

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 93
提出年月日	平成 30 年 8 月 17 日

東海第二発電所

工事計画に係る説明資料

(V-1-1-2-2 津波への配慮に関する説明書)

【収録内容】

- 6.5.1.1 防潮扉の耐震計算書に関する補足説明 (土木)
- 6.5.1.2 防潮扉の強度計算書に関する補足説明 (土木)

平成 30 年 8 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 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。
改 47	H30.6.8	<ul style="list-style-type: none"> ・改 24 の「5.14 東海発電所の取放水路の埋戻の施工管理要領について」を改定 ・改 32 の「5.13.2 鋼製防護壁シール材について」を改定 ・改 33 の「5.16 強度計算における津波時及び重畳時の荷重作用状況について」を改定
改 48	H30.6.11	<ul style="list-style-type: none"> ・「4.3 漂流物荷重について」を新規作成し，追加 ・改 36 の「5.19 許容応力度法における許容限界について」を改定
改 49	H30.6.12	<ul style="list-style-type: none"> ・改 45 の「6.9.1 浸水防止蓋，水密ハッチ，水密扉，逆止弁及び貫通部止水処置の設計に関する補足説明」を改定
改 50	H30.6.12	<ul style="list-style-type: none"> ・改 46 の「6.1.3 止水機構に関する補足説明」を改定 ・改 18 の「6.5.1 防潮扉の設計に関する補足説明」及び「放水路ゲートに関する補足説明」を改定
改 51	H30.6.15	<ul style="list-style-type: none"> ・改 42 の「6.4.1.1 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の耐震計算書に関する補足説明」を改定 ・改 48 の「5.19 許容応力度法における許容限界について」を改定
改 52	H30.6.19	<ul style="list-style-type: none"> ・改 49 の「6.9.1 浸水防止蓋，水密ハッチ，水密扉，逆止弁及び貫通部止水処置の設計に関する補足説明」を改定 ・「6.10.1 津波・構内監視カメラの設計に関する補足説明」に名称を変更 ・「6.10.1 津波・構内監視カメラの設計に関する補足説明」，「6.10.3 加振試験の条件について」及び「6.10.4 津波監視設備の設備構成及び電源構成について」を新規作成し，追加
改 53	H30.6.19	<ul style="list-style-type: none"> ・改 50 の「6.1.3 止水機構に関する補足説明」を改定
改 54	H30.6.20	<ul style="list-style-type: none"> ・「5.8 浸水防護に関する施設の機能設計・構造設計に係る許容限界について」を新規作成し，追加
改 55	H30.6.20	<ul style="list-style-type: none"> ・改 38 の「5.10 浸水防護施設の設計における評価対象断面の選定について」を改定（「5.10.5 防潮堤（鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁）」を改定） ・改 44 の「5.10 浸水防護施設の設計における評価対象断面の選定について」を改定（「5.10.7 防潮扉」を改定） ・改 51 の「5.19 許容応力度法における許容限界について」を改定

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

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

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

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 89 H30. 8. 7]
 - 1.6 SA用海水ピットの構造を踏まえた影響の有無の検討[改 13 H30. 3. 6]
2. 津波防護対象設備
 - 2.1 津波防護対象設備の選定及び配置について[改 76 H30. 7. 18]
3. 取水性に関する考慮事項
 - 3.1 砂移動による影響確認について[改 84 H30. 8. 1]
 - 3.2 海水ポンプの波力に対する強度評価について[改 73 H30. 7. 11]
 - 3.3 除塵装置の取水性の影響について[改 80 H30. 7. 25]
4. 漂流物に関する考慮事項
 - 4.1 設計に用いる遡上波の流速について[改 32 H30. 5. 1]
 - 4.2 漂流物による影響確認について[改 86 H30. 8. 2]
 - 4.3 漂流物荷重について[改 81 H30. 7. 27]
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 13 H30. 8. 8]
 - 5.3 強度計算に用いた規格・基準について[改 79 H30. 7. 24]
 - 5.4 津波波力の選定に用いた規格・基準類の適用性について[改 31 H30. 4. 26]
 - 5.5 津波防護施設のアンカーボルトの設計について[改 67 H30. 7. 4]
 - 5.6 浸水量評価について[改 86 H30. 8. 2]
 - 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 87 H30. 8. 3]
 - 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 82 H30. 7. 27]

- 5.11 浸水防護施設の評価における衝突荷重，風荷重及び積雪荷重について[改 67 H30.7.4]
- 5.12 スロッシングによる貯留堰貯水量に対する影響評価について[改 68 H30.7.5]
- 5.13 防潮堤止水ジョイント部材及び鋼製防護壁シール材について
 - 5.13.1 防潮堤止水ジョイント部材について[改 16 H30.3.19]
 - 5.13.2 鋼製防護壁シール材について[改 47 H30.6.8]
- 5.14 東海発電所の取放水路の埋戻の施工管理要領について[改 47 H30.6.8]
- 5.15 地殻変動後の津波襲来時における海水ポンプの取水性への影響について[改 67 H30.7.4]
- 5.16 強度計算における津波時及び重畳時の荷重作用状況について[改 47 H30.6.8]
- 5.17 津波に対する止水性能を有する施設の評価について[改 28 H30.4.19]
- 5.18 津波荷重の算出における高潮の考慮について[改 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]
- 5.20 津波防護施設の耐震評価における追加検討ケースの選定について[改 91 H30.8.13]
- 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 78 H30.7.23]
 - 6.1.3 止水機構に関する補足説明[改 89 H30.8.7]
 - 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[改 80 H30.7.25]
 - 6.3 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）に関する補足説明
 - 6.3.1 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の設計に関する補足説明
 - 6.3.1.1 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の耐震計算書に関する補足説明[改 92 H30.8.16]
 - 6.3.1.2 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の強度計算書に関する補足説明[改 92 H30.8.16]
 - 6.4 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁に関する補足説明
 - 6.4.1 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の設計に関する補足説明
 - 6.4.1.1 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の耐震計算書に関する補足説明[改 88 H30.8.6]
 - 6.4.1.2 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の強度計算書に関する補足説明[改 88 H30.8.6]
 - 6.5 防潮扉に関する補足説明
 - 6.5.1 防潮扉の設計に関する補足説明[改 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 H30.8.17]（土木）
 - 6.5.1.2 防潮扉の強度計算書に関する補足説明[改 69 H30.8.17]（土木）
 - 6.6 放水路ゲートに関する補足説明

[]内は、当該箇所を提出（最新）したときの改訂を示す。

- 6.6.1 放水路ゲートの設計に関する補足説明[改 83 H30.7.31]
 - 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 91 H30.8.13]
 - 6.8.1.2 貯留堰の強度計算書に関する補足説明[改 91 H30.8.13]
 - 6.8.2 貯留堰取付護岸に関する補足説明[改 91 H30.8.10]
 - 6.9 浸水防護設備に関する補足説明
 - 6.9.1 浸水防止蓋, 水密ハッチ, 水密扉, 逆止弁及び貫通部止水処置の設計に関する補足説明[改 85 H30.8.1]
 - 6.9.2 逆止弁を構成する各部材の評価及び機能維持の確認方法について[改 40 H30.5.25]
 - 6.9.3 津波荷重(突き上げ)の強度評価における鉛直方向荷重の考え方について[改 79 H30.7.24]
 - 6.10 津波監視設備に関する補足説明
 - 6.10.1 津波・構内監視カメラの設計に関する補足説明[改 72 H30.7.11]
 - 6.10.2 取水ピット水位計及び潮位計の設計に関する補足説明[改 79 H30.7.24]
 - 6.10.3 加振試験の条件について[改 75 H30.7.17]
 - 6.10.4 津波監視設備の設備構成及び電源構成について[改 89 H30.8.7]
 - 6.11 耐震計算における材料物性値のばらつきの影響に関する補足説明[改 61 H30.6.28]
 - 6.12 止水ジョイント部の相対変位量に関する補足説明[改 38 H30.5.18]
 - 6.13 止水ジョイント部の漂流物対策に関する補足説明[改 31 H30.4.26]
 - 6.14 杭-地盤相互作用バネの設定について[改 61 H30.6.28]
- 7. 工事計画変更許可後の変更手続き
 - 7.1 工事計画変更許可後の変更手続き[改 83 H30.7.31]

[]内は、当該箇所を提出
(最新)したときの改訂を示
す。

- 6.5.1 防潮扉 2 基礎の設計に関する補足説明
 - 6.5.1.1 防潮扉 2 基礎の耐震計算書に関する補足説明

目次

1.	概要	3
2.	基本方針	4
2.1	位置	4
2.2	構造概要	5
2.3	評価方針	8
2.4	適用規格	12
3.	地震応答解析	14
3.1	評価対象断面	14
3.2	解析方法	16
3.2.1	地震応答解析手法	16
3.2.2	構造部材	17
3.2.3	地盤	17
3.2.4	減衰特性	17
3.3	荷重及び荷重の組合せ	18
3.3.1	耐震安全性評価上考慮する状態	18
3.3.2	荷重	18
3.3.3	荷重の組合せ	19
3.4	入力地震動	21
3.5	解析モデル及び諸元	50
3.5.1	解析モデル	50
3.5.2	使用材料及び材料の物性値	66
3.5.3	地盤の物性値	67
3.5.4	地下水位	69
3.6	解析ケース	70
3.6.1	耐震評価における検討ケース	70
3.6.2	機器・配管系に対する加速度応答抽出のための検討ケース	72
4.	耐震評価	73
4.1	評価対象部位	73
4.2	解析方法	74
4.3	荷重及び荷重の組合せ	74
4.3.1	耐震安全性評価上考慮する状態	74
4.3.2	荷重	74
4.3.3	荷重の組合せ	75
4.4	許容限界	77

4.5	解析モデル及び諸元	82
4.6	評価方法	82
5.	耐震評価結果	84
5.1	地震応答解析結果	84
5.2	耐震評価結果	181
5.3	まとめ	206

1. 概要

本資料は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、防潮扉2を間接支持する防潮扉2基礎が設計用地震力にして十分な構造健全性及び止水性を有していることを確認するものである。

防潮扉2基礎に要求される機能の維持を確認するに当たっては、有効応力解析に基づく構造部材の健全性評価、構造物の支持性能評価及び構造物の変形性評価により行う。

なお、防潮扉1における鉄筋コンクリート防潮壁の耐震評価は、V-2-10-2-2-2-1「防潮堤（鉄筋コンクリート防潮壁）の耐震性についての計算書」に示す。

2. 基本方針

2.1 位置

防潮扉の設置位置図を図 2.1-1 に示す。

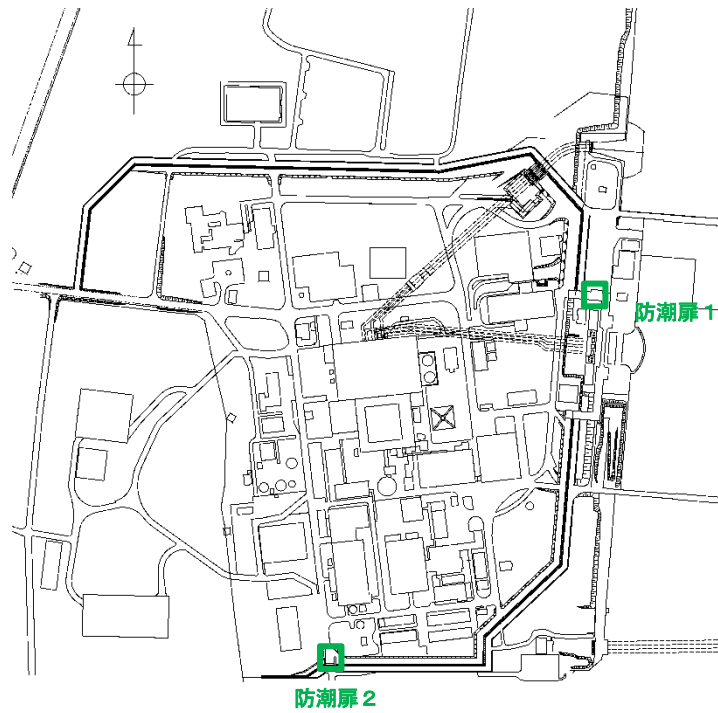


図 2.1-1 防潮扉の設置位置図

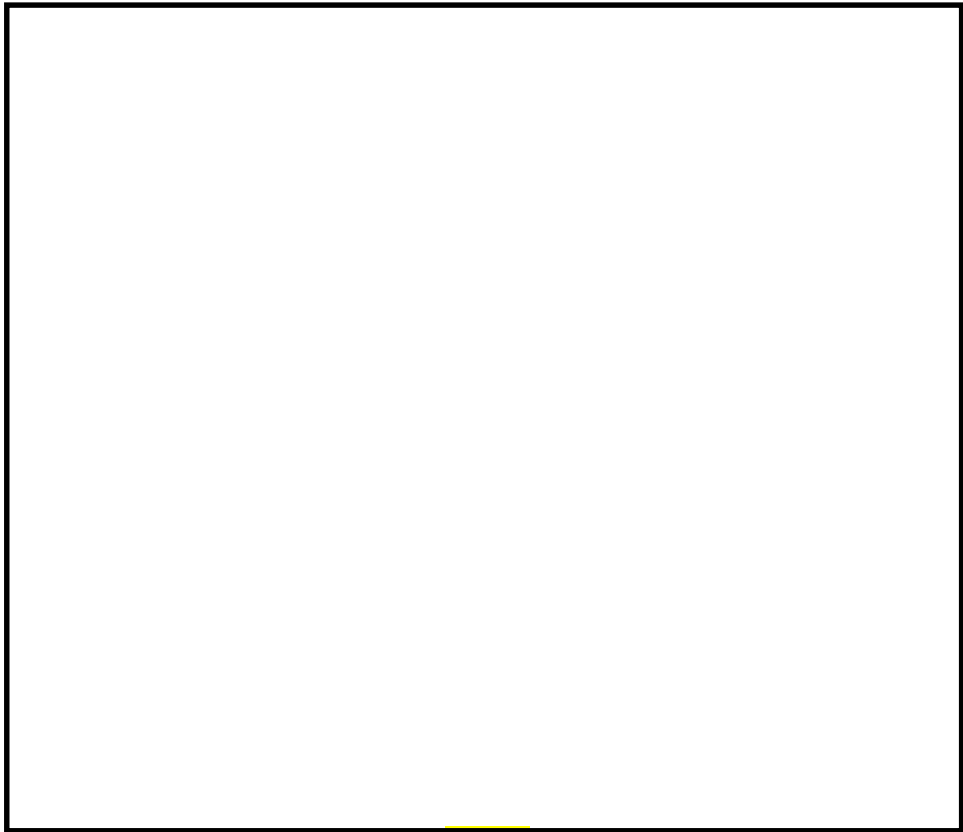
2.2 構造概要

防潮扉 2 基礎は、鉄筋コンクリート防潮壁で構成され、隣接する鋼管杭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材を設置する。鉄筋コンクリート防潮壁は、鋼管杭を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置する。鉄筋コンクリート防潮壁と鋼管杭基礎は、鉄筋コンクリート製の底版を介して一体構造とする。

防潮扉 2 基礎の構造図を図 2.2-1 に示す。



断面图



正面图

图 2.2-1 防潮扉 2 基础 构造图

地震時の荷重伝達の概念図を図 2.2-2 に示す。地震時には、地震時慣性力と地盤の変位が生じる。地震時慣性力により上部構造が変形し、上部構造の変形により鋼管杭に変形が生じる。地盤の変位及び上部構造からの変形により鋼管杭に変形し、鋼管杭に曲げモーメント及びせん断力が生じる。

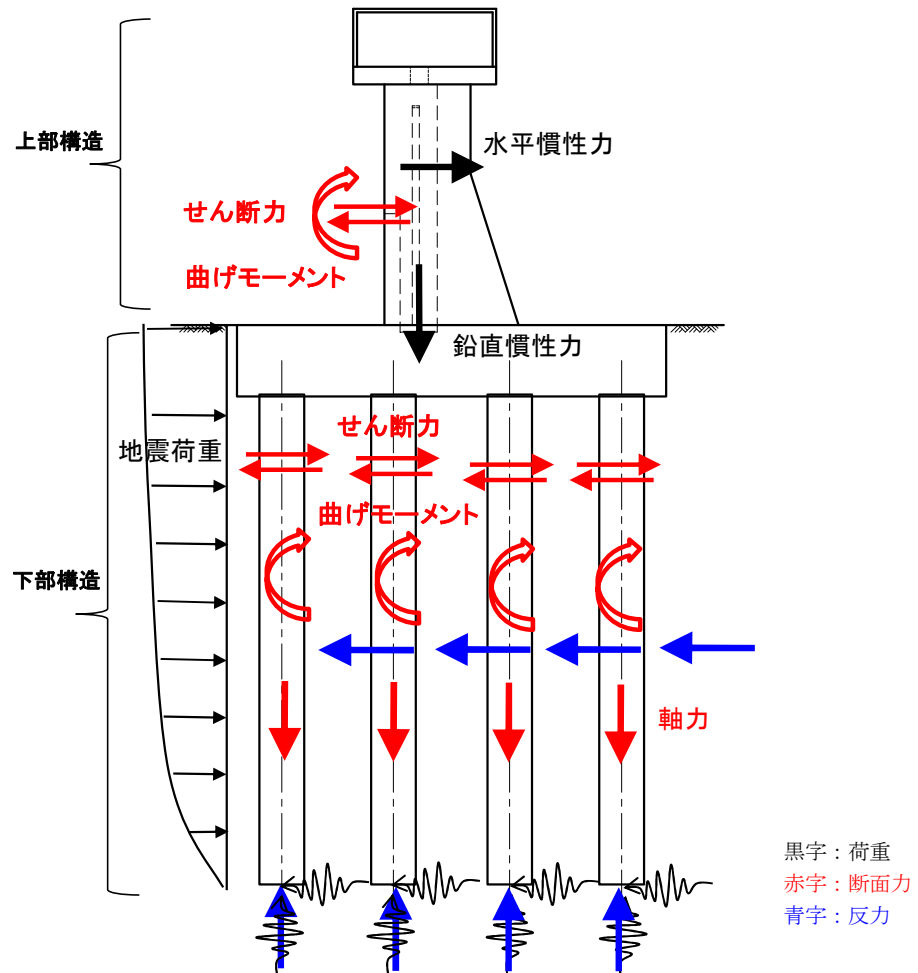


図 2.2-2 荷重伝達の概念図

2.3 評価方針

防潮扉2基礎の耐震設計における要求性能と設計評価方針を表2.3-1に示す。

防潮扉2基礎の地震応答解析においては、地震時の地盤の有効応力の変化に応じた影響を考慮できる有効応力解析を実施する。

有効応力解析に用いる液状化強度特性は、敷地の原地盤における代表性及び網羅性を踏まえた上で保守性を考慮して設定する。

津波防護施設への地盤変位に対する保守的な配慮として、地盤を強制的に液状化させることを仮定した影響を考慮する。その際は、原地盤よりも十分に小さい液状化強度特性（敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく液状化強度特性）を仮定する。

津波防護施設及び機器・配管系への加速度応答に対する保守的な配慮として、地盤の非液状化の影響を考慮する。その際は、原地盤において非液状化の条件を仮定した解析を実施する。

防潮扉2基礎の耐震評価は、設計基準対象施設として表2.3-2の防潮扉2基礎の評価項目に示すとおり、構造部材の健全性評価、基礎地盤の支持性能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、部材に発生する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、基礎地盤に作用する発生応力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。構造物の変形性評価については、止水ジョイント部材の変形量を算定し、試験により確認した許容限界以下であることを確認する。なお、止水ジョイント部における相対変位量の算出方法及び鋼製アンカーに対する照査結果は、「6.12 止水ジョイント部材の相対変位量に関する補足説明」に示し、本資料においては止水ジョイント部における相対変位量の結果を示す。鋼製防護部材に対する照査結果は、「6.13 止水ジョイント部材の漂流物対策に関する補足説明」に示す。

防潮扉2基礎の耐震評価フローを図2.3-2に示す。

赤字：荷重条件
 緑字：要求機能
 青字：対応方針

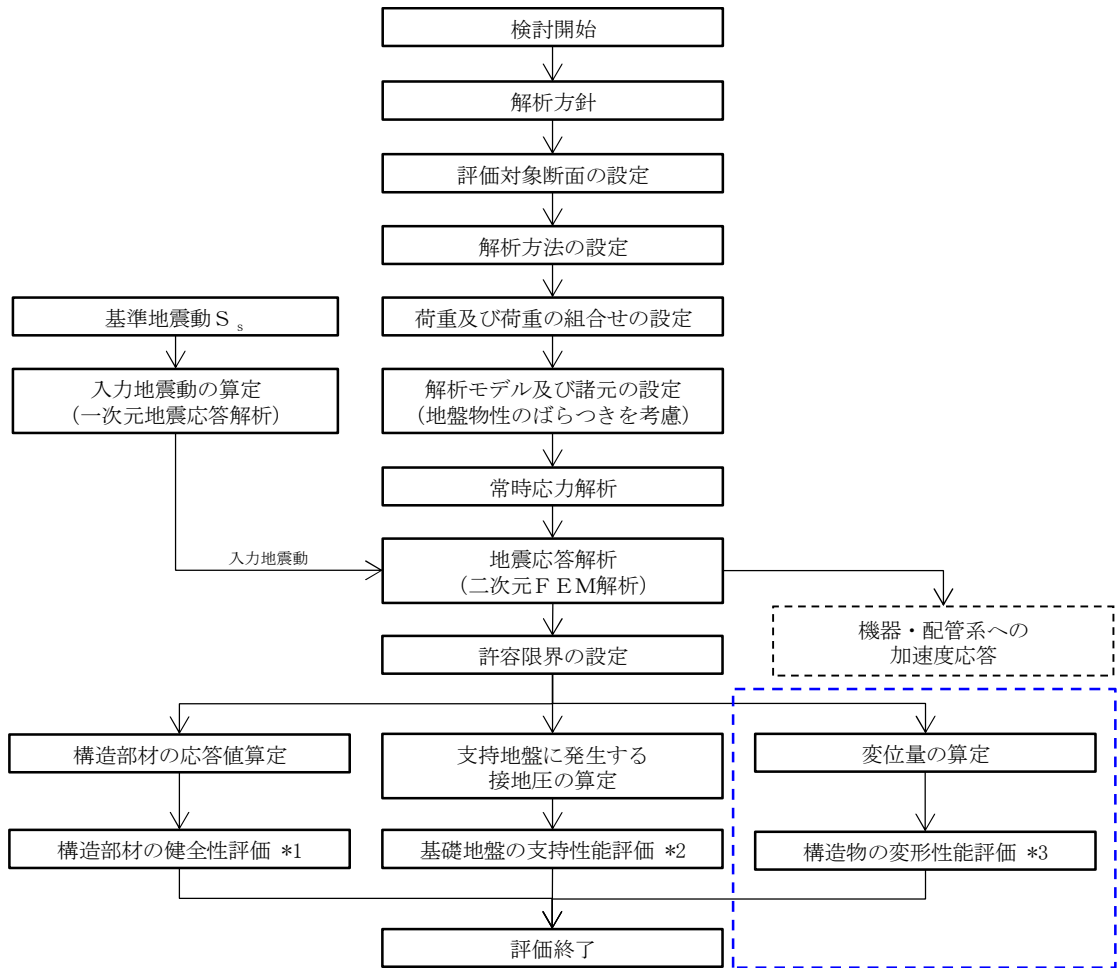
表 2.3-1 防潮扉 2 基礎の耐震設計における要求性能と設計評価方針

資料	その他発電用原子炉の付属設備（浸水防護施設）	資料V-2-1 耐震設計の基本方針		資料V-2-10-2-2-2 防潮扉の耐震性についての計算書							
		資料 機能維持の基本方針		構造強度設計			損傷モード		設計に用いる許容限界		
施設名	基本設計方針	要求機能	機能設計	性能目標	評価方針	評価対象部位	応力等の状態	限界状態			
防潮扉 2 基礎	<p>・防潮扉は、基準地震動 S_s に対して、防潮扉の要求される機能を損なうおそれがない設計とする。</p> <p>・防潮扉は、構造全体として変形能力及び安定性について十分な余裕を有するとともに、防潮扉に要求される機能が保持できるものとする。</p> <p>・基準地震動 S_s による地震力は、水平 2 方向及び鉛直方向について適切に組み合わせて算定するものとする。</p>	<p>・防潮扉は、基準地震動 S_s に対し、防潮扉が要求される機能を損なうおそれがないよう、構造物全体としての変形能力（終局耐力時の変形）に対し、十分な構造強度を有した構造であることが要求される。</p>	<p>・防潮扉は、基準地震動 S_s による地震時荷重、積載物、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼材で構成し、扉体は戸当り及び支圧板を介してコンクリート躯体部に固定する構造とし、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を維持する設計とする。</p>	<p>・防潮扉は、基準地震動 S_s による地震時荷重、積載物、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼材で構成し、扉体は戸当り及び支圧板を介してコンクリート躯体部に固定する構造とし、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を維持する設計とする。</p>	<p>・基準地震動 S_s による地震時荷重、風及び積雪を考慮した荷重に対し、扉体として鋼製のスキンプレート、主桁、縦補助桁及び端桁が、支承部として戸当り及び躯体の鉄筋コンクリート部がおおむね弾性状態にとどまることを確認する。また、躯体として鉄筋コンクリート及び鋼管杭がおおむね弾性状態にとどまることを確認する。</p>	下部工	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)」を踏まえ、妥当な安全余裕を考慮した極限支持力以下とする。	
							鋼管杭	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・IV 下部構造編)」を踏まえた短期許容応力度以下とする。	
						上部工	扉体	曲げ、せん断	部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態	「ダム・堰施設技術基準(案) (基礎解説編・マニュアル編) ((社) ダム・堰施設技術協会, 平成 25 年 6 月)」に基づき、短期許容応力度以下とする。	
							戸当り	曲げ、せん断	部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態	「ダム・堰施設技術基準(案) (基礎解説編・マニュアル編) ((社) ダム・堰施設技術協会, 平成 25 年 6 月)」に基づき、短期許容応力度以下とする。	
							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	「道路橋示方書・同解説(I 共通編・V 耐震設計編)」を踏まえた短期許容応力度以下とする。(コンクリート標準示方書【構造性能照査編】でも確認。)	
							止水ジョイント部	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」を踏まえた短期許容応力度以下とする。
								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	「道路橋示方書・同解説(I 共通編・II 鋼橋編・IV 下部構造編)」, 「各種合成構造設計指針・同解説」及び「津波漂流物対策施設設計ガイドライン(案)」を踏まえた短期許容応力度以下とする。

表 2.3-2 防潮扉 2 基礎の評価項目

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	鋼管杭	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
		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	鋼材	発生応力が許容限界以下であることを確認
	接合ボルト			
ワイヤーロープ				
アンカーボルト				
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	発生応力が許容限界以下であることを確認	極限支持力*
有意な漏えいを生じないこと	構造部材の健全性	鋼管杭	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
		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	鋼材	発生応力が許容限界以下であることを確認
	接合ボルト			
ワイヤーロープ				
アンカーボルト				
	構造物の変形性	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。



*止水ジョイント部における相対変位量の算出方法及び鋼製アンカーに対する照査結果は「6.12 止水ジョイント部材の相対変位量に関する補足説明」に、鋼製防護部材に対する照査結果は、「6.13 止水ジョイント部材の漂流物対策に関する補足説明」に示す。

- 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「有意な漏えいを生じないこと」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」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「有意な漏えいを生じないこと」を満足することを確認する。

図 2.3-1 防潮扉 2 基礎の耐震評価フロー

2.4 適用規格

適用する規格，基準類を以下に示す。

- ・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)
- ・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)
- ・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)
- ・各種合成構造設計指針・同解説 (2010 年 11 月)
- ・津波漂流物対策施設設計ガイドライン(案) ((財) 沿岸技術研究センター, (社) 寒地港湾技術研究センター, 平成 21 年)
- ・港湾の施設の技術上の基準・同解説 (平成元年 2 月版 (社) 日本港湾協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル (2005 年)

表 2.4-1 適用する規格，基準等

項目		適用する規格，基準等	備考	
使用材料および材料定数		・コンクリート標準示方書 〔構造性能照査編〕(2002年)	—	
荷重及び荷重の組み合わせ		・コンクリート標準示方書 〔構造性能照査編〕(2002年)	・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	・コンクリート標準示方書 〔構造性能照査編〕(2002年)	<ul style="list-style-type: none"> ・曲げ軸力に対する照査は，発生応力が，短期許容応力度以下であることを確認 ・せん断力に対する照査は，発生応力または発生せん断力が，短期許容応力度または短期許容せん断応力度以下であることを確認 	
	鉄筋	・道路橋示方書・同解説 IV下 部構造編(平成24年3月)		
	鋼管杭	・道路橋示方書・同解説 IV下 部構造編(平成14年3月)		
	鋼製 防護 部材	鋼製アンカー		・各種合成構造設計指針・同解 説(2010年11月)
		鋼材		・道路橋示方書・同解説 IV下 部構造編(平成14年3月)
		接合ボルト		・道路橋示方書・同解説 II鋼 橋編(平成14年3月)
		ワイヤー ロープ		・津波漂流物対策施設設計ガイ ドライン(案)((財)沿岸技術研 究センター，(社)寒地港湾技 術研究センター，平成21年) ・日本工業規格(JIS G 3549- 2000)
	アンカー ボルト	・各種合成構造設計指針・同解 説(2010年11月)		
地震応答解析		<ul style="list-style-type: none"> ・J E A G 4 6 0 1 -1987 ・原子力発電所屋外重要土木構 造物の耐震性能照査指針・マ ニュアル(2005年) 	・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. 地震応答解析

3.1 評価対象断面

防潮扉2基礎は横断方向と縦断方向で構造が異なるため、その両方向を評価対象断面方向として選定する。評価断面位置図を図3.1-1に評価対象断面を図3.1-2に示す。

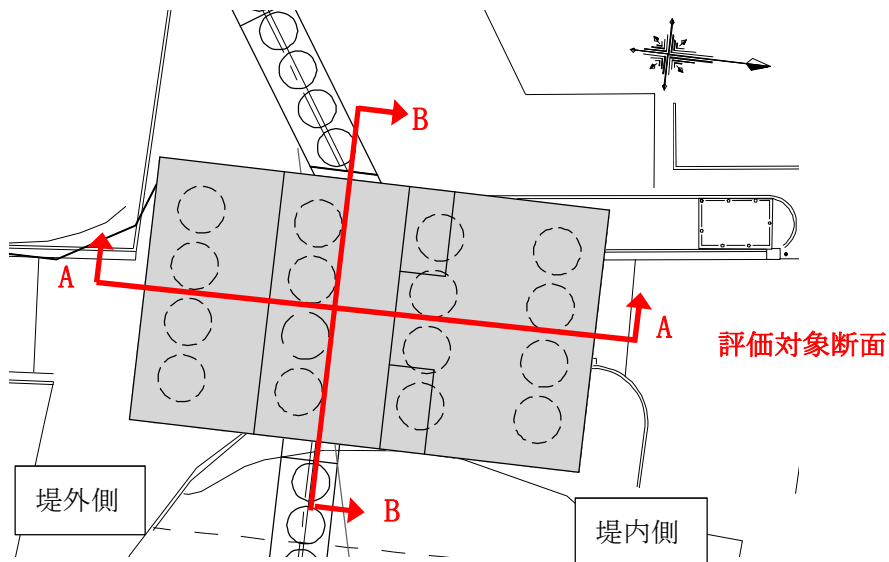


図 3.1-1 評価対象断面位置図

評価対象断面の選定結果を表3.1-1に示す。評価対象断面選定の詳細については、「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 5.10.7 防潮扉」に示す。

表 3.1-1 評価対象断面の選定結果

断面	構造的特徴	周辺地質	間接支持する設備	評価断面	選定結果
A-A	・防潮扉2の横断方向断面である。	第四紀層が薄い（岩盤上面標高が高い）。	扉体	○	防潮扉2の横断方向の代表断面として選定する。
B-B	・防潮扉2の縦断方向断面である。	第四紀層が薄い（岩盤上面標高が高い）。	扉体	○	防潮扉2の縦断方向の代表断面として選定する。

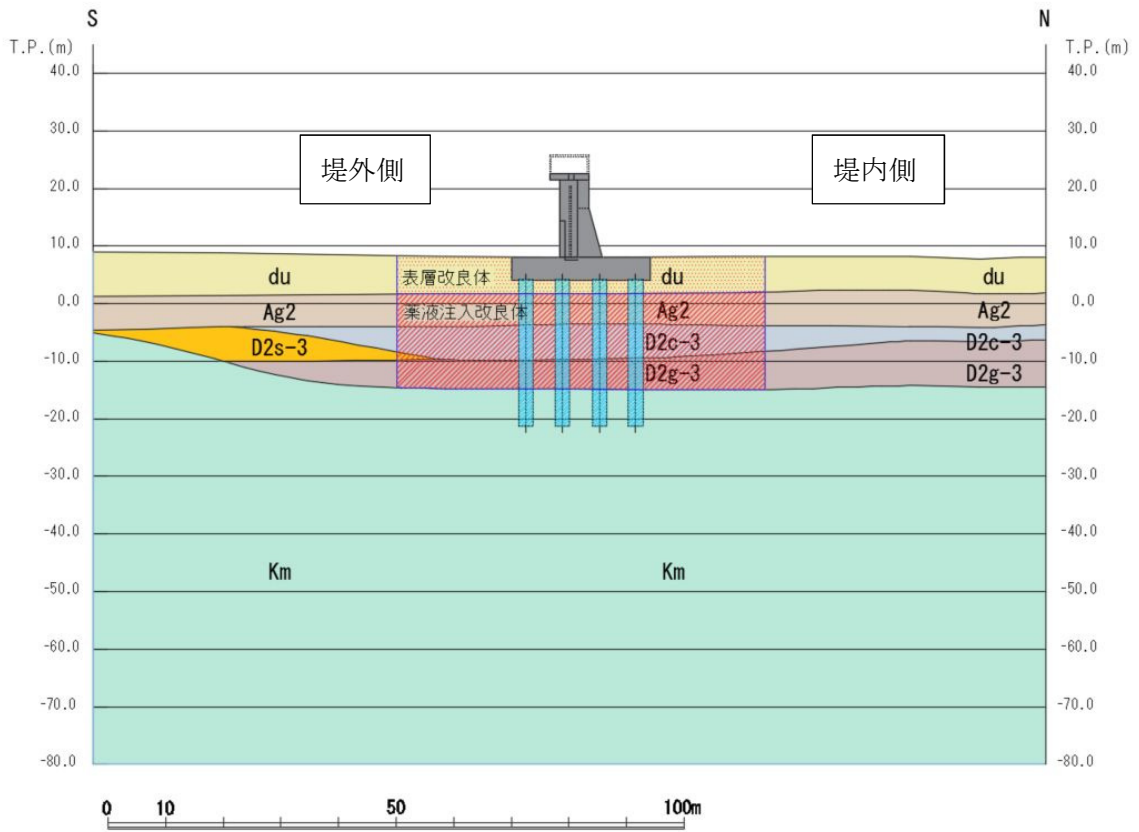


图 3.1-2 (1) 評価対象断面図 (A-A断面)

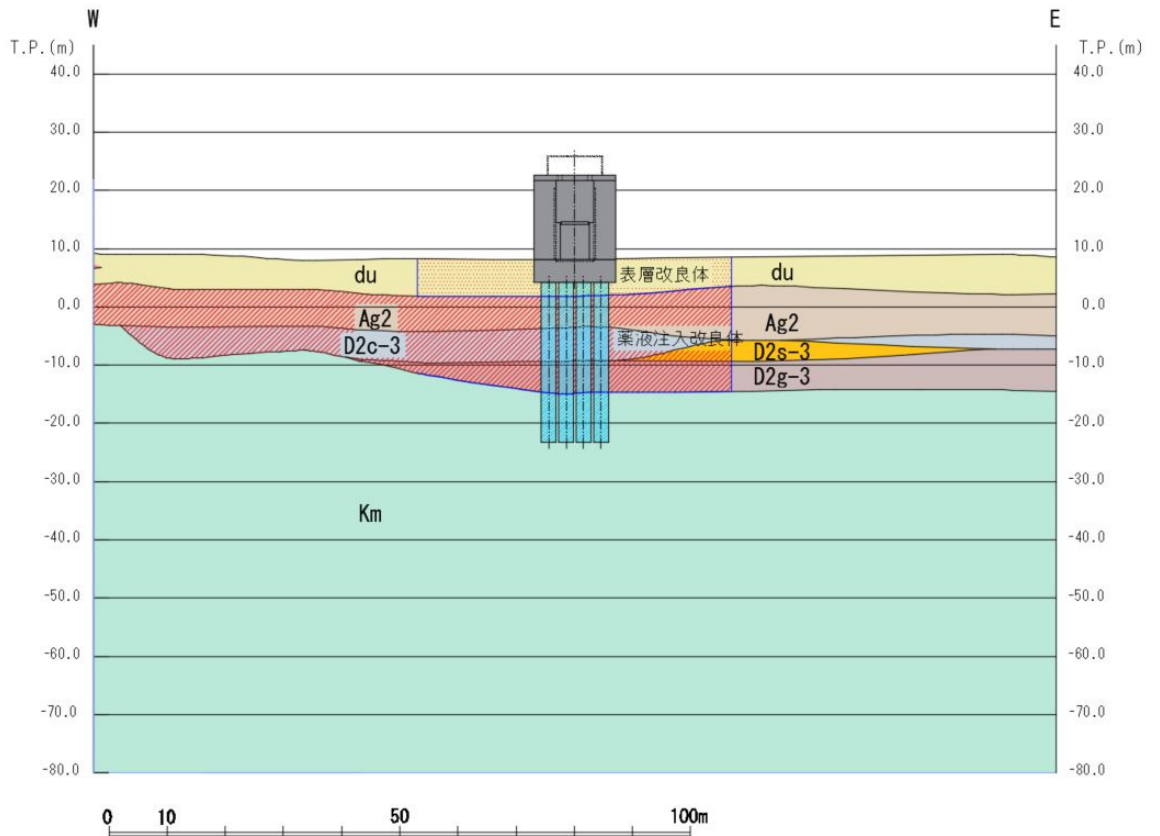


图 3.1-2 (2) 評価対象断面図 (B-B断面)

3.2 解析方法

地震応答解析は、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」に示す解析方法及び解析モデルを踏まえて実施する。

地震応答解析では、地盤の有効応力の変化に応じた地震時挙動を考慮できる有効応力解析手法を用いる。

有効応答解析には、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、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」（資料番号：付録24）に示す。図3.2-1に防潮扉2基礎の地震応答解析フローを示す。

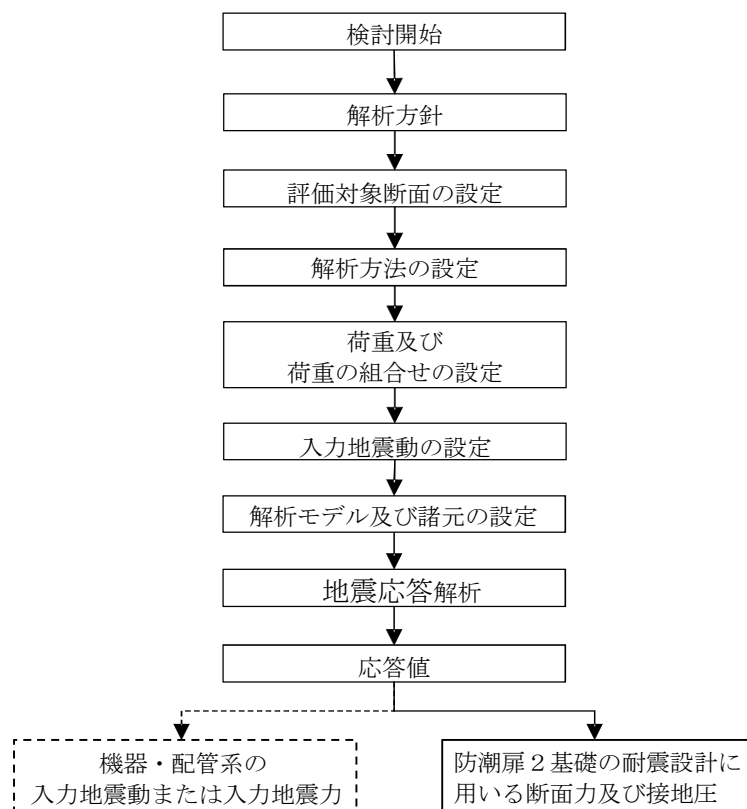


図 3.2-1 防潮扉2基礎の地盤応答解析フロー

3.2.1 地震応答解析手法

防潮扉2基礎の地震応答解析は、地盤と構造物の相互作用を考慮できる2次元有効応力解析を用いて、基準地震動に基づき設定した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。鋼管杭及び鉄筋コンクリート防潮壁は線形梁要素によりモデル化する。地盤については、有効応力の変化に応じた地震時挙動を適切に考慮できるモデル化とする。

地震応答解析手法の選定フローを図3.2.1-1に示す。

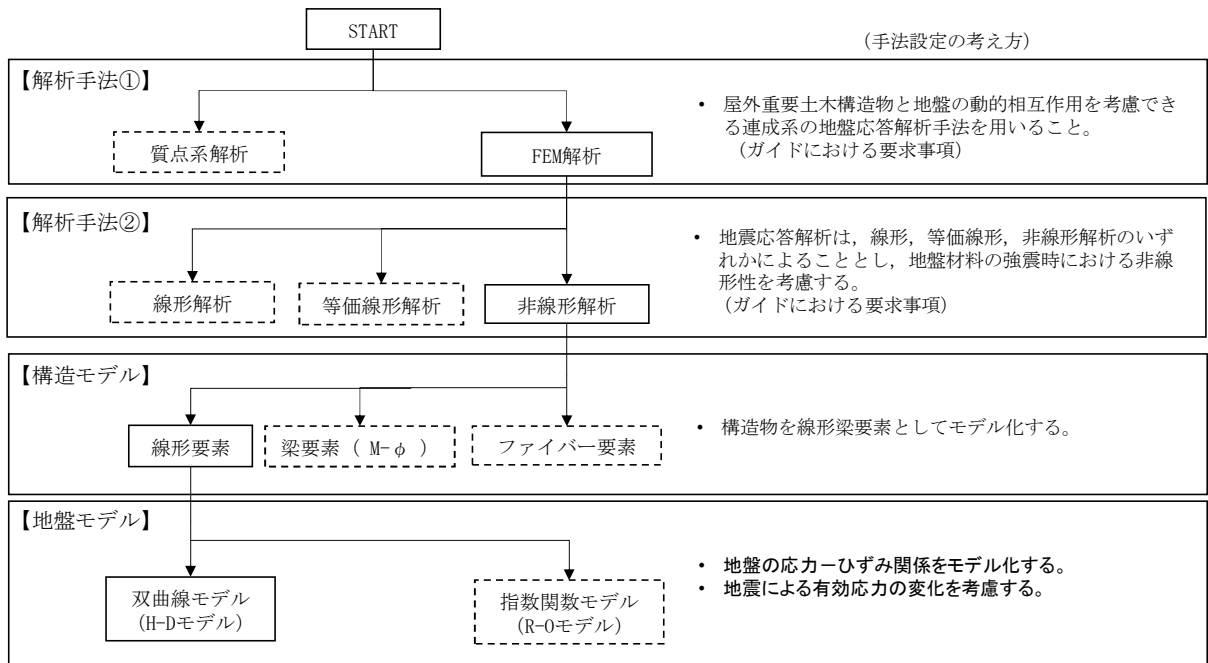


図 3.2.1-1 地震応答解析手法の選定フロー

地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線の構成則を有効応力解析へ適用する際は、地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線に関するせん断ひずみ及び有効応力の変化に応じた特徴を適切に表現できるモデルを用いる必要がある。

一般に、地盤は荷重を与えることによりせん断ひずみを増加させていくと、地盤のせん断応力は上限値に達し、それ以上はせん断応力が増加しなくなる特徴がある。また、地盤のせん断応力の上限値は有効応力に応じて変化する特徴がある。

よって、耐震評価における有効応力解析では、地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線の構成則として、地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線に関するせん断ひずみ及び有効応力の変化に応じたこれら2つの特徴を表現できる双曲線モデル (H-Dモデル) を選定する。

3.2.2 構造部材

構造部材は、線形梁要素でモデル化する。

3.2.3 地盤

地盤は、マルチスプリング要素及び間隙水要素にてモデル化し、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。

3.2.4 減衰特性

時刻歴非線形解析における減衰特性については、固有値解析にて求められる固有振動数に基づく Rayleigh 減衰を考慮する。

3.3 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。

3.3.1 耐震安全性評価上考慮する状態

防潮扉 2 基礎の地震応答解析において、地震時以外に考慮する状態を以下に示す。

(1) 運転時の状態

発電用原子炉施設が運転状態にあり、通常の条件下におかれている状態。ただし、運転時の異常な過渡変化時の影響を受けないことから考慮しない。

(2) 設計基準事故時の状態

設計基準事故時の影響を受けないことから考慮しない。

(3) 設計用自然条件

積雪及び風荷重を考慮する。

(4) 重大事故等時の状態

重大事故等時の状態の影響を受けないことから考慮しない。

3.3.2 荷重

防潮扉 2 基礎の地震応答解析において、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、扉体自重を考慮する。

(2) 積載荷重 (P)

積載荷重として、機器荷重を考慮する。機器荷重の値及び作用高さを表 3.3.2-1 に示す。

表 3.3.2-1 機器荷重

	自重 (kN)	作用高さ (T.P.)
操作建屋荷重	1166.4	+25.625 (建屋中心)
巻上機荷重	188.4	+24.000 (防潮堤天端)
扉体荷重	384.0	+12.525 (扉体重心)
タラップ荷重	5.8	+24.000 (防潮堤天端)

(3) 地震荷重 (K_s)

基準地震動 S_s による荷重を考慮する。

(4) 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。

積雪荷重は構造物上面に付加質量として考慮する。

(5) 風荷重 (P_k)

風荷重として、風速 30 m/s の風圧力を考慮する。

3.3.3 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3.3.3-1 及び表 3.3.3-2 に示す。

表 3.3.3-1 荷重の組合せ

区分	荷重の組合せ
地震時	$G + P + K_s + P_s + P_k$

G : 固定荷重 P : 積載荷重 K_s : 地震荷重
 P_s : 積雪荷重 P_k : 風荷重

表 3.3.3-2 荷重の組合せ

種別	荷重		算定方法
永久荷重	常時考慮荷重	躯体自重	○ ・設計図書に基づいて、対象構造物の体積に材料の密度を乗じて設定する。
		機器・配管自重	○ ・防潮扉の荷重を考慮する。
		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		○ ・常時応力解析により設定する。
	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。
	雪荷重		○ ・雪荷重を考慮する。
変動荷重	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	○ ・風荷重を考慮する。	
偶発荷重 (地震荷重)	水平地震動	○ ・基準地震動 S_h による水平及び鉛直同時加振を考慮する。	
	鉛直地震動	○ ・躯体、動土圧を考慮する。	
	動水圧	－ ・自由水はないため動水圧は考慮しない。	

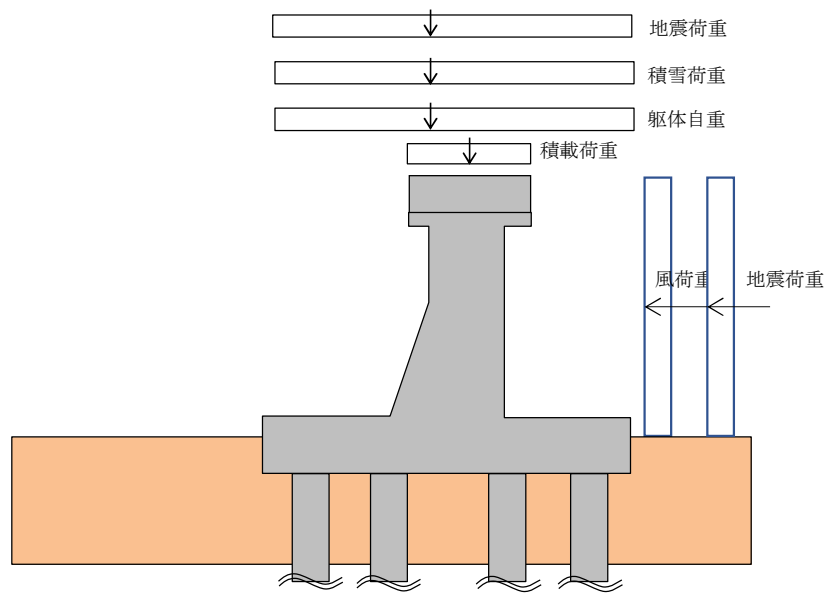


図 3.3.3-1 荷重概念図

3.4 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。

地震応答解析に用いる入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動 S_s を1次元波動論により地震応答解析モデルの底面位置で評価したものをを用いる。入力地震動算定の概念図を図3.4-1に、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3.4-2に示す。

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、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」（資料番号：付録39）に示す。

なお、基準地震動 S_s のうち断層モデル波については、特定の方向性を有することから、構造物の評価対象断面方向に合わせて方位補正を行う。具体的にはNS方向およびEW方向の地震動について構造物の評価断面方向の成分を求め、各々を足し合わせることで方位補正した地震動を設定する。

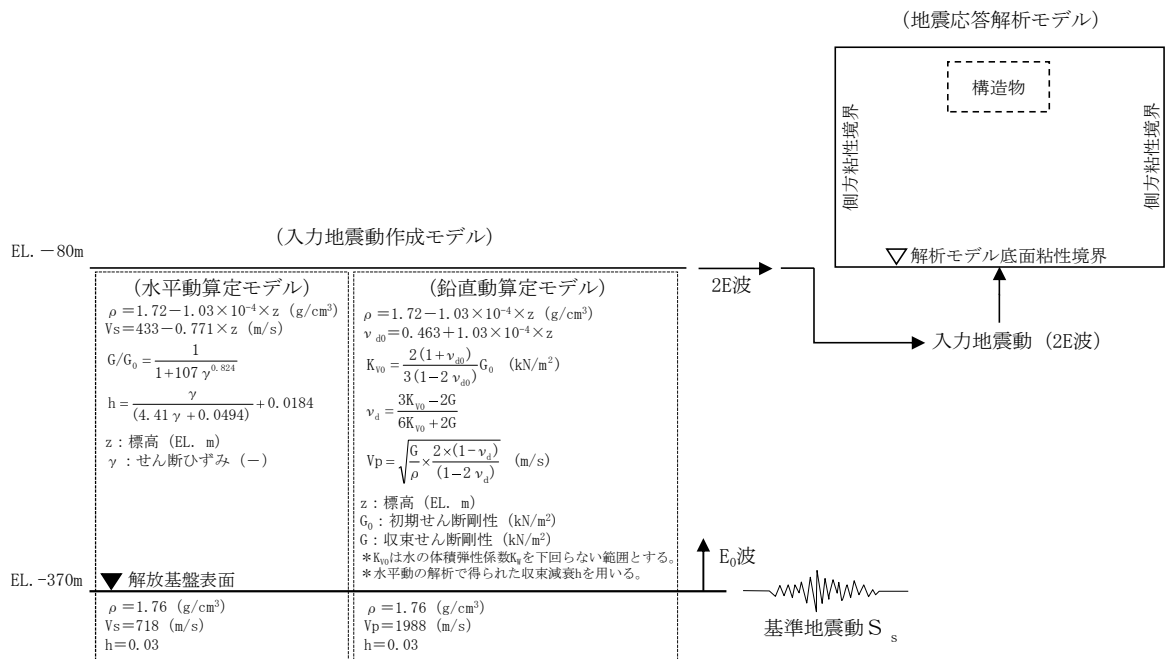
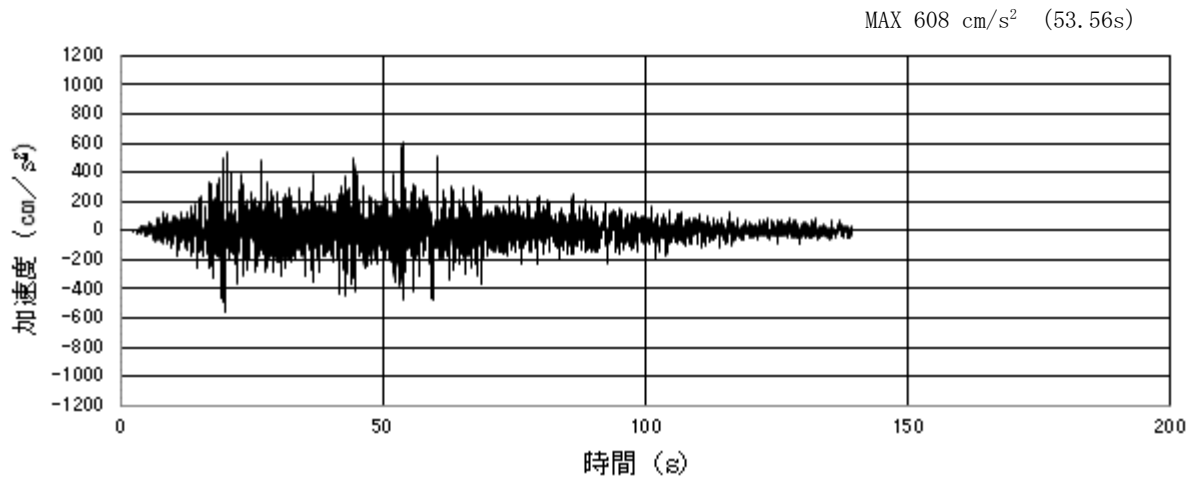
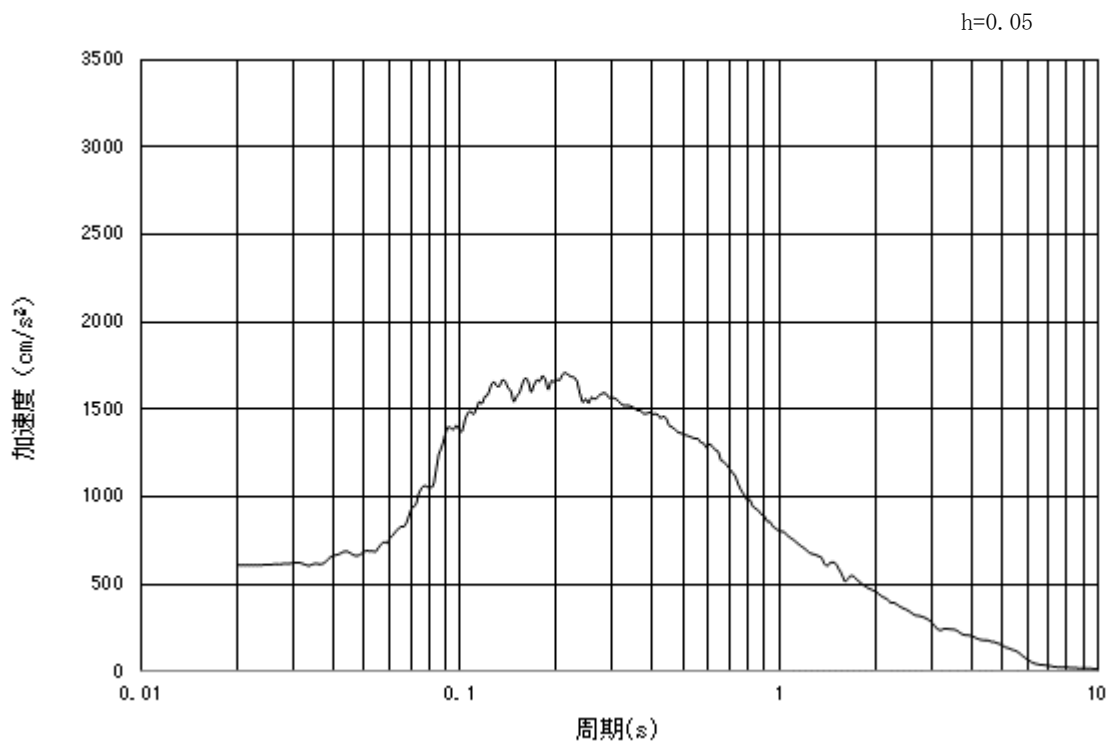


図3.4-1 入力地震動算定の概念図

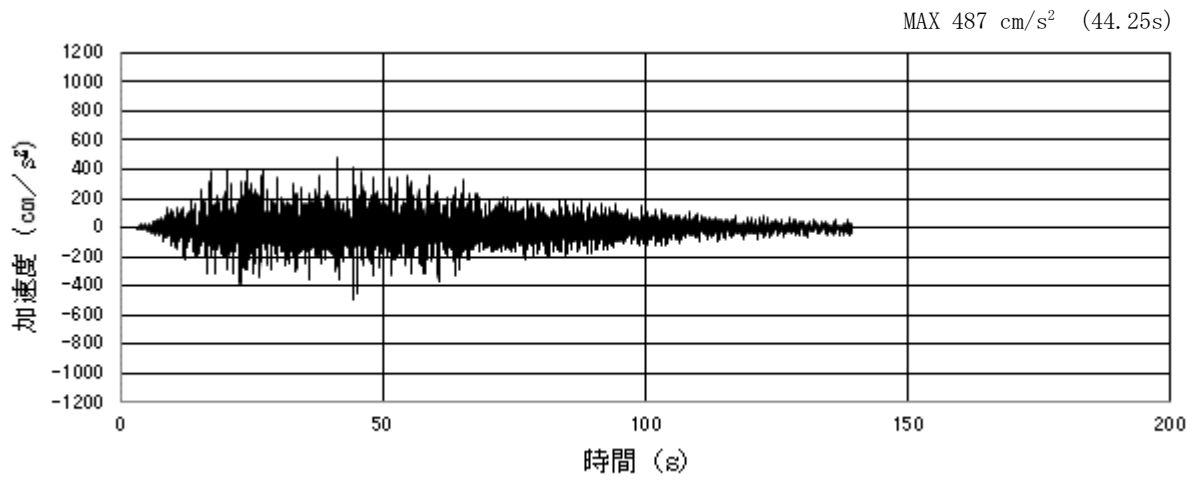


(a) 加速度時刻歴波形

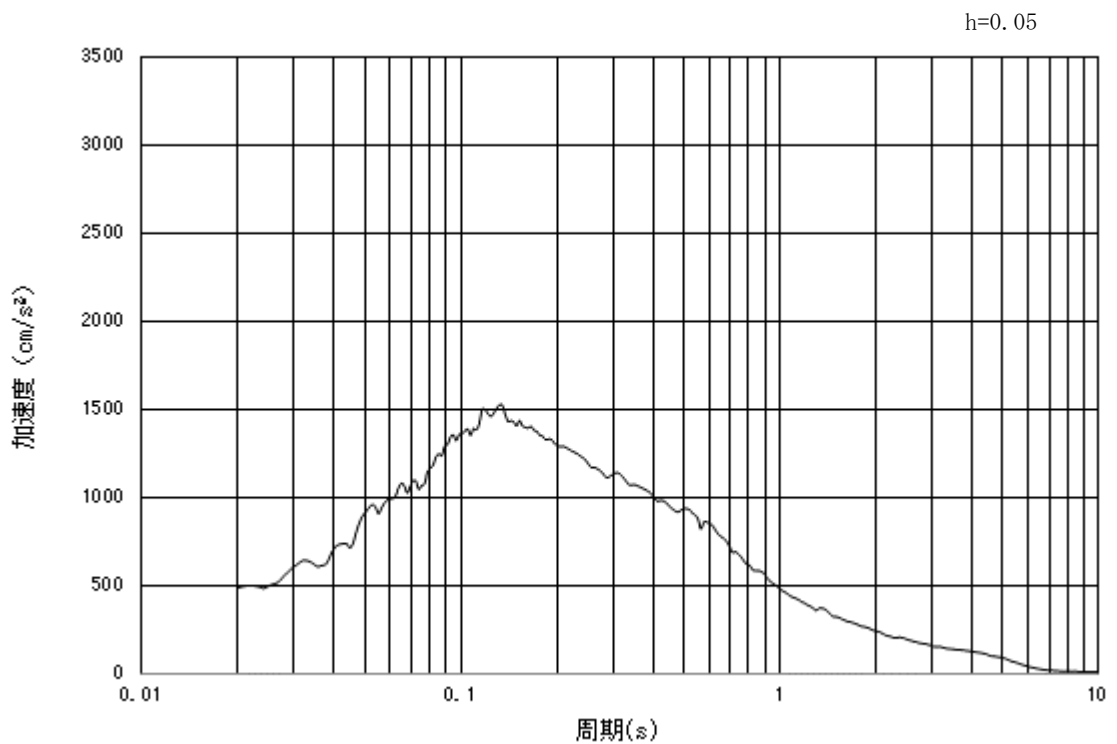


(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-2 (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
(水平方向：S_s-D1)

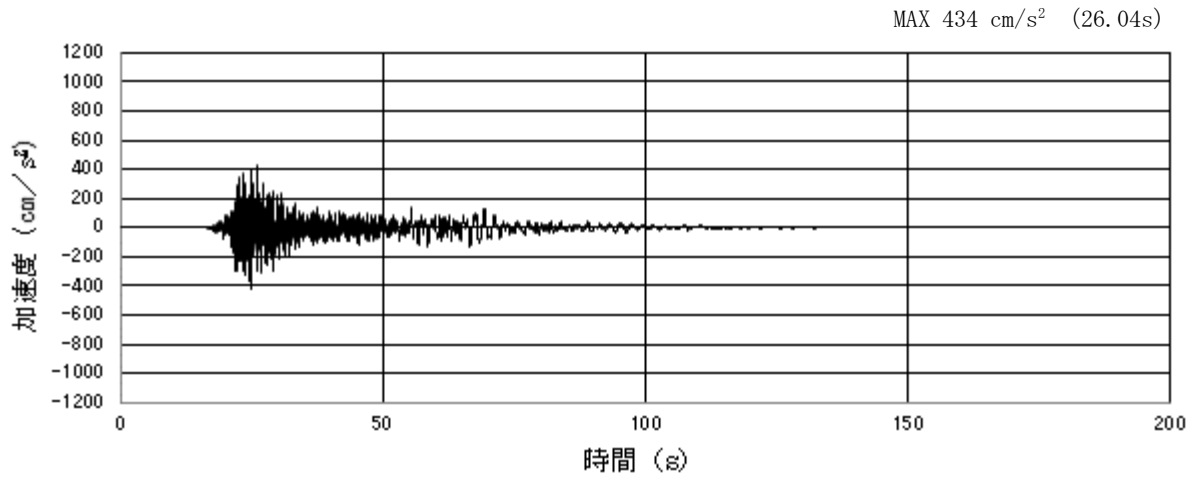


(a) 加速度時刻歴波形

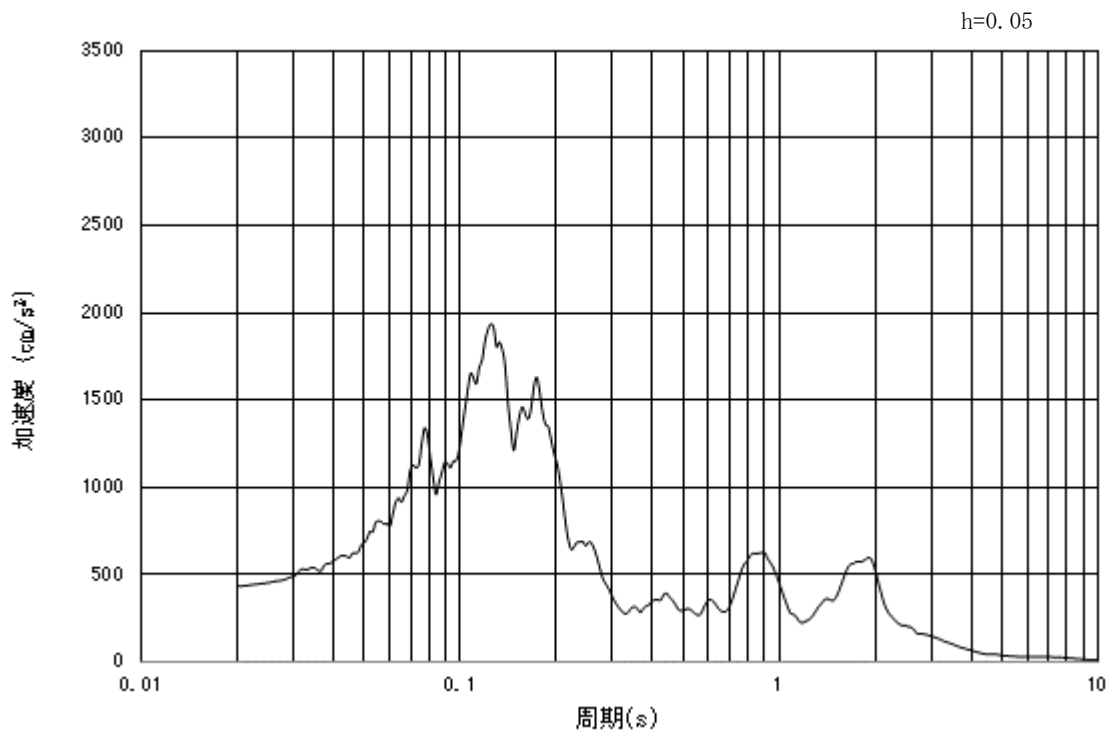


(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-2 (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
(鉛直方向：S_s-D1)

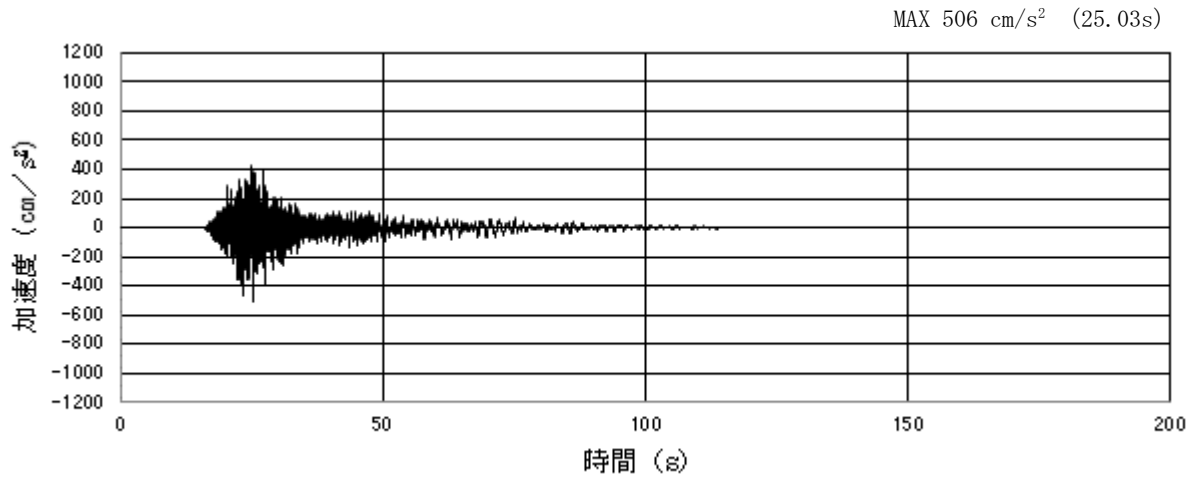


(a) 加速度時刻歴波形

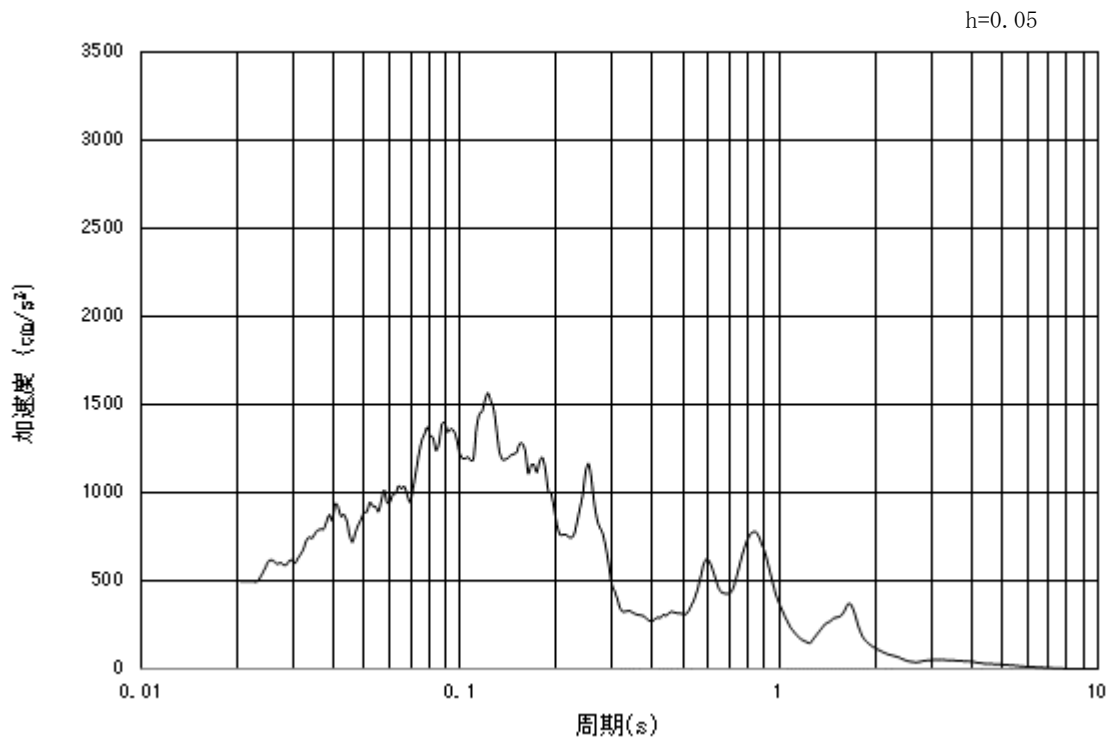


(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-2 (3) 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
(水平方向 : S_s-11 NS方向)

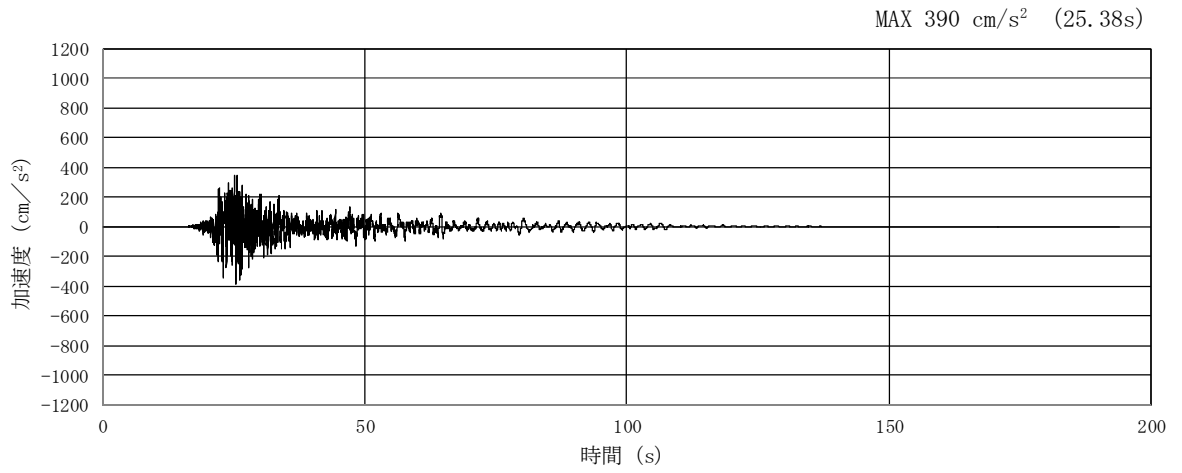


(a) 加速度時刻歴波形

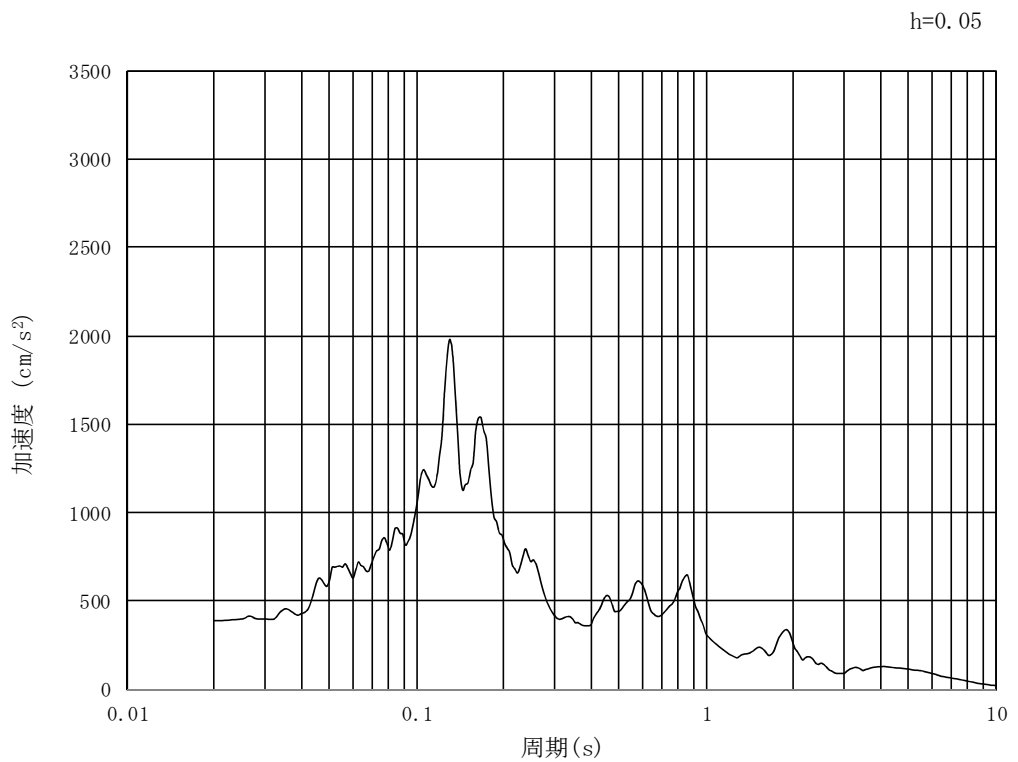


(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-2 (4) 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
(鉛直方向：S_s-11 NS方向)

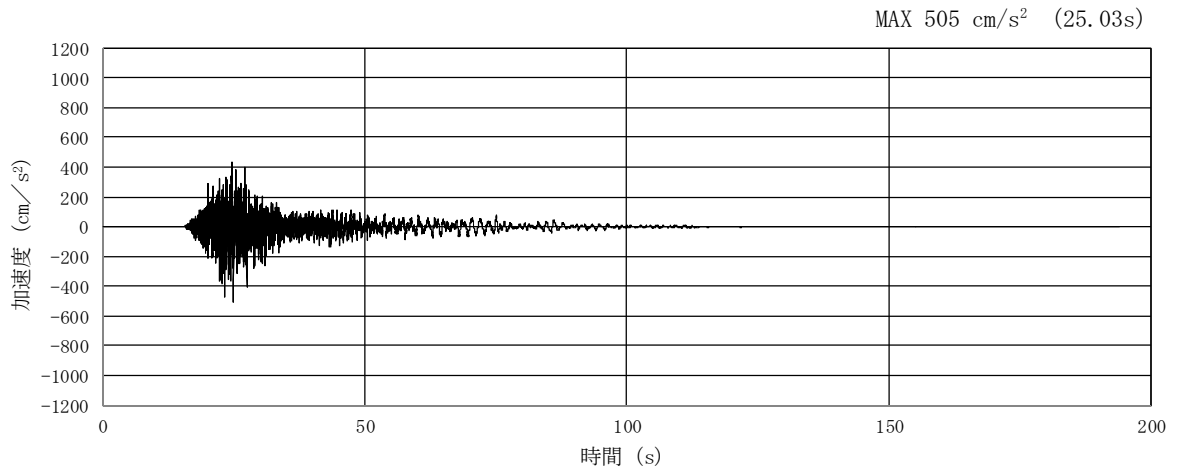


(a) 加速度時刻歴波形

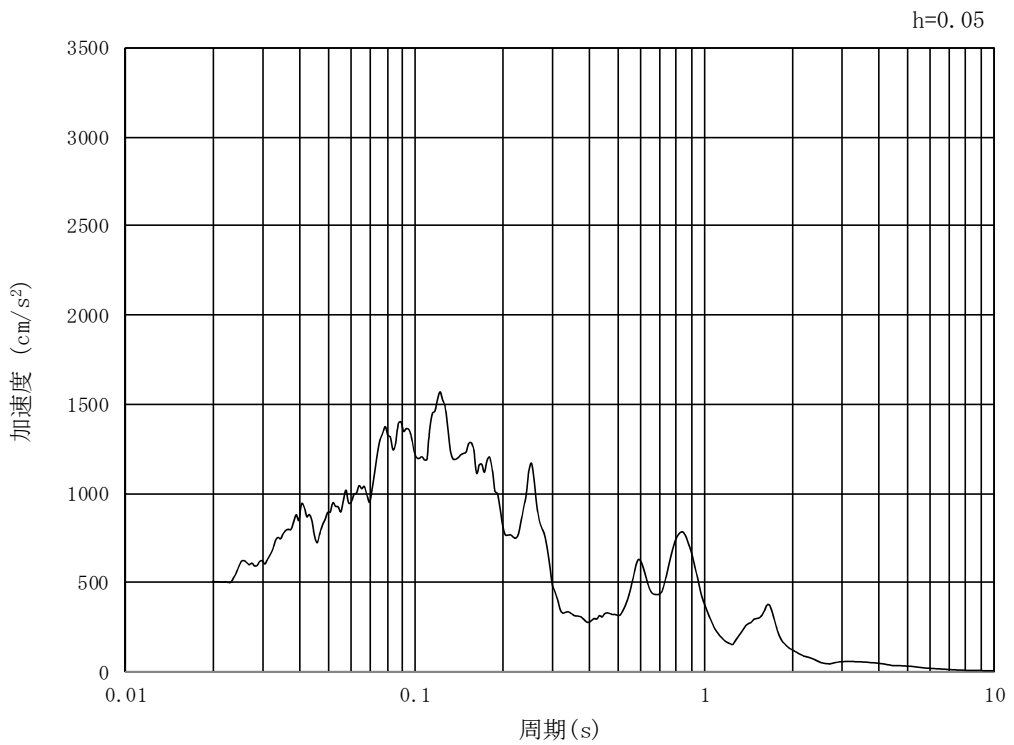


(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-2 (5) 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
(水平方向 : S_s-11 EW方向)

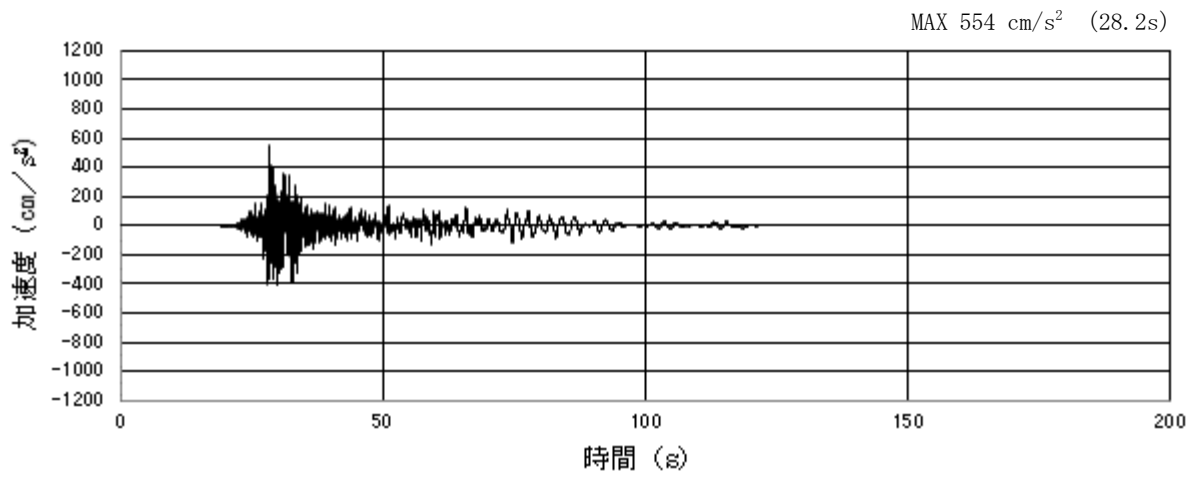


(a) 加速度時刻歴波形

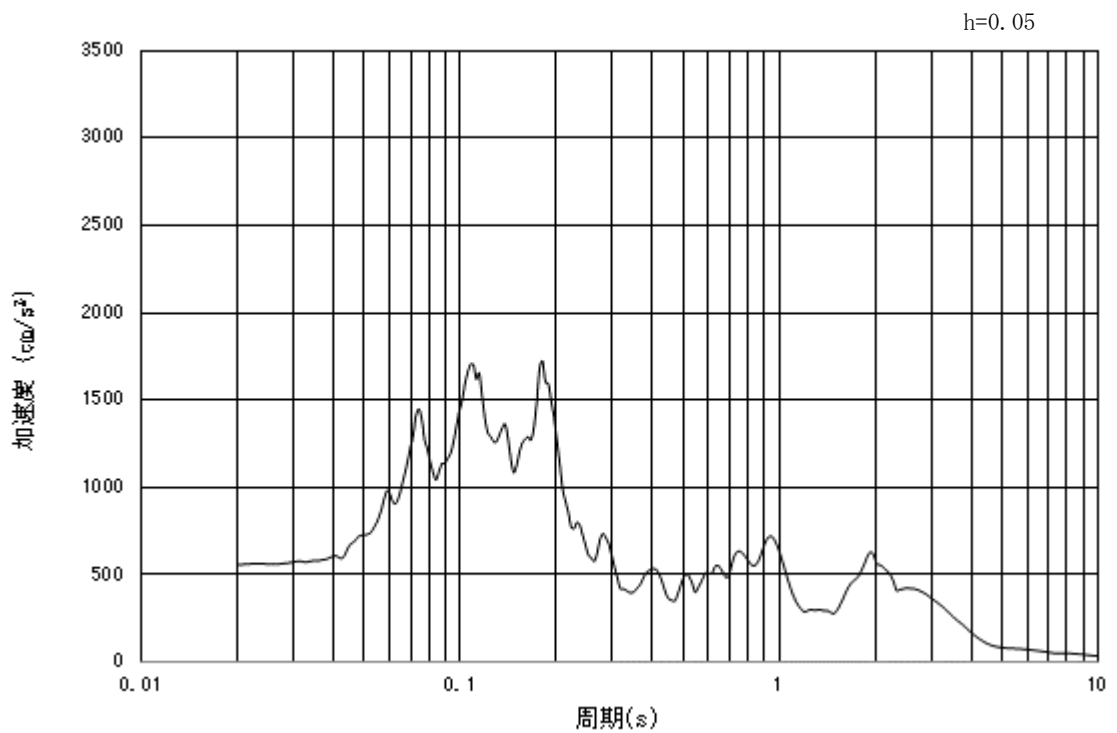


(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-2 (6) 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
(鉛直方向：S_s-11 EW方向)

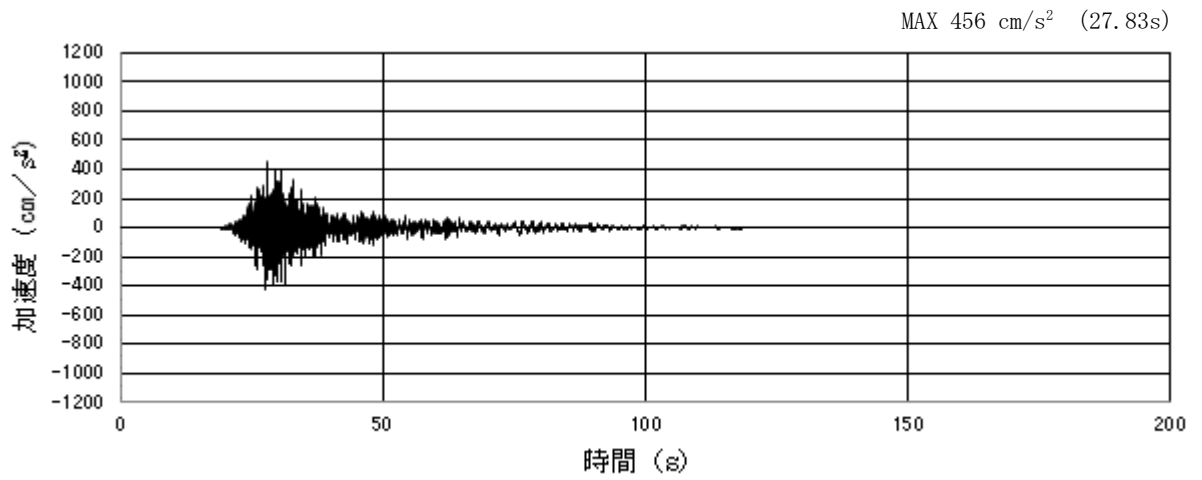


(a) 加速度時刻歴波形

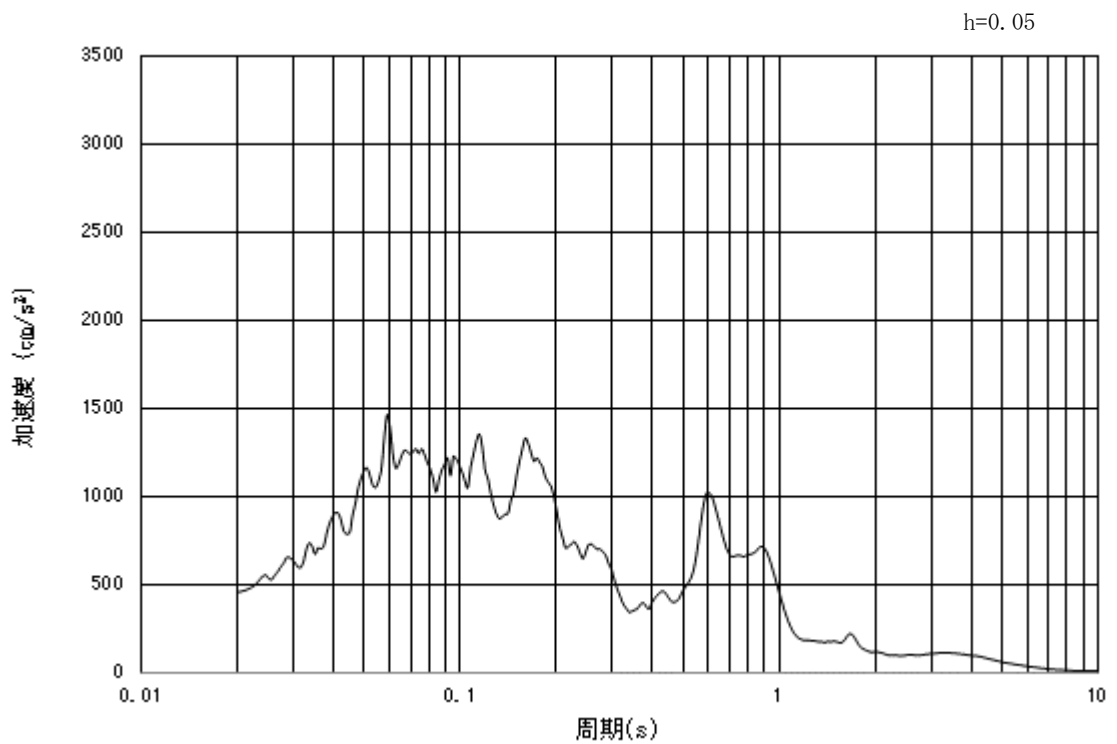


(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-2 (7) 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
(水平方向: $S_s - 12$ NS方向)

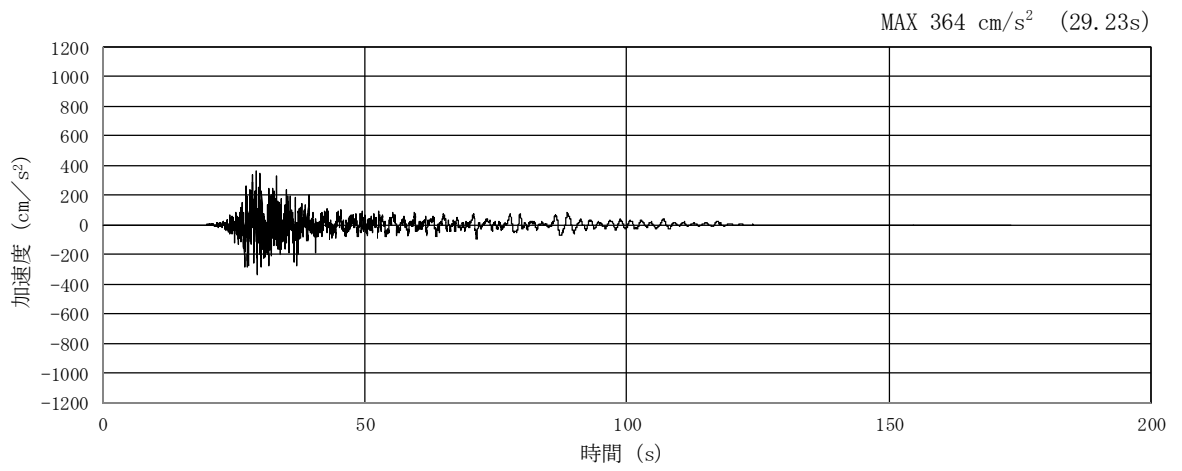


(a) 加速度時刻歴波形

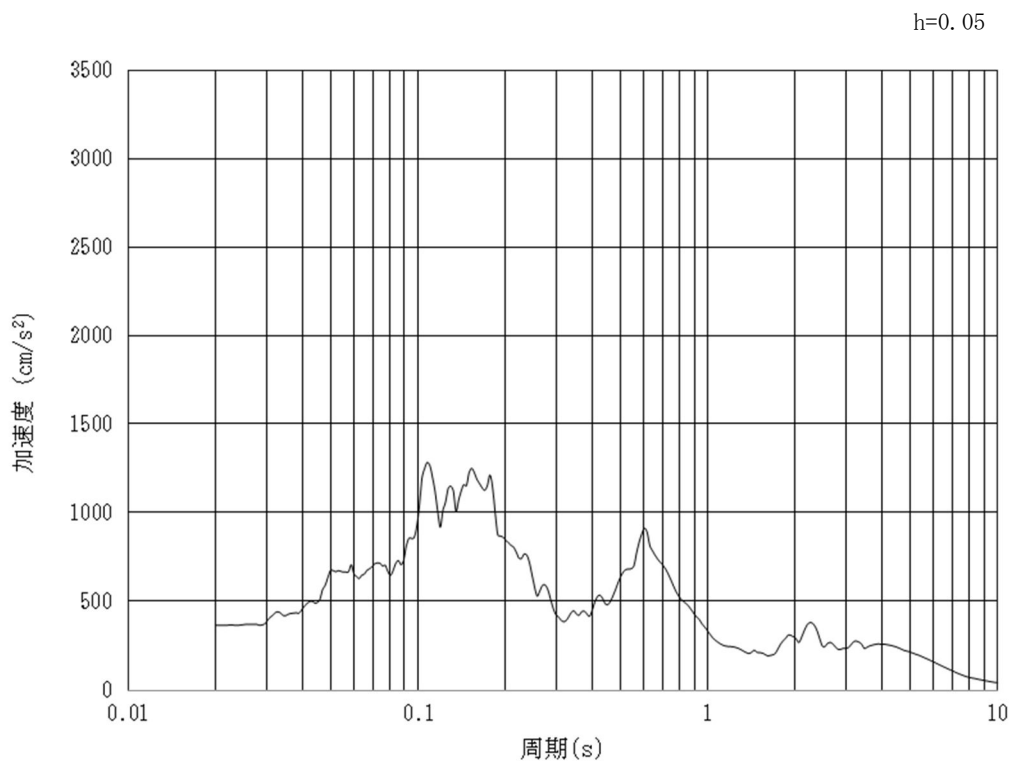


(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-2 (8) 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
(鉛直方向 : S_s-1 2 NS 方向)

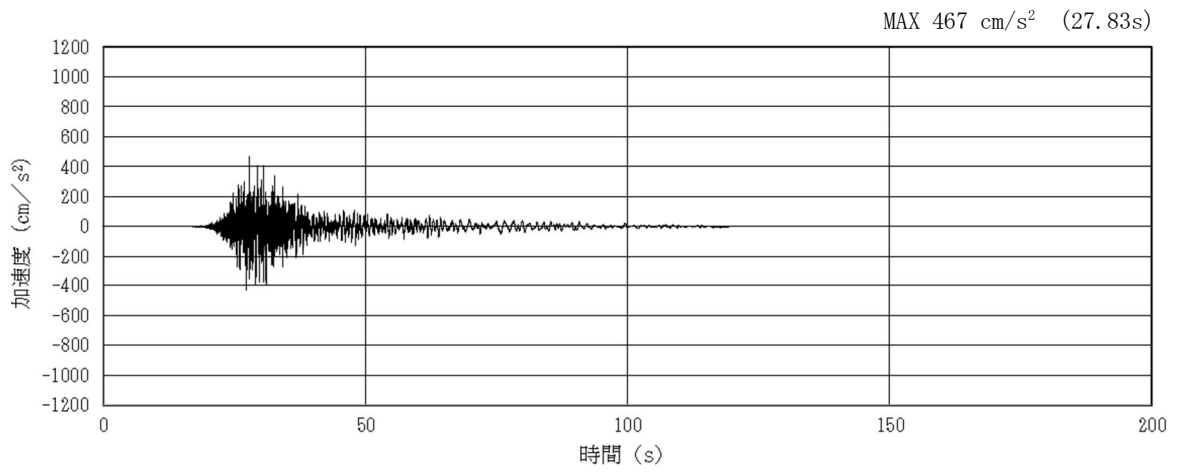


(a) 加速度時刻歴波形

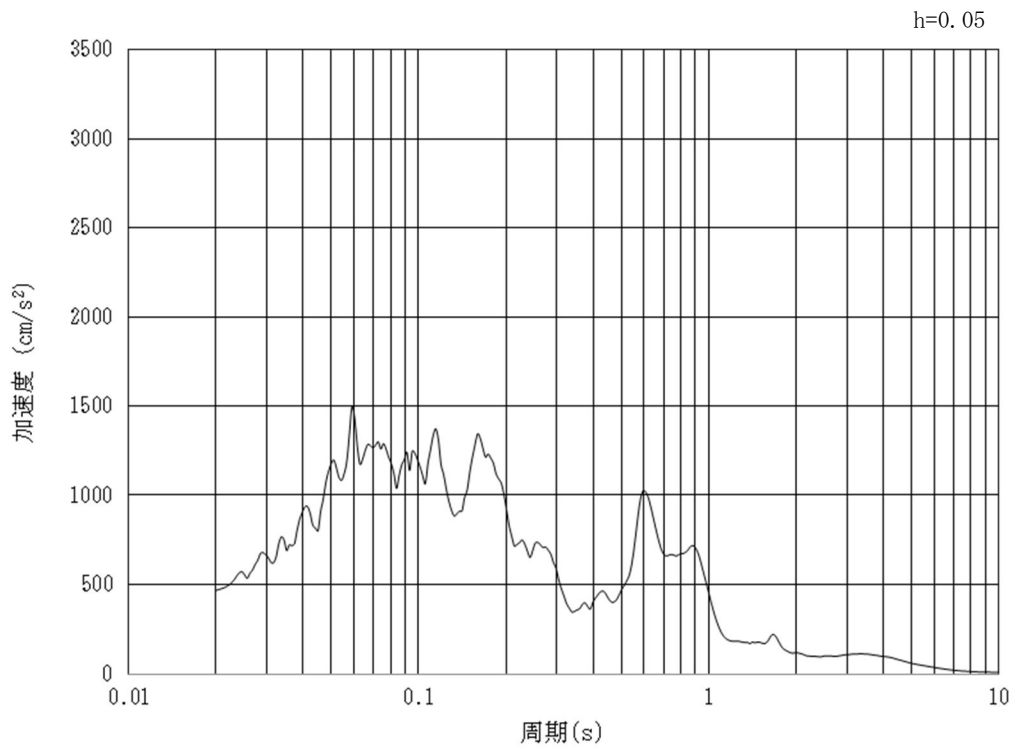


(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-2 (9) 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
(水平方向 : $S_s - 12$ EW方向)

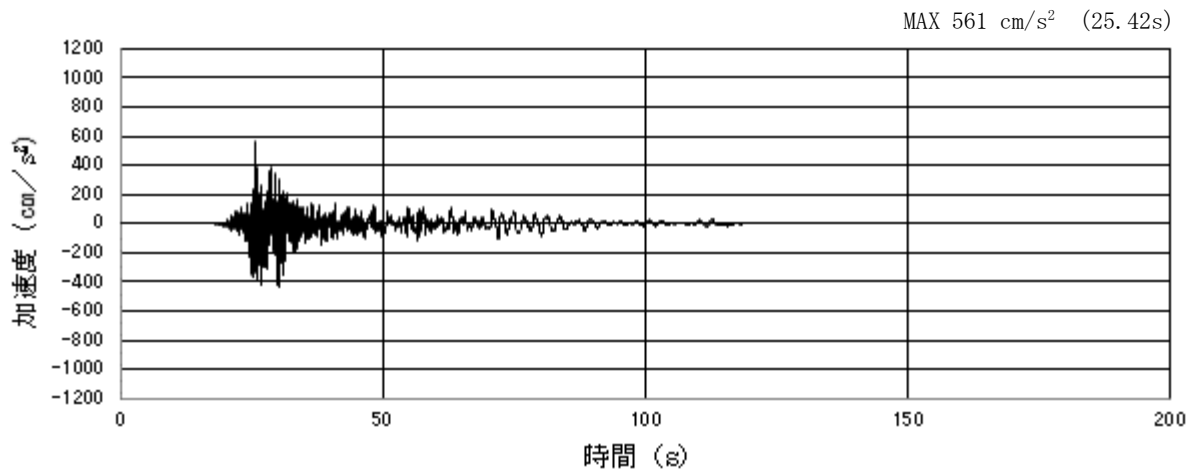


(a) 加速度時刻歴波形

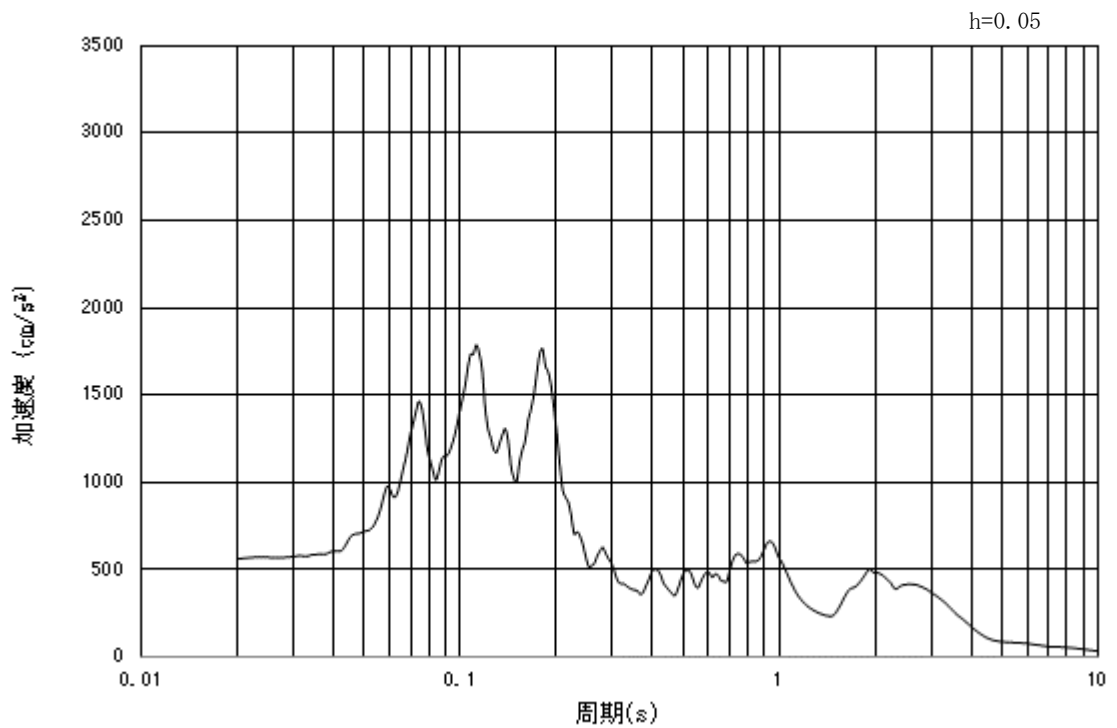


(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-2 (10) 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
(鉛直方向: $S_s - 12$ EW方向)

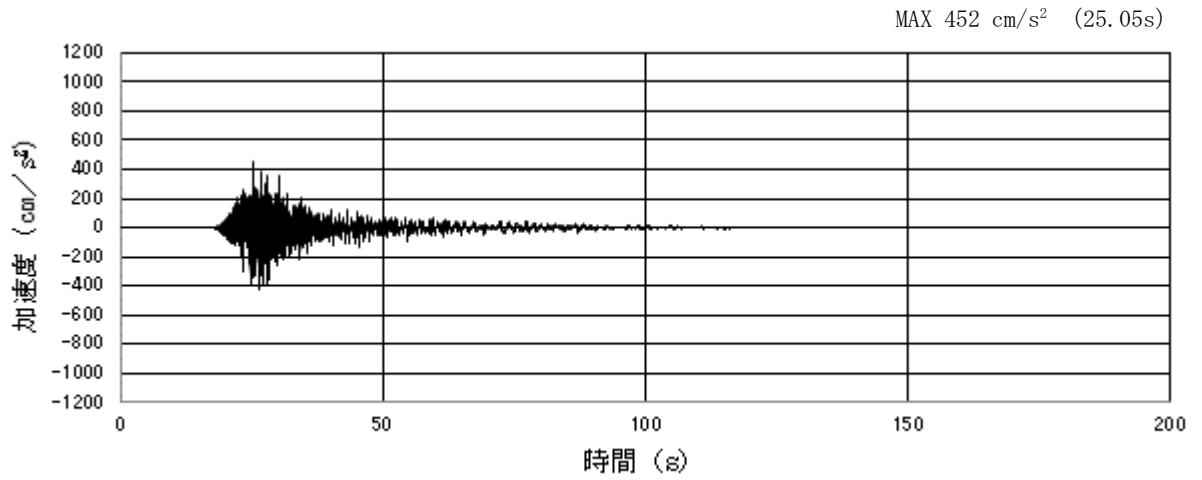


(a) 加速度時刻歴波形

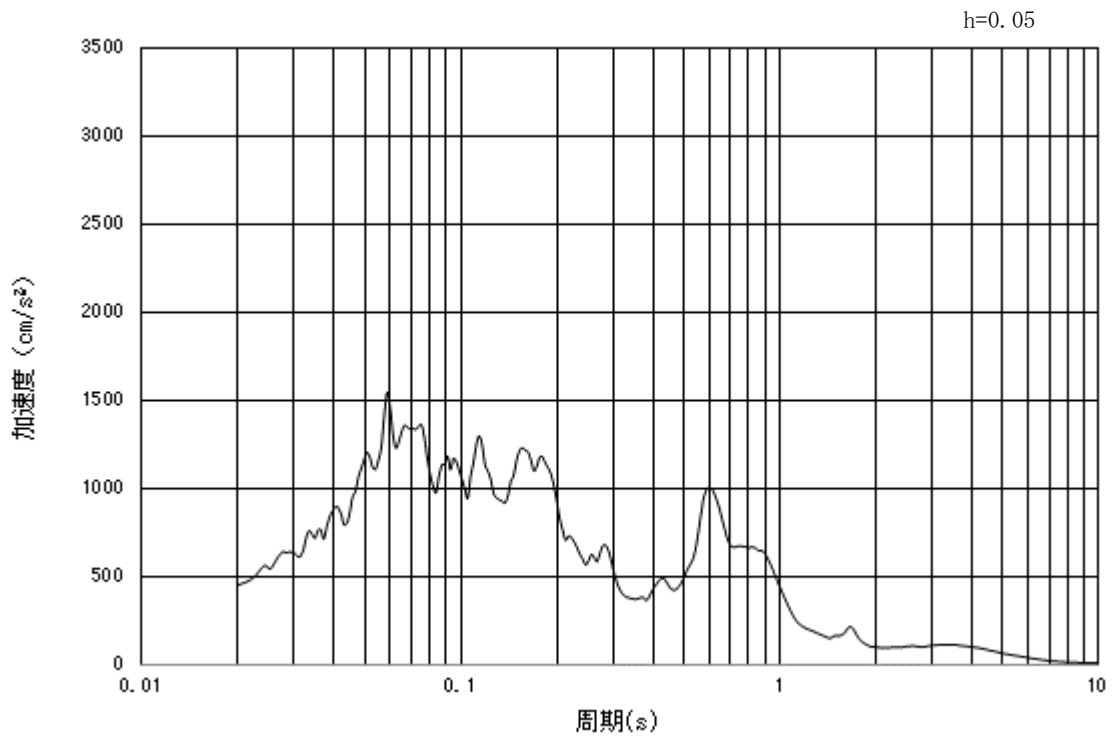


(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-2 (11) 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
(水平方向: S_s-13 NS方向)

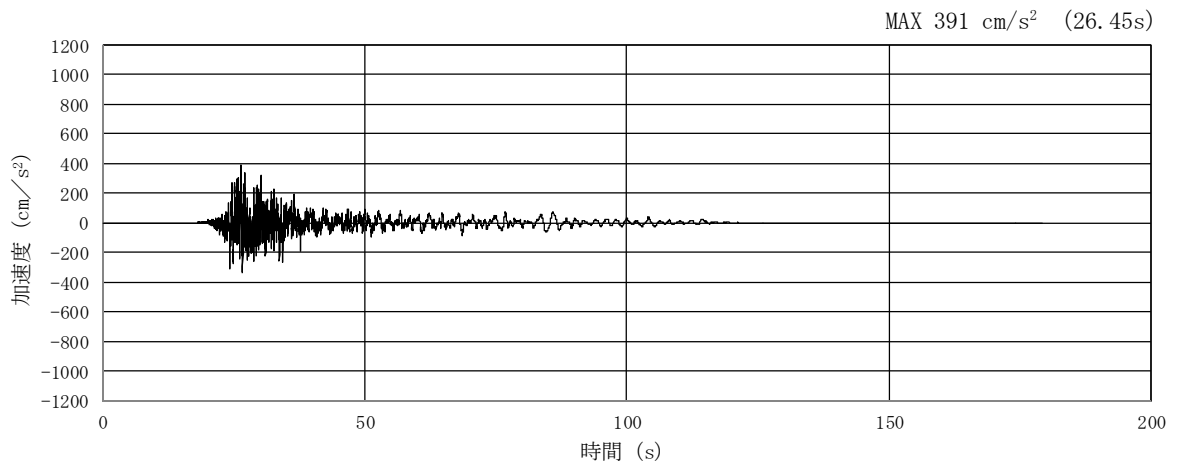


(a) 加速度時刻歴波形

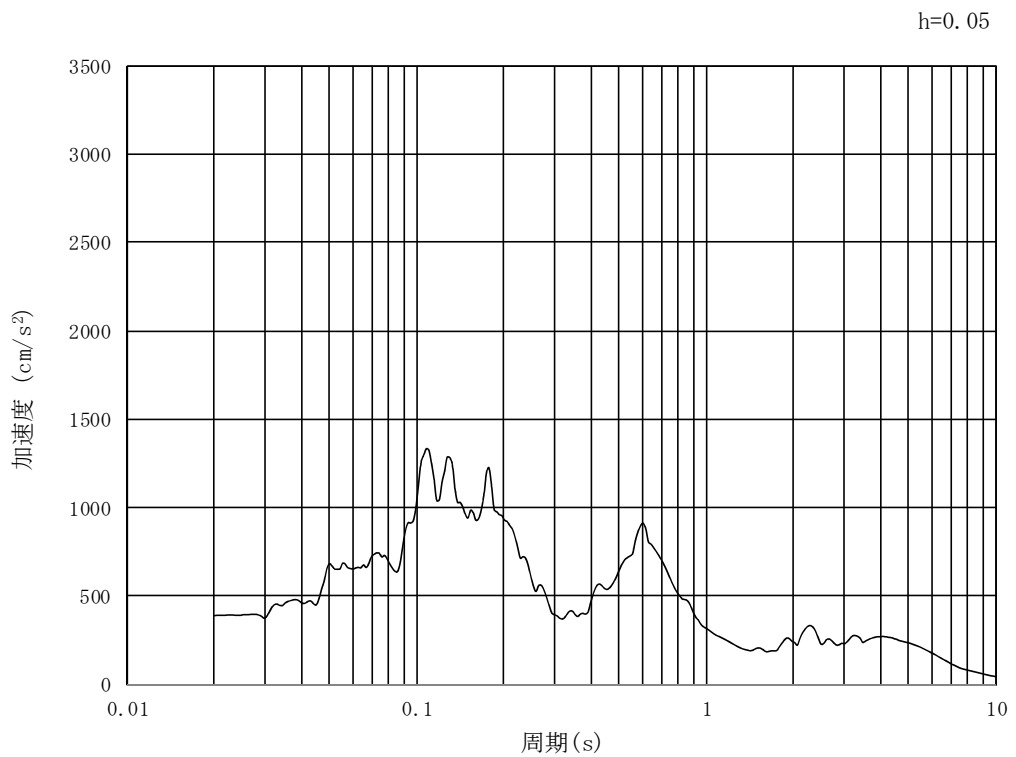


(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-2 (12) 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
(鉛直方向： $S_s - 13$ NS方向)

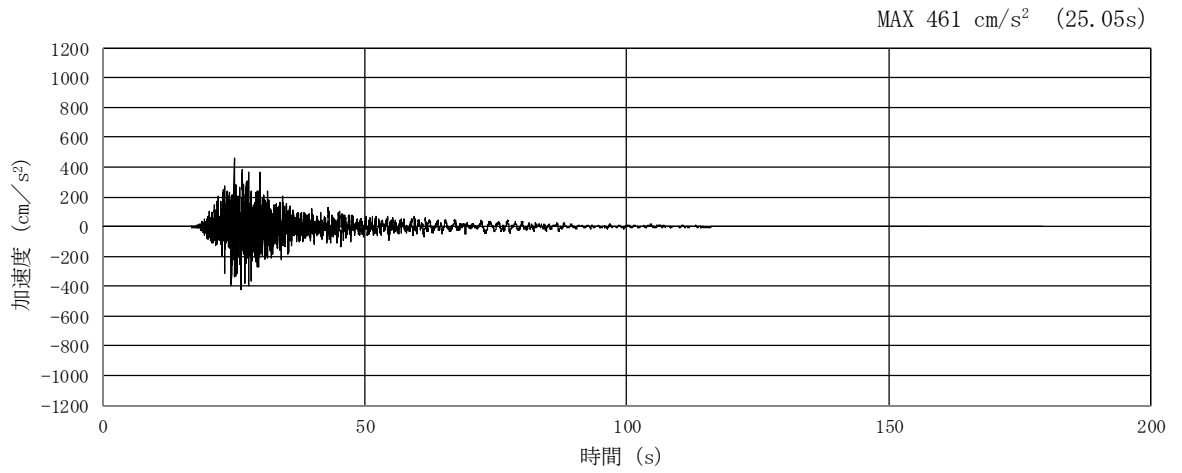


(a) 加速度時刻歴波形

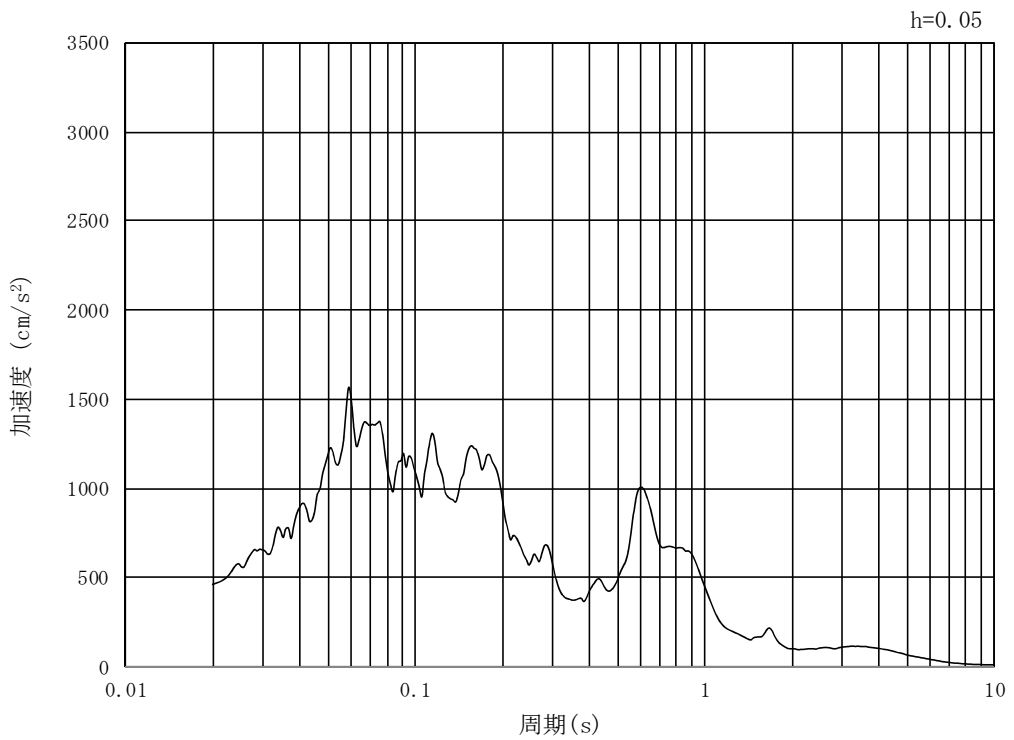


(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-2 (13) 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
(水平方向 : $S_s - 13$ EW方向)

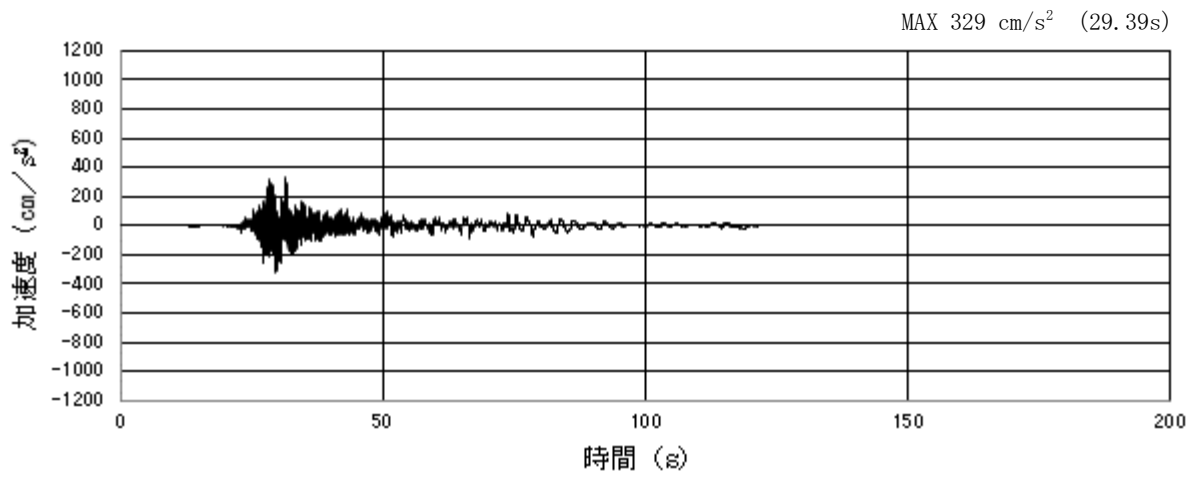


(a) 加速度時刻歴波形

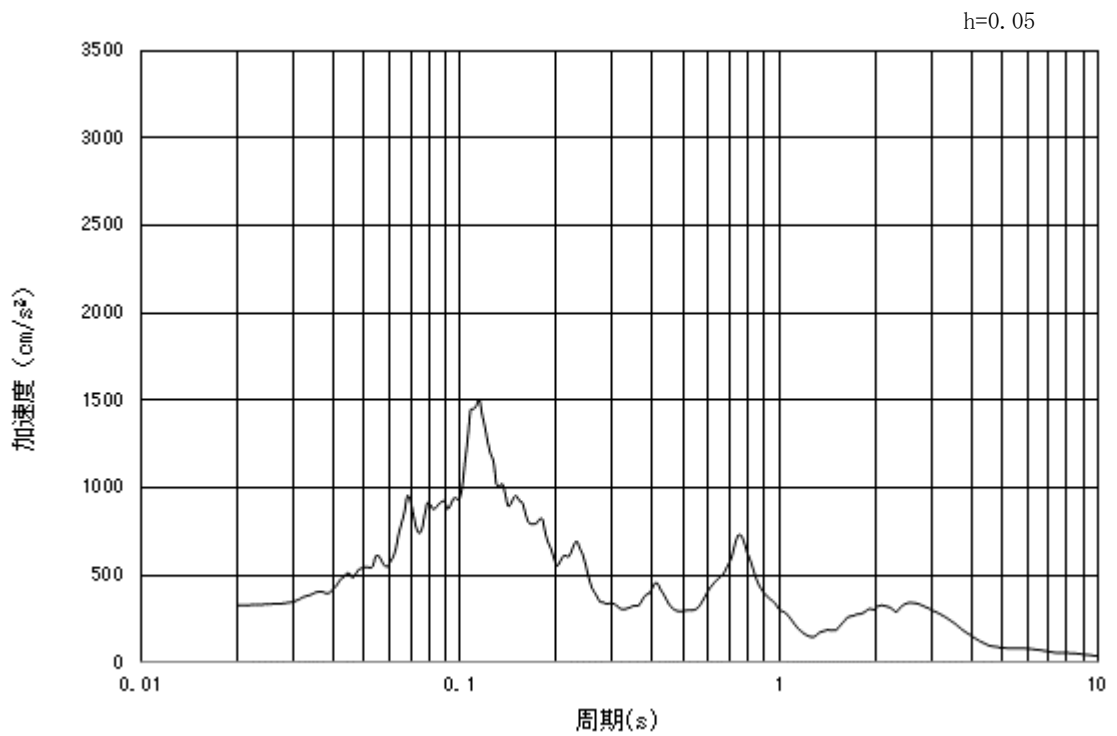


(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-2 (14) 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
(鉛直方向 : S_s-13 EW方向)

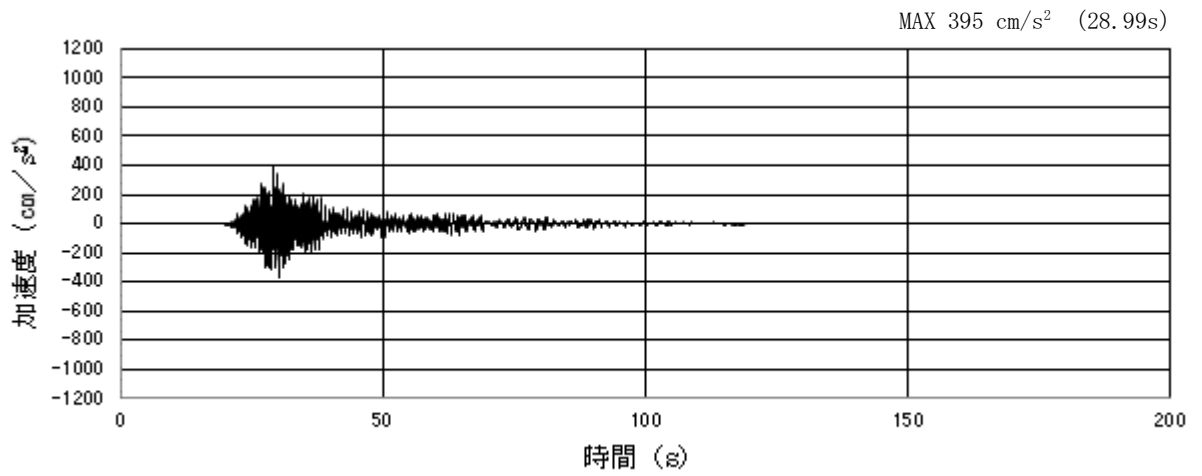


(a) 加速度時刻歴波形

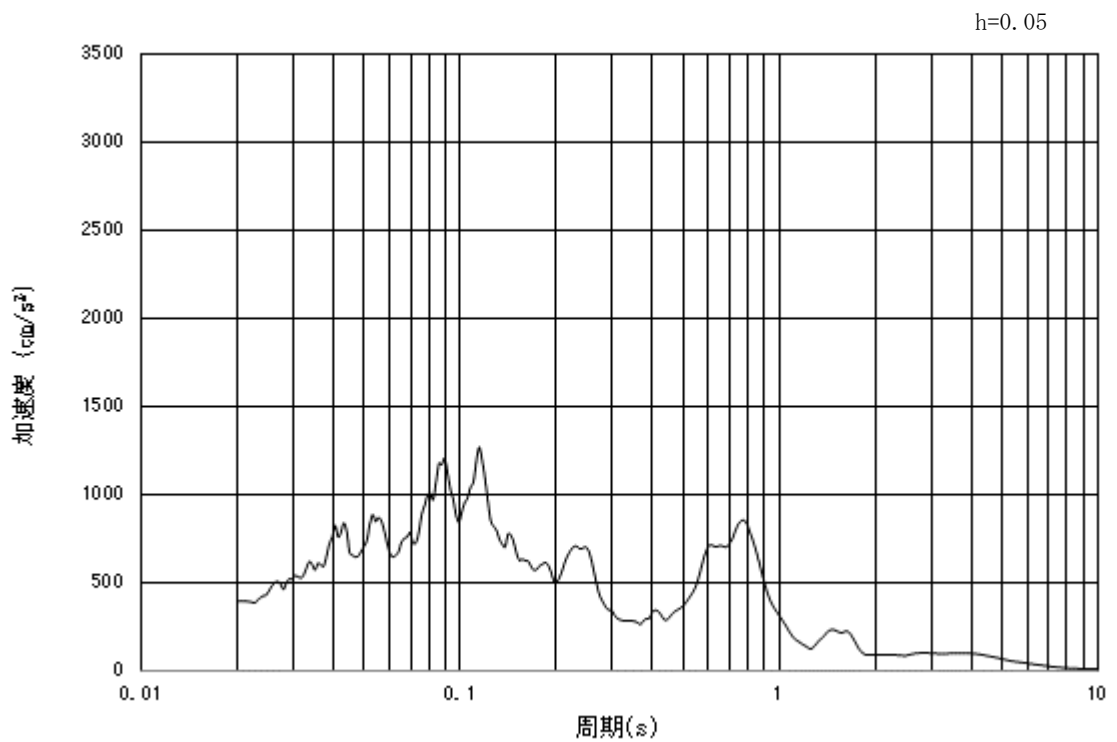


(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-2 (15) 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
(水平方向: S_s-14 NS方向)

