

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14
提出年月日	2023年3月2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3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
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
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

1.2 遡上・浸水域の評価の考え方

1.2 遡上・浸水域の評価の考え方

(1) 遡上・浸水域の評価の考え方

遡上・浸水域の評価にあたっては、遡上解析を実施して、遡上波の回り込みを含め敷地への遡上の可能性を検討する必要がある。

遡上・浸水域の評価においては、遡上・浸水域が広めの評価（安全側の評価）となるよう、以下のとおり、基準地震動 S_s 及び基準津波による影響の有無を検討し、影響要因として設定したうえで、遡上解析を実施する。

a. 基準地震動 S_s 及び基準津波による被害想定 of 考慮

基準地震動 S_s 及び基準津波に伴う地形変化、標高変化による影響の有無について以下のとおり検討を行った。これらの検討を行った後に、「1.2(6) 津波評価条件」に結果を示す。

(a) 敷地周辺斜面の崩壊に関する検討【1.2(2)】

防波壁両端部の地山については、基準地震動 S_s 及び基準津波による斜面崩壊の有無を検討し、斜面崩壊が想定される場合には、入力津波を設定する際の影響要因として設定する。

防波壁両端部の地山以外の敷地周辺斜面については、基準地震動 S_s による斜面崩壊を想定した場合の入力津波への影響の有無を検討し、入力津波の設定に影響を与える場合には、影響要因として設定する。

(b) 敷地の地盤変状に関する検討【1.2(3)】

敷地の地盤変状については、基準地震動 S_s による地盤変状を想定した場合の入力津波への影響の有無を検討し、入力津波の設定に影響を与える場合には、影響要因として設定する。

(c) 防波堤損傷に関する検討【1.2(4)】

防波堤の損傷については、基準地震動 S_s による防波堤の損傷を想定した場合の入力津波への影響の有無を検討し、入力津波の設定に影響を与える場合には、影響要因として設定する。

(d) 津波による洗堀に関する検討【1.2(5)】

基準津波による遡上域の洗堀の有無を検討し、遡上域の洗堀が想定される場合には、入力津波を設定する際の影響要因として設定する。

b. 遡上解析のモデルについて

基準津波による敷地周辺の遡上・浸水域の評価における遡上解析モデルについて、計算領域は、対馬海峡付近から間宮海峡付近に至る東西方向約 1,300km、南北方向約 2,100km を設定した。

また、計算格子間隔については、敷地に近づくにしたがって最大 800m から最小 6.25m まで徐々に細かい格子サイズを用い、津波の挙動が精度よく計算できるよう

適切に設定した。敷地近傍及び敷地については、海底・海岸地形、敷地の構造物等の規模や形状を考慮し、格子サイズ 6.25m でモデル化している。

(a) 敷地及び敷地周辺の地形及び標高

敷地近傍及び敷地については、海域では一般財団法人日本水路協会（2008～2011）、深淺測量等による地形データを使用し、陸域では、国土地理院（2013）等による地形データ等を用いた。また、取水路・放水路等の諸元及び敷地標高については、発電所の竣工図等を用いた。

(b) 伝播経路上の人工構造物

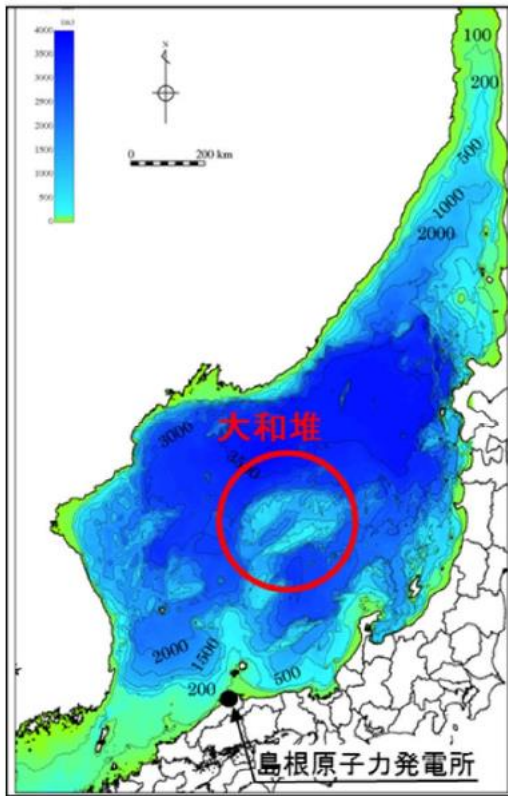
既設の構造物については、発電所の竣工図等で調査し、将来設置される計画がある人工構造物については、計画図等により調査した。

竣工図等による調査において確認した人工構造物は、現場のウォークダウンにより竣工図と相違ないことを確認した。また、竣工図等に反映されていない人工構造物は、遡上解析に影響する変更がないことを確認した。

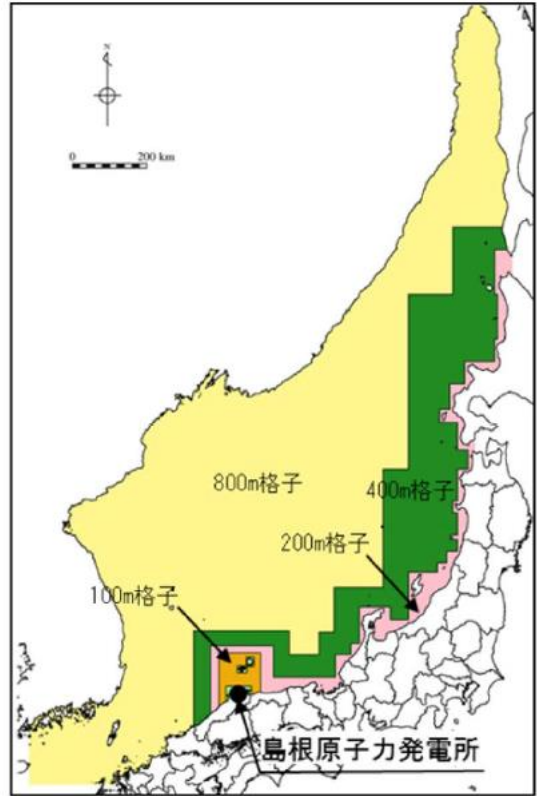
(c) 遡上解析における解析モデルの作成

上記 (b) において実施した調査結果を踏まえ、遡上解析に影響を及ぼす人工構造物を考慮し、遡上・伝播経路の状態に応じてモデルを作成した。

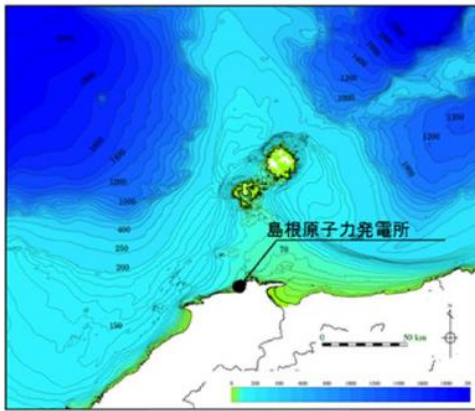
図 1.2-1 に遡上解析モデルにおける計算格子分割を示す。



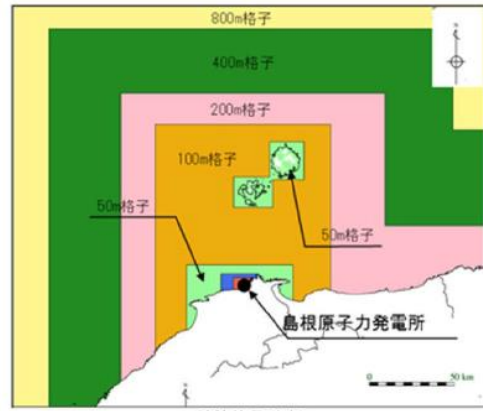
海底地形



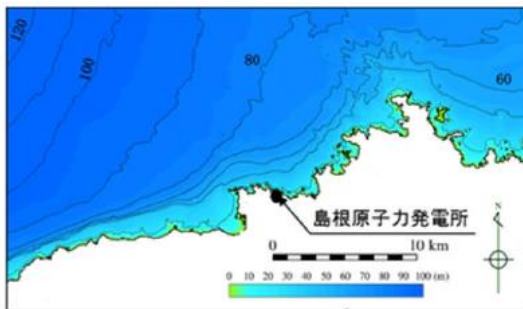
計算格子分割



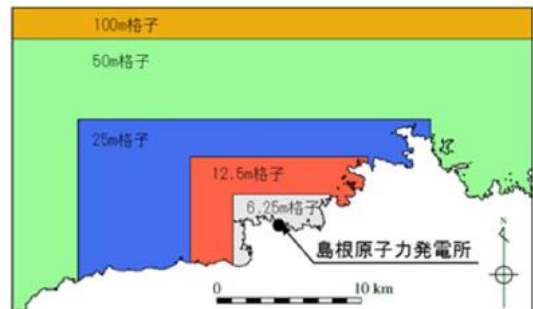
海底地形



計算格子分割



海底地形



計算格子分割

図 1.2-1 遡上解析モデルにおける水深と計算格子分割

(2) 敷地周辺斜面の崩壊に関する検討

検討にあたっては、防波壁（東端部）及び防波壁（西端部）は双方とも地山斜面（岩盤）に擦り付き、これらの地山が津波の敷地への地上部からの到達に対して障壁となっていることから、地山の耐震、耐津波設計上の位置付けも整理したうえで、基準地震動及び基準津波に対する健全性の確保について確認する。

a. 津波遡上高の分布を踏まえた津波防護上の地山範囲の特定について

敷地は EL 15.0m の防波壁に取り囲まれており、その両端部は地山に擦り付き、その地山は津波防護上の障壁となっている（図 1.2-2）。

津波防護上の地山範囲は、設計基準対象施設の津波防護対象設備を内包する建物が敷地 EL 8.5m 盤にあることを踏まえ、水位上昇側の基準津波の中で、防波壁（東端部）付近及び防波壁（西端部）付近において水位 EL 8.5m 以上が広範囲に分布する基準津波 1（防波堤有り及び無し）の最大水位上昇量分布を基に検討する。水位上昇側の基準津波である基準津波 1（防波堤有り及び無し）、基準津波 2（防波堤有り）及び基準津波 5（防波堤無し）の最大水位上昇量分布図を図 1.2-3 に示す。

設計基準対象施設の津波防護対象設備を内包する建物が敷地 EL 8.5m 盤にあることを踏まえ、防波壁（東端部）及び防波壁（西端部）における敷地への遡上の可能性のある水位 EL 8.5m 以上の最大水位上昇量分布を図 1.2-4 に示す。基準津波 1（防波堤有り及び無し）の最大水位上昇量分布を踏まえ、津波防護上の地山範囲を図 1.2-5 に示すとおり特定した。

津波防護上の地山範囲における地形断面図を図 1.2-6 に示す。

防波壁（東端部）の地山は、南東側の標高が高く、幅が広がっている。A-A' 断面（高さ：26m、幅：63m）は、B-B' 断面（高さ：44m、幅：145m）及び C-C' 断面（高さ：69m、幅：396m）と比較して標高が低く、幅が狭いことから、津波防護の観点で最も厳しい断面と考え、津波防護を担保する地山斜面の検討対象は A-A' 断面付近の範囲とする。津波防護を担保する地山斜面の検討対象（A-A' 断面付近）は、防波壁等に影響するおそれのある周辺斜面（赤枠）におおむね対応する。

防波壁（西端部）の地山は、幅が広く、南西側の標高が高い。D-D' 断面（高さ：27m、幅：139m）は、E-E' 断面（高さ：56m、幅：208m）及び F-F' 断面（高さ：77m、幅：185m）と比較して標高が低く、幅が狭いことから、津波防護の観点で最も厳しい断面と考え、津波防護を担保する地山斜面の検討対象は D-D' 断面付近の範囲とする。津波防護を担保する地山斜面の検討対象（D-D' 断面付近）は、防波壁等に影響するおそれのある斜面（赤枠）におおむね対応する。D-D' 断面の西方の岬部分は、津波の敷地への到達に対して直接的な障壁となっていないことから、津波防護を担保する地山斜面の検討対象外と

し、岬の東側付根の入り江以東を検討対象とする。なお、この断面は、表層の一部を厚さ約 2m 撤去する方針を示しているため、撤去する範囲を考慮し、以降の検討を実施する。

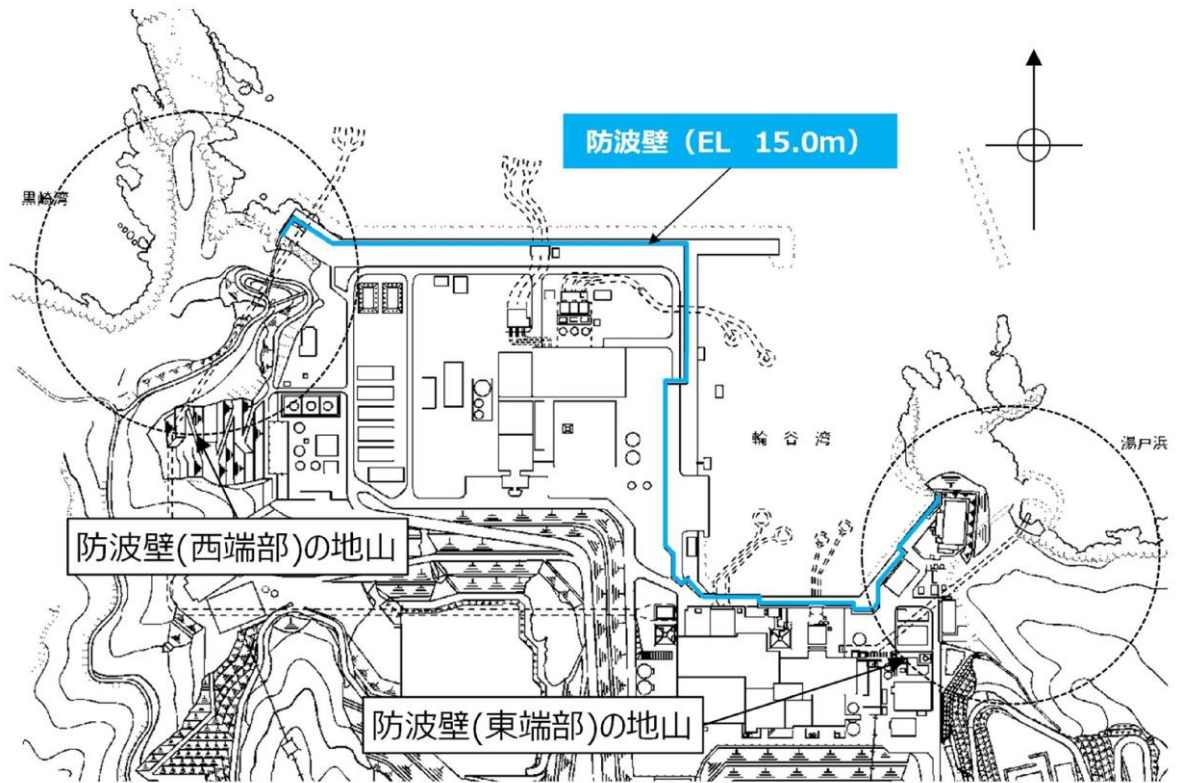


図 1.2-2 地山位置図

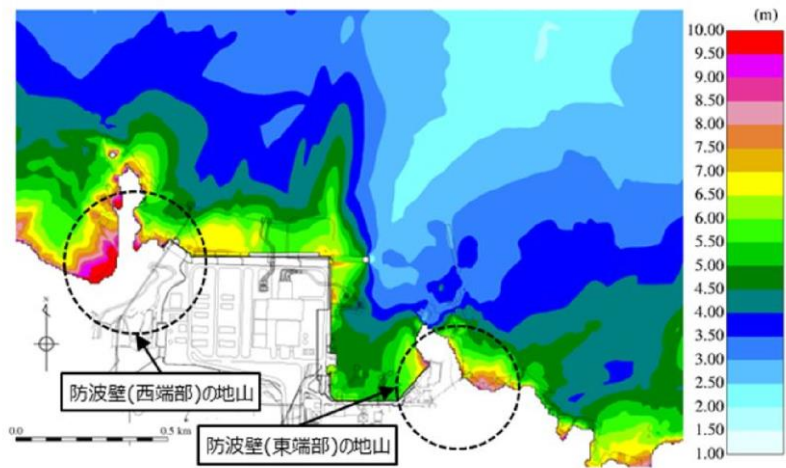


図 1.2-3(1) 最大水位上昇量分布図 (基準津波 1 : 防波堤有り)

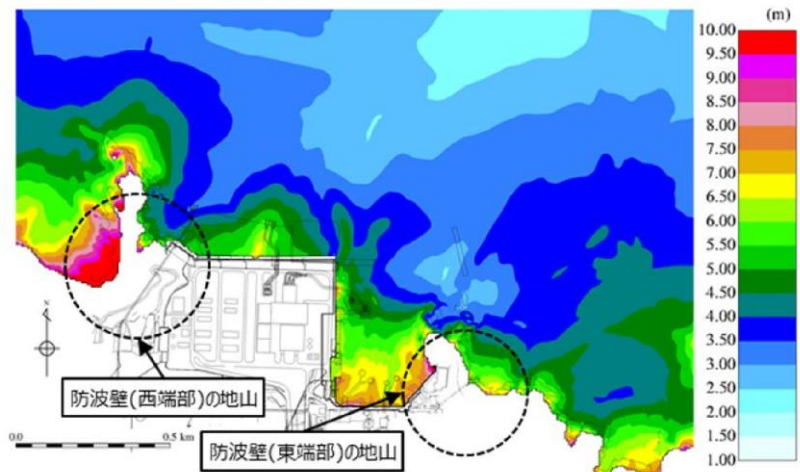


図 1.2-3(2) 最大水位上昇量分布図 (基準津波 1 : 防波堤無し)

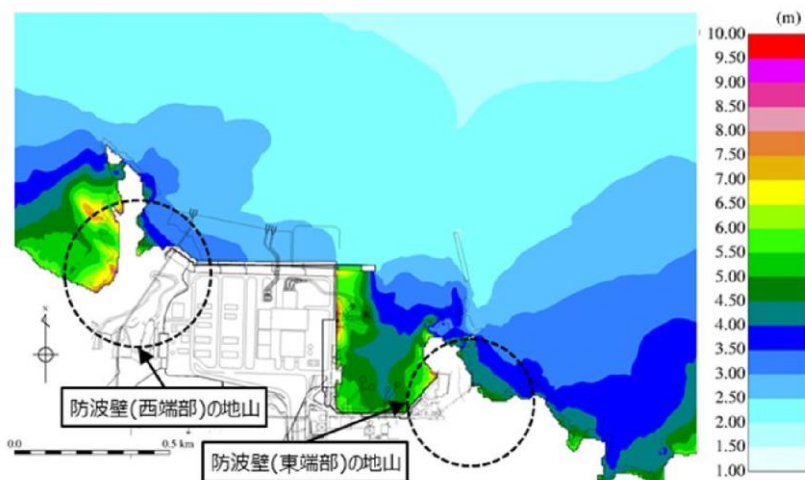


図 1.2-3(3) 最大水位上昇量分布図 (基準津波 2 : 防波堤有り)

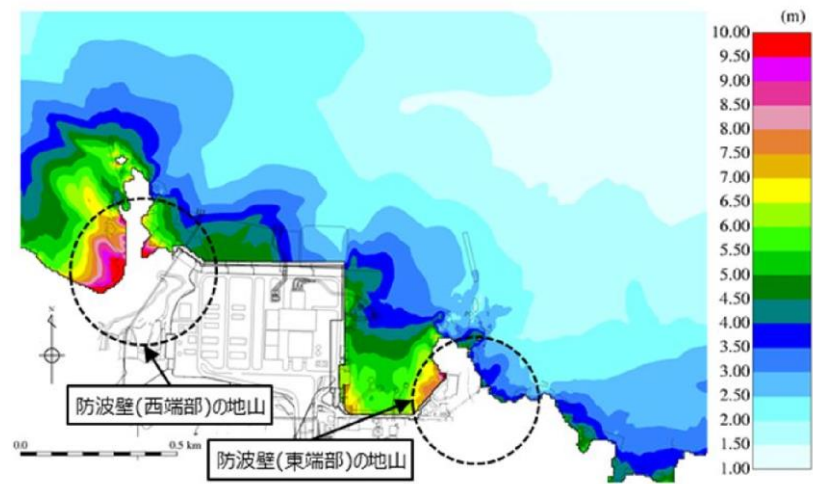


図 1.2-3(4) 最大水位上昇量分布図（基準津波 5：防波堤無し）

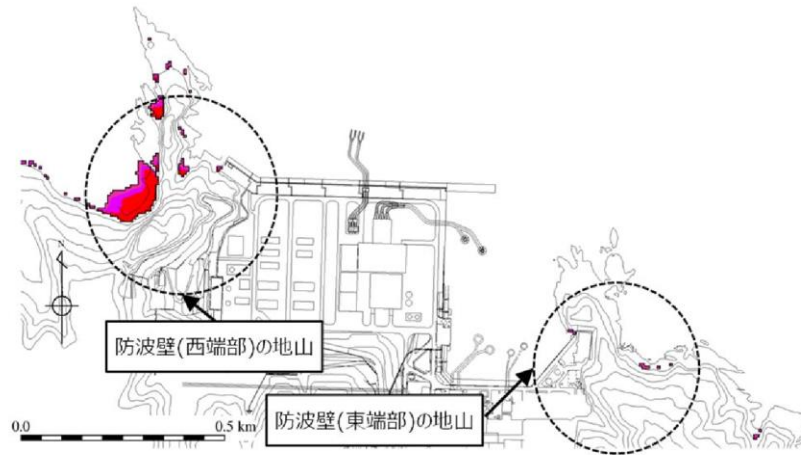


図 1.2-4(1) 最大水位上昇量分布図 (基準津波 1 : 防波堤有り)
(EL 8.5m 以上表示)

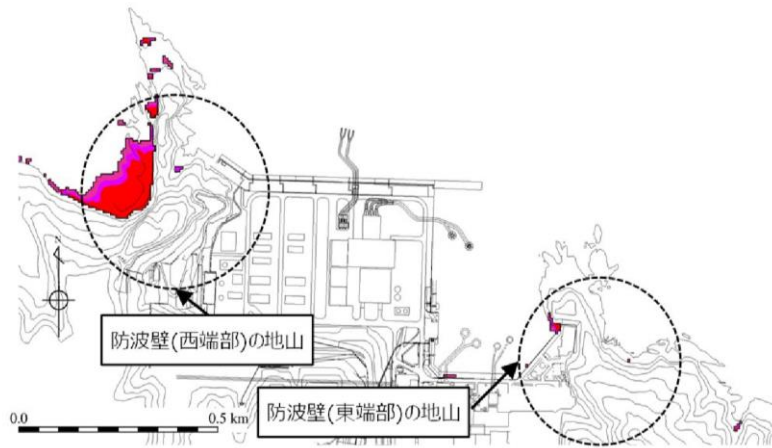


図 1.2-4(2) 最大水位上昇量分布図 (基準津波 1 : 防波堤無し)
(EL 8.5m 以上表示)

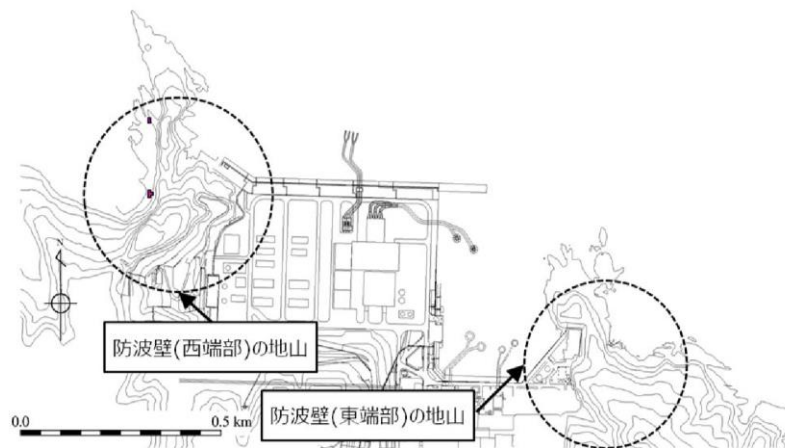


図 1.2-4(3) 最大水位上昇量分布図 (基準津波 2 : 防波堤有り)
(EL 8.5m 以上表示)

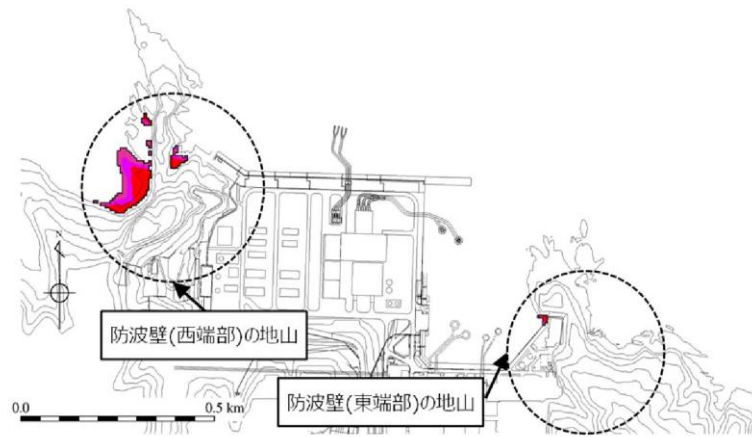
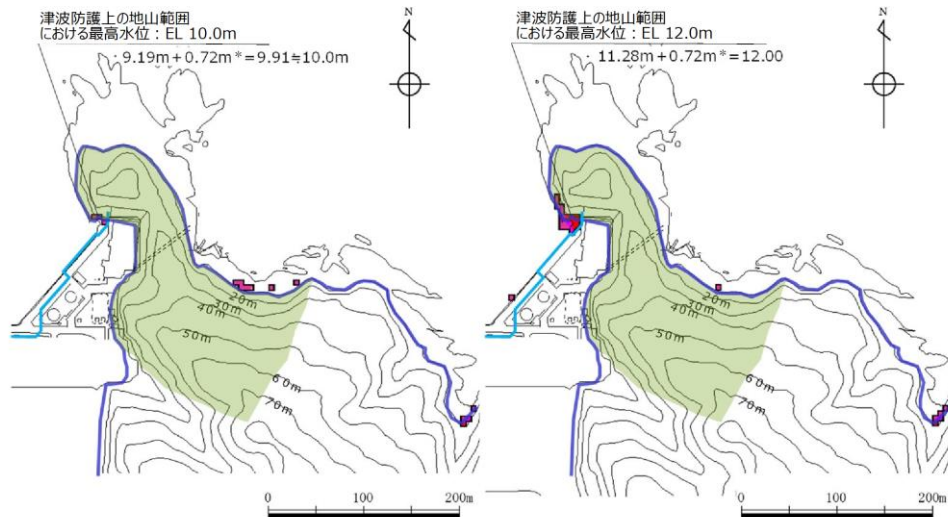
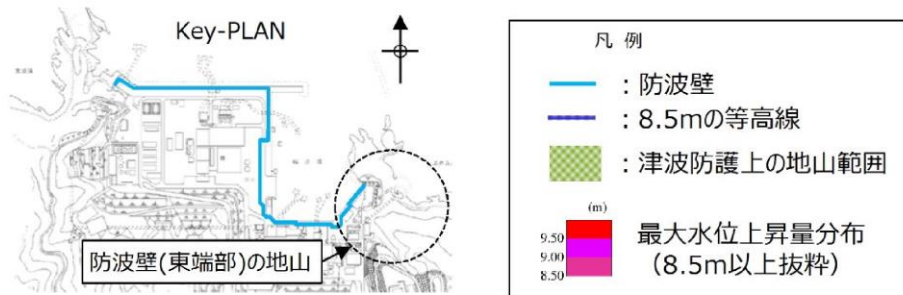


図 1.2-4(4) 最大水位上昇量分布図 (基準津波 5 : 防波堤無し)
(EL 8.5m 以上表示)



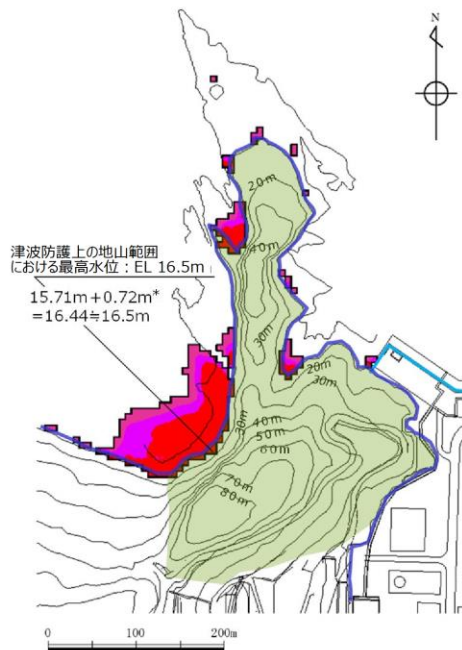
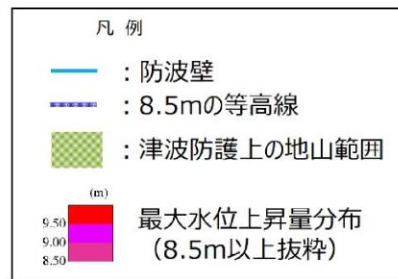
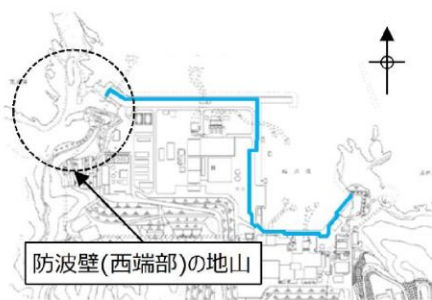
基準津波 1 (防波堤有り)

基準津波 1 (防波堤無し)

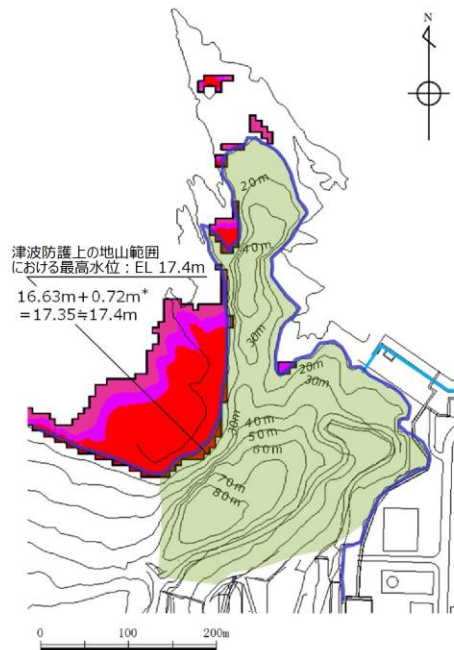
注記* : 朔望平均満潮位+0.58m, 潮位のばらつき 0.14m を併せて+0.72m を考慮

図 1.2-5(1) 防波壁 (東端部) の地山 : 基準津波 1

(左 防波堤有り, 右 防波堤無し)



基準津波1 (防波堤有り)



基準津波1 (防波堤無し)

注記*: 朔望平均満潮位+0.58m, 潮位のばらつき 0.14m を併せて+0.72m を考慮

図 1.2-5(2) 防波壁 (西端部) の地山: 基準津波1

(左 防波堤有り, 右 防波堤無し)

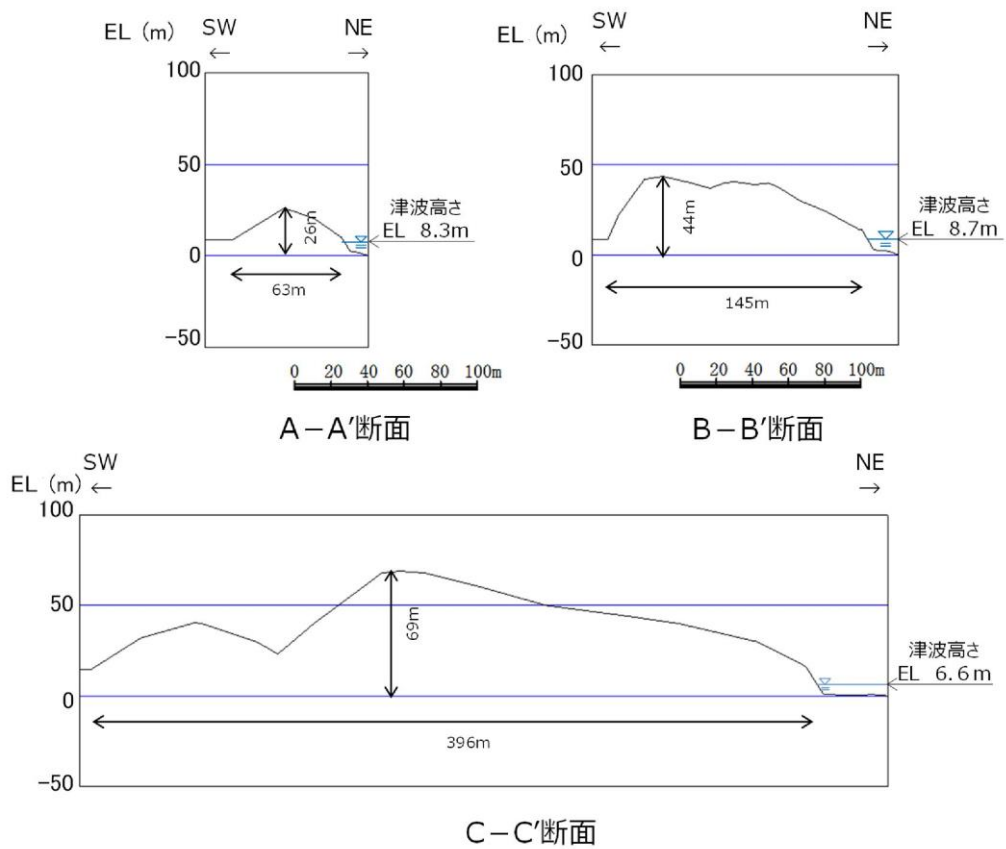
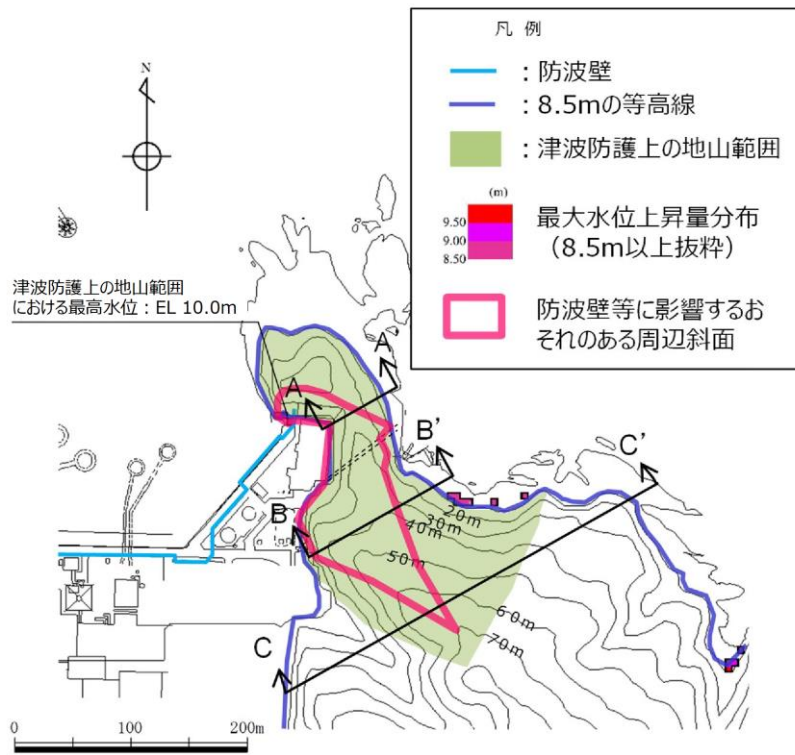
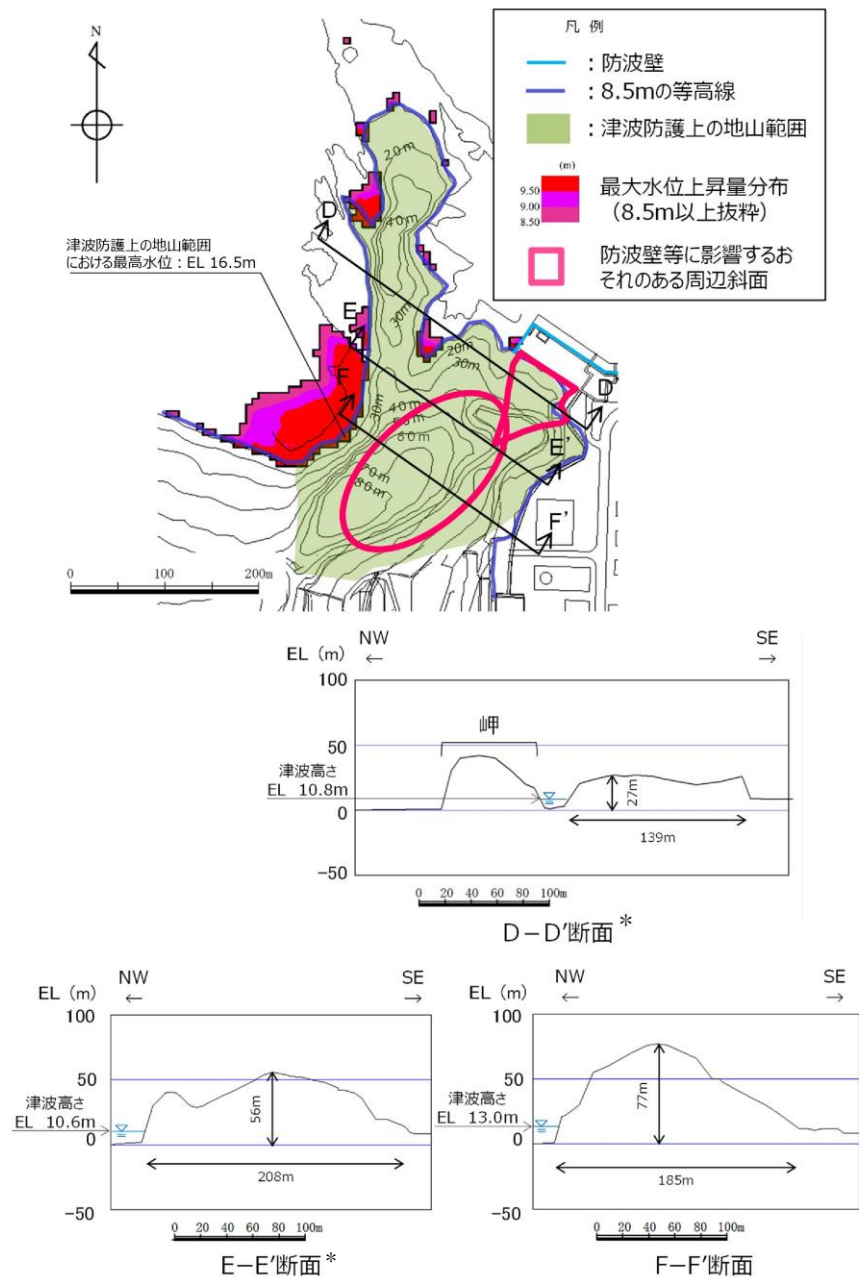


図 1.2-6(1) 防波壁（東端部）の地形断面図



注記*：地形形状は、礫質土・粘性土を切り取る前の形状

図 1.2-6(2) 防波壁（西端部）の地形断面図

b. 地山の地質構造，防波壁擦り付け部の構造・仕様

津波防護上の地山の地質構造について述べるとともに，防波壁端部の擦り付け部の構造及び防波壁の仕様について，以下に示す。

(a) 敷地内の地質・地質構造

島根原子力発電所の敷地内の地質図を図 1.2-7 に示す。敷地内の地質は，新第三紀中新世の堆積岩類からなる成相寺層と貫入岩類及びそれらを覆う第四系の崖錐堆積物等から構成される。敷地に分布する成相寺層は，下位より下部頁岩部層，火砕岩部層，上部頁岩部層の3つの部層に区分される。

防波壁（東端部）の地山においては、主として凝灰岩、凝灰角礫岩よりなる「火砕岩部層」及び黒色頁岩よりなる「上部頁岩部層」が分布し、安山岩の貫入が認められる。防波壁（西端部）の地山においては、「火砕岩部層」が分布する。

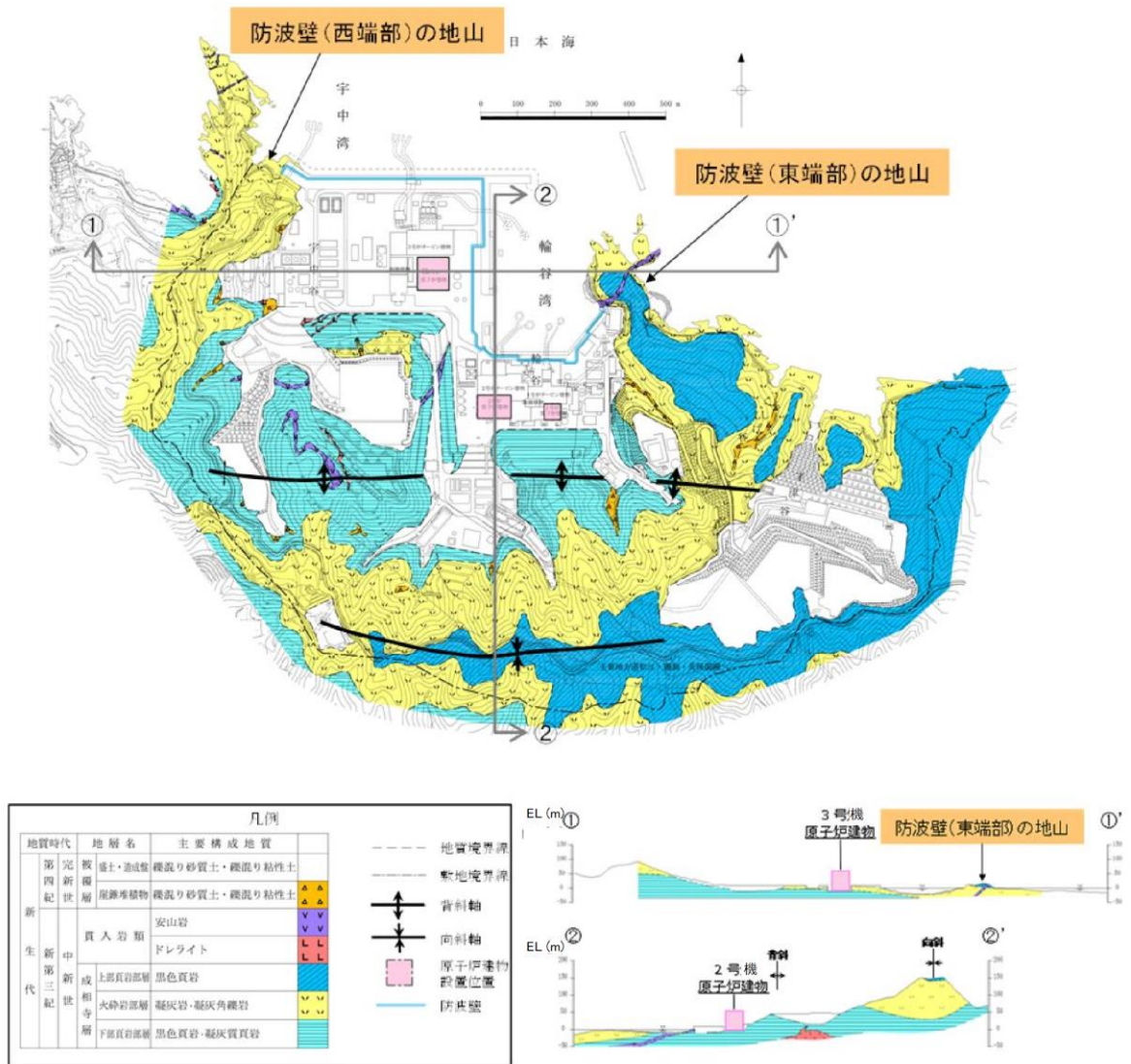


図 1.2-7 島根原子力発電所敷地内地質図

(b) 防波壁端部の擦り付け部の構造及び防波壁の仕様

防波壁（東端部）及び防波壁（西端部）の擦り付け部の構造図及び状況写真を図 1.2-8～図 1.2-13 に示す。

防波壁（波返重力擁壁）東端部（a-a 断面）については、地震及び津波による沈下やずれを生じさせないため、岩盤を露出させ、H 鋼（H-350×350×12×19）を 1m 間隔で打設し、重力擁壁を堅硬な地山に直接設置する設計とした。

また、防波壁の前面及び背面において、露出した岩盤を保護する目的でコンクリートで被覆した。

防波壁（波返重力擁壁）西端部（b－b断面）については、東端部同様、地震及び津波による沈下やずれを生じさせないため、岩盤を露出させ、H鋼（H-350×350×12×19）を1m間隔で打設し、重力擁壁を堅硬な地山に直接設置する設計とした。また、防波壁の前面及び背面において、露出した岩盤を保護する目的でコンクリートで被覆した。

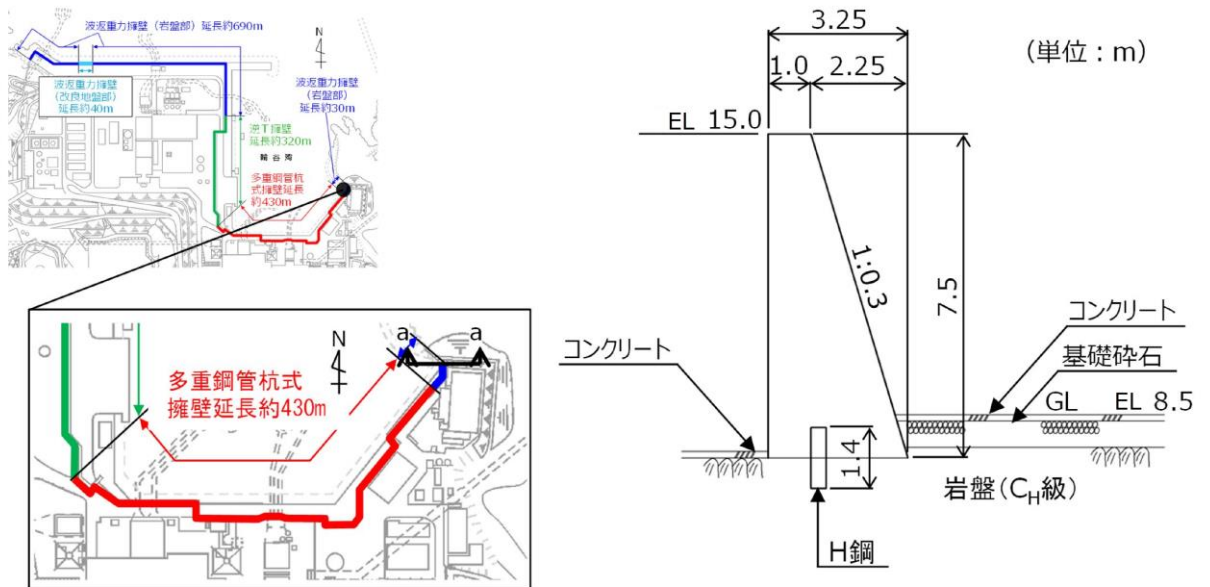


図 1.2-8 防波壁（波返重力擁壁）東端部（a－a断面）断面図

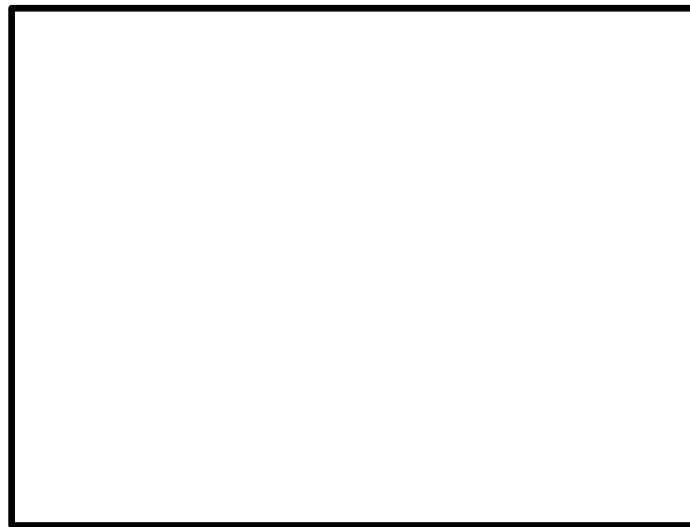


図 1.2-9 防波壁東端部 状況写真



图 1.2-10 防波壁東端部 岩盤露出状況

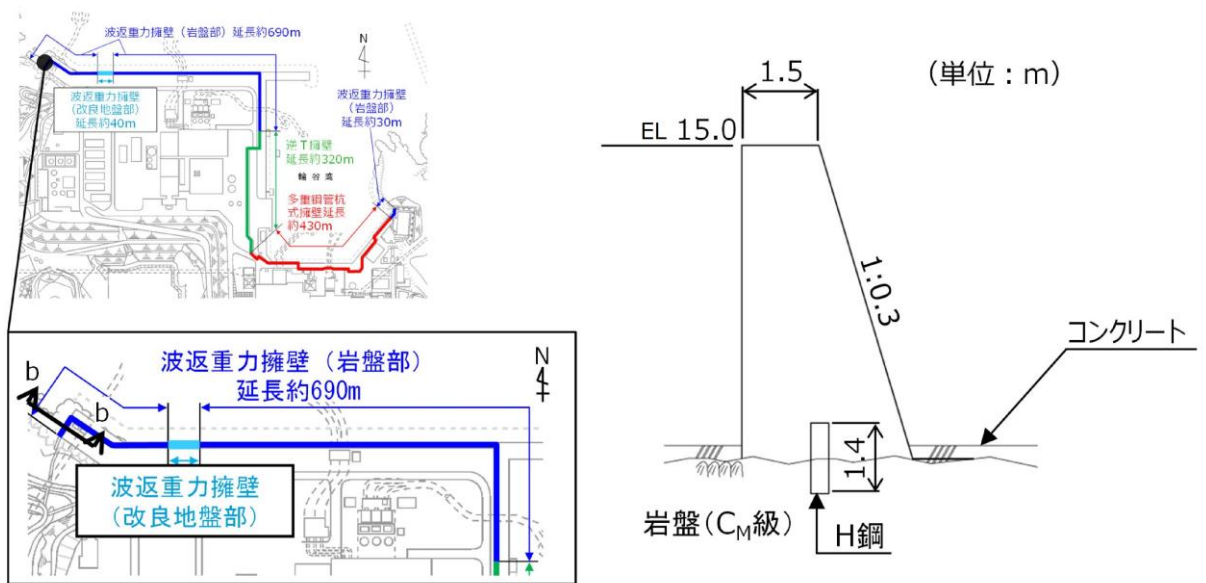


图 1.2-11 防波壁 (波返重力擁壁) 西端部 (b - b 断面) 断面図

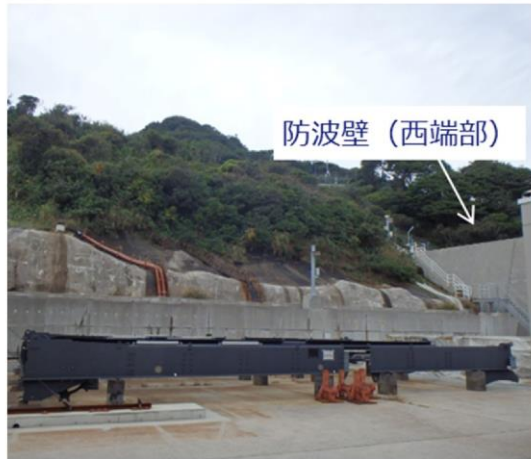


図 1.2-12 防波壁西端部 状況写真

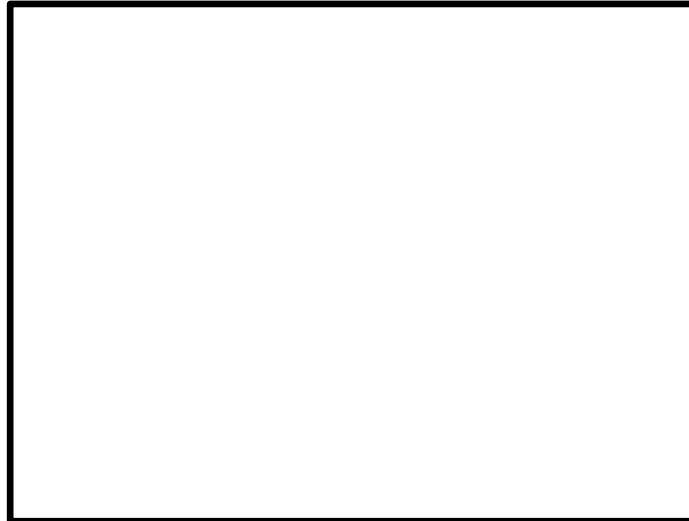


図 1.2-13 防波壁西端部 岩盤露出状況

c. 地山の耐震，耐津波設計上の位置付け

防波壁両端部の地山について，耐震，耐津波設計上の位置付けを表 1.2-1 に整理した。これを踏まえ，以下の検討を行う。

- ・ 検討 1：津波防護施設と同等の機能を有する斜面において，基準地震動 S_s による地山のすべり安定性評価を行い，基準地震動に対する健全性を確保していることを説明する。
- ・ 検討 2：津波防護施設同等の機能を有する斜面において，波力による侵食及び洗掘に対する抵抗性の確認及び基準津波による地山の安定性評価を行い，基準津波に対する健全性を確保していることを説明する。

このほかに、当該地山については、防波壁の支持地盤としての地山及び防波壁の周辺斜面としての役割もあるため、耐震、耐津波設計上の位置付けを整理した。

表 1.2-1 防波壁両端部の地山の耐震、耐津波設計上の位置付け

設計上の役割	耐震設計上の位置付け	耐津波設計上の位置付け
①津波防護を担保する地山斜面 (6条)	・津波防護施設と同等の機能を有する地山斜面は、基準地震動による地震力に対して、要求される津波防護機能を保持できるようにする。【検討1】	・津波防護施設と同等の機能を有する地山斜面は、波力による侵食及び洗掘に対する抵抗性並びにすべり及び転倒に対する安定性を評価し、入力津波に対する津波防護機能が保持できるようにする。【検討2】
②防波壁の支持地盤としての地山 (4条)	・防波壁と地山との擦り付け部は、液状化及び揺すり込み沈下等の周辺地盤の変状を考慮しても、施設の安全機能が損なわれるおそれがないようにする。 ⇒「(2) b. (b) 防波壁端部の擦り付け部の構造及び防波壁の仕様」に示すとおり、堅硬な岩盤に支持されていることから、液状化及び揺すり込み沈下等の周辺地盤の変状は発生しない。	・防波壁と地山との擦り付け部は、構造不連続による相対変位、ずれ等が構造健全性、安定性、止水性や水密性に影響を及ぼさないようにする。 ⇒「(2) b. (b) 防波壁端部の擦り付け部の構造及び防波壁の仕様」に示すとおり、岩盤を露出させ、H鋼を打設し、重力擁壁を堅硬な岩盤に直接設置していることから、構造不連続による相対変位、ずれ等は発生しない。
③防波壁の周辺斜面 (5条)	・防波壁の周辺斜面（「(2) a. 津波遡上高の分布を踏まえた津波防護上の地山範囲の特定について」参照）は、想定される地震動の地震力により崩壊し、当該施設の安全機能が重大な影響を受けないようにする。	—

d. 基準地震動に対する健全性確保

周辺斜面については、基準地震動 S_s に対して斜面の崩壊のおそれがないことを確認している。

e. 基準津波に対する健全性確保

検討2の基準津波に対する健全性確保として、波力による侵食及び洗掘に対する抵抗性の確認及び基準津波による地山の安定性評価を行った。

(a) 波力による侵食及び洗掘に対する抵抗性の確認

津波防護上の地山は、図 1.2-14 及び図 1.2-15 に示すとおり岩盤から構成され一部はコンクリートに覆われていることから、波力による侵食及び洗掘による地形変化は生じない。

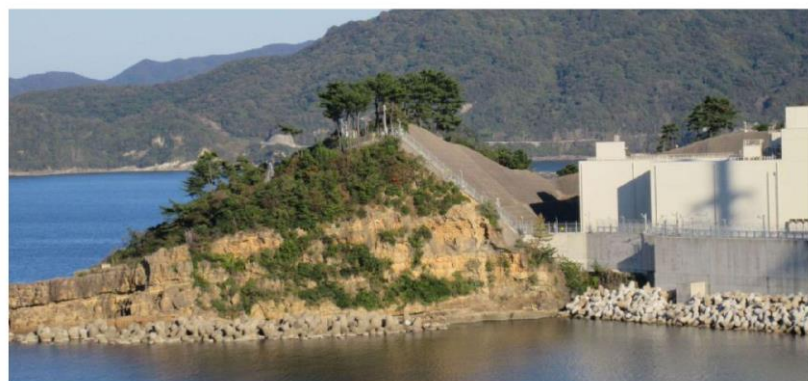


図 1.2-14 防波壁（東端部）地山状況



図 1.2-15 防波壁（西端部）地山状況

(b) 基準津波に対する地山の安定性評価

基準津波に対する地山の安定性評価は、地山を津波防護施設と考え、直立の構造物に作用する力を保守的に津波波力として設定し、地山のせん断抵抗力と比較することで、基準津波に対する健全性を確認する。

津波波力を算出するにあたり、防波壁（東端部）は擦り付け部で水位が最大となる基準津波 1（防波堤無し）、防波壁（西端部）は擦り付け部で水位が最大となる基準津波 1（防波堤有り）を対象とする。

防波壁擦り付け部付近の地山における津波高さは、防波壁（東端部）については図 1.2-16 右に示す EL 12.0m、防波壁（西端部）については図 1.2-16 左に示す EL 10.7m と設定した。

地山のせん断面は、防波壁の擦り付け部から断面長さが最小となる位置を設定した。防波壁（東端部）については図 1.2-16 右に示す地山の EL 8.5m 位置における最小幅である約 95m、防波壁（西端部）については図 1.2-16 左に示す地山の EL 8.5m 位置における最小幅である約 80m と設定した。

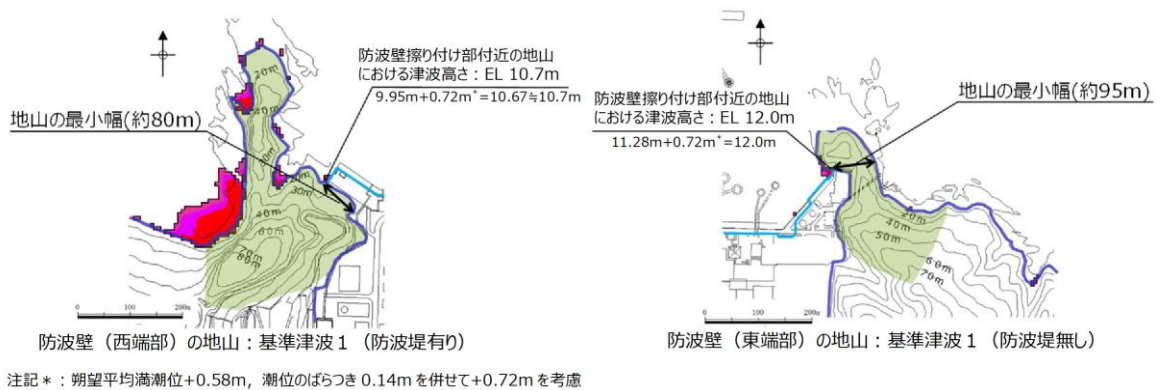


図 1.2-16 津波高さ及び地山のせん断面検討位置

基準津波の波力は、「防波堤の耐津波設計ガイドライン（平成 27 年 12 月一部改訂）」に示される谷本式に基づき、波力を算定する。

谷本式は式 2-1，式 2-2 と示される。ここでは、地山に作用する波力を等変分布荷重とし、これを式 2-3 と表す。

$$\eta^* = 3.0 a_1 \quad \text{式 2-1}$$

$$P_1 = 2.2 \rho_0 g a_1 \quad \text{式 2-2}$$

$$P = P_1 \times \eta^* \times (1/2) \quad \text{式 2-3}$$

ここで、

η^* : 静水面上の波圧作用高さ

a_1 : 入射津波の静水面上の高さ（振幅）

$\rho_0 g$: 海水の単位体積重量（10.1kN/m³）

P_1 : 静水面における波圧強度

P : 地山に作用する波力

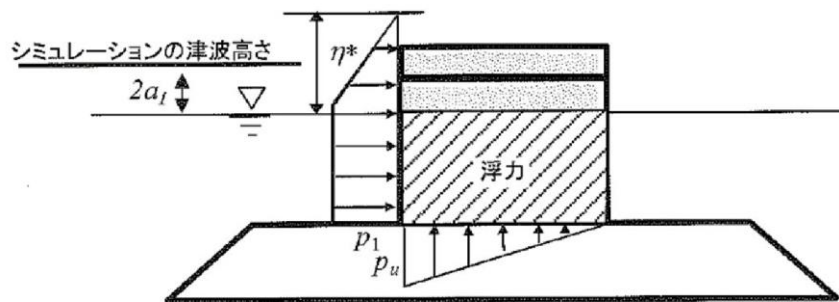


図 1.2-17 地山に作用する波力等の分布図

基準津波による波力の計算を以下に示す。計算に用いた津波高さを表 1.2-2 に示す。

- 防波壁

$$\eta^* = 3.0 a_1 = 3.0 \times 6.5 \text{m} = 19.5 \text{m}$$

$$P_1 = 2.2 \rho_0 g a_1 = 2.2 \times 10.1 \text{kN/m}^3 \times 6.5 \text{m} = 144.43 \text{kN/m}^2 \approx 145 \text{kN/m}^2$$

$$P = P_1 \times \eta^* \times (1/2) = 145 \text{kN/m}^2 \times 19.5 \text{m} \times (1/2) = 1,501.5 \text{kN/m} \approx 1,502 \text{kN/m}$$

