

本資料のうち、枠囲みの内容は営業秘密又は防護上の観点から公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	補足-60-1 改 109
提出年月日	平成 30 年 9 月 5 日

東海第二発電所

工事計画に係る説明資料

(V-1-1-2-2 津波への配慮に関する説明書)

【収録内容】

- ・ 1.5 入力津波のパラメータスタディの考慮について
- ・ 4.2 漂流物による影響確認について
- ・ 4.3 漂流物荷重について
- ・ 5.7 自然現象を考慮する浸水防護施設の選定について
- ・ 6.1.3 止水機構に関する補足説明
- ・ 6.9.1 浸水防止蓋，水密ハッチ，水密扉，逆止弁及び貫通部止水処置の設計に関する補足説明

平成 30 年 9 月

日本原子力発電株式会社

改定履歴

改定	改定日 (提出年月日)	改定内容
改0	H30.2.5	<ul style="list-style-type: none"> ・新規制定 ・「6.1.3 止水機構に関する補足説明」を新規作成し、追加
改1	H30.2.7	<ul style="list-style-type: none"> ・「1.1 潮位観測記録の考え方について」及び「1.3 港湾内の局所的な海面の励起について」を新規作成し、追加
改2	H30.2.8	<ul style="list-style-type: none"> ・改0の「6.1.3 止水機構に関する補足説明」を改定
改3	H30.2.9	<ul style="list-style-type: none"> ・改1に、「1.6 SA用海水ピットの構造を踏まえた影響の有無の検討」を新規作成し、追加（「1.1 潮位観測記録の考え方について」及び「1.3 港湾内の局所的な海面の励起について」は、変更なし）
改4	H30.2.13	<ul style="list-style-type: none"> ・改3の内、「1.1 潮位観測記録の考え方について」及び「1.3 港湾内の局所的な海面の励起について」を改定（「1.6 SA用海水ピットの構造を踏まえた影響の有無の検討」は、変更なし）
改5	H30.2.13	<ul style="list-style-type: none"> ・「5.11 浸水防護施設の設計における評価対象断面の選定について」及び「5.17 強度計算における津波時及び重畳時の荷重作用状況について」を新規作成し、追加
改6	H30.2.15	<ul style="list-style-type: none"> ・「5.7 自然現象を考慮する浸水防護施設の選定について」及び「5.19 津波荷重の算出における高潮の考慮について」を新規作成し、追加
改7	H30.2.19	<ul style="list-style-type: none"> ・改6に、「5.1 地震と津波の組合せで考慮する荷重について」を新規作成し、追加（「5.7 自然現象を考慮する浸水防護施設の選定について」及び「5.19 津波荷重の算出における高潮の考慮について」は、変更なし）
改8	H30.2.19	<ul style="list-style-type: none"> ・「5.9 浸水防護施設の評価に係る地盤物性値及び地質構造について」及び「5.14 防潮堤止水ジョイント部材及び鋼製防護壁止水シールについて」を新規作成し、追加
改9	H30.2.22	<ul style="list-style-type: none"> ・改8の「5.9 浸水防護施設の評価に係る地盤物性値及び地質構造について」を改定（「5.14 防潮堤止水ジョイント部材及び鋼製防護壁止水シールについて」は、変更なし）
改10	H30.2.23	<ul style="list-style-type: none"> ・改2の「6.1.3 止水機構に関する補足説明」を改定
改11	H30.2.27	<ul style="list-style-type: none"> ・「4.1 設計に用いる遡上波の流速について」及び「5.4 津波波力の選定に用いた規格・基準類の適用性について」を新規作成し、追加
改12	H30.3.1	<ul style="list-style-type: none"> ・「1.2 遡上・浸水域の評価の考え方について」、「1.4 津波シミュレーションにおける解析モデルについて」、「4.2 漂流物による影響確認について」、「5.2 耐津波設計における現場確認プロセスについて」及び「5.6 浸水量評価について」を新規作成し、追加 ・改4の内、「1.6 SA用海水ピットの構造を踏まえた影響の有無の検討」を改定
改13	H30.3.6	<ul style="list-style-type: none"> ・改12の内、「1.6 SA用海水ピットの構造を踏まえた影響の有無の検討」を改定
改14	H30.3.6	<ul style="list-style-type: none"> ・改5の内、「5.11 浸水防護施設の設計における評価対象断面の選定について」を改定（「5.11 浸水防護施設の設計における評価対象断面の選定について」のうち、「5.11.5 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁」を新規作成） ・改9の内、「5.14 防潮堤止水ジョイント部材及び鋼製防護壁止水シールについて」を改定

改定	改定日 (提出年月日)	改定内容
改 15	H30. 3. 9	<ul style="list-style-type: none"> 資料番号を「補足-60」→「補足-60-1」に変更（改定番号は継続） 改 7 の内、「5. 7 自然現象を考慮する浸水防護施設の選定について」を改定 改 10 の「6. 1. 3 止水機構に関する補足説明」を改定
改 16	H30. 3. 12	<ul style="list-style-type: none"> 改 14 の内、「5. 14 防潮堤止水ジョイント部材及び鋼製防護壁止水シールについて」を改定
改 17	H30. 3. 22	<ul style="list-style-type: none"> 改 15 の内、「6. 1. 3 止水機構に関する補足説明」を改定
改 18	H30. 3. 30	<ul style="list-style-type: none"> 「1. 5 入力津波のパラメータスタディの考慮について」、「3. 1 砂移動による影響確認について」、「6. 5. 1 防潮扉の設計に関する補足説明」及び「放水路ゲートに関する補足説明」を新規作成し追加 改 17 の「6. 1. 3 止水機構に関する補足説明」を改定
改 19	H30. 4. 3	<ul style="list-style-type: none"> 改 18 の「6. 1. 3 止水機構に関する補足説明」を改定
改 20	H30. 4. 4	<ul style="list-style-type: none"> 改 11 の内「4. 1 設計に用いる遡上波の流速について」を改定 「5. 10 浸水防護施設の強度計算における津波荷重、余震荷重及び漂流物荷重の組合せについて」を新規作成し追加
改 21	H30. 4. 6	<ul style="list-style-type: none"> 改 11 の内「5. 4 津波波力の選定に用いた規格・基準類の適用性について」を改定 改 16 の内「5. 14 防潮堤止水ジョイント部材及び鋼製防護壁シール材について」を改定（「5. 14 防潮堤止水ジョイント部材及び鋼製防護壁シール材について」のうち「5. 14. 2 鋼製防護壁シール材について」を新規作成）
改 22	H30. 4. 6	<ul style="list-style-type: none"> 「6. 9. 2 逆止弁を構成する各部材の評価及び機能維持の確認方法について」を新規作成し追加
改 23	H30. 4. 10	<ul style="list-style-type: none"> 改 18 の「6. 5. 1 防潮扉の設計に関する補足説明」及び「6. 6. 1 放水路ゲートに関する補足説明」を改訂 改 21 の「6. 1. 3 止水機構に関する補足説明」を改定
改 24	H30. 4. 11	<ul style="list-style-type: none"> 改 5 の内、「5. 11 浸水防護施設の設計における評価対象断面の選定について」を改定（「5. 11 浸水防護施設の設計における評価対象断面の選定について」のうち、「5. 11. 4 防潮堤（鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）」を改定） 改 14 の内、「5. 11 浸水防護施設の設計における評価対象断面の選定について」を改定（「5. 11 浸水防護施設の設計における評価対象断面の選定について」のうち、「5. 11. 5 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁」を改定） 改 20 の内、「4. 1 設計に用いる遡上波の流速について」を改定 「5. 15 東海発電所の取放水路の埋戻の施工管理要領について」を新規作成し追加 「6. 2. 1 鉄筋コンクリート防潮壁の設計に関する補足説明」を新規作成し追加 「6. 3. 1 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の設計に関する補足説明」を新規作成し追加 「6. 4. 1 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の設計に関する補足説明」を新規作成し追加 「6. 8. 1 貯留堰の設計に関する補足説明」を新規作成し追加
改 25	H30. 4. 12	<ul style="list-style-type: none"> 改 23 の「6. 1. 3 止水機構に関する補足説明」を改定
改 26	H30. 4. 13	<ul style="list-style-type: none"> 改 12 の内、「4. 2 漂流物による影響確認について」及び「5. 6 浸水量評価について」を改定
改 27	H30. 4. 18	<ul style="list-style-type: none"> 改 25 の「6. 1. 3 止水機構に関する補足説明」を改定

改定	改定日 (提出年月日)	改定内容
改 28	H30. 4. 19	<ul style="list-style-type: none"> ・改 5 の内, 「5. 11 浸水防護施設の設計における評価対象断面の選定について」を改定(「5. 11. 7 防潮扉」を改定) ・改 24 の内, 「4. 1 設計に用いる遡上波の流速について」を改定 ・改 21 の内, 「5. 4 津波波力の選定に用いた規格・基準類の適用性について」 ・「5. 13 スロッシングによる貯留堰貯水量に対する影響評価について」を新規作成し, 追加 ・「5. 18 津波に対する止水性能を有する施設の評価について」を新規作成し, 追加 ・「6. 5. 1 防潮扉の設計に関する補足説明」(土木)を新規作成し, 追加 ・「6. 8. 2 貯留堰取付護岸に関する補足説明」を新規作成し, 追加
改 29	H30. 4. 19	<ul style="list-style-type: none"> ・改 18 の内, 「1. 5 入力津波のパラメータスタディの考慮について」を改定
改 30	H30. 4. 27	<ul style="list-style-type: none"> ・H30. 4. 23 時点での最新版一式として, 改 29 (H30. 4. 19) までの最新版をとりまとめ, 一式版を作成
改 31	H30. 4. 26	<ul style="list-style-type: none"> ・改 28 の内, 「4. 1 設計に用いる遡上波の流速について」を改定 ・改 28 の内, 「5. 4 津波波力の選定に用いた規格・基準類の適用性について」 ・改 5 の内, 「5. 11 浸水防護施設の設計における評価対象断面の選定について」を改定(「5. 11. 2 防潮堤(鋼製防護壁)」, 「5. 11. 3 防潮堤(鉄筋コンクリート防潮壁)」を改定) ・「6. 12 止水ジョイント部の相対変位量に関する補足説明」を新規作成し, 追加 ・「6. 13 止水ジョイント部の漂流物対策に関する補足説明」を新規作成し, 追加
改 32	H30. 5. 1	<ul style="list-style-type: none"> ・改 31 の内, 「4. 1 設計に用いる遡上波の流速について」を改定 ・「5. 9 浸水防護施設の評価に係る地盤物性値及び地質構造について」を削除し, 5. 9 以降の番号を繰り上げ ・改 5 の内, 「5. 10 浸水防護施設の設計における評価対象断面の選定について」を改定(「5. 10. 8 構内排水路逆流防止設備」を改定) ・改 21 の内, 「5. 13 防潮堤止水ジョイント部材及び鋼製防護壁シール材について」を改定(「5. 13. 2 鋼製防護壁シール材について」を改定) ・「6. 1. 1. 1 鋼製防護壁の耐震計算書に関する補足説明」を新規作成し, 追加 ・「6. 7. 1. 1 構内排水路逆流防止設備の耐震計算書に関する補足説明」を新規作成し, 追加
改 33	H30. 5. 7	<ul style="list-style-type: none"> ・改 5 の内, 「5. 16 強度計算における津波時及び重畳時の荷重作用状況について」を改定 ・「6. 2. 1. 2 鉄筋コンクリート防潮壁の強度計算書に関する補足説明資料」を新規作成し, 追加 ・「6. 3. 1. 2 鉄筋コンクリート防潮壁(放水路エリア)の強度計算書に関する補足説明」を新規作成し, 追加 ・「6. 4. 1. 2 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の強度計算書に関する補足説明」を新規作成し, 追加 ・「6. 8. 1. 2 貯留堰の強度計算書に関する補足説明」を新規作成し, 追加

改定	改定日 (提出年月日)	改定内容
改 34	H30. 5. 7	<ul style="list-style-type: none"> ・改 27 の「6. 1. 3 止水機構に関する補足説明」を改定 ・「6. 7. 1 構内排水路逆流防止設備の設計に関する補足説明」を新規作成し、追加
改 35	H30. 5. 14	<ul style="list-style-type: none"> ・改 34 の「6. 1. 3 止水機構に関する補足説明」を改定 止水機構の実証試験の記載等について適正化
改 36	H30. 5. 17	<ul style="list-style-type: none"> ・「5. 19 許容応力度法における許容限界について」を新規追加 ・「6. 1. 1. 2 鋼製防護壁の強度計算書に関する補足説明」を新規作成し、追加 ・「6. 5. 1. 2 防潮扉の強度計算書に関する補足説明」を新規作成し、追加
改 37	H30. 5. 17	<ul style="list-style-type: none"> ・改 4 の内、「1. 1 潮位観測記録の考え方について」及び「1. 3 港湾内の局所的な海面の励起について」を改定 ・改 18 の内、「3. 1 砂移動による影響確認について」を改定 ・「6. 9. 1 浸水防止蓋, 水密ハッチ, 水密扉, 逆止弁及び貫通部止水処置の設計に関する補足説明」に名称を変更
改 38	H30. 5. 18	<ul style="list-style-type: none"> ・改 24 の内、「5. 10 浸水防護施設の設計における評価対象断面の選定について」を改定（「5. 10. 5 防潮堤（鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁）」を改定） ・改 31 の内、「5. 10 浸水防護施設の設計における評価対象断面の選定について」を改定（「5. 10. 3 防潮堤（鉄筋コンクリート防潮壁）」を改定） ・改 31 の内、「6. 12 止水ジョイント部の相対変位量に関する補足説明」を改定
改 39	H30. 5. 22	<ul style="list-style-type: none"> ・改 35 の「6. 1. 3 止水機構に関する補足説明」を改定 止水機構の解析結果及び実証試験結果について記載を追記。 ・改 34 「6. 7. 1 構内排水路逆流防止設備の設計に関する補足説明」を改訂
改 40	H30. 5. 25	<ul style="list-style-type: none"> ・「6. 9. 1 浸水防止蓋, 水密ハッチ, 水密扉, 逆止弁及び貫通部止水処置の設計に関する補足説明」を新規作成し、追加 ・改 22 の「6. 9. 2 逆止弁を構成する各部材の評価及び機能維持の確認方法について」を改定
改 41	H30. 5. 29	<ul style="list-style-type: none"> ・改 40 の「6. 9. 1 浸水防止蓋, 水密ハッチ, 水密扉, 逆止弁及び貫通部止水処置の設計に関する補足説明」を改定
改 42	H30. 5. 31	<ul style="list-style-type: none"> ・改 5 の内、「5. 10 浸水防護施設の設計における評価対象断面の選定について」を改定（「5. 10. 6 貯留堰及び貯留堰取付護岸」を改定） ・改 24 の内、「6. 4. 1. 1 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の耐震計算書に関する補足説明」を改定 ・改 24 の内、「6. 8. 1. 1 貯留堰の耐震計算書に関する補足説明」を改定 ・改 28 の内、「5. 12 スロッシングによる貯留堰貯水量に対する影響評価について」を改定
改 43	H30. 6. 1	<ul style="list-style-type: none"> ・改 41 の「6. 9. 1 浸水防止蓋, 水密ハッチ, 水密扉, 逆止弁及び貫通部止水処置の設計に関する補足説明」を改定

改定	改定日 (提出年月日)	改定内容
改 44	H30.6.5	<ul style="list-style-type: none"> ・改 24 の「6.2.1.1 鉄筋コンクリート防潮壁の耐震計算書に関する補足説明資料」を改定 ・改 28 の「5.10 浸水防護施設の設計における評価対象断面の選定について」を改定（「5.10.7 防潮扉」を改定） ・改 32 の「5.10 浸水防護施設の設計における評価対象断面の選定について」を改定（「5.10.8 構内排水路逆流防止設備」を改定）
改 45	H30.6.5	<ul style="list-style-type: none"> ・改 43 の「6.9.1 浸水防止蓋，水密ハッチ，水密扉，逆止弁及び貫通部止水処置の設計に関する補足説明」を改定
改 46	H30.6.6	<ul style="list-style-type: none"> ・改 39 の「6.1.3 止水機構に関する補足説明」を改定 <p>審査会合時(H30.5.31)の記載に改訂及び実証試験後の評価方法を記載。</p>
改 47	H30.6.8	<ul style="list-style-type: none"> ・改 24 の「5.14 東海発電所の取放水路の埋戻の施工管理要領について」を改定 ・改 32 の「5.13.2 鋼製防護壁シール材について」を改定 ・改 33 の「5.16 強度計算における津波時及び重畳時の荷重作用状況について」を改定
改 48	H30.6.11	<ul style="list-style-type: none"> ・「4.3 漂流物荷重について」を新規作成し，追加 ・改 36 の「5.19 許容応力度法における許容限界について」を改定
改 49	H30.6.12	<ul style="list-style-type: none"> ・改 45 の「6.9.1 浸水防止蓋，水密ハッチ，水密扉，逆止弁及び貫通部止水処置の設計に関する補足説明」を改定
改 50	H30.6.12	<ul style="list-style-type: none"> ・改 46 の「6.1.3 止水機構に関する補足説明」を改定 ・改 18 の「6.5.1 防潮扉の設計に関する補足説明」及び「放水路ゲートに関する補足説明」を改定
改 51	H30.6.15	<ul style="list-style-type: none"> ・改 42 の「6.4.1.1 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の耐震計算書に関する補足説明」を改定 ・改 48 の「5.19 許容応力度法における許容限界について」を改定
改 52	H30.6.19	<ul style="list-style-type: none"> ・改 49 の「6.9.1 浸水防止蓋，水密ハッチ，水密扉，逆止弁及び貫通部止水処置の設計に関する補足説明」を改定 ・「6.10.1 津波・構内監視カメラの設計に関する補足説明」に名称を変更 ・「6.10.1 津波・構内監視カメラの設計に関する補足説明」，「6.10.3 加振試験の条件について」及び「6.10.4 津波監視設備の設備構成及び電源構成について」を新規作成し，追加
改 53	H30.6.19	<ul style="list-style-type: none"> ・改 50 の「6.1.3 止水機構に関する補足説明」を改定
改 54	H30.6.20	<ul style="list-style-type: none"> ・「5.8 浸水防護に関する施設の機能設計・構造設計に係る許容限界について」を新規作成し，追加
改 55	H30.6.20	<ul style="list-style-type: none"> ・改 38 の「5.10 浸水防護施設の設計における評価対象断面の選定について」を改定（「5.10.5 防潮堤（鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁）」を改定） ・改 44 の「5.10 浸水防護施設の設計における評価対象断面の選定について」を改定（「5.10.7 防潮扉」を改定） ・改 51 の「5.19 許容応力度法における許容限界について」を改定

改定	改定日 (提出年月日)	改定内容
改 56	H30. 6. 21	<ul style="list-style-type: none"> ・改 42 の「5. 12 スロッシングによる貯留堰貯水量に対する影響評価について」を改定 ・改 42 の「6. 8. 1. 1 貯留堰の耐震計算書に関する補足説明」を改定
改 57	H30. 6. 25	<ul style="list-style-type: none"> ・改 55 の「5. 19 許容応力度法における許容限界について」を改定 ・改 56 の「5. 12 スロッシングによる貯留堰貯水量に対する影響評価について」を改定 ・「6. 1. 2 鋼製防護壁アンカーに関する補足説明」を新規作成し、追加
改 58	H30. 6. 26	<ul style="list-style-type: none"> ・改 52 の「6. 9. 1 浸水防止蓋, 水密ハッチ, 水密扉, 逆止弁及び貫通部止水処置の設計に関する補足説明」, 「6. 10. 3 加振試験の条件について」及び「6. 10. 4 津波監視設備の設備構成及び電源構成について」を改定 ・「6. 10. 2 取水ピット水位計及び潮位計の設計に関する補足説明」を新規作成し、追加
改 59	H30. 6. 26	<ul style="list-style-type: none"> ・改 53 の「6. 1. 3 止水機構に関する補足説明」を改定
改 60	H30. 6. 27	<ul style="list-style-type: none"> ・「5. 11 浸水防護施設の評価における衝突荷重, 風荷重及び積雪荷重について」及び「5. 15 地殻変動後の基準津波襲来時における海水ポンプの取水性への影響について」を新規作成し、追加 ・改 58 の「6. 10. 4 津波監視設備の設備構成及び電源構成について」を登載 (変更なし)
改 61	H30. 6. 28	<ul style="list-style-type: none"> ・改 57 の「6. 1. 2 鋼製防護壁アンカーに関する補足説明」を改定 ・「6. 11 耐震計算における材料物性値のばらつきの影響に関する補足説明」を新規作成し、追加 ・「6. 14 杭-地盤相互作用バネの設定について」を新規作成し、追加
改 62	H30. 6. 28	<ul style="list-style-type: none"> ・改 59 の「6. 1. 3 止水機構に関する補足説明」を改定 (抜粋版)
改 63	H30. 6. 29	<ul style="list-style-type: none"> ・改 28 の「6. 8. 2 貯留堰取付護岸に関する補足説明」を改定 ・改 33 の「6. 4. 1. 2 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の強度計算書に関する補足説明」を改定 ・改 56 の「6. 8. 1. 1 貯留堰の耐震計算書に関する補足説明」を改定
改 64	H30. 6. 29	<ul style="list-style-type: none"> ・改 58 の「6. 10. 2 取水ピット水位計及び潮位計の設計に関する補足説明」を改定 ・「5. 15 地殻変動後の津波襲来時における海水ポンプの取水性への影響について」に名称を変更
改 65	H30. 7. 3	<ul style="list-style-type: none"> ・改 58 の内, 「6. 9. 1 浸水防止蓋, 水密ハッチ, 水密扉, 逆止弁及び貫通部止水処置の設計に関する補足説明」を改定
改 66	H30. 7. 4	<ul style="list-style-type: none"> ・改 28 の内, 「6. 5. 1. 1 防潮扉の耐震計算書に関する補足説明」を改定
改 67	H30. 7. 4	<ul style="list-style-type: none"> ・「5. 5 津波防護施設のアンカーボルトの設計について」を新規作成し、追加 ・改 60 の「5. 11 浸水防護施設の評価における衝突荷重, 風荷重及び積雪荷重について」, 「5. 15 地殻変動後の基準津波襲来時における海水ポンプの取水性への影響について」及び「6. 10. 4 津波監視設備の設備構成及び電源構成について」を改定

改定	改定日 (提出年月日)	改定内容
改 68	H30. 7. 5	・改 56 の「5. 12 スロッシングによる貯留堰貯水量に対する影響評価について」を改定
改 69	H30. 7. 6	<ul style="list-style-type: none"> ・改 24 の「6. 3. 1. 1 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の耐震計算書に関する補足説明」を改定 ・改 32 の「6. 7. 1. 1 構内排水路逆流防止設備の耐震計算書に関する補足説明」を改定 ・改 32 の「6. 1. 1. 1 鋼製防護壁の耐震計算書に関する補足説明」を改定 ・改 33 の「6. 8. 1. 2 貯留堰の強度計算書に関する補足説明」を改定 ・改 33 の「6. 3. 1. 2 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の強度計算書に関する補足説明」を改定 ・改 36 の「6. 5. 1. 2 防潮扉の強度計算書に関する補足説明」を改定 ・改 44 の「6. 2. 1. 1 鉄筋コンクリート防潮壁の耐震計算書に関する補足説明資料」を改定 ・「6. 7. 1. 2 構内排水路逆流防止設備の強度計算書に関する補足説明」を新規作成し、追加
改 70	H30. 7. 6	<ul style="list-style-type: none"> ・改 33 の「6. 2. 1. 2 鉄筋コンクリート防潮壁の強度計算書に関する補足説明資料」を改定 ・改 36 の「6. 1. 1. 2 鋼製防護壁の強度計算書に関する補足説明」を改定
改 71	H30. 7. 11	・改 62 の「6. 1. 3 止水機構に関する補足説明」を改定（抜粋版）
改 72	H30. 7. 11	<ul style="list-style-type: none"> ・改 65 の「6. 9. 1 浸水防止蓋，水密ハッチ，水密扉，逆止弁及び貫通部止水処置の設計に関する補足説明」を改定 ・改 52 の「6. 10. 1 津波・構内監視カメラの設計に関する補足説明」を改定
改 73	H30. 7. 11	<ul style="list-style-type: none"> ・「3. 2 海水ポンプの波力に対する強度評価について」を新規作成し、追加 ・改 67 の内、「5. 15 地殻変動後の基準津波襲来時における海水ポンプの取水性への影響について」を改定
改 74	H30. 7. 12	・改 71 の「6. 1. 3 止水機構に関する補足説明」を改定（抜粋版）
改 75	H30. 7. 17	<ul style="list-style-type: none"> ・改 72 の「6. 9. 1 浸水防止蓋，水密ハッチ，水密扉，逆止弁及び貫通部止水処置の設計に関する補足説明」を改定 ・「5. 3 強度計算に用いた規格・基準について」及び「6. 9. 3 津波荷重（突き上げ）の強度評価における鉛直方向荷重の考え方について」を新規作成し、追加 ・改 64 の「6. 10. 2 取水ピット水位計及び潮位計の設計に関する補足説明」を改定 ・改 58 の「6. 10. 3 加振試験の条件について」を改定
改 76	H30. 7. 18	<ul style="list-style-type: none"> ・改 67 の「6. 10. 4 津波監視設備の設備構成及び電源構成について」を改定 ・「2. 1 津波防護対象設備の選定及び配置について」を新規作成し、追加
改 77	H30. 7. 19	・改 61 の「6. 1. 2 鋼製防護壁アンカーに関する補足説明」を改定
改 78	H30. 7. 23	・改 77 の「6. 1. 2 鋼製防護壁アンカーに関する補足説明」を改定

改定	改定日 (提出年月日)	改定内容
改 79	H30. 7. 24	・改 75 の「5. 3 強度計算に用いた規格・基準について」, 「6. 9. 1 浸水防止蓋, 水密ハッチ, 水密扉, 逆止弁及び貫通部止水処置の設計に関する補足説明」, 「6. 9. 3 津波荷重 (突き上げ) の強度評価における鉛直方向荷重の考え方について」及び「6. 10. 2 取水ピット水位計及び潮位計の設計に関する補足説明」を改定
改 80	H30. 7. 25	・「3. 3 除塵装置の取水性の影響について」及び「6. 2. 2 フラップゲートに関する補足説明」を新規作成し, 追加
改 81	H30. 7. 27	・改 48 のうち, 「4. 3 漂流物荷重について」を改定
改 82	H30. 7. 27	・改 44 のうち, 「5. 10. 8 構内排水路逆流防止設備」を改定
改 83	H30. 7. 31	・「7. 1 工事計画変更許可後の変更手続き」を新規作成し, 追加 ・改 50 のうち, 「放水路ゲートに関する補足説明」を改定
改 84	H30. 8. 1	・改 37 のうち, 「3. 1 砂移動による影響確認について」を改定
改 85	H30. 8. 1	・改 37 のうち, 「6. 9. 1 浸水防止蓋, 水密ハッチ, 水密扉, 逆止弁及び貫通部止水処置の設計に関する補足説明」を改定
改 86	H30. 8. 2	・改 26 の「4. 2 漂流物による影響確認について」及び「5. 6 浸水量評価について」を改定
改 87	H30. 8. 3	・改 15 のうち, 「5. 7 自然現象を考慮する浸水防護施設の選定について」を改定
改 88	H30. 8. 6	・改 51 のうち, 「6. 4. 1. 1 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の耐震計算書に関する補足説明」を改定 ・改 63 のうち, 「6. 4. 1. 2 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の強度計算書に関する補足説明」を改定
改 89	H30. 8. 7	・改 29 の「1. 5 入力津波のパラメータスタディの考慮について」を改定 ・「6. 1. 3 止水機構に関する補足説明」に評価内容を新規作成し追記 (新規分のみ抜粋) ・改 76 の「6. 10. 4 津波監視設備の設備構成及び電源構成について」を改定
改 90	H30. 8. 8	・改 12 の「5. 2 耐津波設計における現場確認プロセスについて」を改定
改 91	H30. 8. 13	・「5. 20 津波防護施設の耐震評価における追加検討ケースの選定について」を新規作成し, 追加 ・改 63 の「6. 8. 1. 1 貯留堰の耐震計算書に関する補足説明」及び「6. 8. 2 貯留堰取付護岸に関する補足説明」を改定 ・改 69 の「6. 8. 1. 2 貯留堰の強度計算書に関する補足説明」を改定
改 92	H30. 8. 16	・改 69 の「6. 3. 1. 1 鉄筋コンクリート防潮壁 (放水路エリア) の耐震計算書に関する補足説明」及び「6. 3. 1. 2 鉄筋コンクリート防潮壁 (放水路エリア) の強度計算書に関する補足説明」を改定
改 93	H30. 8. 17	・改 66 の「6. 5. 1. 1 防潮扉の耐震計算書に関する補足説明 (土木)」を改定 ・改 69 の「6. 5. 1. 2 防潮扉の強度計算書に関する補足説明 (土木)」を改定

改定	改定日 (提出年月日)	改定内容
改 94	H30. 8. 17	<ul style="list-style-type: none"> ・改 90 の「5. 2 耐津波設計における現場確認プロセスについて」を改定 ・改 86 のうち、「5. 6 浸水量評価について」を改定 ・改 87 の「5. 7 自然現象を考慮する浸水防護施設の選定について」を改定
改 95	H30. 8. 20	<ul style="list-style-type: none"> ・改 69 の「6. 7. 1. 1 構内排水路逆流防止設備の耐震計算書に関する補足説明」及び「6. 7. 1. 2 構内排水路逆流防止設備の強度計算書に関する補足説明」を改定
改 96	H30. 8. 20	<ul style="list-style-type: none"> ・改 55 の「5. 19 許容応力度法における許容限界について」を改定
改 97	H30. 8. 21	<ul style="list-style-type: none"> ・改 81 の「4. 3 漂流物荷重について」を改定
改 98	H30. 8. 22	<ul style="list-style-type: none"> ・改 12 の「1. 2 遡上・浸水域の評価の考え方について」を改定 ・改 89 の「1. 5 入力津波のパラメータスタディの考慮について」を改定 ・改 84 の「3. 1 砂移動による影響確認について」を改定 ・改 86 の「4. 2 漂流物による影響確認について」を改定 ・改 94 の「5. 6 漏水量評価について」を改定
改 99	H30. 8. 22	<ul style="list-style-type: none"> ・改 89 の「6. 1. 3 止水機構に関する補足説明」の改訂及び止水板設置時における隙間の解析結果、評価の報告（新規） ・改 50 の「6. 5. 1 防潮扉の設計に関する補足説明」の改訂 ・改 50, 83 の「6. 6. 1 放水路ゲートの設計に関する補足説明」の改訂 ・改 85 の「6. 9. 1 浸水防止蓋、水密ハッチ、水密扉、逆止弁及び貫通部止水処置の設計に関する補足説明」を改定
改 100	H30. 8. 22	<ul style="list-style-type: none"> ・改 69 のうち、「6. 1. 1. 1 鋼製防護壁の耐震計算書に関する補足説明」、「6. 2. 1. 1 鉄筋コンクリート防潮壁の耐震計算書に関する補足説明資料」及び「6. 2. 1. 2 鉄筋コンクリート防潮壁の強度計算書に関する補足説明資料」を改定
改 101	H30. 8. 22	<ul style="list-style-type: none"> ・改 69 のうち、「6. 1. 1. 2 鋼製防護壁の強度計算書に関する補足説明」を改定

改定	改定日 (提出年月日)	改定内容
改 102	H30. 8. 24	<ul style="list-style-type: none"> ・改 98 のうち、「1.2 遡上・浸水域の評価の考え方について」、「1.5 入力津波のパラメータスタディの考慮について」、「5.6 漏水量評価について」を改定 ・改 94 のうち、「5.7 自然現象を考慮する浸水防護施設の選定について」を改定 ・改 76 のうち、「2.1 津波防護対象設備の選定及び配置について」を改定
改 103	H30. 8. 27	<ul style="list-style-type: none"> ・改 82 のうち、「5.10.8 構内排水路逆流防止設備」を改定 ・改 91 のうち、「5.20 津波防護施設の耐震評価における追加検討ケースの選定について」を改定
改 104	H30. 8. 28	<ul style="list-style-type: none"> ・改 102 のうち「2.1 津波防護対象設備の選定及び配置について」の改訂 ・改 99 のうち「6.5.1 防潮扉の設計に関する補足説明」の追記 ・改 99 のうち「6.6.1 放水路ゲートの設計に関する補足説明」の追記
改 105	H30. 8. 29	<ul style="list-style-type: none"> ・改 7 のうち、「5.18 津波荷重の算出における高潮の考慮について」を改定 ・改 94 のうち、「5.2 耐津波設計における現場確認プロセスについて」を改定 ・改 102 のうち、「1.2 遡上・浸水域の評価の考え方について」、「5.6 浸水量評価について」及び「5.7 自然現象を考慮する浸水防護施設の選定について」を改定 ・改 104 のうち、「2.1 津波防護対象設備の選定及び配置について」を改定 ・改 96 の「5.19 許容応力度法における許容限界について」を登載(変更なし)
改 106	H30. 8. 30	<ul style="list-style-type: none"> ・改 101 のうち、「6.1.1.2 鋼製防護壁の強度計算書に関する補足説明」を改定
改 107	H30. 9. 3	<ul style="list-style-type: none"> ・改 103 のうち、「5.20 津波防護施設の耐震評価における追加検討ケースの選定について」を改定
改 108	H30. 9. 4	<ul style="list-style-type: none"> ・改 105 「5.6 浸水量評価について」の改定(コメント回答) ・改 7 「5.18 津波荷重の算出における高潮の考慮」の改訂 ・改 104 「6.5.1 防潮扉の設計に関する補足説明」の改訂 ・改 104 「6.6.1 放水路ゲートの設計に関する補足説明」の改定

改定	改定日 (提出年月日)	改定内容
改 109	H30.9.5	<ul style="list-style-type: none"> ・改 102 の「1.5 入力津波のパラメータスタディの考慮について」を改定 ・改 98 の「4.2 漂流物による影響確認について」を改定 ・改 87 の「4.3 漂流物荷重について」を改定 ・改 105 の「5.7 自然現象を考慮する浸水防護施設の選定について」を改定 ・改 99 の「6.1.3 止水機構に関する補足説明」及び「6.9.1 浸水防止蓋, 水密ハッチ, 水密扉, 逆止弁及び貫通部止水処置の設計に関する補足説明」を改定

下線は、今回提出資料を示す。

目 次

[]内は、当該箇所を提出
(最新)したときの改訂を示
す。

1. 入力津波の評価
 - 1.1 潮位観測記録の考え方について[改 37 H30. 5. 17]
 - 1.2 遡上・浸水域の評価の考え方について[改 105 H30. 8. 29]
 - 1.3 港湾内の局所的な海面の励起について[改 37 H30. 5. 17]
 - 1.4 津波シミュレーションにおける解析モデルについて[改 12 H30. 3. 1]
 - 1.5 入力津波のパラメータスタディの考慮について[改 109 H30. 9. 5]
 - 1.6 SA用海水ピットの構造を踏まえた影響の有無の検討[改 13 H30. 3. 6]
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について[改 105 H30. 8. 29]
3. 取水性に関する考慮事項
 - 3.1 砂移動による影響確認について[改 84 H30. 8. 1]
 - 3.2 海水ポンプの波力に対する強度評価について[改 73 H30. 7. 11]
 - 3.3 除塵装置の取水性の影響について[改 80 H30. 7. 25]
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について[改 32 H30. 5. 1]
 - 4.2 漂流物による影響確認について[改 109 H30. 9. 5]
 - 4.3 漂流物荷重について[改 109 H30. 9. 5]
5. 設計における考慮事項
 - 5.1 地震と津波の組合せで考慮する荷重について[改 7 H30. 2. 19]
 - 5.2 耐津波設計における現場確認プロセスについて[改 105 H30. 8. 29]
 - 5.3 強度計算に用いた規格・基準について[改 79 H30. 7. 24]
 - 5.4 津波波力の選定に用いた規格・基準類の適用性について[改 31 H30. 4. 26]
 - 5.5 津波防護施設のアンカーボルトの設計について[改 67 H30. 7. 4]
 - 5.6 浸水量評価について[改 108 H30. 9. 4]
 - 5.7 自然現象を考慮する浸水防護施設の選定について[改 109 H30. 9. 5]
 - 5.8 浸水防護に関する施設の機能設計・構造設計に係る許容限界について[改 54 H30. 6. 20]
 - 5.9 浸水防護施設の強度計算における津波荷重、余震荷重及び漂流物荷重の組合せについて[改 20 H30. 4. 4]
 - 5.10 浸水防護施設の設計における評価対象断面の選定について
 - 5.10.1 概要[改 5 H30. 2. 13]
 - 5.10.2 防潮堤（鋼製防護壁）[改 31 H30. 4. 26]
 - 5.10.3 防潮堤（鉄筋コンクリート防潮壁）[改 38 H30. 5. 18]
 - 5.10.4 防潮堤（鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア））[改 24 H30. 4. 11]
 - 5.10.5 防潮堤（鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁）[改 55 H30. 6. 20]
 - 5.10.6 貯留堰及び貯留堰取付護岸[改 42 H30. 5. 31]
 - 5.10.7 防潮扉[改 55 H30. 6. 20]
 - 5.10.8 構内排水路逆流防止設備[改 103 H30. 8. 27]

- 5.11 浸水防護施設の評価における衝突荷重，風荷重及び積雪荷重について[改 67 H30.7.4]
- 5.12 スロッシングによる貯留堰貯水量に対する影響評価について[改 68 H30.7.5]
- 5.13 防潮堤止水ジョイント部材及び鋼製防護壁シール材について
 - 5.13.1 防潮堤止水ジョイント部材について[改 16 H30.3.19]
 - 5.13.2 鋼製防護壁シール材について[改 47 H30.6.8]
- 5.14 東海発電所の取放水路の埋戻の施工管理要領について[改 47 H30.6.8]
- 5.15 地殻変動後の津波襲来時における海水ポンプの取水性への影響について[改 67 H30.7.4]
- 5.16 強度計算における津波時及び重畳時の荷重作用状況について[改 47 H30.6.8]
- 5.17 津波に対する止水性能を有する施設の評価について[改 28 H30.4.19]
- 5.18 津波荷重の算出における高潮の考慮について[改 108 H30.9.4]
- 5.19 許容応力度法における許容限界について[改 96 H30.8.20]
- 5.20 津波防護施設の耐震評価における追加検討ケースの選定について[改 107 H30.9.3]
- 6. 浸水防護施設に関する補足資料
 - 6.1 鋼製防護壁に関する補足説明
 - 6.1.1 鋼製防護壁の設計に関する補足説明
 - 6.1.1.1 鋼製防護壁の耐震計算書に関する補足説明[改 100 H30.8.22]
 - 6.1.1.2 鋼製防護壁の強度計算書に関する補足説明[改 106 H30.8.30]
 - 6.1.2 鋼製防護壁アンカーに関する補足説明[改 78 H30.7.23]
 - 6.1.3 止水機構に関する補足説明[改 109 H30.9.5]
 - 6.2 鉄筋コンクリート防潮壁に関する補足説明
 - 6.2.1 鉄筋コンクリート防潮壁の設計に関する補足説明
 - 6.2.1.1 鉄筋コンクリート防潮壁の耐震計算書に関する補足説明資料[改 100 H30.8.22]
 - 6.2.1.2 鉄筋コンクリート防潮壁の強度計算書に関する補足説明資料[改 100 H30.8.22]
 - 6.2.2 フラップゲートに関する補足説明[改 80 H30.7.25]
 - 6.3 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）に関する補足説明
 - 6.3.1 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の設計に関する補足説明
 - 6.3.1.1 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の耐震計算書に関する補足説明[改 92 H30.8.16]
 - 6.3.1.2 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の強度計算書に関する補足説明[改 92 H30.8.16]
 - 6.4 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁に関する補足説明
 - 6.4.1 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の設計に関する補足説明
 - 6.4.1.1 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の耐震計算書に関する補足説明[改 88 H30.8.6]
 - 6.4.1.2 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の強度計算書に関する補足説明[改 88 H30.8.6]
 - 6.5 防潮扉に関する補足説明
 - 6.5.1 防潮扉の設計に関する補足説明[改 108 H30.9.4]
 - 6.5.1.1 防潮扉の耐震計算書に関する補足説明[改 66 H30.8.17]（土木）
 - 6.5.1.2 防潮扉の強度計算書に関する補足説明[改 69 H30.8.17]（土木）
 - 6.6 放水路ゲートに関する補足説明

[]内は，当該箇所を提出（最新）したときの改訂を示す。

- 6.6.1 放水路ゲートの設計に関する補足説明[改 108 H30.9.4]
 - 6.7 構内排水路逆流防止設備に関する補足説明
 - 6.7.1 構内排水路逆流防止設備の設計に関する補足説明[改 39 H30.5.22]
 - 6.7.1.1 構内排水路逆流防止設備の耐震計算書に関する補足説明[改 95 H30.8.20]
 - 6.7.1.2 構内排水路逆流防止設備の強度計算書に関する補足説明[改 95 H30.8.20]
 - 6.8 貯留堰に関する補足説明
 - 6.8.1 貯留堰の設計に関する補足説明
 - 6.8.1.1 貯留堰の耐震計算書に関する補足説明[改 91 H30.8.13]
 - 6.8.1.2 貯留堰の強度計算書に関する補足説明[改 91 H30.8.13]
 - 6.8.2 貯留堰取付護岸に関する補足説明[改 91 H30.8.10]
 - 6.9 浸水防護設備に関する補足説明
 - 6.9.1 浸水防止蓋, 水密ハッチ, 水密扉, 逆止弁及び貫通部止水処置の設計に関する補足説明[改 109 H30.9.5]
 - 6.9.2 逆止弁を構成する各部材の評価及び機能維持の確認方法について[改 40 H30.5.25]
 - 6.9.3 津波荷重(突き上げ)の強度評価における鉛直方向荷重の考え方について[改79 H30.7.24]
 - 6.10 津波監視設備に関する補足説明
 - 6.10.1 津波・構内監視カメラの設計に関する補足説明[改 72 H30.7.11]
 - 6.10.2 取水ピット水位計及び潮位計の設計に関する補足説明[改 79 H30.7.24]
 - 6.10.3 加振試験の条件について[改 75 H30.7.17]
 - 6.10.4 津波監視設備の設備構成及び電源構成について[改 89 H30.8.7]
 - 6.11 耐震計算における材料物性値のばらつきの影響に関する補足説明[改 61 H30.6.28]
 - 6.12 止水ジョイント部の相対変位量に関する補足説明[改 38 H30.5.18]
 - 6.13 止水ジョイント部の漂流物対策に関する補足説明[改 31 H30.4.26]
 - 6.14 杭-地盤相互作用バネの設定について[改 61 H30.6.28]
7. 工事計画変更許可後の変更手続き
- 7.1 工事計画変更許可後の変更手続き[改 83 H30.7.31]

[]内は、当該箇所を提出
(最新)したときの改訂を示
す。

1.5.2 敷地に遡上する津波

(1) 考慮の程度の妥当性についての検討の方針

津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備の設計においては、入力津波高さに影響を与え得る条件についてパラメータスタディを実施し、入力津波高さが有するパラメータによる影響を考慮する。入力津波高さが有するパラメータによる影響については、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。

入力津波高さに影響を与え得る要因のうち、パラメータスタディの実施対象である「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）」の入力津波高さに対する考慮の程度の妥当性については、各評価点における基本ケースによる水位と最も水位が高くなったケースによる水位を比較することで確認する。

(2) 検討の対象

検討の対象設備を表 1.5-20 に示す。

表 1.5-20 検討の対象設備

津波対策設備	設備分類	対象	備考
防潮堤及び防潮扉	津波防護 施設	○	
放水路ゲート		○	
構内排水路逆流防止設備		○	
原子炉建屋外壁		○	
原子炉建屋原子炉棟水密扉		○	検討対象である外郭防護（津波防護施設）として整理
原子炉建屋附属棟北側水密扉 1		○	検討対象である外郭防護（津波防護施設）として整理
原子炉建屋附属棟北側水密扉 2		○	検討対象である外郭防護（津波防護施設）として整理
原子炉建屋附属棟東側水密扉		○	検討対象である外郭防護（津波防護施設）として整理
原子炉建屋附属棟南側水密扉		○	検討対象である外郭防護（津波防護施設）として整理
原子炉建屋附属棟西側水密扉		○	検討対象である外郭防護（津波防護施設）として整理
取水路点検用開口部浸水防止蓋	浸水防止 設備	○	
海水ポンプグラウンド dren 排出口逆止弁		○	
取水ピット空気抜き配管逆止弁		○	
放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋		○	
S A用海水ピット開口部浸水防止蓋		○	
緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋		○	
緊急用海水ポンプグラウンド dren 排出口逆止弁		○	
緊急用海水ポンプ室床 dren 排出口逆止弁		○	
緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋		○	
緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋		○	
格納容器圧力逃がし装置格納槽点検用水密ハッチ		○	
常設低圧代替注水系格納槽点検用水密ハッチ		○	
常設低圧代替注水系格納槽可搬型ポンプ用水密ハッチ		○	
常設代替高圧電源装置用カルバート原子炉建屋側水密扉		○	
防潮堤及び防潮扉下部貫通部止水処置		○	
原子炉建屋境界貫通部（1階外壁）止水処置		○	
常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）止水処置		○	
取水ピット水位計		津波監視 設備	○
潮位計	○		

(3) 入力津波高さが有するパラメータによる影響について

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朔望平均満潮位 T.P. +0.61m を初期潮位として考慮し、敷地に遡上する津波の水位を算出している。

(b) 2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動

水位上昇側に対して2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量である0.2mの沈降（余効変動含む。）を考慮して敷地に遡上する津波の水位を算出している。

(c) 入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動

入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動として、水位上昇側に対して茨城県沖から房総沖に想定するプレート間地震に想定される広域的な地殻変動量である0.46mの沈降を考慮して敷地に遡上する津波の水位を算出している。

(d) 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

入力津波高さが有す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として、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>

- ・東海発電所の人工構造物の有無による影響

<管路解析におけるパラメータによる影響>

- ・スクリーンによる損失の有無による影響
- ・貝付着の有無による影響

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。

(e) その他の影響

その他の影響として、以下のものを考慮する。

<防潮堤前面における遡上解析結果と想定水位（T.P. +24.0m）との差分>

- ・防潮堤前面における遡上解析結果と想定水位（T.P. +24.0m）との差分を考慮する。
具体的には、敷地に遡上する津波による遡上解析から得られた防潮堤前面における最高水位に対し、敷地に遡上する津波に対する耐津波設計として考慮する防潮堤前面水位 T.P. +24.0m との差分を加え、防潮堤前面（敷地側面北側、敷地前面東側及び敷地側面南側）における入力津波高さを T.P. +24.0m とする。

<敷地内の各評価位置における浸水深に対し数値計算上の不確かさを考慮した差分>

- ・敷地内の各評価位置における遡上解析結果による浸水深に対して、数値計算上の不確かさによる差分を考慮する。具体的には、敷地に遡上する津波による遡上解析か

ら得られた敷地内の各評価位置における浸水深に対し、評価範囲における浸水深の不確かさを考慮し、敷地内の各評価位置における入力津波高さを設定する。

<防潮堤設置ルート変更前後における管路解析結果の差分>

- ・防潮堤設置ルート変更前後における管路解析結果の差分を入力津波高さに考慮する。具体的には、防潮堤設置ルート変更前後における各施設・設備の設置位置で算定された設定水位を比較し、より水位が高いモデルによる解析結果をもとに入力津波高さを設定する。なお、敷地内の各評価位置における遡上解析結果については、設置許可段階において防潮堤設置ルート変更を反映したモデルにより入力津波高さを設定していることから、敷地内の各評価位置における遡上解析結果については防潮堤設置ルート変更前後における遡上解析結果の差分を考慮しない。また、防潮堤前面の評価位置についても、入力津波高さを一律 T.P. +24.0m と設定することから、防潮堤設置ルート変更前後における遡上解析結果の差分を考慮しない。

b. 入力津波高さが有するパラメータによる影響の考慮の程度

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及びその他の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。

入力津波高さ = ① + ② + ③

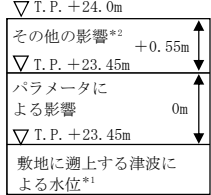
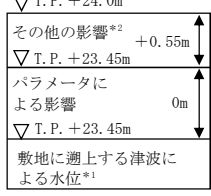
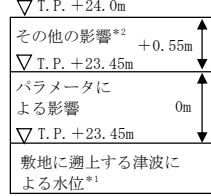
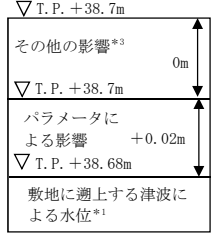
- ① 敷地に遡上する津波
 - ・朔望平均潮位
 - ・2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動
 - ・入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動
- ② 敷地の地形及び敷地周辺の人工構造物等のパラメータによる影響
- ③ その他の影響

表 1.5-21 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と、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及びその他の影響の考え方を示す。

また、「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。）の入力津波高さに対する考慮の程度について表 1.5-21 に示す。

さらに、各施設・設備の設計・評価に用いる入力津波高さに対するパラメータによる影響及びその他の影響の一覧を表 1.5-22 に示す。

表 1.5-21 各施設・設備の設計・評価に用いる入力津波高さに対するパラメータによる影響の考慮の程度について (1/7)

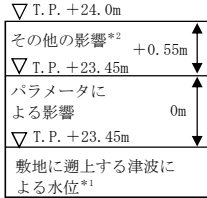
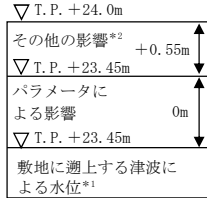
津波対策設備 (津波防護施設)	入力津波高さ (水位上昇側)	パラメータによる影響の考慮の程度
防潮堤及び防潮扉	 <p>敷地側面北側</p>	0m
	 <p>敷地前面東側</p>	0m
	 <p>敷地側面南側</p>	0m
放水路ゲート		+0.02m

注記 *1: 朔望平均満潮位, 2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量及び入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動量を考慮し設定した津波高さ又は浸水深

*2: 防潮堤前面における遡上解析結果と想定水位 (T.P. +24.0m) との差分

*3: 防潮堤設置ルート変更前後における管路解析結果の差分

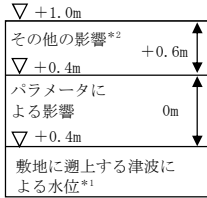
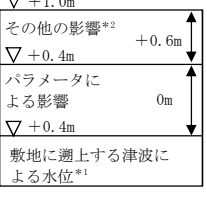
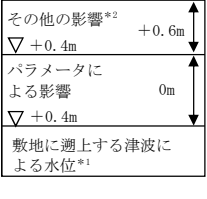
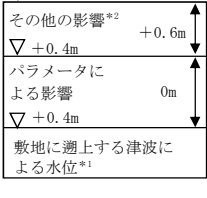
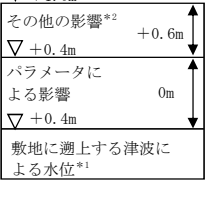
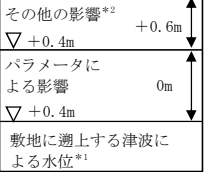
表 1.5-21 各施設・設備の設計・評価に用いる入力津波高さに対するパラメータによる影響の考慮の程度について (2/7)

津波対策設備 (津波防護施設)	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
構内排水路逆流防止設備	 <p style="text-align: center;">敷地側面北側</p>	0m
	 <p style="text-align: center;">敷地前面東側</p>	0m

注記 *1: 朔望平均満潮位, 2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量及び入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動量を考慮し設定した津波高さ又は浸水深

*2: 防潮堤前面における遡上解析結果と想定水位 (T.P. +24.0m) との差分

表 1.5-21 各施設・設備の設計・評価に用いる入力津波高さに対するパラメータによる影響の考慮の程度について (3/7)

津波対策設備 (津波防護施設)	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
原子炉建屋外壁	 <p>▽ +1.0m その他の影響*2 +0.6m ▽ +0.4m パラメータによる影響 0m ▽ +0.4m 敷地に遡上する津波による水位*1</p>	0m
原子炉建屋原子炉棟水密扉	 <p>▽ +1.0m その他の影響*2 +0.6m ▽ +0.4m パラメータによる影響 0m ▽ +0.4m 敷地に遡上する津波による水位*1</p>	0m
原子炉建屋附属棟北側水密扉 1	 <p>▽ +1.0m その他の影響*2 +0.6m ▽ +0.4m パラメータによる影響 0m ▽ +0.4m 敷地に遡上する津波による水位*1</p>	0m
原子炉建屋附属棟北側水密扉 2	 <p>▽ +1.0m その他の影響*2 +0.6m ▽ +0.4m パラメータによる影響 0m ▽ +0.4m 敷地に遡上する津波による水位*1</p>	0m
原子炉建屋附属棟東側水密扉	 <p>▽ +1.0m その他の影響*2 +0.6m ▽ +0.4m パラメータによる影響 0m ▽ +0.4m 敷地に遡上する津波による水位*1</p>	0m
原子炉建屋附属棟南側水密扉	 <p>▽ +1.0m その他の影響*2 +0.6m ▽ +0.4m パラメータによる影響 0m ▽ +0.4m 敷地に遡上する津波による水位*1</p>	0m

注記 *1: 朔望平均満潮位, 2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量及び入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動量を考慮し設定した津波高さ又は浸水深

*2: 敷地内の各評価位置における浸水深に対し数値計算上の不確かさを考慮した差分

表 1.5-21 各施設・設備の設計・評価に用いる入力津波高さに対するパラメータによる影響の考慮の程度について (4/7)

津波対策設備 (浸水防止設備)		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
原子炉建屋付属棟西側水密扉		<p>▽ +1.0m その他の影響*2 ▽ +0.4m パラメータによる影響 0m ▽ +0.4m 敷地に遡上する津波による水位*1</p>	0m
取水路	取水路点検用開口部浸水防止蓋	<p>▽ T.P. +25.5m その他の影響 ▽ T.P. +25.5m パラメータによる影響 +3.33m ▽ T.P. +22.17m 敷地に遡上する津波による水位*1</p>	+3.33m
海水ポンプ室	海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁		
循環水ポンプ室	取水ピット空気抜き配管逆止弁		
放水路	放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋	<p>▽ T.P. +38.7m その他の影響*3 ▽ T.P. +38.7m パラメータによる影響 +0.02m ▽ T.P. +38.68m 敷地に遡上する津波による水位*1</p>	+0.02m
S A用海水ピット	S A用海水ピット開口部浸水防止蓋	<p>▽ T.P. +10.9m その他の影響*3 0.5m ▽ T.P. +10.4m パラメータによる影響 +3.23m ▽ T.P. +7.17m 敷地に遡上する津波による水位*1</p>	+3.23m

注記 *1: 朔望平均満潮位, 2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量及び入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動量を考慮し設定した津波高さ又は浸水深

*2: 敷地内の各評価位置における浸水深に対し数値計算上の不確かさを考慮した差分

*3: 防潮堤設置ルート変更前後における管路解析結果の差分

表 1.5-21 各施設・設備の設計・評価に用いる入力津波高さに対するパラメータによる影響の考慮の程度について (5/7)

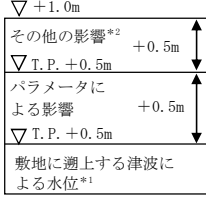
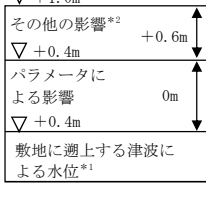
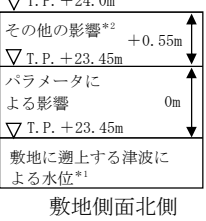
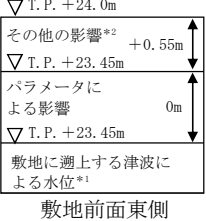
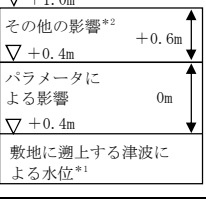
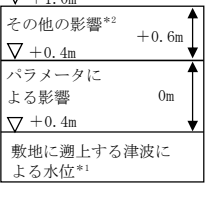
津波対策設備 (浸水防止設備)		入力津波高さ (水位上昇側)	パラメータによる影響の考慮の程度
緊急用海水ポンプ室	緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋		+3.63m
	緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁		
	緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁		
緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋			0m
緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋			0m
格納容器圧力逃がし装置格納槽点検用水密ハッチ			0m
常設低圧代替注水系格納槽点検用水密ハッチ			0m

注記 *1: 朔望平均満潮位, 2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量及び入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動量を考慮し設定した津波高さ又は浸水深

*2: 敷地内の各評価位置における浸水深に対し数値計算上の不確かさを考慮した差分

*3: 防潮堤設置ルート変更前後における管路解析結果の差分

表 1.5-21 各施設・設備の設計・評価に用いる入力津波高さに対するパラメータによる影響の考慮の程度について (6/7)

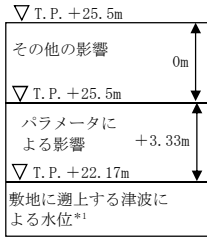
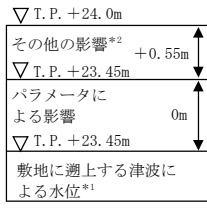
津波対策設備 (浸水防止設備)	入力津波高さ (水位上昇側)	パラメータによる影響の考慮の程度
常設低圧代替注水系格納槽可搬型ポンプ用水密ハッチ		0m
常設代替高圧電源装置用カルバート原子炉建屋側水密扉		0m
防潮堤及び防潮扉下部貫通部止水処置	 <p style="text-align: center;">敷地側面北側</p>	0m
	 <p style="text-align: center;">敷地前面東側</p>	0m
原子炉建屋境界貫通部 (1階外壁) 止水処置		0m
常設代替高圧電源装置用カルバート (立坑部) 止水処置		0m

注記 *1: 朔望平均満潮位, 2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量及び入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動量を考慮し設定した津波高さ又は浸水深

*2: 敷地内の各評価位置における浸水深に対し数値計算上の不確かさを考慮した差分

*3: 防潮堤前面における遡上解析結果と想定水位 (T.P. +24.0m) との差分

表 1.5-21 各施設・設備の設計・評価に用いる入力津波高さに対するパラメータによる影響の考慮の程度について (7/7)

津波対策設備 (津波監視設備)	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
取水ピット水位計	 <p>▽ T.P. +25.5m その他の影響 0m ▽ T.P. +25.5m パラメータによる影響 +3.33m ▽ T.P. +22.17m 敷地に遡上する津波による水位*1</p>	+3.33m
潮位計	 <p>▽ T.P. +24.0m その他の影響*2 +0.55m ▽ T.P. +23.45m パラメータによる影響 0m ▽ T.P. +23.45m 敷地に遡上する津波による水位*1</p>	0m

注記*1：朔望平均満潮位，2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量及び入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動量を考慮し設定した津波高さ又は浸水深

*2：防潮堤前面における遡上解析結果と想定水位 (T.P. +24.0m) との差分

表 1.5-22 各施設・設備の設計・評価に用いる入力津波高さ又は浸水深に対するパラメータによる影響及びその他の影響の一覧

区分	設定位置	入力津波高さ又は 浸水深	その他の影響		設定水位又は 浸水深	パラメータによる影響		基本ケースの水位 又は浸水深
			その他の影響 の考慮の程度	考慮した事項		パラメータによる 影響の考慮の程度	考慮した条件	
上昇側水位	原子炉建屋南側	1.0m ^{*1}	0.6m	敷地内の各評価位置における浸水深 に対し数値計算上の不確かさを考慮 した差分 ^{*2}	0.4m ^{*1}	0m ^{*5}	東一人工構造物の有無	0.4m ^{*1}
	排気筒東側	1.0m ^{*1}	0.8m		0.2m ^{*1}	0m ^{*5}	東一人工構造物の有無	0.2m ^{*1}
	常設低圧代替注水系の代替淡水貯 槽上部	1.0m ^{*1}	0.5m		0.5m ^{*1}	0m ^{*5}	東一人工構造物の有無	0.5m ^{*1}
	緊急用海水ポンプピット上部	1.0m ^{*1}	0.8m		0.2m ^{*1}	0m ^{*5}	東一人工構造物の有無	0.2m ^{*1}
	S A用海水ピット上部	1.0m ^{*1}	0. m		0.5m ^{*1}	0m ^{*5}	東一人工構造物の有無	0.5m ^{*1}
	防潮堤前面（敷地側面北側）	T. P. +24.0m ^{*1*6}	+0.55m	防潮堤前面における遡上解析結果と 想定水位（T. P. +24.0m）との差分 ^{*3}	T. P. +23.45m ^{*1*6}	0m	—	T. P. +23.45m ^{*1*6}
	防潮堤前面（敷地前面東側）	T. P. +24.0m ^{*1}	+0.55m		T. P. +23.45m ^{*1}	0m	—	T. P. +23.45m ^{*1}
	防潮堤前面（敷地側面南側）	T. P. +24.0m ^{*1*6}	+0.55m		T. P. +23.45m ^{*1*6}	0m	—	T. P. +23.45m ^{*1*6}
	取水ピット	T. P. +25.5m ^{*1*4}	0m	防潮堤設置ルート変更前後における 管路解析結果の差分 ^{*4}	T. P. +25.5m ^{*1}	+3.33m	・スクリーンによる損失の有無 ・貝付着の有無	T. P. +22.17m ^{*1*4}
	放水路ゲート設置箇所	T. P. +38.7m ^{*1*4}	0		T. P. +38.7m ^{*1}	+0.2m	・貝付着の有無	T. P. +38.68m ^{*1*4}
	S A用海水ピット	T. P. +10.9m ^{*1*4}	+0.5m		T. P. +10.4m ^{*1}	+3.23m	・貝付着の有無	T. P. +7.17m ^{*1*4}
	緊急用海水ポンプピット	T. P. +10.9m ^{*1*4}	+0.1m		T. P. +10.8m ^{*1}	+3.63m	・貝付着の有無	T. P. +7.17m ^{*1*4}
	構内排水路逆流防止設備 （防潮堤前面（敷地前面東側）の入 力津波高さを使用している。）	T. P. +24.0m ^{*1}	+0.55m	防潮堤前面における遡上解析結果と 想定水位（T. P. +24.0m）との差分 ^{*3}	T. P. +23.45m ^{*1}	0m	—	T. P. +23.45m ^{*1}
	構内排水路逆流防止設備 （防潮堤前面（敷地側面北側）の入 力津波高さを使用している。）	T. P. +24.0m ^{*1*6}	+0.55m		T. P. +23.45m ^{*1*6}	0m	—	T. P. +23.45m ^{*1*6}

- 注記 *1：朔望平均満潮位T. P. +0.61m, 2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量（沈降）0.2m及び入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動（沈降）0.46mを考慮している。
- *2：敷地に遡上する津波による遡上解析から得られた敷地内の各評価位置における浸水深に対し、評価範囲における浸水深の不確かさを考慮する。
- *3：敷地に遡上する津波による遡上解析から得られた防潮堤前面（敷地側面北側、敷地前面東側及び敷地側面南側）における水位に対し、敷地に遡上する津波に対する耐津波設計として考慮する防潮堤前面水位 T. P. +24.0m との差分を加え、防潮堤前面（敷地側面北側、敷地前面東側及び敷地側面南側）における入力津波高さを T. P. +24.0m とする。
- *4：防潮堤設置ルート変更前後における各施設・設備の設置位置で算定された設定水位を比較し、より水位が高いモデルによる解析結果をもとに入力津波高さを設定する。
- *5：影響評価の結果、東一人工構造物なしの条件において水位が高くなる傾向であったことから、東一人工構造物なしの条件における遡上解析結果をもとに浸水深を設定しているため、パラメータによる影響を考慮しない。
- *6：防潮堤前面においては敷地前面東側にて最高水位となっており、敷地に遡上する津波に対する耐津波設計では防潮堤前面の水位を一律 T. P. +24.0m と想定することから、敷地側面北側及び敷地側面南側における入力津波高さについては敷地前面東側における水位をもとに設定した。

c. 防潮堤前面の評価結果

敷地に遡上する津波による防潮堤前面における上昇側水位の評価結果（防波堤なし，地盤変状なし）を図 1.5-15 に示す。図 1.5-15 は防潮堤設置ルート変更を反映したモデルによる評価結果を示している。なお，敷地に遡上する津波に対する耐津波設計においては，防潮堤前面の水位を一律 T.P. +24.0m と想定することから，防波堤の有無による影響及び地盤変状の有無による影響は考慮しない。このため，後段に示す遡上解析による敷地内浸水深の評価結果及び管路解析結果については地盤変状なし，防波堤なしの条件にて評価を実施した。

図 1.5-15 に示す評価結果から，防潮堤前面における評価結果（上昇側最高水位）は敷地前面東側における T.P. +23.45m であった。敷地に遡上する津波に対する耐津波設計では防潮堤前面の水位を一律 T.P. +24.0m と想定することから，敷地側面北側及び敷地側面南側における入力津波高さについては敷地前面東側における評価結果をもとに設定した。また，敷地に遡上する津波に対する耐津波設計においては，防潮堤前面の水位を一律 T.P. +24.0m と想定することから，防潮堤設置ルート変更による影響は考慮しない。

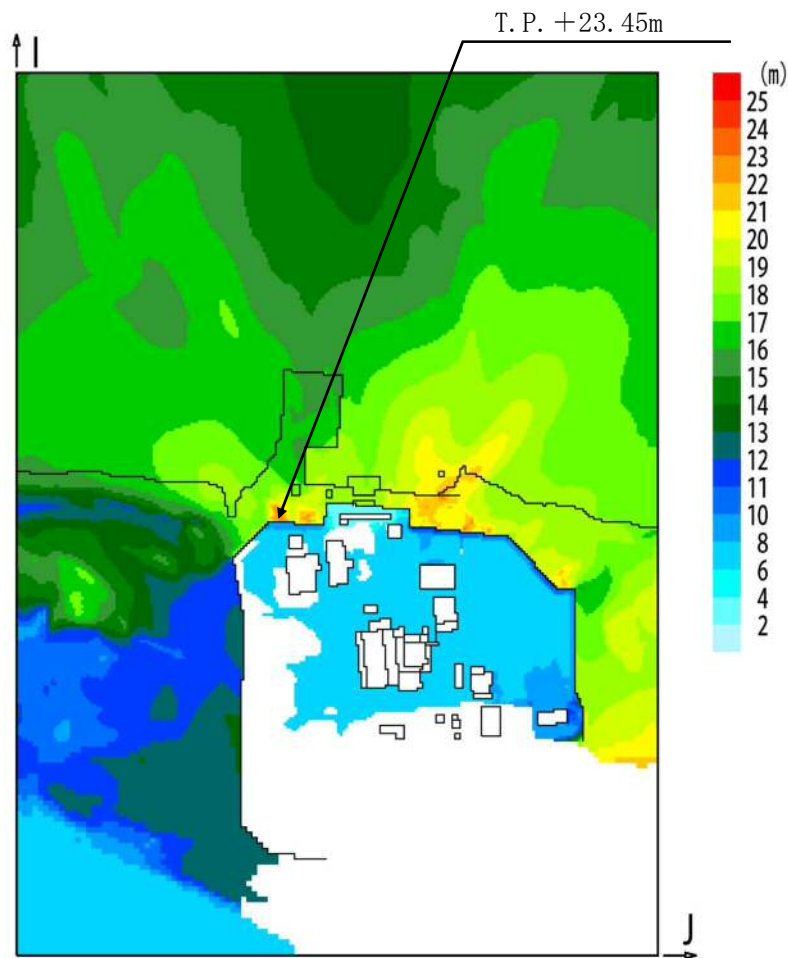


図 1.5-15 防潮堤前面における上昇側水位の評価結果（防波堤なし，地盤変状なし）

d. パラメータによる影響が入力津波高さに与える影響

(a) 遡上解析におけるパラメータによる影響

イ. 敷地内評価点

(イ) 東海発電所の人工構造物の有無による影響

「1.2 遡上・浸水域の考え方について」に示したとおり、東海発電所の人工構造物の有無による影響として、東海発電所の人工構造物がある場合とない場合（以下「東一人工構造物あり」及び「東一人工構造物なし」という。）について影響評価を実施した。敷地内における水位分布の評価結果を図 1.5-16 に示す。

東一人工構造物による浸水深への影響が考えられる原子炉建屋南側について、コンタースケールを比較すると、東一人工構造物ありの場合における評価結果では大部分が+0.3m～+0.4mの浸水深であることに對し、東一人工構造物なしの場合における評価結果では大部分が+0.4m～+0.5mの浸水深であり、一部に+0.5m～+0.6mの浸水深となるエリアが確認されたことから、東一人工構造物ありの場合に比べ、東一人工構造物なしの場合の方が浸水深が大きくなる傾向となっている。

上記に示した影響評価結果から、敷地に遡上する津波による敷地内評価点（原子炉建屋南側、排気筒東側、常設低圧代替注水系の代替淡水貯槽上部、緊急用海水ポンプピット上部及びS A用海水ピット上部）における入力津波については、東一人工構造物なしのモデルによる評価結果をもとに設定する。東一人工構造物なしのモデルによる遡上解析結果一覧を表 1.5-23 に示す。なお、表 1.5-23 は防潮堤設置ルート変更を反映したモデルによる評価結果を示している。遡上解析の結果から、原子炉建屋南側における浸水深は+0.4m、排気筒東側における浸水深は+0.2m、常設低圧代替注水系の代替淡水貯槽上部における浸水深は+0.5m、緊急用海水ポンプピット上部における浸水深は+0.2m、S A用海水ピット上部における浸水深は+0.5mであった。

東一人工構造物なしの条件において水位が高くなる傾向であったことから、東一人工構造物なしの条件における遡上解析結果をもとに浸水深を設定しているため、敷地内評価点における入力津波の設定に当たってはパラメータによる影響を考慮しない。

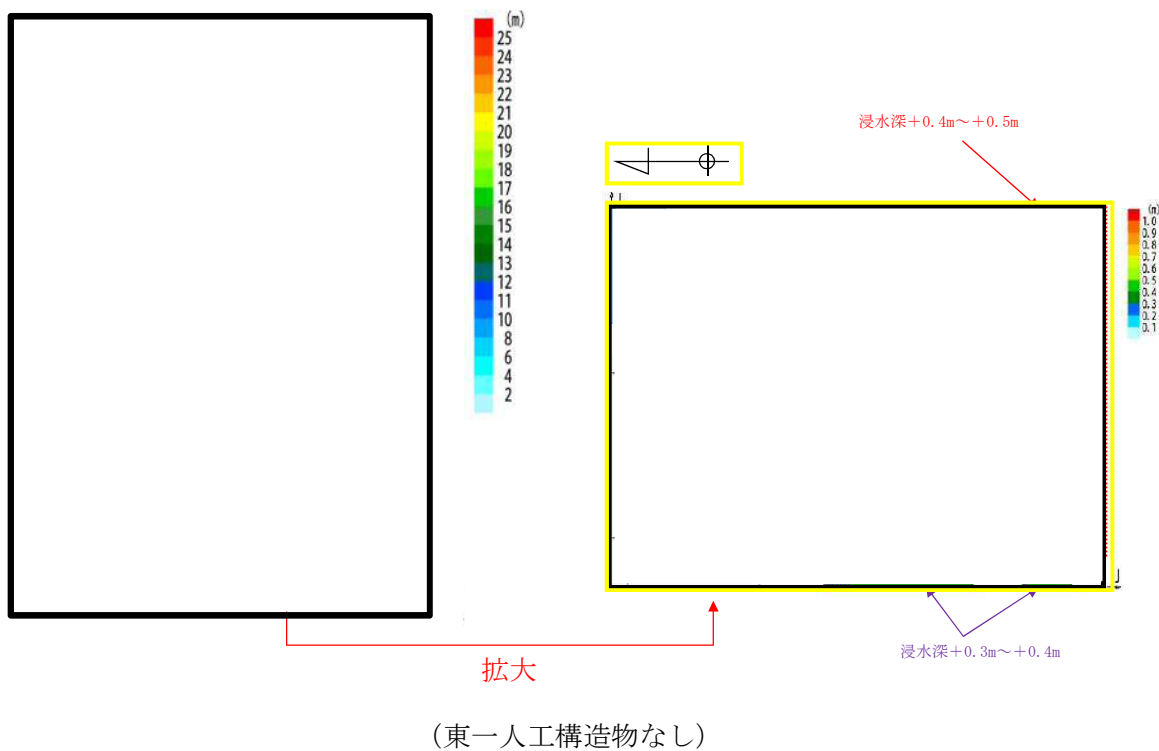
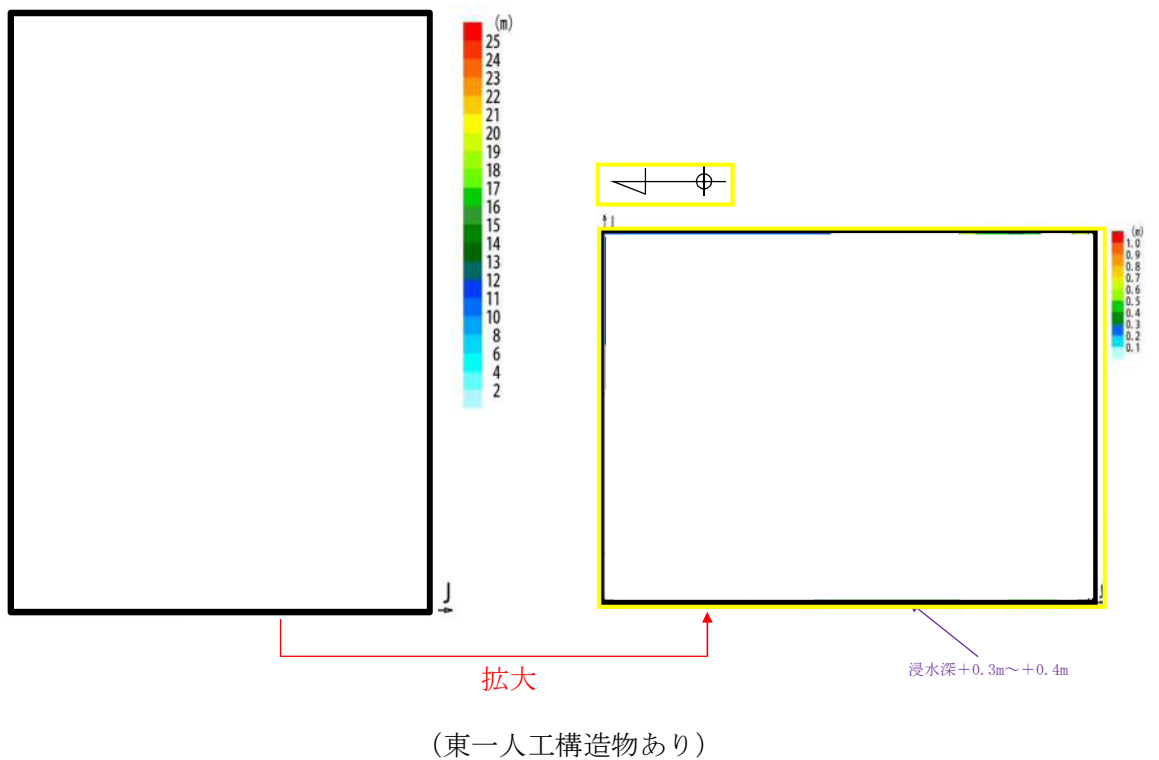


図 1.5-16 敷地内評価点における浸水深の評価結果（防波堤なし，地盤変状なし）

表 1.5-23 敷地内評価点における浸水深の評価結果（防波堤なし，地盤変状なし，東一人工構造物なし）

水位 (T.P. m)				
原子炉建屋南側	排気筒東側	常設低圧代替注水系の 代替淡水貯槽上部	緊急用海水 ポンプピット上部	S A用海水 ピット上部
0.4	0.2	0.5	0.2	0.5

(b) 管路解析におけるパラメータによる影響

イ. 取水路の管路解析（上昇側水位）にて考慮する条件による影響

取水路及び取水ピットの構造を図 1.5-17 に示す。取水路から取水ピットに至る経路においては、スクリーンによる損失の有無及び貝付着の有無による影響を受けることから、これらを管路解析の条件として考慮する。取水路の管路解析条件を表 1.5-23 に示す。取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一覧を表 1.5-24 に示す。なお、表 1.5-24 は防潮堤設置ルート変更を反映したモデルによる評価結果を示している。

また、パラメータによる影響を確認するに当たり、現地形状態を考慮し、解析ケース 1 の条件である「スクリーンによる損失あり、貝付着あり」を基本ケースとした。

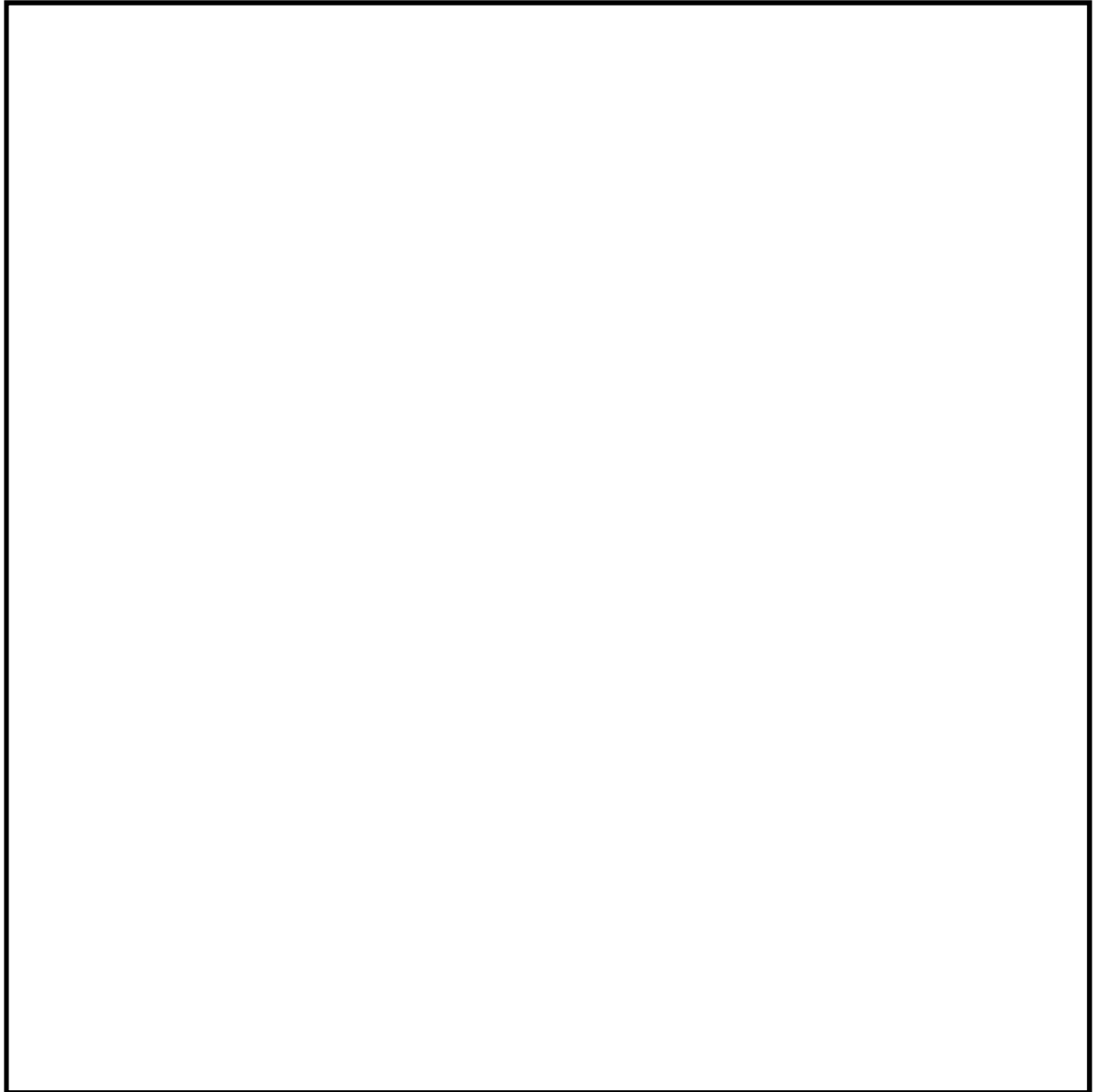


図 1.5-17 取水路及び取水ピットの構造

表1.5-24 取水路の管路解析条件

項目	解析条件
計算領域	取水口～取水路～取水ピット(非常用海水ポンプ, 常用海水ポンプ)
計算時間間隔 Δt	0.01 秒
基礎方程式	非定常開水路流及び管路流の連続式・運動方程式 ※1
境界条件	○流量なし: 計 0(m ³ /hr)
摩擦損失係数	マンニング粗度係数 n=0.020(貝代あり)m ^{-1/3} ・s n=0.015(貝代なし)m ^{-1/3} ・s
貝の付着代	貝代なし, 貝代あり 10cm を考慮
局所損失係数	電力土木技術協会(1995): 火力・原子力発電所土木構造物の設計-補強改訂版-, 千秋信一(1967): 発電水力演習, 土木学会(1999): 水理公式集 [平成 11 年版] による
入射条件	防波堤なしケース 上昇側
地盤変動条件	上昇側: +3.11 地震の地殻変動量(0.2m沈下を考慮) +24m 津波の地殻変動量
潮位条件	上昇側: 朔望平均満潮位(T.P. +0.61m)
計算時間	4 時間(津波計算と同時間)

※1 基礎方程式

<開水路>

$$a) \text{運動方程式} \quad \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial H}{\partial x} + gA \left(\frac{n^2 |v| v}{R^{4/3}} + \frac{1}{\Delta x} f \frac{|v|v}{2g} \right) = 0$$

$$b) \text{連続式} \quad \frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

<管路>

$$a) \text{運動方程式} \quad \frac{\partial Q}{\partial t} + gA \frac{\partial H}{\partial x} + gA \left(\frac{n^2 |v| v}{R^{4/3}} + \frac{1}{\Delta x} f \frac{|v|v}{2g} \right) = 0$$

$$b) \text{連続式} \quad \frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

ここに, t : 時間 Q : 流量 v : 流速 x : 管底に沿った座標
A : 流水断面積 H : 圧力水頭+位置水頭 (管路の場合)
位置水頭 (開水路の場合)

z : 管底高 g : 重力加速度
n : マニングの粗度係数 R : 径深
Δx : 管路の流れ方向の長さ f : 局所損失係数

<水槽および立坑部>

$$A_p \frac{dH_p}{dt} = Q_s$$

ここに, A_p: 水槽の平面積 (水位の関数となる) H_p: 水槽水位
Q_s: 水槽へ流入する流量の総和 t: 時間

(イ) スクリーンによる損失の有無による影響

表 1.5-25 に示す上昇側最高水位の評価結果から、貝付着の有無によらず、スクリーンによる損失ありの場合に比べ、スクリーンによる損失なしの場合の方が水位が高くなった。

(ロ) 貝付着の有無による影響

表 1.5-25 に示す上昇側最高水位の評価結果から、スクリーンによる損失の有無によらず、貝付着がある場合とない場合においてその差異は非常に小さく、有意な差異とはならなかった。

以上に示した影響評価結果から、上昇側最高水位である T.P. +25.48m (解析ケース 4) をもとに、取水ピットにおける上昇側の入力津波を T.P. +25.5m とする。基本ケースの水位である T.P. +22.17m と上昇側最高水位をもとに設定した入力津波 T.P. +25.5m との差異を取水路管路解析におけるパラメータによる影響として考慮することとし、取水路管路解析におけるパラメータによる影響を+3.33m とした。

表 1.5-25 取水路の管路解析結果（上昇側最高水位）一覧

解析 ケース	パラメータ				取水ピット水位(T. P. m)					解析ケース毎 の最高水位 (T. P. m)
	ポンプ	防波堤	スクリー ン損失	貝付着	非常用海水 ポンプ (南側)	非常用海水 ポンプ (北側)	循環水ポンプ (南側)	循環水ポンプ (中央)	循環水ポンプ (北側)	
1*	なし	なし	あり	あり	+22.17	+22.17	+21.07	+21.48	+21.07	+22.17
2	なし	なし	なし	あり	+24.93	+24.93	+22.45	+22.22	+22.45	+24.93
3	なし	なし	あり	なし	+22.29	+22.29	+21.09	+21.40	+21.09	+22.29
4	なし	なし	なし	なし	+25.48	+25.48	+22.75	+22.46	+22.75	+25.48

*：パラメータによる影響の考慮における基本ケース

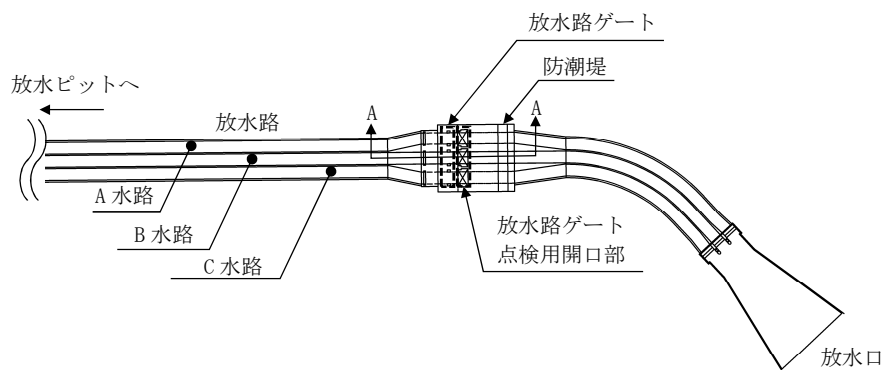
■：解析ケース毎の最高水位

■：上昇側最高水位

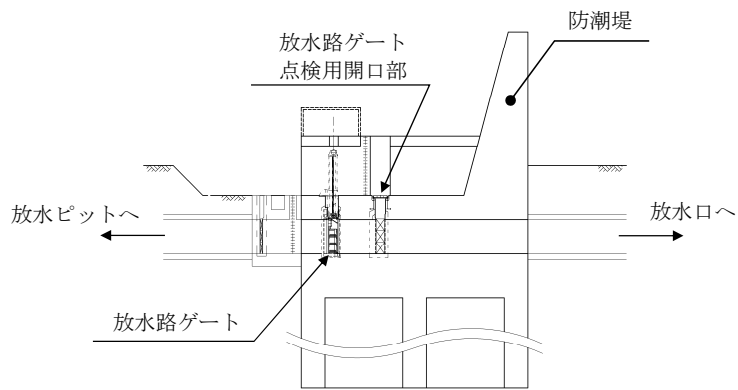
ロ. 放水路の管路解析にて考慮する条件による影響

放水路の構造を図 1.5-18 に示す。放水路から放水路ゲート設置箇所に至る経路においては、貝付着の有無による影響を受けることから、これを管路解析の条件として考慮する。放水路の管路解析条件を表 1.5-26 に示す。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を表 1.5-27 に示す。なお、表 1.5-27 は防潮堤設置ルート変更を反映したモデルによる評価結果を示している。

また、パラメータによる影響を考慮するに当たり、現地形状態を考慮し、解析ケース 1 の条件である「貝付着あり」を基本ケースとした。



(平面図)



(A-A 断面)