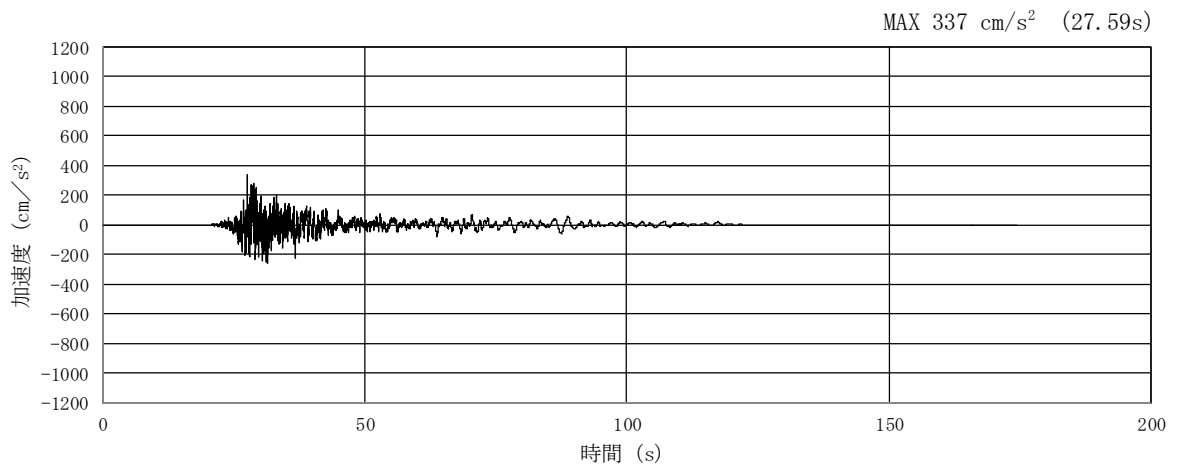


(a) 加速度時刻歴波形

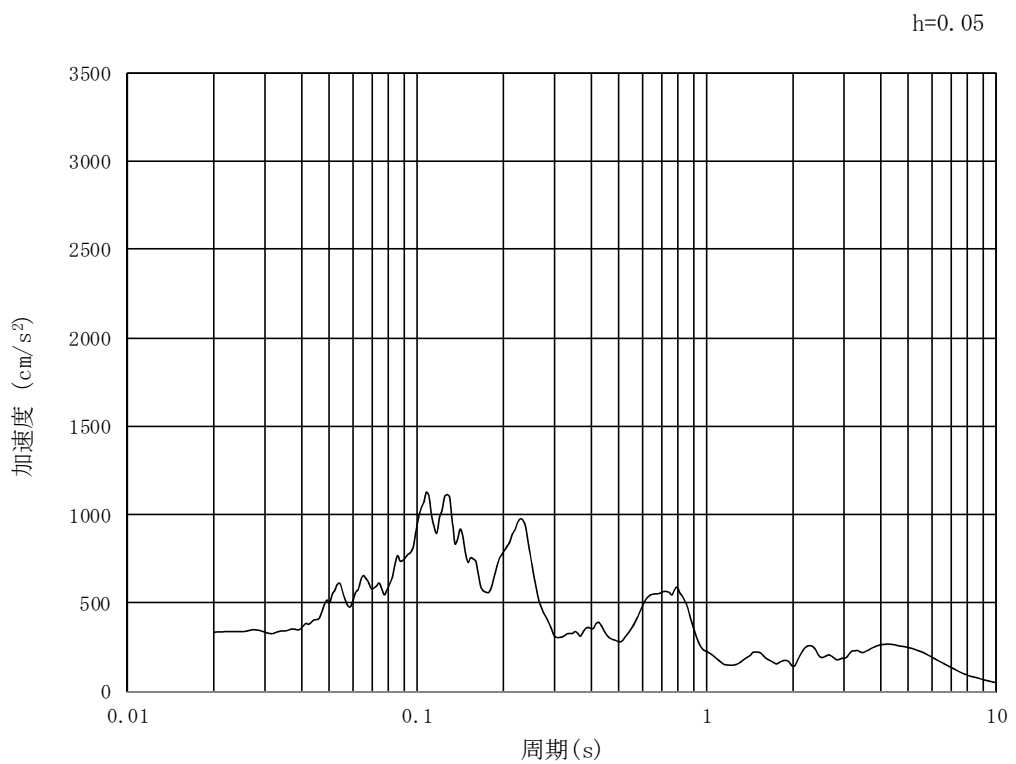


(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-2 (16) 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
(鉛直方向: S_s-14 NS方向)

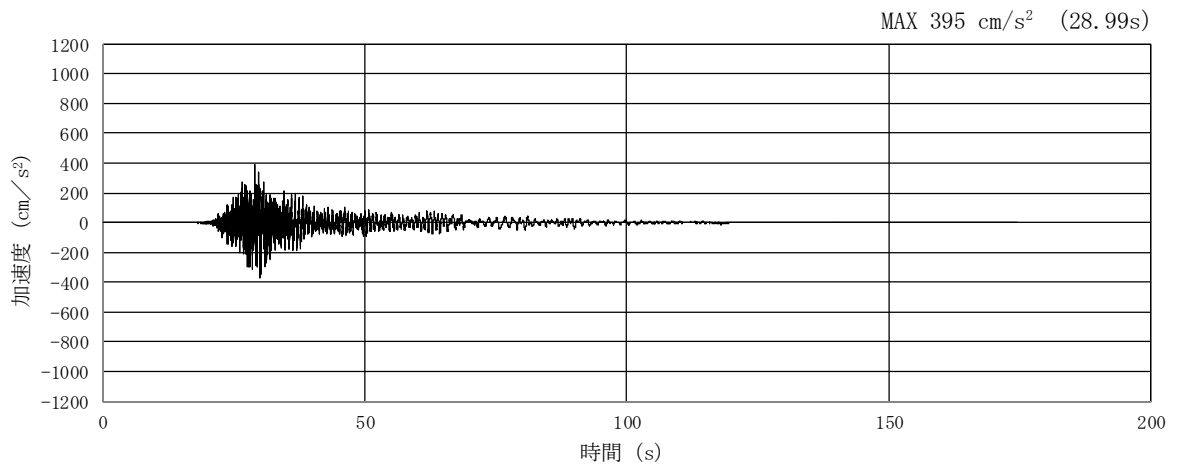


(a) 加速度時刻歴波形

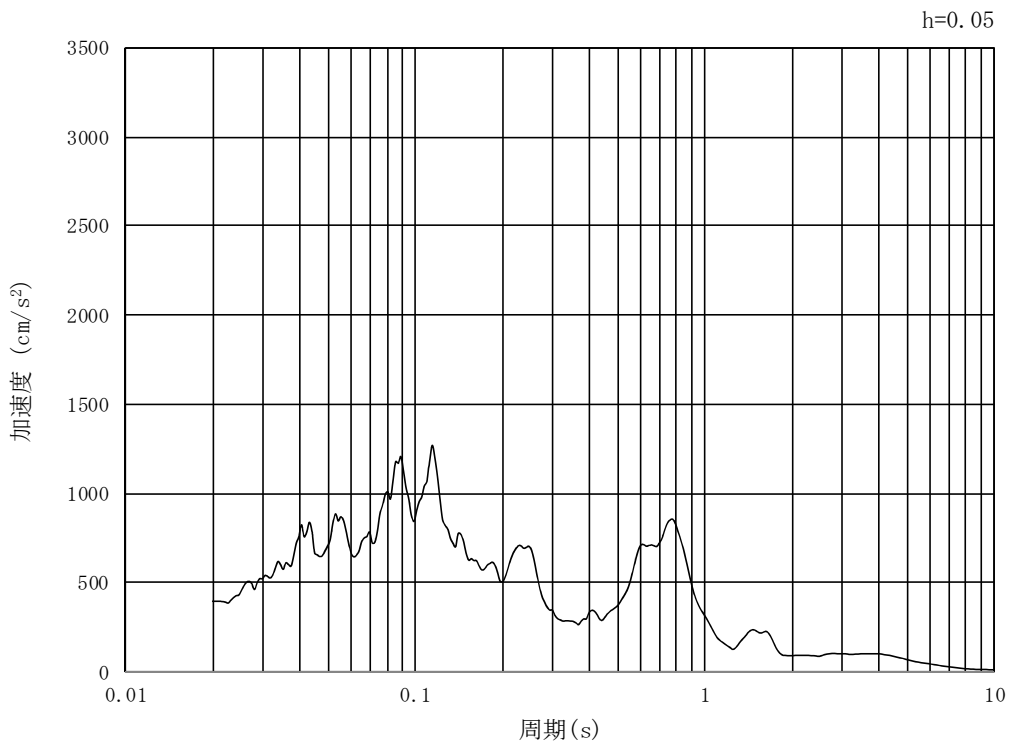


(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-2 (17) 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
(水平方向 : S_s-14 EW方向)

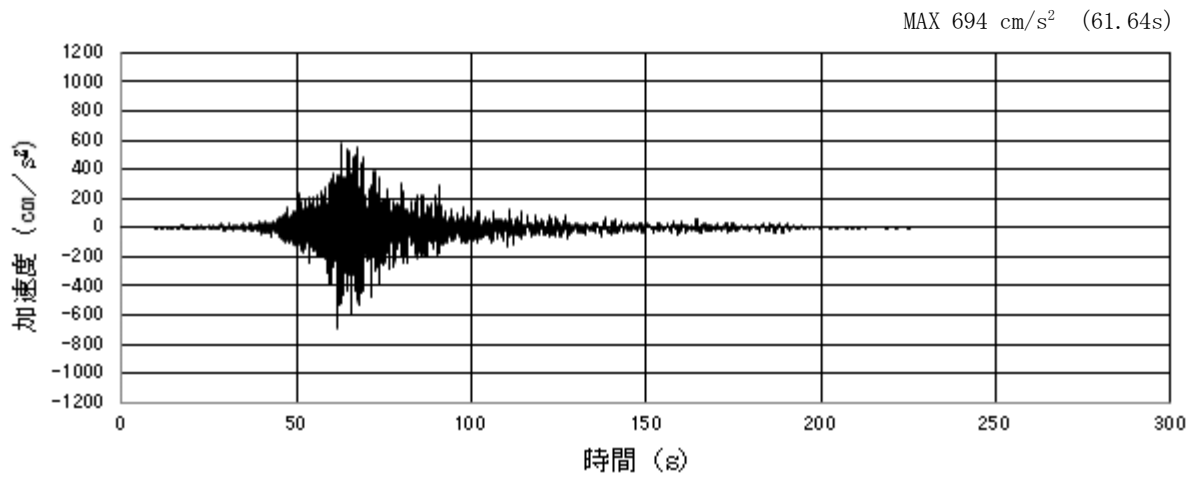


(a) 加速度時刻歴波形

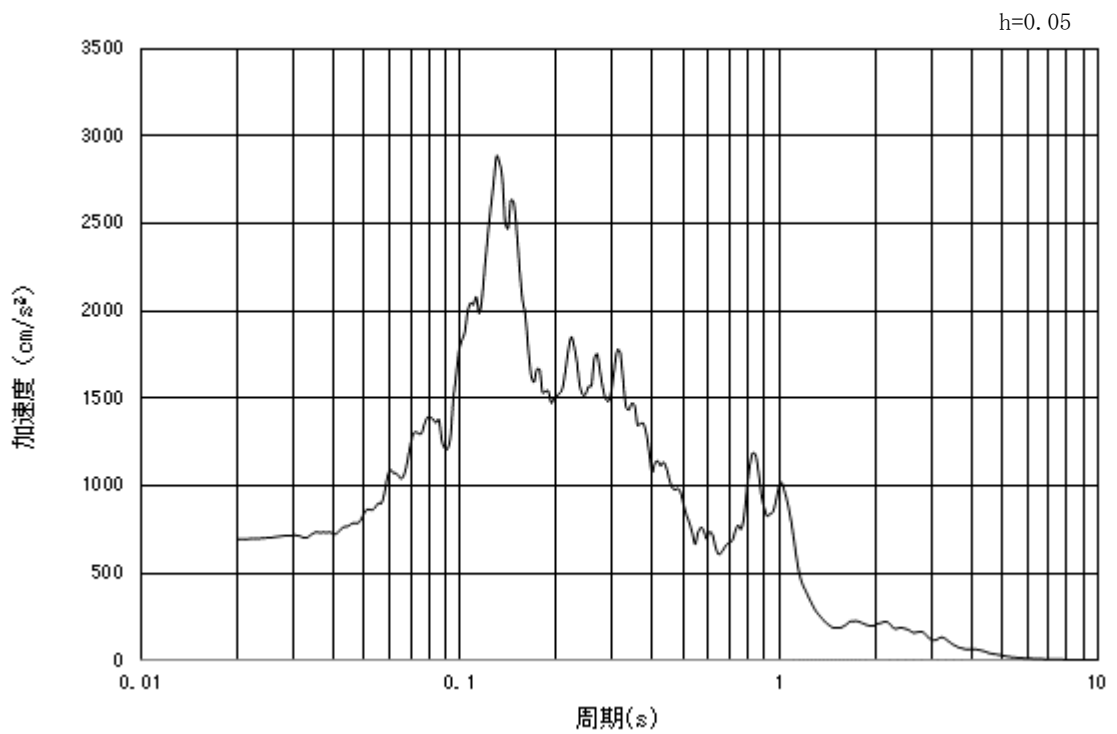


(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-2 (18) 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
(鉛直方向: $S_s - 14$ EW方向)

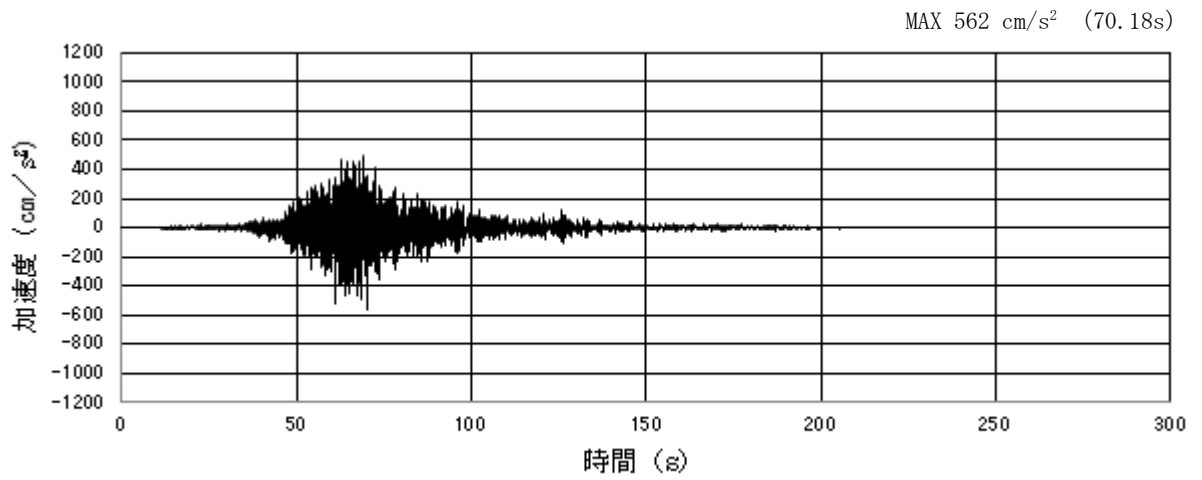


(a) 加速度時刻歴波形

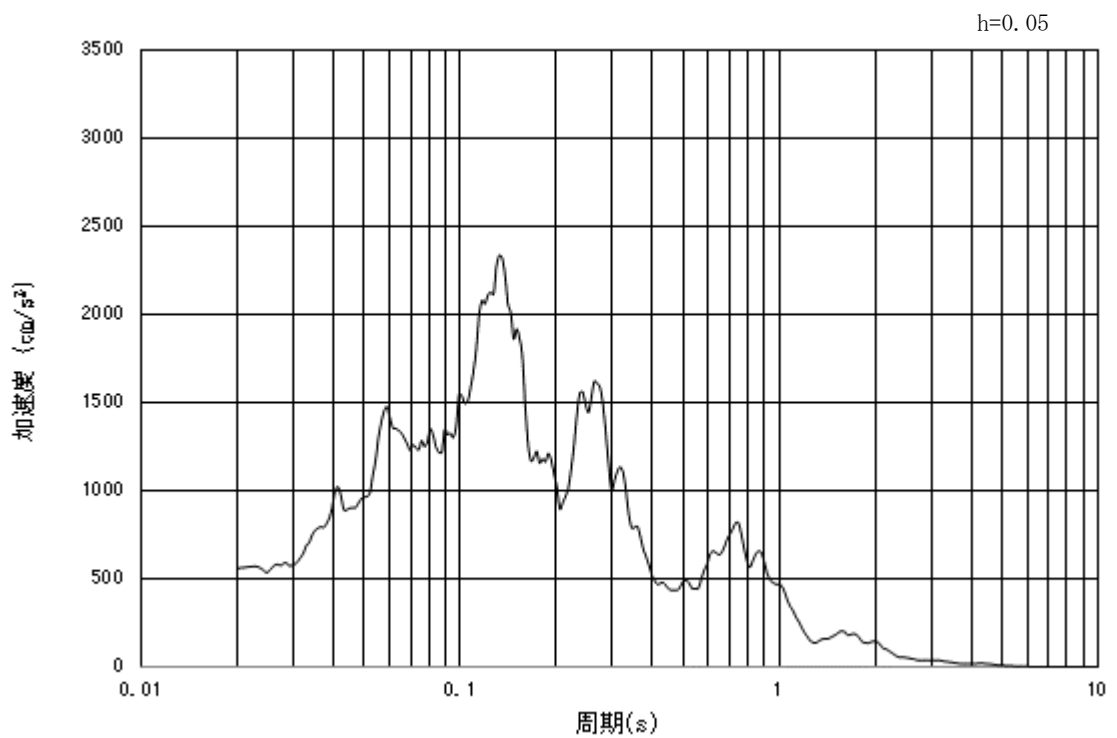


(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-2 (19) 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
(水平方向：S_s-21 NS方向)

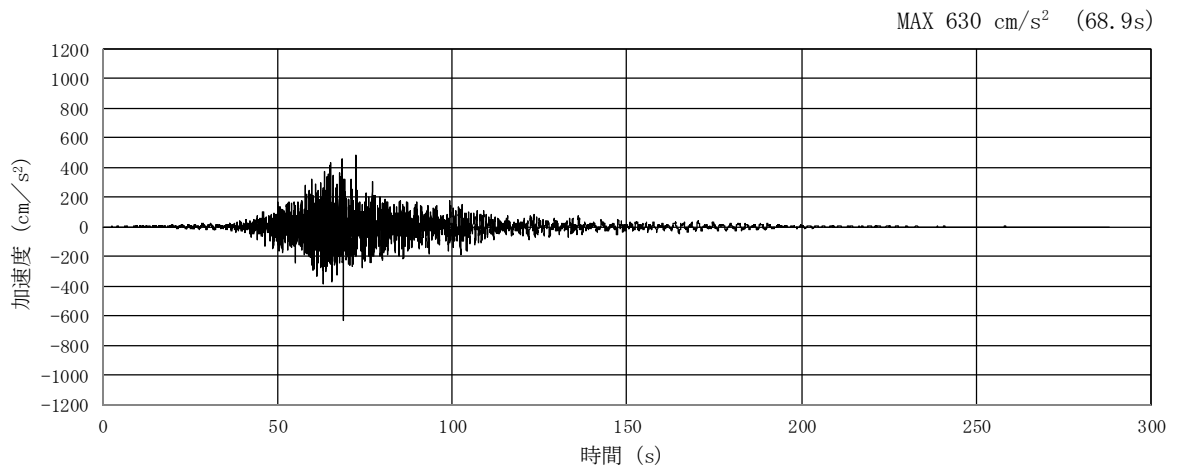


(a) 加速度時刻歴波形

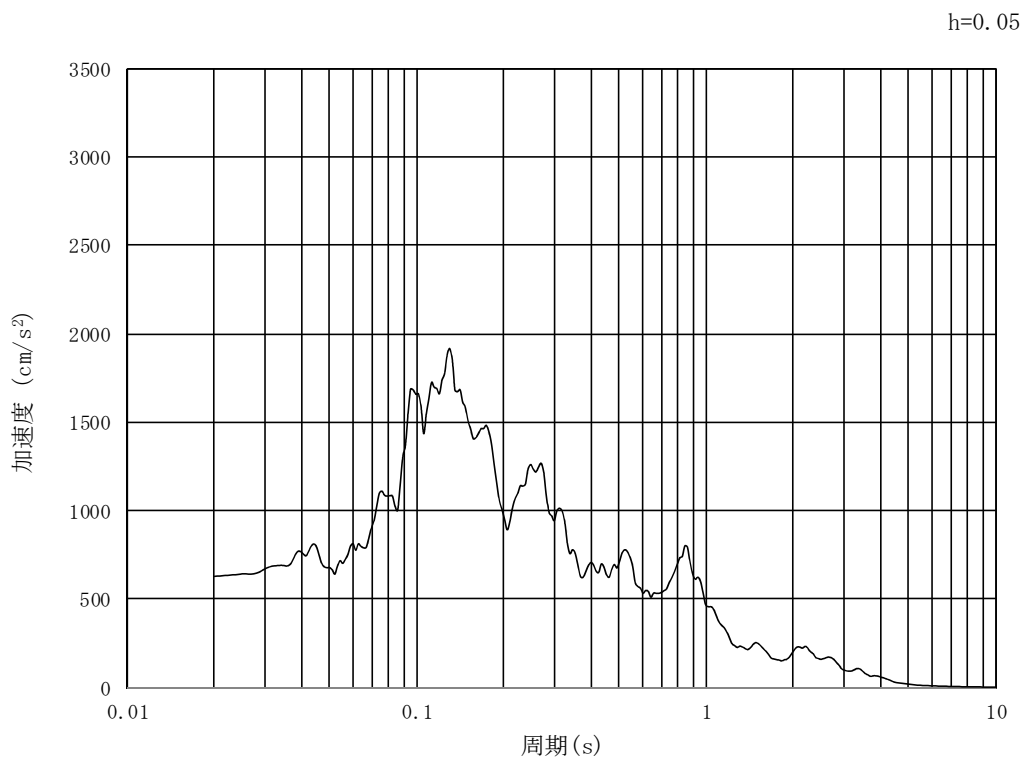


(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-2 (20) 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
(鉛直方向：S_s-21 NS方向)

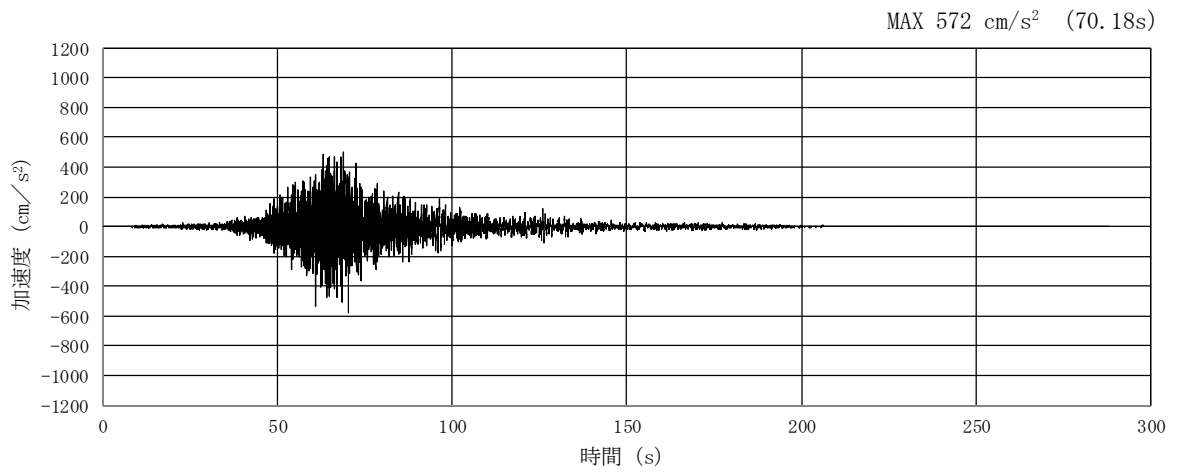


(a) 加速度時刻歴波形

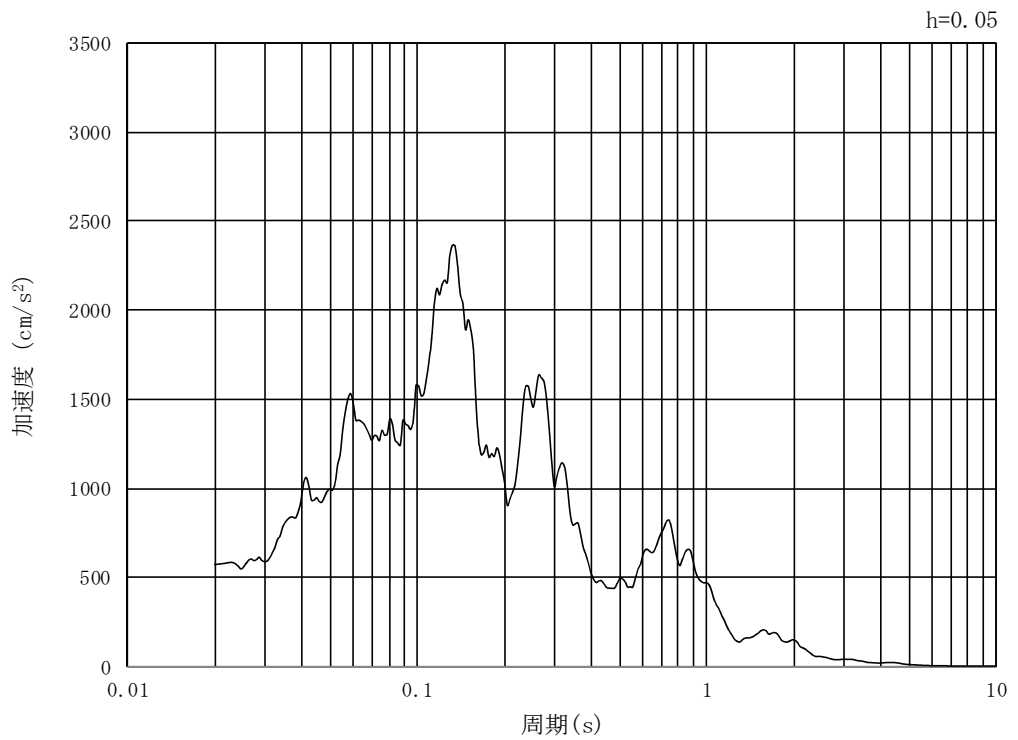


(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-2 (21) 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
(水平方向 : $S_s - 21$ EW方向)

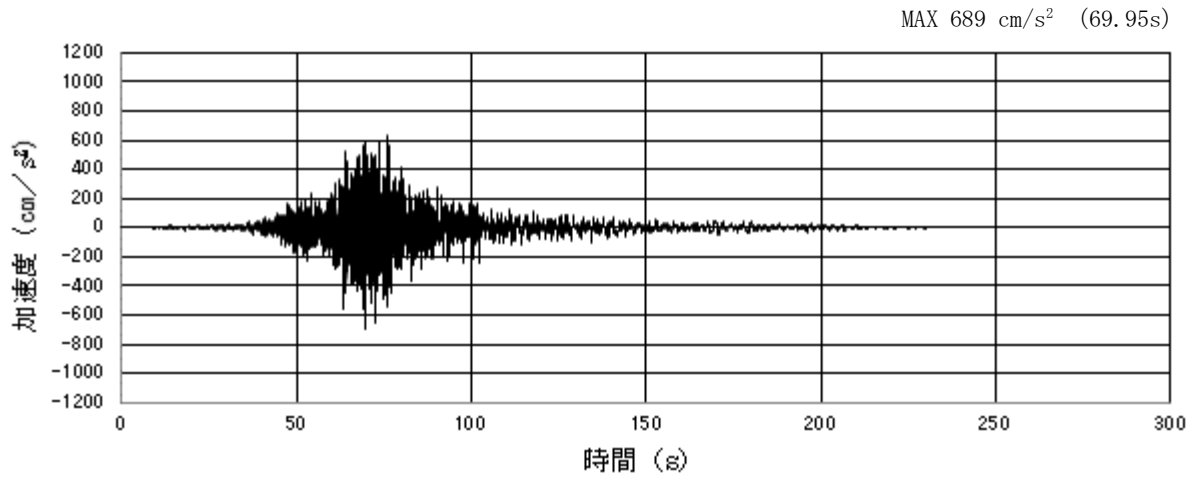


(a) 加速度時刻歴波形

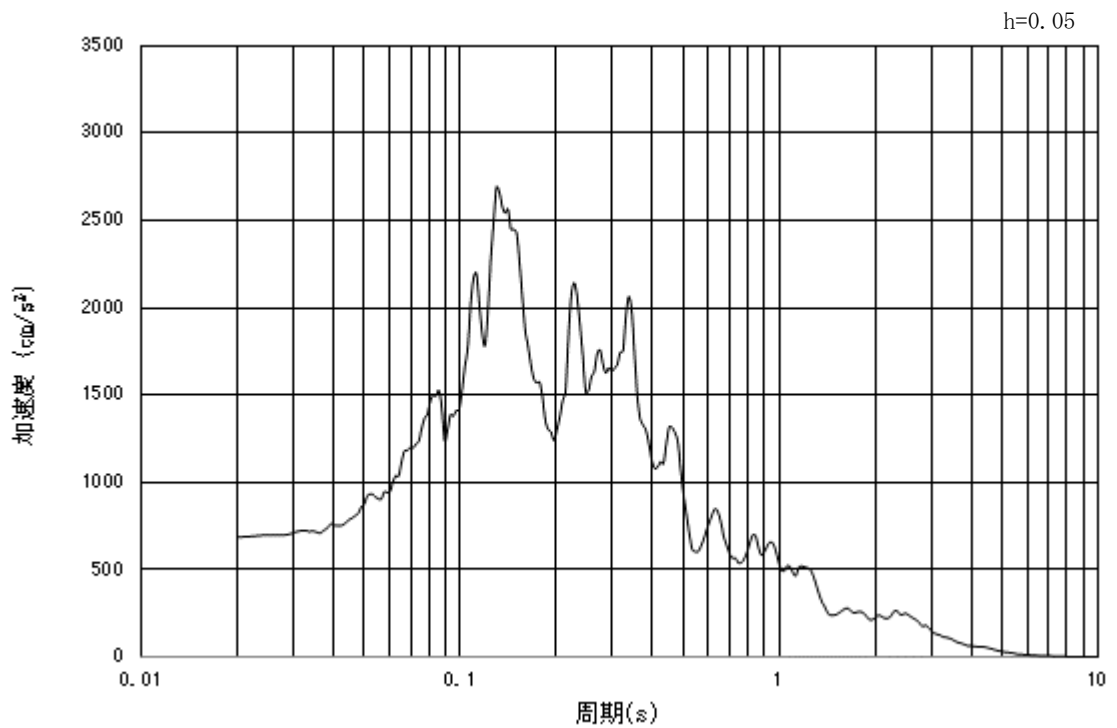


(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-2 (22) 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
(鉛直方向：S_s-2 1 EW方向)

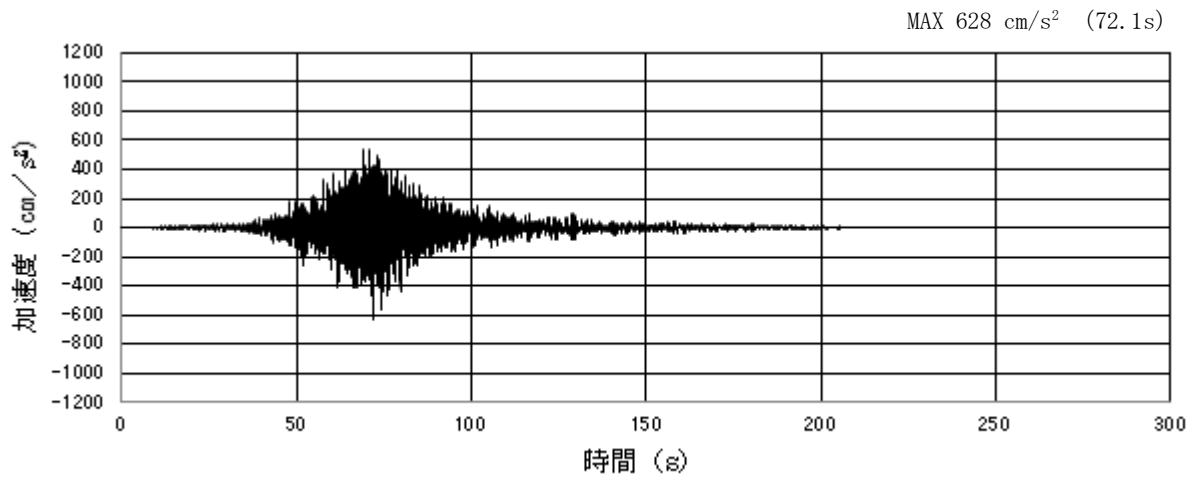


(a) 加速度時刻歴波形

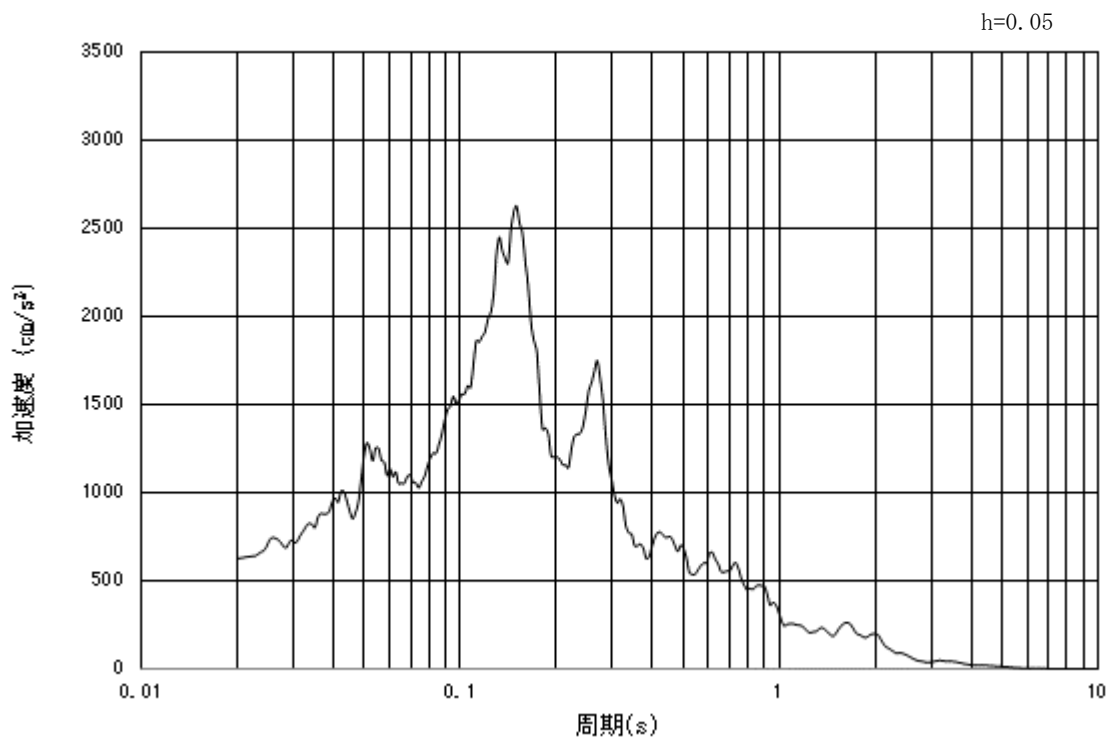


(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-2 (23) 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
(水平方向 : S_s-22 NS 方向)

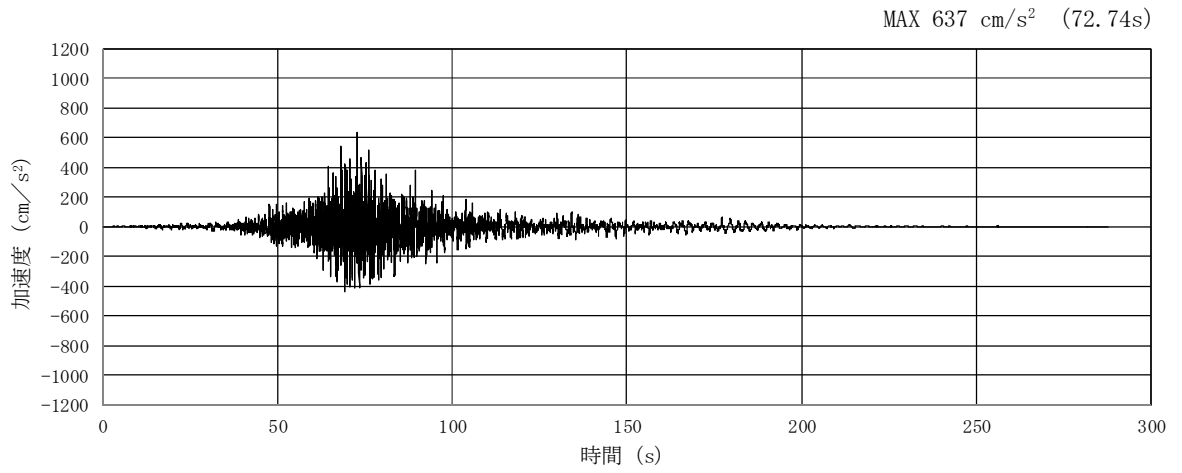


(a) 加速度時刻歴波形

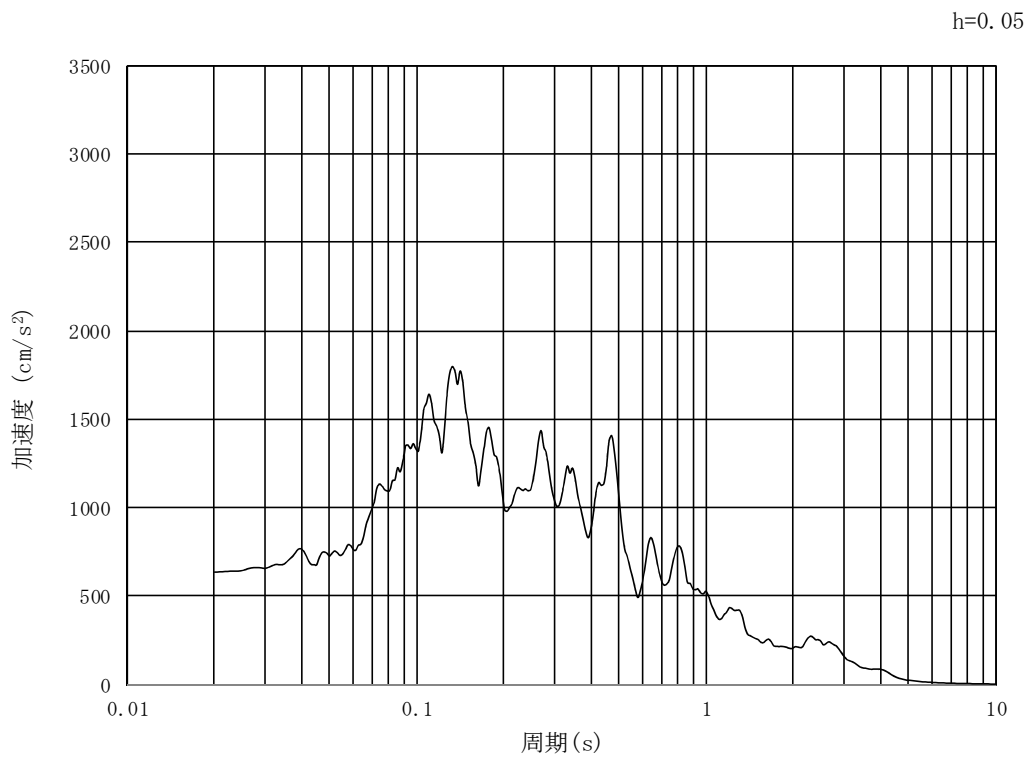


(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-2 (24) 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
(鉛直方向 : S_s-22 NS 方向)

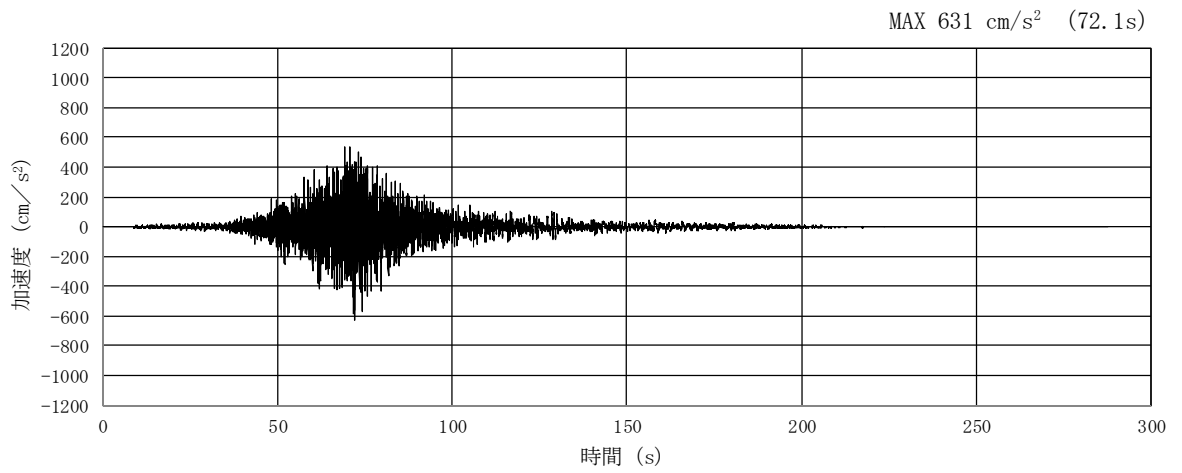


(a) 加速度時刻歴波形

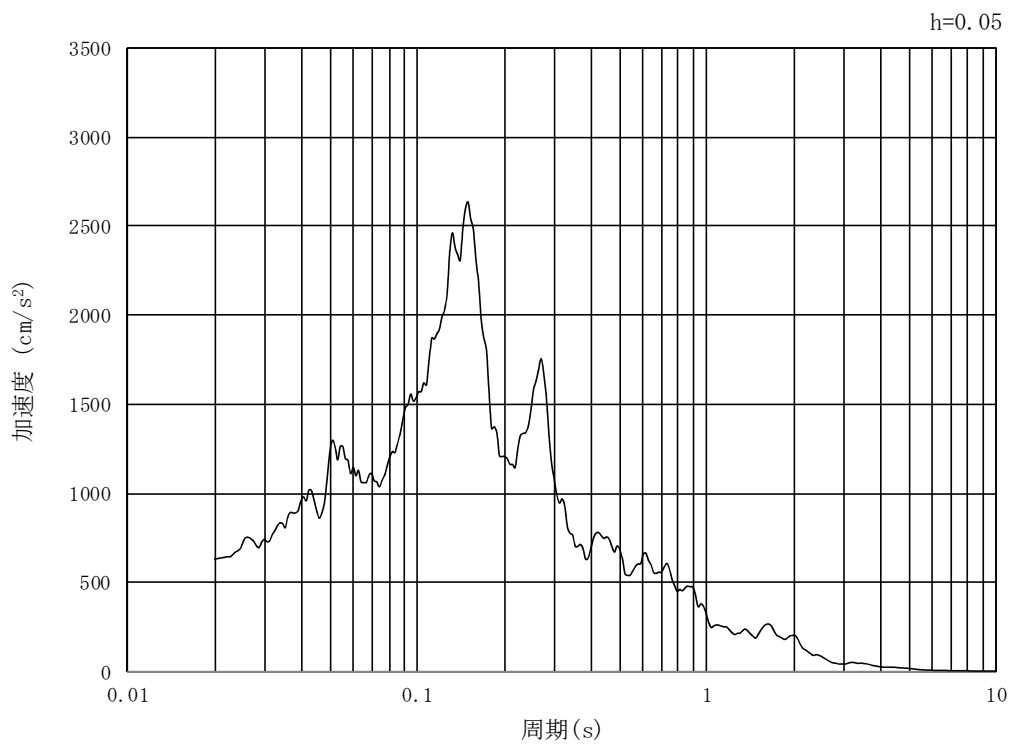


(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-2 (25) 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
(水平方向 : S_s-22 EW方向)

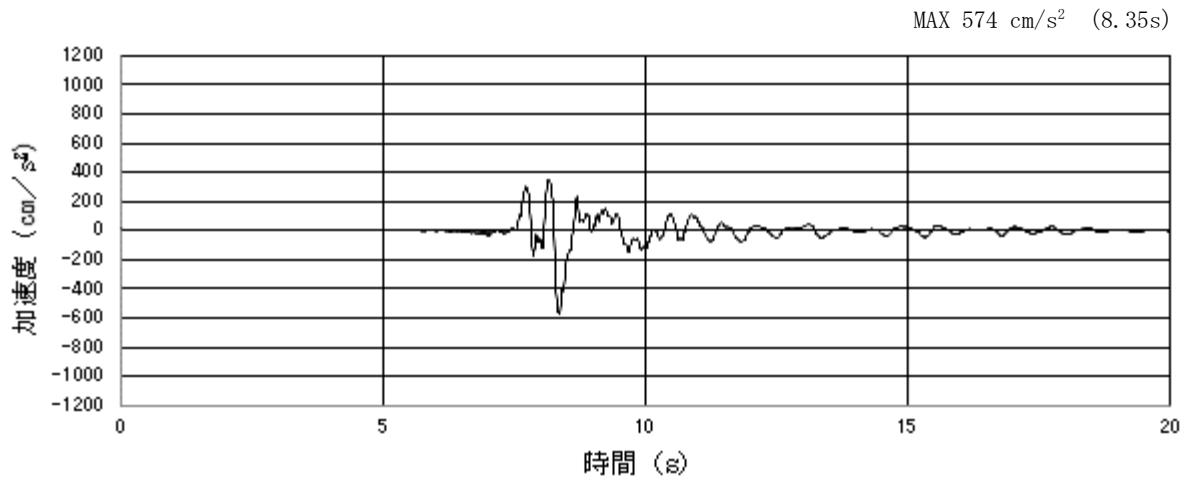


(a) 加速度時刻歴波形

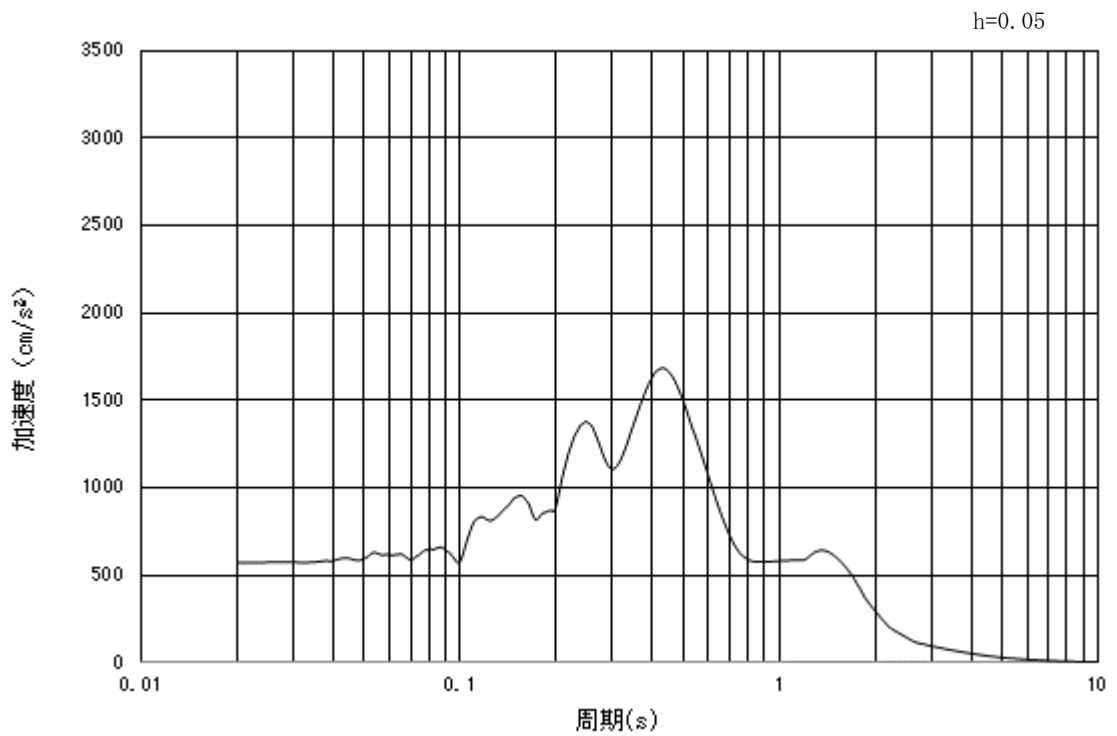


(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-2 (26) 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
(鉛直方向: $S_s - 22$ EW方向)

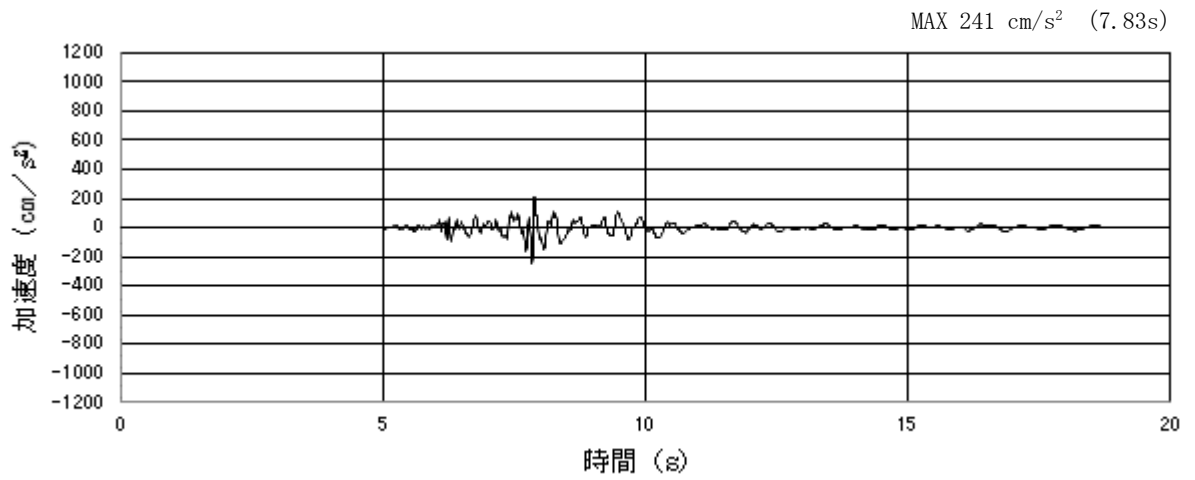


(a) 加速度時刻歴波形

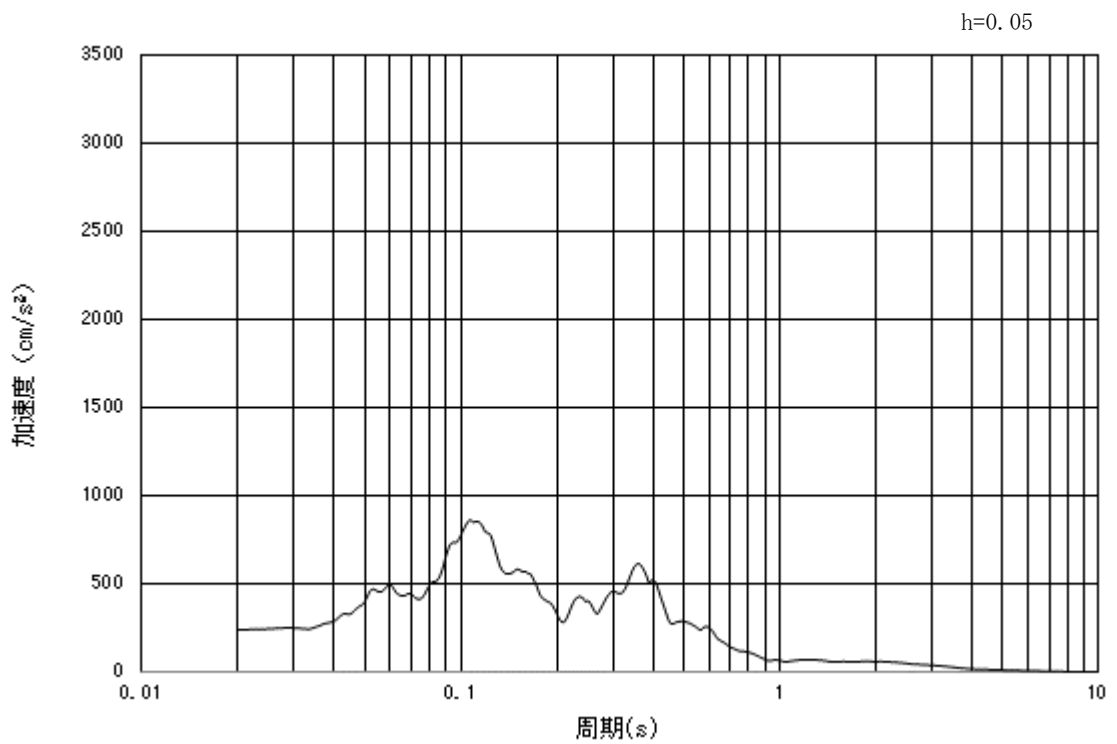


(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-2 (27) 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
(水平方向: $S_s - 31$)



(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-2 (28) 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
(鉛直方向: $S_s - 31$)

3.5 解析モデル及び諸元

3.5.1 解析モデル

(1) 解析領域

地震応答解析モデルは、境界条件の影響が構造物及び地盤の応力状態に影響を及ぼさないよう、十分に広い領域とする。具体的には、J E A G 4 6 0 1 - 1987 を適用し、図 3.5.1-1 に示すとおりモデル幅を構造物基礎幅の 5 倍以上、構造物下端からモデル下端までの高さを構造物幅の 2 倍以上確保する。

地盤の要素分割については、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 1m 程度まで細分割して設定する。

解析モデルの下端については、T.P. -80.0m までモデル化する。

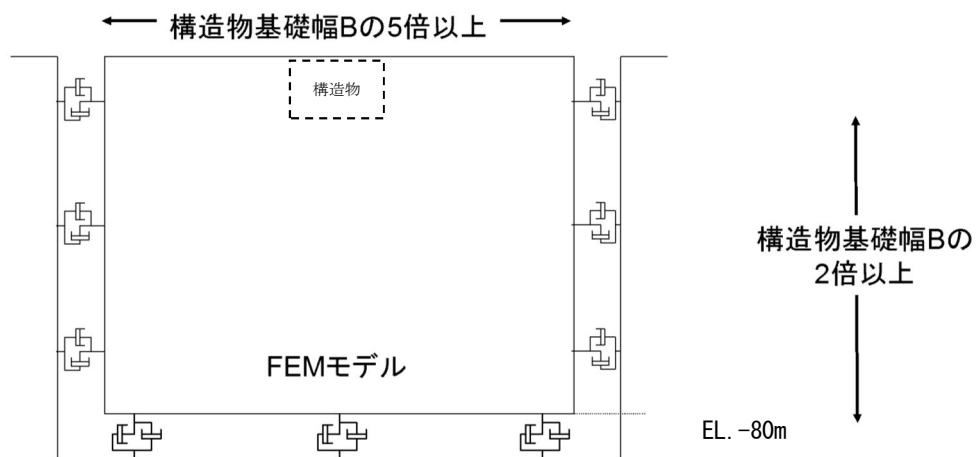


図 3.5.1-1 モデル化範囲の考え方

2次元有効応力解析モデルは、検討対象構造物とその周辺地盤をモデル化した不整形地盤に加え、この不整形地盤の左右に広がる地盤をモデル化した自由地盤で構成される。この自由地盤は、不整形地盤の左右端と同じ地層構成を有する1次元地盤モデル（不整形地盤左右端のそれぞれ縦1列の要素列と同じ地層構成で、水平方向に連続することを表現するために循環境界条件を設定したモデル）である。2次元有効応力解析における自由地盤の初期応力解析から不整形地盤の有効応力解析までのフローを図3.5.1-2に示す。

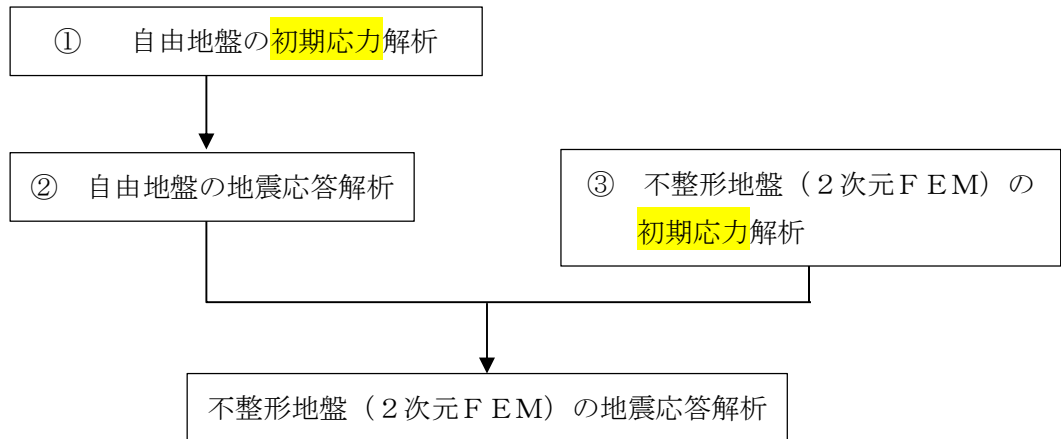


図 3.5.1-2 自由地盤の初期応力解析から不整形地盤の地震応答解析までのフロー

(2) 境界条件

a. 固有値解析時

固有値解析を実施する際の境界条件は、境界が構造物を含めた周辺地盤の振動特性に影響を与えないよう設定する。ここで、底面境界は地盤のせん断方向の卓越変形モードを把握するために固定とし、側面は実地盤が側方に連続していることを模擬するため水平ローラーとする。境界条件の概念図を図3.5.1-3に示す。

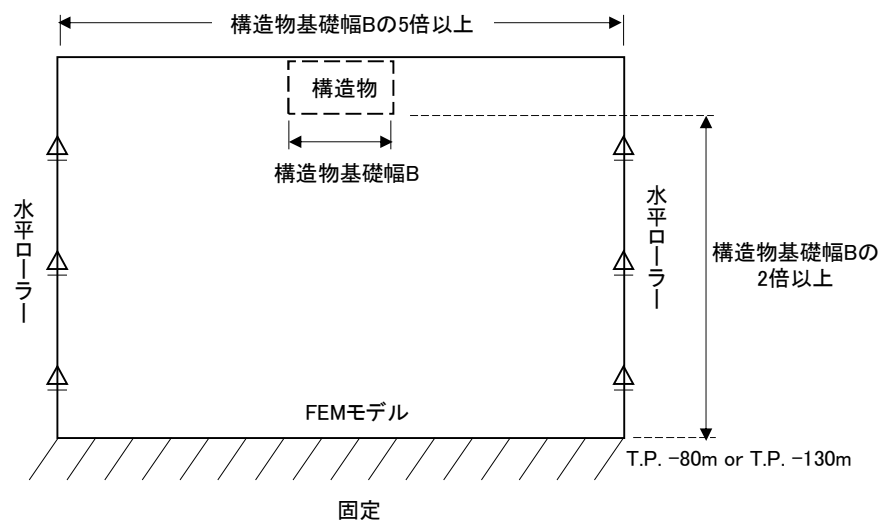


図 3.5.1-3 固有値解析における境界条件の概念図

b. 初期応力解析時

初期応力解析は、地盤や構造物の自重及び風荷重等の静的な荷重を載荷することによる常時の初期応力を算定するために行う。そこで、初期応力時の境界条件は底面固定とし、側方は自重による地盤の鉛直方向の変形を拘束しないよう鉛直ローラーとする。境界条件の概念図を図 3.5.1-4 に示す。

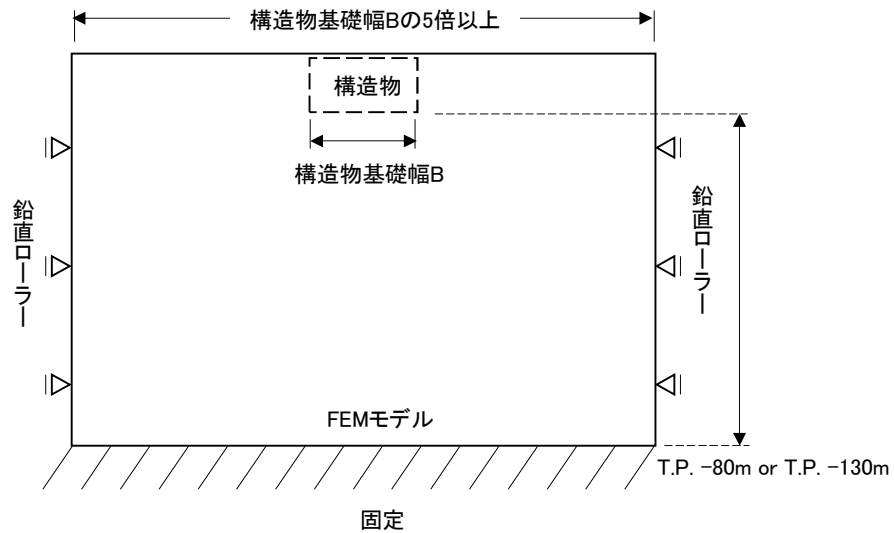


図 3.5.1-4 初期応力解析における境界条件の概念図

c. 地震応答解析時

地震応答解析時の境界条件については、有限要素解析における半無限地盤を模擬するため、粘性境界を設ける。底面の粘性境界については、地震動の下降波がモデル底面境界から半無限地盤へ通過していく状態を模擬するため、ダッシュポットを設定する。側方の粘性境界については、自由地盤の地盤振動と不整形地盤側方の地盤振動の差分が側方を通過していく状態を模擬するため、自由地盤の側方にダッシュポットを設定する。

(3) 構造物のモデル化

構造物は、線形はり要素でモデル化する。

鉄筋コンクリートの要素分割については、「原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・同マニュアル」（（社）土木学会 原子力土木委員会，2002年5月）に基づき、線材モデルの要素分割については、要素長さを部材の断面厚さ又は有効高さの2.0倍以下とし、1.0倍程度とするのが良い旨が示されていることを考慮し、部材の断面厚さ又は有効高さの1.0倍程度まで細分化して設定する。なお、杭の要素分割については、杭に接する地盤の要素分割に合わせて設定する。

また、図3.5.1-5に示す領域を剛域として設定し、（ ）内に剛域を設定した理由を示す。

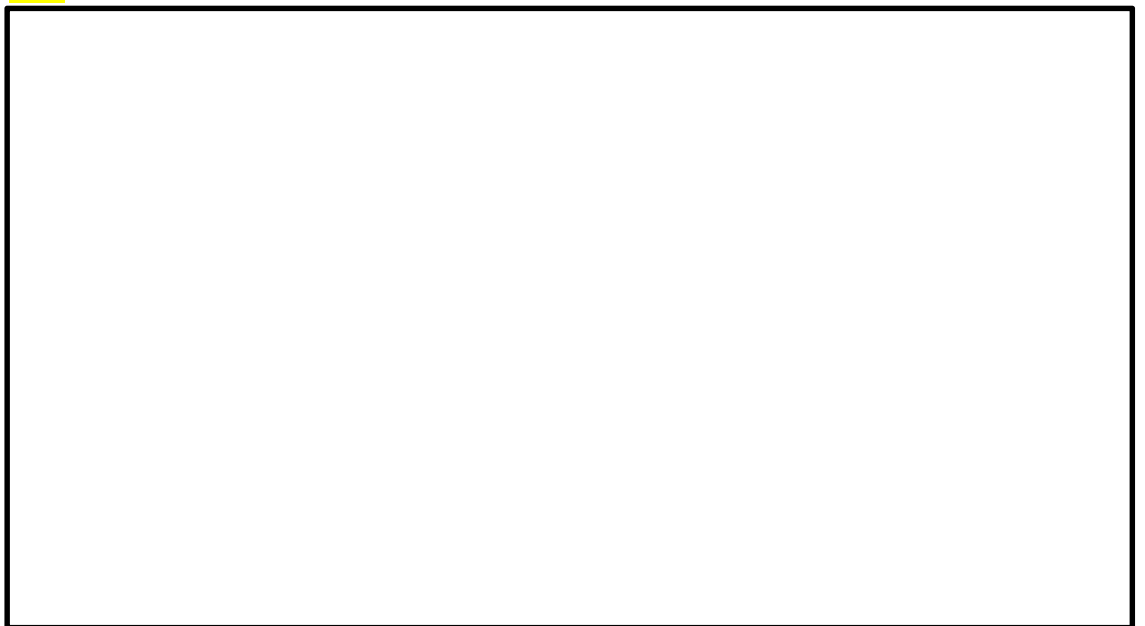


図 3.5.1-5 (1) 剛域の設定範囲 (A-A断面)



図 3.5.1-5 (2) 剛域の設定範囲 (B-B断面)

(4) 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てモデル化し、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。

防潮扉 2 基礎の地震応答解析モデルを図 3.5.1-6 および図 3.5.1-7 に示す。

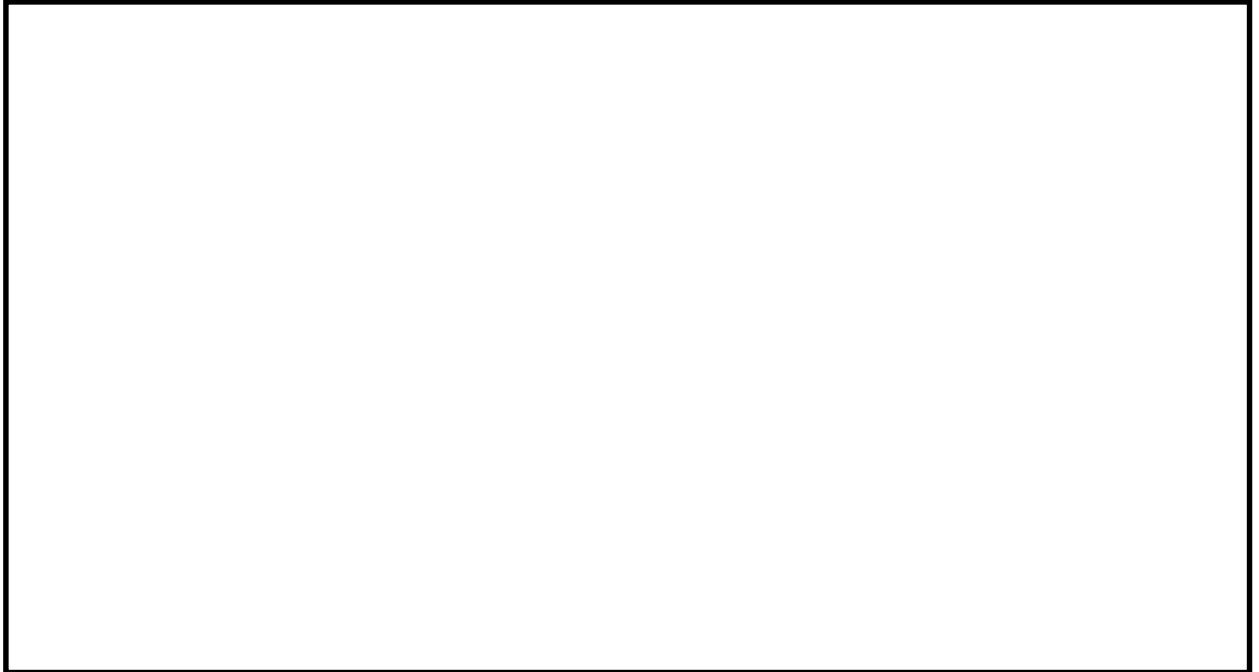


図 3.5.1-6 地震応答解析モデル (A-A断面)

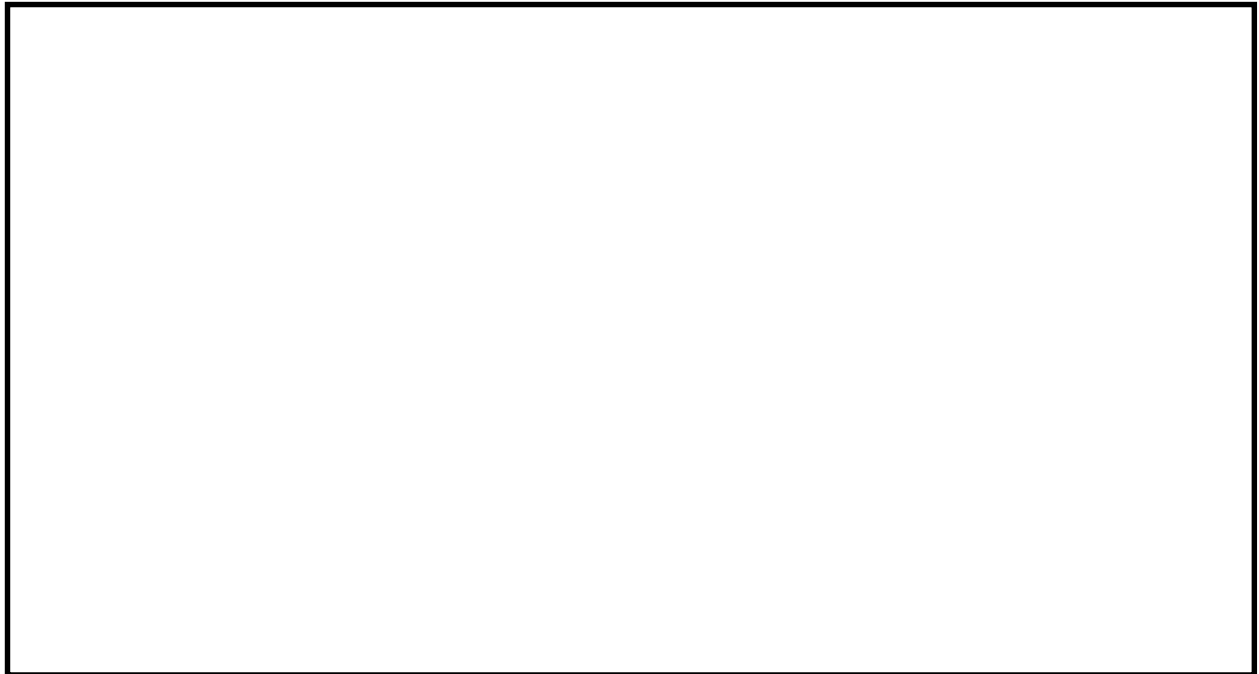


図 3.5.1-7 地震応答解析モデル (B-B断面)

(5) ジョイント要素の設定

有効応力解析では、地盤と構造体の接合面にジョイント要素を設けることにより、強震時の地盤と構造体の接合面における剥離及びすべりを考慮する。

ジョイント要素は、地盤と構造体の接合面で法線方向及びせん断方向に対して設定する。法線方向については、常時状態以上の引張荷重が生じた場合、剛性及び応力をゼロとし、剥離を考慮する。せん断方向については、地盤と構造体の接合面におけるせん断抵抗力以上のせん断荷重が生じた場合、せん断剛性をゼロとし、すべりを考慮する。表 3.5.1-3 にジョイント要素の力学特性、図 3.5.1-8 及び図 3.5.1-9 にジョイント要素の配置図を示す。

せん断強度 τ_f は次式の Mohr-Coulomb 式により規定される。c、 ϕ は周辺地盤の c、 ϕ とする。(表 3.5.1-1 参照)

$$\tau_f = c + \sigma' \tan \phi$$

ここで、

- τ_f : せん断強度
- c : 粘着力
- ϕ : 内部摩擦角

表 3.5.1-1 隣接構造物及び周辺地盤との境界に用いる強度特性

周辺の状況		粘着力 C (N/mm ²)	内部摩擦角 ϕ (度)	備考
第四紀層	du 層	0	37.3	—
	Ag2 層	0	37.4	—
	D2c-3 層	0.026	35.6	—
	D2s-3 層	0.010	35.8	—
	D2g-3 層	0	44.4	—
新第三系	Km 層	$C=0.358-0.00603 \cdot z$	$\phi =23.2+0.0990 \cdot z$	—

z : 標高 (m)

ジョイント要素のバネ定数は、数値計算上不安定な挙動を起こさない程度に十分に大きな値として、港湾構造物設計事例集（沿岸技術研究センター）に従い、表 3.5.1-2 のとおり設定する。

表 3.5.1-2 ジョイント要素のバネ定数

	せん断剛性 k_s (kN/m ³)	圧縮剛性 k_n (kN/m ³)
側方及び底面	1.0×10^6	1.0×10^6

表 3.5.1-3 ジョイント要素の力学特性

ジョイント要素の力学的特性	
法線方向	せん断方向
<p>直応力</p> <p>圧縮</p> <p>剥離</p> <p>引張</p> <p>直ひずみ</p> <p>k_v</p>	<p>せん断応力</p> <p>すべり</p> <p>せん断ひずみ</p> <p>τ_f</p> <p>$-\tau_f$</p> <p>k_s</p>

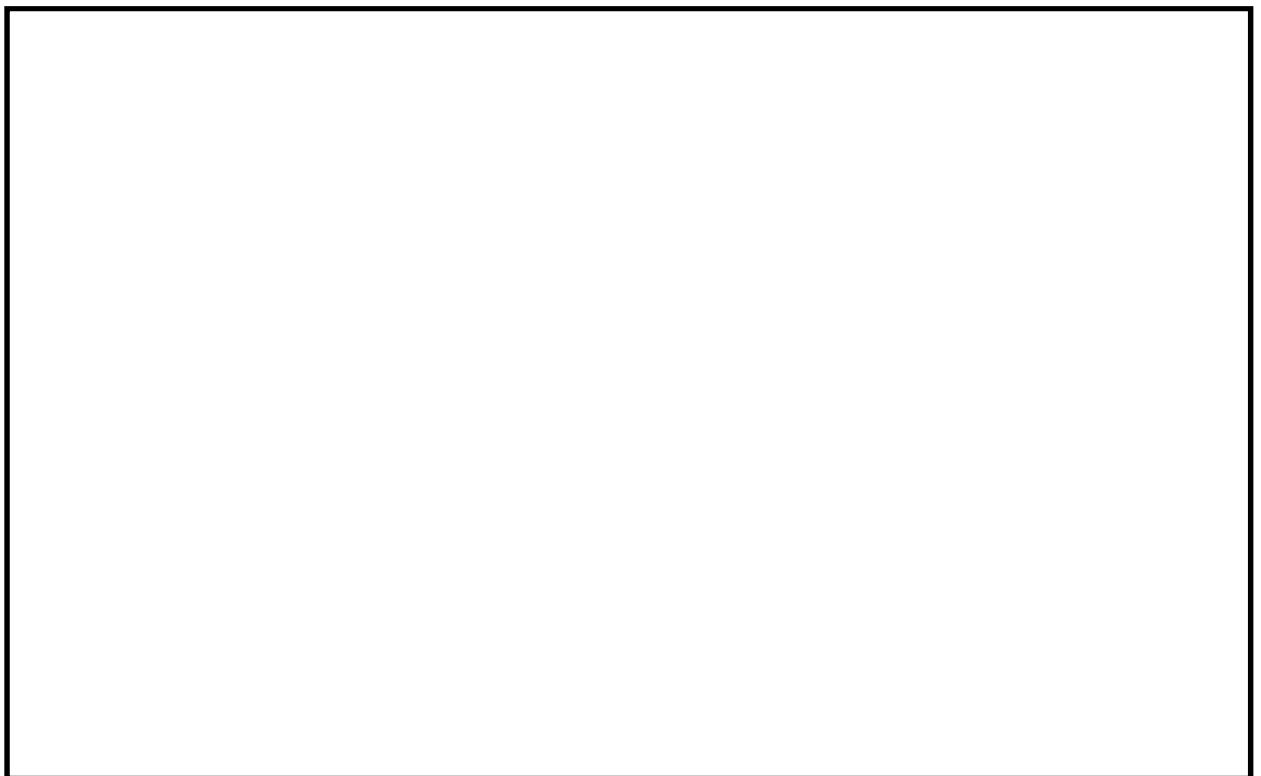


図 3.5.1-8 (1) 防潮扉 2 基礎におけるジョイント要素の配置図 (A-A 断面)

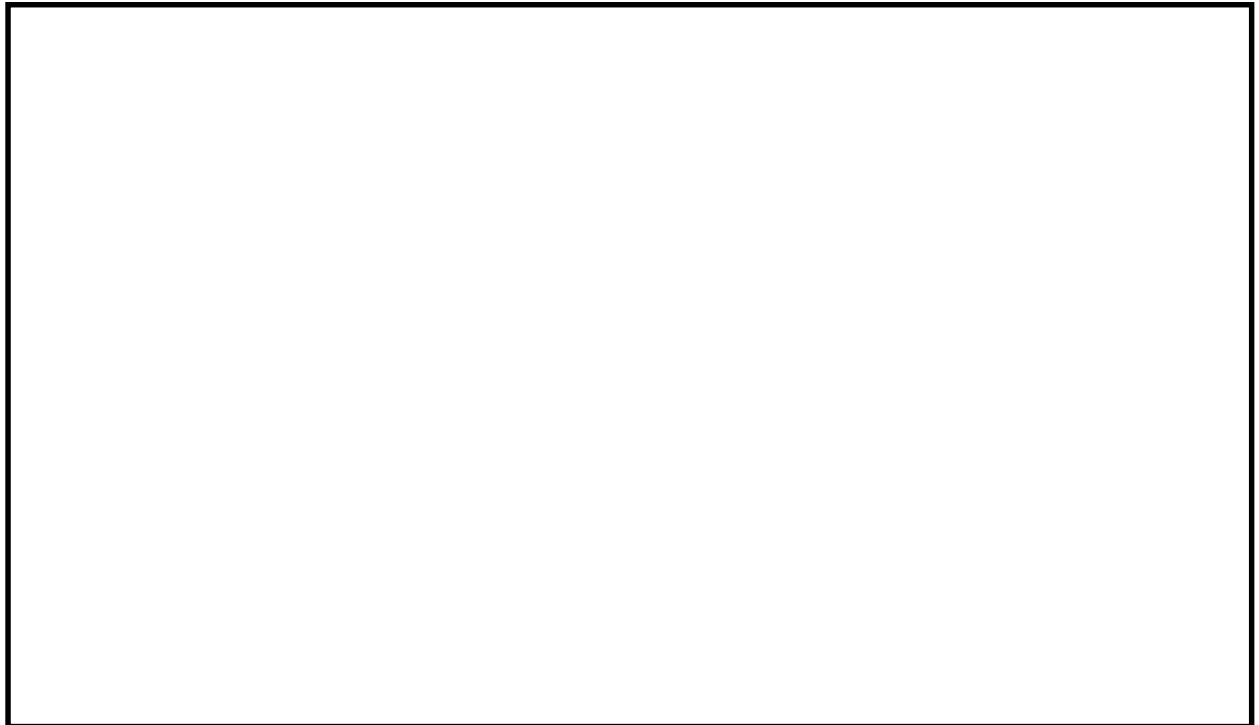


図 3.5.1-8 (2) 防潮扉 2 基礎におけるジョイント要素の配置図 (B-B 断面)

(6) 杭-地盤相互作用バネの設定

地盤と杭の接合面に杭-地盤相互作用バネを設けることにより、強震時の地盤と杭の接合面における相互作用における 3次元効果を 2次元モデルで適切に考慮する。

杭-地盤相互作用バネの杭軸方向については、地盤と杭の接合面におけるせん断抵抗力以上のせん断応力が発生した場合、剛性をゼロとし、すべりを考慮する。せん断強度 τ_f は次式の Mohr-Coulomb 式により規定される。c, ϕ は周辺地盤の c, ϕ とする。(表 3.5.1-4 参照)

$$\tau_f = c + \sigma' \tan \phi$$

ここで、

τ_f : せん断強度

c : 付着力

ϕ : 内部摩擦角

表 3.5.1-4 周辺地盤及び杭との境界に用いる強度特性

周辺の状況		粘着力 c (N/mm ²)	内部摩擦角 (度)	備考
第四紀層	du 層	0	37.3	—
	Ag2 層	0	37.4	—
	D2c-3 層	0.026	35.6	—
	D2g-3	0	44.4	—
新第三系	Km 層	$c = 0.358 - 0.00603 \cdot z$	$\phi = 23.2 + 0.0990 \cdot z$	—
地盤改良体		$c = 1/2 \times q_u$	0.0	—

z : 標高 (m) q_u : 一軸圧縮強度 (N/mm²)

杭-地盤相互作用バネの杭軸方向のバネ定数は、数値解析上不安定な挙動を起こさない程度に十分大きな値として、表 3.5.1-5 のとおり設定する。

また、杭-地盤相互作用バネの杭軸直角方向のバネ定数については、杭径及び杭間隔より設定される*。* FLIP 研究会 14 年間の検討成果のまとめ「理論編」

図 3.5.1-9 に杭-地盤相互作用バネの配置図を、図 3.5.1-10 に杭-地盤相互作用バネの力学的特性を示す。

表 3.5.1-5 杭-地盤相互作用バネのバネ定数

	せん断剛性 k_s (kN/m^3)
杭軸方向	1.0×10^6

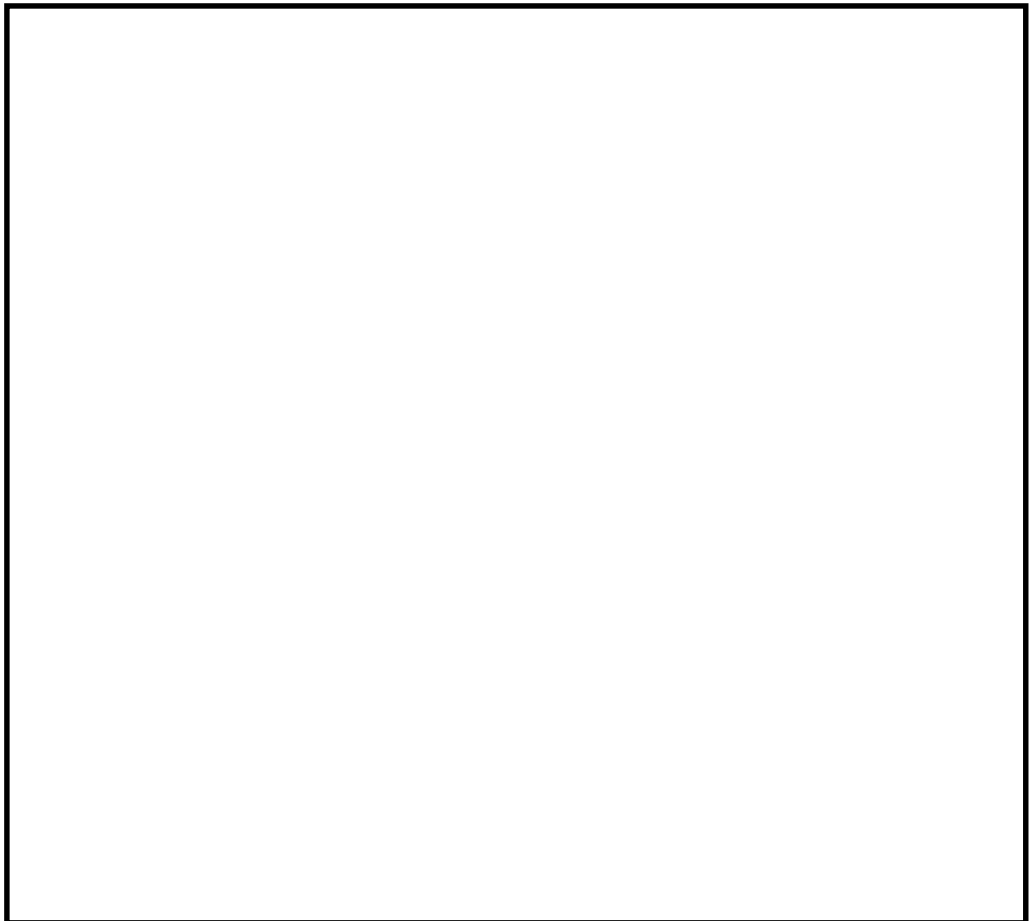


図 3.5.1-9 (1) 杭-地盤相互作用バネの配置図 (A-A断面)

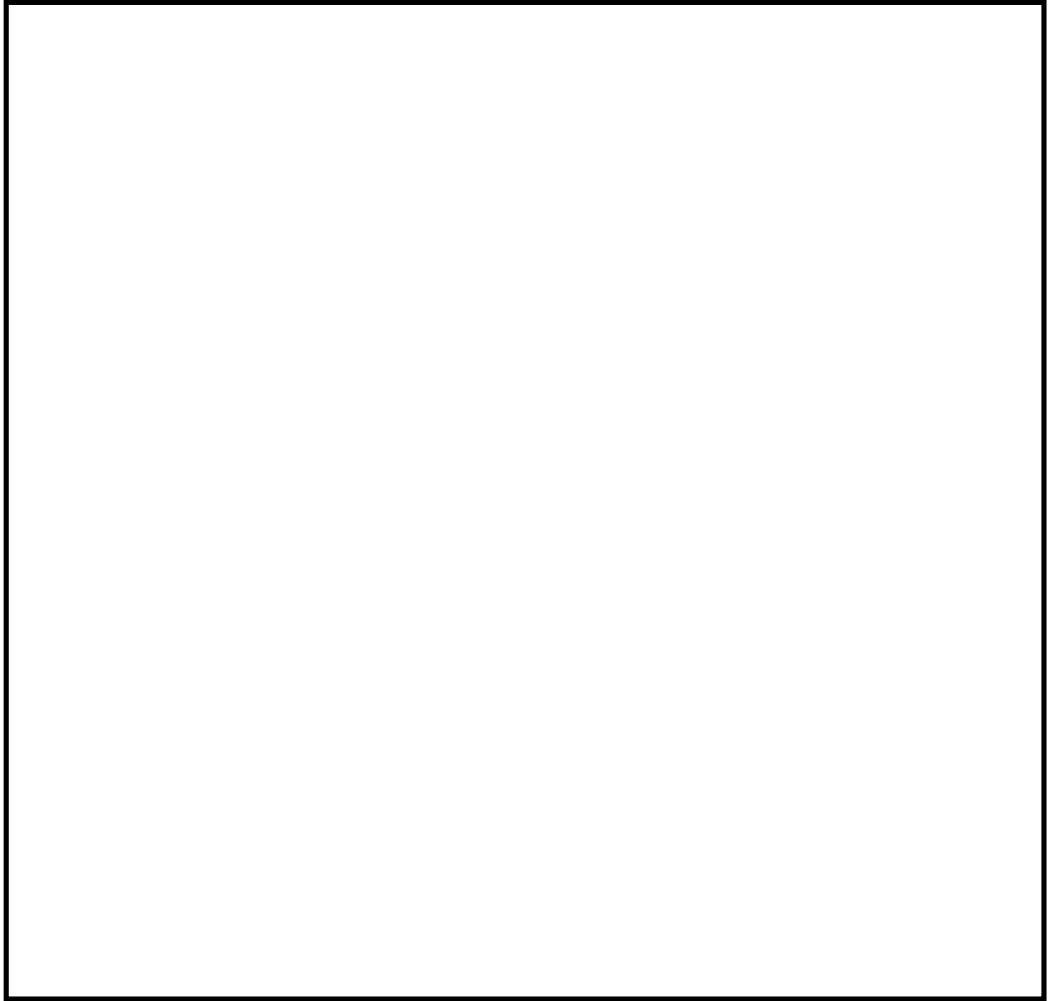


図 3.5.1-9 (2) 杭-地盤相互作用バネの配置図 (B-B断面)

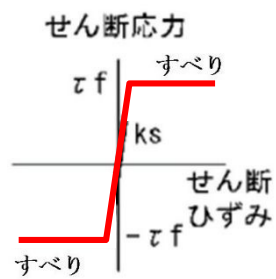


図 3.5.1-10 杭-地盤相互作用バネ (杭軸方向) の力学的特性

(7) 杭下端ジョイントバネの設定

杭下端境界部に圧縮応力の上限值を有さないジョイントバネを設けることにより、杭下端における地盤と杭の相互作用を適切に考慮する。

杭下端の杭軸方向について設定するジョイントバネは、常時状態以上の引張が生じた場合、剛性及び応力をゼロとし、剥離を考慮する。

杭下端ジョイントバネのバネ定数は、数値解析上不安定な挙動を起こさない程度に十分大きな値として、表 3.5.1-6 のとおり設定する。図 3.5.1-11 に杭下端ジョイントバネ設定の考え方を示す。

表 3.5.1-6 杭下端ジョイントバネのバネ定数

	圧縮剛性 k_v (kN/m)
杭軸方向	1.0×10^6

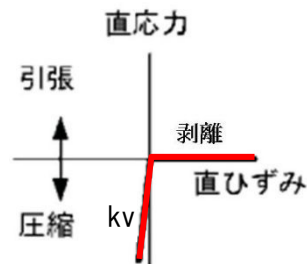


図 3.5.1-11 杭下端ジョイントバネ設定の考え方

(8) 減衰定数の設定

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

地盤の減衰定数は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。また、線形材料としてモデル化する鋼材の減衰定数は3%（道路橋示方書（V耐震設計編）同解説（平成14年3月））とし、線形材料としてモデル化するコンクリートの減衰定数は5%（J E A G 4 6 0 1 -1987）とする。

図 3.5.1-12 に Rayleigh 減衰の設定フローを、表 3.5.1-7 に固有値解析結果を示す。

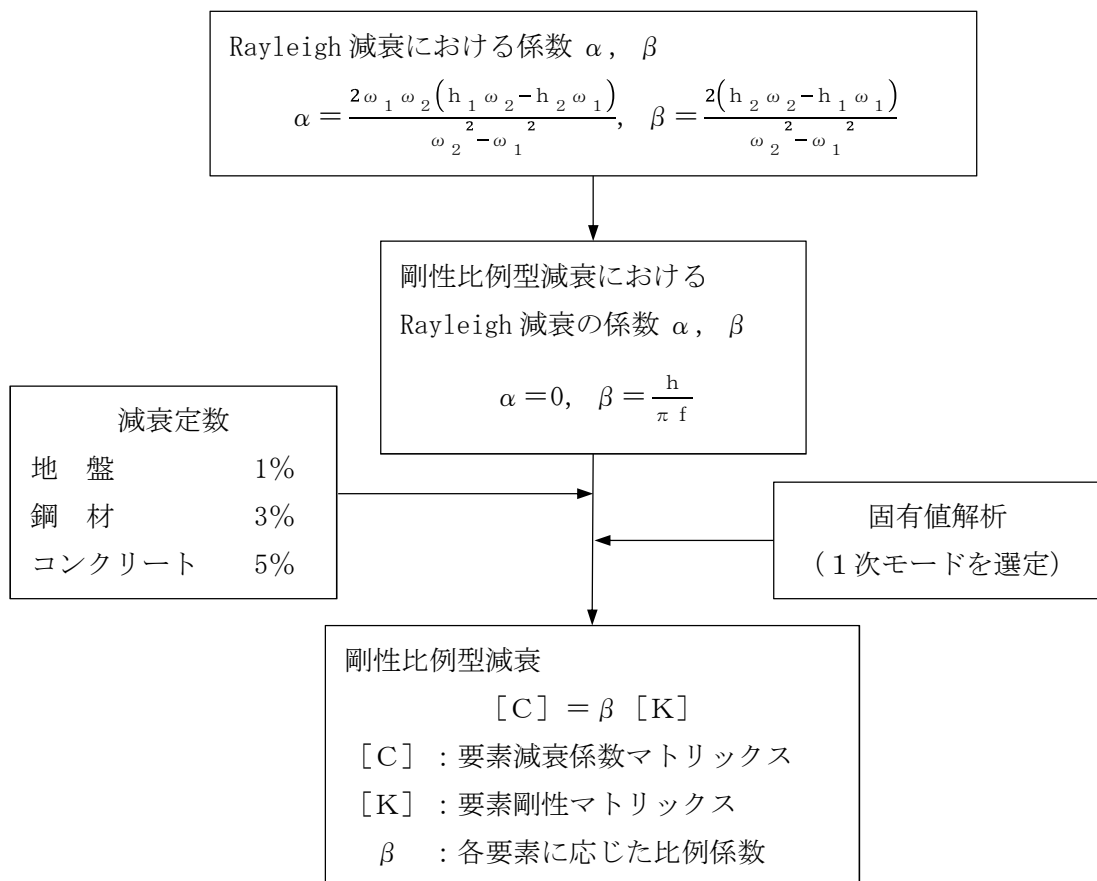


図 3.5.1-12 Rayleigh 減衰の設定フロー

表 3.5.1-7 固有値解析結果

(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)

(a) A-A断面

モード次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数	備考
1	1.095	590.43	地盤の1次として採用
2	1.656	13.63	—
3	2.178	12.25	—
4	2.297	-37.69	—
5	2.424	-58.84	—
6	2.645	-36.65	—
7	2.661	-176.68	構造物の1次として採用
8	2.772	-24.33	—
9	3.021	-22.91	—

(b) B-B断面

モード次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数	備考
1	1.077	724.140	地盤の1次として採用
2	1.879	1.520	—
3	2.393	2.947	—
4	2.777	242.300	構造物の1次として採用
5	2.883	-17.252	—
6	3.070	12.878	—
7	3.647	-14.559	—
8	3.784	12.851	—
9	4.314	36.083	—

表 3.5.1-7 (2) 固有値解析結果

(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)

(a) A-A断面

モード次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数	備考
1	1.103	593.53	地盤の1次として採用
2	1.689	8.87	—
3	2.248	-21.92	—
4	2.353	-22.92	—
5	2.509	34.49	—
6	2.751	102.60	—
7	2.774	147.71	構造物の1次として採用
8	2.827	-38.17	—
9	3.123	-24.99	—

(b) B-B断面

モード次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数	備考
1	1.085	727.690	地盤の1次として採用
2	1.914	2.081	—
3	2.417	-2.374	—
4	2.923	239.930	構造物の1次として採用
5	3.142	9.651	—
6	3.272	-7.329	—
7	3.907	-36.683	—
8	4.096	-4.141	—
9	4.668	12.315	—

表 3.5.1-7 (3) 固有値解析結果

(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)

(a) A-A断面

モード次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数	備考
1	1.084	586.24	地盤の1次として採用
2	1.617	21.62	—
3	2.063	8.43	—
4	2.277	66.96	—
5	2.339	-73.92	—
6	2.497	22.19	—
7	2.561	175.89	構造物の1次として採用
8	2.745	13.86	—
9	2.903	-18.76	—

(b) B-B断面

モード次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数	備考
1	1.068	719.970	地盤の1次として採用
2	1.883	2.841	
3	2.383	3.588	
4	2.640	249.110	構造物の1次として採用
5	2.985	-3.944	
6	3.034	12.548	
7	3.648	19.930	
8	3.752	3.355	
9	4.259	-41.231	

表 3.5.1-7 (4) 固有値解析結果

(検討ケース④)：敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく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)

(a) A-A断面

モード次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数	備考
1	1.032	550.38	地盤の1次として採用
2	1.361	143.41	—
3	1.734	-4.55	—
4	1.974	62.58	—
5	2.103	132.48	—
6	2.222	167.32	構造物の1次として採用
7	2.310	16.42	—
8	2.364	-29.73	—
9	2.535	-64.69	—

(b) B-B断面

モード次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数	備考
1	1.047	706.910	地盤の1次として採用
2	1.846	32.824	—
3	2.312	164.870	—
4	2.422	187.330	構造物の1次として採用
5	2.751	82.991	—
6	2.849	-76.727	—
7	3.295	0.163	—
8	3.437	-5.520	—
9	3.868	-43.032	—

3.5.2 使用材料及び材料の物性値

使用材料を表 3.5.2-1 に、材料の物性値を表 3.5.2-2 に示す。

表 3.5.2-1 使用材料

諸元	
鉄筋	SD490
コンクリート	設計基準強度 40 N/mm ²
鋼管杭*	SM570 φ2500 t=35

*：道路橋示方書・同解説IV下部工編に従い腐食代 1 mm を考慮する。鋼管杭の断面照査及び鋼管杭の曲げ剛性を算出する際は腐食代 1 mm による断面積の低減を考慮する。

表 3.5.2-2 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	24.5 ^{*1}	3.10×10 ⁴ ^{*1}	0.2 ^{*1}	5 ^{*2}
鋼管杭	77.0 ^{*1}	2.00×10 ⁵ ^{*1}	0.3 ^{*1}	3 ^{*2}

注記 *1：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）

*2：道路橋示方書（I 共通編・V 耐震設計編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 14 年 3 月）

3.5.3 地盤の物性値

地盤の物性値は、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。なお、地盤については、液状化検討対象層における有効応力の変化に応じた地震挙動を適切にモデル化する。地盤の物性値を表3.5.3-1に示す。

表 3.5.3-1 (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	D2g-2	D1g-1	
物理特性	密度 (ϕ)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)	2.15	2.01 (1.89)	1.958
	間隙比	e	—	0.75	0.75	0.67	1.20	0.67	0.79	0.43	0.43	0.67	0.70
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	0.26	0.25	0.333
	基準平均有効主応力 (ϕ)は地下水位以浅	σ'_{ma}	kN/m ²	358 (312)	358 (312)	497 (299)	378	814 (814)	966	1167 (1167)	1167	1695 (1710)	12.6
	基準初期せん断剛性 (ϕ)は地下水位以浅	G_{ma}	kN/m ²	253529 (220739)	253529 (220739)	278087 (167137)	143284	392073 (392073)	650611	1362035 (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	0.130	0.233	0.287
強度特性	粘着力	C_{CD}	N/mm ²	0	0	0	0.012	0	0.010	0	0	0	0
	内部摩擦角	ϕ_{CD}	度	37.3	37.3	37.4	41.0	37.4	35.8	44.4	44.4	37.4	30.0
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	41.4	34.9	28.0
	液状化パラメータ	S_1	—	0.047	0.047	0.028	0.046	0.029	0.048	0.030	0.030	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	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	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	0.60	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	3.82	2.83	1.44	

表 3.5.3-1 (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						
				第四系 (非液状化層)					新第三系	
				Ac	D2c-3	D2c-2	lm	D1c-1	Km	
物理特性	密度 (ϕ)は地下水位以浅	ρ	g/cm ³	1.65	1.77	1.77	1.47 (1.43)	1.77	1.72-1.03 $\times 10^{-4} \cdot z$	
	間隙比	e	—	1.59	1.09	1.09	2.80	1.09	1.16	
変形特性	ポアソン比	ν_{CD}	—	0.10	0.22	0.22	0.14	0.22	0.16+0.00025 $\cdot z$	
	基準平均有効主応力 (ϕ)は地下水位以浅	σ'_{ma}	kN/m ²	480	696	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	
	基準初期せん断剛性 (ϕ)は地下水位以浅	G_{ma}	kN/m ²	121829	285223	285223	38926 (35783)	285223		
	最大履歴減衰率	h_{max}	—	0.200	0.186	0.186	0.151	0.186		
強度特性	粘着力	C_{CD}	N/mm ²	0.025	0.026	0.026	0.042	0.026	0.358-0.00603 $\cdot z$	
	内部摩擦角	ϕ_{CD}	度	29.1	35.6	35.6	27.3	35.6	23.2+0.0990 $\cdot z$	

z : 標高 (m)

表 3.5.3-1 (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_{CO}	粘着力 C_{CO} (kN/m^2)	内部摩擦角 ϕ_{CO} ($^{\circ}$)	せん断波 速度 V_s (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 mG,mK	最大履歴 減衰率 hmax(-)	動ポアソン比 ν_d	疎密波 速度 V_p (m/s)
1	10	9.5 ~ 10.5	1.72	0.16	298	24.2	425	310,675	353,317	504	0	0.105	0.464	1640
2	9	8.5 ~ 9.5	1.72	0.16	304	24.1	426	312,139	354,982	504	0	0.105	0.464	1644
3	8	7.5 ~ 8.5	1.72	0.16	310	24.0	427	313,606	356,650	504	0	0.105	0.464	1648
4	7	6.5 ~ 7.5	1.72	0.16	316	23.9	428	315,076	358,322	504	0	0.105	0.464	1651
5	6	5.5 ~ 6.5	1.72	0.16	322	23.8	428	315,076	358,322	504	0	0.106	0.464	1651
6	5	4.5 ~ 5.5	1.72	0.16	328	23.7	429	316,551	359,999	504	0	0.106	0.464	1655
7	4	3.5 ~ 4.5	1.72	0.16	334	23.6	430	318,028	361,679	504	0	0.106	0.463	1638
8	3	2.5 ~ 3.5	1.72	0.16	340	23.5	431	319,509	363,363	504	0	0.107	0.463	1642
9	2	1.5 ~ 2.5	1.72	0.16	346	23.4	431	319,509	363,363	504	0	0.107	0.463	1642
10	1	0.5 ~ 1.5	1.72	0.16	352	23.3	432	320,993	365,051	504	0	0.107	0.463	1646
11	0	-0.5 ~ 0.5	1.72	0.16	358	23.2	433	322,481	366,743	504	0	0.107	0.463	1650
12	-1	-1.5 ~ -0.5	1.72	0.16	364	23.1	434	323,972	368,439	504	0	0.108	0.463	1653
13	-2	-2.5 ~ -1.5	1.72	0.16	370	23.0	435	325,467	370,139	504	0	0.108	0.463	1657
14	-3	-3.5 ~ -2.5	1.72	0.16	376	22.9	435	325,467	370,139	504	0	0.108	0.463	1657
15	-4	-4.5 ~ -3.5	1.72	0.16	382	22.8	436	326,965	371,843	504	0	0.108	0.463	1661
16	-5	-5.5 ~ -4.5	1.72	0.16	388	22.7	437	328,467	373,551	504	0	0.109	0.462	1644
17	-6	-6.5 ~ -5.5	1.72	0.16	394	22.6	438	329,972	375,262	504	0	0.109	0.462	1648
18	-7	-7.5 ~ -6.5	1.72	0.16	400	22.5	438	329,972	375,262	504	0	0.109	0.462	1648
19	-8	-8.5 ~ -7.5	1.72	0.16	406	22.4	439	331,480	376,977	504	0	0.109	0.462	1652
20	-9	-9.5 ~ -8.5	1.72	0.16	412	22.3	440	332,992	378,697	504	0	0.110	0.462	1656
21	-10	-11 ~ -9.5	1.72	0.16	418	22.2	441	334,507	380,420	504	0	0.110	0.462	1659
22	-12	-13 ~ -11	1.72	0.16	430	22.0	442	336,026	382,147	504	0	0.110	0.462	1663
23	-14	-15 ~ -13	1.72	0.16	442	21.8	444	339,074	385,614	504	0	0.111	0.462	1671
24	-16	-17 ~ -15	1.72	0.16	454	21.6	445	340,603	387,352	504	0	0.111	0.461	1654
25	-18	-19 ~ -17	1.72	0.16	467	21.4	447	343,671	390,842	504	0	0.112	0.461	1662
26	-20	-21 ~ -19	1.72	0.16	479	21.2	448	345,211	392,593	504	0	0.112	0.461	1665
27	-22	-23 ~ -21	1.72	0.15	491	21.0	450	348,300	381,471	498	0	0.112	0.461	1673
28	-24	-25 ~ -23	1.72	0.15	503	20.8	452	351,403	384,870	498	0	0.113	0.461	1680
29	-26	-27 ~ -25	1.72	0.15	515	20.6	453	352,959	386,574	498	0	0.113	0.460	1664
30	-28	-29 ~ -27	1.72	0.15	527	20.4	455	356,083	389,996	498	0	0.114	0.460	1672
31	-30	-31 ~ -29	1.72	0.15	539	20.2	456	357,650	391,712	498	0	0.114	0.460	1675
32	-32	-33 ~ -31	1.72	0.15	551	20.0	458	360,794	395,155	498	0	0.115	0.460	1683
33	-34	-35 ~ -33	1.72	0.15	563	19.8	459	362,371	396,883	498	0	0.115	0.459	1667
34	-36	-37 ~ -35	1.72	0.15	575	19.6	461	365,536	400,349	498	0	0.115	0.459	1675
35	-38	-39 ~ -37	1.72	0.15	587	19.4	462	367,124	402,088	498	0	0.116	0.459	1678
36	-40	-41 ~ -39	1.72	0.15	599	19.2	464	370,309	405,577	498	0	0.116	0.459	1685
37	-42	-43 ~ -41	1.72	0.15	611	19.0	465	371,907	407,327	498	0	0.117	0.459	1689
38	-44	-45 ~ -43	1.72	0.15	623	18.8	467	375,113	410,838	498	0	0.117	0.458	1678
39	-46	-47 ~ -45	1.72	0.15	635	18.6	468	378,721	412,599	498	0	0.117	0.458	1681
40	-48	-49 ~ -47	1.72	0.15	647	18.4	470	379,948	416,134	498	0	0.118	0.458	1688
41	-50	-51 ~ -49	1.73	0.15	660	18.3	472	385,416	422,122	498	0	0.118	0.458	1696
42	-52	-53 ~ -51	1.73	0.15	672	18.1	473	387,051	423,913	498	0	0.118	0.458	1699
43	-54	-55 ~ -53	1.73	0.15	684	17.9	475	390,331	427,505	498	0	0.118	0.457	1688
44	-56	-57 ~ -55	1.73	0.15	696	17.7	476	391,976	429,307	498	0	0.119	0.457	1692
45	-58	-59 ~ -57	1.73	0.15	708	17.5	478	395,277	432,922	498	0	0.119	0.457	1699
46	-60	-61 ~ -59	1.73	0.15	720	17.3	479	396,933	434,736	498	0	0.120	0.457	1702
47	-62	-63 ~ -61	1.73	0.14	732	17.1	481	400,255	422,491	492	0	0.120	0.457	1709
48	-64	-65 ~ -63	1.73	0.14	744	16.9	482	401,921	424,250	492	0	0.120	0.456	1695
49	-66	-67 ~ -65	1.73	0.14	756	16.7	484	405,263	427,778	492	0	0.120	0.456	1702
50	-68	-69 ~ -67	1.73	0.14	768	16.5	485	406,939	429,547	492	0	0.121	0.456	1705
51	-70	-71 ~ -69	1.73	0.14	780	16.3	487	410,302	433,097	492	0	0.121	0.456	1712
52	-72	-73 ~ -71	1.73	0.14	792	16.1	489	413,679	436,661	492	0	0.121	0.456	1719
53	-74	-75 ~ -73	1.73	0.14	804	15.9	490	415,373	438,449	492	0	0.122	0.455	1705
54	-76	-77 ~ -75	1.73	0.14	816	15.7	492	418,771	442,036	492	0	0.122	0.455	1712
55	-78	-79 ~ -77	1.73	0.14	828	15.5	493	420,475	443,835	492	0	0.122	0.455	1716
56	-80	-81 ~ -79	1.73	0.14	840	15.3	495	423,893	447,443	492	0	0.122	0.455	1723
57	-82	-85 ~ -81	1.73	0.14	852	15.1	496	425,608	449,253	492	0	0.123	0.455	1726
58	-88	-90 ~ -85	1.73	0.14	889	14.5	501	434,232	458,356	492	0	0.124	0.454	1726
59	-92	-95 ~ -90	1.73	0.14	913	14.1	504	439,448	463,862	492	0	0.124	0.454	1736
60	-98	-101 ~ -95	1.73	0.14	949	13.5	509	448,210	473,111	492	0	0.125	0.453	1736
61	-104	-108 ~ -101	1.73	0.13	985	12.9	513	455,282	463,485	486	0	0.126	0.452	1733
62	-112	-115 ~ -108	1.73	0.13	1,033	12.1	519	465,995	474,391	486	0	0.127	0.451	1737
63	-118	-122 ~ -115	1.73	0.13	1,070	11.5	524	475,016	483,575	486	0	0.127	0.451	1754
64	-126	-130 ~ -122	1.73	0.13	1,118	10.7	530	485,957	494,713	486	0	0.128	0.450	1758

表 3.5.3-1 (4) 地盤改良体の物性値一覧

項目		地盤改良体 (セメント改良)	
		一軸圧縮強度 (≤8.5N/mm ² の場合)	一軸圧縮強度 (>8.5N/mm ² の場合)
物理特性	密度 ρ_t (g/cm ³)	改良対象の原地盤の平均密度×1.1	
静的変形特性	静弾性係数 (N/mm ²)	581	2159
	静ポアソン比 ν_s	0.260	
動的変形特性	初期せん断剛性 G_0 (N/mm ²)	$G_0 = \rho_t / 1000 \times V_s^2$ $V_s = 147.6 \times q_u^{0.417}$ (m/s) q_u : 一軸圧縮強度 (kgf/cm ²)	
	動ポアソン比 ν_d	0.431	
	動せん断弾性係数のひずみ依存性 $G/G_0 \sim \gamma$	$G/G_0 = \frac{1}{1 + \gamma / 0.000537}$ γ : せん断ひずみ (-)	$G/G_0 = \frac{1}{1 + \gamma / 0.001560}$ γ : せん断ひずみ (-)
	減衰定数 $h \sim \gamma$	$h = 0.152 \frac{\gamma / 0.000537}{1 + \gamma / 0.000537}$ γ : せん断ひずみ (-)	$h = 0.178 \frac{\gamma / 0.001560}{1 + \gamma / 0.001560}$ γ : せん断ひずみ (-)
強度特性	粘着力 C (N/mm ²)	$C = q_u / 2$ q_u : 一軸圧縮強度 (N/mm ²)	

* 地盤改良体 (嵩上げ部) の一軸圧縮強度 : 1.5 N/mm²

3.5.4 地下水位

地下水位は地表面として設定する。

3.6 解析ケース

3.6.1 耐震評価における検討ケース

防潮扉2基礎の耐震設計における検討ケースを表3.6.1-1に示す。

耐震評価においては、全ての基準地震動 S_s に対して実施する①の検討ケース（基本ケース）において、せん断力照査及び曲げ軸力照査をはじめとした全ての評価項目について、各照査値が最も厳しい（許容限界に対する余裕が最も小さい）地震動を用い、②～⑥より追加検討ケースを実施する。最も厳しい地震動の選定は、照査値1.0に対して2倍の余裕となる照査値0.5以上を相対的に厳しい地震動の選定の目安として実施する。

表 3.6.1-1 防潮扉2基礎の耐震設計における検討ケース

検討ケース		①	②	③	④	⑤	⑥
液状化強度特性の設定		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
地震波(位相)		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(位相)	S_s-D1	(H+V+)	実施				
		(H+V-)	実施				
		(H-V+)	実施				
		(H-V-)	実施				
	S_s-11		実施				
	S_s-12		実施				
	S_s-13		実施				
	S_s-14		実施				
	S_s-21		実施				
	S_s-22		実施				
S_s-31	(H+V+)	実施					
	(H-V+)	実施					

全ての基準地震動 S_s に対して実施する①の検討ケース（基本ケース）において、せん断力照査及び曲げ軸力照査をはじめとした全ての照査項目について、各照査値が最も厳しい（許容限界に対する余裕が最も小さい）地震動を用い、②～⑥より追加検討ケースを実施する。

構築物間の相対変位の算定を行う場合は、上記の実施ケースにおいて変位量が厳しいケースで行う。

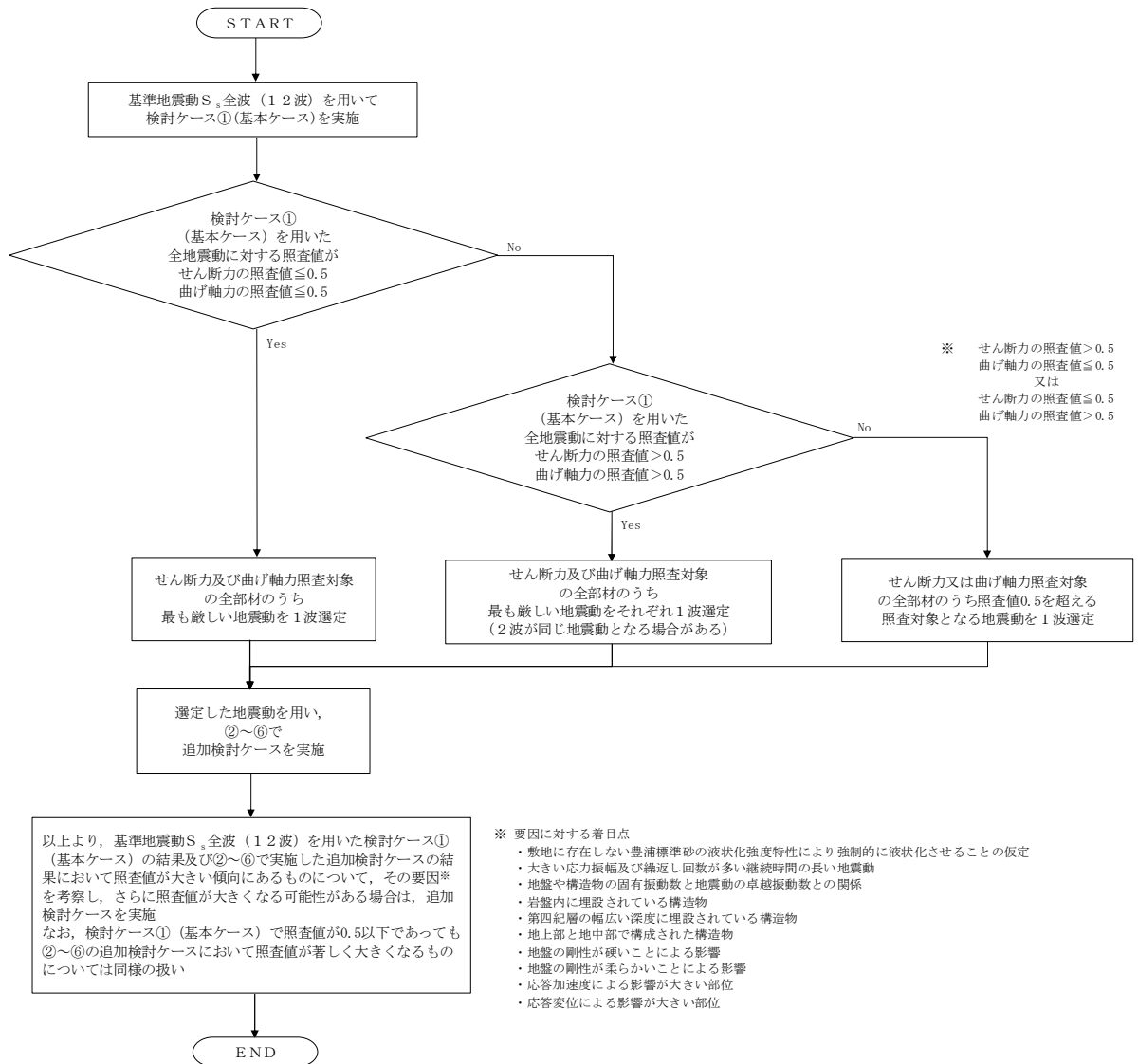


図 3.6.1-1 ②～⑥より追加検討ケースを実施する地震動の選定フロー

3.6.2 機器・配管系に対する加速度応答抽出のための検討ケース

機器・配管系に対する加速度応答の抽出における検討ケースを表 3.6.2-1 に示す。

全ての基準地震動 S_s に対して実施する⑤の検討ケース（原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース）において、上載される機器・配管系の固有振動数帯で加速度応答が最も大きくなる地震動を用い、④及び⑥より追加検討ケースを実施する。

表 3.6.2-1 機器・配管系への加速度応答の抽出における検討ケース

検討ケース		④ 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	⑤ 原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース	⑥ 地盤物性のばらつきを考慮 (+1σ) 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		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 (位相)	$S_s - D 1$	(H+V+)	全ての基準地震動 S_s に対して実施する⑤の検討ケース（原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース）において、上載される機器・配管系の固有振動数帯で加速度応答が最も大きくなる地震動を用い、④及び⑥より追加検討ケースを実施する。	実施
		(H+V-)		実施
		(H-V+)		実施
		(H-V-)		実施
	$S_s - 1 1$			実施
	$S_s - 1 2$			実施
	$S_s - 1 3$			実施
	$S_s - 1 4$			実施
	$S_s - 2 1$			実施
	$S_s - 2 2$			実施
$S_s - 3 1$	(H+V+)	実施		
	(H-V+)	実施		

4. 耐震評価

4.1 評価対象部位

評価対象部位は、防潮扉 2 基礎の構造上の特徴を踏まえて設定する。

(1) 鋼管杭

鋼管杭の評価対象部位は、鉄筋コンクリート防潮壁を支持する鋼管杭とする。

(2) 鉄筋コンクリート

鉄筋コンクリートの評価対象部位は、鉄筋コンクリート防潮壁と底版の鉄筋コンクリートとする。

(3) 基礎地盤の支持力

基礎地盤の評価対象部位は、鉄筋コンクリート防潮壁を支持する基礎地盤とする。

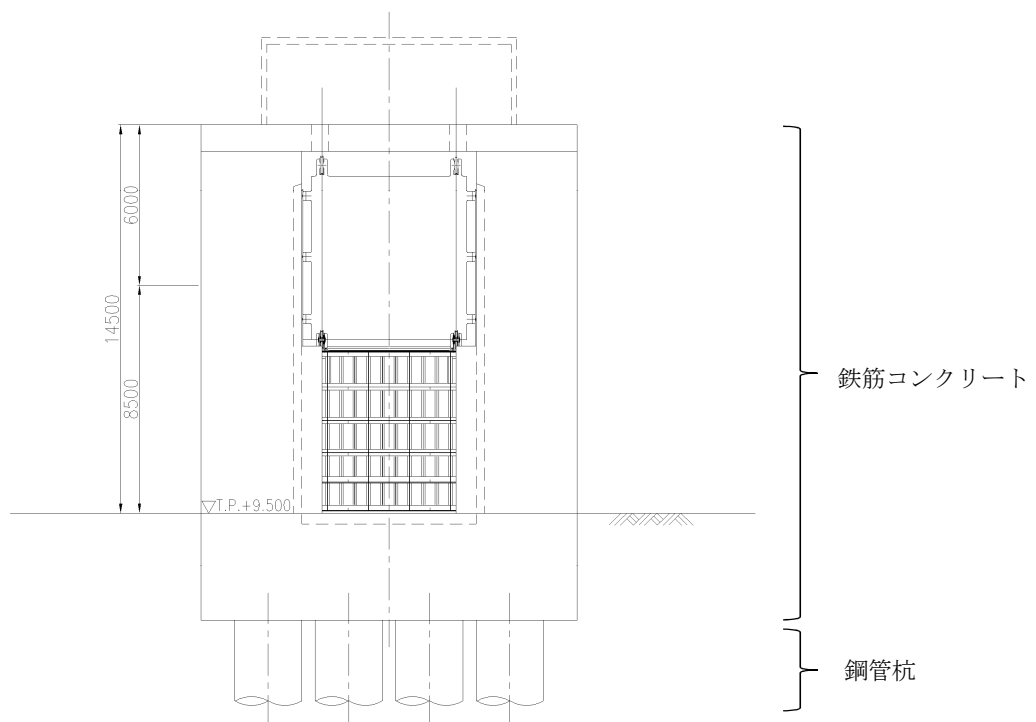


図 4.1-1 防潮扉 2 基礎正面図

4.2 解析方法

「3.5 解析モデル及び諸元」で示した設計対象構造物～地盤の連成系モデルによる2次元有効応力解析を行い、地震時の鉄筋コンクリート及び鋼管杭基礎の構造健全性及び支持性能を確認する。

4.3 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。

4.3.1 耐震安全性評価上考慮する状態

防潮扉2基礎の耐震評価において、地震時以外に考慮する状態を以下に示す。

(1) 運転時の状態

発電用原子炉施設が運転状態にあり、通常の条件下におかれている状態。ただし、運転時の異常な過渡変化時の影響を受けないことから考慮しない。

(2) 設計基準事故時の状態

設計基準事故時の影響を受けないことから考慮しない。

(3) 設計用自然条件

積雪及び風荷重を考慮する。

(4) 重大事故等時の状態

重大事故等時の状態の影響を受けないことから考慮しない。

4.3.2 荷重

防潮扉2基礎の耐震評価において、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、扉体自重を考慮する。

(2) 積載荷重 (P)

積載荷重として、機器荷重を考慮する。機器荷重の値及び作用高さを表 3.3.2-1 に示す。

表 4.3.2-1 機器荷重

	自重 (kN)	作用高さ (T.P.)
操作建屋荷重	1166.4	+25.625 (建屋中心)
巻上機荷重	188.4	+24.000 (防潮堤天端)
扉体荷重	384.0	+12.525 (扉体重心)
タラップ荷重	5.8	+24.000 (防潮堤天端)

(3) 地震荷重 (K_s)

基準地震動 S_s による荷重を考慮する。

(4) 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。

積雪荷重は構造物上面に付加質量として考慮する。

(5) 風荷重 (P_k)

風荷重として、風速 30 m/s の風圧力を考慮し、「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」に示す道路橋示方書（I 共通編）・同解説（（社）日本道路協会、平成 14 年 3 月）」の式により、 1.7 kN/m^2 とする。

4.3.3 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 4.3.3-1 及び表 4.3.3-2 に示す。

表 4.3.3-1 荷重の組合せ

区分	荷重の組合せ
地震時	$G + P + K_s + P_s + P_k$

G：固定荷重 P：積載荷重 K_s ：地震荷重

P_s ：積雪荷重 P_k ：風荷重

荷重の組合せを表 4.3.3-2 に示す。

表 4.3.3-2 荷重の組合せ

種別	荷重	算定方法	
永久荷重	躯体自重	○ ・設計図書に基づいて、対象構造物の体積に材料の密度を乗じて設定する。	
	常時考慮荷重	機器・配管自重	○ ・防潮扉の荷重を考慮する。
		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	○ ・常時応力解析により設定する。	
	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。	
	雪荷重	○ ・雪荷重を考慮する。	
変動荷重	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	○ ・風荷重を考慮する。	
偶発荷重 (地震荷重)	水平地震動	○ ・基準地震動 S_h による水平及び鉛直同時加振を考慮する。	
	鉛直地震動	○ ・躯体、動土圧を考慮する。	
	動水圧	－ ・自由水はないため動水圧は考慮しない。	

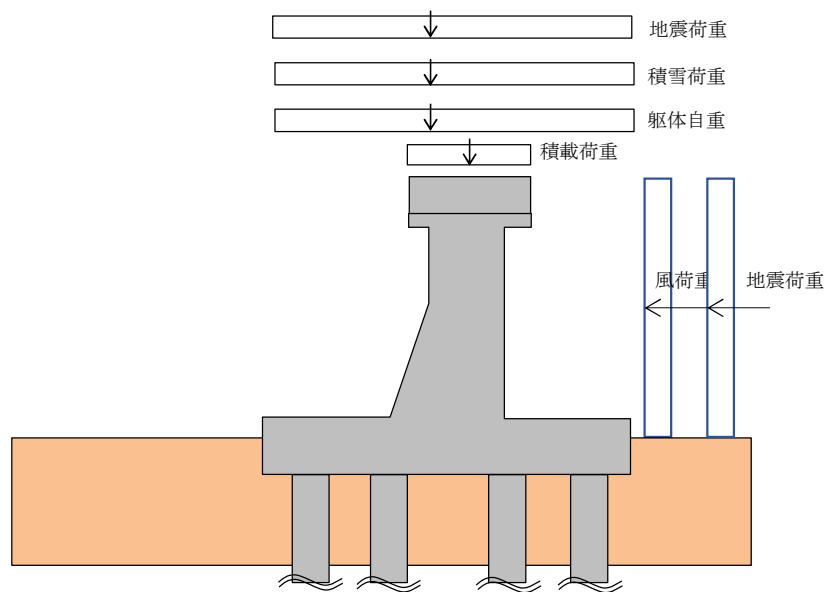


図 4.3.3-1 荷重概念図

4.4 許容限界

許容限界は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。

(1) 鋼管杭

鋼管杭の許容限界は、「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）」に基づき，表 4.4-1 に示す短期許容応力度とする。短期許容応力度は，鋼材の長期許容応力度に対して 1.5 倍の割増を考慮する。

表 4.4-1 鋼管杭の許容限界

評価項目		許容限界
鋼管杭 (SM570)	短期許容引張応力度 σ_{sa1} (N/mm ²)	382.5
	短期許容圧縮応力度 σ_{sa1} (N/mm ²)	
	短期許容せん断応力度 σ_{sa1} (N/mm ²)	217.5

(2) 鉄筋コンクリート

鉄筋コンクリートの許容限界は、「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）」及び「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）」に基づき，表 4.4-2 に示す短期許容応力度とする。短期許容応力度は，許容応力度に対して 1.5 倍の割増を考慮する。

表 4.4-2 鉄筋コンクリートの許容限界

評価項目		許容限界	
コンクリート*1	$f'_{ck}=40$ N/mm ²	短期許容曲げ圧縮応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	21
		短期許容せん断応力度 τ_{a1} (N/mm ²)	0.825*3
		短期許容押抜きせん断応力度 τ_{a1}' (N/mm ²)	1.65
		短期許容支圧応力度 σ_{ca}' (N/mm ²)	18
鉄筋*2	SD490	短期許容曲げ引張応力度 σ_{sa2} (N/mm ²) (軸方向鉄筋)	435
		短期許容曲げ引張応力度 σ_{sa2} (N/mm ²) (せん断補強筋)	300

注記 *1：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）

*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）」に準拠し，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

$$V_{sa} = A_w \cdot \sigma_{sa2} \cdot j \cdot d / s$$

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_{sa2} : 鉄筋の許容引張応力度

s : 斜め引張鉄筋間隔

表 4.4-3 (1) 斜め引張鉄筋を配置する部材のせん断力に対する許容限界 (A-A断面)

位置	断面形状				せん断補強筋			許容せん断力		短期許容 せん断力 V_a (= $V_{ca}+V_{sa}$) (kN)
	部材幅 (mm)	部材高 (mm)	かぶり (mm)	有効高 (mm)	径	S_b (mm)	S_s (mm)	コンクリート V_{ca} (kN)	鉄筋 V_{sa} (kN)	
壁部	3450	7500	600	6900	D19	450	300	8538.75	13752.00	22290.7
底版部	14000	4000	1000	3000	D25	300	300	15065.21	59482.17	74547.3