地山のせん断強度は、防波壁端部の地山の大部分を構成する C_H級岩盤を対象にブロックせん断試験より求めた値（地山のせん断強度：1,140kN/m²）を設定した。

地山のせん断抵抗力は下記計算で算出される。

- 防波壁（東端部）の地山のせん断抵抗力

$$1,140 \text{kN/m}^2 \text{（地山のせん断強度）} \times 95 \text{m（地山の最小幅）} = 108,300 \text{kN/m}$$

- 防波壁（西端部）の地山のせん断抵抗力
 $1,140\text{kN/m}^2$ （地山のせん断強度） $\times 80\text{m}$ （地山の最小幅） $=91,200\text{kN/m}$
算出した結果を表 1.2-2 に示す。地山に作用する波力は、防波壁で
 $1,502\text{kN/m}$ となった。また、地山のせん断抵抗力は防波壁（東端部）で
 $108,300\text{kN/m}$ 、防波壁（西端部）で $91,200\text{kN/m}$ となり、地山のせん断抵抗力は
波力と比較して十分に大きいため（図 1.2-18）、基準津波に対する健全性を
確認した。

表 1.2-2 防波壁擦り付け部付近の地山に作用する波力及び地山のせん断抵抗力

	シミュレーションによる津波高さ* ($2a_1$)	振幅 (a_1)	地山に作用する波力	地山のせん断抵抗力
防波壁（東端部）	13m[12.64m]	6.5m	1,502kN/m	108,300kN/m
防波壁（西端部）				91,200kN/m

注記*：防波壁擦り付け部付近の地山における最高水位 12.0m に、参照する裕度 0.64m を考慮し、安全側に設定

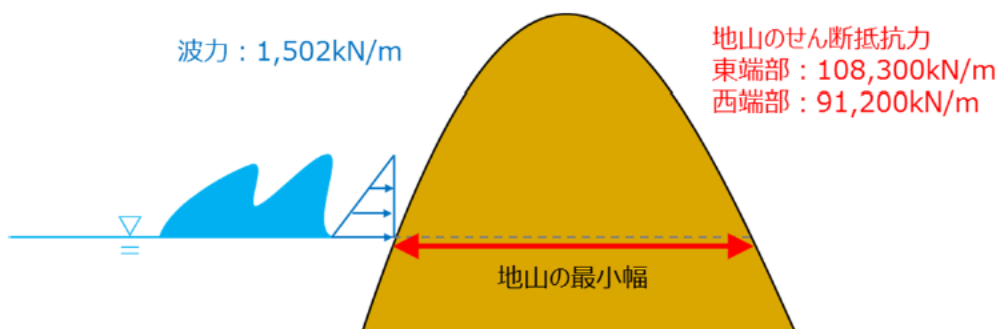


図 1.2-18 波力と地山のせん断抵抗力の比較計算に関するイメージ

f. まとめ

防波壁両端部の津波防護上の障壁となっている地山に対して、基準地震動及び基準津波に対する健全性を確保していることを確認した。

以上のことから、防波壁両端部の地山斜面の崩壊は、入力津波を設定する際の影響要因として設定しない。

g. 敷地周辺斜面の崩壊に関する検討

防波壁両端部の地山以外に、入力津波の設定に影響する地形変化を生じさせる敷地周辺斜面として、地滑り地形が判読されている地山の斜面崩壊についても検討する。

検討にあたっては、地滑り土塊が海側に突入する可能性が考えられる「敷地北西方の地滑り地形 (Ls23)」、 「⑤北西の地滑り地形 (Ls24)」、 「地滑り地形⑤ (Ls25)」の斜面を対象にする。(図 1.2-19, 図 1.2-20 参照)

敷地周辺の地形のうち、地滑り Ls23, Ls24 及び Ls25 の地滑り地形の概略の土塊量を表 1.2-3 に示す。

地滑りの土塊量は Ls25 の地滑りが大きいことから、Ls25 の地滑りを対象に検討する。検討にあたっては、Ls25 の近くに Ls24 が位置することから、これらの地滑りが同時崩壊することを仮定し、安全側に Ls24+Ls25 の地滑りが崩壊した後の地形を対象に津波評価を実施する。

地滑りが崩壊した後の地形については、津波評価の陸上地滑りの検討で実施した二層流モデルを用いて決定する。

地滑り発生前後の地形断面図を図 1.2-21 に示す。

検討ケースの評価水位を表 1.2-4 に、検討ケースの最大水位上昇量分布図又は最大水位下降量分布図を図 1.2-22 に示す。

津波解析の結果、斜面崩壊させた場合、水位上昇側の施設護岸又は防波壁の水位は、どのケースについても基本ケースと同じもしくは基本ケースの方が大きい。一方、水位下降側の2号機取水口の水位については、一部、基準津波3で斜面崩壊有りの方が水位が低下しているが、この差は僅か(-0.03m)であり、大半は、基本ケースの方が斜面崩壊有りのケースに対して水位が低下している。

以上より、地震による地形変化(斜面崩壊)は入力津波を設定する際の影響要因として考慮しない。

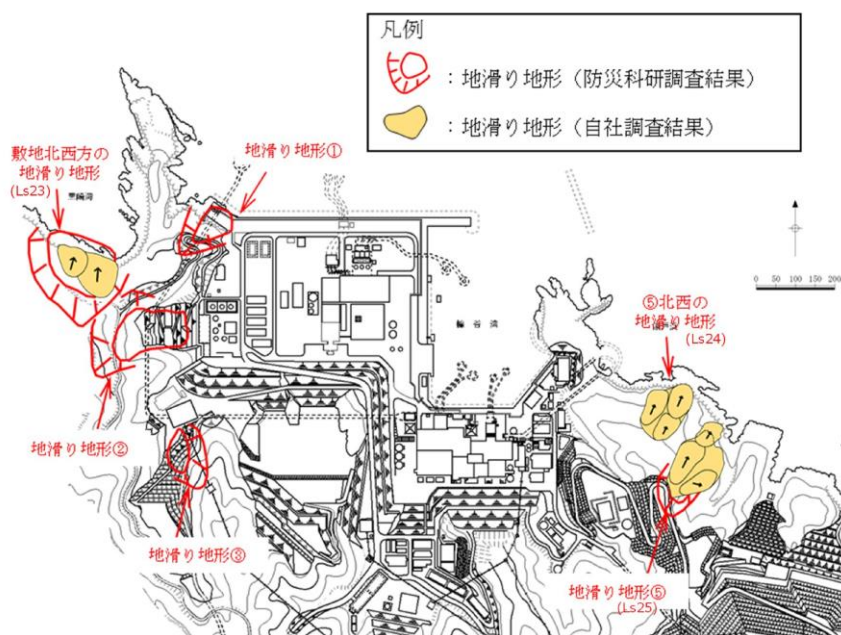
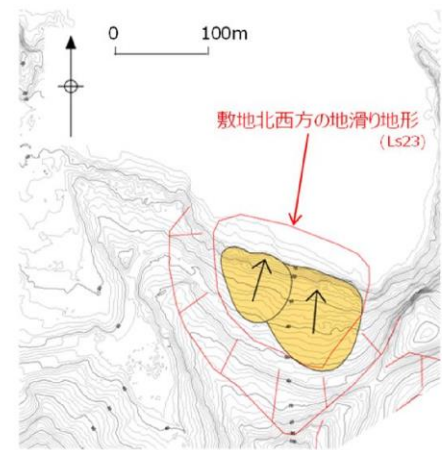
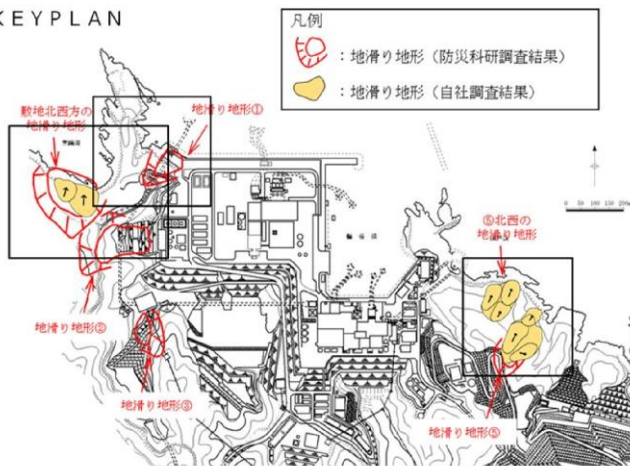
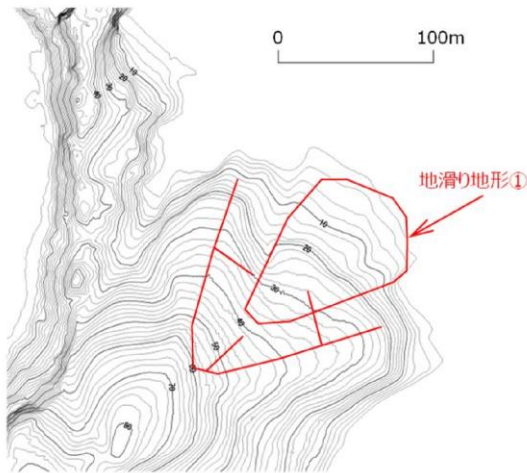


図 1.2-19 敷地周辺地滑り位置図

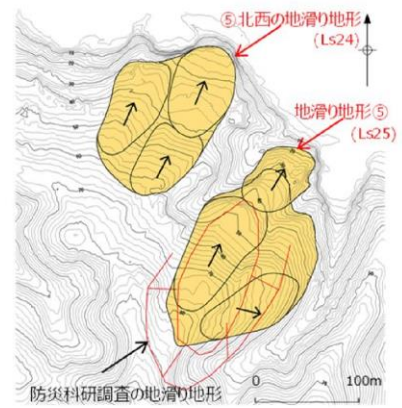
KEY PLAN



敷地北西方の地滑り地形周辺の旧地形図



地滑り地形①周辺の旧地形図



地滑り地形⑤及び
⑤北西の地滑り地形周辺の
旧地形図

図 1.2-20 敷地周辺地滑り拡大図

表 1.2-3 敷地周辺地滑りの規模の比較

地すべり	長さ L(m)	幅 b(m)	厚さ t(m)	土塊量 Vs(m ³)
Ls23	125	170	25	531,250
Ls24	172	80	16	220,160
Ls25	265	140	20	742,000

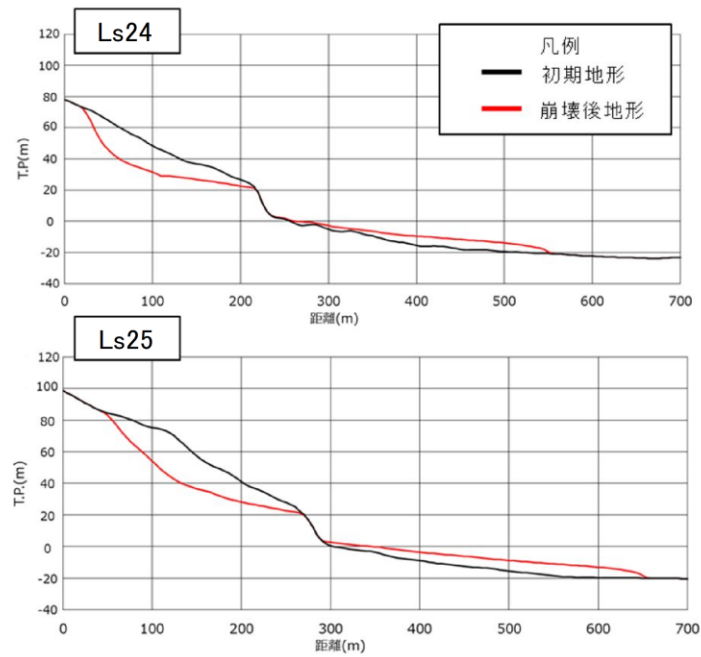
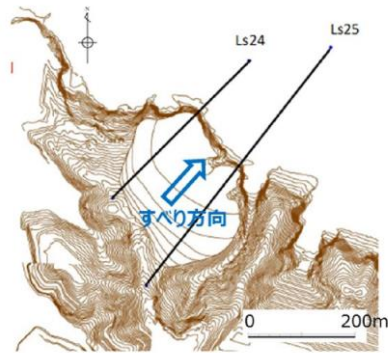
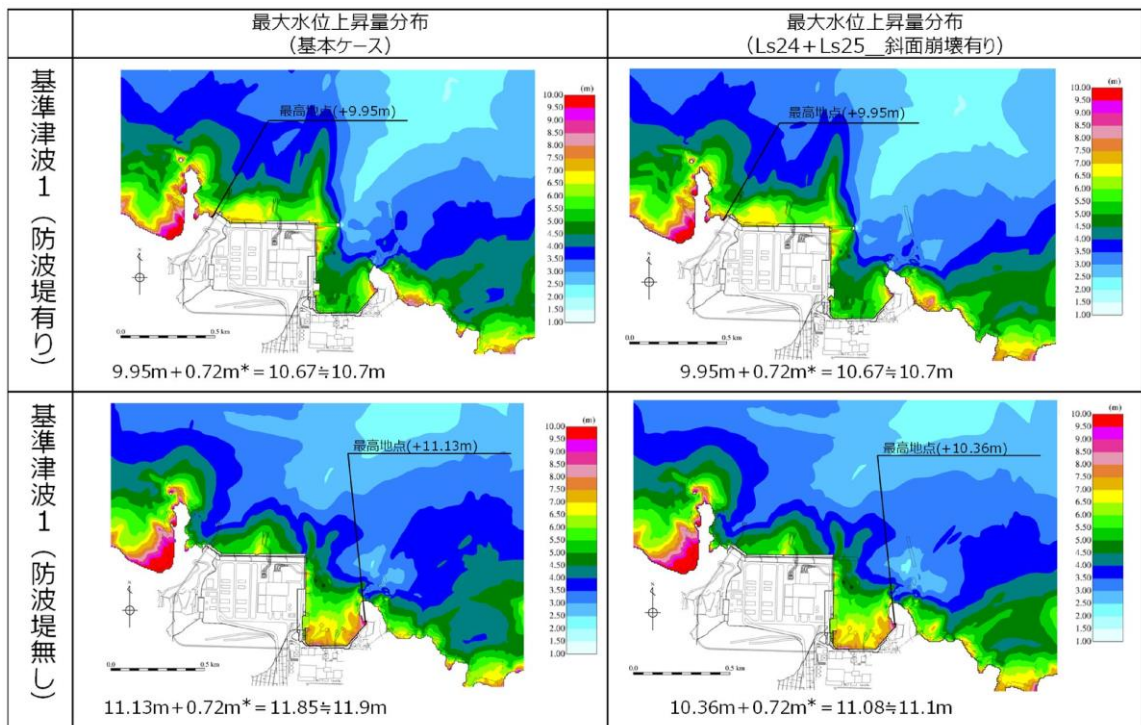


図 1.2-21 Ls24・Ls25 の断面図

表 1.2-4 斜面崩壊 (Ls24+Ls25) の有無による水位比較

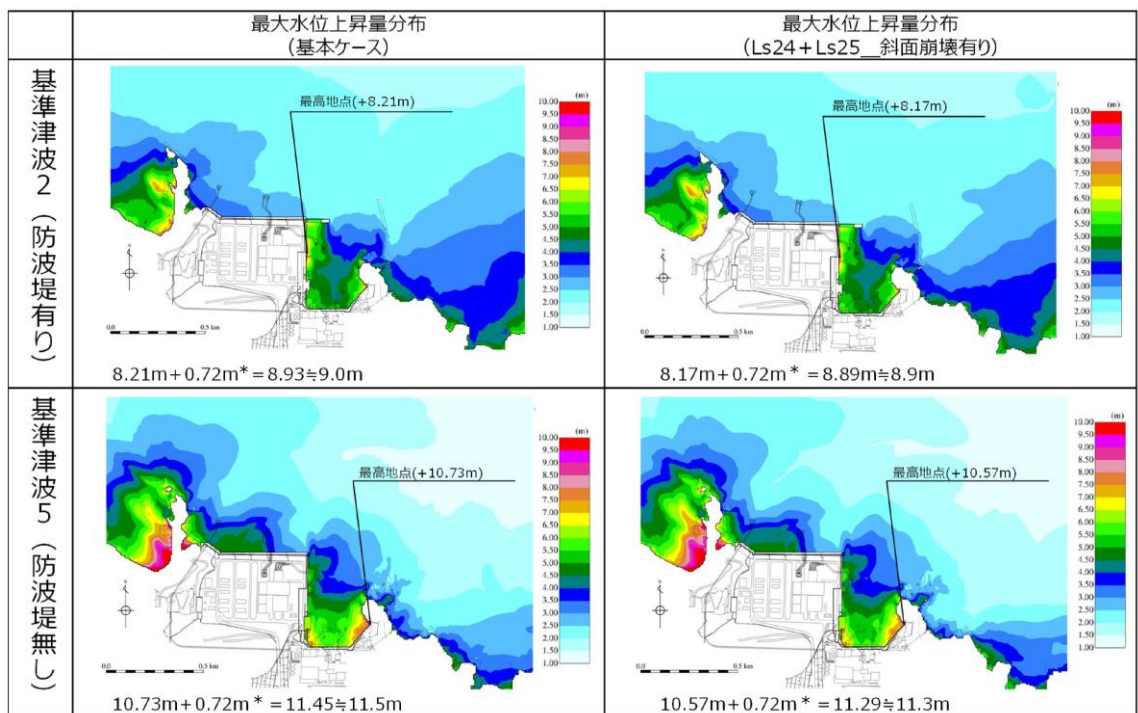
	【水位上昇側】施設護岸又は防波壁*1			【水位下降側】2号機取水口(東)*2		
	基本ケース(A)	斜面崩壊有り(B)	差異(B-A)	基本ケース(A)	斜面崩壊有り(B)	差異(B-A)
基準津波1(防波堤有り)	+10.7m (+10.67m)	+10.7m (+10.67m)	0.0m (0.00m)	-5.2m (-5.13m)	-5.0m (-4.98m)	+0.2m (+0.15m)
基準津波1(防波堤無し)	+11.9m (+11.85m)	+11.1m (+11.08m)	-0.8m (-0.77m)	-6.1m (-6.01m)	-5.8m (-5.79m)	+0.3m (+0.22m)
基準津波2(防波堤有り)	+9.0m (+8.93m)	+8.9m (+8.89m)	-0.1m (-0.04m)			
基準津波3(防波堤有り)				-4.7m (-4.63m)	-4.7m (-4.66m)	0m (-0.03m)
基準津波4(防波堤有り)				-4.1m (-4.04m)	-4.1m (-4.04m)	0m (0.00m)
基準津波4(防波堤無し)				-4.3m (-4.25m)	-4.3m (-4.24m)	0m (+0.01m)
基準津波5(防波堤無し)	+11.5m (+11.45m)	+11.3m (+11.29m)	-0.2m (-0.16m)			
基準津波6(防波堤無し)				-6.1m (-6.08m)	-6.0m (-5.99m)	+0.1m (+0.09m)

注記*1: 期望平均満潮位+0.58m, 潮位のばらつき0.14mを併せて+0.72mを考慮 *2: 期望平均干潮位-0.02m, 潮位のばらつき0.17mを併せて-0.19mを考慮



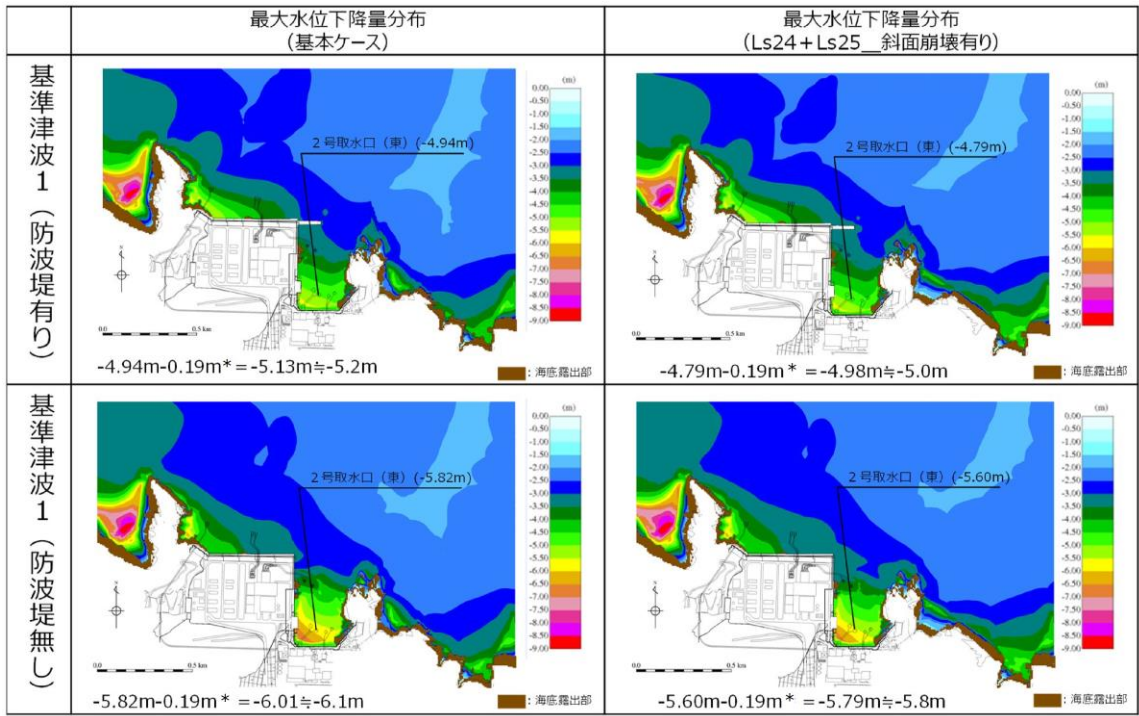
注記*：朔望平均満潮位+0.58m，潮位のばらつき0.14mを併せて+0.72mを考慮

図 1.2-22(1) 斜面崩壊 (Ls24+Ls25) の有無による最大水位上昇量分布の比較
(基準津波1 (防波堤有り) 及び基準津波1 (防波堤無し))



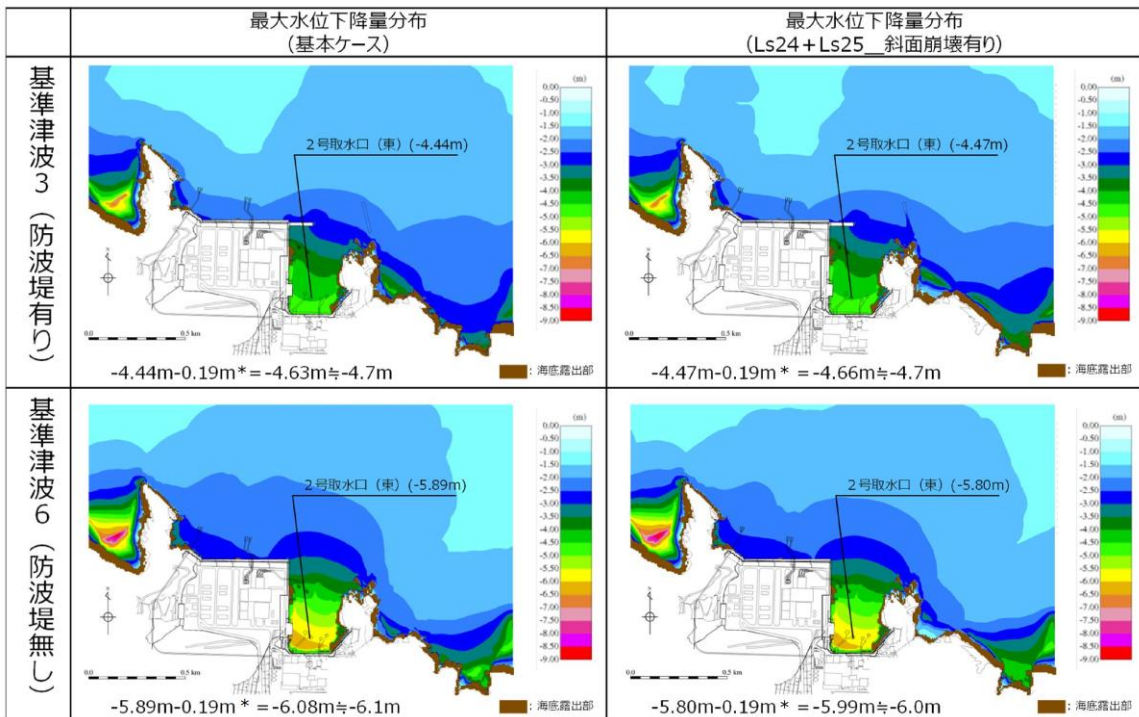
注記*：朔望平均満潮位+0.58m，潮位のばらつき0.14mを併せて+0.72mを考慮

図 1.2-22(2) 斜面崩壊 (Ls24+Ls25) の有無による最大水位上昇量分布の比較
(基準津波2 (防波堤有り) 及び基準津波5 (防波堤無し))



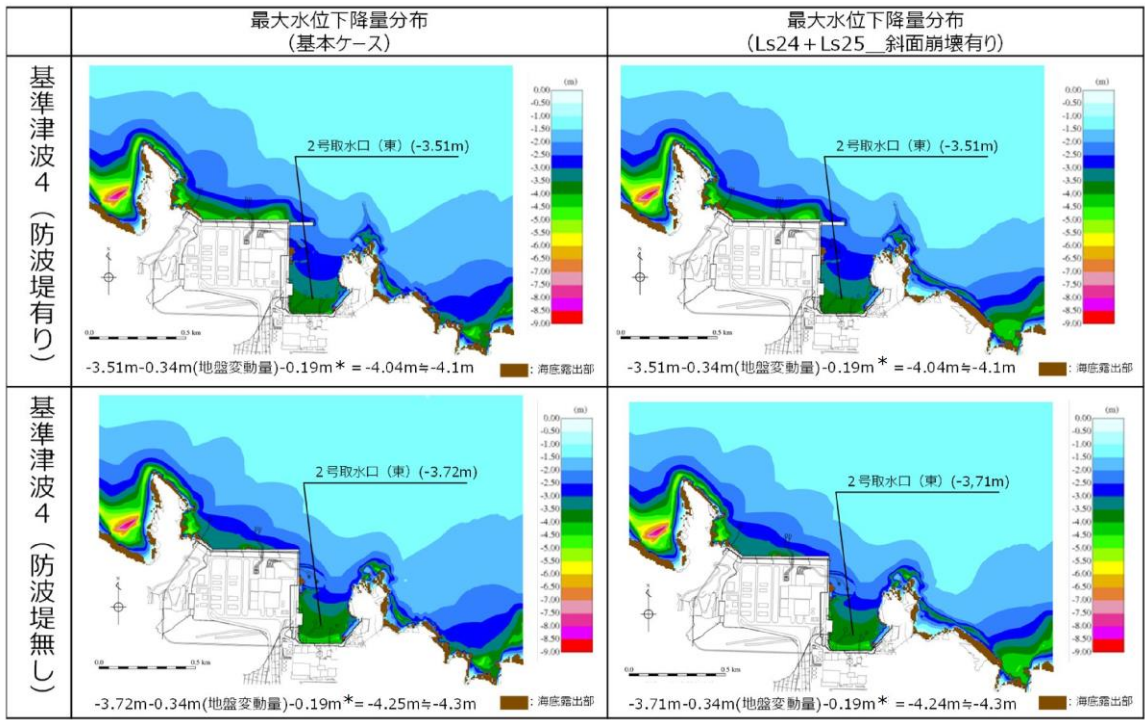
注記* : 朔望平均干潮位-0.02m, 潮位のばらつき0.17mを併せて-0.19mを考慮

図 1.2-22(3) 斜面崩壊 (Ls24+Ls25) の有無による最大水位下降量分布の比較 (基準津波1 (防波堤有り) 及び基準津波1 (防波堤無し))



注記* : 朔望平均干潮位-0.02m, 潮位のばらつき0.17mを併せて-0.19mを考慮

図 1.2-22(4) 斜面崩壊 (Ls24+Ls25) の有無による最大水位下降量分布の比較 (基準津波3 (防波堤有り) 及び基準津波6 (防波堤無し))



注記* : 朔望平均干潮位-0.02m, 潮位のばらつき0.17mを併せて-0.19mを考慮

図 1.2-22(5) 斜面崩壊 (Ls24+Ls25) の有無による最大水位下降量分布の比較
(基準津波4 (防波堤有り) 及び基準津波4 (防波堤無し))

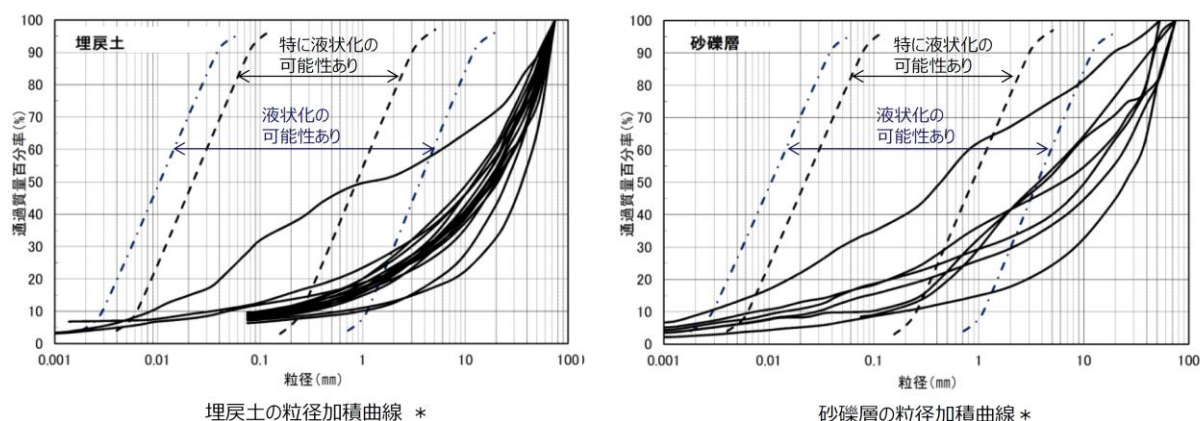
(3) 敷地の地盤変状に関する検討

防波壁は、堅固な岩盤（一部、改良地盤）に支持されていることから、地震に伴う沈下は発生しない。一方、防波壁前面に存在する埋戻土及び砂礫層は、地震時の液状化による沈下及び揺すり込みによる沈下が発生する可能性があるため、防波壁前面の沈下量算定の対象層とする。

埋戻土及び砂礫層の土質区分を図 1.2-23 に示す。埋戻土は、粒径 10mm 以上の礫が主体であるが、粒径 2mm 未満の砂も含む土層である。砂礫層は、50%粒径が 10mm 以下、かつ 10%粒径が 1mm 以下であり、細粒分含有率が 35%以下の土層である。

また、護岸に使用している埋戻土（粘性土）については液状化評価対象層ではないが、入力津波の設定における影響要因の検討の際には安全側に沈下量算定の対象層とする。

津波解析にあたっては、沈下量を算定し、地形モデルに反映する。なお、沈下量は、液状化及び揺すり込みに伴う沈下並びに液状化に伴う側方流動による沈下に分けて算出し、これらを合わせて設定する。



注記*：港湾の施設の技術上の基準・同解説（上巻）（社）日本港湾協会，H19）の「粒度による液状化判定」に粒径加積曲線を追記

地層名	50%粒径 (平均) (mm)	10%粒径 (平均) (mm)	細粒分含有率 (平均) (%)
埋戻土	16.5	-	-
砂礫層	9.1	0.0651	15.6

図 1.2-23 埋戻土及び砂礫層の土質区分

a. 液状化及び揺すり込みに伴う沈下

(a) 検討概要

敷地の地質は、新第三紀中新世の堆積岩類からなる成相寺層及び貫入岩類、並びにそれらを覆う被覆層から構成される。成相寺層は海成層で、下位より下部頁岩部層、火砕岩部層及び上部頁岩部層に区分される。被覆層は、崖錐・海

底堆積物及び盛土からなる。崖錐・海底堆積物は主に礫混じり砂質土及び礫混じり粘性土からなる。敷地の被覆層である盛土は、埋戻土と埋戻土（粘性土）に分類している。敷地の被覆層である崖錐・海底堆積物は、砂礫層として分類している。

液状化及び揺すり込みに伴う沈下量は、図 1.2-24 に示す流れに従って、地質断面図により算定した。相対密度は、図 1.2-25 のとおり、港湾基準に基づき、マイヤホフにより提案された N 値と相対密度の関係式を用いて算出する。

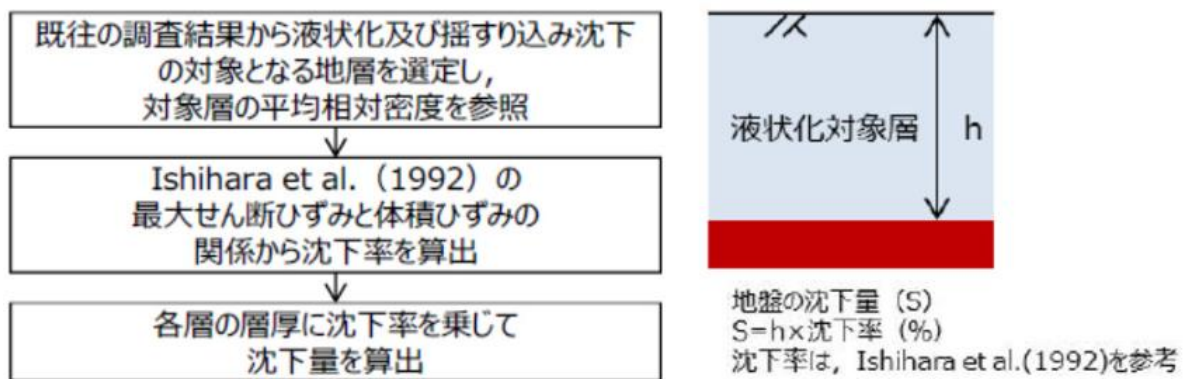


図 1.2-24 液状化及び揺すり込みに伴う沈下量の算定フロー

$$Dr = 21 \cdot \left(\frac{100 \cdot N}{\sigma'_{v0} + 70} \right)^{0.5}$$

Dr: 相対密度 (%)
 N: 標準貫入試験値
 σ'_{v0} : 標準貫入試験値を測定した深度における有効土被り圧 (= $\gamma \times h$) (kN/m²)
 γ : 単位体積重量 (kN/m³)
 h: 標準貫入試験値を測定した深度

図 1.2-25 マイヤホフにより提案された N 値と相対密度の関係式

(b) 評価対象層の選定及び相対密度の設定

沈下量算定の対象層としては、埋戻土、埋戻土（粘性土）及び砂礫層を選定した。なお、埋戻土（粘性土）は、粘性土のため液状化しないが、安全側に埋戻土に置き換えて沈下量を算出する。砂礫層は、粒径加積曲線が埋戻土と同様な傾向を示すことから、埋戻土に置き換えて沈下量を算出する。埋戻土、埋戻土（粘性土）及び砂礫層の分布を図 1.2-26 に示す。沈下率は、Ishihara et al. (1992) の地盤の相対密度に応じた最大せん断ひずみと体積ひずみ（沈下率）の関係から設定した。相対密度は、図 1.2-27 に示す位置において調査を実施し、図 1.2-28 に示すとおり平均で 71.3% となり、ばらつきを考慮すると 54.1% となる。

Ishihara et al. (1992) の関係については、細粒分及び粗粒分が少なく粒径が比較的揃った液状化し易いきれいな砂による沈下率を示しており、埋戻土と

比較すると沈下率が大きくなると判断できるため、埋戻土の沈下率を Ishihara et al. (1992) の関係より算定することにより保守的な評価を実施する。

沈下率は図 1.2-29 に示すとおり、安全側に地震時の最大せん断ひずみを考慮せず、相対密度の平均値 71.3% をもとに 2.5% となるが、ばらつきを考慮し算出した相対密度 54.1% をもとに、安全側に 3.5% と評価する。

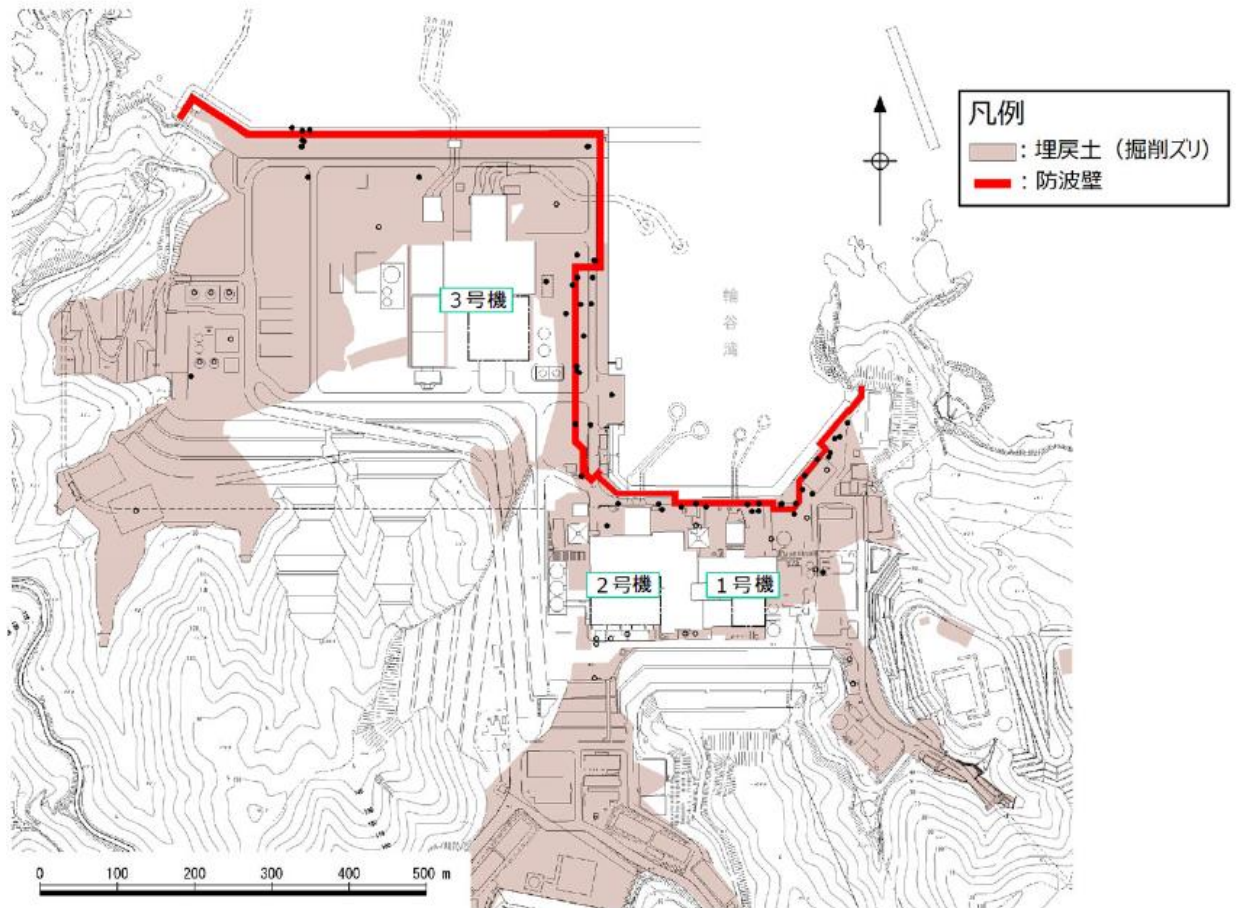


図 1.2-26(1) 埋戻土分布図

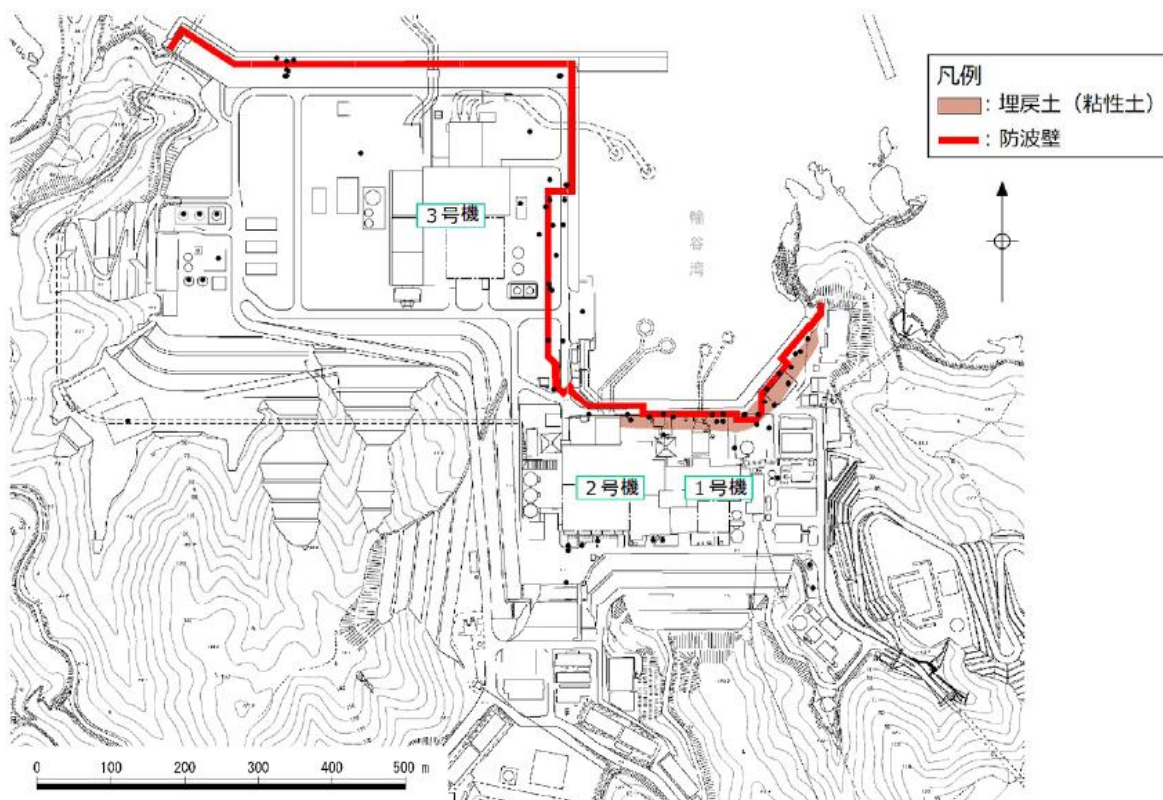


图 1.2-26(2) 埋戻土 (粘性土) 分布图

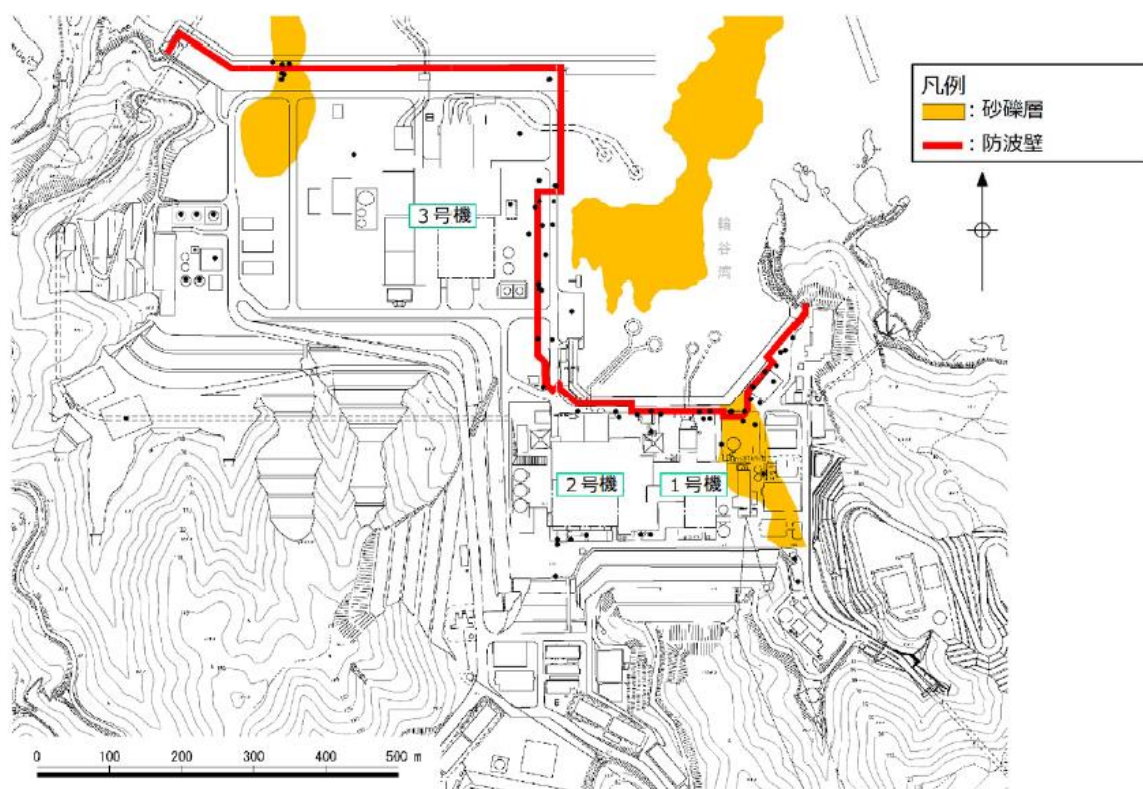


图 1.2-26(3) 砂礫層分布图

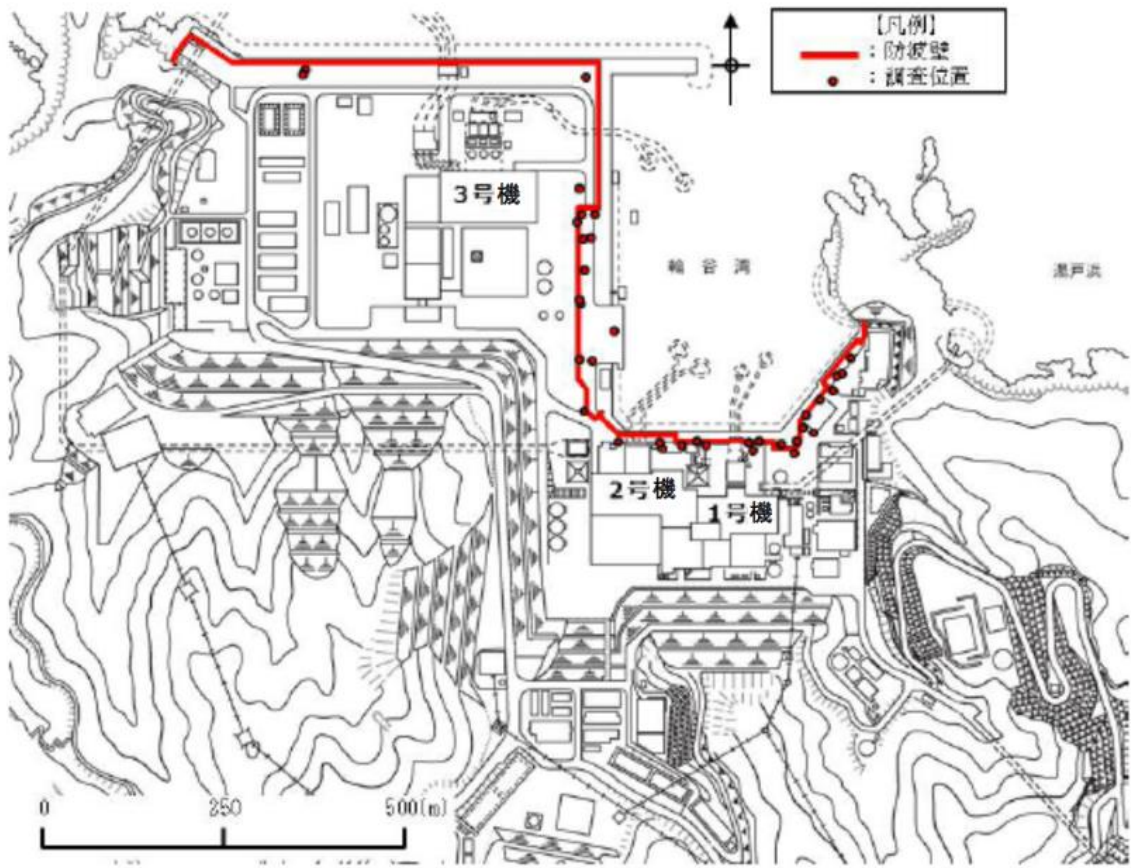
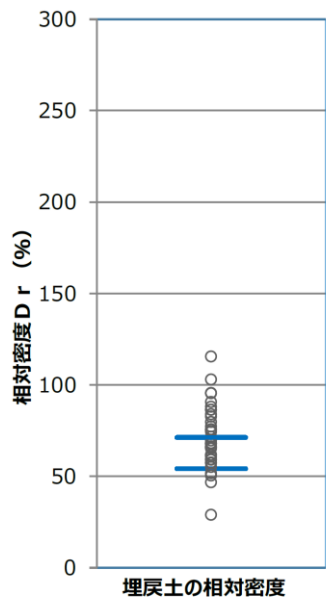


図 1.2-27 相対密度の調査位置



	相対密度Dr(%)	
	平均	平均-1σ
埋戻土	71.3	54.1

図 1.2-28 埋戻土の相対密度

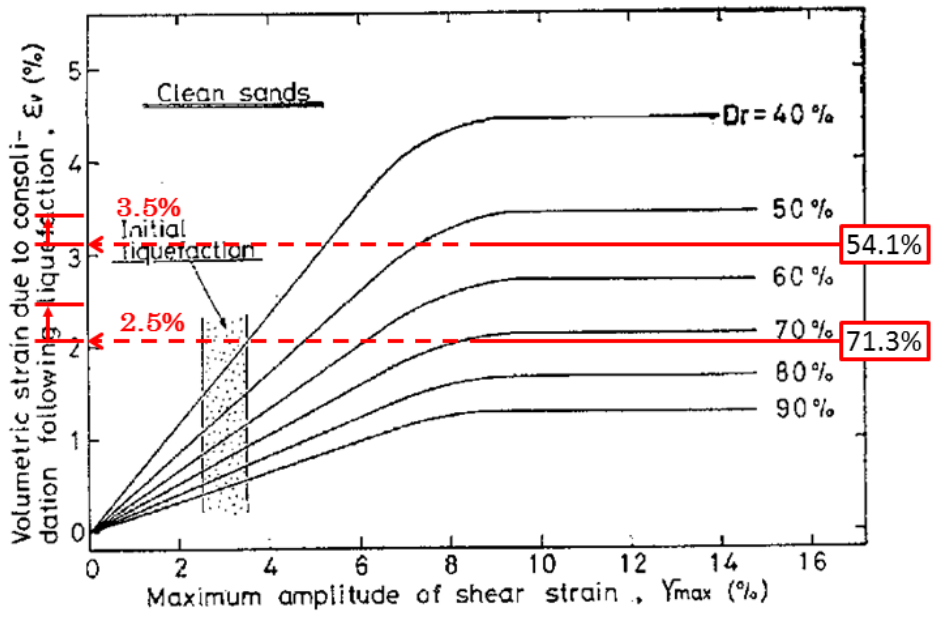


図 1.2-29 Ishihara et al. (1992) の地盤の最大せん断ひずみと体積ひずみの関係から設定した沈下率

(c) 沈下量

防波壁前面の沈下量は、防波壁前面に沈下量算定の対象層が存在する3号機東側エリア及び1, 2号機北側エリアの地質断面図に基づき算定した。沈下量算定の対象層である埋戻土、埋戻土（粘性土）及び砂礫層の分布図に基づき設定した防波壁前面における沈下考慮範囲を図 1.2-30 に、沈下量算定の対象層が防波壁前面に分布する3号機東側エリア及び1, 2号機北側エリアの地質断面図を図 1.2-31 に示す。

図 1.2-31 に示すとおり、3号機東側エリアには、沈下量算定の対象層である埋戻土が EL 8.5m から EL-9.6m に存在する。1, 2号機北側エリアには、沈下量算定の対象層が EL 8.5m から EL-14.1m に存在する。なお、1, 2号機北側エリアの防波壁前面の砂礫層地盤改良範囲を考慮した液状化層厚は、地盤改良部において 17.1m、施設護岸部において 14.4m となる。

1, 2号機北側エリアの断面図を図 1.2-32 に示す。1, 2号機北側エリアに存在する砂礫層は地盤改良（①地盤改良部）されているが、防波壁前面において一部地盤改良されていない範囲（②施設護岸部）があるため、沈下量を算定する層厚を算定した。その結果、1, 2号機北側エリアにおける防波壁前面の沈下量を算定する層厚は地盤改良部において 17.1m、施設護岸部において 14.4m となり、3号機東側エリアにおける層厚 18.1m を上回らないことを確認した。

以上より、層厚が最大となるよう EL 8.5m から EL-9.6m を考慮し、沈下量を算定するための層厚は 18.1m とした。

沈下量は、上記層厚及び Ishihara et al. (1992) の関係を用いて相対密度の平均値にばらつきを考慮して安全側に設定した沈下率 3.5% より 0.65m* を安全側に考慮する。

注記*：層厚 18.1m×沈下率 3.5% ≒ 沈下量 0.65m

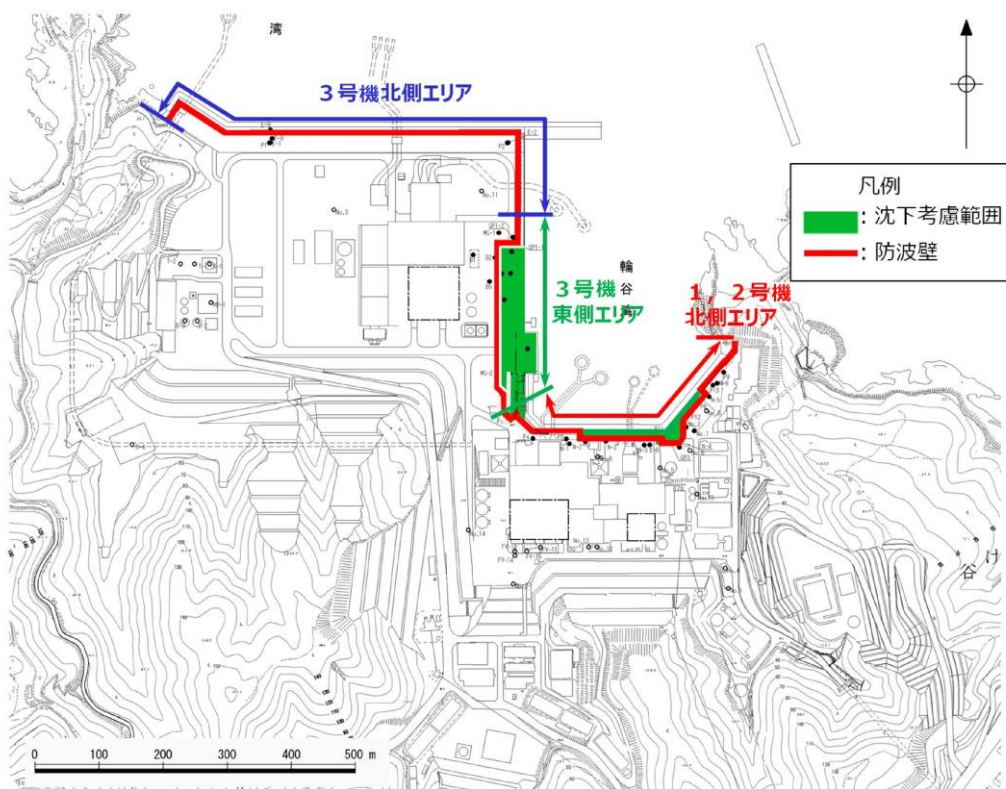


図 1.2-30 防波壁前面における沈下考慮範囲（平面図）

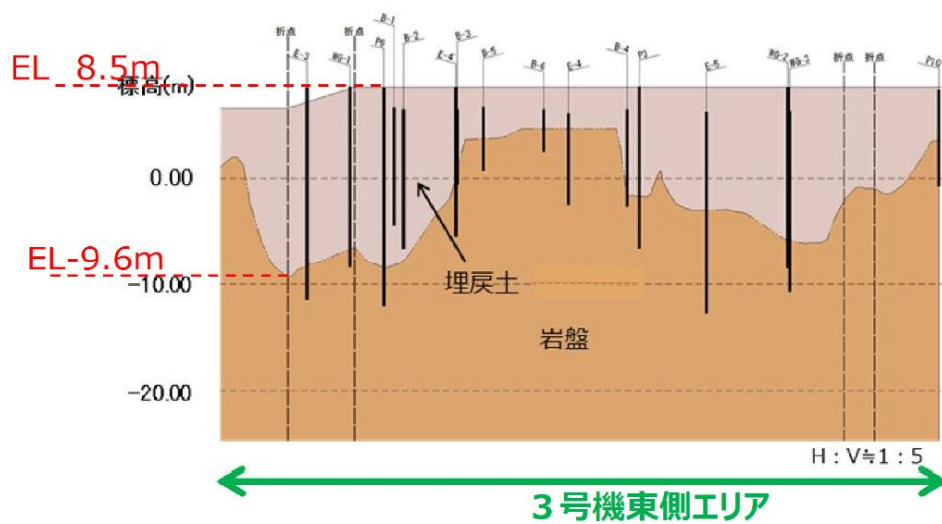


図 1.2-31(1) 地質断面図（3号機東側エリア）

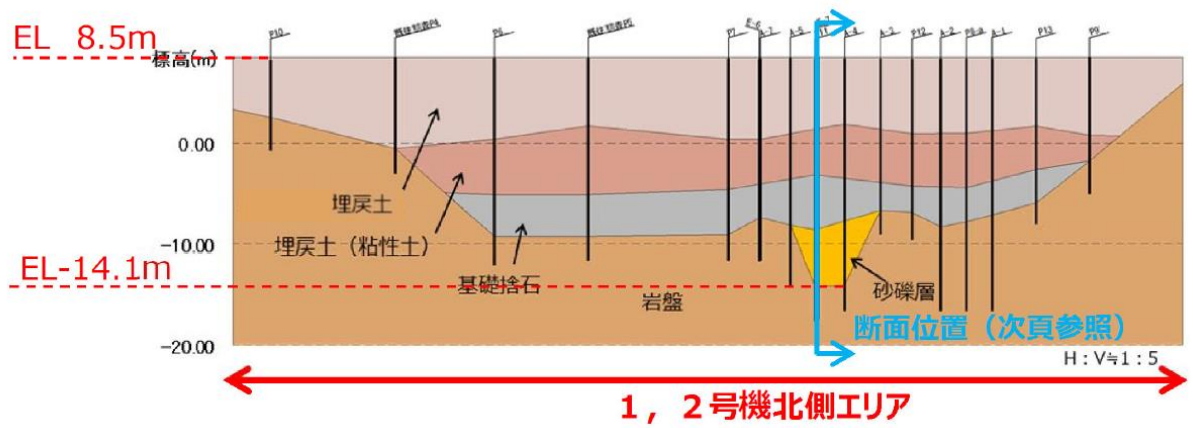


図 1.2-31(2) 地質断面図 (1, 2号機北側エリア)

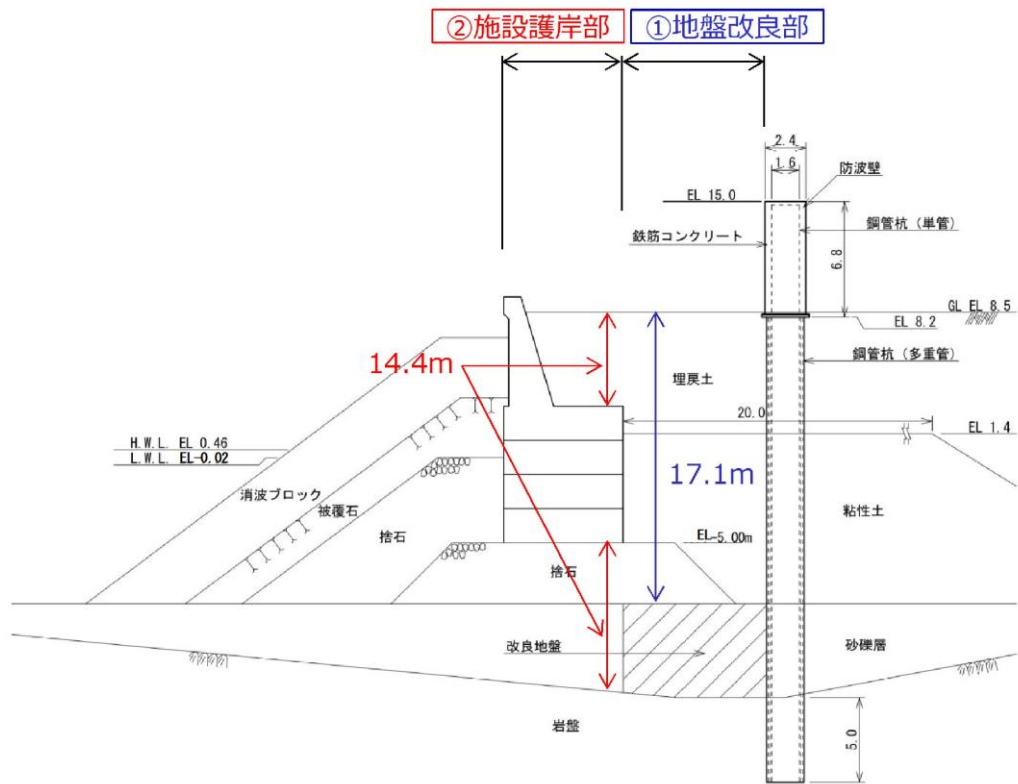


図 1.2-32 断面図 (1, 2号機北側エリア)

b. 液状化に伴う側方流動による沈下

(a) 評価方針

地震時の地盤の液状化に伴う側方流動が想定されることから、二次元有効応力解析（解析コード「FLIP Ver. 7.1.9」）により側方流動による沈下量を算定する。評価を行う解析断面は、図 1.2-33 に示す3号機東側エリア及び1, 2号機北側エリアそれぞれにおいて、沈下量算定の対象層である埋戻土、埋戻土（粘性土）及び砂礫層の分布図に基づき設定した防波壁前面における沈下考慮範囲が比較的広い断面を対象として、有効応力解析を実施する。

