

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 18
提出年月日	2023年4月28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

### 3.2 原子炉補機海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ補機海水 ポンプの強度評価

### 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強度評価

津波発生時の荷重及び余震荷重を受けた場合の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（以下「海水ポンプ」という。）の健全性を評価する。

#### (1) 評価条件

- a. 取水路の管路解析により算出された基準津波による2号機取水槽（以下「取水槽」という。）のうち海水ポンプが設置されるエリアの最大流速は図3.2-1に示すとおり0.94m/sであるが、波力に対する強度評価では、安全側に2.0m/sを設定し、海水ポンプに作用する流体力（抗力）を算出する。
- b. 海水ポンプに作用する流体力による荷重は、定常的な流れがポンプに作用すると仮定して評価する。また、図3.2-1より取水槽の除じん機エリアには角落し用の経路があり、末端は天端開口となっている。津波の押し波時の圧力を逃せる構造となっていることから、海水ポンプへの水撃作用の発生の可能性は十分小さいため考慮しない。なお、水撃作用に係る検討内容についてはNS2-補-018-02「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」の参考資料に示す。
- c. 海水ポンプは、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。
- d. 海水ポンプの設置部（据付フランジ部より上の部分）は津波防護対象設備を内包する建物及び区画として津波から防護されているため、ベルマウス下端からポンプ据付床の下面までが流体力を受けるものとして評価を実施する。
- e. 水中に位置するコラムパイプ内部にはロータ等があり浮力の影響が軽微な構造であることから、海水ポンプに作用する荷重のうち浮力については考慮しない。
- f. 余震荷重として弾性設計用地震動 $S_d$ による地震力を適用する。
- g. 余震荷重により発生する応力の計算方法は、添付書類「VI-2-5-7-1-3 原子炉補機海水ポンプの耐震性についての計算書」及び「VI-2-5-7-2-3 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプの耐震性についての計算書」に示す計算式と同様とする。

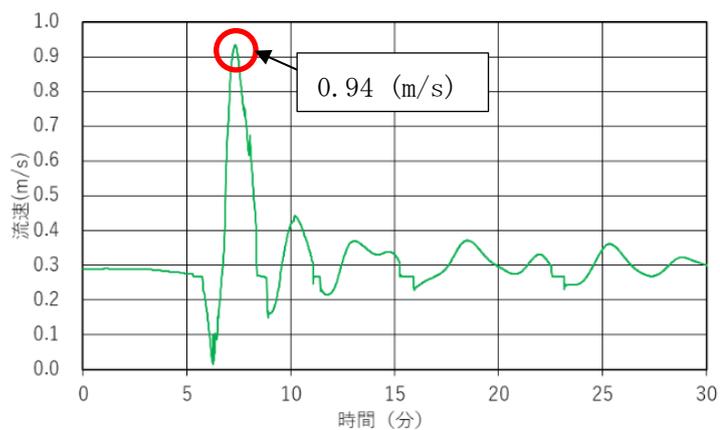
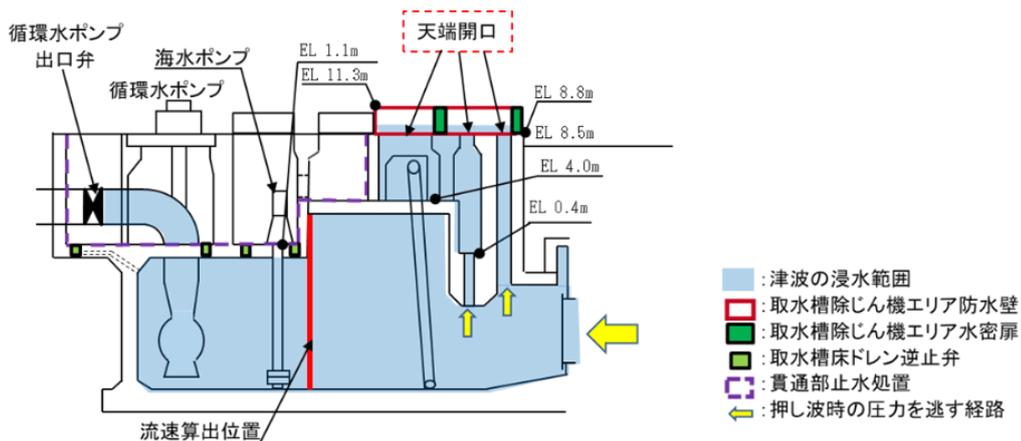


図 3.2-1 取水槽における津波最大流速

(2) 評価部位

評価部位は、ポンプ基礎ボルト、コラムパイプ、耐震サポート基礎ボルトとし、当該部に発生する荷重及び応力を評価する。また、コラムパイプの評価においては、ディスクチャージケーシング部を含めて評価部位とする。評価部位及び荷重が作用する範囲を図 3.2-2 に示す。

なお、ポンプ取付ボルト及び耐震サポート取付ボルトについては、ボルトの総断面積がポンプ基礎ボルト及び耐震サポート基礎ボルトより大きいことから、基礎ボルトの評価に包絡される。

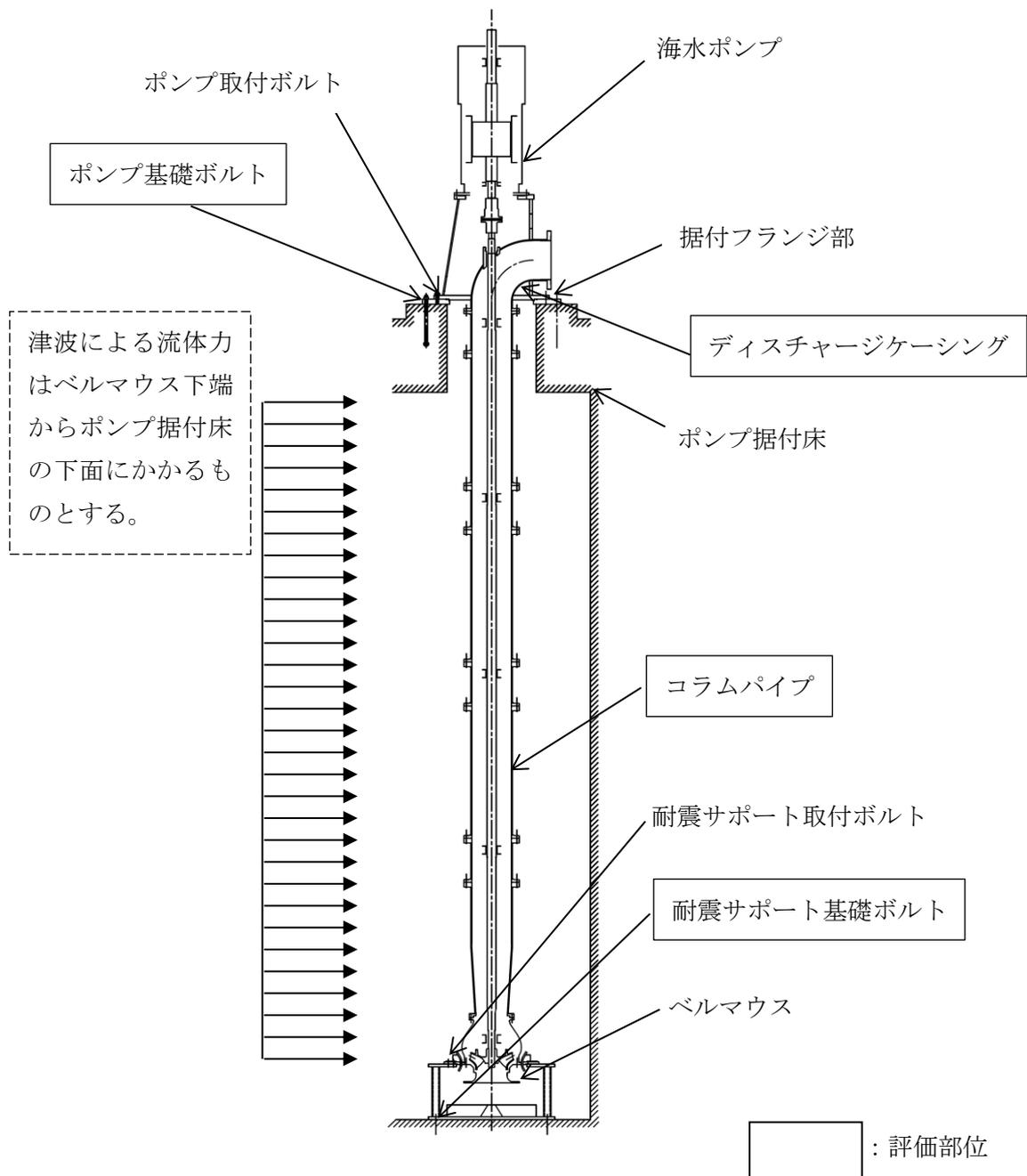


図3.2-2 評価部位及び荷重が作用する範囲（原子炉補機海水ポンプの例）

(3) 荷重の組合せ及び許容応力

海水ポンプの荷重の組合せ及び許容応力状態を表3.2-1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<sub>A</sub>Sとする。また、海水ポンプ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表3.2-2及び表3.2-3に示す。

表 3.2-1 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 <sup>*1,*2</sup>	許容応力状態
原子炉補機海水ポンプ	S	D + 津波荷重 + S <sub>d</sub>	Ⅲ <sub>A</sub> S
高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ			

注記 \*1：Dは固定荷重を示す。また、S<sub>d</sub>は余震荷重を示す。

\*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 3.2-2 許容応力

許容応力状態	許容限界 (ボルト)		許容限界 (コラムパイプ)
	一次応力		一次応力
	引張	せん断	曲げ
Ⅲ <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$	$S_y$ と $0.6 \cdot S_u$ の 小さい方

$f_t$ ：設計・建設規格 SSB-3131(1)に定める値

$f_s$ ：設計・建設規格 SSB-3131.1(2)に定める値

$S_y$ ：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

表 3.2-3 許容応力評価条件

機器名称	評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
原子炉補機 海水ポンプ	コラム パイプ		最高 使用 温度	40	245	400	—
	ポンプ 基礎 ボルト		周囲 環境 温度		198	504	205
	耐震サポート 基礎ボルト		最高 使用 温度	40	205	520	205
高圧炉心 スプレイ 補機海水 ポンプ	コラム パイプ		最高 使用 温度	40	245	400	—
	ポンプ 基礎 ボルト		周囲 環境 温度		198	504	205
	耐震サポート 基礎ボルト		最高 使用 温度	40	205	520	205

S<sub>y</sub>(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) 固有周期の算出及び設計用地震力の設定

##### a. 固有周期の算出

海水ポンプの固有周期の算出は、添付書類「VI-2-5-7-1-3 原子炉補機海水ポンプの耐震性についての計算書」及び「VI-2-5-7-2-3 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプの耐震性についての計算書」の「3. 固有値解析及び構造強度評価」に示す方法で実施する。解析の結果、表 3.2-4 及び表 3.2-5 に示すとおり、水平方向の固有周期は 0.05 秒を超えており、柔構造であることを確認した。また、鉛直方向は 2 次モード以降で卓越し、固有周期は 0.05 秒以下であることを確認した。

表 3.2-4 固有値解析結果（原子炉補機海水ポンプ）

モード*1	卓越方向	固有周期(s)	水平方向刺激係数*2		鉛直方向刺激係数*2
			NS 方向	EW 方向	
1 次	水平	0.118	2.624	2.624	—

注記\*1：固有周期が 0.050s 以上のモードを示す。

\*2：モード質量を正規化するモードベクトルを用いる。

表 3.2-5 固有値解析結果（高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ）

モード*1	卓越方向	固有周期(s)	水平方向刺激係数*2		鉛直方向刺激係数*2
			NS 方向	EW 方向	
1 次	水平	0.168	-1.745	-1.745	—
2 次	水平	0.052	0.103	0.103	—

注記\*1：固有周期が 0.050s 以上のモードを示す。

\*2：モード質量を正規化するモードベクトルを用いる。

##### b. 設計用地震力の設定

評価に用いる設計用地震力を表 3.5-6 及び 3.5-7 に示す。弾性設計用地震力  $S_d$  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 3.2-6 設計用地震力（原子炉補機海水ポンプ）

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：0.118*2 鉛直：0.05以下	
減衰定数(%)		水平：1.0 鉛直：—	
地震力		弾性設計用地震動 S d	
モード*3	固有周期(s)	応答水平震度*4	応答鉛直震度*4
1次	0.118	4.25	—
動的震度*5, *6		0.95	0.63

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：固有周期が0.050s以上のモードを示す。なお、0.020s以上0.050s未満のモードに対しては、最大応答加速度又はこれを上回る震度を適用する。

\*4：設計用床応答スペクトル I（弾性設計用地震動 S d）を上回る設計用床応答スペクトルにより得られる震度

\*5：設計用震度 II（弾性設計用地震動 S d）を上回る設計震度

\*6：最大応答加速度を1.2倍した震度

表 3.2-7 設計用地震力（高圧炉心スプレィ補機海水ポンプ）

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：0.168*2 鉛直：0.05以下	
減衰定数(%)		水平：1.0 鉛直：—	
地震力		弾性設計用地震動 S d	
モード*3	固有周期(s)	応答水平震度*4	応答鉛直震度*4
1次	0.168	4.80	—
2次	0.052	1.30	—
動的震度*5, *6		0.95	0.63

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：固有周期が0.050s以上のモードを示す。なお、0.020s以上0.050s未満のモードに対しては、最大応答加速度又はこれを上回る震度を適用する。

\*4：設計用床応答スペクトル I（弾性設計用地震動 S d）を上回る設計用床応答スペクトルにより得られる震度

\*5：設計用震度 II（弾性設計用地震動 S d）を上回る設計震度

\*6：最大応答加速度を1.2倍した震度

(5) 海水ポンプに作用する流体力と評価部位に発生する荷重の計算

コラムパイプに津波が作用することを想定し流体力を検討した。コラムパイプを円筒形状と仮定し評価する。

- a. コラムパイプの単位長さあたりに作用する流体力（以下「抗力」という。） $F_D$ は次式より求める。評価結果を表3.2-8に示す。

$$F_D = \frac{1}{2} C_D \cdot \rho \cdot V^2 \cdot D$$

$F_D$  : 抗力

$C_D$  : 抗力係数（円筒形状）

$\rho$  : 海水密度

$V$  : 津波流速

$D$  : 構造物の外径

表3.2-8 津波により作用する抗力

項目	原子炉補機海水ポンプ	高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ
抗力係数（円筒形状） $C_D$	1.2*	
海水密度 $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	1025.6	
津波流速 $V$ (m/s)	2.0	
構造物の外径 $D$ (m)		
抗力 $F_D$ (N/m)		

注記\* : 「配管内円柱状構造物の流体振動評価指針」(JSME S012(1998))に基づき設定

b. 評価部位に発生する荷重

海水ポンプの耐震サポートは、取水槽床面に設置し、コラムパイプ全周を支持している。これらを踏まえ、評価条件を以下のとおりとし、評価部位に発生する荷重を算出した。

<評価条件>

- ・ポンプ据付部及び耐震サポート部の支持点により、津波による荷重を受け持つ。
- ・津波による荷重は、表 3.2-8 に示す津波により作用する抗力を用いる。
- ・支持条件としてポンプ据付部は固定端、耐震サポート部は単純支持、ベルマウス先端は自由端とする。

<評価モデル>

図 3.2-3 に示すポンプ概略図をはりモデルにすると、図 3.2-4 及び図 3.2-5 に示す静定はりに置き換えることができる。図 3.2-4 でははりの長さを耐震サポート部までとして、ポンプ据付部を固定し耐震サポート部を自由端とした片持ちはりとし、ポンプ据付部の反力及び曲げモーメントの算出を行う。図 3.2-5 ではポンプ据付部及び耐震サポート部を単純支持とし、耐震サポート部の反力及び曲げモーメントの算出を行う。コラムパイプの反力及び曲げモーメントは2つの計算モデルのうち、値が大きい方を用いる。2種類の静定はりモデルを評価部位ごとに使い分けるため、より保守的な評価となる。なお、図 3.2-3 は原子炉補機海水ポンプのものであるが、高圧炉心スプレイ補機海水ポンプについても同様のモデルで評価する。

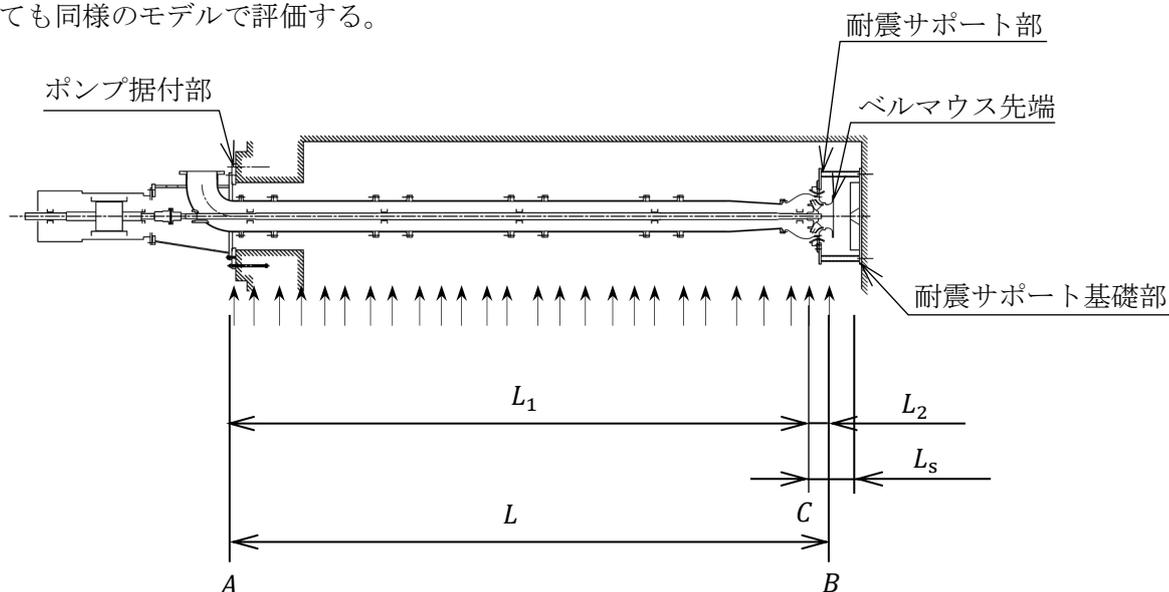


図 3.2-3 ポンプ概略図 (原子炉補機海水ポンプの例)

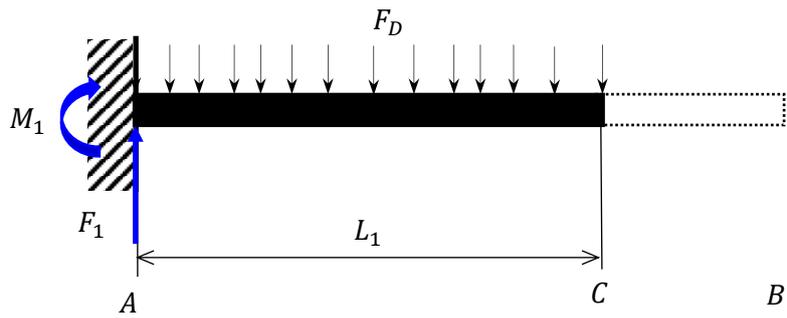


図 3.2-4 計算モデル (片持ちはり)

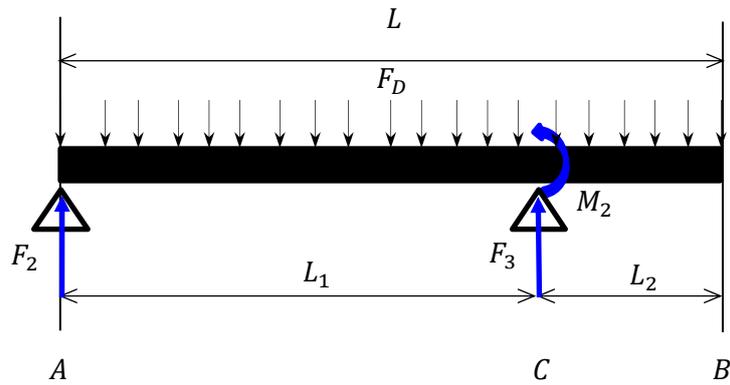


図 3.2-5 計算モデル (単純支持の張出しはり)