表 4.4-3 (2) 斜め引張鉄筋を配置する部材のせん断力に対する許容限界 (B-B断面)

位置	断面形状				せん断補強筋			許容せん断力		短期許容 せん断力 V_a (= $V_{ca}+V_{sa}$) (kN)
	部材幅 (mm)	部材高 (mm)	かぶり (mm)	有効高 (mm)	径	S_b (mm)	S_s (mm)	コンクリート V_{ca} (kN)	鉄筋 V_{sa} (kN)	
梁部	1850	7500	600	6900	D25	900	300	4578.75	6080.40	10659.1
壁部	7381	3450	600	2850	D19	600	300	7545.47	8520.26	16065.7
底版部	24000	4000	1050	2950	D25	300	300	25395.65	101384.06	126779.7

(3) 基礎地盤の支持力

極限支持力は、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき、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）により設定する。

支持力評価において、豊浦標準砂に基づく液状化強度特性により強制的に液状化させることを仮定した耐震設計を行う場合は、第四系の杭周面摩擦力を支持力として考慮せず、杭下端の支持岩盤への接地圧に対する支持力評価を行うことを基本とする。ただし、杭を根入れした岩盤及び岩着している地盤改良体とその上方の非液状化層が連続している場合は、その杭周面摩擦力を支持力として考慮する。

道路橋示方書による杭基礎（中掘り工法）の支持力算定式を以下に、極限支持力度を表4.4-3及び表4.4-4に示す。

極限支持力算定式（杭基礎 [中掘り工法]）

$$R_u = q_d A + U \sum L_i f_i$$

R_u : 地盤から決まる杭の極限支持力 (kN)

q_d : 杭下端における単位面積あたりの極限支持力度 (kN/m²) : コンクリート打設方式

$$q_d = 3 \cdot q_u$$

q_u : 支持岩盤の一軸圧縮強度 (kN/m²)

* $c_{CUU} = q_u / 2$ より、 $q_u = c_{CUU} \times 2$ 。ここで、 c_{CUU} は「補足-340-1 地盤の支持性能について」の表4.1-1における K_m 層の非排水せん断強度

A : 杭下端面積 (m²)

U : 杭の周長 (m)

L_i : 周面摩擦力を考慮する層の層厚 (m)

f_i : 周面摩擦力を考慮する層の最大周面摩擦力度 (kN/m²)

表 4.4-3 基礎地盤の支持力に対する許容限界（杭下端：押込み）

項目	算定結果	備考
極限支持力 R_u (kN)	—	
$q_d A$ (kN)	—	
$U \sum L_i f_i$ (kN)	—	
杭下端の極限支持力度 q_d (kN/m ²)	5472	= $3 \cdot q_u$
一軸圧縮強度 q_u (kN/m ²)	1824	= 非排水せん断強度 $\times 2$
非排水せん断強度 (kN/m ²)	912	
杭下端標高 EL. (m)	-21.9	
杭下端面積 A (m ²)	—	
杭の周長 U (m)	—	
周面摩擦力を考慮する層の層厚 L_i (m)	—	
最大周面摩擦力度 f_i (kN/m ²)	—	

「補足-340-1 地盤の支持性能について」の「2. 引抜き力に対する杭基礎の支持力評価方法」により、引抜き力に対する支持力評価において杭周面地盤に地盤改良体がある場合は、その杭周面摩擦力を支持力として考慮する。図 4.4-1 に上記支持力評価の概要を示す。

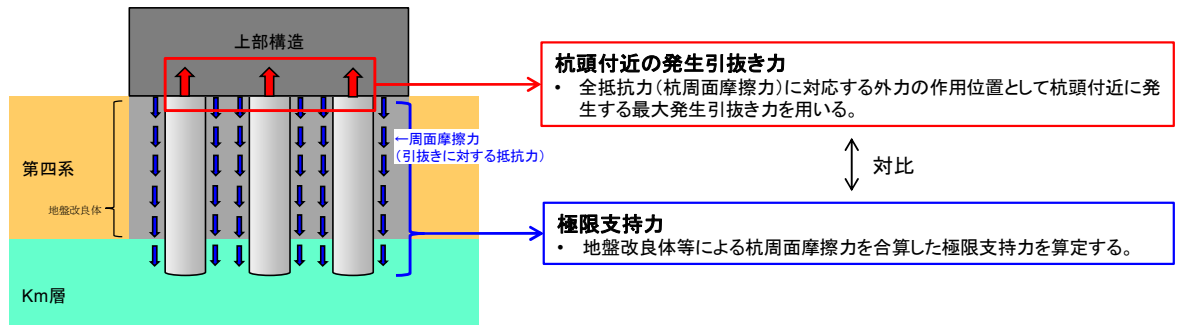


図 4.4-1 引抜き力に対する杭基礎の支持力評価

(引抜き力に対し地盤改良体の杭周面摩擦力を支持力として考慮する場合)

表 4.4-4 基礎地盤の支持力に対する許容限界 (杭天端：引抜き)

項目	算定結果				備考
	杭 1	杭 2	杭 3	杭 4	
極限支持力 R_u (kN)	18276	18307	18333	18341	
$q_d A$ (kN)	—	—	—	—	
$U \sum L_i f_i$ (kN)	18276	18307	18333	18341	
杭下端の極限支持力度 q_d (kN/m ²)	—	—	—	—	
一軸圧縮強度 q_u (kN/m ²)	—	—	—	—	
非排水せん断強度 (kN/m ²)	—	—	—	—	
杭下端標高 EL. (m)	-21.9	-21.9	-21.9	-21.9	
杭下端面積 A (m ²)	—	—	—	—	
杭の周長 U (m)	7.85	7.85	7.85	7.85	$=2.5 \times \pi$
周面摩擦力を考慮する層の 層厚 L_i (m)	3.790	3.790	3.747	3.701	d u 層
	5.460	5.326	5.312	5.380	A g 2 層
	6.058	6.097	6.027	5.859	D 2 c - 3 層
	5.037	5.111	5.276	5.471	D 2 g - 3 層
	7.055	7.076	7.038	6.989	K m 層
最大周面摩擦力度 f_i (kN/m ²)	33.162	33.162	33.162	33.162	d u 層
	70.988	70.988	70.988	70.988	A g 2 層
	100.000	100.000	100.000	100.000	D 2 c - 3 層
	100.000	100.000	100.000	100.000	D 2 g - 3 層
	100.000	100.000	100.000	100.000	K m 層

極限支持力が最も小さくなる杭 1 の値 18276 kN を許容限界とする。

(4) 止水ジョイント部

止水ジョイント部材の変形量の許容限界は、「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」に基づき有意な漏えいが生じないことを確認した変形量とする。

表 4.4-5 に止水ジョイント部材の変形量の許容限界を示す。

表 4.4-5 止水ジョイント部材の変形量の許容限界

評価項目	許容限界
止水ジョイント部材 (シートジョイント)	2 m

4.5 解析モデル及び諸元

防潮扉 2 基礎の耐震評価の解析モデルは、「3. 地震応答解析」に示す構造物を線形梁要素でモデル化した地震応答解析モデルとする。

4.6 評価方法

防潮扉 2 基礎の耐震評価は、「3. 地震応答解析」により得られる照査用応答値が、「4.3 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。

(1) 鋼管杭の評価手法

鋼管杭の評価は、杭の曲げモーメント及び軸力より算定される応力及びせん断力より算定されるせん断応力が許容限界以下であることを確認する。

a. 曲げモーメント及び軸力に対する照査

曲げモーメント及び軸力を用いて次式により算定される応力が許容限界以下であることを確認する。

$$\sigma = \frac{N}{A} \pm \frac{M}{Z}$$

ここで、

- σ : 鋼管杭の曲げモーメント及び軸力より算定される応力 (N/mm²)
- M : 最大曲げモーメント (N・mm)
- Z : 断面係数 (mm³)
- N : 軸力 (N)
- A : 有効断面積 (mm²)

b. せん断力に対する照査

せん断力を用いて次式により算定されるせん断応力がせん断強度に基づく許容限界以下であることを確認する。

$$\tau = \kappa \frac{S}{A}$$

ここで、

- τ : 鋼管杭のせん断力より算定されるせん断応力 (N/mm²)
- S : せん断力 (N)
- A : 有効断面積 (mm²)
- κ : せん断応力の分布係数 (2.0)

(2) 鉄筋コンクリート

鉄筋コンクリートは、耐震評価により算定した曲げ圧縮応力、曲げ引張応力及びせん断応力が許容限界以下であることを確認する。

(3) 基礎地盤の支持力

基礎地盤の支持性能評価においては、基礎地盤に作用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。

(4) 止水ジョイント部材

止水ジョイント部における相対変位量が許容限界以下であることを確認する。

なお、止水ジョイント部における相対変位量の算出方法及び鋼製アンカーに対する照査結果は「6.12 止水ジョイント部材の相対変位量に関する補足説明」に示し、本資料においては止水ジョイント部における相対変位量の結果を示す。

5. 耐震評価結果

5.1 地震応答解析結果

耐震評価においては、「5.20 津波防護施設の耐震評価における追加検討ケースの選定について」に基づき、全ての基準地震動 S_s に対して実施する①の検討ケース（基本ケース）において、せん断力照査及び曲げ軸力照査をはじめとした全ての評価項目について、各照査値が最も厳しい（許容限界に対する余裕が最も小さい）地震動を用い、②～⑥より追加検討ケースを実施した。

表 5.1-1～表 5.1-7 に、2次元有効応力解析の実施ケース及び防潮扉2基礎の鋼管杭及び鉄筋コンクリートの曲げ軸力、せん断力に対する照査値を示す。

表 5.1-1 (1) A-A断面 鋼管杭の曲げ軸力に対する検討ケースと照査値

地震動		検討ケース		曲げ軸力照査						
				①	②	③	④	⑤	⑥	
$S_s - D 1$	++			0.50						
	+-			0.50	0.49	0.54	0.58	0.54	0.53	
	-+			0.49						
	--			0.49						
$S_s - 1 1$				0.17						
$S_s - 1 2$				0.29						
$S_s - 1 3$				0.25						
$S_s - 1 4$				0.22						
$S_s - 2 1$				0.39						
$S_s - 2 2$				0.32						
$S_s - 3 1$	++			0.49						
	-+			0.49						

表 5.1-1 (2) A-A断面 鋼管杭のせん断力に対する検討ケースと照査値

地震動		検討ケース		せん断力照査						
				①	②	③	④	⑤	⑥	
$S_s - D 1$	++			0.17						
	+-			0.17	0.17	0.17	0.18	0.18	0.18	
	-+			0.17						
	--			0.17						
$S_s - 1 1$				0.08						
$S_s - 1 2$				0.13						
$S_s - 1 3$				0.11						
$S_s - 1 4$				0.11						
$S_s - 2 1$				0.14						
$S_s - 2 2$				0.12						
$S_s - 3 1$	++			0.16						
	-+			0.17						

表 5.1-2 (1) A-A断面 鉄筋コンクリート (壁部) の曲げ軸力 (コンクリート曲げ圧縮) に対する検討ケースと照査値

地震動 \ 検討ケース		曲げ軸力照査 (コンクリート曲げ圧縮)					
		①	②	③	④	⑤	⑥
S _s -D1	++	0.13					
	+-	0.13	0.12	0.13	0.13	0.14	0.13
	-+	0.11					
	--	0.12					
S _s -11		0.07					
S _s -12		0.09					
S _s -13		0.08					
S _s -14		0.08					
S _s -21		0.11					
S _s -22		0.10					
S _s -31	++	0.10					
	-+	0.11					

表 5.1-2 (2) A-A断面 鉄筋コンクリート (壁部) の曲げ軸力 (鉄筋曲げ引張) に対する検討ケースと照査値

地震動 \ 検討ケース		曲げ軸力照査 (鉄筋曲げ引張)					
		①	②	③	④	⑤	⑥
S _s -D1	++	0.13					
	+-	0.14	0.14	0.14	0.13	0.15	0.14
	-+	0.15					
	--	0.09					
S _s -11		0.04					
S _s -12		0.06					
S _s -13		0.05					
S _s -14		0.05					
S _s -21		0.09					
S _s -22		0.12					
S _s -31	++	0.09					
	-+	0.11					

表 5.1-2 (3) A-A断面 鉄筋コンクリート (壁部) のせん断力に対する検討ケースと照査値

地震動 \ 検討ケース		せん断力照査					
		①	②	③	④	⑤	⑥
S _s -D1	++	0.27					
	+-	0.27	0.26	0.28	0.26	0.30	0.29
	-+	0.25					
	--	0.25					
S _s -11		0.12					
S _s -12		0.16					
S _s -13		0.15					
S _s -14		0.14					
S _s -21		0.22					
S _s -22		0.19					
S _s -31	++	0.22					
	-+	0.24					

表 5.1-3 (1) A-A断面 鉄筋コンクリート (底版部) の曲げ軸力 (コンクリート曲げ圧縮) に対する検討ケースと照査値

地震動 \ 検討ケース		曲げ軸力照査 (コンクリート曲げ圧縮)					
		①	②	③	④	⑤	⑥
S _s -D1	++	0.16					
	+-	0.15	0.14	0.15	0.17	0.17	0.16
	-+	0.15					
	--	0.15					
S _s -11		0.12					
S _s -12		0.12					
S _s -13		0.12					
S _s -14		0.11					
S _s -21		0.14					
S _s -22		0.13					
S _s -31	++	0.13					
	-+	0.15					

表 5.1-3 (2) A-A断面 鉄筋コンクリート (底版部) の曲げ軸力 (鉄筋曲げ引張) に対する検討ケースと照査値

地震動 \ 検討ケース		曲げ軸力照査 (鉄筋曲げ引張)					
		①	②	③	④	⑤	⑥
S _s -D1	++	0.24					
	+-	0.23	0.20	0.23	0.26	0.23	0.21
	-+	0.23					
	--	0.23					
S _s -11		0.16					
S _s -12		0.16					
S _s -13		0.17					
S _s -14		0.15					
S _s -21		0.21					
S _s -22		0.19					
S _s -31	++	0.21					
	-+	0.20					

表 5.1-3 (3) A-A断面 鉄筋コンクリート (底版部) のせん断力に対する検討ケースと照査値

地震動 \ 検討ケース		せん断力照査					
		①	②	③	④	⑤	⑥
S _s -D1	++	0.63					
	+-	0.62	0.56	0.62	0.71	0.59	0.54
	-+	0.59					
	--	0.59					
S _s -11		0.31					
S _s -12		0.39					
S _s -13		0.36					
S _s -14		0.34					
S _s -21		0.52					
S _s -22		0.42					
S _s -31	++	0.51					
	-+	0.54					

表 5.1-4 (1) B-B断面 鋼管杭の曲げ軸力に対する検討ケースと照査値

地震動		検討ケース		曲げ軸力照査					
		①	②	③	④	⑤	⑥		
S _s -D1	++	0.52							
	+-	0.52	0.50	0.54	0.59	0.50	0.58		
	-+	0.50							
	--	0.49							
S _s -11		0.19							
S _s -12		0.28							
S _s -13		0.26							
S _s -14		0.14							
S _s -21		0.22							
S _s -22		0.32							
S _s -31	++	0.65							
	-+	0.67							

表 5.1-4 (2) B-B断面 鋼管杭のせん断力に対する検討ケースと照査値

地震動		検討ケース		せん断力照査					
		①	②	③	④	⑤	⑥		
S _s -D1	++	0.15							
	+-	0.16	0.17	0.17	0.17	0.20	0.23		
	-+	0.16							
	--	0.16							
S _s -11		0.07							
S _s -12		0.10							
S _s -13		0.10							
S _s -14		0.06							
S _s -21		0.07							
S _s -22		0.11							
S _s -31	++	0.21							
	-+	0.20							

表 5.1-5 (1) B-B断面 鉄筋コンクリート (梁部) の曲げ軸力 (コンクリート曲げ圧縮) に対する検討ケースと照査値

地震動		検討ケース		曲げ軸力照査 (コンクリート曲げ圧縮)					
		①	②	③	④	⑤	⑥		
S _s -D1	++	0.06							
	+-	0.06	0.06	0.06	0.09	0.06	0.06		
	-+	0.06							
	--	0.07							
S _s -11		0.06							
S _s -12		0.06							
S _s -13		0.06							
S _s -14		0.06							
S _s -21		0.06							
S _s -22		0.06							
S _s -31	++	0.07							
	-+	0.08							

表 5.1-5 (2) B-B断面 鉄筋コンクリート (梁部) の曲げ軸力 (鉄筋曲げ引張) に対する検討ケースと照査値

地震動		検討ケース	曲げ軸力照査 (鉄筋曲げ引張)					
			①	②	③	④	⑤	⑥
S _s -D1	++		0.13					
	+-		0.13	0.13	0.14	0.16	0.11	0.11
	-+		0.12					
	--		0.12					
S _s -11			0.10					
S _s -12			0.09					
S _s -13			0.09					
S _s -14			0.09					
S _s -21			0.11					
S _s -22			0.10					
S _s -31	++		0.16					
	-+		0.15					

表 5.1-5 (3) B-B断面 鉄筋コンクリート (梁部) のせん断力に対する検討ケースと照査値

地震動		検討ケース	せん断力照査					
			①	②	③	④	⑤	⑥
S _s -D1	++		0.71					
	+-		0.76	0.76	0.73	0.87	0.76	0.74
	-+		0.71					
	--		0.77					
S _s -11			0.69					
S _s -12			0.69					
S _s -13			0.70					
S _s -14			0.61					
S _s -21			0.64					
S _s -22			0.71					
S _s -31	++		0.77					
	-+		0.80					

表 5.1-6 (1) B-B断面 鉄筋コンクリート (壁部) の曲げ軸力 (コンクリート曲げ圧縮) に対する検討ケースと照査値

地震動		検討ケース	曲げ軸力照査 (コンクリート曲げ圧縮)					
			①	②	③	④	⑤	⑥
S _s -D1	++		0.07					
	+-		0.07	0.07	0.07	0.10	0.07	0.07
	-+		0.07					
	--		0.07					
S _s -11			0.06					
S _s -12			0.06					
S _s -13			0.06					
S _s -14			0.05					
S _s -21			0.06					
S _s -22			0.06					
S _s -31	++		0.08					
	-+		0.08					

表 5.1-6 (2) B-B断面 鉄筋コンクリート (壁部) の曲げ軸力 (鉄筋曲げ引張) に対する検討ケースと照査値

地震動		検討ケース	曲げ軸力照査 (鉄筋曲げ引張)					
			①	②	③	④	⑤	⑥
S _s -D1	++		0.05					
	+-		0.05	0.04	0.05	0.08	0.04	0.04
	-+		0.05					
	--		0.05					
S _s -11			0.02					
S _s -12			0.03					
S _s -13			0.03					
S _s -14			0.02					
S _s -21			0.03					
S _s -22			0.03					
S _s -31	++		0.07					
	-+		0.07					

表 5.1-6 (3) B-B断面 鉄筋コンクリート (壁部) のせん断力に対する検討ケースと照査値

地震動		検討ケース	せん断力照査					
			①	②	③	④	⑤	⑥
S _s -D1	++		0.32					
	+-		0.32	0.26	0.31	0.44	0.31	0.30
	-+		0.32					
	--		0.33					
S _s -11			0.25					
S _s -12			0.26					
S _s -13			0.26					
S _s -14			0.23					
S _s -21			0.24					
S _s -22			0.29					
S _s -31	++		0.35					
	-+		0.39					

表 5.1-7 (1) B-B断面 鉄筋コンクリート (底版部) の曲げ軸力 (コンクリート曲げ圧縮) に対する検討ケースと照査値

地震動		検討ケース	曲げ軸力照査 (コンクリート曲げ圧縮)					
			①	②	③	④	⑤	⑥
S _s -D1	++		0.06					
	+-		0.07	0.07	0.07	0.08	0.06	0.06
	-+		0.08					
	--		0.08					
S _s -11			0.03					
S _s -12			0.05					
S _s -13			0.05					
S _s -14			0.03					
S _s -21			0.03					
S _s -22			0.05					
S _s -31	++		0.07					
	-+		0.07					

表 5.1-7 (2) B-B断面 鉄筋コンクリート（底版部）の曲げ軸力（鉄筋曲げ引張）に対する検討ケースと照査値

地震動		検討ケース		曲げ軸力照査（鉄筋曲げ引張）					
		①	②	③	④	⑤	⑥		
S _s -D1	++	0.23							
	+-	0.24	0.25	0.25	0.30	0.10	0.09		
	-+	0.20							
	--	0.20							
S _s -11		0.07							
S _s -12		0.17							
S _s -13		0.16							
S _s -14		0.04							
S _s -21		0.10							
S _s -22		0.11							
S _s -31	++	0.19							
	-+	0.15							

表 5.1-7 (3) B-B断面 鉄筋コンクリート（底版部）のせん断力に対する検討ケースと照査値

地震動		検討ケース		せん断力照査					
		①	②	③	④	⑤	⑥		
S _s -D1	++	0.34							
	+-	0.35	0.30	0.34	0.41	0.29	0.28		
	-+	0.33							
	--	0.32							
S _s -11		0.14							
S _s -12		0.21							
S _s -13		0.20							
S _s -14		0.12							
S _s -21		0.17							
S _s -22		0.20							
S _s -31	++	0.38							
	-+	0.38							

防潮扉2基礎のA-A断面およびB-B断面における基準地震動 S_s による断面力（曲げモーメント，軸力，せん断力）分布を図5.1-3～図5.1-6に示す。本図は鋼管杭及び鉄筋コンクリートについて，曲げ軸力及びせん断力に対する照査結果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。

また，防潮扉2基礎のA-A断面およびB-B断面において，鋼管杭の曲げ軸力に対する照査結果が厳しくなる地震波における最大せん断ひずみ分布図を図5.1-7及び図5.1-8に示し，過剰間隙水圧比分布図を図5.1-9及び図5.1-10に，加速度分布図を図5.1-11及び図5.1-12に示す。これらの図は，各要素に発生したせん断ひずみ，過剰間隙水圧比，加速度の全時刻における最大値の分布を示したものである。

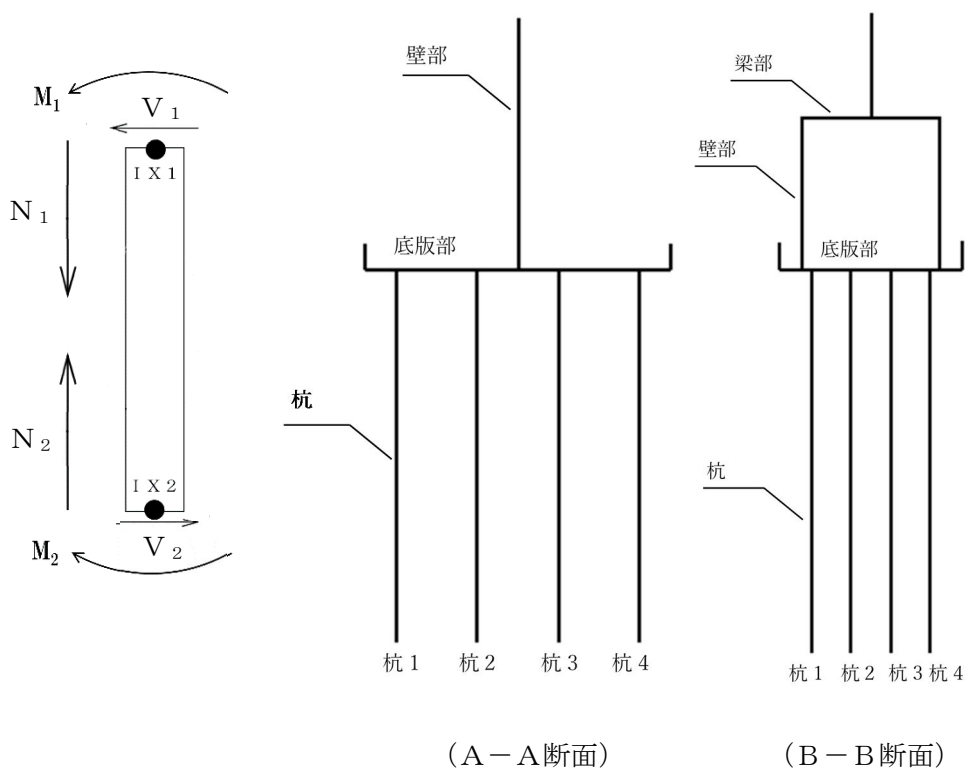


図5.1-1 符号表

図5.1-2 A-A断面，B-B断面の杭番号図

(1) 断面力図

a. A-A断面（鋼管杭）

- ・ 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

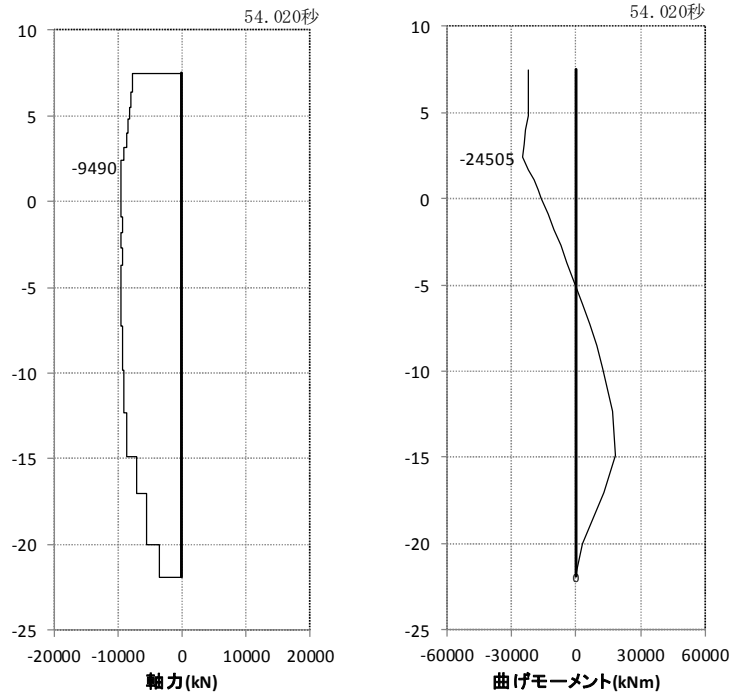


図 5.1-3 (1) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：A-A断面
(杭1 曲げ軸力最大時刻, $S_s - D1++$)

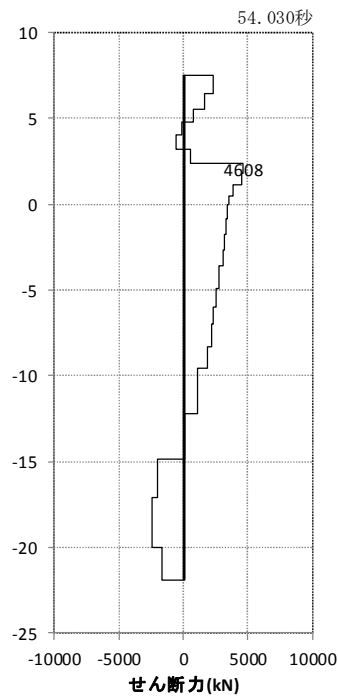


図 5.1-3 (2) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：A-A断面
(杭3 せん断力最大時刻, $S_s - D1++$)

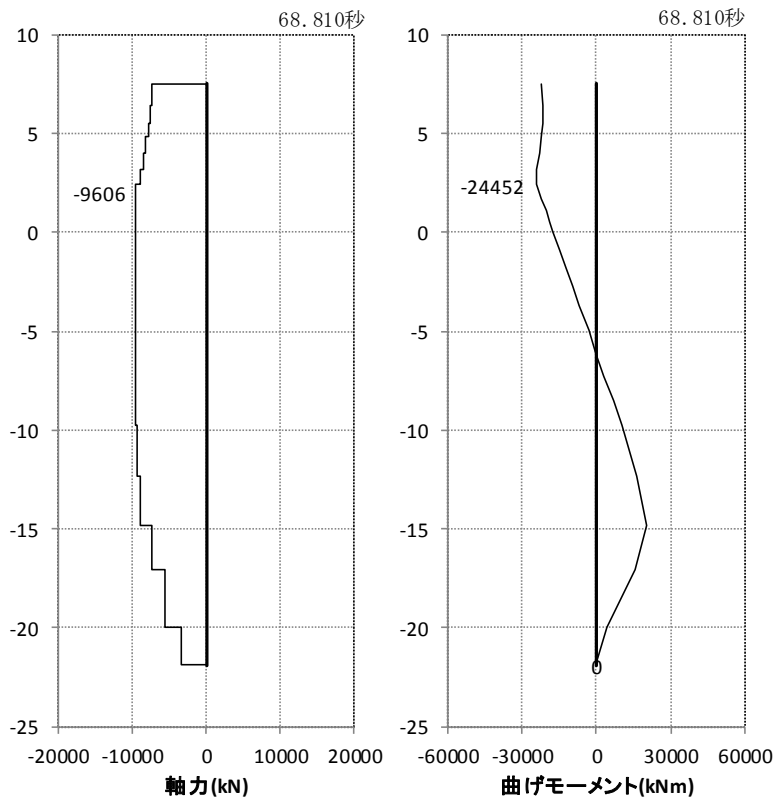


図 5.1-3 (3) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：A-A断面
(杭 1 曲げ軸力最大時刻, $S_s - D 1 + -$)

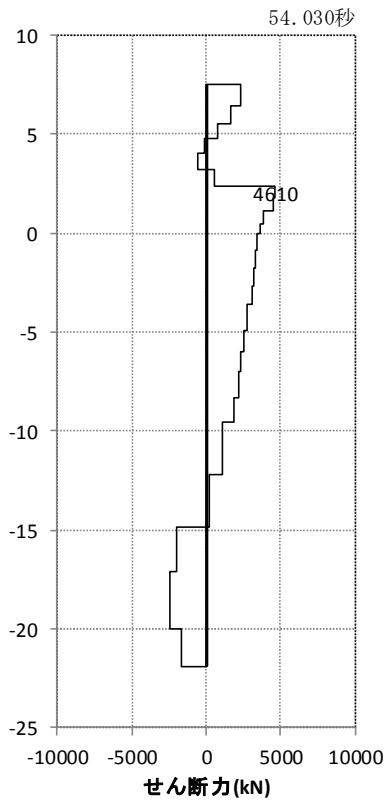


図 5.1-3 (4) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：A-A断面
(杭 3 せん断力最大時刻, $S_s - D 1 + -$)

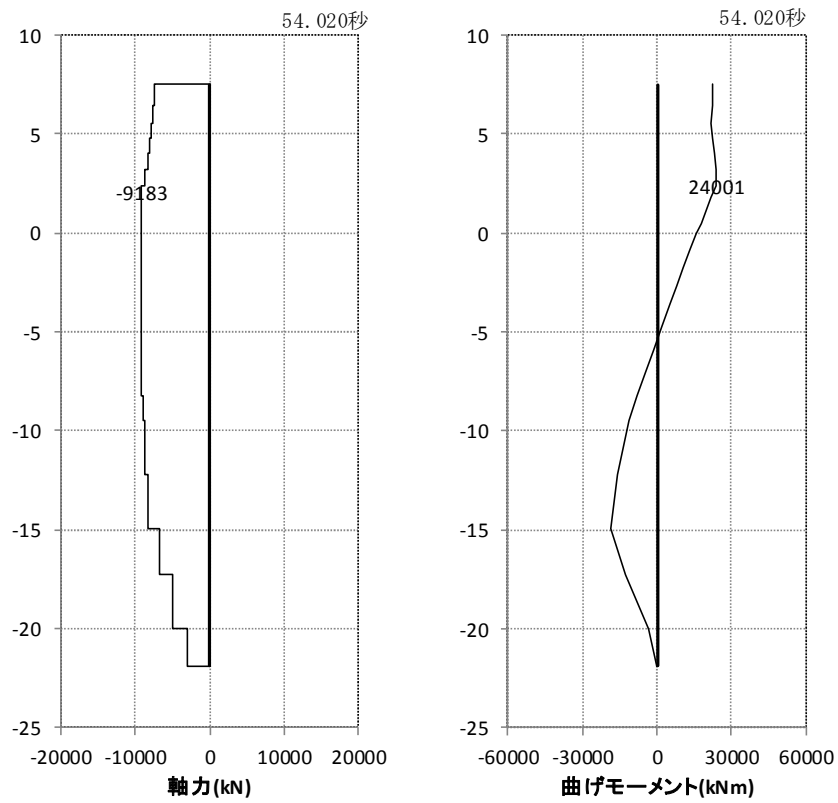


図 5.1-3 (5) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：A-A断面
(杭4 曲げ軸力最大時刻, $S_s - D 1 - +$)

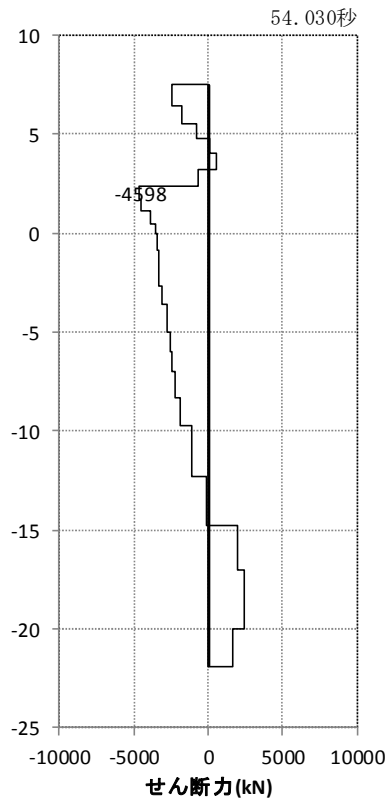


図 5.1-3 (6) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：A-A断面
(杭2 せん断力最大時刻, $S_s - D 1 - +$)

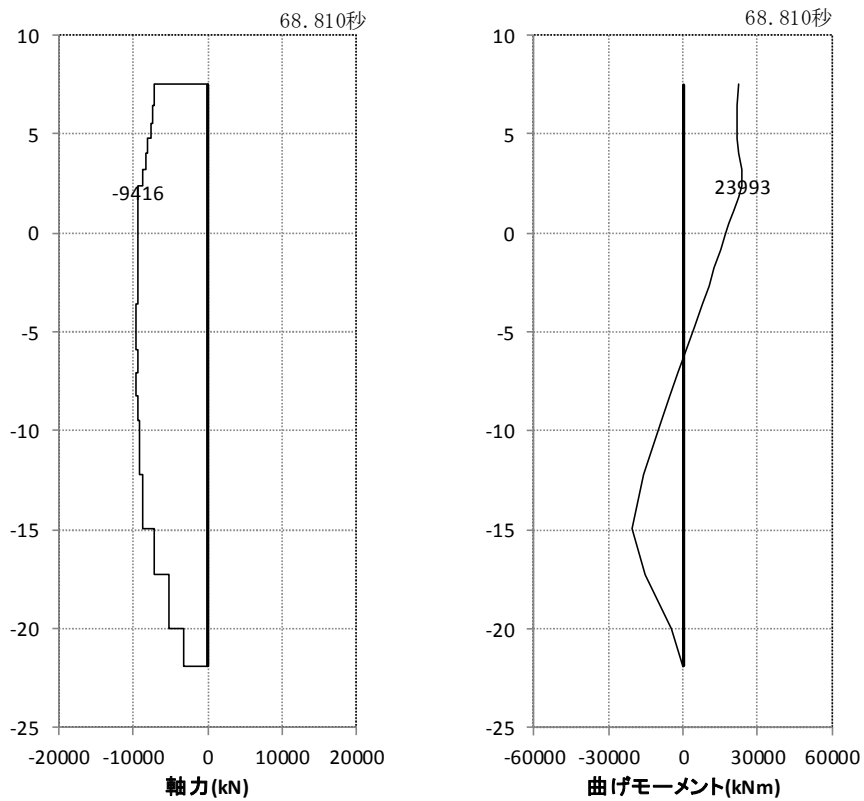


図 5.1-3 (7) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：A-A断面
(杭4 曲げ軸力最大時刻, S_s-D1 ---)

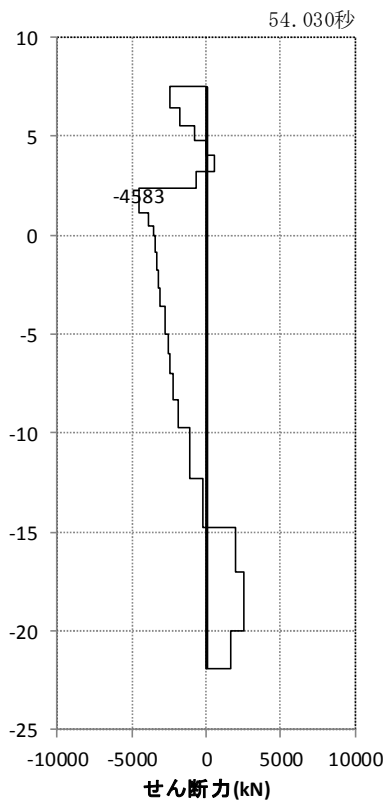


図 5.1-3 (8) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：A-A断面
(杭2 せん断力最大時刻, S_s-D1 ---)

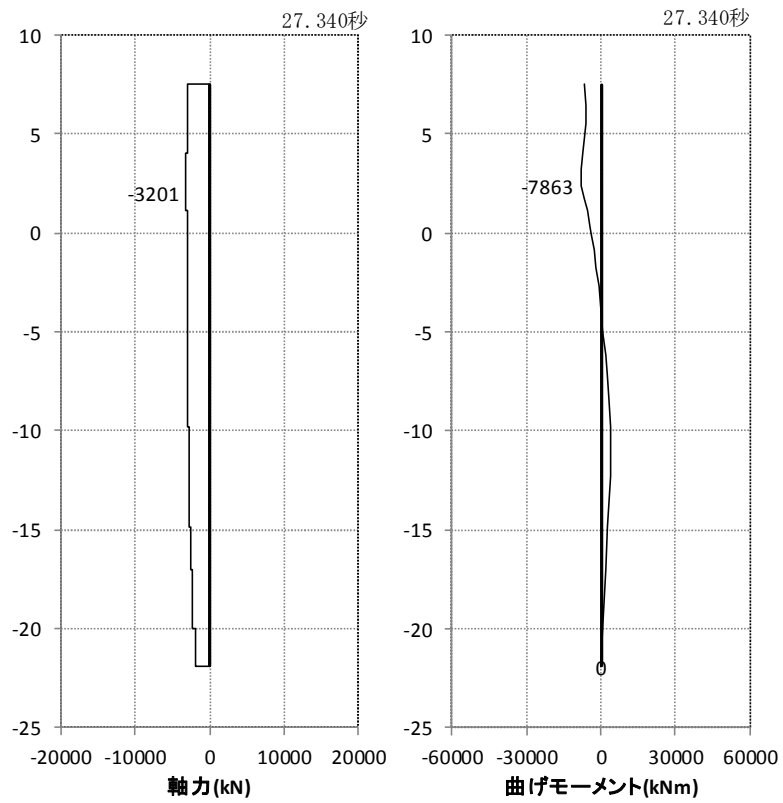


図 5.1-3 (9) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：A-A断面
 (杭1 曲げ軸力最大時刻, $S_s - 1.1$)

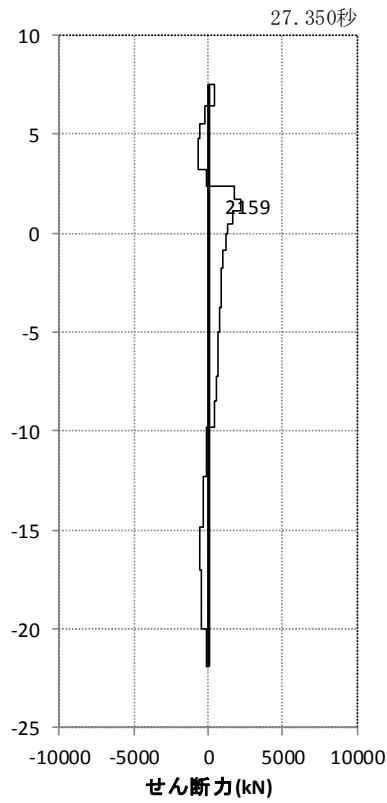


図 5.1-3 (10) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：A-A断面
 (杭1 せん断力最大時刻, $S_s - 1.1$)

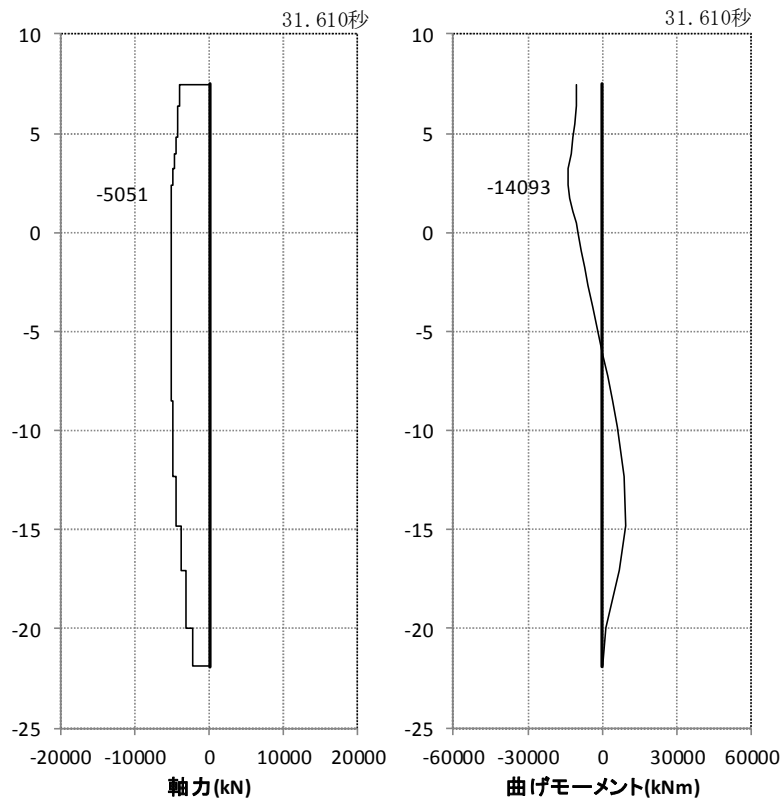


図 5.1-3 (11) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：A-A断面
 (杭 1 曲げ軸力最大時刻, $S_s - 1 2$)

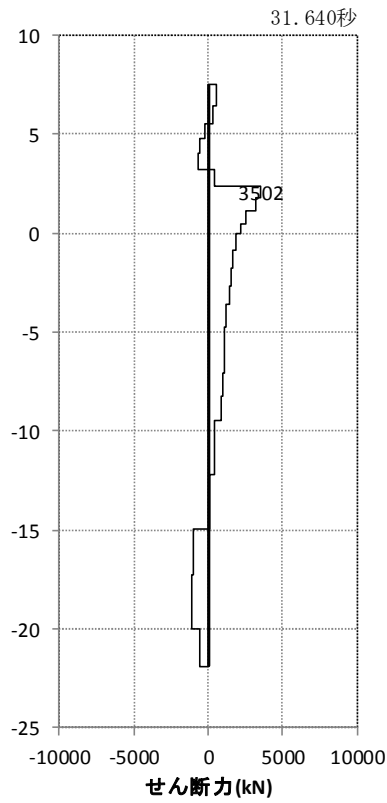


図 5.1-3 (12) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：A-A断面
 (杭 4 せん断力最大時刻, $S_s - 1 2$)

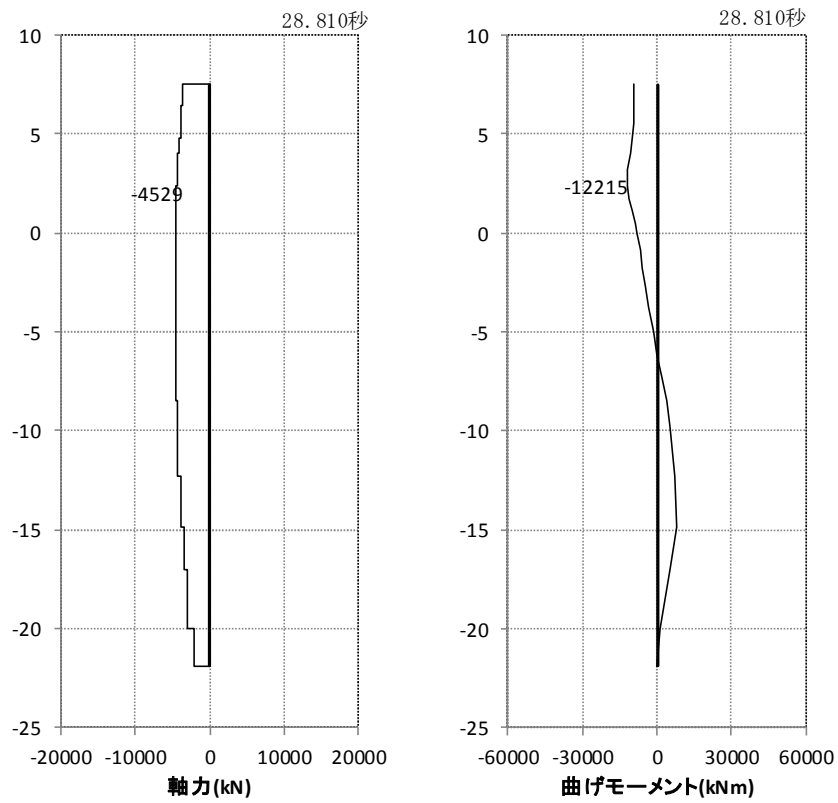


図 5.1-3 (13) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：A-A断面
 (杭 1 曲げ軸力最大時刻, $S_s - 13$)

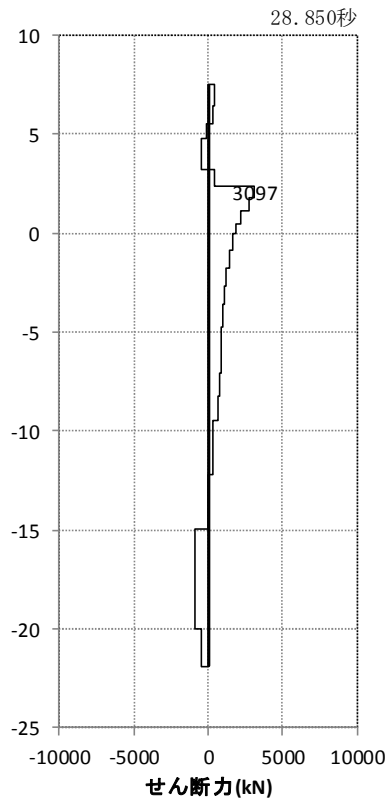


図 5.1-3 (14) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：A-A断面
 (杭 4 せん断力最大時刻, $S_s - 13$)

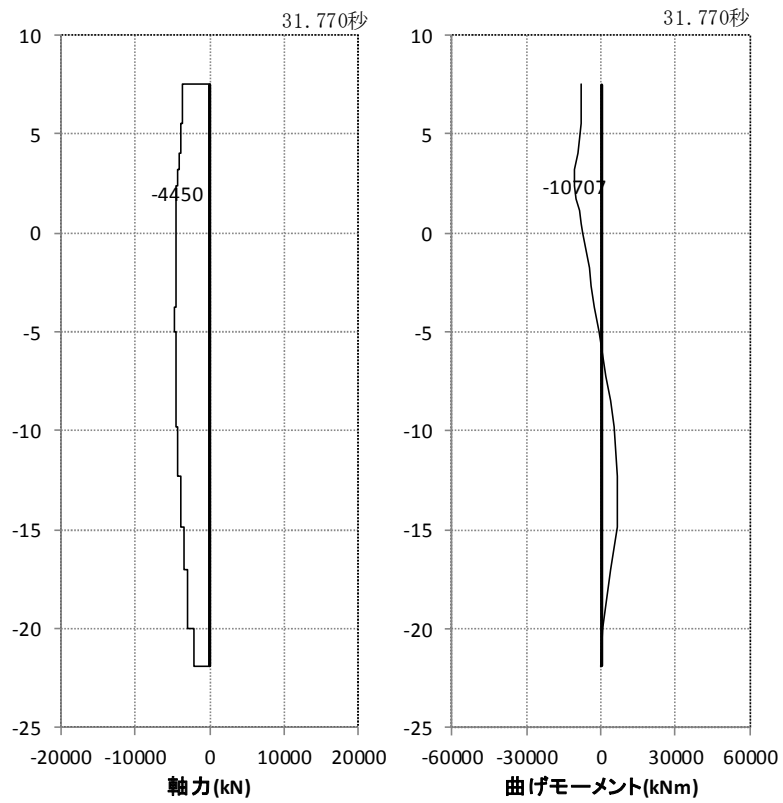


図 5.1-3 (15) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：A-A断面
 (杭 1 曲げ軸力最大時刻, $S_s - 1.4$)

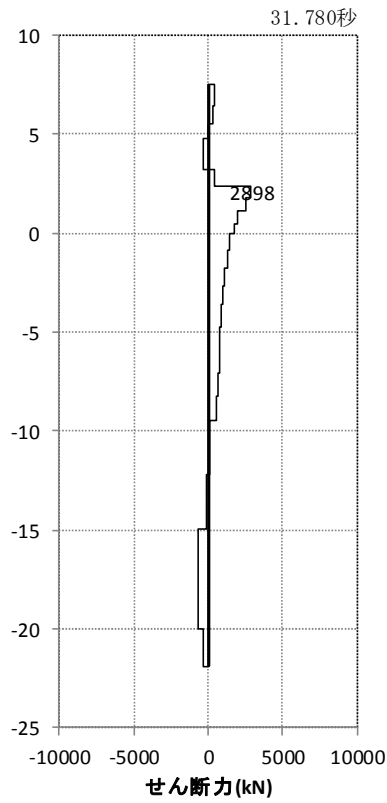


図 5.1-3 (16) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：A-A断面
 (杭 4 せん断力最大時刻, $S_s - 1.4$)

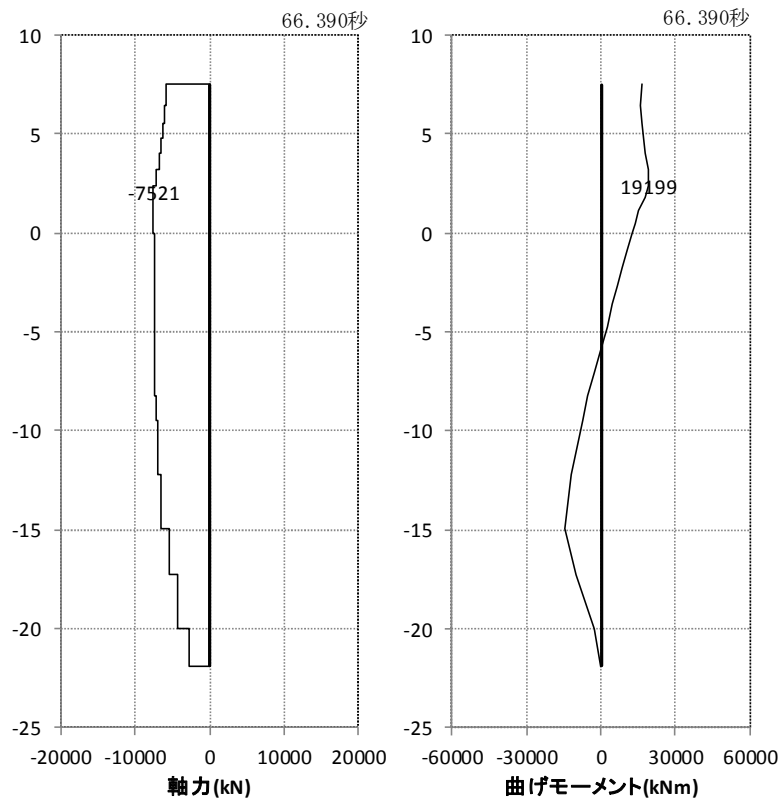


図 5.1-3 (17) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：A-A断面
 (杭 4 曲げ軸力最大時刻, $S_s - 2 1$)

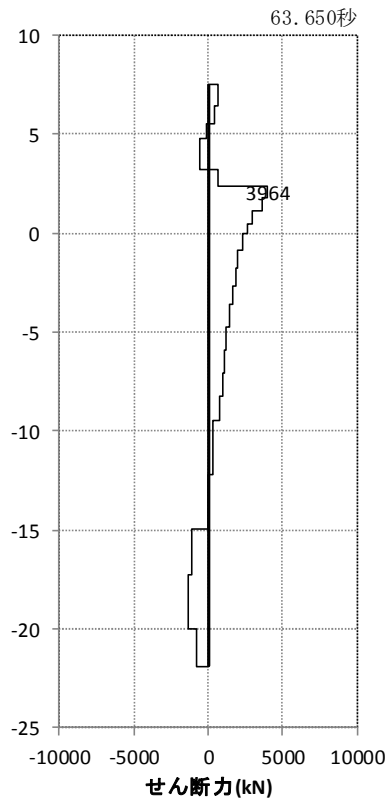


図 5.1-3 (18) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：A-A断面
 (杭 4 せん断力最大時刻, $S_s - 2 1$)

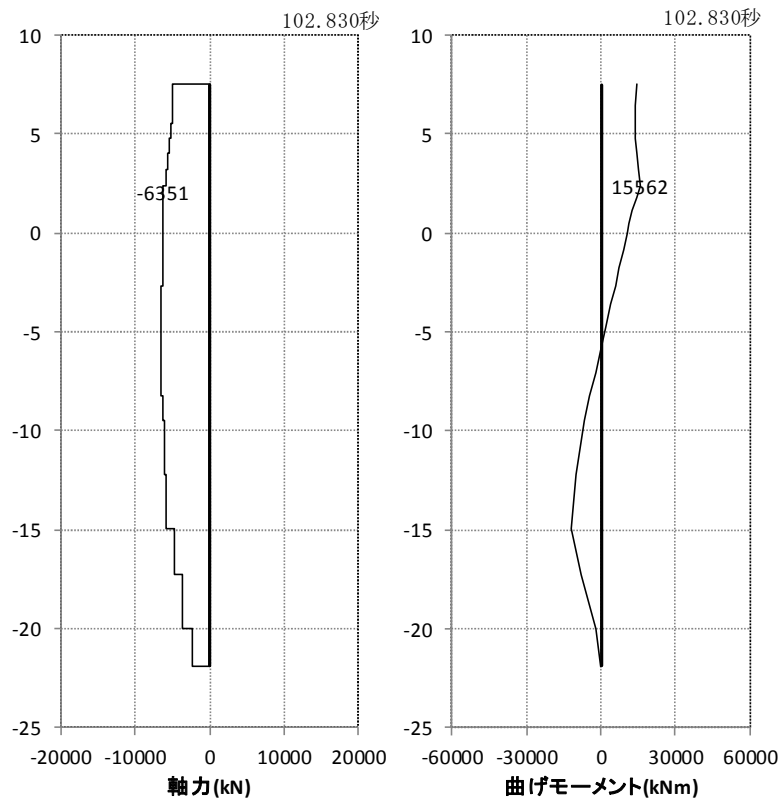


図 5.1-3 (19) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：A-A断面
 (杭 4 曲げ軸力最大時刻, $S_s - 2 2$)

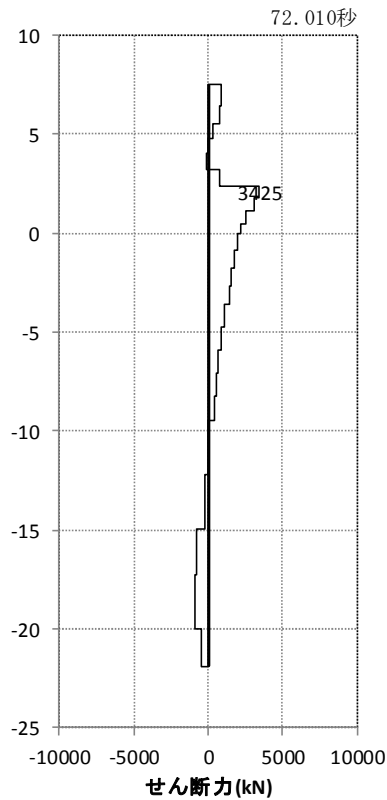


図 5.1-3 (20) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：A-A断面
 (杭 4 せん断力最大時刻, $S_s - 2 2$)

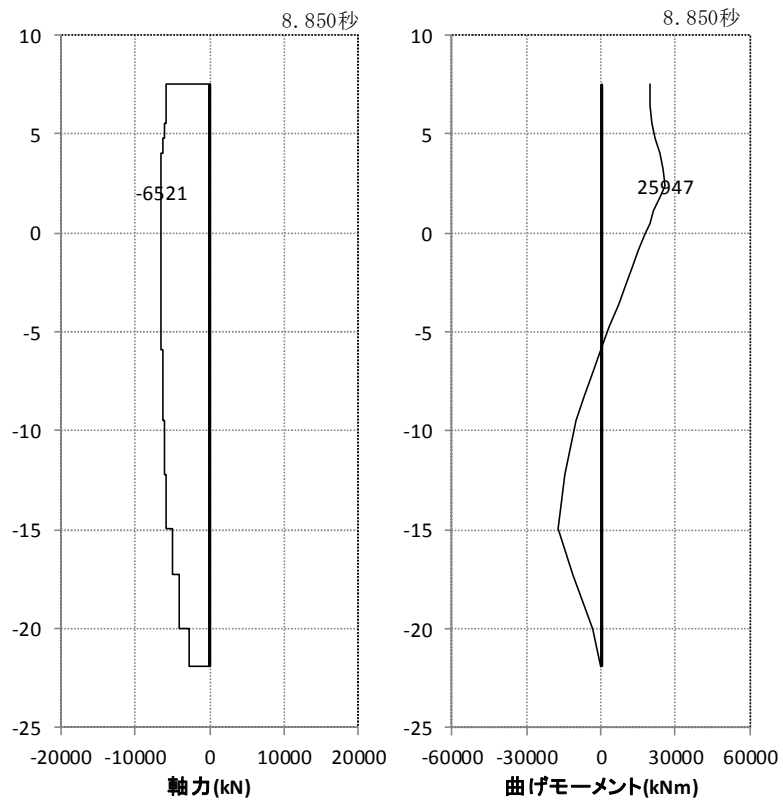


図 5.1-3 (21) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：A-A断面
 (杭 4 曲げ軸力最大時刻, $S_s - 3 1 ++$)

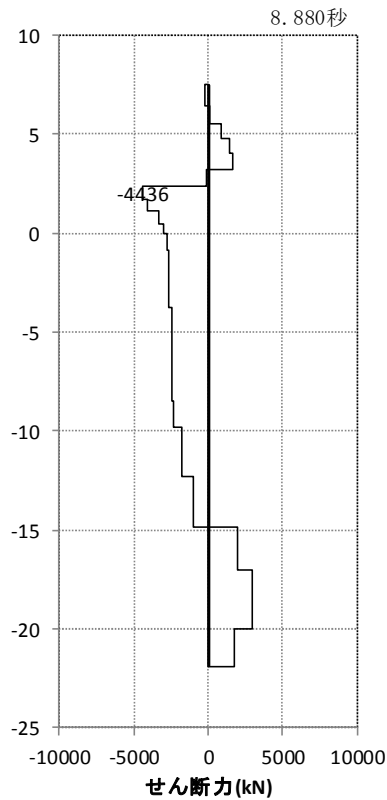


図 5.1-3 (22) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：A-A断面
 (杭 1 せん断力最大時刻, $S_s - 3 1 ++$)

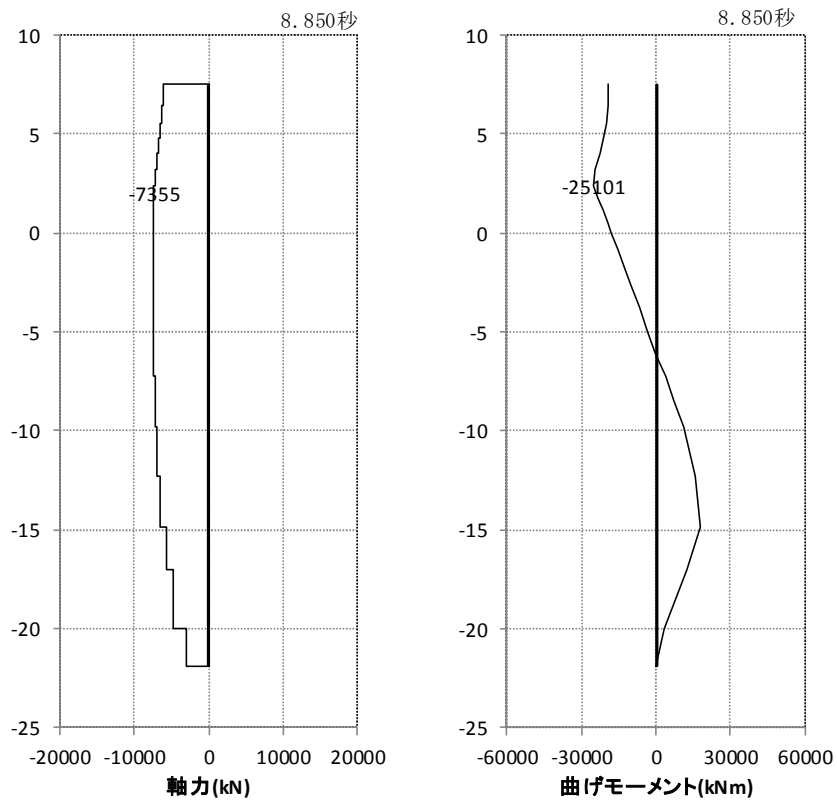


図 5.1-3 (23) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：A-A断面
(杭 1 曲げ軸力最大時刻, $S_s - 3 1 - +$)

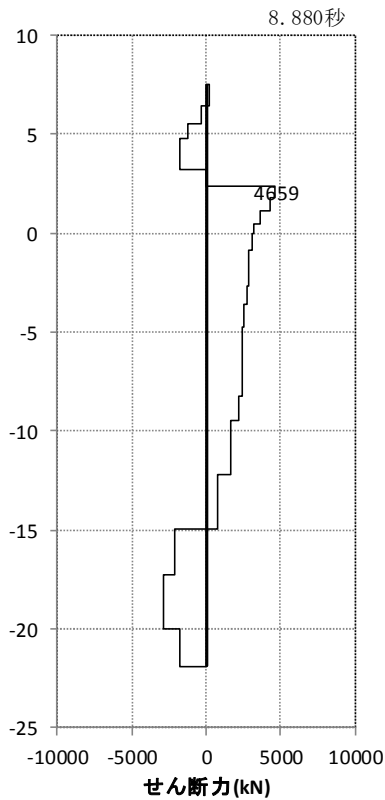


図 5.1-3 (24) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：A-A断面
(杭 4 せん断力最大時刻, $S_s - 3 1 - +$)

・ 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

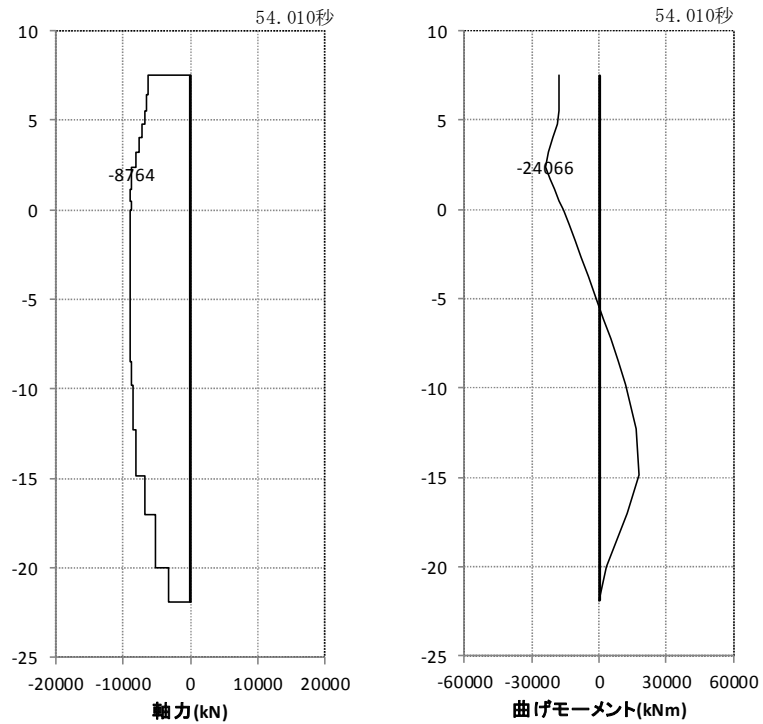


図 5.1-3 (25) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：A-A断面
(杭1 曲げ軸力最大時刻, $S_s - D1 + -$)

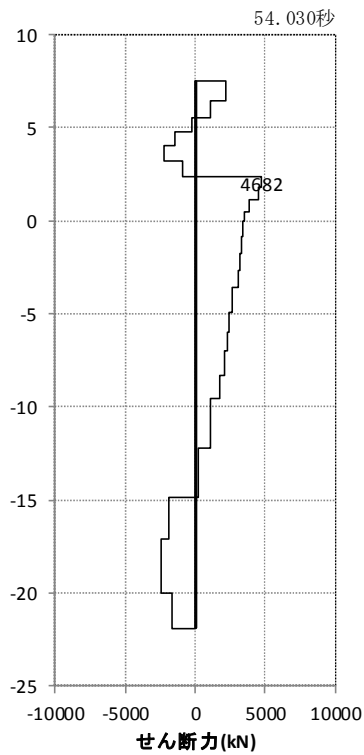


図 5.1-3 (26) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：A-A断面
(杭3 せん断力最大時刻, $S_s - D1 + -$)

・ 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

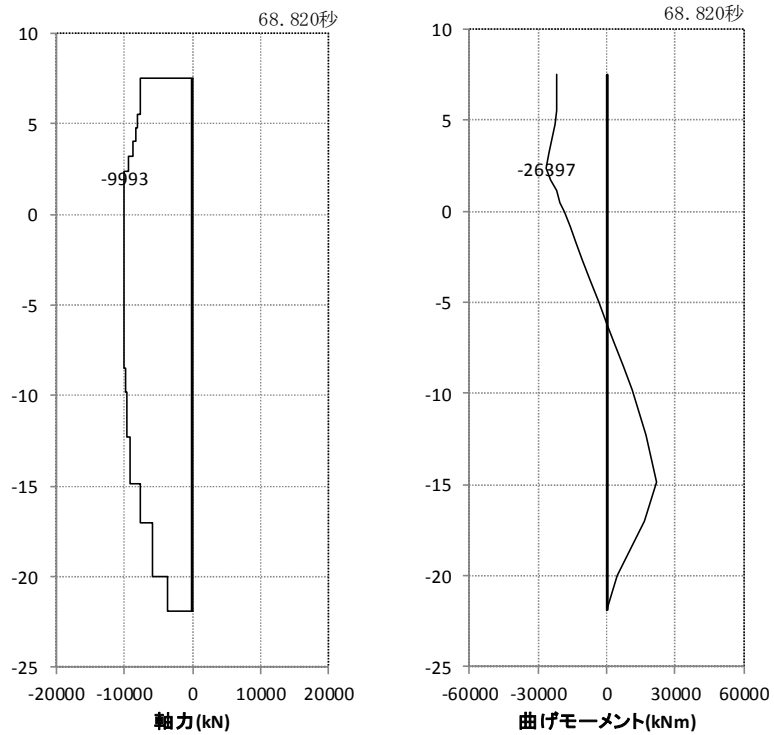


図 5.1-3 (27) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：A-A断面
(杭 1 曲げ軸力最大時刻, $S_s - D 1 + -$)

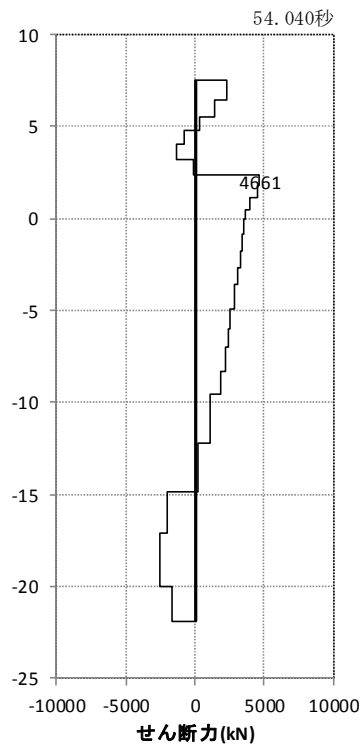


図 5.1-3 (28) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：A-A断面
(杭 3 せん断力最大時刻, $S_s - D 1 + -$)

・ 検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく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

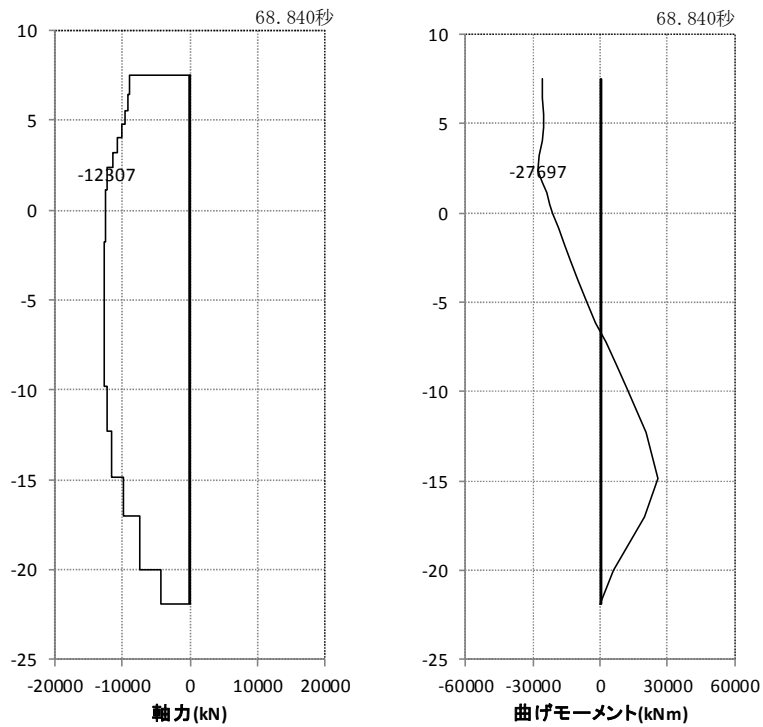


図 5.1-3 (29) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：A-A断面
(杭 1 曲げ軸力最大時刻, $S_s - D 1 + -$)

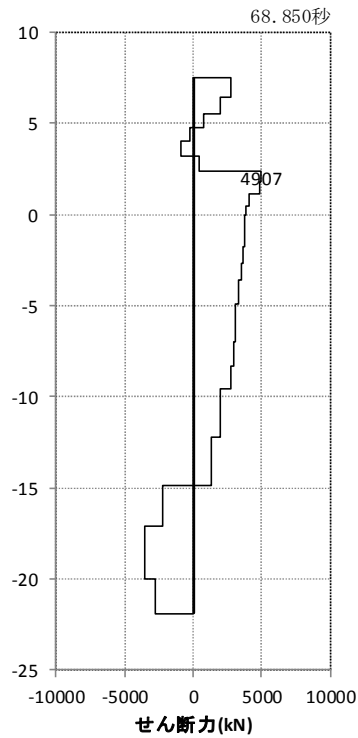


図 5.1-3 (30) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：A-A断面
(杭 3 せん断力最大時刻, $S_s - D 1 + -$)

・ 検討ケース⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース

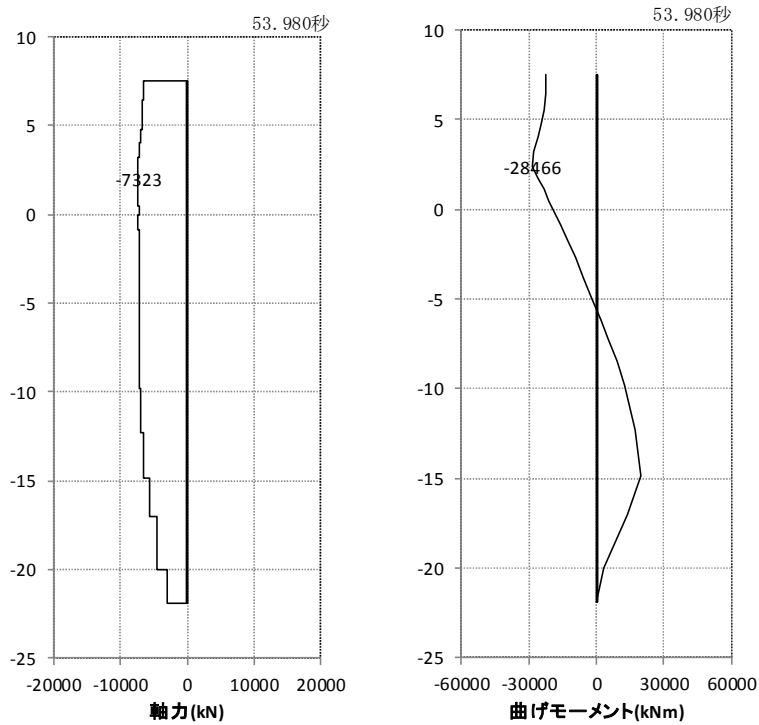


図 5.1-3 (31) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：A-A断面
(杭 1 曲げ軸力最大時刻, $S_s - D 1 + -$)

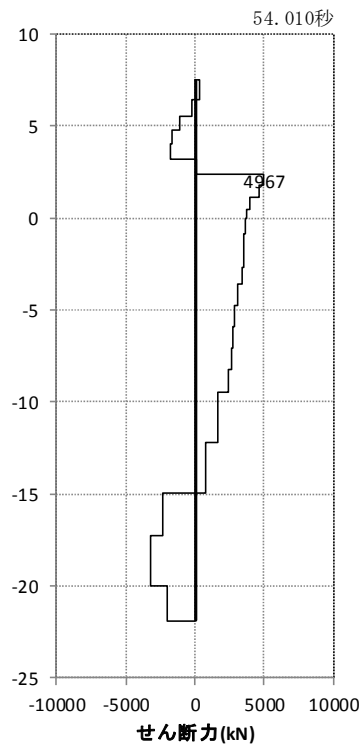


図 5.1-3 (32) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：A-A断面
(杭 4 せん断力最大時刻, $S_s - D 1 + -$)

・ 検討ケース⑥：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

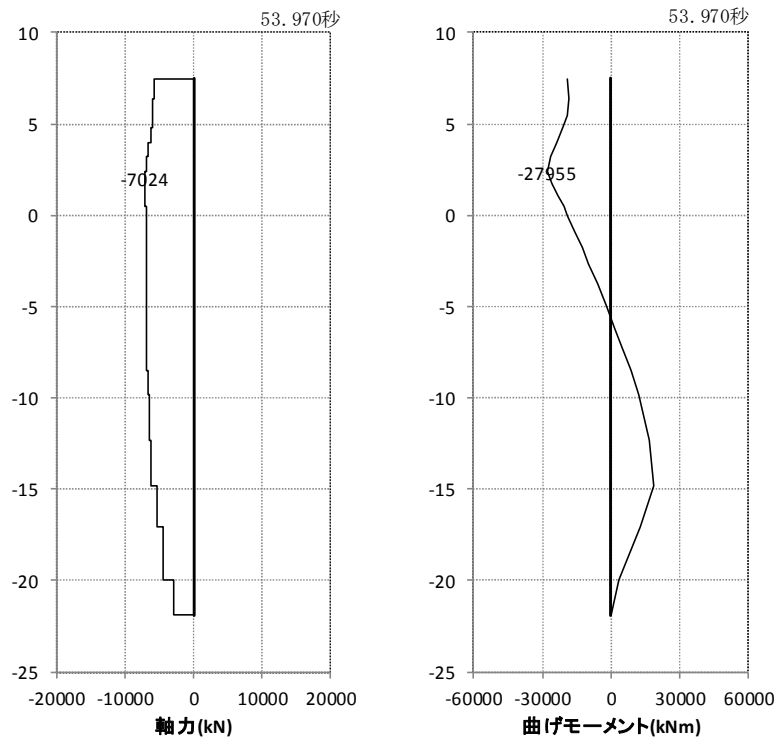


図 5.1-3 (33) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：A-A断面
(杭 1 曲げ軸力最大時刻, S_s-D 1+-)

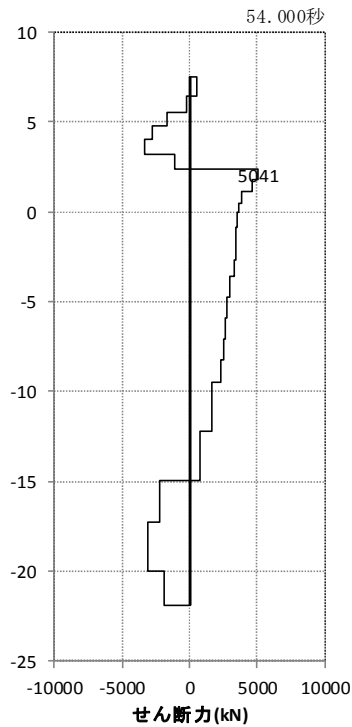


図 5.1-3 (34) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：A-A断面
(杭 4 せん断力最大時刻, S_s-D 1+-)

b. B-B断面（鋼管杭）

・ 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

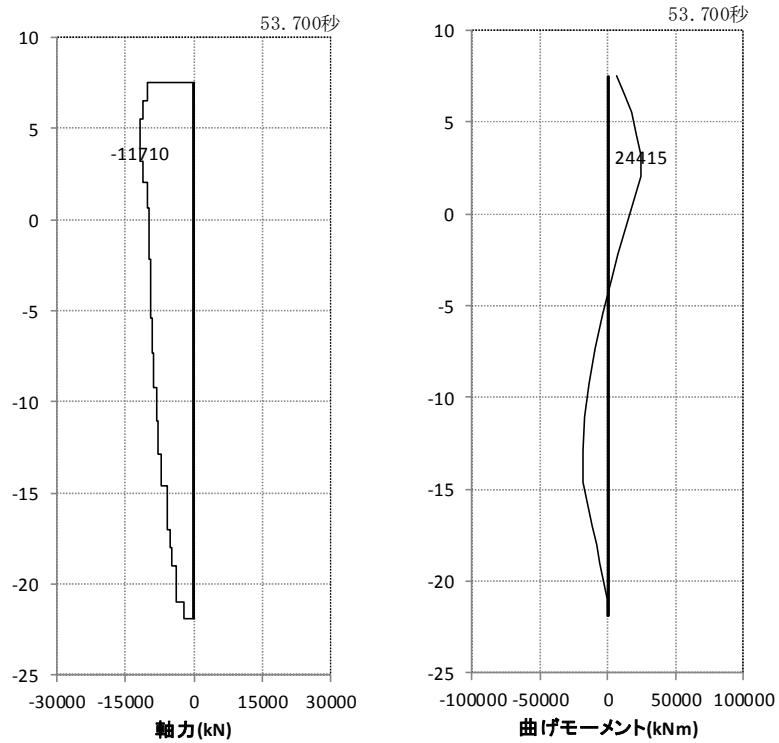


図 5.1-4 (1) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：B-B断面
(杭4 曲げ軸力最大時刻, $S_s - D 1 ++$)

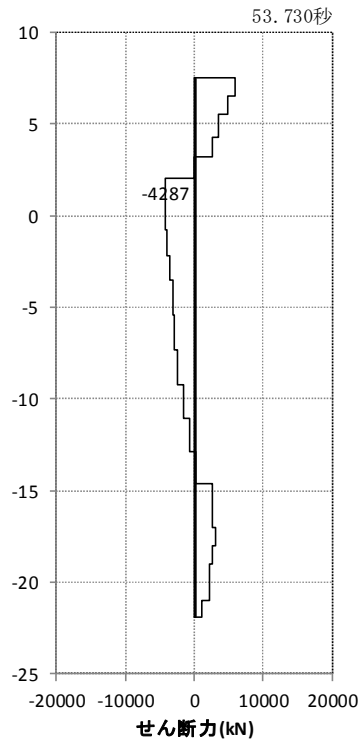


図 5.1-4 (2) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：B-B断面
(杭4 せん断力最大時刻, $S_s - D 1 ++$)

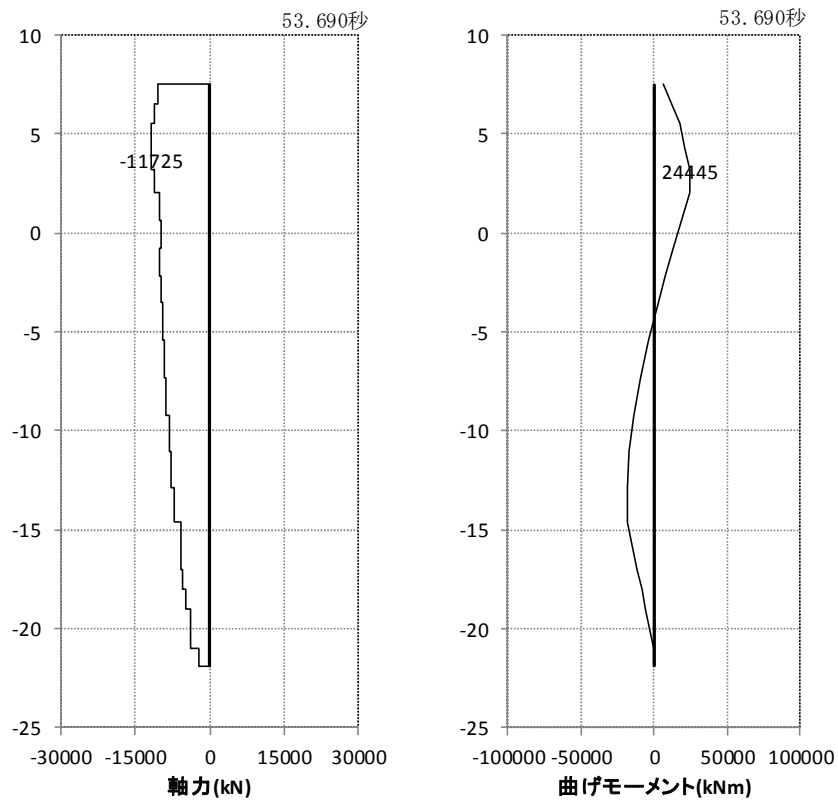


図 5.1-4 (3) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：B-B断面
(杭4 曲げ軸力最大時刻, $S_s - D 1 + -$)

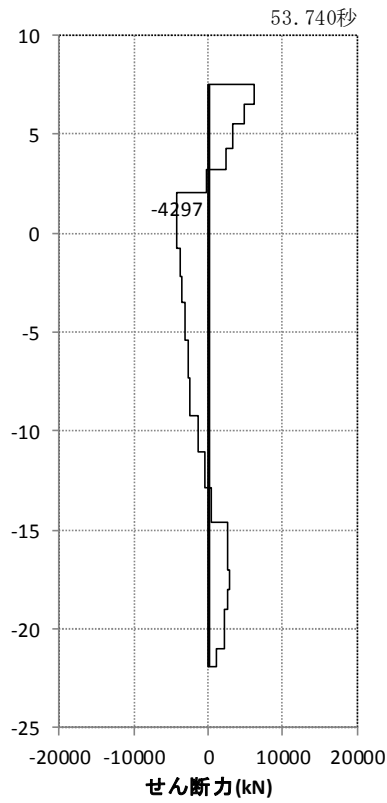


図 5.1-4 (4) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：B-B断面
(杭4 せん断力最大時刻, $S_s - D 1 + -$)

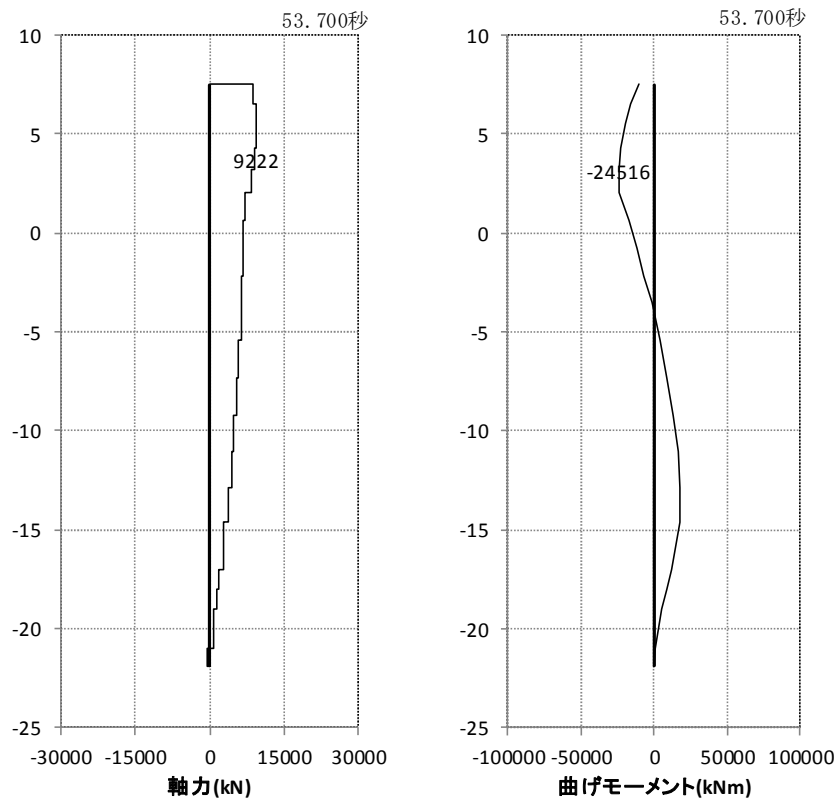


図 5.1-4 (5) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：B-B断面
 (杭4 曲げ軸力最大時刻, S_s-D1-+)

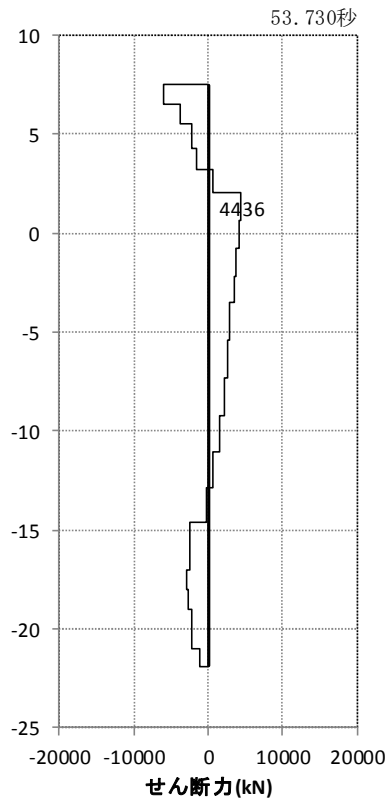


図 5.1-4 (6) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：B-B断面
 (杭4 せん断力最大時刻, S_s-D1-+)

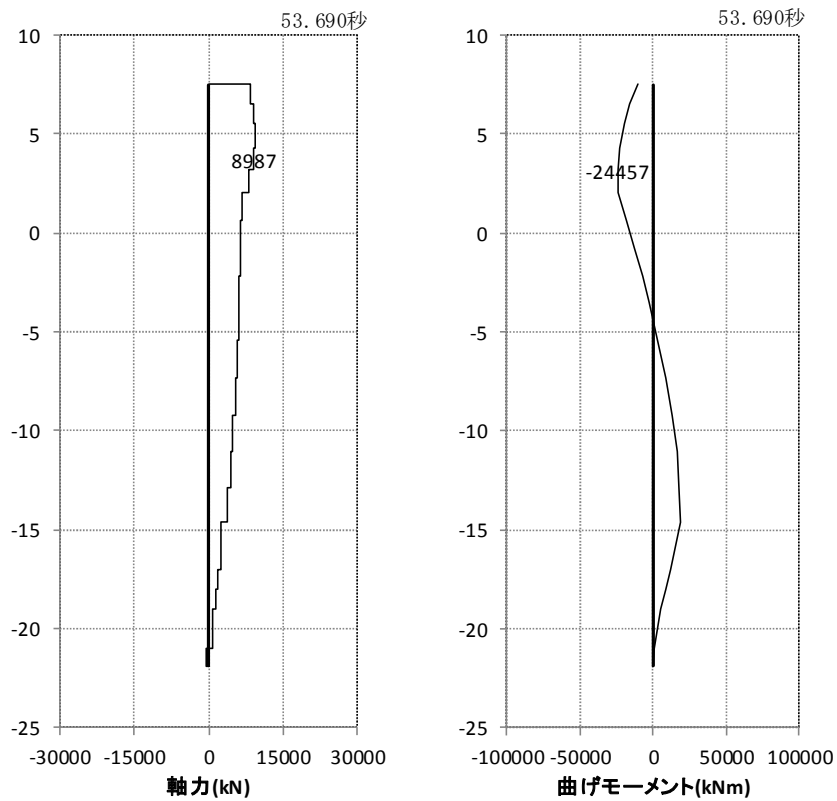


図 5.1-4 (7) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：B-B断面
(杭4 曲げ軸力最大時刻, S_s-D1 --)

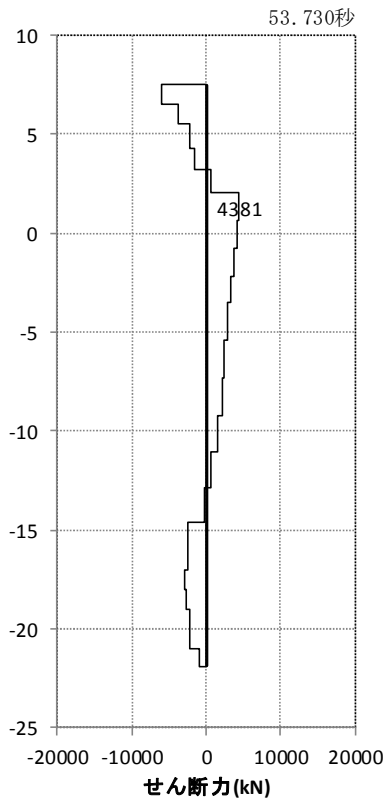


図 5.1-4 (8) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：A-A断面
(杭4 せん断力最大時刻, S_s-D1 --)

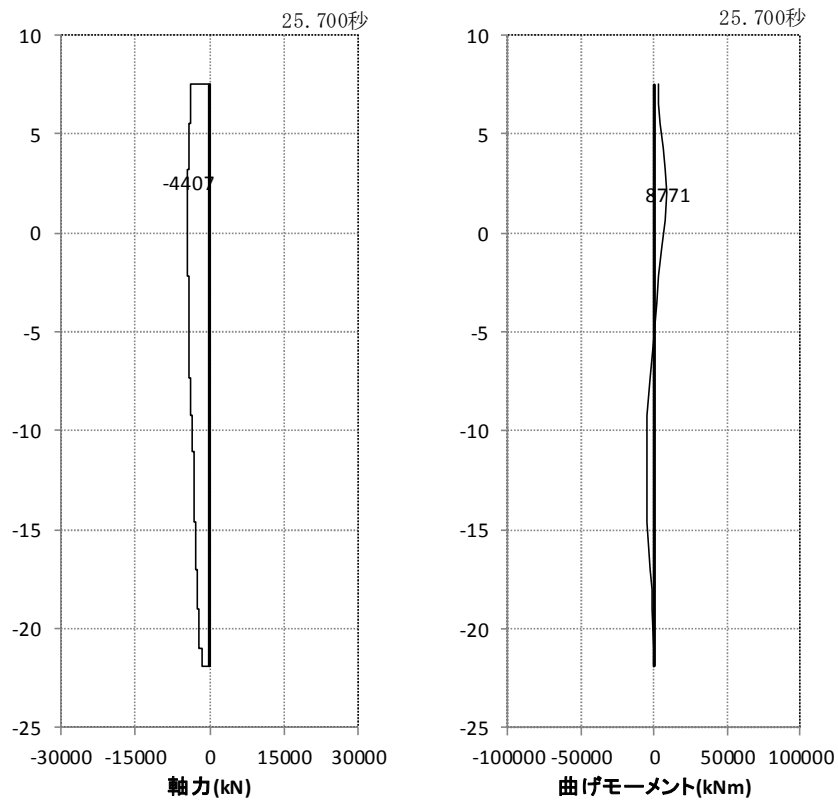


図 5.1-4 (9) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：B-B断面
 (杭 4 曲げ軸力最大時刻, $S_s - 1.1$)

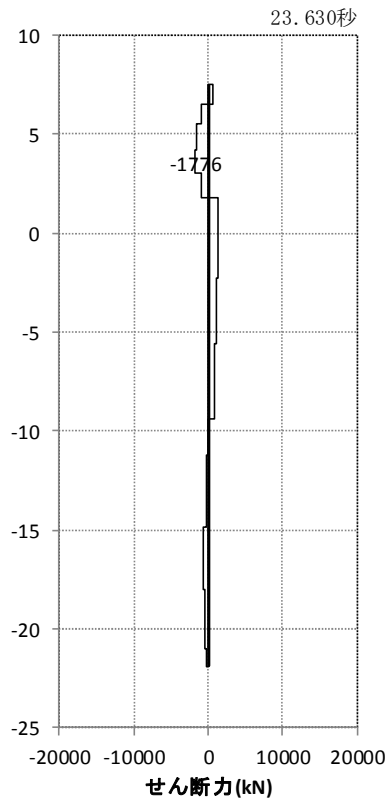


図 5.1-4 (10) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：B-B断面
 (杭 1 せん断力最大時刻, $S_s - 1.1$)

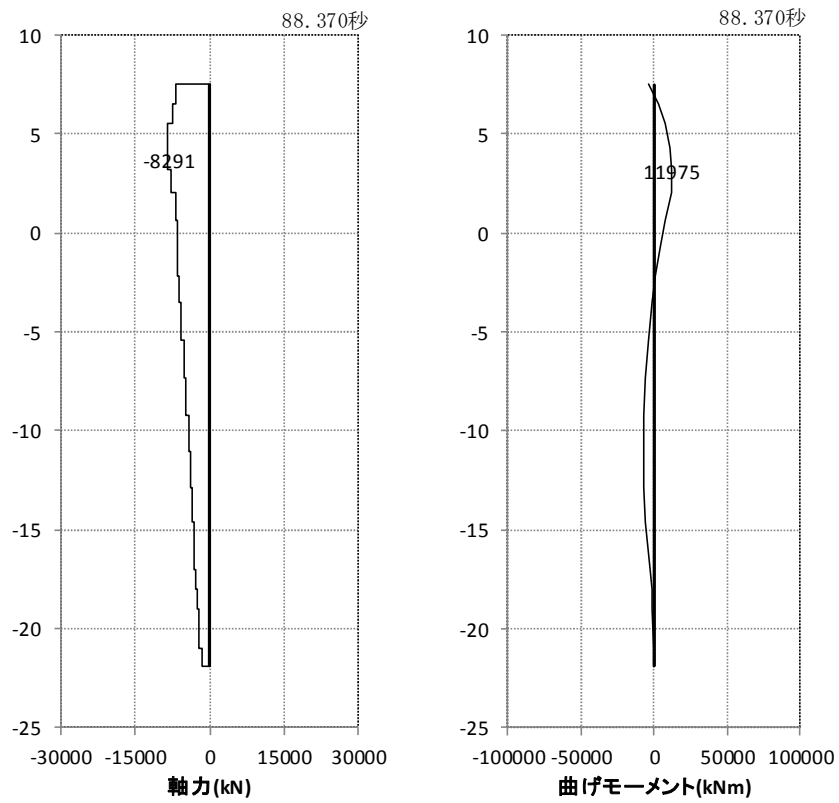


図 5.1-4 (11) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：B-B断面
 (杭 4 曲げ軸力最大時刻, $S_s - 1 2$)

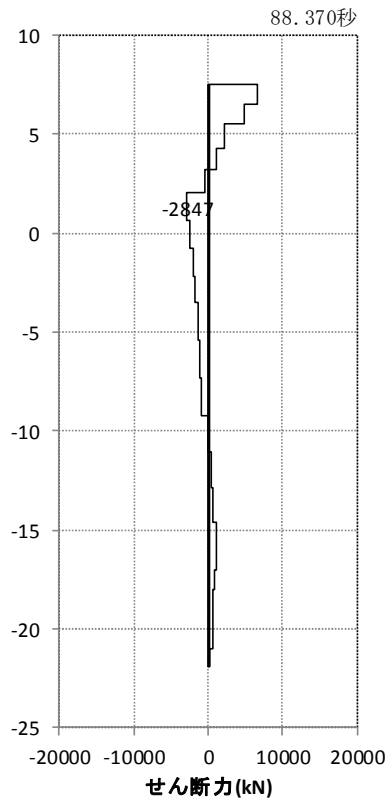


図 5.1-4 (12) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：B-B断面
 (杭 4 せん断力最大時刻, $S_s - 1 2$)

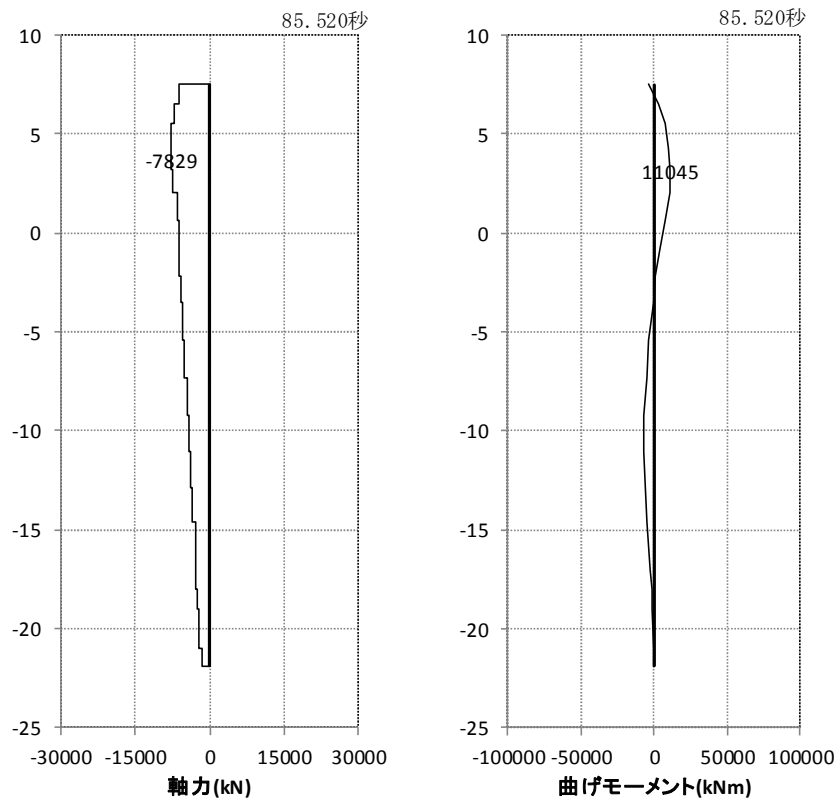


図 5.1-4 (13) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：B-B断面
 (杭 4 曲げ軸力最大時刻, $S_s - 1.3$)

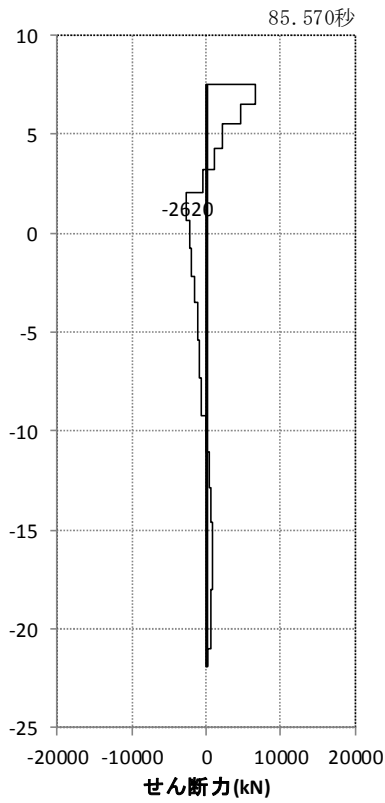


図 5.1-4 (14) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：B-B断面
 (杭 4 せん断力最大時刻, $S_s - 1.3$)

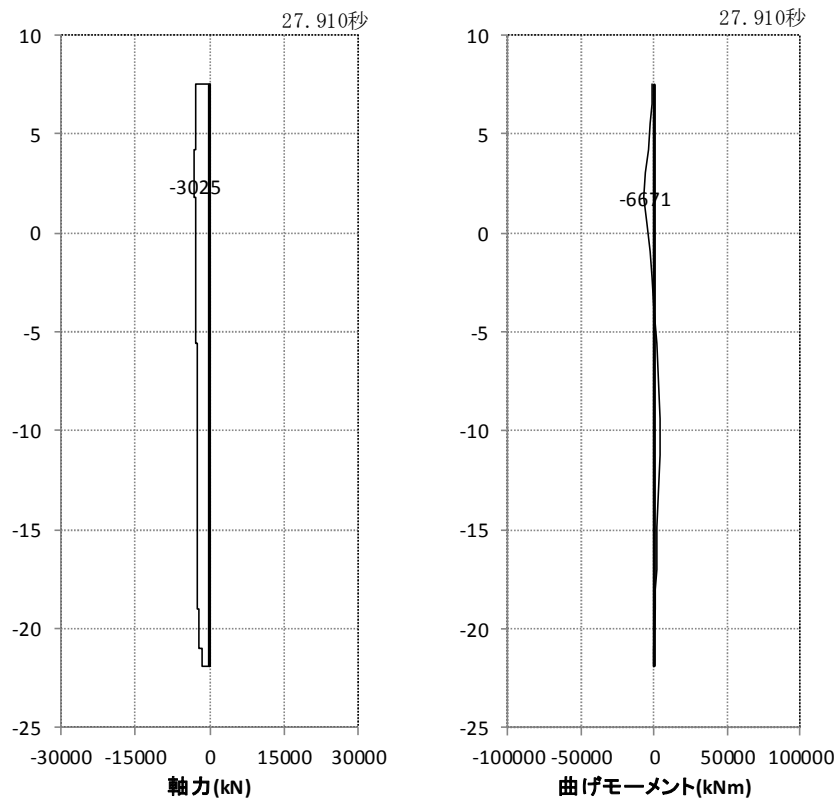


図 5.1-4 (15) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：B-B断面
(杭1 曲げ軸力最大時刻, $S_s - 1.4$)

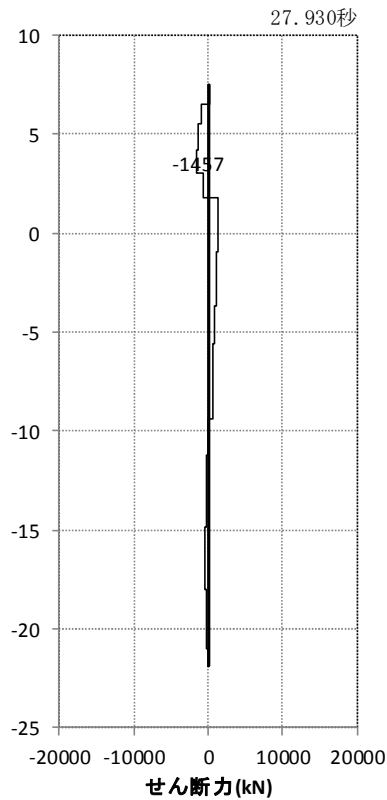


図 5.1-4 (16) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：B-B断面
(杭1 せん断力最大時刻, $S_s - 1.4$)

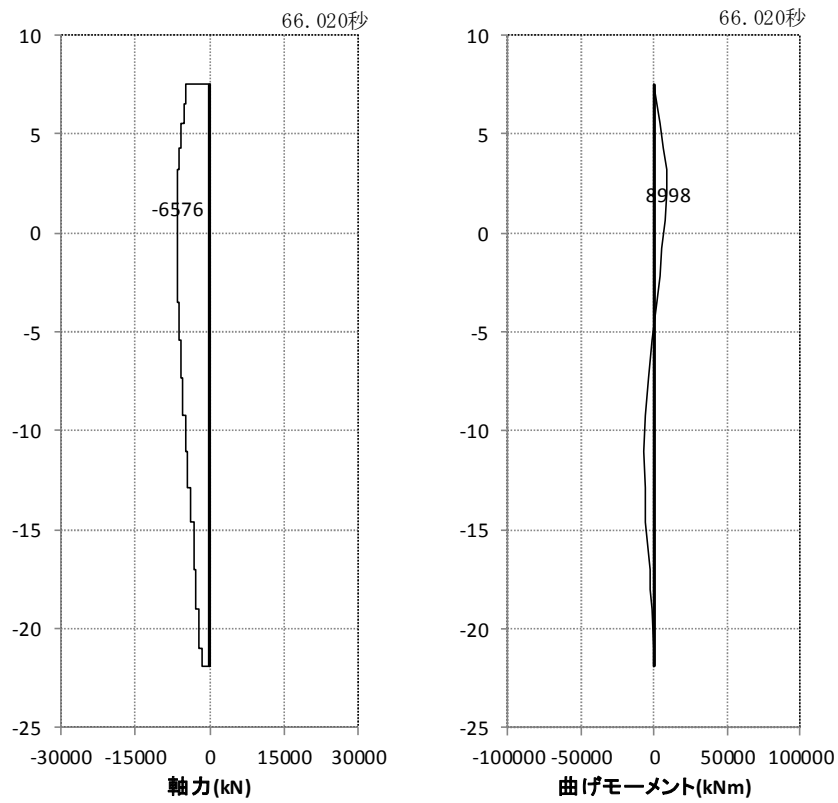


図 5.1-4 (17) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：B-B断面
(杭 4 曲げ軸力最大時刻, $S_s - 2 1$)

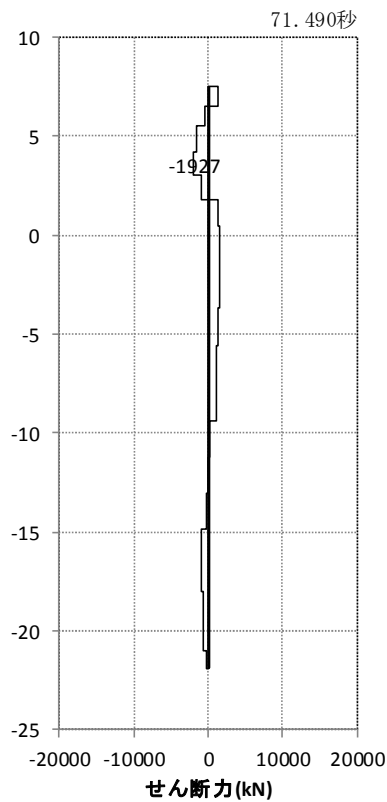


図 5.1-4 (18) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：B-B断面
(杭 1 せん断力最大時刻, $S_s - 2 1$)

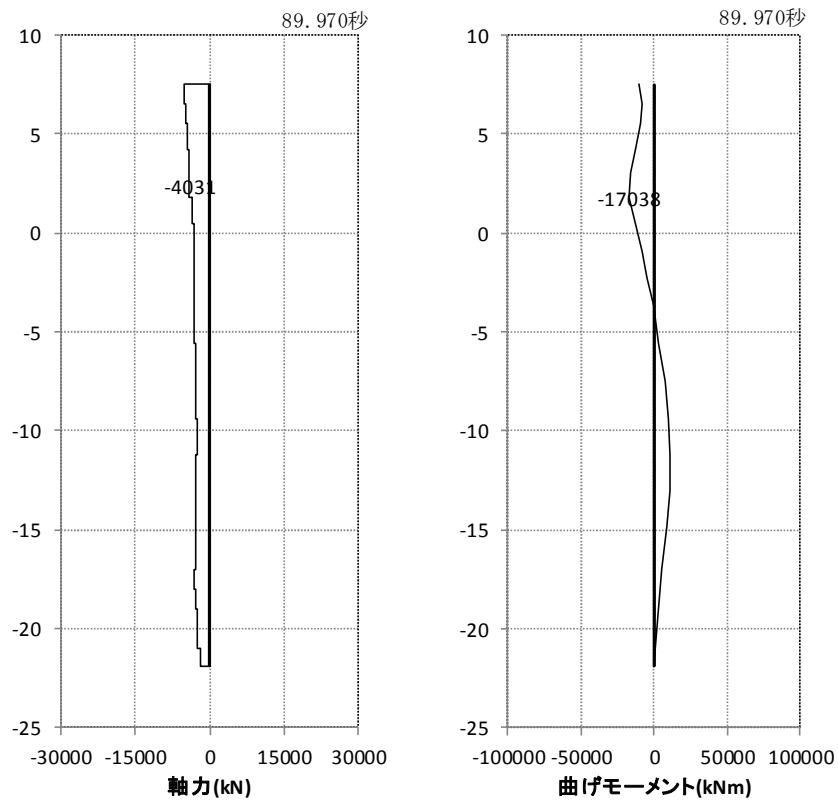


図 5.1-4 (19) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：B-B断面
 (杭1 曲げ軸力最大時刻, $S_s - 22$)

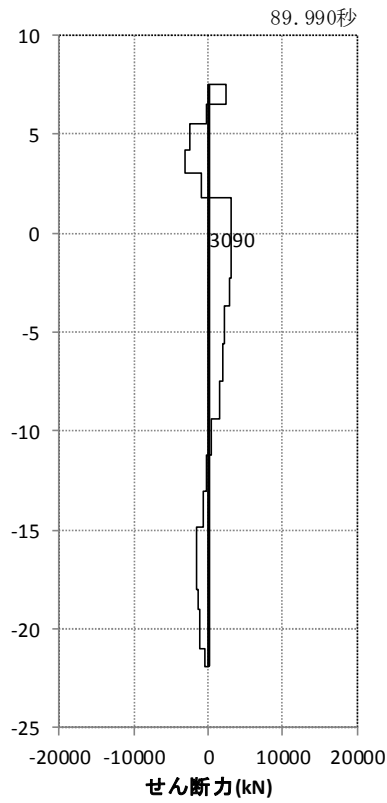


図 5.1-4 (20) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：B-B断面
 (杭1 せん断力最大時刻, $S_s - 22$)

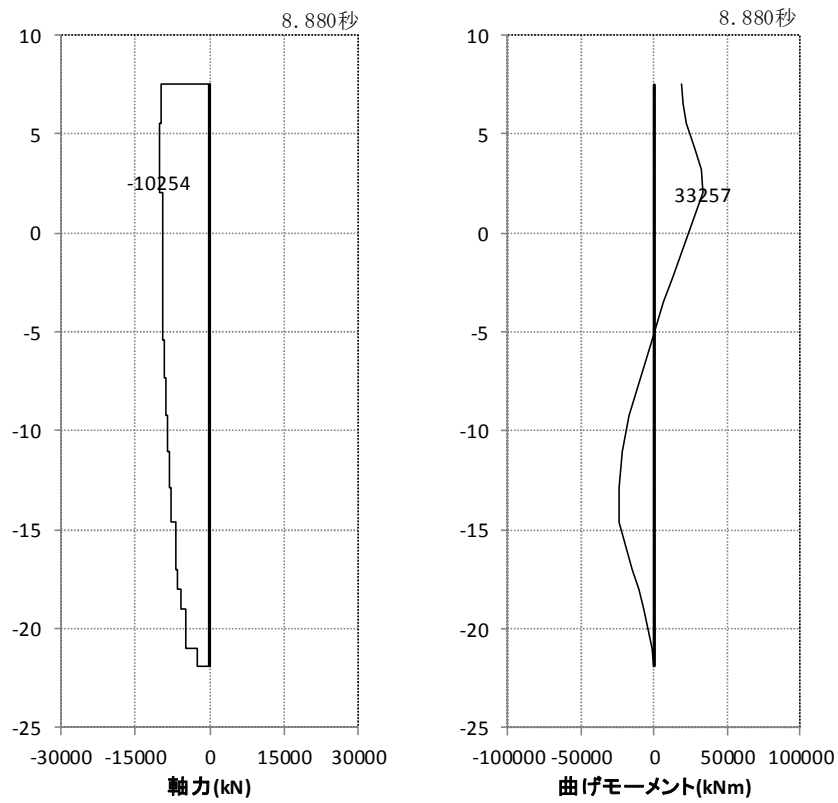


図 5.1-4 (21) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：B-B断面
 (杭 4 曲げ軸力最大時刻, $S_s - 3 1 ++$)

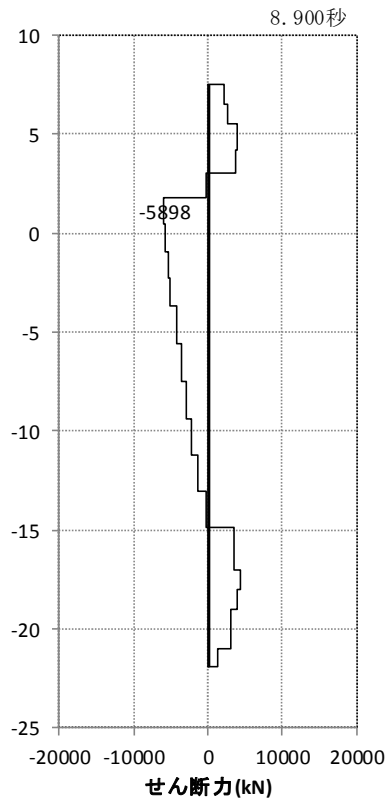


図 5.1-4 (22) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：B-B断面
 (杭 1 せん断力最大時刻, $S_s - 3 1 ++$)

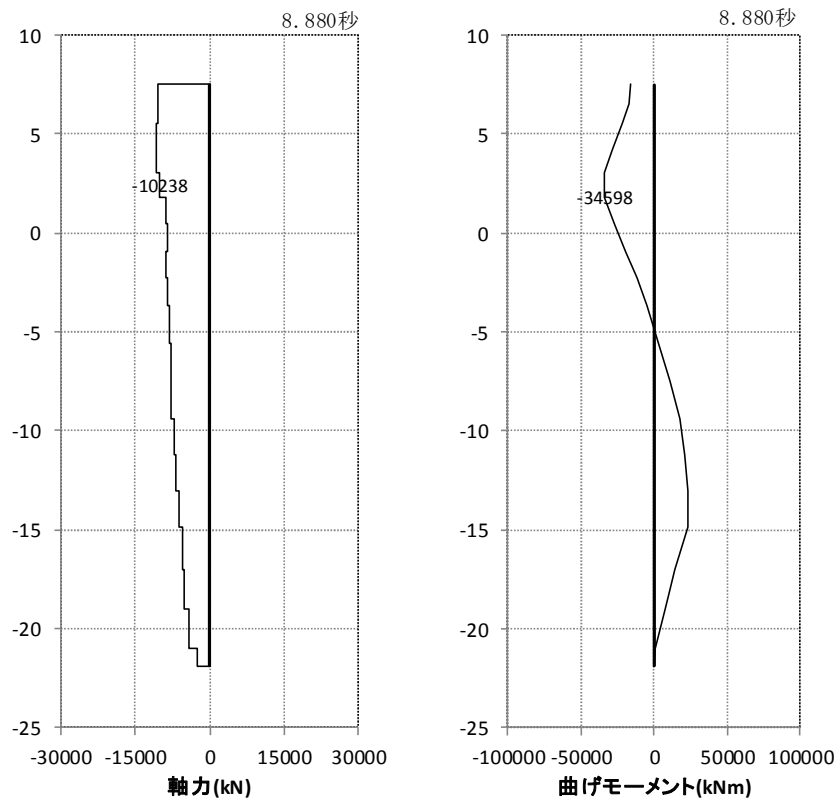


図 5.1-4 (23) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：B-B 断面
 (杭 1 曲げ軸力最大時刻, $S_s - 3 1 - +$)

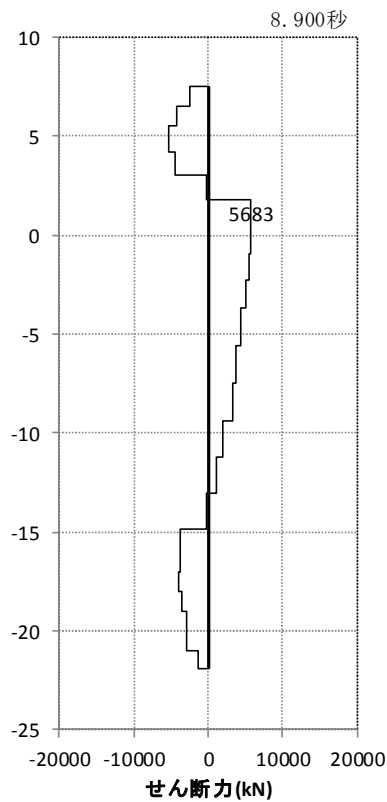


図 5.1-4 (24) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：B-B 断面
 (杭 1 せん断力最大時刻, $S_s - 3 1 - +$)

・ 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

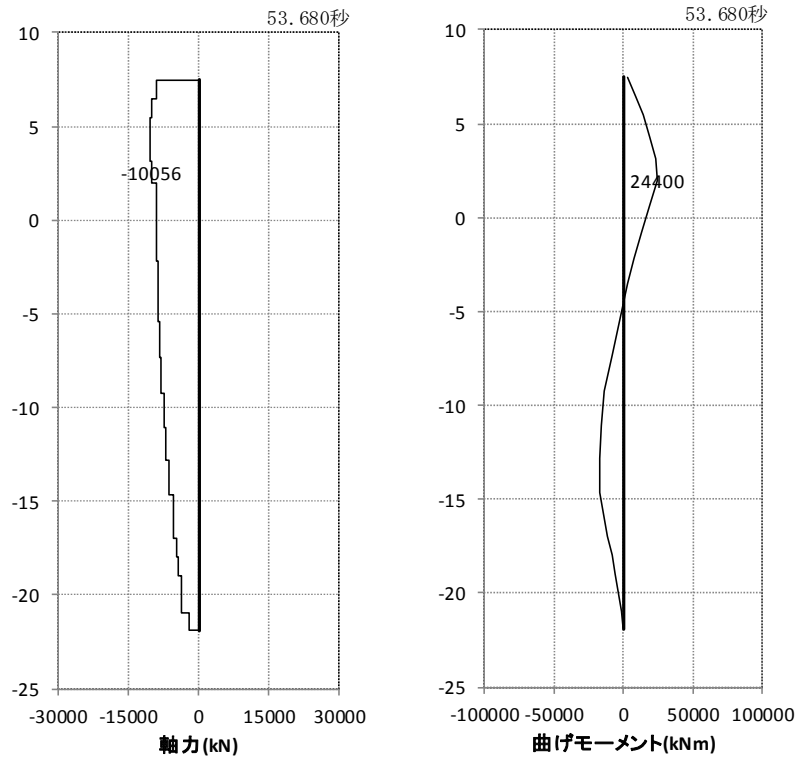


図 5.1-4 (25) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：B-B断面
(杭 4 曲げ軸力最大時刻, $S_s - D 1 + -$)

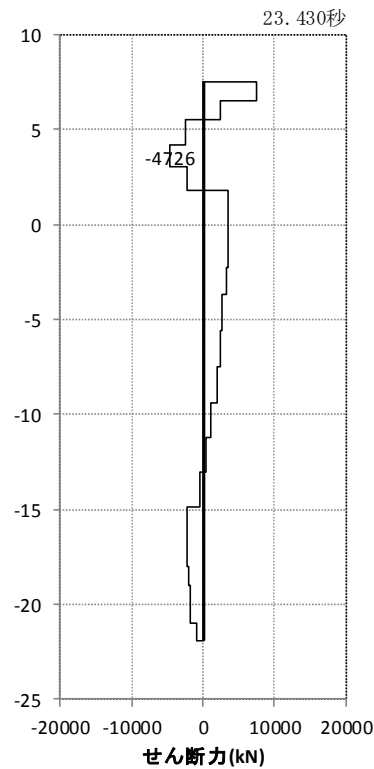


図 5.1-4 (26) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：B-B断面
(杭 1 せん断力最大時刻, $S_s - D 1 + -$)

・ 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

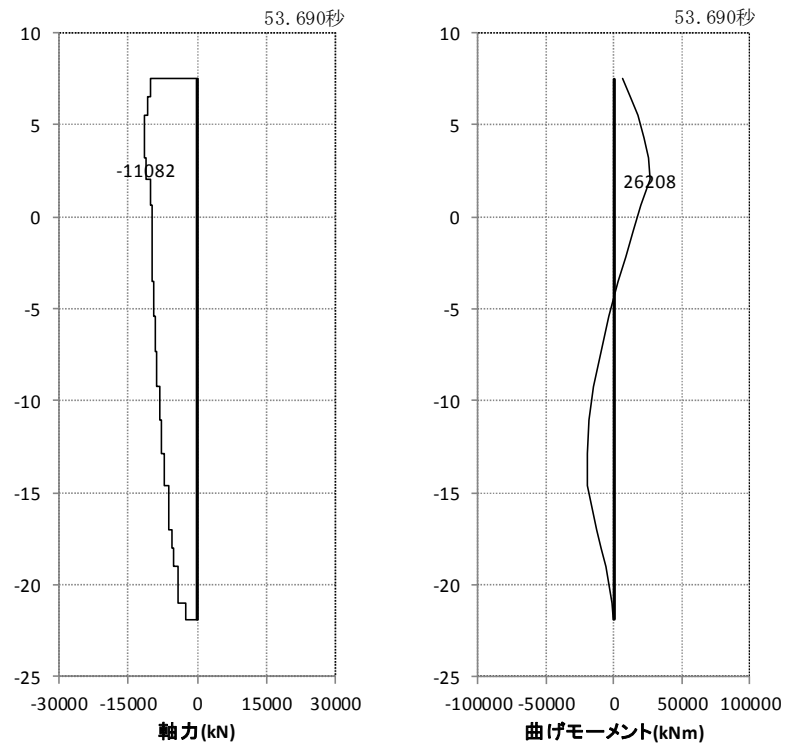


図 5.1-4 (27) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：B-B断面
(杭 4 曲げ軸力最大時刻, $S_s - D 1 + -$)

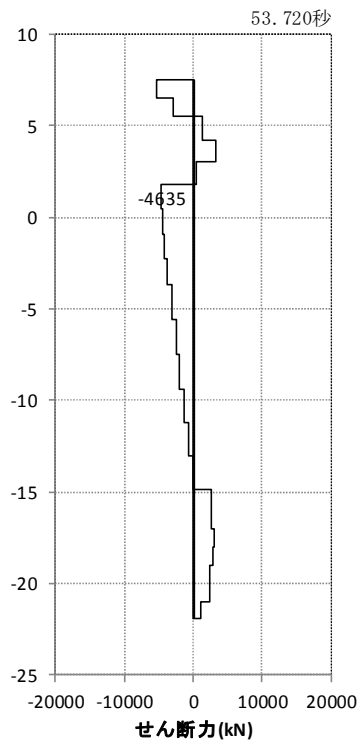


図 5.1-4 (28) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：B-B断面
(杭 1 せん断力最大時刻, $S_s - D 1 + -$)

・ 検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく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

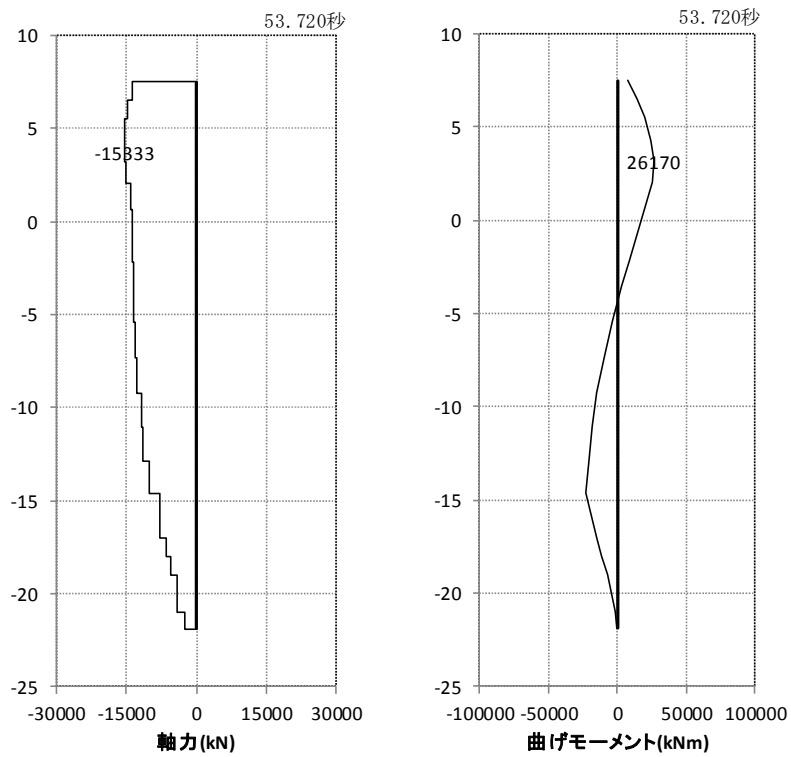


図 5.1-4 (29) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：B-B 断面
(杭 4 曲げ軸力最大時刻, $S_s - D 1 + -$)