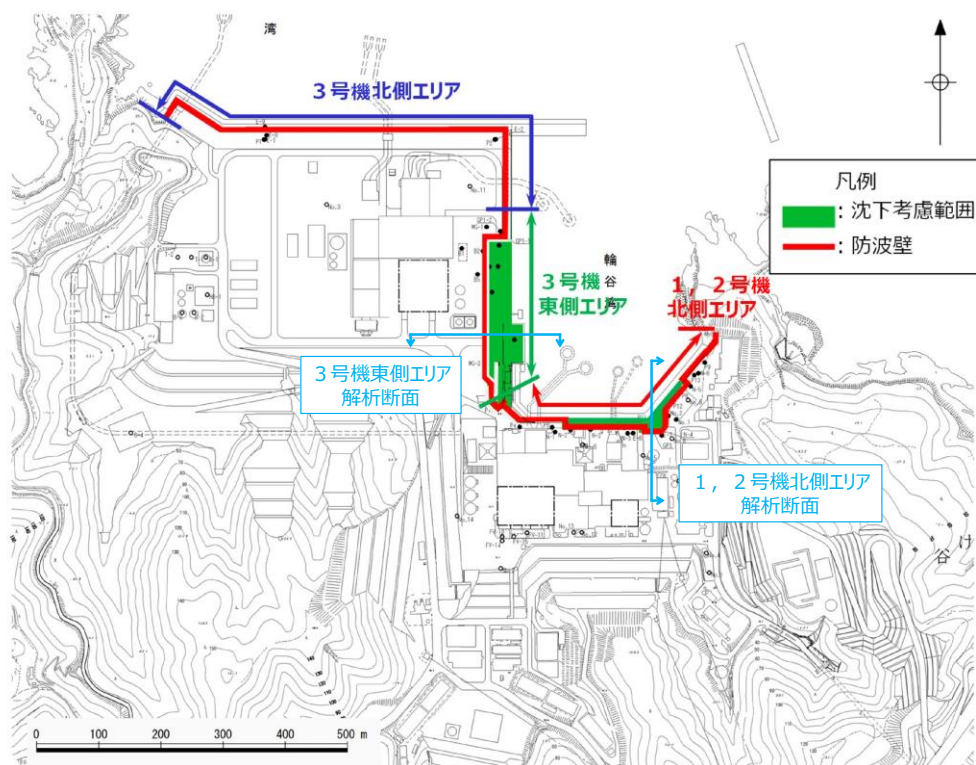


図 1.2-33 解析断面位置図

(b) 解析条件

3号機東側断面及び1, 2号機北側断面の解析モデル図を図 1.2-34 に示す。地盤は、地質区分に基づき平面ひずみ要素でモデル化し、防波壁は、線形はり要素でモデル化した。

地下水位は、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に従い、3号機東側断面については防波壁より陸側：EL 8.5m，防波壁より海側：EL 0.58m，1, 2号機北側断面においては防波壁より陸側：EL 5.5m，防波壁より海側：EL 0.58m と設定している。

入力地震動は、表 1.2-5 に示す基準地震動 S_s 全波及びこれらに位相反転を考慮した地震動を加えた全 12 波とする。基準地震動を、一次元波動論によって解析モデル下端位置で評価した波形を用いた。

液状化の評価対象として取り扱う埋戻土及び砂礫層の有効応力解析に用いる液状化パラメータは、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値を用いる。

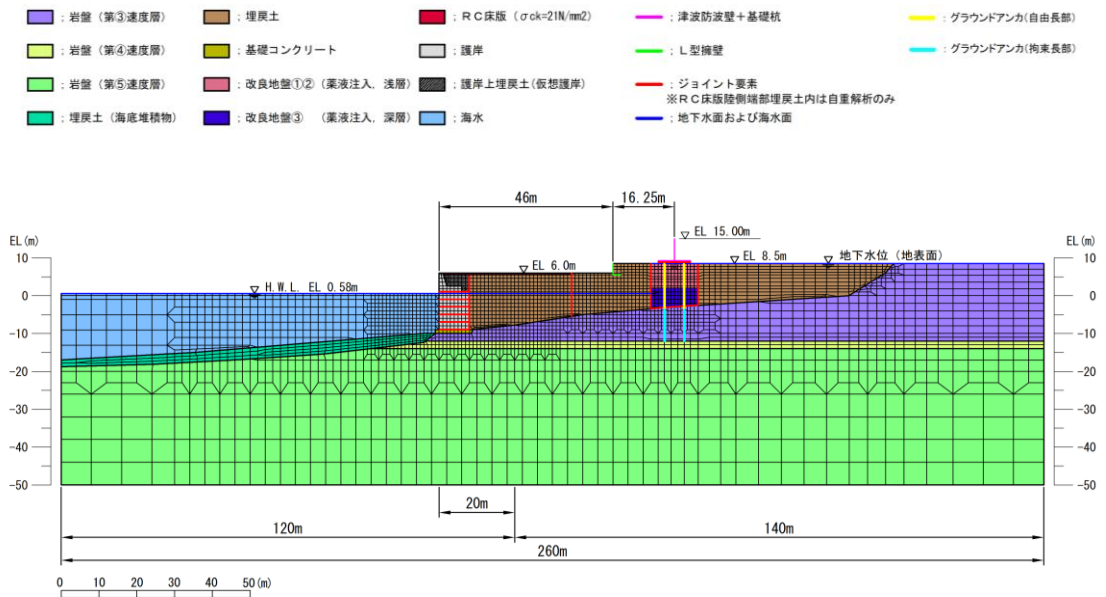


図 1.2-34(1) 解析モデル図 (3号機東側断面)

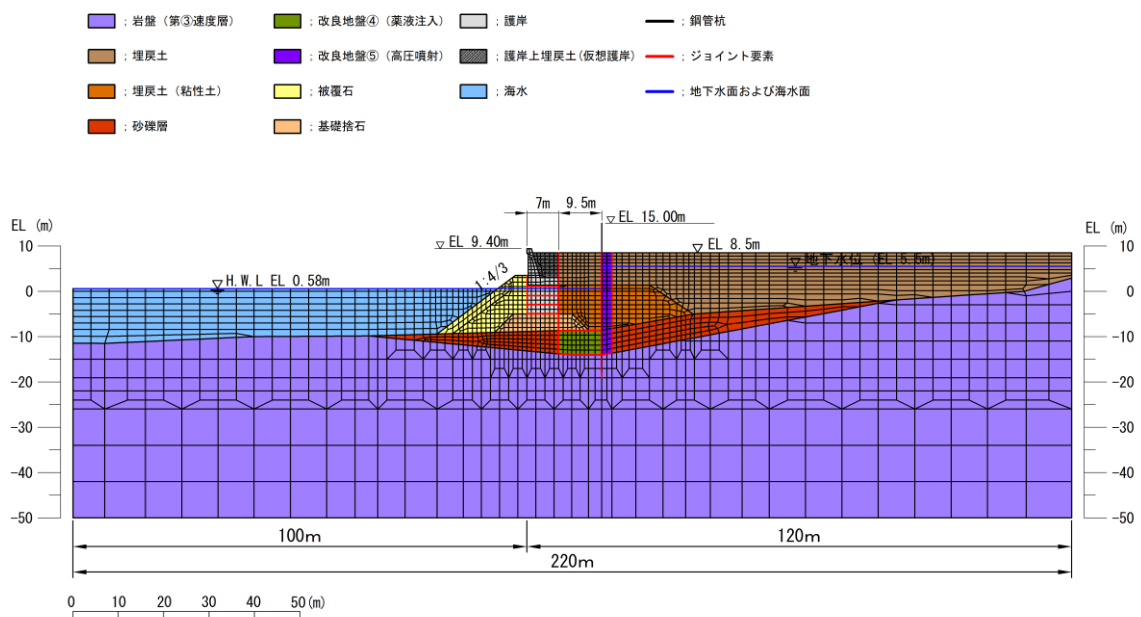
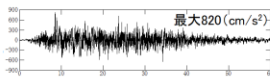
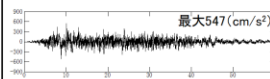
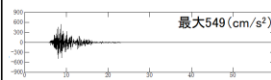
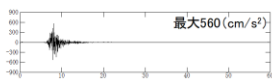
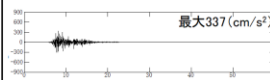
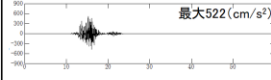
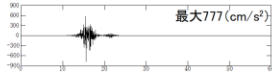
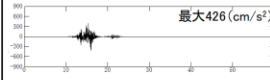
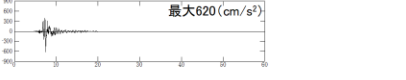

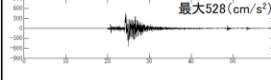
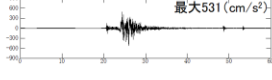
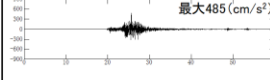


図 1.2-34(2) 解析モデル図 (1, 2号機北側断面)

表 1.2-5 基準地震動の加速度時刻歴波形

基準地震動		水平方向 (NS成分)	水平方向 (EW成分)	鉛直方向
S s - D	敷地ごとに震源を特定して策定する地震動による基準地震動 〔応答ベクトル手法による基準地震動〕			
S s - F 1	敷地ごとに震源を特定して策定する地震動による基準地震動 断層モデル手法による基準地震動 〔穴道断層による地震の中越中地震の短周期レベルの不確かさ 破砕帯台点5〕			
S s - F 2	敷地ごとに震源を特定して策定する地震動による基準地震動 断層モデル手法による基準地震動 〔穴道断層による地震の中越中地震の短周期レベルの不確かさ 破砕帯台点6〕			
S s - N 1	震源を特定せず策定する地震動による基準地震動 〔2004年北海道留萌支庁南部地震 (K-NET港町) の検討結果に保守性を考慮した地震動〕			
S s - N 2	震源を特定せず策定する地震動による基準地震動 〔2000年鳥取県西部地震の質祥タム (監査廊) の観測記録〕			

注: 表中のグラフは各基準地震動の加速度時刻歴波形[縦軸: 加速度, 横軸: 時間(s)]

(c) 評価結果

3号機東側断面における基準地震動（12波）による地表面鉛直残留変形量の一覧を表 1.2-6 に、最大ケースである基準地震動 S_s-D （+，-）による3号機東側の残留変形量を図 1.2-35 に示す。なお、残留変形量（鉛直，水平）評価範囲は、防波壁（逆 T 擁壁）の改良地盤前面の埋戻土から、護岸端部までとした。

EL 8.5m 盤の改良地盤近傍において最大 0.30m の沈下が生じているが、その範囲は局所的で海岸線から離れている。一方、EL 6.0m 盤から EL 8.5m 盤の埋戻土の各節点における沈下量を節点数で割った平均沈下量の最大値は 0.01m である。

なお、解析条件については、設置変更許可段階からの変更点等をまとめ、参考資料 3 に示す。

表 1.2-6 基準地震動による地表面鉛直残留変形量（3号機東側断面）

地震動		地表面鉛直残留変形量 (m) *	
		平均	最大
S_s-D	(++)	0.00	-0.25
	(-+)	0.00	-0.27
	(+-)	-0.01	-0.30
	(--)	-0.01	-0.29
S_s-F1 (EW)	(++)	-0.01	-0.18
S_s-F2 (EW)	(++)	-0.01	-0.20
S_s-N1	(++)	-0.01	-0.21
	(-+)	-0.01	-0.21
S_s-N2 (NS)	(++)	-0.01	-0.17
	(-+)	-0.01	-0.21
S_s-N2 (EW)	(++)	-0.01	-0.20
	(-+)	-0.01	-0.22

注記*：プラス側が上昇，マイナス側が下降を示す。

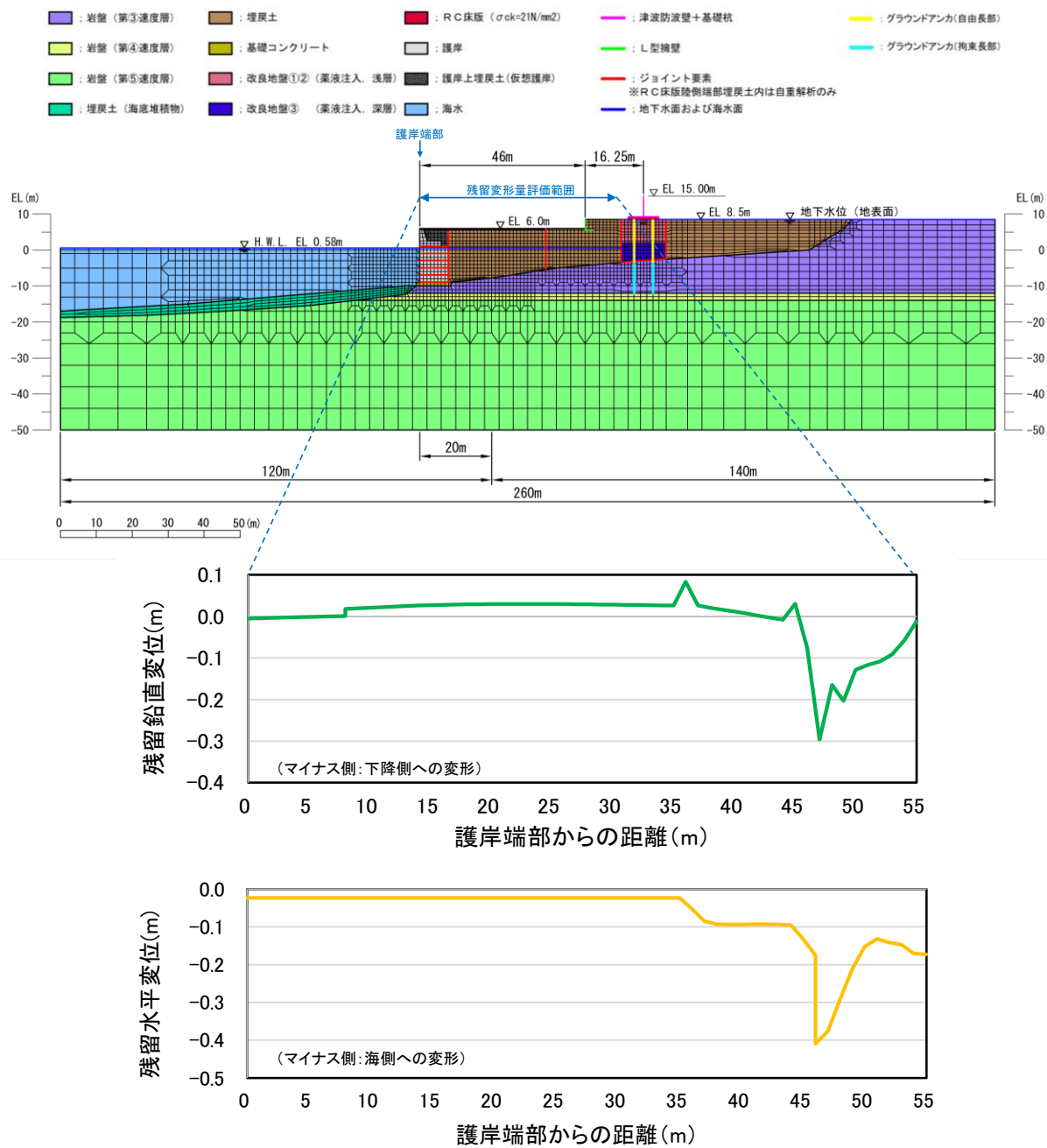


図 1.2-35 基準地震動の $S_s-D (+, -)$ による地表面残留変形量 (3号機東側断面)

1, 2号機北側断面における基準地震動（12波）による地表面鉛直残留変形量の一覧を表 1.2-7 に、最大ケースである基準地震動 S_s-D （+, -）による1, 2号機東側の残留変形量を図 1.2-36 に示す。なお、残留変形量（鉛直、水平）評価範囲は、防波壁（多重鋼管杭式擁壁）前面の埋戻土から、護岸端部までとした。

防波壁から海側では、防波壁前面の EL 8.5m 盤において局所的に最大 11m 程度の沈下が生じている。

1, 2号機北側断面では防波壁（多重鋼管杭式擁壁）付近において局所的に大きな変位が生じている。この要因としては、1, 2号機北側断面では剛性差が大きい埋戻土と防波壁（多重鋼管杭式擁壁）が接しており、防波壁（多重鋼管杭式擁壁）付近における埋戻土のひずみが大きくなり、せん断弾性係数が低下したことで局所的に大きな変位が生じたものと考えられる。

表 1.2-7 基準地震動による地表面鉛直残留変形量（1, 2号機北側断面）

地震動		地表面鉛直残留変形量 (m)*	
		平均	最大
S_s-D	(++)	-1.84	-8.69
	(-+)	-1.76	-8.74
	(+-)	-2.10	-10.77
	(--)	-1.90	-8.72
S_s-F1 (EW)	(++)	-0.19	-0.97
S_s-F2 (EW)	(++)	-0.21	-0.55
S_s-N1	(++)	-0.36	-1.03
	(-+)	-0.30	-0.74
S_s-N2 (NS)	(++)	-0.57	-3.34
	(-+)	-0.31	-2.04
S_s-N2 (EW)	(++)	-0.53	-2.63
	(-+)	-0.55	-3.16

注記*：プラス側が上昇，マイナス側が下降を示す。

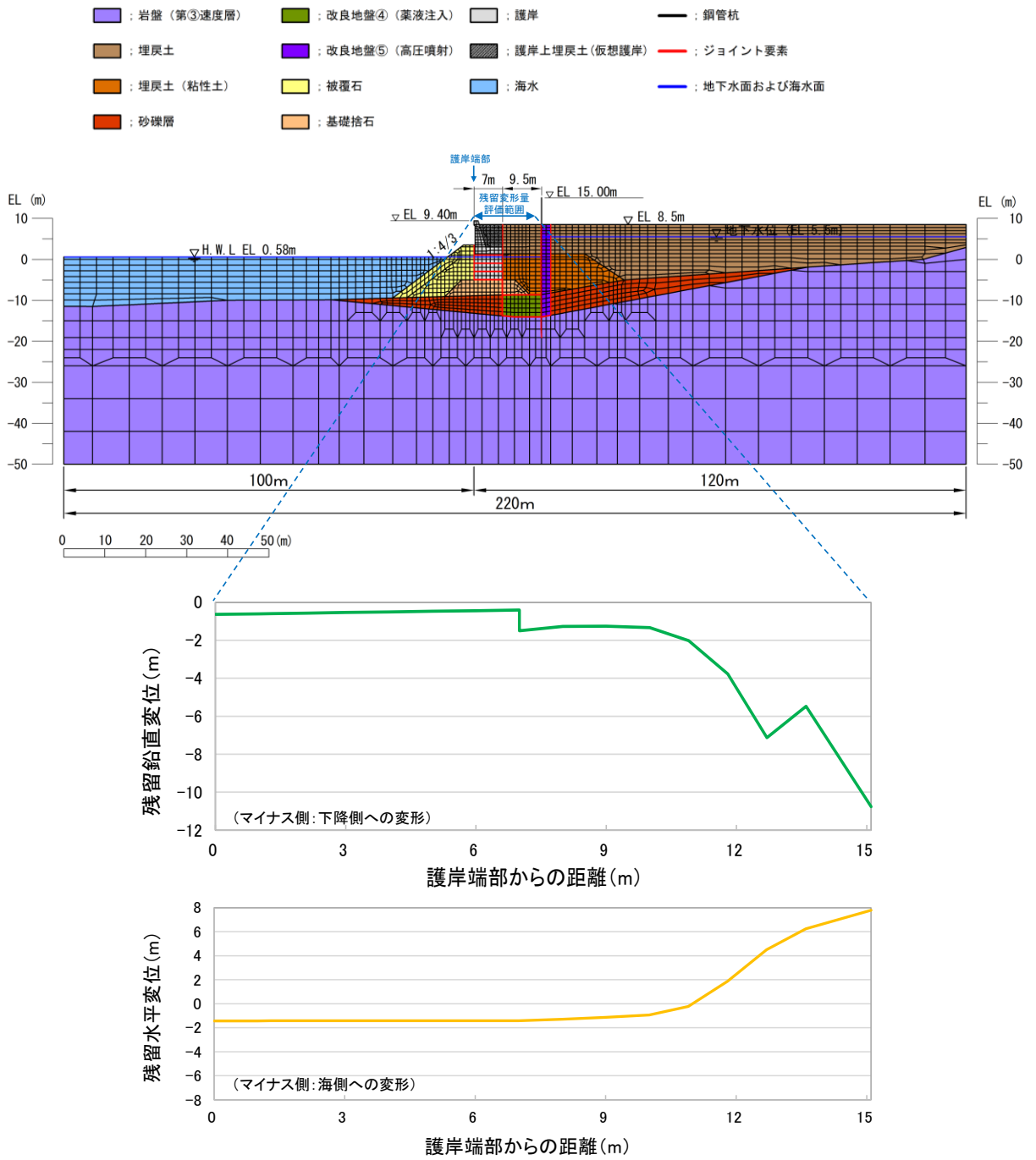


図 1.2-36 基準地震動の $S_s-D (+, -)$ による地表面残留変形量
(1, 2号機北側断面)

c. 津波解析における沈下量の設定

津波解析における沈下は、沈下考慮範囲を対象とする（図 1.2-37）。また、荷揚場は一部岩着し、沈下しない範囲もあるが、本検討では、安全側に荷揚場全体が沈下する前提で検討を行い、護岸のパラペットについてもモデル化を行わないこととする。なお、防波壁周辺については、地盤改良を実施していることから、沈下しないこととする。

液状化及び揺すり込みに伴う沈下量は、a. に示すとおり 3号機東側エリアの埋戻土の層厚（18.1m）及び沈下率（3.5%）から求まる 0.65mを採用し、沈下考慮範囲が比較的広い同エリアにおける側方流動による平均沈下量の最大値の 0.01mを加え、整数に切り上げた 1mを沈下考慮範囲における沈下量として一律に設定し、津波解析を実施する。

また、1, 2号機北側エリアについては、側方流動により局所的に 10mを超える大きな沈下が確認されたこと及び施設護岸等の有無が津波解析に影響を与える可能性があることから、上記の沈下量 1mの設定に加え、保守的に防波壁前面の施設護岸等がない場合を想定し、同エリアが海底面と同じ高さまで沈下した場合についても津波解析を実施する。

津波解析における沈下量の設定の一覧を表 1.2-8 に示す。

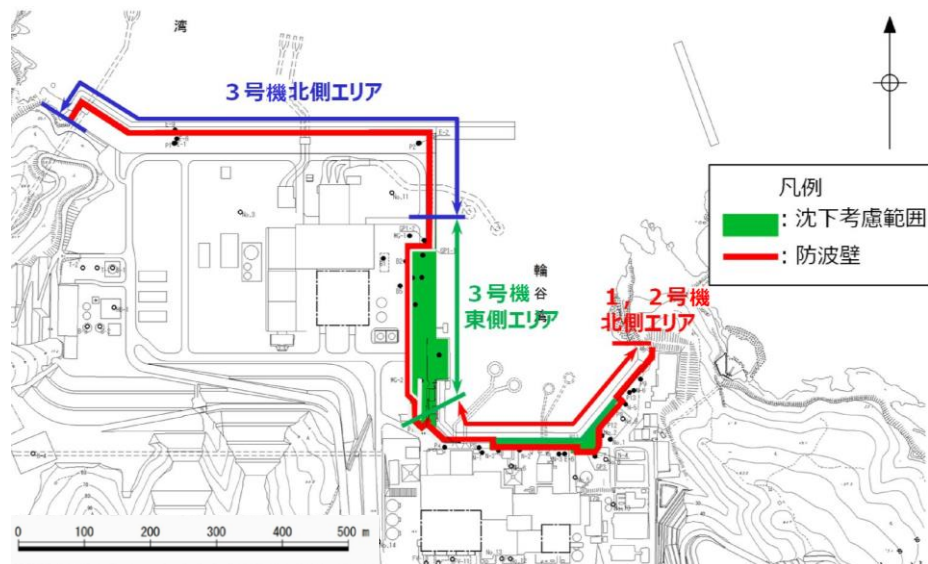


図 1.2-37 津波評価において沈下を考慮する範囲

表 1.2-8 津波解析における沈下量の設定

ケース	3号機東側エリア	1, 2号北エリア
(a)	1m 沈下	1m 沈下
(b)	1m 沈下	海底面まで沈下

d. 地盤変状を考慮した津波解析

(a) 沈下量を一律 1m とした場合の解析結果

a. ～c. を踏まえ、沈下量を沈下考慮範囲で一律 1m と設定し、津波解析を実施した。

基準津波 1～6 のケースを対象に基本ケース及び 1m 沈下させたケースを比較し、その差異を表 1.2-9 に示す。また、最大水位上昇量分布及び最大水位下降量分布を図 1.2-38 に示す。

津波解析の結果、1m 沈下させた場合、水位上昇側の施設護岸又は防波壁の水位は、どのケースについても基本ケースと同じもしくは基本ケースの方が大きい。また、水位下降側の 2 号機取水口の水位については全ケースで同じ水位となった。

表 1.2-9 基本ケースと地盤変状（1m 沈下）を考慮したケースの水位比較

	【水位上昇側】施設護岸又は防波壁*1			【水位下降側】2号機取水口（東）*2		
	基本ケース (沈下無し)(A)	沈下有り1m (B)	差異 (B-A)	基本ケース (沈下無し)(A)	沈下有り1m (B)	差異 (B-A)
基準津波 1 (防波堤有り)	+10.7m (+10.67m)	+10.7m (+10.67m)	0.0m (0.00m)	-5.2m (-5.13m)	-5.2m (-5.13m)	0.0m (0.00m)
基準津波 1 (防波堤無し)	+11.9m (+11.85m)	+11.9m (+11.85m)	0.0m (0.00m)	-6.1m (-6.01m)	-6.1m (-6.01m)	0.0m (0.00m)
基準津波 2 (防波堤有り)	+9.0m (+8.93m)	+9.0m (+8.92m)	0.0m (-0.01m)			
基準津波 3 (防波堤有り)				-4.7m (-4.63m)	-4.7m (-4.63m)	0.0m (0.00m)
基準津波 4 (防波堤有り)				-4.1m (-4.04m)	-4.1m (-4.04m)	0.0m (0.00m)
基準津波 4 (防波堤無し)				-4.3m (-4.25m)	-4.3m (-4.25m)	0.0m (0.00m)
基準津波 5 (防波堤無し)	11.5m (+11.45m)	11.5m (+11.45m)	0.0m (0.00m)			
基準津波 6 (防波堤無し)				-6.1m (-6.08m)	-6.1m (-6.08m)	0.0m (0.00m)

注記*1：朔望平均満潮位+0.58m，潮位のばらつき0.14mを併せて+0.72mを考慮 *2：朔望平均干潮位-0.02m，潮位のばらつき0.17mを併せて-0.19mを考慮

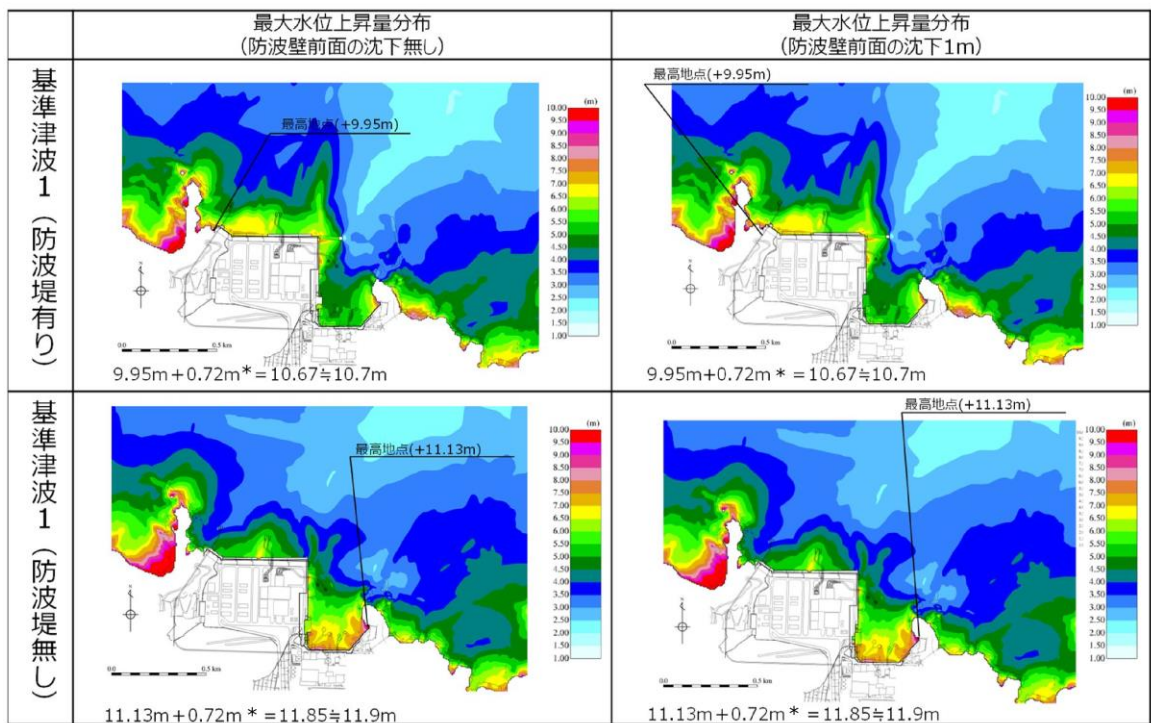
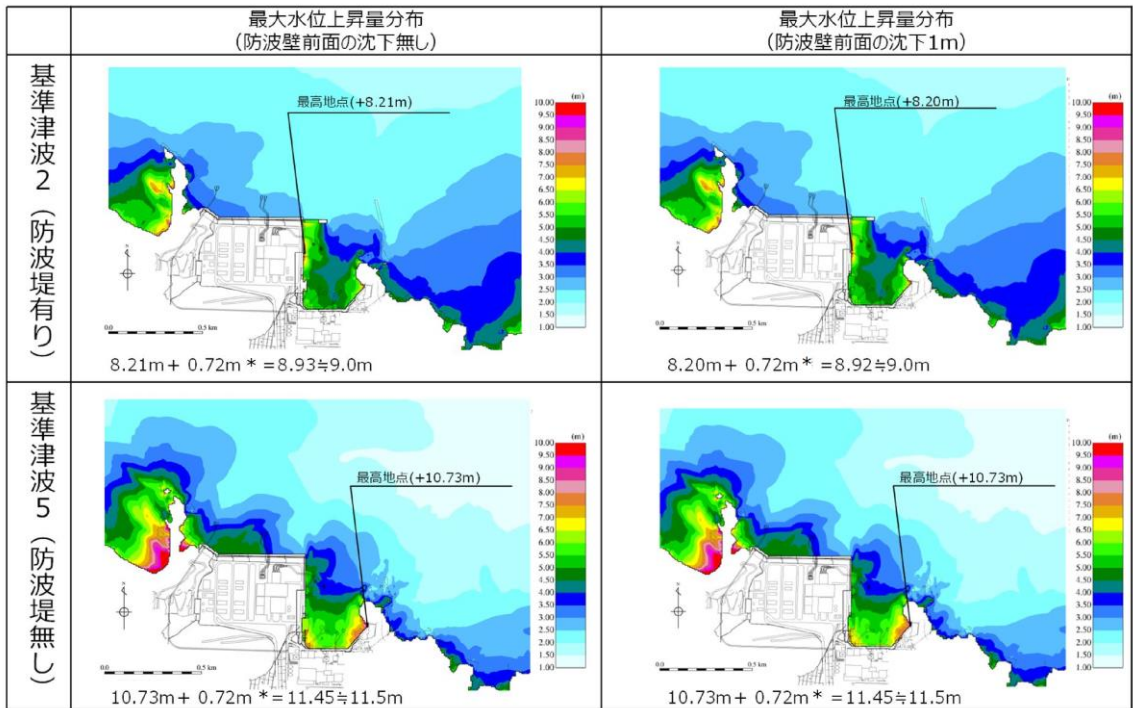
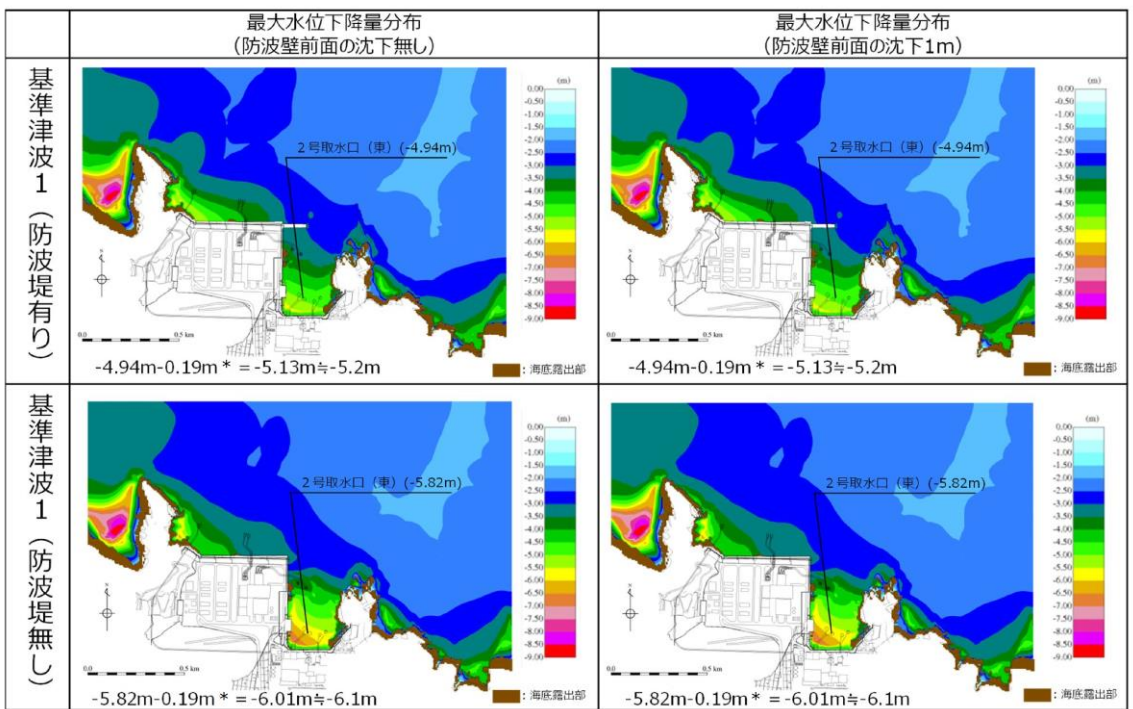


図 1.2-38(1) 地盤変状の有無による最大水位上昇量分布の比較
(基準津波 1 (防波堤有り) 及び基準津波 1 (防波堤無し))



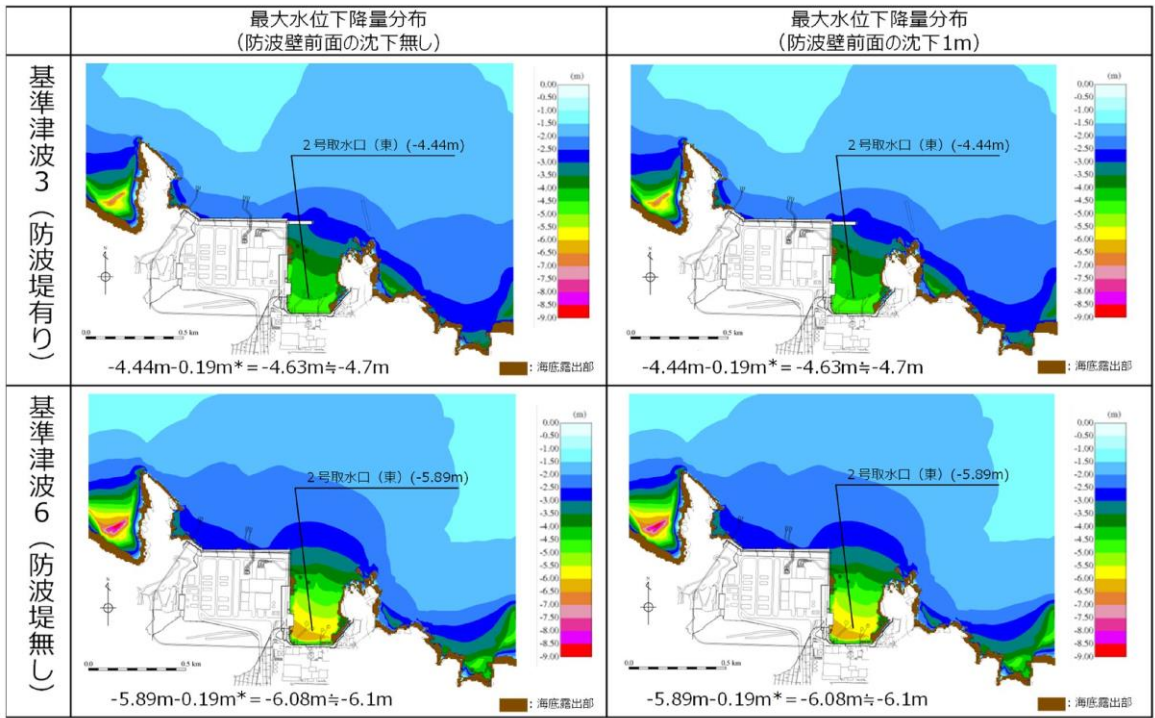
注記* : 朔望平均満潮位+0.58m, 潮位のばらつき0.14mを併せて+0.72mを考慮

図 1.2-38(2) 地盤変状の有無による最大水位上昇量分布の比較
(基準津波 2 (防波堤有り) 及び基準津波 5 (防波堤無し))



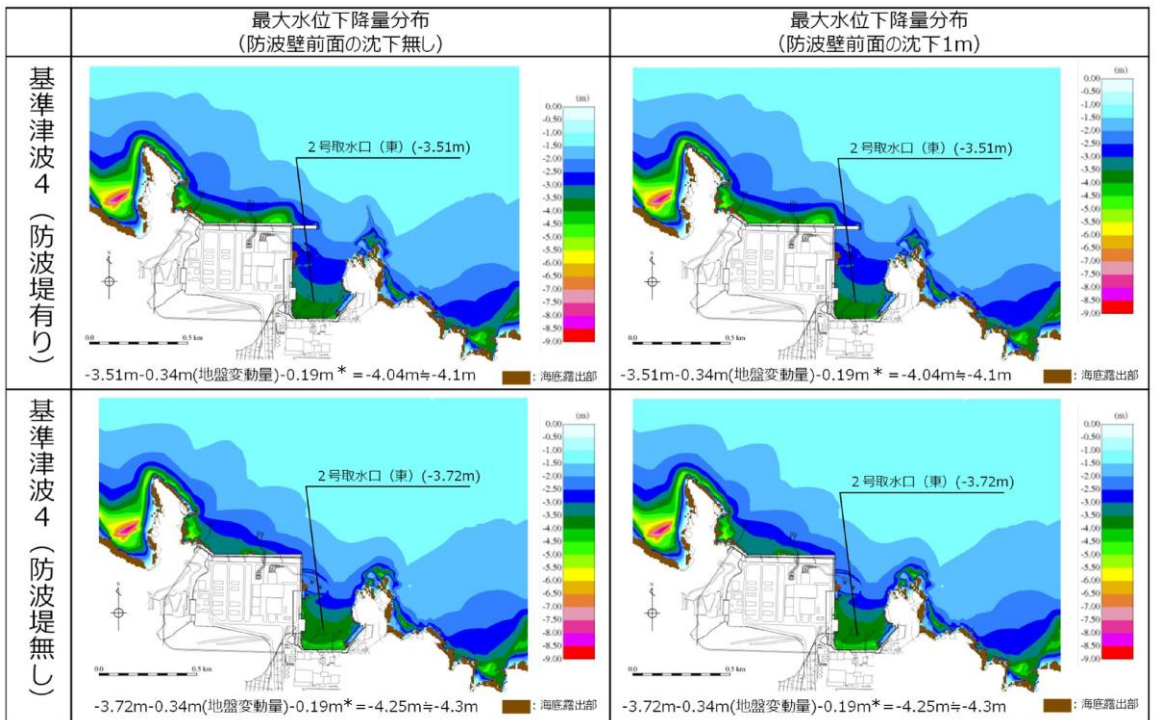
注記* : 朔望平均干潮位-0.02m, 潮位のばらつき0.17mを併せて-0.19mを考慮

図 1.2-38(3) 地盤変状の有無による最大水位下降量分布の比較
(基準津波 1 (防波堤有り) 及び基準津波 1 (防波堤無し))



注記* : 期望平均干潮位-0.02m, 潮位のばらつき0.17mを併せて-0.19mを考慮

図 1.2-38(4) 地盤変状の有無による最大水位下降量分布の比較
(基準津波3(防波堤有り)及び基準津波6(防波堤無し))



注記* : 期望平均干潮位-0.02m, 潮位のばらつき0.17mを併せて-0.19mを考慮

図 1.2-38(5) 地盤変状の有無による最大水位下降量分布の比較
(基準津波4(防波堤有り)及び基準津波4(防波堤無し))

(b) 1, 2号機北側エリアを海底面まで沈下させた津波解析

1, 2号機北側エリアは海底面まで沈下すると仮定して沈下量を設定し, 3号機東側エリアは沈下量を1mとした場合の津波解析を実施した。防波壁前面を海底面まで沈下させた場合の断面図のイメージを図 1.2-39 に示す。

基準津波 1~6 のケースを対象に基本ケース及び海底面まで沈下させたケースを比較し, その差異を表 1.2-10 に示す。また, 最大水位上昇量分布及び最大水位下降量分布を図 1.2-40 に示す。

津波解析の結果, 海底面まで沈下させた場合, 水位上昇側の施設護岸又は防波壁の水位は, 基準津波 2 でのみ沈下ありのケースが基本ケースを上回っているが, この差 (0.16m) は小さく, その最高水位は基準津波 1 及び基準津波 5 よりも低い。また, 水位下降側の 2号機取水口の水位については, どのケースについても基本ケースと同じもしくは基本ケースの方が低い。

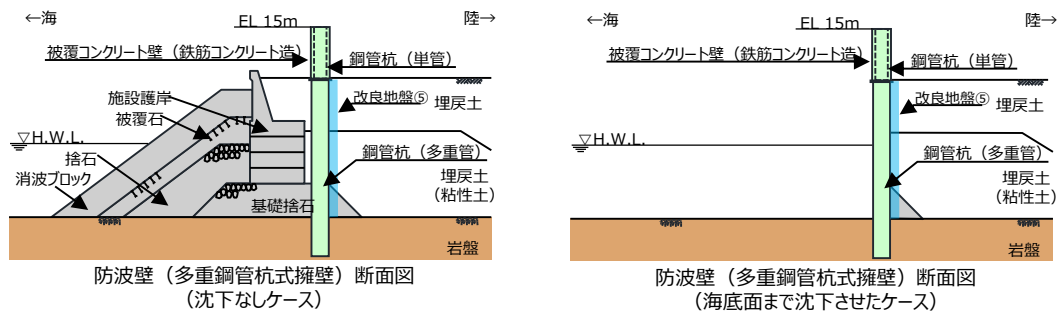
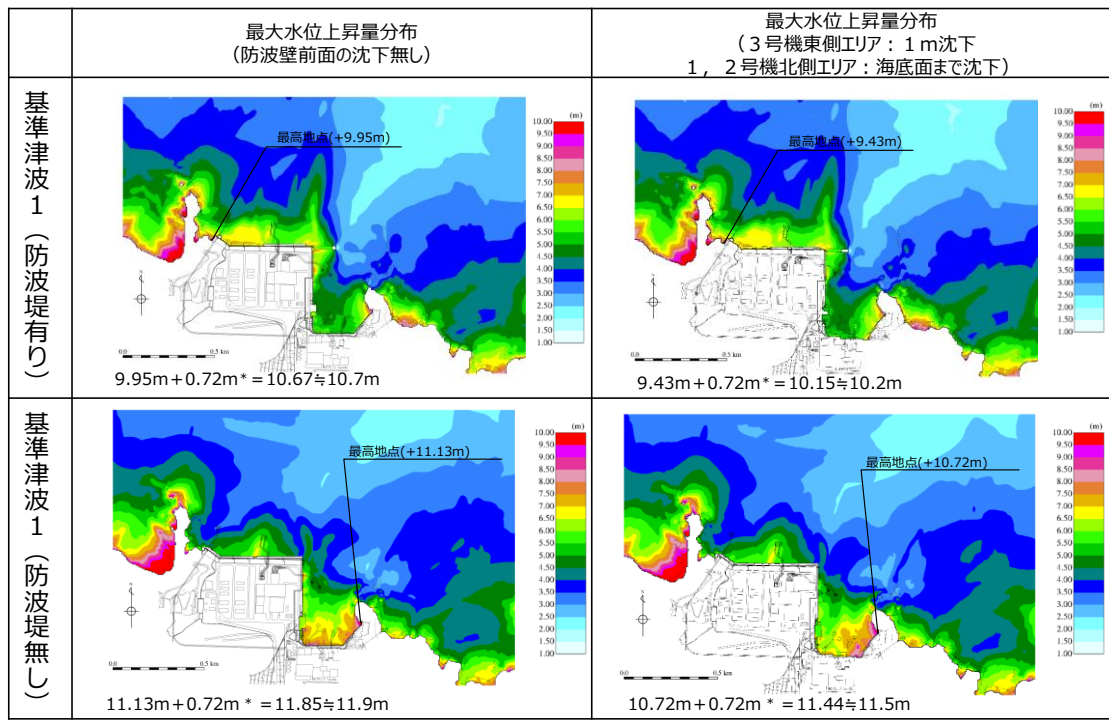


図 1.2-39 防波壁前面を海底面まで沈下させた場合の断面図のイメージ図

表 1.2-10 基本ケースと地盤変状（海底面まで沈下）を考慮したケースの水位比較

	【水位上昇側】施設護岸又は防波壁*1			【水位下降側】2号機取水口（東）*2		
	基本ケース (沈下無し)(A)	沈下有り(海 底面まで)(B)	差異 (B-A)	基本ケース (沈下無し)(A)	沈下有り(海 底面まで)(B)	差異 (B-A)
基準津波 1 (防波堤有り)	+10.7m (+10.67m)	+10.2m (+10.15m)	-0.6m (-0.52m)	-5.2m (-5.13m)	-5.1m (-5.02m)	+0.2m (+0.11m)
基準津波 1 (防波堤無し)	+11.9m (+11.85m)	+11.5m (+11.44m)	-0.5m (-0.41m)	-6.1m (-6.01m)	-6.0m (-5.96m)	+0.1m (+0.05m)
基準津波 2 (防波堤有り)	+9.0m (+8.93m)	+9.1m (+9.09m)	+0.2m (+0.16m)			
基準津波 3 (防波堤有り)				-4.7m (-4.63m)	-4.7m (-4.63m)	0.0m (0.00m)
基準津波 4 (防波堤有り)				-4.1m (-4.04m)	-4.0m (-3.98m)	+0.1m (+0.06m)
基準津波 4 (防波堤無し)				-4.3m (-4.25m)	-4.2m (-4.20m)	+0.1m (+0.05m)
基準津波 5 (防波堤無し)	11.5m (+11.45m)	+11.5m (+11.43m)	-0.1m (-0.02m)			
基準津波 6 (防波堤無し)				-6.1m (-6.08m)	-6.1m (-6.05m)	+0.1m (+0.03m)

注記*1：朔望平均満潮位+0.58m，潮位のぼらつき0.14mを併せて+0.72mを考慮
*2：朔望平均干潮位-0.02m，潮位のぼらつき0.17mを併せて-0.19mを考慮



注記*：朔望平均満潮位+0.58m，潮位のぼらつき0.14mを併せて+0.72mを考慮

図 1.2-40(1) 地盤変状の有無による最大水位上昇量分布の比較
(基準津波 1 (防波堤有り) 及び基準津波 1 (防波堤無し))

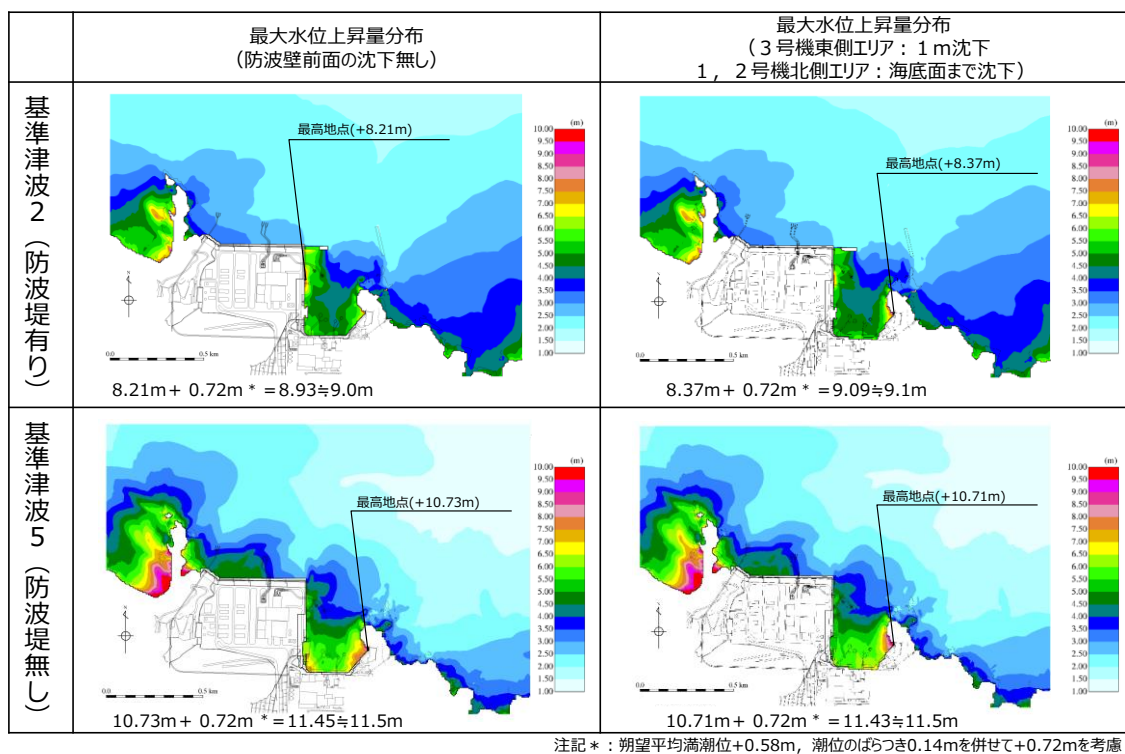


図 1.2-40(2) 地盤変状の有無による最大水位上昇量分布の比較
(基準津波2(防波堤有り)及び基準津波5(防波堤無し))

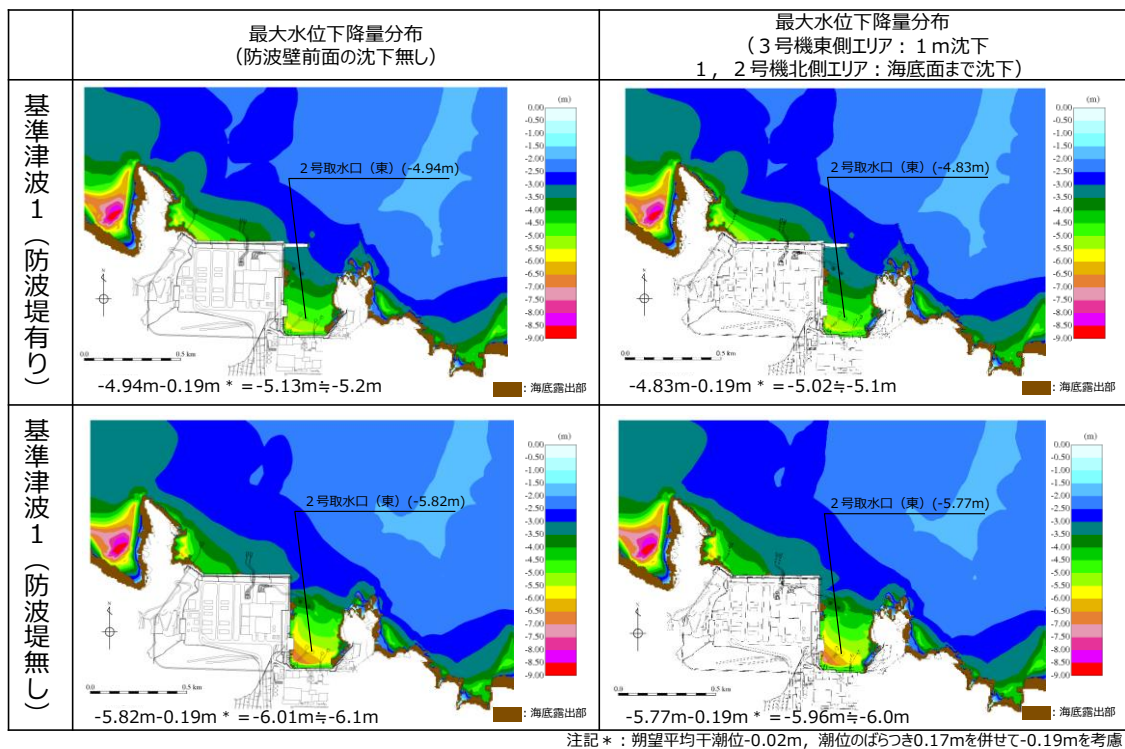
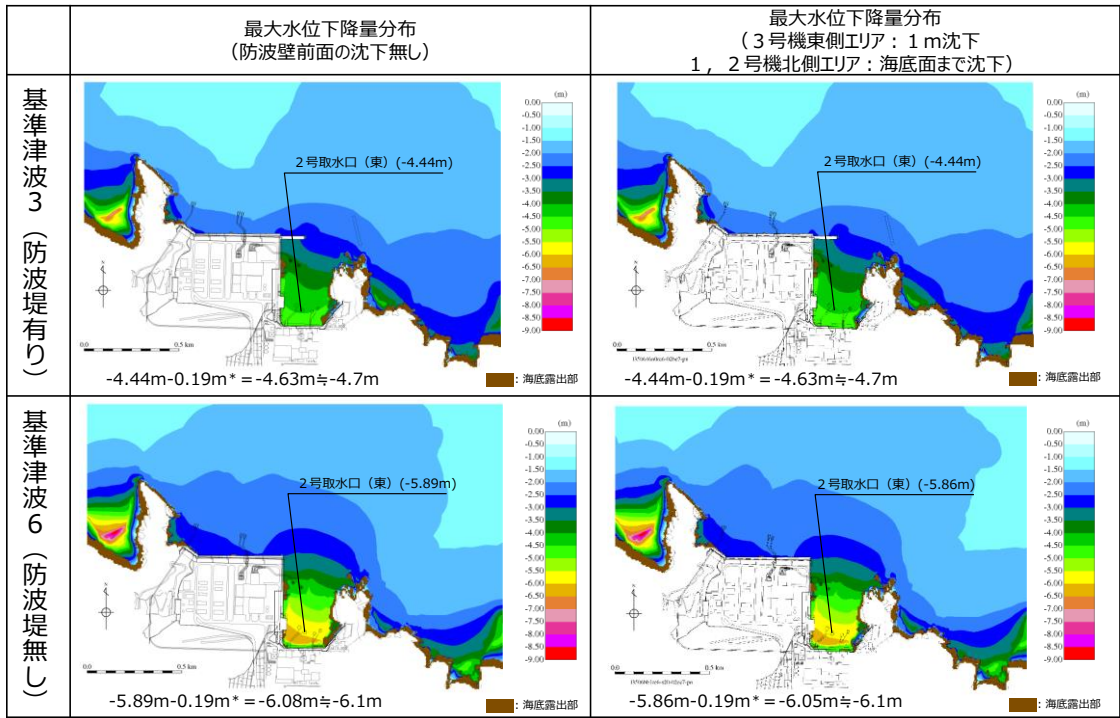
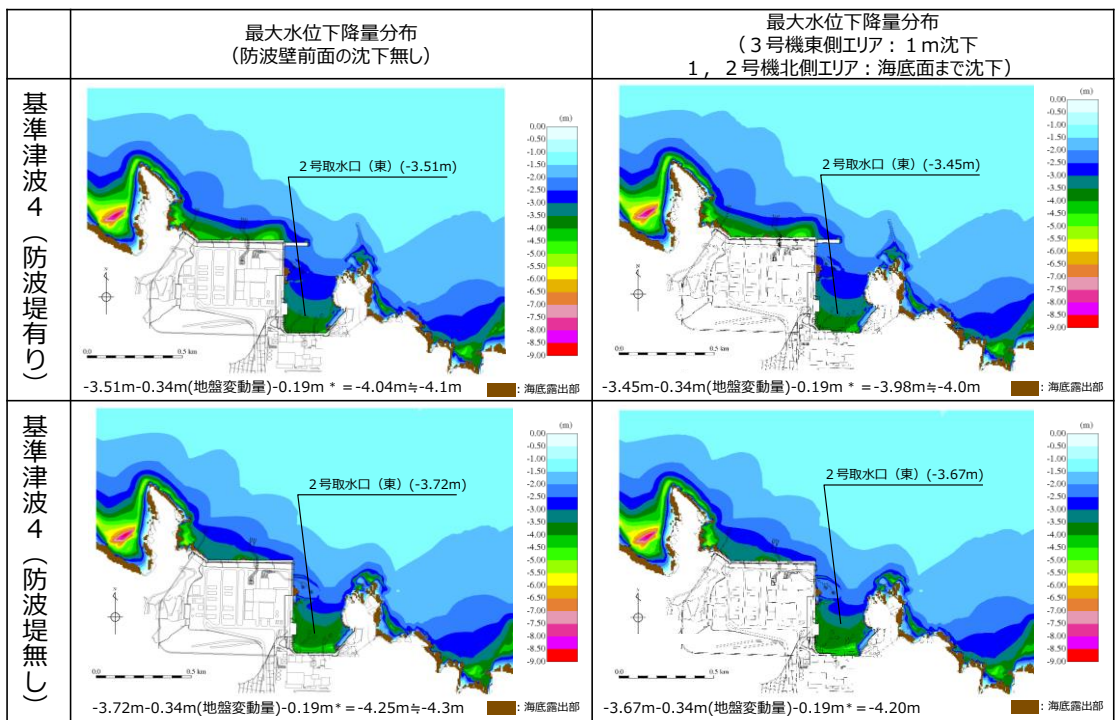


図 1.2-40(3) 地盤変状の有無による最大水位下降量分布の比較
(基準津波1(防波堤有り)及び基準津波1(防波堤無し))



注記*：朔望平均干潮位-0.02m，潮位のばらつき0.17mを併せて-0.19mを考慮

図 1.2-40(4) 地盤変状の有無による最大水位下降量分布の比較
(基準津波3(防波堤有り)及び基準津波6(防波堤無し))



注記*：朔望平均干潮位-0.02m，潮位のばらつき0.17mを併せて-0.19mを考慮

図 1.2-40(5) 地盤変状の有無による最大水位下降量分布の比較
(基準津波4(防波堤有り)及び基準津波4(防波堤無し))

e. まとめ

基準地震動 S_s による地盤変状として、防波壁前面が一律で 1m 沈下する場合と 1, 2 号機北側エリアが海底面まで沈下する場合について津波解析を実施し、評価地点における最高水位、最低水位ともに防波壁前面が一律で 1m 沈下する場合の方が大きくなることを確認した。また、これらの場合においても入力津波の設定に影響がないことを確認した。

以上より、地震による地形変化（地盤変状）は、入力津波を設定する際の影響要因として考慮しない。

(4) 防波堤損傷に関する検討

島根原子力発電所では、輪谷湾に防波堤及び東防波堤を設置しており、これら防波堤は、敷地周辺の地震により損傷する可能性は否定できないことから、防波堤の状態による入力津波への影響の有無を検討する。検討にあたっては、津波高さと津波高さ以外に区分して、実施する。

a. 検討結果

(a) 津波高さ

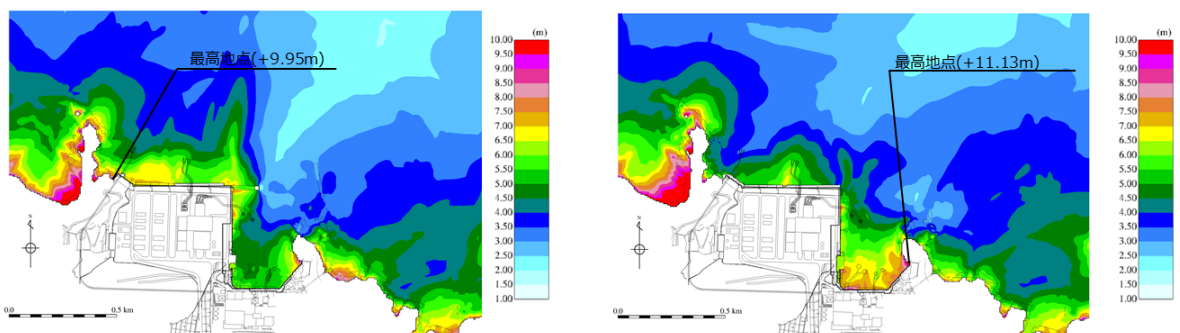
基準津波策定の際に、防波堤の有無により津波高さに有意な差を与えることを確認した。(表 1.2-11, 図 1.2-41)

(b) 津波高さ以外(流況等)

発電所沖合については、防波堤の有無により流況の変化が認められない。(図 1.2-42) また、港湾内及び港湾外については、防波堤の有無により流況の変化が認められる。(図 1.2-43)