図 1.5-18 放水路の構造

表 1.5-26 放水路の管路解析条件

項目	解析条件
計算領域	ゲート部～放水路～放水口(非常用海水ポンプ)
計算時間間隔 Δt	0.001 秒
基礎方程式	非定常開水路流及び管路流の連続式・運動方程式 ※1
境界条件	○流量なし：計 0(m ³ /hr)
摩擦損失係数	マンニング粗度係数 $n=0.020$ (貝代あり)m ^{-1/3} ・s
貝の付着代	貝代なし, 貝代あり 10cm を考慮
局所損失係数	電力土木技術協会(1995)：火力・原子力発電所土木構造物の設計－補強改訂版－, 千秋信一(1967)：発電水力演習, 土木学会(1999)：水理公式集 [平成 11 年版] による
入射条件	防波堤なしケース 上昇側
地盤変動条件	+3.11 地震の地殻変動量(0.2m 沈下を考慮) +24m 津波の地殻変動量
潮位条件	朔望平均満潮位(T.P. +0.61m)
計算時間	4 時間(津波計算と同時間)

※1 基礎方程式

<開水路>

$$a) \text{運動方程式} \quad \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial H}{\partial x} + gA \left(\frac{n^2 |v| v}{R^{4/3}} + \frac{1}{\Delta x} f \frac{|v| v}{2g} \right) = 0$$

$$b) \text{連続式} \quad \frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

<管路>

$$a) \text{運動方程式} \quad \frac{\partial Q}{\partial t} + gA \frac{\partial H}{\partial x} + gA \left(\frac{n^2 |v| v}{R^{4/3}} + \frac{1}{\Delta x} f \frac{|v| v}{2g} \right) = 0$$

$$b) \text{連続式} \quad \frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

ここに, t : 時間 Q : 流量 v : 流速 x : 管底に沿った座標
 A : 流水断面積 H : 圧力水頭+位置水頭(管路の場合)
 位置水頭(開水路の場合)
 z : 管底高 g : 重力加速度
 n : マニングの粗度係数 R : 径深
 Δx : 管路の流れ方向の長さ f : 局所損失係数

<水槽および立坑部>

$$A_P \frac{dH_P}{dt} = Q_S$$

ここに, A_P : 水槽の平面積(水位の関数となる) H_P : 水槽水位
 Q_S : 水槽へ流入する流量の総和 t : 時間

(イ) 貝付着の有無による影響

表 1.5-27 に示す上昇側最高水位の評価結果から、貝付着なしの場合に比べ、貝付着ありの場合における水位が高くなる傾向にあった。

以上に示した影響評価結果から、上昇側最高水位である T.P. +38.68m (解析ケース 1) をもとに、放水路ゲート設置箇所における上昇側の入力津波を T.P. +38.7m とする。基本ケースの水位である T.P. +38.68m と上昇側最高水位をもとに設定した入力津波 T.P. +38.7m との差異を放水路管路解析におけるパラメータによる影響として考慮することとし、放水路管路解析におけるパラメータによる影響を +0.02m とした。

表 1.5-27 放水路の管路解析結果（上昇側最高水位）一覧

解析 ケース	パラメータ	放水路ゲート設置箇所水位(T.P.m)			解析ケース毎の最高 水位 (T.P.m)
	貝付着	A水路 (北側)	B水路 (東側)	C水路 (南側)	
1*	あり	+38.68	+37.66	+36.59	+38.68
2	なし	+36.36	+35.40	+35.62	+36.36

*：パラメータによる影響の考慮における基本ケース

■：解析ケース毎の最高水位

■：上昇側最高水位

ハ. S A用海水ピット及び緊急用海水ポンプピットの管路解析にて考慮する条件による影響

S A用海水ピット及び緊急用海水ポンプピットの構造を図 1.5-19 に示す。S A用海水ピット取水塔から緊急用海水ポンプピットに至る経路においては、貝付着の有無による影響を受けることから、これを管路解析の条件として考慮する。S A用海水ピット及び緊急用海水ポンプピットの管路解析条件を表 1.5-28 に示す。S A用海水ピット及び緊急用海水ポンプピットの管路解析にて考慮する条件による影響評価結果を表 1.5-29 に示す。なお、表 1.5-29 は防潮堤設置ルート変更を反映したモデルによる評価結果を示している。

また、パラメータによる影響を考慮するに当たり、現地形状態を考慮し、解析ケース 1 の条件である「貝付着あり」を基本ケースとした。

(イ) 貝付着の有無による影響

表 1.5-29 に示す上昇側最高水位の評価結果から、貝付着ありの場合に比べ、貝付着なしの場合の方が水位が高くなった。

以上に示した影響評価結果から、S A用海水ピットについては上昇側最高水位である T.P. +10.33m (解析ケース 2) をもとに、上昇側の入力津波を T.P. +10.4m とする。緊急用海水ポンプピットについては上昇側最高水位である T.P. +10.73m (解析ケース 2) をもとに、上昇側の入力津波を T.P. +10.8m とする。基本ケースの水位 (S A用海水ピット: T.P. +7.17m, 緊急用海水ポンプピット: T.P. +7.17m) と上昇側最高水位をもとに設定した入力津波 (S A用海水ピット: T.P. +10.4m, 緊急用海水ポンプピット: T.P. +10.8m) との差異を S A用海水ピット及び緊急用海水ポンプピットの管路解析におけるパラメータによる影響として考慮することとし、S A用海水ピットでは+3.23m, 緊急用海水ポンプピットでは+3.63m をそれぞれパラメータによる影響とした。

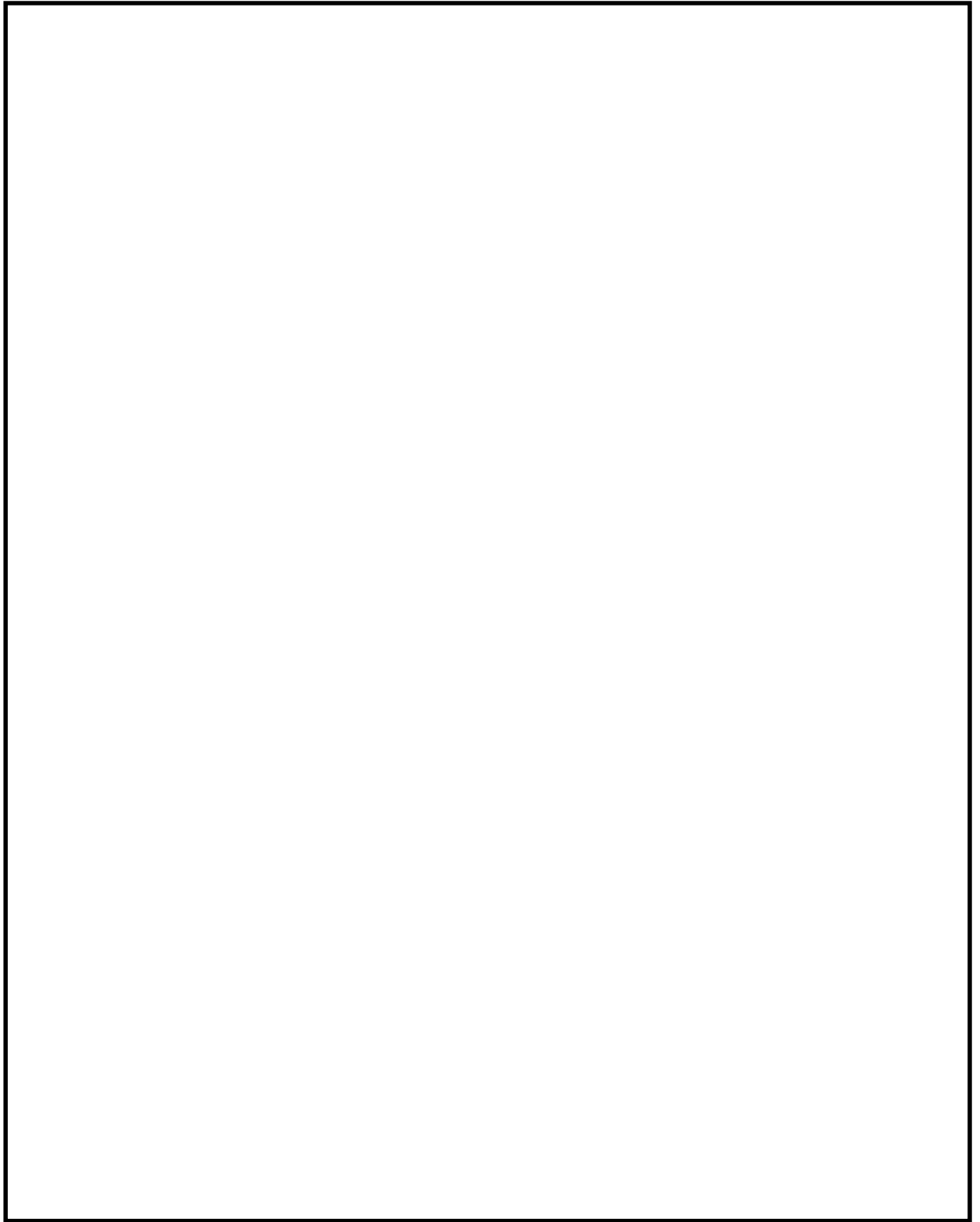


図 1.5-19 SA用海水ピット及び緊急用海水ポンプピットの構造

表 1.5-28 SA用海水ピット及び緊急用海水ポンプピットの管路解析条件

項目	解析条件
計算領域	SA用海水ピット取水塔～SA用海水ピット～緊急用海水ポンプピット
計算時間間隔 Δt	0.01 秒
基礎方程式	非定常開水路流及び管路流の連続式・運動方程式 ※1
境界条件	○流量なし：計 0(m ³ /hr)
摩擦損失係数	マンニング粗度係数 n=0.020(貝代あり)m ^{-1/3} ・s n=0.015(貝代なし)m ^{-1/3} ・s
貝の付着代	貝代なし， 貝代あり 10cmを考慮
局所損失係数	電力土木技術協会(1995)：火力・原子力発電所土木構造物の設計 —補強改訂版—， 千秋信一(1967)：発電水力演習， 土木学会(1999)：水理公式集 [平成 11 年版] による
入射条件	防波堤なしケース 上昇側
地盤変動条件	+3.11 地震の地殻変動量(0.2m 沈下を考慮) +24m 津波の地殻変動量
潮位条件	朔望平均満潮位(T.P. +0.61m)
計算時間	4 時間(津波計算と同時間)

※1 基礎方程式

<開水路>

$$a) \text{運動方程式} \quad \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial H}{\partial x} + gA \left(\frac{n^2 |v| v}{R^{4/3}} + \frac{1}{\Delta x} f \frac{|v| v}{2g} \right) = 0$$

$$b) \text{連続式} \quad \frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

<管路>

$$a) \text{運動方程式} \quad \frac{\partial Q}{\partial t} + gA \frac{\partial H}{\partial x} + gA \left(\frac{n^2 |v| v}{R^{4/3}} + \frac{1}{\Delta x} f \frac{|v| v}{2g} \right) = 0$$

$$b) \text{連続式} \quad \frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

ここに、 t : 時間 Q : 流量 v : 流速 x : 管底に沿った座標
 A : 流水断面積 H : 圧力水頭+位置水頭 (管路の場合)
 位置水頭 (開水路の場合)
 z : 管底高 g : 重力加速度
 n : マンニングの粗度係数 R : 径深
 Δx : 管路の流れ方向の長さ f : 局所損失係数

<水槽および立坑部>

$$A_p \frac{dH_p}{dt} = Q_s$$

ここに、 A_p: 水槽の平面積 (水位の関数となる)

H_p: 水槽水位


Q_s: 水槽へ流入する流量の総和

t: 時間

表 1.5-29 SA用海水ピット及び緊急用海水ポンプピットの管路解析結果（上昇側最高水位）一覧

解析 ケース	パラメータ	取水ピット水位 (T. P. m)		解析ケース毎の最高水位 (T. P. m)
	貝付着	SA用海水ピット	緊急用海水ポンプピット	
1*	あり	+7.17	+7.17	SA用海水ピット：+10.33
2	なし	+10.33	+10.73	緊急用海水ポンプピット：+10.73

*：パラメータによる影響の考慮における基本ケース

：上昇側最高水位

「イ. 取水路の管路解析（上昇側水位）にて考慮する条件による影響」、「ロ. 放水路の管路解析にて考慮する条件による影響」及び「ハ. SA用海水ピット及び緊急用海水ポンプピットの管路解析にて考慮する条件による影響」に示した影響評価結果をもとに、各経路の設定位置における設定水位に対するパラメータによる影響の考慮の程度を整理した。各経路の設定位置における設定水位に対するパラメータによる影響の考慮の詳細を表 1.5-30 に示す。

表 1.5-30 各経路の設定位置における設定水位に対するパラメータによる影響の考慮

区分	設定位置	設定水位	パラメータによる影響		基本ケースの水位	遡上解析により求めた津波水位に加えることで考慮	初期潮位に考慮			
			パラメータによる影響の考慮の程度	考慮した条件			潮位のばらつき	入力津波モデルに想定される地震により生じる地殻変動	2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動	朔望平均潮位
上昇側水位	取水ピット	T. P. +25.5m ^{*2}	+3.33m	・スクリーンによる損失の有無 ・貝付着の有無	T. P. +22.17m ^{*1}	考慮しない。	考慮する。 (地殻変動量(沈降)0.46m)	考慮する。 (地殻変動量(沈降)0.2m)	考慮する。 (朔望平均満潮位 T. P. +0.61m)	
	放水路ゲート設置箇所	T. P. +38.7m ^{*2}	+0.02m	・貝付着の有無	T. P. +38.68m ^{*1}	考慮しない。	考慮する。 (地殻変動量(沈降)0.46m)	考慮する。 (地殻変動量(沈降)0.2m)	考慮する。 (朔望平均満潮位 T. P. +0.61m)	
	SA用海水ピット	T. P. +10.4m ^{*2}	+3.23m	・貝付着の有無	T. P. +7.17m ^{*1}	考慮しない。	考慮する。 (地殻変動量(沈降)0.46m)	考慮する。 (地殻変動量(沈降)0.2m)	考慮する。 (朔望平均満潮位 T. P. +0.61m)	
	緊急用海水ポンプピット	T. P. +10.8m ^{*2}	+3.63m	・貝付着の有無	T. P. +7.17m ^{*1}	考慮しない。	考慮する。 (地殻変動量(沈降)0.46m)	考慮する。 (地殻変動量(沈降)0.2m)	考慮する。 (朔望平均満潮位 T. P. +0.61m)	

*1 朔望平均満潮位 T. P. +0.61m, 2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量(沈降)0.2m及び入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動(沈降)0.46mを考慮している。

*2 *1に加えてパラメータによる影響を考慮している。

(b) パラメータによる影響が入力津波高さに与える影響のまとめ

「c. 防潮堤前面の評価結果」及び「d. パラメータによる影響が入力津波高さに与える影響」の検討結果を踏まえ設定した設定水位又は浸水深一覧を表 1.5-31 に示す。また、防潮堤前面における最高水位を示す時刻歴波形を図 1.5-20 に、敷地内評価点における浸水深を示す時刻歴波形を図 1.5-21 に、各経路からの津波の時刻歴波形を図 1.5-22 にそれぞれ示す。

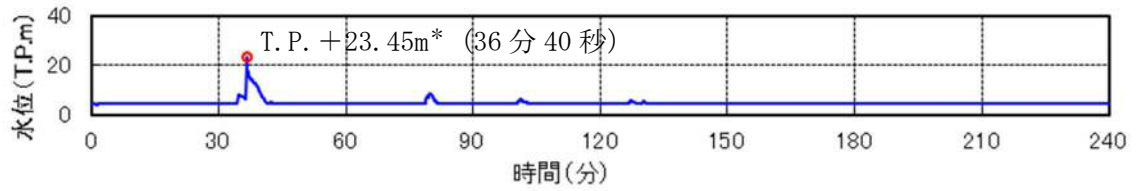
表 1.5-31 パラメータによる影響評価結果により設定した設定水位又は浸水深一覧表

区分	設定位置	設定水位又は浸水深	パラメータによる影響		基本ケースの水位又は浸水深
			パラメータによる影響の考慮の程度	考慮した条件	
上昇側水位	原子炉建屋南側	+0.4m ^{*1}	0m ^{*2}	・東一人工構造物の有無	+0.4m ^{*1}
	排気筒東側	+0.2m ^{*1}	0m ^{*2}	・東一人工構造物の有無	+0.2m ^{*1}
	常設低圧代替注水系の代替淡水貯槽上部	+0.5m ^{*1}	0m ^{*2}	・東一人工構造物の有無	+0.5m ^{*1}
	緊急用海水ポンプピット上部	+0.2m ^{*1}	0m ^{*2}	・東一人工構造物の有無	+0.2m ^{*1}
	S A用海水ピット上部	+0.5m ^{*1}	0m ^{*2}	・東一人工構造物の有無	+0.5m ^{*1}
	防潮堤前面（敷地側面北側）	T. P. +23.45m ^{*1*3}	0m	—	T. P. +23.45m ^{*1*3}
	防潮堤前面（敷地前面東側）	T. P. +23.45m ^{*1}	0m	—	T. P. +23.45m ^{*1}
	防潮堤前面（敷地側面南側）	T. P. +23.45m ^{*1*3}	0m	—	T. P. +23.45m ^{*1*3}
	取水ピット	T. P. +25.5m ^{*1}	+3.33m	・スクリーンによる損失の有無 ・貝付着の有無	T. P. +22.17m ^{*1}
	放水路ゲート設置箇所	T. P. +38.7m ^{*1}	+0.2m	・貝付着の有無	T. P. +38.68m ^{*1}
	S A用海水ピット	T. P. +10.4m ^{*1}	+3.23m	・貝付着の有無	T. P. +7.17m ^{*1}
	緊急用海水ポンプピット	T. P. +10.8m ^{*1}	+3.63m	・貝付着の有無	T. P. +7.17m ^{*1}
	構内排水路逆流防止設備 （防潮堤前面（敷地前面東側）の入力津波高さを使用している。）	T. P. +23.45m ^{*1}	0m	—	T. P. +23.45m ^{*1}
	構内排水路逆流防止設備 （防潮堤前面（敷地側面北側）の入力津波高さを使用している。）	T. P. +23.45m ^{*1*3}	0m	—	T. P. +23.45m ^{*1*3}

*1 朔望平均満潮位T. P. +0.61m, 2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量（沈降）0.2m及び入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動（沈降）0.46mを考慮している。

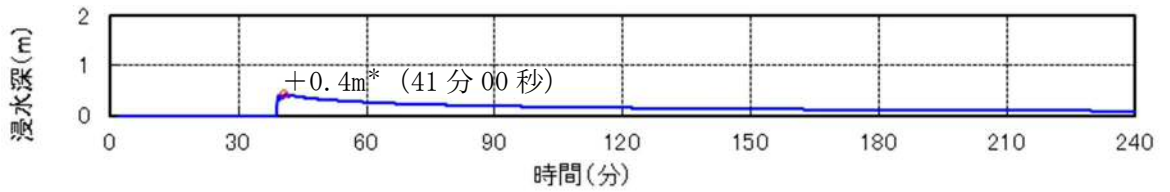
*2 影響評価の結果、東一人工構造物なしの条件において水位が高くなる傾向であったことから、東一人工構造物なしの条件における遡上解析結果をもとに浸水深を設定しているため、パラメータによる影響を考慮しない。

*3 防潮堤前面においては敷地前面東側にて最高水位となっており、敷地に遡上する津波に対する耐津波設計では防潮堤前面の水位を一律 T. P. +24.0m と想定することから、敷地側面北側及び敷地側面南側における入力津波高さについては敷地前面東側における水位をもとに設定した。

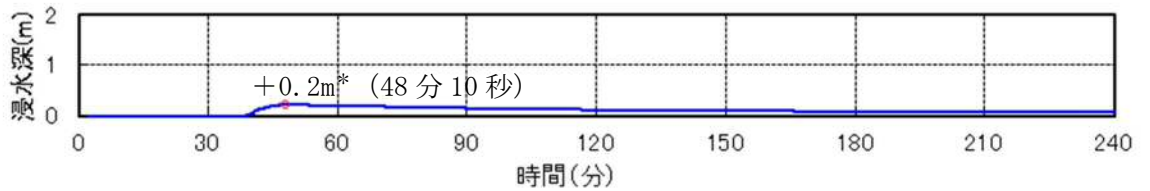


(防潮提前面 敷地前面東側)

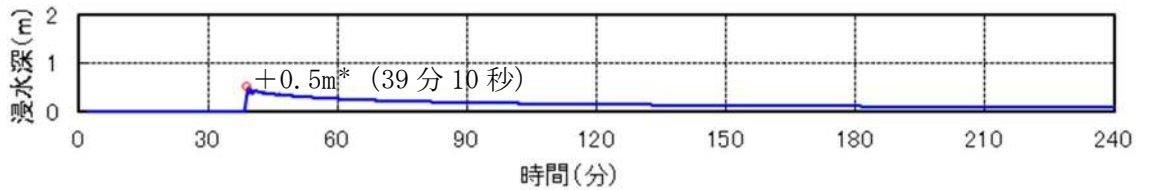
図 1.5-20 防潮提前面における最高水位を示す時刻歴波形



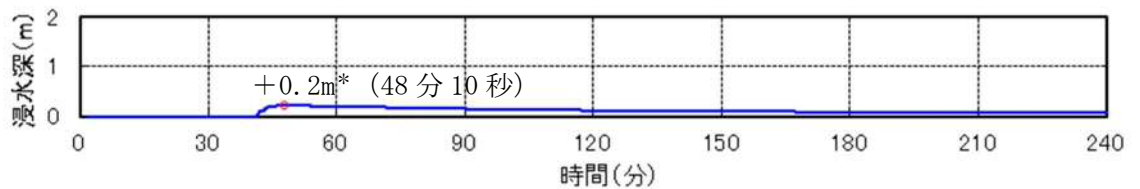
(原子炉建屋南側)



(排気筒東側)



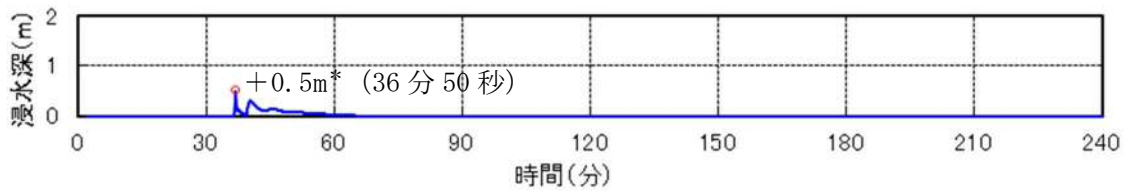
(常設低圧代替注水系の代替淡水貯槽上部)



(緊急用海水ポンプピット上部)

注記 * : 朔望平均満潮位 T.P. +0.61m, 2011 年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量 (沈降) 0.2m 及び入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動 (沈降) 0.46m を考慮している。

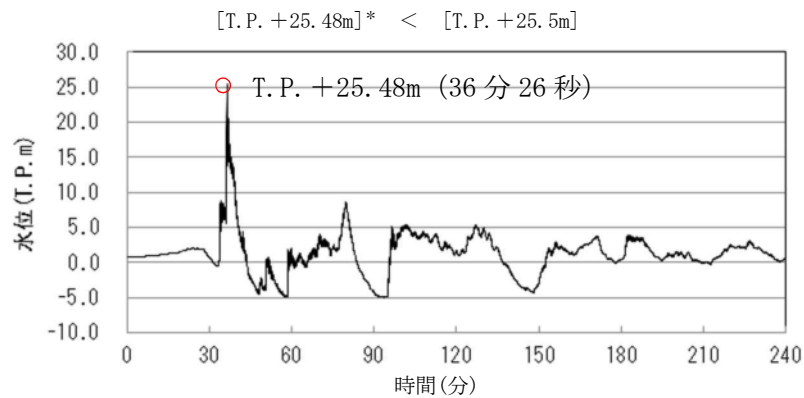
図 1.5-21 敷地内評価点における浸水深を示す時刻歴波形 (1/2)



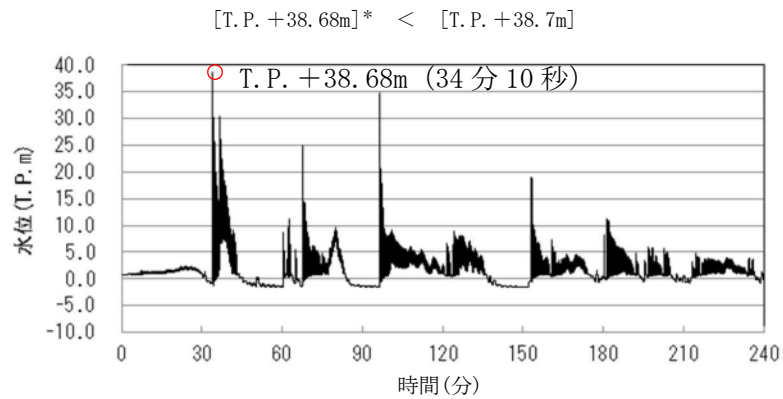
(S A用海水ピット上部)

注記 * : 朔望平均満潮位 T.P. +0.61m, 2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量(沈降)0.2m及び入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動(沈降)0.46mを考慮している。

図 1.5-21 敷地内評価点における浸水深を示す時刻歴波形 (2/2)



(取水ピット)

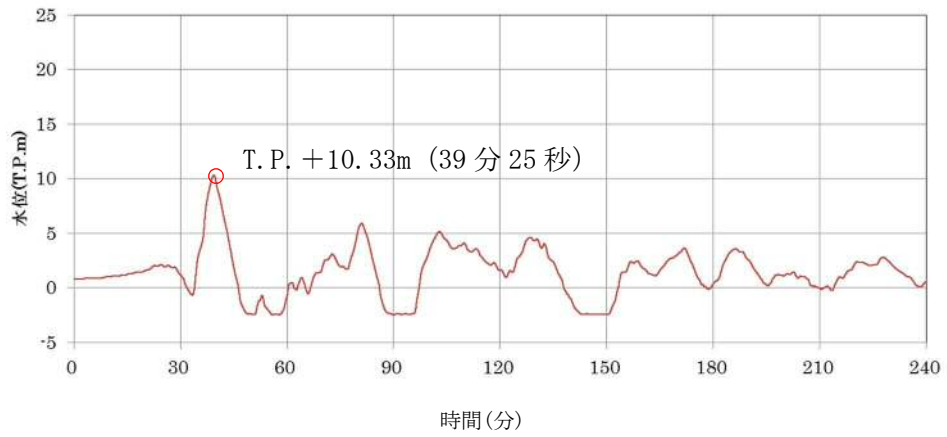


(放水路ゲート設置箇所)

注記 * : 朔望平均満潮位 T.P. +0.61m, 2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量(沈降)0.2m及び入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動(沈降)0.46mを考慮している。

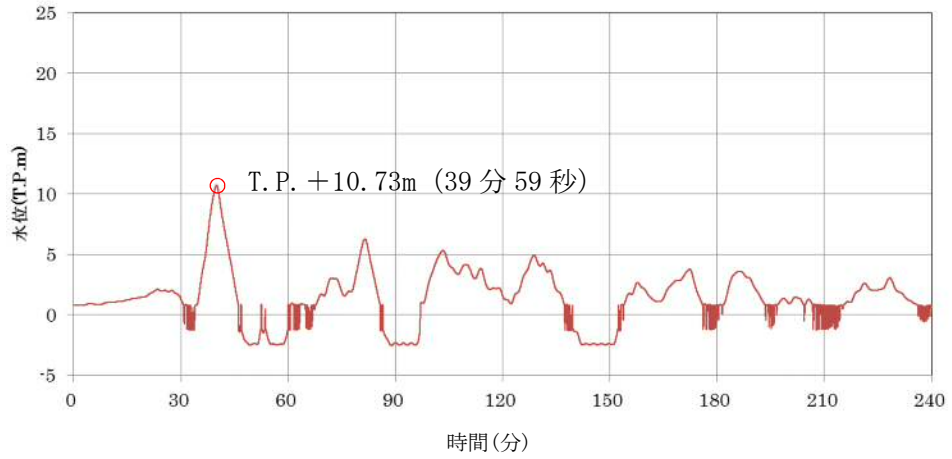
図 1.5-22 各経路からの津波の時刻歴波形 (1/2)

[T. P. +10.33m]* < [T. P. +10.4m]



(S A用海水ピット)

[T. P. +10.73m]* < [T. P. +10.8m]



(緊急用海水ポンプピット)

注記 * : 朔望平均満潮位 T. P. +0.61m, 2011 年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量 (沈降) 0.2m 及び入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動 (沈降) 0.46m を考慮している。

図 1.5-22 各経路からの津波の時刻歴波形 (2/2)

(c) その他の影響

その他の影響として、防潮堤前面における遡上解析結果と想定水位 (T.P. +24.0m) との差分及び敷地内の各評価位置における遡上解析結果による浸水深に対する裕度を考慮する。以下に詳細を示す。

イ. 防潮堤前面における遡上解析結果と想定水位 (T.P. +24.0m) との差分

敷地に遡上する津波による遡上解析から得られた防潮堤前面における遡上解析結果と想定水位 (T.P. +24.0m) との差分を考慮する。具体的には、敷地に遡上する津波による遡上解析から得られた防潮堤前面における最高水位に対し、敷地に遡上する津波に対する耐津波設計として考慮する防潮堤前面水位 T.P. +24.0m との差分を加え、防潮堤前面 (敷地側面北側, 敷地前面東側及び敷地側面南側) における入力津波高さを T.P. +24.0m とする。その他の影響を考慮した防潮堤前面における入力津波高さ一覧表を表 1.5-32 に示す。表 1.5-32 に示したとおり、防潮堤前面 (敷地側面北側), 防潮堤前面 (敷地前面東側) 及び防潮堤前面 (敷地側面南側) におけるその他の影響を +0.55m とした。

表 1.5-32 その他の影響を考慮した防潮堤前面における入力津波高さ一覧表

区分	設定位置	入力津波高さ	防潮堤前面における 遡上解析結果による水位	その他の影響*2
上 昇 側 水 位	防潮堤前面 (敷地側面北側)	T. P. +24.0m*1*3	T. P. +23.45m*1*3	+0.55m
	防潮堤前面 (敷地前面東側)	T. P. +24.0m*1	T. P. +23.45m*1	+0.55m
	防潮堤前面 (敷地側面南側)	T. P. +24.0m*1*3	T. P. +23.45m*1*3	+0.55m
	構内排水路逆流防止 設備 (防潮堤前面(敷地前 面東側)の入力津波高 さを使用している。)	T. P. +24.0m*1	T. P. +23.45m*1	+0.55m
	構内排水路逆流防止 設備 (防潮堤前面(敷地側 面北側)の入力津波高 さを使用している。)	T. P. +24.0m*1*3	T. P. +23.45m*1*3	+0.55m

注記 *1: 朔望平均満潮位 T. P. +0.61m, 2011 年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量(沈降) 0.2m 及び入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動(沈降) 0.46m を考慮している。

*2: 敷地に遡上する津波による遡上解析から得られた防潮堤前面における最高水位に対し、敷地に遡上する津波に対する耐津波設計として考慮する防潮堤前面水位 T. P. +24.0m との差分を加え、防潮堤前面(敷地側面北側、敷地前面東側及び敷地側面南側)における入力津波高さを T. P. +24.0m とする。

*3: 防潮堤前面においては敷地前面東側にて最高水位となっており、敷地に遡上する津波に対する耐津波設計では防潮堤前面の水位を一律 T. P. +24.0m と想定することから、敷地側面北側及び敷地側面南側における入力津波高さについては敷地前面東側における水位をもとに設定した。

ロ. 敷地内の各評価位置における浸水深に対し数値計算上の不確かさを考慮した差分

敷地に遡上する津波による遡上解析から得られた敷地内の各評価位置における浸水深に対し、評価範囲における浸水深の不確かさを考慮し、敷地内の各評価位置における入力津波高さを設定する。敷地内の各設定位置における入力津波高さの設定に考慮するその他の影響を表1.5-33に示す。表1.5-33に示したとおり、原子炉建屋南側におけるその他の影響を+0.6m、排気筒東側におけるその他の影響を+0.8m、常設低圧代替注水系の代替淡水貯槽上部におけるその他の影響を+0.5m、緊急用海水ポンプピット上部におけるその他の影響を+0.8m、S A用海水ピット上部におけるその他の影響を+0.5mとした。

表 1.5-33 敷地内の各設定位置における入力津波高さの設定に考慮するその他の影響

区分	設定位置	入力津波高さ	遡上解析結果から得られた各設定位置における浸水深	その他の影響*2
上 昇 側 水 位	原子炉建屋南側	+1.0m*1	+0.4m*1	+0.6m
	排気筒東側	+1.0m*1	+0.2m*1	+0.8m
	常設低圧代替注水系の代替淡水貯槽上部	+1.0m*1	+0.5m*1	+0.5m
	緊急用海水ポンプピット上部	+1.0m*1	+0.2m*1	+0.8m
	S A用海水ピット上部	+1.0m*1	+0.5m*1	+0.5m

注記 *1：朔望平均満潮位T.P. +0.61m, 2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量（沈降）0.2m及び入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動（沈降）0.46mを考慮している。

*2：敷地に遡上する津波による遡上解析から得られた敷地内の各評価位置における浸水深に対し、評価範囲における浸水深の不確かさを考慮する。

ハ. 防潮堤設置ルート変更前後における管路解析結果の差分

防潮堤設置ルート変更前後における管路解析結果の差分を入力津波高さに考慮する。具体的には、防潮堤設置ルート変更前後における各施設・設備の設置位置で算定された設定水位を比較し、より水位が高いモデルによる解析結果をもとに入力津波高さを設定する。なお、敷地内の各評価位置における遡上解析結果については、設置許可段階において防潮堤設置ルート変更を反映したモデルにより入力津波高さを設定していることから、敷地内の各評価位置における遡上解析結果については防潮堤設置ルート変更前後における遡上解析結果の差分を考慮しない。また、防潮堤前面の評価位置についても、入力津波高さを一律 T.P. +24.0m と設定することから、防潮堤設置ルート変更前後における遡上解析結果の差分を考慮しない。

防潮堤設置ルート変更前後における設定水位一覧及びその他の影響を考慮した入力津波一覧表を表 1.5-34 に示す。表 1.5-33 に示した水位から、SA用海水ピットにおけるその他の影響を+0.5m、緊急用海水ポンプピットにおけるその他の影響を+0.1mとした。

表 1.5-34 防潮堤設置ルート変更前後における設定水位一覧及び
その他の影響を考慮した入力津波一覧

区分	設定位置	入力津波高さ	設定水位		その他の影響*2
			防潮堤設置ルート変更前	防潮堤設置ルート変更後	
上 昇 側 水 位	原子炉建屋南側	+1.0m	—*3	+1.0m	0m
	排気筒東側	+1.0m	—*3	+1.0m	0m
	常設低圧代替注水系の 代替淡水貯槽上部	+1.0m	—*3	+1.0m	0m
	緊急用海水ポンプピット上部	+1.0m	—*3	+1.0m	0m
	S A用海水ピット上部	+1.0m	—*3	+1.0m	0m
	防潮堤前面 (敷地側面北側)	T. P. +24.0m	—*4	T. P. +24.0m	0m*4
	防潮堤前面 (敷地前面東側)	T. P. +24.0m	—*4	T. P. +24.0m	0m*4
	防潮堤前面 (敷地側面南側)	T. P. +24.0m	—*4	T. P. +24.0m	0m*4
	取水ピット	T. P. +25.5m	T. P. +24.8m	T. P. +25.5m	0m
	放水路ゲート 設置箇所	T. P. +38.7m	T. P. +32.0m	T. P. +38.7m	0m
	S A用海水ピット	T. P. +10.9m	T. P. +10.9m	T. P. +10.4m	+0.5m
	緊急用海水ポンプピット	T. P. +10.9m	T. P. +10.9m	T. P. +10.8m	+0.1m
	構内排水路逆流防止設備 (防潮堤前面(敷地前面東側)の 入力津波高さを使用している。)	T. P. +24.0m	—*4	T. P. +24.0m	0m
	構内排水路逆流防止設備 (防潮堤前面(敷地側面北側)の 入力津波高さを使用している。)	T. P. +24.0m	—*4	T. P. +24.0m	0m

注記 *1: 朔望平均満潮位T. P. +0.61m, 2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量(沈降)0.2m及び入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動(沈降)0.46mを考慮している。

*2: 防潮堤設置ルート変更前後における各施設・設備の設置位置で算定された設定水位を比較し, より水位が高いモデルによる解析結果をもとに入力津波高さを設定する。

*3: 敷地内の各評価位置における遡上解析結果については, 設置許可段階において防潮堤設置ルート変更を反映したモデルにより入力津波高さを設定していることから, 敷地内の各評価位置における遡上解析結果については防潮堤設置ルート変更前後における遡上解析結果の差分を考慮しない。

*4: 敷地に遡上する津波に対する耐津波設計においては, 防潮堤前面の水位を一律T. P. +24.0mと想定することから, 防潮堤前面における入力津波高さの設定に当たっては防潮堤設置ルート変更による影響を考慮しない。

(d) 入力津波高さに対するパラメータによる影響のまとめ

「(a) 管路解析におけるパラメータによる影響」及び「(c) その他の影響」の検討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一覧を表 1.5-35 に示す。

表 1.5-35 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一覧表

設定位置	入力津波高さ*1
原子炉建屋南側	+1.0m
排気筒東側	
常設低圧代替注水系の 代替淡水貯槽上部	
緊急用海水ポンプピット上部	
S A用海水ピット上部	
防潮堤前面（敷地側面北側）	T. P. +24.0m
防潮堤前面（敷地前面東側）	
防潮堤前面（敷地側面南側）	
取水ピット	T. P. +25.5m
放水路ゲート設置箇所	T. P. +38.7m
S A用海水ピット	T. P. +10.9m
緊急用海水ポンプピット	T. P. +10.9m
構内排水路逆流防止設備 （防潮堤前面（敷地前面東側）の入力津波高さを 使用している。）	T. P. +24.0m
構内排水路逆流防止設備 （防潮堤前面（敷地側面北側）の入力津波高さを 使用している。）	T. P. +24.0m

注記 *1：朔望平均満潮位+0.61m, 2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量（沈降）0.2m及び入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動（沈降）0.46mを考慮した値である。

1.5 入力津波のパラメータスタディの考慮について

1.5.1 基準津波

(1) 考慮の程度の妥当性についての検討の方針

津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備の設計においては、入力津波高さに影響を与え得る条件についてパラメータスタディを実施し、入力津波高さが有するパラメータによる影響を考慮する。入力津波高さが有するパラメータによる影響については、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。

入力津波高さに影響を与え得る要因のうち、パラメータスタディの実施対象である「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）」の入力津波高さに対する考慮の程度の妥当性については、各評価点における基本ケースによる水位と最も水位が高くなったケースによる水位を比較することで確認する。

(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

津波対策設備		設備分類	対象	備考
防潮堤及び防潮扉		津波防護 施設	○	
放水路ゲート			○	
構内排水路逆流防止設備			○	
取水路	取水路点検用開口部浸水 防止蓋	浸水防止 設備	○	
海水ポンプ室	海水ポンプグランドドレ ン排出口逆止弁		○	
循環水ポンプ室	取水ピット空気抜き配管 逆止弁		○	
放水路	放水路ゲート点検用開口 部浸水防止蓋		○	
S A用海水ピット	S A用海水ピット開口部 浸水防止蓋		○	
緊急用海水ポンプ室	緊急用海水ポンプピット 点検用開口部浸水防止蓋		○	
	緊急用海水ポンプグランド ドレン排出口逆止弁		○	
	緊急用海水ポンプ室床ド レン排出口逆止弁		○	
防潮堤及び防潮扉下部貫通部止水処置			○	
取水ピット水位計		津波監視 設備	○	
潮位計			○	

(3) 入力津波高さが有するパラメータによる影響について

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 T.P. +0.61m, 水位下降側に対しては朔望平均干潮位 T.P. -0.81m をそれぞれ初期潮位として考慮し, 基準津波の水位を算出している。

(b) 2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動

水位上昇側に対しては, 2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量である0.2mの沈降(余効変動含む。)を考慮して基準津波の水位を算出している。

水位下降側に対しても同様に, 遡上解析の初期潮位として一律に, 2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量である0.2mの沈降(余効変動含む。)を考慮している。水位下降側の入力津波の設定に当たっては安全側の評価となるよう, 初期潮位に考慮していた2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量については考慮せず, パラメータによる影響を考慮して設定した設定水位から除外して入力津波高さを設定する。

(c) 入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動

入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動として, 水位上昇側に対しては, 茨城県沖から房総沖に想定するプレート間地震に想定される広域的な地殻変動量である0.31mの沈降を考慮して基準津波の水位を算出している。

水位下降側に対しては, 安全側の評価となるよう, 茨城県沖から房総沖に想定するプレート間地震に想定される広域的な地殻変動量である0.31mの沈降を考慮していない。

(d) 潮位のばらつき

水位上昇側の潮位のばらつき+0.18mについては, 遡上解析により求めた上昇側の津波水位に加えることで考慮している。

水位下降側の潮位のばらつき-0.16mについては, 遡上解析により求めた下降側の津波水位に加えることで考慮している。

(e) 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

入力津波高さが有す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として, 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>

- ・基準地震動 S_s に伴う地形変化及び標高変化の影響
- ・基準地震動 S_s に伴う人工構造物の形状変化の影響

<管路解析におけるパラメータによる影響>

- ・スクリーンによる損失の有無による影響
- ・貝付着の有無による影響
- ・海水ポンプの運転状態による影響

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。

(f) その他の影響

その他の影響として、以下のものを考慮する。

<防潮堤設置ルート変更前後における遡上解析結果又は管路解析結果の差分>

- ・防潮堤設置ルート変更前後における遡上解析結果又は管路解析結果の差分を入力津波高さに考慮する。具体的には、防潮堤設置ルート変更前後における各施設・設備の設置位置で算定された設定水位を比較し、より水位が高いモデルによる解析結果をもとに入力津波高さを設定する。

<下降側水位の初期潮位に考慮していた地殻変動量（沈降）の除外>

- ・下降側水位の遡上解析における初期潮位として、2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量である0.2mの沈降を考慮していた。取水ピットにおける下降側水位の入力津波高さの設定に当たっては、安全側の評価となるように、パラメータによる影響を考慮して設定した設定水位から、2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量である0.2mの沈降分の値を考慮せず除外して入力津波高さを設定する。

b. 入力津波高さが有するパラメータによる影響の考慮の程度

潮位のばらつき、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及びその他の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。

$$\text{入力津波高さ} = \text{①} + \text{②} + \text{③} + \text{④}$$

① 基準津波

- ・朔望平均潮位
- ・2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動
- ・入力津波の波源モデルに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

③ 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

④ その他の影響

表 1.5-2 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、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及びその他の影響の考え方を示す。

また、「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。）の入力津波高さに対する考慮の程度について表 1.5-2 に示す。

さらに、各施設・設備の設計・評価に用いる入力津波高さに対するパラメータによる影響

及びその他の影響の一覧を表 1.5-3 に示す。

表 1.5-2 各施設・設備の設計・評価に用いる入力津波高さに対する
パラメータによる影響の考慮の程度について (1/6)

津波対策設備 (津波防護施設)	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
防潮堤及び防潮扉	<p>敷地側面北側</p>	+0.3m
	<p>敷地前面東側</p>	+0.6m
	<p>敷地側面南側</p>	+1.2m
放水路ゲート		+3.81m

注記 *1：朔望平均満潮位，2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量及び入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動量を考慮し設定した津波高さ
 *2：潮位のばらつき+0.18mを考慮して設定した入力津波高さ
 *3：防潮堤設置ルート変更前後における遡上解析結果又は管路解析結果の差分
 *4：遡上解析により求めた津波水位に潮位のばらつき+0.18mを加えることで考慮している。

表 1.5-2 各施設・設備の設計・評価に用いる入力津波高さに対する
パラメータによる影響の考慮の程度について (2/6)

津波対策設備 (津波防護施設)	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
構内排水路逆流防止設備	<p>敷地側面北側</p>	+0.3m
	<p>敷地前面東側</p>	+0.6m

- 注記 *1：朔望平均満潮位，2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量及び入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動量を考慮し設定した津波高さ
 *2：潮位のばらつき+0.18mを考慮して設定した津波高さ
 *3：防潮堤設置ルート変更前後における遡上解析結果又は管路解析結果の差分

表 1.5-2 各施設・設備の設計・評価に用いる入力津波高さに対する
パラメータによる影響の考慮の程度について (3/6)

津波対策設備 (浸水防止設備)		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
取水路	取水路点検用開口部 浸水防止蓋	<p>▽ T. P. +19.2m その他の影響*3 0m ▽ T. P. +19.2m パラメータによる影響 +3.16m ▽ T. P. +16.04m 基準津波の水位*1に 潮位のばらつきを考慮*2</p>	+3.16m
海水ポンプ室	海水ポンプグランドドレン 排出口逆止弁		
循環水ポンプ室	取水ピット空気抜き 配管逆止弁		
放水路	放水路ゲート点検用開口部 浸水防止蓋	<p>▽ T. P. +27.4m その他の影響*3 0m ▽ T. P. +27.4m パラメータによる影響 +3.81m ▽ T. P. +23.59m 基準津波の水位*1に 潮位のばらつきを考慮*2</p>	+3.81m
S A用海水ピット	S A用海水ピット開口部 浸水防止蓋	<p>▽ T. P. +8.9m その他の影響*3 0m ▽ T. P. +8.9m パラメータによる影響 +2.91m ▽ T. P. +5.99m 基準津波の水位*1に 潮位のばらつきを考慮*2</p>	+2.91m
緊急用海水ポンプ室	緊急用海水ポンプピット 点検用開口部浸水防止蓋	<p>▽ T. P. +9.3m その他の影響*3 0m ▽ T. P. +9.3m パラメータによる影響 +3.17m ▽ T. P. +6.13m 基準津波の水位*1に 潮位のばらつきを考慮*2</p>	+3.17m
	緊急用海水ポンプ グランドドレン排出口逆止弁		
	緊急用海水ポンプ室床ドレン 排出口逆止弁		

注記 *1: 朔望平均満潮位, 2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量及び入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動量を考慮し設定した津波高さ
*2: 遡上解析により求めた津波水位に潮位のばらつき+0.18mを加えることで考慮している。
*3: 防潮堤設置ルート変更前後における遡上解析結果又は管路解析結果の差分

表 1.5-2 各施設・設備の設計・評価に用いる入力津波高さに対する
パラメータによる影響の考慮の程度について (4/6)

津波対策設備 (浸水防止設備)	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
防潮堤及び防潮扉下部貫通部止水処置	<p>▽ T.P. +15.4m その他の影響*3 +3.2m ▽ T.P. +12.2m*2 潮位のばらつき +0.18m ▽ T.P. +12.0m パラメータによる影響 +0.3m ▽ T.P. +11.7m 基準津波の水位*1</p> <p>敷地側面北側</p>	+0.3m
	<p>▽ T.P. +17.9m その他の影響*3 0m ▽ T.P. +17.9m*2 潮位のばらつき +0.18m ▽ T.P. +17.7m パラメータによる影響 +0.6m ▽ T.P. +17.1m 基準津波の水位*1</p> <p>敷地前面東側</p>	+0.6m

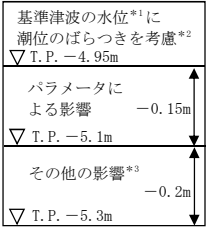
注記 *1：朔望平均満潮位，2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量及び入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動量を考慮し設定した津波高さ
*2：潮位のばらつき+0.18mを考慮して設定した津波高さ
*3：防潮堤設置ルート変更前後における遡上解析結果又は管路解析結果の差分

表 1.5-2 各施設・設備の設計・評価に用いる入力津波高さに対する
パラメータによる影響の考慮の程度について (5/6)

津波対策設備 (津波監視設備)	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
取水ピット水位計	<p>▽ T.P. +19.2m その他の影響*3 0m ▽ T.P. +19.2m パラメータによる影響 +3.16m ▽ T.P. +16.04m 基準津波の水位*1に 潮位のばらつきを考慮*2</p>	+3.16m
潮位計	<p>▽ T.P. +17.9m その他の影響*3 0m ▽ T.P. +17.9m*4 潮位のばらつき +0.18m ▽ T.P. +17.7m パラメータによる影響 +0.6m ▽ T.P. +17.1m 基準津波の水位*1</p> <p>敷地前面東側</p>	+0.6m

- 注記 *1：朔望平均満潮位，2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量及び入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動量を考慮し設定した津波高さ
- *2：遡上解析により求めた津波水位に潮位のばらつき+0.18mを加えることで考慮している。
- *3：防潮堤設置ルート変更前後における遡上解析結果又は管路解析結果の差分
- *4：潮位のばらつき+0.18mを考慮して設定した津波高さ

表 1.5-2 各施設・設備の設計・評価に用いる入力津波高さに対する
パラメータによる影響の考慮の程度について (6/6)

非常用海水ポンプの取水性評価	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
取水ピット位置		-0.15m

注記 *1：朔望平均干潮位，2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量及び入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動量を考慮し設定した津波高さ

*2：遡上解析により求めた津波水位に潮位のばらつき-0.16mを加えることで考慮している。

*3：初期潮位に考慮していた「2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量」について、安全側の評価となるように地殻変動量(沈降)分の値を考慮せず除外する。

表 1.5-3 各施設・設備の設計・評価に用いる入力津波高さに対するパラメータによる影響及びその他の影響の一覧

区分	設定位置	入力津波高さ	その他の影響		設定水位	パラメータによる影響		基本ケースの水位
			その他の影響の考慮の程度	考慮した事項		パラメータによる影響の考慮の程度	考慮した条件	
上昇側水位	防潮堤前面（敷地側面北側）	T.P. +15.4m ^{*1}	+3.2m	防潮堤設置ルート変更前後における遡上解析結果又は管路解析結果の差分 ^{*4}	T.P. +12.0m (T.P. +12.2m) ^{*1}	+0.3m	・地盤変状の有無 ・防波堤の有無	T.P. +11.7m
	防潮堤前面（敷地前面東側）	T.P. +17.9m ^{*1}	0m	—	T.P. +17.7m (T.P. +17.9m) ^{*1}	+0.6m	・地盤変状の有無 ・防波堤の有無	T.P. +17.1m
	防潮堤前面（敷地側面南側）	T.P. +16.8m ^{*1}	0m	—	T.P. +16.6m (T.P. +16.8m) ^{*1}	+1.2m	・地盤変状の有無 ・防波堤の有無	T.P. +15.4m
	取水ピット	T.P. +19.2m ^{*1}	0m	—	T.P. +19.2m ^{*1}	+3.16m	・防波堤の有無 ・スクリーンによる損失の有無 ・貝付着の有無 ・海水ポンプの運転状態	T.P. +16.04m
	放水路ゲート設置箇所	T.P. +27.4m ^{*1}	0m	—	T.P. +27.4m ^{*1}	+3.81m	・防波堤の有無 ・貝付着の有無 ・海水ポンプの運転状態	T.P. +23.59m
	S A用海水ピット	T.P. +8.9m ^{*1}	0m	—	T.P. +8.9m ^{*1}	+2.91m	・防波堤の有無 ・貝付着の有無	T.P. +5.99m
	緊急用海水ポンプピット	T.P. +9.3m ^{*1}	0m	—	T.P. +9.3m ^{*1}	+3.17m	・防波堤の有無 ・貝付着の有無	T.P. +6.13m
	構内排水路逆流防止設備 （防潮堤前面（敷地前面東側）の入力津波高さを使用している。）	T.P. +17.9m ^{*1}	0m	—	T.P. +17.7m (T.P. +17.9m) ^{*1}	+0.6m	・地盤変状の有無 ・防波堤の有無	T.P. +17.1m
	構内排水路逆流防止設備 （防潮堤前面（敷地側面北側）の入力津波高さを使用している。）	T.P. +15.4m ^{*1}	+3.2m	防潮堤設置ルート変更前後における遡上解析結果又は管路解析結果の差分 ^{*4}	T.P. +12.0m (T.P. +12.2m) ^{*1}	+0.3m	・地盤変状の有無 ・防波堤の有無	T.P. +11.7m
下降側水位	取水ピット ^{*2}	T.P. -5.3m ^{*3}	-0.2m	下降側水位の初期潮位に考慮していた地殻変動量（沈降）の除外 ^{*3}	T.P. -5.1m ^{*2}	-0.15m	・防波堤の有無 ・スクリーンによる損失の有無 ・貝付着の有無 ・海水ポンプの運転状態	T.P. -4.95m

*1 朔望平均満潮位T.P. +0.61m, 2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量（沈降）0.2m, 入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動（沈降）0.31m及び潮位のばらつき+0.18mを考慮している。

*2 朔望平均干潮位T.P. -0.81m, 2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量（沈降）0.2m及び潮位のばらつき-0.16mを考慮している。

*3 下降側の評価に当たって安全側の考慮となるように、初期潮位に考慮していた2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量（沈降）0.2mを**考慮せず除外する**。

*4 防潮堤設置ルート変更前後における各施設・設備の設置位置で算定された設定水位を比較し、より水位が高いモデルによる解析結果をもとに入力津波高さを設定する。

c. パラメータによる影響が入力津波高さに与える影響

(a) 遡上解析におけるパラメータによる影響

イ. 基準地震動 S_s に伴う地形変化及び標高変化の影響

「1.2 遡上・浸水域の考え方について」に示したとおり、基準地震動 S_s に伴う地形変化及び標高変化として、地盤面を大きく沈下させた条件である敷地北側における1.0mの沈下、敷地東側における1.5mの沈下、敷地南側及び西側における0.5mの沈下状態を考慮する。基準地震動 S_s によって地盤面を大きく沈下させた場合とさせない場合（以下「地盤変状あり」及び「地盤変状なし」という。）の防潮堤前面における遡上解析結果（上昇側最高水位）一覧を表1.5-4に、防潮堤前面における上昇側水位の評価結果を図1.5-1にそれぞれ示す。なお、表1.5-4及び図1.5-1は防潮堤設置ルート変更を反映したモデルによる解析結果又は評価結果を示している。

また、パラメータによる影響を考慮するに当たり、現地形状態を考慮し、解析ケース1の条件である「地盤変状なし、防波堤あり」を基本ケースとした。


評価の結果、地盤変状なしの場合に比べ、地盤変状ありの場合において、敷地北西部でわずかに遡上・浸水域が広がっているものの、全体的には大きな差異はない結果であった。また、敷地側面北側及び敷地前面東側の水位は、地盤変状ありの場合に比べ、地盤変状なしの場合の方が高くなる傾向となっている。敷地側面南側の水位については、地盤変状なしの場合に比べ、地盤変状ありの場合の方が高くなる傾向となっている。

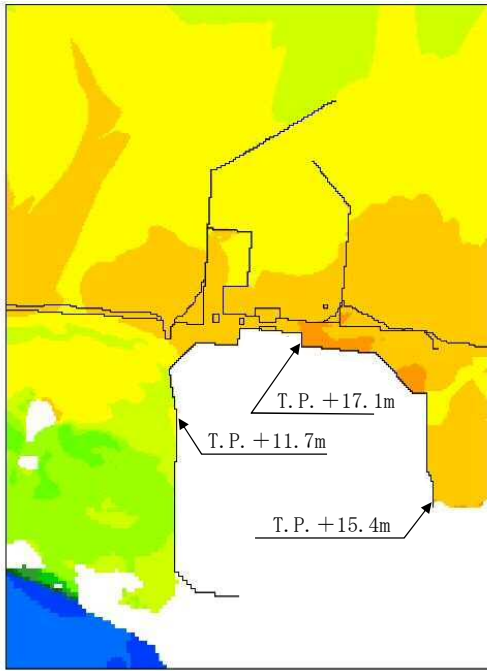
なお、津波の流入経路を有する敷地前面東側における水位を確認した結果、地盤変状ありの場合に比べ、地盤変状なしの場合において水位が高くなる傾向であったことから、取水路、放水路、SA用海水ピット及び緊急用海水ポンプピットの管路解析条件としては地盤変状なしの場合とした。

表 1.5-4 防潮堤前面における遡上解析結果（上昇側最高水位）一覧

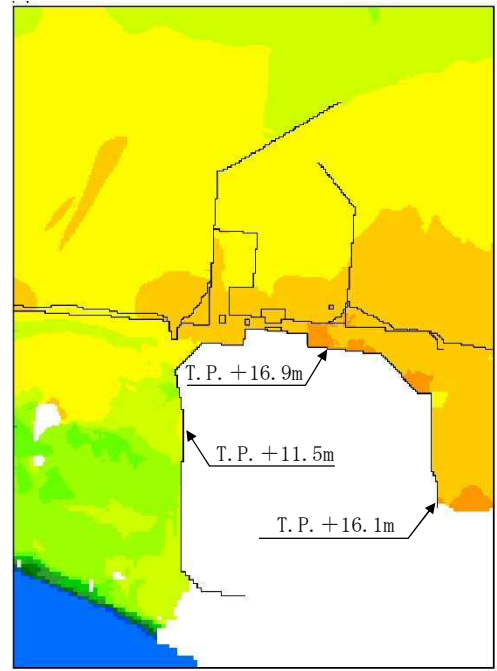
解析 ケース	パラメータ		防潮堤前面水位 (T. P. m)		
	地盤変状	防波堤	敷地側面北側	敷地前面東側	敷地側面南側
1*	なし	あり	+11.7	+17.1	+15.4
2	なし	なし	+12.0	+17.7	+15.4
3	あり	あり	+11.5	+16.9	+16.1
4	あり	なし	+11.8	+16.6	+16.6

* : パラメータによる影響の考慮における基本ケース

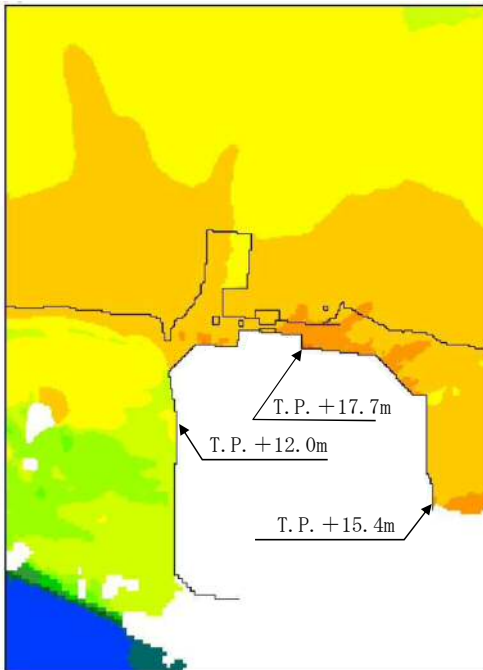
 : 評価点毎の最高水位



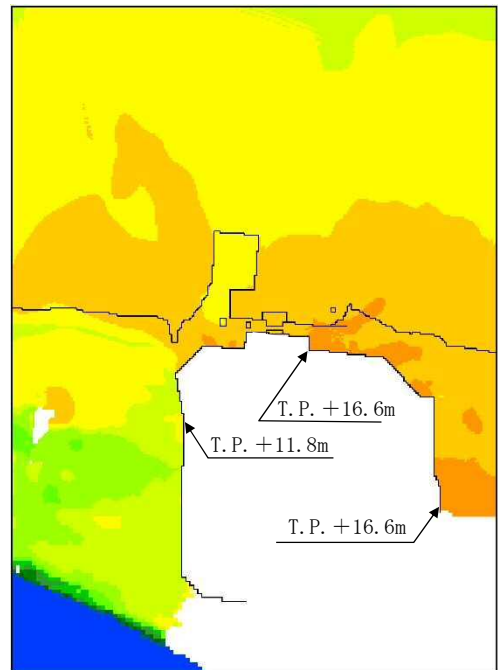
〔 防波堤あり
地盤変状なし 〕



〔 防波堤あり
地盤変状あり 〕



〔 防波堤なし
地盤変状なし 〕



〔 防波堤なし
地盤変状あり 〕



図 1.5-1 防潮堤前面における上昇側水位の評価結果

ロ. 基準地震動 S_s に伴う人工構造物の形状変化の影響

「1.2 遡上・浸水域の考え方について」に示したとおり、基準地震動 S_s による人工構造物の形状変化として、敷地内の防波堤並びに茨城港日立港区及び茨城港常陸那珂港区の防波堤がある場合とない場合（以下「防波堤あり」及び「防波堤なし」という。）を考慮する。防波堤あり及び防波堤なしの条件による防潮堤前面における遡上解析結果（上昇側最高水位）一覧を表 1.5-4 に、防潮堤前面における水位の評価結果を図 1.5-1 にそれぞれ示す。

また、パラメータによる影響を考慮するに当たり、現地形状態を考慮し、解析ケース 1 の条件である「地盤変状なし、防波堤あり」を基本ケースとした。

評価の結果、防波堤ありの場合及び防波堤なしの場合において、遡上・浸水域については大きな差異はない結果であった。また、地盤変状ありの場合の敷地前面東側の水位の最高値が防波堤なしの場合に比べ、防波堤ありの場合の方が大きくなっているが、全体的な分布の傾向として、防波堤ありの場合に比べ、防波堤なしの場合において水位が高くなる傾向となっている。

「イ. 基準地震動 S_s に伴う地形変化及び標高変化の影響」及び「ロ. 基準地震動 S_s に伴う人工構造物の形状変化の影響」に示した影響評価結果から、基本ケースの水位（敷地側面北側：T.P. +11.7m, 敷地前面東側：T.P. +17.1m, 敷地側面南側：T.P. +15.4m）と評価点毎の最高水位（敷地側面北側：T.P. +12.0m, 敷地前面東側：T.P. +17.7m, 敷地側面南側：T.P. +16.6m）との差異を遡上解析におけるパラメータによる影響として考慮することとし、敷地側面北側におけるパラメータによる影響を+0.3m, 敷地前面東側におけるパラメータによる影響を+0.6m, 敷地側面南側におけるパラメータによる影響を+1.2m とした。防潮堤前面の設定位置における設定水位に対するパラメータによる影響の考慮の詳細を表 1.5-5 に示す。

表 1.5-5 防潮堤前面の設定位置における設定水位に対するパラメータによる影響の考慮

区分	設定位置	設定水位	潮位のばらつき	評価点毎の最高水位	パラメータによる影響		基本ケースの水位	初期潮位に考慮		
					パラメータによる影響の考慮の程度	考慮した条件		入力津波モデルに想定される地震により生じる地殻変動	2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動	朔望平均潮位
上昇側水位	防潮堤前面（敷地側面北側）	T.P. +12.2m ^{*3}	考慮する。 (+0.18m)	T.P. +12.0m ^{*2}	+0.3m	・地盤変状の有無 ・防波堤の有無	T.P. +11.7m ^{*1}	考慮する。 (地殻変動量 (沈降) 0.31m)	考慮する。 (地殻変動量 (沈降) 0.2m)	考慮する。 (朔望平均満潮位 T.P. +0.61m)
	防潮堤前面（敷地前面東側）	T.P. +17.9m ^{*3}	考慮する。 (+0.18m)	T.P. +17.7m ^{*2}	+0.6m	・地盤変状の有無 ・防波堤の有無	T.P. +17.1m ^{*1}	考慮する。 (地殻変動量 (沈降) 0.31m)	考慮する。 (地殻変動量 (沈降) 0.2m)	考慮する。 (朔望平均満潮位 T.P. +0.61m)
	防潮堤前面（敷地側面南側）	T.P. +16.8m ^{*3}	考慮する。 (+0.18m)	T.P. +16.6m ^{*2}	+1.2m	・地盤変状の有無 ・防波堤の有無	T.P. +15.4m ^{*1}	考慮する。 (地殻変動量 (沈降) 0.31m)	考慮する。 (地殻変動量 (沈降) 0.2m)	考慮する。 (朔望平均満潮位 T.P. +0.61m)

*1 朔望平均満潮位T.P. +0.61m, 2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量 (沈降) 0.2m, 入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動 (沈降) 0.31mを考慮している。

*2 *1に加えてパラメータによる影響を考慮している。

*3 *2に加えて潮位のばらつき+0.18mを考慮している。

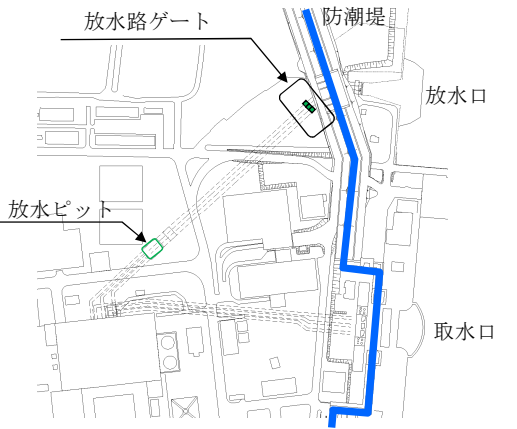
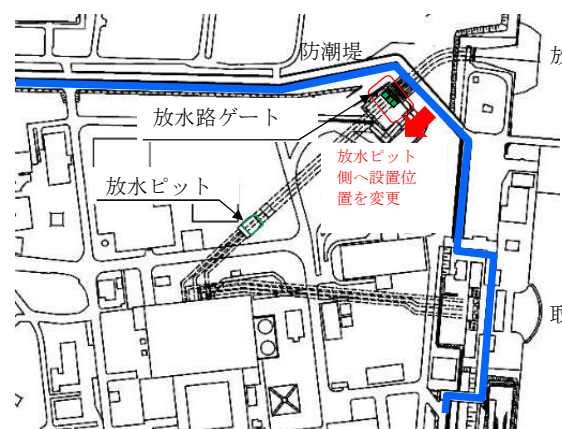
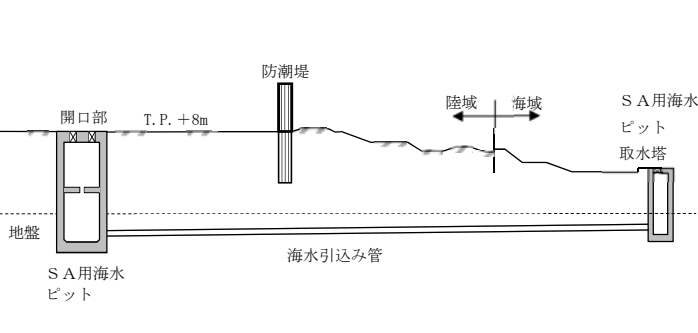
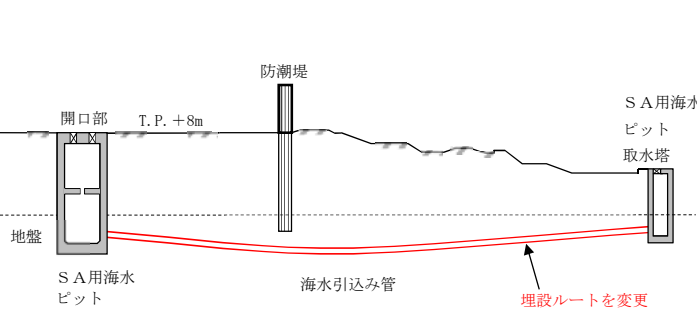
(b) 防潮堤設置ルート変更に伴う各管路解析のパラメータによる影響評価結果の取扱い

防潮堤設置ルート変更前のモデルによるパラメータによる影響評価結果を適用可能な管路解析と、防潮堤設置ルート変更を反映したモデルによりパラメータによる影響を評価する必要がある管路解析を以下のとおり整理した。

取水路の管路解析結果については防潮堤設置ルート変更前のモデルによりパラメータによる影響を評価した。その理由としては、取水路管路解析の入力波である取水口前面における水位に差異がなく、取水路及び取水ピットの構造に変更を伴わず、防潮堤設置ルート変更に伴う取水路の管路解析結果に影響が無いためである。防潮堤設置ルート変更に伴う取水路の管路解析結果への影響評価の詳細については「(c)イ. 取水路の管路解析（上昇側水位）にて考慮する条件による影響」に示す。

放水路、SA用海水ピット及び緊急用海水ポンプピットにおける管路解析については防潮堤設置ルート変更を反映したモデルによりパラメータによる影響を評価した。その理由としては、防潮堤設置ルート変更に伴い放水路ゲートの設置位置及び鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の岩着支持杭との干渉に伴いSA用海水ピット取水塔からSA用海水ピットへ接続する海水引込み管の埋設ルートに変更が生じたためである。防潮堤設置ルート変更に伴う放水路ゲート及び海水引込み管の設置位置等の変更事項を表 1.5-6 に示す。

表 1.5-6 防潮堤設置ルート変更に伴う放水路ゲート及び海水引込み管の設置位置等の変更事項

施設・設備	既往の設置位置等	防潮堤設置ルート変更に伴う設置位置等	設置位置等の変更事項
放水路ゲート			敷地北側防潮堤設置ルートの変更に伴う放水路ゲート設置位置の変更
海水引込み管			鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の岩着支持杭との干渉回避に伴う海水引込み管の埋設ルートの変更

1.5-19

上記を踏まえ、防潮堤設置ルート変更に伴う各管路解析のパラメータによる影響評価結果の取扱いを表 1.5-7 に示す。

表 1.5-7 防潮堤設置ルート変更に伴う各管路解析のパラメータによる影響評価結果の取扱い

防潮堤設置ルート変更前のモデルによるパラメータによる影響評価結果を適用可能な管路解析	防潮堤設置ルート変更を反映したモデルによりパラメータによる影響を評価する必要がある管路解析
○取水路の管路解析	○放水路の管路解析 ○S A用海水ピット及び緊急用海水ポンプピットの管路解析

(c) 管路解析におけるパラメータによる影響

イ. 取水路の管路解析（上昇側水位）にて考慮する条件による影響

取水路及び取水ピットの構造を図 1.5-2 に示す。取水路から取水ピット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、スクリーンによる損失の有無、貝付着の有無及び海水ポンプの運転状態による影響を受けることから、これらを管路解析の条件として考慮する。取水路の管路解析条件を表 1.5-8 に示す。取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一覧を表 1.5-9 に示す。

また、パラメータによる影響を確認するに当たり、現地形状態を考慮し、解析ケース 2 の条件である「防波堤あり、スクリーンによる損失あり、貝付着あり、非常用海水ポンプの運転あり（常用 0 台、非常用 5 台）」を基本ケースとした。

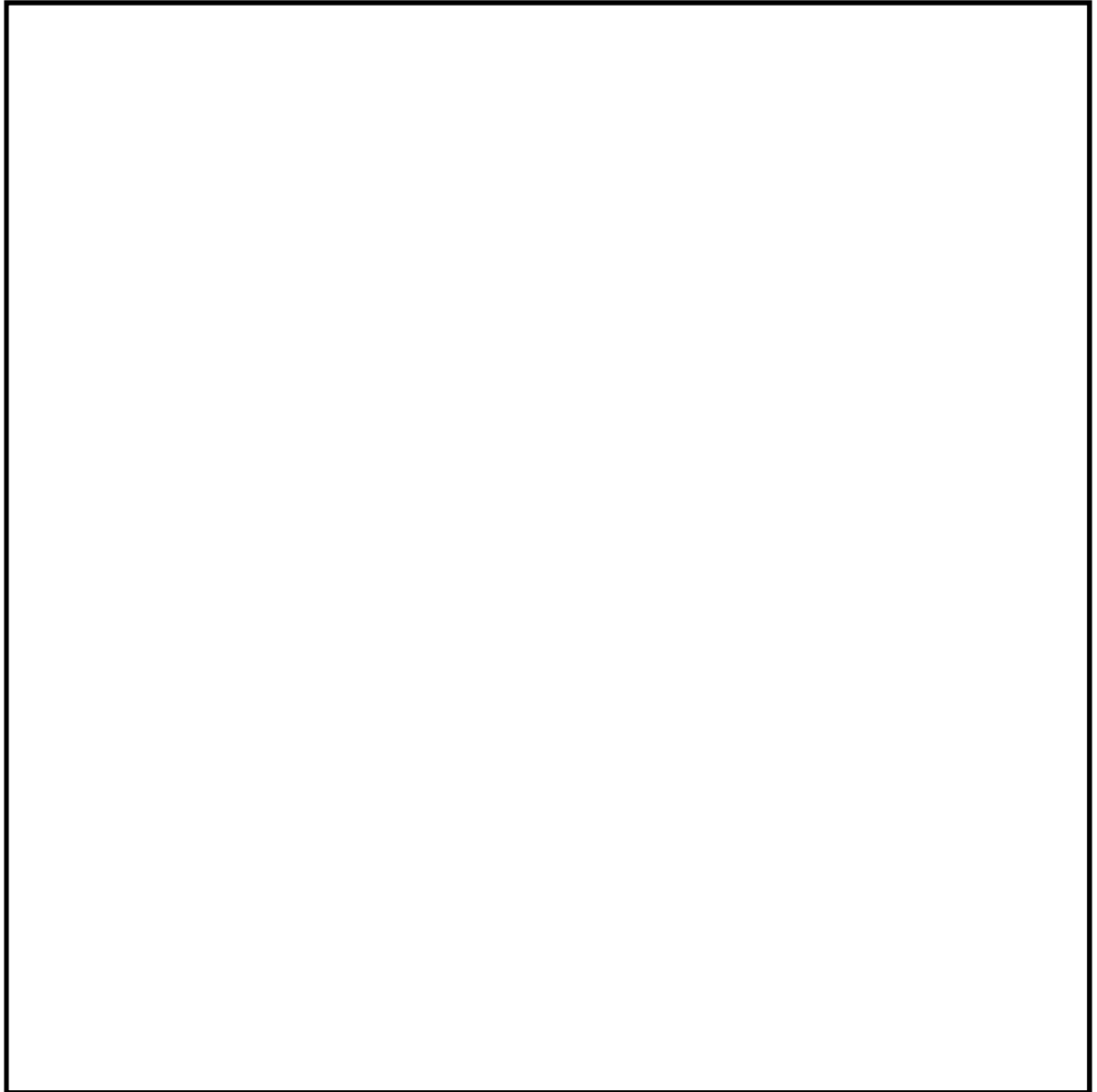


図 1.5-2 取水路及び取水ピットの構造

表1.5-8 取水路の管路解析条件

項目	解析条件
計算領域	取水口～取水路～取水ピット(非常用海水ポンプ, 常用海水ポンプ)
計算時間間隔 Δt	0.01 秒
基礎方程式	非定常開水路流及び管路流の連続式・運動方程式 ※1
境界条件	<p>○流量あり ケース1：計 4320.8(m³/hr)</p> <p>循環水ポンプ：74220(m³/hr/台)×0 台</p> <p>残留熱除去系海水ポンプ：885.7(m³/hr/台)×4 台</p> <p>非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ：272.6(m³/hr/台)×2 台</p> <p>高圧炉心スプレイスディーゼル発電機用海水ポンプ：232.8(m³/hr/台)×1 台</p> <p>補機冷却用系海水ポンプ：2838(m³/hr/台)×0 台</p> <p>(津波襲来時の状態として、常用海水ポンプ全台停止かつ非常用海水ポンプの運転状態を想定。(原子炉トリップ+ (所内電源喪失又は原子炉水位低下) の状態))</p> <p>○流量あり ケース2：計 9996.8(m³/hr)</p> <p>循環水ポンプ：74220(m³/hr/台)×0 台</p> <p>残留熱除去系海水ポンプ：885.7(m³/hr/台)×4 台</p> <p>非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ：272.6(m³/hr/台)×2 台</p> <p>高圧炉心スプレイスディーゼル発電機用海水ポンプ：232.8(m³/hr/台)×1 台</p> <p>補機冷却用系海水ポンプ：2838(m³/hr/台)×2 台</p> <p>(ケース1の状態から、燃料プール冷却等のため ASW ポンプを追加起動した状態を想定)</p> <p>○流量あり ケース3：計 2549.4(m³/hr)</p> <p>循環水ポンプ：74220(m³/hr/台)×0 台</p> <p>残留熱除去系海水ポンプ：885.7(m³/hr/台)×2 台</p> <p>非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ：272.6(m³/hr/台)×2 台</p> <p>高圧炉心スプレイスディーゼル発電機用海水ポンプ：232.8(m³/hr/台)×1 台</p> <p>補機冷却用系海水ポンプ：2838(m³/hr/台)×0 台</p> <p>(津波襲来時の状態として、常用海水ポンプ全台停止かつ非常用海水ポンプの運転状態を想定)</p> <p>○流量なし：計 0(m³/hr)</p>
摩擦損失係数	マンニング粗度係数 n=0.020(貝代あり)m ^{-1/3} ・s n=0.015(貝代なし)m ^{-1/3} ・s
貝の付着代	貝代なし, 貝代あり 10cmを考慮
局所損失係数	電力土木技術協会(1995)：火力・原子力発電所土木構造物の設計—補強改訂版—, 千秋信一(1967)：発電水力演習, 土木学会(1999)：水理公式集 [平成 11 年版] による
入射条件	防波堤ありケース 上昇側, 下降側 / 防波堤なしケース 上昇側, 下降側
地盤変動条件	<p>上昇側：3.11 地震の地殻変動量(0.2m 沈下を考慮)</p> <p>Mw8.7 の地殻変動量</p> <p>潮位のばらつき(σ = +0.18m)</p> <p>下降側：3.11 地震の地殻変動量(0.2m 沈下を考慮)</p> <p>潮位のばらつき(σ = -0.16m)</p>
潮位条件	<p>上昇側：朔望平均満潮位(T.P. +0.61m)</p> <p>下降側：朔望平均干潮位(T.P. -0.81m)</p>
計算時間	4 時間(津波計算と同時間)

※1 基礎方程式

<開水路>

$$a) \text{運動方程式} \quad \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial H}{\partial x} + gA \left(\frac{n^2 |v|v}{R^{4/3}} + \frac{1}{\Delta x} f \frac{|v|v}{2g} \right) = 0$$

$$b) \text{連続式} \quad \frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

<管路>

$$a) \text{運動方程式} \quad \frac{\partial Q}{\partial t} + gA \frac{\partial H}{\partial x} + gA \left(\frac{n^2 |v|v}{R^{4/3}} + \frac{1}{\Delta x} f \frac{|v|v}{2g} \right) = 0$$

$$b) \text{連続式} \quad \frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

ここに, t : 時間 Q : 流量 v : 流速 x : 管底に沿った座標
A : 流水断面積 H : 圧力水頭+位置水頭 (管路の場合)
位置水頭 (開水路の場合)
z : 管底高 g : 重力加速度
n : マンニングの粗度係数 R : 径深
Δx : 管路の流れ方向の長さ f : 局所損失係数

<水槽および立坑部>

$$A_p \frac{dH_p}{dt} = Q_s$$

ここに、 A_p : 水槽の平面積 (水位の関数となる) H_p : 水槽水位
 Q_s : 水槽へ流入する流量の総和 t : 時間

(イ) 防波堤の有無による影響

表 1.5-9 に示す上昇側最高水位の評価結果から、スクリーンによる損失の有無、貝付着の有無及び海水ポンプの運転状態によらず、防波堤ありの場合に比べ、防波堤なしの方が水位が高くなった。

(ロ) スクリーンによる損失の有無による影響

表 1.5-9 に示す上昇側最高水位の評価結果から、防波堤の有無、貝付着の有無及び海水ポンプの運転状態によらず、スクリーンによる損失ありの場合に比べ、スクリーンによる損失なしの方が水位が高くなった。

(ハ) 貝付着の有無による影響

表 1.5-9 に示す上昇側最高水位の評価結果から、防波堤の有無、スクリーンによる損失の有無及び海水ポンプの運転状態によらず、貝付着がある場合とない場合においてその差異は非常に小さく、有意な差異とはならなかった。

(ニ) 海水ポンプの運転状態による影響

表 1.5-9 に示す上昇側最高水位の評価結果から、防波堤の有無、スクリーンによる損失の有無及び貝付着の有無によらず、海水ポンプの運転状態の違いによる差異は非常に小さく、有意な差異とはならなかった。

以上に示した影響評価結果から、上昇側最高水位である T.P. +19.19m (解析ケース 21) をもとに、取水ピットにおける上昇側の入力津波を T.P. +19.2m とする。基本ケースの水位である T.P. +16.04m と上昇側最高水位をもとに設定した入力津波 T.P. +19.2m との差異を取水路管路解析におけるパラメータによる影響として考慮することとし、取水路管路解析におけるパラメータによる影響を +3.16m とした。

表 1.5-9 取水路の管路解析結果（上昇側最高水位）一覧（1/4）

解析 ケース	パラメータ				取水ピット水位 (T. P. m)					解析ケース毎 の最高水位 (T. P. m)
	防波堤	スクリー ン損失	貝付着	海水ポンプの 運転状態	非常用海水 ポンプ (南側)	非常用海水 ポンプ (北側)	循環水ポンプ (南側)	循環水ポンプ (中央)	循環水ポンプ (北側)	
1	あり	あり	あり	常用：0台 非常用：0台	+15.79	+15.79	+15.95	+16.04	+15.95	+16.04
2*	あり	あり	あり	常用：0台 非常用：5台	+15.79	+15.79	+15.95	+16.04	+15.95	+16.04
3	あり	あり	あり	常用：0台 非常用：7台	+15.79	+15.79	+15.94	+16.04	+15.94	+16.04
4	あり	あり	あり	常用：2台 非常用：7台	+15.79	+15.79	+15.94	+16.04	+15.94	+16.04
5	あり	なし	あり	常用：0台 非常用：0台	+16.91	+16.91	+16.74	+16.56	+16.74	+16.91
6	あり	なし	あり	常用：0台 非常用：5台	+16.91	+16.91	+16.74	+16.57	+16.74	+16.91
7	あり	なし	あり	常用：0台 非常用：7台	+16.91	+16.91	+16.74	+16.57	+16.74	+16.91
8	あり	なし	あり	常用：2台 非常用：7台	+16.90	+16.90	+16.73	+16.57	+16.73	+16.90

*：パラメータによる影響の考慮における基本ケース

■：解析ケース毎の最高水位

表 1.5-9 取水路の管路解析結果（上昇側最高水位）一覧（2/4）

解析 ケース	パラメータ				取水ピット水位 (T. P. m)					解析ケース毎 の最高水位 (T. P. m)
	防波堤	スクリー ン損失	貝付着	海水ポンプの 運転状態	非常用海水 ポンプ (南側)	非常用海水 ポンプ (北側)	循環水ポンプ (南側)	循環水ポンプ (中央)	循環水ポンプ (北側)	
9	あり	あり	なし	常用：0台 非常用：0台	+15.68	+15.68	+15.97	+16.09	+15.97	+16.09
10	あり	あり	なし	常用：0台 非常用：5台	+15.68	+15.68	+15.97	+16.09	+15.97	+16.09
11	あり	あり	なし	常用：0台 非常用：7台	+15.68	+15.68	+15.97	+16.09	+15.97	+16.09
12	あり	あり	なし	常用：2台 非常用：7台	+15.67	+15.67	+15.96	+16.09	+15.96	+16.09
13	あり	なし	なし	常用：0台 非常用：0台	+17.10	+17.10	+16.56	+16.46	+16.56	+17.10
14	あり	なし	なし	常用：0台 非常用：5台	+17.09	+17.09	+16.56	+16.46	+16.56	+17.09
15	あり	なし	なし	常用：0台 非常用：7台	+17.09	+17.09	+16.56	+16.46	+16.56	+17.09
16	あり	なし	なし	常用：2台 非常用：7台	+17.09	+17.09	+16.56	+16.47	+16.56	+17.09

■ : 解析ケース毎の最高水位

表 1.5-9 取水路の管路解析結果（上昇側最高水位）一覧（3/4）

解析 ケース	パラメータ				取水ピット水位 (T. P. m)					解析ケース毎 の最高水位 (T. P. m)
	防波堤	スクリー ン損失	貝付着	海水ポンプの 運転状態	非常用海水 ポンプ (南側)	非常用海水 ポンプ (北側)	循環水ポンプ (南側)	循環水ポンプ (中央)	循環水ポンプ (北側)	
17	なし	あり	あり	常用：0台 非常用：0台	+16.61	+16.61	+16.39	+16.56	+16.39	+16.61
18	なし	あり	あり	常用：0台 非常用：5台	+16.61	+16.61	+16.39	+16.56	+16.39	+16.61
19	なし	あり	あり	常用：0台 非常用：7台	+16.61	+16.61	+16.39	+16.56	+16.39	+16.61
20	なし	あり	あり	常用：2台 非常用：7台	+16.60	+16.60	+16.38	+16.55	+16.38	+16.60
21	なし	なし	あり	常用：0台 非常用：0台	+19.19	+19.19	+18.35	+17.87	+18.35	+19.19
22	なし	なし	あり	常用：0台 非常用：5台	+19.18	+19.18	+18.35	+17.87	+18.35	+19.18
23	なし	なし	あり	常用：0台 非常用：7台	+19.18	+19.18	+18.35	+17.87	+18.35	+19.18
24	なし	なし	あり	常用：2台 非常用：7台	+19.18	+19.18	+18.35	+17.87	+18.35	+19.18

■：解析ケース毎の最高水位

■：上昇側最高水位

表 1.5-9 取水路の管路解析結果（上昇側最高水位）一覧（4/4）

解析 ケース	パラメータ				取水ピット水位 (T. P. m)					解析ケース毎 の最高水位 (T. P. m)
	防波堤	スクリー ン損失	貝付着	海水ポンプの 運転状態	非常用海水 ポンプ (南側)	非常用海水 ポンプ (北側)	循環水ポンプ (南側)	循環水ポンプ (中央)	循環水ポンプ (北側)	
25	なし	あり	なし	常用：0台 非常用：0台	+16.67	+16.67	+16.40	+16.49	+16.40	+16.67
26	なし	あり	なし	常用：0台 非常用：5台	+16.66	+16.66	+16.39	+16.49	+16.39	+16.66
27	なし	あり	なし	常用：0台 非常用：7台	+16.66	+16.66	+16.39	+16.49	+16.39	+16.66
28	なし	あり	なし	常用：2台 非常用：7台	+16.65	+16.65	+16.39	+16.49	+16.39	+16.65
29	なし	なし	なし	常用：0台 非常用：0台	+19.17	+19.17	+18.38	+17.88	+18.38	+19.17
30	なし	なし	なし	常用：0台 非常用：5台	+19.17	+19.17	+18.38	+17.88	+18.38	+19.17
31	なし	なし	なし	常用：0台 非常用：7台	+19.17	+19.16	+18.38	+17.88	+18.38	+19.17
32	なし	なし	なし	常用：2台 非常用：7台	+19.16	+19.16	+18.38	+17.88	+18.38	+19.16

■ : 解析ケース毎の最高水位

なお、防潮堤設置ルート変更の前後において、取水路管路解析の入力波である取水口前面における水位に差異がなく、取水路及び取水ピットの構造に変更を伴わず、防潮堤設置ルート変更に伴う取水路の管路解析結果への影響が無かったため、表 1.5-9 には防潮堤設置ルート変更前の管路解析結果を示している。なお、影響評価としては、防潮堤設置ルート変更前のモデルによる管路解析において最も高い水位となった解析条件（防波堤なし、スクリーンによる損失なし、貝付着あり、海水ポンプの運転なし）と同様の条件にて防潮堤設置ルートを変更したモデルにより管路解析を実施し、影響のないことを確認した。防潮堤設置ルート変更に伴う取水路の管路解析結果への影響評価結果を以下に示す。

防潮堤設置ルート変更前のモデルによる取水口前面における遡上解析の評価結果（上昇側）は図 1.5-3 に示すとおりである。取水口前面の上昇側最高水位は T.P. +14.7m であった。