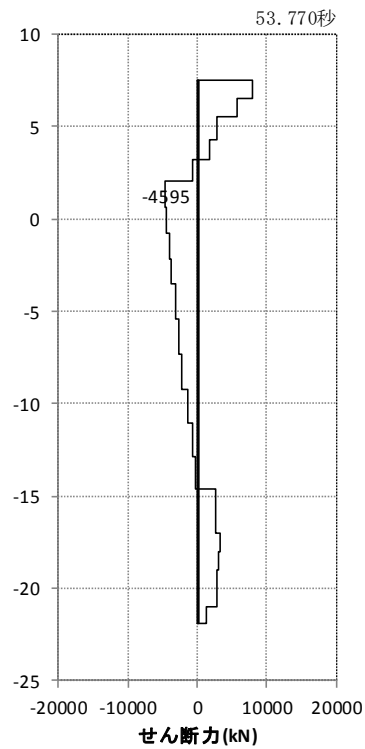


図 5.1-4 (30) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：B-B 断面
(杭 4 せん断力最大時刻, $S_s - D 1 + -$)

・ 検討ケース⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース

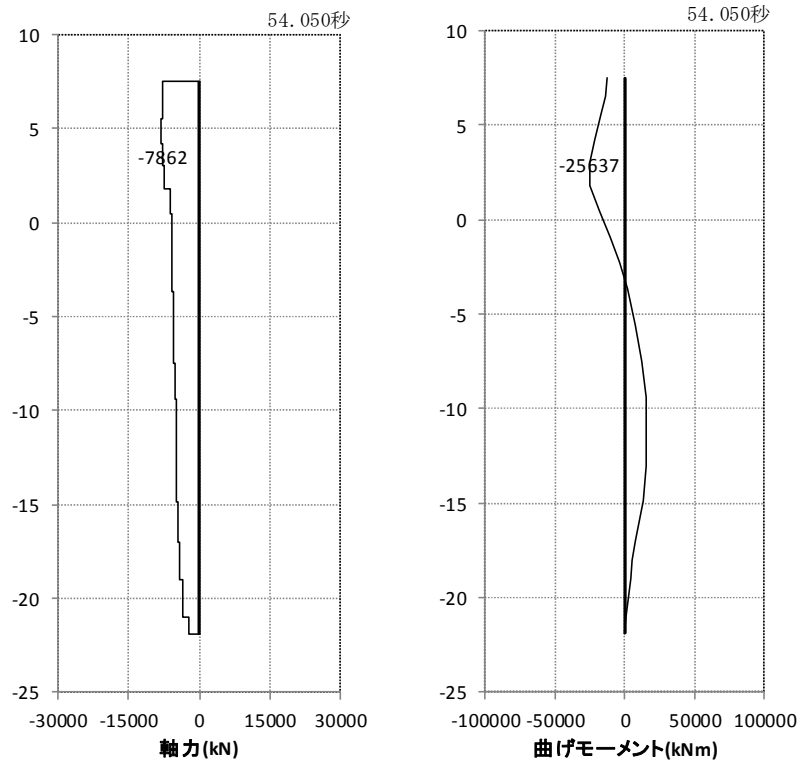


図 5.1-4 (31) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：B-B断面
(杭1 曲げ軸力最大時刻, $S_s - D1 + -$)

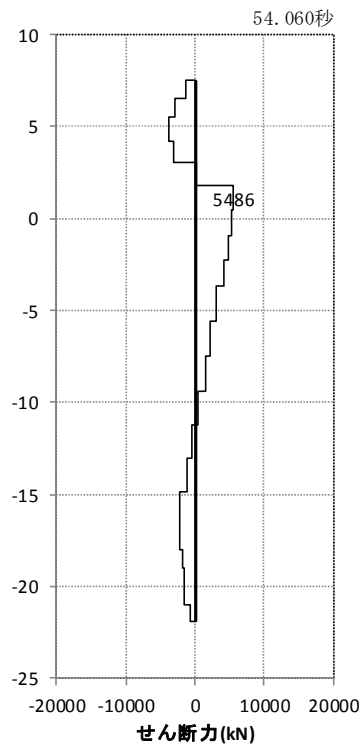


図 5.1-4 (32) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：B-B断面
(杭1 せん断力最大時刻, $S_s - D1 + -$)

・ 検討ケース⑥：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

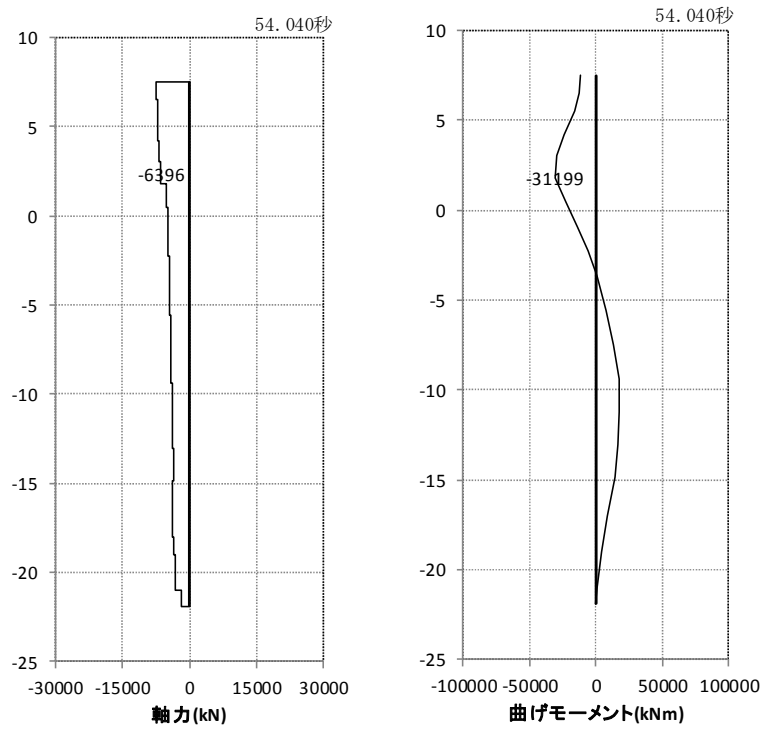


図 5.1-4 (33) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：B-B 断面
(杭 1 曲げ軸力最大時刻, $S_s - D 1 + -$)

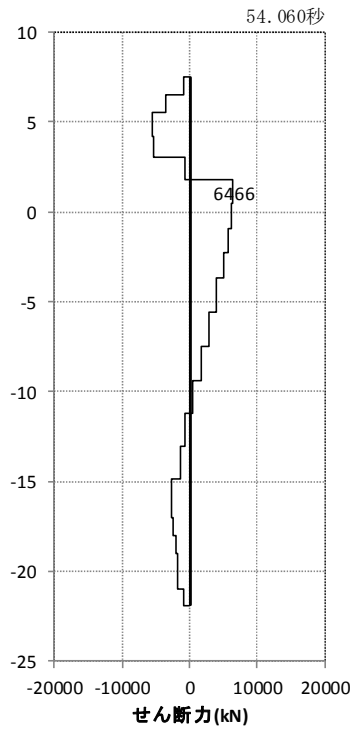


図 5.1-4 (34) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：B-B 断面
(杭 1 せん断力最大時刻, $S_s - D 1 + -$)

c. A-A断面（鉄筋コンクリート）

・ 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

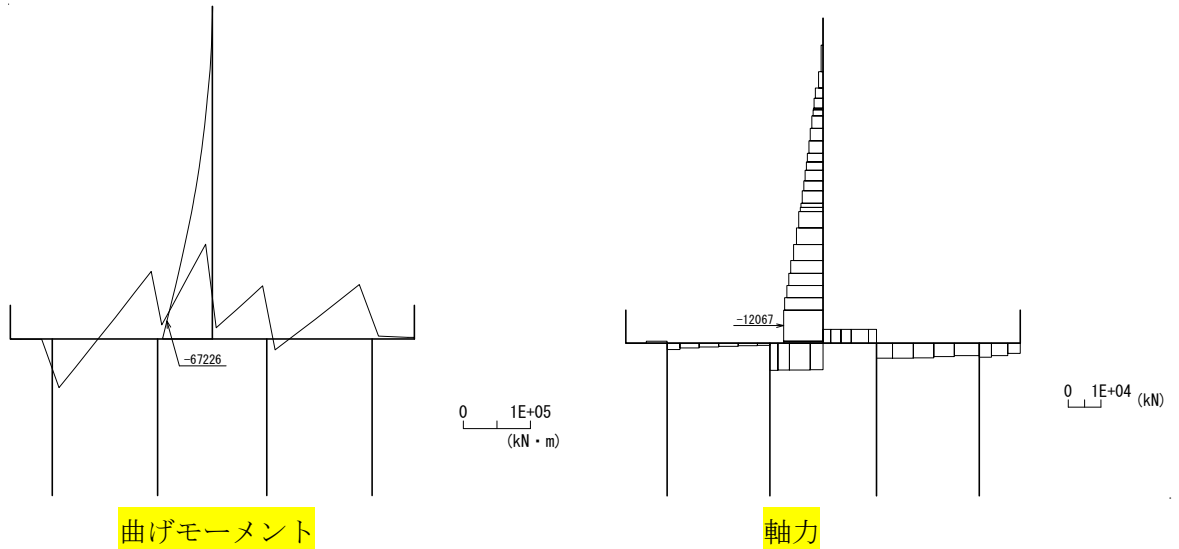


図 5.1-5 (1) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：A-A断面
 （壁部 曲げ圧縮応力最大時刻， $S_s-D 1++$ ， $t = 54.06s$ ）

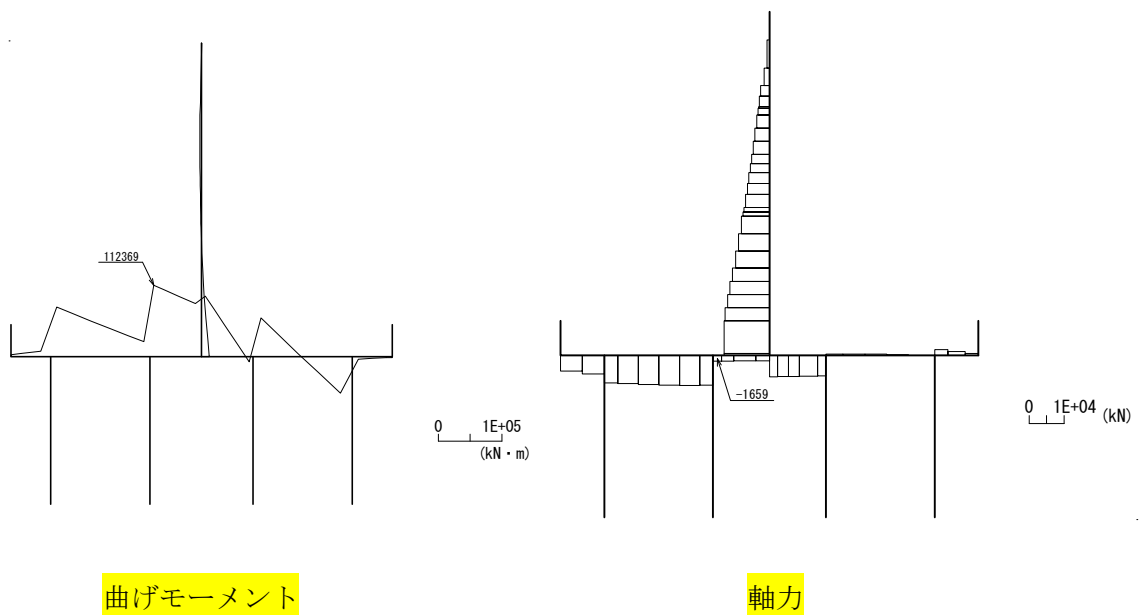
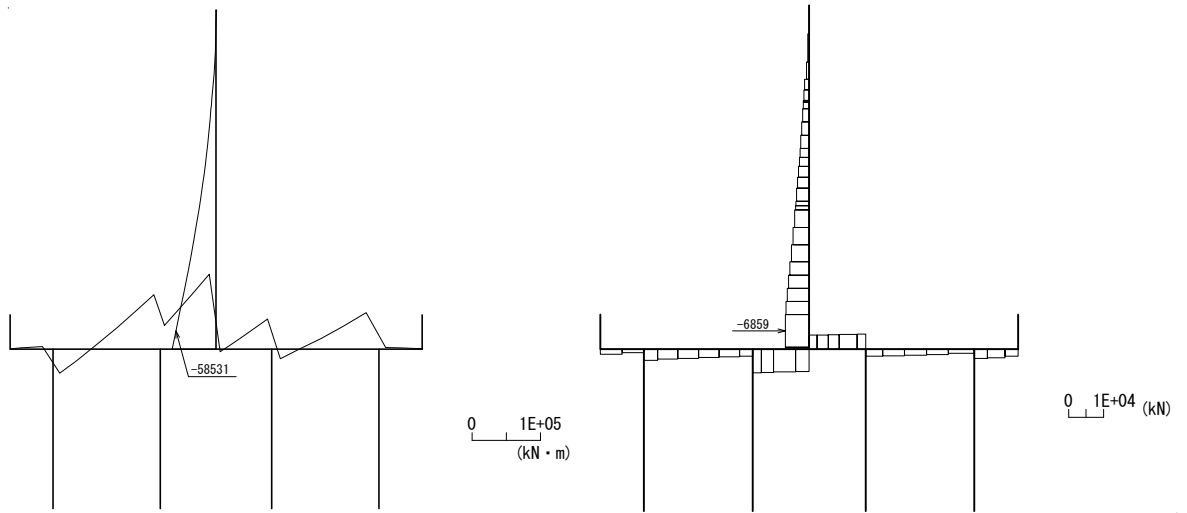


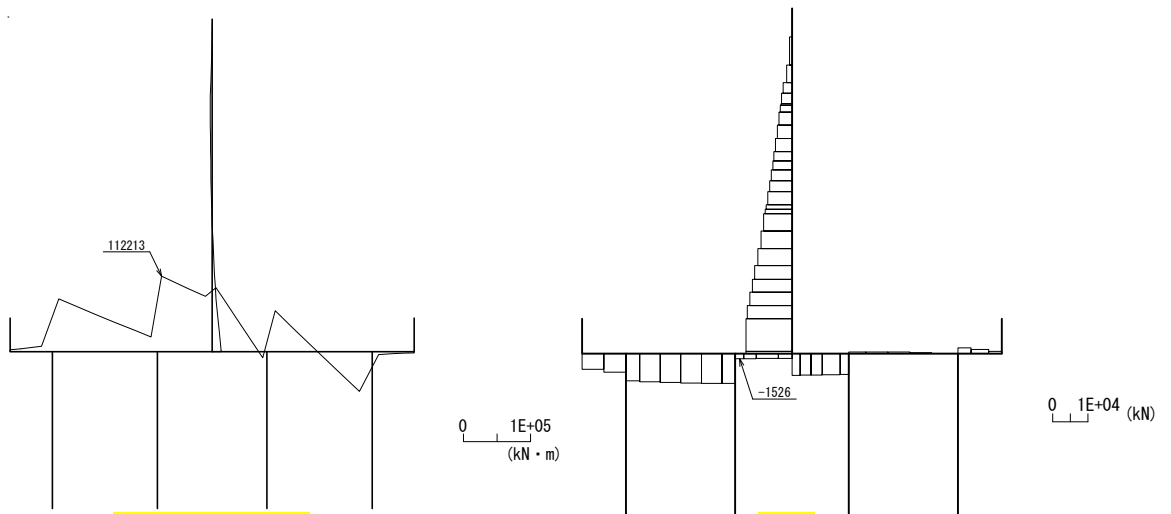
図 5.1-5 (2) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：A-A断面
 （底版部 曲げ圧縮応力最大時刻， $S_s-D 1++$ ， $t = 69.41s$ ）



曲げモーメント

軸力

図 5.1-5 (3) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：A-A断面
 (壁部 曲げ引張応力最大時刻, $S_s - D 1 - +$, $t = 44.33s$)



曲げモーメント

軸力

図 5.1-5 (4) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：A-A断面
 (底版部 曲げ引張応力最大時刻, $S_s - D 1 + +$, $t = 69.40s$)

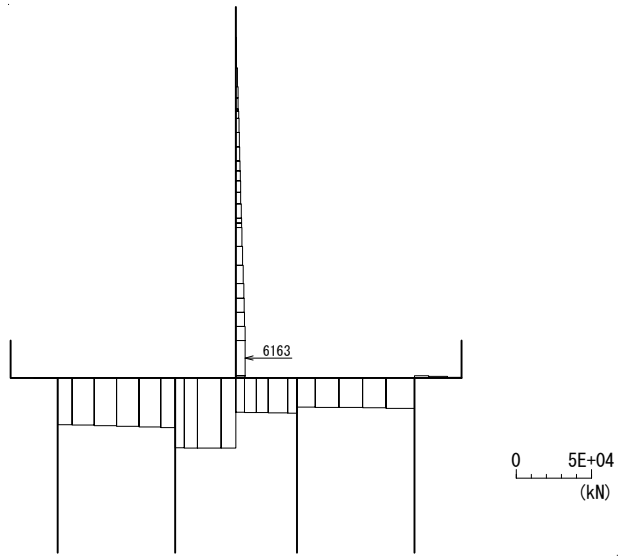


図 5.1-5 (5) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：A-A断面
 (壁部 せん断応力最大時刻, $S_s - D 1 ++$, $t = 54.05s$)

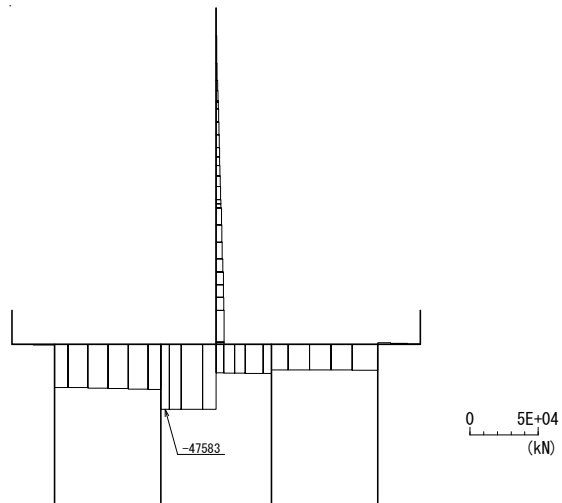


図 5.1-5 (6) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：A-A断面
 (底版部 せん断応力最大時刻, $S_s - D 1 ++$, $t = 54.01s$)

・ 検討ケース⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース

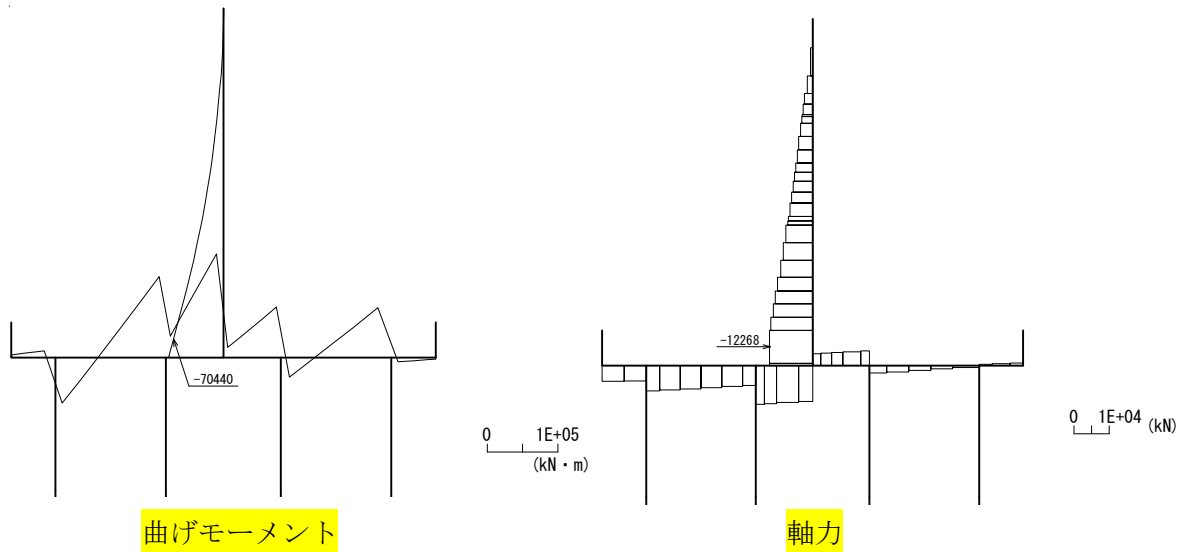


図 5.1-5 (7) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：A-A断面
(壁部 曲げ圧縮応力最大時刻, $S_s-D 1+-$, $t = 53.96s$)

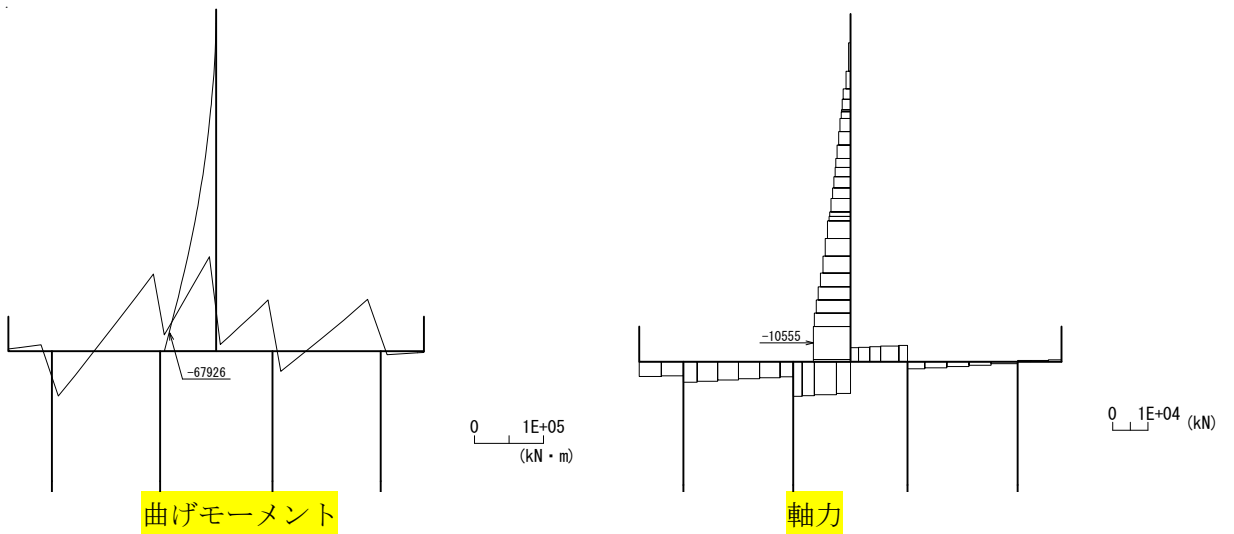


図 5.1-5 (8) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：A-A断面
(壁部 曲げ引張応力最大時刻, $S_s-D 1+-$, $t = 53.99s$)

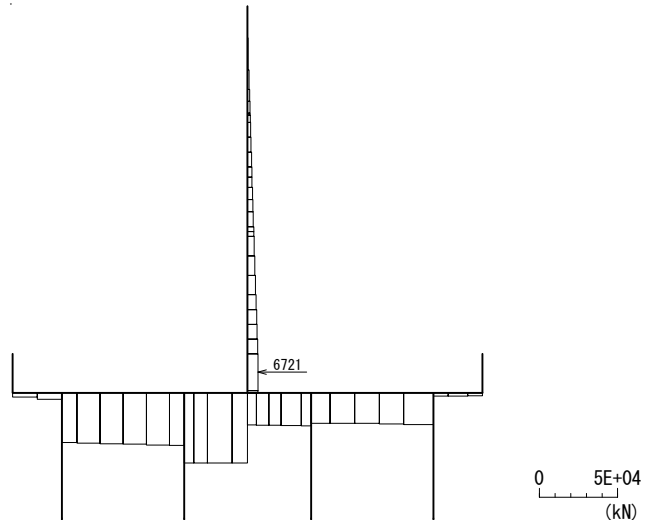


図 5.1-5 (9) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：A-A断面
 (壁部 せん断応力最大時刻, $S_s-D 1+-$, $t=53.96s$)

・検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく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

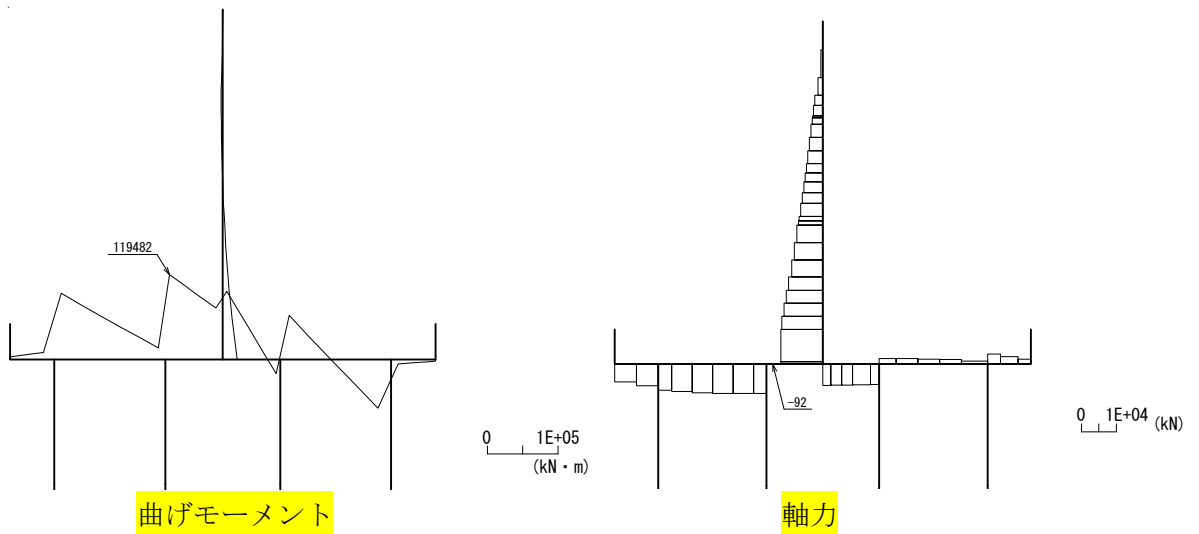


図 5.1-5 (10) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：A-A断面
 (底版部 曲げ圧縮応力最大時刻, $S_s-D 1+-$, $t=69.45s$)

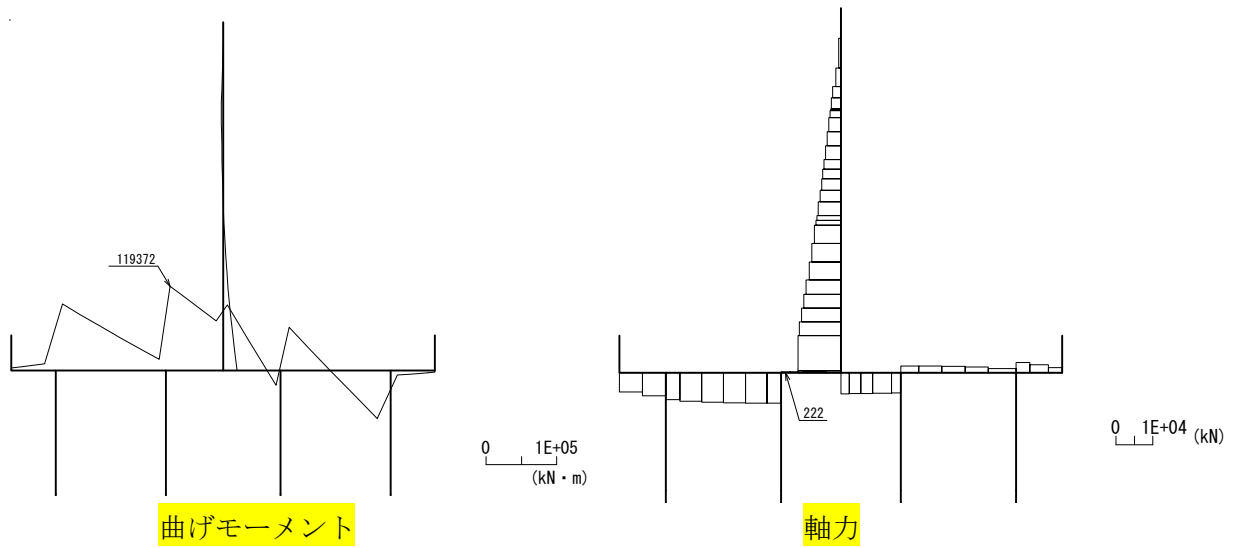


図 5.1-5 (11) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：A-A断面
 (底版部 曲げ引張応力最大時刻, $S_s-D 1+-$, $t = 69.44s$)

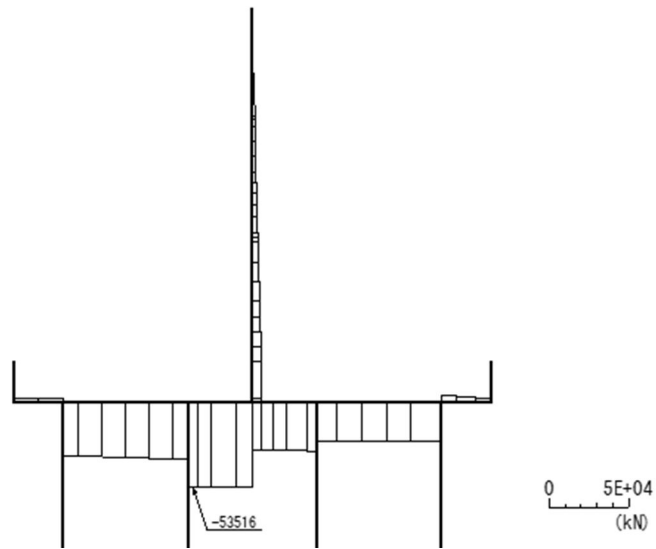


図 5.1-5 (12) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：A-A断面
 (底版部 せん断応力最大時刻, $S_s-D 1+-$, $t = 68.85s$)

d. B-B断面（鉄筋コンクリート）

・ 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

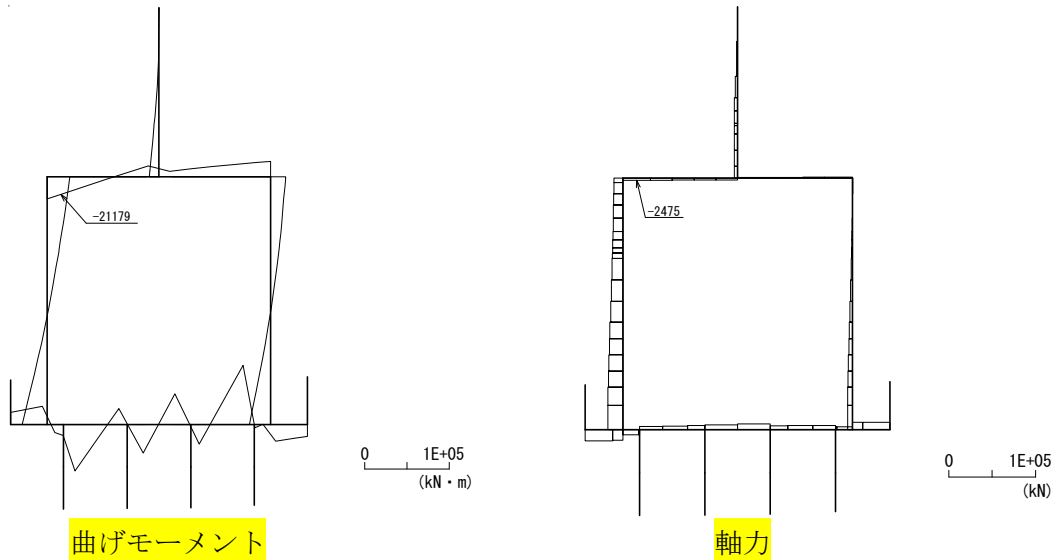


図 5.1-6 (1) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：B-B断面
(梁部 曲げ圧縮応力最大時刻, $S_s = 3.1$ -, $t = 8.90s$)

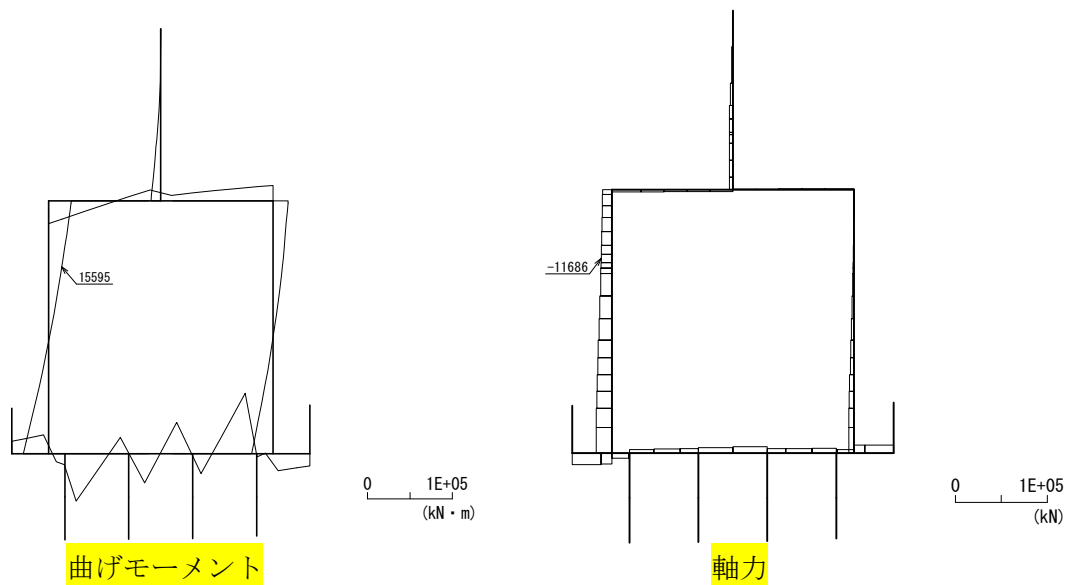


図 5.1-6 (2) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：B-B断面
(壁部 曲げ圧縮応力最大時刻, $S_s = 3.1$ -, $t = 8.90s$)

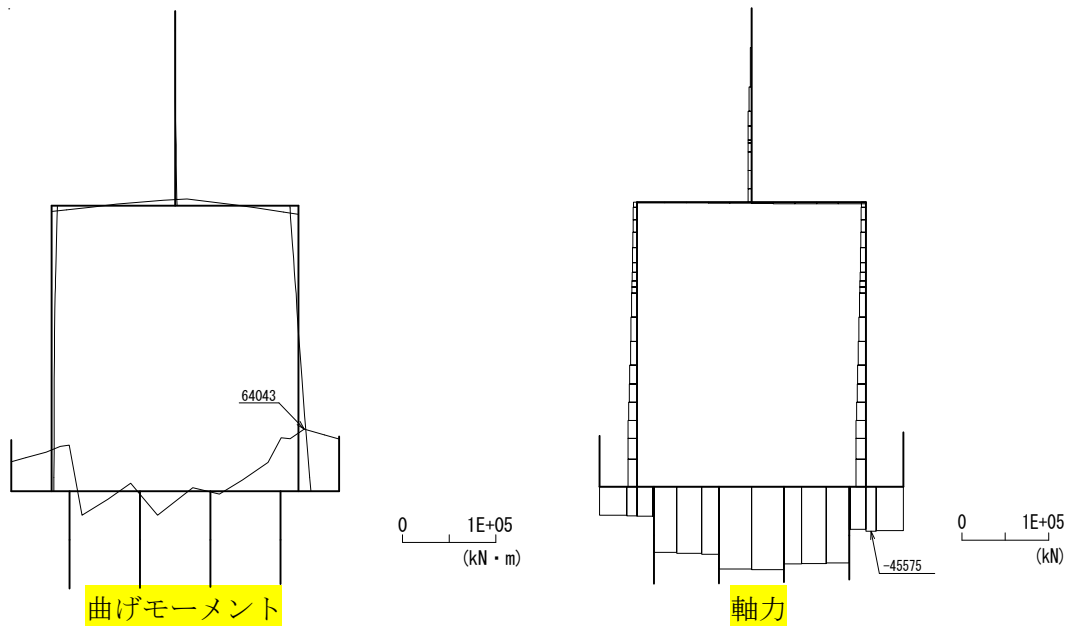


図 5.1-6 (3) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：B-B 断面
 (底版部 曲げ圧縮応力最大時刻, $S_s - D 1 - -$, $t = 57.52s$)

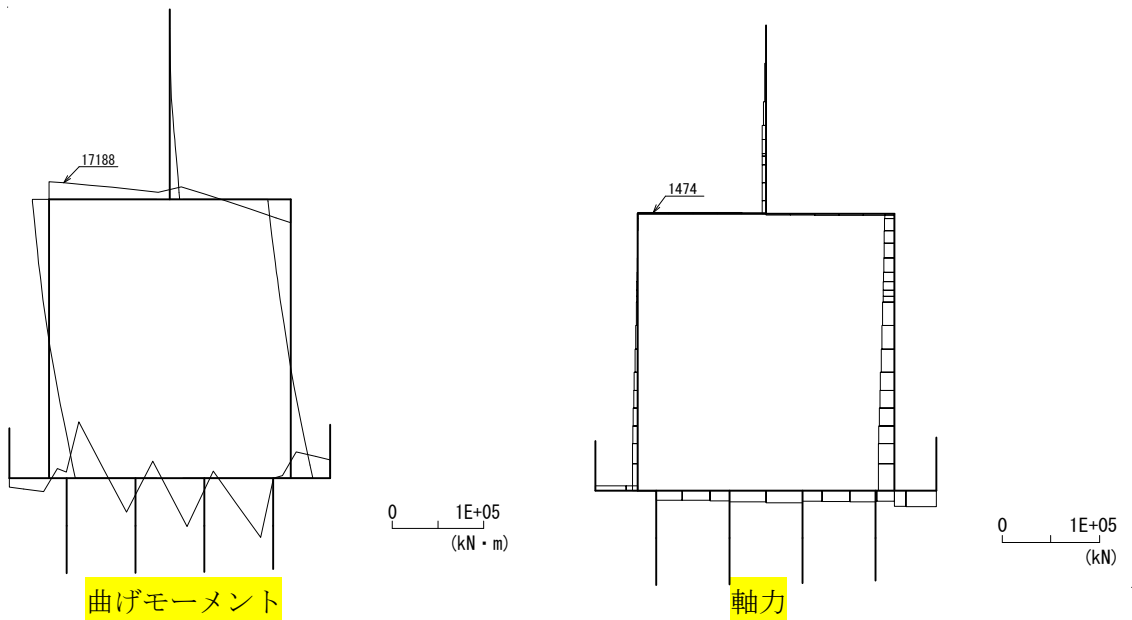


図 5.1-6 (4) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：B-B 断面
 (梁部 曲げ引張応力最大時刻, $S_s - 3 1 + +$, $t = 19.88s$)

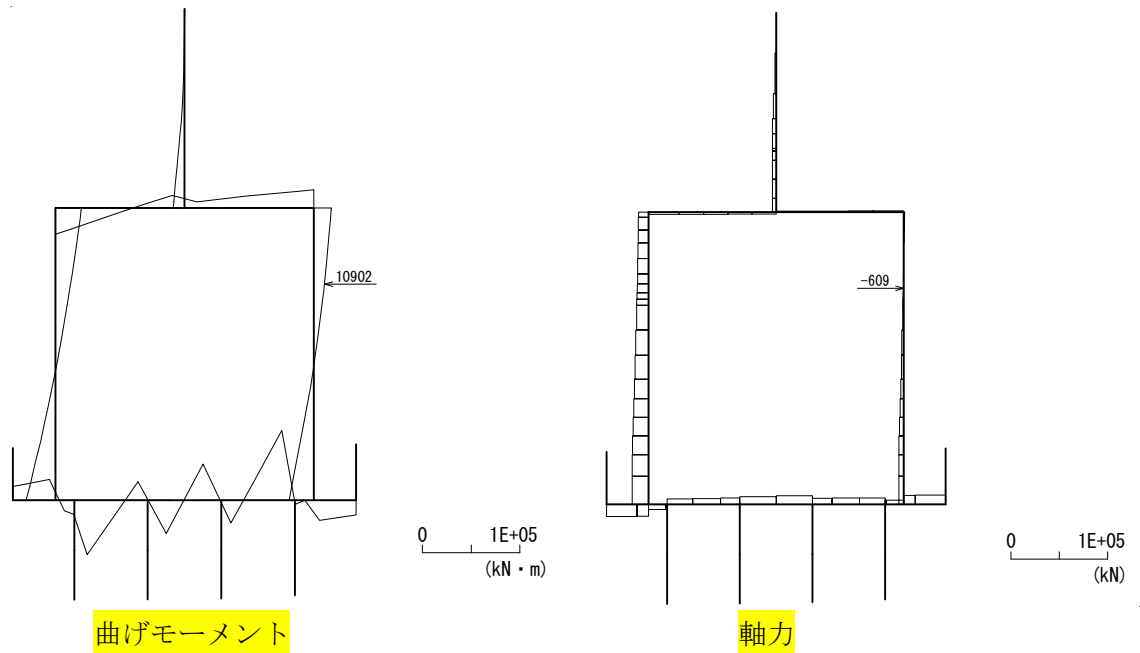


図 5.1-6 (5) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：B-B断面
 (壁部 曲げ引張応力最大時刻, $S_s - 31 - +$, $t = 8.91s$)

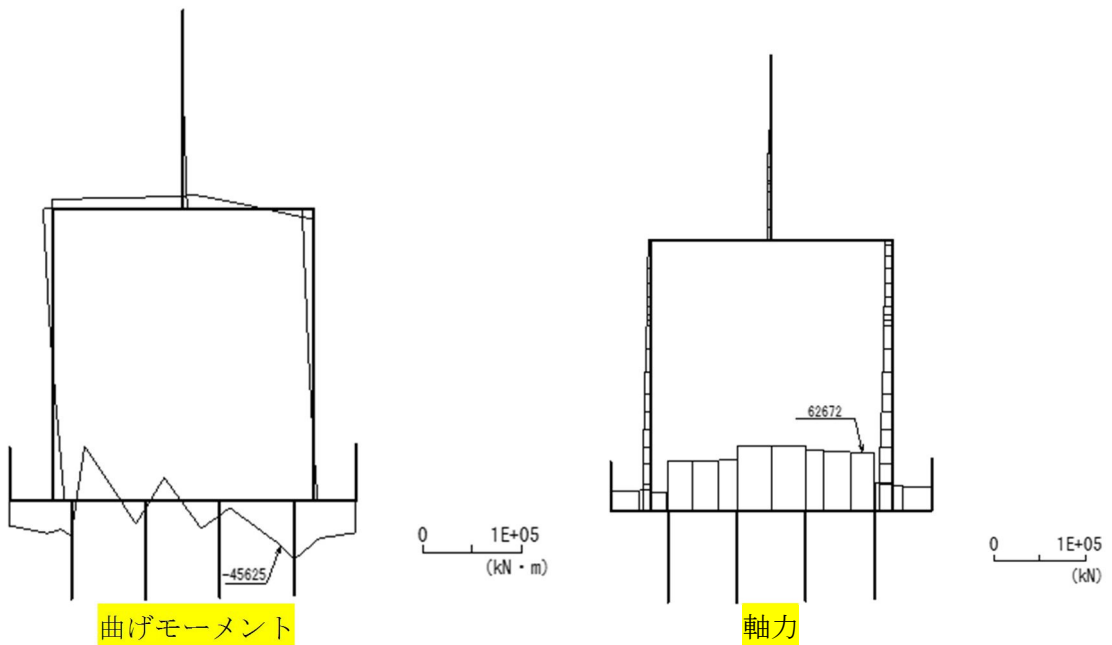


図 5.1-6 (6) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：B-B断面
 (底版部 曲げ引張応力最大時刻, $S_s - D1 - +$, $t = 52.87s$)

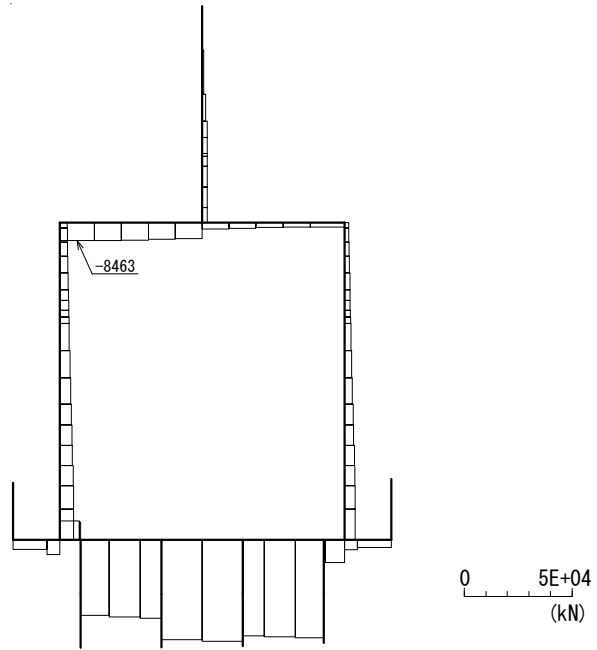


図 5.1-6 (7) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：B-B断面
 (梁部 せん断応力最大時刻, $S_s - 31 - +$, $t = 8.90s$)

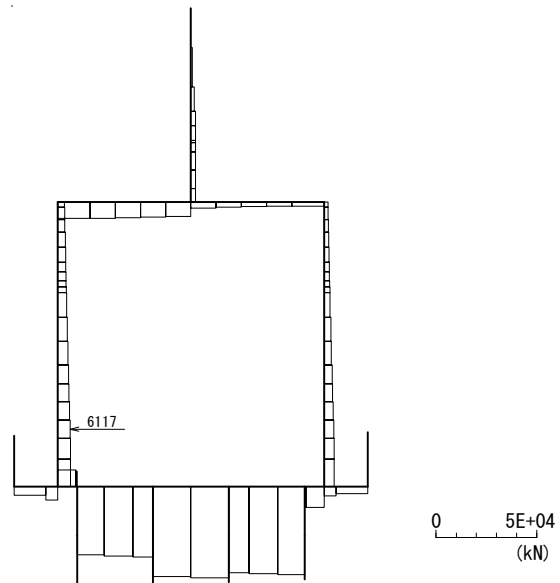


図 5.1-6 (8) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：B-B断面
 (壁部 せん断応力最大時刻, $S_s - 31 - +$, $t = 8.90s$)

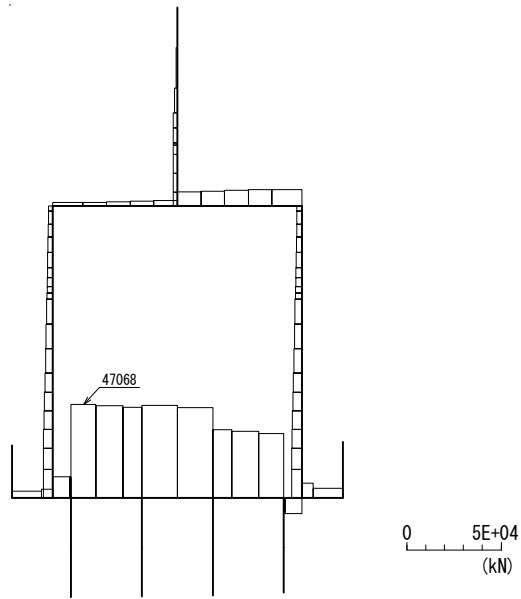


図 5.1-6 (9) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：B-B断面
 (底版部せん断応力最大時刻, $S_s - 31++$, $t = 8.89s$)

・検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく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

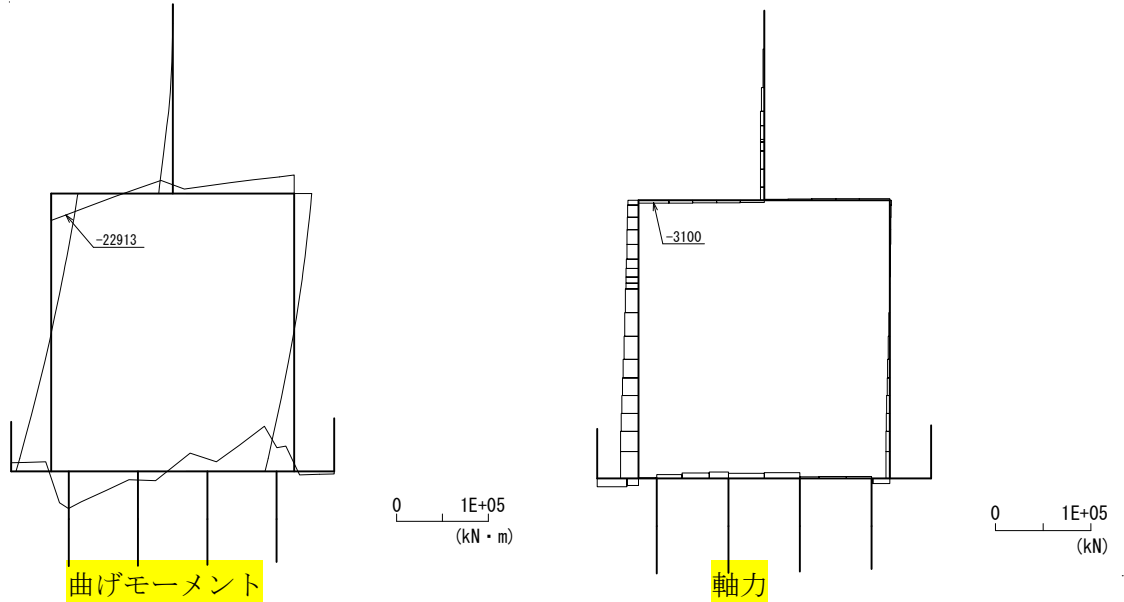


図 5.1-6 (10) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：B-B断面
 (梁部曲げ圧縮応力最大時刻, $S_s - D1+-$, $t = 19.88s$)

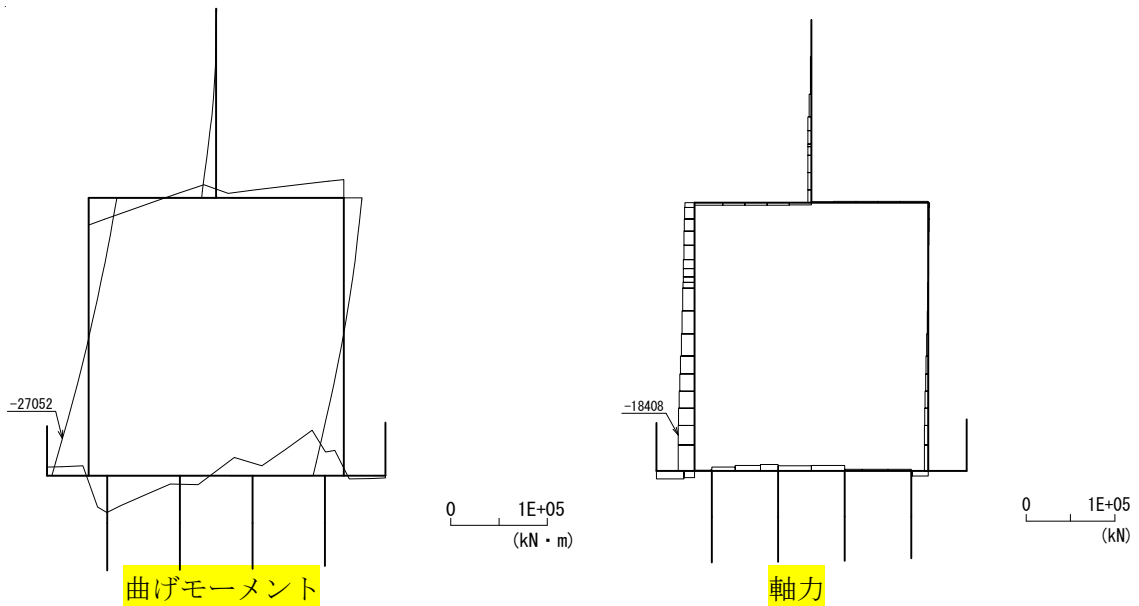


図 5.1-6 (11) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：B-B 断面
 (壁部 曲げ引張応力最大時刻, $S_s-D 1+-$, $t=19.88s$)

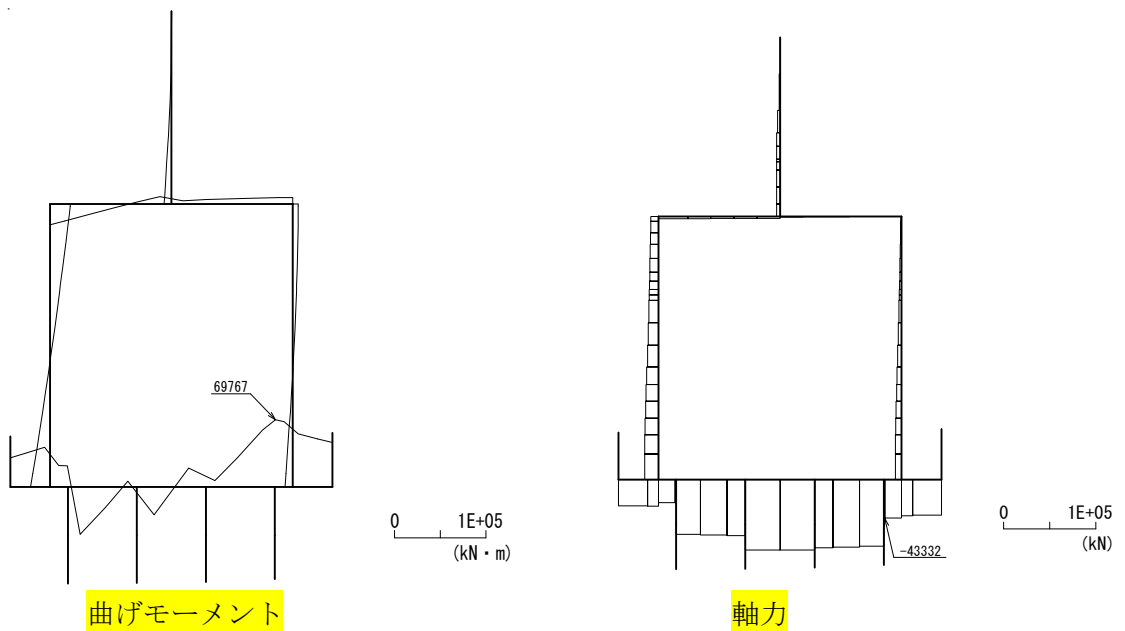


図 5.1-6 (12) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：B-B 断面
 (底版部 曲げ引張応力最大時刻, $S_s-D 1+-$, $t=19.15s$)

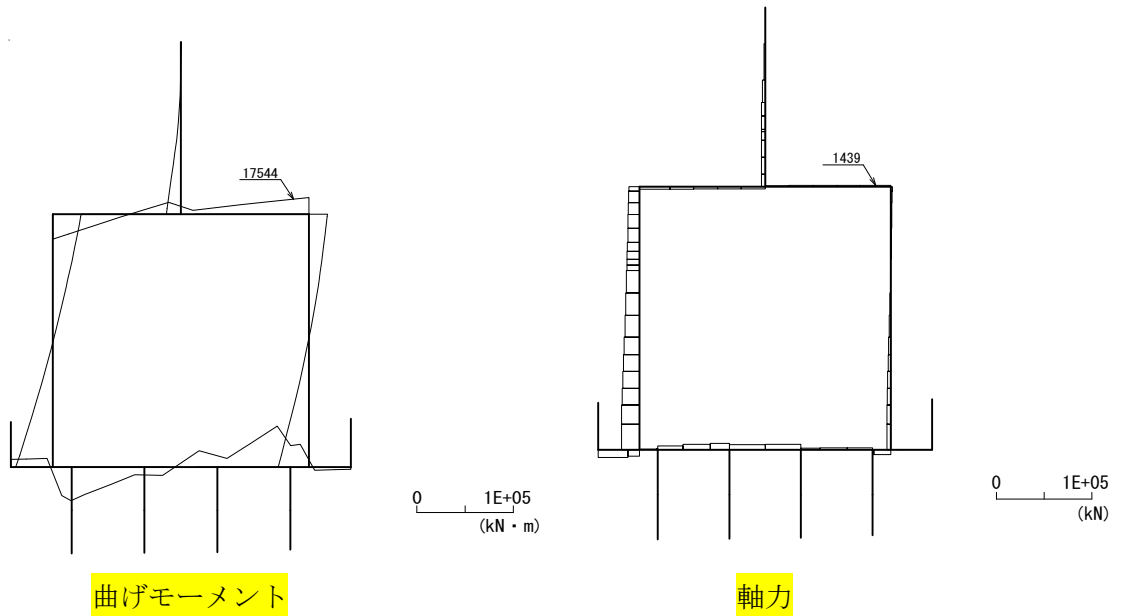


図 5.1-6 (13) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：B-B断面
 (梁部 曲げ圧縮応力最大時刻, $S_s-D 1+-$, $t = 19.88s$)

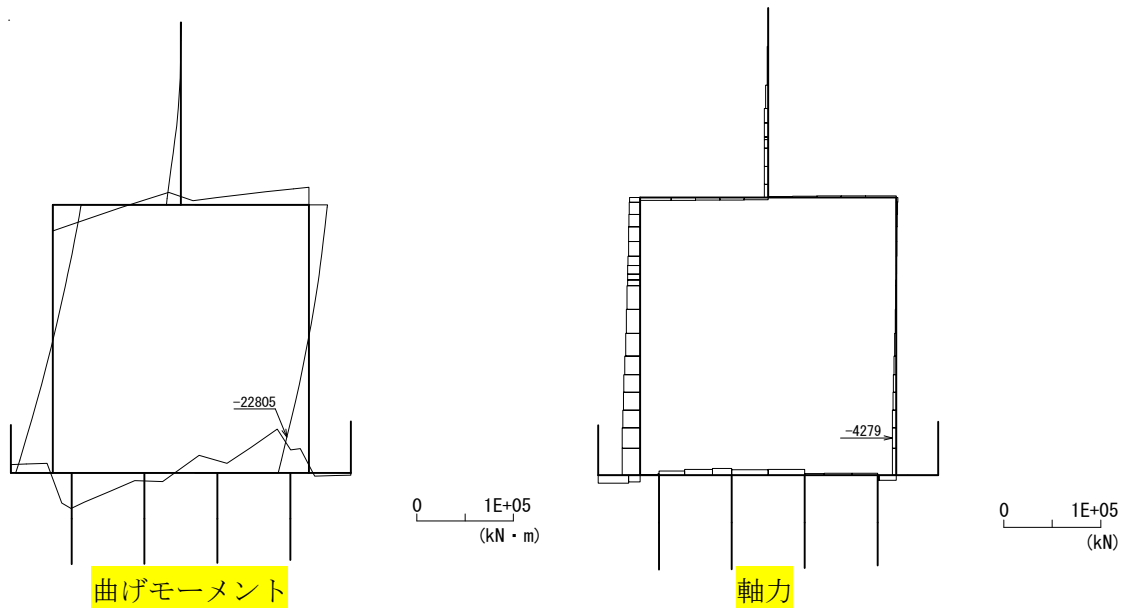


図 5.1-6 (14) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：B-B断面
 (壁部 曲げ引張応力最大時刻, $S_s-D 1+-$, $t = 19.88s$)

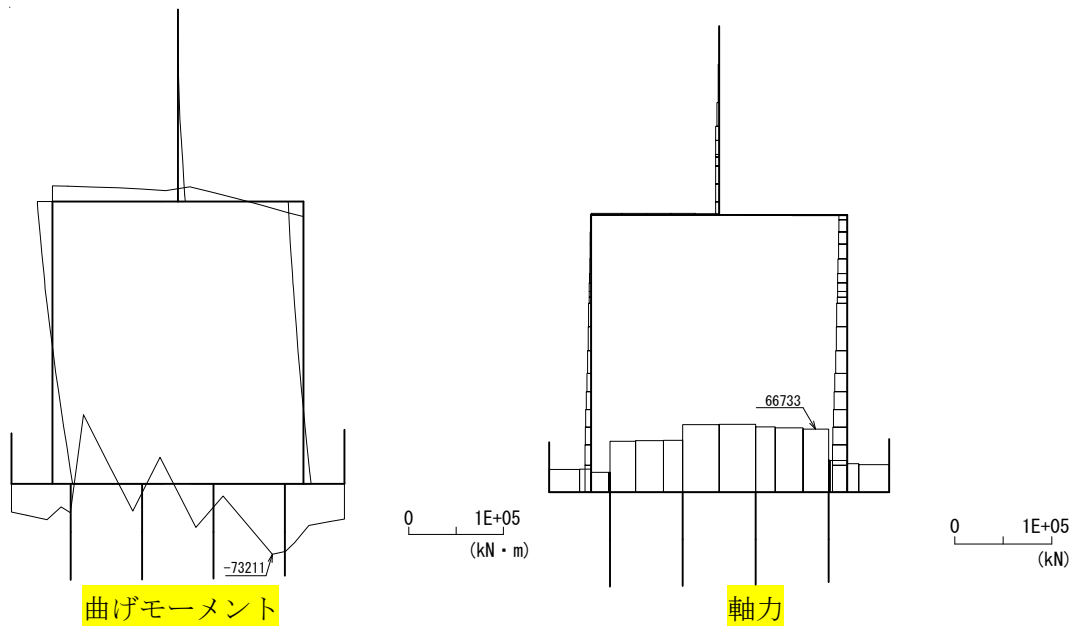


図 5.1-6 (15) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：B-B 断面
 (底版部 曲げ引張応力最大時刻, $S_s-D 1+-$, $t=53.78s$)

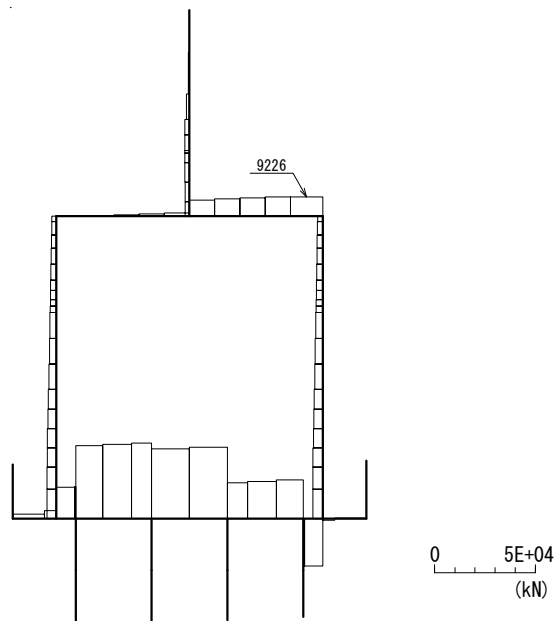


図 5.1-6 (16) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：B-B 断面
 (梁部 せん断応力最大時刻, $S_s-D 1+-$, $t=44.33s$)

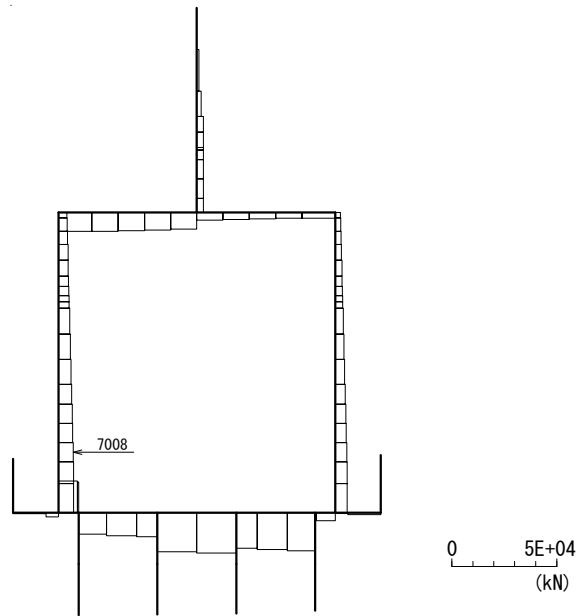


図 5.1-6 (17) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：B-B 断面
 (壁部 せん断応力最大時刻, $S_s-D 1+-$, $t = 19.88s$)

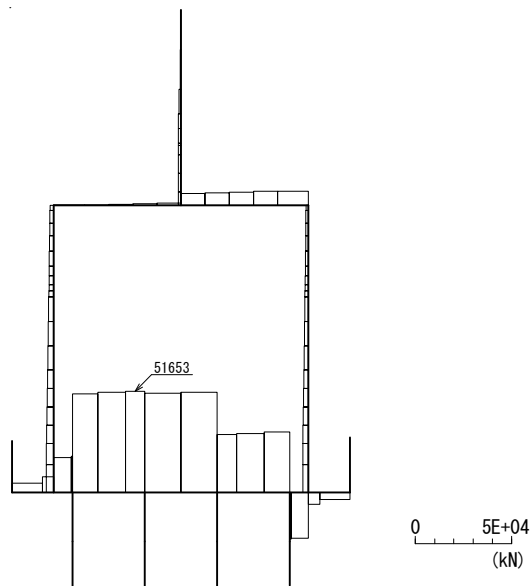


図 5.1-6 (18) 最も照査値が厳しくなる時刻の地震時断面力：B-B 断面
 (底版部 せん断応力最大時刻, $S_s-D 1+-$, $t = 53.74s$)

(2) 最大せん断ひずみ分布図

a. A-A断面

- ・ 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



図 5.1-7 (1) A-A断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s-D1 [H+, V+]$)



図 5.1-7 (2) A-A断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s-D1 [H+, V-]$)



図 5.1-7 (3) A-A断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - D 1 [H-, V+]$)



図 5.1-7 (4) A-A断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - D 1 [H-, V-]$)

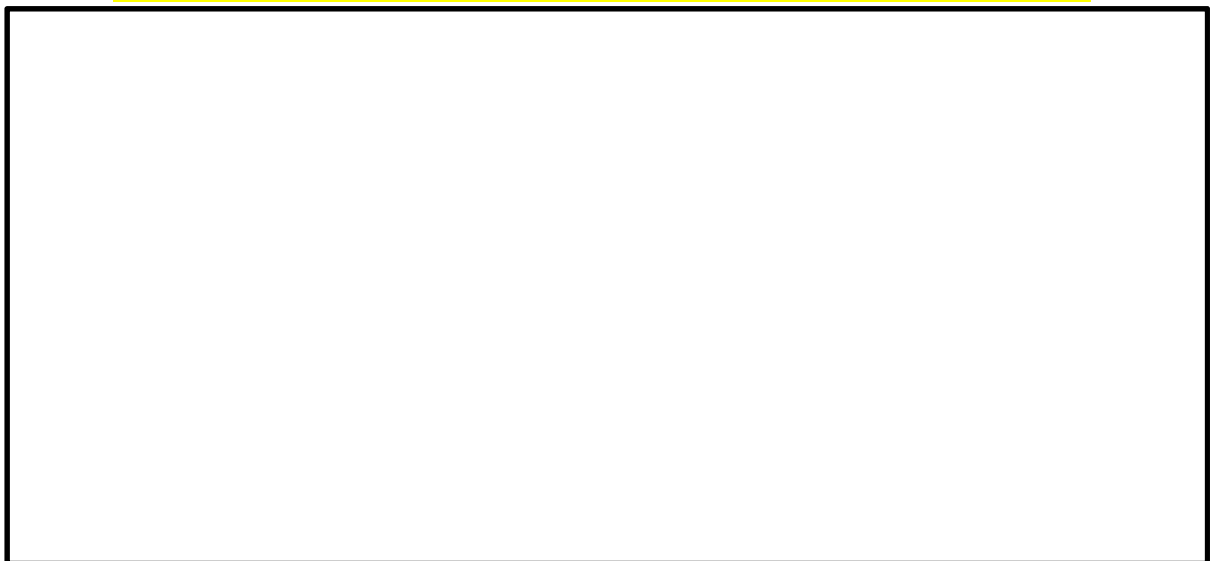


図 5.1-7 (5) A-A断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 1 1$)

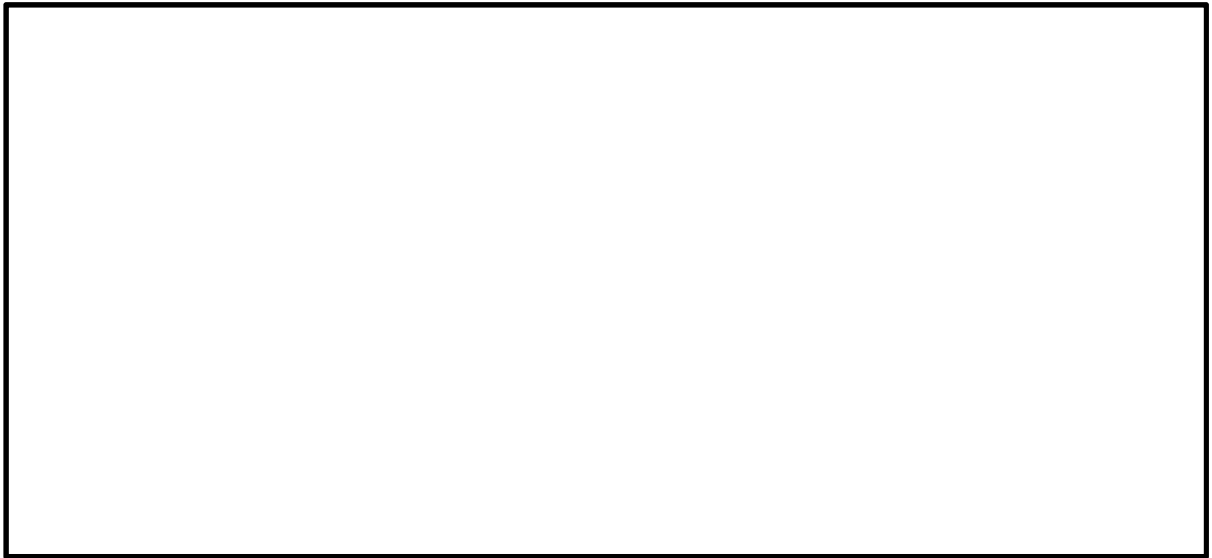


図 5.1-7 (6) A-A断面の最大せん断ひずみ分布 (S_s-12)



図 5.1-7 (7) A-A断面の最大せん断ひずみ分布 (S_s-13)



図 5.1-7 (8) A-A断面の最大せん断ひずみ分布 (S_s-14)

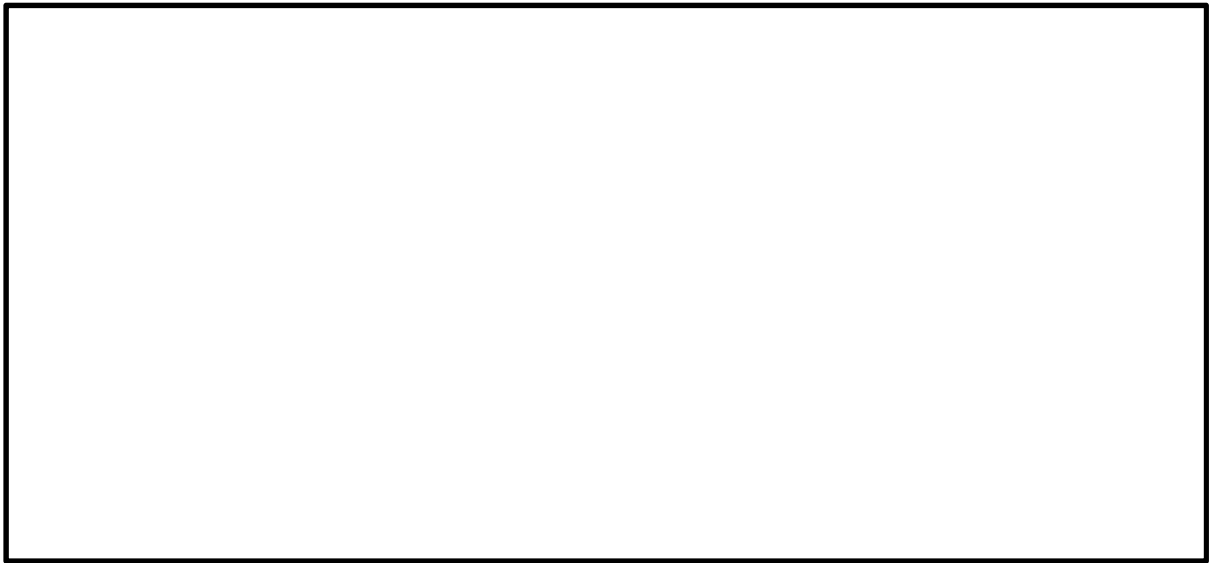


図 5.1-7 (9) A-A断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 2 1$)



図 5.1-7 (10) A-A断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 2 2$)



図 5.1-7 (11) A-A断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 3 1$ [H+, V+])



図 5.1-7 (12) A-A断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 3.1 [H-, V+]$)

・ 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

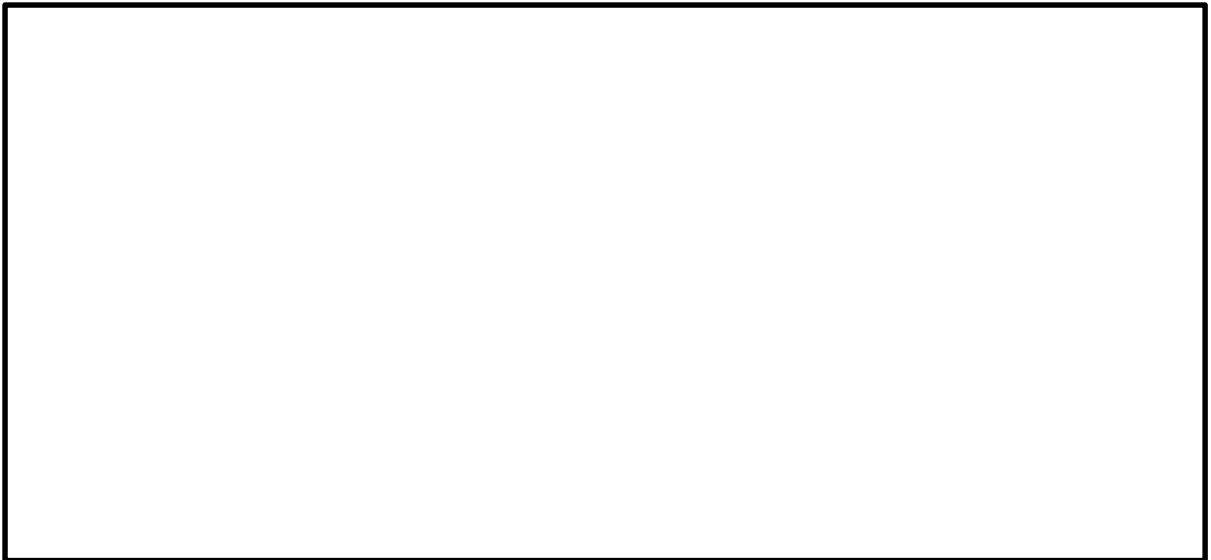


図 5.1-7 (13) A-A断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - D.1 [H+, V-]$)

・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

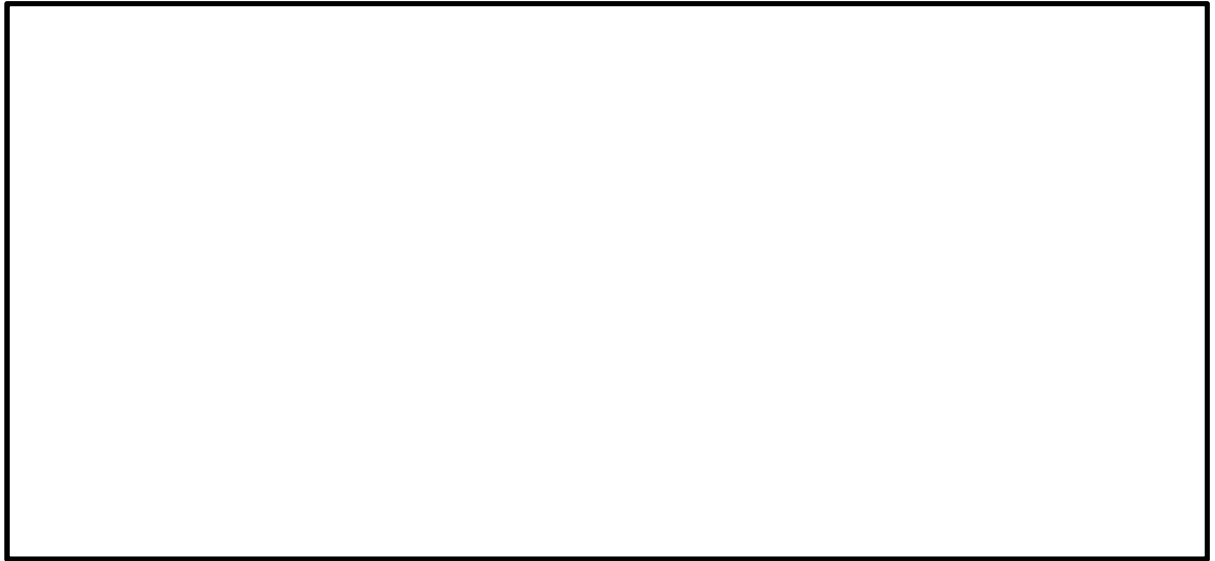


図 5.1-7 (14) A-A断面の最大せん断ひずみ分布（ S_s-D1 [H+,V-]）

・検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく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



図 5.1-7 (15) A-A断面の最大せん断ひずみ分布（ S_s-D1 [H+,V-]）

・検討ケース⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース

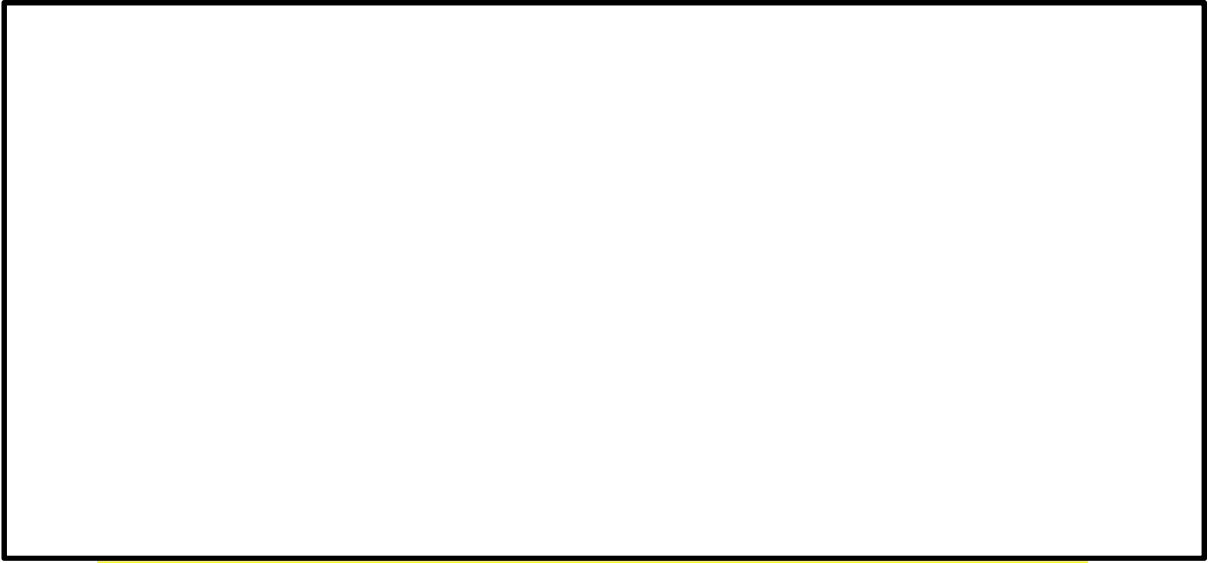


図 5.1-7 (16) A-A断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s-D1 [H+,V-]$)

・検討ケース⑥：地盤物性のばらつきを考慮 ($+1\sigma$) して非液状化の条件を仮定した解析ケース

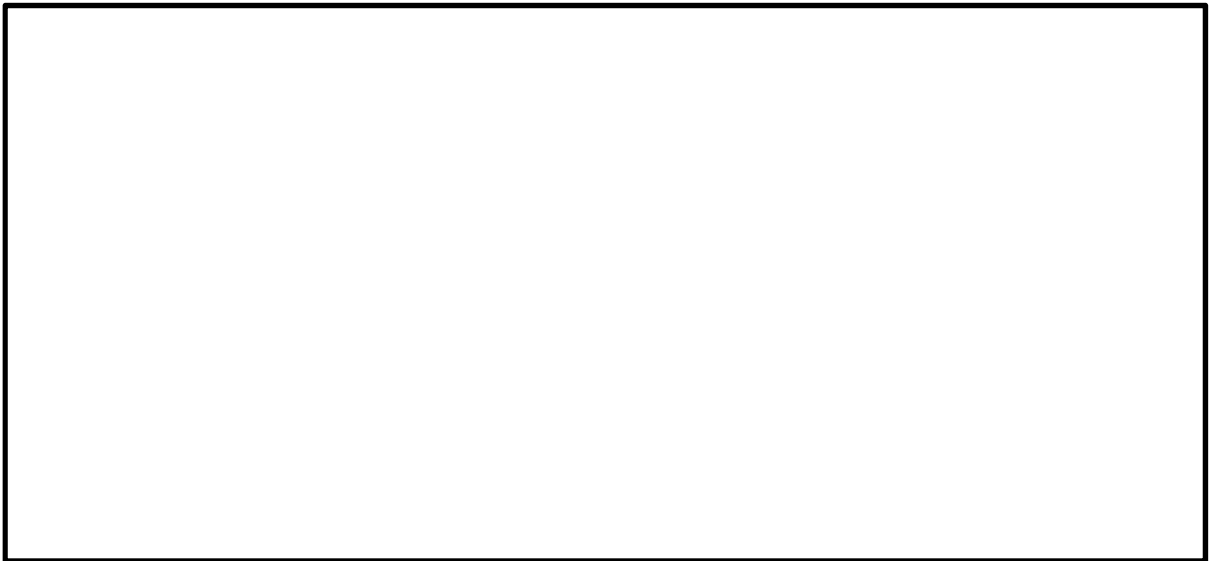


図 5.1-7 (17) A-A断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s-D1 [H+,V-]$)

b. B-B断面

- ・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

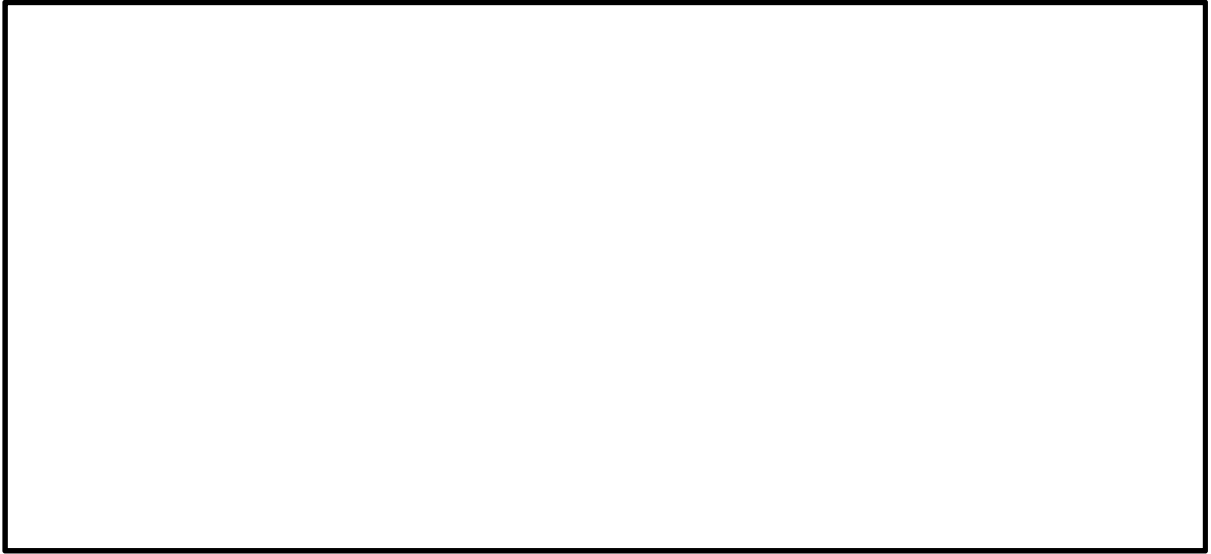


図 5.1-8 (1) B-B断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s-D1 [H+,V+]$)



図 5.1-8 (2) B-B断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s-D1 [H+,V-]$)

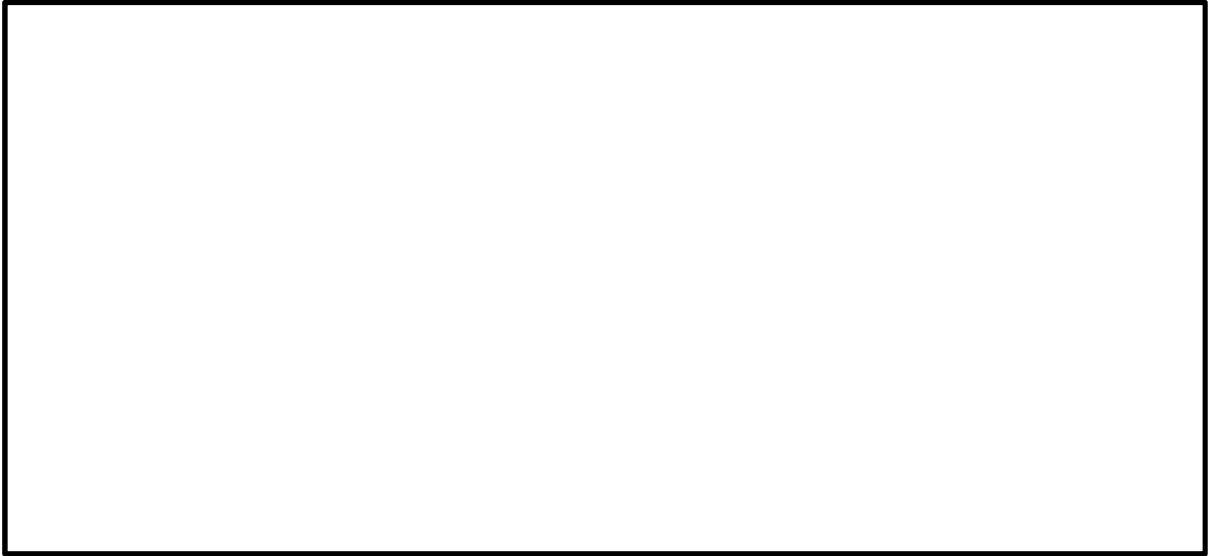


図 5.1-8 (3) B-B断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - D 1 [H-, V+]$)



図 5.1-8 (4) B-B断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - D 1 [H-, V-]$)



図 5.1-8 (5) B-B断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 1 1$)



図 5.1-8 (6) B-B断面の最大せん断ひずみ分布 (S_s-12)



図 5.1-8 (7) B-B断面の最大せん断ひずみ分布 (S_s-13)



図 5.1-8 (8) B-B断面の最大せん断ひずみ分布 (S_s-14)

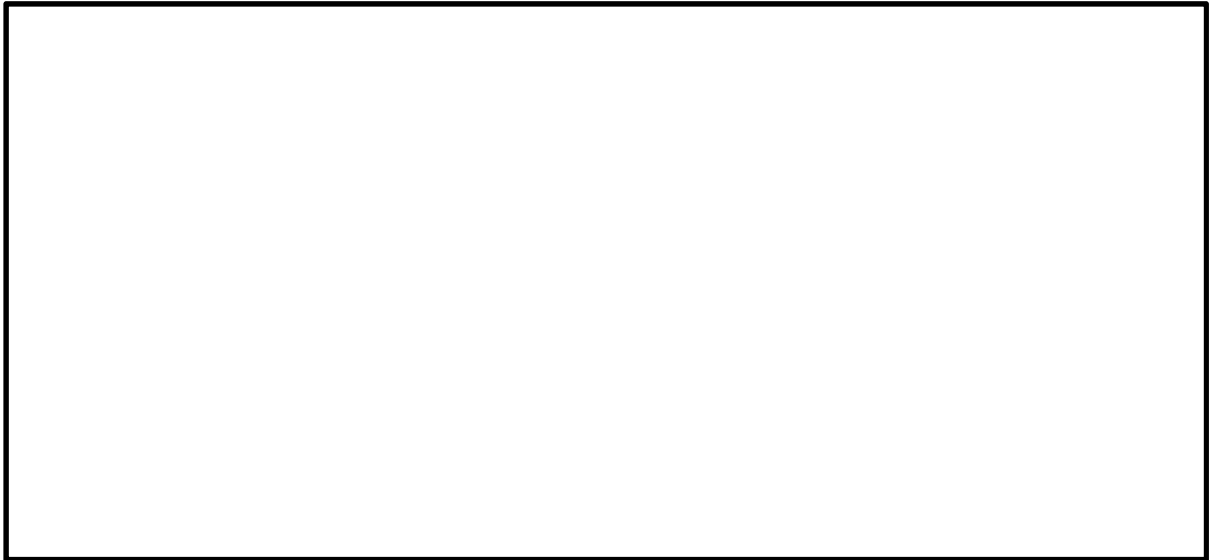


図 5.1-8 (9) B-B断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 2 1$)



図 5.1-8 (10) B-B断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 2 2$)



図 5.1-8 (11) B-B断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 3 1$ [H+,V+])

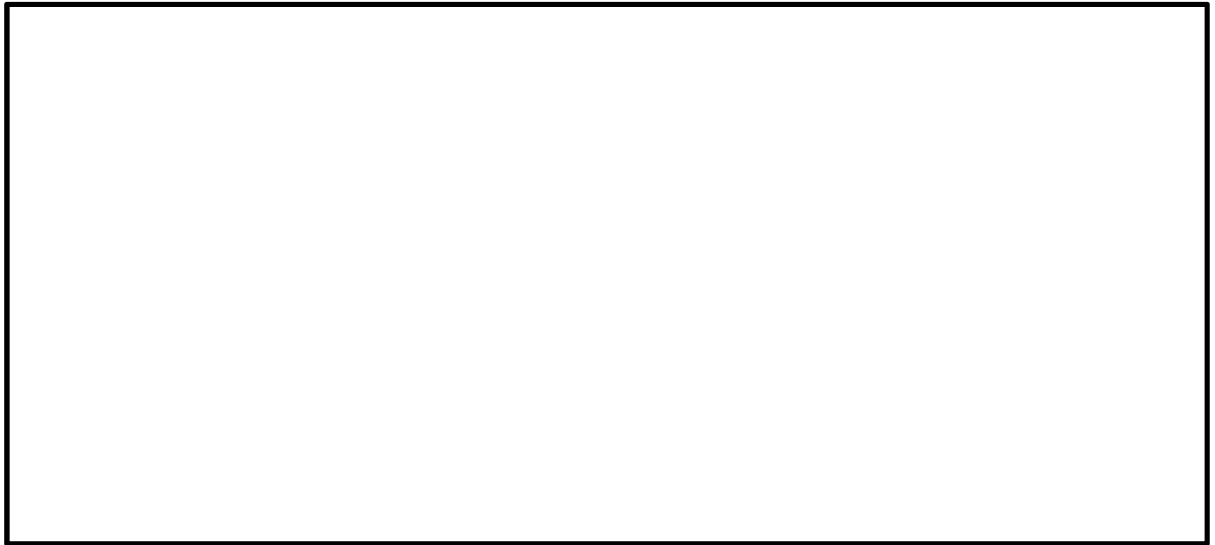


図 5.1-8 (12) B-B断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 3.1 [H-, V+]$)

・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



図 5.1-8 (13) B-B断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - D.1 [H+, V-]$)

・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

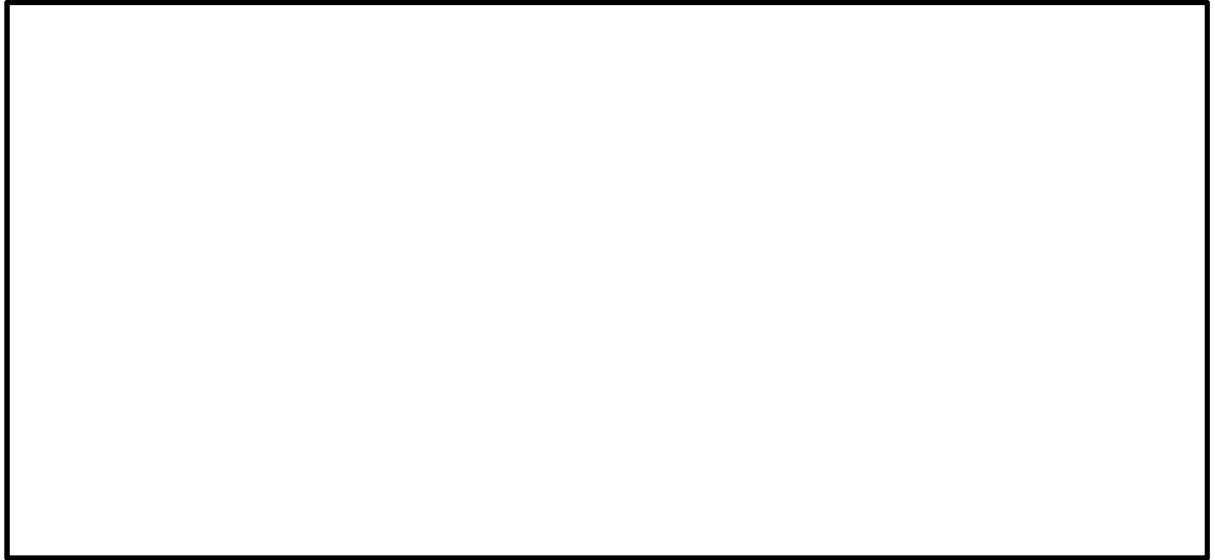


図 5.1-8 (14) B-B断面の最大せん断ひずみ分布（ $S_s-D1 [H+,V-]$ ）

・検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく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



図 5.1-8 (15) B-B断面の最大せん断ひずみ分布（ $S_s-D1 [H+,V-]$ ）

・ 検討ケース⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース

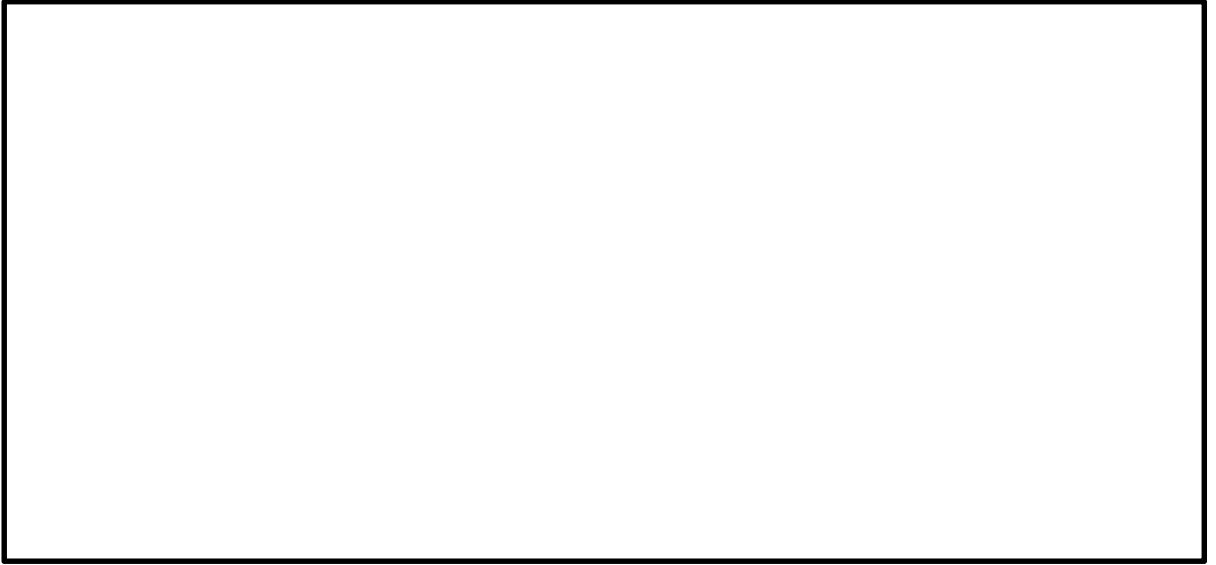


図 5.1-8 (16) B-B断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - D 1 [H+, V-]$)

・ 検討ケース⑥：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

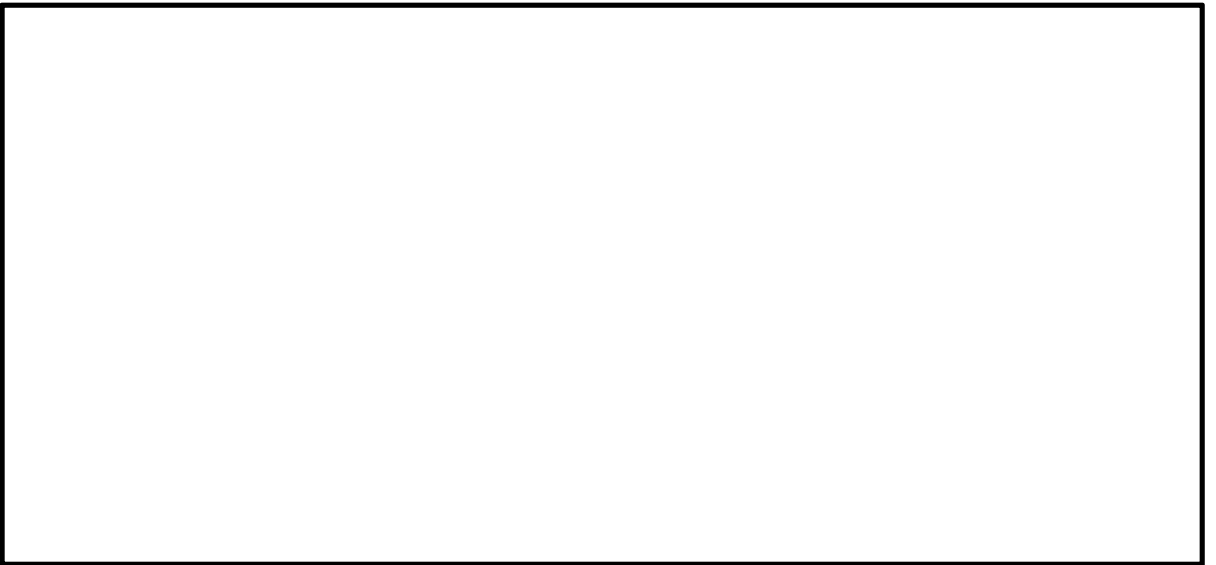


図 5.1-8 (17) B-B断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - D 1 [H+, V-]$)

(3) 過剰間隙水圧比分布図

a. A-A断面

- ・ 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

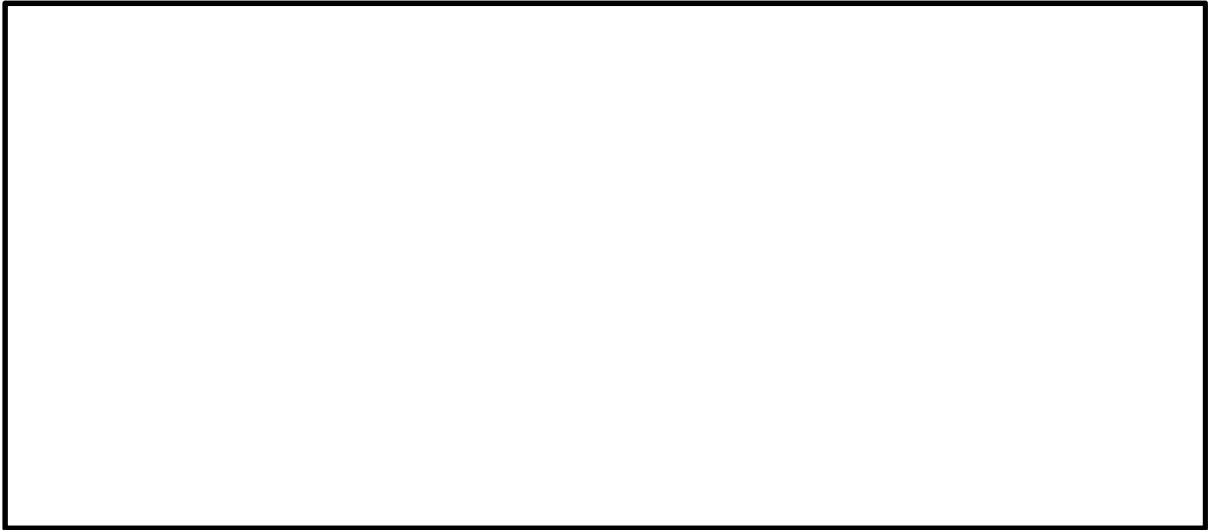


図 5.1-9 (1) A-A断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - D 1$ [H+, V+])



図 5.1-9 (2) A-A断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - D 1$ [H+, V-])



図 5.1-9 (3) A-A断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - D 1$ [H-, V+])

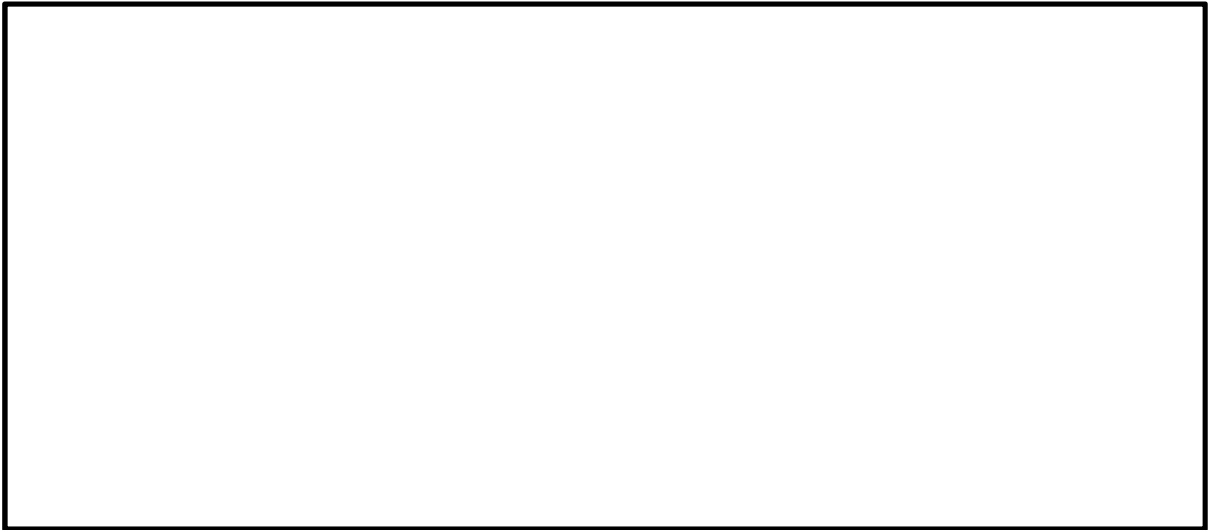


図 5.1-9 (4) A-A断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - D1$ [H-, V-])

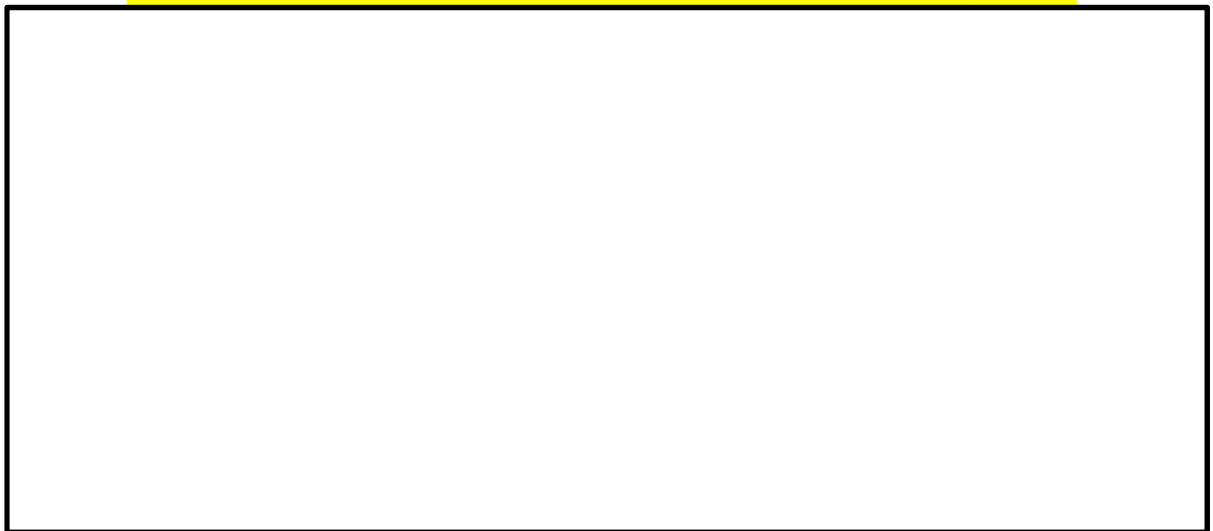


図 5.1-9 (5) A-A断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 11$)



図 5.1-9 (6) A-A断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 12$)

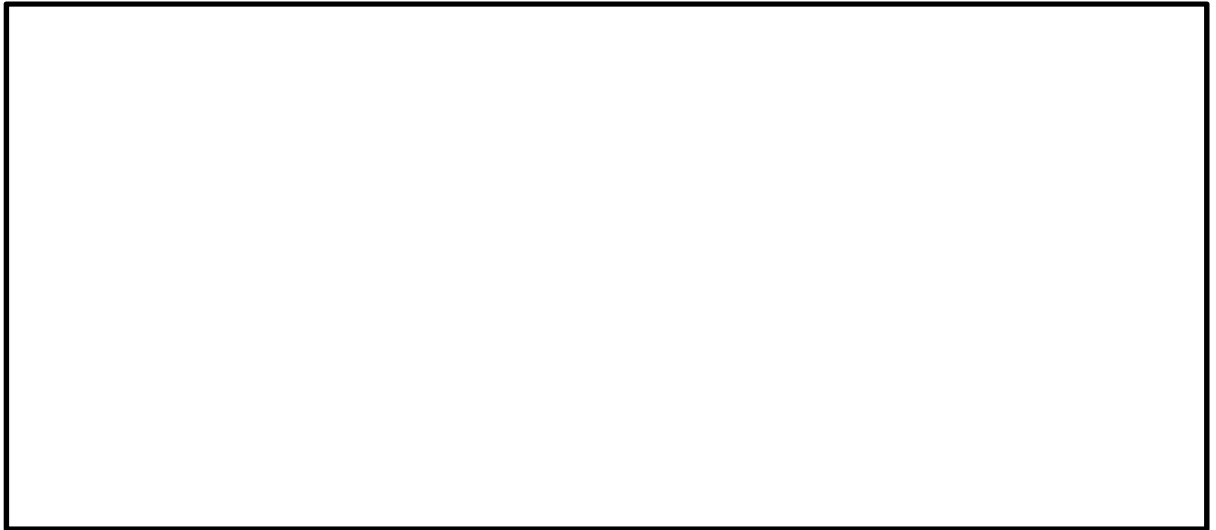


図 5.1-9 (7) A-A断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 13$)

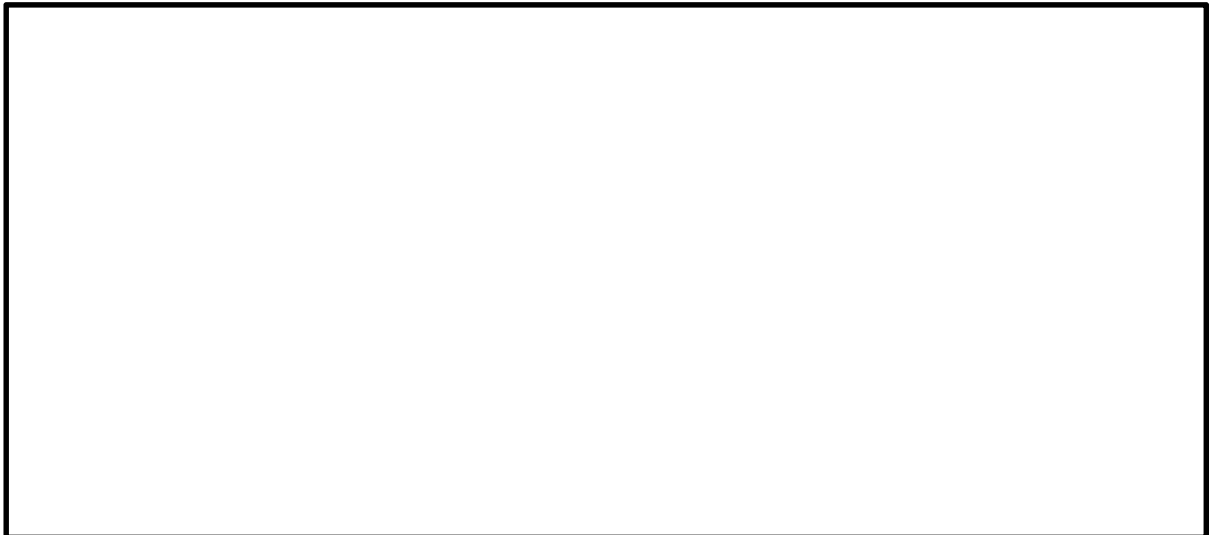


図 5.1-9 (8) A-A断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 14$)



図 5.1-9 (9) A-A断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 21$)



図 5.1-9 (10) A-A断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 2.2$)



図 5.1-9 (11) A-A断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 3.1 [H+, V+]$)



図 5.1-9 (12) A-A断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 3.1 [H-, V+]$)

・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

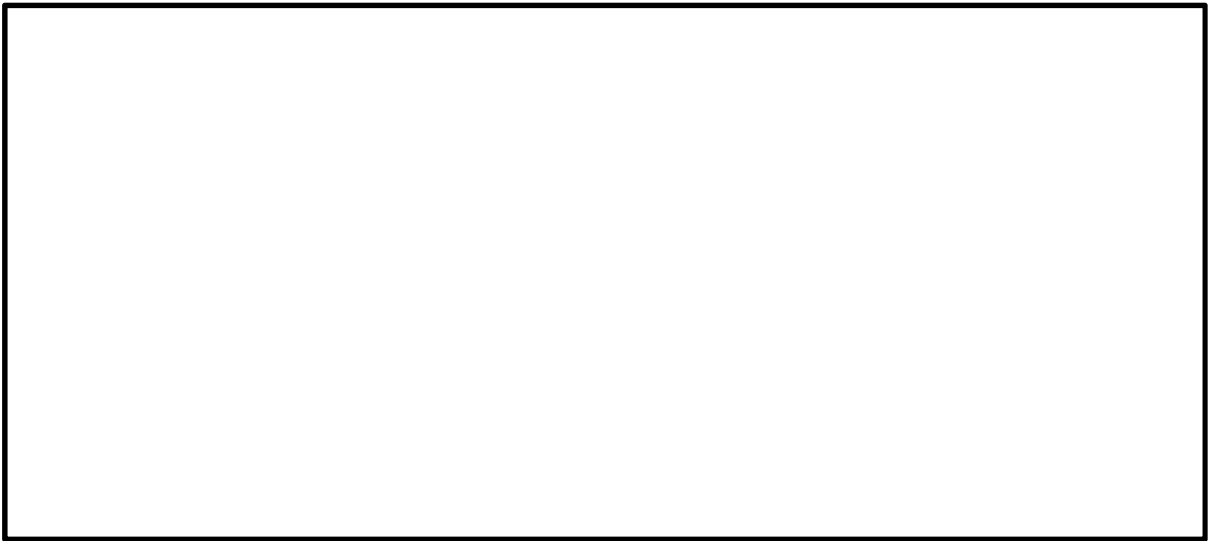


図 5.1-9 (13) A-A断面の過剰間隙水圧比分布（ $S_s - D 1$ [H+,V-]）

・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

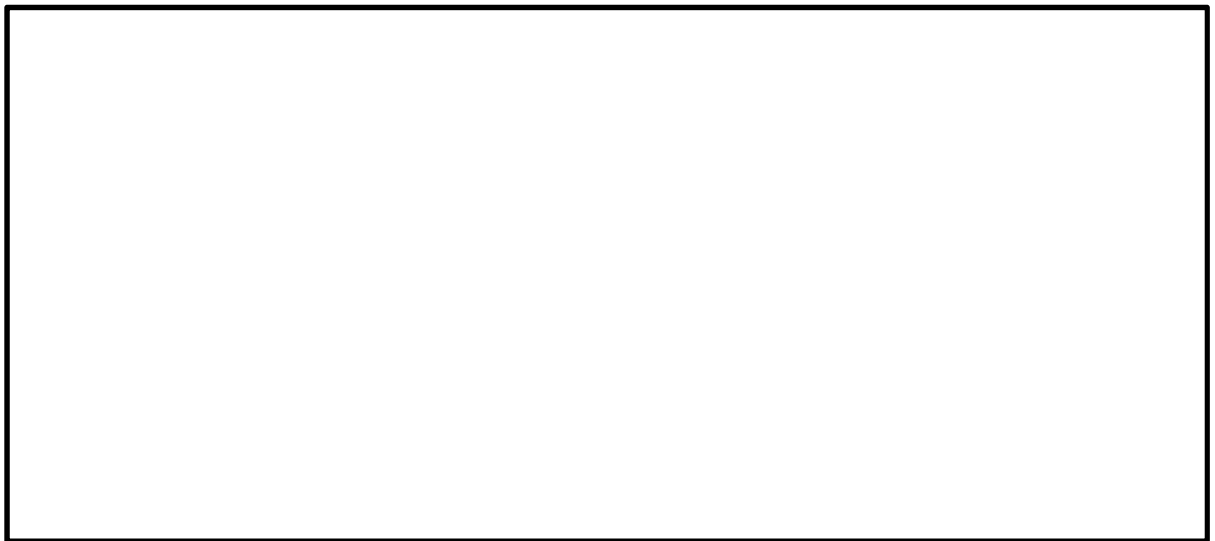


図 5.1-9 (14) A-A断面の過剰間隙水圧比分布（ $S_s - D 1$ [H+,V-]）

- ・ 検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく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

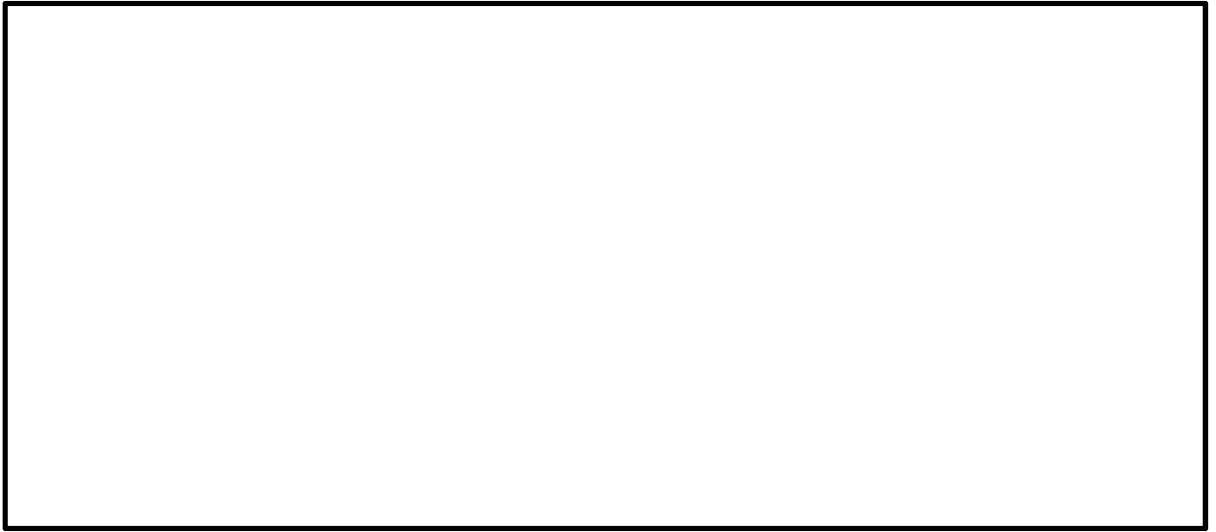


図 5.1-9 (15) A-A断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - D 1 [H+, V-]$)

b. B-B断面

- ・ 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

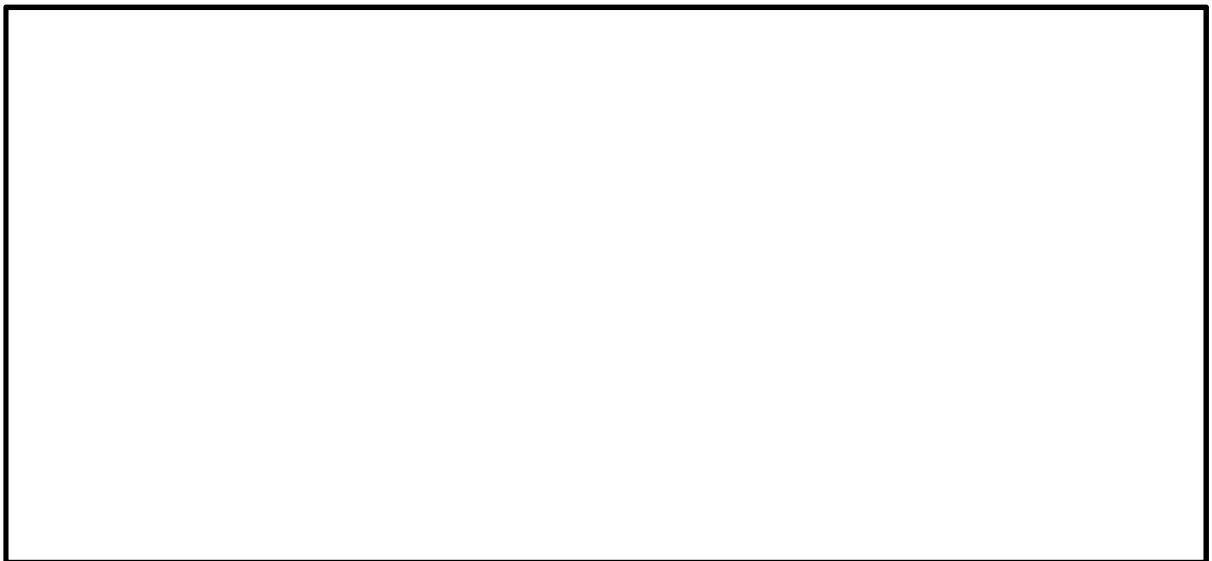


図 5.1-10 (1) B-B断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - D 1 [H+, V+]$)

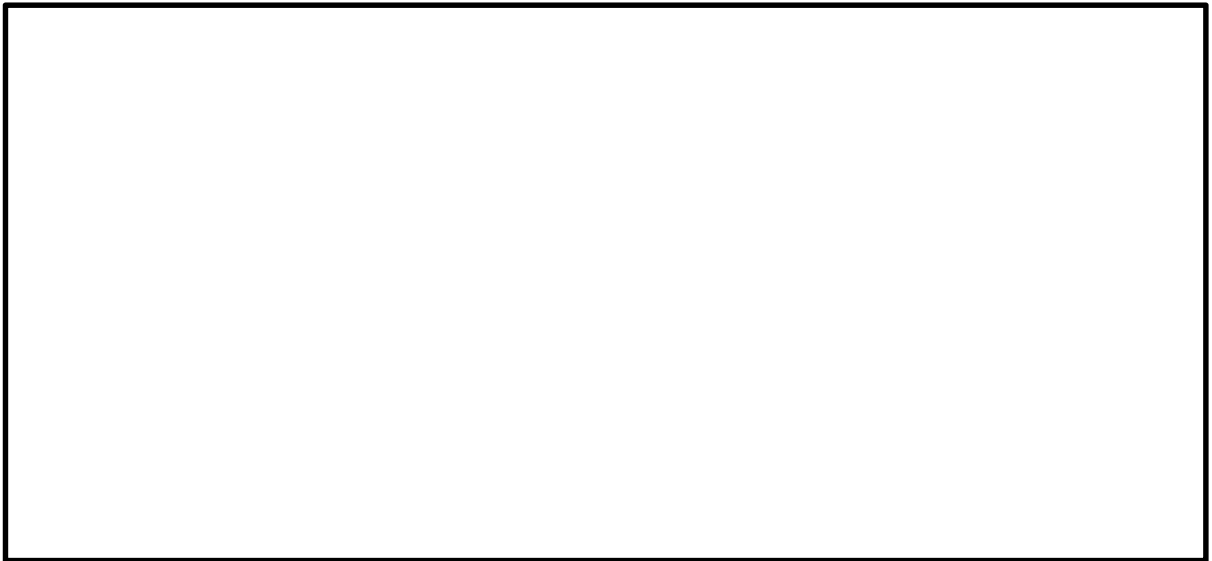


図 5.1-10 (2) B-B 断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - D 1 [H+, V-]$)

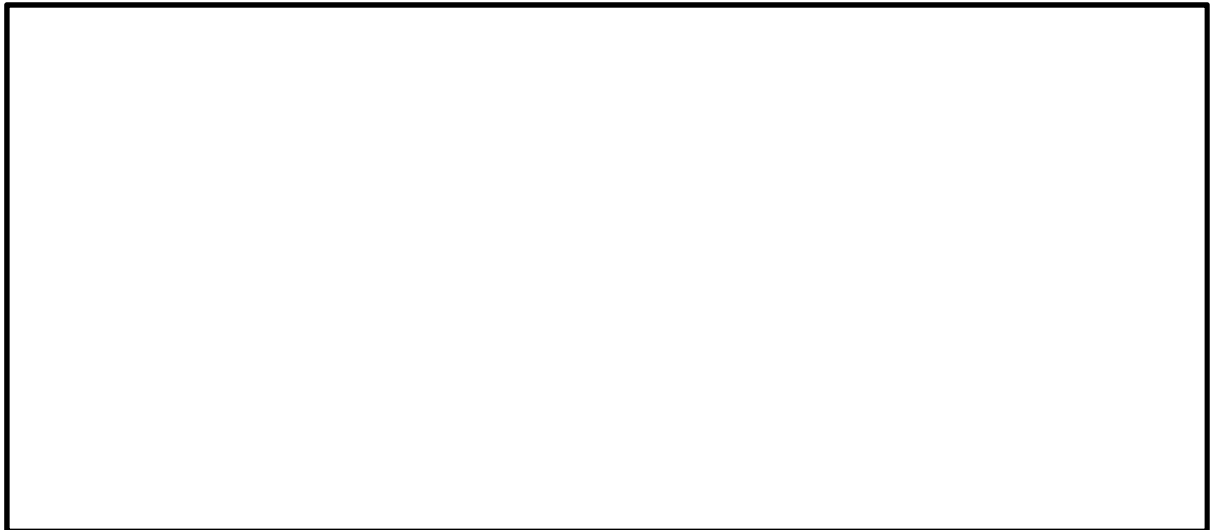


図 5.1-10 (3) B-B 断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - D 1 [H-, V+]$)