表 1.2-11 防波堤の有無による最大水位上昇量の比較

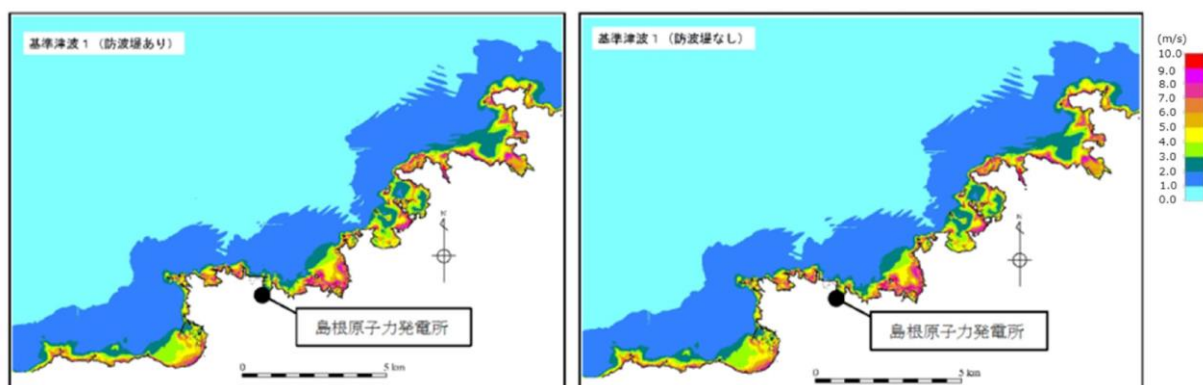
検討対象 基準津波	防波堤	最大水位上昇量(m)
		施設護岸又は防波壁
基準津波 1	有り	+10.0 (+9.95m)
	無し	+11.2 (+11.13m)



最大水位上昇量分布図
(防波堤有り最大ケース:基準津波1)

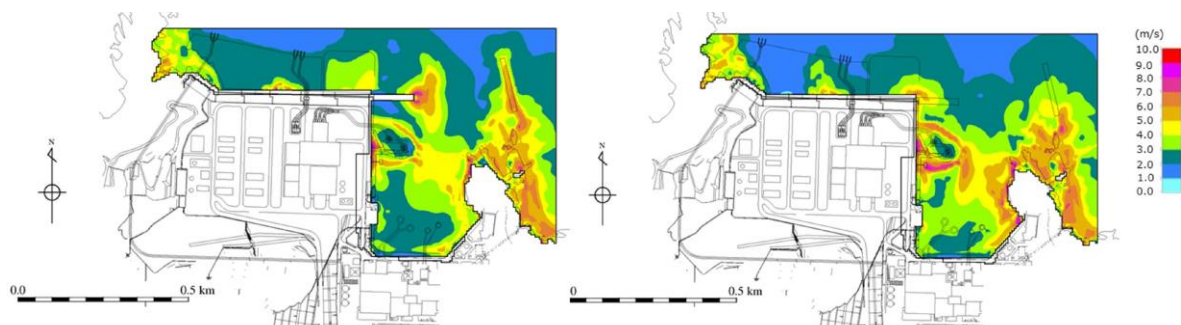
最大水位上昇量分布図
(防波堤無し最大ケース:基準津波1)

図 1.2-41 防波堤の有無による最大水位上昇量分布の比較



最大流速分布（基準津波1 防波堤有り） 最大流速分布（基準津波1 防波堤無し）

図 1.2-42 発電所沖合の流況



最大流速分布（基準津波1 防波堤有り） 最大流速分布（基準津波1 防波堤無し）

図 1.2-43 港湾内及び港湾外の流況

(5) 津波による洗掘に関する検討

遡上域となる荷揚場はアスファルト又はコンクリートで地表面を舗装されている。文献*によるとアスファルト部で8m/sの流速に対して洗掘の耐性があるとされている。遡上域の範囲（最大浸水深分布）を評価するため、地震による荷揚場周辺の沈下及び初期潮位を考慮した津波解析を実施した。検討にあたっては、荷揚場付近の浸水範囲が広い基準津波1（防波堤無し）を対象とした。図1.2-44に荷揚場における最大浸水深分布図、図1.2-45に最大流速分布図、図1.2-46に流速が最大（11.9m/s）となった地点における浸水深・流速時刻歴波形を示す。図1.2-46より、アスファルト部で耐性があるとされる8m/sの流速を越える時間は限定的であるが、図1.2-45に示す8m/sの流速を越える地点付近についてはコンクリート舗装等の対策工を行うことから洗掘は生じない。

注記*：津波防災地域づくりに係る技術検討報告書，津波防災地域づくりに係る技術検討会，p. 33，2012

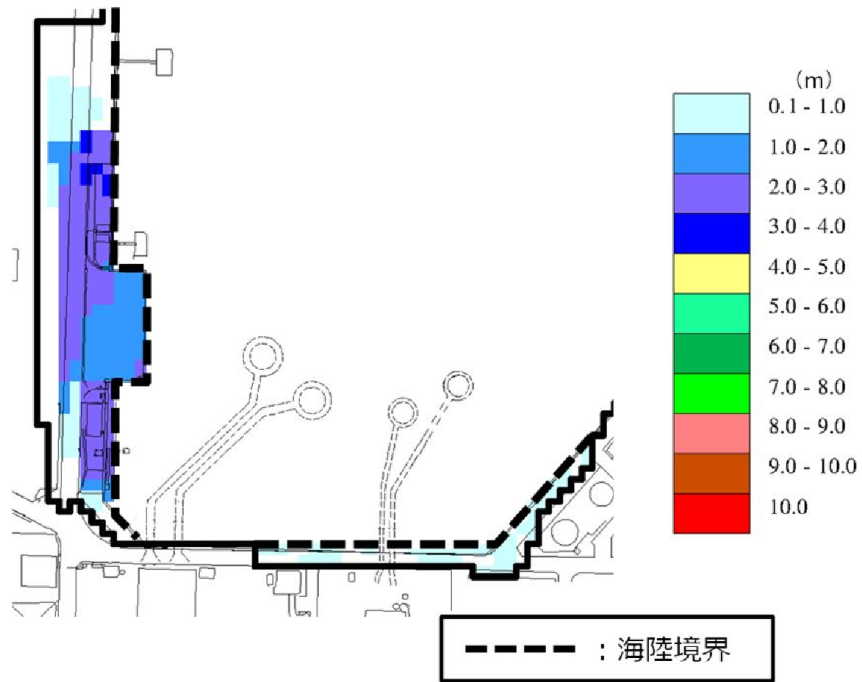


图 1.2-44 最大浸水深分布图 (基準津波 1 (防波堤無し))

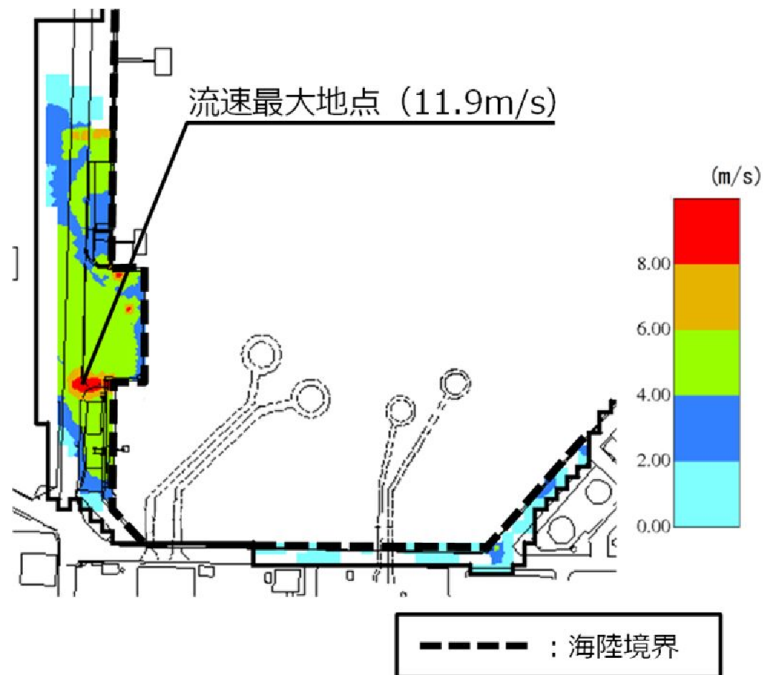


图 1.2-45 最大流速分布图 (基準津波 1 (防波堤無し))

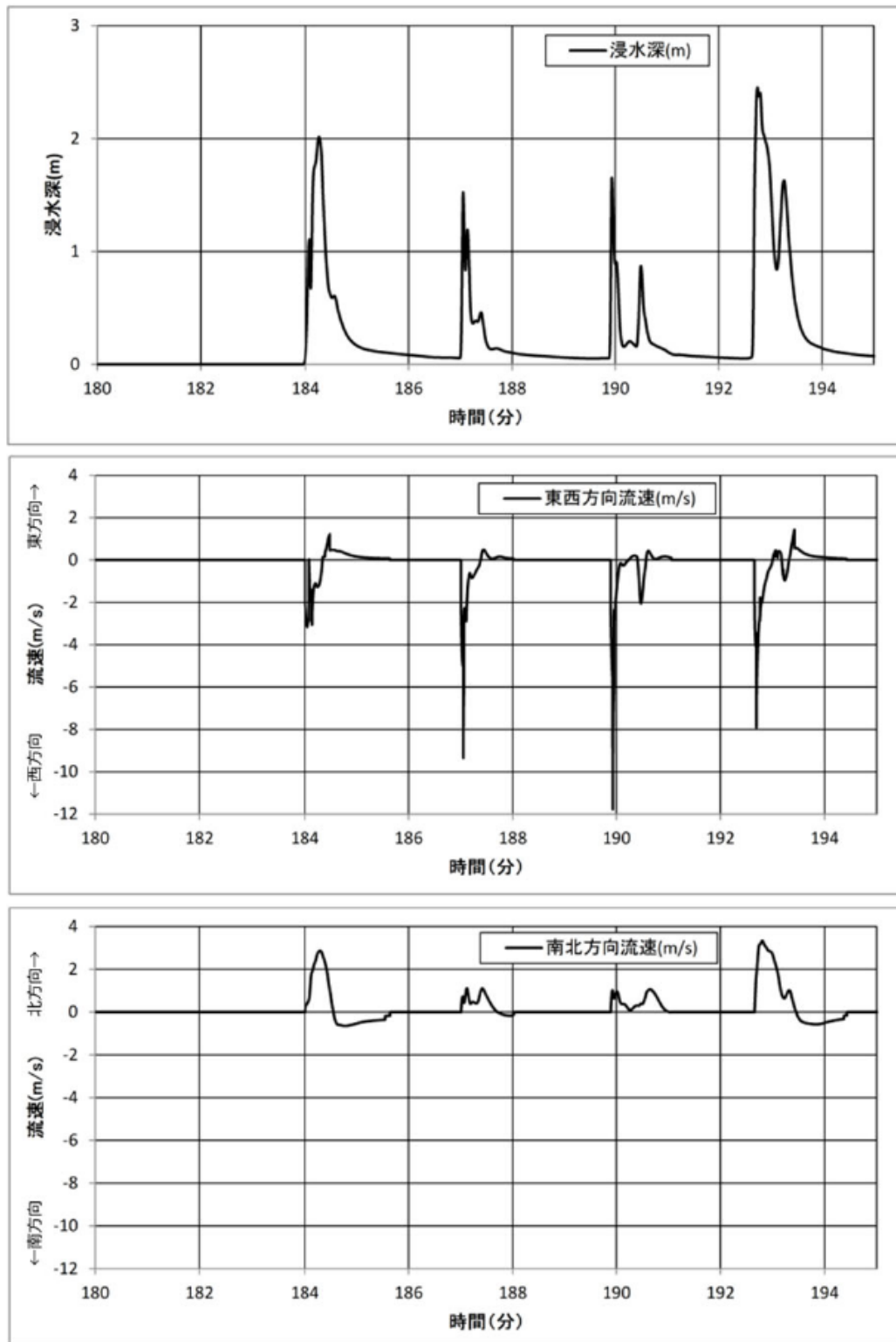


図 1.2-46 流速最大地点における浸水深・流速時刻歴波形

(6) 津波評価条件

基準地震動 S_s 及び基準津波に伴う地形変化及び標高変化による影響の有無に関する検討結果の一覧を表 1.2-12 に示す。

表 1.2-12 基準地震動 S_s 及び基準津波による影響検討結果

影響要因	検討結果
斜面崩壊	<ul style="list-style-type: none">防波壁両端部の斜面については、基準地震動 S_s 及び基準津波に対する健全性を確保していることを確認したことから、<u>影響要因として考慮しない</u>。防波壁両端部の地山以外の斜面については、地滑り地形が判読されている地山の斜面崩壊を考慮した津波解析の結果、斜面崩壊の有無による津波高さの差異が十分小さいことから、<u>影響要因として考慮しない</u>。
地盤変状	<ul style="list-style-type: none">防波壁前面に存在する埋戻土については、地震時の液状化による地盤沈下を考慮した津波解析の結果、地盤沈下の有無による津波高さの差異が十分小さいことから、<u>影響要因として考慮しない</u>。
防波堤損傷	<ul style="list-style-type: none">津波高さについては、防波堤の有無によって有意な差異があることから、<u>影響要因として考慮する</u>。津波高さ以外については、発電所沖合は防波堤の有無による流況の変化が認められないことから<u>影響要因として考慮しない</u>。一方、港湾内及び港湾外は防波堤の有無による流況の変化が認められることから、<u>影響要因として考慮する</u>。
洗堀	<ul style="list-style-type: none">基準津波による遡上域の洗堀が生じないようにコンクリート舗装等の対策工を行うことから、<u>影響要因として考慮しない</u>。

以上の結果を踏まえ、入力津波設定において考慮する地形の条件は以下のとおり。

- 防波堤損傷に関する検討の結果、津波高さについては、防波堤の有無による差異が認められることから、影響要因として考慮する。また、津波高さ以外については、発電所沖合は防波堤の有無による最大流速分布に差異が認められないことから影響要因として考慮しない。一方、港湾内及び港湾外は最大流速分布に差異が認められることから、影響要因として考慮する。

(参考資料 1) 防波堤の位置付け・モデル化

(1) 防波堤の位置付け

島根原子力発電所では、輪谷湾に防波堤及び東防波堤を設置している（図 1-1）。これら防波堤は、敷地周辺の地震により損傷する可能性は否定できないことから、津波影響軽減施設とせず、自主設備とする。基準津波 5, 6 は自主設備である防波堤の有無が基準津波の選定に影響が有ることから選定した。

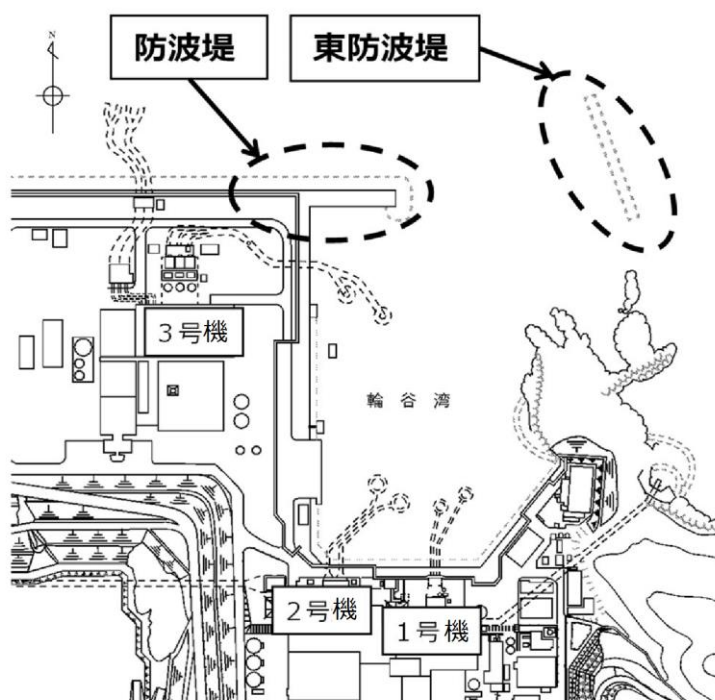


図 1-1 防波堤位置

(2) 防波堤のモデル化

防波堤の有無によるモデル化については、防波堤有り条件では、防波堤ケーソン、捨石マウンドをモデル化しており、防波堤無し条件では、防波堤ケーソン、捨石マウンドを全て取り除いた状態で実施している（図 1-2）。なお、消波ブロック*は、透過性を有するため、防波堤有り条件においては、安全側の評価となるよう消波ブロックをモデル化しないものとしている。

また、消波ブロックをモデル化した場合の津波への影響を検討するため、東防波堤の EL 4.9m～EL 1.8m 区間の消波ブロックをモデル化し、消波ブロックの透過率を施工実績より算出し 50%と設定し、防波堤有り条件のうち、施設護岸又は防波壁で最大水位上昇量を示した基準津波 1 を対象に実施した。

その結果、消波ブロックをモデル化した場合、消波ブロックをモデル化しない場合と比較し、津波の敷地への影響は小さいことから、消波ブロックをモデル化しな

い津波解析は安全側の評価となることを確認した。水位の影響については、表 1-1 及び図 1-3 に示す。また、流向・流速の影響については、図 1-4 に示す。

注記*：一般に消波ブロックは短周期の波浪に対する軽減効果を持つとされており、土木学会（2016）においても構造物（消波ブロック）が無いものとして取り扱うことが多いと記載されている。

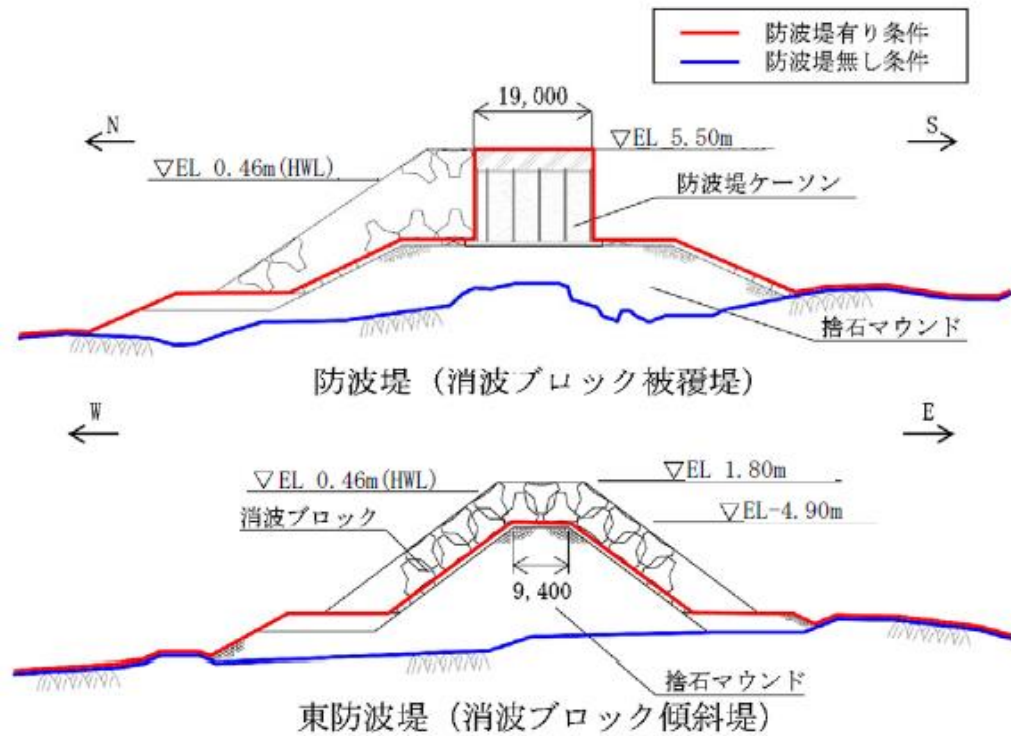
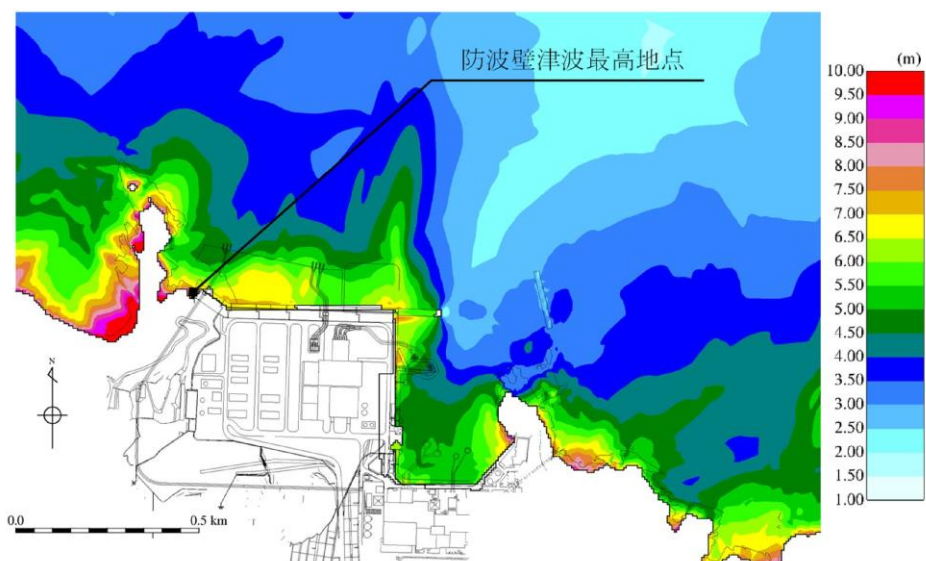


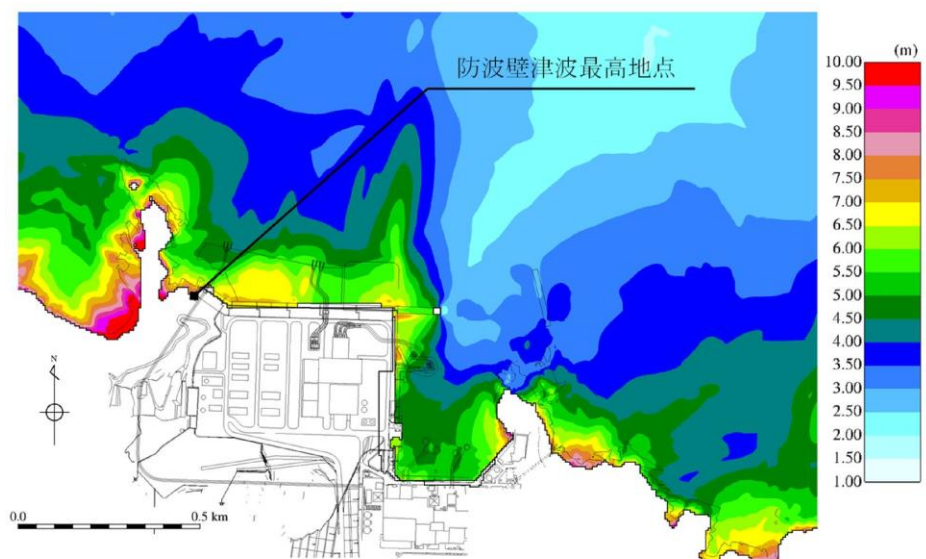
図 1-2 防波堤断面図

表 1-1 消波ブロックのモデル化検討結果

基準津波	消波ブロックのモデル化	評価水位 (EL m)		
		上昇側	下降側	
		施設護岸又は防波壁	2号機取水口 (東)	2号機取水口 (西)
基準津波 1 (防波堤有り)	消波ブロックをモデル化	+10.4	-4.8	-4.8
	消波ブロックをモデル化しない	+10.5	-5.0	-5.0

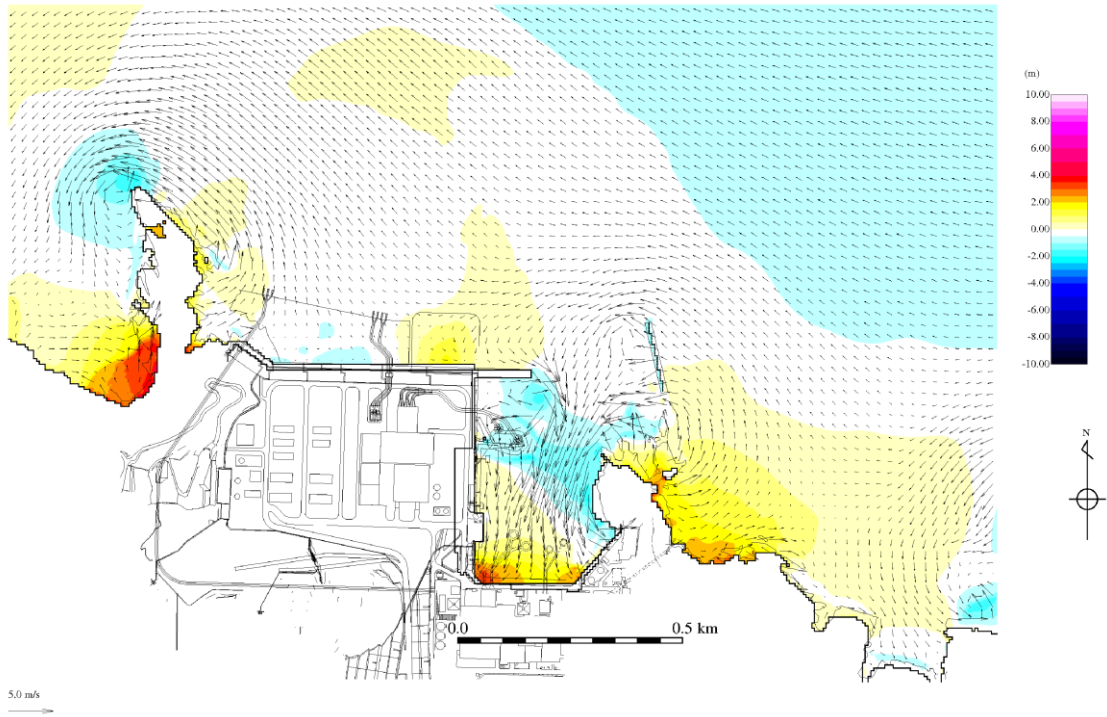


最大水位上昇量分布図
(消波ブロックをモデル化)

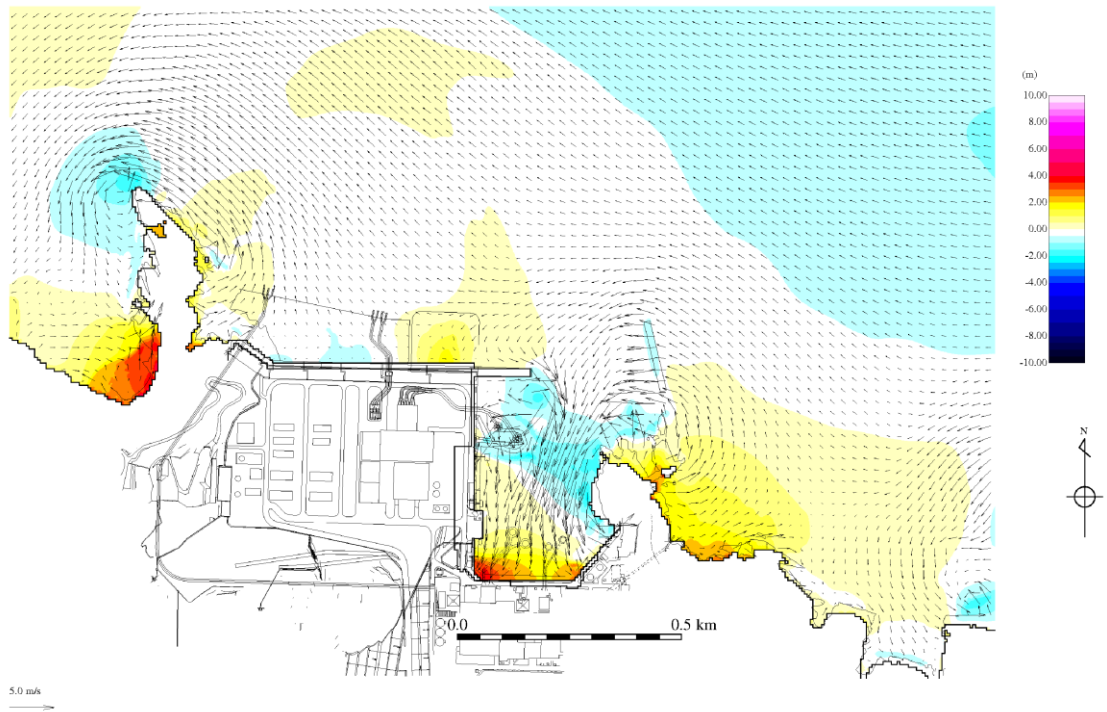


最大水位上昇量分布図
(消波ブロックをモデル化しない: 基準津波1)

図 1-3 最大水位上昇量分布図比較

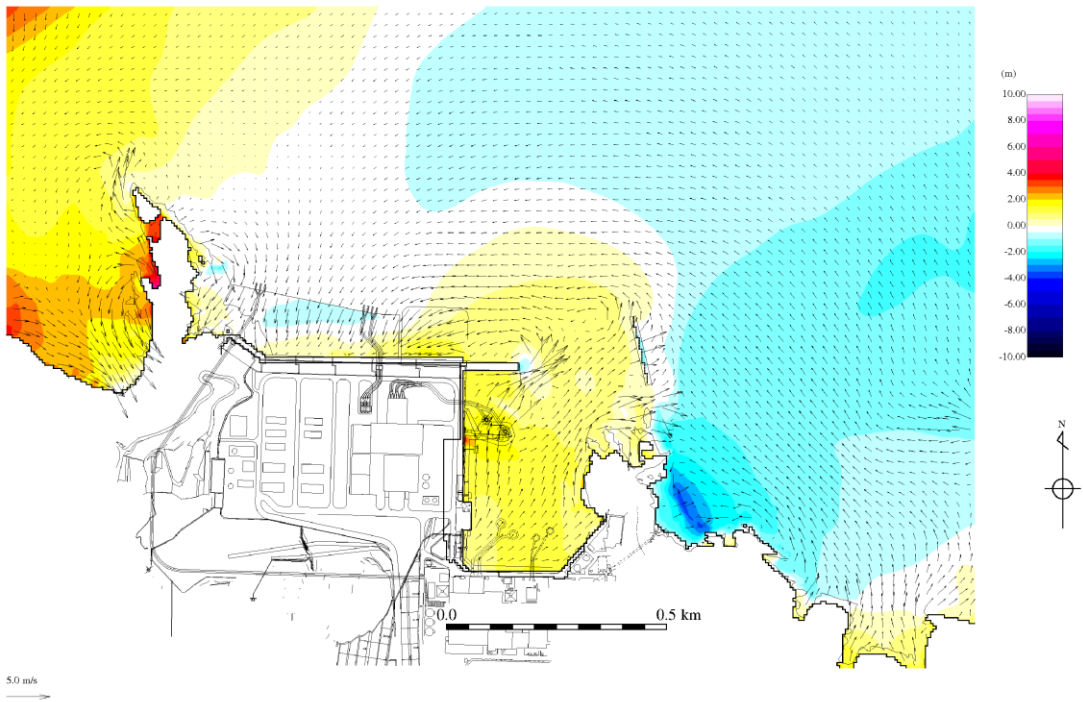


地震発生後 190 分（消波ブロックをモデル化）

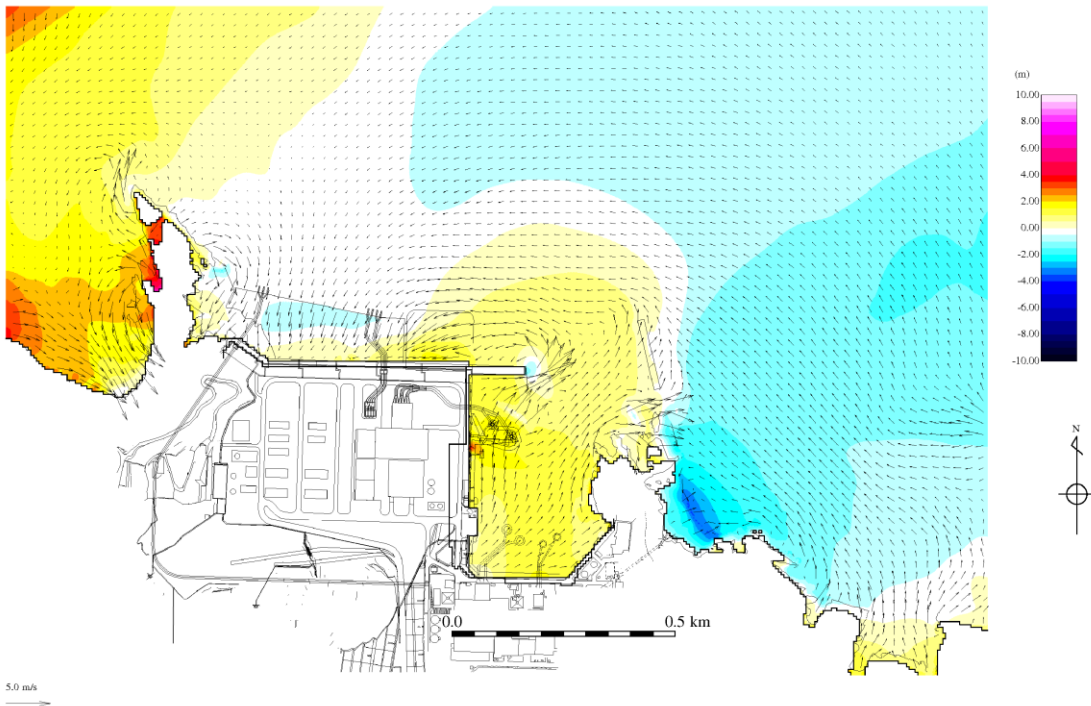


地震発生後 190 分（消波ブロックをモデル化しない）

図 1-4(1) 流向・流速分布図比較

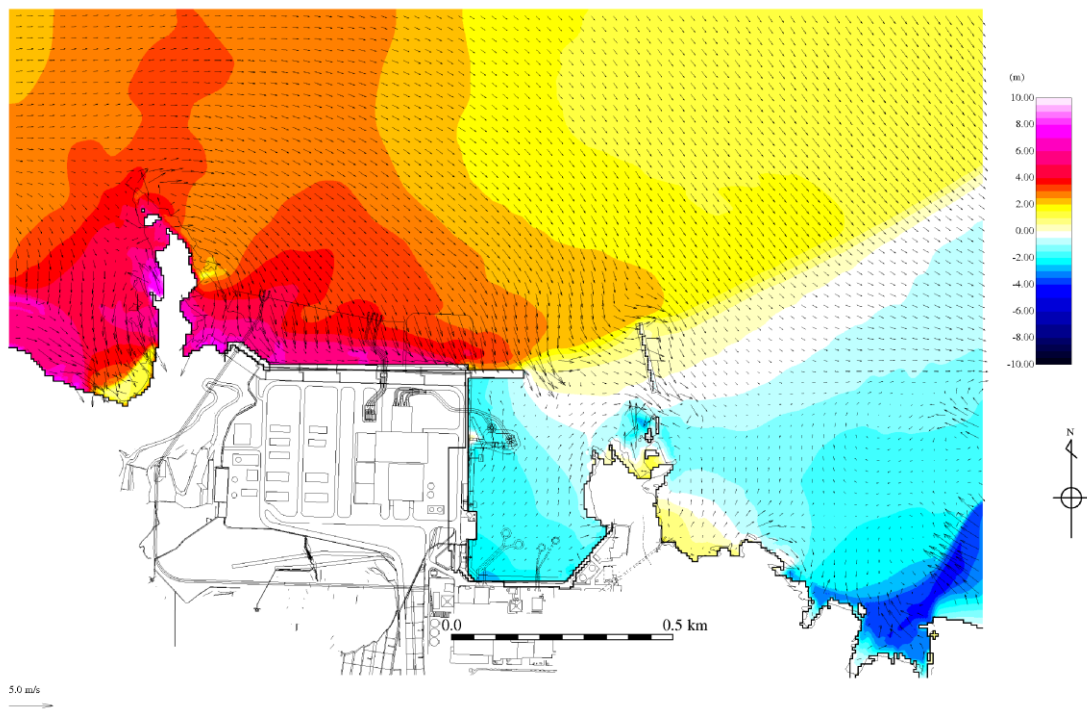


地震発生後 191 分（消波ブロックをモデル化）

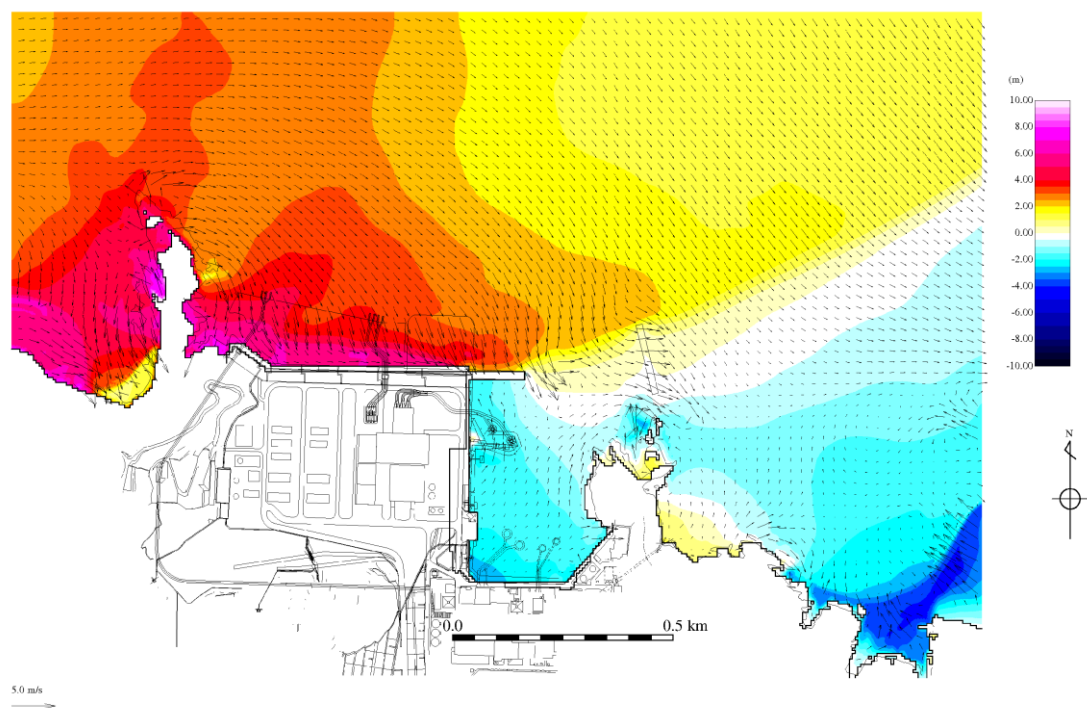


地震発生後 191 分（消波ブロックをモデル化しない）

図 1-4(2) 流向・流速分布図比較

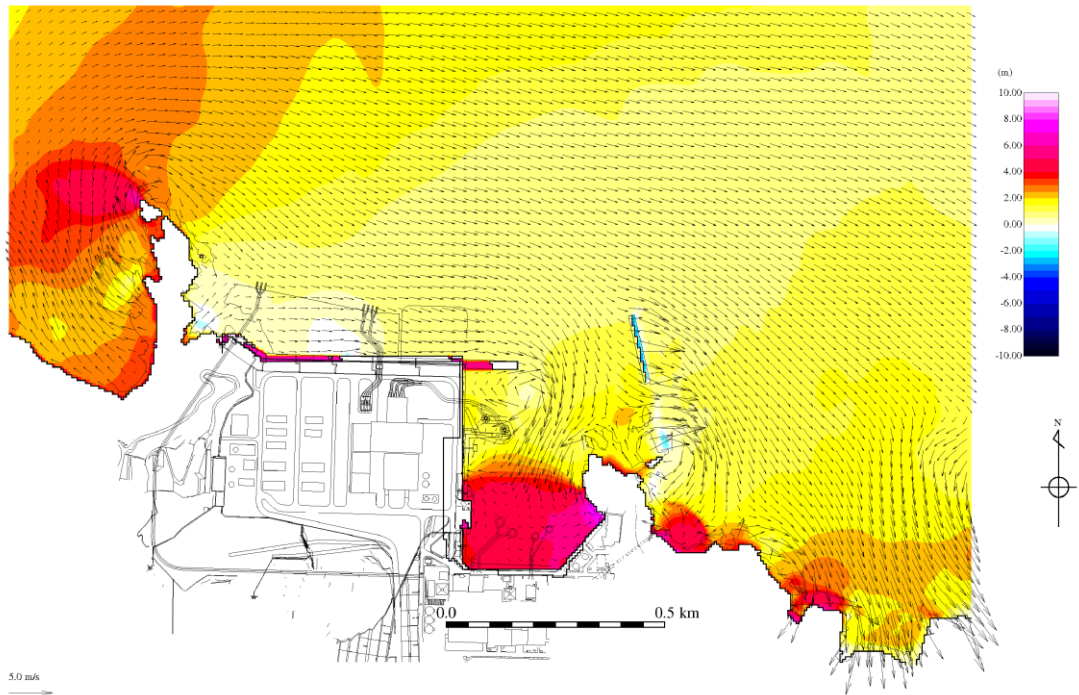


地震発生後 192 分（消波ブロックをモデル化）

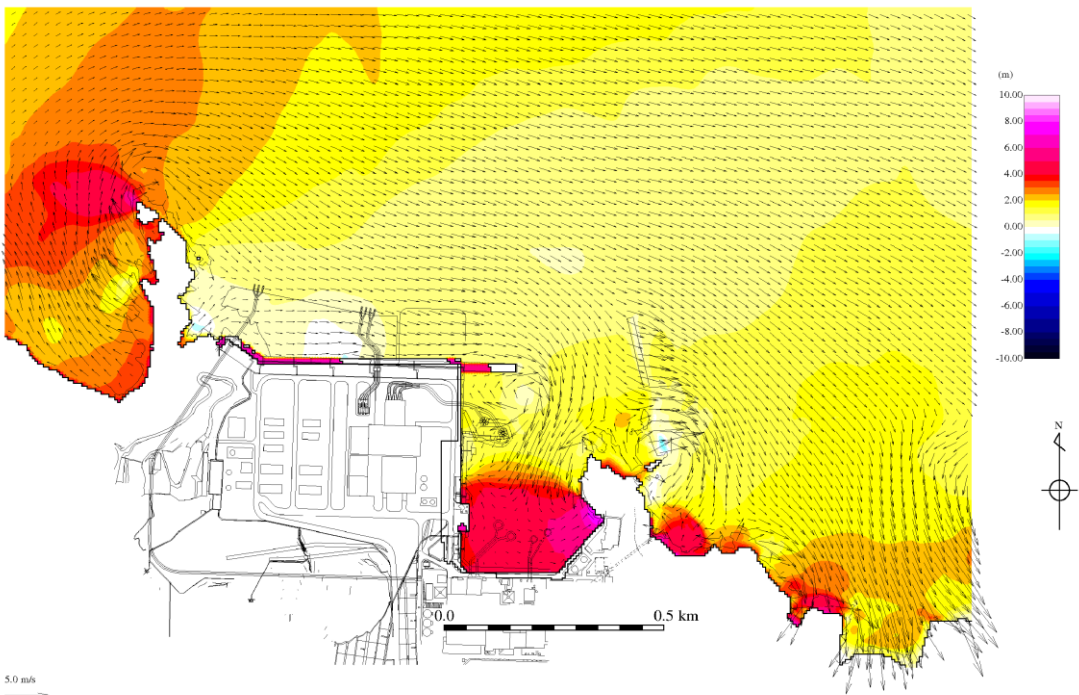


地震発生後 192 分（消波ブロックをモデル化しない）

図 1-4(3) 流向・流速分布図比較



地震発生後 193 分（消波ブロックをモデル化）



地震発生後 193 分（消波ブロックをモデル化しない）

図 1-4(4) 流向・流速分布図比較

(参考資料 2) 防波壁より海側へ新規設置する構造物による入力津波の設定への影響

(1) 概要

設計の進捗に伴い、詳細設計段階において防波壁より海側へ構造物を新規設置することとした。対象構造物としては、防波壁通路防波扉（荷揚場南）及び防波壁通路防波扉（3号東）の前面に設置する漂流物対策工並びに荷揚護岸近傍へ設置する漂流防止装置（基礎を含む）がある。

これらの防波壁より海側へ新規設置する構造物が入力津波の設定へ与える影響について確認する。

(2) 防波壁より海側へ新規設置する構造物による入力津波の設定への影響

a. 対象構造物の概要

対象構造物としては、防波壁通路防波扉（荷揚場南）及び防波壁通路防波扉（3号東）の前面に設置する漂流物対策工並びに荷揚護岸近傍へ設置する漂流防止装置（基礎を含む）がある。平面位置を図 2-1 に示す。

防波壁通路防波扉（荷揚場南）の漂流物対策工の概要を図 2-2 に示す。設置地表面 EL 8.5m より上部として、幅 13.9m、奥行き 5.6m の支柱と支柱間の鋼製扉からなる。

防波壁通路防波扉（3号東）の漂流物対策工の概要を図 2-3 に示す。設置地表面 EL 8.5m より上部として、幅 19.5m、奥行き 7.9m の支柱と支柱間の鋼製扉からなる。

漂流防止装置の概要を図 2-4 に示す。設置付近の地表面 EL 6.0m より上部として、外径 2.2m の鋼管杭とその上部の係船柱からなる。

b. 評価条件

水位上昇側の基準津波の解析結果と漂流物対策工及び漂流防止装置の位置関係の比較から、入力津波高さへの影響を検討する。

評価対象とする波源は、水位上昇側の基準津波となる基準津波 1（防波堤有り）、基準津波 1（防波堤無し）、基準津波 2 及び基準津波 5 とした。

なお、津波解析において漂流物対策工及び漂流防止装置はモデル化していない。

c. 評価結果

水位上昇側の基準津波における最大水位上昇量分布図と漂流物対策工及び漂流防止装置の位置関係を図 2-5 に示す。なお、施設護岸又は防波壁における入力津波高さは、図 2-5（右上）の基準津波 1（防波堤無し）における最高水位地点における水位を一律の入力津波高さとして設定している。

防波壁通路防波扉（荷揚場南）及び防波壁通路防波扉（3号東）の漂流物対策工に関しては、いずれの基準津波も到達しないことを確認した。

漂流防止装置の北側に関しては、いずれの基準津波も到達しないことを確認した。

漂流防止装置の南側に関しては、基礎（鋼管杭）の一部が浸水するものの、その最大浸水深は0.10m以下と小さいこと及び入力津波高さは設置位置から離れた湾奥で設定されていることから、入力津波への与える影響はないと判断した。

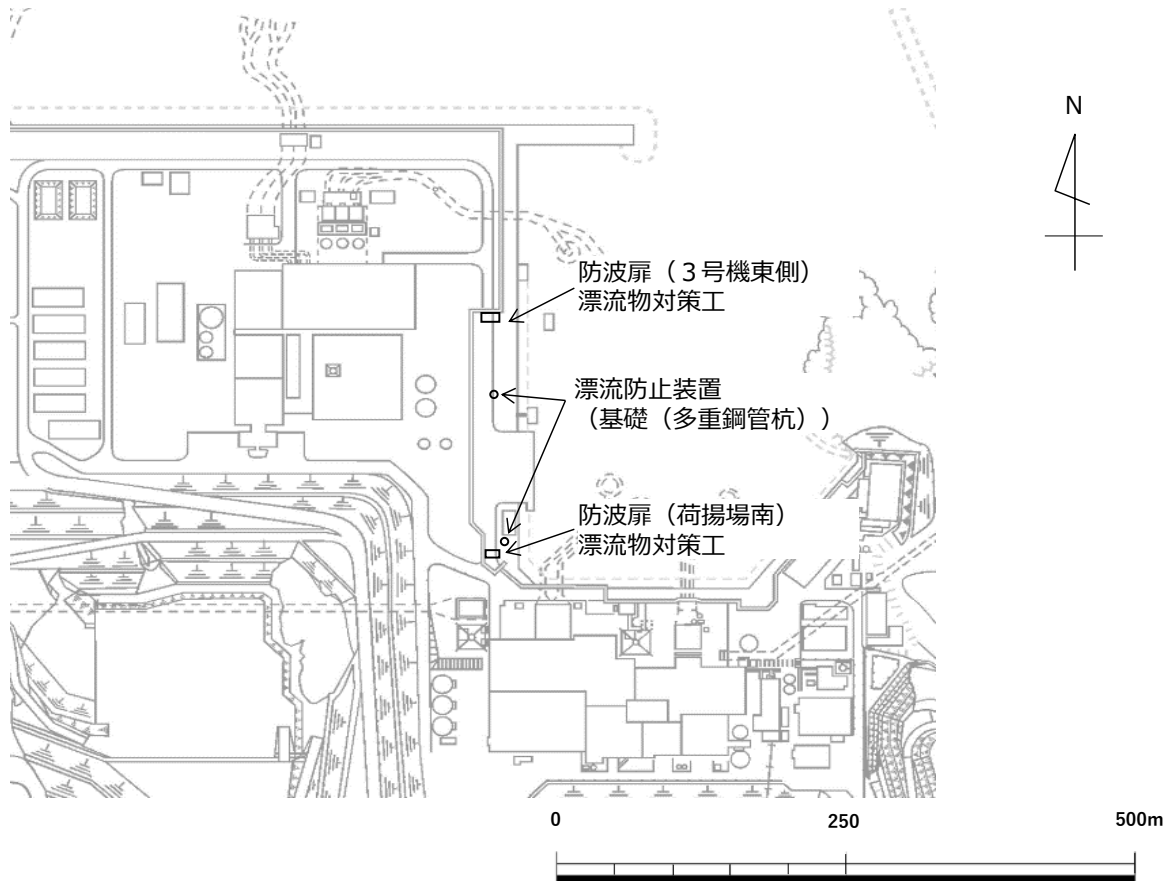


図 2-1 防波壁より海側へ新規設置する構造物の平面位置図

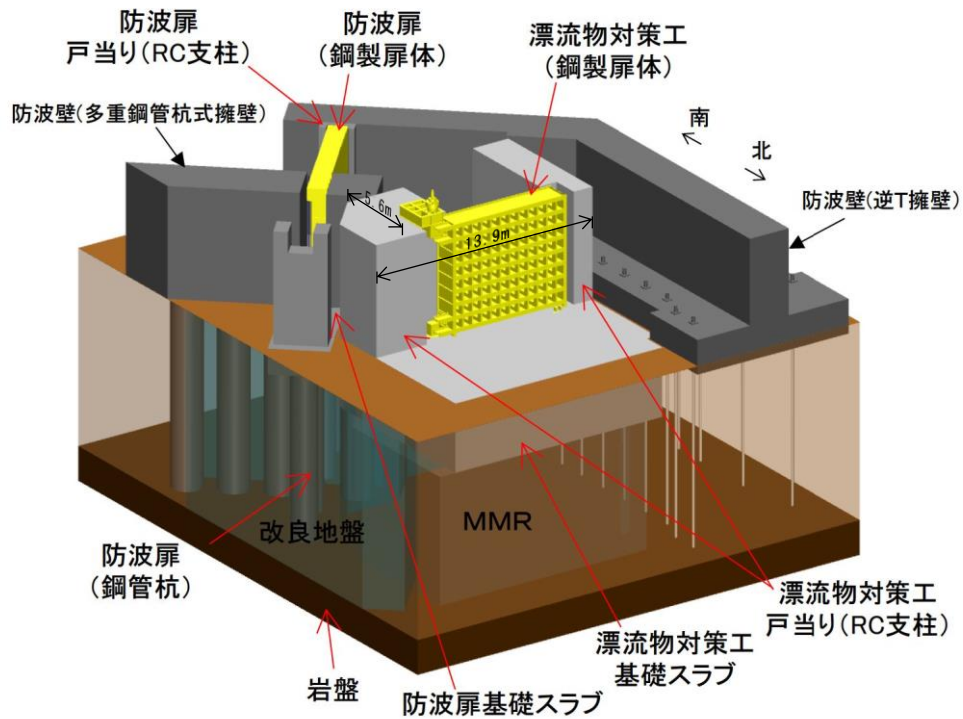


図 2-2 防波壁通路防波扉（荷揚場南）の漂流物対策工の概要図

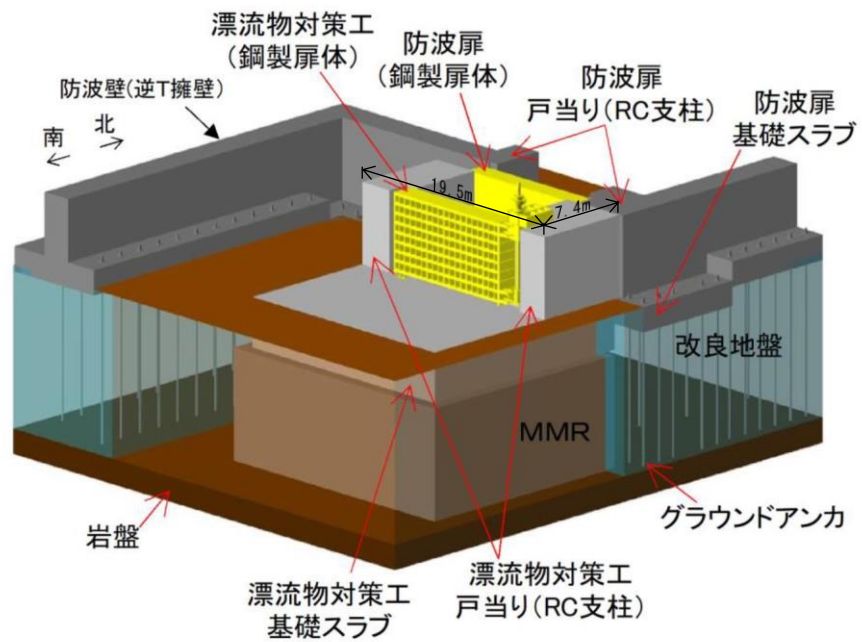
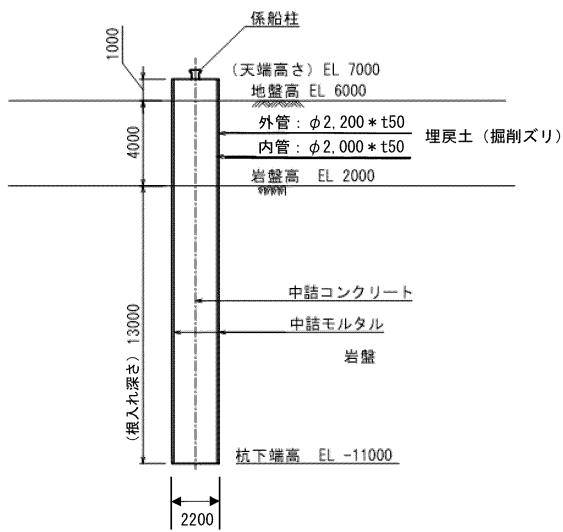
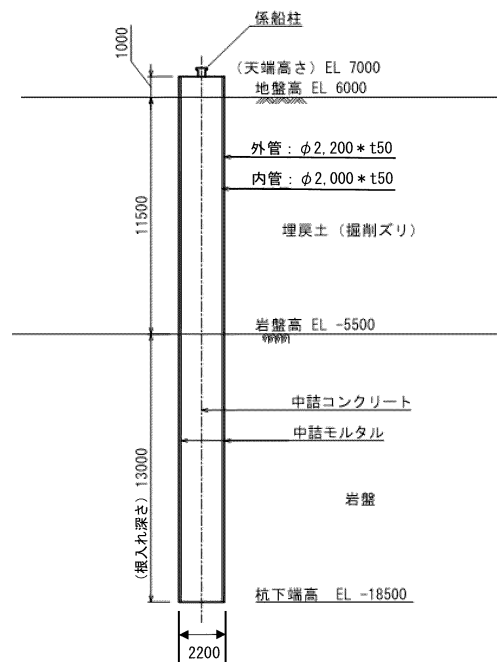


図 2-3 防波壁通路防波扉（3号東）の漂流物対策工の概要図



(北側)



(南側)

(単位: mm)

図 2-4 漂流防止装置の概要図

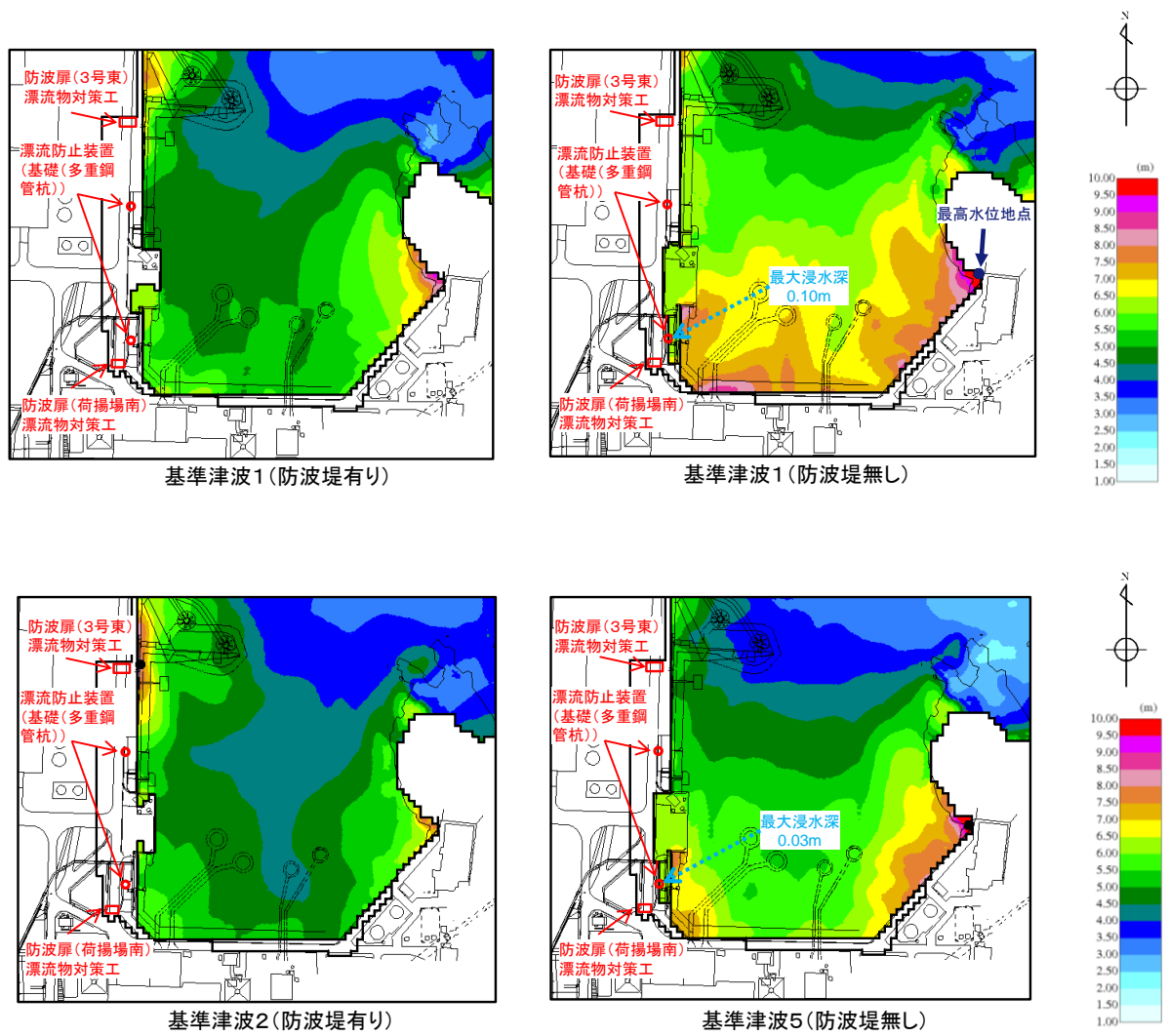


図 2-5 水位上昇側の基準津波における輪谷湾内の最大水位上昇量分布図 (全時刻)

(3) まとめ

防波壁より海側へ新規設置する構造物が入力津波の設定へ与える影響について、新設する構造物位置と基準津波の評価結果を比較したところ、入力津波の設定へ与える影響はないことを確認した。

以上より、防波壁より海側へ新規設置する構造物は、入力津波を設定する際の影響要因として考慮しない。

(参考資料 3) 液状化に伴う側方流動による沈下における 3 号機東側断面の妥当性

(1) 概要

液状化に伴う側方流動による沈下における 3 号機東側断面は、設置許可時から断面位置等を変更し検討を行った。設置許可時からの条件変更を示すとともに、検討断面の位置及び検討条件の妥当性について説明する。

(2) 検討断面の位置及び検討条件

a. 検討断面の位置

液状化に伴う側方流動による沈下量の検討に用いる 3 号機東側断面について、設置許可時と詳細設計段階における検討断面位置を図 3-1 に示す。

詳細設計段階においては、3 号機東側の沈下考慮範囲が広い断面が、3 号機東側の沈下量の代表性を示す断面と考え、設置許可時から検討断面の追加を行った。

検討断面位置における解析モデル図を図 3-2 に示す。検討断面位置が異なることに伴う沈下考慮範囲における解析モデルの主な差異は、埋戻土（掘削ズリ）の分布範囲、岩盤速度層、護岸形状及び防波壁（逆 T 擁壁）の構造である。防波壁（逆 T 擁壁）の構造の差異として、設置許可時には鋼管杭が考慮されていたが、詳細設計段階には鋼管杭は考慮せずグラウンドアンカを考慮している。

