

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 70
提出年月日	平成 30 年 7 月 6 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)

平成 30 年 7 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	<ul style="list-style-type: none"> ・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

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 12 H30. 3. 1]
 - 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 29 H30. 4. 19]
 - 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
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 37 H30. 5. 17]
 - 3.2 海水ポンプの波力に対する強度評価について
 - 3.3 電源喪失による除塵装置の機能喪失に伴う取水性の影響について
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 26 H30. 4. 13]
 - 4.3 漂流物荷重について[改 48 H30. 6. 11]
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 12 H30. 3. 1]
 - 5.3 強度計算に用いた規格・基準について
 - 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 26 H30. 4. 13]
 - 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 15 H30. 3. 9]
 - 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 44 H30. 6. 5]

- 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 7 H30.2.19]
 - 5.19 許容応力度法における許容限界について[改 55 H30.6.20]
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 69 H30.7.6]
 - 6.1.1.2 鋼製防護壁の強度計算書に関する補足説明[改 69 H30.7.6]
 - 6.1.2 鋼製防護壁アンカーに関する補足説明[改 61 H30.6.28]
 - 6.1.3 止水機構に関する補足説明[改 62 H30.6.28]
 - 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 69 H30.7.6]
 - 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 69 H30.7.6]
 - 6.2.2 フラップゲートに関する補足説明
 - 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 69 H30.7.6]
 - 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 69 H30.7.6]
 - 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 51 H30.6.15]
 - 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 63 H30.6.29]
 - 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 50 H30.6.12]
 - 6.5.1.1 防潮扉の耐震計算書に関する補足説明[改 66 H30.7.4]（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 H30.7.6]
 - 6.6 放水路ゲートに関する補足説明
 - 6.6.1 放水路ゲートの設計に関する補足説明[改 50 H30.6.12]

[]内は、当該箇所を提出
（最新）したときの改訂を示
す。

- 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 69 H30. 7. 6]
 - 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 69 H30. 7. 6]
- 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 63 H30. 6. 29]
 - 6.8.1.2 貯留堰の強度計算書に関する補足説明[改 69 H30. 7. 6]
 - 6.8.2 貯留堰取付護岸に関する補足説明[改 63 H30. 6. 29]
- 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 65 H30. 7. 3]
 - 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
- 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 52 H30. 6. 19]
 - 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 64 H30. 6. 29]
 - 6.10.3 加振試験の条件について[改 58 H30. 6. 26]
 - 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 67 H30. 7. 4]
- 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]

[]内は, 当該箇所を提出
(最新)したときの改訂を示
す。

- 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資料
- 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

目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	2
2.1 位置	2
2.2 構造概要	3
2.3 評価方針	9
2.4 適用基準	17
3. 強度評価方法	18
3.1 記号の定義	18
3.2 評価対象断面及び部位	19
3.3 荷重及び荷重の組合せ	22
3.4 許容限界	27
3.5 評価方法	30
4. 評価結果	59
4.1 解析結果	59
4.2 強度評価結果	60
4.3 まとめ	65

1. 概要

本資料は、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」に示すとおり、鉄筋コンクリート防潮壁が地震後の繰返しの襲来を想定した津波荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、主要な構造部材の構造健全性を保持すること、十分な支持性能を有する地盤に設置していること及び主要な構造体の境界部に設置する部材が有意な漏えいを生じない変形に留まることを確認するものである。

2. 基本方針

鉄筋コンクリート防潮壁の検討対象断面位置は、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」に示す「3.2 機能維持の方針」を踏まえて選定する。鉄筋コンクリート防潮壁の「2.1 位置」及び「2.2 構造概要」を示す。

2.1 位置

鉄筋コンクリート防潮壁の位置図を図 2.1-1 に示す。

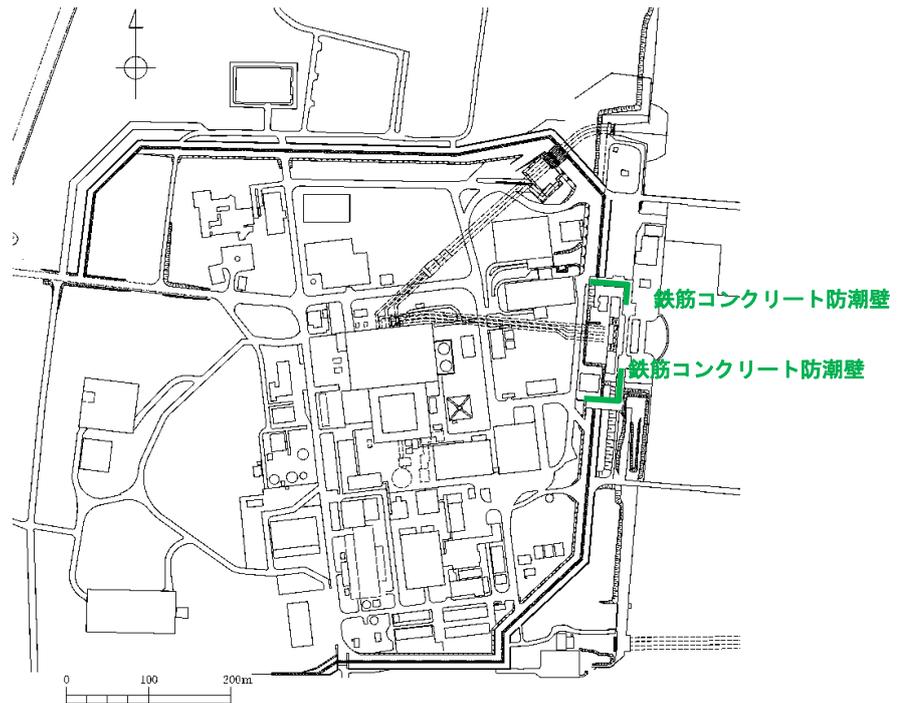


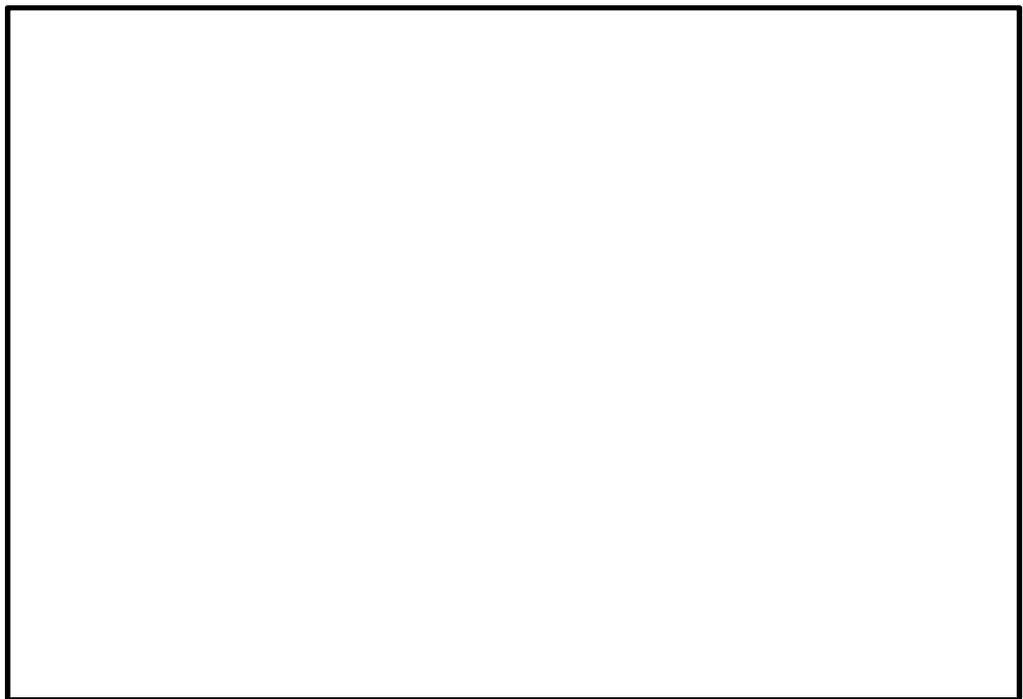
図 2.1-1 鉄筋コンクリート防潮壁位置図

2.2 構造概要

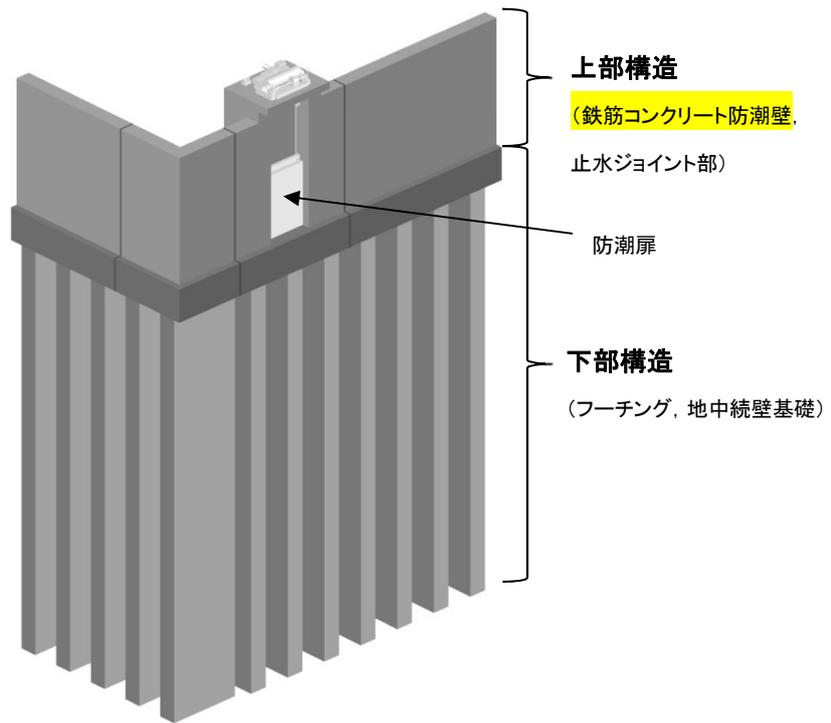
鉄筋コンクリート防潮壁は、1ブロック幅約11 m～20 m、天端高T.P. +20 m、奥行約10 mの鉄筋コンクリートの構造物であり、ブロック間は止水ジョイントを施した構造である。鉄筋コンクリート防潮壁は、地中連続壁基礎を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置する。また、鉄筋コンクリート防潮壁に防潮扉及びフラップゲートを設置する。

鉄筋コンクリート防潮壁のたて壁と地中連続壁基礎は、それぞれの鉛直方向主鉄筋を鉄筋コンクリートフーチング内に定着させて一体構造とする。

鉄筋コンクリート防潮壁の検討対象位置平面図を [図 2.2-1](#) に、概要図を [図 2.2-2](#) に、構造図を [図 2.2-3](#) に示す、配筋概要図を [図 2.2-4](#) に示す。



[図 2.2-1](#) 鉄筋コンクリート防潮壁 平面図



鉄筋コンクリート防潮壁の取水構造物の北側概要図

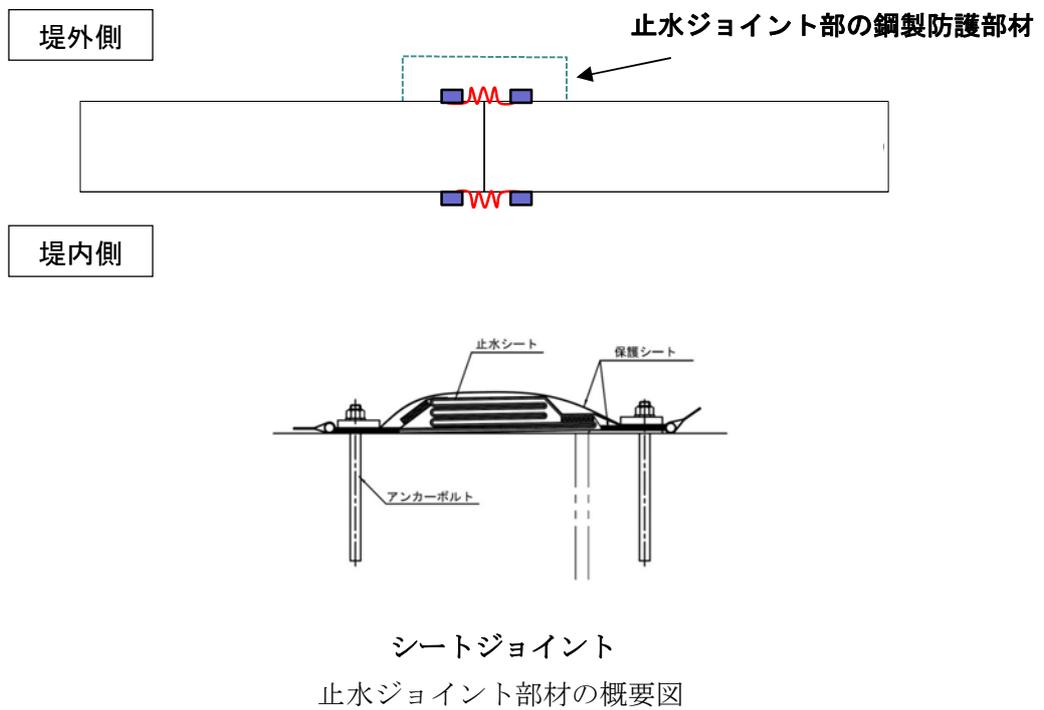


図 2.2-2 鉄筋コンクリート防潮壁構造概要図

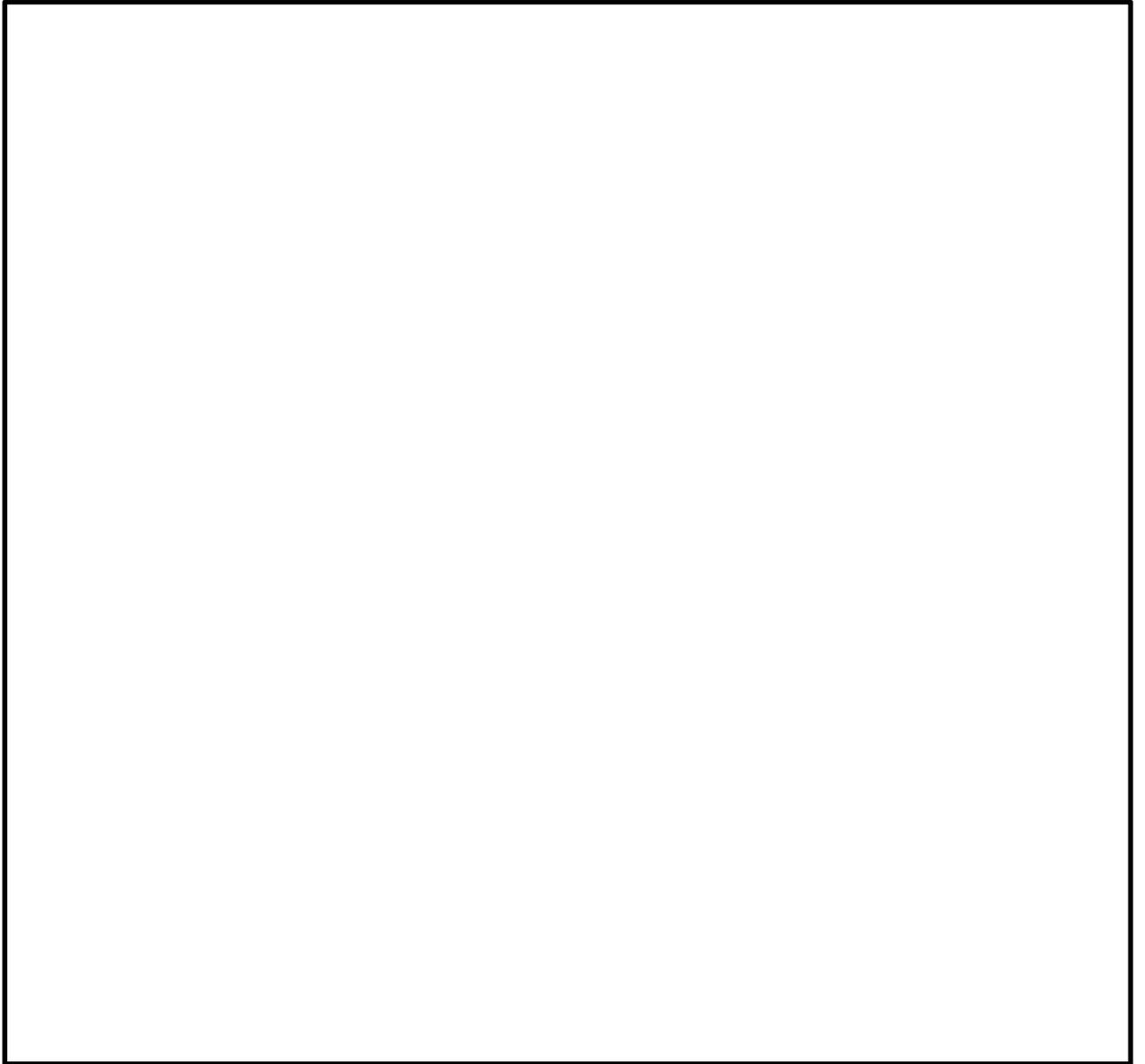


図 2.2-3 (1) 鉄筋コンクリート防潮壁構造図 (フラップゲート部)

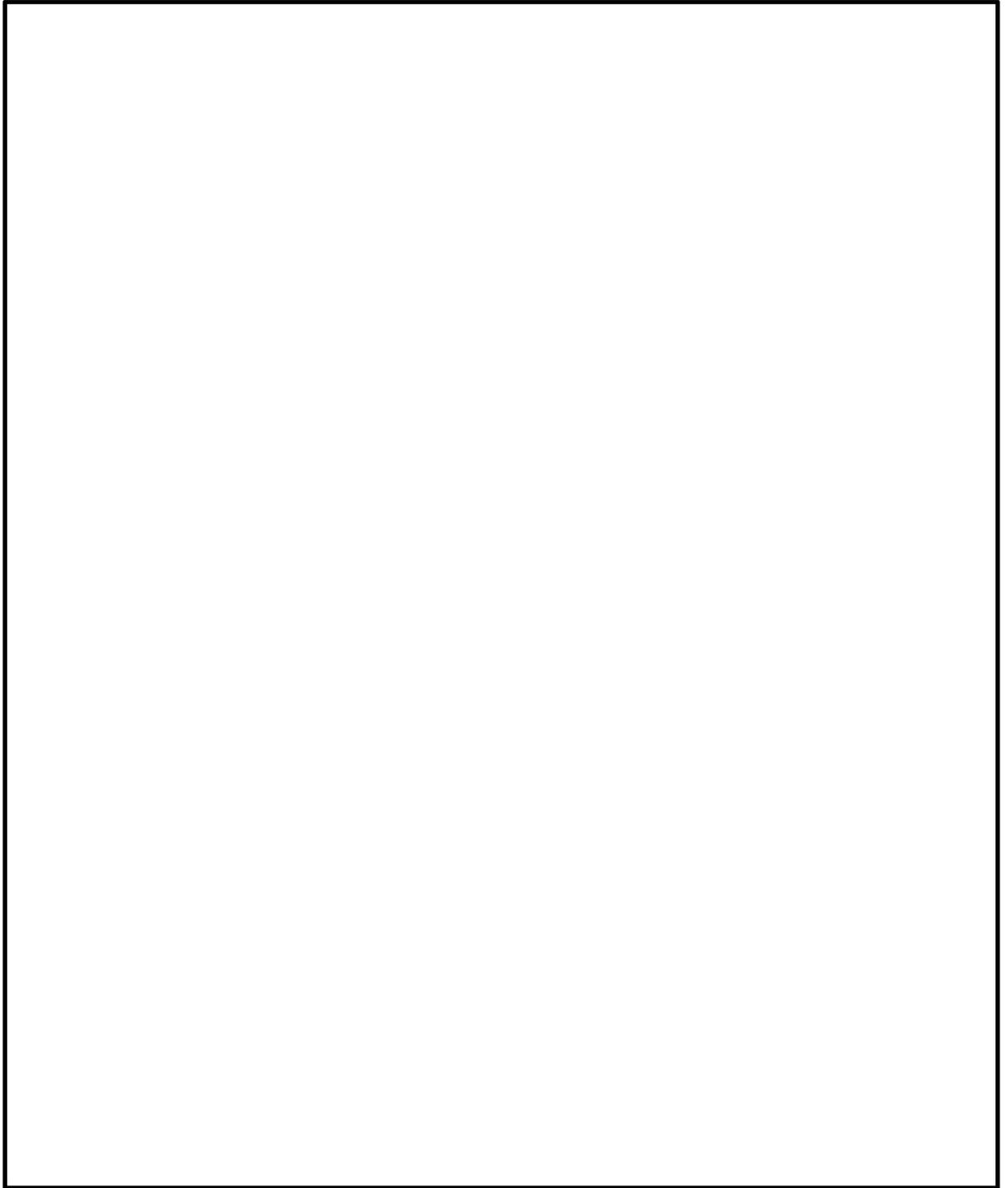


図 2.2-3 (2) 鉄筋コンクリート防潮壁構造図 (防潮扉部)

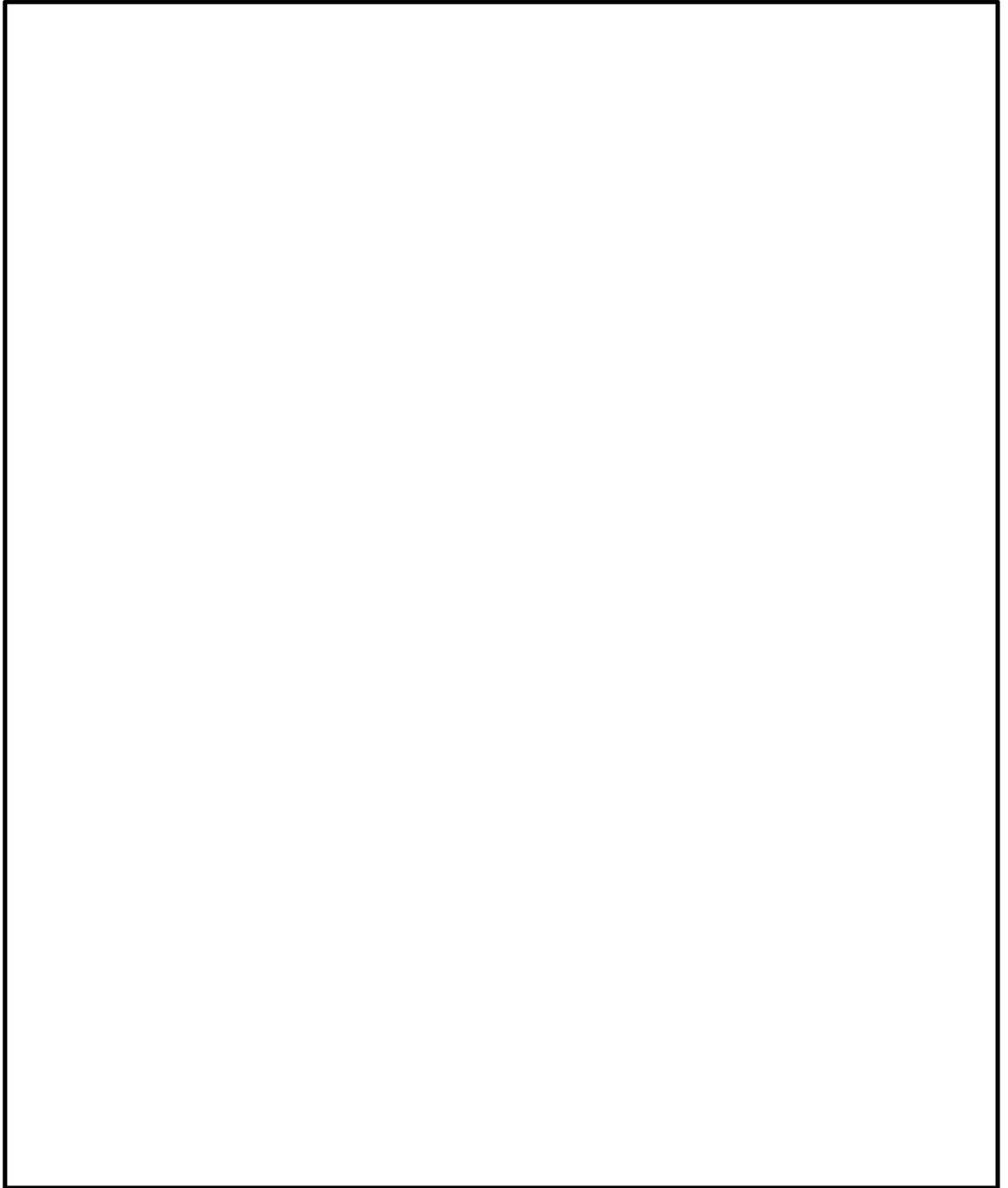


図 2.2-4 鉄筋コンクリート防潮壁配筋概要図（一般部）

津波時及び津波＋余震時（重畳時）の荷重伝達概念図を図 2.2-5 に示す。

津波時には、津波荷重及び漂流物の衝突荷重により上部構造の鉄筋コンクリート防潮壁に曲げ及びせん断力が発生する。上部構造に発生した曲げ及びせん断力は、鉄筋コンクリート構造と一体化した下部構造である地中連続壁基礎に伝達され、水平方向の地盤反力及び鉛直方向の接地圧が生じる。

重畳時には、津波荷重及び地震による慣性力、並びに地盤変形に伴う土圧によって、上部構造である鉄筋コンクリート防潮壁に曲げ及びせん断力が発生する。上部構造に発生した曲げ及びせん断力は、一体化した下部構造である地中連続壁基礎に伝達され、水平方向の地盤反力及び鉛直方向の接地圧が生じる。

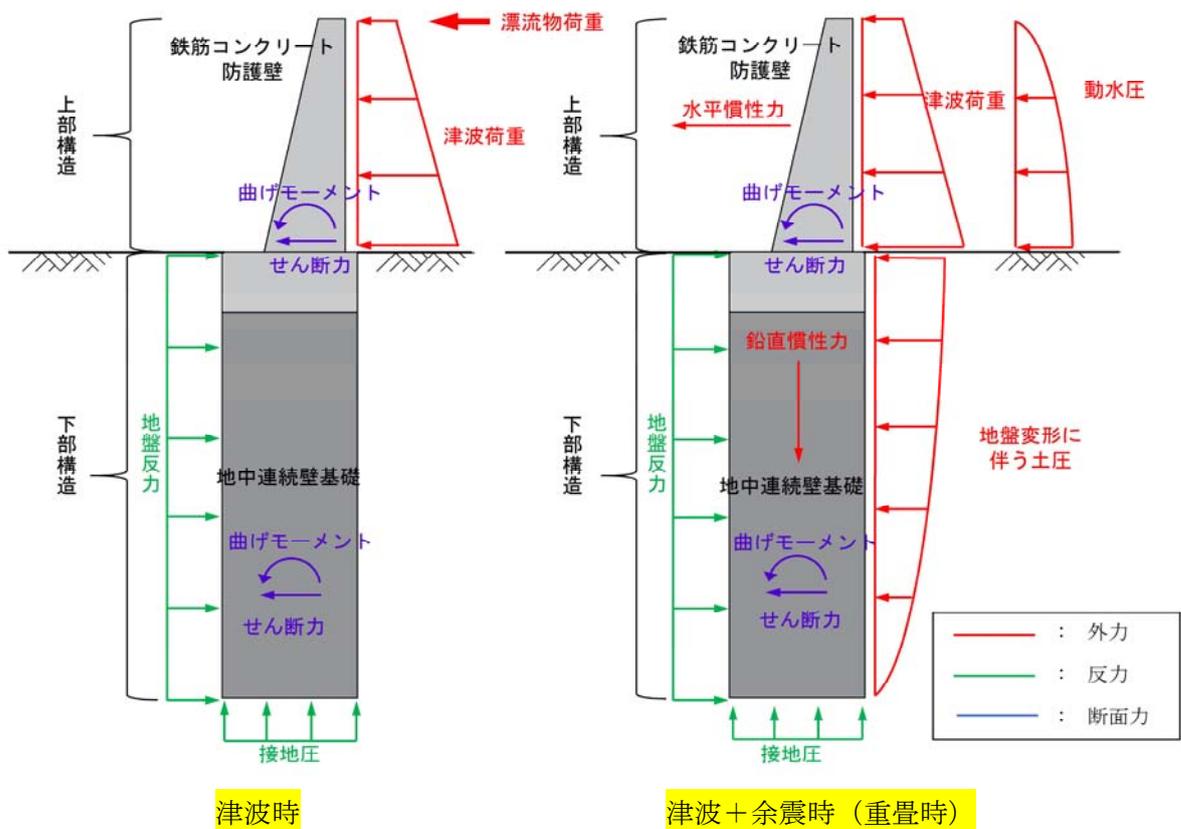


図 2.2-5 津波時及び津波＋余震時（重畳時）の荷重伝達概念図

2.3 評価方針

2.3.1 概要

防潮堤（鉄筋コンクリート防潮壁）は、Sクラス施設である浸水防護施設に分類される。

鉄筋コンクリート防潮壁の強度評価は、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」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」及び「4.2 許容限界」にて設定している荷重及び荷重の組合せ、並びに許容限界を踏まえて実施する。強度評価では、「3. 強度評価方法」に示す方法により、「4. 評価条件」に示す評価条件を用いて評価し、「5. 強度評価結果」より、鉄筋コンクリート防潮壁の評価対象部位に作用する応力が許容限界以下であることを確認する。

鉄筋コンクリート防潮壁に関する要求機能と設計方針を表 2.3-1 に、評価項目を表 2.3-2 に、鉄筋コンクリート防潮壁震評価フローを図 2.3-1 に、鉄筋コンクリート防潮壁の設計に着目した詳細設計フローを図 2.3-2 に示す。

鉄筋コンクリート防潮壁の強度評価においては、その構造を踏まえ、津波に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価対象部位を設定する。強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、津波に伴う荷重作用時（以下、「津波時」という。）及び津波に伴う荷重と余震に伴う荷重作用時（以下、「重畳時」という。）について行う。

鉄筋コンクリート防潮壁は、上部構造と下部構造を一体とした3次元モデルで強度評価を行う。地中連続壁基礎をはり要素、鉄筋コンクリート及びフーチングを平面ひずみ要素でモデル化する。

鉄筋コンクリート防潮壁の強度評価は、設計基準対象施設として表 2.3-2 の鉄筋コンクリート防潮壁の評価項目に示すとおり、構造部材の健全性評価及び構造物の変形性評価を行う。

構造部材の健全性評価については、構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認する。

基礎地盤の支持性能評価については、鉄筋コンクリート防潮壁を支持する基礎地盤に発生する接地圧が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認する。なお、津波時に発生する接地圧は、地震時及び重畳時に発生する接地圧に包絡されると考えられるため、強度評価における基礎地盤の支持性能評価は重畳時のみ実施する。

重畳時の支持性能評価における入力地震動は、解放基盤表面で定義される弾性設計用地震動 S_d-D1 を1次元波動論により有効応力解析モデル底面位置で評価したものをを用いる。また、地下水位は地表面位置に設定する。

止水ジョイント部は、鋼製アンカー、鋼製防護部材及び止水ジョイント部材で構成する。止水ジョイント部の評価に関する補足説明事項を「6.12 止水ジョイント部の相対変位量に関する補足説明」及び「6.13 止水ジョイント部の漂流物対策に関する補足説明」に示す。また、防潮扉の評価は「6.5.1.2 防潮扉の強度計算書に関する補足説明」に示す。

表 2.3-1 鉄筋コンクリート防潮壁に関する要求機能と設計評価方針

赤字：荷重条件
 緑字：要求機能
 青字：対応方針

施設名	基本設計方針	要求機能	機能設計		構造強度設計					設計に用いる許容限界			
			性能目標	機能設計方針	性能目標	構造強度設計 (評価方針)	評価対象部位	応力等の 状態	損傷モード				
防護壁 (鉄筋コンクリート防潮壁)	・鉄筋コンクリート防潮壁は、地震後の繰返しの襲来を想定した入力津波に対して、鉄筋コンクリート防潮壁の要求される機能を損なう恐れがない設計とする。 ・鉄筋コンクリート防潮壁は、入力津波に対して鉄筋コンクリート防潮壁の要求される機能を損なう恐れがない設計とする。 ・鉄筋コンクリート防潮壁は、入力津波高さを上回る高さで設置し、止水性を維持する設計とする。 ・鉄筋コンクリート防潮壁の設計における荷重の組み合わせとしては、常時作用する荷重、津波荷重、余震荷重、漂流物による衝突荷重及び自然条件として積雪荷重を適切に考慮する。	・鉄筋コンクリート防潮壁は、地震後の繰返しの襲来を想定した入力津波に対して、余震、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した場合においても、津波防護施設が要求される機能を損なう恐れがないよう、津波による浸水及び漏水を防止することが要求される。	・鉄筋コンクリート防潮壁は、地震後の繰返しの襲来を想定した遡上波に対し、余震、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した場合においても、想定される津波高さに余裕を考慮した防潮堤高さの設定及び構造体の境界部等への止水処置により止水性を保持することを機能設計上の性能目標とする。	・鉄筋コンクリート防潮壁は、地震後の繰返しの襲来を想定した遡上波に対し、余震、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した場合においても、①想定される津波高さに余裕を考慮した防潮堤高さ(浸水高さ T.P.+17.9m に余裕を考慮した天端高さ T.P.+20.0m)の設定により、海水ポンプ室周りに設置する設計とする。 ②取水口横断部の上部構造は、鋼製のブロックから成る津波防護壁を構築し、止水性を保持する設計とする。 ③取水口横断部の南北に繋がる区間は、鉄筋コンクリートにより防潮壁を構築し、止水性を保持する設計とする。 ④上部構造を、頂版コンクリート・フーチングコンクリートを介して地中連続壁基礎に連結し、十分な支持性能を有する地盤に支持する設計とする。 ⑤上部構造の施工境界部や異種構造物間との境界部は、波圧による変形に追随する止水性を確認した止水ジョイント部材を設置することにより止水処置を講ずる設計とする。 ⑥津波の波力による浸食や洗掘、地盤内からの浸水に対して耐性を有するフーチング厚を設定することにより、止水性を保持する設計とする。	・鉄筋コンクリート防潮壁は、地震後の繰返しの襲来を想定した津波荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、十分な支持性能を有する地盤に支持される設計とするため、地中連続壁基礎が降伏に至らないことを確認する。	下部構造	基礎地盤	支持力	支持機能を喪失する状態	「道路橋示方書・同解説(I 共通編・IV 下部構造編)」に基づき 妥当な安全余裕を考慮した 極限支持力以下とする。			
							地中連続壁基礎				曲げ、せん断	部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態	「コンクリート標準示方書[構造性能照査編]」「道路橋示方書・同解説(I 共通編・IV 下部構造編)」に基づき 短期許容応力度 以下とする。
							鉄筋コンクリート	フーチング	曲げ、せん断		部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態	「コンクリート標準示方書[構造性能照査編]」「道路橋示方書・同解説(I 共通編・IV 下部構造編)」に基づき 短期許容応力度・せん断強度 以下とする。	
							鉄筋コンクリート	鉄筋コンクリート防潮壁					
							上部構造	地震後の繰返しの襲来を想定した津波荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、主要な構造体の境界部に設置する部材を有意な漏えいを生じない変形に留める設計とするため、境界部に設置する止水ジョイント部材が有意な漏えいを生じない変形量以下であることを確認する。 また、止水ジョイント部材が止水性を保持するための接続アンカーや鋼製防護部材は、おおむね弾性状態に留まることを確認する。	止水ジョイント部材		変形、引張り	有意な漏えいに至る変形、引張り	メーカー規格及び基準並びに必要なに応じて実施する性能試験を参考に定める許容変形量及び許容引張り力以下とする。
									鋼製アンカー		引張り、せん断、引抜き	部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態	「各種合成構造設計指針・同解説」に基づき 短期許容応力度 以下とする。
									止水ジョイント部材の鋼製防護部材		曲げ、引張り、せん断	部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態	「鋼構造設計基準」に基づき 短期許容応力度 以下とする。

表 2.3-2 鉄筋コンクリート防潮壁の評価項目

評価方針	評価項目	部位		評価方法	許容限界
構造強度を有すること	構造部材の健全性	鉄筋コンクリート防潮壁		発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		フーチング		発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		地中連続壁基礎		発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		止水ジョイント部	鋼製アンカー	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
			鋼製防護部材	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤		接地圧が許容限界以下であることを確認	極限支持力度*
止水性を損なわないこと	構造部材の健全性	鉄筋コンクリート防潮壁		発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		地中連続壁基礎		発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		止水ジョイント部	鋼製アンカー	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
			鋼製防護部材	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤		接地圧が許容限界以下であることを確認	極限支持力度*
	構造物の変形性	止水ジョイント部	止水ジョイント部材	発生変形量が許容限界以下であることを確認	有意な漏えいが生じないことを確認した変形量

注記 * : 妥当な安全余裕を考慮する。

表 2.3-3 (1) 津波時の検討で考慮する地震動の影響評価ケース

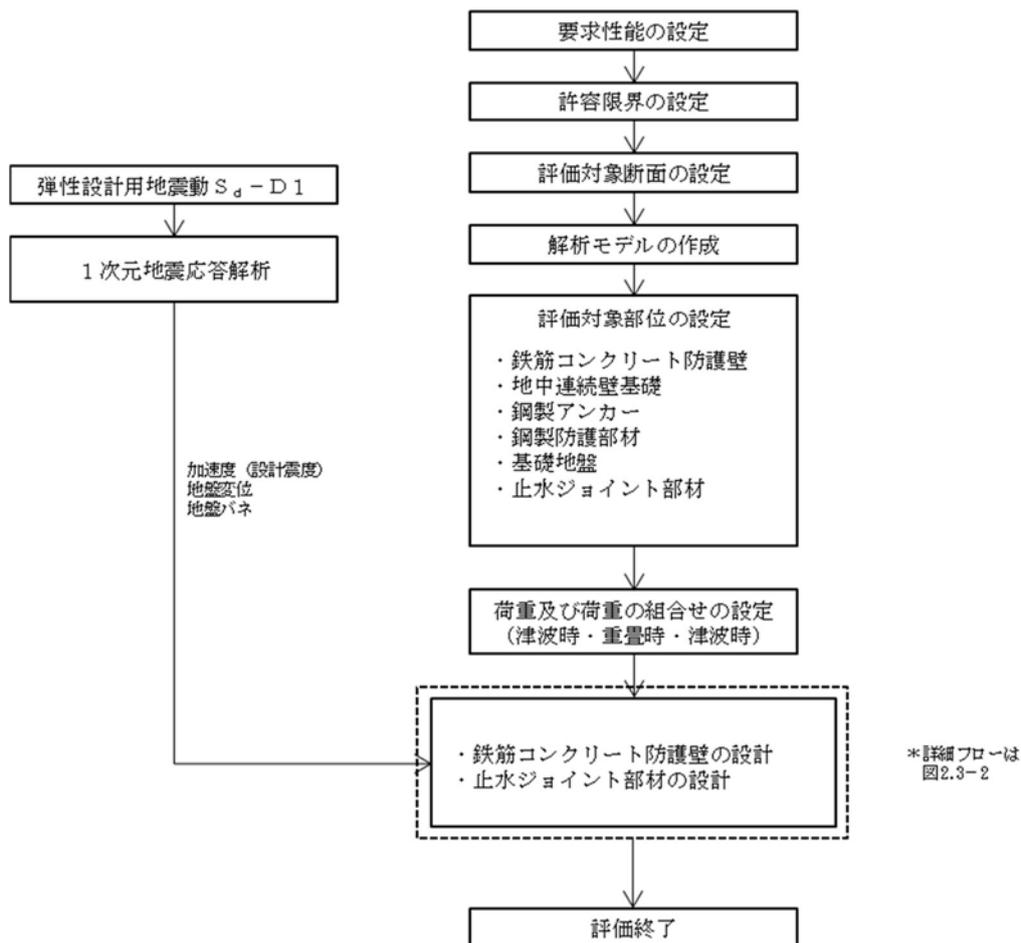
検討ケース	地盤剛性	上限値
1	初期剛性	ピーク強度 (平均)
2	静弾性係数	残留強度 (-1σ)

表 2.3-3 (2) 重畳時の検討で実施する地盤物性のばらつき

検討ケース	地盤剛性	液状化パラメータ適用
1	平均剛性	液状化パラメータ適用
2	$+1\sigma$ 剛性	
3	-1σ 剛性	
4	豊浦標準砂	
5	平均剛性	非液状化
6	$+1\sigma$ 剛性	

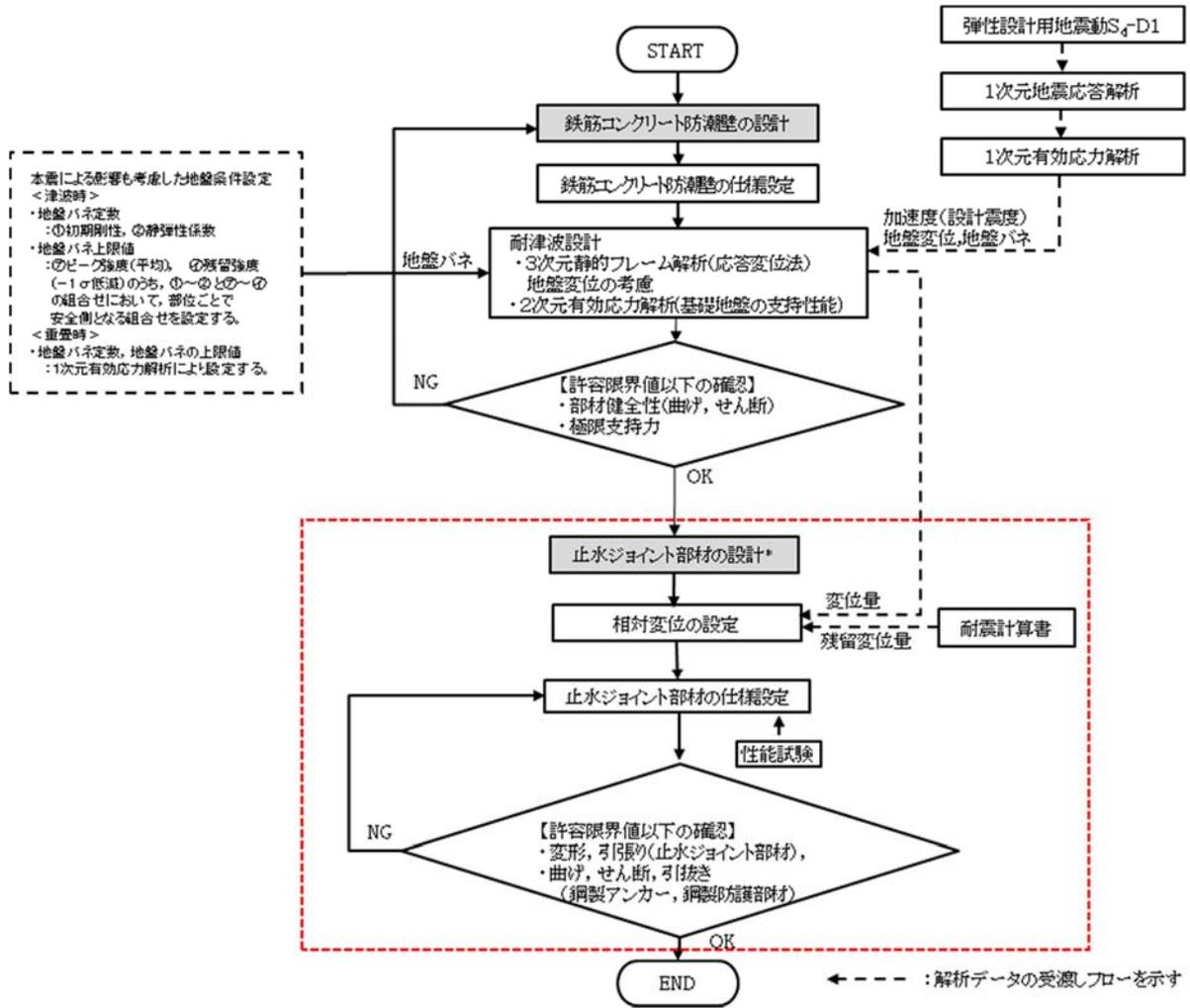
構造部材の健全性評価のうち津波時の検討では、津波襲来前に発生する地震動に起因した地盤の沈下及び軟化の影響を考慮するため、表 2.3-3 (1) に示すように 3次元静的フレーム解析における地盤バネの剛性及び上限値を増減させた検討を実施し、構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認する。

重畳時の検討では、1次元有効応力解析から地盤バネの剛性及び上限値を設定した 3次元静的フレーム解析を実施し、構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認する。なお、重畳時の検討では、表 2.3-3 (2) に示すような地盤物性のばらつきの影響評価を実施する。



- 注記 *1：構造部材の健全性評価を実施することで、表 2.3-2 に示す「構造強度を有すること」及び「止水性を損なわないこと」を満足することを確認する。
- *2：基礎地盤の支持性能評価を実施することで、表 2.3-2 に示す「構造強度を有すること」及び「止水性を損なわないこと」を満足することを確認する。
- *3：構造物の変形性評価を実施することで、表 2.3-2 に示す「止水性を損なわないこと」を満足することを確認する。変形性評価は「6.12 止水ジョイント部の相対変位量に関する補足説明」に示す。

図 2.3-1 鉄筋コンクリート防潮壁の耐津波評価フロー



注記 * : 止水ジョイント部の評価は「6.12 止水ジョイント部の相対変位量に関する補足説明」及び「6.13 止水ジョイント部の漂流物対策に関する補足説明」に示す。

図 2.3-2 鉄筋コンクリート防潮壁の詳細設計フロー

2.3.2 津波時及び重畳時の解析手法

鉄筋コンクリート防潮壁の津波時及び重畳時の解析手法は、構造部材は線形要素でモデル化し、地盤抵抗をバネで表現するフレーム解析を適用する。ここで、地中連続壁基礎については線形のはり要素とし、地盤抵抗については、津波時は受働土圧強度及びせん断強度、重畳時は軸圧縮応力及びせん断応力を上限値とするバイリニア型の非線形バネをモデルに付与する。なお、地震による1.5 m地盤沈下を考慮する。

津波荷重については地表面から鉄筋コンクリート防潮壁天端までの間に分布荷重として載荷する。漂流物については鉄筋コンクリート防潮壁に加わる曲げモーメントが最大となるように鉄筋コンクリート防潮壁天端に載荷する。重畳時については、1次元有効応力解析により算定された地盤変位を地盤バネの外側から入力する。さらに、鉄筋コンクリート防潮壁全体に1次元有効応力解析から算定された地表面地盤最大加速度を用いてモデル全体に地震時慣性力を与える。

津波時及び重畳時の解析手法の選定フローを図2.3-3に示す。

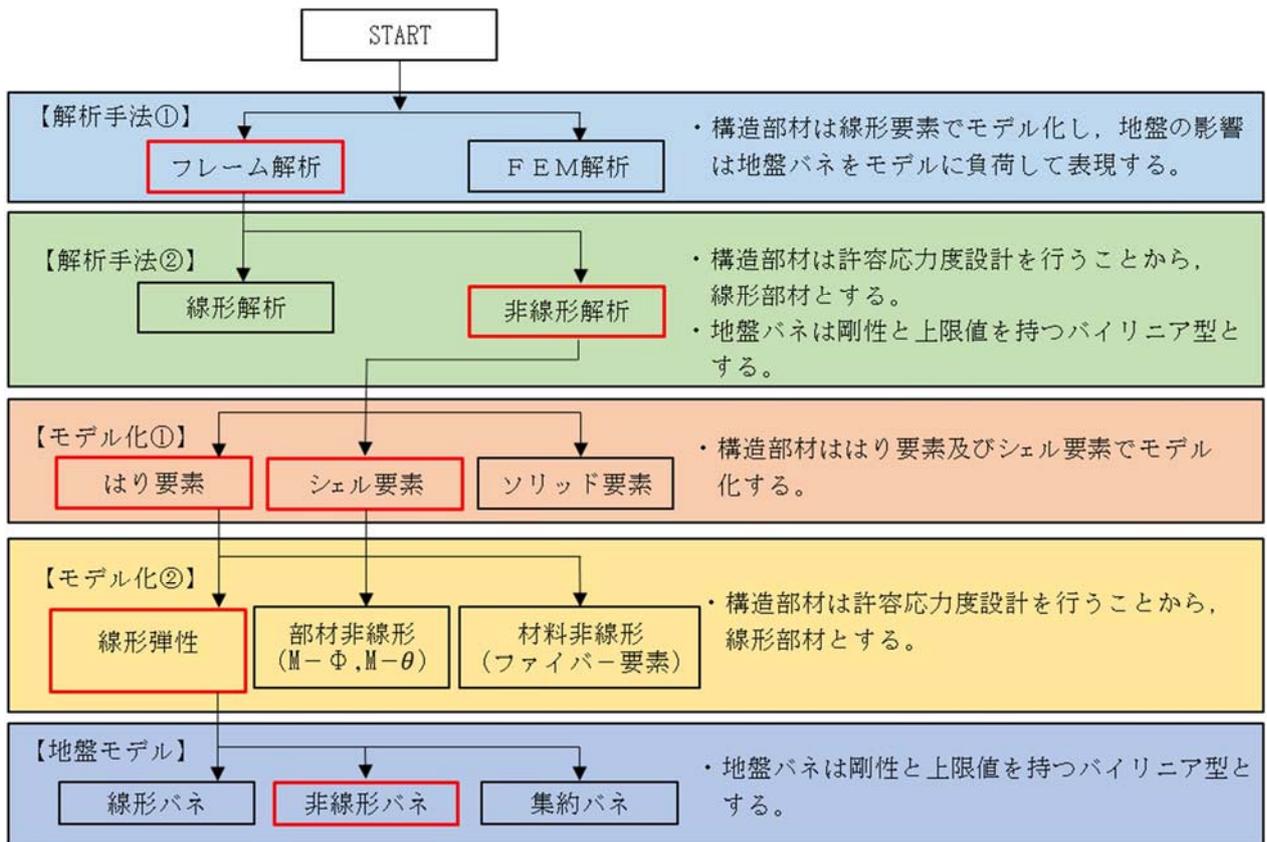


図 2.3-3 津波時及び重畳時の解析手法の選定フロー

2.3.3 地盤沈下の考慮

津波時及び重畳時は、地震によって地盤が沈下した状態を想定することで安全側の検討を実施する。地盤沈下については、「1.2 遡上・浸水域の考え方について（参考1）敷地内の遡上経路の沈下量算定評価について」における敷地東側の想定沈下量 1.5 m を保守的に適用する。沈下の考慮について図 2.3-4 に示す。