Aはポンプ据付部，Bはベルマウス先端部，Cは耐震サポート部を表す。

図 3.2-4 における反力及び曲げモーメントは次式より求める。

$$F_1 = F_D \cdot L_1$$

$$M_1 = \frac{1}{2} F_D \cdot L_1^2$$

図 3.2-5 における反力及び曲げモーメントは次式より求める。

$$F_2 = F_D \cdot L \cdot \left(1 - \frac{L}{2L_1}\right)$$

$$F_3 = \frac{F_D \cdot L^2}{2L_1}$$

$$M_2 = \frac{1}{2} F_D \cdot L_2^2$$

- $F_1$  : ポンプ据付部の反力 (片持ちはり) (N)
- $F_2$  : ポンプ据付部の反力 (単純支持の張出しはり) (N)
- $F_3$  : 耐震サポート部の反力 (N)
- $M_1$  : ポンプ据付部の曲げモーメント (N・mm)
- $M_2$  : 耐震サポート部の曲げモーメント (N・mm)
- $L_1$  : ポンプ据付部から耐震サポート部までの長さ (mm)
- $L_2$  : 耐震サポート部からベルマウス先端までの長さ (mm)
- $L$  : ポンプ据付部からベルマウス先端までの長さ (mm)
- $L_s$  : 耐震サポート部から耐震サポート基礎ボルトまでの長さ (mm)

<評価結果>

表 3.2-9 に評価に用いる各部長さを示す。また、表 3.2-10 に算出した反力及び曲げモーメントを示す。計算の結果、 $F_1 > F_2$  及び  $M_1 > M_2$  のため、海水ポンプのコラムパイプの計算には  $F_1$  及び  $M_1$  を用いる。各部位の反力及び曲げモーメントを表 3.2-11 に示す。

表 3.2-9 各部長さ

項目	原子炉補機 海水ポンプ	高圧炉心 スプレイ補機 海水ポンプ
ポンプ据付部から耐震サポート部までの長さ $L_1$ (mm)		
耐震サポート部からベルマウス先端までの長さ $L_2$ (mm)		
ポンプ据付部からベルマウス先端までの長さ $L$ (mm)		

表 3.2-10 反力及び曲げモーメントの算出結果

反力及び 曲げモーメント	原子炉補機海水 ポンプ	高圧炉心スプレイ 補機海水ポンプ
$F_1$ (N)		
$F_2$ (N)		
$F_3$ (N)		
$M_1$ (N・mm)		
$M_2$ (N・mm)		

表 3.2-11 各部位に対する反力及び曲げモーメント

部位	原子炉補機海水ポンプ		高圧炉心スプレイ補機 海水ポンプ	
	反力	曲げモーメント	反力	曲げモーメント
ポンプ据付部				
耐震サポート部				
コラムパイプ				

## (6) ポンプ基礎ボルトの評価

### a. ポンプ基礎ボルトに発生する引張応力

コラムパイプに津波による荷重が作用した場合にポンプ基礎ボルトに発生する引張応力を算出するため、津波による荷重によりポンプ据付部に作用するモーメントを用いて、引張応力を算出した。ポンプ基礎ボルトに発生する引張力の算出モデルを図 3.2-6 に示す。また、評価結果を表 3.2-12 に示す。

#### <評価条件>

- ・ 円形配列の場合のボルトに対する引張力は、支点から正比例した力が作用するものとし、最も厳しい条件として支点から最も離れたボルトについて計算する。
- ・ ポンプ基礎ボルトに発生する引張応力  $\sigma$  は、以下の条件で計算する。
  - 機器の重量は考慮しない。
  - ボルトの初期締付力は考慮しない。
  - 台板と基礎コンクリートの摩擦は考慮しない。
  - 津波水位による静水圧荷重が作用する。

立形ポンプの円形配置基礎ボルトの引張力算出式により、ボルトに発生する最大引張力  $F_n$  は次式で求める。

$$F_n = \frac{8M_1}{3 \cdot D_n \cdot n} + \rho \cdot g \cdot (h - z) \cdot A'$$

$F_n$  : ポンプ基礎ボルトに発生する引張力

$D_n$  : ポンプ基礎ボルトのピッチ円直径

$n$  : ポンプ基礎ボルトの本数

$g$  : 重力加速度 (=9.80665)

$h$  : 津波高さ

$z$  : 機器設置高さ

$A'$  : 静水圧荷重を受ける面積

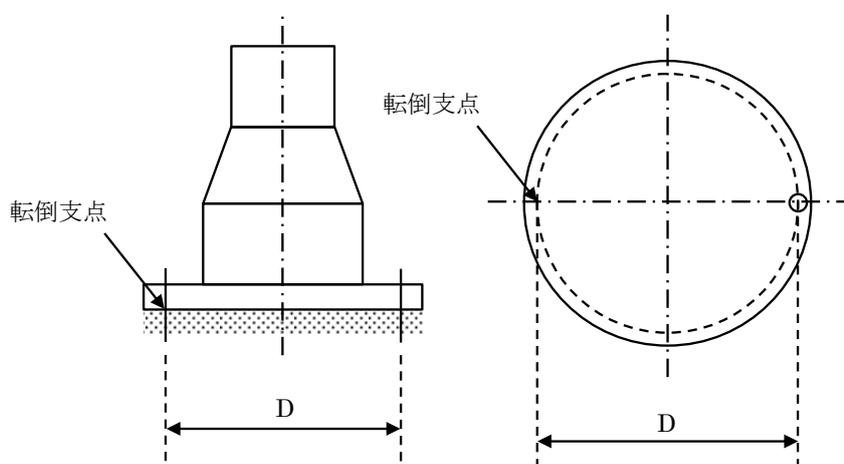


図 3.2-6 ポンプ基礎ボルトに発生する引張力の算出モデル

このときポンプ基礎ボルトに発生する引張応力  $\sigma$  は次式で求める。

$$\sigma = \frac{F_n}{A}$$

$\sigma$  : ポンプ基礎ボルトに発生する引張応力

$F_n$  : ポンプ基礎ボルトに発生する引張力

$A$  : ポンプ基礎ボルトの断面積

表 3.2-12 ポンプ基礎ボルトに発生する引張応力

項目	原子炉補機海水 ポンプ	高圧炉心スプレイ 補機海水ポンプ
ポンプ基礎ボルトサイズ (mm)		
ポンプ基礎ボルトの本数 $n$ (本)	8	8
ポンプ基礎ボルトのピッチ円直径 $D_n$ (mm)		
津波高さ $h$ (m)	11.3	11.3
機器設置高さ $z$ (m)		
静水圧荷重を受ける面積 $A'$ (m <sup>2</sup> )		
ポンプ基礎ボルトに発生する引張応力 $\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> )	35	41

b. ポンプ基礎ボルトに発生するせん断応力

コラムパイプに津波による荷重が作用した場合にポンプ基礎ボルトに発生するせん断応力を算出するため、コラムパイプ付け根部に作用する力をポンプ基礎ボルト全数で受けるものとして次式で求める。また、評価結果を表 3.2-13 に示す。

$$\tau = \frac{F_1}{A \times n}$$

$\tau$  : ポンプ基礎ボルトに発生するせん断応力

$A$  : ポンプ基礎ボルトの断面積

$n$  : ポンプ基礎ボルトの本数

表 3.2-13 ポンプ基礎ボルトに発生するせん断応力

項目	原子炉補機海水 ポンプ	高圧炉心スプレイ 補機海水ポンプ
ポンプ基礎ボルトサイズ (mm)		
ポンプ基礎ボルトの本数 $n$ (本)	8	8
ポンプ基礎ボルトに発生するせん断応力 $\tau$ (N/mm <sup>2</sup> )	2	2

(7) 耐震サポート基礎ボルトの評価

a. 耐震サポート基礎ボルトに発生する引張応力

コラムパイプに津波による荷重が作用した場合に耐震サポート基礎ボルトに発生する引張応力を算出するため、津波による荷重によりコラムパイプに作用するモーメントを用いて、引張応力を算出した。評価結果を表 3.2-14 に示す。

$$M = F_3 \cdot L_s$$

$$F_s = \frac{8M}{3 \cdot D_s \cdot n_s}$$

M：耐震サポート基礎ボルトに作用する曲げモーメント

F<sub>s</sub>：耐震サポート基礎ボルトに発生する引張力

D<sub>s</sub>：耐震サポート基礎ボルトのピッチ円直径

n<sub>s</sub>：耐震サポート基礎ボルトの本数

このとき耐震サポート基礎ボルトに発生する引張応力σは次式で求める。

$$\sigma_s = \frac{F_s}{A_s}$$

σ<sub>s</sub>：耐震サポート基礎ボルトに発生する引張応力

F<sub>s</sub>：耐震サポート基礎ボルトに発生する引張力

A<sub>s</sub>：耐震サポート基礎ボルトの断面積

表 3.2-14 耐震サポート基礎ボルトに発生する引張応力

項目	原子炉 補機海水 ポンプ	高压炉心スプレ イ補機海水 ポンプ
耐震サポート部から耐震サポート基礎ボルトまでの長さ L <sub>s</sub> (mm)		
耐震サポート基礎ボルトサイズ(mm)		
耐震サポート基礎ボルトの本数 n <sub>s</sub> (本)	8	8
耐震サポート基礎ボルトのピッチ円直径 D <sub>s</sub> (mm)		
耐震サポート基礎ボルトに発生する引張応力 σ <sub>s</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	3	2

b. 耐震サポート基礎ボルトに発生するせん断応力

海水ポンプのベルマウスを支持する耐震サポートは、基礎ボルトで固定している。ベルマウスを支持する耐震サポートを図 3.2-7 に示す。

コラムパイプに津波による荷重が作用した場合の耐震サポート基礎ボルトのせん断応力を算出するため、耐震サポートに作用する力を基礎ボルト全数で受けるものとして次式で求める。評価結果を表 3.2-15 に示す。

$$\tau_s = \frac{F_3}{A_s \times n_s}$$

$\tau_s$  : 耐震サポート基礎ボルトに発生するせん断応力

$A_s$  : 耐震サポート基礎ボルトの断面積

$n_s$  : 耐震サポート基礎ボルトの本数

表 3.2-15 耐震サポート基礎ボルトに発生するせん断応力

項目	原子炉補機 海水ポンプ	高圧炉心スプレイ 補機海水ポンプ
耐震サポート基礎ボルトサイズ(mm)		
耐震サポート基礎ボルトの本数 $n_s$ (本)	8	8
耐震サポート基礎ボルトに発生する せん断応力 $\tau_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	3	2

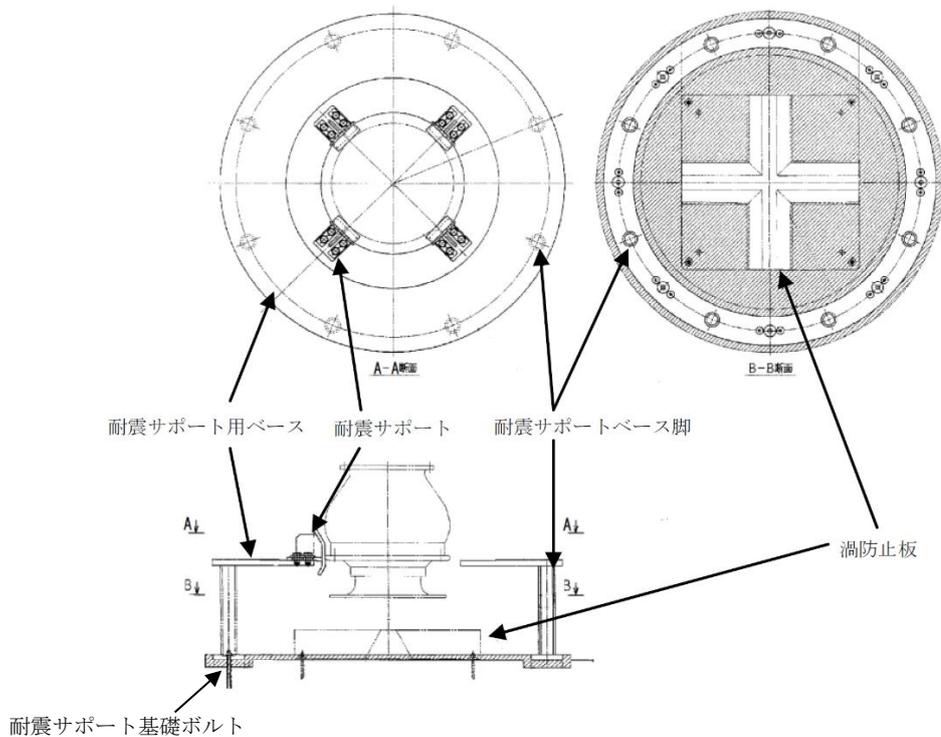


図 3.2-7 ベルマウスを支持する耐震サポート  
(原子炉補機海水ポンプの例)

(8) コラムパイプの強度評価

a. コラムパイプに発生する曲げ応力

コラムパイプに津波による荷重が作用した場合の曲げ応力の算出は、表 3.2-10 に示すコラムパイプに発生する最大曲げモーメントを用い、次式により求める。

評価結果を表 3.2-16 に示す。

$$\sigma_c = M_1/Z$$

$$Z = \left( \frac{\pi}{32 \times D_c} \right) \times (D_c^4 - d_c^4)$$

$\sigma_c$  : コラムパイプに発生する曲げ応力

Z : 断面係数

$D_c$  : コラムパイプ外径

$d_c$  : コラムパイプ内径

表 3.2-16 コラムパイプに発生する曲げ応力

項目	原子炉補機海水ポンプ	高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ
コラムパイプ外径 $D_c$ (mm)		
コラムパイプ内径 $d_c$ (mm)		
断面係数 Z ( $\text{mm}^3$ )	2909000	976800
コラムパイプに発生する曲げ応力 $\sigma_c$ ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	26	44

(9) 評価結果

海水ポンプに発生する応力を表 3.2-17 に示す。発生応力は、許容応力以下であることから、津波発生時の荷重及び余震荷重に対してポンプの健全性は確保されることを確認した。

表 3.2-17 評価結果一覧

	評価部位	材料	項目	発生応力 (N/mm <sup>2</sup> )	許容応力 (N/mm <sup>2</sup> )
原子炉補機海水ポンプ	ポンプ基礎 ボルト		引張	49	153
			せん断	19	118
	耐震サポート 基礎ボルト		引張	20	123
			せん断	26	94
コラムパイプ		曲げ	94	240	
高圧炉心スプレ イ補機海水ポン プ	ポンプ基礎 ボルト		引張	53	153
			せん断	12	118
	耐震サポート 基礎ボルト		引張	9	123
			せん断	17	94
コラムパイプ		曲げ	170	240	

## 基礎ボルト部におけるコンクリートのコーン破壊評価について

## 1. 概要

機器・配管系設備の基礎ボルト及びコンクリート部の設計については、J E A G 4 6 0 1 - 1991に「原則として基礎ボルトが先に降伏するような設計とする。」と記載されていることから、基礎ボルトに着目した評価を行うことでコンクリート部の健全性を確認する。

具体的には原子炉補機海水ポンプ及び高圧炉心スプレー補機海水ポンプの基礎ボルトの許容荷重とコンクリート部の許容荷重を比較し、コンクリート部の許容荷重が上回ればコンクリートのコーン破壊は発生しない。なお、補足説明資料「NS2-補-023-2 耐震評価対象の網羅性、既工認との手法の相違点の整理について 添付2-1アンカー定着部の耐震評価について」において、原子炉補機海水ポンプの基礎ボルト部におけるコンクリートのコーン破壊評価について詳細な評価手順及び評価内容を示していることから、本資料ではボルト配置及び評価結果のみを示す。高圧炉心スプレー補機海水ポンプについても同じ評価方法で評価可能なため、同じくボルト配置及び評価結果のみを示す。

## 2. 原子炉補機海水ポンプに対する検討

## 2.1 基礎ボルトの配置

原子炉補機海水ポンプの基礎ボルト配置及び有効投影面積を図1及び図2に示す。

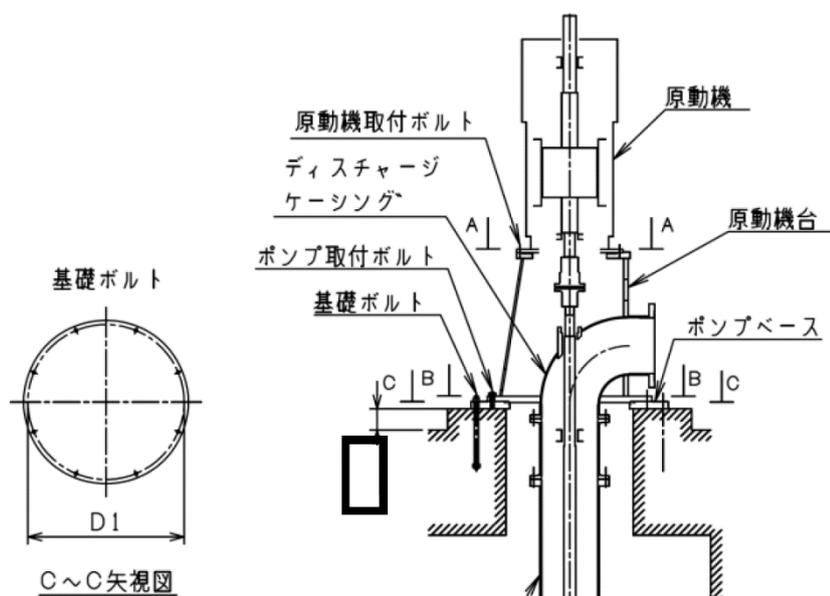
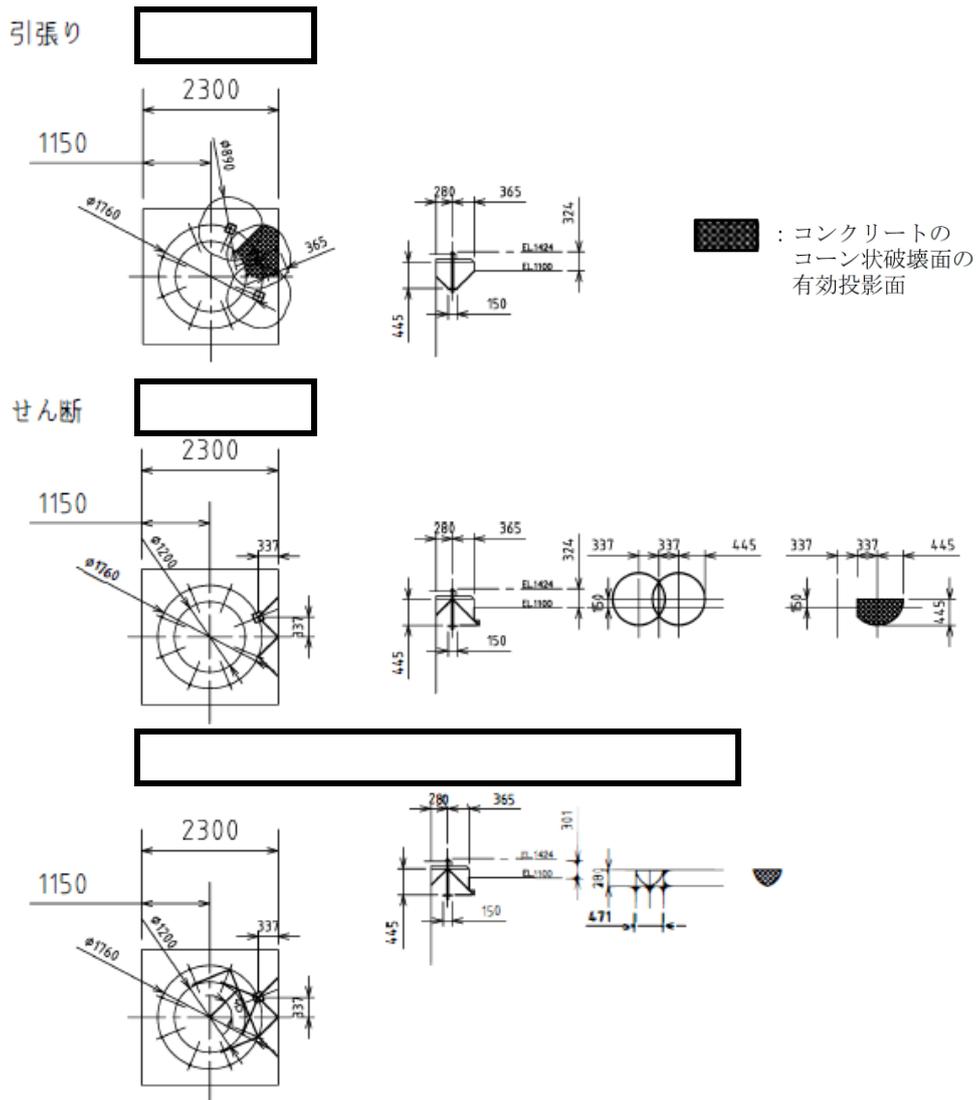