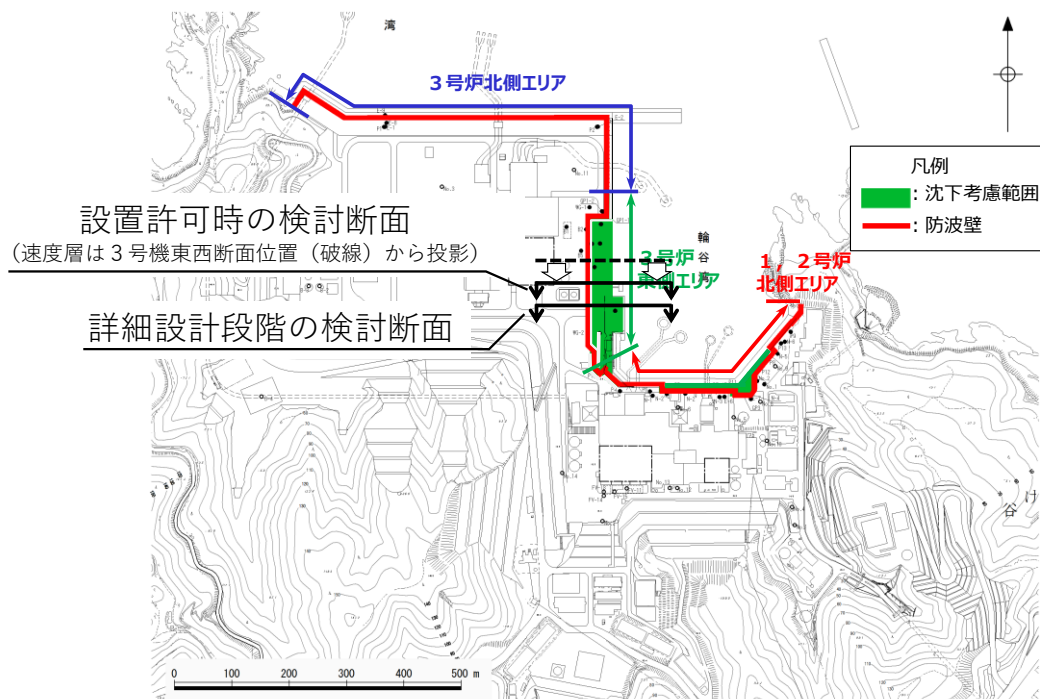
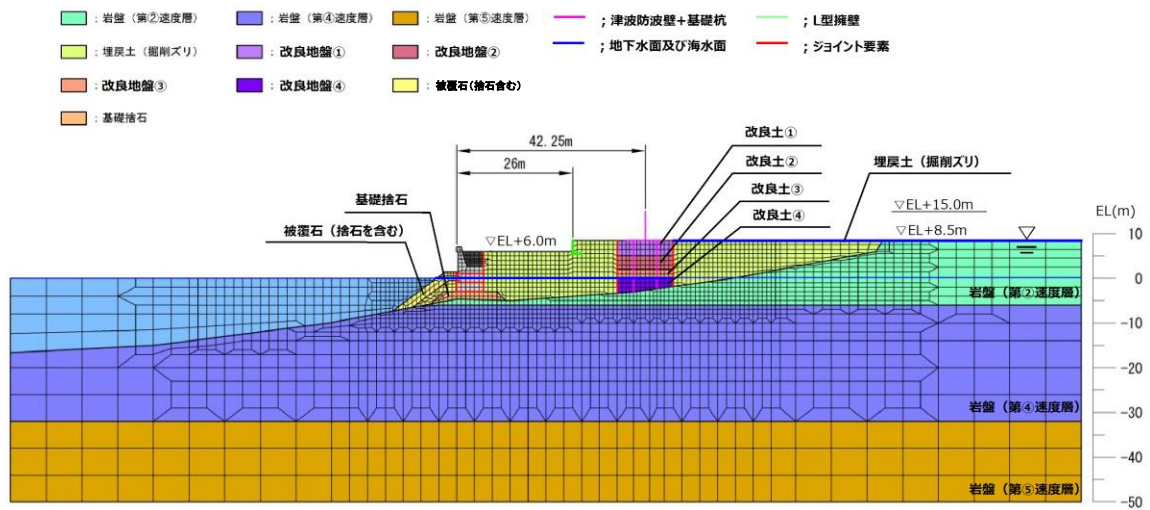
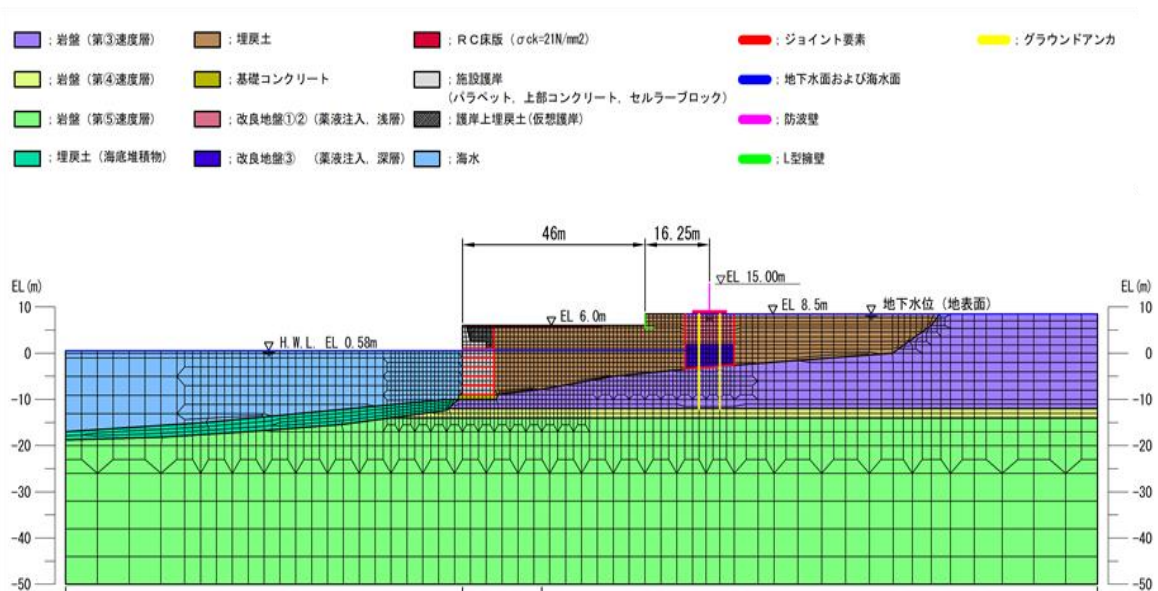


図 3-1 設置許可時と詳細設計段階における検討断面位置



設置許可時の検討断面



詳細設計段階の検討断面

図 3-2 設置許可時と詳細設計段階の検討断面位置における解析モデル図

b. 解析用物性値の比較

設置許可時と詳細設計段階の解析モデルにおけるその他検討条件の差異を示す。沈下考慮における主な解析条件として、埋戻土の解析用物性値の比較を表3-1に、地下水位の比較を表3-2に示す。

埋戻土の解析用物性値は、液状化特性については液状化強度曲線が変わらないよう液状化パラメータを設定しており大きな差異はない、基準せん断弾性係数については設置許可時に比較し詳細設計段階では試験結果に基づく高い剛性を用いており、変形が抑えられる要因の一つと考えられる。

なお、入力地震動は、いずれも水平加速度が大きく、継続時間が長い、基準地震動 $S_s - D$ を用いる。

表 3-1 埋戻土の解析用物性値の比較

(工事計画に係る補足説明資料(安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書)より抜粋)

		埋戻土の解析用物性値		設定方法		
		本資料 (設置許可審査 と同じ)	IV-2-1-3「地盤の 支持性能に係る 基本方針」	本資料 (設置許可審査と同じ)	IV-2-1-3「地盤の支持性能に 係る基本方針」	
物理 特性	密度 ρ (g/cm ³)	2.11 ^{*1}		物理試験		
	間隙率 n	0.45		慣用値 ^{*2}		
変形 特性	基準せん断弾性係数 G_{ms} (kN/m ²)	76,570	154,800	港湾技研資料 ^{*2} に基づき、N値(原位置 試験)と基準せん断弾性係数 G_{ms} との関 係式から設定	動的三軸試験結果によりせん断弾性係 数 G_m と平均有効拘束圧 σ_{vm} の関係式を 求め、港湾技研資料 ^{*2} の算定式に基づき 基準せん断弾性係数 G_{ms} を設定	
	基準平均有効拘束圧 σ_{ms} (kN/m ²)	98		慣用値 ^{*2}		
	ポアソン比 ν	0.33		慣用値 ^{*2}		
	減衰定数の上限値 h_{max}	0.24	0.095	港湾技研資料 ^{*2} で用いられている $h_{max}=0.24$ を採用	動的三軸試験結果に概ね整合するように H-Dモデルにより設定	
強度 特性	粘着力 C' (kN/m ²)	0		慣用値 ^{*2}		
	内部摩擦角 ϕ_i (°)	39.35	40.17	港湾技研資料 ^{*2} に基づき、N値と有効上載圧により相対密度 D_r を求め、 内部摩擦角 ϕ と相対密度 D_r との関係から設定		
液状 化特 性	変相角 ϕ_p (°)	28	28	港湾技研資料 ^{*2} に基づき、簡易設定法 により決定される液状化強度を用いて 設定	変形特性の変更に伴い、設置許可で設 定した液状化強度曲線と合うよう w_1 、 p_2 、 c_1 を調整	
	液状化パラメータ	S1	0.005			0.005
		w_1	6.27			4.080
		p_1	0.5			0.5
		p_2	0.925			0.990
c_1	2.96	2.006				

注記 *1: 地下水位以深の埋戻土は、常時応力解析時に水の単位体積重量9.8kN/m³を差し引いた水中重量を用いる。
*2: 液状化による構造物被害予測プログラムFLIP1において必要な各種パラメータの簡易設定法
(港湾技研資料No.809, 1997年8月)

表 3-2 地下水位の比較

説明時期	設計用地下水位
設置許可時	防波壁より陸側：EL 8.5m* 防波壁より海側：EL 0.14m
詳細設計段階	防波壁より陸側：EL 8.5m* 防波壁より海側：EL 0.58m

注記*：地表面が EL 8.5m よりも低い地点については，地下水位を地表面とする。

c. 沈下量の評価結果

設置許可時と詳細設計段階における検討断面の位置及びその他検討条件の差異を踏まえた平均沈下量の評価結果は、設置許可時 0.33m、詳細設計段階 0.01m であった。3号機東側の津波解析における沈下量は、揺すり込み沈下も踏まえ、1m と設定しており、設置許可時と詳細設計段階の液状化に伴う沈下量のいずれも包絡していることから妥当である。

なお、平均沈下量として示した残留変形量評価範囲は、いずれも防波壁（逆 T 擁壁）の改良地盤前面の埋戻土から、護岸端部までの範囲とした。

(3) まとめ

液状化に伴う側方流動による沈下における 3号機東側断面は、設置許可時と詳細設計段階を比較し、詳細設計段階においてより詳細な検討が出来ていることを確認した。

1.5 入力津波の不確かさの考慮

1.5 入力津波の不確かさの考慮

(1) 考慮の程度の妥当性についての検討の方針

浸水防護施設の設計においては、入力津波が有する数値計算上の不確かさを考慮する。入力津波が有する数値計算上の不確かさについては、各施設・設備の設置位置で算定された津波高さを安全側に評価することで考慮している。

今回、考慮の程度の妥当性について、数値計算上の不確かさの要因である、「敷地の地形及び敷地周辺の人工構造物等のパラメータによる影響」（遡上解析におけるパラメータによる影響及び管路解析におけるパラメータによる影響）（以下「パラメータによる影響」という。）を考慮した数値計算上のばらつきについてパラメータスタディを実施し、入力津波への影響評価結果を比較することで確認をする。

(2) 検討の対象

検討の対象設備を表 1.5-1 に示す。

表 1.5-1 検討の対象設備

設定位置	設備名称		設備分類	対象
施設護岸又は防波壁	防波壁		津波防護施設	○
	防波壁通路防波扉			○
	屋外排水路逆止弁		浸水防止設備	○
1号機取水槽	取水槽	流路縮小工（1号機）	津波防護施設	○
2号機取水槽		防水壁	浸水防止設備	○
		水密扉		○
		床ドレン逆止弁		○
		貫通部止水処置		○
		隔離弁、 ポンプ及び配管		○
取水槽水位計		津波監視設備	○	
2号機放水槽	タービン建物他	隔離弁、配管	浸水防止設備	○
	放水槽	貫通部止水処置		○

(3) 入力津波高さが有する数値計算上の不確かさについて

a. 入力津波高さに影響を与え得る要因

(a) 朔望平均潮位

水位上昇側に対しては朔望平均満潮位 EL 0.46m、水位下降側に対しては朔望平均干潮位 EL-0.02m を遡上解析により求めた津波水位に加えることで考慮し、基準津波の水位を算出している。

(b) 入力津波の波源としている地震により生じる地殻変動

入力津波の波源としている地震により生じる地殻変動として、水位上昇側の基準津波である基準津波 1, 2 及び 5 に対しては、起因となる波源が敷地から十

分に離れており，敷地への地殻変動による影響は十分小さいため，地殻変動量を考慮しない。水位下降側の基準津波である基準津波 1，3，4 及び 6 に対しては，安全側の評価になるように地殻変動量 0.34m の隆起を考慮する。地殻変動量については遡上解析又は管路解析により求めた津波水位に加えることで考慮し，基準津波の水位を算出している。

(c) 宍道断層から想定される地震により生じる地殻変動

宍道断層から想定される地震により生じる地殻変動については，地殻変動量が 0.02m 以下の沈降であり，敷地への地殻変動による影響は十分小さいため，地殻変動量を考慮しない。

(d) 潮位のばらつき及び近年の上昇量

水位上昇側に対しては+0.14m，水位下降側に対しては-0.17m を潮位のばらつきとして考慮する。潮位のばらつきについては遡上解析により求めた津波水位に加えることで考慮している。また，朔望平均満潮位に対しては，「1.1 (2) 観測記録の抽出期間の影響について」で示している 1 ヶ年 (1995.9～1996.8) の朔望平均満潮位 EL 0.46m と近年 5 ヶ年 (2015.1～2019.12) の朔望平均満潮位 EL 0.58m との差である+0.12m を潮位の近年の上昇量として考慮する。

(e) パラメータによる影響

入力津波高さに影響を与える，数値計算上の不確かさの要因である，「パラメータによる影響」としては，以下のものを考慮する。

<遡上解析におけるパラメータによる影響>

- ・地震による斜面崩壊・地盤変状・防波堤損傷
- ・津波による洗掘

<管路解析におけるパラメータによる影響>

- ・貝付着の有無
- ・ポンプ稼働の有無

管路解析におけるパラメータによる影響については，上記のパラメータのうち影響を与え得るパラメータを管路毎に設定し，影響を考慮する。

b. 数値計算上の不確かさの考慮の程度

パラメータによる影響を考慮した各施設・設備の設置位置における入力津波高さの算定式は以下の式で表される。

$$\text{入力津波高さ} = \text{①} + \text{②} + \text{③}$$

①：基準津波

- ・朔望平均潮位
- ・入力津波の波源としている地震により生じる地殻変動
- ・宍道断層から想定される地震により生じる地殻変動

②：潮位のばらつき及び近年の上昇量

③：パラメータによる影響

表 1.5-2 及び表 1.5-3 に各施設・設備の設置位置における流入，遡上に伴う入力津波高さ，潮位のばらつき及び数値計算上の不確かさの要因である「パラメータによる影響」の考え方を示す。また，パラメータによる影響の入力津波高さに対する考慮の程度についても表 1.5-2 及び表 1.5-3 に合わせて示す。

表 1.5-2 各施設・設備の設置位置におけるパラメータによる影響の考慮の程度
(水位上昇側)

設置位置	浸水防護施設	設備分類	入力津波高さ (水位上昇側)	パラメータによる影響の考慮の程度	パラメータによる影響で考慮した条件
施設護岸 又は 防波壁	防波壁	津波防護 施設		1.18m	・防波堤の有無
	防波壁通路防波扉	浸水防止 設備			
1号機 取水槽	1号機取水槽 流路縮小工	津波防護 施設		0.58m	
2号機 取水槽	取水 槽	防水壁 水密扉 床ドレン逆 止弁 貫通部止水 処置 隔離弁, ポンプ及び 配管		3.35m	・防波堤の有無 ・貝付着の有無 ・ポンプ稼働の有無
		取水槽水位計			
2号機 放水槽	タービン 建物他 放水槽	隔離弁, 配管 貫通部 止水処置		0.90m	

注記*1: 朔望平均潮位並びに入力津波の波源としている地震により生じる地殻変動及び突道断層から想定される地震により生じる地殻変動を遡上解析により求めた津波水位に加えることで津波高さを算定している。

*2: 朔望平均潮位, 潮位のばらつき並びに入力津波の波源としている地震により生じる地殻変動及び突道断層から想定される地震により生じる地殻変動を遡上解析又は管路解析により求めた津波水位に加えることで津波高さを算定している。

表 1.5-3 各施設・設備の設置位置におけるパラメータによる影響の考慮の程度
(水位下降側)

設置位置	浸水防護施設	設備分類	入力津波高さ (水位下降側)	パラメータによる影響の考慮の程度	パラメータによる影響で考慮した条件
2号機 取水槽	防水壁	浸水防止 設備		-0.34m	<ul style="list-style-type: none"> ・防波堤の有無 ・貝付着の有無 ・ポンプ稼働の有無
	水密扉				
床ドレン 逆止弁					
貫通部止 水処置					
隔離弁, ポンプ及 び配管					
取水槽水位計	津波監視 設備				

注記*：朔望平均潮位，潮位のばらつき並びに入力津波の波源としている地震により生じる地殻変動及び宍道断層から想定される地震により生じる地殻変動を遡上解析又は管路解析により求めた津波水位に加えることで津波高さを算定している

c. 数値計算上の不確かさに与える影響

(a) 遡上解析におけるパラメータによる影響

基準津波 1 から 6 について斜面崩壊・地盤変状・防波堤損傷の有無を考慮し，パラメータスタディを実施した結果を表 1.5-4 にまとめる。これらの結果から入力津波の設定にあたり考慮する地形変化は以下のものとする。

イ. 地震による斜面崩壊・地盤変状・防波堤損傷

遡上解析の結果，表 1.5-4 より水位上昇側及び下降側において，斜面崩壊・地盤変状の有無による津波高さの差異が小さいことから，影響要因として考慮しない。

津波高さについて，基準津波の設定の際に防波堤の有無により津波高さに差異があったことから，防波堤の有無を影響要因として考慮する。

津波高さ以外については、防波堤の有無は発電所沖合の流況には有意な影響を与えないものと考えられることから影響要因として考慮しない。一方、港湾内及び港湾外の流況に対しては有意な影響を与えるものと考えられるため、影響要因として考慮する。

表 1.5-4 遡上解析結果

	防波堤	【水位上昇側】			【水位下降側】		
		施設護岸又は防波壁 EL (m)			2号機取水口 EL (m)		
		基本ケース	斜面崩壊	1m沈下	基本ケース	斜面崩壊	1m沈下
基準津波1	有り	10.7 [10.67]	10.7 [10.67]	10.7 [10.67]	-5.2 [-5.13]	-5.0	-5.2 [-5.13]
基準津波1	無し	11.9 [11.85]	11.1	11.9 [11.85]	-6.1 [-6.01]	-5.8	-6.1 [-6.01]
基準津波2	有り	9.0 [8.93]	8.9	9.0 [8.92]			
基準津波3	有り				-4.7 [-4.63]	-4.7 [-4.66]	-4.7 [-4.63]
基準津波4	有り				-4.1 [-4.04]	-4.1 [-4.04]	-4.1 [-4.04]
基準津波4	無し				-4.3 [-4.25]	-4.3 [-4.24]	-4.3 [-4.25]
基準津波5	無し	11.5 [11.45]	11.3	11.5 [11.45]			
基準津波6	無し				-6.1 [-6.08]	-6.0	-6.1 [-6.08]

ロ. 津波による洗掘

遡上域となる荷揚場はアスファルト又はコンクリートで地表面を舗装するため、洗掘による地形の変化については考慮しない。

(b) 管路解析におけるパラメータによる影響

管路解析の入力波形としては基準津波 1, 2, 4, 5 及び海域活断層上昇側最大ケースを上昇側の評価に用い、基準津波 1, 3, 4 及び 6 を水位下降側の評価に用いた。

イ. 取水路の管路解析にて考慮する条件による影響

取水路から取水槽及び放水槽から放水口に至る経路においては、「(a) 遡上解析におけるパラメータによる影響」にて考慮した防波堤の有無をはじめ、貝付着の有無及びポンプ稼働の有無による影響をうけることから、これらを管路解析の条件として考慮する。取水路及び放水路の管路解析にて考慮する条件による影響評価結果のうち上昇側最高水位、下降側最低水位一覧を表 1.5-5 及び表 1.5-6 に示す。

なお、点検時の津波評価への影響については、一部の水路に角落しを設置し、一時的に取水槽の容積は減少するが、流入量も低減されることから、影響は軽微である。

表 1.5-5 管路解析結果（水位上昇側）

波源		防波堤 有無	貝付着 有無	循環水 ポンプ 運転状況	入力津波高さ EL(m) ^{*1}		
					1号機 取水槽 ^{*2}	2号機 取水槽	2号機 放水槽
日本海東縁部	基準津波 1	有り	有り	運転	—	6.5	7.0
				停止	6.3	8.8	7.2
			無し	運転	—	7.2	7.0
				停止	6.4	9.3	<u>7.9</u>
		無し	有り	運転	—	8.0	6.4
				停止	6.8	10.1	7.1
	無し	無し	運転	—	9.1	6.2	
			停止	<u>7.0</u>	<u>10.6</u>	7.8	
	基準津波 2	有り	有り	運転	—	6.4	6.3
				停止	6.0	8.4	5.3
			無し	運転	—	7.0	6.3
				停止	6.1	9.1	5.5
無し		有り	運転	—	7.1	5.8	
			停止	6.4	9.7	4.8	
無し	無し	運転	—	8.6	5.9		
		停止	6.7	10.4	5.5		
海域活断層	基準津波 4	有り	有り	運転	—	2.0	4.1
				停止	2.7[2.61]	2.8	3.2
			無し	運転	—	2.4	3.5
				停止	<u>2.7[2.68]</u>	2.9	3.7
		無し	有り	運転	—	2.1	<u>4.2</u>
				停止	2.5	4.6	3.3
	無し	無し	運転	—	2.9	3.5	
			停止	2.7[2.67]	<u>4.9</u>	3.7	
	海域活断層 上昇側最大と なるケース	有り	有り	運転	—	1.6	4.0
				停止	2.5	2.4	2.7
			無し	運転	—	1.8	3.3
				停止	2.5	2.4	3.0
無し		有り	運転	—	1.9	4.0	
			停止	2.5	4.2	2.9	
無し	無し	運転	—	2.5	3.4		
		停止	2.6	4.5	3.1		

注記*1：下線部を引いた箇所が日本海東縁部及び海域活断層それぞれの最大ケース

*2：1号機取水槽は流路縮小工を設置することにより，循環水ポンプに必要な通水量が確保できないことから運転は行わない。

表 1.5-6 管路解析結果（水位下降側）

波源		防波堤 有無	貝付着 有無	循環水 ポンプ 運転状況	入力津波高さ EL(m)*1
					2号機取水槽
日本海東縁部	基準津波 1	有り	有り	運転	-6.8
				停止	-5.8
			無し	運転	-6.5
		停止		-5.8	
		無し	有り	運転	-8.2
				停止	-5.9
	無し		運転	-8.0	
			停止	-5.9	
	基準津波 3	有り	有り	運転	-6.5
				停止	-5.6
		無し	運転	-6.5	
			停止	-5.7	
基準津波 6	無し	有り	運転	<u>-8.31</u> *2	
			停止	-6.0	
	無し	運転	-8.3		
		停止	-6.1		
海域活断層	基準津波 4	有り	有り	運転	-6.1
				停止	-4.8
			無し	運転	-6.1
		停止		-5.0	
		無し	有り	運転	-6.4
				停止	-5.0
	無し		運転	<u>-6.5</u>	
			停止	-5.1	
	海域活断層 上昇側最大 となるケース	有り	有り	運転	-5.1
				停止	-4.4
			無し	運転	-5.2
		停止		-4.5	
無し		有り	運転	-5.5	
			停止	-4.6	
	無し	運転	-5.6		
停止	-4.7				

注記*1：下線部を引いた箇所が日本海東縁部及び海域活断層それぞれの最大ケース

*2：2号機取水槽における水路内最低水位は、循環水ポンプ運転状態のEL-8.4m(EL-8.31m)であるが、非常用海水冷却系の海水ポンプの取水可能な水位（許容津波高さ）EL-8.32mに対して余裕がないことから、大津波警報発令時には循環水ポンプを停止する運用とするため、水位下降側の入力津波高さとして、ポンプ停止時を評価値とする

(c) 数値計算上の不確かさに与える影響のまとめ

「(a) 遡上解析におけるパラメータによる影響」及び「(b) 管路解析におけるパラメータによる影響」の結果を踏まえ設定した各施設・設備の設置位置における設計又は評価に用いる入力津波高さを表 1.5-7 に示す。

表 1.5-7 各施設・設備の設置位置における設計又は評価に用いる入力津波高さ

区分	設定位置	入力津波高さ EL(m)
水位上昇側*1	施設護岸又は防波壁	11.9
	1号機取水槽	7.0
	2号機取水槽	10.6
	2号機放水槽	7.9
水位下降側*2	2号機取水槽	-6.5

注記*1: 朔望平均満潮位 0.46m 並びに潮位のばらつき及び近年の上昇量 0.26m を遡上解析により求めた津波水位に加えることで入力津波高さを算定している

*2: 朔望平均干潮位-0.02m, 潮位のばらつき 0.17m 及び入力津波の波源としている地震により生じる地殻変動である 0.34m の沈降を遡上解析又は管路解析により求めた津波水位に加えることで入力津波高さを算定している

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

3.2 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

津波発生時の押し波を受けた際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

- 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。）の最大流速は図3.2-1に示す通り1.93m/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。
- 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。
- 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。
- 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。
- 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。

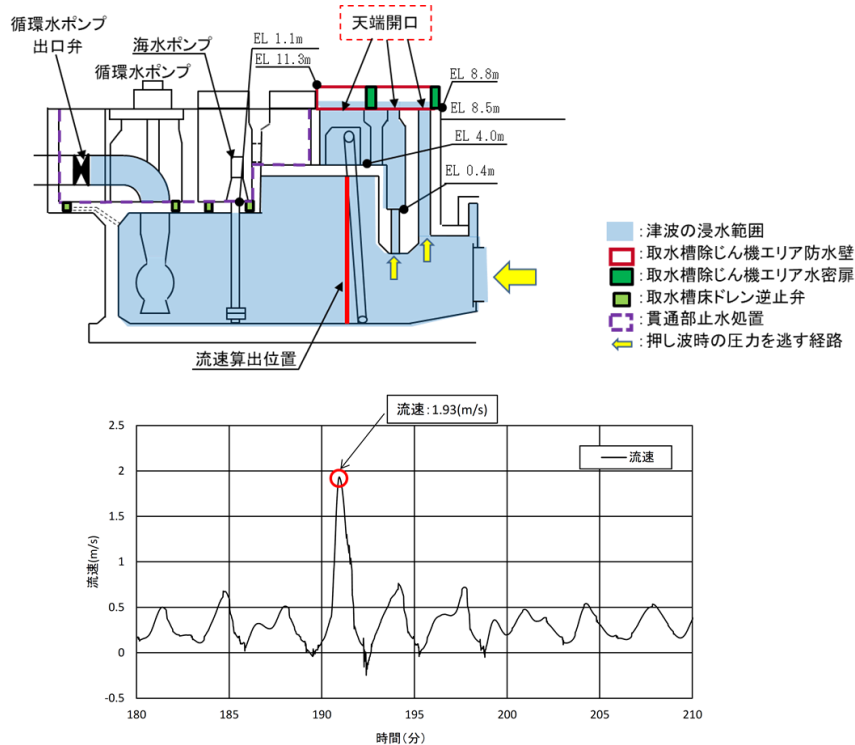


図 3.2-1 取水槽における津波最大流速

(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。

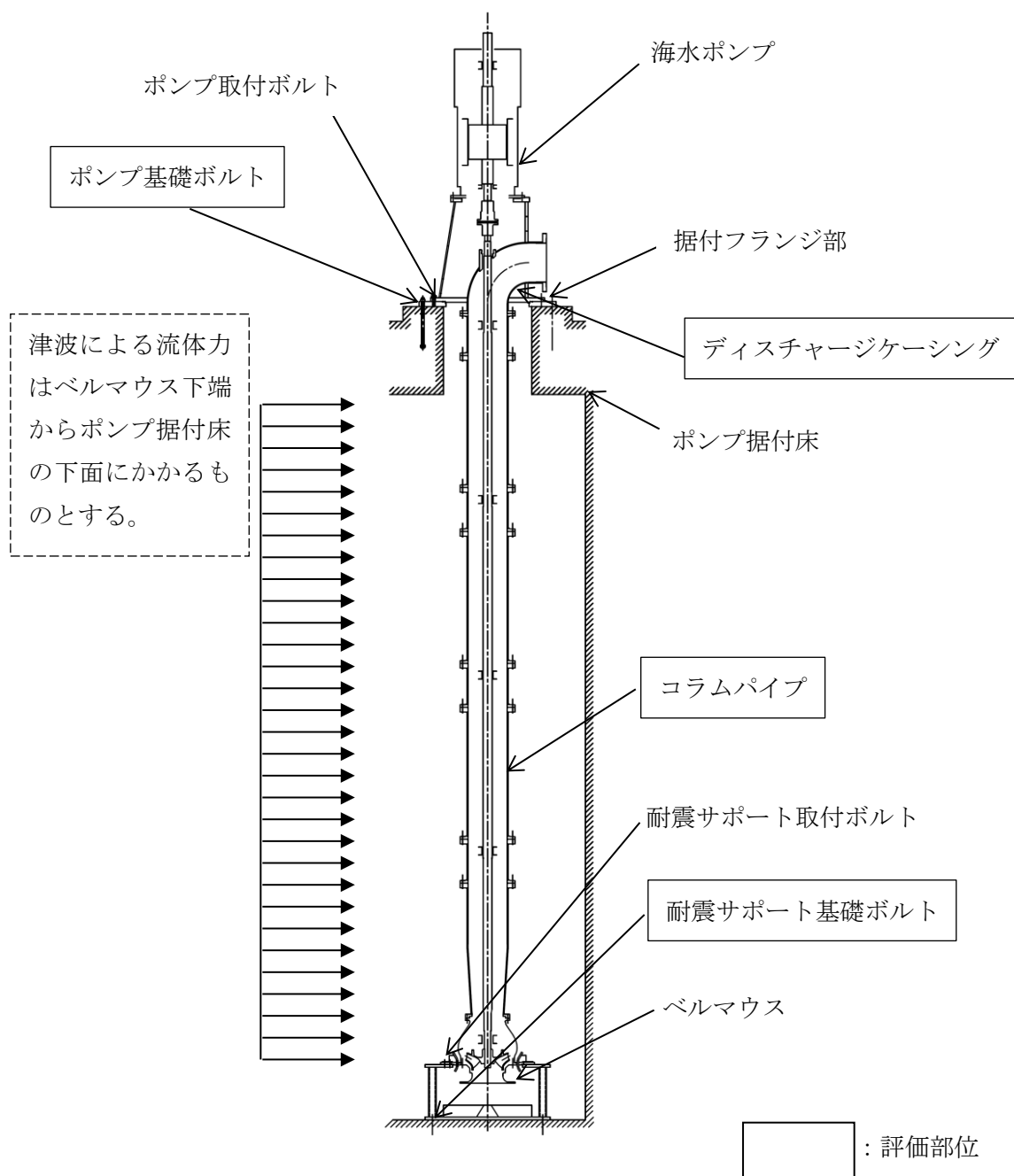


図3.2-2 評価部位及び荷重が作用する範囲 (原子炉補機海水ポンプの例)

(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_AS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	許容応力状態
原子炉補機海水ポンプ	S	津波荷重 (流体力)	Ⅲ _A S
高圧炉心スプレイ補機 海水ポンプ			

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 _A 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 _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
原子炉補機 海水ポンプ	コラム パイプ	[Redacted]	最高 使用 温度	40	245	400	—
	ポンプ 基礎 ボルト		周囲 環境 温度	[Redacted]	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	[Redacted]	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_y(RT) : 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

[Redacted]

(4) 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3.2-4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）

ρ : 海水密度

V : 津波流速

D : 構造物の外径

表3.2-4 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 ρ (kg/m ³)	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、評価条件を以下の通りとし、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 3.2-4 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。

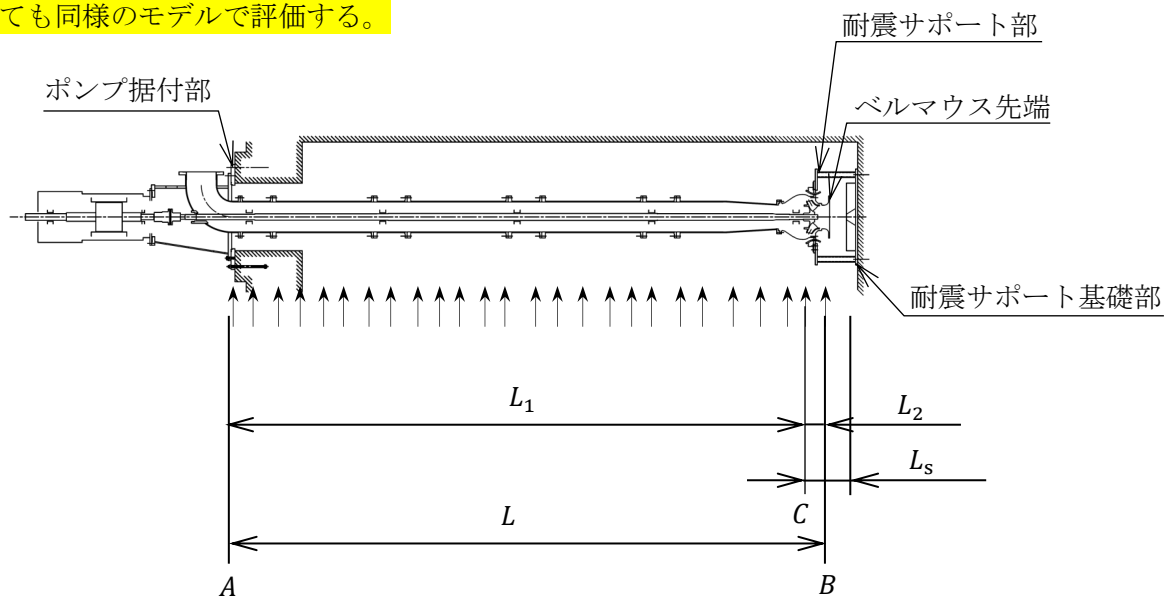


図 3.2-3 ポンプ概略図 (原子炉補機海水ポンプの例)

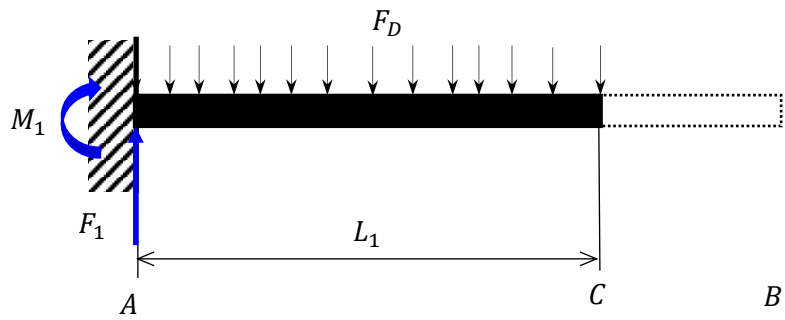


図 3.2-4 計算モデル (片持ちはり)

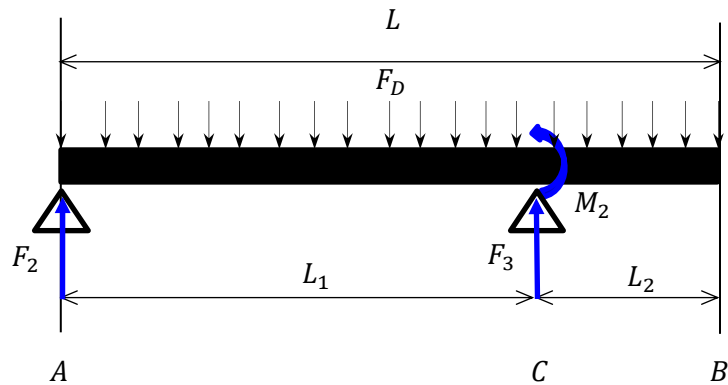


図 3.2-5 計算モデル (単純支持の張出しはり)

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 3.2-5 に評価に用いる各部長さを示す。また、表 3.2-6 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 3.2-7 に示す。

表 3.2-5 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 3.2-6 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 3.2-7 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				

(5) 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 3.2-8 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 σ 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。

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。

$$F_n = \frac{8M_1}{3 \cdot D_n \cdot n}$$

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

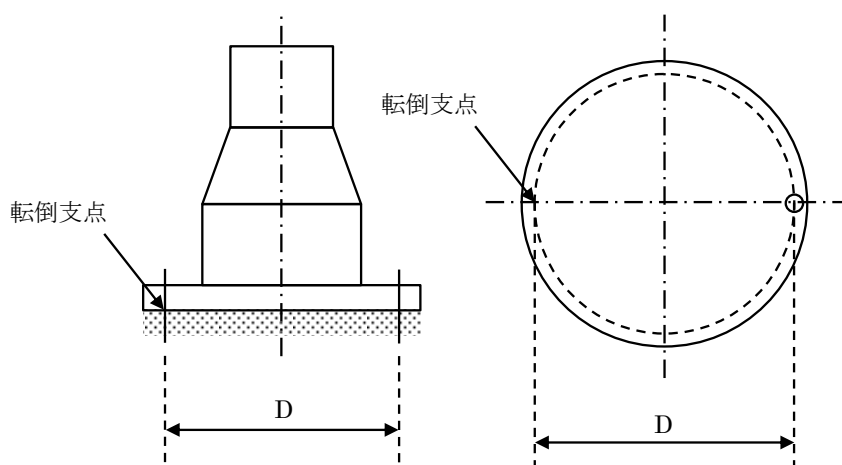


図 3.2-6 ポンプ基礎ボルトに発生する引張力の算出モデル

このときポンプ基礎ボルトに発生する引張応力 σ は次式で求める。

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

σ : 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 3.2-8 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)		
ポンプ基礎ボルトに発生する引張応力 σ (N/mm ²)	14	15

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 3.2-9 に示す。

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

τ : 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 3.2-9 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 τ (N/mm ²)	2	2

(6) 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 3.2-10 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_s：耐震サポート基礎ボルトに発生する引張力

D_s：耐震サポート基礎ボルトのピッチ円直径

n_s：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_s：耐震サポート基礎ボルトに発生する引張応力

F_s：耐震サポート基礎ボルトに発生する引張力

A_s：耐震サポート基礎ボルトの断面積

表 3.2-10 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 _s (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 _s (本)	8	8
耐震サポート基礎ボルトのピッチ円直径 D _s (mm)		
耐震サポート基礎ボルトに発生する引張応力 σ _s (N/mm ²)	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 3.2-11 に示す。

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

τ_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 3.2-11 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 τ_s (N/mm ²)	3	2

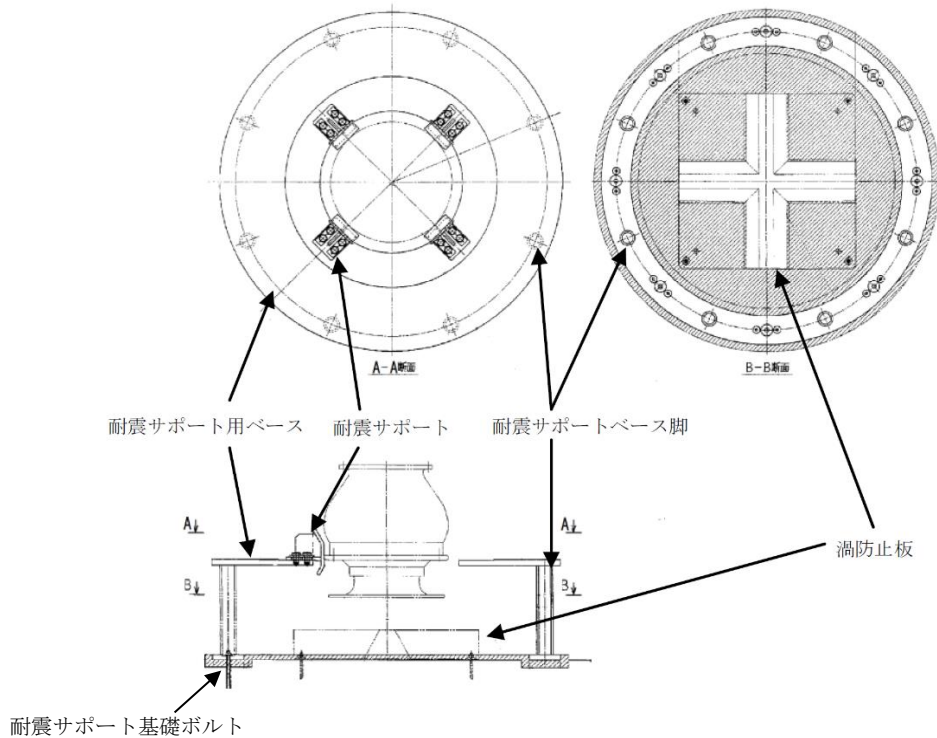


図 3.2-7 ベルマウスを支持する耐震サポート
(原子炉補機海水ポンプの例)

(7) 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 3.2-6 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 3.2-12 に示す。

$$\sigma_c = M_1/Z$$

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

σ_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 3.2-12 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 (mm ³)	2909000	976800
コラムパイプに発生する曲げ応力 σ_c (N/mm ²)	26	44

(8) 評価結果

海水ポンプに発生する応力を表 3.2-13 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ポンプの健全性は確保されることを確認した。

表 3.2-13 評価結果一覧

	評価部位	材料	項目	発生応力 (N/mm ²)	許容応力 (N/mm ²)
原子炉補機海水ポンプ	ポンプ基礎 ボルト		引張	14	153
			せん断	2	118
	耐震サポート 基礎ボルト		引張	3	123
			せん断	3	94
コラムパイプ	曲げ		26	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	15	153
			せん断	2	118
	耐震サポート 基礎ボルト		引張	2	123
		せん断	2	94	
	コラムパイプ	曲げ	44	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。

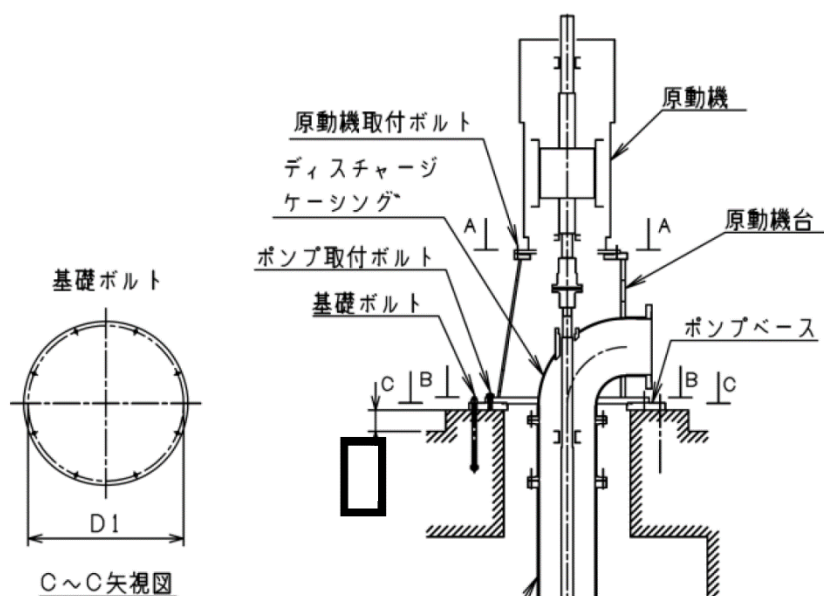


図1 原子炉補機海水ポンプ基礎ボルト配置

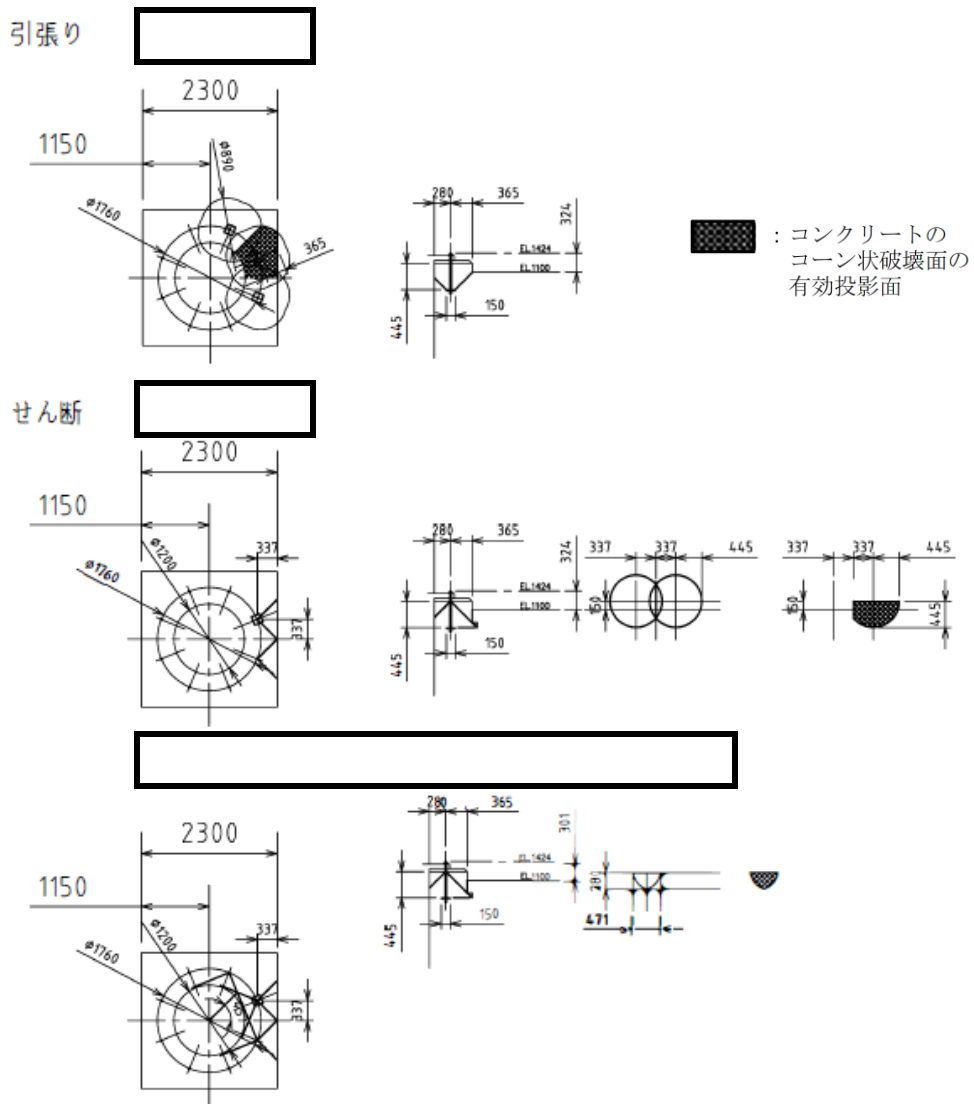


図2 原子炉補機海水ポンプ基礎ボルト有効投影面積

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 _a (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 _a (N)
引張・せん断評価	p ≤ p _a OK		q ≤ q _a 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。

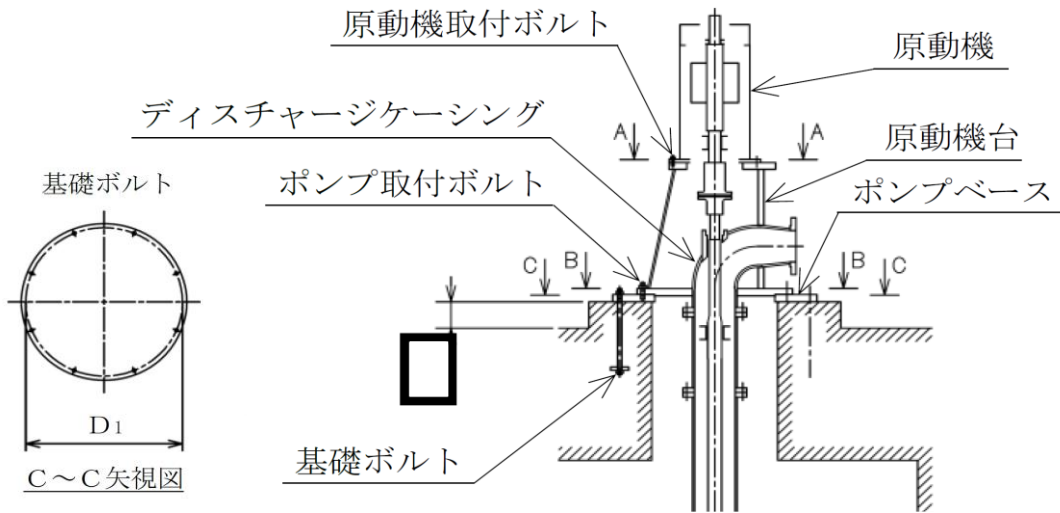


図3 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ基礎ボルト配置

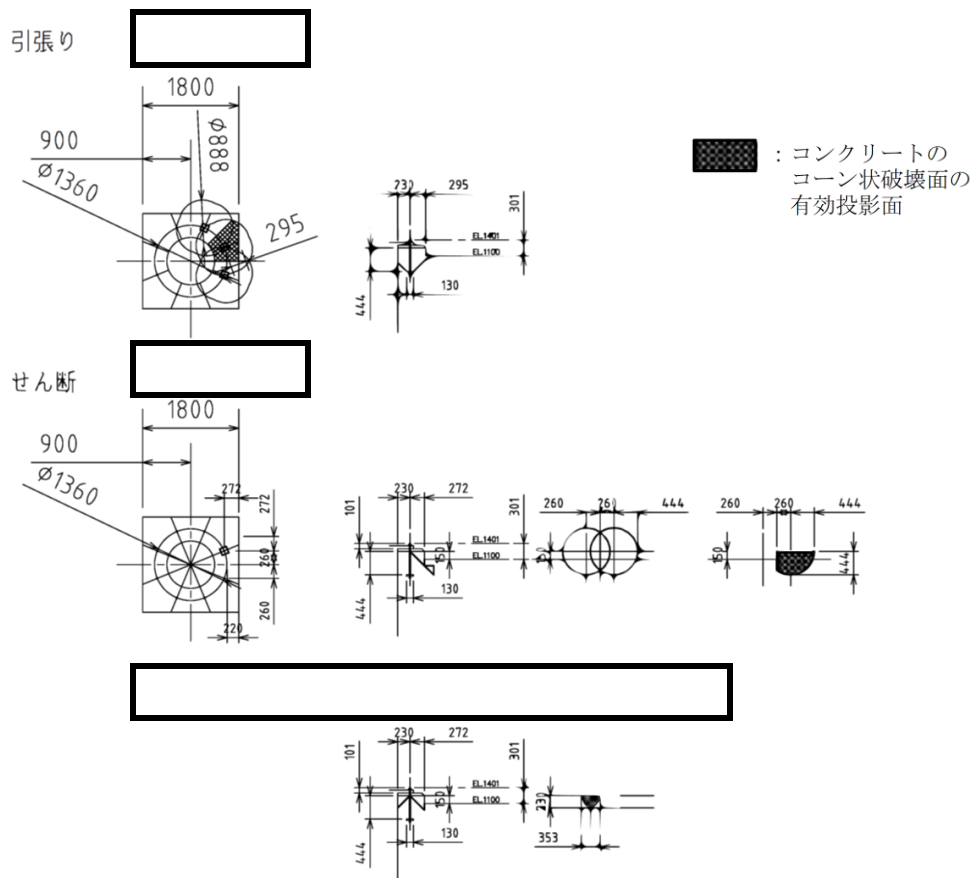


図4 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ基礎ボルト有効投影面積

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 _a (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 _a (N)
引張・せん断評価	p ≤ p _a OK		q ≤ q _a OK	
組合せ評価	$\left(\frac{p}{p_a}\right)^2 + \left(\frac{q}{q_a}\right)^2 = 0.71 \leq 1$ OK			

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。係留に当たっては、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 21.6tonf）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

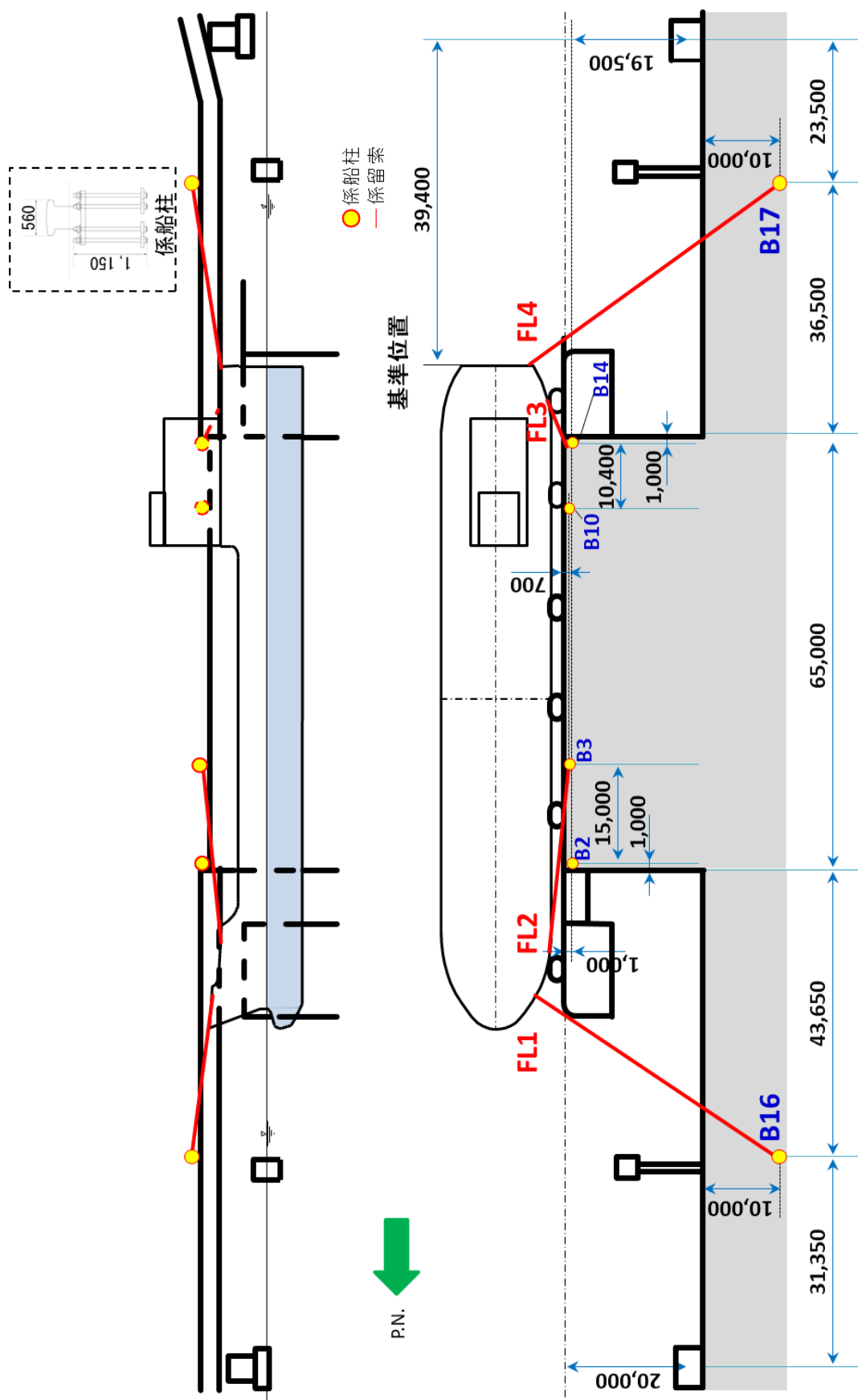
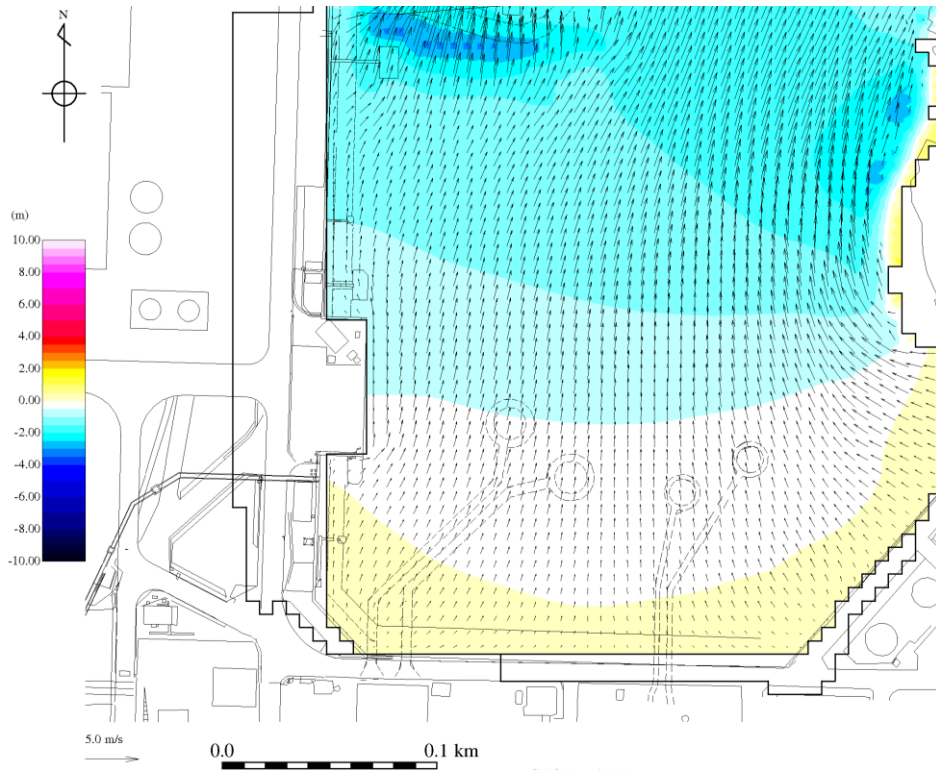
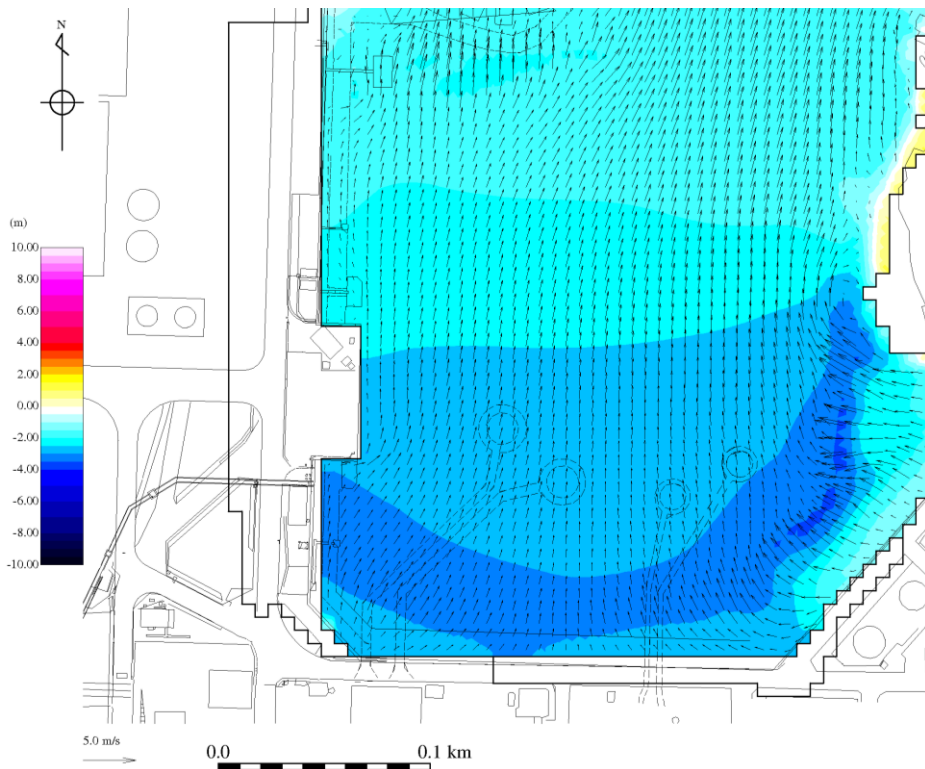


図 4.3-1 燃料輸送船，係留索及び係船柱の配置



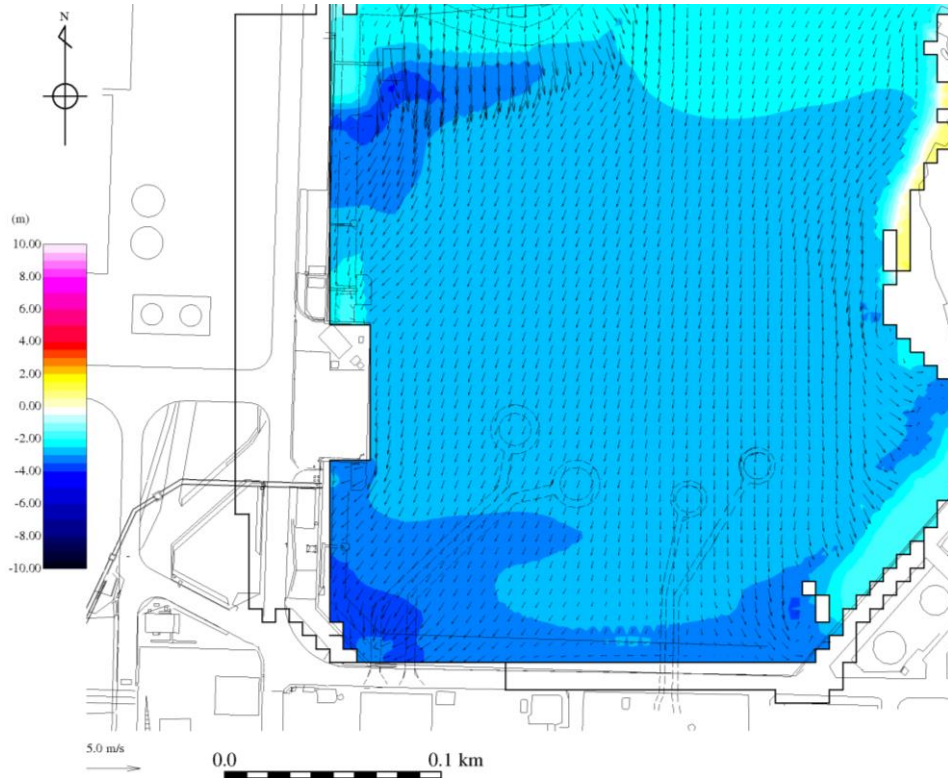
(地震発生後 5 分 50 秒後)