防潮堤設置ルート変更を反映したモデルによる評価結果（上昇側）を図 1.5-4 に示す。図 1.5-4 に示すとおり、遡上解析の評価結果から、取水口前面の上昇側最高水位は T.P. +14.7m であった。防潮堤設置ルート変更前のモデルによる評価結果と比べて有意な差異はなく、同等の評価結果であった。

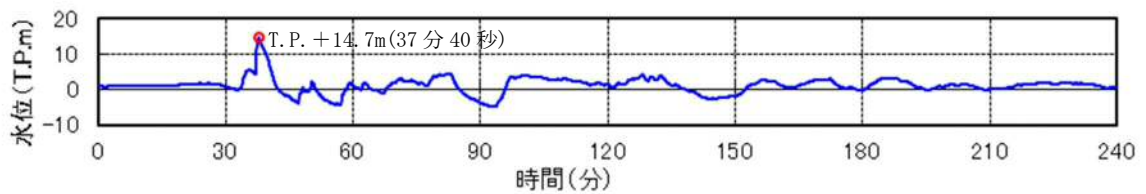


図 1.5-3 防潮堤設置ルート変更前のモデルによる取水口前面における遡上解析の評価結果（上昇側）（防波堤なし）

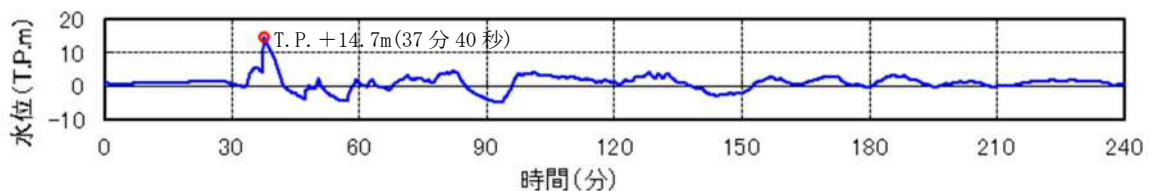


図 1.5-4 防潮堤設置ルート変更を反映したモデルによる取水口前面における遡上解析の評価結果（上昇側）（防波堤なし）

さらに、管路解析による取水ピットにおける評価結果（上昇側）への影響確認を実施した。防潮堤設置ルート変更前のモデルによる取水ピットにおける管路解析の評価結果（上昇側）は図 1.5-5 に示すとおりである。取水ピットにおける上昇側最高水位は T.P. +19.19m であった。

防潮堤設置ルート変更を反映したモデルによる評価結果を図 1.5-6 に示す。図 1.5-6 に示すとおり、管路解析の評価結果から、取水ピットの上昇側最高水位は T.P. +19.19m であった。防潮堤設置ルート変更前のモデルによる評価結果と比べて有意な差異はなく、同等の評価結果であった。

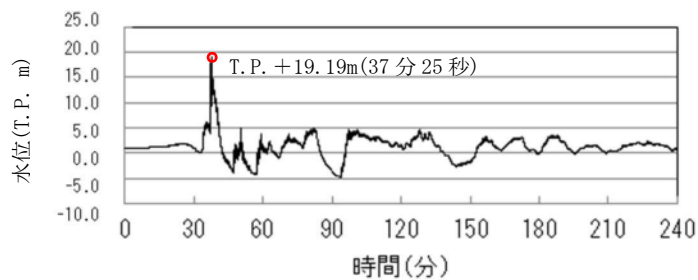


図 1.5-5 防潮堤設置ルート変更前のモデルによる取水ピットにおける
管路解析の評価結果（上昇側）

（防波堤なし，スクリーンによる損失なし，貝付着あり，海水ポンプの運転なし）

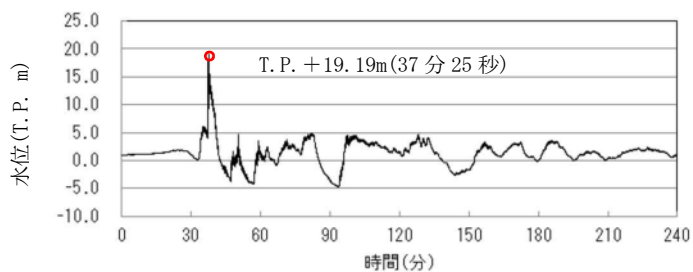


図 1.5-6 防潮堤設置ルート変更を反映したモデルによる取水ピットにおける
管路解析の評価結果（上昇側）

（防波堤なし，スクリーンによる損失なし，貝付着あり，海水ポンプの運転なし）

また、取水ピットにおける上昇側水位の入力津波については、防潮堤設置ルート変更を反映したモデルによる管路解析結果（防波堤なし，スクリーンによる損失なし，貝付着あり，海水ポンプの運転なしの解析条件）をもとに設定した。

ロ. 取水路の管路解析（下降側水位）にて考慮する条件による影響

取水路及び取水ピットの構造を図 1.5-2 に示す。取水路から取水ピット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、スクリーンによる損失の有無、貝付着の有無及び海水ポンプの運転状態による影響を受けることから、これらを管路解析の条件として考慮する。取水路の管路解析条件を表 1.5-8 に示す。取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下降側最低水位一覧を表 1.5-10 に示す。

また、パラメータによる影響を確認するに当たり、現地形状態を考慮し、解析ケース 2 の条件である「防波堤あり、スクリーンによる損失あり、貝付着あり、非常用海水ポンプの運転あり（常用 0 台、非常用 5 台）」を基本ケースとした。

(イ) 防波堤の有無による影響

表 1.5-10 に示す下降側最低水位の評価結果から、スクリーンによる損失の有無、貝付着の有無及び海水ポンプの運転状態によらず、防波堤ありの場合に比べ、防波堤なしの場合の方が水位が低くなる傾向にあるが、その差異は非常に小さく、有意な差異とはならなかった。

(ロ) スクリーンによる損失の有無による影響

表 1.5-10 に示す下降側最低水位の評価結果から、防波堤の有無、貝付着の有無及び海水ポンプの運転状態によらず、スクリーンによる損失ありの場合に比べ、スクリーンによる損失なしの場合の方が低くなる傾向にあるが、その差異は非常に小さく、有意な差異とはならなかった。

(ハ) 貝付着の有無による影響

表 1.5-10 に示す下降側最低水位の評価結果から、防波堤の有無、スクリーンによる損失の有無及び海水ポンプの運転状態によらず、貝付着がある場合とない場合においてその差異は非常に小さく、有意な差異とはならなかった。

(ニ) 海水ポンプの運転状態による影響

表 1.5-10 に示す下降側最低水位の評価結果から、防波堤の有無、スクリーンによる損失の有無及び貝付着の有無によらず、海水ポンプの運転状態の違いによる差異は非常に小さく、有意な差異とはならなかった。

以上に示した影響評価結果から、下降側最低水位である T.P. -5.04m（解析ケース 31 及び解析ケース 32）をもとに、取水ピットにおける下降側の設定水位を T.P. -5.1m とする。基本ケースの水位である T.P. -4.95m と下降側最低水位をもとに設定した入力津波 T.P. -5.1m との差異を取水路管路解析におけるパラメータによる影響として考慮することとし、取水路管路解析におけるパラメータによる影響を -0.15m とした。

表 1.5-10 取水路の管路解析結果（下降側最低水位）一覧（1/4）

解析 ケース	パラメータ				取水ピット水位 (T. P. m)					解析ケース毎 の最低水位* ¹ (T. P. m)
	防波堤	スクリーン 損失	貝付着	海水ポンプの 運転状態	非常用海水 ポンプ (南側)	非常用海水 ポンプ (北側)	循環水 ポンプ (南側)	循環水 ポンプ (中央)	循環水 ポンプ (北側)	
1	あり	あり	あり	常用：0台 非常用：0台	-4.94	-4.94	-4.94	-4.94	-4.94	-4.94
2* ²	あり	あり	あり	常用：0台 非常用：5台	-4.95	-4.95	-4.94	-4.94	-4.94	-4.95
3	あり	あり	あり	常用：0台 非常用：7台	-4.95	-4.95	-4.95	-4.95	-4.95	-4.95
4	あり	あり	あり	常用：2台 非常用：7台	-4.96	-4.96	-4.96	-4.96	-4.96	-4.96
5	あり	なし	あり	常用：0台 非常用：0台	-4.97	-4.97	-4.98	-4.98	-4.98	-4.97
6	あり	なし	あり	常用：0台 非常用：5台	-4.97	-4.97	-4.98	-4.98	-4.98	-4.97
7	あり	なし	あり	常用：0台 非常用：7台	-4.97	-4.97	-4.98	-4.98	-4.98	-4.97
8	あり	なし	あり	常用：2台 非常用：7台	-4.97	-4.97	-4.99	-4.98	-4.99	-4.97

*1：下降側水位については非常用海水ポンプ位置における水位を対象に評価を実施

*2：パラメータによる影響の考慮における基本ケース

■：解析ケース毎の最低水位

表 1.5-10 取水路の管路解析結果（下降側最低水位）一覧（2/4）

解析 ケース	パラメータ				取水ピット水位 (T. P. m)					解析ケース毎 の最低水位* (T. P. m)
	防波堤	スクリーン 損失	貝付着	海水ポンプの 運転状態	非常用海水 ポンプ (南側)	非常用海水 ポンプ (北側)	循環水 ポンプ (南側)	循環水 ポンプ (中央)	循環水 ポンプ (北側)	
9	あり	あり	なし	常用：0台 非常用：0台	-4.94	-4.94	-4.94	-4.94	-4.94	-4.94
10	あり	あり	なし	常用：0台 非常用：5台	-4.95	-4.95	-4.95	-4.95	-4.95	-4.95
11	あり	あり	なし	常用：0台 非常用：7台	-4.95	-4.95	-4.95	-4.95	-4.95	-4.95
12	あり	あり	なし	常用：2台 非常用：7台	-4.96	-4.96	-4.96	-4.96	-4.96	-4.96
13	あり	なし	なし	常用：0台 非常用：0台	-4.95	-4.95	-4.95	-4.96	-4.95	-4.95
14	あり	なし	なし	常用：0台 非常用：5台	-4.95	-4.95	-4.95	-4.96	-4.95	-4.95
15	あり	なし	なし	常用：0台 非常用：7台	-4.95	-4.95	-4.95	-4.96	-4.95	-4.95
16	あり	なし	なし	常用：2台 非常用：7台	-4.95	-4.95	-4.95	-4.96	-4.95	-4.95

*：下降側水位については非常用海水ポンプ位置における水位を対象に評価を実施

■：解析ケース毎の最低水位

表 1.5-10 取水路の管路解析結果（下降側最低水位）一覧（3/4）

解析 ケース	パラメータ				取水ピット水位 (T. P. m)					解析ケース毎 の最低水位* (T. P. m)
	防波堤	スクリーン 損失	貝付着	海水ポンプの 運転状態	非常用海水 ポンプ (南側)	非常用海水 ポンプ (北側)	循環水 ポンプ (南側)	循環水 ポンプ (中央)	循環水 ポンプ (北側)	
17	なし	あり	あり	常用：0台 非常用：0台	-4.95	-4.95	-4.95	-4.95	-4.95	-4.95
18	なし	あり	あり	常用：0台 非常用：5台	-4.95	-4.95	-4.95	-4.96	-4.95	-4.95
19	なし	あり	あり	常用：0台 非常用：7台	-4.96	-4.96	-4.96	-4.96	-4.96	-4.96
20	なし	あり	あり	常用：2台 非常用：7台	-4.97	-4.97	-4.97	-4.98	-4.97	-4.97
21	なし	なし	あり	常用：0台 非常用：0台	-5.02	-5.02	-5.02	-5.05	-5.02	-5.02
22	なし	なし	あり	常用：0台 非常用：5台	-5.03	-5.03	-5.03	-5.05	-5.03	-5.03
23	なし	なし	あり	常用：0台 非常用：7台	-5.03	-5.03	-5.03	-5.05	-5.03	-5.03
24	なし	なし	あり	常用：2台 非常用：7台	-5.03	-5.03	-5.03	-5.06	-5.03	-5.03

*：下降側水位については非常用海水ポンプ位置における水位を対象に評価を実施

■：解析ケース毎の最低水位

表 1.5-10 取水路の管路解析結果（下降側最低水位）一覧（4/4）

解析 ケース	パラメータ				取水ピット水位 (T. P. m)					解析ケース毎 の最低水位* (T. P. m)
	防波堤	スクリーン 損失	貝付着	海水ポンプの 運転状態	非常用海水 ポンプ (南側)	非常用海水 ポンプ (北側)	循環水 ポンプ (南側)	循環水 ポンプ (中央)	循環水 ポンプ (北側)	
25	なし	あり	なし	常用：0台 非常用：0台	-4.95	-4.95	-4.95	-4.95	-4.95	-4.95
26	なし	あり	なし	常用：0台 非常用：5台	-4.96	-4.95	-4.95	-4.95	-4.95	-4.96
27	なし	あり	なし	常用：0台 非常用：7台	-4.96	-4.96	-4.96	-4.96	-4.96	-4.96
28	なし	あり	なし	常用：2台 非常用：7台	-4.97	-4.97	-4.97	-4.98	-4.97	-4.97
29	なし	なし	なし	常用：0台 非常用：0台	-5.03	-5.03	-5.02	-5.05	-5.02	-5.03
30	なし	なし	なし	常用：0台 非常用：5台	-5.03	-5.03	-5.02	-5.06	-5.02	-5.03
31	なし	なし	なし	常用：0台 非常用：7台	-5.04	-5.04	-5.02	-5.06	-5.02	-5.04
32	なし	なし	なし	常用：2台 非常用：7台	-5.04	-5.04	-5.03	-5.07	-5.03	-5.04

*：下降側水位については非常用海水ポンプ位置における水位を対象に評価を実施

■：解析ケース毎の最低水位

■：下降側最低水位

なお、防潮堤設置ルート変更の前後において、取水路管路解析の入力波である取水口前面における水位に差異がなく、取水路及び取水ピットの構造に変更を伴わず、防潮堤設置ルート変更に伴う取水路の管路解析結果への影響確が無かったため、表 1.5-10 には防潮堤設置ルート変更前の管路解析結果を示している。なお、影響評価としては、防潮堤設置ルート変更前のモデルによる管路解析において最も低い水位となった解析条件（防波堤なし、スクリーンによる損失なし、貝付着なし、海水ポンプの運転あり（常用：2 台，非常用：7 台））と同様の条件にて防潮堤設置ルートを変更したモデルにより管路解析を実施し、影響のないことを確認した。防潮堤設置ルート変更に伴う取水路の管路解析結果への影響確認結果を以下に示す。

防潮堤設置ルート変更前のモデルによる取水口前面における遡上解析の評価結果（下降側）は図 1.5-7 に示すとおりである。取水口前面の下降側最低水位は T.P. -4.9m であった。

防潮堤設置ルート変更を反映したモデルによる評価結果（下降側）を図 1.5-8 に示す。図 1.5-8 に示すとおり、遡上解析の評価結果から、取水口前面の下降側最低水位は T.P. -4.9m であった。防潮堤設置ルート変更前のモデルによる評価結果と比べて有意な差異はなく、同等の評価結果であった。

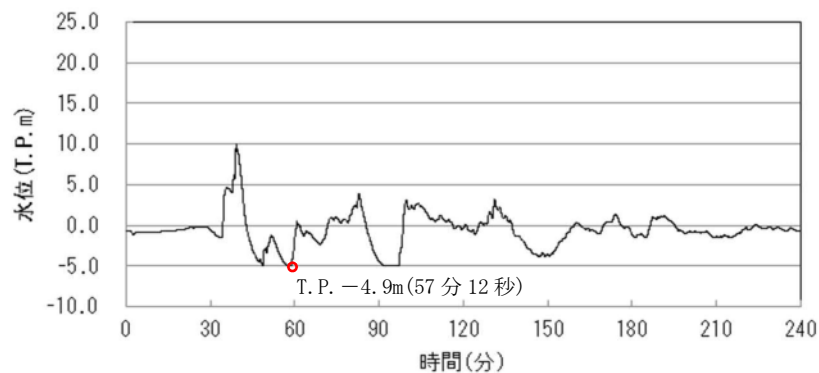


図 1.5-7 防潮堤設置ルート変更前のモデルによる取水口前面における遡上解析の評価結果（下降側）（防波堤なし）

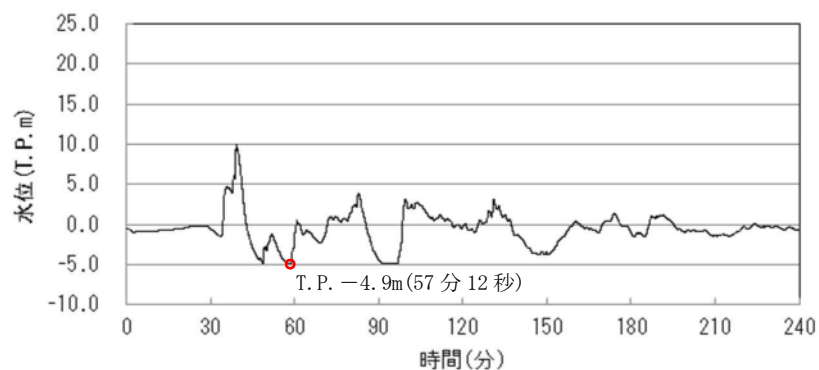


図 1.5-8 防潮堤設置ルート変更を反映したモデルによる取水口前面における遡上解析の評価結果（下降側）（防波堤なし）

さらに、管路解析による取水ピットにおける評価結果（下降側）への影響確認を実施した。防潮堤設置ルート変更前のモデルによる取水ピットにおける管路解析の評価結果（下降側）は図 1.5-9 に示すとおりである。取水ピットにおける下降側最低水位は T. P. -5.04m であった。

防潮堤設置ルート変更を反映したモデルによる評価結果を図 1.5-10 に示す。図 1.5-10 に示すとおり、管路解析の評価結果から、取水ピットの下降側最低水位は T. P. -5.04m であった。防潮堤設置ルート変更前のモデルによる評価結果と比べて有意な差異はなく、同等の評価結果であった。

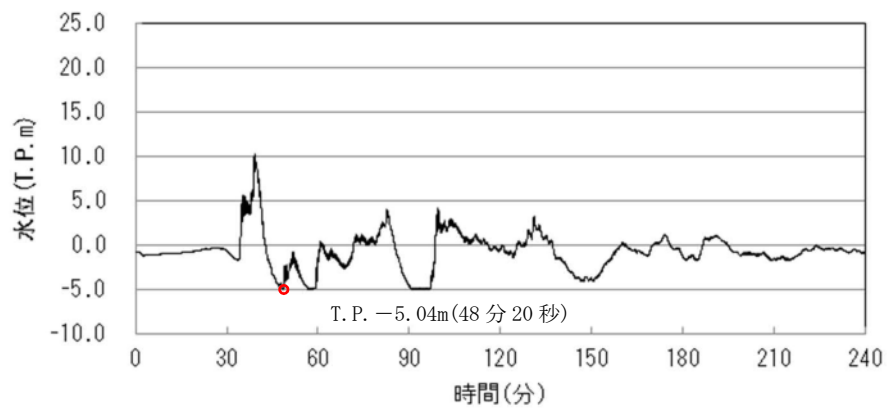


図 1.5-9 防潮堤設置ルート変更前のモデルによる取水ピットにおける
管路解析の評価結果（下降側）

(防波堤なし、スクリーンによる損失なし、貝付着なし、
海水ポンプの運転あり（常用：2台、非常用：7台））

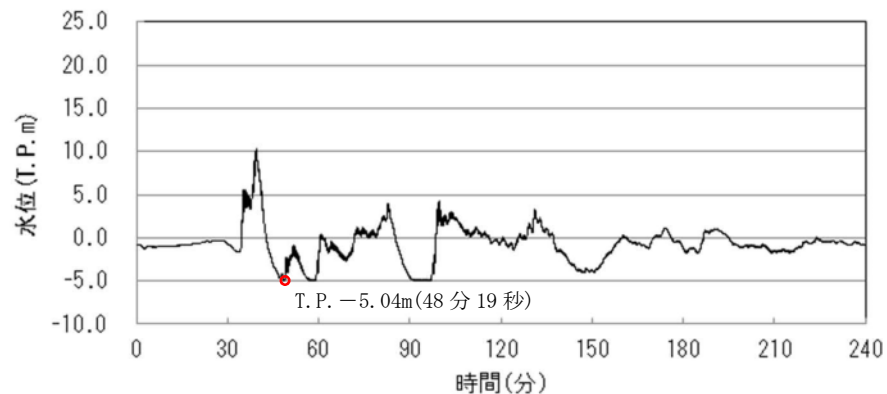


図 1.5-10 防潮堤設置ルート変更を反映したモデルによる取水ピットにおける
管路解析の評価結果（下降側）

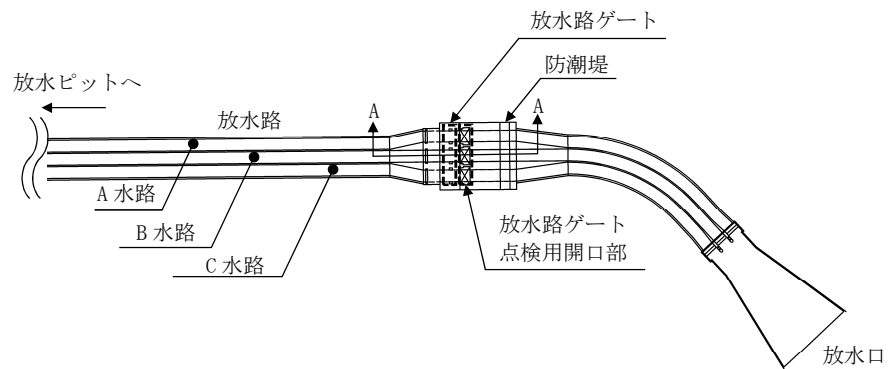
(防波堤なし、スクリーンによる損失なし、貝付着なし、
海水ポンプの運転あり（常用：2台、非常用：7台））

また、取水ピットにおける下降側水位の入力津波については、防潮堤設置ルート変更を反映したモデルによる管路解析結果（防波堤なし、スクリーンによる損失なし、貝付着なし、海水ポンプの運転あり（常用：2台、非常用：7台））をもとに設定した。

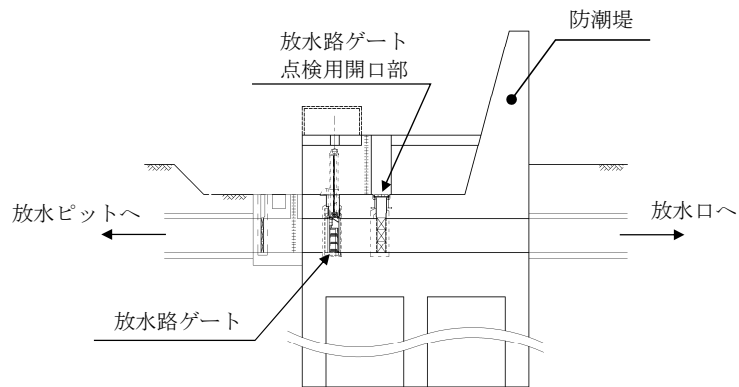
ハ. 放水路の管路解析にて考慮する条件による影響

放水路の構造を図 1.5-11 に示す。放水路から放水路ゲート設置箇所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、貝付着の有無及び海水ポンプの運転状態による影響を受けることから、これらを管路解析の条件として考慮する。放水路の管路解析条件を表 1.5-11 に示す。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を表 1.5-12 に示す。なお、表 1.5-12 は防潮堤設置ルート変更を反映したモデルによる評価結果を示している。

また、パラメータによる影響を考慮するに当たり、現地形状態を考慮し、解析ケース 13 の条件である「防波堤あり、貝付着あり、非常用海水ポンプの運転あり（常用 0 台、非常用 5 台）、C 水路放水」を基本ケースとした。



(平面図)



(A-A 断面)

図 1.5-11 放水路の構造

表 1.5-11 放水路の管路解析条件

項目	解析条件
計算領域	ゲート部～放水路～放水口(非常用海水ポンプ)
計算時間間隔 Δt	0.001 秒
基礎方程式	非定常開水路流及び管路流の連続式・運動方程式 ※1
境界条件	<p>○流量あり ケース 1 B 水路, C 水路: 計 4320.8(m³/hr)</p> <p>循環水ポンプ: 74220(m³/hr/台)×0 台</p> <p>残留熱除去系海水ポンプ: 885.7(m³/hr/台)×4 台</p> <p>非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ: 272.6(m³/hr/台)×2 台</p> <p>高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプ: 232.8(m³/hr/台)×1 台</p> <p>補機冷却用系海水ポンプ: 2838(m³/hr/台)×0 台</p> <p>(津波襲来時の状態として, 常用海水ポンプ全台停止かつ非常用海水ポンプの運転状態を想定。(原子炉トリップ+(所内電源喪失又は原子炉水位低下)の状態))</p> <p>○流量あり ケース 2 B 水路, C 水路: 計 9996.8(m³/hr)</p> <p>循環水ポンプ: 74220(m³/hr/台)×0 台</p> <p>残留熱除去系海水ポンプ: 885.7(m³/hr/台)×4 台</p> <p>非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ: 272.6(m³/hr/台)×2 台</p> <p>高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプ: 232.8(m³/hr/台)×1 台</p> <p>補機冷却用系海水ポンプ: 2838(m³/hr/台)×2 台</p> <p>(ケース 1 の状態から, 燃料プール冷却等のため ASW ポンプを追加起動した状態を想定)</p> <p>○流量あり ケース 3 B 水路, C 水路: 計 2549.4(m³/hr)</p> <p>循環水ポンプ: 74220(m³/hr/台)×0 台</p> <p>残留熱除去系海水ポンプ: 885.7(m³/hr/台)×2 台</p> <p>非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ: 272.6(m³/hr/台)×2 台</p> <p>高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプ: 232.8(m³/hr/台)×1 台</p> <p>補機冷却用系海水ポンプ: 2838(m³/hr/台)×0 台</p> <p>(津波襲来時の状態として, 常用海水ポンプ全台停止かつ非常用海水ポンプの運転状態を想定)</p> <p>○流量なし: 計 0(m³/hr)</p>
摩擦損失係数	マニング粗度係数 n=0.020(貝代あり)m ^{-1/3} ・s
貝の付着代	貝代なし, 貝代あり 10cm を考慮
局所損失係数	電力土木技術協会(1995): 火力・原子力発電所土木構造物の設計-補強改訂版-, 千秋信一(1967): 発電水力演習, 土木学会(1999): 水理公式集 [平成 11 年版] による
入射条件	防波堤ありケース 上昇側 / 防波堤なしケース 上昇側
地盤変動条件	3.11 地震の地殻変動量(0.2m 沈下を考慮) Mw8.7 の地殻変動量 潮位のばらつき(σ = +0.18m)
潮位条件	朔望平均満潮位(T.P. +0.61m)
計算時間	4 時間(津波計算と同時間)

※1 基礎方程式

<開水路>

$$a) \text{運動方程式} \quad \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial H}{\partial x} + gA \left(\frac{n^2 |v| v}{R^{4/3}} + \frac{1}{\Delta x} f \frac{|v| v}{2g} \right) = 0$$

$$b) \text{連続式} \quad \frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

<管路>

$$a) \text{運動方程式} \quad \frac{\partial Q}{\partial t} + gA \frac{\partial H}{\partial x} + gA \left(\frac{n^2 |v| v}{R^{4/3}} + \frac{1}{\Delta x} f \frac{|v| v}{2g} \right) = 0$$

$$b) \text{連続式} \quad \frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

ここに, t : 時間 Q : 流量 v : 流速 x : 管底に沿った座標
A : 流水断面積 H : 圧力水頭+位置水頭(管路の場合)
位置水頭(開水路の場合)

z : 管底高 g : 重力加速度
n : マニングの粗度係数 R : 径深
Δx : 管路の流れ方向の長さ f : 局所損失係数

<水槽および立坑部>

$$A_p \frac{dH_p}{dt} = Q_s$$

ここに, A_p : 水槽の平面積 (水位の関数となる) H_p : 水槽水位
 Q_s : 水槽へ流入する流量の総和 t : 時間

(イ) 防波堤の有無による影響

表 1.5-12 に示す上昇側最高水位の評価結果から、スクリーンによる損失の有無、貝付着の有無及び海水ポンプの運転状態によらず、防波堤なしの場合に比べ、防波堤ありの場合の方が水位が高くなる傾向にあった。

(ロ) 貝付着の有無による影響

表 1.5-12 に示す上昇側最高水位の評価結果から、防波堤の有無及び海水ポンプの運転状態によらず、B 水路では貝付着なしの場合に比べ、貝付着ありの場合における水位が高くなる傾向にあった。

また、A 水路及び C 水路では、防波堤がある場合においては貝付着がある場合の水位が高くなり、防波堤がない場合においては貝付着がない場合の水位が高くなる傾向にあった。

(ハ) 海水ポンプの運転状態による影響

① ポンプの運転台数による影響

表 1.5-12 に示す上昇側最高水位の評価結果から、貝付着の有無及び放水する水路によらず、防波堤がない場合に比べ、防波堤がある場合において、海水ポンプの運転台数が増えるにつれて水位が高くなる傾向にあった。

また、防波堤がない場合における海水ポンプの運転状態による影響を比較した結果、その差異は非常に小さく、有意な差異とはならなかった。

② 放水する水路による影響

表 1.5-12 に示す上昇側最高水位の評価結果から、貝付着の有無及び海水ポンプの運転台数によらず、防波堤がある場合においては放水する水路における水位が高くなる傾向にあった。

また、防波堤がない場合における放水する水路による影響を比較した結果、常用海水ポンプ 2 台及び非常用海水ポンプ 7 台運転を想定した解析ケースを除き、放水する水路によらず C 水路における水位が高くなる傾向にあった。常用海水ポンプ 2 台及び非常用海水ポンプ 7 台運転を想定した解析ケースでは、それぞれ放水する水路における水位が高くなる傾向にあった。

以上に示した影響評価結果から、上昇側最高水位である T.P. +27.30m (解析ケース 7) をもとに、放水路ゲート設置箇所における上昇側の入力津波を T.P. +27.4m とする。基本ケースの水位である T.P. +23.59m と上昇側最高水位をもとに設定した入力津波 T.P. +27.4m との差異を放水路管路解析におけるパラメータによる影響として考慮することとし、放水路管路解析におけるパラメータによる影響を +3.81m とした。

表 1.5-12 放水路の管路解析結果（上昇側最高水位）一覧（1/2）

解析 ケース	パラメータ				放水路ゲート設置箇所水位(T. P. m)			解析ケース毎の最高 水位 (T. P. m)
	防波堤	貝付着	海水ポンプの運転状態		A水路 (北側)	B水路 (東側)	C水路 (南側)	
			ポンプ運転台数	放水する水路				
1	あり	あり	常用：0台 非常用：0台	—	+23.56	+22.72	+22.15	+23.56
2	なし	あり	常用：0台 非常用：0台	—	+19.32	+19.29	+17.71	+19.32
3	あり	あり	常用：0台 非常用：7台	B水路	+23.56	+25.42	+22.15	+25.42
4	なし	あり	常用：0台 非常用：7台	B水路	+19.32	+19.24	+17.71	+19.32
5	あり	あり	常用：0台 非常用：7台	C水路	+23.56	+22.72	+24.67	+24.67
6	なし	あり	常用：0台 非常用：7台	C水路	+19.32	+19.29	+18.56	+19.32
7	あり	あり	常用：2台 非常用：7台	B水路	+23.56	+27.30	+22.15	+27.30
8	なし	あり	常用：2台 非常用：7台	B水路	+19.32	+20.98	+17.71	+20.98
9	あり	あり	常用：2台 非常用：7台	C水路	+23.56	+22.72	+26.80	+26.80
10	なし	あり	常用：2台 非常用：7台	C水路	+19.32	+19.29	+20.66	+20.66
11	あり	あり	常用：0台 非常用：5台	B水路	+23.56	+24.35	+22.15	+24.35
12	なし	あり	常用：0台 非常用：5台	B水路	+19.32	+19.31	+17.71	+19.32
13*	あり	あり	常用：0台 非常用：5台	C水路	+23.56	+22.72	+23.59	+23.59
14	なし	あり	常用：0台 非常用：5台	C水路	+19.32	+19.29	+17.82	+19.32

*：パラメータによる影響の考慮における基本ケース

■：解析ケース毎の最高水位

■：上昇側最高水位

表 1.5-12 放水路の管路解析結果（上昇側最高水位）一覧（2/2）

解析 ケース	パラメータ				放水路ゲート設置箇所水位(T. P. m)			解析ケース毎の最高 水位 (T. P. m)
	防波堤	貝付着	海水ポンプの運転状態		A水路 (北側)	B水路 (東側)	C水路 (南側)	
			ポンプ運転台数	放水する水路				
15	あり	なし	常用：0台 非常用：0台	—	+21.68	+21.15	+20.99	+21.68
16	なし	なし	常用：0台 非常用：0台	—	+19.51	+17.97	+19.43	+19.51
17	あり	なし	常用：0台 非常用：7台	B水路	+21.68	+23.37	+20.99	+23.37
18	なし	なし	常用：0台 非常用：7台	B水路	+19.51	+17.85	+19.43	+19.51
19	あり	なし	常用：0台 非常用：7台	C水路	+21.68	+21.15	+22.67	+22.67
20	なし	なし	常用：0台 非常用：7台	C水路	+19.51	+17.97	+19.94	+19.94
21	あり	なし	常用：2台 非常用：7台	B水路	+21.68	+25.63	+20.99	+25.63
22	なし	なし	常用：2台 非常用：7台	B水路	+19.51	+19.28	+19.43	+19.51
23	あり	なし	常用：2台 非常用：7台	C水路	+21.68	+21.15	+24.87	+24.87
24	なし	なし	常用：2台 非常用：7台	C水路	+19.51	+17.97	+19.96	+19.96
25	あり	なし	常用：0台 非常用：5台	B水路	+21.68	+22.36	+20.99	+22.36
26	なし	なし	常用：0台 非常用：5台	B水路	+19.51	+17.97	+19.43	+19.51
27	あり	なし	常用：0台 非常用：5台	C水路	+21.68	+21.15	+21.87	+21.87
28	なし	なし	常用：0台 非常用：5台	C水路	+19.51	+17.97	+19.77	+19.77

■ : 解析ケース毎の最高水位

ニ. SA用海水ピット及び緊急用海水ポンプピットの管路解析にて考慮する条件による影響

SA用海水ピット及び緊急用海水ポンプピットの構造を図 1.5-12 に示す。SA用海水ピット取水塔から緊急用海水ポンプピット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、貝付着の有無による影響を受けることから、これらを管路解析の条件として考慮する。SA用海水ピット及び緊急用海水ポンプピットの管路解析条件を表 1.5-13 に示す。SA用海水ピット及び緊急用海水ポンプピットの管路解析にて考慮する条件による影響評価結果を表 1.5-14 に示す。なお、表 1.5-14 は防潮堤設置ルート変更を反映したモデルによる評価結果を示している。

また、パラメータによる影響を考慮するに当たり、現地形状態を考慮し、解析ケース 1 の条件である「防波堤あり、貝付着あり」を基本ケースとした。

(イ) 防波堤の有無による影響

表 1.5-14 に示す上昇側最高水位の評価結果から、貝付着の有無によらず、防波堤ありの場合に比べ、防波堤なしの場合の方が水位が高くなった。

(ロ) 貝付着の有無による影響

表 1.5-14 に示す上昇側最高水位の評価結果から、防波堤の有無によらず、貝付着ありの場合に比べ、貝付着なしの場合の方が水位が高くなった。

以上に示した影響評価結果から、SA用海水ピットについては上昇側最高水位である T.P. +8.80m (解析ケース 4) をもとに、上昇側の入力津波を T.P. +8.9m とする。緊急用海水ポンプピットについては上昇側最高水位である T.P. +9.21m (解析ケース 4) をもとに、上昇側の入力津波を T.P. +9.3m とする。基本ケースの水位 (SA用海水ピット : T.P. +5.99m, 緊急用海水ポンプピット : T.P. +6.13m) と上昇側最高水位をもとに設定した入力津波 (SA用海水ピット : T.P. +8.9m, 緊急用海水ポンプピット : T.P. +9.3m) との差異を SA用海水ピット及び緊急用海水ポンプピットの管路解析におけるパラメータによる影響として考慮することとし、SA用海水ピットでは +2.91m, 緊急用海水ポンプピットでは +3.17m をそれぞれパラメータによる影響とした。

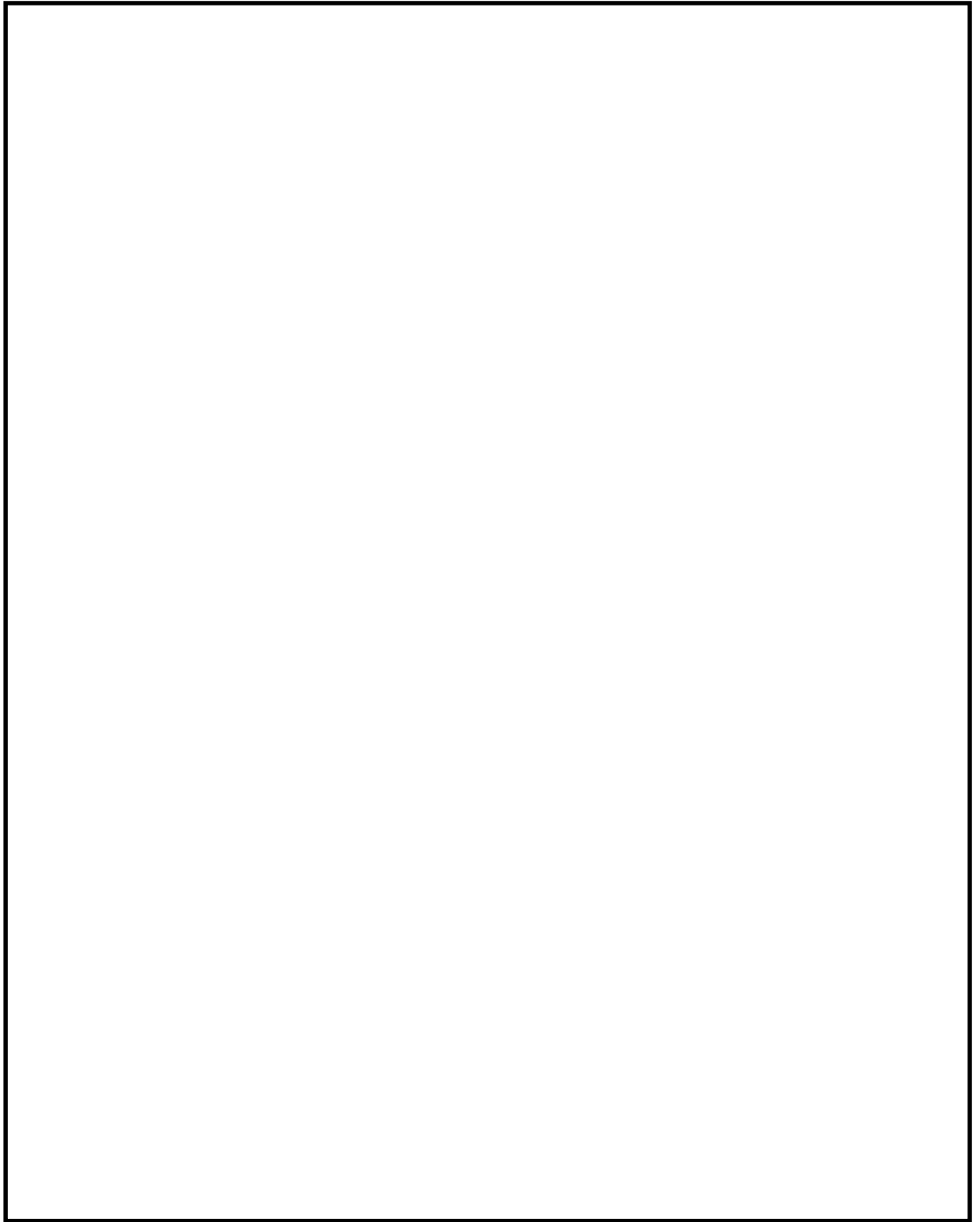


図 1.5-12 S A用海水ピット及び緊急用海水ポンプピットの構造

表 1.5-13 SA用海水ピット及び緊急用海水ポンプピットの管路解析条件

項目	解析条件
計算領域	SA用海水ピット取水塔～SA用海水ピット～緊急用海水ポンプピット
計算時間間隔 Δt	0.01 秒
基礎方程式	非定常開水路流及び管路流の連続式・運動方程式 ※1
境界条件	○流量なし：計 0(m ³ /hr)
摩擦損失係数	マンニング粗度係数 $n=0.020$ (貝代あり)m ^{-1/3} ・s $n=0.015$ (貝代なし)m ^{-1/3} ・s
貝の付着代	貝代なし, 貝代あり 10cm を考慮
局所損失係数	電力土木技術協会(1995)：火力・原子力発電所土木構造物の設計 —補強改訂版—, 千秋信一(1967)：発電水力演習, 土木学会(1999)：水理公式集 [平成 11 年版] による
入射条件	防波堤ありケース 上昇側 / 防波堤なしケース 上昇側
地盤変動条件	上昇側：3.11 地震の地殻変動量(0.2m 沈下を考慮) Mw8.7 の地殻変動量 潮位のばらつき ($\sigma = +0.18m$)
潮位条件	上昇側：朔望平均満潮位(T.P. +0.61m)
計算時間	4 時間(津波計算と同時間)

※1 基礎方程式

<開水路>

$$a) \text{運動方程式} \quad \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial H}{\partial x} + gA \left(\frac{n^2 |v| v}{R^{4/3}} + \frac{1}{\Delta x} f \frac{|v| v}{2g} \right) = 0$$

$$b) \text{連続式} \quad \frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

<管路>

$$a) \text{運動方程式} \quad \frac{\partial Q}{\partial t} + gA \frac{\partial H}{\partial x} + gA \left(\frac{n^2 |v| v}{R^{4/3}} + \frac{1}{\Delta x} f \frac{|v| v}{2g} \right) = 0$$

$$b) \text{連続式} \quad \frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

ここに, t : 時間 Q : 流量 v : 流速 x : 管底に沿った座標
 A : 流水断面積 H : 圧力水頭+位置水頭 (管路の場合)
 位置水頭 (開水路の場合)
 z : 管底高 g : 重力加速度
 n : マンニングの粗度係数 R : 径深
 Δx : 管路の流れ方向の長さ f : 局所損失係数

<水槽および立坑部>

$$A_p \frac{dH_p}{dt} = Q_s$$

ここに, A_p : 水槽の平面積 (水位の関数となる) H_p : 水槽水位
 Q_s : 水槽へ流入する流量の総和 t : 時間

表 1.5-14 SA用海水ピット及び緊急用海水ポンプピットの管路解析結果（上昇側最高水位）一覧

解析 ケース	パラメータ		各ピットの水位(T.P.m)		解析ケース毎の最高水位 (T.P.m)
	防波堤	貝付着	SA用海水ピット	緊急用海水 ポンプピット	
1*	あり	あり	+5.99	+6.13	SA用海水ピット：+8.80 緊急用海水ポンプピット：+9.21
2	なし	あり	+6.37	+6.45	
3	あり	なし	+8.31	+8.71	
4	なし	なし	+8.80	+9.21	

*：パラメータによる影響の考慮における基本ケース

：上昇側最高水位

「イ. 取水路の管路解析（上昇側水位）にて考慮する条件による影響」, 「ロ. 取水路の管路解析（下降側水位）にて考慮する条件による影響」, 「ハ. 放水路の管路解析にて考慮する条件による影響」及び「ニ. SA用海水ピット及び緊急用海水ポンプピットの管路解析にて考慮する条件による影響」に示した影響評価結果をもとに, 各経路の設定位置における設定水位に対するパラメータによる影響の考慮の程度を整理した。各経路の設定位置における設定水位に対するパラメータによる影響の考慮の詳細を表 1.5-15 に示す。

表 1.5-15 各経路の設定位置における設定水位に対するパラメータによる影響の考慮

区分	設定位置	設定水位	パラメータによる影響		基本ケースの水位	遡上解析により求めた津波水位に加えることで考慮	初期潮位に考慮			
			パラメータによる影響の考慮の程度	考慮した条件			潮位のばらつき	入力津波モデルに想定される地震により生じる地殻変動	2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動	朔望平均潮位
上昇側水位	取水ピット	T.P. +19.2m ^{*2}	+3.16m	・防波堤の有無 ・スクリーンによる損失の有無 ・貝付着の有無 ・海水ポンプの運転状態	T.P. +16.04m ^{*1}	考慮する。 (+0.18m)	考慮する。 (地殻変動量(沈降)0.31m)	考慮する。 (地殻変動量(沈降)0.2m)	考慮する。 (朔望平均満潮位 T.P. +0.61m)	
	放水路ゲート設置箇所	T.P. +27.4m ^{*2}	+3.81m	・防波堤の有無 ・貝付着の有無 ・海水ポンプの運転状態	T.P. +23.59m ^{*1}	考慮する。 (+0.18m)	考慮する。 (地殻変動量(沈降)0.31m)	考慮する。 (地殻変動量(沈降)0.2m)	考慮する。 (朔望平均満潮位 T.P. +0.61m)	
	SA用海水ピット	T.P. +8.9m ^{*2}	+2.91m	・防波堤の有無 ・貝付着の有無	T.P. +5.99m ^{*1}	考慮する。 (+0.18m)	考慮する。 (地殻変動量(沈降)0.31m)	考慮する。 (地殻変動量(沈降)0.2m)	考慮する。 (朔望平均満潮位 T.P. +0.61m)	
	緊急用海水ポンプピット	T.P. +9.3m ^{*2}	+3.17m	・防波堤の有無 ・貝付着の有無	T.P. +6.13m ^{*1}	考慮する。 (+0.18m)	考慮する。 (地殻変動量(沈降)0.31m)	考慮する。 (地殻変動量(沈降)0.2m)	考慮する。 (朔望平均満潮位 T.P. +0.61m)	
下降側水位	取水ピット	T.P. -5.1m ^{*4}	-0.15m	・防波堤の有無 ・スクリーンによる損失の有無 ・貝付着の有無 ・海水ポンプの運転状態	T.P. -4.95m ^{*3}	考慮する。 (-0.16m)	考慮しない。	考慮する。 (地殻変動量(沈降)0.2m)	考慮する。 (朔望平均干潮位 T.P. -0.81m)	

注記 *1: 朔望平均満潮位 T.P. +0.61m, 2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量(沈降)0.2m, 入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動(沈降)0.31m及び潮位のばらつき+0.18mを考慮している。

*2: *1に加えてパラメータによる影響を考慮している。

*3: 朔望平均干潮位 T.P. -0.81m, 2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量(沈降)0.2m及び潮位のばらつき-0.16mを考慮している。

*4: *3に加えてパラメータによる影響を考慮している。

(d) パラメータによる影響が入力津波高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」の検討結果を踏まえ、取水ピットにおける下降側水位を除き、防潮堤設置ルート変更を反映したモデルにおけるパラメータによる影響評価結果により設定した設定水位一覧を表 1.5-16 に示す。また、防潮堤前面における最高水位を示す時刻歴波形を図 1.5-13 に、各経路からの津波の時刻歴波形を図 1.5-14 にそれぞれ示す。

表 1.5-16 防潮堤設置ルート変更を反映したモデルにおける数値シミュレーション結果により設定した設定水位一覧表

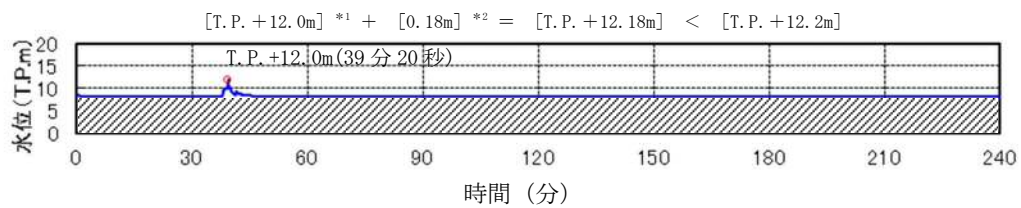
区分	設定位置	設定水位	パラメータによる影響		基本ケースの水位
			パラメータによる影響の考慮の程度	考慮した条件	
上昇側水位	防潮堤前面（敷地側面北側）	T.P. +12.0m ^{*1} (T.P. +12.2m) ^{*2}	+0.3m	・地盤変状の有無 ・防波堤の有無	T.P. +11.7m
	防潮堤前面（敷地前面東側）	T.P. +17.7m ^{*1} (T.P. +17.9m) ^{*2}	+0.6m	・地盤変状の有無 ・防波堤の有無	T.P. +17.1m
	防潮堤前面（敷地側面南側）	T.P. +16.6m ^{*1} (T.P. +16.8m) ^{*2}	+1.2m	・地盤変状の有無 ・防波堤の有無	T.P. +15.4m
	取水ピット	(T.P. +19.2m) ^{*3}	+3.16m	・防波堤の有無 ・スクリーンによる損失の有無 ・貝付着の有無 ・海水ポンプの運転状態	T.P. +16.04m
	放水路ゲート設置箇所	(T.P. +27.4m) ^{*3}	+3.81m	・防波堤の有無 ・貝付着の有無 ・海水ポンプの運転状態	T.P. +23.59m
	S A用海水ピット	(T.P. +8.9m) ^{*3}	+2.91m	・防波堤の有無 ・貝付着の有無	T.P. +5.99m
	緊急用海水ポンプピット	(T.P. +9.3m) ^{*3}	+3.17m	・防波堤の有無 ・貝付着の有無	T.P. +6.13m
	構内排水路逆流防止設備 （防潮堤前面（敷地前面東側）の入力津波高さを使用している。）	T.P. +17.7m ^{*1} (T.P. +17.9m) ^{*2}	+0.6m	・地盤変状の有無 ・防波堤の有無	T.P. +17.1m
	構内排水路逆流防止設備 （防潮堤前面（敷地側面北側）の入力津波高さを使用している。）	T.P. +12.0m ^{*1} (T.P. +12.2m) ^{*2}	+0.3m	・地盤変状の有無 ・防波堤の有無	T.P. +11.7m
下降側水位	取水ピット	T.P. -5.1m ^{*4}	-0.15m	・防波堤の有無 ・スクリーンによる損失の有無 ・貝付着の有無 ・海水ポンプの運転状態	T.P. -4.95m

注記 *1：朔望平均満潮位T.P. +0.61m, 2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量（沈降）0.2m及び入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動（沈降）0.31mを考慮している。

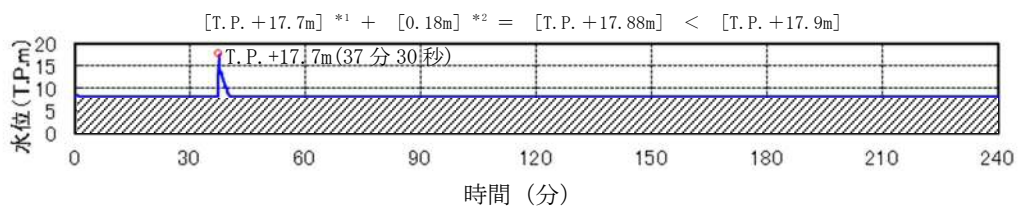
*2：*1に加えて潮位のばらつき+0.18mを考慮している。

*3：朔望平均満潮位T.P. +0.61m, 2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量（沈降）0.2m, 入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動（沈降）0.31m及び潮位のばらつき+0.18mを考慮している。

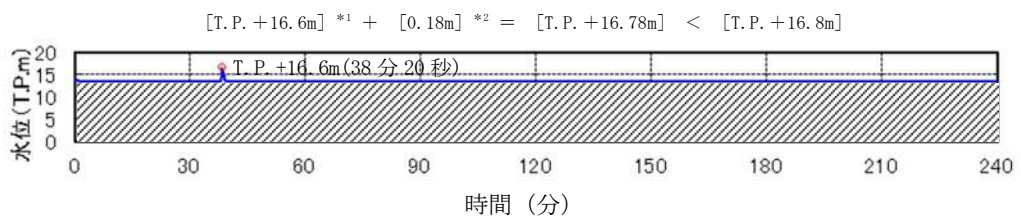
*4：朔望平均干潮位T.P. -0.81m, 2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量（沈降）0.2m及び潮位のばらつき-0.16mを考慮している。



(防潮堤前面評価点 敷地側面北側)



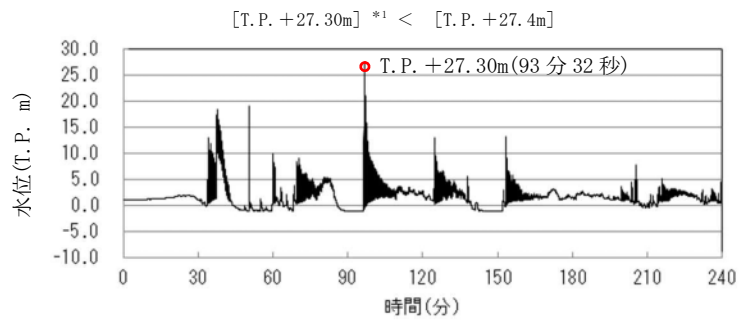
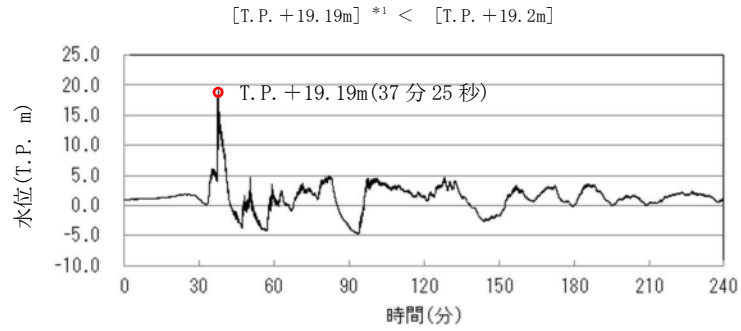
(防潮堤前面評価点 敷地前面東側)



(防潮堤前面評価点 敷地側面南側)

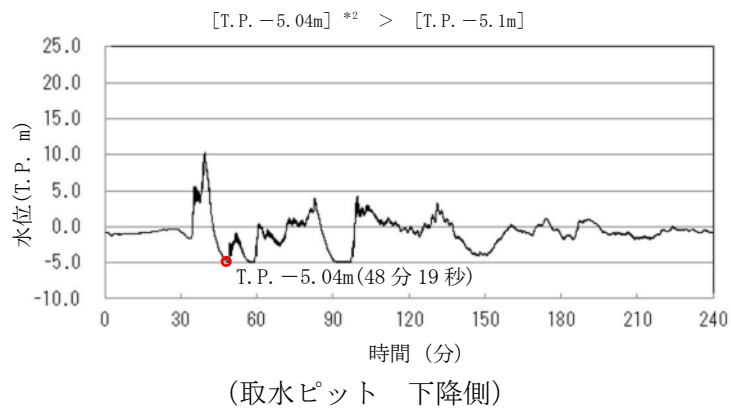
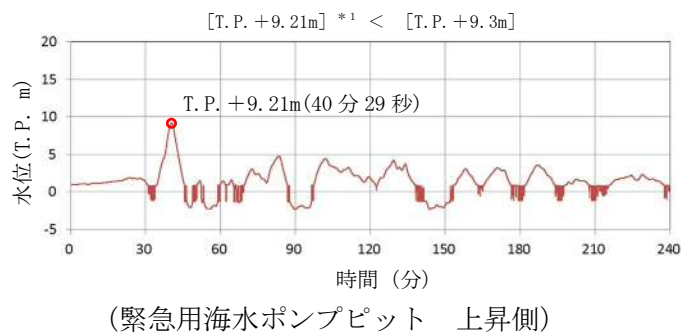
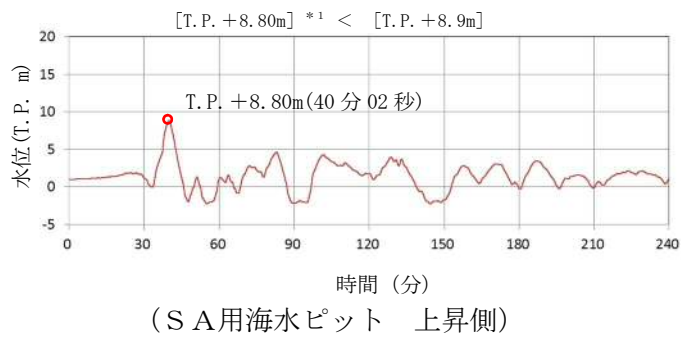
注記 *1: 朔望平均満潮位 T.P. + 0.61m, 2011 年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量 (沈降) 0.2m 及び入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動 (沈降) 0.31m を考慮している。
*2: 潮位のばらつきを示す。

図 1.5-13 防潮堤前面における最高水位を示す時刻歴波形



注記 *1 : 朔望平均満潮位 T.P. +0.61m, 2011 年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量 (沈降) 0.2m, 入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動 (沈降) 0.31m 及び潮位のばらつき +0.18m を考慮している。

図 1.5-14 各経路からの津波の時刻歴波形 (1/2)



- 注記 *1: 朔望平均満潮位 T.P. +0.61m, 2011 年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量 (沈降) 0.2m, 入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動 (沈降) 0.31m 及び潮位のばらつき +0.18m を考慮している。
- *2: 朔望平均干潮位 -0.81m, 2011 年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量 (沈降) 0.2m 及び潮位のばらつき -0.16m を考慮している。

図 1.5-14 各経路からの津波の時刻歴波形 (2/2)

(e) その他の影響

その他の影響として、防潮堤設置ルート変更前後における遡上解析結果又は管路解析結果の差分及び下降側水位の初期潮位に考慮していた地殻変動量（沈降）の差し引きを考慮する。以下に詳細を示す。

イ．防潮堤設置ルート変更前後における遡上解析結果又は管路解析結果の差分

防潮堤設置ルート変更前後における遡上解析結果又は管路解析結果の差分を入力津波高さに考慮する。具体的には、防潮堤設置ルート変更前後における各施設・設備の設置位置で算定された設定水位を比較し、より水位が高いモデルによる解析結果をもとに入力津波高さを設定する。防潮堤設置ルート変更前後における設定水位一覧及びその他の影響を考慮した入力津波一覧表を表 1.5-17 に示す。表 1.5-17 に示した水位から、防潮堤前面（敷地側面北側）におけるその他の影響を+3.2mとした。

また、防潮堤設置ルート変更前後における放水路ゲート設置箇所の設定水位を比較したところ、防潮堤設置ルート変更前における設定水位が T.P. +19.1m であり、防潮堤設置ルート変更後における設定水位が T.P. +27.4m であった。防潮堤の設置ルート変更前後における放水路ゲート設置箇所の水位差は、管路応答の周期特性の違いによるものであると考えられる。放水路の管路解析結果に関する考察を（参考 1）に示す。

表 1.5-17 防潮堤設置ルート変更前後における設定水位一覧及び
その他の影響を考慮した入力津波一覧

区分	設定位置	入力津波高さ	設定水位		その他の影響*4
			防潮堤設置ルート変更前	防潮堤設置ルート変更後	
上昇側水位	防潮堤前面 (敷地側面北側)	T.P. +15.2m*1 (T.P. +15.4m)*2	T.P. +15.2m*1 (T.P. +15.4m)*2	T.P. +12.0m*1 (T.P. +12.2m)*2	+3.2m
	防潮堤前面 (敷地前面東側)	T.P. +17.7m*1 (T.P. +17.9m)*2	T.P. +17.7m*1 (T.P. +17.9m)*2	T.P. +17.7m*1 (T.P. +17.9m)*2	0m
	防潮堤前面 (敷地側面南側)	T.P. +16.6m*1 (T.P. +16.8m)*2	T.P. +16.6m*1 (T.P. +16.8m)*2	T.P. +16.6m*1 (T.P. +16.8m)*2	0m
	取水ピット	(T.P. +19.2m)*3	(T.P. +19.2m)*3	(T.P. +19.2m)*3	0m
	放水路ゲート 設置箇所	(T.P. +27.4m)*3	(T.P. +19.1m)*3	(T.P. +27.4m)*3	0m
	S A用海水ピット	(T.P. +8.9m)*3	(T.P. +8.9m)*3	(T.P. +8.9m)*3	0m
	緊急用海水ポンプ ピット	(T.P. +9.3m)*3	(T.P. +9.3m)*3	(T.P. +9.3m)*3	0m
	構内排水路 逆流防止設備 (防潮堤前面(敷地前面東側)の入力津波高さを使用している。)	T.P. +17.7m*1 (T.P. +17.9m)*2	T.P. +17.7m*1 (T.P. +17.9m)*2	T.P. +17.7m*1 (T.P. +17.9m)*2	0m
	構内排水路 逆流防止設備 (防潮堤前面(敷地側面北側)の入力津波高さを使用している。)	T.P. +15.2m*1 (T.P. +15.4m)*2	T.P. +15.2m*1 (T.P. +15.4m)*2	T.P. +12.0m*1 (T.P. +12.2m)*2	+3.2m

注記 *1: 朔望平均満潮位T.P. +0.61m, 2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量(沈降)0.2m及び入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動(沈降)0.31mを考慮している。

*2: *1に加えて潮位のばらつき+0.18mを考慮している。

*3: 朔望平均満潮位T.P. +0.61m, 2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量(沈降)0.2m, 入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動(沈降)0.31m及び潮位のばらつき+0.18mを考慮している。

*4: 防潮堤設置ルート変更前後における各施設・設備の設置位置で算定された入力津波高さを比較し, より水位が高いモデルによる解析結果をもとに入力津波高さを設定する。

ロ. 下降側水位の初期潮位に考慮していた地殻変動量（沈降）の除外

下降側水位の遡上解析における初期潮位として、2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量である0.2mの沈降を考慮していた。取水ピットにおける下降側水位の入力津波高さの設定に当たっては、安全側の評価となるように、パラメータによる影響を考慮して設定した設定水位から、2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量である0.2mの沈降分の値を考慮せず除外して入力津波高さを設定する。取水ピットにおける下降側入力津波の設定に考慮するその他の影響を表1.5-18に示す。表1.5-18に示した水位から、取水ピットにおける下降側入力津波の設定に考慮するその他の影響を-0.2mとした。

表 1.5-18 取水ピットにおける下降側入力津波の設定に考慮するその他の影響

区分	設定位置	入力津波高さ	設定水位	その他の影響*3
下降側水位	取水ピット	T. P. -5.3m*2	T. P. -5.1m*1	-0.2m

- *1 朔望平均干潮位T. P. -0.81m, 2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量（沈降）0.2m及び潮位のばらつき-0.16mを考慮している。
- *2 下降側の評価に当たって安全側の考慮となるように、*1から2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量（沈降）0.2mを除外したものである。
- *3 下降側の評価に当たって安全側の考慮となるように、初期潮位に考慮していた2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量（沈降）0.2mを考慮せず除外する。

(f) 入力津波高さに対するパラメータによる影響のまとめ

「(a) 遡上解析におけるパラメータによる影響」, 「(c) 管路解析におけるパラメータによる影響」及び「(e) その他の影響」の検討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一覧を表 1.5-19 に示す。

表 1.5-19 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一覧表

区分	設定位置	入力津波高さ
上昇側水位	防潮堤前面 (敷地側面北側)	T. P. +15.2m ^{*1} (T. P. +15.4m) ^{*2}
	防潮堤前面 (敷地前面東側)	T. P. +17.7m ^{*1} (T. P. +17.9m) ^{*2}
	防潮堤前面 (敷地側面南側)	T. P. +16.6m ^{*1} (T. P. +16.8m) ^{*2}
	取水ピット	(T. P. +19.2m) ^{*3}
	放水路ゲート設置箇所	(T. P. +27.4m) ^{*3}
	SA用海水ピット	(T. P. +8.9m) ^{*3}
	緊急用海水ポンプピット	(T. P. +9.3m) ^{*3}
	構内排水路逆流防止設備 (防潮堤前面 (敷地前面東側) の入力津波高さを使用している。)	T. P. +17.7m ^{*1} (T. P. +17.9m) ^{*2}
構内排水路逆流防止設備 (防潮堤前面 (敷地側面北側) の入力津波高さを使用している。)	T. P. +15.2m ^{*1} (T. P. +15.4m) ^{*2}	
下降側水位	取水ピット	T. P. -5.1m ^{*4} (T. P. -5.3m) ^{*5}

注記 *1: 朔望平均満潮位T. P. +0.61m, 2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量 (沈降) 0.2m 及び津波波源モデルの活動による地殻変動量 (沈降) 0.31mを考慮している。

*2: *1に加えて潮位のばらつき+0.18mを考慮している。

*3: 朔望平均満潮位T. P. +0.61m, 2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量 (沈降) 0.2m, 入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動 (沈降) 0.31m及び潮位のばらつき+0.18mを考慮している。

*4: 朔望平均干潮位T. P. -0.81m, 2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量 (沈降) 0.2m 及び潮位のばらつき-0.16mを考慮している。

*5: 下降側の評価に当たって安全側の考慮となるように, *4から2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量 (沈降) 0.2mを除外したものである。

(参考 1) 放水路の管路解析結果に関する考察について

1. はじめに

防潮堤設置ルート変更に伴い、放水路ゲート設置位置等も変更となったことによる放水路ゲート設置箇所への水位への影響を確認した結果、変更前は T.P. +19.1m に対し、変更後では T.P. +27.3m と変更前に比べ、変更後の最高水位が約 8m 高くなった。防潮堤設置ルート変更前後における放水路ゲートの設置位置等の比較を第 1 表に示す。

この結果について以下のとおり考察した。

2. 考察

防潮堤の設置ルート変更前後の放水路ゲート設置箇所の水位時刻歴波形を比較したところ、最初のピークである 37 分付近においては水位に有意な差が認められないが、96 分付近のピークにおいては変更前に比べて変更後の水位が高くなる傾向を示した。また、放水口前面についても同様に比較したところ、変更前後どちらも 37 分付近のピークが最大水位となり有意な差は認められなかった。この結果を踏まえ、変更前後において 96 分付近のピークに水位差が生じた要因について考察を行った。防潮堤の設置ルート変更前後における放水口前面の水位時刻歴波形を第 1 図、防潮堤の設置ルート変更前後における放水路ゲート設置箇所の水位時刻歴波形を第 2 図に示す。

変更前後において 96 分付近のピークに水位差が出た要因について考察するにあたり、管路応答の周期特性の違いに着目した検討を実施した。

まず、以下の計算式によって求められる放水路の固有周期を確認した。その結果、変更前は 7.1 秒、変更後は 9.3 秒となった。防潮堤の設置ルート変更前後における放水路の固有周期を第 2 表に示す。

$$T=2\pi\sqrt{AL/ga} \quad (\text{土木学会 (2016) P105})$$

T : 固有周期 [秒], A : 池の底面積 [m²], a : 管路断面積[m²], L : 管路長[m],
g : 重力加速度 [m/s²], π : 円周率

次に、放水路ゲート設置箇所及び放水口前面の水位時刻歴波形に対し、スペクトル解析を実施した。なお、スペクトル解析は変更前後での水位差が最も大きい 96 分付近のピークにおける周期に着目し、95 分～105 分を対象に実施した。また、着目する周期の範囲は、上記計算式で求めた固有周期を包絡する 0 秒～16 秒とした。

解析の結果、放水路ゲート設置箇所のパワースペクトルの卓越周期は変更前で 7 秒付近、変更後は 9 秒～12 秒となった。この結果は、上記計算式で求めた固有周期と概ね整合している。また、変更前に比べ、変更後の方がパワースペクトルのピークが大きくなる傾向を示している。

また、放水口前面のパワースペクトルについては、変更前後で差異はほとんど認められず、7 秒付近に比べ、9 秒～12 秒の方が、パワースペクトルが大きくなる傾向を示している。

このことから、防潮堤の設置ルート変更前後において 96 分付近のピークに水位差が生じた要因としては、放水ゲート設置箇所及び放水口前面ともにパワースペクトルが、変更前の 7 秒付近に比べ、変更後の 9 秒～12 秒の方が卓越したことによって、水位の増幅に差が生じたことが考えられる。防潮堤の設置ルート変更前後における放水路ゲート設置箇所の水位時刻歴波形のパワースペクトルを第 3 図、防潮堤の設置ルート変更前後の放水口前面の水位時刻歴波形のパワースペクトルを第 4 図に示す。

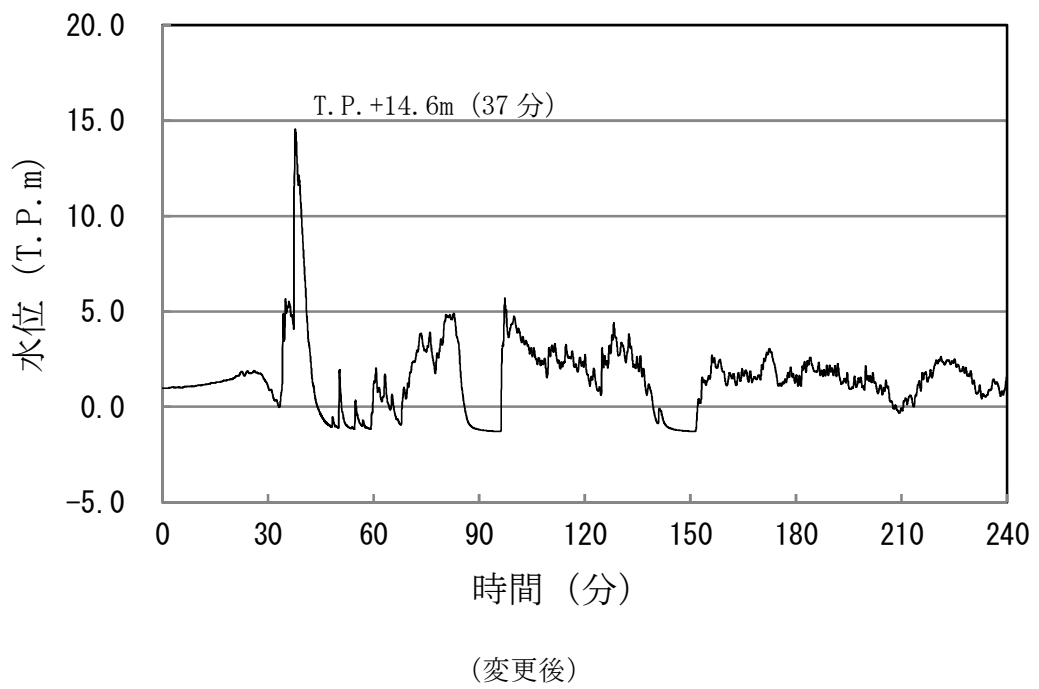
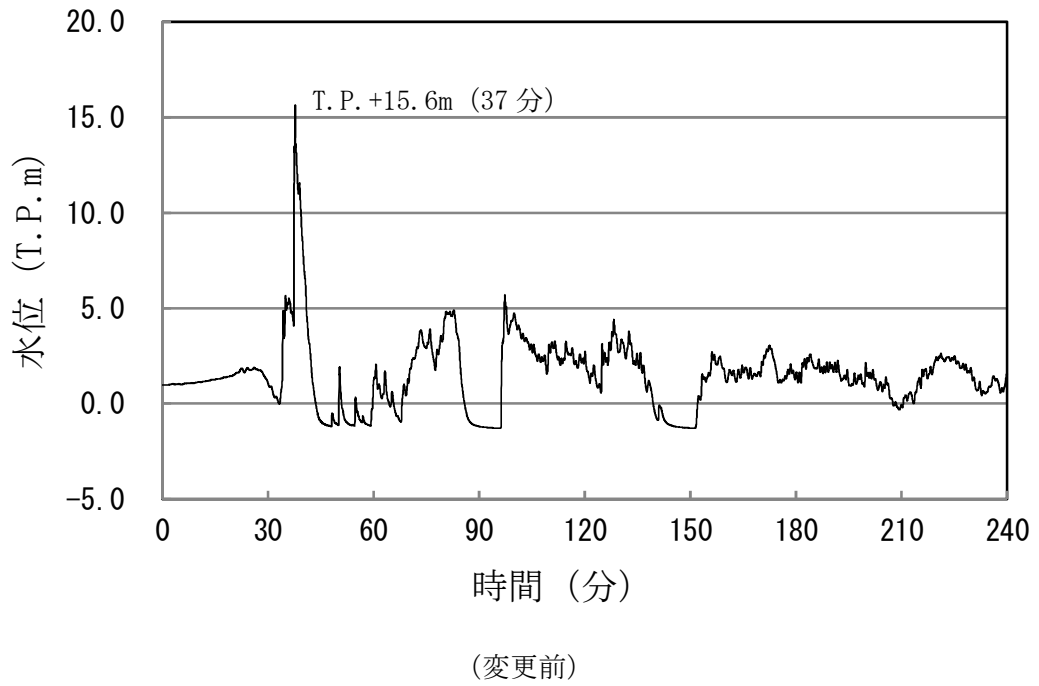
以上のことから、防潮堤の設置ルート変更に伴う放水路ゲート設置箇所の水位差は、管路応答の周期特性の違いによるものであると考えられる。

第1表 防潮堤設置ルート変更前後における放水路ゲートの設置位置等の比較

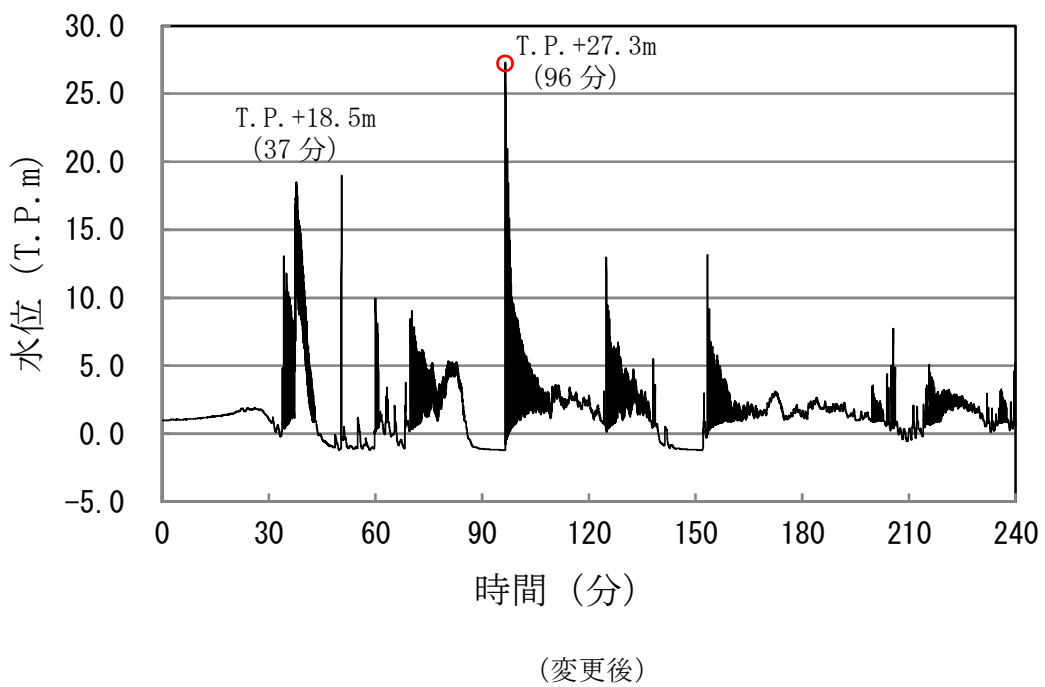
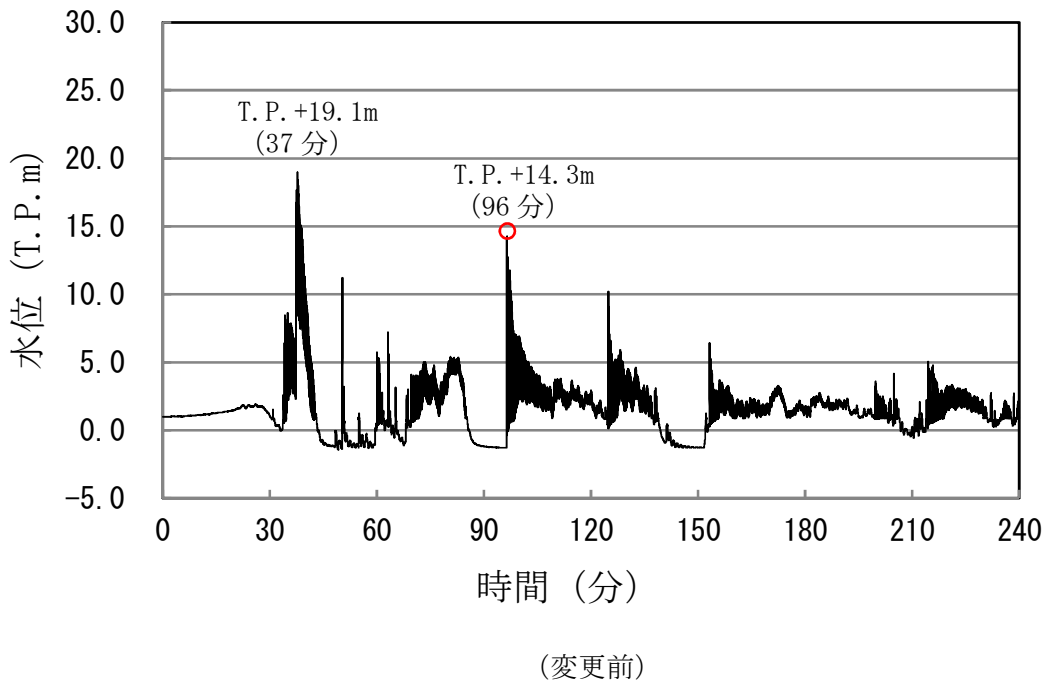
	既往の設置位置等 (変更前)	防潮堤の設置ルート変更に伴う設置位置等 (防潮堤の設置ルート変更後)																
平面図																		
モデル図	<p>注) 順流: 放水路ゲート→放水口 逆流: 放水口→放水路ゲート</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>管路長</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>水路 A</td> <td>55.21m</td> </tr> <tr> <td>水路 B</td> <td>53.26m</td> </tr> <tr> <td>水路 C</td> <td>51.46m</td> </tr> </tbody> </table>		管路長	水路 A	55.21m	水路 B	53.26m	水路 C	51.46m	<p>注) 順流: 放水路ゲート→放水口 逆流: 放水口→放水路ゲート ※: 折返しは逆流の場合</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>管路長</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>水路 A</td> <td>91.76m</td> </tr> <tr> <td>水路 B</td> <td>88.50m</td> </tr> <tr> <td>水路 C</td> <td>85.29m</td> </tr> </tbody> </table>		管路長	水路 A	91.76m	水路 B	88.50m	水路 C	85.29m
	管路長																	
水路 A	55.21m																	
水路 B	53.26m																	
水路 C	51.46m																	
	管路長																	
水路 A	91.76m																	
水路 B	88.50m																	
水路 C	85.29m																	

第2表 防潮堤の設置ルート変更前後における放水路の固有周期 (水路B)

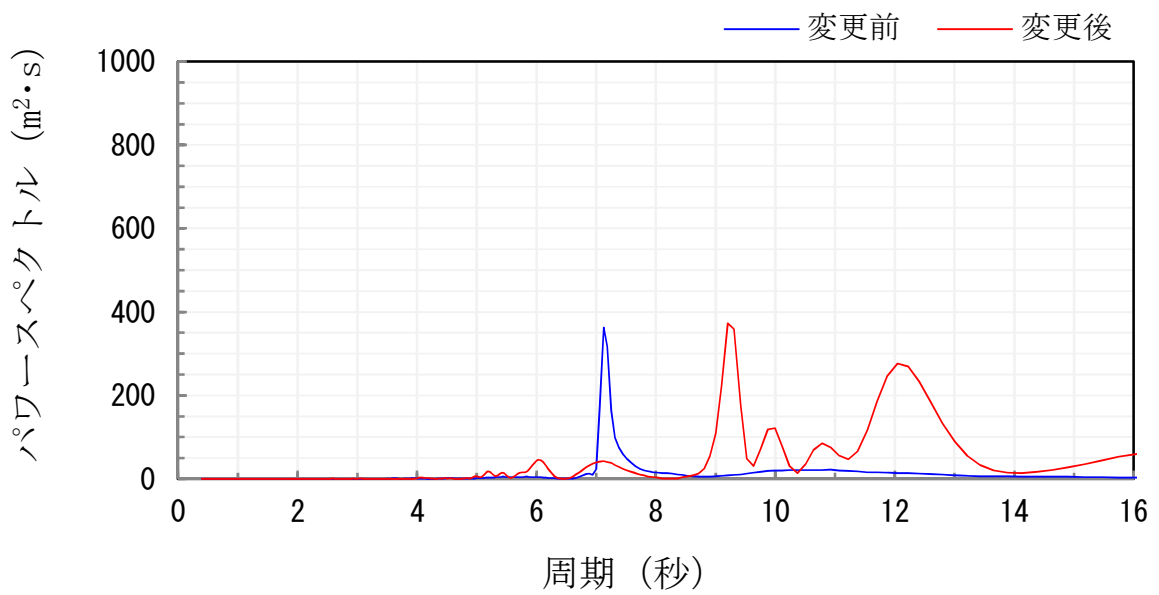
	変更前	変更後
管路長 L [m]	53.26	88.50
池の底面積 A [m ²]	2.54	2.54
管路断面積 a [m ²]	10.77	10.77
固有周期 T [秒]	7.1	9.2



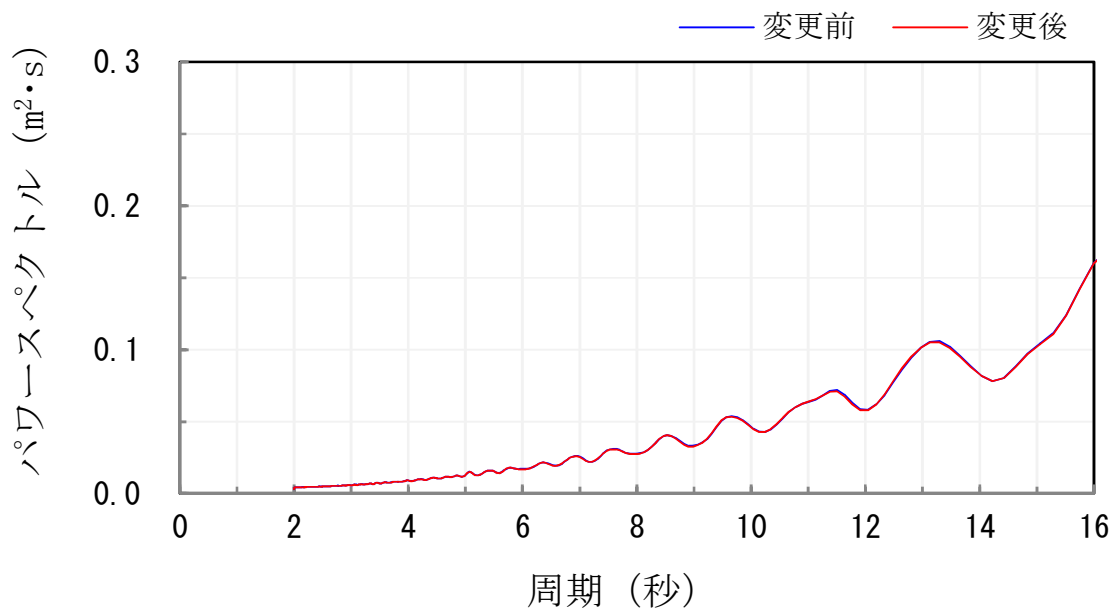
第1図 防潮堤の設置ルート変更前後における放水口前面の水位時刻歴波形



第2図 防潮堤の設置ルート変更前後における放水路ゲート設置箇所の水時刻歴波形



第3図 防潮堤の設置ルート変更前後における放水路ゲート設置箇所の水位時刻歴波形のパワースペクトル (95分~105分)



第4図 防潮堤の設置ルート変更前後の放水口前面の水位時刻歴波形のパワースペクトル (95分~105分)

4.2.2 漂流物による影響評価について

(5) 基準津波を超え敷地に遡上す津波に伴う漂流物による影響評価

基準津波を超え敷地に遡上する津波（以下「敷地に遡上する津波」という。）において発生する漂流物に対し、緊急用海水ポンプ※の取水性への影響評価並びに津波防護施設及び建屋・区画に内包されない重大事故等対処設備への漂流物の衝突影響を評価する。

※ 敷地に遡上する津波においては、津波が防潮堤を超え敷地に流入する前提としているため、取水口から取水構造物（取水路及び取水ピット）を経て海水を取水する残留熱除去系海水系ポンプ、非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプ（以下「非常用海水ポンプ」という。）の機能喪失を想定し、系統への海水供給を緊急用海水ポンプで実施することとしている。このため、敷地に遡上する津波に伴う漂流物に伴う影響評価対象は緊急用海水ポンプとしている。

a. 漂流物に対する緊急用海水ポンプの取水性の評価

(a) 緊急用海水系の流路の設計

緊急用海水ポンプは、防潮堤外側の東海港内の海中に海水取入れ口を有するSA用海水ピット取水塔から海水を取水し、海水引込み管、SA用海水ピット、緊急用海水取水管を経て緊急用海水ポンプピットに海水を引き込む設計としている。これらの施設は、非常用海水ポンプの取水構造物（取水路及び取水ピット）から独立しており、SA用海水ピット取水塔内に設置する取水管上部に下向きのノズルを設けることで、浮遊砂等の異物の持ち込みを抑制する設計としている。また、SA用海水ピット取水塔上部の海水取入れ口には、鋼製の格子状開口蓋を設置し異物の侵入を防止する設計としている。図 4.2.2-1 に緊急用海水系の流路等の配置図を示す。