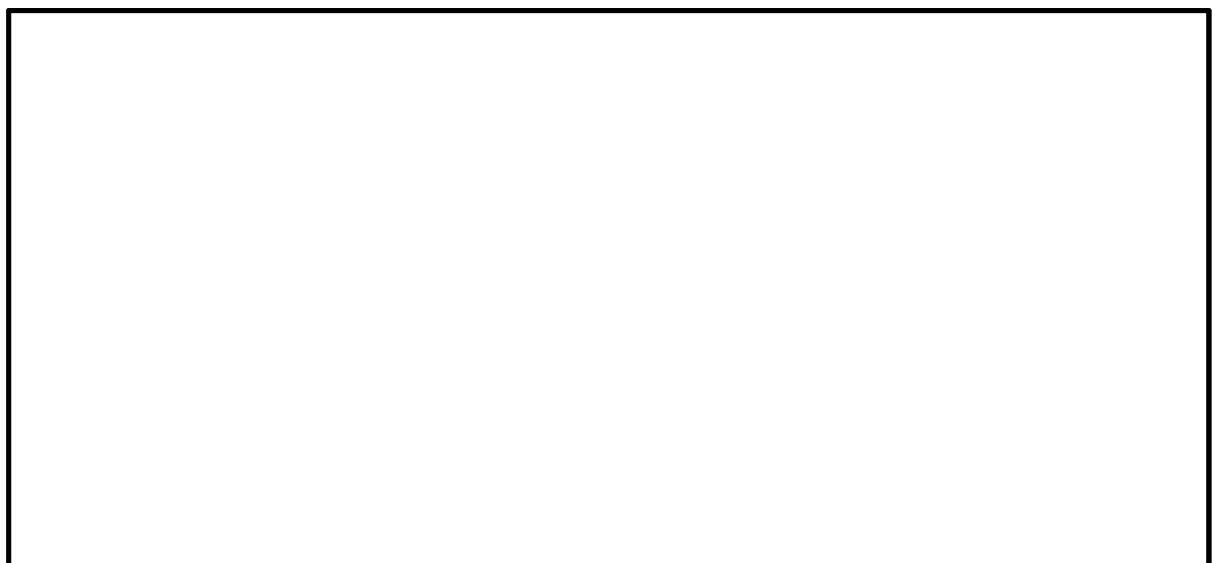


図 5.1-10 (4) B-B 断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - D 1 [H-, V-]$)



図 5.1-10 (5) B-B断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 1.1$)



図 5.1-10 (6) B-B断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 1.2$)

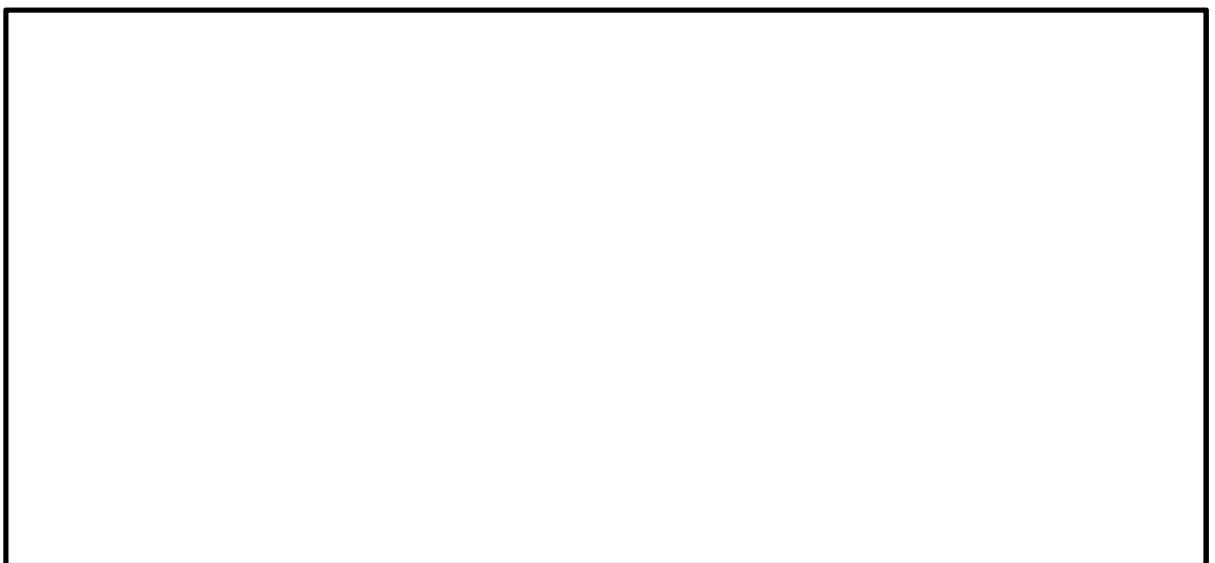


図 5.1-10 (7) B-B断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 1.3$)

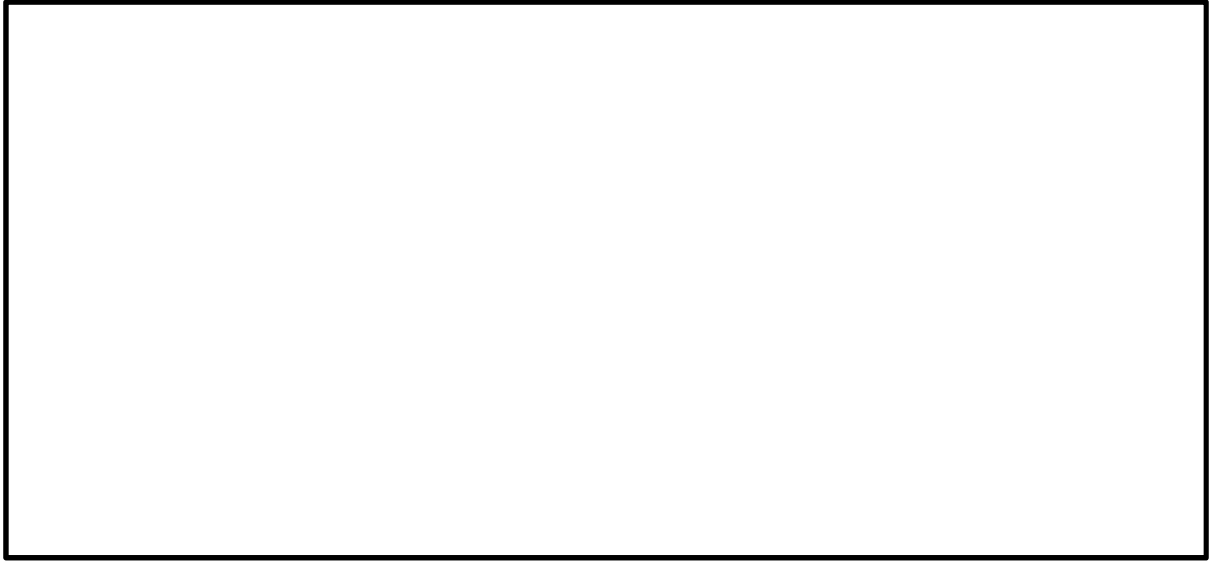


図 5.1-10 (8) B-B断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 1.4$)

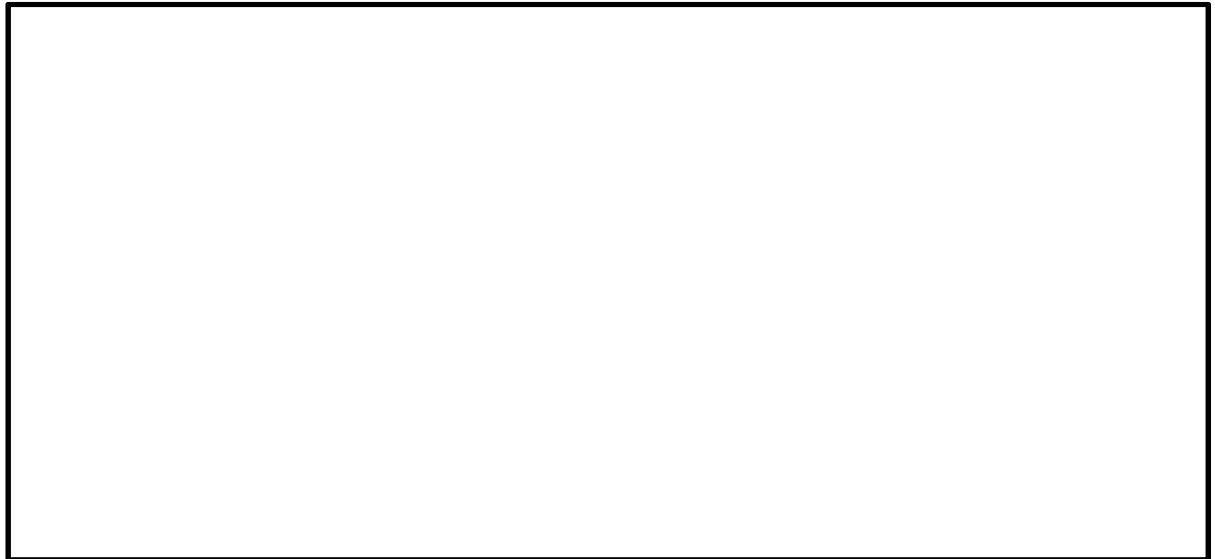


図 5.1-10 (9) B-B断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 2.1$)



図 5.1-10 (10) B-B断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 2.2$)



図 5.1-10 (11) B-B断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 3.1 [H+, V+]$)



図 5.1-10 (12) B-B断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 3.1 [H-, V+]$)

・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



図 5.1-10 (13) B-B断面の過剰間隙水圧比分布（ $S_s - D 1$ 〔H+,V-〕）

・検討ケース③：地盤物性のばらつきを考慮（-1 σ ）した解析ケース

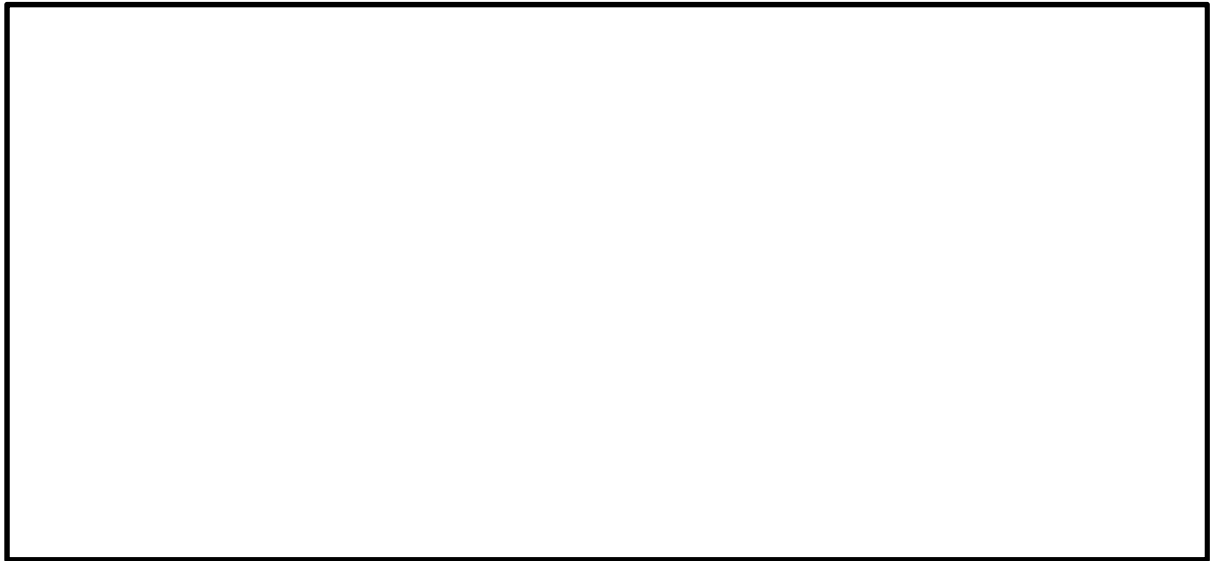


図 5.1-10 (14) B-B断面の過剰間隙水圧比分布（ $S_s - D 1$ 〔H+,V-〕）

- ・検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく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

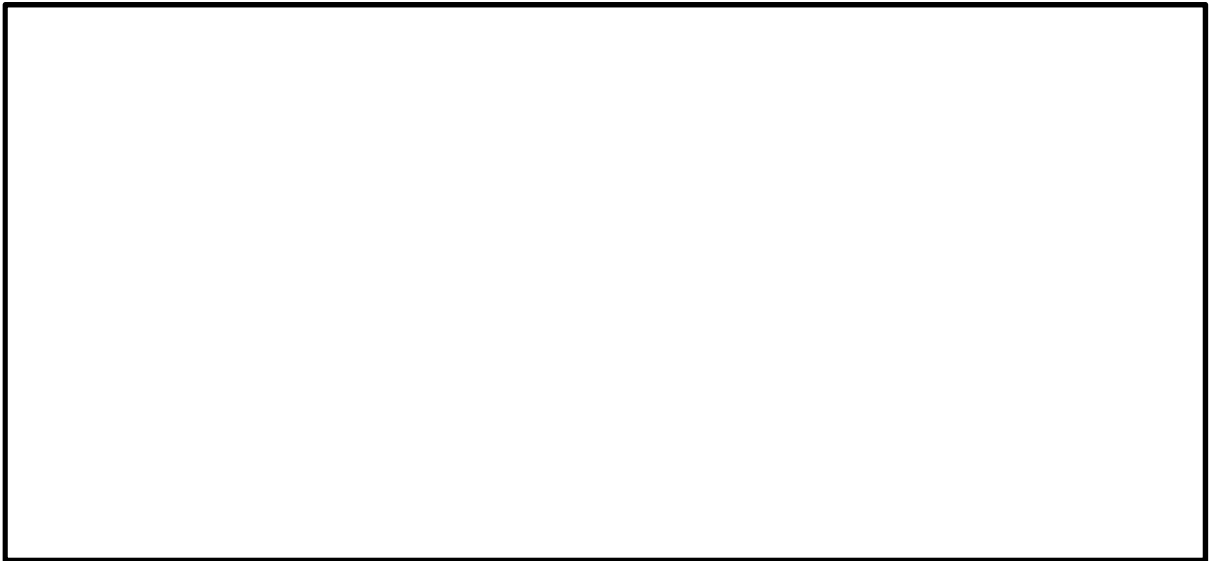


図 5.1-10 (15) B-B 断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - D 1 [H+, V-]$)

(4) 最大加速度分布図

a. A-A断面

- ・ 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



図 5.1-11 (1) A-A断面の最大加速度分布 ($S_s - D 1 [H+, V+]$)



図 5.1-11 (2) A-A断面の最大加速度分布 ($S_s - D 1 [H+, V-]$)

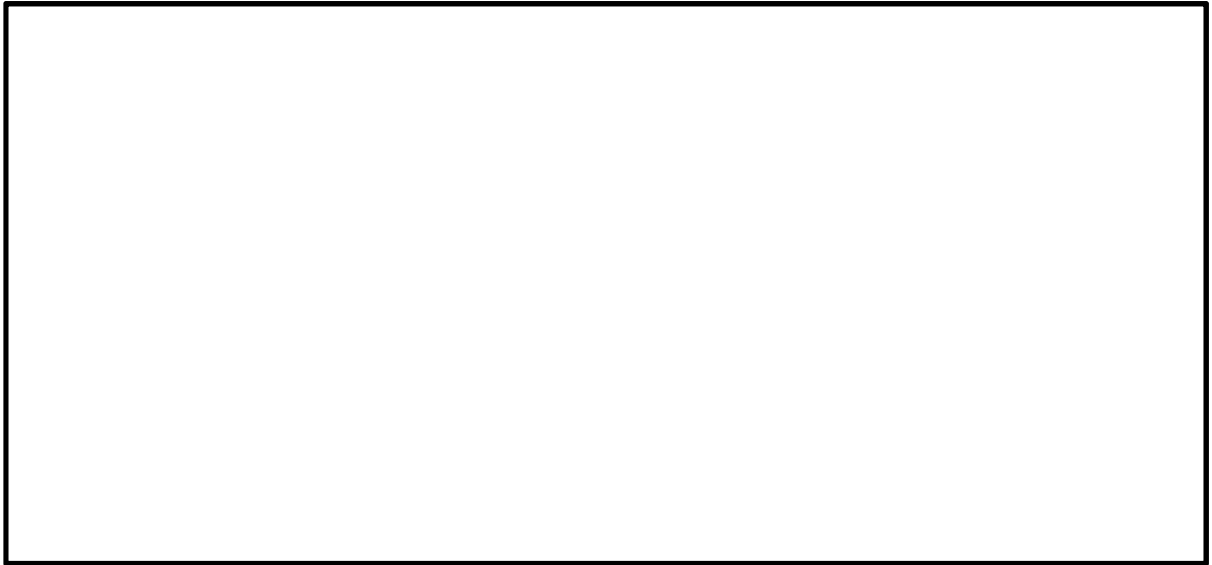


図 5.1-11 (3) A-A断面の最大加速度分布 ($S_s - D 1 [H-, V+]$)

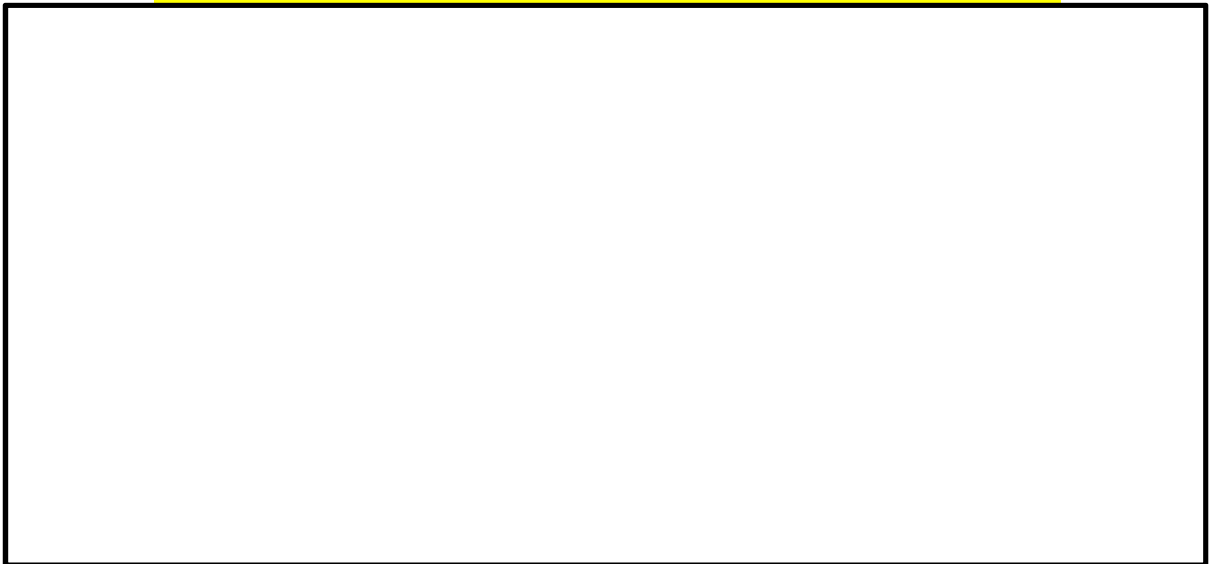


図 5.1-11 (4) A-A断面の最大加速度分布 ($S_s - D 1 [H-, V-]$)

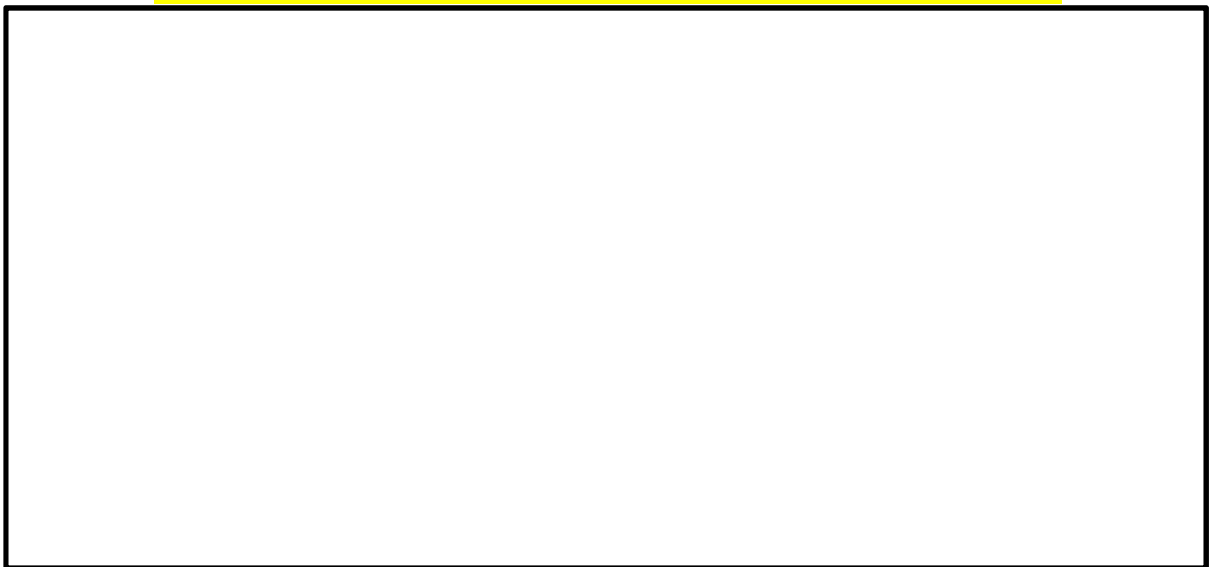


図 5.1-11 (5) A-A断面の最大加速度分布 ($S_s - 1 1$)

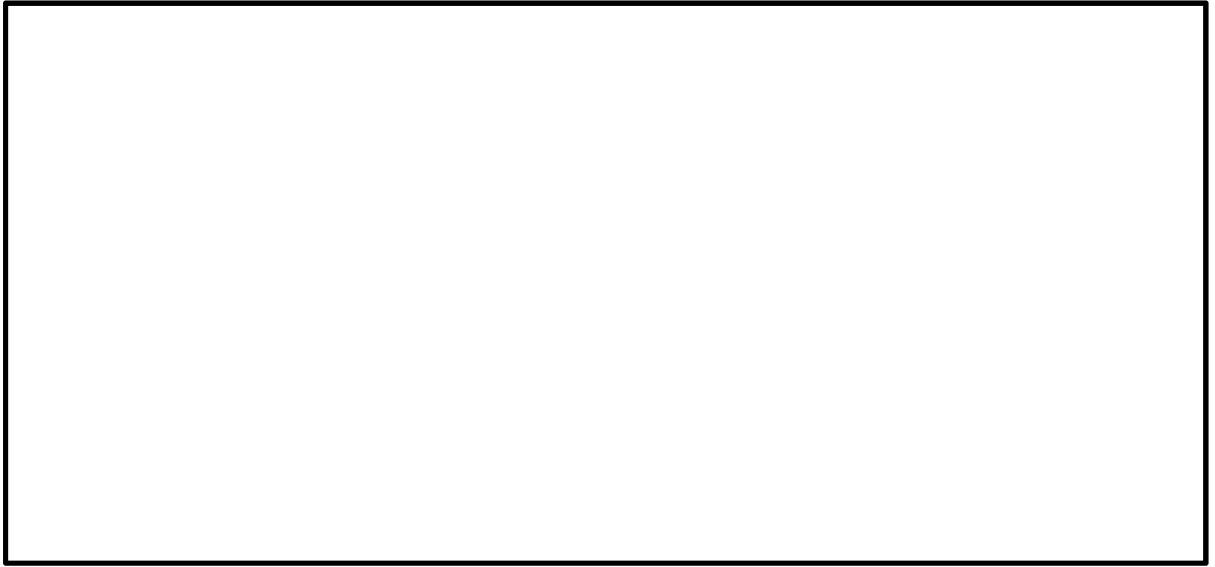


図 5.1-11 (6) A-A断面の最大加速度分布 ($S_s - 12$)



図 5.1-11 (7) A-A断面の最大加速度分布 ($S_s - 13$)



図 5.1-11 (8) A-A断面の最大加速度分布 ($S_s - 14$)

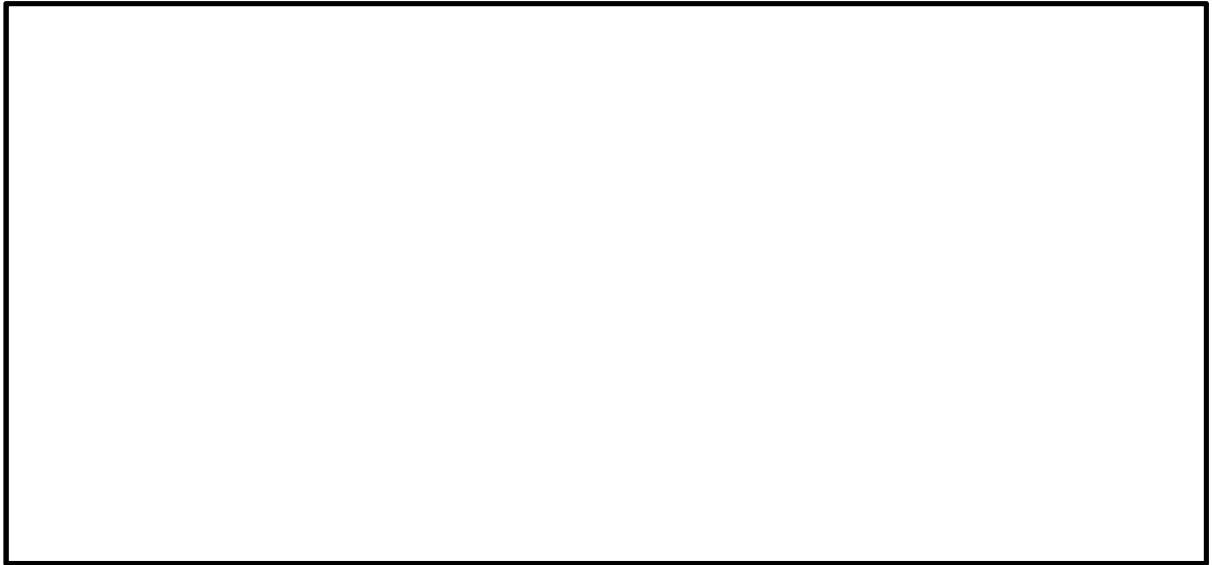


図 5.1-11 (9) A-A断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 2 1$)



図 5.1-11 (10) A-A断面の最大加速度分布 ($S_s - 2 2$)



図 5.1-11 (11) A-A断面の最大加速度分布 ($S_s - 3 1$ [H+, V+])

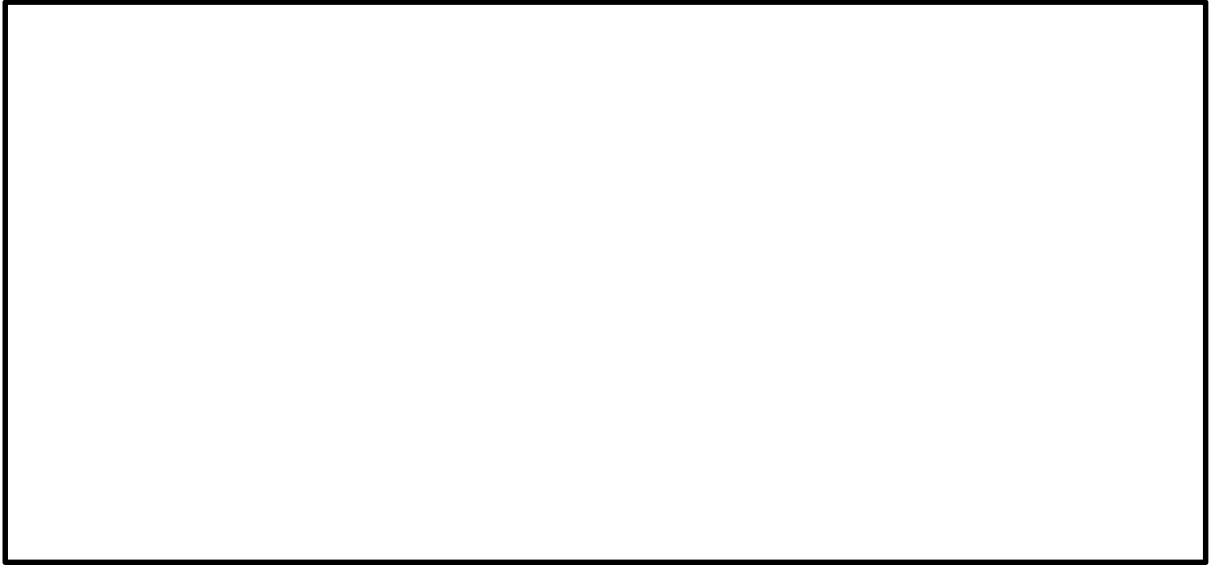


図 5.1-11 (12) A-A断面の最大加速度分布 ($S_s - 3.1 [H-, V+]$)

・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

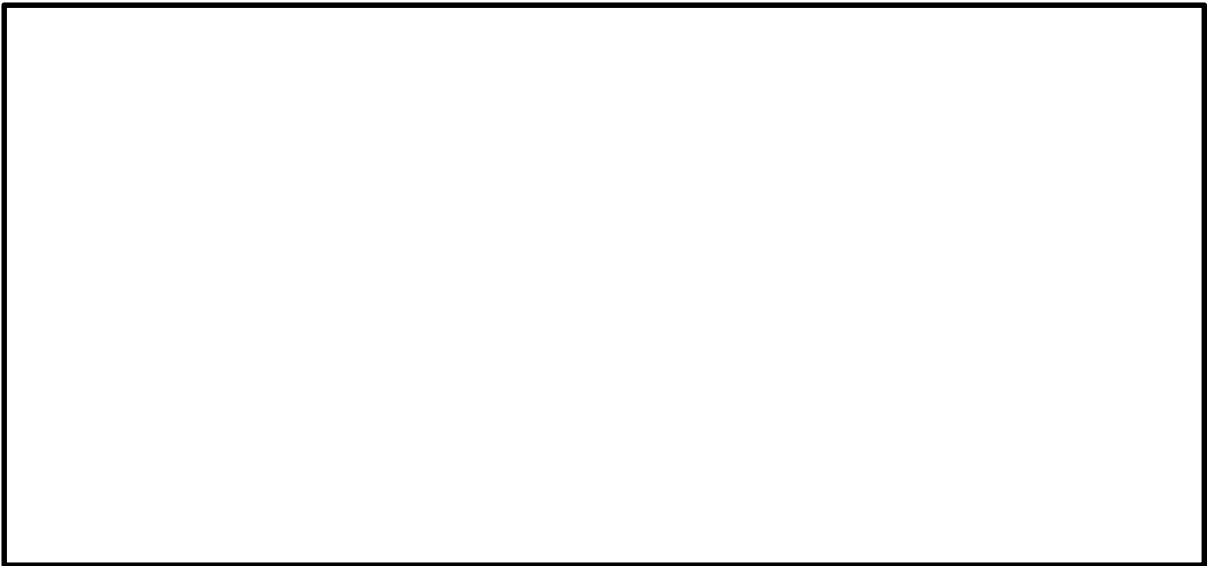


図 5.1-11 (13) A-A断面の最大加速度分布 ($S_s - D.1 [H+, V-]$)

・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

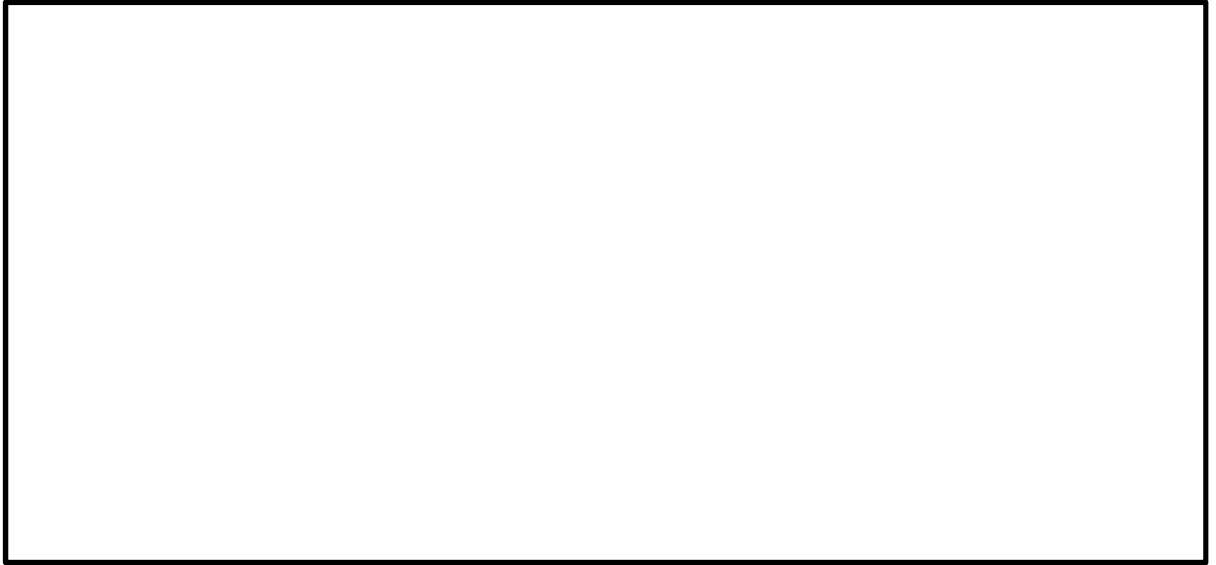


図 5.1-11 (14) A-A断面の最大加速度分布（ $S_s - D 1$ [H+, V-]）

・検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく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

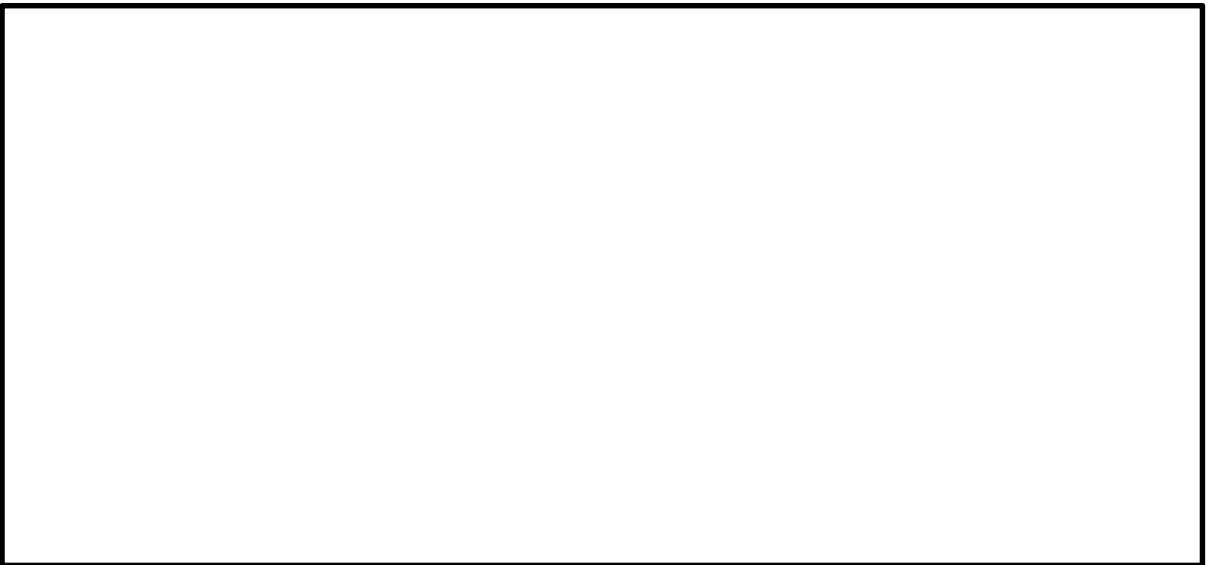


図 5.1-11 (15) A-A断面の最大加速度分布（ $S_s - D 1$ [H+, V-]）

・検討ケース⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース

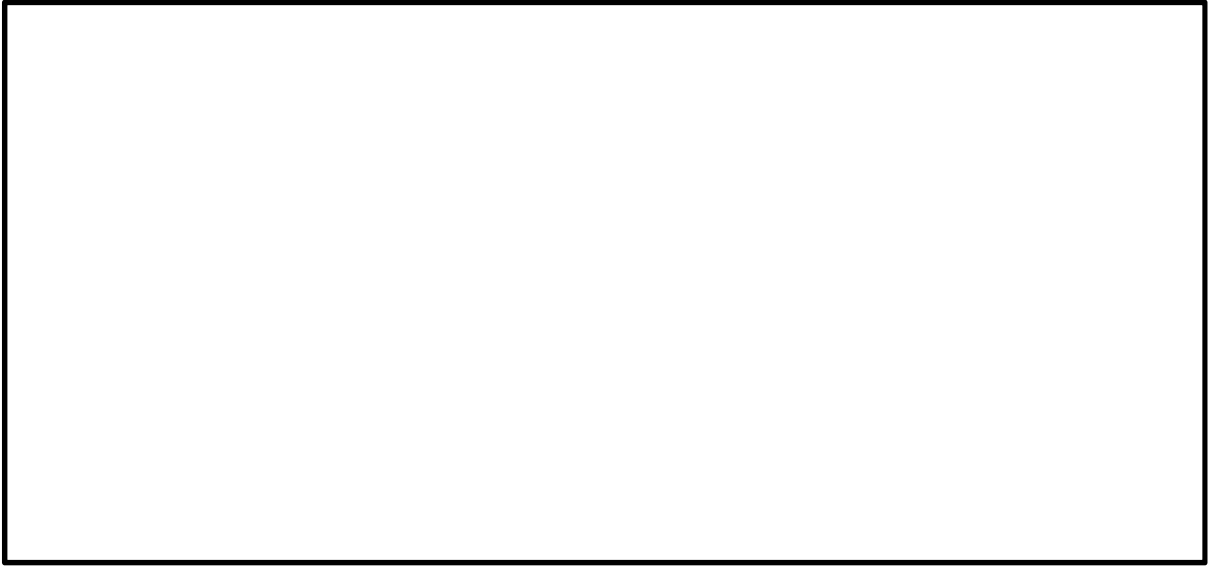


図 5.1-11 (16) A-A断面の最大加速度分布 ($S_s - D 1$ [H+, V-])

・検討ケース⑥：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



図 5.1-11 (17) A-A断面の最大加速度分布 ($S_s - D 1$ [H+, V-])

b. B-B断面

- ・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

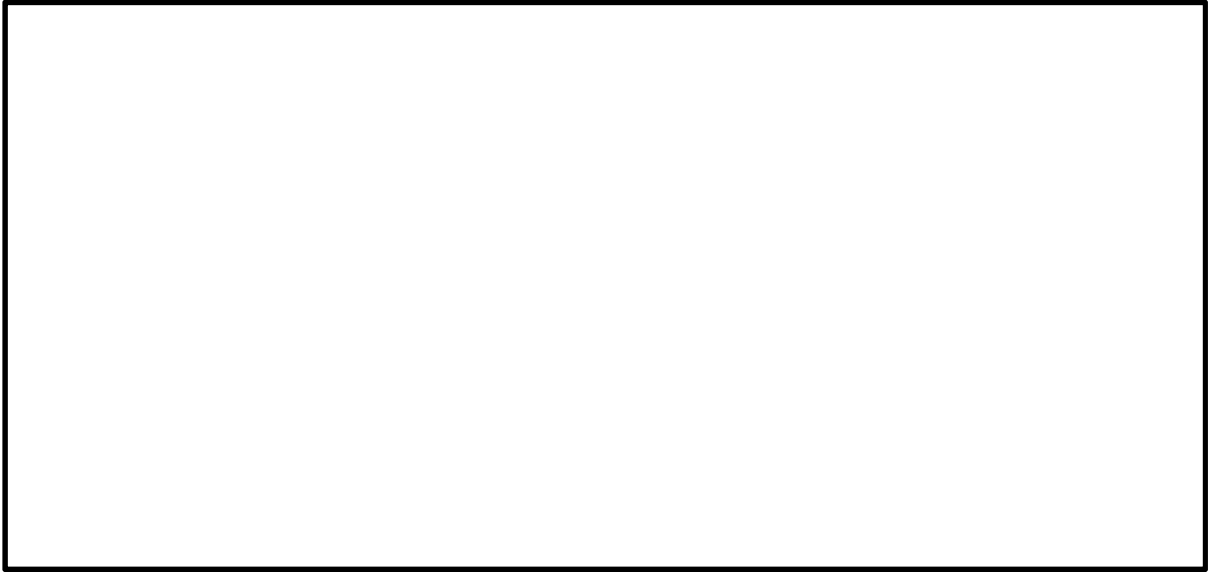


図 5.1-12 (1) B-B断面の最大加速度分布 ($S_s - D 1$ [H+, V+])



図 5.1-12 (2) B-B断面の最大加速度分布 ($S_s - D 1$ [H+, V-])

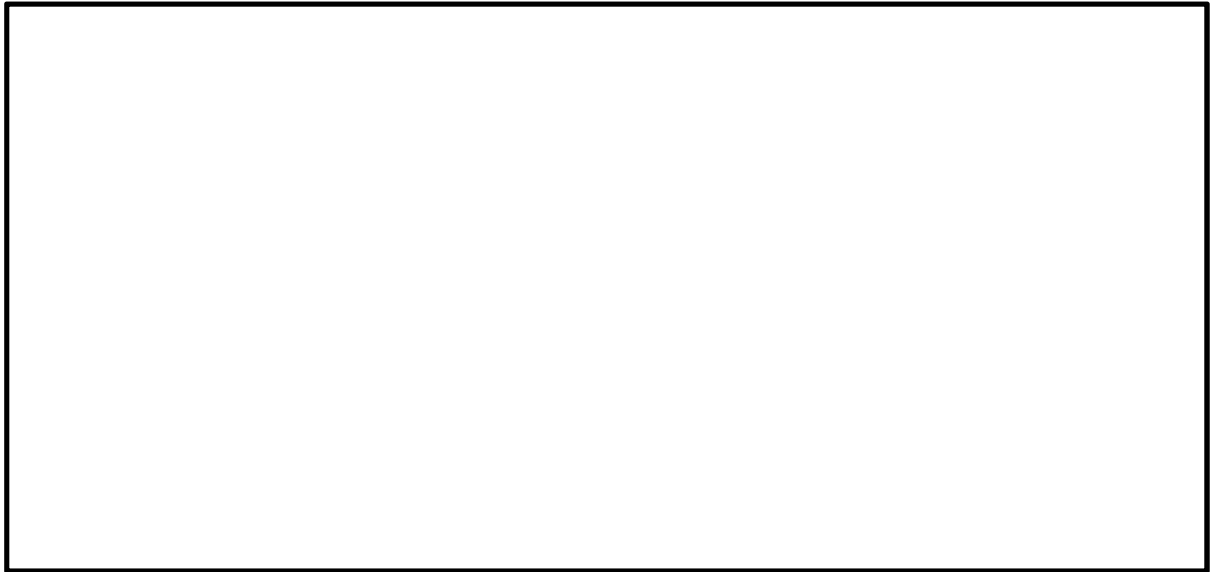


図 5.1-12 (3) B-B断面の最大加速度分布 ($S_s - D 1 [H-, V+]$)

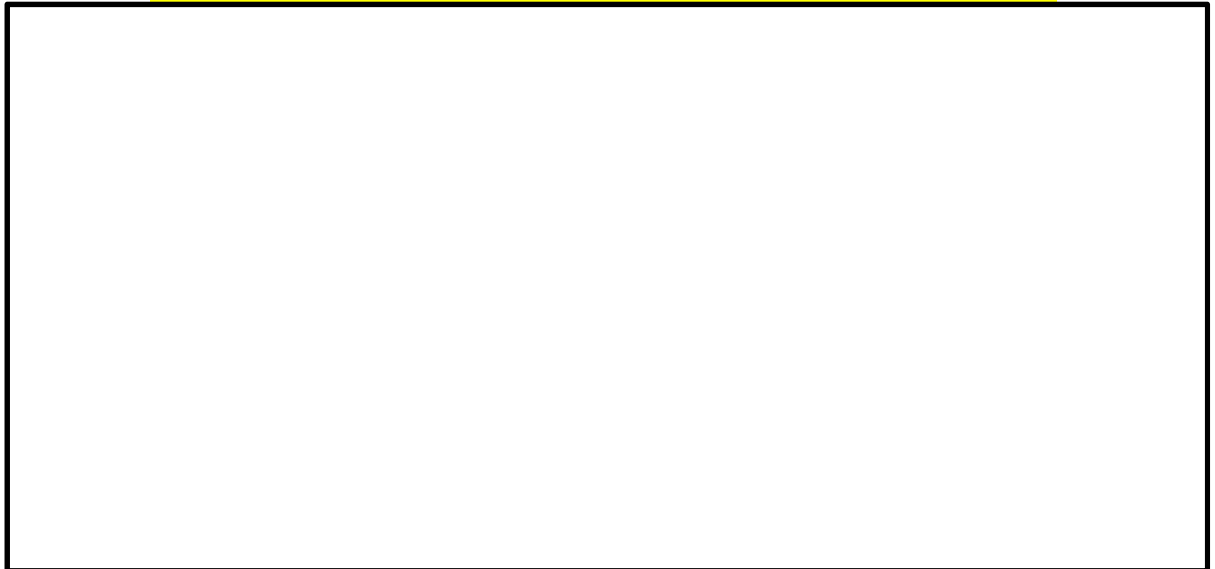


図 5.1-12 (4) B-B断面の最大加速度分布 ($S_s - D 1 [H-, V-]$)



図 5.1-12 (5) B-B断面の最大加速度分布 ($S_s - 1 1$)

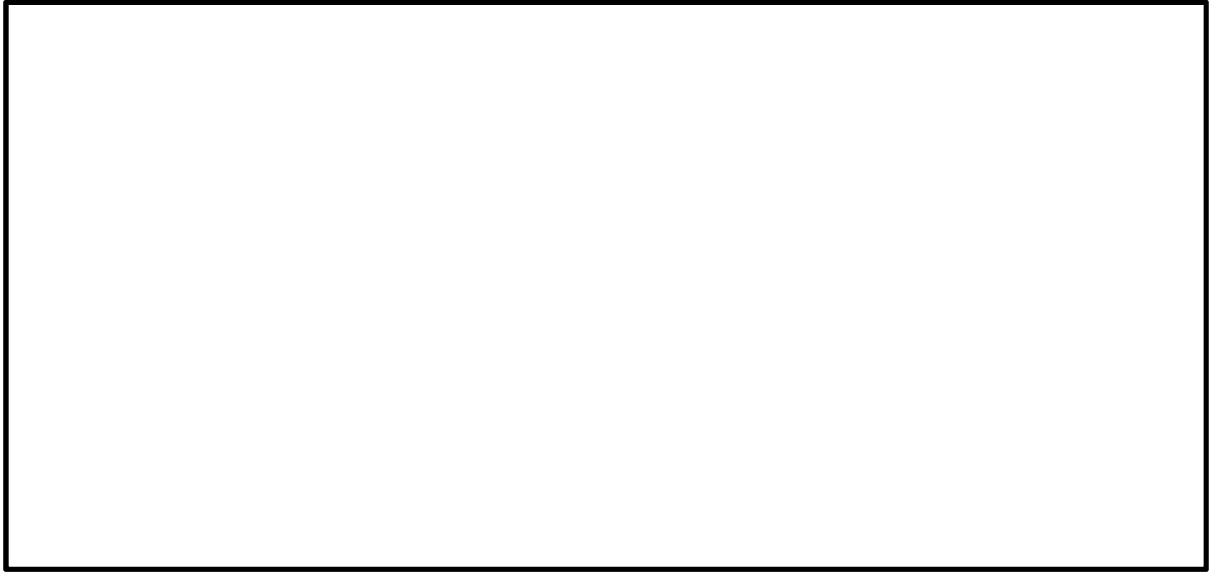


図 5.1-12 (6) B-B断面の最大加速度分布 ($S_s - 1.2$)



図 5.1-12 (7) B-B断面の最大加速度分布 ($S_s - 1.3$)



図 5.1-12 (8) B-B断面の最大加速度分布 ($S_s - 1.4$)



図 5.1-12 (9) B-B断面の最大加速度分布 ($S_s - 2.1$)



図 5.1-12 (10) B-B断面の最大加速度分布 ($S_s - 2.2$)



図 5.1-12 (11) B-B断面の最大加速度分布 ($S_s - 3.1$ [H+, V+])



図 5.1-12 (12) B - B 断面の最大加速度分布 ($S_s - 3.1 [H-, V+]$)

・ 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

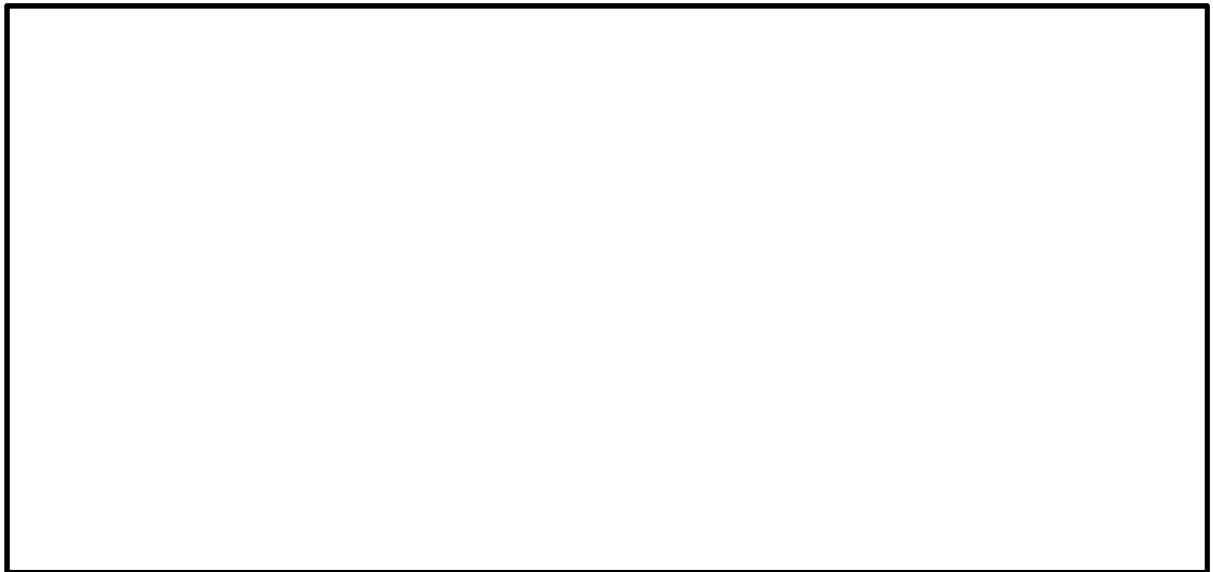


図 5.1-12 (13) B - B 断面の最大加速度分布 ($S_s - D.1 [H+, V-]$)

・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



図 5.1-12 (14) B-B断面の最大加速度分布（ $S_s - D 1$ [H+, V-]）

・検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく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



図 5.1-12 (15) B-B断面の最大加速度分布（ $S_s - D 1$ [H+, V-]）

・検討ケース⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース

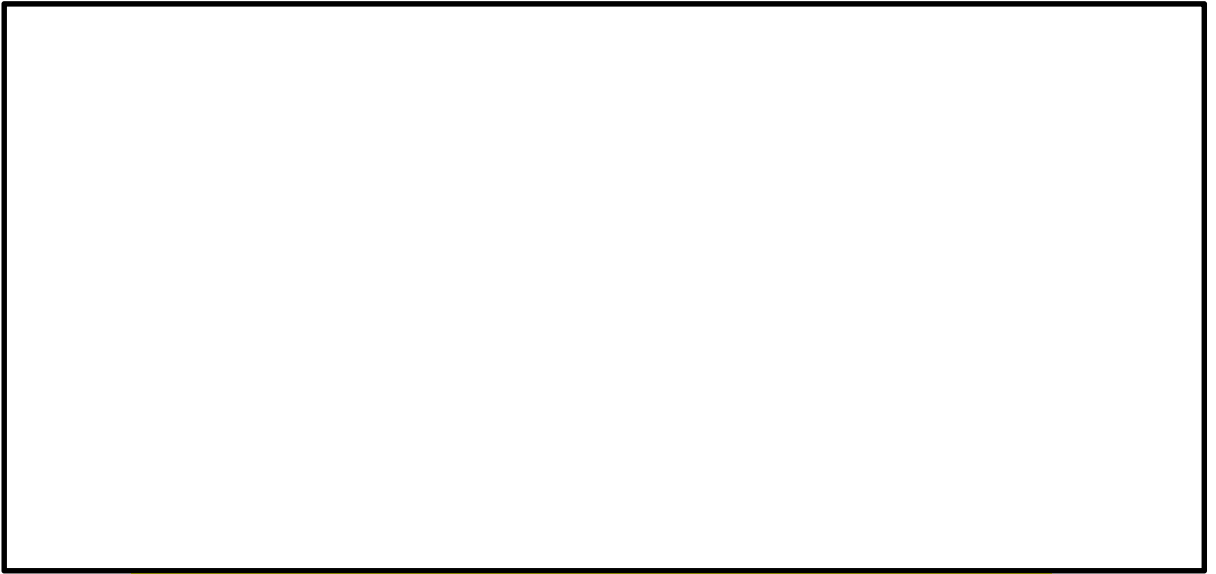


図 5.1-12 (16) B-B断面の最大加速度分布 ($S_s - D 1$ [H+, V-])

・検討ケース⑥：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



図 5.1-12 (17) B-B断面の最大加速度分布 ($S_s - D 1$ [H+, V-])

5.2 耐震評価結果

(1) 鋼管杭の評価結果

a. 曲げ軸力に対する照査

断面計算に用いた断面諸元を表 5.2-1 に、曲げ軸力に対する照査結果を表 5.2-2～表 5.2-3 に示す。鋼管杭に対して許容応力度法による照査を行った結果、曲げ応力が短期許容応力度以下であることを確認した。なお、発生応力度は各地震動において最大となる値を示している。

表 5.2-1 鋼管杭 (SM570) 断面諸元

断面	板厚 (mm)	断面積 (m ²)	断面係数 (m ³)
A-A B-B	35	0.263	0.15995

表 5.2-2 曲げ軸力に対する照査（A-A断面）

検討ケース	地震動	杭 番号	曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)	発生 曲げ 応力 (N/mm ²)	短期 許容 応力度 (N/mm ²)	照査値
①	S _s -D 1 ++	1	24505	9490	189.29	382.5	0.50
	S _s -D 1 +-	1	24452	9606	189.40	382.5	0.50
	S _s -D 1 -+	4	24001	9183	184.97	382.5	0.49
	S _s -D 1 --	4	23993	9416	185.81	382.5	0.49
	S _s -1 1	1	7863	3201	61.34	382.5	0.17
	S _s -1 2	1	14093	5051	107.32	382.5	0.29
	S _s -1 3	1	12215	4529	93.59	382.5	0.25
	S _s -1 4	1	10707	4450	83.86	382.5	0.22
	S _s -2 1	4	19199	7521	148.63	382.5	0.39
	S _s -2 2	4	15562	6351	121.45	382.5	0.32
	S _s -3 1 ++	4	25947	6521	187.02	382.5	0.49
	S _s -3 1 -+	1	25101	7355	184.90	382.5	0.49
②	S _s -D 1 +-	1	24066	8764	183.79	382.5	0.49
③	S _s -D 1 +-	1	26397	9993	203.03	382.5	0.54
④	S _s -D 1 +-	1	27697	12307	219.96	382.5	0.58
⑤	S _s -D 1 +-	1	28466	7323	205.82	382.5	0.54
⑥	S _s -D 1 +-	1	27955	7024	201.49	382.5	0.53

表 5.2-3 曲げ軸力に対する照査（B-B断面）

検討ケース	地震動	杭 番号	曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)	発生 曲げ 応力 (N/mm ²)	短期 許容 応力度 (N/mm ²)	照査値
①	S _s -D 1 ++	4	24415	11710	197.17	382.5	0.52
	S _s -D 1 +-	4	24445	11725	197.42	382.5	0.52
	S _s -D 1 -+	4	24516	9222	188.34	382.5	0.50
	S _s -D 1 --	4	24457	8987	187.08	382.5	0.49
	S _s -1 1	4	8771	4407	71.60	382.5	0.19
	S _s -1 2	4	11975	8291	106.40	382.5	0.28
	S _s -1 3	4	11045	7829	98.83	382.5	0.26
	S _s -1 4	1	6671	3025	53.21	382.5	0.14
	S _s -2 1	4	8998	6576	81.26	382.5	0.22
	S _s -2 2	1	17038	4031	121.85	382.5	0.32
	S _s -3 1 ++	4	33257	10254	246.91	382.5	0.65
	S _s -3 1 -+	1	34598	10238	255.24	382.5	0.67
②	S _s -D 1 +-	4	24400	10056	190.79	382.5	0.50
③	S _s -D 1 +-	4	26208	11082	205.99	382.5	0.54
④	S _s -D 1 +-	4	26170	15333	221.92	382.5	0.59
⑤	S _s -D 1 +-	1	25637	7862	190.18	382.5	0.50
⑥	S _s -D 1 +-	1	31199	6396	219.38	382.5	0.58

b. せん断力に対する照査

断面計算に用いた断面諸元は前出の表 5.2-1 に、せん断力に対する照査結果を表 5.2-4～表 5.2-5 に示す。

鋼管杭に対して許容応力度法による照査を行った結果、せん断応力が短期許容応力度以下であることを確認した。なお、発生応力は各地震動において最大となる値を示している。

表 5.2-4 せん断力に対する照査 (A-A断面)

検討ケース	地震動	杭番号	せん断力 (kN)	発生せん断応力 (N/mm ²)	短期許容応力度 (N/mm ²)	照査値
①	S _s -D 1 ++	3	4608	35.05	217.5	0.17
	S _s -D 1 +-	3	4610	35.06	217.5	0.17
	S _s -D 1 -+	2	4598	34.97	217.5	0.17
	S _s -D 1 --	2	4583	34.86	217.5	0.17
	S _s -1 1	1	2159	16.42	217.5	0.08
	S _s -1 2	4	3502	26.64	217.5	0.13
	S _s -1 3	4	3097	23.56	217.5	0.11
	S _s -1 4	4	2898	22.04	217.5	0.11
	S _s -2 1	4	3964	30.15	217.5	0.14
	S _s -2 2	4	3425	26.05	217.5	0.12
	S _s -3 1 ++	1	4436	33.74	217.5	0.16
	S _s -3 1 -+	4	4659	35.43	217.5	0.17
②	S _s -D 1 +-	3	4682	35.61	217.5	0.17
③	S _s -D 1 +-	3	4661	35.45	217.5	0.17
④	S _s -D 1 +-	3	4907	37.32	217.5	0.18
⑤	S _s -D 1 +-	4	4967	37.78	217.5	0.18
⑥	S _s -D 1 +-	4	5041	38.34	217.5	0.18

表 5.2-5 せん断力に対する照査（B-B断面）

検討ケース	地震動	杭 番号	せん断力 (kN)	発生 せん断 応力 (N/mm ²)	短期 許容 応力度 (N/mm ²)	照査値
①	S _s -D 1 ++	4	4287	32.61	217.5	0.15
	S _s -D 1 +-	4	4297	32.68	217.5	0.16
	S _s -D 1 -+	4	4436	33.74	217.5	0.16
	S _s -D 1 --	4	4381	33.32	217.5	0.16
	S _s -1 1	1	1776	13.51	217.5	0.07
	S _s -1 2	4	2847	21.66	217.5	0.10
	S _s -1 3	4	2620	19.93	217.5	0.10
	S _s -1 4	1	1457	11.08	217.5	0.06
	S _s -2 1	1	1927	14.66	217.5	0.07
	S _s -2 2	1	3090	23.50	217.5	0.11
	S _s -3 1 ++	1	5898	44.86	217.5	0.21
	S _s -3 1 -+	1	5683	43.22	217.5	0.20
	②	S _s -D 1 +-	1	4726	35.94	217.5
③	S _s -D 1 +-	1	4635	35.25	217.5	0.17
④	S _s -D 1 +-	4	4595	34.95	217.5	0.17
⑤	S _s -D 1 +-	1	5486	41.72	217.5	0.20
⑥	S _s -D 1 +-	1	6466	49.18	217.5	0.23

(2) 鉄筋コンクリートの評価結果

a. 曲げに対する照査

断面計算に用いた断面諸元を表5.2-6に、曲げに対する照査結果を表5.2-7～表5.2-10に示す。

鉄筋コンクリートに対して許容応力度法による照査を行った結果、コンクリートに発生する曲げ圧縮応力及び鉄筋に発生する曲げ引張応力が短期許容応力度以下であることを確認した。なお、発生応力は各地震動において最大となる値を示している。

表 5.2-6 鉄筋コンクリート断面諸元

断面	部材	かぶり (m)	断面有効 高さ (m)	主筋	主筋断面積 (cm ²)
A-A	壁部	0.15	4.20～ 6.90	D38-22 本(4段)	1003.2
	底版部	0.15	3.00	D38-92 本(4段)	4195.2
B-B	梁部	0.15	6.90	D38-11 本(4段)	501.6
	壁部	0.15	2.85	D38-31～49 本(4段)	1413.6～ 2234.4
	底版部	0.20	2.95	D32-158 本(4段)	5051.12



図 5.2-1 概略配筋図 (A-A断面)



图 5.2-2 概略配筋图 (B-B 断面)

表 5.2-7 曲げ軸力（圧縮）に対する照査（A-A断面）

検討ケース	地震動	部材	曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)	発生曲げ 応力度 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	照査値
①	S _s -D 1 ++	壁部	-67226	-12067	2.62	21	0.13
		底版部	112369	-1659	3.29	21	0.16
	S _s -D 1 +-	壁部	-66651	-11608	2.60	21	0.13
		底版部	107638	677	3.12	21	0.15
	S _s -D 1 -+	壁部	-58489	-7236	2.24	21	0.11
		底版部	104487	2880	2.99	21	0.15
	S _s -D 1 --	壁部	-58970	-16509	2.33	21	0.12
		底版部	105406	2666	3.02	21	0.15
	S _s -1 1	壁部	-35592	-11229	1.42	21	0.07
		底版部	82898	-6994	2.51	21	0.12
	S _s -1 2	壁部	-43189	-10791	1.70	21	0.09
		底版部	81312	-4576	2.43	21	0.12
	S _s -1 3	壁部	-40721	-12216	1.62	21	0.08
		底版部	82658	-4497	2.47	21	0.12
	S _s -1 4	壁部	-37984	-12066	1.51	21	0.08
		底版部	76834	-5461	2.31	21	0.11
	S _s -2 1	壁部	-56295	-12785	2.21	21	0.11
		底版部	99259	-1240	2.90	21	0.14
S _s -2 2	壁部	-51704	-6755	1.99	21	0.10	
	底版部	89307	-7898	2.71	21	0.13	
S _s -3 1 ++	壁部	-51058	-10672	2.00	21	0.10	
	底版部	91114	-5120	2.72	21	0.13	
S _s -3 1 -+	壁部	-58064	-11632	2.27	21	0.11	
	底版部	99225	-4596	2.95	21	0.15	
②	S _s -D 1 +-	壁部	-64725	-11578	2.52	21	0.12
		底版部	95710	-1348	2.80	21	0.14
③	S _s -D 1 +-	壁部	-67977	-11490	2.64	21	0.13
		底版部	104317	390	3.02	21	0.15
④	S _s -D 1 +-	壁部	-66045	-11610	2.57	21	0.13
		底版部	119482	-92	3.47	21	0.17
⑤	S _s -D 1 +-	壁部	-70440	-12268	2.74	21	0.14
		底版部	114630	-5709	3.42	21	0.17
⑥	S _s -D 1 +-	壁部	-69224	-12567	2.70	21	0.13
		底版部	104731	-7731	3.16	21	0.16

表 5.2-8 曲げ軸力（引張）に対する照査（A-A断面）

検討ケース	地震動	部材	曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)	発生曲げ 応力度 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	照査値
①	S _s -D 1 ++	壁部	-67226	-12067	55.11	435	0.13
		底版部	112213	-1526	101.02	435	0.24
	S _s -D 1 +-	壁部	-64180	-10385	56.84	435	0.14
		底版部	107512	814	99.43	435	0.23
	S _s -D 1 -+	壁部	-58531	-6859	62.16	435	0.15
		底版部	104412	2972	99.11	435	0.23
	S _s -D 1 --	壁部	-51787	-10563	37.95	435	0.09
		底版部	105406	2666	99.66	435	0.23
	S _s -1 1	壁部	-31806	-9134	15.25	435	0.04
		底版部	82898	-6994	67.91	435	0.16
	S _s -1 2	壁部	-42941	-10482	25.86	435	0.06
		底版部	78664	-2189	69.52	435	0.16
	S _s -1 3	壁部	-39260	-10535	20.84	435	0.05
		底版部	82645	-4473	70.55	435	0.17
	S _s -1 4	壁部	-33414	-9040	17.53	435	0.05
		底版部	76489	-4780	64.56	435	0.15
	S _s -2 1	壁部	-56295	-12785	36.91	435	0.09
		底版部	98498	-401	89.76	435	0.21
S _s -2 2	壁部	-51704	-6755	52.08	435	0.12	
	底版部	85156	648	78.76	435	0.19	
S _s -3 1 ++	壁部	-51058	-10672	36.54	435	0.09	
	底版部	93790	2199	88.48	435	0.21	
S _s -3 1 -+	壁部	-57862	-11462	43.59	435	0.11	
	底版部	98982	-3618	86.48	435	0.20	
②	S _s -D 1 +-	壁部	-64405	-10274	57.60	435	0.14
		底版部	95742	-1238	86.26	435	0.20
③	S _s -D 1 +-	壁部	-67977	-11490	58.36	435	0.14
		底版部	104312	426	96.04	435	0.23
④	S _s -D 1 +-	壁部	-66034	-11304	56.16	435	0.13
		底版部	119372	222	109.60	435	0.26
⑤	S _s -D 1 +-	壁部	-67926	-10555	61.83	435	0.15
		底版部	114484	-5382	98.65	435	0.23
⑥	S _s -D 1 +-	壁部	-65129	-10495	57.85	435	0.14
		底版部	104768	-7417	87.44	435	0.21

表 5.2-9 (1) 曲げ軸力 (圧縮) に対する照査 (B-B 断面)

検討ケース	地震動	部材	曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)	発生曲げ 応力度 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	照査値
①	S _s -D 1 ++	梁部	17433	-498	1.21	21	0.06
		壁部	-18879	-16504	1.42	21	0.07
		底版部	49017	-50934	1.26	21	0.06
	S _s -D 1 +-	梁部	17162	-1344	1.24	21	0.06
		壁部	-19211	-16385	1.44	21	0.07
		底版部	47330	-57064	1.27	21	0.07
	S _s -D 1 -+	梁部	-16907	-2205	1.25	21	0.06
		壁部	18655	-15816	1.40	21	0.07
		底版部	63965	-45580	1.55	21	0.08
	S _s -D 1 --	梁部	-17528	-2359	1.30	21	0.07
		壁部	19133	-15720	1.42	21	0.07
		底版部	64043	-45575	1.55	21	0.08
	S _s -1 1	梁部	15853	-1307	1.15	21	0.06
		壁部	10316	-11580	1.17	21	0.06
		底版部	28320	-784	0.62	21	0.03
	S _s -1 2	梁部	15263	-1438	1.11	21	0.06
		壁部	10374	-11590	1.18	21	0.06
		底版部	42029	-30344	1.02	21	0.05
	S _s -1 3	梁部	15173	-1493	1.11	21	0.06
		壁部	10804	-11700	1.21	21	0.06
		底版部	-24370	-60286	0.95	21	0.05
	S _s -1 4	梁部	14944	-1205	1.08	21	0.06
		壁部	8426	-10501	1.00	21	0.05
		底版部	21672	-6852	0.51	21	0.03
S _s -2 1	梁部	15672	-940	1.12	21	0.06	
	壁部	-9313	-10753	1.07	21	0.06	
	底版部	24730	-6755	0.57	21	0.03	
S _s -2 2	梁部	15732	-1038	1.13	21	0.06	
	壁部	-16556	-14264	1.24	21	0.06	
	底版部	36975	-23616	0.89	21	0.05	

表 5.2-9 (2) 曲げ軸力 (圧縮) に対する照査 (B-B 断面)

検討ケース	地震動	部材	曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)	発生曲げ 応力度 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	照査値
①	S _s -3 1 ++	梁部	-19533	-1919	1.42	21	0.07
		壁部	-15513	-11395	1.60	21	0.08
		底版部	-62111	-11716	1.42	21	0.07
	S _s -3 1 -+	梁部	-21179	-2475	1.56	21	0.08
		壁部	15595	-11686	1.61	21	0.08
		底版部	69634	3802	1.46	21	0.07
②	S _s -D 1 +-	梁部	17952	-351	1.24	21	0.06
		壁部	-11504	-12685	1.30	21	0.07
		底版部	60112	-42267	1.46	21	0.07
③	S _s -D 1 +-	梁部	17341	-852	1.23	21	0.06
		壁部	-18899	-16227	1.42	21	0.07
		底版部	55667	-38952	1.35	21	0.07
④	S _s -D 1 +-	梁部	-22913	-3100	1.70	21	0.09
		壁部	-27052	-18408	1.95	21	0.10
		底版部	69767	-43332	1.68	21	0.08
⑤	S _s -D 1 +-	梁部	-17080	-2078	1.26	21	0.06
		壁部	12820	-10660	1.35	21	0.07
		底版部	52101	-7747	1.18	21	0.06
⑥	S _s -D 1 +-	梁部	17000	-1227	1.22	21	0.06
		壁部	-11521	-12454	1.29	21	0.07
		底版部	49354	-2218	1.08	21	0.06

表 5.2-10 (1) 曲げ軸力 (引張) に対する照査 (B-B 断面)

検討ケース	地震動	部材	曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)	発生曲げ 応力度 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	照査値
①	S _s -D 1 ++	梁部	16172	356	54.26	435	0.13
		壁部	-18789	-7031	19.86	435	0.05
		底版部	-45187	62384	99.68	435	0.23
	S _s -D 1 +-	梁部	16623	432	56.40	435	0.13
		壁部	-18308	-6414	20.16	435	0.05
		底版部	-45625	62672	100.33	435	0.24
	S _s -D 1 -+	梁部	14311	436	49.16	435	0.12
		壁部	18219	-7010	18.91	435	0.05
		底版部	-31591	57632	83.65	435	0.20
	S _s -D 1 --	梁部	16475	-346	48.68	435	0.12
		壁部	18217	-6818	19.25	435	0.05
		底版部	49224	44974	85.67	435	0.20
	S _s -1 1	梁部	11184	446	39.42	435	0.10
		壁部	11489	-6793	8.00	435	0.02
		底版部	-8182	19985	26.70	435	0.07
	S _s -1 2	梁部	12585	-150	38.24	435	0.09
		壁部	13300	-6714	11.05	435	0.03
		底版部	36209	40493	70.41	435	0.17
	S _s -1 3	梁部	12156	-145	36.93	435	0.09
		壁部	12756	-6614	10.32	435	0.03
		底版部	33622	39167	66.94	435	0.16
S _s -1 4	梁部	11724	10	37.01	435	0.09	
	壁部	-11861	-8385	6.36	435	0.02	
	底版部	18544	120	14.46	435	0.04	
S _s -2 1	梁部	15708	-482	45.03	435	0.11	
	壁部	13583	-7886	9.67	435	0.03	
	底版部	31555	14496	39.56	435	0.10	
S _s -2 2	梁部	13766	-188	41.61	435	0.10	
	壁部	-13742	-5986	13.02	435	0.03	
	底版部	21787	29734	47.72	435	0.11	

表 5.2-10 (2) 曲げ軸力 (引張) に対する照査 (B-B断面)

検討ケース	地震動	部材	曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)	発生曲げ 応力度 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	照査値
①	S _s -3 1 ++	梁部	17188	1474	68.20	435	0.16
		壁部	20460	-5237	26.23	435	0.07
		底版部	-42958	43711	79.23	435	0.19
	S _s -3 1 -+	梁部	16737	1095	63.10	435	0.15
		壁部	10902	-609	26.62	435	0.07
		底版部	68729	9061	62.37	435	0.15
②	S _s -D 1 +-	梁部	16511	455	56.26	435	0.13
		壁部	15507	-6006	16.02	435	0.04
		底版部	-40982	71169	104.94	435	0.25
③	S _s -D 1 +-	梁部	16604	500	56.98	435	0.14
		壁部	-18417	-6640	19.93	435	0.05
		底版部	-46751	66863	105.44	435	0.25
④	S _s -D 1 +-	梁部	17544	1439	68.96	435	0.16
		壁部	-22805	-4279	32.37	435	0.08
		底版部	-73211	66733	127.26	435	0.30
⑤	S _s -D 1 +-	梁部	12008	724	44.68	435	0.11
		壁部	7379	-1693	14.17	435	0.04
		底版部	51470	-14	39.79	435	0.10
⑥	S _s -D 1 +-	梁部	12766	494	44.85	435	0.11
		壁部	-15088	-6707	14.06	435	0.04
		底版部	48026	672	37.81	435	0.09

b. せん断に対する照査

断面計算に用いた断面諸元は前出の表 5.2-6 及び表 5.2-11 に、せん断に対する照査結果を表 5.2-12 及び表 5.2-13 に示す。

鉄筋コンクリートにおける許容応力度法による照査を行った結果、せん断力が許容せん断力以下であることを確認した。なお、発生応力は各地震動において最大となる値を示している。

表 5.2-11 鉄筋コンクリート断面諸元

断面	部材	斜め引張鉄筋	区間 s (m)	区間 s における斜め引張鉄筋断面積 (cm ²)
A-A	壁部	D19-8 本	0.3	22.92
	底版部	D25-45 本	0.3	228.015
B-B	梁部	D25-2 本	0.3	10.134
	壁部	D19-8~13 本	0.3	22.920~37.245
	底版部	D25-78 本	0.3	395.226



図 5.2-3 概略せん断補強筋配置図 (A-A断面)

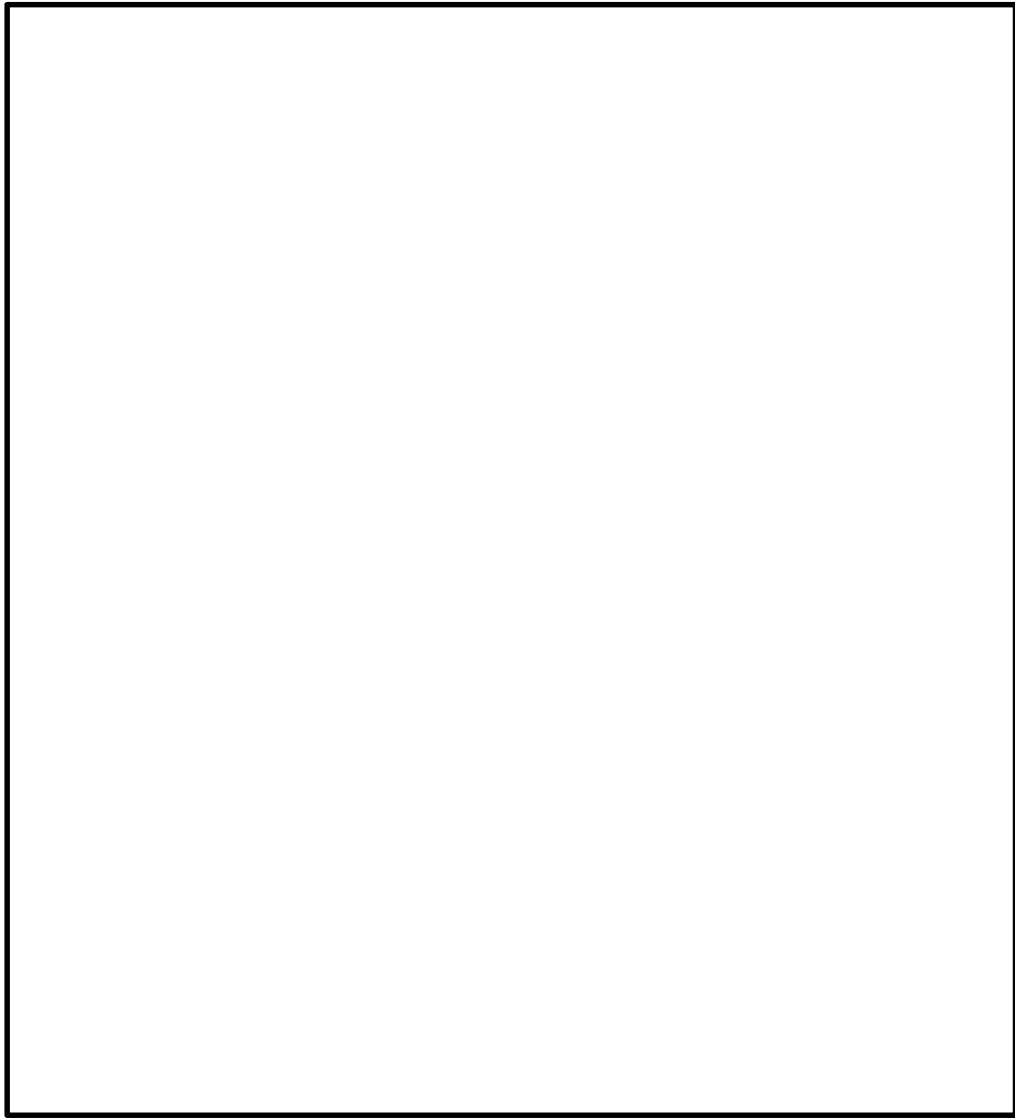


図 5.2-4 概略せん断補強筋配置図 (B-B断面)

A-A断面における斜め引張鉄筋を考慮した許容せん断力を以下に計算する。

$$V_a = V_c + V_s$$

$$V_c = \frac{1}{2} \tau_{al} b_w j d$$

$$V_s = \frac{A_w \cdot \sigma_{sa} \cdot j \cdot d}{s}$$

ここで

V_a : 許容せん断力

V_c : コンクリートの許容せん断力

V_s : 斜め引張鉄筋の許容せん断力

τ_{al} : 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 : 断面幅

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

壁部 : $V_c = 1/2 \times 0.825 / 1.15 \times 6.9 \times 3.45 \times 1000 = 8538.75$

$V_s = 2292 \times 300 / 1.15 \times 6.9 / 0.3 / 1000 = 13752.00$

$V_a = 8538.75 + 13752.00 = 22290.75$

※柱1本あたり

底版部

: $V_c = 1/2 \times 0.825 / 1.15 \times 3.0 \times 14 \times 1000 = 15065.21$

$V_s = 22801.5 \times 300 / 1.15 \times 3.0 / 0.3 / 1000 = 59482.17$

$V_a = 15065.21 + 59482.17 = 74547.38$

表 5.2-12 せん断力に対する照査（A-A断面）

検討ケース	地震動	部材	せん断力 (kN)	許容 せん断力 (kN)	照査値
①	S _s -D 1 ++	壁部	6163	22290.7	0.27
		底版部	47583	74547.3	0.63
	S _s -D 1 +-	壁部	6129	22290.7	0.27
		底版部	46492	74547.3	0.62
	S _s -D 1 -+	壁部	5707	22290.7	0.25
		底版部	44444	74547.3	0.59
	S _s -D 1 --	壁部	5626	22290.7	0.25
		底版部	44416	74547.3	0.59
	S _s -1 1	壁部	2814	22290.7	0.12
		底版部	23820	74547.3	0.31
	S _s -1 2	壁部	3698	22290.7	0.16
		底版部	29130	74547.3	0.39
	S _s -1 3	壁部	3391	22290.7	0.15
		底版部	27126	74547.3	0.36
	S _s -1 4	壁部	3131	22290.7	0.14
		底版部	26017	74547.3	0.34
	S _s -2 1	壁部	5071	22290.7	0.22
		底版部	38829	74547.3	0.52
	S _s -2 2	壁部	4447	22290.7	0.19
		底版部	31463	74547.3	0.42
S _s -3 1 ++	壁部	5003	22290.7	0.22	
	底版部	38525	74547.3	0.51	
S _s -3 1 -+	壁部	5392	22290.7	0.24	
	底版部	40936	74547.3	0.54	
②	S _s -D 1 +-	壁部	5992	22290.7	0.26
		底版部	41776	74547.3	0.56
③	S _s -D 1 +-	壁部	6259	22290.7	0.28
		底版部	46804	74547.3	0.62
④	S _s -D 1 +-	壁部	6007	22290.7	0.26
		底版部	53516	74547.3	0.71
⑤	S _s -D 1 +-	壁部	6721	22290.7	0.3
		底版部	44698	74547.3	0.59
⑥	S _s -D 1 +-	壁部	6599	22290.7	0.29
		底版部	40708	74547.3	0.54

B-B断面における斜め引張鉄筋を考慮した許容せん断力を以下に計算する。

$$V_a = V_c + V_s$$

$$V_c = \frac{1}{2} \tau_{al} b_w j d$$

$$V_s = \frac{A_w \cdot \sigma_{sa} \cdot j \cdot d}{s}$$

ここで

V_a : 許容せん断力

V_c : コンクリートの許容せん断力

V_s : 斜め引張鉄筋の許容せん断力

τ_{al} : 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 : 断面幅

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

梁部 : $V_c = 1/2 \times 0.825 / 1.15 \times 6.9 \times 1.85 \times 1000 = 4578.75$
 $V_s = 1013.4 \times 300 / 1.15 \times 6.9 / 0.3 / 1000 = 6080.40$
 $V_a = 4578.75 + 6080.40 = 10659.1$

壁部 : $V_c = 1/2 \times 0.825 / 1.15 \times 2.85 \times 7.381 \times 1000 = 7545.47$
 $V_s = 3438 \times 300 / 1.15 \times 2.85 / 0.3 / 1000 = 8520.26$
 $V_a = 7545.47 + 8520.26 = 16065.7$

底版部 : $V_c = 1/2 \times 0.825 / 1.15 \times 2.95 \times 24 \times 1000 = 25395.65$
 $V_s = 39522.6 \times 300 / 1.15 \times 2.95 / 0.3 / 1000 = 101384.06$
 $V_a = 25395.65 + 101384.06 = 126779.7$

表 5.2-13 (1) せん断力に対する照査 (B-B断面)

検討ケース	地震動	部材	せん断力 (kN)	許容 せん断力 (kN)	照査値
①	S _s -D 1 ++	梁部	7520	10659.1	0.71
		壁部	5051	16065.7	0.32
		底版部	42515	126779.7	0.34
	S _s -D 1 +-	梁部	8100	10659.1	0.76
		壁部	5110	16065.7	0.32
		底版部	43319	126779.7	0.35
	S _s -D 1 -+	梁部	7552	10659.1	0.71
		壁部	5116	16065.7	0.32
		底版部	40792	126779.7	0.33
	S _s -D 1 --	梁部	8193	10659.1	0.77
		壁部	5199	16065.7	0.33
		底版部	39963	126779.7	0.32
	S _s -1 1	梁部	7347	10659.1	0.69
		壁部	3860	16065.7	0.25
		底版部	17717	126779.7	0.14
	S _s -1 2	梁部	7292	10659.1	0.69
		壁部	4077	16065.7	0.26
		底版部	26592	126779.7	0.21
	S _s -1 3	梁部	7455	10659.1	0.70
		壁部	4150	16065.7	0.26
		底版部	24806	126779.7	0.20
	S _s -1 4	梁部	6478	10659.1	0.61
		壁部	3636	16065.7	0.23
		底版部	14516	126779.7	0.12
S _s -2 1	梁部	6749	10659.1	0.64	
	壁部	3789	16065.7	0.24	
	底版部	21177	126779.7	0.17	
S _s -2 2	梁部	7516	10659.1	0.71	
	壁部	4558	16065.7	0.29	
	底版部	24551	126779.7	0.20	

表 5.2-13 (2) せん断力に対する照査 (B-B断面)

検討ケース	地震動	部材	せん断力 (kN)	許容 せん断力 (kN)	照査値
①	S _s -3 1 ++	梁部	8205	10659.1	0.77
		壁部	5601	16065.7	0.35
		底版部	47068	126779.7	0.38
	S _s -3 1 -+	梁部	8463	10659.1	0.80
		壁部	6117	16065.7	0.39
		底版部	47040	126779.7	0.38
②	S _s -D 1 +-	梁部	7999	10659.1	0.76
		壁部	4158	16065.7	0.26
		底版部	37672	126779.7	0.30
③	S _s -D 1 +-	梁部	7690	10659.1	0.73
		壁部	4949	16065.7	0.31
		底版部	42981	126779.7	0.34
④	S _s -D 1 +-	梁部	9226	10659.1	0.87
		壁部	7008	16065.7	0.44
		底版部	51653	126779.7	0.41
⑤	S _s -D 1 +-	梁部	8075	10659.1	0.76
		壁部	4886	16065.7	0.31
		底版部	36711	126779.7	0.29
⑥	S _s -D 1 +-	梁部	7875	10659.1	0.74
		壁部	4663	16065.7	0.30
		底版部	34926	126779.7	0.28

(3) 基礎地盤の支持力に対する評価結果

基礎地盤の支持力に対する照査結果を表 5.2-14 及び表 5.2-15 に示す。

基礎地盤の支持力に対する照査を行った結果、接地圧が極限支持力度以下であることを確認した。

表 5.2-14 極限支持力に対する安全率（A-A断面）

検討ケース	地震動	杭番号	最大接地圧 (kN/m ²)	極限支持力度 (kN/m ²)
①	S _s -D 1 ++	4	882	5472
	S _s -D 1 +-	4	935	5472
	S _s -D 1 -+	1	878	5472
	S _s -D 1 --	1	927	5472
	S _s - 1 1	1	659	5472
	S _s - 1 2	1	696	5472
	S _s - 1 3	2	670	5472
	S _s - 1 4	4	679	5472
	S _s - 2 1	4	850	5472
	S _s - 2 2	1	771	5472
	S _s - 3 1 ++	4	756	5472
	S _s - 3 1 -+	1	784	5472
	②	S _s -D 1 +-	4	923
③	S _s -D 1 +-	4	949	5472
④	S _s -D 1 +-	1	975	5472
⑤	S _s -D 1 +-	4	870	5472
⑥	S _s -D 1 +-	4	862	5472

表 5.2-15 極限支持力に対する安全率 (B-B断面)

検討ケース	地震動	杭番号	最大接地圧 (kN/m ²)	極限支持力度 (kN/m ²)
①	S _s -D 1 ++	4	810	5472
	S _s -D 1 +-	4	831	5472
	S _s -D 1 -+	1	763	5472
	S _s -D 1 --	1	772	5472
	S _s - 1 1	1	650	5472
	S _s - 1 2	1	676	5472
	S _s - 1 3	1	672	5472
	S _s - 1 4	1	606	5472
	S _s - 2 1	4	687	5472
	S _s - 2 2	1	668	5472
	S _s - 3 1 ++	4	721	5472
	S _s - 3 1 -+	4	693	5472
	②	S _s -D 1 +-	4	820
③	S _s -D 1 +-	4	841	5472
④	S _s -D 1 +-	4	900	5472
⑤	S _s -D 1 +-	4	752	5472
⑥	S _s -D 1 +-	4	743	5472

杭の引抜力に対する照査は、杭天端に発生する最大引抜力に対して評価を行う。照査結果を表 5.2-16 及び表 5.2-17 に示す。杭の引抜力に対する照査を行った結果、最大引抜力が極限支持力以下であることを確認した。

表 5.2-16 地震時の引抜力に対する照査 (A-A断面)

検討ケース	地震動	杭番号	最大引抜力 (kN)	極限支持力 (kN)	
①	$S_s-D 1 ++$	4	5725	18276	
	$S_s-D 1 +-$	4	5745	18276	
	$S_s-D 1 -+$	1	5555	18276	
	$S_s-D 1 --$	1	5643	18276	
	$S_s-1 1$	1	908	18276	
	$S_s-1 2$	4	2034	18276	
	$S_s-1 3$	4	1529	18276	
	$S_s-1 4$	4	1214	18276	
	$S_s-2 1$	1	4035	18276	
	$S_s-2 2$	4	3365	18276	
	$S_s-3 1 ++$	1	3423	18276	
	$S_s-3 1 -+$	4	3485	18276	
	②	$S_s-D 1 +-$	4	5120	18276
	③	$S_s-D 1 +-$	4	5855	18276
④	$S_s-D 1 +-$	4	7685	18276	
⑤	$S_s-D 1 +-$	4	4915	18276	
⑥	$S_s-D 1 +-$	4	4243	18276	

表 5.2-17 地震時の引抜力に対する照査 (B-B断面)

検討ケース	地震動	杭番号	最大引抜力 (kN)	極限支持力 (kN)	
①	$S_s-D 1 ++$	4	9338	18276	
	$S_s-D 1 +-$	4	9268	18276	
	$S_s-D 1 -+$	4	9755	18276	
	$S_s-D 1 --$	4	10003	18276	
	$S_s-1 1$	4	2485	18276	
	$S_s-1 2$	4	6218	18276	
	$S_s-1 3$	4	5738	18276	
	$S_s-1 4$	4	1256	18276	
	$S_s-2 1$	4	3118	18276	
	$S_s-2 2$	4	4845	18276	
	$S_s-3 1 ++$	1	8783	18276	
	$S_s-3 1 -+$	4	8880	18276	
	②	$S_s-D 1 +-$	4	9120	18276
	③	$S_s-D 1 +-$	4	8725	18276
④	$S_s-D 1 +-$	4	9865	18276	
⑤	$S_s-D 1 +-$	4	5988	18276	
⑥	$S_s-D 1 +-$	4	5318	18276	

(4) 止水ジョイント部の相対変位量に対する評価結果

地震時の止水ジョイント部の相対変位量に対する照査結果を表 5.2-18 及び表 5.2-19 に示す。なお、詳細な算出方法については「6.12 止水ジョイント部材の相対変位量に関する補足説明」に示す。

重畳時の止水ジョイント部の相対変位量に対する照査を行った結果、相対変位量が許容限界以下であることを確認した。

表 5.2-18 横断方向相対変位比較

検討ケース	地震波	地震時相対変位量[m]
		A-A断面
①	Ss-D1 (++)	0.129
	Ss-D1 (+-)	0.130
	Ss-D1 (-+)	0.126
	Ss-D1 (--)	0.126
	Ss-11	0.026
	Ss-12	0.054
	Ss-13	0.045
	Ss-14	0.041
	Ss-21	0.087
	Ss-22	0.072
	Ss-31(++)	0.108
	Ss-31(-+)	0.110
④	Ss-D1 (+-)	0.176

表 5.2-19 地震時相対変位量

	δx [m]	δy [m]	δz [m]	3成分合成[m]
地震時相対変位量	0.176	0.156	0.037	0.238

5.3 まとめ

「5.1 有効応力解析結果」及び「5.2 耐震評価結果」による全ての評価項目において、防潮扉 2 基礎の評価対象部位に作用する応力の照査値、基礎地盤の接地圧、杭の引抜力、止水ジョイント部における相対変位が許容限界以下であることを確認した。

防潮扉 2 基礎の耐震安全性評価に関する参考資料

(参考) 6.5-1

(参考1) 減衰の設定について

地震応答解析における減衰については、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。Rayleigh 減衰の設定は、地盤の低次のモードの変形が特に支配的となる地中埋設構造物のような地盤及び構造系全体に対して、その特定の振動モードの影響が大きいことを考慮し、かつ、振動モードの影響が全体系に占める割合の観点から、刺激係数に着目し行う。

固有値解析による刺激係数及びモード図を図 1-1 に示す。また、設定した Rayleigh 減衰を図 1-2 に示す。

1 次の基準モードについては、地盤及び構造系全体がせん断変形しているモードを選定している。

構造物の 1 次モードについては、刺激係数を勘案し構造系がせん断変形しているモードに着目することにより選定している。

なお、初期減衰定数は、地盤については 1% (解析における減衰は、ひずみが多い領域では履歴減衰が支配的となる。そのため、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。また、線形材料としてモデル化する鋼材については 3% (道路橋示方書 (V耐震設計編) 同解説 (平成 14 年 3 月)) とし、コンクリートの減衰定数は 5% (J E A G 4 6 0 1-1987) とする。

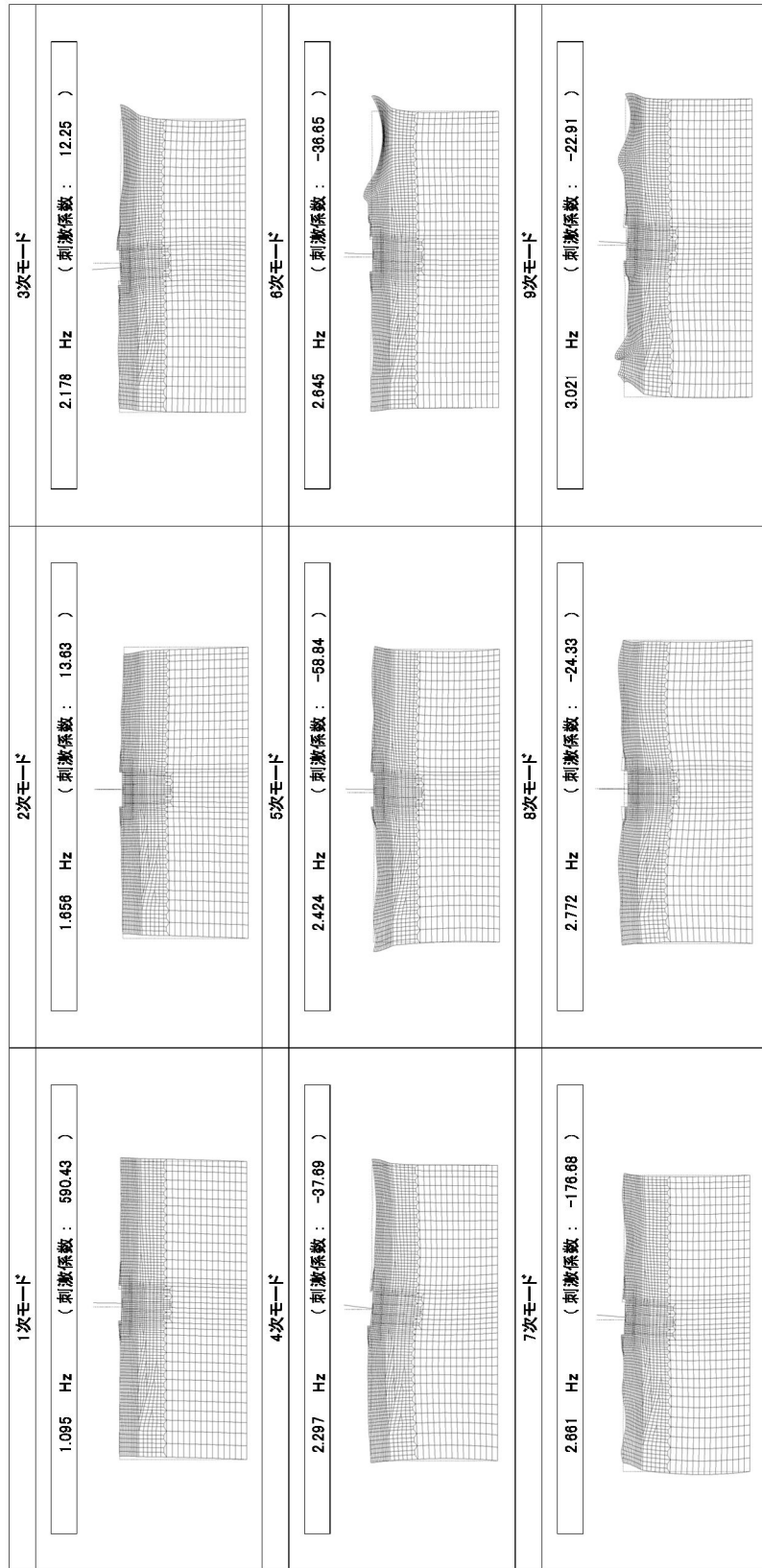


図 1-1 (1) 防潮扉 2 基礎の固有値解析結果

(A-A 断面 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)

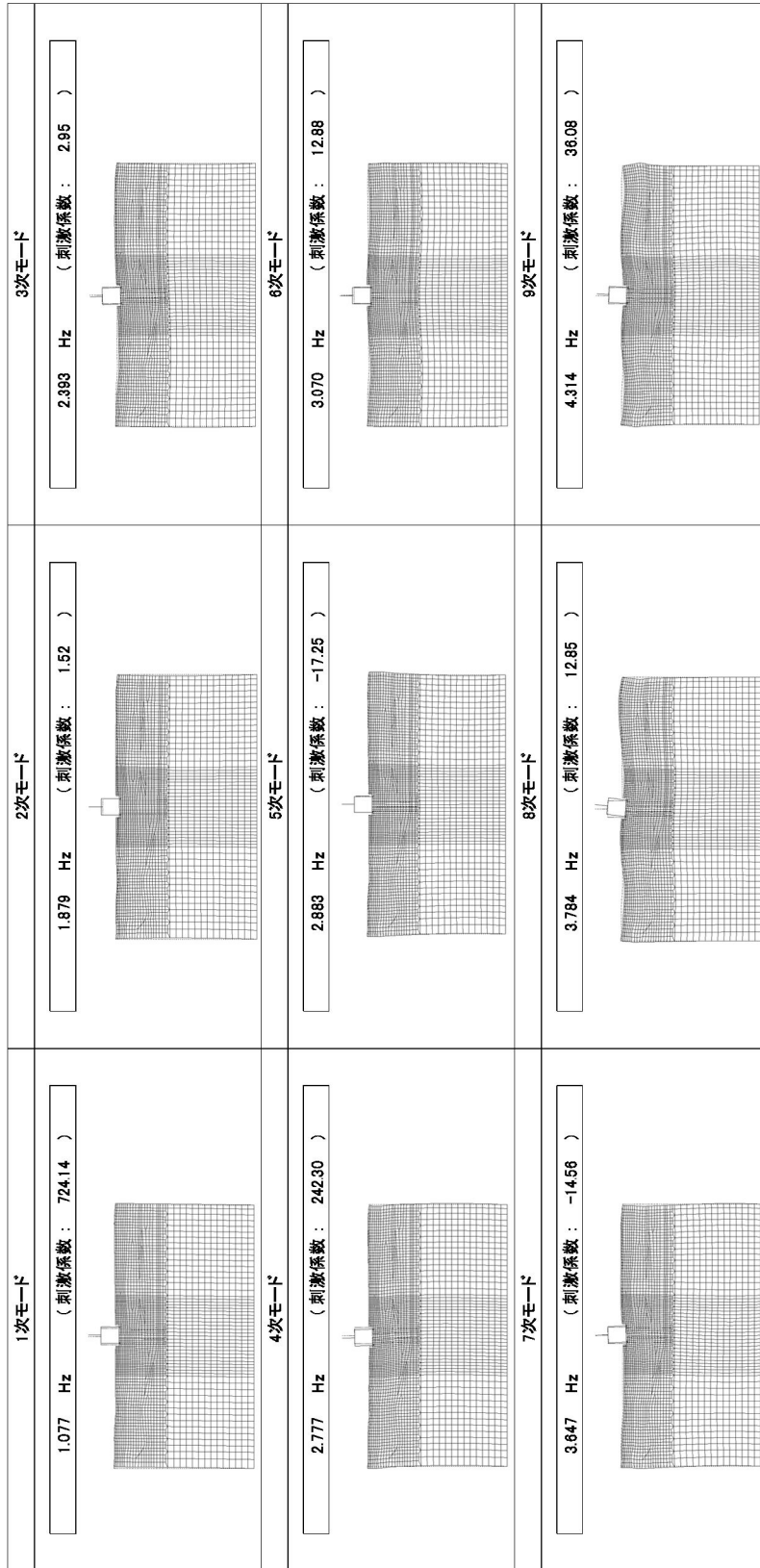


図 1-1 (2) 防潮扉 2 基礎の固有値解析結果

(B-B 断面 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)

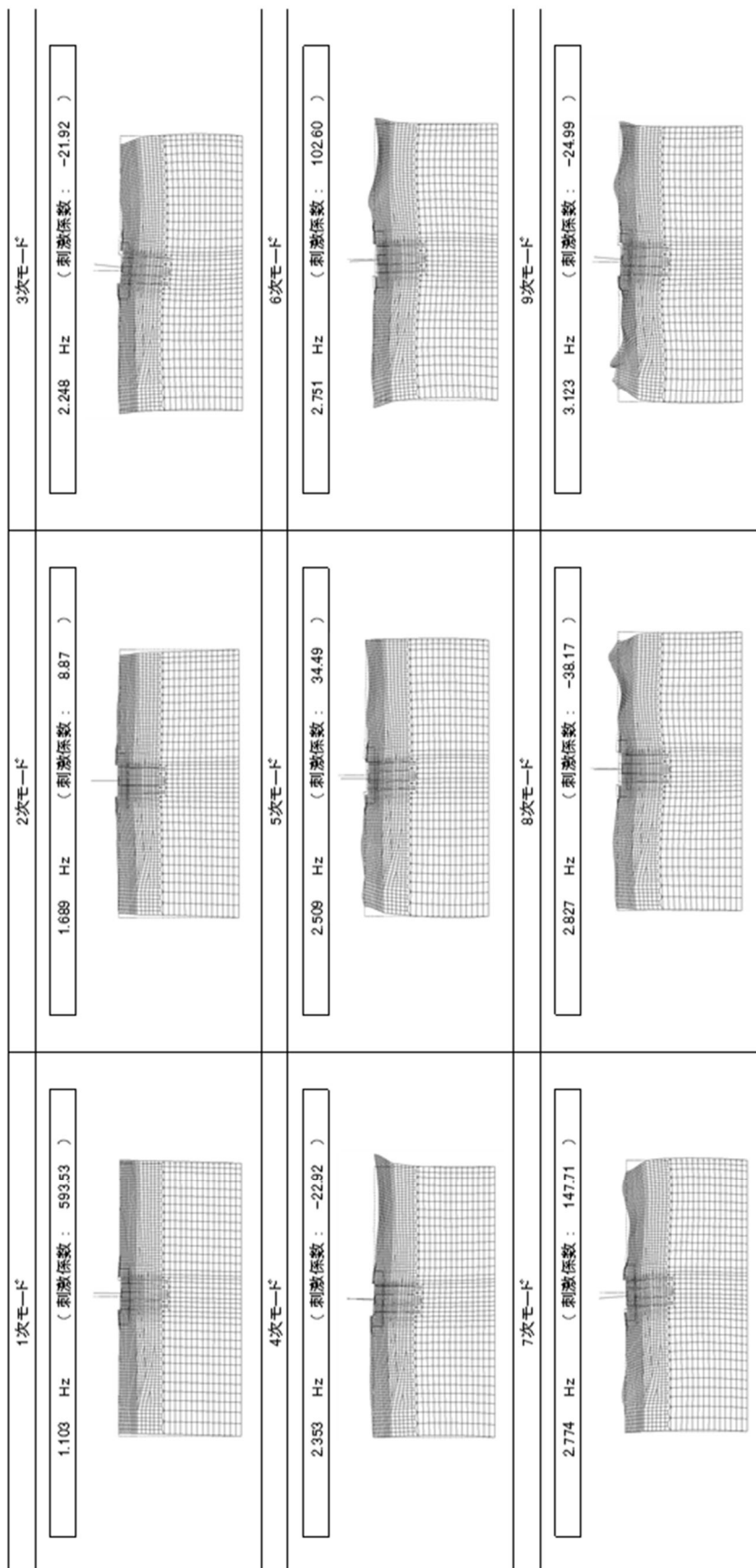


図1-1 (3) 防潮扉2基礎の固有値解析結果
 (A-A断面 検討ケース②: 地盤物性のばらつきを考慮 (+1σ) した解析ケース)

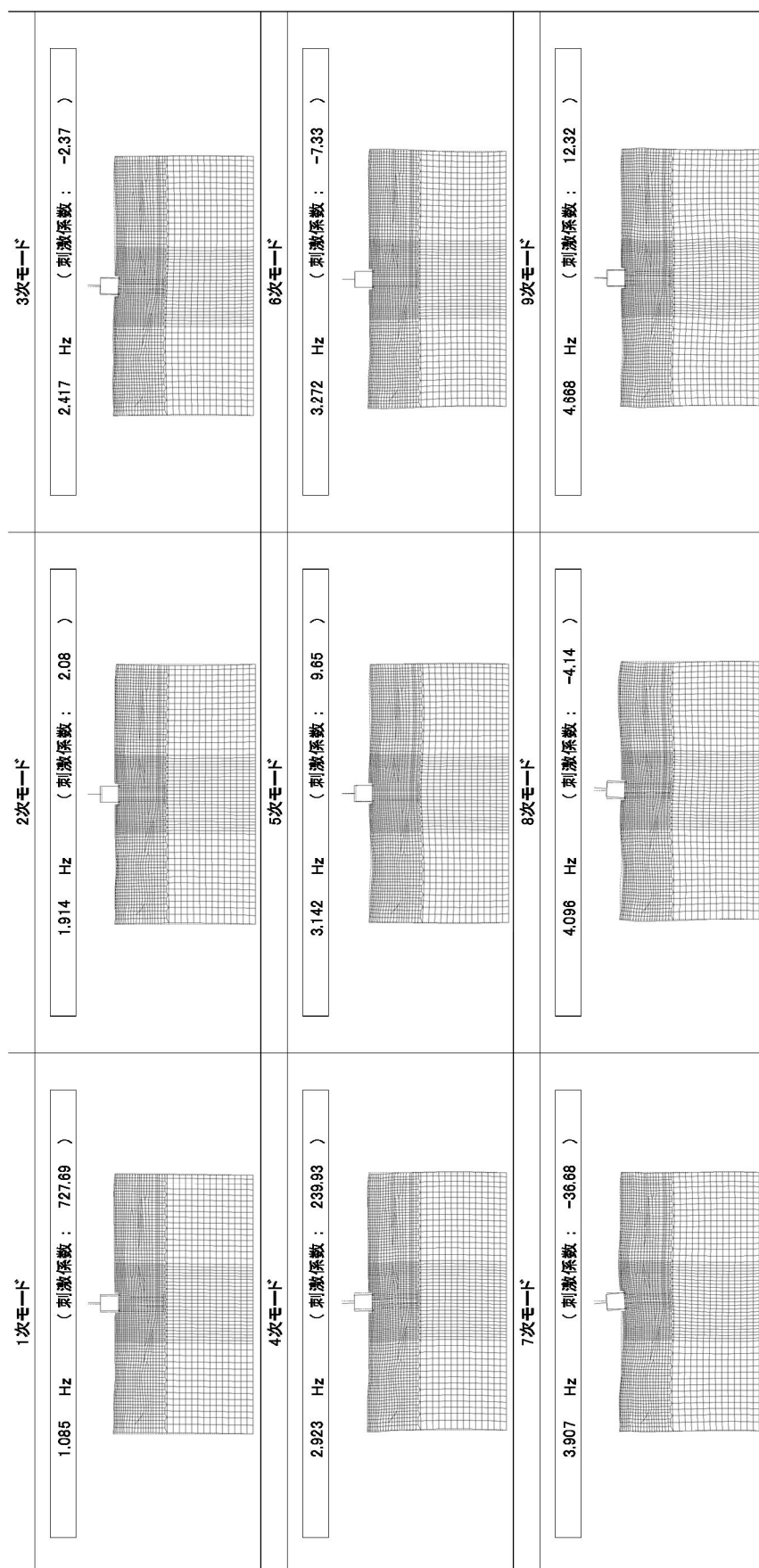


図 1-1 (4) 防潮扉 2 基礎の固有値解析結果
 (B-B 断面 検討ケース② : 地盤物性のばらつきを考慮 (+1σ) した解析ケース)

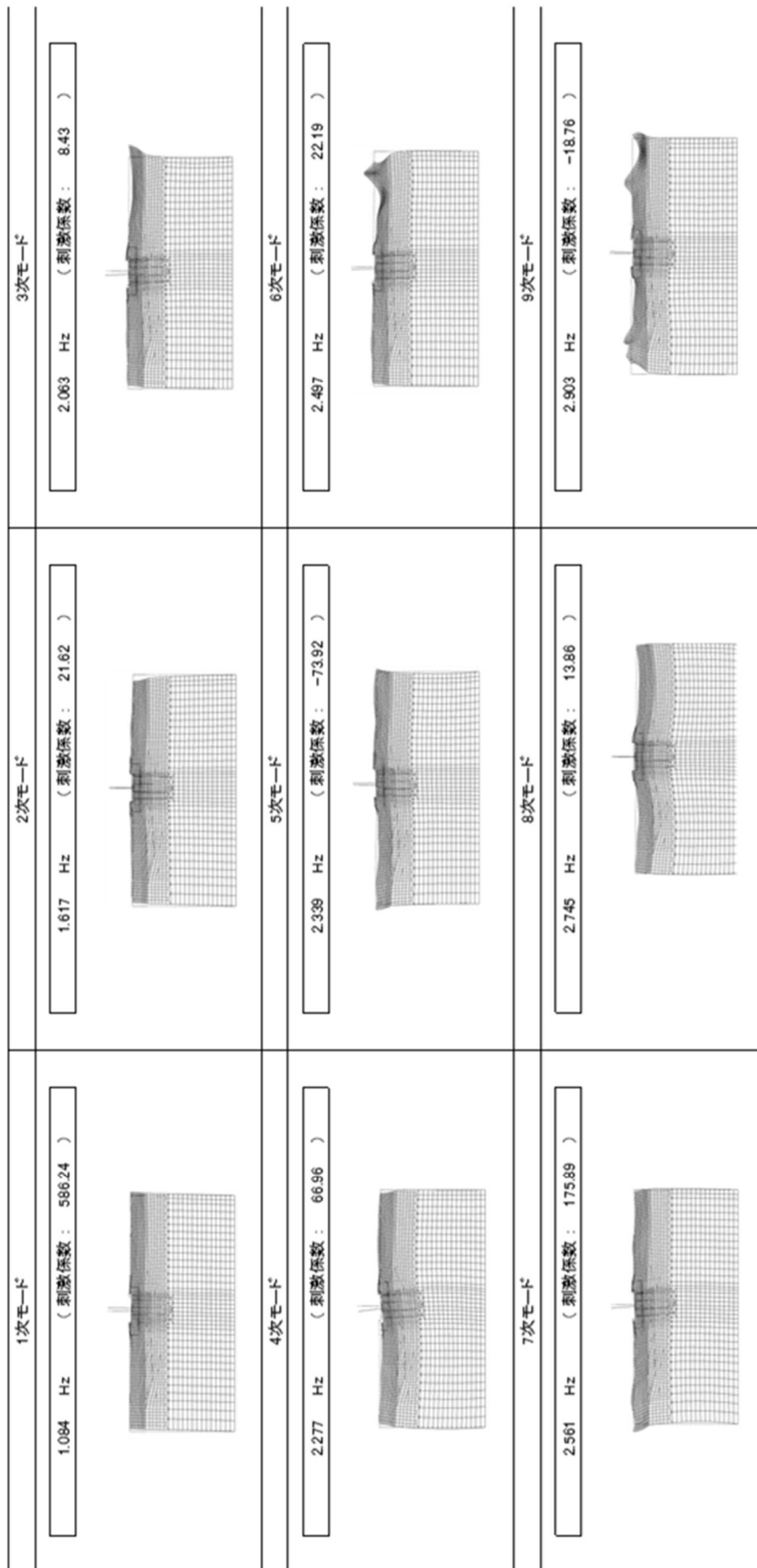


図 1-1 (5) 防潮扉 2 基礎の固有値解析結果

(A-A 断面 検討ケース③: 地盤物性のばらつきを考慮 (-1 σ) した解析ケース)

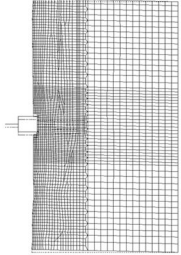
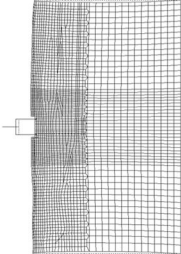
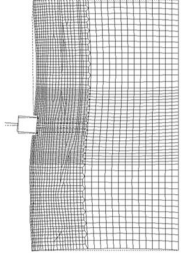
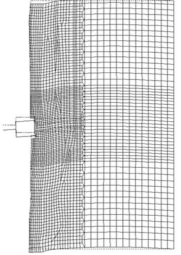
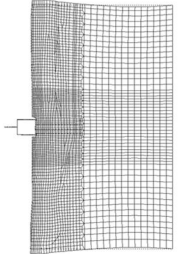
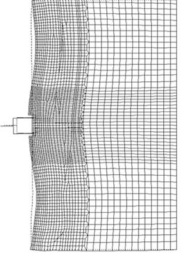
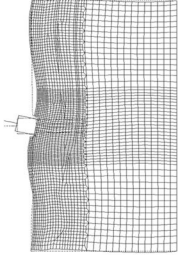
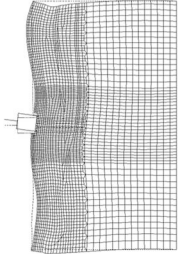
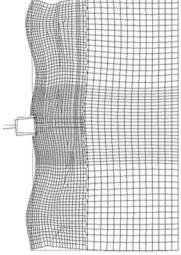
<p>1次モード</p> <p>1.068 Hz (刺激係数 : 719.97)</p> 	<p>2次モード</p> <p>1.883 Hz (刺激係数 : 2.84)</p> 	<p>3次モード</p> <p>2.383 Hz (刺激係数 : 3.59)</p> 
<p>4次モード</p> <p>2.640 Hz (刺激係数 : 249.11)</p> 	<p>5次モード</p> <p>2.985 Hz (刺激係数 : -3.94)</p> 	<p>6次モード</p> <p>3.034 Hz (刺激係数 : 12.55)</p> 
<p>7次モード</p> <p>3.648 Hz (刺激係数 : 19.93)</p> 	<p>8次モード</p> <p>3.752 Hz (刺激係数 : 3.36)</p> 	<p>9次モード</p> <p>4.259 Hz (刺激係数 : -41.23)</p> 

図 1-1 (6) 防潮扉 2 基礎の固有値解析結果

(B-B断面 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)

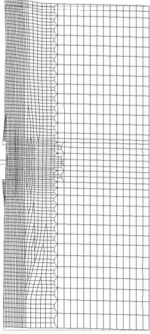
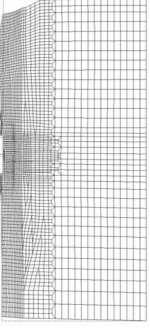
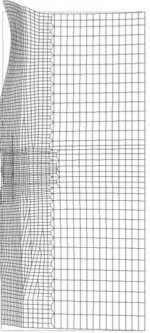
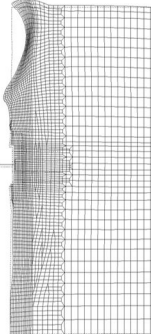
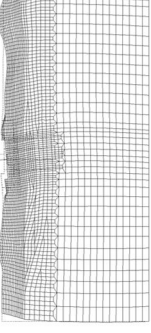
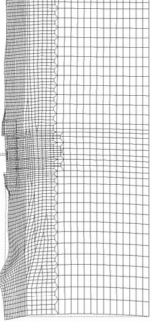
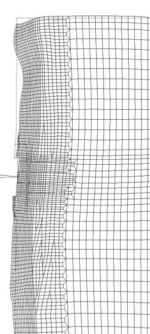
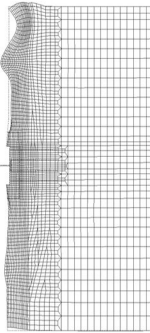
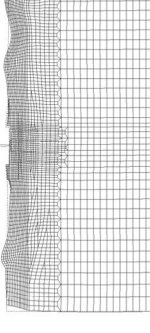
<p>1次モード</p> <p>1.032 Hz (刺激係数 : 550.38)</p> 	<p>2次モード</p> <p>1.361 Hz (刺激係数 : 143.41)</p> 	<p>3次モード</p> <p>1.734 Hz (刺激係数 : -4.55)</p> 
<p>4次モード</p> <p>1.974 Hz (刺激係数 : 62.58)</p> 	<p>5次モード</p> <p>2.103 Hz (刺激係数 : 132.48)</p> 	<p>6次モード</p> <p>2.222 Hz (刺激係数 : 167.32)</p> 
<p>7次モード</p> <p>2.310 Hz (刺激係数 : 16.42)</p> 	<p>8次モード</p> <p>2.364 Hz (刺激係数 : -29.73)</p> 	<p>9次モード</p> <p>2.535 Hz (刺激係数 : -64.69)</p> 

図 1-1 (7) 防潮扉 2 基礎の固有値解析結果

(A-A 断面 検討ケース④ : 敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく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)

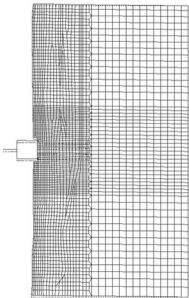
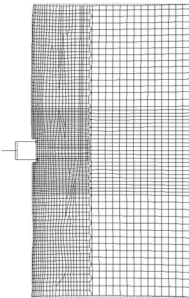
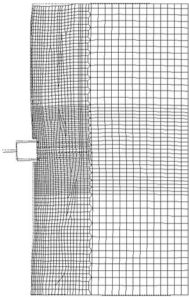
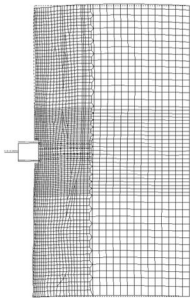
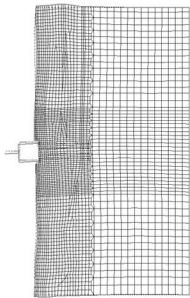
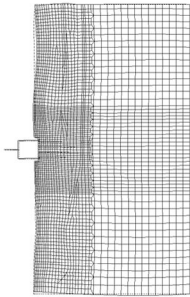
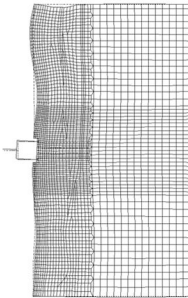
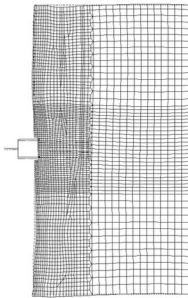
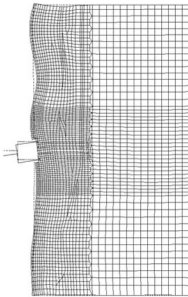
<p>1次モード</p> <p>1.047 Hz (刺激係数 : 706.91)</p> 	<p>2次モード</p> <p>1.846 Hz (刺激係数 : 32.82)</p> 	<p>3次モード</p> <p>2.312 Hz (刺激係数 : 164.87)</p> 
<p>4次モード</p> <p>2.422 Hz (刺激係数 : 187.33)</p> 	<p>5次モード</p> <p>2.751 Hz (刺激係数 : 82.99)</p> 	<p>6次モード</p> <p>2.849 Hz (刺激係数 : -76.73)</p> 
<p>7次モード</p> <p>3.295 Hz (刺激係数 : 0.16)</p> 	<p>8次モード</p> <p>3.437 Hz (刺激係数 : -5.52)</p> 	<p>9次モード</p> <p>3.868 Hz (刺激係数 : -43.03)</p> 

図 1-1 (8) 防潮扉 2 基礎の固有値解析結果

(B - B 断面 検討ケース④ : 敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく液化強度特性により地盤を強制的に液化化させることを仮定した解析ケース)

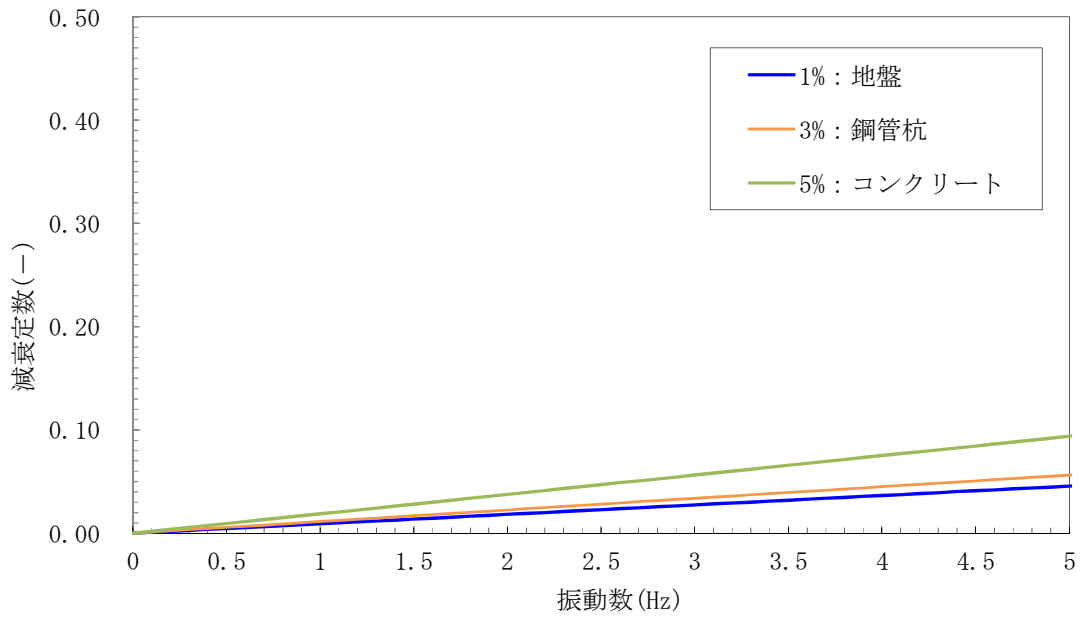


図 1-2 (1) 設定した Rayleigh 減衰

(A-A断面 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)

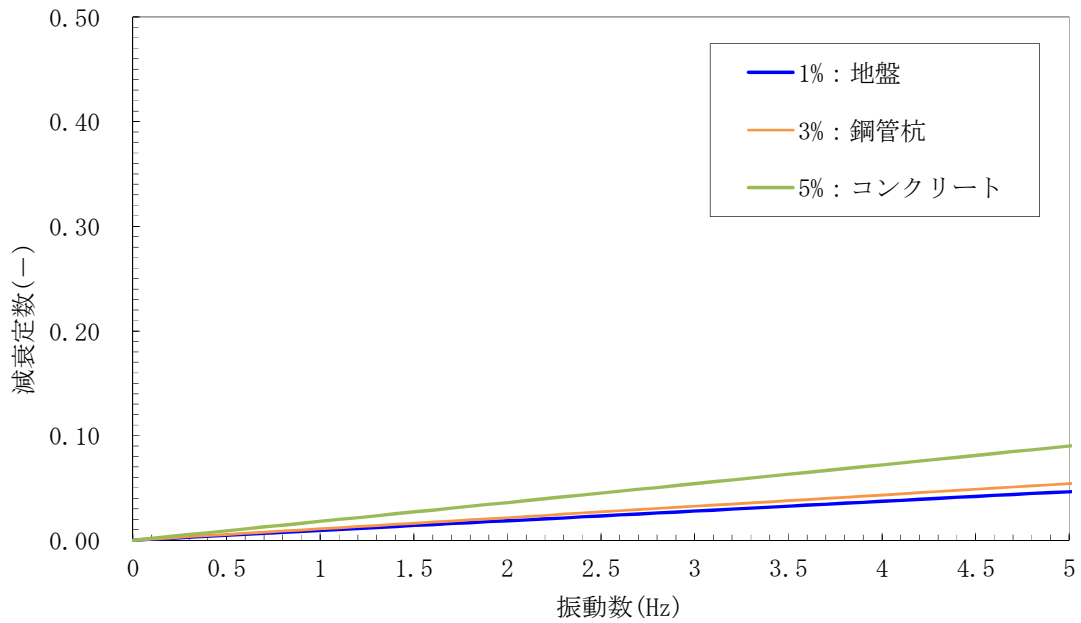


図 1-2 (2) 設定した Rayleigh 減衰

(B-B断面 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)

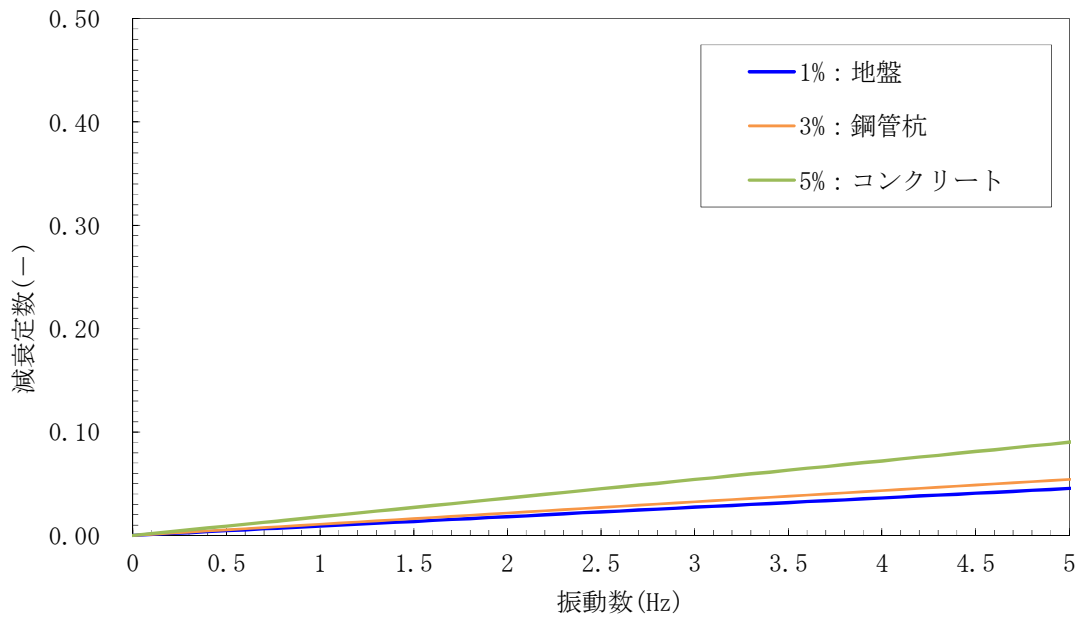


図 1-2 (3) 設定した Rayleigh 減衰
 (A-A断面 検討ケース②：地盤物性のばらつきを考慮 (+1σ) した解析ケース)