図1 原子炉補機海水ポンプ基礎ボルト配置

(単位：mm)



(単位：mm)

図2 原子炉補機海水ポンプ基礎ボルト有効投影面積

## 2.2 評価結果

原子炉補機海水ポンプの評価結果を表1に示す。コンクリート部の許容荷重が基礎ボルトの許容荷重を上回るため、コンクリートのコーン破壊は発生しない。

表1 原子炉補機海水ポンプの評価結果

基礎ボルト1本当たりの許容荷重及びコンクリートの許容荷重	基礎ボルトの許容引張荷重 p (N)	コンクリート部の許容引張荷重 p <sub>a</sub> (N)	基礎ボルトの許容せん断荷重 q (N)	コンクリート部の許容せん断荷重 q <sub>a</sub> (N)
引張・せん断評価	p ≤ p <sub>a</sub> OK		q ≤ q <sub>a</sub> OK	
組合せ評価	$\left(\frac{p}{p_a}\right)^2 + \left(\frac{q}{q_a}\right)^2 \doteq 0.90 \leq 1 \quad \text{OK}$			

3. 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ基礎ボルトに対する検討

3.1 ポンプ基礎ボルトの配置

高圧炉心スプレイ補機海水ポンプの基礎ボルト配置及び有効投影面積を図3及び図4に示す。

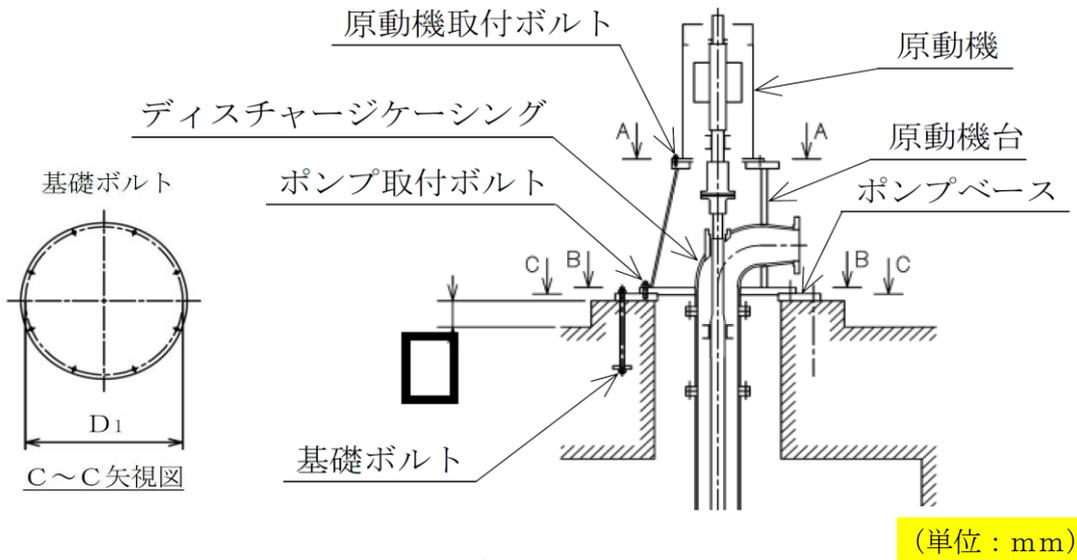


図3 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ基礎ボルト配置

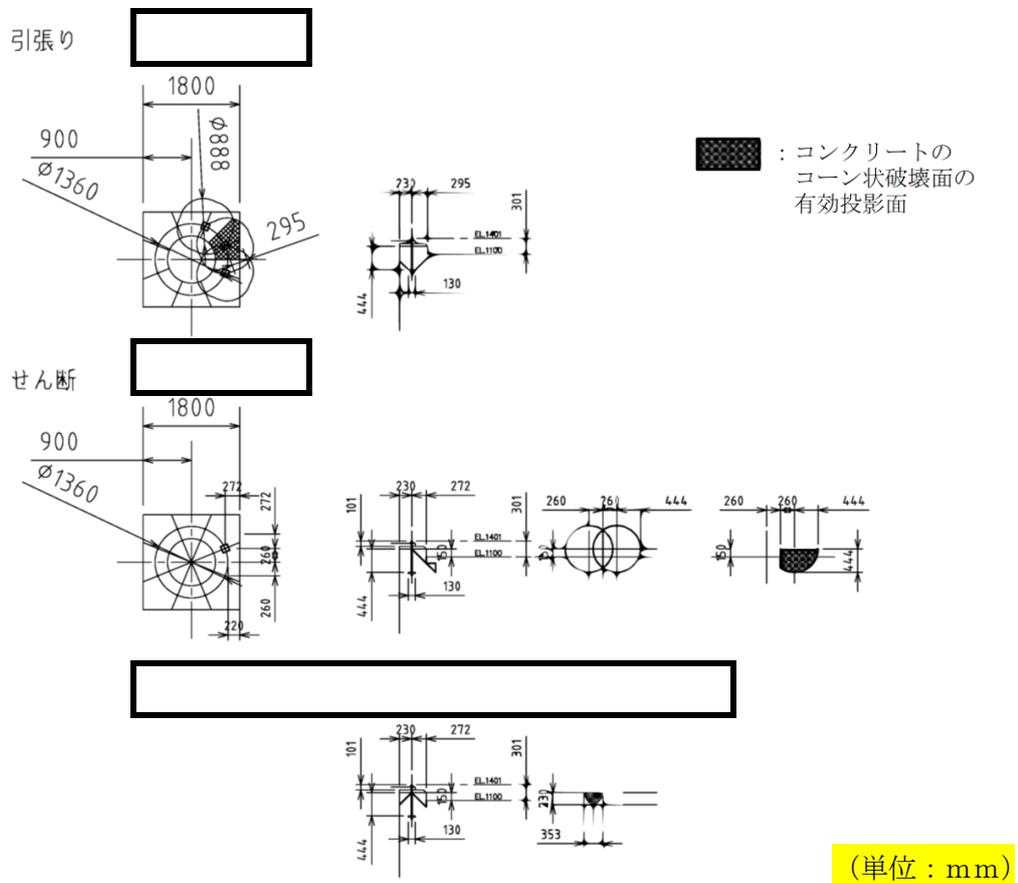


図4 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ基礎ボルト有効投影面積

### 3.3 評価結果

高圧炉心スプレイ補機海水ポンプの評価のまとめを表2に示す。コンクリート部の許容荷重が基礎ボルトの許容荷重を上回るため、コンクリートのコーン破壊は発生しない。

表2 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプの評価結果

基礎ボルト1本当たりの許容荷重及びコンクリートの許容荷重	基礎ボルトの許容引張荷重 p (N)	コンクリート部の許容引張荷重 p <sub>a</sub> (N)	基礎ボルトの許容せん断荷重 q (N)	コンクリート部の許容せん断荷重 q <sub>a</sub> (N)
引張・せん断評価	p ≤ p <sub>a</sub> OK		q ≤ q <sub>a</sub> OK	
組合せ評価	$\left(\frac{p}{p_a}\right)^2 + \left(\frac{q}{q_a}\right)^2 = 0.71 \leq 1 \quad \text{OK}$			

### 3.3 除じん装置の取水性への影響

### 3.3 除じん装置の取水性への影響

取水槽には、海水中の塵芥を除去するために除じん装置が設置されている。この除じん装置が基準津波による水位差により破損してそれ自体が漂流物となる可能性があるため、取水性へ影響を及ぼすことがないことを確認する。

#### (1) 津波による破損に対する評価

##### a. 確認方法

除じん装置の概要は図3.3-1に示すとおりであり多数のバスケットがキャリングチェーンにより接合される構造となっている。このため、入力津波の流速により生じるスクリーン部の水位差（損失水頭）により、キャリングチェーン及びバスケットが破損し、バスケットが分離して漂流物となる可能性について確認する。

基準津波の管路解析による取水槽内の流速評価位置と流速評価結果を図3.3-2に示す。評価結果を踏まえ、評価に用いる流速は、取水槽除じん機エリアにおける最大流速1.06m/sを上回る2.4m/sとする。

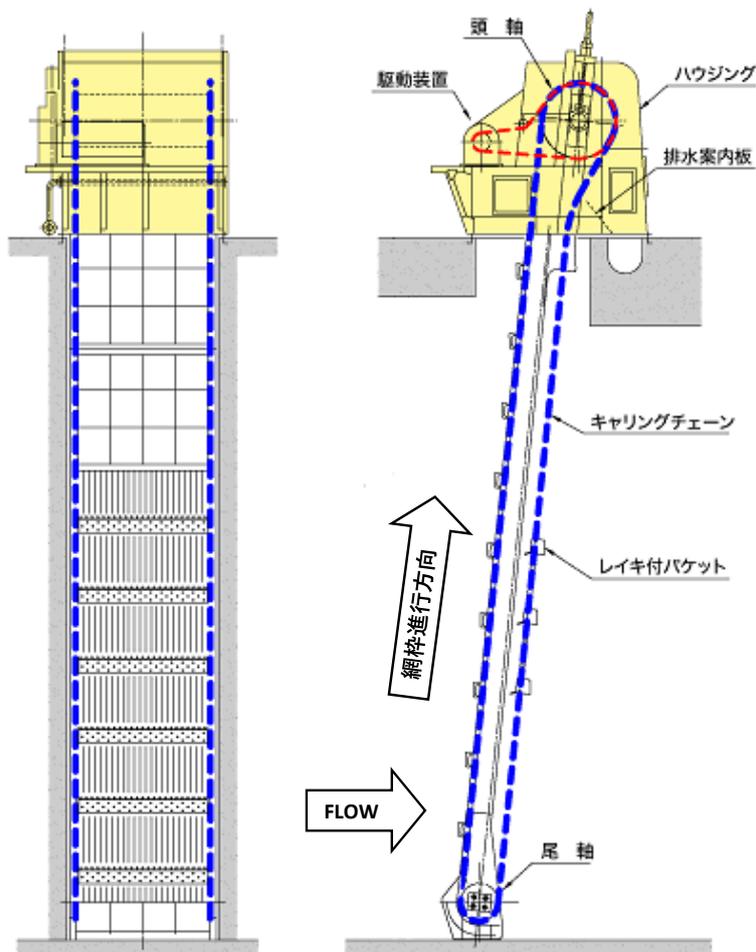


図3.3-1 除じん装置の概要

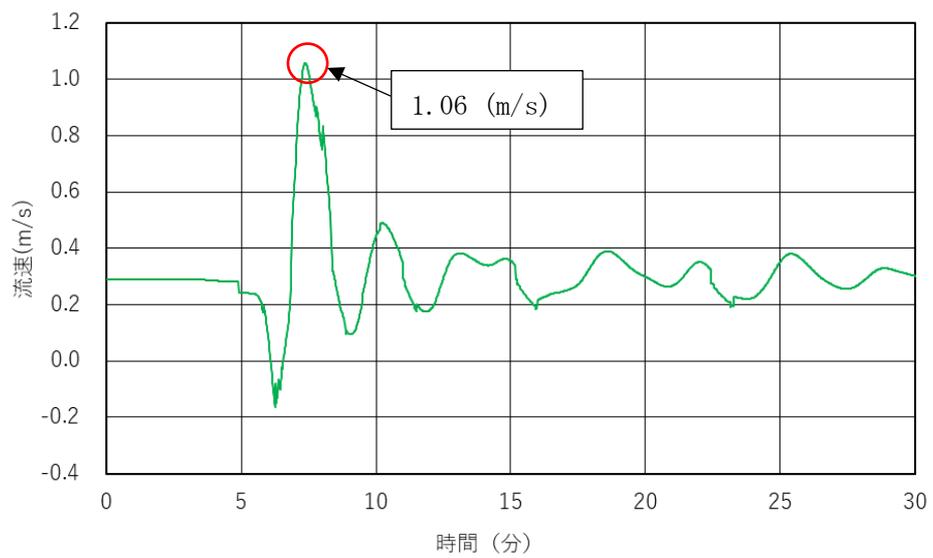
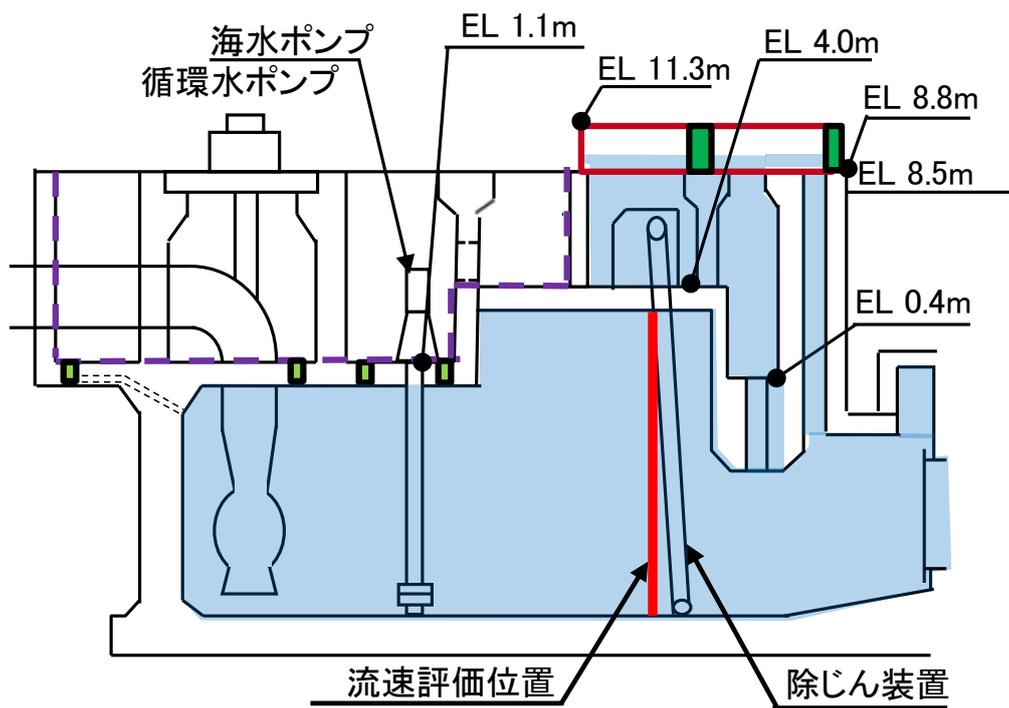


図3.3-2 取水槽除じん機エリアの流速評価位置と評価結果

b. 確認結果

取水槽内の最大流速2.4m/sが作用した際の各部材における発生値と許容値の比較結果を表3.3-1に示す。各部材に発生する最大荷重及び最大応力が許容値を下回っていることから、除じん装置が漂流物となることはない。

表3.3-1 除じん装置の強度確認結果

設備	部材	流速 2.4m/s 時の 発生水位差	発生水位差における 発生値/許容値
除じん装置	キャリング チェーン	5.8m	142739 (N) / 617000 (N) (最大荷重/許容荷重)
	バケット		225 (MPa) / 246 (MPa) (最大応力/許容応力)

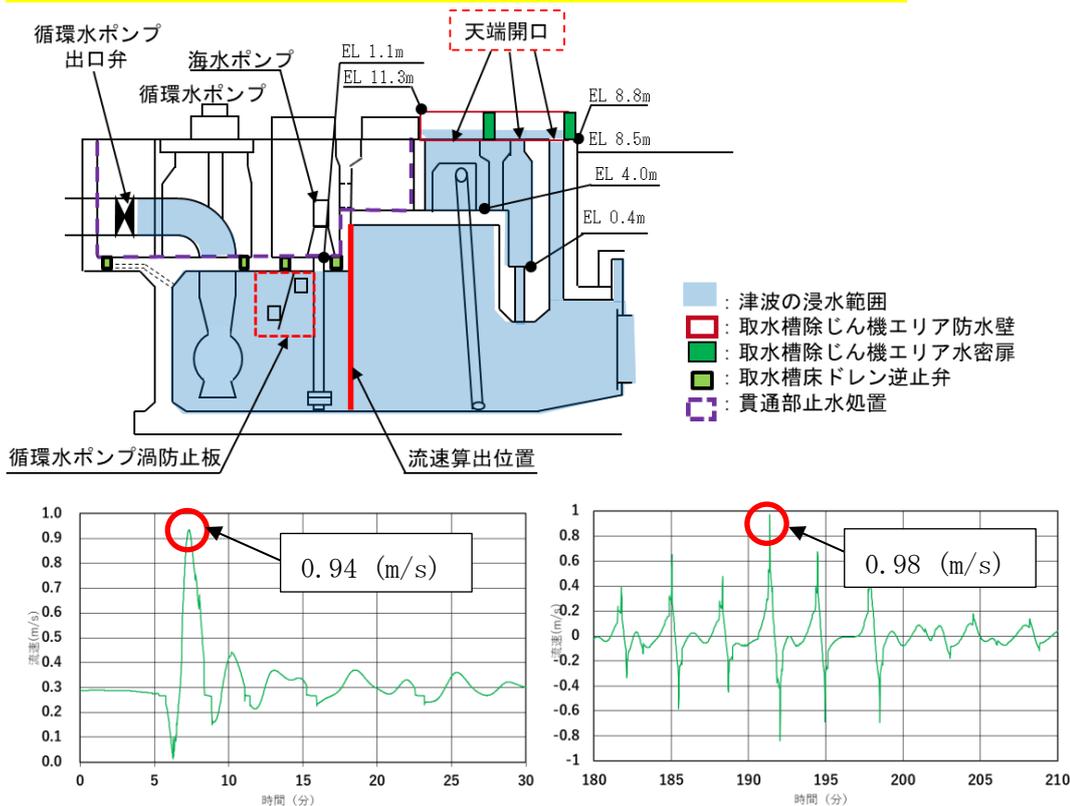
### 3.5 循環水ポンプ渦防止板の取水性への影響

### 3.5 循環水ポンプ渦防止板の取水性への影響

津波発生時の荷重及び余震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。
- 余震荷重として弾性設計用地震動S<sub>d</sub>による地震力を適用する。
- 余震荷重により発生する応力の計算方法は，添付書類「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」に示す計算式と同様とする。