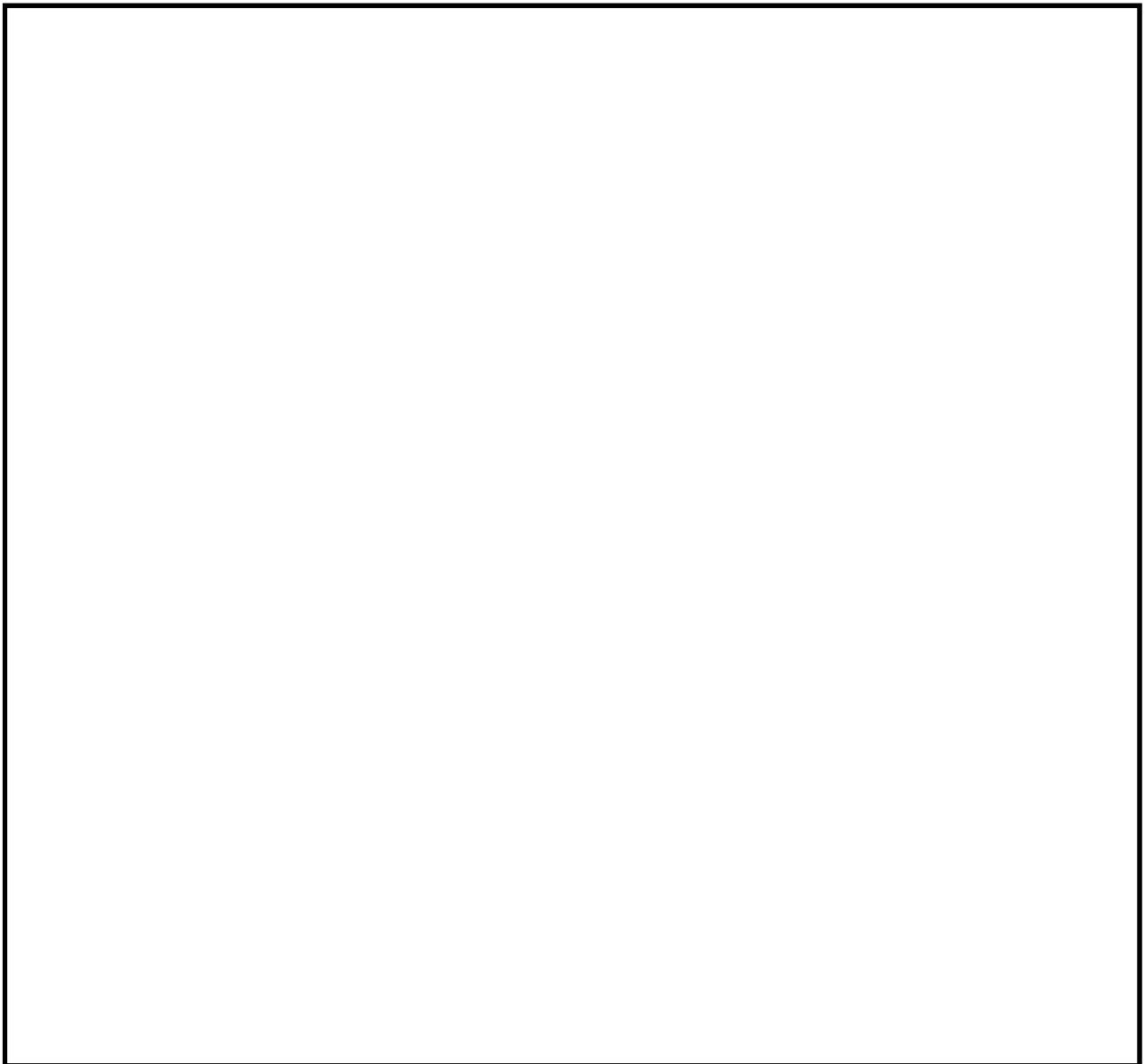


図 4.2.2-1 緊急用海水系の流路等の配置図

(b) 漂流物の抽出

基準津波に伴う漂流物による影響評価においては、基準津波における沿岸域の流向、流速等から、想定する漂流物の最大移動量を約 3.6 kmと評価しており、これに保守性を考慮し取水口から半径 5 kmの範囲を漂流物の調査範囲に設定した上で漂流物調査を実施している。漂流物調査結果から、主に以下に示す施設・設備等は、基準津波において取水口への影響を及ぼし得るものとして抽出された施設・設備等であるが、敷地に遡上する津波は、基準津波と類似した流況を示すこと、後述のとおり、敷地に遡上する津波による漂流物の移動量が基準津波において設定した取水口から半径 5 kmに包含されることから、敷地に遡上する津波においてもこれらの抽出結果を考慮する。

- ・コンクリート片，施設・設備の外装板，車両，漁船（総トン数 5t，排水トン数 15t），プラント設備の一部，防砂林等

また、S A用海水ピット取水塔近傍の漂流の可能性のある物品等を考慮する。

- ・S A用海水ピット取水塔近傍の防波堤（傾斜堤）のマウンドの被覆材（以下「マウンド被覆材」という。）

(c) 漂流物による緊急用海水ポンプの取水性への影響評価

イ. 漂流物の衝突影響

緊急用海水ポンプの海水取入れ口であるS A用海水ピット取水塔は、水中に設置されること及び漂流物の影響を受ける鉛直方向の突起形状がないことから、漂流物として抽出された船舶については、漂流物の衝突の影響はない。

緊急用海水ポンプは、地下に設置される海水取水経路である非常用取水設備（S A用海水ピット取水塔、海水引込み管、S A用海水ピット及び緊急用海水取水管）に接続する緊急用海水ポンプピット内に設置されることから、漂流物の衝突の影響はない。

ロ. 漂流物による流路の閉塞の評価

緊急用海水ポンプの海水取入れ口であるS A用海水ピット取水塔は、鋼製の格子状開口蓋を設置することで、水中を移動する漂流物がS A用海水ピット取水塔内に侵入することを防止する設計とする。

S A用海水ピット取水塔近傍のマウンド被覆材については、鋼製の格子状開口により内部への侵入を防止する設計であるが、蓋の上部に堆積する可能性が否定できないため、S A用海水ピット取水塔頂部にマウンド被覆材が到達・堆積した場合を想定し、緊急用海水ポンプの取水性への影響を評価した。

この結果、S A用海水ピット取水塔頂部の開口蓋にマウンド被覆材が堆積した場合を想定しても、想定される透水係数から算出される通水量は約 $1.5\text{m}^3/\text{s}$ であり、必要取水量である $0.75\text{m}^3/\text{s}$ と比較し、通水量が必要取水量を上回る。このため、S A用海水ピット取水塔からの海水の取水は可能であり、緊急用海水ポンプの取水性への影響はない。図 4.2.2-2 に漂流物堆積時のS A用海水ピット取水塔イメージを示す。

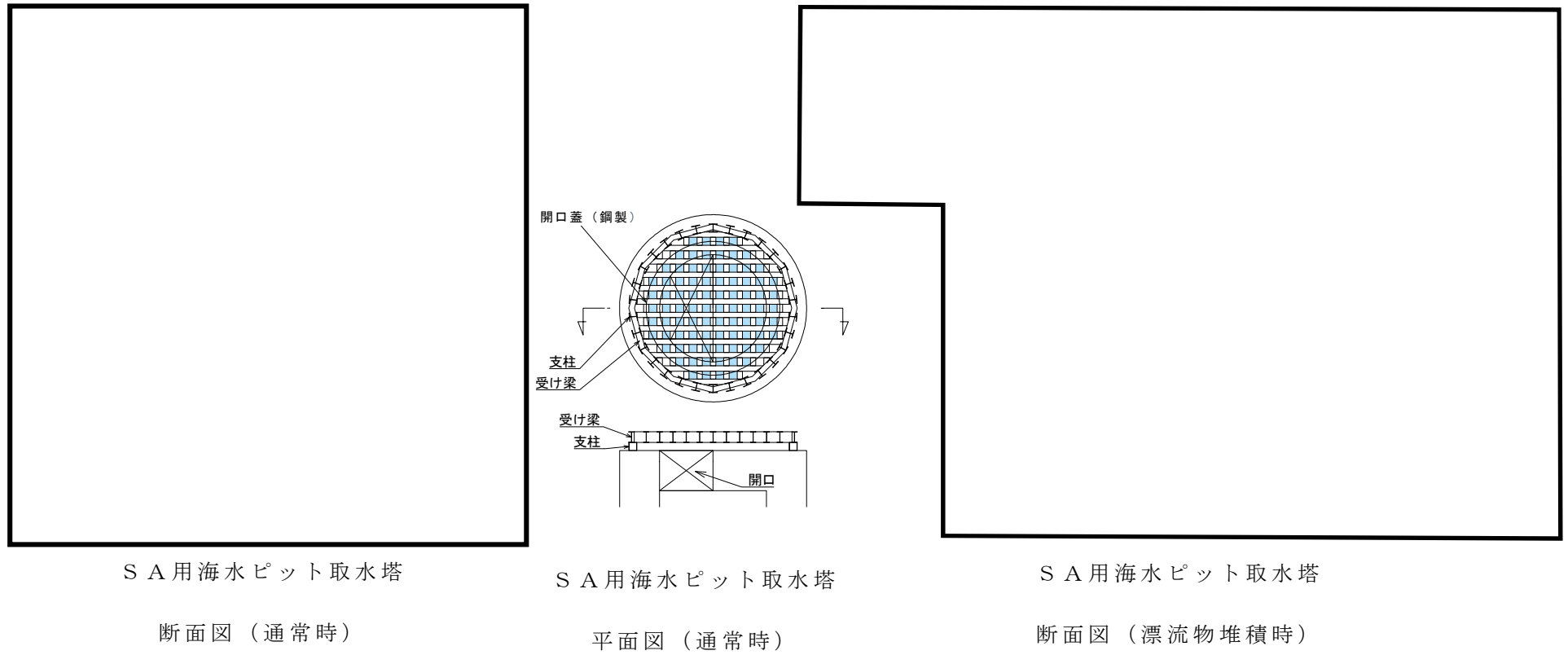


図 4.2.2-2 漂流物堆積時の S A用海水ピット取水塔イメージ

b. 津波防護施設及び建屋・区画に内包されない重大事故等対処設備の漂流物による衝突影響評価

敷地に遡上する津波に伴う漂流物による衝突影響の評価対象は、津波防護施設及び建屋・区画に内包されない重大事故等対処設備を対象とする。ここで、津波防護施設は、基準津波においては、遡上波の地上部から敷地への流入、到達防止を目的とした防潮堤及び防潮扉が該当するが、敷地に遡上する津波においては、津波が防潮堤及び防潮扉を超え敷地に流入することから、防潮堤及び防潮扉に代えて、原子炉建屋外壁及び原子炉建屋外壁の水密扉（以下、これらを合せて「原子炉建屋」という。）とする。

なお、防潮堤及び防潮扉は津波防護施設ではないが、津波防護対策検討の上で、設置状態及び止水機能が維持される前提であることから、敷地に遡上する津波において、防潮堤外側で抽出された漂流物による影響を評価するものとし、具体的には、「補足-4-3 漂流物の衝突荷重算定の適用性について」で説明する。

敷地に遡上する津波においては、津波防護施設が防潮堤内側に設置される原子炉建屋外壁及び原子炉建屋外壁に設置される水密扉となること及び建屋・区画に内包されない重大事故等対処設備についても防潮堤内側に設置されることから、ここでは、防潮堤内側における漂流物の影響評価を記載する。

敷地に遡上する津波の漂流物の評価においては、防潮堤外側で漂流物となり、津波とともに防潮堤を乗り越え、防潮堤内側に侵入する可能性のある施設・設備等及び防潮堤内側で漂流物となり得る施設・設備等を考慮する。防潮堤内側の施設・設備等が地震で倒壊する等により、漂流物となる可能性を考慮する。

その上で、津波防護対象施設である原子炉建屋及び建屋・区画に内包されない重大事故等対処設備への漂流物の到達の可能性を考慮し、到達する場合は、漂流物による衝突影響評価を実施する。

(a) 敷地に遡上する津波に伴う漂流物による衝突影響評価対象設備

敷地に遡上する津波に伴う漂流物による衝突影響評価対象設備の選定及び後述する防潮堤内側において漂流物となり得る可能性のある施設・設備等の調査範囲を設定するため、防潮堤内側における敷地に遡上する津波の数値シミュレーションを実施した。その結果、図 4.2.2-3 の敷地に遡上する津波による敷地の最大浸水深分布に示すとおり、T.P. +8m の敷地の原子炉建屋周辺には、最大約 0.6m の浸水が確認された。

このため、原子炉建屋並びに原子炉建屋近傍に設置される建物・区画に内包されない重大事故等対処施設のうち、排気筒、格納容器圧力逃がし装置フィルタ装置出口配管及び原子炉建屋東側接続口（以下「漂流物衝突影響評価対象設備」という。）を対象に、漂流物の到達の評価及び到達する場合は衝突影響評価を実施する。

なお、原子炉建屋近傍には、上記のほか重大事故等対処設備を内包する地下格納槽が設置され、上部に浸水防止設備を設置するが、地上部鉛直方向に漂流物の衝突影響を受ける構造がないことから漂流物の衝突影響評価は不要である。また、数値シミュレーションの結果、T.P. +11m 以上の敷地には津波が到達しないことから、T.P. +11m の敷地に設置する常設代替高圧電源装置置場、T.P. +23m から T.P. +25m の敷地に設置する緊急時対策所建屋、可搬型重大事故等対処設備保管場所等についても漂流物の衝突影響評価は不要であ

る。

T.P. +11m の敷地には、常設代替高圧電源装置等の重大事故等対処施設を設置することから、新たにアクセスルートを設置する。このため、津波の浸水域である T.P. +8m と T.P. +11m の敷地の間に勾配をつけて道路を設置することから、当該道路を沿って津波が T.P. +11m の敷地に遡上しないことを確認することを目的に数値シミュレーションを実施した。この結果、津波は T.P. +8m の敷地からアクセスルートを遡上するものの、T.P. +11m の敷地までは到達しないことが確認できたため、T.P. +11m 以上の敷地に設置する施設・設備等を高所に設置する施設として漂流物の評価対象外とすることは妥当であると評価する。図 4.2.2-4 に敷地に遡上する津波によるアクセスルートへの影響を示す。

数値シミュレーションにおいてモデル化していない東海発電所については、漂流物衝突影響評価対象設備である東海第二発電所原子炉建屋等に対し、津波の流入を妨げる位置に設置されており、原子炉建屋周辺の浸水深、流速等に影響を与える可能性が考えられることから、東海発電所をモデル化した数値シミュレーションを実施し影響を確認した。その結果、東海発電所をモデル化した場合のほうが、浸水深が低下することを確認したことから、評価に用いている数値シミュレーション結果は保守的であると評価する。図 4.2.2-5 に東海発電所をモデル化した際の浸水深の変化状況を示す。

以上を踏まえて、表 4.2.2-1 に敷地に遡上する津波における漂流物衝突影響設備を示す。



図 4. 2. 2-3 敷地に遡上する津波による敷地の最大浸水深分布

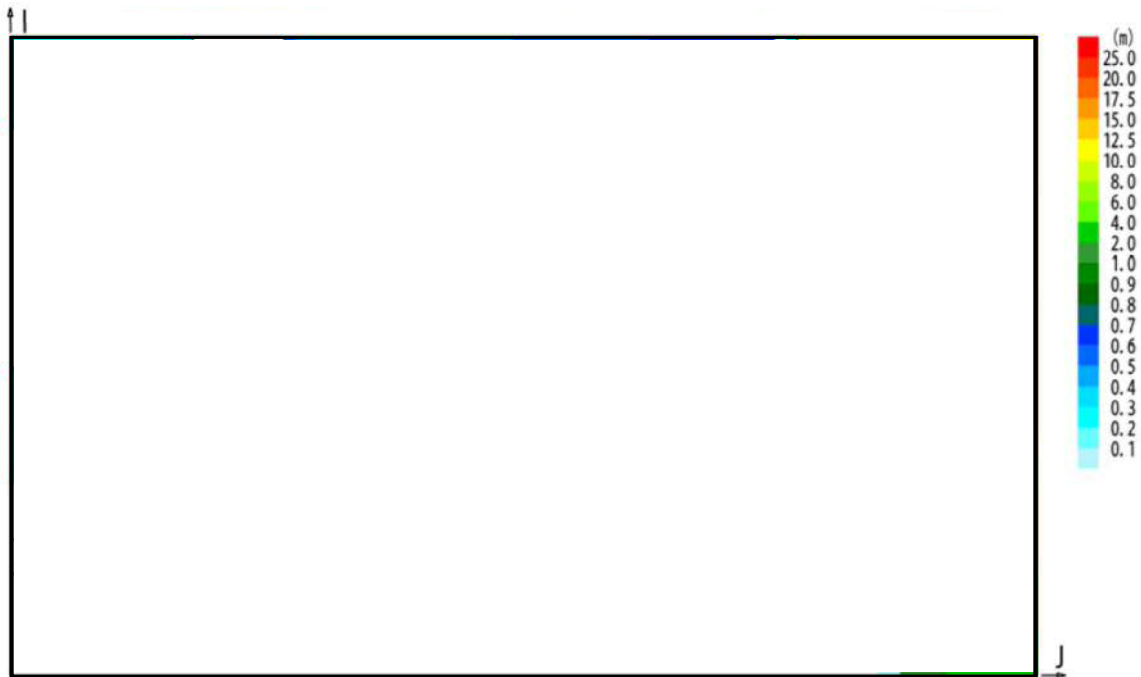
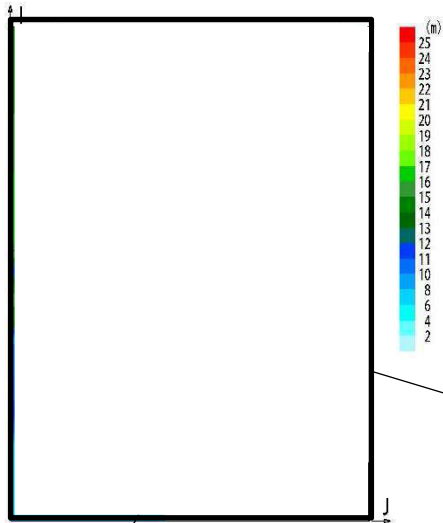


図 4. 2. 2-4 敷地に遡上する津波によるアクセスルートへの影響



右図で示す範囲

追加解析において
モデル化した東海
発電所建屋

変化なし

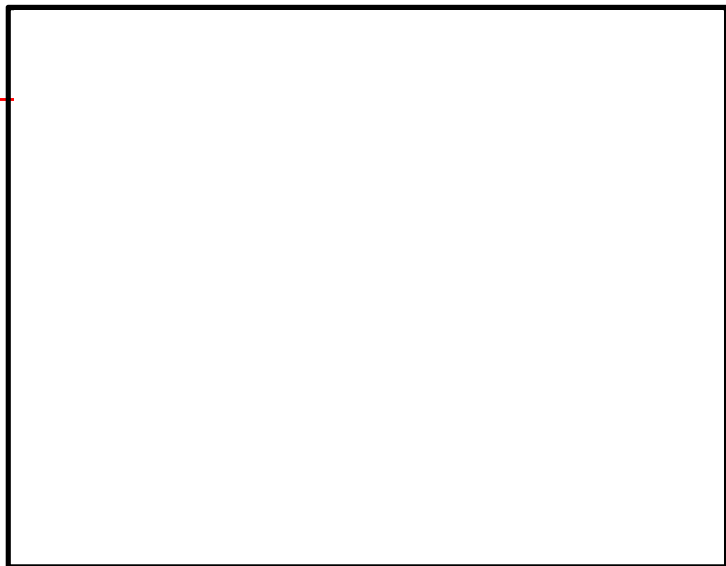


図 4.2.2-5(2) 東海発電所モデル化なし



水位低下

図 4.2.2-5(3) 東海発電所モデル化あり

図 4.2.2-5(1) 敷地の最大浸水分布
(東海発電所圏)

表 4.2.2-1 敷地に遡上する津波における漂流物衝突影響設備

施設・設備	内包する主な設備等	漂流物の影響
原子炉建屋(外壁・水密扉)	常設高圧代替注水系ポンプ等の重大事故等対処設備	T.P.+8mの敷地に設置されており津波とともに漂流物が到達・衝突する可能性が否定できない。
格納容器圧力逃がし装置フィルタ装置出口配管	格納容器圧力逃がし装置フィルタ装置出口配管	原子炉建屋外壁部地上約1.5mに設置されており津波とともに漂流物が到達・衝突する可能性が否定できない。
排気筒	非常用ガス処理系排気筒	T.P.+8mの敷地に設置されており津波が津波とともに漂流物が到達・衝突する可能性が否定できない。
原子炉建屋東側接続口	可搬型設備接続口	T.P.+8mの敷地に設置されており津波とともに漂流物が到達・衝突する可能性が否定できない。
常設代替高圧電源装置置場 軽油貯蔵タンク	常設代替高圧電源装置 軽油貯蔵タンク	T.P.+11mの敷地に設置されており津波は遡上しないため、漂流物の影響はない。
可搬型重大事故等対処設備保管場所(西側), (南側)	可搬型代替注水大型ポンプ	T.P.+23m及びT.P.+25mの敷地に設置されており津波は遡上しないため、漂流物の影響はない。
緊急時対策所	緊急時対応に必要な設備等	T.P.+25mの敷地に設置されており津波は遡上しないため、漂流物の影響はない。

(b) 漂流物となる得る可能性のある施設・設備の抽出

敷地に遡上する津波の波源モデルは、基準津波の波源モデルと同じであるため、防潮堤外側における流向は、基準津波と同じ傾向を示すが、流速については、敷地に遡上する津波のほうが想定する津波高さが高くなることから増加するものと考えられる。また、敷地に遡上する津波においては、津波が防潮堤内側の敷地に到達する。このため、防潮堤外側と防潮堤内側において、漂流物の調査範囲を設定し、漂流物となり得る可能性のある施設・設備を抽出した。

イ. 防潮堤外側における漂流物の調査範囲の設定

敷地に遡上する津波における漂流物調査範囲は、基準津波における調査範囲の設定を基に、津波高さの増分に流速が比例して増加するものとして設定する。

基準津波による漂流物調査範囲の設定は、基準津波による流向及び流速を考慮し、想定する漂流物の最大移動量の算出結果が約 3.6kmであることを設定根拠とし、最大約 3.6 kmの移動量にさらに保守性を考慮した半径 5 kmの範囲を漂流物調査範囲として設定している。

基準津波による防潮堤前面における最高水位は T.P. +17.9m (防波堤なし：潮位のばらつき等を考慮) であり、防潮堤位置に鉛直無限壁をモデル化した場合の敷地に遡上する津波による防潮堤前面における最高水位は T.P. +24m (防波堤なし) である。津波高さの増分に流速が比例したと仮定した場合、表 4.2.2-2 に示すとおり、漂流物の移動量は約 4.9 kmである。基準津波による漂流物の移動量算出の詳細については、「添付資料 15 漂流物の移動量算出の考え方について」に示す。

表 4.2.2-2 漂流物移動距離算出結果

津波	津波高さ (m)	①最大流速 (m/s)	②最大流速 継続時間 (min)	③移動量 (m)	④漂流物 調査範囲 (km)
基準津波 (防波堤あり)	17.7 ^{*1}	1.6 ^{*1}	37.2 ^{*1}	3572 ^{*3}	5
基準津波 (防波堤なし)	17.9 ^{*1}	5.2 ^{*1}	9.9 ^{*1}	3089 ^{*3}	—
敷地に遡上する津波 (防波堤なし)	24 ^{*1}	2.2 ^{*2}	37.2 ^{*4}	4911 ^{*4}	5

注記 *1：数値シミュレーション結果

*2：算定値 (24/17.7*1.6 ≒ 2.2)

*3：算定値 (①×60×②)

*4：評価値

(イ) 漂流物移動量算出における保守性の評価

①基準津波における漂流物の移動量算出の保守性

- ・津波の流向は刻々と変化するものであるが、継続時間を通じて発電所に向かう流向が維持されるとしていること。
- ・算出結果約 3.6km に対し 5km を設定していること。

②敷地に遡上する津波における漂流物の移動量算出の保守性

- ・敷地に遡上する津波と同条件である「防潮堤なし」の条件における基準津波時の漂流物の移動量は約 3.1km であるが、「防潮堤あり」での算出結果約 3.6km を基に流速を評価していること。

③漂流流速を考慮しない保守性

- ・補足説明資料「4.3 漂流物荷重について」に示すとおり、一般に、漂流流速は表面流速よりも小さくなることが知られているが、評価においては、表面流速による評価をベースとしており保守的な評価となっている。

敷地に遡上する津波の高さを T.P. +24m に設定するに当たり、潮位のばらつき等の自然現象による変動要素は考慮しないため、津波防護施設等の設計においても裕度としては見込まないこととしている。このため、漂流物調査範囲を設定する上での流速の算出においても、敷地に遡上する津波の高さに不確定要素を見込むことはしない。

以上から、敷地に遡上する津波による防潮堤外側の漂流物調査範囲については、基準津波による防潮堤外側の漂流物調査範囲と同じ、取水口から半径 5 km とする。

ロ. 防潮堤内側における調査範囲

敷地に遡上する津波による防潮堤内側における漂流物調査範囲については、2) a.において示した敷地に遡上する津波の数値シミュレーション解析による敷地の最大浸水深分布（図 4.2.2-3）のとおり、原子炉建屋等が設置される T.P. +8m の敷地に津波が到達するため、浸水域である T.P. +8m の敷地を包絡する範囲とした。図 4.2.2-6 に防潮堤内側の敷地における漂流物調査範囲を示す。




: 防潮堤内側の敷地における調査範囲

図 4.2.2-6 防潮堤内側の敷地における調査範囲

(ロ) 漂流物となる得る可能性のある施設・設備の抽出

① 防潮堤外側から流入する漂流物

敷地に遡上する津波高さは、鉛直無限壁において T.P. +24m であるが、数値シミュレーションにおいては、実際の防潮堤の高さである T.P. +20m 及び T.P. +18m をモデル化しており、津波が防潮堤前面上部を越流する際の津波高さは、最高水位で T.P. +23.45m である。

一方、防潮堤外側で発生する主な漂流物は、「1) 緊急用海水ポンプの取水性評価」に示したとおり、コンクリート片、外装板、車両、漁船等が抽出されており、防潮堤前面上部を越流する津波高さである T.P. +23.45m と防潮堤天端高さ T.P. +20m 及び T.P. +

18m を比較すると、いずれの漂流物も津波とともに防潮堤を乗り越え敷地に流入する可能性があるため、漂流物衝突影響評価設備への到達の可能性を評価した。

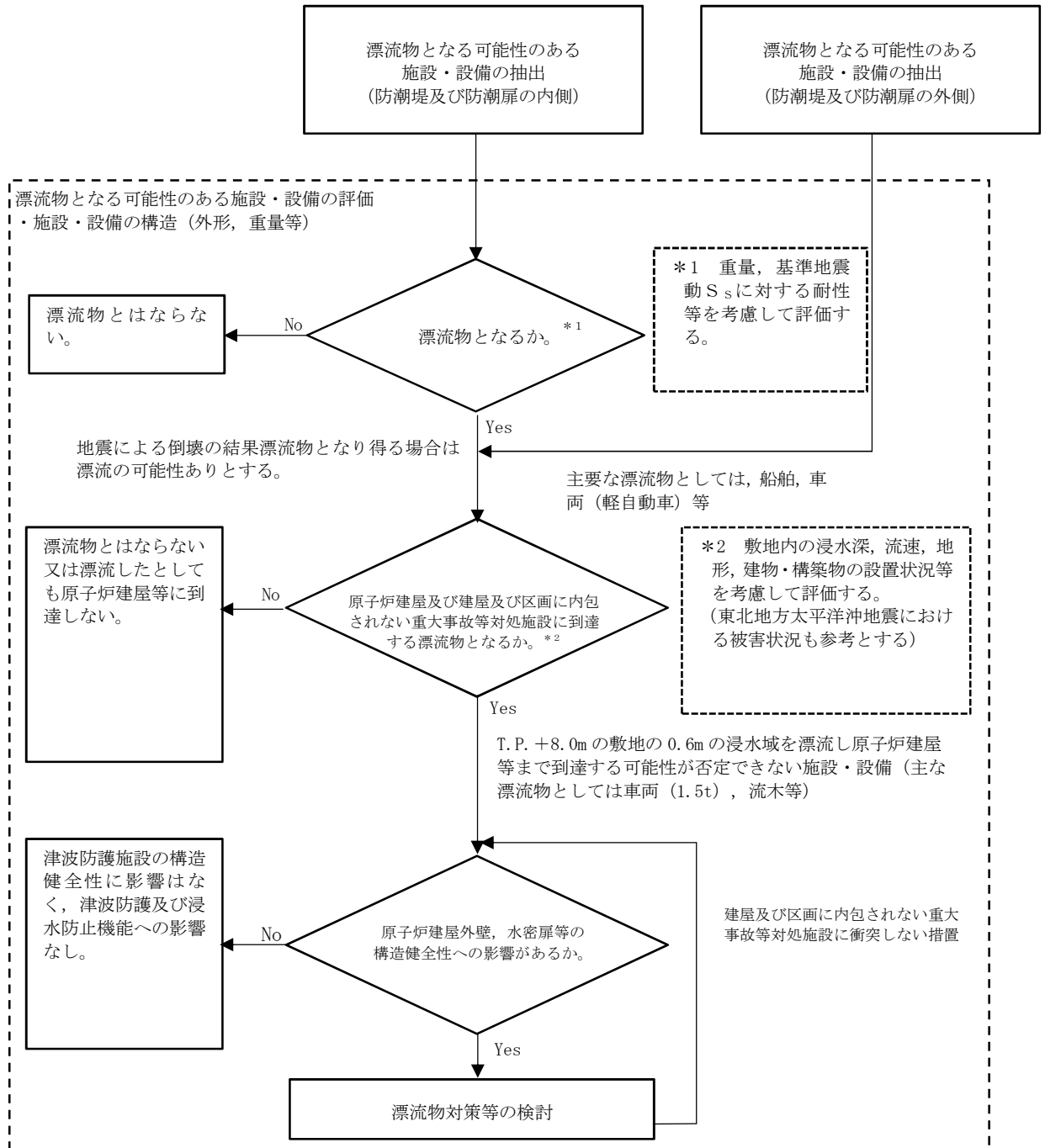
漂流物衝突影響の観点からは最も重量のある漁船を考慮するが、一般的な漁船の形状、喫水線と、敷地に流入した津波の浸水深等を考慮すると、防潮堤を乗り越えても敷地内を漂流・移動するとは考え難く、防潮堤を乗り越えて落下した地点付近に留まると考えられる。その他、防潮堤外側で発生する車両については、想定される車種が軽自動車であり、防潮堤を乗り越え落下した後、浮遊・移動する可能性が否定できず、最大浸水深約 0.6m のエリアを漂流し原子炉建屋等まで到達する可能性が否定できない。ただし、後述するとおり、防潮堤内側で発生し同様に原子炉建屋等まで到達する可能性のある車両 (1.5t) の評価に包絡される。

② 防潮堤内側で発生する漂流物

防潮堤内側において漂流物となる可能性のある施設・設備を抽出するため、漂流物評価フローを策定し、漂流物となり得る施設・設備について調査した。なお、漂流物評価フローには、防潮堤外側で抽出された漂流物が防潮堤を超えて敷地内に流入する可能性を考慮し、防潮堤外側における漂流物抽出結果を入力している。図 4.2.2-7 に防潮堤内側における漂流物評価フロー (原子炉建屋及び建物・区画等に内包されない敷地に遡上する津波に対する防護対象設備に対する影響評価)を示す。

また、漂流物衝突影響評価対象設備への到達の可能性の評価に当たっては、地形、建物・構築物等の設置状態を考慮した数値シミュレーションにより、浸水域にある漂流物衝突影響評価対象設備近傍の浸水深、流速等を評価した。図 4.2.2-8 に漂流物衝突影響評価対象設備近傍の評価点及び評価点における流速、表 4.2.2-2 に漂流物衝突影響評価対象設備近傍における最大浸水深及び流速を示す。

上記の漂流物評価フロー及び数値シミュレーションによる浸水深、流速等に基づき、漂流物衝突影響評価対象設備に到達する可能性のある漂流物を評価した結果、最も重量の大きいものとして車両 (1.5t) を抽出した。なお、構内の車両については、原則、津波等の際に緊急退避措置が講じられるが、一部の車両が構内に残存する可能性を考慮し、原子炉建屋等まで到達する可能性のある漂流物として選定した。漂流物となり得る可能性のある施設・設備の結果について、防潮堤外側の調査結果を含めて表 4.2.2-3 の漂流物となり得る主な施設・設備に示す。詳細については、添付書類「V-1-1-2-2-5 津波防護に関する施設の設計方針」の補足説明資料「4.3 漂流物の衝突力について」に示す。



第 4.2.2-7 図 防潮堤内側における漂流物評価フロー
(原子炉建屋及び建物・区画等に内包されない敷地に遡上する津波に対する
防護対象設備に対する影響評価)

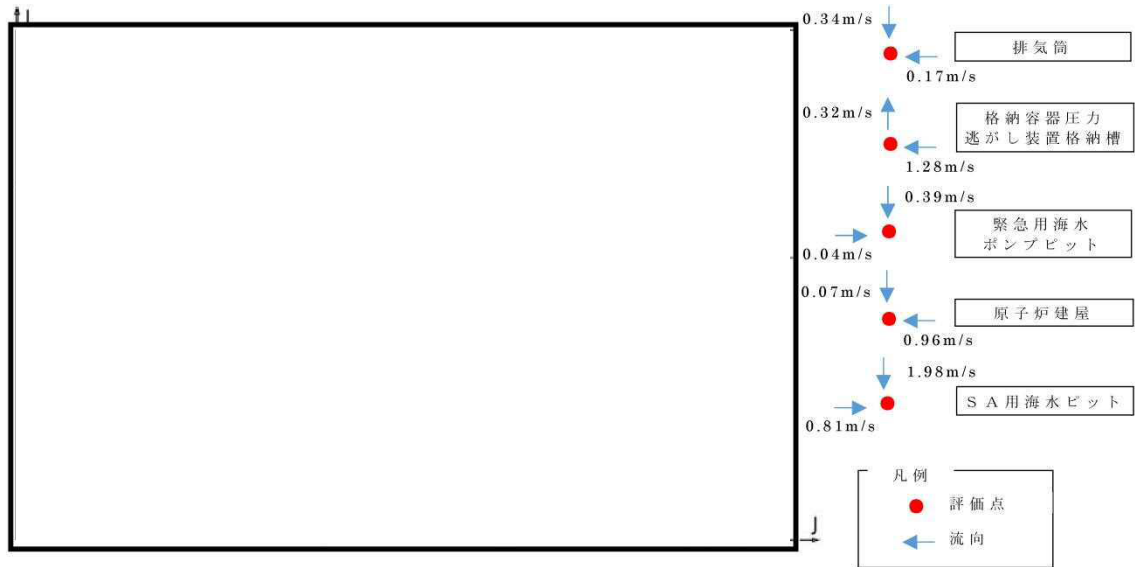


図 4.2.2-8 漂流物衝突影響評価対象設備近傍の評価点及び評価点における流速

表 4.2.2-2 漂流物衝突影響評価対象設備近傍における最大浸水深及び流速

東海第二発電所原子炉建屋東南エリアの津波防護対象施設・設備	最大浸水深 [m]	最大流速 <東西方向> [m/s]	最大流速 <南北方向> [m/s]
①原子炉建屋 (原子炉建屋外壁・水密扉)	0.43	+0.07	-0.96
②緊急用海水ポンプピット (参考)	0.22	-0.39	+0.04
③格納容器圧力逃がし装置格納槽 (格納容器圧力逃がし装置フィルタ装置 出口配管)	0.50	+0.32	-1.28

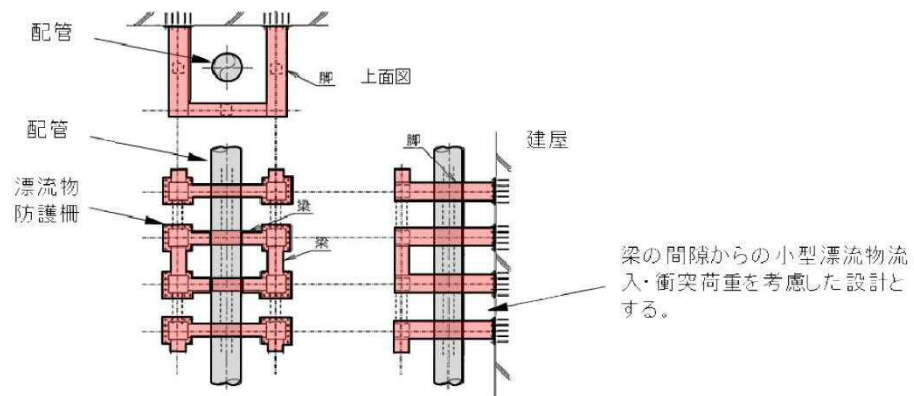
表 4.2.2-3 漂流物となり得る主な施設・設備

防潮堤内側における主な施設・設備	防潮堤外側における主な施設・設備	
	発電所敷地内	発電所敷地外
<ul style="list-style-type: none"> ◆車両等 <ul style="list-style-type: none"> ▶ 社有車, 構内作業用等 ◆建物類等 <ul style="list-style-type: none"> ▶ プラント設備の建屋(鉄筋コンクリート造) ▶ 再利用物品倉庫((鉄骨造) ▶ 取水口電気室(鉄筋コンクリート造) ▶ その他建物(鉄筋コンクリート造) ▶ その他建物(東海発電所)(鉄筋コンクリート造) ◆設備類等 <ul style="list-style-type: none"> ▶ プラント設備(配管・弁, 盤等) ▶ プラント設備(東海発電所) ▶ 工事用資材(仮設ハウス等) ▶ クレーン ▶ 植生(防砂林) 	<ul style="list-style-type: none"> ◆船舶 <ul style="list-style-type: none"> ▶ 燃料等輸送船 ▶ 作業台船 ◆建物類等 <ul style="list-style-type: none"> ▶ プラント設備の建屋(鉄筋コンクリート造) ▶ メンテナンスセンター(鉄骨造) ▶ 輸送本部建屋(鉄骨造) ▶ その他建物(鉄筋コンクリート造) ▶ その他建物(東海発電所)(鉄筋コンクリート造) ◆設備類等 <ul style="list-style-type: none"> ▶ プラント設備(配管・弁, 盤等) ▶ プラント設備(東海発電所) ▶ 工事用資材(クレーンウエイト, 治具等) ▶ クレーン ▶ 灯台 ▶ 標識ブイ ▶ 植生(防砂林) 	<ul style="list-style-type: none"> ◆船舶 <ul style="list-style-type: none"> ▶ 漁船 ▶ 大型船(貨物船等) ◆建物類等 <ul style="list-style-type: none"> ▶ 事務所等(鉄骨造, 鉄筋コンクリート造) ▶ 倉庫(鉄骨造, 鉄筋コンクリート造, プレハブ, 物置タイプ) ▶ 大型テント ▶ その他建屋(鉄骨造, 鉄筋コンクリート造) ▶ 仮設ハウス ▶ 商業施設(鉄骨造, 鉄筋コンクリート造) ▶ 公共施設(鉄骨造, 鉄筋コンクリート造) ▶ 民家 ◆設備類等 <ul style="list-style-type: none"> ▶ プラント設備(タンク, 配管, 弁, 盤等) ▶ 重機(クレーン等) ▶ 資機材類(工事用物品, 点検用資材等) ▶ 車両 ▶ 植生(防砂林) ▶ その他物品

c. 漂流物による衝突影響評価

上記「ロ.(ロ) 漂流物となる得る可能性のある施設・設備」において、防潮堤外側で代表漂流物として抽出された漁船(総トン数 5t (排水トン数 15t)、車両(パトロール車:0.69t)、流木(0.08t)及び防潮堤内側で代表漂流物として抽出された一般車両(1.5t)が、漂流物衝突影響評価対象設備である原子炉建屋等に到達する可能性を評価し、到達する場合は、当該漂流物が衝突した際の衝突力を漂流物荷重として設定し、津波荷重と重畳させた強度評価を実施する。

なお、重大事故等対処施設の格納容器圧力逃がし装置フィルタ装置出口配管及び原子炉建屋東側接続口は、漂流物を衝突させないための鋼製の防護柵を設置する対策が可能であることから、当該配管への漂流物の衝突は想定しない。また、排気筒については、漂流物が到達・衝突しても影響がない十分な強度と有しており、漂流物に対する新たな対策は不要である。第 4.2.2-9 図に漂流物への対応図を示す。



第 4.2.2-9 図 漂流物対策概要図

(a) 漂流物衝突荷重の評価

衝突力の算定式は「道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（平成 24 年）」を参考に次式により算定する。

<算定式>

$$\text{衝突荷重 } P = 0.1 \times W \times v$$

ここで、P：衝突力（kN）

W：漂流物の重量（kN）

v：表面流速（m/s）

津波の遡上に係る数値シミュレーションの結果、敷地に遡上する津波の浸水深は最大でも約 0.6m であること、流速は最大でも 2m/s を超えないことから、防潮堤外側において、津波の第 1 波の波力とともに漂流物の衝撃力を受ける防潮堤及び防潮扉等の施設・設備とは違い、漂流速度を考慮した慣性力が**支配的な**衝突であると評価し道路橋示方書

に示される算定式を適用した。

衝突力の算定結果については、添付書類「V-1-1-2-2-5 津波防護に関する施設の設計方針」の補足説明資料「4.3 漂流物の衝突力について」で説明する。

(b) 許容限界

漂流物衝突影響評価対象設備である原子炉建屋等の許容限界は、地震後、津波後の再使用性や、津波の繰返し作用を想定し、施設・設備を構成する材料がおおむね弾性状態に留まること基本とする。

防潮堤及び防潮扉については、敷地に遡上する津波においては漂流物衝突影響評価対象設備ではないが、数値シミュレーションにおいて設置状態をモデル化していることから、地震後の再使用性及び敷地に遡上する津波の第1波の越流後における再使用性を考慮し、当該構造物全体の変形能力に対して十分な余裕を有するよう、おおむね弾性状態を維持する設計とする。

4.3 漂流物荷重について

目次

4.3 漂流物荷重について	1
4.3.1 防潮堤外における検討	1
4.3.1.1 検討方針について	1
4.3.1.2 サイト特性を踏まえた津波防護施設の機能に対する影響評価の検討範囲の設定	3
(1) 分裂波発生に関する検討	3
(2) 水理模型実験	4
a. 目的	4
b. 検討断面	4
c. 実験条件	5
d. 入射津波の造波	6
e. 水理模型実験におけるソリトン分裂波の確認	6
(3) 水理模型実験結果の再現性に関する検証	8
(4) サイト特性を踏まえた津波防護施設の機能に対する影響評価の検討範囲の設定	9
4.3.1.3 検討対象漂流物の選定	10
(1) 流況の整理結果に基づく代表検討対象エリアの設定	10
(2) 検討対象漂流物の選定	11
(3) 検討対象漂流物の選定結果	17
4.3.1.4 漂流物による荷重算定式に関する規格・基準類及び既往の研究論文	18
(1) 規格・基準類及び既往の研究論文の漂流物荷重算定式の整理	18
(2) 検討対象漂流物への漂流物荷重算定式の適用について	19
a. 船舶	19
b. 流木	19
c. 車両	19
(3) 規格・基準類及び既往の研究論文の漂流物荷重算定式の整理結果	20
(4) 漂流物荷重の算定における設計上の配慮について	21
(5) 検討対象漂流物の漂流物荷重の算定	22
4.3.2 防潮堤及び防潮扉内側における検討	25
4.3.2.1 検討方針について	25
4.3.2.2 敷地に遡上する津波の特徴	27
(1) 防潮堤の機能保持	27
(2) 第2波以降の津波の挙動	27
(3) 防潮堤内側に流入した津波の排水の考慮	28
4.3.2.3 サイト特性及び施設・設備の構造上の特徴を踏まえた防潮堤内側の津波防護施設の機能に対する影響検討範囲	28

(1) 検討の方針	28
(2) 原子炉建屋水密扉の評価における周辺建物・構築物の取扱い	28
(3) 原子炉建屋外壁の強度評価における考慮事項	28
4.3.2.4 サイト特性及び施設・設備の構造上の特徴を踏まえた重大事故等対処施設の機能に対する影響検討範囲	32
(1) 建屋及び区画に内包される重大事故等対処施設	32
(2) 建屋及び区画に内包されない重大事故等対処設備	32
4.3.2.5 検討対象漂流物の選定	33
(1) 流況の整理結果に基づく代表漂流物の検討対象エリアの設定	33
(2) 検討対象漂流物の選定	34
(3) 代表漂流物の抽出結果	42
4.3.2.6 漂流物による荷重算定式に関する規格・基準類及び既往の研究論文	43
(1) 規格・基準類及び既往の研究論文の漂流物荷重算定式の整理	43
(2) 検討対象漂流物への漂流物荷重算定式の適用について	43
(3) 漂流物荷重の算定における設計上の配慮について	43
(4) 代表漂流物の漂流物荷重の算定	43

4.3 漂流物荷重について

4.3.1 防潮堤外における検討

4.3.1.1 検討方針について

東海第二発電所における津波防護施設の機能に対する影響評価の対象である施設・設備を図4.3.1.1-1に示す。津波防護施設の機能に対する影響評価は、図4.3.1.1-2に示す検討フローにより実施する。なお、本検討は、防潮堤外の津波防護施設に関する検討であり、敷地を遡上する津波（以下「T.P. +24 m津波」）における防潮堤内の検討は、「4.3.2 防潮堤内における検討」に示す。



図 4.3.1.1-1 漂流物評価フローにより評価する対象の施設・設備の配置

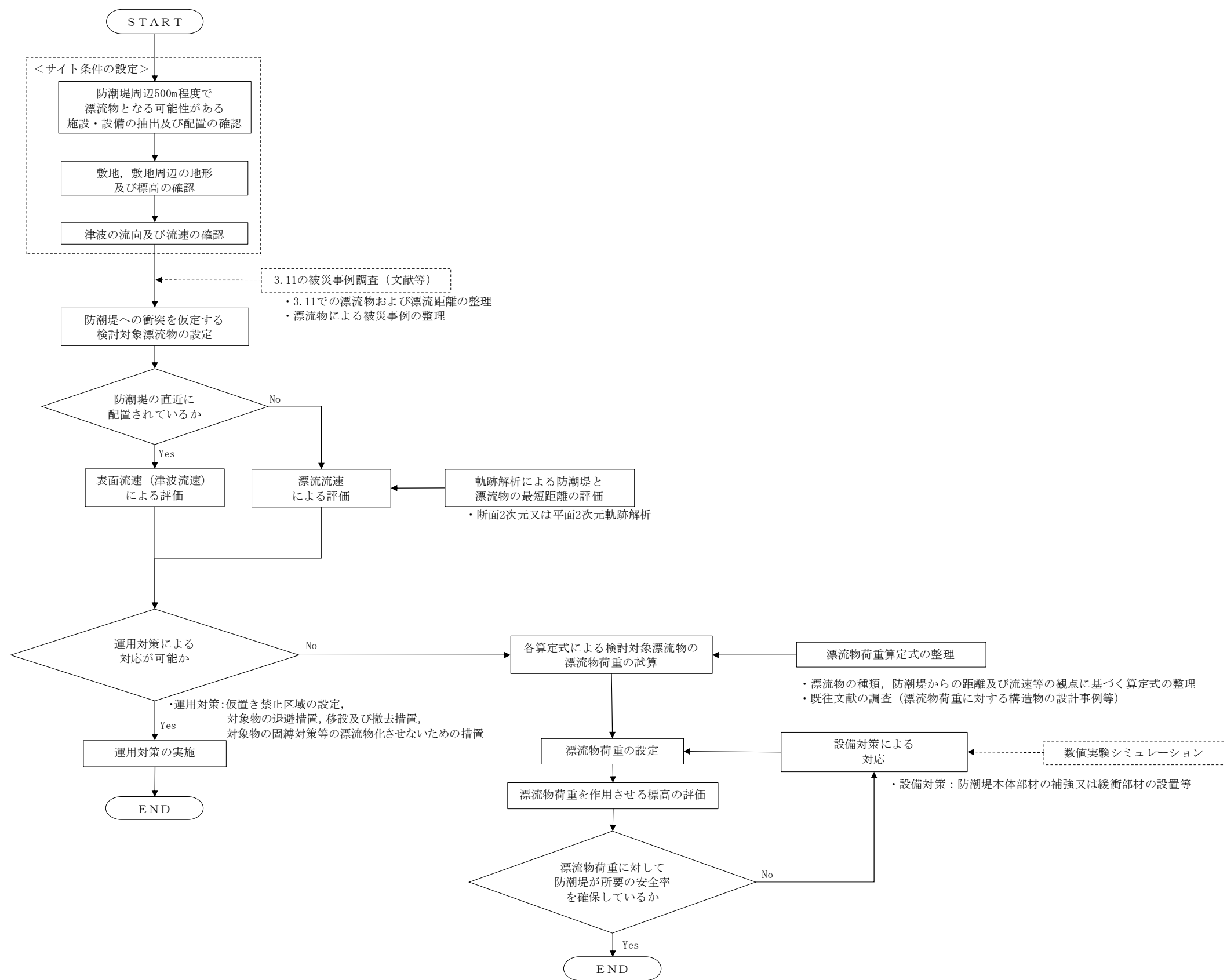


図 4.3.1.1-2 津波防護施設の機能に対する影響評価の検討フロー

4.3.1.2 サイト特性を踏まえた津波防護施設の機能に対する影響評価の検討範囲の設定

漂流物は津波の襲来により発生するが、漂流物の移動は津波の砕波位置に漂流物が存在する場合に大きな移動距離となることが知られている。そこで、東海第二発電所のサイト特性を踏まえた、津波による分裂波や砕波の発生位置を確認するために、水理模型実験及び数値解析シミュレーションを実施した。

(1) 分裂波発生に関する検討

沖合から伝播してくる津波がサイト前面においてソリトン分裂波を伴うか否かの判定にあたっては、「防波堤の耐津波設計ガイドライン」において以下の2つの条件に合致する場合、ソリトン分裂波が発生するとされている。

- ① おおむね入射津波高さが水深の 30 % 以上（津波数値解析等による津波高さが水深の 60 % 以上）
- ② 海底勾配が 1/100 以下程度の遠浅

東海第二発電所前面の海底地形は約 1/200 勾配で遠浅であり、入射波津波高さと水深の関係についても入射津波高さが水深の 30 % 以上であることから、両方の条件に合致する。そこで、沖合におけるソリトン分裂波及び砕波の発生の有無や陸上へ遡上する過程での減衰の状況と防潮堤が受ける津波波圧への有意な影響の有無を定量的に確認するため、東海第二発電所のサイト特性を考慮した水理模型実験を行い、防潮堤が受ける波圧分布等を測定した。海底地形断面位置図及び海底地形断面図を図 4.3.1.2-1、津波高さと水深の関係を表 4.3.1.2-1 に示す。

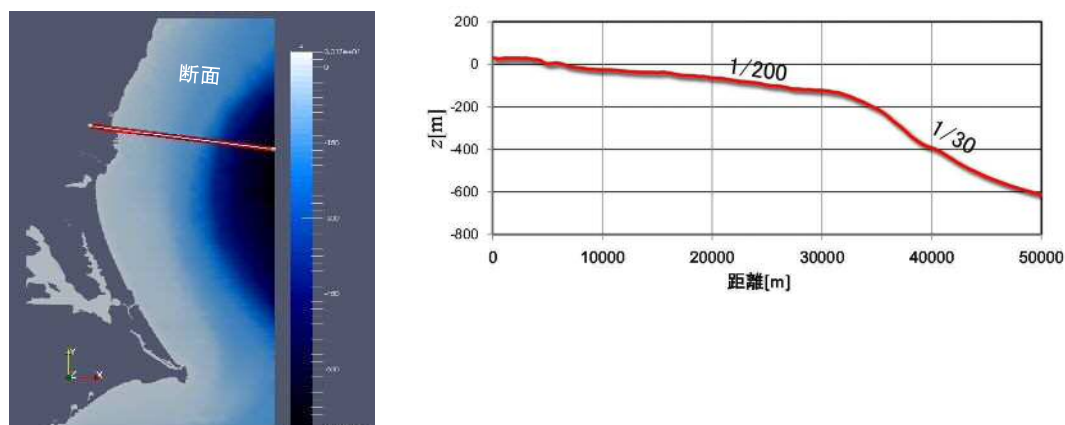


図 4.3.1.2-1 海底地形断面位置図及び海底地形断面図

表 4.3.1.2-1 津波高さと水深の関係

地点	(1) 水深	(2) 入射津波高さ*	(2) / (1)
東海第二発電所前面	7.5 m	4.7 m	62 %

* 津波数値解析による津波高さの 1/2 を入射津波高さと定義（防潮堤の耐津波ガイドライン）

(2) 水理模型実験

a. 目的

基準津波の策定に用いた波源は、2011年東北地方太平洋沖地震で得られた知見を踏まえて設定した波源のすべり領域を拡大することや、すべり量の割増しを行うなどの保守的な設定を複数加えたものである。

水理模型実験は、ソリトン分裂波が生じない沖合5.0 kmにおける津波波形を入力し、ソリトン分裂波や砕波の発生の有無及び陸上へ遡上する過程での減衰状況と防潮堤が受ける津波波圧への有意な影響の有無並びにフルード数の把握を目的に実施した。

b. 検討断面

東海第二発電所前面の海底地形は概ね一様の地形となっていることから、本実験では、津波水位が最大となる地点を基に、津波の伝播特性を踏まえ、等深線図に直交する断面を選定した。検討断面位置図を図4.3.1.2-2に示す。

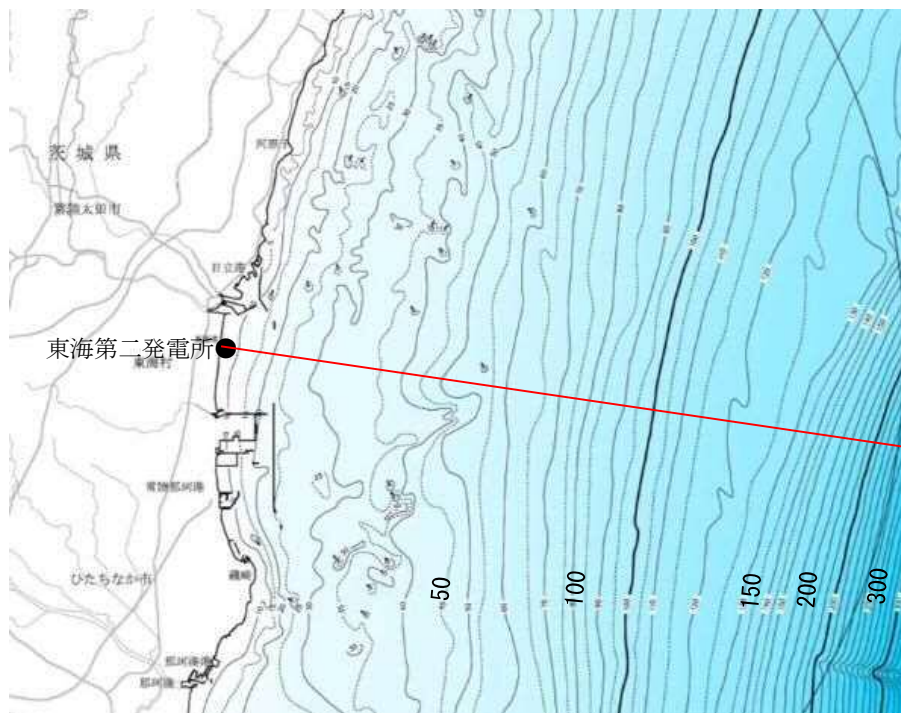
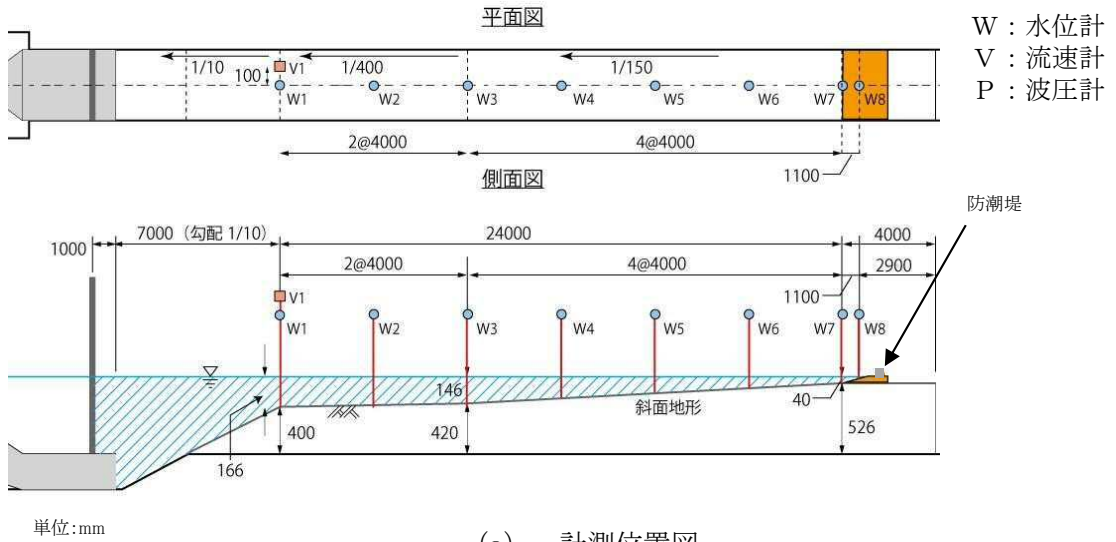


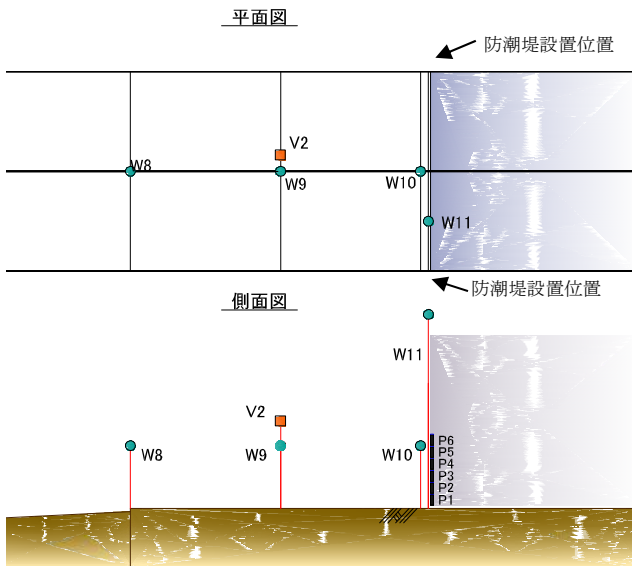
図 4.3.1.2-2 検討断面位置図

c. 実験条件

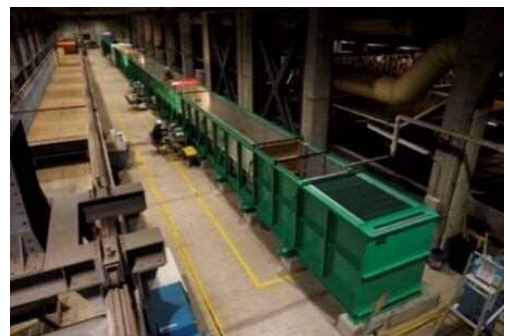
断面2次元実験施設の水路は、長さ60 m×幅1.2 m（貯水部は1.8 m）×高さ1.5 mとし、沖合5 kmから陸側の範囲を再現するために実験縮尺（幾何縮尺）は $\lambda=1/200$ とした。実験の概要を図4.3.1.2-3に示す。



(a) 計測位置図



(b) 防潮堤位置拡大図



(c) 実験施設写真

図4.3.1.2-3 実験の概要

d. 入射津波の造波

水理模型実験における再現範囲の最沖地点はソリトン分裂波が発生しない沖合 5.0 km の位置とし、基準津波の波源モデルを用いた数値解析から求めた同地点における津波波形を入力した。また、この津波波形を防潮堤位置で平面 2 次元津波シミュレーション解析結果と同様の高さになるよう振幅を調整した。沖合 5 km 地点における入射津波の造波波形図を図 4.3.1.2-4 に示す。

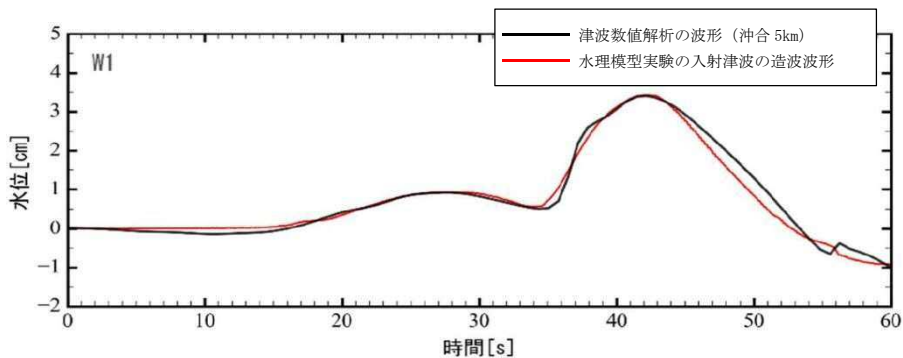


図 4.3.1.2-4 沖合 5 km 地点における入射津波の造波波形図

e. 水理模型実験におけるソリトン分裂波の確認

平面 2 次元津波シミュレーション解析に即した津波波形を造波し、水理模型実験を行った。水理模型実験における時刻歴図を図 4.3.1.2-5 に示す。その結果、目視観察と波高計による計測により、沖合約 220 m 地点 (W7) においてソリトン分裂波が生じることを確認した。ただし、陸上に遡上する過程で分裂波は減衰しており、防潮堤位置における波圧分布への有意な影響は認められない。なお、W10 及び W11 で確認できる波形は、津波の進行波と反射波が合わさった瞬間の波形であり、防潮堤位置における波圧分布への有意な影響は認められない。

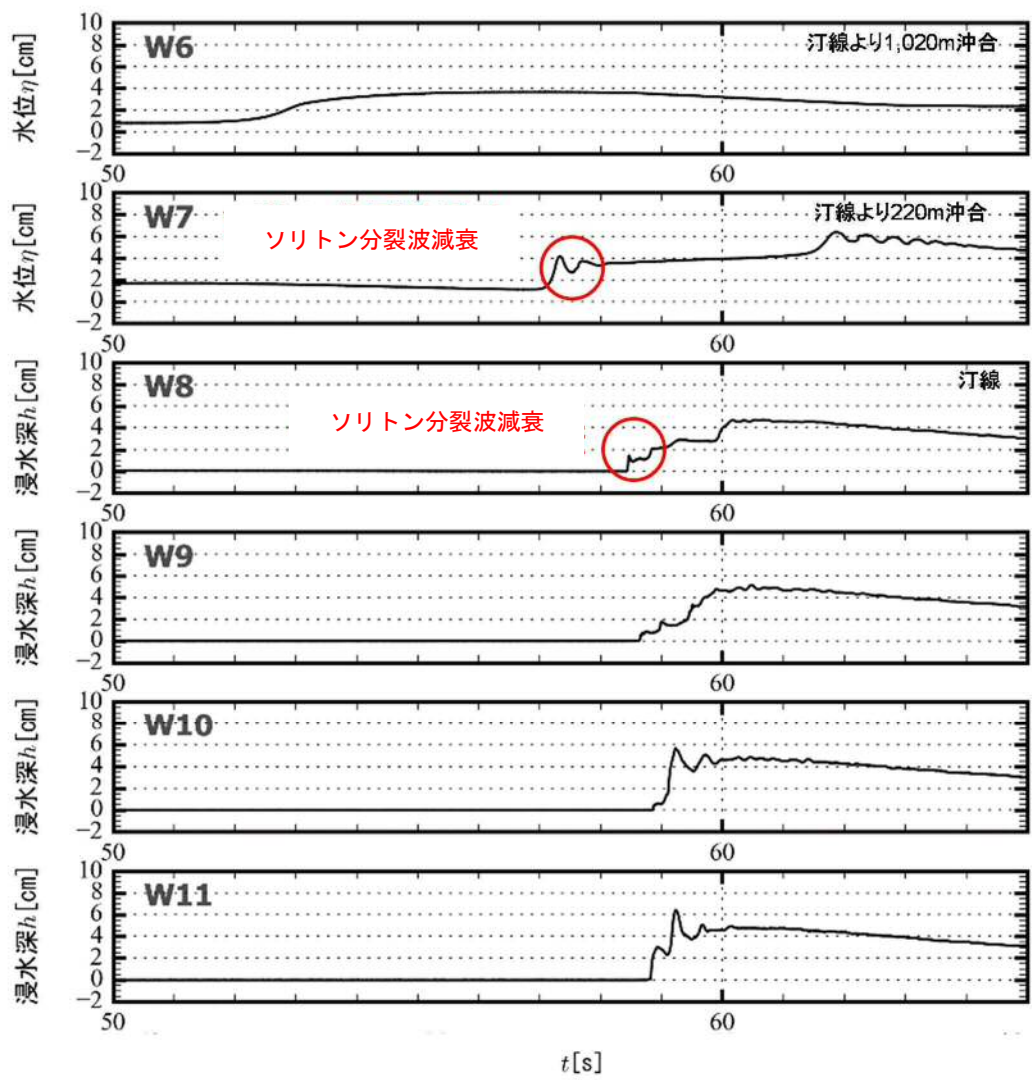


図 4.3.1.2-5 水理模型実験における時刻歴図

(3) 水理模型実験結果の再現性に関する検証

水理模型実験結果について、断面2次元津波シミュレーション解析を実施し、防潮堤位置での津波波圧算定式が朝倉式①で妥当であることを検証した。断面2次元津波シミュレーション解析は、分散波理論に基づいた解析手法でありソリトン分裂波を表現可能な数値波動水路CADMAS-SURF/2D (Ver. 5.1) を用いた。

水理模型実験でモデル化した区間と同じ区間を解析領域としてモデル化した。解析モデル図を図4.3.1.3-6に示す。また、入射波は水理模型実験の入力波形に合わせて作成した。

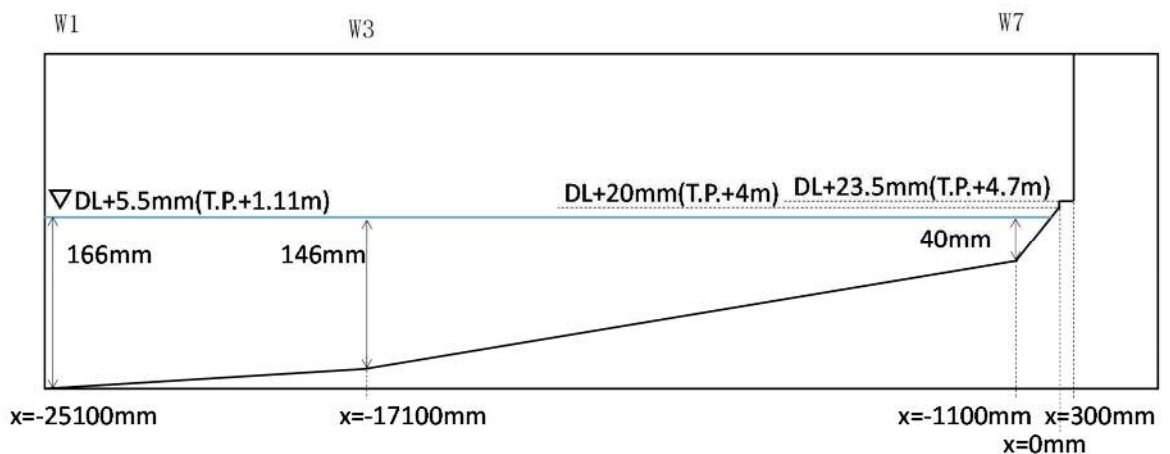


図 4.3.1.3-6 解析モデル図

断面2次元津波シミュレーション解析結果を図4.3.3-7に示す。水理模型実験結果と同様、沖合約220 m地点(W7)においてソリトン分裂波を確認した。ただし、陸上に遡上する過程で分裂波は減衰しており、防潮堤位置における波圧分布への有意な影響は認められない。なお、W10及びW11で確認できる波形は、津波の進行波と反射波が合わさった瞬間の波形であり、防潮堤位置における波圧分布への有意な影響は認められない。

防潮堤壁面に作用する津波波圧は実験値とほぼ同等のものとなり、朝倉式①による波圧分布を下回るとともに、朝倉式②のような波圧分布は認められず、朝倉式①と整合する結果となった。

断面2次元津波シミュレーション解析においても、ソリトン分裂波及び砕波の防潮堤に対する波圧分布への有意な影響はなく、単直線型の朝倉式①に包含されることを確認した。

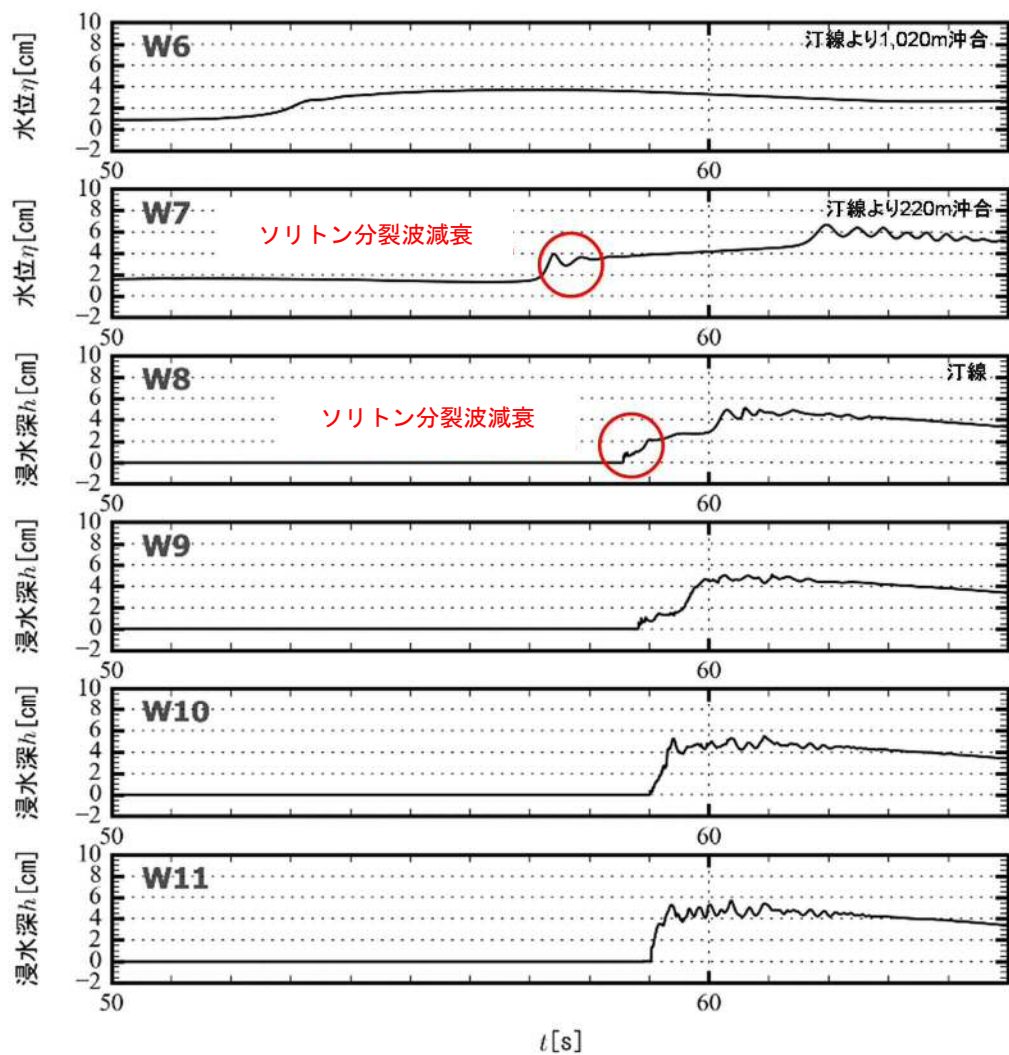


図 4.3.1.2-7 断面 2 次元津波シミュレーション解析結果（時刻歴図）

(4) サイト特性を踏まえた津波防護施設の機能に対する影響評価の検討範囲の設定

水理模型実験及び断面 2 次元津波シミュレーション解析の結果、沖合約 220 m 地点において、ソリトン分裂波を確認したが、汀線位置では分裂波は減衰している。津波防護施設の機能に対する影響評価の検討においては、沖合約 220 m に余裕を持たせ、保守的に汀線から 500 m 以内の海域を砕波により漂流物が移動する範囲として設定する。

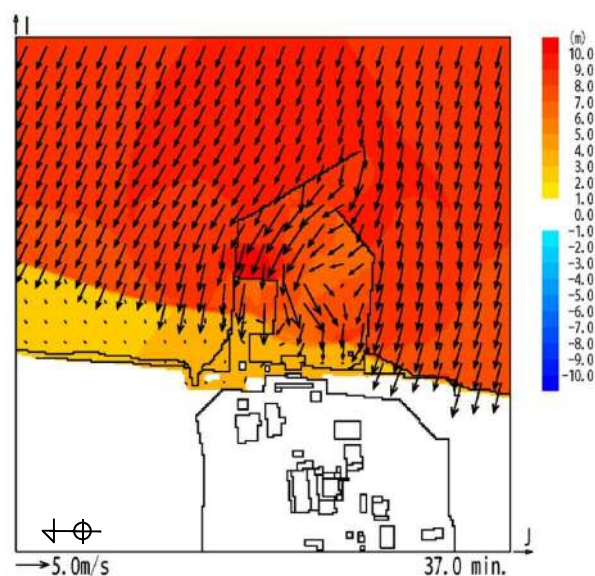
防潮堤から汀線までの概ね 100m 以内の陸域を「直近（陸域）」，汀線より 500 m 以内の海域を「直近（海域）」，汀線より 500 m 以上の海域を「前面海域」と定義する。

4.3.1.3 検討対象漂流物の選定

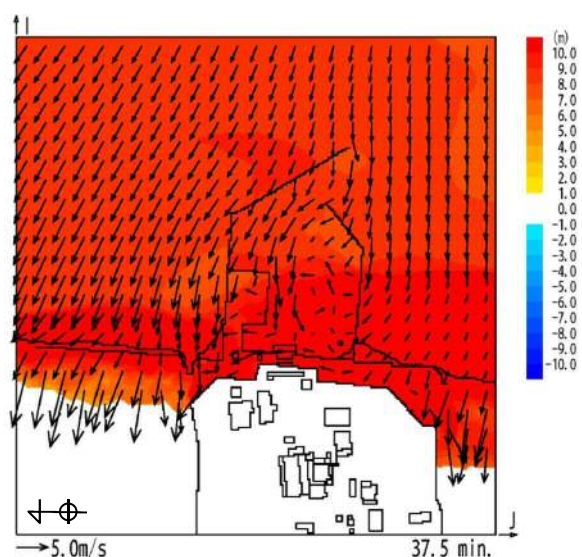
(1) 流況の整理結果に基づく代表検討対象エリアの設定

東海第二発電所での基準津波による発電所敷地前面海域の流向は、「4.2 漂流物による影響確認について(1)基準津波の流速及び流向の確認」に示すとおり、防潮堤東側の法線方向から遡上し、北側及び南側では防潮堤に沿うような流れとなっている。発電所敷地エリアの主な流向ベクトルを図4.3.1.3-1に示す。

防潮堤東側エリアは、津波が法線方向に遡上することから、津波防護施設の機能に対する影響評価を行うために、代表検討対象エリアとして設定する。



(37.0分*)



(37.5分*)

* : 津波の原因となる地震発生後の経過時間

図 4.3.1.3-1 発電所敷地前面海域の流向ベクトル (防波堤ありの場合)

(2) 検討対象漂流物の選定

「4.2 漂流物による影響確認について(4)漂流物検討対象の選定」において抽出した施設・設備のうち、防潮堤周辺 500m 範囲の施設・設備の配置を図 4.3.1.3-2 に示す。

図 4.3.1.3-3, 写真 4.3.1.3-1 及び表 4.3.1.3-1 に防潮堤東側エリアに設置されている構築物を示す。防潮堤東側エリアの構築物は、撤去又は移設することを基本とし、撤去又は移設ができない場合については、耐震性等を評価した上で、必要に応じ補強対策を検討する。

津波防護施設の機能に対する影響評価の検討対象漂流物は、津波防護施設への漂流物荷重として考慮する船舶（排水トン数 15 t）に加え、漂流物となる可能性が否定できない施設・設備のうち、防潮堤の前面に仮置きや残置の可能性があるもの及び地震・津波による過去の被災事例をもとに選定した。表 4.3.1.3-2 に仮置きや残置の可能性があるものの一覧を示す。仮置きや残置の可能性があるものは、運用での対応が行えるかを検討した上で、津波防護施設の機能に対する影響評価の検討対象漂流物を選定する。

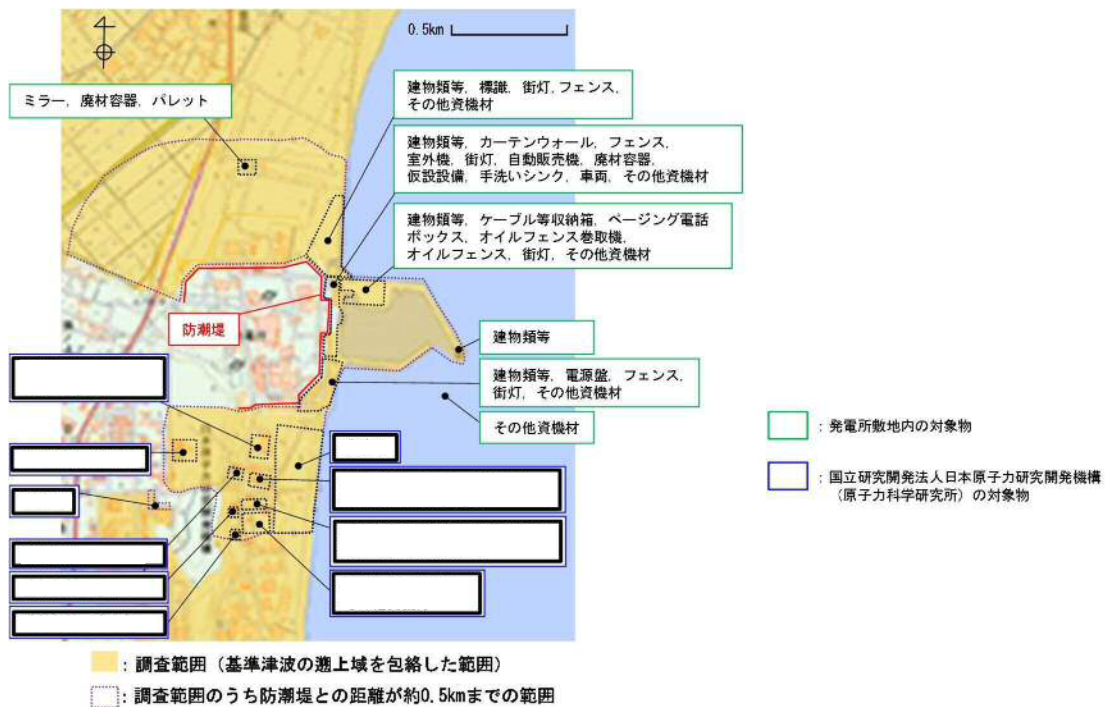


図 4.3.1.3-2 防潮堤周辺 500m 範囲の施設・設備の配置

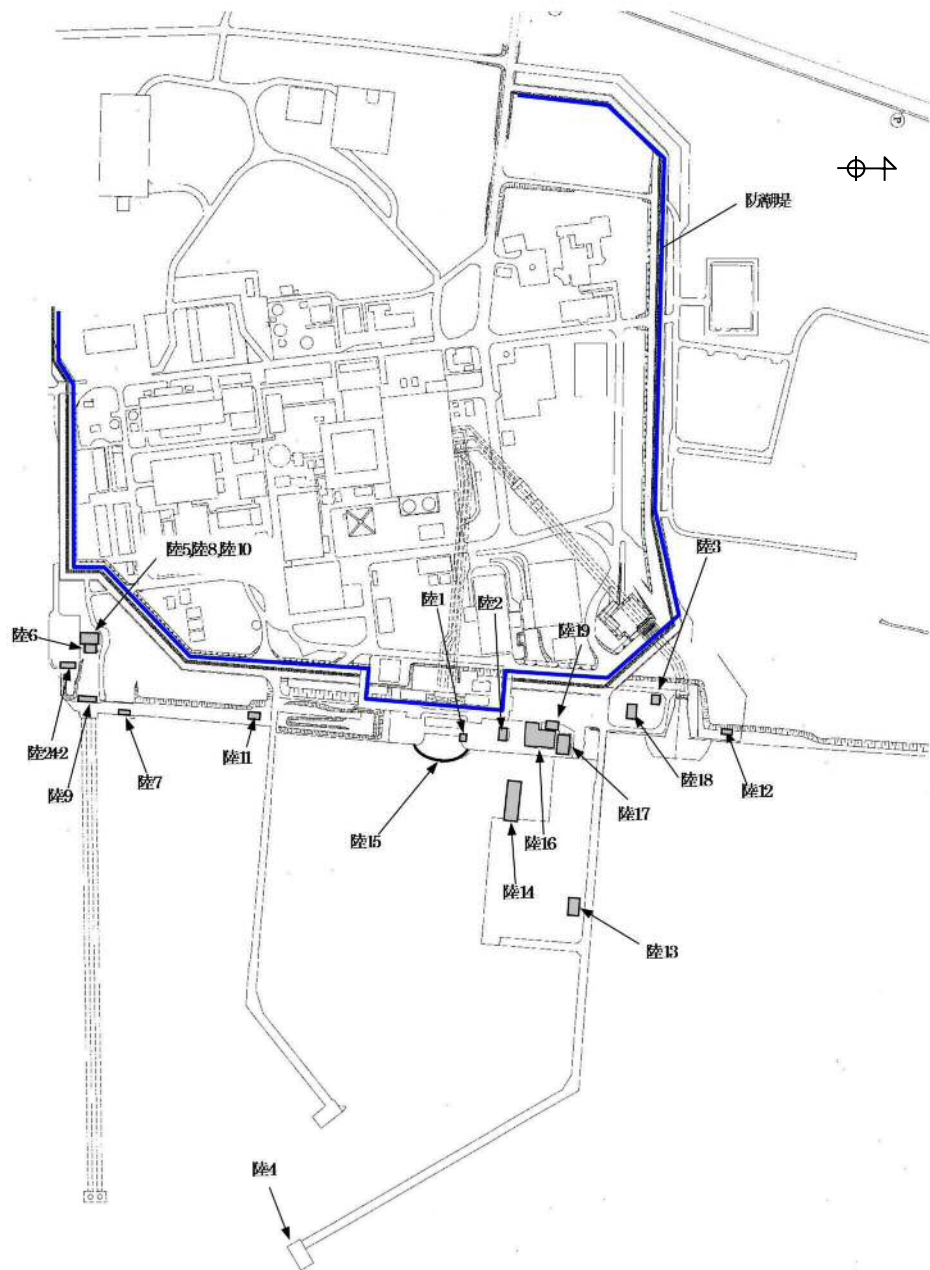


図 4.3.1.3-3 防潮堤東側エリアに設置されている構築物位置図

			
陸1 検潮小屋	陸2 海水電解装置建屋	陸3 放水口モニター小屋	陸4 北防波堤灯台
			
陸5 復水冷却用水路スクリーン室	陸6 塩素処理室	陸7 放水口放射能測定機器上屋	陸8 ロータリースクリーン室
			
陸9 主ゲート	陸10 次亜塩素酸ソーダ注入室	陸11 合併処理浄化槽設備	陸12 海上レーダー
			
陸13 物揚場倉庫	陸14 栈橋	陸15 カーテンウォール	陸16 メンテナンスセンター
			
陸17 輸送本部建屋	陸18 輸送本部倉庫	陸24 再利用物品置場テント	

写真 4.3.1.3-1 防潮堤東側エリアに設置されている構築物

表 4.3.1.3-1 防潮堤東側エリアに設置されている構築物一覧表

番号	名称	主要構造 (形状)	寸法	対策
陸1	検潮小屋	鉄筋 コンクリート造	2.9 m×2.9 m×2.3 m	撤去又は移設することを基本とし、撤去又は移設が出来ない場合は、耐震性等を評価した上で、必要に応じ漂流化しないための補強対策を検討する。
陸2	海水電解装置建屋	鉄筋 コンクリート造	8 m×11 m×3.7 m	
陸3	放水口モニター小屋	鉄筋 コンクリート造	4 m×5 m×3 m	
陸4	北防波堤灯台	鉄筋 コンクリート造	Φ3 m×9 m	
陸5	復水冷却用水路 スクリーン室	鉄筋 コンクリート造	—	
陸6	塩素処理室	鉄筋 コンクリート造	10 m×13 m×10 m	
陸7	放水口放射能 測定機器上屋	鉄筋 コンクリート造	3 m×5 m×3 m	
陸8	ロータリースクリーン室	鉄筋 コンクリート造	13 m×21 m×11 m	
陸9	主ゲート	鉄筋 コンクリート造	4 m×18 m×10 m	
陸10	次亜塩素酸ソーダ注入室	鉄筋 コンクリート造	—	
陸11	合併処理浄化槽設備	鉄筋 コンクリート造	10 m×15 m×10 m	
陸12	海上レーダー	鋼製支柱	—	
陸13	物揚場倉庫	コンクリート製ブ ロック	7 m×12 m×3 m	
陸14	栈橋	鋼製コンクリート造	1.2 m×40 m×4 m	
陸15	カーテンウォール	鉄筋 コンクリート造 (鋼材支柱)	—	
陸16	メンテナンスセンター	鉄骨造	34 m×19 m×11 m	
陸17	輸送本部建屋	鉄骨造	22 m×13 m×7 m	
陸18	輸送本部倉庫	鉄骨造	12 m×8 m×4 m	
陸24 -2	再利用物品置場テント	—	—	

表 4.3.1.3-2 (1) 漂流物となる可能性が否定できない仮置きや残置の可能性のあるもの (1/2)

場所	種類	想定質量 (t)	防潮堤との距離	対策の要否	対策不要である根拠	対策	検討対象
東側	船舶	15 (排水トン数)	500 m 以上 (前面海域)	否	—	—	○
	流木	0.08* ¹	500 m 以内 (前面海域)	否	—	—	○
	流木 (丸太)	—	100 m 以内 (直近 (陸域))	要	—	仮置禁止又は固縛	—
	フェンス	0.9	100 m 以内 (直近 (陸域))	否	受圧面積が小さく、津波が透過することから、漂流には至らないと考えられるため。	—	—
	電源盤	0.6	100 m 以内 (直近 (陸域))	要	—	移設・撤去又は固縛	—
	ケーブル等収納箱	0.04	100 m 以内 (直近 (陸域))	要	—	移設・撤去又は固縛	—
	ページング電話ボックス	0.02	100 m 以内 (直近 (陸域))	要	—	移設・撤去又は固縛	—
	室外機	0.3	100 m 以内 (直近 (陸域))	要	—	移設・撤去又は固縛	—
	自動販売機	0.5	100 m 以内 (直近 (陸域))	要	—	移設・撤去又は固縛	—
	オイルフェンス巻取機	1.5	100 m 以内 (直近 (陸域))	要	—	移設・撤去又は固縛	—
	オイルフェンス	0.07	100 m 以内 (直近 (陸域))	要	—	移設・撤去又は固縛	—

*1：流木の想定質量 (t) は、敷地周辺の植生調査結果のうち汀線沿いの海岸植生の樹木 (平均直径 12 cm, 平均樹高 8 m) を選定し、建築空間の緑化手法 (1988) の算定式により設定した。

表 4.3.1.3-2 (2) 漂流物となる可能性が否定できない仮置きや残置の可能性のあるもの (2/2)

場所	種類	想定質量 (t)	防潮堤との距離	対策の要否	対策不要である根拠	対策	検討対象
東側	廃材容器	0.04	100 m 以内 (直近 (陸域))	要	—	移設・撤去又は固縛	—
	手洗いシンク	0.02	100 m 以内 (直近 (陸域))	要	—	移設・撤去又は固縛	—
	仮設設備	0.2	100 m 以内 (直近 (陸域))	要	—	移設・撤去又は固縛	—
	車両 (工事車両)	—	100 m 以内 (直近 (陸域))	要	—	退避措置	—
	車両 (パトロール車)	0.69	100 m 以内 (直近 (陸域))	否	—	—	○