(1) 荷重

津波波力及び動水圧は沈下後の地盤より上側に作用するものとする。

(2) 地盤バネ

地盤バネは沈下後の地表面以深に考慮するものとする。

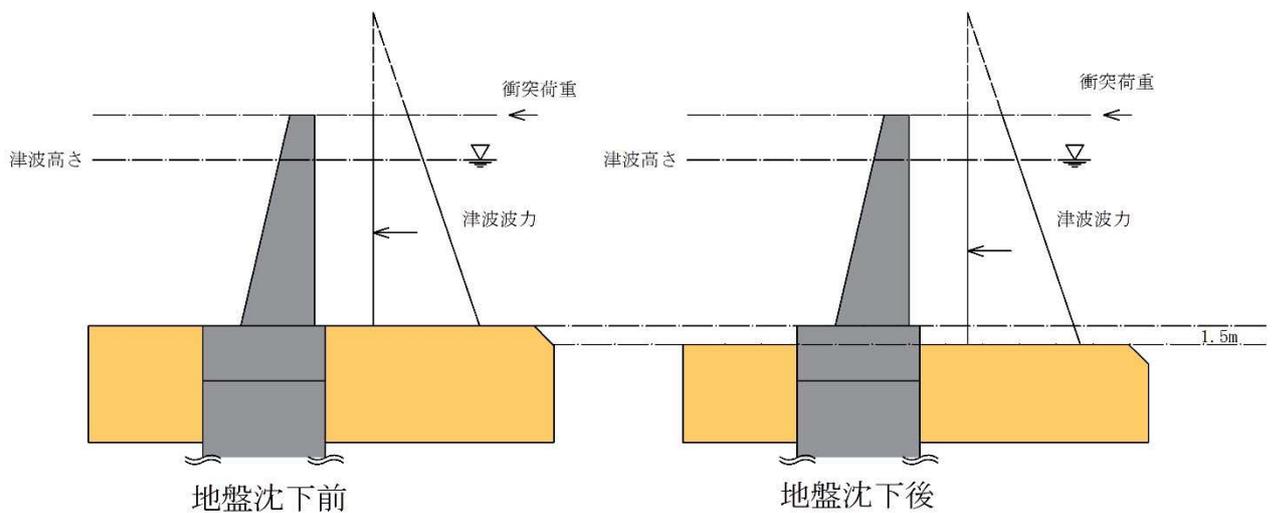


図 2.3-4 地盤沈下の考慮に関する概念図

2.4 適用基準

適用する規格，基準類を表 2.4-1 に示す。

表 2.4-1 適用する規格，基準類

項目	適用する規格，基準類	備考
使用材料及び材料定数	・コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（土木学会，2002年制定）	—
荷重及び荷重の組合せ	・コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（土木学会，2002年制定）	・永久荷重＋偶発荷重＋従たる変動荷重の適切な組合せを検討
許容限界	コンクリート	<ul style="list-style-type: none"> ・曲げに対する照査は，発生応力度が，短期許容応力度以下であることを確認 ・せん断に対する照査は，発生応力度又は発生せん断力が，短期許容応力度又は短期許容せん断力以下であることを確認
	鉄筋	
地震応答解析	・J E A G 4 6 0 1 -1987 （（社）日本電気協会）	・有限要素法による2次元モデルを用いた時刻歴非線形解析

3. 強度評価方法

3.1 記号の定義

強度評価に用いる記号を表 3.1-1 に示す。

表 3.1-1 強度評価に用いる記号

記号	単位	定義
G	kN	固定荷重
P	kN	積載荷重
P_s	kN	積雪荷重
P_t	kN/m ²	遡上津波荷重
P_c	kN	衝突荷重
K_{Sd}	kN	余震荷重
P_k	kN/m ²	風荷重
σ_{ca}	N/mm ²	コンクリートの許容曲げ圧縮応力度
τ_{a1}	N/mm ²	コンクリートの許容せん断応力度
σ_{sa}	N/mm ²	鉄筋の許容引張応力度
V_a	N/mm ²	斜め引張鉄筋を考慮する場合の許容せん断力
V_{ca}	N/mm ²	コンクリートの許容せん断力
V_{sa}	N/mm ²	斜め引張鉄筋の許容せん断力
τ_{a1}	N/mm ²	斜め引張鉄筋を考慮しない場合の許容せん断応力度
b_w	m	有効幅
j	-	1/1.15
d	m	有効高さ
A_w	m ²	斜め引張鉄筋断面積
s	m	斜め引張鉄筋間隔
M	kN・m	曲げモーメント
N	kN	軸力
S	kN	せん断力
σ	N/mm ²	曲げモーメント及び軸力による応力度
τ	N/mm ²	せん断応力度

3.2 評価対象断面及び部位

鉄筋コンクリート防潮壁の評価対象断面は、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」の「4.2 許容限界」にて示している評価対象部位を踏まえて設定する。

評価対象断面は、鉄筋コンクリート防潮壁の構造上の特徴や周辺地盤状況を踏まえて設定する。図 3.2-1 に評価対象断面位置図を、図 3.2-2 に評価対象の断面図を示す。なお、各評価対象部位の解析モデル及び評価方法は、「3.5 評価方法」に示す。

(1) 構造部材の健全性

構造部材の健全性に係る評価対象部位は、鉄筋コンクリート防潮壁、フーチング及び地中連続壁基礎の各鉄筋コンクリート部材について設定する。

(2) 基礎地盤の支持性能

基礎地盤の支持性能に係る評価対象部位は、鉄筋コンクリート防潮壁の下部構造となる地中連続壁基礎を支持する基礎地盤とする。

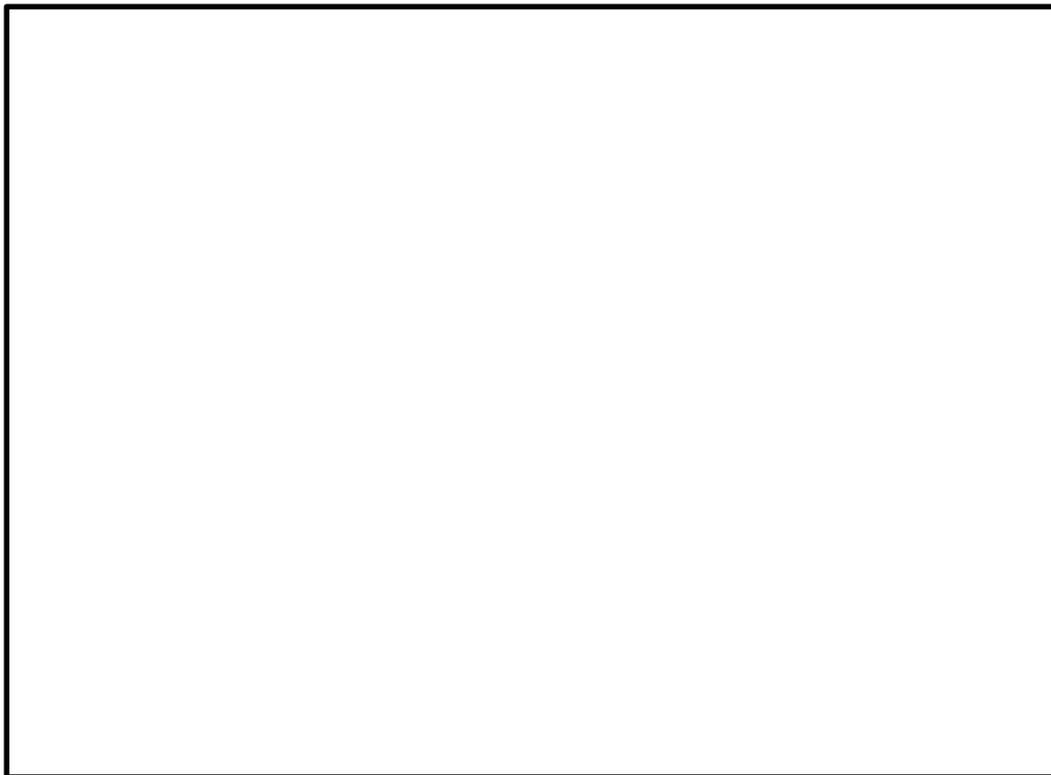


図 3.2-1 鉄筋コンクリート防潮壁の検討対象断面位置

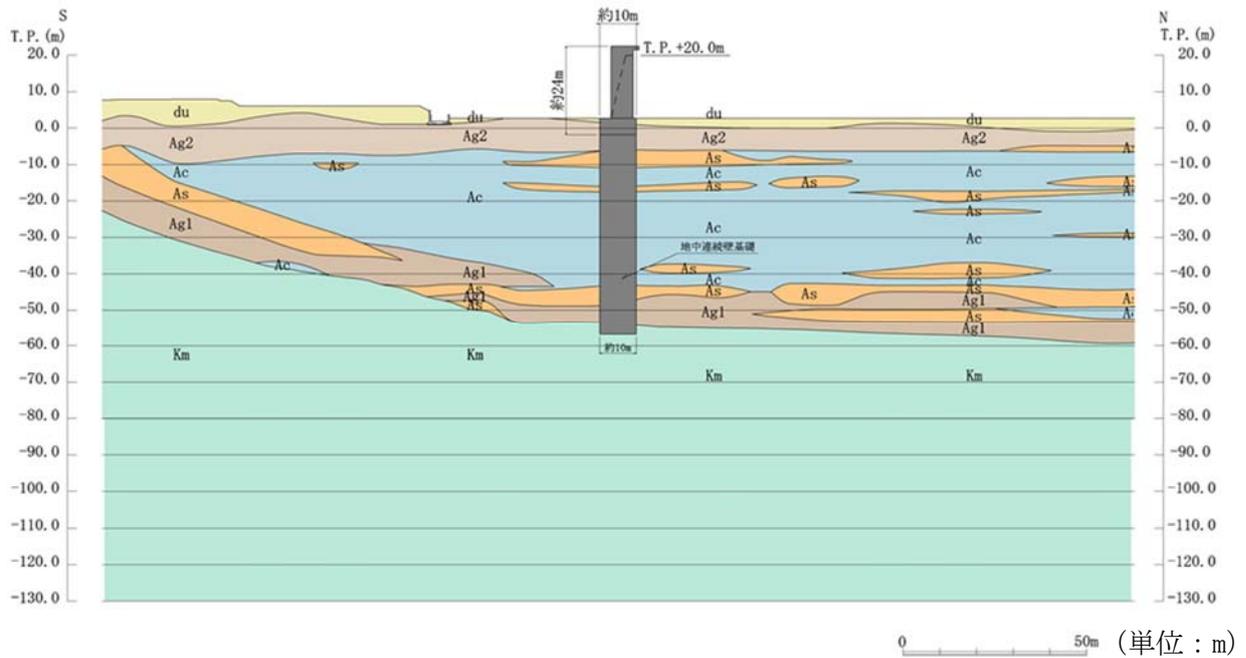


図 3.2-2 (1) 鉄筋コンクリート防潮壁断面図 (①-①断面)

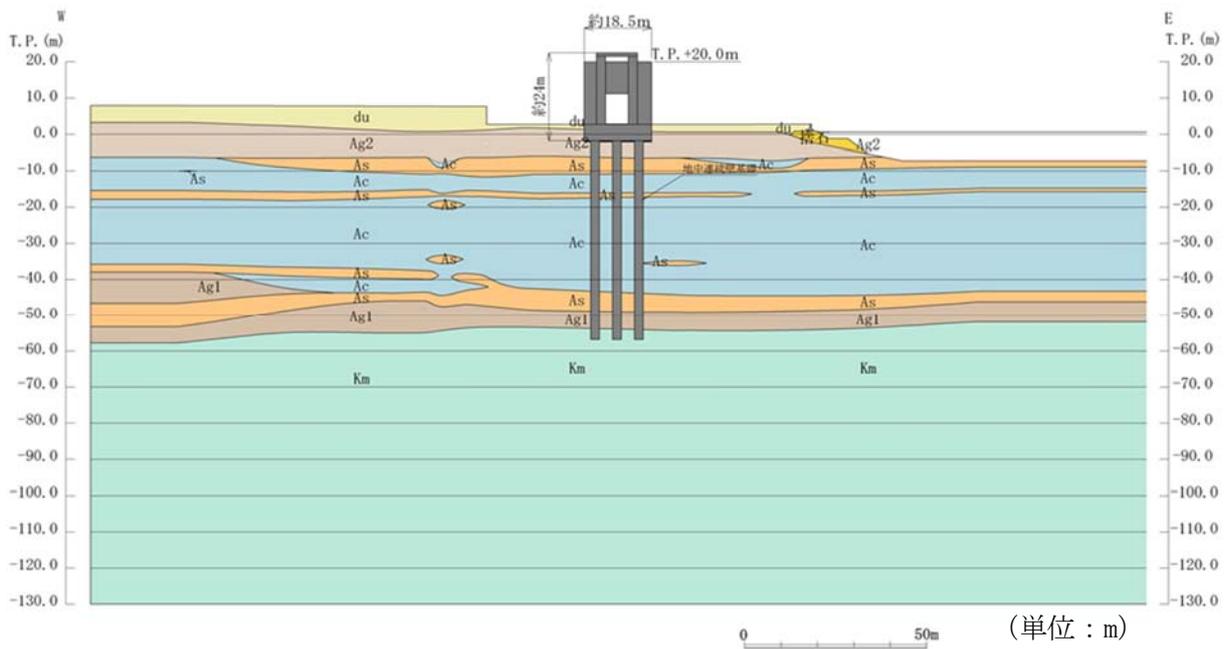


図 3.2-2 (2) 鉄筋コンクリート防潮壁断面図 (②-②断面)

3.3 荷重及び荷重の組合せ

強度計算に用いる荷重及び荷重の組合せは、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」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」にて示している荷重及び荷重の組合せを踏まえて設定する。

3.3.1 荷重

鉄筋コンクリート防潮壁の強度評価において、考慮する荷重を以下に示す。

(1) 固定荷重 (G)

固定荷重として、躯体自重を考慮する。

(2) 積載荷重 (P)

積載荷重として、機器・配管自重を考慮する。

(3) 遡上津波荷重 (P_t)

遡上津波荷重については、防潮堤前面における最大津波水位標高と防潮堤設置地盤標高の差分の $3/2$ 倍を考慮して算定する。

(4) 余震荷重 (K_{sd})

余震荷重として、弾性設計用地震動 S_d-D1 による地震力及び動水圧を考慮する。

重畳時は、余震荷重として水平慣性力、鉛直慣性力及び応答変位を考慮する。地表面の最大加速度から水平震度及び鉛直震度を算定し、積積雪荷重に対応する慣性力を作用させる。

(5) 衝突荷重 (P_c)

衝突荷重として、表 3.3-1 に示す 0.69 t 車両の FEMA (2012) * 式による漂流物荷重を考慮する。

注記 * : FEMA : Guidelines for Design of Structures for Vertical Evacuation from Tsunamis Second Edition, FEMA P-646, Federal Emergency Management Agency, 2012

表 3.3-1 衝突荷重

	流速 (m/s)	衝突荷重 (kN)
基準津波時	11	759
T.P. +24 m 津波時	15	1035

(6) 積雪荷重 (P_s)

積雪荷重については、「建築基準法施行令第 86 条」及び「茨城県建築基準法施工細則第 16 条の 4」に従って設定する。積雪の厚さ 1 cm あたりの荷重を $20 \text{ N/m}^2/\text{cm}$ として、積雪量は 30 cm としていることから積雪荷重は 600 N/m^2 であるが、地震時短期荷重として積雪荷重の 0.35 倍である 0.21 kN/m^2 を考慮する。

(7) 風荷重 (P_k)

風荷重は遡上津波荷重と逆向きに作用するため考慮しない。

3.3.2 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3.3-2 及び表 3.3-3 に示す。強度評価に用いる荷重の組合せは基準津波及び T.P. +24.0 m 津波それぞれに応じて、津波時及び重畳時に区分し、荷重の作用図を図 3.3-1～図 3.3-4 に示す。

表 3.3-2 荷重の組合せ（津波時）

種別		荷重	算定方法
永久荷重	常時考慮荷重	躯体自重	○ ・対象構造物の体積に材料の密度を考慮して設定する。
		機器・配管自重	○ ・機器・配管の自重を考慮する。
		土被り荷重	－ ・土被りはないため考慮しない。
		上載荷重	－ ・恒常的に配置された設備等はないことから、考慮しない。
	静止土圧		○ ・構造物位置の柱状図から算定する。
	外水圧		○ ・地下水位に応じた静水圧として設定する。 ・地下水の密度を考慮する。
	内水圧		－ ・内水はないため考慮しない。
変動荷重	積雪荷重		○ ・積雪荷重を考慮する。
	風荷重以外		－ ・風荷重以外には発電所の立地特性及び構造物の配置状況を踏まえると、偶発荷重（地震荷重）と組み合わせるべき変動荷重はない。
	風荷重		－ ・風荷重は遡上津波荷重と逆向きに作用するため考慮しない。
偶発荷重 (津波荷重)	津波波圧		○ ・基準津波及び T.P. +24.0 m 津波による水平波圧を考慮する。
	衝突荷重		○ ・0.69 t の車両の漂流物荷重を考慮する。
	余震荷重		－ ・考慮しない。
	動水圧		－ ・動水圧は考慮しない。

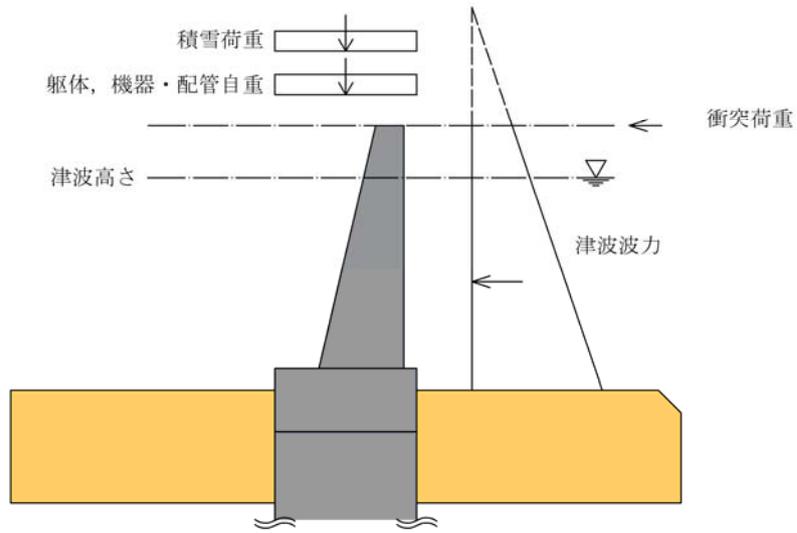


図 3.3-1 基準津波時の作用図

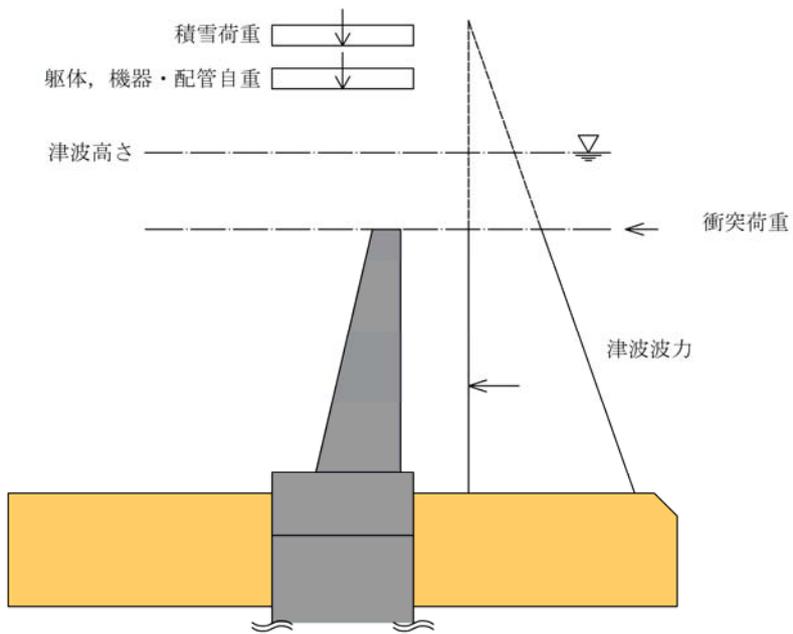


図 3.3-2 T.P. +24.0 m 津波時の作用図

表 3.3-3 荷重の組合せ（重畳時）

種別		荷重	算定方法
永久荷重	常時考慮荷重	躯体自重	○ ・対象構造物の体積に材料の密度を考慮して設定する。
		機器・配管自重	○ ・機器・配管の自重を考慮する。
		土被り荷重	－ ・土被りはないため考慮しない。
		上載荷重	－ ・恒常的に配置された設備等はないことから、考慮しない。
	静止土圧		○ ・構造物位置の柱状図から算定する。
	外水圧		○ ・地下水水位に応じた静水圧として設定する。 ・地下水の密度を考慮する。
	内水圧		－ ・内水はないため考慮しない。
変動荷重	積雪荷重		○ ・積雪荷重を考慮する。
	風荷重以外		－ ・風荷重以外には発電所の立地特性及び構造物の配置状況を踏まえると、偶発荷重（地震荷重）と組み合わせるべき変動荷重はない。
	風荷重		－ ・風荷重は遡上津波荷重と逆向きに作用するため考慮しない。
偶発荷重 (津波荷重)	津波波圧		○ ・基準津波及び T.P. +24.0 m 津波による水平波圧を考慮する。
	衝突荷重		－ ・漂流物の衝突は考慮しない。
	余震荷重		○ ・弾性設計用地震動 $S_d - D 1$ による水平及び鉛直同時加振を考慮する。
	動水圧		○ ・動水圧を考慮する。

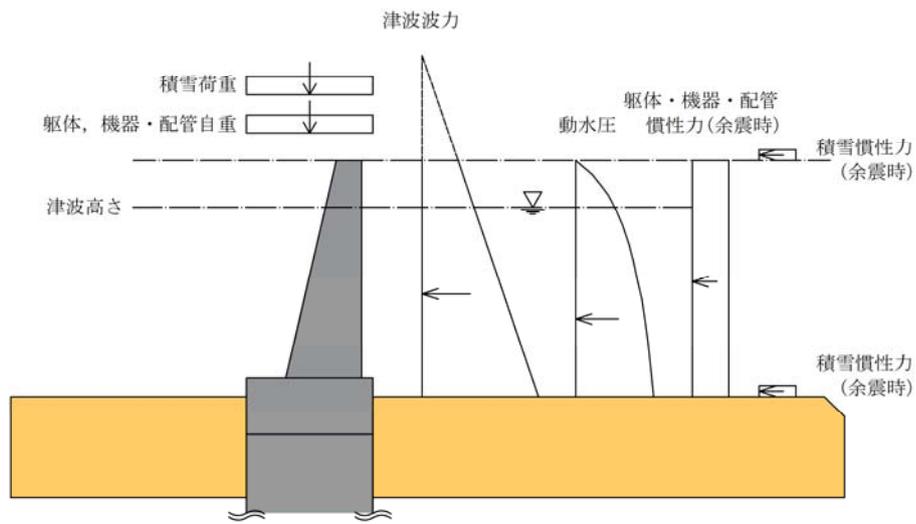


図 3.3-3 重畳時（基準津波時）の作用図

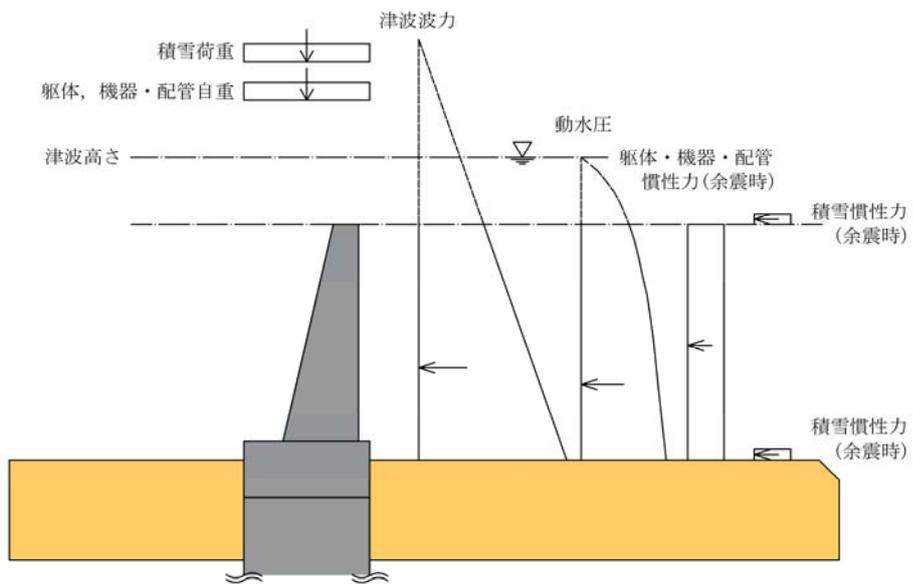


図 3.3-4 重畳時（T.P. +24.0 m 津波時）の作用図

3.4 許容限界

鉄筋コンクリート防潮壁の許容限界は、「3.2 評価対象断面」にて設定した評価対象断面の応力や変形の状態を考慮し、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」の「4.2 許容限界」にて示している許容限界を踏まえて設定する。

(1) 鉄筋コンクリートの許容限界

許容応力度については各規格、基準類に基づき表 3.4-1 のとおり設定する。短期許容応力度は、基準津波時におけるコンクリート及び鉄筋の許容応力度に対して 1.5 倍の割増を考慮する。また、T.P. +24 m 津波時は 2 倍（コンクリート）、1.65 倍（鉄筋）の割増を考慮する。

表 3.4-1 (1) 許容限界（基準津波時）

評価項目			短期許容応力度 (N/mm ²)	
コンクリート*1	f' _{ck} = 40 N/mm ²	許容曲げ圧縮応力度 σ_{ca}	21.0	
		許容せん断応力度 τ_{a1}	0.825*3	
鉄筋	SD490*2	許容引張応力度 σ_{sa}	軸方向鉄筋	435
			せん断補強筋	300
	SD390*1	許容引張応力度 σ_{sa}	309	
	SD345*1	許容引張応力度 σ_{sa}	294	

注記 *1：コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（土木学会，2002年制定）

*2：道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 24 年 3 月）

*3：斜め引張鉄筋を考慮する場合は、「コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（（社）土木学会，2002年制定）」を適用し、次式により求められる許容せん断力（ V_a ）を許容限界とする。

$$V_a = V_{ca} + V_{sa}$$

ここで、

V_{ca} : コンクリートの許容せん断力

$$V_{ca} = 1/2 \cdot \tau_{a1} \cdot b_w \cdot j \cdot d$$

V_{sa} : 斜め引張鉄筋の許容せん断力

$$V_{sa} = A_w \cdot \sigma_{sa} \cdot j \cdot d / s$$

τ_{a1} : 斜め引張鉄筋を考慮しない場合の許容せん断応力度

b_w : 有効幅

j : 1/1.15

d : 有効高さ

A_w : 斜め引張鉄筋断面積

σ_{sa} : 鉄筋の許容引張応力度

s : 斜め引張鉄筋間隔

表 3.4-1 (2) 許容境界 (T.P. +24 m 津波時)

評価項目			短期許容応力度 (N/mm ²)	
コンクリート*1	$f'_{ck}=40$ N/mm ² *1	許容曲げ圧縮応力度 σ_{ca}	28.0	
		許容せん断応力度 τ_{a1}	1.1*3	
鉄筋	SD490*2	許容引張応力度 σ_{sa}	軸方向鉄筋	478.5
			せん断補強筋	330
	SD390*1	許容引張応力度 σ_{sa}	339.9	
	SD345*1	許容引張応力度 σ_{sa}	323.4	

注記 *1: コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] (土木学会, 2002 年制定)

*2: 道路橋示方書 (I 共通編・IV 下部構造編)・同解説 ((社) 日本道路協会, 平成 24 年 3 月)

*3: 斜め引張鉄筋を考慮する場合は, 「コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] ((社) 土木学会, 2002 年制定)」を適用し, 基準津波時と同様の許容せん断力 (V_a) を許容限界とする。

(2) 基礎地盤の支持性能評価における許容限界

基礎地盤に作用する接地圧に対する許容限界は, V-2-1-3 「地盤の支持性能に係る基本方針」を考慮し, 極限支持力に基づき設定する。

極限支持力は, 道路橋示方書 (I 共通編・IV 下部構造編)・同解説 ((社) 日本道路協会, 平成 14 年 3 月) の支持力算定式等に基づき, 対象施設の岩盤の室内試験結果 (せん断強度) 等より設定する。

道路橋示方書による地中連続壁基礎の支持力算定式を以下に示す。

$$R_u = q_d A$$

ここで,

R_u : 基礎底面地盤の極限支持力 (kN)

q_d : 基礎底面地盤の極限支持力度 (kN/m²)

$$q_d = 3 \cdot q_u$$

q_u : 支持岩盤の一軸圧縮強度 (kN/m²)

* q_u は K_m 層の非排水せん断強度 $\times 2$

A : 基礎の底面積 (内部土は含まない) (m²)

上記にて求まる基礎地盤の極限支持力を表 3.4-2 に示す。

表 3.4-2 基礎地盤の極限支持力

評価項目	極限支持力度 (kN/m ²)
基礎地盤の支持性能	6690

3.5 評価方法

鉄筋コンクリート防潮壁の評価は、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」の「5. 強度評価方法」に基づき設定する。

鉄筋コンクリート防潮壁の強度評価は、解析結果により得られる照査用応答値が「3.4 許容限界」で設定した許容限界以下であることを確認する。

3.5.1 津波時

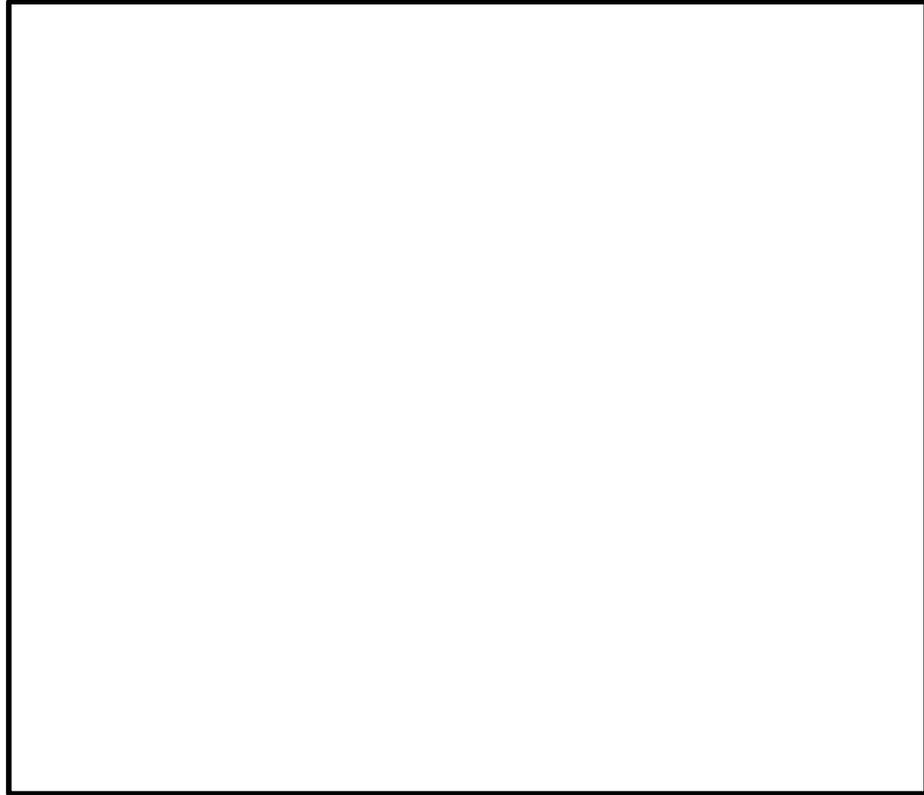
鉄筋コンクリート防潮壁の津波時の評価に用いる解析モデル及び評価方法を以下に示す。

(1) 3次元静的フレーム解析モデル（部材の評価）

津波時における鉄筋コンクリート防潮壁は、上部構造と下部構造を一体とした3次元フレームモデルで強度評価を行う。

津波時の鉄筋コンクリート防潮壁の3次元静的フレーム解析モデル概念図を図 3.5-1 に示す。

3次元静的フレーム解析には解析コード「Engineer's Studio Ver. 6.00.04」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、V-5-39「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。



注記 *1 : 基礎底面の鉛直方向地盤バネ
基礎前面の面直方向地盤バネ
*2 : 基礎底面の水平方向地盤バネ
基礎側面の水平方向地盤バネ
基礎前背面の水平及び鉛直方向地盤バネ
基礎側面の鉛直方向地盤バネ

図 3.5-1 鉄筋コンクリート防潮壁の津波時の 3次元静的フレーム解析モデル概念図

a. 建造物のモデル化

3次元静的フレーム解析モデルフーチング部の概念図を図3.5-2に示す。

鉄筋コンクリート防潮壁は、平面ひずみ要素でモデル化する。

フーチングは、平面ひずみ要素でモデル化し、フーチングと地中連続壁基礎が同じ挙動するようにフーチング（仮想剛梁要素）と地中連続壁基礎（仮想剛梁要素）を設定する。地中連続壁基礎は、縦梁（構造梁要素）、横梁（仮想剛梁要素）を示すようにモデル化する。

地中連続壁基礎の要素分割サイズは、重畳時の検討における余震影響としての地盤応答変位を地中連続壁基礎に設定することを考慮して、1次元地震応答解析で用いる地盤の要素高と一致させる。要素分割については、地盤の波動をなめらかに表現するために、最大周波数20 Hz及びせん断波速度 V_s で算定される波長の5または4分割、すなわち $V_s/100$ または $V_s/80$ を考慮し、要素高さを1 m程度まで細分割して設定する。



図3.5-2 3次元静的フレーム解析モデルフーチング部の概念図

b. 地盤のモデル化

3次元静的フレーム解析に用いる地盤バネは「道路橋示方書・同解説IV下部構造編（平成14年3月）」に準拠し、地盤反力上限値を考慮したバイリニア型とする。

津波時の地盤バネは、表3.5-1に示す地盤抵抗が大きいと仮定した地盤バネ1及び地盤抵抗が小さいと仮定した地盤バネ2の2ケースを考慮する。

表 3.5-1 3次元静的フレーム解析モデルにおける地盤バネの設定（津波時）

ケース名	地盤バネのバネ定数	地盤バネの反力上限値	備考
地盤バネ1 (津波時)	初期せん断剛性から設定	ピーク強度（平均）から設定	地盤抵抗が大きいと仮定したケース
地盤バネ2 (津波時)	静弾性係数から設定	残留強度(-1σ)から設定	地盤抵抗が小さいと仮定したケース

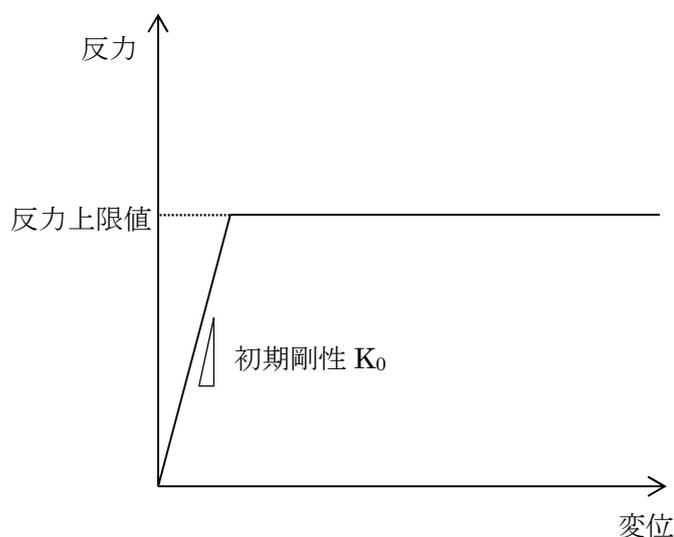


図 3.5-3 地盤バネのバイリニアモデル

(a) 地盤バネのバネ定数

ア. 基礎底面の鉛直方向地盤バネ

基礎底面の鉛直方向地盤バネは、次式により求める。ただし、鉛直方向の載荷面積 A_v は、基礎本体の底面積 A とする。

$$k_v = k_{v0} \left(\frac{B_v}{0.3} \right)^{-3/4}$$

$$K_v = A_v \cdot k_v$$

ここで、

k_v : 鉛直方向地盤反力係数 (kN/m³)

k_{v0} : 鉛直方向地盤バネ (kN/m³)

k_{v0} : 直径 0.3m の剛体円板による平板載荷試験の値に相当する鉛直方向地盤バネ (kN/m³) で、各種土質試験又は調査により求めた変形係数から推定する場合は、 $k_{v0} = \frac{1}{0.3} \alpha E_0$ により求める。

B_v : 基礎の換算載荷幅 (m) で, $B_v = \sqrt{A_v}$ により求める。

E_0 : 地盤変形係数 (kN/m^3)

地盤バネ 1 : 初期せん断剛性 G_0 から設定

E_0 は以下の式より算定する。

$$E_0 = 2(1 + \nu_d)G_0$$

ν_d : 動ポアソン比

G_0 : 初期せん断剛性 (平均値) (kN/m^2)

地盤バネ 2 : 静弾性係数 E_s から設定

$$E_0 = E_s$$

α : 地盤反力係数の換算係数 ($\alpha = 1$ とする。)

A_v : 鉛直方向の載荷面積 (m^2)

イ. 基礎底面の水平方向地盤バネ定数

基礎底面の水平方向地盤バネ定数は, 次式により求める。ただし, このときの k_v は「ア。」で示す値とする。

$$k_s = 0.3k_v$$

$$K_S = A_v \cdot k_s$$

ここで,

k_s : 基礎底面の水平方向地盤反力係数 (kN/m^3)

k_v : 基礎底面の鉛直方向地盤反力係数 (kN/m^3)

K_S : 基礎底面の水平方向地盤バネ定数 (kN/m)

ウ. 基礎前面の面直方向地盤バネ

基礎前面の面直方向地盤バネは, 次式により求める。

$$k_H = \alpha_k k_{H0} \left(\frac{B_H}{0.3} \right)^{-3/4}$$

$$K_H = B_e \cdot L_e \cdot k_H$$

ここで,

k_H : 基礎前面の面直方向地盤反力係数 (kN/m^3)

k_{H0} : $k_{H0} = \frac{1}{0.3} \alpha E_0$ により求められる水平方向地盤バネ (kN/m^3)

α_k : 1.0

B_H : 基礎前面の換算載荷幅 (m) で, $B_H = B_e (\leq \sqrt{B_e L_e})$ により求める。

B_e : 基礎の有効前面幅 (m)

L_e : 基礎の有効根入れ深さ (m)

K_H : 基礎前面の面直方向地盤バネ定数 (kN/m)

エ. 基礎側面の水平方向地盤バネ定数

基礎側面の水平方向地盤バネ定数は, 次式により求める。

$$k_{SHD} = 0.6k_{HD}$$

$$K_{SDH} = D_H \cdot D_e \cdot k_{SHD}$$

ここで、

k_{SHD} : 基礎側面の水平方向地盤反力係数 (kN/m³)

k_{HD} : 基礎側面の面直方向地盤反力係数 (kN/m³) で、

$$k_{HD} = \alpha_k k_{H0} \left(\frac{D_H}{0.3} \right)^{-3/4} \text{ により求める。}$$

D_H : 基礎側面の換算載荷幅 (m) で、 $D_H = D_e (\leq \sqrt{D_e L_e})$ により求める。

D_e : 基礎の有効側面幅 (m)

K_{SHD} : 基礎側面の水平方向地盤バネ定数 (kN/m)

オ. 基礎前背面の水平及び鉛直方向地盤バネ定数

基礎前背面の水平及び鉛直方向地盤バネ定数は、次式により求める。

$$k_{SVB} = 0.3 k_H$$

$$K_{SVB} = B_e \cdot L_e \cdot k_{SVB}$$

ここで、

k_{SVB} : 基礎前背面の水平及び鉛直方向地盤反力係数 (kN/m³)

K_{SVB} : 基礎前背面の水平及び鉛直方向地盤バネ定数 (kN/m)

カ. 基礎側面の鉛直方向地盤バネ

基礎側面の鉛直方向地盤バネは、次式により求める。

$$k_{SVD} = 0.3 k_{HD}$$

$$K_{SVD} = D_H \cdot D_e \cdot k_{SVD}$$

ここで、

k_{SVD} : 基礎側面の鉛直方向地盤反力係数 (kN/m³)

K_{SVD} : 基礎側面の水平及び鉛直方向地盤バネ定数 (kN/m)

(b) 地盤バネの反力上限値

ア. 基礎前面及び側面の水平地盤バネの反力上限値

基礎前面及び側面の水平地盤バネの反力上限値は、次式により求める。

$$P_{Hu} = \alpha_p P_{EP}$$

$$P_{Hu} = P_{Hu} \cdot B_e \cdot L$$

ここで、

P_{Hu} : 基礎前面及び側面の水平地盤反力係数の反力上限値 (kN/m²)

P_{Hu} : 基礎前面及び側面の水平地盤バネ定数の反力上限値 (kN/m)

α_p : 水平地盤バネの反力上限値の割増係数で, $\alpha_p = 1.0 + 0.5 \left(\frac{z}{B_e} \right) \leq 3.0$

により求める。ただし, N 値 2 以下の軟弱な粘性土では, $\alpha_p = 1.0$ とする。

z : 設計上の地盤面からの深さ (m)

B_e : 基礎の有効前面幅 (m)

P_{EP} : 地震時の地盤受働土圧強度

$$P_{EPi} = K_{EPi} \gamma_i h_i + 2c_i \sqrt{K_{EPi}} + K_{EPi} \left(\sum_{k=1}^{i-1} \gamma_k h_k \right)$$

P_{EPi} : i 層目下面の位置のレベル 1 地震時の受働土圧強度 (kN/m²)

γ_i : i 層目の単位体積重量 (kN/m³)

h_i : i 層目下面の深さ (m)

c_i : i 層目土の粘着力 (kN/m²)

i : 層数 ($i \geq 2$)

K_{EP} : 地震時の受働土圧係数

$$K_{EP} = \frac{(\cos \phi)^2}{\cos \delta_E \left(1 - \sqrt{\frac{\sin(\phi - \delta_E) \sin(\phi + \alpha)}{\cos \delta_E \cos \alpha}} \right)^2}$$

ϕ : 土の内部摩擦角 (°)

・ 地盤バネ 1 : ピーク強度 (平均)

・ 地盤バネ 2 : K_m 層以外の ϕ は残留強度 (-1σ)

K_m 層の ϕ はピーク強度 (平均)

δ_E : 地震時のケーソン壁面と土の摩擦角 (°) で, $\delta_E = -\phi/6$ とする。

α : 地表面と水平面のなす角度 (°) で, その正負は図 3.5-4 に示すように算定する。

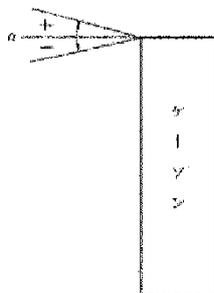


図 3.5-4 α の符号の取り方

(道路橋示方書より)

イ. 基礎前面及び側面の水平方向地盤バネの反力上限値並びに鉛直方向地盤バネの反力上限値

基礎前面及び側面の水平方向地盤バネの反力上限値並びに鉛直方向地盤バネの反力上限値は、次式により求める。

$$\tau_f = c + p_0 \tan \phi$$

ここで、

τ_f : 基礎前面及び側面の水平方向及び鉛直方向地盤バネの反力上限値
(kN/m²)

c : 土の粘着力 (kN/m²)

・地盤バネ1 : ピーク強度 (平均)

・地盤バネ2 : K_m 層以外のCは残留強度 (-1σ)

K_m 層のCはピーク強度 (平均)

p_0 : 基礎に作用する静止土圧 (kN/m²)

Φ : 土の内部摩擦角 (°)

・地盤バネ1 : ピーク強度 (平均)

・地盤バネ2 : K_m 層以外の ϕ は残留強度 (-1σ)

K_m 層の ϕ はピーク強度 (平均)

c. 使用材料及び材料定数

強度計算に用いる材料定数は、適用基準類を基に設定する。構造物の使用材料を表 3.5-2 に、材料物性値を表 3.5-3 に示す。

地盤の諸定数は、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値を用いる。地盤の物性値を表 3.5-4 に示す。

表 3.5-2 使用材料

材料		諸元
コンクリート	鉄筋コンクリート防潮壁	設計基準強度 40 N/mm ²
	地中連続壁基礎	設計基準強度 40 N/mm ²
鉄筋		SD345, SD390, SD490

表 3.5-3 材料の物性値

材料		単位体積重量 (kN/m ³)	ヤング係数 (N/mm ²)	ポアソン比	減衰定数 (%)
鉄筋コンクリート	設計基準強度 40 N/mm ² *1	24.5 *1	3.1×10 ⁴ *1	0.2 *1	5 *2

注記 *1: コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] (土木学会, 2002 年制定)

*2: J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社) 日本電気協会)

表 3.5-4 (1) 地盤の解析用物性値一覧 (液状化検討対象層)

パラメータ				原地盤								豊浦標準砂
				埋戻土	第四系 (液状化検討対象層)							
				f1	du	Ag2	As	Ag1	D2s-3	D2g-3	D1g-1	
物理特性	密度 () は地下水位以浅	ρ	g/cm ³	1.98 (1.82)	1.98 (1.82)	2.01 (1.89)	1.74	2.01 (1.89)	1.92	2.15 (2.11)	2.01 (1.89)	1.958
	間隙比	e	—	0.75	0.75	0.67	1.2	0.67	0.79	0.43	0.67	0.702
変形特性	ポアソン比	ν_{CD}	—	0.26	0.26	0.25	0.26	0.25	0.19	0.26	0.25	0.333
	基準平均有効主応力 () は地下水位以浅	σ'_{ma}	kN/m ²	358 (312)	358 (312)	497 (299)	378	814 (814)	966	1167 (1167)	1695 (1710)	12.6
	基準初期せん断剛性 () は地下水位以浅	G_{ma}	kN/m ²	253529 (220739)	253529 (220739)	278087 (167137)	143284	392073 (392073)	650611	1362035 (1362035)	947946 (956776)	18975
	最大履歴減衰率	h_{max}	—	0.220	0.220	0.233	0.216	0.221	0.192	0.130	0.233	0.287
強度特性	粘着力	C_{CD}	N/mm ²	0	0	0	0.012	0	0.01	0	0	0
	内部摩擦角	ϕ_{CD}	度	37.3	37.3	37.4	41	37.4	35.8	44.4	37.4	30
液状化特性	液状化パラメータ	ϕ_D	—	34.8	34.8	34.9	38.3	34.9	33.4	41.4	34.9	28
	液状化パラメータ	S_1	—	0.047	0.047	0.028	0.046	0.029	0.048	0.030	0.020	0.005
	液状化パラメータ	W_1	—	6.5	6.5	56.5	6.9	51.6	17.6	45.2	10.5	5.06
	液状化パラメータ	P_1	—	1.26	1.26	9.00	1.00	12.00	4.80	8.00	7.00	0.57
	液状化パラメータ	P_2	—	0.80	0.80	0.60	0.75	0.60	0.96	0.60	0.50	0.80
	液状化パラメータ	C_1	—	2.00	2.00	3.40	2.27	3.35	3.15	3.82	2.83	1.44

表 3.5-4 (2) 地盤の解析用物性値一覧 (非液状化層)

パラメータ				原地盤					捨石
				第四系 (非液状化層)				新第三系	
				Ac	D2c-3	1m	D1c-1	Km	
物理特性	密度 () は地下水位以浅	ρ	g/cm ³	1.65	1.77	1.47 (1.43)	1.77	1.72-1.03×10 ⁻⁴ ・z	2.04 (1.84)
	間隙比	e	—	1.59	1.09	2.8	1.09	1.16	0.82
変形特性	ポアソン比	ν_{CD}	—	0.10	0.22	0.14	0.22	0.16+0.00025・z	0.33
	基準平均有効主応力 () は地下水位以浅	σ'_{ma}	kN/m ²	480	696	249 (223)	696	動的変形特性に基づき z (標高) 毎に物性値を 設定	98
	基準初期せん断剛性 () は地下水位以浅	G_{ma}	kN/m ²	121829	285223	38926 (35783)	285223		180000
	最大履歴減衰率	h_{max}	—	0.200	0.186	0.151	0.186		0.24
粘着力	C_{CD}	N/mm ²	0.025	0.026	0.042	0.026	0.358-0.00603・z		0.02
強度特性	内部摩擦角	ϕ_{CD}	度	29.1	35.6	27.3	35.6	23.2+0.0990・z	35

z : 標高 (m)

表 3.5-4 (3) 地盤の解析用物性値一覧 (新第三系 Km 層)

区分 番号	設定深度 TP (m) Z	適用深度 TP (m)	密度 ρ (g/cm ³)	静ポアソン比 ν_{cb}	粘着力 C_{cb} (kN/m ²)	内部摩擦角 ϕ_{cb} ($^{\circ}$)	せん断波 速度Vs (m/s)	基準初期 せん断剛性 G _{ma} (kN/m ²)	基準体積 弾性係数 K _{ma} (kN/m ²)	基準平均有効 主応力 σ'_{ma} (kN/m ²)	拘束圧 依存係数 m _f , m _k	最大履歴 減衰率 h _{max} (-)	動ポアソン比 ν_d	線密波 速度Vp (m/s)	1000*Vp
1	10	9.5 ~ 10.5	1.72	0.16	298	24.2	425	310,675	353,317	504	0.0	0.105	0.464	1,640	1,640,000
2	9	8.5 ~ 9.5	1.72	0.16	304	24.1	426	312,139	354,982	504	0.0	0.105	0.464	1,644	1,644,000
3	8	7.5 ~ 8.5	1.72	0.16	310	24.0	427	313,606	356,650	504	0.0	0.105	0.464	1,648	1,648,000
4	7	6.5 ~ 7.5	1.72	0.16	316	23.9	428	315,076	358,322	504	0.0	0.105	0.464	1,651	1,651,000
5	6	5.5 ~ 6.5	1.72	0.16	322	23.8	428	315,076	358,322	504	0.0	0.106	0.464	1,651	1,651,000
6	5	4.5 ~ 5.5	1.72	0.16	328	23.7	429	316,551	359,999	504	0.0	0.106	0.464	1,655	1,655,000
7	4	3.5 ~ 4.5	1.72	0.16	334	23.6	430	318,028	361,679	504	0.0	0.106	0.463	1,638	1,638,000
8	3	2.5 ~ 3.5	1.72	0.16	340	23.5	431	319,509	363,363	504	0.0	0.107	0.463	1,642	1,642,000
9	2	1.5 ~ 2.5	1.72	0.16	346	23.4	431	319,509	363,363	504	0.0	0.107	0.463	1,642	1,642,000
10	1	0.5 ~ 1.5	1.72	0.16	352	23.3	432	320,993	365,051	504	0.0	0.107	0.463	1,646	1,646,000
11	0	-0.5 ~ 0.5	1.72	0.16	358	23.2	433	322,481	366,743	504	0.0	0.107	0.463	1,650	1,650,000
12	-1	-1.5 ~ -0.5	1.72	0.16	364	23.1	434	323,972	368,439	504	0.0	0.108	0.463	1,653	1,653,000
13	-2	-2.5 ~ -1.5	1.72	0.16	370	23.0	435	325,467	370,139	504	0.0	0.108	0.463	1,657	1,657,000
14	-3	-3.5 ~ -2.5	1.72	0.16	376	22.9	435	325,467	370,139	504	0.0	0.108	0.463	1,657	1,657,000
15	-4	-4.5 ~ -3.5	1.72	0.16	382	22.8	436	326,965	371,843	504	0.0	0.108	0.463	1,661	1,661,000
16	-5	-5.5 ~ -4.5	1.72	0.16	388	22.7	437	328,467	373,551	504	0.0	0.109	0.462	1,644	1,644,000
17	-6	-6.5 ~ -5.5	1.72	0.16	394	22.6	438	329,972	375,262	504	0.0	0.109	0.462	1,648	1,648,000
18	-7	-7.5 ~ -6.5	1.72	0.16	400	22.5	438	329,972	375,262	504	0.0	0.109	0.462	1,648	1,648,000
19	-8	-8.5 ~ -7.5	1.72	0.16	406	22.4	439	331,480	376,977	504	0.0	0.109	0.462	1,652	1,652,000
20	-9	-9.5 ~ -8.5	1.72	0.16	412	22.3	440	332,992	378,697	504	0.0	0.110	0.462	1,656	1,656,000
21	-10	-11 ~ -9.5	1.72	0.16	418	22.2	441	334,507	380,420	504	0.0	0.110	0.462	1,659	1,659,000
22	-12	-13 ~ -11	1.72	0.16	430	22.0	442	336,026	382,147	504	0.0	0.110	0.462	1,663	1,663,000
23	-14	-15 ~ -13	1.72	0.16	442	21.8	444	339,074	385,614	504	0.0	0.111	0.462	1,671	1,671,000
24	-16	-17 ~ -15	1.72	0.16	454	21.6	445	340,603	387,352	504	0.0	0.111	0.461	1,654	1,654,000
25	-18	-19 ~ -17	1.72	0.16	467	21.4	447	343,671	390,842	504	0.0	0.112	0.461	1,662	1,662,000
26	-20	-21 ~ -19	1.72	0.16	479	21.2	448	345,211	392,593	504	0.0	0.112	0.461	1,665	1,665,000
27	-22	-23 ~ -21	1.72	0.15	491	21.0	450	348,300	381,471	498	0.0	0.112	0.461	1,673	1,673,000
28	-24	-25 ~ -23	1.72	0.15	503	20.8	452	351,403	384,870	498	0.0	0.113	0.461	1,680	1,680,000
29	-26	-27 ~ -25	1.72	0.15	515	20.6	453	352,959	386,574	498	0.0	0.113	0.460	1,664	1,664,000
30	-28	-29 ~ -27	1.72	0.15	527	20.4	455	356,083	389,996	498	0.0	0.114	0.460	1,672	1,672,000
31	-30	-31 ~ -29	1.72	0.15	539	20.2	456	357,650	391,712	498	0.0	0.114	0.460	1,675	1,675,000
32	-32	-33 ~ -31	1.72	0.15	551	20.0	458	360,794	395,155	498	0.0	0.115	0.460	1,683	1,683,000
33	-34	-35 ~ -33	1.72	0.15	563	19.8	459	362,371	396,883	498	0.0	0.115	0.459	1,667	1,667,000
34	-36	-37 ~ -35	1.72	0.15	575	19.6	461	365,536	400,349	498	0.0	0.115	0.459	1,675	1,675,000
35	-38	-39 ~ -37	1.72	0.15	587	19.4	462	367,124	402,088	498	0.0	0.116	0.459	1,678	1,678,000
36	-40	-41 ~ -39	1.72	0.15	599	19.2	464	370,309	405,577	498	0.0	0.116	0.459	1,685	1,685,000
37	-42	-43 ~ -41	1.72	0.15	611	19.0	465	371,907	407,327	498	0.0	0.117	0.459	1,689	1,689,000
38	-44	-45 ~ -43	1.72	0.15	623	18.8	467	375,113	410,838	498	0.0	0.117	0.458	1,678	1,678,000
39	-46	-47 ~ -45	1.72	0.15	635	18.6	468	376,721	412,599	498	0.0	0.117	0.458	1,681	1,681,000
40	-48	-49 ~ -47	1.72	0.15	647	18.4	470	379,948	416,134	498	0.0	0.118	0.458	1,688	1,688,000
41	-50	-51 ~ -49	1.73	0.15	660	18.3	472	385,416	422,122	498	0.0	0.118	0.458	1,696	1,696,000
42	-52	-53 ~ -51	1.73	0.15	672	18.1	473	387,051	423,913	498	0.0	0.118	0.458	1,699	1,699,000
43	-54	-55 ~ -53	1.73	0.15	684	17.9	475	390,331	427,505	498	0.0	0.118	0.457	1,688	1,688,000
44	-56	-57 ~ -55	1.73	0.15	696	17.7	476	391,976	429,307	498	0.0	0.119	0.457	1,692	1,692,000
45	-58	-59 ~ -57	1.73	0.15	708	17.5	478	395,277	432,922	498	0.0	0.119	0.457	1,699	1,699,000
46	-60	-61 ~ -59	1.73	0.15	720	17.3	479	396,933	434,736	498	0.0	0.120	0.457	1,702	1,702,000
47	-62	-63 ~ -61	1.73	0.14	732	17.1	481	400,255	422,491	492	0.0	0.120	0.457	1,709	1,709,000
48	-64	-65 ~ -63	1.73	0.14	744	16.9	482	401,921	424,250	492	0.0	0.120	0.456	1,695	1,695,000
49	-66	-67 ~ -65	1.73	0.14	756	16.7	484	405,263	427,778	492	0.0	0.120	0.456	1,702	1,702,000
50	-68	-69 ~ -67	1.73	0.14	768	16.5	485	406,939	429,547	492	0.0	0.121	0.456	1,705	1,705,000
51	-70	-71 ~ -69	1.73	0.14	780	16.3	487	410,302	433,097	492	0.0	0.121	0.456	1,712	1,712,000
52	-72	-73 ~ -71	1.73	0.14	792	16.1	489	413,679	436,661	492	0.0	0.121	0.456	1,719	1,719,000
53	-74	-75 ~ -73	1.73	0.14	804	15.9	490	415,373	438,449	492	0.0	0.122	0.455	1,705	1,705,000
54	-76	-77 ~ -75	1.73	0.14	816	15.7	492	418,771	442,036	492	0.0	0.122	0.455	1,712	1,712,000
55	-78	-79 ~ -77	1.73	0.14	828	15.5	493	420,475	443,835	492	0.0	0.122	0.455	1,716	1,716,000
56	-80	-81 ~ -79	1.73	0.14	840	15.3	495	423,893	447,443	492	0.0	0.122	0.455	1,723	1,723,000
57	-82	-85 ~ -81	1.73	0.14	852	15.1	496	425,608	449,253	492	0.0	0.123	0.455	1,726	1,726,000
58	-88	-90 ~ -85	1.73	0.14	889	14.5	501	434,232	458,356	492	0.0	0.124	0.454	1,726	1,726,000
59	-92	-95 ~ -90	1.73	0.14	913	14.1	504	439,448	463,862	492	0.0	0.124	0.454	1,736	1,736,000
60	-98	-101 ~ -95	1.73	0.14	949	13.5	509	448,210	473,111	492	0.0	0.125	0.453	1,736	1,736,000
61	-104	-108 ~ -101	1.73	0.13	985	12.9	513	455,282	463,485	486	0.0	0.126	0.452	1,733	1,733,000
62	-112	-115 ~ -108	1.73	0.13	1,033	12.1	519	465,995	474,391	486	0.0	0.127	0.451	1,737	1,737,000
63	-118	-122 ~ -115	1.73	0.13	1,070	11.5	524	475,016	483,575	486	0.0	0.127	0.451	1,754	1,754,000
64	-126	-130 ~ -122	1.73	0.13	1,118	10.7	530	485,957	494,713	486	0.0	0.128	0.450	1,758	1,758,000

(2) 評価方法

上記で示した津波時における鉄筋コンクリート防潮壁の解析モデルを用いた評価方法を整理すると下記のとおりとなる。

a. 鉄筋コンクリート防潮壁

地中連続壁基礎と一体となった3次元フレーム解析モデルに津波荷重を載荷して評価する。

b. フーチング

地中連続壁基礎と一体となった3次元フレーム解析モデルに津波荷重を載荷して評価する。

c. 地中連続壁基礎

地盤バネを設定した3次元フレーム解析モデルに津波荷重を載荷して評価する。

d. 基礎地盤の支持性能評価

津波時における基礎地盤の支持性能に係る評価は、基礎地盤に作用する接地圧が地震時及び重畳時に包絡されると考えられることから実施しない。

3.5.2 重畳時

鉄筋コンクリート防潮壁の重畳時の評価に用いる解析モデル及び評価方法を以下に示す。

(1) 1次元有効応力解析

1次元有効応力解析モデル底面は T.P. -130 m とし、構造物中心位置の地層構成に基づき作成した地盤モデルを用いる。解析モデル底面には、T.P. -130 m 位置の密度、せん断波速度及び疎密波速度を有する粘性境界を設定する。1次元有効応力解析には解析コード「FLIP Ver. 7.3.0_2」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、V-5-10「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。1次元有効応力解析モデル概念図を図 3.5-5 示す。

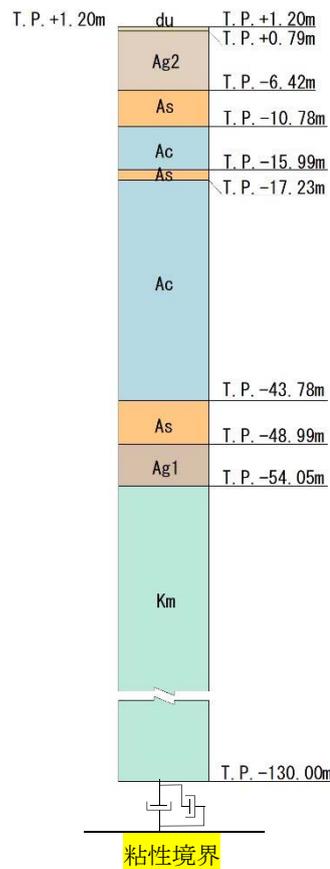


図 3.5-5 1次元有効応力解析モデル概念図

a. 地盤のモデル化

地盤は、マルチスプリング要素及び間隙水要素によりモデル化し、地震時の有効応力の変化に応じた非線形せん断応力～せん断ひずみ関係を考慮する。

b. 減衰特性

動的解析における地盤及び構造物の減衰については、固有値解析にて求まる固有周期及び減衰比に基づき、質量マトリックス及び剛性マトリックスの線形結合で表される以下の Rayleigh 減衰にて与える。なお、Rayleigh 減衰を $\alpha = 0$ となる剛性比例型減衰とする。

有効応力解析では、時系列で地盤の 1 次固有振動数が低振動数側へシフトして行くことから、Rayleigh 減衰の係数 α 、 β の両方を用いると、質量比例項の減衰 α [M] の影響により、有効応力解析における減衰定数が低振動数帯で過減衰となる場合がある。

一方、有効応力解析における低振動数帯で減衰 α [M] の影響がない剛性比例型減衰では、地盤の 1 次固有振動数が時系列で低振動数側へシフトしていくのに伴い、1 次固有振動モードに対する減衰定数が初期減衰定数より保守的に小さい側へ変化していくことを考慮できる。

ゆえに、有効応力解析では、地震力による時系列での地盤剛性の軟化に伴う 1 次固有振動数の低振動数側へのシフトに応じて、1 次固有振動モードに対する減衰定数として、初期減衰定数よりも保守的に小さい側のモード減衰定数を適用し、地盤応答の適切な評価が行えるように、低振動数帯で減衰 α [M] の影響がない剛性比例型減衰を採用した。

$$[C] = \alpha [M] + \beta [K]$$

[C] : 減衰係数マトリックス

[M] : 質量マトリックス

[K] : 剛性マトリックス

α, β : 係数

係数 α 、 β は以下のように求めている。

$$\alpha = 0$$

$$\beta = \frac{h}{\pi f}$$

ここで、

f : 固有値解析により求められた 1 次固有振動数

h : 各材料の減衰定数

減衰定数については、地盤 1 % (解析における減衰は、ひずみ大きい領域では履歴減衰が支配的となる。このため、解析上の安定のためになるべく小さい値として 1 % を採用している。) とする。

Rayleigh 減衰の設定フローを図 3.5-6 に、固有値解析結果を表 3.5-5 に示す。

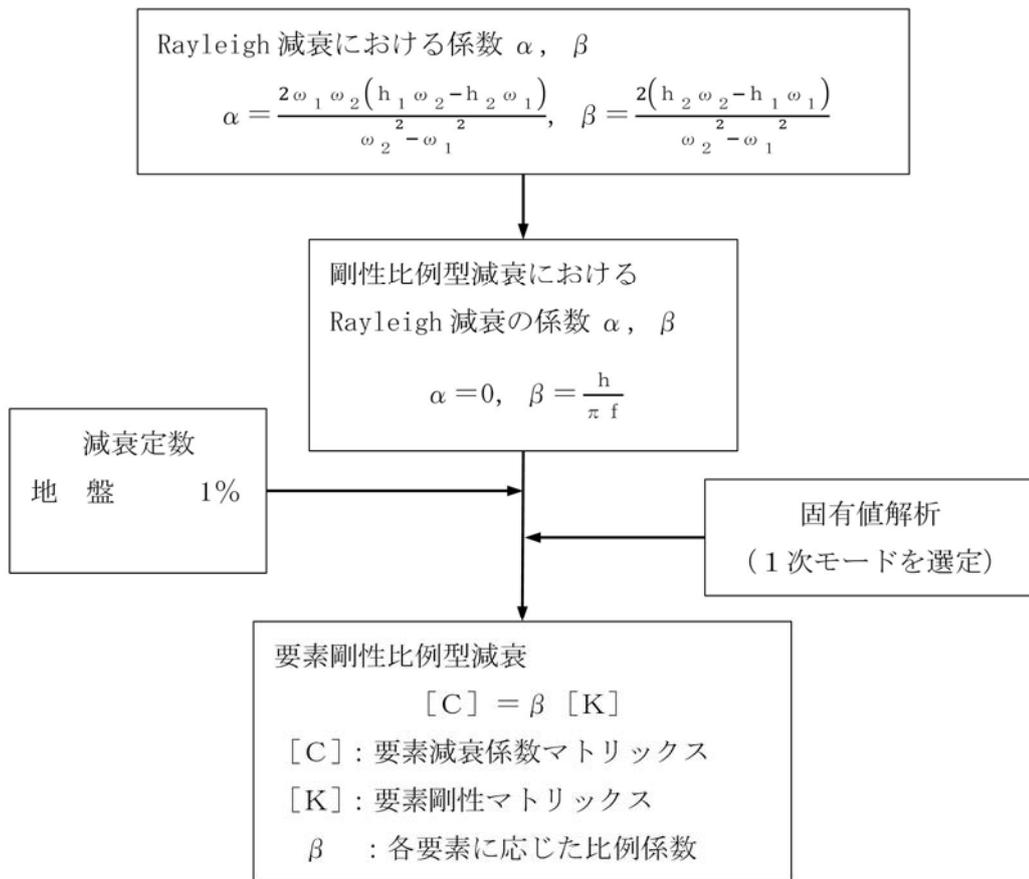


図 3.5-6 Rayleigh 減衰の設定フロー

表 3.5-5 (1) 固有値解析結果 (追而)

(検討ケース①:原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

(地点①)

モード次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数 (%)	備考
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			

表 3.5-5 (2) 固有値解析結果 (追而)

(検討ケース②:地盤物性のばらつきを考慮 (+1σ) した解析ケース)

(地点①)

モード次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数 (%)	備考
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			

表 3.5-5 (3) 固有値解析結果 (追而)

(検討ケース③：地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース)

(地点①)

モード次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数 (%)	備考
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			

表 3.5-5 (4) 固有値解析結果 (追而)

(検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により

地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)

(地点①)

モード次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数 (%)	備考
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			

表 3.5-5 (5) 固有値解析結果 (追而)

(検討ケース①:原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

(地点②)

モード次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数 (%)	備考
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			

表 3.5-5 (6) 固有値解析結果 (追而)

(検討ケース②:地盤物性のばらつきを考慮 (+1σ) した解析ケース)

(地点②)

モード次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数 (%)	備考
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			

表 3.5-5 (7) 固有値解析結果 (追而)

(検討ケース③：地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース)

(地点②)

モード次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数 (%)	備考
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			

表 3.5-5 (8) 固有値解析結果 (追而)

(検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により

地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)

(地点②)

モード次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数 (%)	備考
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			

c. 入力地震動

入力地震動は、V-2-1-6「地震応答解析の基本方針」のうち「2.3 屋外重要土木構造物」に示す入力地震動の設定方針を踏まえて設定する。

余震時の地震動は、「5.1 地震と津波の組合せで考慮する荷重について 5.1.1 基準津波と余震」より、弾性設計用地震動 S_d-D1 を用いる。有効応力解析に用いる入力地震動は、解放基盤表面で定義される弾性設計用地震動 S_d-D1 を1次元波動論により有効応力解析モデル底面位置で評価したのを用い、水平地震動と鉛直地震動の同時加振による逐次時間積分の時刻歴応答解析にて行う。入力地震動の算定には、解析コード「k-SHAKE Ver. 6.2.0」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、V-5-25「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを図3.5-8に示す。

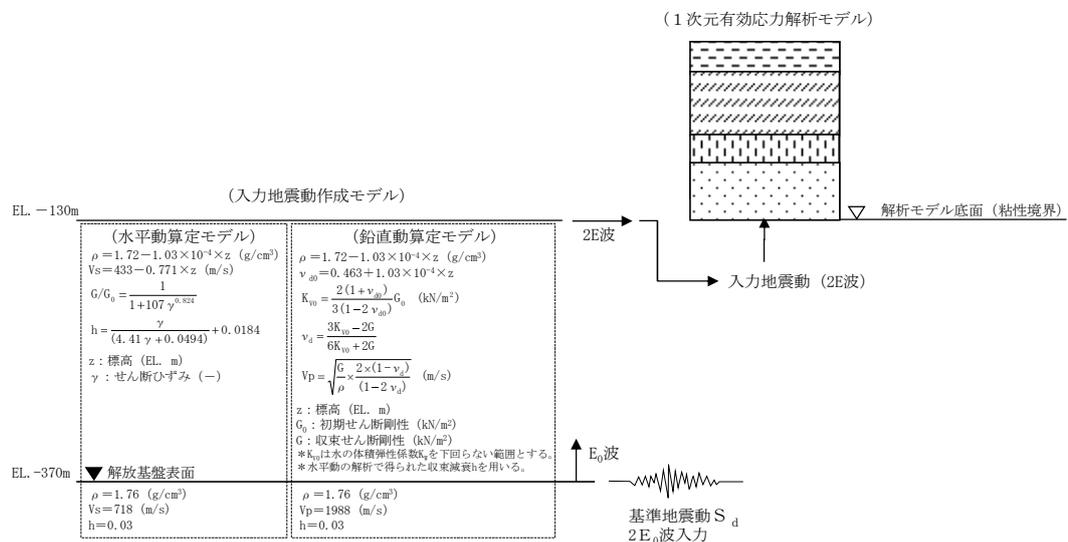
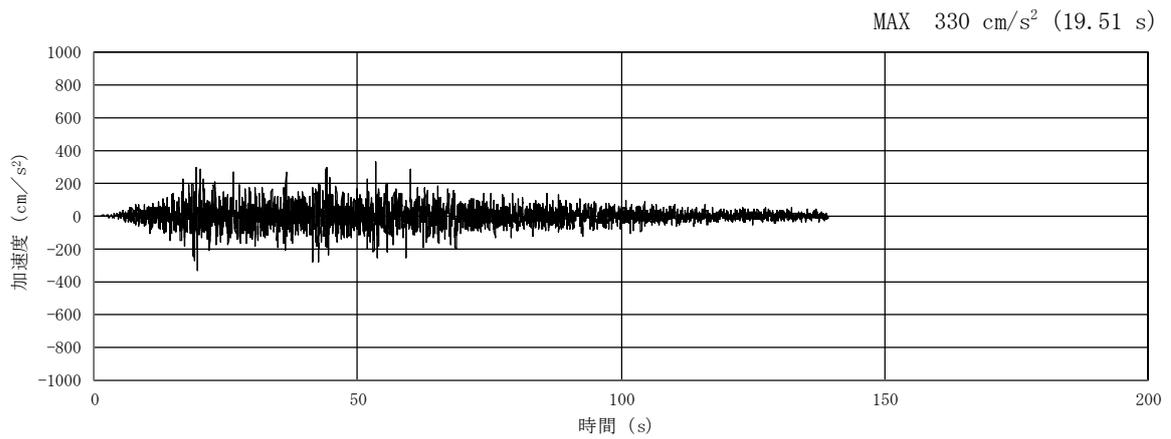
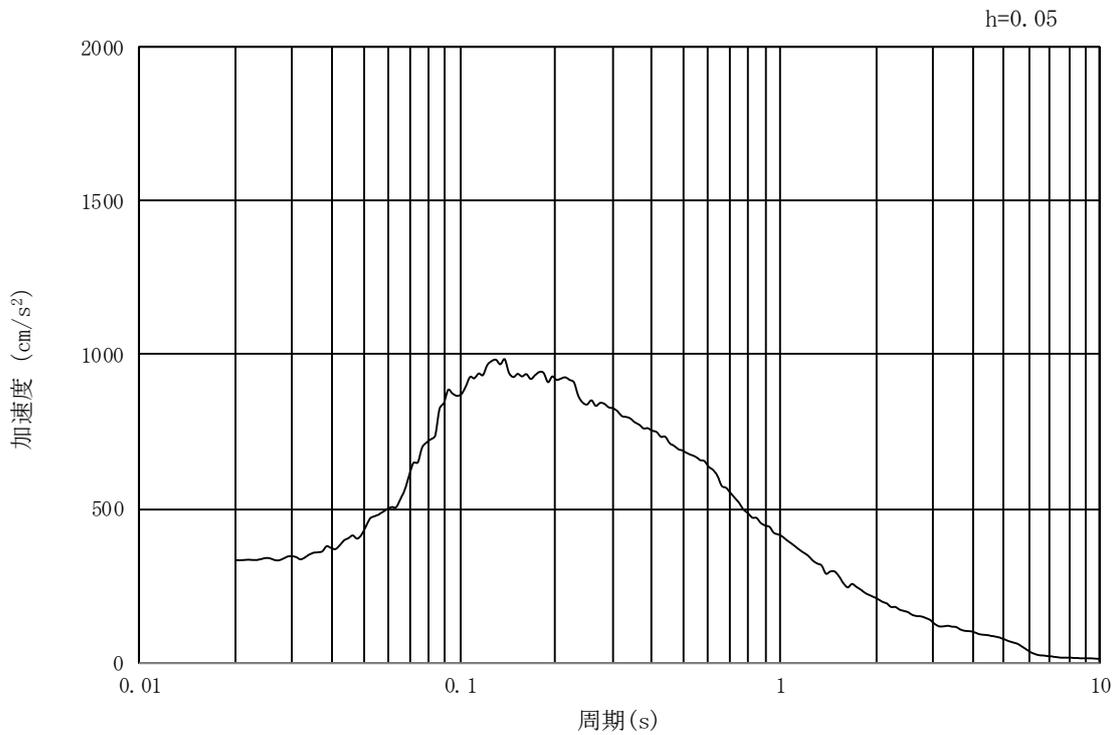


図 3.5-7 入力地震動算定の概念図

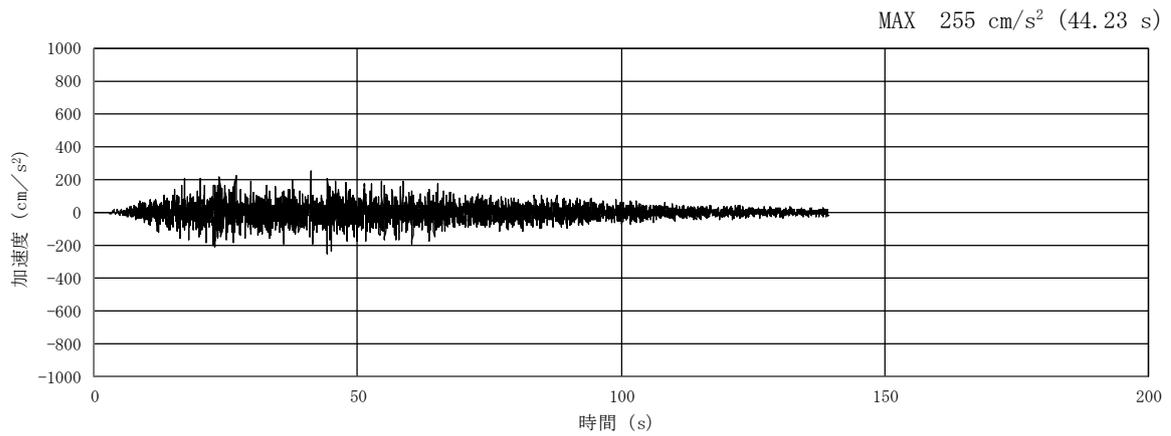


(a) 加速度時刻歴波形

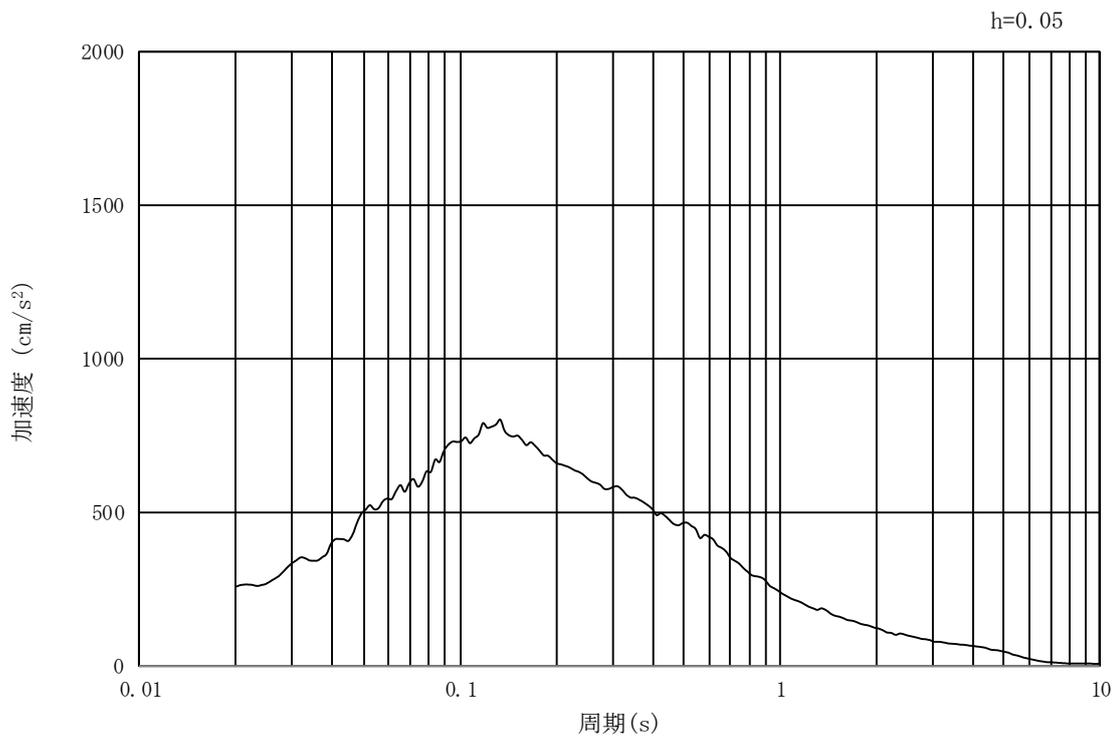


(b) 加速度応答スペクトル

図 3.5-8 (1) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(汀線・汀線直交方向断面, 水平成分: S_d-D 1)



(a) 加速度時刻歴波形



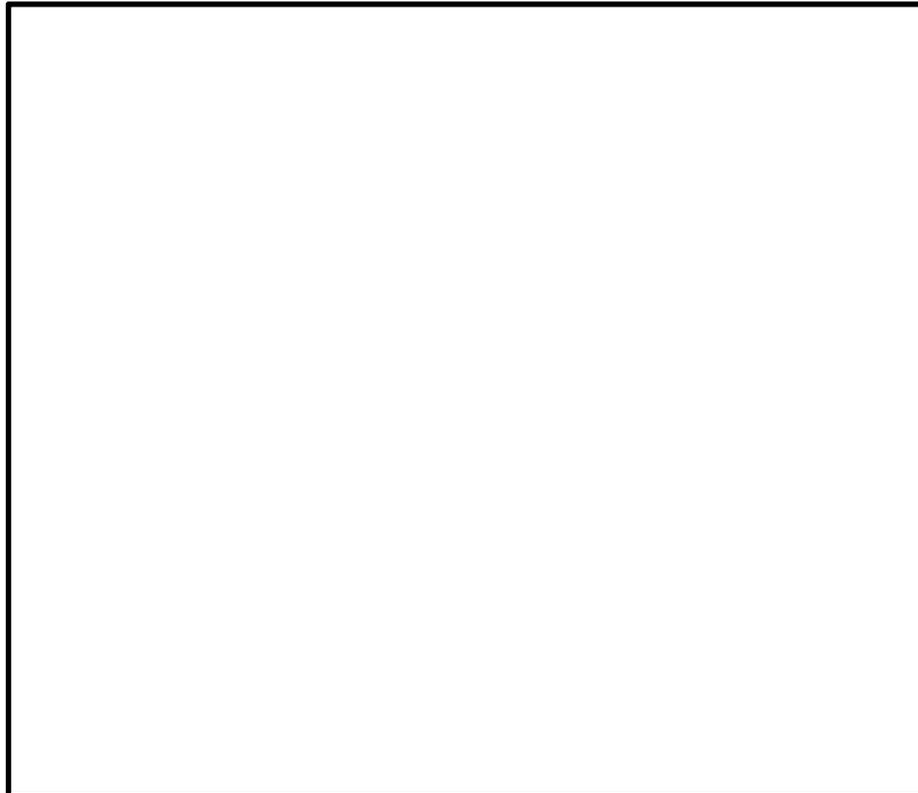
(b) 加速度応答スペクトル

図 3.5-8 (2) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(汀線・汀線直交方向断面，鉛直成分：S_d-D1)

(2) 3次元静的フレーム解析モデル（部材の評価）

a. 解析モデル

重畳時における鉄筋コンクリート防潮壁も津波時と同様に上部構造と下部構造を一体とした3次元フレームモデルで強度評価を行う。重畳時の鉄筋コンクリート防潮壁の3次元静的フレーム解析モデル概念図を図 3.5-9 に示す。3次元静的フレーム解析には解析コード「Engineer's Studio Ver. 6.00.04」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、V-5-39「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。



注記 *1：基礎底面の鉛直方向地盤バネ
基礎前面の面直方向地盤バネ
*2：基礎底面の水平方向地盤バネ
基礎側面の水平方向地盤バネ
基礎前背面の水平及び鉛直方向地盤バネ
基礎側面の鉛直方向地盤バネ

図 3.5-9 鉄筋コンクリート防潮壁の重畳時の3次元静的フレーム解析モデル概念図

b. 構造物のモデル化

「3.5.1 津波時」と同様に設定する。

c. 地盤のモデル化

3次元静的フレーム解析モデルにおいて、地盤は津波時と同様に剛性と減衰の非線形特性を考慮してモデル化する。

重畳時の地盤バネは、表 3.5-6 に示すケースにおいて S_d 波による 1次元有効応力解析を実施し、地表面最大加速度発生時刻、地表面最大変位発生時刻及び最大せん断ひずみ発生時刻における物性により設定し、表 3.5-7 に示す3ケースを考慮する。

表 3.5-6 3次元静的フレーム解析における1次元有効応力解析検討ケース

検討ケース		①	②	③	④	⑤	⑥
		原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース(基本ケース)	地盤物性のばらつきを考慮(+1 σ)した解析ケース	地盤物性のばらつきを考慮(-1 σ)した解析ケース	地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース	原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース	地盤物性のばらつきを考慮(+1 σ)して非液状化の条件を仮定した解析ケース
液状化強度特性の設定		原地盤に基づく液状化強度特性(標準偏差を考慮)	原地盤に基づく液状化強度特性(標準偏差を考慮)	原地盤に基づく液状化強度特性(標準偏差を考慮)	敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく液状化強度特性	液状化パラメータを非適用	液状化パラメータを非適用
地震波	S_d -D1	1	1	1	1	1	1
計		1	1	1	1	1	1

* 上記のケースより、地表面加速度最大ケース、地表面変位最大ケース及びせん断ひずみ最大を選定して照査する。

表 3.5-7 3次元静的フレーム解析モデルにおける地盤バネ要素の設定(重畳時)

ケース名	地盤バネのバネ定数	地盤バネの反力上限値	備考
地盤バネ3 (重畳時)	S_d 波による1次元有効応力解析から地表面最大加速度最大時刻における地盤物性により設定*		地盤抵抗が大きいケース
地盤バネ4 (重畳時)	S_d 波による1次元有効応力解析から地表面変位最大時刻における地盤物性により設定*		地盤抵抗が小さいケース
地盤バネ5 (重畳時)	S_d 波による1次元有効応力解析からせん断ひずみ最大時刻における地盤物性により設定*		

* 1次元有効応力解析については、「3.5.2(1) 1次元有効応力解析」に示す。

(a) 地盤バネのバネ定数

ア. 基礎底面の鉛直方向地盤バネ

基礎底面の鉛直方向地盤バネは、平均有効主応力 σ'_m 及びせん断ひずみ γ の深度分布を用いて以下の式で求められる割線せん断剛性 G_s により設定する。ただし、鉛直方向の載荷面積 A_v は、基礎本体の底面積 A とする。

$$k_v = k_{v0} \left(\frac{B_v}{0.3} \right)^{-3/4}$$

$$K_v = A_v \times k_v$$

ここで、

k_v : 鉛直方向地盤反力係数 (kN/m³)

k_{v0} : 直径 0.3m の剛体円板による平板載荷試験の値に相当する鉛直方向地盤バネ (kN/m³) で、各種土質試験又は調査により求めた変形係数から推定する場合は、 $k_{v0} = \frac{1}{0.3} \alpha E_s$ により求める。

B_v : 基礎の換算載荷幅 (m) で、 $B_v = \sqrt{A_v}$ により求める

α : 地盤反力係数の換算係数 ($\alpha = 1$ とする。)

A_v : 鉛直方向の載荷面積 (m²)

K_v : 鉛直方向地盤バネ定数 (kN/m)

$$E_s = 2(1 + \nu_d)G_s$$

$$G_s = \frac{\tau_s}{\gamma}$$

$$\tau_s = \frac{\gamma}{\frac{1}{G_{ma} \times \left(\frac{\sigma'_{ma}}{\sigma_{ma}} \right)^{0.5} + \left| \frac{\gamma}{c \times \cos \phi_{CD} + \sigma'_m \times \sin \phi_{CD}} \right|}}$$

γ : せん断ひずみ、

σ'_m : 平均有効主応力 (kN/m²)、

E_s : 変形係数 (kN/m²)

ν_d : 動ポアソン比、

G_s : 骨格曲線上の割線剛性 (kN/m²)、

τ_s : 骨格曲線上のせん断応力 (kN/m²)

G_{ma} : 基準平均主応力

σ'_{ma} における微小せん断ひずみでの初期せん断剛性 (kN/m²)

σ'_{ma} : 基準平均有効主応力 (kN/m²)

c : 粘着力 (kN/m²)

ϕ_{CD} : 内部摩擦角 (°)

イ. 基礎底面の水平方向地盤バネ定数

「3.5.1 津波時」と同様に設定する。

ウ. 基礎前面の面直方向地盤バネ定数

「3.5.1 津波時」と同様に設定する。

エ. 基礎側面の水平方向地盤バネ定数

「3.5.1 津波時」と同様に設定する。

オ. 基礎前背面の水平及び鉛直方向地盤バネ定数

「3.5.1 津波時」と同様に設定する。

カ. 基礎側面の鉛直方向地盤バネ定数

「3.5.1 津波時」と同様に設定する。

(b) 地盤バネの反力上限値

ア. 基礎前面及び側面の水平地盤バネの反力上限値

基礎前面及び側面の水平地盤バネの反力上限値は、次式により求める。

$$p_{Hu} = \alpha_p \sigma_f$$

$$P_{Hu} = p_{Hu} \cdot B_e \cdot L$$

ここで、

p_{Hu} : 基礎前面及び側面の水平地盤バネの反力度の上限値 (kN/m²)

α_p : 水平地盤バネの反力上限値の割増係数で、 $\alpha_p = 1.0 + 0.5 \left(\frac{z}{B_e} \right) \leq 3.0$ によ

り求める。ただし、N値2以下の軟弱な粘性土では、 $\alpha_p = 1.0$ とする。

z : 設計上の地盤面からの深さ (m)

B_e : 基礎の有効前面幅 (m)

L : 負担長 (m)

$$\sigma_f = c \times \cos\phi_{CD} + \sigma'_m \times (1 + \sin\phi_{CD})$$

σ_f : 基礎前面及び側面の水平方向のバネの反力度上限値

1次元有効応力解析で得られる地表面最大加速度発生時刻（地盤バネ3）、地表面最大変位発生時刻（地盤バネ4）及び最大せん断ひずみ発生時刻（地盤バネ5） t_{max} における平均有効主応力 σ'_m の深度分布を用いて上記の式により設定する。(kN/m²)

P_{Hu} : 基礎前面及び側面の水平方向のバネの反力上限値 (kN)

イ. 基礎前面及び側面の水平並びに鉛直方向地盤バネの反力上限値

基礎前面及び側面の水平並びに鉛直方向地盤バネの反力上限値は、次式により求める。

$$\tau_f = c \times \cos\phi_{CD} + \sigma'_m \times \sin\phi_{CD}$$

$$T_f = \tau_f \cdot B_e \cdot L$$

τ_f : 基礎前面及び側面の水平並びに鉛直方向地盤バネの反力度上限値

1次元有効応力解析で得られる地表面最大加速度発生時刻（地盤バネ3）、地表面最大変位発生時刻（地盤バネ4）及び最大せん断ひずみ発生時刻（地盤バネ5） t_{max} における平均有効主応力 σ'_m の深度分布を用いて上記の式により設定する。（ kN/m^2 ）

T_f : 基礎前面及び側面の水平並びに鉛直方向地盤バネの反力上限値（ kN ）

(3) 基礎地盤の支持力

重畳時の基礎地盤の支持性能に係る評価は、 S_d-D1 を入力地震動とした2次元有効応力解析で発生する基礎地盤の接地圧に、津波波圧及び動水圧を作用させた2次元FEM静的解析により得られる接地圧を加えた値が許容限界以下であることを確認する。

入力地震動 S_d-D1 により発生する基礎地盤の接地圧は、「3.5.2(1)1次元有効応力解析」で実施した解析ケースのうち地表面加速度最大ケース、地表面変位最大ケース及びせん断ひずみ最大ケースの3つの解析ケースに対して、2次元有効応力解析を実施し求める。2次元有効応力解析に使用する解析モデルは、「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」に記載する2次元有効応力解析モデルと同じモデルを使用し、入力地震動以外の解析条件は同じとする。

津波波圧及び動水圧による接地圧も、同じ3つのケースに対応する地盤剛性を用い2次元FEM静的解析を実施し求める。2次元FEM静的解析に使用する解析モデルは、「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」に記載する2次元有効応力解析における初期応力解析モデルに基づく図3.5-10に示す2次元FEM静的解析モデルを使用し、津波波圧及び動水圧を作用させること及び側方境界条件を水平ローラーとすること以外の解析条件は同じとする。

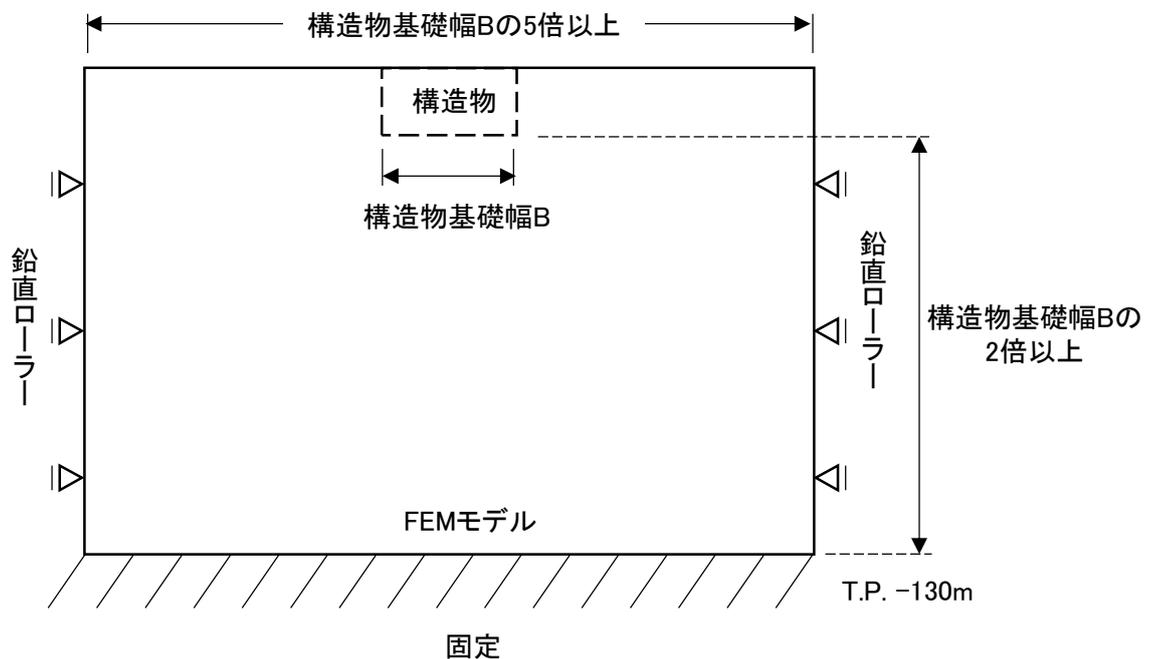
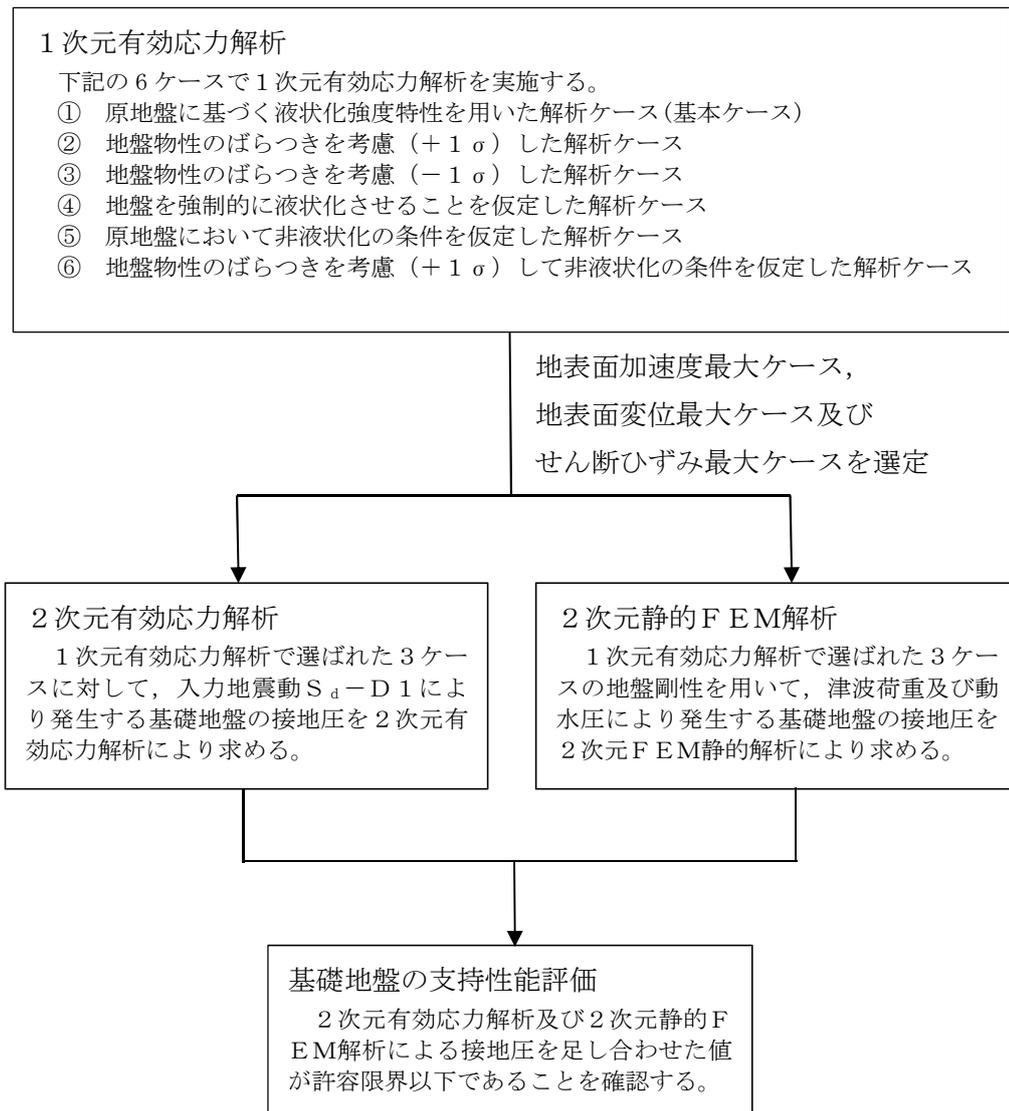


図 3.5-10 2次元FEM静的解析モデル

同じ地盤剛性同士の解析ケースの結果で、余震荷重による接地圧、津波荷重及び動水圧による接地圧を足し合わせた値により、基礎地盤の支持性能を評価する。図 3.5-11 に基礎地盤の支持性能評価フローを示す。



*上記の2次元有効応力解析及び2次元FEM静的解析は、同じ地盤剛性同士の解析ケースで実施する。

図 3.5-11 基礎地盤の支持性能評価フロー

(4) 評価方法

鉄筋コンクリート防潮壁の強度評価は、解析結果より得られる照査用応答値が「3.4 許容限界」で設定した許容限界以下であることを確認する。

a. 鉄筋コンクリート防潮壁

地中連続壁基礎と一体となった3次元静的フレーム解析モデルに津波荷重や余震荷重を載荷して評価する。

b. フーチング

地中連続壁基礎と一体となった3次元静的フレーム解析モデルに津波荷重や余震荷重を載荷して評価する。

c. 地中連続壁基礎

地盤バネを設定した3次元静的フレームモデルに津波荷重や余震荷重を考慮して評価する。

d. 基礎地盤の支持力

重畳時の基礎地盤の支持性能に係る評価は、 S_d-D1 を入力地震動とした2次元有効応力解析で発生する基礎地盤の接地圧に、津波波圧及び動水圧を作用させた2次元静的FEM解析により得られる接地圧を加えた値が許容限界以下であることを確認する。

3.5.3 地下水位

地下水位は地表面として設定する。

4. 評価結果

4.1 解析結果

鉄筋コンクリート防潮壁の基準地震動 S_s による断面力（曲げモーメント，軸力，せん断力）を図4.1-1～図4.1-2に示す。これらの図は，構造部材の曲げモーメントと軸力，及びせん断力において最も厳しい照査値となる時刻の断面力分布を示したものである。

図 4.1-1 汀線方向の津波時断面力

図 4.1-2 汀線方向の重畳時断面力

「追而」

4.2 強度評価結果

配筋要領図を図 4.2-1 に、断面計算に用いた断面諸元の一覧を表 4.2-1 に示す。

「追而」

図 4.2-1 配筋要領図

表 4.2-1-1 (1) 断面諸元一覧表 (短辺方向)

部位	評価位置	断面性状				主鉄筋 (外面, 上面)			主鉄筋 (内面, 下面)			せり断補強筋				
		部材幅 b (m)	部材高 h (m)	かぶり d' (m)		有効高さ d (m)	鉄筋径 D (mm)	間隔 s (cm)	断面積 (単位幅) A _s (cm ²)	鉄筋径 D (mm)	間隔 s (cm)	断面積 (単位幅) A _s (cm ²)	鉄筋径 D (mm)	S _b (cm)	S _s (cm)	断面積 (単位幅) A _w (cm ²)
				外面, 上面	内面, 下面											
鉄筋コンクリート防潮壁					外面, 上面	内面, 下面										
フーチング																
地中連続壁基礎 (水平)																
地中連続壁基礎 (鉛直)																

「追而」

表 4.2-1-1 (2) 断面諸元一覧表 (短辺方向)

部位	評価位置	断面性状				主鉄筋 (外面, 上面)			主鉄筋 (内面, 下面)			せり断補強筋				
		部材幅 b (m)	部材高 h (m)	かぶり d' (m)		有効高さ d (m)	鉄筋径 D (mm)	間隔 s (cm)	断面積 (単位幅) A _s (cm ²)	鉄筋径 D (mm)	間隔 s (cm)	断面積 (単位幅) A _s (cm ²)	鉄筋径 D (mm)	S _b (cm)	S _s (cm)	断面積 (単位幅) A _w (cm ²)
				外面, 上面	内面, 下面											
鉄筋コンクリート防潮壁					外面, 上面	内面, 下面										
フーチング																
地中連続壁基礎 (水平)																
地中連続壁基礎 (鉛直)																

(1) 構造部材の曲げ軸力に対する評価結果

コンクリートの曲げ軸力照査結果を表 4.2-2～表 4.3-3 に、鉄筋の曲げ軸力照査結果を表 4.2-4～表 4.2-5 にそれぞれ示す。

鉄筋コンクリート防潮壁における許容応力度法による照査を行った結果、評価位置においてコンクリートの圧縮応力度と鉄筋の引張応力度が許容限界以下であることを確認した。

以上のことから、鉄筋コンクリート防潮壁の構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認した。なお、発生応力は各地震動、各部材において最大となる値を示している。

表 4.2-2 コンクリートの照査結果（汀線方向）

「追而」

表 4.2-3 コンクリートの照査結果（汀線直交方向）

表 4.2-4 鉄筋の曲げ軸力照査結果（汀線方向）

表 4.2-5 鉄筋の曲げ軸力照査結果（汀線直交方向）

(2) 構造部材のせん断力に対する評価結果

せん断力に対する照査結果を表 4.2-6～表 4.2-7 に示す。

鉄筋コンクリート防潮壁における許容応力度法による照査を行った結果、評価位置においてせん断応力度が許容せん断応力度以下、又は発生せん断力がコンクリートの許容せん断力 ($V_{c.a}$) と斜め引張鉄筋の許容せん断力 ($V_{s.a}$) を合わせた許容せん断力 (V_a) 以下であることを確認した。

以上のことから、鉄筋コンクリート防潮壁の構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認した。なお、発生応力及び発生断面力は各地震動、各部材において最大となる値を示している。

表 4.2-6 せん断力照査結果 (汀線方向)

「追而」

表 4.2-7 せん断力照査結果 (汀線直交方向)

(3) 基礎地盤の支持性能に対する評価結果

基礎地盤の最大接地圧分布図を図 4.2-4 に、最大接地圧を表 4.2-8 に示す。また、支持性能評価結果を表 4.2-9 に示す

鉄筋コンクリート防潮壁の最大接地圧は $S_s - D1$ [H+, V+] (〇〇断面方向) で 〇〇 kN/m^2 であり、基礎地盤の極限支持力度 〇〇 kN/m^2 以下である。

以上のことから、鉄筋コンクリート防潮壁の基礎地盤は、基準地震動 S_s に対し、支持性能を有する。

図 4.2-4 最大接地圧分布図

「追而」

表 4.2-8 (1) 最大接地圧 (汀線方向)

表 4.2-8 (2) 最大接地圧 (汀線直交方向)

表 4.2-9 (1) 基礎地盤の支持性能評価結果 (汀線方向)

表 4.2-9 (2) 基礎地盤の支持性能評価結果 (汀線直交方向)

4.3 まとめ

鉄筋コンクリート防潮壁について、構造物の曲げ軸力及びせん断力並びに最大接地圧が許容限界以下であることを確認した。

以上のことから、鉄筋コンクリート防潮壁は、要求機能を維持できる。

「追而」

- 6.1.1 鋼製防護壁の設計に関する補足説明資料
- 6.1.1.2 鋼製防護壁の強度計算書に関する補足説明資料

目次

1. 概要	1
2. 基本方針	2
2.1 位置	2
2.2 構造概要	3
2.3 評価方針	17
2.4 適用基準	25
3. 強度評価方法	27
3.1 記号の定義	27
3.2 評価対象断面及び部位	28
3.3 荷重及び荷重の組合せ	32
3.4 許容限界	37
3.5 評価方法	41
4. 評価結果	81
4.1 地中連続壁基礎（下部構造）	81
4.2 鋼製防護壁（上部構造）	91
4.3 鋼製防護壁（接合部）	94
4.4 まとめ	96

1. 概要

本資料は、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」に示すとおり、鋼製防護壁が地震後の繰返しの襲来を想定した津波荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、主要な構造部材の構造健全性を保持すること、十分な支持性能を有する地盤に設置していること及び主要な構造体の境界部に設置する部材が有意な漏えいを生じない変形に留まることを確認するものである。

2. 基本方針

鋼製防護壁の検討対象断面位置は、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」に示す「3.2 機能維持の方針」を踏まえて選定する。鋼製防護壁の「2.1 位置」及び「2.2 構造概要」を示す。

2.1 位置

鋼製防護壁の位置図を図 2.1-1 に示す。

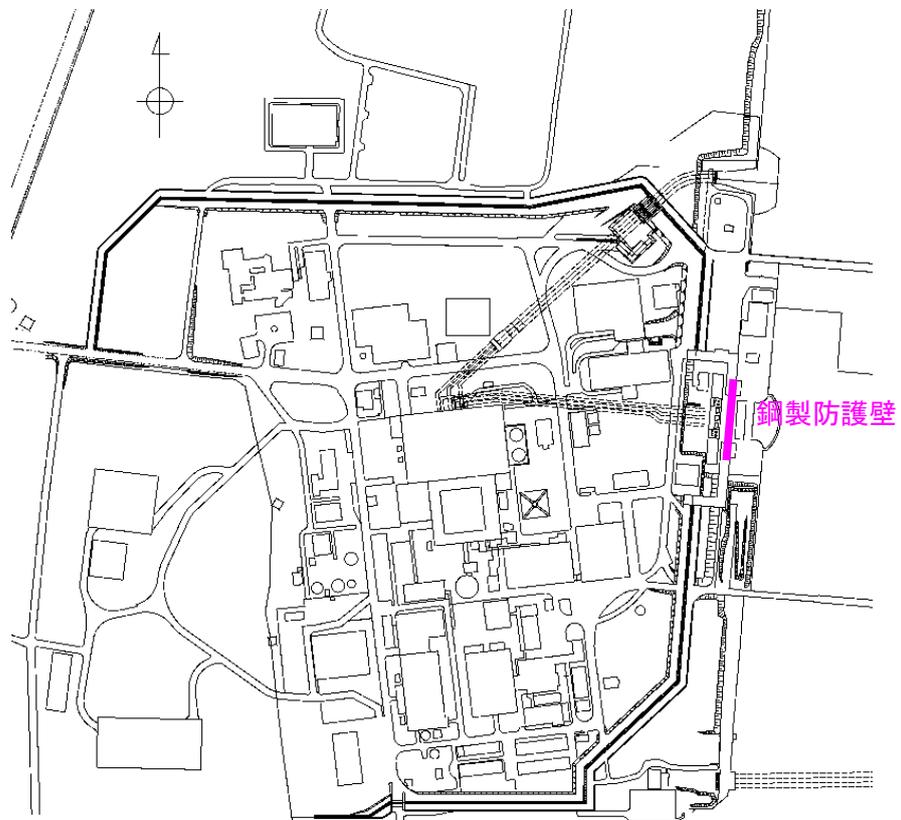


図 2.1-1 鋼製防護壁位置図

2.2 構造概要

鋼製防護壁は、幅約 81 m、高さ約 17 m、奥行き約 5 m の鋼製の構造物であり、幅約 50 m の取水構造物を横断し、取水構造物の側方の地中連続壁基礎を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置する。

鋼製防護壁の検討対象位置平面図を図 2.2-1 に、構造概要 P 倍後の FLIP 図を図 2.2-2 に、構造図を図 2.2-3 に示す。

鋼製防護壁は鉛直及び水平方向に配置された鋼板で構成される鋼殻構造であり、施工性を考慮して分割したブロックの集合体として全体を構成する。各ブロックは添接板と高力ボルトを用いた摩擦接合により結合する。

基礎部は、図 2.2-4 に示すとおり、南北両側に配置した地中連続壁基礎にて構成され、津波荷重等を受ける鋼製防護壁を支持する。地中連続壁基礎の内側には中実鉄筋コンクリートを充填し、地中連続壁基礎と一体化して両者で発生断面力を負担する。

図 2.2-5 に鋼製防護壁の構造概要を示す。鋼製防護壁は、下端標高 T.P. +3.20 m から天端標高 T.P. +20.0 m までを頂部鋼板を含めて 10 層の水平隔壁に分割した構造とし、法線、法線直交方向の鉛直隔壁並びに外面鋼板とで構成される。各層は、図 2.2-5 に示すブロックが複数結合された構造である。鋼材ブロック継目部の添接板の間に止水性の維持のためシール材を設置する。

鋼製防護壁と地中連続壁基礎とは鋼製防護壁アンカーによって剛結される。鋼製防護壁の基礎直上は図 2.2-6 に示すとおり、鋼殻内に必要な高さまで中詰め鉄筋コンクリートを打設して鋼殻と一体化し、下部構造への確実な荷重伝達を図る。

鋼製防護壁と地中連続壁基礎との結合部イメージ図を図 2.2-7 に、結合部構造図を図 2.2-8 に示す。また、各部材の設計上の役割を表 2.2-1 に示す。

また、止水性の維持のため、鋼製防護壁と鉄筋コンクリート防潮壁との境界部に止水ジョイント部を、鋼製防護壁の底面と既設取水構造物との境界部底部に止水機構を設置する。底部止水機構の評価は「6.1.3 止水機構に関する補足説明」に示す。



図 2.2-1 鋼製防護壁の検討対象位置平面図

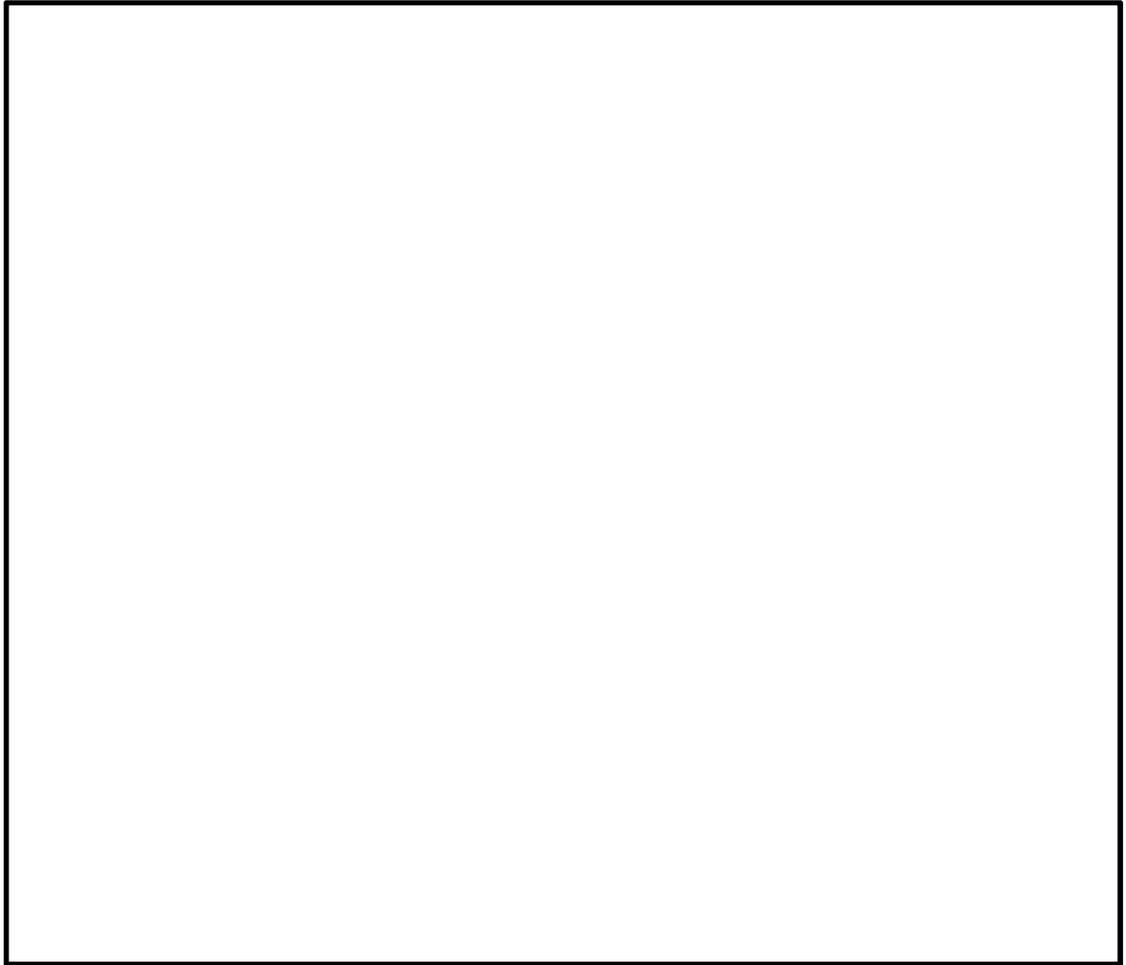


図 2.2-2 鋼製防護壁の構造概要図

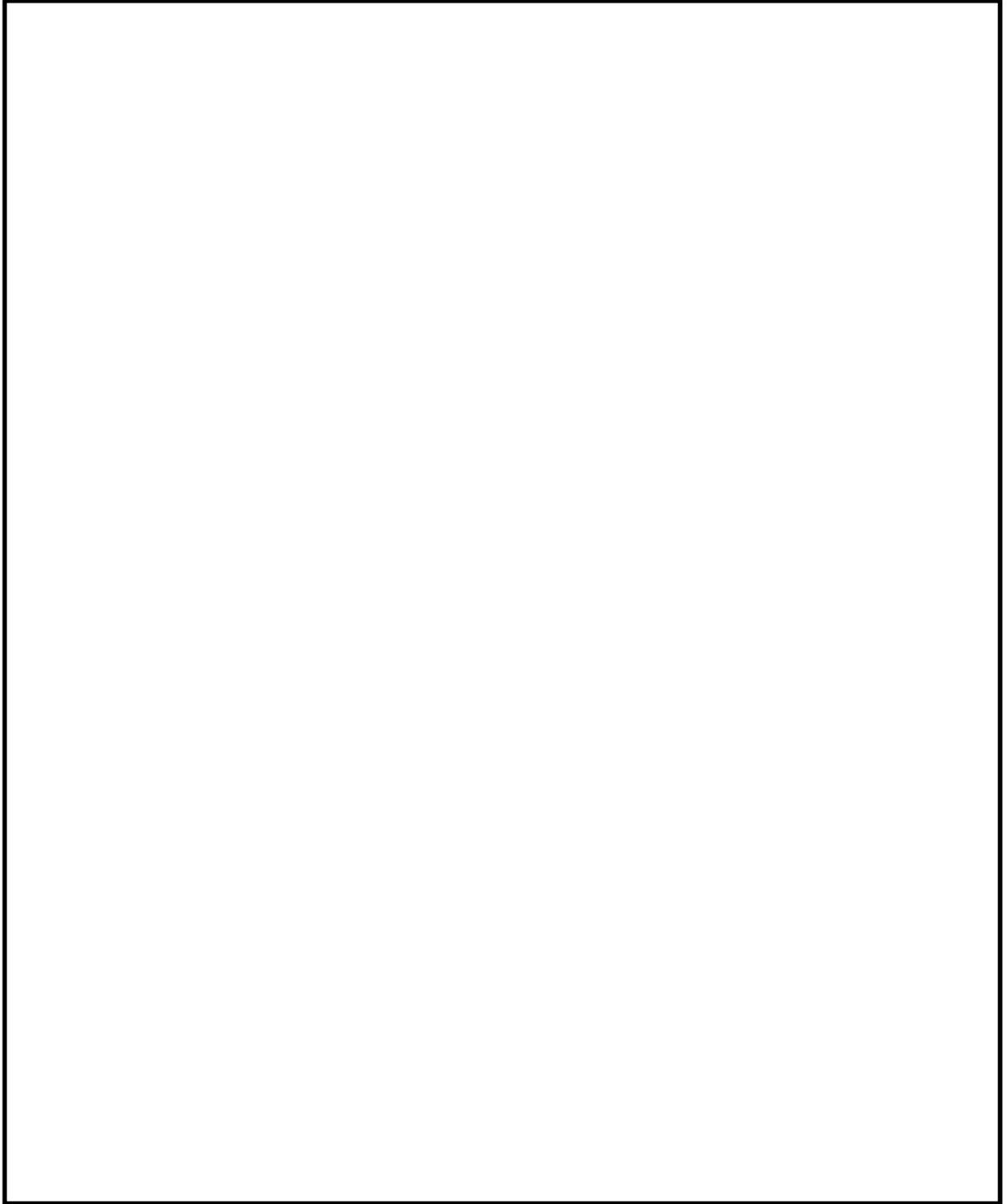
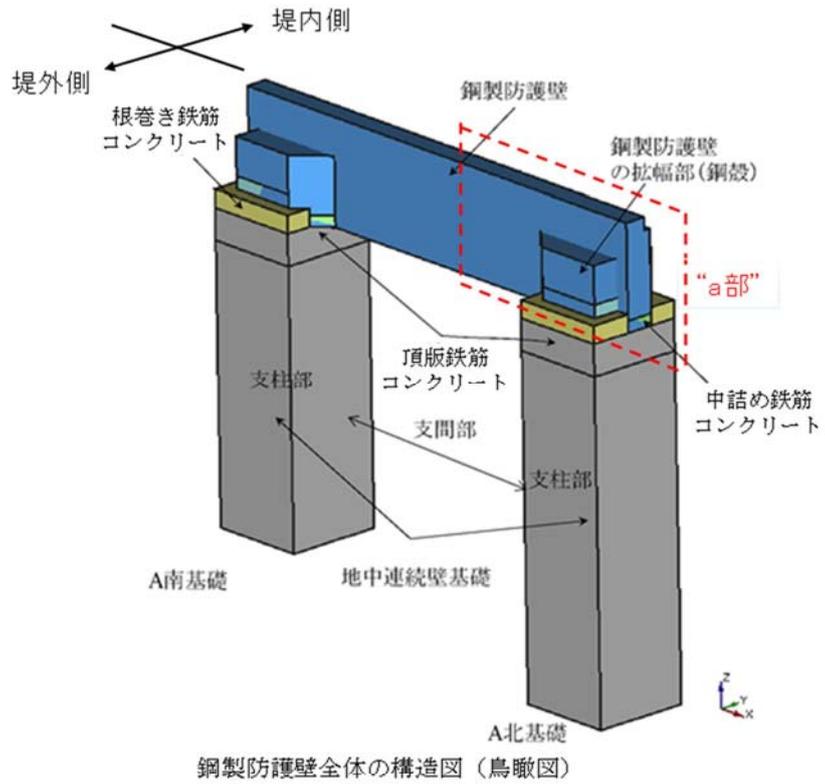


図 2.2-3 鋼製防護壁の構造図



鋼製防護壁全体の構造図（鳥瞰図）

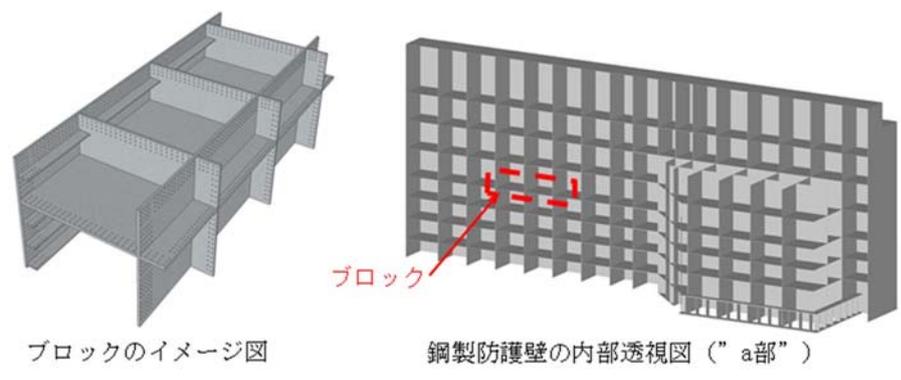


図 2.2-4 鋼製防護壁全体の構造概要図

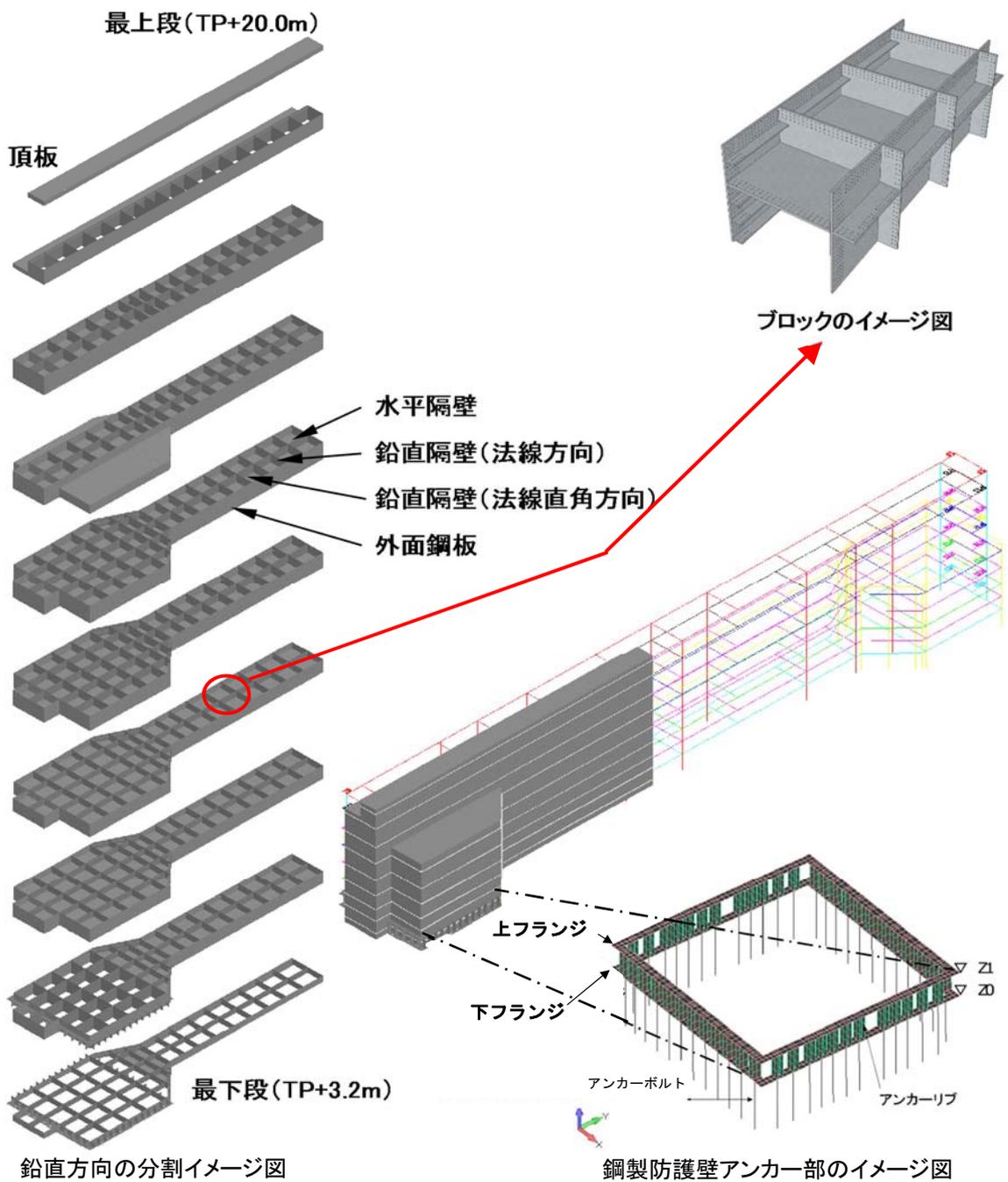


図 2.2-5 (1) 鋼製防護壁上部構造の構造概要図

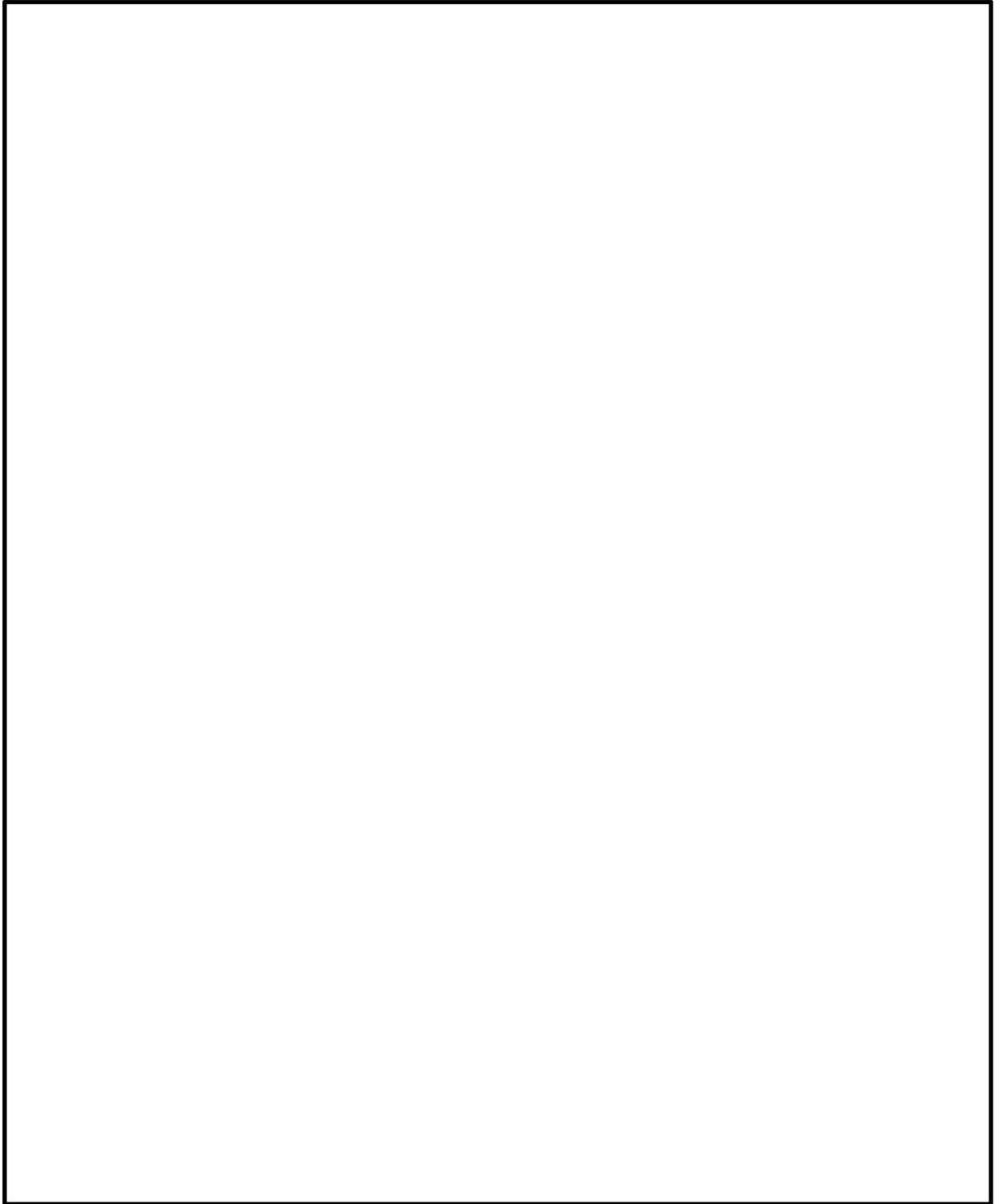


図 2.2-5 (2) 鋼製防護壁上部構造の板厚概要

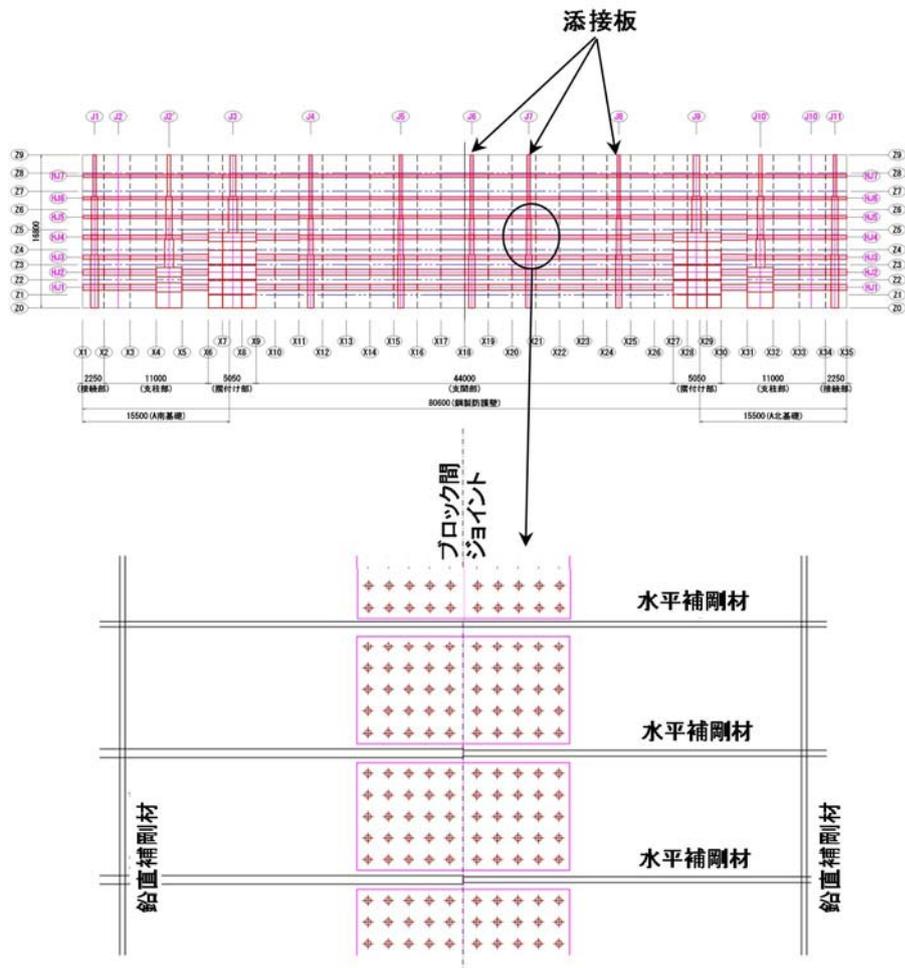


図 2.2-5 (2) 鋼製防護壁上部構造の構造概要図

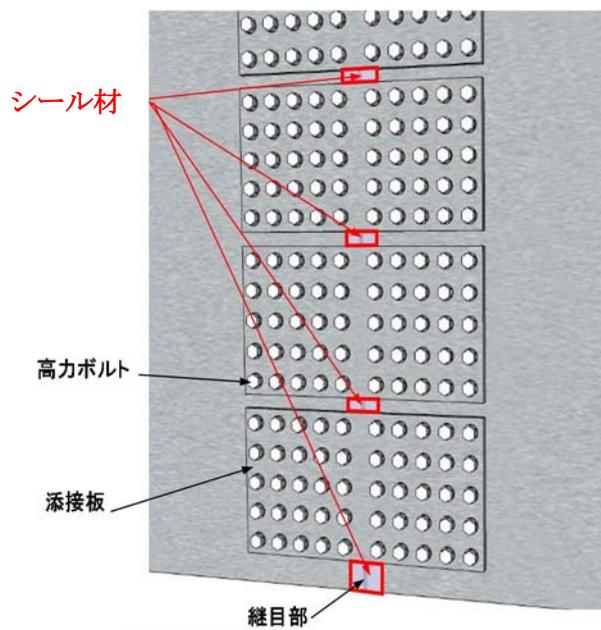


図 2.2-5 (3) シーリング材の概念図

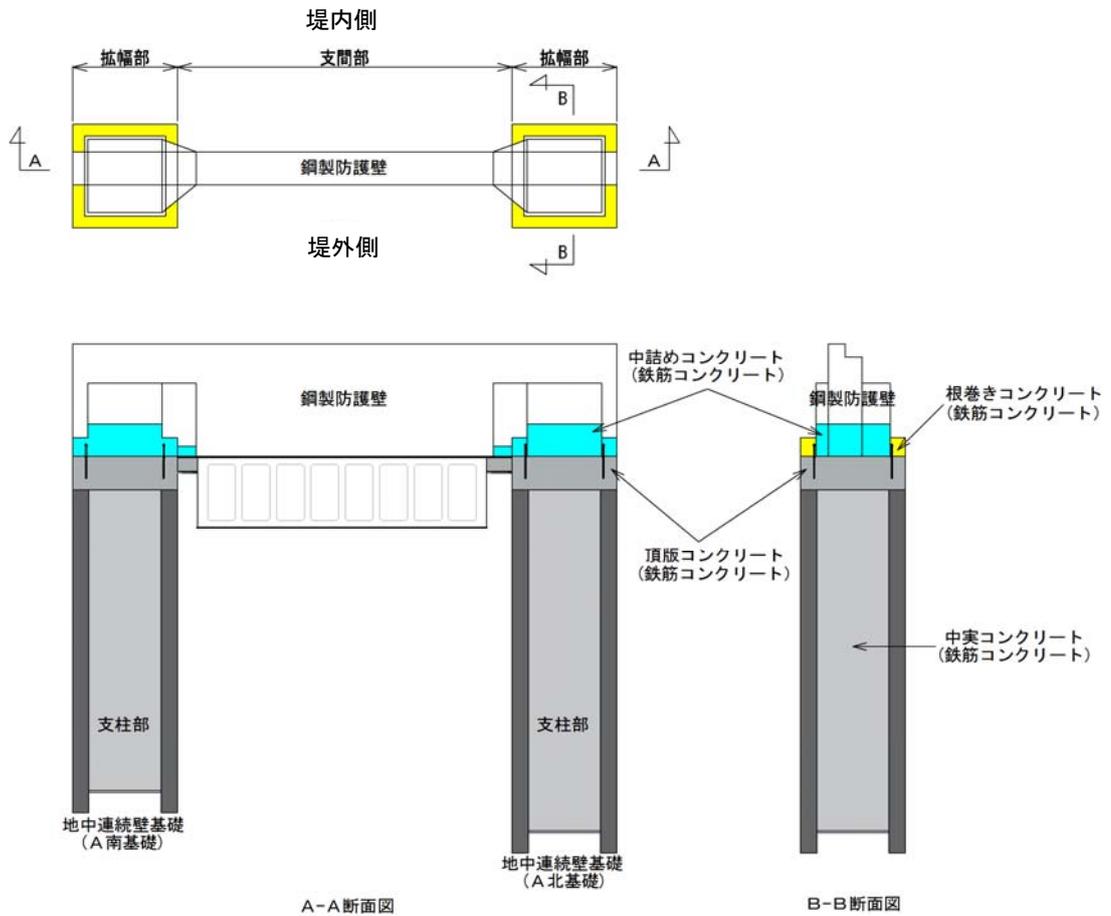


図 2.2-6 (1) 鋼製防護壁の全体構成図

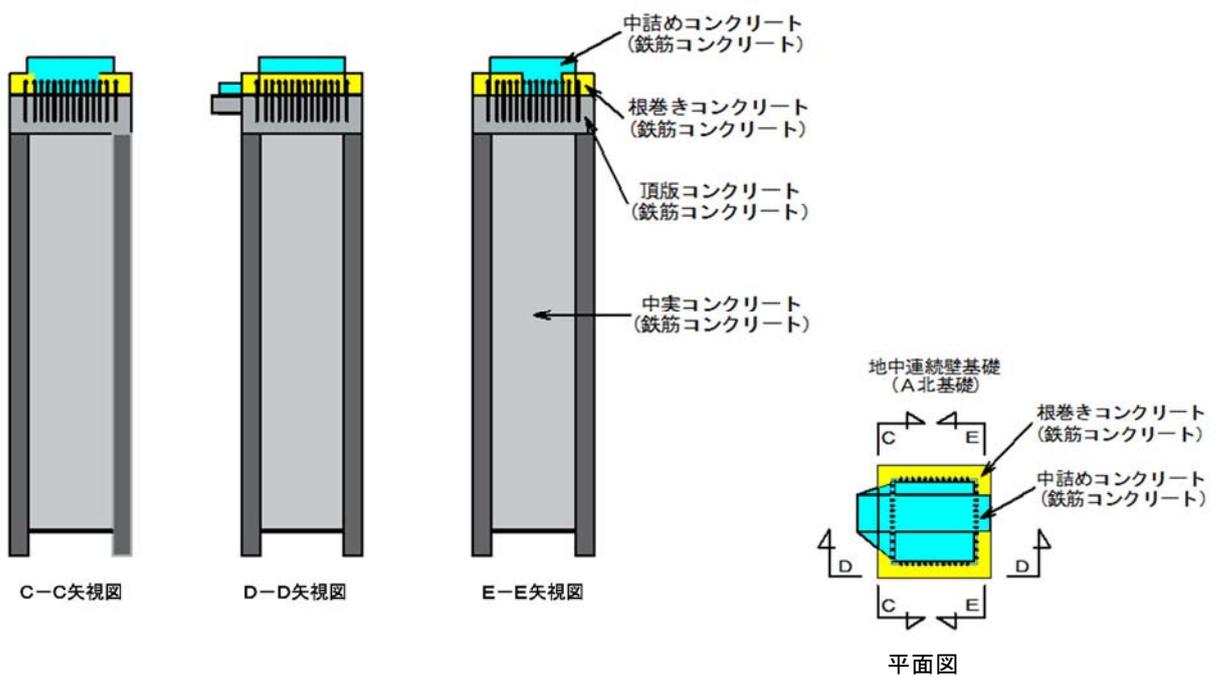


図 2.2-6 (2) 鋼製防護壁 (地中連続壁基礎) の構成図

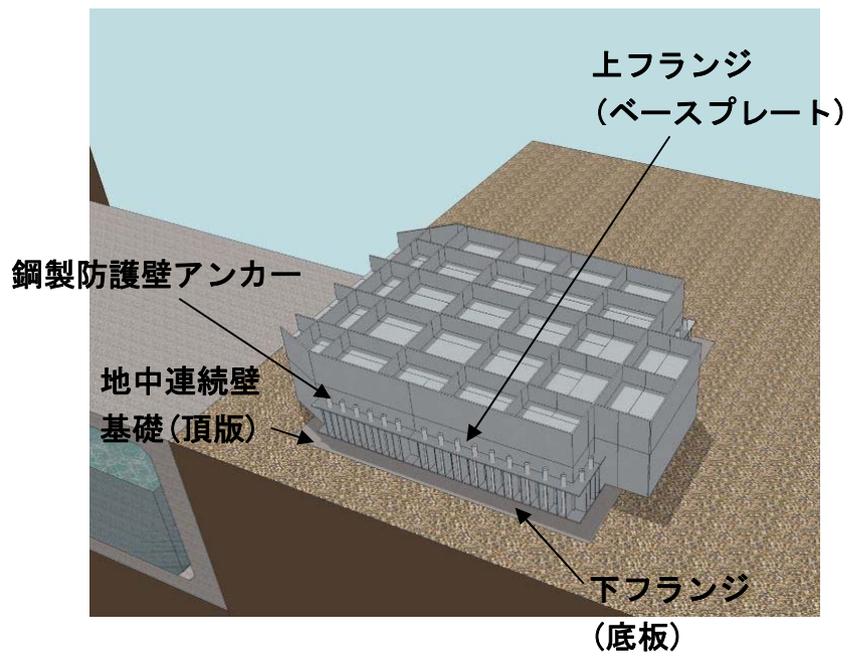
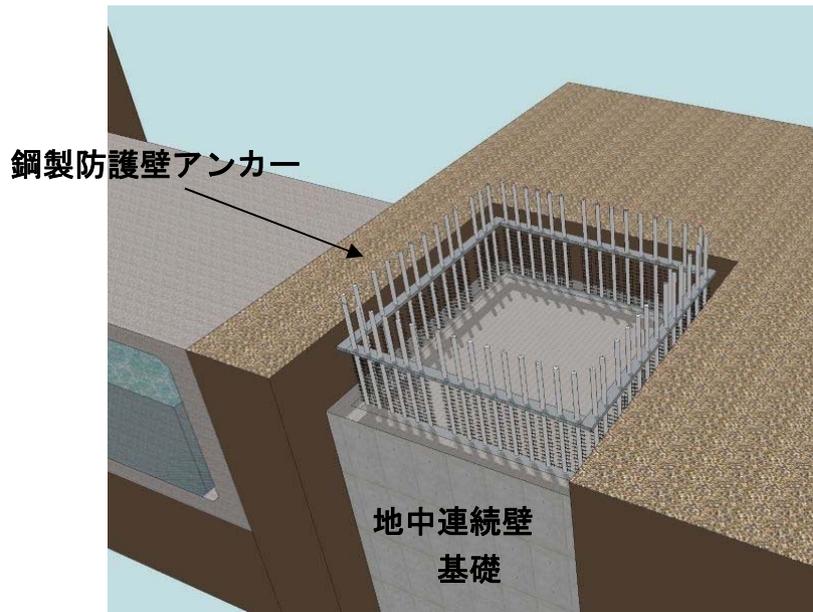


図 2.2-7 鋼製防護壁と地中連続壁基礎との結合部概要図



図 2.2-8 (1) 鋼製防護壁と地中連続壁基礎との結合部構造図 (A-A断面)

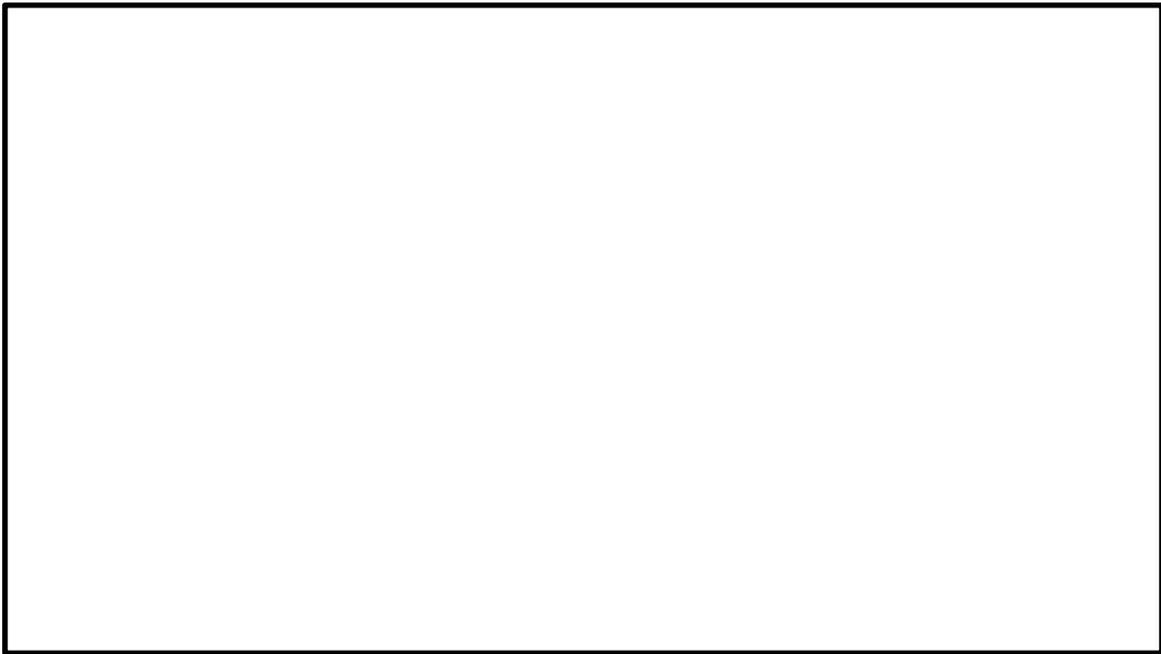


図 2.2-8 (2) 鋼製防護壁と地中連続壁基礎との結合部構造図 (B-B断面)

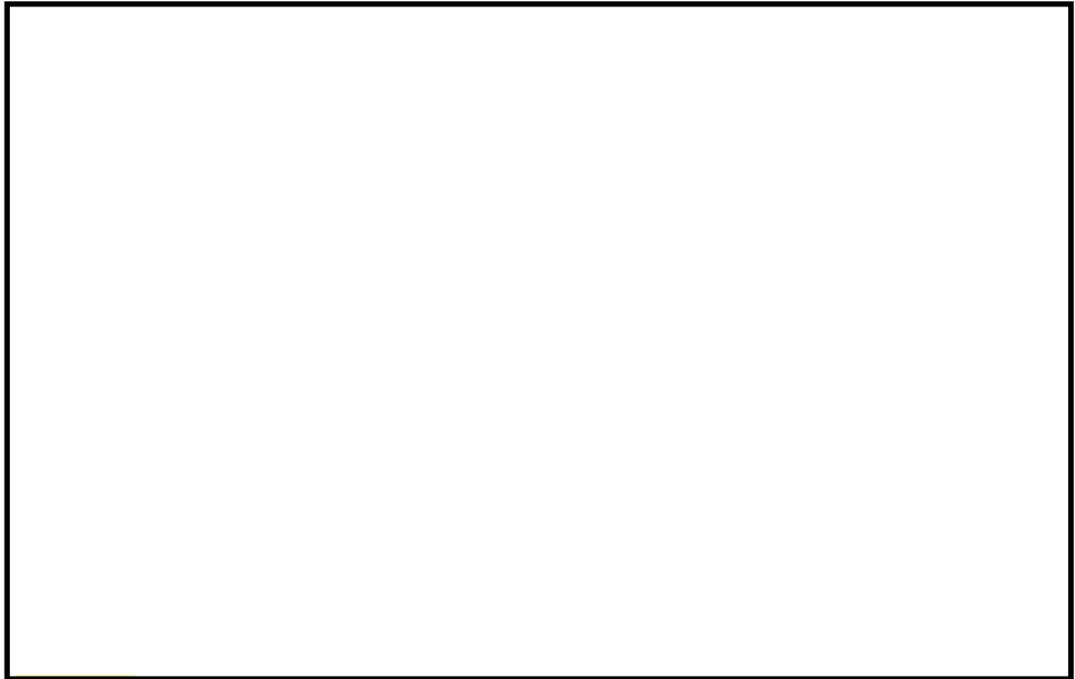


図 2.2-8 (3) 鋼製防護壁と地中連続壁基礎との結合部構造図 (C-C断面)

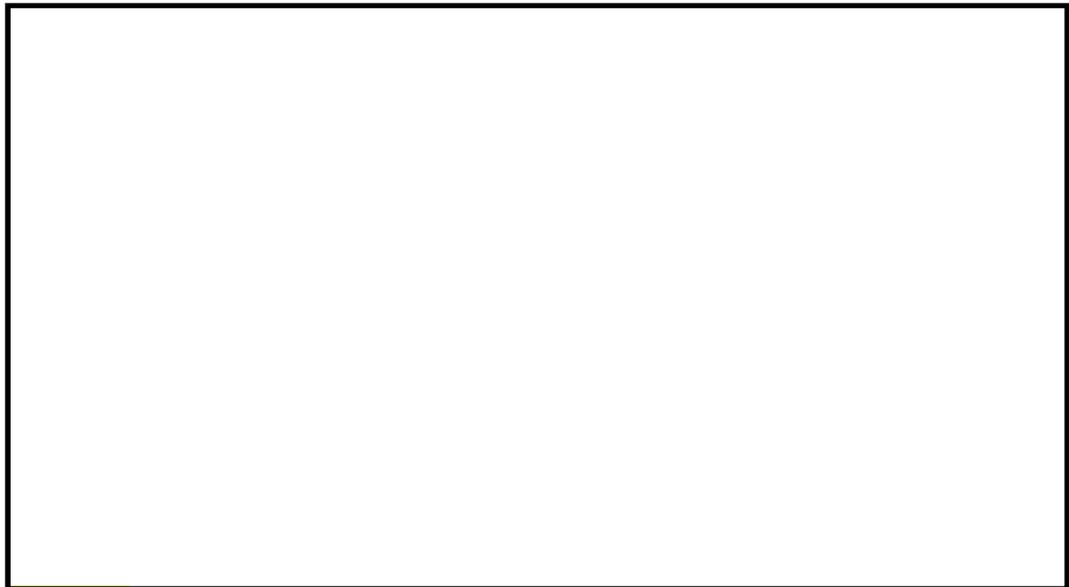


図 2.2-8 (4) 鋼製防護壁と地中連続壁基礎との結合部構造図 (D-D断面)

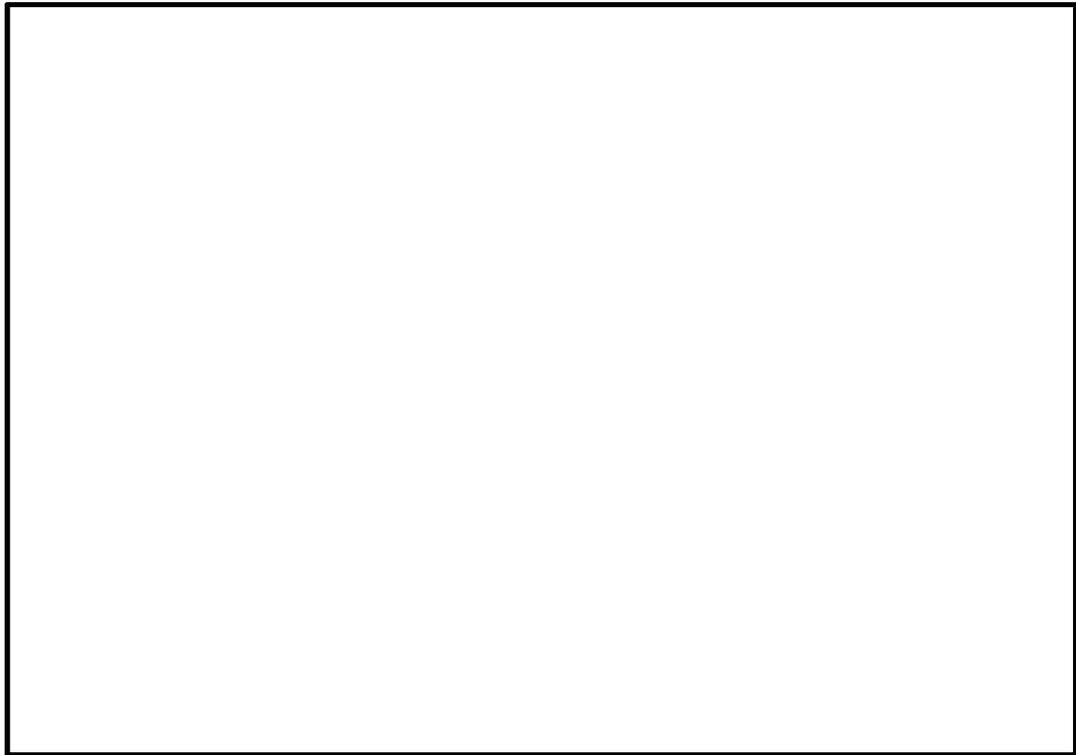


図 2.2-8 (5) 鋼製防護壁と地中連続壁基礎との結合部構造図 (E-E断面)

表 2.2-1 部材と設計上の役割

部材名	設計上の役割
中詰め鉄筋コンクリート ($\sigma_{ck}=50 \text{ N/mm}^2$)	鋼殻内部の鉄筋コンクリートで、水平方向のせん断力と水平回転モーメントを頂版鉄筋コンクリートに伝達する。
アンカーボルト (SM520B 相当)	引抜き力を頂版鉄筋コンクリートに伝達する。
頂版(フーチング) 鉄筋 コンクリート ($\sigma_{ck}=50 \text{ N/mm}^2$)	水平方向のせん断力と水平回転モーメントを地中連続壁基礎及び中実鉄筋コンクリートに伝達する。
地中連続壁基礎及び 中実鉄筋コンクリート ($\sigma_{ck}=40 \text{ N/mm}^2$)	地中連続壁基礎は、基礎外面を形成し基礎の主要部材となる。 中実鉄筋コンクリートは、地中連続壁基礎内部の鉄筋コンクリートで、地中連続壁基礎と一体となって発生断面力を負担する。
根巻き鉄筋コンクリート ($\sigma_{ck}=24 \text{ N/mm}^2$)	アンカー頭部の防食などを目的とした鉄筋コンクリートであり、非構造部材として設計する。

地震時及び津波＋余震時（重畳時）の荷重伝達概念図を図 2.2—9 に示す。

津波時には、津波荷重及び漂流物の衝突荷重により上部構造の鋼製防護壁に曲げ及びせん断力が発生する。上部構造に発生した曲げモーメント及びせん断力は、一体化した下部構造である地中連続壁基礎に伝達され、水平方向の地盤反力及び鉛直方向の接地圧が生じる。

重畳時には、津波荷重及び地震による慣性力並びに地盤変形に伴う土圧によって、上部構造である鋼製防護壁に曲げモーメント及びせん断力が発生する。上部構造に発生した曲げ及びせん断力は、上部構造と一体化した地中連続壁基礎に伝達され、水平方向の地盤反力及び鉛直方向の接地圧が生じる。

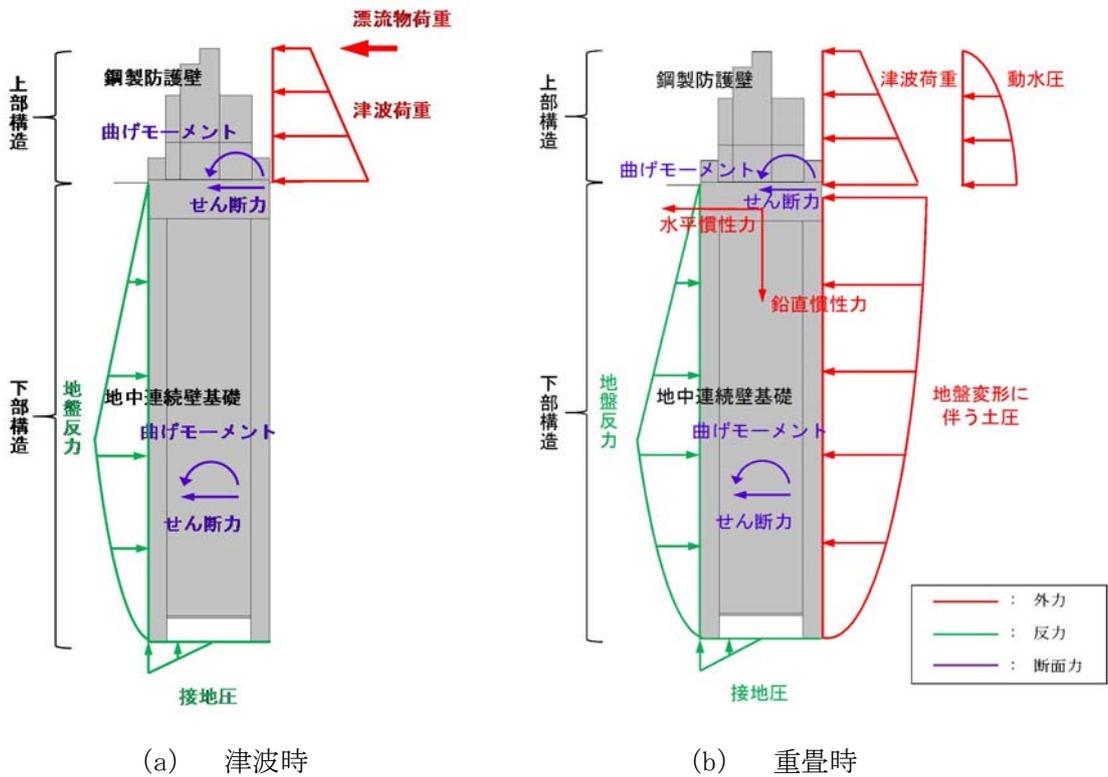


図 2.2—9 津波時及び津波＋余震時（重畳時）の荷重伝達概念図

2.3 評価方針

2.3.1 概要

防潮堤（鋼製防護壁）は、Sクラス施設である浸水防護施設に分類される。

鋼製防護壁の強度評価は、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」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」及び「4.2 許容限界」にて設定している荷重及び荷重の組合せ、並びに許容限界を踏まえて実施する。強度評価では、「3. 強度評価方法」に示す方法により、「4. 評価条件」に示す評価条件を用いて評価し、「5. 強度評価結果」より、鋼製防護壁の評価対象部位に作用する応力が許容限界以下であることを確認する。

鋼製防護壁に関する要求機能と設計方針を表 2.3-1 に、評価項目を表 2.3-2 に、鋼製防護壁震評価フローを図 2.3-1 に、鋼製防護壁の設計に着目した詳細設計フローを図 2.3-2 に示す。

鋼製防護壁の強度評価においては、その構造を踏まえ、津波に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価対象部位を設定する。強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、津波に伴う荷重作用時（以下、「津波時」という。）及び津波に伴う荷重と余震に伴う荷重作用時（以下、「重畳時」という。）について行う。

鋼製防護壁は、上部構造（鋼製防護壁）と下部構造（地中連続壁基礎）が鋼製防護壁アンカーによって剛結され、上部構造からの軸力と水平軸回りの曲げモーメントを引抜き力、押し込み力として基礎上部の頂版コンクリートに伝達することで一体構造として挙動するため、上部構造と下部構造を一体とした3次元モデルで強度評価を行う。地中連続壁基礎をはり要素、鋼製防護壁を格子状の梁要素でモデル化する。

鋼製防護壁の強度評価は、設計基準対象施設として表 2.3-2 の鋼製防護壁の評価項目に示すとおり、構造部材の健全性評価及び構造物の変形性評価を行う。

構造部材の健全性評価については、構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認する。

基礎地盤の支持性能評価については、鋼製防護壁を支持する基礎地盤に発生する接地圧が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認する。なお、津波時に発生する接地圧は、地震時及び重畳時に発生する接地圧に包絡されると考えられるため、強度評価における基礎地盤の支持性能評価は重畳時のみ実施する。

重畳時の支持性能評価における入力地震動は、解放基盤表面で定義される弾性設計用地震動 S_d-D1 を1次元波動論により有効応力解析モデル底面位置で評価したものをを用いる。また、地下水位は地表面位置に設定する。

止水ジョイント部は、鋼製アンカー、鋼製防護部材及び止水ジョイント部材で構成する。止水ジョイント部の評価に関する補足説明事項を「6.12 止水ジョイント部の相対変位量に関する補足説明」及び「6.13 止水ジョイント部の漂流物対策に関する補足説明」に示す。

表 2.3-1 鋼製防護壁に関する要求機能と設計評価方針

赤字：荷重条件
 緑字：要求機能
 青字：対応方針

施設名	基本設計方針	要求機能	機能設計		構造強度設計					設計に用いる許容限界	
			性能目標	機能設計方針	性能目標	構造強度設計 (評価方針)	評価対象部位	応力等の 状態	損傷モード		
防護壁 (鋼製防護壁)	<ul style="list-style-type: none"> 鋼製防護壁は、地震後の繰返しの襲来を想定した入力津波に対して、鋼製防護壁の要求される機能を損なう恐れがない設計とする。 鋼製防護壁は、入力津波に対して鋼製防護壁の要求される機能を損なう恐れがない設計とする。 鋼製防護壁は、津波の流入による浸水及び漏水を防止する設計とする。 鋼製防護壁は、入力津波高さを上回る高さで設置し、止水性を維持する設計とする。 鋼製防護壁の設計における荷重の組み合わせとしては、常時作用する荷重、津波荷重、余震荷重、漂流物による衝突荷重及び自然条件として積雪荷重を適切に考慮する。 	<ul style="list-style-type: none"> 鋼製防護壁は、地震後の繰返しの襲来を想定した入力津波に対して、余震、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した場合においても、津波防護施設が要求される機能を損なう恐れがないよう、津波による浸水及び漏水を防止することが要求される。 	<ul style="list-style-type: none"> 鋼製防護壁は、地震後の繰返しの襲来を想定した遡上波に対し、余震、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した場合においても、想定される津波高さに余裕を考慮した防潮堤高さの設定及び構造体の境界部等への止水処置により止水性を保持することを機能設計上の性能目標とする。 	<ul style="list-style-type: none"> 鋼製防護壁は、地震後の繰返しの襲来を想定した遡上波に対し、余震、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した場合においても、①想定される津波高さに余裕を考慮した防潮堤高さ（浸水高さ T.P.+17.9m に余裕を考慮した天端高さ T.P.+20.0m）の設定により、海水ポンプ室周りに設置する設計とする。 ②取水口横断部の上部構造は、鋼製のブロックから成る津波防護壁を構築し、止水性を保持する設計とする。 ③取水口横断部の南北に繋がる区間は、鉄筋コンクリートにより防潮壁を構築し、止水性を保持する設計とする。 ④上部構造を、頂版コンクリート・フーチングコンクリートを介して地中連続壁基礎に連結し、十分な支持性能を有する地盤に支持する設計とする。 ⑤上部構造の施工境界部や異種構造物間との境界部は、波圧による変形に追随する止水性を確認した止水ジョイント部材を設置することにより止水処置を講ずる設計とする。 ⑥津波の波力による浸食や洗掘、地盤内からの浸水に対して耐性を有するフーチング厚を設定することにより、止水性を保持する設計とする。 	<ul style="list-style-type: none"> 鋼製防護壁は、地震後の繰返しの襲来を想定した津波荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、十分な支持性能を有する地盤に設置する設計とする。とともに、主要な構造体の境界部には止水ジョイント部材を設置し、有意な漏えいを生じない設計とすることを構造強度設計上の性能目標とする。 	<ul style="list-style-type: none"> 地震後の繰返しの襲来を想定した津波荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、十分な支持性能を有する地盤に支持される設計とするため、地中連続壁基礎が降伏に至らないことを確認する。 地震後の繰返しの襲来を想定した津波荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とするため、構造部材である地中連続壁基礎が、おおむね弾性状態に留まることを確認する。 地震後の繰返しの襲来を想定した津波荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とするため、構造部材である鋼材が、おおむね弾性状態に留まることを確認する。 地震後の繰返しの襲来を想定した津波荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製防護壁と地中連続壁基礎を連結するアンカー部が構造健全性を保持する設計とするため、構造部材である鋼材が、おおむね弾性状態に留まることを確認する。 地震後の繰返しの襲来を想定した津波荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、主要な構造体の境界部に設置する部材を有意な漏えいを生じない変形に留める設計とするため、境界部に設置する止水ジョイント部材が有意な漏えいを生じない変形量以下であることを確認する。また、止水ジョイント部材が止水性を保持するための接続アンカーや鋼製防護部材は、おおむね弾性状態に留まることを確認する。 	下部構造	基礎地盤	支持力	支持機能を喪失する状態	「道路橋示方書・同解説(I 共通編・IV 下部構造編)」に基づき妥当な安全余裕を考慮した極限支持力以下とする。
							地中連続壁基礎 (中実鉄筋コンクリート)	曲げ、せん断	部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態	「コンクリート標準示方書[構造性能照査編]」「道路橋示方書・同解説(I 共通編・IV 下部構造編)」に基づき短期許容応力度以下とする。	
							鋼製防護壁	曲げ、せん断	部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態	「道路橋示方書・同解説(I 共通編・II 鋼橋編)」に基づき短期許容応力度以下とする。	
							鋼製防護壁アンカー	アンカーボルト	引抜き	部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態	「コンクリート標準示方書[構造性能照査編]」「道路橋示方書・同解説(I 共通編・II 鋼橋編)」「鋼構造物設計基準(名古屋高速道路公社)」「道路土工カルバート工指針」に基づき短期許容応力度以下とする。
								頂版鉄筋コンクリート、中詰め鉄筋コンクリート	曲げ、せん断		
							上部構造	止水ジョイント部材	変形、引張り	有意な漏えいに至る変形、引張り	メーカー規格及び基準並びに必要に応じて実施する性能試験を参考に定める許容変形量及び許容引張り力以下とする。
								鋼製アンカー	引張り、せん断、引抜き	部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態	「各種合成構造設計指針・同解説」に基づき短期許容応力度以下とする。
								止水ジョイント部材の鋼製防護部材	曲げ、引張り、せん断	部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態	「鋼構造設計標準」に基づき短期許容応力度以下とする。
								鋼製防護壁底部止水機構	曲げ、せん断	部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態	「道路橋示方書・同解説(I 共通編・II 鋼橋編)」「水門鉄管技術基準」に基づき短期許容応力度以下とする。

表 2.3-2 鋼製防護壁の評価項目

評価方針	評価項目	部位		評価方法	許容限界
構造強度を有すること	構造部材の健全性	鋼製防護壁		発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		地中連続壁基礎 (中実鉄筋コンクリート)		発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		鋼製防護壁アンカー (アンカーボルト, 頂版鉄筋コンクリート, 中詰鉄筋めコンクリート)		発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		止水ジョイント部	鋼製アンカー	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
			鋼製防護部材	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤		接地圧が許容限界以下であることを確認	極限支持力*
止水性を損なわないこと	構造部材の健全性	鋼製防護壁		発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		地中連続壁基礎 (中実鉄筋コンクリート)		発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		鋼製防護壁アンカー (アンカーボルト, 頂版鉄筋コンクリート, 中詰鉄筋めコンクリート)		発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		止水ジョイント部	鋼製アンカー	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
			鋼製防護部材	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤		接地圧が許容限界以下であることを確認	極限支持力*
	構造物の変形性	止水ジョイント部	止水ジョイント部材	発生変形量が許容限界以下であることを確認	有意な漏えいが生じないことを確認した変形量

注記 * : 妥当な安全余裕を考慮する。

表 2.3-3 (1) 津波時の検討で考慮する地震動の影響評価ケース

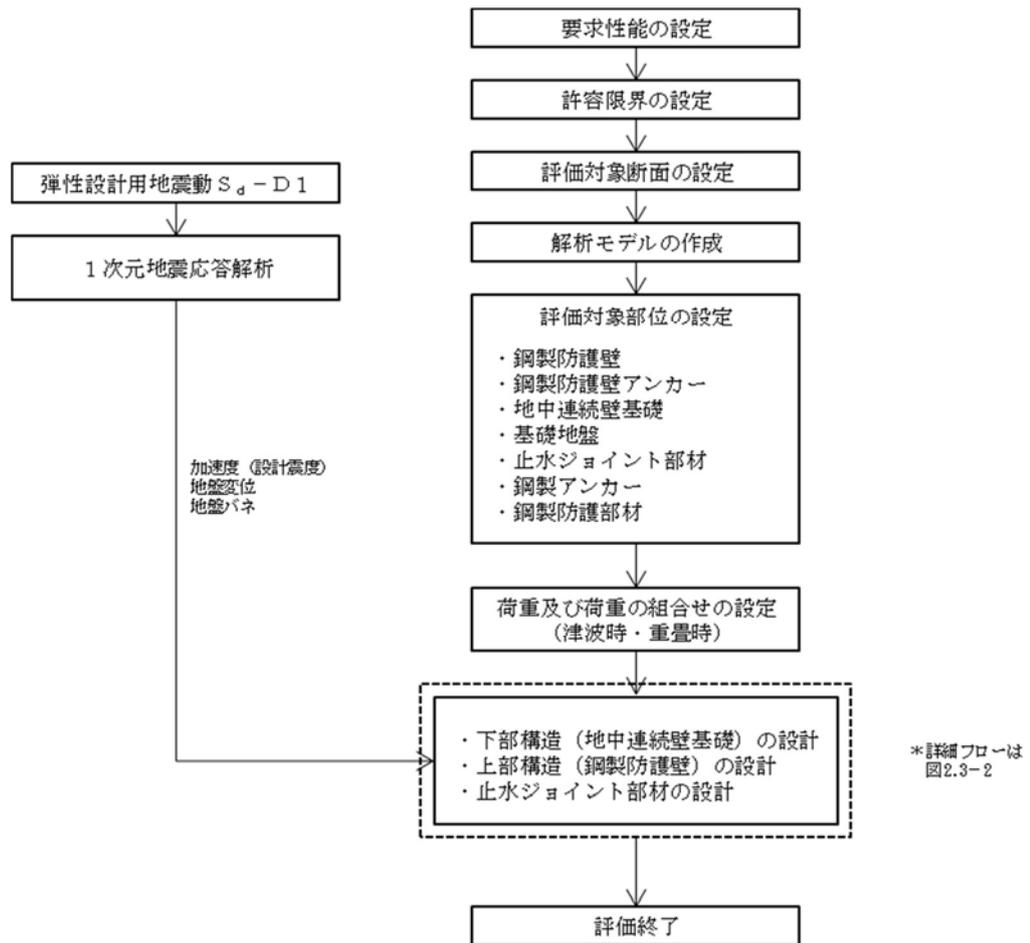
検討ケース	地盤剛性	上限値
1	初期剛性	ピーク強度 (平均)
2	静弾性係数	残留強度 (-1σ)

表 2.3-3 (2) 重畳時の検討で実施する地盤物性のばらつき

検討ケース	地盤剛性	液状化パラメータ適用
1	平均剛性	液状化パラメータ適用
2	+1 σ 剛性	
3	-1 σ 剛性	
4	豊浦標準砂	
5	平均剛性	非液状化
6	+1 σ 剛性	

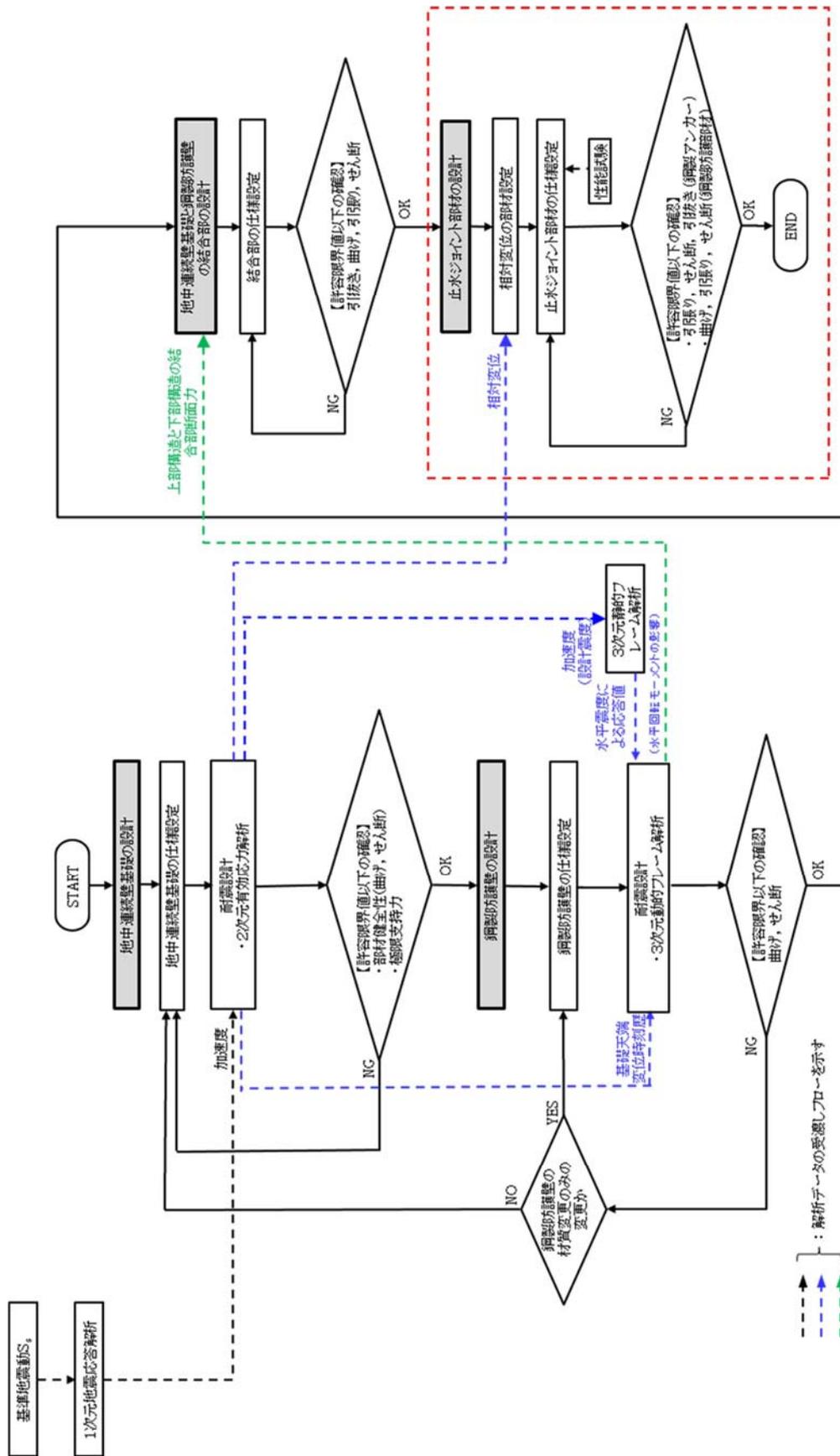
構造部材の健全性評価のうち津波時の検討では、津波襲来前に発生する地震動に起因した地盤の沈下及び軟化の影響を考慮するため、表 2.3-3 に示すように 3次元静的フレーム解析における地盤バネの剛性及び上限値を増減させた検討を実施し、構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認する。

重畳時の検討では、1次元有効応力解析から地盤バネの剛性及び上限値を設定した 3次元静的フレーム解析を実施し、構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認する。なお、重畳時の検討では、表 2.3-3 (2) に示すような地盤物性のばらつきの影響評価を実施する。



- 注記 *1：構造部材の健全性評価を実施することで、表 2.3-2 に示す「構造強度を有すること」及び「止水性を損なわないこと」を満足することを確認する。
- *2：基礎地盤の支持性能評価を実施することで、表 2.3-2 に示す「構造強度を有すること」及び「止水性を損なわないこと」を満足することを確認する。
- *3：構造物の変形性評価を実施することで、表 2.3-2 に示す「止水性を損なわないこと」を満足することを確認する。変形性評価は「6.12 止水ジョイント部の相対変位量に関する補足説明」に示す。

図 2.3-1 鋼製防護壁の耐津波評価フロー



注記 * : 止水ジョイント部の評価は「6.12 止水ジョイント部の相対変位量に関する補足説明」及び「6.13 止水ジョイント部の漂流物対策に関する補足説明」に示す。

図 2.3-2 鋼製防護壁の詳細設計フロー

2.3.2 津波時及び重畳時の解析手法

鋼製防護壁の津波時及び重畳時の解析手法は、構造部材を線形要素でモデル化し、地盤抵抗をバネで表現するフレーム解析を適用する。ここで、鋼製防護壁及び地中連続壁基礎については線形の梁要素とし、地盤抵抗については、津波時は受働土圧強度及びせん断強度、重畳時は軸圧縮応力及びせん断応力を上限値とするバイリニア型の非線形バネをモデルに付与する。なお、地震による 1.5 m 地盤沈下を考慮する。

津波荷重については地表面から鋼製防護壁天端までの間に分布荷重として載荷する。漂流物については鋼製防護壁に加わる曲げモーメントが最大となるように鋼製防護壁天端に載荷する。重畳時については、1次元有効応力解析により算定された地盤変位を地盤バネの外側から入力する。さらに、鋼製防護壁全体に1次元有効応力解析から算定された地表面地盤最大加速度を用いてモデル全体に地震時慣性力を与える。

津波時及び重畳時の解析手法の選定フローを **図 2.3-3** に示す。

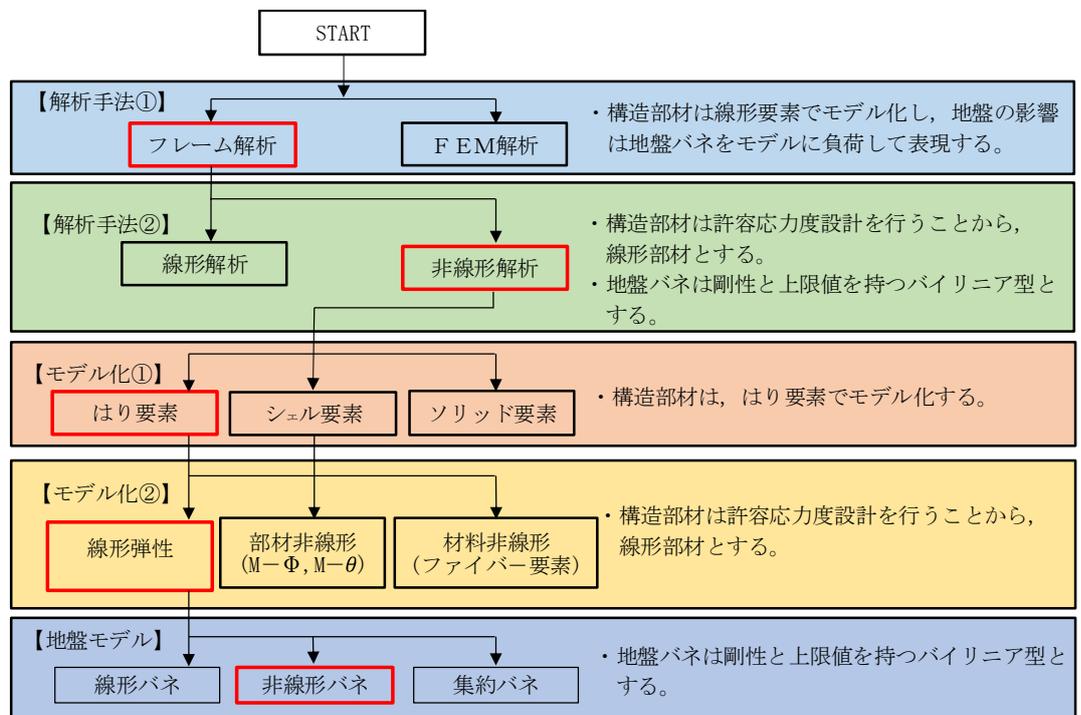


図 2.3-3 津波時及び重畳時の解析手法の選定フロー

2.3.3 地盤沈下の考慮

津波時及び重畳時は、地震によって地盤が沈下した状態を想定することで安全側の検討を実施する。地盤沈下については、「1.2 遡上・浸水域の考え方について（参考1）敷地内の遡上経路の沈下量算定評価について」における敷地東側の想定沈下量 1.5 m を保守的に適用する。地盤沈下の考慮について図 2.3-4 に示す。

(1) 荷重

津波波力及び動水圧は沈下後の地盤より上側に作用するものとする。

(2) 地盤バネ

地盤バネは沈下後の地表面以深に考慮するものとする。

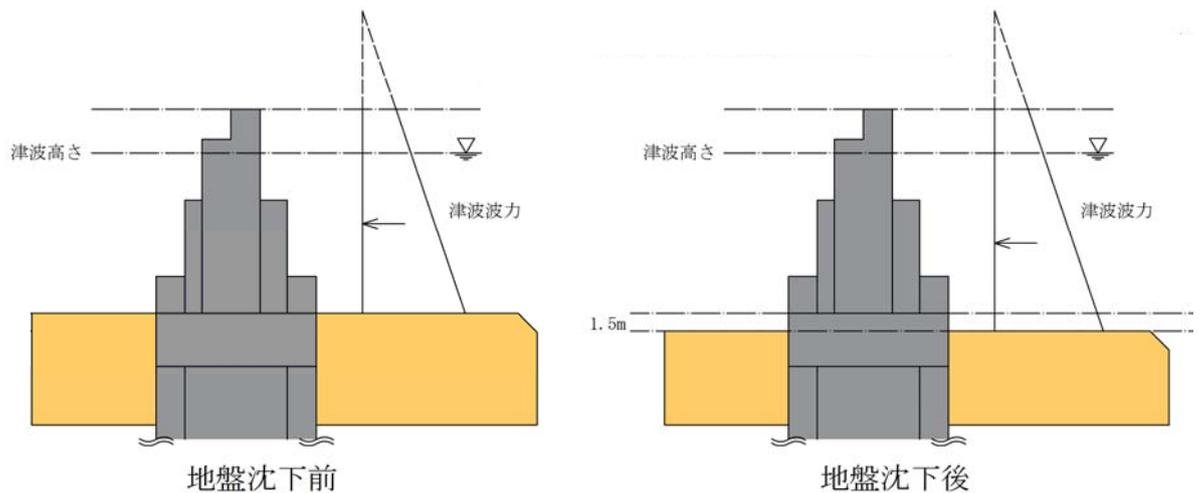


図 2.3-4 地盤沈下の考慮に関する概念図

2.4 適用基準

適用する規格，基準類を次の表 2.4-1 に示す。

表 2.4-1 (1) 適用する規格，基準類

項目	適用する規格，基準類	備考
使用材料及び材料定数	<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（土木学会，2002年制定） ・道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅱ鋼橋編）・同解説（（社）日本道路協会，平成14年3月） ・道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成24年3月） ・「道路土工カルバート工指針（平成21年度版）」（（社）日本道路協会，平成22年3月） ・鋼構造物設計基準（Ⅱ鋼製橋脚編，名古屋高速道路公社，平成15年10月） 	—
荷重及び荷重の組合せ	<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（土木学会，2002年制定） 	<ul style="list-style-type: none"> ・永久荷重＋偶発荷重＋従たる変動荷重の適切な組合せを検討

表 2.4-1 (2) 適用する規格, 基準類

項目		適用する規格, 基準等	備考
許容 限界	コンクリート	<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] (土木学会, 2002 年制定) ・道路土工カルバート工指針 (平成 21 年度版) ((社) 日本道路協会, 平成 22 年 3 月) ・鋼構造物設計基準 (Ⅱ 鋼製橋脚編, 名古屋高速道路公社, 平成 15 年 10 月) 	<ul style="list-style-type: none"> ・曲げに対する照査は, 発生応力が, 短期許容応力度以下であることを確認 ・せん断に対する照査は, 発生せん断力または発生せん断力が, 短期許容せん断応力度以下であることを確認
	鉄筋	<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] (土木学会, 2002 年制定) ・道路橋示方書 (Ⅰ 共通編・Ⅳ 下部構造編) ・同解説 ((社) 日本道路協会, 平成 24 年 3 月) 	
	鋼製防護壁	<ul style="list-style-type: none"> ・道路橋示方書 (Ⅰ 共通編・Ⅱ 鋼橋編) ・同解説 ((社) 日本道路協会, 平成 14 年 3 月) 	
	鋼製防護壁 アンカー	<ul style="list-style-type: none"> ・鋼構造物設計基準 (Ⅱ 鋼製橋脚編, 名古屋高速道路公社, 平成 15 年 10 月) 	
地震応答解析		<ul style="list-style-type: none"> ・J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社) 日本電気協会) ・道路橋示方書 (Ⅴ 耐震設計編) ・同解説 ((社) 日本道路協会, 平成 24 年 3 月) 	<ul style="list-style-type: none"> ・有限要素法による 2 次元モデルを用いた時刻歴非線形解析

3. 強度評価方法

3.1 記号の定義

強度評価に用いる記号を表 3.1-1 に示す。

表 3.1-1 強度評価に用いる記号

記号	単位	定義
G	kN	固定荷重
P	kN	積載荷重
P_s	kN	積雪荷重
P_t	kN/m ²	遡上津波荷重
P_c	kN	衝突荷重
K_{Sd}	kN	余震荷重
P_k	kN/m ²	風荷重
σ_{ca}	N/mm ²	コンクリートの許容曲げ圧縮応力度
τ_{a1}	N/mm ²	コンクリートの許容せん断応力度
τ_a	N/mm ²	コンクリートの許容付着応力度
τ_{coa1}	N/mm ²	コーンせん断応力度（コンクリートのみ）
τ_{coa2}	N/mm ²	コーンせん断応力度（鉄筋補強をする場合）
σ_{sa}	N/mm ²	鉄筋及び鋼材の許容引張応力度
τ_{sa}	N/mm ²	鋼材の許容せん断応力度
V_a	N/mm ²	斜め引張鉄筋を考慮する場合の許容せん断力
V_{ca}	N/mm ²	コンクリートの許容せん断力
V_{sa}	N/mm ²	斜め引張鉄筋の許容せん断力
τ_{a1}	N/mm ²	斜め引張鉄筋を考慮しない場合の許容せん断応力度
b_w	m	有効幅
j	-	1/1.15
d	m	有効高さ
A_w	m ²	斜め引張鉄筋断面積
s	m	斜め引張鉄筋間隔
M	kN・m	曲げモーメント
N	kN	軸力
S	kN	せん断力
σ	N/mm ²	曲げモーメント及び軸力による応力度
τ	N/mm ²	せん断応力度

3.2 評価対象断面及び部位

鋼製防護壁の評価対象断面は、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」の「4.2 許容限界」にて示している評価対象部位を踏まえて設定する。

評価対象断面は、鋼製防護壁の構造上の特徴や周辺地盤状況を踏まえて設定する。図 3.2-1 に評価対象断面位置図を、図 3.2-2 に評価対象の断面図を示す。なお、各評価対象部位の解析モデル及び評価方法は、「3.5 評価方法」に示す。

(1) 構造部材の健全性

構造部材の健全性に係る評価対象部位は、鋼製防護壁、地中連続壁基礎を連結する鋼製防護壁アンカー（アンカーボルト、頂版鉄筋コンクリート、中詰め鉄筋コンクリート）及び地中連続壁基礎の各鉄筋コンクリート部材について設定する。

(2) 基礎地盤の支持性能

基礎地盤の支持性能に係る評価対象部位は、鋼製防護壁の下部構造となる地中連続壁基礎を支持する基礎地盤とする。

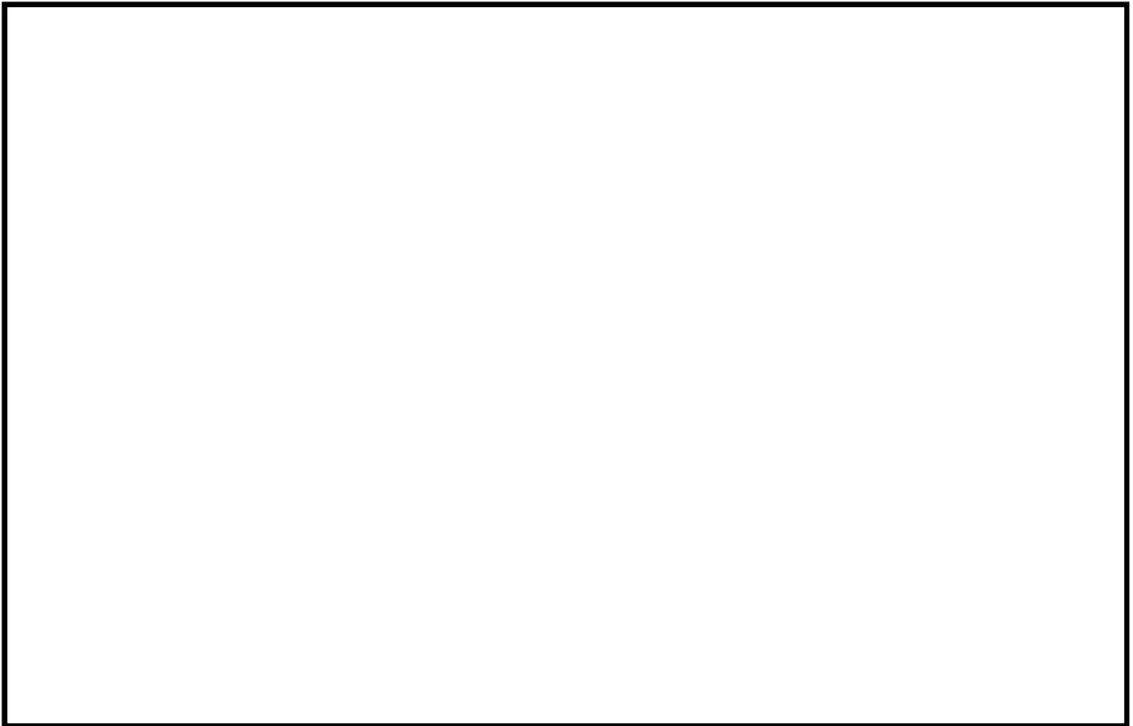


図 3.2-1 鋼製防護壁の検討対象断面位置

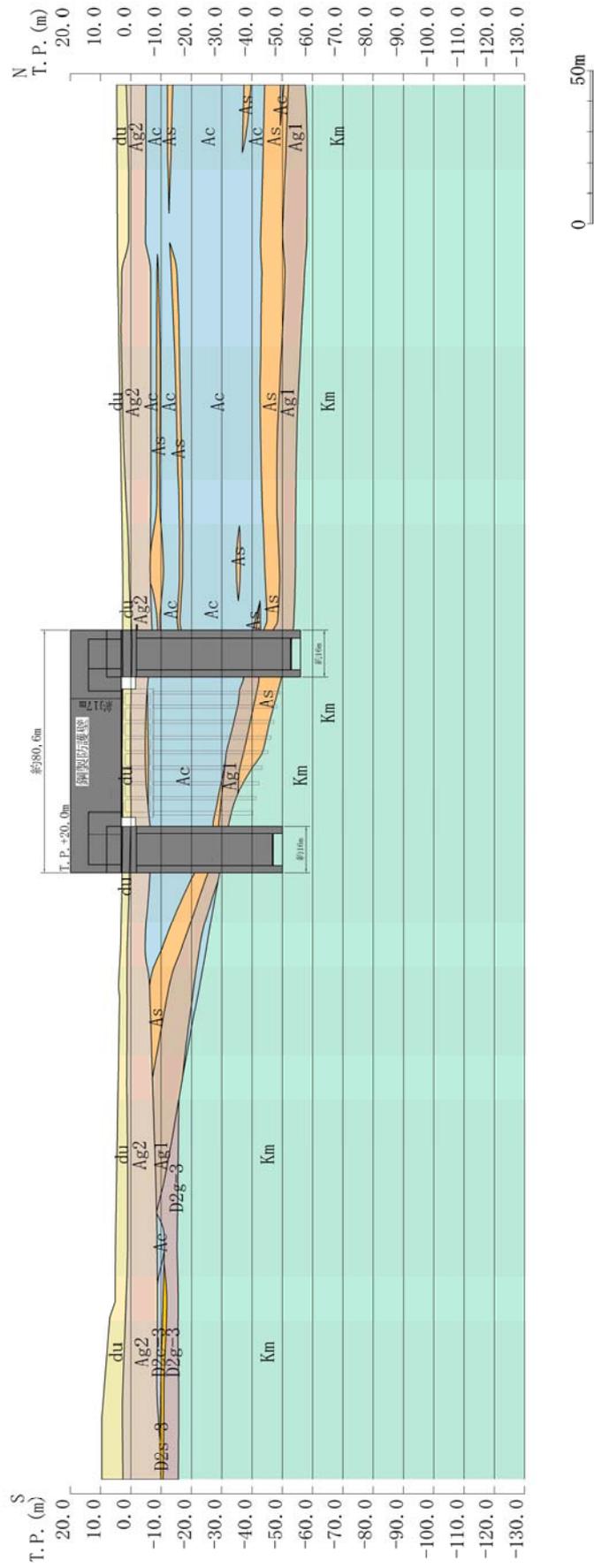


图 3.2-2 (1) 鋼製防護壁断面图 (①—①断面)

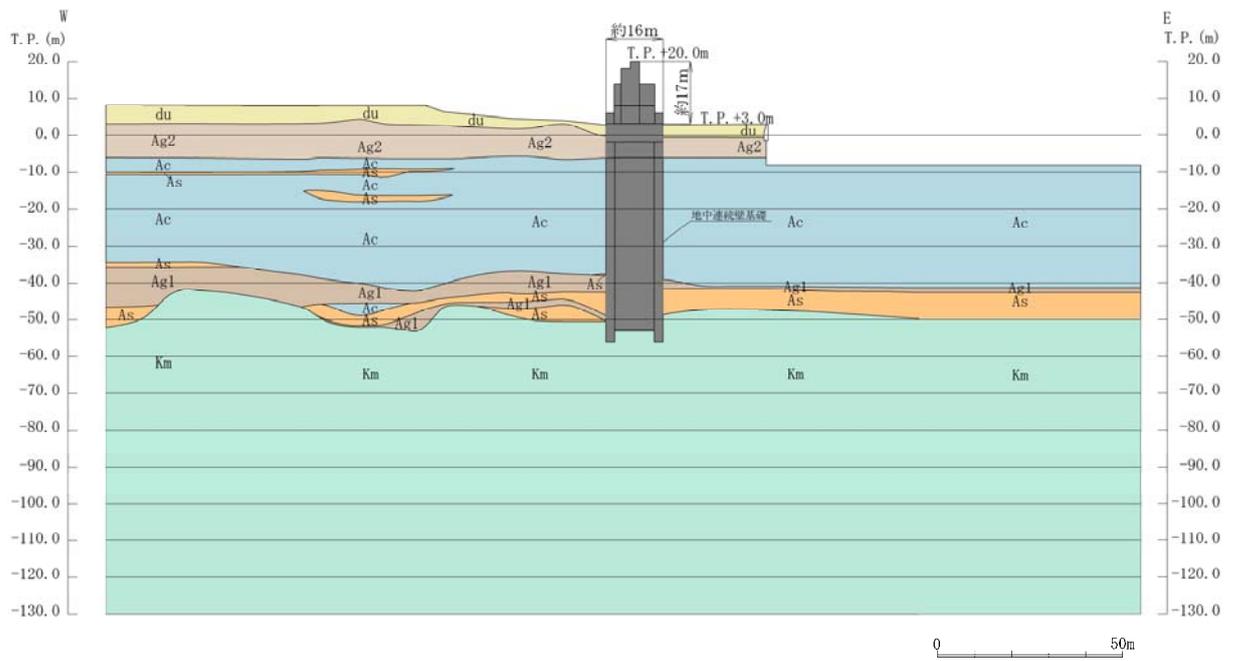


図 3.2-2 (2) 鋼製防護壁断面図 (②-②断面)

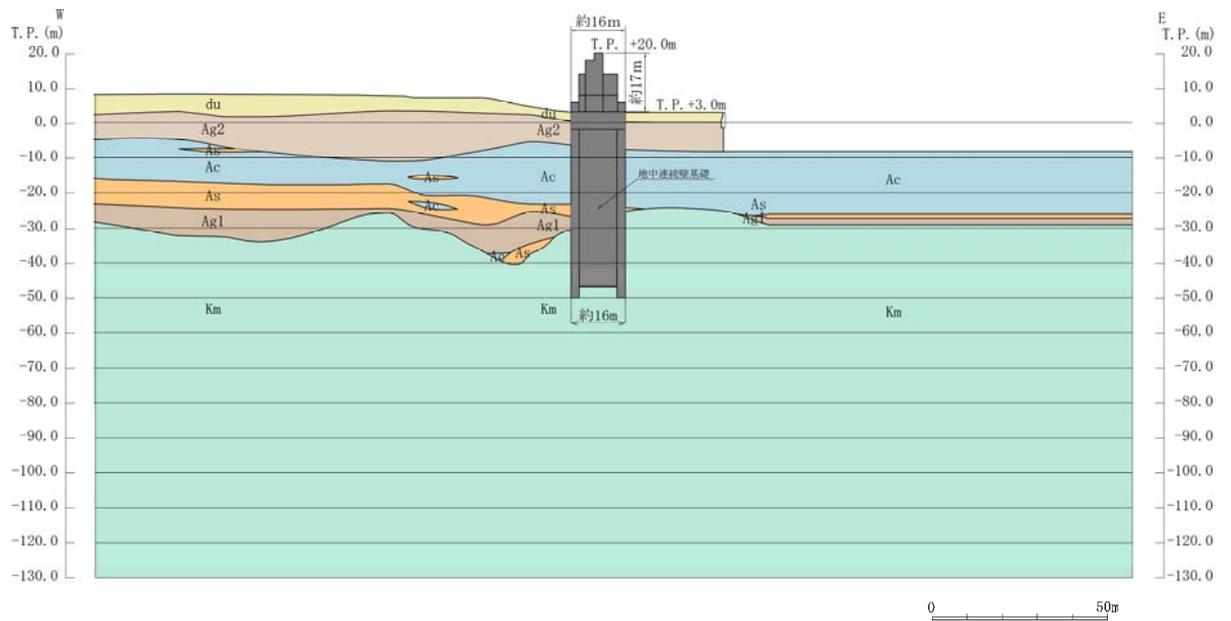


図 3.2-2 (3) 鋼製防護壁断面図 (③-③断面)

3.3 荷重及び荷重の組合せ

強度計算に用いる荷重及び荷重の組合せは、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」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」にて示している荷重及び荷重の組合せを踏まえて設定する。

3.3.1 荷重

鋼製防護壁の強度評価において、考慮する荷重を以下に示す。

(1) 固定荷重 (G)

固定荷重として、躯体自重を考慮する。

(2) 積載荷重 (P)

積載荷重として、機器・配管自重を考慮する。

(3) 遡上津波荷重 (P_t)

遡上津波荷重については、防潮堤前面における最大津波水位標高と防潮堤設置地盤標高の差分の3/2倍を考慮して算定する。

(4) 余震荷重 (K_{sd})

余震荷重として、弾性設計用地震動 S_d-D1 による地震力及び動水圧を考慮する。

重畳時は、余震荷重として水平慣性力、鉛直慣性力及び応答変位を考慮する。地表面の最大加速度から水平震度及び鉛直震度を算定し、積積雪荷重に対応する慣性力を作用させる。

(5) 衝突荷重 (P_c)

衝突荷重として、表 3.3-1 に示す 0.69 t 車両の FEMA (2012) * 式による漂流物荷重を考慮する。

注記 * : FEMA : Guidelines for Design of Structures for Vertical Evacuation from Tsunamis Second Edition, FEMA P-646, Federal Emergency Management Agency, 2012

表 3.3-1 衝突荷重

	流速 (m/s)	衝突荷重 (kN)
基準津波時	11	759
T.P. +24 m 津波時	15	1035

(6) 積雪荷重 (P_s)

積雪荷重については、「建築基準法施行令第 86 条」及び「茨城県建築基準法施工細則第 16 条の 4」に従って設定する。積雪の厚さ 1 cm あたりの荷重を 20 N/m²/cm とし、積雪量は 30 cm としていることから積雪荷重は 600 N/m²であるが、地震時短期荷重として積雪荷重の 0.35 倍である 0.21 kN/m²を考慮する。

(7) 風荷重 (P_k)

風荷重は遡上津波荷重と逆向きに作用するため考慮しない。

3.3.2 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3.3-2 及び表 3.3-3 に示す。強度評価に用いる荷重の組合せは基準津波及び T.P. +24.0 m 津波それぞれに応じて、津波時及び重畳時に区分し、荷重の作用図を図 3.3-1～図 3.3-4 に示す。

表 3.3-2 荷重の組合せ (津波時)

種別		荷重		算定方法
永久荷重	常時考慮荷重	躯体自重	○	・対象構造物の体積に材料の密度を考慮して設定する。
		機器・配管自重	○	・機器・配管の自重を考慮する。
		土被り荷重	—	・土被りはないため考慮しない。
		上載荷重	—	・恒常的に配置された設備等はないことから、考慮しない。
	静止土圧		○	・構造物位置の柱状図から算定する。
	外水圧		○	・地下水位に応じた静水圧として設定する。 ・地下水の密度を考慮する。
	内水圧		—	・内水はないため考慮しない。
変動荷重	積雪荷重		○	・積雪荷重を考慮する。
	風荷重以外		—	・風荷重以外には発電所の立地特性及び構造物の配置状況を踏まえると、偶発荷重（地震荷重）と組み合わせるべき変動荷重はない。
	風荷重		—	・風荷重は遡上津波荷重と逆向きに作用するため考慮しない。
偶発荷重 (津波荷重)	津波波圧		○	・基準津波による水平波圧を考慮する。
	衝突荷重		○	・0.69 t の車両の衝突を考慮する。
	余震荷重		—	・考慮しない。
	動水圧		—	・動水圧は考慮しない。

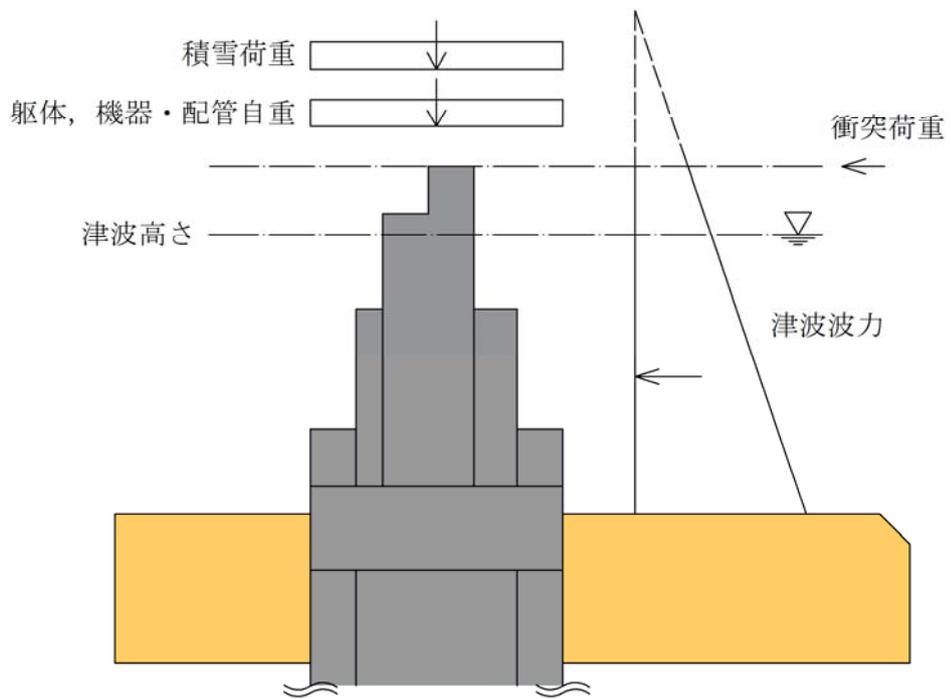


図 3.3-1 基準津波時の作用図

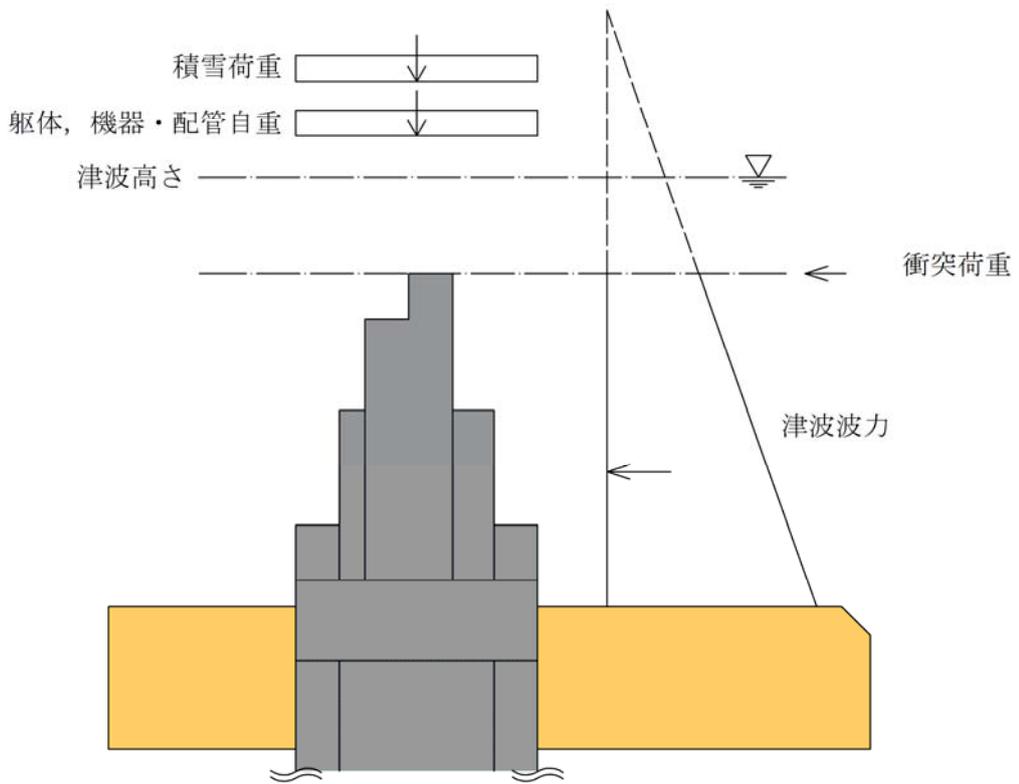


図 3.3-2 T.P. +24.0 m 津波時の作用図

表 3.3-3 荷重の組合せ（重畳時）

種別		荷重		算定方法
永久 荷重	常時考 慮荷重	躯体自重	○	・対象構造物の体積に材料の密度を考慮して設定する。
		機器・配管自重	○	・機器・配管の自重を考慮する。
		土被り荷重	—	・土被りはないため考慮しない。
		上載荷重	—	・恒常的に配置された設備等はないことから、考慮しない。
	静止土圧		○	・構造物位置の柱状図から算定する。
	外水圧		○	・地下水位に応じた静水圧として設定する。 ・地下水の密度を考慮する。
	内水圧		—	・内水はないため考慮しない。
変動荷重	積雪荷重		○	・積雪荷重を考慮する。
	風荷重以外		—	・風荷重以外には発電所の立地特性及び構造物の配置状況を踏まえると、偶発荷重（地震荷重）と組み合わせるべき変動荷重はない。
	風荷重		—	・風荷重は遡上津波荷重と逆向きに作用するため考慮しない。
偶発荷重 (津波荷重)	津波波圧		○	・T.P. +24.0 m 津波による水平波圧を考慮する。
	衝突荷重		—	・漂流物の衝突は考慮しない。
	余震荷重		○	・弾性設計用地震動 S_a-D1 による水平及び鉛直同時加振を考慮する。
	動水圧		○	・動水圧を考慮する。

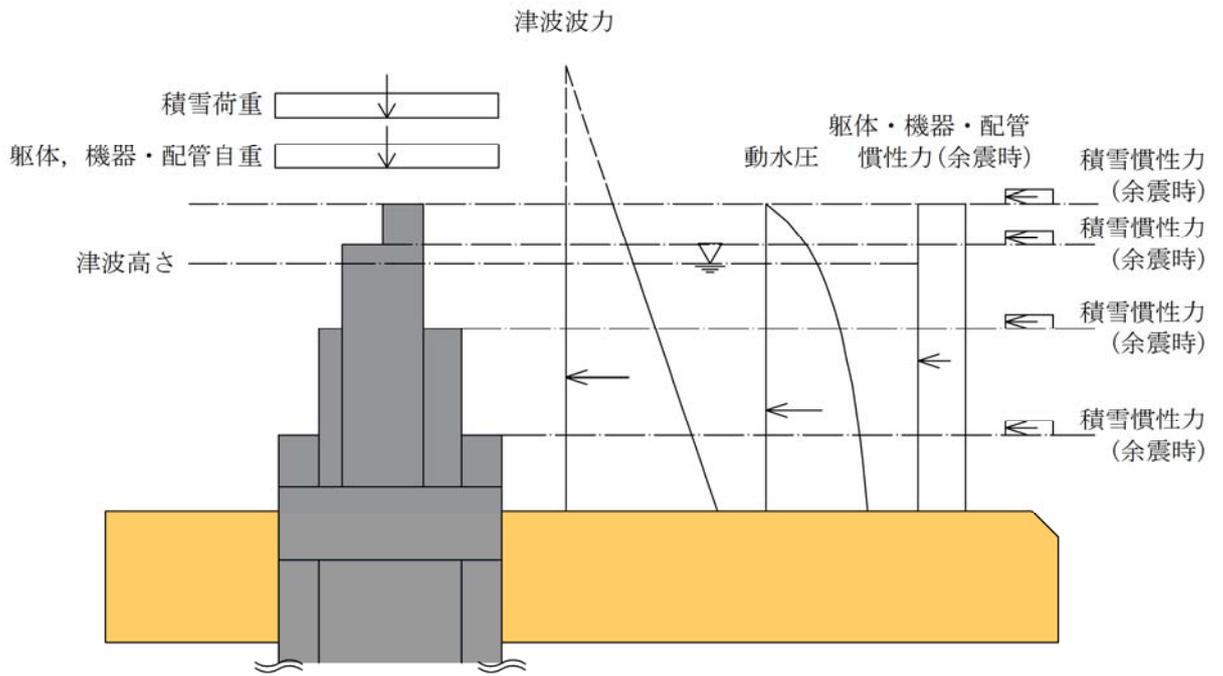


図 3.3-3 重畳時（基準津波時）の作用図

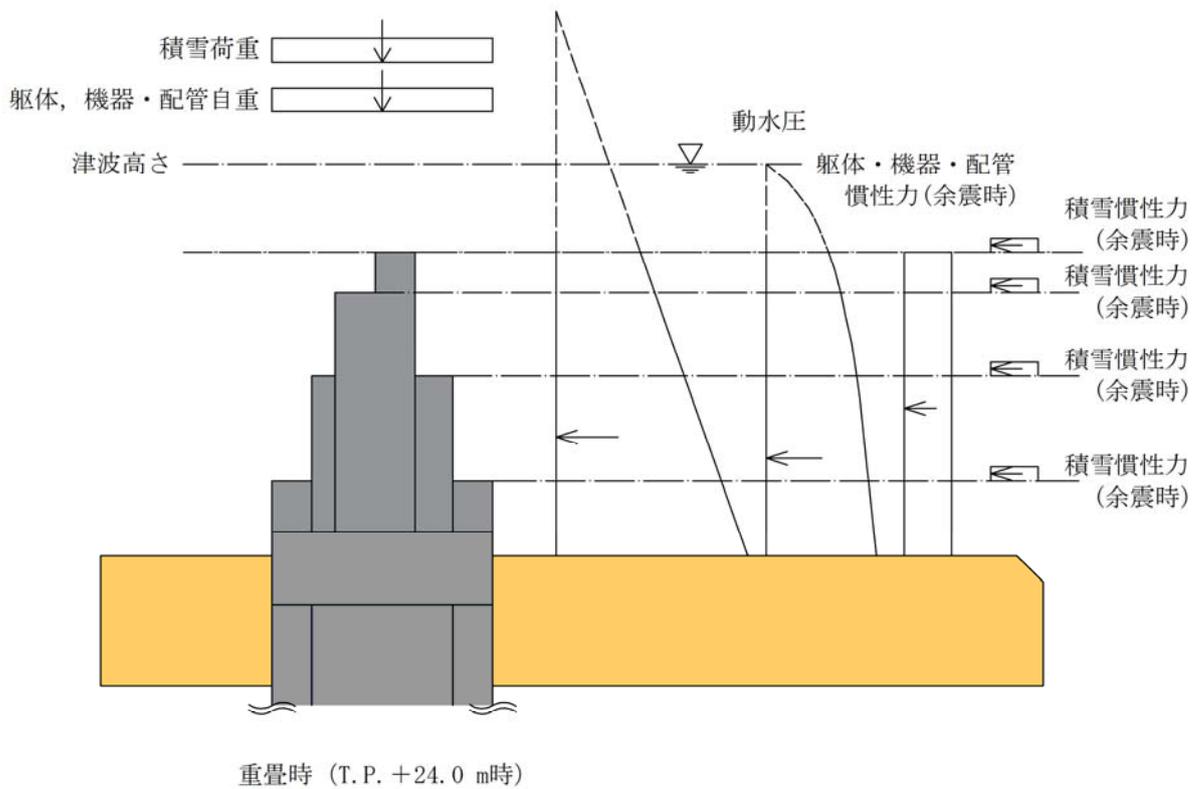


図 3.3-4 重畳時 (T.P. +24.0 m 津波時) の作用図

3.4 許容限界

鋼製防護壁の許容限界は、「3.2 評価対象断面」にて設定した評価対象断面の応力や変形の状態を考慮し、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」の「4.2 許容限界」にて示している許容限界「5.19 許容応力度法における許容限界について」を踏まえて設定する。

(1) 鉄筋コンクリートの許容限界

許容限界については各規格、基準類に基づき表 3.4-1 のとおり設定する。表 3.4-1 に示す許容限界は短期許容応力度とし、短期許容応力度は、基準津波時におけるコンクリート及び鉄筋の許容応力度に対して 1.5 倍の割増を考慮する。また、T.P. +24 m 津波時は 2.0 倍（コンクリート）、1.65 倍（鉄筋）の割増を考慮する。

表 3.4-1 (1) 許容限界（基準津波時）

評価項目			短期許容応力度 (N/mm ²)
コンクリート	f' _{ck} =50 N/mm ² *3	許容曲げ圧縮応力度 σ_{ca}	24.0
		許容せん断応力度 τ_{a1}	0.825* ⁵
		許容付着応力度 τ_a	4.5* ⁴
		コーンせん断応力度 τ_{coa1}	0.825* ⁴
		コーンせん断応力度 τ_{coa2}	1.815* ⁴
	f' _{ck} =40 N/mm ² *1	許容曲げ圧縮応力度 σ_{ca}	21.0
	許容せん断応力度 τ_{a1}	0.825* ⁵	
鉄筋	SD490* ²	許容引張応力度 σ_{sa} 軸方向鉄筋	435
		せん断補強筋	300
	SD390* ¹	許容引張応力度 σ_{sa}	309
	SD345* ¹	許容引張応力度 σ_{sa}	294

注記 *1：コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（土木学会，2002年制定）

*2：道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 24 年 3 月）

*3：「道路土工カルバート工指針（平成 21 年度版）」（（社）日本道路協会，平成 22 年 3 月）

*4：鋼構造物設計基準（II 鋼製橋脚編，名古屋高速道路公社，平成 15 年 10 月）におけるコンクリートの設計基準強度 27 N/mm² に対応する値を適用する。

*5：斜め引張鉄筋を考慮する場合は、「コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（（社）土木学会，2002 年制定）」を適用し、次式により求められる許容せん断力（ V_a ）を許容限界とする。

$$V_a = V_{ca} + V_{sa}$$

ここで、

V_{ca} : コンクリートの許容せん断力

$$V_{ca} = 1/2 \cdot \tau_{a1} \cdot b_w \cdot j \cdot d$$

V_{sa} : 斜め引張鉄筋の許容せん断力

$$V_{sa} = A_w \cdot \sigma_{sa} \cdot j \cdot d / s$$

τ_{a1} : 斜め引張鉄筋を考慮しない場合の許容せん断応力度

b_w : 有効幅

j : 1/1.15

d : 有効高さ

A_w : 斜め引張鉄筋断面積

σ_{sa} : 鉄筋の許容引張応力度

s : 斜め引張鉄筋間隔

表 3.4-1 (2) 許容限界 (T.P. +24 m 津波時)

評価項目			短期許容応力度 (N/mm ²)
コンクリート	$f'_{ck} = 50 \text{ N/mm}^2$ *3	許容曲げ圧縮応力度 σ_{ca}	32.0
		許容せん断応力度 τ_{a1}	1.1*5
		許容付着応力度 τ_a	6.0*4
		コーンせん断応力度 τ_{coa1}	0.825*4
		コーンせん断応力度 τ_{coa2}	1.815*4
	$f'_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$ *1	許容曲げ圧縮応力度 σ_{ca}	28.0
	許容せん断応力度 τ_{a1}	1.1*5	
鉄筋	SD490*2	許容引張応力度 σ_{sa}	軸方向鉄筋 478.5
			せん断補強筋 330
	SD390*1	許容引張応力度 σ_{sa}	339.9
	SD345*1	許容引張応力度 σ_{sa}	323.4

注記 *1 : コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] (土木学会, 2002 年制定)

*2 : 道路橋示方書 (I 共通編・IV 下部構造編)・同解説 ((社) 日本道路協会, 平成 24 年 3 月)

*3 : 「道路土工カルバート工指針 (平成 21 年度版)」 ((社) 日本道路協会, 平成 22 年 3 月)

*4 : 鋼構造物設計基準 (II 鋼製橋脚編, 名古屋高速道路公社, 平成 15 年 10 月) におけるコンクリートの設計基準強度 27 N/mm² に対応する値を適用し, 1.5 倍の割増しを考慮する。

*5 : 斜め引張鉄筋を考慮する場合は, 「コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] ((社) 土木学会, 2002 年制定)」を適用し, 基準津波時と同様の許容せん断力 (V_a) を許容限界とする。

(2) 鋼製防護壁及びアンカーボルトの許容限界

許容限界については各規格，基準類に基づき表 3.4-2 のとおり設定する。表 3.4-2 に示す許容限界は短期許容応力度とし，短期許容応力度は，基準津波時における鋼材の許容応力度に対して 1.5 倍の割増を考慮する。また，T.P. +24 m 津波時は 1.7 倍（鋼材）の割増を考慮する。

表 3.4-2 (1) 許容限界（基準津波時）

評価項目			短期許容応力度 (N/mm ²)
鋼材	SS400	許容曲げ引張応力度 σ_{sa}	210 ^{*1}
	SM400	許容せん断応力度 τ_{sa}	120 ^{*1}
	SM490	許容曲げ引張応力度 σ_{sa}	277.5 ^{*1}
		許容せん断応力度 τ_{sa}	157.5 ^{*1}
	SM490Y	許容曲げ引張応力度 σ_{sa}	315 ^{*1}
		許容せん断応力度 τ_{sa}	180 ^{*1}
	SM520B 相当	許容曲げ引張応力度 σ_{sa}	315 ^{*2}
	SM570	許容曲げ引張応力度 σ_{sa}	382.5 ^{*1}
		許容せん断応力度 τ_{sa}	217.5 ^{*1}

注記 *1：道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅱ鋼橋編）・同解説」（（社）日本道路協会，平成 14 年 3 月）

上記値は，板厚 40 mm 以下の値を示す。

板厚が 40 mm を超える場合は，3.2.1，3.2.3，15.3 に示される許容応力度を用いる。

*2：鋼構造物設計基準（Ⅱ鋼製橋脚編，名古屋高速道路公社，平成 15 年 10 月）

表 3.4-2 (2) 許容限界 (T.P. +24 m 津波時)

評価項目			短期許容応力度 (N/mm ²)
鋼材	SS400	許容曲げ引張応力度 σ_{sa}	238 ^{*1}
	SM400	許容せん断応力度 τ_{sa}	136 ^{*1}
	SM490	許容曲げ引張応力度 σ_{sa}	314.5 ^{*1}
		許容せん断応力度 τ_{sa}	178.5 ^{*1}
	SM490Y	許容曲げ引張応力度 σ_{sa}	357 ^{*1}
		許容せん断応力度 τ_{sa}	204 ^{*1}
	SM520B 相当	許容曲げ引張応力度 σ_{sa}	355 ^{*2}
	SM570	許容曲げ引張応力度 σ_{sa}	433.5 ^{*1}
		許容せん断応力度 τ_{sa}	246.5 ^{*1}

注記 *1: 道路橋示方書 (I 共通編・II 鋼橋編)・同解説 ((社) 日本道路協会, 平成 14 年 3 月)

上記値は, 板厚 40 mm 以下の値を示す。

板厚が 40 mm を超える場合は, 3.2.1, 3.2.3, 15.3 に示される許容応力度を用いる。

*2: 鋼構造物設計基準 (II 鋼製橋脚編, 名古屋高速道路公社, 平成 15 年 10 月) を適用し, 降伏応力度を用いる。

(3) 基礎地盤の支持性能評価における許容限界

基礎地盤に作用する接地圧に対する許容限界は, V-2-1-3 「地盤の支持性能に係る基本方針」を考慮し, 極限支持力に基づき設定する。

極限支持力は, 道路橋示方書 (I 共通編・IV 下部構造編)・同解説 ((社) 日本道路協会, 平成 14 年 3 月) の支持力算定式等に基づき, 対象施設の岩盤の室内試験結果 (せん断強度) 等より設定する。

道路橋示方書による地中連続壁基礎の支持力算定式を以下に示す。

$$R_u = q_d A$$

ここで,

R_u : 基礎底面地盤の極限支持力 (kN)

q_d : 基礎底面地盤の極限支持力度 (kN/m²)

$$q_d = 3 \cdot q_u$$

q_u : 支持岩盤の一軸圧縮強度 (kN/m²)

* q_u は K_m 層の非排水せん断強度 $\times 2$

A : 基礎の底面積 (内部土は含まない) (m²)

上記にて求まる基礎地盤の極限支持力を表 3.4-3 に示す。

表 3.4-3 基礎地盤の極限支持力

評価項目	極限支持力度 (kN/m ²)
基礎地盤の支持性能	

3.5 評価方法

鋼製防護壁の評価方法は、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」の「5. 強度評価方法」に基づき設定する。

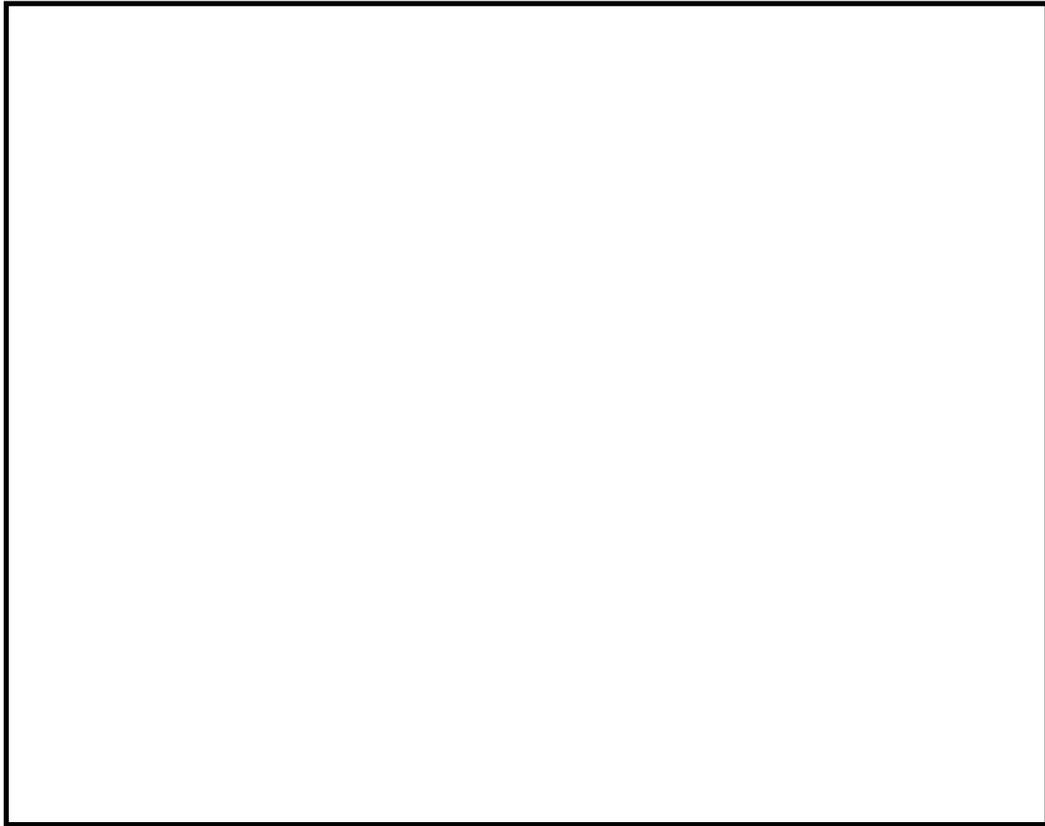
鋼製防護壁の強度評価は、解析結果により得られる照査用応答値が「3.4 許容限界」で設定した許容限界以下であることを確認する。

3.5.1 津波時

鋼製防護壁の津波時の評価に用いる解析モデル及び評価方法を以下に示す。

(1) 3次元静的フレーム解析モデル（部材の評価）

津波時における鋼製防護壁は、上部構造と下部構造を一体とした3次元フレームモデルで強度評価を行う。津波時の鋼製防護壁の3次元静的フレーム解析モデル概念図を図 3.5-1 に示す。3次元静的フレーム解析には解析コード「Engineer's Studio Ver. 6.00.04」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、V-5-39「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。



- 注記 *1：基礎底面の鉛直方向地盤バネ
基礎前面の面直方向地盤バネ
*2：基礎底面の水平方向地盤バネ
基礎側面の水平方向地盤バネ
基礎前背面の水平及び鉛直方向地盤バネ
基礎側面の鉛直方向地盤バネ

図 3.5-1 鋼製防護壁の津波時の 3次元静的フレーム解析モデル概念図

a. 構造物のモデル化

鋼製防護壁は、上部構造と下部構造を一体とし、地盤バネを設定した 3次元フレーム解析モデルに津波荷重等を載荷して評価する。

上部構造は、水平（X方向）隔壁及び鉛直（Z方向）隔壁の交差位置並びに添接板継手位置を節点とし、それらを結合したはり要素で構成される格子モデルとする。モデル化のイメージ図を図 3.5-2 に示す。

- i) 主桁部材（水平方向）は、外壁鋼板をフランジ、水平（X方向）隔壁をウェブとみなした I 断面とする（図 3.5-2 の青色表示部分）。
- ii) 横桁部材（鉛直方向）は、外壁鋼板をフランジ、鉛直（Z方向）隔壁をウェブとみなした I 断面とする（図 3.5-2 の赤色表示部分）。
- iii) ねじれ剛性は、外面鋼板が連続していることから、箱断面として算定したねじれ剛性を両部材に考慮する。

地中連続壁基礎及び鋼製防護壁を構造梁要素でモデル化する。地中連続壁基礎をモデル化したはり要素には仮想剛梁要素を配置し、地中連続壁基礎の幅を考慮する。

地中連続壁基礎の要素分割サイズは、重畳時の検討における余震影響としての地盤応答変位を地中連続壁基礎に設定することを考慮して、1次元地震応答解析で用いる地盤の要素高と一致させる。地盤の要素分割については、地盤の波動をなめらかに表現するために、最大周波数 20 Hz 及びせん断波速度 V_s で算定される波長の 5 または 4 分割、すなわち $V_s/100$ または $V_s/80$ を考慮し、要素高さを 1 m 程度まで細分割して設定する。

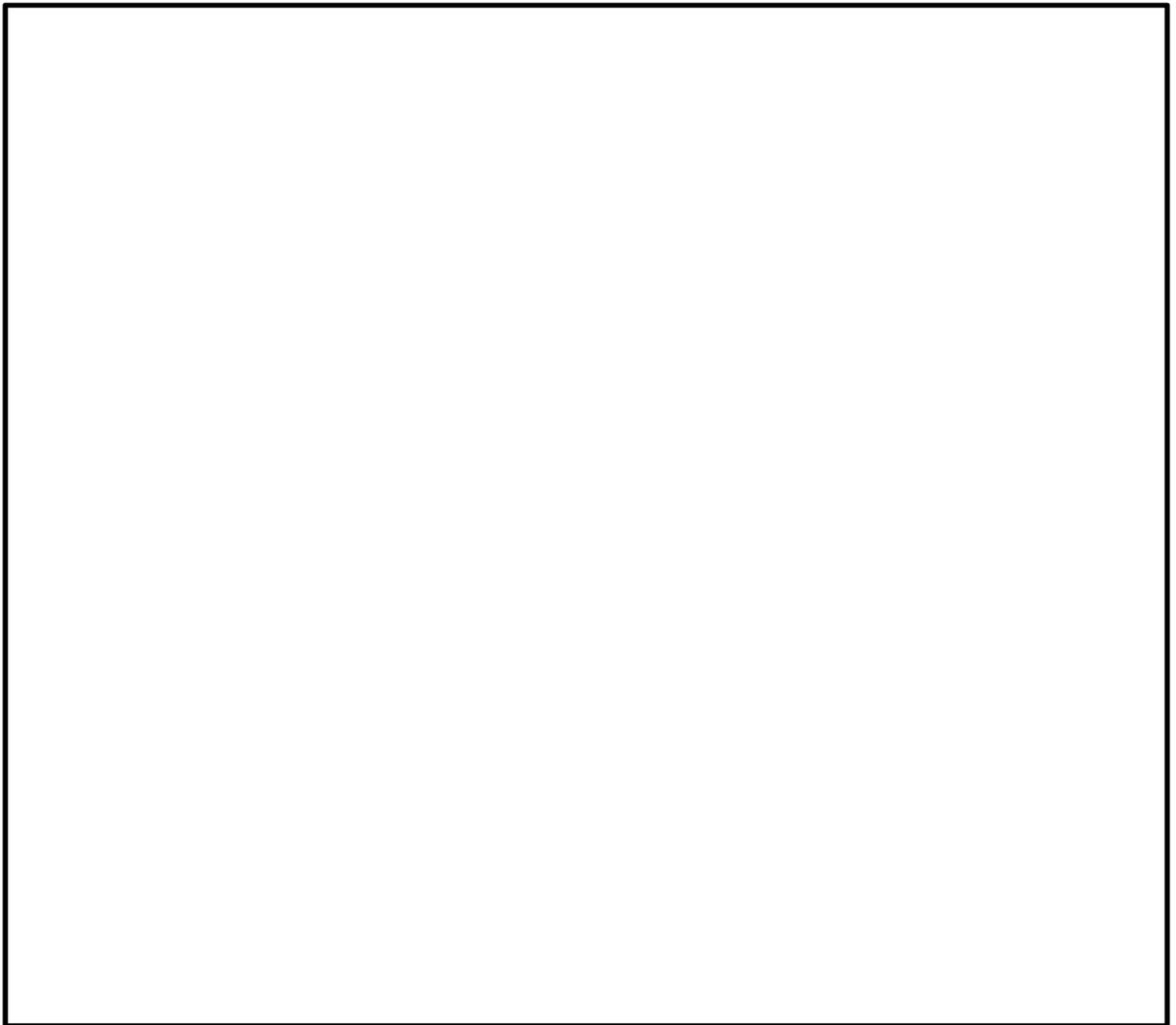


図 3.5-2 鋼製防護壁上部構造のモデル化イメージ図

b. 地盤のモデル化

3次元静的フレーム解析に用いる地盤バネは「道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編（平成 14 年 3 月）」に準拠し、地盤反力上限値を考慮したバイリニア型とする。

津波時の地盤バネは、表 3.5-1 に示す地盤抵抗が大きいと仮定した地盤バネ 1 及び地盤抵抗が小さいと仮定した地盤バネ 2 の 2 ケースを考慮する。図 3.5-3 に地盤バネのバイリニアモデルを示す。

表 3.5-1 3次元静的フレーム解析モデルにおける地盤バネの設定 (津波時)

ケース名	地盤バネのバネ定数	地盤バネの反力上限値	備考
地盤バネ1 (津波時)	初期せん断剛性から設定	ピーク強度 (平均) から設定	地盤抵抗が大きいと仮定したケース
地盤バネ2 (津波時)	静弾性係数から設定	残留強度 (-1σ) から設定	地盤抵抗が小さいと仮定したケース

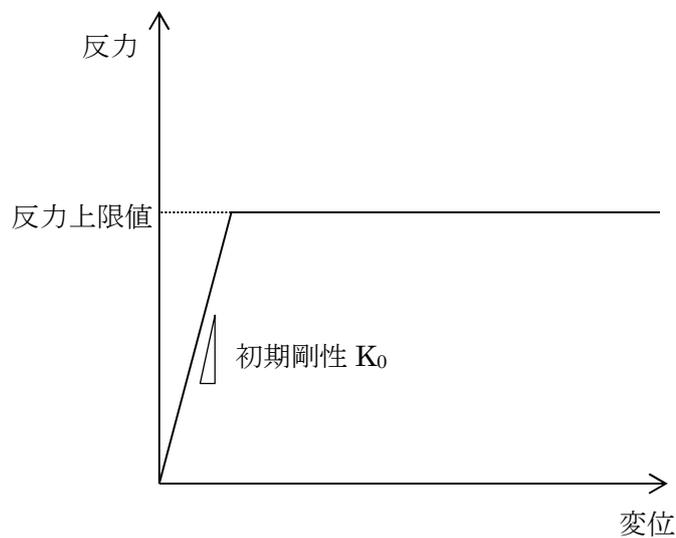


図 3.5-3 地盤バネのバイリニアモデル

(a) 地盤バネのバネ定数

ア. 基礎底面の鉛直方向地盤バネ

基礎底面の鉛直方向地盤バネは、次式により求める。ただし、鉛直方向の載荷面積 A_v は、基礎本体の底面積 A とする。

$$k_v = k_{v0} \left(\frac{B_v}{0.3} \right)^{-3/4}$$

$$K_v = A_v \cdot k_v$$

ここで、

k_v : 鉛直方向地盤反力係数 (kN/m³)

k_{v0} : 直径 0.3 m の剛体円板による平板載荷試験の値に相当する鉛直方向地盤バネ (kN/m³) で、各種土質試験または調査により求めた変形係数から推定する場合は、 $k_{v0} = \frac{1}{0.3} \alpha E_o$ により求める。

B_v : 基礎の換算載荷幅 (m) で、 $B_v = \sqrt{A_v}$ により求める。

E_0 : 地盤変形係数 (kN/m³)

地盤バネ 1 : 初期せん断剛性 G_0 から設定

E_0 は以下の式より算定する。

$$E_0 = 2(1 + \nu_d)G_0$$

ν_d : 動ポアソン比

G_0 : 初期せん断剛性 (平均値) (kN/m²)

地盤バネ 2 : 静弾性係数 E_s から設定

$$E_0 = E_s$$

α : 地盤反力係数の換算係数 ($\alpha = 1$ とする。)

A_v : 鉛直方向の載荷面積 (m²)

イ. 基礎底面の水平方向地盤バネ

基礎底面の水平方向地盤バネは、次式により求める。ただし、このときの k_v は「ア.」で示す値とする。

$$k_s = 0.3k_v$$

$$K_s = A_v \cdot k_s$$

ここで、

k_s : 基礎底面の水平方向地盤反力係数 (kN/m³)

k_v : 基礎底面の鉛直方向地盤反力係数 (kN/m³)

K_s : 基礎底面の水平方向地盤バネ定数 (kN/m)

ウ. 基礎前面の面直方向地盤バネ

基礎前面の面直方向地盤バネは、次式により求める。

$$k_H = \alpha_k k_{H0} \left(\frac{B_H}{0.3} \right)^{-3/4}$$

$$K_H = B_e \cdot L_e \cdot k_H$$

ここで、

k_H : 基礎前面の面直方向地盤反力係数 (kN/m³)

k_{H0} : $k_{H0} = \frac{1}{0.3} \alpha E_0$ により求められる水平方向地盤バネ (kN/m³)

α_k : 1.0

B_H : 基礎前面の換算載荷幅 (m) で、 $B_H = B_e (\leq \sqrt{B_e L_e})$ により求める。

B_e : 基礎の有効前面幅 (m)

L_e : 基礎の有効根入れ深さ (m)

K_H : 基礎前面の面直方向地盤バネ定数 (kN/m)

エ. 基礎側面の水平方向地盤バネ

基礎側面の水平方向地盤バネは、次式により求める。

$$k_{SHD} = 0.6k_{HD}$$

$$K_{SDH} = D_H \cdot D_e \cdot k_{SHD}$$

ここで、

k_{SHD} : 基礎側面の水平方向地盤反力係数 (kN/m³)

k_{HD} : 基礎側面の面直方向地盤反力係数 (kN/m³) で、

$$k_{HD} = \alpha_k k_{H0} \left(\frac{D_H}{0.3} \right)^{-3/4} \text{ により求める。}$$

D_H : 基礎側面の換算載荷幅 (m) で、 $D_H = D_e (\leq \sqrt{D_e L_e})$ により求める。

D_e : 基礎の有効側面幅 (m)

K_{SHD} : 基礎側面の水平方向地盤バネ定数 (kN/m)

オ. 基礎前背面の水平及び鉛直方向地盤バネ

基礎前背面の水平及び鉛直方向地盤バネは、次式により求める。

$$k_{SVB} = 0.3 k_H$$

$$K_{SVB} = B_e \cdot L_e \cdot k_{SVB}$$

ここで、

k_{SVB} : 基礎前背面の水平及び鉛直方向地盤反力係数 (kN/m³)

K_{SVB} : 基礎前背面の水平及び鉛直方向地盤バネ定数 (kN/m)

カ. 基礎側面の鉛直方向地盤バネ

基礎側面の鉛直方向地盤バネは、次式により求める。

$$k_{SVD} = 0.3 k_{HD}$$

$$K_{SVD} = D_H \cdot D_e \cdot k_{SVD}$$

ここで、

k_{SVD} : 基礎側面の鉛直方向地盤反力係数 (kN/m³)

K_{SVD} : 基礎側面の水平及び鉛直方向地盤バネ定数 (kN/m)

なお、基礎先端付近の側壁及び隔壁内周面の鉛直方向地盤反力は、一般には図 3.5-4 に示すように、前背面や側面の鉛直方向地盤バネを割増すことにより考慮する。

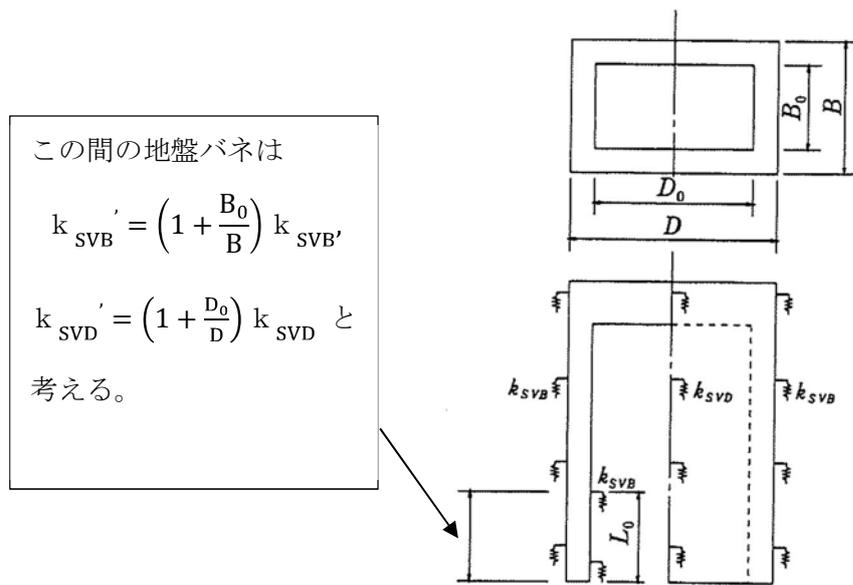


図 3.5-4 (1) 内外側面の鉛直方向地盤反力
(道路橋示方書より)

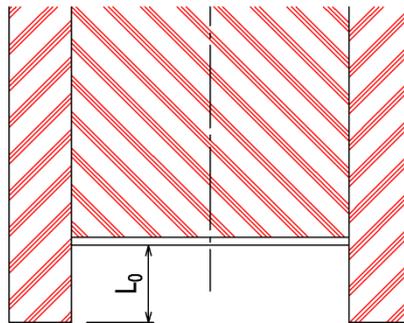


図 3.5-4 (2) 地中連続壁基礎先端拡大図

(b) 地盤バネの反力上限値

ア. 基礎前面及び側面の水平地盤バネの反力上限値

基礎前面及び側面の水平地盤バネの反力上限値は、次式により求める。

$$P_{Hu} = \alpha_p P_{EP}$$

$$P_{Hu} = P_{Hu} \cdot B_e \cdot L$$

ここで、

P_{Hu} : 基礎前面及び側面の水平地盤バネの反力上限値 (kN/m²)

P_{Hu} : 基礎前面及び側面の水平地盤バネ定数の反力上限値 (kN/m)

α_p : 水平地盤バネの反力上限値の割増係数で、 $\alpha_p = 1.0 + 0.5 \left(\frac{z}{B_e} \right) \leq 3.0$ によ

り求める。ただし、N値2以下の軟弱な粘性土では、 $\alpha_p = 1.0$ とする。

z : 設計上の地盤面からの深さ(m)

B_e : 基礎の有効前面幅(m)

L : 負担長(m)

P_{EP} : 地震時の地盤受働土圧強度

$$P_{EPi} = K_{EPi} \gamma_i h_i + 2c_i \sqrt{K_{EPi}} + K_{EPi} \left(\sum_{k=1}^{i-1} \gamma_k h_k \right)$$

P_{EPi} : i 層目下面の位置のレベル1地震時の受働土圧強度 (kN/m²)

γ_i : i 層目の単位体積重量 (kN/m³)

h_i : i 層目下面の深さ (m)

c_i : i 層目土の粘着力 (kN/m²)

i : 層数($i \geq 2$)

K_{EP} : 地震時の受働土圧係数

$$K_{EP} = \frac{(\cos \phi)^2}{\cos \delta_E \left(1 - \sqrt{\frac{\sin(\phi - \delta_E) \sin(\phi + \alpha)}{\cos \delta_E \cos \alpha}} \right)^2}$$

ϕ : 土の内部摩擦角 (°)

・地盤バネ1 : ピーク強度 (平均)

・地盤バネ2 : K_m 層以外の ϕ は残留強度 (-1σ)

K_m 層の ϕ はピーク強度 (平均)

δ_E : 地震時のケーソン壁面と土の摩擦角 (°) で、 $\delta_E = -\phi/6$ とする。

α : 地表面と水平面のなす角度 (°) で、その正負は図3.5-5に示すように算定する。

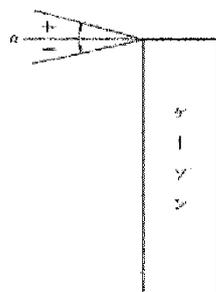


図 3.5-5 α の符号の取り方

(道路橋示方書より)

イ. 基礎前面及び側面の水平方向地盤バネの反力上限値並びに鉛直方向地盤バネの反力上限値

基礎前面及び側面の水平方向地盤バネの反力上限値並びに鉛直方向地盤バネの反力上限値は、次式により求める。

$$\tau_f = c + p_0 \tan \phi$$

ここで、

τ_f : 基礎前面及び側面の水平方向及び鉛直方向地盤バネの反力上限値 (kN/m²)

c : 土の粘着力 (kN/m²)

・地盤バネ 1 : ピーク強度 (平均)

・地盤バネ 2 : K_m 層以外の c は残留強度 (-1σ)

K_m 層の c はピーク強度 (平均)

p_0 : 基礎に作用する静止土圧 (kN/m²)

ϕ : 土の内部摩擦角 (°)

・地盤バネ 1 : ピーク強度 (平均)

・地盤バネ 2 : K_m 層以外の ϕ は残留強度 (-1σ)

K_m 層の ϕ はピーク強度 (平均)

c. 使用材料及び材料定数

強度計算に用いる材料定数は、適用基準類を基に設定する。構造物の使用材料を表 3.5-2 に、材料物性値を表 3.5-3 に示す。

地盤の諸定数は、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値を用いる。地盤の物性値を表 3.5-4 に示す。

表 3.5-2 使用材料

材料		諸元
コンクリート	頂版コンクリート (鉄筋コンクリート)	設計基準強度 50 N/mm ²
	中詰コンクリート (鉄筋コンクリート)	
	地中連続壁基礎	設計基準強度 40 N/mm ²
	中実コンクリート (鉄筋コンクリート)	設計基準強度 40 N/mm ²
鉄筋		SD345, SD390, SD490
鋼材	鋼製防護壁	SS400, SM400, SM490, SM490Y, SM520B 相当, SM570

表 3.5-3 材料の物性値

材料		単位体積重量 (kN/m ³)	ヤング係数 (N/mm ²)	ポアソン 比	減衰定数 (%)
鉄筋コン クリート	設計基準強度 50 N/mm ² *1	24.5 *1	3.3×10 ⁴ *1	0.2 *1	5*5
	設計基準強度 40 N/mm ² *2	24.5 *2	3.1×10 ⁴ *2	0.2 *2	
鋼材	SS400*3, SM400*3 SM490*3, SM490Y*3 SM520B 相当*4, SM570*3	77.0 *3*4	2.0×10 ⁵ *3*4	0.3 *3*4	3*6

注記 *1: 「道路土工カルバート工指針 (平成 21 年度版)」 ((社) 日本道路協会, 平成 22 年 3 月)

*2: コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] (土木学会, 2002 年制定)

*3: 道路橋示方書 (I 共通編・II 鋼橋編) ・同解説 ((社) 日本道路協会, 平成 14 年 3 月)

*4: 「鋼構造物設計基準 (II 鋼製橋脚編, 名古屋高速道路公社, 平成 15 年 10 月)」

*5: J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社) 日本電気協会)

*6: 道路橋示方書 (V 耐震設計編) ・同解説 ((社) 日本道路協会, 平成 24 年 3 月)

表 3.5-4 (1) 地盤の解析用物性値一覧 (液状化検討対象層)

パラメータ				原地盤								豊浦標準砂
				埋戻土	第四系 (液状化検討対象層)							
				f1	du	Ag2	As	Ag1	D2s-3	D2g-3	D1g-1	
物理特性	密度 () は地下水位以浅	ρ	g/cm ³	1.98 (1.82)	1.98 (1.82)	2.01 (1.89)	1.74	2.01 (1.89)	1.92	2.15 (2.11)	2.01 (1.89)	1.958
	間隙比	e	—	0.75	0.75	0.67	1.2	0.67	0.79	0.43	0.67	0.702
変形特性	ポアソン比	ν_{CD}	—	0.26	0.26	0.25	0.26	0.25	0.19	0.26	0.25	0.333
	基準平均有効主応力 () は地下水位以浅	σ'_{ma}	kN/m ²	358 (312)	358 (312)	497 (299)	378	814 (814)	966	1167 (1167)	1695 (1710)	12.6
	基準初期せん断剛性 () は地下水位以浅	G_{ma}	kN/m ²	253529 (220739)	253529 (220739)	278087 (167137)	143284	392073 (392073)	650611	1362035 (1362035)	947946 (956776)	18975
	最大履歴減衰率	h_{max}	—	0.220	0.220	0.233	0.216	0.221	0.192	0.130	0.233	0.287
強度特性	粘着力	C_{CD}	N/mm ²	0	0	0	0.012	0	0.01	0	0	0
	内部摩擦角	ϕ_{CD}	度	37.3	37.3	37.4	41	37.4	35.8	44.4	37.4	30
液状化特性	液状化パラメータ	ϕ_p	—	34.8	34.8	34.9	38.3	34.9	33.4	41.4	34.9	28
	液状化パラメータ	S_1	—	0.047	0.047	0.028	0.046	0.029	0.048	0.030	0.020	0.005
	液状化パラメータ	W_1	—	6.5	6.5	56.5	6.9	51.6	17.6	45.2	10.5	5.06
	液状化パラメータ	P_1	—	1.26	1.26	9.00	1.00	12.00	4.80	8.00	7.00	0.57
	液状化パラメータ	P_2	—	0.80	0.80	0.60	0.75	0.60	0.96	0.60	0.50	0.80
	液状化パラメータ	C_1	—	2.00	2.00	3.40	2.27	3.35	3.15	3.82	2.83	1.44

表 3.5-4 (2) 地盤の解析用物性値一覧 (非液状化層)

パラメータ				原地盤					捨石
				第四系 (非液状化層)				新第三系	
				Ac	D2c-3	1m	D1c-1	Km	
物理特性	密度 () は地下水位以浅	ρ	g/cm ³	1.65	1.77	1.47 (1.43)	1.77	$1.72-1.03 \times 10^{-4} \cdot z$	2.04 (1.84)
	間隙比	e	—	1.59	1.09	2.8	1.09	1.16	0.82
変形特性	ポアソン比	ν_{CD}	—	0.10	0.22	0.14	0.22	$0.16+0.00025 \cdot z$	0.33
	基準平均有効主応力 () は地下水位以浅	σ'_{ma}	kN/m ²	480	696	249 (223)	696	動的変形特性に基づき z (標高) 毎に物性値を 設定	98
	基準初期せん断剛性 () は地下水位以浅	G_{ma}	kN/m ²	121829	285223	38926 (35783)	285223		180000
	最大履歴減衰率	h_{max}	—	0.200	0.186	0.151	0.186		0.24
強度特性	粘着力	C_{CD}	N/mm ²	0.025	0.026	0.042	0.026		$0.358-0.00603 \cdot z$
	内部摩擦角	ϕ_{CD}	度	29.1	35.6	27.3	35.6	$23.2+0.0990 \cdot z$	35

z : 標高 (m)

表 3.5-4 (3) 地盤の解析用物性値一覧 (新第三系 Km 層)

区分 番号	設定深度 TP(m) Z	適用深度 TP(m)	密度 ρ (g/cm ³)	静ポアソン比 ν^{CD}	粘着力 C_{cb} (kN/m ²)	内部摩擦角 ϕ_{cb} (°)	せん断波 速度Vs (m/s)	基準初期 せん断剛性 G _{ma} (kN/m ²)	基準体積 弾性係数 K _{ma} (kN/m ²)	基準平均有効 主応力 σ'_{ma} (kN/m ²)	拘束圧 依存係数 m _s , m _k	最大履歴 減衰率 h _{max} (-)	動ポアソン比 ν^d	疎密波 速度Vp (m/s)	1000*Vp
1	10	9.5 ~ 10.5	1.72	0.16	298	24.2	425	310,675	353,317	504	0.0	0.105	0.464	1,640	1,640,000
2	9	8.5 ~ 9.5	1.72	0.16	304	24.1	426	312,139	354,982	504	0.0	0.105	0.464	1,644	1,644,000
3	8	7.5 ~ 8.5	1.72	0.16	310	24.0	427	313,606	356,650	504	0.0	0.105	0.464	1,648	1,648,000
4	7	6.5 ~ 7.5	1.72	0.16	316	23.9	428	315,076	358,322	504	0.0	0.105	0.464	1,651	1,651,000
5	6	5.5 ~ 6.5	1.72	0.16	322	23.8	428	315,076	358,322	504	0.0	0.106	0.464	1,651	1,651,000
6	5	4.5 ~ 5.5	1.72	0.16	328	23.7	429	316,551	359,999	504	0.0	0.106	0.464	1,655	1,655,000
7	4	3.5 ~ 4.5	1.72	0.16	334	23.6	430	318,028	361,679	504	0.0	0.106	0.463	1,638	1,638,000
8	3	2.5 ~ 3.5	1.72	0.16	340	23.5	431	319,509	363,363	504	0.0	0.107	0.463	1,642	1,642,000
9	2	1.5 ~ 2.5	1.72	0.16	346	23.4	431	319,509	363,363	504	0.0	0.107	0.463	1,642	1,642,000
10	1	0.5 ~ 1.5	1.72	0.16	352	23.3	432	320,993	365,051	504	0.0	0.107	0.463	1,646	1,646,000
11	0	-0.5 ~ 0.5	1.72	0.16	358	23.2	433	322,481	366,743	504	0.0	0.107	0.463	1,650	1,650,000
12	-1	-1.5 ~ -0.5	1.72	0.16	364	23.1	434	323,972	368,439	504	0.0	0.108	0.463	1,653	1,653,000
13	-2	-2.5 ~ -1.5	1.72	0.16	370	23.0	435	325,467	370,139	504	0.0	0.108	0.463	1,657	1,657,000
14	-3	-3.5 ~ -2.5	1.72	0.16	376	22.9	435	325,467	370,139	504	0.0	0.108	0.463	1,657	1,657,000
15	-4	-4.5 ~ -3.5	1.72	0.16	382	22.8	436	326,965	371,843	504	0.0	0.108	0.463	1,661	1,661,000
16	-5	-5.5 ~ -4.5	1.72	0.16	388	22.7	437	328,467	373,551	504	0.0	0.109	0.462	1,644	1,644,000
17	-6	-6.5 ~ -5.5	1.72	0.16	394	22.6	438	329,972	375,262	504	0.0	0.109	0.462	1,648	1,648,000
18	-7	-7.5 ~ -6.5	1.72	0.16	400	22.5	438	329,972	375,262	504	0.0	0.109	0.462	1,648	1,648,000
19	-8	-8.5 ~ -7.5	1.72	0.16	406	22.4	439	331,480	376,977	504	0.0	0.109	0.462	1,652	1,652,000
20	-9	-9.5 ~ -8.5	1.72	0.16	412	22.3	440	332,992	378,697	504	0.0	0.110	0.462	1,656	1,656,000
21	-10	-11 ~ -9.5	1.72	0.16	418	22.2	441	334,507	380,420	504	0.0	0.110	0.462	1,659	1,659,000
22	-12	-13 ~ -11	1.72	0.16	430	22.0	442	336,026	382,147	504	0.0	0.110	0.462	1,663	1,663,000
23	-14	-15 ~ -13	1.72	0.16	442	21.8	444	339,074	385,614	504	0.0	0.111	0.462	1,671	1,671,000
24	-16	-17 ~ -15	1.72	0.16	454	21.6	445	340,603	387,352	504	0.0	0.111	0.461	1,654	1,654,000
25	-18	-19 ~ -17	1.72	0.16	467	21.4	447	343,671	390,842	504	0.0	0.112	0.461	1,662	1,662,000
26	-20	-21 ~ -19	1.72	0.16	479	21.2	448	345,211	392,593	504	0.0	0.112	0.461	1,665	1,665,000
27	-22	-23 ~ -21	1.72	0.15	491	21.0	450	348,300	381,471	498	0.0	0.112	0.461	1,673	1,673,000
28	-24	-25 ~ -23	1.72	0.15	503	20.8	452	351,403	384,870	498	0.0	0.113	0.461	1,680	1,680,000
29	-26	-27 ~ -25	1.72	0.15	515	20.6	453	352,959	386,574	498	0.0	0.113	0.460	1,664	1,664,000
30	-28	-29 ~ -27	1.72	0.15	527	20.4	455	356,083	389,996	498	0.0	0.114	0.460	1,672	1,672,000
31	-30	-31 ~ -29	1.72	0.15	539	20.2	456	357,650	391,712	498	0.0	0.114	0.460	1,675	1,675,000
32	-32	-33 ~ -31	1.72	0.15	551	20.0	458	360,794	395,155	498	0.0	0.115	0.460	1,683	1,683,000
33	-34	-35 ~ -33	1.72	0.15	563	19.8	459	362,371	396,883	498	0.0	0.115	0.459	1,667	1,667,000
34	-36	-37 ~ -35	1.72	0.15	575	19.6	461	365,536	400,349	498	0.0	0.115	0.459	1,675	1,675,000
35	-38	-39 ~ -37	1.72	0.15	587	19.4	462	367,124	402,088	498	0.0	0.116	0.459	1,678	1,678,000
36	-40	-41 ~ -39	1.72	0.15	599	19.2	464	370,309	405,577	498	0.0	0.116	0.459	1,685	1,685,000
37	-42	-43 ~ -41	1.72	0.15	611	19.0	465	371,907	407,327	498	0.0	0.117	0.459	1,689	1,689,000
38	-44	-45 ~ -43	1.72	0.15	623	18.8	467	375,113	410,838	498	0.0	0.117	0.458	1,678	1,678,000
39	-46	-47 ~ -45	1.72	0.15	635	18.6	468	376,721	412,599	498	0.0	0.117	0.458	1,681	1,681,000
40	-48	-49 ~ -47	1.72	0.15	647	18.4	470	379,948	416,134	498	0.0	0.118	0.458	1,688	1,688,000
41	-50	-51 ~ -49	1.73	0.15	660	18.3	472	385,416	422,122	498	0.0	0.118	0.458	1,696	1,696,000
42	-52	-53 ~ -51	1.73	0.15	672	18.1	473	387,051	423,913	498	0.0	0.118	0.458	1,699	1,699,000
43	-54	-55 ~ -53	1.73	0.15	684	17.9	475	390,331	427,505	498	0.0	0.118	0.457	1,688	1,688,000
44	-56	-57 ~ -55	1.73	0.15	696	17.7	476	391,976	429,307	498	0.0	0.119	0.457	1,692	1,692,000
45	-58	-59 ~ -57	1.73	0.15	708	17.5	478	395,277	432,922	498	0.0	0.119	0.457	1,699	1,699,000
46	-60	-61 ~ -59	1.73	0.15	720	17.3	479	396,933	434,736	498	0.0	0.120	0.457	1,702	1,702,000
47	-62	-63 ~ -61	1.73	0.14	732	17.1	481	400,255	422,491	492	0.0	0.120	0.457	1,709	1,709,000
48	-64	-65 ~ -63	1.73	0.14	744	16.9	482	401,921	424,250	492	0.0	0.120	0.456	1,695	1,695,000
49	-66	-67 ~ -65	1.73	0.14	756	16.7	484	405,263	427,778	492	0.0	0.120	0.456	1,702	1,702,000
50	-68	-69 ~ -67	1.73	0.14	768	16.5	485	406,939	429,547	492	0.0	0.121	0.456	1,705	1,705,000
51	-70	-71 ~ -69	1.73	0.14	780	16.3	487	410,302	433,097	492	0.0	0.121	0.456	1,712	1,712,000
52	-72	-73 ~ -71	1.73	0.14	792	16.1	489	413,679	436,661	492	0.0	0.121	0.456	1,719	1,719,000
53	-74	-75 ~ -73	1.73	0.14	804	15.9	490	415,373	438,449	492	0.0	0.122	0.455	1,705	1,705,000
54	-76	-77 ~ -75	1.73	0.14	816	15.7	492	418,771	442,036	492	0.0	0.122	0.455	1,712	1,712,000
55	-78	-79 ~ -77	1.73	0.14	828	15.5	493	420,475	443,835	492	0.0	0.122	0.455	1,716	1,716,000
56	-80	-81 ~ -79	1.73	0.14	840	15.3	495	423,893	447,443	492	0.0	0.122	0.455	1,723	1,723,000
57	-82	-83 ~ -81	1.73	0.14	852	15.1	496	425,608	449,253	492	0.0	0.123	0.455	1,726	1,726,000
58	-88	-90 ~ -85	1.73	0.14	889	14.5	501	434,232	458,356	492	0.0	0.124	0.454	1,726	1,726,000
59	-92	-95 ~ -90	1.73	0.14	913	14.1	504	439,448	463,862	492	0.0	0.124	0.454	1,736	1,736,000
60	-98	-101 ~ -95	1.73	0.14	949	13.5	509	448,210	473,111	492	0.0	0.125	0.453	1,736	1,736,000
61	-104	-108 ~ -101	1.73	0.13	985	12.9	513	455,282	463,485	486	0.0	0.126	0.452	1,733	1,733,000
62	-112	-115 ~ -108	1.73	0.13	1,033	12.1	519	465,995	474,391	486	0.0	0.127	0.451	1,737	1,737,000
63	-118	-122 ~ -115	1.73	0.13	1,070	11.5	524	475,016	483,575	486	0.0	0.127	0.451	1,754	1,754,000
64	-126	-130 ~ -122	1.73	0.13	1,118	10.7	530	485,957	494,713	486	0.0	0.128	0.450	1,758	1,758,000

(2) 評価方法

上記で示した津波時における鋼製防護壁の解析モデルを用いた評価方法を整理すると下記のとおりとなる。

a. 鋼製防護壁

(a) 鋼製防護壁

地中連続壁基礎と一体となった3次元モデルに津波荷重等を載荷して評価する。

(b) 補剛材

ア. 補剛材の評価

主構断面となる隔壁には、「道路橋示方書（Ⅱ鋼橋編）・同解説」（（社）日本道路協会，平成24年3月）の規定に基づいた必要剛度を満たす補剛材を配置し，主部材の座屈に対する安全性を確保する。

イ. 主構断面の座屈照査

主構断面となる隔壁は、「道路橋示方書（Ⅱ鋼橋編）・同解説」（（社）日本道路協会，平成24年3月）の解説に基づいて座屈に対する安全照査を実施し，補剛材の追加配置の必要性を確認する。

(c) 添接板継手部

鋼殻ブロックの添接板継手部は高力ボルトによる摩擦接合方式とし、「道路橋示方書・同解説（Ⅱ鋼橋編）7.3」に基づき評価する。

母材に作用するせん断力及び曲げモーメントに対して，継手部の孔引き後の母材，添接板及び高力ボルトの安全性を照査する。また，せん断力と曲げモーメントが同時に作用するため，合成応力に対する安全性の照査も実施する。

鋼殻ブロックの添接板継手部イメージを **図 3.5-6** に示す。

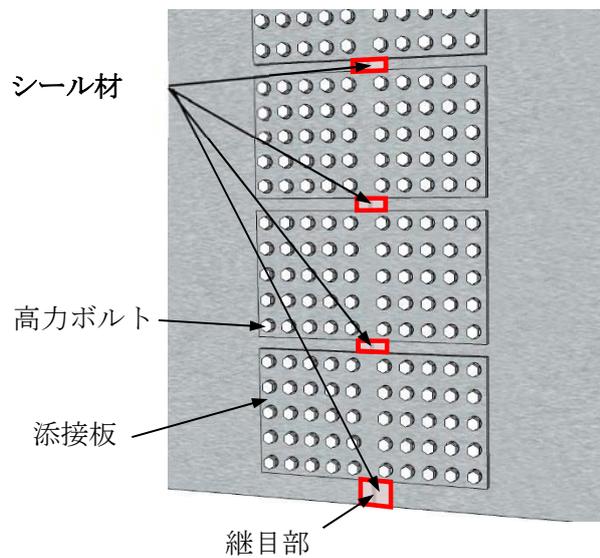
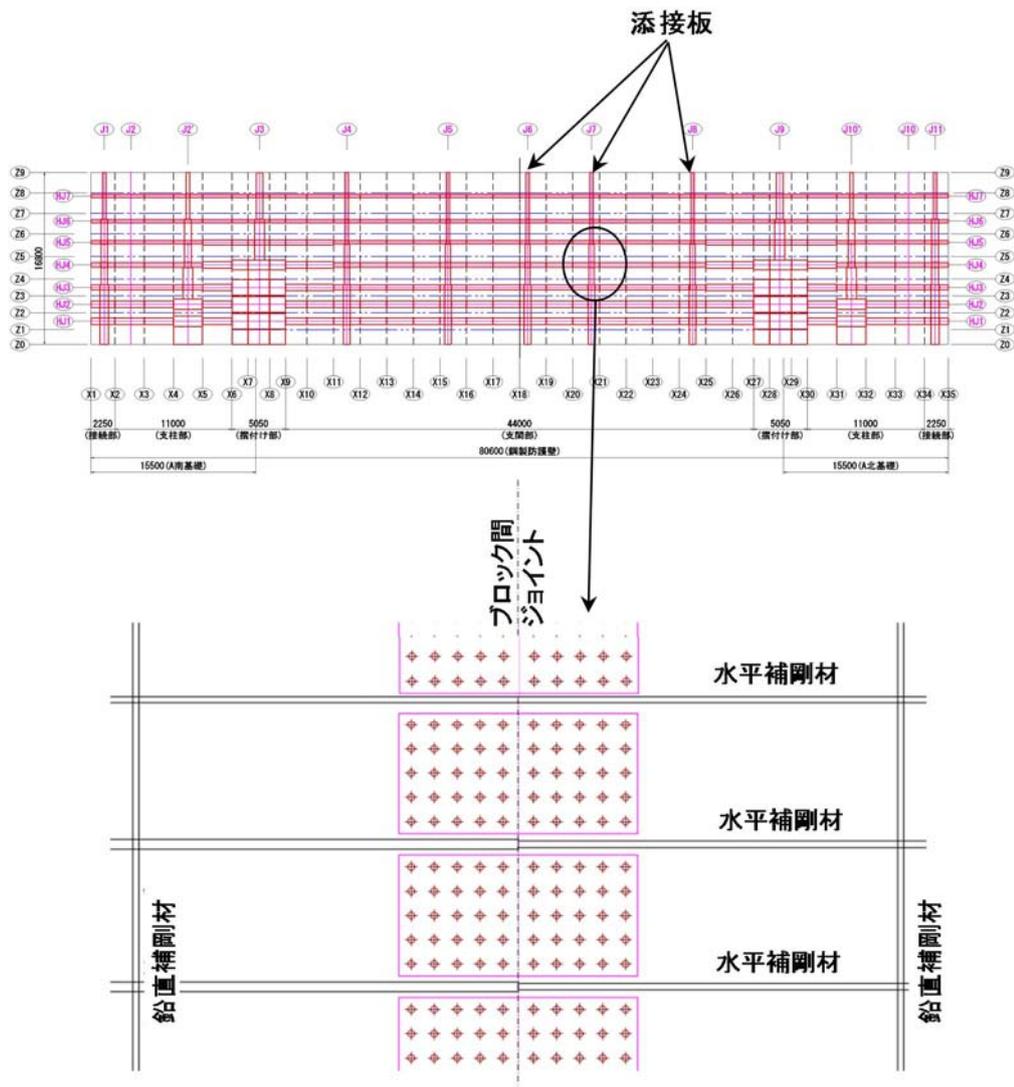


図 3.5-6 鋼殻ブロックの添接板継手部イメージ

(d) 中詰めコンクリートと鋼殻との接合部

鋼製防護壁は、外壁と水平及び鉛直隔壁部材のみで荷重を受け持つ設計とするが、頂版鉄筋コンクリートとの接合部においては、後述の通り、水平回転モーメント（水平トルク）及び水平力によるせん断力に対しては、設計上アンカーボルトの抵抗力を期待せず、鉄筋コンクリートのみで負担可能とする。したがって、鋼製防護壁（上部構造）に作用する荷重を中詰め鉄筋コンクリートから頂版鉄筋コンクリートへ確実に伝達するために、上部構造の鋼殻と中詰め鉄筋コンクリートを一体化する。

以上より、中詰め鉄筋コンクリート部の接合部は、荷重伝達のためのずれ止めとしてスタッドを配置して、コンクリートと鋼殻を一体化する。スタッドの許容せん断力は「道路橋示方書（Ⅰ 共通編・Ⅱ 鋼橋編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 14 年 3 月）」に基づき次式により算定する。

$$Q_a = 9.4d^2\sqrt{\sigma_{ck}} \quad (H/d \geq 5.5)$$

$$Q_a = 1.72dH\sqrt{\sigma_{ck}} \quad (H/d < 5.5)$$

ここで、

Q_a : スタッドの許容せん断力 (N/本)

D : スタッドの軸径 (mm)

H : スタッドの全高，150mm 程度を標準とする (mm)

σ_{ck} : コンクリートの設計基準強度 (=50 N/mm²)

b. 鋼製防護壁の接合部アンカー

(a) 設計思想

アンカーボルトは本来、引抜き力及びせん断力に抵抗できる部材であることから、「鋼構造物設計基準（名古屋高速道路公社）」の「7.2 アンカー部の設計方法」においては、アンカーボルトに水平方向のせん断力も許容限界以下で受けもたせる設計方法となっている。

一方、鋼製防護壁においては、保守的な配慮として、接合部の水平回転モーメント（水平トルク）及び水平力によるせん断力に対しては設計上アンカーボルトの抵抗力を期待せず、接合部の水平回転モーメント及び水平力によるせん断力に対しては、設計上鉄筋コンクリートのみ耐力でも弾性範囲内で負担可能とする。

(b) 接合部の設計方針

鋼製防護壁は浸水防護施設であることから、地震時、津波時、余震と津波の重畳時の何れに対しても、構造部材の弾性範囲内で設計を行う。

鋼製防護壁本体の自重及び地震や津波による設計荷重を確実に基礎へ伝達させる。

引抜き力に対しては、「鋼構造物設計基準（名古屋高速道路公社）」を適用し設計上アンカーボルトのみで負担可能とする。

水平回転モーメントと水平力によるせん断力に対しては、「道路橋示方書（日本道路協会）」、「コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（土木学会）」に基づき設計上中詰め鉄筋コンクリート及び頂版鉄筋コンクリートのみで負担可能とする。

接合部の荷重分担の概念図を図 3.5-7 に示す。

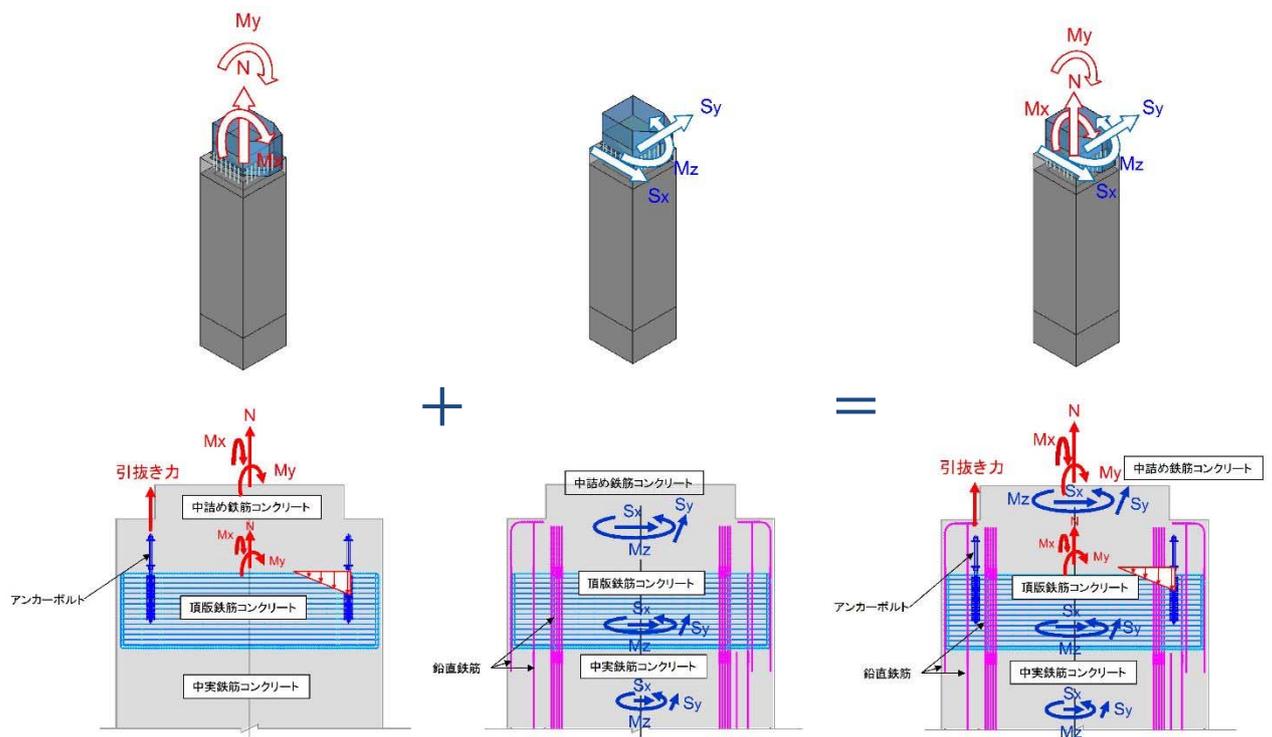


図 3.5-7 接合部の荷重分担の概念図

(d) 接合部の評価

接合部のアンカーボルトに対しては、2軸複鉄筋断面の鉄筋コンクリート断面として評価する。鋼製防護壁と基礎との接合部は、鉛直軸力と面内、面外曲げモーメントに対して抵抗するものとし、せん断力と水平回転モーメントについては、基礎と一体の中詰め鉄筋コンクリートで負担する。

アンカーボルトの設計荷重は、鋼製防護壁上部構造の3次元動的フレーム解析から算定されるアンカーボルト1本当たりの付着力と押込力とし、アンカーボルトの引張応力、付着応力及びコンセン断が許容限界以下であることを確認する。

ア. アンカーボルトの設計定着長及び埋込長

アンカーボルトの許容応力度と母材の断面積をもとに算定する。2軸複鉄筋断面の鉄筋コンクリート断面を図3.5-8に示す。

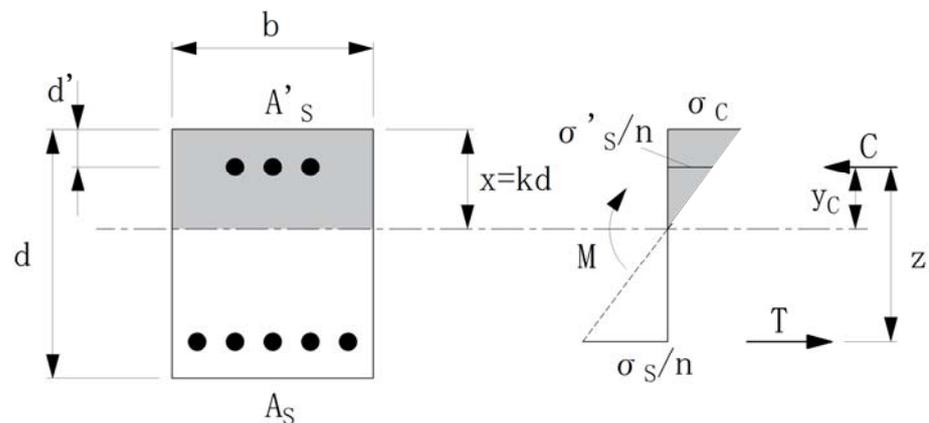


図 3.5-8 2軸複鉄筋断面の鉄筋コンクリート断面

σ_c : 任意位置のコンクリート応力度 (N/mm²)

σ_s : 各段の鉄筋応力度 (N/mm²) (引張り側)

σ_s' : 各段の鉄筋応力度 (N/mm²) (圧縮側)

A_s : 各段の鉄筋断面積 (mm²) (引張り側)

A_s' : 各段の鉄筋断面積 (mm²) (圧縮側)

d : 桁高 (mm)

d' : かぶり (mm)

x : コンクリート上面から中立軸までの距離 (mm)

k : 中立軸係数

n : ヤング係数比

c : 圧縮力 (N)

T : 引張力 (N)

M : 曲げモーメント (N・mm)

イ. 定着部コーンせん断に対する評価

定着部のコンクリートのコーンせん断に対する評価における設計荷重は、鋼製防護壁上部構造の3次元動的フレーム解析算定される、アンカーボルト1本当りの付着力とする。定着部のコーンせん断の照査を行い、補強鉄筋が必要な場合には適切な鉄筋量を算定する。

コーンせん断は付着力に対して発生するため、照査はアンカーボルトの付着力またはアンカーボルトの許容応力度と母材の断面積の75%を比較し、断面力の大きいものを用いて実施する。コーンせん断面の有効水平投影面積には、アンカー同士の間接を考慮し、定着部鉄筋コンクリートの応力が許容限界以下であることを確認する。

コーンせん断面の有効水平投影面積を **図 3.5-9** に示す。

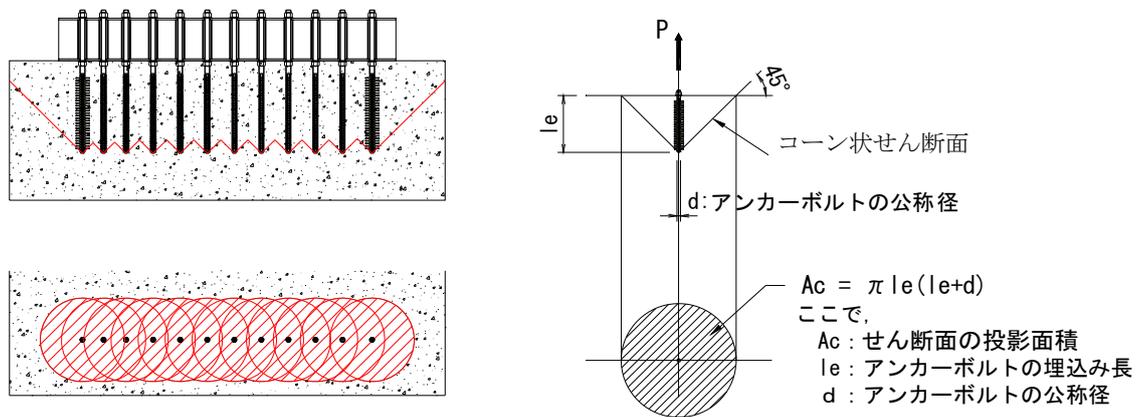


図 3.5-9 アンカーが近接する場合の有効水平投影面積

ウ. アンカーボルトの埋め込み長、定着長に対する評価

アンカーボルトの埋め込み長 L_{eq} 及び定着長 L_{ed} は付着強度によって決定する。アンカーボルトの埋め込み長、定着長の概念図を **図 3.5-10** に示す。

$$L_{eq} = \sigma_{sa} \cdot Ab / \tau_a \cdot \pi \cdot D \quad (\text{定着長})$$

$$L_{ed} = L_{eq} + 2D \quad (\text{埋め込み長})$$

ここで、

σ_{sa} : アンカーボルトの許容応力度 (N/mm²)

τ_a : 許容付着応力度 (N/mm²)

Ab : アンカーボルトの有効断面積 (mm²)

D : アンカーボルトの公称径 (mm)

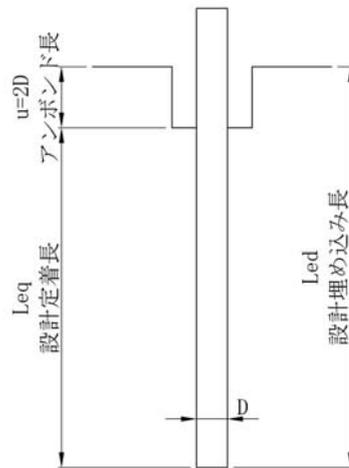


図 3.5-10 アンカー埋め込み長，定着長の概念図

c. 地中連続壁基礎

(a) 地中連続壁基礎

2次元動的有効応力解析によって得られる堤軸方向，堤軸直交方向それぞれの断面力に対して，鉄筋コンクリートの発生応力が許容限界以下であることを確認する。

(b) 地中連続壁基礎と中実鉄筋コンクリートの一体化

地中連続壁基礎と中実鉄筋コンクリートはスタッドで一体化するものとし，「トンネル標準示方書[共通編]・同解説/[開削工法編]・同解説」（（社）土木学会，2006 制定）に基づき，スタッドの配置及びせん断力の照査を実施する。

配置するスタッドは，接合面に作用する全設計せん断力に対し，必要な強度となる本数及び設置間隔に設計する。設計検討は次式による。

$$\gamma_a \gamma_b \gamma_i \frac{V}{V_u} \leq 1.0, V_u = V_{ug} + V_{ul}$$

$$V_{ug} = \frac{\mu(nf_{syd}A_{sg} + \sigma_N A_{cg})}{\gamma_c}, V_{ul} = \frac{\mu\sigma_N A_{ul}}{\gamma_c}$$

ここで，

- V : 接合面に作用する全設計せん断力 (= $V_o + V_B$)
- V_u : 接合面における全せん断耐力
- V_{ug} : スタッド配置区間の全せん断耐力
- V_{ul} : スタッド配置区間以外のコンクリートの接合面におけるせん断耐力
- μ : 摩擦係数 (1.4 程度：地中連続壁面は洗浄し，レイタンスを取り除き，深さ 7mm 程度の粗さとした場合)
- n : スタッドの本数 (単位幅あたり)
- f_{syd} : スタッドの設計引張降伏強度
- σ_N : 接合面に作用する垂直応力度 (地中連続壁に作用する側圧)

		等の外力)
A_{sg}	:	スタッド1本あたりの断面積
A_{cg}	:	スタッド配置区間の全面積（面積の境界は、最外縁の鉄筋から鉄筋間隔の半分程度の距離まで）
A_{ul}	:	スタッド配置区間以外のコンクリート面積（地中連続壁の接合処理面処理を行う部分のみ）
γ_a, γ_i	:	安全係数
γ_b	:	部材係数で一般に1.3
γ_c	:	コンクリート材料係数

d. 基礎地盤の支持性能評価

津波時における基礎地盤の支持性能に係る評価は、基礎地盤に作用する接地圧が地震時及び重畳時に包絡されると考えられることから実施しない。

3.5.2 重畳時

鋼製防護壁の重畳時の評価に用いる解析モデル及び評価方法を以下に示す。

(1) 1次元有効応力解析

1次元有効応力解析モデル底面は T.P. -130 m とし、構造物中心位置の地層構成に基づき作成した地盤モデルを用いる。解析モデル底面には、T.P. -130 m 位置の密度、せん断波速度及び疎密波速度を有する粘性境界を設定する。1次元有効応力解析には解析コード「FLIP Ver. 7.3.0_2」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、V-5-10「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。1次元有効応力解析実施位置図を図 3.5-11 に、1次元有効応力解析モデル概念図を図 3.5-12 に示す。



図 3.5-11 1次元有効応力解析実施位置図

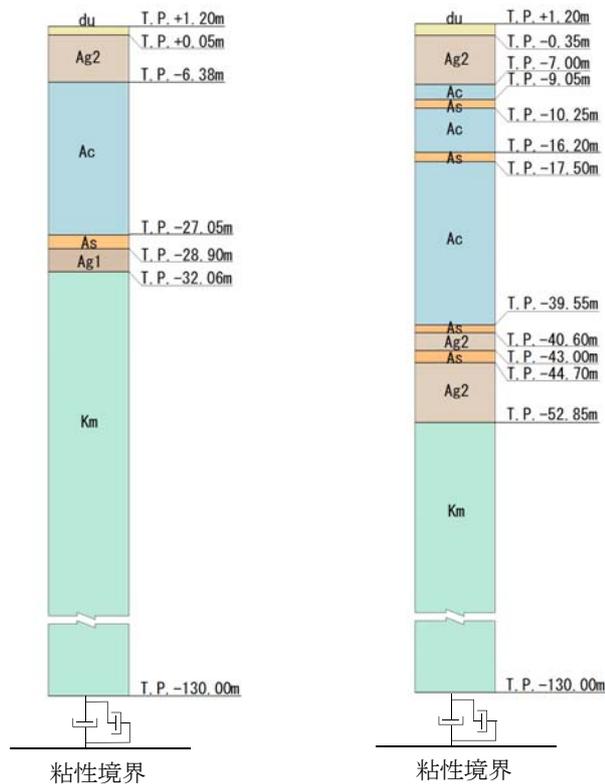


図 3.5-12 1次元有効応力解析モデル概念図（左：地点①，右：地点②）

a. 地盤のモデル化

地盤は、マルチスプリング要素及び間隙水要素によりモデル化し、地震時の有効応力の変化に応じた非線形せん断応力～せん断ひずみ関係を考慮する。

b. 減衰特性

動的解析における地盤及び構造物の減衰については、固有値解析にて求まる固有周期及び減衰比に基づき、質量マトリックス及び剛性マトリックスの線形結合で表される以下の Rayleigh 減衰にて与える。なお、Rayleigh 減衰を $\alpha = 0$ とする剛性比例型減衰とする。

有効応力解析では、時系列で地盤の1次固有振動数が低振動数側へシフトして行くことから、Rayleigh 減衰の係数 α 、 β の両方を用いると、質量比例項の減衰 α [M] の影響により、有効応力解析における減衰定数が低振動数帯で過減衰となる場合がある。

一方、有効応力解析における低振動数帯で減衰 α [M] の影響がない剛性比例型減衰では、地盤の1次固有振動数が時系列で低振動数側へシフトしていくのに伴い、1次固有振動モードに対する減衰定数が初期減衰定数より保守的に小さい側へ変化していくことを考慮できる。

ゆえに、有効応力解析では、地震力による時系列での地盤剛性の軟化に伴う1次固有振動数の低振動数側へのシフトに応じて、1次固有振動モードに対する減衰定数として、

初期減衰定数よりも保守的に小さい側のモード減衰定数を適用し、地盤応答の適切な評価が行えるように、低振動数帯で減衰 α [M] の影響がない剛性比例型減衰を採用した。

$$[C] = \alpha [M] + \beta [K]$$

[C] : 減衰係数マトリックス

[M] : 質量マトリックス

[K] : 剛性マトリックス

α, β : 係数

係数 α 、 β は以下のように求めている。

$$\alpha = 0$$

$$\beta = \frac{h}{\pi f}$$

ここで、

f : 固有値解析により求められた 1 次固有振動数

h : 各材料の減衰定数

減衰定数については、地盤 1% (解析における減衰は、ひずみが大きい領域では履歴減衰が支配的となる。このため、解析上の安定のためになるべく小さい値として 1% を採用している。) とする。

Rayleigh 減衰の設定フローを図 3.5-13 に、固有値解析結果を表 3.5-5 に示す。

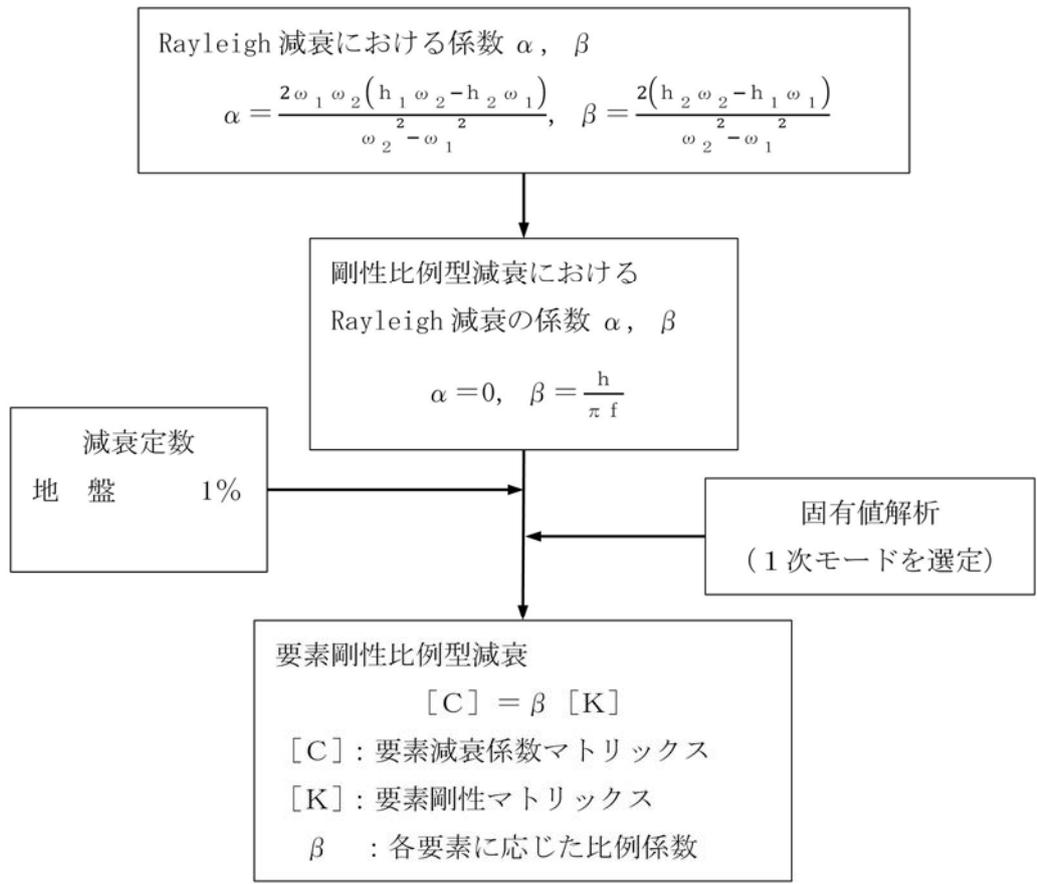


図 3.5-13 Rayleigh 減衰の設定フロー

表 3.5-5 (1) 固有値解析結果 (追而)

(検討ケース①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

(地点①)

モード次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数 (%)	備考
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			

表 3.5-5 (2) 固有値解析結果 (追而)

(検討ケース②: 地盤物性のばらつきを考慮 (+1 σ) した解析ケース)

(地点①)

モード次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数 (%)	備考
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			

表 3.5-5 (3) 固有値解析結果 (追而)

(検討ケース③: 地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース)

(地点①)

モード次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数 (%)	備考
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			

表 3.5-5 (4) 固有値解析結果 (追而)

(検討ケース④: 敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により

地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)

(地点①)

モード次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数 (%)	備考
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			

表 3.5-5 (5) 固有値解析結果 (追而)

(検討ケース①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

(地点②)

モード次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数 (%)	備考
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			

表 3.5-5 (6) 固有値解析結果 (追而)

(検討ケース②: 地盤物性のばらつきを考慮 (+1 σ) した解析ケース)

(地点②)

モード次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数 (%)	備考
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			

表 3.5-5 (7) 固有値解析結果 (追而)

(検討ケース③: 地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース)

(地点②)

モード次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数 (%)	備考
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			

表 3.5-5 (8) 固有値解析結果 (追而)

(検討ケース④: 敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)

(地点②)

モード次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数 (%)	備考
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			

c. 入力地震動

入力地震動は、V-2-1-6「地震応答解析の基本方針」のうち「2.3 屋外重要土木構造物」に示す入力地震動の設定方針を踏まえて設定する。

余震時の地震動は、「5.1 地震と津波の組合せで考慮する荷重について 5.1.1 基準津波と余震」より、弾性設計用地震動 S_d-D1 を用いる。有効応力解析に用いる入力地震動は、解放基盤表面で定義される弾性設計用地震動 S_d-D1 を1次元波動論により有効応力解析モデル底面位置で評価したものを扱い、水平地震動と鉛直地震動の同時加振による逐次時間積分の時刻歴応答解析にて行う。入力地震動の算定には、解析コード「k-SHAKE Ver. 6.2.0」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、V-5-25「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを図3.5-15に示す。

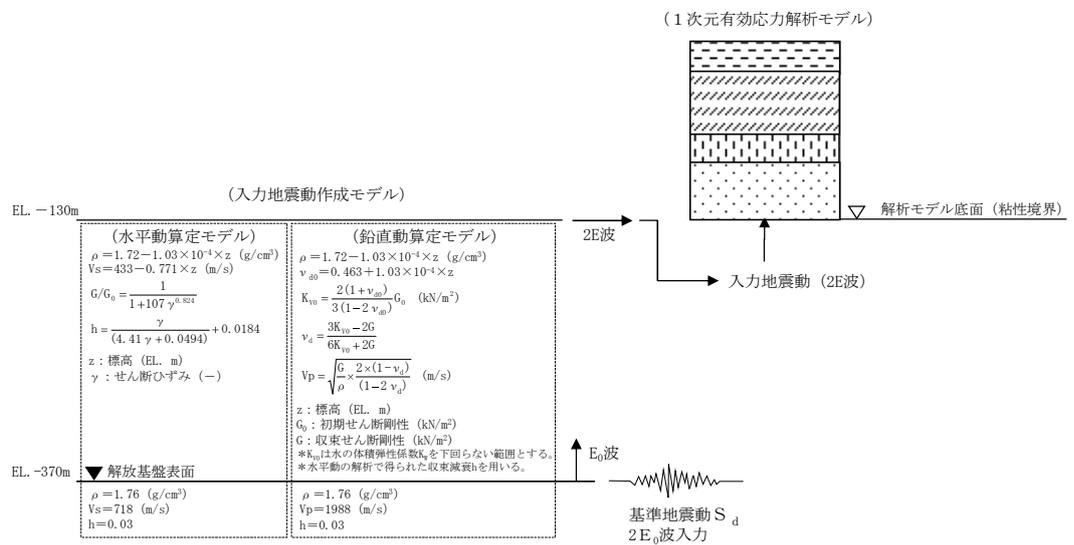
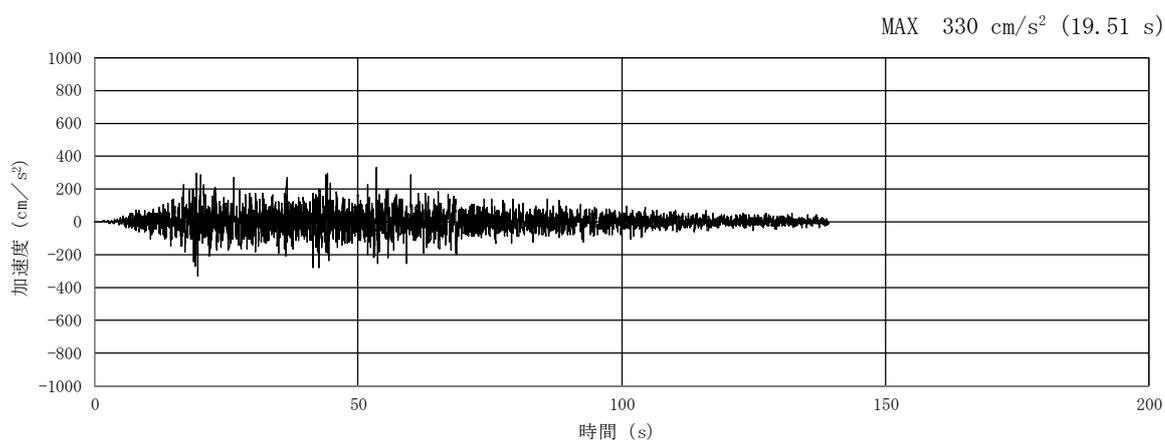
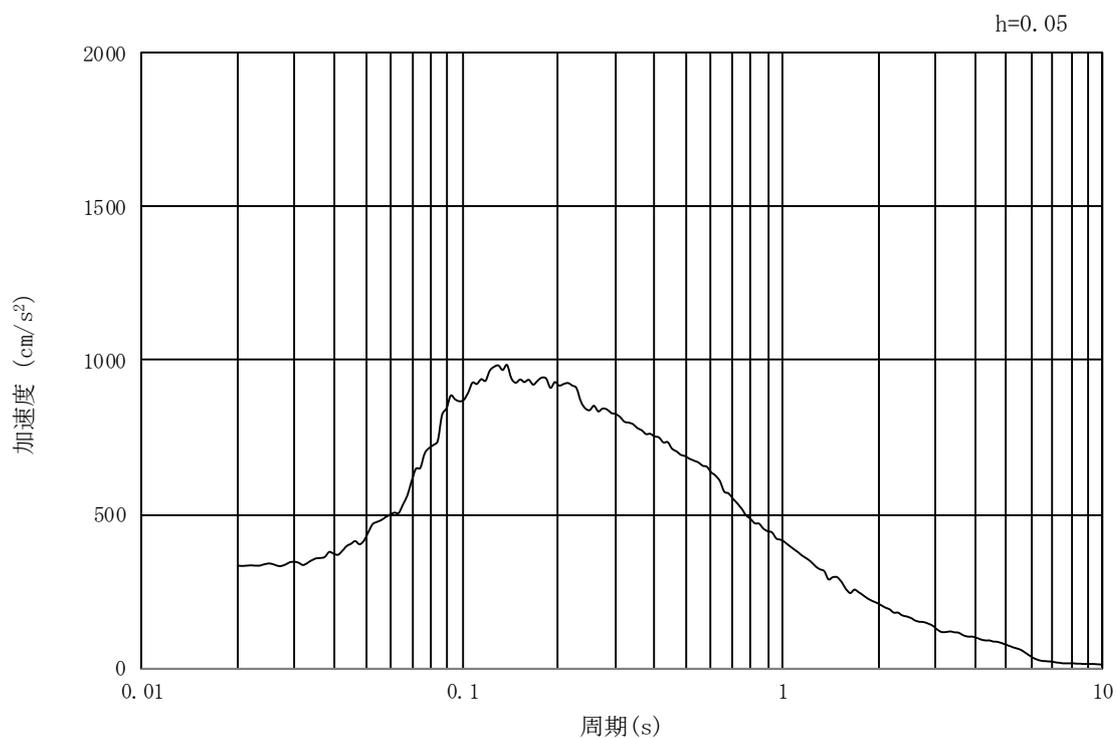


図 3.5-14 入力地震動算定の概念図

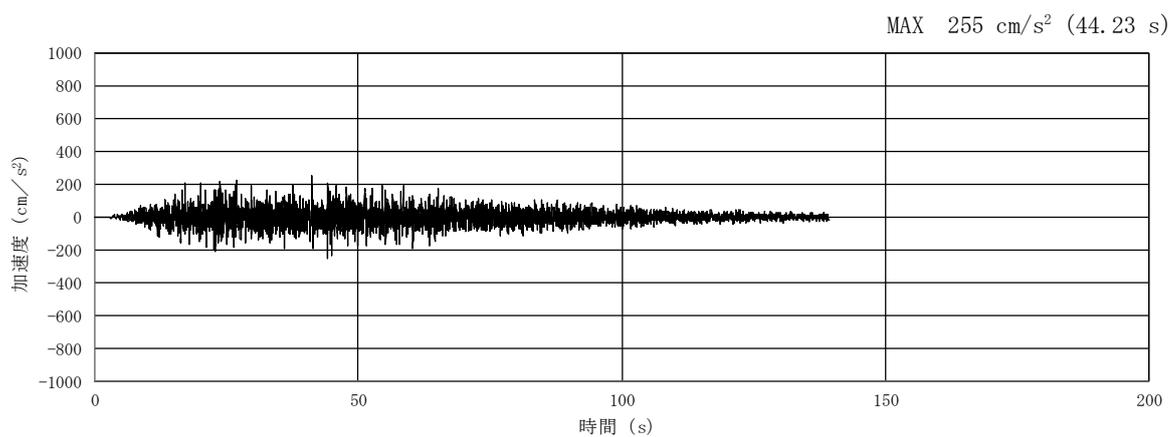


(a) 加速度時刻歴波形

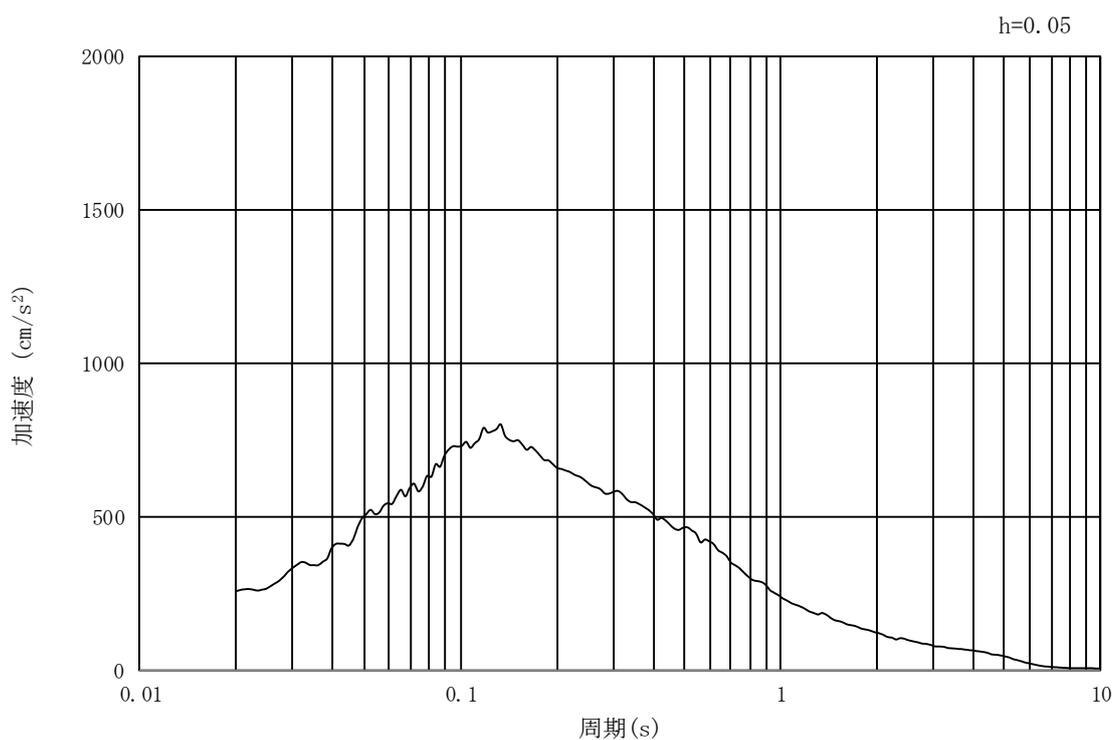


(b) 加速度応答スペクトル

図 3.5-15 (1) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(汀線・汀線直交方向断面, 水平成分: S_d-D 1)



(a) 加速度時刻歴波形



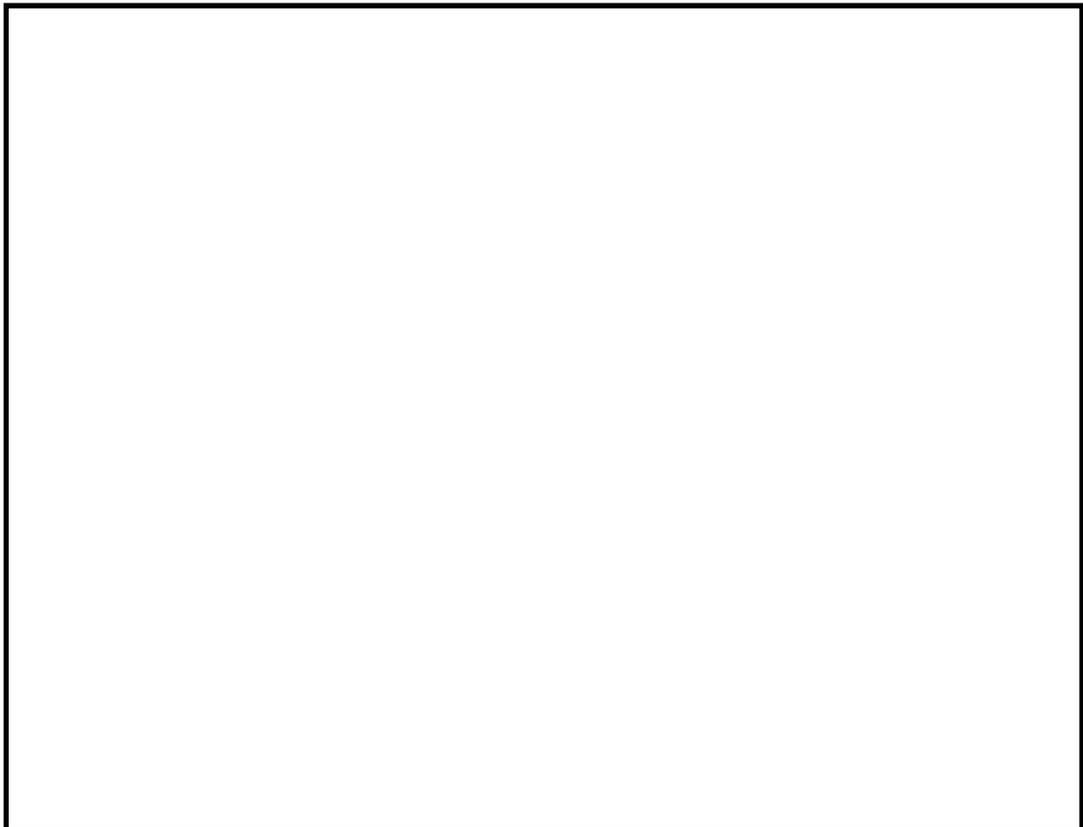
(b) 加速度応答スペクトル

図 3.5-15 (2) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(汀線・汀線直交方向断面, 鉛直成分: S_d-D1)

(2) 3次元静的フレーム解析モデル（部材の評価）

a. 解析モデル

重畳時における鋼製防護壁も津波時と同様に上部構造と下部構造を一体とした3次元フレームモデルで強度評価を行う。重畳時の鋼製防護壁の3次元静的フレーム解析モデル概念図を図 3.5-16 に示す。3次元静的フレーム解析には解析コード「Engineer's Studio Ver. 6.00.04」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、V-5-39「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。



注記 *1：基礎底面の鉛直方向地盤バネ
基礎前面の面直方向地盤バネ
*2：基礎底面の水平方向地盤バネ
基礎側面の水平方向地盤バネ
基礎前背面の水平及び鉛直方向地盤バネ
基礎側面の鉛直方向地盤バネ

図 3.5-16 鋼製防護壁の重畳時の3次元静的フレーム解析モデル概念図

b. 構造物のモデル化

「3.5.1 津波時」と同様に設定する。

c. 地盤のモデル化

3次元静的フレーム解析モデルにおいて、地盤は津波時と同様に剛性と減衰の非線形

特性を考慮してモデル化する。

重畳時の地盤バネは、表 3.5-6 に示すケースにおいて S_d 波による 1 次元有効応力解析を実施し、地表面最大加速度発生時刻、地表面最大変位発生時刻及び最大せん断ひずみ発生時刻における物性により設定し、表 3.5-7 に示す 3 ケースを考慮する。

表 3.5-6 3次元静的フレーム解析における 1次元有効応力解析検討ケース

検討ケース		①	②	③	④	⑤	⑥
		原地盤に基づく液化強度特性を用いた解析ケース(基本ケース)	地盤物性のばらつきを考慮(+1 σ)した解析ケース	地盤物性のばらつきを考慮(-1 σ)した解析ケース	地盤を強制的に液化させることを仮定した解析ケース	原地盤において非液化の条件を仮定した解析ケース	地盤物性のばらつきを考慮(+1 σ)して非液化の条件を仮定した解析ケース
液化強度特性の設定		原地盤に基づく液化強度特性(標準偏差を考慮)	原地盤に基づく液化強度特性(標準偏差を考慮)	原地盤に基づく液化強度特性(標準偏差を考慮)	敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく液化強度特性	液化化パラメータを非適用	液化化パラメータを非適用
地震波	S_d-D1	1	1	1	1	1	1
計		1	1	1	1	1	1

*上記のケースより、地表面加速度最大ケース、地表面変位最大ケース及びせん断ひずみ最大を選定して照査する。

表 3.5-7 3次元静的フレーム解析モデルにおける地盤バネ要素の設定(重畳時)

ケース名	地盤バネのバネ定数	地盤バネの反力上限値	備考
地盤バネ3 (重畳時)	S_d 波による1次元有効応力解析から地表面加速度最大時刻における地盤物性により設定*		地盤抵抗が大きいケース
地盤バネ4 (重畳時)	S_d 波による1次元有効応力解析から地表面変位最大時刻における地盤物性により設定*		地盤抵抗が小さいケース
地盤バネ5 (重畳時)	S_d 波による1次元有効応力解析からせん断ひずみ最大時刻における地盤物性により設定*		

*1次元有効応力解析については、「3.5.2(1) 1次元有効応力解析」に示す。

(a) 地盤バネのバネ定数

ア. 基礎底面の鉛直方向地盤バネ

基礎底面の鉛直方向地盤バネは、平均有効主応力 σ'_m 及びせん断ひずみ γ の深度分布を用いて以下の式で求められる割線せん断剛性 G_s により設定する。ただし、鉛直方向の載荷面積 A_v は、基礎本体の底面積 A とする。

$$k_v = k_{v0} \left(\frac{B_v}{0.3} \right)^{-3/4}$$

$$K_v = A_v \times k_v$$

ここで、

k_v : 鉛直方向地盤反力係数 (kN/m³)

k_{v0} : 直径 0.3m の剛体円板による平板載荷試験の値に相当する鉛直方向地盤バネ (kN/m³) で、各種土質試験又は調査により求めた変形係数から推定する場合は、 $k_{v0} = \frac{1}{0.3} \alpha E_s$ により求める。

B_v : 基礎の換算載荷幅 (m) で、 $B_v = \sqrt{A_v}$ により求める

α : 地盤反力係数の換算係数 ($\alpha = 1$ とする。)

A_v : 鉛直方向の載荷面積 (m²)

K_v : 鉛直方向地盤バネ定数 (kN/m)

$$E_s = 2(1 + \nu_d)G_s$$

$$G_s = \frac{\tau_s}{\gamma}$$

$$\tau_s = \frac{\gamma}{\frac{1}{G_{ma} \times \left(\frac{\sigma'_{ma}}{\sigma_{ma}} \right)^{0.5} + \left| \frac{\gamma}{c \times \cos \phi_{CD} + \sigma'_m \times \sin \phi_{CD}} \right|}}$$

γ : せん断ひずみ,

σ'_m : 平均有効主応力 (kN/m²) ,

E_s : 変形係数 (kN/m²)

ν_d : 動ポアソン比,

G_s : 骨格曲線上の割線剛性 (kN/m²) ,

τ_s : 骨格曲線上のせん断応力 (kN/m²)

G_{ma} : 基準平均主応力

σ'_{ma} における微小せん断ひずみでの初期せん断剛性 (kN/m²)

σ'_{ma} : 基準平均有効主応力 (kN/m²)

c : 粘着力 (kN/m²)

ϕ_{CD} : 内部摩擦角 (°)

- イ. 基礎底面の水平方向地盤バネ定数
「3.5.1 津波時」と同様に設定する。
- ウ. 基礎前面の水平方向地盤バネ定数
「3.5.1 津波時」と同様に設定する。
- エ. 基礎側面の水平方向地盤バネ定数
「3.5.1 津波時」と同様に設定する。
- オ. 基礎前背面の水平及び鉛直方向地盤バネ定数
「3.5.1 津波時」と同様に設定する。
- カ. 基礎側面の鉛直方向地盤バネ定数
「3.5.1 津波時」と同様に設定する。

(b) 地盤バネの反力度上限値

ア. 基礎前面及び側面の水平地盤バネの反力上限値

基礎前面及び側面の水平地盤バネの反力上限値は、次式により求める。

$$P_{Hu} = \alpha_p \sigma_f$$

$$P_{Hu} = p_{Hu} \cdot B_e \cdot L$$

ここで、

p_{Hu} : 基礎前面及び側面の水平地盤バネの反力度の上限値 (kN/m²)

α_p : 水平地盤バネの反力上限値の割増係数で、 $\alpha_p = 1.0 + 0.5 \left(\frac{z}{B_e} \right) \leq 3.0$ により求める。ただし、N値2以下の軟弱な粘性土では、 $\alpha_p = 1.0$ とする。

z : 設計上の地盤面からの深さ (m)

B_e : 基礎の有効前面幅 (m)

L : 負担長 (m)

$$\sigma_f = c \times \cos\phi_{CD} + \sigma'_m \times (1 + \sin\phi_{CD})$$

σ_f : 基礎前面及び側面の水平方向のバネの反力度上限値

1次元有効応力解析で得られる地表面最大加速度発生時刻（地盤バネ3）、地表面最大変位発生時刻（地盤バネ4）及び最大せん断ひずみ発生時刻（地盤バネ5） t_{max} における平均有効主応力 σ'_m の深度分布を用いて上記の式により設定する。(kN/m²)

P_{Hu} : 基礎前面及び側面の水平方向のバネの反力上限値(kN)

イ. 基礎前面及び側面の水平並びに鉛直方向地盤バネの反力上限値

基礎前面及び側面の水平並びに鉛直方向地盤バネの反力上限値は、次式により求める。

$$\tau_f = c \times \cos\phi_{CD} + \sigma'_m \times \sin\phi_{CD}$$

$$T_f = \tau_f \cdot B_e \cdot L$$

τ_f : 基礎前面及び側面の水平並びに鉛直方向地盤バネの反力度上限値

1次元有効応力解析で得られる地表面最大加速度発生時刻（地盤バネ3）、地表面最大変位発生時刻（地盤バネ4）及び最大せん断ひずみ発生時刻（地盤バネ5） t_{max} における平均有効主応力 σ'_m の深度分布を用いて上記の式により設定する。（kN/m²）

T_f : 基礎前面及び側面の水平並びに鉛直方向地盤バネの反力上限値(kN)

(3) 基礎地盤の支持力

重畳時の基礎地盤の支持性能に係る評価は、 S_d-D1 を入力地震動とした2次元有効応力解析で発生する基礎地盤の接地圧に、津波波圧及び動水圧を作用させた2次元FEM静的解析により得られる接地圧を加えた値が許容限界以下であることを確認する。

入力地震動 S_d-D1 により発生する基礎地盤の接地圧は、「3.5.2(1)1次元有効応力解析」で実施した解析ケースのうち地表面加速度最大ケース、地表面変位最大ケース及びせん断ひずみ最大ケースの3つの解析ケースに対して、2次元有効応力解析を実施し求める。2次元有効応力解析に使用する解析モデルは、「6.1.1.1 鋼製防護壁の耐震計算書に関する補足説明」に記載する2次元有効応力解析モデルと同じモデルを使用し、入力地震動以外の解析条件は同じとする。

津波波圧及び動水圧による接地圧も、同じ3つのケースに対応する地盤剛性を用い2次元FEM静的解析を実施し求める。2次元FEM静的解析に使用する解析モデルは、「6.1.1.1 鋼製防護壁の耐震計算書に関する補足説明」に記載する2次元有効応力解析における初期応力解析モデルに基づく図3.5-17に示す2次元FEM静的解析モデルを使用し、津波波圧及び動水圧を作用させること及び側方境界条件を水平ローラーとすること以外の解析条件は同じとする。

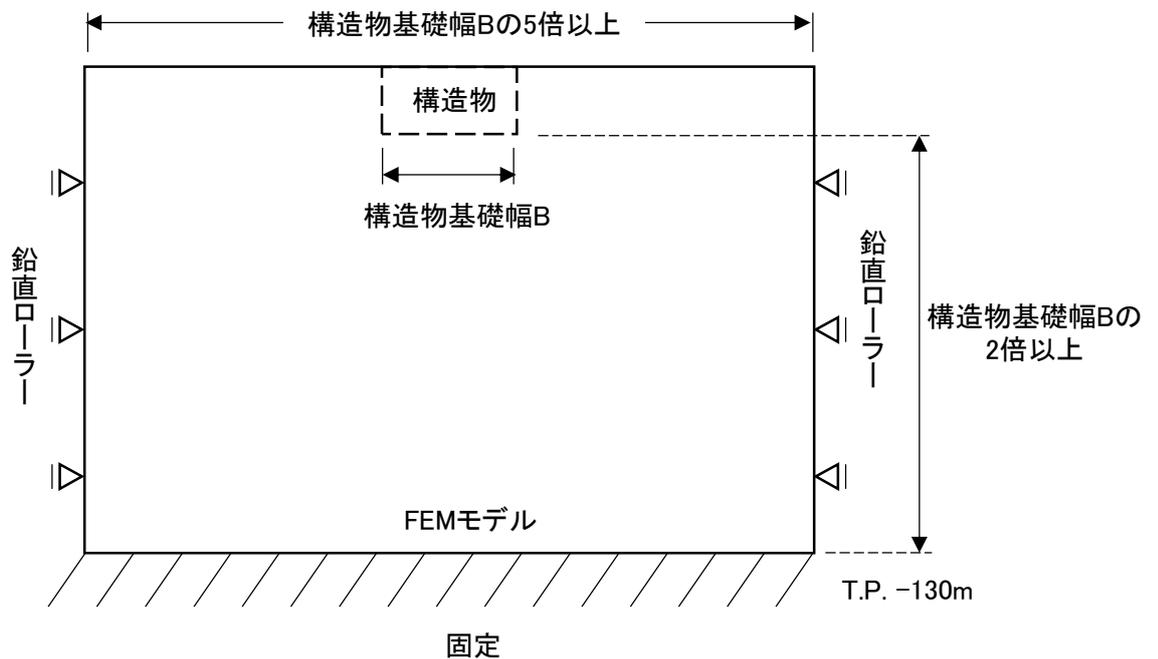
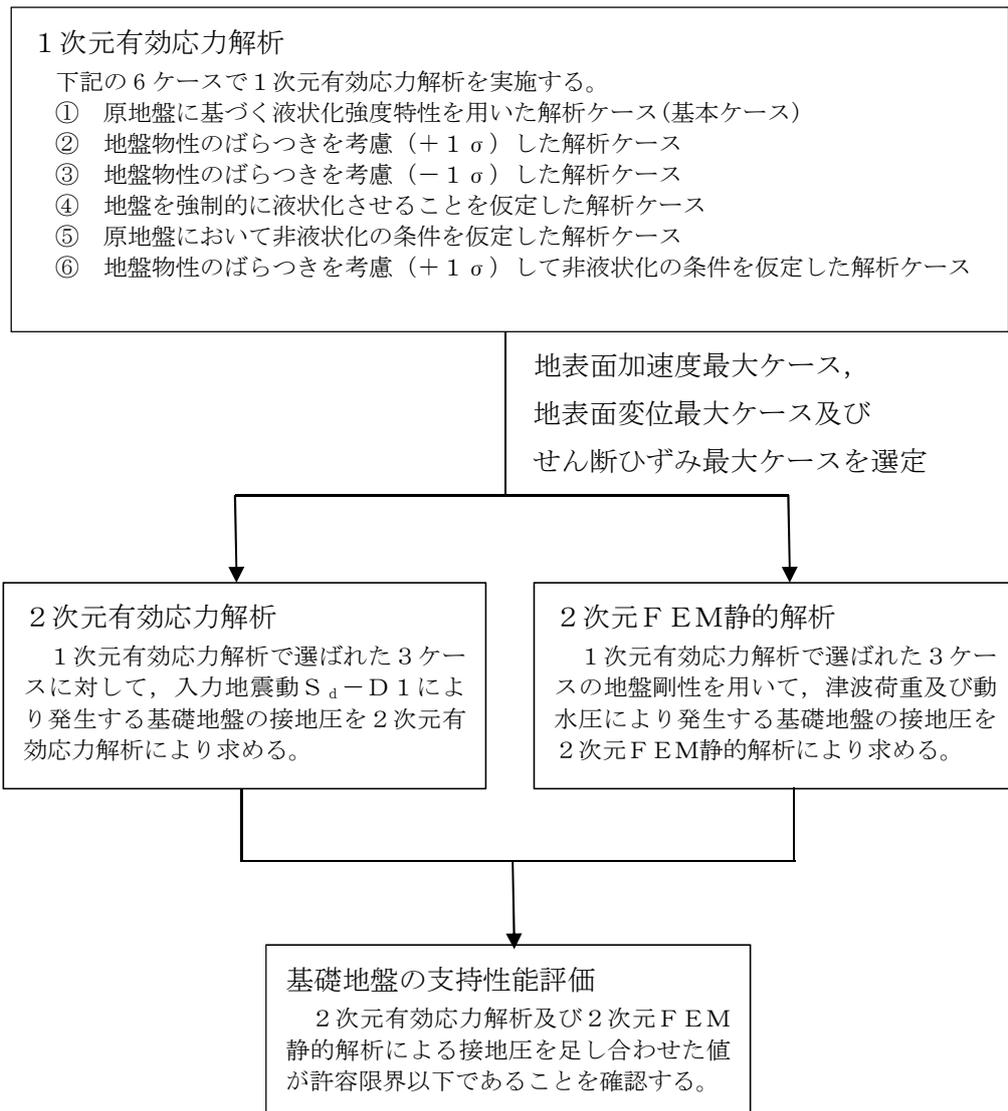


図 3.5-17 2次元FEM静的解析モデル

同じ地盤剛性同士の解析ケースの結果で、余震荷重による接地圧、津波荷重及び動水圧による接地圧を足し合わせた値により、基礎地盤の支持性能を評価する。図3.5-18に基礎地盤の支持性能評価フローを示す。



*上記の2次元有効応力解析及び2次元FEM静的解析は、同じ地盤剛性同士の解析ケースで実施する。

図 3.5-18 基礎地盤の支持性能評価フロー

(4) 評価方法

鋼製防護壁の強度評価は、解析結果より得られる照査用応答値が「3.4 許容限界」で設定した許容限界以下であることを確認する。また、接合部について厳しい条件となると考えられる津波荷重に対して逆方向から余震が作用する場合についても評価を行う。

- a. 鋼製防護壁
 - (a) 鋼製防護壁

地中連続壁基礎と一体となった3次元静的フレーム解析モデルに津波荷重や余震荷重を考慮して評価する。鋼製防護壁の評価は「3.5.1 津波時」と同じ方法により、許容限界以下であることを確認する。

(b) 補鋼材

補鋼材の重畳時の評価は「3.5.1 津波時」と同じ方法により、許容限界以下であることを確認する。

(c) 添接板継手部

添接板継手部の重畳時の評価は「3.5.1 津波時」と同じ方法により、許容限界以下であることを確認する。

(d) 中詰めコンクリートと鋼殻との接合部

中詰めコンクリートと鋼殻との接合部の重畳時の評価は「3.5.1 津波時」と同じ方法により、許容限界以下であることを確認する。

b. 鋼製防護壁アンカー

地盤バネを設定した3次元静的フレーム解析モデルに津波荷重や余震荷重等を考慮して評価する。鋼製防護壁アンカーの評価は「3.5.1 津波時」と同じ方法により、許容限界以下であることを確認する。

c. 地中連続壁基礎

(a) 地中連続壁基礎

地盤バネを設定した3次元静的フレーム解析モデルに津波荷重や余震荷重を考慮して評価する。地中連続壁基礎の評価は「3.5.1 津波時」と同じ方法により、許容限界以下であることを確認する。

(b) 地中連続壁基礎と中実鉄筋コンクリートの一体化

地中連続壁基礎と中実鉄筋コンクリートの一体化の重畳時の評価は「3.5.1 津波時」と同じ方法により安全照査を実施する。

d. 基礎地盤の支持力

重畳時の基礎地盤の支持性能に係る評価は、 S_d-D1 を入力地震動とした2次元有効応力解析で発生する基礎地盤の接地圧に、津波波圧及び動水圧を作用させた2次元静的FEM解析により得られる接地圧を加えた値が許容限界以下であることを確認する。

3.5.3 地下水位

地下水位は地表面として設定する。

4. 評価結果

4.1 地中連続壁基礎（下部構造）

4.1.1 地中連続壁基礎の解析結果（津波時）

地中連続壁基礎の基準地震動 S_s による断面力（曲げモーメント，軸力，せん断力）を図 4.1-1～図 4.1-2 に示す。これらの図は，構造部材の曲げモーメントと軸力，及びせん断力において最も厳しい照査値となる時刻の断面力分布を示したものである。

追而

図 4.1-1 (1) 津波時(基準津波) 地盤ハネ 1 の連続地中壁基礎の断面力図

追而

図 4.1-1 (2) 津波時(基準津波) 地盤ハネ 2 の連続地中壁基礎の断面力図

追而

図 4.1-2 (1) 津波時(T.P. +24 m 津波) 地盤ハネ 1 の連続地中壁基礎の断面力図

追而

図 4.1-2 (2) 津波時(基準津波) 地盤ハネ 2 の連続地中壁基礎の断面力図

4.1.2 地中連続壁基礎の解析結果（重畳時）

重畳時の照査用断面力（曲げモーメント，軸力，せん断力）を図4.1-3（基準津波）～図4.1-4（T.P. +24 m津波）に示す。

追而

図4.1-3 (1) 重畳時(基準津波) 地盤バネ3の連続地中壁基礎の断面力図

追而

図4.1-3 (2) 重畳時(基準津波) 地盤バネ4の連続地中壁基礎の断面力図

追而

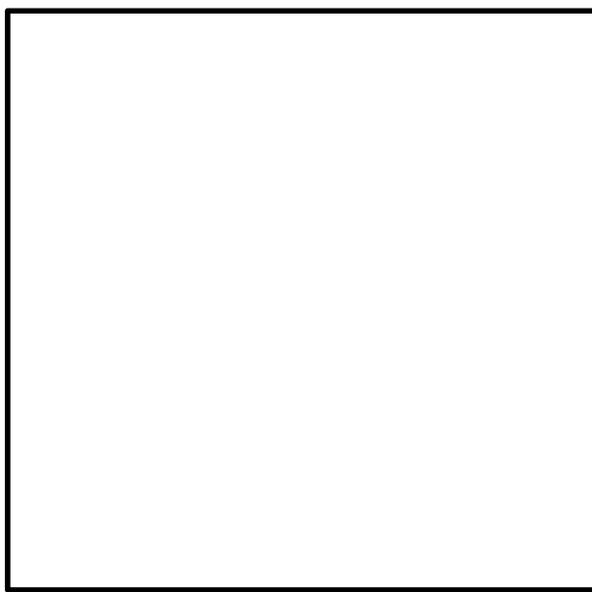
図4.1-4 (1) 重畳時(T.P. +24 m津波) 地盤バネ3の連続地中壁基礎の断面力図

速報

図4.1-4 (2) 重畳時(基準津波) 地盤バネ4の連続地中壁基礎の断面力図

4.1.3 地中連続壁基礎の強度評価結果

配筋要領図を 図 4.1-5 に、断面計算に用いた断面諸元の一覧を表 4.1-1 に示す。



速 報

図 4.1-5 (1) 配筋要領図 (南側基礎)

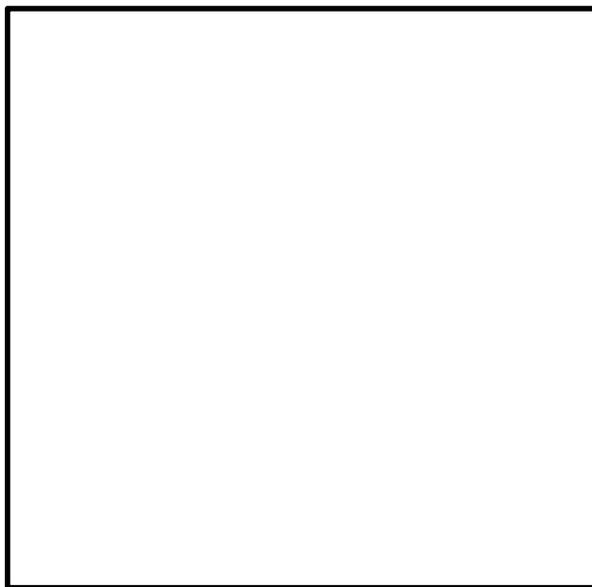


図 4.1-5 (2) 配筋要領図 (北側基礎)

速報

表 4.1-1 (1) 断面諸元一覧表 (南側基礎)

--

速報

表 4.1-1 (2) 断面諸元一覧表 (北側基礎)

--

(1) 構造部材の曲げ軸力に対する評価結果

地中連続壁基礎の曲げ軸力照査結果を表 4.1-2 に示す。同表に示す照査結果は、北基礎、南基礎それぞれで得られた最大応力度に対するものである。

地中連続壁基礎における許容応力度法による照査を行った結果、コンクリートの圧縮応力度と鉄筋の引張応力度が許容限界以下であることを確認した。

以上のことから、地中連続壁基礎の構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認した。

速報

表 4.1-2 津波時の曲げ軸力照査結果

曲げに対する照査応力度		津波時											
		基準津波時						T.P.+24m津波時					
		地盤ハネ1			地盤ハネ2			地盤ハネ1			地盤ハネ2		
地中連続壁基礎	北側基礎	設計応力度	許容応力度に対する発生率	設計応力度	許容応力度に対する発生率	設計応力度	許容応力度に対する発生率	設計応力度	許容応力度に対する発生率	設計応力度	許容応力度に対する発生率	設計応力度	許容応力度に対する発生率
		発生標高	0.17	4.1	0.20	3.5	-12.45 m	4.7	0.19	5.8	0.21	6.7	0.24
コンクリート曲げ圧縮応力度 (N/mm ²)	北側基礎	設計応力度	許容応力度に対する発生率	設計応力度	許容応力度に対する発生率	設計応力度	許容応力度に対する発生率	設計応力度	許容応力度に対する発生率	設計応力度	許容応力度に対する発生率	設計応力度	許容応力度に対する発生率
		発生標高	0.16	4.7	0.22	3.3	-14.00 m	5.4	0.19	5.4	0.19	7.5	0.27
鉄筋圧縮応力度 (N/mm ²)	北側基礎	設計応力度	許容応力度に対する発生率	設計応力度	許容応力度に対する発生率	設計応力度	許容応力度に対する発生率	設計応力度	許容応力度に対する発生率	設計応力度	許容応力度に対する発生率	設計応力度	許容応力度に対する発生率
		発生標高	0.12	59	0.14	51	-14.00 m	84	0.17	84	0.17	97	0.20
鉄筋引張応力度 (N/mm ²)	南側基礎	設計応力度	許容応力度に対する発生率	設計応力度	許容応力度に対する発生率	設計応力度	許容応力度に対する発生率	設計応力度	許容応力度に対する発生率	設計応力度	許容応力度に対する発生率	設計応力度	許容応力度に対する発生率
		発生標高	0.11	68	0.16	48	-12.45 m	79	0.16	79	0.16	109	0.23
鉄筋引張応力度 (N/mm ²)	北側基礎	設計応力度	許容応力度に対する発生率	設計応力度	許容応力度に対する発生率	設計応力度	許容応力度に対する発生率	設計応力度	許容応力度に対する発生率	設計応力度	許容応力度に対する発生率	設計応力度	許容応力度に対する発生率
		発生標高	0.17	81	0.19	74	-14.00 m	142	0.30	142	0.30	158	0.33
鉄筋引張応力度 (N/mm ²)	南側基礎	設計応力度	許容応力度に対する発生率	設計応力度	許容応力度に対する発生率	設計応力度	許容応力度に対する発生率	設計応力度	許容応力度に対する発生率	設計応力度	許容応力度に対する発生率	設計応力度	許容応力度に対する発生率
		発生標高	0.18	82	0.19	78	-9.65 m	151	0.31	151	0.31	156	0.33

速報

表 4.1-2 重畳時の曲げ軸力照査結果

曲げに対する照査応力度		重畳時											
		基準津波時						T.P.+24m津波時					
		地盤ハネ3			地盤ハネ4			地盤ハネ3			地盤ハネ4		
地中連続壁基礎	北側基礎	設計応力度	許容応力度に対する発生率	設計応力度	許容応力度に対する発生率	設計応力度	許容応力度に対する発生率	設計応力度	許容応力度に対する発生率	設計応力度	許容応力度に対する発生率	設計応力度	許容応力度に対する発生率
		発生標高	0.44	11.6	0.55	9.2	-0.4	0.70	13.9	0.50	13.9	0.56	
コンクリート曲げ圧縮応力度 (N/mm ²)	北側基礎	設計応力度	許容応力度に対する発生率	設計応力度	許容応力度に対する発生率	設計応力度	許容応力度に対する発生率	設計応力度	許容応力度に対する発生率	設計応力度	許容応力度に対する発生率	設計応力度	許容応力度に対する発生率
		発生標高	0.70	15.6	0.74	14.8	-1.0	0.46	19.8	0.71	19.8	0.78	
鉄筋圧縮応力度 (N/mm ²)	北側基礎	設計応力度	許容応力度に対する発生率	設計応力度	許容応力度に対する発生率	設計応力度	許容応力度に対する発生率	設計応力度	許容応力度に対する発生率	設計応力度	許容応力度に対する発生率	設計応力度	許容応力度に対する発生率
		発生標高	0.31	168	0.39	133	-0.4	0.31	201	0.42	201	0.48	
鉄筋引張応力度 (N/mm ²)	南側基礎	設計応力度	許容応力度に対する発生率	設計応力度	許容応力度に対する発生率	設計応力度	許容応力度に対する発生率	設計応力度	許容応力度に対する発生率	設計応力度	許容応力度に対する発生率	設計応力度	許容応力度に対する発生率
		発生標高	0.49	227	0.52	214	-1.0	0.46	287	0.60	287	0.66	
鉄筋引張応力度 (N/mm ²)	北側基礎	設計応力度	許容応力度に対する発生率	設計応力度	許容応力度に対する発生率	設計応力度	許容応力度に対する発生率	設計応力度	許容応力度に対する発生率	設計応力度	許容応力度に対する発生率	設計応力度	許容応力度に対する発生率
		発生標高	0.46	237	0.55	201	-0.4	0.46	357	0.75	357	0.73	
鉄筋引張応力度 (N/mm ²)	南側基礎	設計応力度	許容応力度に対する発生率	設計応力度	許容応力度に対する発生率	設計応力度	許容応力度に対する発生率	設計応力度	許容応力度に対する発生率	設計応力度	許容応力度に対する発生率	設計応力度	許容応力度に対する発生率
		発生標高	0.66	307	0.71	288	-0.4	0.66	426	0.89	426	0.95	

(2) 構造部材のせん断力に対する評価結果

せん断力に対する照査結果を表 4.1-3 に示す。

地中連続壁基礎における許容応力度法による照査を行った結果、評価位置においてせん断応力度が許容せん断応力度以下であることを確認した。

以上のことから、地中連続壁基礎の構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認した。

表 4.1-3 津波時のせん断力照査結果

荷重条件	津波の種類	地盤<バネ>の種類	照査方向	基礎	せん断応力度の照査							せん断補強筋量の計算								
					V (kN)	b w (mm)	j 1/1.15	d' (mm)	τ (N/mm ²)	τ a l (N/mm ²)	使用鉄筋	鉄筋面積 (mm ²)	本数	A w (mm ²)	o s a (N/mm ²)	s (mm)	V c a (kN)	V s a (kN)	V a (kN)	照査値 V/V a
津波時	基準津波	地盤<バネ>1	汀線方向	北基礎	5128	15510.0	0.870	13121	0.029	0.825	38	1140	22	25080	323.4	300	94179	288681	392860	0.50
				南基礎	5216	15502.0	0.870	12705	0.030	0.825	38	1140	22	25080	294	300	72952	209769	282722	0.48
				北基礎	9061.4	15510.0	0.870	13121	0.512	0.825	38	1140	22	25080	294	300	70635	271528	342163	0.63
		地盤<バネ>2	汀線直交方向	南基礎	10437.7	15502.0	0.870	12705	0.609	0.825	41	1340	14	18760	294	300	72952	209769	282722	0.88
				北基礎	2705	15518.0	0.870	13121	0.015	0.825	38	1140	22	25080	294	300	70635	271528	342163	0.65
				南基礎	3339	15500.0	0.870	12705	0.019	0.825	38	1140	22	25080	294	300	70635	271528	342163	0.65
	T.P.+24.0m津波	地盤<バネ>1	汀線方向	北基礎	92958	15510.0	0.870	13121	0.525	0.825	41	1340	14	18760	294	300	72952	209769	282722	0.48
				南基礎	118033	15500.0	0.870	12705	0.689	0.825	38	1140	22	25080	323.4	300	94179	288681	392860	0.50
				北基礎	4222	15518.0	0.870	13121	0.024	1.100	38	1140	22	25080	294	300	72952	209769	282722	0.48
		地盤<バネ>2	汀線直交方向	南基礎	4192	15522.0	0.870	12705	0.024	1.100	38	1140	22	25080	294	300	72952	209769	282722	0.48
				北基礎	145445	15510.0	0.870	13121	0.822	1.100	38	1140	22	25080	294	300	72952	209769	282722	0.48
				南基礎	167697	15502.0	0.870	12705	0.979	1.100	38	1140	22	25080	294	300	72952	209769	282722	0.48
重畳時	基準津波	地盤<バネ>3	汀線方向	北基礎	2986	15500.0	0.870	13121	0.017	1.100	38	1140	22	25080	294	300	72952	209769	282722	0.48
				南基礎	3783	15500.0	0.870	12705	0.022	1.100	38	1140	22	25080	294	300	72952	209769	282722	0.48
				北基礎	148420	15510.0	0.870	13121	0.839	1.100	38	1140	22	25080	294	300	72952	209769	282722	0.48
	T.P.+24.0m津波	汀線直交方向	南基礎	196632	15500.0	0.870	12705	1.148	1.100	38	1140	22	25080	323.4	300	94179	288681	392860	0.50	
			北基礎	134886	15500.0	0.870	13121	0.763	0.825	41	1340	14	18760	294	300	72952	209769	282722	0.48	
			南基礎	154948	15541.0	0.870	12705	0.902	0.825	38	1140	22	25080	294	300	70821	271528	342350	0.45	
重畳時	基準津波	地盤<バネ>4	汀線方向	北基礎	144359	15500.0	0.870	13121	0.816	0.825	38	1140	22	25080	294	300	70635	271528	342163	0.62
				南基礎	212399	15500.0	0.870	12705	1.240	0.825	41	1340	14	18760	294	300	72952	209769	282722	0.74
				北基礎	207893	15500.0	0.870	13121	1.176	0.825	38	1140	22	25080	294	300	70635	271528	342163	0.63
	T.P.+24.0m津波	汀線直交方向	南基礎	214030	15500.0	0.870	12705	1.250	0.825	38	1140	22	25080	294	300	70635	271528	342163	0.63	
			北基礎	247911	15500.0	0.870	13121	1.402	0.825	41	1340	14	18760	294	300	72952	209769	282722	0.88	
			南基礎	220848	15500.0	0.870	12705	1.290	0.825	38	1140	22	25080	294	300	70635	271528	342163	0.65	
重畳時	基準津波	地盤<バネ>3	汀線方向	北基礎	135086	15500.0	0.870	13121	0.764	1.100	38	1140	22	25080	294	300	70635	271528	342163	0.65
				南基礎	155297	15541.0	0.870	12705	0.905	1.100	38	1140	22	25080	294	300	70821	271528	342350	0.45
				北基礎	234023	15500.0	0.870	13121	1.323	1.100	41	1340	14	18760	323.4	300	97270	230746	328016	0.71
	T.P.+24.0m津波	汀線直交方向	南基礎	322764	15500.0	0.870	12705	1.885	1.100	38	1140	22	25080	323.4	300	94179	288681	392860	0.82	
			北基礎	209757	15500.0	0.870	13121	1.186	1.100	41	1340	14	18760	323.4	300	97270	230746	328016	0.64	
			南基礎	213859	15500.0	0.870	12705	1.247	1.100	38	1140	22	25080	323.4	300	94179	288681	392860	0.54	
T.P.+24.0m津波	汀線直交方向	北基礎	273356	15500.0	0.870	13121	1.546	1.100	41	1340	14	18760	323.4	300	97270	230746	328016	0.83		
		南基礎	343540	15500.0	0.870	12705	2.006	1.100	38	1140	22	25080	323.4	300	94179	288681	392860	0.87		

(3) 基礎地盤の支持性能に対する評価結果

基礎地盤の最大接地圧分布図を図 4.1-6 に、最大接地圧を表 4.1-4 に示す。また、支持性能評価結果を表 4.1-5 に示す。

鋼製防護壁の最大接地圧は〇〇時（〇〇方向）で〇〇 kN/m²であり、基礎地盤の極限支持力度〇〇 kN/m²以下である。

以上のことから、鋼製防護壁の基礎地盤は、津波時及び重畳時に対し、支持性能を有する。

「追而」

図 4.1-6 最大接地圧分布図

表 4.1-4 (1) 最大接地圧（汀線方向）

	最大接地圧 (kN/m ²)
津波時	
重畳時	

「追而」

表 4.1-4 (2) 最大接地圧（汀線直交方向）

	最大接地圧 (kN/m ²)
津波時	
重畳時	

表 4.1-5 (1) 津波時における基礎地盤の支持性能評価結果（汀線方向）

表 4.1-5 (2) 津波時における基礎地盤の支持性能評価結果（汀線直交方向）

表 4.1-5 (3) 重畳時における基礎地盤の支持性能評価結果（汀線方向）

表 4.1-5 (4) 重畳時における基礎地盤の支持性能評価結果（汀線直交方向）

4.2 鋼製防護壁（上部構造）

4.2.1 上部構造の解析結果

鋼製防護壁上部構造の津波時及び重畳時の照査用断面力（曲げモーメント（M）、軸力（N）、せん断力（S））を図 4.2-1～図 4.2-2 に示す。

「追面」

図 4.2-1 津波時の断面力

「追面」

図 4.2-2 重畳時の断面力

4.2.2 上部構造の耐震評価結果

(1) 部材断面諸元

板厚構成図を **図 4.2-3** に、断面計算に用いた断面諸元の一覧を **表 4.2-1** に示す。

「追而」

図 4.2-3 板厚構成図

表 4.2-1 断面諸元一覧表

部材名称	板厚 (mm)	材質	備考

「追而」

(2) 部材照査

解析によって求められた断面力に対して、部材照査を行う。

主桁及び横桁部材について、各荷重組合せ時の垂直応力度、合成応力度を算出し、許容値以下であることを確認する。

4.3 鋼製防護壁（接合部）

4.3.1 接合部の解析結果

接合部の評価に用いる断面力は、鋼製防護壁の地震応答解析結果から抽出する。接合部の評価に用いる断面力を表 4.2-2 に示す。断面力の概念図を図 4.2-4 に示す。

表 4.2-2 接合部の耐震評価に用いる断面力

「追而」

	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)	M_z (kN・m)	N (kN)	S_x (kN)	S_y (kN)
津波時						
重畳時						

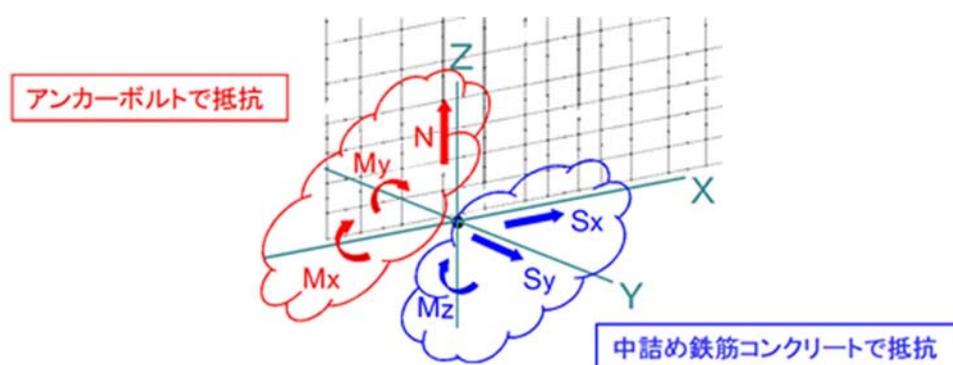


図 4.2-4 断面力の概念図

4.3.2 接合部の評価結果

(1) アンカーボルトの部材照査

アンカーボルトの部材照査結果を表 4.2-3 に示す。

「追而」

表 4.2-3 アンカーボルトの部材照査

	アンカーボルト						コンクリートの		
	引張応力 (N/mm ²)			圧縮応力 (N/mm ²)			圧縮応力 (N/mm ²)		
	発生応力	許容応力	照査値	発生応力	許容応力	照査値	発生応力	許容応力	照査値
津波時									
重畳時									

(2) アンカーボルトの定着長

アンカーボルトの定着長を表 4.2-4 に示す。

「追而」

表 4.2-4 アンカーボルトの定着長照査

定着長 (cm)	必要定着長 (cm)	照査値

(3) アンカーボルトのコーンせん断照査

アンカーボルトのコーンせん断に対する許容応力度と鉄筋の照査に関する表を表 4.2-5 に示す。

「追而」

表 4.2-5 アンカーボルトのコーンせん断照査

定着部のコーンせん断 に対する許容応力度 (N/mm ²)	コンクリート強度で決 まるコーンせん断強度 (kN)	鉄筋補強によるコーン せん断強度の増加 (kN)	必要鉄筋量 (mm ²)

4.4 まとめ

鋼製防護壁について，津波時及び重畳時に対し，構造物の曲げ軸力及びせん断力並びに最大接地圧が許容限界以下であることを確認した。

以上のことから，鋼製防護壁は，津波時及び重畳時に対して，要求機能を維持できる。