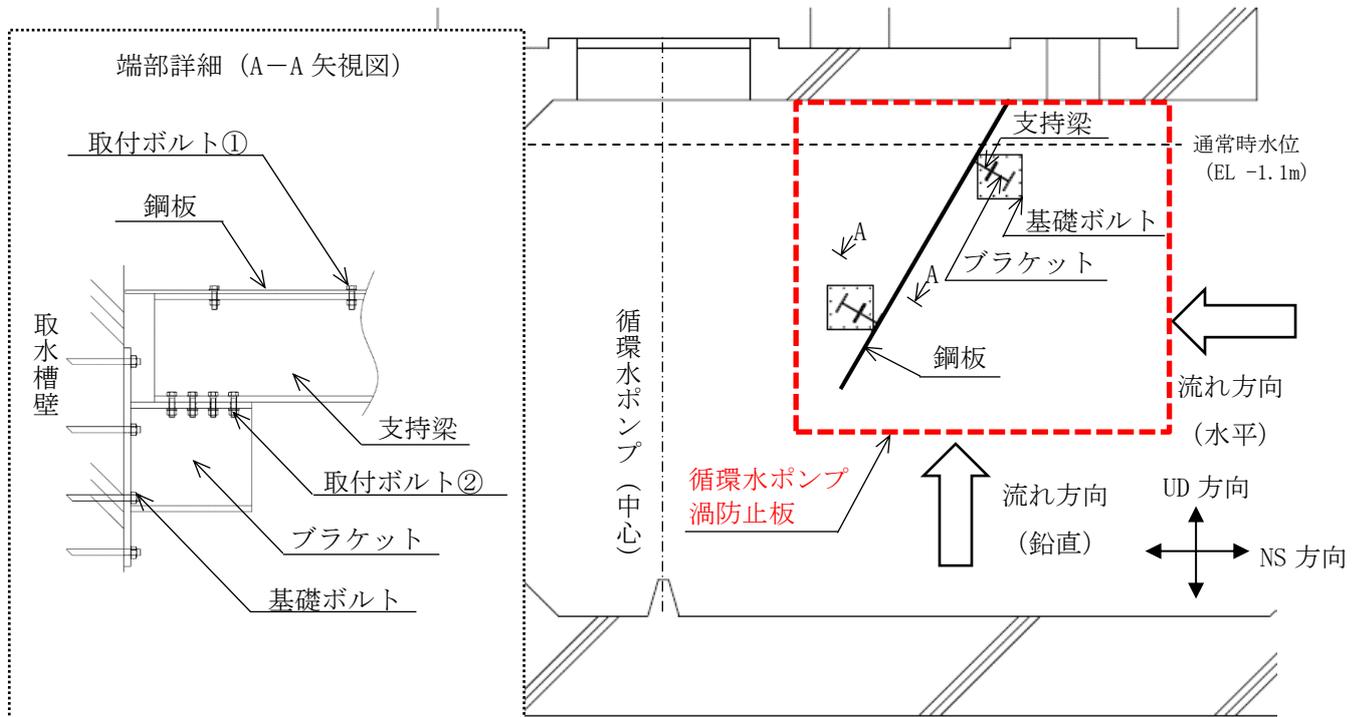
水平方向最大津波流速（基準津波4）

鉛直方向最大津波流速（基準津波6）

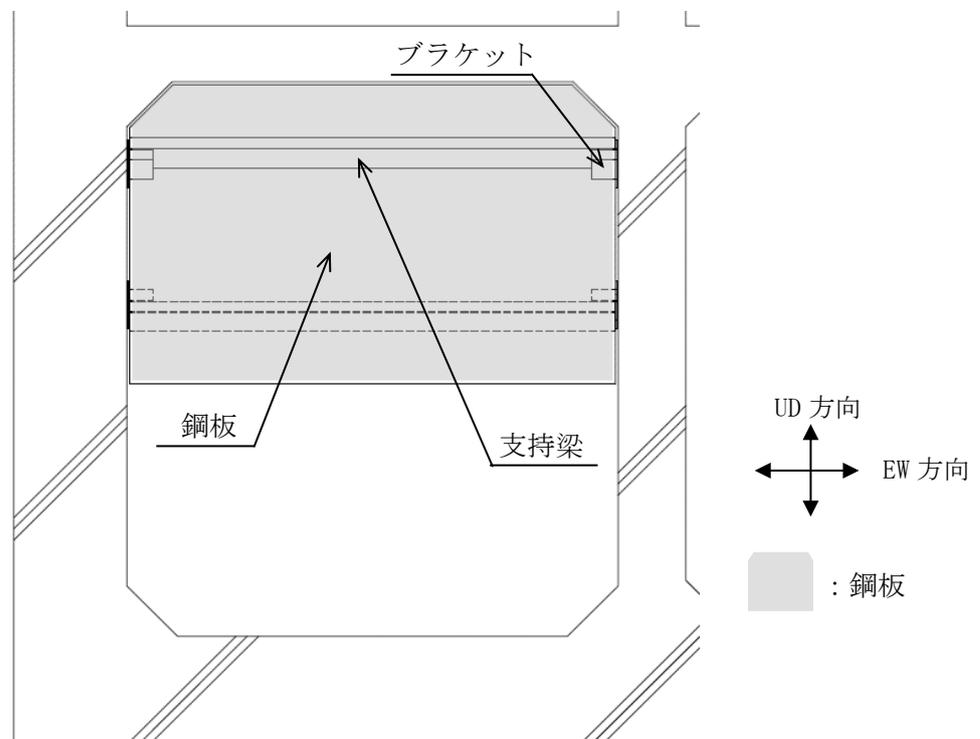
図3.5-1 循環水ポンプ渦防止板設置箇所における津波最大流速

(2) 評価部位

循環水ポンプ渦防止板は、鋼板、支持梁、ブラケット、取付ボルト (①及び②) 及び基礎ボルトから構成され、各部位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。



(取水槽断面図)



(取水槽正面図)

図3.5-2 評価部位

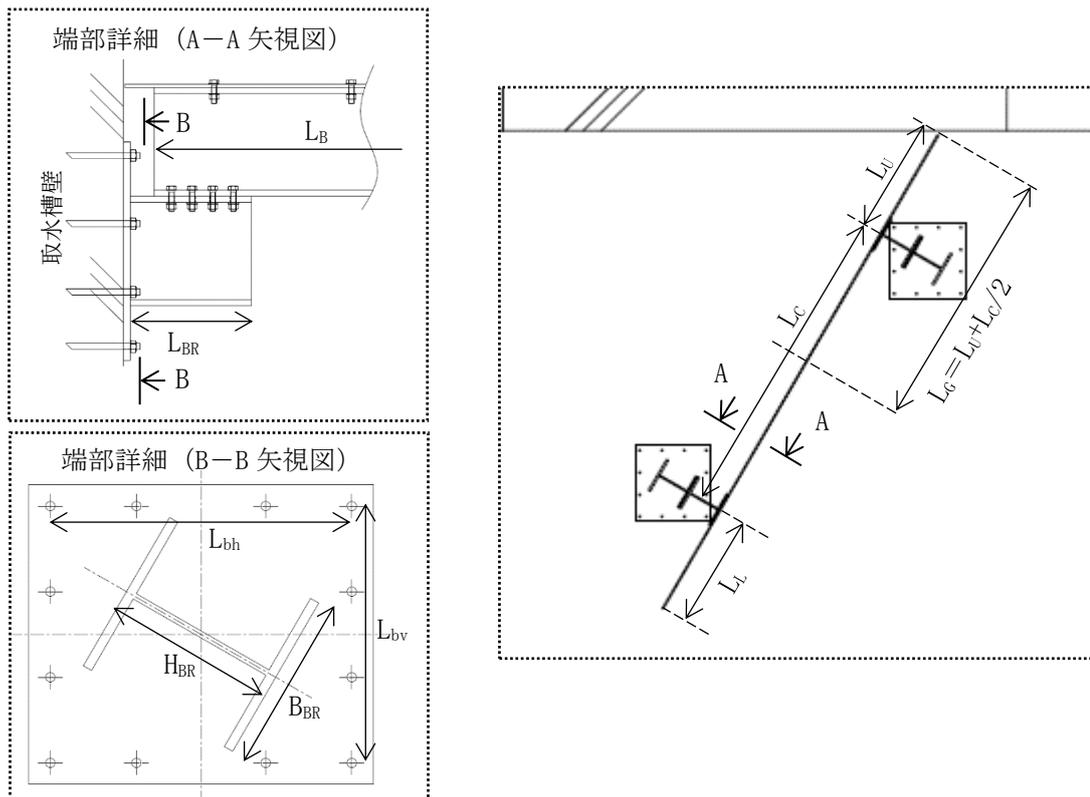


図3.5-3 評価に用いる寸法

(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<sub>A</sub>S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。

また、算出した各応力に基づき、以下に示す組合せ応力を評価する。

a. 鋼板、支持梁及びブラケット

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 $\sigma$ が許容曲げ応力 $f_{bm}$ 以下であること。

$$\sigma = \sqrt{\sigma_j^2 + 3 \cdot \tau_j^2}$$

(j : 部材符号で、B=支持梁、BR=ブラケット及びP:鋼板を示す)

	津波及び弾性設計用地震動S <sub>d</sub> 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 $f_{bm}$	$\frac{F}{1.5} \cdot 1.5$

b. 取付ボルト及び基礎ボルト

ボルトの引張応力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。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$$

せん断応力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。

	津波及び弾性設計用地震動 $S_d$ 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 $f_{sb}$	$\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

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 <sup>*1,*2</sup>	許容応力状態
循環水ポンプ渦防止板	C	D + 津波荷重 + $S_d$	ⅢAS

注記 \*1：Dは固定荷重を示す。また、 $S_d$ は余震荷重を示す。

\*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
ⅢAS	$1.5 \cdot f_b$	$1.5 \cdot f_s$	$1.5 \cdot f_{t1}$	$1.5 \cdot f_{s1}$

$f_s$ ：設計・建設規格 SSB-3121.1(2)に定める値

$f_b$ ：設計・建設規格 SSB-3121.1(4)に定める値

$f_{t1}$ ：設計・建設規格 SSB-3131.1(1)に定める値

$f_{s1}$ ：設計・建設規格 SSB-3131.1(2)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 <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (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<sub>y</sub> : 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値

S<sub>u</sub> : 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値

S<sub>y</sub>(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) 固有周期の算出及び設計用地震力の設定

a. 固有周期の算出

循環水ポンプ渦防止板の固有周期の算出は、添付書類「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」の「4. 固有周期」に示す方法で実施する。計算の結果、表3.5-4に示すとおり、水平方向（NS方向）及び鉛直方向の固有周期は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（EW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。

表 3.5-4 固有周期 (単位：s)

水平方向（NS方向）	
水平方向（EW方向）	
鉛直方向	

b. 設計用地震力の設定

評価に用いる設計用地震力を表3.5-5に示す。弾性設計用地震力  $S_d$  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3.5-5 循環水ポンプ渦防止板 設計用地震力

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）：		*2
	水平（EW）：		*2
	鉛直：		*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 $S_d$		
	水平方向設計震度		鉛直方向設計震度
	NS方向	EW方向	
	1.83*3	0.92*4, *5	1.58*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  $S_d$ ）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  $S_d$ ）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) 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。  
 流体力の算出にあたり、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 3.5-6 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）

$\rho$  : 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3.5-6 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 $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	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 <sup>2</sup> )	46.6
抗力が作用する投影面積（鉛直方向） $A_V$ (m <sup>2</sup> )	27.0
抗力（水平方向） $F_{DH}$ (N)	48238
抗力（鉛直方向） $F_{DV}$ (N)	27949

注記\* : 「港湾の施設の技術上の基準・同解説（日本港湾協会，2007年）」より保守的に最大となる値を設定

(6) 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 $\tau_P$ は次式より求める。図3.5-4に鋼板の計算モデル図を示す。また、算定条件を表3.5-7に示す。

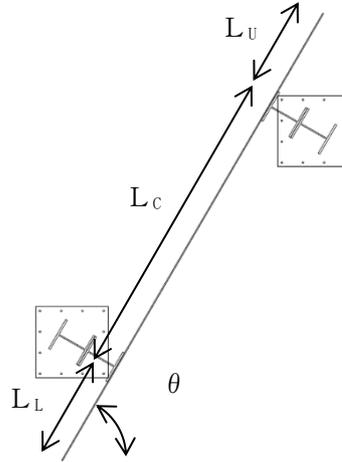


図3.5-4 鋼板の計算モデル図

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

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

$$+ \sqrt{(F_H \cdot \sin \theta)^2 + (F_V \cdot \cos \theta)^2} - g \cdot \gamma \cdot t_p \cdot \cos \theta$$

$$F_H = C_{H1} \cdot g \cdot \left( \gamma \cdot t_p + \frac{2 \cdot M_{111}}{L_B \cdot (L_U + L_C + L_L) \cdot \sin \theta} \right)$$

$$F_V = C_{V1} \cdot g \cdot \left( \gamma \cdot t_p + \frac{2 \cdot M_{113}}{L_B \cdot (L_U + L_C + L_L) \cdot \cos \theta} \right)$$

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

$Q_P$  : 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

$\theta$  : 鋼板の取付角度 (仰角)

$W_P$  : 鋼板の全幅  
 $H_P$  : 鋼板の全高  
 $F_H$  : 地震により生じる水平方向荷重  
 $F_V$  : 地震により生じる鉛直方向荷重  
 $g$  : 重力加速度 (=9.80665)  
 $C_{H1}$  : 水平方向設計震度 (水平NS方向)  
 $C_V$  : 鉛直方向設計震度  
 $\gamma$  : 鋼板の密度  
 $t_P$  : 鋼板の厚み  
 $M_{111}$  : 水の付加質量の有効質量 (水平NS方向)  
 $M_{113}$  : 水の付加質量の有効質量 (鉛直方向)  
 $\tau_P$  : 鋼板に発生するせん断応力  
 $A_{WP}$  : 鋼板のせん断断面積

表3.5-7 鋼板に発生するせん断力及びせん断応力の算定条件

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 $\theta$ (°)	
鋼板の全幅 $W_P$ (mm)	8600
鋼板の全高さ $H_P$ (mm)	6170
鋼板の密度 $\gamma$ (kg/mm <sup>3</sup> )	$7.98 \times 10^{-6}$
鋼板の厚み $t_P$ (mm)	12
水の付加質量の有効質量 (水平NS方向) $M_{111}$ (kg)	26024
水の付加質量の有効質量 (鉛直方向) $M_{113}$ (kg)	8573
鋼板のせん断断面積 $A_{WP}$ (mm <sup>2</sup> )	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  $\sigma_P$  は次式より求める。また、算定条件を表 3.5-8 に示す。

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

$$\sigma_P = \frac{M_P}{Z_P}$$

$$Z_P = \frac{1000 \cdot t_P^2}{6}$$

$M_P$  : 鋼板に発生する曲げモーメント

$\sigma_P$  : 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3.5-8 鋼板に発生する曲げモーメント及び曲げ応力の算定条件

項目	循環水ポンプ 渦防止板
鋼板の厚み $t_P$ (mm)	12
鋼板の断面係数 $Z_P$ (mm <sup>3</sup> )	24000

(7) 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力により発生するせん断力  $Q_{B1}$ 、 $Q_{B3}$  及びせん断応力  $\tau_{B1}$  は次式より求める。図3.5-5に支持梁の計算モデル図を示す。また、算定条件を表3.5-9に示す。

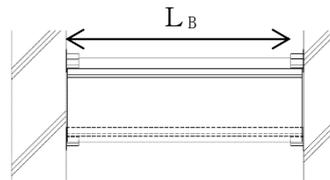


図3.5-5 支持梁の計算モデル図

$$Q_{B1} = \left\{ Q_{P1} \cdot L_B + \sqrt{(C_H \cdot g \cdot w_B \cdot \sin \theta)^2 + (C_V \cdot g \cdot w_B \cdot \cos \theta)^2} - g \cdot w_B \cdot \cos \theta \right\} \times \frac{L_B}{2}$$

$$Q_{B3} = \left\{ (F_{DH} \cdot \cos \theta + F_{DV} \cdot \sin \theta) / (W_P \cdot H_P) \right.$$

$$\left. + \sqrt{(F_H \cdot \cos \theta)^2 + (F_V \cdot \sin \theta)^2} + g \cdot \gamma \cdot t_p \cdot \sin \theta \right\} \times \frac{L_B}{2}$$

$$\tau_{B1} = \frac{Q_{B1}}{A_{WB1}}$$

$$\tau_{B3} = \frac{Q_{B3}}{A_{WB3}}$$

$$\tau_B = \sqrt{\tau_{B1}^2 + \tau_{B3}^2}$$

- $Q_{B1}, Q_{B3}$  : 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  
 $\tau_{Bi}$  : 支持梁に発生するせん断応力  
 $A_{WB_i}$  : 支持梁のせん断断面積

表 3.5-9 支持梁に発生するせん断力及びせん断応力の算定条件

項目	循環水ポンプ 渦防止板
支持梁の長さ $L_B$ (mm)	8600
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 $A_{WB1}$ (mm <sup>2</sup> )	4344
支持梁のせん断断面積 $A_{WB3}$ (mm <sup>2</sup> )	15200

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  $M_{B_i}$  及び曲げ応力  $\sigma_B$  は次式より求める。また、算定条件を表 3.5-10 に示す。

$$M_{B_i} = \frac{Q_{B_i} \cdot L_B}{2}$$

$$\sigma_{B_i} = \frac{M_{B_i}}{Z_{B_i}}$$

$$\sigma_B = \sqrt{\sigma_{B1}^2 + \sigma_{B3}^2}$$

$$Z_{B1} = \frac{\{H_B^3 \cdot B_B - (H_B - 2 \cdot t_{flg})^3 \cdot (B_B - t_{web})\}}{12 H_B / 2}$$

$$Z_{B3} = \frac{\{2 \cdot B_B^3 \cdot t_{flg} + t_{web}^3 \cdot (H_B - 2 \cdot t_{flg})\}}{12 B_B / 2}$$

- $M_{B_i}$  : 支持梁に発生する曲げモーメント  
 $\sigma_B$  : 支持梁に発生する曲げ応力  
 $Z_{B_i}$  : 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 3.5-10 支持梁に発生する曲げモーメント及び曲げ応力の算定条件

項目	循環水ポンプ 渦防止板
支持梁の高さ $H_B$ (mm)	400
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 $Z_{B1}$ (mm <sup>3</sup> )	2997535
支持梁の断面係数 $Z_{B3}$ (mm <sup>3</sup> )	1013593

(8) 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  $Q_{BRi}$  及びせん断応力  $\tau_{BR}$  は次式より求める。図3.5-6にブラケットの計算モデル図を示す。また、算定条件を表3.5-11に示す。

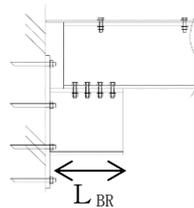


図3.5-6 ブラケットの計算モデル図

$$Q_{BRi} = Q_{Bi}$$

$$\tau_{BRi} = \frac{Q_{BRi}}{A_{WBRi}}$$

$$\tau_{BR} = \sqrt{\tau_{BR1}^2 + \tau_{BR3}^2}$$

$Q_{BRi}$  : ブラケットに作用するせん断力

$\tau_{BR}$  : ブラケットに発生するせん断応力

$A_{WBRi}$  : ブラケットのせん断断面積

表3.5-11 支持梁に作用するせん断力及びせん断応力の算定条件

項目	循環水ポンプ 渦防止板
ブラケットのせん断断面積 $A_{WBR1}$ ( $\text{mm}^2$ )	4344
ブラケットのせん断断面積 $A_{WBR3}$ ( $\text{mm}^2$ )	15200

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 $M_{BRi}$ 及び曲げ応力 $\sigma_{BR}$ は次式より求める。

また、算定条件を表 3.5-12 に示す。

$$M_{BR1} = Q_{BR1} \cdot L_{BR}$$

$$\sigma_{BR1} = \frac{M_{BR1}}{Z_{BR1}}$$

$$\sigma_{BR} = \sqrt{\sigma_{BR1}^2 + \sigma_{BR3}^2}$$

$$Z_{BR1} = \frac{\{H_{BR}^3 \cdot B_{BR} - (H_{BR} - 2 \cdot t_{BRflg})^3 \cdot (B_{BR} - t_{BRweb})\}}{12 H_{BR}/2}$$

$$Z_{BR3} = \frac{\{2 \cdot B_B^3 \cdot t_{flg} + t_{web}^3 \cdot (H_B - 2 \cdot t_{flg})\}}{12 B_B/2}$$

$M_{BRi}$ : ブラケットに発生する曲げモーメント

$\sigma_{BR}$ : ブラケットに発生する曲げ応力

$L_{BR}$ : ブラケットの長さ

$Z_{BRi}$ : 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3.5-12 ブラケットに作用する曲げモーメント及び曲げ応力の算定条件

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 $Z_{BR1}$ (mm <sup>3</sup> )	2997535
ブラケットの断面係数 $Z_{BR3}$ (mm <sup>3</sup> )	1013593

(9) 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、取付ボルト①の引張力  $N_{b1}$  及び引張応力  $\sigma_{b1}$  は次式より求める。また、算定条件を表3.5-13に示す。

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

$$\sigma_{b1} = \frac{N_{b1}}{A_{b1}}$$

$N_{b1}$  : 取付ボルト①に作用する引張力

$\sigma_{b1}$  : 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3.5-13 取付ボルト①に発生する引張力及び引張応力の算定条件

項目	循環水ポンプ 渦防止板
取付ボルト①の呼び径	M20
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 <sup>2</sup> )	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  $\tau_{b1}$  は、次式より求める。

$$Q_{b1} = \left\{ (F_{DH} \cdot \cos \theta - F_{DV} \cdot \sin \theta) + \left( \sqrt{(F_H \cdot \cos \theta)^2 + (F_V \cdot \sin \theta)^2} + \gamma \cdot t_p \cdot \sin \theta \right) \right\} / n_{b1t}$$

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

$Q_{b1}$  : 取付ボルト①に作用するせん断力

$\tau_{b1}$  : 取付ボルト①に発生するせん断応力

(10) 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 $\sigma_{b2}$ は次式より求める。また、算定条件を表3.5-14に示す。

$$N_{b2} = \frac{Q_B}{n_{b2}}$$

$$\sigma_{b2} = \frac{N_{b2}}{A_{b2}}$$

$N_{b2}$  : 取付ボルト②に作用する引張力

$\sigma_{b2}$  : 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3.5-14 取付ボルト②に発生する引張力及び引張応力の算定条件