(3) 検討対象漂流物の選定結果

検討対象漂流物の選定結果を表 4.3.1.3-3 に示す。津波防護施設の機能に対する影響評価の検討対象である設備として、船舶、流木及び車両（パトロール車）を検討対象漂流物として選定する。

発電所構内に入域する車両については退避措置を基本とし、工事車両については退避措置の徹底について工事契約時に定める運用を図る。しかしながら、日常的に使用する車両（パトロール車）は漂流する可能性が否定できないことから、津波防護施設の機能に対する影響評価の検討対象漂流物とする。

表 4.3.1.3-3 検討対象漂流物の選定結果

場所	種類	想定質量 (t)	防潮堤との距離
東側	船舶	15 (排水トン数)	500 m 以上 (前面海域)
	流木	0.08	500 m 以上 (前面海域)
	車両 (パトロール車)	0.69	100 m 以内 (直近 (陸域))

4.3.1.4 漂流物による荷重算定式に関する規格・基準類及び既往の研究論文

(1) 規格・基準類及び既往の研究論文の漂流物荷重算定式の整理

規格・基準類及び既往の研究論文の漂流物荷重算定式を表 4.3.1.4-1 に示す。

表 4.3.1.4-1 規格・基準類及び既往の研究論文の漂流物荷重算定式の整理

出典	種類	概要及び算定式	算定式の適用性が確認された範囲 (実験条件等)
① 松富ほか (1999)	流木	津波による流木の漂流荷重を提案している。本式は円柱形状の流木が縦向きに衝突する場合の漂流荷重算定式である。 $F_m / (\gamma D^2 L) = 1.6 C_{MA} \{v_{A0} / (gD)^{0.5}\}^{1.2} (\sigma_v / \gamma L)^{0.4}$ F_m : 衝突力, γ : 流木の単位体積重量, D : 木材の直径, L : 木材の長さ, g : 重力加速度, C_{MA} : 見かけの質量係数(水の緩衝機能も加味), v_{A0} : 衝突速度, σ_v : 木材の降伏応力	「実験に基づく推定式」 ・見かけの質量係数に関する水路実験 (実験: 高さ 0.5 m, 幅 0.3 m, 長さ 11.0 m) 流木 (丸太) の直径: 4.8 cm~12 cm, 流木の重量: 305~8615 gf ・衝突荷重に関する空中での実験 水理模型実験及び空中衝突実験において, 流木 (植生林ではない丸太) を被衝突体の前面 (2.5 m 以内) に設置した状態で衝突させている。東海第二のサイト条件を踏まえると, 被衝突体の直近に衝突体があることを仮定する場合に適用性がある可能性がある。個別の流木 (丸太) の種類等に応じて, 実現象を再現するようなパラメータを適切に定める必要がある。
② 池野・田中 (2003)	流木	円柱以外にも角柱, 球の形状をした木材による漂流荷重を提案している。 $F_H / (gM) = S \cdot C_{MA} \cdot \{V_H / (g^{0.5} D^{0.25} L^{0.25})\}^{2.5}$ F_H : 衝突力, g : 重力加速度, M : 漂流物の質量, S : 係数 (=5.0), C_{MA} : 付加質量係数, V_H : 漂流物移動速度, D : 漂流物の直径 (角柱の場合は正方形断面辺長), L : 漂流物の長さ	「実験に基づく推定式」 (縮尺 1/100 の模型実験) 漂流物の形状: 円柱, 角柱, 球 漂流物重量: 0.588 N~29.792 N 受圧板を陸上構造物と想定し, 衝突体を受圧板前面 80 cm (現地換算 80 m) 離れた位置に設置した状態で衝突させた実験である。模型縮尺 (1/100) を考慮した場合, 現地換算で直径 2.6~8 m の仮定となり, 東海第二のサイト条件を考慮すると適用性が無いものと判断する。
③ 道路橋示方書 (2002)	流木等	橋 (橋脚) に自動車, 流木あるいは船舶等による漂流荷重を定めている。 $P = 0.1WU$ P : 衝突力, W : 流送物の重量, U : 表面流速	新規基準に基づく審査において適用された実績がある。 漂流物が流下 (漂流) して来た場合に, 表面流速 (津波流速) を与えることで漂流流速に対する荷重を算定できることから, 被衝突体の前面海域からの漂流物を想定する場合に適用性があると判断する。
④ FEMA (2012) (FEMA: FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY)	流木 コンテナ	$F_i = 1.3u_{max} \sqrt{km_d(1+c)}$ F_i : 衝突力, c : 付加質量係数, u_{max} : 漂流物を運ぶ流体の最大流速, m_d : 漂流物の質量, k : 漂流物の有効軸剛性	「運動方程式に基づく衝突力方程式」 非減衰系の振動方程式に基づいており, 衝突体及び被衝突体の両方とも完全弾性体で, かつ衝突時のエネルギー減衰が一切考慮されていない前提条件での算定式であることから, 衝突時に塑性変形を伴う漂流物の荷重算定では, 個別の漂流物に対して, 実現象を再現するような軸剛性を適切に定める必要がある。 漂流物が地表面を転がるような場合は, 衝突流速を 50% として良い可能性があるとの記載がある。
⑤ 水谷ほか (2005)	コンテナ	漂流するコンテナの漂流荷重を提案している。 $F_m = 2\rho_w \eta_m B_c V_x^2 + \left(\frac{WV_x}{gdt}\right), V_x \cong C_x = 2\sqrt{g\eta_m}$ F_m : 衝突力, g : 重力加速度, W : コンテナの重量, B_c : コンテナ幅, ρ_w : 遡上波の最大水位, dt : 衝突時間, ρ_w : 水の密度, V_x : コンテナの漂流速度, C_x : 津波の遡上流速	「実験に基づく推定式」 (縮尺 1/75 の模型実験) 使用コンテナ: 長さを 20 ft と 40 ft, コンテナ重量: 0.2 N~1.3 N 程度, 遡上流速: 1.0 m/s 以下, 材質: アクリル 被衝突体の直近のエプロン上にコンテナを設置して衝突力を求めた算定式である。衝突体と水塊が一体となって衝突し, 衝突前の運動量が全て力積として作用するものとして考えた算定式であり, 右辺の第 1 項は付加質量による荷重を表している。
⑥ 有川ほか (2007, 2010)	流木 コンテナ	鋼製構造物 (コンテナ等) による漂流荷重を提案している。 $F = \gamma_p x^{\frac{2}{5}} \left(\frac{5}{4} \tilde{m}\right)^{\frac{3}{5}} v^{\frac{6}{5}}, x = \frac{4\sqrt{a}}{3\pi} \frac{1}{k_1+k_2}, k = \frac{(1-v^2)}{\pi E}, \tilde{m} = \frac{m_1 m_2}{m_1+m_2}$ a : 衝突面半径の 1/2 (ここではコンテナ衝突面の縦横長さの平均の 1/4), E : ヤング係数, ν : ポアソン比, m : 質量, v : 衝突速度, γ_p : 塑性によるエネルギー減衰効果, 添字 1, 2 は衝突体と被衝突体を表す	「実験に基づく推定式」 (縮尺 1/5 の模型実験) 使用コンテナ: 長さ 1.21 m, 高さ 0.52 m, 幅 0.49 m 衝突速度: 1.0~2.5 m/s 程度, 材質: 鋼製 水理模型実験では, コンテナを被衝突体の前面 1.21 m (現地換算 6.05 m) に設置して衝突力を求めた算定式である。 衝突体の剛性 k_1 と被衝突体の剛性 k_2 の両方がパラメータとして含まれている算定式であり, 個別の漂流物に対して, 実現象を再現するような剛性に係る k 値を適切に定める必要があるが, 対象としている種類以外への適用性がある k 値に係る k_1 及び k_2 の値, すなわち実験データを再現するよう同定された当該式の妥当な k_1 及び k_2 の値が不明であるため, 現状では当該式は対象としている種類以外への適用は難しいと考える。

(2) 検討対象漂流物への漂流物荷重算定式の適用について

a. 船舶

道路橋示方書（2002）は、新規制基準に基づく審査において、船舶に適用された実績がある。

道路橋示方書（2002）は、漂流物が流下（漂流）して来た場合に、表面流速（津波流速）を与えることで漂流流速に対する荷重を算定できることから、被衝突体の前面海域からの漂流物を想定する場合に適用性があると判断し、前面海域からの船舶の衝突による漂流物荷重算定に適用する。

b. 流木

規格・基準類及び既往の研究論文の漂流物荷重算定式において、流木を対象とした算定式は松富ほか（1999）、池野・田中（2003）、道路橋示方書（2002）、FEMA（2012）及び有川ほか（2007, 2010）である。

道路橋示方書（2002）は、漂流物が流下（漂流）して来た場合に、表面流速（津波流速）を与えることで漂流流速に対する荷重を算定できることから、被衝突体の前面海域からの漂流物を想定する場合に適用性があると判断し、前面海域からの流木の衝突による漂流物荷重算定に適用する。

池野・田中（2003）は、実験の模型縮尺を考慮した場合、東海第二発電所におけるサイト条件を考慮すると適用性が無いものと判断する。

松富ほか（1999）、FEMA（2012）及び有川ほか（2007, 2010）は、被衝突体の前面に漂流物が設置されている場合の衝突時の荷重を算定するものである。そのため、直近（海域）からの流木の衝突による漂流物荷重の算定に適用する。

c. 車両

規格・基準類及び既往の研究論文の漂流物荷重算定式において、車両を対象とした算定式が無いことから、対象種別がコンテナとされている算定式（FEMA、水谷ほか、有川ほか）の車両への適用について検討した。

FEMA（2012）は、高島ら（2015）^{※1}の水流中衝突実験により車両の妥当な有効軸剛性が既知となっていることから、その有効軸剛性を用いることで車両へ適用できるものと判断し漂流物荷重の算定の対象とする。

水谷ほか（2005）の式は、入力パラメータの車両に対する実験での検証がされていないため、車両への適用は難しいと考える。よって、車両の漂流物荷重の算定の対象外とする。

有川ほか（2007, 2010）の式では、入力パラメータとして、衝突面積、ヤング率、ポアソン比、塑性によるエネルギー減衰効果が必要なるが、車両の実験データを再現するよう同定された当該式の妥当なパラメータが不明であるため、現状では当該式は車両への適用は難しいと考える。よって、車両の漂流物荷重の試算の対象外とする。

(3) 規格・基準類及び既往の研究論文の漂流物荷重算定式の整理結果

規格・基準類及び既往の研究論文の漂流物荷重算定式の整理結果を表 4.3.1.4-2 に示す。

運用対策による対応が行えない場合において、漂流物荷重の算定する際は、表 4.3.1.4-2 に示す各算定式の適用条件（種類、被衝突体からの距離、適用流速）を踏まえた上で実施するものとする。

表 4.3.1.4-2 各種基準類の漂流物荷重算定式の整理結果

出典	種類	被衝突体との距離	適用流速	備考
① 松富ほか	流木	直近（陸域） 直近（海域）	衝突速度	個別の流木（丸太）の種類等に応じて、実現象を再現するようなパラメータを適切に定める必要がある。
② 池野・田中	流木	直近（陸域）	漂流物移動速度	模型縮尺（1/100）を考慮した場合、東海第二発電所への適用性が無いものと判断する。
③ 道路橋示方書	流木等	前面海域	表面流速（津波流速）	前面海域から漂流してくる流木及び船舶に適用する。
④ FEMA	流木 コンテナ	直近（陸域）	漂流物を運ぶ流体の最大流速	非減衰系の振動方程式に基づいており、衝突体及び被衝突体の両方とも完全弾性体で、かつ衝突時のエネルギー減衰が一切考慮されていない前提条件での算定式であることから、衝突時に塑性変形を伴う漂流物の荷重算定では、個別の漂流物に対して、実現象を再現するような軸剛性を適切に定める必要がある。
⑤ 水谷ほか	コンテナ	直近（陸域）	津波の遡上流速	東海第二発電所では、防潮堤東側エリアの500m範囲内にコンテナが無く、検討対象漂流物とはならないため、対象外とする。
⑥ 有川ほか	流木 コンテナ	直近（陸域） 直近（海域）	衝突速度	衝突体の剛性 k_1 と被衝突体の剛性 k_2 の両方がパラメータとして含まれている算定式であり、個別の漂流物に対して、実現象を再現するような剛性に係る k 値を適切に定める必要があるが、対象としている種類以外への適用性がある k 値に係る k_1 及び k_2 の値、すなわち実験データを再現するよう同定された当該式の妥当な k_1 及び k_2 の値が不明であるため、現状では当該式は対象としている種類以外への適用は難しいと考える。

(4) 漂流物荷重の算定における設計上の配慮について

漂流物荷重の算定においては、各パラメータについて、以下の項目を考慮して設定する。

① 漂流物荷重算定用の流速

漂流物荷重の算定に用いる遡上波の流速は、「4.1 設計に用いる遡上波の流速について」に示すとおり、漂流物荷重の大きさは構造物に対して法線方向の流速による影響が大きいため、本来は法線方向の速度値に着目するが、設計上の配慮として全ての方向の流速ベクトルを含めた中での最大流速の数値を切り上げ、基準津波時は 11.0 m/s、T.P.+24m 津波時は 15.0 m/s としている。すなわち、この設計用の流速は、防潮堤近傍における基準津波時の法線方向最大流速である 7.08 m/s を 5 割増しした値、T.P.+24.0 m 津波時の法線方向最大流速である 9.98 m/s を 5 割増しした値に相当する。

② 漂流物の漂流流速

「4.1 設計に用いる遡上波の流速について」に示すとおり、文献^{※2}によれば、津波による漂流物の漂流流速は、津波の表面流速（津波流速）よりも小さいとされている（図 4.3.1.4-1）。文献^{※3, 4}によれば、漂流物の衝突直前の漂流流速 v (m/s) と水の表面流速 U (m/s) の比率 α について、漂流流速 v は表面流速（津波流速） U に対して 0~60 % に低下するとされている。文献^{※4}で述べられている比重 0.6 の漂流物の場合の表面流速に対する漂流流速 v の比率 α の確率分布を図 4.3.1.4-2 に示す。図 4.3.1.4-2 の通り、 $\alpha = v / U = 0.1$ (10 %程度) 以下において相対頻度が最も高いことを示している。

以上の知見はあるが、津波防護施設の設計のための漂流物荷重算定に用いる漂流流速 v は $\alpha = v / U = 1.0$ (100 %) となるように設定する。

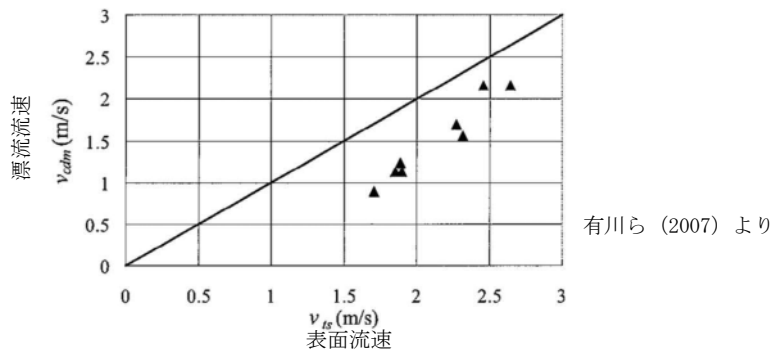
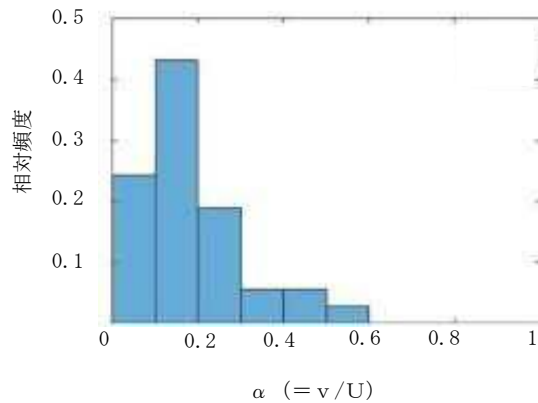


図 4.3.1.4-1 表面流速と漂流流速の関係



甲斐田ほか (2016) より
(比重 0.6)

図 4.3.1.4-2 構造物模型に衝突する漂流物の速度比率 α ($= v/U$) の確率分布

③ 漂流物荷重を作用させる標高

防潮堤前面での最大流速時の水深は、基準津波時は T.P. +10.6 m 程度、T.P. +24.0 m 津波時は T.P. +17.7 m 程度であり、防潮堤前面における最高水位と比較して十分に小さい。しかし、防潮堤の設計においては、設計上最大モーメントとなり最も厳しくなる防潮堤の天端に漂流物荷重を作用させる。

④ 漂流物荷重と津波荷重の重畳

漂流物荷重は津波荷重との組合せは、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による最大荷重が同時に作用する可能性は小さいものの、設計上の配慮として津波による最大荷重（最大波高時における波力）と漂流物による最大荷重（最大流速時における漂流物荷重）を重畳させる。

(5) 検討対象漂流物の漂流物荷重の算定

検討対象漂流物として選定した船舶、流木及び車両について、規格・基準類及び既往の研究論文の漂流物算定式の東海第二発電所での適用性を考慮した上で、漂流物荷重を算定する。

漂流物荷重の算定に用いる流速は、基準津波時 11 m/s、T.P. +24m 津波時は 15 m/s とした。

船舶は道路橋示方書式により漂流物荷重を算定した。

流木の漂流物荷重は、松富ほか、有川ほかの式による算定に加え、FEMA (2012) により算定する。FEMA (2012) における係数 1.3 は、ASCE (American Society of Civil Engineers) による設備の重要度に応じた安全係数であり、重要施設として指定されているビル・構造物に対する係数となっている。東海第二発電所における津波防護施設の設計においては、係数 1.3 を考慮する。

流木の漂流物荷重に用いる流木の軸剛性は、図 4.3.1.4-3 に示す FEMA (2012) の軸剛性 2.4×10^6 N/m を用いた。

車両の漂流物荷重は、FEMA (2012) により算定する。車両の漂流物荷重算定時に用いる付

加質量係数 C は、FEMA (2012) においては図 4.3.1.4-3 に示す通りとなっており、車両の付加質量係数 C は記載がないため、FEMA (2012) において最大の付加質量係数 $C=1.0$ を用いた。車両の軸剛性には、高畠ら (2015) ※¹ の水流中衝突実験により求められた3段階の軸剛性のうち、最も軸剛性が大きい3次剛性 k_3 (2.04×10^6 N/m) を用いるものとする。

Table 6-1 Mass and Stiffness of Some Waterborne Floating Debris

Type of Debris	Mass (m_d) in kg	Hydrodynamic	
		Mass Coefft. (c)	Debris Stiffness (k_d) in N/m
Lumber or Wood Log – oriented longitudinally	450	0	2.4×10^6 *
20-ft Standard Shipping Container – oriented longitudinally	2200 (empty)	0.30	85×10^6 **
20-ft Standard Shipping Container – oriented transverse to flow	2200 (empty)	1.00	80×10^6 **
20-ft Heavy Shipping Container – oriented longitudinally	2400 (empty)	0.30	93×10^6 **
20-ft Heavy Shipping Container – oriented transverse to flow	2400 (empty)	1.00	87×10^6 **
40-ft Standard Shipping Container – oriented longitudinally	3800 (empty)	0.20	60×10^6
40-ft Standard Shipping Container – oriented transverse to flow	3800 (empty)	1.00	40×10^6

* Haehnal and Daly, 2002; ** Peterson and Naito, 2012

図 4.3.1.4-3 FEMA (2012) における流木及びコンテナの付加質量

表 4.3.1.4-3 に船舶、流木及び車両の漂流物荷重一覧を示す。

算出の結果、漂流物荷重は、基準津波時（流速 11m/s）では 759kN、T.P.+24m 津波時（流速 15m/s）では 1035kN となり、これらを設計用漂流物荷重とする。

表 4.3.1.4-3 漂流物荷重一覧

種類	質量 (t)	適用式	漂流物荷重 (kN)	
			基準津波時 (流速11 m/s)	T.P.+24 m津波時 (流速15 m/s)
船舶	15	道路橋示方書	162	221
流木	0.08	松富ほか	157	226
		FEMA	198	270
		有川ほか	390	565
車両	0.69	FEMA (C=1.0)	759	1035

※1：高島ら：津波漂流物の衝突力推定における軸剛性モデル，土木学会論文集 B2（海岸工学）（2015）

※2：遡上津波によるコンテナ漂流力に関する大規模実験，海岸工学論文集，第 54 巻（2007）（有川ら）

※3：原子力発電所における津波漂流物の影響評価技術－現状調査とその適用に関する考察－研究報告 016010，電力中央研究所報告書（2017）

※4：甲斐田ら：陸上遡上津波中の漂流物挙動に関する研究，土木学会論文集 B2（海岸工学）（2016）

4.3.2 防潮堤及び防潮扉の内側における検討

4.3.2.1 検討方針について

基準津波を超え敷地に遡上する津波（以下「敷地に遡上する津波」又は特に断りのない場合を除き「津波」という。）については、防潮堤及び防潮扉（以下「防潮堤」という。）を越流又は側面部から回り込み（以下「越流」という。）、防潮堤内側の敷地内に流入することを想定している。

このため、敷地に遡上する津波における漂流物の評価は、防潮堤外側で発生する漂流物による津波防護施設への影響評価、防潮堤内側においては、津波防護施設への影響評価に加え、重大事故等対処設備（当該設備を内包する建屋及び区画並びに建屋及び区画に内包されない重大事故等対処設備）に対する影響評価を行う。

防潮堤内側の漂流物の影響評価では、津波の防潮堤の越流に伴い、防潮堤外側（陸域・海域）で発生する漂流物が防潮堤内側に流入することを考慮する。

漂流物評価で想定する津波高さは、防潮堤外側においては、鉛直無限壁の駆け上がり高さ T.P. +24m における防潮堤前面での越流高さとする。防潮堤内側においては、重大事故等対処設備を内包する建屋及び区画内への津波の流入評価における数値の切り上げは行わず、津波の数値シミュレーションの結果得られたデータをそのまま使用し、数値の切り上げは行わない。

評価津波防護施設及び建屋及び区画に内包されない重大事故等対処施設の機能に対する影響評価は、図 4.3.2.1-1 に示す検討フローにより実施する。

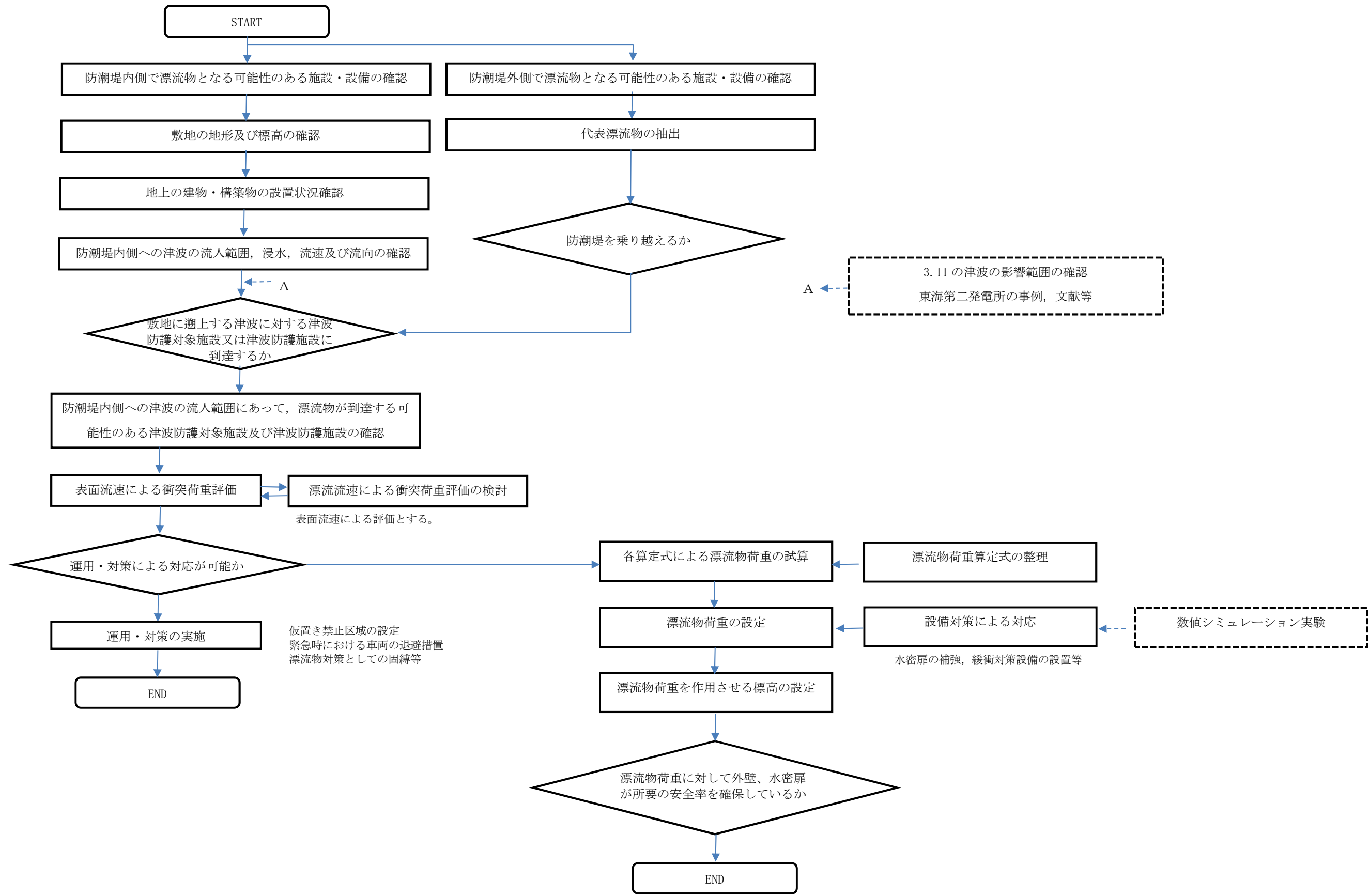


図 4.3.2.1-1 防潮堤内側の津波防護施設並びに建屋及び区画に内包されない重大事故等対処設備の機能に対する影響評価の検討フロー

4.3.2.2 敷地に遡上する津波の特徴

敷地に遡上する津波による漂流物の影響検討に当たっては、以下の特徴を踏まえた検討を行う。

(1) 防潮堤の機能保持

敷地に遡上する津波は、前提条件として防潮堤高さを超える津波を想定することから、防潮堤を越流し防潮堤内側に津波が流入するが、越流時においても防潮堤は概ね弾性状態を維持することで、津波の流入量を抑制する機能を保持する設計である。このため、防潮堤内側での津波の挙動に関する数値シミュレーションについては防潮堤をモデル化している。

(2) 第2波以降の津波の挙動

敷地に遡上する津波の防潮堤前面における時刻歴波形を図4.3.2.2-1に示す。

敷地に遡上する津波が防潮堤を越流する高さとなるのは第1波のみであり、第2波以降については防潮堤を超えないことが確認されており、第2波以降の津波は、防潮堤内側の漂流物評価には影響を与えない。

(3) 防潮堤内側に流入した津波の排水の考慮

防潮堤内側に流入した津波は、構内排水路を通じて海に戻されることを想定する。

構内排水路には構内排水路逆流防止装置が設置されているが、当該設備は、基準地震動 S_s による機能維持が確認されており、排水についても機能が期待できるものと想定している。

このため、動水圧荷重による漂流物の挙動への影響は考慮しないものとする。図4.3.2.2-2に敷地に遡上する津波の原子炉建屋外壁部における時刻歴波形を示す。

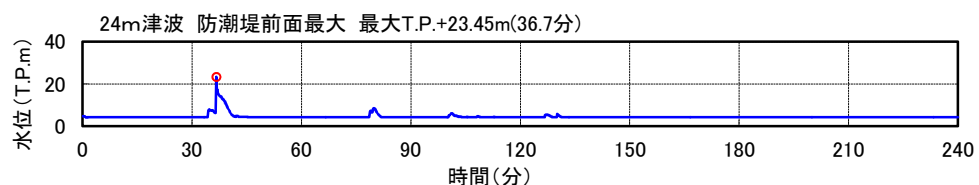


図 4.3.2.2-1 敷地に遡上する津波の防潮堤前面における時刻歴波形

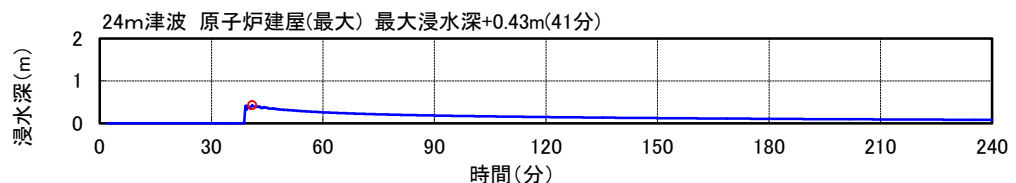


図 4.3.2.2-2 敷地に遡上する津波の原子炉建屋外壁部における時刻歴波形

4.3.2.3 サイト特性及び施設・設備の構造上の特徴を踏まえた防潮堤内側の津波防護施設の機能に対する影響検討範囲

(1) 検討の方針

防潮堤内側に流入した津波は、数値シミュレーションにより、T.P.+8mの敷地の地上部に設置される原子炉建屋1階外壁部に到達する結果が得られていることから、津波防護施設の機能に対する漂流物の影響検討範囲は、津波の波力を直接受ける施設として、津波の流入範囲にあつて地上部に鉛直方向に高さを有する津波防護施設とする。

具体的な施設・設備としては、原子炉建屋外壁及び外壁部の人員用出入口等の開口部に設置する水密扉（以下「原子炉建屋水密扉」という。）とする。

なお、原子炉建屋外壁には配管・電路等の貫通部があり、当該部は止水処置が施されているが、その構造から、漂流物衝突の影響はなく検討の範囲外とする。

T.P.+8mの敷地の地下部に埋設される常設低圧代替注水系等の格納槽については、格納槽上部に浸水防止設備が設置され、当該エリアは津波の流入範囲にあり最大約0.5mの浸水深となるが、格納槽上部の水密ハッチ等の浸水防止設備は地上部に鉛直方向に高さを有する設備ではないことから漂流物衝突の影響はなく検討の範囲外とする。また、原子炉建屋西側のT.P.+8mの敷地地下部の常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）に水密扉が設置されるが、地下1階に設置され、地上部を漂流する漂流物の影響を受けないことから漂流物衝突の検討範囲外とする。

以下に示す原子炉建屋西側の高所エリアには津波は到達しないことから、高所エリアに設置される施設・設備には漂流物衝突の影響はなく検討の範囲外とする。

- ① 緊急時対策所建屋（T.P.+23mの敷地）
- ② 可搬型重大事故等対処設備保管場所（T.P.+23m～T.P.+25mの敷地）
- ③ 常設代替交流電源装置（T.P.+11mの敷地）

防潮堤内側への津波の流入状況を図4.3.2.3-1に示す。また、防潮堤内側の重大事故等対処施設の配置を図4.3.2.3-2に示す。

(2) 原子炉建屋水密扉への衝突荷重評価における周辺建物・構築物の取扱い

原子炉建屋水密扉6個のうち、原子炉建屋付棟東側水密扉を除く5個については、原子炉建屋外壁に設置されるものの、隣接する建屋等の構築物の存在により、直接漂流物が衝突する環境にない。

これらの周辺建物・構築物は、基準地震動S₀機能維持が確認できていないことから、地震による倒壊及びがれき化が想定されるが、がれきの存在は、津波とともに原子炉建屋に到達する漂流物の到達を制限する状況となることから、漂流物評価においては、原子炉建屋に隣接するタービン建屋等が設置された状態を前提とし、津波荷重に対する強度計算においては、漂流物の衝突荷重は作用しないものとする。

原子炉建屋付棟東側水密扉については、周辺建物・構築物の位置を考慮したとしても津波の波圧及び漂流物の影響を直接受ける位置に設置されていることから、代表漂流物による衝突荷重を津波荷重と重畳させた強度評価を行う。

(3) 敷地内の地盤変状と車両の緊急避難

津波が地震の随伴事象であることを考慮すると、地震による地盤変状が想定され、防潮堤内側の工事車両等の緊急避難が困難になる可能性があるが、代表漂流物としている車両（1.5t）を超える重量のクレーン車等の工事車両は、浸水深、流速等を考慮すると漂流物となって衝突荷重の影響を及ぼすことはない。

(4)原子炉建屋外壁の強度評価における考慮事項

原子炉建屋外壁については、「V-3-別添 2-1-6 建屋の強度計算書」において説明しているとおり、建屋の自重を考慮した固定荷重等に対し十分な強度を有していることを確認しており、漂流物の衝突荷重の評価を包絡しているものとする。

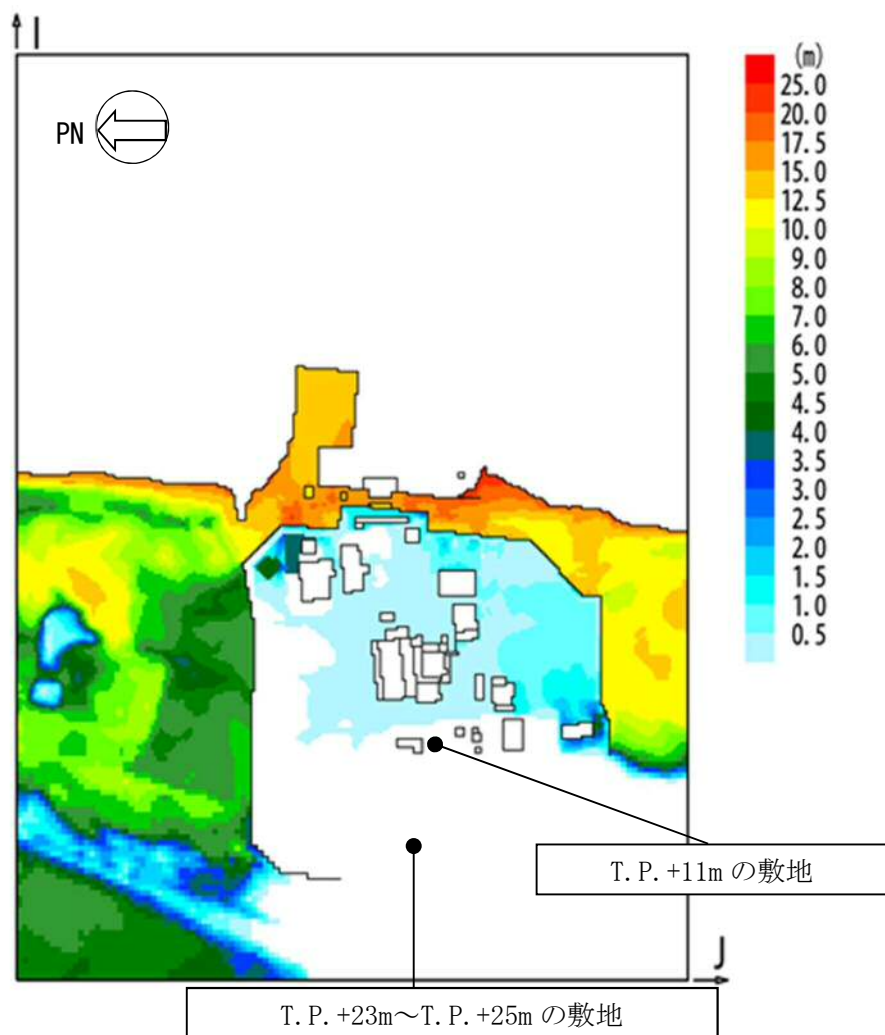


図 4.3.2.3-1 防潮堤内側における浸水深分布図 (1/2)

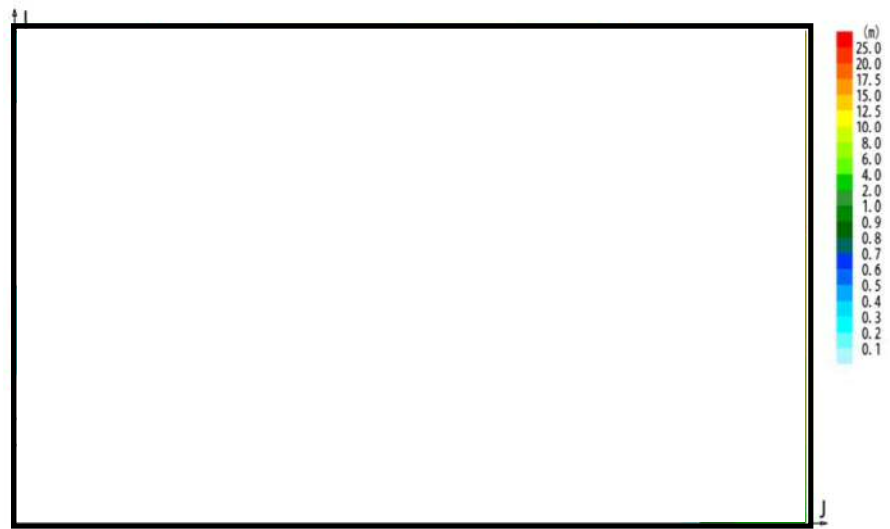
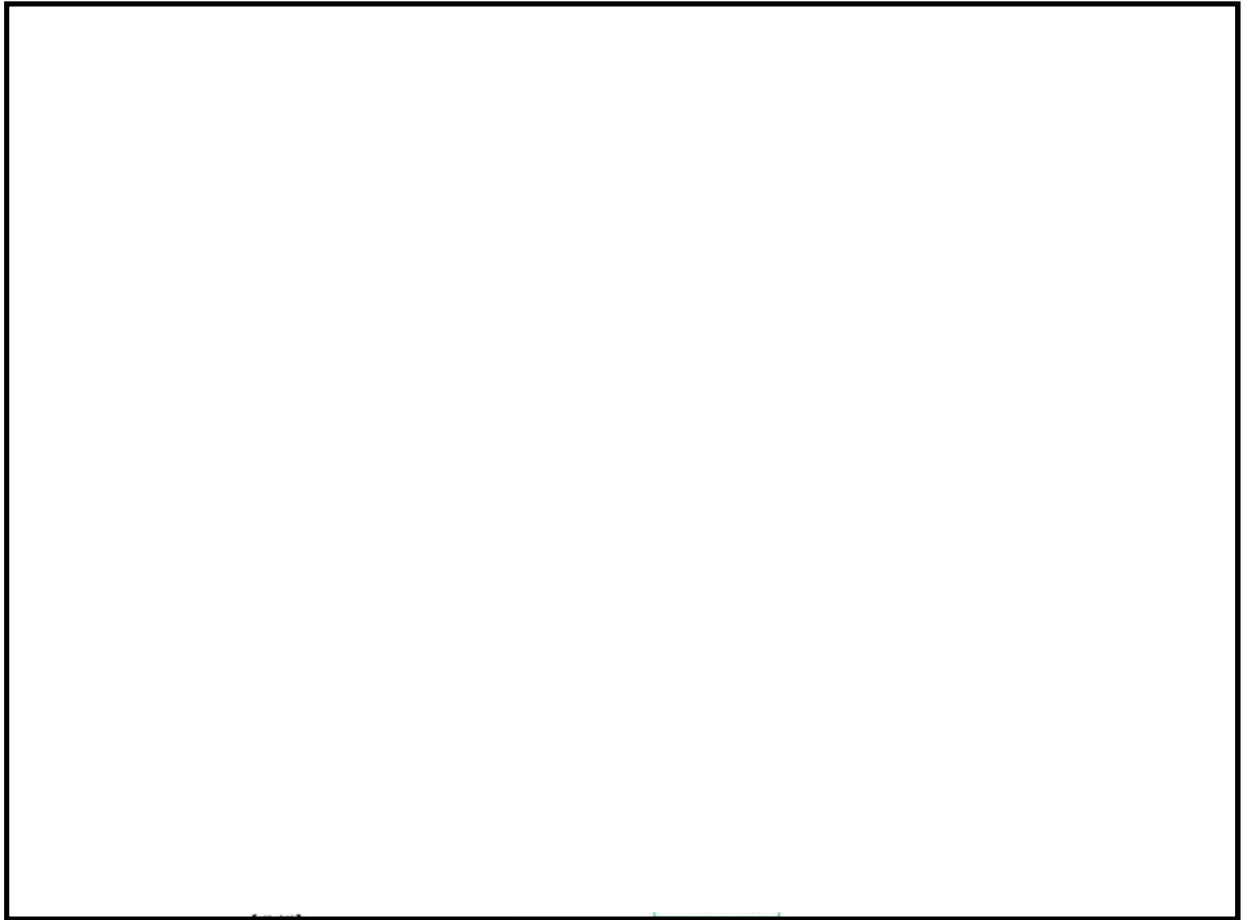


図 4.3.2.3-1 防潮堤内側における浸水深分布図 (T.P. +11m の敷地に新設する
アクセスルート部拡大) (2/2)



【凡例】

■ T.P. +3.0m～ T.P. +8.0m

■ T.P. +8.0m～ T.P. +11.0m

■ T.P. +11.0m 以上

■ 重大事故等対処施設の津波防護対象設備を内包する建屋及び区画

■ 設計基準対象施設の津波防護対象設備を内包する建屋及び区画

■ 重大事故等対処施設及び設計基準対象施設の津波防護対象設備を内包する建屋及び区画

=== 地下岩盤内に設置する設備

※ 敷地に遡上する津波に対する防護対象施設を内包する建屋及び区画

図 4.3.2.3-2 重大事故等対処施設の配置図

4.3.2.4 施設・設備等の構造上の特徴を踏まえた重大事故等対処施設の機能に対するの影響検討範囲

(1) 建屋及び区画に内包される重大事故等対処施設

建屋及び区画に内包される重大事故等対処施設のうち、原子炉建屋に内包される重大事故等対処施設は、津波防護施設である原子炉建屋外壁及び原子炉建屋水密扉により防護され、漂流物の影響を直接受ける状況にないことから検討の範囲外とする。

建屋及び区画に内包される重大事故等対処施設のうち、緊急用海水ポンプピットに内包される緊急用海水ポンプ等の緊急用海水系、常設低圧代替注水系格納槽に内包される常設低圧代替注水系ポンプ等の常設低圧代替注水系、格納容器圧力逃がし装置格納槽に内包される格納容器圧力逃がし装置フィルタ装置等の格納容器圧力逃がし装置については、地下格納槽内に設置されること及び前項 4.3.2.3 に記載のとおり各設備の上部に設置される浸水防止設備が漂流物の影響は受けない構造であり、地上部を漂流する漂流物の影響を直接受ける状況にないことから検討の範囲外とする。

(2) 建屋及び区画に内包されない重大事故等対処設備

建屋及び区画に内包されない重大事故等対処設備としては、排気筒、原子炉建屋東側接続口及び格納容器圧力逃がし装置フィルタ装置出口配管が挙げられるが、排気筒については構造上十分な強度を有しており、漂流物の影響評価は排気筒の強度評価に包絡されるものとする。

原子炉建屋東側接続口及び格納容器圧力逃がし装置フィルタ装置出口配管は地上部から約 1 m の高さに設置されており、約 0.5 m の高さの津波とともに漂流物が到達した場合の衝突影響が否定できないことから、漂流物の衝突を防止する防護柵を設置することで漂流物の影響を排除する。なお、防護柵は鋼材を組み合わせた基本構造を有するが、代表漂流物とする重量及び外形の大きい物品等の他に、防護柵の心材間から柵内に侵入する可能性のある先端の鋭利な形状の漂流物等も考慮した構造とする。

図 4.3.2.4-1 に、防護柵の基本構造図を示す。

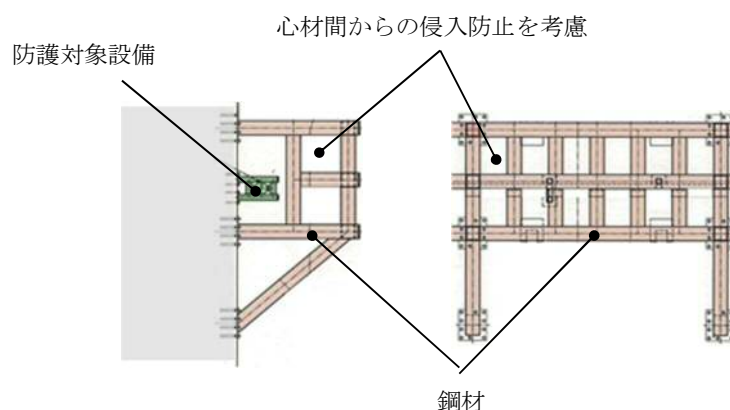


図 4.3.2.4-1 防護柵基本構造図

4.3.2.5 検討対象漂流物の選定

(1) 流況の整理結果に基づく代表漂流物の検討対象エリアの設定

東海第二発電所での敷地に遡上する津波による防潮堤内側における流速及び向は、図 4.3.2.5-1 に示すとおり、敷地内の主要な建物・構築物等の影響により一定の規則性を持った流向を示さないことから、代表漂流物の検討エリアとしては、防潮堤内側において敷地に遡上する津波が流入する範囲全てを代表漂流物の検討対象エリアとして設定する。

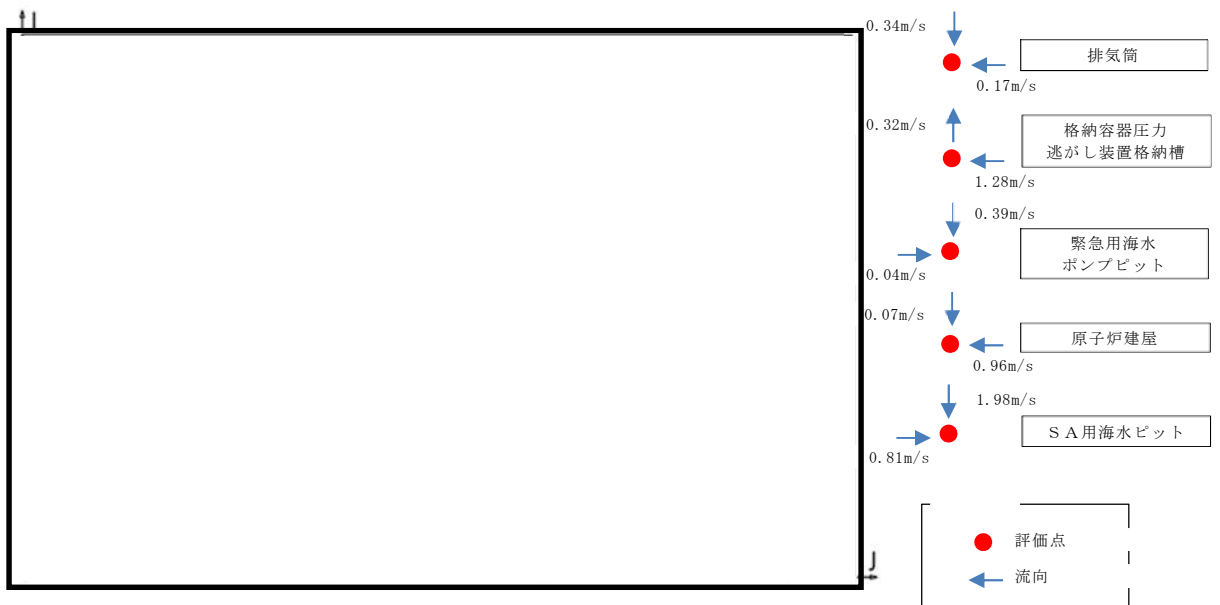


図 4.3.2.5-1 防潮堤内側における津波の流速及び流向ベクトル図

(2) 検討対象漂流物の選定

図 4.3.2.5-2 に発電所敷地内に設置されている鉄筋コンクリート造建物・構築物の配置，図 4.3.2.5-3 から図 4.3.2.5-6 に鉄筋コンクリート造建物・構築物の設置状況写真，図 4.3.2.5-7 に鉄骨造建物・構築物の配置及び図 4.3.2.5-8 に鉄骨造建物・構築物の設置状況写真を示す。

恒設の建物・構築物については鉄筋コンクリート造または鉄骨造の構築物であり，鉄筋コンクリート造の構築物については，防潮堤内側に流入する津波により損壊し漂流物となる可能性はない。なお，津波の起因事象である地震による低耐震クラスの構築物の損壊が想定されるが，これらのがれきとなった場合でも 1 片あたりの重量を考慮すれば漂流物となる可能性は低いと考えられる。また，1 片あたりの重量が軽い状態まで粉砕状態となった場合は，漂流物の衝突評価を要するような衝突荷重が発生しないことから評価対象とはならない。

鉄骨造の構築物である再利用物品倉庫のような鉄骨フレームのテント構造のものについては，津波により倒壊する可能性は否定できないが，倒壊したとしてもテント布地の地面との摩擦抵抗及びフレーム構造であること並びに鉄骨の重量を考慮すれば漂流物となる可能性は低く，かつ原子炉建屋まで到達する可能性は低いと考えられる。

構内に駐車している車両については，敷地に遡上する津波の規模の津波の襲来が予想される場合には緊急時における退避措置が講じられることを原則とするが，一部の緊急用車両等は防潮堤内側の敷地に留まる可能性が否定できないことから，漂流物として検討対象とする。

その他，漂流物となる可能性が否定できない施設・設備として，流木（丸太）金属製フェンス，電源盤，ケーブル等収納箱，ページング電話ボックス，空調室外機，自動販売機等が漂流物となる可能性が否定できないことから，防潮堤外側における漂流物の検討対象と同様に，運用での対応が行えるかを検討した上で，

津波防護施設の機能に対する影響評価の検討対象漂流物を選定する。

2. 建物（鉄筋コンクリート）

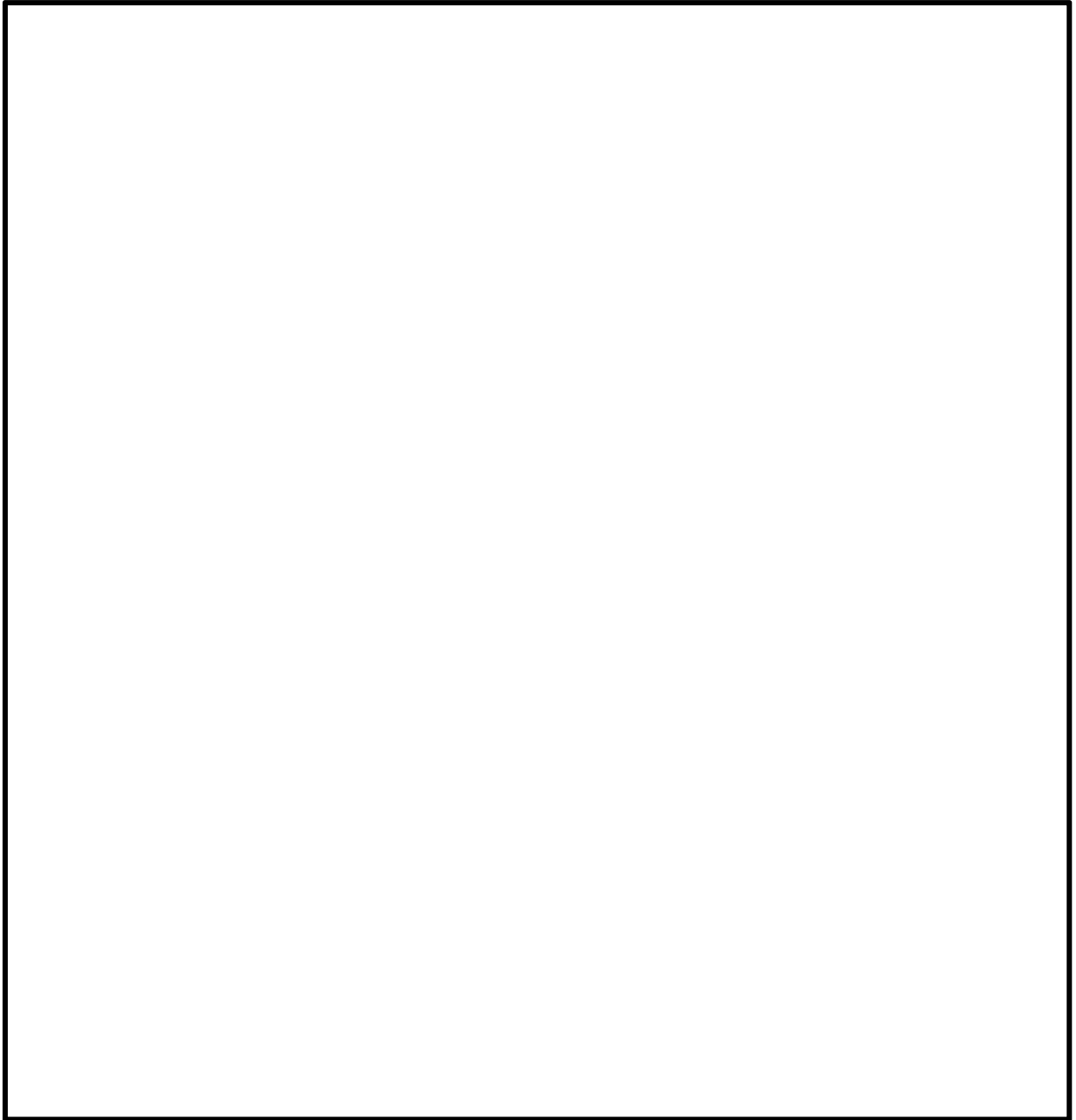
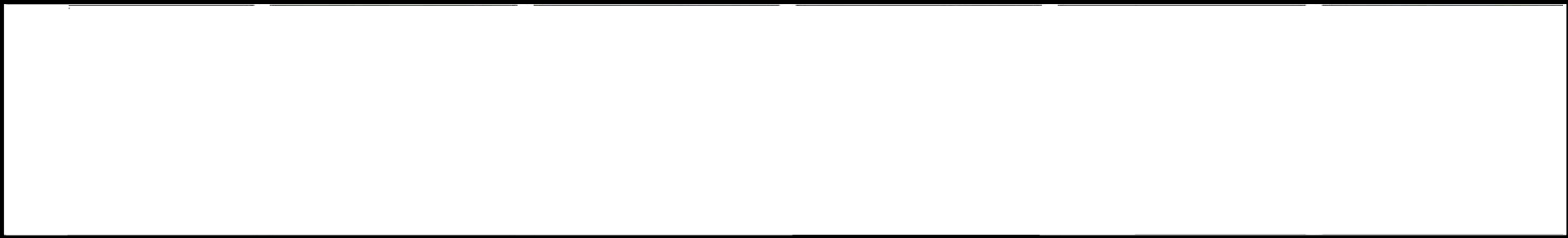


図4.3.2.5-2 鉄筋コンクリート造建物・構築物の配置図

【2. 建物(鉄筋コンクリート)+3建物(鉄骨造) (東海発電所)】



1-7 空調機械室



1-8 ホットワークショップ



1-9 保修機材倉庫



1-11 配電設備室



1-12 C. W. P制御室



1-13 固化処理室



1-14 地下タンク上屋



1-18 復水冷却水路スクリーン室



1-19 塩素処理室



1-20 水処理倉庫



1-21 油倉庫



1-24 工具倉庫

図4.3.2.5-3 鉄筋コンクリート造建物・構築物写真

【2. 建物(鉄筋コンクリート)+3. 建物(鉄骨造) (東海発電所)】



図4.3.2.5-4 鉄筋コンクリート造建物・構築物



図4.3.2.5-5 鉄筋コンクリート造建物・構築物

【2. 建物(鉄筋コンクリート)、3. 建物(鉄骨造) 東海第二発電所】



図4.3.2.5-6 鉄筋コンクリート造建物・構築物

3. 建物（鉄骨造）

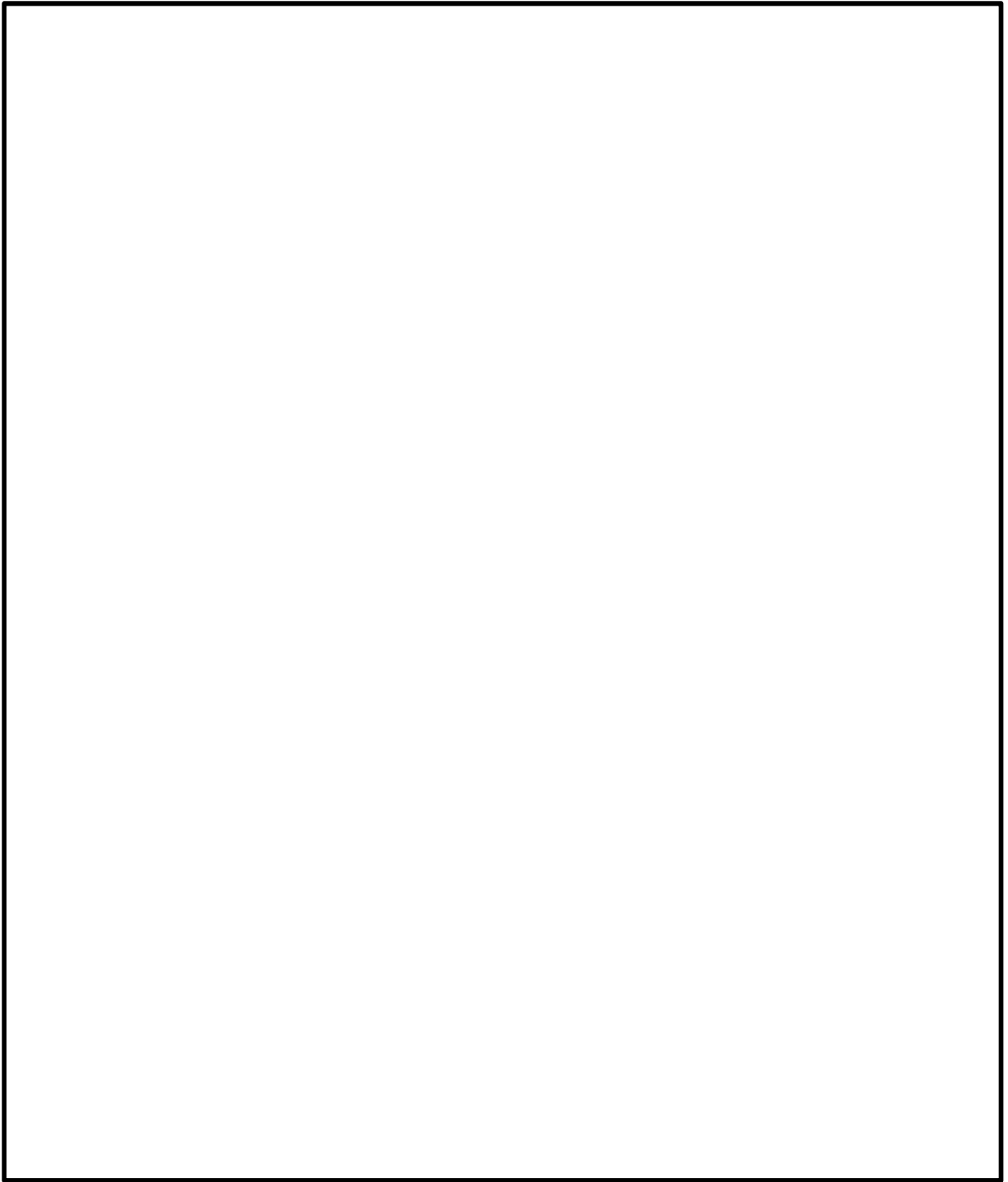


図4.3.2.5-7 鉄骨造建物・構築物配置図

【3. 建物(鉄骨造)】



図 4. 3. 2. 5-8 鉄骨造建物・構築物

(3) 代表漂流物の抽出結果

漂流物の衝突荷重を算定する上で代表として選定する漂流物の抽出結果を以下に示す。

①防潮堤外側で発生し防潮堤を乗り越えて流入する可能性のある漂流物

防潮堤外側の検討において、津波防護施設の機能に対する影響評価の検討対象である設備として選定されている船舶（排水トン数 15t）、流木及び車両（パトロール車）を検討対象漂流物として選定する。これらが防潮堤を乗り越え防潮堤内側に流入するものと想定し、最も重量の大きい船舶（排水トン数 15t）を防潮堤外側で発生し防潮堤を乗り越えて流入し影響を及ぼす可能性のある代表漂流物とする。

②防潮堤内側で発生する漂流物

防潮堤内側で発生する可能性のある漂流物としては、車両、建物・構築物、クレーン、工事用資機材（仮設ハウス等）、植生等が挙げられるが、漂流物となって原子炉建屋まで到達する可能性のあるもののうち、最も重量の大きい車両（1.5t）を防潮堤内側で発生する代表漂流物とする。

①で選定された船舶（排水トン数 15t）については、防潮堤内側における津波の浸水深及び流速と船体の形状（喫水）を考慮すると、防潮堤内側に流入した後防潮堤近傍に留まり、原子炉建屋まで漂流・到達する可能性は低いものと考えられる。

②で選定された車両（1.5t）については、評価上、初期位置の特定が困難でありかつ運用上の退避措置時にも一部の車両が防潮堤内側に留まる可能性がある。また、車体構造等を考慮すると原子炉建屋まで漂流・到達する可能性は否定できない。

以上から、防潮堤内側の津波防護施設の機能並びに建屋及び区画に内包されない重大事故等対処施設の機能に対する影響評価については、②で選定された車両（1.5t）を代表漂流物とする。

(4) 代表漂流物以外の漂流物の影響評価

漂流物抽出の過程では、代表漂流物よりも重量の軽い漂流物の影響は軽微なものとして代表漂流物の衝突影響を評価している。代表漂流物の評価では、津波の流速が小さいことから、慣性力が支配的な衝突と評価し、衝突荷重の算定式について、道路橋示方書を適用している。一方で、代表とされなかった重量の小さい漂流物については、代表漂流物より速い速度での衝突が考えられ、その場合には他の衝突荷重算定式を適用するのが適切な場合があることから、その結果について代表漂流物の算定結果と比較評価することで、代表漂流物の算定式の妥当性を確認した。その他漂流物となり得るものを抽出した結果、工事用資機材として足場板を選定した。

	種類	質量(t)	適用式	漂流物衝突荷重 (KN)
代表漂流物	車両	1.5	道路橋示方書	2.9
代表としな い漂流物	足場板	0.01	FEMA	12.8

車両重量 1.5t, 流速 2m/s

足場板 (杉) L2000mm×W200×t35

以上の結果を踏まえ、工事計画における強度計算においては、より大きい荷重となる足場板の衝突を考慮する。

以上

4.3.2.6 漂流物による荷重算定式に関する規格・基準類及び既往の研究論文

(1) 規格・基準類及び既往の研究論文の漂流物荷重算定式の整理

規格・基準類及び既往の研究論文の漂流物荷重算定式の整理については、「表 4.3.1.4-2 各種基準類の漂流物荷重算定式の整理結果」による防潮堤外側での整理結果と同じである。

(2) 検討対象漂流物への漂流物荷重算定式の適用について

検討対象漂流物への漂流物荷重算定式の適用についての検討結果は、車両への算定式の適用結果を除き防潮堤外側における整理結果と同じである。

(3) 漂流物荷重の算定における設計上の配慮について

漂流物荷重の算定においては、各パラメータについて、以下の項目を考慮して設定する

① 漂流物荷重算定用の流速（表面流速）

原子炉建屋外壁部の漂流物荷重の算定に用いる遡上波の流速は、漂流物の衝突荷重算定に用いる数値であることから、各評価点の数値シミュレーション結果を包絡する 2.0m/s とする。

② 漂流物の漂流流速

防潮堤外側における漂流流速の考え方と同様に表面流速と同じとする。

③ 浸水深と漂流物荷重を作用させる標高

原子炉建屋外壁部原子炉建屋外壁部近傍での最大流速時の浸水深については、防潮堤内側における数値シミュレーションの結果得られたデータを考慮する。

衝突荷重の算定に当たっては、代表漂流物による衝突荷重の他に、代表漂流物よりも軽い漂流物による衝突荷重も考慮する必要がある。適用する算定式によっては、必ずしも代表漂流物による衝突荷重が最大とならない可能性もあることから、これらの比較評価のため、数値シミュレーションで得られた浸水深により、代表漂流物とそれより軽く浮遊しやすい漂流物の挙動を比較評価し、代表漂流物の荷重算定式の妥当性及び代表漂流物の代表性を評価する。

漂流物の衝突荷重の評価に当たっては、衝突荷重の作用位置を、津波荷重による強度計算における最も厳しい位置とすることで、評価の保守性を考慮する。

最大浸水深は、漂流物の浮遊・移動の可能性を評価する際に用いる数値であり、過去の河川等の氾濫による災害事例から、浸水深 0.5m になると車の車体が浮き始めるとされている*1。原子炉建屋の評価点における浸水深約 0.4m では車体は浮遊しない可能性があるが、代表漂流物は浸水深の条件によらず浮遊・移動し、衝突する前提とすることで、評価の保守性を考慮する。

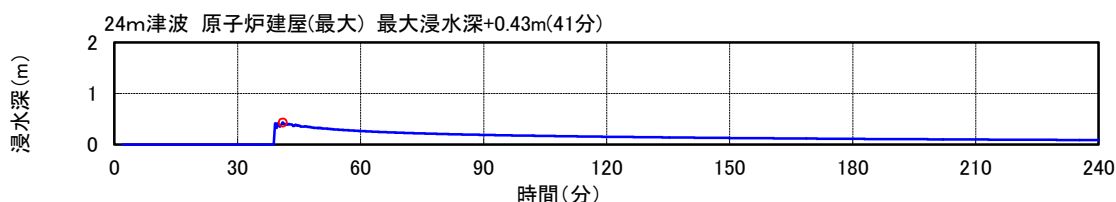


図 4.3.2.5-8 原子炉建屋 最大浸水深時刻歴波形

④ 漂流物の移動量

漂流物の衝突荷重評価の前提として移動量の評価があり、移動量は最大流速と継続時間の積で求められるが、原子炉建屋の評価点における流速の時刻歴から、最大流速を示す時間は短時間であり、防潮堤内側の各評価点においても同様の傾向を示す。

このことから、漂流物が浮遊することを想定したとしても、移動し続けることは考え難く、最大浸水深さを切り上げた上で漂流物を浮遊させる前提での評価は不要である。

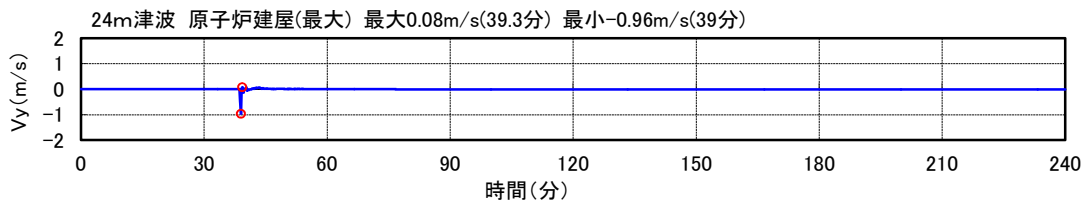


図 4.3.2.5-9 原子炉建屋 最大流速時刻歴波形

⑤ 1.5t を超える重量の車両等の漂流の可能性について

「氾濫時の車の漂流に関する模型実験^{※2}」では、セダン型及びミニバン型の車の模型を用いて、模型が漂流する限界速度等を求めており、結果、流速 2.0m/s、浸水深 0.5m において模型が流れ始めることが確認されている（以下「漂流限界」という。）。また、漂流限界は、模型の漂流に対する抗力となる路面との摩擦係数、車の重量（実験では模型の質量）等の関数で表され、車の重量及び摩擦係数が大きいほど漂流しづらくなる結果が得られている。この結果を実車に置き換えると、重量の大きいミニバン型の車両はセダン型の車両よりも漂流しづらく、漂流物衝突荷重の代表漂流物としている車両（1.5t）が浮き始める程度の浸水深では、これを超える重量の車両等は移動・漂流する可能性は低い。さらに、当該実験においては、摩擦係数測定に濡れたコンクリート面を使用しており、発電所の敷地^{※2}地面の状況を考慮すると摩擦係数はより大きく、さらに漂流し難い条件となる。

⑥ 漂流物荷重と津波荷重の重畳

漂流物荷重と津波荷重との組合せは、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による最大荷重が同時に作用する可能性は低いものの、設計上の配慮として津波による最大荷重（想定する津波の最大波高時における波力を包絡する値）と漂流物による最大荷重（最大流速時における漂流物荷重）を重畳させる。

(4) 代表漂流物の漂流物荷重の算定

代表漂流物として選定した車両（1.5t）について、規格・基準類及び既往の研究論文の漂流物算定式の東海第二発電所での適用性を考慮した上で、漂流物荷重を算定する。

算定式は道路橋示方書の算定式により漂流物荷重を算定する。

敷地に遡上する津波による浸水深は、原子炉建屋近傍で最大約 0.4m であり、一般的に車両が浮き始めるとされる津波高さの約 0.5m を下回っていること及び流速が小さいことから（原子炉建屋近傍では 0.96m/s、原子炉建屋から離れた防潮堤近傍に設置される S A用海水

ピットで 1.98m/s) , 原子炉建屋から離れた場所で浮上し一定の距離を移動し原子炉建屋近傍に到達した時点で移動速度が低下するかその場に停滞すると予想される。このような状況においては、評価対象部位への衝突による荷重は衝撃力ではなく重量物の慣性力が作用する状況と考えられることから、このような衝突状況を評価した算定式の適用が合理的と考え道路橋示方書の算定式を選定した。

表 4.3.1.4-3 漂流物荷重算定結果

種類	質量(t)	適用式	漂流物衝突荷重 (KN)
車両	1.5	道路橋示方書	2.9

車両重量 1.5t, 流速 2m/s

*1 : 国土交通省 川の防災情報「浸水深と避難行動」

*2 : 京都大学防災研究所年報 第 55 号 B 平成 24 年 6 月

以上

5.7 自然現象を考慮する浸水防護施設の選定について

(1) 基本方針

自然現象を考慮する浸水防護施設に関して風荷重については、屋外の直接風を受ける場所に設置されている施設のうち、風の受圧面積が小さい施設、コンクリート構造物等の自重が大きい施設等を除いて、風荷重の影響が地震荷重又は津波荷重と比べて相対的に無視できないような構造、形状及び仕様の施設においては、組合せを考慮する。また、積雪荷重については、屋外の積雪が生じる場所に設置されている施設のうち、積雪による受圧面積が小さい施設、設置場所及び積雪の影響が小さい構造物施設等を除いては、積雪荷重を考慮する。

(2) 選定対象施設

選定を行う浸水防護施設を以下に示す。

a. 津波防護施設*¹

- ・防潮堤（鋼製防護壁）
- ・防潮堤（鉄筋コンクリート防潮壁）
- ・防潮堤（鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア））
- ・防潮壁（鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁）
- ・防潮扉
- ・放水路ゲート
- ・構内排水路逆流防止設備
- ・貯留堰

注記 *1 敷地に遡上する津波においては、防潮堤及び防潮扉に替わり原子炉建屋外壁、原子炉建屋原子炉棟水密扉、原子炉建屋付属棟東側水密扉、原子炉建屋付属棟西側水密扉、原子炉建屋付属棟南側水密扉、原子炉建屋付属棟北側水密扉 1 及び原子炉建屋付属棟北側水密扉 2 が津波防護施設となる。

b. 浸水防止設備

- ・取水路点検用開口部浸水防止蓋
- ・海水ポンプグラウンドドレン排出口逆止弁
- ・取水ピット空気抜き配管逆止弁
- ・海水ポンプ室ケーブル点検口浸水防止蓋
- ・S A用海水ピット開口部浸水防止蓋
- ・緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋
- ・緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋
- ・緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋
- ・緊急用海水ポンプグラウンドドレン排出口逆止弁
- ・緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁
- ・放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋
- ・格納容器圧力逃がし装置格納槽点検用水密ハッチ
- ・常設低圧代替注水系格納槽点検用水密ハッチ

- ・常設低圧代替注水系格納槽可搬型ポンプ用水密ハッチ
- ・常設代替高圧電源装置用カルバート原子炉建屋側水密扉
- ・原子炉建屋原子炉棟水密扉*²
- ・原子炉建屋付属棟東側水密扉*²
- ・原子炉建屋付属棟西側水密扉*²
- ・原子炉建屋付属棟南側水密扉*²
- ・原子炉建屋付属棟北側水密扉1*²
- ・原子炉建屋付属棟北側水密扉2*²
- ・貫通部止水処置（原子炉建屋境界）

注記 *² 敷地に遡上する津波においては、津波防護施設となる。

c. 津波監視設備

- ・津波・構内監視カメラ*³
- ・取水ピット水位計*⁴
- ・潮位計

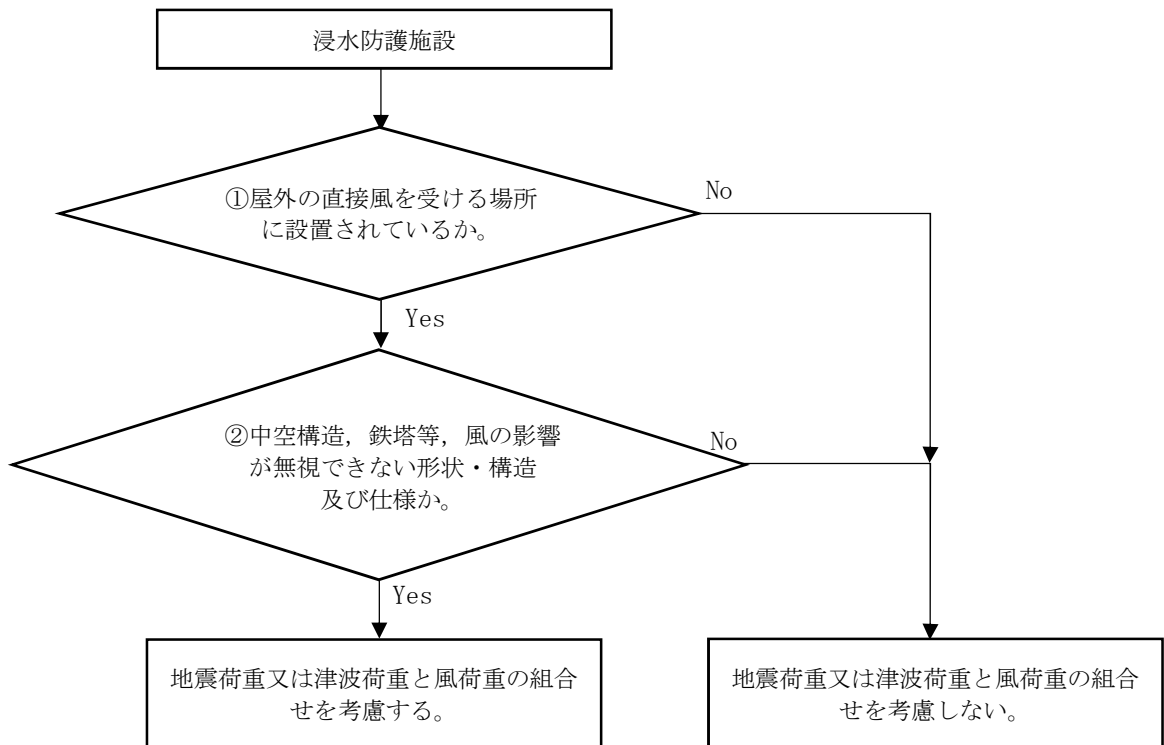
注記 *³ 防潮堤上部に設置する津波・構内監視カメラは、敷地に遡上する津波においては、監視機能は期待しない。

*⁴ 敷地に遡上する津波においては、監視機能は期待しない。

(3) 風荷重を考慮する浸水防護施設の選定

a. 風荷重を組み合わせる施設の選定方法

屋外の直接風を受ける場所に設置されている浸水防止施設のうち、風荷重の影響が無視できない構造や形状として、中空構造物や鉄塔のように寸法に対して比較的軽量かつ長大な構造物を選定する。地震荷重又は津波荷重と風荷重の組合せを考慮する施設の選定フローを図 5.7-1 に示す。



以下に示す項目に該当する場合は除外（風荷重との組合せは考慮しない。）する。

①屋外の直接風を受ける場所に設置されているか。

- ・海中又は地中に設置
- ・壁等に囲われた場所に設置

②中空構造，鉄塔等，風の影響が無視できない形状・構造及び仕様か。

- ・受圧面積が小さい
- ・自重が大きい
- ・床下に設置

図 5.7-1 地震荷重又は津波荷重と風荷重の組合せを考慮する施設の選定フロー

b. 風荷重を組み合わせる施設の選定結果

風荷重を考慮する浸水防護施設の選定結果を表 5.7-1 に示す。

表 5.7-1 風荷重を考慮する浸水防護施設の選定結果 (1/6)

施設・設備		①屋外の直接風を受ける場所に設置されているか	②風の影響が無視できない構造, 形状及び仕様か	風荷重の組合せ	備考	
津波防護施設	防潮堤	鋼製防護壁	○	○	考慮する	敷地周辺の地上部に設置 ただし, 津波荷重作用時には, 津波により風荷重の受圧面が存在しないため, 考慮しない。
		鉄筋コンクリート防潮壁	○	○	考慮する	
		鉄筋コンクリート防潮壁 (放水路エリア)	○	○	考慮する	
		鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁	○	○	考慮する	
	防潮扉	○	○	考慮する	敷地前面東側の防潮堤 (鉄筋コンクリート防潮壁) 及び敷地側面南側の防潮堤 (鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁) に設置 ただし, 津波荷重作用時には, 津波により風荷重の受圧面が存在しないため, 考慮しない。	
	放水路ゲート	○	○	考慮する	防潮堤直下の放水路上に設置 ただし, 津波荷重作用時には, 津波により風荷重の受圧面が存在しないため, 考慮しない。	
	構内排水路逆流防止設備	○	×	考慮しない	防潮堤の地下部の集水柵の中に設置するため, 風荷重の影響を無視できる。	
貯留堰	×	—	考慮しない	海中に設置するため, 直接風を受ける場所がない。		

○ : 該当する (Yes) × : 該当しない (No) — : 直接風を受けない場所に設置されるため対象外

表 5.7-1 風荷重を考慮する浸水防護施設の選定結果 (2/6)

施設・設備		①屋外の直接風を受ける場所に設置されているか	②風の影響が無視できない構造, 形状及び仕様か	風荷重の組合せ	備考
津波防護施設	原子炉建屋外壁	○	○	考慮する	
	原子炉建屋原子炉棟水密扉	×	—	考慮しない	原子炉建屋の外壁に設置されるが, 通常時は, 当該扉の外側に設置される機器搬入口外側扉が閉状態であり, 風の影響を直接受けない。
	原子炉建屋付属棟東側水密扉	○	○	考慮する	原子炉建屋の外壁に設置され, 受圧面積が大きいため, 風の影響が無視できない。
	原子炉建屋付属棟西側水密扉	×	—	考慮しない	原子炉建屋の外壁に設置されるが, 当該扉の外側にサービス建屋が隣接しており, 風の影響を直接受けない。
	原子炉建屋付属棟南側水密扉	×	—	考慮しない	原子炉建屋の外壁に設置されるが, 当該扉の外側に廃棄物建屋連絡歩廊が設置されており, 風の影響を直接受けない。
	原子炉建屋付属棟北側水密扉 1	×	—	考慮しない	原子炉建屋の外壁に設置されるが, 当該扉の外側にタービン建屋が隣接しており, 風の影響を直接受けない。
	原子炉建屋付属棟北側水密扉 2	×	—	考慮しない	原子炉建屋の外壁に設置されるが, 当該扉の外側にタービン建屋が隣接しており, 風の影響を直接受けない。

○ : 該当する (Yes) × : 該当しない (No) — : 直接風を受けない場所に設置されるため対象外

表 5.7-1 風荷重を考慮する浸水防護施設の選定結果 (3/6)

施設・設備		①屋外の直接風を受ける場所に設置されているか	②風の影響が無視できない構造、形状及び仕様か	風荷重の組合せ	備考
5.7-6 浸水防止設備	取水路点検用開口部浸水防止蓋	○	×	考慮しない	取水路の床面に設置するため、風荷重の影響を無視できる。
	海水ポンプグランド dren 排水出口逆止弁	×	—	考慮しない	海水ポンプ室の床面の排水口に埋め込むように設置するため、直接風を受ける場所がない。
	取水ピット空気抜き配管逆止弁	○	×	考慮しない	循環水ポンプ室内の取水ピット空気抜き配管に設置 受圧面積が小さいため、風荷重の影響を無視できる。
	海水ポンプ室ケーブル点検口浸水防止蓋	○	×	考慮しない	海水ポンプ室の壁面に設置 受圧面積が小さいため、風荷重の影響を無視できる。
	S A用海水ピット開口部浸水防止蓋	○	×	考慮しない	S A用海水ピットの上面の開口部に設置し、鋼製カバーにより屋外と隔離されているため、風荷重の影響を無視できる。
	緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋	×	—	考慮しない	地下部にある緊急用海水ポンプ室内に設置しているため、直接風を受ける場所がない。
	緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋	○	×	考慮しない	緊急用海水ポンプピットの上版に設置しているため、風荷重の影響を無視できる。
	緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋	○	×	考慮しない	緊急用海水ポンプピットの上版に設置しているため、風荷重の影響を無視できる。

○：該当する (Yes) ×：該当しない (No) —：直接風を受けない場所に設置されるため対象外

表 5.7-1 風荷重を考慮する浸水防護施設の選定結果 (4/6)

施設・設備		①屋外の直接風を受ける場所に設置されているか	②風の影響が無視できない構造, 形状及び仕様か	風荷重の組合せ	備考
浸水防止設備	緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁	×	—	考慮しない	地下部にある緊急用海水ポンプ室内に設置しているため, 直接風を受ける場所にならない。
	緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁	×	—	考慮しない	地下部にある緊急用海水ポンプ室内に設置しているため, 直接風を受ける場所にならない。
	放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋	○	×	考慮しない	防潮堤直下の放水路上に設置するため, 風荷重の影響を無視できる。
	格納容器圧力逃がし装置格納槽点検用水密ハッチ	○	×	考慮しない	格納容器圧力逃がし装置格納槽の上版に設置しているため, 風荷重の影響を無視できる。
	常設低圧代替注水系格納槽点検用水密ハッチ	○	×	考慮しない	常設低圧代替注水系格納槽の上版に設置しているため, 風荷重の影響を無視できる。
	常設低圧代替注水系可搬型ポンプ用水密ハッチ	○	×	考慮しない	常設低圧代替注水系格納槽の上版に設置しているため, 直接風を受ける場所にならない。
	常設代替高圧電源装置用カルバート原子炉建屋側水密扉	×	—	考慮しない	常設代替高圧電源装置用カルバートの立坑内に設置しているため, 直接風を受ける場所にならない。

○ : 該当する (Yes) × : 該当しない (No) — : 直接風を受けない場所に設置されるため対象外

表 5.7-1 風荷重を考慮する浸水防護施設の選定結果 (5/6)

施設・設備		①屋外の直接風を受ける場所に設置されているか	②風の影響が無視できない構造、形状及び仕様か	風荷重の組合せ	備考
浸水防止設備	原子炉建屋原子炉棟水密扉	×	—	考慮しない	原子炉建屋の外壁に設置されるが、通常時は、当該扉の外側に設置される機器搬入口外側扉が閉状態であり、風の影響を直接受けない。
	原子炉建屋付属棟東側水密扉	○	○	考慮する	原子炉建屋の外壁に設置され、受圧面積が大きいため、風の影響が無視できない。
	原子炉建屋付属棟西側水密扉	×	—	考慮しない	原子炉建屋の外壁に設置されるが、当該扉の外側にサービス建屋が隣接しており、風の影響を直接受けない。
	原子炉建屋付属棟南側水密扉	×	—	考慮しない	原子炉建屋の外壁に設置されるが、当該扉の外側に廃棄物建屋連絡歩廊が設置されており、風の影響を直接受けない。
	原子炉建屋付属棟北側水密扉1	×	—	考慮しない	原子炉建屋の外壁に設置されるが、当該扉の外側にタービン建屋が隣接しており、風の影響を直接受けない。
	原子炉建屋付属棟北側水密扉2	×	—	考慮しない	原子炉建屋の外壁に設置されるが、当該扉の外側にタービン建屋が隣接しており、風の影響を直接受けない。
	貫通部止水処置 (原子炉建屋境界)	○	×	考慮しない	壁の貫通部と配管・電路等の隙間をシール材等により止水するもので、隙間部の寸法を考慮すると、風荷重の影響を無視できる。

○：該当する (Yes) ×：該当しない (No) —：直接風を受けない場所に設置されるため対象外

表 5.7-1 風荷重を考慮する浸水防護施設の選定結果 (6/6)

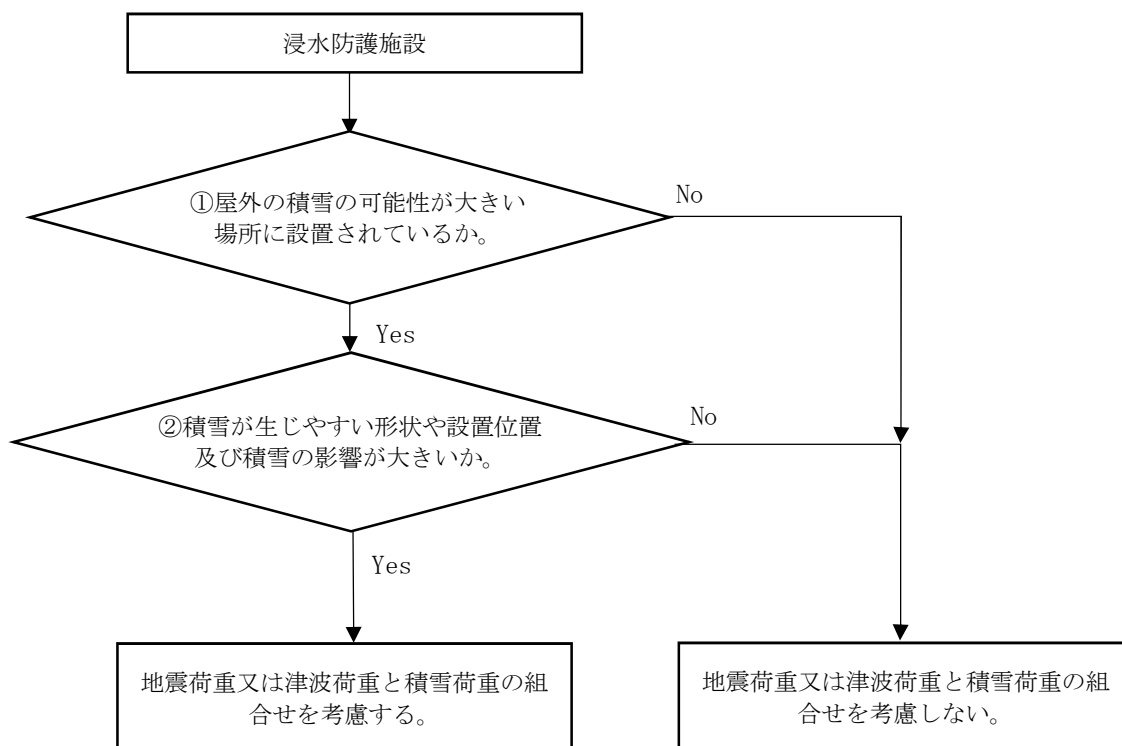
施設・設備		①屋外の直接風を受ける場所に設置されているか	②風の影響が無視できない構造、形状及び仕様か	風荷重の組合せ	備考
津波監視設備	津波・構内監視カメラ	○	○	考慮する	原子炉建屋屋上及び防潮堤の天端に設置
	取水ピット水位計	○	×	考慮しない	取水路の上版の貫通口内に設置し、上部閉止板により屋外と隔離されているため、風荷重の影響を無視できる。
	潮位計	×	—	考慮しない	取水路内の壁面に設置するため、直接風を受ける場所がない。