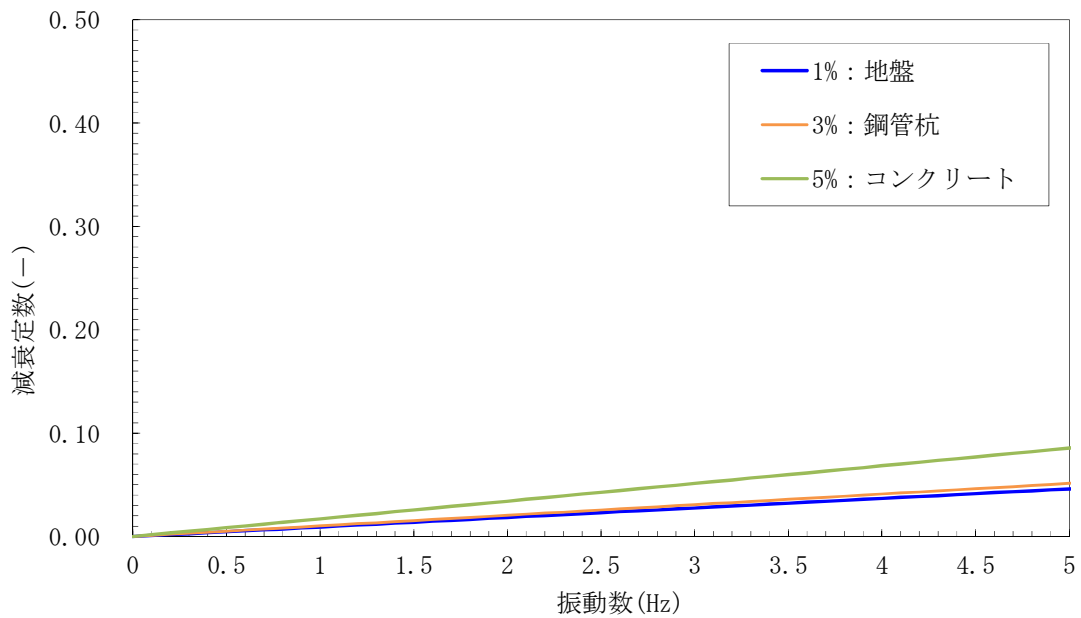


図 1-2 (4) 設定した Rayleigh 減衰
 (B-B断面 検討ケース②：地盤物性のばらつきを考慮 (+1σ) した解析ケース)

(参考) 6.5-12

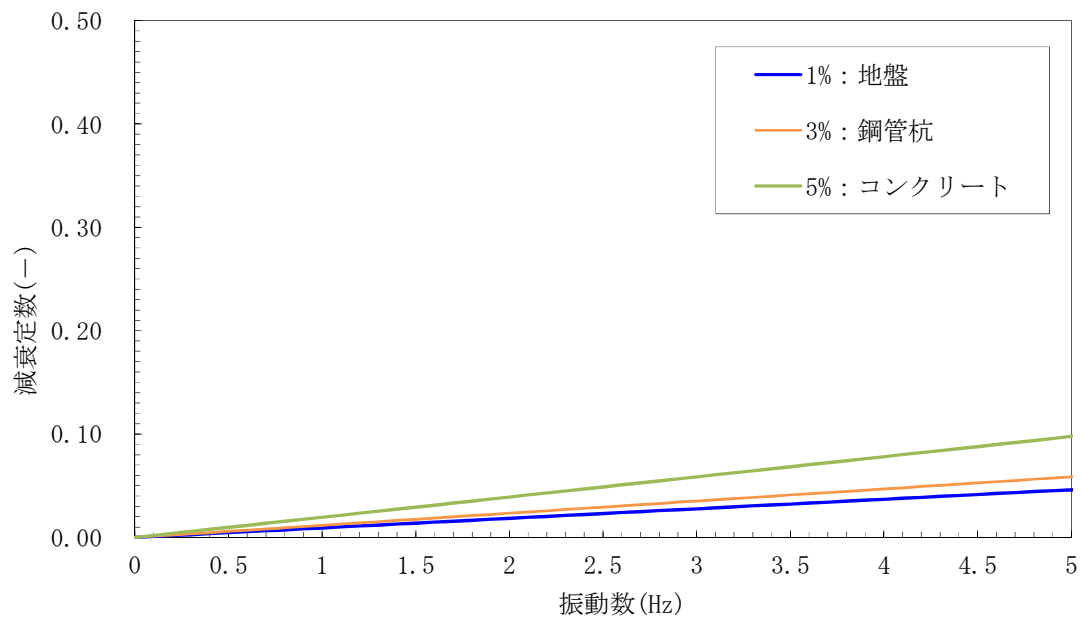


図 1-2 (5) 設定した Rayleigh 減衰
(A-A断面 検討ケース③：地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース)

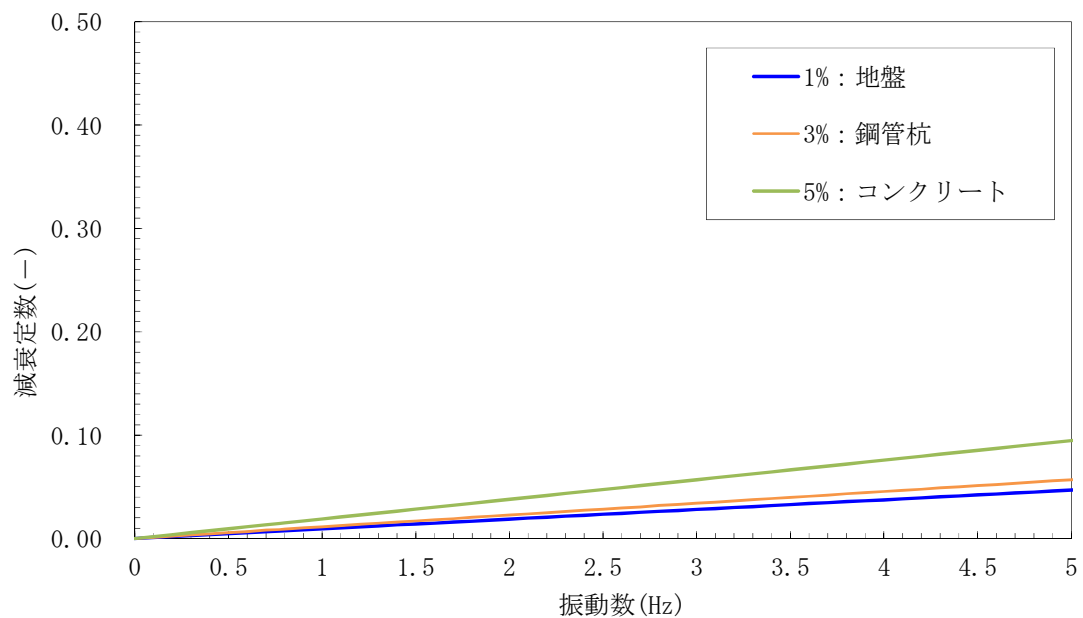


図 1-2 (6) 設定した Rayleigh 減衰
(B-B断面 検討ケース③：地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース)

(参考) 6.5-13

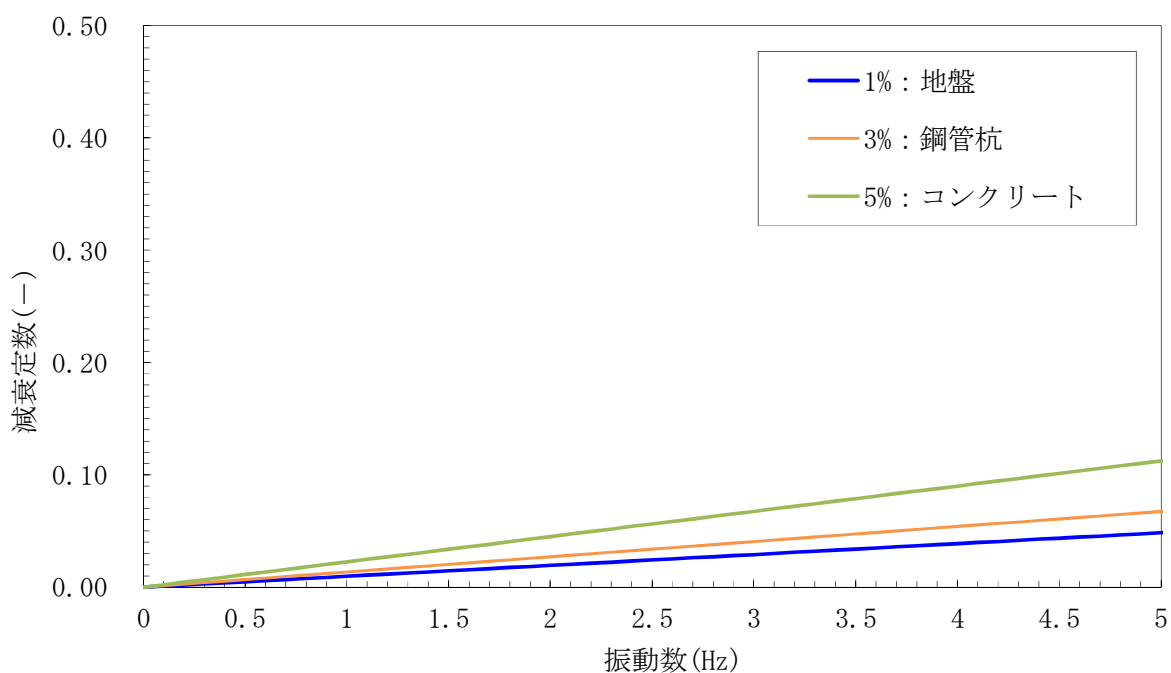


図 1-2 (7) 設定した Rayleigh 減衰

(A-A断面 検討ケース④) : 敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく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

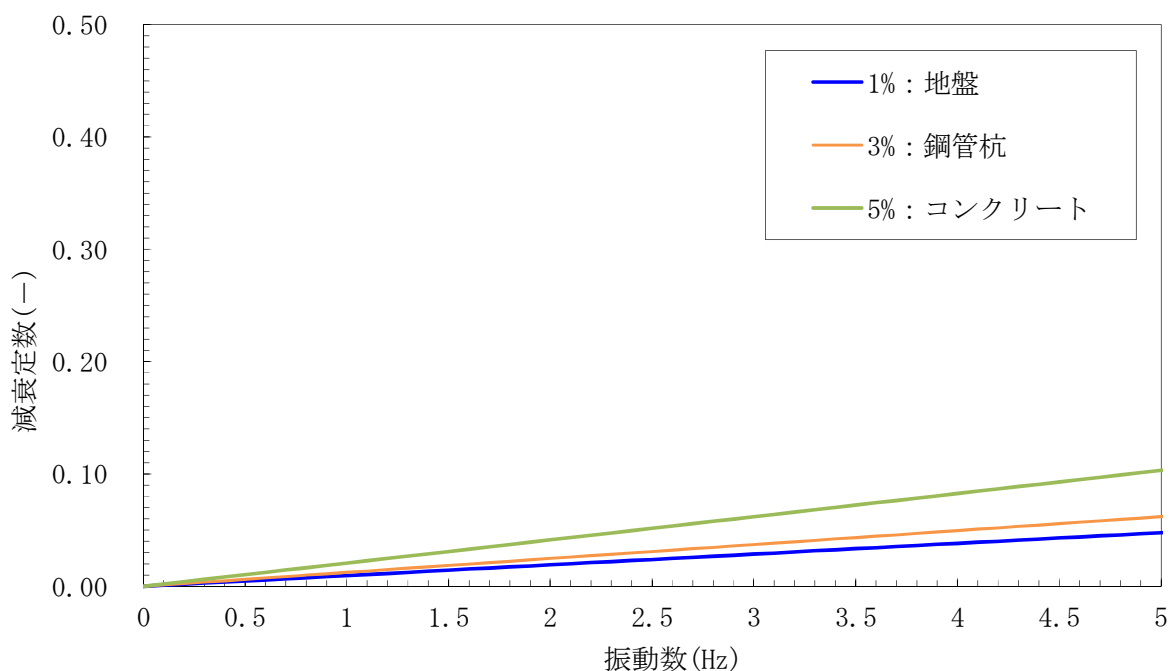


図 1-2 (8) 設定した Rayleigh 減衰

(B-B断面 検討ケース④) : 敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく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

(参考2) 杭頭の照査結果

杭頭部の結合方法は、「道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説」に示される方法 B により底版と剛結合する。図 2-1 に杭頭部配筋図を示す。

(1) 鉛直押抜きせん断に対する照査

コンクリートの垂直押抜きせん断応力度の照査は下式により行う。

$$\tau_v = \frac{P}{\pi (D+h) h} \leq \tau_a$$

ただし、隣接する杭との間でせん断面が重なり、さらに端部の杭ではせん断面が底版側面を横切ることになるため、抵抗断面としてこれらをせん断面から控除し、下式により照査する。

$$\tau_v = \frac{P}{Lh} \leq \tau_a$$

ただし、L：抵抗断面の弧長(mm)

杭の配置を考慮した図 2-2 及び図 2-3 参照

h：垂直方向の押抜きせん断に抵抗する底版の有効厚さ(mm) = 3900 mm

τ_a ：許容押抜きせん断応力度 = 1.65 (N/mm²)



図 2-1 杭頭部配筋図

(参考) 6.5-15

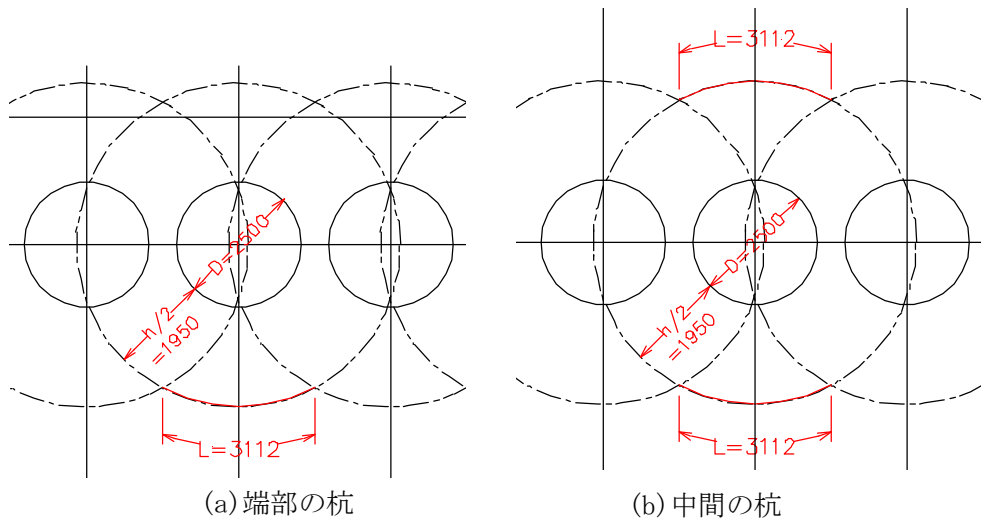


図 2-2 A-A断面の抵抗断面

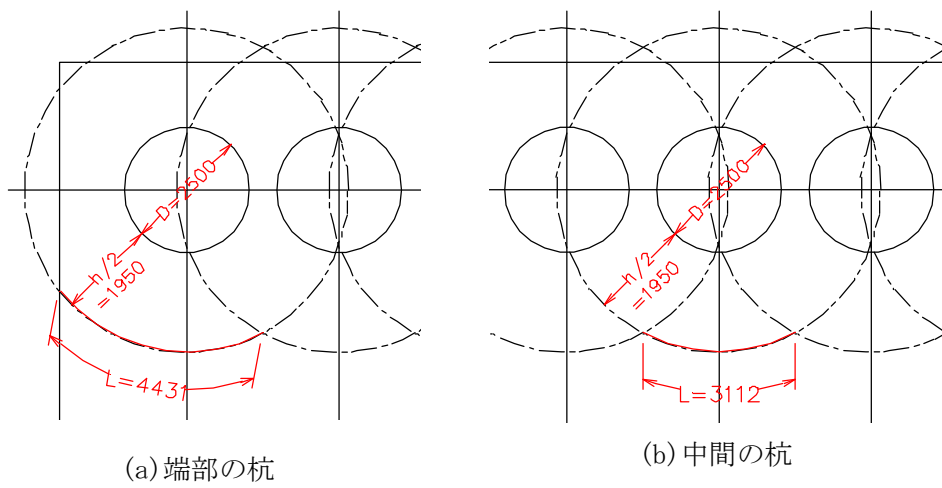


図 2-3 B-B断面の抵抗断面

表 2-1 鉛直押抜きせん断に対する照査 (A-A断面)

検討ケース		杭 番号	軸力 (kN) 圧縮正	押抜きせん断 応力度 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	照査値
①	S _s -D 1 ++	1	8093	0.7	1.65	0.43
	S _s -D 1 +-	1	8058	0.7	1.65	0.43
	S _s -D 1 -+	4	7780	0.7	1.65	0.43
	S _s -D 1 --	4	7773	0.7	1.65	0.43
	S _s -1 1	1	3035	0.3	1.65	0.19
	S _s -1 2	1	4420	0.4	1.65	0.25
	S _s -1 3	1	3958	0.4	1.65	0.25
	S _s -1 4	1	3765	0.4	1.65	0.25
	S _s -2 1	4	6500	0.6	1.65	0.37
	S _s -2 2	4	5263	0.5	1.65	0.31
	S _s -3 1 ++	4	6090	0.6	1.65	0.37
	S _s -3 1 -+	1	6488	0.6	1.65	0.37
②	S _s -D 1 +-	1	7083	0.6	1.65	0.37
③	S _s -D 1 +-	1	8075	0.7	1.65	0.43
④	S _s -D 1 +-	1	9710	0.9	1.65	0.49
⑤	S _s -D 1 +-	1	6938	0.6	1.65	0.37
⑥	S _s -D 1 +-	1	6158	0.6	1.65	0.37

表 2-2 鉛直押抜きせん断に対する照査 (B-B断面)

検討ケース		杭 番号	軸力 (kN) 圧縮正	押抜きせん断 応力度 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	照査値
①	S _s -D 1 ++	4	12583	1.1	1.65	0.67
	S _s -D 1 +-	4	11890	1.0	1.65	0.61
	S _s -D 1 -+	4	11785	1.0	1.65	0.61
	S _s -D 1 --	4	11970	1.0	1.65	0.61
	S _s -1 1	4	4035	0.4	1.65	0.25
	S _s -1 2	4	8375	0.7	1.65	0.43
	S _s -1 3	4	7850	0.7	1.65	0.43
	S _s -1 4	4	3263	0.3	1.65	0.19
	S _s -2 1	4	5903	0.5	1.65	0.31
	S _s -2 2	4	6193	0.6	1.65	0.37
	S _s -3 1 ++	4	11570	1.0	1.65	0.61
	S _s -3 1 -+	1	11050	1.0	1.65	0.61
②	S _s -D 1 +-	4	11410	1.0	1.65	0.61
③	S _s -D 1 +-	4	12258	1.1	1.65	0.67
④	S _s -D 1 +-	4	15575	1.3	1.65	0.79
⑤	S _s -D 1 +-	1	8020	0.7	1.65	0.43
⑥	S _s -D 1 +-	1	7303	0.7	1.65	0.37

(2) 中詰補強筋に対する照査

杭頭接合部は「道路橋示方書・同解説 IV下部構造編（平成 14 年 3 月）」に従い、図 2-2 に示す仮想鉄筋コンクリート断面を設定し、杭頭の曲げモーメントおよび軸力に対し鉄筋の応力度照査を行う。

照査に用いる杭頭の断面力および照査結果を以下に示す。

なお、照査に用いる断面力は各杭に対して、曲げモーメントの最大値および軸力の最大値（圧縮最大）の組み合わせと曲げモーメントの最大値および軸力の最小値（引張最大）の組み合わせの 2 通りとする。

表 2-3 仮想鉄筋コンクリート断面諸元

断面径 (m)	中詰補強筋
2.9	D51-40 本(2 段)

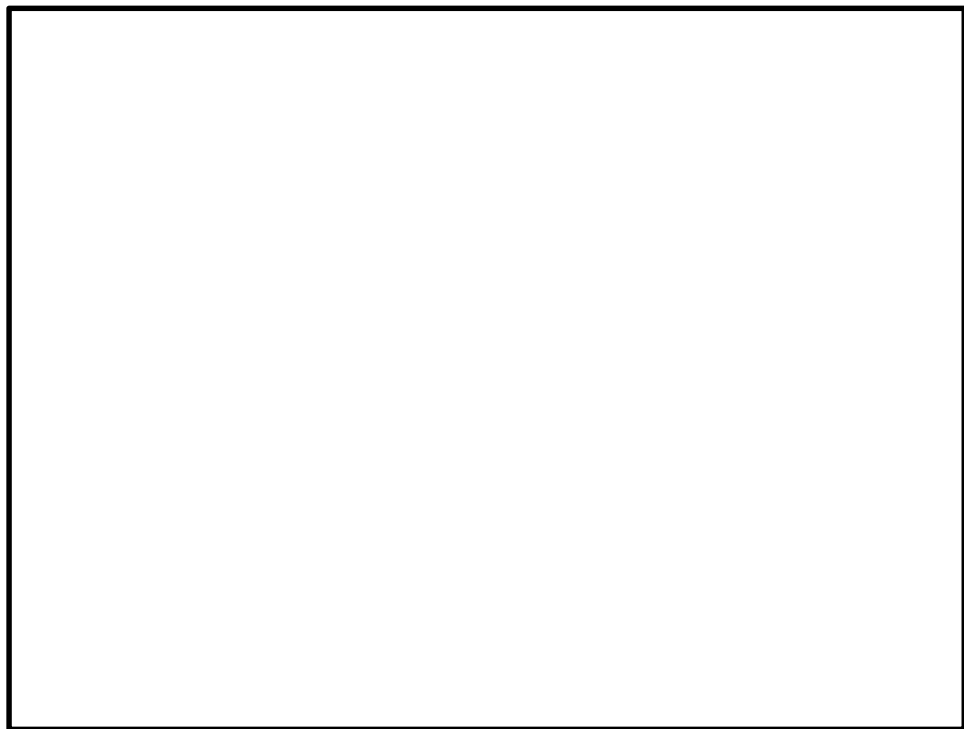


図 2-4 仮想鉄筋コンクリート断面

表 2-4 (1) 杭頭断面力に対する安全率 (A-A断面) : コンクリートの曲げ圧縮

検討ケース	地震動	杭 番号	曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN) 引張正	発生曲げ 応力度 (N/mm ²)	短期 許容 応力度 (N/mm ²)	照査値
①	S _s -D 1 ++	3	25100	3325	12	21	0.58
	S _s -D 1 +-	3	25225	3648	12	21	0.58
	S _s -D 1 -+	2	25725	3370	12	21	0.58
	S _s -D 1 --	2	25750	3623	12	21	0.58
	S _s -1 1	2	6688	2347	4	21	0.20
	S _s -1 2	3	13523	2167	7	21	0.34
	S _s -1 3	3	11398	2086	6	21	0.29
	S _s -1 4	3	10218	2081	5	21	0.24
	S _s -2 1	2	19128	3305	9	21	0.43
	S _s -2 2	2	16415	3075	8	21	0.39
	S _s -3 1 ++	2	24070	2535	11	21	0.53
	S _s -3 1 -+	3	23615	1920	11	21	0.53
②	S _s -D 1 +-	3	20773	3550	10	21	0.48
③	S _s -D 1 +-	3	25125	3643	12	21	0.58
④	S _s -D 1 +-	3	30275	3830	14	21	0.67
⑤	S _s -D 1 +-	3	26750	3385	13	21	0.62
⑥	S _s -D 1 +-	3	22233	3243	11	21	0.53

表 2-4 (2) 杭頭断面力に対する照査 (A-A断面) : 鉄筋の曲げ引張

検討ケース	地震動	杭 番号	曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN) 引張正	発生曲げ 応力度 (N/mm ²)	短期 許容 応力度 (N/mm ²)	照査
①	S _s -D 1 ++	4	22390	-5725	260	435	0.60
	S _s -D 1 +-	4	22510	-5745	262	435	0.61
	S _s -D 1 -+	1	22803	-5555	263	435	0.61
	S _s -D 1 --	1	22978	-5643	265	435	0.61
	S _s -1 1	2	6688	-882	72	435	0.17
	S _s -1 2	4	12900	-2034	141	435	0.33
	S _s -1 3	4	10865	-1529	117	435	0.27
	S _s -1 4	4	9863	-1214	105	435	0.25
	S _s -2 1	1	17148	-4035	197	435	0.46
	S _s -2 2	2	16415	-1199	169	435	0.39
	S _s -3 1 ++	2	24070	-37	236	435	0.55
	S _s -3 1 -+	4	21348	-3485	234	435	0.54
②	S _s -D 1 +-	4	19235	-5120	225	435	0.52
③	S _s -D 1 +-	4	22355	-5855	261	435	0.60
④	S _s -D 1 +-	4	26475	-7685	314	435	0.73
⑤	S _s -D 1 +-	4	24250	-4915	273	435	0.63
⑥	S _s -D 1 +-	4	20338	-4243	230	435	0.53

表 2-5 (1) 杭頭断面力に対する照査 (B-B断面) : コンクリートの曲げ圧縮

検討ケース	地震動	杭 番号	曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN) 引張正	発生曲げ 応力度 (N/mm ²)	短期 許容 応力度 (N/mm ²)	照査値
①	S _s -D 1 ++	2	20930	4348	10	21	0.48
	S _s -D 1 +-	2	21015	3998	10	21	0.48
	S _s -D 1 -+	3	21058	6088	10	21	0.48
	S _s -D 1 --	3	20888	5900	10	21	0.48
	S _s -1 1	1	7100	3585	4	21	0.20
	S _s -1 2	4	9940	8375	5	21	0.24
	S _s -1 3	4	9558	7850	5	21	0.24
	S _s -1 4	4	5595	3263	3	21	0.15
	S _s -2 1	1	7358	3453	4	21	0.20
	S _s -2 2	3	13208	3535	7	21	0.34
	S _s -3 1 ++	2	27500	2808	13	21	0.62
	S _s -3 1 -+	3	27550	4555	13	21	0.62
②	S _s -D 1 +-	2	17413	3873	8	21	0.39
③	S _s -D 1 +-	2	20875	4190	10	21	0.48
④	S _s -D 1 +-	2	23523	4053	11	21	0.53
⑤	S _s -D 1 +-	3	21388	2650	10	21	0.48
⑥	S _s -D 1 +-	3	21653	2304	10	21	0.48

表 2-5 (2) 杭頭断面力に対する照査 (B-B断面) : 鉄筋の曲げ引張

検討ケース	地震動	杭 番号	曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN) 引張正	発生曲げ 応力度 (N/mm ²)	短期 許容 応力度 (N/mm ²)	照査
①	S _s -D 1 ++	4	17080	-9338	235	435	0.55
	S _s -D 1 +-	4	17245	-9268	236	435	0.55
	S _s -D 1 -+	4	19953	-9755	266	435	0.62
	S _s -D 1 --	4	19768	-10003	266	435	0.62
	S _s -1 1	1	7100	-2134	85	435	0.2
	S _s -1 2	4	9940	-6218	143	435	0.33
	S _s -1 3	4	9558	-5738	136	435	0.32
	S _s -1 4	4	5595	-1256	64	435	0.15
	S _s -2 1	4	6963	-3118	91	435	0.21
	S _s -2 2	4	13018	-4845	163	435	0.38
	S _s -3 1 ++	1	24735	-8783	306	435	0.71
	S _s -3 1 -+	4	25200	-8880	311	435	0.72
②	S _s -D 1 +-	4	15653	-9120	220	435	0.51
③	S _s -D 1 +-	4	17160	-8725	232	435	0.54
④	S _s -D 1 +-	4	20135	-9865	269	435	0.62
⑤	S _s -D 1 +-	4	20203	-5988	241	435	0.56
⑥	S _s -D 1 +-	4	20200	-5318	236	435	0.55

6.5.1.2 防潮扉 2 基礎の強度計算書に関する補足説明

目次

6.5.1.2 防潮扉 2 基礎の強度計算書に関する補足説明	1
1. 概要	3
2. 基本方針	4
2.1 位置	4
2.2 構造概要	5
2.3 評価方針	8
2.4 適用規格	13
3. 強度評価方法	15
3.1 記号の定義	15
3.2 評価対象断面及び部位	16
3.2.1 評価対象断面	16
3.2.2 評価対象部位	18
3.3 荷重及び荷重の組合せ	19
3.3.1 荷重	19
3.3.2 荷重の組合せ	22
3.4 許容限界	26
3.5 解析方法	32
3.5.1 津波時及び重畳時の解析手法	32
3.5.2 地盤沈下の考慮	33
3.5.3 解析モデル及び諸元	34
3.6 評価方法	60
3.6.1 津波時	60
3.6.2 重畳時	61
4. 評価結果	64
4.1 津波時の強度評価結果	64
4.1.1 鋼管杭の評価結果	66
4.1.2 鉄筋コンクリートの評価結果	71
4.1.3 止水ジョイント部の相対変位量に対する評価結果	85
4.2 重畳時の強度評価結果	86
4.2.1 1次元有効応力解析結果	86
4.2.2 鋼管杭の評価結果	91
4.2.3 鉄筋コンクリートの評価結果	104
4.2.4 基礎地盤の支持力に対する評価結果	136
4.2.5 止水ジョイント部の相対変位量に対する評価結果	137

4.3 まとめ..... 138

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」に示す通り、防潮扉 2 を間接支持する防潮扉 2 基礎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。なお、防潮扉 1 を間接支持する鉄筋コンクリート防潮壁の強度評価は、V-3-別添 3-2-1-2-1「防潮堤（鉄筋コンクリート防潮壁）の強度計算書」に示す。

2. 基本方針

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「2.1 評価対象施設」を踏まえて、防潮扉の位置及び構造概要を示す。

2.1 位置

防潮扉の設置位置図を図 2.1-1 に示す。

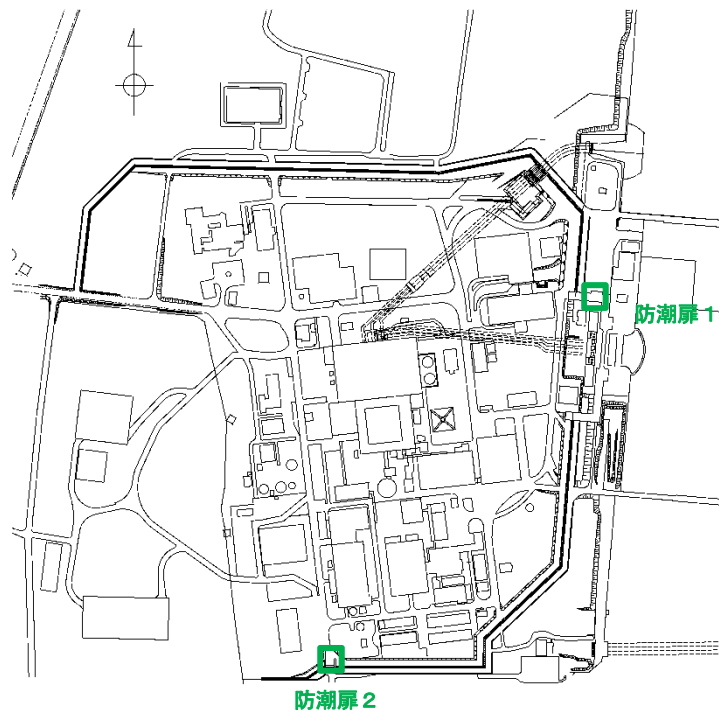
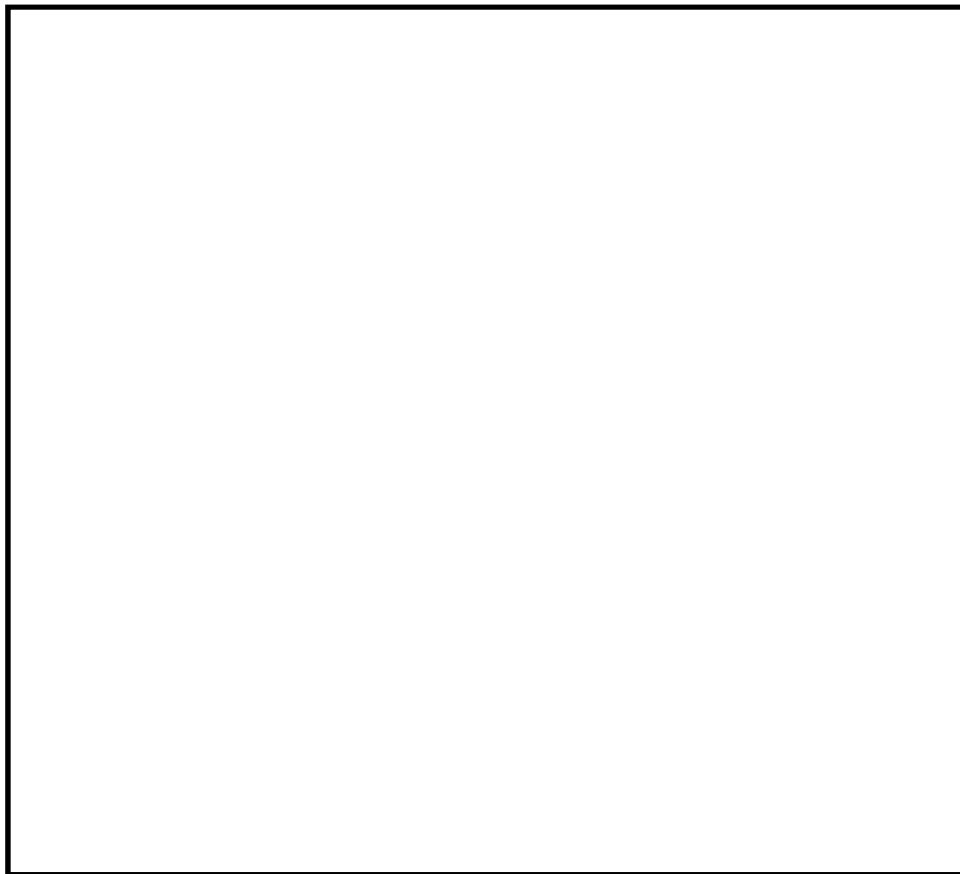


図 2.1-1 防潮扉の設置位置図

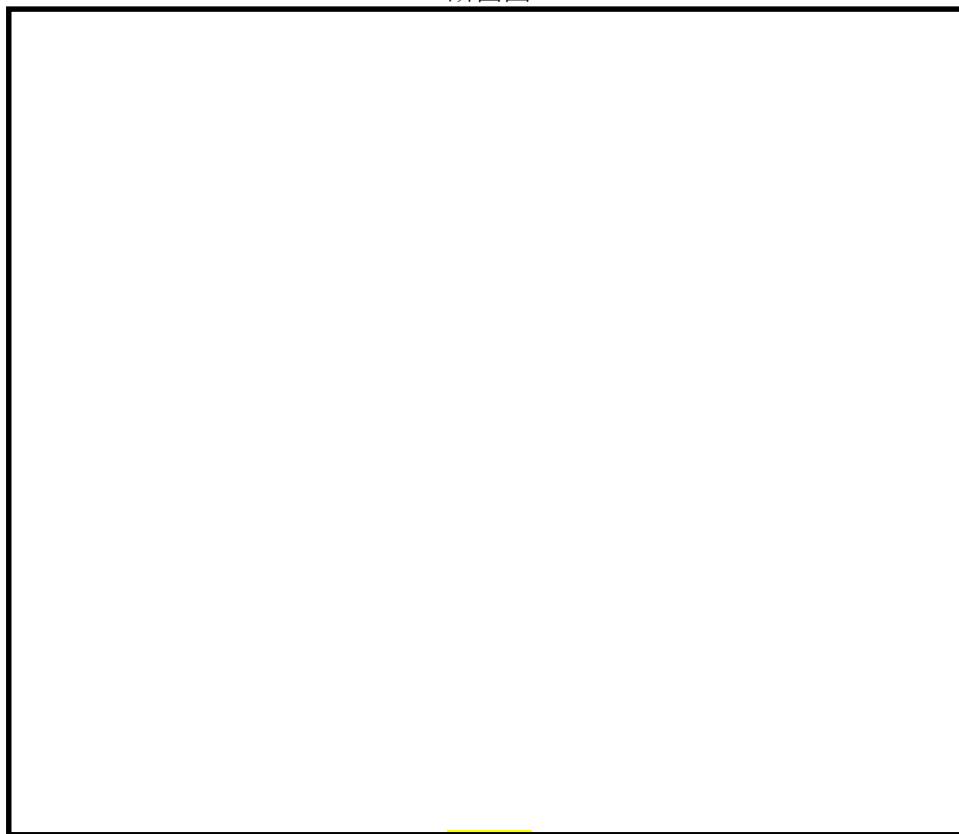
2.2 構造概要

防潮扉 2 基礎は、鉄筋コンクリート防潮壁で構成され、隣接する鋼管杭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材を設置する。鉄筋コンクリート防潮壁は、鋼管杭を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置する。鉄筋コンクリート防潮壁と鋼管杭基礎は、鉄筋コンクリート製の底版を介して一体構造とする。

防潮扉 2 基礎の構造図を図 2.2-1 に示す。



断面图



正面图

图 2.2-1 防潮扉 2 基础 构造图

6.5-6

津波時及び津波＋余震時（重畳時）の荷重伝達の概念図を図 2.2-2 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が変形する。上部構造の変形により鋼管杭が変形し、鋼管杭が曲げ及びせん断力に抵抗する。

重畳時は地震による慣性力、地盤の変形と、津波荷重により上部構造に変形が生じる。上部構造の慣性力による変形と地盤変位により鋼管杭に変形が生じ、曲げ及びせん断抵抗が発揮される。

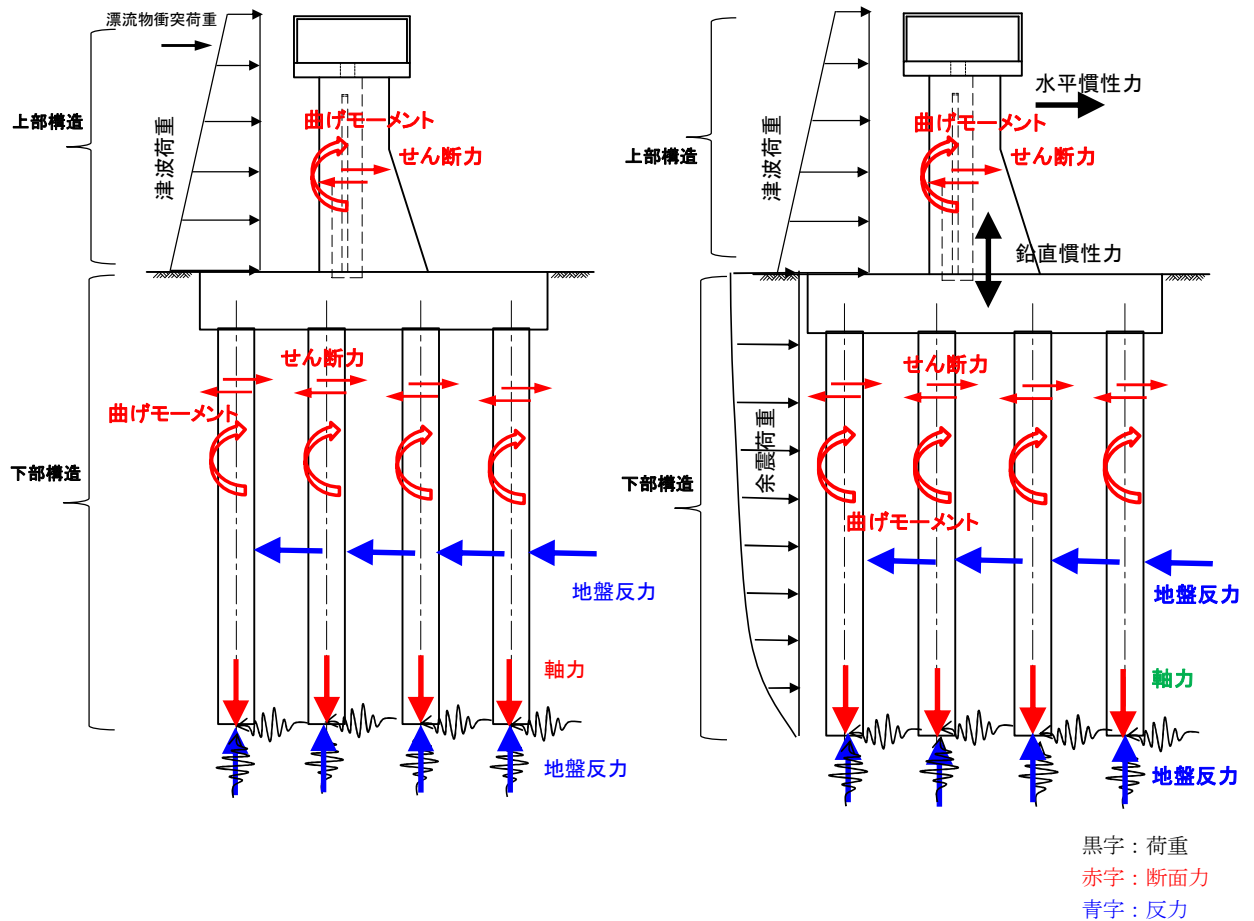


図 2.2-2 津波時及び津波＋余震時（重畳時）の荷重伝達の概念図

2.3 評価方針

防潮扉 2 基礎の強度評価は、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」におい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、防潮扉 2 基礎の評価対象部位に作用する応力等が許容限界以下であることを確認する。

防潮扉 2 基礎の強度評価においては、その構造を踏まえ、津波及び余震荷重の作用方向や伝達過程を考慮し、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。）及び津波荷重に伴う荷重作用時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。

防潮扉 2 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 に示す。防潮扉 2 におけ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 の防潮扉（防潮壁）の評価項目に示すとおり、構造部材の健全性評価、基礎地盤の支持性能評価及び構造物の変形性評価を行う。

津波時の地盤剛性及び地盤バネの上限値の設定は、表 2.3-3 に示す地盤剛性 4 種類と地盤バネの上限値 4 種類を考慮して、地盤の最も高い剛性と最も大きい強度の組合せによる構成式及び地盤の最も低い剛性と最も小さい強度の組合せによる構成式を地盤バネの設定で用いることにより、各部位で安全側となる設計を行う。地盤の最も高い剛性と最も大きい強度の組合せは、初期剛性とピーク強度（平均）の組合せを用いる。地盤の最も低い剛性と最も小さい強度の組合せは、津波による影響が支配的な地表面付近の剛性を比較すると、敷地においては静弾性係数の方が地震時の収束剛性よりも小さいことから、静弾性係数と残留強度（ -1σ ）の組合せを用いる。

表 2.3-3 津波時の地盤剛性及び地盤バネの上限値の組合せ

荷重条件	地盤剛性	上限値
津波時	初期剛性 余震時の収束剛性 地震時の収束剛性 静弾性係数	ピーク強度（平均） ピーク強度（ -1σ ） 残留強度（平均） 残留強度（ -1σ ）

赤字：荷重条件
 緑字：要求機能
 青字：対応方針

表 2.3-1 防潮扉 2 基礎の耐津波設計における要求性能と設計評価方針

資料	その他発電用原子炉の付属設備(浸水防護施設)	資料V-1-1-2-2-5 津波防護に関する施設の設計方針			資料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									
	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	機能損傷モード					
								応力等の状態	限界状態					
防潮扉 2 基礎	<p>【2.1.4(1)設計方針】津波防護施設については、「2.1.2 入力津波の設定」で設定している繰返しの襲来を想定した入力津波に対して、津波防護対象設備の要求される機能を損なうおそれがないよう以下の機能を満足する設計とする。</p> <p>【2.1.4(1)a.津波防護施設】津波防護施設は、津波の流入による浸水及び漏水を防止する設計とする。</p> <p>【2.1.4(1)a.津波防護施設】津波防護施設のうち防潮扉については、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。主要な構造体の境界部には、想定される荷重の作用及び相対変位を考慮し、試験等にて止水性を確認した止水ジョイント等を設置し、止水処置を講じる設計とする。</p> <p>【2.1.4(2)荷重の組合せ及び許容限界】風、積雪の荷重及び余震として考えられる地震(S₀-D1)に加え、漂流物による衝突荷重を考慮する。</p>	津波防護施設は、繰返しの襲来を想定した入力津波に対し、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、津波防護対象設備が、要求される機能を損なうおそれがないよう、津波による浸水及び漏水を防止することが要求される。	防潮扉は、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高さまでの施工により止水性を維持することを機能設計上の性能目標とする。	<p>・防潮扉は、地震後の繰返しの襲来を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、漂流物の衝突、積載物、風及び積雪荷重に対し、鋼材で構成し、扉体は戸当り及び支圧板を介してコンクリート躯体部に固定する構造とし、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を維持する設計とする。</p>	<p>・防潮扉は、地震後の繰返しの襲来を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重、余震や漂流物の衝突、積載物、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、基礎地盤に作用する接地圧が極限支持力以下であることを確認する。</p>	下部工	基礎地盤	支持力	支持機能を喪失する状態	【基準津波及びT.P.+24m津波に対して】「道路橋示方書・同解説(I共通編・IV下部構造編)」を踏まえ、妥当な安全余裕を考慮した極限支持力以下とする。	鋼管杭	曲げ、せん断	部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態	【基準津波及びT.P.+24m津波に対して】「道路橋示方書・同解説(I共通編・IV下部構造編)」を踏まえた短期許容応力度以下とする。
							戸当り	曲げ、せん断	部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態	【基準津波及びT.P.+24m津波に対して】「ダム・堰施設技術基準(案)(基礎解説編・マニュアル編)(社)ダム・堰施設技術協会、平成25年6月)」に基づき、短期許容応力度以下とする。				
											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	【基準津波及びT.P.+24m津波に対して】「道路橋示方書・同解説(I共通編・V耐震設計編)」を踏まえた短期許容応力度以下とする。(コンクリート標準示方書【構造性能照査編】でも確認。)
						上部工	止水ジョイント部	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				
								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	【基準津波及びT.P.+24m津波に対して】「各種合成構造設計指針・同解説」を踏まえた短期許容応力度以下とする。			
								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	【基準津波及びT.P.+24m津波に対して】「道路橋示方書・同解説(I共通編・II鋼橋編・IV下部構造編)」、「各種合成構造設計指針・同解説」及び「津波漂流物対策施設設計ガイドライン(案)」を踏まえた短期許容応力度以下とする。			

表 2.3-2 防潮扉 2 基礎の評価項目

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	鋼管杭	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
		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	鋼材 接合 ボルト	発生応力が許容限界以下であることを確認
	ワイヤー ロープ アンカー ボルト			
基礎地盤の支持性能	基礎地盤	発生応力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	鋼管杭	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
		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	鋼材 接合 ボルト	発生応力が許容限界以下であることを確認
	ワイヤー ロープ アンカー ボルト			
構造物の変形性	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。

構造部材の健全性評価のうち津波時の検討では、表 2.3-4 に示すように 2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。また、重畳時の検討では、1次元有効応力解析により地盤バネの剛性及び上限値を設定した 2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 2.3-5 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。

表 2.3-4 津波時の検討で考慮する組合せ

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 2.3-5 重畳時の検討で実施する地盤物性のばらつき

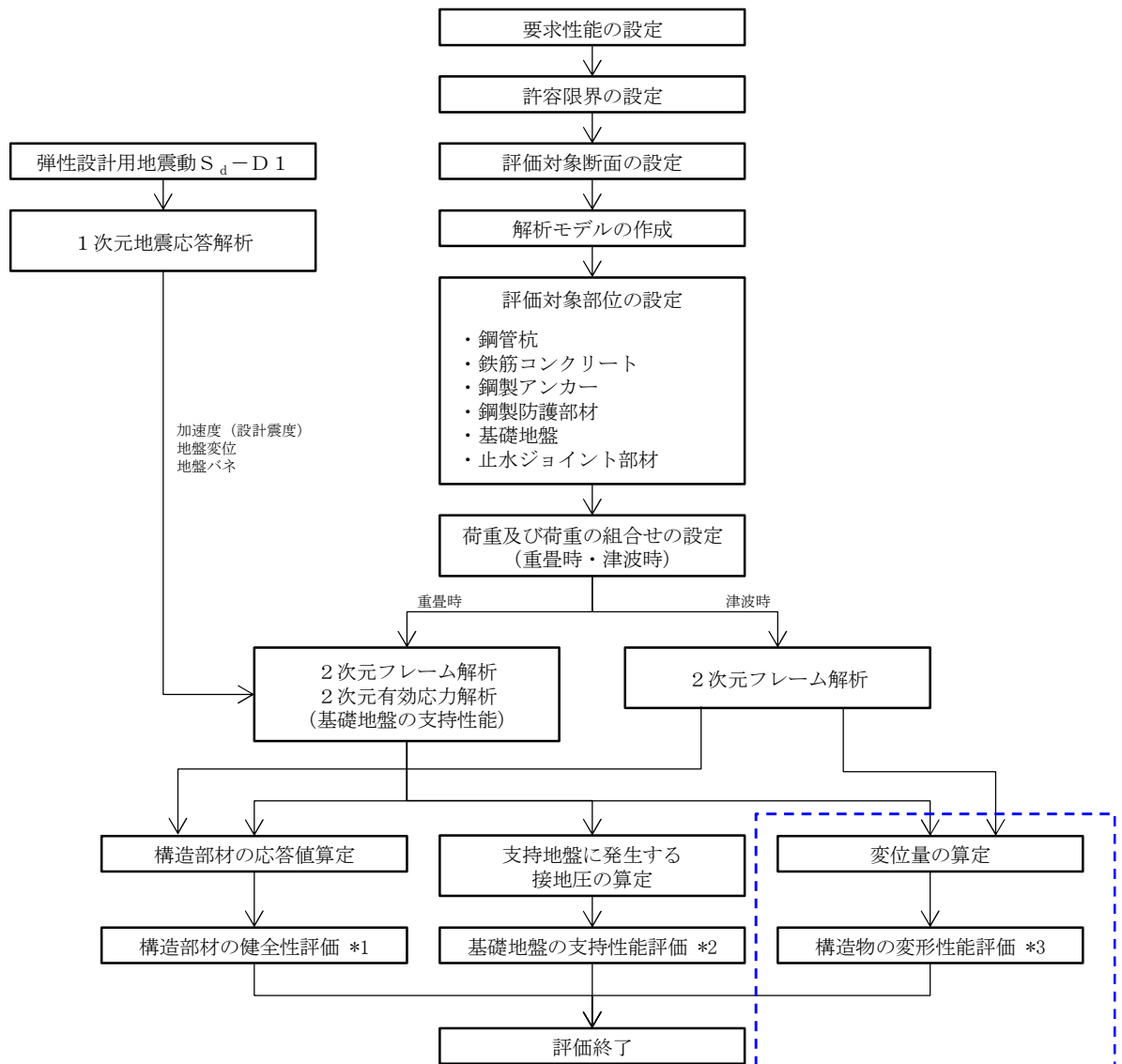
検討ケース	地盤剛性	液状化パラメータの適用
1	平均剛性	液状化パラメータ適用
2	+1 σ 剛性	
3	-1 σ 剛性	
4	豊浦標準砂	
5	平均剛性	非液状化
6	+1 σ 剛性	

基礎地盤の支持性能評価については、構造物と地盤の動的相互作用を適切に評価できる 2次元 FEM 解析を実施し、防潮扉 2（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。

構造物の変形性評価については、止水ジョイント部材の変形量を算定し、有意な漏えいが生じないことを確認した許容限界以下であることを確認する。なお、止水ジョイント部における相対変位量の算出方法及び鋼製アンカーに対する照査結果は、「6.12 止水ジョイント部材の相対変位量に関する補足説明」に示し、本資料においては止水ジョイント部における相対変位量の結果を示す。鋼製防護部材に対する照査結果は、「6.13 止水ジョイント部材の漂流物対策に関する補足説明」に示す。

防潮扉 2 基礎の強度評価フローを図 2.3-2 に示す。

なお、重畳時の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。



* 止水ジョイント部における相対変位量の算出方法及び鋼製アンカーに対する照査結果は「6.12 止水ジョイント部材の相対変位量に関する補足説明」に、鋼製防護部材に対する照査結果は、「6.13 止水ジョイント部材の漂流物対策に関する補足説明」に示す。

- 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」を満足することを確認する。
- *3：構造物の変形性能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。

図 2.3-2 防潮扉 2 基礎の強度評価フロー

2.4 適用規格

適用する規格，基準類を示す。

- ・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)
- ・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)
- ・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)
- ・各種合成構造設計指針・同解説 (2010 年 11 月)
- ・津波漂流物対策施設設計ガイドライン(案)((財)沿岸技術研究センター, (社)寒地港湾技術研究センター, 平成 21 年)
- ・日本工業規格(JIS G 3549-2000)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル (2005 年)

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〕(2002年)	—	
荷重及び荷重の組み合わせ		・コンクリート標準示方書 〔構造性能照査編〕(2002年)	・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	・コンクリート標準示方書 〔構造性能照査編〕(2002年)	・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， 発生応力または発生せん 断力が，短期許容応力度 または短期許容せん断応 力度以下であることを確 認	
	鉄筋	・道路橋示方書・同解説 IV下 部構造編(平成24年3月)		
	鋼管杭	・道路橋示方書・同解説 IV下 部構造編(平成14年3月)		
	鋼製アンカー	・各種合成構造設計指針・同解 説(2010年11月)		
	鋼製 防護 部材	鋼材		・道路橋示方書・同解説 IV下 部構造編(平成14年3月)
		接合ボルト		・道路橋示方書・同解説 II鋼 橋編(平成14年3月)
		ワイヤー ロープ		・津波漂流物対策施設設計ガイ ドライン(案)((財)沿岸技術研 究センター，(社)寒地港湾技 術研究センター，平成21年) ・日本工業規格(JIS G 3549- 2000)
		アンカー ボルト		・各種合成構造設計指針・同解 説(2010年11月)
有効応力解析		・J E A G 4 6 0 1 -1987 ・原子力発電所屋外重要土木構 造物の耐震性能照査指針・マ ニュアル(2005年)	・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

防潮壁 2 基礎の強度評価に用いる記号を表 3.1-1 に示す。

表 3.1-1 防潮扉 2 基礎の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_k	kN	風荷重
P_t	kN/m ²	遡上津波荷重
K_{Sd}	kN	余震荷重
P_c	kN	漂流物衝突荷重
P_d	kN/m ²	動水圧
τ_{sa1}	N/mm ²	鋼管杭の許容せん断応力度
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_{a1}'	N/mm ²	コンクリートの許容押抜きせん断応力度
σ_{ca}'	N/mm ²	コンクリートの許容支圧応力度
V_c	kN	コンクリートの負担するせん断力
V_s	kN	斜め引張鉄筋の負担するせん断力
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
σ_{sa1}	N/mm ²	鋼管杭の許容引張応力度及び許容圧縮応力度
σ_{sa2}	N/mm ²	鉄筋の許容曲げ引張応力度
s	m	斜め引張鉄筋間隔
σ	N/mm ²	鋼管杭の曲げモーメント及び軸力より算定される応力
M	N・mm	最大曲げモーメント
Z	mm ³	断面係数
N	N	軸力
A	mm ²	有効断面積
τ	N/mm ²	鋼管杭のせん断力より算定されるせん断応力
S	kN	せん断力
κ	—	せん断応力の分布係数 ($\kappa = 2.0$)

3.2 評価対象断面及び部位

3.2.1 評価対象断面

防潮扉2基礎の評価対象断面位置図を図3.2.1-1及び図3.2.1-2に、評価対象断面図を図3.2.1-3に示す。評価対象断面選定の詳細については、「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 5.10.7 防潮扉」に示す。強度評価の検討対象とする断面は津波荷重の方向を考慮して、横断方向のA-A断面とする。

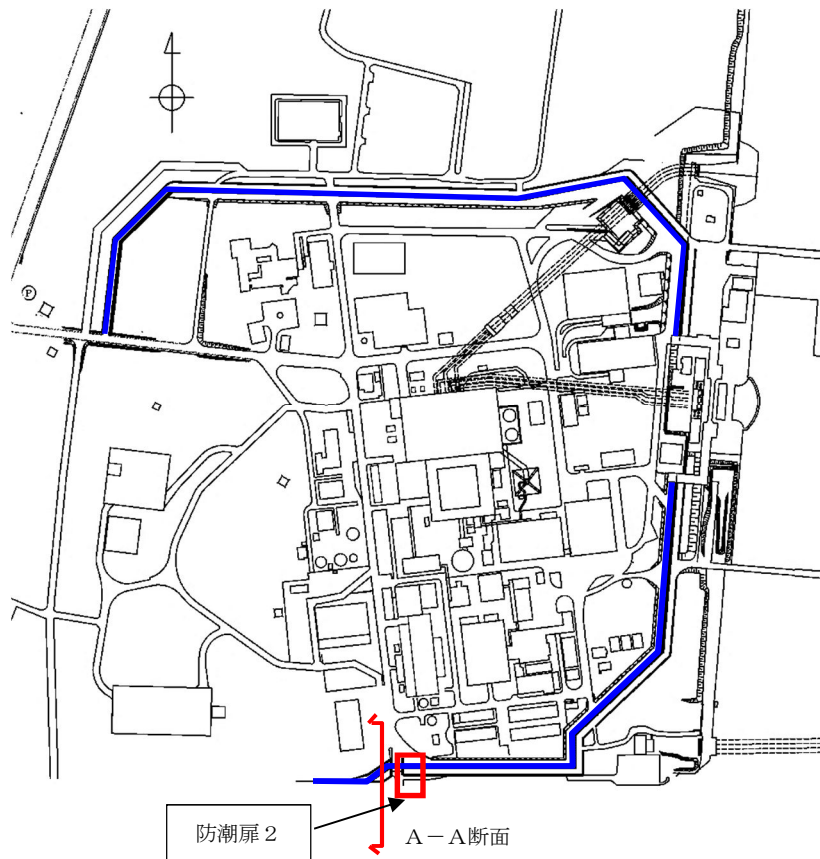


図 3.2.1-1 防潮扉2基礎 評価対象断面位置図

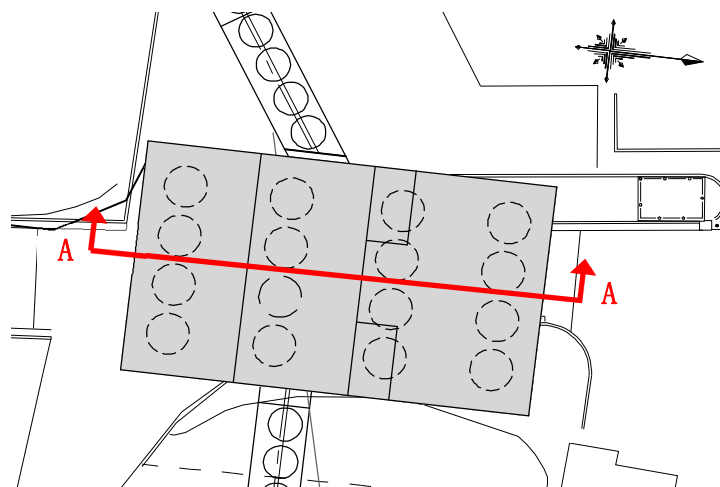


図 3.2.1-2 防潮扉2基礎 位置拡大図

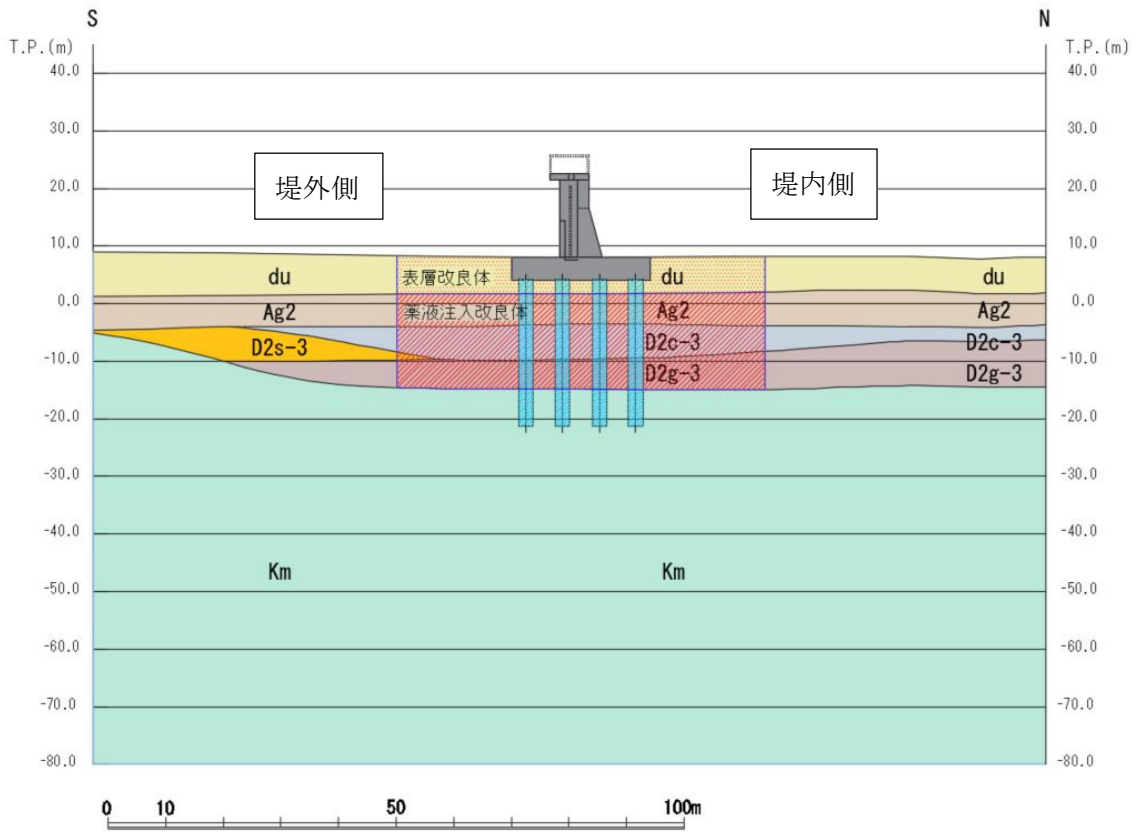


图 3.2.1-3 防潮扉 2 基礎 評価対象断面図 (A-A)

3.2.2 評価対象部位

評価対象部位は、防潮扉 2 基礎の構造上の特徴を踏まえ設定する。

a. 鋼管杭

鋼管杭の評価対象部位は、防潮壁を支持する鋼管杭とする。

b. 鉄筋コンクリート

鉄筋コンクリートの評価対象部位は、防潮壁と底版の鉄筋コンクリートとする。

c. 基礎地盤の支持力

基礎地盤の評価対象部位は、鉄筋コンクリート防潮壁を支持する基礎地盤とする。

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

防潮壁の強度評価には、以下の荷重を用いる。

(1) 固定荷重 (G)

固定荷重として、構造物の自重及び浮力を考慮する。地下水位のレベルは地表面とする。

(2) 積載荷重 (P)

積載荷重として、機器荷重を考慮する。機器荷重の値及び作用高さを表 3.3.1-1 に示す。

表 3.3.1-1 機器荷重

	自重 (kN)	作用高さ (T.P.)
操作建屋荷重	1166.4	+25.625 (建屋中心)
巻上機荷重	188.4	+24.000 (防潮堤天端)
扉体荷重	384.0	+12.525 (扉体重心)
タラップ荷重	5.8	+24.000 (防潮堤天端)

(3) 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、余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。

積雪荷重は構造物上面に付加質量として考慮する。

(4) 風荷重 (P_k)

津波の遡上時には海面下にあり、風荷重は考慮しない。

(5) 遡上津波荷重 (P_t)

a. 遡上津波波圧

遡上津波波圧については、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 1/2 倍を設計用浸水深とし、朝倉式に基づき、その 3 倍を考慮して算定する。基準津波時及び T.P. +24 m 津波時の遡上津波波圧を表 3.3.1-2 及び表 3.3.1-3 に示す。

表 3.3.1-2 遡上津波波圧（基準津波時）

	防潮堤 天端高 (T.P.)	入力津波 高さ (T.P.)	設置地盤 標高 (T.P.)	設計用 浸水深 (m)	防潮堤 天端波圧 (kN/m ²)	設置地盤標高 での波圧 (kN/m ²)
A-A 断面	+24.0	+16.8	+8.0	4.40	0.0	133.3

表 3.3.1-3 遡上津波波圧（T.P. +24 m 津波時）

	防潮堤 天端高 (T.P.)	入力津波 高さ (T.P.)	設置地盤 標高 (T.P.)	設計用 浸水深 (m)	防潮堤 天端波圧 (kN/m ²)	設置地盤標高 での波圧 (kN/m ²)
A-A 断面	+24.0	+24.0	+8.0	8.0	80.8	242.4

b. 海水重量

防潮扉前面の底版上について津波の水塊による海水重量を考慮する。なお、海水の密度は $\rho = 1.03 \text{ t/m}^3$ とする。

c. 津波による揚圧力

津波波圧が防潮扉上部の軒を超える場合は津波による揚圧力を考慮する。

(6) 衝突荷重 (P_c)

衝突荷重として、表 3.3.1-4 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 3.3.1-4 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

(7) 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。

余震と津波の「重畳時」は余震荷重 (K_{sd}) として水平慣性力及び鉛直慣性力を考慮する。地震応答解析で算定した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、慣性力を作用させる。

余震と津波の「重畳時」は、余震による地表面最大加速度に応じた水平震度に基づき次式により算定される動水圧 (P_d) を考慮する。

$$P_d(z) = 7/8 \times \gamma_0 \times K_h \times \sqrt{h \cdot z}$$

ここで、 γ_0 ：水の単位体積重量 (kN/m^3)

K_h ：水平震度

h ：水深 (m)

z ：水面を0とし下向きにとった座標 (m)

3.3.2 荷重の組合せ

津波時及び重畳時の荷重の組合せを表 3.3.2-1～表 3.3.2-3 に示す。

表 3.3.2-1 荷重の組合せ

区分	荷重の組合せ
津波時	$G + P + P_s + P_t + P_c$
重畳時	$G + P + P_s + P_t + K_{sd}$

G : 固定荷重 P : 積載荷重 P_s : 積雪荷重

P_t : 津波波力 K_{sd} : 余震荷重 P_c : 衝突荷重

強度評価に用いる荷重の組合せは基準津波及び T.P. +24.0m 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 3.3.2-1～図 3.3.2-4 に示す。

表 3.3.2-2 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	○ ・設計図書に基づいて、対象構造物の体積に材料の密度を乗じて設定する。
		機器・配管自重	○ ・機器荷重を考慮する。
		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はないことから、考慮しない。
	静止土圧		○ ・常時応力解析により設定する。
	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。
	積雪荷重		○ ・積雪荷重を考慮する。
変動荷重	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		— ・津波の遡上時には海面下にあり、風荷重は考慮しない。
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		— ・弾性設計用地震動 S _d -D1 による水平及び鉛直同時加振は考慮しない。
	動水圧		— ・動水圧は考慮しない。

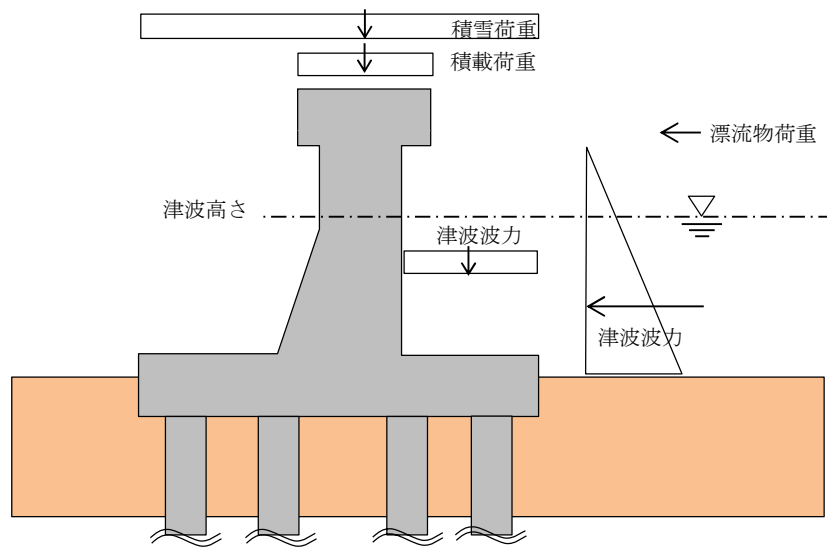


図 3.3.2-1 津波時（基準津波時）の作用図

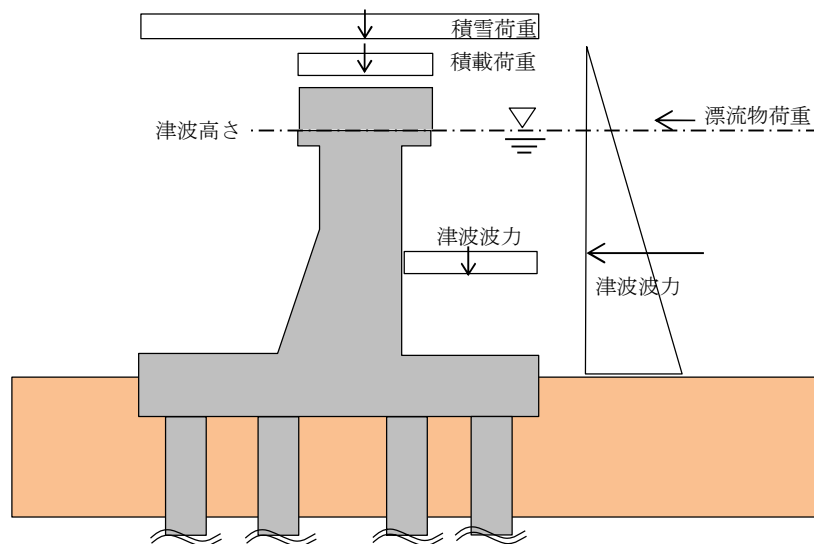


図 3.3.2-2 津波時（T.P. + 24.0 m 津波）の作用図

表 3.3.2-3 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	○	・設計図書に基づいて、対象構造物の体積に材料の密度を乗じて設定する。
		機器・配管自重	○	・機器荷重を考慮する。
		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はないことから、考慮しない。
	静止土圧		○	・常時応力解析により設定する。
	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。
	積雪荷重		○	・積雪荷重を考慮する。
変動荷重	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		－	・津波の遡上時には海面下にあり、風荷重は考慮しない。
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。

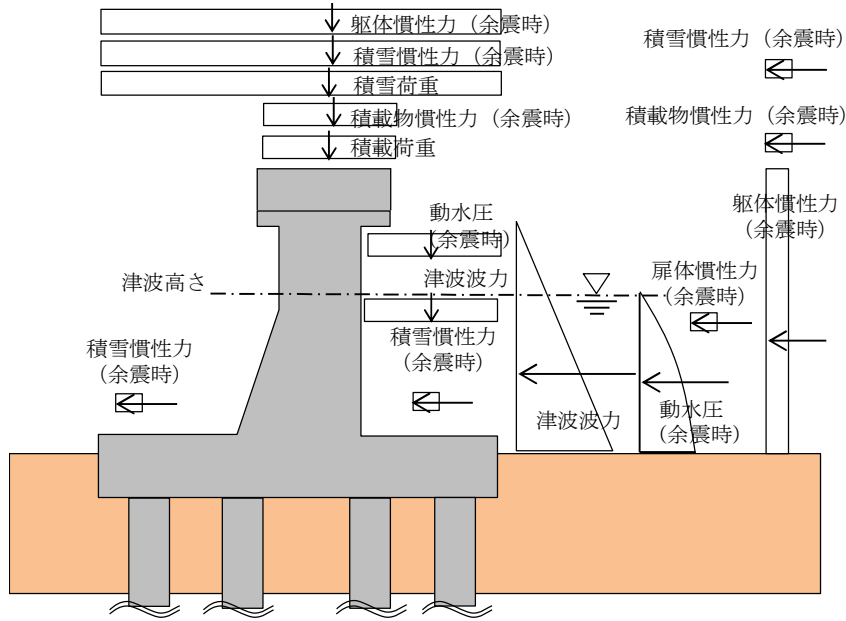


図 3.3.2-3 重畳時（基準津波時）の作用図

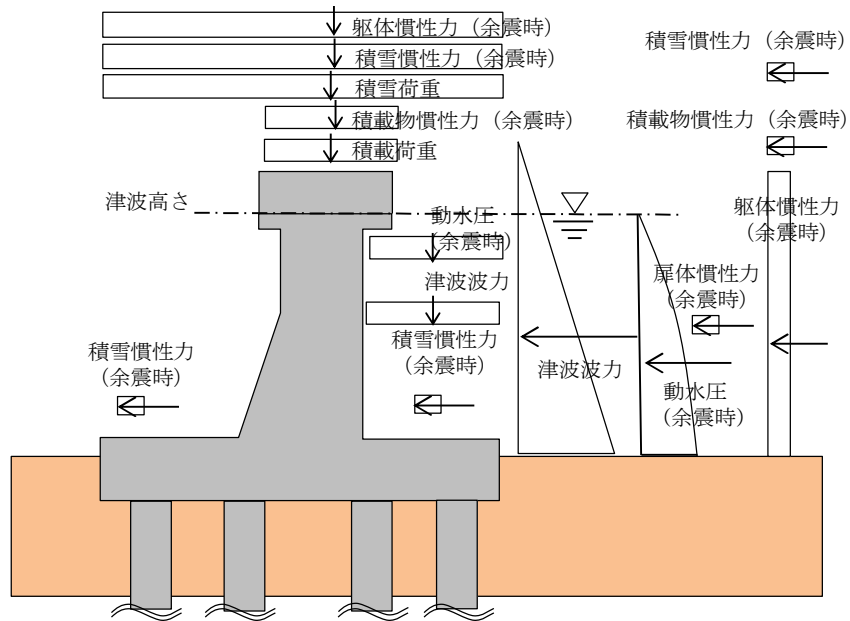


図 3.3.2-4 重畳時（T.P. + 24.0 m 津波時）の作用図

3.4 許容限界

防潮扉 2 基礎の許容限界は、「3.2 評価対象断面及び部位」にて設定した評価対象断面の機能損傷モードを考慮し、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) 鋼管杭

鋼管杭の許容限界は、「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）」に基づき、表 3.4-1 に示す短期許容応力度とする。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 倍の割増を考慮する。

表 3.4-1 鋼管杭の許容限界

評価項目		許容限界	
		基準津波時	T.P. +24 m 津波時
鋼管杭 SM570	短期許容引張応力度 σ_{sa1} (N/mm ²)	382.5	433.5
	短期許容圧縮応力度 σ_{sa1} (N/mm ²)		
	短期許容せん断応力度 τ_{sa1} (N/mm ²)	217.5	246.5

(2) 鉄筋コンクリート

鉄筋コンクリートの許容限界は、「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）」及び「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）」に基づき、表 3.4-2 に示す短期許容応力度とする。短期許容応力度は、基準津波時における鉄筋コンクリート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 津波時においては、コンクリートの許容応力度に対して 2.0 倍、鉄筋の許容応力度に対して 1.65 倍の割増を考慮する。

なお、杭頭部に関しても、鉄筋コンクリートは表 3.4-2 に示す短期許容応力度を許容限界とする。

表 3.4-2 コンクリート及び鉄筋の許容限界

評価項目		許容限界		
		基準津波時	T.P. +24 m 津波時	
コンクリート*1	$f'_{ck}=40 \text{ N/mm}^2$	短期許容曲げ圧縮応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	21	28
		短期許容せん断応力度 τ_{a1} (N/mm ²)	0.825*3	1.1*3
		短期許容押抜きせん断応力度 τ_{a1}' (N/mm ²)	1.65	2.2
		短期許容支圧応力度 σ_{ca}' (N/mm ²)	18	24
鉄筋*2	SD490	短期許容曲げ引張応力度 σ_{sa2} (N/mm ²) (軸方向鉄筋)	435	478.5
		短期許容曲げ引張応力度 σ_{sa2} (N/mm ²) (せん断補強筋)	300	330

注記 *1：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）

*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）」に準拠し，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

$$V_{sa} = A_w \cdot \sigma_{sa2} \cdot j \cdot d / s$$

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_{sa2} : 鉄筋の許容引張応力度

s : 斜め引張鉄筋間隔

表 3.4-3 (1) 斜め引張鉄筋を配置する部材のせん断力に対する許容限界

(A-A断面：基準津波時)

位置	断面形状				せん断補強筋			許容せん断力		短期許容 せん断力 V_a (= $V_{ca}+V_{sa}$) (kN)
	部材幅 (mm)	部材高 (mm)	かぶり (mm)	有効高 (mm)	径	S_b (mm)	S_s (mm)	コンクリート V_{ca} (kN)	鉄筋 V_{sa} (kN)	
壁部	3450	7500	600	6900	D19	450	300	8538.75	13752.00	22290.7
底版部	14000	4000	1000	3000	D25	300	300	15065.21	59482.17	74547.3

表 3.4-3 (2) 斜め引張鉄筋を配置する部材のせん断力に対する許容限界

(A-A断面：T.P.+24 m津波時)

位置	断面形状				せん断補強筋			許容せん断力		短期許容 せん断力 V_a (= $V_{ca}+V_{sa}$) (kN)
	部材幅 (mm)	部材高 (mm)	かぶり (mm)	有効高 (mm)	径	S_b (mm)	S_s (mm)	コンクリート V_{ca} (kN)	鉄筋 V_{sa} (kN)	
壁部	3450	7500	600	6900	D19	450	300	11385.00	15127.20	26512.2
底版部	14000	4000	1000	3000	D25	300	300	20086.95	65430.39	85517.3

(3) 基礎地盤の支持力

極限支持力は、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき、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）により設定する。

支持力評価において、豊浦標準砂に基づく液状化強度特性により強制的に液状化させることを仮定した耐震設計を行う場合は、第四系の杭周面摩擦力を支持力として考慮せず、杭下端の支持岩盤への接地圧に対する支持力評価を行うことを基本とする。ただし、杭を根入れした岩盤及び岩着している地盤改良体とその上方の非液状化層が連続している場合は、その杭周面摩擦力を支持力として考慮する。

道路橋示方書による杭基礎（中掘り工法）の支持力算定式を以下に、極限支持力度を表 3.4-3 に示す。

極限支持力算定式（杭基礎 [中掘り工法]）

$$R_u = q_d A + U \sum L_i f_i$$

R_u ：地盤から決まる杭の極限支持力（kN）

q_d ：杭下端における単位面積あたりの極限支持力度（kN/m²）：コンクリート打設方式

$$q_d = 3 \cdot q_u$$

q_u ：支持岩盤の一軸圧縮強度（kN/m²）

* $c_{CU} = q_u / 2$ より、 $q_u = c_{CU} \times 2$ 。ここで、 c_{CU} は「補足-340-1 地盤の支持性能について」の表 4.1-1 における K_m 層の非排水せん断強度

A ：杭下端面積（m²）

U ：杭の周長（m）

L_i ：周面摩擦力を考慮する層の層厚（m）

f_i ：周面摩擦力を考慮する層の最大周面摩擦力度（kN/m²）

表 3.4-4 基礎地盤の支持力に対する許容限界（杭下端：押込み）

項目	算定結果	備考
極限支持力 R_u (kN)	—	
$q_d A$ (kN)	—	
$U \sum L_i f_i$ (kN)	—	
杭下端の極限支持力度 q_d (kN/m ²)	5472	= $3 \cdot q_u$
一軸圧縮強度 q_u (kN/m ²)	1824	= 非排水せん断強度 $\times 2$
非排水せん断強度 (kN/m ²)	912	
杭下端標高 EL. (m)	-21.9	
杭下端面積 A (m ²)	—	
杭の周長 U (m)	—	
周面摩擦力を考慮する層の層厚 L_i (m)	—	
最大周面摩擦力度 f_i (kN/m ²)	—	

「補足-340-1 地盤の支持性能について」の「2. 引抜き力に対する杭基礎の支持力評価方法」により、引抜き力に対する支持力評価において杭周面地盤に地盤改良体がある場合は、その杭周面摩擦力を支持力として考慮する。図 3.4-1 に上記支持力評価の概要を示す。

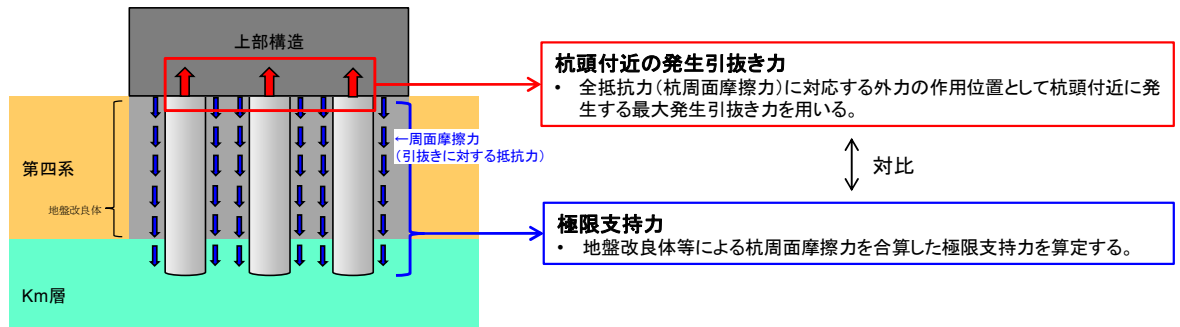


図 3.4-1 引抜き力に対する杭基礎の支持力評価

(引抜き力に対し地盤改良体の杭周面摩擦力を支持力として考慮する場合)

表 3.4-5 基礎地盤の支持力に対する許容限界 (杭天端：引抜き)

項目	算定結果				備考
	杭 1	杭 2	杭 3	杭 4	
極限支持力 R_u (kN)	18276	18307	18333	18341	
$q_d A$ (kN)	—	—	—	—	
$U \sum L_i f_i$ (kN)	18276	18307	18333	18341	
杭下端の極限支持力度 q_d (kN/m ²)	—	—	—	—	
一軸圧縮強度 q_u (kN/m ²)	—	—	—	—	
非排水せん断強度 (kN/m ²)	—	—	—	—	
杭下端標高 EL. (m)	-21.9	-21.9	-21.9	-21.9	
杭下端面積 A (m ²)	—	—	—	—	
杭の周長 U (m)	7.85	7.85	7.85	7.85	$=2.5 \times \pi$
周面摩擦力を考慮する層の層厚 L_i (m)	3.790	3.790	3.747	3.701	d u 層
	5.460	5.326	5.312	5.380	A g 2 層
	6.058	6.097	6.027	5.859	D 2 c - 3 層
	5.037	5.111	5.276	5.471	D 2 g - 3 層
	7.055	7.076	7.038	6.989	K m 層
最大周面摩擦力度 f_i (kN/m ²)	33.162	33.162	33.162	33.162	d u 層
	70.988	70.988	70.988	70.988	A g 2 層
	100.000	100.000	100.000	100.000	D 2 c - 3 層
	100.000	100.000	100.000	100.000	D 2 g - 3 層
	100.000	100.000	100.000	100.000	K m 層

極限支持力が最も小さくなる杭 1 の値 18276 kN を許容限界とする。

(4) 止水ジョイント部

止水ジョイント部材の変形量の許容限界は、「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」に基づき有意な漏えいが生じないことを確認した変形量とする。

表 3.4-6 に止水ジョイント部材の変形量の許容限界を示す。

表 3.4-6 止水ジョイント部材の変形量の許容限界

評価項目	許容限界
止水ジョイント部材 (シートジョイント)	2 m

3.5 解析方法

3.5.1 津波時及び重畳時の解析手法

防潮壁の津波時及び重畳時の解析手法は、フレーム解析を適用する。ここで、鋼管杭については線形の梁要素とし、地盤抵抗については、受働土圧強度あるいはせん断強度を上限値とするバイリニア型の非線形バネをモデルに設定する。重畳時の基礎地盤の支持性能評価においては2次元FEM解析とする。

津波荷重については、地表面から防潮扉天端までの間に分布荷重として荷重を載荷する。漂流物については防潮扉天端に載荷する。重畳時については、1次元有効応力解析より算出された地盤変位を杭バネの外側から入力する。さらに、鋼管全体に1次元有効応力解析から算出された地表面における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3.5.1-1に示す。

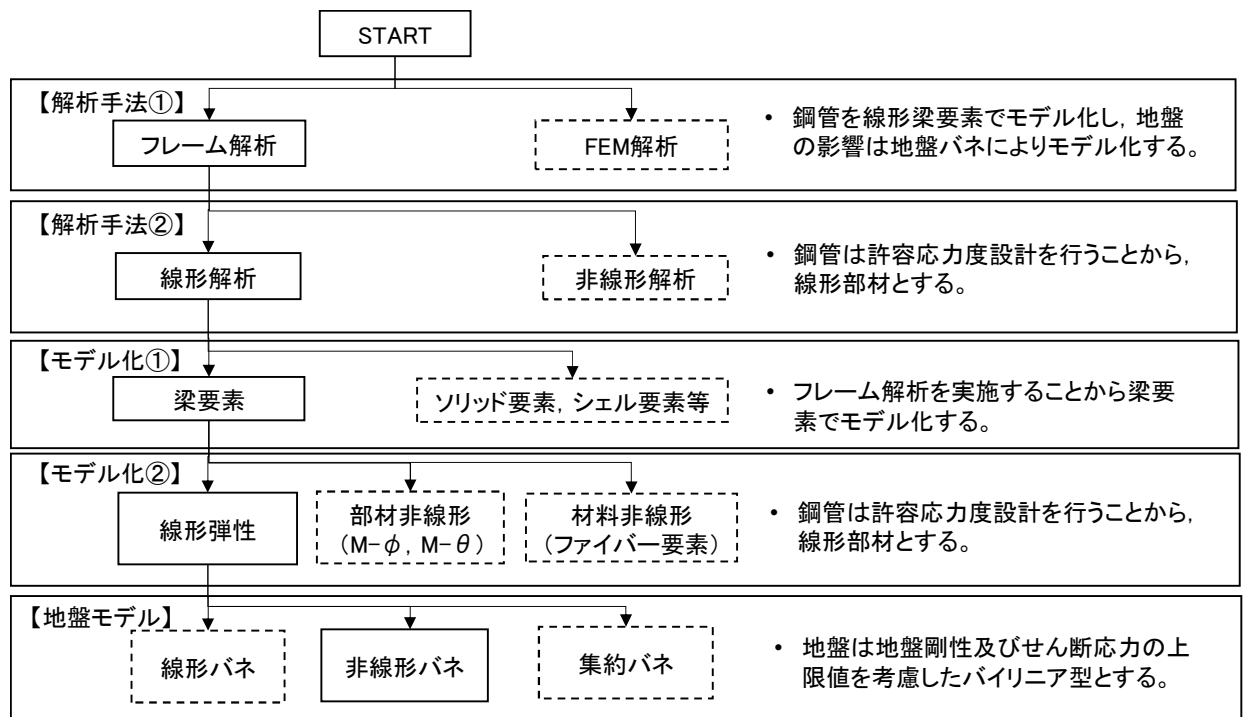


図 3.5.1-1 構造部材の津波時及び重畳時の解析手法の選定フロー

重畳時の基礎地盤の支持性能評価に用いる2次元FEM解析モデルは、「6.5.1.1 防潮扉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する。

3.5.2 地盤沈下の考慮

津波時及び余震+津波時は、本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」における敷地南側の想定沈下量0.5 mを考慮して、保守的に1.0 mを適用する。地盤沈下の考慮について以下に示す。

- ・地盤沈下によってセメント改良部の層厚を1.0 m小さくするものとする。

(1) 荷重

堤外側の地盤が1.0 m沈下することを想定し、津波波力及び動水圧は沈下後の地盤高さより上側に作用させる。

(2) 地盤バネ

堤内側の地盤が1.0 m沈下することを想定し、沈下後の地盤面から杭下端の範囲に地盤バネを考慮する。

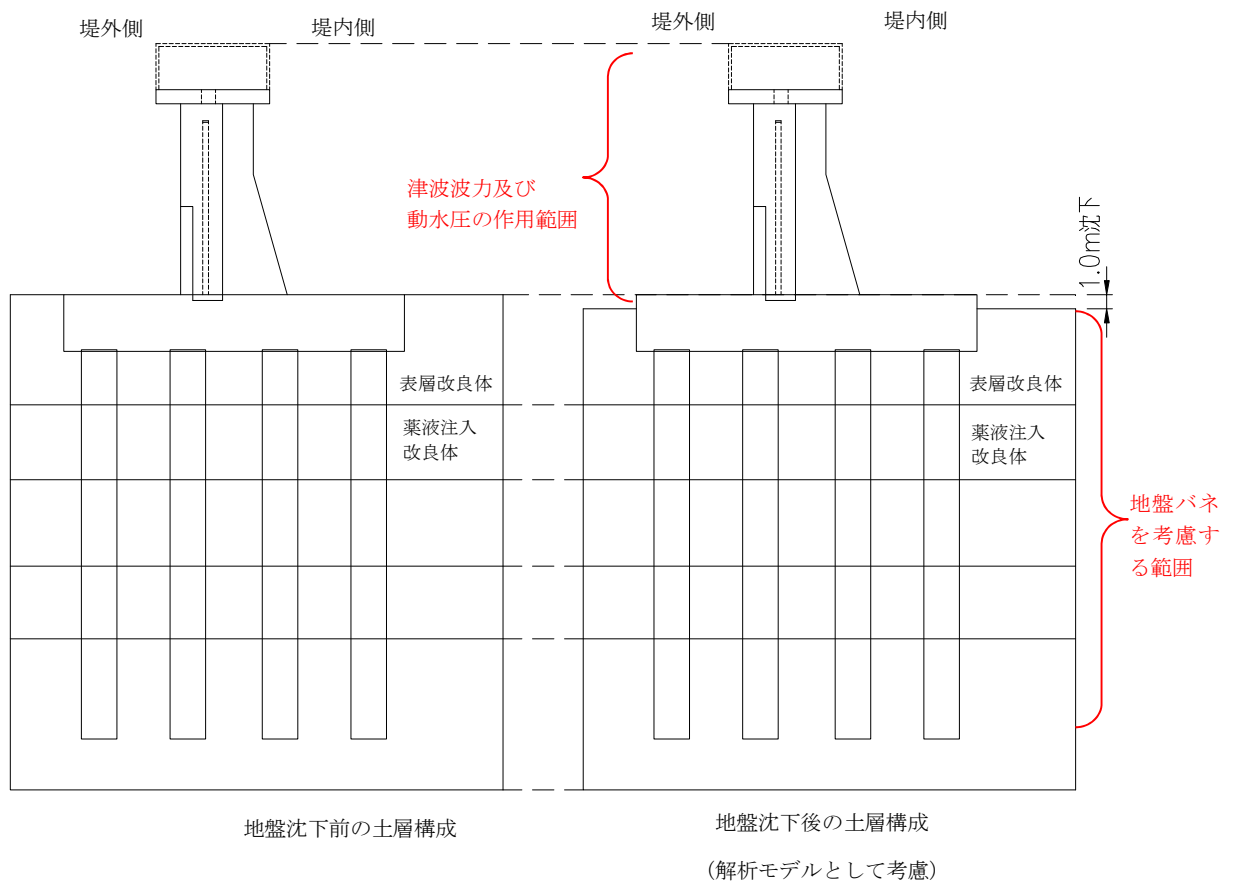


図 3.5.2-1 地盤沈下の考慮概念図

3.5.3 解析モデル及び諸元

解析モデルは操作建屋天端から杭下端までをモデル化し、地盤位置については地盤抵抗を表現するバネを付与する。この時、付与する地盤バネは「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、地盤反力上限値を有するバイリニア型とする。

図 3.5.3-1 にモデル概念図を示す。

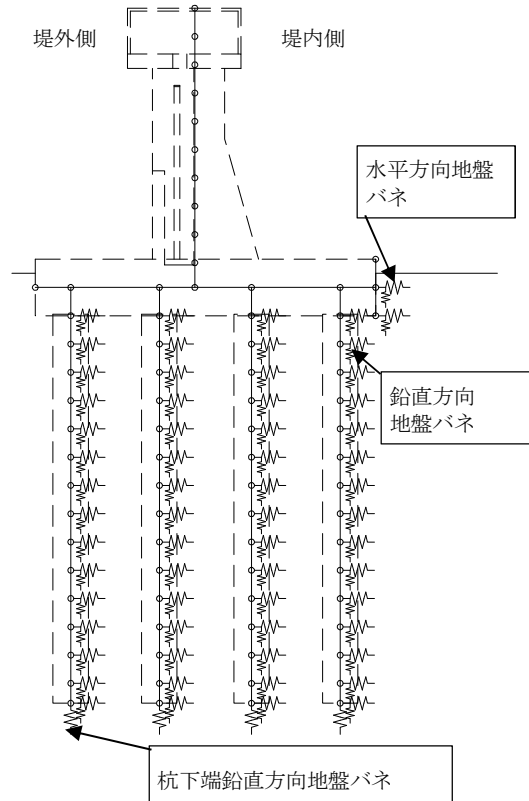


図 3.5.3-1 フレーム解析モデル概念図

(1) 津波時

2次元静的フレーム解析モデルは操作建屋天端から杭下端までをモデル化し、地盤変位については地盤抵抗を表現するバネを付与する。図 3.5.3-2 に示す位置に剛域を設定し、() 内に剛域を設定した理由を示す。

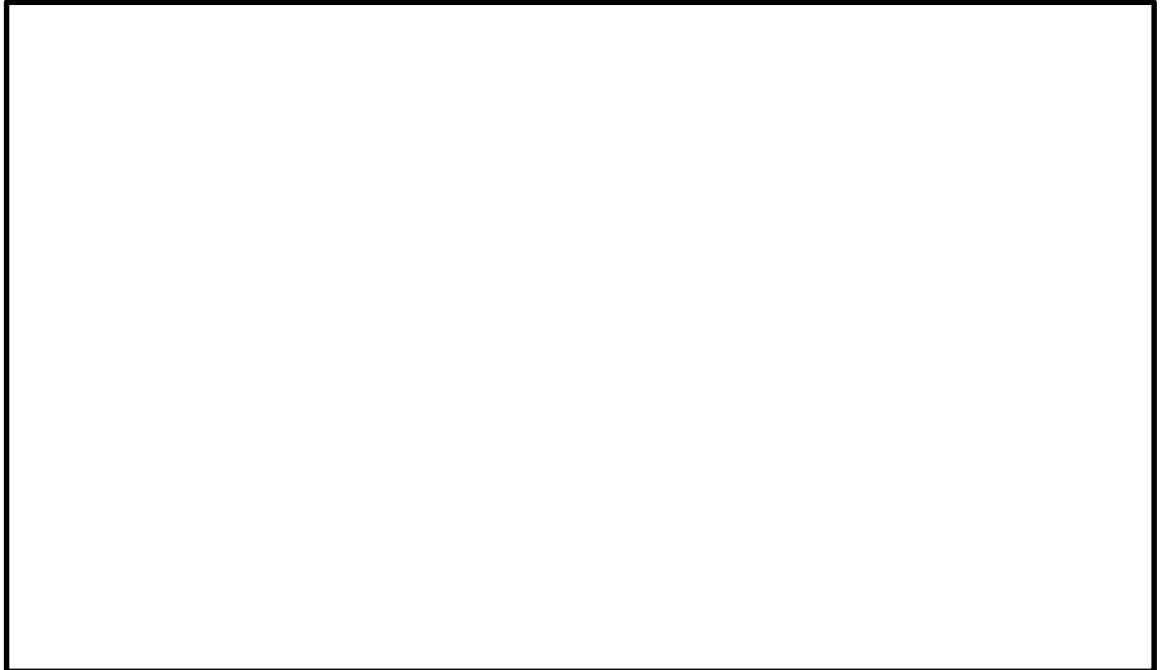


図 3.5.3-2 剛域の設定範囲

2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。

本検討では、津波波力及び漂流物荷重などの堤外側から堤内側に作用する荷重を主たる荷重として扱うため底版側部による地盤抵抗を期待するものとする。地盤バネは地盤面から杭下端までの範囲で考慮する。

津波時の地盤バネは、表 3.5.3-1 に示す地盤バネ 1 及び地盤バネ 2 の 2 ケースを考慮する。

表 3.5.3-1 地盤バネケース

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	初期せん断剛性から設定	ピーク強度（平均値）から設定	地盤抵抗が大きいと仮定した場合
地盤バネ 2	静弾性係数から設定	残留強度(-1 σ 低減値)から設定	地盤抵抗が小さいと仮定した場合

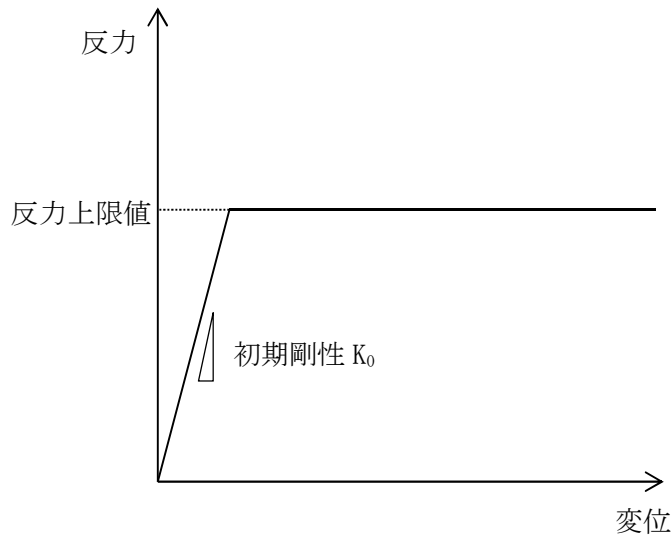


図 3.5. 3-3 地盤バネのバイリニアモデル

a. 地盤抵抗が大きいと仮定した場合

地盤のバネ定数及び地盤バネの反力上限値を以下のように設定する。

(a) 水平方向地盤バネのバネ定数 k_h

バネ定数 k_h の算定方法を以下に示す。

$$k_h = \mu \eta_k \alpha_k k_H D H$$

ここで、

k_h : 水平方向地盤バネのバネ定数 (kN/m)

μ : 水平方向地盤反力係数の補正係数

「道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編 (平成 14 年 3 月)」に従い、以下に示す水平方向地盤反力係数の補正係数 μ を考慮したバネ定数を設定する。

$$\mu = 1 - 0.2 \left(2.5 - \frac{L}{D} \right) [L < 2.5D]$$

ここで、

L : 杭中心間隔 (m)

D : 杭径 (m)

η_k : 群杭効果を考慮した補正係数

α_k : 単杭における補正係数

「道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編 (平成 14 年 3 月)」に従い、以下に示す補正係数を考慮したバネ定数を設定する。

表 3.5. 3-2 η_k , α_k の値

対象	η_k	α_k
粘性土地盤	2/3	1.5
砂質土地盤	2/3	1.5

k_H : 水平方向地盤反力係数 (kN/m³)

「道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編 (平成 14 年 3 月)」に従い、水平方向地盤反力係数 k_H を算定する。

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

ここで、

k_{H0} : 直径 0.3m 剛体円板による水平載荷試験の値に相当する水平方向地盤反力係数 (kN/m³)

「道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編 (平成 14 年 3 月)」に従い、水平方向地盤反力係数 k_{H0} を以下の式より算定する。

$$k_{H0} = \frac{1}{0.3} \alpha E_0$$

ここで、

α : 地盤反力係数の換算係数 ($\alpha = 1$)

E_0 : 地盤の変形係数

E_0 は以下の式より算定する。

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

ここで、

ν_d : 動ポアソン比

G_0 : 初期せん断剛性 (平均値) (kN/m²)

B_H : 荷重作用方向に直交する基礎の換算載荷幅 (m)

「道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編 (平成 14 年 3 月)」に従い B_H を算定する。なお、杭基礎の特性値 β は初期値 1.0, 許容誤差 1.0E-5 を設定し、繰り返し計算により算定する。

$$B_H = \sqrt{D/\beta}$$

ここで、

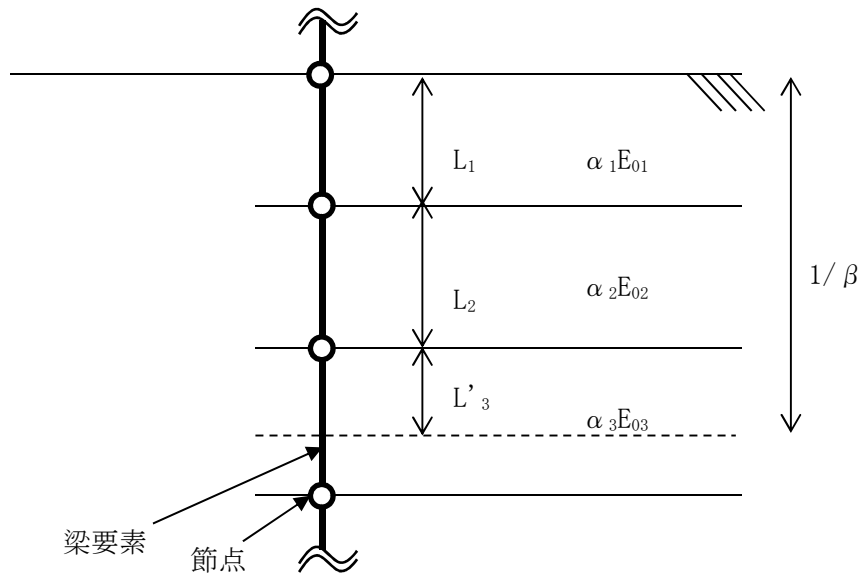
D : 荷重作用方向に直交する基礎の載荷幅 = 杭径

β : 杭基礎の特性値 (m⁻¹)

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{k_H D}{4EI}}$$

EI : 杭の曲げ剛性 (kN・m²)

「道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編 (平成 14 年 3 月)」の記述に従い、換算載荷幅 B_H は、設計上の地盤面から $1/\beta$ までの深さの平均的な αE_0 ($\alpha = 1$) を用いて算定する。



$$\alpha E_0 \text{ (} 1/\beta \text{ の範囲の平均値)} = \frac{\alpha_1 E_{01} L_1 + \alpha_2 E_{02} L_2 + \alpha_3 E_{03} L'_3}{1/\beta}$$

図 3.5.3-3 換算載荷幅 B_H 算定時の αE_0

(b) 水平方向地盤バネの反力上限値 P_h

反力上限値 P_h の算定方法を以下に示す。

$$P_h = P_{HU} D H$$

ここで、

P_{HU} : 受働土圧強度 (kN/m²)

「道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編 (平成 14 年 3 月)」に従い、
受働土圧強度 P_{HU} を算定する。

$$P_{HU} = \eta_p \alpha_p p_U$$

ここで

η_p : 群杭効果を考慮した水平方向反力の上限値の補正係数

α_p : 単杭における水平地盤反力度の上限値の補正係数

$\eta_p \alpha_p$ は以下の値とする。

表 3.5.3-3 補正係数 $\eta_p \alpha_p$

対象	η_p	α_p	$\eta_p \alpha_p$
粘性土地盤 ($N > 2$)	1.0	1.5	1.5
粘性土地盤 ($N \leq 2$)	1.0	1.0	1.0
砂質土地盤	—	3.0	$L/D (\leq \alpha_p)$

* 道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編 (平成 14 年 3 月)

* 表中の L は杭の中心間隔 (m), D は杭径 (m)

p_U : 地震時受働土圧強度 (kN/m²)

$$p_U = C$$

ここで, C : 粘着力 (kN/m²)

D : 杭径 (m)

H : 支配長さ (m)

(c) 鉛直方向地盤バネのバネ定数 k_{sv}

「道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編 (平成 14 年 3 月)」に従いバネ定数 k_{sv} を算定する。

$$k_{sv} = 0.3k_h$$

ここに,

k_h : 水平方向地盤バネのバネ定数 (kN/m)

k_{sv} : 鉛直方向地盤バネのバネ定数 (kN/m)

(d) 鉛直方向地盤バネの反力上限値 P_{sv}

反力上限値 P_{sv} の算定方法を以下に示す。

鋼管杭 : $P_{sv} = \tau_f H \pi D$

ここで,

τ_f : 鉛直方向地盤バネの地盤反力度の上限値 (kN/m²)

「道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編 (平成 14 年 3 月)」に従い, 表 3.5.3-4 により計算する。

表 3.5.3-4 鉛直方向地盤バネの地盤反力度の上限値の設定方法

砂質土	粘性土
2N (≦100)	0.8c 又は 8N (≦100)

* 表中の N は標準貫入試験の平均 N 値, c は地盤の粘着力 (kN/m²)

D : 杭径 (m)

H : 支配長さ (m)

躯体側面 : $P_{sv} = \tau_f H B$

ここで, τ_f : 鉛直方向地盤バネの地盤反力度の上限値 (kN/m²)

「道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編 (平成 14 年 3 月)」に従い, 土質試験の結果に基づき, 次式により求める。

(ア) 砂質土 : $\tau_f = \min[1N, 0.5 \cdot (c + p_0 \tan \phi)] \leq 50$

(イ) 粘性土 : $\tau_f = 0.5 \cdot (c + p_0 \tan \phi) \leq 100$

ここに, p_0 : 壁面に作用する静止土圧強度 (kN/m²)

Φ : 土の内部摩擦角 (°)

B : 基礎幅 (m)

(e) 杭下端鉛直方向地盤バネのバネ定数 k_v

「道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編 (平成 14 年 3 月)」に従いバネ定数 k_v の算定方法を以下に示す。

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

ここで,

k_v : 杭下端鉛直方向地盤バネのバネ定数 (kN/m)

k_{v0} : 直径 0.3m 剛体円板による水平載荷試験の値に相当する鉛直方向地盤反力係数 (kN/m³)

$$k_{v0} = \frac{1}{0.3} \alpha E_0$$

ここで,

α : 地盤反力係数の換算係数

E_0 : 地盤の変形係数 (kN/m³) : 水平方向地盤バネのバネ定数の算定時と同様の方法で算定する。

B_v : 基礎の換算載荷幅 (m)

$$B_v = \sqrt{A_v}$$

ここで,

A_v : 鉛直方向の載荷面積 (m²)

(f) 杭下端鉛直方向地盤バネの反力上限値 P_v

反力上限値 P_v は「道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編 (平成 14 年 3 月)」に従い、次式で算出する。

$$P_v = q_d A_v$$

ここで,

q_d : 極限支持力度

$$q_d = 3q_u$$

ここで, q_u : 一軸圧縮強度 (kN/m²)

A_v : 杭下端面積 (m²) = $\pi/4 \times D^2$ (D は杭径 (m))

b. 地盤抵抗が小さいと仮定した場合

地盤のバネ定数及び地盤バネの反力上限値を以下のように設定する。

(a) 水平方向地盤バネのバネ定数 k_h

「(a) 地盤抵抗が大きいと仮定した場合」と同様に、「道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編（平成 14 年 3 月）」に従って算出する。ただし、地盤の変形係数 E_0 は静弾性係数とする。

(b) 水平方向地盤バネの反力上限値 P_h

「(a) 地盤抵抗が大きいと仮定した場合」と同様に、「道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編（平成 14 年 3 月）」に従って算出する。ただし、 p_U ：地震時受働土圧強度 (kN/m^2) については、以下に示す値を使用する。

$$p_U = C$$

ここで、 C ：粘着力 (kN/m^2)

- ・第四紀層の C は残留強度 (-1σ) とする。
- ・ K_m 層の C はピーク強度（平均値）とする。

(c) 鉛直方向地盤バネのバネ定数 k_{sv}

「(a) 地盤抵抗が大きいと仮定した場合」と同様に、「道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編（平成 14 年 3 月）」に従って算出する。

(d) 鉛直方向地盤バネの反力上限値 P_{sv}

「(a) 地盤抵抗が大きいと仮定した場合」と同様に、「道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編（平成 14 年 3 月）」に従って算出する。ただし、 τ_f ：鉛直方向地盤バネの地盤反力度の上限値 (kN/m^2) の算出に使用する N 値及び地盤の粘着力 C の値は以下の値を使用する。

N：標準貫入試験の N 値 (-1σ)

C：第四紀層の C は残留強度 (-1σ) とする。

K_m 層の C はピーク強度（平均値）とする。

(e) 杭下端鉛直方向地盤バネのバネ定数 k_v

「(a) 地盤抵抗が大きいと仮定した場合」と同様に、「道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編（平成 14 年 3 月）」に従って算出する。ただし、 E_0 ：地盤の変形係数 (kN/m^3) は静弾性係数とする。

(f) 杭下端鉛直方向地盤バネの反力上限値 P_v

「(a) 地盤抵抗が大きいと仮定した場合」と同様に、「道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編（平成 14 年 3 月）」に従って算出する。

(2) 重畳時

重畳時においては、応答変位法により津波波力と余震の重畳時の影響を2次元静的フレーム解析に考慮するため、1次元有効応力解析により地盤剛性及び反力上限値、地盤変位、加速度を求める。

a. 1次元有効応力解析

重畳時の検討で実施する1次元有効応力解析は、地震時の地盤の有効応力の変化に応じた影響を考慮できる有効応力解析を実施する。

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。

(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 3.5.3-4 に、固有値解析結果を表 3.5.3-5 に示す。

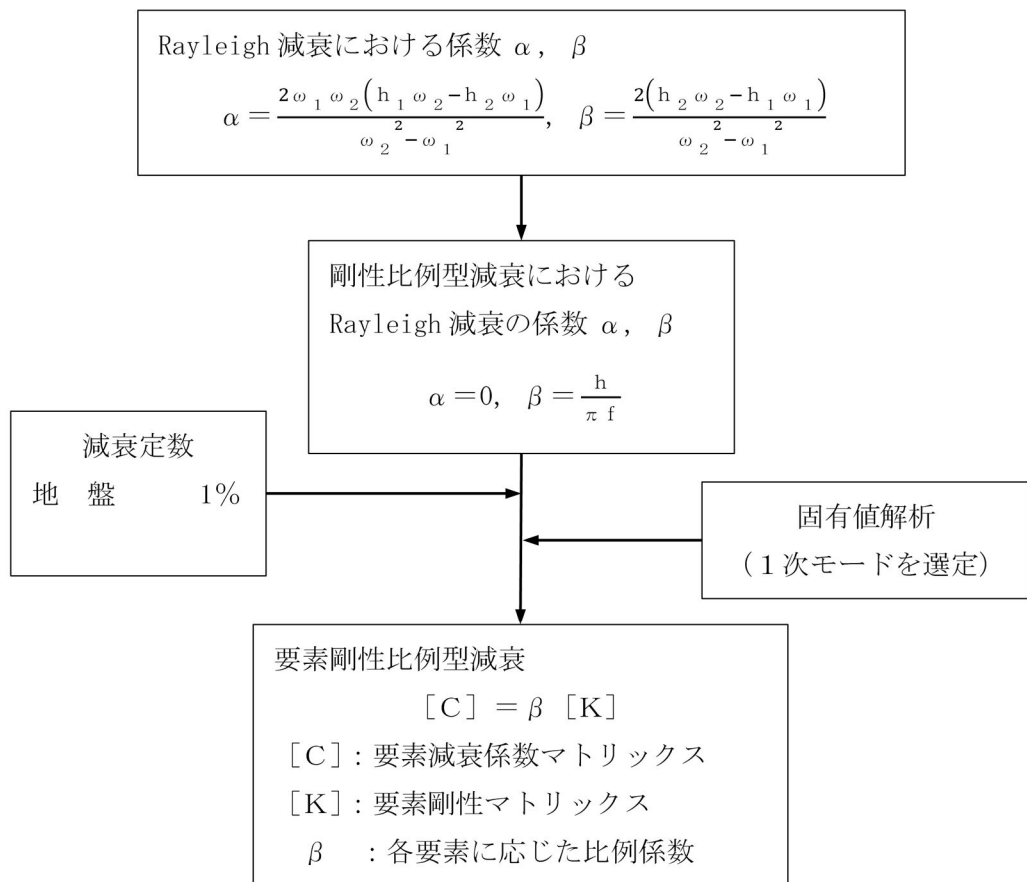


図 3.5.3-4 Rayleigh 減衰の設定フロー

表 3.5.3-5 (1) 固有値解析結果

(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)

モード次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数	備考
1	1.045	34.97	1次として採用
2	2.465	12.35	—
3	4.279	-9.22	—
4	6.427	5.55	—
5	8.067	-4.12	—
6	10.101	3.78	—
7	12.409	2.89	—
8	14.276	-2.09	—
9	16.208	2.13	—

表 3.5.3-5 (2) 固有値解析結果

(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)

モード次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数	備考
1	1.059	35.26	1次として採用
2	2.635	11.87	—
3	4.386	-8.88	—
4	6.639	5.76	—
5	8.518	3.87	—
6	10.389	3.58	—
7	12.788	-2.96	—
8	15.074	-2.10	—
9	16.813	1.88	—

表 3.5.3-5 (3) 固有値解析結果

(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)

モード次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数	備考
1	1.027	34.53	1次として採用
2	2.284	13.26	—
3	4.184	-9.45	—
4	6.137	5.24	—
5	7.683	-4.60	—
6	9.824	3.83	—
7	11.882	2.78	—
8	13.591	-2.33	—
9	15.686	2.22	—

(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 3.5.3-6 に示す。

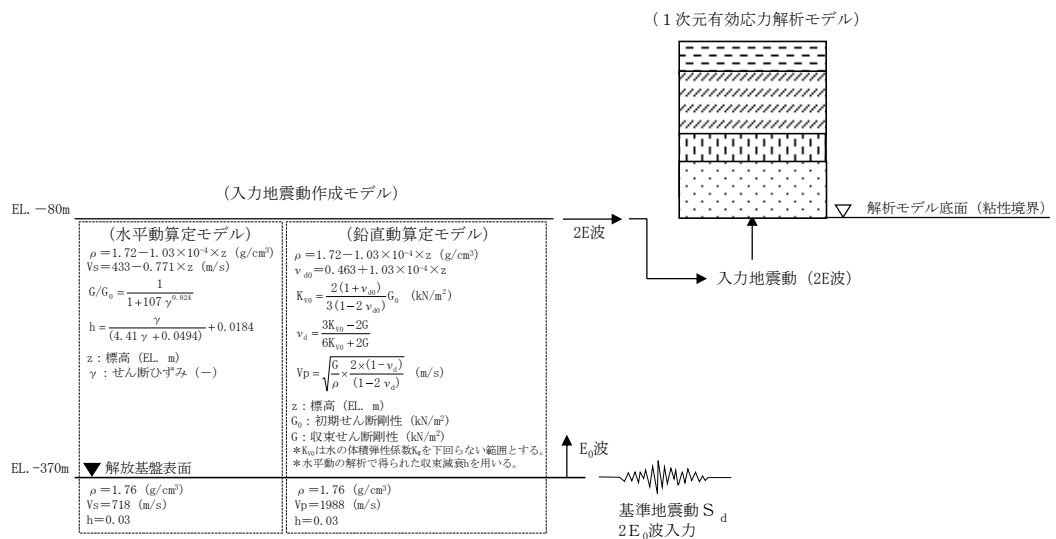
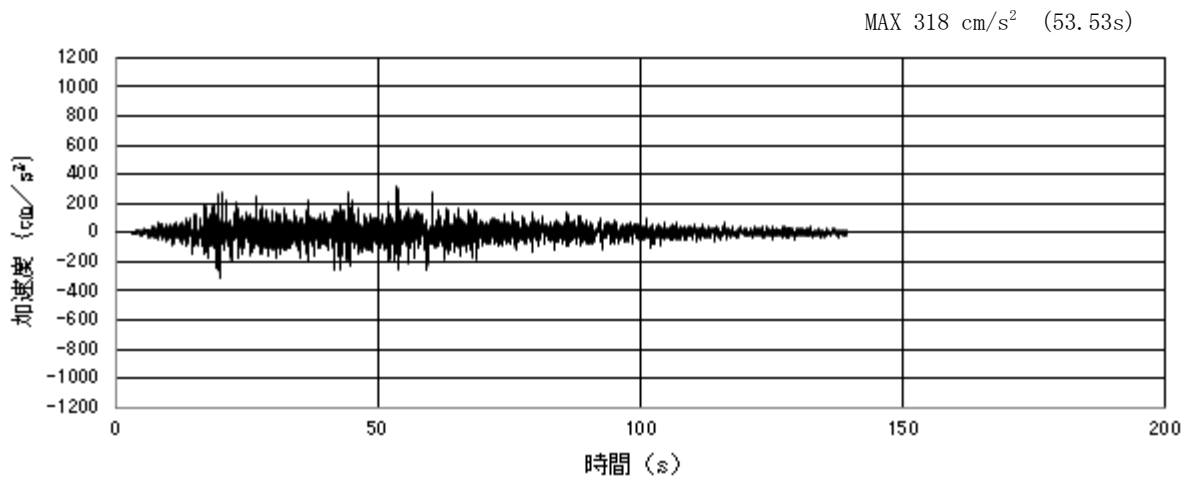
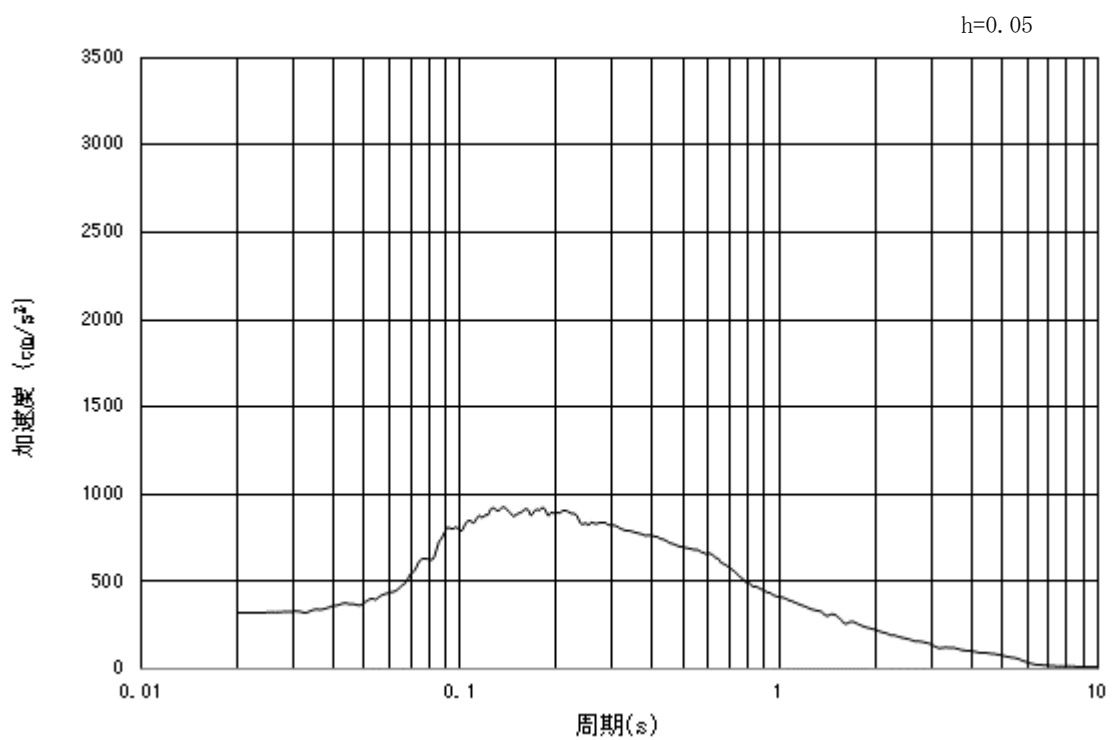


図 3.5.3-5 入力地震動算定の概念図

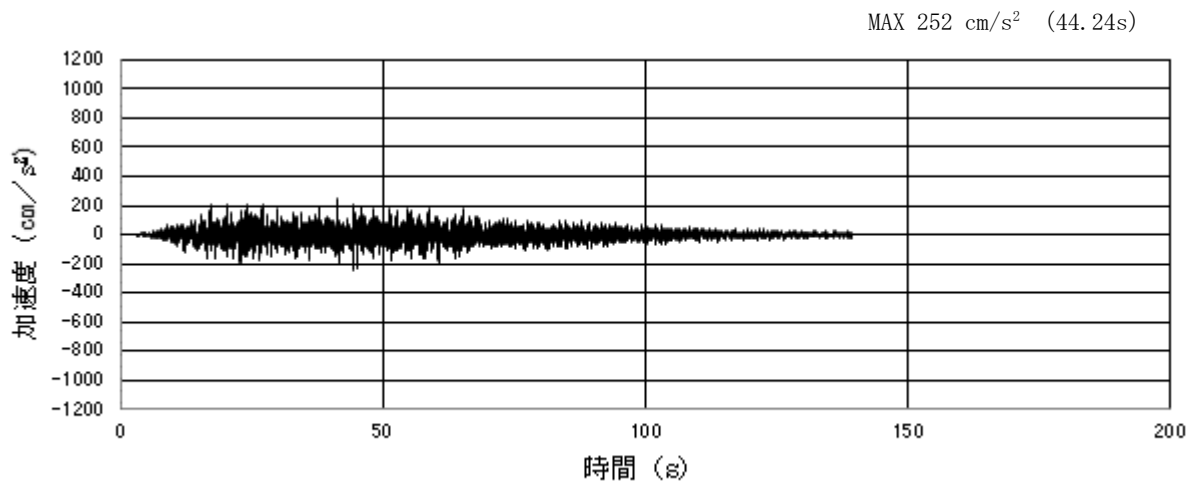


(a) 加速度時刻歴波形

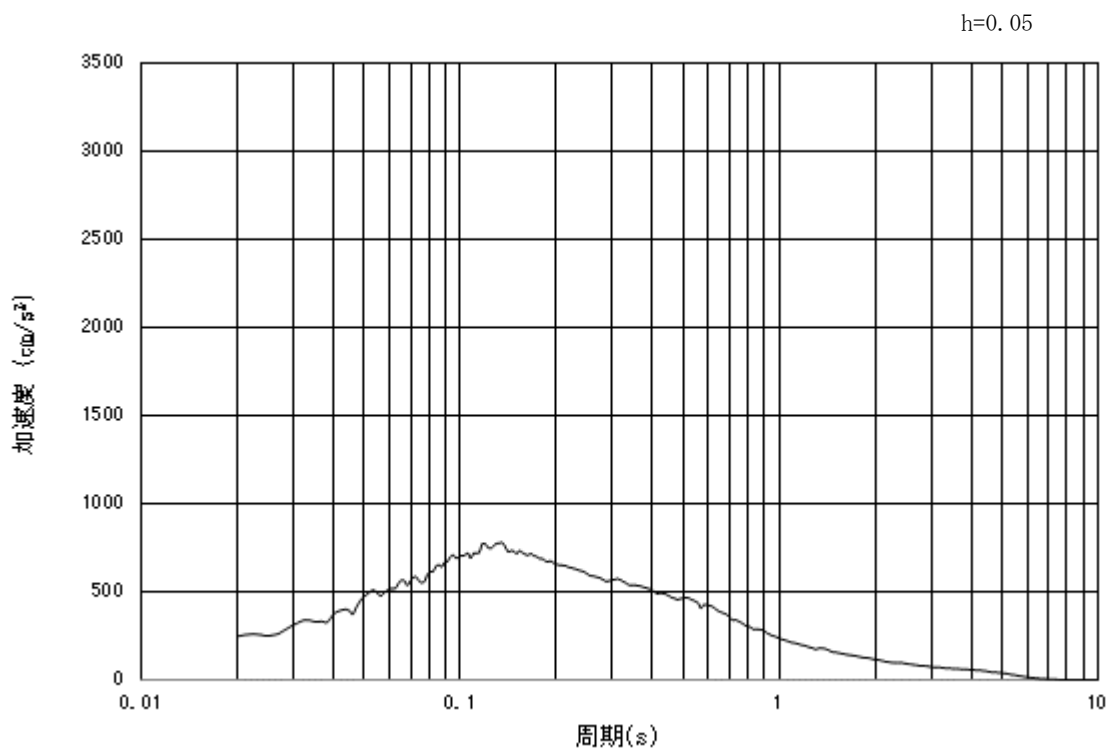


(b) 加速度応答スペクトル

図 3.5. 3-6 (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
(水平方向 : S_a-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. 3-6 (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
(鉛直方向：S_d-D1)

b. 2次元静的フレーム解析

重畳時は津波時と同様に、2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。杭側面に水平方向地盤バネ及び鉛直方向地盤バネ、杭下端に鉛直方向地盤バネを設定する。