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

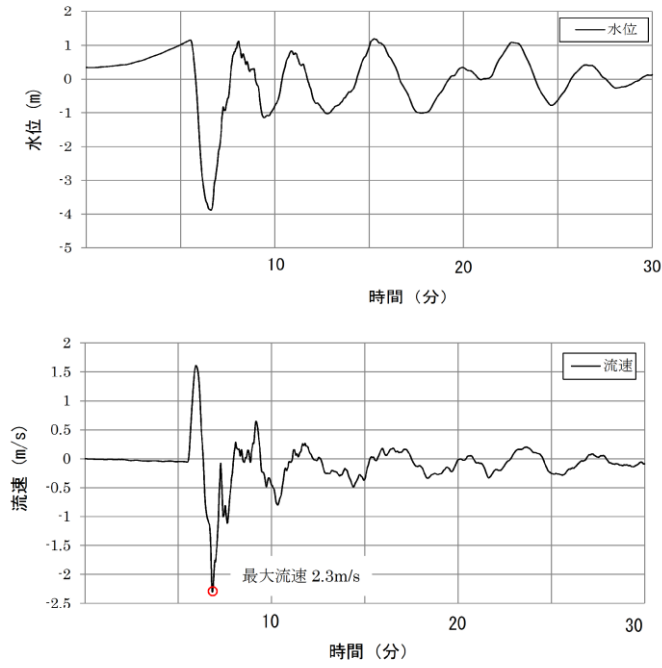


図 4.3-3 基準津波 4 の流速 (荷揚場近傍)

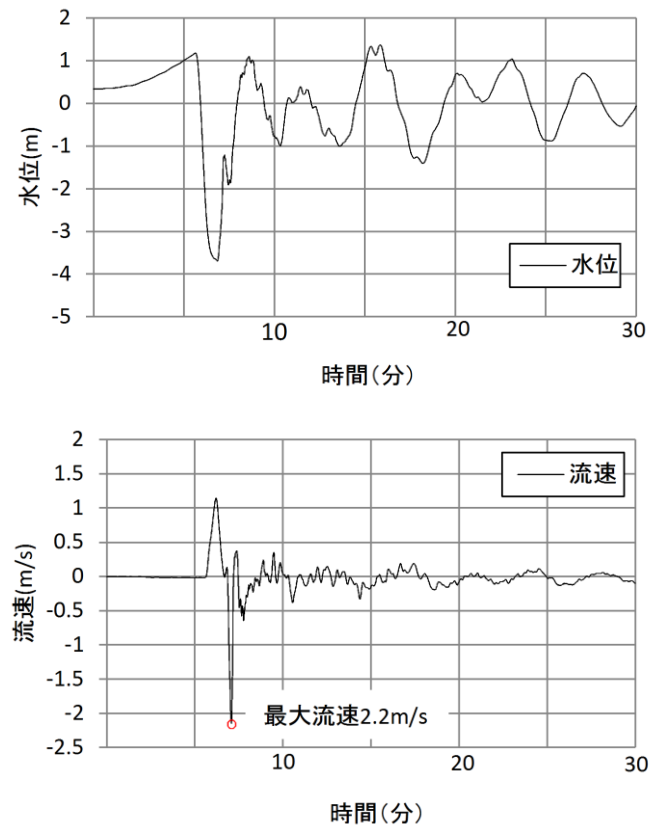


図 4.3-4 防波堤健全時における基準津波 4 の流速 (荷揚場近傍)

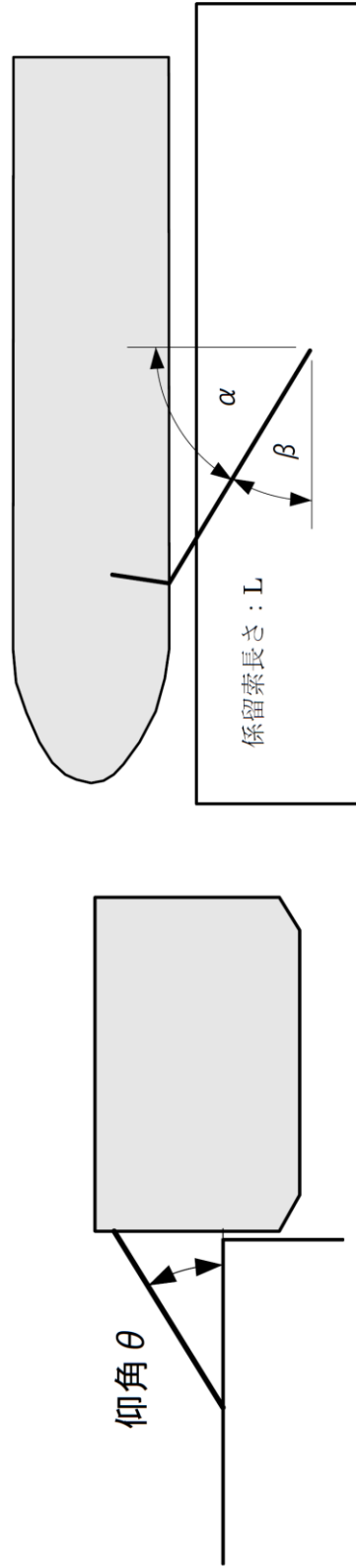
表 4.3-3 係留力の計算方法

<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_x : 前後係留力[tonf] (前方は添字 f, 後報は添字 a) T : 係留索 1 本に掛けることができる最大張力[tonf] β : 係留索水平角 (岸壁平行線となす角度) [deg] θ : 係留索の仰角[deg] L : 係留索の長さ (船外+船内) [m] β_c : 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] θ_c : 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] L_c : 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] ※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		θ	β			Bitt Load	係船柱 強度
FL1	Line1	B16	49.2		0.7	48.3	20.0	3.8	20.0	25.0
FL2	Line2	B3	18.5		3.4	-9.2	20.0	19.7	20.0	25.0
FL3	Line3	B14	14.2		3.6	14.9	20.0	19.3	20.0	25.0
FL4	Line4	B17	40.2		-0.1	-65.9	20.0	1.9	20.0	25.0
								船尾方向係留力 23.1		
								船首方向係留力 21.6		



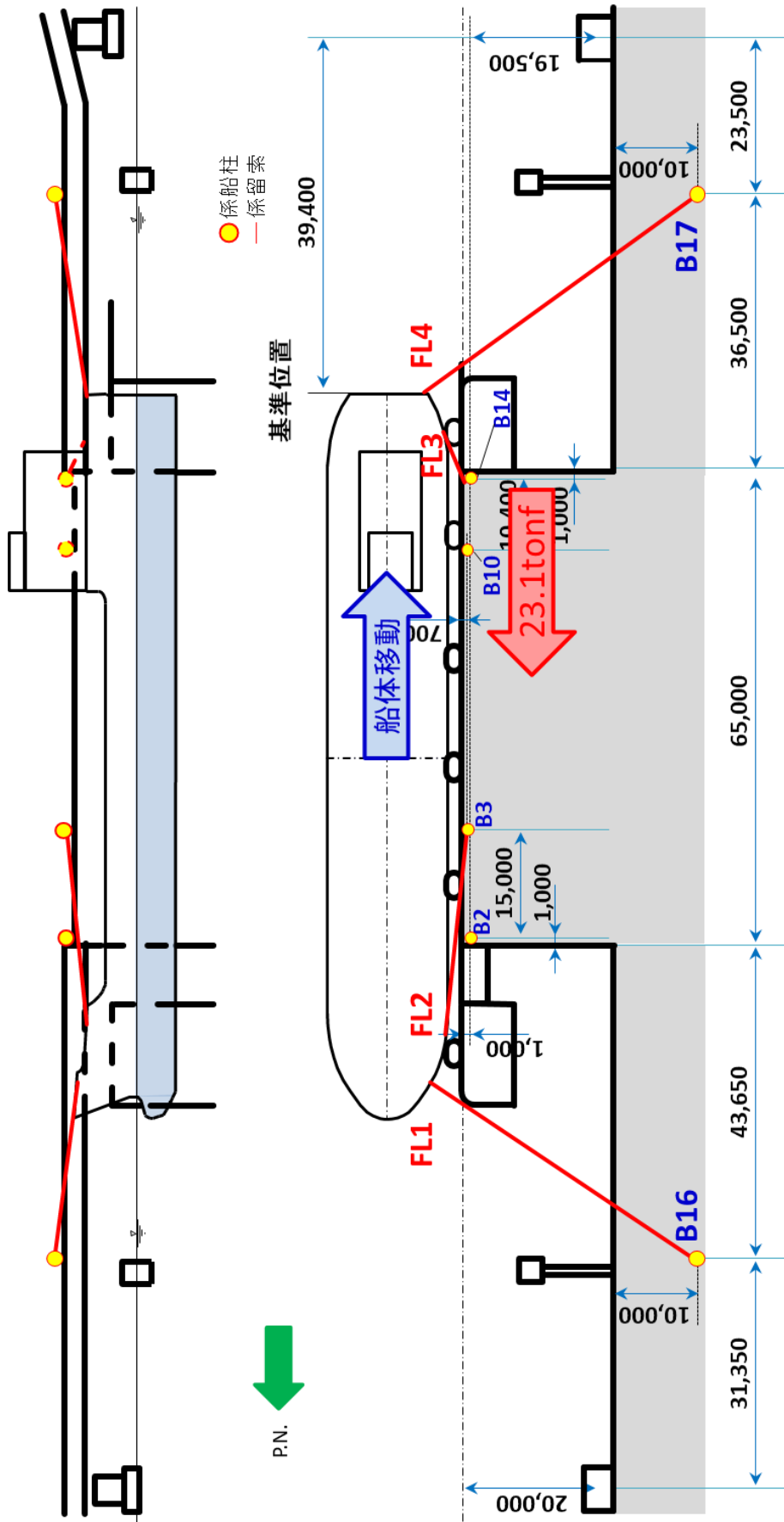


図 4.3-5 船尾方向への移動に対する船首方向係留力

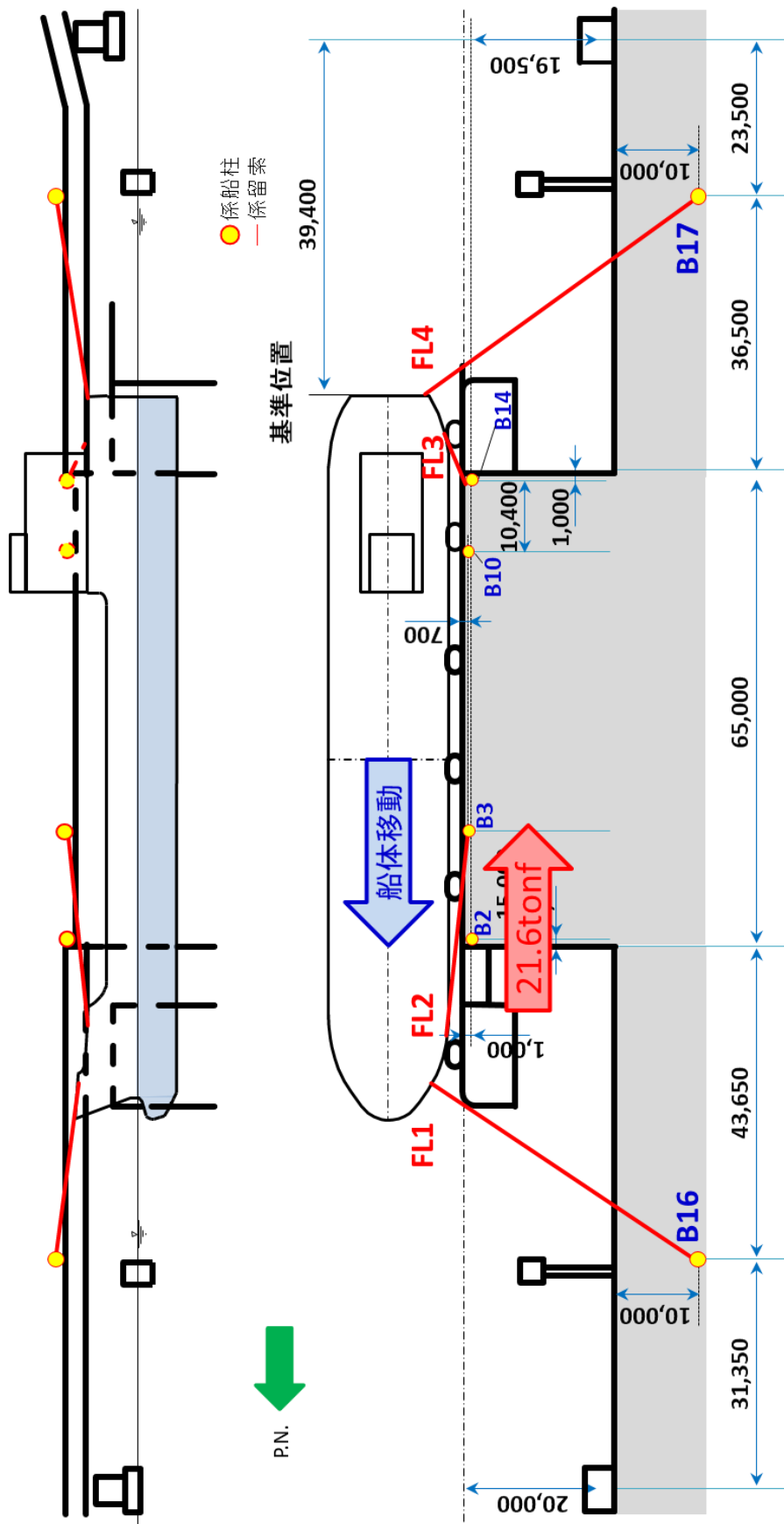
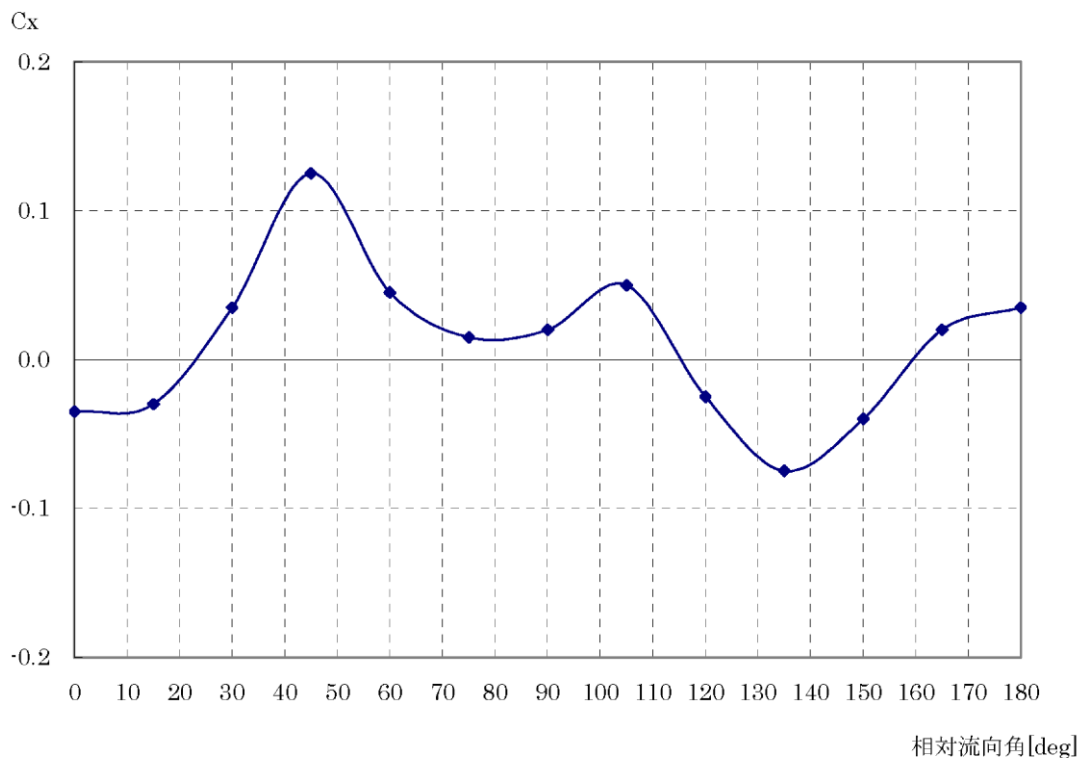


図 4.3-6 船首方向への移動に対する船尾方向係留力

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>F_{xc} : 縦方向流圧力[kgf]</p> <p>C_{xc} : 縦方向流圧力係数 (船尾方向 : 0.13, 船首方向 : 0.08) *</p> <p>V_c : 流速[m/s] (=2.3 m/s)</p> <p>L_{pp} : 垂線間長[m] (=94.4 m)</p> <p>d : 喫水[m] (=5.4 m)</p> <p>ρ_c : 水密度[kg・sec²/m⁴] (=104.5 sec²/m⁴)</p> <p>* 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)

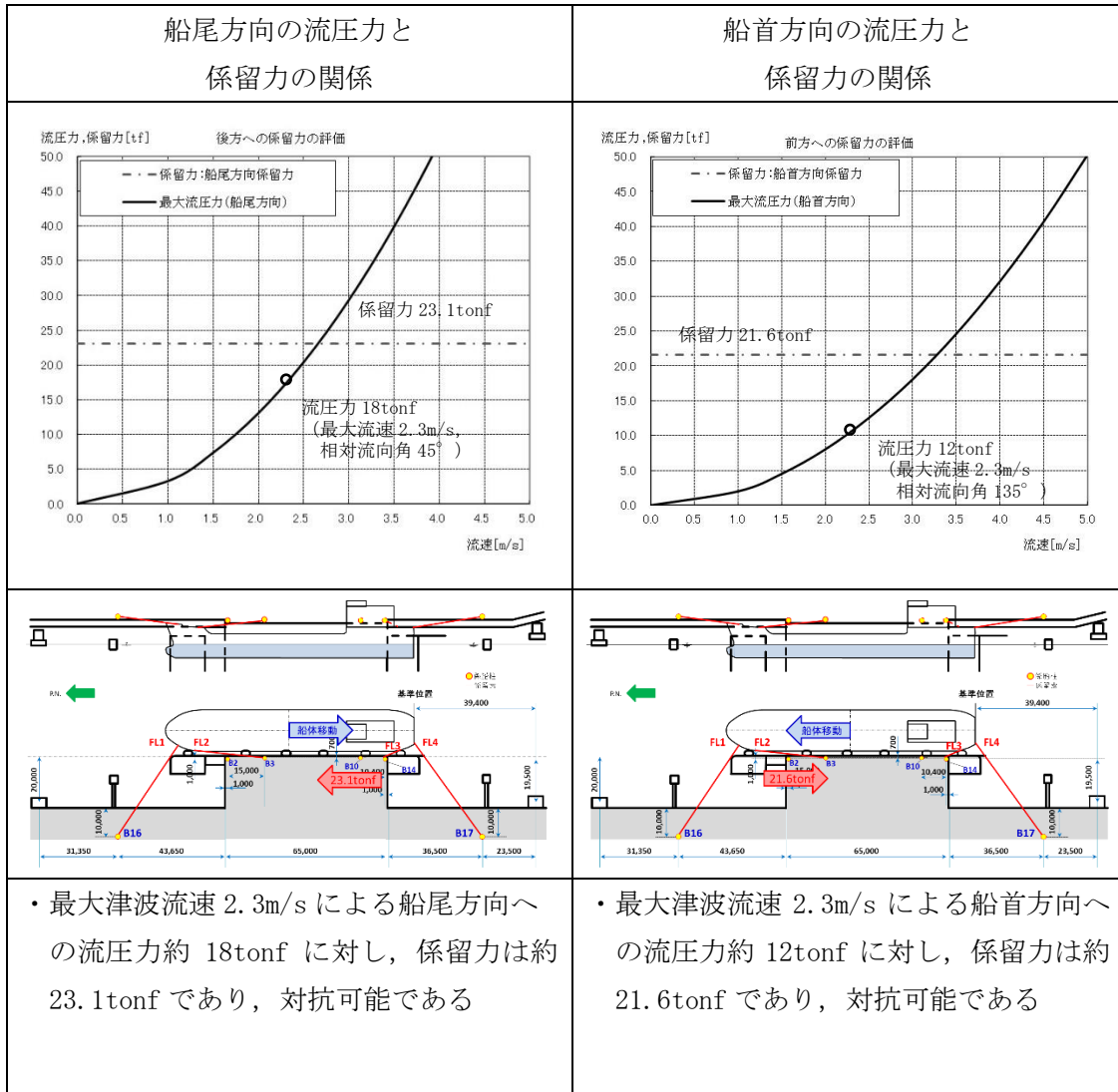


図 4.3-7 流圧力と係留力の比較

4.5 漂流物による衝突荷重

目 次

今回提出範囲：

4.5.1	衝突荷重を考慮する施設・設備の選定	1
4.5.2	津波に関するサイト特性	8
4.5.3	衝突荷重として考慮する漂流物の選定	21
4.5.4	浮遊状態の漂流物による衝突荷重の算定方法	30
4.5.5	漂流物による衝突荷重の算定における設計上の配慮について	37
4.5.6	漂流物による衝突荷重の算定	39

添付資料 1	島根原子力発電所の周辺海域で操業する漁船について
添付資料 2	津波防護施設に考慮する漂流物の選定
添付資料 3	島根原子力発電所におけるFRP船舶に係る衝突解析条件の妥当性
添付資料 4	FEMA (2012)によるFRP製船舶の衝突荷重
添付資料 5	建築物荷重指針・同解説 (2015) を参考にした静的設計荷重の算定例
添付資料 6	FRP製船舶の機関部における衝突影響の確認
添付資料 7	FRP船舶の衝突解析に関する新規規制基準審査実績との比較
添付資料 8	漂流物衝突荷重算定における総トン数 19 トン船舶の代表性確認
添付資料 9	漂流物衝突荷重の載荷方法
添付資料 10	剛壁配置による衝突荷重への影響確認
添付資料 11	衝突荷重の非対称性に関する確認
添付資料 12	衝突解析による荷重評価の保守性
添付資料 13	FRP製船舶に対する各算定方法による衝突荷重の整理
添付資料 14	FRP製船舶における衝突荷重の算定に関する先行サイトとの比較
添付資料 15	枕木による衝突荷重の算定における設計上の配慮及び算定結果

枕木による衝突荷重の算定における設計上の配慮及び算定結果

1. 狭隘な設置場所への衝突荷重として考慮する漂流物

津波防護施設の評価において考慮する漂流物としては、衝突荷重を踏まえて船舶を選定した。一方、防波扉（1号機北側，2号機北側）については、図-1に示すように防波壁の壁面（海側）より奥まった狭隘な場所に設置されており、設置位置に船舶が到達しないことから、設計上の配慮として、枕木を津波防護施設に考慮する漂流物として選定する。

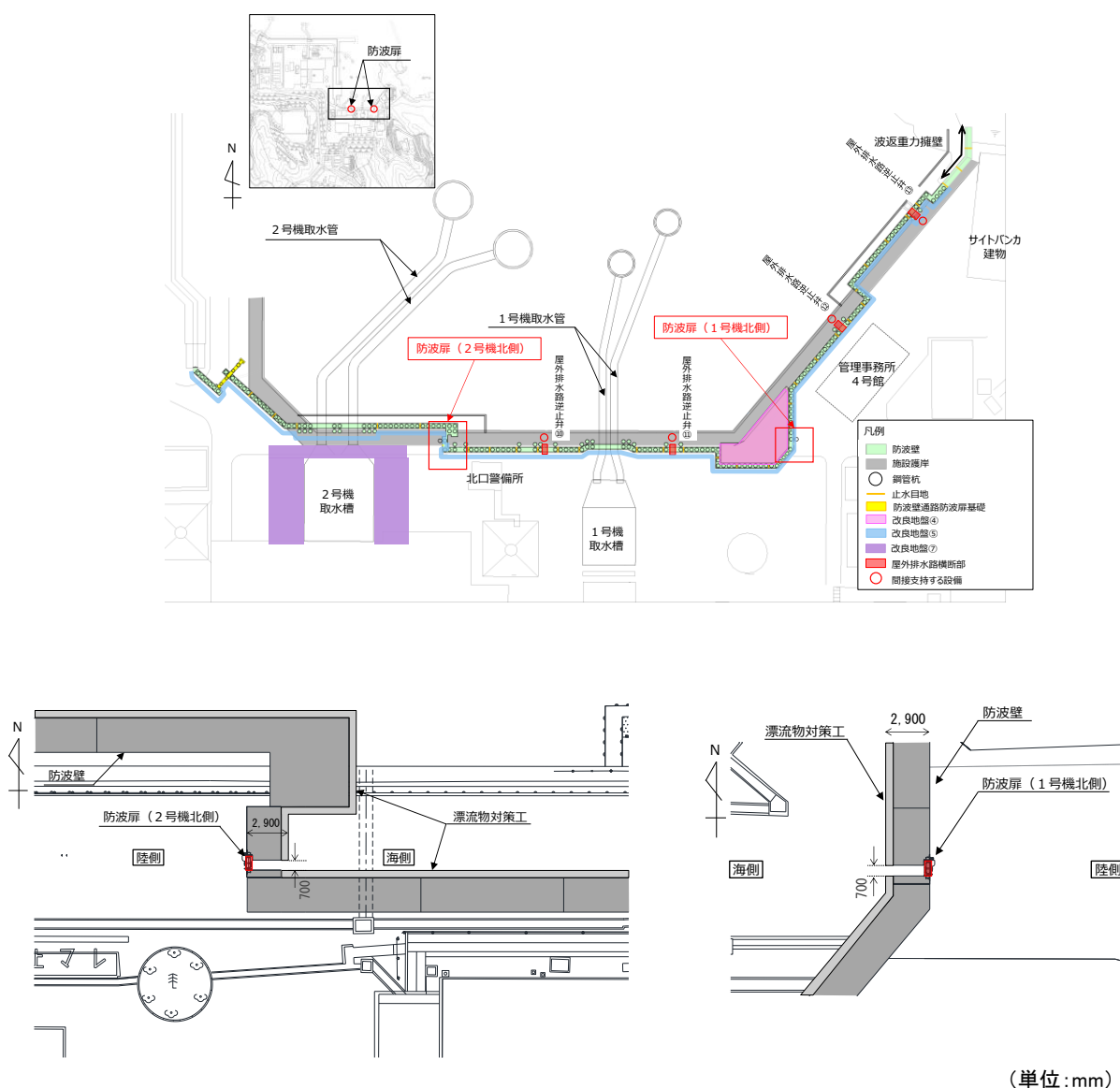


図-1 防波扉（1号機北側，2号機北側）の位置図

2. 枕木による衝突荷重算定用の流向

防波扉（1号機北側，2号機北側）については，図-1に示すように防波壁の壁面（海側）より奥まった狭隘な場所に設置されていることから，被衝突物に対して直交方向が最も影響が大きい流向と判断した。そのため，設計上の配慮として，防波扉（1号機北側）は東方向，防波扉（2号機北側）は西方向の流向を対象として衝突荷重を設定する。

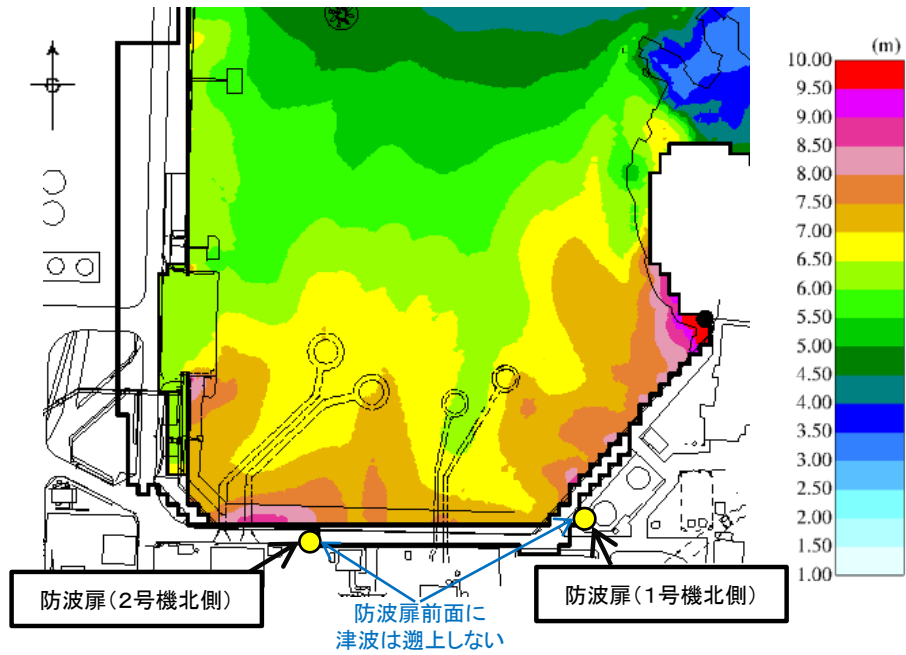
3. 枕木による衝突荷重算定用の流速

基準津波来襲時において，防波扉（1号機北側，2号機北側）前面の1，2号機北側エリア（地盤高さ：EL 8.5m）に津波は遡上しないことから，防波扉（1号機北側，2号機北側）の設置位置（下端高さ：EL 9.5m）に津波は到達しない（図-2(1)）。

一方，1，2号機北側エリアは海底面まで沈下すると仮定して沈下量を設定し，3号機東側エリアは沈下量を1mとした場合の津波解析（「1.2 遡上・浸水域の評価の考え方(3) b. 液状化に伴う側方流動による沈下」における解析条件と同じ）においては，防波扉（1号機北側）前面で最大水位上昇量8.3mが確認された（図-2(2)）。この最大水位上昇量に，朔望平均満潮位（0.58m），潮位のばらつき（0.14m）及び高潮ハザードを考慮した参照する裕度（0.64m）を加えると，設置位置の下端高さ（EL 9.5m）を上回ることから，この押し波による流速を確認した。なお，流速は防波扉（1号機北側）に影響が大きい流向である東方向を対象に抽出した。

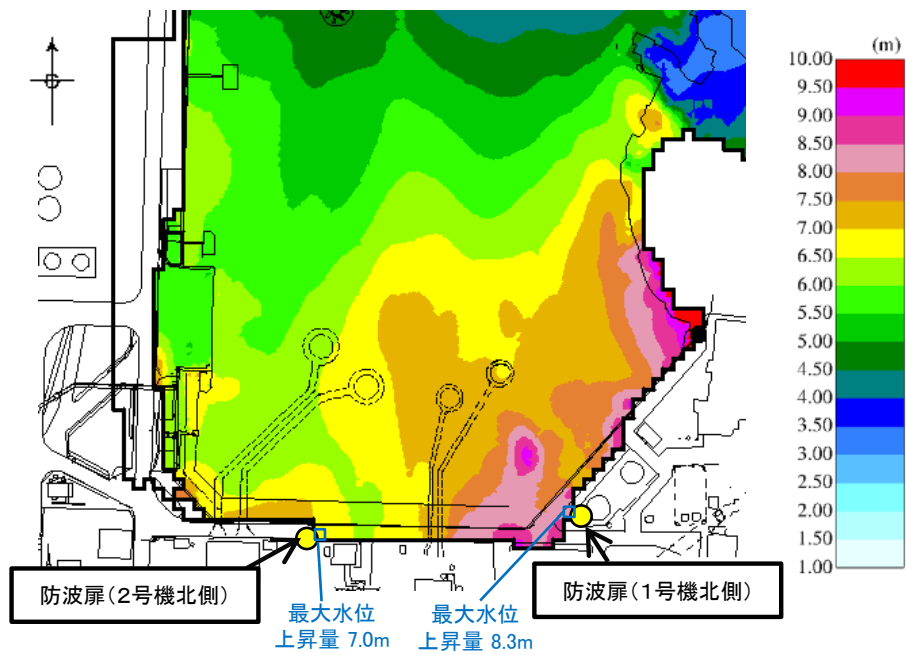
防波扉（1号機北側，2号機北側）前面における流況図を図-3に，水位及び流速の時系列分布を図-4に，津波高さの概念図を図-5に示す。流況図より，防波壁の隅角部で水位が高くなった後，防波扉（1号機北側）設置位置前面において防波壁に沿った流れが生じていることを確認した。設置位置の下端高さ（EL 9.5m）を上回る時間は1秒程度であり，その時間における最大流速は0.6m/sであった。

以上より，設計上の配慮として，枕木の衝突速度を0.6m/sと設定して衝突荷重を算定する。



最大水位上昇量分布図
 基準津波 1 (防波堤無し)
 (防波壁前面の沈下無し)

図-2(1) 防波扉 (1号機北側, 2号機北側) 前面における最大水位上昇量



最大水位上昇量分布図
 基準津波 1 (防波堤無し)
 (3号機東側エリア: 1m沈下
 1, 2号機北側エリア: 海底面まで沈下)

図-2(2) 防波扉 (1号機北側, 2号機北側) 前面における最大水位上昇量

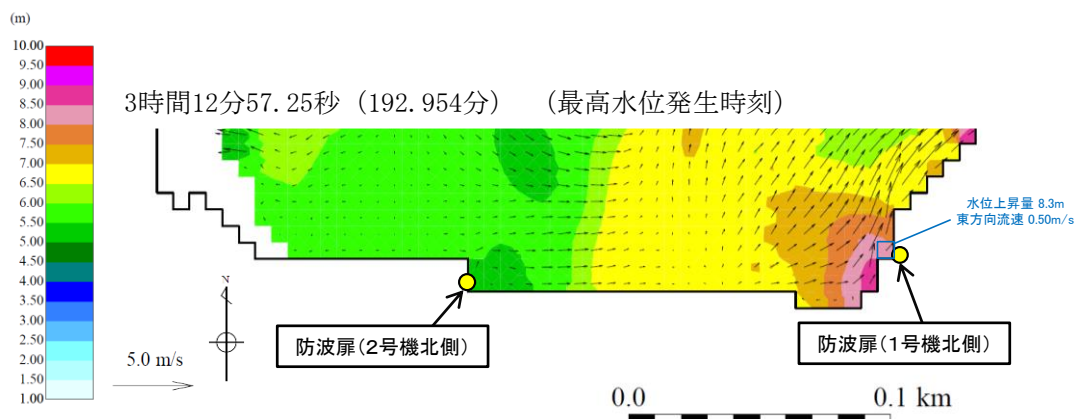
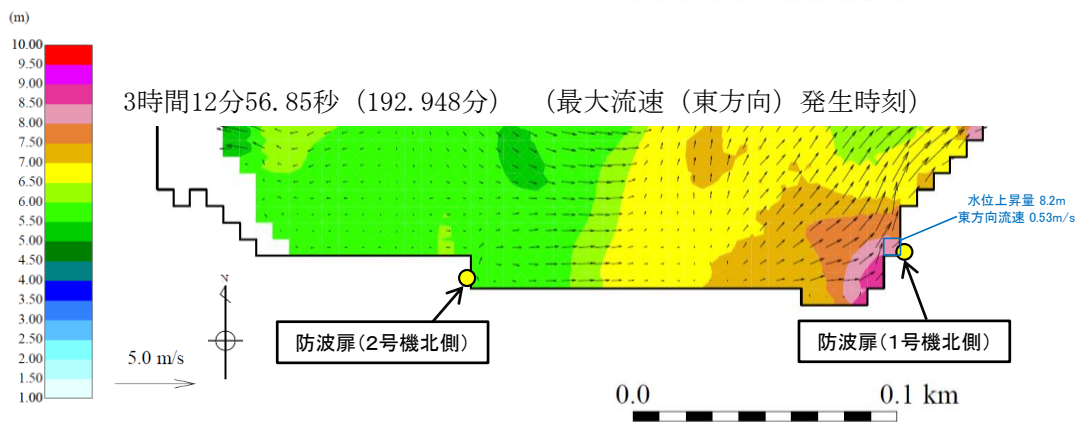
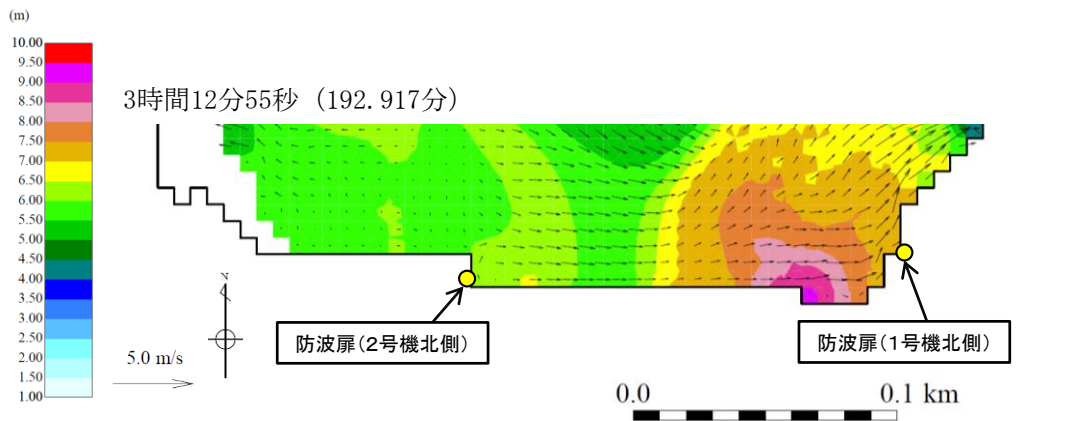
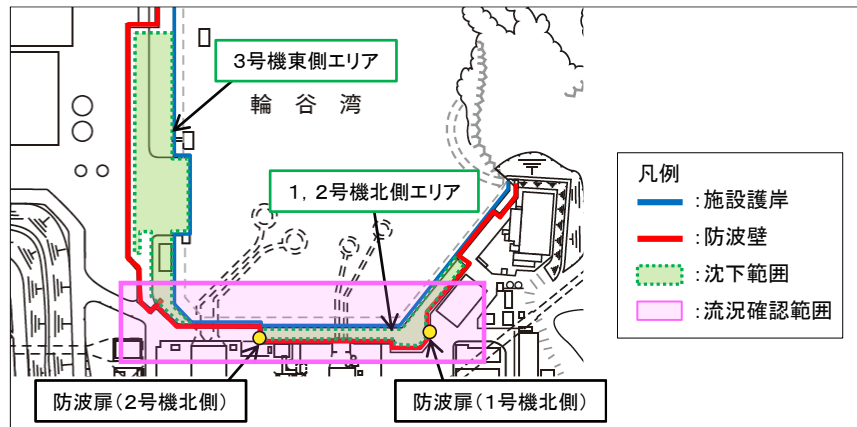
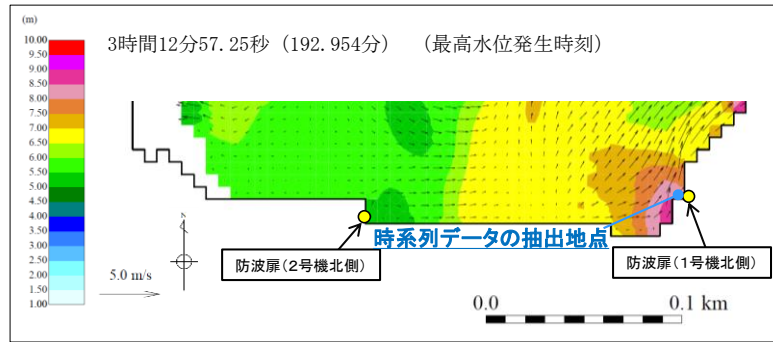
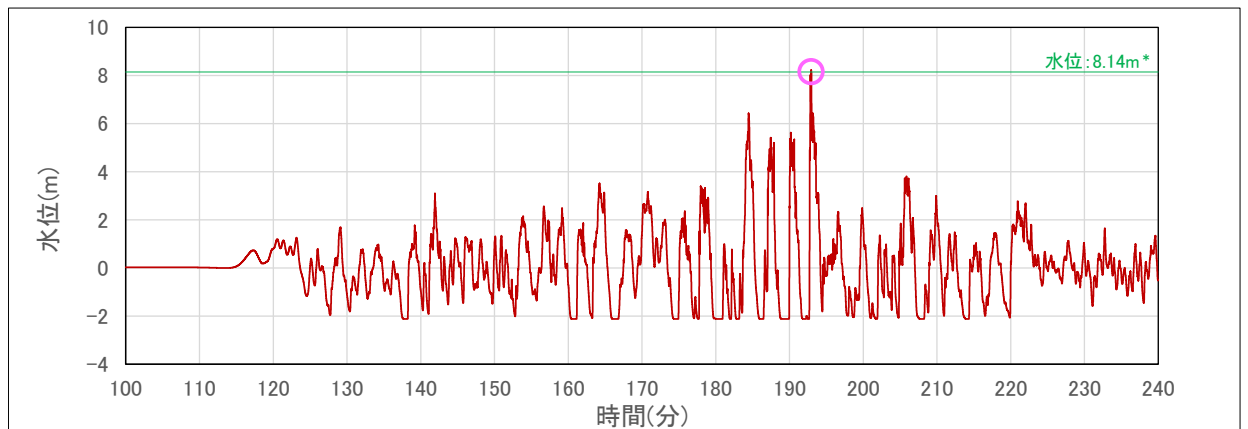


図-3 防波扉(1号機北側, 2号機北側)前面における流況図

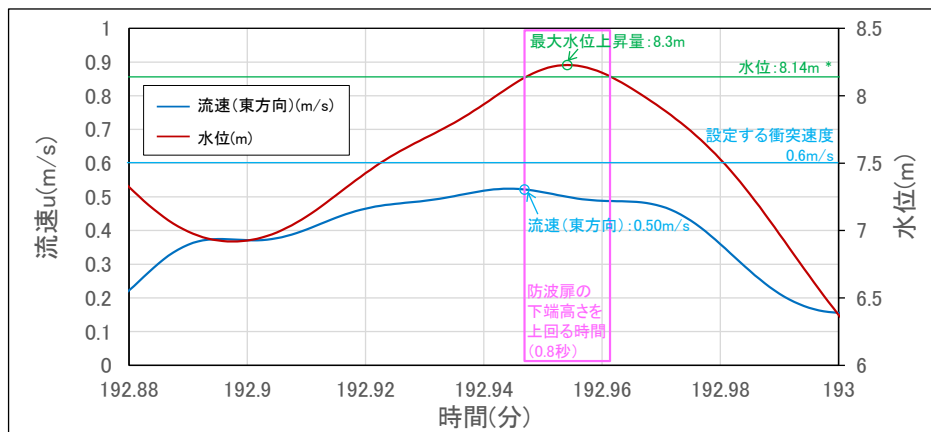
(3号機東側エリア: 1m沈下, 1, 2号機北側エリア: 海底面まで沈下)



時系列データの抽出地点の位置図



防波扉（1号機北側）前面における水位の時系列データ



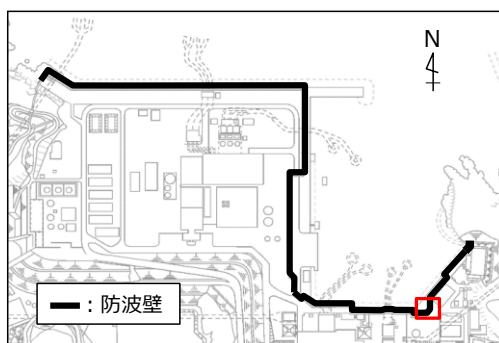
防波扉（1号機北側）前面における水位及び流速の時系列データ

注記*：朔望平均満潮位，潮位のばらつき及び高潮ハザードを考慮した参照する裕度を加えた場合に，防波扉（1号機北側，2号機北側）の設置位置の下端高さEL 9.5mを上回る水位

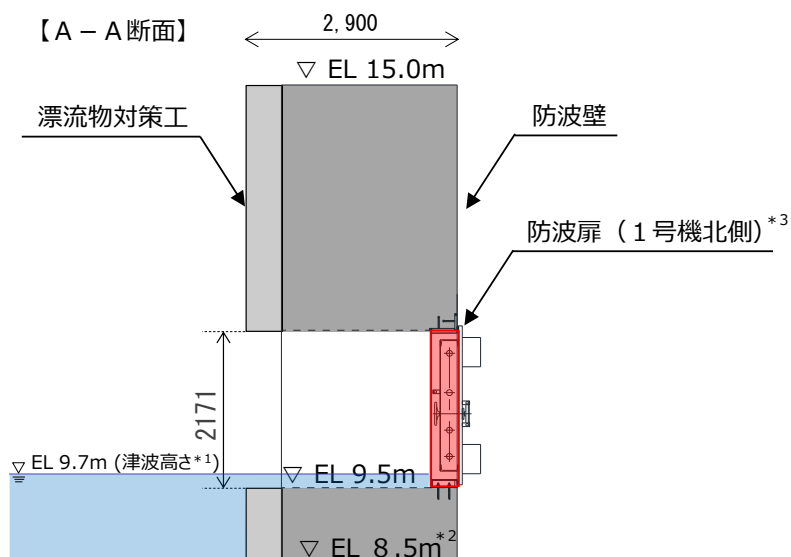
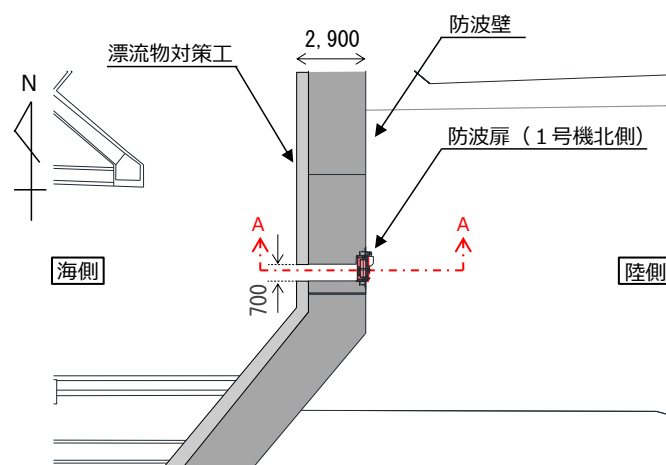
図-4 防波扉（1号機北側，2号機北側）前面における水位及び流速の時系列分布図

（3号機東側エリア：1m沈下，1，2号機北側エリア：海底面まで沈下）

KEY-PLAN



【防波壁通路防波扉（1号機北側）位置図（平面図）】



- 注記 * 1 : 防波扉（1号機北側）前面における最高水位に高潮ハザードを考慮した参照する余裕を加えた津波高さ
 * 2 : 防波壁前面は海底面まで沈下すると仮定
 * 3 : 防波扉（1号機北側，2号機北側）は，防波壁の壁面（海側）より奥まった狭隘な場所に設置するため，船舶は衝突しない。枕木による漂流物衝突荷重を考慮する。

図－5 防波扉（1号機北側，2号機北側）における津波高さの概念図

4. 枕木による衝突荷重の作用方法

被衝突物に対する，漂流物による衝突荷重の鉛直方向及び水平方向の作用位置は，設計上の配慮として，安全側に防波扉（1号機北側，2号機北側）の評価が厳しくなる作用位置を設定する。

5. 枕木による衝突荷重と津波荷重との重畳

漂流物による衝突荷重と津波荷重の組合せについて，実際に施設に作用する荷重としては，津波による最大荷重と漂流物衝突による最大荷重が同時に作用する可能性は小さいと考えられるが，漂流物による衝突荷重と津波荷重が重畳する可能性を否定できないため，設計上の配慮として，津波高さに応じた津波荷重と漂流物による衝突荷重を重畳させる。

6. 枕木による衝突荷重の算定

枕木による衝突荷重は，添付資料2で評価した枕木の衝突荷重と同様に，既往の算定式の適用性を考慮して，「松富（1999）」，「FEMA（2012）」及び「有川ほか（2007，2010）」により衝突荷重を算定して比較した。その結果，最大衝突荷重は6kNであったことを踏まえ，枕木による衝突荷重としては6kNを設定する。

枕木による衝突荷重の比較結果のまとめを表-1に示す。

表-1 枕木による衝突荷重の比較結果のまとめ

考慮する津波	配置場所	漂流物	質量	衝突荷重 (kN)	算定式	衝突速度 (m/s)
東縁	直近海域	枕木	12 kg	6	松富(1999)	0.6m/s
				6	有川ほか(2007, 2010)	
				6	FEMA(2012)	

4.7 防波壁通路防波扉の運用対応

4.7.1 概要

防波壁通路防波扉（以下「防波扉」という。）は、Sクラス施設である津波防護施設に分類される。防波扉（1号機北側）、防波扉（2号機北側）、防波扉（荷揚場南）及び防波扉（3号機東側）の設置位置を図4.7.1-1に示す。

これらの防波扉については、止水性を確保するため「常時閉」運用とする。

本資料は、防波扉（荷揚場南）及び防波扉（3号機東側）の運用対応について説明するものである。

なお、防波扉（1号機北側）及び防波扉（2号機北側）は、構造変更（小型化）により、浸水防止設備である水密扉と同様の構造とする。

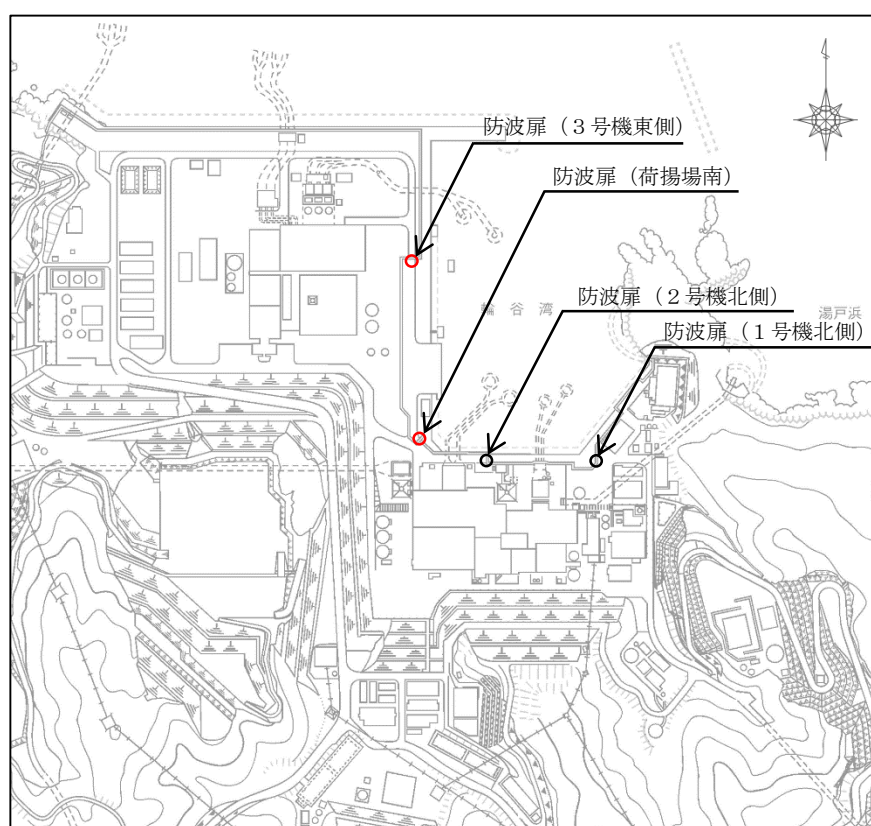


図 4.7.1-1 防波扉の配置図

4.7.2 防波扉の開閉について

防波扉（荷揚場南）及び防波扉（3号機東側）は、防波扉に漁船等の漂流物が直接衝突しないよう前面に、防波扉の一部として漂流物対策工を設置する。

防波扉及び漂流物対策工については、人力での開閉が可能な設計とし、さらに発電機又は常用電源により開閉が可能な設計とする。

防波扉の人力による閉止操作に係る時間は最大30分程度（電動による閉止操作に係る時間は最大10分程度）であり、また、漂流物対策工の人力による閉止操作に係る時間は最大20分程度（電動による閉止操作に係る時間は最大5分程度）である。なお、防波扉及び漂流物対策工は同時に開閉可能であり、日本海東縁部に想定される地震による津波が発生する場合の荷揚場作業に係る車両・資機材の退避については、「4.6 荷揚場作業に係る車両・資機材の漂流物評価」に示す。

また、開閉状態の確認のため、防波扉に対して扉設置場所及び中央制御室に警報ブザーを設置することにより、「扉設置場所での“開”状態の認知性向上」及び「中央制御室での開閉状態の監視」を実施し、防波扉の閉め忘れを防止する。

4.7.3 防波扉の運用管理について

防波扉及び漂流物対策工については、「常時閉」運用とし、現場に注意表示をし、各種手順書に明記するとともに、開放後の確実な閉操作、閉止されていない状態が確認された場合の閉止操作を確実に実施するための運用管理を行う。また、開放の際には、津波注意報、津波警報又は大津波警報発令時に速やかに閉止できる人員を確保することとしている。

具体的な運用について、積雪、風等の様々な環境条件下でも確実に閉止できるとするための配慮事項及び設備の保守・点検の方針を以下に示す。

- ・防波扉及び漂流物対策工は「常時閉」運用とし、作業上車両通過が必要な場合等には、一時的に開放し、車両通過後は速やかに閉止する。ただし、車両が連続して通過する場合等は、速やかに閉止できる体制を維持することを条件に、連続開放を許容する。
- ・防波扉及び漂流物対策工開放時に、津波注意報、津波警報又は大津波警報が発令された場合は、防波壁外側の人員が退避後、速やかに扉を閉止する。敷地近傍の震源による津波が発生した場合は、人員の安全を優先し、可能な範囲で扉体の閉止操作を行う（海域活断層から想定される地震による津波は、敷地への遡上はない）。
- ・防波扉及び漂流物対策工については、人員が出入りする昇降設備（梯子など）を設置し、車両が通過する等の扉開放が必要な場合以外は、扉を開放しない運用とする。また、防波壁の内側と外側の両方から開閉操作ができることを基本とする。

- ・雪や風等に関する警報が発出されている場合には原則開操作を行わないこととするなど、閉止が困難となる可能性がある場合に開操作を行わない運用を定めることとする。
- ・日本海東縁部に想定される地震による津波の到達までに、防波扉については手動ウインチを用いた操作、漂流物対策工については手動ハンドル操作により確実に閉止可能な運用とする。また、より水密性を確保するため、ロックを設ける。
- ・設備の保守点検については、各部位の要求性能等を踏まえ、点検項目や点検方法等を定めて実施するものとする。また、確実に開閉可能であることを維持するため、動作を確認する点検を実施する。
- ・交換が必要な部品が発生した場合には、作業中に防波扉及び漂流物対策工が連続して開放状態にならないような配慮として、代替品を準備するなどの対応を行う。

4.7.4 防波扉の開放作業について

防波扉及び漂流物対策工は「常時閉」運用であるが、作業上車両通過が必要な場合等に一時的に開放を許容する運用とする。防波扉及び漂流物対策工の開放を伴う作業は、以下のとおりである。

- ・荷揚場作業実施時：使用済燃料輸送作業（車両が連続して通過する作業）
LLW 搬出作業（車両が連続して通過する作業）
デリッククレーン点検作業
防舷材設置作業 等
- ・重大事故等時：海上モニタリング
放射能測定装置による水中の放射性物質の濃度測定
シルトフェンスによる海洋への放射性物質の拡散抑制
海を水源とした送水及び補給 等
- ・その他：発電所長が認めたもの

5.2 津波監視設備の設備構成及び電源構成

5.2 津波監視設備の設備構成及び電源構成

本資料は、津波監視設備の中央制御室における監視機能及び非常用電源設備からの給電について説明するものである。

1. 津波監視設備の設計

「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」の主な要求事項と対応する設計内容を以下に記載する。

○第四条（地震による損傷の防止）

耐震重要施設である津波監視設備（敷地における津波監視機能を有する施設）は、耐震重要度Sクラス設計とし、下位クラスに属するものの波及的影響により機能が損なわれないこと。また、常時作用している荷重及び運転時に作用する荷重等と基準地震動による地震力の組合せに対して、設備に要求される機能を保持し、必要に応じて津波による荷重の組合せを考慮すること。

【設計内容】

津波監視設備は耐震重要度Sクラスの設計とする。

電源については、耐震性を有する、非常用所内電気設備及び非常用直流電源設備から受電する設計とする。

○第五条（津波による損傷防止）

入力津波に対して津波監視機能が保持できること。なお、「津波監視設備」とは、取水槽水位計、並びに津波の来襲状況を把握できる津波監視カメラをいう。

津波の影響（波力及び漂流物の衝突等）に対して、影響を受けにくい位置への設置及び影響の防止策・緩和策等を検討し、入力津波に対して津波監視機能が十分に保持できるよう設計すること。

【設計内容】

津波監視カメラは基準津波の影響を受けない高所の2号機排気筒（EL 64.3m）、3号機北側の防波壁上部東側（EL 15.0m）及び3号機北側の防波壁上部西側（EL 15.0m）に設置する設計とする。

取水槽水位計は、基準津波の圧力に十分に耐えられる設計とする。また、漂流物が衝突する恐れのない位置に設置する。

○第二十六条（原子炉制御室等）

原子炉制御室から、発電用原子炉施設に影響を及ぼす可能性のある自然現象等（津波含む）を把握できること。

【設計内容】

中央制御室は、発電用原子炉施設の外の状況を把握するために、2号機排気塔、3号機北側の防波壁上部東側及び3号機北側の防波壁上部西側に設置する津波監視カメラの可視光及び赤外線映像により、自然現象等の外部事象を昼夜にわたり監視できる設計とする。

2. 津波監視設備の設備構成

津波監視設備の映像及び観測データは中央制御室で監視可能な設計とする。津波監視設備の映像及び観測データの伝送方法を表 5.2-1, 津波監視カメラの概略構成図及び取水槽水位計の概略構成図を図 5.2-1 及び図 5.2-2 に示す。

表 5.2-1 津波監視設備の映像及び観測データの伝送方法

津波監視設備	設置場所	数量	伝送方法
津波監視カメラ	2号機排気塔	1	有線
	3号機北側の防波壁上部東側	1	
	3号機北側の防波壁上部西側	1	
取水槽水位計	2号機取水槽	2	有線

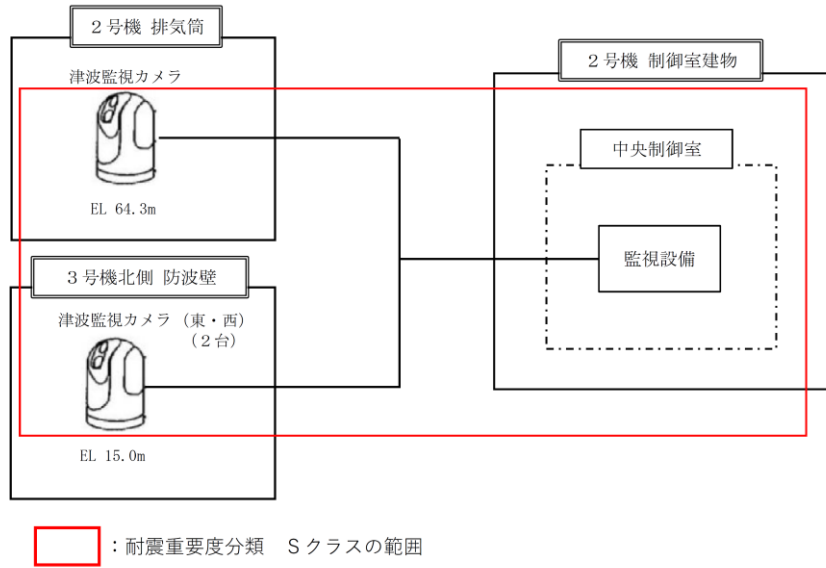


図 5.2-1 津波監視カメラの概略構成図

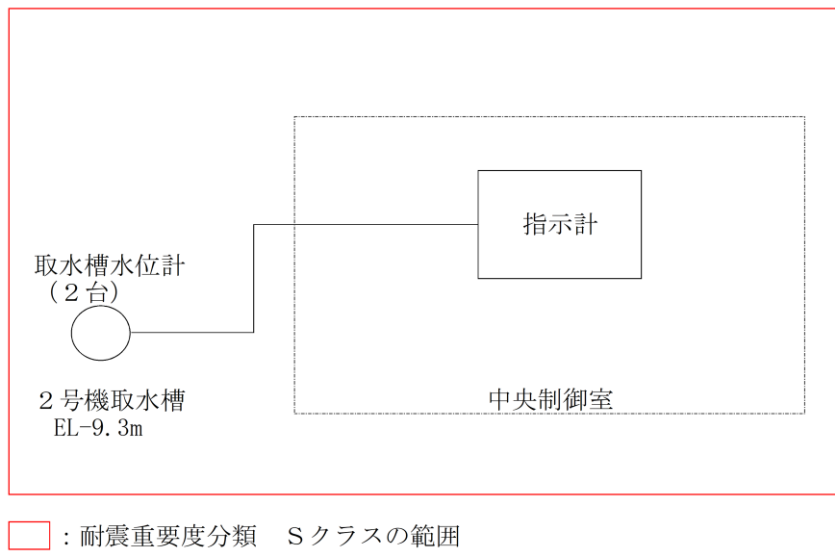


図 5.2-2 取水槽水位計の概略構成図

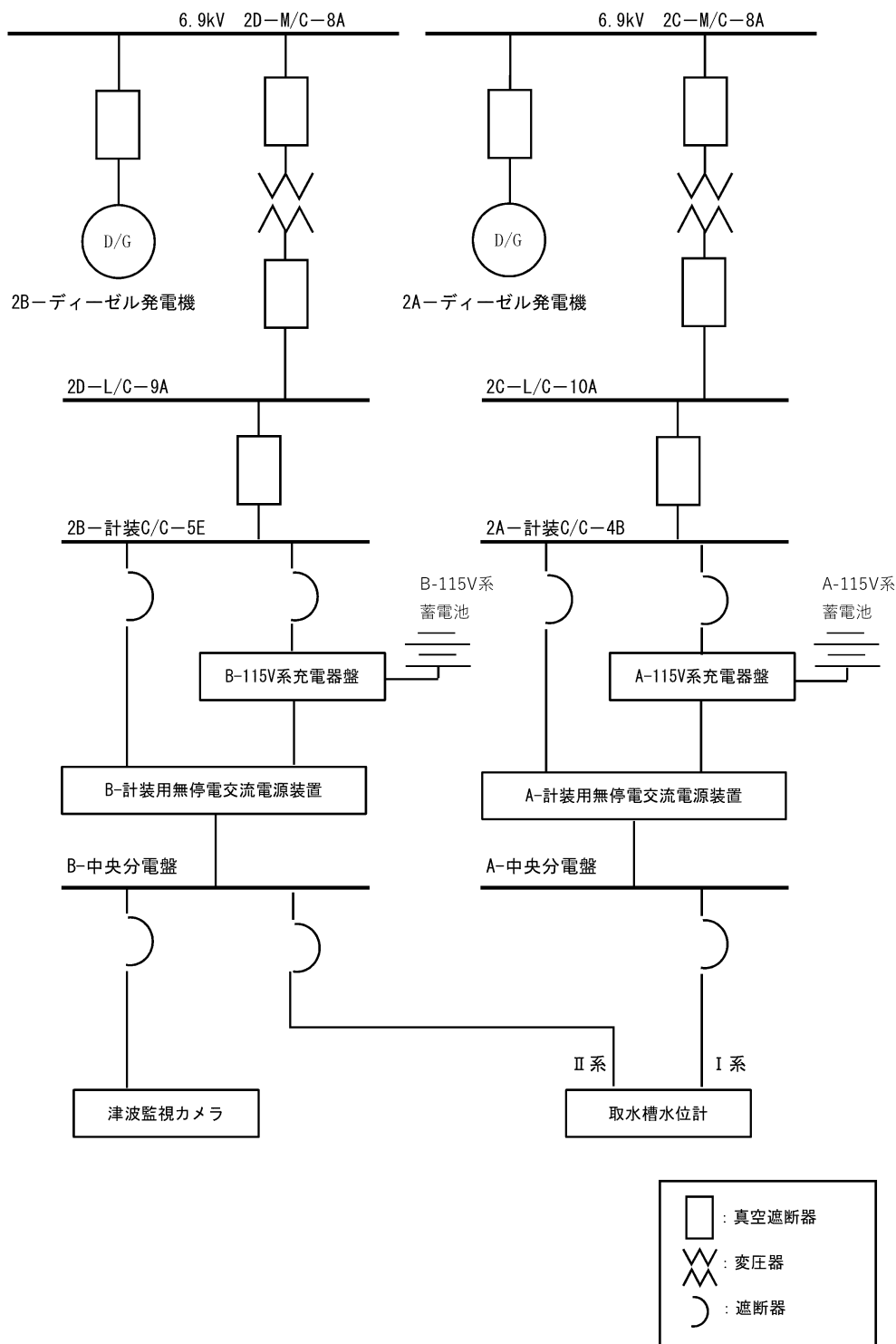
3. 津波監視設備の電源

津波監視設備の電源は通常時、非常用所内電気設備から受電し、全交流動力電源喪失時は非常用直流電源設備から8時間受電可能な設計とする。また、常設代替交流電源設備を起動し、約70分後から受電することで、継続して監視可能な設計とする。

津波監視設備の電源供給を表5.2-2、津波監視設備の概略電源構成図及び配置図を図5.2-3及び図5.2-4、津波監視カメラの映像イメージを図5.2-5に示す。

表 5.2-2 津波監視設備の電源供給

津波監視設備	設置場所	数量	電源	
			通常時	SBO時
津波監視カメラ	2号機排気筒	1	非常用所内 電気設備	非常用直流 電源設備
	3号機北側の防波壁上部東側	1		
	3号機北側の防波壁上部西側	1		
取水槽水位計	2号機取水槽	2		



注：M/C はメタルクラッドスイッチの略称
 L/C はロードセンタの略称
 C/C はコントロールセンタの略称

図 5.2-3 津波監視設備の概略電源構成図

津波監視カメラ
 設置位置: 2号機排気筒 EL 64.3m
 3号機北側の防波壁上部(東・西) EL 15.0m
 視野角: 360° , 垂直±90° (排気筒による死角を除く)
 図中矢印はカメラの監視範囲を示す。

取水槽水位計
 設置位置: 2号機取水槽 EL-9.3m
 測定範囲: EL 10.7m~EL-9.3m

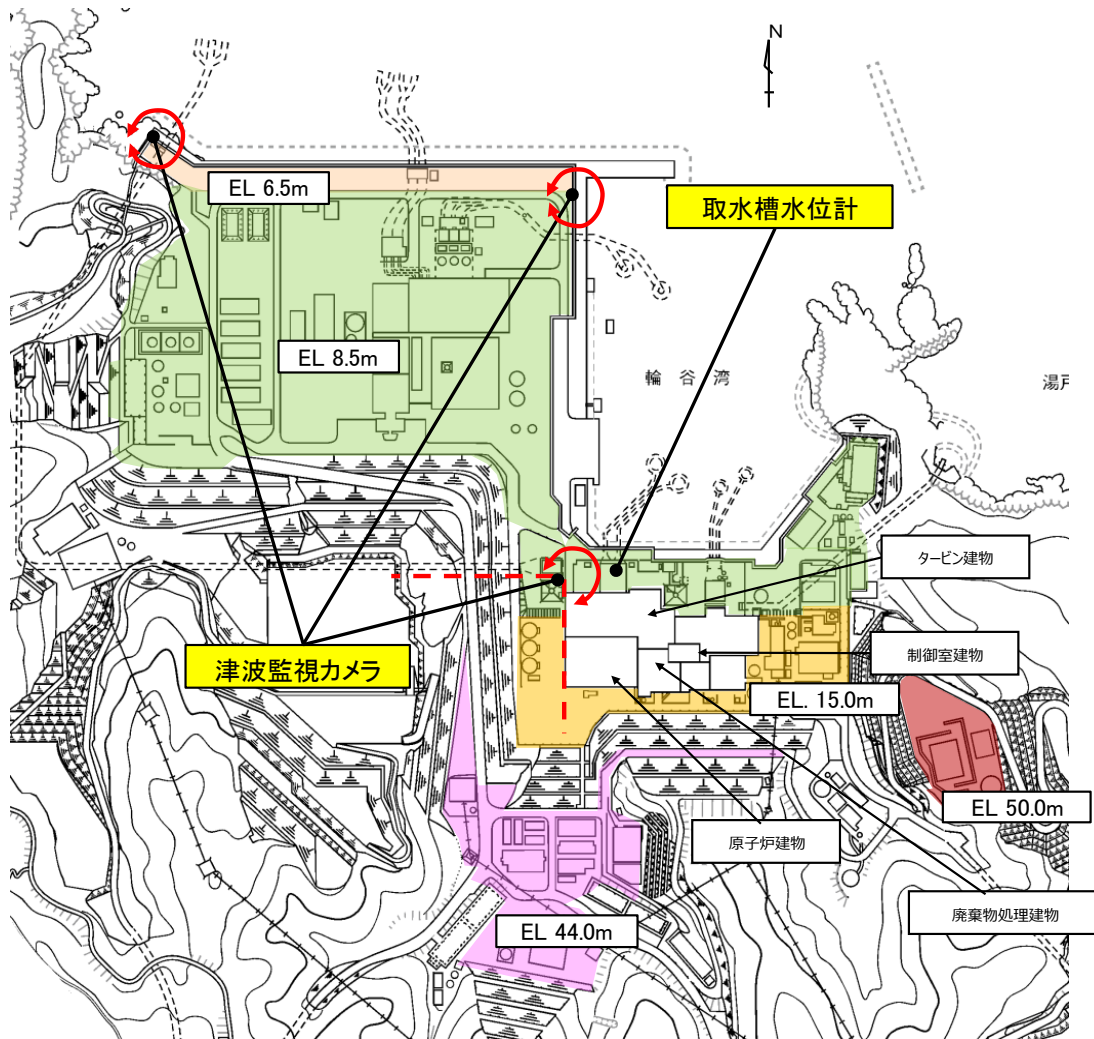


図 5.2-4 津波監視設備の配置図

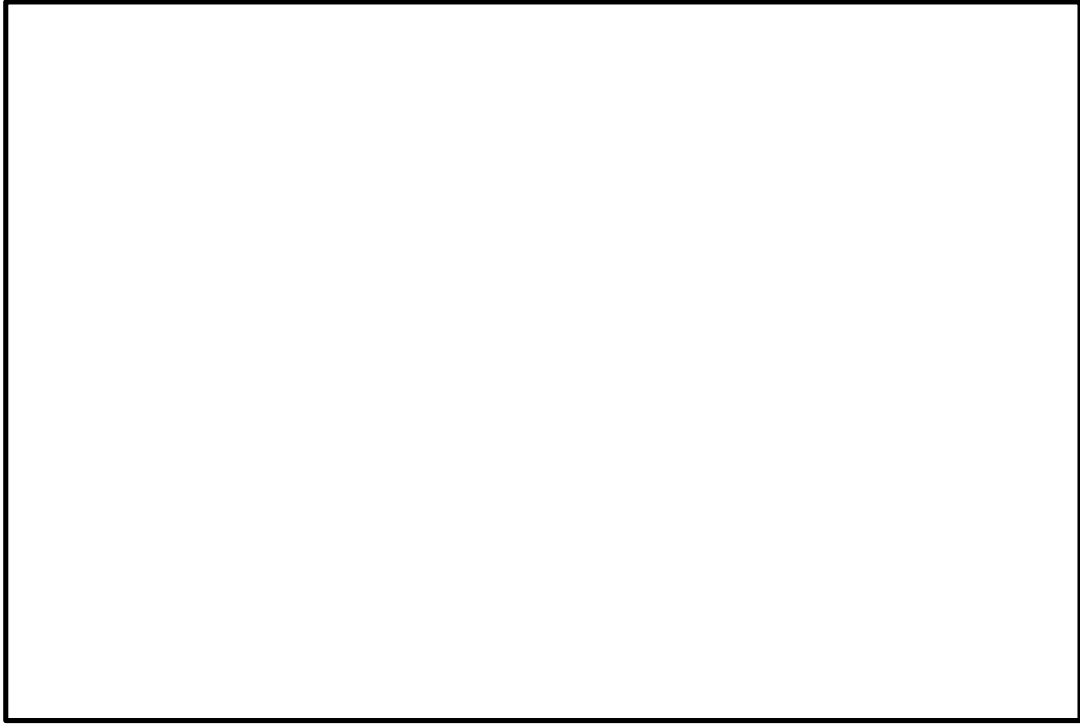


図5.2-5(1) 津波監視カメラ映像イメージ (排気筒EL 64.0mからの視野)

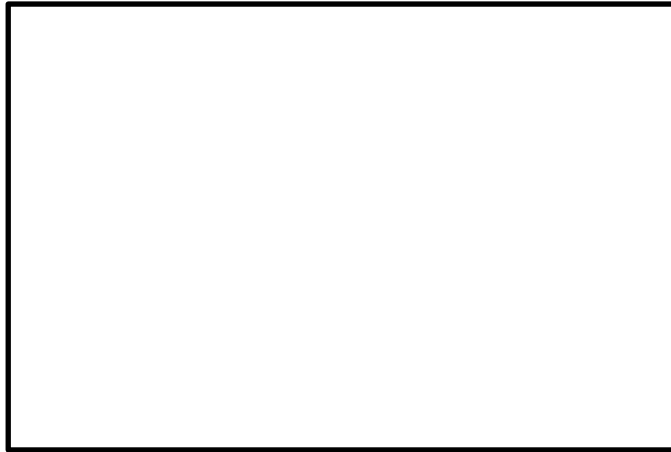


図5.2-5(2) 津波監視カメラ映像イメージ (暗視映像)

津波監視設備の緊急時対策所での監視について

(1) 津波監視設備の設計について

津波監視設備は、耐津波設計に係る設工認審査ガイドで要求されている、以下の【規制基準における要求事項等】を満足させる設計とする必要がある。

【規制基準における要求事項等】

津波監視設備については、津波の影響（波力、漂流物の衝突等）に対して、影響を受けにくい位置への設置、影響の防止策・緩和策等を検討し、入力津波に対して津波監視機能が十分に保持できるように設計すること。

そのため、島根2号機では上記要求を満足する津波監視設備として、津波監視カメラ及び取水槽水位計を設置することとしており、監視場所は運転及び事故時操作を行う中央制御室としている。

津波監視カメラは、中央制御室にて監視することを基本としているが、緊急時対策所でも現場状況の確認が可能となるように、緊急時対策所に自主設備として監視設備を設置する。なお、中央制御室における監視機能（上位クラス）から緊急時対策所における監視機能（下位クラス）に伝送するラインは、下位クラスの故障が上位クラスに波及することがない設計としていることから、中央制御室での監視に影響を及ぼさない。図1に概要図を示す。

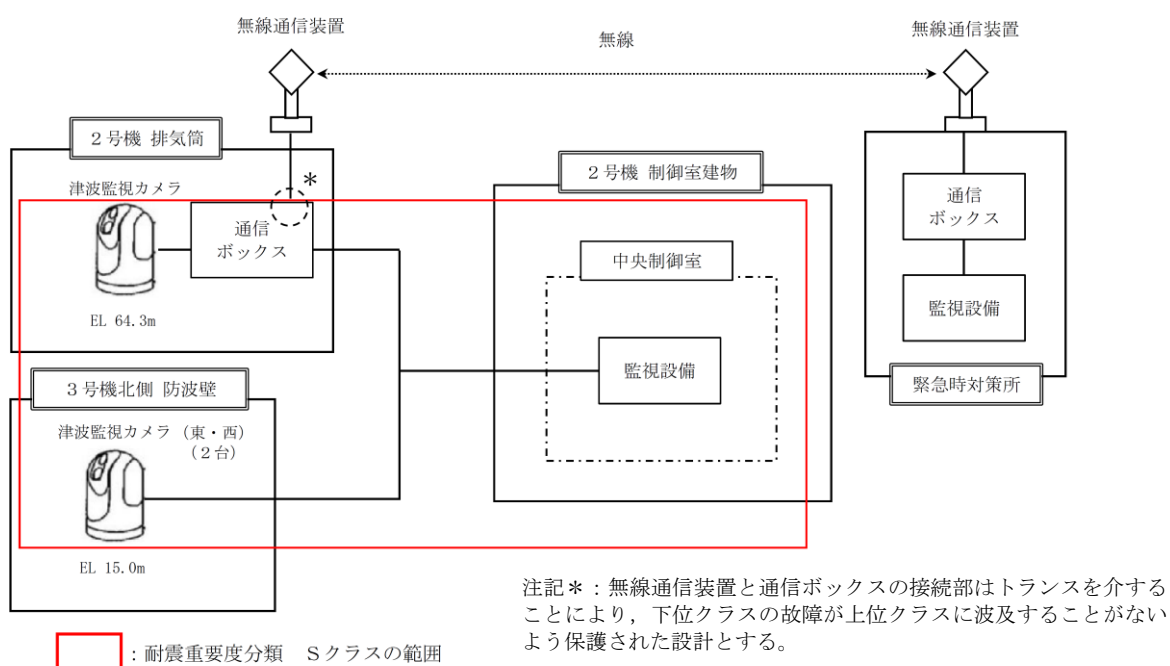


図1 津波監視カメラの概略構成図（緊急時対策所）

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

5.3 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

タービン建物内の浸水防護重点化範囲に対して、循環水系配管の破損個所から津波が流入しないよう復水器を設置するエリアとの境界に防水壁等を設置することとしている。

設工認申請段階として、タービン補機海水系インターロックによる弁閉止時間等を設定し、浸水防護重点化範囲の境界における浸水水位等の再評価を行った。

ここでは、以下の4項目について設置許可変更申請段階の説明内容との変更箇所を整理し、説明する。

- (1) タービン建物（復水器を設置するエリア）等の浸水防護重点化範囲の変更
- (2) タービン建物（復水器を設置するエリア）の評価
- (3) タービン建物（Sクラスの設備を設置するエリア（西））の評価
- (4) 取水槽循環水ポンプエリアの評価

：「島根原子力発電所2号炉 津波による損傷の防止」記載内容（抜粋）



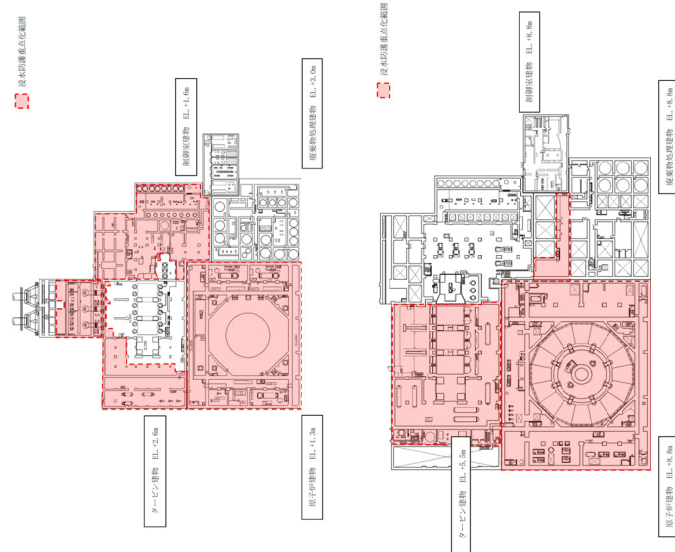
：VI-1-1-3-2-4 「入力津波による津波防護対象設備への影響評価」（抜粋）
赤下線：今回の評価における追加内容 水色着色：変更箇所（㊦等で識別）

（1）タービン建物（復水器を設置するエリア）等の浸水防護重点化範囲の変更

設置許可申請段階の評価内容

P. 5 条一別添1-II-2-51, 54, 55, 57

2.4.1 浸水防護重点化範囲の設定



第2.4-2 図(1) 浸水防護重点化範囲（平面図）

今回の評価内容

P. 47, 50, 51

(3) 評価結果

a. 浸水防護重点化範囲の設定

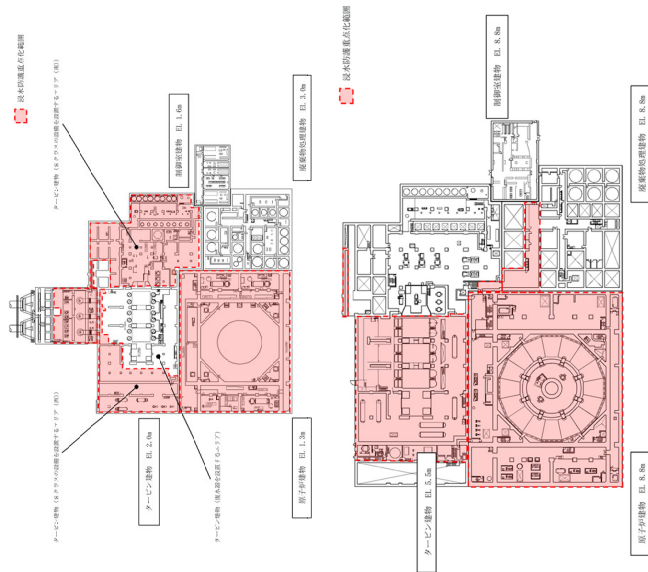
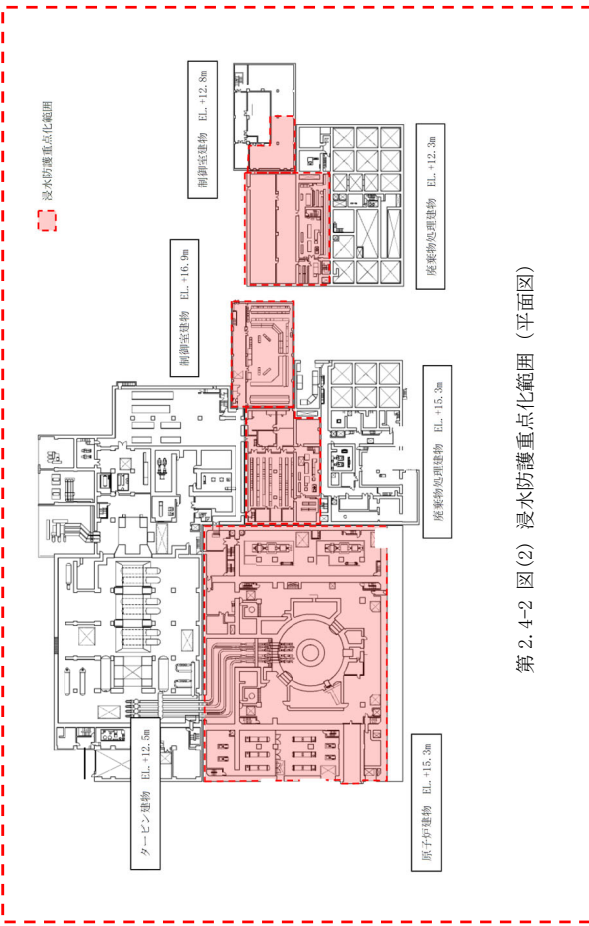


図3-29(1) 浸水防護重点化範囲（平面図）（1/4）

設置許可申請段階の評価内容



第 2.4-2 図(2) 浸水防護重点化範囲 (平面図)

今回の評価内容

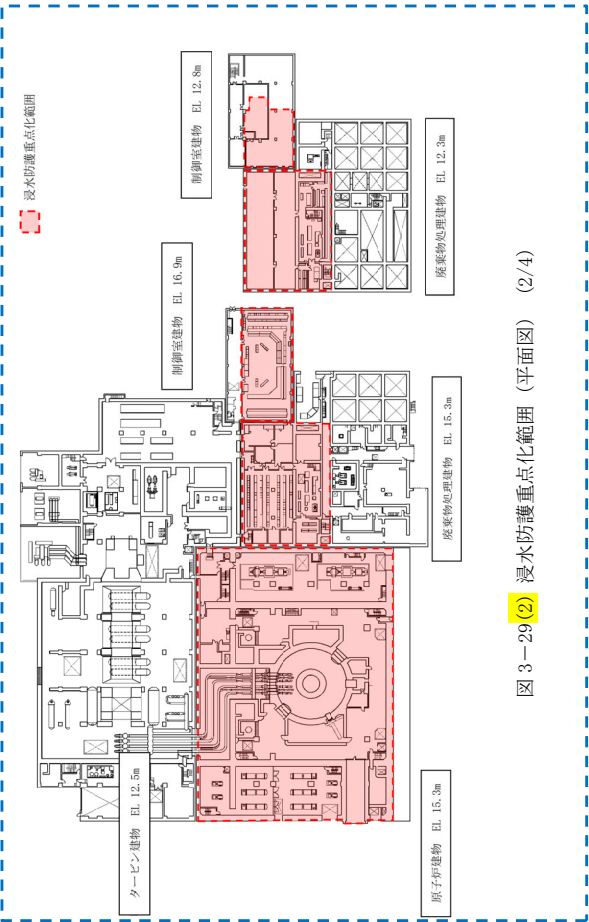


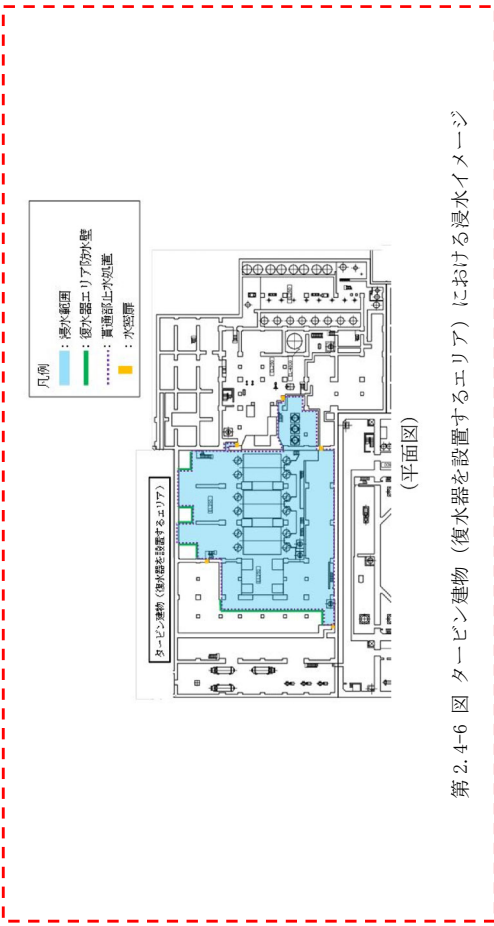
図 3-29(2) 浸水防護重点化範囲 (平面図) (2/4)

【変更内容】

・タービン建物（復水器を設置するエリア）等の浸水防護重点化範囲の変更

【変更理由】

- ・タービン建物（復水器を設置するエリア）の浸水高さが上階 EL. 5.5m に到達しないよう復水ポンプ室を同エリアに含め滞留可能容積を確保していたが、タービン補機海水系の弁閉止インタンローックに係る詳細設計の反映（漏えい検知高さの設定）による溢水量の低減及び防水壁の設計反映を踏まえた容積の見直しにより、復水器を設置するエリアに復水ポンプ室を含めることなく、浸水高さを EL. 5.5m 以下にできることを確認したため
- ・タービン建物 (EL. 5.5m)、廃棄物処理建物 (EL. 15.3m) 及び制御室建物 (EL. 12.8m) の一部に S クラスの設備（電路）の敷設を確認したため
- ・タービン建物 (S クラスの設備を設置するエリア (東)) 及び制御室建物 (EL. 16.9m) のうち、S クラスの設備を設置していないエリアを確認したため



第 2.4-6 図 タービン建物（復水器を設置するエリア）における浸水イメージ

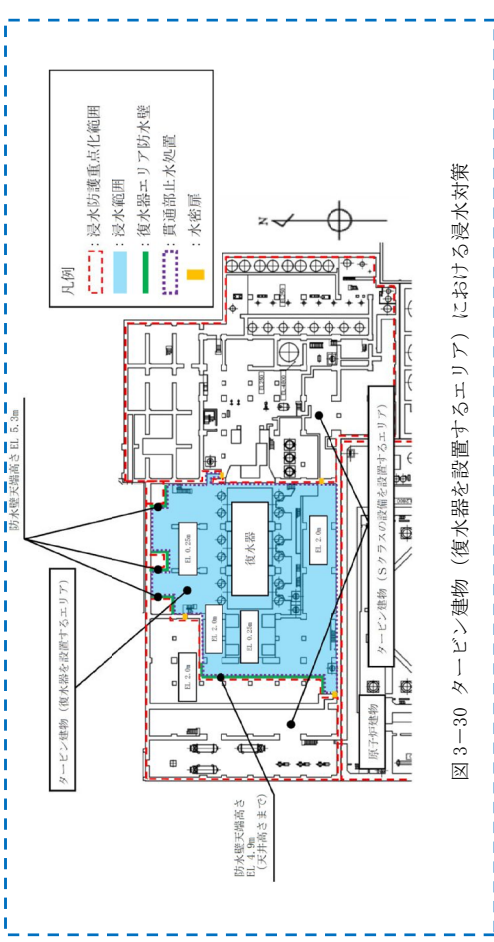


図 3-30 タービン建物（復水器を設置するエリア）における浸水対策

【変更内容】

- ・復水ポンプ室北東水密扉の削除

【変更理由】

- ・タービン建物（復水器を設置するエリア）の範囲を見直したため

(2) タービン建物（復水器を設置するエリア）の評価

設置許可申請時の評価内容

P. 5条-別添1-II-2-63, 64

(2) 浸水量評価

a. タービン建物（復水器を設置するエリア）における溢水
 本事象による浸水量評価については、「設置許可基準規則第9条（溢水による損傷の防止等）」に対する適合性（参考資料2第9章9.1）において「復水器エリアにおける溢水」として説明している。
 評価条件、評価結果等の具体的な内容を添付資料H10に抜粋して示す。

添付資料H10に示すとおり、本事象による浸水位は第2.4-5図のとおりとなる（「設置許可基準規則第9条（溢水による損傷の防止等）」に対する適合性（第9章9.1）表9-12より転載）。また、浸水イメージは第2.4-6図のとおりとなる。

なお、評価にあたっては「設置許可基準規則第9条（溢水による損傷の防止等）」における対策である循環水系に追設する循環水ポンプ出口弁、復水器水室出入口弁を閉止するインターロック（原子炉をスクラムさせる地震大信号及びタービン建物又は取水槽循環水ポンプエリアの漏れ検知信号で作動）を前提としている。

(2) 地震起因による浸水影響評価結果

地震起因による溢水量(5,989m³)は、復水器エリアの貯留可能容積(6,680m³)より小さいことから(溢水位EL4.8m)、復水器エリアに貯留可能で、原子炉建物、廃棄物処理建物及び制御室建物へ溢水の流出がないことを確認した。溢水水位の算出結果を表9-12に示す。

④ 5,989m³ < 6,680m³
 (復水器エリアの貯留可能容積)

表9-12 地震起因による溢水水位算出結果

諸元	値
①EL2.0mより上部に滞留する溢水量*1	4,162[m ³]
②EL2.0mにおける復水器エリアの滞留面積	1,546[m ²]
③水上高さ	0.075[m]
④EL2.0mより上部に滞留する溢水水位*2	2.8[m] (EL4.8m)

*1 地震による溢水量(5,989m³)から表9-9におけるEL2.0m以下の空間容積(1,827m³)を差し引いた値

*2 以下の式より算出

$$\text{④} = \text{①} / \text{②} + \text{③}$$

第2.4-5図タービン建物（復水器を設置するエリア）における地震起因による溢水評価

また、津波の流入に対しては、「設置許可基準規則第9条（溢水による損傷の防止等）」に対する適合性（第9章9.1）における「復水器エリアにおける溢水」に示すとおり、循環水系に追加設置するインターロック（原子炉をスクラムさせる地震大信号及びタービン建物又は取水槽循環水ポンプエリ

今回の評価内容

P. 54, 55, 56

b. 浸水防護重点化範囲の境界における浸水評価

(a) タービン建物（復水器を設置するエリア）における溢水の評価タービン建物（復水器を設置するエリア）における溢水の影響については、タービン補機海水ポンプ出口弁の弁閉止インターロックにより、タービン建物（復水器を設置するエリア）における溢水による浸水水位が復水器エリア防壁の高さを超えないことを評価する。

イ. タービン補機海水系配管の損傷箇所からの津波の流入量タービン補機海水系配管の損傷箇所からの溢水の漏れ検知時間は、溢水量、漏れ検知器設置高さ及びタービン建物（復水器を設置するエリア）の床面積から算出する。溢水量2,100m³/h×2台（タービン補機海水系の定格流量）、漏れ検知器設置高さ50mm及びタービン建物（復水器を設置するエリア）の床面積（表3-13）より、漏れ検知時間は約45秒となる。タービン補機海水ポンプ出口弁の閉止時間約60秒を考慮すると、地震発生から破損箇所隔離までの時間は約105秒となり、海域活断層から想定される地震による津波の到達（約3分）前にタービン補機海水ポンプ出口弁を閉止できるため、津波の流入はない。①

表3-13 タービン建物（復水器を設置するエリア）の床面積及び容積*

高さ(m)	面積(m ²)	容積(m ³)
EL 0.25~EL 2.0	約1,027	約1,798
EL 2.0~EL 4.9	約1,535	約4,452
EL 4.9~EL 5.3	約1,027	約411

注記 *：表の値は、算出結果に対して小数点以下を切り捨てた値を示す。

ロ. 循環水系配管の伸縮継手の損傷箇所からの津波の流入量
 循環水系配管の伸縮継手の損傷箇所からの溢水の漏れ検知時間は、溢水量、漏れ検知器設置高さ及びタービン建物（復水器を設置するエリア）の床面積から算出する。溢水量約233.534m³/h（表3-14）、漏れ検知器設置高さ50mm及びタービン建物（復水器を設置するエリア）の床面積（表3-13）より、漏れ検知時間は約1秒となる。②

循環水ポンプ出口弁及び復水器水室出入口弁の閉止時間約55秒を考慮すると、地震発生から破損箇所隔離までの時間は約56秒となり、海域活断層から想定される地震による津波の到達（約3分）前に循環水ポンプ出口弁及び復水器水室出入口弁を閉止できるため、津波の流入はない。

表3-14 循環水系配管伸縮継手からの溢水流量

部位	部位数	内径(mm)	破損幅(mm)	溢水流量(m ³ /h)
復水器水室出入口部	12	2,200	50	約233,534
復水器室連絡管部	6	2,100	50	

設置許可申請時の評価内容

アの漏えい検知信号で作動)により、津波来襲前に循環水ポンプの出口弁及び復水器水室出口弁の全閉により自動隔離し、また、第2.4-7 図(「設置許可基準規則第9条(漏水による損傷の防止等)」に対する適合性(第9章9.1)図9-3より転載)に示す範囲の配管及び弁について基準地震動Ssによる地震力に対してバウンダリ機能を保持することから、津波はタービン建物(復水器を設置するエリア)に流入しない。また、当該弁は津波来襲前に閉止しているため、津波による荷重が作用することから、津波時にも閉止状態を保持できる設計とし、評価方法等については、詳細設計段階で説明する。

P. 5条-別添1-添付10-2

(2) 地震起因による溢水量

循環水系配管の伸縮継手部からの溢水量に加え、タービン建物内の耐震B,Cクラスの機器の保有水量から算出した。隔離時間は、地震発生から復水器エリアの漏えい検知インテックによる循環水ポンプ停止及び復水器水室出入口弁の閉止までの時間とした。算出した溢水量、隔離時間及び溢水量をそれぞれ表9-6~8に示す。

表9-6 伸縮継手部からの溢流量

部位	部位数	内径[mm]	破損幅[mm]	溢流量[㎡/h]
復水器水室出入口部	12	2,200	50	233,534
復水器水室連絡管部	6	2,100	50	

表9-7 伸縮継手部の破損から隔離までの時間及び漏えい検知方法

項目	時間[min]
地震発生から漏えい検知インテックによる循環水ポンプ停止及び復水器水室出入口弁の閉止までの時間	1*
漏えい検知方法	漏えい検知器
漏えい検知器設定値	床面+100[mm]

* 漏えい検知時間3.1[sec]+弁閉止時間55[sec]を切り上げた値

表9-8 地震起因による溢水量

項目	溢水量[㎡]
地震発生から漏えい検知インテックによる循環水ポンプ停止及び復水器水室出入口弁の閉止までの溢水量	2,047*
循環水系の保有水量	1,083
耐震B,Cクラス機器の保有水量	2,859
合計	5,989

* 233,534[㎡/h]×3.1[sec]+233,534[㎡/h]×(60-3.1)[sec]÷2=2,047[㎡]

9条-別添1-9-9

今回の評価内容

ハ. タービン建物(復水器を設置するエリア)における溢水量

タービン建物(復水器を設置するエリア)における地震による溢水量評価を以下に示す。

(イ) 循環水系配管の伸縮継手及びタービン補機海水系配管の損傷箇所からの溢水量循環水系配管の伸縮継手及びタービン補機海水系配管の損傷箇所からの溢水量は、溢水量及び溢水時間から算出する。

循環水系配管の伸縮継手の損傷箇所からの溢水量については、溢水量、漏えい検知時間及び弁閉止時間から、約1,849㎡となり、系統保有水量約1,083㎡と合計を算出すると2,932㎡となる。

タービン補機海水系配管の損傷箇所からの溢水量については、溢水量、漏えい検知時間及び弁閉止時間から、約88㎡となり、系統保有水量約129㎡と合計を算出すると217㎡となる。

(ロ) B, Cクラスの機器・配管の保有水から算出した溢水量

B, Cクラスの機器・配管(イ)を除く)の損傷による溢水量は2,818㎡となる。

③

以上より、タービン建物(復水器を設置するエリア)における溢水量の合計は約5,967㎡となる。表3-13に示すタービン建物(復水器を設置するエリア)の容積から、地震に起因する溢水によるタービン建物(復水器を設置するエリア)における浸水水位は、EL 4.8mとなり、復水器エリア防水壁の高さ(EL 5.3m)を超えることはなく、タービン建物(復水器を設置するエリア)における溢水が隣接する浸水防護重点化範囲へ流入することはない。評価結果を表3-15に示す。

表3-15 タービン建物(復水器を設置するエリア)における溢水量及び浸水水位

名称	区画		溢水量(㎡)	床面積(㎡)	浸水水位
	基準レベル				
タービン建物(復水器を設置するエリア)	EL 0.25m~EL 2.0m		約5,967	②	①/②
	EL 2.0m~EL 4.9m				
	EL 4.9m~EL 5.3m				
			④	約1,027	EL 4.8m*
				約1,535	
				約1,027	

注記*: 浸水水位の算出にあたって床勾配(0.05m)及び建築施工公差(0.025m)を考慮し、水上高さ(0.075m)を浸水水位算出の基準点とした値

【変更内容①】

- ・漏えい検知高さを設定 設置高さ50mm
- ・タービン補機海水系溢水量 129㎡ → 217㎡

【変更理由①】

- ・タービン補機海水系の弁閉止インテックに係る詳細設計の反映
- ・安全側に地震後もタービン補機海水ポンプの運転を考慮し弁閉止までの溢水量を追加

【変更内容②】

- ・漏えい検知高さ 100mm → 50mm
- ・循環水系溢水量 3130㎡ (=2047+1083) → 2932㎡

設置許可申請時の評価内容

P. 5条-別添1-添付10-8

9.1.3 復水器エリアにおける溢水影響評価結果
 復水器エリアの溢水事象により浸水する範囲について、溢水防護対象設備が設置されている原子炉建物、廃棄物処理建物及び制御室建物との境界貫通部に対して止水処置を施すことにより、溢水防護対象設備への影響がないことを確認した。各溢水事象における評価結果を以下に示す。

P. 5条-別添1-添付10-9

表 9-9 復水器エリアの溢水を貯留できる空間容積

範囲	空間容積[m ³]
EL0.25~EL2.0m	1,827
EL2.0 ~EL5.3m	4,853
合計	6,680

⑤

P. 5条-別添1-添付10-10 (P. 5条-別添1-II-2-63 再掲)

(2) 地震起因による没水影響評価結果

地震起因による溢水量(5,989m³)は、復水器エリアの貯留可能容積(6,680m³)より小さいことから(溢水位 EL4.8m)、復水器エリアに貯留可能で、原子炉建物、廃棄物処理建物及び制御室建物へ溢水の流出がないことを確認した。溢水水位の算出結果を表9-12に示す。

5,989m³ < 6,680m³
 (地震起因による溢水量) (復水器エリアの貯留可能容積)

表 9-12 地震起因による溢水水位算出結果

諸元	値
①EL2.0mより上部に滞留する溢水量*1	4,162[m ³]
②EL2.0mにおける復水器エリアの滞留面積	1,546[m ²]
③水上高さ	0.075[m]
④EL2.0mより上部に滞留する溢水水位*2	2.8[m] (EL4.8m)

※1 地震による溢水量(5,989m³)から表9-9におけるEL2.0m以下の空間容積(1,827m³)を差し引いた値

※2 以下の式より算出

$$④ = ① / ② + ③$$

9条-別添1-9-12

今回の評価内容

【変更理由②】

- ・タービン補機海水系の弁閉止インタンローックに係る詳細設計の反映
- ・漏えい検知高さ変更により循環水系伸縮継手部からの漏えい量を見直した

【変更内容③】

- ・BCクラス機器保有水量の変更 2859m³ → 2818m³

【変更理由③】

- ・タービン補機海水系を別計算としたこと(129m³の減)及び隣接建物からの溢水伝播を追加考慮したことで(88m³の増)による変更

【変更内容④】

- ・復水器を設置するエリアにおける溢水量(合計) 5989m³ → 5967m³

【変更理由④】

- ・変更内容①~③の反映

【変更内容⑤】

- ・空間容積の見直し 6680m³ → 6661m³ (=1798+4452+411)

【変更理由⑤】

- ・タービン建物(復水器を設置するエリア)の範囲変更及び防水壁設置位置の反映

(3) タービン建物（Sクラスの設備を設置するエリア（西））の評価

設置許可申請時の評価内容

P. 5条-別添1-Ⅱ-2-65

b. タービン建物（耐震Sクラスの設備を設置するエリア）における溢水地震に起因し、タービン建物（耐震Sクラスの設備を設置するエリア）の低耐震クラスの配管であるタービン補機海水系配管、原子炉補機海水系配管（放水配管）、高圧炉心スプレイ補機海水系配管（放水配管）、液体廃棄物処理系配管の破損により、津波が損傷箇所を介してタービン建物（耐震Sクラスの設備を設置するエリア）に流入することを防止するため、以下の対策を実施する。

対策の詳細は添付資料27に示す。

- ・原子炉補機海水系配管（放水配管）、高圧炉心スプレイ補機海水系配管（放水配管）の基準地震動SSによる地震力に対するバウンダリ機能保持
 - ・タービン補機海水系配管、液体廃棄物処理系配管への逆止弁設置
- 上記対策により、同区画は「津波の流入」に該当する事象（津波来襲下において海水が流入する事象）は生じない。

P. 5条-別添1-添付10-14

(2) 耐震Sクラスエリア（西）

b. 地震起因による没水影響評価結果

地震起因による溢水量（1,332m³）（溢水水位 EL3.4m）は、想定破損による溢水量（1,646m³）より小さいことから、想定破損による溢水評価に包含され、原子炉建物、廃棄物処理建物及び制御室建物へ溢水の流出がないことを確認した。溢水水位の算出結果を表9-18に示す。

9条-別添1-9-16

P. 5条-別添1-添付10-15

表9-18 地震起因による溢水水位算出結果

諸元	値
①EL2.0mより上部に滞留する溢水量	1,332[m ³]
②EL2.0mにおける耐震Sクラスエリア（西）の滞留面積	1,080[m ²] ^②
③水上高さ	0.075[m]
④EL2.0mより上部に滞留する溢水水位 ^{※1}	1.4[m] (EL3.4m)

※1 以下の式より算出

$$\text{④} = \text{①} / \text{②} + \text{③}$$

今回の評価内容

P. 56

(b) 浸水防護重点化範囲のうちタービン建物（Sクラスの設備を設置するエリア（西））における溢水の影響

浸水防護重点化範囲のうちタービン建物（Sクラスの設備を設置するエリア（西））における溢水の影響については、タービン補機海水ポンプ出口弁の弁閉止インタンクにより、タービン補機海水系が、地震発生から津波到達までに隔離可能であり津波の流入がないことを評価する。

タービン補機海水系配管の損傷箇所からの溢水の漏えい検知時間は、溢水流量、漏えい検知器設置高さ及びタービン建物（Sクラスの設備を設置するエリア（西））の床面積から算出する。溢水流量^① 2,100m³/h×2台（タービン補機海水系の定格流量）、漏えい検知器設置高さ50mm及びタービン建物（Sクラスの設備を設置するエリア（西））の床面積（約352m²（管理区域）、約779m²（非管理区域））より、漏えい検知時間は各々、約16秒（管理区域）、約34秒（非管理区域）となる。^②

タービン補機海水ポンプ出口弁の閉止時間約60秒を考慮すると、地震発生から破損箇所隔離までの時間は最大で約94秒となり、海域活断層から想定される地震による津波の到達（約3分）前にタービン補機海水ポンプ出口弁を閉止できするため、津波の流入はない。^③

【変更内容①】

- ・漏えい検知高さの設定 設置高さ50mm

【変更理由①】

・タービン補機海水系の弁閉止インタンクに係る詳細設計の反映

【変更内容②】

- ・床面積の変更 1080m²→1131m²

【変更理由②】

・防水壁設置位置等の反映

【変更内容③】

- ・タービン補機海水系の弁隔離までの溢水量を追加するとともに、隔離時間から津波流入防止が可能であることを説明

【変更理由③】

・漏えい検知高さの反映等により具体的な隔離時間が算出可能となったため。

(4) 取水槽循環水ポンプエリアの評価

設置許可申請時の評価内容

P. 5 条-別添1-II-2-66

c. 取水槽循環水ポンプエリアにおける溢水
 地震に起因し、取水槽循環水ポンプエリアに敷設する循環水配管伸縮継手の破損及び低耐震クラスの機器及び配管の損傷により、津波がその損傷箇所を介して、取水槽循環水ポンプエリア内に流入すること
 を防止するため、以下の対策を実施する。対策の詳細は添付資料27 に示す。
 ・循環水系の機器及び配管の基準地震動 S_s による地震力に対するバウンダリ機能保持
 ・タービン補機海水ポンプ出口弁（インターロックによる弁閉止）
 上記対策により、同区画は「津波の流入」（津波来襲下において海水が流入する事象）に該当する事象は生じない。
 また、取水槽循環水ポンプエリアに設置する耐震Sクラスの設備に対する浸水影響については、添付資料28 に示す。

P.5条-別添1-添付10-18

4. 取水槽循環水ポンプエリアにおける溢水（事象c.）

9.5 取水槽循環水ポンプエリアにおける溢水
 取水槽海水ポンプエリアに隣接する取水槽循環水ポンプエリアの循環水系配管の伸縮継手部の全円周状の破損を想定し、取水槽海水ポンプエリアへの溢水影響を評価した。算出した溢水流量を表9-21に、溢水影響評価結果を表9-22に示す。越流水深の算出にあたっては、Govinda Rao の式（補足説明資料30 参照）を使用した。
 取水槽海水ポンプエリアに設置している取水槽海水ポンプエリア防水壁（EL10.8m）は、取水槽循環水ポンプエリア天端（EL8.8m）より2.0m 高く設計しており、隣接する取水槽循環水ポンプエリアでの想定破損により溢水が発生した場合においても、取水槽循環水ポンプエリア天端の越流水深は0.24m であることから、取水槽海水ポンプエリア防水壁を越流して隣接する取水槽海水ポンプエリアに流入することはない。循環水系配管破損時の平面図を図9-12に、断面図を図9-13に示す。

表 9-21 循環水系配管の伸縮継手部の溢水流量

部位	内径 [mm]	破損幅 [mm]	溢水流量 [m ³ /h]
循環水ポンプ出口配管伸縮継手部	2,600	50	15,590

今回の評価内容

P. 56

(c) 浸水防護重点化範囲のうち取水槽循環水ポンプエリアにおける溢水の影響
 浸水防護重点化範囲のうち取水槽循環水ポンプエリアにおける溢水の影響については、タービン補機海水ポンプ出口弁の弁閉止インターロックにより、タービン補機海水系が、地震発生から津波到達までに隔離可能であり津波の流入がないことを評価する。
 タービン補機海水系配管の損傷箇所からの溢水に対する漏えい検知時間は、溢水流量2,100m³/h×2.台（タービン補機海水系の定格流量）、漏えい検知器設置高さ50mm及び取水槽循環水ポンプエリアの床面幅約2655mmより、漏えい検知時間は約12 秒となる。
 タービン補機海水ポンプ出口弁の閉止時間約60秒を考慮すると、地震発生から破損箇所隔離までの時間は約72秒となり、海城活断層から想定される地震による津波の到達（約3分）前にタービン補機海水ポンプ出口弁を閉止でききるため、津波の流入はない。

【変更内容①】

・漏えい検知高さを設定 設置高さ50mm

【変更理由①】

・タービン補機海水系の弁閉止インターロックに係る詳細設計の反映

【変更内容②】

・タービン補機海水系の弁隔離までの溢水量を追加するとともに、タービン補機海水系隔離時間から津波流入防止が可能であることを説明

【変更理由②】

・漏えい検知高さの反映等により具体的な隔離時間が算出可能となったため

P.5条-別添1-添付10-18

表 9-22 取水槽循環水ポンプエリアの溢水影響評価結果

W	取水槽循環水ポンプエリア壁の高さ [m]	7.7
B	排出を期待する開口長さ [m]	23.6
L	取水槽循環水ポンプエリア壁の幅 [m]	1.0
Q	エリア内の溢水流量 [m ³ /h]	15,590
h	越流水深 [m]	0.24
H	許容越流水深 [m]	2.0
評価結果(判定基準: $H \geq h$)		○

P.5条-別添1-添付10-19

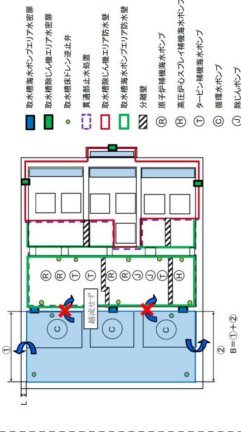


図 9-12 取水槽海水ポンプエリア平面図 (循環水系配管破損時)

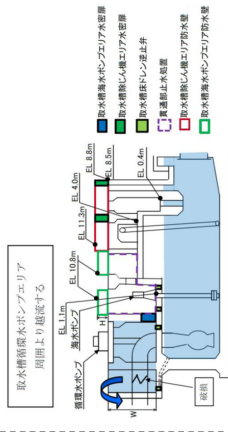


図 9-13 取水槽海水ポンプエリア断面図 (循環水系配管破損時)

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

5.4 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

1. 概要

本資料は、VI-1-1-3-2-4 「入力津波による津波防護対象設備への影響評価」の 3.4 重要な安全機能及び重大事故等に対処するために必要な機能を有する施設の隔離（内郭防護）に係る評価（4）津波防護対策で、津波到達時においても弁の閉止状態が維持可能な設計とする弁のうち、内部溢水対策として循環水ポンプ出口弁及び復水器水室出口弁が閉止した後に、これらの弁が津波荷重及び余震荷重に対して構造健全性を有することを確認するものである。

2. 一般事項

2.1 配置計画

評価対象となる循環水ポンプ出口弁及び復水器水室出口弁の配置計画を図5.4-1に示す。

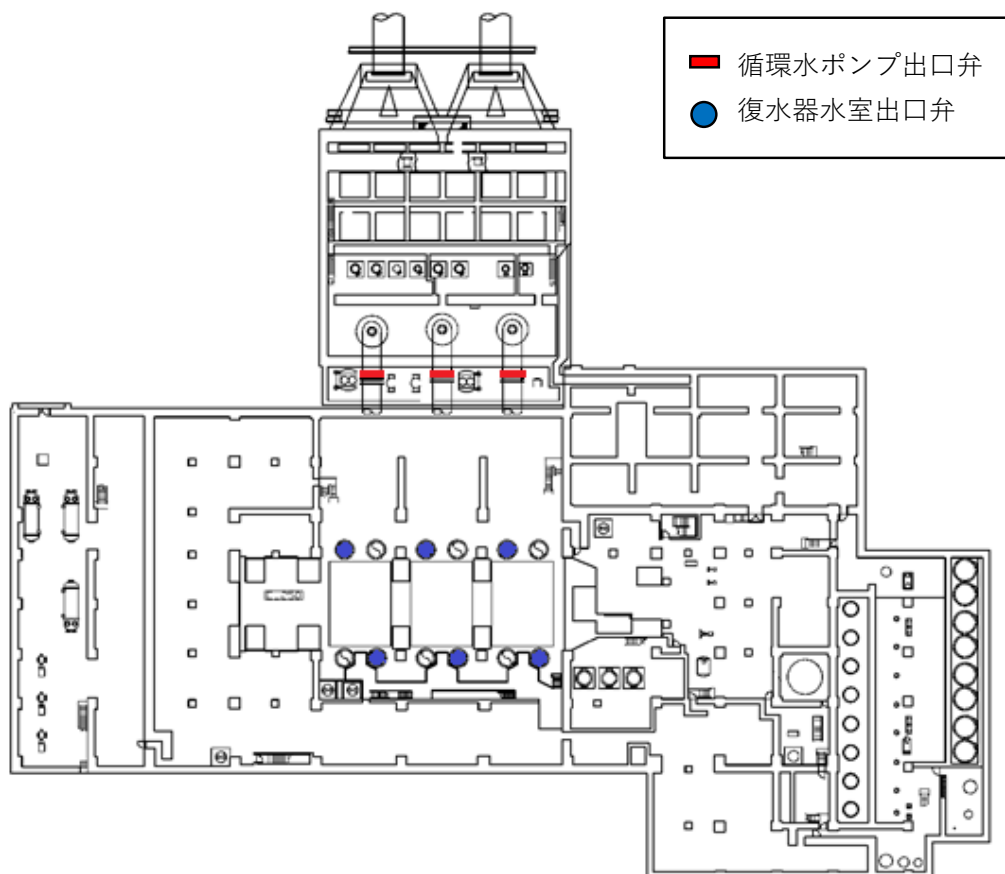


図5.4-1 配置計画

2.2 構造計画

循環水ポンプ出口弁及び復水器水室出口弁は、電動バタフライ弁であり、弁体を回転し弁座に密着することで止水する。電動バタフライ弁の構造計画を表5.4-1 に示す。

表5.4-1 構造計画

評価対象	計画の概要			概略構造図
	型式	主要構造	支持構造	
循環水ポンプ出口弁	電動バタフライ弁	弁体を含む弁本体、弁体を電動にて駆動する駆動部で構成する。	循環水系配管及び支持構造物に固定する。	
復水器水室出口弁	電動バタフライ弁	弁体を含む弁本体、弁体を電動にて駆動する駆動部で構成する。	循環水系配管に固定する。	

3. 評価用地震力

本計算書において考慮する評価用地震力は、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」に示す減衰定数を用いる。

循環水ポンプ出口弁及び復水器水室出口弁の設置条件、固有周期及び評価用地震力を表5.4-2、表5.4-3及び表5.4-4に示す。

表5.4-2 循環水ポンプ出口弁及び復水器水室出口弁の設置条件

評価対象	据付場所	床面高さ*
循環水ポンプ出口弁	取水槽	EL 1.1m (EL 8.8m*)
復水器水室出口弁	タービン建物	EL 0.25m (EL 2.0m*)

注記*：基準床レベルを示す。

表5.4-3 循環水ポンプ出口弁及び復水器水室出口弁の固有周期

評価対象	循環水ポンプ出口弁	復水器水室出口弁
固有周期(s)	0.05以下*	0.05以下*

注記*：弁の固有周期の算出方法についてはVI-2-別添2-6「循環水ポンプ出口弁及び復水器水室出入口弁の耐震性についての計算書」にて示す。

表5.4-4 循環水ポンプ出口弁及び復水器水室出口弁の評価用地震力

評価対象	弾性設計用地震動 S _d		
	水平方向震度*		鉛直方向震度*
	NS方向	EW方向	
循環水ポンプ出口弁	0.77	1.75	0.89
復水器水室出口弁	0.59	0.58	0.36

注記*：剛領域の振動モードの影響を考慮する観点から設置床の最大応答加速度を1.2倍した震度(1.2ZPA)を示す。また、設計用震度Iを上回る値である。

4. 構造強度評価

4.1 荷重の設定

(1) 津波荷重 (P_t)

津波荷重として、経路からの津波に伴う水位を用いた静水圧を考慮し、以下の式より算出する。

$$P_t = \rho_0 \cdot g \cdot H$$

P_t : 津波荷重

ρ_0 : 海水の密度

g : 重力加速度

H : 評価高さ (最高津波高さ－設置位置高さ)

(2) 余震荷重 (K_{Sd})

余震荷重として、弾性設計用地震動 S_d を考慮する。余震に伴う加速度で弁体に発生する慣性力と、余震による動水圧荷重を考慮し、弁の設置方向により以下の式を用いて算出し、弁体 (閉止状態) 及び配管の内面に加わる圧力荷重として評価する。ここで、余震と組み合わせる津波は海域活断層に想定される津波であるが、安全側に日本海東縁部に想定される津波を用いる。

$$K_{Sd1} = m \cdot g \cdot \alpha_H / A + \rho_0 \cdot \alpha_V \cdot g \cdot H$$

K_{Sd1} : 余震荷重 (循環水ポンプ出口弁)

m : 弁体部質量

g : 重力加速度

α_H : 弁体部の配管軸方向余震震度

A : 弁体受圧面投影面積 ($= \pi D_i^2 / 4$ D_i : 配管内径)

ρ_0 : 海水の密度

α_V : 弁体部の鉛直方向余震震度

H : 評価高さ (最高津波高さ－設置位置高さ)

$$K_{Sd2} = m \cdot g \cdot \alpha_V / A + \rho_0 \cdot \alpha_V \cdot g \cdot H$$

K_{Sd2} : 余震荷重 (復水器水室出口弁)

m : 弁体部質量

g : 重力加速度

α_V : 弁体部の鉛直方向余震震度

A : 弁体受圧面投影面積 ($= \pi D_i^2 / 4$ D_i : 配管内径)

ρ_0 : 海水の密度

H : 評価高さ (最高津波高さ－設置位置高さ)

(3) 固定荷重 (D)

常時作用する荷重として、弁体の自重を考慮する。

4.2 荷重の組合せ

循環水ポンプ出口弁及び復水器水室出口弁の強度評価にて考慮する荷重の組合せを表5.4-5に示す。

表5.4-5 強度評価にて考慮する荷重の組合せ

施設区分	評価対象	荷重の組合せ
浸水防護施設	循環水ポンプ出口弁	$D + P_t + K_{sd1}^{*1, 2}$
	復水器水室出口弁	$D + P_t + K_{sd2}^{*1, 2}$

注記*1：Dは固定荷重， P_t は津波荷重， K_{sd} は余震荷重を示す。

*2：固定荷重（D）及び余震荷重（ K_{sd} ）の組み合わせが，強度評価上，津波荷重（ P_t ）を緩和する方向に作用する場合，安全側にこれらを組み合わせない評価を実施する。

4.3 許容荷重

循環水ポンプ出口弁及び復水器水室出口弁については，表5.4-6に示す水圧試験により確認した圧力を許容限界とする。

表5.4-6 許容限界

評価対象	水圧試験の圧力（MPa）
循環水ポンプ出口弁	0.47*
復水器水室出口弁	0.47*

注記*：弁納入時の水圧試験圧力

4.4 計算条件

循環水ポンプ出口弁及び復水器水室出口弁の構造健全性評価に用いる計算条件を表5.4-7及び表5.4-8に示す。

表5.4-7 循環水ポンプ出口弁及び復水器水室出口弁の構造健全性評価に用いる計算条件

評価対象	弁体の材質	弁体の質量 (kg)	弁体受圧面の外形 (配管内系) D_1 (mm)	重力加速度 g (m/s^2)	海水の密度 ρ_0 (kg/m^3)
循環水ポンプ出口弁	SS400	9700	2600	9.80665	1030
復水器水室出口弁	SS400	6400	2200	9.80665	1030

表5.4-8 構造健全性評価に用いる評価高さ

評価対象	循環水ポンプ出口弁	復水器水室出口弁
最高津波高さ*1	EL 10.6m	EL 7.9m
設置位置高さ*2	EL 1.1m	EL 0.25m
評価高さH	9.5m	7.65m

注記*1：基準津波1の取水槽又は放水槽における入力津波高さを示す。

*2：安全側に弁を設置する床面高さとする。

5. 評価結果

(1) 構造健全性評価

循環水ポンプ出口弁及び復水器水室出口弁の構造健全性評価結果を表5.4-9に示す。発生圧力が、有意な変形及び著しい漏えいがないことを確認した水圧試験の圧力以下であることから、評価対象である弁体部が構造健全性を有することを確認した。

表5.4-9 構造健全性評価結果

評価対象	発生圧力 (MPa)	水圧試験の圧力 (MPa)
循環水ポンプ出口弁	0.22	0.47
復水器水室出口弁	0.12	0.47

(参考資料)

取水槽へ津波浸入時の循環水ポンプ出口弁への影響について

(1) 2号機取水槽への影響

2号機取水槽への津波浸入時、図1～図3に示すとおり2号機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ことから津波の押し波時の圧力を逃せる構造である。また、図4より基準津波来襲時の除じん機エリアの最大水位差が発生する際の水位上昇速度は0.2[m/s]程度であり、比較的緩やかである。

以上のことから、取水路へ浸入した津波により、循環水ポンプ出口弁に水撃作用による過大な圧力が生じる可能性は十分小さいと判断した。

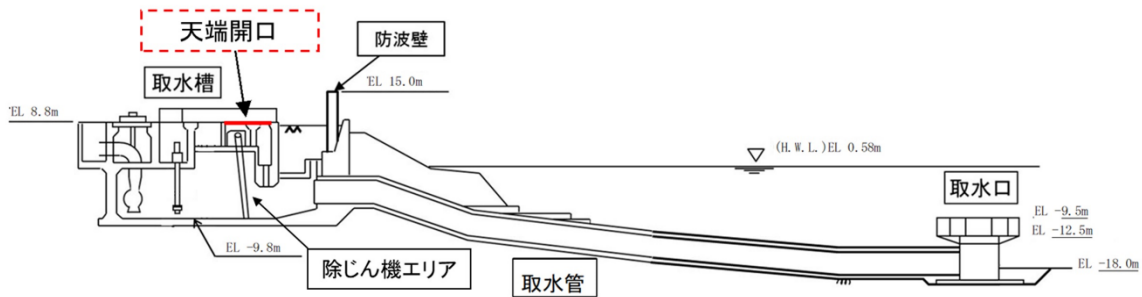


図1 2号機 取水施設断面図

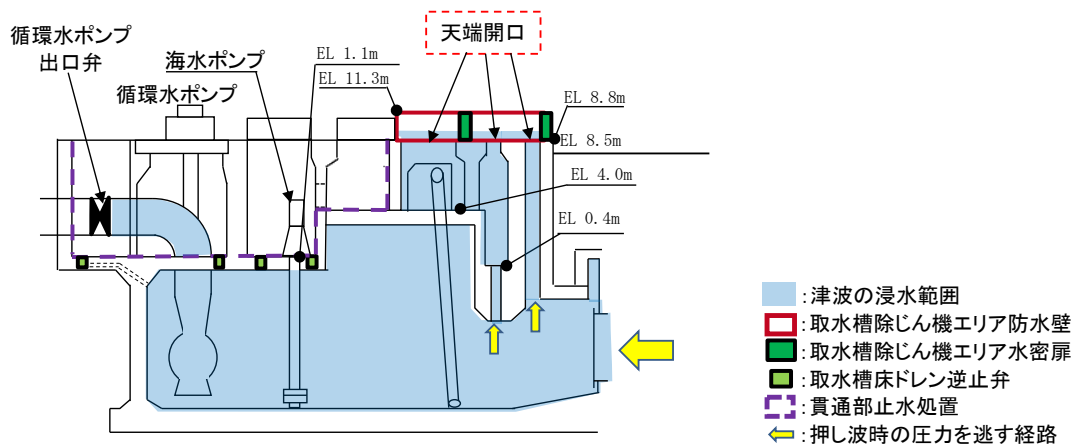


図2 取水槽の浸水対策の概要 (断面図)

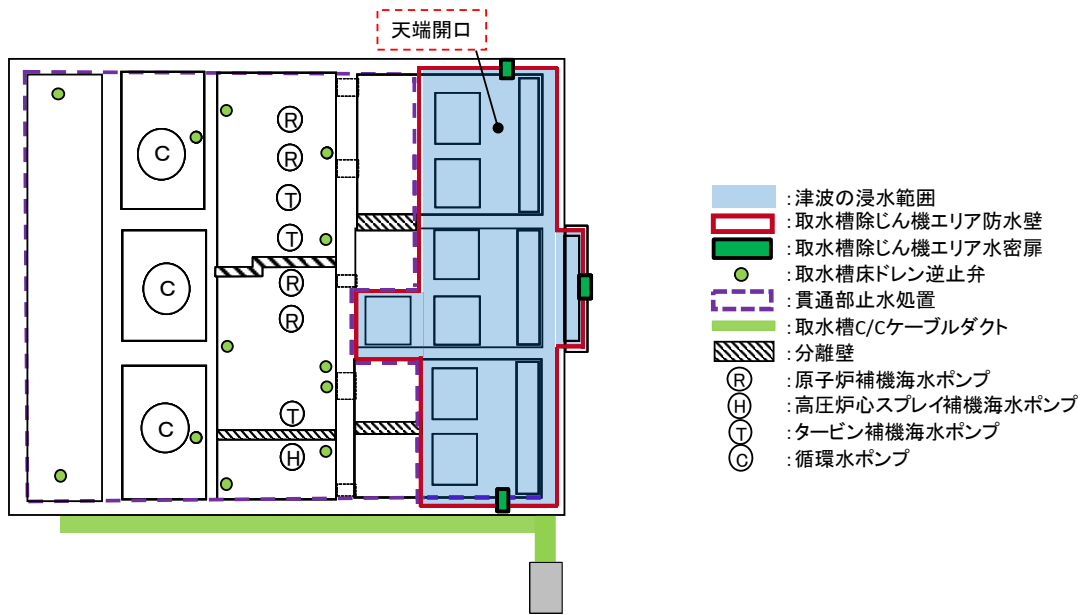


図3 取水槽の浸水対策の概要（平面図）

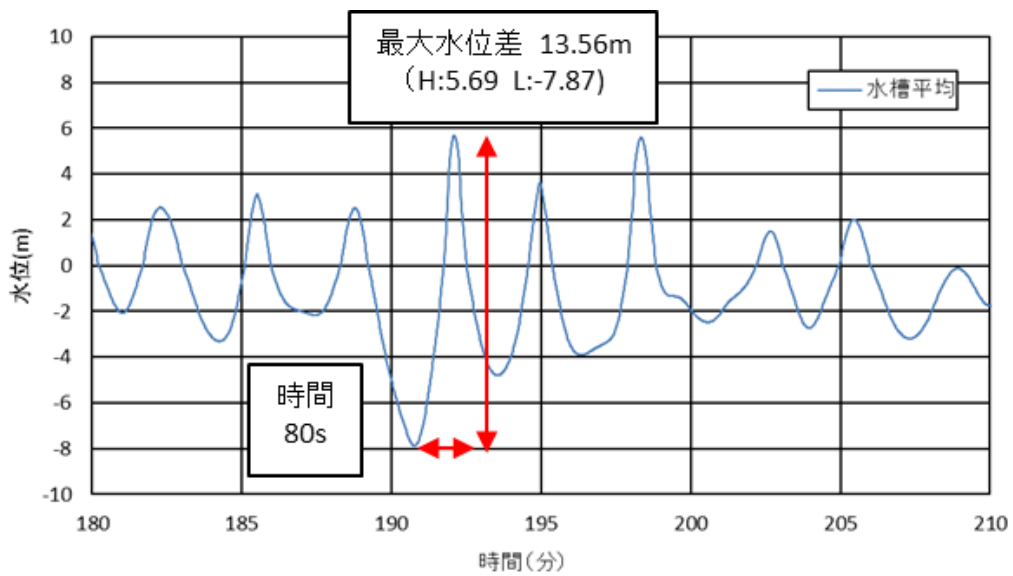


図4 除じん機エリアの水位

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) 溢水源となる屋外タンク等に対する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。
- (2) 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。
- (3) 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。

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

以下に示す通り、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 0.72m 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 5m³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

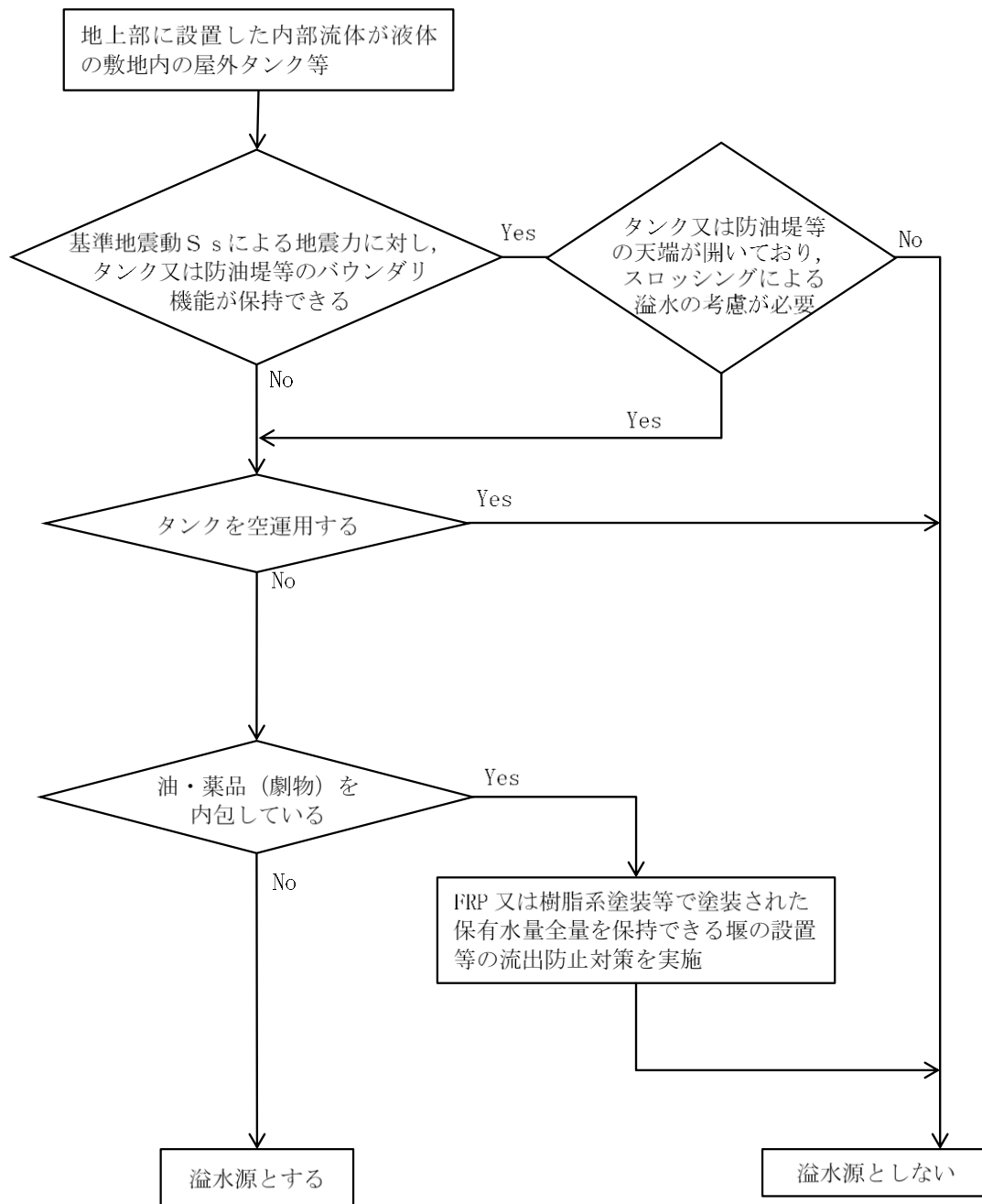


図 5.5-1 溢水源とする屋外タンク等の選定フロー

表 5.5-1 溢水源とする屋外タンク等(1/2)

No	名称	保有水量 (m ³)	溢水伝播挙動 評価に用いる 溢水量 (m ³)*1	配置 No	保有水量 20m ³ 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 ³)	溢水伝播挙動評 価に用いる 合計溢水量 (m ³)*3
1	雑用水タンク	33	49	25	○	エリア ①	10,968	3,366 (3,086)
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	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		
14	山林用防火水槽 (スカイライン)	50	—	n-52	—			
15	山林用防火水槽 (スカイライン)	50	—	n-52	—			
16	仮設水槽 (2号西側法面付近)	2	—	n-59	—			
17	防火水槽	20	—	n-74	—			
18	防火水槽	20	—	n-73	—			
19	鉄イオン溶解タンク (2号)	19	—	n-9	—			
20	純水タンク (A)	600	660	10	○	エリア ②	7,681	8,602 (7,712)
21	純水タンク (B)	600	660	10	○			
22	2号ろ過水タンク	3,000	3,300	11	○			
23	1号除だく槽	87	131	12	○			
24	1号ろ過器	62	93	13	○			
25	2号除だく槽	102	113	14	○			
26	2号ろ過器	36	54	15	○			
27	2号濃縮槽	30	45	16	○			
28	1号ろ過水タンク	3,000	3,300	17	○			
29	74m盤受水槽 (2槽)	60	90	27	○			
30	純水装置廃液処理設備	42	63	31	○			
31	22m盤受水槽	30	45	37	○			
32	59m盤トイレ用水貯槽	32	48	44	○	31		
33	補助ボイラーブロータンク	1	—	n-24	—			
34	補助ボイラー冷却水冷却塔	1	—	n-24	—			
35	C-真空脱気塔	3	—	n-28	—			
36	D-真空脱気塔	3	—	n-28	—			
37	C/D 用冷却水回収槽	2	—	n-28	—			
38	A-真空脱気塔	2	—	n-38	—			
39	B-真空脱気塔	2	—	n-38	—			
40	冷却水回収槽	2	—	n-38	—			
41	1号除だく槽排水槽	7	—	n-41	—			
42	トイレ用ろ過水貯槽	8	—	n-41	—			

表 5.5-1 溢水源とする屋外タンク等(2/2)

No	名称	保有水量 (m ³)	溢水伝播挙動 評価に用いる 溢水量 (m ³)*1	配置 No	保有水量 20m ³ 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 ³)	溢水伝播挙動評 価に用いる 合計溢水量 (m ³)*3		
43	変圧器消火水槽	306	336	4	○	エリア ③	441	539 (455)		
44	電解液受槽 (1号)	22	33	5	○					
45	A-サイトバンカ建物消火タンク	46	69	18	○					
46	B-サイトバンカ建物消火タンク	46	69	18	○					
47	管理事務所 4号館用消火タンク	21	32	36	○					
48	電解液受槽 (2号)	10	—	n-8	—		14			
49	1号海水電解装置電解槽 (循環ライン 8槽)	2	—	n-8	—					
50	2号海水電解装置電解槽 (非循環ライン 12槽)	2	—	n-8	—					
51	3号ろ過水タンク (A)	1,000	1,100	1	○	エリア ④	6,979	7,735 (7,023)		
52	3号純水タンク (A)	1,000	1,100	2	○					
53	消火用水タンク (A)	1,200	1,320	3	○					
54	消火用水タンク (B)	1,200	1,320	3	○					
55	3号仮設海水淡水化装置 (海水受水槽)	25	38	29	○					
56	仮設合併処理槽	31	46	34	○					
57	3号純水タンク (B)	1,000	1,100	32	○					
58	3号ろ過水タンク (B)	1,000	1,100	33	○					
59	A-45m 盤消火タンク	155	171	38	○					
60	B-45m 盤消火タンク	155	171	38	○					
61	宇中受水槽	24	36	46	○					
62	宇中合併浄化槽 (1)	63	94	42	○					
63	宇中合併浄化槽 (2)	126	139	43	○					
64	海水電解装置脱気槽	12	—	n-13	—		44			
65	補助ボイラー排水処理装置 排水pH中和槽	3	—	n-14	—					
66	重油タンク用泡原液差圧調合槽	2	—	n-15	—					
67	補助ボイラー補機冷却水薬液注入貯槽	1	—	n-14	—					
68	ブロータンク	1	—	n-14	—					
69	排水放流槽	1	—	n-14	—					
70	訓練用模擬水槽	4	—	n-58	—					
71	3号仮設海水淡水化装置 (RO 処理水槽)	15	—	n-76	—					
72	3号仮設海水淡水化装置 (仮設純水水槽)	5	—	n-77	—					
73	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)
74	A-50m 盤消火タンク	155	171	28	○					
75	B-50m 盤消火タンク	155	171	28	○					
76	濁水処理装置	10	—	n-71	—	10				
合 計							28,160	22,256 (20,116)		

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。
20m³以上 100m³以下の屋外タンク等: 1.5倍
100m³を超える屋外タンク等: 1.1倍

*2: 輪谷貯水水槽のスロッシング解析値(1,778m³)を1.1倍し、切り上げた値である1,956m³を上回る2,200m³とした。

*3: ()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、輪谷貯水水槽 (東側)については1,956m³を合計した。

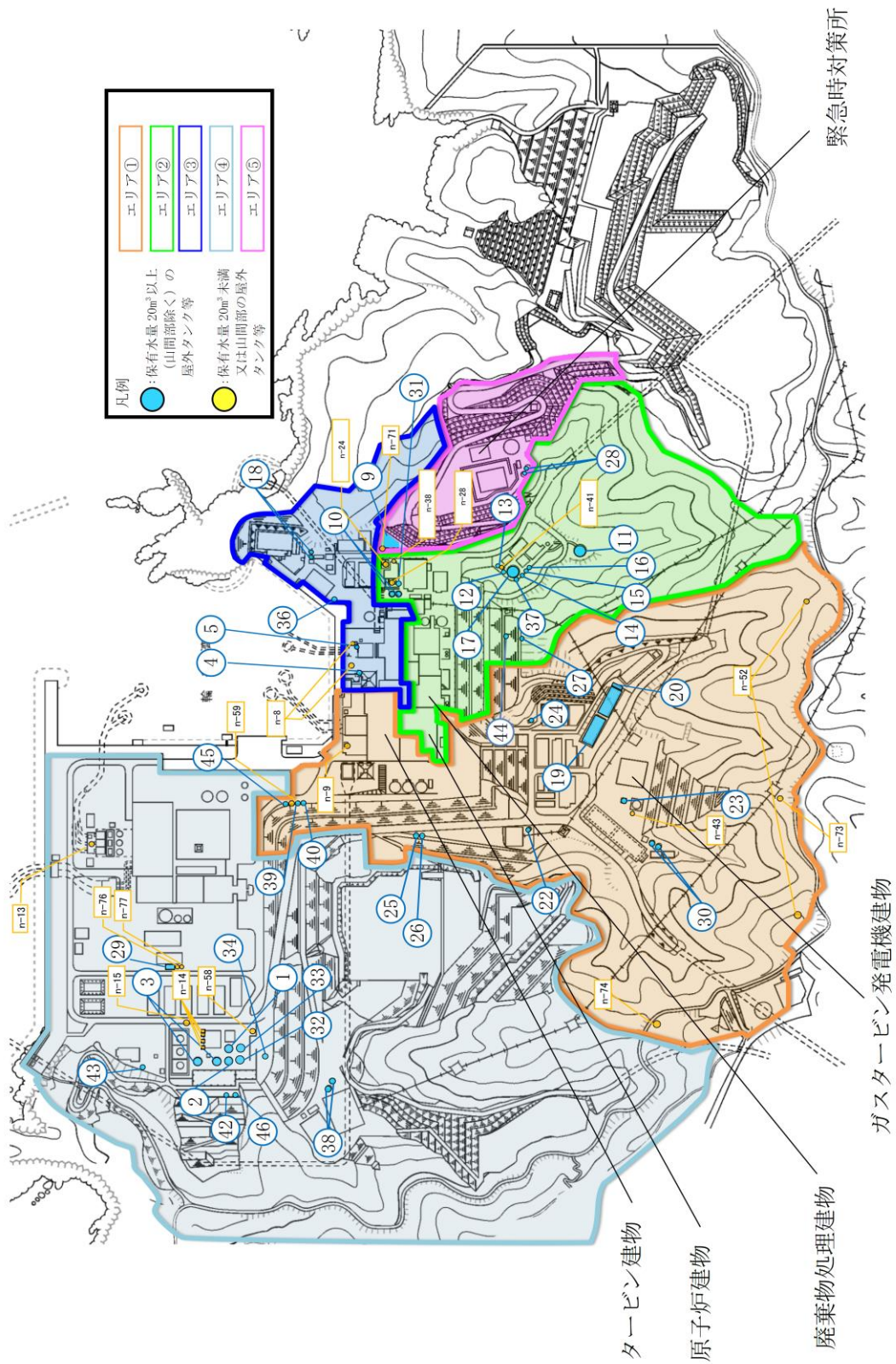


図 5.5-2 溢水源とする屋外タンク等の配置図

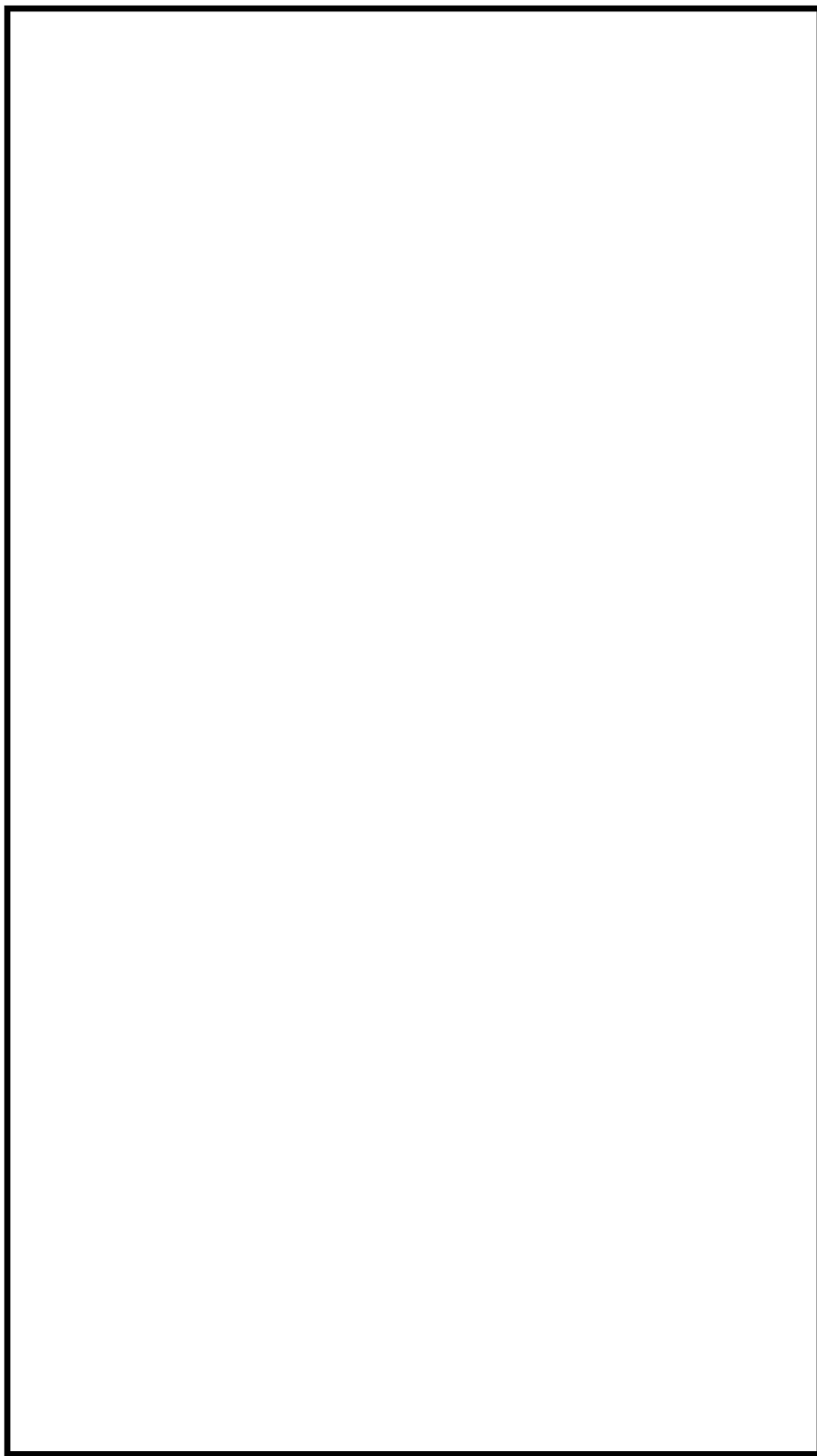


図 5.5-3 代表箇所における浸水深時刻歴(1/6)

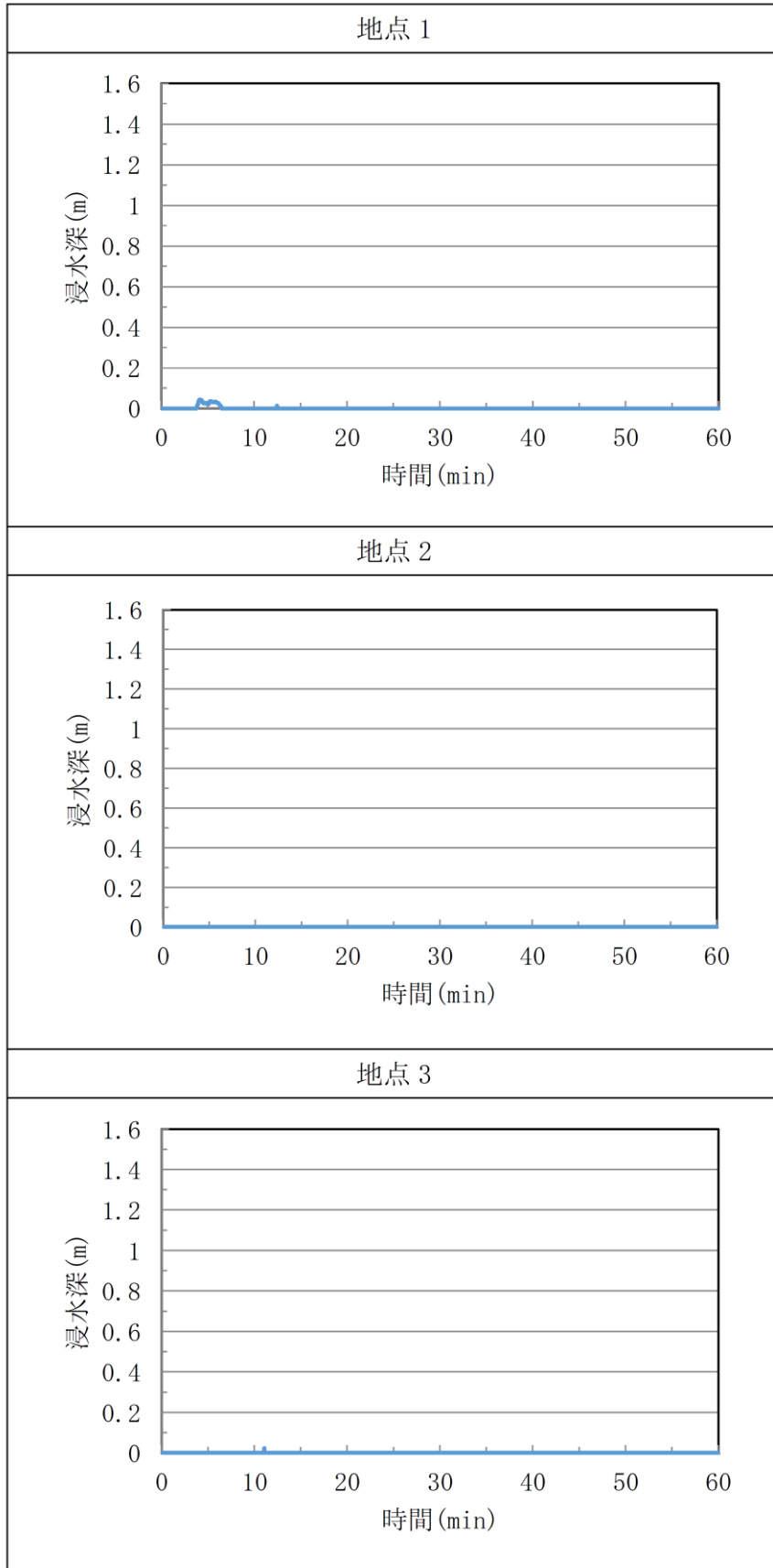


図 5.5-3 代表箇所における浸水深時刻歴(2/6)

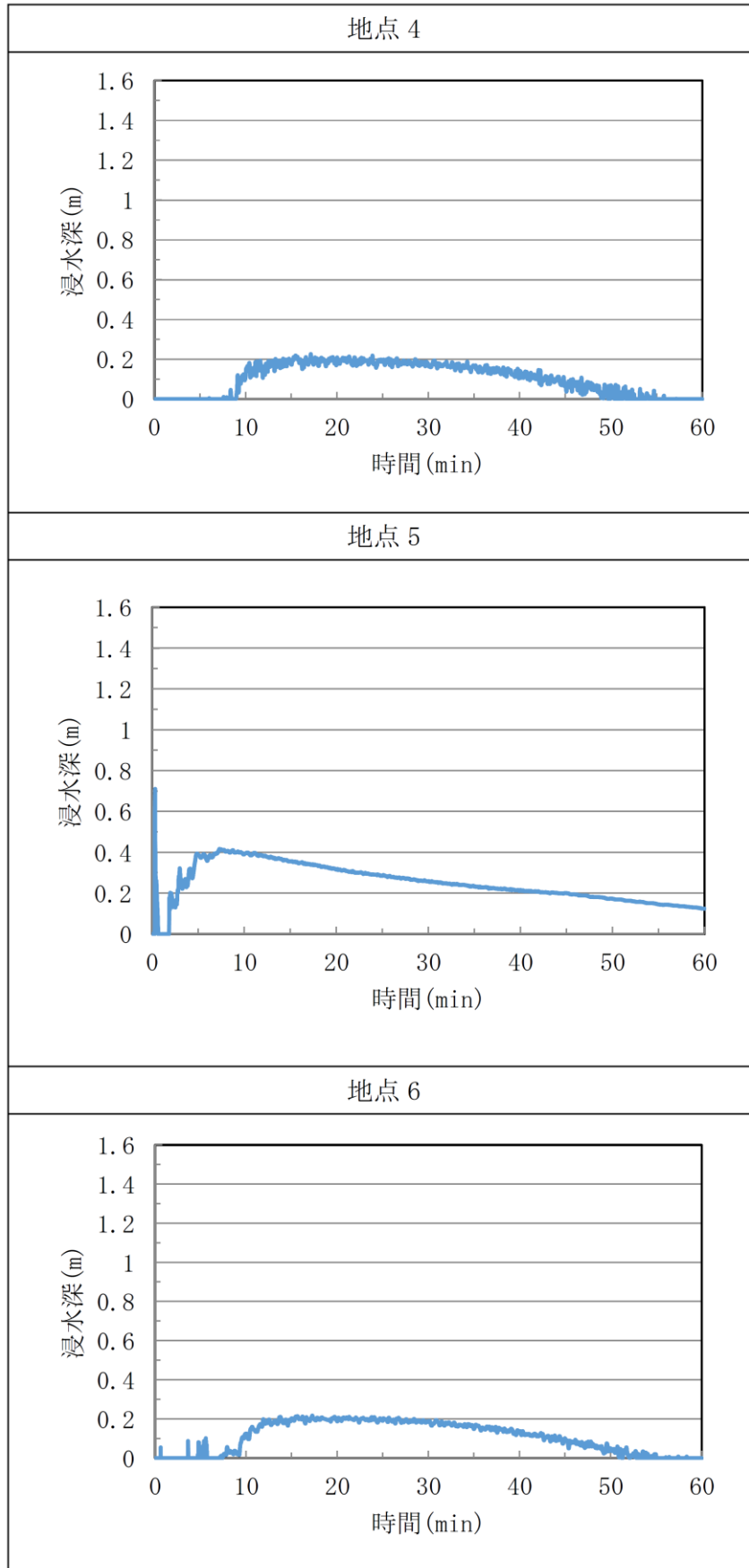


図 5.5-3 代表箇所における浸水深時刻歴(3/6)

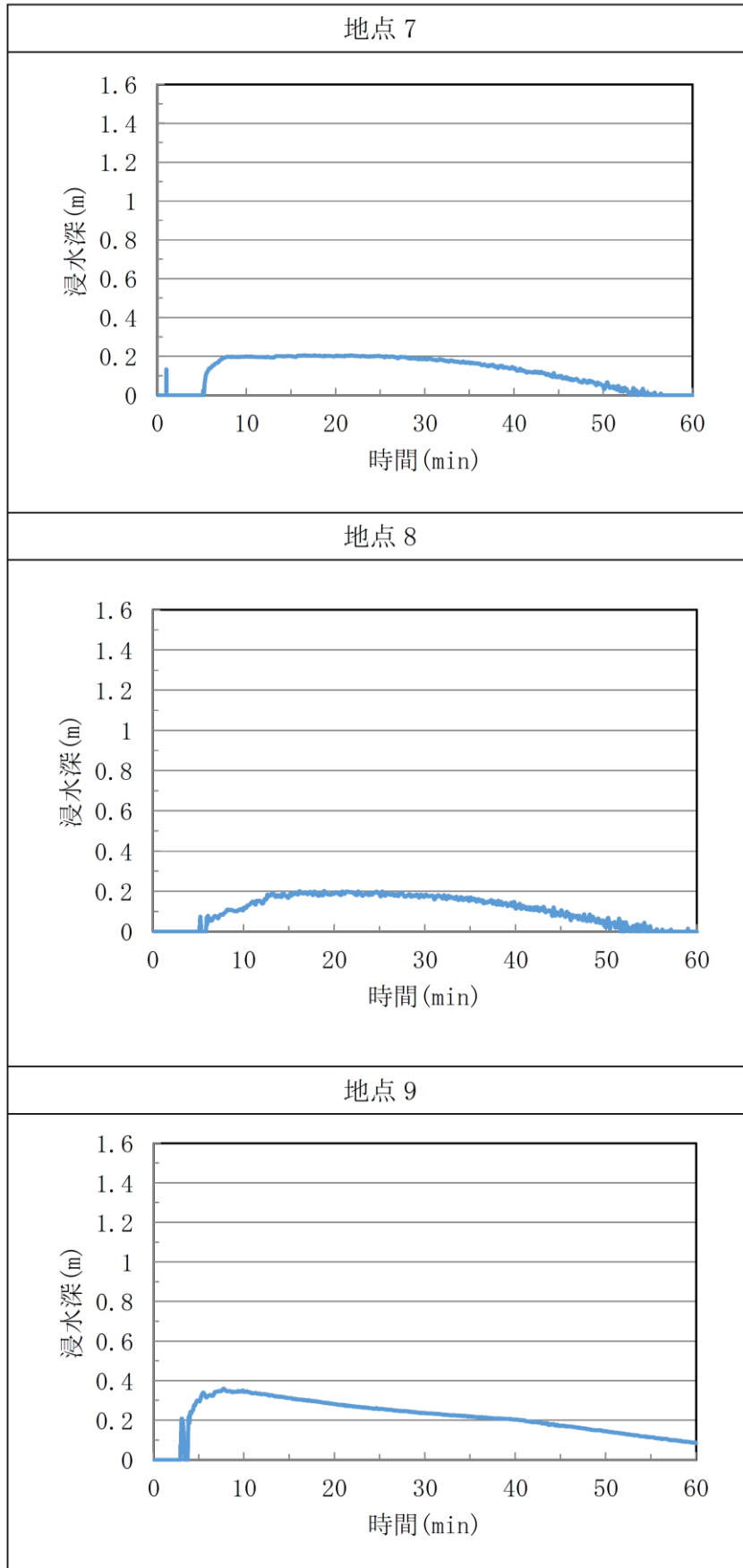


図 5.5-3 代表箇所における浸水深時刻歴(4/6)

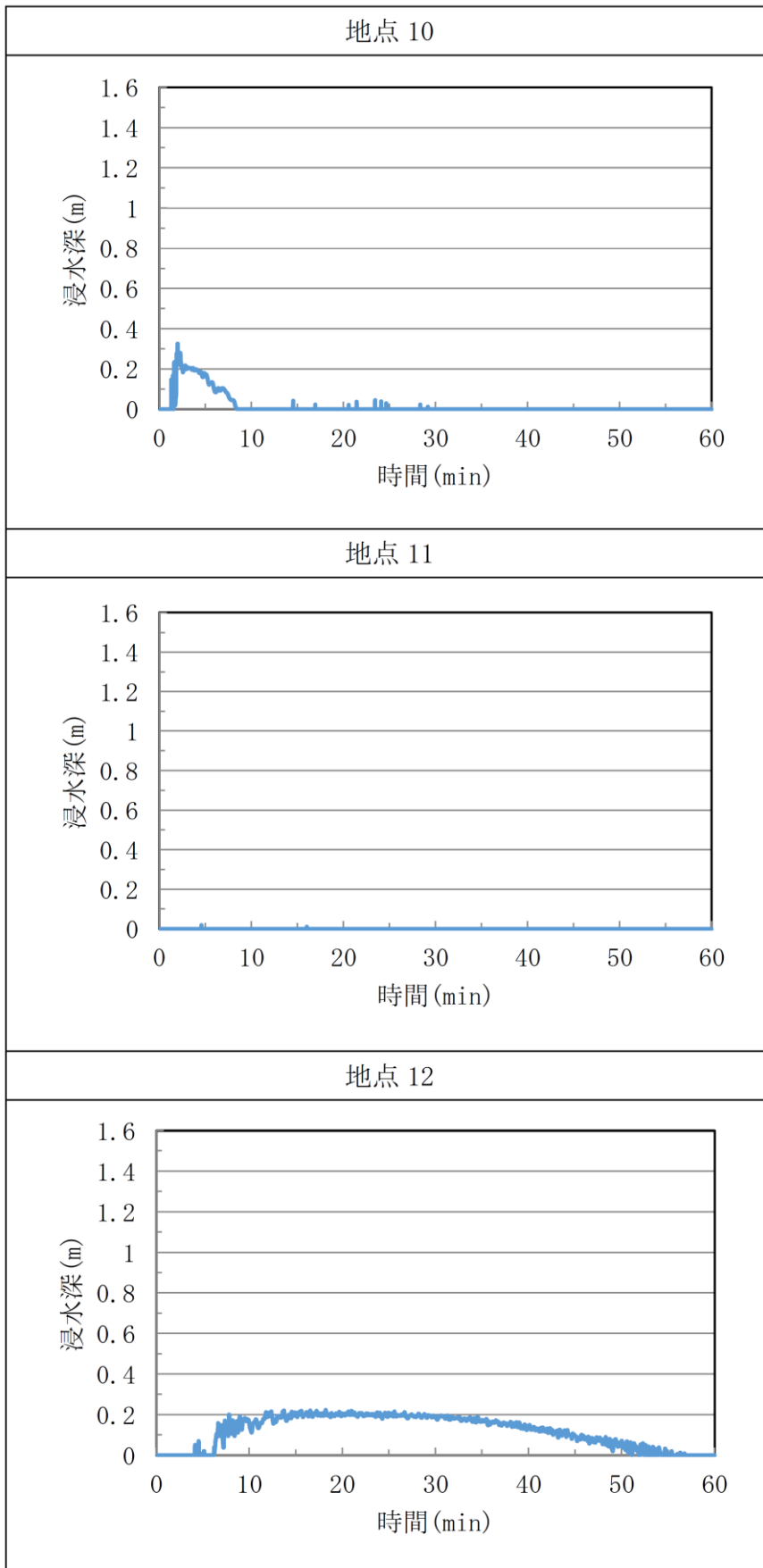


図 5.5-3 代表箇所における浸水深時刻歴(5/6)

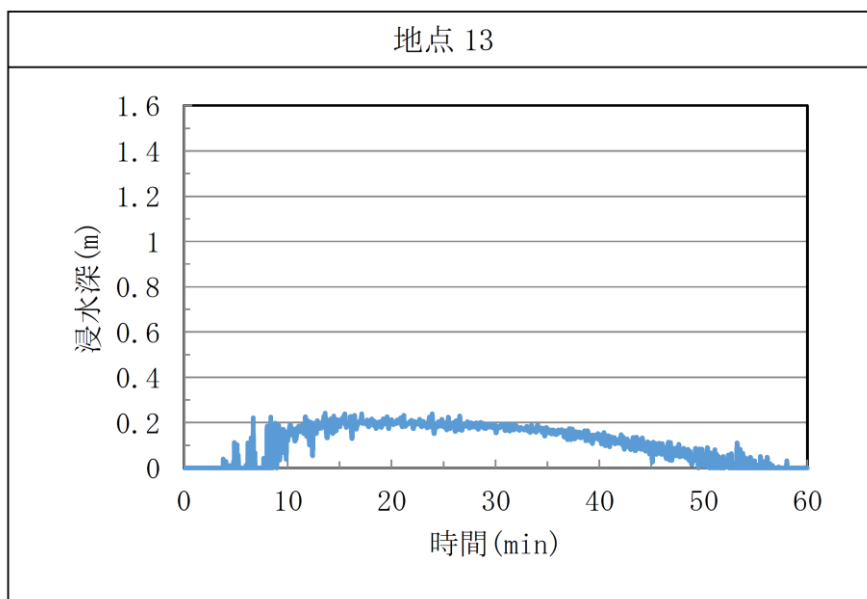


図 5.5-3 代表箇所における浸水深時刻歴(6/6)

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	0.05	15.3	—
地点 2	原子炉建物西面 1	15.0	0.01	15.3	—
地点 3	原子炉建物西面 2	15.0	0.03	15.3	—
地点 4	タービン建物北面 1	8.5	0.23	8.8	—
地点 5	タービン建物北面 2	8.5	0.72	8.9	○
地点 6	タービン建物北面 3	8.5	0.22	9.1	—
地点 7	タービン建物北面 4	8.5	0.21	9.26	—
地点 8	取水槽海水ポンプ エリア西面	8.5	0.21	8.8	—
地点 9	取水槽海水ポンプ エリア東面	8.5	0.36	8.8	○
地点 10	廃棄物処理建物南面	15.0	0.33	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	0.02	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	0.23	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	0.25	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(m^3/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。

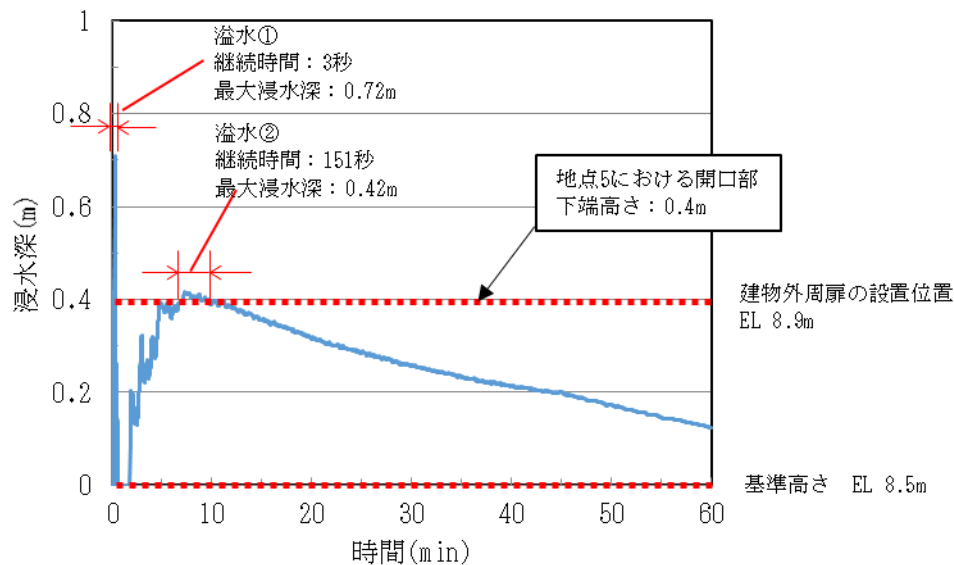


図 1 浸水深時刻歴（地点 5）

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0.72m、0.42m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	3	151
C	流量係数	-	1.82	1.55
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	0.32	0.02
Q	越流流量	m ³ /s	0.66	0.01
-	溢水量	m ³	1.98	1.51
合計			3.49m ³	

表1よりタービン建物へ流入する溢水量は3.49m³であるが、安全側に切り上げて約5m³とする。

5.6 除じん系ポンプ他移設に関する影響評価

5.6 除じん系ポンプ他移設に関する影響評価

5.6.1 概要

本資料は、取水槽海水ポンプエリアに設置されている除じん系ポンプ及び配管を取水槽除じん機エリアへ移設することに伴う影響について説明するものである。

5.6.2 変更内容

除じん系ポンプ及び配管は、耐津波設計の設置変更許可段階において浸水防護重点化範囲である取水槽海水ポンプエリアに設置する計画であったため、基準地震動 S_s による地震力に対してバウンダリ機能を保持し、津波を流入させない設計としていたが、詳細設計により浸水防護重点化範囲外である取水槽除じん機エリアへの移設が可能であることが判明したため移設する。移設に伴い、除じん系ポンプ及び配管は浸水防止設備の対象外となる。除じん系ポンプ及び配管の配置の変更概要を表 5.6-1 に示す。

5.6.3 変更に伴う影響評価

除じん系ポンプ及び配管は、浸水防護重点化範囲外へ移設されるため、津波設計へ与える影響はない。なお、移設に伴い発生する開口部（ポンプ取水管及び配管壁貫通部）については、周囲の断面性能と同様になるよう閉塞するため、影響ない。移設に伴う資料の主な変更箇所を表 5.6-2 に示す。

以上の評価結果から、除じん系ポンプ及び配管の移設に伴う影響はないことを確認している。

表 5.6-1 除じん系ポンプ及び配管の移設に伴う変更概要

設置変更許可時	変更後
<p> ■ 取水槽除じん機エリア水密扉 浸水防護重点化範囲 取水槽除じん機エリア防水壁 分離壁 R 原子炉補機海水ポンプ H 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ T タービン補機海水ポンプ C 循環水ポンプ J 除じんポンプ </p>	<p>変更概要</p> <ul style="list-style-type: none"> ・除じん系ポンプ及び配管を取水槽海水ポンプエリアから取水槽除じん機エリアへ移設する。 ・移設に伴い、除じん系ポンプ及び配管は浸水防止設備の対象外となる。

表 5.6-2 除じん系ポンプ及び配管の移設に伴う変更箇所 (1/5)

設置変更許可時		変更後						
1.5.1.3 敷地への流入防止 (外郭防護 1) (2) 取水路、放水路等の経路からの津波の流入防止 (P.5 条-32) 第 1.5-3 表 流入経路特定結果		VI-1-1-3-2-4 入力津波による津波防護対象設備への影響評価 3.2 敷地への流入防止 (外郭防護 1) に係る評価 (P.10) 表 3-2 流入経路特定結果						
流入経路	流入箇所	流入経路	流入箇所					
2号炉	取水槽除じん機エリア天端開口部(EL.+8.8m) 取水槽除じん機エリアと取水槽海水ポンプエリアとの貫通部 (EL.+6.3m~+7.3m) 取水槽除じん機エリアと取水槽C/Cケーブールドラクトとの貫通部 (EL.+6.2m~+6.5m) 床面開口部(EL.+1.1m) 循環水ポンプ (掘付部含む) 及び配管(EL.+1.1m)*1 原子炉補機海水ポンプ (掘付部含む) 及び配管(EL.+1.1m)*1 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ (掘付部含む) 及び配管 (EL.+1.1m)*1 タービン補機海水ポンプ (掘付部含む) 及び配管(EL.+1.1m)*1 除じんポンプ (掘付部含む) 及び配管(EL.+1.1m)*1	① 取水槽除じん機エリア天端開口部(EL. 8.8m) 取水槽除じん機エリアと取水槽海水ポンプエリアとの貫通部(EL. 6.5m~7.3m)	① 配管移設に伴う流入高さの変更 取水槽除じん機エリアと取水槽海水ポンプエリアとの境界貫通部 EL. 6.3m~7.3m ⇒EL. 6.5m~7.3m ② 除じん系ポンプ及び配管移設に伴う流入経路の削除					
				取水路	取水路			
				1号炉	取水槽天端開口部(EL.+8.8m)	1号機	取水槽天端開口部(EL. 8.8m)	
				3号炉	取水槽天端開口部(EL.+8.8m)	3号機	取水槽天端開口部(EL. 8.8m)	
				2号炉	取水路点検口天端開口部(EL.+9.5m)	2号機	放水路	放水路点検口天端開口部(EL. 8.8m)
					放水路		放水路点検口天端開口部(EL. 8.0m)	
				放水路	放水路	放水路	放水路	
					放水路	放水路	放水路	
					放水路	放水路	放水路	
					放水路	放水路	放水路	
放水路	放水路	放水路						
放水路	放水路	放水路						
屋外排水路	屋外排水路	屋外排水路	屋外排水路					

注記 *1: 施設、設備を設置した床面高さを記載
 *2: 放水槽への接続高さを記載

表 5.6-2 除じん系ポンプ及び配管の移設に伴う変更箇所 (2/5)

設置変更許可時	変更後	変更概要
<p>2.2.2 取水路、放水路等の経路からの津波の流入防止 (2) 各経路に対する確認結果 a. 2号炉取水路 (a) 敷地地上部への流入の可能性 (P.5条-別添1-Ⅱ-2-15)</p>	<p>VI-1-1-3-2-4 入力津波による津波防護対象設備への影響評価 3.2 敷地への流入防止 (外郭防護1) に係る評価 (P.17)</p> <p>図 3-8 取水槽の浸水対策の概要 (平面図)</p>	<p>③ 除じん系ポンプ及び配管の移設に伴う除じん系ポンプの削除</p>
<p>2.2.2 取水路、放水路等の経路からの津波の流入防止 (2) 各経路に対する確認結果 a. 2号炉取水路 (b) 建物への流入の可能性 (P.5条-別添1-Ⅱ-2-16)</p>	<p>VI-1-1-3-2-4 入力津波による津波防護対象設備への影響評価 3.2 敷地への流入防止 (外郭防護1) に係る評価 (P.18)</p> <p>図 3-9 海水系配管及び循環水系配管経路概要図</p>	<p>④ 除じん系ポンプ及び配管の移設に伴う除じん系ポンプ及び配管の削除</p>

表 5.6-2 除じん系ポンプ及び配管の移設に伴う変更箇所 (3/5)

設置変更許可時		変更後		
<p>1.5.1.3 敷地への流入防止 (外郭防護 1)</p> <p>(2) 取水路、放水路等の経路からの津波の流入防止 (P.5 条-33)</p>		<p>VI-1-1-3-2-4 入力津波による津波防護対象設備への影響評価</p> <p>3.2 敷地への流入防止 (外郭防護 1) に係る評価 (P.31)</p>		
<p>第 1.5-4 表 各経路からの流入評価結果</p>		<p>表 3-9 各経路からの流入評価結果(1/2)</p>		
<p>流入経路</p>	<p>流入箇所</p>	<p>流入箇所</p>	<p>流入箇所</p>	
<p>2号機</p>	<p>取水槽除じん機エリア天端開口部</p>	<p>11.3m²¹ 0.7m²⁷</p>	<p>2号機</p>	
<p>取水槽海水ポンプエリア</p>	<p>15.0m²² 4.4m²⁷</p>	<p>17.3m³ 6.7m⁸</p>	<p>2号機</p>	
<p>取水槽C/クーアムカト貫通部</p>	<p>15.0m²² 4.4m²⁷</p>	<p>17.3m³ 6.7m⁸</p>	<p>2号機</p>	
<p>取水槽床面開口部</p>	<p>15.0m²³ 4.4m²⁷</p>	<p>30.7m⁴ 20.1m⁸</p>	<p>2号機</p>	
<p>循環水系</p>	<p>循環水ポンプ (掘付部含む) 及び配管</p>	<p>-</p>	<p>循環水系</p>	
<p>配管</p>	<p>原予補機海水ポンプ (掘付部含む) 及び配管</p>	<p>-</p>	<p>配管</p>	
<p>海水系</p>	<p>高圧心スプレ補機海水ポンプ (掘付部含む) 及び配管</p>	<p>-</p>	<p>海水系</p>	
<p>1号機</p>	<p>除じんポンプ (掘付部含む) 及び配管</p>	<p>7.0m</p>	<p>1号機</p>	
<p>3号機</p>	<p>取水槽天端開口部</p>	<p>7.8m</p>	<p>3号機</p>	
<td> <p>取水槽天端開口部</p> </td> <td> <p>8.8m⁵ 1.8m⁸</p> </td> <td> <p>7.0m</p> </td> <td> <p>3号機</p> </td>	<p>取水槽天端開口部</p>	<p>8.8m⁵ 1.8m⁸</p>	<p>7.0m</p>	<p>3号機</p>
<p>取水槽点検口天端開口部</p>	<p>9.5m⁵ 3.1m⁸</p>	<p>6.4m</p>	<p>3号機</p>	

※1 取水槽除じん機エリア防水壁高さ
 ※2 貫通部止水処置の許容津波高さ
 ※3 取水槽床下へ逆止弁の許容津波高さ
 ※4 1号取水槽の天端開口高さ
 ※5 3号取水槽の天端開口高さ
 ※6 3号取水槽点検口の天端開口高さ
 ※7 参照する程度(0.64m)を考慮しても余裕がある
 ※8 1号取水槽の天端開口高さ

※1 取水槽除じん機エリア防水壁高さ
 ※2 エリア内の貫通部の最下端高さEL 6.3mに、貫通部止水処置の許容水頭圧高さ11.0mを加算した値
 ※3 エリア内の貫通部の最下端高さEL 6.2mに、貫通部止水処置の許容水頭圧高さ15.0mを加算した値
 ※4 取水槽床下へ逆止弁の設置高さEL 1.1mに、取水槽床下へ逆止弁の許容水頭圧高さ29.6mを加算した値
 ※5 1号取水槽の天端開口高さ
 ※6 3号取水槽の天端開口高さ
 ※7 3号取水槽点検口の天端開口高さ
 ※8 参照する程度(0.64m)を考慮しても余裕がある。

変更概要
 ⑤除じん系ポンプ及び配管の移設に伴う除じん系ポンプ及び配管の削除

表 5.6-2 除じん系ポンプ及び配管の移設に伴う変更箇所 (4/5)

設置変更許可時	変更後	変更概要
<p>2.4.2 浸水防護重点化範囲の境界における浸水対策 (3)浸水防護重点化範囲の境界における浸水対策 d. 取水槽海水ポンプエリアにおける溢水 (P.5 条-別添1-Ⅱ-2-71)</p> <p>d. 取水槽海水ポンプエリアにおける溢水 取水槽海水ポンプエリアにおける溢水については、浸水防護重点化範囲の境界に以下の流入防止の対策を行うことにより、浸水防護重点化範囲である取水槽海水ポンプエリアに津波の流入はしない。詳細は添付資料-27に示す。 <取水槽海水ポンプエリアに対する対策> ・タービン補機海水系のポンプ及び配管、除じん系のポンプ及び配管の基準地震動 Ss による地震力に対するバウンダリ機能保持 ⑥</p>	<p>VI-1-1-3-2-4 入力津波による津波防護対象設備への影響評価 3.4 重要な安全機能及び重大事故等に対処するために必要な機能を有する施設の隔離 (内郭防護) に係る評価 (P.46)</p> <p>(d) 浸水防護重点化範囲のうち取水槽海水ポンプエリアにおける溢水の影響 浸水防護重点化範囲のうち取水槽海水ポンプエリアにおける溢水の影響評価においては、地震に起因する取水槽海水ポンプエリアに敷設するタービン補機海水系の機器・配管の破損を想定すると、津波がタービン補機海水系の機器・配管に流れ込み、損傷箇所を介して、取水槽海水ポンプエリアに流入することが考えられる。⑥ このため、タービン補機海水系の機器・配管について基準地震動 Ss による地震力に対しバウンダリ機能を保持させる。⑥ これを踏まえると、取水槽海水ポンプエリアに津波の流入はない。</p>	<p>⑥除じん系ポンプ及び配管の移設に伴う除じん系の削除の削除</p>
<p>2.4.1 浸水防護重点化範囲の設定 (P.5 条-別添1-Ⅱ-2-54)</p>	<p>VI-1-1-3-2-4 入力津波による津波防護対象設備への影響評価 3.4 重要な安全機能及び重大事故等に対処するために必要な機能を有する施設の隔離 (内郭防護) に係る評価 (P.50)</p>	<p>⑦除じん系ポンプの移設に伴う除じん系ポンプの削除</p>

図 3-29(1) 浸水防護重点化範囲図 (平面図) (1/4)

第 2.4-2 図 (1) 浸水防護重点化範囲 (平面図)

表 5.6-2 除じん系ポンプ及び配管の移設に伴う変更箇所 (5/5)

設置変更許可時	変更後	変更概要
<p>2.4.2 浸水防護重点化範囲の境界における浸水対策 (3) 浸水防護重点化範囲の境界における浸水対策 (P.5 条一別添1ーIIー2ー75)</p>	<p>VI-1-1-3-2-4 入力津波による津波防護対象設備への影響評価 3.4 重要な安全機能及び重大事故等に対処するために必要な機能を有する施設の隔離 (内郭防護) に係る評価 (P.62)</p>	<p>⑧除じん系ポンプ及び配管の移設に伴う除じん系ポンプ及び配管の削除</p>
<p>第 2.4.9-3 図 浸水防護重点化範囲内に設置する海域と接続する低耐震クラスの機器及び配管への対策概要図 (取水槽廻り詳細図) (EL. +2.0m)</p>	<p>図 3-34 浸水防護重点化範囲内に設置する海域と接続する低耐震クラスの機器・配管への対策概要図 (取水槽廻り詳細図) (EL. 1.1m)</p>	

5.7 タービン補機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

5.7 タービン補機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

5.7.1 概要

本資料は、VI-1-1-3-2-1「耐津波設計の基本方針」で、タービン補機海水出口弁は、地震時に想定される溢水に対して機能を保持する設計とするため、タービン補機海水ポンプ出口弁の止水性能の健全性を確認するものである。

タービン補機海水ポンプ出口弁は、タービン補機海水ポンプ出口弁とタービン補機海水ポンプ第二出口弁で構成される。タービン補機海水ポンプ出口弁は取水槽海水ポンプエリアに設置しており、当該エリアの溢水源となるB及びCクラスの機器は基準地震動 S_s による地震力に対し耐震性を確保するため、ここでは、取水槽循環水ポンプエリアに設置するタービン補機海水ポンプ第二出口弁の溢水に対する健全性を確認する。

5.7.2 配置概要

評価対象となるタービン補機海水ポンプ第二出口弁の配置計画を図5.7-1に示す。

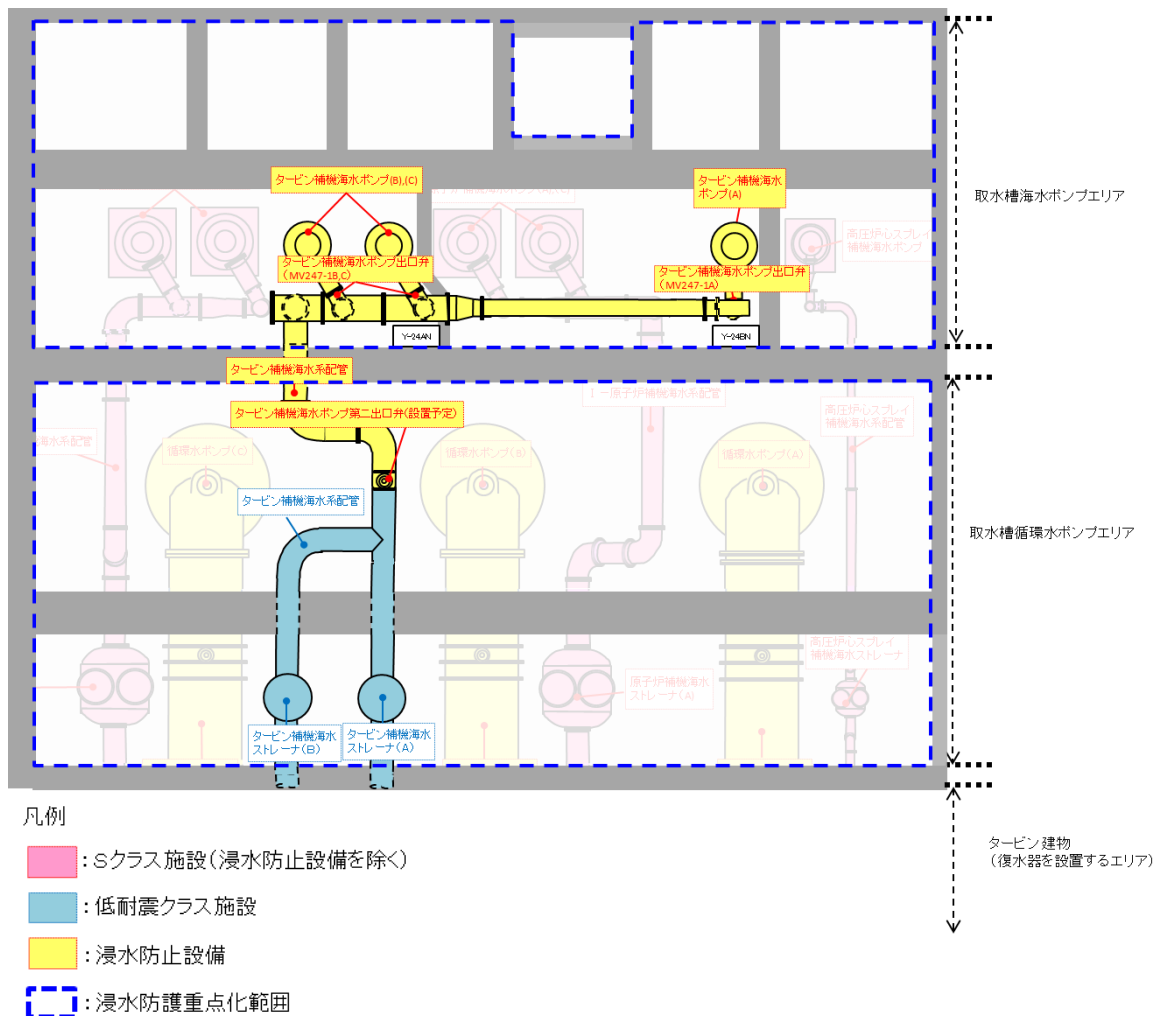


図5.7-1 配置計画 (EL 1.1m)

5.7.3 溢水評価

(1) 想定条件

地震起因による溢水によりタービン補機海水ポンプ第二出口弁を設置する取水槽循環水ポンプエリアは、天端高さEL 8.8mまで溢水が滞留することを想定する。

(2) 耐水性確認試験

タービン補機海水ポンプ第二出口弁は、耐水仕様としており、想定する溢水水位に対して、「JIS Z 2330 非破壊試験-漏れ試験方法の種類及びその選択」に基づいた駆動部の気密試験により耐水性の確認を行った。なお、電動弁のシール部は内側と外側でシール材の形状が変わらないことから電動弁の内側（機械室及び電気室）を加圧した。図5.7-2に気密試験概略図を示す。

【気密試験条件】

試験体加圧後 30 分間、圧力計に変化がないこと、発泡液をかけて漏えいが無いこと
試験圧力：0.15MPa（気圧），保持時間：30 分間

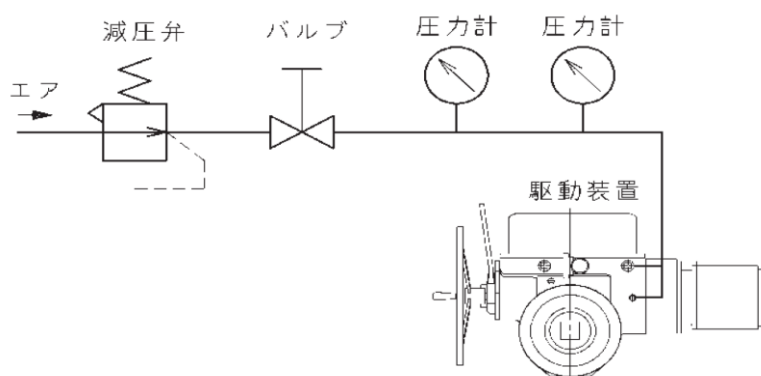


図 5.7-2 気密試験概略図

5.7.4 溢水評価結果

タービン補機海水ポンプ第二出口弁はEL 4.0mに位置する配管に設置する計画であり、取水槽循環水ポンプエリアの天端（EL 8.8m）との水位差は4.8mとなることから、気密試験における圧力0.15MPa（水圧15m相当）を上回ることなく、地震起因による溢水に対して機能を保持することができる。

なお、タービン補機海水ポンプ第二出口弁は取水槽床面（EL 1.1m）から約 2.9m 以上の高さに設置することになるが、取水槽循環水ポンプエリアの地震起因による溢水が弁に到達するまで約 4 分*かかることから、津波が到達する約 3 分以内に閉動作は完了する。

注記*：4 分 \div 264m²（滞留面積） \times 2.9m（弁の高さ） \div 184m³/分（地震起因による溢水流量）