○：該当する (Yes) ×：該当しない (No) —：直接風を受けない場所に設置されるため対象外

(4) 積雪荷重を考慮する浸水防護施設の選定

a. 積雪荷重を組み合わせる施設の選定方法

屋外の積雪の可能性が大きい場所に設置されている浸水防護施設のうち、積雪が生じやすい形状や設置位置に設置されている施設を選定の対象とする。地震荷重又は津波荷重と積雪荷重の組合せを考慮する施設の選定フローを図 5.7-2 に示す。



以下に示す項目に該当する場合は除外（積雪荷重との組合せは考慮しない。）する。

- ①屋外の積雪の可能性が大きい場所に設置されているか。
 - ・海中又は地中に設置
- ②積雪が生じやすい形状や設置位置及び積雪の影響が大きいか。
 - ・受圧面積が小さい
 - ・壁面に設置
 - ・蓋等により直接当該施設に積雪しない
 - ・自重が大きい

図 5.7-2 地震荷重又は津波荷重と積雪荷重の組合せを考慮する施設の選定フロー

b. 積雪荷重を組み合わせる施設の選定結果

積雪荷重を考慮する浸水防護施設の選定結果を表 5.7-2 に示す。

表 5.7-2 積雪荷重を考慮する浸水防護施設の選定結果 (1/6)

施設・設備		①屋外の積雪の可能性が大きい場所に設置されているか	②積雪が生じやすい形状や設置位置及び積雪の影響が大きいか	積雪荷重の組合せ	備考	
津波防護施設	防潮堤	鋼製防護壁	○	○	考慮する	敷地周辺の地上部に設置
		鉄筋コンクリート防潮壁	○	○	考慮する	
		鉄筋コンクリート防潮壁 (放水路エリア)	○	○	考慮する	
		鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁	○	○	考慮する	
	防潮扉	○	○	考慮する	敷地前面東側の防潮堤(鉄筋コンクリート防潮壁)及び敷地側面南側の防潮堤(鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁)に設置	
	放水路ゲート	○	○	考慮する	防潮堤直下の放水路上に設置	
	構内排水路逆流防止設備	○	×	考慮しない	防潮堤の地下部の集水柵の壁面に設置し、受圧面積が小さく積雪しにくい形状のため、積雪荷重の影響を無視できる。	
貯留堰	×	—	考慮しない	海中に設置するため、積雪する場所がない。		

○：該当する (Yes) ×：該当しない (No) —：積雪の可能性が大きい場所に設置されていないため対象外

表 5.7-2 積雪荷重を考慮する浸水防護施設の選定結果 (2/6)

施設・設備		①屋外の積雪の可能性が大きい場所に設置されているか	②積雪の影響が無視できない構造、形状及び仕様か	積雪荷重の組合せ	備考
津波防護施設	原子炉建屋外壁	○	○	考慮する	
	原子炉建屋原子炉棟水密扉	×	—	考慮しない	原子炉建屋の外壁に設置通常時は、当該扉の外側に設置される機器搬入口外側扉が閉状態であり、積雪荷重の影響を直接受けない。
	原子炉建屋付属棟東側水密扉	○	○	考慮する	原子炉建屋の外壁に設置されるが受圧面積が小さく積雪しにくい形状のため、積雪荷重の影響を無視できる。
	原子炉建屋付属棟西側水密扉	×	—	考慮しない	原子炉建屋の外壁に設置されるが、当該扉の外側にサービス建屋が隣接しており、積雪荷重の影響を直接受けない。
	原子炉建屋付属棟南側水密扉	×	—	考慮しない	原子炉建屋の外壁に設置されるが、当該扉の外側に廃棄物処理建屋連絡歩廊が設置されており積雪荷重の影響を直接受けない。
	原子炉建屋付属棟北側水密扉1	×	—	考慮しない	原子炉建屋の外壁に設置されるが、当該扉の外側にタービン建屋が隣接しており、積雪荷重の影響を直接受けない。
	原子炉建屋付属棟北側水密扉2	×	—	考慮しない	原子炉建屋の外壁に設置されるが、当該扉の外側にタービン建屋が隣接しており、積雪荷重の影響を直接受けない。

○：該当する (Yes) ×：該当しない (No) —：積雪の可能性が大きい場所に設置されていないため対象外

表 5.7-2 積雪荷重を考慮する浸水防護施設の選定結果 (3/6)

施設・設備		①屋外の積雪の可能性が大きい場所に設置されているか	②積雪が生じやすい形状や設置位置及び積雪の影響が大きいか	積雪荷重の組合せ	備考
浸水防止設備	取水路点検用開口部浸水防止蓋	○	○	考慮する	取水路の床面に設置
	海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁	○	×	考慮しない	海水ポンプ室内の床面に設置 受圧面積が小さく積雪しにくい形状のため、積雪荷重の影響を無視できる。
	取水ピット空気抜き配管逆止弁	○	×	考慮しない	循環水ポンプ室内の床面に設置 受圧面積が小さく積雪しにくい形状のため、積雪荷重の影響を無視できる。
	海水ポンプ室ケーブル点検口浸水防止蓋	○	×	考慮しない	海水ポンプ室の壁面に設置 受圧面積が小さく積雪しにくい形状のため、積雪荷重の影響を無視できる。
	S A用ピット開口部浸水防止蓋	○	×	考慮しない	S A用海水ピットの上面の開口部に設置し、鋼製カバーにより屋外と隔離されているため、積雪荷重の影響を無視できる。
	緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋	×	—	考慮しない	緊急用海水ポンプ室内に設置しているため、積雪する場所がない。
	緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋	○	○	考慮する	緊急用海水ポンプピットの上版に設置
	緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋	○	○	考慮する	緊急用海水ポンプピットの上版に設置

○：該当する (Yes) ×：該当しない (No) —：積雪の可能性が大きい場所に設置されていないため対象外

表 5.7-2 積雪荷重を考慮する浸水防護施設の選定結果 (4/6)

施設・設備		①屋外の積雪の可能性が大きい場所に設置されているか	②積雪が生じやすい形状や設置位置及び積雪の影響が大きいか	積雪荷重の組合せ	備考
浸水防止設備	緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁	×	—	考慮しない	緊急用海水ポンプ室内に設置しているため、積雪する場所がない。
	緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁	×	—	考慮しない	緊急用海水ポンプ室内に設置しているため、積雪する場所がない。
	放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋	○	○	考慮する	防潮堤直下の放水路上に設置
	格納容器圧力逃がし装置格納槽点検用水密ハッチ	○	○	考慮する	格納容器圧力逃がし装置格納槽の上版に設置
	常設低圧代替注水系格納槽点検用水密ハッチ	○	○	考慮する	常設低圧代替注水系格納槽の上版に設置
	常設低圧代替注水系可搬型ポンプ用水密ハッチ	○	○	考慮する	常設低圧代替注水系格納槽の上版に設置
	常設代替高圧電源装置用カルバート原子炉建屋側水密扉	×	—	考慮しない	常設代替高圧電源装置用カルバートの立坑内に設置しているため、積雪する場所がない。

○：該当する (Yes) ×：該当しない (No) —：積雪の可能性が大きい場所に設置されていないため対象外

表 5.7-2 積雪荷重を考慮する浸水防護施設の選定結果 (5/6)

施設・設備		①屋外の積雪の可能性が大きい場所に設置されているか	②積雪が生じやすい形状や設置位置及び積雪の影響が大きいか	積雪荷重の組合せ	備考
浸水防止設備	原子炉建屋原子炉棟水密扉	×	—	考慮しない	原子炉建屋の外壁に設置通常時は、当該扉の外側に設置される機器搬入口外側扉が閉状態であり、積雪荷重の影響を直接受けない。
	原子炉建屋附属棟東側水密扉	○	×	考慮しない	原子炉建屋の外壁に設置されるが受圧面積が小さく積雪しにくい形状のため、積雪荷重の影響を無視できる。
	原子炉建屋附属棟西側水密扉	×	—	考慮しない	原子炉建屋の外壁に設置されるが、当該扉の外側にサービス建屋が隣接しており、積雪荷重の影響を直接受けない。
	原子炉建屋附属棟南側水密扉	×	—	考慮しない	原子炉建屋の外壁に設置されるが、当該扉の外側に廃棄物処理建屋連絡歩廊が設置されており積雪荷重の影響を直接受けない。
	原子炉建屋附属棟北側水密扉 1	×	—	考慮しない	原子炉建屋の外壁に設置されるが、当該扉の外側にタービン建屋が隣接しており、積雪荷重の影響を直接受けない。
	原子炉建屋附属棟北側水密扉 2	×	—	考慮しない	原子炉建屋の外壁に設置されるが、当該扉の外側にタービン建屋が隣接しており、積雪荷重の影響を直接受けない。
	貫通部止水処置 (原子炉建屋境界)	○	×	考慮しない	壁面に設置している又は受圧面積が小さく積雪しにくい形状のため、積雪荷重の影響を無視できる。

○：該当する (Yes) ×：該当しない (No) —：積雪の可能性が大きい場所に設置されていないため対象外

表 5.7-2 積雪荷重を考慮する浸水防護施設の選定結果 (6/6)

施設・設備		①屋外の積雪の可能性が大きい場所に設置されているか	②積雪が生じやすい形状や設置位置及び積雪の影響が大きいか	積雪荷重の組合せ	備考
津波監視設備	津波・構内監視カメラ	○	○	考慮する	原子炉建屋屋上及び防潮堤の天端に設置
	取水ピット水位計	○	×	考慮しない	取水路の上版の貫通口内に設置し、上部閉止板により屋外と隔離されているため、積雪荷重の影響を無視できる。
	潮位計	×	—	考慮しない	取水路内の壁面に設置するため、積雪する場所がない。

○：該当する (Yes) ×：該当しない (No) —：積雪の可能性が大きい場所に設置されていないため対象外

【補足説明6】漏水試験について

実証試験にて実施した水密ゴムについて、漏水試験を実施し水密性を確認する。

設計圧力における漏水試験のため、止水機構の水密ゴム（P形）について、試験装置を製作し、漏水試験により設計圧力に耐えることを確認する。

試験装置は、止水板2枚分（4m）の水密ゴムを設置可能な漏水試験装置を製作し、底面水密ゴム、側面水密ゴム、止水板接続ゴムからの漏水を確認する。漏水位置は中央部の3m分からの漏水量を算出する。

表13に漏水試験条件の一覧、表14に漏水試験装置の主要仕様、表15に漏水試験結果、図25に漏水試験の装置概要図を示す。

表13 漏水試験条件一覧表

項目	条件	備考
水密ゴム	試験体 1	本震，余震+津波を経験させた水密ゴム
	試験体 2	本震，余震+津波を経験させた水密ゴム
試験圧力	0.17MPa以上	保守的に，防潮堤天端高さ（T.P. +20m）から設置地盤標高（T.P. +3m）を差し引いた値
	0.21MPa以上	敷地に遡上する津波高さ（T.P. +24m）から設置地盤標高（T.P. +3m）を差し引いた値
試験時間	10分保持	「ダム・堰施設技術基準（案）」より
許容漏水量*	5.2 ℓ/10分	試験圧力0.17MPaに対する許容漏水量
	6.4 ℓ/10分	試験圧力0.21MPaに対する許容漏水量

* 「ダム・堰施設技術基準（案）（国土交通省）」で規定する保持時間及び許容漏水量算定式に基づく3m当たりの許容漏水量

・許容漏水量： $W = 10.2 L \times P$

W：漏水量（ml/min）

P：設計圧力（MPa）

L：長辺の長さ（cm）

（試験装置の漏水検出範囲長さ300cm）

表 14 漏水試験装置の主要仕様

項目		仕様
試験装置	寸法	長さ約 4.3m×高さ約 0.7m×幅約 0.7m
	材質	鋼製
	設計圧力	0.7MPa
止水板	寸法	1枚当たり 長さ約 2m×幅約 0.1m×高さ約 0.4m 2枚の止水板を接続ゴムにて接続し実施
	材質	ステンレス鋼
	重量	約 930kg/枚

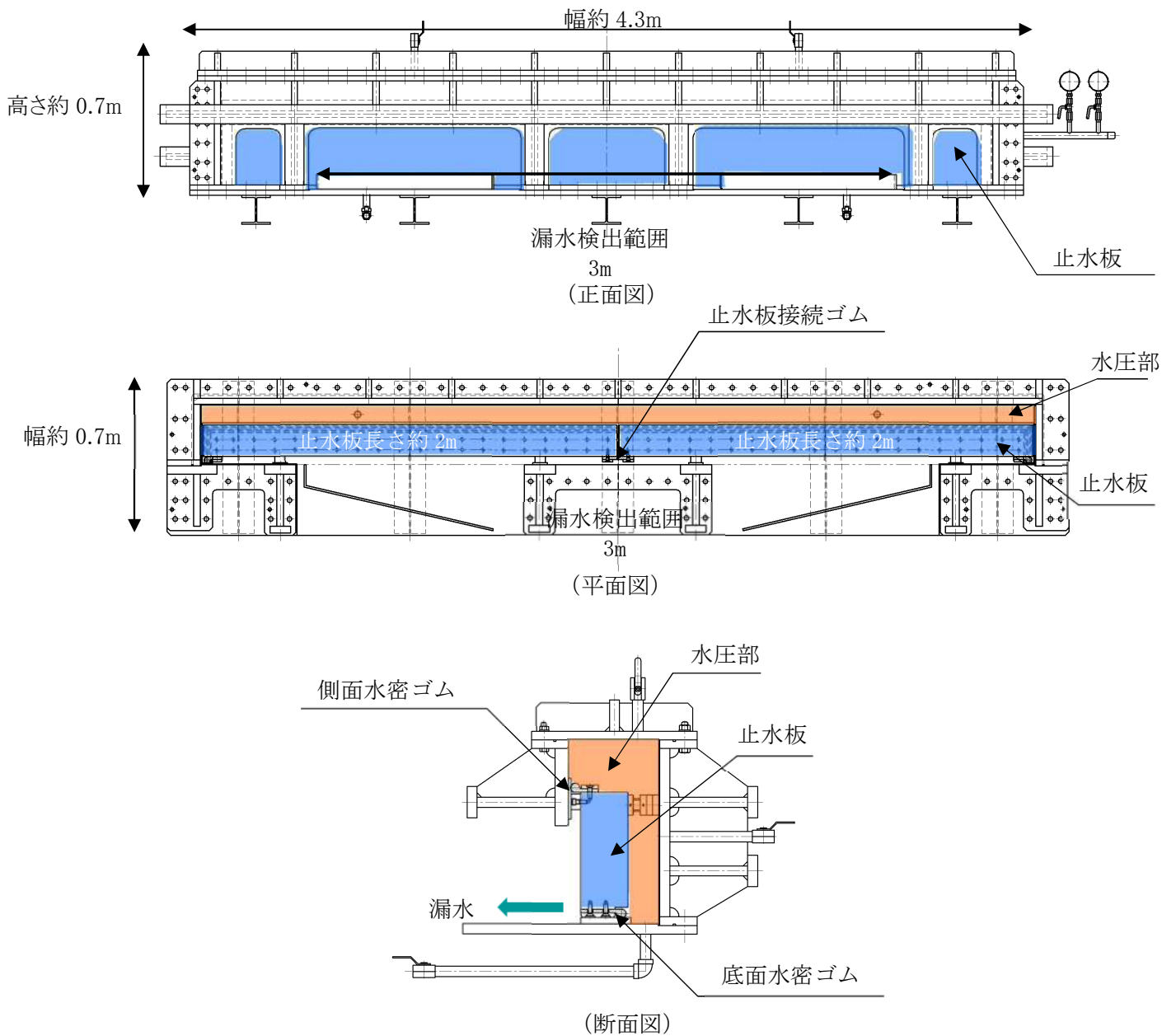
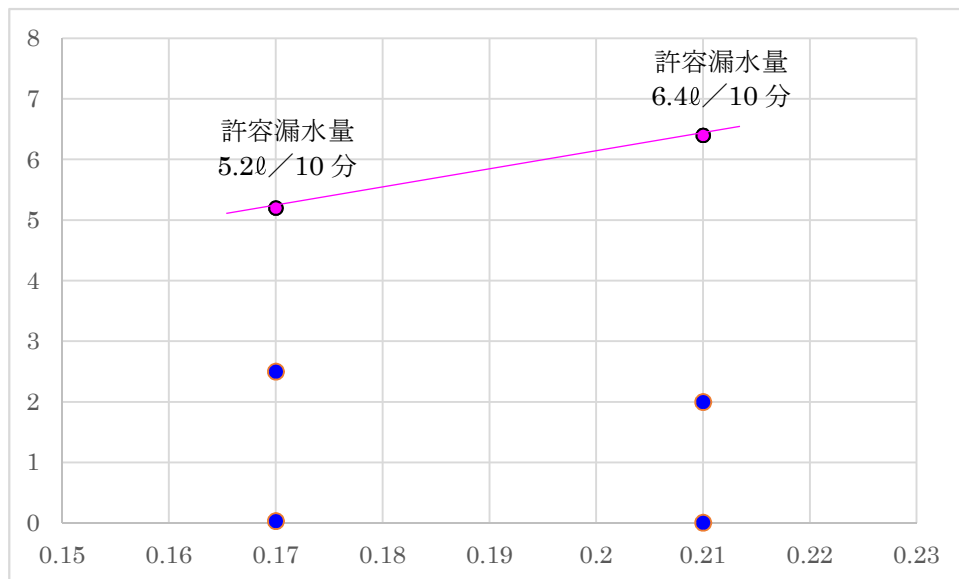


図 25 漏水試験の装置概要図

表15 漏水試験結果

	試験圧力 (MPa)	時間 (分)	漏水量 ^{※1} (ℓ/10分)	許容 漏水量 (ℓ/10分)	判定
試験体1 (1回目加振)	0.17	10	2.5	5.2	○
	0.21	10	2.0	6.4	○
試験体2 (2回目加振)	0.17	10	0.035	5.2	○
	0.21	10	0.005	6.4	○

※1：漏水量は1 mあたり10分間漏水量。



試験圧力と漏水量

実証試験後の水密ゴムの漏水試験（表15）は、未使用品の試験（表17）に比べて漏水量はやや多い結果となった。実証試験後の水密ゴムの方は、止水板2枚分を合わせた水密ゴムであること及び2枚の止水板を接続する接続ゴムの部分もあることから、漏水量は多い結果となった。

ただし、試験体1と2で漏水量にばらつきが生じたものの許容漏水量に対して十分な裕度は確保できていることから、実証試験の水密ゴムは健全であった。

<水密ゴムの単体漏水試験結果>

水密ゴムの単体試験として、未使用品の水密ゴム及び劣化状況を模擬した漏水試験を実施しており良好な結果を得ている。表 16 に試験装置の主要仕様、表 17 に漏水試験結果、図 25 に試験装置の概要図、図 26 に試験圧力と漏水量を示す。

表 16 試験装置主要仕様

項目		仕様
試験装置	寸法	長さ約 2.3m×高さ約 0.7m×幅約 0.5m
	材質	鋼製
	設計圧力	0.7MPa
止水板	寸法	長さ約 2m×幅約 0.1m×高さ約 0.4m
	材質	ステンレス鋼
	重量	約 620kg

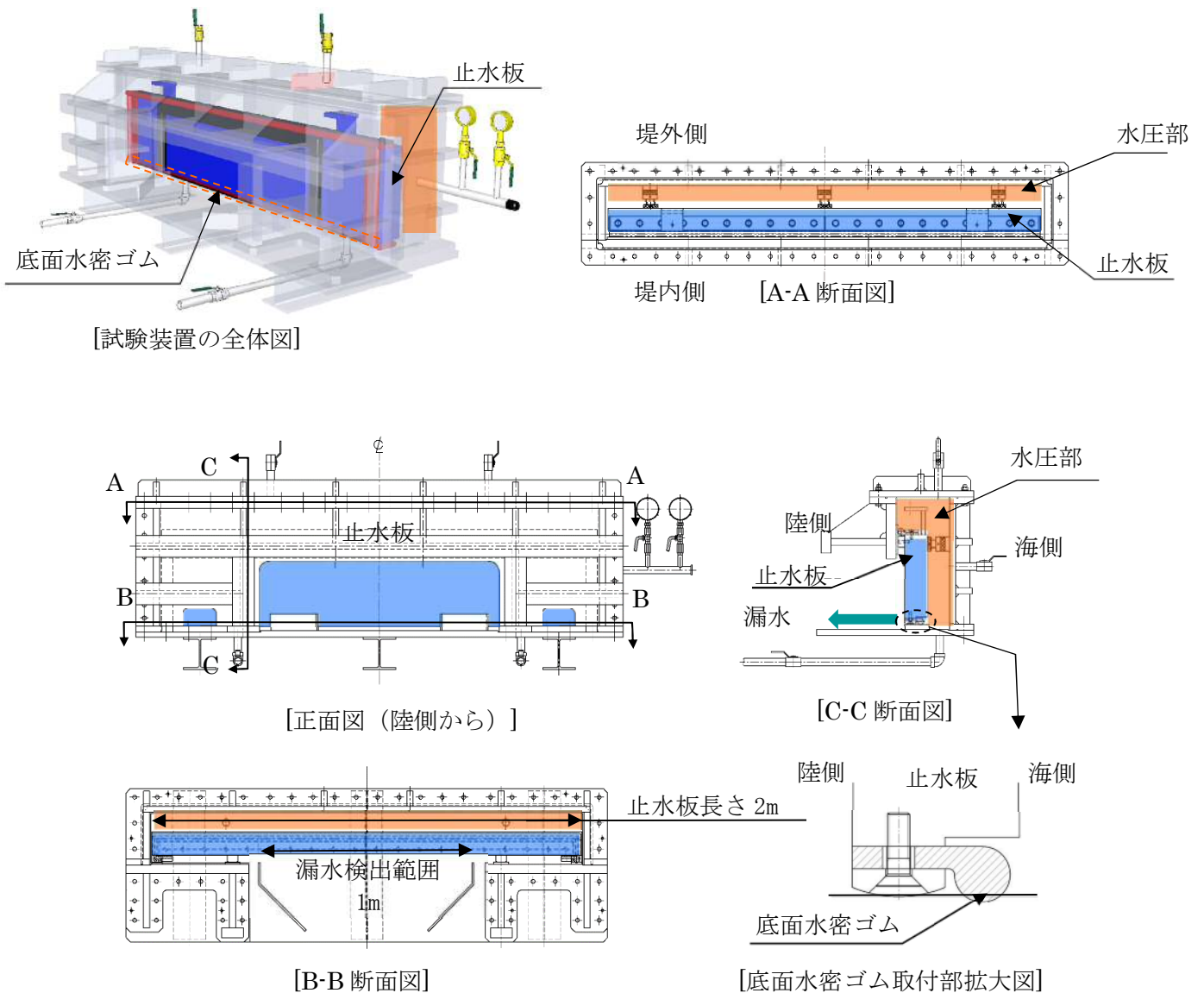


図 25 試験装置概要図

表17 漏水試験結果

	区分	試験圧力 (MPa)	時間 (分)	漏水量 ^{※1} (ℓ/10分)	許容漏水量 (ℓ/10分)	判定
試験体1	未使用品	0.20	10	0.020	2.0	○
試験体2		0.20	10	0.029	2.0	○
試験体3	劣化状態を仮定	0.17	10	0.039	1.7 ^{※2}	○
		0.66	10	0.625	6.7 ^{※2}	○
		0.17	10	0.440	1.7 ^{※2}	○
		0.66	10	0.525	6.7 ^{※2}	○

※1：漏水量は1 mあたり10分間漏水量。

※2：未使用品（新品）の場合の許容漏水量

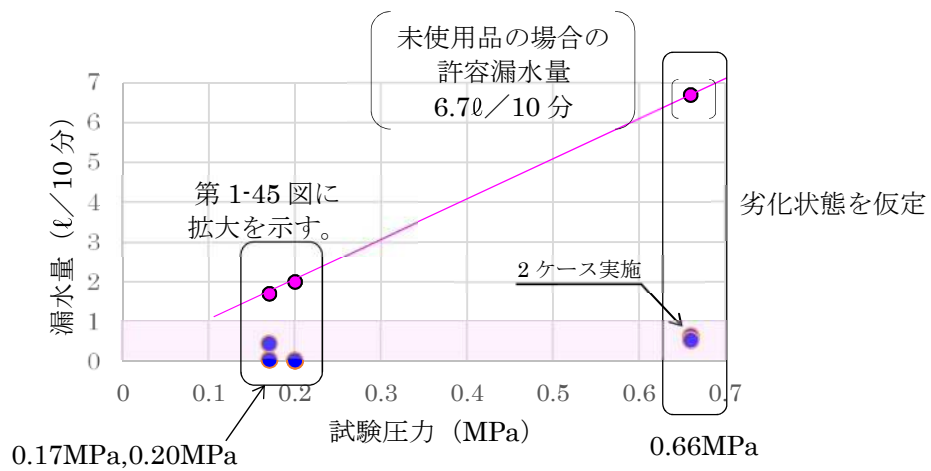


図 26 試験圧力と漏水量（高圧）

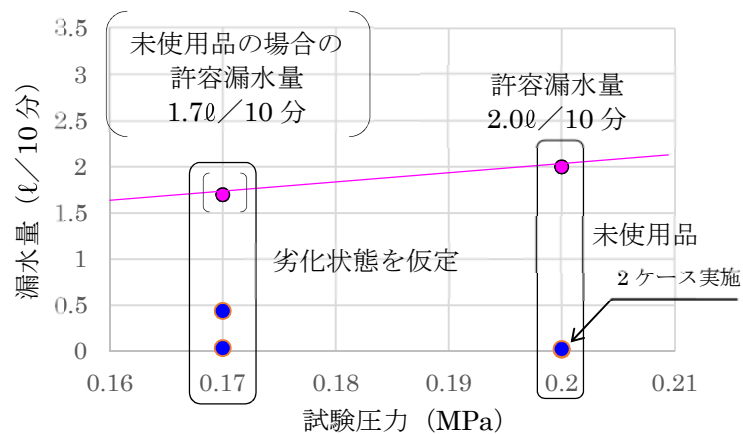


図 26 試験圧力と漏水量（低圧）

【補足説明 7】 2次止水機構シートジョイントの漏水試験結果について

2次止水機構に設置するシートジョイントについて漏水試験を実施した。

試験体に用いたシートジョイントと固定部は、実機と同じ材質、構造、固定方法を用いシートジョイントの漏水試験を実施した。表 18 にシートジョイントの試験条件を示す。

表 18 シートジョイント試験条件

項目		仕様
試験体	寸法	縦約 0.5m×横約 0.5m のシートジョイント
	材質	ポリエステル繊維 (#800 二重)
	試験水圧	0.17MPa, 0.21MPa
	試験部位	シートジョイント, 固定部
	試験体	3 体
試験圧力	0.17MPa以上	保守的に, 防潮堤天端高さ (T.P. +20m) から設置地盤標高 (T.P. +3m) を差し引いた値
	0.21MPa以上	敷地に遡上する津波高さ (T.P. +24m) から設置地盤標高 (T.P. +3m) を差し引いた値

<試験装置>

シートジョイントの試験体約 0.5m×約 0.5m を作成し試験装置内に設置し試験を実施した。試験装置の概要を図 27 に示す。

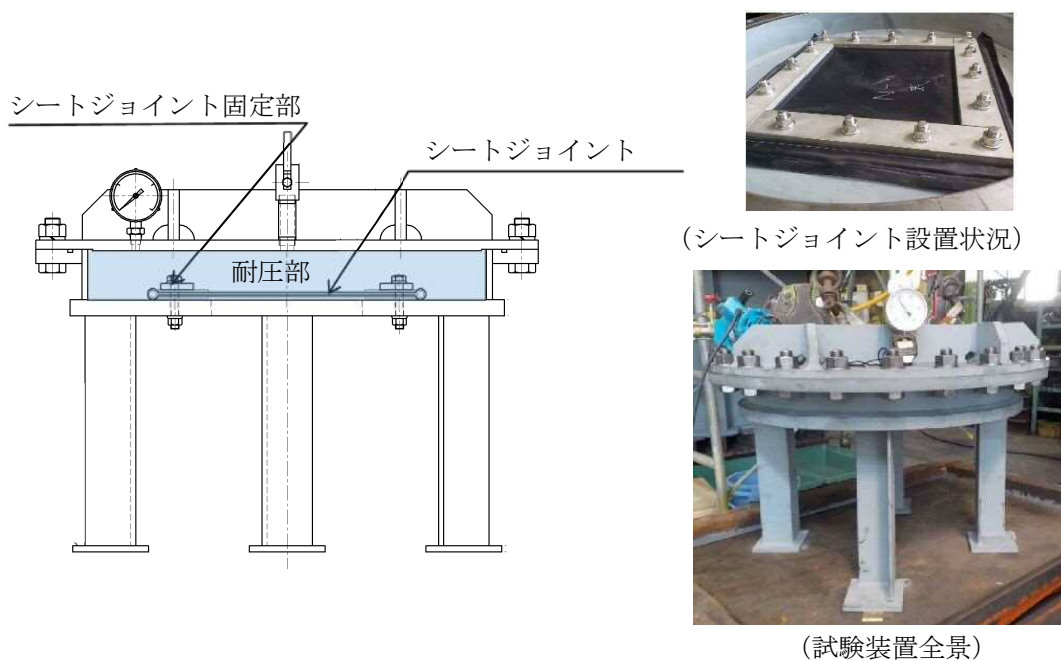


図 27 シートジョイント試験装置概要

<試験結果>

シートジョイントの漏水試験の結果は以下のとおり。試験体3体共にシートジョイント及び固定部からの漏水はなく良好な結果となった。表19に漏水試験結果を示す。

表19 シートジョイントの漏水試験結果

	試験圧力 (MPa)	時間 (分)	漏水量*1 (ℓ/10分)	許容漏水量* (ℓ/10分)	判定
試験体1 (新品)	0.17	10	0	1.73	○
	0.21	10	0	2.14	○
試験体2 (新品)	0.17	10	0	1.73	○
	0.21	10	0	2.14	○
試験体3 (新品)	0.17	10	0	1.73	○
	0.21	10	0	2.14	○

*「ダム・堰施設技術基準（案）（国土交通省）」で規定する保持時間（10分）及び許容漏水量算定式に基づく100cm当たりの許容漏水量を算出

・許容漏水量： $W = 10.2 L \times P$

W：漏水量（ml/min）

P：設計圧力（MPa）

L：長辺の長さ（cm）

試験体1の試験の状況を図28に示す。

試験後の状況はシート部が伸びた状態であったが外観に異常なく健全な状態であった。



シートジョイントの全景（試験前）



漏水試験時の状況（0.17MPa10分後）



シートジョイントの全景（試験後）



漏水試験時の状況（0.21MPa10分後）

図28 シートジョイントの漏水試験の状況

【参考】実証試験において想定される不具合と対策（案）

実証試験において想定される不具合として、止水板の浮上りや水密ゴムの噛み込み等が考えられるため、以下の対策（案）を検討している。

対策（案）の実施に当たっては、二次元・三次元動的解析の結果も踏まえ、原因の分析を十分に行い、必要に応じて対策を実施する。

図 27 に要因と対策（案）を示す。

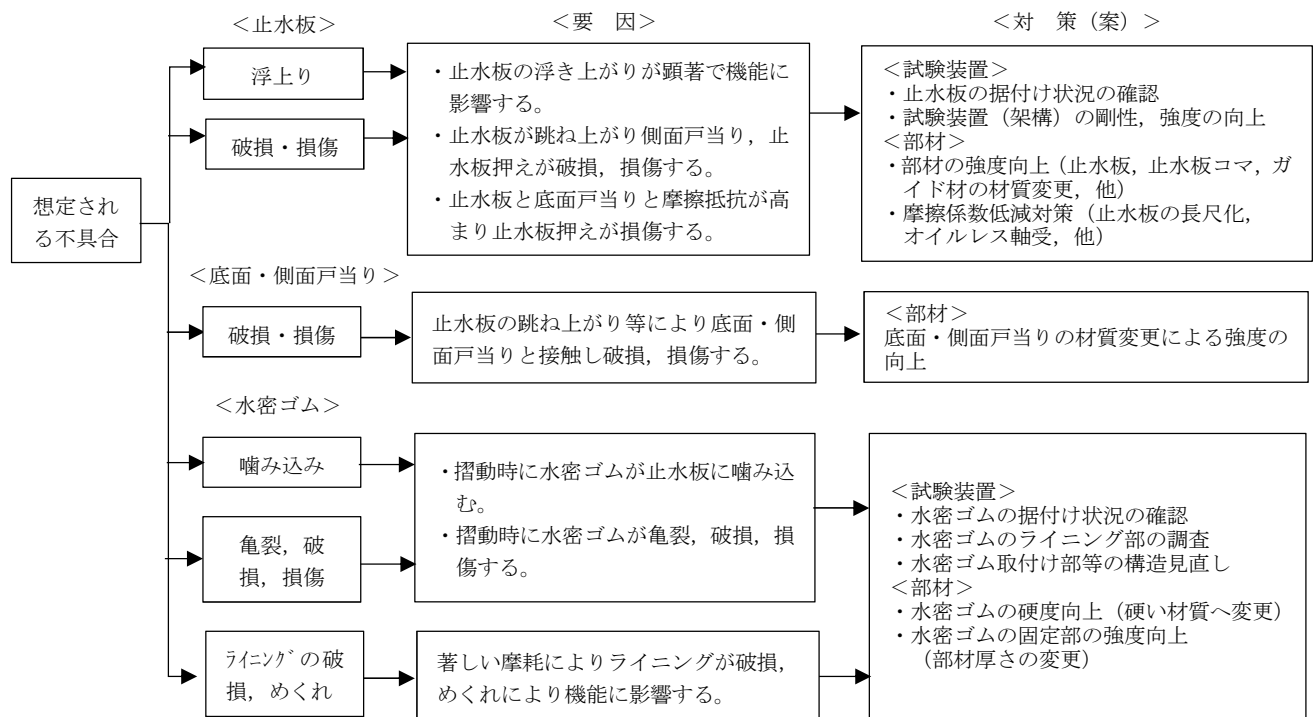


図 27 実証試験時における不具合時に対する対策（案）

6.1.3.6 止水機構における耐震・強度評価について

1. 目的

鋼製防護壁の止水機構（1次・2次）の耐震・強度評価方法について説明する。

2. 配置

止水機構の全体配置を図1に示す。止水機構の断面を図2に示す。

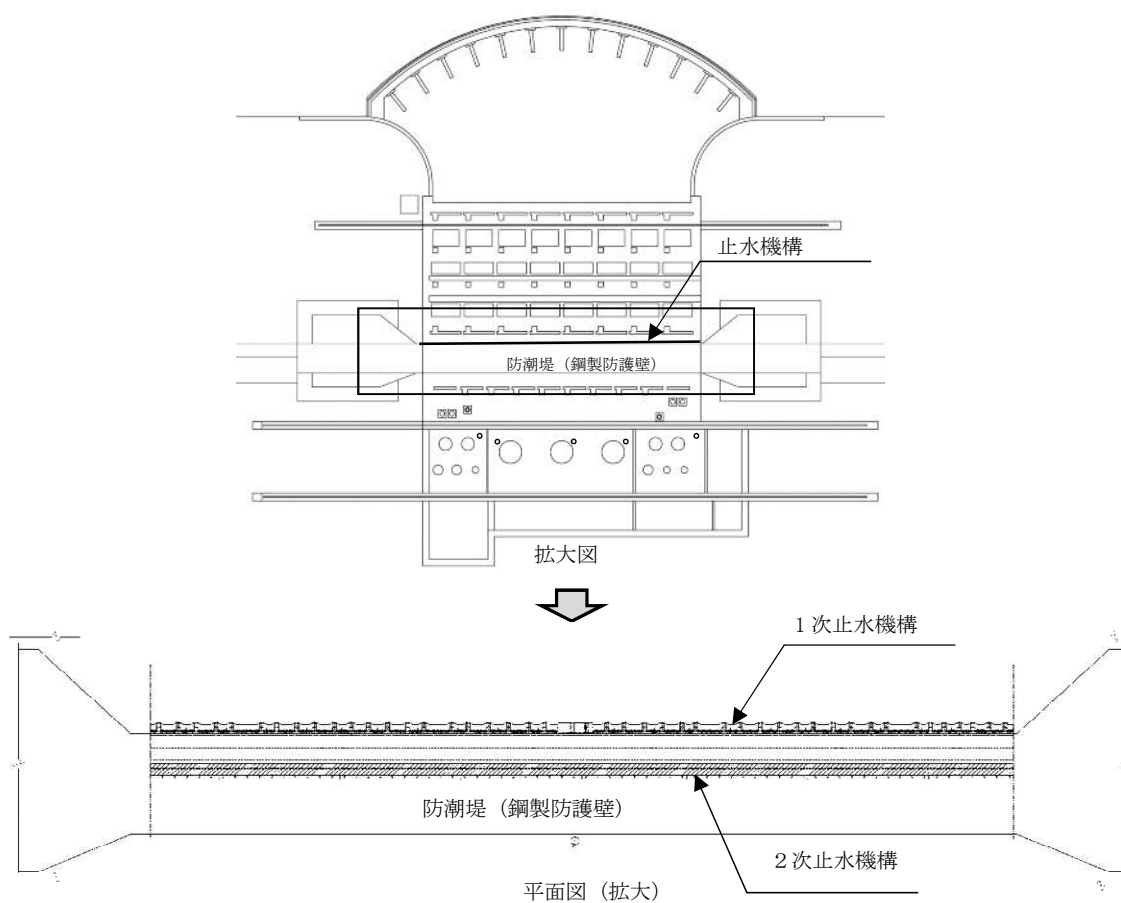
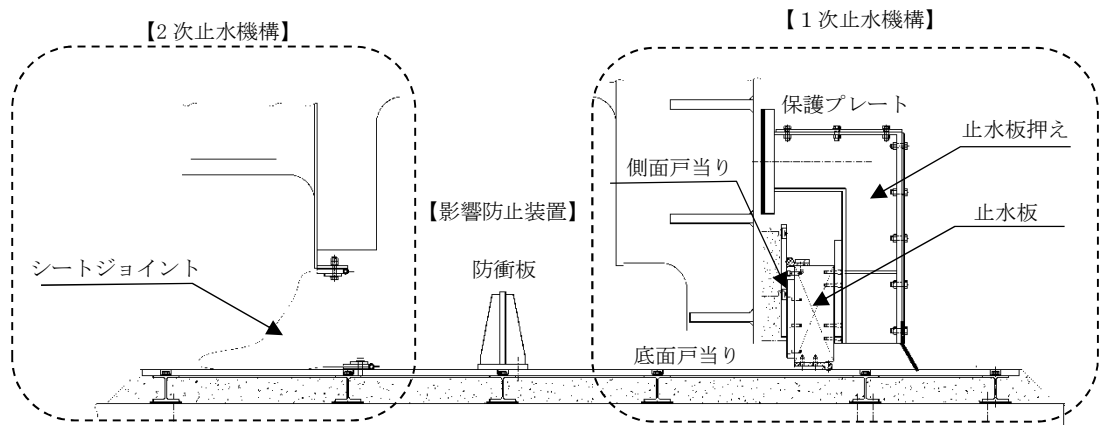


図1 1次止水機構の全体配置図



(断面図)

3. 1次止水機構の評価対象の評価方法

1次止水機構の評価対象部位を図3に示す。各部位の構造及び評価項目等については①～⑩に詳細に記載する。

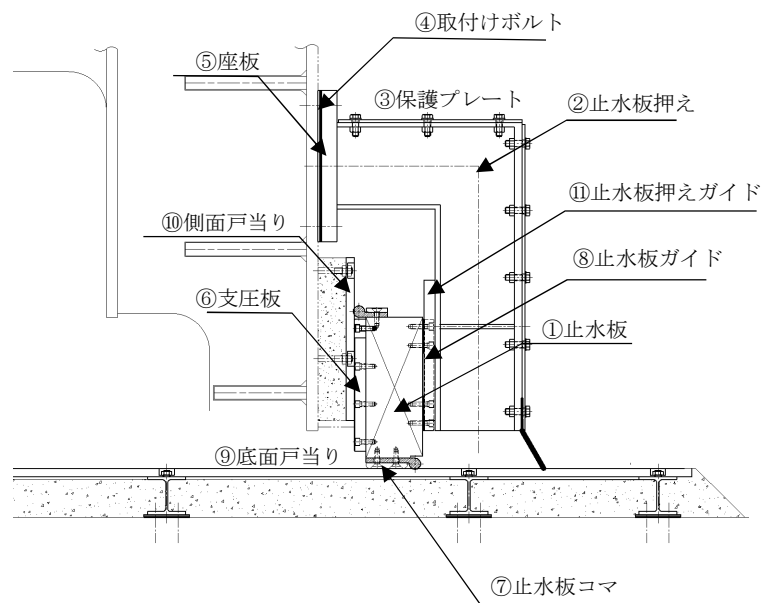


図3 1次止水機構の評価対象部位

①止水板

止水板の仕様とモデル化の概要を図4に示す。

評価部位	—	①止水板				
主要寸法	止水板長さ	mm	1990 (2000*)	1740 (1750*)	1540 (1550*)	1490 (1500*)
	止水板高さ	mm	400			
	止水板厚さ	mm	150			
材料	—	SUS304N2				
個数	—		13	7	1	2
応力評価項目	—	曲げ応力, せん断応力				

注記 * : 公称値

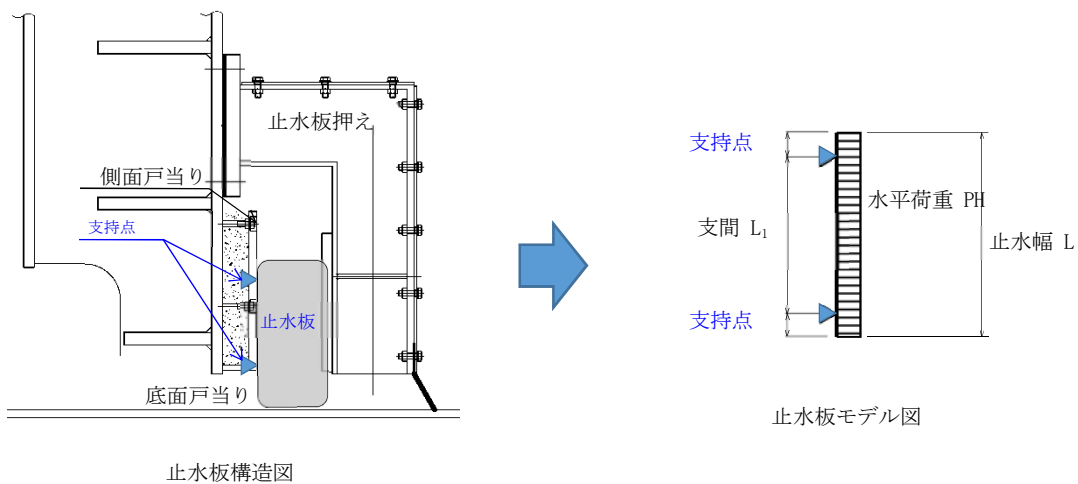


図4 止水板の構造及びモデルの設定

②止水板押え

止水板押えの全体配置図を図5に、止水板押えの構造及びモデルの設定を図6に示す。

- ◆材料：SM570
- ◆寸法：H200-230
- ◆数量：46箇所（止水板1枚に2箇所設置）
- ◆応力評価項目：＜上面＞**曲げ応力，せん断応力**
 ＜正面＞曲げ応力，せん断応力

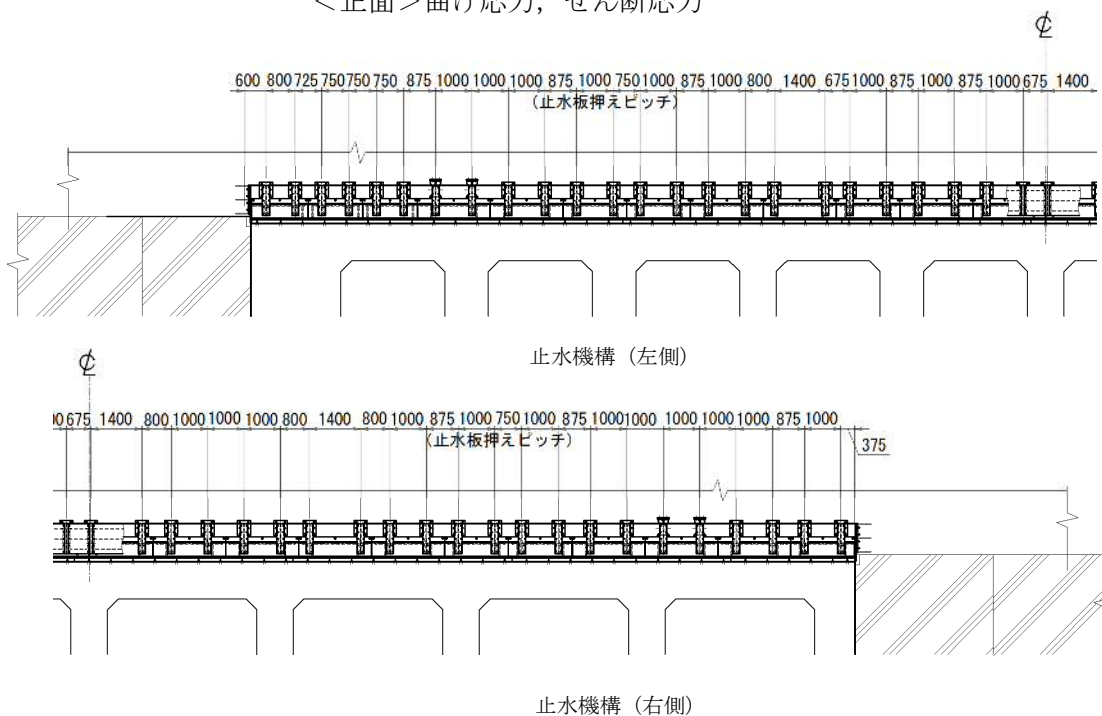


図5 止水板押えの全体配置（正面図：海側より）

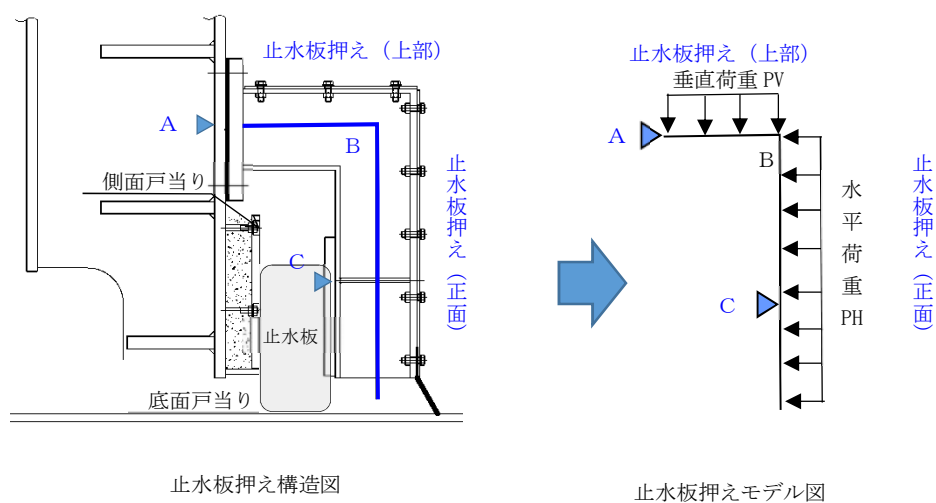


図6 止水板押えの構造及びモデルの設定

③保護プレート（図7）

◆応力評価項目：＜上面，正面＞曲げ応力，せん断応力

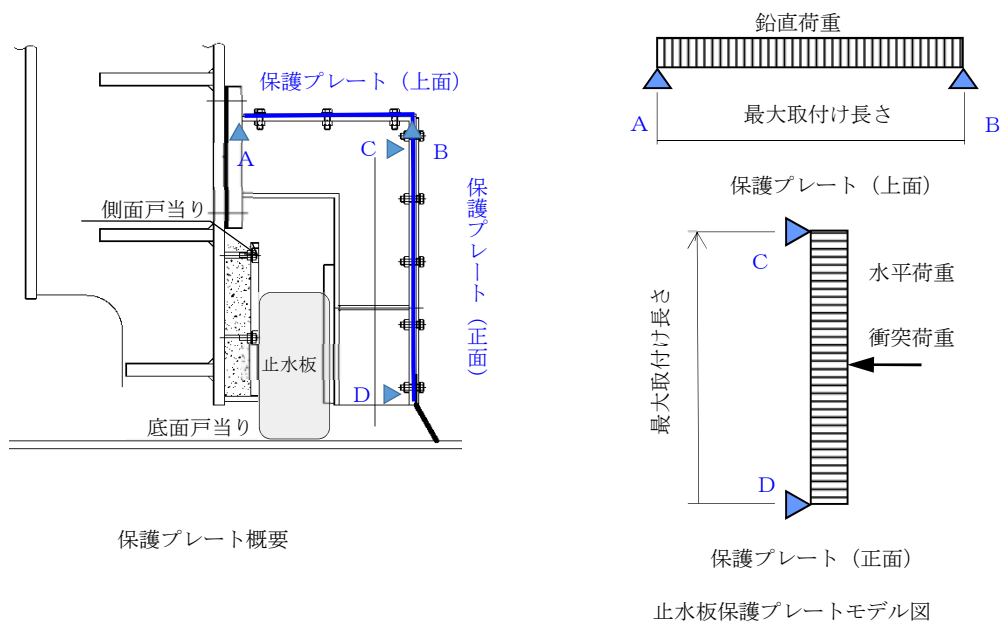


図7 保護プレートのモデルの設定

④取付けボルト，⑤座板（図8）

◆応力評価項目：＜取付けボルト＞引張り応力，せん断応力
 ＜座板＞曲げ応力，せん断応力

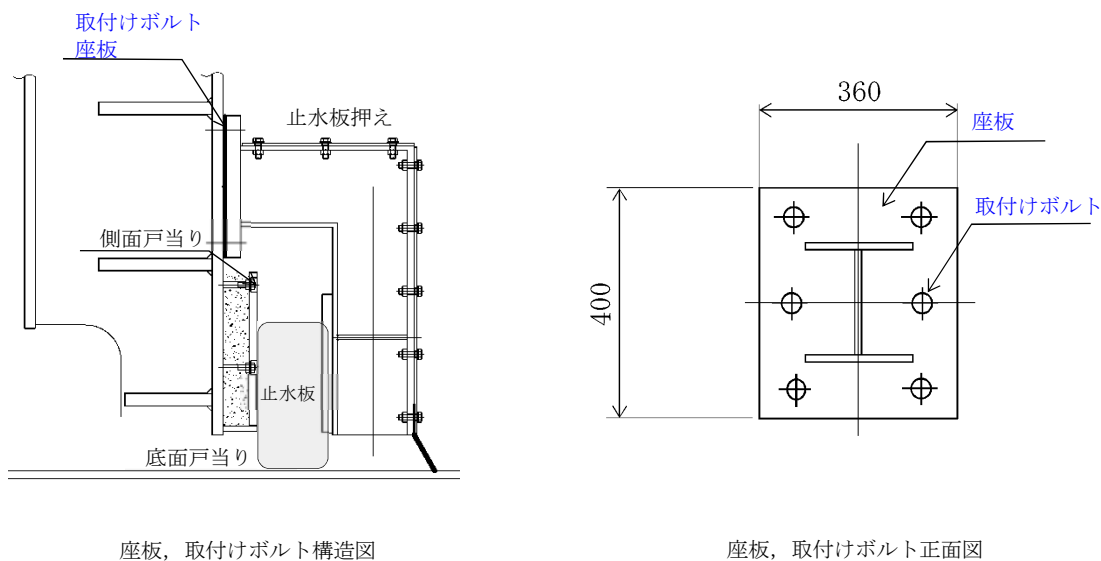
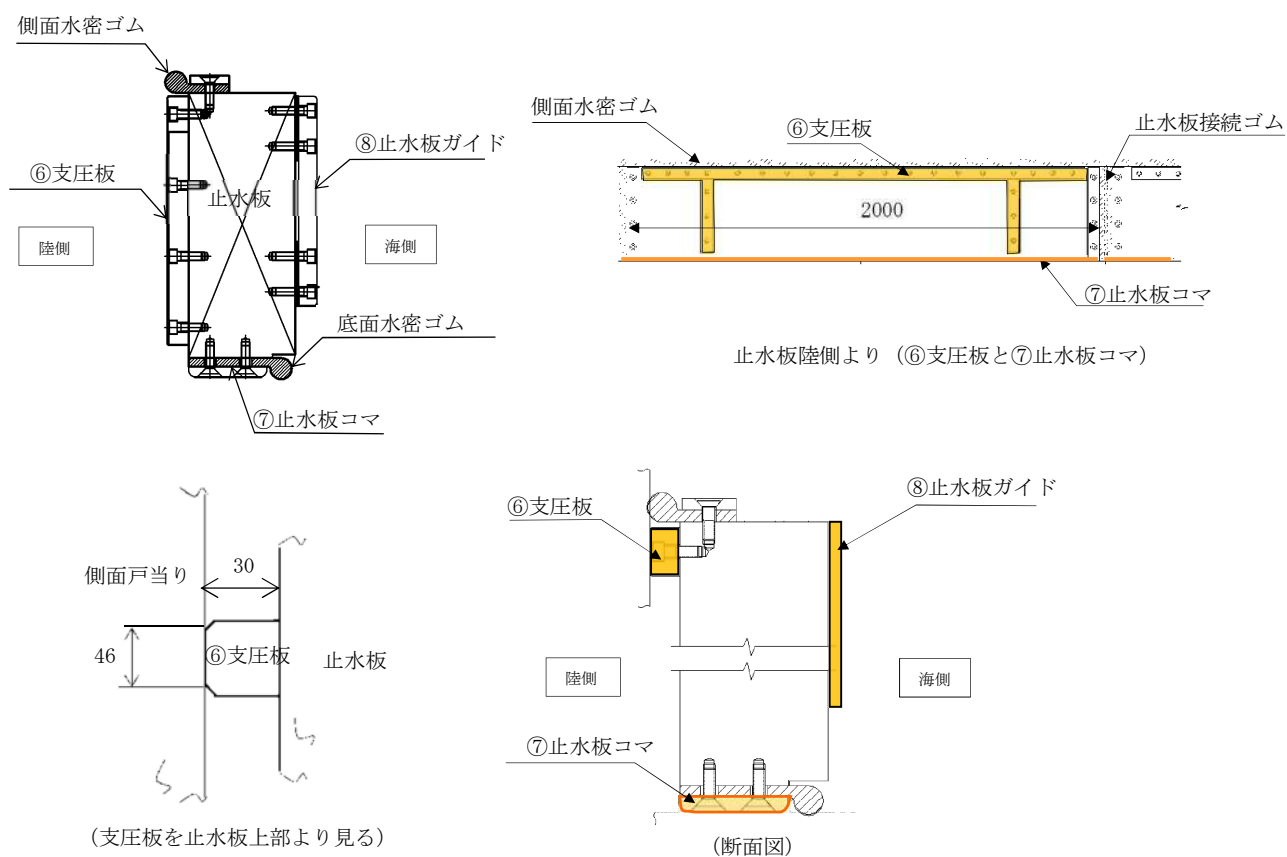


図8 取付けボルト，座板の構造

⑥支圧板, ⑦止水板コマ, ⑧止水板ガイド (図9)



評価部位		—	⑥支圧板	⑦止水板コマ	⑧止水板ガイド
主要寸法	長さ	mm	止水板の長さに合わせる	止水板の長さに合わせる	止水板押えの位置に設置
	厚さ	mm	30	15	30
材料		—	超高分子量ポリエチレン(UPE)	CAC703	CAC703
個数		—	23箇所*1	23箇所*1	46箇所*2
応力評価項目		—	支圧応力	支圧応力	支圧応力

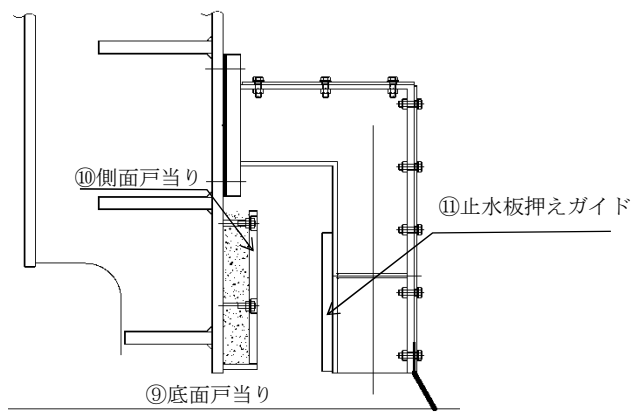
*1: 止水板1枚につき1箇所とする。

*2: 止水板1枚につき2箇所, 合計46箇所

図9 支圧板, 止水板コマ, 止水板ガイドの構造

⑨底面戸当り，⑩側面戸当り，⑪止水板押えガイド（図10）

◆応力評価項目：<底面戸当り，側面戸当り>圧縮応力
 <止水板押えガイド>圧縮応力，せん断応力



評価部位		—	⑨底面戸当り	⑩側面戸当り	⑪止水板押えガイド
主要寸法	長さ	mm	L42800×W37000	42800	L370×W40
	厚さ	mm	22	22	26
材料		—	SUS316	SUS316	SUSU304
個数		—	1式* ¹	1式* ²	46箇所* ³
応力評価項目		—	支圧応力	支圧応力	支圧応力

*1：止水機構全域に設置するため1式とする。

*2：止水板と同じ位置の全域に設置するため1式とする。

*3：止水板ガイド箇所と同じ46箇所

図10 底面戸当り，側面戸当り，止水板押えガイドの構造

4. 2次止水機構, 防衝板 (影響防止装置) の評価部位
 2次止水機構と防衝板の配置を図11に示す。

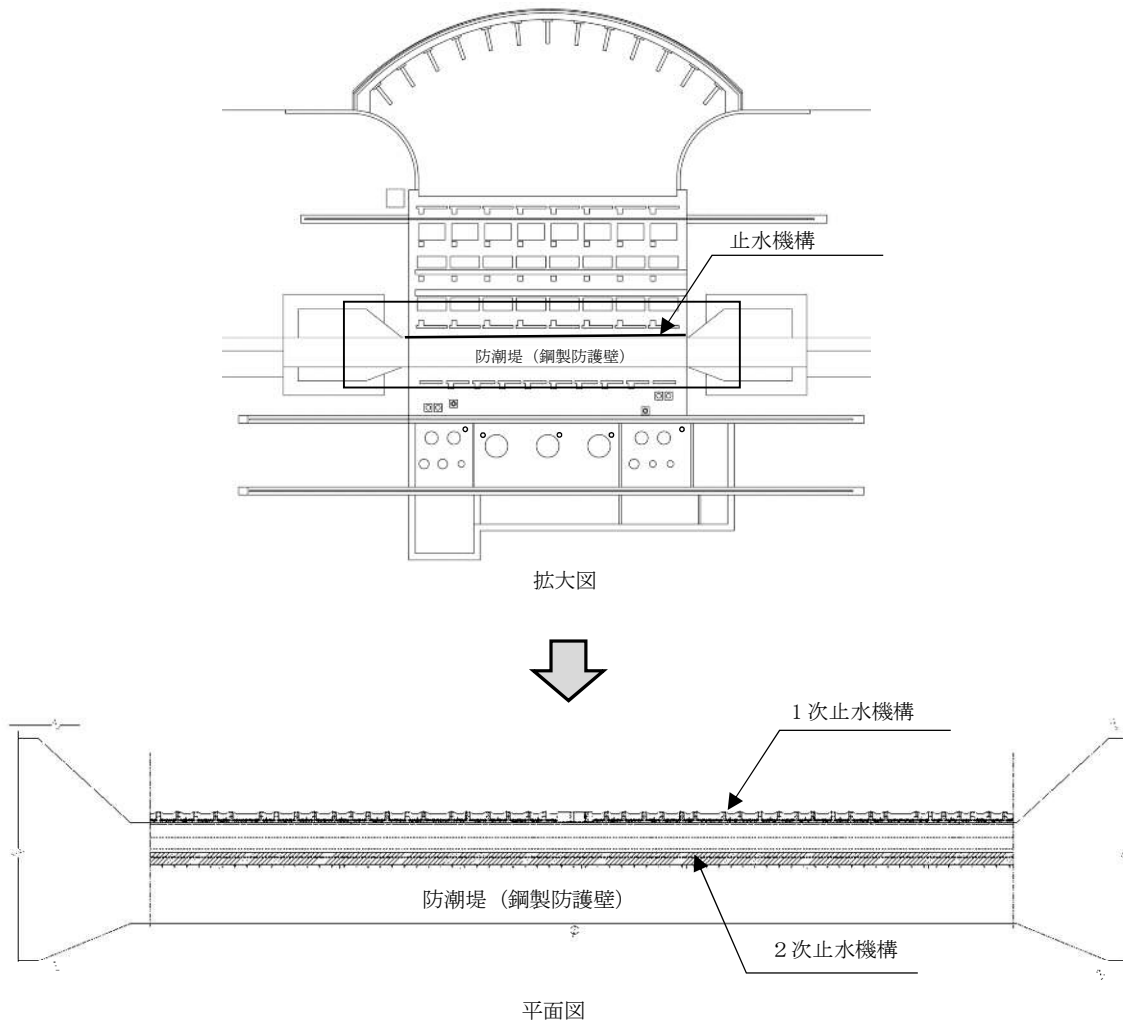


図11 2次止水機構の配置図

⑫シートジョイント, ⑬防衝板 (影響防止装置) (図 12)

評価部位	—	⑫シートジョイント	⑬防衝板 (基礎ボルト含む)
主要寸法	長さ	mm	約 43000* ¹
	高さ	mm	1500* ²
	厚さ	mm	—
材料	—	ポリエステル繊維膜材(#800 二重) 補強ベルト (100×2t 両面)	SUS304
個数	—	1式* ³	1式* ²
応力評価項目	—	引張り強度	曲げ応力 せん断応力

*1: 止水機構の全長を示す。

*2: シートジョイントの取付け部長さを示す。

*3: 止水機構の全長部分に設置するため, 1式とする。

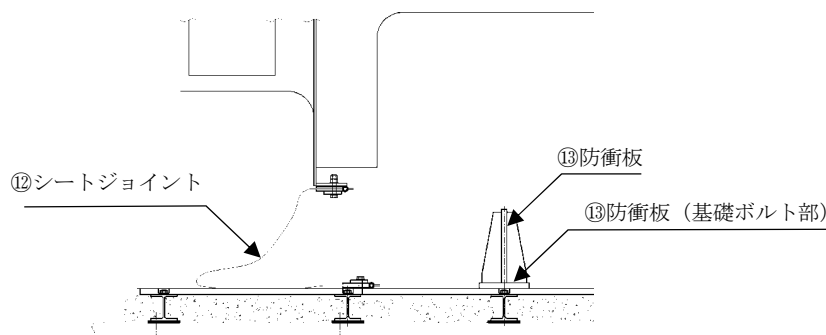
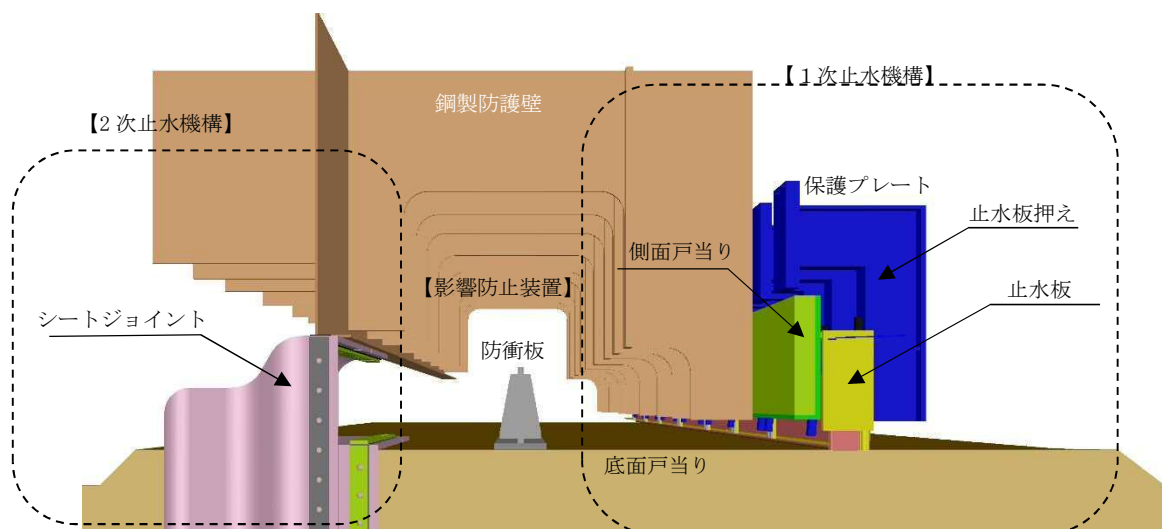


図 12 シートジョイントと防衝板の配置

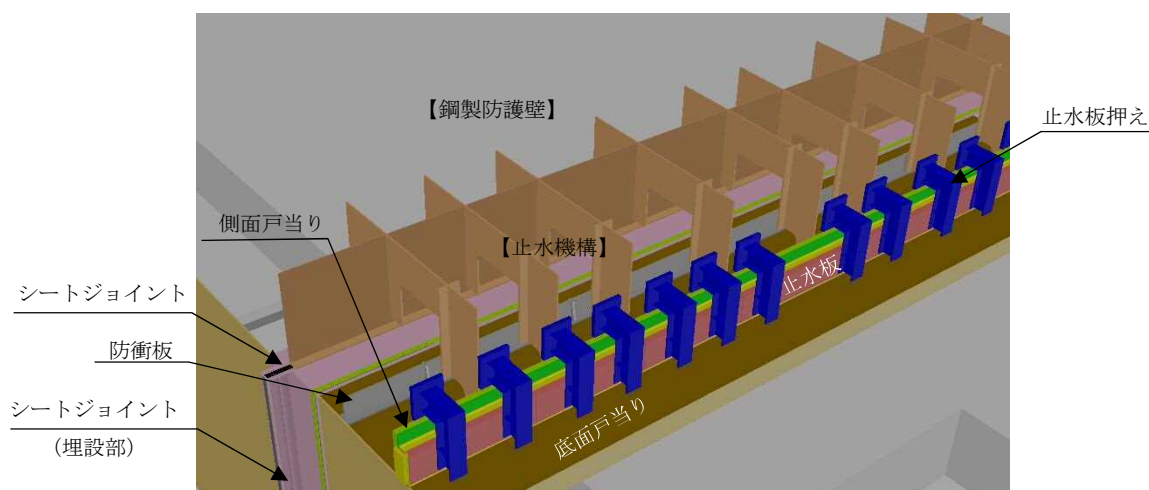
(1) シートジョイントの構造

止水機構の2次止水機構にシートジョイントを設置する。シートジョイントは、防潮堤の境界部に設置する止水ジョイント部材と同等の材質のものを設置する。

鋼製防護壁の端部は、鋼製防護壁の地震時変位による追従性を確保するためシートジョイントに余長を持たせ、変位を吸収する構造とする。また、止水時の水密性を確保するため、埋設部はボルトにて固定し水密性を維持する。シートジョイントの埋設部には、形状維持の観点から砂（珪砂9号）と粘土を充填し形状を確保する。



(止水機構 断面鳥瞰図)



(止水機構 海側南東方向より鳥瞰図)

図 13 止水機構の概要

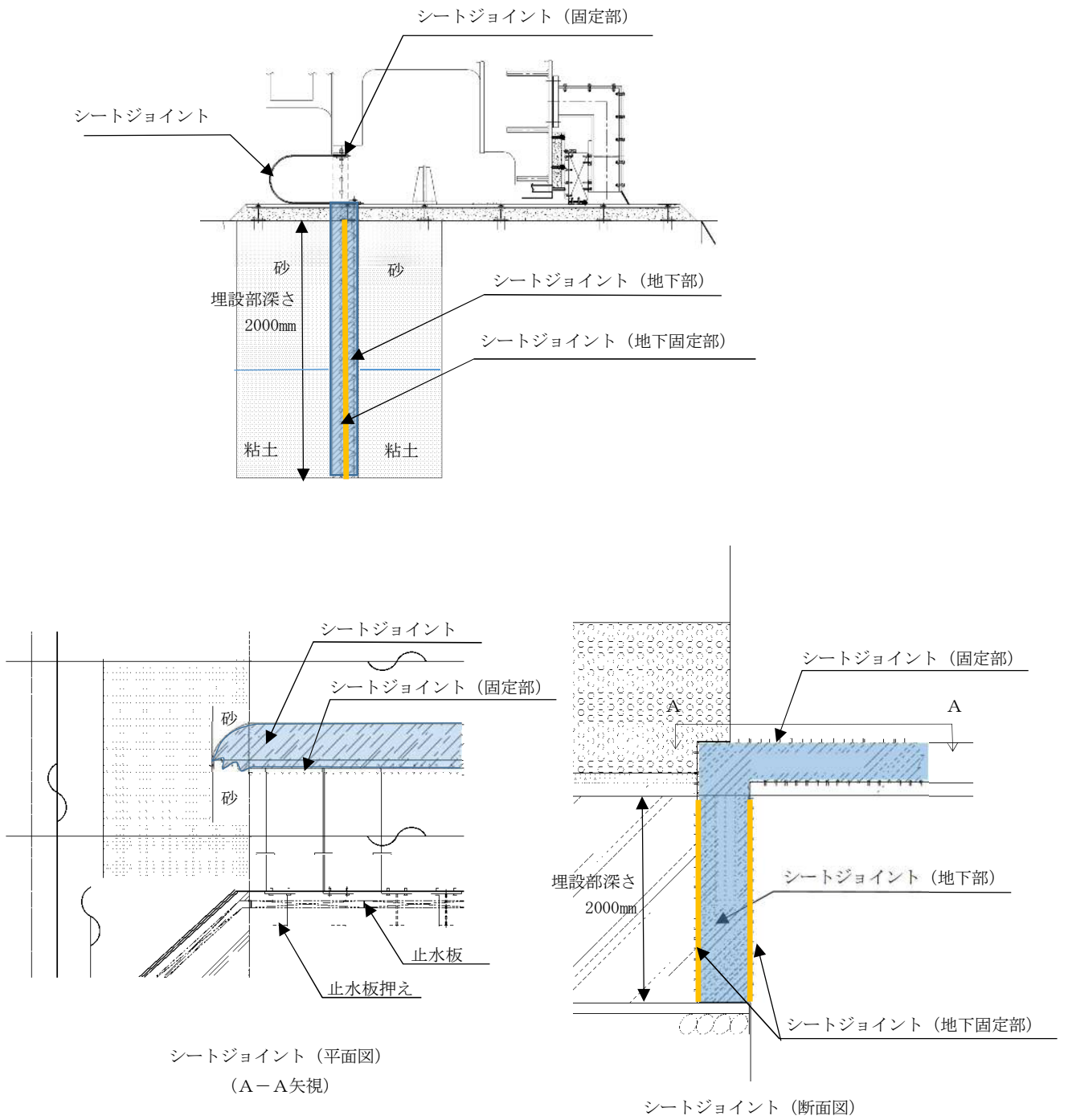


図 14 シートジョイント端部の構造

<シートジョイントの長さの考え方>

シートジョイント固定部の位置が陸側に 700mm 移動した場合の最大変位時の状態のシートジョイントの径間距離にたわみを考慮した長さ (856mm) に両端の取付け部長さ (100mm, 70mm) を加えた長さ (約 1000mm) の 1.5 倍以上とした 1500mm と設定する。図 15 にシートジョイントの長さの設定を示す。

【シートジョイントの固定部位置】：陸側 700mm, 海側 500mm

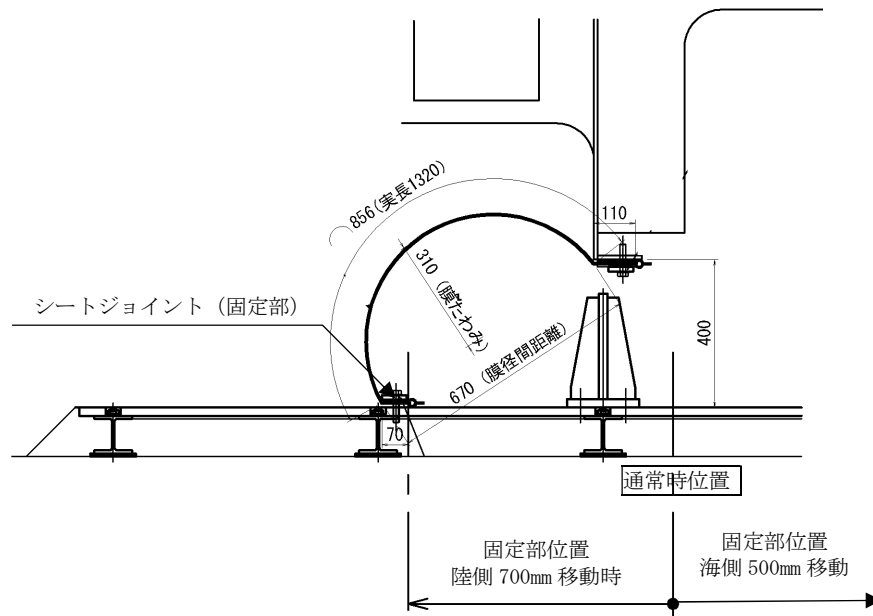


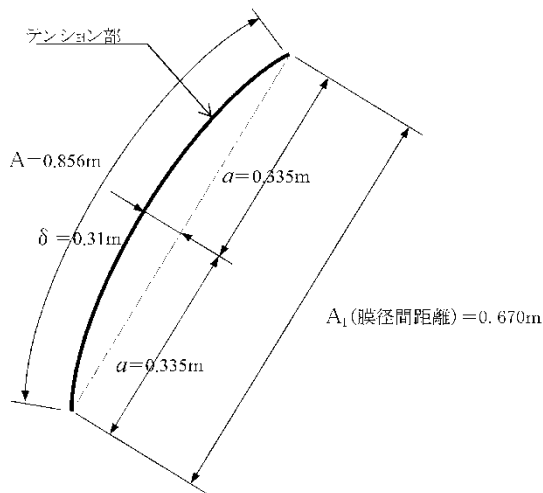
図 15 シートジョイントの長さの設定 (固定部位置陸側 700mm 移動時)

(2) シートジョイントの張力の算出

シートジョイントの構造計算書に用いる張力の計算方法について、以下のとおり。

①張力の算定

2次止水機構のシートジョイントを取付ける場合の張力を算出する。図16にたわみ形状図を示す。



$$T_c = \frac{P_1 \cdot a}{2 \cdot \delta} \cdot \sqrt{a^2 + 4 \cdot \delta^2}$$

- T_c : シートジョイントに発生する張力 (kN/m)
- a : シートジョイントの径間距離 (A1) の1/2
 $a = 0.67 \times 0.5 = 0.335$
- δ : たわみ量 (0.31m)
- P_1 : 水圧 (=211.1kN/m²)

図16 たわみ形状図

②シートジョイント強度の照査

シートジョイントに対する安全率は、 $SF \geq 1.5$ としシートジョイントの必要張力 (T_{cb}) を求める。

$$T_{cb} \geq SF \cdot T_c$$

$$T_{cb} \geq 1.5 \times 80.4 = 120.6 \text{ kN/m}$$

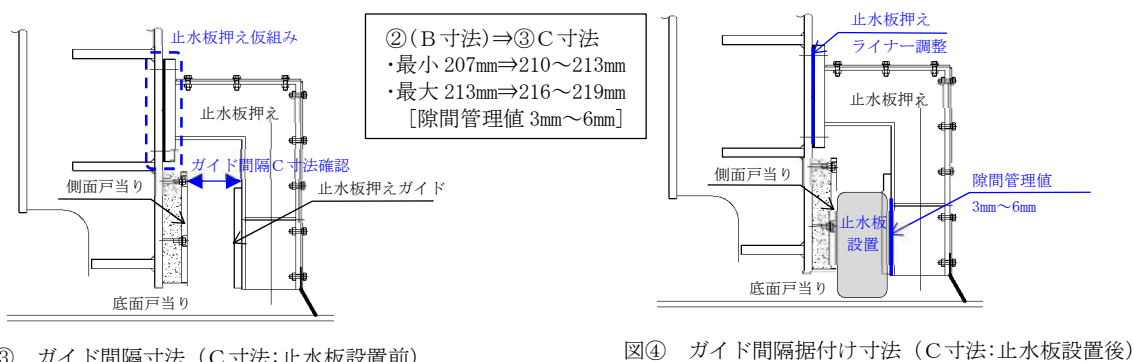
T_c : シートジョイントに発生する張力 (80.4kN/m)

シートジョイントの必要張力は、120.6kN/mより、
 30cmあたり 36.2kN/30cm < 90kN/30cm (判定値) となる。

5. 止水機構の使用前検査の考え方について

止水機構の使用前検査は、前述の3項から4項に記載のある評価対象部位①～⑬について「材料検査」として「主要寸法」「材料」「個数」「外観」の検査を行い、据付け時には「外観・寸法検査」を行う。なお、「材料検査」,「据付け検査」時の公差については、製作誤差等を考慮した判定基準を使用前検査要領書の中で明確に示す。

但し、止水板の「据付け検査」については、止水板の挙動に影響を与えることから、据付け管理の精度を以下の通りとした「据付け検査」を行う。図17に止水板の据付け公差を示す。



図③ ガイド間隔寸法 (C寸法:止水板設置前)

図④ ガイド間隔据付け寸法 (C寸法:止水板設置後)

(単位: mm)

	①止水板A寸法	②止水板ガイド厚さ B寸法	③ガイド間隔 C寸法	④隙間管理値 (C-B)
公称値 / (): 公差	150 (+1mm/-0mm)	210 (±3mm)	213 (+6mm/-3mm)	3 (+3mm/-0mm)
/ [] : 許容範囲	[150~151mm]	[207~213mm]	[210~219mm]	[3~6mm]

図17 止水板の据付け公差について

6.9 浸水防護設備に関する補足説明

下線は、今回提出資料を示す。

目 次

6.9.1 浸水防止蓋，水密ハッチ，水密扉，逆止弁及び貫通部止水処置の設計に関する補足説明

- (1) 概要
- (2) 浸水防止蓋及び水密ハッチの補足説明
 - a. 取水路点検用開口部浸水防止蓋の設計に関する補足説明
 - b. 放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の設計に関する補足説明
 - c. SA用海水ピット開口部浸水防止蓋の設計に関する補足説明
 - d. 緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋の設計に関する補足説明
 - e. 緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の設計に関する補足説明
 - f. 緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の設計に関する補足説明
 - g. 格納容器圧力逃がし装置格納槽点検用水密ハッチの設計に関する補足説明
 - h. 常設低圧代替注水系格納槽点検用水密ハッチの設計に関する補足説明
 - i. 常設低圧代替注水系格納槽可搬型ポンプ用水密ハッチの設計に関する補足説明
 - j. 海水ポンプ室ケーブル点検口浸水防止蓋の設計に関する補足説明
- (3) 逆止弁の補足説明
 - a. 海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の設計に関する補足説明
 - b. 取水ピット空気抜き配管逆止弁の設計に関する補足説明
 - c. 緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の設計に関する補足説明
 - d. 緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁の設計に関する補足説明
- (4) 貫通部浸水処置の補足説明
 - a. 貫通部止水処置の設計に関する補足説明
- (5) 水密扉の補足説明
 - a. 水密扉の設計に関する補足説明

b. 取水ピット空気抜き配管逆止弁の設計に関する補足説明

(a) 固有値解析

イ. 固有周期の計算

固有値解析に用いる記号については、添付書類「V-2-10-2-6-2 取水ピット空気抜き配管逆止弁の耐震性についての計算書」にて示す記号を使用する。

固有周期計算モデルは1質点系モデルとして、重量の不均一性を考慮し、自由端に弁の集中質量を付加する。

モデル化は、各部位の寸法や形状を踏まえ、弁蓋の最小断面が最も大きな固有周期を有するものとし、これを弁全体に一樣断面をもつ片持ちはりに単純化したモデルとする。モデル化の概略を図6.9.1-(3)-b-1に示す。

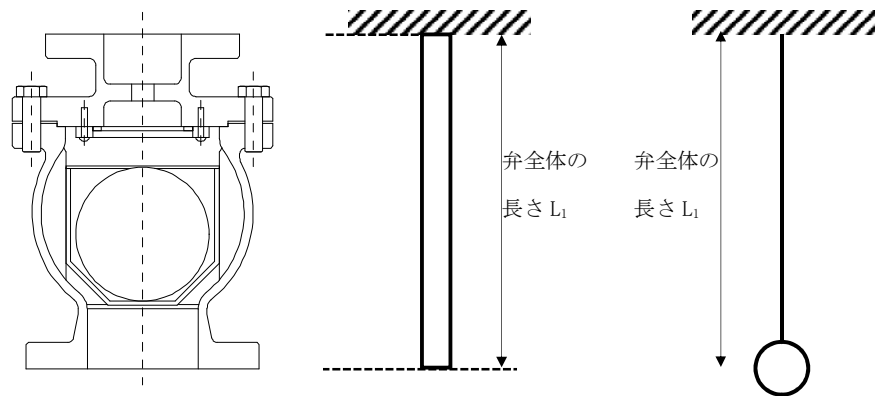


図 6.9.1-(3)-b-1 モデル化の概略

固有周期 T は以下の式より算出する。

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

$$f = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{k}{m}}$$

T : 固有周期 (s)

f : 一次固有振動数 (Hz)

モデルのばね定数 k は、モデルの等価断面二次モーメント I_m を用いて、以下の式より算出する。

$$k = \frac{3 \cdot E \cdot I_m}{(L_1)^3}$$

m : モデルの弁全体質量 (kg) = 31

I_m : モデルの断面二次モーメント (m^4) = I_1

I_1 : 弁蓋の断面二次モーメント (m^4) = 1.765×10^{-6}

モデルの断面二次モーメントは以下の式より算出する。

$$I_1 = (D_1^4 - d_1^4) \cdot \frac{\pi}{64}$$

$$I_m = I_1$$

図 6.9.1-(3)-b-2 に示す構造図から、弁蓋の外径 D_1 、弁蓋の内径 d_1 及びモデルの弁全体長さ L_1 をそれぞれ以下のとおりとする。

D_1 : 弁蓋の外径 (mm) = 88

d_1 : 弁蓋の内径 (mm) = 70

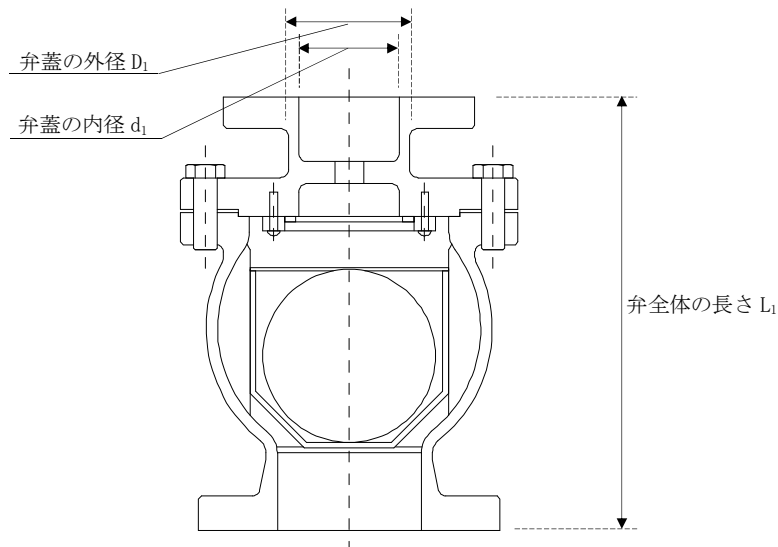


図 6.9.1-(3)-b-2 取水ピット空気抜き配管逆止弁の弁本体構造図

$$I_1 = (88^4 - 70^4) \times \pi / 64$$

$$= 1.76515 \times 10^6 \text{ mm}^4 = 1.76515 \times 10^{-6} \text{ m}^4$$

E: 縦弾性係数 (Pa) = 1.94×10^{11}

JSME S NC1-2005/2007 付録材料図表 Part6 表 1 を用いて計算する。
温度 40 °C におけるオーステナイト系ステンレス鋼の縦弾性係数は、温度 20 °C の縦弾性係数 195000 MPa と、温度 50 °C の縦弾性係数 193000 MPa より、比例法を用いて計算する。

$$195000 + (193000 - 195000) \times (40 - 20) / (50 - 20) = 193667 \text{ MPa}$$

$$= 1.94 \times 10^{11} \text{ (Pa)}$$

以上より、

$$f = 1/2 \pi \cdot \sqrt{(3 \times 1.94 \times 10^{11} \times 1.76515 \times 10^{-6}) / (31 \times (292 \times 10^{-3})^3)}$$

$$= 183.618 \text{ Hz} = 183 \text{ Hz}$$

$$T = 1/183 = 0.00546 \text{ s} = 0.006 \text{ s}$$

ロ. 固有値解析結果

固有周期は 0.006 s であり、 0.05 s 以下であることから、剛構造である。

(参考) 配管を含む支持点間の固有振動数について

取水ピット空気抜き配管逆止弁を含む配管系について、剛構造となる支持間隔で設置することを以下に示す。

逆止弁は、図 1 に示すように床面から配管が立ち上がり、2 箇所の指示構造物により支えられている。この構造を踏まえて以下のように、安全側に評価モデルを設定して固有振動数を求める。

配管は、床面から約 130mm の高さまでグラウトに埋設されており、逆止弁の下側の支持点は床面から約 130mm 上側の箇所となる。また、逆止弁の直上に支持構造部があり、逆止弁の上側の支持点となる。安全側の評価とするため、実際の支持間隔より長い間隔となるように床面から上側の支持構造物間の 1m を支持間隔として評価する。

質量については、逆止弁が 31kg、支持間隔内の配管・フランジが約 11kg であり、合計約 42kg となる。安全側の評価とするため、45kg の質点として評価する。

以上より、評価モデルとしては、図 1 に示されるように、自由端の両持はりとし、支持点の中央に質点があるモデルとする。また、はりの断面は、構成する部材の中で最も肉厚が薄い配管を考慮し、安全側の評価となるように、逆止弁及びフランジの箇所を含めて配管の外径 60.5mm、肉厚 3.4mm の円筒形の断面性能で評価する。