重畳時の地盤バネは、表3.5.3-6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3.5.3-7に示す3ケースを考慮する。

表 3.5.3-6 2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(+1σ)した解析ケース	地盤物性のばらつきを考慮(-1σ)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(+1σ)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ケースを選定して照査する。

表 3.5.3-7 地盤バネケース

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	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発生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	S _d 波による1次元有効応力解析から地表面最大変位発生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	S _d 波による1次元有効応力解析から最大せん断ひずみ発生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、「3.5.3(2)a. 1次元有効応力解析」に示す。

- (a) 水平方向地盤バネのバネ定数 k_h
バネ定数 k_h の算定方法を以下に示す。

$$k_h = \mu \eta_k \alpha_k k_H D H$$

ここで、

k_H : 水平方向地盤バネのバネ定数 (kN/m)

μ : 水平方向地盤反力係数の補正係数

「道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編 (平成 14 年 3 月)」に従い、以下に示す水平方向地盤反力係数の補正係数 μ を考慮したバネ定数を設定する。

$$\mu = 1 - 0.2 \left(2.5 - \frac{L}{D} \right) [L < 2.5D]$$

ここで、

L : 杭中心間隔 (m)

D : 杭径 (m)

η_k : 群杭効果を考慮した補正係数

α_k : 単杭における補正係数

「道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編 (平成 14 年 3 月)」に従い、以下に示す補正係数を考慮したバネ定数を設定する。

表 3.5. 3-8 η_k , α_k の値

対象	η_k	α_k
粘性土地盤	2/3	1.5
砂質土地盤	2/3	1.5

k_H : 水平方向地盤反力係数 (kN/m³)

「道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編 (平成 14 年 3 月)」に従い、水平方向地盤反力係数 k_H を算定する。

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

ここで、

k_H : 水平方向地盤反力係数 (kN/m³)

k_{H0} : 直径 0.3m 剛体円板による水平載荷試験の値に相当する水平方向地盤反力係数 (kN/m³)

「道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編 (平成 14 年 3 月)」に従い、水平方向地盤反力係数 k_{H0} を以下の式より算定する。

$$k_{H0} = \frac{1}{0.3} \alpha E_0$$

ここで、

α : 地盤反力係数の換算係数 ($\alpha=1$)

E_0 : 地盤の変形係数

E_0 は 1 次元有効応力解析におけ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) それぞれの時刻での平均有効主応力 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。

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

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

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

ここで、

ν_d : 動ポアソン比

G_s : 割線せん断剛性 (kN/m²)

τ_s : 骨格曲線上のせん断応力 (kN/m²)

γ : せん断ひずみ

C : 粘着力 (kN/m²)

ϕ_{CD} : 内部摩擦角 (°)

B_H : 荷重作用方向に直交する基礎の換算載荷幅 (m)

「道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編 (平成 14 年 3 月)」に従い B_H を算定する。なお、杭基礎の特性値 β は初期値 1.0, 許容誤差 1.0E-5 を設定し、繰り返し計算により算定する。

$$B_H = \sqrt{D/\beta}$$

ここで、

D : 荷重作用方向に直交する基礎の載荷幅 = 杭径

β : 杭基礎の特性値 (m⁻¹)

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{k_H D}{4EI}}$$

EI : 杭の曲げ剛性 (kN・m²)

「道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編 (平成 14 年 3 月)」の記述に従い、換算載荷幅 B_H は、設計上の地盤面から $1/\beta$ までの深さの平均的な αE_0 ($\alpha=1$) を用いて算定する。

(b) 水平方向地盤バネの反力上限値 P_h

反力上限値 P_h の算定方法を以下に示す。

$$P_h = P_{HU}DH$$

ここで、

P_{HU} : 受働土圧強度 (kN/m²)

「道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編 (平成 14 年 3 月)」に従い、受働土圧強度 P_{HU} を算定する。

$$P_{HU} = \eta_p \alpha_p p_U$$

ここで

η_p : 群杭効果を考慮した水平方向反力の上限値の補正係数

α_p : 単杭における水平地盤反力度の上限値の補正係数

$\eta_p \alpha_p$ は以下の値とする。

表 3.5. 3-9 補正係数 $\eta_p \alpha_p$

対象	η_p	α_p	$\eta_p \alpha_p$
粘性土地盤 ($N > 2$)	1.0	1.5	1.5
粘性土地盤 ($N \leq 2$)	1.0	1.0	1.0
砂質土地盤	—	3.0	$L/D (\leq \alpha_p)$

* 道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編 (平成 14 年 3 月)

* 表中の L は杭の中心間隔 (m), D は杭径 (m)

p_U : 地震時受働土圧強度 (kN/m²)

p_U は 1 次元有効応力解析におけ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) それぞれの時刻での平均有効主応力 σ'_m の深度分布を用いて以下の式により設定する。

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

ここで、

C : 粘着力 (kN/m²)

ϕ_{CD} : 内部摩擦角 (CD 条件)

σ'_m : 平均有効主応力 (kN/m²)

D : 杭径 (m)

H : 支配長さ (m)

- (c) 鉛直方向地盤バネのバネ定数 k_{sv}

「道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編（平成 14 年 3 月）」に従いバネ定数 k_{sv} を算定する。

$$k_{sv} = 0.3k_h$$

ここに、

k_h : 水平方向地盤バネのバネ定数 (kN/m)

k_{sv} : 鉛直方向地盤バネのバネ定数 (kN/m)

- (d) 鉛直方向地盤バネの反力上限値 P_{sv}

重畳時の反力上限値 P_{sv} の算定方法を以下に示す。

$$P_{sh} = \tau_f H \pi D$$

ここで、

τ_f : 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次式により設定する。

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

ここで、

C : 粘着力 (kN/m²)

ϕ_{CD} : 内部摩擦角

σ'_m : 平均有効主応力 (kN/m²)

D : 杭径 (m)

H : 支配長さ (m)

(e) 杭下端鉛直方向地盤バネのバネ定数 k_v

「道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編（平成 14 年 3 月）」に従いバネ定数 k_v の算定方法を以下に示す。

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

ここで、

k_v : 杭下端鉛直方向地盤バネのバネ定数 (kN/m)

k_{v0} : 直径 0.3m 剛体円板による水平載荷試験の値に相当する鉛直方向地盤反力係数 (kN/m³)

$$k_{v0} = \frac{1}{0.3} \alpha E_0$$

ここで、

α : 地盤反力係数の換算係数

E_0 : 地盤の変形係数 (kN/m³) : 水平方向地盤バネのバネ定数の算定時と同様の方法で算定する。

B_v : 基礎の換算載荷幅 (m)

$$B_v = \sqrt{A_v}$$

ここで、

A_v : 鉛直方向の載荷面積 (m²)

(f) 杭下端鉛直方向地盤バネの反力上限値 P_v

反力上限値 P_v の算定方法を以下に示す。

$$P_v = \sigma_f A_v$$

ここで、

σ_f : 1次元有効応力解析で得られる地表面発生加速度発生時刻（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次式により設定する。

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

ここで、

C : 粘着力 (kN/m²)

ϕ_{CD} : 内部摩擦角

σ'_m : 平均有効主応力 (kN/m²)

A_v : 杭下端面積 (m²) = $\pi/4 \times D^2$ (Dは杭径(m))

(3) 地盤の物性値

地盤の物性値は、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。なお、地盤については、液状化検討対象層における有効応力の変化に応じた地震挙動を適切にモデル化する。地盤の物性値を表3.5.3-10に示す。

表 3.5.3-10 (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 3.5.3-10 (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				
				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	$1.72-1.03 \times 10^{-4} \cdot z$
	間隙比	e	—	1.59	1.09	2.8	1.09	1.16
変形特性	ポアソン比	ν_{CD}	—	0.10	0.22	0.14	0.22	$0.16+0.00025 \cdot z$
	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
	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	
	最大履歴減衰率	h_{max}	—	0.200	0.186	0.151	0.186	
強度特性	粘着力	C_{CD}	N/mm ²	0.025	0.026	0.042	0.026	
	内部摩擦角	ϕ_{CD}	度	29.1	35.6	27.3	35.6	$23.2+0.0990 \cdot z$

z : 標高 (m)

表 3.5.3-10 (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_D (kN/m ²)	内部摩擦角 ϕ_{CD} (°)	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 ₆ , m ₆	最大履歴 減衰率 h _{max} (-)	動ポアソン比 ν^d	確密波 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

表 3.5. 3-10 (4) 地盤改良体の物性値一覧

項目		地盤改良体 (セメント改良)	
		一軸圧縮強度 (≤8.5N/mm ² の場合)	一軸圧縮強度 (>8.5N/mm ² の場合)
物理特性	密度 ρ_t (g/cm ³)	改良対象の原地盤の平均密度×1.1	
静的変形特性	静弾性係数 (N/mm ²)	581	2159
	静ポアソン比 ν_s	0.260	
動的変形特性	初期せん断剛性 G_0 (N/mm ²)	$G_0 = \rho_t / 1000 \times V_s^2$ $V_s = 147.6 \times q_u^{0.417}$ (m/s) q_u : 一軸圧縮強度 (kgf/cm ²)	
	動ポアソン比 ν_d	0.431	
	動せん断弾性係数のひずみ依存性 $G/G_0 \sim \gamma$	$G/G_0 = \frac{1}{1 + \gamma / 0.000537}$ γ : せん断ひずみ (-)	$G/G_0 = \frac{1}{1 + \gamma / 0.001560}$ γ : せん断ひずみ (-)
	減衰定数 $h \sim \gamma$	$h = 0.152 \frac{\gamma / 0.000537}{1 + \gamma / 0.000537}$ γ : せん断ひずみ (-)	$h = 0.178 \frac{\gamma / 0.001560}{1 + \gamma / 0.001560}$ γ : せん断ひずみ (-)
強度特性	粘着力 C (N/mm ²)	$C = q_u / 2$ q_u : 一軸圧縮強度 (N/mm ²)	

* 地盤改良体 (嵩上げ部) の一軸圧縮強度 : 1.5 N/mm²

(4) 地下水位

地下水位は地表面として設定する。

(5) 使用材料及び材料の物性値

使用材料を表 3.5.3-11 及び表 3.5.3-12 に、材料の物性値を表 3.5.3-13 に示す。

表 3.5.3-11 扉体本体の使用材料

評価部材	諸元
スキンプレート, 縦補助桁, 主桁, 端桁	SM490
支圧板	SUS304

表 3.5.3-12 使用材料

諸元	
鉄筋	SD490
コンクリート	設計基準強度 : 40 N/mm ²
鋼管杭	φ 2500 mm (SM570) t = 35

* : 道路橋示方書・同解説IV下部工編に従い腐食代 1 mm を考慮する。杭体の断面照査及び杭の曲げ剛性を算出する際は腐食代 1 mm による断面積の低減を考慮する。

表 3.5.3-13 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
鉄筋コンクリート	24.5*	3.10×10 ⁴ *	0.2*
鋼管杭	77.0*	2.00×10 ⁵ *	0.3*

注記 * : 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)

3.6 評価方法

防潮扉 2 基礎の強度評価は、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「5. 強度評価方法」に基づき設定する。

3.6.1 津波時

(1) 鋼管杭

鋼管杭の評価は、杭の曲げモーメント及び軸力より算定される応力及びせん断力より算定されるせん断応力が許容限界以下であることを確認する。

a. 曲げモーメント及び軸力に対する照査

曲げモーメント及び軸力を用いて次式により算定される応力が許容限界以下であることを確認する。

$$\sigma = \frac{N}{A} \pm \frac{M}{Z}$$

ここで、

- σ : 鋼管杭の曲げモーメント及び軸力より算定される応力 (N/mm²)
- M : 最大曲げモーメント (N・mm)
- Z : 断面係数 (mm³)
- N : 軸力 (N)
- A : 有効断面積 (mm²)

b. せん断力に対する照査

せん断力を用いて次式により算定されるせん断応力がせん断強度に基づく許容限界以下であることを確認する。

$$\tau = \kappa \frac{S}{A}$$

ここで、

- τ : 鋼管杭のせん断力より算定されるせん断応力 (N/mm²)
- S : せん断力 (kN)
- A : 有効断面積 (mm²)
- κ : せん断応力の分布係数 (2.0)

(2) 鉄筋コンクリート

鉄筋コンクリートは、強度評価により算定した曲げ圧縮応力、曲げ引張応力及びせん断応力が許容限界以下であることを確認する。

(3) 基礎地盤の支持力

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。

3.6.2 重畳時

(1) 鋼管杭

鋼管杭の重畳時の評価は「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。

(2) 鉄筋コンクリート

鉄筋コンクリートの重畳時の評価は「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。

(3) 基礎地盤の支持力

a. 押込み力に対する照査

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 (3) 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、「6.5.1.1 防潮扉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次元静的FEM解析を実施し求める。2次元静的FEM解析に使用する解析モデルは、「6.5.1.1 防潮扉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常時応力解析モデルに基づく図3.5.2-1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。

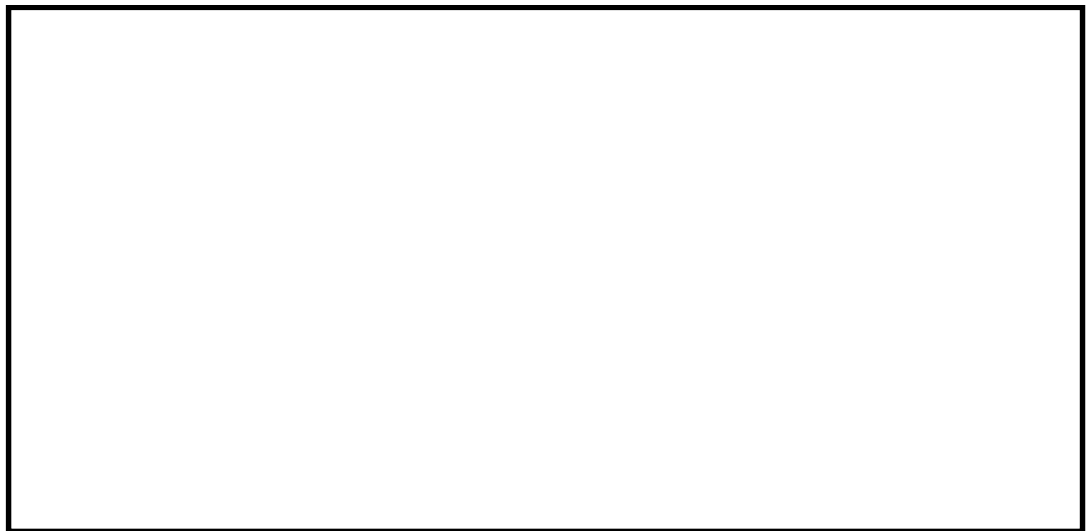
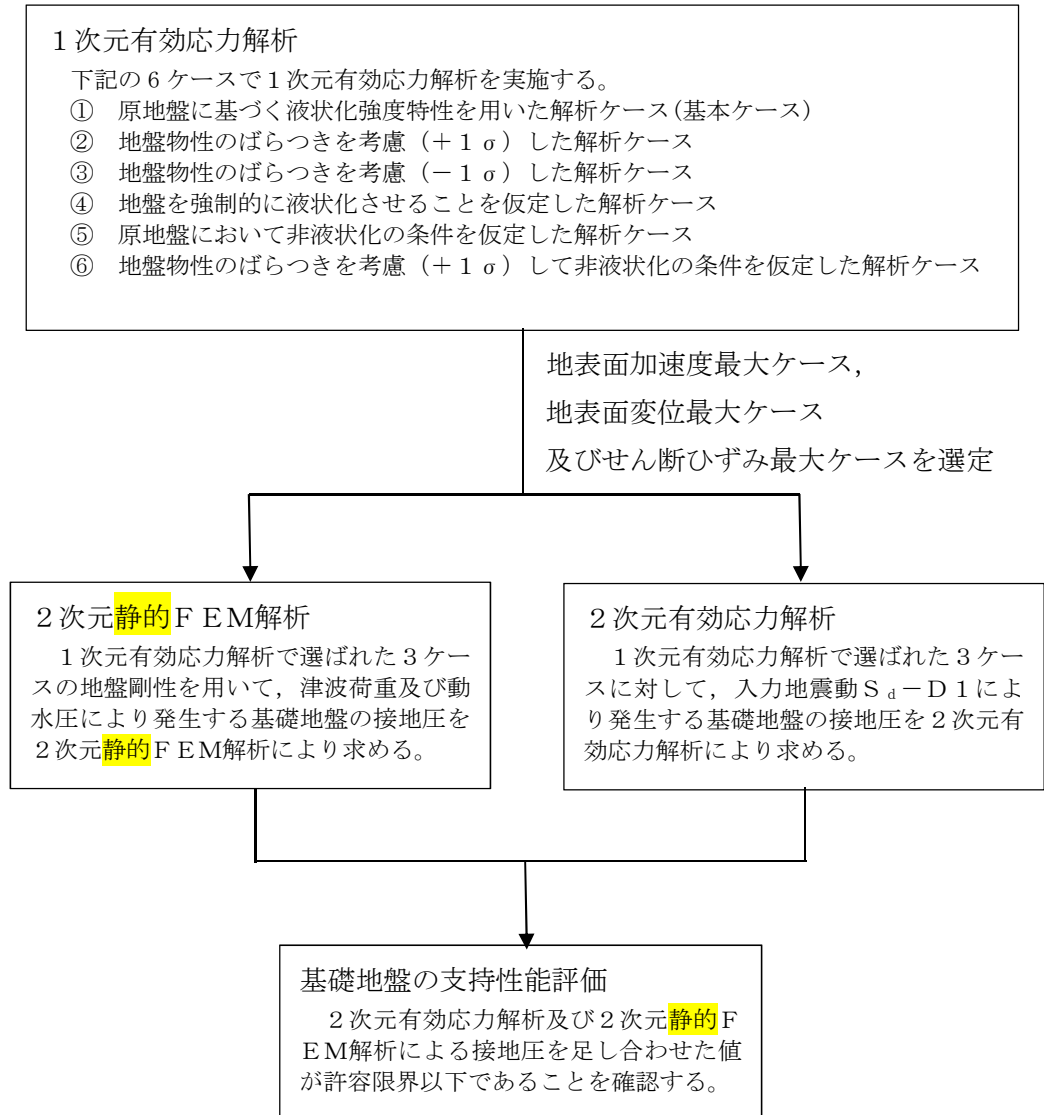


図 3.6.2-1 2次元静的FEM解析モデル

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 3.6.2-2 に基礎地盤の支持性能評価フローを、図 3.6.2-3 に接地圧の算出フローを示す。



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

図 3.6.2-2 基礎地盤の支持性能評価フロー

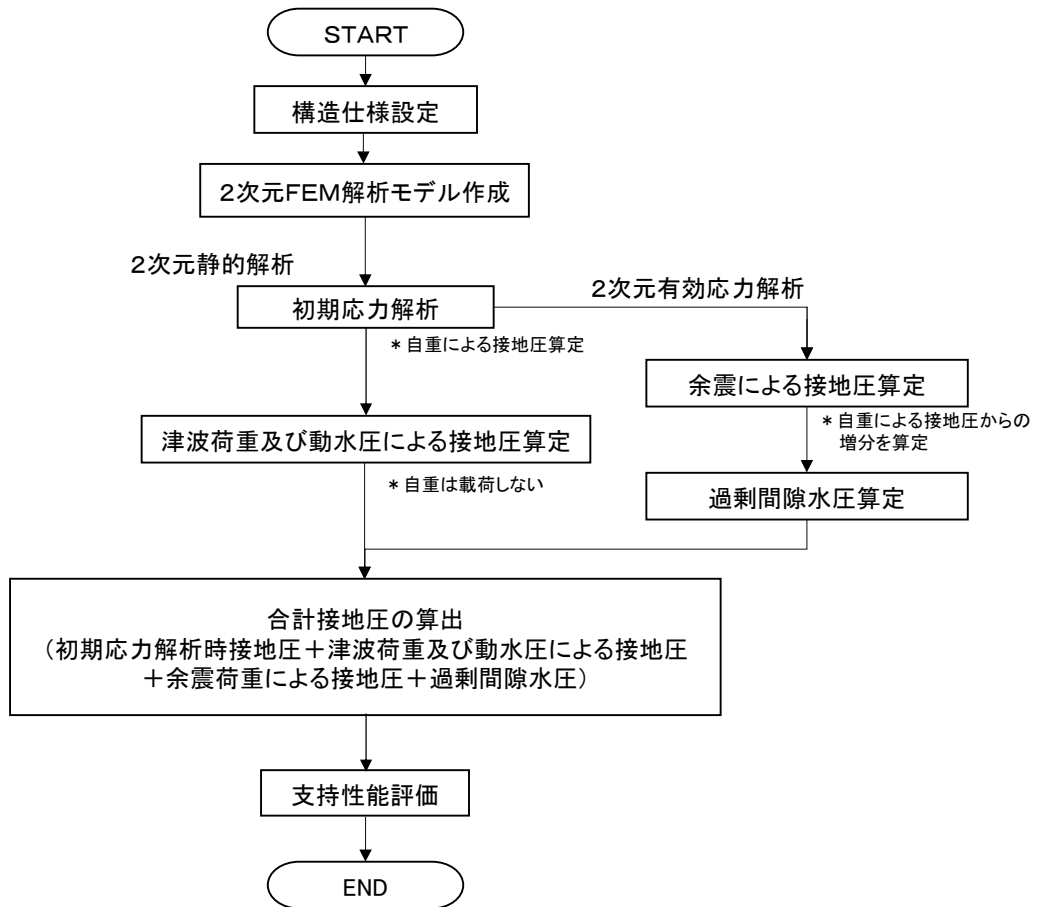


図 3. 6. 2-3 接地圧の算出フロー

b. 引抜き力に対する照査

引抜き力に対する照査は、重畳時の2次元静的フレーム解析における杭天端位置での最大引張軸力が許容限界以下であることを確認する。

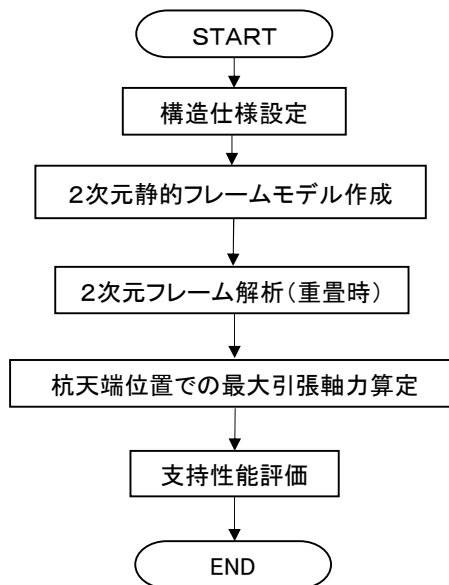


図 3. 6. 2-4 引抜き力に対する照査フロー

4. 評価結果

4.1 津波時の強度評価結果

津波時の2次元静的フレーム解析で設定した地盤パネ1及び地盤パネ2の水平方向地盤反力係数、地盤反力上限値及びそれぞれの値を比較したものをA-A断面について図4.1-1～図4.1-3に示す。

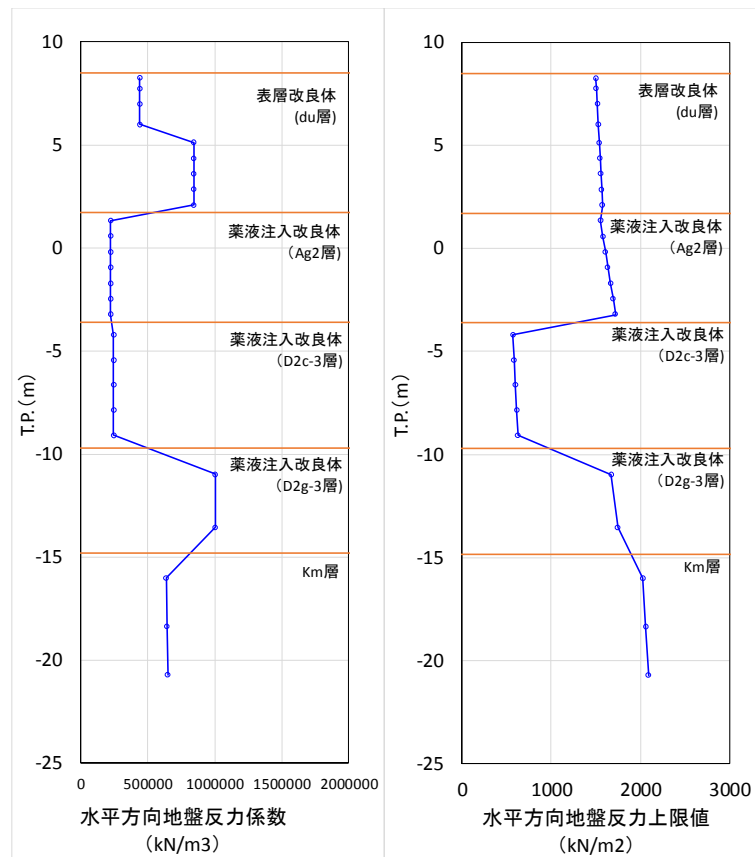


図 4.1-1 水平方向地盤反力係数及び反力上限値 (A-A断面：地盤パネ1)

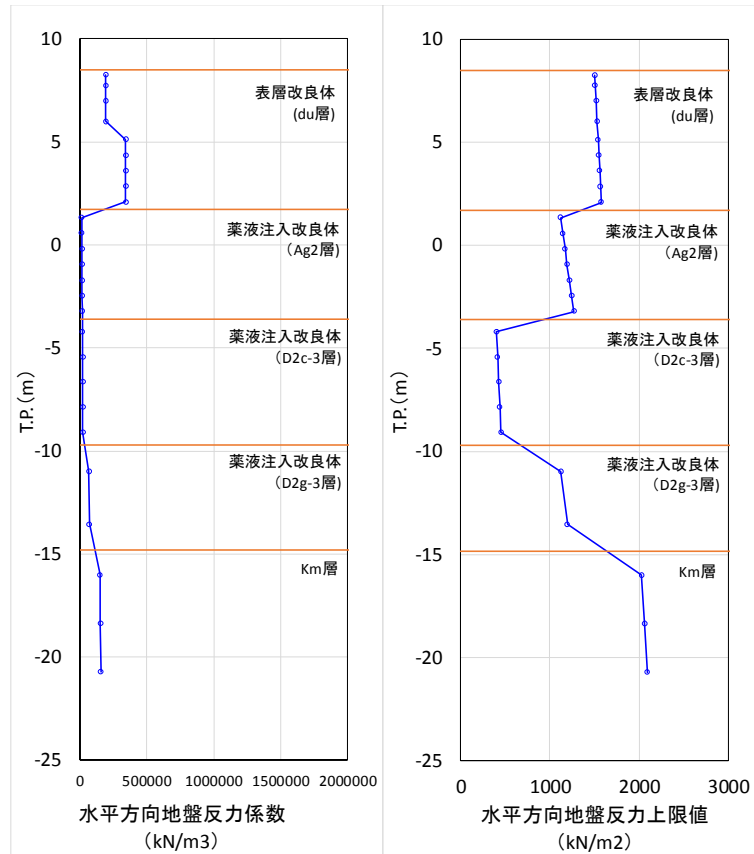


図 4.1-2 水平方向地盤反力係数及び反力上限値 (A-A断面：地盤バネ 2)

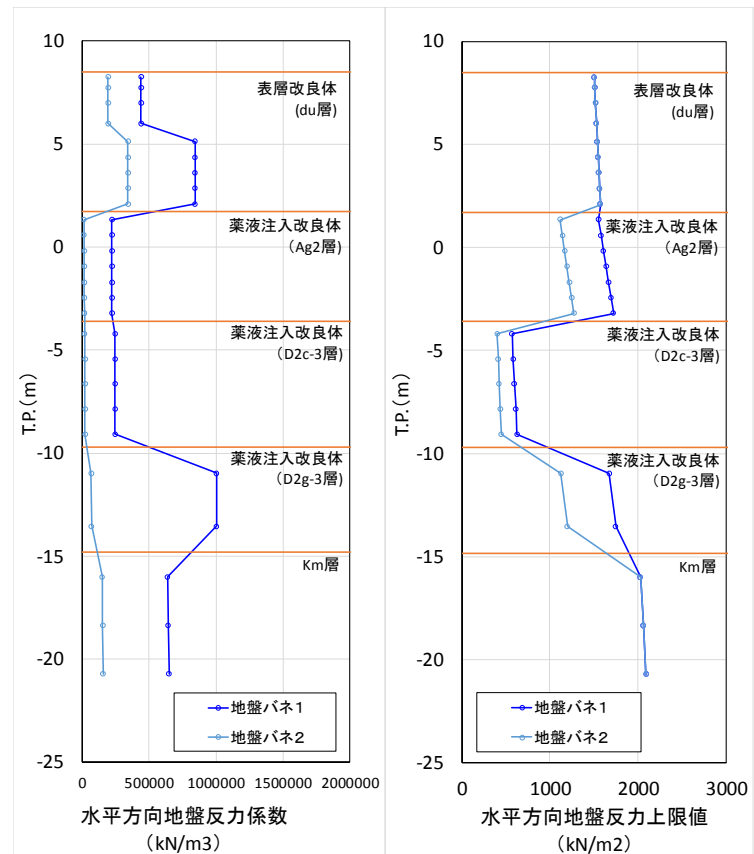


図 4.1-3 地盤バネ 1 及び地盤バネ 2 の比較 (A-A断面)

防潮扉 2 基礎の津波時の評価結果を示す。

4.1.1 鋼管杭の評価結果

(1) 曲げ軸力に対する照査

断面計算に用いた断面諸元を表 4.1.1-1 に、曲げ軸力に対する照査結果を表 4.1.1-2 及び表 4.1.1-3 に、断面力図を図 4.1.1-2～図 4.1.1-5 に示す。断面力図は、照査値が最も厳しくなる杭の断面力分布を示したものである。鋼管杭に対して許容応力度法による照査を行った結果、曲げ応力が短期許容応力度以下であることを確認した。

表 4.1.1-1 鋼管杭 (SM570) 断面諸元

断面	板厚 (mm)	断面積 (m^2)	断面係数 (m^3)
防潮扉 (A-A)	35	0.263	0.15995

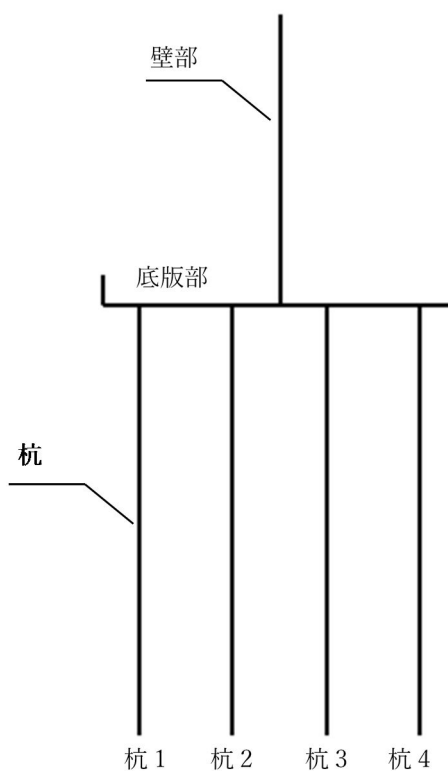


図 4.1.1-1 防潮扉 2 基礎 杭番号位置図

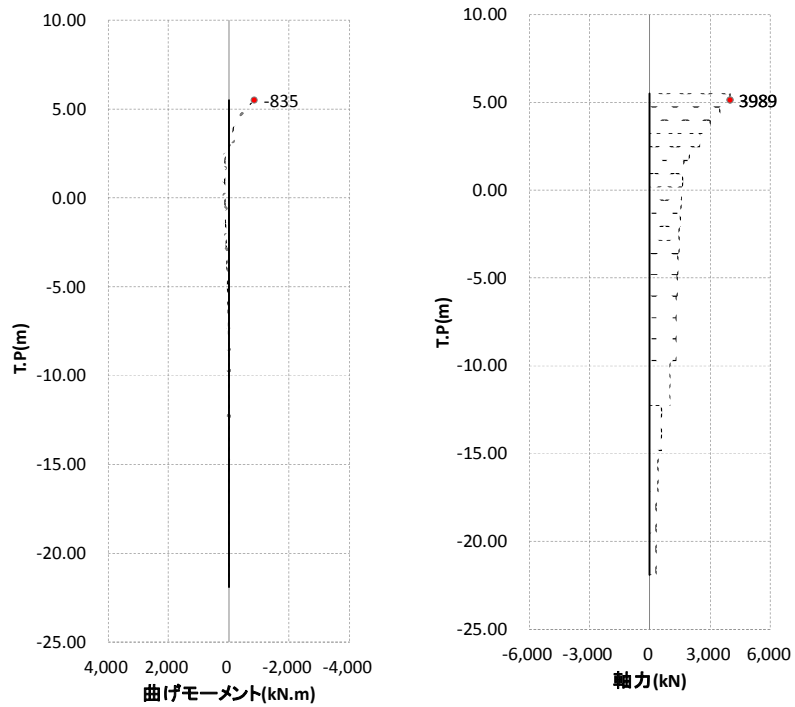


図 4. 1. 1-2 断面力図 杭 3 (A-A断面：基準津波時，地盤バネ 1)

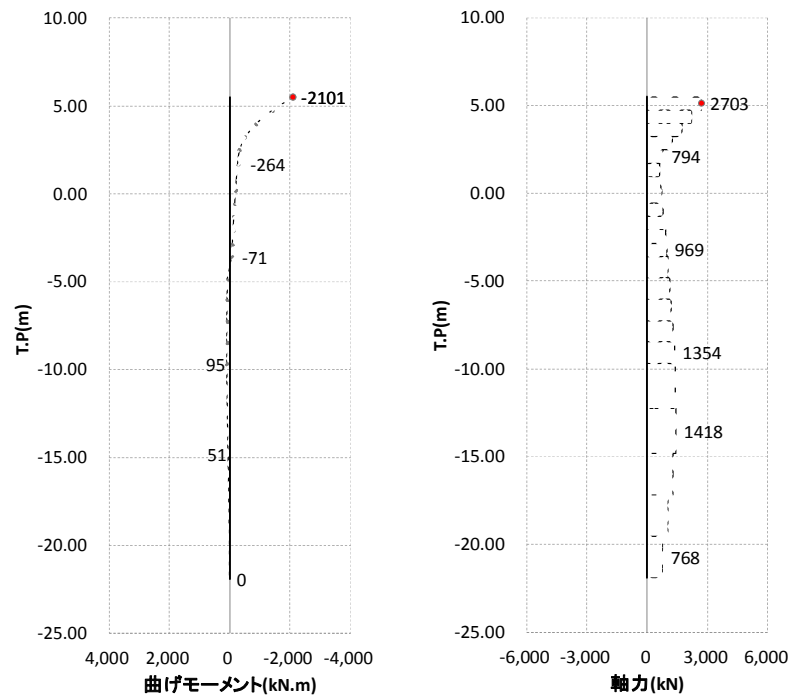


図 4. 1. 1-3 断面力図 杭 4 (A-A断面：基準津波時，地盤バネ 2)

表 4. 1. 1-2 曲げ軸力に対する照査 (基準津波時)

	杭番号	曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)	発生曲げ応力 (N/mm ²)	短期許容応力度 (N/mm ²)	照査値
地盤バネ 1	3	835	3989	20.39	382.5	0.06
地盤バネ 2	4	2101	2703	23.42	382.5	0.07

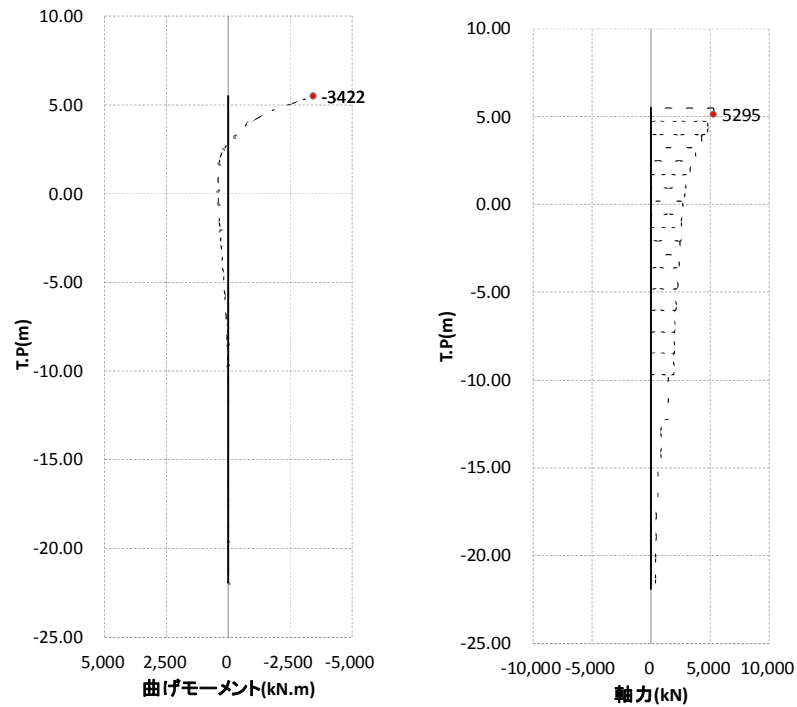


図 4.1.1-4 断面力図 杭 4 (A-A断面 : T.P. +24 m 津波時, 地盤バネ 1)

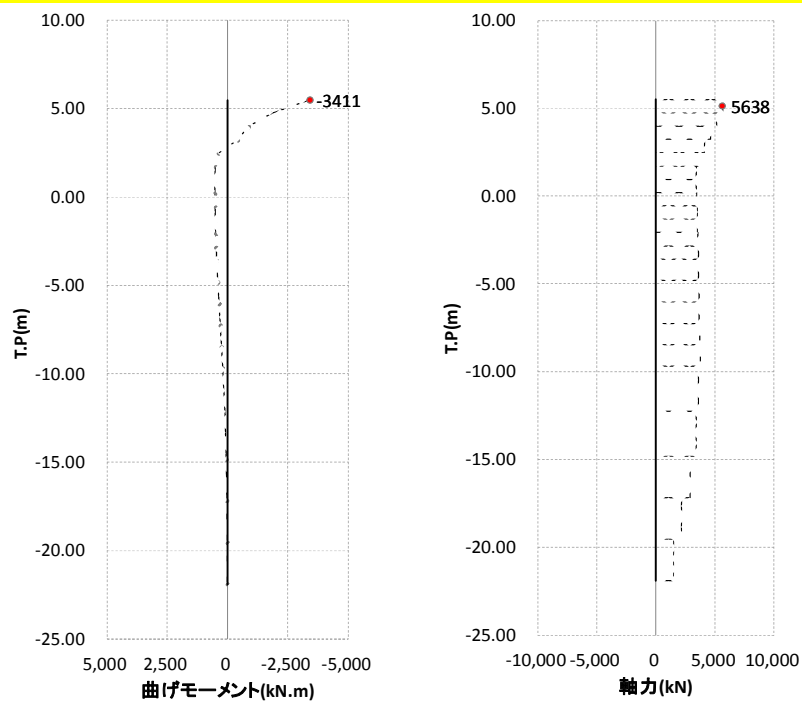


図 4.1.1-5 断面力図 杭 4 (A-A断面 : T.P. +24 m 津波時, 地盤バネ 2)

表 4.1.1-3 曲げ軸力に対する照査 (T.P. +24 m 津波時)

	杭番号	曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)	発生曲げ 応力 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	照査値
地盤バネ 1	4	3422	5295	41.53	433.5	0.10
地盤バネ 2	4	3411	5638	42.77	433.5	0.10

(2) せん断力に対する照査

断面計算に用いた断面諸元は前出の表 4.1.1-1 に、せん断力に対する照査結果を表 4.1.1-4 及び表 4.1.1-5 に示す。

鋼管杭に対して許容応力度法による照査を行った結果、せん断応力が短期許容応力度以下であることを確認した。なお、発生応力は各地盤バネに対して最大となる値を示している。

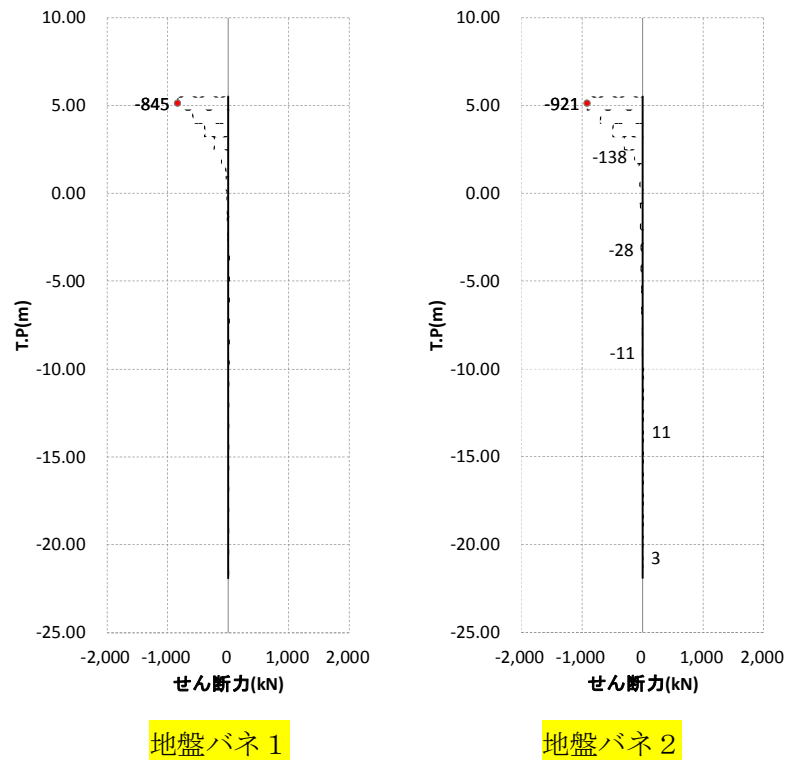
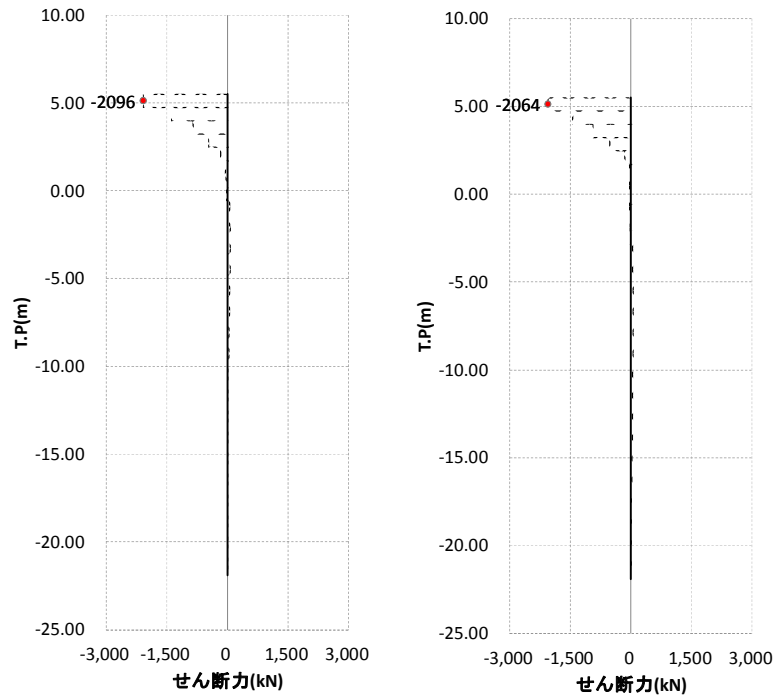


図 4.1.1-6 断面力図 杭 4 (A-A断面：基準津波時)

表 4.1.1-4 せん断力に対する照査 (基準津波時)

	杭番号	せん断力 (kN)	発生せん断 応力 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	照査値
地盤バネ 1	4	845	6.43	217.5	0.03
地盤バネ 2	4	921	7.01	217.5	0.04



地盤バネ 1

地盤バネ 2

図 4. 1. 1-7 断面力図 杭 4 (A-A断面 : T.P. +24 m 津波時)

表 4. 1. 1-5 せん断力に対する照査 (T.P. +24 m 津波時)

	杭番号	せん断力 (kN)	発生せん断 応力 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	照査値
地盤バネ 1	4	2096	15.94	246.5	0.07
地盤バネ 2	4	2064	15.70	246.5	0.07

4.1.2 鉄筋コンクリートの評価結果

(1) 曲げ軸力に対する照査

断面計算に用いた断面諸元を表 4.1.2-1 に、曲げ軸力に対する照査結果を表 4.1.2-1～表 4.1.2-3 に示す。

鉄筋コンクリートに対して許容応力度法による照査を行った結果、コンクリートに発生する曲げ圧縮応力及び鉄筋に発生する曲げ引張応力が短期許容応力度以下であることを確認した。なお、発生応力は各部材において最大となる値を示している。

表 4.1.2-1 鉄筋コンクリート断面諸元

断面	かぶり (m)	断面有効高さ (m)	主筋	主筋断面積 (mm ²)
壁部	0.15	4.65～7.35	D38-22 本 (4 段)	100320
底版部	0.15	3.45	D38-92 本 (4 段)	419520

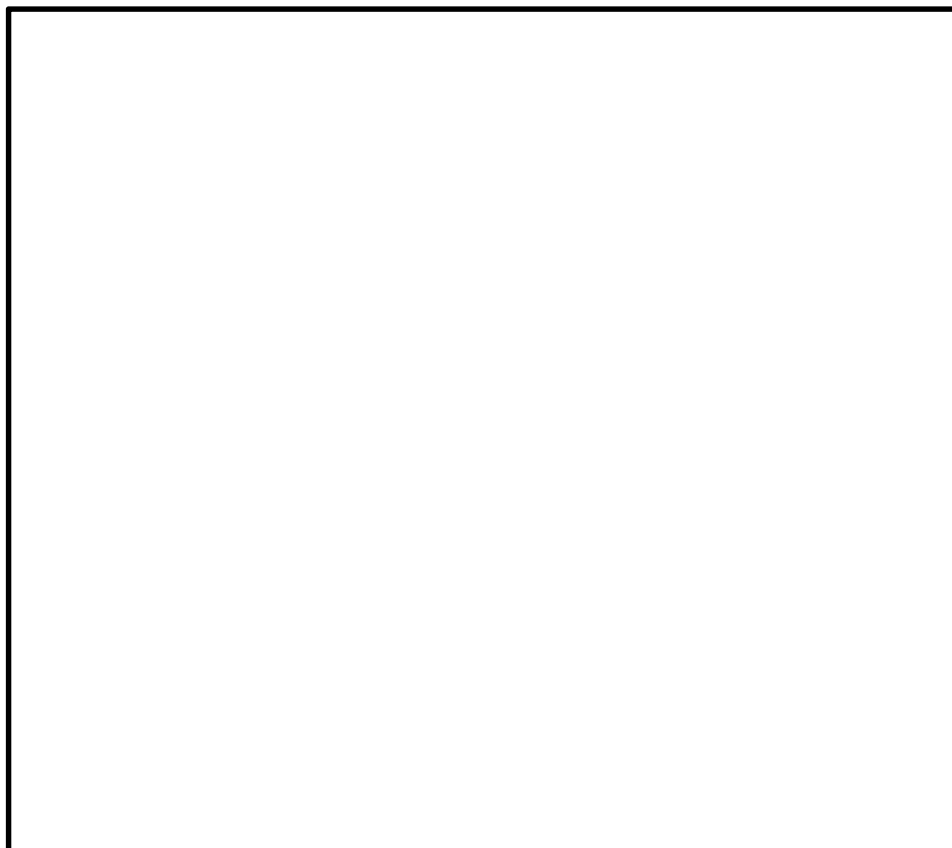


図 4.1.2-1 概略配筋図 (A-A 断面)

解析ケース名 [S9L1K1]
 ステップ数 : 100/100
 荷重倍率 : 1.000
 変形倍率 : 0.000
 断面力倍率 : 0.060

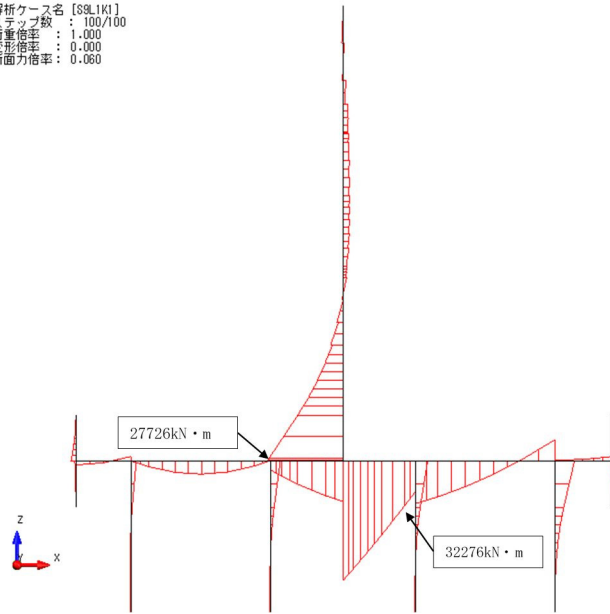


図 4.1.2-2 曲げ圧縮応力照査 曲げモーメント図
 (A-A断面：基準津波時，地盤バネ1)

解析ケース名 [S9L1K1]
 ステップ数 : 100/100
 荷重倍率 : 1.000
 変形倍率 : 0.000
 断面力倍率 : 0.200

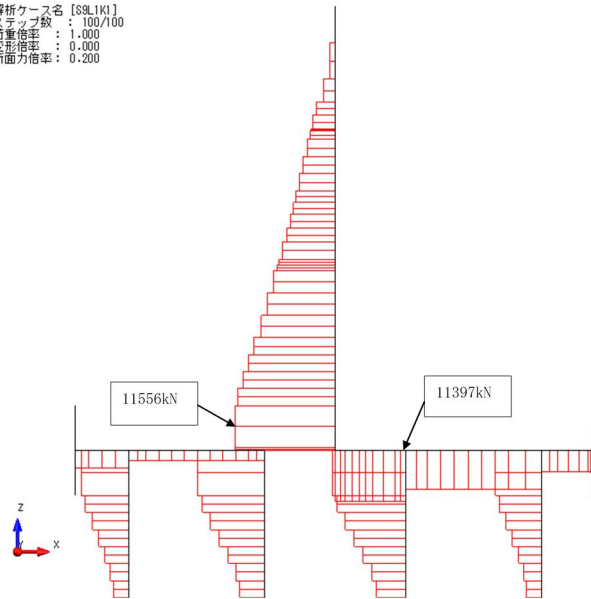


図 4.1.2-3 曲げ圧縮応力照査 軸力図
 (A-A断面：基準津波時，地盤バネ1)

解析ケース名 [S9L1K2]
 ステップ数 : 100/100
 荷重倍率 : 1.000
 変形倍率 : 0.000
 断面力倍率 : 0.060

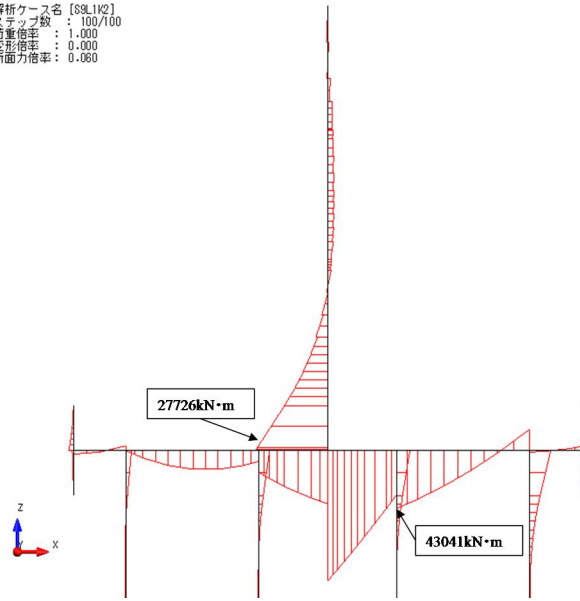


図 4.1.2-4 曲げ圧縮応力照査 曲げモーメント図
 (A-A断面：基準津波時，地盤バネ2)

解析ケース名 [S9L1K2]
 ステップ数 : 100/100
 荷重倍率 : 1.000
 変形倍率 : 0.000
 断面力倍率 : 0.200

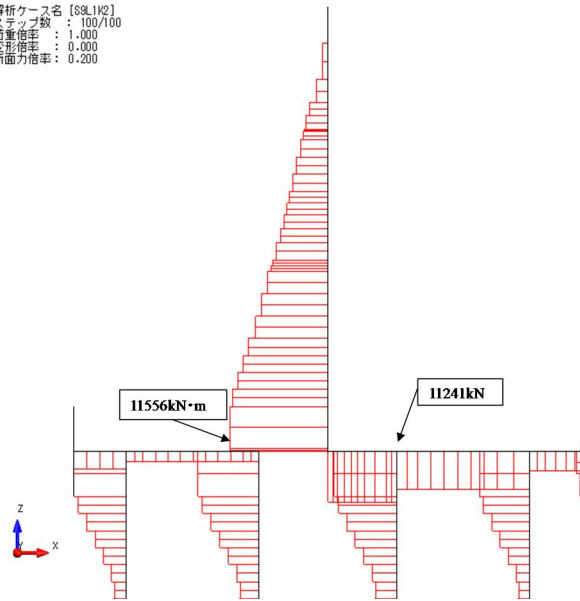


図 4.1.2-5 曲げ圧縮応力照査 軸力図
 (A-A断面：基準津波時，地盤バネ2)

表 4.1.2-2 曲げ圧縮応力に対する照査（基準津波時）

	部材	曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)	曲げ 圧縮応力 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	曲げ 圧縮応力 照査値
地盤 バネ1	壁部	-27726	11556	1.1	21	0.06
	底板部	32276	11397	1.1	21	0.06
地盤 バネ2	壁部	-27726	11556	1.1	21	0.06
	底板部	43041	11241	1.4	21	0.07

解析ケース名 [S9L1K1]
 ステップ数 : 100/100
 荷重倍率 : 1.000
 変形倍率 : 0.000
 断面力倍率 : 0.060

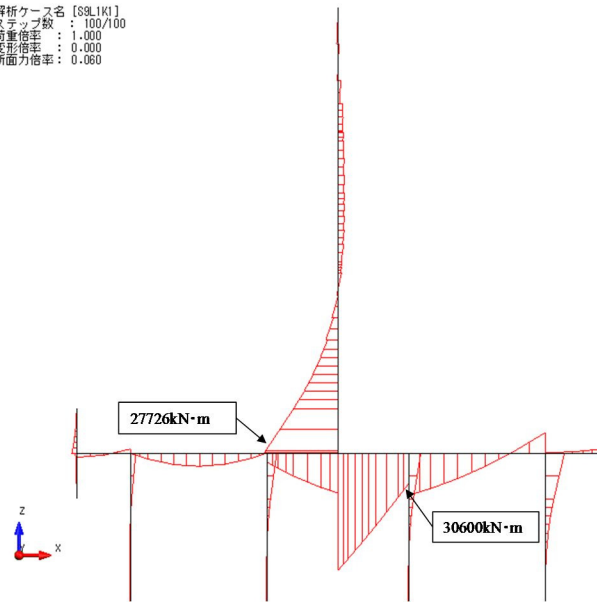


図 4.1.2-6 曲げ引張応力照査 曲げモーメント図
 (A-A断面：基準津波時，地盤バネ1)

解析ケース名 [S9L1K1]
 ステップ数 : 100/100
 荷重倍率 : 1.000
 変形倍率 : 0.000
 断面力倍率 : 0.200

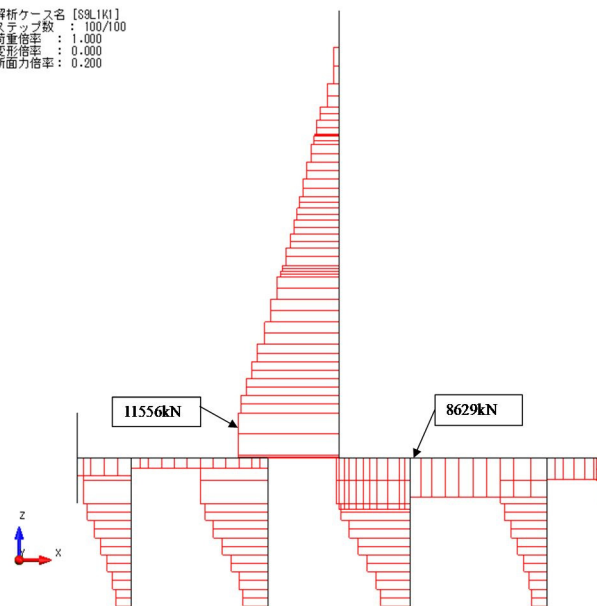


図 4.1.2-7 曲げ引張応力照査 軸力図
 (A-A断面：基準津波時，地盤バネ1)

解析ケース名 [S9L142]
 ステップ数 : 100/100
 荷重倍率 : 1.000
 変形倍率 : 0.000
 断面力倍率 : 0.060

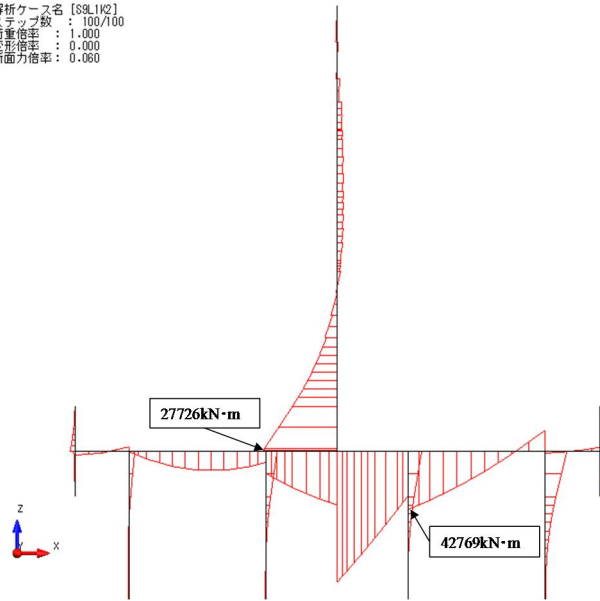


図 4.1.2-8 曲げ引張応力照査 曲げモーメント図
 (A-A断面：基準津波時，地盤バネ2)

解析ケース名 [S9L142]
 ステップ数 : 100/100
 荷重倍率 : 1.000
 変形倍率 : 0.000
 断面力倍率 : 0.200

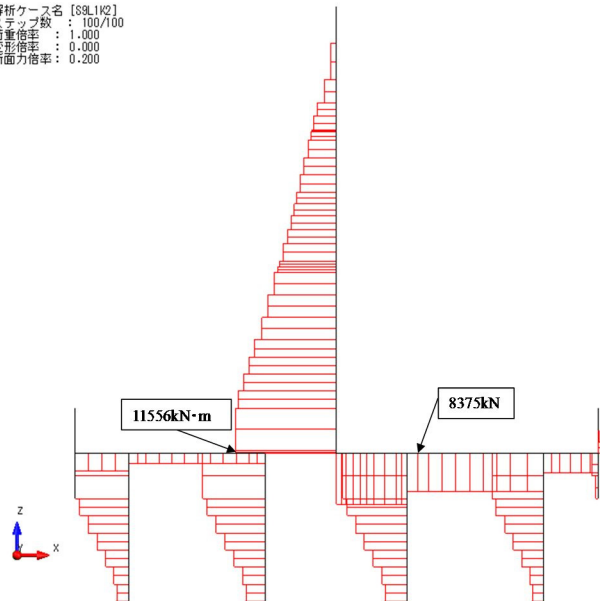


図 4.1.2-9 曲げ引張応力照査 軸力図
 (A-A断面：基準津波時，地盤バネ2)

表 4.1.2-3 曲げ引張応力に対する照査（基準津波時）

	部材	曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)	曲げ引張応力 (N/mm ²)	短期許容応力度 (N/mm ²)	曲げ引張応力照査値
地盤バネ1	壁部	-27726	11556	6.1	435	0.02
	底版部	30600	8629	18.5	435	0.05
地盤バネ2	壁部	-27726	11556	6.1	435	0.02
	底版部	42769	8375	29.8	435	0.07

解析ケース名 [S9L2K1]
 ステップ数 : 100/100
 荷重倍率 : 1.000
 変形倍率 : 0.000
 断面力倍率 : 0.020

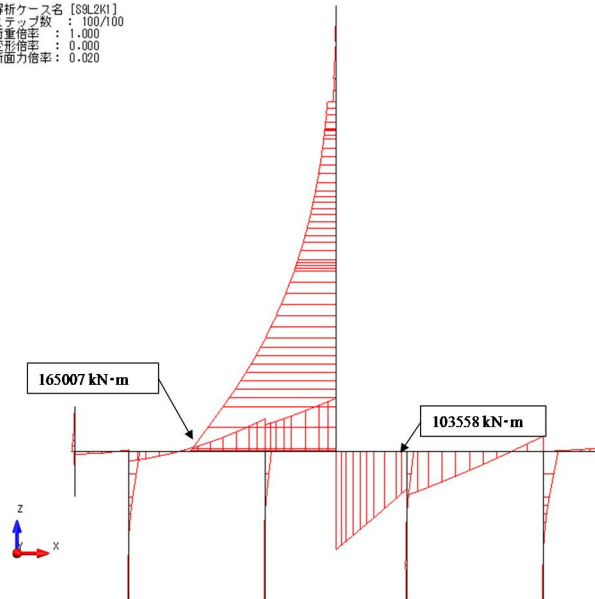


図 4.1.2-10 曲げ圧縮応力照査 曲げモーメント図
 (A-A断面 : T.P. +24 m 津波時, 地盤バネ1)

解析ケース名 [S9L2K1]
 ステップ数 : 100/100
 荷重倍率 : 1.000
 変形倍率 : 0.000
 断面力倍率 : 0.200

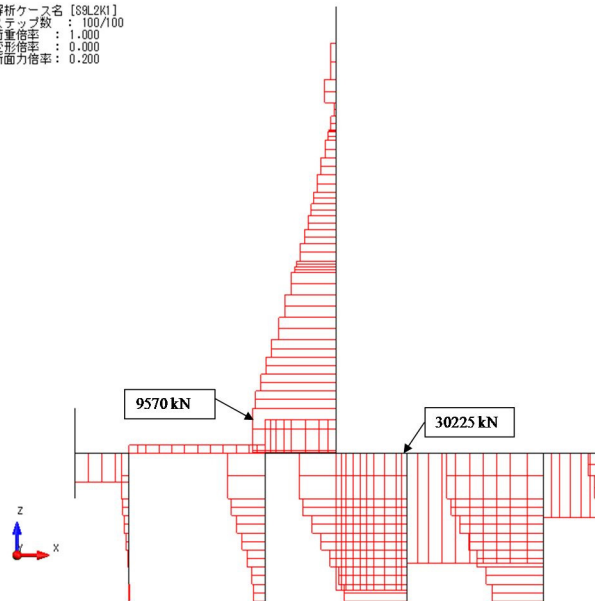


図 4.1.2-11 曲げ圧縮応力照査 軸力図
 (A-A断面 : T.P. +24 m 津波時, 地盤バネ1)

解析ケース名 [S9L2K2]
 ステップ数 : 100/100
 荷重倍率 : 1.000
 変形倍率 : 0.000
 断面力倍率 : 0.020

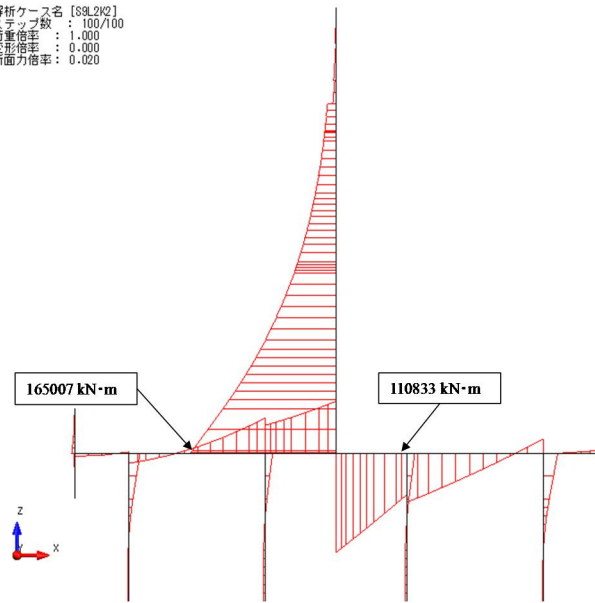


図 4.1.2-12 曲げ圧縮応力照査 曲げモーメント図
 (A-A断面 : T.P. +24 m 津波時, 地盤バネ2)

解析ケース名 [S9L2K2]
 ステップ数 : 100/100
 荷重倍率 : 1.000
 変形倍率 : 0.000
 断面力倍率 : 0.200

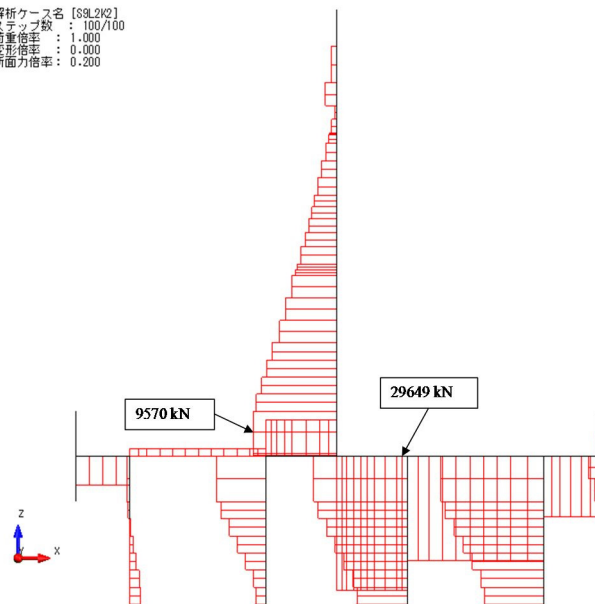


図 4.1.2-13 曲げ圧縮応力照査 軸力図
 (A-A断面 : T.P. +24 m 津波時, 地盤バネ2)

表 4.1.2-4 曲げ圧縮応力に対する照査 (T.P. +24 m 津波時)

	部材	曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)	曲げ 圧縮応力 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	曲げ 圧縮応力 照査値
地盤 バネ1	壁部	-165007	9570	6.1	28	0.22
	底版部	103558	30225	3.4	28	0.13
地盤 バネ2	壁部	-165007	9570	6.1	28	0.22
	底版部	110833	29649	3.6	28	0.13

解析ケース名 [S9L2K1]
 ステップ数 : 100/100
 荷重倍率 : 1.000
 変形倍率 : 0.000
 断面力倍率 : 0.020

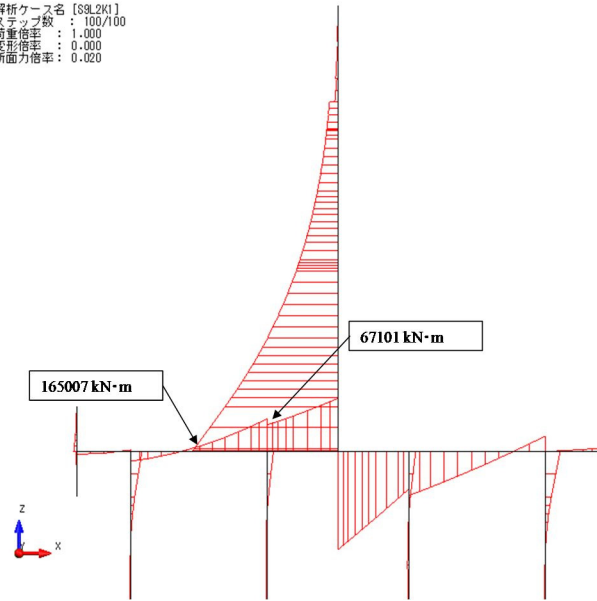


図 4.1.2-14 曲げ引張応力照査 曲げモーメント図
 (A-A断面 : T.P. +24 m 津波時, 地盤バネ1)

解析ケース名 [S9L2K1]
 ステップ数 : 100/100
 荷重倍率 : 1.000
 変形倍率 : 0.000
 断面力倍率 : 0.200

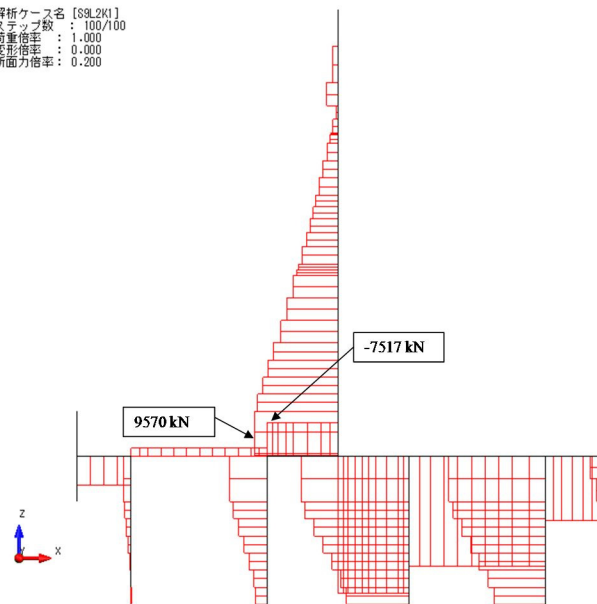


図 4.1.2-15 曲げ引張応力照査 軸力図
 (A-A断面 : T.P. +24 m 津波時, 地盤バネ1)

解析ケース名 [S9L2K2]
 ステップ数 : 100/100
 荷重倍率 : 1.000
 変形倍率 : 0.000
 断面力倍率 : 0.020

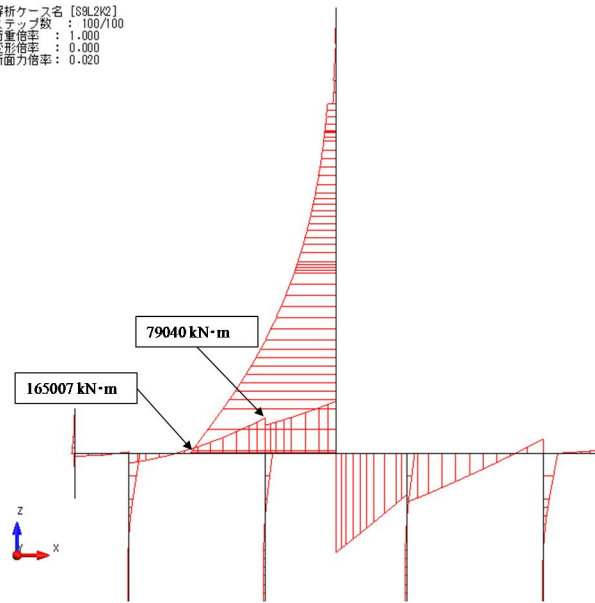


図 4.1.2-16 曲げ引張応力照査 曲げモーメント図
 (A-A断面 : T.P. +24 m 津波時, 地盤バネ2)

解析ケース名 [S9L2K2]
 ステップ数 : 100/100
 荷重倍率 : 1.000
 変形倍率 : 0.000
 断面力倍率 : 0.200

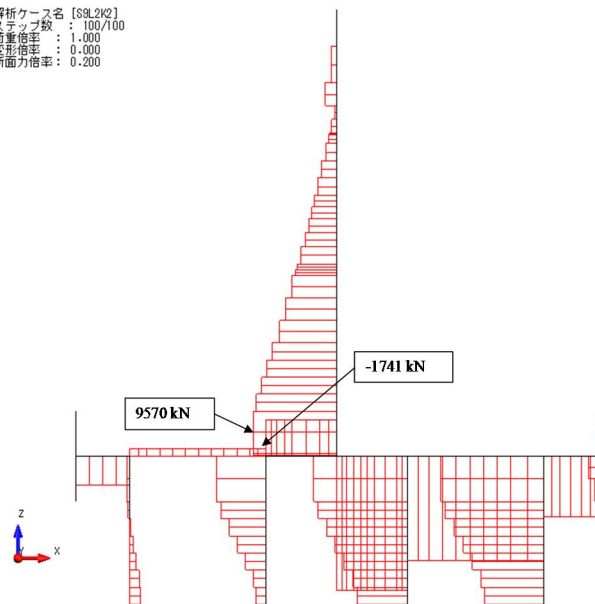


図 4.1.2-17 曲げ引張応力照査 軸力図
 (A-A断面 : T.P. +24 m 津波時, 地盤バネ2)

表 4.1.2-5 曲げ引張応力に対する照査 (T.P. +24 m 津波時)

	部材	曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)	曲げ 引張応力 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	曲げ 引張応力 照査値
地盤 バネ1	壁部	-165007	9570	216.9	478.5	0.46
	底版部	67101	-7517	70.3	478.5	0.15
地盤 バネ2	壁部	-165007	9570	216.9	478.5	0.46
	底版部	79040	-1741	74.4	478.5	0.16

(2) せん断力に対する照査

断面計算に用いた断面諸元は前出の表 4.1.2-1 及び表 4.1.2-6 に、せん断力に対する照査結果を表 4.1.2-7 及び表 4.1.2-8 に示す。

鉄筋コンクリートにおける許容応力度法による照査を行った結果、せん断力が許容せん断力以下であることを確認した。なお、発生せん断力は各部材において最大となる値を示している。

表 4.1.2-6 鉄筋コンクリート断面諸元

断面	斜め引張鉄筋	区間 s (m)	区間 s における斜め引張鉄筋断面積 (mm ²)
壁部	D19-8 本	0.3	2292
底版部	D25-45 本	0.3	22801.5



図 4.1.2-18 概略せん断補強筋配置図 (A-A 断面)

A-A断面における斜め引張鉄筋を考慮した許容せん断力を以下に計算する。

$$V_a = V_c + V_s$$

$$V_c = \frac{1}{2} \tau_{al} b_w j d$$

$$V_s = \frac{A_w \cdot \sigma_{sa} \cdot j \cdot d}{s}$$

ここで

V_a : 許容せん断力

V_c : コンクリートの許容せん断力

V_s : 斜め引張鉄筋の許容せん断力

τ_{al} : 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 : 断面幅

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

・基準津波時

壁部 : $V_c = 1/2 \times 0.825 / 1.15 \times 6.9 \times 3.45 \times 1000 = 8538.75$

$V_s = 2292 \times 300 / 1.15 \times 6.9 / 0.3 / 1000 = 13752.00$

$V_a = 8538.75 + 13752.00 = 22290.75$

※柱1本あたり

底版部

: $V_c = 1/2 \times 0.825 / 1.15 \times 3.0 \times 14 \times 1000 = 15065.21$

$V_s = 22801.5 \times 300 / 1.15 \times 3.0 / 0.3 / 1000 = 59482.17$

$V_a = 15065.21 + 59482.17 = 74547.38$

解析ケース名 [S9L1K1]
 ステップ数 : 100/100
 荷重倍率 : 1.000
 変形倍率 : 0.000
 断面力倍率 : 0.200

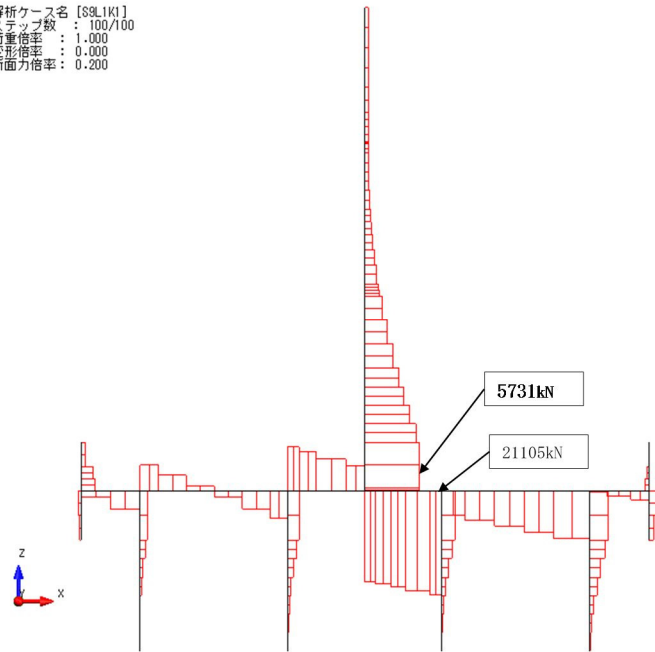


図 4.1.2-19 断面力図 (A-A断面 : 基準津波時, 地盤バネ 1)

解析ケース名 [S9L1K2]
 ステップ数 : 100/100
 荷重倍率 : 1.000
 変形倍率 : 0.000
 断面力倍率 : 0.200

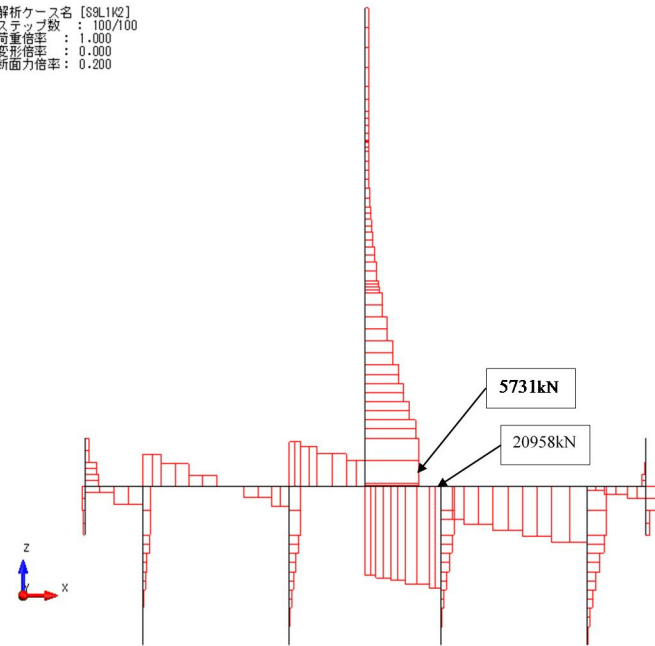


図 4.1.2-20 断面力図 (A-A断面 : 基準津波時, 地盤バネ 2)

表 4.1.2-7 セン断力に対する照査 (基準津波時)

		せん断力 (kN)	許容せん断力 (kN)	照査値
地盤バネ 1	壁部	5731	22290.7	0.26
	底版部	21105	74547.3	0.29
地盤バネ 2	壁部	5731	22290.7	0.26
	底版部	20958	74547.3	0.29

・ T.P. +24 m 津波時

壁部 : $V_c = 1/2 \times 1.1 / 1.15 \times 6.9 \times 3.45 \times 1000 = 11385.00$

$V_s = 2292 \times 330 / 1.15 \times 6.9 / 0.3 / 1000 = 15127.20$

$V_a = 11385.00 + 15127.20 = 26512.20$

※柱 1 本あたり

底板部

: $V_c = 1/2 \times 1.1 / 1.15 \times 3.0 \times 14 \times 1000 = 20086.95$

$V_s = 22801.5 \times 330 / 1.15 \times 3.0 / 0.3 / 1000 = 65430.39$

$V_a = 20086.95 + 65430.39 = 85517.3$

解析ケース名 [S9L2K1]
 ステップ数 : 100/100
 荷重倍率 : 1.000
 変形倍率 : 0.000
 断面力倍率 : 0.100

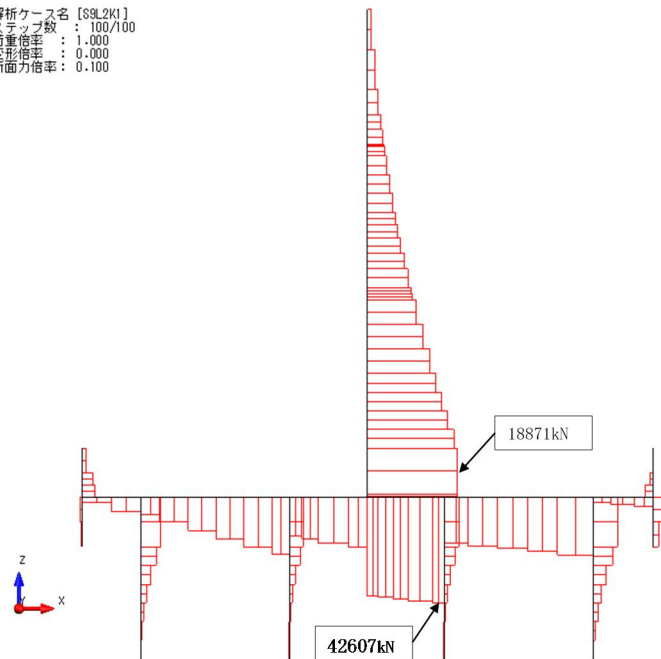


図 4.1.2-21 断面力図 (A-A断面 : T.P. +24 m 津波時, 地盤バネ 1)

解析ケース名 [S9L2V2]
 ステップ数 : 100/100
 荷重倍率 : 1.000
 変形倍率 : 0.000
 断面力倍率 : 0.100

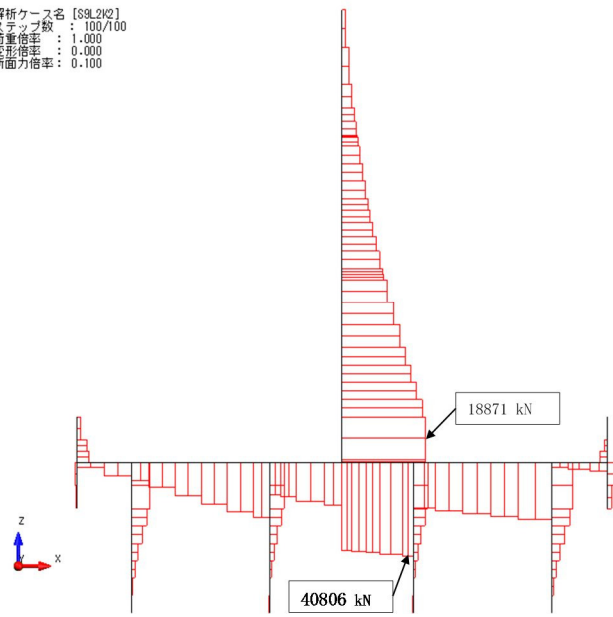


図 4.1.2-22 断面力図 (A-A断面 : T.P. +24 m 津波時, 地盤バネ 2)

表 4.1.2-8 せん断力に対する照査 (T.P. +24 m 津波時)

		せん断力 (kN)	許容せん断力 (kN)	照査値
地盤バネ 1	壁部	18871	26512.2	0.72
	底版部	42607	85517.3	0.50
地盤バネ 2	壁部	18871	26512.2	0.72
	底版部	40806	85517.3	0.48

4.1.3 止水ジョイント部の相対変位量に対する評価結果

津波時の止水ジョイント部の相対変位量に対する照査結果を表 4.1.3-1 及び表 4.1.3-2 に示す。なお、詳細な算出方法については「6.12 止水ジョイント部材の相対変位量に関する補足説明」に示す。

津波時の止水ジョイント部の相対変位量に対する照査を行った結果、相対変位量が許容限界以下であることを確認した。

表 4.1.3-1 防潮扉基礎 2 の地震時最終変位量

検討ケース		地震時最終変位量[m]
		A-A断面
①	Ss-D1 (++)	0.006
	Ss-D1 (+-)	0.007
	Ss-D1 (-+)	0.008
	Ss-D1 (--)	0.008
	Ss-11	0.002
	Ss-12	0.002
	Ss-13	0.003
	Ss-14	0.001
	Ss-21	0.000
	Ss-22	0.001
	Ss-31 (++)	0.001
	Ss-31 (-+)	0.000
④	Ss-D1 (+-)	0.011
地震時最終変位量の最大値		0.011

表 4.1.3-2 津波時相対変位量

	δx [m]	δy [m]	δz [m]	3成分合成[m]
Ss 最終変位	0.011	0.024	0.094	/
津波時	0.007	0.007	0.001	
合計	0.018	0.031	0.095	

4.2 重畳時の強度評価結果

4.2.1 1次元有効応力解析結果

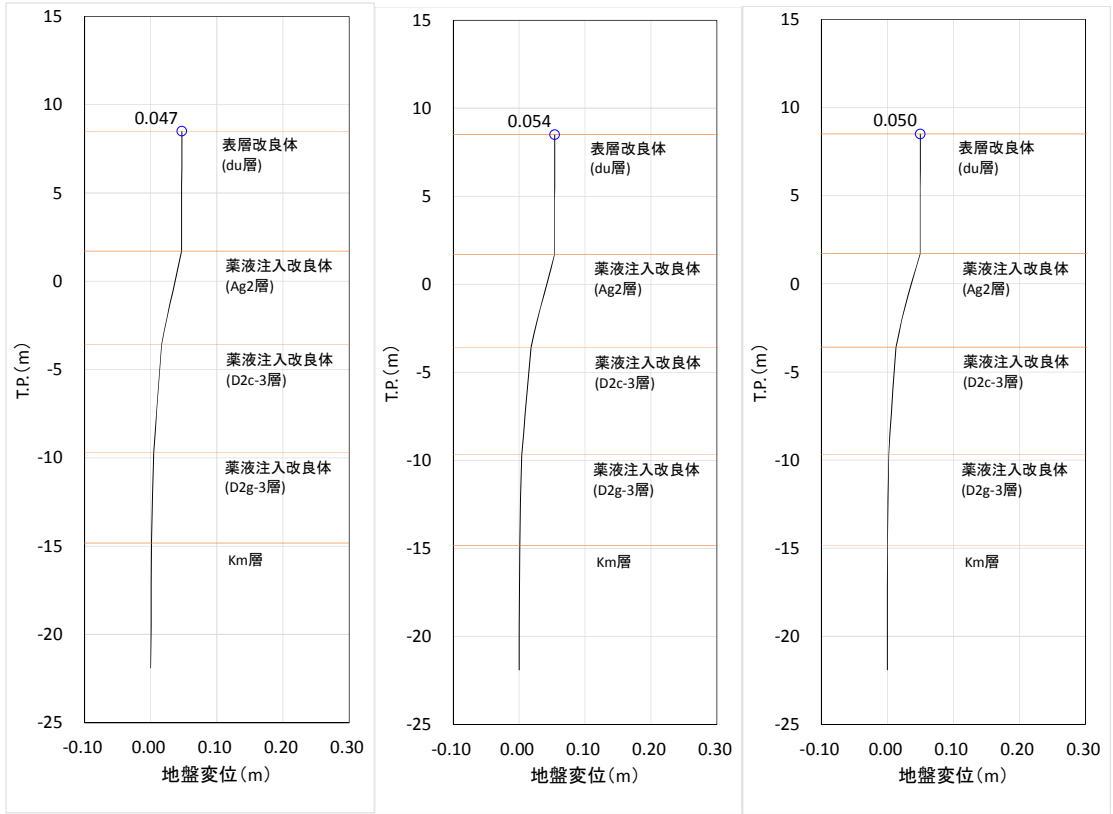
A-A断面における1次元有効応力解析結果から地表面最大水平加速度、地表面最大変位、最大せん断ひずみをまとめたものを表4.2.1-1に示す。防潮扉2基礎の直下は地盤改良を実施し液状化検討対象層がなくなるため、1次元有効応力解析による④～⑥ケースは対象外となる。

表4.2.1-1 1次元有効応力解析結果（A-A断面）

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(基本ケース)	② 地盤物性のばらつきを考慮(+1σ)した解析ケース	③ 地盤物性のばらつきを考慮(-1σ)した解析ケース	④ 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	⑤ 原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース	⑥ 地盤物性のばらつきを考慮(+1σ)して非液状化の条件を仮定した解析ケース
地表面最大水平加速度 (cm/s ²)	229.2	228.4	228.9	—	—	—
地表面最大変位 (cm)	4.69	3.99	5.39	—	—	—
最大せん断ひずみ	6.51×10^{-3}	5.24×10^{-3}	7.92×10^{-3}	—	—	—

表4.2.1-1より、地盤バネ3は地表面最大加速度が発生する①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース、地盤バネ4は地表面最大変位が発生する③地盤物性のばらつきを考慮(-1σ)した解析ケース、地盤バネ5は最大せん断ひずみが発生する③地盤物性のばらつきを考慮(-1σ)した解析ケースに基づき設定する。それぞれ、地表面最大加速度発生時刻、地表面最大変位発生時刻、最大せん断ひずみ発生時刻における平均有効主応力 σ'_m 及びせん断ひずみ γ の深度分布により求められる地盤剛性及び反力上限値を用いて地盤バネを設定する。

各地盤バネケースにおいて鋼管杭に与える地盤変位は、それぞれ地表面最大加速度発生時刻、地表面最大変位発生時刻、最大せん断ひずみ発生時刻、地盤変位を与える。各地盤バネケースでの地盤変位分布及びその比較を図4.2.1-1及び図4.2.1-2に、水平方向地盤反力係数、水平方向地盤反力上限値及びその比較を図4.2.1-3～図4.2.1-6に示す。



地盤バネ3

地盤バネ4

地盤バネ5

図 4. 2. 1-1 地盤バネケースの地盤変位分布図 (A-A断面)

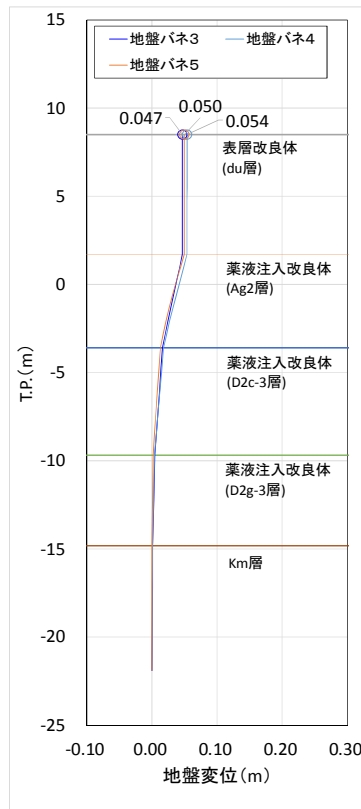


図 4. 2. 1-2 地盤バネケースの地盤変位比較図 (A-A断面)

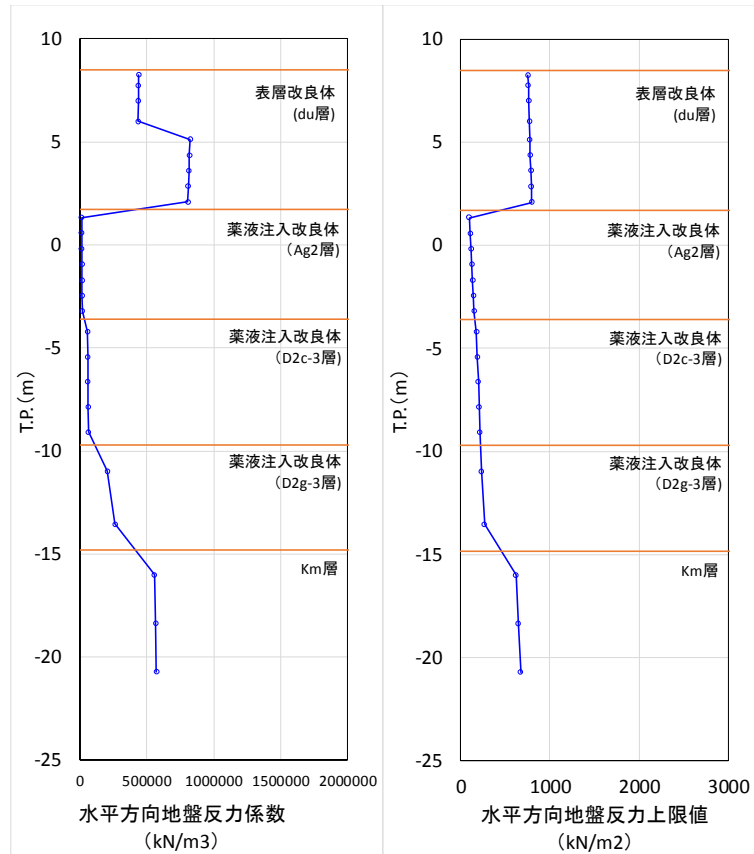


図 4. 2. 1-3 水平方向地盤反力係数及び反力上限値 (A-A断面：地盤パネ 3)

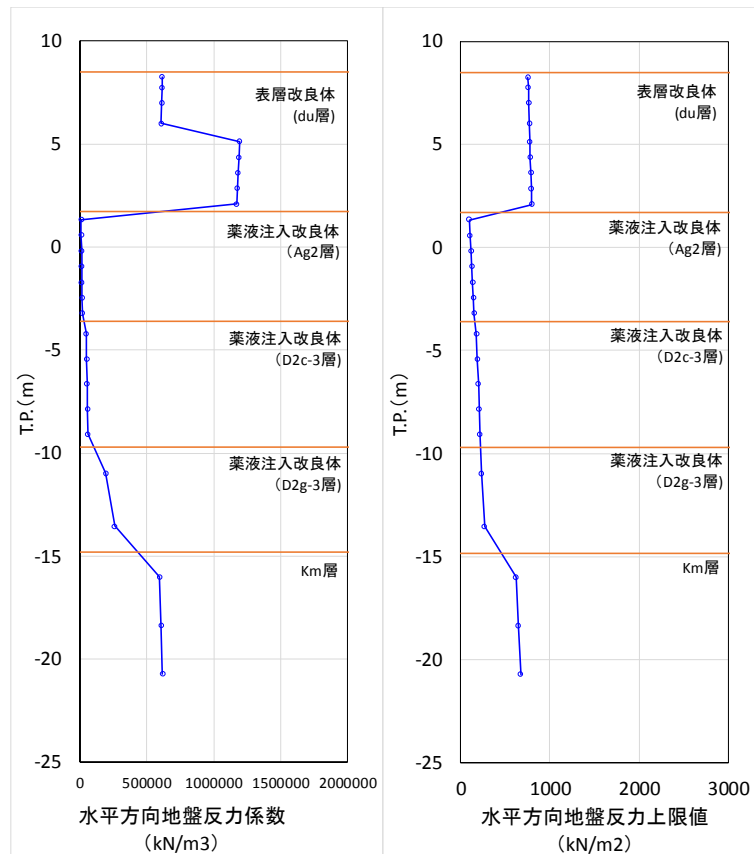


図 4. 2. 1-4 水平方向地盤反力係数及び反力上限値 (A-A断面：地盤パネ 4)

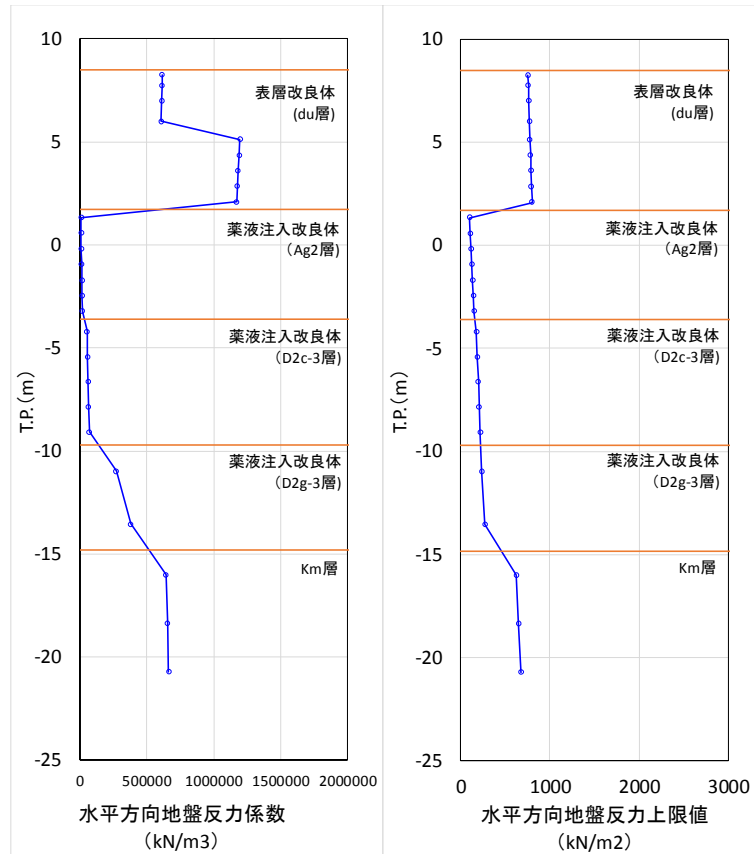


図 4. 2. 1-5 水平方向地盤反力係数及び反力上限値 (A-A断面：地盤パネ 5)

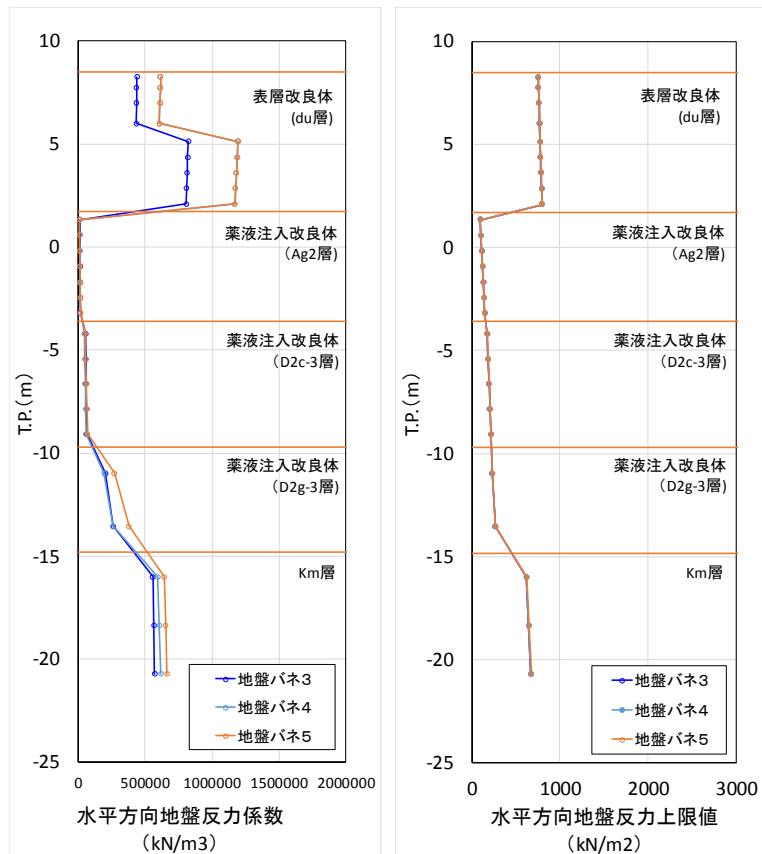


図 4. 2. 1-6 地盤パネ 3, 地盤パネ 4 及び地盤パネ 5 の比較 (A-A断面)

各地盤バネケースにおいて構造物に作用させる慣性力は、上記の地表面最大加速度発生時刻、地表面最大変位発生時刻、最大せん断ひずみ発生時刻の地表面最大加速度から余震時の設計震度を求め、構造物全体に適用する。各地盤ケースでの設計震度を表 4.2.1-2 に示す。

表 4.2.1-2 各地盤ケースでの余震時の設計震度 (A-A断面)

	水平震度	鉛直震度
地盤バネ 3	0.240 (229.20 cm/s ²)	0.050 (43.89 cm/s ²)
地盤バネ 4	0.240 (228.90 cm/s ²)	0.030 (24.36 cm/s ²)
地盤バネ 5	0.230 (222.50 cm/s ²)	0.060 (53.89 cm/s ²)

上記の水平震度を用いて、次式により算出した防潮堤天端及び設置地盤標高において算出した余震時の動水圧を表 4.2.1-3 及び表 4.2.1-4 に示す。

$$P_d(z) = 7/8 \times \gamma_0 \times K_h \times \sqrt{h \cdot z}$$

ここで、 γ_0 ：水の単位体積重量 (kN/m³)

K_h ：水平震度

h ：水深 (m)

z ：水面を 0 とし下向きにとった座標 (m)

表 4.2.1-3 余震時の動水圧 (基準津波時：A-A断面)

	防潮堤 天端高 (T.P.)	入力津波 高さ (T.P.)	設置地盤 標高 (T.P.)	防潮堤 天端動水圧 (kN/m ²)	設置地盤標高 での動水圧 (kN/m ²)
地盤バネ 3	+24.0	+16.8	+8.0	0.0	25.8
地盤バネ 4				0.0	25.8
地盤バネ 5				0.0	24.7

表 4.2.1-4 余震時の動水圧 (T.P.+24 m津波時：A-A断面)

	防潮堤 天端高 (T.P.)	入力津波 高さ (T.P.)	設置地盤 標高 (T.P.)	防潮堤 天端動水圧 (kN/m ²)	設置地盤標高 での動水圧 (kN/m ²)
地盤バネ 3	+24.0	+24.0	+8.0	0.0	41.6
地盤バネ 4				0.0	41.6
地盤バネ 5				0.0	39.8

防潮扉2基礎の重畳時の評価結果を示す。

4.2.2 鋼管杭の評価結果

(1) 曲げ軸力に対する照査

断面計算に用いた断面諸元を表 4.2.2-1 に、曲げ軸力に対する照査結果を表 4.2.2-2 ~表 4.2.2-3 に、断面力図を図 4.2.2-2~図 4.2.2-13 に示す。断面力図は、照査値が最も厳しくなる杭の断面力分布を示したものである。鋼管杭に対して許容応力度法による照査を行った結果、曲げ応力が短期許容応力度以下であることを確認した。なお、発生応力度は最大となる値を示している。

表 4.2.2-1 鋼管杭 (SM570) 断面諸元

断面	板厚 (mm)	断面積 (m^2)	断面係数 (m^3)
防潮扉 (A-A)	35	0.263	0.15995

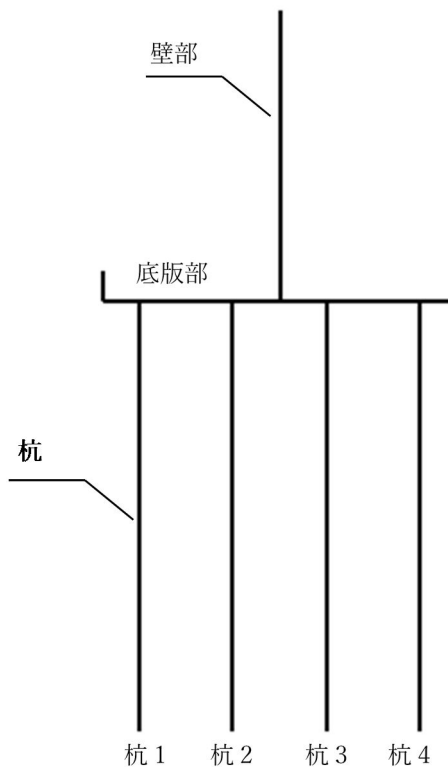


図 4.2.2-1 防潮扉2基礎 杭番号位置図

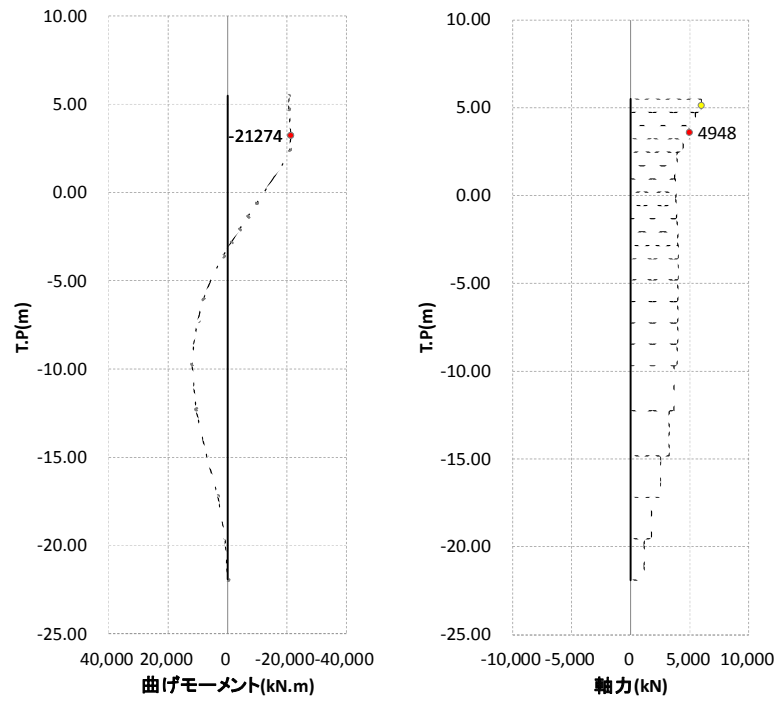


図 4. 2. 2-2 断面力図 杭 4 (A-A断面：基準津波時，地盤バネ 3，慣性力上向き)

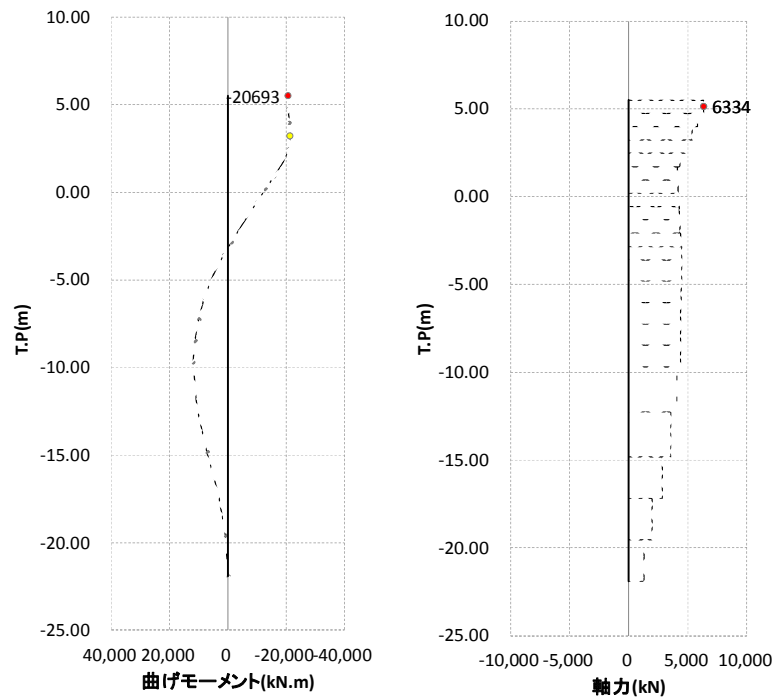


図 4. 2. 2-3 断面力図 杭 4 (A-A断面：基準津波時，地盤バネ 3，慣性力下向き)

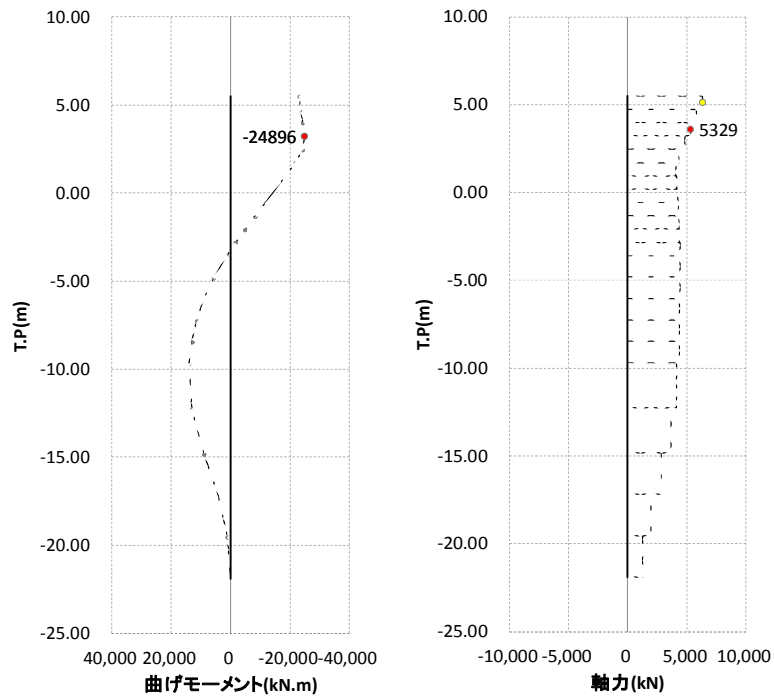


図 4. 2. 2-4 断面力図 杭 4 (A-A断面：基準津波時，地盤バネ 4，慣性力上向き)

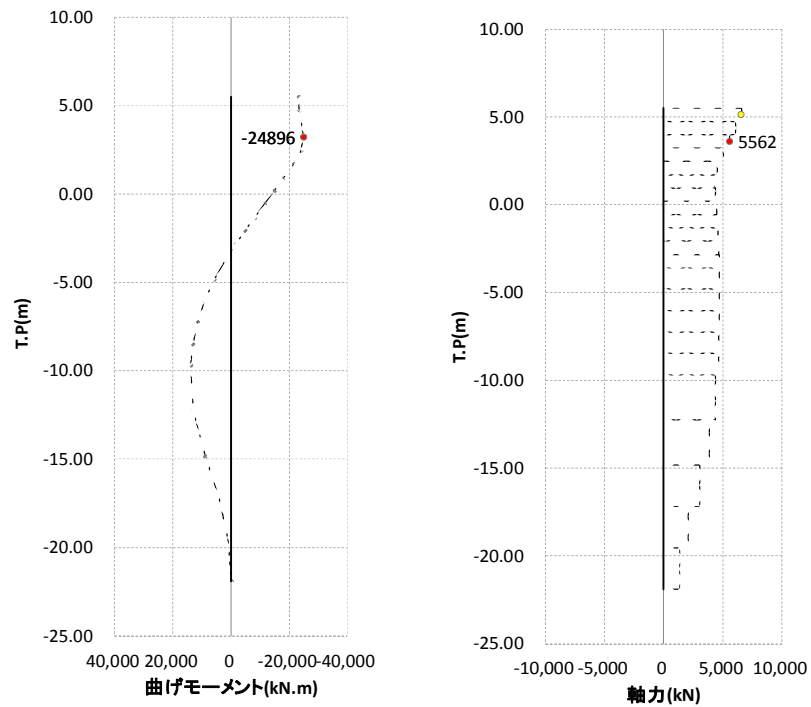


図 4. 2. 2-5 断面力図 杭 4 (A-A断面：基準津波時，地盤バネ 4，慣性力下向き)

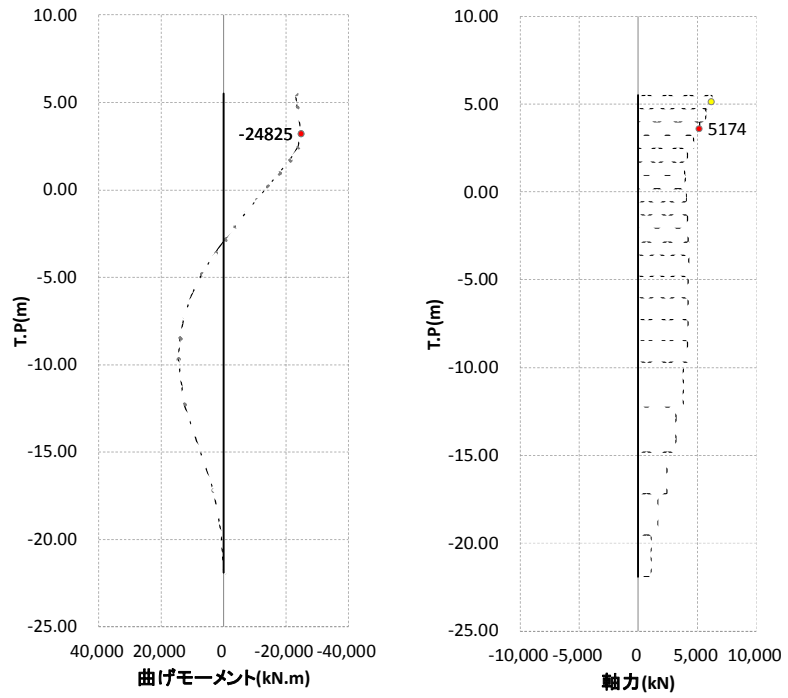


図 4. 2. 2-6 断面力図 杭 4 (A-A断面：基準津波時，地盤バネ 5，慣性力上向き)

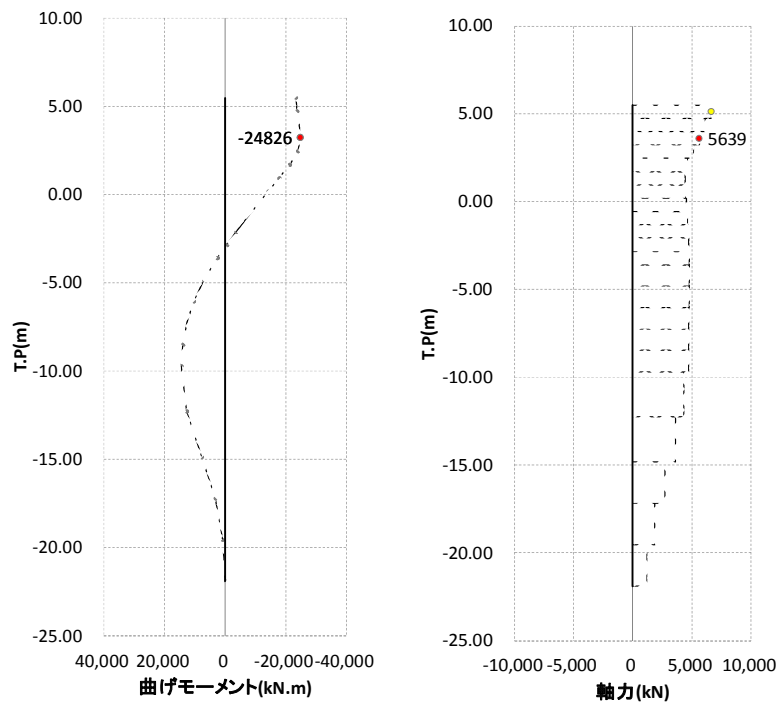


図 4. 2. 2-7 断面力図 杭 4 (A-A断面：基準津波時，地盤バネ 5，慣性力下向き)

表 4.2.2-2 曲げ軸力に対する照査（基準津波時）

	鉛直 慣性力	杭番号	曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)	発生曲げ 応力 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	照査値
地盤バネ 3	上向き	4	21274	4948	151.82	382.5	0.40
	下向き	4	20693	6334	153.46	382.5	0.41
地盤バネ 4	上向き	4	24896	5329	175.92	382.5	0.46
	下向き	4	24896	5562	176.80	382.5	0.47
地盤バネ 5	上向き	4	24825	5174	174.88	382.5	0.46
	下向き	4	24826	5639	176.66	382.5	0.47

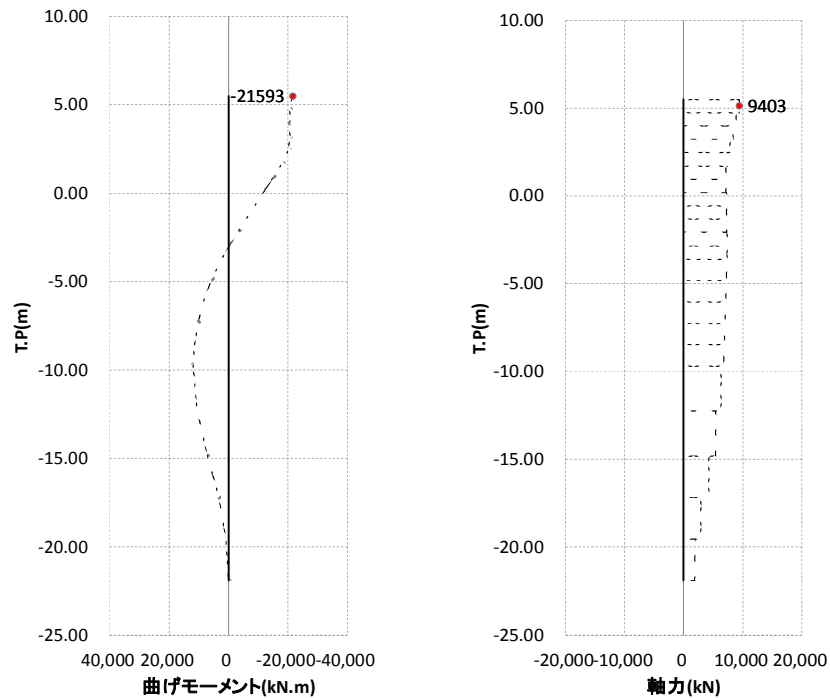


図 4.2.2-8 断面力図 杭 4 (A-A断面 : T.P. +24 m 津波時, 地盤バネ 3, 慣性力上向き)

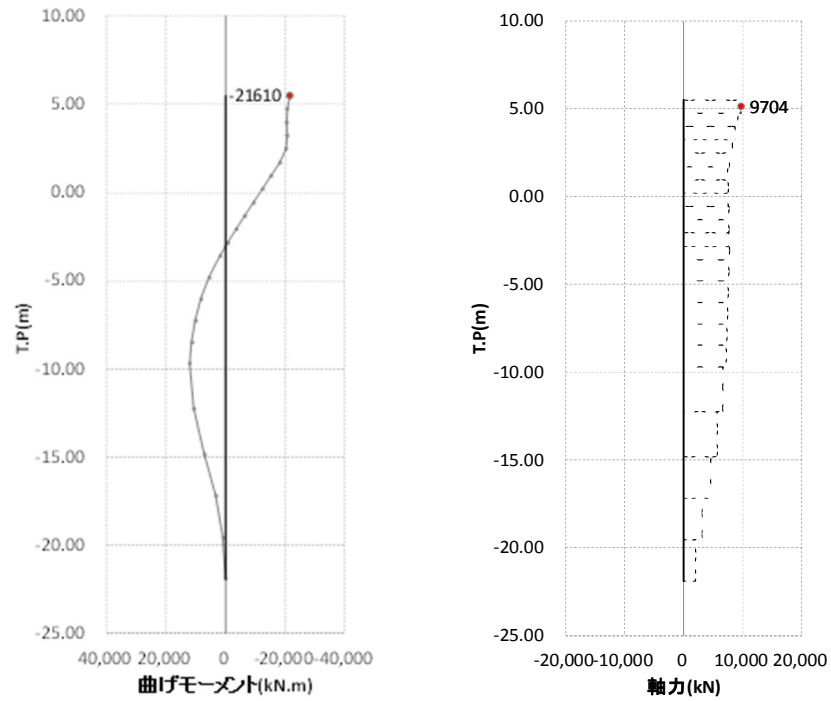


図 4. 2. 2-9 断面力図 杭 4 (A-A断面 : T.P. +24 m 津波時, 地盤バネ 3, 慣性力下向き)

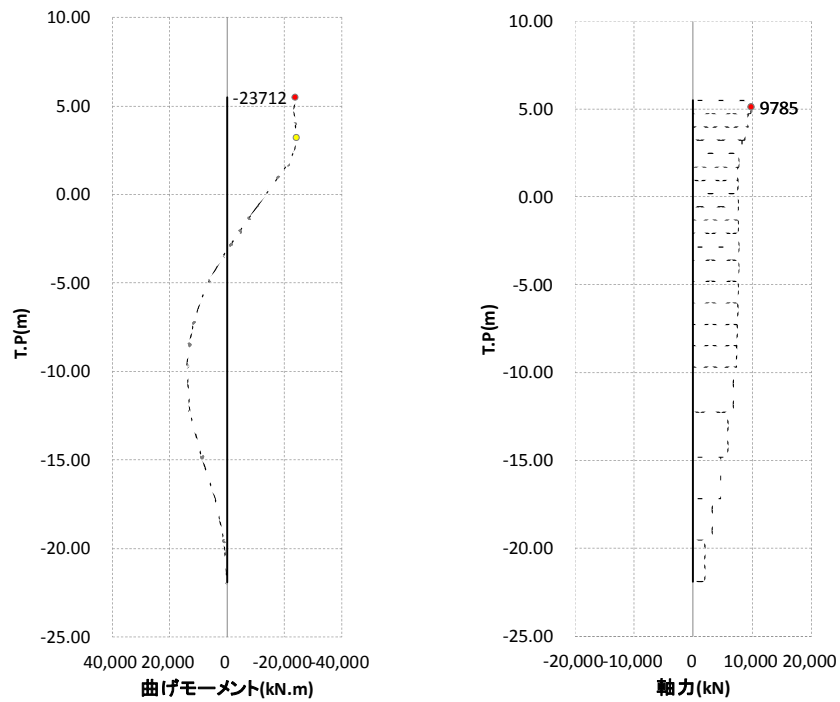


図 4. 2. 2-10 断面力図 杭 4 (A-A断面 : T.P. +24 m 津波時, 地盤バネ 4, 慣性力上向き)

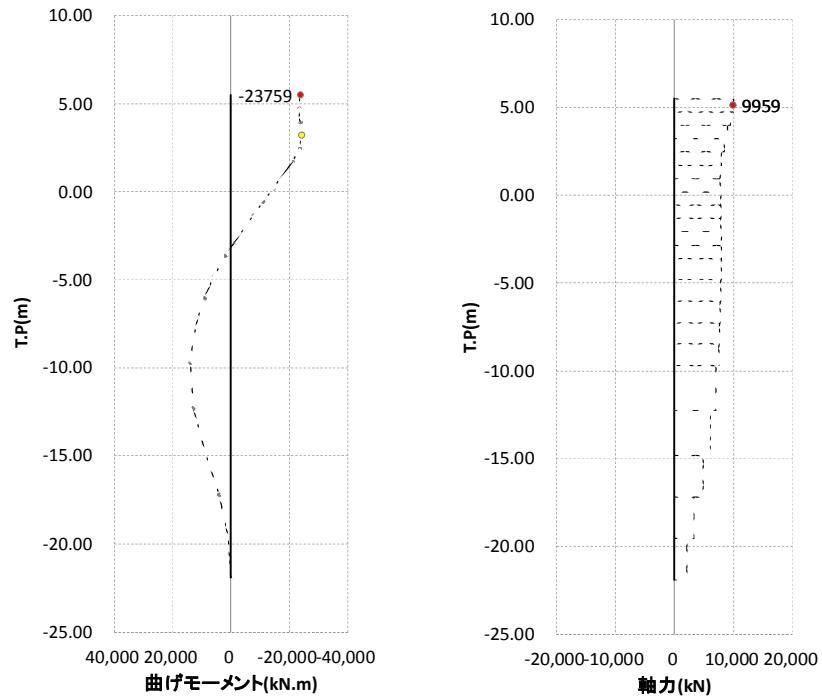


図 4. 2. 2-11 断面力図 杭 4 (A-A断面 : T.P. +24 m 津波時, 地盤バネ 4, 慣性力下向き)

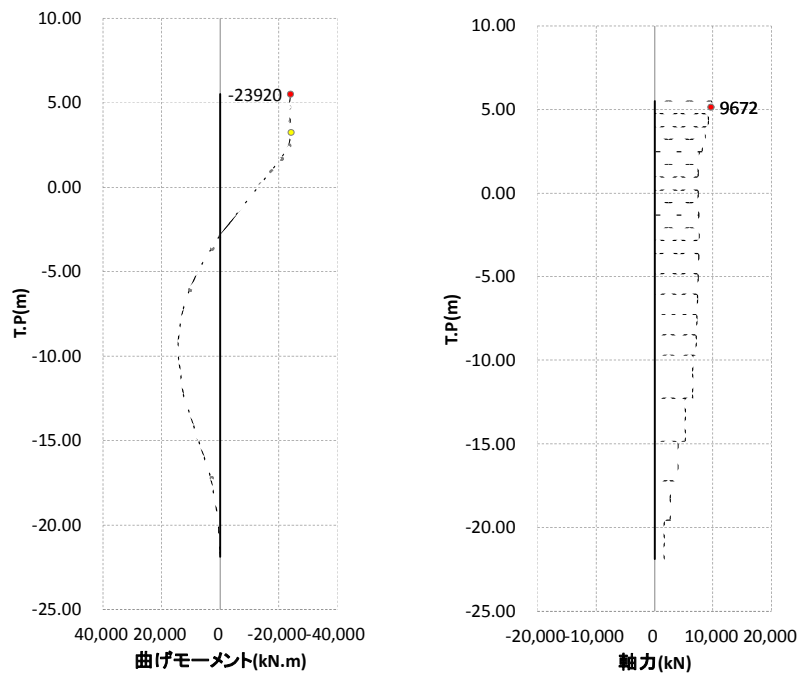


図 4. 2. 2-12 断面力図 杭 4 (A-A断面 : T.P. +24 m 津波時, 地盤バネ 5, 慣性力上向き)