項目	循環水ポンプ 渦防止板
取付ボルト②の呼び径	M20
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 <sup>2</sup> )	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 $\tau_{b2}$ は、次式より求める。

$$Q_{b2} = \frac{Q_{BR3}}{n_{b2}}$$

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

$Q_{b2}$  : 取付ボルト②に作用するせん断力

$\tau_{b2}$  : 取付ボルト②に発生するせん断応力

(11) 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  $N_{Ab}$  及び引張応力  $\sigma_{Ab}$  は次式より求める。図 3.5-7 に基礎ボルトの計算モデル図を示す。また、算定条件を表 3.5-15 に示す。

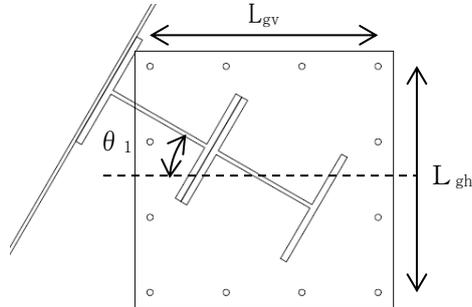


図 3.5-7 基礎ボルトの計算モデル図

$$N_{Ab} = \frac{M_{BR3} \cdot \sin \theta_1}{n_{av} \cdot L_{gh}} + \frac{M_{BR1} \cdot \cos \theta_1}{n_{ah} \cdot L_{gv}}$$

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

$N_{Ab}$  : 基礎ボルトに作用する引張力

$L_{gh}$  : 水平方向の基礎ボルト距離

$L_{gv}$  : 鉛直方向の基礎ボルト距離

$n_{ah}$  : 水平方向に並ぶ基礎ボルト本数 (引張群力側)

$n_{av}$  : 鉛直方向に並ぶ基礎ボルト本数 (引張群力側)

$\sigma_{Ab}$  : 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の算定条件

項目	循環水ポンプ 渦防止板
水平方向の基礎ボルト距離 $L_{gh}$ (mm)	
鉛直方向の基礎ボルト距離 $L_{gv}$ (mm)	
水平方向に並ぶ基礎ボルト本数 (引張群力側) $n_{ah}$ (本)	
鉛直方向に並ぶ基礎ボルト本数 (引張群力側) $n_{av}$ (本)	
支持梁と基礎部の芯ずれ角度 $\theta_1$ (°)	
基礎ボルトの呼び径	M20
基礎ボルトの断面積 $A_{Ab}$ (mm <sup>2</sup> )	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 $\tau_{Ab}$ は次式より求める。また、算定条件を表 3.5-16 に示す。

$$Q_{Ab} = \frac{\sqrt{Q_{BR1}^2 + Q_{BR3}^2}}{n_{Ab}}$$

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

$Q_{Ab}$  : 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

$\tau_{Ab}$  : 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の算定条件

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)	

(12) 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、津波発生時の荷重及び余震荷重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

循環水ポンプ 渦防止板	評価部位	材料	項目	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
	鋼板			せん断	1
曲げ				184	202
組合せ				184	202
支持梁			せん断	15	102
			曲げ	122	175
			組合せ	127	175
ブラケット			せん断	15	102
			曲げ	27	175
			組合せ	37	175
取付ボルト①			引張	25	132
			せん断	8	76
取付ボルト②			引張	7	132
			せん断	6	76
基礎ボルト			引張	75	132
			せん断	27	102

### 4.3 燃料等輸送船の係留索の耐力

### 4.3 燃料等輸送船の係留索の耐力

#### 1. 概要

燃料輸送船及びL L W輸送船（以下「燃料等輸送船」という。）は、来襲までに時間的余裕がある津波の場合は緊急退避するが、来襲までに時間的余裕がない津波の場合は荷揚場に係留することとなる。したがって、係留索の耐力（以下「係留力」という。）について評価を実施する。

係留索については、船舶の大きさから一定の算式によって計算される数値（艀装数）に応じた仕様（強度、本数）のものを有するように、日本海事協会（NK）の鋼船規則において定められている。

本書では、燃料等輸送船が備えている係留力及び津波による流圧力を石油会社国際海事評議会 OCIMF（Oil Companies International Marine Forum）刊行“Mooring Equipment Guidelines”の手法を用いて算出し、係留索の耐力評価を行う。なお、同書は船舶の係留方法・係留設備に関わる要求事項を規定するものであり、流圧力の評価については大型タンカーを主たる適用対象としているが、燃料等輸送船は大型タンカーと同じ1軸船であり、水線下の形状が類似しているため、同評価を燃料等輸送船に適用する。

#### 2. 評価

##### (1) 燃料等輸送船、係留索及び係船柱の仕様

燃料等輸送船及び係留索の仕様を表 4.3-1 に、係船柱の仕様を表 4.3-2 にそれぞれ示す。また、燃料輸送船の配置例及び係船柱の位置を図 4.3-1 に示す。係留にあたっては、燃料輸送船の位置及び係留索の水平角を固定するため、船首側及び船尾側に各2本ずつ（計4本）係留索を使用する。

L L W輸送船は燃料輸送船と同様に津波来襲時に荷揚場へ係留することとなるが、表 4.3-1 に示すとおり輸送船仕様は燃料輸送船と同等である。また、係留索の仕様のうち耐力評価に使用する係船機ブレーキ力は燃料輸送船の値を上回っていることから、燃料輸送船を代表に評価する。

##### (2) 津波条件（流向、水位、流速）

来襲までに時間的余裕がなく、燃料輸送船を離岸できない海域活断層から想定される地震による津波（基準津波4）を対象に津波条件を設定する。

海域活断層から想定される地震による津波（基準津波4）による荷揚場近傍の流向は、図 4.3-2 に例示するとおり、荷揚場に対する接線方向の成分が支配的となる。これに対し、燃料輸送船は荷揚場と平行して接岸されることから、燃料輸送船の船首及び船尾方向の流圧力に対する係留力について評価を実施する。

一方、海域活断層から想定される地震による津波（基準津波4）の荷揚場近傍における水位及び接線方向成分の流速は、図 4.3-3 のとおりとなる。この図より、地震発生後、押し波が5分程度継続した後、引き波に転じ約6分で第一波の最低点に達し、この時の流速が最大の2.3m/sに達することが分かる。

なお、図 4.3-3 に示した津波の流速は、防波堤の損傷を想定した場合における流速であり、防波堤の損傷を想定しない場合（防波堤健全の条件）でも、接線方向成分の流速は、図 4.3-4 に示すとおり、流速条件は防波堤損傷状態における流速と同程度である。

### (3) 係留力

係留力の計算方法を表 4.3-3 に、計算結果を表 4.3-4、図 4.3-5 及び図 4.3-6 にそれぞれ示す。

### (4) 流圧力

流圧力の計算方法を表 4.3-5 に示す。また、前項で算出した係留力との比較結果を図 4.3-7 に示す。

## 3. 結論

津波（最大流速 2.3m/s）による流圧力に対し、係留力（約 23.1tonf, 約 21.7tonf）が上回ることを確認した。

表 4.3-1 燃料等輸送船及び係留索の仕様

項目		仕様	
		燃料輸送船	L L W輸送船
輸送船	総トン数	約 5,000 トン	約 4,600 トン
	載貨重量トン	約 3,000t	約 3,000t
	喫水	約 5m	約 5m
	全長	100.0m (垂線間長 : 94.4m)	99.95m
	型幅	16.5m	16.5m
	形状	(図 4.3-1 参照)	—
	船殻構造	二重構造	二重構造
	船底構造	二重構造	二重構造
船型	船首楼・ 船尾楼付平甲板船	船首楼・ 船尾楼付平甲板船	
係留索	直径	60mm (ノミナル値)	60mm
	素材種別	Polyethylene Rope Grade 1	ポリプロピレン/ ポリエステル混紡
	破断荷重	279kN (キロニュートン) =28.5tonf	348kN (キロニュートン) =35.5tonf
	係船機ブレーキ 力	28.5tonf×0.7≒20.0tonf	35.5tonf×0.7≒25.0tonf

表 4.3-2 係船柱の仕様

項目		仕様
係船柱	形状	(図 4.3-1 参照)
	ビット数, 位置	(図 4.3-1 参照)
	係留状態	(図 4.3-1 参照)
	強度	25t

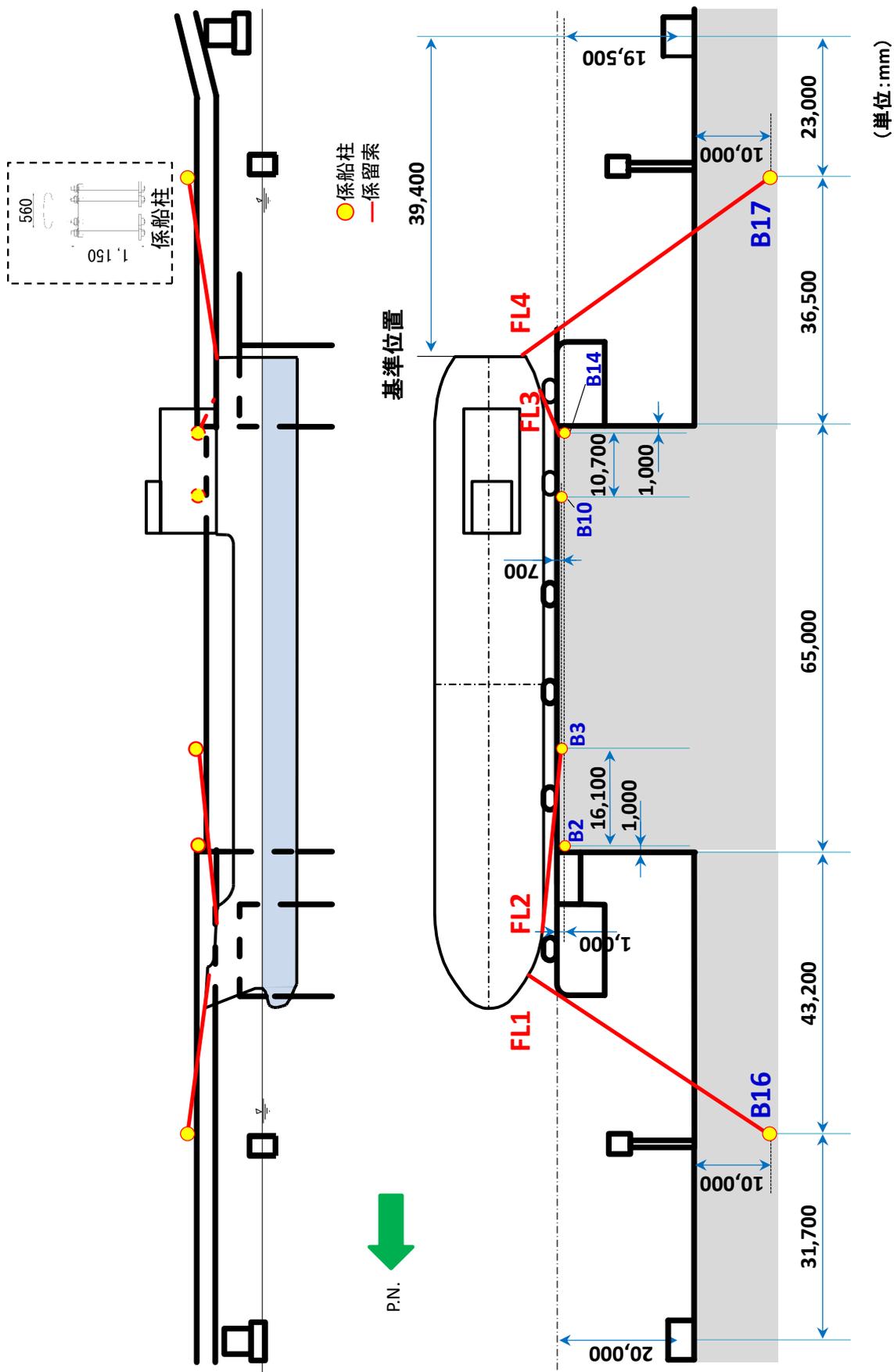
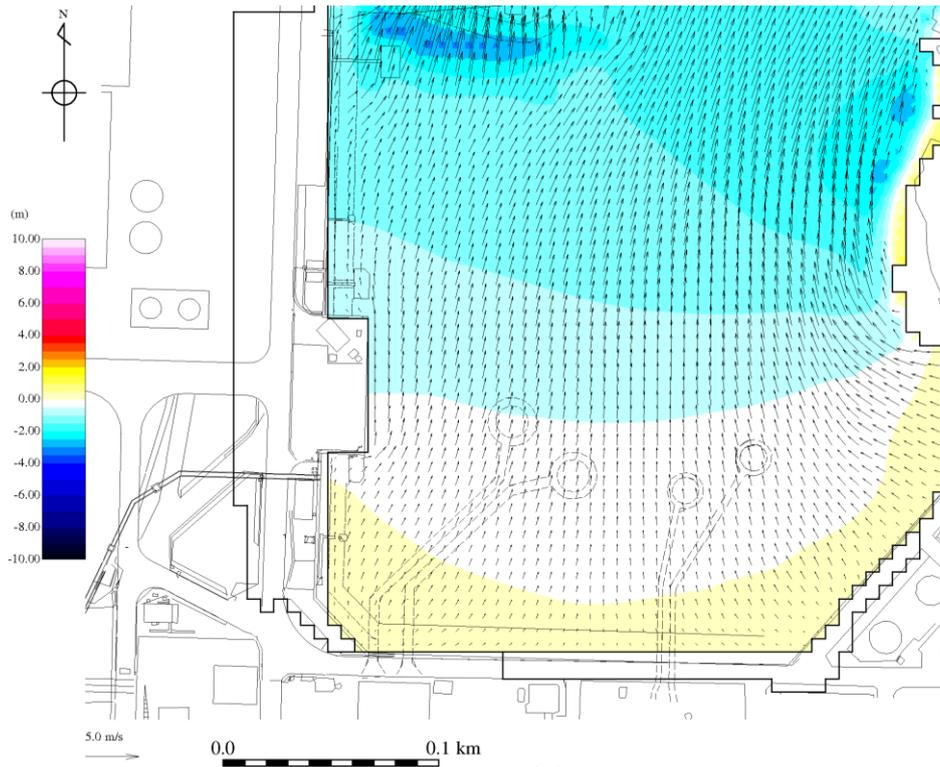
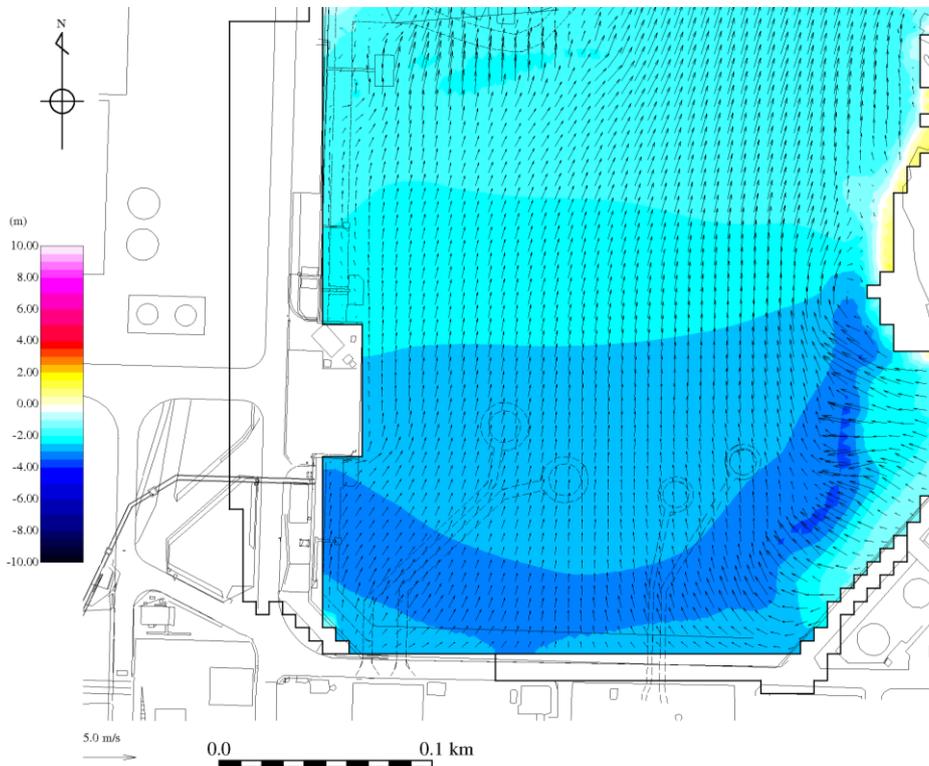


図 4.3-1 燃料輸送船, 係留索及び係船柱の配置



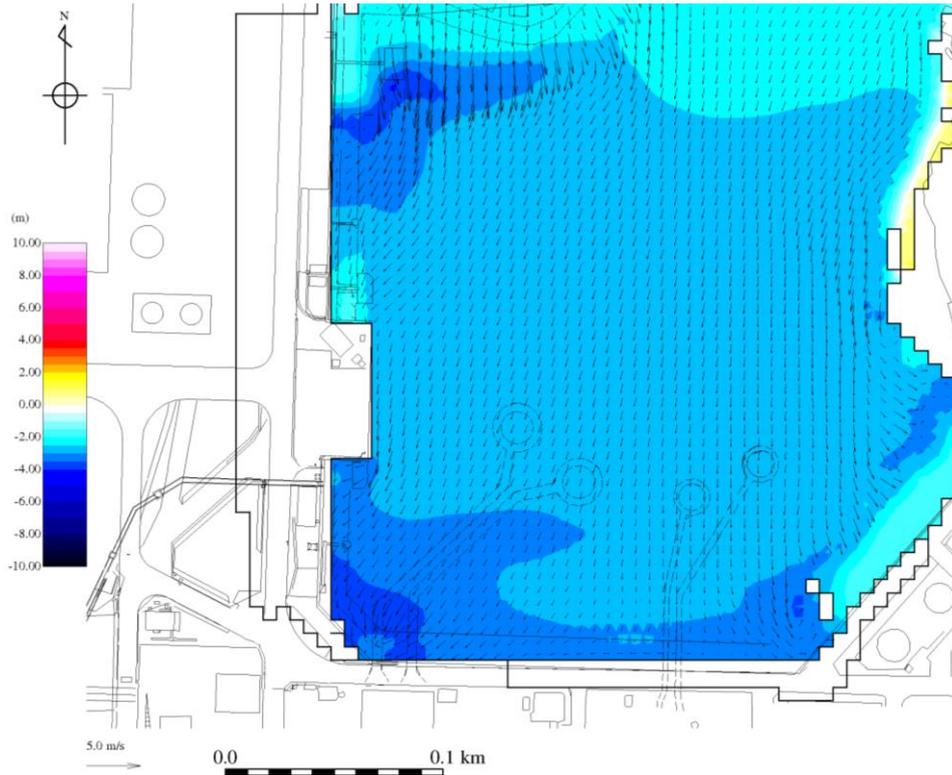
(地震発生後 5 分 50 秒後)

図 4.3-2(1) 基準津波 4 の流向



(地震発生後 6 分 10 秒後)

図 4.3-2(2) 基準津波 4 の流向



(地震発生後 6 分 50 秒後)

図 4.3-2(3) 基準津波 4 の流向

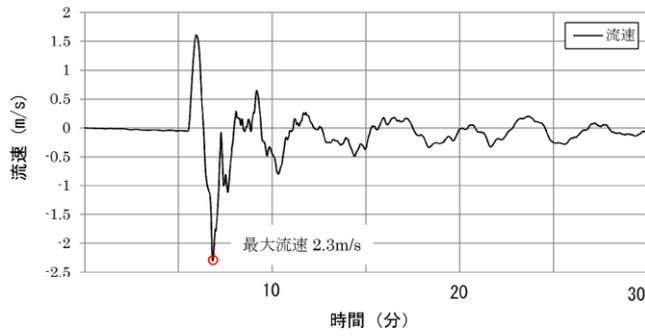
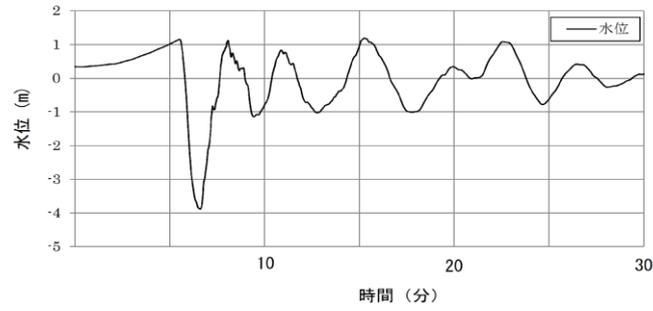


図 4.3-3 基準津波 4 の流速 (荷揚場近傍)

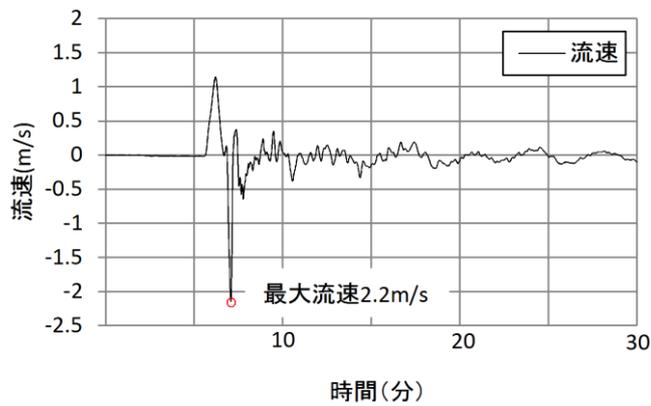
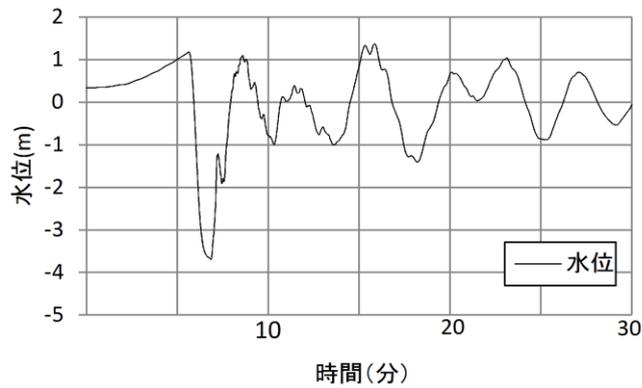


図 4.3-4 防波堤健全時における基準津波 4 の流速 (荷揚場近傍)

表 4.3-3 係留力の計算方法

<p>【各索の係留力計算式】</p> $R_x = T \times \left( \frac{\cos^2 \beta \times \cos^2 \theta}{L} \right) \times \left( \frac{L_c}{\cos \beta_c \times \cos \theta_c} \right)$	
<p>R<sub>x</sub> : 前後係留力 (tonf) (前方は添字 f, 後方は添字 a)</p> <p>T : 係留索 1 本に掛けることができる最大張力 (tonf)</p> <p>β : 係留索水平角 (岸壁平行線となす角度) (deg)</p> <p>θ : 係留索の仰角 (deg)</p> <p>L : 係留索の長さ (船外+船内) (m)</p> <p>β<sub>c</sub> : 各グループ*で最も負荷の大きい係留索の係留索水平角 (岸壁平行線となす角度) (deg)</p> <p>θ<sub>c</sub> : 各グループ*で最も負荷の大きい係留索の仰角 (岸壁平行線となす角度) (deg)</p> <p>L<sub>c</sub> : 各グループ*で最も負荷の大きい係留索の長さ (船外+船内) (m)</p> <p>注記* : 係留索の機能別グループ (前方係留力または後方係留力)</p>	

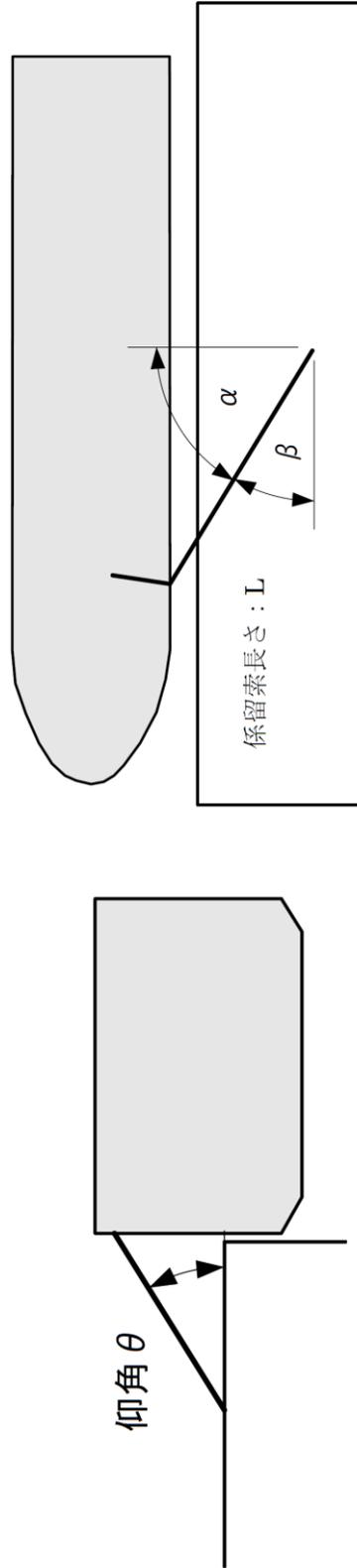
(出典 : 係留設備に関する指針 OCIMF 刊行)

表 4.3-4 係留力の計算結果

フェア リーダー	索種類	係船柱	係留索長さ (m)		係留角 (deg)		索張力 T (tonf)	係留力 前後 (tonf)	Bitt Performance (tonf)	
			船外		$\theta$	$\beta$			Bitt Load	係船柱 強度
FL1	Line1	B16	49.2		0.7	48.3	20.0	3.7	20.0	25.0
FL2	Line2	B3	19.3		3.3	-8.8	20.0	19.7	20.0	25.0
FL3	Line3	B14	13.8		3.7	14.0	20.0	19.4	20.0	25.0
FL4	Line4	B17	40.2		-0.1	-65.9	20.0	2.0	20.0	25.0

船尾方向係留力 23.1
船首方向係留力 21.7



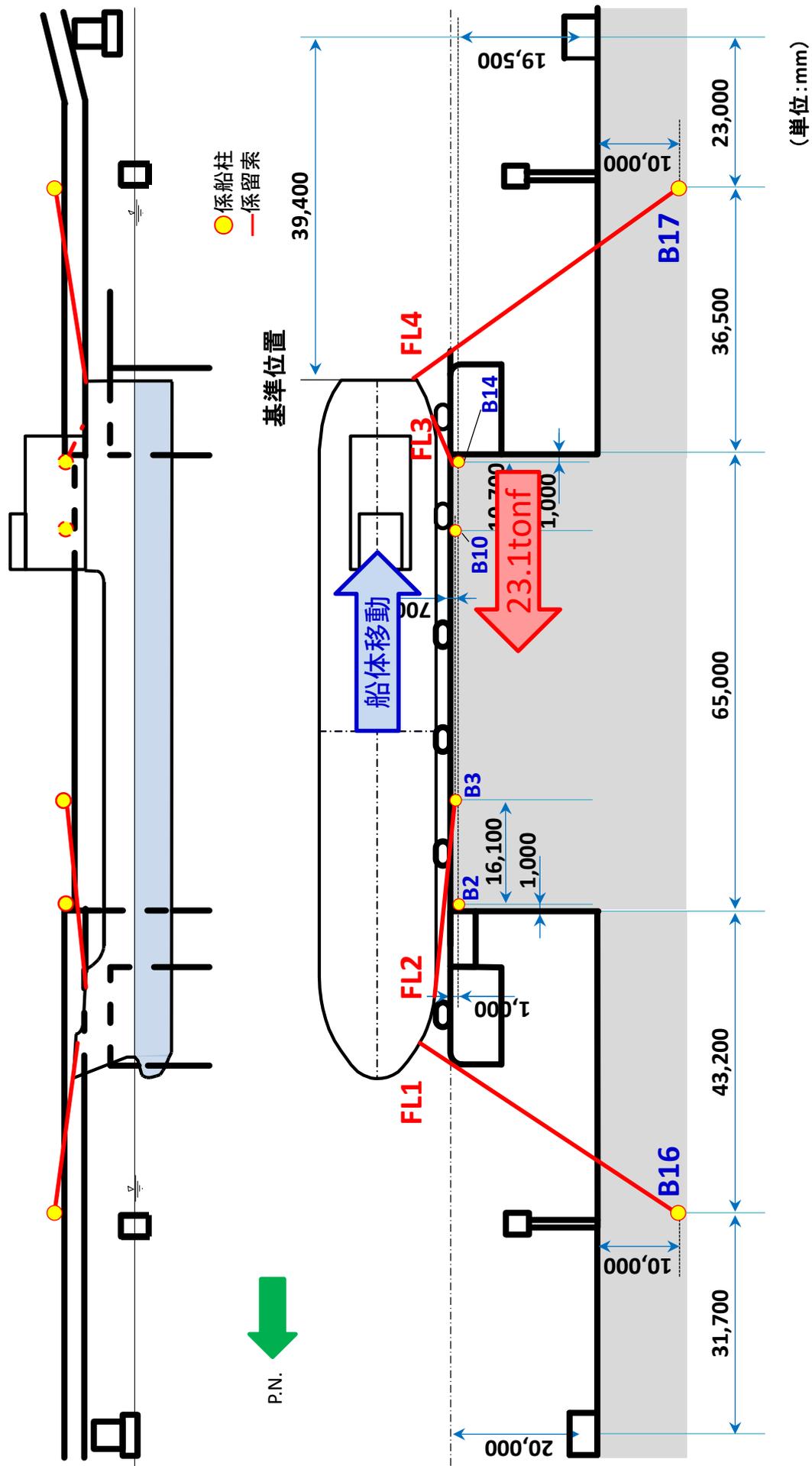


図 4.3-5 船尾方向への移動に対する船首方向係留力

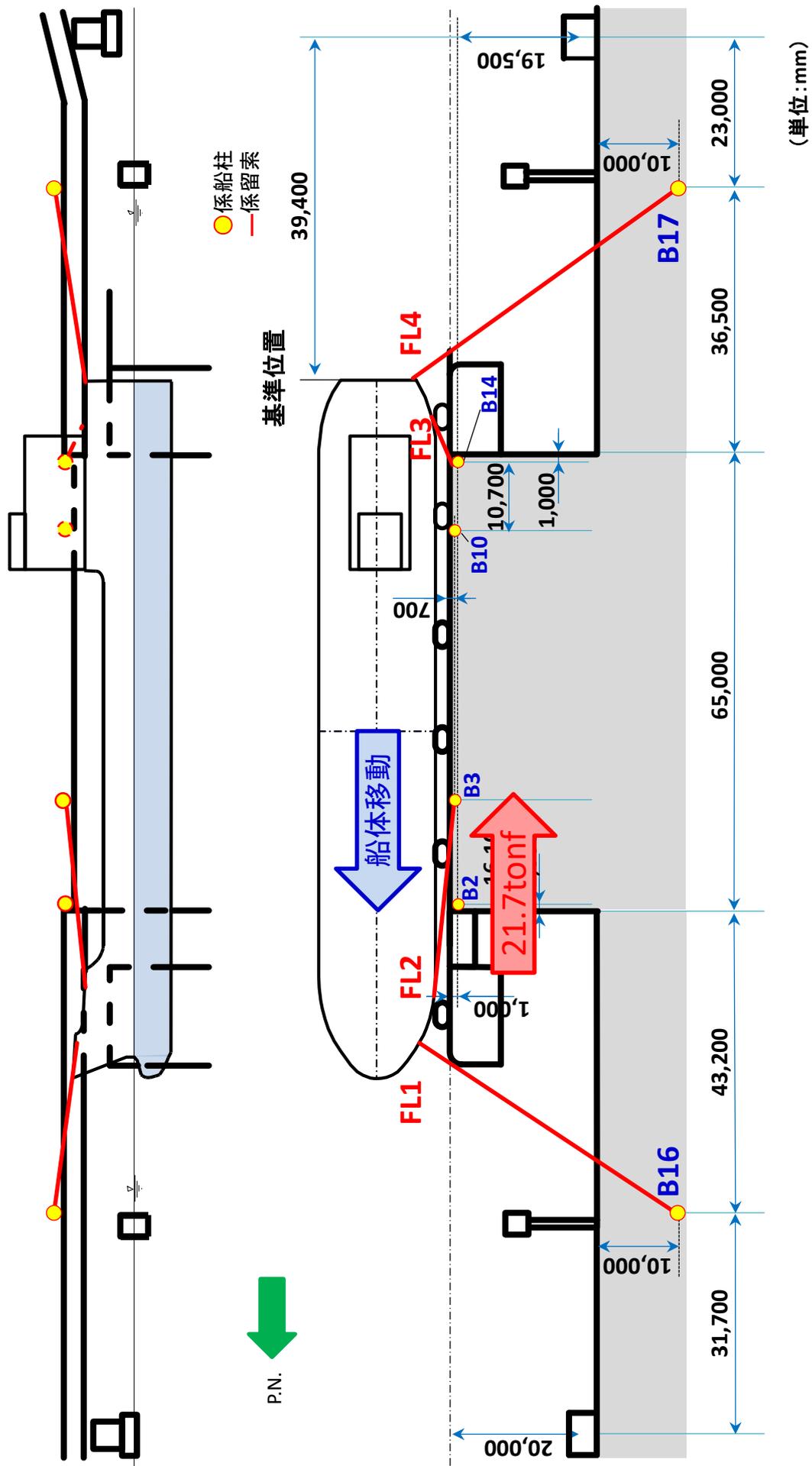
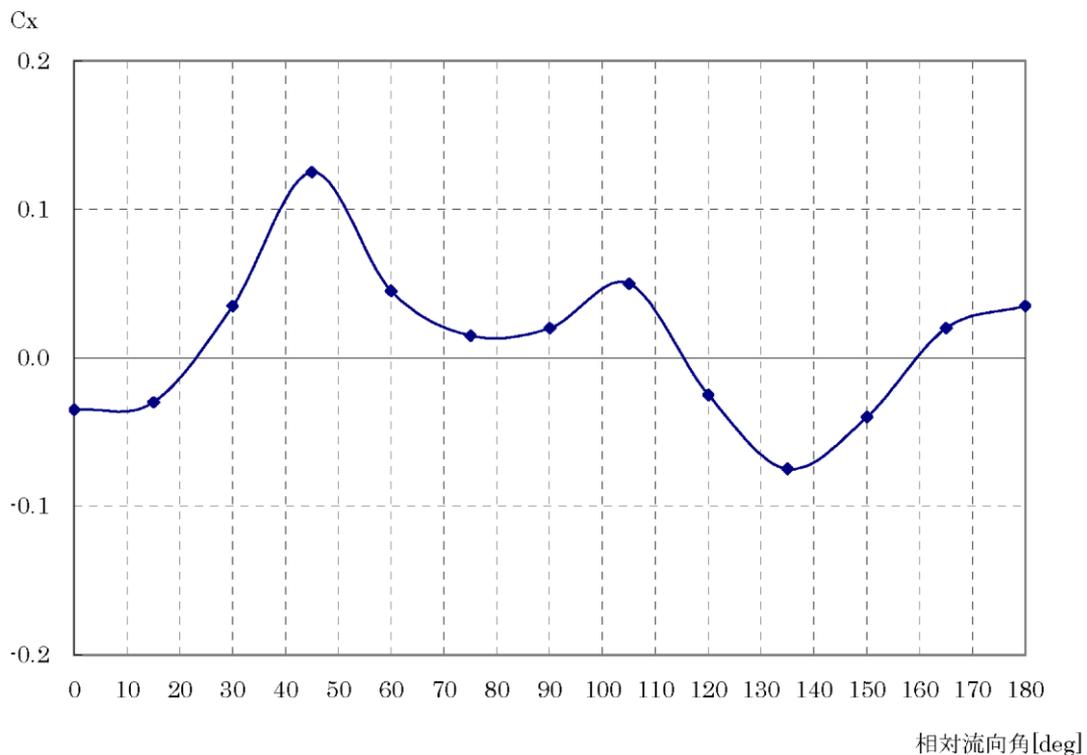


図 4.3-6 船首方向への移動に対する船尾方向係留力

表 4.3-5 流圧力の計算方法

<p>【流圧力計算式】</p> $F_{xc} = \frac{1}{2} \times C_{xc} \times \rho_c \times V_c^2 \times L_{pp} \times d$	<p><math>F_{xc}</math> : 縦方向流圧力 (kgf)</p> <p><math>C_{xc}</math> : 縦方向流圧力係数 (船尾方向 : 0.13, 船首方向 : 0.08) *</p> <p><math>V_c</math> : 流速 (m/s) (=2.3m/s)</p> <p><math>L_{pp}</math> : 垂線間長 (m) (=94.4m)</p> <p><math>d</math> : 喫水 (m) (=5.4m)</p> <p><math>\rho_c</math> : 水密度 (kg・s<sup>2</sup>/m<sup>4</sup>) (=104.5kg・s<sup>2</sup>/m<sup>4</sup>)</p> <p>注記* : 下図より, 船尾方向流圧力の算出には相対流向角 0° ~90° における最大値(絶対値)を, 船首方向流圧力の算出には相対流向角 90° ~180° における最大値(絶対値)を用いて安全側に計算を行う</p>
--	--

(出典 : 係留設備に関する指針 OCIMF 刊行)



(出典 : VLCC における風圧及び流圧の予測 OCIMF 刊行)



## 5.5 屋外タンク等からの溢水評価

## 5.5 屋外タンク等からの溢水評価

屋外タンク等の溢水として、地震による損傷が否定できない屋外タンク等からの溢水を考慮し、原子炉建物、タービン建物、廃棄物処理建物等の浸水防護重点化範囲を内包する建物に及ぼす影響を評価する。島根2号機構内で実施している第3系統直流電源設備設置工事等の安全対策に伴う掘削箇所への屋外タンク等の破損によって生じる溢水の流入を含めた評価の詳細はVI-1-1-9-4「溢水影響に関する評価」に示す。

### 5.5.1 評価条件

島根原子力発電所の敷地内に設置されている屋外タンク等のうち溢水源とする屋外タンク等を図5.5-1に示す選定フローにより抽出した。抽出結果及び抽出した屋外タンク等の配置図を表5.5-1及び図5.5-2に示す。また、評価の前提条件として以下を考慮する。

- (1) 輪谷貯水槽（東側）は基準地震動 $S_s$ によって生じるスロッシングをスロッシング解析の溢水量（時刻歴）で模擬する。
- (2) 復水貯蔵タンク、補助復水貯蔵タンク及びトーラス水受入タンクは地震による損傷をタンクに接続するすべての配管の完全全周破断を模擬する。
- (3) その他溢水源は地震による損傷をタンク側板全周が瞬時に消失するものとして模擬する。
- (4) 構内排水路による排水機能及び敷地外への排出は期待しない。

### 5.5.2 溢水評価

屋外タンク等の破損により生じる溢水については、溢水源として屋外に設置されたタンク等を挙げた上で、浸水防護重点化範囲への影響評価を実施した。

代表箇所における浸水深の時刻歴を図5.5-3に、最大浸水深を表5.5-2に示す。

### 5.5.3 評価結果

以下に示すとおり、屋外タンク等の破損により生じる溢水が、浸水防護重点化範囲へ影響を与えることがないことを確認した。

- ・原子炉建物、廃棄物処理建物及びB-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽については、各扉付近の開口部の下端高さが溢水水位より高い位置にある。
- ・タービン建物については、外壁にある扉付近の水位が最大で0.48mであり、扉の設置位置（開口部下端高さ0.4m）を超えるが、開口部下端高さを超える水位の継続時間が短く、浸水深、開口部形状及び継続時間から水理公式（堰の越流量公式）\*を用いて算出した溢水量は約1m<sup>3</sup>と少量であり、タービン建物の空間容積に対し、十分に小さい。また、タービン建物には浸水により機能喪失する設備が設置されていない。
- ・取水槽海水ポンプエリアについては防水壁を設置することにより、浸水を防止している。

・A-ディーゼル燃料移送ポンプ及び HPCS-ディーゼル燃料移送ポンプを設置するディーゼル燃料移送ポンプピットについては, 防水壁及び水密扉を設置することにより, 浸水を防止している。

注記\* : 計算の詳細については別紙参照

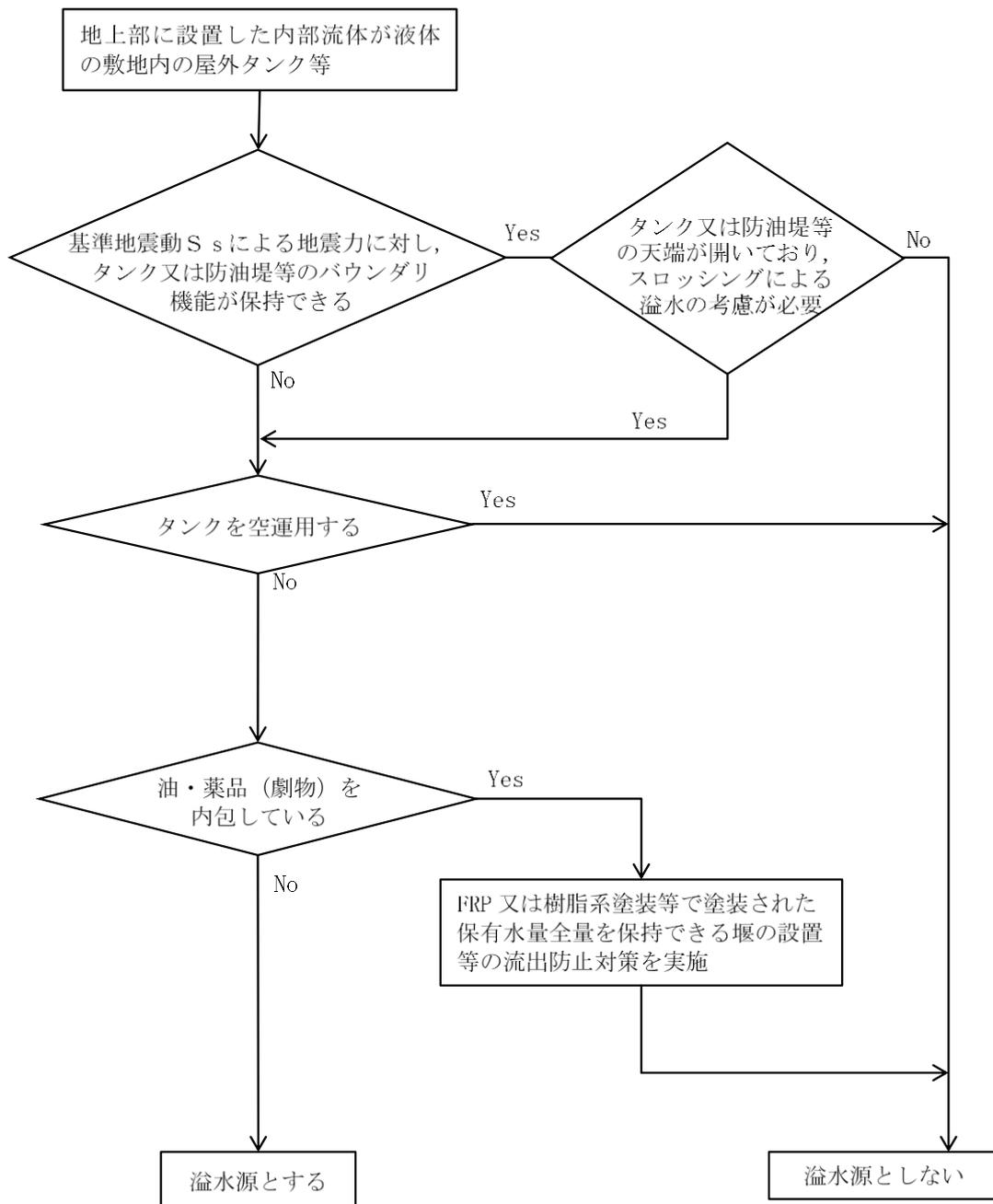


図 5.5-1 溢水源とする屋外タンク等の選定フロー

表 5.5-1 溢水源とする屋外タンク等(1/3)

No	名称	保有水量 (m <sup>3</sup> )	溢水伝播挙動 評価に用いる 溢水量 (m <sup>3</sup> ) *1	配置 No	保有水量 20m <sup>3</sup> 以上 (山間部除く) の屋外タンク等	エリア No	合計 保有水量 (m <sup>3</sup> )	溢水伝播挙動 評価に用いる 合計溢水量 (m <sup>3</sup> ) *4
1	雑用水タンク	33	49	25	○	エリア ①	16,368	9,526 (8,486)
2	宇中系統中継水槽 (西山水槽)	30	45	26	○			
3	碓子水洗タンク	146	161	22	○			
4	ガスタービン発電機用軽油タンク 用消火タンク	49	73	23	○			
5	A-44m 盤消火タンク	155	171	30	○			
6	B-44m 盤消火タンク	155	171	30	○			
7	輪谷貯水槽 (東側) 沈砂池	260	286	20	○			
8	原水 80t 水槽	80	120	24	○			
9	仮設水槽-1 (2号西側法面付近)	20	30	39	○			
10	仮設水槽-2 (2号西側法面付近)	20	30	40	○			
11	仮設水槽-3 (2号西側法面付近)	20	30	45	○			
12	輪谷貯水槽 (東側)	10,000	2,200*2	19	○			
13	復水貯蔵タンク	1,800	2,200*3	47	○			
14	補助復水貯蔵タンク	1,800	1,980	48	○			
15	トーラス水受入タンク	1,800	1,980	49	○			
16	泡消火薬剤貯蔵槽 (ガスタービン 発電機用軽油タンク)	1	—	n-43	—	162		
17	山林用防火水槽 (スカイライン)	50	—	n-52	—			
18	山林用防火水槽 (スカイライン)	50	—	n-52	—			
19	仮設水槽 (2号西側法面付近)	2	—	n-59	—			
20	防火水槽	20	—	n-74	—			
21	防火水槽	20	—	n-73	—			
22	鉄イオン溶解タンク (2号)	19	—	n-9	—			

表 5.5-1 溢水源とする屋外タンク等(2/3)

No	名称	保有水量 (m <sup>3</sup> )	溢水伝播挙動 評価に用いる 溢水量 (m <sup>3</sup> )*1	配置 No	保有水量 20m <sup>3</sup> 以上 (山間部 除く) の屋外 タンク等	エリア No	合計 保有水量 (m <sup>3</sup> )	溢水伝播挙動 評価に用いる 合計溢水量 (m <sup>3</sup> )*4
23	純水タンク (A)	600	660	10	○	エリア ①	7,681	8,602 (7,741)
24	純水タンク (B)	600	660	10	○			
25	2号ろ過水タンク	3,000	3,300	11	○			
26	1号除だく槽	87	131	12	○			
27	1号ろ過器	62	93	13	○			
28	2号除だく槽	102	113	14	○			
29	2号ろ過器	36	54	15	○			
30	2号濃縮槽	30	45	16	○			
31	1号ろ過水タンク	3,000	3,300	17	○			
32	74m盤受水槽 (2槽)	60	90	27	○			
33	原水受槽	42	63	31	○			
34	22m盤受水槽	30	45	37	○			
35	59m盤トイレ用水貯槽	32	48	44	○			
36	補助ボイラープロータンク	1	—	n-24	—			
37	補助ボイラー冷却水冷却塔	1	—	n-24	—			
38	C-真空脱気塔	3	—	n-28	—			
39	D-真空脱気塔	3	—	n-28	—			
40	C/D用冷却水回収槽	2	—	n-28	—			
41	凝集処理槽	19	—	n-37	—			
42	汚泥槽	6	—	n-37	—			
43	ろ過器	3	—	n-37	—			
44	薬品貯槽	1	—	n-37	—			
45	A-真空脱気塔	2	—	n-38	—			
46	B-真空脱気塔	2	—	n-38	—			
47	冷却水回収槽	2	—	n-38	—			
48	1号除だく槽排水槽	7	—	n-41	—			
49	トイレ用ろ過水貯槽	8	—	n-41	—			
50	変圧器消火水槽	306	336	4	○	エリア ③	441	539 (455)
51	電解液受槽 (1号)	22	33	5	○			
52	A-サイトバンカ建物消火タンク	46	69	18	○			
53	B-サイトバンカ建物消火タンク	46	69	18	○			
54	管理事務所4号館用消火タンク	21	32	36	○			
55	電解液受槽 (2号)	10	—	n-8	—			
56	1号海水電解装置電解槽 (循環ライン 8槽)	2	—	n-8	—			
57	2号海水電解装置電解槽 (非循環ライン 12槽)	2	—	n-8	—			
							60	

表 5.5-1 溢水源とする屋外タンク等(3/3)

No	名称	保有水量 (m <sup>3</sup> )	溢水伝播挙動 評価に用いる 溢水量 (m <sup>3</sup> )*1	配置 No	保有水量 20m <sup>3</sup> 以上 (山間部 除く) の屋外 タンク等	エリア No	合計 保有水量 (m <sup>3</sup> )	溢水伝播挙動 評価に用いる 合計溢水量 (m <sup>3</sup> )*4
58	3号ろ過水タンク (A)	1,000	1,100	1	○	エリア ④	6,979	7,735 (7,023)
59	3号純水タンク (A)	1,000	1,100	2	○			
60	消火用水タンク (A)	1,200	1,320	3	○			
61	消火用水タンク (B)	1,200	1,320	3	○			
62	3号仮設海水淡水化装置 (海水受 水槽)	25	38	29	○			
63	仮設合併処理槽	31	46	34	○			
64	3号純水タンク (B)	1,000	1,100	32	○			
65	3号ろ過水タンク (B)	1,000	1,100	33	○			
66	A-45m 盤消火タンク	155	171	38	○			
67	B-45m 盤消火タンク	155	171	38	○			
68	宇中受水槽	24	36	46	○			
69	宇中合併浄化槽 (1)	63	94	42	○			
70	宇中合併浄化槽 (2)	126	139	43	○			
71	海水電解装置脱気槽	12	—	n-13	—			
72	補助ボイラー排水処理装置 排水 pH中和槽	3	—	n-14	—			
73	重油タンク用泡原液差圧調合槽	2	—	n-15	—			
74	補助ボイラー補機冷却水薬液注入 貯槽	1	—	n-14	—			
75	ブロータンク	1	—	n-14	—			
76	排水放流槽	1	—	n-14	—			
77	訓練用模擬水槽	4	—	n-58	—			
78	3号仮設海水淡水化装置 (RO 処理 水槽)	15	—	n-76	—			
79	3号仮設海水淡水化装置 (仮設純 水槽)	5	—	n-77	—			
80	管理事務所1号館東側調整池	1,520	1,672	9	○	エリア ⑤	1,830	2,014 (1,840)
81	A-50m 盤消火タンク	155	171	28	○			
82	B-50m 盤消火タンク	155	171	28	○			
83	濁水処理装置	10	—	n-71	—			
合 計							33,589	28,416 (25,545)

注記\*1: 評価に用いる溢水量は保有水量を以下のとおり割り増した。

20m<sup>3</sup>以上100m<sup>3</sup>以下の屋外タンク等: 1.5倍

100m<sup>3</sup>を超える屋外タンク等: 1.1倍

\*2: 輪谷貯水槽のスロッシング解析値(1,778m<sup>3</sup>)を1.1倍し、切り上げた値である1,956m<sup>3</sup>を上回る2,200m<sup>3</sup>とした。

\*3: 復水貯蔵タンクの保有水量1800m<sup>3</sup>を1.1倍した値である1980m<sup>3</sup>を上回る2,200m<sup>3</sup>とした。

\*4: ()内はエリア内の溢水源とする屋外タンク等の合計保有水量を示す。ただし、輪谷貯水槽(東側)については1,956m<sup>3</sup>を合計した。

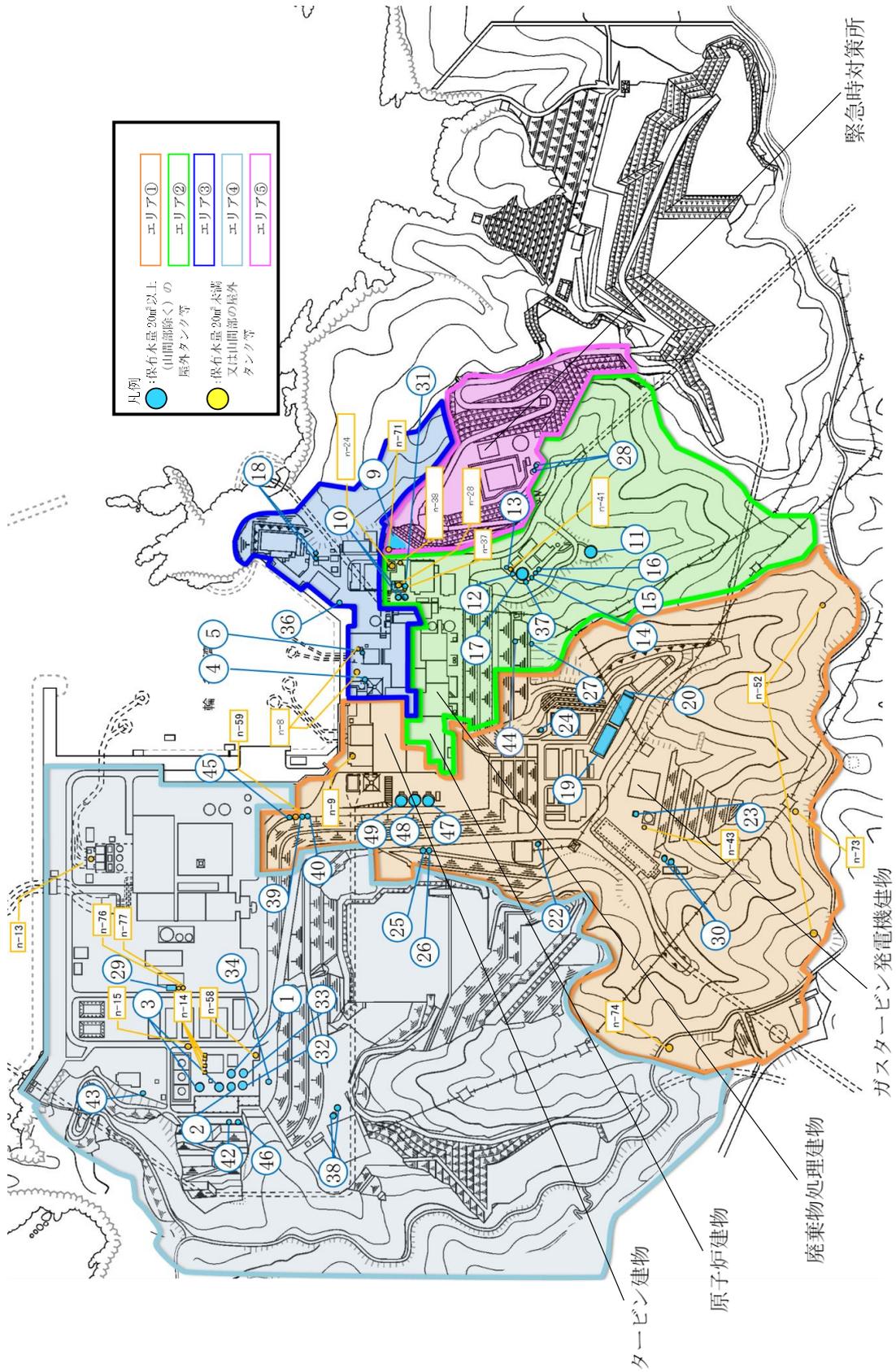


図 5.5-2 溢水源とする屋外タンク等の配置図

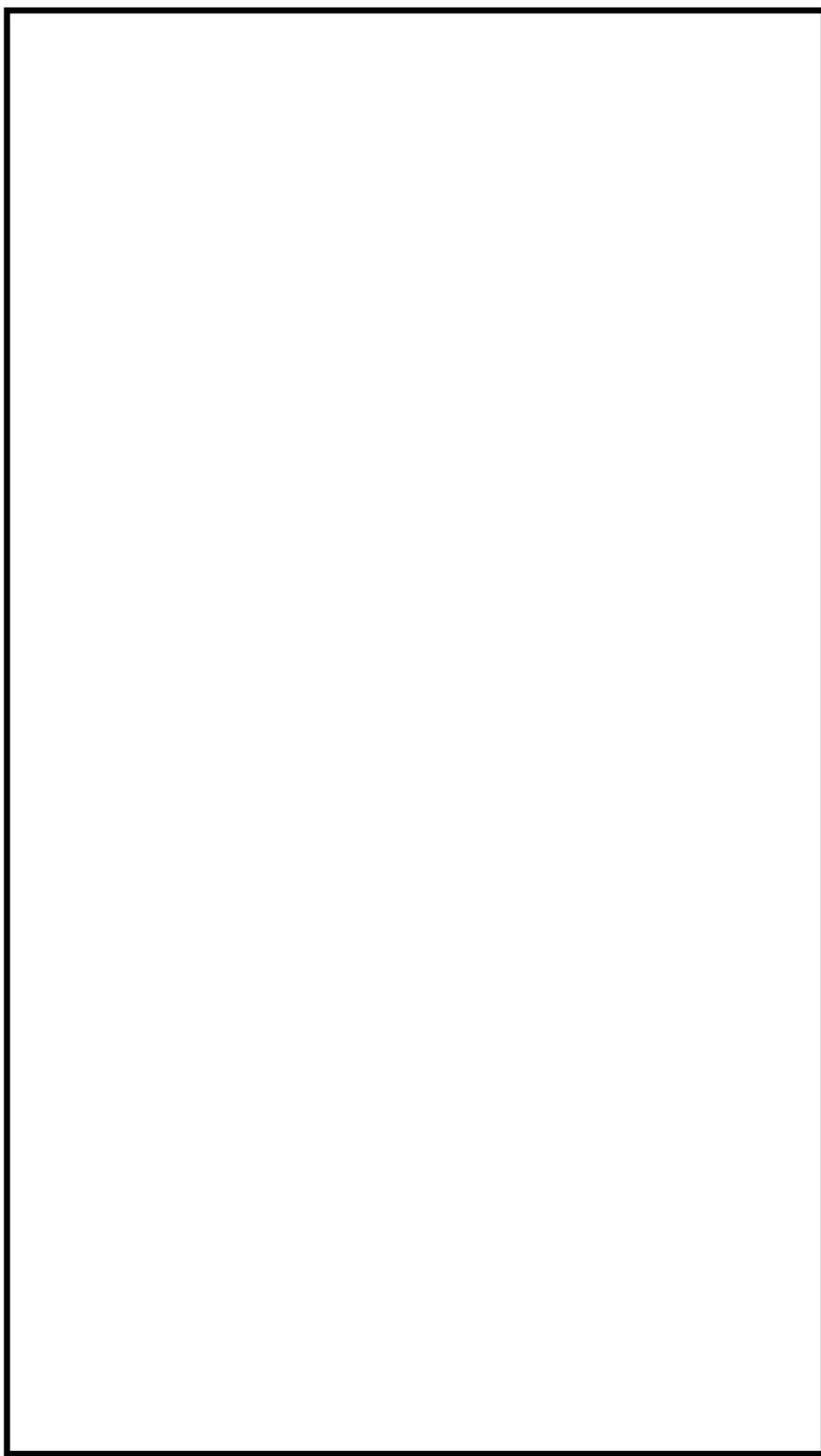


図 5.5-3 代表箇所における浸水深時刻歴(1/6)

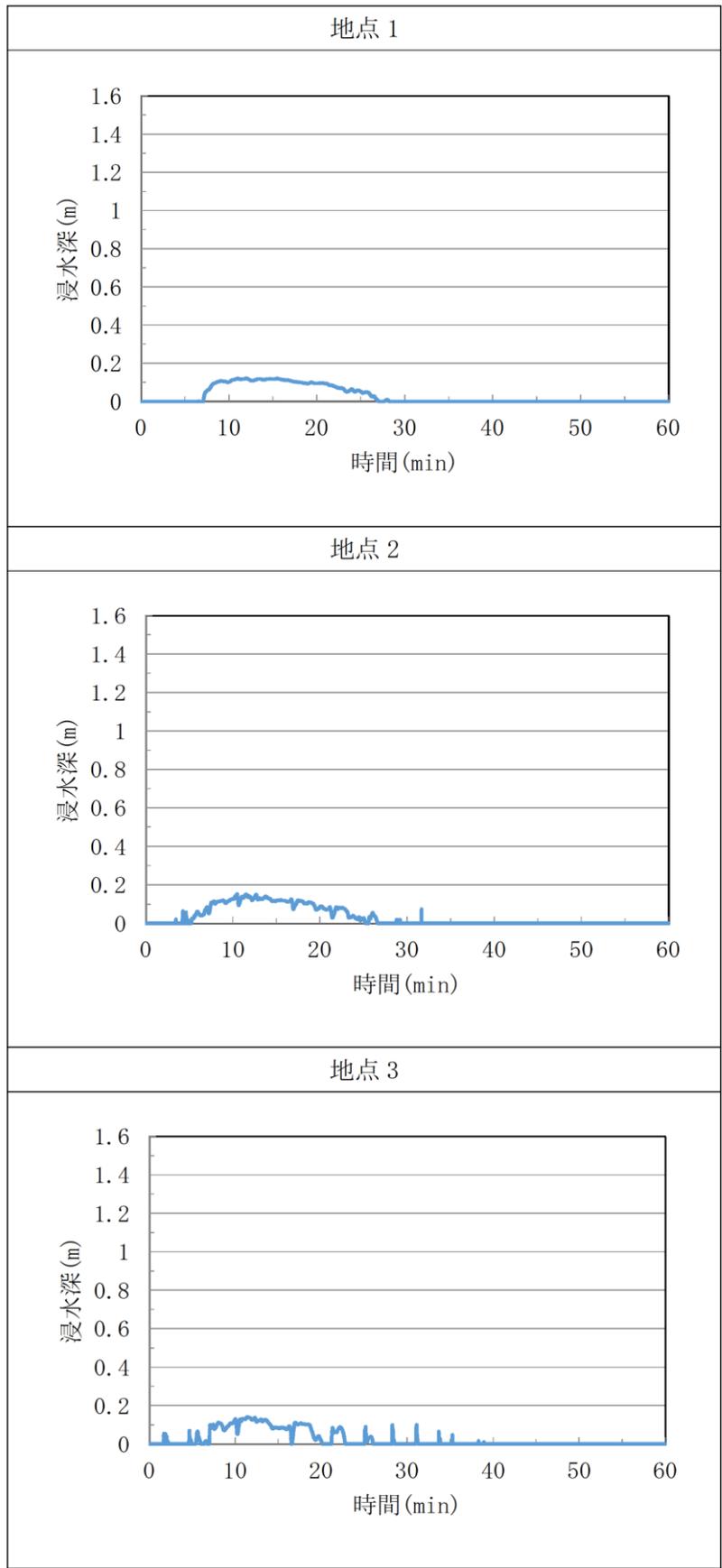


図 5.5-3 代表箇所における浸水深時刻歴(2/6)

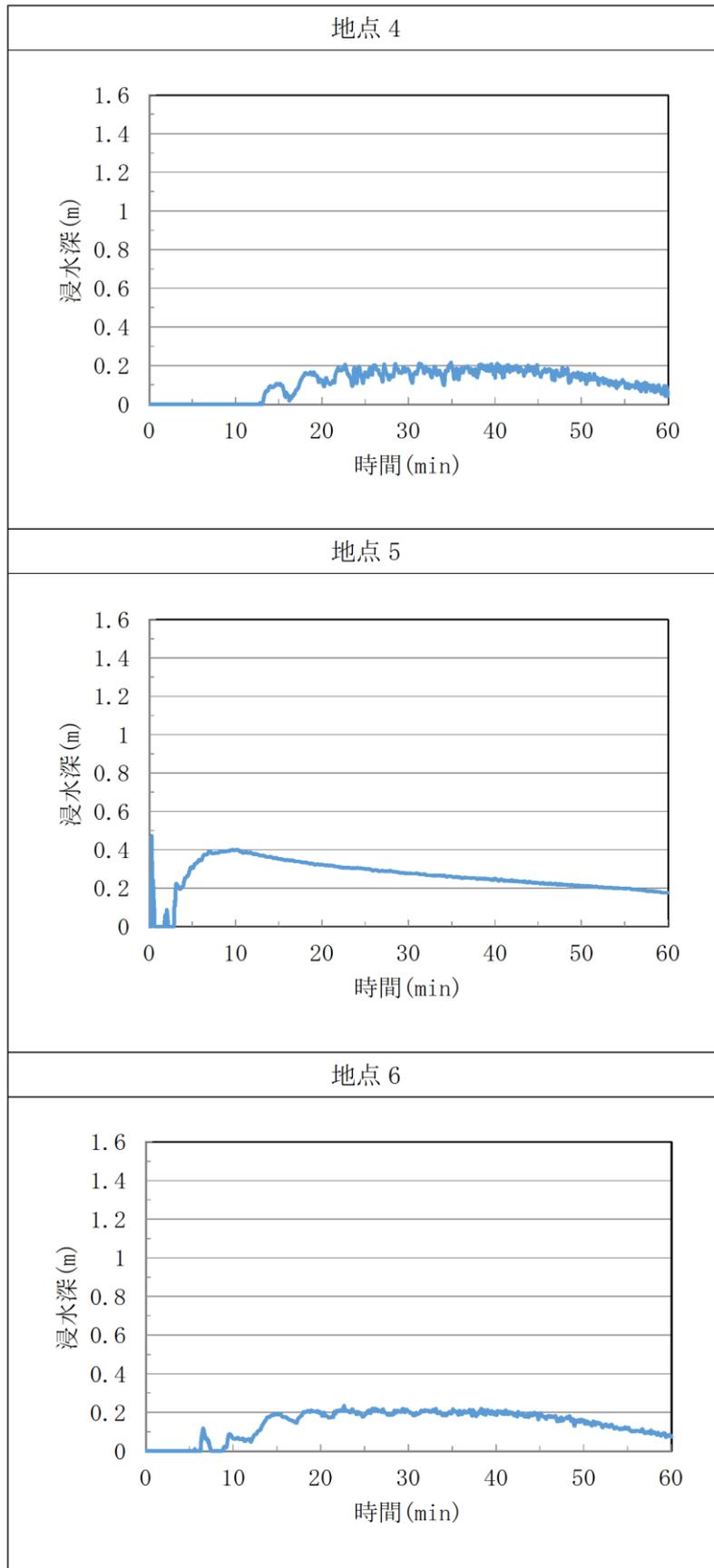


図 5.5-3 代表箇所における浸水深時刻歴(3/6)

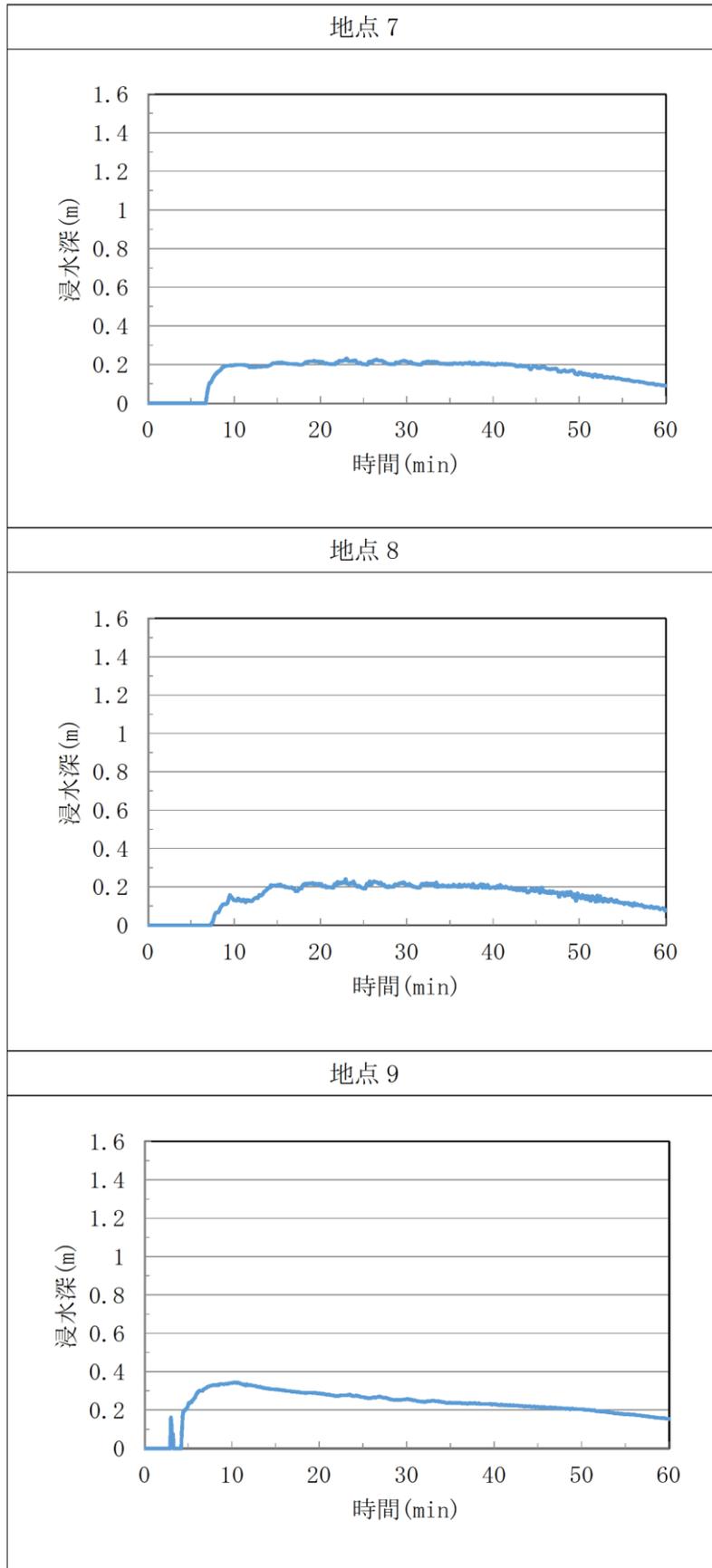


図 5.5-3 代表箇所における浸水深時刻歴(4/6)

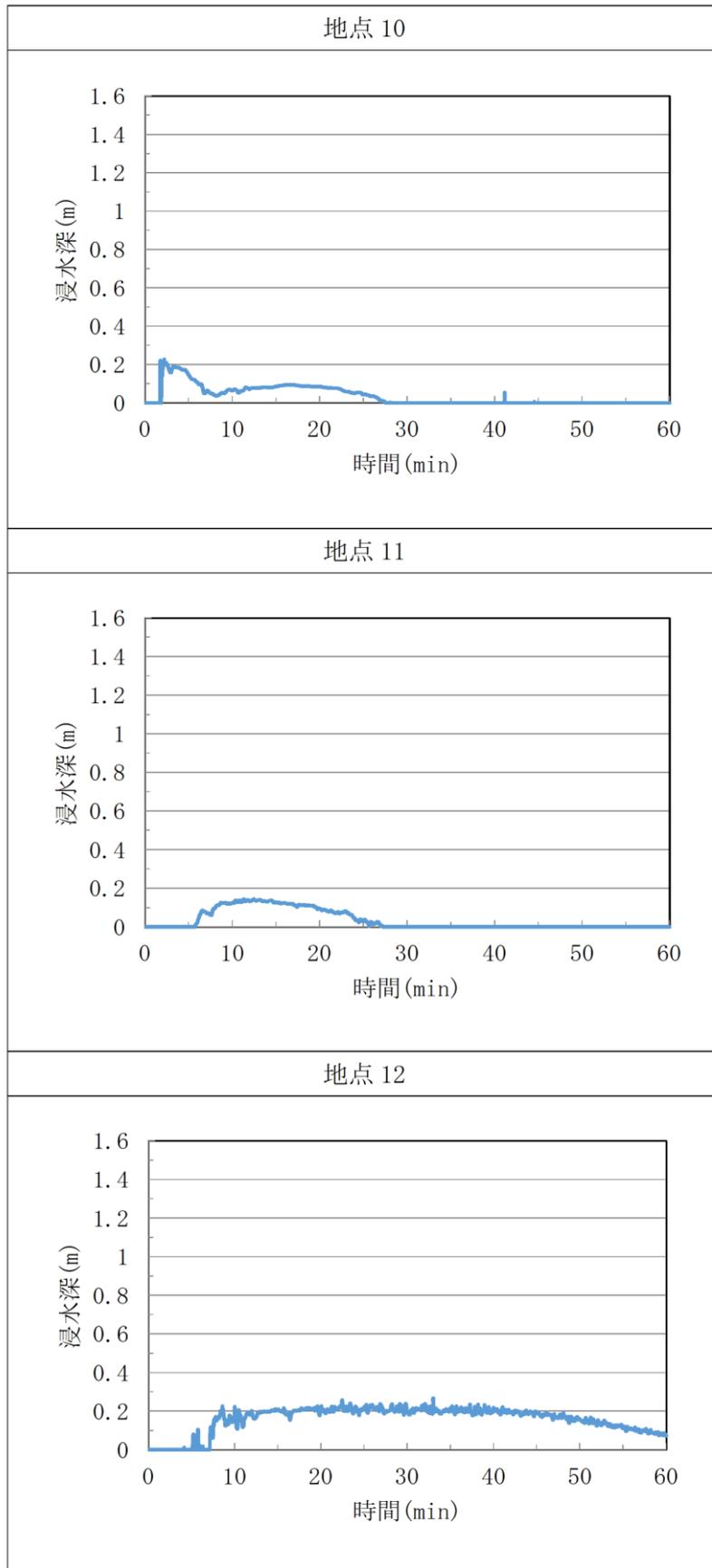


図 5.5-3 代表箇所における浸水深時刻歴(5/6)

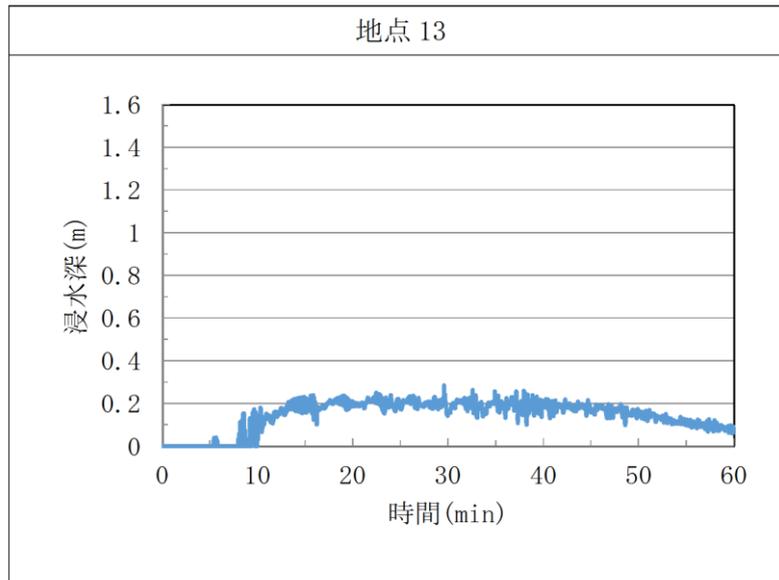


図 5.5-3 代表箇所における浸水深時刻歴(6/6)

表 5.5-2 代表箇所における最大浸水深

代表箇所		基準高さ EL (m) ①	最大 浸水深 (m) ②	建物外周扉 等の設置位 置 EL (m) ③	建物外周扉 等の設置位 置を超える もの ③-①<②
地点 1	原子炉建物南面	15.0	0.12	15.3	—
地点 2	原子炉建物西面 1	15.0	0.16	15.3	—
地点 3	原子炉建物西面 2	15.0	0.15	15.3	—
地点 4	タービン建物北面 1	8.5	0.22	8.8	—
地点 5	タービン建物北面 2	8.5	0.48	8.9	○
地点 6	タービン建物北面 3	8.5	0.24	9.1	—
地点 7	タービン建物北面 4	8.5	0.24	9.26	—
地点 8	取水槽海水ポンプ エリア西面	8.5	0.25	8.8	—
地点 9	取水槽海水ポンプ エリア東面	8.5	0.35	8.8	○
地点 10	廃棄物処理建物 南面	15.0	0.23	15.35	—
地点 11	B-ディーゼル燃料貯蔵 タンク格納槽北面	15.0	0.15	15.35	—
地点 12	A-ディーゼル燃料移送 ポンプピット西面	8.5	0.27	8.7	○
地点 13	HPCS-ディーゼル燃料 移送ポンプピット西面	8.5	0.29	8.7	○

## タービン建物への溢水量の算出について

屋外タンク等の破損により生じるタービン建物への溢水量は、以下の堰の越流量公式\*を用いて算出する。溢水水位が開口部下端高さを複数回超える場合は、各溢水量を合計した値を溢水量とする。

注記\*：水理公式集（公益社団法人 土木学会）のうち長方形堰の越流量の算出方法を使用

溢水量 =  $Q \times t$  【 $Q$ ：越流流量( $\text{m}^3/\text{s}$ )，  $t$ ：継続時間(s)】

$Q = C B h^{3/2}$  【 $C$ ：流量係数（越流水深と開口部形状によって定まる値），  $B$ ：開口部の幅(m)，  $h$ ：越流水深（浸水深と開口部下端高さの差）(m)】

$C = 1.642(h/L)^{0.022}$  : ( $0 < h/L \leq 0.1$ ) 【 $L$ ：開口部の濡れ縁長さ(m)】

$C = 1.552 + 0.083(h/L)$  : ( $0.1 < h/L \leq 0.4$ )

$C = 1.444 + 0.352(h/L)$  : ( $0.4 < h/L \leq (1.5 \sim 1.9)$ )

表 5.5-2 よりタービン建物（地点 4～地点 7）において溢水が発生するのは地点 5（タービン建物北面 2）のみである。地点 5 の浸水深時刻歴を図 1 に示す。

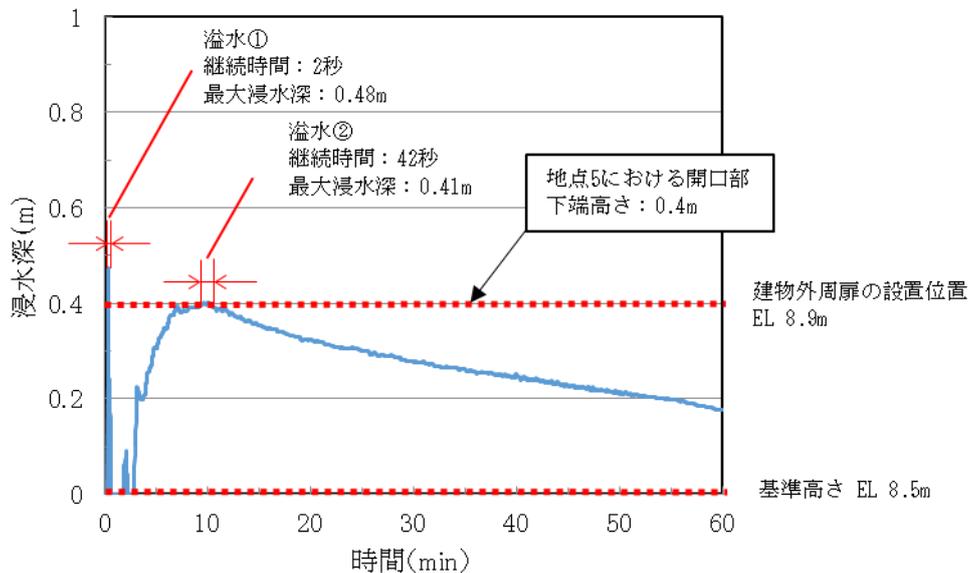


図 1 浸水深時刻歴（地点 5）

図 1 より開口部下端高さを超える溢水は 2 回発生し、最大浸水深はそれぞれ 0.48m, 0.41m である。浸水深は時間とともに変化するが、溢水の継続時間の間は最大浸水深の溢水が発生するものとして安全側に溢水量の算出を行う。結果を表 1 に示す。

表 1 溢水量 (地点 5)

			溢水①	溢水②
T	継続時間	s	2	42
C	流量係数	-	1.58	1.53
B	開口部の幅	m	2	2
L	開口部の 濡れ縁長さ	m	0.3	0.3
H	越流水深	m	0.08	0.01
Q	越流流量	m <sup>3</sup> /s	0.08	0.01
-	溢水量	m <sup>3</sup>	0.16	0.42
合計			0.58m <sup>3</sup>	

表 1 よりタービン建物へ流入する溢水量は 0.58m<sup>3</sup> であるが、安全側に切り上げて約 1m<sup>3</sup> とする。