逆止弁、配管及びフランジの仕様について表 1 に示す。

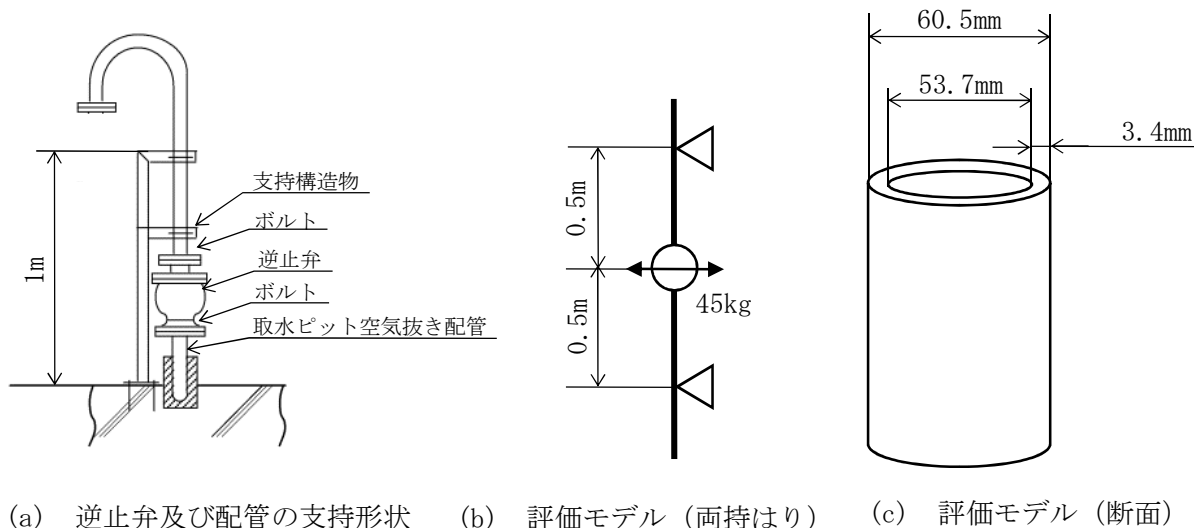


図 1 逆止弁及び配管の支持形状と評価モデル

表 1 逆止弁、配管及びフランジの主な仕様

部材	項目	仕様
逆止弁	口径	65A×100A
	材質	SCS16A (弁箱, 弁蓋)
配管	口径	50A
	材質	SUS316TP
	外径×肉厚	60.5mm×3.4mm
フランジ	圧力温度基準	JIS 10K
	口径	65A×50A, 100A×50A
	材質	SUS316

図 1 に示すはりモデルとして、固有振動数を以下に示す通り求める。また、数式に使用している記号については、表 2 に示す。

なお、縦弾性係数については、逆止弁、配管及びフランジの材質がいずれもオーステナイト系ステンレス鋼となることから、JSME S NC1-2005/2007 付録材料図表 Part6 表 1 を用いて計算する。温度 40 °Cにおけるオーステナイト系ステンレス鋼の縦弾性係数は、温度 20 °Cの縦弾性係数 195000 MPa と、温度 50 °Cの縦弾性係数 193000 MPa より、比例法を用いて計算する。

$$195000 + \frac{193000 - 195000}{50 - 20} \times (40 - 20)$$

$$= 1.94 \times 10^{11} \text{ [Pa]}$$

表 2 評価モデルの固有振動数算出に用いる記号の説明

記号	記号の説明	単位
D _o	評価モデルの断面の外径	m
D _i	評価モデルの断面の内径	m
I	評価モデルの断面二次モーメント	mm ⁴
E	評価モデルの縦弾性係数	Pa
L	評価モデルのはりの支持過間の長さ	m
k	評価モデルのはりのばね係数	N/m
m	評価モデルの質量	kg
f	評価モデルの固有振動数	Hz

評価モデルの断面二次モーメントを以下に示す。

$$\begin{aligned} I &= \frac{\pi}{64} \cdot (D_o^4 - D_i^4) \\ &= \frac{\pi \times (0.0605^4 - 0.0537^4)}{64} \\ &= 2.49450 \times 10^{-7} \text{ [m}^4\text{]} \end{aligned}$$

評価モデルのはりのばね係数を以下に示す。

$$\begin{aligned} k &= \frac{48E \cdot I}{L^3} \\ &= \frac{48 \times 1.94 \times 10^{11} \times 2.49450 \times 10^{-7}}{1^3} \\ &= 2.32287 \times 10^6 \text{ [N / m]} \end{aligned}$$

以上より、固有振動数は以下のとおりとなる。

$$\begin{aligned} f &= \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} \\ &= \frac{1}{2\pi} \times \sqrt{\frac{2322880}{45}} \\ &= 36 \text{ [Hz]} \end{aligned}$$

評価モデルの固有振動数は 20Hz 以上であることから、支持点間の配管系は剛構造となっていることが評価できた。

このため、逆止弁の他に配管及びフランジを含めた配管系は剛構造となる支持間隔で設置することから、取水ピット空気抜き配管逆止弁の評価に当たっては、逆止弁単体での評価とすることができる。

(b) 評価条件の整理

イ. 固定荷重

固定荷重の算出に用いる記号については、添付書類「V-2-10-2-6-2 取水ピット
空気抜き配管逆止弁の耐震性についての計算書」にて示す記号を使用する。

固定荷重は以下のとおりとする。

$$W_{d1} = m_1 \cdot g$$

ここで、

W_{d1} : 弁全体の常時荷重 (N)

m_1 : 弁の全質量 (kg) = 31

g : 重力加速度 (m/s^2) = 9.80665

以上より、

$$\begin{aligned} W_{d1} &= m_1 \cdot g \\ &= 31 \times 9.80665 \\ &= 304.006 \text{ N} \end{aligned}$$

$$W_{d2} = m_2 \cdot g$$

ここで、

W_{d2} : フロートガイドに作用する常時荷重 (N)

m_2 : フロートガイドの質量 (kg) = 1.8

g : 重力加速度 (m/s^2) = 9.80665

以上より、

$$\begin{aligned} W_{d2} &= m_2 \cdot g \\ &= 1.8 \times 9.80665 \\ &= 17.6519 \text{ N} \end{aligned}$$

ロ. 風荷重及び積雪荷重

添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」及び添付書類「V-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」にて設定した荷重の組合せに基づき、考慮しない。

(c) 応力計算

イ. 基準津波時

基準津波時の応力算出に用いる記号については、添付書類「V-3-別添 3-2-5-2 取水ピット空気抜き配管逆止弁の強度計算書」にて示す記号を使用する。

(イ) 荷重条件

(a-1) 固定荷重

固定荷重は「(b) 評価条件の整理」にて示したとおりとする。

(a-2) 積雪荷重

積雪荷重は「(b) 評価条件の整理」にて示したとおりとする。

(a-3) 突き上げ津波荷重

突き上げ津波荷重は以下のとおりとする。

$$P_t = (\rho_o \cdot g \cdot h + 1/2 \cdot C_D \cdot \rho_o \cdot U^2) / 10^6$$

ここで、

P_t : 突き上げ津波荷重 (MPa)

ρ_o : 海水の密度 (kg/m³) = 1030

g : 重力加速度 (m/s²) = 9.80665

h : 津波荷重水位 (m) = 22.0

(基準津波の水位に対し、参照する裕度である+0.65mを含めても十分に保守的である水位として設定した津波荷重水位)

C_D : 抗力係数 = 2.01

U : 流速 (m/s) = 2.0

以上より、

$$P_t = (1030 \times 9.80665 \times 22.0 + 1/2 \times 2.01 \times 1030 \times 2.0^2) / 10^6 \\ = 0.226359 \text{ MPa}$$

(ロ) 各部の応力計算

(a-1) 弁蓋の発生応力

$$\sigma_{t1} = \frac{W_1 + P_t \cdot A_2}{A_1}$$

ここで、

σ_{t1} : 弁蓋に加わる圧縮応力 (MPa)

W_1 : 弁全体の常時荷重 (N) = $W_{d1} = 304.006$

P_t : 突き上げ津波荷重 (MPa) = 0.226359

図 6.9.1-(3)-b-3 に示す構造図から、突き上げ津波荷重が弁蓋に作用する評価に用いる受圧面の直径 D_1 、弁蓋の外径 D_3 及び弁蓋の内径 d_3 をそれぞれ以下のとおりとする。

D_1 : 突き上げ津波荷重が弁蓋に作用する評価に用いる
受圧面の直径 (mm) = 154

D_3 : 弁蓋の外径 (mm) = 88

d_3 : 弁蓋の内径 (mm) = 70

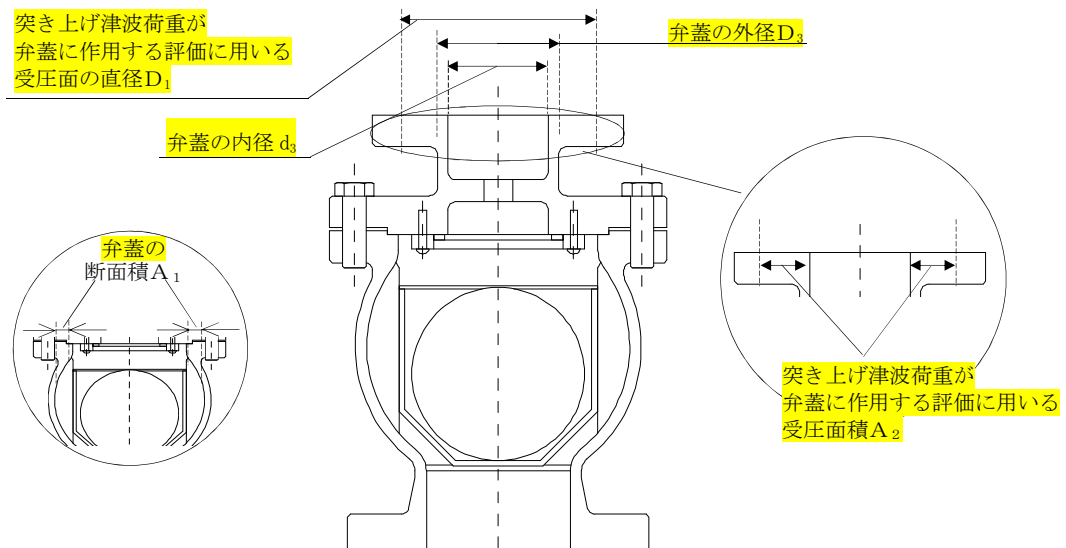


図 6.9.1-(3)-b-3 取水ピット空気抜き配管逆止弁の弁蓋の受圧面の寸法図

A_2 : 突き上げ津波荷重が弁蓋に作用する評価に用いる
受圧面積 (mm²) = 1.478×10^4

$$A_2 = (154^2 - 70^2) \times \pi / 4$$

$$= 14778.0 \text{ mm}^2 = 1.478 \times 10^4 \text{ mm}^2$$

A_1 : 弁蓋の断面積 (mm²) = 2.234×10^3

$$A_1 = (88^2 - 70^2) \times \pi / 4$$

$$= 2233.67 \text{ mm}^2 = 2.234 \times 10^3 \text{ mm}^2$$

$$\text{圧縮応力 } \sigma_{t1} = (304.006 + 0.226359 \times 1.478 \times 10^4) / (2.234 \times 10^3)$$

$$= 1.63365 \text{ MPa} = 2 \text{ MPa}$$

(a-2) フロートガイドの発生応力

$$\sigma_{t2} = \frac{W_2 + P_t \cdot A_4}{A_3}$$

ここで、

σ_{t2} : フロートガイドに加わる圧縮応力 (MPa)

W_2 : フロートガイドの常時荷重 (N) = $W_{d2} = 17.6519$

P_t : 突き上げ津波荷重 (MPa) = 0.226359

図 6.9.1-(3)-b-4 に示す寸法図から、フロートガイドの外径 D_2 、フロートガイドの内径 d_2 、突き上げ津波荷重がフロートガイドに作用する評価に用いる受圧面の直径及び突き上げ津波荷重がフロートガイドに作用する評価に用いる受圧面の内径をそれぞれ以下のとおりとする。

D_4 : フロートガイドの外径 (mm) = 62

d_4 : フロートガイドの内径 (mm) = 56

D_2 : 突き上げ津波荷重がフロートガイドに作用する評価に用いる受圧面の直径 (mm) = 135.7

d_2 : 突き上げ津波荷重がフロートガイドに作用する評価に用いる受圧面の内径 (mm) = 128

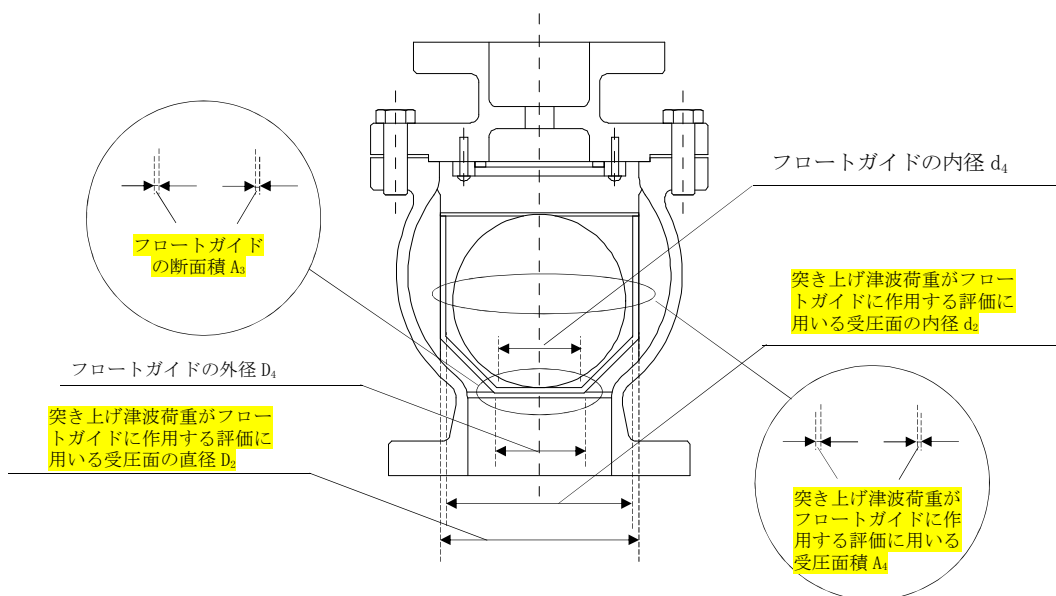


図 6.9.1-(3)-b-4 取水ピット空気抜き配管逆止弁のフロートガイド構造図

A_3 : フロートガイドの断面積 (mm²) = 5.561×10^2

$$A_3 = (62^2 - 56^2) \times \pi / 4$$

$$= 556.061 \text{ mm}^2 = 5.561 \times 10^2 \text{ mm}^2$$

A_4 : 突き上げ津波荷重がフロートガイドに作用する評価に用いる受圧面積 (mm²) = 1.595×10^3

$$A_4 = (135.7^2 - 128^2) \times \pi / 4$$

$$= 1594.74 \text{ mm}^2 = 1.595 \times 10^3 \text{ mm}^2$$

$$\text{圧縮応力 } \sigma_{t2} = (17.6519 + 0.226359 \times 1.595 \times 10^3) / (5.561 \times 10^2)$$

$$= 0.680982 \text{ MPa} = 1 \text{ MPa}$$

(a-3) 弁蓋ボルトの発生応力

$$\sigma_{t3} = \frac{W_1 + P_t \cdot A_6}{A_5 \cdot n}$$

ここで、

σ_{t3} : 弁蓋ボルト 1 本当当たりのねじ部に加わる引張応力 (MPa)

W_1 : 弁全体の常時荷重 (N) = $W_{d1} = 304.006$

P_t : 突き上げ津波荷重 (MPa) = 0.226359

A_5 : 弁蓋ボルトのねじ部の断面積 (mm^2) = 2.011×10^2

呼び径 16mm のボルトの断面積であるため

$A_5 = 16^2 \times \pi / 4 = 201.061 \text{ mm}^2 = 2.011 \times 10^2 \text{ mm}^2$

A_6 : 突き上げ津波荷重が弁蓋に作用する評価に用いる

受圧面積 (mm^2) = $A_2 = 1.478 \times 10^4$

n : 弁蓋ボルトの本数 (本) = 8

弁蓋ボルト 1 本当当たりのねじ部に

$$\text{加わる引張応力 } \sigma_{t3} = (304.006 + 0.226359 \times 1.478 \times 10^4)$$

$$/ (2.011 \times 10^2 \times 8)$$

$$= 2.26851 \text{ MPa} = 3 \text{ MPa}$$

(a-4) フロートに発生する圧力

波圧によりフロートに発生する圧力 P_w は突き上げ津波荷重 P_t の算出結果をもとに設定する。基準津波による突き上げ津波荷重 P_t は以下のとおりである。

$$P_t = 0.226359 \text{ (MPa)}$$

上記の算出結果を踏まえ、波圧によりフロートに発生する圧力 P_w を 0.3 (MPa) とする。

ロ. S_s 地震時

S_s 地震時の応力算出に用いる記号については、添付書類「V-2-10-2-6-2 取水ピット空気抜き配管逆止弁の耐震性についての計算書」にて示す記号を使用する。

(イ) 荷重条件

(a-1) 固定荷重

固定荷重は「(b) 評価条件の整理」にて示したとおりとする。

(a-2) 積雪荷重

積雪荷重は「(b) 評価条件の整理」にて示したとおりとする。

(a-3) S_s 地震荷重

応力評価に用いる基準地震動 S_s による設計震度を表 6.9.1-(3)-b-1 に示す。

固有値解析結果より、取水ピット空気抜き配管逆止弁の固有周期が 0.05s 以下であることを確認したため、評価用加速度には最大床加速度の 1.2 倍を使用する。

表 6.9.1-(3)-b-1 応力評価に用いる基準地震動 S_s による設計震度

基準地震動 S_s による設計震度*	
水平方向 C_H	鉛直方向 C_V
1.10	1.03

注記 * : 固有値解析結果より、取水ピット空気抜き配管逆止弁の固有周期が 0.05s 以下であることを確認したため、評価用加速度には最大床加速度の 1.2 倍を使用する。

(a-3-1) 弁蓋

(a-3-1-1) 鉛直加速度負荷時

$$W_{d1} = m_1 \cdot g$$

$$F_{V1} = m_1 \cdot C_V \cdot g$$

ここで、

W_{d1} : 弁全体の常時荷重 (N)

F_{V1} : 弁蓋に加わる鉛直方向地震荷重 (N)

C_V : 鉛直方向の設計震度 = 1.03

m_1 : 弁の質量 (kg) = 31

g : 重力加速度 (m/s^2) = 9.80665

$$W_{d1} = 31 \times 9.80665$$

$$= 304.006 \text{ N}$$

$$F_{V1} = 31 \times 1.03 \times 9.80665$$

$$= 313.126 \text{ N}$$

(a-3-1-2) 水平加速度負荷時

$$F_{H1} = m_1 \cdot C_H \cdot g$$

$$M_1 = F_{H1} \cdot L_1$$

ここで、

F_{H1} : 弁全体の最下端に加わる水平方向地震荷重 (N)

M_1 : 弁蓋に発生する曲げモーメント ($N \cdot mm$)

L_1 : 弁全体長さ (mm) = 292

C_H : 水平方向の設計震度 = 1.10

m_1 : 弁の質量 (kg) = 31

g : 重力加速度 (m/s^2) = 9.80665

$$F_{H1} = 31 \times 1.10 \times 9.80665$$

$$= 334.406 \text{ N}$$

$$M_1 = 334.406 \times 292$$

$$= 97646.5 \text{ N} \cdot mm$$

(a-3-2) フロートガイド

(a-3-2-1) 鉛直加速度負荷時

$$W_{d2} = m_2 \cdot g$$

$$F_{V2} = m_2 \cdot C_V \cdot g$$

ここで、

W_{d2} : フロートガイドに作用する常時荷重 (N)

F_{V2} : フロートガイドに加わる鉛直方向地震荷重 (N)

C_V : 鉛直方向の設計震度 = 1.03

m_2 : フロートガイドの質量 (kg) = 1.8

g : 重力加速度 (m/s^2) = 9.80665

$$W_{d2} = 1.8 \times 9.80665$$

$$= 17.6519 \text{ N}$$

$$F_{V2} = 1.8 \times 1.03 \times 9.80665$$

$$= 18.1815 \text{ N}$$

(a-3-2-2) 水平加速度負荷時

$$F_{H2} = m_2 \cdot C_H \cdot g$$

$$M_2 = F_{H2} \cdot L_2$$

ここで、

F_{H2} : フロートガイドの最下端に加わる水平方向地震荷重 (N)

M_2 : フロートガイドに発生する曲げモーメント (N・mm)

L_2 : フロートガイドの長さ (mm) = 123

C_H : 水平方向の設計震度 = 1.10

m_2 : フロートガイドの質量 (kg) = 1.8

g : 重力加速度 (m/s^2) = 9.80665

$$F_{H2} = 1.8 \times 1.10 \times 9.80665$$

$$= 19.4171 \text{ N}$$

$$M_2 = 19.4171 \times 123$$

$$= 2388.30 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

(a-3-3) 弁蓋ボルト

(a-3-3-1) 鉛直加速度負荷時

弁全体の常時荷重 W_{d1} 及び弁蓋に加わる鉛直方向荷重 F_{V1} が作用する。

(a-3-3-2) 水平加速度負荷時

弁全体の最下端に加わる水平方向地震荷重 F_{H1} が作用する。

(ロ) 各部の応力計算

(a-1) 弁蓋の発生応力

$$\sigma_{v1} = \frac{W_{d1} + F_{v1}}{A_1}$$

ここで、

σ_{v1} : 弁蓋に加わる引張応力 (MPa)

W_{d1} : 弁全体の常時荷重 (N) = 304.006

F_{v1} : 弁蓋に加わる鉛直方向荷重 (N) = 313.126

A_1 : 弁蓋の断面積 (mm²) = 2.234 × 10³

弁蓋の外径 D_1 及び弁蓋の内径 d_1 をそれぞれ以下のとおりとする。

D_1 : 弁蓋の外径 (mm) = 88

d_1 : 弁蓋の内径 (mm) = 70

$$\begin{aligned} A_1 &= (88^2 - 70^2) \times \pi / 4 \\ &= 2233.67 \text{ mm}^2 = 2.234 \times 10^3 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{引張応力 } \sigma_{v1} &= (304.006 + 313.126) / (2.234 \times 10^3) \\ &= 0.276245 \text{ MPa} = 1 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\sigma_{H1} = \frac{M_1 \cdot D_1 / 2}{I_1}$$

ここで、

σ_{H1} : 弁蓋に加わる曲げ応力 (MPa)

M_1 : 弁蓋に発生する曲げモーメント (N・mm) = 97646.5

I_1 : 弁蓋の断面二次モーメント (mm⁴) = 1.76515 × 10⁶

弁蓋の外径 D_1 及び弁蓋の内径 d_1 をそれぞれ以下のとおりとする。

D_1 : 弁蓋の外径 (mm) = 88

d_1 : 弁蓋の内径 (mm) = 70

$$\begin{aligned} I_1 &= (D_1^4 - d_1^4) \cdot \frac{\pi}{64} \\ I_1 &= (88^4 - 70^4) \times \pi / 64 \\ &= 1.76515 \times 10^6 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{曲げ応力 } \sigma_{H1} &= (97646.5 \times (88/2)) / (1.76515 \times 10^6) \\ &= 2.43404 \text{ MPa} = 3 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\text{組合せ応力 } \sigma_{v1} + \sigma_{H1} = 1 + 3 = 4 \text{ MPa}$$

(a-2) フロートガイドの発生応力

$$\sigma_{v2} = \frac{W_{d2} + F_{v2}}{A_2}$$

ここで、

σ_{v2} : フロートガイドに加わる引張応力 (MPa)

W_{d2} : フロートガイドの常時荷重 (N) = 17.6519

F_{v2} : フロートガイドに加わる鉛直方向荷重 (N) = 18.1815

A_2 : フロートガイドの断面積 (mm^2) = 5.561×10^2

フロートガイドの外径 D_2 及びフロートガイドの内径 d_2 をそれぞれ以下のとおりとする。

D_2 : フロートガイドの外径 (mm) = 62

d_2 : フロートガイドの内径 (mm) = 56

$$A_2 = (62^2 - 56^2) \times \pi / 4 \\ = 556.061 \text{ mm}^2 = 5.561 \times 10^2 \text{ mm}^2$$

$$\text{引張応力 } \sigma_{v2} = (17.6519 + 18.1815) / (5.561 \times 10^2) \\ = 0.0644369 \text{ MPa} = 1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{H2} = \frac{M_2 \cdot D_2 / 2}{I_2}$$

ここで、

σ_{H2} : フロートガイドに加わる曲げ応力 (MPa)

M_2 : フロートガイドに発生する曲げモーメント ($\text{N} \cdot \text{mm}$) = 2388.30

D_2 : フロートガイドの外径 (mm) = 62

I_2 : フロートガイドの断面二次モーメント (mm^4) = 2.42582×10^5

フロートガイドの外径 D_2 及びフロートガイドの内径 d_2 をそれぞれ以下のとおりとする。

D_2 : フロートガイドの外径 (mm) = 62

d_2 : フロートガイドの内径 (mm) = 56

$$I_2 = (D_2^4 - d_2^4) \cdot \frac{\pi}{64} \\ I_2 = (62^4 - 56^4) \times \pi / 64 \\ = 2.42582 \times 10^5 \text{ mm}^4$$

$$\text{曲げ応力 } \sigma_{H2} = (2388.30 \times (62/2)) / (2.42582 \times 10^5) \\ = 0.305205 \text{ MPa} = 1 \text{ MPa}$$

組合せ応力 $\sigma_{v1} + \sigma_{H1} = 1 + 1 = 2 \text{ MPa}$

(a-3) 弁蓋ボルトの発生応力

$$\sigma_{bv} = \frac{W_{d1} + F_{V1}}{A_3 \cdot n}$$

ここで、

σ_{bv} : 鉛直方向地震加速度により弁蓋ボルト 1 本あたりに加わる引張応力 (MPa)

W_{d1} : 弁全体の常時荷重 (N) = 304.006

F_{V1} : 弁蓋に加わる鉛直方向荷重 (N) = 313.126

A_3 : 弁蓋ボルトのねじ部の断面積 (mm^2) = 2.011×10^2

呼び径 16mm のボルトの断面積であるため

$$A_3 = 16^2 \times \pi / 4 = 201.061 \text{ mm}^2 = 2.011 \times 10^2 \text{ mm}^2$$

n : 弁蓋ボルトの本数 (本) = 8

$$\begin{aligned} \text{鉛直方向地震荷重による引張応力 } \sigma_{bv} &= (304.006 + 313.126) \\ & / (2.011 \times 10^2 \times 8) \\ & = 0.383597 \text{ MPa} = 1 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\tau_1 = \frac{F_{H1}}{A_3 \cdot n}$$

ここで、

τ_1 : 弁蓋ボルトに加わるせん断応力 (MPa)

F_{H1} : 弁全体の最下端に加わる水平方向地震荷重 (N) = 334.406

A_3 : 弁蓋ボルトのねじ部の断面積 (mm^2) = 2.011×10^2

n : 弁蓋ボルトの本数 (本) = 8

$$\begin{aligned} \text{せん断応力 } \tau_1 &= (334.406) / (2.011 \times 10^2 \times 8) \\ & = 0.207860 \text{ MPa} = 1 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\sigma_{bh} = \frac{F_{H1} \cdot L_1}{D_p \cdot A_3}$$

ここで、

σ_{bh} : 水平方向地震加速度によるモーメント力により弁蓋ボルト 1 本あたりに加わる引張応力 (MPa)

F_{H1} : 弁全体の最下端に加わる水平方向地震荷重 (N) = 334.406

L_1 : 弁全体長さ (mm) = 292

D_p : 弁蓋ボルトのピッチサークル = 200

A_3 : 弁蓋ボルトのねじ部の断面積 (mm^2) = 2.011×10^2

$$\begin{aligned} \text{モーメントによる引張応力 } \sigma_{bh} &= (334.406 \times 292) / (200 \times 2.011 \times 10^2) \\ & = 2.42781 \text{ MPa} = 3 \text{ MPa} \end{aligned}$$

弁蓋ボルトの引張応力 $\sigma_{bH} + \sigma_{bV} = 1 + 3 = 4 \text{ MPa}$

ハ. 基準津波+S_d地震時

基準津波+S_d地震時の応力算出に用いる記号については、添付書類「V-3-別添 3-2-5-2「取水ピット空気抜き配管逆止弁の強度計算書」にて示す記号を使用する。

(イ) 荷重条件

(a-1) 固定荷重

固定荷重は「(b) 評価条件の整理」にて示したとおりとする。

(a-2) 積雪荷重

積雪荷重は「(b) 評価条件の整理」にて示したとおりとする。

(a-3) 基準津波荷重

突き上げ津波荷重は「イ. 基準津波時」にて示したとおりとする。

(a-4) S_d地震荷重

応力評価に用いる弾性設計用地震動 S_dによる設計震度を表 6.9.1-(3)-b-2 に示す。

固有値解析結果より、取水ピット空気抜き配管逆止弁の固有周期が 0.05s 以下であることを確認したため、評価用加速度には最大床加速度の 1.2 倍を使用する。

表 6.9.1-(3)-b-2 応力評価に用いる弾性設計用地震動 S_dによる設計震度

弾性設計用地震動 S _d による設計震度*	
水平方向 C _{Hsd}	鉛直方向 C _{Vsd}
0.61	0.43

注記 : 固有値解析結果より、取水ピット空気抜き配管逆止弁の固有周期が 0.05s 以下であることを確認したため、評価用加速度には最大床加速度の 1.2 倍を使用する。

(a-4-1) 弁蓋

(a-4-1-1) 鉛直加速度負荷時

$$F_{V1} = m_1 \cdot C_{VSd} \cdot g$$

$$P_{VSd} = \rho_o \cdot C_{VSd} \cdot g \cdot H$$

ここで、

F_{V1} : 弁蓋に加わる鉛直方向地震荷重 (N)

C_{VSd} : 鉛直方向の設計震度 = 0.43

m_1 : 弁の質量 (kg) = 31

g : 重力加速度 (m/s^2) = 9.80665

P_{VSd} : 鉛直加速度により加わる動水圧荷重 (MPa)

ρ_o : 海水の密度 (kg/m^3) = 1030

H : 接続高さ (m) = 22.0

$$F_{V1} = 31 \times 0.43 \times 9.80665$$

$$= 130.722 \text{ N}$$

$$P_{VSd} = 1030 \times 0.43 \times 9.80665 \times 22.0$$

$$= 95554.0 \text{ Pa} = 0.0955540 \text{ MPa}$$

(a-4-1-2) 水平加速度負荷時

$$F_{H1} = m_1 \cdot C_{HSd} \cdot g$$

$$M_1 = F_{H1} \cdot L_1$$

$$P_{HSd} = \beta \cdot 7/8 \cdot \rho_o \cdot C_{HSd} \cdot g \cdot H$$

ここで、

F_{H1} : 弁全体の最下端に加わる水平方向地震荷重 (N)

M_1 : 弁蓋に発生する曲げモーメント (N・mm)

L_1 : 弁全体長さ (mm) = 292

C_{HSd} : 水平方向の設計震度 = 0.61

m_1 : 弁の質量 (kg) = 31

g : 重力加速度 (m/s^2) = 9.80665

P_{HSd} : 水平加速度により加わる動水圧荷重 (MPa)

β : 浸水エリアの幅と水深の比による補正係数 = 1.0

ρ_o : 海水の密度 (kg/m^3) = 1030

H : 接続高さ (m) = 22.0

$$F_{H1} = 31 \times 0.61 \times 9.80665$$

$$= 185.443 \text{ N}$$

$$M_1 = 185.443 \times 292$$

$$= 54149.3 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$P_{HSd} = 1.0 \times 7/8 \times 1030 \times 0.61 \times 9.80665 \times 22.0$$

$$=118609 \text{ Pa}=0.118609 \text{ MPa}$$

(a-4-2) フロートガイド

(a-4-2-1) 鉛直加速度負荷時

$$F_{V2}=m_2 \cdot C_{VSd} \cdot g$$

ここで、

F_{V2} : フロートガイドに加わる鉛直方向地震荷重 (N)

C_{VSd} : 鉛直方向の設計震度=0.43

m_2 : フロートガイドの質量 (kg) =1.8

g : 重力加速度 (m/s^2) =9.80665

$$F_{V2}=1.8 \times 0.43 \times 9.80665$$

$$=7.59034 \text{ N}$$

(a-4-2-2) 水平加速度負荷時

$$F_{H2}=m_2 \cdot C_{HSd} \cdot g$$

$$M_2=F_{H2} \cdot L_2$$

ここで、

F_{H2} : フロートガイドの最下端に加わる水平方向地震荷重 (N)

M_2 : フロートガイドに発生する曲げモーメント ($\text{N}\cdot\text{mm}$)

L_2 : フロートガイドの長さ (mm) =123

C_{HSd} : 水平方向の設計震度=0.61

m_2 : フロートガイドの質量 (kg) =1.8

g : 重力加速度 (m/s^2) =9.80665

$$F_{H2}=1.8 \times 0.61 \times 9.80665$$

$$=10.7677 \text{ N}$$

$$M_2=10.7677 \times 123$$

$$=1324.42 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

(a-4-3) 弁蓋ボルト

(a-4-3-1) 鉛直加速度負荷時

弁全体の常時荷重 W_1 及び弁蓋に加わる鉛直方向荷重 F_{V1} が作用する。

(a-4-3-2) 水平加速度負荷時

弁全体の最下端に加わる水平方向地震荷重 F_{H1} が作用する。

(ロ) 各部の応力計算

(a-1) 弁蓋の発生応力

$$\sigma_{v1} = \frac{W_1 + F_{v1} + (P_t + P_{Hsd} + P_{Vsd}) \cdot A_2}{A_1}$$

ここで、

σ_{v1} : 弁蓋に加わる圧縮応力 (MPa)

W_1 : 弁全体の常時荷重 (N) = 304.006

F_{v1} : 弁蓋に加わる鉛直方向荷重 (N) = 130.722

P_t : 突き上げ津波荷重 (MPa) = 0.226359

P_{Hsd} : 水平加速度により加わる動水圧荷重 (MPa) = 0.118609

P_{Vsd} : 鉛直加速度により加わる動水圧荷重 (MPa) = 0.0955540

A_1 : 弁蓋の断面積 (mm^2) = 2.234×10^3

A_2 : 突き上げ津波荷重が弁蓋に作用する評価に用いる
受圧面積 (mm^2) = 1.478×10^4

$$\begin{aligned} \text{圧縮応力 } \sigma_{v1} &= (304.006 + 130.722 + (0.226359 + 0.0955540 + 0.118609) \times 1.478 \times 10^4) \\ &\quad / (2.234 \times 10^3) \\ &= 3.10906 \text{ MPa} = 4 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\sigma_{H1} = \frac{M_1 \cdot D_3 / 2}{I_1}$$

ここで、

σ_{H1} : 弁蓋に加わる曲げ応力 (MPa)

M_1 : 弁蓋に発生する曲げモーメント ($\text{N} \cdot \text{mm}$) = 54149.3

I_1 : 弁蓋の断面二次モーメント (mm^4) = 1.76515×10^6

D_3 : 弁蓋の外径 (mm) = 88

$$\begin{aligned} \text{曲げ応力 } \sigma_{H1} &= (54149.3 \times (88/2)) / (1.76515 \times 10^6) \\ &= 1.34978 \text{ MPa} = 2 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\text{組合せ応力 } \sigma_{v1} + \sigma_{H1} = 4 + 2 = 6 \text{ MPa}$$

(a-2) フロートガイドの発生応力

$$\sigma_{v2} = \frac{W_2 + F_{v2} + (P_t + P_{Hsd} + P_{Vsd}) \cdot A_4}{A_3}$$

ここで、

σ_{v2} : フロートガイドに加わる圧縮応力 (MPa)

W_2 : フロートガイドの常時荷重 (N) = $W_{d2} = 17.6519$

F_{v2} : フロートガイドに加わる鉛直方向荷重 (N) = 7.59034

P_t : 突き上げ津波荷重 (MPa) = 0.226359

P_{Hsd} : 水平加速度により加わる動水圧荷重 (MPa) = 0.118609

P_{Vsd} : 鉛直加速度により加わる動水圧荷重 (MPa) = 0.0955540

A_3 : フロートガイドの断面積 (mm^2) = 5.561×10^2

A_4 : 突き上げ津波荷重がフロートガイドに作用する評価に用いる
受圧面積 (mm^2) = 1.595×10^3

$$\begin{aligned} \text{圧縮応力 } \sigma_{v2} &= (17.6519 + 7.59034 + (0.226359 + 0.0955540 + 0.118609) \times 1.595 \times 10^3) \\ &\quad / (5.561 \times 10^2) \\ &= 1.30889 \text{ MPa} = 2 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\sigma_{H2} = \frac{M_2 \cdot D_4 / 2}{I_2}$$

ここで、

σ_{H2} : フロートガイドに加わる曲げ応力 (MPa)

M_2 : フロートガイドに発生する曲げモーメント ($\text{N} \cdot \text{mm}$) = 1324.42

I_2 : フロートガイドの断面二次モーメント (mm^4) = 2.42582×10^5

D_4 : フロートガイドの外径 (mm) = 62

$$\begin{aligned} \text{曲げ応力 } \sigma_{H2} &= (1324.42 \times (62/2)) / (2.42582 \times 10^5) \\ &= 0.169250 \text{ MPa} = 1 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\text{組合せ応力 } \sigma_{v2} + \sigma_{H2} = 2 + 1 = 3 \text{ MPa}$$

(a-3) 弁蓋ボルトの発生応力

$$\sigma_{v3} = \frac{W_1 + F_{V1} + (P_t + P_{Hsd} + P_{Vsd}) \cdot A_6}{A_5 \cdot n}$$

ここで、

σ_{v3} : 弁蓋ボルト 1 本当たりのねじ部に加わる引張応力 (MPa)

W_1 : 弁全体の常時荷重 (N) = $W_{d1} = 304.006$

F_{V1} : 弁蓋に加わる鉛直方向荷重 (N) = 130.722

P_t : 突き上げ津波荷重 (MPa) = 0.226359

P_{Hsd} : 水平加速度により加わる動水圧荷重 (MPa) = 0.118609

P_{Vsd} : 鉛直加速度により加わる動水圧荷重 (MPa) = 0.0955540

A_5 : 弁蓋ボルトのねじ部の断面積 (mm^2) = 2.011×10^2

A_6 : 突き上げ津波荷重が弁蓋ボルトに作用する評価に用いる
受圧面積 (mm^2) = $A_2 = 1.478 \times 10^4$

n : 弁蓋ボルトの本数 (本) = 8

弁蓋ボルト 1 本当たりのねじ部に加わる引張応力

$$\begin{aligned}\sigma_{v3} &= (304.006 + 130.722 + (0.226359 + 0.0955540 + 0.118609) \times 1.478 \times 10^4) \\ &\quad / (2.011 \times 10^2 \times 8) \\ &= 4.31728 \text{ MPa} = 5 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$\tau_1 = \frac{F_{H1}}{A_5 \cdot n}$$

ここで、

τ_1 : 弁蓋ボルトのねじ部に加わるせん断応力 (MPa)

F_{H1} : 弁全体の最下端に加わる水平方向地震荷重 (N) = 185.443

A_5 : 弁蓋ボルトのねじ部の断面積 (mm^2) = 2.011×10^2

n : 弁蓋ボルトの本数 (本) = 8

$$\begin{aligned}\text{せん断応力 } \tau_1 &= (185.443) / (2.011 \times 10^2 \times 8) \\ &= 0.115267 \text{ MPa} = 1 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$\sigma_{v4} = \frac{F_{H1} \cdot L_1}{D_p \cdot A_5}$$

ここで、

σ_{v4} : モーメントにより弁蓋ボルト 1 本当たりの
ねじ部に加わる引張応力 (MPa)

F_{H1} : 弁全体の最下端に加わる水平方向地震荷重 (N) = 185.443

L_1 : 弁全体長さ (mm) = 292

D_p : 弁蓋ボルトのピッチサークル = 200

A_5 : 弁蓋ボルトのねじ部の断面積 (mm^2) = 2.011×10^2

モーメントにより弁蓋ボルト 1 本当たりのねじ部に加わる引張応力

$$\sigma_{v4} = (185.443 \times 292) / (200 \times 2.011 \times 10^2) = 1.34632 \text{ MPa} = 2 \text{ MPa}$$

弁蓋ボルトの引張応力 $\sigma_{v3} + \sigma_{v4} = 5 + 2 = 7 \text{ MPa}$

二. 敷地に遡上する津波時

敷地に遡上する津波時の応力算出に用いる記号については、添付書類「V-3-別添 3-2-5-2 取水ピット空気抜き配管逆止弁の強度計算書」にて示す記号を使用する。

(イ) 荷重条件

(a-1) 固定荷重

固定荷重は「(b) 評価条件の整理」にて示したとおりとする。

(a-2) 積雪荷重

積雪荷重は「(b) 評価条件の整理」にて示したとおりとする。

(a-3) 突き上げ津波荷重

突き上げ津波荷重は以下のとおりとする。

$$P_t = (\rho_o \cdot g \cdot h + 1/2 \cdot C_D \cdot \rho_o \cdot U^2) / 10^6$$

ここで、

P_t : 突き上げ津波荷重 (MPa)

ρ_o : 海水の密度 (kg/m³) = 1030

g : 重力加速度 (m/s²) = 9.80665

h : 津波荷重水位 (m) = 26.0

C_D : 抗力係数 = 2.01

U : 流速 (m/s) = 2.0

以上より、

$$\begin{aligned} P_t &= (1030 \times 9.80665 \times 26.0 + 1/2 \times 2.01 \times 1030 \times 2.0^2) / 10^6 \\ &= 0.266762 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(ロ) 各部の応力計算

(a-1) 弁蓋の発生応力

$$\sigma_{t1} = \frac{W_1 + P_t \cdot A_2}{A_1}$$

ここで、

σ_{t1} : 弁蓋に加わる圧縮応力 (MPa)

W_1 : 弁全体の常時荷重 (N) = $W_{d1} = 304.006$

P_t : 突き上げ津波荷重 (MPa) = 0.266762

図 6.9.1-(3)-b-6 に示す構造図から、突き上げ津波荷重が弁蓋に作用する評価に用いる受圧面の直径 D_1 、弁蓋の外径 D_3 及び弁蓋の内径 d_3 をそれぞれ以下のとおりとする。

D_1 : 突き上げ津波荷重が弁蓋に作用する評価に用いる

受圧面の直径 (mm) = 154

D_3 : 弁蓋の外径 (mm) = 88

d_3 : 弁蓋の内径 (mm) = 70

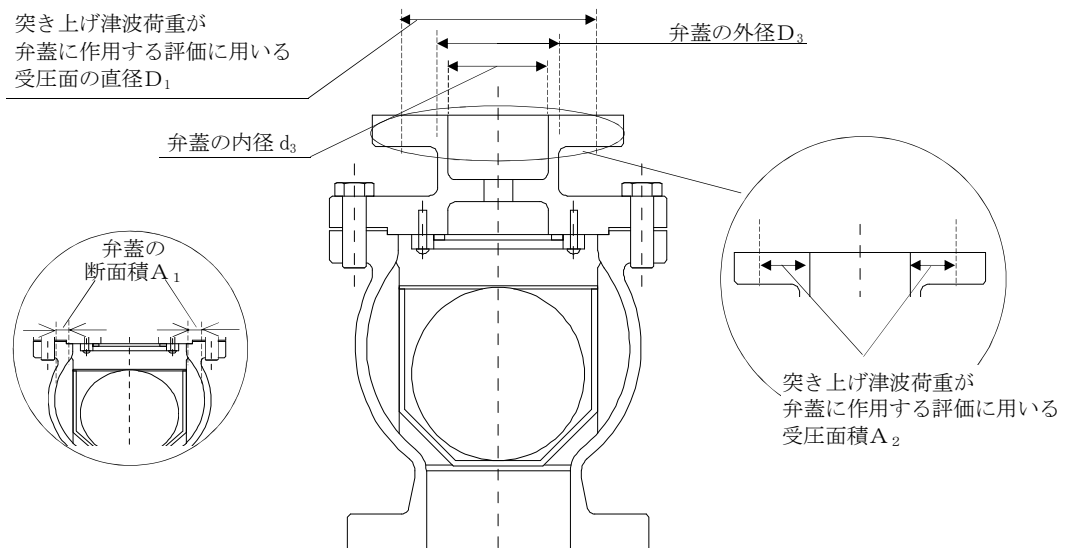


図 6.9.1-(3)-b-6 取水ピット空気抜き配管逆止弁の弁蓋の受圧面の寸法図

A_2 : 突き上げ津波荷重が弁蓋に作用する評価に用いる

受圧面積 (mm²) = 1.478×10^4

$$A_2 = (154^2 - 70^2) \times \pi / 4$$

$$= 14778.0 \text{ mm}^2 = 1.478 \times 10^4 \text{ mm}^2$$

A_1 : 弁蓋の断面積 (mm²) = 2.234×10^3

$$A_1 = (88^2 - 70^2) \times \pi / 4$$

$$= 2233.67 \text{ mm}^2 = 2.234 \times 10^3 \text{ mm}^2$$

$$\text{圧縮応力 } \sigma_{t1} = (304.006 + 0.266762 \times 1.478 \times 10^4) / (2.234 \times 10^3)$$

$$=1.90096 \text{ MPa}=2 \text{ MPa}$$

(a-2) フロートガイドの発生応力

$$\sigma_{t2} = \frac{W_2 + P_t \cdot A_4}{A_3}$$

ここで、

σ_{t2} : フロートガイドに加わる圧縮応力 (MPa)

W_2 : フロートガイドの常時荷重 (N) $=W_{d2}=17.6519$

P_t : 突き上げ津波荷重 (MPa) $=0.266762$

図 6.9.1-(3)-b-5 に示す寸法図から、フロートガイドの外径 D_2 、フロートガイドの内径 d_2 、突き上げ津波荷重がフロートガイドに作用する評価に用いる受圧面の直径及び突き上げ津波荷重がフロートガイドに作用する評価に用いる受圧面の内径をそれぞれ以下のとおりとする。

D_4 : フロートガイドの外径 (mm) $=62$

d_4 : フロートガイドの内径 (mm) $=56$

D_2 : 突き上げ津波荷重がフロートガイドに作用する評価に用いる受圧面の直径 (mm) $=135.7$

d_2 : 突き上げ津波荷重がフロートガイドに作用する評価に用いる受圧面の内径 (mm) $=128$

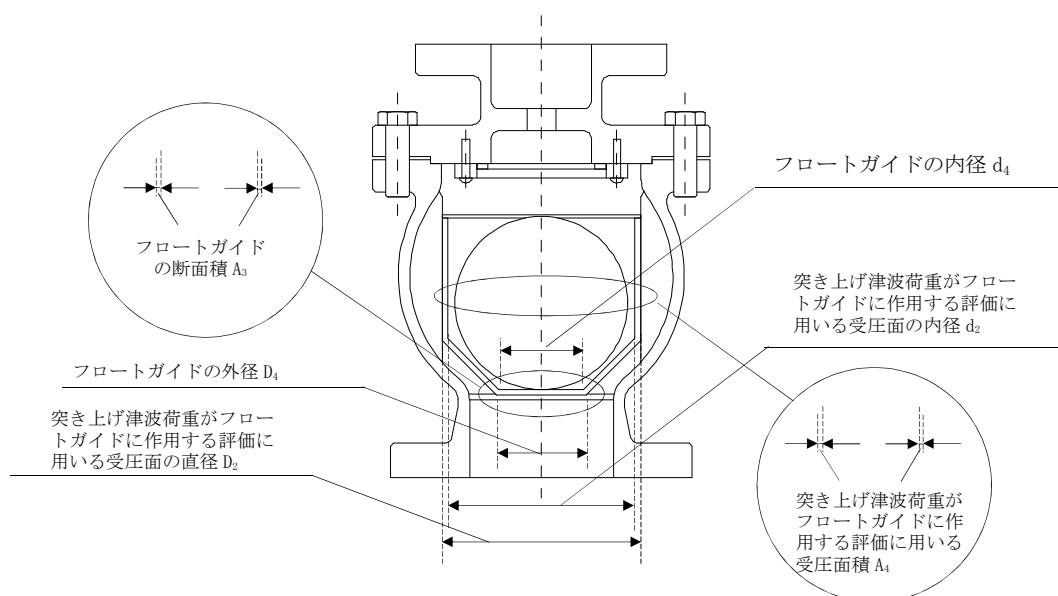


図 6.9.1-(3)-b-5 取水ピット空気抜き配管逆止弁のフロートガイド構造図

A_3 : フロートガイドの断面積 (mm^2) $=5.561 \times 10^2$

$$A_3 = (62^2 - 56^2) \times \pi / 4$$

$$= 556.061 \text{ mm}^2 = 5.561 \times 10^2 \text{ mm}^2$$

A_4 : 突き上げ津波荷重がフロートガイドに作用する評価に用いる受圧面積 (mm^2) $=1.595 \times 10^3$

$$A_4 = (135.7^2 - 128^2) \times \pi / 4$$

$$= 1594.74 \text{ mm}^2 = 1.595 \times 10^3 \text{ mm}^2$$

$$\text{圧縮応力 } \sigma_{t2} = (17.6519 + 0.266762 \times 1.595 \times 10^3) / (5.561 \times 10^2)$$

$$= 0.796866 \text{ MPa} = 1 \text{ MPa}$$

(a-3) 弁蓋ボルトの発生応力

$$\sigma_{t3} = \frac{W_1 + P_t \cdot A_6}{A_5 \cdot n}$$

ここで、

σ_{t3} : 弁蓋ボルト 1 本当当たりのねじ部に加わる引張応力 (MPa)

W_1 : 弁全体の常時荷重 (N) $= W_{d1} = 304.006$

P_t : 突き上げ津波荷重 (MPa) $= 0.266762$

A_5 : 弁蓋ボルトのねじ部の断面積 (mm^2) $= 2.011 \times 10^2$

呼び径 16mm のボルトの断面積であるため

$A_5 = 16^2 \times \pi / 4 = 201.061 \text{ mm}^2 = 2.011 \times 10^2 \text{ mm}^2$

A_6 : 突き上げ津波荷重が弁蓋に作用する評価に用いる

受圧面積 (mm^2) $= A_2 = 1.478 \times 10^4$

n : 弁蓋ボルトの本数 (本) $= 8$

弁蓋ボルト 1 本当当たりのねじ部に

$$\text{加わる引張応力 } \sigma_{t3} = (304.006 + 0.266762 \times 1.478 \times 10^4)$$

$$/ (2.011 \times 10^2 \times 8)$$

$$= 2.63969 \text{ MPa} = 3 \text{ MPa}$$

(a-4) フロートに発生する圧力

波圧によりフロートに発生する圧力 P_w は突き上げ津波荷重 P_t の算出結果をもとに設定する。突き上げ津波荷重 P_t は以下のとおりである。

$$P_t = 0.266762 \text{ (MPa)}$$

上記の算出結果を踏まえ、波圧によりフロートに発生する圧力 P_w を 0.3 (MPa) とする。

ホ. 敷地に遡上する津波+S_d地震時

敷地に遡上する津波+S_d地震時の応力算出に用いる記号については, 添付書類「V-3-別添 3-2-5-2 取水ピット空気抜き配管逆止弁の強度計算書」にて示す記号を使用する。

(イ) 荷重条件

(a-1) 固定荷重

固定荷重は「(b) 評価条件の整理」にて示したとおりとする。

(a-2) 積雪荷重

積雪荷重は「(b) 評価条件の整理」にて示したとおりとする。

(a-3) 突き上げ津波荷重

突き上げ津波荷重は「ニ. 敷地に遡上する津波時」にて示したとおりとする。

(a-4) S_d地震荷重

応力評価に用いる弾性設計用地震動 S_d による設計震度は「ハ. 基準津波+S_d地震時」にて示した通りとする。

(a-4-1) 弁蓋

(a-4-1-1) 鉛直加速度負荷時

$$F_{V1} = m_1 \cdot C_{VSd} \cdot g$$

$$P_{VSd} = \rho_o \cdot C_{VSd} \cdot g \cdot H$$

ここで、

F_{V1} : 弁蓋に加わる鉛直方向地震荷重 (N)

C_{VSd} : 鉛直方向の設計震度 = 0.43

m_1 : 弁の質量 (kg) = 31

g : 重力加速度 (m/s^2) = 9.80665

P_{VSd} : 鉛直加速度により加わる動水圧荷重 (MPa)

ρ_o : 海水の密度 (kg/m^3) = 1030

H : 接続高さ (m) = 26.0

$$F_{V1} = 31 \times 0.43 \times 9.80665$$

$$= 130.722 \text{ N}$$

$$P_{VSd} = 1030 \times 0.43 \times 9.80665 \times 26.0$$

$$= 0.112927 \text{ MPa}$$

(a-4-1-2) 水平加速度負荷時

$$F_{H1} = m_1 \cdot C_{HSd} \cdot g$$

$$M_1 = F_{H1} \cdot L_1$$

$$P_{HSd} = \beta \cdot 7/8 \cdot \rho_o \cdot C_{HSd} \cdot g \cdot H$$

ここで、

F_{H1} : 弁全体の最下端に加わる水平方向地震荷重 (N)

M_1 : 弁蓋に発生する曲げモーメント (N・mm)

L_1 : 弁全体長さ (mm) = 292

C_{HSd} : 水平方向の設計震度 = 0.61

m_1 : 弁の質量 (kg) = 31

g : 重力加速度 (m/s^2) = 9.80665

P_{HSd} : 水平加速度により加わる動水圧荷重 (MPa)

β : 浸水エリアの幅と水深の比による補正係数 = 1.0

ρ_o : 海水の密度 (kg/m^3) = 1030

H : 接続高さ (m) = 26.0

$$F_{H1} = 31 \times 0.61 \times 9.80665$$

$$= 185.443 \text{ N}$$

$$M_1 = 185.443 \times 292$$

$$= 54149.3 \text{ N・mm}$$

$$P_{HSd} = 1.0 \times 7/8 \times 1030 \times 0.61 \times 9.80665 \times 26.0$$

$$=0.140174 \text{ MPa}$$

(a-4-2) フロートガイド

(a-4-2-1) 鉛直加速度負荷時

$$F_{V2} = m_2 \cdot C_{VSd} \cdot g$$

ここで、

F_{V2} : フロートガイドに加わる鉛直方向地震荷重 (N)

C_{VSd} : 鉛直方向の設計震度 = 0.43

m_2 : フロートガイドの質量 (kg) = 1.8

g : 重力加速度 (m/s^2) = 9.80665

$$F_{V2} = 1.8 \times 0.43 \times 9.80665$$

$$= 7.59034 \text{ N}$$

(a-4-2-2) 水平加速度負荷時

$$F_{H2} = m_2 \cdot C_{HSd} \cdot g$$

$$M_2 = F_{H2} \cdot L_2$$

ここで、

F_{H2} : フロートガイドの最下端に加わる水平方向地震荷重 (N)

M_2 : フロートガイドに発生する曲げモーメント ($\text{N}\cdot\text{mm}$)

L_2 : フロートガイドの長さ (mm) = 123

C_{HSd} : 水平方向の設計震度 = 0.61

m_2 : フロートガイドの質量 (kg) = 1.8

g : 重力加速度 (m/s^2) = 9.80665

$$F_{H2} = 1.8 \times 0.61 \times 9.80665$$

$$= 10.7677 \text{ N}$$

$$M_2 = 10.7677 \times 123$$

$$= 1324.42 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

(a-4-3) 弁蓋ボルト

(a-4-3-1) 鉛直加速度負荷時

弁全体の常時荷重 W_1 及び弁蓋に加わる鉛直方向荷重 F_{V1} が作用する。

(a-4-3-2) 水平加速度負荷時

弁全体の最下端に加わる水平方向地震荷重 F_{H1} が作用する。

(ロ) 各部の応力計算

(a-1) 弁蓋の発生応力

$$\sigma_{v1} = \frac{W_1 + F_{v1} + (P_t + P_{Hsd} + P_{Vsd}) \cdot A_2}{A_1}$$

ここで、

σ_{v1} : 弁蓋に加わる圧縮応力 (MPa)

W_1 : 弁全体の常時荷重 (N) = 304.006

F_{v1} : 弁蓋に加わる鉛直方向荷重 (N) = 130.722

P_t : 突き上げ津波荷重 (MPa) = 0.266762

P_{Hsd} : 水平加速度により加わる動水圧荷重 (MPa) = 0.140174

P_{Vsd} : 鉛直加速度により加わる動水圧荷重 (MPa) = 0.112927

A_1 : 弁蓋の断面積 (mm^2) = 2.234×10^3

A_2 : 突き上げ津波荷重が弁蓋に作用する評価に用いる
受圧面積 (mm^2) = 1.478×10^4

$$\begin{aligned} \text{圧縮応力 } \sigma_{v1} &= (304.006 + 130.722 + (0.266762 + 0.140174 + 0.112927) \times 1.478 \times 10^4) \\ &\quad / (2.234 \times 10^3) \\ &= 3.63397 \text{ MPa} = 4 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\sigma_{H1} = \frac{M_1 \cdot D_3 / 2}{I_1}$$

ここで、

σ_{H1} : 弁蓋に加わる曲げ応力 (MPa)

M_1 : 弁蓋に発生する曲げモーメント ($\text{N} \cdot \text{mm}$) = 54149.3

I_1 : 弁蓋の断面二次モーメント (mm^4) = 1.76515×10^6

D_3 : 弁蓋の外径 (mm) = 88

$$\begin{aligned} \text{曲げ応力 } \sigma_{H1} &= (54149.3 \times (88/2)) / (1.76515 \times 10^6) \\ &= 1.34978 \text{ MPa} = 2 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\text{組合せ応力 } \sigma_{v1} + \sigma_{H1} = 4 + 2 = 6 \text{ MPa}$$

(a-2) フロートガイドの発生応力

$$\sigma_{v2} = \frac{W_2 + F_{v2} + (P_t + P_{Hsd} + P_{Vsd}) \cdot A_4}{A_3}$$

ここで、

σ_{v2} : フロートガイドに加わる圧縮応力 (MPa)

W_2 : フロートガイドの常時荷重 (N) = $W_{d2} = 17.6519$

F_{v2} : フロートガイドに加わる鉛直方向荷重 (N) = 7.59034

P_t : 突き上げ津波荷重 (MPa) = 0.266762

P_{Hsd} : 水平加速度により加わる動水圧荷重 (MPa) = 0.140174

P_{Vsd} : 鉛直加速度により加わる動水圧荷重 (MPa) = 0.112927

A_3 : フロートガイドの断面積 (mm^2) = 5.561×10^2

A_4 : 突き上げ津波荷重がフロートガイドに作用する評価に用いる
受圧面積 (mm^2) = 1.595×10^3

$$\begin{aligned} \text{圧縮応力 } \sigma_{v2} &= (17.6519 + 7.59034 + (0.266762 + 0.140174 + 0.112927) \times 1.595 \times 10^3) \\ &\quad / (5.561 \times 10^2) \\ &= 1.53645 \text{ MPa} = 2 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\sigma_{H2} = \frac{M_2 \cdot D_4 / 2}{I_2}$$

ここで,

σ_{H2} : フロートガイドに加わる曲げ応力 (MPa)

M_2 : フロートガイドに発生する曲げモーメント ($\text{N} \cdot \text{mm}$) = 1324.42

I_2 : フロートガイドの断面二次モーメント (mm^4) = 2.42582×10^5

D_4 : フロートガイドの外径 (mm) = 62

$$\begin{aligned} \text{曲げ応力 } \sigma_{H2} &= (1324.42 \times (62/2)) / (2.42582 \times 10^5) \\ &= 0.169250 \text{ MPa} = 1 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\text{組合せ応力 } \sigma_{v2} + \sigma_{H2} = 2 + 1 = 3 \text{ MPa}$$

(a-3) 弁蓋ボルトの発生応力

$$\sigma_{v3} = \frac{W_1 + F_{V1} + (P_t + P_{Hsd} + P_{Vsd}) \cdot A_6}{A_5 \cdot n}$$

ここで,

σ_{v3} : 弁蓋ボルト 1 本当たりのねじ部に加わる引張応力 (MPa)

W_1 : 弁全体の常時荷重 (N) = $W_{d1} = 304.006$

F_{V1} : 弁蓋に加わる鉛直方向荷重 (N) = 130.722

P_t : 突き上げ津波荷重 (MPa) = 0.266762

P_{Hsd} : 水平加速度により加わる動水圧荷重 (MPa) = 0.140174

P_{Vsd} : 鉛直加速度により加わる動水圧荷重 (MPa) = 0.112927

A_5 : 弁蓋ボルトのねじ部の断面積 (mm^2) = 2.011×10^2

A_6 : 突き上げ津波荷重が弁蓋ボルトに作用する評価に用いる
受圧面積 (mm^2) = $A_2 = 1.478 \times 10^4$

n : 弁蓋ボルトの本数 (本) = 8

弁蓋ボルト 1 本当たりのねじ部に加わる引張応力

$$\begin{aligned}\sigma_{v3} &= (304.006 + 130.722 + (0.266762 + 0.140174 + 0.112927) \times 1.478 \times 10^4) \\ &\quad / (2.011 \times 10^2 \times 8) \\ &= 5.04618 \text{ MPa} = 6 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$\tau_1 = \frac{F_{H1}}{A_5 \cdot n}$$

ここで、

τ_1 : 弁蓋ボルトのねじ部に加わるせん断応力 (MPa)

F_{H1} : 弁全体の最下端に加わる水平方向地震荷重 (N) = 185.443

A_5 : 弁蓋ボルトのねじ部の断面積 (mm^2) = 2.011×10^2

n : 弁蓋ボルトの本数 (本) = 8

$$\begin{aligned}\text{せん断応力 } \tau_1 &= (185.443) / (2.011 \times 10^2 \times 8) \\ &= 0.115267 \text{ MPa} = 1 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$\sigma_{v4} = \frac{F_{H1} \cdot L_1}{D_p \cdot A_5}$$

ここで、

σ_{v4} : モーメントにより弁蓋ボルト 1 本当たりの
ねじ部に加わる引張応力 (MPa)

F_{H1} : 弁全体の最下端に加わる水平方向地震荷重 (N) = 185.443

L_1 : 弁全体長さ (mm) = 292

D_p : 弁蓋ボルトのピッチサークル = 200

A_5 : 弁蓋ボルトのねじ部の断面積 (mm^2) = 2.011×10^2

モーメントにより弁蓋ボルト 1 本当たりのねじ部に加わる引張応力

$$\sigma_{v4} = (185.443 \times 292) / (200 \times 2.011 \times 10^2) = 1.34632 \text{ MPa} = 2 \text{ MPa}$$

$$\text{弁蓋ボルトの引張応力 } \sigma_{v3} + \sigma_{v4} = 6 + 2 = 8 \text{ MPa}$$

(d) 許容応力

許容応力は、供用状態 C(許容応力状態Ⅲ_AS)として設定する。

イ. ボルト以外の許容応力

温度 40℃における SCS16A の許容引張応力を S_1 、SUS316L の許容引張応力を S_2 とすると JSME S NC1-2005/2007 付録材料図表 Part5 表 5 より、 S_1 及び S_2 は以下のとおりである。

$$S_1 = 120 \text{ MPa (SCS16A)}$$

$$S_2 = 111 \text{ MPa (SUS316L)}$$

弁蓋の材質：SCS16A

フロートガイドの材質：SUS316L

(イ) 基準津波時、 S_s 地震時、基準津波+ S_d 地震時、敷地に遡上する津波時

(a-1) 弁蓋の許容圧縮応力、許容曲げ応力及び組合せ応力

$$\begin{aligned} 1.2 \cdot S_1 &= 1.2 \times 120 \\ &= 144 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(a-2) フロートガイドの許容圧縮応力、許容曲げ応力及び組合せ応力

$$\begin{aligned} 1.2 \cdot S_2 &= 1.2 \times 111 \\ &= 133 \text{ MPa} \end{aligned}$$

ロ. ボルトの許容応力

温度 40°Cにおける SUS316L の設計降伏点 S_y 及び設計引張強さ S_u は、JSME S NC1-2005/2007 付録材料図表 Part5 表 8 及び表 9 より以下のとおりである。

$S_y = 175 \text{ MPa}$ (JSME S NC1-2005/2007 付録材料図表 Part5 表 8 による。)

$S_u = 480 \text{ MPa}$ (JSME S NC1-2005/2007 付録材料図表 Part5 表 9 による。)

許容応力算定用基準値

$$\begin{aligned} F &= \min [S_y, 0.7 \cdot S_u] \\ &= \min [175, 0.7 \times 480] \\ &= \min [175, 336] \\ &= 175 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(イ) 基準津波時、敷地に遡上する津波時

$$\begin{aligned} \text{許容引張応力} \quad 1.5 \cdot f_t &= (F/2) \cdot 1.5 \\ &= (175/2) \times 1.5 \\ &= 130 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(ロ) S_s 地震時、基準津波 + S_d 地震時、敷地に遡上する津波 + S_d 地震時

(a-1) 許容引張応力

$$\begin{aligned} 1.5 \cdot f_t &= (F/2) \cdot 1.5 \\ &= (175/2) \times 1.5 \\ &= 130 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(a-2) 許容せん断応力

$$\begin{aligned} 1.5 \cdot f_s &= \{F / (1.5 \cdot \sqrt{3})\} \cdot 1.5 \\ &= \{175 / (1.5 \times \sqrt{3})\} \times 1.5 \\ &= 67 \times 1.5 \\ &= 100 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(a-3) 組合せ応力

組合せ応力の許容応力として、せん断応力と引張応力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力を求める。

ボルトに作用するせん断応力 $\tau = 1 \text{ MPa}$

$$\begin{aligned} 1.5 \cdot f_{ts1} &= 1.4 \cdot (1.5 \cdot f_{t0}) - 1.6 \cdot \tau \\ &= 1.4 \times 130 - 1.6 \times 1 \\ &= 180 \text{ MPa} \end{aligned}$$

ここで、

$$\begin{aligned} 1.5 \cdot f_{t0} &= (F/2) \cdot 1.5 \\ &= (175/2) \times 1.5 \\ &= 130 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$1.5 \cdot f_{ts2} = 1.5 \cdot f_{t0}$$

$$=130 \text{ MPa}$$

以上より,

$$1.5 \cdot f_{ts} = \text{Min} (1.5 \cdot f_{ts1}, 1.5 \cdot f_{ts2})$$

$$= \text{Min} (180, 130)$$

$$=130 \text{ MPa}$$

(e) 応力評価結果

イ. 基準津波時

基準津波時の評価結果を表 6.9.1-(3)-b-3 に示す。

表 6.9.1-(3)-b-3 基準津波時の応力評価結果 (弁蓋, フロートガイド及び弁蓋ボルト)

部位	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	判定 発生応力 ≤ 許容応力
弁蓋	圧縮	2	144	OK
フロートガイド	圧縮	1	133	OK
弁蓋ボルト	引張	3	130	OK

ロ. S_s 地震時

S_s 地震時の評価結果を表 6.9.1-(3)-b-4 に示す。

表 6.9.1-(3)-b-4 S_s 地震時の評価結果 (弁蓋, フロートガイド及び弁蓋ボルト)

部位	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	判定 発生応力 ≤ 許容応力
弁蓋	引張	1	144	OK
	曲げ	3	144	OK
	組合せ*1	4	144	OK
フロートガイド	引張	1	133	OK
	曲げ	1	133	OK
	組合せ*1	2	133	OK
弁蓋ボルト	引張*2	4	130*3	OK
	せん断	1	100	OK

注記 *1: 圧縮 (σ_t) + 曲げ (σ_b) は, $\sigma_t + \sigma_b \leq 1.2S$ で評価

*2: 弁蓋ボルトの引張応力は, $\sigma_{bH} + \sigma_{bV}$

*3: $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau, f_{to}]$ より算出

ハ. 基準津波+S_d地震時

基準津波+S_d地震時の評価結果を表 6.9.1-(3)-b-5 に示す。

表 6.9.1-(3)-b-5 基準津波+S_d地震時の評価結果 (弁蓋, フロートガイド及び弁蓋ボルト)

部位	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	判定 発生応力 ≤ 許容応力
弁蓋	圧縮	4	144	OK
	曲げ [°]	2	144	OK
	組合せ ^{*1}	6	144	OK
フロートガイド	圧縮	2	133	OK
	曲げ [°]	1	133	OK
	組合せ ^{*1}	3	133	OK
弁蓋ボルト	引張 ^{*2}	7	130 ^{*3}	OK
	せん断	1	100	OK

注記 *1: 圧縮 (σ_V) + 曲げ (σ_H) は, $\sigma_V + \sigma_H \leq 1.2S$ で評価

*2: 弁蓋ボルトの引張応力は, $\sigma_{V3} + \sigma_{V4}$

*3: $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau, f_{to}]$ より算出

ニ. 敷地に遡上する津波時

敷地に遡上する津波時の評価結果を表 6.9.1-(3)-b-6 に示す。

表 6.9.1-(3)-b-6 敷地に遡上する津波時の応力評価結果
(弁蓋, フロートガイド及び弁蓋ボルト)

部位	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	判定 発生応力 ≤ 許容応力
弁蓋	圧縮	2	144	OK
フロートガイド	圧縮	1	133	OK
弁蓋ボルト	引張	3	130	OK

ホ. 敷地に遡上する津波+S_d地震時

敷地に遡上する津波+S_d地震時の評価結果を表 6.9.1-(3)-b-7 に示す。

表 6.9.1-(3)-b-7 敷地に遡上する津波+S_d地震時の評価結果
(弁蓋, フロートガイド及び弁蓋ボルト)

部位	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	判定 発生応力 ≤ 許容応力
弁蓋	圧縮	4	144	OK
	曲げ	2	144	OK
	組合せ*1	6	144	OK
フロートガイド	圧縮	2	133	OK
	曲げ	1	133	OK
	組合せ*1	3	133	OK
弁蓋ボルト	引張*2	8	130*3	OK
	せん断	1	100	OK

注記 *1: 圧縮 (σ_v) + 曲げ (σ_H) は, $\sigma_v + \sigma_H \leq 1.2S$ で評価

*2: 弁蓋ボルトの引張応力は, $\sigma_{v3} + \sigma_{v4}$

*3: $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau, f_{to}]$ より算出

(3) 逆止弁の補足説明

a. 海水ポンプグラウンド dren 排出口逆止弁の設計に関する補足説明

(a) 固有値解析

イ. 固有周期の計算

固有値解析に用いる記号については、添付書類「V-2-10-2-6-1 海水ポンプグラウンド dren 排出口逆止弁の耐震性についての計算書」にて示す記号を使用する。

固有周期計算モデルは 1 質点系モデルとして、重量の不均一性を考慮し、自由端に弁の集中質量を付加する。

モデル化は、円筒状の弁本体及び円柱状の 4 本のフロートガイドの異なる 2 つの断面をもつ梁の組合せとして設定する。モデル化の概略を図 6.9.1-(3)-a-1 に示す。

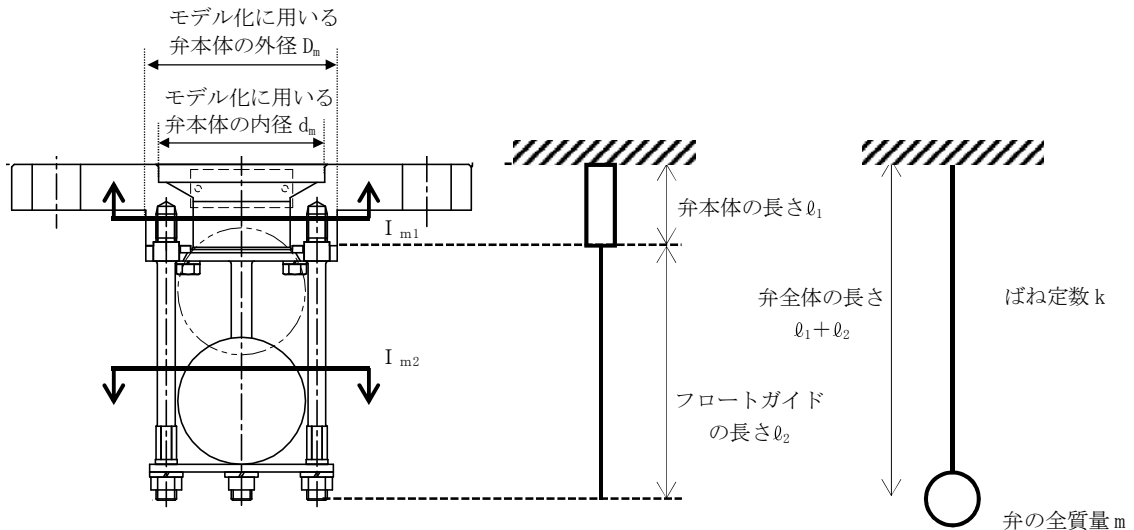


図 6.9.1-(3)-a-1 モデル化の概略

固有周期 T は以下の式より算出する。

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

$$f = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{k}{m}}$$

モデルのばね定数 k は、モデルの等価断面二次モーメント I_m を用いて、以下の式より算出する。

$$k = \frac{3 \cdot E \cdot I_m}{(l_1 + l_2)^3}$$

f : 一次固有振動数 (Hz)

m : モデル化に用いる弁の全質量 (kg) = 3.95

モデル化に用いる弁本体の長さ l_1 、モデル化に用いるフロートガイドの長さ

l_2 , モデル化に用いる弁本体の外径 D_m 及びモデル化に用いる弁本体の内径 d_m は図 6.9.1-(3)-a-1 からそれぞれ以下のとおりとする。

l_1 : モデル化に用いる弁本体の長さ (mm) = 30

l_2 : モデル化に用いるフロートガイドの長さ (mm) = 102

D_m : モデル化に用いる弁本体の外径 (mm) = 75

d_m : モデル化に用いる弁本体の内径 (mm) = 65

I_{m1} : モデル化に用いる弁本体の断面二次モーメント (mm^4) = 6.76915×10^5

$$I_{m1} = (D_m^4 - d_m^4) \cdot \pi / 64$$

$$I_{m1} = (75^4 - 65^4) \times \pi / 64 = 6.76915 \times 10^5 \text{ mm}^4$$

フロートガイドの図心 G と X 軸の距離 y_g 及びモデル化に用いるフロートガイドの直径 D_{fm} は図 6.9.1-(3)-a-2 からそれぞれ以下のとおりとする。

y_g : フロートガイドの図心 G と X 軸の距離 (mm) = 30

D_{fm} : モデル化に用いるフロートガイドの直径 (mm) = 7

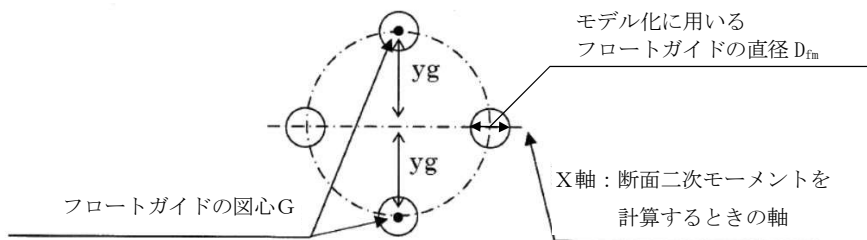


図 6.9.1-(3)-a-2 フロートガイド 4 本の断面

A: モデル化に用いるフロートガイド 1 本の断面積 (mm^2) = 38.48

$$A = D_{fm}^2 \cdot \pi / 4$$

$$A = 7^2 \times \pi / 4 = 38.4845 \text{ mm}^2 = 38.48 \text{ mm}^2$$

I_a : モデル化に用いるフロートガイド 1 本の断面二次モーメント (mm^4)

$$= 1.17858 \times 10^2$$

$$I_a = D_{fm}^4 \cdot \pi / 64$$

$$I_a = 7^4 \times \pi / 64 = 1.17858 \times 10^2 \text{ mm}^4$$

I_{m2} : モデル化に用いるフロートガイド 4 本の等価断面二次モーメント (mm^4)

$$= 6.97354 \times 10^4$$

$$I_{m2} = 2 \cdot I_a + 2 \cdot (I_a + (y_g)^2 \cdot A)$$

$$I_{m2} = 2 \times 1.17858 \times 10^2 + 2 \times (1.17858 \times 10^2 + (30)^2 \times 38.48)$$

$$= 6.97354 \times 10^4 \text{ mm}^4$$

I_m : モデル等価断面二次モーメント (mm^4) = 1.34914×10^5

モデルの等価断面二次モーメントは以下の式より算出する。

$$I_m = \frac{(\ell_1 + \ell_2)^3 \cdot I_{m1} \cdot I_{m2}}{I_{m1} \cdot \ell_2^3 + I_{m2} \cdot (\ell_1^3 + 3 \cdot \ell_1 \cdot \ell_2^2 + 3 \cdot \ell_1^2 \cdot \ell_2)}$$

$$I_m = ((30 + 102)^3 \times 6.76915 \times 10^5 \times 6.97354 \times 10^4) / (6.76915 \times 10^5 \times 102^3 + 6.97354 \times 10^4 \times (30^3 + 3 \times 30 \times 102^2 + 3 \times 30^2 \times 102))$$

$$= 1.34914 \times 10^5 \text{ mm}^4$$

$$E: \text{縦弾性係数 (MPa)} = 1.93 \times 10^5$$

JSME S NC1-2005/2007 付録材料図表 Part6 表1より、温度 50 °C におけるオーステナイト系ステンレス鋼の縦弾性係数は 193000 MPa

k : モデルのばね定数 (kg/s²)

$$k = (3 \cdot E \cdot I_m) / (\ell_1 + \ell_2)^3$$

$$k = (3 \times 1.93 \times 10^5 \times 1.34914 \times 10^5) / (30 + 102)^3 = 3.39636 \times 10^7 \text{ kg/s}^2$$

以上より、

$$f = 1/2 \pi \cdot \sqrt{(3.39636 \times 10^7 / (3.95))}$$

$$= 466.689 \text{ Hz} = 466 \text{ Hz}$$

$$T = 1/466 = 0.00214 \text{ s} = 0.003 \text{ s}$$

ロ. 固有値解析結果

固有周期は 0.003 s であり、0.05s 以下であることから、剛構造である。

(b) 評価条件の整理

イ. 固定荷重

固定荷重の算出に用いる記号については、添付書類「V-2-10-2-6-1 海水ポンプ グランドドレン排出口逆止弁の耐震性についての計算書」にて示す記号を使用する。

固定荷重は以下のとおりとする。

$$W_{d1} = m \cdot g$$

ここで、

W_{d1} : 弁全体の常時荷重 (N)

m : 弁の全質量 (kg) = 3.95

g : 重力加速度 (m/s²) = 9.80665

以上より、

$$W_{d1} = m \cdot g$$

$$= 3.95 \times 9.80665$$

$$= 38.7362 \text{ N}$$

$$W_{d2} = m_f \cdot g$$

ここで、

W_{d2} : フロートガイド 1 本あたりに作用する常時荷重 (N)

M_f : フロートガイド 1 本あたりの質量 (kg) = 0.05

g : 重力加速度 (m/s^2) = 9.80665

以上より、

$$\begin{aligned} W_{d2} &= m_f \cdot g \\ &= 0.05 \times 9.80665 \\ &= 0.490332 \text{ N} \end{aligned}$$

ロ. 風荷重及び積雪荷重

添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」及び添付書類「V-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」にて設定した荷重の組合せに基づき、考慮しない。

(c) 応力計算

イ. 基準津波時

基準津波時の応力算出に用いる記号については、添付書類「V-3-別添 3-2-5-1 海水ポンプグラウンド dren 排出口逆止弁の強度計算書」にて示す記号を使用する。

(イ) 荷重条件

(a-1) 固定荷重

固定荷重は「(b) 評価条件の整理」にて示したとおりとする。

(a-2) 積雪荷重

積雪荷重は「(b) 評価条件の整理」にて示したとおりとする。

(a-3) 突き上げ津波荷重

突き上げ津波荷重は以下のとおりとする。

$$P_t = (\rho_o \cdot g \cdot h + 1/2 \cdot C_D \cdot \rho_o \cdot U^2) / 10^6$$

ここで、

P_t : 基準津波による突き上げ津波荷重 (MPa)

ρ_o : 海水の密度 (kg/m³) = 1030

g : 重力加速度 (m/s²) = 9.80665

h : 津波荷重水位 (m) = 22.0

(基準津波の水位に対し、参照する裕度である +0.65m を含めても十分に保守的である水位として設定した津波荷重水位)

C_D : 抗力係数 = 2.01

U : 流速 (m/s) = 2.0

以上より、

$$\begin{aligned} P_t &= (1030 \times 9.80665 \times 22.0 + 1/2 \times 2.01 \times 1030 \times 2.0^2) / 10^6 \\ &= 0.226359 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(ロ) 各部の応力計算

(a-1) 弁本体の発生応力

$$\sigma_{t1} = \frac{W_1 + P_t \cdot A_2}{A_1}$$

ここで、

σ_{t1} : 弁本体に加わる圧縮応力 (MPa)

W_1 : 弁全体の常時荷重 (N) = $W_{d1} = 38.7362$

P_t : 突き上げ津波荷重 (MPa) = 0.226359

図 6.9.1-(3)-a-3 に示す構造図から、突き上げ津波荷重が弁本体に作用する評価に用いる受圧面の直径 D_2 及び弁本体の内径 d_1 をそれぞれ以下のとおりとする。

D_2 : 突き上げ津波荷重が弁本体に作用する評価に用いる

受圧面の直径 (mm) = 75

d_1 : 弁本体の内径 (mm) = 65

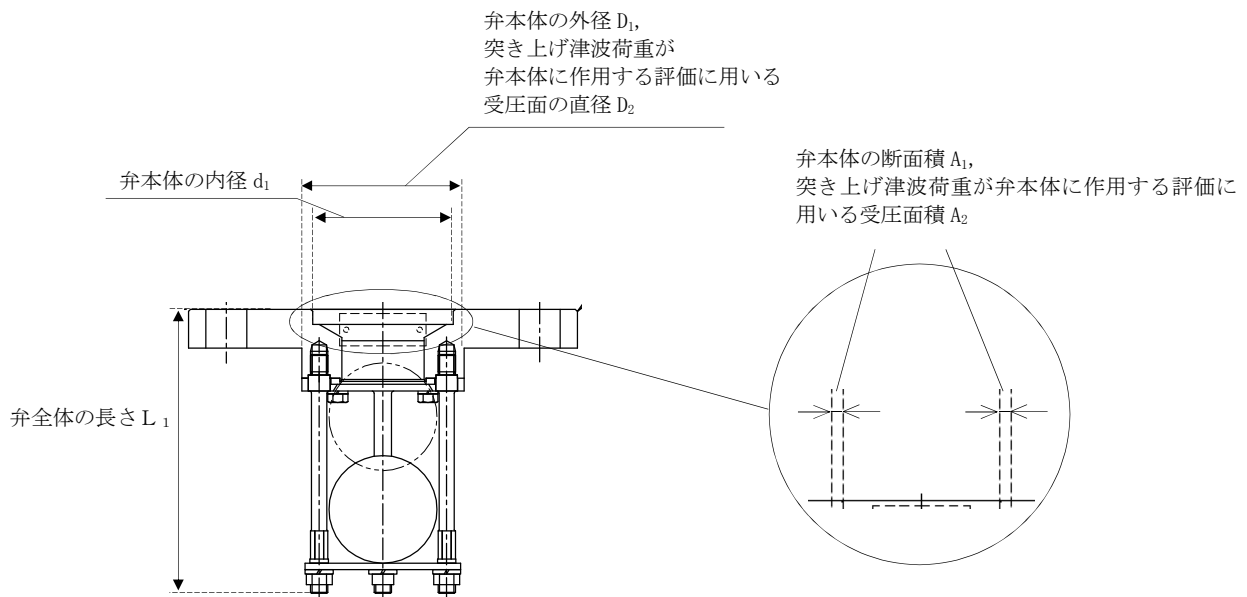


図 6.9.1-(3)-a-3 海水ポンプグラウンドレン排出口逆止弁の弁本体の受圧面の寸法図

A_1 : 弁本体の断面積 (mm^2) = 1.100×10^3

$$\begin{aligned} A_1 &= (75^2 - 65^2) \times \pi / 4 \\ &= 1.09955 \times 10^3 \text{ mm}^2 = 1.100 \times 10^3 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

A_2 : 突き上げ津波荷重が弁本体に作用する評価に用いる

受圧面積 (mm^2) = 1.100×10^3

$$A_2 = A_1$$

$$\begin{aligned} \text{圧縮応力 } \sigma_{t1} &= (38.7362 + 0.226359 \times 1.100 \times 10^3) / (1.100 \times 10^3) \\ &= 0.261573 \text{ MPa} = 1 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(a-2) フロートガイドの発生応力

$$\sigma_{t2} = \frac{W_2 + P_t \cdot A_4}{A_3}$$

ここで、

σ_{t2} : フロートガイドに加わる圧縮応力 (MPa)

W_2 : フロートガイドに作用する荷重 (N) = $W_{d2} = 0.490332$

P_t : 突き上げ津波荷重 (MPa) = 0.226359

図 6.9.1-(3)-a-4 に示す寸法図から、フロートガイドの最小直径 D_3 、突き上げ津波荷重がフロートガイドに作用する評価に用いる受圧面の直径 D_4 をそれぞれ以下のとおりとする。

D_3 : フロートガイドの最小直径 (mm) = 6.6

D_4 : 突き上げ津波荷重がフロートガイドに作用する評価に用いる受圧面の直径 (mm) = 7

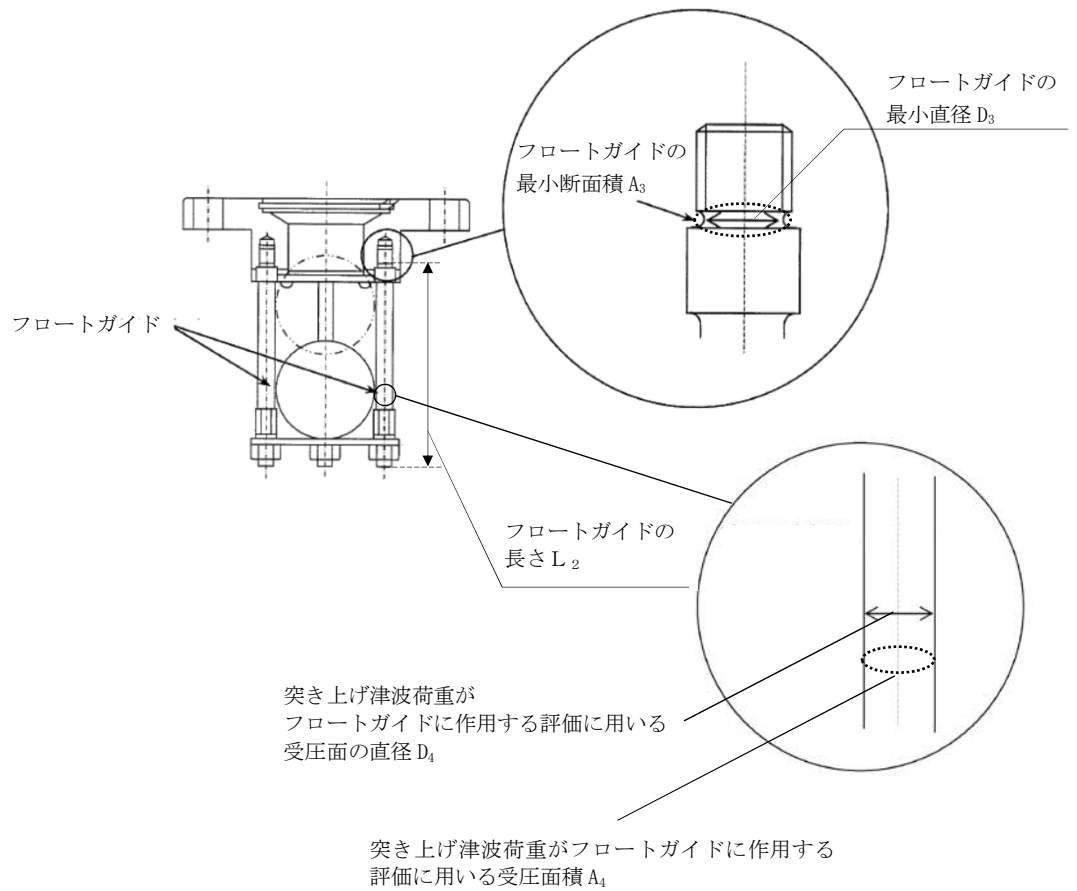


図 6.9.1-(3)-a-4 海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁のフロートガイド寸法図

A_3 : フロートガイドの最小断面積 (mm^2) = 34.21

$$A_3 = 6.6^2 \times \pi / 4 \\ = 34.2119 \text{ mm}^2 = 34.21 \text{ mm}^2$$

A_4 : 突き上げ津波荷重がフロートガイドに作用する評価に用いる
受圧面積 (mm^2) = 38.48

$$A_4 = (7^2) \times \pi / 4 \\ = 38.4845 \text{ mm}^2 = 38.48 \text{ mm}^2$$

$$\text{圧縮応力 } \sigma_{t2} = (0.490332 + 0.226359 \times 38.48) / (34.21) \\ = 0.268945 \text{ MPa} = 1 \text{ MPa}$$

(a-3) 基礎ボルトの発生応力

$$\sigma_{t3} = \frac{W_1 + P_t \cdot A_6}{A_5 \cdot n}$$

ここで、

σ_{t3} : 基礎ボルト 1 本当たりのねじ部に加わる引張応力 (MPa)

W_1 : 弁全体の常時荷重 (N) = $W_{d1} = 38.7362$

P_t : 突き上げ津波荷重 (MPa) = 0.226359

A_5 : 基礎ボルトのねじ部の断面積 (mm^2) = 2.011×10^2

呼び径 16mm のボルトの断面積であるため

$$A_5 = 16^2 \times \pi / 4 = 201.061 \text{ mm}^2 = 2.011 \times 10^2 \text{ mm}^2$$

図 6.9.1-(3)-a-5 に示す寸法図から、突き上げ津波荷重が基礎ボルトに作用する評価に用いる受圧面の直径 D_6 を以下のとおりとする。

D_6 : 突き上げ津波荷重が基礎ボルトに作用する評価に用いる受圧面の直径 (mm) = 80

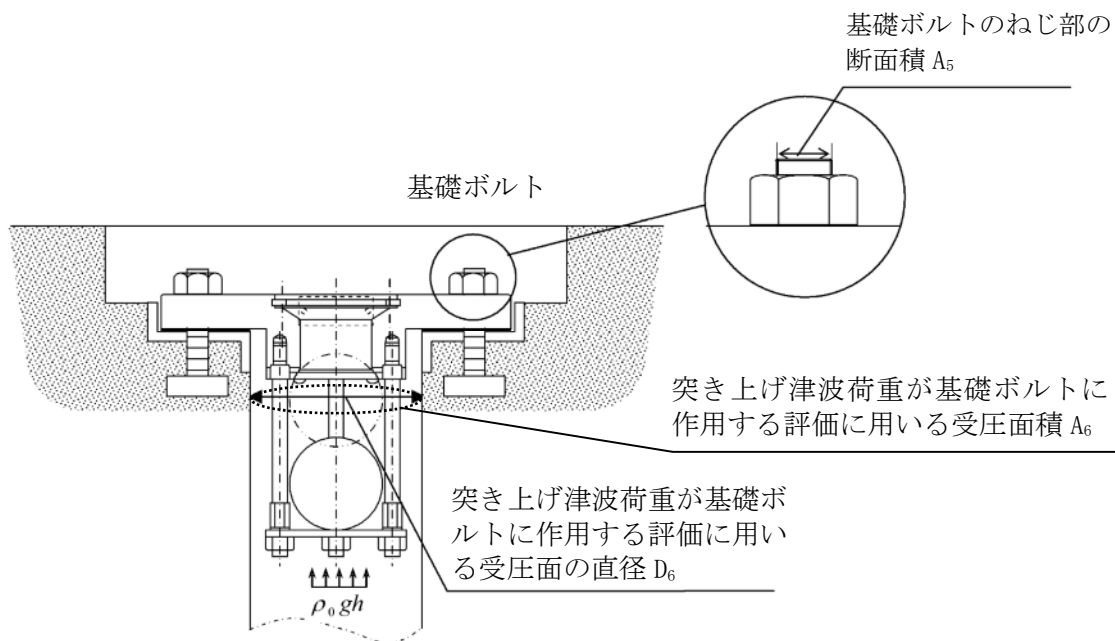


図 6.9.1-(3)-a-5 海水ポンプグランド dren 排出口逆止弁の基礎ボルトの受圧面直径及びねじ部の面積

A_6 : 突き上げ津波荷重が弁蓋に作用する評価に用いる受圧面積 (mm^2) = 1.708×10^3

$$A_6 = (80^2 - 65^2) \times \pi / 4 = 1708.24 \text{ mm}^2 = 1.708 \times 10^3 \text{ mm}^2$$

n : 基礎ボルトの本数 (本) = 4

基礎ボルト 1 本当たりのねじ部に

$$\begin{aligned} \text{加わる引張応力 } \sigma_{t3} &= (38.7362 + 0.226359 \times 1.708 \times 10^3) / (2.011 \times 10^2 \times 4) \\ &= 0.52878 \text{ MPa} = 1 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(a-4) フロートに発生する圧力

波圧によりフロートに発生する圧力 P_w は突き上げ津波荷重 P_t の算出結果をもとに設定する。突き上げ津波荷重 P_t は以下のとおりである。

$$P_t = 0.226359 \text{ (MPa)}$$

上記の算出結果を踏まえ、波圧によりフロートに発生する圧力 P_w を 0.3 (MPa) とする。

ロ. S_s 地震時

S_s 地震時の応力算出に用いる記号については、添付書類「V-2-10-2-6-1 海水ポンプグラウンド dren 排出口逆止弁の耐震性についての計算書」にて示す記号を使用する。

(イ) 荷重条件

(a-1) 固定荷重

固定荷重は「(b) 評価条件の整理」にて示したとおりとする。

(a-2) 積雪荷重

積雪荷重は「(b) 評価条件の整理」にて示したとおりとする。

(a-3) S_s 地震荷重

応力評価に用いる基準地震動 S_s による設計震度を表 6.9.1-(3)-a-1 に示す。

固有値解析結果より、海水ポンプグラウンド dren 排出口逆止弁の固有周期が 0.05s 以下であることを確認したため、最大床応答加速度の 1.2 倍を考慮した設計震度を設定した。

表 6.9.1-(3)-a-1 応力評価に用いる基準地震動 S_s による設計震度

基準地震動 S_s による設計震度*	
水平方向 C_H	鉛直方向 C_V
1.10	1.03

注記 * : 固有値解析結果より、海水ポンプグラウンド dren 排出口逆止弁の固有周期が 0.05s 以下であることを確認したため、最大床応答加速度の 1.2 倍を考慮した設計震度を設定した。

(a-3-1) 弁本体

(a-3-1-1) 鉛直加速度負荷時

$$W_{d1} = m \cdot g$$

$$F_{V1} = m \cdot C_V \cdot g$$

ここで、

W_{d1} : 弁全体の常時荷重 (N)

F_{V1} : 弁本体に加わる鉛直方向地震荷重 (N)

C_V : 基準地震動 S_s による鉛直方向の設計震度 = 1.03

m : 弁の質量 (kg) = 3.95

g : 重力加速度 (m/s^2) = 9.80665

$$W_{d1} = 3.95 \times 9.80665$$

$$= 38.7362 \text{ N}$$

$$F_{V1} = 3.95 \times 1.03 \times 9.80665$$

$$= 39.8983 \text{ N}$$

(a-3-1-2) 水平加速度負荷時

$$F_{H1} = m \cdot C_H \cdot g$$

$$M_1 = F_{H1} \cdot L_1$$

ここで、

F_{H1} : 弁本体の最下端に加わる水平方向地震荷重 (N)

M_1 : 弁本体に発生する曲げモーメント (N・mm)

L_1 : 弁全体の長さ (mm) = 132

C_H : 基準地震動 S_s による水平方向の設計震度 = 1.10

m : 弁の質量 (kg) = 3.95

g : 重力加速度 (m/s^2) = 9.80665

$$F_{H1} = 3.95 \times 1.10 \times 9.80665$$

$$= 42.6098 \text{ N}$$

$$M_1 = 42.6098 \times 132$$

$$= 5624.49 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

(a-3-2) フロートガイド

(a-3-2-1) 鉛直加速度負荷時

$$W_{d2} = m_f \cdot g$$

$$F_{V2} = m_f \cdot C_V \cdot g$$

ここで、

W_{d2} : フロートガイドに作用する常時荷重 (N)

F_{V2} : フロートガイドに加わる鉛直方向地震荷重 (N)

C_V : 基準地震動 S_s による鉛直方向の設計震度 = 1.03

m_2 : フロートガイドの質量 (kg) = 0.05

g : 重力加速度 (m/s^2) = 9.80665

$$W_{d2} = 0.05 \times 9.80665$$

$$= 0.490332 \text{ N}$$

$$F_{V2} = 0.05 \times 1.03 \times 9.80665$$

$$= 0.505042 \text{ N}$$

(a-3-2-2) 水平加速度負荷時

$$F_{H2} = m_f \cdot C_H \cdot g$$

$$M_2 = F_{H2} \cdot L_2$$

ここで、

F_{H2} : フロートガイドの最下端に加わる水平方向地震荷重 (N)

M_2 : フロートガイドに発生する曲げモーメント (N・mm)

L_2 : フロートガイドの長さ (mm) = 102

C_H : 基準地震動 S_s による水平方向の設計震度 = 1.10

m_f : フロートガイドの質量 (kg) = 0.05

g : 重力加速度 (m/s^2) = 9.80665

$$F_{H2} = 0.05 \times 1.10 \times 9.80665$$

$$= 0.539365 \text{ N}$$

$$M_2 = 0.539365 \times 102$$

$$= 55.0152 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

(a-3-3) 基礎ボルト

(a-3-3-1) 鉛直加速度負荷時

弁全体の常時荷重 W_{d1} 及び弁本体に加わる鉛直方向荷重 F_{V1} が作用する。

(a-3-3-2) 水平加速度負荷時

弁本体の最下端に加わる水平方向地震荷重 F_{H1} が作用する。

(ロ) 各部の応力計算

(a-1) 弁本体の発生応力

$$\sigma_{V1} = \frac{W_{d1} + F_{V1}}{A_1}$$

ここで、

σ_{V1} : 弁蓋に加わる引張応力 (MPa)

W_{d1} : 弁全体の常時荷重 (N) = 38.7362

F_{V1} : 弁本体に加わる鉛直方向地震荷重 (N) = 39.8983

A_1 : 弁本体の断面積 (mm^2) = 1.100×10^3

弁本体の外径 D_1 及び弁本体の内径 d_1 をそれぞれ以下のとおりとする。

D_1 : 弁本体の外径 (mm) = 75

d_1 : 弁本体の内径 (mm) = 65

$$\begin{aligned} A_1 &= (75^2 - 65^2) \times \pi / 4 \\ &= 1.09955 \times 10^3 \text{ mm}^2 = 1.100 \times 10^3 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{引張応力 } \sigma_{V1} &= (38.7362 + 39.8983) / (1.100 \times 10^3) \\ &= 0.0714859 \text{ MPa} = 1 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\sigma_{H1} = \frac{M_1 \cdot D_1 / 2}{I_1}$$

ここで、

σ_{H1} : 弁本体に加わる曲げ応力 (MPa)

M_1 : 弁本体に発生する曲げモーメント ($\text{N} \cdot \text{mm}$) = 5624.49

I_1 : 弁本体の断面二次モーメント (mm^4) = 6.76915×10^5

弁本体の外径 D_1 及び弁本体の内径 d_1 をそれぞれ以下のとおりとする。

D_1 : 弁本体の外径 (mm) = 75

d_1 : 弁本体の内径 (mm) = 65

$$\begin{aligned} I_1 &= (D_1^4 - d_1^4) \cdot \frac{\pi}{64} \\ I_1 &= (75^4 - 65^4) \times \pi / 64 \\ &= 6.76915 \times 10^5 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{曲げ応力 } \sigma_{H1} &= (5624.49 \times (75/2)) / (6.76915 \times 10^5) \\ &= 0.311587 \text{ MPa} = 1 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\text{組合せ応力 } \sigma_{V1} + \sigma_{H1} = 1 + 1 = 2 \text{ MPa}$$

(a-2) フロートガイドの発生応力

$$\sigma_{v2} = \frac{W_{d2} + F_{v2}}{A_2}$$

ここで、

σ_{v2} : フロートガイドの最小断面積に加わる引張応力 (MPa)

W_{d2} : フロートガイド 1 本あたりに作用する常時荷重 (N) = 0.490332

F_{v2} : フロートガイドに加わる鉛直方向地震荷重 (N) = 0.505042

A_2 : フロートガイドの最小断面積 (mm²) = 34.21

フロートガイドの最小直径 D_2 を以下のとおりとする。

D_2 : フロートガイドの最小直径 (mm) = 6.6

$$\begin{aligned} A_2 &= 6.6^2 \times \pi / 4 \\ &= 34.2119 \text{ mm}^2 = 34.21 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{引張応力 } \sigma_{v2} &= (0.490332 + 0.505042) / 34.21 \\ &= 0.0290959 \text{ MPa} = 1 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\sigma_{H2} = \frac{M_2 \cdot D_2 / 2}{I_2}$$

ここで、

σ_{H2} : フロートガイドの最小断面積に加わる曲げ応力 (MPa)

M_2 : フロートガイドに発生する曲げモーメント (N・mm) = 55.0152

D_2 : フロートガイドの最小直径 (mm) = 6.6

A_2 : フロートガイドの最小断面積 (mm²) = 34.21

I_2 : フロートガイドの断面二次モーメント (mm⁴) = 93.1420

フロートガイドの断面二次モーメント I_2 は以下の式より算出する。

$$I_2 = D_2^4 \cdot \pi / 64$$

$$I_2 = 6.6^4 \times \pi / 64 = 93.1420 \text{ mm}^4$$

$$\begin{aligned} \text{曲げ応力 } \sigma_{H2} &= (55.0152 \times (6.6/2)) / (93.1420) \\ &= 1.94917 \text{ MPa} = 2 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\text{組合せ応力 } \sigma_{v2} + \sigma_{H2} = 1 + 2 = 3 \text{ MPa}$$

(a-3) 基礎ボルトの発生応力

$$\sigma_{bV} = \frac{W_{d1} + F_{V1}}{A_3 \cdot n}$$

ここで、

σ_{bV} : 鉛直方向地震荷重により基礎ボルト 1 本あたりに加わる引張応力 (MPa)

W_{d1} : 弁全体の常時荷重 (N) = 38.7362

F_{V1} : 弁本体に加わる鉛直方向地震荷重 (N) = 39.8983

A_3 : 基礎ボルトのねじ部の断面積 (mm²) = 2.011×10^2

n : 基礎ボルトの本数 (本) = 4

鉛直方向地震荷重による引張応力

$$\begin{aligned}\sigma_{bV} &= (38.7362 + 39.8983) / (2.011 \times 10^2 \times 4) \\ &= 0.0977554 \text{ MPa} = 1 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$\tau_3 = \frac{F_{H1}}{A_3 \cdot n}$$

ここで,

τ_3 : 基礎ボルトに加わるせん断応力 (MPa)

F_{H1} : 弁本体の最下端に加わる水平方向地震荷重 (N) = 42.6098

A_3 : 基礎ボルトのねじ部の断面積 (mm²) = 2.011×10^2

呼び径 16mm のボルトの断面積であるため

$$A_3 = 16^2 \times \pi / 4 = 201.061 \text{ mm}^2 = 2.011 \times 10^2 \text{ mm}^2$$

n : 基礎ボルトの本数 (本) = 4

$$\begin{aligned}\text{せん断応力 } \tau_3 &= 42.6098 / (2.011 \times 10^2 \times 4) \\ &= 0.0529709 \text{ MPa} = 1 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$\sigma_{bH} = \frac{F_{H1} \cdot L_1}{D_p \cdot A_3}$$

ここで,

σ_{bH} : 水平方向地震荷重によるモーメントにより基礎ボルト 1 本あたりに加わる引張応力 (MPa)

F_{H1} : 弁本体の最下端に加わる水平方向地震荷重 (N) = 42.6098

L_1 : 弁全体の長さ (mm) = 132

D_p : 基礎ボルトのピッチサークル = 145

A_3 : 基礎ボルトのねじ部の断面積 (mm²) = 2.011×10^2

$$\begin{aligned}\text{モーメントによる引張応力 } \sigma_{bH} &= (42.6098 \times 132) / (145 \times 2.011 \times 10^2) \\ &= 0.192887 \text{ MPa} = 1 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$\text{基礎ボルトの引張応力 } \sigma_{bH} + \sigma_{bV} = 1 + 1 = 2 \text{ MPa}$$

ハ. 基準津波+S_d地震時

基準津波+S_d地震時の応力算出に用いる記号については、添付書類「V-3-別添 3-2-5-1 海水ポンプグラウンドドレン排出口逆止弁の強度計算書」にて示す記号を使用する。

(イ) 荷重条件

(a-1) 固定荷重

固定荷重は「(b) 評価条件の整理」にて示したとおりとする。

(a-2) 積雪荷重

積雪荷重は「(b) 評価条件の整理」にて示したとおりとする。

(a-3) 突き上げ津波荷重

突き上げ津波荷重は「イ. 基準津波時」にて示したとおりとする。

(a-4) S_d地震荷重

応力評価に用いる弾性設計用地震動 S_dによる設計震度を表 6.9.1-(3)-a-2 に示す。

固有値解析結果より、海水ポンプグラウンドドレン排出口逆止弁の固有周期が 0.05s 以下であることを確認したため、最大床応答加速度の 1.2 倍を考慮した設計震度を設定した。

表 6.9.1-(3)-a-2 応力評価に用いる弾性設計用地震動 S_dによる設計震度

弾性設計用地震動 S _d による設計震度*	
水平方向 C _{Hsd}	鉛直方向 C _{Vsd}
0.61	0.43

注記 * : 固有値解析結果より、海水ポンプグラウンドドレン排出口逆止弁の固有周期が 0.05s 以下であることを確認したため、最大床応答加速度の 1.2 倍を考慮した設計震度を設定した。

(a-4-1) 弁本体

(a-4-1-1) 鉛直加速度負荷時

$$F_{V1} = m_1 \cdot C_{VSd} \cdot g$$

$$P_{VSd} = \rho_o \cdot C_{VSd} \cdot g \cdot H$$

ここで、

F_{V1} : 弁本体に加わる鉛直方向地震荷重 (N)

C_{VSd} : 余震による鉛直方向の設計震度=0.43

m_1 : 弁の全質量 (kg) =3.95

g : 重力加速度 (m/s^2) =9.80665

P_{VSd} : 鉛直加速度により加わる動水圧荷重 (MPa)

ρ_o : 海水の密度 (kg/m^3) =1030

H : 接続高さ (m) =22.2

$$F_{V1} = 3.95 \times 0.43 \times 9.80665$$

$$= 16.6565 \text{ N}$$

$$P_{VSd} = 1030 \times 0.43 \times 9.80665 \times 22.2 \times 10^{-6}$$

$$= 0.0964227 \text{ MPa}$$

(a-4-1-2) 水平加速度負荷時

$$F_{H1} = m_1 \cdot C_{HSd} \cdot g$$

$$M_1 = F_{H1} \cdot L_1$$

$$P_{HSd} = \beta \cdot 7/8 \cdot \rho_o \cdot C_{HSd} \cdot g \cdot H$$

ここで、

F_{H1} : 弁本体の最下端に加わる水平方向地震荷重 (N)

M_1 : 弁本体に発生する曲げモーメント (N・mm)

L_1 : 弁全体の長さ (mm) =132

C_{HSd} : 余震による水平方向の設計震度=0.61

m_1 : 弁の質量 (kg) =3.95

g : 重力加速度 (m/s^2) =9.80665

P_{HSd} : 水平加速度により加わる動水圧荷重 (MPa)

β : 浸水エリアの幅と水深の比による補正係数=1.0

ρ_o : 海水の密度 (kg/m^3) =1030

H : 接続高さ (m) =22.2

$$F_{H1} = 3.95 \times 0.61 \times 9.80665$$

$$= 23.6291 \text{ N}$$

$$M_1 = 23.6291 \times 132$$

$$= 3119.04 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$P_{HSd} = 1.0 \times 7/8 \times 1030 \times 0.61 \times 9.80665 \times 22.2 \times 10^{-6}$$

$$=0.119687 \text{ MPa}$$

(a-4-2) フロートガイド

(a-4-2-1) 鉛直加速度負荷時

$$F_{V2} = m_2 \cdot C_{VSd} \cdot g$$

ここで、

F_{V2} : フロートガイドに加わる鉛直方向地震荷重 (N)

C_{VSd} : 余震による鉛直方向の設計震度 = 0.43

m_2 : フロートガイドの質量 (kg) = 0.05

g : 重力加速度 (m/s^2) = 9.80665

$$F_{V2} = 0.05 \times 0.43 \times 9.80665$$

$$= 0.210842 \text{ N}$$

(a-4-2-2) 水平加速度負荷時

$$F_{H2} = m_2 \cdot C_{HSd} \cdot g$$

$$M_2 = F_{H2} \cdot L_2$$

ここで、

F_{H2} : フロートガイドの最下端に加わる水平方向地震荷重 (N)

M_2 : フロートガイドに発生する曲げモーメント ($\text{N}\cdot\text{mm}$)

L_2 : フロートガイドの長さ (mm) = 102

C_{HSd} : 余震による水平方向の設計震度 = 0.61

m_2 : フロートガイドの質量 (kg) = 0.05

g : 重力加速度 (m/s^2) = 9.80665

$$F_{H2} = 0.05 \times 0.61 \times 9.80665$$

$$= 0.299102 \text{ N}$$

$$M_2 = 0.299102 \times 102$$

$$= 30.5084 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

(a-4-3) 基礎ボルト

(a-4-3-1) 鉛直加速度負荷時

弁全体の常時荷重 W_1 及び弁本体に加わる鉛直方向地震荷重 F_{V1} が作用する。

(a-4-3-2) 水平加速度負荷時

弁本体の最下端に加わる水平方向地震荷重 F_{H1} が作用する。

(ロ) 各部の応力計算

(a-1) 弁本体の発生応力

$$\sigma_{v1} = \frac{W_1 + F_{v1} + (P_t + P_{Hsd} + P_{Vsd}) \cdot A_2}{A_1}$$

ここで、

σ_{v1} : 弁本体に加わる圧縮応力 (MPa)

W_1 : 弁全体の常時荷重 (N) = 38.7362

F_{v1} : 弁本体に加わる鉛直方向地震荷重 (N) = 16.6565

P_t : 突き上げ津波荷重 (MPa) = 0.226359

P_{Hsd} : 水平加速度により加わる動水圧荷重 (MPa) = 0.119687

P_{Vsd} : 鉛直加速度により加わる動水圧荷重 (MPa) = 0.0964227

A_1 : 弁本体の断面積 (mm^2) = 1.100×10^3

A_2 : 突き上げ津波荷重が弁本体に作用する評価に用いる
受圧面積 (mm^2) = $A_1 = 1.100 \times 10^3$

$$\begin{aligned} \text{圧縮応力 } \sigma_{v1} &= (38.7362 + 16.6565 + (0.226359 + 0.119687 + 0.0964227) \times 1.100 \times 10^3) \\ &\quad / (1.100 \times 10^3) \\ &= 0.492825 \text{ MPa} = 1 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\sigma_{H1} = \frac{M_1 \cdot D_1 / 2}{I_1}$$

ここで、

σ_{H1} : 弁本体に加わる曲げ応力 (MPa)

M_1 : 弁本体に発生する曲げモーメント ($\text{N} \cdot \text{mm}$) = 3119.04

I_1 : 弁本体の断面二次モーメント (mm^4) = 6.76915×10^5

D_1 : 弁本体の外径 (mm) = 75

$$\begin{aligned} \text{曲げ応力 } \sigma_{H1} &= (3119.04 \times (75/2)) / (6.76915 \times 10^5) \\ &= 0.172789 \text{ MPa} = 1 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\text{組合せ応力 } \sigma_{v1} + \sigma_{H1} = 1 + 1 = 2 \text{ MPa}$$

(a-2) フロートガイドの発生応力

$$\sigma_{v2} = \frac{W_2 + F_{v2} + (P_t + P_{Hsd} + P_{Vsd}) \cdot A_4}{A_3}$$

ここで、

σ_{v2} : フロートガイドの最小断面積に加わる圧縮応力 (MPa)

W_2 : フロートガイドの常時荷重 (N) = $W_{d2} = 0.490332$

F_{v2} : フロートガイドに加わる鉛直方向荷重 (N) = 0.210842

P_t : 突き上げ津波荷重 (MPa) = 0.226359

P_{Hsd} : 水平加速度により加わる動水圧荷重 (MPa) = 0.119687

P_{Vsd} : 鉛直加速度により加わる動水圧荷重 (MPa) = 0.0964227

A_3 : フロートガイドの最小断面積 (mm^2) = 34.21

A_4 : 突き上げ津波荷重がフロートガイドに作用する評価に用いる受圧面積 (mm^2) = 38.48

$$\begin{aligned} \text{圧縮応力 } \sigma_{v2} &= (0.490332 + 0.210842 + (0.226359 + 0.119687 + 0.0964227) \times 38.48) \\ &\quad / 34.21 \\ &= 0.518192 \text{ MPa} = 1 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\sigma_{H2} = \frac{M_2 \cdot D_3 / 2}{I_2}$$

ここで,

σ_{H2} : フロートガイドに加わる曲げ応力 (MPa)

M_2 : フロートガイドに発生する曲げモーメント ($\text{N}\cdot\text{m}$) = 30.5084

I_2 : フロートガイドの断面二次モーメント (mm^4) = 93.1420

D_3 : フロートガイドの最小直径 (mm) = 6.6

$$\begin{aligned} \text{曲げ応力 } \sigma_{H2} &= (30.5084 \times (6.6/2)) / 93.1420 \\ &= 1.08090 \text{ MPa} = 2 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\text{組合せ応力 } \sigma_{v2} + \sigma_{H2} = 1 + 2 = 3 \text{ MPa}$$

(a-3) 基礎ボルトの発生応力

$$\sigma_{v3} = \frac{W_1 + F_{V1} + (P_t + P_{Hsd} + P_{Vsd}) \cdot A_6}{A_5 \cdot n}$$

ここで,

σ_{v3} : 基礎ボルト 1 本当たりのねじ部に加わる引張応力 (MPa)

W_1 : 弁全体の常時荷重 (N) = W_{d1} = 38.7362

F_{V1} : 弁本体に加わる鉛直方向地震荷重 (N) = 16.6565

P_t : 突き上げ津波荷重 (MPa) = 0.226359

P_{Hsd} : 水平加速度により加わる動水圧荷重 (MPa) = 0.119687

P_{Vsd} : 鉛直加速度により加わる動水圧荷重 (MPa) = 0.0964227

A_5 : 基礎ボルトのねじ部の断面積 (mm^2) = 201.1

A_6 : 突き上げ津波荷重が基礎ボルトに作用する評価に用いる受圧面積 (mm^2) = 1.708×10^3

n : 基礎ボルトの本数 (本) = 4

基礎ボルト 1 本当たりのねじ部に加わる引張応力

$$\begin{aligned}\sigma_{v3} &= (38.7362 + 16.6565 + (0.226359 + 0.119687 + 0.0964227) \times 1.708 \times 10^3) \\ &\quad / (201.1 \times 4) \\ &= 1.00836 \text{ MPa} = 2 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$\tau_3 = \frac{F_{H1}}{A_5 \cdot n}$$

ここで,

τ_3 : 基礎ボルトのねじ部に加わるせん断応力 (MPa)

F_{H1} : 弁本体の最下端に加わる水平方向地震荷重 (N) = 23.6291

A_5 : 基礎ボルトのねじ部の断面積 (mm^2) = 201.1

n : 基礎ボルトの本数 (本) = 4

$$\begin{aligned}\text{せん断応力 } \tau_3 &= (23.6291) / (201.1 \times 4) \\ &= 0.0293748 \text{ MPa} = 1 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$\sigma_{v4} = \frac{F_{H1} \cdot L_1}{D_p \cdot A_5}$$

ここで,

σ_{v4} : モーメントにより基礎ボルト 1 本当たりの
ねじ部に加わる引張応力 (MPa)

F_{H1} : 弁本体の最下端に加わる水平方向地震荷重 (N) = 23.6291

L_1 : 弁全体の長さ (mm) = 132

D_p : 基礎ボルトのピッチサークル = 145

A_5 : 基礎ボルトのねじ部の断面積 (mm^2) = 201.1

モーメントにより弁蓋ボルト 1 本当たりのねじ部に加わる引張応力

$$\sigma_{v4} = (23.6291 \times 132) / (145 \times 201.1) = 0.106964 \text{ MPa} = 1 \text{ MPa}$$

基礎ボルトの引張応力 $\sigma_{v3} + \sigma_{v4} = 2 + 1 = 3 \text{ MPa}$

二. 敷地に遡上する津波時

敷地に遡上する津波時の応力算出に用いる記号については、添付書類「V-3-別添 3-2-5-1 海水ポンプグラウンドドレン排出口逆止弁の強度計算書」にて示す記号を使用する。

(イ) 荷重条件

(a-1) 固定荷重

固定荷重は「(b) 評価条件の整理」にて示したとおりとする。

(a-2) 積雪荷重

積雪荷重は「(b) 評価条件の整理」にて示したとおりとする。

(a-3) 突き上げ津波荷重

突き上げ津波荷重は以下のとおりとする。

$$P_t = (\rho_o \cdot g \cdot h + 1/2 \cdot C_D \cdot \rho_o \cdot U^2) / 10^6$$

ここで、

P_t : 突き上げ津波荷重 (MPa)

ρ_o : 海水の密度 (kg/m³) = 1030

g : 重力加速度 (m/s²) = 9.80665

h : 津波荷重水位 (m) = 26.0

C_D : 抗力係数 = 2.01

U : 流速 (m/s) = 2.0

以上より、

$$\begin{aligned} P_t &= (1030 \times 9.80665 \times 26.0 + 1/2 \times 2.01 \times 1030 \times 2.0^2) / 10^6 \\ &= 0.266762 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(ロ) 各部の応力計算

(a-1) 弁本体の発生応力

$$\sigma_{t1} = \frac{W_1 + P_t \cdot A_2}{A_1}$$

ここで、

σ_{t1} : 弁本体に加わる圧縮応力 (MPa)

W_1 : 弁全体の常時荷重 (N) = $W_{d1} = 38.7362$

P_t : 突き上げ津波荷重 (MPa) = 0.266762

図 6.9.1-(3)-a-6 に示す構造図から、突き上げ津波荷重が弁本体に作用する評価に用いる受圧面の直径 D_2 及び弁本体の内径 d_1 をそれぞれ以下のとおりとする。

D_2 : 突き上げ津波荷重が弁本体に作用する評価に用いる

受圧面の直径 (mm) = 75

d_1 : 弁本体の内径 (mm) = 65

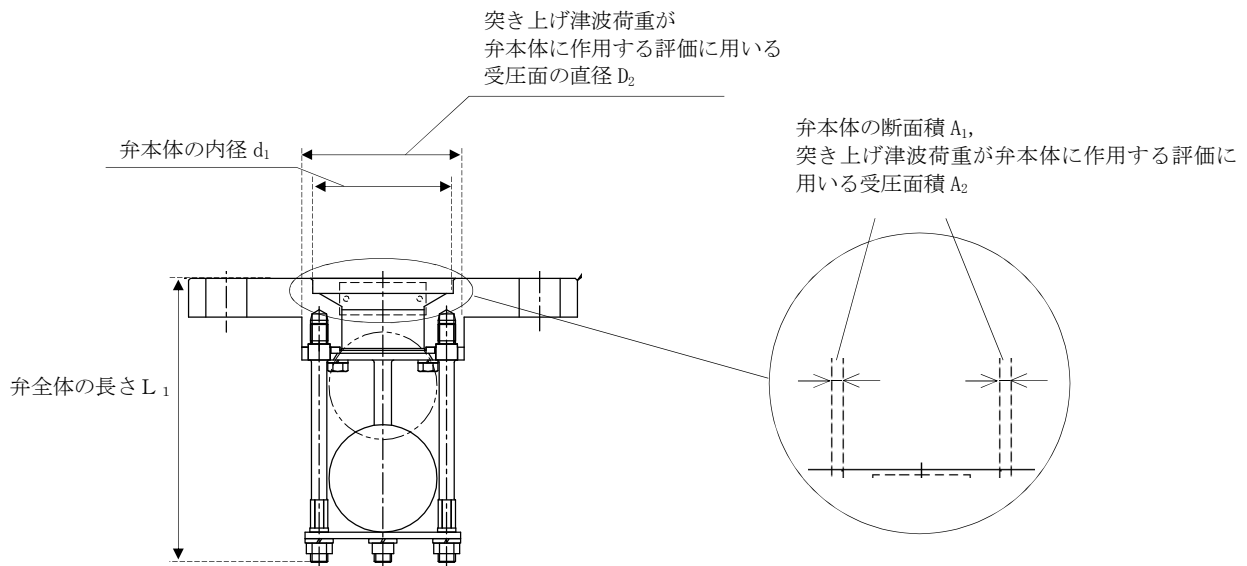


図 6.9.1-(3)-a-6 海水ポンプグランドレン排出口逆止弁の弁本体の受圧面の寸法図

A_1 : 弁本体の断面積 (mm^2) = 1.100×10^3

$$\begin{aligned} A_1 &= (75^2 - 65^2) \times \pi / 4 \\ &= 1.09955 \times 10^3 \text{ mm}^2 = 1.100 \times 10^3 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

A_2 : 突き上げ津波荷重が弁本体に作用する評価に用いる

受圧面積 (mm^2) = 1.100×10^3

$$A_2 = A_1$$

$$\begin{aligned} \text{圧縮応力 } \sigma_{t1} &= (38.7362 + 0.266762 \times 1.100 \times 10^3) / (1.100 \times 10^3) \\ &= 0.301976 \text{ MPa} = 1 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(a-2) フロートガイドの発生応力

$$\sigma_{t2} = \frac{W_2 + P_t \cdot A_4}{A_3}$$

ここで、

σ_{t2} : フロートガイドに加わる圧縮応力 (MPa)

W_2 : フロートガイドに作用する荷重 (N) = $W_{d2} = 0.490332$

P_t : 突き上げ津波荷重 (MPa) = 0.266762

図 6.9.1-(3)-a-7 に示す寸法図から、フロートガイドの最小直径 D_3 、突き上げ津波荷重がフロートガイドに作用する評価に用いる受圧面の直径 D_4 をそれぞれ以下のとおりとする。

D_3 : フロートガイドの最小直径 (mm) = 6.6

D_4 : 突き上げ津波荷重がフロートガイドに作用する評価に用いる受圧面の直径 (mm) = 7

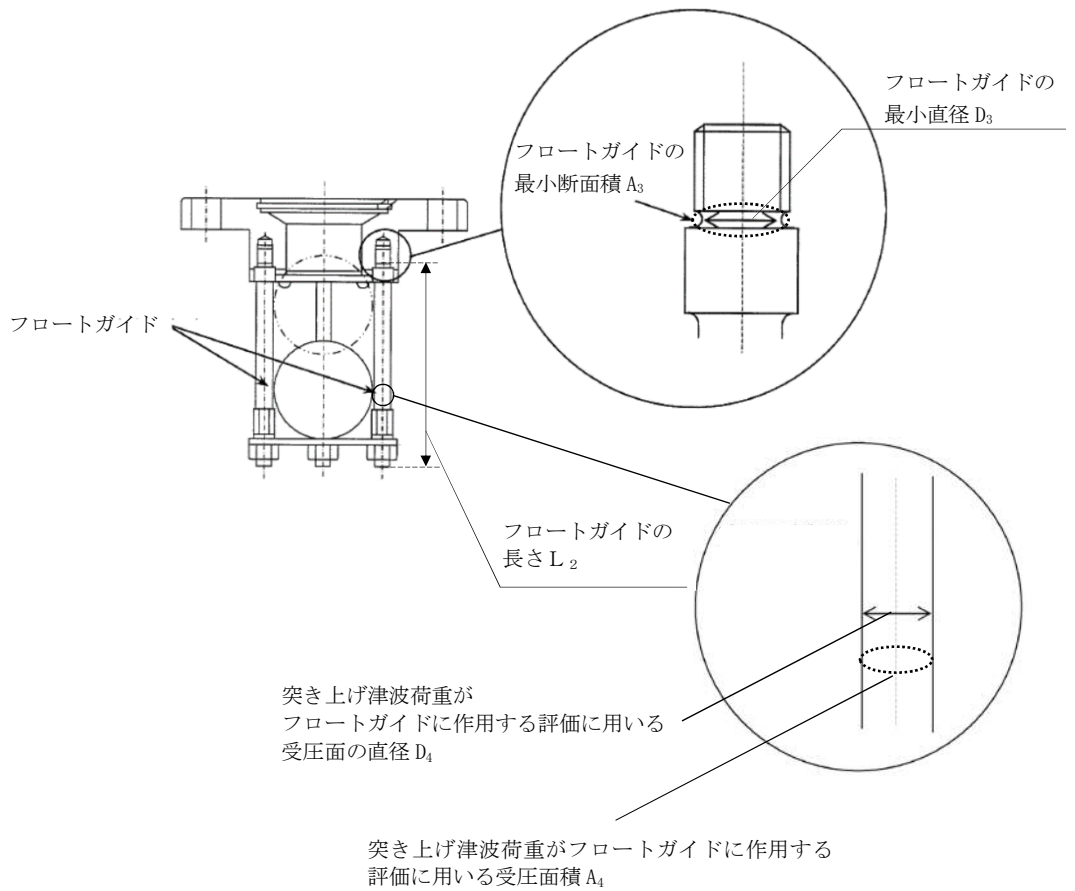


図 6.9.1-(3)-a-7 海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁のフロートガイド寸法図

A_3 : フロートガイドの最小断面積 (mm^2) = 34.21

$$A_3 = 6.6^2 \times \pi / 4$$

$$= 34.2119 \text{ mm}^2 = 34.21 \text{ mm}^2$$

A_4 : 突き上げ津波荷重がフロートガイドに作用する評価に用いる
受圧面積 (mm^2) = 38.48

$$A_4 = (7^2) \times \pi / 4$$

$$= 38.4845 \text{ mm}^2 = 38.48 \text{ mm}^2$$

$$\text{圧縮応力 } \sigma_{t2} = (0.490332 + 0.266762 \times 38.48) / (34.21)$$

$$= 0.314391 \text{ MPa} = 1 \text{ MPa}$$

(a-3) 基礎ボルトの発生応力

$$\sigma_{t3} = \frac{W_1 + P_t \cdot A_6}{A_5 \cdot n}$$

ここで、

σ_{t3} : 基礎ボルト 1 本当たりのねじ部に加わる引張応力 (MPa)

W_1 : 弁全体の常時荷重 (N) = $W_{d1} = 38.7362$

P_t : 突き上げ津波荷重 (MPa) = 0.266762

A_5 : 基礎ボルトのねじ部の断面積 (mm^2) = 2.011×10^2

呼び径 16mm のボルトの断面積であるため

$$A_5 = 16^2 \times \pi / 4 = 201.061 \text{ mm}^2 = 2.011 \times 10^2 \text{ mm}^2$$

図 6.9.1-(3)-a-8 に示す寸法図から、突き上げ津波荷重が基礎ボルトに作用する評価に用いる受圧面の直径 D_6 を以下のとおりとする。

D_6 : 突き上げ津波荷重が基礎ボルトに作用する評価に用いる受圧面の直径 (mm) = 80

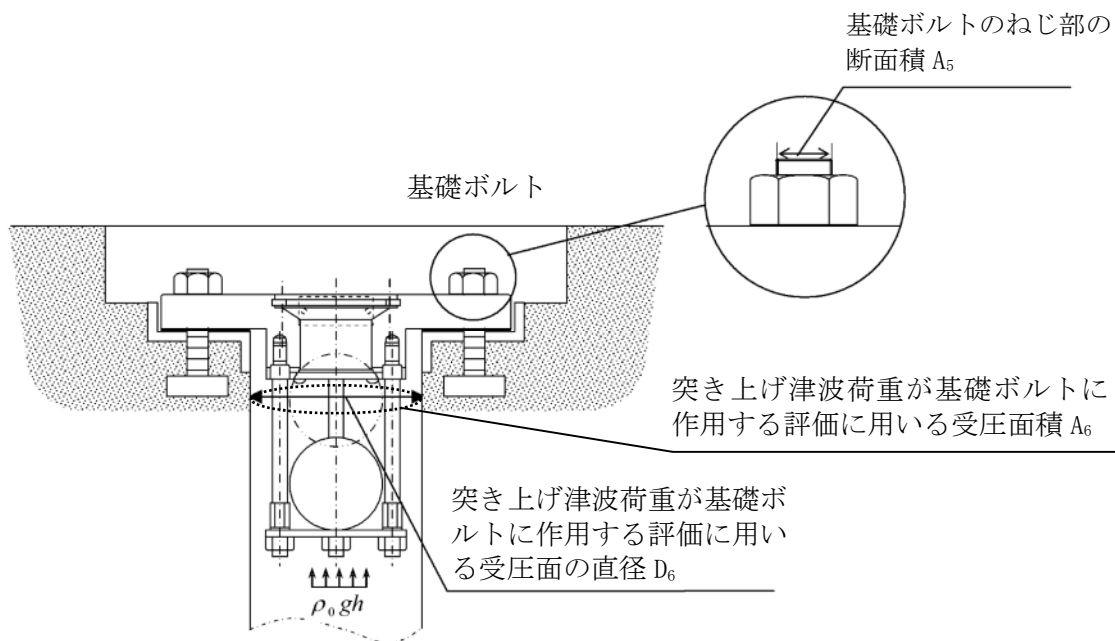


図 6.9.1-(3)-a-8 海水ポンプグラウンド dren 排出口逆止弁の基礎ボルトの受圧面直径及びねじ部の面積

A_6 : 突き上げ津波荷重が弁蓋に作用する評価に用いる受圧面積 (mm^2) = 1.708×10^3

$$A_6 = (80^2 - 65^2) \times \pi / 4 = 1708.24 \text{ mm}^2 = 1.708 \times 10^3 \text{ mm}^2$$

n : 基礎ボルトの本数 (本) = 4

基礎ボルト 1 本当たりのねじ部に

$$\begin{aligned} \text{加わる引張応力 } \sigma_{t3} &= (38.7362 + 0.266762 \times 1.708 \times 10^3) / (2.011 \times 10^2 \times 4) \\ &= 0.614576 \text{ MPa} = 1 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(a-4) フロートに発生する圧力

波圧によりフロートに発生する圧力 P_w は突き上げ津波荷重 P_t の算出結果をもとに設定する。突き上げ津波荷重 P_t は以下のとおりである。

$$P_t = 0.266762 \text{ (MPa)}$$

上記の算出結果を踏まえ、波圧によりフロートに発生する圧力 P_w を 0.3 (MPa) とする。

ホ. 敷地に遡上する津波+S_d地震時

敷地に遡上する津波+S_d地震時の応力算出に用いる記号については、添付書類「V-3-別添 3-2-5-1 海水ポンプグラウンドドレン排出口逆止弁の強度計算書」にて示す記号を使用する。

(イ) 荷重条件

(a-1) 固定荷重

固定荷重は「(b) 評価条件の整理」にて示したとおりとする。

(a-2) 積雪荷重

積雪荷重は「(b) 評価条件の整理」にて示したとおりとする。

(a-3) 突き上げ津波荷重

突き上げ津波荷重は「ニ. 敷地に遡上する津波時」にて示したとおりとする。

(a-4) S_d地震荷重

応力評価に用いる弾性設計用地震動 S_d による設計震度は「ハ. 基準津波+S_d地震時」にて示した通りとする。

(a-4-1) 弁本体

(a-4-1-1) 鉛直加速度負荷時

$$F_{V1} = m_1 \cdot C_{VSd} \cdot g$$

$$P_{VSd} = \rho_o \cdot C_{VSd} \cdot g \cdot H$$

ここで、

F_{V1} : 弁本体に加わる鉛直方向地震荷重 (N)

C_{VSd} : 余震による鉛直方向の設計震度=0.43

m_1 : 弁の全質量 (kg) =3.95

g : 重力加速度 (m/s^2) =9.80665

P_{VSd} : 鉛直加速度により加わる動水圧荷重 (MPa)

ρ_o : 海水の密度 (kg/m^3) =1030

H : 接続高さ (m) =26.2

$$F_{V1} = 3.95 \times 0.43 \times 9.80665$$

$$= 16.6565 \text{ N}$$

$$P_{VSd} = 1030 \times 0.43 \times 9.80665 \times 26.2 \times 10^{-6}$$

$$= 0.113796 \text{ MPa}$$

(a-4-1-2) 水平加速度負荷時

$$F_{H1} = m_1 \cdot C_{HSd} \cdot g$$

$$M_1 = F_{H1} \cdot L_1$$

$$P_{HSd} = \beta \cdot 7/8 \cdot \rho_o \cdot C_{HSd} \cdot g \cdot H$$

ここで、

F_{H1} : 弁本体の最下端に加わる水平方向地震荷重 (N)

M_1 : 弁本体に発生する曲げモーメント ($N \cdot mm$)

L_1 : 弁全体の長さ (mm) =132

C_{HSd} : 余震による水平方向の設計震度=0.61

m_1 : 弁の質量 (kg) =3.95

g : 重力加速度 (m/s^2) =9.80665

P_{HSd} : 水平加速度により加わる動水圧荷重 (MPa)

β : 浸水エリアの幅と水深の比による補正係数=1.0

ρ_o : 海水の密度 (kg/m^3) =1030

H : 接続高さ (m) =26.2

$$F_{H1} = 3.95 \times 0.61 \times 9.80665$$

$$= 23.6291 \text{ N}$$

$$M_1 = 23.6291 \times 132$$

$$= 3119.04 \text{ N} \cdot mm$$

$$P_{HSd} = 1.0 \times 7/8 \times 1030 \times 0.61 \times 9.80665 \times 26.2 \times 10^{-6}$$

$$=0.141252 \text{ MPa}$$

(a-4-2) フロートガイド

(a-4-2-1) 鉛直加速度負荷時

$$F_{V2} = m_2 \cdot C_{VSd} \cdot g$$

ここで、

F_{V2} : フロートガイドに加わる鉛直方向地震荷重 (N)

C_{VSd} : 余震による鉛直方向の設計震度 = 0.43

m_2 : フロートガイドの質量 (kg) = 0.05

g : 重力加速度 (m/s^2) = 9.80665

$$F_{V2} = 0.05 \times 0.43 \times 9.80665$$

$$= 0.210842 \text{ N}$$

(a-4-2-2) 水平加速度負荷時

$$F_{H2} = m_2 \cdot C_{HSd} \cdot g$$

$$M_2 = F_{H2} \cdot L_2$$

ここで、

F_{H2} : フロートガイドの最下端に加わる水平方向地震荷重 (N)

M_2 : フロートガイドに発生する曲げモーメント ($\text{N}\cdot\text{mm}$)

L_2 : フロートガイドの長さ (mm) = 102

C_{HSd} : 余震による水平方向の設計震度 = 0.61

m_2 : フロートガイドの質量 (kg) = 0.05

g : 重力加速度 (m/s^2) = 9.80665

$$F_{H2} = 0.05 \times 0.61 \times 9.80665$$

$$= 0.299102 \text{ N}$$

$$M_2 = 0.299102 \times 102$$

$$= 30.5084 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

(a-4-3) 基礎ボルト

(a-4-3-1) 鉛直加速度負荷時

弁全体の常時荷重 W_1 及び弁本体に加わる鉛直方向地震荷重 F_{V1} が作用する。

(a-4-3-2) 水平加速度負荷時

弁本体の最下端に加わる水平方向地震荷重 F_{H1} が作用する。

(ロ) 各部の応力計算

(a-1) 弁本体の発生応力

$$\sigma_{v1} = \frac{W_1 + F_{v1} + (P_t + P_{Hsd} + P_{Vsd}) \cdot A_2}{A_1}$$

ここで、

σ_{v1} : 弁本体に加わる圧縮応力 (MPa)

W_1 : 弁全体の常時荷重 (N) = 38.7362

F_{v1} : 弁本体に加わる鉛直方向地震荷重 (N) = 16.6565

P_t : 突き上げ津波荷重 (MPa) = 0.266762

P_{Hsd} : 水平加速度により加わる動水圧荷重 (MPa) = 0.141252

P_{Vsd} : 鉛直加速度により加わる動水圧荷重 (MPa) = 0.113796

A_1 : 弁本体の断面積 (mm^2) = 1.100×10^3

A_2 : 突き上げ津波荷重が弁本体に作用する評価に用いる
受圧面積 (mm^2) = $A_1 = 1.100 \times 10^3$

$$\begin{aligned} \text{圧縮応力 } \sigma_{v1} &= (38.7362 + 16.6565 + (0.266762 + 0.141252 + 0.113796) \times 1.100 \times 10^3) \\ &\quad / (1.100 \times 10^3) \\ &= 0.572167 \text{ MPa} = 1 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\sigma_{H1} = \frac{M_1 \cdot D_1 / 2}{I_1}$$

ここで、

σ_{H1} : 弁本体に加わる曲げ応力 (MPa)

M_1 : 弁本体に発生する曲げモーメント ($\text{N} \cdot \text{mm}$) = 3119.04

I_1 : 弁本体の断面二次モーメント (mm^4) = 6.76915×10^5

D_1 : 弁本体の外径 (mm) = 75

$$\begin{aligned} \text{曲げ応力 } \sigma_{H1} &= (3119.04 \times (75/2)) / (6.76915 \times 10^5) \\ &= 0.172789 \text{ MPa} = 1 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\text{組合せ応力 } \sigma_{v1} + \sigma_{H1} = 1 + 1 = 2 \text{ MPa}$$

(a-2) フロートガイドの発生応力

$$\sigma_{v2} = \frac{W_2 + F_{v2} + (P_t + P_{Hsd} + P_{Vsd}) \cdot A_4}{A_3}$$

ここで、

σ_{v2} : フロートガイドの最小断面積に加わる圧縮応力 (MPa)

W_2 : フロートガイドの常時荷重 (N) = $W_{d2} = 0.490332$

F_{v2} : フロートガイドに加わる鉛直方向荷重 (N) = 0.210842

P_t : 突き上げ津波荷重 (MPa) = 0.266762

P_{Hsd} : 水平加速度により加わる動水圧荷重 (MPa) = 0.141252

P_{Vsd} : 鉛直加速度により加わる動水圧荷重 (MPa) = 0.113796

A_3 : フロートガイドの最小断面積 (mm^2) = 34.21

A_4 : 突き上げ津波荷重がフロートガイドに作用する評価に用いる受圧面積 (mm^2) = 38.48

$$\begin{aligned} \text{圧縮応力 } \sigma_{v2} &= (0.490332 + 0.210842 + (0.266762 + 0.141252 + 0.113796) \times 38.48) \\ &\quad / 34.21 \\ &= 0.607437 \text{ MPa} = 1 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\sigma_{H2} = \frac{M_2 \cdot D_3 / 2}{I_2}$$

ここで,

σ_{H2} : フロートガイドに加わる曲げ応力 (MPa)

M_2 : フロートガイドに発生する曲げモーメント ($\text{N}\cdot\text{m}$) = 30.5084

I_2 : フロートガイドの断面二次モーメント (mm^4) = 93.1420

D_3 : フロートガイドの最小直径 (mm) = 6.6

$$\begin{aligned} \text{曲げ応力 } \sigma_{H2} &= (30.5084 \times (6.6/2)) / 93.1420 \\ &= 1.08090 \text{ MPa} = 2 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\text{組合せ応力 } \sigma_{v2} + \sigma_{H2} = 1 + 2 = 3 \text{ MPa}$$

(a-3) 基礎ボルトの発生応力

$$\sigma_{v3} = \frac{W_1 + F_{V1} + (P_t + P_{Hsd} + P_{Vsd}) \cdot A_6}{A_5 \cdot n}$$

ここで,

σ_{v3} : 基礎ボルト 1 本当たりのねじ部に加わる引張応力 (MPa)

W_1 : 弁全体の常時荷重 (N) = W_{d1} = 38.7362

F_{V1} : 弁本体に加わる鉛直方向地震荷重 (N) = 16.6565

P_t : 突き上げ津波荷重 (MPa) = 0.266762

P_{Hsd} : 水平加速度により加わる動水圧荷重 (MPa) = 0.141252

P_{Vsd} : 鉛直加速度により加わる動水圧荷重 (MPa) = 0.113796

A_5 : 基礎ボルトのねじ部の断面積 (mm^2) = 201.1

A_6 : 突き上げ津波荷重が基礎ボルトに作用する評価に用いる受圧面積 (mm^2) = 1.708×10^3

n : 基礎ボルトの本数 (本) = 4

基礎ボルト 1 本当たりのねじ部に加わる引張応力

$$\begin{aligned}\sigma_{v3} &= (38.7362 + 16.6565 + (0.266762 + 0.141252 + 0.113796) \times 1.708 \times 10^3) \\ &\quad / (201.1 \times 4) \\ &= 1.17683 \text{ MPa} = 2 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$\tau_3 = \frac{F_{H1}}{A_5 \cdot n}$$

ここで,

τ_3 : 基礎ボルトのねじ部に加わるせん断応力 (MPa)

F_{H1} : 弁本体の最下端に加わる水平方向地震荷重 (N) = 23.6291

A_5 : 基礎ボルトのねじ部の断面積 (mm^2) = 201.1

n : 基礎ボルトの本数 (本) = 4

$$\begin{aligned}\text{せん断応力 } \tau_3 &= (23.6291) / (201.1 \times 4) \\ &= 0.0293748 \text{ MPa} = 1 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$\sigma_{v4} = \frac{F_{H1} \cdot L_1}{D_p \cdot A_5}$$

ここで,

σ_{v4} : モーメントにより基礎ボルト 1 本当たりの
ねじ部に加わる引張応力 (MPa)

F_{H1} : 弁本体の最下端に加わる水平方向地震荷重 (N) = 23.6291

L_1 : 弁全体の長さ (mm) = 132

D_p : 基礎ボルトのピッチサークル = 145

A_5 : 基礎ボルトのねじ部の断面積 (mm^2) = 201.1

モーメントにより弁蓋ボルト 1 本当たりのねじ部に加わる引張応力

$$\sigma_{v4} = (23.6291 \times 132) / (145 \times 201.1) = 0.106964 \text{ MPa} = 1 \text{ MPa}$$

基礎ボルトの引張応力 $\sigma_{v3} + \sigma_{v4} = 2 + 1 = 3 \text{ MPa}$

(d) 許容応力

許容応力は、供用状態 C(許容応力状態Ⅲ_AS)として設定する。

イ. ボルト以外の許容応力

許容応力の設定に用いる温度 50℃における SUS316L の許容引張応力 S は、JSME S NC1-2005/2007 付録材料図表 Part5 表 5 を用いて、温度 40℃における許容引張応力 S₄₀ と、温度 75℃における許容引張応力 S₇₅ より、比例法を用いて算出する。

JSME S NC1-2005/2007 付録材料図表 Part5 表 5 より温度 40℃における許容引張応力 S₄₀=111MPa、温度 75℃における許容引張応力 S₇₅=108MPa であるため、 $111 + (108 - 111) \times (50 - 40) / (75 - 40) = 110.142 = 110\text{MPa}$

(イ) 基準津波時、S_s地震時、基準津波+S_d地震時、敷地に遡上する津波+S_d地震時

(a-1) 弁本体の許容圧縮応力、許容曲げ応力及び組合せ応力

$$\begin{aligned} 1.2 \cdot S &= 1.2 \times 110 \\ &= 132 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(a-2) フロートガイドの許容圧縮応力、許容曲げ応力及び組合せ応力

$$\begin{aligned} 1.2 \cdot S &= 1.2 \times 110 \\ &= 132 \text{ MPa} \end{aligned}$$

ロ. ボルトの許容応力

許容応力の設定に用いる設計降伏点 S_y 、設計引張強さ S_u 及び 40°Cにおける設計降伏点 $S_y(RT)$ は、JSME S NC1-2005/2007 付録材料図表 Part5 表 8 及び表 9 を用いて設定する。

温度 50 °Cにおける SUS304 の設計降伏点 S_y 及び設計引張強さ S_u は、温度 40 °Cにおける設計降伏点 S_y 及び設計引張強さ S_u と、温度 75°Cにおける設計降伏点 S_y 及び設計引張強さ S_u より、比例法を用いて計算する。

温度 50 °Cにおける SUS304 の設計降伏点 S_y

温度 40 °Cにおける設計降伏点 $S_y=205\text{MPa}$ 、温度 75 °Cにおける設計降伏点 $S_y=183\text{MPa}$ であるため、 $205 + (183 - 205) \times (50 - 40) / (75 - 40) = 198.714 = 198\text{MPa}$

温度 50 °Cにおける SUS304 の設計引張強さ S_u

温度 40 °Cにおける設計引張強さ $S_u=520\text{MPa}$ 、温度 75 °Cにおける設計引張強さ $S_u=466\text{MPa}$ であるため、 $520 + (466 - 520) \times (50 - 40) / (75 - 40) = 504.571 = 504\text{MPa}$

温度 40°Cにおける SUS304 の設計降伏点 $S_y(RT)$

温度 40 °Cにおける設計降伏点 $S_y=205\text{MPa}$

許容応力算定用基準値

$$\begin{aligned} F &= \min [1.35 \cdot S_y, 0.7 \cdot S_u, S_y (RT)] \\ &= \min [1.35 \times 198, 0.7 \times 504, 205] \\ &= \min [267, 352, 205] \\ &= 205 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(イ) 基準津波時、敷地に遡上する津波時

$$\begin{aligned} \text{許容引張応力} \quad 1.5 \cdot f_t &= (F/2) \cdot 1.5 \\ &= (205/2) \times 1.5 \\ &= 153 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(ロ) S_s 地震時、基準津波 + S_d 地震時、敷地に遡上する津波 + S_d 地震時

(a-1) 許容引張応力

$$\begin{aligned} 1.5 \cdot f_t &= (F/2) \cdot 1.5 \\ &= (205/2) \times 1.5 \\ &= 153 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(a-2) 許容せん断応力

$$\begin{aligned} 1.5 \cdot f_s &= \{F / (1.5 \cdot \sqrt{3})\} \cdot 1.5 \\ &= \{205 / (1.5 \times \sqrt{3})\} \times 1.5 \\ &= 78 \times 1.5 \\ &= 117 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(a-3) 組合せ応力

組合せ応力の許容応力として、せん断応力と引張応力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力を求める。

ボルトに作用するせん断応力 $\tau = 1 \text{ MPa}$

$$\begin{aligned} 1.5 \cdot f_{ts1} &= 1.4 \cdot (1.5 \cdot f_{t0}) - 1.6 \cdot \tau \\ &= 1.4 \times 153 - 1.6 \times 1 \\ &= 212 \text{ MPa} \end{aligned}$$

ここで,

$$\begin{aligned} 1.5 \cdot f_{t0} &= (F/2) \cdot 1.5 \\ &= (205/2) \times 1.5 \\ &= 153 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1.5 \cdot f_{ts2} &= 1.5 \cdot f_{t0} \\ &= 153 \text{ MPa} \end{aligned}$$

以上より,

$$\begin{aligned} 1.5 \cdot f_{ts} &= \text{Min} (1.5 \cdot f_{ts1}, 1.5 \cdot f_{ts2}) \\ &= \text{Min} (212, 153) \\ &= 153 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(e) 応力評価結果

イ. 基準津波時

基準津波時の評価結果を表 6.9.1-(3)-a-3 に示す。

表 6.9.1-(3)-a-3 基準津波時の応力評価結果 (弁本体, フロートガイド及び基礎ボルト)

部位	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	判定 発生応力 ≤ 許容応力
弁本体	圧縮	1	132	OK
フロートガイド	圧縮	1	132	OK
基礎ボルト	引張	1	153	OK

ロ. S_s 地震時

S_s 地震時の評価結果を表 6.9.1-(3)-a-4 に示す。

表 6.9.1-(3)-a-4 S_s 地震時の評価結果 (弁本体, フロートガイド及び基礎ボルト)

部位	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	判定 発生応力 ≤ 許容応力
弁本体	引張	1	132	OK
	曲げ	1	132	OK
	組合せ*1	2	132	OK
フロートガイド	引張	1	132	OK
	曲げ	2	132	OK
	組合せ*1	3	132	OK
基礎ボルト	引張*2	2	153*3	OK
	せん断	1	117	OK

注記 *1: 圧縮 (σ_t) + 曲げ (σ_b) は, $\sigma_t + \sigma_b \leq 1.2S$ で評価

*2: 基礎ボルトの引張応力は, $\sigma_{bh} + \sigma_{bv}$

*3: $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau, f_{to}]$ より算出

ハ. 基準津波+S_d地震時

基準津波+S_d地震時の評価結果を表 6.9.1-(3)-a-5 に示す。

表 6.9.1-(3)-a-5 基準津波+S_d地震時の評価結果 (弁本体, フロートガイド及び基礎ボルト)

部位	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	判定 発生応力 ≤ 許容応力
弁本体	圧縮	1	132	OK
	曲げ [°]	1	132	OK
	組合せ ^{*1}	2	132	OK
フロートガイド	圧縮	1	132	OK
	曲げ [°]	2	132	OK
	組合せ ^{*1}	3	132	OK
基礎ボルト	引張 ^{*2}	3	153 ^{*3}	OK
	せん断	1	117	OK

注記 *1: 圧縮 (σ_V) + 曲げ (σ_H) は, $\sigma_V + \sigma_H \leq 1.2S$ で評価

*2: 基礎ボルトの引張応力は, $\sigma_{V3} + \sigma_{V4}$

*3: $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau, f_{to}]$ より算出

ニ. 敷地に遡上する津波時

敷地に遡上する津波時の評価結果を表 6.9.1-(3)-a-6 に示す。

表 6.9.1-(3)-a-6 敷地に遡上する津波時の応力評価結果
(弁本体, フロートガイド及び基礎ボルト)

部位	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	判定 発生応力 ≤ 許容応力
弁本体	圧縮	1	132	OK
フロートガイド	圧縮	1	132	OK
基礎ボルト	引張	1	153	OK

ホ. 敷地に遡上する津波+S_d地震時

敷地に遡上する津波+S_d地震時の評価結果を表 6.9.1-(3)-a-7 に示す。

表 6.9.1-(3)-a-7 敷地に遡上する津波+S_d地震時の評価結果
(弁本体, フロートガイド及び基礎ボルト)

部位	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	判定 発生応力 ≤ 許容応力
弁本体	圧縮	1	132	OK
	曲げ	1	132	OK
	組合せ*1	2	132	OK
フロートガイド	圧縮	1	132	OK
	曲げ	2	132	OK
	組合せ*1	3	132	OK
基礎ボルト	引張*2	3	153*3	OK
	せん断	1	117	OK

注記 *1: 圧縮 (σ_V) + 曲げ (σ_H) は, $\sigma_V + \sigma_H \leq 1.2S$ で評価

*2: 基礎ボルトの引張応力は, $\sigma_{V3} + \sigma_{V4}$

*3: $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau, f_{to}]$ より算出

h. 常設低圧代替注水系格納槽点検用水密ハッチの設計に関する補足説明

(a) 固有周期

イ. 固有周期（固有振動数）の計算

上蓋は、全周囲を固定ボルトにより支持されていることから、周辺固定の長方形板モデルとする。固有周期 T 及び周辺固定の長方形板モデルの一次固有振動数 f は、「機械工学便覧（1986 年）、日本機械学会」より、次式を用いて算出する。

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

$$f = \frac{\lambda \cdot \pi \cdot \frac{t}{2}}{2 \cdot b^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot g}{3 \cdot (1 - \nu^2) \cdot \rho}}$$

ここで、

- T : 固有周期 (s)
- a : モデル化に用いる蓋材の幅 (長辺) (m)
- b : モデル化に用いる蓋材の長さ (短辺) (m)
- f : 一次固有振動数 (Hz)
- λ : 振動数係数 (a/b 及び振動系によって決まる係数) 「機械工学便覧 (1986 年)、日本機械学会」の周辺固定の長方形板モデルより、a/b = 1 のとき λ = 3.65, a/b = 1.5 のとき λ = 2.74, a/b = 2 のとき λ = 2.49

図 6.9.1-(2)-h-1 に機械工学便覧 3-52 抜粋を示す。

- π : 円周率 = 3.14159
- t : 上蓋の厚さ (m) (公称厚) = 0.030
- E : 縦弾性係数 (MPa) = 1.94 × 10⁵

J S M E S N C 1-2005/2007 付録材料図表 Part6 表 1 を用いて計算する。温度 40 °C におけるオーステナイト系ステンレス鋼の縦弾性係数は、温度 20 °C の縦弾性係数 195000 MPa と、温度 50 °C の縦弾性係数 193000 MPa より、直線補間を用いて計算する。

$$\begin{aligned} E &= E_{20} - \frac{(t_{40} - t_{20}) \cdot (E_{50} - E_{20})}{(t_{50} - t_{20})} \\ &= 195000 - \frac{(40 - 20) \times (193000 - 195000)}{(50 - 20)} \\ &= 1.93666 \times 10^5 \approx 1.94 \times 10^5 \quad (\text{MPa}) \end{aligned}$$

ここで、

- t₂₀, t₄₀, t₅₀ : 温度 (各 20 °C, 40 °C, 50 °C)
- E₂₀, E₅₀ : 各温度時のオーステナイト系ステンレス鋼の縦弾性係数 (E₂₀ : 20 °C の時 195000 MPa, E₅₀ : 50 °C の時 193000 MPa)

g : 重力加速度 (m/s²) = 9.80665

ν : ポアソン比 = 0.3

ρ : 材料の密度 (kg/m³) オーステナイト系ステンレス鋼 = 7930

上蓋の固有振動数の計算条件及び固有周期を表 6.9.1-(2)-h-1 に示す。

b. 長方形板 2 隣辺の長さ a, b cm の両辺固定長方形板の振動数 f s⁻¹ は

$$f = \lambda \frac{\pi^2}{2b^2} \sqrt{\frac{Eg}{3(1-\nu^2)}}$$

λ は a/b および振動系によって定まる無次元の係数であって、基本振動数に対して請求(3B)によって計算された値にはかなりの差異があるが、おおよそ第 28 表のとおりである。

第 28 表 両辺固定の長方形板の λ (基本振動)

a/b	1	1.5	2.0
λ	3.65	2.74	2.49

図 6.9.1-(2)-h-1 機械工学便覧 3-52 抜粋

表 6.9.1-(2)-h-1 上蓋の固有振動数の計算条件及び固有周期

上蓋の幅 a (m)	上蓋の長さ b (m)	振動数係数 λ *1	一次固有振動数 f *2 (Hz)	固有周期 T *3 (s)
3.320	3.080	2.74	20.3	0.049

注記 *1 水密ハッチの振動数係数 λ は、 $a/b \approx 1.1$ の場合の定数 λ が無いため、より小さな値として算出される $a/b = 1.5$ の場合の定数 $\lambda = 2.74$ を用いた。

*2 水密ハッチの一次固有振動数 f は以上より、

$$f = \frac{2.74 \times 3.14159 \times \frac{0.030}{2}}{2 \times 3.080^2} \sqrt{\frac{1.94 \times 10^{11} \times 9.80665}{3 \times (1 - 0.3^2) \times 7930 \times 9.80665}}$$

$$= 20.3724 \approx 20.3$$

*3 水密ハッチの固有周期 T は以下より算出する。

$$T = 1 / f = 1 / 20.3 = 0.0492611 \approx 0.049 \text{ (s)}$$

ロ. 固有値解析結果

固有周期は 0.049 であり、0.05 以下であることから、剛構造である。

(b) 評価条件の整理

(イ) 荷重条件

(a-1) 常時作用する固定荷重 (D) <重畳時及び地震時>

固定荷重は以下のとおりとする。水密ハッチの質量及び固定荷重を表 6.9.1-(2)-h-2 に示す。

$$D = m \cdot g$$

ここで、

D : 固定荷重 (N)

m : 上蓋の質量 (kg)

表 6.9.1-(2)-h-2 水密ハッチの質量及び固定荷重

上蓋の質量m (kg)	固定荷重D* (N)
2800	27458.6

注記 * 水密ハッチの固定荷重Dは以上より

$$\begin{aligned} D &= 2800 \times 9.80665 \\ &= 27458.6 \end{aligned}$$

(a-2) 積雪荷重 (P_s) <重畳時及び地震時>

積雪荷重 P_s については、30 cm の積雪量を想定し、平均的な積雪荷重を与えるための係数 0.35 を考慮する。

積雪荷重による質量は次式を用いて算出する。

$$P_s = k \cdot \omega \cdot H$$

ここで、

P_s : 積雪荷重 (Pa)

k : 定数 (積雪荷重算出) = 0.35

ω : 積雪の単位荷重 (Pa/cm) = 20

H : 垂直積雪高さ (cm) = 30

以上より、

$$\begin{aligned} P_s &= 0.35 \times 20 \times 30 \\ &= 210 \end{aligned}$$

(a-3) 浸水津波荷重 (P_h) <重畳時>

浸水津波荷重として、経路からの津波又は溢水に伴う水位を用いた静水圧を考慮し、次式を用いて算出する。

$$P_h = \rho_0 \cdot g \cdot h$$

ここで、

P_h : 浸水津波荷重による静水圧荷重 (Pa)

ρ_0 : 海水の密度 (kg/m³) = 1030

港湾の施設の技術上の基準・同解説 ((社) 日本港湾協会 平成 19 年)
より

h : 水位差 (m) = 1.200

以上より、

$$P_h = 1030 \times 9.80665 \times 1.200 = 12121.02$$

(a-4) 余震荷重 (S_d) < 重畳時 >

余震荷重は、添付書類「V-1-1-2-2-5 津波防護に関する施設の設計方針」に示す津波荷重との重畳を考慮する弾性設計用地震動 S_d を入力して得られた地震応答解析に伴う上版 (コンクリート) における最大応答加速度の最大値を設計震度として、水密ハッチに作用する余震による慣性力を考慮する。

なお、設計震度は最大応答加速度を重力加速度で除して算出する。

水密ハッチの応力評価に用いる S_d 地震荷重の設計震度を表 6.9.1-(2)-h-3 に示す。

表 6.9.1-(2)-h-3 応力評価に用いる設計震度

弾性設計用 地震動	設置場所及び 床面高さ (m)	基準床レベル (m)	水平震度 C_H	鉛直震度 C_V
S_d-D1L	常設低圧代替注 水系格納槽 EL. 8.0	常設低圧代替注水系 ポンプ室 EL. 8.0	0.45	0.28

地震荷重による水方向の静的地震荷重は常時作用する固定荷重 (D) 及び積雪荷重 (P_s) を考慮し次式を用いて算出する。

余震による地震荷重は表 6.9.1-(2)-h-4 に示す。

$$K_{HSd} = C_H \cdot (D + P_s \cdot A)$$

ここで、

K_{HSd} : 水平方向の静的地震荷重 (N)

A : 上蓋に積雪が載荷する面積 (上蓋端面積) (m²)

地震荷重による鉛直方向の静的地震荷重は常時作用する固定荷重 (D) 及び積雪荷重 (P_s) を考慮し次式を用いて算出する。

$$K_{Vsd} = C_v \cdot (D + P_s \cdot A)$$

ここで、

K_{Vsd} : 鉛直方向の静的地震荷重 (N)

表 6.9.1-(2)-h-4 余震による地震荷重

上蓋の幅 (m)	上蓋の長さ (m)	上蓋面積 A (m ²)	水平地震荷重* ¹ K_{Hsd} (N)	鉛直地震荷重* ² K_{Vsd} (N)
3.080	3.320	10.2256	13322.7	8289.68

注記 *1 水密ハッチの水平地震荷重 K_{Hsd} は以上より

$$K_{Hsd} = 0.45 \times (27458.6 + 210 \times 10.2256) = 13322.7$$

*2 水密ハッチの鉛直地震荷重 K_{Vsd} は以上より

$$K_{Vsd} = 0.28 \times (27458.6 + 210 \times 10.2256) = 8289.68$$

(a-5) 地震荷重(S_s) <地震時>

水基準地震動 S_s による荷重を考慮する。

ここで、応力評価に用いる設計震度は上版(コンクリート)における最大加速度を重力加速度で除して算出し、各方向での最大値を用いる。

表 6.9.1-(2)-h-5 に応力評価に用いる設計震度を示す。

表 6.9.1-(2)-h-5 設計用震度

地震動	設置場所及び 床面高さ(m)	基準床レベル (m)	水平方向設計 震度 C_H^*	鉛直方向設計 震度 C_v^*
基準地震動 S_s	常設低圧代替注水系 格納槽 EL. 8.0	常設低圧代替注水系 ポンプ室 EL. 8.0	1.36	0.68

基準地震動 S_s による水方向の地震荷重は常時作用する固定荷重(D)及び積雪荷重(P_s)を考慮し次式を用いて算出する。

基準地震動 S_s による地震荷重は表 6.9.1-(2)-h-6 に示す。

$$K_{HSS} = C_{HSS} \cdot (D + P_s \cdot A)$$

ここで、

K_{HSS} : 水平方向の静的地震荷重 (N)

A : 上蓋に積雪が載荷する面積(上蓋端面積) (m²)

地震荷重による鉛直方向の静的地震荷重は常時作用する固定荷重(D)及

び積雪荷重（ P_s ）を考慮し次式を用いて算出する。

$$K_{VSS} = C_{VSS} \cdot (D + P_s \cdot A)$$

ここで、

K_{VSS} ：鉛直方向の静的地震荷重（N）

表 6.9.1-(2)-h-6 基準地震動 S_s による地震荷重

	上蓋の幅 (m)	上蓋の長さ (m)	上蓋面積 A (m ²)	水平地震荷重* ¹ K_{HSS} (N)	鉛直地震荷重* ² K_{VSS} (N)
水密ハッチ	3.080	3.320	10.2256	40264.1	20132.1

注記 *1 水密ハッチの水平地震荷重 P_{HSS} は以上より

$$\begin{aligned} K_{HSS} &= 1.36 \times (27458.6 + 210 \times 10.2256) \\ &= 40264.1 \end{aligned}$$

*2 水密ハッチの鉛直地震荷重 P_{VSS} は以上より

$$\begin{aligned} K_{VSS} &= 0.68 \times (27458.6 + 210 \times 10.2256) \\ &= 20132.1 \end{aligned}$$

(ロ) 各部の応力計算

(a-1) 上蓋

上蓋に作用する鉛直荷重（鉛直下向き方向）は、コンクリート躯体に支持されることから、上蓋には曲げ及びせん断力が作用する。

上蓋は固定ボルト間を支点とした等分布荷重を受ける周辺固定の長方形板モデルとして検討を行う。

なお、水平荷重（水平 2 方向）は固定ボルトに対するせん断力として評価を行う。

(a-1-1) 重畳時

(a-1-1-1) 曲げ応力<重畳時>

四辺を固定された長方形板に等分布荷重が作用した際に、上蓋に発生する曲げ応力は、「機械工学便覧（1986 年）、日本機械学会」より次式を用いて算出する。

$$\sigma_b = \frac{\beta_2 \cdot \left(\frac{D + K_{Vs d}}{A} + Ph + P_s \right) \cdot b^2}{t^2}$$

ここで、

σ_b : 周辺固定の長方形板モデルに等分布荷重が作用する際の曲げ応力 (MPa) 表 10 参照

β_2 : 周辺固定の長方形板モデルに等分布荷重が作用する際の応力係数
 「機械工学便覧 (1986 年), 日本機械学会 第 4 編材料力学 第 37 表 及び 第 160 図」より求める。

図 6.9.1-(2)-h-2 に機械工学便覧 4-67, 68 抜粋を示す。

t : 上蓋の厚さ (公称値) (m) = 0.030

b : モデル化に用いる上蓋の短辺長さ (m) 表 10 参照

a : モデル化に用いる上蓋の長辺長さ (m) 表 10 参照

上蓋の応力計算条件を表 6.9.1-(2)-h-7 に示す。

表 6.9.1-(2)-h-7 上蓋の応力計算条件

モデル化に用いる 上蓋の短辺長さ b (m)	モデル化に用いる 上蓋の長辺長さ a (m)	応力係数*1 β_2	上蓋の厚さ t (m)
3.080	3.320	0.32	0.030

注記 *1 水密ハッチの応力係数 β_2 は a/b から

$$a/b = 3.320/3.080$$

$$= 1.07792$$

第 160 図から

$$\beta_2 = 0.32$$

*2 水密ハッチの曲げ応力 σ_b は以上より

$$\sigma_b = \frac{0.32 \times \left(\frac{27458.6 + 8289.68}{10.2256} + 12121.02 + 210 \right) \times 3.080^2}{0.030^2} \cdot 10^{-6}$$

$$= 53.3835$$

小数点第一位切り上げより 54 MPa

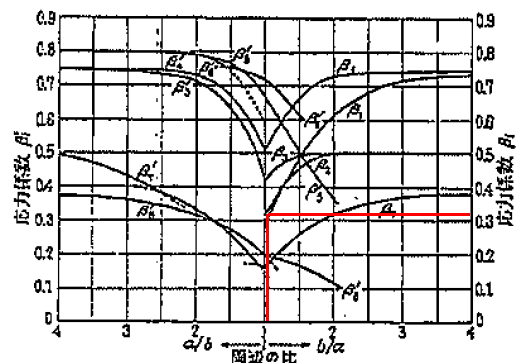
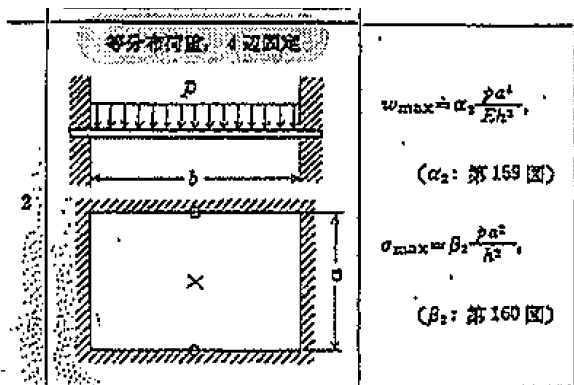


図 6.9.1-(2)-h-2 機械工学便覧 4-67, 68 抜粋

(a-1-1-2) せん断応力<重畳時>

四辺を固定された長方形板に等分布荷重が作用した際に、上蓋に発生するせん断応力は、すべての荷重が支持縁に作用するとして次式を用いて算出する。

$$\tau = \frac{D + K_{Vsd} + (Ph + P_s) \cdot A}{t \cdot (a + b) \cdot 2}$$

ここで、

τ : せん断応力 (MPa)

水密ハッチのせん断応力 τ は以上より

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{27458.6 + 8289.68 + (12121.02 + 210) \times 10.2256}{0.030 \times (3.080 + 3.320) \times 2} \cdot 10^{-6} \\ &= 0.421459 \end{aligned}$$

小数点第一位切り上げより 1 MPa

(a-1-1-3) 組合せ応力<重畳時>

前項にて算出した垂直応力やせん断応力について、「J S M E S N C 1 - 2005/2007 SSB-3121.1」より次式を用いて算出する。

組合せ応力を表 6.9.1-(2)-h-8 に示す。

$$\sigma = \sqrt{\sigma_b^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

ここで、

σ : 組合せ応力 (MPa)

σ_b : 垂直応力 (MPa)

τ : σ_b が作用する面内のせん断応力 (MPa)

表 6.9.1-(2)-h-8 組合せ応力

垂直応力 σ_b (MPa)	せん断応力 τ (MPa)	組合せ応力* σ (MPa)
54	1	55

注記 * 水密ハッチの組合せ応力 σ は以上より

$$\sigma = \sqrt{54^2 + 3 \times 1^2}$$

$$= 54.0278$$

小数点第一位切り上げより 55 MPa

(a-1-2) 地震時

(a-1-2-1) 曲げ応力<地震時>

四辺を固定された長方形板に等分布荷重が作用した際に、上蓋に発生する曲げ応力は、「機械工学便覧 (1986 年), 日本機械学会」より次式を用いて算出する。

図 6.9.1-(2)-h-2 に機械工学便覧 4-67, 68 抜粋を示す。

$$\sigma_{b s s} = \frac{\beta_2 \cdot \left(\frac{D + K_{vss} + P_s}{A} \right) \cdot b^2}{t^2}$$

ここで、

$\sigma_{b s s}$: 周辺固定の長方形板モデルに等分布荷重が作用する際の曲げ応力 (MPa)

t : 上蓋の厚さの公称値 (m) = 0.030

上蓋の応力計算条件を表 6.9.1-(2)-h-7 に示す。

水密ハッチの曲げ応力 σ_{bss} は以上より

$$\sigma_{bss} = \frac{0.32 \times \left(\frac{27458.6 + 20132.1}{10.2256} + 210 \right) \times 3.080^2}{0.030^2} \cdot 10^{-6}$$

$$= 16.4062$$

小数点第一位切り上げより 17 MPa

(a-1-2-2) せん断応力<地震時>

四辺を固定された長方形板に等分布荷重が作用した際に、上蓋に発生するせん断応力は、すべての荷重が支持縁に作用するとして次式を用いて算出する。

$$\tau_{ss} = \frac{D + K_{vss} + P_s \cdot A}{t \cdot (a + b) \cdot 2}$$

ここで、

τ_{ss} : せん断応力 (MPa)

水密ハッチのせん断応力 τ は以上より

$$\tau_{ss} = \frac{27458.6 + 20132.1 + 210 \times 10.2256}{0.030 \times (3.080 + 3.320) \times 2} \cdot 10^{-6}$$

$$= 0.129526$$

小数点第一位切り上げより 1 MPa

(a-1-2-3) 組合せ応力<地震時>

前項にて算出した垂直応力やせん断応力について、「J S M E S N C 1 - 2005 / 2007 SSB-3121.1」より次式を用いて算出する。結果を表 6.9.1-(2)-h-9 に示す。

$$\sigma_{ss} = \sqrt{\sigma_{bss}^2 + 3 \cdot \tau_{ss}^2}$$

表 6.9.1-(2)-h-9 組合せ応力

垂直応力 σ_{bss} (MPa)	せん断応力 τ_{ss} (MPa)	組合せ応力* σ_{ss} (MPa)
17	1	18

注記 * 水密ハッチの組合せ応力 σ_{ss} は以上より

$$\sigma_{ss} = \sqrt{17^2 + 3 \times 1^2}$$

$$= 17.0880$$

小数点第一位切り上げより 18 MPa

(a-2) 固定ボルト

固定ボルトに作用する水平荷重（水平震度）は、上蓋を介して固定ボルトにせん断力が作用する。

なお、鉛直下向き方向の荷重は固定ボルトに作用しないこと及び余震による鉛直震度が 1G を超えないため上蓋の浮き上がりによる固定ボルトの引張が起らない。

(a-2-1) 重畳時

(a-2-1-1) せん断応力<重畳時>

余震による水平荷重が作用した際の固定ボルトのせん断応力は、以下の式より算出する。

$$\tau_k = \frac{K_{Hsd}}{n \cdot A_b}$$

ここで、

τ_k : 固定ボルトに作用するせん断応力 (MPa)

n : 固定ボルトの本数 (本)

A_b : 固定ボルトの呼び径の断面積 (mm²) 呼び径 M20 mm より

$$\begin{aligned} A_b &= \pi \cdot 20^2 / 4 \\ &= 3.14159 \times 20^2 / 4 \\ &= 314.159 \end{aligned}$$

表 6.9.1-(2)-h-10 固定ボルトのせん断応力

固定ボルト本数 n (本)	固定ボルトの断面積 A_b (mm ²)	せん断応力* τ_k (MPa)
26	314.159	2

注記 * 水密ハッチの固定ボルトせん断応力は以上より

$$\begin{aligned} \tau_k &= \frac{13322.7}{26 \times 314.159} \\ &= 1.63106 \end{aligned}$$

小数点第一位切り上げより 2 MPa

(a-2-2) 地震時

(a-2-2-1) せん断応力<地震時>

地震 (S_s) による水平荷重が作用した際の固定ボルトのせん断応力は、以下の式より算出する。

$$\tau_{kSS} = \frac{K_{HSS}}{n \cdot A_b}$$

ここで、

τ_{kSS} : 水平方向の地震荷重 (S_s) による固定ボルトに作用するせん断応力 (MPa)

水密ハッチの固定ボルトせん断応力は以上より

$$\begin{aligned} \tau_{kSS} &= \frac{40264.1}{26 \times 314.159} \\ &= 4.92941 \end{aligned}$$

小数点第一位切り上げより 5 MPa

(ハ) 許容応力

許容応力は、 S_s 地震時、浸水津波 + S_d 地震時は、供用状態 C(許容応力状態Ⅲ_AS)として設定する。

(a-1) 上蓋の許容応力

許容応力算定用基準値

$$\begin{aligned} F &= \min [S_y, 0.7 \cdot S_u] \\ &= \min [205, 0.7 \times 520] \\ &= \min [205, 364] \\ &= 205 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(a-1-1) 許容曲げ応力

$$\begin{aligned} 1.5 \cdot f_b &= (F/1.5) \cdot 1.5 \\ &= (205/1.5) \times 1.5 \\ &= 136 \times 1.5 \\ &= 204 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(a-1-2) 許容せん断応力

$$\begin{aligned} 1.5 \cdot f_s &= \{F / (1.5 \cdot \sqrt{3})\} \cdot 1.5 \\ &= \{205 / (1.5 \times \sqrt{3})\} \times 1.5 \\ &= 78 \times 1.5 \\ &= 117 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(a-1-3) 許容引張応力

$$\begin{aligned} 1.5 \cdot f_t &= (F/1.5) \cdot 1.5 \\ &= (205/1.5) \times 1.5 \end{aligned}$$

$$=136 \times 1.5$$

$$=204 \text{ MPa}$$

(a-2) 固定ボルトの許容応力
許容応力算定用基準値

$$F = \min [S_y, 0.7 \cdot S_u]$$

$$= \min [205, 0.7 \times 520]$$

$$= \min [205, 364]$$

$$= 205 \text{ MPa}$$

(a-2-1) 許容引張応力

$$1.5 \cdot f_t = (F/2) \cdot 1.5$$

$$= (205/2) \times 1.5$$

$$= 153 \text{ MPa}$$

(a-2-2) 許容せん断応力

$$1.5 \cdot f_s = \{F / (1.5 \cdot \sqrt{3})\} \cdot 1.5$$

$$= \{205 / (1.5 \times \sqrt{3})\} \times 1.5$$

$$= 78 \times 1.5$$

$$= 117 \text{ MPa}$$

(a-2-3) 組合せを考慮した許容引張応力

$$f_{ts} = 1.4 \cdot 1.5 \cdot f_t - 1.6 \tau$$

$$= 1.4 \times 153 - 1.6 \times 10$$

$$= 198.2 \text{ MPa}$$

$> 1.5 \cdot f_t = 153 \text{ MPa}$ より

許容引張応力は $1.5 \cdot f_t$ を使用する。