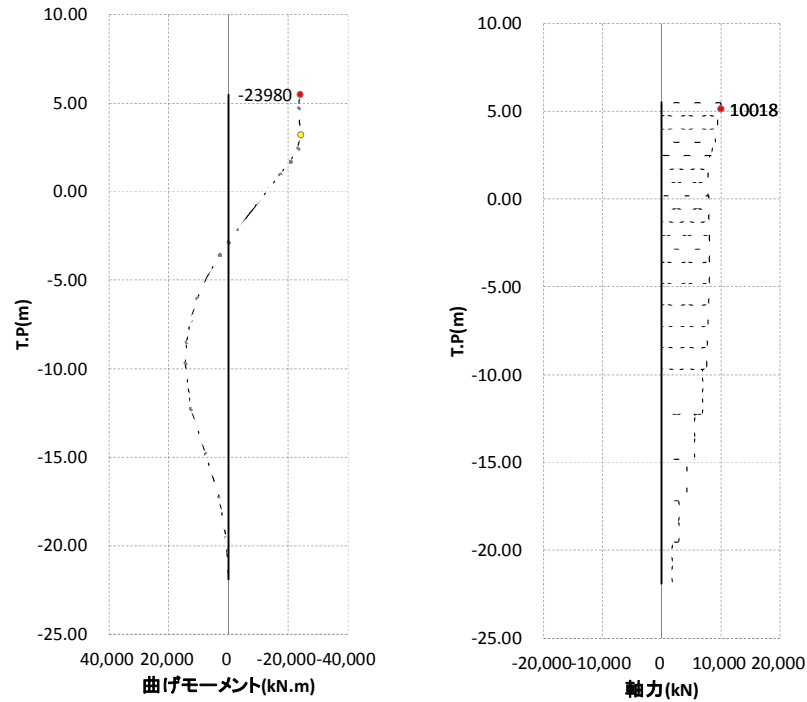


図 4.2.2-13 断面力図 杭 4 (A-A断面 : T.P. +24 m 津波時, 地盤バネ 5, 慣性力下向き)

表 4.2.2-3 曲げ軸力に対する照査 (T.P. +24 m 津波時)

	鉛直 慣性力	杭番号	曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)	発生曲げ 応力 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	照査値
地盤バネ 3	上向き	4	21593	9403	170.76	433.5	0.40
	下向き	4	21610	9704	172.01	433.5	0.40
地盤バネ 4	上向き	4	23712	9785	185.46	433.5	0.43
	下向き	4	23759	9959	186.41	433.5	0.44
地盤バネ 5	上向き	4	23920	9672	186.33	433.5	0.43
	下向き	4	23980	10018	188.02	433.5	0.44

(2) せん断力に対する照査

断面計算に用いた断面諸元は前出の表 4.2.2-1 に、せん断力に対する照査結果を表 4.2.2-4～表 4.2.2-5 に示す。

鋼管杭に対して許容応力度法による照査を行った結果、せん断応力が短期許容応力度以下であることを確認した。なお、発生応力は各地盤バネに対して最大となる値を示している。

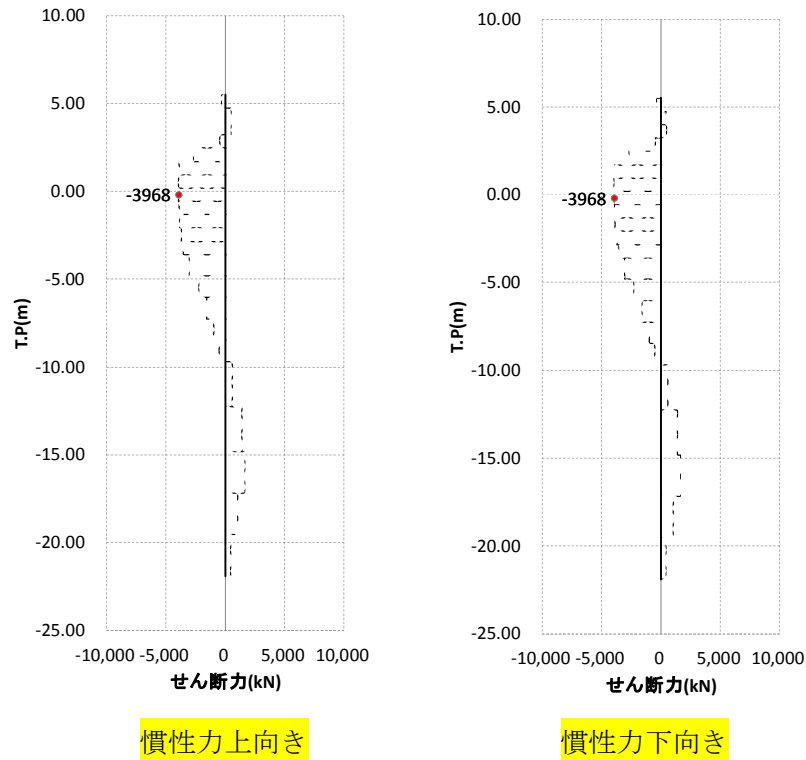
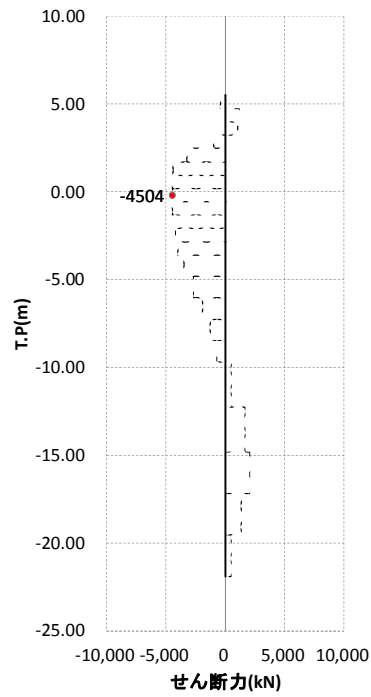
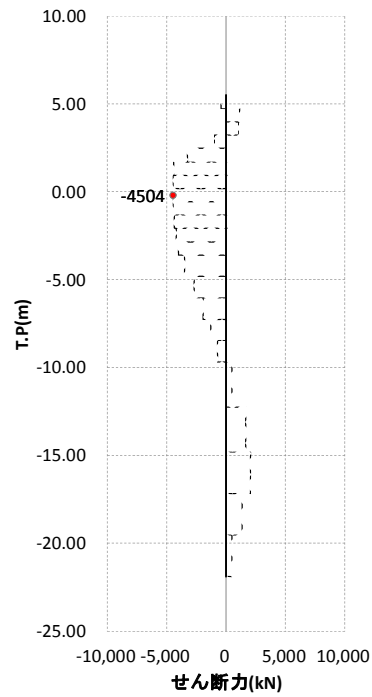


図 4.2.2-14 断面力図 杭 4 (A-A断面：基準津波時、地盤バネ 3)

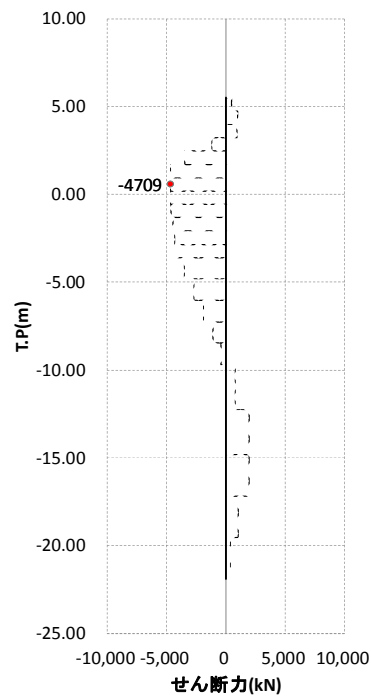


慣性力上向き

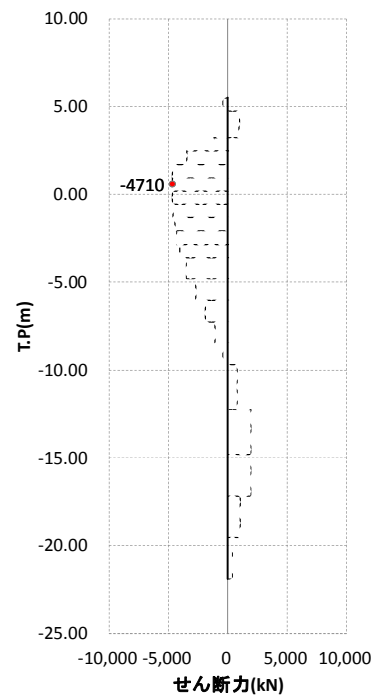


慣性力下向き

図 4.2.2-15 断面力図 杭 4 (A-A断面：基準津波時，地盤バネ 4)



慣性力上向き



慣性力下向き

図 4.2.2-16 断面力図 杭 4 (A-A断面：基準津波時，地盤バネ 5)

表 4.2.2-4 せん断力に対する照査（基準津波時）

	鉛直慣性力	杭番号	せん断力 (kN)	発生せん断応力 (N/mm ²)	短期許容応力度 (N/mm ²)	照査値
地盤バネ 3 (検討ケース①)	上向き	4	3968	30.18	217.5	0.14
	下向き	4	3968	30.18	217.5	0.14
地盤バネ 4 (検討ケース③)	上向き	4	4504	34.26	217.5	0.16
	下向き	4	4504	34.26	217.5	0.16
地盤バネ 5	上向き	4	4709	35.81	217.5	0.17
	下向き	4	4710	35.82	217.5	0.17

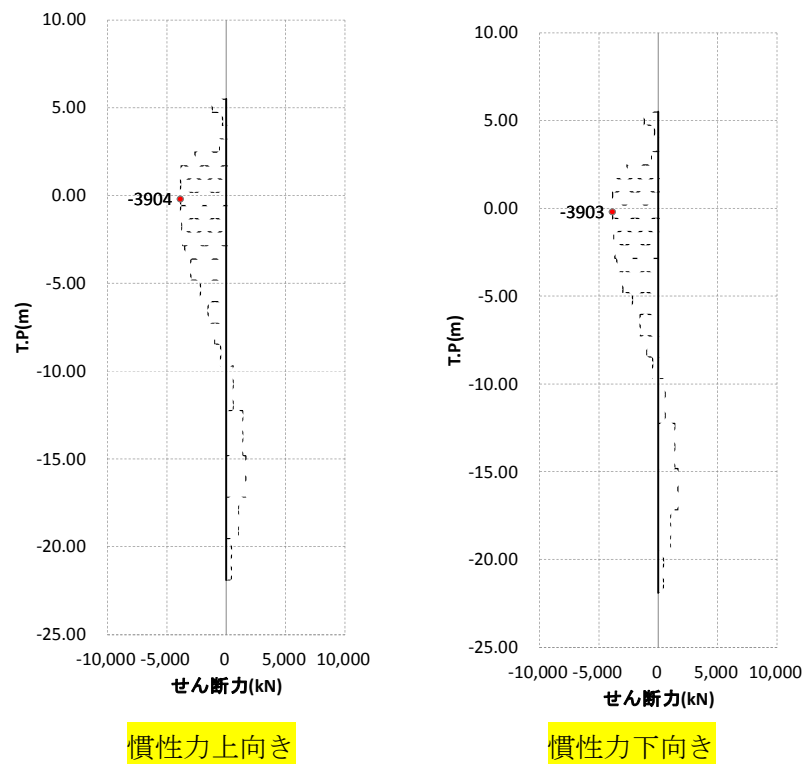
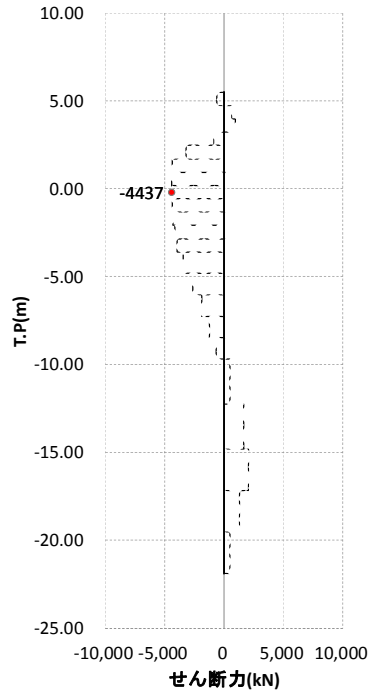
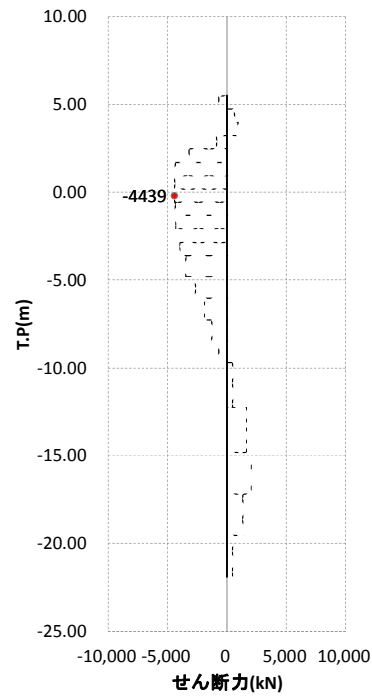


図 4.2.2-17 断面力図 杭 4 (A-A断面 : T.P. +24 m 津波時, 地盤バネ 3)

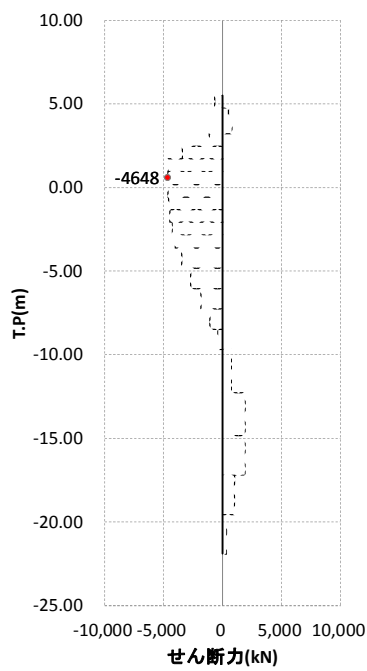


慣性力上向き

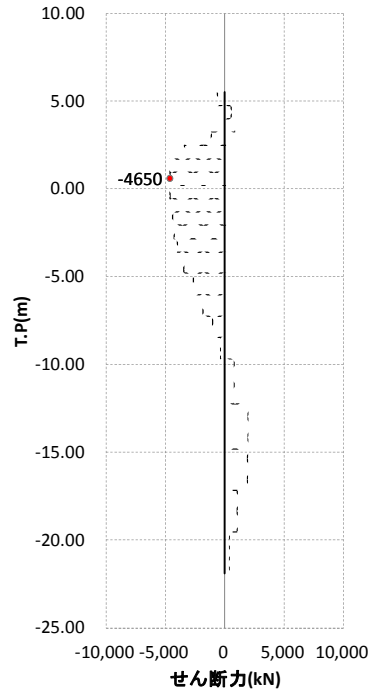


慣性力下向き

図 4. 2. 2-18 断面力図 杭 4 (A-A断面 : T.P. +24 m 津波時, 地盤バネ 4)



慣性力上向き



慣性力下向き

図 4. 2. 2-19 断面力図 杭 4 (A-A断面 : T.P. +24 m 津波時, 地盤バネ 5)

表 4.2.2-5 せん断力に対する照査 (T.P. +24 m 津波時)

	鉛直 慣性力	杭番号	せん断力 (kN)	発生せん断 応力 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	照査値
地盤バネ 3 (検討ケース①)	上向き	4	3904	29.69	246.5	0.13
	下向き	4	3903	29.69	246.5	0.13
地盤バネ 4 (検討ケース③)	上向き	4	4437	33.75	246.5	0.14
	下向き	4	4439	33.76	246.5	0.14
地盤バネ 5	上向き	4	4648	35.35	246.5	0.15
	下向き	4	4650	35.37	246.5	0.15

4.2.3 鉄筋コンクリートの評価結果

(1) 曲げ軸力に対する照査

断面計算に用いた断面諸元を表 4.2.3-1 に、曲げ軸力に対する照査結果を表 4.2.3-2 ～表 4.2.3-22 に示す。

鉄筋コンクリートに対して許容応力度法による照査を行った結果、コンクリートに発生する曲げ圧縮応力及び鉄筋に発生する曲げ引張応力が短期許容応力度以下であることを確認した。なお、発生応力は各部材において最大となる値を示している。

表 4.2.3-1 鉄筋コンクリート断面諸元

断面	かぶり (m)	断面有効高さ (m)	主筋	主筋断面積 (mm ²)
底板部	0.15	3.45	D38-92 本 (4 段)	419520
壁部	0.15	4.65～7.35	D38-22 本 (4 段)	100320

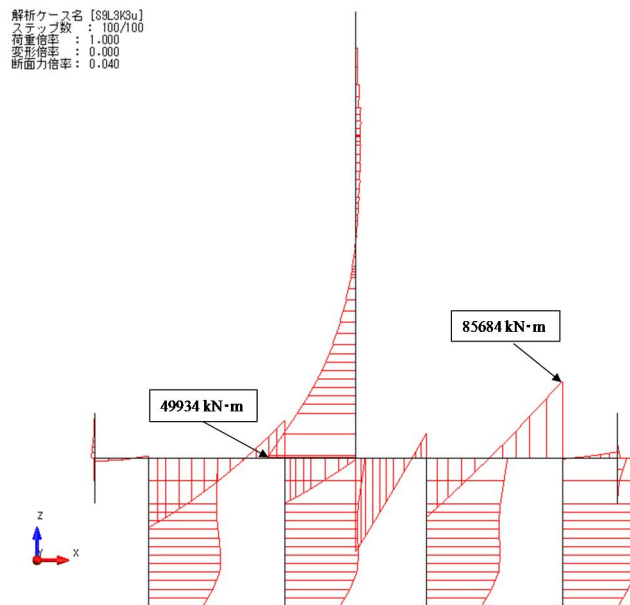


図 4.2.3-1 曲げ圧縮応力照査 曲げモーメント図

(A-A断面：基準津波時，地盤バネ3，鉛直慣性力上向き)

①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

解析ケース名 [S9L3K3u]
 ステップ数 : 100/100
 荷重倍率 : 1.000
 変形倍率 : 0.000
 断面力倍率 : 0.200

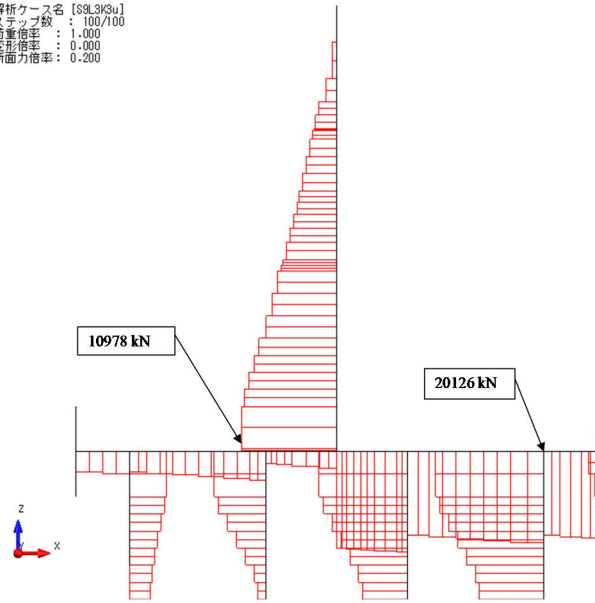


図 4.2.3-2 曲げ圧縮応力照査 軸力図

(A-A断面：基準津波時，地盤バネ3，鉛直慣性力上向き)

①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

解析ケース名 [S9L3K3s]
 ステップ数 : 100/100
 荷重倍率 : 1.000
 変形倍率 : 0.000
 断面力倍率 : 0.040

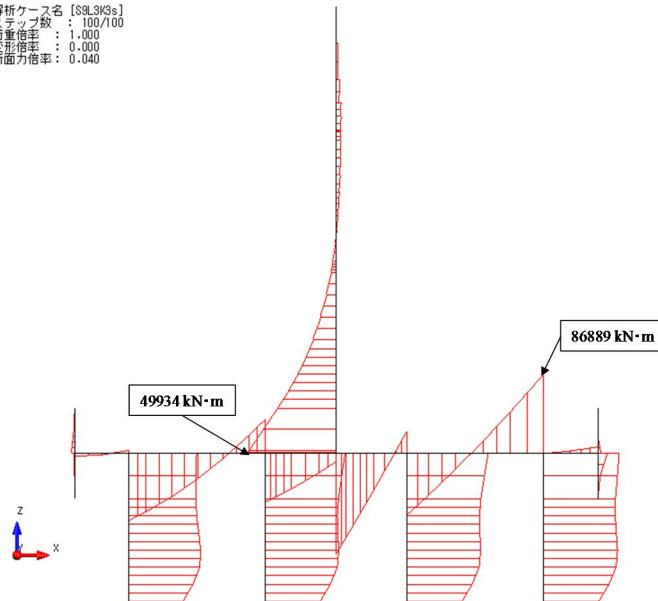


図 4.2.3-3 曲げ圧縮応力照査 曲げモーメント図

(A-A断面：基準津波時，地盤バネ3，慣性力下向き)

①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

解析ケース名 [S9L3K3s]
 ステップ数 : 100/100
 荷重倍率 : 1.000
 変形倍率 : 0.000
 断面力倍率 : 0.200

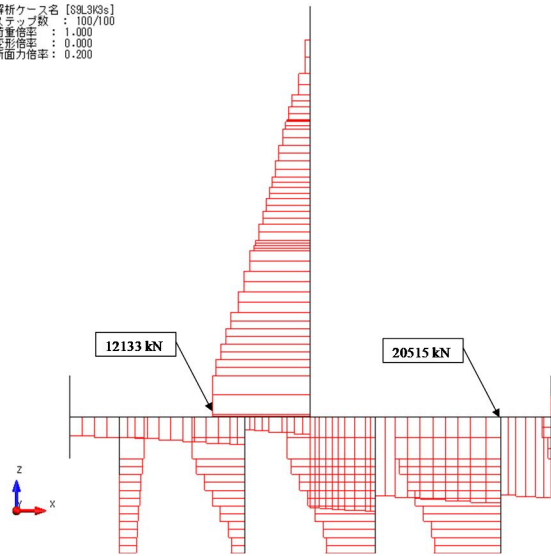


図 4. 2. 3-4 曲げ圧縮応力照査 軸力図

(A-A断面：基準津波時，地盤バネ3，慣性力下向き)

①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

表 4. 2. 3-2 曲げ圧縮応力に対する照査（地盤バネ3：基準津波時）

	部材	曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)	曲げ 圧縮応力 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	曲げ 圧縮応力 照査値
上向き	壁部	-49934	10978	2.0	21	0.10
	底版部	85684	20126	2.7	21	0.13
下向き	壁部	-49934	12133	2.0	21	0.10
	底版部	86889	20515	2.8	21	0.14

解析ケース名 [S9L3K3u]
 ステップ数 : 100/100
 荷重倍率 : 1.000
 変形倍率 : 0.000
 断面力倍率 : 0.040

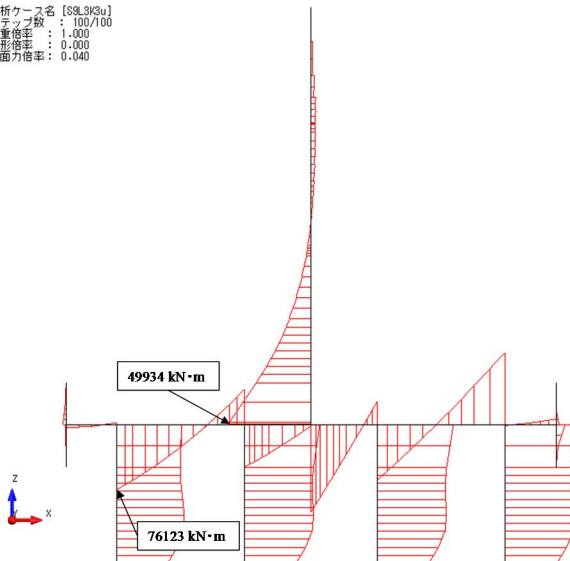


図 4. 2. 3-5 曲げ引張応力照査 曲げモーメント図

(A-A断面：基準津波時，地盤バネ3，鉛直慣性力上向き)

①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

解析ケース名 [S9L3K3u]
 ステップ数 : 100/100
 荷重倍率 : 1.000
 変形倍率 : 0.000
 断面力倍率 : 0.200

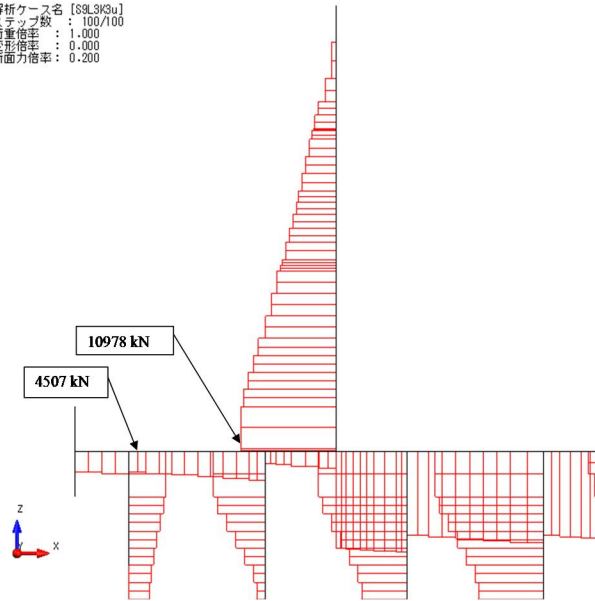


図 4.2.3-6 曲げ引張応力照査 軸力図

(A-A断面：基準津波時，地盤バネ3，鉛直慣性力上向き)

①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

解析ケース名 [S9L3K3s]
 ステップ数 : 100/100
 荷重倍率 : 1.000
 変形倍率 : 0.000
 断面力倍率 : 0.040

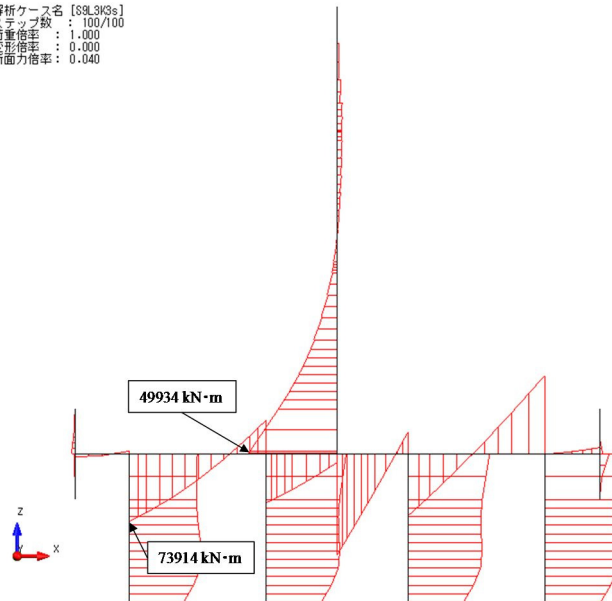


図 4.2.3-7 曲げ引張応力照査 曲げモーメント図

(A-A断面：基準津波時，地盤バネ3，慣性力下向き)

①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

解析ケース名 [S8L3V3s]
 ステップ数 : 100/100
 荷重倍率 : 1.000
 変形倍率 : 0.000
 断面力倍率 : 0.200

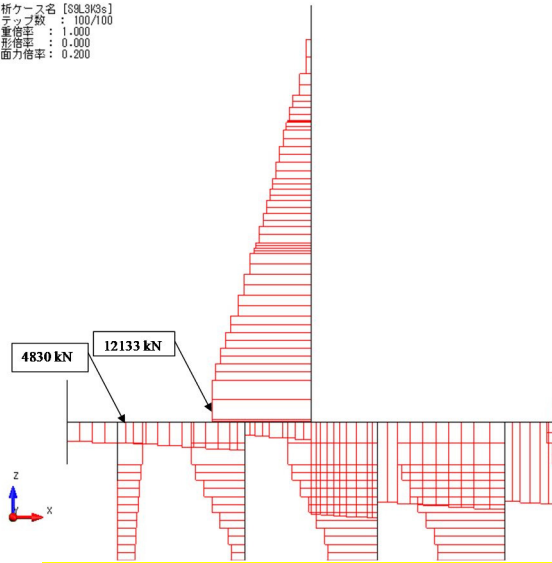


図 4.2.3-8 曲げ引張応力照査 軸力図

(A-A断面：基準津波時，地盤バネ3，慣性力下向き)

①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

表 4.2.3-3 曲げ引張応力に対する照査（地盤バネ3：基準津波時）

	部材	曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)	曲げ引張応力 (N/mm ²)	短期許容応力度 (N/mm ²)	曲げ引張応力照査値
上向き	壁部	-49934	10978	33.9	435	0.08
	底版部	76123	4507	64.5	435	0.15
下向き	壁部	-49934	12133	30.2	435	0.07
	底版部	73914	4830	62.1	435	0.15

解析ケース名 [S8L3V4u]
 ステップ数 : 100/100
 荷重倍率 : 1.000
 変形倍率 : 0.000
 断面力倍率 : 0.040

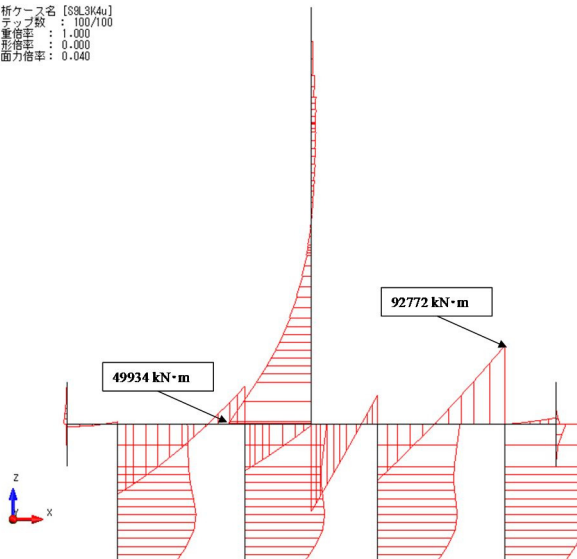


図 4.2.3-9 曲げ圧縮応力照査 曲げモーメント図

(A-A断面：基準津波時，地盤バネ4，慣性力上向き)

③地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース

解析ケース名 [S9L3K4u]
 ステップ数 : 100/100
 荷重倍率 : 1.000
 変形倍率 : 0.000
 断面力倍率 : 0.200

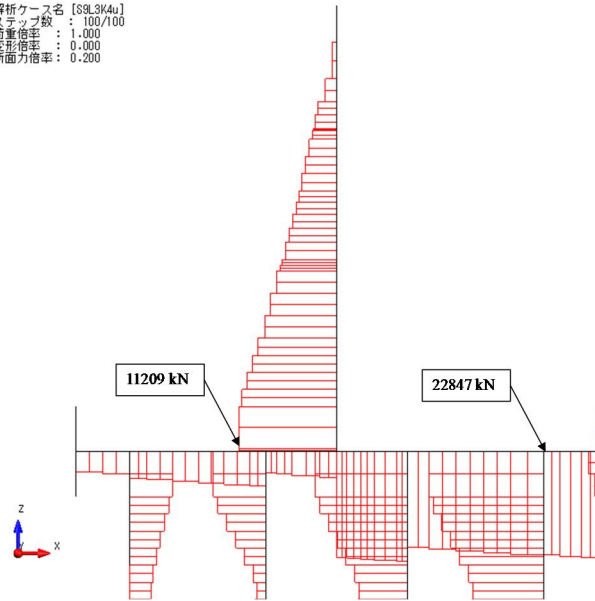


図 4.2.3-10 曲げ圧縮応力照査 軸力図

(A-A断面：基準津波時，地盤バネ4，慣性力上向き)

③地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース

解析ケース名 [S9L3K4s]
 ステップ数 : 100/100
 荷重倍率 : 1.000
 変形倍率 : 0.000
 断面力倍率 : 0.040

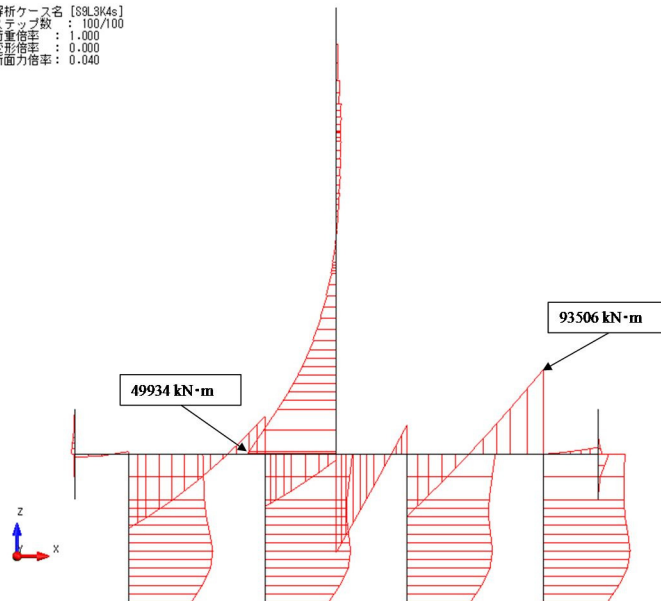


図 4.2.3-11 曲げ圧縮応力照査 曲げモーメント図

(A-A断面：基準津波時，地盤バネ4，慣性力下向き)

③地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース

解析ケース名 [S9L3V46]
 ステップ数 : 100/100
 荷重倍率 : 1.000
 変形倍率 : 0.000
 断面力倍率 : 0.200

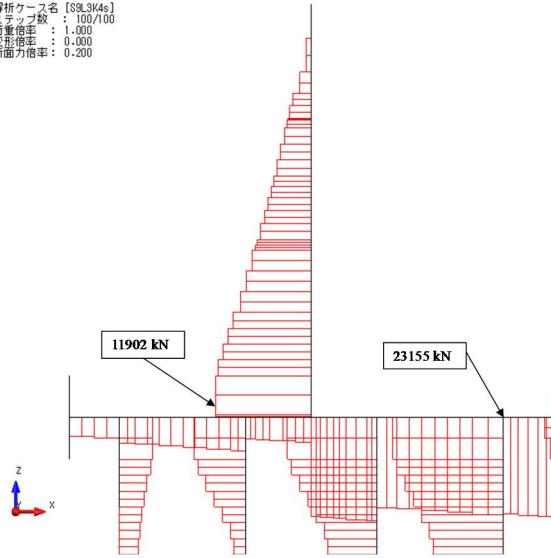


図 4.2.3-12 曲げ圧縮応力照査 軸力図

(A-A断面：基準津波時，地盤バネ4，慣性力下向き)

③地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース

表 4.2.3-4 曲げ圧縮応力に対する照査 (地盤バネ4：基準津波時)

	部材	曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)	曲げ圧縮応力 (N/mm ²)	短期許容応力度 (N/mm ²)	曲げ圧縮応力照査値
上向き	壁部	-49934	11209	2.0	21	0.10
	底版部	92772	22847	3.0	21	0.15
下向き	壁部	-49934	11902	2.0	21	0.10
	底版部	93506	23155	3.0	21	0.15

解析ケース名 [S9L3V46]
 ステップ数 : 100/100
 荷重倍率 : 1.000
 変形倍率 : 0.000
 断面力倍率 : 0.040

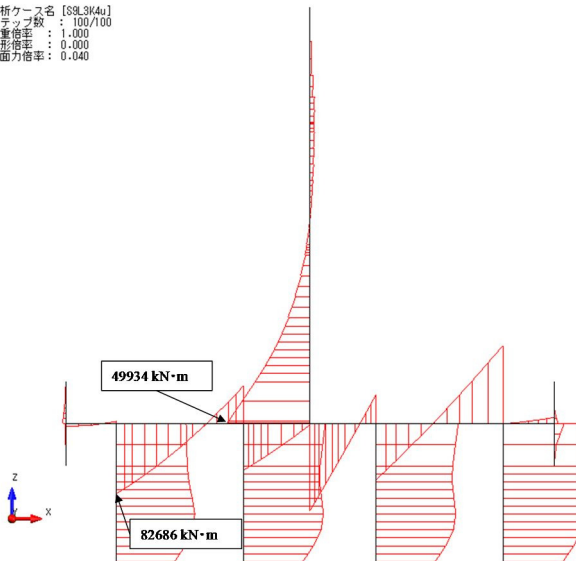


図 4.2.3-13 曲げ引張応力照査 曲げモーメント図

(A-A断面：基準津波時，地盤バネ4，慣性力上向き)

③地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース

解析ケース名 [S9L3K4u]
 ステップ数 : 100/100
 荷重倍率 : 1.000
 変形倍率 : 0.000
 断面力倍率 : 0.200

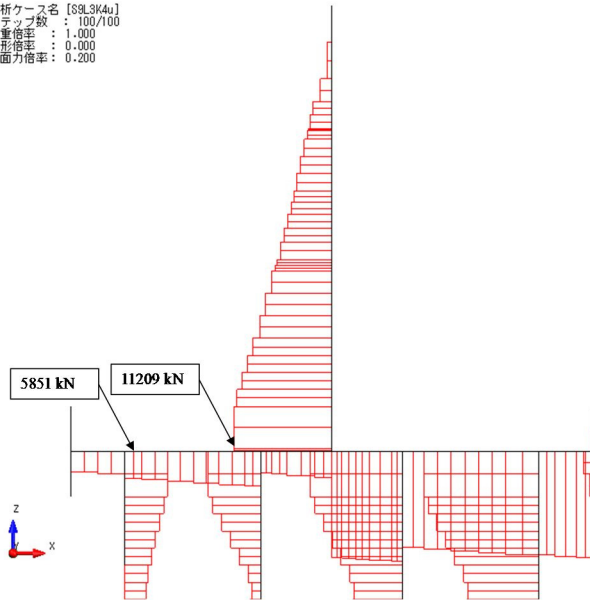


図 4.2.3-14 曲げ引張応力照査 軸力図

(A-A断面：基準津波時，地盤バネ4，慣性力上向き)

③地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース

解析ケース名 [S9L3K4s]
 ステップ数 : 100/100
 荷重倍率 : 1.000
 変形倍率 : 0.000
 断面力倍率 : 0.040

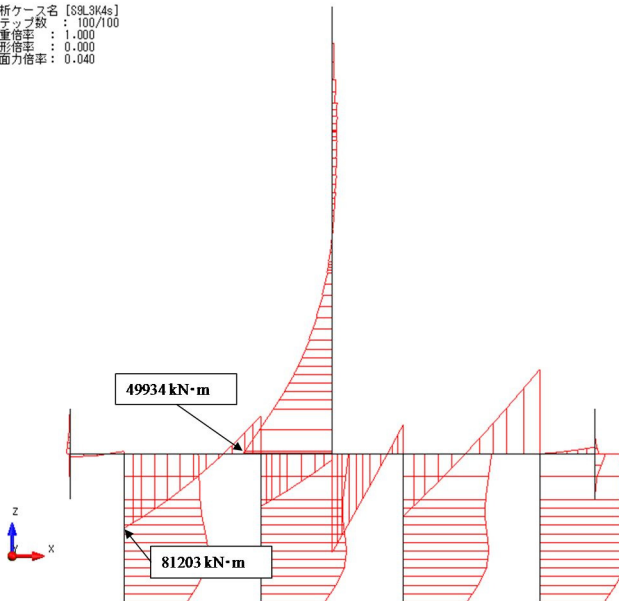


図 4.2.3-15 曲げ引張応力照査 曲げモーメント図

(A-A断面：基準津波時，地盤バネ4，慣性力下向き)

③地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース

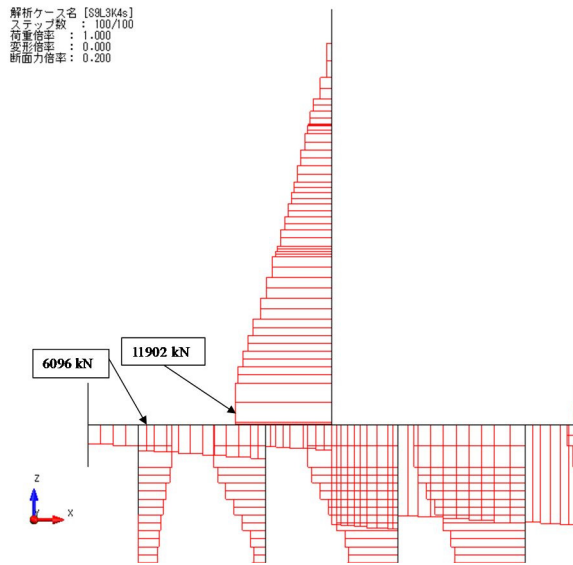


図 4.2.3-16 曲げ引張応力照査 軸力図

(A-A断面：基準津波時，地盤バネ4，慣性力下向き)

③地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース

表 4.2.3-5 曲げ引張応力に対する照査 (地盤バネ4：基準津波時)

	部材	曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)	曲げ 引張応力 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	曲げ 引張応力 照査値
上向き	壁部	-49934	11209	33.2	435	0.08
	底板部	82686	5851	69.0	435	0.16
下向き	壁部	-49934	11902	31.0	435	0.08
	底板部	81203	6096	67.4	435	0.16

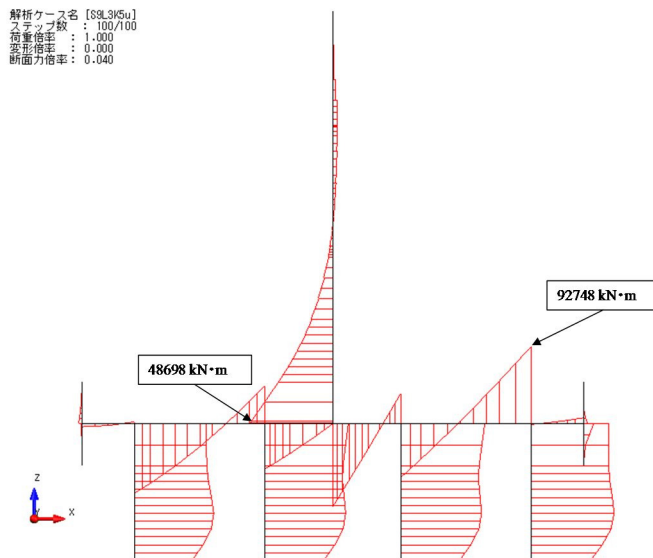


図 4.2.3-17 曲げ圧縮応力照査 曲げモーメント図

(A-A断面：基準津波時，地盤バネ5，慣性力上向き)

③地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース

解析ケース名 [S9L3K5u]
 ステップ数 : 100/100
 荷重倍率 : 1.000
 変形倍率 : 0.000
 断面力倍率 : 0.200

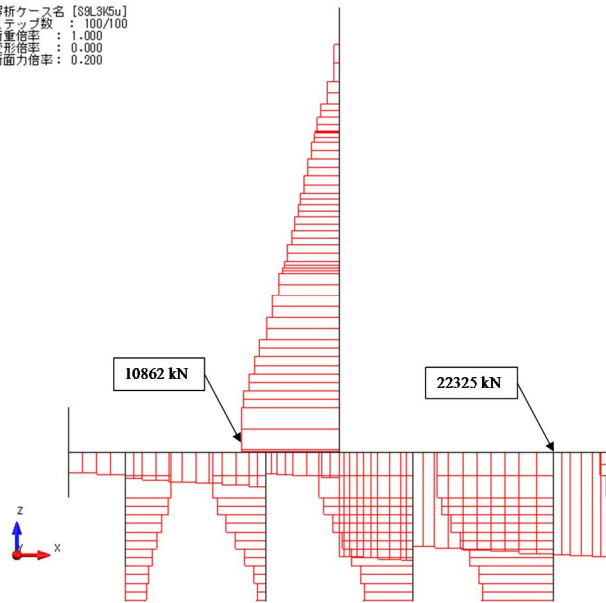


図 4.2.3-18 曲げ圧縮応力照査 軸力図

(A-A断面：基準津波時，地盤バネ5，慣性力上向き)

③地盤物性のばらつきを考慮（ -1σ ）した解析ケース

解析ケース名 [S9L3K5s]
 ステップ数 : 100/100
 荷重倍率 : 1.000
 変形倍率 : 0.000
 断面力倍率 : 0.040

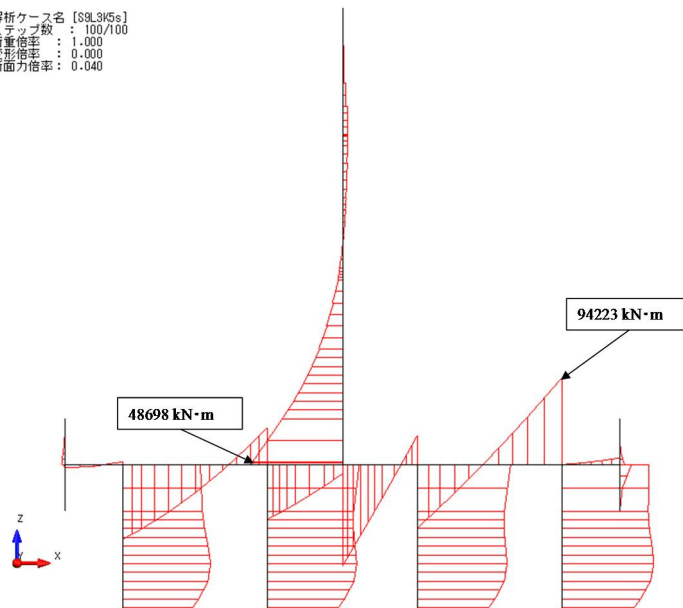


図 4.2.3-19 曲げ圧縮応力照査 曲げモーメント図

(A-A断面：基準津波時，地盤バネ5，慣性力下向き)

③地盤物性のばらつきを考慮（ -1σ ）した解析ケース

解析ケース名 [89L3K5s]
 ステップ数 : 100/100
 荷重倍率 : 1.000
 変形倍率 : 0.000
 断面力倍率 : 0.200

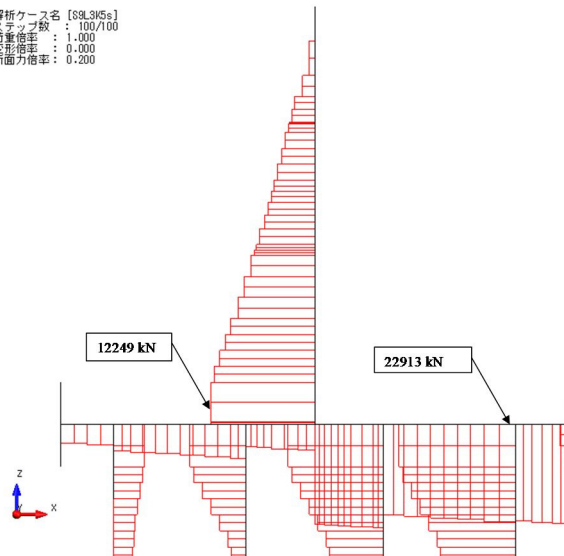


図 4.2.3-20 曲げ圧縮応力照査 軸力図

(A-A断面：基準津波時，地盤バネ5，慣性力下向き)

③地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース

表 4.2.3-6 曲げ圧縮応力に対する照査 (地盤バネ5：基準津波時)

	部材	曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)	曲げ圧縮応力 (N/mm ²)	短期許容応力度 (N/mm ²)	曲げ圧縮応力照査値
上向き	壁部	-48698	10862	1.9	21	0.10
	底版部	92748	22325	3.0	21	0.15
下向き	壁部	-48698	12249	1.9	21	0.10
	底版部	94223	22913	3.0	21	0.15

解析ケース名 [89L3K5u]
 ステップ数 : 100/100
 荷重倍率 : 1.000
 変形倍率 : 0.000
 断面力倍率 : 0.040

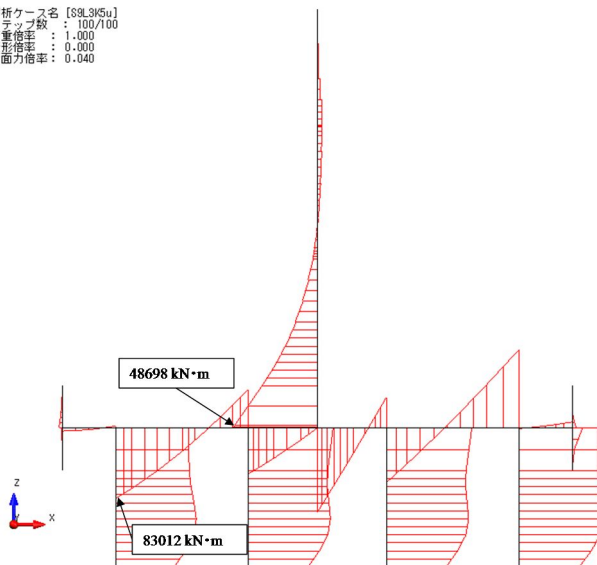


図 4.2.3-21 曲げ引張応力照査 曲げモーメント図

(A-A断面：基準津波時，地盤バネ5，慣性力上向き)

③地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース

解析ケース名 [S9L3K5u]
 ステップ数 : 100/100
 荷重倍率 : 1.000
 変形倍率 : 0.000
 断面力倍率 : 0.200

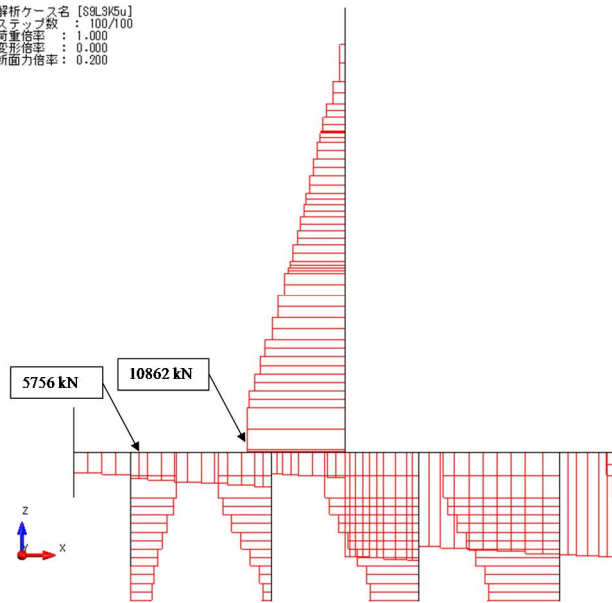


図 4. 2. 3-22 曲げ引張応力照査 軸力図

(A-A断面：基準津波時，地盤バネ5，慣性力上向き)

③地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース

解析ケース名 [S9L3K5s]
 ステップ数 : 100/100
 荷重倍率 : 1.000
 変形倍率 : 0.000
 断面力倍率 : 0.040

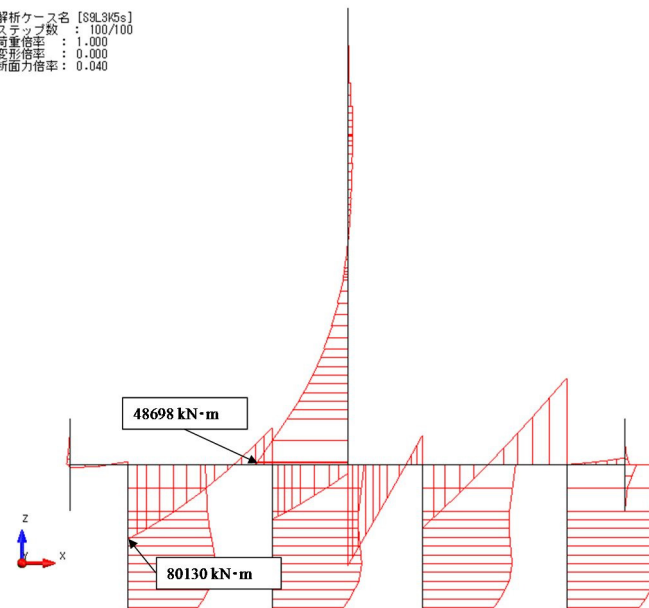


図 4. 2. 3-23 曲げ引張応力照査 曲げモーメント図

(A-A断面：基準津波時，地盤バネ5，慣性力下向き)

③地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース

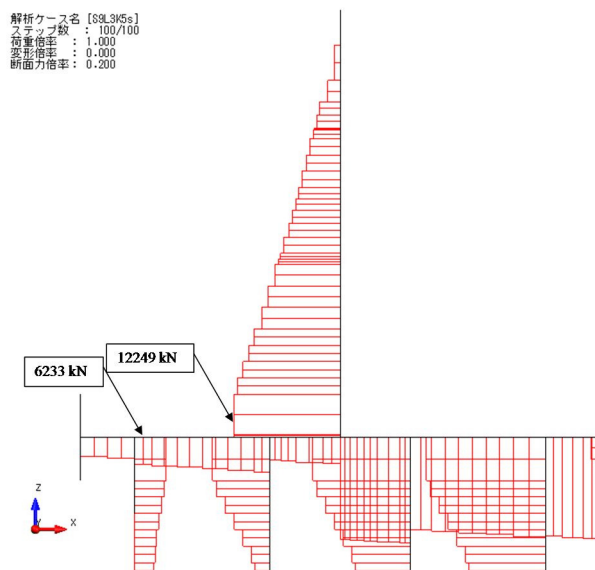


図 4. 2. 3-24 曲げ引張応力照査 軸力図

(A-A断面：基準津波時，地盤バネ 5，慣性力下向き)

③地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース

表 4. 2. 3-7 曲げ引張応力に対する照査 (地盤バネ 5：基準津波時)

	部材	曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)	曲げ引張応力 (N/mm ²)	短期許容応力度 (N/mm ²)	曲げ引張応力照査値
上向き	壁部	-48698	10862	32.6	435	0.08
	底版部	83012	5756	69.4	435	0.16
下向き	壁部	-48698	12249	28.2	435	0.07
	底版部	80130	6233	66.2	435	0.16

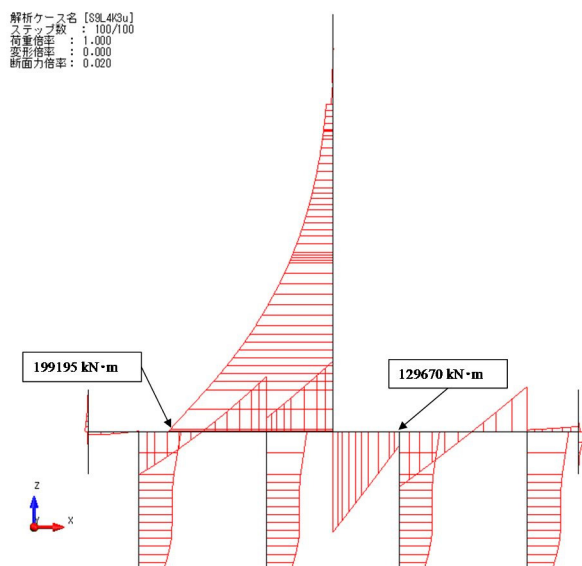


図 4. 2. 3-25 曲げ圧縮応力照査 曲げモーメント図

(A-A断面：T.P. +24 m 津波時，地盤バネ 3，鉛直慣性力上向き)

①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

解析ケース名 [S9L4/3u]
 ステップ数 : 100/100
 荷重倍率 : 1.000
 変形倍率 : 0.000
 断面力倍率 : 0.120

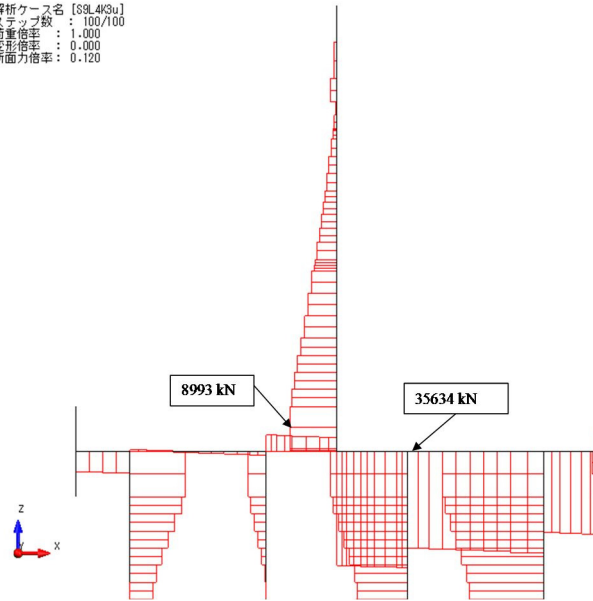


図 4. 2. 3-26 曲げ圧縮応力照査 軸力図

(A-A断面 : T.P. +24 m 津波時, 地盤バネ 3, 鉛直慣性力上向き)

①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

解析ケース名 [S9L4/3s]
 ステップ数 : 100/100
 荷重倍率 : 1.000
 変形倍率 : 0.000
 断面力倍率 : 0.020

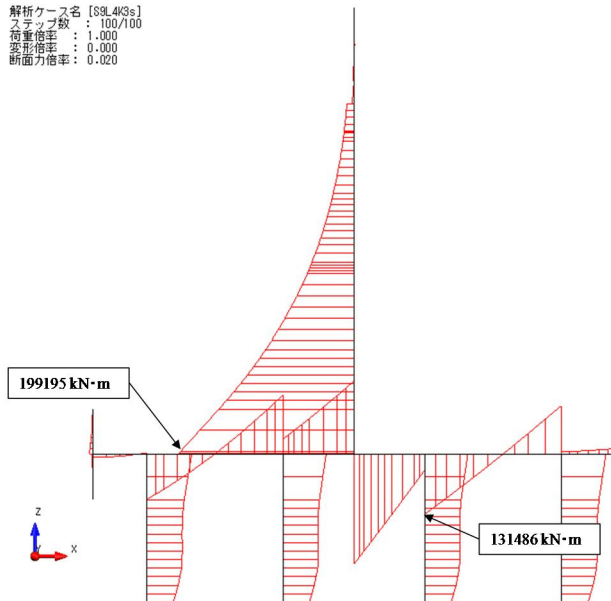


図 4. 2. 3-27 曲げ圧縮応力照査 曲げモーメント図

(A-A断面 : T.P. +24 m 津波時, 地盤バネ 3, 慣性力下向き)

①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

解析ケース名 [S9L4K3s]
 ステップ数 : 100/100
 荷重倍率 : 1.000
 変位倍率 : 0.000
 断面力倍率 : 0.120

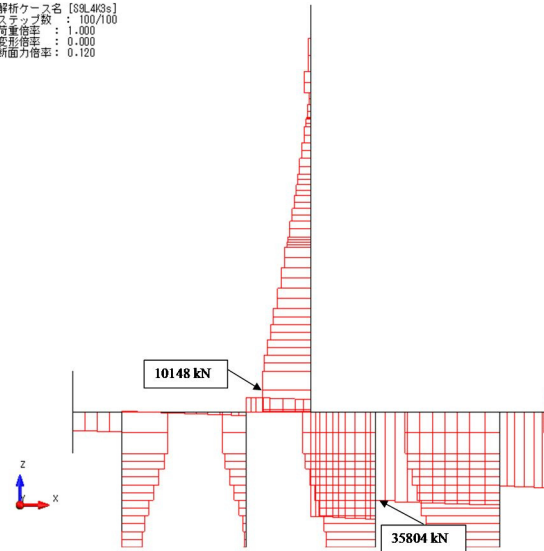


図 4.2.3-28 曲げ圧縮応力照査 軸力図

(A-A断面 : T.P. +24 m 津波時, 地盤バネ 3, 慣性力下向き)

①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

表 4.2.3-8 曲げ圧縮応力に対する照査 (地盤バネ 3 : T.P. +24 m 津波時)

	部材	曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)	曲げ 圧縮応力 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	曲げ 圧縮応力 照査値
上向き	壁部	-199195	8993	7.3	21	0.27
	底版部	129670	35634	4.2	21	0.15
下向き	壁部	-199195	10148	7.3	21	0.27
	底版部	131486	35804	4.3	21	0.16

解析ケース名 [S9L4K3u]
 ステップ数 : 100/100
 荷重倍率 : 1.000
 変位倍率 : 0.000
 断面力倍率 : 0.020

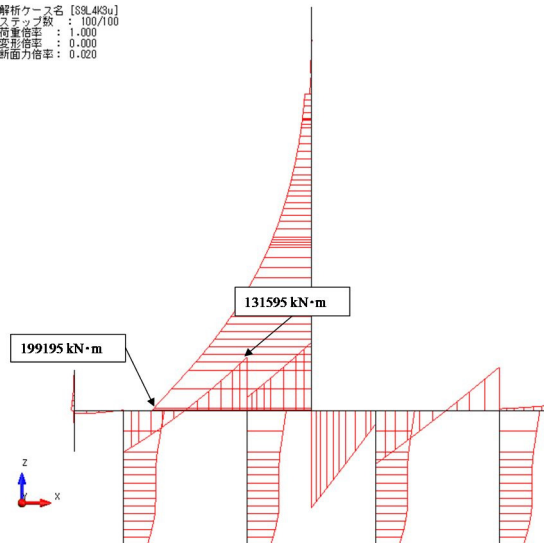


図 4.2.3-29 曲げ引張応力照査 曲げモーメント図

(A-A断面 : T.P. +24 m 津波時, 地盤バネ 3, 鉛直慣性力上向き)

①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

解析ケース名 [S9L4/3u]
 ステップ数 : 100/100
 荷重倍率 : 1.000
 変形倍率 : 0.000
 断面力倍率 : 0.120

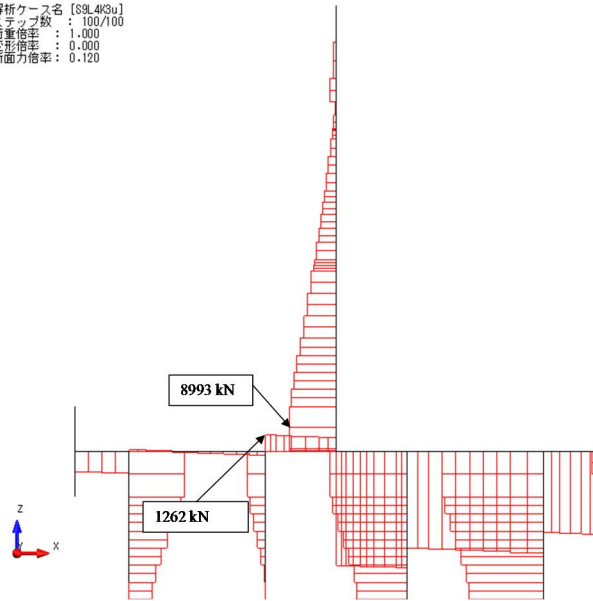


図 4. 2. 3-30 曲げ引張応力照査 軸力図

(A-A断面 : T.P. +24 m 津波時, 地盤バネ 3, 鉛直慣性力上向き)

①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

解析ケース名 [S9L4/3s]
 ステップ数 : 100/100
 荷重倍率 : 1.000
 変形倍率 : 0.000
 断面力倍率 : 0.020

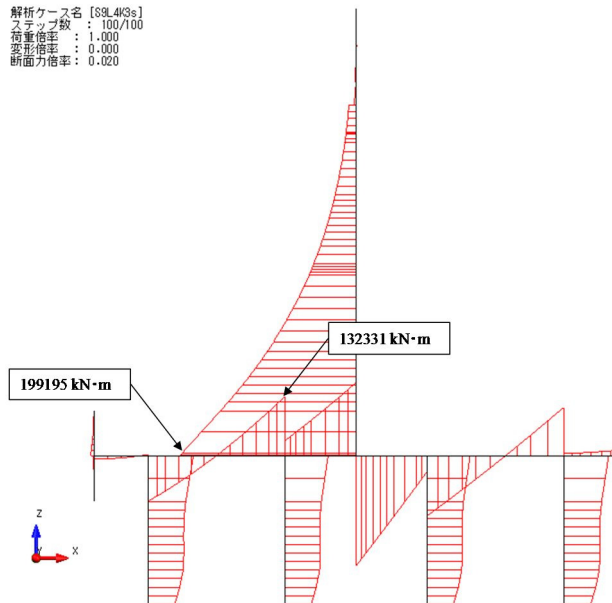


図 4. 2. 3-31 曲げ引張応力照査 曲げモーメント図

(A-A断面 : T.P. +24 m 津波時, 地盤バネ 3, 慣性力下向き)

①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

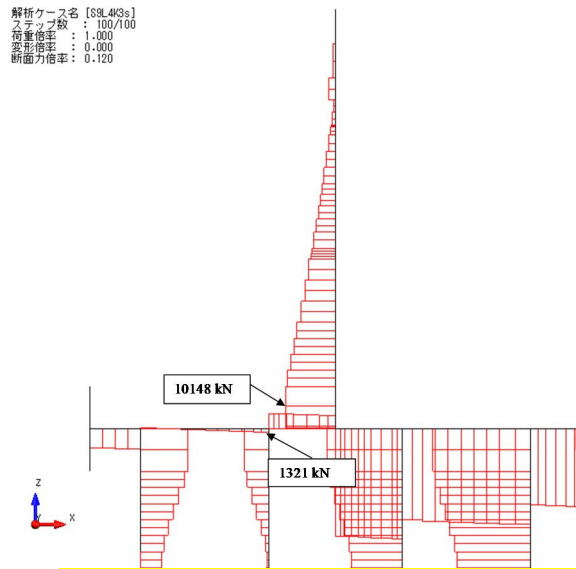


図 4. 2. 3-32 曲げ引張応力照査 軸力図

(A-A断面 : T.P. +24 m 津波時, 地盤バネ 3, 慣性力下向き)

①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

表 4. 2. 3-9 曲げ引張応力に対する照査 (地盤バネ 3 (T.P. +24 m 津波時))

	部材	曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)	曲げ引張応力 (N/mm ²)	短期許容応力度 (N/mm ²)	曲げ引張応力照査値
上向き	壁部	-199195	8993	273.1	435	0.58
	底版部	131595	1262	119.1	435	0.25
下向き	壁部	-199195	10148	268.0	435	0.57
	底版部	132331	1321	119.7	435	0.26

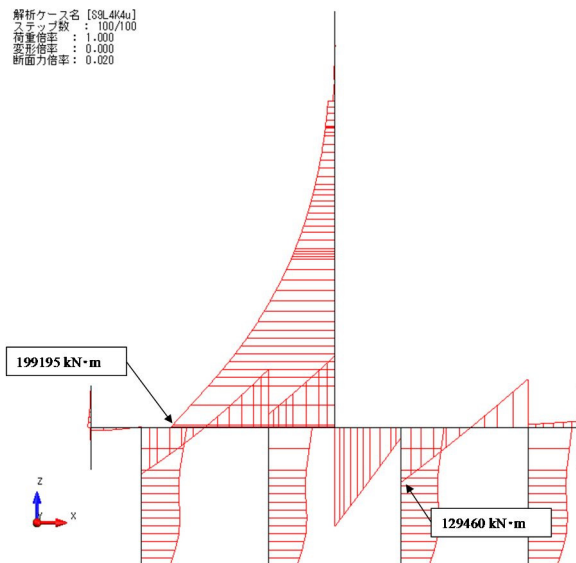


図 4. 2. 3-33 曲げ圧縮応力照査 曲げモーメント図

(A-A断面 : T.P. +24 m 津波時, 地盤バネ 4, 慣性力上向き)

③地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース

解析ケース名 [S9L4K4u]
 ステップ数 : 100/100
 荷重倍率 : 1.000
 変形倍率 : 0.000
 断面力倍率 : 0.120

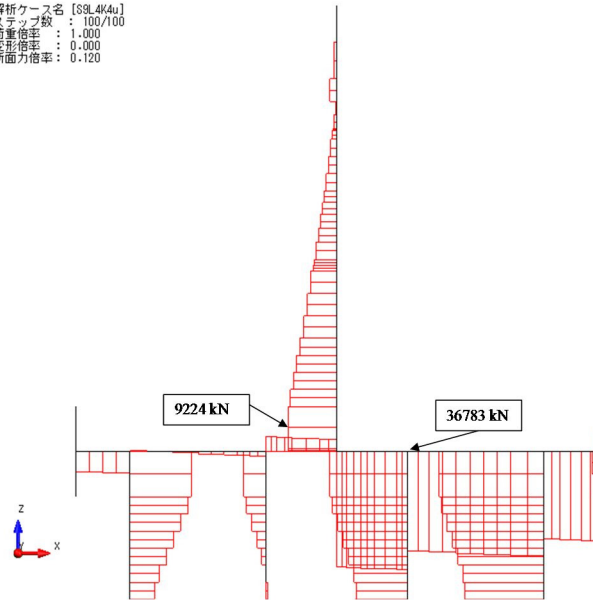


図 4. 2. 3-34 曲げ圧縮応力照査 軸力図

(A-A断面 : T.P. +24 m 津波時, 地盤バネ 4, 慣性力上向き)

③地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース

解析ケース名 [S9L4K4s]
 ステップ数 : 100/100
 荷重倍率 : 1.000
 変形倍率 : 0.000
 断面力倍率 : 0.020

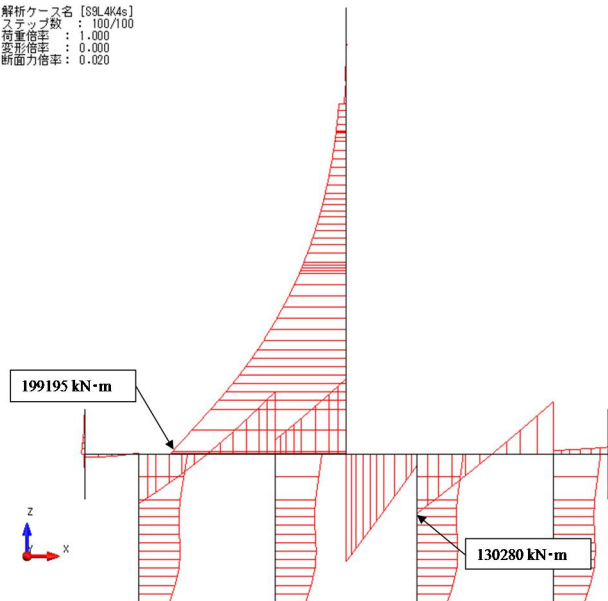


図 4. 2. 3-35 曲げ圧縮応力照査 曲げモーメント図

(A-A断面 : T.P. +24 m 津波時, 地盤バネ 4, 慣性力下向き)

③地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース

解析ケース名 [S9L4K4s]
 ステップ数 : 100/100
 荷重倍率 : 1.000
 変形倍率 : 0.000
 断面力倍率 : 0.120

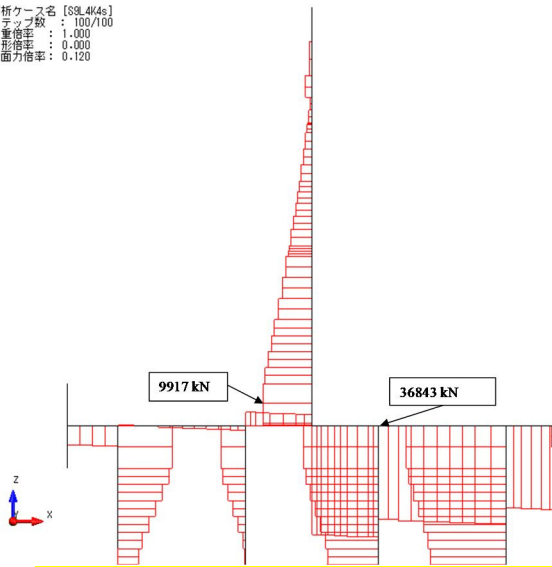


図 4.2.3-36 曲げ圧縮応力照査 軸力図

(A-A断面 : T.P. +24 m 津波時, 地盤バネ 4, 慣性力下向き)

③地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース

表 4.2.3-10 曲げ圧縮応力に対する照査 (地盤バネ 4 : T.P. +24 m 津波時)

	部材	曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)	曲げ 圧縮応力 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	曲げ 圧縮応力 照査値
上向き	壁部	-199195	9224	7.3	21	0.27
	底版部	129460	36783	4.2	21	0.15
下向き	壁部	-199195	9917	7.3	21	0.27
	底版部	130280	36843	4.2	21	0.15

解析ケース名 [S9L4K4u]
 ステップ数 : 100/100
 荷重倍率 : 1.000
 変形倍率 : 0.000
 断面力倍率 : 0.020

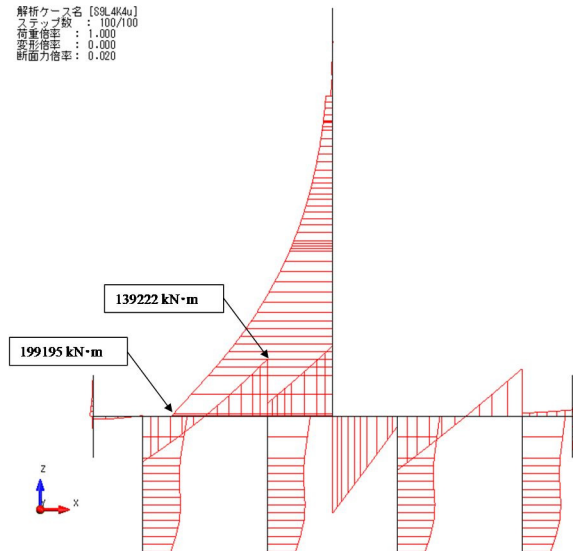


図 4.2.3-37 曲げ引張応力照査 曲げモーメント図

(A-A断面 : T.P. +24 m 津波時, 地盤バネ 4, 慣性力上向き)

③地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース

解析ケース名 [S9L4K4u]
 ステップ数 : 100/100
 荷重倍率 : 1.000
 変形倍率 : 0.000
 断面力倍率 : 0.120

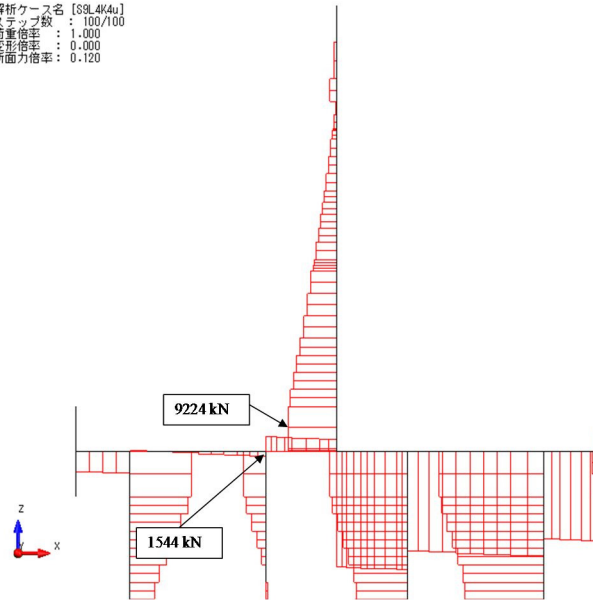


図 4. 2. 3-38 曲げ引張応力照査 軸力図

(A-A断面 : T.P. +24 m 津波時, 地盤バネ 4, 慣性力上向き)

③地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース

解析ケース名 [S9L4K4s]
 ステップ数 : 100/100
 荷重倍率 : 1.000
 変形倍率 : 0.000
 断面力倍率 : 0.020

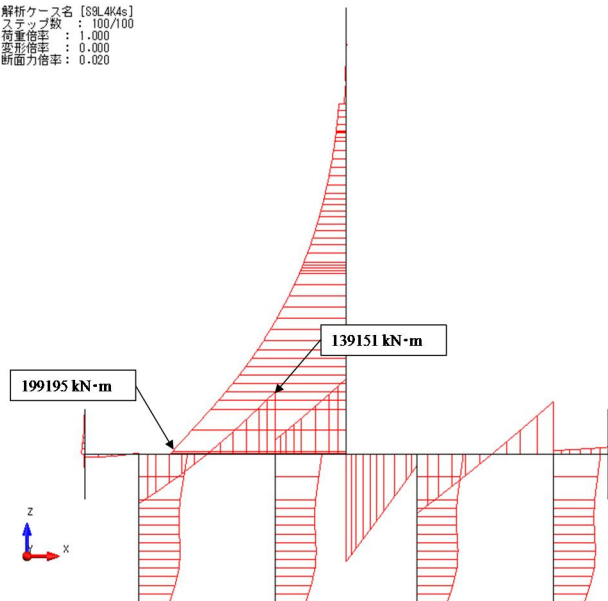


図 4. 2. 3-39 曲げ引張応力照査 曲げモーメント図

(A-A断面 : T.P. +24 m 津波時, 地盤バネ 4, 慣性力下向き)

③地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース

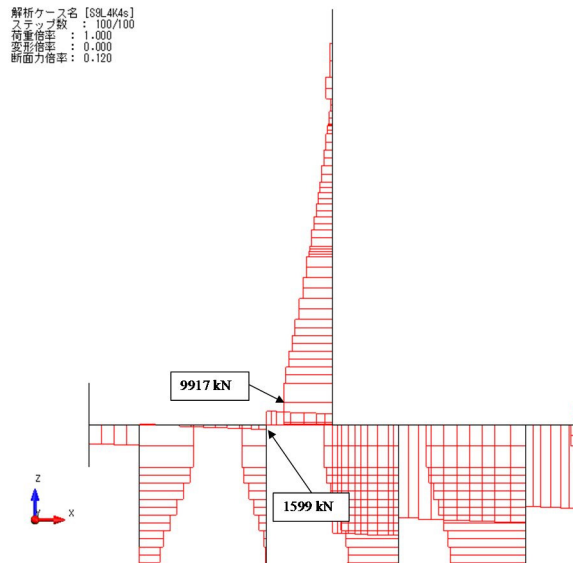


図 4. 2. 3-40 曲げ引張応力照査 軸力図

(A-A断面 : T.P. +24 m 津波時, 地盤バネ 4, 慣性力下向き)

③地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース

表 4. 2. 3-11 曲げ引張応力に対する照査 (地盤バネ 4 : T.P. +24 m 津波時)

	部材	曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)	曲げ 引張応力 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	曲げ 引張応力 照査値
上向き	壁部	-199195	9224	272.1	435	0.57
	底板部	139222	1544	125.7	435	0.27
下向き	壁部	-199195	9917	269.0	435	0.57
	底板部	139151	1599	125.6	435	0.27

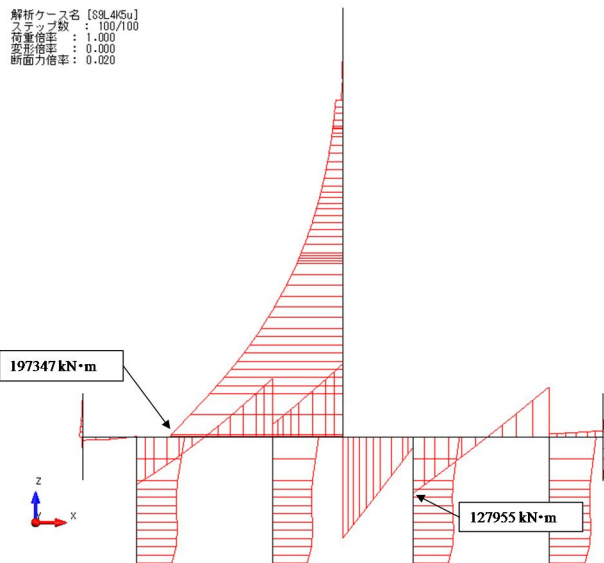


図 4. 2. 3-41 曲げ圧縮応力照査 曲げモーメント図

(A-A断面 : T.P. +24 m 津波時, 地盤バネ 5, 慣性力上向き)

③地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース

解析ケース名 [S9L4ISu]
 ステップ数 : 100/100
 荷重倍率 : 1.000
 変形倍率 : 0.000
 断面力倍率 : 0.120

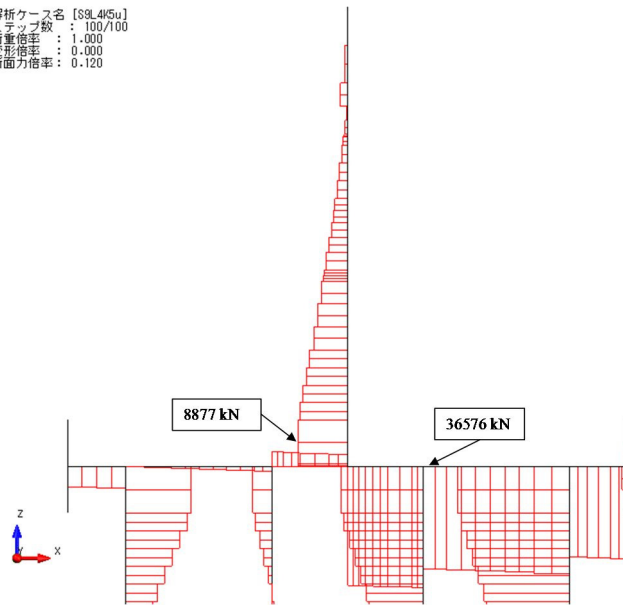


図 4. 2. 3-42 曲げ圧縮応力照査 軸力図

(A-A断面 : T.P. +24 m 津波時, 地盤バネ 5, 慣性力上向き)

③地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース

解析ケース名 [S9L4ISs]
 ステップ数 : 100/100
 荷重倍率 : 1.000
 変形倍率 : 0.000
 断面力倍率 : 0.020

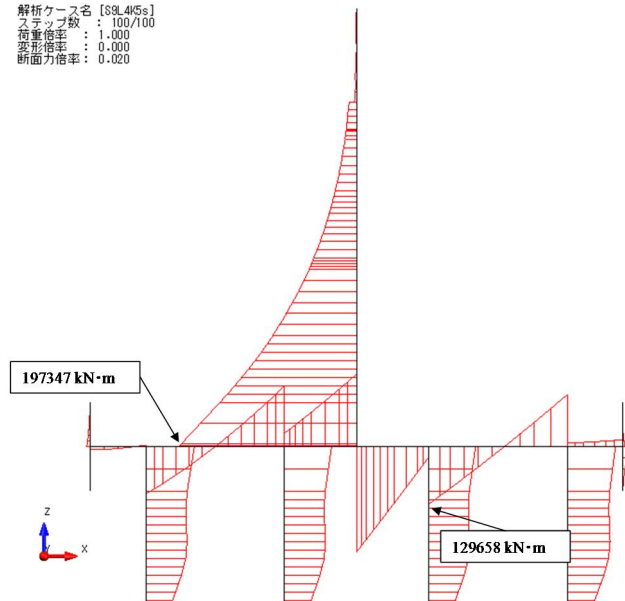


図 4. 2. 3-43 曲げ圧縮応力照査 曲げモーメント図

(A-A断面 : T.P. +24 m 津波時, 地盤バネ 5, 慣性力下向き)

③地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース

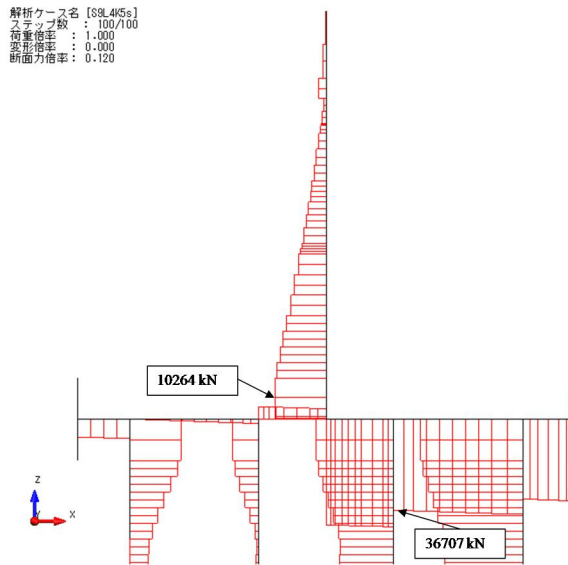


図 4. 2. 3-44 曲げ圧縮応力照査 軸力図

(A-A断面 : T.P. +24 m 津波時, 地盤バネ 5, 慣性力下向き)

③地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース

表 4. 2. 3-12 曲げ圧縮応力に対する照査 (地盤バネ 5 : T.P. +24 m 津波時)

	部材	曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)	曲げ 圧縮応力 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	曲げ 圧縮応力 照査値
上向き	壁部	-197347	8877	7.2	21	0.26
	底版部	127955	36576	4.2	21	0.15
下向き	壁部	-197347	10264	7.2	21	0.26
	底版部	129658	36707	4.2	21	0.15

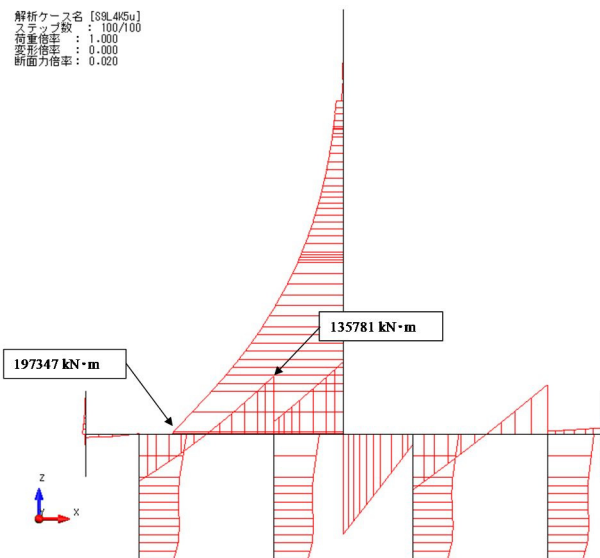


図 4. 2. 3-45 曲げ引張応力照査 曲げモーメント図

(A-A断面 : T.P. +24 m 津波時, 地盤バネ 5, 慣性力上向き)

③地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース

解析ケース名 [S9L4ISu]
 ステップ数 : 100/100
 荷重倍率 : 1.000
 変形倍率 : 0.000
 断面力倍率 : 0.120

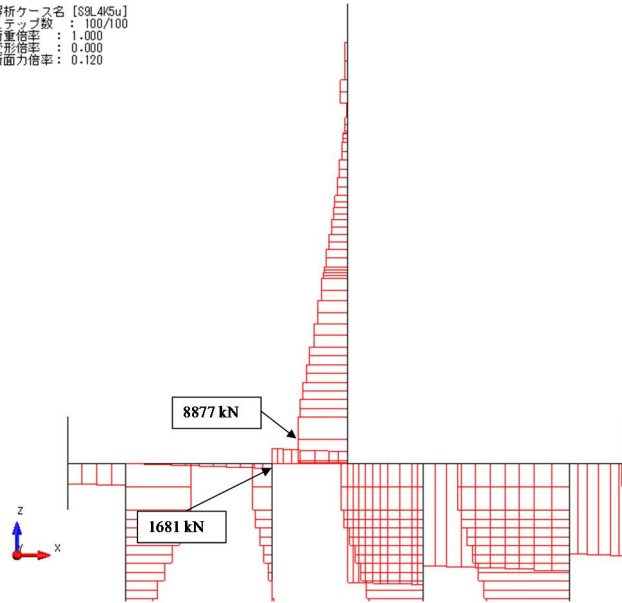


図 4. 2. 3-46 曲げ引張応力照査 軸力図

(A-A断面 : T.P. +24 m 津波時, 地盤バネ 5, 慣性力上向き)

③地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース

解析ケース名 [S9L4ISs]
 ステップ数 : 100/100
 荷重倍率 : 1.000
 変形倍率 : 0.000
 断面力倍率 : 0.020

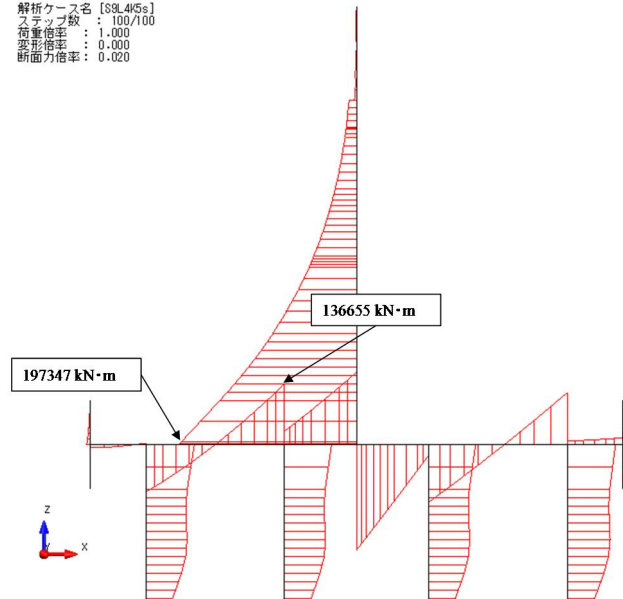


図 4. 2. 3-47 曲げ引張応力照査 曲げモーメント図

(A-A断面 : T.P. +24 m 津波時, 地盤バネ 5, 慣性力下向き)

③地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース

解析ケース名 [S9L4K5e]
 ステップ数 : 100/100
 荷重倍率 : 1.000
 変形倍率 : 0.000
 断面力倍率 : 0.120

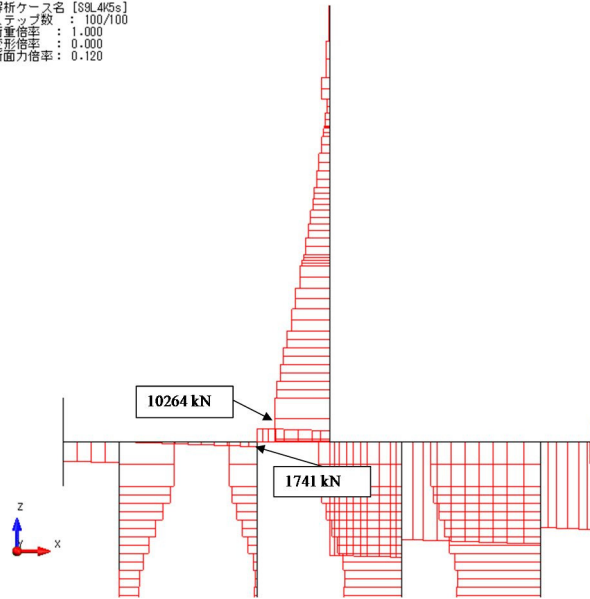


図 4. 2. 3-48 曲げ引張応力照査 軸力図

(A-A断面 : T.P. +24 m 津波時, 地盤バネ 5, 慣性力下向き)

③地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース

表 4. 2. 3-13 曲げ引張応力に対する照査 (地盤バネ 5 : T.P. +24 m 津波時)

	部材	曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)	曲げ 引張応力 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	曲げ 引張応力 照査値
上向き	壁部	-197347	8877	270.8	435	0.57
	底版部	135781	1681	122.4	435	0.26
下向き	壁部	-197347	10264	264.6	435	0.57
	底版部	136655	1741	123.2	435	0.26

(2) せん断力に対する照査

断面計算に用いた断面諸元を表 4.2.3-14 に、せん断力に対する照査結果を表 4.2.3-15～表 4.2.3-29 に示す。

鉄筋コンクリートにおける許容応力度法による照査を行った結果、せん断力が許容せん断力以下であることを確認した。なお、発生せん断力は各部材において最大となる値を示している。

表 4.2.3-14 鉄筋コンクリート断面諸元

断面	斜め引張鉄筋	区間 s (m)	区間 s における斜め引張鉄筋断面積 (mm ²)
壁部	D19-8 本	0.3	2292
底版部	D25-45 本	0.3	22801.5

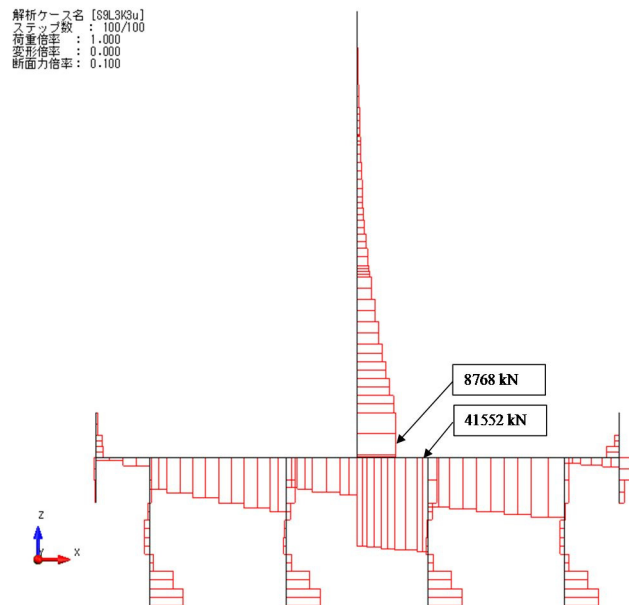


図 4.2.3-49 断面力図 (A-A断面：基準津波時，地盤バネ3，鉛直慣性力上向き)

①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

解析ケース名 [S9L3K3g]
 ステップ数 : 100/100
 荷重倍率 : 1.000
 変形倍率 : 0.000
 断面力倍率 : 0.100

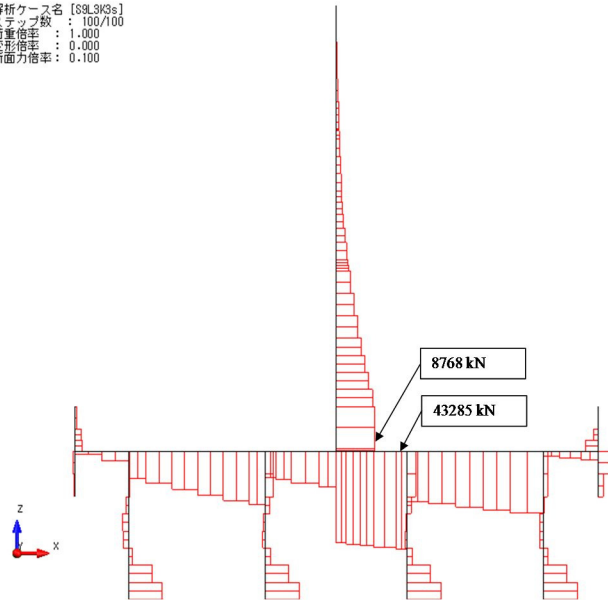


図 4.2.3-50 断面力図 (A-A断面: 基準津波時, 地盤バネ 3, 鉛直慣性力下向き)
 ①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

表 4.2.3-15 せん断力に対する安全率 (地盤バネ 3 (検討ケース①): 基準津波時)

鉛直慣性力	部材	せん断力 (kN)	許容せん断力 (kN)	照査値
上向き	壁部	8768	22290.7	0.40
	底版部	41552	74547.3	0.56
下向き	壁部	8768	22290.7	0.40
	底版部	43285	74547.3	0.59

解析ケース名 [S9L3K4u]
 ステップ数 : 100/100
 荷重倍率 : 1.000
 変形倍率 : 0.000
 断面力倍率 : 0.100

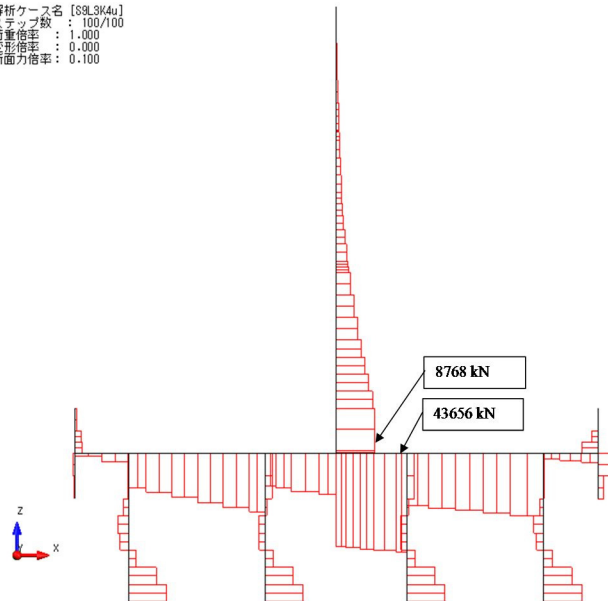


図 4.2.3-51 断面力図 (A-A断面: 基準津波時, 地盤バネ 4, 鉛直慣性力上向き)
 ③地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース

解析ケース名 [S9L3K4g]
 ステップ数 : 100/100
 荷重倍率 : 1.000
 変形倍率 : 0.000
 断面力倍率 : 0.100

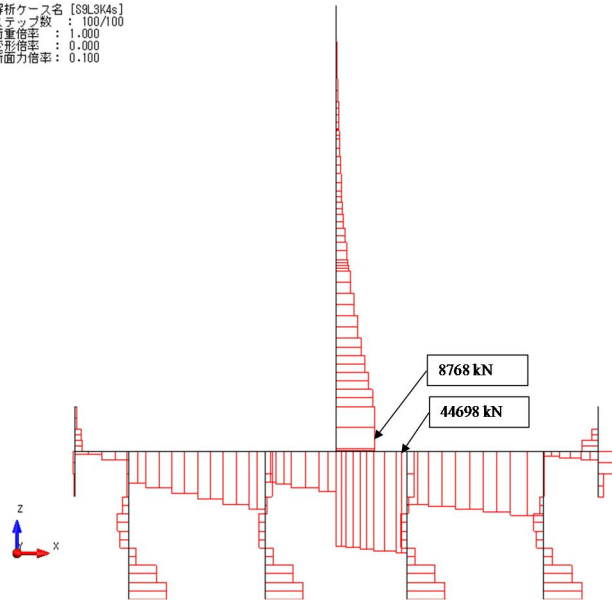


図 4.2.3-52 断面力図 (A-A断面: 基準津波時, 地盤バネ4, 鉛直慣性力下向き)
 ③地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース

表 4.2.3-16 せん断力に対する安全率 (地盤バネ4 (検討ケース③): 基準津波時)

鉛直慣性力	部材	せん断力 (kN)	許容せん断力 (kN)	照査値
上向き	壁部	8768	22290.7	0.40
	底板部	43656	74547.3	0.59
下向き	壁部	8768	22290.7	0.40
	底板部	44698	74547.3	0.60

解析ケース名 [S9L3K5u]
 ステップ数 : 100/100
 荷重倍率 : 1.000
 変形倍率 : 0.000
 断面力倍率 : 0.100

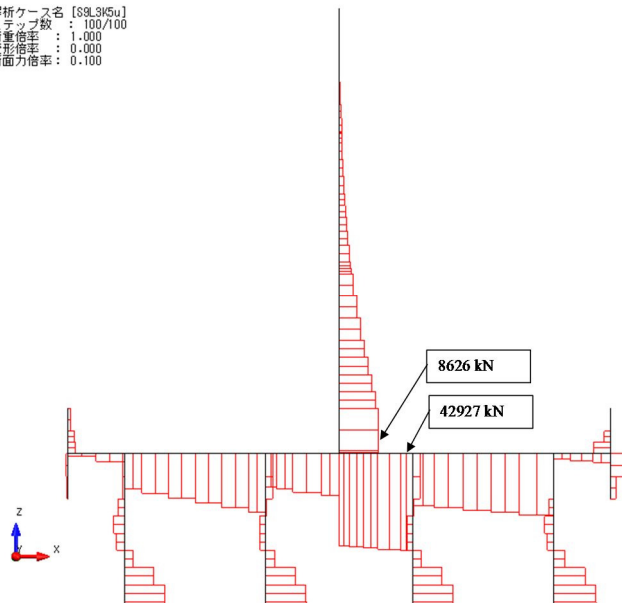


図 4.2.3-53 断面力図 (A-A断面: 基準津波時, 地盤バネ5, 鉛直慣性力上向き)
 ③地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース

解析ケース名 [S9L3K5e]
 ステップ数 : 100/100
 荷重倍率 : 1.000
 変形倍率 : 0.000
 断面力倍率 : 0.100

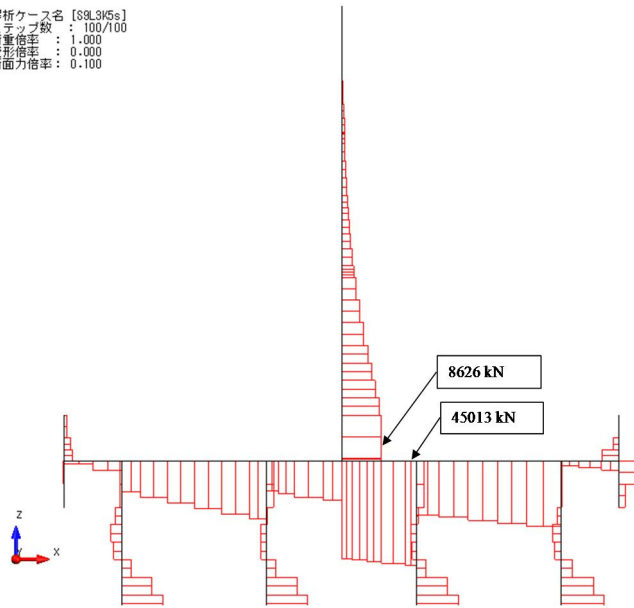


図 4. 2. 3-54 断面力図 (A-A断面 : 基準津波時, 地盤バネ 5, 鉛直慣性力下向き)

③地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース

表 4. 2. 3-17 せん断力に対する安全率 (地盤バネ 5 : 基準津波時)

鉛直慣性力	部材	せん断力 (kN)	許容せん断力 (kN)	照査値
上向き	壁部	8626	22290.7	0.39
	底版部	42927	74547.3	0.58
下向き	壁部	8626	22290.7	0.39
	底版部	45013	74547.3	0.61

解析ケース名 [S9L4K3u]
 ステップ数 : 100/100
 荷重倍率 : 1.000
 変形倍率 : 0.000
 断面力倍率 : 0.080

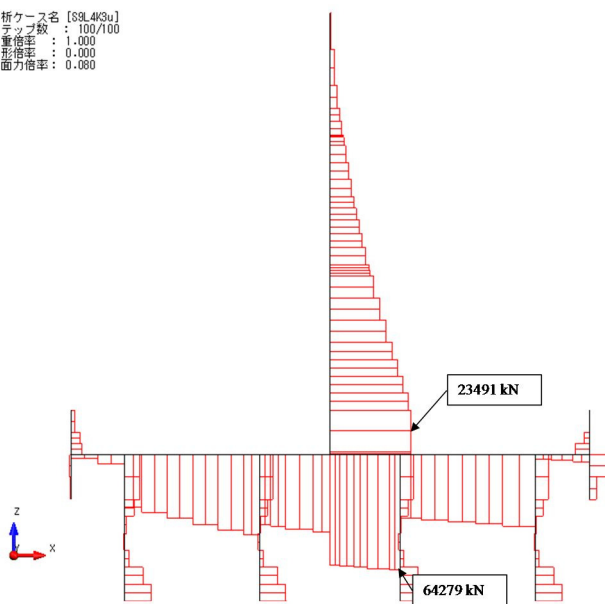


図 4. 2. 3-55 断面力図 (A-A断面 : T.P. +24 津波時, 地盤バネ 3, 鉛直慣性力上向き)

①原地盤に基づく液化化強度特性を用いた解析ケース

解析ケース名 [S9L4K3s]
 ステップ数 : 100/100
 荷重倍率 : 1.000
 変形倍率 : 0.000
 断面力倍率 : 0.080

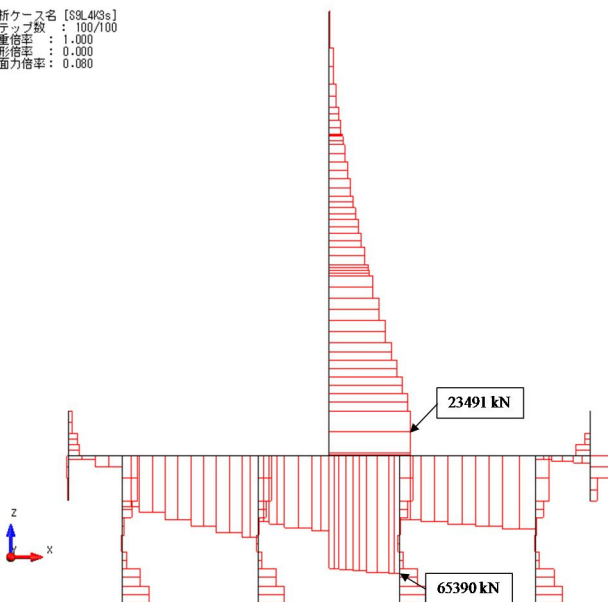


図 4. 2. 3-56 断面力図 (A-A断面 : T.P. +24 津波時, 地盤バネ 3, 鉛直慣性力下向き)

①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

表 4. 2. 3-18 せん断力に対する安全率 (地盤バネ 3) : T.P. +24 m 津波時

鉛直慣性力	部材	せん断力 (kN)	許容せん断力 (kN)	照査値
上向き	壁部	23491	26512.2	0.89
	底板部	64279	85517.3	0.76
下向き	壁部	23491	26512.2	0.89
	底板部	65390	85517.3	0.77

解析ケース名 [S9L4K4u]
 ステップ数 : 100/100
 荷重倍率 : 1.000
 変形倍率 : 0.000
 断面力倍率 : 0.080

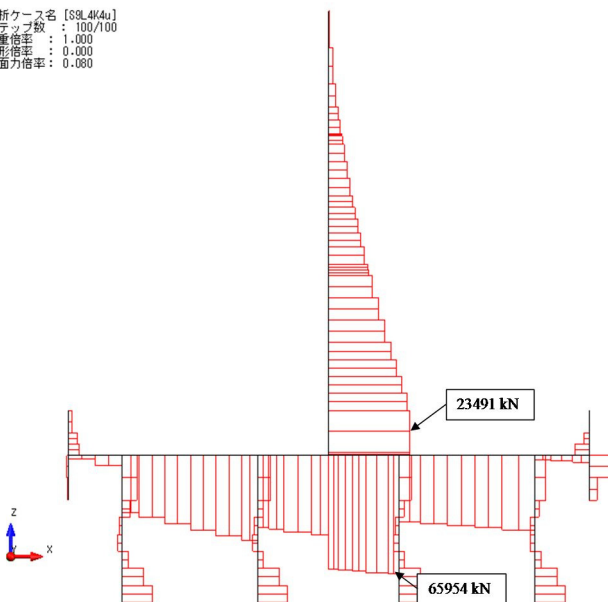


図 4. 2. 3-57 断面力図 (A-A断面 : T.P. +24 津波時, 地盤バネ 4, 鉛直慣性力上向き)

③地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース

解析ケース名 [SSL4K4s]
 ステップ数 : 100/100
 荷重倍率 : 1.000
 変形倍率 : 0.000
 断面力倍率 : 0.080

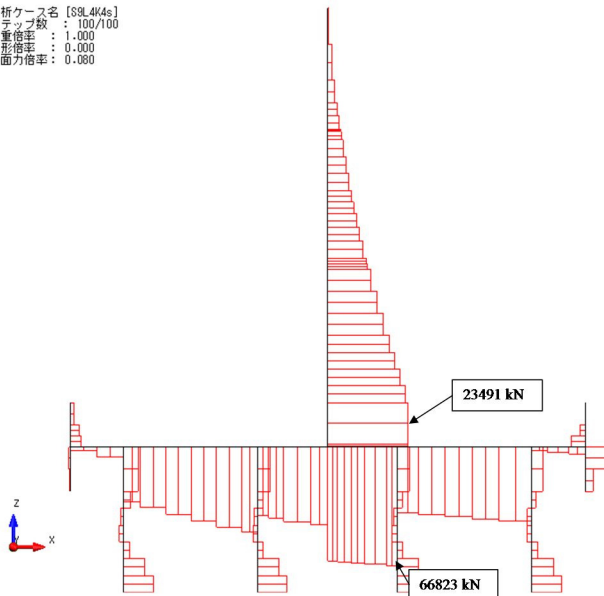


図 4. 2. 3-58 断面力図 (A-A断面 : T.P. +24 津波時, 地盤バネ 4, 鉛直慣性力下向き)

③地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース

表 4. 2. 3-19 せん断力に対する安全率 (地盤バネ 4 (検討ケース③) : T.P. +24 m 津波時)

鉛直慣性力	部材	せん断力 (kN)	許容せん断力 (kN)	照査値
上向き	壁部	23491	26512.2	0.89
	底版部	65954	85517.3	0.78
下向き	壁部	23491	26512.2	0.89
	底版部	66823	85517.3	0.79

解析ケース名 [SSL4K5u]
 ステップ数 : 100/100
 荷重倍率 : 1.000
 変形倍率 : 0.000
 断面力倍率 : 0.060

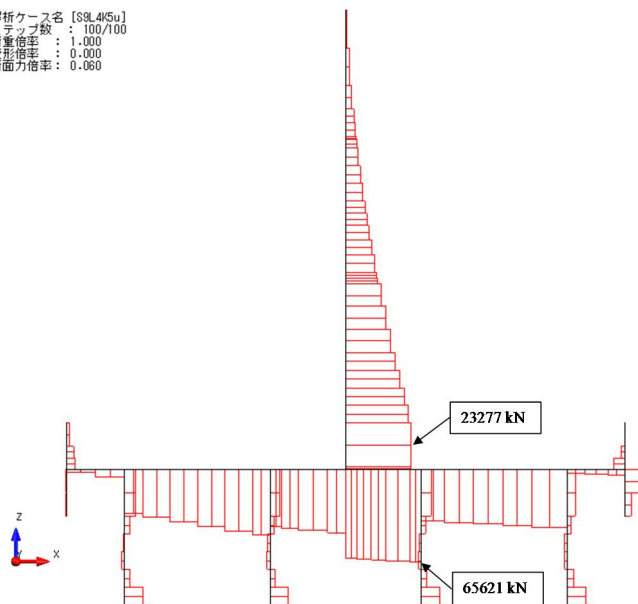


図 4. 2. 3-59 断面力図 (A-A断面 : T.P. +24 津波時, 地盤バネ 5, 鉛直慣性力上向き)

③地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース

解析ケース名 [89L4K5e]
 ステップ数 : 100/100
 荷重倍率 : 1.000
 変形倍率 : 0.000
 断面力倍率 : 0.060

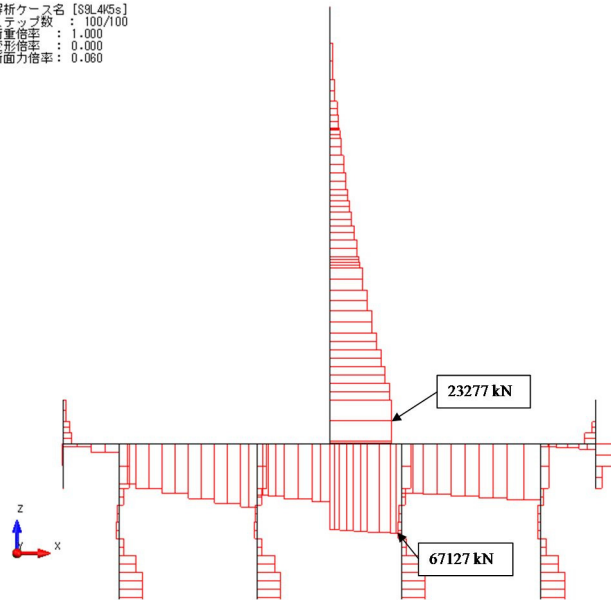


図 4.2.3-60 断面力図 (A-A断面 : T.P. +24 津波時, 地盤バネ5, 鉛直慣性力下向き)
 ③地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース

表 4.2.3-20 せん断力に対する安全率 (地盤バネ5 : T.P. +24 m 津波時)

鉛直慣性力	部材	せん断力 (kN)	許容せん断力 (kN)	照査値
上向き	壁部	23277	26512.2	0.88
	底版部	65621	85517.3	0.77
下向き	壁部	23277	26512.2	0.88
	底版部	67127	85517.3	0.79

4.2.4 基礎地盤の支持力に対する評価結果

基礎地盤の支持力に対する照査結果を表 4.2.4-1 及び表 4.2.4-2 に示す。

基礎地盤の支持力に対する照査を行った結果、接地圧が極限支持力度以下であることを確認した。

表 4.2.4-1 極限支持力に対する安全率（基準津波時）

	鉛直 慣性力	杭番号	最大接地圧 (kN/m ²)	極限支持力度 (kN/m ²)
地盤バネ 3	上向き	1	718	5472
	下向き	1	721	5472
地盤バネ 4	上向き	1	719	5472
	下向き	1	720	5472
地盤バネ 5	上向き	1	718	5472
	下向き	1	721	5472

表 4.2.4-2 極限支持力に対する安全率（T.P. +24 m 津波時）

	鉛直 慣性力	杭番号	最大接地圧 (kN/m ²)	極限支持力度 (kN/m ²)
地盤バネ 3	上向き	4	756	5472
	下向き	4	757	5472
地盤バネ 4	上向き	4	756	5472
	下向き	4	758	5472
地盤バネ 5	上向き	4	755	5472
	下向き	4	758	5472

杭の引抜力に対する照査は、杭天端に発生する最大引抜力に対して評価を行う。照査結果を表 4.2.4-3 に示す。杭の引抜力に対する照査を行った結果、最大引抜力が極限支持力以下であることを確認した。

表 4.2.4-3 杭の引抜力に対する安全率（T.P. +24 m 津波時）

	鉛直 慣性力	杭番号	最大引抜力 (kN)	極限支持力 (kN)
地盤バネ 3	上向き	1	4971	18276
	下向き	1	4459	18276
地盤バネ 4	上向き	1	5502	18276
	下向き	1	5177	18276
地盤バネ 5	上向き	1	5487	18276
	下向き	1	4881	18276

4.2.5 止水ジョイント部の相対変位量に対する評価結果

重畳時の止水ジョイント部の相対変位量に対する照査結果を表 4.2.5-1 及び表 4.2.5-2 に示す。なお、詳細な算出方法については「6.12 止水ジョイント部材の相対変位量に関する補足説明」に示す。

重畳時の止水ジョイント部の相対変位量に対する照査を行った結果、相対変位量が許容限界以下であることを確認した。

表 4.2.5-1 防潮扉基礎 2 の地震時最終変位量

検討ケース		地震時最終変位量[m]
		A-A断面
①	Ss-D1 (++)	0.006
	Ss-D1 (+-)	0.007
	Ss-D1 (-+)	0.008
	Ss-D1 (--)	0.008
	Ss-11	0.002
	Ss-12	0.002
	Ss-13	0.003
	Ss-14	0.001
	Ss-21	0.000
	Ss-22	0.001
	Ss-31(++)	0.001
	Ss-31(+)	0.000
④	Ss-D1 (+-)	0.011
地震時最終変位量の最大値		0.011

表 4.2.5-2 重畳時相対変位量

	δx [m]	δy [m]	δz [m]	3成分合成[m]
Ss 最終変位	0.011	0.024	0.094	
重畳時	0.063	0.063	0.002	
合計	0.074	0.087	0.096	0.150

4.3 まとめ

「4.1 津波時の強度評価結果」及び「4.2 重畳時の強度評価結果」による全ての評価項目において、防潮扉 2 基礎の評価対象部位に作用する応力の照査値、基礎地盤の接地圧、杭の引抜き力、止水ジョイント部の相対変位が許容限界以下であることを確認した。

防潮扉 2 基礎の強度評価に関する参考資料

(参考) 6.5-1

(参考1) 1次元有効応力解析における減衰の設定について

有効応力解析における減衰については、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。Rayleigh 減衰の設定は、応答変位法において地盤の低次のモードの変形が特に支配的となることから、地盤全体系に対して、その特定の振動モードの影響が大きいことを考慮し、かつ、振動モードの影響が全体系に占める割合の観点から、刺激係数に着目し行う。設定した Rayleigh 減衰を図 1-1 に示す。

1 次の基準モードについては、地盤がせん断変形しているモードを選定している。

なお、初期減衰定数は、地盤については 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。そのため、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。

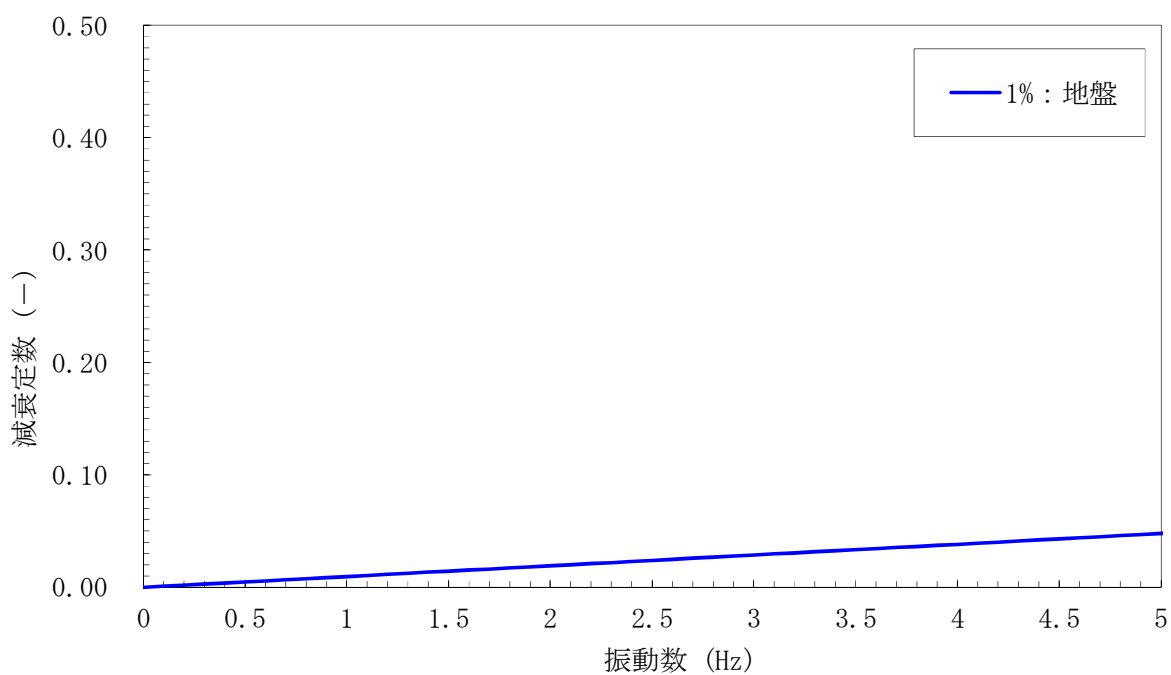


図 1-1 (1) 設定した Rayleigh 減衰
 (A-A断面 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

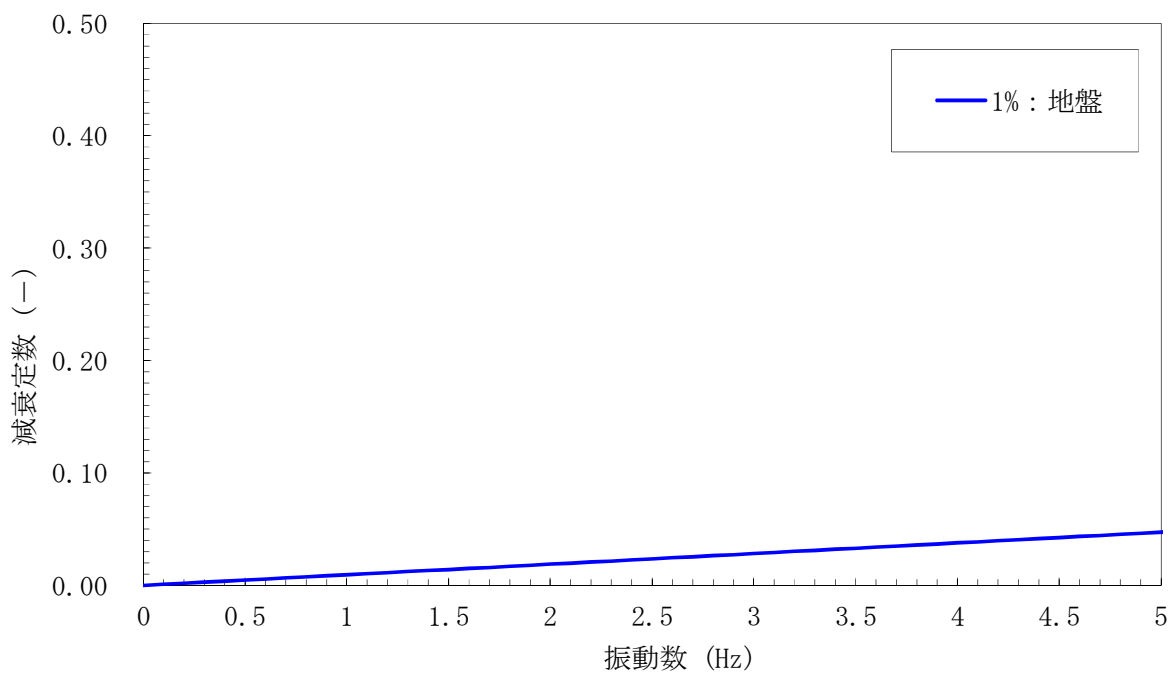


図 1-1 (2) 設定した Rayleigh 減衰
 (A-A断面 検討ケース②：地盤物性のばらつきを考慮 (+1σ) した解析ケース)

(参考) 6.5-3

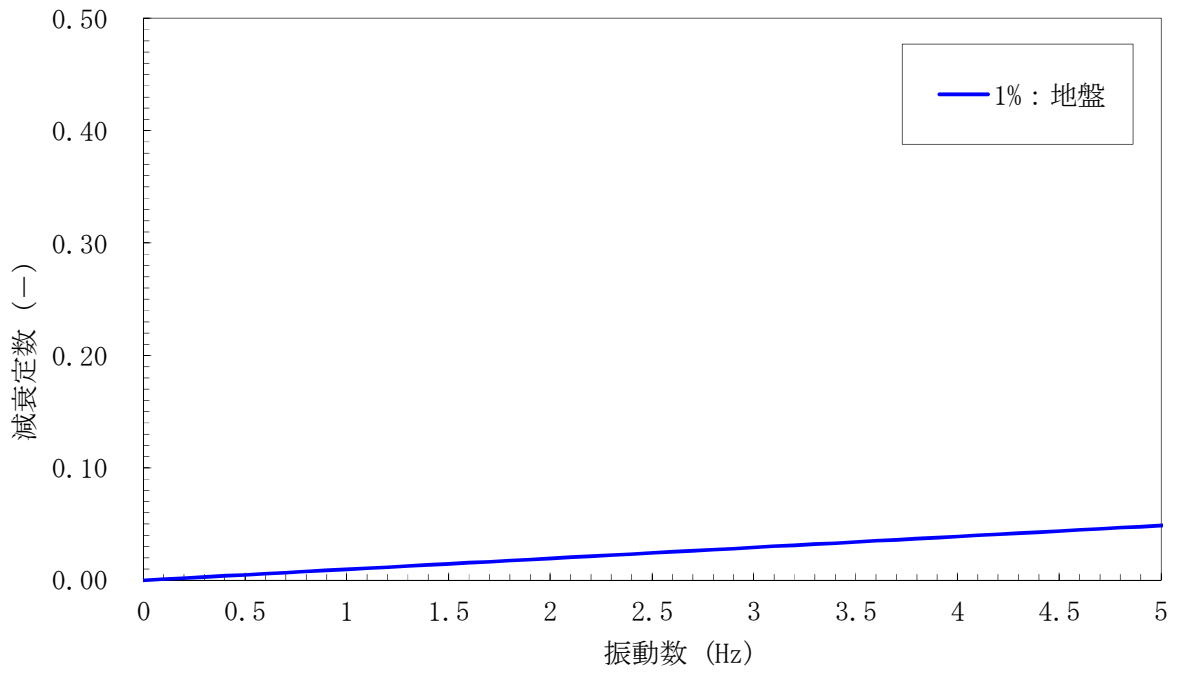


図1-1 (3) 設定した Rayleigh 減衰
 (A-A断面 検討ケース③：地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース)