$D + P_D + M_D + S_s$	IV_{AS}

注記*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 5-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分	機器名称	設備分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他	循環水ポンプ渦防止板	—	—*	$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V_{AS} (V_{AS} として IV_{AS} の 許容限界を用いる。)

注記*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 5-3 許容応力 (その他の支持構造物)

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト以外)		許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力		一次応力	
	せん断	曲げ	引張	せん断
IV _A S	1.5・f _s *	1.5・f _b *	1.5・f _t *	1.5・f _s *
V _A S (V _A SとしてIV _A Sの 許容限界を用いる。)				

注記*1: 応力の組合せが考えられる場合には, 組合せ応力に対しても評価を行う。

*2: 当該の応力が生じない場合, 規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 5-4 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)
		周囲環境温度			
鋼板		周囲環境温度	40	175	480
支持梁		周囲環境温度	40	175	480
ブラケット		周囲環境温度	40	175	480
取付ボルト (①, ②)		周囲環境温度	40	175	480
基礎ボルト		周囲環境温度	40	175	480

表 5-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)
		周囲環境温度			
鋼板		周囲環境温度	40	175	480
支持梁		周囲環境温度	40	175	480
ブラケット		周囲環境温度	40	175	480
取付ボルト (①, ②)		周囲環境温度	40	175	480
基礎ボルト		周囲環境温度	40	175	480

5.3 設計用地震力

循環水ポンプ渦防止板の設計用地震力のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 5-6 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-7 に示す。

「基準地震動 S_s」による地震力は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。また、減衰定数はVI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

表 5-6 設計用地震力（設計基準対象施設）

据付場所及び床面高さ(m)	取水槽 EL 1.1* ¹					
固有周期(s)	水平 (NS) : <input type="text"/> * ²		水平 (EW) : <input type="text"/> * ²		鉛直 : <input type="text"/> * ²	
減衰定数(%)	水平 : 2.0		鉛直 : 2.0			
設計用地震力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度			基準地震動 S _s		
	水平方向設計震度		鉛直方向 設計震度	水平方向設計震度		鉛直方向 設計震度
	NS 方向	EW 方向		NS 方向	EW 方向	
	—	—	—	3.00* ³	1.50* ^{4,5}	2.70* ³

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：1次固有周期について記載

*3：設計用床応答スペクトル I（基準地震動 S_s）を上回る設計用床応答スペクトルにより得られる震度

*4：設計用震度 II（基準地震動 S_s）により得られる設計震度

*5：最大応答加速度を 1.2 倍した震度

表 5-7 設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所及び床面高さ(m)	取水槽 EL 1.1 ^{*1}				
固有周期(s)	水平（NS）： <input type="text"/> ^{*2}		水平（EW）： <input type="text"/> ^{*2}		鉛直： <input type="text"/> ^{*2}
減衰定数(%)	水平：2.0		鉛直：2.0		
設計用地震力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度			基準地震動 S _s	
	水平方向設計震度		鉛直方向 設計震度	水平方向設計震度	
	NS 方向	EW 方向		NS 方向	EW 方向
	—	—	—	3.00 ^{*3}	1.50 ^{*4, *5}

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：1次固有周期について記載

*3：設計用床応答スペクトルⅠ（基準地震動 S_s）を上回る設計用床応答スペクトルにより得られる震度

*4：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）により得られる設計震度

*5：最大応答加速度を1.2倍した震度

5.4 計算方法

5.4.1 応力の計算方法

5.4.1.1 鋼板の応力

鋼板には、流体力、地震荷重及び自重により鋼板の面外方向へせん断力及び曲げモーメントが作用するため、これを評価する。

鋼板の水平方向（NS方向）及び鉛直方向に対する評価方法を以下に示す。なお、水平方向（EW方向）に対しては鋼板面内高さ方向荷重となるため評価対象としない。

(1) せん断応力

鋼板の面外方向に作用する荷重に対してはね出し単純梁として抵抗するため、鋼板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。ただし、 $L_U < L_L$ である。

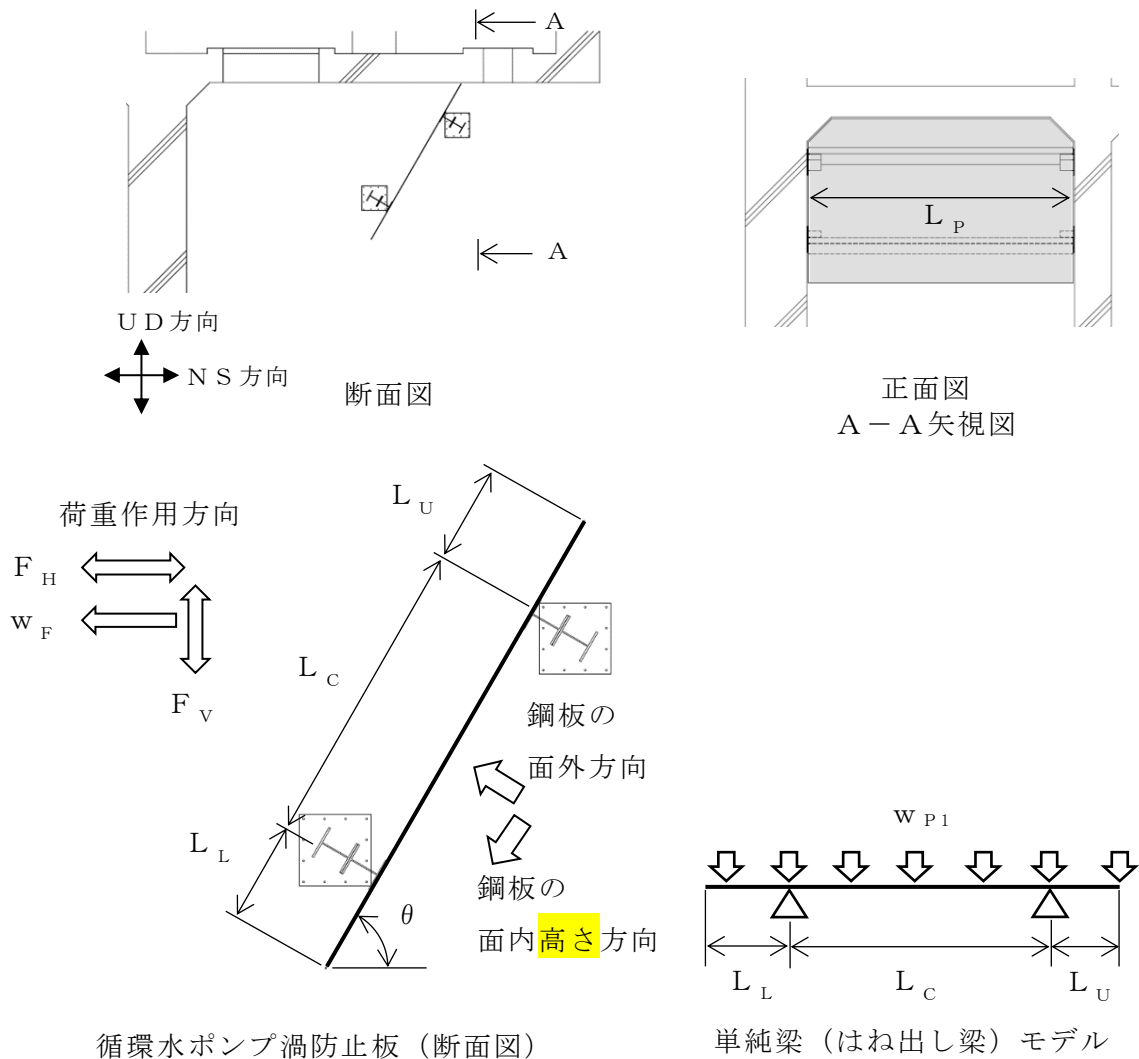


図5-1 鋼板の計算モデル図

$$\tau_P = \frac{Q_P}{A_{WP}} \dots\dots\dots (5.4.1.1.1)$$

$$Q_P = \frac{w_{P1} \cdot (L_L + L_C)^2 - w_{P1} \cdot L_U^2}{2 \cdot L_C} - w_{P1} \cdot L_L \dots\dots\dots (5.4.1.1.2)$$

ここで、 w_{P1} は鋼板に作用する単位長さ当たりの面外方向荷重であり、次式による。

$$w_{P1} = \left(w_F \cdot \sin \theta + \sqrt{(F_H \cdot \sin \theta)^2 + (F_V \cdot \cos \theta)^2} + g \cdot \gamma \cdot t_P \cdot \cos \theta \right) \cdot L_P \dots\dots\dots (5.4.1.1.3)$$

$$F_H = C_{H1} \cdot g \cdot \gamma \cdot t_P \dots\dots\dots (5.4.1.1.4)$$

$$F_V = C_V \cdot g \cdot \gamma \cdot t_P \dots\dots\dots (5.4.1.1.5)$$

ここで、 w_F は循環水ポンプ運転時の単位面積当たりの流体力であり、鋼板の取付角度（ θ ）を保守的に考慮せずに垂直面に作用するとして算出を行う。

$$w_F = \frac{1}{2} \cdot C_D \cdot \rho \cdot v_c^2 \cdot 10^{-6} \dots\dots\dots (5.4.1.1.6)$$

(2) 曲げ応力

鋼板に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。ただし、 $L_U < L_L$ である。

$$\sigma_P = \frac{M_P}{Z_P} \dots\dots\dots (5.4.1.1.7)$$

$$M_P = \text{Max} \left(\frac{w_{P1} \cdot L_L^2}{2}, \frac{w_{P1} \cdot (L_L + L_C)^2 - w_{P1} \cdot L_U^2}{2 \cdot L_C} \cdot \frac{L_C}{2} - \frac{w_{P1}}{2} \cdot \left(L_L + \frac{L_C}{2} \right)^2 \right) \dots\dots\dots (5.4.1.1.8)$$

(3) 組合せ応力

鋼板に作用する組合せ応力 σ_{PC} を次式より求める。

$$\sigma_{PC} = \sqrt{\sigma_P^2 + 3 \cdot \tau_P^2} \dots\dots\dots (5.4.1.1.9)$$

5.4.1.2 支持梁の応力

支持梁には、鋼板から伝達される荷重、自重及び地震力が作用し、せん断力及び曲げモーメントを生じるため、支持梁の強軸方向と弱軸方向を考慮して、これを評価する。

支持梁の水平方向（NS方向）及び鉛直方向に対する評価方法を以下に示す。なお、水平方向（EW方向）に対しては梁軸方向荷重となるため評価対象としない。

(1) 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であるため、支持梁1本当たりが負担する鋼板に作用する荷重と支持梁の自重及び地震慣性力を加えたせん断力 Q_{Bj} 及びせん断応力 τ_{Bj} は次式より求める。ただし、 $L_U < L_L$ である。

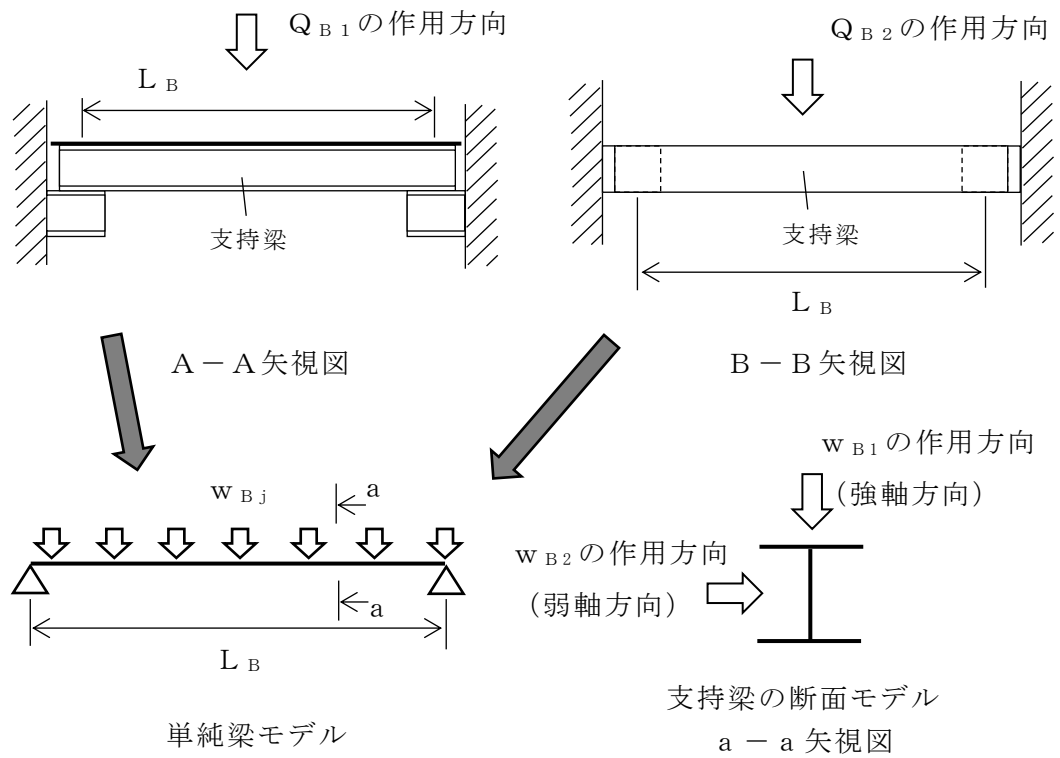
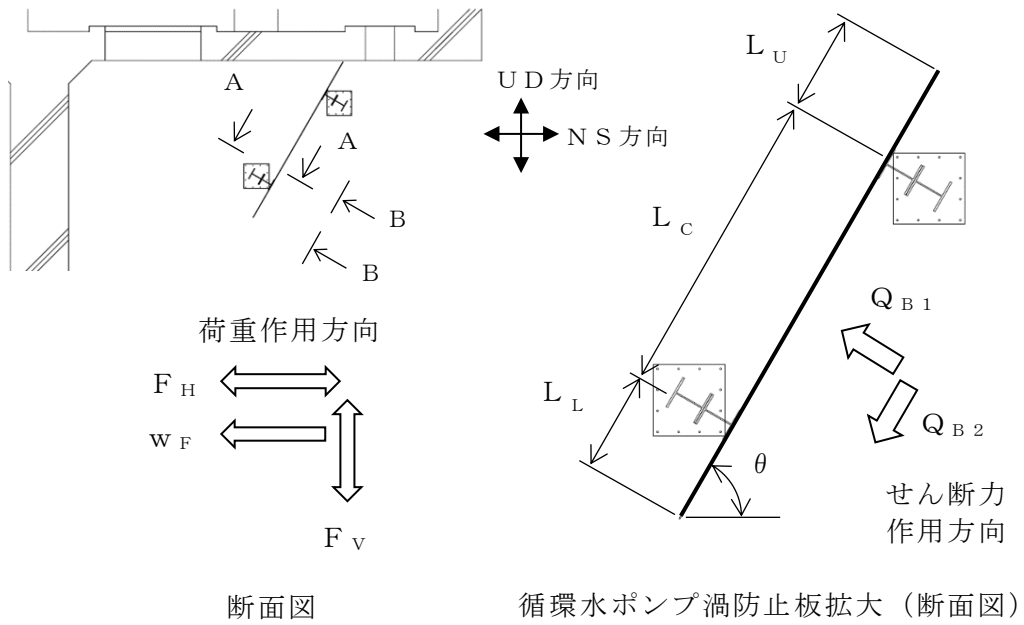


図5-2 支持梁の計算モデル図

$$\tau_{Bj} = \frac{Q_{Bj}}{A_{WBj}} \dots\dots\dots (5.4.1.2.1)$$

ここで、 Q_{B1} 及び Q_{B2} は次式より求める。

$$Q_{B1} = \frac{w_{B1}}{2} \cdot \left(L_L + \frac{L_C}{2} \right) + g \cdot m_B \cdot \left(\sqrt{(C_{H1} \cdot \sin \theta)^2 + (C_V \cdot \cos \theta)^2} + \cos \theta \right) \times \frac{L_B}{2} \dots\dots\dots (5.4.1.2.2)$$

$$Q_{B2} = \frac{w_{B2}}{2} \cdot \left(L_L + \frac{L_C}{2} \right) + g \cdot m_B \cdot \left(\sqrt{(C_{H1} \cdot \cos \theta)^2 + (C_V \cdot \sin \theta)^2} + \sin \theta \right) \times \frac{L_B}{2} \dots\dots\dots (5.4.1.2.3)$$

ここで、 w_{B1} は支持梁の強軸方向に作用する単位長さ当たりの荷重、 w_{B2} は支持梁の弱軸方向に作用する単位長さ当たりの荷重であり、次式による。

$$w_{B1} = \left(w_F \cdot \sin \theta + \sqrt{(F_H \cdot \sin \theta)^2 + (F_V \cdot \cos \theta)^2} + g \cdot \gamma \cdot t_P \cdot \cos \theta \right) \cdot L_B \dots\dots\dots (5.4.1.2.4)$$

$$w_{B2} = \left(w_F \cdot \cos \theta + \sqrt{(F_H \cdot \cos \theta)^2 + (F_V \cdot \sin \theta)^2} + g \cdot \gamma \cdot t_P \cdot \sin \theta \right) \cdot L_B \dots\dots\dots (5.4.1.2.5)$$

なお、せん断応力の組合せはベクトル和とし、次式より求める。

$$\tau_{B12} = \sqrt{\tau_{B1}^2 + \tau_{B2}^2} \dots\dots\dots (5.4.1.2.6)$$

(2) 曲げ応力

支持梁に発生する曲げモーメント M_{Bj} 及び曲げ応力 σ_{Bj} は次式より求める。

$$\sigma_{Bj} = \frac{M_{Bj}}{Z_{Bj}} \dots\dots\dots (5.4.1.2.7)$$

$$M_{Bj} = \frac{Q_{Bj} \cdot L_B}{4} \dots\dots\dots (5.4.1.2.8)$$

なお、曲げ応力の組合せは単純和とし、次式より求める。

$$\sigma_{B12} = \sigma_{B1} + \sigma_{B2} \dots\dots\dots (5.4.1.2.9)$$

(3) 組合せ応力

支持梁に作用する組合せ応力 σ_{BC} を次式より求める。

$$\sigma_{BC} = \sqrt{\sigma_{B12}^2 + 3 \cdot \tau_{B12}^2} \dots\dots\dots (5.4.1.2.10)$$

5.4.1.3 ブラケットの応力

ブラケットは支持梁から伝達されたせん断力により生じるせん断力及び曲げモーメント等が生じるため、支持梁の強軸方向と弱軸方向を考慮して、これを評価する。

ブラケットの水平方向（NS方向）及び鉛直方向に対する評価方法を以下に示す。なお、水平方向（EW方向）は水平方向（NS方向）よりも設計震度が低いことから、水平方向（NS方向）の評価に包絡されるため評価対象としない。

(1) せん断応力

せん断力 Q_{BRj} 及びせん断応力 τ_{BRj} は次式より求める。

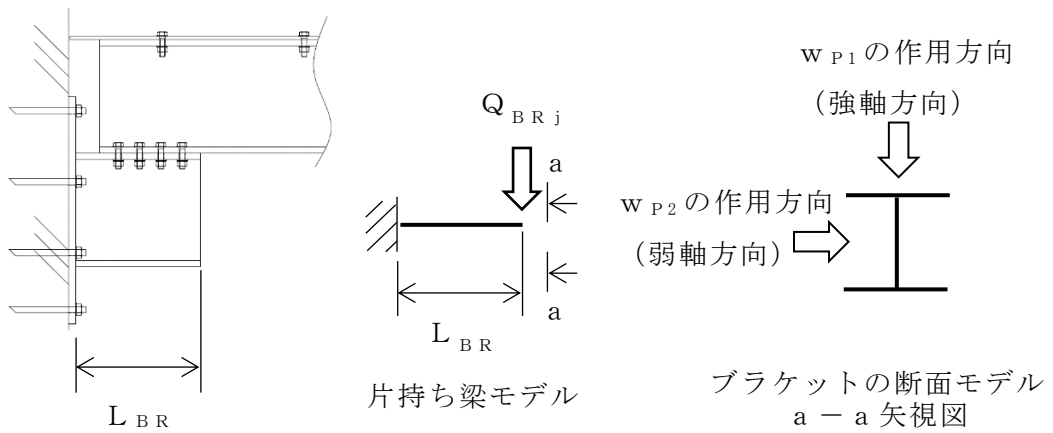


図5-3 ブラケットの計算モデル図

$$\tau_{BRj} = \frac{Q_{BRj}}{A_{WBRj}} \dots\dots\dots (5.4.1.3.1)$$

ここで、 Q_{BR1} 及び Q_{BR2} は次式より求める。

$$Q_{BR1} = \frac{w_{P1}}{2} \cdot \left(L_L + \frac{L_C}{2} \right) + g \cdot m_B \cdot \left(\sqrt{(C_{H1} \cdot \sin \theta)^2 + (C_V \cdot \cos \theta)^2} + \cos \theta \right) \times \frac{L_P}{2} \dots \dots \dots (5.4.1.3.2)$$

$$Q_{BR2} = \frac{w_{P2}}{2} \cdot \left(L_L + \frac{L_C}{2} \right) + g \cdot m_B \cdot \left(\sqrt{(C_{H1} \cdot \cos \theta)^2 + (C_V \cdot \sin \theta)^2} + \sin \theta \right) \times \frac{L_P}{2} \dots \dots \dots (5.4.1.3.3)$$

w_{P1} は式 (5.4.1.1.3) に示す。 w_{P2} は次式より求める。

$$w_{P2} = \left(w_F \cdot \cos \theta + \sqrt{(F_H \cdot \cos \theta)^2 + (F_V \cdot \sin \theta)^2} + g \cdot \gamma \cdot t_P \cdot \sin \theta \right) \cdot L_P \dots \dots \dots (5.4.1.3.4)$$

なお、せん断応力の組合せはベクトル和とし、次式より求める。

$$\tau_{BR12} = \sqrt{\tau_{BR1}^2 + \tau_{BR2}^2} \dots \dots \dots (5.4.1.3.5)$$

(2) 曲げ応力

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

$$\sigma_{BRj} = \frac{M_{BRj}}{Z_{BRj}} \dots \dots \dots (5.4.1.3.6)$$

$$M_{BRj} = Q_{BRj} \cdot L_{BR} \dots \dots \dots (5.4.1.3.7)$$

なお、曲げ応力の組合せは単純和とし、次式より求める。

$$\sigma_{BR12} = \sigma_{BR1} + \sigma_{BR2} \dots \dots \dots (5.4.1.3.8)$$

(3) 組合せ応力

ブラケットに作用する組合せ応力 σ_{BRC} を次式より求める。

$$\sigma_{BRC} = \sqrt{\sigma_{BR12}^2 + 3 \cdot \tau_{BR12}^2} \dots \dots \dots (5.4.1.3.9)$$

5.4.1.4 取付ボルト①の応力

取付ボルト①は鋼板の支持点であり，鋼板に作用する面外方向荷重により引張力が，面内高さ方向荷重によりせん断力が生じるため，これを評価する。

取付ボルト①の水平方向（NS方向）及び鉛直方向に対する評価方法を以下に示す。なお，水平方向（EW方向）に対しては取付ボルト②の評価に包絡されるため評価対象としない。

(1) 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。従って，取付ボルト①に発生する引張力 N_{b1} 及び取付ボルト①の引張応力 σ_{b1} は次式より求める。ただし， $L_U < L_L$ である。

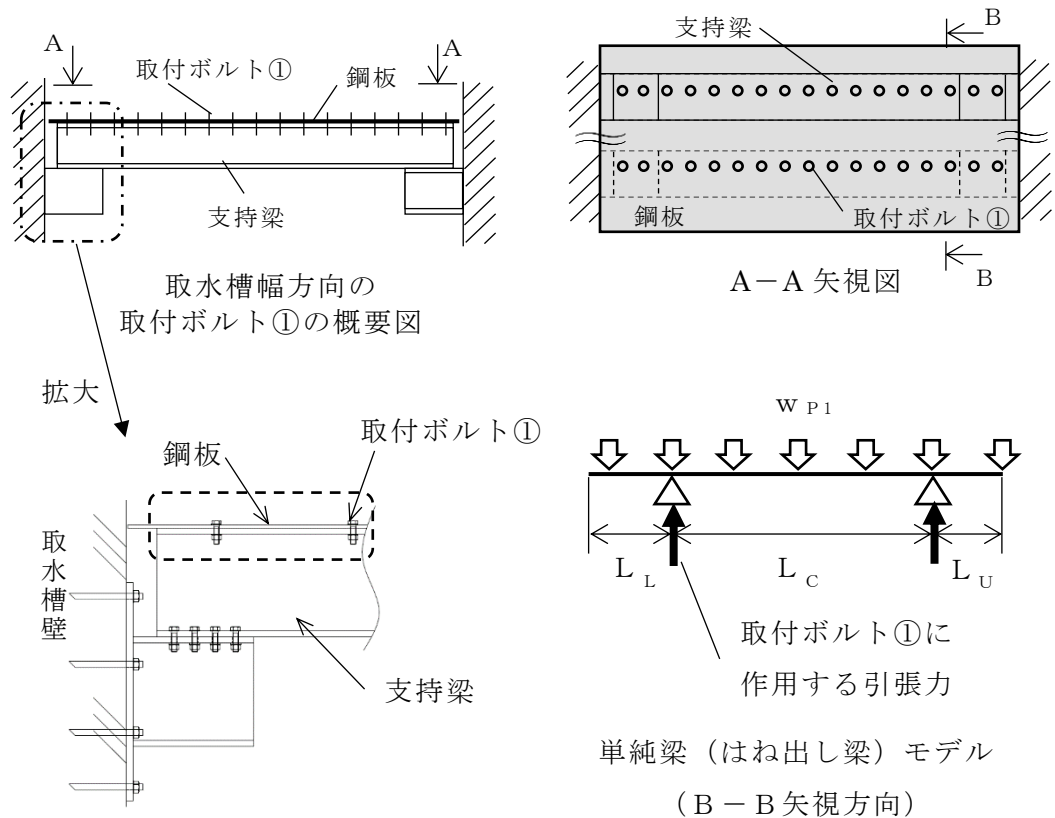


図 5-4 支持梁端部詳細図①

$$\sigma_{b1} = \frac{N_{b1}}{A_{b1}} \dots \dots \dots (5.4.1.4.1)$$

$$N_{b1} = \frac{w_{P1} \cdot (L_L + L_C)^2 - w_{P1} \cdot L_U^2}{2 \cdot L_C \cdot n_{b1}} \dots \dots \dots (5.4.1.4.2)$$

(2) 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。ただし、 $L_U < L_L$ である。

$$\tau_{b1} = \frac{Q_{b1}}{A_{b1}} \dots\dots\dots (5.4.1.4.3)$$

$$Q_{b1} = w_{P2} \cdot \left(L_L + \frac{L_C}{2} \right) / n_{b1} \dots\dots\dots (5.4.1.4.4)$$

5.4.1.5 取付ボルト②の応力

取付ボルト②は支持梁の支持部として支持梁に作用した支持梁の強軸及び弱軸方向のせん断力をブラケットに伝達する過程でせん断力又は引張力が生じるため、これを評価する。

(1) 引張応力

ブラケット 1 体当たりの取付ボルト②に作用する引張力は支持梁に作用するせん断力と等しいため、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。なお、水平方向（EW方向）地震力では取付ボルト②に引張力は生じない。

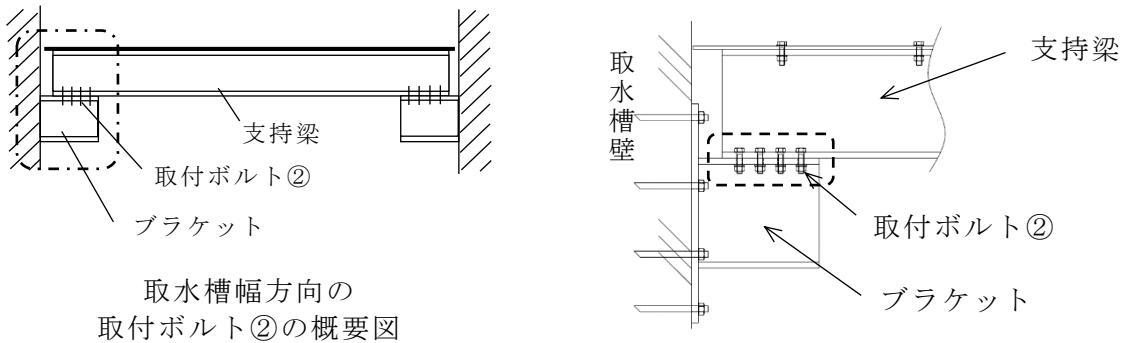


図 5-5 支持梁端部詳細図②

$$\sigma_{b2} = \frac{N_{b2}}{A_{b2}} \dots\dots\dots (5.4.1.5.1)$$

$$N_{b2} = \frac{Q_{BR1}}{n_{b2}} \dots\dots\dots (5.4.1.5.2)$$

(2) せん断応力

取付ボルト②に発生するブラケット1体当たりのせん断力 Q_{b2} 及びせん断応力 τ_{b2} は次式より求める。水平方向（EW方向）荷重によるせん断力と鉛直方向地震力及び自重により作用するせん断力は直交するため、これらのベクトル和により取付ボルト②に作用するせん断力を求める。一方、水平方向（NS方向）荷重によるせん断力と鉛直方向地震力及び自重により作用するせん断力は、これらの絶対和より求めることから、水平方向（EW方向）荷重によるせん断力と鉛直方向地震力及び自重により作用するせん断力よりも大きくなるため、ここでは水平方向（NS方向）荷重によるせん断力と鉛直方向で評価する。

$$\tau_{b2} = \frac{Q_{b2}}{A_{b2}} \dots\dots\dots (5.4.1.5.3)$$

$$Q_{b2} = \frac{Q_{BR2}}{n_{b2}} \dots\dots\dots (5.4.1.5.4)$$

5.4.1.6 基礎ボルトの応力

基礎ボルトは、ブラケット端部に生じるせん断力及び曲げモーメントを取水槽壁に伝達させる過程でせん断力及び引張力が生じるため、これを評価する。

(1) 引張応力

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

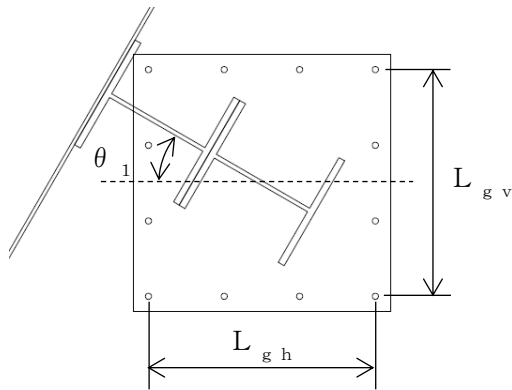


図5-6 基礎ボルトの取付位置

$$\sigma_{ab} = \frac{N_{ab}}{A_{ab}} \dots\dots\dots (5.4.1.6.1)$$

$$N_{ab} = \frac{M_{BR1} \cdot \cos \theta_1 + M_{BR2} \cdot \sin \theta_1}{n_{ah} \cdot L_{gh}} + \frac{M_{BR1} \cdot \sin \theta_1 + M_{BR2} \cdot \cos \theta_1}{n_{av} \cdot L_{gv}} \dots\dots\dots (5.4.1.6.2)$$

(2) せん断応力

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

$$\tau_{a b} = \frac{Q_{a b}}{A_{a b}} \dots\dots\dots (5.4.1.6.3)$$

$$Q_{a b} = \frac{\sqrt{Q_{B R 1}^2 + Q_{B R 2}^2}}{n_{a b}} \dots\dots\dots (5.4.1.6.4)$$

5.5 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【循環水ポンプ渦防止板の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.6 応力の評価

5.6.1 鋼板，支持梁及びブラケットの応力評価

5.4.1.1～5.4.1.3 項で求めた各応力が下表で定めた許容応力以下であること。
ただし，組合せ応力が許容曲げ応力 f_{bm} 以下であること。

	基準地震動 S_s による 荷重との組合せの場合
許容せん断応力 f_{sm}	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$
許容曲げ応力 f_{bm}	$\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$

5.6.2 取付ボルト及び基礎ボルトの応力評価

5.4.1.4～5.4.1.6 項で求めたボルトの引張応力 σ_b は次式より求めた許容組合せ応力 f_{ts} 以下であること。ただし， f_{to} は下表による。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}] \quad \dots\dots\dots (5.6.2.1)$$

せん断応力 τ_b はせん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 f_{sb} 以下であること。ただし， f_{sb} は下表による。

	基準地震動 S_s による 荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_{to}	$\frac{F^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sb}	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

循環水ポンプ渦防止板の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

循環水ポンプ渦防止板の重大事故等対処設備としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

【循環水ポンプ渦防止板の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ(m)	固有周期(s)			弾性設計用地震動 S d 又は静的震度			基準地震動 S s			周囲環境温度(°C)
			水平方向(N S 方向)	水平方向(E W 方向)	鉛直方向	水平方向設計震度		鉛直方向設計震度	水平方向設計震度		鉛直方向設計震度	
						N S 方向	E W 方向		N S 方向	E W 方向		
循環水ポンプ渦防止板	C	取水槽 EL 1.1*1				—	—	—	3.00*2	1.50*3	2.70*2	40

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用床応答スペクトル I（基準地震動 S s）を上回る設計用床応答スペクトルにより得られる震度

*3：設計用震度 II（基準地震動 S s）により得られる設計震度

1.2 機器要目

	I_{B1} (mm ⁴)	I_{B3} (mm ⁴)	A_B (mm ²)	I_{BR2} (mm ⁴)	A_{BR} (mm ²)	e (mm)	m_1 (kg)	m_{111} (kg)	m_{112} (kg)	m_{113} (kg)
固有周期	5.003×10^8	3.019×10^8	19544	5.995×10^8	19544	606				

	C_D (-)	ρ (kg/m ³)	v_c (m/s)
流体力	2.01*	1030	0.35

注記*：「港湾の施設の技術上の基準・同解説（国土交通省港湾局，2007年）より保守的に最大となる値を設定。

部材	E (MPa)	γ (kg/mm ³)	t_P (mm)	L_U (mm)	L_C (mm)	L_L (mm)	L_P (mm)	A_{WP} (mm ²)	Z_P (mm ³)	θ (°)
鋼板	194000	7.98×10^{-6}	12					103800	2.0760×10^5	

S2 補 VI-2-11-2-7-18 R0

部材	E (MPa)	G (MPa)	γ (kg/mm ³)	L _B (mm)	m _B (kg/mm)	A _{WB1} (mm ²)	A _{WB2} (mm ²)	Z _{B1} (mm ³)	Z _{B2} (mm ³)
支持梁 (H400×400×12×19)	194000	75000	7.98×10 ⁻⁶	8185	0.187	4344	15200	2.9975×10 ⁶	1.0136×10 ⁶

部材	E (MPa)	G (MPa)	γ (kg/mm ³)	L _{BR} (mm)	A _{WBR1} (mm ²)	A _{WBR2} (mm ²)	Z _{BR1} (mm ³)	Z _{BR2} (mm ³)
ブラケット (H400×400×12×19)	194000	75000	7.98×10 ⁻⁶	440	4344	15200	2.9975×10 ⁶	1.0136×10 ⁶

部材	呼び径	n _{b1} (本)	A _{b1} (mm ²)
取付ボルト①	M20	17	314

部材	呼び径	n _{b2} (本)	A _{b2} (mm ²)
取付ボルト②	M20	16	314

部材	呼び径	A _{ab} (mm ²)	n _{ab} (本)	n _{av} (本)	n _{ah} (本)	L _{gh} (mm)	L _{gv} (mm)	θ_1 (°)
基礎ボルト	M20	314	12	4	4	700	600	

1.3 計算数値

1.3.1 地震荷重

部材	荷重	地震荷重
鋼板	せん断	5.831×10^4 (N)
	曲げ	2.881×10^7 (N・mm)
支持梁	せん断	7.581×10^4 (N)
	曲げ	1.551×10^8 (N・mm)
ブラケット	せん断	8.012×10^4 (N)
	曲げ	3.525×10^7 (N・mm)
取付ボルト①	引張	5.940×10^3 (N)
	せん断	6.023×10^3 (N)
取付ボルト②	引張	4.817×10^3 (N)
	せん断	5.007×10^3 (N)
基礎ボルト	引張	3.657×10^4 (N)
	せん断	9.265×10^3 (N)

1.4 固有周期 (単位: s)

方向	固有周期
水平方向 (NS 方向)	
水平方向 (EW 方向)	
鉛直方向	

1.5 評価結果

(単位 : MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
鋼板		せん断	—	—	1	121
		曲げ	—	—	139	242
		組合せ	—	—	139	242
支持梁		せん断	—	—	18	121
		曲げ	—	—	203	210
		組合せ	—	—	206	210
ブラケット		せん断	—	—	19	121
		曲げ	—	—	47	210
		組合せ	—	—	57	210
取付ボルト①		引張	—	—	19	157*
		せん断	—	—	20	121
取付ボルト②		引張	—	—	16	157*
		せん断	—	—	16	121
基礎ボルト		引張	—	—	117	126*
		せん断	—	—	30	96

注記* : $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

すべて許容応力以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	耐震設計上の 重要度分類	据付場所及び 床面高さ (m)	固有周期(s)			弾性設計用地震動 S d 又は静的震度			基準地震動 S s			周囲環境温度 (°C)
			水平方向 (N S 方向)	水平方向 (E W 方向)	鉛直方向	水平方向設計震度		鉛直方向設計震度	水平方向設計震度		鉛直方向設計震度	
						N S 方向	E W 方向		N S 方向	E W 方向		
循環水 ポンプ 渦防止板	C	取水槽 EL 1.1*1				—	—	—	3.00*2	1.50*3	2.70*2	40

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用床応答スペクトル I（基準地震動 S s）を上回る設計用床応答スペクトルにより得られる震度

*3：設計用震度 II（基準地震動 S s）により得られる設計震度

2.2 機器要目

	I_{B1} (mm ⁴)	I_{B3} (mm ⁴)	A_B (mm ²)	I_{BR2} (mm ⁴)	A_{BR} (mm ²)	e (mm)	m_1 (kg)	m_{111} (kg)	m_{112} (kg)	m_{113} (kg)
固有周期	5.003×10^8	3.019×10^8	19544	5.995×10^8	19544	606				

	C_D (-)	ρ (kg/m ³)	v_c (m/s)
流体力	2.01*	1030	0.35

注記*：「港湾の施設の技術上の基準・同解説（国土交通省港湾局，2007年）より保守的に最大となる値を設定。

部材	E (MPa)	γ (kg/mm ³)	t_P (mm)	L_U (mm)	L_C (mm)	L_L (mm)	L_P (mm)	A_{WP} (mm ²)	Z_P (mm ³)	θ (°)
鋼板	194000	7.98×10^{-6}	12					103800	2.0760×10^5	

部材	E (MPa)	G (MPa)	γ (kg/mm ³)	L_B (mm)	m_B (kg/mm)	A_{WB1} (mm ²)	A_{WB2} (mm ²)	Z_{B1} (mm ³)	Z_{B2} (mm ³)
支持梁 (H400×400×12×19)	194000	75000	7.98×10^{-6}	8185	0.187	4344	15200	2.9975×10^6	1.0136×10^6

S2 補 VI-2-11-2-7-18 R0

部材	E (MPa)	G (MPa)	γ (kg/mm ³)	L _{BR} (mm)	A _{wBR1} (mm ²)	A _{wBR2} (mm ²)	Z _{BR1} (mm ³)	Z _{BR2} (mm ³)
ブラケット (H400×400×12×19)	194000	75000	7.98×10 ⁻⁶	440	4344	15200	2.9975×10 ⁶	1.0136×10 ⁶

部材	呼び径	n _{b1} (本)	A _{b1} (mm ²)
取付ボルト①	M20	17	314

部材	呼び径	n _{b2} (本)	A _{b2} (mm ²)
取付ボルト②	M20	16	314

部材	呼び径	A _{ab} (mm ²)	n _{ab} (本)	n _{av} (本)	n _{ah} (本)	L _{gh} (mm)	L _{gv} (mm)	θ_1 (°)
基礎ボルト	M20	314	12	4	4	700	600	

2.3 計算数値

2.3.1 地震荷重

部材	荷重	地震荷重
鋼板	せん断	5.831×10^4 (N)
	曲げ	2.881×10^7 (N・mm)
支持梁	せん断	7.581×10^4 (N)
	曲げ	1.551×10^8 (N・mm)
ブラケット	せん断	8.012×10^4 (N)
	曲げ	3.525×10^7 (N・mm)
取付ボルト①	引張	5.940×10^3 (N)
	せん断	6.023×10^3 (N)
取付ボルト②	引張	4.817×10^3 (N)
	せん断	5.007×10^3 (N)
基礎ボルト	引張	3.657×10^4 (N)
	せん断	9.265×10^3 (N)

40

2.4 固有周期 (単位: s)

方向	固有周期
水平方向 (NS 方向)	
水平方向 (EW 方向)	
鉛直方向	

2.5 評価結果

(単位 : MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
鋼板		せん断	—	—	1	121
		曲げ	—	—	139	242
		組合せ	—	—	139	242
支持梁		せん断	—	—	18	121
		曲げ	—	—	203	210
		組合せ	—	—	206	210
ブラケット		せん断	—	—	19	121
		曲げ	—	—	47	210
		組合せ	—	—	57	210
取付ボルト①		引張	—	—	19	157*
		せん断	—	—	20	121
取付ボルト②		引張	—	—	16	157*
		せん断	—	—	16	121
基礎ボルト		引張	—	—	117	126*
		せん断	—	—	30	96

注記* : $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

すべて許容応力以下である。