

東海第二発電所 第5回設計及び工事計画審査資料	
資料番号	補足-28 改0
提出年月日	2026年2月13日

東海第二発電所

設計及び工事計画に係る補足説明資料

第5回申請

(防潮堤（鋼製防護壁）の耐震・強度計算書に係る補足説明)

2026年2月

日本原子力発電株式会社

本資料中の は、商業秘密又は防護上の観点で公開できません。

目 次

1. 防潮堤（鋼製防護壁）の耐震計算書に関する補足説明
2. 防潮堤（鋼製防護壁）の強度計算書に関する補足説明 **今回ご説明の範囲**
3. 防潮堤（鋼製防護壁）の地中連続壁部の残置影響評価に関する補足説明
4. 防潮堤（鋼製防護壁）の接合アンカーに関する補足説明
5. 防潮堤（鋼製防護壁）の止水機構に関する補足説明

2. 防潮堤（鋼製防護壁）の強度計算書に関する補足説明

目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	2
2.1 位置	2
2.2 構造概要	3
2.2.1 構造概要	3
2.2.2 津波時及び重畳時の荷重伝達	16
2.3 評価方針	17
2.3.1 防潮堤（鋼製防護壁）に関する要求機能と評価方針	17
2.3.2 耐津波評価について	20
2.4 適用基準	25
3. 設計方針	27
4. 耐津波計算	28
4.1 記号の定義	28
4.2 評価対象断面及び部位	29
4.2.1 評価対象断面	29
4.2.2 評価対象部位	32
4.3 使用材料及び材料の物性値	33
4.4 地盤の物性値	34
4.5 荷重及び荷重の組合せ	37
4.5.1 荷重	37
4.5.2 荷重の組合せ	39
4.6 許容限界	41
4.6.1 鉄筋コンクリート	41
4.6.2 鋼材	44
4.6.3 基礎地盤の支持性能評価	45
4.6.4 止水ジョイント部材の変形性評価	48
4.7 重畳時の入力地震動	49
4.8 解析手法	50
4.9 評価方法	51
4.9.1 津波時及び重畳時の解析手法	51
4.9.2 地盤沈下の考慮	52
4.9.3 解析モデル及び諸元（津波時）	53
4.9.4 解析モデル及び諸元（重畳時）	57
4.9.5 頂版鉄筋コンクリートのモデル化	67
4.9.6 地盤バネと地盤反力係数の設定	68
4.9.7 評価方法	85

4.9.8 評価条件	96
4.10 評価結果	112
4.10.1 評価結果総括	112
4.10.2 評価結果詳細	115
5. まとめ	425
6. 鋼製防護壁の強度評価に関する参考資料	426
(参考1) 1次元有効応力解析における減衰定数の設定について	427
(参考2) 水平2方向及び鉛直方向地震力による発生応力度の算定における3次元組合せ係数法の保守性の確認	432
(参考3) 本震後における地盤の剛性低下について	433
(参考4) 鉄筋コンクリート部材におけるヤング係数比	435
(参考5) 中実鉄筋コンクリートにおける釣合鉄筋比について	436
(参考6) 地盤改良(セメント系)の考慮方法の妥当性	438
(参考7) 頂版鉄筋コンクリート内杭頭の支圧応力度及び水平押抜きせん断照査	441
(参考8) 中実鉄筋コンクリートの基礎底面地盤におけるせん断抵抗性能評価について	443
(参考9) 巻立て鉄筋コンクリートと鋼管杭のスタッドによる一体化について	445
(参考10) 解析モデルの整合確認(静的震度法による応答比較)	448

1. 概要

本書類は、添付書類「VI-3-別添 1-1(2) 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の設計方針に基づき、防潮堤（鋼製防護壁）が地震後の繰返しの来襲を想定した津波荷重、余震や漂流物の衝突、及び積雪を考慮した荷重に対し、主要な構造部材の構造健全性を保持すること、十分な支持性能を有する岩盤に設置していること及び主要な構造体の境界部に設置する部材が有意な漏えいを生じない変形に留まることを確認するものである。

防潮堤（鋼製防護壁）の強度計算にあたっては、基準津波による津波荷重を考慮した評価、及び敷地に遡上する津波による津波荷重を考慮した評価を実施する。

2. 基本方針

2.1 位置

防潮堤（鋼製防護壁）位置図を図 2.1-1 に示す。

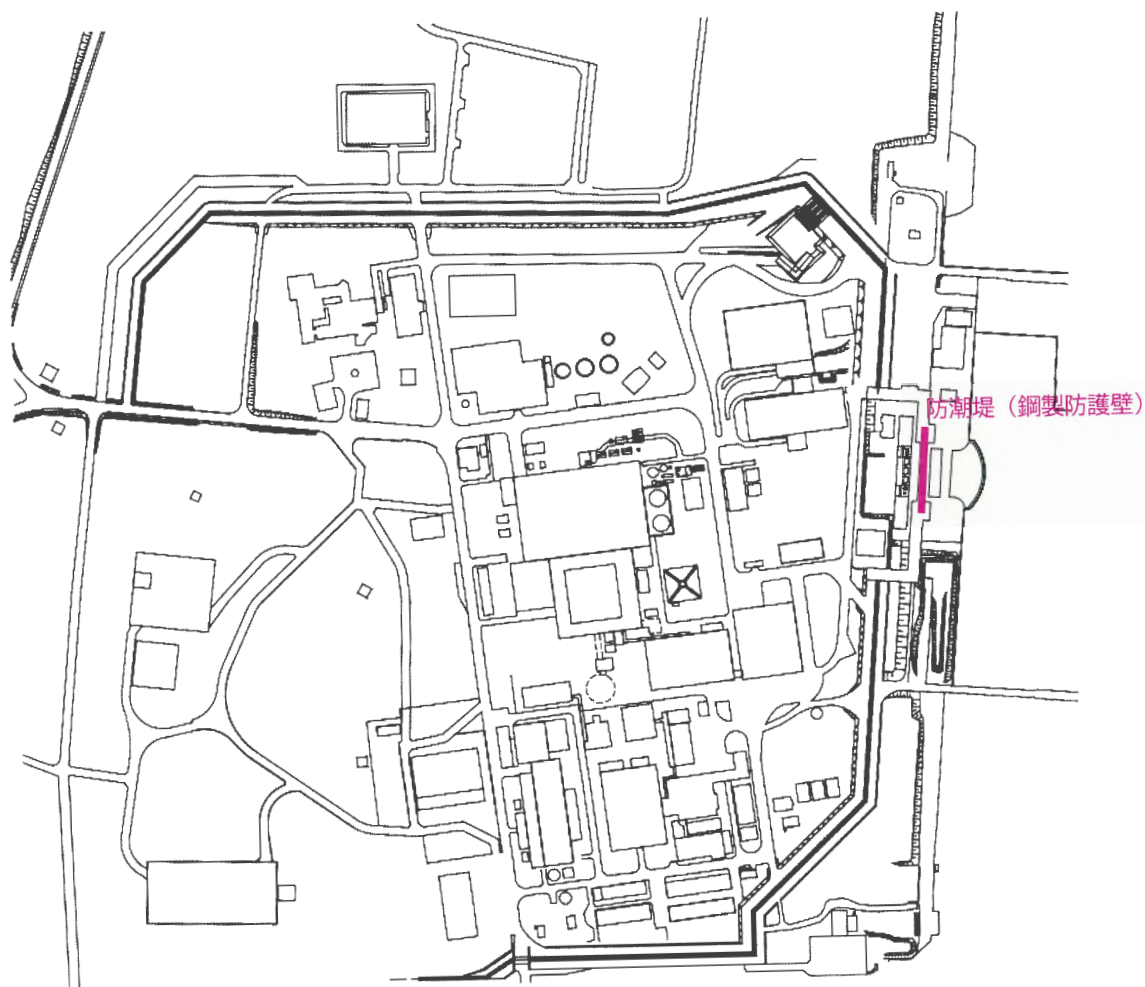


図 2.1-1 防潮堤（鋼製防護壁）位置図

2.2 構造概要

2.2.1 構造概要

防潮堤（鋼製防護壁）は図 2.2-2 に示すとおり、上部構造（以下「鋼製防護壁」という。）と下部構造（以下「鋼製防護壁基礎」という。）から構成される。

鋼製防護壁は、幅約 81 m、高さ約 17 m、奥行き約 5 m の鋼製の構造物であり、幅約 50 m の取水構造物を横断し、取水構造物の側方の中実鉄筋コンクリート及び鋼管杭の複合基礎である鋼製防護壁基礎を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置する。

防潮堤（鋼製防護壁）の検討対象位置平面図を図 2.2-1 に、構造概念図を図 2.2-2 及び図 2.2-3 に、構造図を図 2.2-4 に示す。

鋼製防護壁は図 2.2-5 に示すとおり、下端標高 T.P. +3.20 m から天端標高 T.P. +20.0 m までを頂部鋼板を含めて 10 層の水平隔壁に分割した構造とし、法線、法線直交方向の鉛直隔壁並びに外面鋼板で構成される。各層は鉛直及び水平方向に配置された鋼板で構成される鋼殻構造であり、施工性を考慮して分割したブロックの集合体として全体を構成する。各ブロックは添接板と高力ボルトを用いた摩擦接合により固定するため、地震時及び津波時にブロック同士の変位は生じない設計である。継ぎ手部には図 2.2-6 及び図 2.2-7 に示すとおり、シール材を設置し、漏えいが生じないようにする。

防潮堤（鋼製防護壁）は、図 2.2-8 に示すとおり、南北両側に配置した鋼製防護壁基礎によって、津波荷重等を受ける鋼製防護壁を支持する。鋼製防護壁基礎は中実鉄筋コンクリート、鋼管杭及び頂版鉄筋コンクリートで構成され、鋼管杭頭部は巻立て鉄筋コンクリートと一体化した構造とし、中実鉄筋コンクリートと鋼管杭の両方で基礎に発生する断面力を負担する。

鋼製防護壁と鋼製防護壁基礎とはアンカーボルトによって剛結合され、鋼製防護壁からの軸力と水平軸回りの曲げモーメントを引抜き力、押込力として鋼製防護壁基礎上部の頂版鉄筋コンクリートに伝達することで一体構造として挙動する。鋼製防護壁基礎の直上は図 2.2-9 に示すとおり、鋼殻内に必要な高さまで中詰め鉄筋コンクリートを打設して鋼殻とスタッドにより一体化し、鋼製防護壁基礎への確実な荷重伝達を図る。

鋼製防護壁と鋼製防護壁基礎との接合部の概要図を図 2.2-10 に、接合部構造図を図 2.2-11～図 2.2-16 に示す。また、各部材の設計上の役割を表 2.2-1 に示す。

また、鋼製防護壁と鉄筋コンクリート防潮壁との境界部に止水性維持のために止水ジョイント部を設置する。鋼製防護壁の底面と取水構造物との境界部には、止水性維持のために止水機構を設置する。底部止水機構の評価は、補足-28 の「5. 防潮堤（鋼製防護壁）の止水機構に関する補足説明」による。

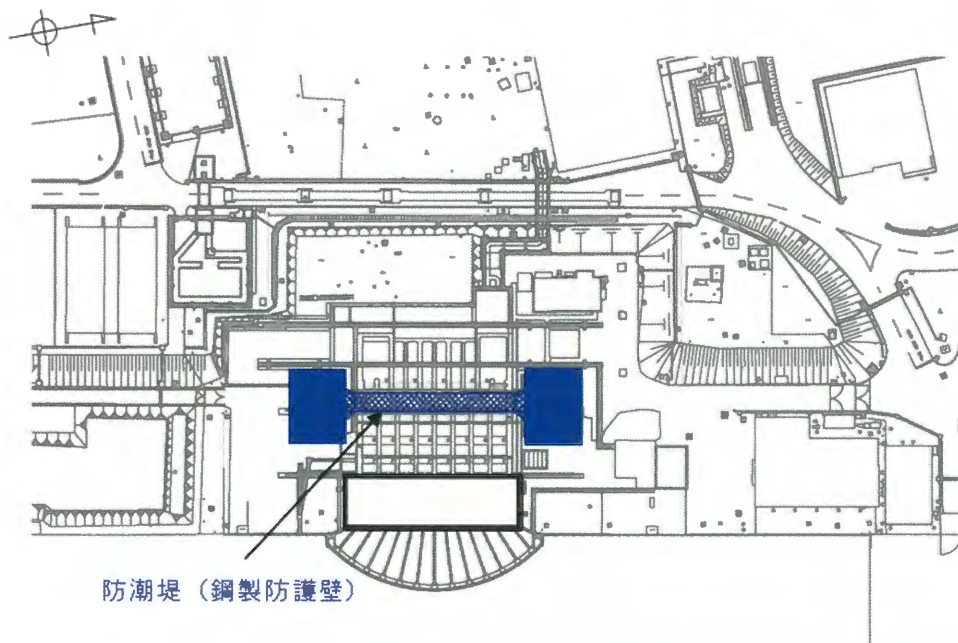


図 2.2-1 検討対象位置平面図

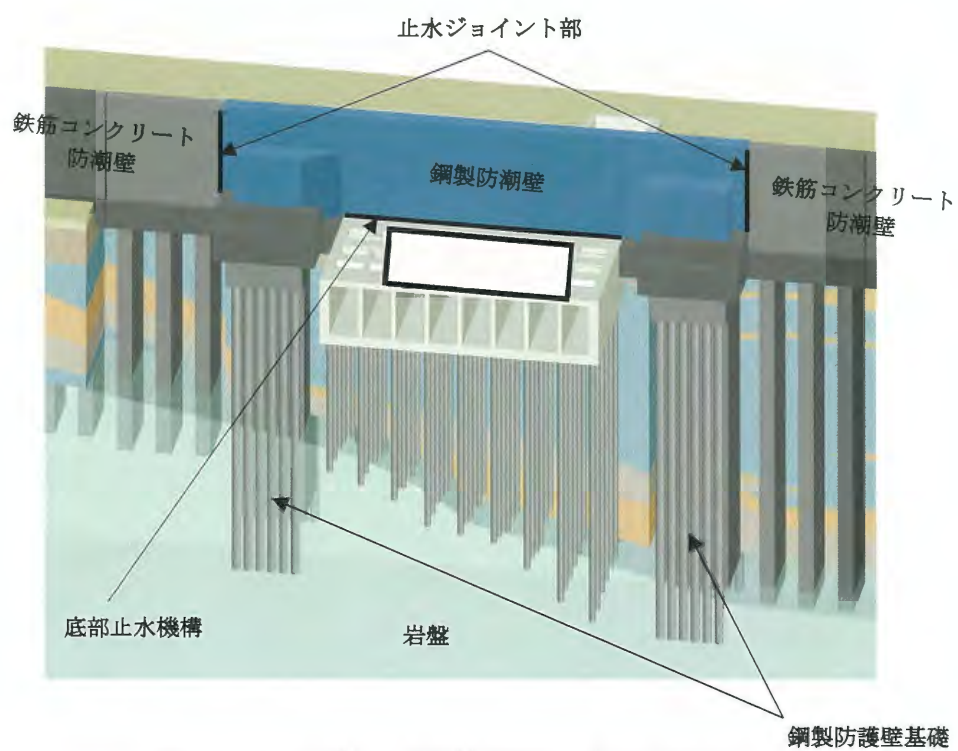
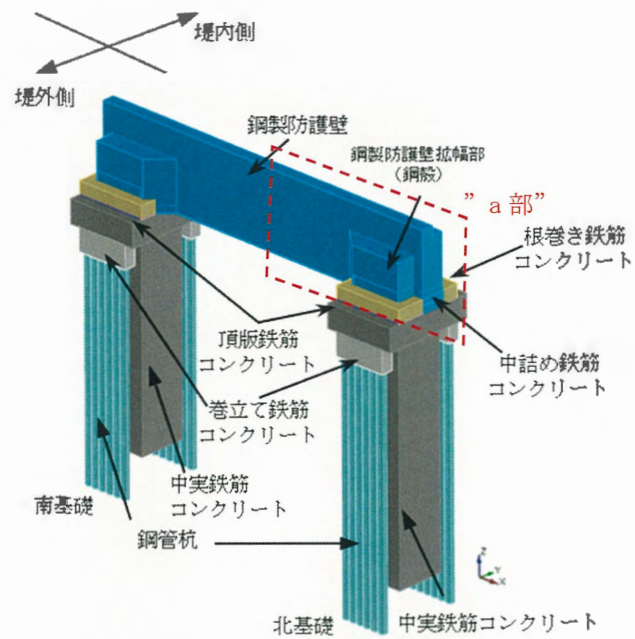


図 2.2-2 防潮堤（鋼製防護壁）の構造概念図(1)



防潮堤（鋼製防護壁）の構造図（鳥瞰図）

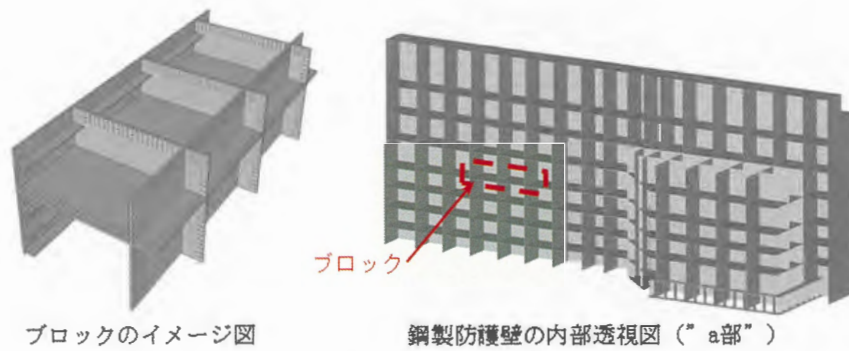


図 2.2-3 防潮堤（鋼製防護壁）の構造概念図(2)

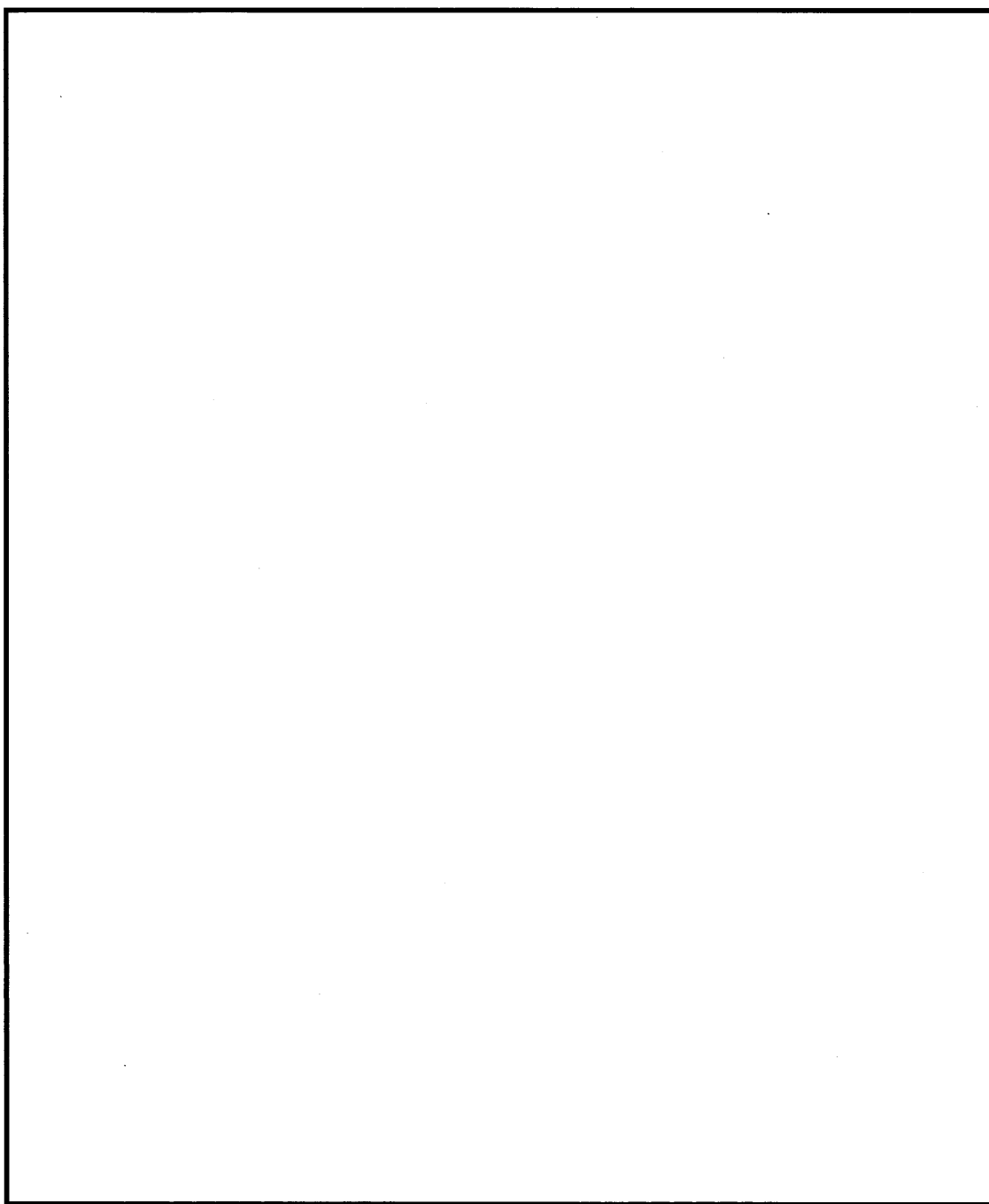


図 2.2-4 防潮堤（鋼製防護壁）全体の構造図

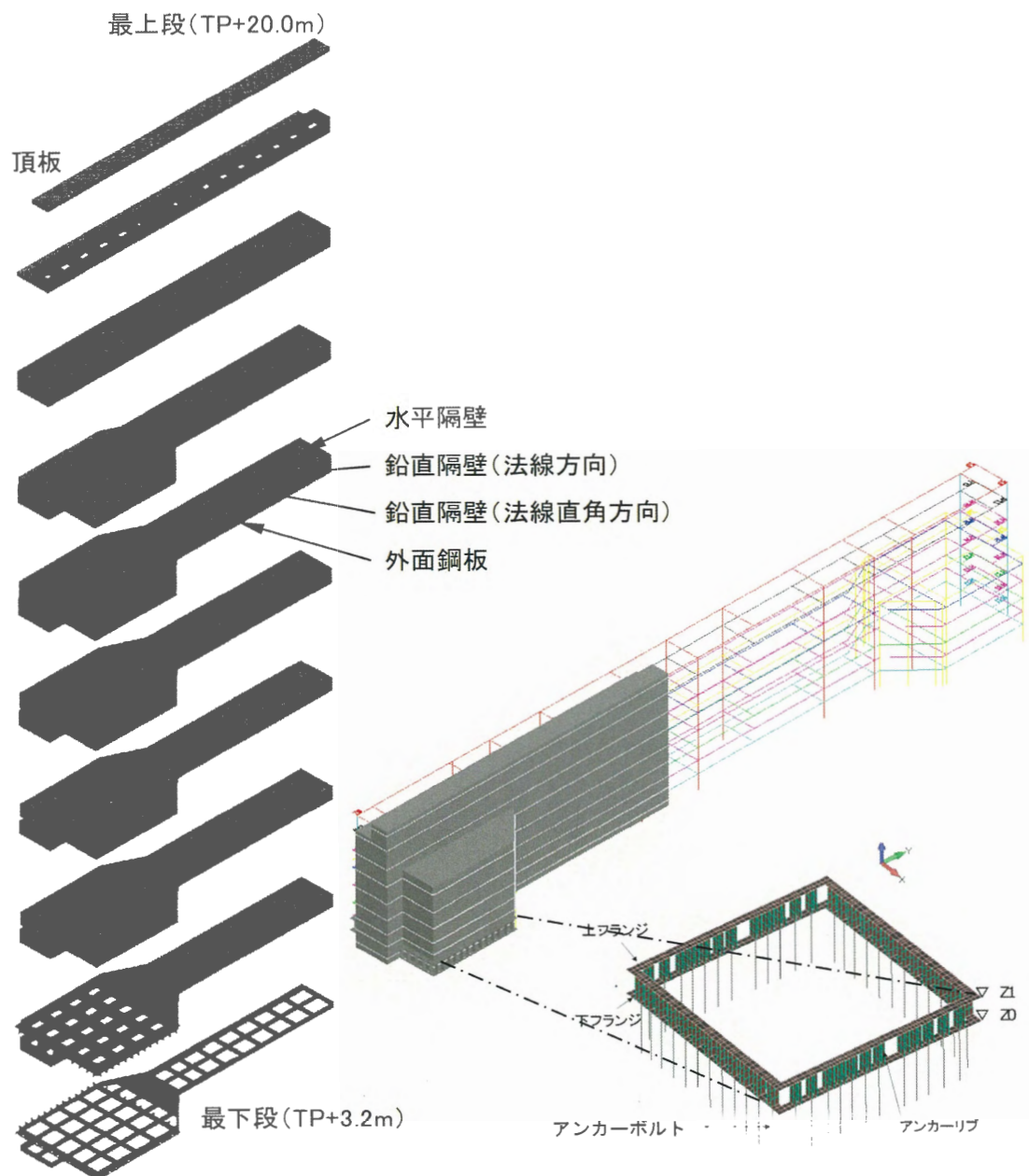


図 2.2-5 鋼製防護壁の構造概念図

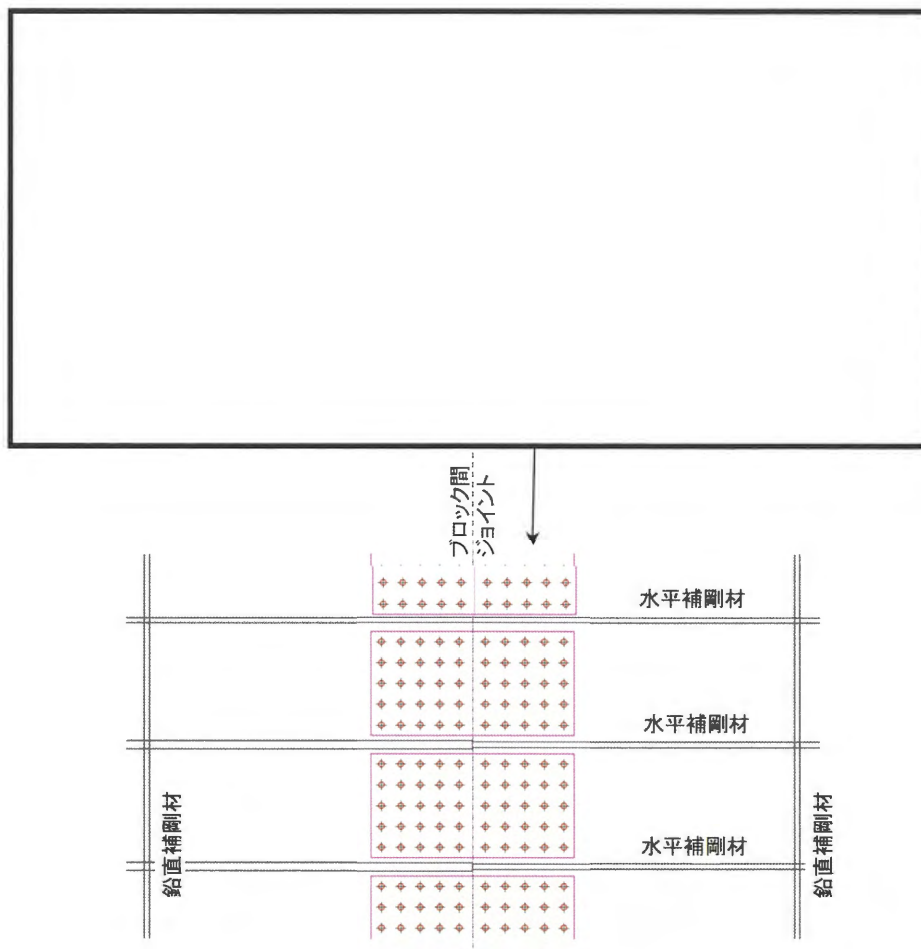


図 2.2-6 鋼製防護壁の添接板概念図

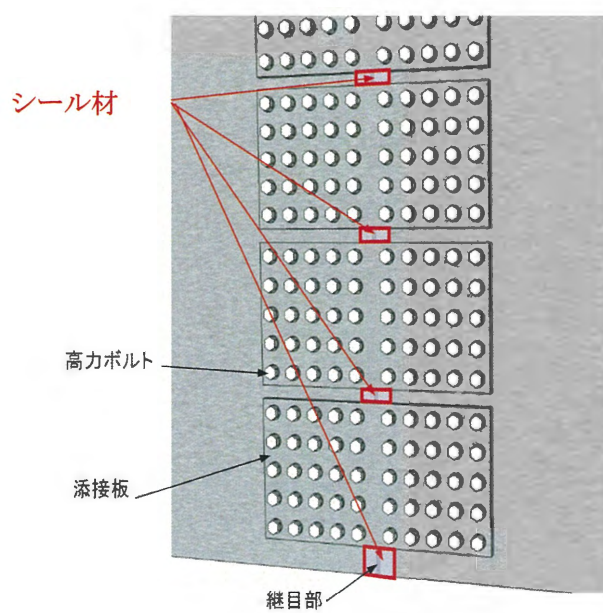


図 2.2-7 シール材の概念図

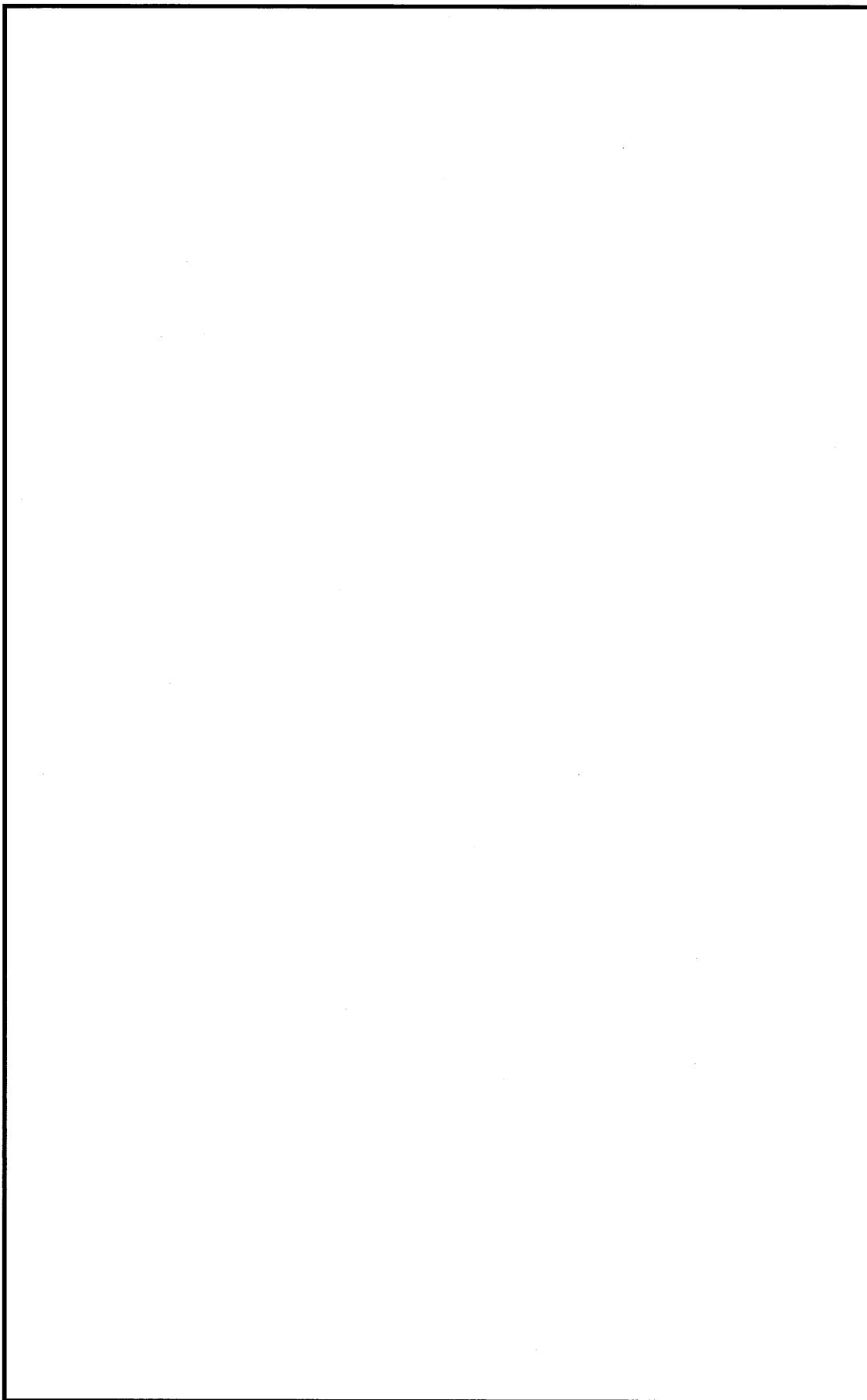


図 2.2-8 鋼製防護壁基礎の構造概念図

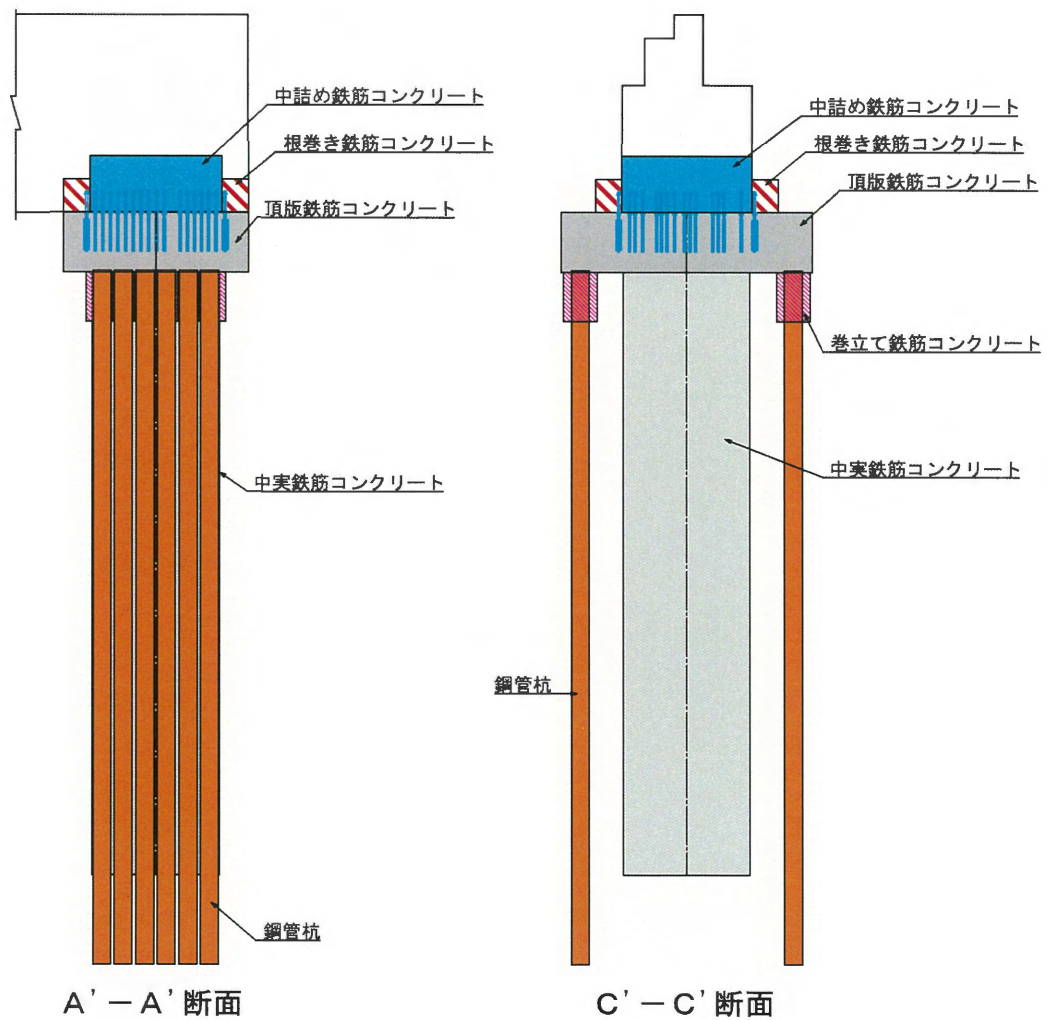
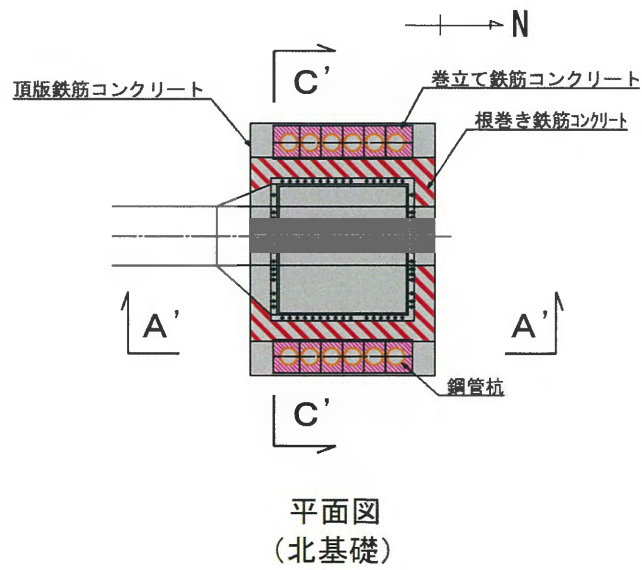


図 2.2-9 鋼製防護壁基礎の構造概念図 (北基礎)

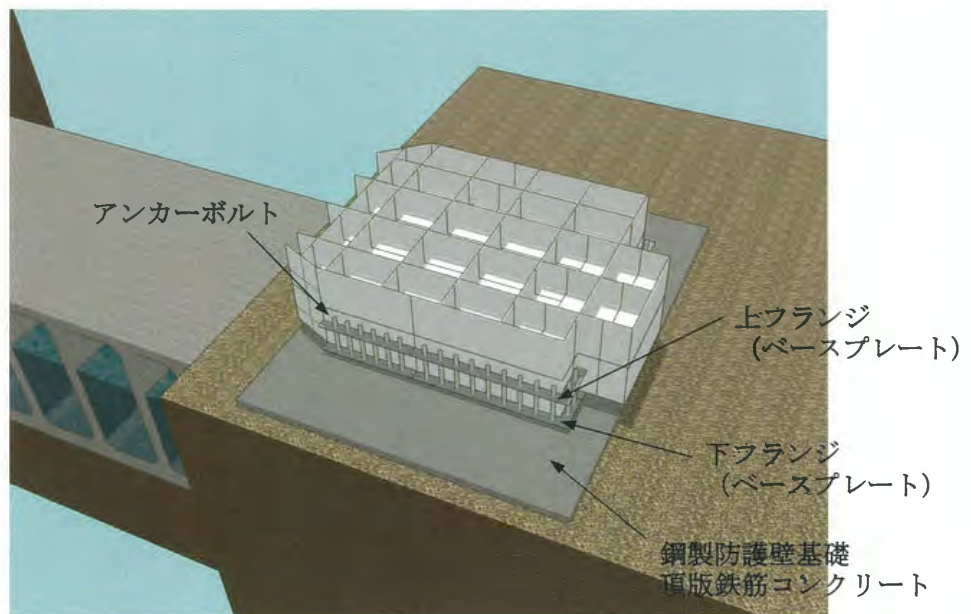
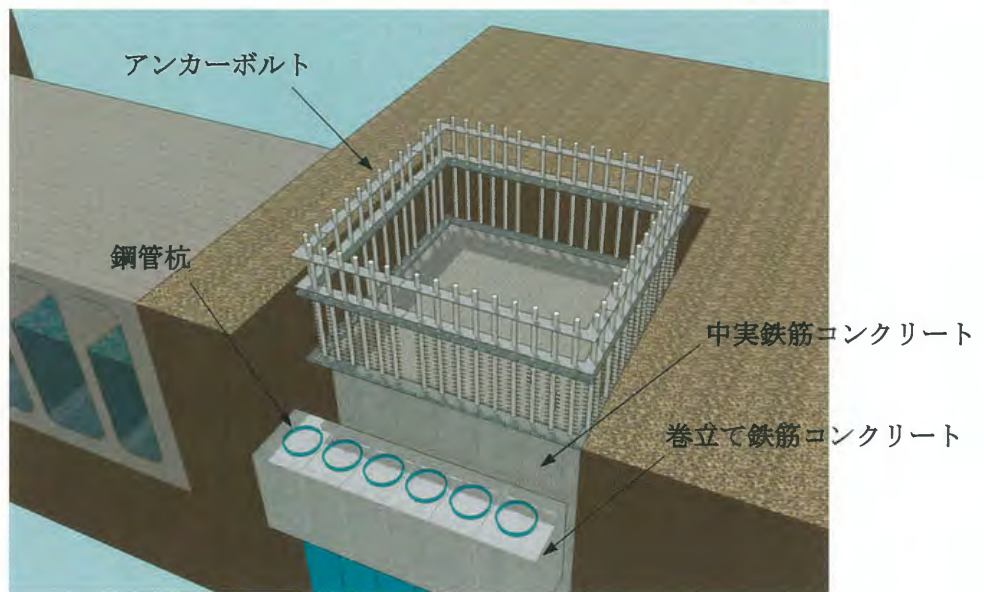


図 2.2-10 鋼製防護壁と鋼製防護壁基礎の接合部概念図



図 2.2-11 鋼製防護壁と鋼製防護壁基礎の接合部構造図(南基礎：A－A断面)



図 2.2-12 鋼製防護壁と鋼製防護壁基礎の接合部構造図(南基礎：B－B断面)



図 2.2-13 鋼製防護壁と鋼製防護壁基礎の接合部構造図(南基礎：C－C断面)

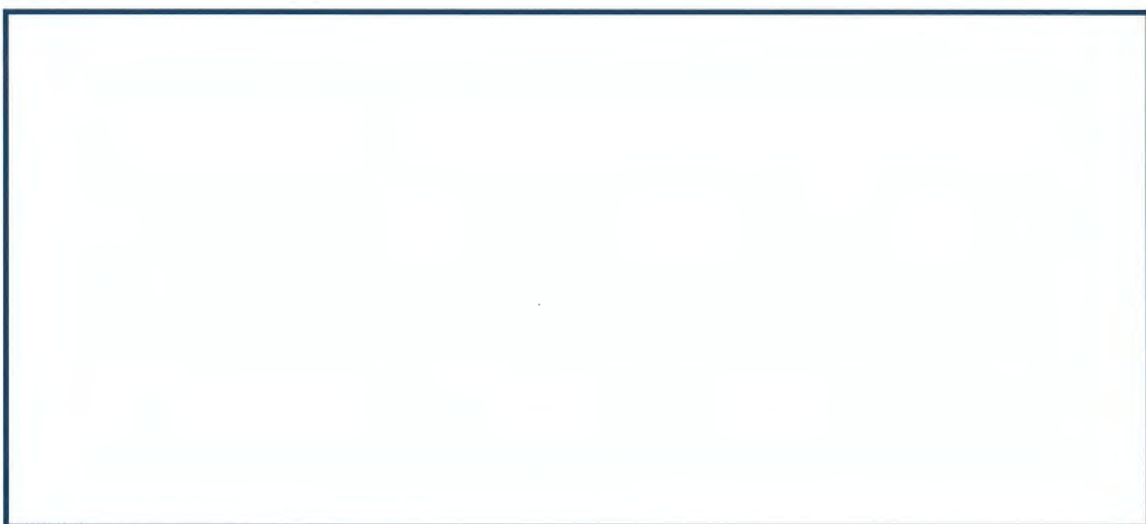


図 2.2-14 鋼製防護壁と鋼製防護壁基礎の接合部構造図(南基礎：D－D断面)



図 2.2-15 鋼製防護壁と鋼製防護壁基礎の接合部構造図(南基礎：E－E断面)

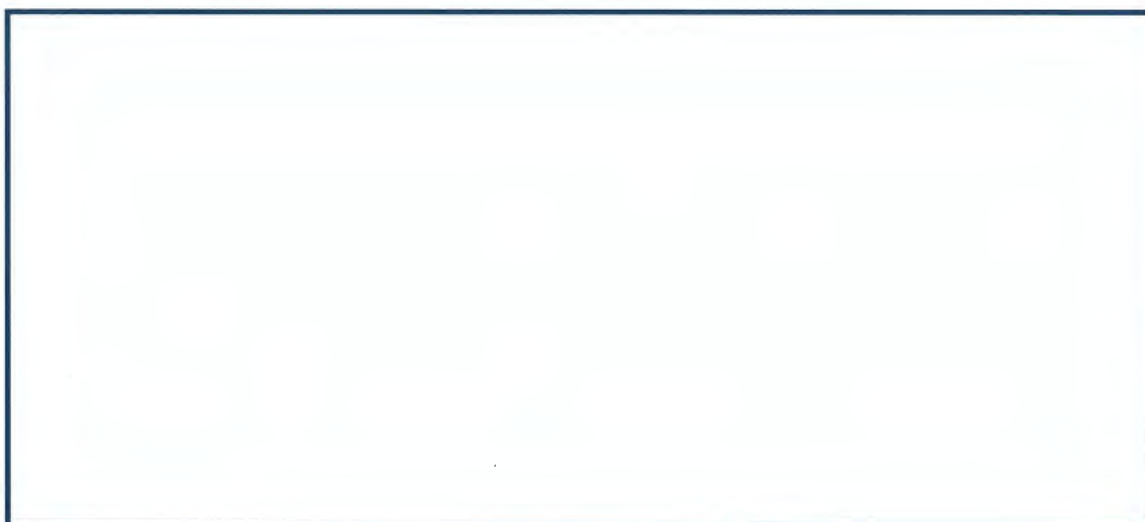


図 2.2-16 鋼製防護壁と鋼製防護壁基礎の接合部構造図(南基礎：F－F断面)

表 2.2-1 各部材の設計上の役割

部材名	設計上の役割
中詰め鉄筋コンクリート ($f'_{ck}=50\text{N/mm}^2$)	鋼殻内部の鉄筋コンクリートで、鋼殻内応力の低減と鋼製防護壁からのせん断力、曲げ軸力、水平回転モーメントを頂版鉄筋コンクリートに伝達する。
アンカーボルト (SM520B相当)	鋼製防護壁からの引抜力を頂版鉄筋コンクリートに伝達する。
根巻き鉄筋コンクリート ($f'_{ck}=24\text{N/mm}^2$)	アンカー頭部の防食等を目的とした鉄筋コンクリートであり、非構造部材として設計する。
頂版鉄筋コンクリート ($f'_{ck}=50\text{N/mm}^2$)	鋼製防護壁からのせん断力、曲げ軸力、水平回転モーメントを鋼製防護壁基礎に伝達する。アンカーボルト、鋼管杭、中詰め鉄筋コンクリート、中実鉄筋コンクリート内の鉄筋を定着する。
中実鉄筋コンクリート ($f'_{ck}=50\text{N/mm}^2$)	鋼製防護壁基礎の主要部材であり、地震及び津波に伴う荷重による発生断面力を負担する。
鋼管杭 (SBHS500)	鋼製防護壁基礎の主要部材であり、地震及び津波に伴う荷重による発生断面力を負担する。
巻立て鉄筋コンクリート ($f'_{ck}=50\text{N/mm}^2$)	頂版鉄筋コンクリートと鋼管杭の接合部を補強する部材であり、地震及び津波に伴う荷重による発生断面力を負担する。

2.2.2 津波時及び重畳時の荷重伝達

強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、津波に伴う荷重作用時（以下「津波時」という。）及び津波に伴う荷重と余震に伴う荷重作用時（以下「重畳時」という。）について行う。津波時及び重畳時の荷重伝達の概念図を図 2.2-17 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鋼製防護壁に曲げ及びせん断力が発生する。鋼製防護壁に発生した曲げモーメント及びせん断力は、鋼製防護壁基礎に伝達され、水平方向の地盤反力及び鉛直方向の接地圧が生じる。

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

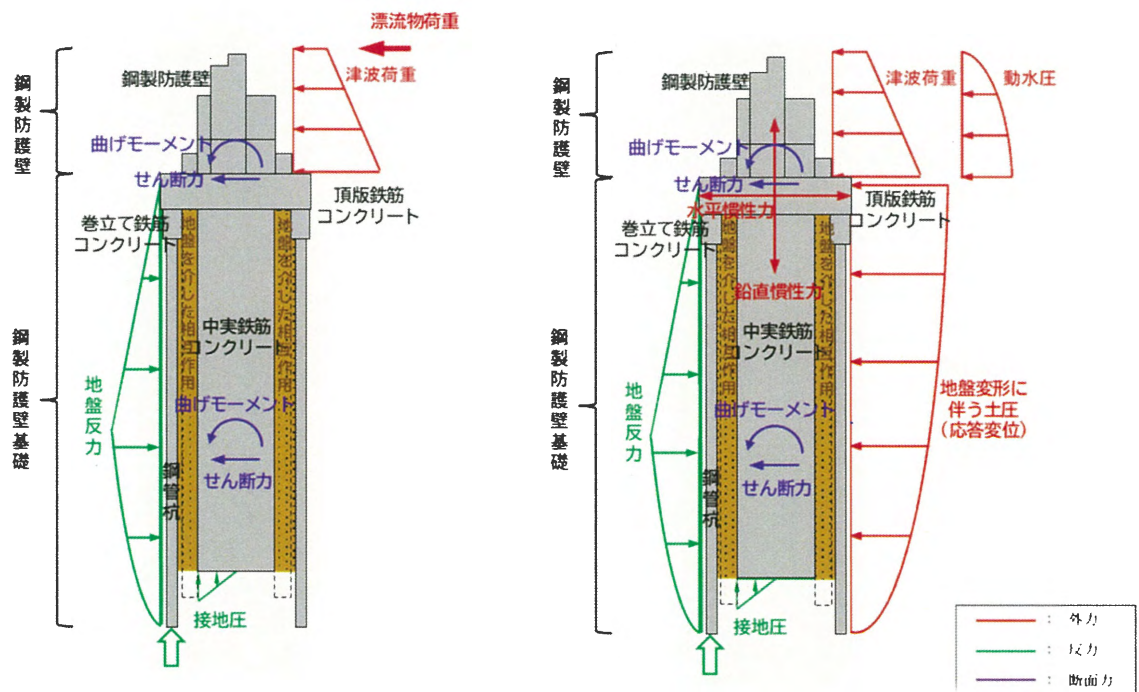


図 2.2-17 津波時及び重畳時の荷重伝達の概念図

(左図：津波時 右図：重畳時)

2.3 評価方針

2.3.1 防潮堤（鋼製防護壁）に関する要求機能と評価方針

防潮堤（鋼製防護壁）は、Sクラス施設である浸水防護施設に分類される。防潮堤（鋼製防護壁）に関する要求機能と設計方針を表 2.3-1 に示す。また、評価項目を表 2.3-2 に示す。

防潮堤（鋼製防護壁）の強度評価は、添付書類「VI-3-別添 1-1(2) 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」及び「4.2 許容限界」にて設定している荷重及び荷重の組合せ、並びに許容限界を踏まえて実施する。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。

表 2.3-1 鋼製防護壁に関する要求性能と設計評価方針

赤字：荷重条件

緑字：要求機能

青字：対応方針

施設名	基本設計方針	要求機能	機能設計		構造強度設計							設計に用いる許容限界	
			性能目標	機能設計方針	性能目標	構造強度設計 (評価方針)		評価対象部位	応力等の 状態	損傷モード			
防潮堤 (鋼製防護壁)	・防潮堤（鋼製防護壁）は、地震後の繰返しの来襲を想定した入力津波に対して、鋼製防護壁の要求される機能を損なう恐れがない設計とする。 ・鋼製防護壁は、入力津波に対して鋼製防護壁の要求される機能を損なう恐れがない設計とする。 ・鋼製防護壁は、津波の流入による浸水及び漏水を防止する設計とする。 ・鋼製防護壁は、入力津波高さを上回る高さで設置し、止水性を維持する設計とする。 ・鋼製防護壁の設計における荷重の組合せとしては、常時作用する荷重、津波荷重、余震荷重、漂流物による衝突荷重及び自然条件として積雪荷重を適切に考慮する。	・防潮堤（鋼製防護壁）は、地震後の繰返しの来襲を想定した入力津波に対して、余震、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した場合においても、想定される津波高さに余裕を考慮した防潮堤高さの設計及び構造体の境界部等への止水処置により止水性を保持することを機能設計上の性能目標とする。	・防潮堤（鋼製防護壁）は、地震後の繰返しの来襲を想定した入力津波に対して、余震、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した場合においても、想定される津波高さに余裕を考慮した防潮堤高さ（浸水高さ T.P.+17.9m に余裕を考慮した天端高さ T.P.+20.0m）の設定により、海水ポンプ室周りに設置する設計とする。 ②取水口横断部の鋼製防護壁は、鋼製のブロックから成る津波防護壁を構築し、止水性を保持する設計とする。 ③取水口横断部の南北に繋がる区間は、鉄筋コンクリートにより防護壁を構築し、止水性を保持する設計とする。 ④鋼製防護壁を、アンカーボルト等を介して鋼製防護壁基礎に連結し、十分な支持性能を有する地盤に支持する設計とする。 ⑤鋼製防護壁の施工境界部や異種構造体間との境界部は、液圧による変形に追随する止水性を確保した止水ジョイント部材を設置することにより止水処置を講ずる設計とする。 ⑥津波の波力による浸食や洗掘、地盤内からの浸水に対して耐性を有する頂板鉄筋コンクリート・中詰め鉄筋コンクリート厚を設定することにより、止水性を保持する設計とする。	・防潮堤（鋼製防護壁）は、地震後の繰返しの来襲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、中実鉄筋コンクリート、鋼管杭、巻立て鉄筋コンクリート及び頂板鉄筋コンクリートの鋼製防護壁基礎、中詰め鉄筋コンクリート及び鋼製の鋼製防護壁で構成し、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保持する設計とし、十分な支持性能を有する地盤に設置する設計とする。 とともに、主要な構造体の境界部には止水ジョイント部材を設置し、有意な漏えいを生じない設計とすることを構造強度設計上の性能目標とする。	地震後の繰返しの来襲を想定した津波荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、十分な支持性能を有する地盤に支持される設計とするため、鋼製防護壁基礎が降伏に至らないことを確認する。 地震後の繰返しの来襲を想定した津波荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼管杭及び中実鉄筋コンクリート基礎の変形を抑制する設計とし、液状化しないことを確認する。 地震後の繰返しの来襲を想定した津波荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とするために、構造部材である頂板鉄筋コンクリートが、おおむね弾性状態に留まることを確認する。 地震後の繰返しの来襲を想定した津波荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とするために、構造部材である中実鉄筋コンクリートが、おおむね弾性状態に留まることを確認する。 地震後の繰返しの来襲を想定した津波荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とするために、構造部材である鋼管杭及び巻立て鉄筋コンクリートが、おおむね弾性状態に留まることを確認する。 地震後の繰返しの来襲を想定した津波荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とするために、構造部材である鋼材が、おおむね弾性状態に留まることを確認する。 地震後の繰返しの来襲を想定した津波荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とするために、構造部材である中詰め鉄筋コンクリートが、おおむね弾性状態に留まることを確認する。	地盤	基礎地盤	支持力	支持機能を喪失する状態	「道路標示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説」、「南津波設計に係る工路審査ガイド」を踏まえ、安全余裕を考慮した変動せん断面方向等のせん断耐力以内とする。			
											改良地盤（セメント系）	せん断	滑り破壊、変形抑制機能を喪失する状態
											地盤改良（薬液注入）	—	地盤改良体が液状化する状態
						鋼製防護壁基礎	頂板鉄筋コンクリート	曲げ、せん断	部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態	「道路標示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説」、「コンクリート標準仕様書」に基づき短期許容応力度以下とする。			
							中実鉄筋コンクリート	曲げ、せん断	部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態	「道路標示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説」、「コンクリート標準仕様書」に基づき短期許容応力度以下とする。			
							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	「道路標示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説」、「コンクリート標準仕様書」に基づき短期許容応力度以下とする。			
							巻立て鉄筋コンクリート	曲げ、せん断	部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態	「道路標示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説」、「コンクリート標準仕様書」に基づき短期許容応力度以下とする。			
							鋼製防護壁	曲げ、せん断、ねじれ	部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態	「道路標示方書（Ⅰ共通編・Ⅱ鋼橋編）・同解説」、「鋼構造物設計基準（名古屋高速道路公社）」に基づき短期許容応力度以下とする。			
								中詰め鉄筋コンクリート	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	「道路標示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説」、「コンクリート標準仕様書」に基づき短期許容応力度以下とする。		
								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」に基づき短期許容応力度以下とする。		
							止水ジョイントの鋼製防護部材		曲げ、引張り、せん断	部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態	「鋼構造設計規程」に基づき短期許容応力度以下とする。		
							底部止水機構	曲げ、せん断	部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態	「道路標示方書（Ⅰ共通編・Ⅱ鋼橋編）・同解説」、「水門鉄管技術基準」に基づき短期許容応力度以下とする。			
接合部	アンカーボルト（頂板鉄筋コンクリート）	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	「道路標示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編・同解説）」、「鋼構造物設計基準（名古屋高速道路公社）」に基づき短期許容応力度以下とする。									

表 2.3-2 防潮堤（鋼製防護壁）の評価項目

評価方針	評価項目	評価部位	評価方法	許容限界
構造強度を有すること	構造部材の健全性	鋼製防護壁基礎 中実鉄筋コンクリート 鋼管杭 巻立て鉄筋コンクリート 杭頭接合部 頂版鉄筋コンクリート	曲げ軸力、せん断力に対する発生値が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度または短期許容せん断力
		鋼製防護壁 鋼製防護壁 中詰め鉄筋コンクリート	曲げ軸力、せん断力に対する発生値が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度または短期許容せん断力
		接合部 アンカーボルト (頂版鉄筋コンクリート)	下記発生値が許容限界以下であることを確認 ・アンカーボルトの引張応力 ・アンカーボルトとコンクリートの定着 ・コンクリートのコーンせん断力	短期許容応力度または短期許容せん断力
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	接地圧が許容限界以下であることを確認	極限支持力度 (妥当な安全余裕を考慮)
止水性を損なわないこと	構造部材の健全性	鋼製防護壁基礎 中実鉄筋コンクリート 鋼管杭 巻立て鉄筋コンクリート 杭頭接合部 頂版鉄筋コンクリート	曲げ軸力、せん断力に対する発生値が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度または短期許容せん断力
		鋼製防護壁 鋼製防護壁 中詰め鉄筋コンクリート	曲げ軸力、せん断力に対する発生値が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度または短期許容せん断力
		接合部 アンカーボルト (頂版鉄筋コンクリート)	下記発生値が許容限界以下であることを確認 ・アンカーボルトの引張応力 ・アンカーボルトとコンクリートの定着 ・コンクリートのコーンせん断力	短期許容応力度または短期許容せん断力
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	接地圧が許容限界以下であることを確認	極限支持力度 (妥当な安全余裕を考慮)
	構造物の変形性	止水ジョイント部材	変形量が許容限界以下であることを確認	有意な漏洩が生じないことを確認した変形量

2.3.2 耐津波評価について

防潮堤（鋼製防護壁）の耐津波評価フローを図 2.3-1 に、鋼製防護壁の設計に着目した詳細設計フローを図 2.3-2 に示す。また、津波時及び重畳時の鋼製防護壁基礎、鋼製防護壁及び接合部の設計フローを図 2.3-3 及び図 2.3-4 に示す。

防潮堤（鋼製防護壁）の強度評価においては、その構造を踏まえ、津波に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価対象部位を設定する。

防潮堤（鋼製防護壁）は、鋼製防護壁と鋼製防護壁基礎がアンカーボルトによって剛結され、鋼製防護壁からの軸力と水平軸回りの曲げモーメントを引抜き力、押込み力として鋼製防護壁基礎の頂版鉄筋コンクリートに伝達することで一体構造として挙動するため、鋼製防護壁と鋼製防護壁基礎を一体とした 3 次元モデルで強度評価を行う。中実鉄筋コンクリート及び鋼管杭を梁要素、鋼製防護壁を格子状の梁要素でモデル化する。梁部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を実施することで、構造強度を有することを確認する。梁部材の健全性評価では、梁部材の発生応力度が許容限界以下であることを確認する。

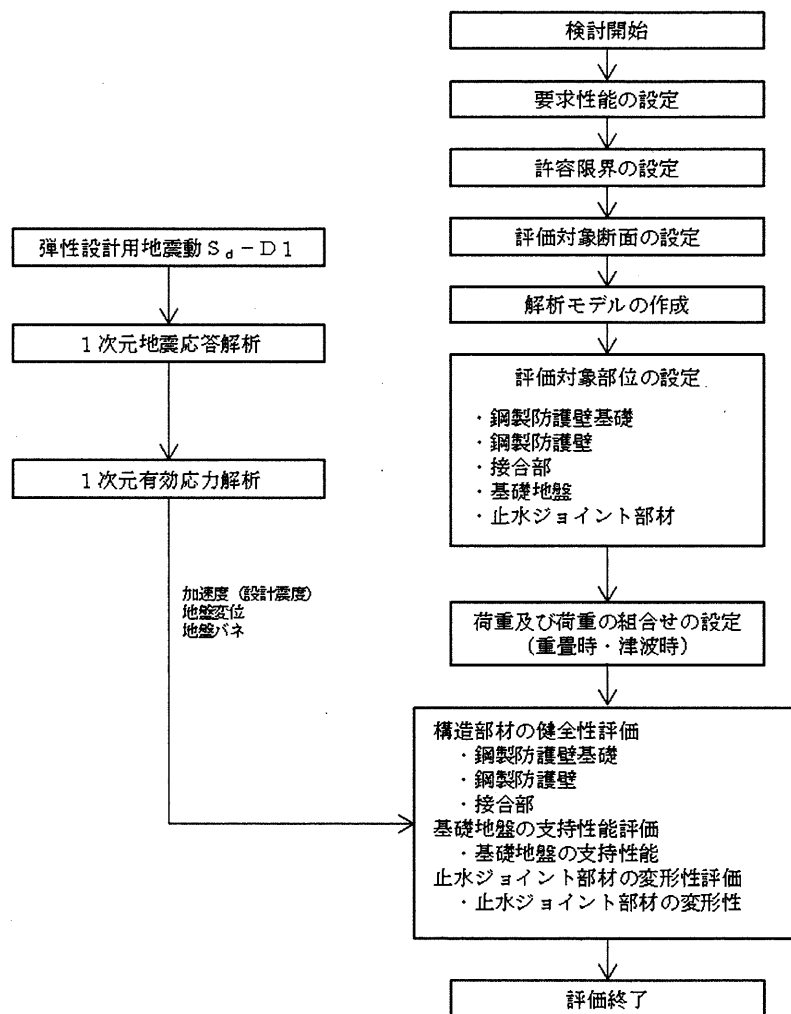
中実鉄筋コンクリートに隣接する地中連続壁部は、構造部材として考慮しない。また、地中連続壁部が中実鉄筋コンクリートに影響を与える可能性を否定できないため、地中連続壁部の影響検討は補足-28の「3. 防潮堤（鋼製防護壁）の地中連続壁部の残置影響評価に関する補足説明」による。

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。

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

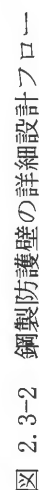
重畳時の支持性能評価における入力地震動は、解放基盤表面で定義される弾性設計用地震動 S_d-D1 を 1 次元波動論により有効応力解析モデル底面位置で評価したものをを用いる。また、地下水位は地表面位置に設定する。

止水ジョイント部は、鋼製アンカー、鋼製防護部材及び止水ジョイント部材で構成する。止水ジョイント部の評価に関する補足説明事項は平成 30 年 10 月 18 日付け原規規発第 1810181 号にて認可された工事計画の補足説明資料（補足-60-1【津波への配慮に関する説明書】）の「6.12 止水ジョイント部の相対変位量に関する補足説明」及び「6.13 止水ジョイント部の漂流物対策に関する補足説明」による。



注記 *1: 構造部材の健全性評価により、要求性能「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により、要求性能「構造強度を有すること」及び「止水性を損なわないこと」を満足することを確認する。
 *3: 止水ジョイント部材の変形性評価により、要求性能「止水性を損なわないこと」を満足することを確認する。

図 2.3-1 防潮堤（鋼製防護壁）の耐津波評価フロー



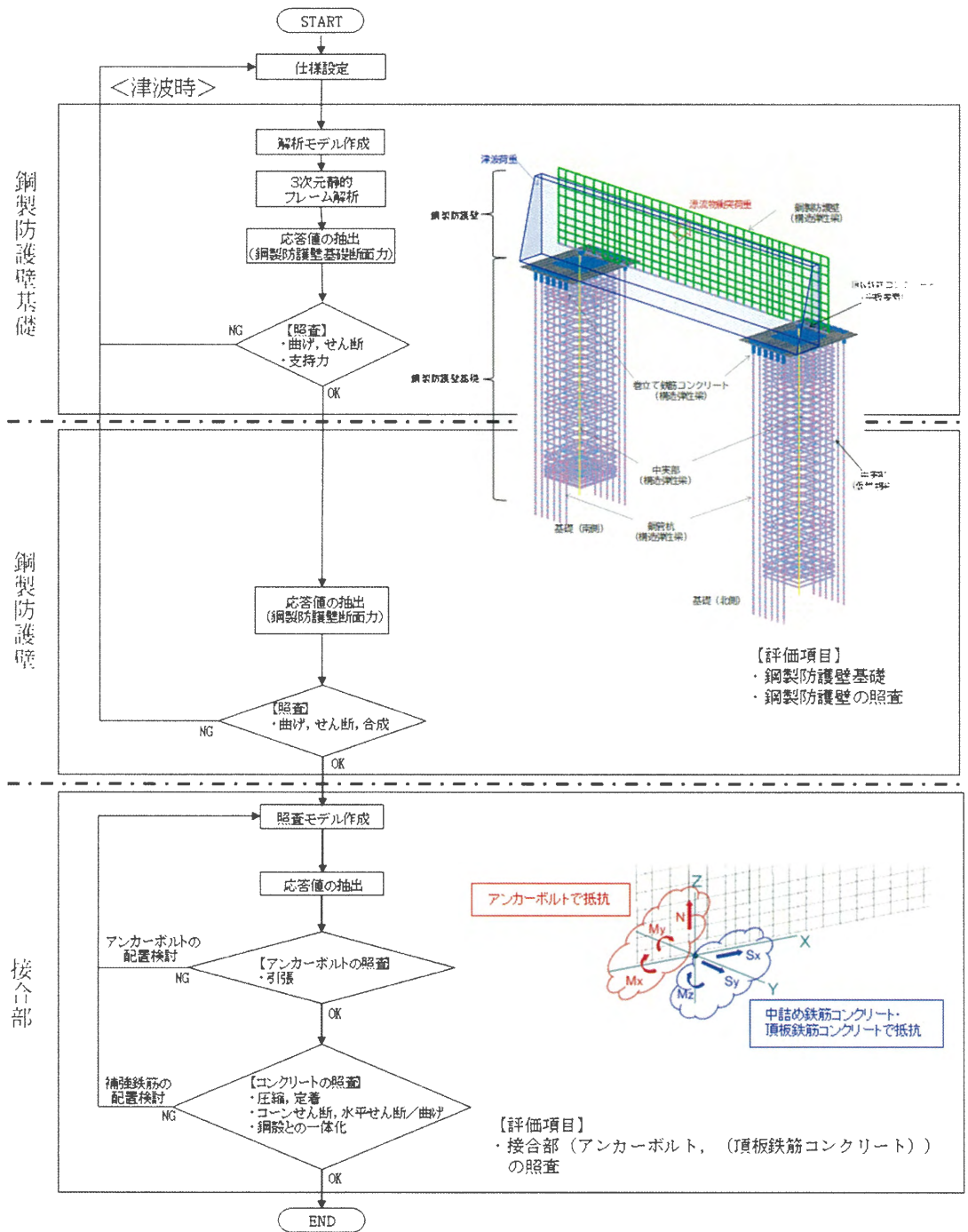


図 2.3-3 鋼製防護壁基礎、鋼製防護壁及び接合部の設計フロー（津波時）

2.4 適用基準

適用する規格・基準類を以下に示す。また、省略する場合の表記を以下に示す。

- ・コンクリート標準示方書[構造性能照査編](土木学会, 2002 年制定)
- ・コンクリート標準示方書[設計編](土木学会, 2022 年制定)
- ・道路橋示方書(I 共通編・IV 下部構造編)・同解説(日本道路協会, 平成 24 年 3 月)
- ・道路橋示方書(I 共通編・II 鋼橋編)・同解説(日本道路協会, 平成 14 年 3 月)
- ・道路橋示方書(II 鋼橋・鋼部材編)・同解説(日本道路協会, 平成 29 年 11 月)
- ・道路橋示方書(V 耐震設計編)・同解説(日本道路協会, 平成 24 年 3 月)
- ・道路土工カルバート工指針(平成 21 年度版)(日本道路協会, 平成 22 年 3 月)
- ・杭基礎設計便覧(日本道路協会, 令和 2 年 3 月)
- ・鋼構造物設計基準(II 鋼製橋脚編, 名古屋高速道路公社, 平成 15 年 10 月)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987(日本電気協会)
- ・各種合成構造設計指針・同解説(日本建築学会, 2010 年 11 月)
- ・鉄道構造物等設計標準・同解説(コンクリート構造物)(国土交通省鉄道局監修, 鉄道総合技術研究所編, 令和 5 年 1 月)
- ・新しい高性能鋼材の利用技術調査研究報告書～SBHS500(W), SBHS700(W)の設計・製作ガイドライン(案)～(土木学会, 平成 21 年 11 月)
- ・鉄骨鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説(日本建築学会, 2014 年)

項目毎に適用する規格・基準類を表 2.4-1 に示す。

表 2.4-1 項目毎に適用する規格・基準類

項目毎に適用する規格・基準類	備考
使用材料及び材料の物性値 ・道路橋示方書(Ⅰ共通編・Ⅱ鋼橋編)・同解説(日本道路協会, 平成14年3月) ・道路橋示方書(Ⅱ鋼橋・鋼部材編)・同解説(日本道路協会, 平成29年11月) ・道路土工カルバート工指針(平成21年度版)(日本道路協会, 平成22年3月) ・鋼構造物設計基準(Ⅱ鋼製橋脚編, 名古屋高速道路公社, 平成15年10月) ・コンクリート標準示方書[設計編](土木学会, 2022年制定) ・鉄道構造物等設計標準・同解説(コンクリート構造物)(国土交通省鉄道局監修, 鉄道総合技術研究所編, 令和5年1月)	-
荷重及び荷重の組合せ ・コンクリート標準示方書[構造性能照査編](土木学会, 2002年制定)	永久荷重+偶発荷重+従たる変動荷重の適切な組合せを検討
許容限界 鉄筋コンクリート ・コンクリート標準示方書[構造性能照査編](土木学会, 2002年制定) ・道路橋示方書(Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編)・同解説(日本道路協会, 平成24年3月) ・道路土工カルバート工指針(平成21年度版)(日本道路協会, 平成22年3月) ・鋼構造物設計基準(Ⅱ鋼製橋脚編, 名古屋高速道路公社, 平成15年10月) 鋼材 ・道路橋示方書(Ⅰ共通編・Ⅱ鋼橋編)・同解説(日本道路協会, 平成14年3月) ・道路橋示方書(Ⅱ鋼橋・鋼部材編)・同解説(日本道路協会, 平成29年11月) ・鋼構造物設計基準(Ⅱ鋼製橋脚編, 名古屋高速道路公社, 平成15年10月) ・新しい高性能鋼材の利用技術調査研究報告書～SBHS500(W), SHBS700(W)の設計・製作ガイドライン(案)～(土木学会, 平成21年11月)	曲げ軸力に対する照査 発生応力度が短期許容応力度以下であることを確認 せん断力に対する照査 発生応力度または発生力が短期許容応力度または短期許容せん断力以下であることを確認
耐震設計 ・道路橋示方書(V耐震設計編)・同解説(日本道路協会, 平成24年3月) ・原子力発電所耐震設計技術指針J E A G 4 6 0 1 -1987(日本電気協会)	有限要素法による二次元モデルを用いた時刻歴非線形解析

3. 設計方針

検討方針総括表を表 3.3-1 に示す。

表 3.3-1 検討方針総括表

項目		内容
使用材料	鉄筋コンクリート 鉄筋 コンクリート	SD390, SD490, SD685 $f'_{ck}=50\text{N/mm}^2$
	鋼材 鋼製防護壁 鋼管杭 アンカーボルト	SM490Y, SM570, SBHS500, SBHS700 SBHS500 SM520B相当
地盤の 物性値	地盤 (Km層以外) 地盤 (Km層) 地下水位	地盤のばらつきを考慮 深度に応じて設定 地表面として設定
解析 (断面力算定)	解析手法・解析コード	3次元静的フレーム解析・Engineer's Studio Ver.11.02.00
	解析モデル	構造物:線形梁要素を設定 地盤:非線形地盤パネ要素を設定(地盤反力上限値を考慮したパイリニア型) ※地盤パネは、下表の通り余震有無と地盤の物性値を踏まえて設定 地中連続壁部は、非液状化地盤としてモデル化
	荷重及び荷重の組合せ	津波時 固定荷重G + 積載荷重P + 遡上津波荷重Pt + 衝突荷重Pc + 積雪荷重Ps 重畳時 固定荷重G + 積載荷重P + 遡上津波荷重Pt + 余震荷重Ksd + 積雪荷重Ps G:躯体自重, 静止土圧, 外水圧 P:機器・配管荷重(スクリーン室クレーン) Pt:基準津波及び敷地に遡上する津波による水平波圧 Pc:0.69tの車両の漂流物荷重 Ksd:弾性設計用地震動 S_d-D1 による余震に伴う慣性力, 動水圧 Ps:積雪量30cmの積雪を考慮 ※津波時・重畳時は堤外側からの風荷重は受圧面となる防潮壁には作用せず, 堤内側からの風荷重は考慮しない方が保守的であるため, 風荷重は考慮しない
	入力地震動	弾性設計用地震動 S_d-D1 を用いて, 1次元波動論により算定
評価方法	要求性能	構造強度
		止水性
	許容限界	構造強度
		止水性

4. 耐津波計算

4.1 記号の定義

表 4.1-1 に耐津波計算に用いる記号を示す。

表 4.1-1 耐津波計算に用いる記号

記号	単位	定義
G	kN	固定荷重
P	kN	積載荷重
Ps	kN/m ²	積雪荷重
Pt	kN/m	遡上津波荷重
Pc	kN	衝突荷重
Ksd	kN	余震荷重
Pk	kN/m ²	風荷重
σ_{ca}	N/mm ²	コンクリートの短期許容曲げ圧縮応力度
τ_{al}	N/mm ²	コンクリートの短期許容せん断応力度
τ_a	N/mm ²	コンクリートの短期許容付着応力度
τ_{coa1}	N/mm ²	コーンせん断応力度(コンクリートのみ)
τ_{coa2}	N/mm ²	コーンせん断応力度(鉄筋補強をする場合)
σ_{sa}	N/mm ²	鉄筋及び鋼材の短期許容引張応力度
τ_{sa}	N/mm ²	鋼材の短期許容せん断応力度
Va	kN	斜め引張鉄筋を考慮する場合の短期許容せん断力
Vca	kN	コンクリートの短期許容せん断力
Vsa	kN	斜め引張鉄筋の短期許容せん断力
τ_{al}	N/mm ²	斜め引張鉄筋を考慮しない場合の短期許容せん断応力度
bw	m	有効幅
j	-	1/1.15
d	m	有効高さ
Aw	m ²	斜め引張鉄筋断面積
s	m	斜め引張鉄筋間隔
M	kN・m	曲げモーメント
N	kN	軸力
S	kN	せん断力
σ	N/mm ²	曲げモーメント及び軸力による応力度
τ	N/mm ²	せん断応力度
g	m/s ²	重力加速度
h	m	設計用浸水深
kh	-	水平震度
kv	-	鉛直震度
p1	kN/m ²	鋼製防護壁底面における波圧強度
p2	kN/m ²	鋼製防護壁天端面における波圧強度
Pd	kN/m	動水圧合力
y	T. P. m	動水圧の作用高さ

4.2 評価対象断面及び部位

4.2.1 評価対象断面

評価対象断面は、防潮堤（鋼製防護壁）の構造上の特徴や周辺地盤状況を踏まえて、図 4.2-1 に示すとおり堤軸方向 1 断面、堤軸直交方向 2 断面を選定する。評価対象断面を図 4.2-2～図 4.2-4 に示す。

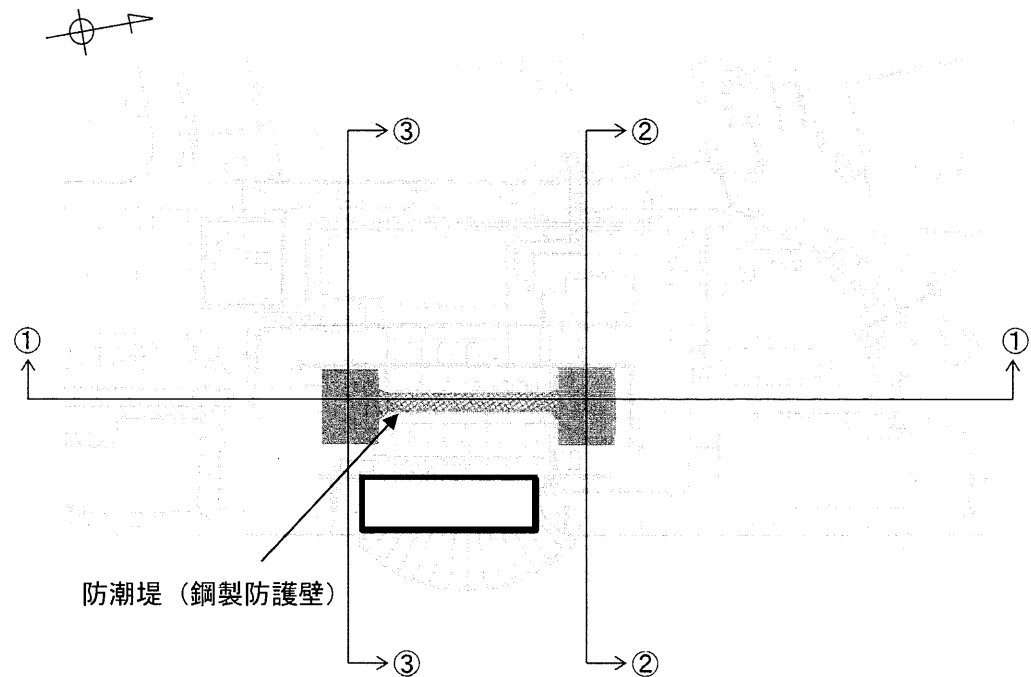


図 4.2-1 防潮堤（鋼製防護壁）の評価対象断面位置図

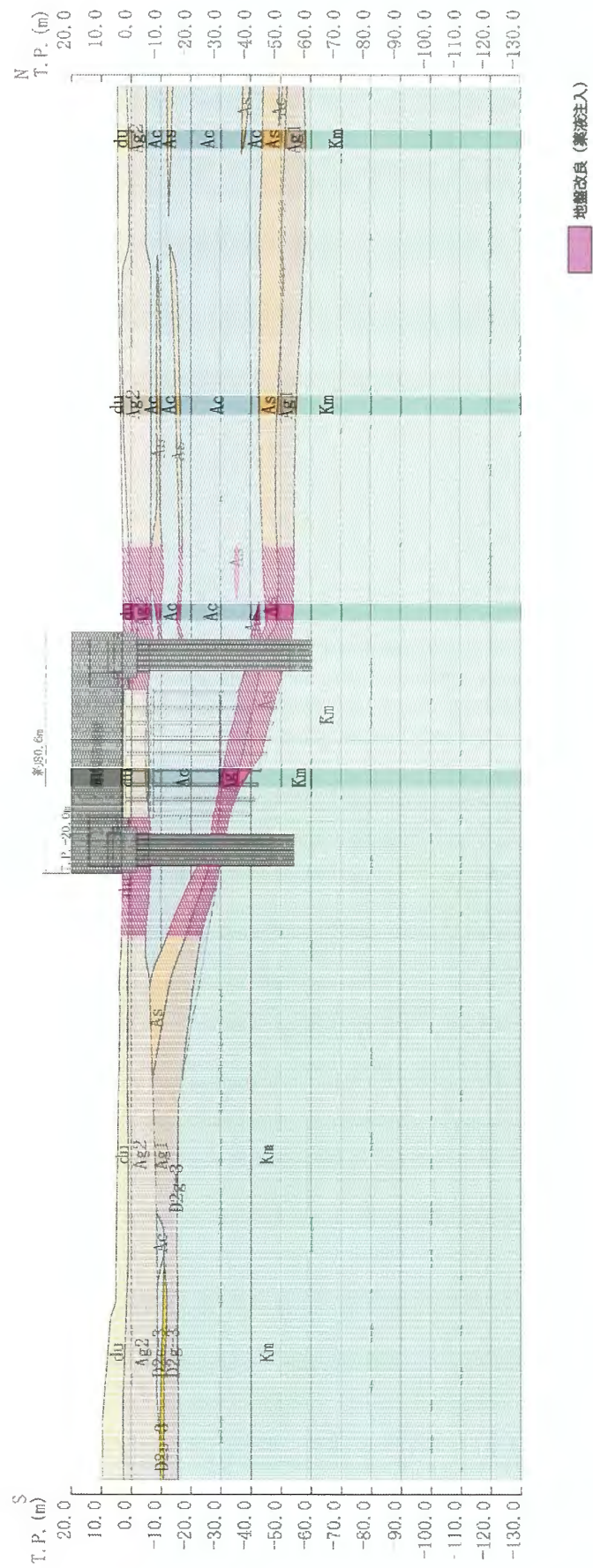


図 4.2-2 防潮堤 (鋼製防護壁) 評価対象断面図 (①—①断面)

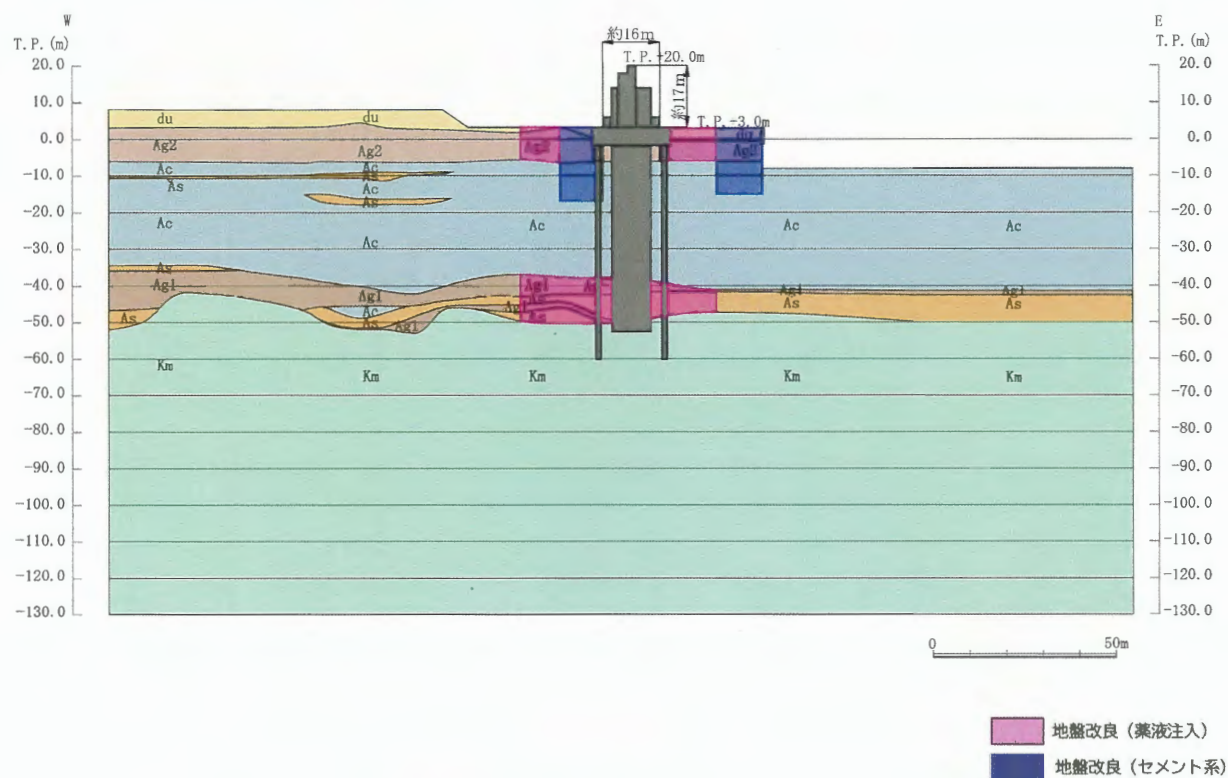


図 4.2-3 防潮堤（鋼製防護壁） 評価対象断面図（②—②断面）

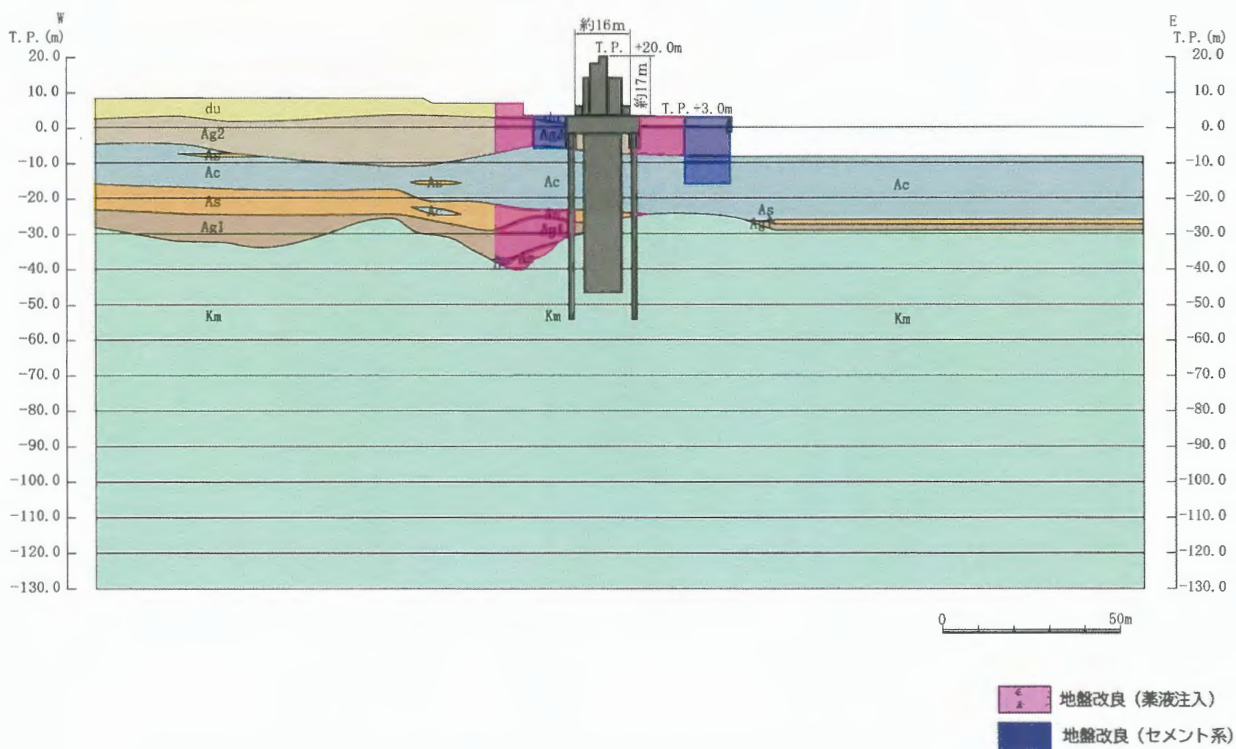


図 4.2-4 防潮堤（鋼製防護壁） 評価対象断面図（③—③断面）

4.2.2 評価対象部位

評価対象部位は、構造部材と基礎地盤とする。

(1) 構造部材の健全性評価

構造部材の健全性に係る評価対象部位は、鋼製防護壁、鋼製防護壁基礎、接合部とする。

(2) 基礎地盤の支持性能評価

基礎地盤の支持性能に係る評価対象部位は、鋼製防護壁基礎を支持する基礎地盤とする。

(3) 構造物の変形性評価

構造物の変形性評価に係る評価対象部位は、止水ジョイント部とする。

4.3 使用材料及び材料の物性値

使用材料及び材料の物性値は、表 4.3-1 に示すとおりとする。

表 4.3-1 使用材料及び材料の物性値

材料	諸元	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	鉄筋 SD390, SD490, SD685 ^{*8*9} コンクリート 設計基準強度50 N/mm^2 ^{*1}	24.5 ^{*1}	3.3×10^4 ^{*1}	0.2 ^{*1}	5 ^{*4}
頂版鉄筋コンクリート					
中詰め鉄筋コンクリート					
巻立て鉄筋コンクリート					
中実鉄筋コンクリート					
鋼材	SM490Y ^{*2} , SM520B相当 ^{*3} , SM570 ^{*2} , SBHS500 ^{*6*7} , SBHS700 ^{*7}	77.0 ^{*2*3}	2.0×10^5 ^{*2*3}	0.3 ^{*2*3}	3 ^{*5}
鋼製防護壁					
鋼管杭 ^{*10}					
アンカーボルト					

注記 *1: 道路土工カルバート工指針(平成21年度版)(日本道路協会, 平成22年3月)
*2: 道路橋示方書(Ⅰ共通編・Ⅱ鋼橋編)・同解説(日本道路協会, 平成14年3月)
*3: 鋼構造物設計基準(Ⅱ鋼製橋脚編, 名古屋高速道路公社, 平成15年10月)
*4: 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987(日本電気協会)
*5: 道路橋示方書(Ⅴ耐震設計編)・同解説(日本道路協会, 平成24年3月)
*6: 道路橋示方書(Ⅱ鋼橋・鋼部材編)・同解説(日本道路協会, 平成29年11月)
*7: 新しい高性能鋼材の利用技術調査研究報告書～SBHS500(W), SBHS700(W)の設計・製作ガイドライン(案)～
(土木学会, 平成21年11月)
*8: コンクリート標準示方書[設計編](土木学会, 2022年制定)
*9: 鉄道構造物等設計標準・同解説(コンクリート構造物)(国土交通省鉄道局監修, 鉄道総合技術研究所編,
令和5年1月)
*10: 道路橋示方書(Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編)・同解説(日本道路協会, 平成29年11月)に基づき
腐食代1 mm を考慮する。杭の断面計算及び杭の曲げ剛性を算出する際は腐食代の断面積の低減を考慮する。

アンカーボルトに使用する鋼材は、SM520B 相当とする。

SM520B 相当は、表 4.3-2 に示すとおり機械的強度、化学成分ともに SM520B と同等であることを確認したため、本施設において SM520B 相当を材料として使用することは問題ないとする。

表 4.3-2 SM520B 相当と SM520B の比較

項目	SM520B相当 (使用材料)	SM520B (比較材料)	SM520B相当とSM520Bの比較
機械的強度			引張強さ及び降伏点は同等である。
引張強さ	520 N/mm ² 以上	520～640 N/mm ² 以上	
降伏点又は耐力	355 N/mm ² 以上	315 N/mm ² 以上	
化学成分			C, Mnの成分規定に差異があるが、以下により、本施設の環境下での使用は問題ないとする。 ・Cは、一般的に機械的強度に影響を与える成分であり、Cの増加とともに引張強さが増加するが、上記に示すとおり機械的強度は同等である。 ・Mnは、一般的に機械的強度に影響を与える成分であり、添加により焼き入れ性が向上するが、有意な影響を与えるものでなく、上記に示すとおり機械的強度は同等である。
C	0.22 %以下	0.20 %以下	
Si	0.55 %以下	0.55 %以下	
Mn	1.60 %以下	1.65 %以下	
P	0.035 %以下	0.035 %以下	
S	0.035 %以下	0.035 %以下	
Cu, Ni, Cr, Mo, V	－	－	
判定	SM520B相当は、機械的強度、化学成分ともにSM520Bと同等であることを確認したため、本施設においてSM520B相当を材料として使用することに問題はないと考える。		

4.4 地盤の物性値

耐津波評価の検討においては、添付資料「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値を用いる。

耐津波計算の断面力算定時は、鋼製防護壁基礎の近接地盤のみをモデル化する。鋼製防護壁基礎近接地盤は、地盤改良（薬液注入）を行うため液状化しないものとする。

地盤の物性値を表 4.4-1 に、地盤改良（セメント系）の物性値を表 4.4-2 に示す。

また、地盤改良（薬液注入）は、改良対象の原地盤の解析用物性値と同等の物性値を用いると共に、非液状化層とする。

なお、Km 層の物性値は、深度に応じて設定するものとし、具体的な値は、表 4.4-3 に示す。

表 4.4-1 地盤の物性値

検討条件			原地盤条件									
			平均Vs									-
対象地盤			埋戻土		第四系						新第三系	
			f1	du	Ag2	Ac	As	Ag1	D2c-3	D2s-3	D2g-3	Km
物理特性	密度 ()は地下水位で浅	ρ g/cm ³	1.98 (1.82)	1.98 (1.82)	2.01 (1.89)	1.65	1.74	2.01 (1.89)	1.77	1.92	2.15 (2.11)	深度に 応じて 設定
	間隙比	e -	0.75	0.75	0.67	1.59	1.20	0.67	1.09	0.79	0.43	
変形特性	ポアソン比	ν_{CD} -	0.26	0.26	0.25	0.10	0.26	0.25	0.22	0.19	0.26	
	基準平均有効主応力 ()は地下水位で浅	σ'_{ma} kN/m ²	358 (312)	358 (312)	497 (299)	480	378	814 (814)	696	966	1167 (1167)	
	基準初期せん断剛性 ()は地下水位で浅	G_{ma} kN/m ²	253529 (220739)	253529 (220739)	278087 (167137)	121829	143284	392073 (392073)	285223	650611	1362035 (1362035)	
	最大履歴減衰率	h_{max} -	0.220	0.220	0.233	0.200	0.216	0.221	0.186	0.192	0.130	
強度特性	粘着力	C_{CD} N/mm ²	0	0	0	0.025	0.012	0	0.026	0.01	0	
	内部摩擦角	ϕ_{CD} °	37.3	37.3	37.4	29.1	41.0	37.4	35.6	35.8	44.4	
液化化強度特性	液化化パラメータ	ϕ_P -	34.8	34.8	34.9	-	38.3	34.9	-	33.4	41.4	
		S_1 -	0.047	0.047	0.028		0.046	0.029		0.048	0.030	
		W_1 -	6.5	6.5	56.5		6.9	51.6		17.6	45.2	
		P_1 -	1.26	1.26	9.00		1.00	12.00		4.80	8.00	
		P_2 -	0.80	0.80	0.60		0.75	0.60		0.96	0.60	
		C_1 -	2.00	2.00	3.40		2.27	3.35		3.15	3.82	

表 4.4-2 地盤改良（セメント系）の物性値

項目		地盤改良（セメント改良）	
		一軸圧縮強度（ $\geq 8.5N/mm^2$ の場合）	一軸圧縮強度（ $< 8.5N/mm^2$ の場合）
物理特性	密度 ρ_t (t/cm ³)	改良対象の原地盤の平均密度×1.1	
	静弾性係数 (N/mm ²)	581	2159
静的変形特性	静ポアソン比 ν_s	0.260	
	初期せん断剛性 G_0 (N/mm ²)	$G_0 = \rho_t \times 1000 \times V_s^2$ $V_s = 147.6 \times q_0^{0.417}$ (m/s) q_0 : 地盤改良体の一軸圧縮強度 (kN/cm ²)	
動的変形特性	動ポアソン比 ν_d	0.431	
	動せん断弾性係数 のせん断変形依存性 $G/G_0 \sim \gamma$	$G/G_0 = \frac{1}{1+\gamma/0.000537}$ γ : せん断変形率 (—)	$G/G_0 = \frac{1}{1+\gamma/0.001560}$ γ : せん断変形率 (—)
	減衰定数 $h \sim \gamma$	$h = 0.152 \frac{\gamma/0.000537}{1+\gamma/0.000537}$ γ : せん断変形率 (—)	$h = 0.178 \frac{\gamma/0.001560}{1+\gamma/0.001560}$ γ : せん断変形率 (—)
	圧縮強度 σ_c (N/mm ²)	$\sigma_c = q_0 \times 2$ q_0 : 地盤改良体の一軸圧縮強度 (N/mm ²)	
強度特性	引張強度 σ_t (N/mm ²)	粘着力 $c = 0$ (N/mm ²) 内部摩擦角 $\phi = 29.1$ (度)	
	引張強度 σ_t (N/mm ²)	下記の式を用いて、 σ_t (= s_t) を求める $q_0 = \frac{s_t \cdot q_u}{\sqrt{s_t \cdot (q_u - 3s_t)}}$ q_t (= σ_t): 地盤改良体の引張強度 (N/mm ²) q_0 : 地盤改良体の一軸圧縮強度 (N/mm ²)	

注記 地盤改良（セメント系）の一軸圧縮強度：1.0 N/mm²，1.5 N/mm²，3.0 N/mm²

表 4.4-3 Km 層の物性値

区分 番号	設定深度 TP(m) Z	適用深度 TP(m)	密度 ρ (g/cm^3)	動ポアソン比 ν_{CD}	粘着力 C_{CD} (kN/m^2)	内部摩擦角 ϕ_{CD} ($^\circ$)	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 $h_{\text{max}}(-)$	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	0.105	0.464	1,640
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
47	-62	-63 ~ -61	1.73	0.14	732	17.1	481	400,265	422,491	492	0.0	0.120	0.457	1,709
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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

4.5 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、添付書類「VI-3-別添 1-1 (2) 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。

4.5.1 荷重

(1) 固定荷重

固定荷重は、躯体自重、静止土圧、外水圧を考慮する。

(2) 積載荷重

積載荷重は、表 4.5-1 に示す機器・配管荷重を考慮する。

表 4.5-1 機器・配管荷重

機器	荷重 (kN)
スクリーン室クレーン	840

(3) 遡上津波荷重

遡上津波荷重は、朝倉式に基づき、設計用浸水深の 3 倍を考慮して算定する。設計用浸水深は、防潮堤前面の(最大津波水位標高 - 防潮堤設置地盤標高)の 1/2 倍とする。

(4) 衝突荷重

衝突荷重は、FEMA*に基づき、0.69 t の漂流物荷重を考慮して算定する。表 4.5-2 に衝突荷重を示す。なお、衝突荷重は津波時のみに考慮する。

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

表 4.5-2 衝突荷重

津波種別	流速 (m/s)	衝突荷重 (kN)
基準津波時	11	759
敷地に遡上する津波時	15	1035

(5) 余震荷重

余震荷重は、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。

(6) 積雪荷重

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 当たりの荷重を $20 \text{ N/m}^2/\text{cm}$ 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 とする。重畳時は、地震時短期荷重として積雪荷重の 0.35 倍である 0.21 kN/m^2 を考慮する。

(7) 風荷重

風荷重は、考慮しない。これは、津波時は堤外側からの風荷重は受圧面となる防潮壁には作用せず、堤内側からの風荷重は考慮しない方が保守的であるためである。

(8) 地下水位

地下水位は地表面として設定する。

4.5.2 荷重の組合せ

(1) 津波時

津波時の荷重の組合せを表 4.5-3 に示し、荷重概念図を図 4.5-1 に示す。

表 4.5-3 荷重の組合せ(津波時)

区分	荷重の組合せ
津波時	$G + P + P_t + P_c + P_s$

G: 固定荷重

P: 積載荷重

P_t : 遡上津波荷重

P_c : 衝突荷重

P_s : 積雪荷重

種別	荷重	算定方法
永久荷重	固定荷重(G)	
	躯体自重	○
	静止土圧	○
	外水圧	○
	内水圧	-
	積載荷重(P)	
	機器・配管自重	○
	土被り荷重	-
偶発荷重	上載荷重	-
	遡上津波荷重(P_t)	
	遡上津波荷重	○
	衝突荷重(P_c)	
	衝突荷重	○
	余震荷重	
	余震荷重	-
変動荷重	動水圧	-
	積雪荷重(P_s)	
	積雪荷重	○
	風荷重	
	風荷重	-
	その他	-

基準津波時

敷地に遡上する津波時

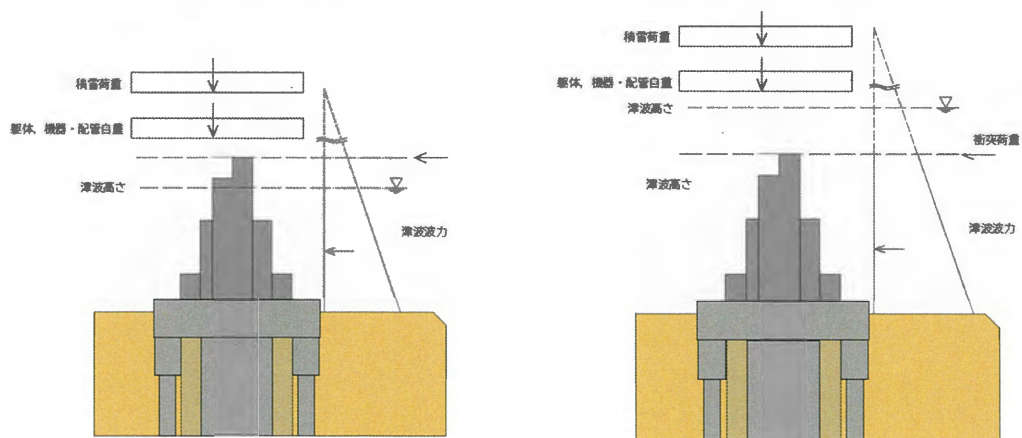


図 4.5-1 荷重概念図(津波時)

(2) 重畳時

重畳時の荷重の組合せを表 4.5-4 に示し、荷重概念図を
図 4.5-2 に示す。

表 4.5-4 荷重の組合せ(重畳時)

区分	荷重の組合せ
重畳時	$G + P + Pt + Ksd + Ps$

G: 固定荷重

P: 積載荷重

Pt: 遡上津波荷重

Ksd: 余震荷重

Ps: 積雪荷重

種別	荷重	算定方法
永久 荷重	固定荷重(G)	
	躯体自重	○ ・対象構造物の体積に材料の密度を考慮して設定する。
	静止土圧	○ ・初期応力解析により設定する。
	外水圧	○ ・地下水の密度を考慮し、地下水位に応じた静水圧として設定する。
	内水圧	- ・内水はないため考慮しない。
	積載荷重(P)	
	機器・配管自重	○ ・機器・配管の自重を考慮する。
	土被り荷重	- ・土被りはないため考慮しない。
偶発 荷重	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。
	遡上津波荷重(Pt)	
	遡上津波荷重	○ ・基準津波及び敷地に遡上する津波による水平波圧を考慮する。
	衝突荷重	
	衝突荷重	- ・重畳時であることから漂流物の衝突は考慮しない。
	余震荷重(Ksd)	
	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を考慮する。
変動 荷重	動水圧	○ ・重畳時であることから動水圧を考慮する。
	積雪荷重(Ps)	
	積雪荷重	○ ・積雪荷重を考慮する。
	風荷重	
	風荷重	- ・重畳時は堤外側からの風荷重は受圧面となる防潮壁には作用せず、堤内側からの風荷重は考慮しない方が保守的であるため、風荷重は考慮しない。
	その他	- ・発電所の立地特性及び構造物の配置状況を踏まえると、偶発荷重と組合せるべき変動荷重はない。

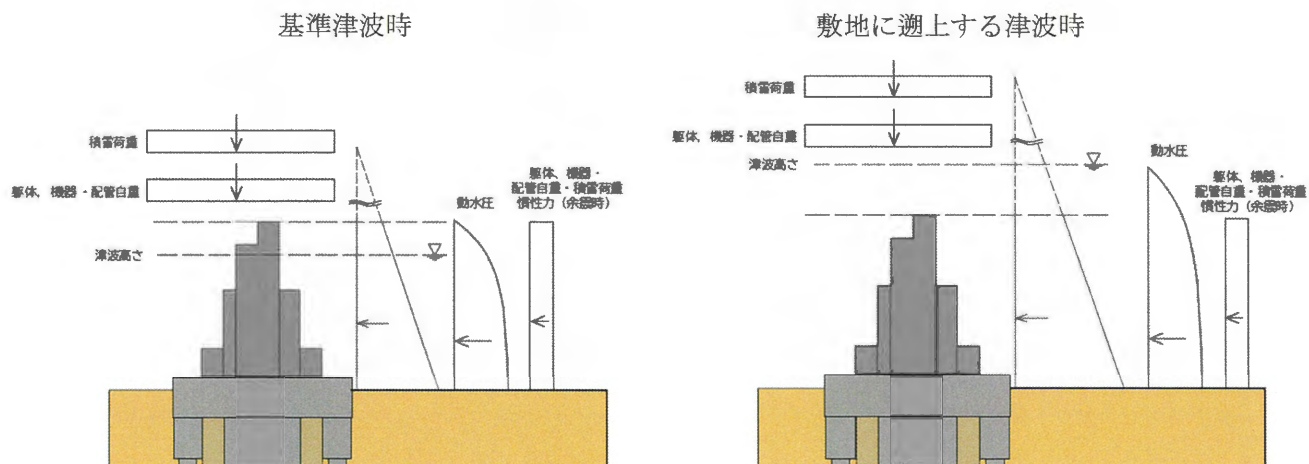


図 4.5-2 荷重概念図(重畳時)

4.6 許容限界

許容限界は、「VI-2-1-1(2) 耐震設計の基本方針の概要」のうち「5. 機能維持の基本方針」に基づき設定する。

4.6.1 鉄筋コンクリート

許容限界は、各規格・基準類に基づき、表 4.6-1 に示すとおり津波種別に応じて割増係数を考慮した上で設定する。基準津波時の割増係数は、コンクリート及び鉄筋の許容応力度に対しそれぞれ 1.5 とする。敷地に遡上する津波時の割増係数は、コンクリートの許容応力度に対し 2.0、鉄筋の許容応力度に対し 1.65 とする。

表 4.6-1 鉄筋コンクリートの許容限界

項目		津波種別			
		基準津波時		敷地に遡上する津波時	
コンクリート		割増係数	許容限界 (N/mm ²)	割増係数	許容限界 (N/mm ²)
f'ck=50 N/mm ² *3	短期許容曲げ圧縮応力度 σ_{ca}	1.5	24.0	2.0	32.0
	短期許容せん断応力度 τ_{al}		0.825 *5		1.1 *5
	短期許容付着応力度 τ_a		4.5 *4		6.0 *4
	短期コーンせん断応力度 τ_{coal}		0.825 *4		1.1 *4
	短期コーンせん断応力度 τ_{coa2}		1.815 *4		2.42 *4
鉄筋		割増係数	許容限界 (N/mm ²)	割増係数	許容限界 (N/mm ²)
SD685 *2	短期許容引張応力度 σ_{sa}	1.5	600	1.65	660
SD490 *2	短期許容引張応力度 σ_{sa}		435		478.5
SD390 *1	短期許容引張応力度 σ_{sa}		309		339.9

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

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

*3: 道路土工カルパパート工指針(平成21年度版)(日本道路協会, 平成22年3月)

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

*5: 斜め引張鉄筋を考慮する場合は、コンクリート標準示方書[構造性能照査編](土木学会, 2002年制定)に基づき、次式により算定する短期許容せん断力(Va)を許容限界とする。

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

ここで、

V_{ca}: コンクリートの短期許容せん断力

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

V_{sa}: 斜め引張鉄筋の短期許容せん断力

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

τ_{al} : 斜め引張鉄筋を考慮しない場合の短期許容せん断応力度

b_w: 有効幅

j: 1/1.15

d: 有効高さ

A_w: 斜め引張鉄筋断面積

σ_{sa} : 鉄筋の短期許容引張応力度

s: 斜め引張鉄筋間隔

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は、表 4.6-2 に示す通り設定する。

表 4.6-2 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
(中実鉄筋コンクリート)

項目			単位	北基礎	南基礎				
				上下一律	上部	中央（上）	中央（下）	下部	
適用深度			TP. m	-1.840 ～-52.700	-1.840 ～-18.000	-18.000 ～-24.000	-24.000 ～-39.805	-39.805 ～-46.700	
堤軸 方向	断面形状								
	部材幅		mm	10700	10700	10700	10700	10700	
	部材高		mm	10700	10700	10700	10700	10700	
	有効高		mm	10050	9976	9759	9262	9759	
	斜め引張鉄筋								
	鋼材仕様		-	SD390	SD390	SD390	SD390	SD390	
	径		-	D29	D29	D29	D29	D29	
	本数 ^{*1}		本	14	16	18	20	14	
	間隔		mm	150	150	150	150	150	
	許容限界： 基準津波時	コンクリート	Vca	kN	38573	38289	37456	35549	37455
		斜め引張鉄筋	Vsa	kN	161908	183680	202142	213167	157222
		合計 (Va=Vca+Vsa)	Va	kN	200481	221969	239598	248716	194677
	許容限界： 敷地に遡上 する津波時	コンクリート	Vca	kN	51430	51053	49941	47398	49941
		斜め引張鉄筋	Vsa	kN	178099	202048	222356	234484	172944
		合計 (Va=Vca+Vsa)	Va	kN	229529	253101	272297	281882	222885
堤軸 直交 方向	断面形状								
	部材幅		mm	10700	10700	10700	10700	10700	
	部材高		mm	10700	10700	10700	10700	10700	
	有効高		mm	10050	9976	9759	9262	9759	
	斜め引張鉄筋								
	鋼材仕様		-	SD390	SD390	SD390	SD390	SD390	
	径		-	D29	D29	D29	D29	D29	
	本数 ^{*1}		本	14	16	16	18	14	
	間隔		mm	150	150	150	150	150	
	許容限界： 基準津波時	コンクリート	Vca	kN	38573	38289	37456	35549	37455
		斜め引張鉄筋	Vsa	kN	161908	183680	179682	191850	157222
		合計 (Va=Vca+Vsa)	Va	kN	200481	221969	217138	227399	194677
	許容限界： 敷地に遡上 する津波時	コンクリート	Vca	kN	51430	51053	49941	47399	49941
		斜め引張鉄筋	Vsa	kN	178099	202048	197650	211035	172944
		合計 (Va=Vca+Vsa)	Va	kN	229529	253101	247591	258434	222885

注記 *1: せん断補強筋については、鉛直鉄筋の機械式継手範囲には配置できないため、実配筋では機械式継手の上下に振り分けて配置する。よって、表中に示す計算上の本数と概略配筋図 (実配筋) に示す本数は一致しない。

表 4.6-3 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
(巻立て鉄筋コンクリート)

項目			単位	北基礎		南基礎	
堤軸 方向	断面形状			端部	中間部	端部	中間部
	部材幅		mm	2800	2800	2800	2800
	部材高		mm	2250	1800	2250	1800
	有効高		mm	1875	1275	1875	1275
	斜め引張鉄筋						
	鋼材仕様		-	SD390	SD390	SD390	SD390
	径		-	D32	D32	D32	D32
	本数		本	4	4	4	4
	間隔		mm	300	300	300	300
	許容限界: 基準津波時	コンクリート	Vca	kN	989	672	989
		斜め引張鉄筋	Vsa	kN	5335	3628	5335
		合計 (Va=Vca+Vsa)	Va	kN	6324	4300	6324
	許容限界: 敷地に遡上 する津波時	コンクリート	Vca	kN	1319	896	1319
		斜め引張鉄筋	Vsa	kN	5868	3991	5868
		合計 (Va=Vca+Vsa)	Va	kN	7187	4887	7187
堤軸 直交 方向	断面形状			端部	中間部	端部	中間部
	部材幅		mm	2250	1800	2250	1800
	部材高		mm	2800	2800	2800	2800
	有効高		mm	2375	2375	2300	2300
	斜め引張鉄筋						
	鋼材仕様		-	SD390	SD390	SD390	SD390
	径		-	D32	D32	D32	D32
	本数		本	3	2	3	2
	間隔		mm	300	300	300	300
	許容限界: 基準津波時	コンクリート	Vca	kN	780	392	755
		斜め引張鉄筋	Vsa	kN	5068	3379	4908
		合計 (Va=Vca+Vsa)	Va	kN	5848	3771	5663
	許容限界: 敷地に遡上 する津波時	コンクリート	Vca	kN	1039	522	1006
		斜め引張鉄筋	Vsa	kN	5575	3717	5399
		合計 (Va=Vca+Vsa)	Va	kN	6614	4239	6405

表 4.6-4 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
(頂版鉄筋コンクリート)

項目			単位	北基礎		南基礎	
斜め引張鉄筋				西	東	西	東
鋼材仕様			-	SD390	SD390	SD390	SD390
径			-	D35	D38	D35	D38
本数			本	3.333	3.333	3.333	3.333
間隔			mm	150	150	150	150
許容限界: 基準津波時	コンクリート	Vca	kN	3365	2862	3365	2862
	斜め引張鉄筋	Vsa	kN	26790	27161	26790	27161
	合計 (Va=Vca+Vsa)	Va	kN	28472	28592	28472	28592
許容限界: 敷地に遡上 する津波時	コンクリート	Vca	kN	2243	1908	2243	1908
	斜め引張鉄筋	Vsa	kN	29469	29877	29469	29877
	合計 (Va=Vca+Vsa)	Va	kN	31712	31785	31712	31785

注記 : せん断応力の許容限界は堤軸方向と堤軸直交方向の断面を合成して設定する。

4.6.2 鋼材

許容限界は、各規格・基準類に基づき、表 4.6-5 に示すとおり津波種別に応じて割増係数を考慮した上で設定する。基準津波時の割増係数は、鋼材の許容応力度に対し 1.5、敷地に遡上する津波時の割増係数は、鋼材の許容応力度に対し 1.7 とする。

表 4.6-5 鋼材の許容限界

項目		津波種別			
		基準津波時		敷地に遡上する津波時	
鋼材		割増係数	許容限界 (N/mm ²)	割増係数	許容限界 (N/mm ²)
SM490Y	短期許容曲げ引張応力度 σ_{sa}	1.5	315 ^{*1}	1.7	355 ^{*1}
	短期許容せん断応力度 τ_{sa}		180 ^{*1}		204 ^{*1}
SM520B相当	短期許容曲げ引張応力度 σ_{sa}	1.5	315 ^{*2}	—	355 ^{*2}
SM570	短期許容曲げ引張応力度 σ_{sa}	1.5	382.5 ^{*1}	1.7	433.5 ^{*1}
	短期許容せん断応力度 τ_{sa}		217.5 ^{*1}		246.5 ^{*1}
SBHS500	短期許容曲げ引張応力度 σ_{sa}	1.5	442.5 ^{*1*4}	—	500 ^{*3}
	短期許容せん断応力度 τ_{sa}		255 ^{*1*4}		285 ^{*3}
SBHS700	短期許容曲げ引張応力度 σ_{sa}	1.5	615 ^{*1*4}	1.7	697 ^{*1*4}
	短期許容せん断応力度 τ_{sa}		352.5 ^{*1*4}		399.5 ^{*1*4}

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

上記値は、板厚40mm以下の値を示す。

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

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

敷地に遡上する津波時は、1.7倍の割増を考慮した短期許容応力度が降伏応力度を超えるため、降伏応力度を短期許容応力度とする。

*3: 道路橋示方書 (II 鋼橋・鋼部材編)・同解説 (日本道路協会, 平成29年11月)

*4: 新しい高性能鋼材の利用技術調査研究報告書～SBHS500 (W), SBHS700 (W) の設計・製作ガイドライン (案)～ (土木学会, 平成21年11月)

4.6.3 基礎地盤の支持性能評価

許容限界は、「VI-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・同解説（I 共通編 IV 下部構造編，公益社団法人 日本道路協会，平成 14 年 3 月）（以下「道路橋示方書」という。）より設定する。

(1) 中実鉄筋コンクリート

道路橋示方書による地中連続壁基礎の支持力算定式を以下に示す。

$$R_u = q_d \cdot A$$

R_u : 基礎底面地盤の極限支持力 (kN)

q_d : 基礎底面地盤の極限支持力度 (kN/m²)

$$q_d = 3 \cdot q_u$$

q_u : 支持岩盤の一軸圧縮強度 (kN/m²)

$$* C_{CUU} = q_u / 2 \text{ より, } q_u = C_{CUU} \times 2$$

ここで， C_{CUU} は Km 層の非排水せん断強度

A : 基礎の底面積 (m²)

上記にて求められる基礎地盤の極限支持力度を表 4.6-6 に示す

表 4.6-6 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

項目	許容限界
極限支持力度 q_d (kN/m ²) (北基礎)	6116
極限支持力度 q_d (kN/m ²) (南基礎)	5991

注記 * : 非排水せん断強度 $C_{CUU} = (0.837 - 0.00346 \cdot Z) \times 1000$ (kN/m²)

基礎底面標高 北側基礎 : $Z = \text{T.P.} - 52.7$ (m)

南側基礎 : $Z = \text{T.P.} - 46.7$ (m)

(2) 鋼管杭

鋼管杭の基礎底面地盤の許容限界は、Km 層の極限支持力度とする。なお、極限支持力度は、鋼管杭の群杭効果を考慮し、表 4.6-7 に示すとおり鋼管杭全体をケーソン基礎とみなして設定する。

表 4.6-7 基礎地盤の支持性能に対する許容限界（鋼管杭）

項目		単位	北基礎	南基礎	算定式
基礎地盤標高	Z	TP. m	-60.24	-54.24	
基礎地盤の非排水せん断強度	C_{cu}	kN/m^2	1045.4	1024.7	$C_{cu} = (0.837 - 0.00346 \cdot Z) \times 1000$
形状係数	α	-	1.043	1.043	$\alpha = 1 + 0.3 \cdot (B/D)$, $B=1.498m$, $D=10.498m$
支持力係数	N_c	-	5.1	5.1	$\phi=0$
ケーソン基礎底面積	A_G	m^2	15.244	15.244	$\times 2$
置き換えられる土の有効重量	W	kN	7149.8	6272.6	$\times 3$
極限支持力	Q_p	kN	77624	76818	$Q_p = A_G \cdot (\alpha \cdot C_{cu} \cdot N_c) - W^{*1}$
許容限界 (極限支持力度)	q_d	kN/m^2	5092	5039	$q_d = Q_p / A_G$

注記 *1: 極限支持力は、道路橋示方書(Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編)・同解説(日本道路協会、平成24年3月)記載の式を用いて求める。

$$Q_p = A_G q_d' - W$$

$$= A_G \cdot (\alpha \cdot C_{cu} \cdot N_c + 1/2 \beta \gamma_1 B N_{\gamma} + \gamma_2 D_1 N_q) - W$$

ここで、

Q_p : 極限支持力(kN)

A_G : ケーソン基礎底面積(m^2)

W: ケーソンで置き換えられる土の有効重量(kN)

q_d : 極限支持力度(kN/m^2)

C_{cu} : 基礎地盤の非排水せん断強度(kN/m^2)

α , β : 形状係数

形状係数	基礎底面の形状		
	帯状	正方形, 円形	長方形, 楕円形, 小判形
α	1.0	1.3	$1 + 0.3 \cdot (B/D)$
β	1.0	0.6	$1 - 0.4 \cdot (B/D)$

B: ケーソン側面幅(m)

D: ケーソン前面幅(m)

N_c , N_{γ} , N_q : 支持力係数

γ_1 : 基礎底面より下にある地盤の単位体積重量(kN/m^3)

γ_2 : 基礎底面より上にある周辺地盤の単位体積重量(kN/m^3)

D_1 : 有効根入れ深さ(m)

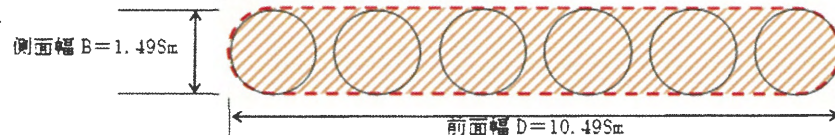
支持性能評価における保守的な配慮として、支持力算定式の第3項 $\gamma_2 D_1 N_q$ は0と仮定する。

支持力係数は、せん断抵抗角 $\phi=0$ を踏まえ、 $N_c=5.1$, $N_{\gamma}=0$ と設定する。

以上より、極限支持力は下式より求める。

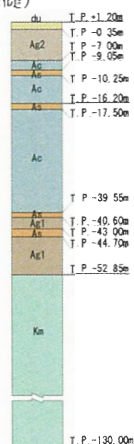
$$Q_p = A_G \cdot (\alpha \cdot C_{cu} \cdot N_c) - W$$

*2: ケーソン基礎底面積は、下記斜線部の面積を求める。



*3: ケーソンで置き換えられる土の有効重量は、以下のとおりである。

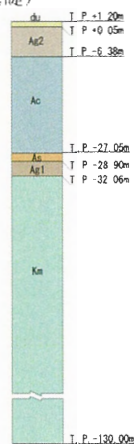
(北基礎)



地盤	層厚 (m)	水中重量 (kN/m^3)	有効重量 (kN/m^2)
du層	1.55	9.6	14.9
Ag2層	6.65	9.9	65.8
Ac層	2.05	6.4	13.1
As層	1.20	7.3	8.8
Ac層	5.95	6.4	38.1
As層	1.30	7.3	9.5
Ac層	22.05	6.4	141.1
As層	1.05	7.3	7.7
Ag1層	2.40	9.9	23.8
As層	1.70	7.3	12.4
Ag1層	8.15	9.9	80.7
Km層	7.39	7.2	53.2
合計			469.0

$\times A_{\text{北}} = 7149.8 (\text{kN})$

(南基礎)



地盤	層厚 (m)	水中重量 (kN/m^3)	有効重量 (kN/m^2)
du層	1.15	9.6	11.0
Ag2層	6.43	9.9	63.7
Ac層	20.67	6.4	132.3
As層	1.85	7.3	13.5
Ag1層	3.16	9.9	31.3
Km層	22.18	7.2	159.7
合計			411.5

$\times A_{\text{南}} = 6272.6 (\text{kN})$

支持力算定式の各支持力係数は図 4.6-1 より求める。

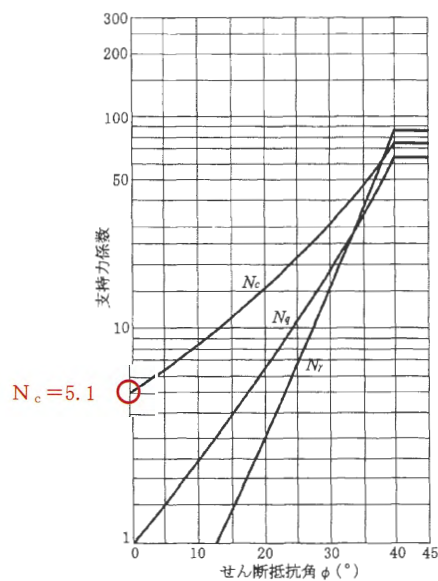


図 4.6-1 支持力係数を求めるグラフ

道路橋示方書・同解説 (I 共通編 IV 下部構造編) (公益社団法人日本道路協会, 平成 24 年 3 月)

4.6.4 止水ジョイント部材の変形性評価

許容限界は，メーカー規格，漏水試験及び変形試験により有意な漏洩が生じないことを確認した変形量に基づき，表 4.6-8 に示すとおり設定する。

表 4.6-8 止水ジョイント部材の変形性評価に対する許容限界

項目	許容限界
止水ジョイント部材の変形性	2.0 m

4.7 重畳時の入力地震動

入力地震動は、平成 30 年 10 月 18 日付け原規規発第 1810181 号にて認可された工事計画の添付書類「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設定する。

4.8 解析手法

解析は、鋼製防護壁と鋼製防護壁基礎を一体とした3次元静的フレーム解析を用いて行う。

解析コードは、「Engineer's Studio Ver.11.02.00」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性の確認は、「VI-4-3(2) 計算機プログラム(解析コード)の概要・Engineer's Studio」に示す。

4.9 評価方法

防潮堤（鋼製防護壁）の強度評価方法は、添付書類「VI-3-別添 1-1(2) 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。

強度評価は、解析により得られる照査用応答値が「4.6 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。

4.9.1 津波時及び重畳時の解析手法

防潮堤（鋼製防護壁）の津波時及び重畳時の解析は、構造部材を線形要素でモデル化し、地盤バネを用いてフレーム解析を行う。鋼製防護壁及び鋼製防護壁基礎については線形の梁要素とし、地盤抵抗については、津波時は受働土圧強度及びせん断強度、重畳時は軸圧縮応力及びせん断応力を上限値とするバイリニア型の非線形バネをモデルに付与する。

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

構造部材の津波時及び重畳時の解析手法の選定フローを図 4.9-1 に示す。

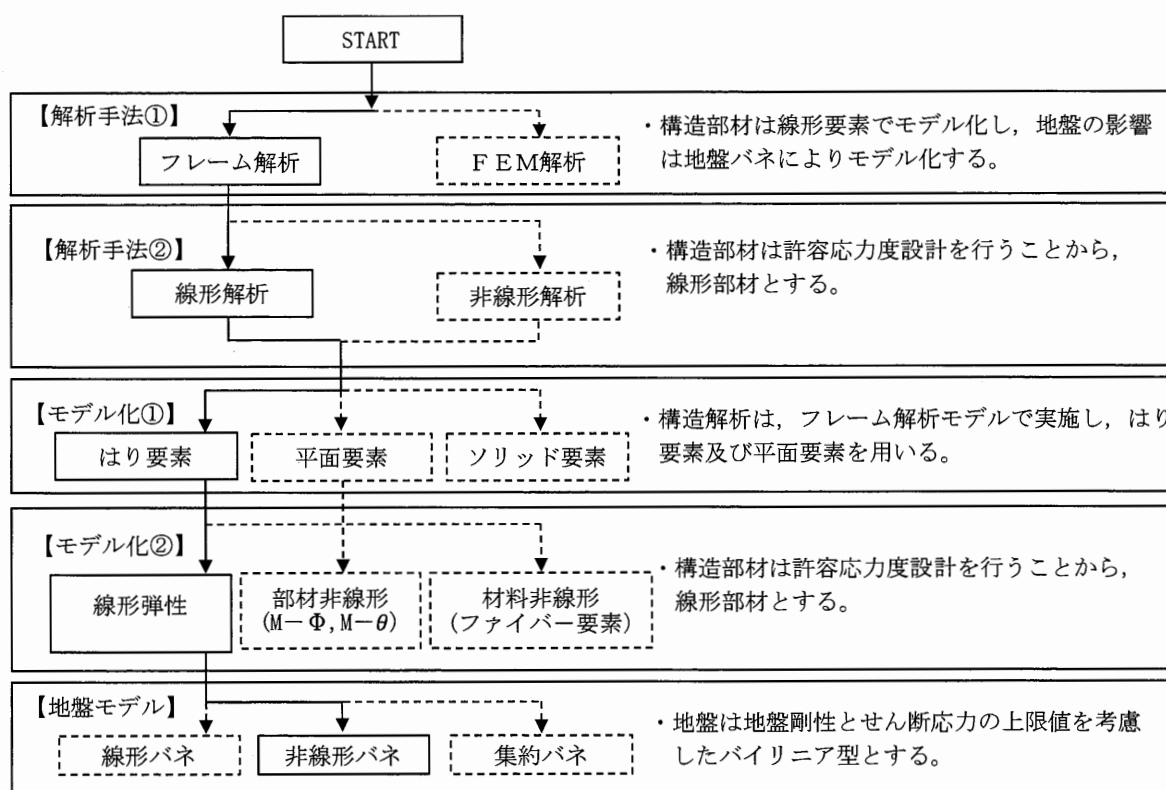


図 4.9-1 構造部材の津波時及び重畳時の解析手法の選定フロー

4.9.2 地盤沈下の考慮

津波時及び重畳時の検討では、津波来襲前に発生する本震に伴って周辺地盤が沈下した状態を想定し、設計荷重や地盤抵抗に対して保守側の検討を実施する。本震に伴う周辺地盤の沈下量として、平成30年10月18日付け原規規発第1810181号にて認可された工事計画の補足説明資料（補足-60-1【津波への配慮に関する説明書】）の「1.2 遡上・浸水域の考え方について（参考1）敷地内の遡上経路の沈下量算定評価について」における敷地東側の合計沈下量0.918mを考慮して保守的に設定した想定沈下量1.5mを適用する。本震に伴う地盤沈下の考慮方法を図4.9-2に示す。

(1) 荷重

津波波力及び動水圧は、沈下後の地盤より上側に作用するものとする。

(2) 地盤バネ

地盤バネは、沈下後の地表面以深に設定するものとする。

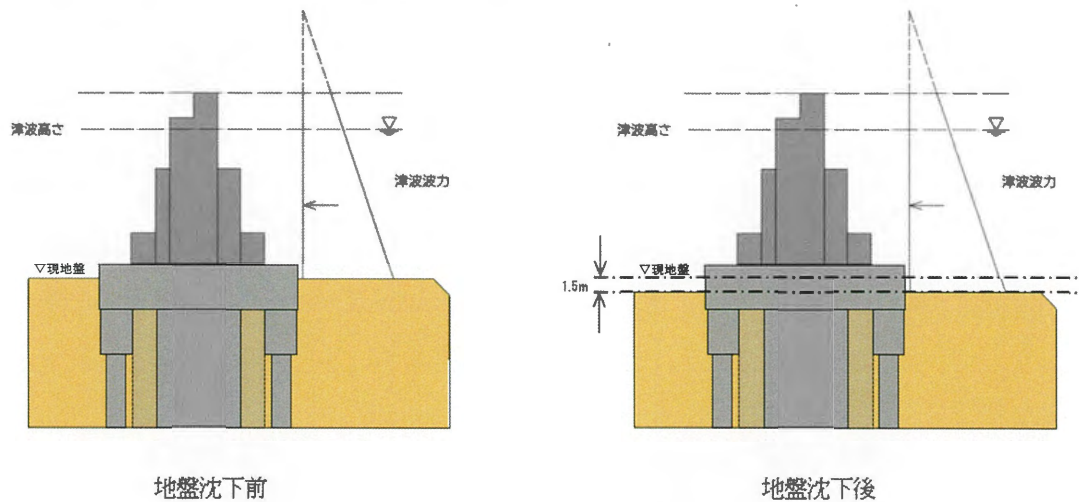


図 4.9-2 本震に伴う地盤沈下の考慮に関する概念図

4.9.3 解析モデル及び諸元（津波時）

防潮堤（鋼製防護壁）の津波時の評価に用いる解析モデル及び評価方法を以下に示す。

(1) 防潮堤（鋼製防護壁）の解析モデル

a. 解析モデル

津波時における防潮堤（鋼製防護壁）は、鋼製防護壁と鋼製防護壁基礎を一体とした 3 次元フレームモデルで強度評価を行う。津波時の鋼製防護壁の 3 次元静的フレーム解析モデル概念図を図 4.9-3 に示す。

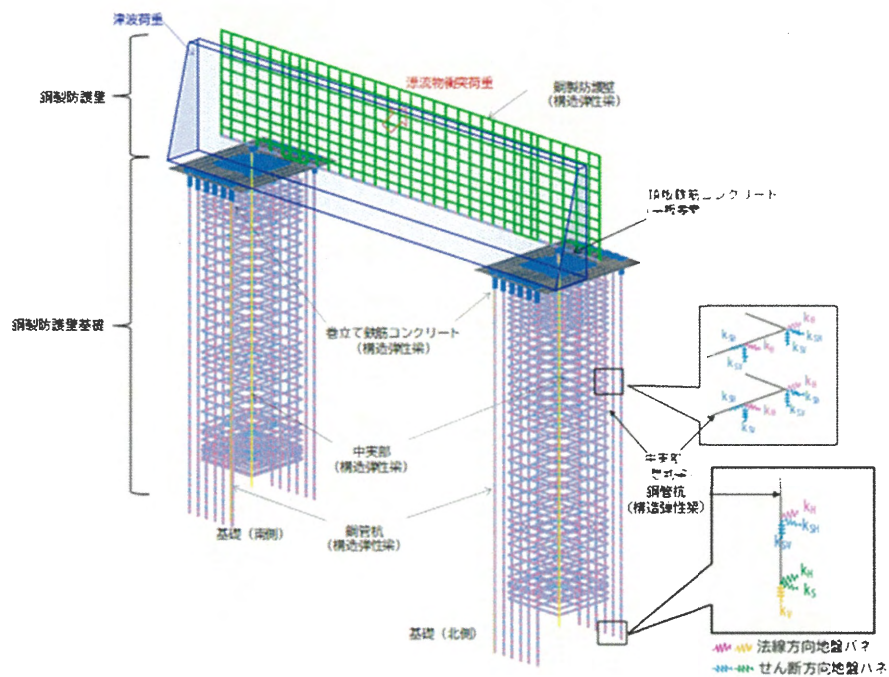


図 4.9-3 3次元静的フレーム解析モデル概念図

b. 構造物のモデル化

防潮堤（鋼製防護壁）は、鋼製防護壁と鋼製防護壁基礎を一体とし、地盤バネを設定した3次元フレーム解析モデルに津波荷重等を載荷して評価する。地中連続壁部（構造部材として考慮しない）の質量は、中実鉄筋コンクリートのモデル化において構造弾性梁を取り囲む正方形の水平梁（仮想梁）の節点に付加質量として設定する。

鋼製防護壁は、水平（X方向）隔壁及び鉛直（Z方向）隔壁の交差位置並びに添接板継手位置を節点とし、それらを結合した梁要素で構成される格子モデルとする。モデル化のイメージ図を図 4.9-5 に示す。

- i) 主桁部材（水平方向）は、外壁鋼板をフランジ、水平（X方向）隔壁をウェブとみなした I 断面とする（図 4.9-5 の青色表示部分）。
- ii) 横桁部材（鉛直方向）は、外壁鋼板をフランジ、鉛直（Z方向）隔壁をウェブとみなした I 断面とする（図 4.9-5 の赤色表示部分）。
- iii) ねじれ剛性は、外壁鋼板が連続していることから、箱断面として算定したねじれ剛性を両部材に考慮する。

鋼製防護壁と鋼製防護壁基礎の中実鉄筋コンクリート、巻立て鉄筋コンクリート及び鋼管杭は、構造梁要素でモデル化し、頂板鉄筋コンクリートは平板要素でモデル化する。中実鉄筋コンクリート、巻立て鉄筋コンクリートをモデル化した梁要素には仮想剛梁要素を配置し、中実鉄筋コンクリートの幅を考慮する。

鋼製防護壁基礎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」（土木学会原子力土木委員会，2002年5月）に従う。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または有効高さの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。中実鉄筋コンクリートの部材厚で設定すると要素分割が粗くなるため、鋼管杭の厚さ（径）に従って1.5m前後で要素分割を設定する。中実鉄筋コンクリートと巻立て鉄筋コンクリート及び鋼管杭は連結バネで連結するため、相互の要素分割を合わせて設定する。なお、鋼製防護壁基礎の要素分割については、重畳時の検討における余震影響としての地盤応答変位を鋼製防護壁基礎に設定することを考慮して、1次元有効応力解析で用いる地盤の要素分割に合わせて設定する。

c. 地盤のモデル化

3次元静的フレーム解析に用いる地盤バネは、道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（日本道路協会、平成24年3月）に準拠し、地盤反力係数と反力上限値を考慮したバイリニア型とする。

津波時の地盤反力係数及び反力上限値の設定は、下表に示す地盤剛性4種類と反力上限値4種類を用いて、地盤の最も高い剛性（初期剛性）と最も大きい強度（ピーク強度（平均））の組合せ、地盤の最も低い剛性（静弾性係数）と最も小さい強度（残留強度（ -1σ ））の組合せを採用し、各構造部位において安全側となる設計を実施する。図4.9-4に津波時の地盤バネ設定の内容を示す。

結果として、津波時には下記に示す2ケースの地盤バネにて、地盤反力係数及び反力上限値を増減させた検討を実施することで、津波来襲前に発生する地震動に起因した地盤の軟化を考慮する方針である。

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



○津波時の地盤バネ：2ケース

ケース名	地盤バネの 地盤反力係数	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)から設定	地盤抵抗が大きいと仮定したケース
地盤バネ2	静弾性係数 から設定	残留強度(-1σ)から設定	地盤抵抗が小さいと仮定したケース

図 4.9-4 津波時の地盤バネ設定（地盤バネ1，地盤バネ2）

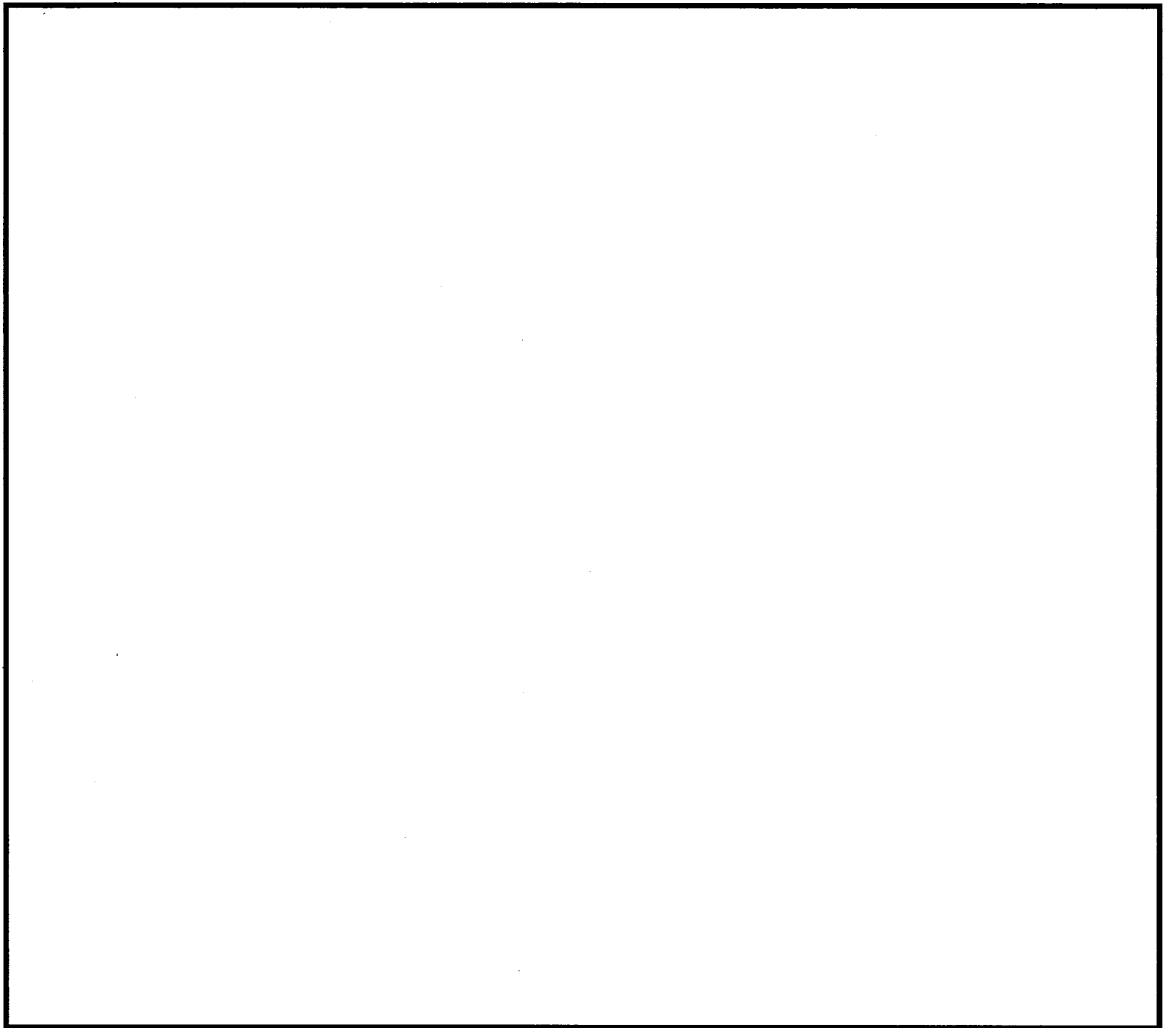


図 4.9-5 鋼製防護壁のモデル化イメージ図

(2) 使用材料及び材料の物性値

「4.3 使用材料及び材料の物性値」に記載のとおり設定する。

(3) 荷重及び荷重の組合せ

「4.5 荷重及び荷重の組合せ」に記載のとおり設定する。

4.9.4 解析モデル及び諸元（重畳時）

防潮堤（鋼製防護壁）の重畳時の評価に用いる解析モデル及び評価方法を以下に示す。

重畳時においては、図 4.9-6 に示すとおり余震の影響について水平方向の強軸、弱軸と鉛直方向で 1.0:0.4:0.4 の水平 2 方向及び鉛直方向地震動の独立載荷による最大断面力に対する組合せ係数法を適用し、津波荷重による断面力と重ね合わせた断面力に対して照査を行う。

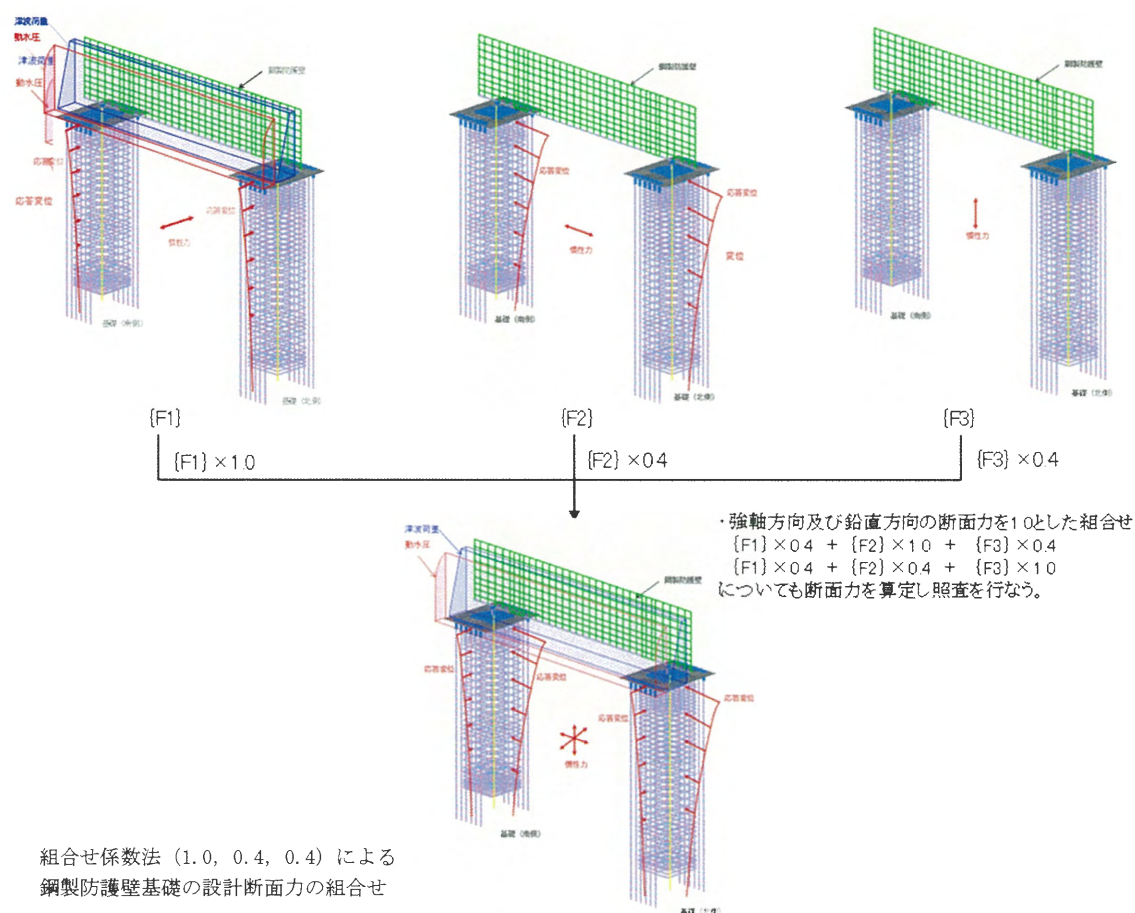


図 4.9-6 重畳時の断面力の組合せ(組合せ係数法)

(1) 重畳時の 1 次元有効応力解析

a. 解析モデル

地盤解析モデルは、鋼製防護壁基礎の調査ボーリングの地層構成に基づき作成する。図 4.9-7 に示すとおり南基礎の解析モデルは、地点 1 の地層構成、北基礎の解析モデルは、地点 2 の地層構成に基づき作成する。解析モデル底面は、T.P. -130m として粘性境界を設定する。

なお、解析コードは、「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の確認は、「VI-4-2(2) 計算機プログラム(解析コード)の概要・FLIP」に示す。

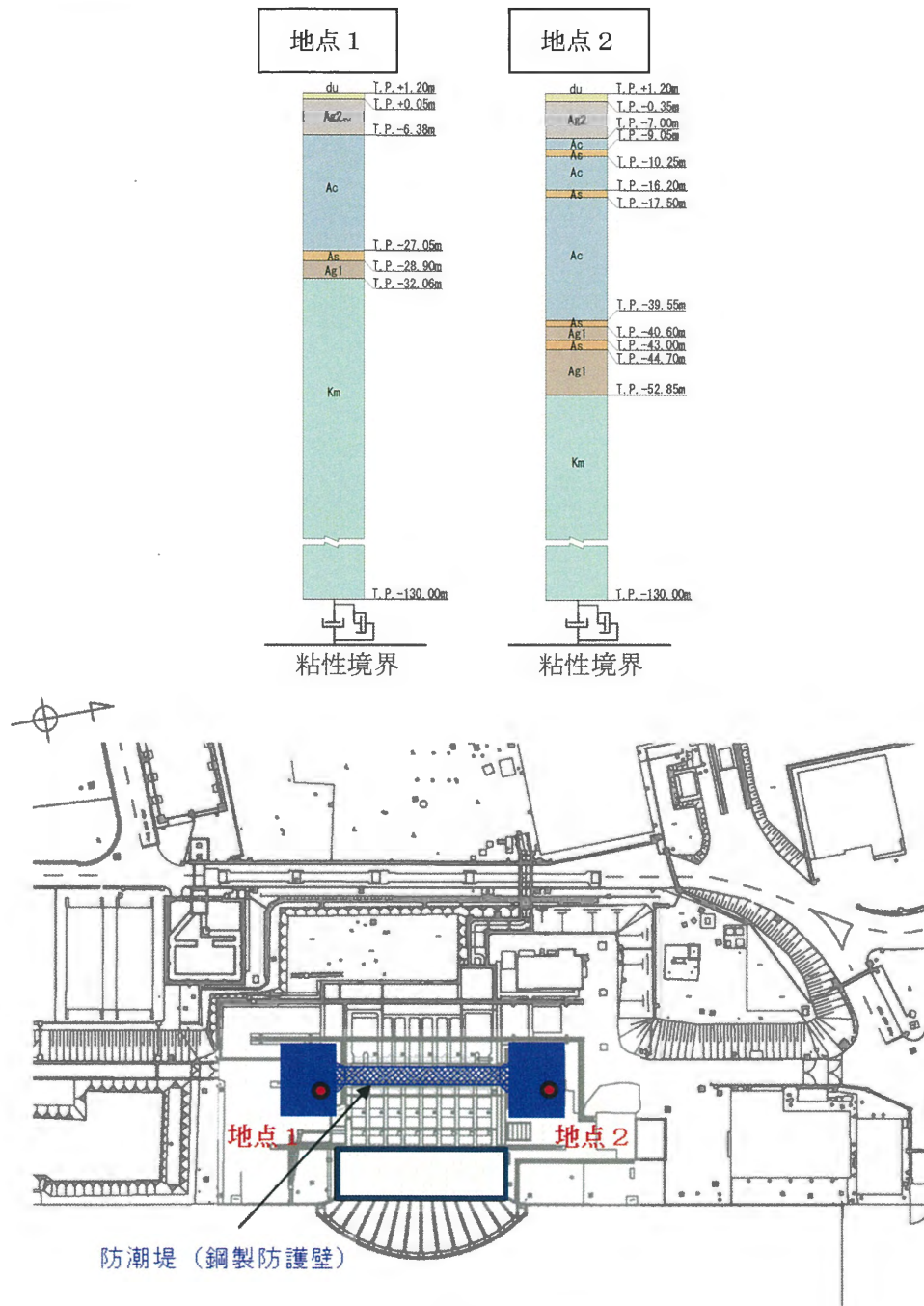


図 4.9-7 1 次元有効応力解析の解析モデル

b. 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応力とひずみ関係の非線形性を考慮する。

3次元静的フレーム解析に用いる地盤バネは、道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（日本道路協会、平成24年3月）に準拠し、地盤反力係数と反力上限値を考慮したバイリニア型とする。

重畳時の検討では、一次元地盤応答解析結果を用いてバネ定数及び反力上限値を設定し、各構造部位の設計を実施する。

一次元地盤応答解析において周辺地盤に地盤改良（薬液注入）を敷設することを踏まえ、図4.9-8に示す検討ケース⑤、⑥及び③'の液状化パラメータ非適用のケースを採用する。

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（+1 σ ）した解析ケース	③ 地盤物性のばらつきを考慮（-1 σ ）した解析ケース	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（+1 σ ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース	③' 地盤物性のばらつきを考慮（-1 σ ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース
液状化強度特性の設定	原地盤に基づく液状化強度特性（標準偏差を考慮）	原地盤に基づく液状化強度特性（標準偏差を考慮）	原地盤に基づく液状化強度特性（標準偏差を考慮）	敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性	液状化パラメータを非適用	液状化パラメータを非適用	液状化パラメータを非適用

○重畳時の地盤バネ：3ケース

※防潮堤（鋼製防護壁）にて考慮する地盤物性のばらつきケース

ケース名 （決定ケース）	地盤バネの地盤反力係数及び反力上限値	備考
地盤バネ3	S ₀ 波による1次元有効応力解析から地表面応答加速度が最大となるケース・時刻の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 ₀ 波による1次元有効応力解析から地表面応答変位が最大となるケース・時刻の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 ₀ 波による1次元有効応力解析からせん断ひずみが最大値を示すケース・時刻の地盤物性により設定	

図 4.9-8 重畳時の地盤バネ設定（地盤バネ3，地盤バネ4，地盤バネ5）

c. 減衰定数

(a) 設定フロー

動的解析における地盤の減衰は、固有値解析により求められる固有周期及び減衰定数に基づき、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減衰は、 $\alpha=0$ となる要素剛性比例型減衰とする。

$$[C] = \alpha [M] + \beta [K], \quad \alpha = 0, \quad \beta = h / (\pi \cdot f)$$

ここで、

[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 : Rayleigh減衰の係数

h : 各材料の減衰定数

f : 固有値解析により求められる1次固有振動数

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 $\alpha[M]$ の影響により、有効応力解析における減衰係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 $\alpha[M]$ の影響がない要素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係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係数として、初期減衰定数よりも保守的に小さい側のモード減衰係数を適用し、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 $\alpha[M]$ の影響がない要素剛性比例型減衰を採用する。

地盤の減衰定数は、解析上の安定のためになるべく小さい値として1%とする。

図 4.9-9 に Rayleigh 減衰の設定フローを示す。

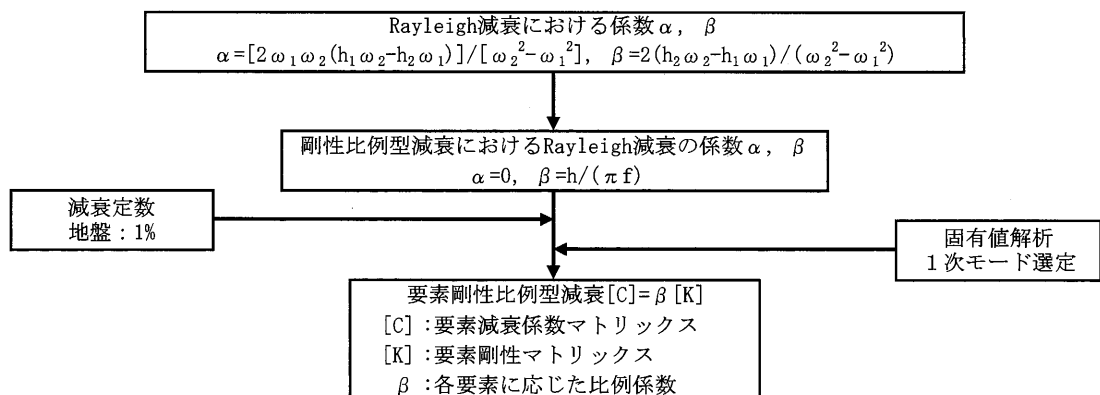


図 4.9-9 Rayleigh 減衰の設定フロー

(b) 固有値解析

固有値解析結果を表 4.9-1 に示す。

表 4.9-1 固有値解析結果

凡例 ◎ : 地盤の1次固有振動数

検討ケース⑤

北基礎				南基礎			
次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数	採用	次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数	採用
1	0.556	34.09	◎	1	0.685	37.17	◎
2	1.246	-27.03		2	1.306	-22.98	
3	2.059	9.46		3	2.654	-8.94	
4	3.039	8.22		4	3.355	9.46	
5	3.825	6.84		5	4.668	4.70	
6	4.669	6.01		6	5.423	5.95	
7	5.471	3.32		7	6.552	-2.83	
8	6.405	4.04		8	7.413	-4.41	
9	7.091	3.91		9	8.438	2.30	

検討ケース⑥

北基礎				南基礎			
次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数	採用	次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数	採用
1	0.587	35.31	◎	1	0.708	38.40	◎
2	1.298	25.78		2	1.378	-21.02	
3	2.212	9.06		3	2.779	-9.92	
4	3.202	8.40		4	3.512	8.28	
5	4.052	6.59		5	4.893	5.55	
6	4.918	5.65		6	5.669	5.12	
7	5.859	-3.01		7	6.911	3.40	
8	6.770	-4.69		8	7.718	3.97	
9	7.462	-2.93		9	8.893	2.42	

検討ケース③'

北基礎				南基礎			
次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数	採用	次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数	採用
1	0.518	32.68	◎	1	0.654	35.47	◎
2	1.194	-28.20		2	1.235	-25.40	
3	1.887	10.33		3	2.478	-7.76	
4	2.843	-7.80		4	3.224	10.56	
5	3.584	-7.22		5	4.344	3.93	
6	4.379	-6.20		6	5.225	-6.48	
7	5.083	-4.02		7	6.078	-2.73	
8	5.920	3.59		8	7.122	-4.37	
9	6.730	4.03		9	7.895	2.76	

d. 入力地震動

入力地震動は、図 4.9-10 に示すとおり解放基盤表面 (EL. -370 m) で定義される弾性設計用地震動 S_d-D1 を、1次元波動論により地震応答解析モデルの底面位置 (EL. -130 m) で評価したものを用いる。表 4.9-2 に入力地震動の加速度時刻歴と加速度応答スペクトルを示す。

解析コードは、「k-SHAKE Ver. 6.2.0」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性の確認は、添付書類「VI-4-1(2) 計算機プログラム(解析コード)の概要・k-SHAKE」に示す。

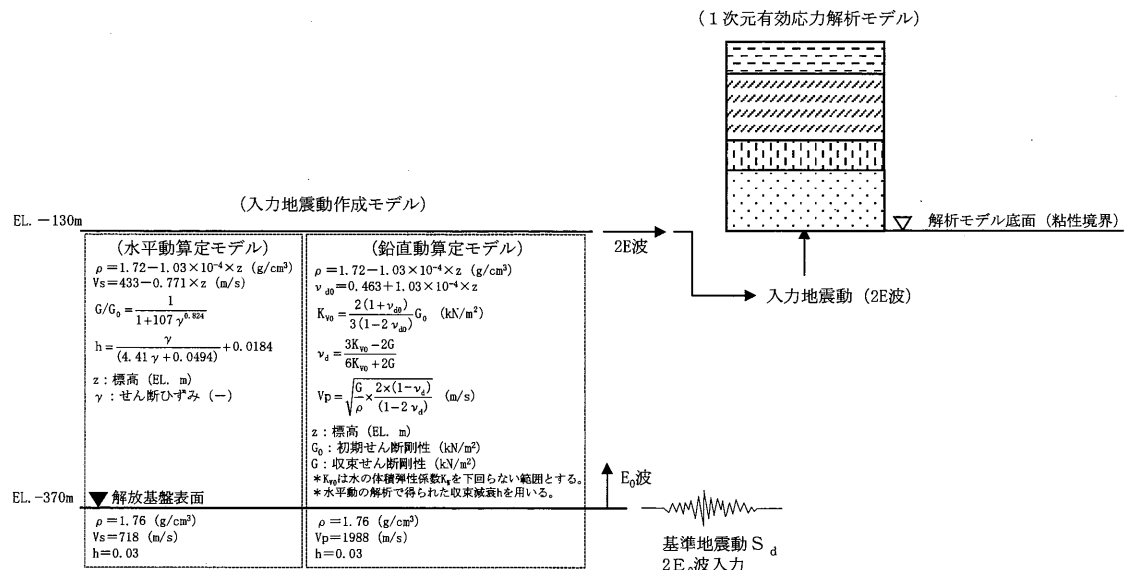
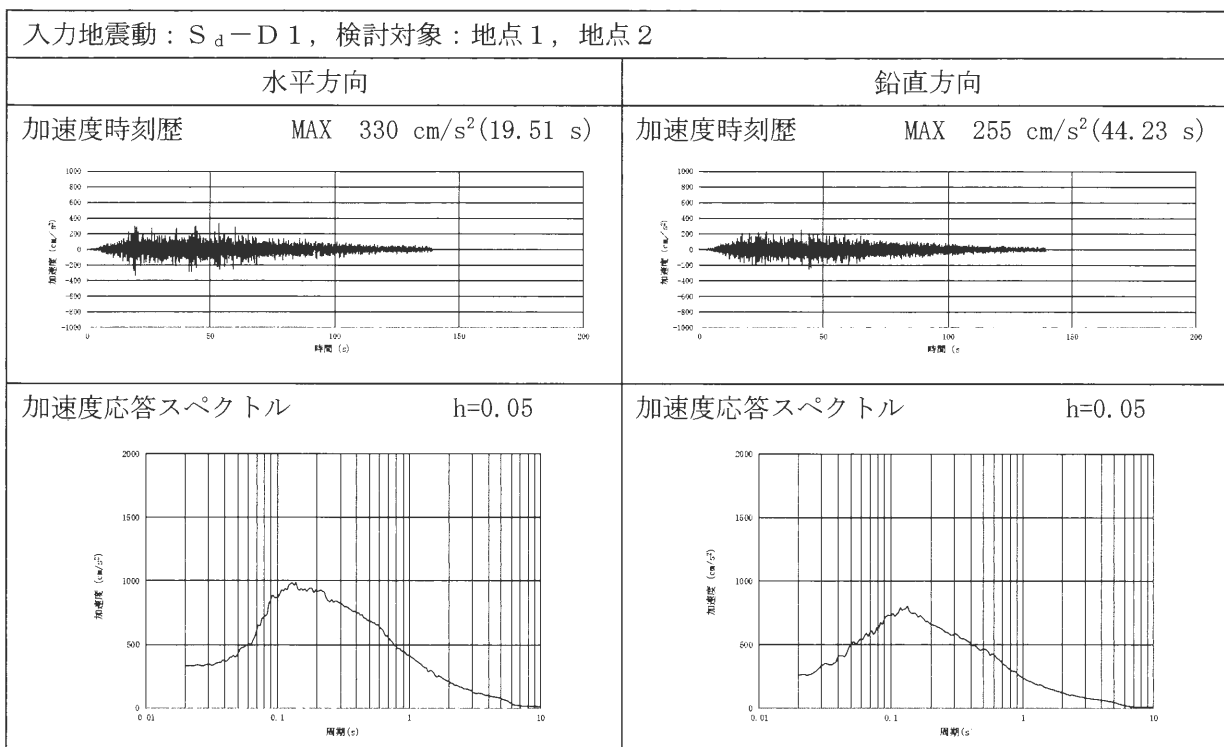


図 4.9-10 入力地震動算定の概念図

表 4.9-2 入力地震動の加速度時刻歴と加速度応答スペクトル(S_d-D1)



(2) 解析モデル及び諸元

重畳時における鋼製防護壁も津波時と同様に鋼製防護壁と鋼製防護壁基礎を一体とした 3 次元静的フレームモデルで強度評価を行う。重畳時の防潮堤（鋼製防護壁）の 3 次元静的フレーム解析モデル概念図を図 4.9-11 に示す。

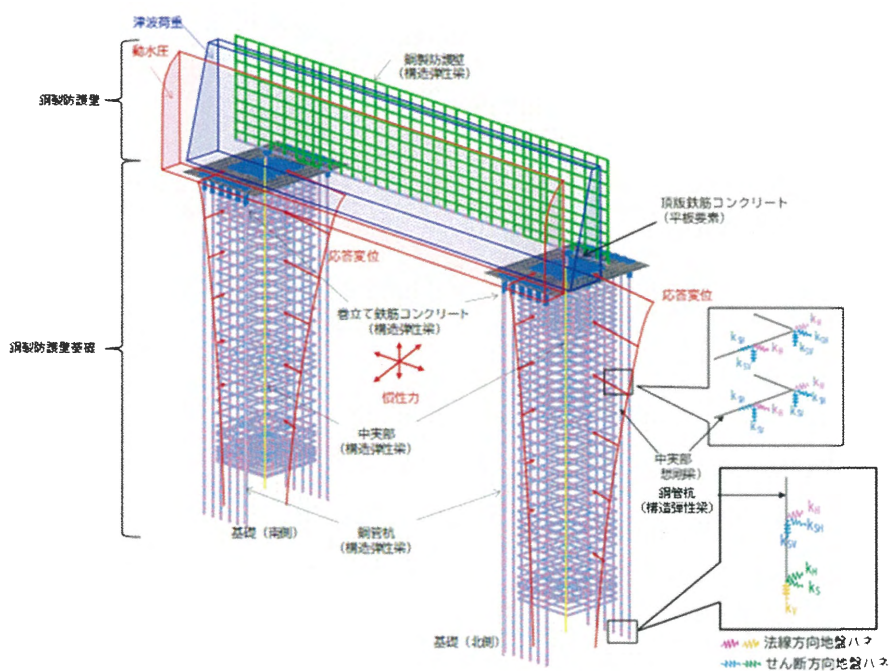


図 4.9-11 3次元静的フレーム解析モデル概念図

(3) 基礎地盤の支持力

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

入力地震動 S_d-D1 により発生する基礎地盤の接地圧は、検討ケース①～⑥に対して、2次元有効応力解析を実施して求める。2次元有効応力解析に使用する解析モデルは、補足-28の「1. 防潮堤（鋼製防護壁）の耐震計算書に関する補足説明」に記載する2次元有効応力解析モデルと同じモデルを使用する。

津波波圧及び動水圧による接地圧も、検討ケース①～⑥に対応する地盤剛性を用いて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、補足-28「1. 防潮堤（鋼製防護壁）の耐震計算書に関する補足説明」に記載する2次元有効応力解析における常時応力解析モデルに基づき、図4.9-12に示す2次元静的FEM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とすること以外の解析条件は同じとする。

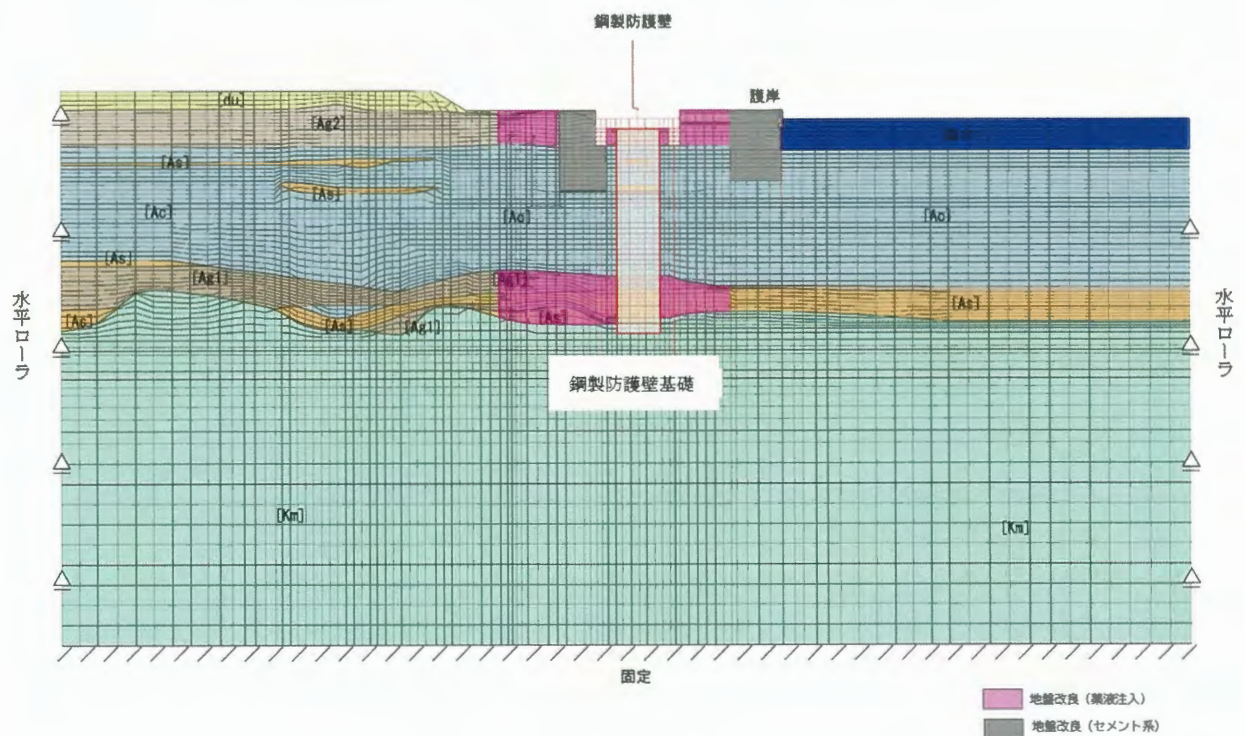
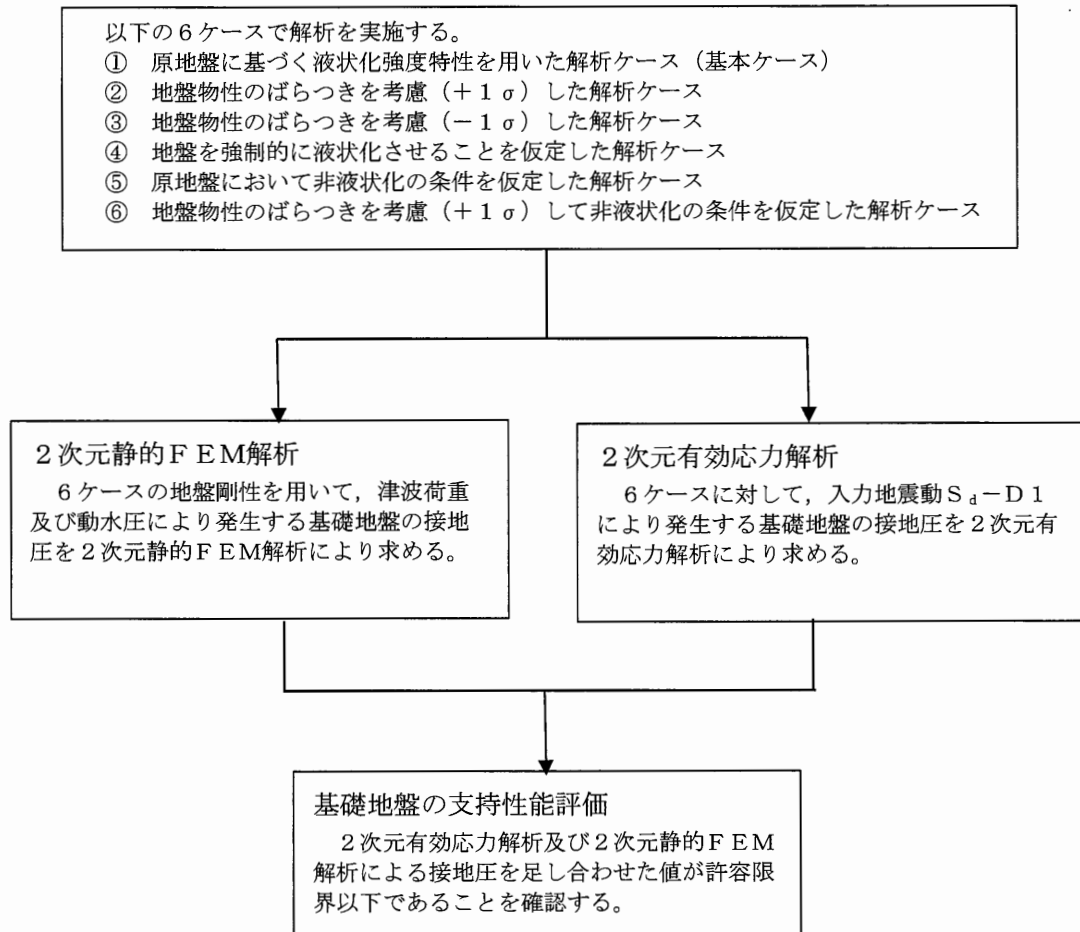


図 4.9-12 2次元静的FEM解析モデル

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。基礎地盤の支持性能評価フローを図 4.9-13 に、接地圧の算出フローを図 4.9-14 に示す。



* 以上の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 4.9-13 基礎地盤の支持性能評価フロー

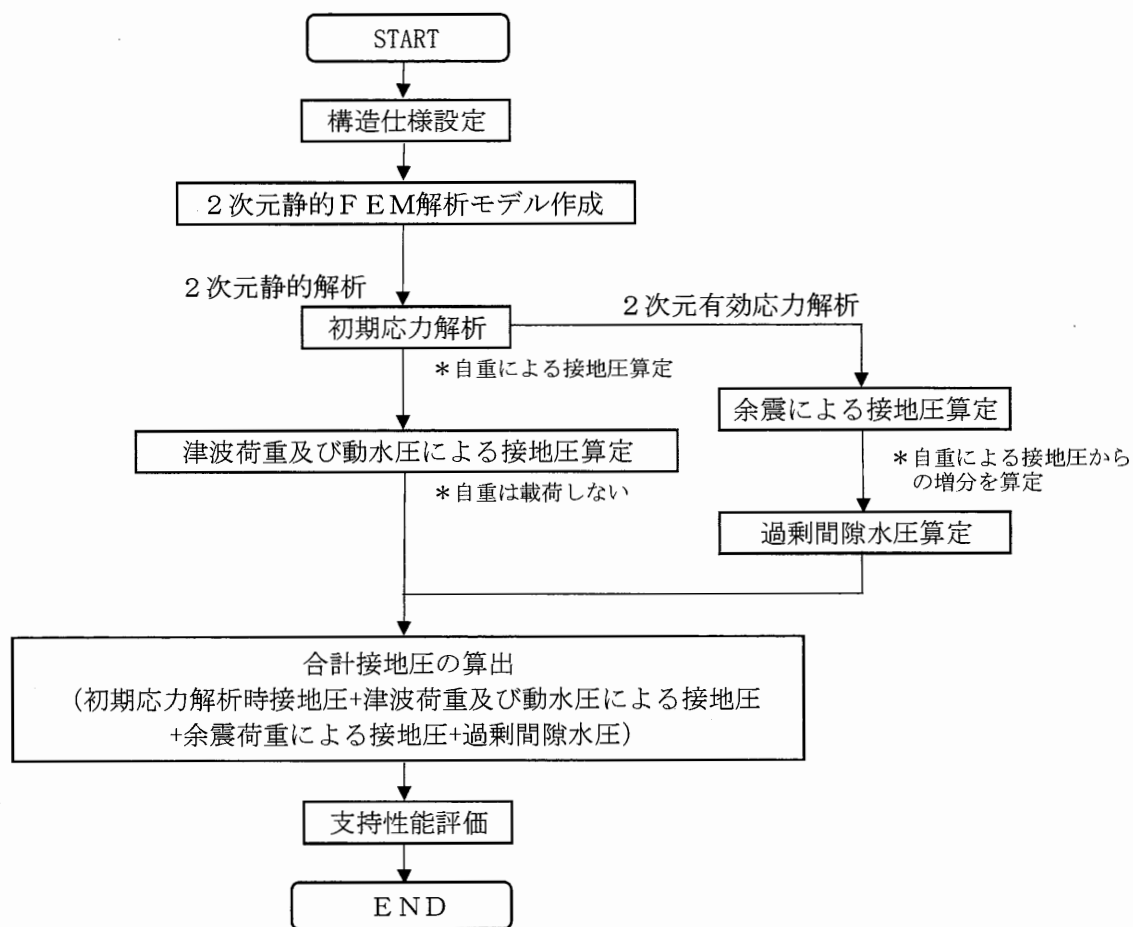


図 4.9-14 接地圧の算出フロー

(4) 使用材料及び材料の物性値

「4.3 使用材料及び材料の物性値」に記載のとおり設定する。

(5) 荷重及び荷重の組合せ

「4.5 荷重及び荷重の組合せ」に記載のとおり設定する。

4.9.5 頂版鉄筋コンクリートのモデル化

鋼管杭及び巻立て鉄筋コンクリートが追加されたことに伴い、鋼管杭が南北方向に複数配置されることや中実鉄筋コンクリートからの張出しの影響を評価するため、3次元フレームモデルにて頂版鉄筋コンクリートを平板要素としてモデル化する。

平板要素のメッシュサイズは板厚の1/2以下とし、鋼管杭の配置や剛域、曲げ軸力及びせん断照査位置を考慮して分割する。剛域の設定は、道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（日本道路協会、平成24年3月）に準拠し、以下の通り設定する。図4.9-15に平板要素に対する剛域の設定範囲を示す。

- ・ 平板要素でモデル化した頂版鉄筋コンクリートの剛域は、中実鉄筋コンクリートの外周面を部材端として、部材端から内側に頂版厚 $\times 0.25$ （ $5.040 \times 0.25 = 1.260$ m）を設定する。したがって、下図に示す剛域内の平板要素には、曲げモーメントもせん断力も発生しない解析条件とする。
- ・ 鋼管杭の杭頭から平板要素軸線まで剛域を延ばし、鋼管杭と頂版の剛体接続を考慮する。

中実鉄筋コンクリート範囲内には、頂版鉄筋コンクリートの張出し部の鉄筋の定着長を必要長さ分確保し剛域として設定することから、頂版鉄筋コンクリート全体を平板要素としてモデル化しても力学特性を適切に評価できると判断する。

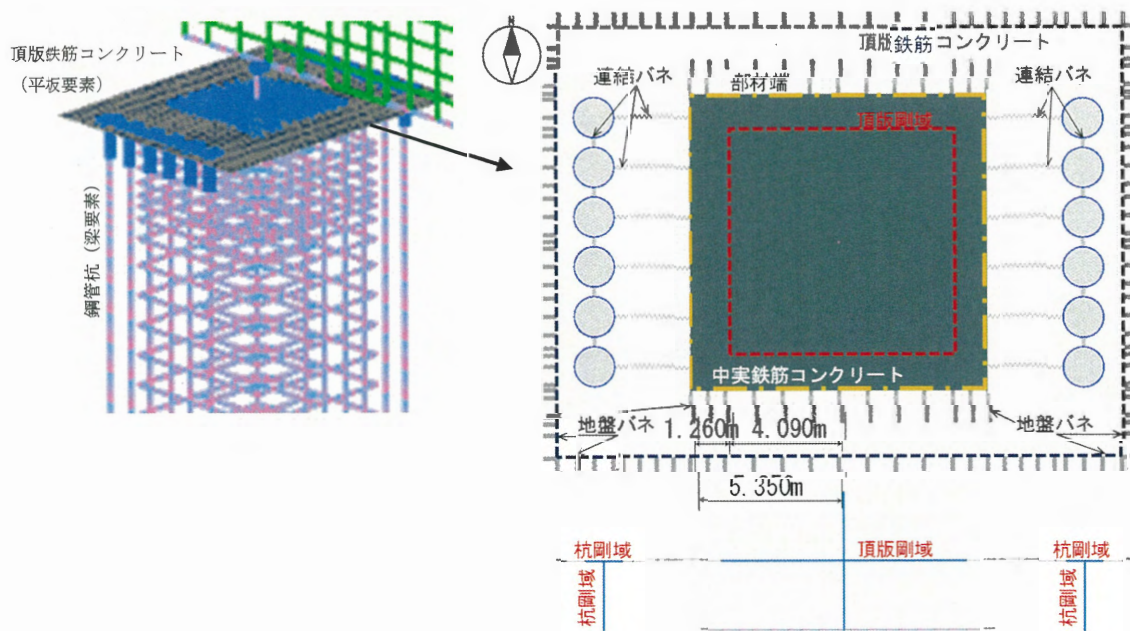


図 4.9-15 平板要素における剛域の設定

4.9.6 地盤バネと地盤反力係数の設定

耐津波においては、津波荷重による鋼製防護壁から鋼製防護壁基礎への荷重伝達及び南北基礎間の相互作用を適切に評価するため、鋼製防護壁と鋼製防護壁基礎が一体となる3次元静的フレーム解析を採用し、周辺地盤を地盤バネとしてモデル化している。地盤バネの設定と地盤反力係数（上限値）のモデル化概念図を図4.9-16に示す。また、地盤バネに対する応答変位の入力イメージを図4.9-17に示す。

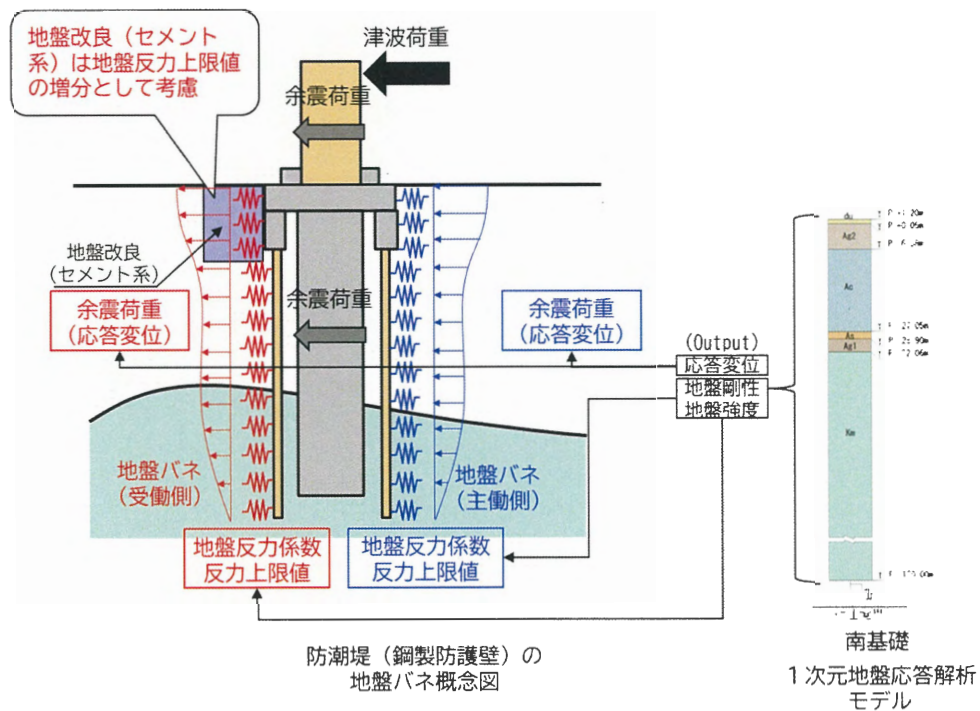


図 4.9-16 地盤バネと地盤反力係数（上限値）のモデル化概念図（重畳時）

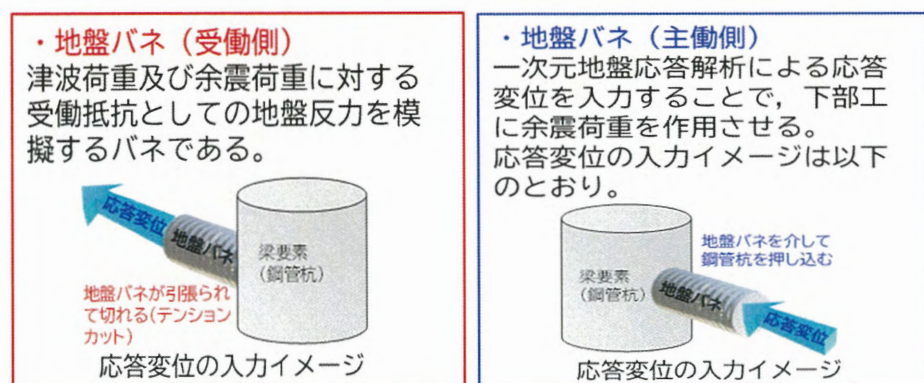


図 4.9-17 地盤バネ（受働側・主働側）に対する応答変位の入力イメージ

(a) 地盤バネ設定

地盤バネは、表 4.9-3 に示すとおり余震有無と検討ケースを踏まえて設定する。

なお、地盤バネ 3, 4, 5 は、検討ケース⑤, ⑥, ③' に対し 1 次元有効応力解析を実施して、各項目が最大となる原地盤条件を選定する。

表 4.9-3 地盤バネ設定

地盤バネ設定	余震有無	検討ケース (地盤条件)	地盤反力係数	地盤反力上限値	備考
地盤バネ 1	余震なし 津波時	-	初期せん断剛性より設定	ピーク強度より設定	地盤抵抗 が大きい ケース
地盤バネ 2		-	静弾性係数より設定	残留強度より設定	地盤抵抗 が小さい ケース
地盤バネ 3	余震あり 重畳時	検討ケース⑤ (非液化化)	地表面加速度が最大となる 時刻の剛性より設定 (地盤条件を選定)*	選定した地盤条件における ピーク強度より設定	地盤抵抗 が大きい ケース
地盤バネ 4		検討ケース⑥ (非液化化+1 σ Vs)	地表面変位が最大となる 時刻の剛性より設定 (地盤条件を選定)*		地盤抵抗 が小さい ケース
地盤バネ 5		検討ケース③' (非液化化-1 σ Vs)	せん断ひずみが最大となる 時刻の剛性より設定 (地盤条件を選定)*		

注記 *：検討ケース⑤, ⑥, ③' に対し 1 次元有効応力解析を実施して、各項目が最大となる地盤条件を選定

・検討ケース

検討ケース	原地盤条件	地盤改良条件	
		薬液注入	セメント系
検討ケース⑤	非液化化	非液化化, 平均Vs	設計基準Vs
検討ケース⑥	非液化化+1 σ Vs	非液化化, 平均+1 σ Vs	Vs(+1 σ)
検討ケース③'	非液化化-1 σ Vs	非液化化, 平均-1 σ Vs	Vs(-1 σ)

注記：検討ケース⑤：原地盤において非液化化の条件を仮定した解析ケース

検討ケース⑥：地盤物性のばらつきを考慮(+1 σ)して非液化化の条件を仮定した解析ケース

検討ケース③'：地盤物性のばらつきを考慮(-1 σ)して非液化化の条件を仮定した解析ケース

(b) 地盤バネのモデル

地盤バネモデルは、道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（日本道路協会、平成 24 年 3 月）に基づき、図 4.9-18 に示す地盤反力上限値を考慮したバイリニア型とする。

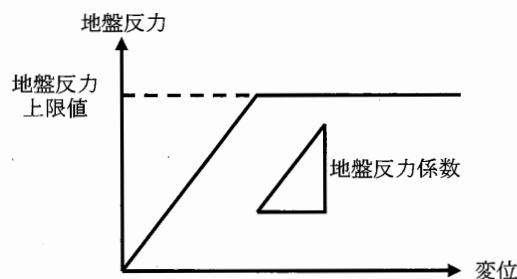


図 4.9-18 地盤バネのモデル（バイリニア型）

(c) 地盤バネの解析モデルへの反映について

イ. 津波時

巻立て鉄筋コンクリートを含む鋼管杭及び地盤改良（セメント系）については、3次元フレームモデルに反映して解析を実施する。耐津波設計モデルの概要を図 4.9-19 に示す。また、津波時の各検討ケースの地盤反力係数と上限値の設定の組合せを表 4.9-4 に示す。

耐津波設計においては、津波荷重による水平トルクを受ける中実鉄筋コンクリートと鋼管杭及び鋼製防護壁の3次元的な挙動を評価する。

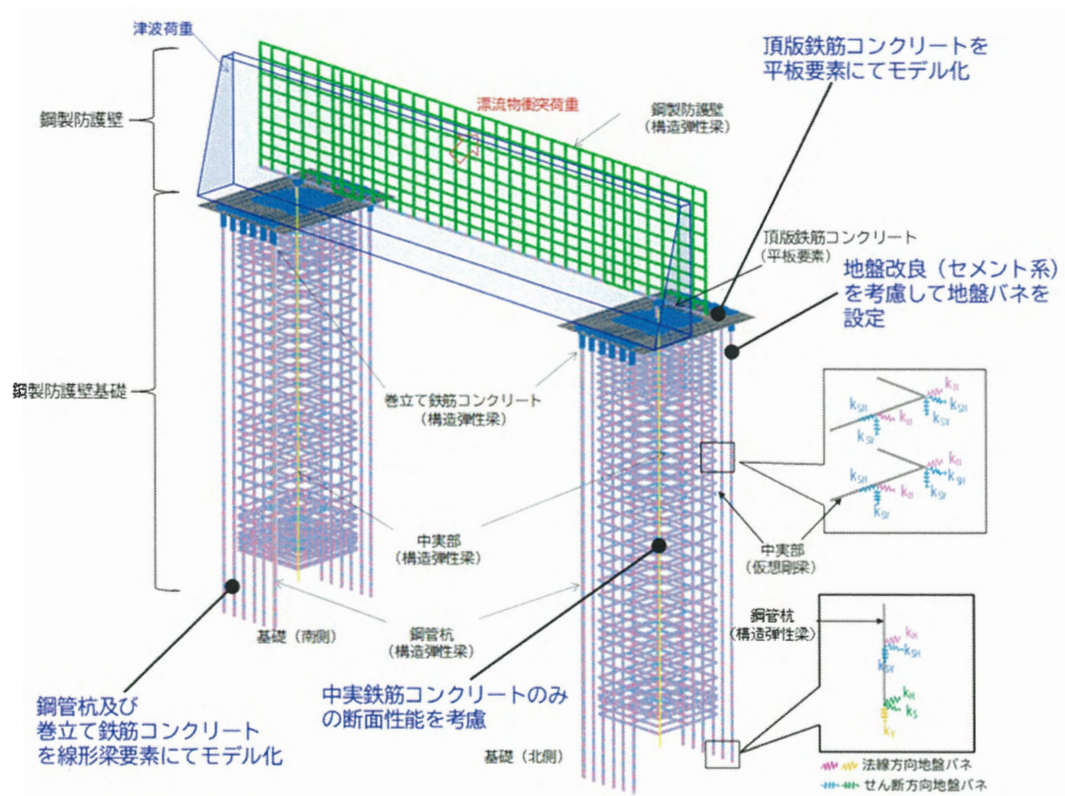


図 4.9-19 解析モデルの概要（津波時）

表 4.9-4 各検討ケースの地盤反力係数と上限値（津波時）

地盤バネ設定	地盤反力係数	地盤反力上限値
地盤バネ1	初期せん断剛性より設定	ピーク強度(平均)より設定
地盤バネ2	静弾性係数より設定	残留強度(平均-1σ)より設定

ロ. 重畳時

重畳時においても津波時と同様に、巻立て鉄筋コンクリート含む鋼管杭及び地盤改良（セメント系及び薬液注入）について、3次元フレームモデルに反映して解析を実施する。耐津波設計モデルの概要を図 4.9-20 に示す。また、重畳時の各検討ケースの地盤反力係数と上限値の設定の組合せを表 4.9-5 に示す。

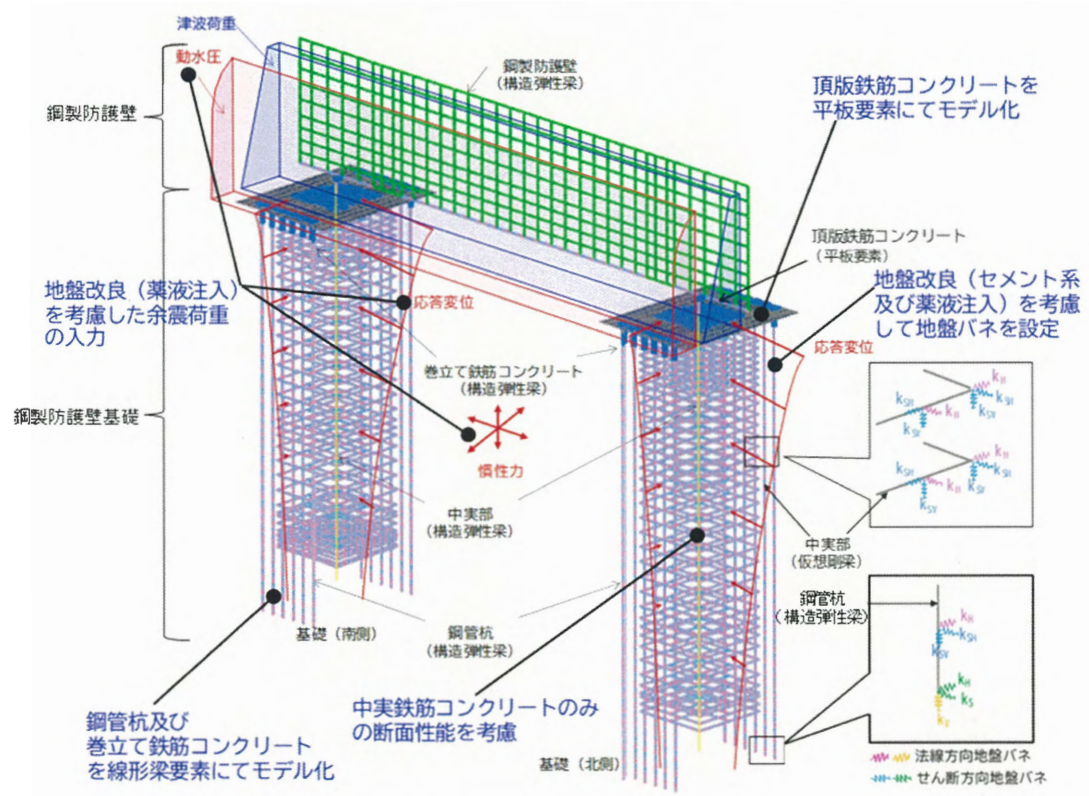


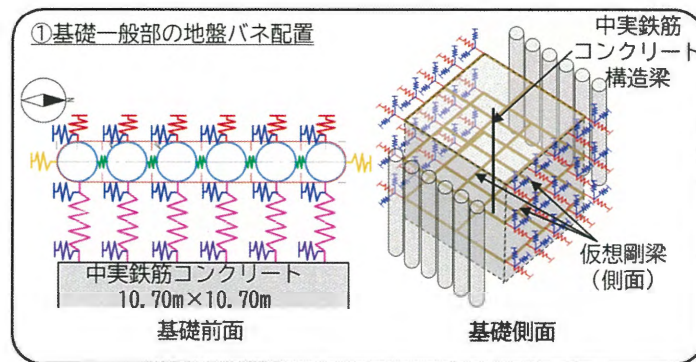
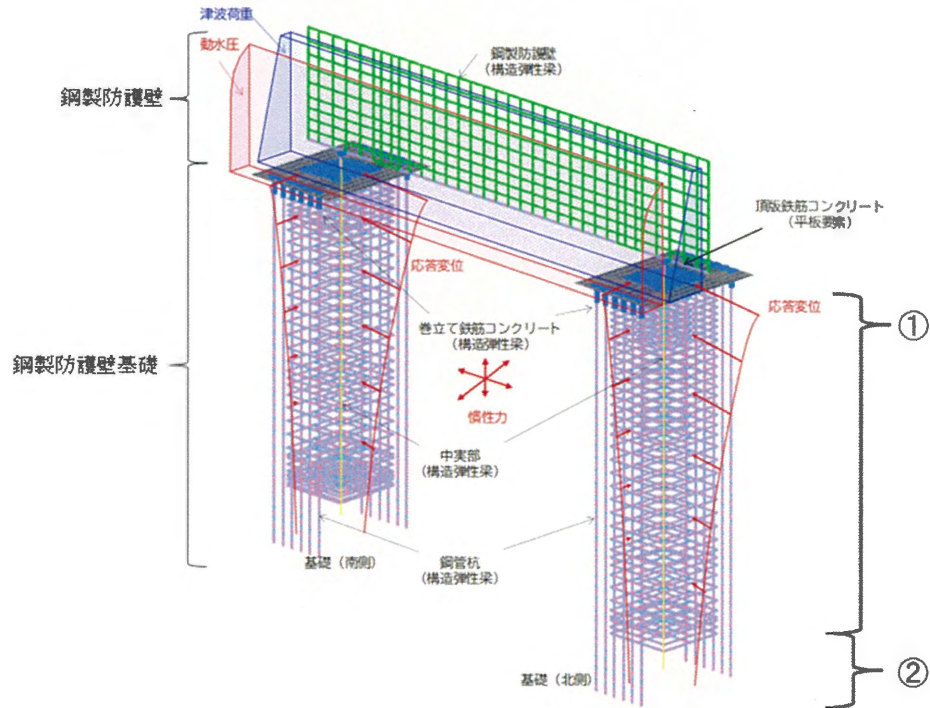
図 4.9-20 解析モデルの概要（重畳時）

表 4.9-5 各検討ケースの地盤反力係数と上限値（重畳時）

地盤バネ設定	地盤反力係数	地盤反力上限値
地盤バネ3	地表面加速度が最大となる時刻の剛性より設定	ピーク強度(平均)より設定
地盤バネ4	地表面変位が最大となる時刻の剛性より設定	
地盤バネ5	せん断ひずみが最大となる時刻の剛性より設定	

ハ. 各部材に対する地盤バネの設定

耐津波設計の3次元フレームモデルに用いる地盤バネは、道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（日本道路協会、平成24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して設定することを基本とする。各部材に対する地盤バネ設定の概念図を図4.9-21に示す。



※各地盤バネの色の凡例を表4.9-6に示す。

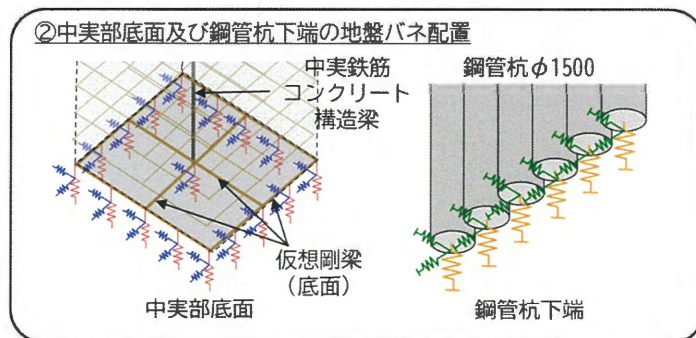
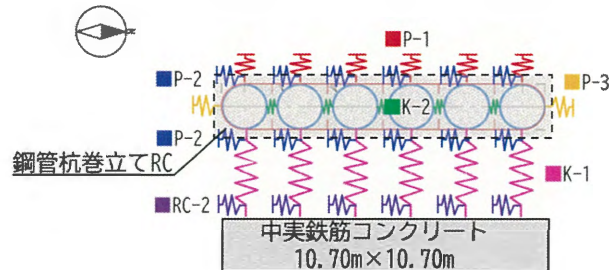


図4.9-21 各構造部材に対する地盤バネ設定の概念図

(イ) 基礎一般部の地盤バネ（基礎前面）巻立て鉄筋コンクリート（T.P. -6.0m 位浅）

基礎一般部の地盤バネ（基礎前面）巻立て鉄筋コンクリート（T.P. -6.0m 以浅）の地盤バネの設定概念図を図 4.9-22 に示す。また、地盤バネの設定条件一覧表を表 4.9-6 に、地盤バネの算定式及び算定に用いる地盤の変形係数、せん断弾性係数を表 4.9-7 に示す。



※各地盤バネの色別の凡例を表 4.9-6 に示す。

図 4.9-22 地盤バネ設定概念図

表 4.9-6 地盤バネ設定条件一覧表

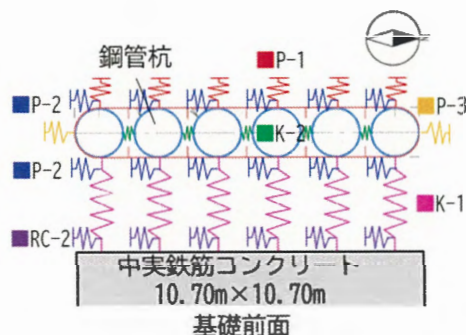
記号 (バネ色)	設定面	区分	換算載荷幅 (m)	地盤反力係数等	地盤反力上限値 の有無	その他
■P-1	東西	面直(外向き)	1.498 (鋼管杭外径)	道示 K_H (下式参照)	有	群杭の低減考慮
■K-1		面直(内向き)	中間部1.800 端部1.649	連結バネとして設定 (下式参照)	無	仮想ケーシング断面 考慮
■P-2		水平・鉛直 せん断	同上	道示 K_{SH} , K_{SV} (下式参照)	有	同上
■RC-2		水平・鉛直 せん断	同上	道示 K_{SH} , K_{SV} (下式参照)	無	
■P-3	南北 端部のみ	面直	1.198 (鋼管杭外径 $\times 0.8$)	道示 K_H (下式参照)	有	仮想ケーシング断面 考慮
■K-2	南北	面直	1.320 (鋼管杭間)	連結バネとして設定 (下式参照)	無	

表 4.9-7 各地盤バネの算定式及び算定に用いる係数

道示 K_H の算定式 (■P-1, ■P-3)	道示 K_{SH} , K_{SV} の算定式 (■P-2, ■RC-2)	連結バネの算定式 (■K-1, ■K-2)
$K_H = \alpha_k K_{H0} \left(\frac{B_H}{0.3} \right)^{-\frac{3}{4}}$ K_H : 部材面法線方向地盤反力係数 (kN/m^2) α_k : K_H の推定に用いる補正係数 ($=1.5$) K_{H0} : 直径0.3 m剛体円板の平板載荷試験の値に相当する水平方向地盤反力係数 (kN/m^2) $K_{H0} = \frac{1}{0.3} \alpha E_0$ α : 地盤反力係数の換算係数 ($\alpha=1.0$) E_0 : 地盤の変形係数 (kN/m^2) $E_0 = 2(1 + \nu_d)G$ ν_d : 動ポアソン比 G : 地盤のせん断弾性係数 (kN/m^2) B_H : 換算載荷幅 (上記“地盤バネ一覧表のとおり。”)	$K_{SH} = K_{SV} = 0.3K_H$ K_{SH} : 部材面接線(水平せん断)方向地盤反力係数 (kN/m^2) K_{SV} : 部材面接線(鉛直せん断)方向地盤反力係数 (kN/m^2)	$K_{RCR} = E_0/l_{RC} \quad K_{PR} = E_0/l_{PR}$ K_{RCR} : 鉄筋コンクリート基礎と鋼管杭の連結バネ(K-1)の反力係数 (kN/m^2) K_{PR} : 鋼管杭間の連結バネ(K-2)の反力係数 (kN/m^2) E_0 : 地盤の変形係数 (kN/m^2) l_{RC} , l_{PR} : 連結バネの長さ (m)
地盤の変形係数E_0、地盤のせん断弾性係数G 地盤の変形係数 E_0 、(地盤のせん断弾性係数 G)は、地盤バネの種類に応じて下記のとおり設定する。 津波時: 地盤バネ1は初期せん断弾性係数 G_m に基づき設定、地盤バネ2は静弾性係数 E に基づき設定 (上限値は、地盤バネ1がピーク強度(平均)、地盤バネ2が残留強度(-1σ)から設定) 重畳時: 地盤バネ3～5は、余震時の一次元地盤応答解析により算出した収束剛性 G に基づき設定 (上限値は、ピーク強度(平均)の余震時の収束強度(面直 σ_t 、せん断 τ_t)から設定)		

(ロ) 基礎一般部の地盤バネ（基礎前面）巻立て鉄筋コンクリート(T.P. -6.0m 以深)

基礎一般部の地盤バネ（基礎前面）巻立て鉄筋コンクリート(T.P. -6.0m 以深)の地盤バネの設定概念図を図 4.9-23 に示す。また、地盤バネの設定条件一覧表を表 4.9-8 に、地盤バネの算定式及び算定に用いる地盤の変形係数、せん断弾性係数を表 4.9-9 に示す。



※各地盤バネの色別の凡例を表 4.9-8 に示す。

図 4.9-23 地盤バネ設定概念図

表 4.9-8 地盤バネ設定条件一覧表

記号 (ばね色)	設定面	区分	換算荷重幅 (m)	地盤反力係数等	地盤反力上限値 の有無	その他
■P-1	東西	面直(外向き)	1.498 (鋼管杭外径)	道示 K_H (下式参照)	有	群杭の低減考慮
■K-1		面直(内向き)	中間部1.800 端部1.649	連結バネとして設定 (下式参照)	無	仮想ケelson断面 考慮
■P-2		水平・鉛直 せん断	同上	道示 K_{SH} , K_{SV} (下式参照)	有	同上
■RC-2		水平・鉛直 せん断	同上	道示 K_{SH} , K_{SV} (下式参照)	無	
■P-3	南北 端部のみ	面直	1.198 (鋼管杭外径 $\times 0.8$)	道示 K_H (下式参照)	有	仮想ケelson断面 考慮
■K-2	南北	面直	1.320 (鋼管杭間)	連結バネとして設定 (下式参照)	無	

表 4.9-9 各地盤バネの算定式及び算定に用いる係数

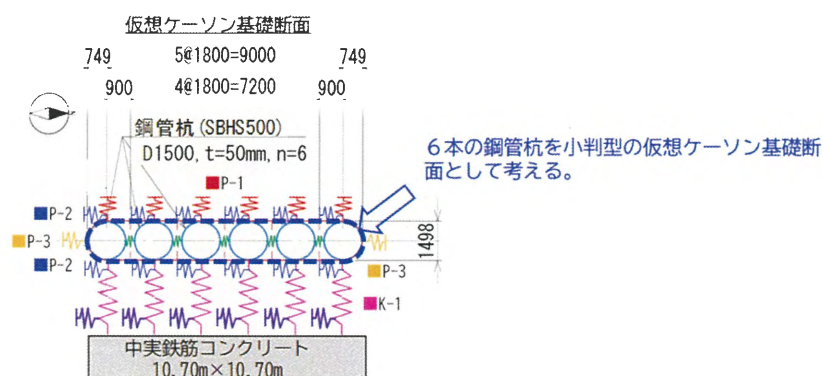
道示 K_H の算定式 (■P-1, ■P-3)	道示 K_{SH} , K_{SV} の算定式 (■P-2, ■RC-2)	連結バネの算定式 (■K-1, ■K-2)
$K_H = \alpha_K K_{H0} \left(\frac{B_H}{0.3} \right)^{-\frac{3}{4}}$ K_H : 部材面法線方向地盤反力係数 (kN/m^2) α_K : K_H の推定に用いる補正係数 (=1.5) K_{H0} : 直径0.3 m剛体円板の平板載荷試験の値に相当する水平方向地盤反力係数 (kN/m^2) $K_{H0} = \frac{1}{0.3} \alpha E_0$ α : 地盤反力係数の換算係数 ($\alpha=1.0$) E_0 : 地盤の変形係数 (kN/m^2) $E_0 = 2(1 + \nu_d)G$ ν_d : 動ボアソン比 G : 地盤のせん断弾性係数 (kN/m^2) B_H : 換算荷重幅 (上記“地盤バネ一覧表のとおり。”)	$K_{SH} = K_{SV} = 0.3K_H$ K_{SH} : 部材面接線(水平せん断)方向地盤反力係数 (kN/m^2) K_{SV} : 部材面接線(鉛直せん断)方向地盤反力係数 (kN/m^2)	$K_{RCR} = E_0 / l_{RC}$ $K_{PR} = E_0 / l_{PR}$ K_{RCR} : 鉄筋コンクリート基礎と鋼管杭の連結バネ(K-1)の反力係数 (kN/m^2) K_{PR} : 鋼管杭間の連結バネ(K-2)の反力係数 (kN/m^2) E_0 : 地盤の変形係数 (kN/m^2) l_{RC} , l_{PR} : 連結バネの長さ (m)
地盤の変形係数 E_0 、地盤のせん断弾性係数 G		
地盤の変形係数 E_0 、地盤のせん断弾性係数 G は、地盤バネの種類に応じて下記のとおり設定する。 津波時: 地盤バネ1は初期せん断弾性係数 G_m に基づき設定、地盤バネ2は静弾性係数 E に基づき設定 (上限値は、地盤バネ1がピーク強度(平均)、地盤バネ2が残留強度(-1σ)から設定) 重畳時: 地盤バネ3～5は、余震時の一次元地盤応答解析により算出した収束剛性 G に基づき設定 (上限値は、ピーク強度(平均)の余震時の収束強度(面直 σ_t 、せん断 τ_t)から設定)		

(ハ) 群杭効果及び仮想ケーソン断面による評価

道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（日本道路協会、平成24年3月）において、鋼管杭の中心間隔が杭径Dの2.5倍以上であると群杭の影響は比較的小さいと記載しているが、本設計においては杭の中心間隔1.8m/杭径1.5m＝1.2倍＜2.5倍となるため、鋼管杭の群杭の影響を考慮する必要がある。群杭の影響として、水平方向地盤反力係数の低減を考慮し、低減方法は水平方向地盤反力係数に補正係数 $\mu = 0.74$ を乗じる。

$$\begin{aligned}\mu &= 1 - 0.2 \left(2.5 - \frac{L}{D} \right) \\ &= 1 - 0.2(2.5 - 1.2) \\ &= 1 - 0.26 = 0.74 \quad [L < 2.5D]\end{aligned}$$

仮想ケーソン断面を考慮する場合の有効載荷幅を図 4.9-24 に、群杭の影響及び仮想ケーソン断面を設定する地盤バネの一覧表を表 4.9-10 に示す。



※各地盤バネの色別の凡例を表 4.9-10 に示す。

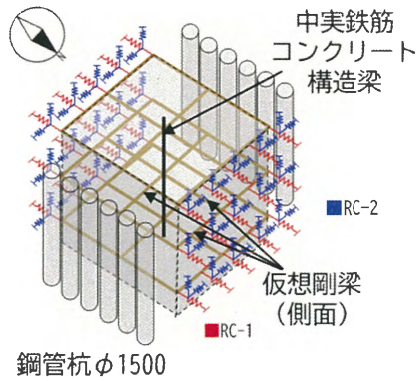
図 4.9-24 仮想ケーソン断面を考慮する場合の有効載荷幅

表 4.9-10 群杭の影響及び仮想ケーソン断面を考慮する地盤バネ

記号 (ばね色)	設定面	区分	換算載荷幅 (m)	地盤反力係数等	地盤反力上限値 の有無	その他
■ P-1	東西	面直(外向き)	1.498 (鋼管杭外径)	道示 K_H	有	群杭の低減考慮
■ K-1		面直(内向き)	中間部1.800 端部1.649	連結バネとして 設定	無	仮想ケーシング断面 考慮
■ P-2		水平・鉛直 せん断	同上	道示 K_{SH} , K_{SV}	有	同上
■ P-3	南北 端部のみ	面直	1.198 (鋼管杭外径 $\times 0.8$)	道示 K_H	有	同上

(二) 基礎一般部の地盤バネ（基礎側面）

基礎一般部の地盤バネ（基礎側面）の地盤バネの設定概念図を図 4.9-25 に示す。また、地盤バネの設定条件一覧表を表 4.9-11 に、地盤バネの算定式及び算定に用いる地盤の変形係数、せん断弾性係数を表 4.9-12 に示す。



※各地盤バネの色別の凡例を表 4.9-11 に示す。

図 4.9-25 地盤バネ設定概念図

表 4.9-11 地盤バネ設定条件一覧表

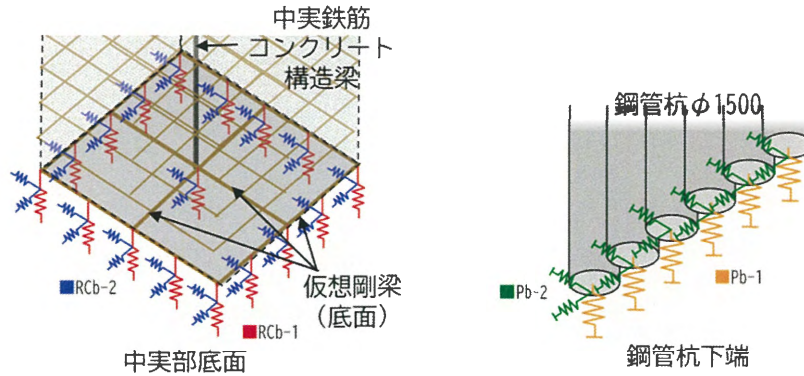
記号 (ばね色)	設定面	区分	換算載荷幅 (m)	地盤反力係数等	地盤反力上限値 の有無
■RC-1	南北	面直	10.7m	道示 K_H (下式参照)	有
■RC-2		水平・鉛直 せん断	同上	道示 K_{SH} , K_{SV} (下式参照)	有

表 4.9-12 各地盤バネの算定式及び算定に用いる係数

道示K_Hの算定式 (■RC-1) $K_H = \alpha_k K_{H0} \left(\frac{B_H}{0.3} \right)^{\frac{3}{4}}$ K_H: 部材面法線方向地盤反力係数 (kN/m²) α_k: K_Hの推定に用いる補正係数 (=1.5) K_{H0}: 直径0.3 m剛体円板の平板載荷試験の値に相当する水平方向地盤反力係数 (kN/m²) $K_{H0} = \frac{1}{0.3} \alpha E_0$ α: 地盤反力係数の換算係数 ($\alpha = 1.0$) E_0: 地盤の変形係数 (kN/m²) $E_0 = 2(1 + \nu_d)G$ ν_d: 動ボアソン比 G: 地盤のせん断弾性係数 (kN/m²) B_H: 換算載荷幅 (上記“地盤バネ一覧表のとおり。”)	道示K_{SH}, K_{SV}の算定式 (■RC-2) $K_{SH} = K_{SV} = 0.3K_H$ K_{SH}: 部材面接線(水平せん断)方向地盤反力係数 (kN/m²) K_{SV}: 部材面接線(鉛直せん断)方向地盤反力係数 (kN/m²) 地盤の変形係数E_0、地盤のせん断弾性係数G 地盤の変形係数E_0 (地盤のせん断弾性係数G) は、地盤バネの種類に応じて下記のとおり設定する。 津波時: 地盤バネ1は初期せん断弾性係数G_mに基づき設定、地盤バネ2は静弾性係数Eに基づき設定 (上限値は、地盤バネ1がピーク強度(平均)、地盤バネ2が残留強度(-1σ)から設定) 重畳時: 地盤バネ3～5は、余震時の一次元地盤応答解析により算出した収束剛性Gに基づき設定 (上限値は、ピーク強度(平均)の余震時の収束強度 (面直σ_t, せん断τ_t) から設定)
--	---

(ホ) 中実鉄筋コンクリート底部及び鋼管杭下端の地盤バネ

中実鉄筋コンクリート底部及び鋼管杭下端の地盤バネの設定概念図を図 4.9-26 に示す。また、地盤バネの設定条件一覧表を表 4.9-13 に、地盤バネの算定式及び算定に用いる地盤の変形係数、せん断弾性係数を表 4.9-14 に示す。



※各地盤バネの色別の凡例を表 4.9-13 に示す。

図 4.9-26 地盤バネ設定概念図

表 4.9-13 地盤バネ設定条件一覧表

記号 (ばね色)	設定面	区分	換算載荷幅 (m)	地盤反力係数等	地盤反力上限値 の有無
■ Rcb-1	中実部 底面	面直	10.7	道示 K_V (下式参照)	有
■ Rcb-2		水平2方向 せん断	同上	道示 K_{SL} , K_{ST} (下式参照)	有
■ Pb-1	鋼管杭 下端	面直	1.328 (等価矩形断面幅)	道示 K_V (下式参照)	有
■ Pb-2		水平2方向 せん断	同上	道示 K_{SL} , K_{ST} (下式参照)	有

表 4.9-14 各地盤バネの算定式及び算定に用いる係数

道示K_Vの算定式 (■ Rcb-1, ■ Pb-1) $K_V = K_{V0} \left(\frac{B_V}{0.3} \right)^{-\frac{3}{4}}$ K_V: 部材底面法線方向地盤反力係数 (kN/m²) K_{V0}: 直径0.3 m剛体円板の平板載荷試験の値に相当する鉛直方向地盤反力係数 (kN/m²) $K_{V0} = \frac{1}{0.3} \alpha E_0$ α: 地盤反力係数の換算係数 ($\alpha = 1.0$) E_0: 地盤の変形係数 (kN/m²) $E_0 = 2(1 + \nu_d)G$ ν_d: 動ポアソン比 G: 地盤のせん断弾性係数 (kN/m²) B_V: 換算載荷幅 (上記“地盤バネ一覧表のとおり。)	道示K_{SL}, K_{ST}の算定式 (■ Rcb-2, ■ Pb-2) $K_{SL} = K_{ST} = 0.3 K_H$ K_{SL}: 部材底面接線(堤軸せん断)方向地盤反力係数 (kN/m²) K_{ST}: 部材面接線(堤軸直交せん断)方向地盤反力係数 (kN/m²) 地盤の変形係数E_0、地盤のせん断弾性係数G 地盤の変形係数E_0(地盤のせん断弾性係数G)は、地盤バネの種類に応じて下記のとおり設定する。 津波時: 地盤バネ1は初期せん断弾性係数G_mに基づき設定、地盤バネ2は静弾性係数Eに基づき設定(上限値は、地盤バネ1がピーク強度(平均)、地盤バネ2が残留強度(-1σ)から設定) 重畳時: 地盤バネ3～5は、余震時の一次元地盤応答解析により算出した収束剛性Gに基づき設定(上限値は、ピーク強度(平均)の余震時の収束強度(面直σ_t、せん断τ_t)から設定)
---	--

(d) 地盤反力係数

地盤反力係数は、道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（日本道路協会、平成24年3月）に基づき設定する。

イ. 部材面法線方向地盤反力係数（P-1, P-3, RC-1）

$$K_H = \alpha_k K_{H0} (B_H/0.3)^{-3/4}, K_{H0} = 1/0.3 \alpha E_0$$

ここで、

K_H ：部材面法線方向地盤反力係数(kN/m³)

α_k ： K_H の推定に用いる補正係数 (=1.5)

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

α ：地盤反力係数の換算係数 (= 1.0)

E_0 ：地盤の変形係数(kN/m²)

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

ν_d ：動ポアソン比

G ：地盤のせん断弾性係数(kN/m³)

B_H ：換算載荷幅

ロ. 部材面接線（水平せん断及び鉛直せん断）方向地盤反力係数（P-2, RC-2）

$$K_{SH} = K_{SV} = 0.3K_H$$

ここで、

K_{SH} ：部材面接線（水平せん断）方向地盤反力係数(kN/m³)

K_{SV} ：部材面接線（鉛直せん断）方向地盤反力係数(kN/m³)

ハ. 部材底面法線方向地盤反力係数 (RCb-1, Pb-1)

$$K_V = K_{V0} (B_V/0.3)^{-3/4}, \quad K_{V0} = 1/0.3 \alpha E_0$$

ここで,

K_V : 部材面法線方向地盤反力係数 (kN/m³)

K_{V0} : 直径 0.3 m 剛体円板による平板載荷試験の値に相当する鉛直方向地盤反力係数 (kN/m³)

α : 地盤反力係数の換算係数 (= 1.0)

E_0 : 地盤の変形係数 (kN/m²)

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

ν_d : 動ポアソン比

G : 地盤のせん断弾性係数 (kN/m³)

B_V : 換算載荷幅

ニ. 部材底面接線 (堤軸せん断及び堤軸直交せん断) 方向地盤反力係数 (RCb-2, Pb-2)

$$K_{SL} = K_{ST} = 0.3K_H$$

ここで,

K_{SL} : 部材底面接線 (堤軸せん断) 方向地盤反力係数 (kN/m³)

K_{ST} : 部材底面接線 (堤軸直交せん断) 方向地盤反力係数 (kN/m³)

ホ. 群杭の影響を考慮した地盤反力係数の低減 (P-1)

鋼管杭背面の地盤反力係数は、図 4.9-27 に示すとおり杭中心間隔 L が杭径 D に対し小さい [$L < 2.5D$] ことを踏まえ、群杭の影響を考慮して設定する。

低減の方法は、水平方向地盤反力係数に対し下式で求めた補正係数 μ を乗じる。

$$\mu = 1 - 0.2 (2.5 - L/D), \quad L < 2.5D$$

ここで、

μ : 補正係数, $\mu = 0.74$

L : 杭中心間隔 (m), $L = 1.8 \text{ m}$

D : 杭径 (m), $D = 1.5 \text{ m}$

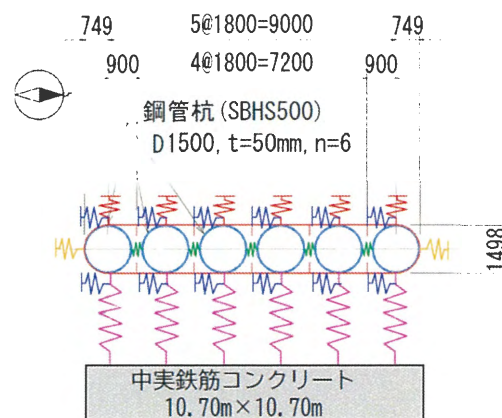


図 4.9-27 鋼管杭配置

(e) 地盤反力上限値

地盤反力上限値は、道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（日本道路協会，平成24年3月）に基づき設定する。

イ. 部材面法線方向地盤反力係数の上限値

部材面法線方向地盤反力係数の上限値を以下のとおり設定する。

$$P_{HU} = \alpha_P P_{EP} \quad (\text{地盤バネ 1, 2})$$

$$P_{HU} = c_{CD} \times \cos \phi_{CD} + \sigma'_m \times (1 + \sin \phi_{CD}) \quad (\text{地盤バネ 3, 4, 5})$$

ここで，

P_{HU} ：基礎前面の水平方向地盤反力度の上限値 (kN/m²)

α_P ：割増係数

$$\alpha_P = 1.0 + 0.5(z/Be) \leq 3.0$$

ただし， $N = 2$ 以下の粘性土の場合， $\alpha_P = 1.0$

z ：設計上の地盤面からの深さ (m)

Be ：基礎の有効前面幅 (m)

P_{EP} ：地震時の受働土圧強度 (kN/m²)

c_{CD} ：粘着力 (kN/m²)

ϕ_{CD} ：内部摩擦角 (°)

σ'_m ：平均有効主応力 (kN/m²)

ロ. 部材面接線（水平せん断及び鉛直せん断）方向地盤反力係数の上限値

部材面接線（水平せん断及び鉛直せん断）方向地盤反力係数の上限値を以下のとおり設定する。

$$\tau_f = \min[5N, c + P_0 \tan \phi, 200] \quad (\text{地盤バネ 1, 2 : 砂質土})$$

$$\tau_f = \min[c + P_0 \tan \phi, 150] \quad (\text{地盤バネ 1, 2 : 粘性土})$$

$$\tau_f = \min[c_{CD} \times \cos \phi_{CD} + \sigma'_m \times \sin \phi_{CD}, 200] \quad (\text{地盤バネ 3, 4, 5 : 砂質土})$$

$$\tau_f = \min[c_{CD} \times \cos \phi_{CD} + \sigma'_m \times \sin \phi_{CD}, 150] \quad (\text{地盤バネ 3, 4, 5 : 粘性土})$$

ここで，

τ_f ：基礎前背面の鉛直方向せん断地盤反力度の上限値 (kN/m²)

N ：標準貫入試験の N 値

c ：粘着力 (kN/m²)

P_0 ：静止土圧強度 (kN/m²)

ϕ ：内部摩擦角 (°)

c_{CD} ：粘着力 (kN/m²)

ϕ_{CD} ：内部摩擦角 (°)

σ'_m ：平均有効主応力 (kN/m²)

ハ. 部材底面法線方向地盤反力係数の上限値

部材底面法線方向地盤反力係数の上限値を以下のとおり設定する。

$$P_{BVU} = \text{極限支持力度と同一とする} \quad (\text{地盤バネ 1, 2})$$

$$P_{BVU} = c_{CD} \times \cos \phi_{CD} + \sigma'_m \times (1 + \sin \phi_{CD}) \quad (\text{地盤バネ 3, 4, 5})$$

ここで,

P_{BVU} : 基礎底面の鉛直方向地盤反力度の上限値 (kN/m²)

c_{CD} : 粘着力 (kN/m²)

ϕ_{CD} : 内部摩擦角 (°)

σ'_m : 平均有効主応力 (kN/m²)

ニ. 部材底面接線（堤軸せん断及び堤軸直交せん断）方向地盤反力係数の上限値

部材底面接線（堤軸せん断及び堤軸直交せん断）方向地盤反力係数の上限値を以下のとおり設定する。

$$P_{SU} = c_B + P_V \tan \phi_B + 1/A_e (A_i c + W_S \tan \phi) \quad (\text{地盤バネ 1, 2})$$

$$P_{SU} = c_{CD} \times \cos \phi_{CD} + \sigma'_m \times (1 + \sin \phi_{CD}) \quad (\text{地盤バネ 3, 4, 5})$$

ここで,

P_{SU} : 基礎底面の水平方向せん断地盤反力度の上限値 (kN/m²)

c_B : 基礎底面と地盤の付着力 (kN/m²)

$c_B = 0$ kN/m² (岩とコンクリートの付着力と同一とする)

P_V : 基礎底面の鉛直方向地盤反力度 (kN/m²)

$\tan \phi_B$: 基礎底面と地盤の摩擦係数

$\tan \phi_B = 0.6$ (岩とコンクリートの摩擦係数と同一とする)

A_e : 基礎底面の有効載荷面積 (m²)

A_i : 基礎内部土の面積 (m²)

c : 基礎底面地盤の粘着力 (kN/m²)

W_S : 基礎底面より上の内部土の有効重量 (kN)

ϕ : 基礎底面地盤の内部摩擦角 (°)

c_{CD} : 粘着力 (kN/m²)

ϕ_{CD} : 内部摩擦角 (°)

σ'_m : 平均有効主応力 (kN/m²)

ホ. 地盤改良（セメント系）を考慮した地盤反力上限値

防潮堤（鋼製防護壁）の周辺地盤に計画する地盤改良（セメント系）については、地盤バネのバネ剛性には加算せず、反力上限値の増分として考慮し、さらにバネの分担面積を減ずることで保守的な設定となるよう配慮する。

地盤改良（セメント系）が近接する箇所の地盤反力上限値は、図 4.9-28 に示すとおり地盤反力上限値を増分して設定する。

地盤反力上限値は、背面受働抵抗、側面抵抗、底面抵抗を踏まえて設定する。

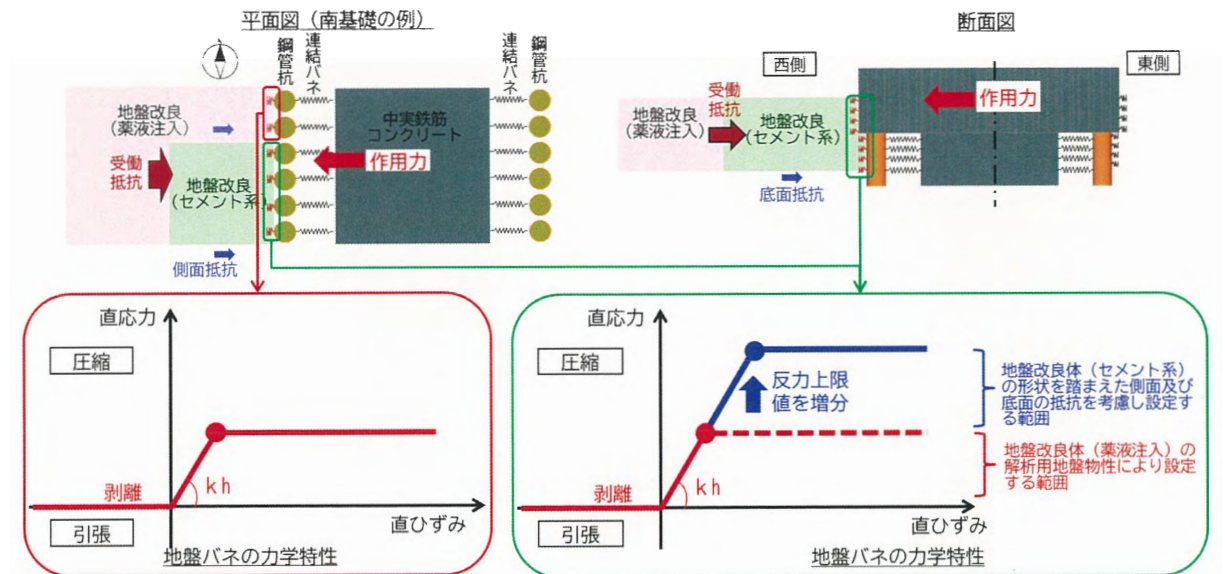


図 4.9-28 地盤改良（セメント系）を考慮した地盤反力上限値の設定方法

地盤改良（セメント系）の形状は直方体となるため、津波荷重に対し、背面（1面）、側面（2面）及び底面（1面）には、周辺地盤から面直及びせん断の2方向の抵抗力が発生する。よって、頂版鉄筋コンクリート、鋼管杭及び巻立て鉄筋コンクリートの地盤バネ（受働側）においては、地盤改良（セメント系）による抵抗力を反力上限値増分として考慮する。ただし、地盤バネ（受働側）の反力上限値の増分として考慮する抵抗力は、保守側の配慮として、上記4面のうち側面（1面）と底面（1面）の2面に発生する作用力方向の水平せん断抵抗力とする。地盤改良（セメント系）の反力上限値に係る概念図を図 4.9-29 に示す。また、北基礎の地盤バネ4を例として、地盤改良（セメント系）による反力上限値の増分値を表 4.9-15 に示す。

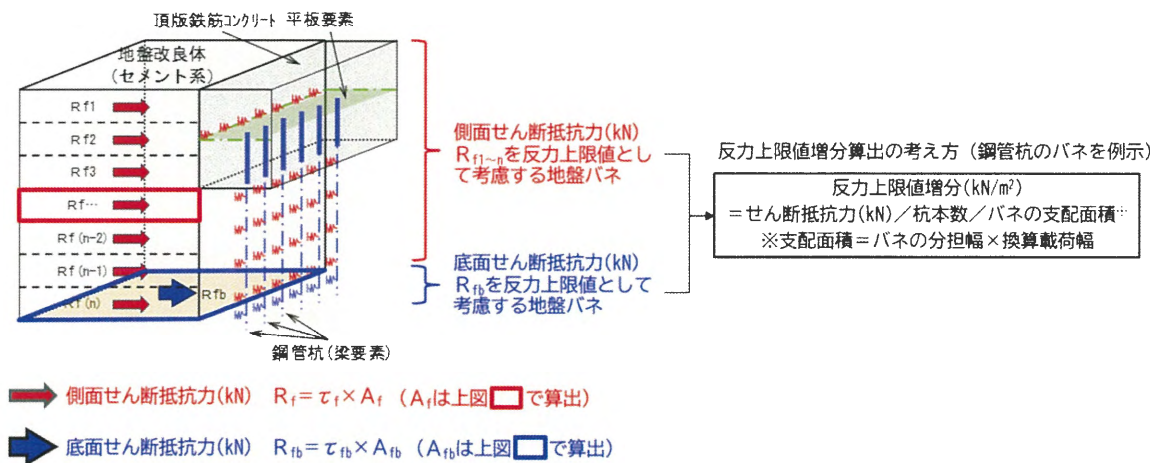


図 4.9-29 地盤改良（セメント系）の反力上限値に係る概念図

表 4.9-15 地盤改良（セメント系）による反力上限値の増分（地盤バネ4：北基礎）

対象構造	土質	標高 (m)	上限値 (kN/m ²)	増分 (kN/m ²)	増分/ 上限値
頂版鉄筋コンクリート Be=15.500m	du~ Ag2	-0.32	16.1	3.3	21%
巻立て鉄筋コンクリート Be=1.800m	Ag2	-1.84	47.3	9.6	20%
	Ag2	-6.00	99.8	24.2	24%
鋼管杭 Be=1.498m	Ag2	-6.00	105.5	33.4	32%
	Ag2	-7.00	105.5	35.8	34%
	Ac	-7.00	104.4	52.7	51%
	Ac	-9.05	111.4	55.2	50%
	As	-9.05	139.4	49.6	36%
	As	-10.25	139.4	49.6	36%
	Ac	-10.25	193.9	61.5	32%
	Ac	-16.20	239.8	72.3	30%
	As	-16.20	206.2	73.4	36%
	As	-17.50	206.2	73.4	36%
鋼管杭 Be=1.498m (改良体底面)	Ac	-17.50	270.6	1320.9	488%

4.9.7 評価方法

(1) 津波時

津波時における防潮堤（鋼製防護壁）の解析モデルを用いた評価方法を整理すると下記のとおりとなる。

a. 鋼製防護壁基礎

(a) 中実鉄筋コンクリート

地盤バネを設定した3次元静的フレーム解析モデルに津波荷重等を考慮して評価する。曲げ軸力照査は、堤軸方向及び堤軸直交方向の2方向の発生曲げモーメントと軸力を考慮して鉄筋及びコンクリートの発生応力度を算出し、許容限界以下であることを確認する。せん断照査は、堤軸方向、堤軸直交方向の各々の発生せん断力が許容限界以下であることを確認する。

(b) 鋼管杭

地盤バネを設定した3次元静的フレーム解析モデルに津波荷重等を考慮して評価する。曲げ軸力照査は、堤軸方向及び堤軸直交方向の2方向の発生曲げモーメントと軸力を考慮して鉄筋及びコンクリートの発生応力度を算出し、許容限界以下であることを確認する。せん断照査は、堤軸方向、堤軸直交方向の各々の発生せん断応力度が許容限界以下であることを確認する。

(c) 巻立て鉄筋コンクリート

地盤バネを設定した3次元静的フレーム解析モデルに津波荷重等を考慮して評価する。曲げ軸力照査は、堤軸方向及び堤軸直交方向の2方向の発生曲げモーメントと軸力を考慮して鉄筋及びコンクリートの発生応力度を算出し、許容限界以下であることを確認する。せん断照査は、堤軸方向、堤軸直交方向の各々の発生せん断力が許容限界以下であることを確認する。

(d) 杭頭接合部

地盤バネを設定した3次元静的フレーム解析モデルに津波荷重等を考慮して評価する。鋼管杭頭部と巻立て鉄筋コンクリート頭部の堤軸方向及び堤軸直交方向の2方向の曲げモーメントと軸力を考慮して、鋼管杭頭結合部と巻立て鉄筋コンクリート結合部（仮想RC断面）の鉄筋とコンクリートの発生応力度を算出し、許容限界以下であることを確認する。

(e) 頂版鉄筋コンクリート

地盤バネを設定した3次元静的フレーム解析モデルに津波荷重等を考慮して評価する。曲げ軸力に対する評価については、堤軸方向、堤軸直交方向それぞれの断面力に対し、鉄筋コンクリートの発生応力度が許容限界以下であることを確認する。また、せん断力に対する評価については、堤軸方向、堤軸直交方向の2方向の発生せん断力を合成した発生せん断力が、許容限界以下であることを確認する。

b. 鋼製防護壁

津波時に発生する鋼製防護壁の評価は、重畳時に包絡されると考えられるため、強度評価については重畳時のみ実施する。

c. 地盤改良（セメント系）

敷地に遡上する津波におけるせん断照査の評価方法を以下に示す。また、地盤改良（セメント系）の評価対象箇所を図 4.9-30 に示す。

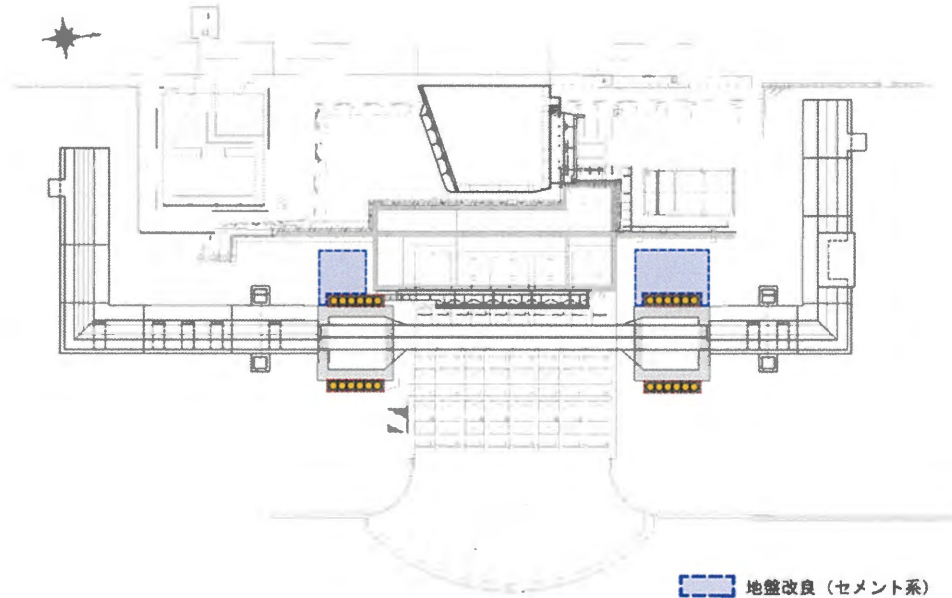


図 4.9-30 地盤改良（セメント系）の照査対象箇所（平面図）

せん断照査は、以下の算定式に基づいて行う。

$$F = R / Q$$

ここに、

F : 安全率（許容安全率は 1.2 とする）

R : せん断抵抗力 (kN/m^2)

Q : すべり力 (kN/m^2)

せん断抵抗力は道路橋示方書（Ⅰ 共通編・Ⅳ 下部構造編）・同解説（日本道路協会，平成 24 年 3 月）に準拠し，以下の式で算出する。

$$R = (C_B \times A_e + V \times \tan \phi_B) / A_e$$

ここに、

C_B : 粘着力 ($= q_u / 2 = 750 \text{ kN/m}^2$, q_u は一軸圧縮強度 1500 kN/m^2)

A_e : 有効載荷面積 (m^2)

V : 鉛直力 (kN)

ϕ_B : 摩擦角 (CU 条件で $\phi_B = 0^\circ$)

一方、すべり力 Q は、3次元静的フレーム解析結果として得られるバネ反力値を有効載荷面積 A_e で除した値とする。重畳時の照査に用いるすべり力はバネ反力値に加え改良体自重による慣性力も加味する。慣性力を算定する際の震度は3次元静的フレーム解析重畳時に使用する地表面加速度最大値(絶対値)を用いることとする。

d. 基礎地盤の支持性能

津波時における基礎地盤の支持性能に係る評価は、基礎地盤に生じる接地圧が重畳時に包絡されると考えられるため、重畳時のみ実施する。

e. 止水ジョイント部材

止水ジョイント部材の津波時の評価は、重畳時に包絡されると考えられるため、重畳時のみ実施する。止水ジョイント部の変位は地震時の残留変位及び重畳時の変位と異種構造物間の相対変位量を足し合わせる。

(2) 重畳時

重畳時における防潮堤（鋼製防護壁）の解析モデルを用いた評価方法を整理すると下記のとおりとなる。

a. 鋼製防護壁基礎

(a) 中実鉄筋コンクリート

地盤バネを設定した 3 次元静的フレーム解析モデルに津波荷重や余震荷重を考慮して評価する。曲げ軸力照査は、堤軸方向及び堤軸直交方向の 2 方向の発生曲げモーメントと軸力を考慮して鉄筋及びコンクリートの発生応力度を算出し、許容限界以下であることを確認する。せん断照査は、堤軸方向、堤軸直交方向の各々の発生せん断力が許容限界以下であることを確認する。

(b) 鋼管杭

地盤バネを設定した 3 次元静的フレーム解析モデルに津波荷重や余震荷重を考慮して評価する。曲げ軸力照査は、堤軸方向及び堤軸直交方向の 2 方向の発生曲げモーメントと軸力を考慮して鉄筋及びコンクリートの発生応力度を算出し、許容限界以下であることを確認する。せん断照査は、堤軸方向、堤軸直交方向の各々の発生せん断応力度が許容限界以下であることを確認する。

(c) 巻立て鉄筋コンクリート

地盤バネを設定した 3 次元静的フレーム解析モデルに津波荷重や余震荷重を考慮して評価する。曲げ軸力照査は、堤軸方向及び堤軸直交方向の 2 方向の発生曲げモーメントと軸力を考慮して鉄筋及びコンクリートの発生応力度を算出し、許容限界以下であることを確認する。せん断照査は、堤軸方向、堤軸直交方向の各々の発生せん断力が許容限界以下であることを確認する。

(d) 杭頭接合部

地盤バネを設定した 3 次元静的フレーム解析モデルに津波荷重や余震荷重を考慮して評価する。鋼管杭頭部と巻立て鉄筋コンクリート頭部の堤軸方向及び堤軸直交方向の 2 方向の曲げモーメントと軸力を考慮して、鋼管杭頭結合部と巻立て鉄筋コンクリート結合部（仮想 RC 断面）の鉄筋とコンクリートの発生応力度を算出し、許容限界以下であることを確認する。

(e) 頂版鉄筋コンクリート

地盤バネを設定した 3 次元静的フレーム解析モデルに津波荷重や余震荷重を考慮して評価する。曲げ軸力に対する評価については、堤軸方向、堤軸直交方向それぞれの断面力に対し、鉄筋コンクリートの発生応力度が許容限界以下であることを確認する。また、せん断力に対する評価については、堤軸方向、堤軸直交方向の 2 方向の発生せん断力を合成した発生せん断力が、許容限界以下であることを確認する。

b. 鋼製防護壁

鋼製防護壁の強度評価は、解析結果より得られる照査用応答値が「4.6 許容限界」で設定した許容限界以下であることを確認する。また、接合部について厳しい条件となると考えられる津波荷重に対して逆方向から余震が作用する場合についても評価を行う。

(a) 鋼製防護壁

鋼製防護壁基礎と一体となった3次元静的フレーム解析モデルに津波荷重及び余震荷重を考慮して評価する。

(b) 補剛材

イ. 補剛材の評価

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

ロ. 主構断面の座屈照査

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

(c) 添接板継手部

鋼殻ブロックの添接板継手部は高力ボルトによる摩擦接合方式とし、道路橋示方書（Ⅱ鋼橋編）・同解説（日本道路協会、平成14年3月）3.2項及び7.3項に基づき設定する。

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

鋼殻ブロックの添接板継手部イメージを図4.9-31に示す。

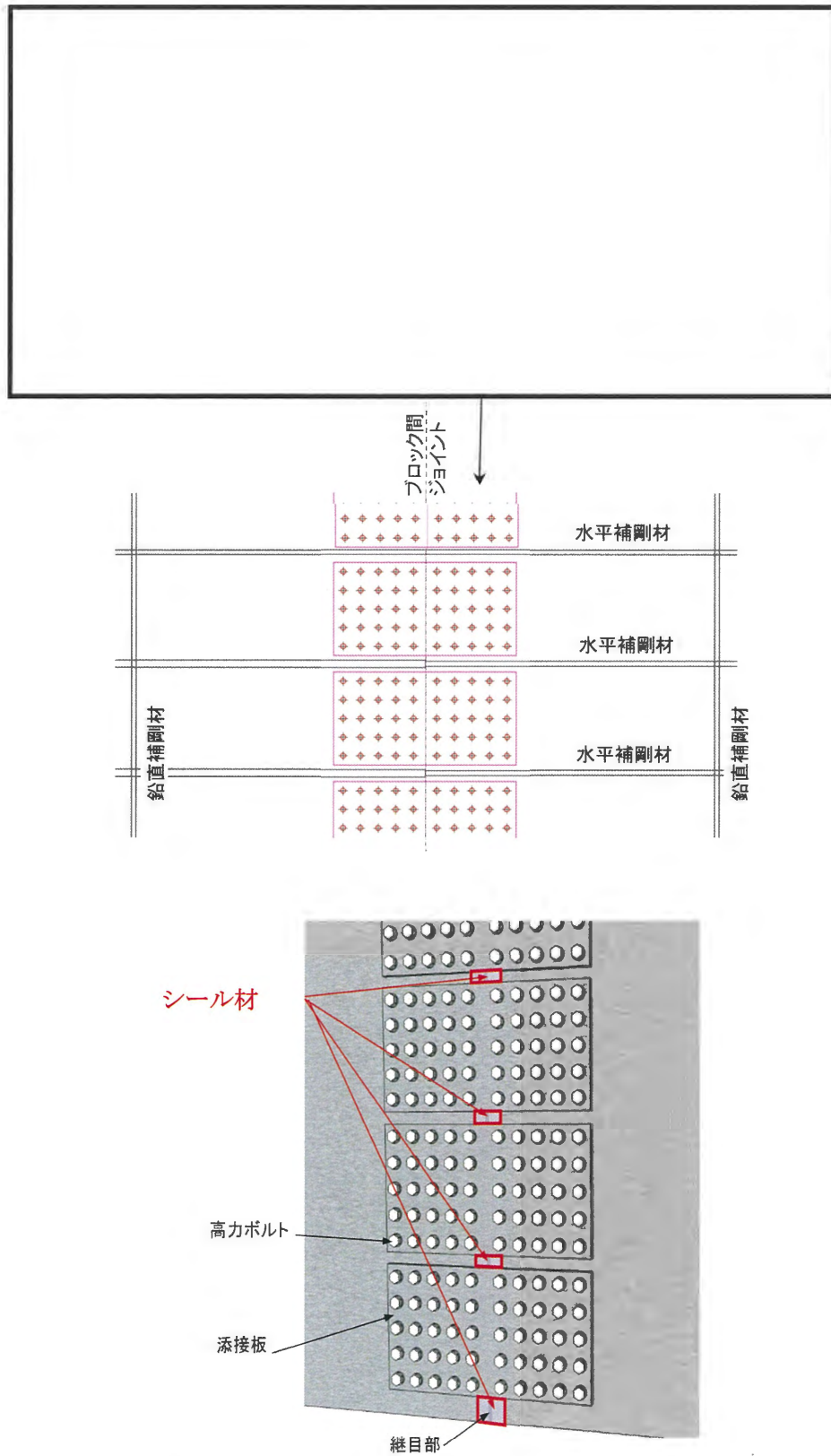


図 4.9-31 鋼殻ブロックの添接板継手部イメージ

(d) 中詰め鉄筋コンクリートと鋼殻との接合部

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

中詰め鉄筋コンクリートと鋼殻はスタッドで一体化するものとし、「道路橋示方書（Ⅱ鋼橋編）・同解説」（日本道路協会、平成14年3月）に基づき、スタッドの配置及びせん断力の照査を実施する。

配置するスタッドは、接合面に作用するせん断力に対し、必要な強度となる本数及び設置間隔を設計する。

せん断力は、鉛直方向と水平方向の曲げモーメント及び水平回転モーメント（水平トルク）を換算したせん断力と水平力によるせん断力を考慮する。

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

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

ここで、

Q_a : スタッドの短期許容せん断力 (N/本)

d : スタッドの軸径 (mm)

H : スタッドの全高, 150 mm 程度を標準とする (mm)

σ_{ck} : コンクリートの設計基準強度 (=50 N/mm²)

c. 接合部

(a) 設計思想

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

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

(b) 接合部の設計方針

防潮堤（鋼製防護壁）は浸水防護施設であることから、地震時に対しても、構造部材の弾性範囲内で設計を行う。

鋼製防護壁の自重及び地震や津波による設計荷重を確実に鋼製防護壁基礎へ伝達させる。

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

水平回転モーメント及び水平力によるせん断力に対しては、「道路橋示方書（日本道路協会）」、「コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（土木学会）」に基づき設計上中詰め鉄筋コンクリートで負担可能とする。接合部の荷重分担の概念図を図 4.9-32 に示す。

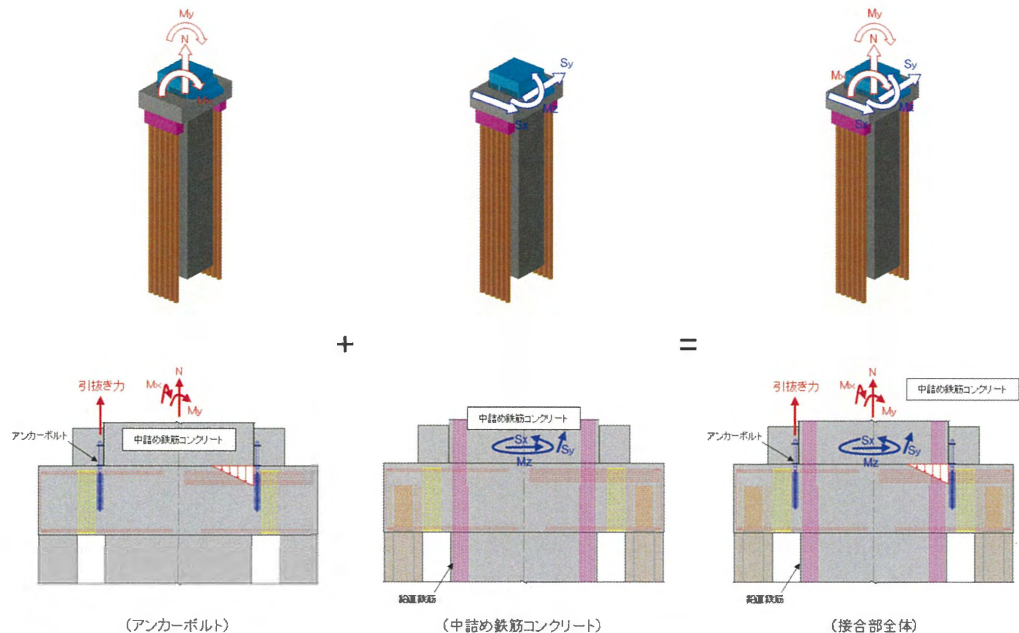


図 4.9-32 接合部の荷重分担の概念図

(c) 接合部の評価

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

アンカーボルトの設計荷重は、3次元動的フレーム解析に基づき算定されるアンカーボルト1本当たりの付着力と押込力とし、アンカーボルトの引張応力、付着応力及びコーンせん断応力が許容限界以下であることを確認する。

イ. アンカーボルトの評価

アンカーボルトの短期許容応力度と母材の断面積をもとに算定する。

2軸複鉄筋断面の鉄筋コンクリート断面を図 4.9-33 に示す。

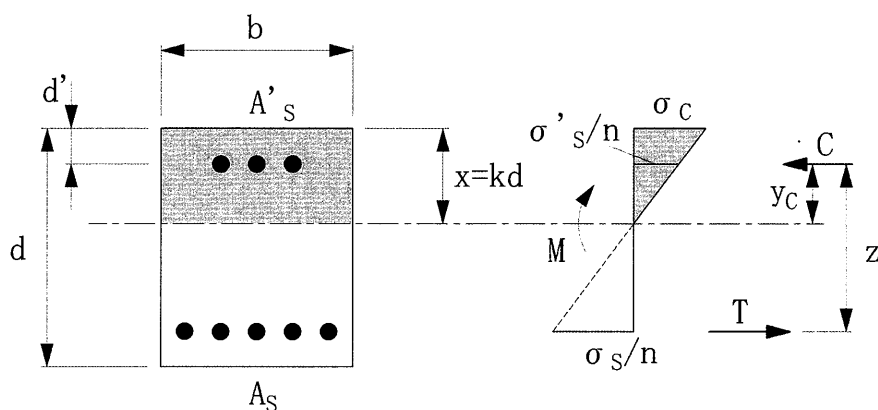


図 4.9-33 2軸複鉄筋断面の鉄筋コンクリート断面

- σ_c : 任意位置のコンクリート応力度 (N/mm²)
- σ_s : 各段の鉄筋応力度 (N/mm²) (引張側)
- σ'_s : 各段の鉄筋応力度 (N/mm²) (圧縮側)
- A_s : 各段の鉄筋断面積 (mm²) (引張側)
- A'_s : 各段の鉄筋断面積 (mm²) (圧縮側)
- d : 桁高 (mm)
- d' : かぶり (mm)
- x : コンクリート上面から中立軸までの距離 (mm)
- k : 中立軸係数
- n : ヤング係数比
- c : 圧縮力 (N)
- T : 引張力 (N)
- M : 曲げモーメント (N・mm)

ロ. アンカーボルトの定着長に対する評価

アンカーボルトの埋込み長 L_{eq} 及び定着長 L_{ed} は付着強度に基づき定める。

アンカーボルトの埋め込み長，定着長の概念図を図 4.9-34 に示す。

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

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

ここで，

σ_{sa} : アンカーボルトの許容応力度 (N/mm^2)

τ_a : 許容付着応力度 (N/mm^2)

Ab : アンカーボルトの有効断面積 (mm^2)

D : アンカーボルトの公称径 (m)

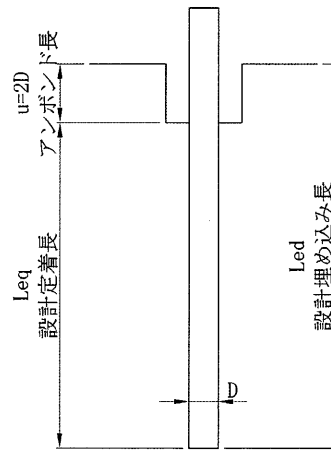


図 4.9-34 アンカー埋め込み長，定着長の概念図

ハ. 定着部コーンせん断に対する評価

定着部のコンクリートのコーンせん断応力に対する評価における設計荷重は、鋼製防護壁における3次元動的フレーム解析に基づき算定されるアンカーボルト1本当たりの軸力とする。定着部のコーンせん断応力の照査を行い、補強鉄筋が必要な場合には適切な補強鉄筋量を算定する。

コーンせん断面の有効水平投影面積には、アンカーボルト同士が近接する場合を考慮の上、定着部鉄筋コンクリートの応力が許容限界以下であることを確認する。

コーンせん断面の有効水平投影面積を図 4.9-35 に示す。

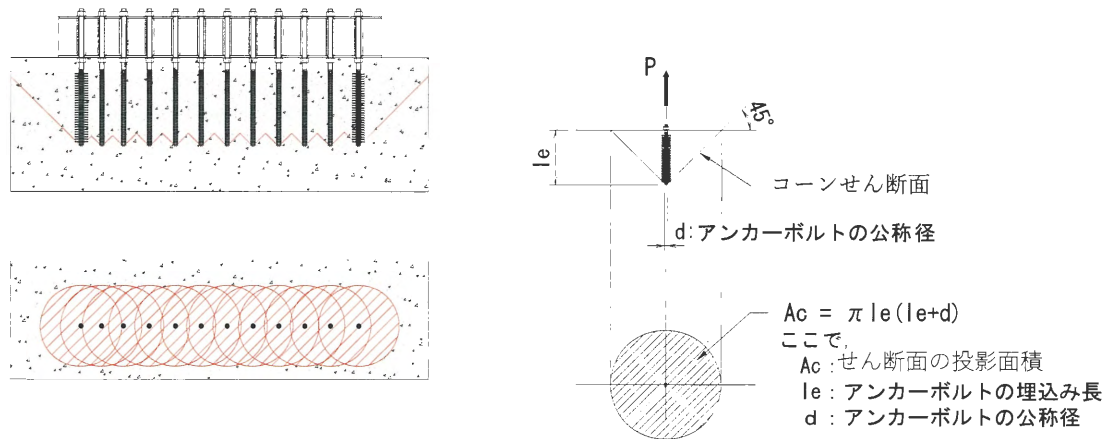


図 4.9-35 アンカーが近接する場合の有効水平投影面積

d. 地盤改良（セメント系）

津波時と同様に敷地に遡上する津波において、せん断照査を実施する。重畳時における地盤改良（セメント系）の評価対象箇所を図 4.9-30 に示す。

e. 基礎地盤の支持性能

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FEM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有効応力解析より得られる接地圧を加えて許容限界以下であることを確認する。鋼管杭については、群杭効果を考慮し、鋼管杭全体をケーソン基礎とみなして許容限界以下であることを確認する。

f. 止水ジョイント部材の変形性

止水ジョイント部材の変形量は地震時の残留変位及び重畳時の変位と異種構造物間の相対変位量を足し合わせた値とし、その変位量が許容限界以下であることを確認する。

4.9.8 評価条件

(1) 地盤バネ

a. 北基礎

(a) 地盤バネ設定

地盤バネは、表 4.9-16 に示すとおり津波時と重畳時に対して検討ケースを踏まえて設定する。なお、地盤バネ 3, 4, 5 は、表 4.9-17 に示すとおり 1 次元有効応力解析結果を踏まえて原地盤条件を選定する。

表 4.9-16 地盤バネ設定(北基礎)

地盤バネ設定	余震有無	検討ケース (地盤条件)	地盤反力係数	地盤反力上限値	備考
地盤バネ 1	余震なし 津波時	-	初期せん断剛性より設定	ピーク強度より設定	地盤抵抗 が大きい ケース
地盤バネ 2		-	静弾性係数より設定	残留強度より設定	地盤抵抗 が小さい ケース
地盤バネ 3	余震あり 重畳時	検討ケース⑤ (非液化化)	地表面加速度が最大となる 時刻の剛性より設定 (ケース⑥地盤条件を選定)*	ケース⑥地盤条件における ピーク強度より設定	地盤抵抗 が大きい ケース
地盤バネ 4		検討ケース⑥ (非液化化+1 σ Vs)	地表面変位が最大となる 時刻の剛性より設定 (ケース③'地盤条件を選定)*	ケース③'地盤条件におけ るピーク強度より設定	地盤抵抗 が小さい ケース
地盤バネ 5		検討ケース③' (非液化化-1 σ Vs)	せん断ひずみが最大となる 時刻の剛性より設定 (ケース③'地盤条件を選定)*	ケース③'地盤条件におけ るピーク強度より設定	

注記 *：検討ケース⑤, ⑥, ③' に対し 1 次元有効応力解析を実施して、各項目が最大となる地盤条件を選定

表 4.9-17 1 次元有効応力解析による原地盤条件の選定(北基礎)

確認項目	検討ケース(地盤条件)					
	検討ケース⑤(非液化化)	採用	検討ケース⑥(非液化化+1 σ Vs)	採用	検討ケース③'(非液化化-1 σ Vs)	採用
最大地表面 加速度	189.2 cm/s ² (54.13 s)	-	191.1 cm/s ² (54.09 s)	バネ 3	190.4 cm/s ² (60.78 s)	-
最大地表面 変位	10.3 cm (27.05 s)	-	8.9 cm (27.01 s)	-	11.8 cm (27.14 s)	バネ 4
最大せん断 ひずみ	3.46×10 ⁻³ (23.21 s)	-	2.92×10 ⁻³ (23.15 s)	-	4.30×10 ⁻³ (23.33 s)	バネ 5

注記：検討ケース⑤：原地盤において非液化化の条件を仮定した解析ケース

検討ケース⑥：地盤物性のばらつきを考慮(+1 σ)して非液化化の条件を仮定した解析ケース

検討ケース③'：地盤物性のばらつきを考慮(-1 σ)して非液化化の条件を仮定した解析ケース

(b) 地盤反力係数と地盤反力上限値

イ. 津波時における地盤反力係数と地盤反力上限値

津波時の3次元静的フレーム解析に設定した地盤バネ1及び地盤バネ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図4.9-36～図4.9-38に示す。

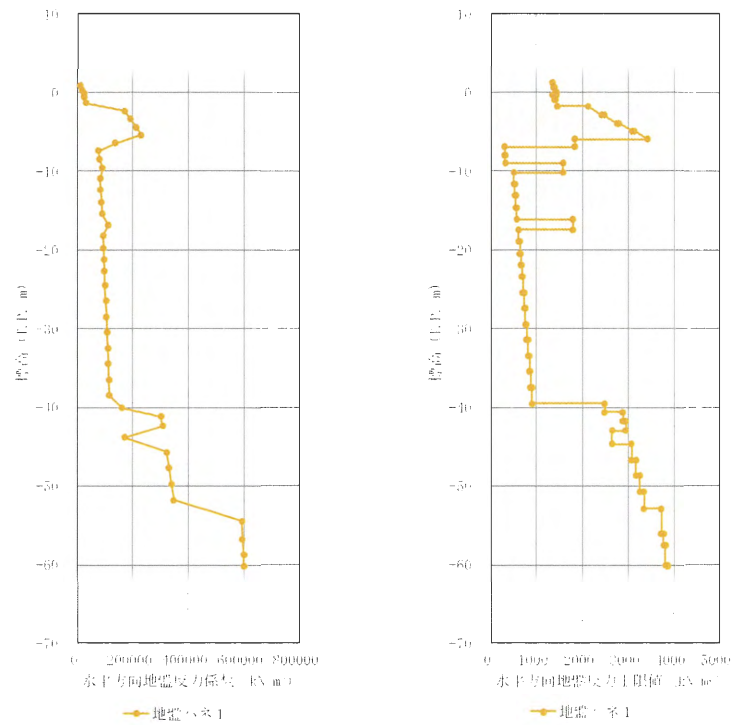


図 4.9-36 水平方向地盤反力係数及び反力上限値（北基礎：地盤バネ1）

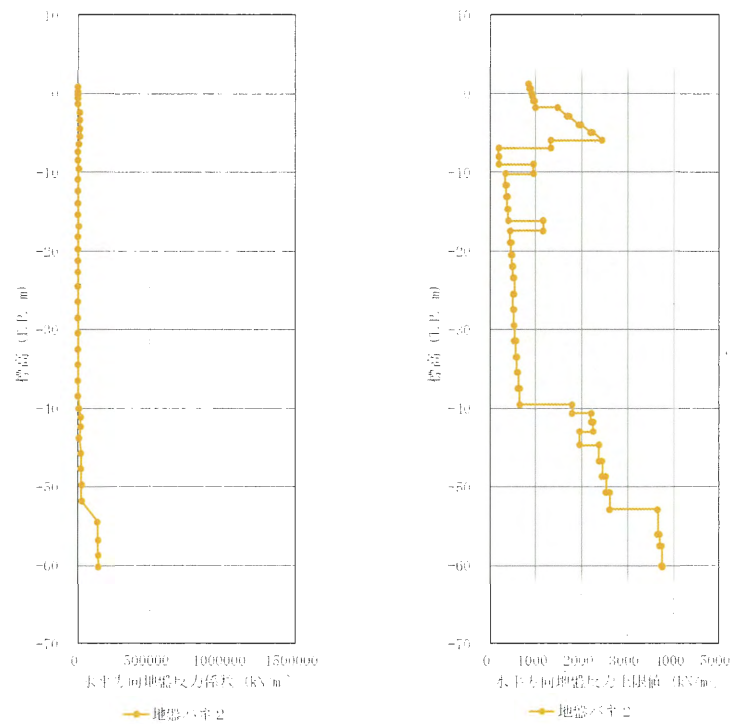


図 4.9-37 水平方向地盤反力係数及び反力上限値（北基礎：地盤バネ2）

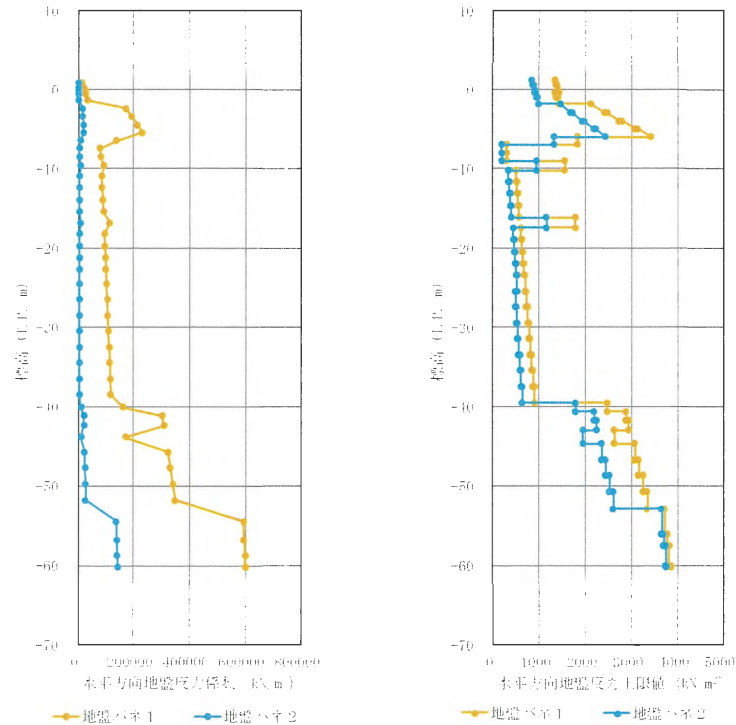


図 4.9-38 地盤バネ1及び地盤バネ2の比較（北基礎）

ロ. 重畳時における地盤反力係数と地盤反力上限値

表 4.9-17 より、地盤バネ 3 は地表面最大加速度が発生する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、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) して非液状化の条件を仮定した解析ケース、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) して非液状化の条件を仮定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製防護壁基礎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の地盤変位を与える。各地盤ケースでの地盤変位分布及びその比較を図 4.9-39 及び図 4.9-40 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 4.9-41～図 4.9-44 に示す。

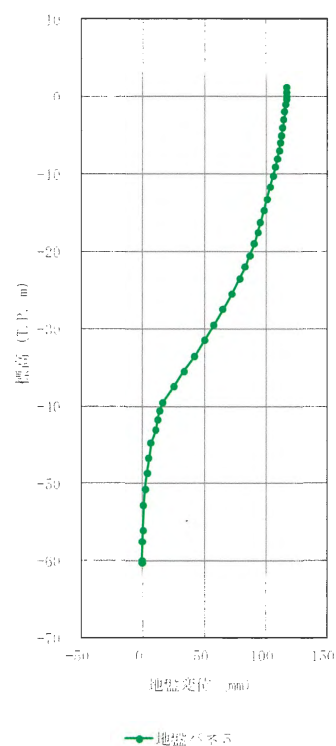
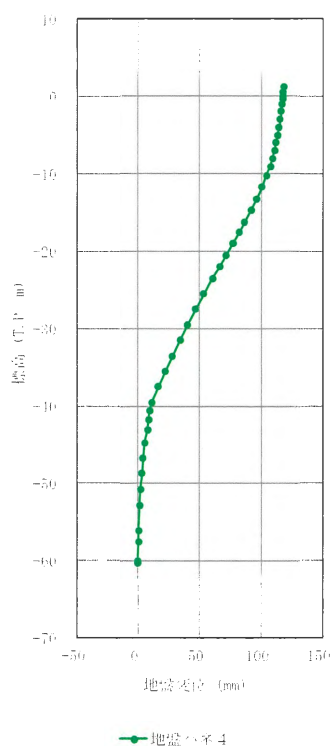
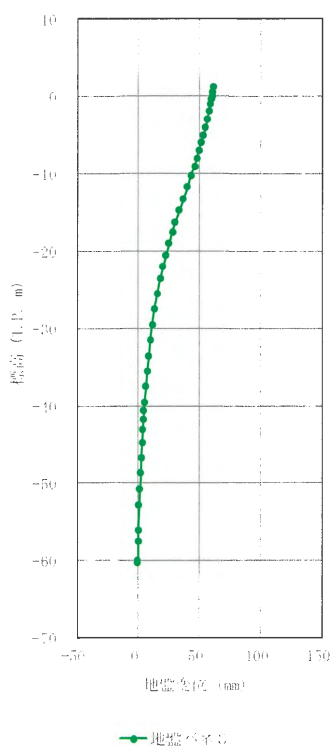


図 4.9-39 地盤パネケースの地盤変位分布図（北基礎）

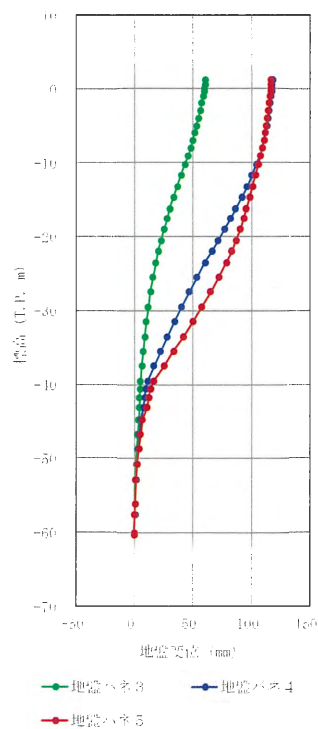


図 4.9-40 地盤パネケースの地盤変位比較図（北基礎）

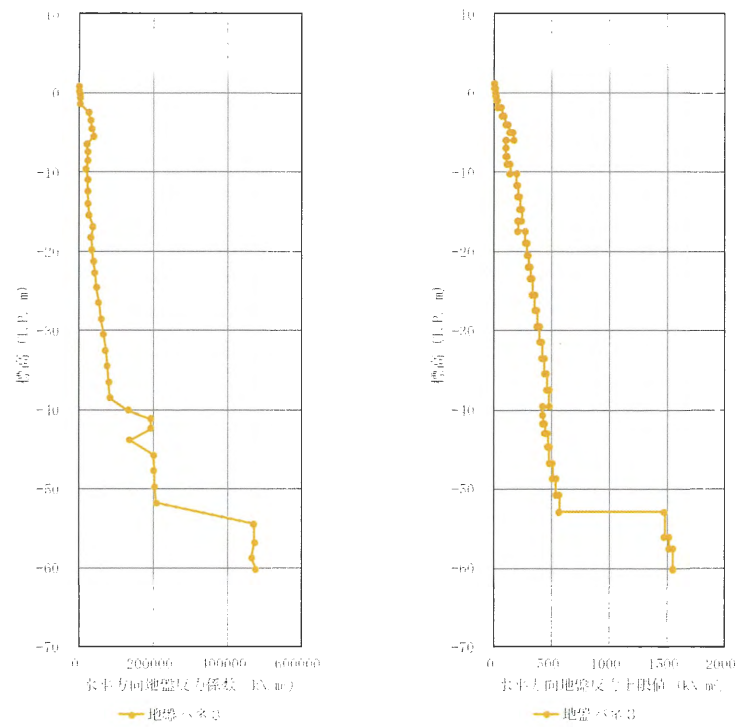


図 4.9-41 水平方向地盤反力係数及び反力上限値（北基礎：地盤バネ 3）

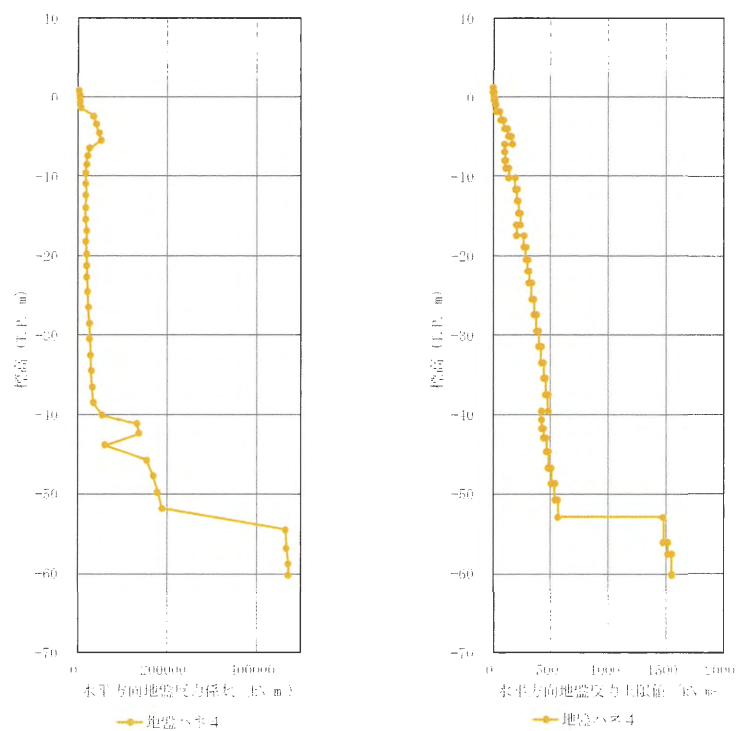


図 4.9-42 水平方向地盤反力係数及び反力上限値（北基礎：地盤バネ 4）

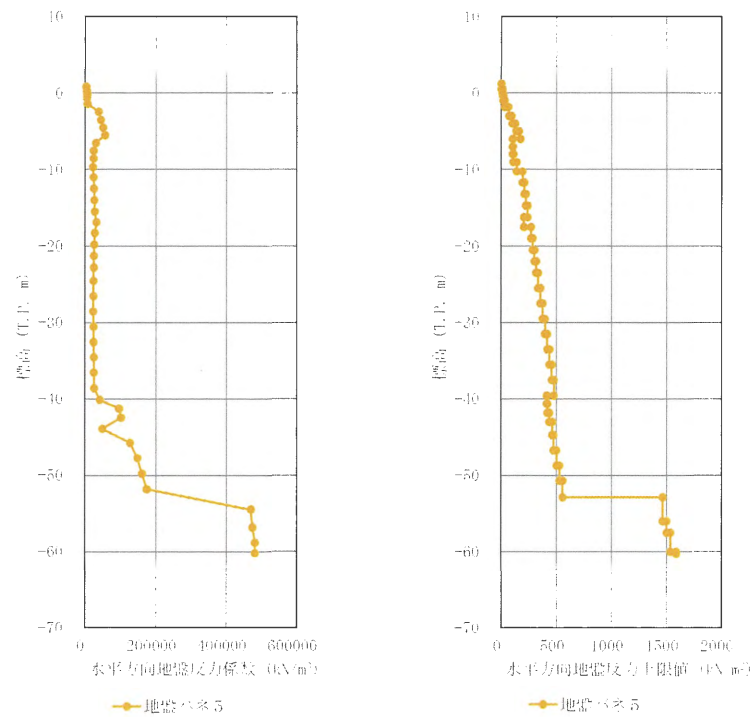


図 4.9-43 水平方向地盤反力係数及び反力上限値（北基礎：地盤バネ5）

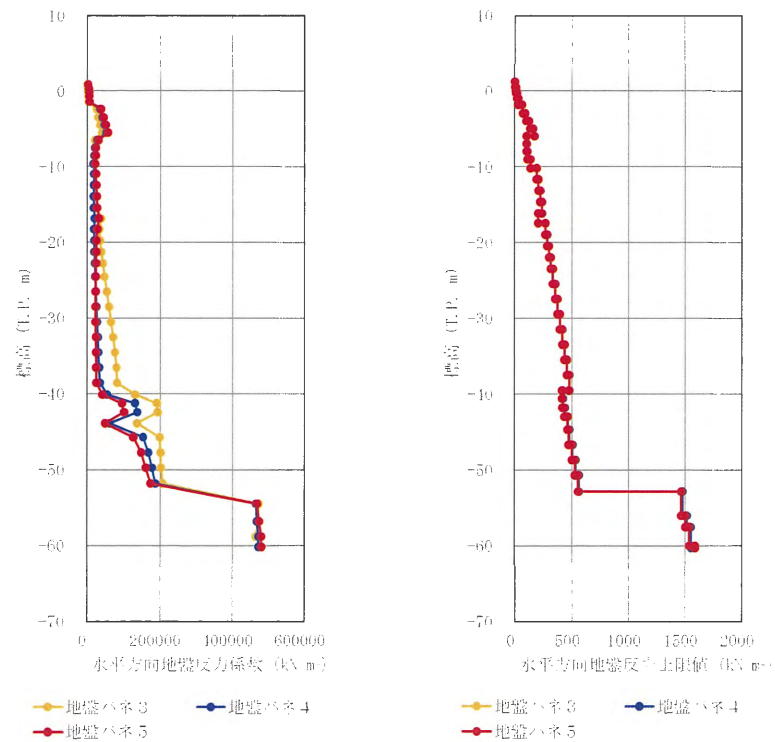


図 4.9-44 地盤バネ3，地盤バネ4及び地盤バネ5の地盤変位比較図（北基礎）

b. 南基礎

(a) 地盤バネ設定

地盤バネは、表 4.9-18 に示すとおり余震有無と検討ケースを踏まえて設定する。なお、地盤バネ 3, 4, 5 は、表 4.9-19 に示すとおり 1 次元有効応力解析結果を踏まえて原地盤条件を選定する。

表 4.9-18 地盤バネ設定(南基礎)

地盤バネ設定	余震有無	検討ケース(地盤条件)	地盤反力係数	地盤反力上限値	備考
地盤バネ 1	余震なし 津波時	-	初期せん断剛性より設定	ピーク強度より設定	地盤抵抗 が大きい ケース
地盤バネ 2		-	静弾性係数より設定	残留強度より設定	地盤抵抗 が小さい ケース
地盤バネ 3	余震あり 重畳時	検討ケース⑤ (非液化化) 検討ケース⑥ (非液化化+1 σ Vs) 検討ケース③' (非液化化-1 σ Vs)	地表面加速度が最大となる時刻の剛性より設定 (ケース⑥地盤条件を選定)*	ケース⑥地盤条件におけるピーク強度より設定	地盤抵抗 が大きい ケース
地盤バネ 4			地表面変位が最大となる時刻の剛性より設定 (ケース③'地盤条件を選定)*	ケース③'地盤条件におけるピーク強度より設定	地盤抵抗 が小さい ケース
地盤バネ 5			せん断ひずみが最大となる時刻の剛性より設定 (ケース③'地盤条件を選定)*	ケース③'地盤条件におけるピーク強度より設定	

注記 *：検討ケース⑤, ⑥, ③' に対し 1 次元有効応力解析を実施して、各項目が最大となる地盤条件を選定

表 4.9-19 1 次元有効応力解析による原地盤条件の選定(南基礎)

確認項目	検討ケース(地盤条件)					
	検討ケース⑤(非液化化)		検討ケース⑥(非液化化+1 σ Vs)		検討ケース③'(非液化化-1 σ Vs)	
		採用		採用		採用
最大地表面 加速度	215.6 cm/s ² (54.02 s)	-	219.9 cm/s ² (53.99 s)	バネ 3	208.0 cm/s ² (54.05 s)	-
最大地表面 変位	7.8 cm (68.81 s)	-	7.0 cm (68.78 s)	-	8.6 cm (68.84 s)	バネ 4
最大せん断 ひずみ	3.52 $\times 10^{-3}$ (68.77 s)	-	3.17 $\times 10^{-3}$ (53.99 s)	-	4.17 $\times 10^{-3}$ (26.85 s)	バネ 5

注記：検討ケース⑤：原地盤において非液化化の条件を仮定した解析ケース

検討ケース⑥：地盤物性のばらつきを考慮(+1 σ)して非液化化の条件を仮定した解析ケース

検討ケース③'：地盤物性のばらつきを考慮(-1 σ)して非液化化の条件を仮定した解析ケース

(b) 地盤反力係数と地盤反力上限値

イ. 津波時における地盤反力係数と地盤反力上限値

津波時の3次元静的フレーム解析に設定した地盤バネ1及び地盤バネ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北基礎及び南基礎について図 4.9-45～図 4.9-47 に示す。

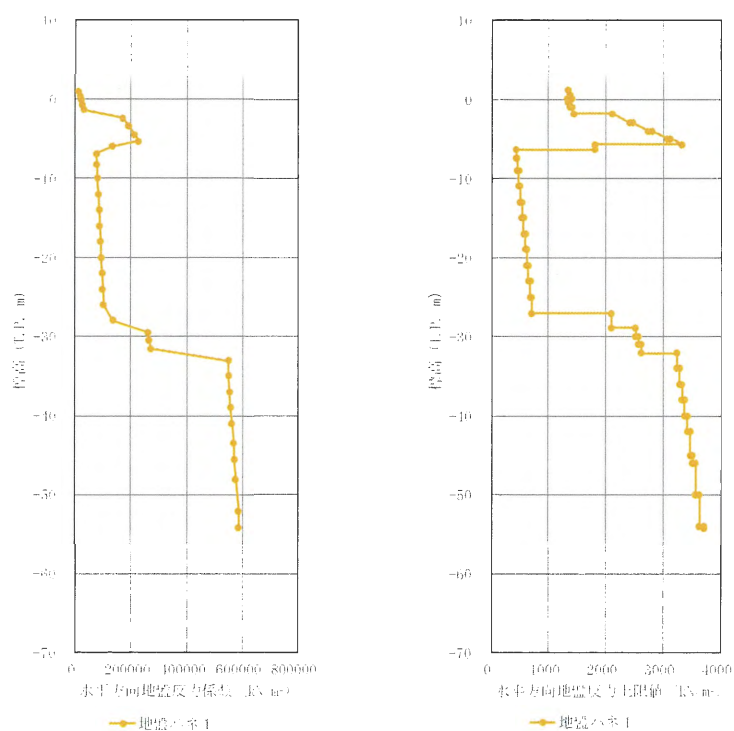


図 4.9-45 水平方向地盤反力係数及び反力上限値（南基礎：地盤バネ1）

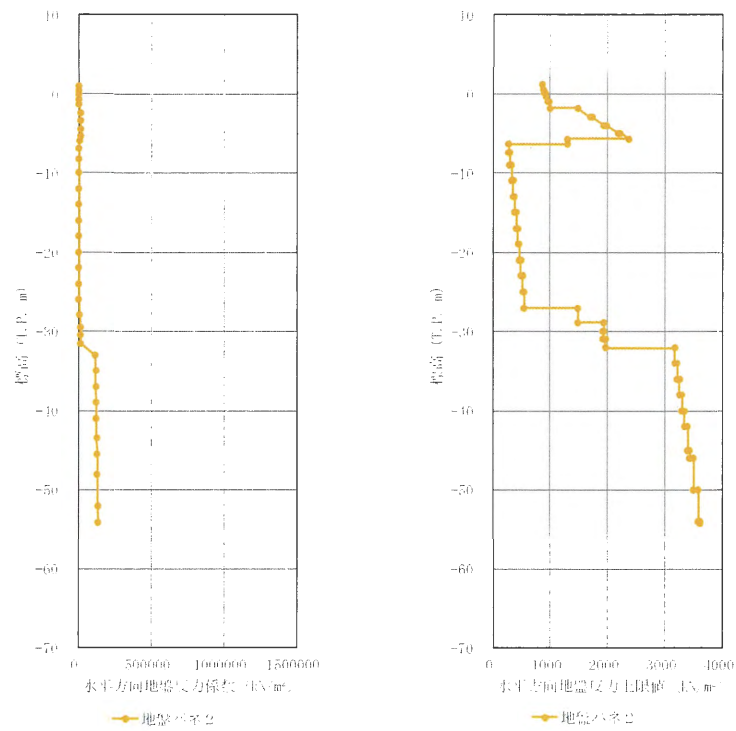


図 4.9-46 水平方向地盤反力係数及び反力上限値（南基礎：地盤バネ 2）

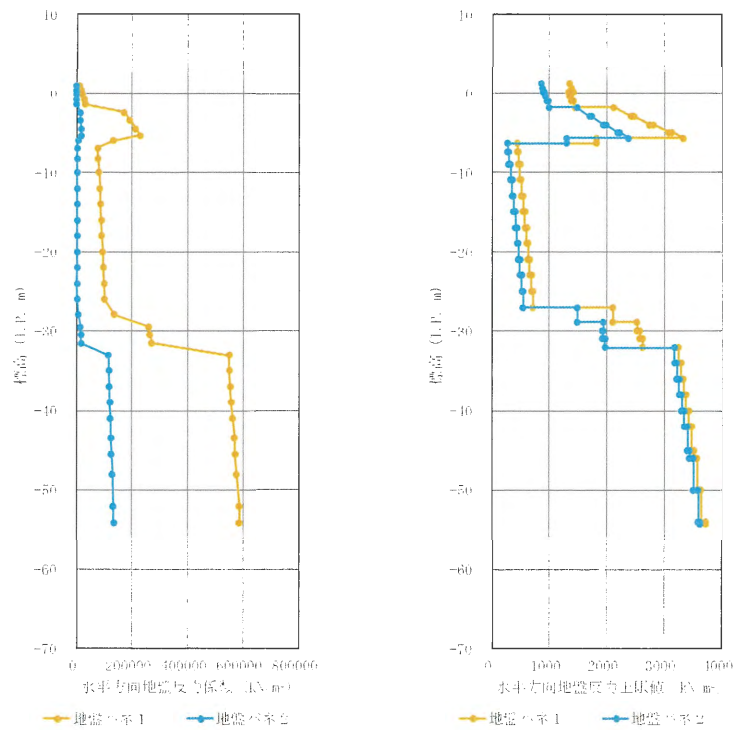


図 4.9-47 地盤バネ 1 及び地盤バネ 2 の比較（南基礎）

ロ. 重畳時における地盤反力係数と地盤反力上限値

表 4.10-17 より、地盤バネ 3 は地表面最大加速度が発生する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、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) して非液状化の条件を仮定した解析ケース、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) して非液状化の条件を仮定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製防護壁基礎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の地盤変位を与える。各地盤ケースでの地盤変位分布及びその比較を図 4.9-48 及び図 4.9-49 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 4.9-50～図 4.9-53 に示す。

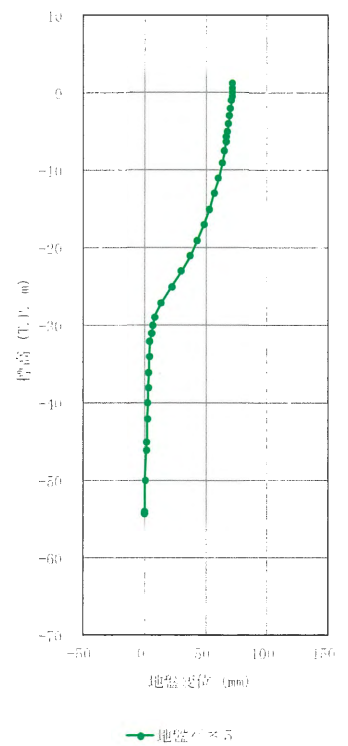
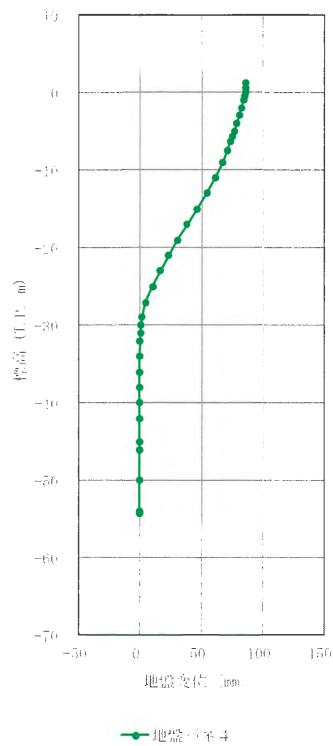
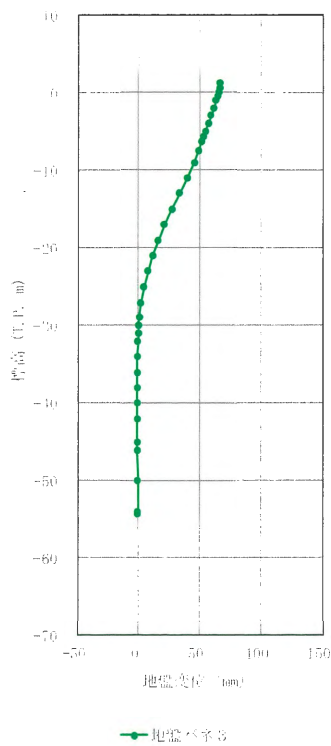


図 4.9-48 地盤バネケースの地盤変位分布図（南基礎）

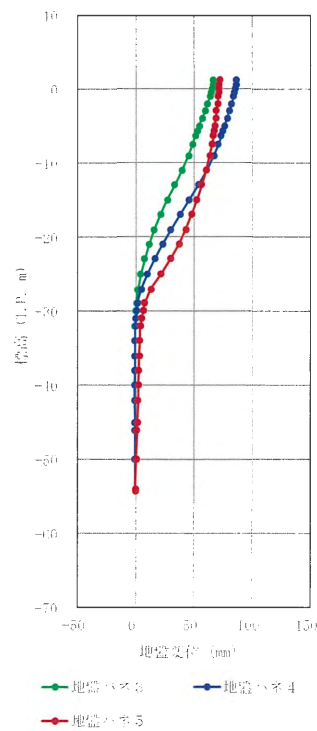


図 4.9-49 地盤バネケースの地盤変位比較図（南基礎）

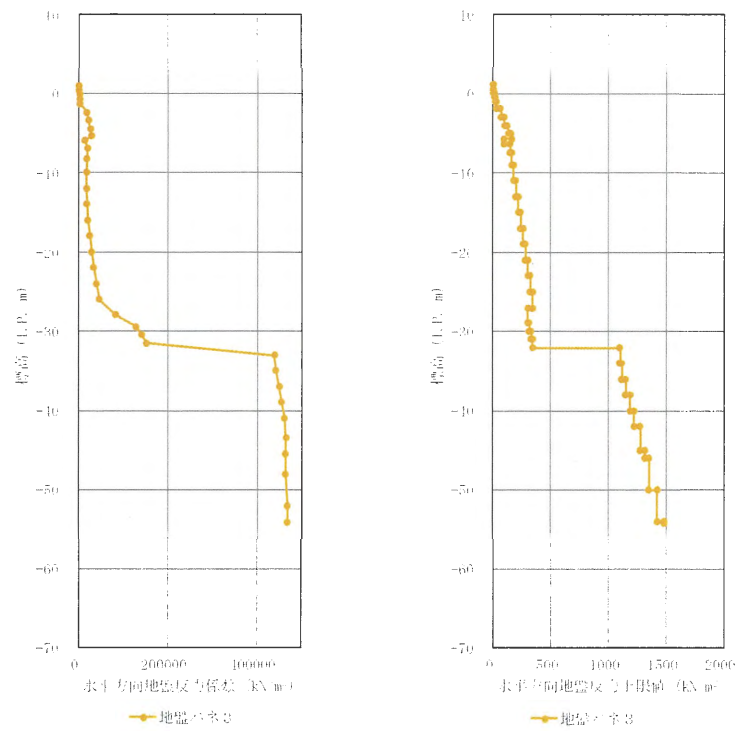


図 4.9-50 水平方向地盤反力係数及び反力上限値（南基礎：地盤バネ 3）

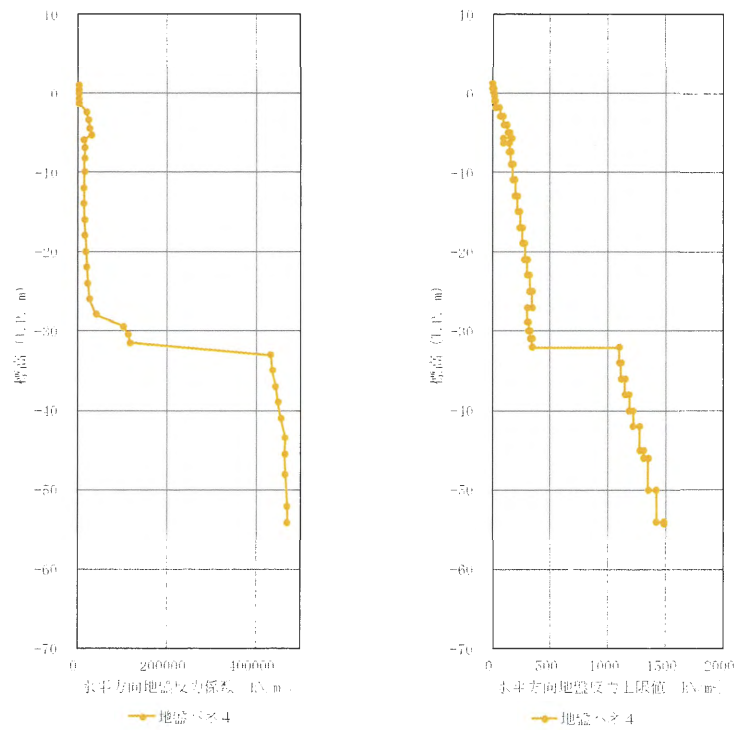


図 4.9-51 水平方向地盤反力係数及び反力上限値（南基礎：地盤バネ 4）

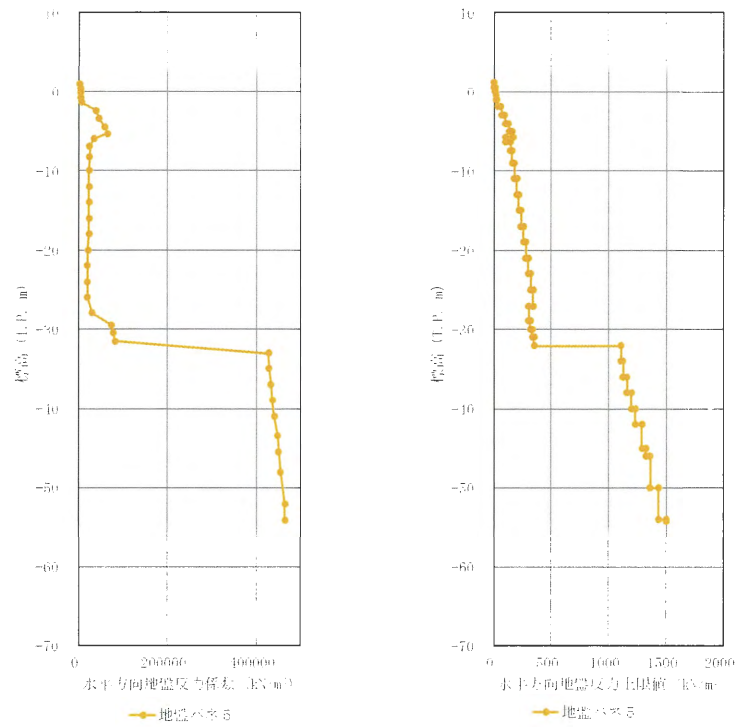


図 4.9-52 水平方向地盤反力係数及び反力上限値（南基礎：地盤バネ5）

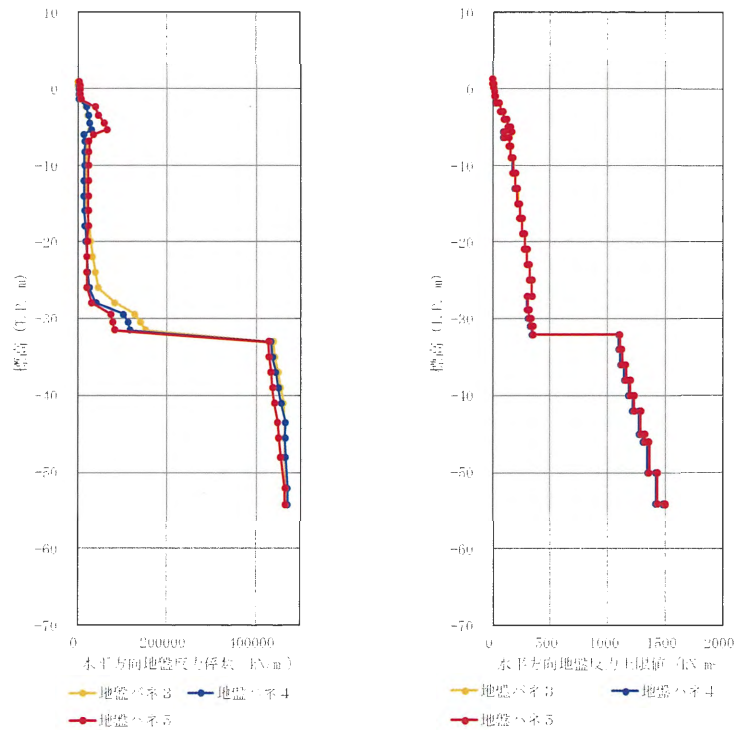


図 4.9-53 地盤バネ3，地盤バネ4及び地盤バネ5の地盤変位比較図（南基礎）

c. 動水圧

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の地表面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 4.9-20 に示す。

表 4.9-20 各地盤ケースでの余震時の設計震度

検討ケース	水平震度	鉛直震度
地盤バネ 3	0.23 (219.9 cm/s ²)	0.21 (199.1 cm/s ²)
地盤バネ 4	0.22 (208.0 cm/s ²)	0.20 (196.1 cm/s ²)
地盤バネ 5	0.22 (208.0 cm/s ²)	0.20 (196.1 cm/s ²)

上記の水平震度を用いて、次式により算出した鋼製防護壁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 4.9-21 及び表 4.9-22 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 4.9-21 余震時の動水圧 (基準津波)

検討ケース	防護壁 天端高 (T. P.)	入力津波 高さ (T. P.)	設置地盤 標高 (T. P.)	防護壁 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	+20.0	+17.9	+1.20	0.0	33.9
地盤バネ 4				0.0	32.5
地盤バネ 5				0.0	32.5

表 4.9-22 余震時の動水圧 (敷地に遡上する津波)

検討ケース	防護壁 天端高 (T. P.)	入力津波 高さ (T. P.)	設置地盤 標高 (T. P.)	防護壁 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	+20.0	+24.0	+1.20	19.4	46.3
地盤バネ 4				7.6	44.3
地盤バネ 5				7.6	44.3

(2) 津波種別毎の荷重条件

a. 基準津波時（津波時，重畳時）

表 4.9-23 に基準津波時の荷重条件を示す。

表 4.9-23 荷重条件(基準津波時)

項目	単位	地盤パネ 1	地盤パネ 2	地盤パネ 3	地盤パネ 4	地盤パネ 5
重力加速度	g	m/s^2				
設計用浸水深	h	m				
水平震度	kh	-	-	0.23	0.22	0.22
鉛直深度	kv	-	-	0.21	0.20	0.20
鋼製防護壁底面における波圧強度	$p1$	kN/m^2				
鋼製防護壁天端面における波圧強度	$p2$	kN/m^2				
固定荷重	G	kN				
積載荷重	P	kN				
積雪荷重	Ps	kN/m^2				
遡上津波荷重	Pt	kN				
衝突荷重	Pc	kN				
余震荷重						
水平方向慣性力	Ksd	kN				
鉛直方向慣性力		kN				
動水圧合力	Pd	kN				
動水圧の作用高さ	y	$T. P. m$				
風荷重	Pk	kN/m^2				

b. 敷地に遡上する津波時（津波時，重畳時）

表 4.9-24 に敷地に遡上する津波時の荷重条件を示す。

表 4.9-24 荷重条件(敷地に遡上する津波時)

項目	単位	地盤パネ 1	地盤パネ 2	地盤パネ 3	地盤パネ 4	地盤パネ 5
重力加速度	g	m/s^2				
設計用浸水深	h	m				
水平震度	kh	-	-	0.23	0.22	0.22
鉛直深度	kv	-	-	0.21	0.20	0.20
鋼製防護壁底面における波圧強度	$p1$	kN/m^2				
鋼製防護壁天端面における波圧強度	$p2$	kN/m^2				
固定荷重	G	kN				
積載荷重	P	kN				
積雪荷重	Ps	kN/m^2				
遡上津波荷重	Pt	kN				
衝突荷重	Pc	kN				
余震荷重						
水平方向慣性力	Ksd	kN				
鉛直方向慣性力		kN				
動水圧合力	Pd	kN				
動水圧の作用高さ	y	$T. P. m$				
風荷重	Pk	kN/m^2				

4.10 評価結果

4.10.1 評価結果総括

耐震性能は、次項以降の(1)～(5)の各項目の照査値が全て1.0を下回ることから十分であると評価する。防潮堤（鋼製防護壁）の評価結果総括表を表 4.10-1～表 4.10-5 に示す。

表 4.10-1 鋼製防護壁基礎の評価結果総括表

項目			津波種別	地盤バネ	発生値	許容限界	照査値
北基礎	中実鉄筋コンクリート						
	コンクリート圧縮応力度	N/mm ²	遡上津波	地盤バネ 5	13.3	32	0.42
	鉄筋引張応力度	N/mm ²	遡上津波	地盤バネ 5	257	478.5	0.54
	せん断力	kN	遡上津波	地盤バネ 3	185592	229529	0.81
	鋼管杭						
	曲げ応力度	N/mm ²	遡上津波	地盤バネ 4	452	500	0.91
	せん断応力度	N/mm ²	基準津波	地盤バネ 5	38	255	0.16
	巻立て鉄筋コンクリート						
	コンクリート圧縮応力度	N/mm ²	遡上津波	地盤バネ 2	25.5	32	0.80
	鉄筋引張応力度	N/mm ²	遡上津波	地盤バネ 5	411	660	0.63
	せん断力	kN	遡上津波	地盤バネ 1	14028	14469	0.97
	鋼管杭部曲げ応力度	N/mm ²	遡上津波	地盤バネ 5	311	500	0.63
	鋼管杭部せん断応力度	N/mm ²	遡上津波	地盤バネ 1	237	285	0.84
	杭頭接合部						
	鋼管杭頭部						
	コンクリート圧縮応力度	N/mm ²	基準津波	地盤バネ 5	9.0	24	0.38
	鉄筋引張応力度	N/mm ²	遡上津波	地盤バネ 3	476	660	0.73
	巻立てRC部						
	コンクリート圧縮応力度	N/mm ²	基準津波	地盤バネ 4, 5	22.4	24	0.94
	鉄筋引張応力度	N/mm ²	遡上津波	地盤バネ 5	606	660	0.92
	頂版鉄筋コンクリート						
	コンクリート圧縮応力度	N/mm ²	遡上津波	地盤バネ 5	21.7	32	0.68
	鉄筋引張応力度	N/mm ²	遡上津波	地盤バネ 5	594	660	0.90
	せん断力	kN	遡上津波	地盤バネ 5	28748	31785	0.91
南基礎	中実鉄筋コンクリート						
	コンクリート圧縮応力度	N/mm ²	基準津波	地盤バネ 4	12.6	24	0.53
	鉄筋引張応力度	N/mm ²	遡上津波	地盤バネ 4	266	478.5	0.56
	せん断力	kN	遡上津波	地盤バネ 4	214108	247591	0.87
	鋼管杭						
	曲げ応力度	N/mm ²	遡上津波	地盤バネ 5	434	500	0.87
	せん断応力度	N/mm ²	遡上津波	地盤バネ 4	45	285	0.16
	巻立て鉄筋コンクリート						
	コンクリート圧縮応力度	N/mm ²	遡上津波	地盤バネ 2	23.6	32	0.74
	鉄筋引張応力度	N/mm ²	遡上津波	地盤バネ 5	394	660	0.60
	せん断力	kN	遡上津波	地盤バネ 1	8494	9187	0.93
	鋼管杭部曲げ応力度	N/mm ²	遡上津波	地盤バネ 5	312	500	0.63
	鋼管杭部せん断応力度	N/mm ²	遡上津波	地盤バネ 1	217	285	0.77
	杭頭接合部						
	鋼管杭頭部						
	コンクリート圧縮応力度	N/mm ²	遡上津波	地盤バネ 5	11.4	32	0.36
	鉄筋引張応力度	N/mm ²	遡上津波	地盤バネ 3	582	660	0.89
	巻立て鉄筋コンクリート部						
	コンクリート圧縮応力度	N/mm ²	遡上津波	地盤バネ 2	28.9	32	0.91
	鉄筋引張応力度	N/mm ²	遡上津波	地盤バネ 4	633	660	0.96
	頂版鉄筋コンクリート						
	コンクリート圧縮応力度	N/mm ²	遡上津波	地盤バネ 4	18.8	32	0.59
	鉄筋引張応力度	N/mm ²	遡上津波	地盤バネ 5	432	478.5	0.91
	せん断力	kN	遡上津波	地盤バネ 5	29790	31712	0.94

表 4.10-2 鋼製防護壁の評価結果総括表

項目	津波種別	地盤バネ	発生値	許容限界	照査値
主部材					
検討箇所	SBHS700				
直応力度 N/mm ²	遡上津波	地盤バネ 5	325	697	0.47
せん断応力度 N/mm ²			247	399.5	0.62
合成応力度 -			0.56	1.2	0.47
補剛材					
検討箇所	SBHS700				
断面 2 次モーメント cm ⁴	遡上津波	地盤バネ 5	26483	37137	0.72
断面積 cm ²			35.8	108.8	0.33
添接板					
検討箇所	SBHS700				
引張軸力最大時必要断面積 cm ²	-	-	70.3	270.3	0.27
圧縮軸力最大時必要断面積 cm ²			67.5	373.9	0.19

表 4.10-3 接合部の評価結果総括表

項目		津波種別	地盤バネ	発生値	許容限界	照査値	
北基礎	アンカーボルト						
	引張応力度	N/mm ²	遡上津波	地盤バネ 3	188	355	0.54
	アンカーボルトとコンクリートの定着						
	アンカーボルトの定着長	cm	-	-	236.9	270	0.88
	コンクリートのコーンせん断力						
	鉄筋量	mm ² /m ²	-	-	1831	3378	0.55
	中詰め鉄筋コンクリート						
	水平せん断力	kN	遡上津波	地盤バネ 3	198989	252547	0.79
	水平回転モーメント						
	水平鉄筋応力度	N/mm ²	遡上津波	地盤バネ 3	201	478.5	0.43
南基礎	鉛直鉄筋応力度	N/mm ²	遡上津波	地盤バネ 3	116	478.5	0.25
	アンカーボルト						
	引張応力度	N/mm ²	遡上津波	地盤バネ 5	216	355	0.61
	アンカーボルトとコンクリートの定着						
	アンカーボルトの定着長	cm	-	-	236.9	270	0.88
	コンクリートのコーンせん断力						
	鉄筋量	mm ² /m ²	-	-	2431	3378	0.72
	中詰め鉄筋コンクリート						
	水平せん断力	kN	遡上津波	地盤バネ 5	224237	252547	0.89
	水平回転モーメント						
	水平鉄筋応力度	N/mm ²	遡上津波	地盤バネ 5	331	478.5	0.70
	鉛直鉄筋応力度	N/mm ²	遡上津波	地盤バネ 5	191	478.5	0.40

表 4.10-4 支持性能の評価結果総括表

項目		津波種別	検討ケース	発生値	極限支持力度
北基礎	中実鉄筋コンクリートの支持力度 kN/m^2	基準津波	ケース⑤	1918	6116
	鋼管杭の支持力度 kN/m^2	遡上津波	ケース③	4338	5092
南基礎	中実鉄筋コンクリートの支持力度 kN/m^2	基準津波	ケース⑥	1642	5991
	鋼管杭の支持力度 kN/m^2	遡上津波	ケース③	3849	5039

表 4.10-5 止水ジョイント部材の評価結果総括表

項目	発生値	許容限界
止水ジョイント部材の変形量 m	1.059	2.0

4.10.2 評価結果詳細

(1) 津波時の強度評価結果

a. 鋼製防護壁基礎の評価結果

(a) 中実鉄筋コンクリートの評価結果

中実鉄筋コンクリートの評価は、中実鉄筋コンクリートの応力状態、鉄筋の配置を考慮して評価部位を選定する。北基礎は1部位で、南基礎は上部、中央（上）、中央（下）、下部の4部位に分割し、各部位で発生する最大断面力で評価することで合理的な鉄筋配置とする。決定した概略配筋図を、図 4.10-43～図 4.10-49 に示す。

イ. 曲げ軸力に対する評価結果

コンクリートの曲げ軸力に対する照査結果を表 4.10-6 及び表 4.10-7 に、鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果を表 4.10-8 及び表 4.10-9 にそれぞれ示す。また、評価位置図を図 4.10-1 に、断面力分布を図 4.10-2～図 4.10-21 に示す。

中実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、評価位置においてコンクリートの曲げ圧縮応力度と鉄筋の曲げ引張応力度が許容限界以下であることを確認した。

以上のことから、中実鉄筋コンクリートの構造部材の発生応力度が許容限界以下であることを確認した。なお、発生応力度は各地盤バネケースにおいて最大となる値を示している。

平面図



側面図

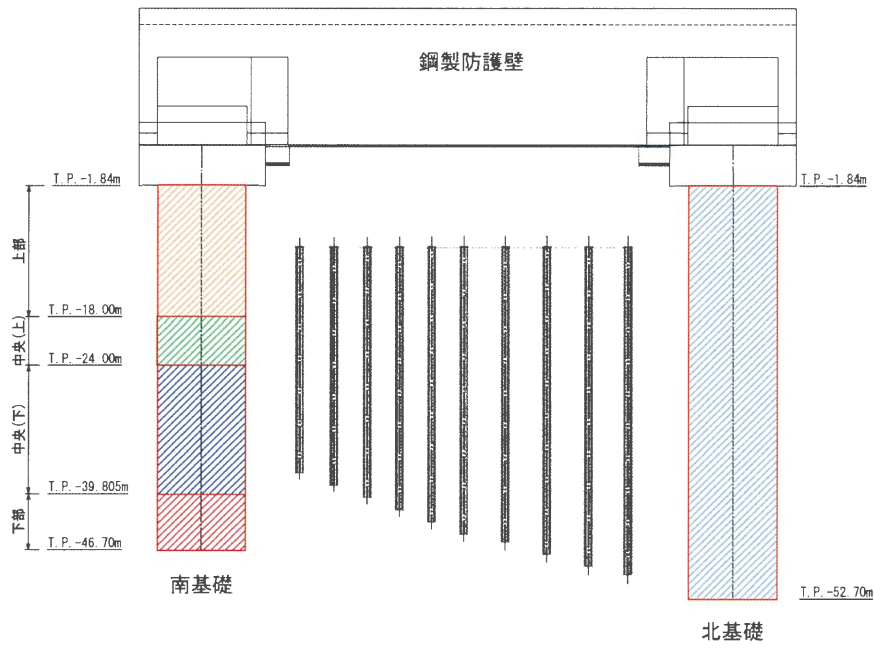


図 4.10-1 評価位置図（中実鉄筋コンクリート）

表 4.10-6 コンクリートの曲げ軸力に対する照査結果（津波時：基準津波）

検討 ケース	評価位置		断面性状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}	断面力図	
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)					
地盤 バネ 1	北基礎		②－②断面	10700	10700	10050	D510150 (7段)	507505	-61629	2.3	24	0.10	—
			①－①断面	10700	10700	10050	D510150 (7段)	52811					
	南基礎	上部	③－③断面	10700	10700	9976	D510150 (8段)	540243	-75574	2.3	24	0.10	—
			①－①断面	10700	10700	9976	D510150 (8段)	-47616					
		中央 (上)	③－③断面	10700	10700	9759	D510150 (11段)	516555	-83115	1.9	24	0.08	—
			①－①断面	10700	10700	9759	D510150 (11段)	-25319					
		中央 (下)	③－③断面	10700	10700	9262	D510150 (17.5段)	407810	-96431	1.4	24	0.06	—
			①－①断面	10700	10700	9262	D510150 (17.5段)	-3998					
		下部	③－③断面	10700	10700	9759	D510150 (11段)	121471	-84814	0.8	24	0.04	—
			①－①断面	10700	10700	9759	D510150 (11段)	6204					
地盤 バネ 2	北基礎		②－②断面	10700	10700	10050	D510150 (7段)	611305	-89084	2.8	24	0.12	○
			①－①断面	10700	10700	10050	D510150 (7段)	66606					
	南基礎	上部	③－③断面	10700	10700	9976	D510150 (8段)	595742	-102557	2.7	24	0.12	○
			①－①断面	10700	10700	9976	D510150 (8段)	-82397					
		中央 (上)	③－③断面	10700	10700	9759	D510150 (11段)	699989	-117152	2.7	24	0.12	○
			①－①断面	10700	10700	9759	D510150 (11段)	-62012					
		中央 (下)	③－③断面	10700	10700	9262	D510150 (17.5段)	756058	-129732	2.6	24	0.11	○
			①－①断面	10700	10700	9262	D510150 (17.5段)	-43405					
		下部	③－③断面	10700	10700	9759	D510150 (11段)	495489	-119495	2.0	24	0.09	○
			①－①断面	10700	10700	9759	D510150 (11段)	-12487					

注記 @ : 鉄筋の配置間隔

評価位置は図 4.10-1 に示す。

表 4.10-7 コンクリートの曲げ軸力に対する照査結果（津波時：敷地に遡上する津波）

検討 ケース	評価位置		断面性状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}	断面力図	
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)					
地盤 パネ 1	北基礎		②－②断面	10700	10700	10050	D51@150 (7段)	890401	-75204	3.7	32	0.12	—
			①－①断面	10700	10700	10050	D51@150 (7段)	66718					
	南基礎	上部	③－③断面	10700	10700	9976	D51@150 (8段)	944531	-89828	3.8	32	0.12	—
			①－①断面	10700	10700	9976	D51@150 (8段)	-58803					
		中央 (上)	③－③断面	10700	10700	9759	D51@150 (11段)	900941	-93232	3.1	32	0.10	—
			①－①断面	10700	10700	9759	D51@150 (11段)	-42204					
		中央 (下)	③－③断面	10700	10700	9262	D51@150 (17.5段)	716219	-105444	2.3	32	0.08	—
			①－①断面	10700	10700	9262	D51@150 (17.5段)	-15533					
		下部	③－③断面	10700	10700	9759	D51@150 (11段)	224723	-92219	1.1	32	0.04	—
			①－①断面	10700	10700	9759	D51@150 (11段)	4374					
地盤 パネ 2	北基礎		②－②断面	10700	10700	10050	D51@150 (7段)	1100151	-96029	4.7	32	0.15	○
			①－①断面	10700	10700	10050	D51@150 (7段)	99193					
	南基礎	上部	③－③断面	10700	10700	9976	D51@150 (8段)	1200316	-100568	4.8	32	0.16	○
			①－①断面	10700	10700	9976	D51@150 (8段)	-101366					
		中央 (上)	③－③断面	10700	10700	9759	D51@150 (11段)	1327676	-114523	4.6	32	0.15	○
			①－①断面	10700	10700	9759	D51@150 (11段)	-81136					
		中央 (下)	③－③断面	10700	10700	9262	D51@150 (17.5段)	1375256	-126924	4.3	32	0.14	○
			①－①断面	10700	10700	9262	D51@150 (17.5段)	-61842					
		下部	③－③断面	10700	10700	9759	D51@150 (11段)	861778	-130303	3.2	32	0.10	○
			①－①断面	10700	10700	9759	D51@150 (11段)	-22895					

注記 @：鉄筋の配置間隔
評価位置は図 4.10-1 に示す。

表 4.10-8 鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果（津波時：基準津波）

検討 ケース	評価位置		断面性状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s/σ_{sa}	断面力図	
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)					
地盤 パネ 1	北基礎		②－②断面	10700	10700	10050	D510150 (7段)	493573	-57912	31.8	435	0.08	—
			①－①断面	10700	10700	10050	D510150 (7段)	58520					
	南基礎	上部	③－③断面	10700	10700	9976	D510150 (8段)	525943	-72246	28.6	435	0.07	—
			①－①断面	10700	10700	9976	D510150 (8段)	-56293					
		中央 (上)	③－③断面	10700	10700	9759	D510150 (11段)	516555	-83115	19.8	435	0.05	—
			①－①断面	10700	10700	9759	D510150 (11段)	-25319					
		中央 (下)	③－③断面	10700	10700	9262	D510150 (17.5段)	407810	-96431	9.7	435	0.03	—
			①－①断面	10700	10700	9262	D510150 (17.5段)	-3998					
		下部	③－③断面	10700	10700	9759	D510150 (11段)	121471	-84814	0.0	435	0.00	—
			①－①断面	10700	10700	9759	D510150 (11段)	6204					
地盤 パネ 2	北基礎		②－②断面	10700	10700	10050	D510150 (7段)	589325	-75631	37.0	435	0.09	○
			①－①断面	10700	10700	10050	D510150 (7段)	82422					
	南基礎	上部	③－③断面	10700	10700	9976	D510150 (8段)	595742	-102557	28.7	435	0.07	○
			①－①断面	10700	10700	9976	D510150 (8段)	-82397					
		中央 (上)	③－③断面	10700	10700	9759	D510150 (11段)	699989	-117152	27.4	435	0.07	○
			①－①断面	10700	10700	9759	D510150 (11段)	-62012					
		中央 (下)	③－③断面	10700	10700	9262	D510150 (17.5段)	746648	-126824	25.6	435	0.06	○
			①－①断面	10700	10700	9262	D510150 (17.5段)	-48467					
		下部	③－③断面	10700	10700	9759	D510150 (11段)	495489	-119495	12.8	435	0.03	○
			①－①断面	10700	10700	9759	D510150 (11段)	-12487					

注記 @：鉄筋の配置間隔
評価位置は図 4.10-1 に示す。

表 4.10-9 鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果（津波時：敷地に遡上する津波）

検討 ケース	評価位置		断面性状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s/σ_{sa}	断面力図	
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)					
地盤 パネ 1	北基礎		②－②断面	10700	10700	10050	D51@150 (7段)	884570	-73399	63.4	478.5	0.14	—
			①－①断面	10700	10700	10050	D51@150 (7段)	73491					
	南基礎	上部	③－③断面	10700	10700	9976	D51@150 (8段)	937544	-86803	59.1	478.5	0.13	—
			①－①断面	10700	10700	9976	D51@150 (8段)	-67658					
		中央 (上)	③－③断面	10700	10700	9759	D51@150 (11段)	900941	-93232	43.3	478.5	0.10	—
			①－①断面	10700	10700	9759	D51@150 (11段)	-42204					
		中央 (下)	③－③断面	10700	10700	9262	D51@150 (17.5段)	716219	-105444	25.4	478.5	0.06	—
			①－①断面	10700	10700	9262	D51@150 (17.5段)	-15533					
		下部	③－③断面	10700	10700	9759	D51@150 (11段)	224723	-92219	1.2	478.5	0.01	—
			①－①断面	10700	10700	9759	D51@150 (11段)	4374					
地盤 パネ 2	北基礎		②－②断面	10700	10700	10050	D51@150 (7段)	1087170	-89908	79.0	478.5	0.17	○
			①－①断面	10700	10700	10050	D51@150 (7段)	108002					
	南基礎	上部	③－③断面	10700	10700	9976	D51@150 (8段)	1200316	-100568	79.1	478.5	0.17	○
			①－①断面	10700	10700	9976	D51@150 (8段)	-101366					
		中央 (上)	③－③断面	10700	10700	9759	D51@150 (11段)	1327676	-114523	68.8	478.5	0.15	○
			①－①断面	10700	10700	9759	D51@150 (11段)	-81136					
		中央 (下)	③－③断面	10700	10700	9262	D51@150 (17.5段)	1370385	-123761	60.9	478.5	0.13	○
			①－①断面	10700	10700	9262	D51@150 (17.5段)	-67158					
		下部	③－③断面	10700	10700	9759	D51@150 (11段)	861778	-130303	34.7	478.5	0.08	○
			①－①断面	10700	10700	9759	D51@150 (11段)	-22895					

注記 @：鉄筋の配置間隔
評価位置は図 4.10-1 に示す。

北基礎

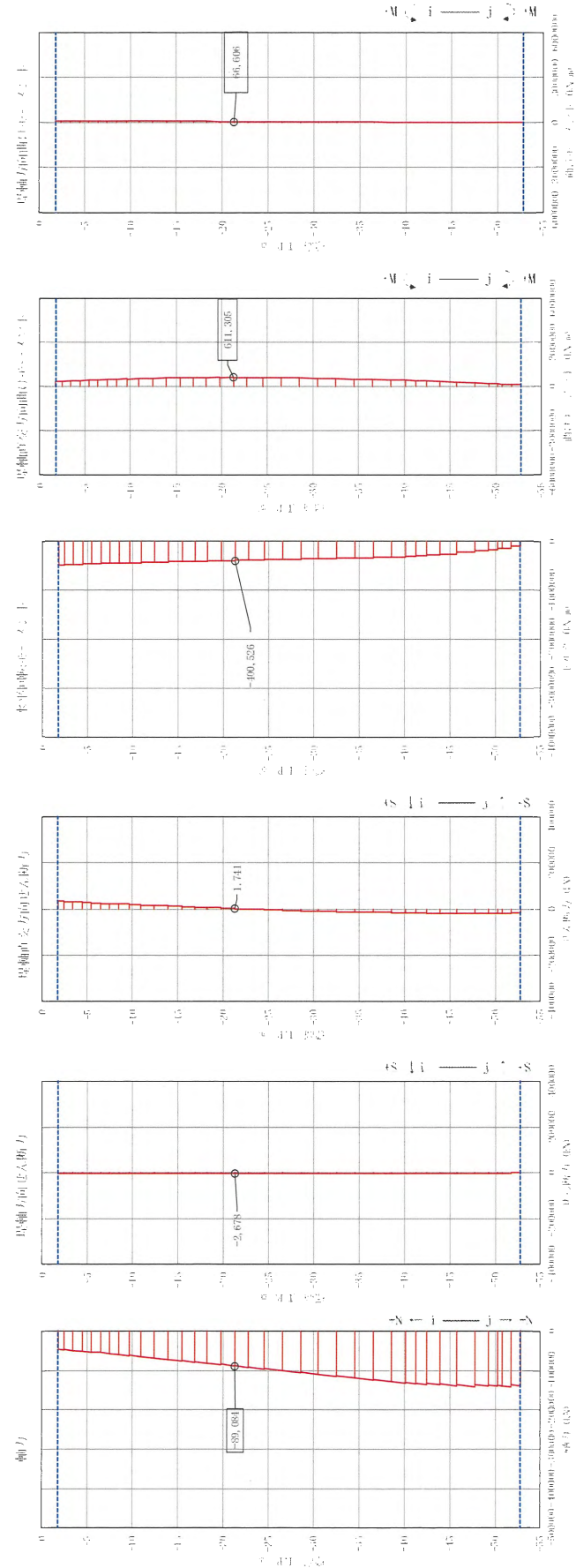


図 4.10-2 中実鉄筋コンクリートにおいてコンクリートの曲げ軸力照査結果が最も厳しい断面力
①-①断面, ②-②断面, (津波時: 基準津波, 北基礎, 地盤バネ2)

南基礎

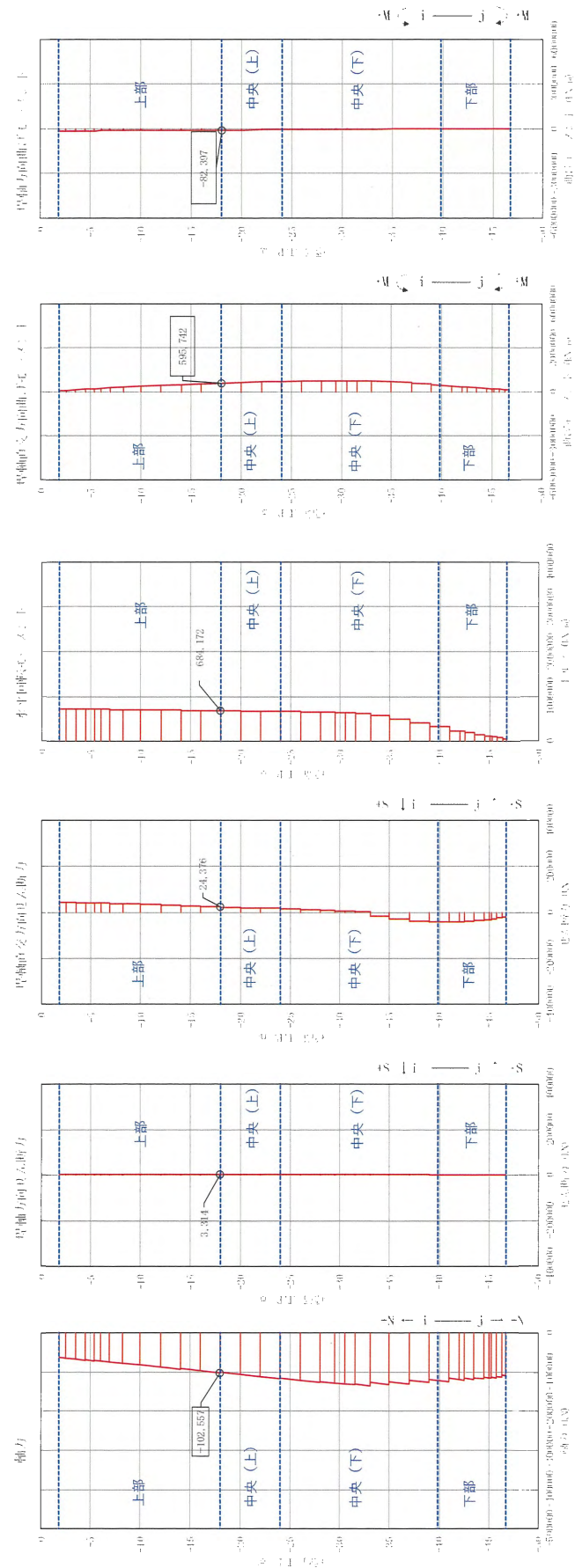


図 4.10-3 中実鉄筋コンクリートにおいてコンクリートの曲げ軸力照査結果が最も厳しい断面力
①-①断面, ③-③断面, (津波時: 基準津波, 南基礎 上部, 地盤バネ2)

南基礎

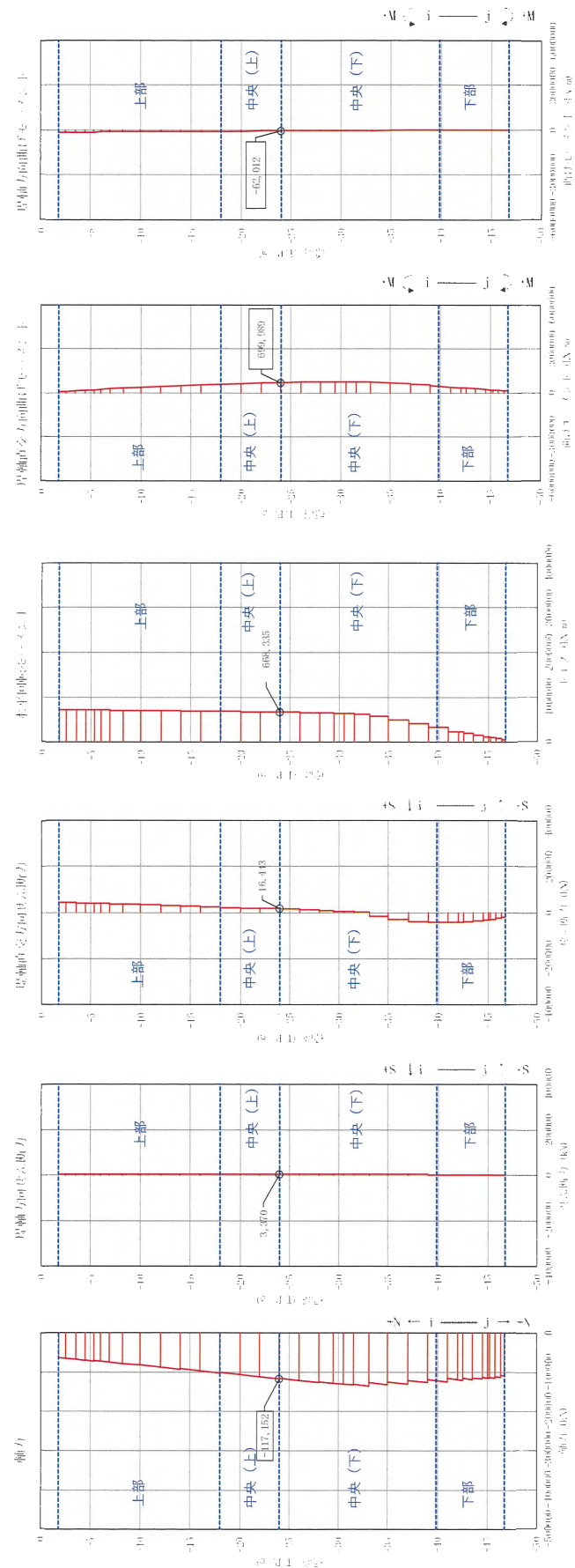


図 4.10-4 中実鉄筋コンクリートにおいてコンクリートの曲げ軸力照査結果が最も厳しい断面力
①-①断面, (津波時: 基準津波, 南基礎 中央 (上), 地盤バネ 2)

南基礎

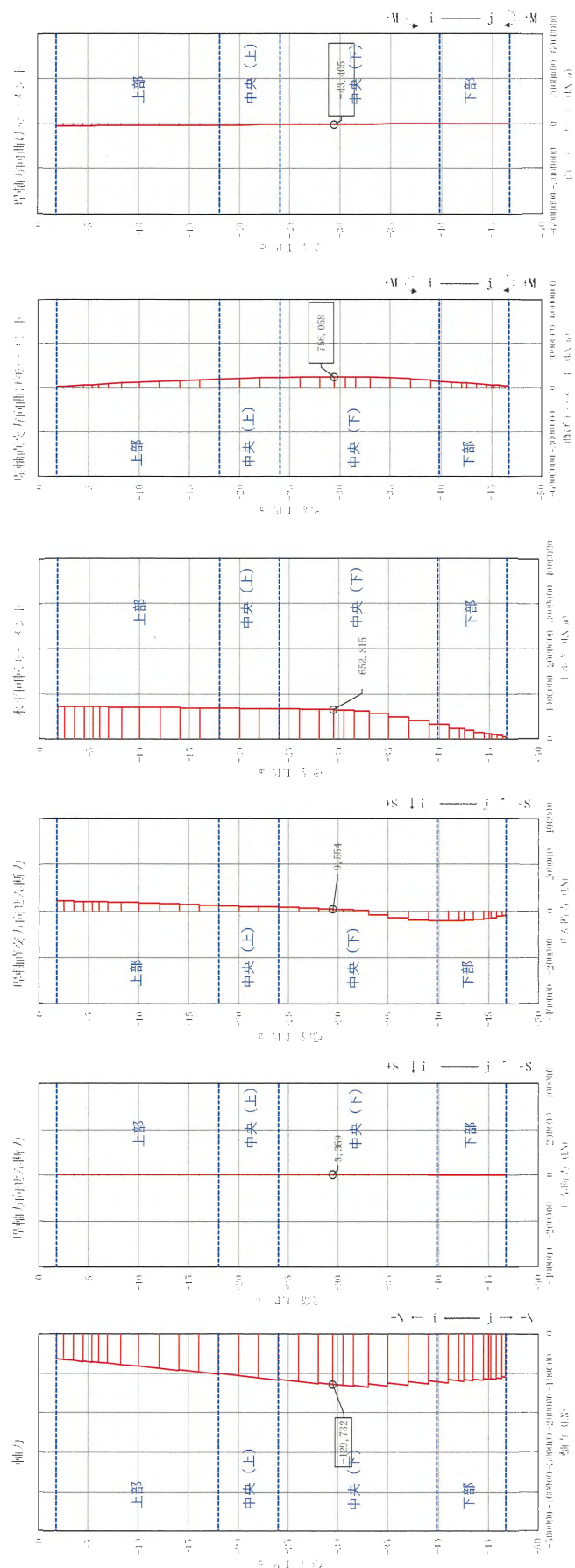


図 4.10-5 中実鉄筋コンクリートにおいてコンクリートの曲げ軸力照査結果が最も厳しい断面力
①-①断面, ③-③断面, (津波時：基準津波, 南基礎 中央 (下), 地盤バネ2)

南基礎

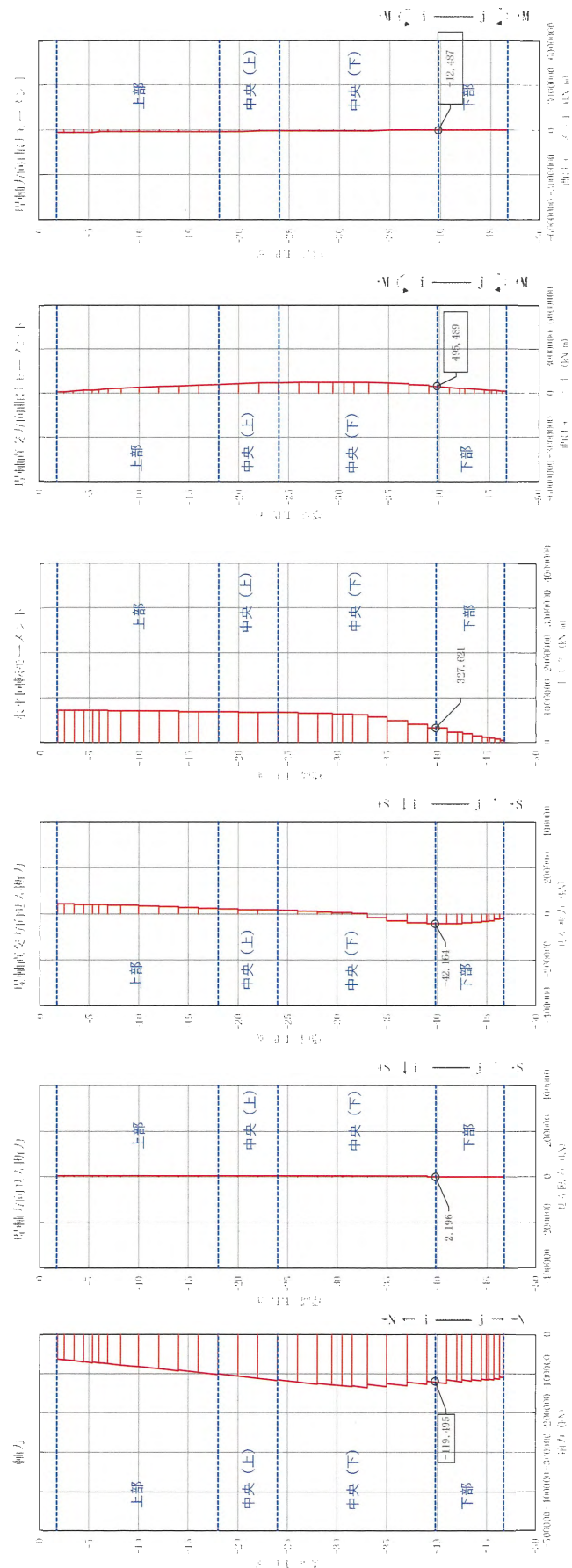


図 4.10-6 中実鉄筋コンクリートにおいてコンクリートの曲げ軸力照査結果が最も厳しい断面力

①-①断面, ③-③断面, (津波時：基準津波, 南基礎 下部, 地盤バネ2)

北基礎

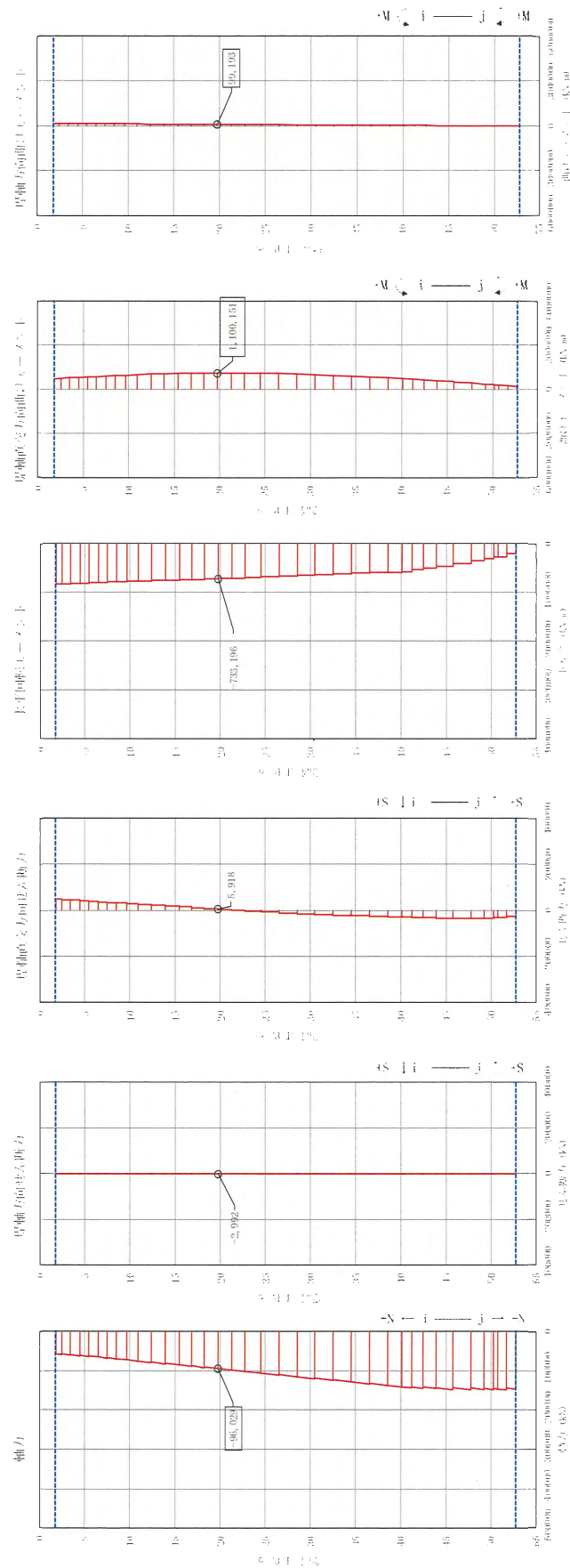


図 4.10-7 中実鉄筋コンクリートにおいてコンクリートの曲げ軸力照査結果が最も厳しい断面力
①ー①断面, ②ー②断面, (津波時: 敷地に遡上する津波, 北基礎, 地盤バネ2)

南基礎

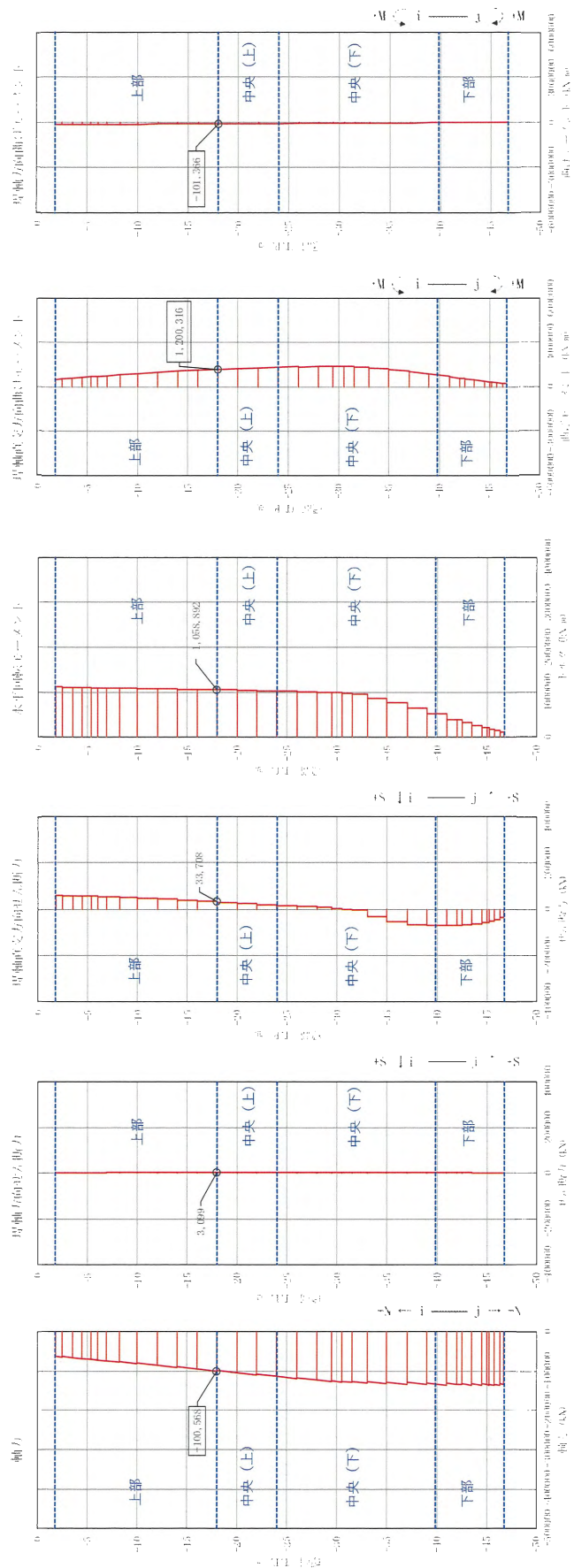


図 4.10-8 中実鉄筋コンクリートにおいてコンクリートの曲げ軸力照査結果が最も厳しい断面力
①-①断面, ③-③断面, (津波時：敷地に遡上する津波, 南基礎 上部, 地盤バネ2)

南基礎

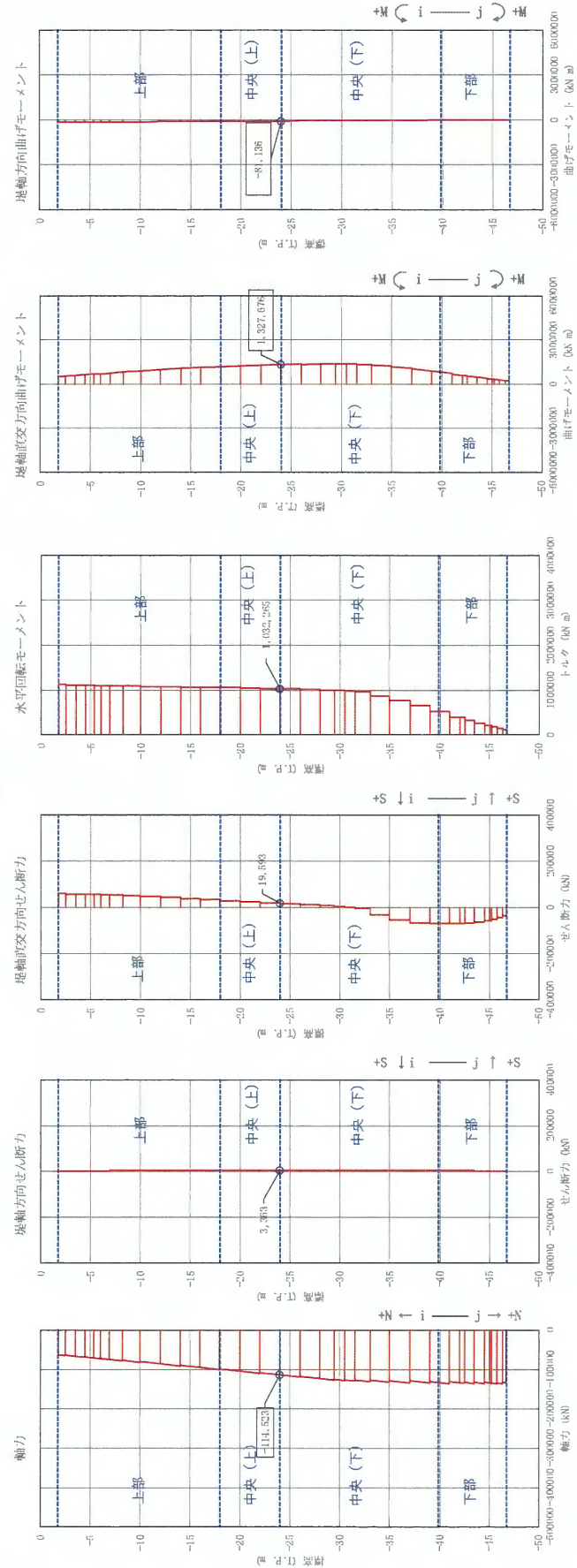


図 4.10-9 中実鉄筋コンクリートにおいてコンクリートの曲げ軸力照査結果が最も厳しい断面力
①-①断面, (津波時：敷地に遡上する津波, 南基礎 中央 (上), 地盤バネ 2)

南基礎

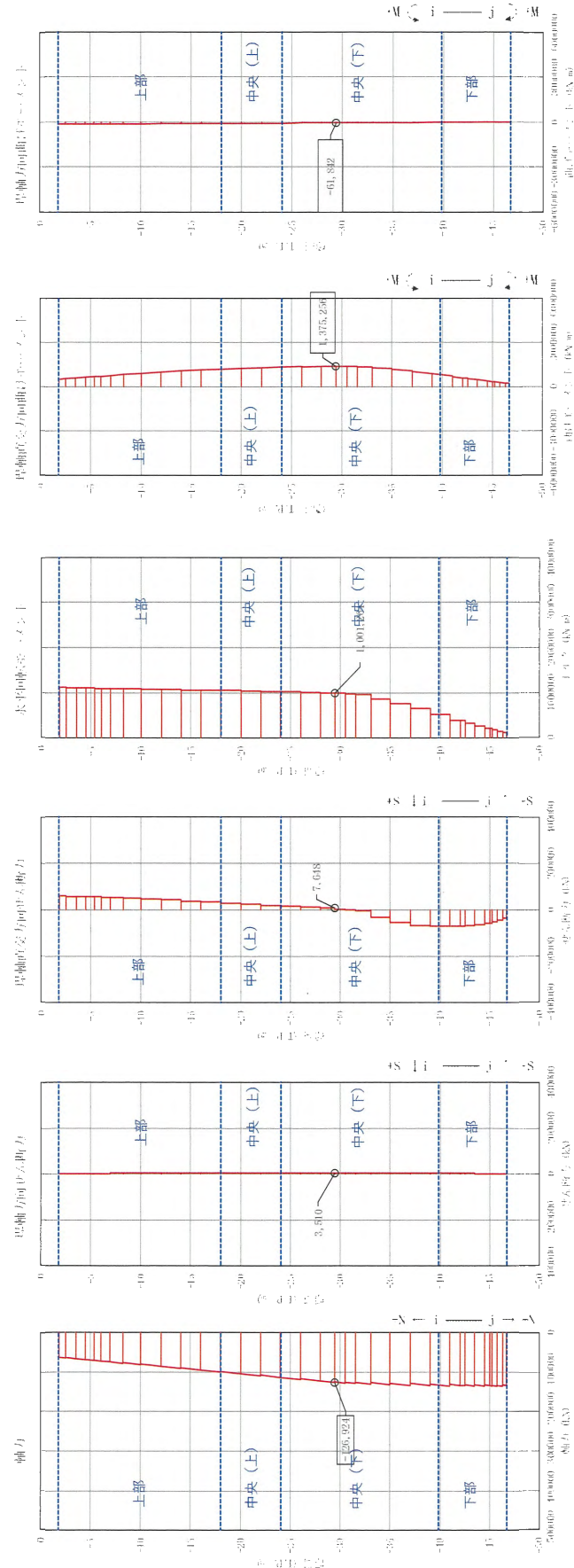


図 4.10-10 中実鉄筋コンクリートにおいてコンクリートの曲げ軸力照査結果が最も厳しい断面力
①-①断面, (津波時：敷地に遡上する津波, 南基礎 中央 (下), 地盤バネ 2)

南基礎

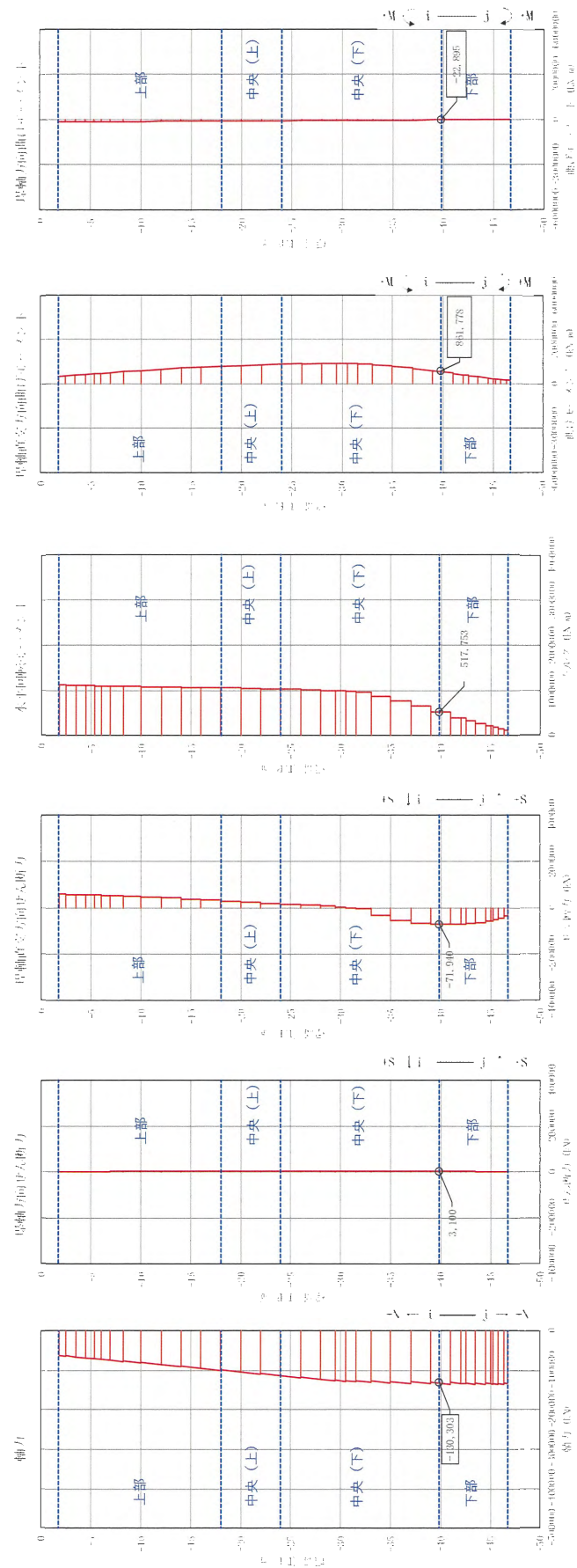


図 4.10-11 中実鉄筋コンクリートにおいてコンクリートの曲げ軸力照査結果が最も厳しい断面力
①-①断面, ③-③断面, (津波時: 敷地に遡上する津波, 南基礎 下部, 地盤バネ2)

北基礎

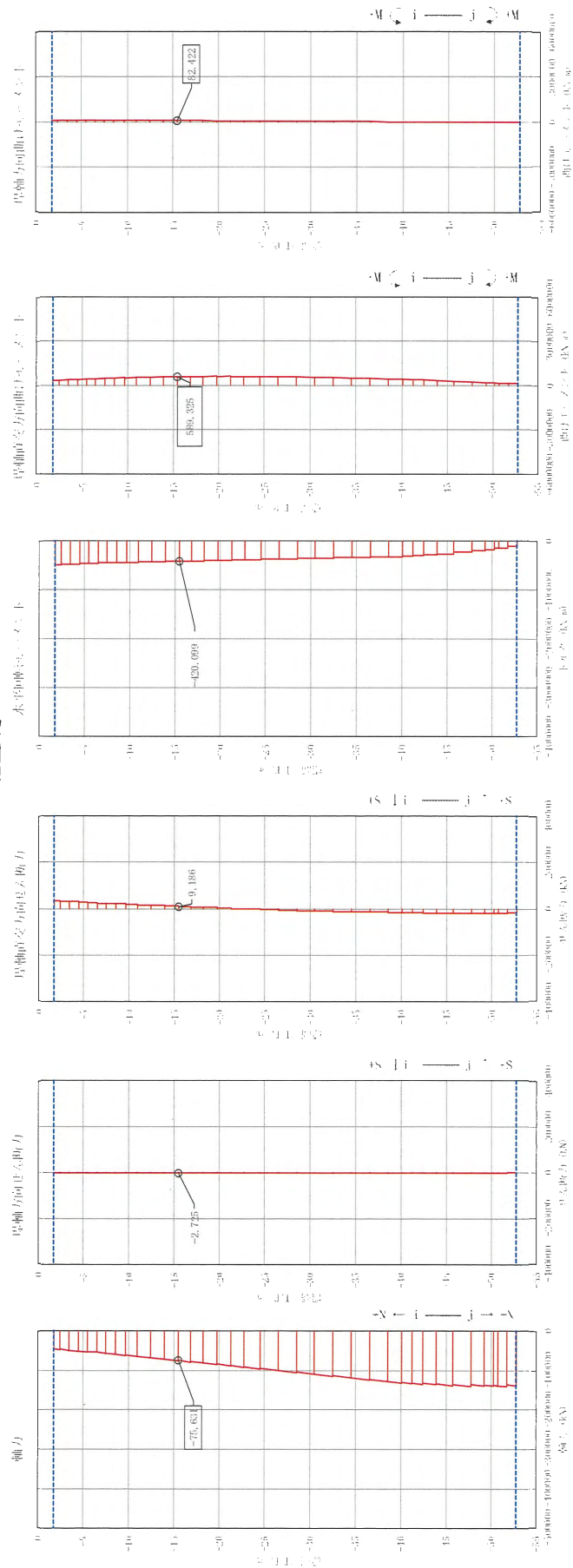


図 4.10-12 中実鉄筋コンクリートにおいて鉄筋の曲げ軸力照査結果が最も厳しい断面力
①-①断面, ②-②断面, (津波時：基準津波, 北基礎, 地盤バネ2)

南基礎

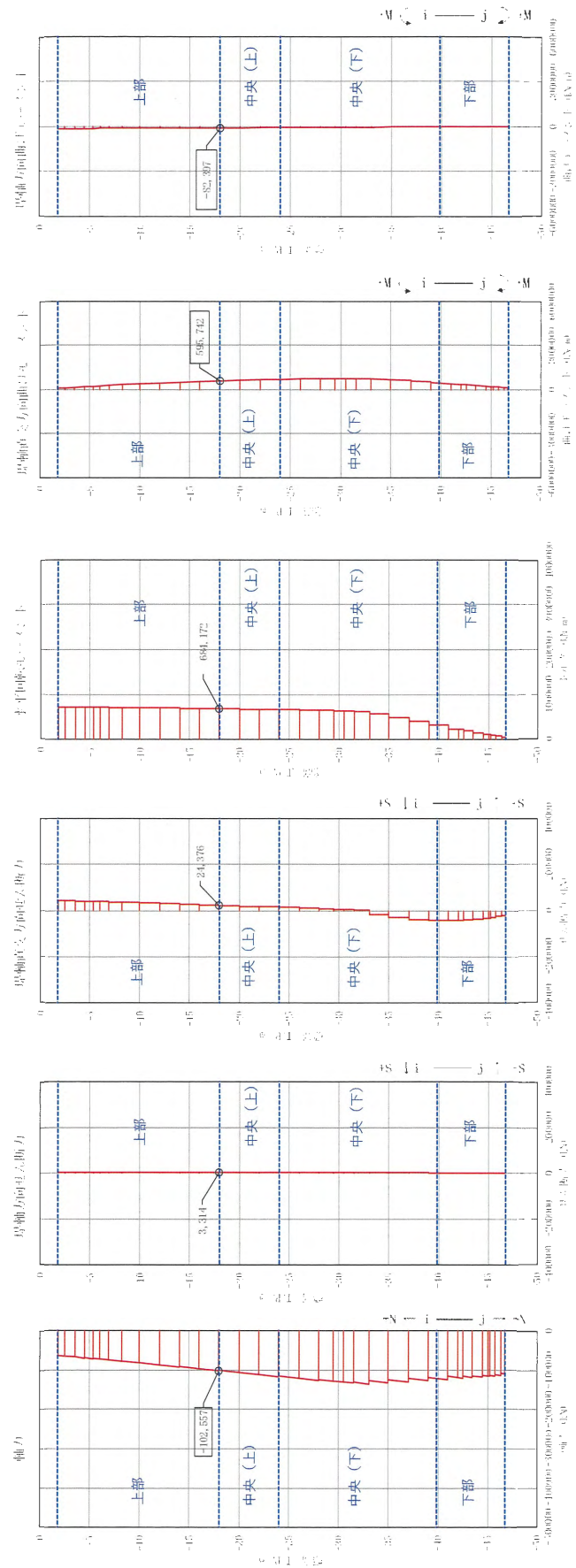


図 4.10-13 中実鉄筋コンクリートにおいて鉄筋の曲げ軸力照査結果が最も厳しい断面力
①—①断面, ③—③断面, (津波時：基準津波, 南基礎 上部, 地盤バネ2)

南基礎

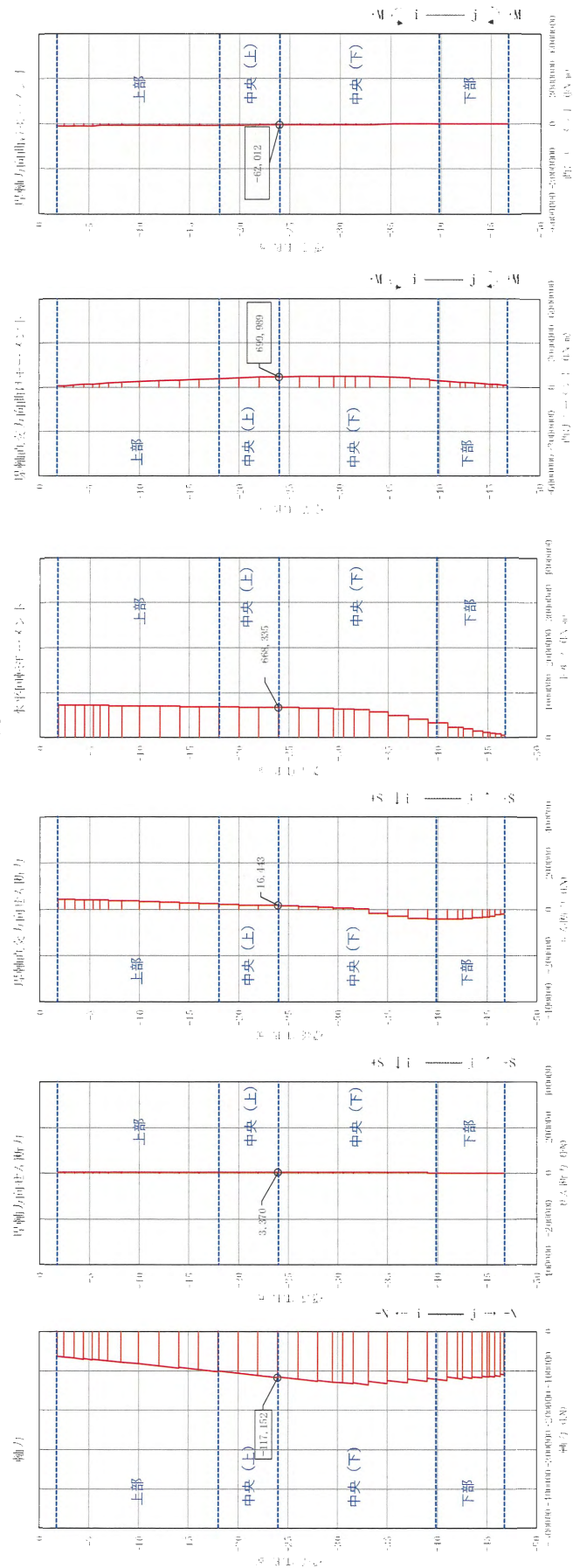


図 4.10-14 中実鉄筋コンクリートにおいて鉄筋の曲げ軸力照査結果が最も厳しい断面力
①-①断面, ③-③断面, (津波時: 基準津波, 南基礎 中央 (上), 地盤バネ 2)

南基礎

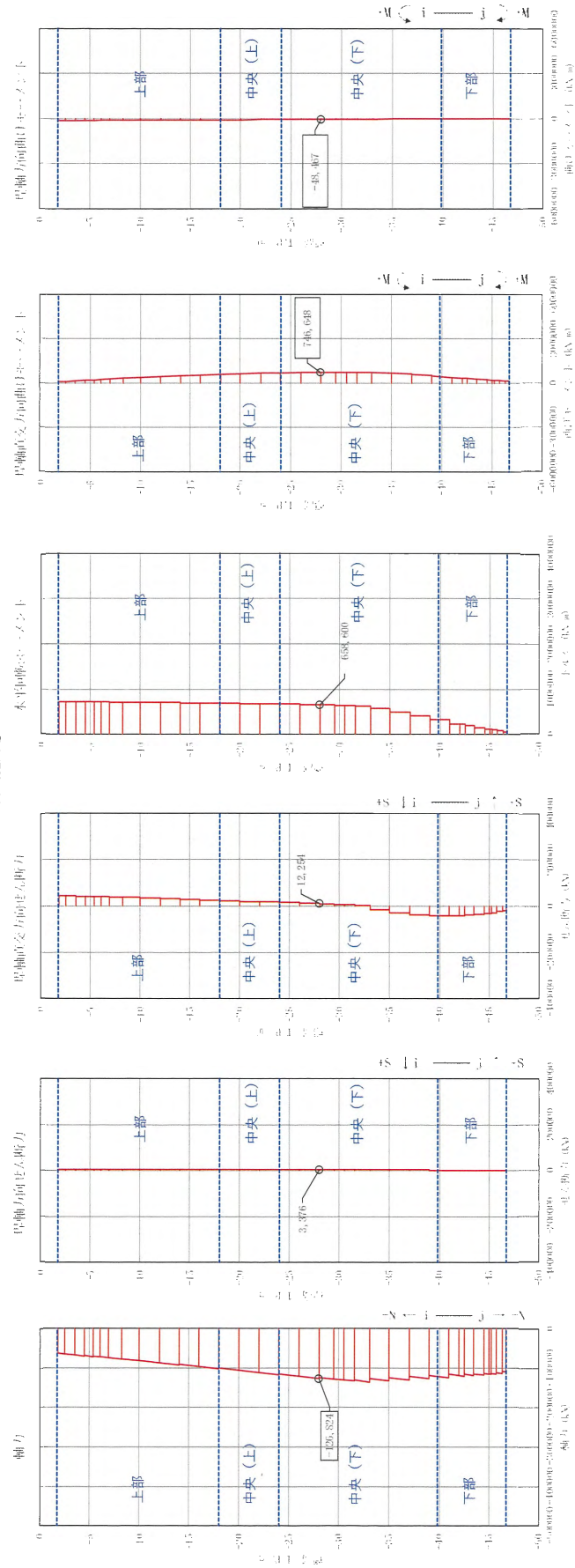


図 4.10-15 中実鉄筋コンクリートにおいて鉄筋の曲げ軸力照査結果が最も厳しい断面力
①-①断面, (津波時：基準津波, 南基礎 中央 (下), 地盤バネ 2)

南基礎

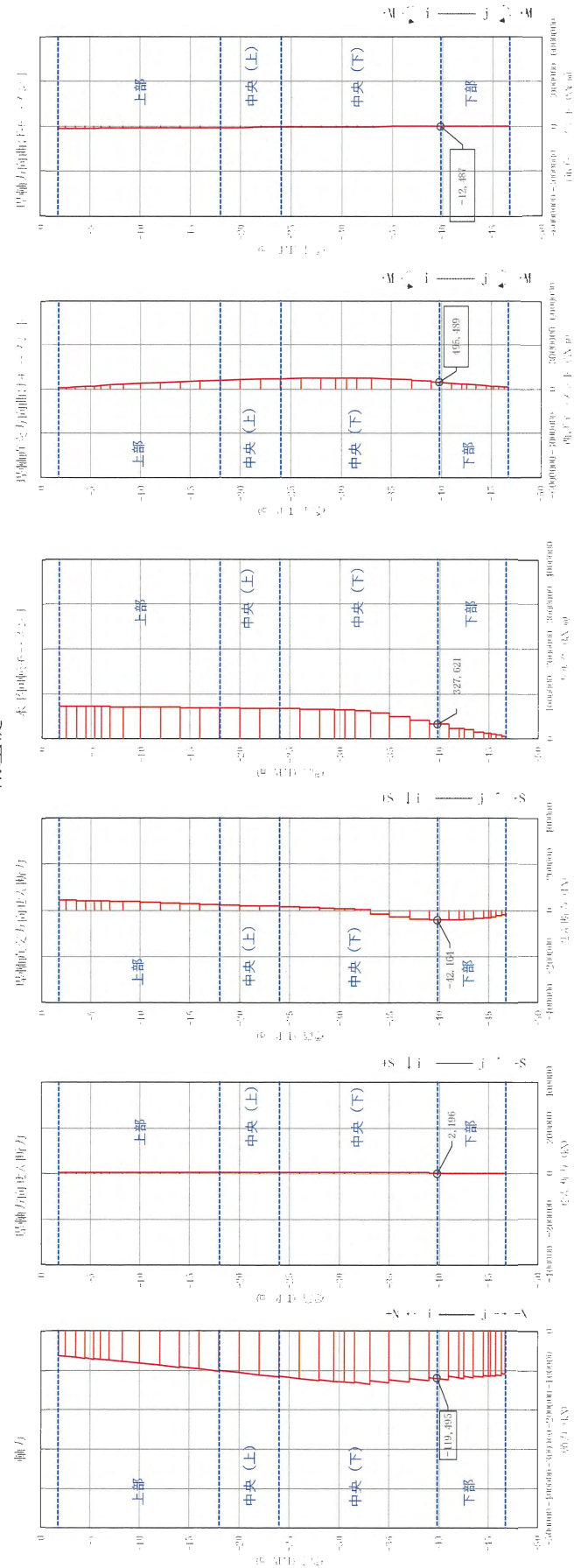


図 4.10-16 中実鉄筋コンクリートにおいて鉄筋の曲げ軸力照査結果が最も厳しい断面力
①-①断面, ③-③断面, (津波時：基準津波, 南基礎 下部, 地盤バネ2)

北基礎

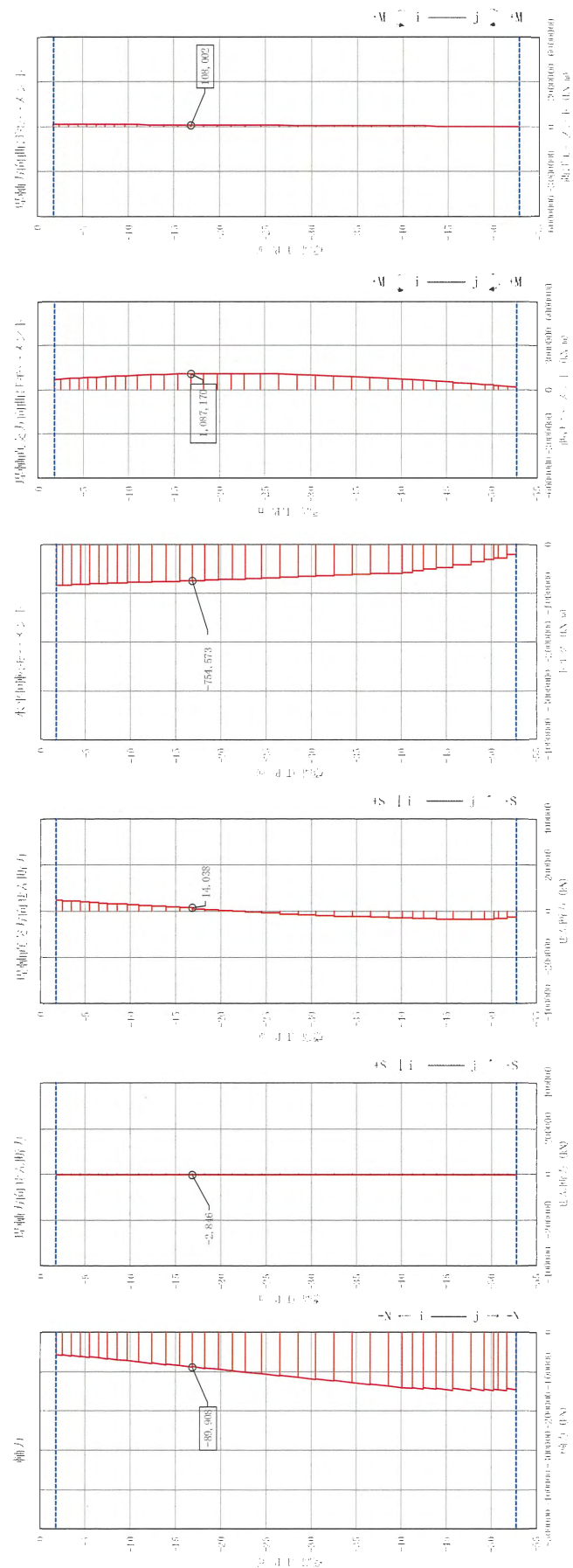


図 4.10-17 中実鉄筋コンクリートにおいて鉄筋の曲げ軸力照査結果が最も厳しい断面力
①-①断面, ②-②断面, (津波時：敷地に遡上する津波, 北基礎, 地盤バネ2)

南基礎

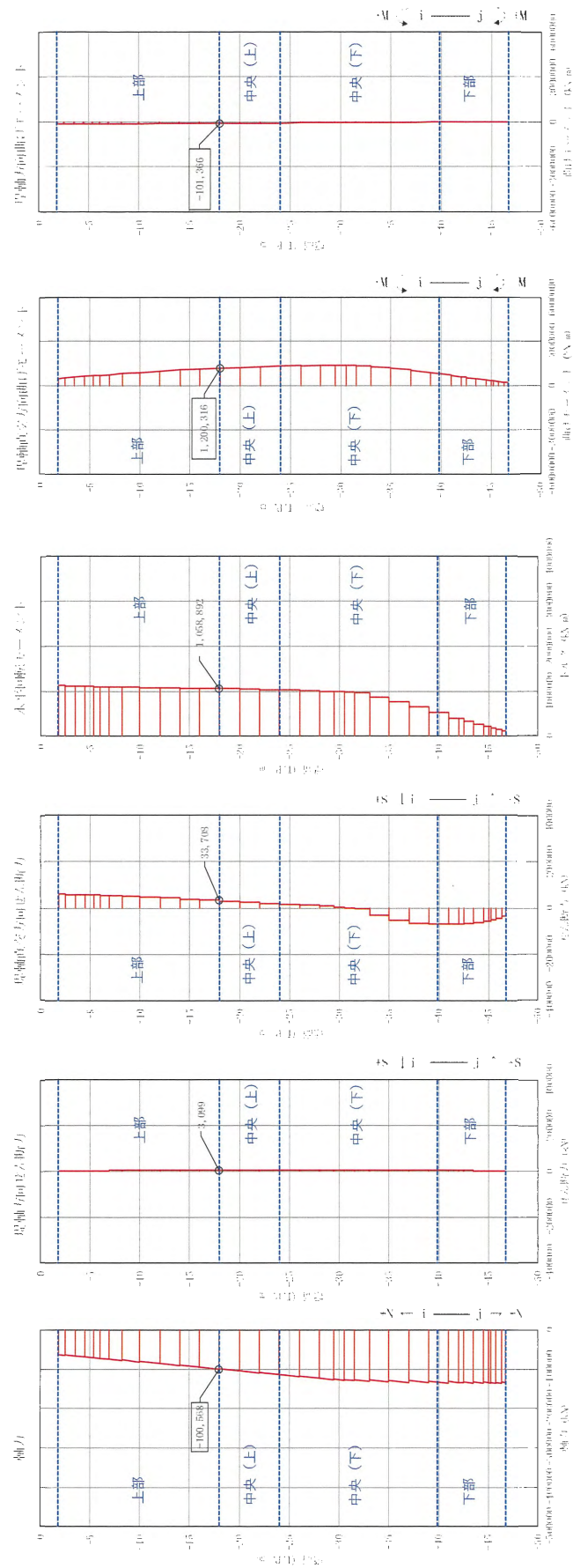


図 4.10-18 中実鉄筋コンクリートにおいて鉄筋の曲げ軸力照査結果が最も厳しい断面力
①-①断面, (津波時：敷地に遡上する津波, 南基礎 上部, 地盤バネ2)

南基礎

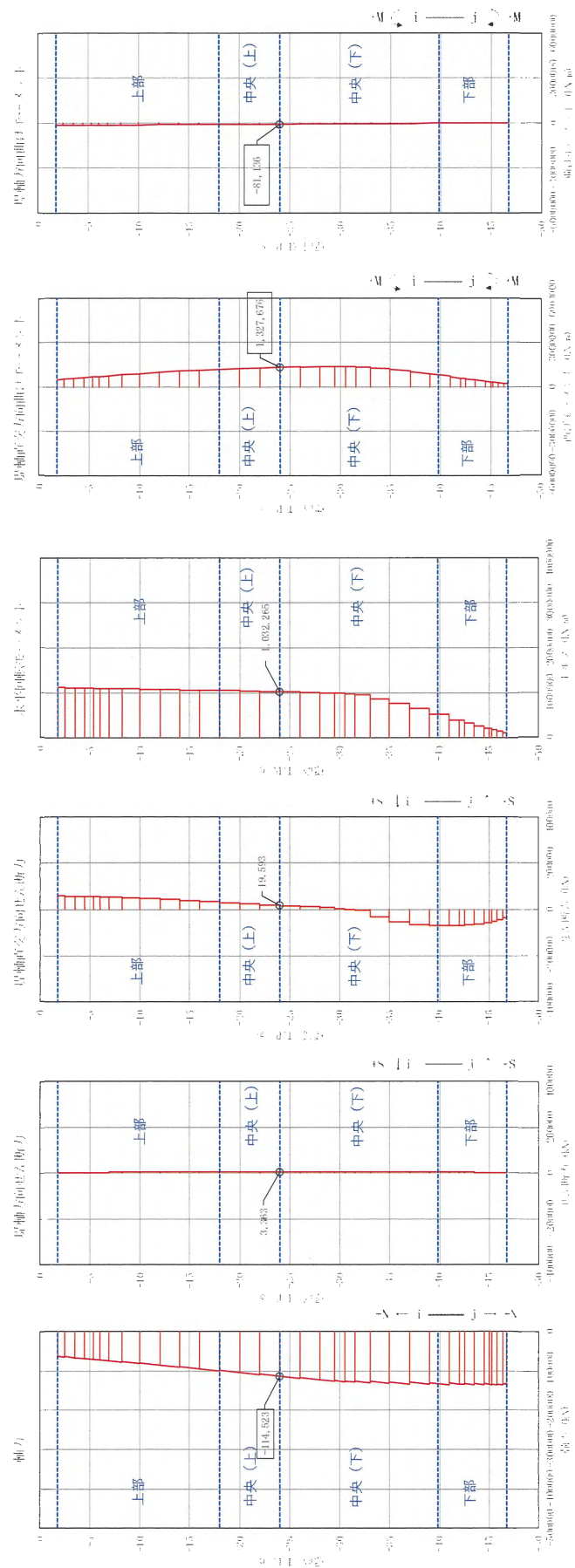


図 4.10-19 中実鉄筋コンクリートにおいて鉄筋の曲げ軸力照査結果が最も厳しい断面力
①—①断面、③—③断面、(津波時：敷地に遡上する津波、南基礎 中央 (上)、地盤バネ 2)

南基礎

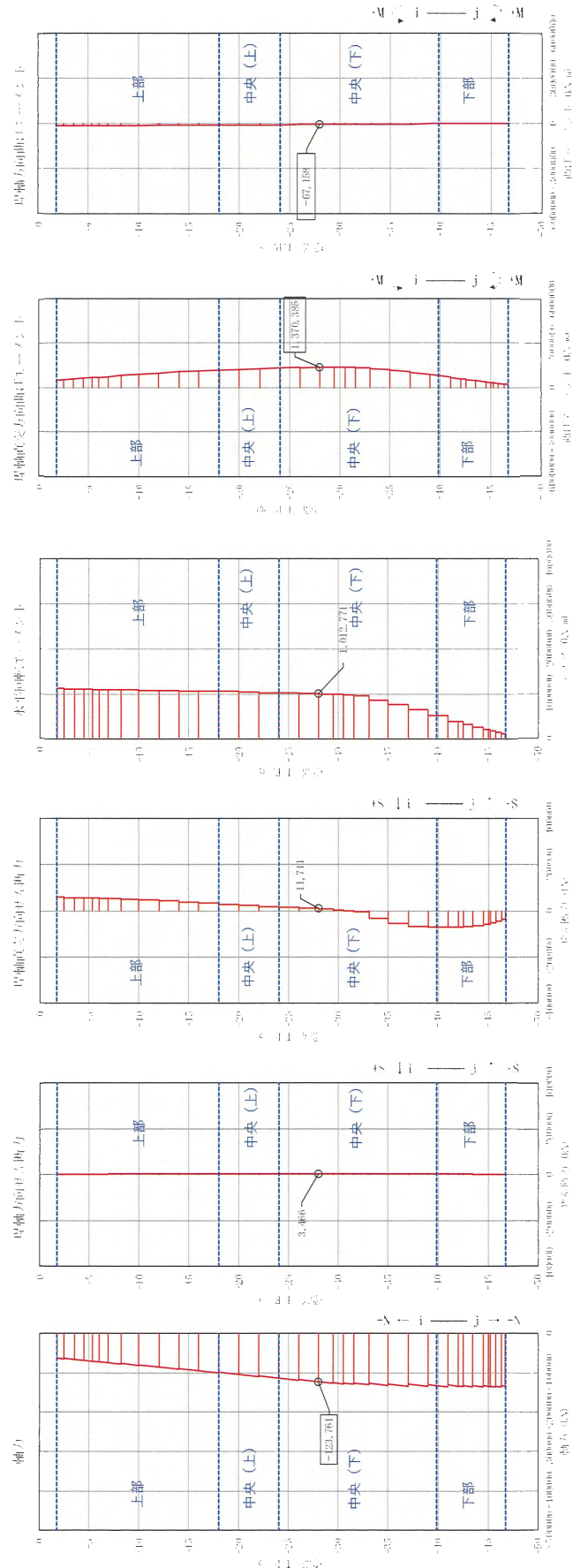


図 4.10-20 中実鉄筋コンクリートにおいて鉄筋の曲げ軸力照査結果が最も厳しい断面力
①-①断面, ③-③断面, (津波時: 敷地に遡上する津波, 南基礎 中央(下), 地盤バネ2)

南基礎

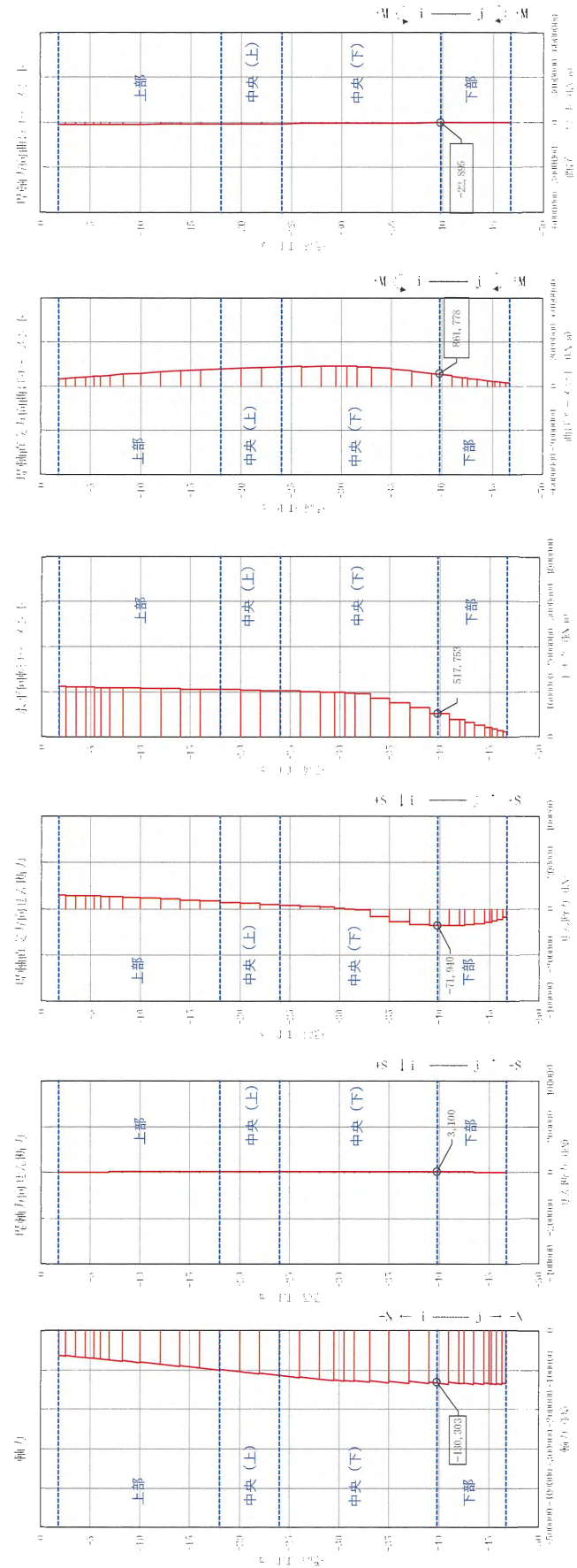


図 4.10-21 中実鉄筋コンクリートにおいて鉄筋の曲げ軸力照査結果が最も厳しい断面力
①ー①断面, (津波時：敷地に遡上する津波, 南基礎 下部, 地盤バネ2)

ロ. せん断力に対する評価結果

せん断力に対する照査結果を表 4.10-10 及び表 4.10-11 に示す。また、評価位置を図 4.10-22 に、断面力分布を図 4.10-23～図 4.10-42 に示す。

中実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、評価位置における鉄筋コンクリートの発生せん断力がコンクリートの短期許容せん断力 ($V_{c,a}$) と斜め引張鉄筋の短期許容せん断力 ($V_{s,a}$) を合わせた短期許容せん断力 (V_a) 以下であることを確認した。

以上のことから、中実鉄筋コンクリートの構造部材の発生応力度が許容限界以下であることを確認した。なお、発生応力度及び発生断面力は各地盤バネケースにおいて最大となる値を示している。

平面図



側面図

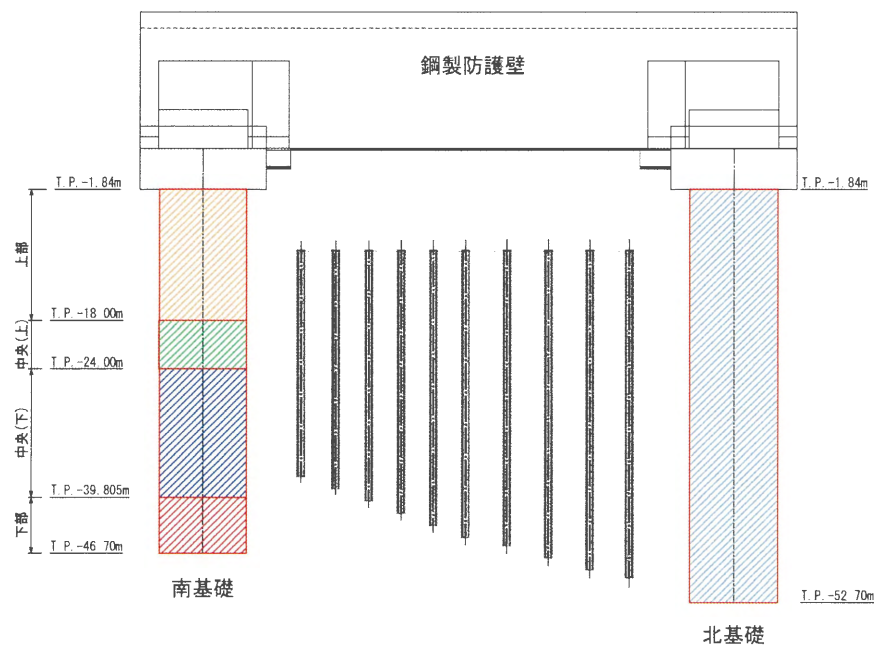


図 4.10-22 評価位置図（中実鉄筋コンクリート）

表 4.10-10 せん断力に対する照査結果（津波時：基準津波）

検討 ケース	評価位置		断面性状			鉄筋仕様 (せん断補強筋)	発生 せん断力 V (kN)	短期許容 せん断力 V _a (kN)	照査値 V/V _a	断面力図	
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)						
地盤 バネ 1	北基礎		②—②断面	10700	10700	10050	D29-14本@150 SD390	32681	200481	0.17	—
			①—①断面	10700	10700	10050	D29-14本@150 SD390	5083	200481	0.03	○
	南基礎	上部	③—③断面	10700	10700	9976	D29-16本@150 SD390	31328	221969	0.15	—
			①—①断面	10700	10700	9976	D29-16本@150 SD390	4961	221969	0.03	○
		中央 (上)	③—③断面	10700	10700	9759	D29-16本@150 SD390	12193	217138	0.06	—
			①—①断面	10700	10700	9759	D29-18本@150 SD390	3116	239598	0.02	—
		中央 (下)	③—③断面	10700	10700	9262	D29-18本@150 SD390	19618	227399	0.09	—
			①—①断面	10700	10700	9262	D29-20本@150 SD390	2349	248716	0.01	—
		下部	③—③断面	10700	10700	9759	D29-14本@150 SD390	16190	194677	0.09	—
			①—①断面	10700	10700	9759	D29-14本@150 SD390	348	194677	0.01	—
地盤 バネ 2	北基礎		②—②断面	10700	10700	10050	D29-14本@150 SD390	34107	200481	0.18	○
			①—①断面	10700	10700	10050	D29-14本@150 SD390	2731	200481	0.02	—
	南基礎	上部	③—③断面	10700	10700	9976	D29-16本@150 SD390	42941	221969	0.20	○
			①—①断面	10700	10700	9976	D29-16本@150 SD390	3314	221969	0.02	—
		中央 (上)	③—③断面	10700	10700	9759	D29-16本@150 SD390	21552	217138	0.10	○
			①—①断面	10700	10700	9759	D29-18本@150 SD390	3370	239598	0.02	○
		中央 (下)	③—③断面	10700	10700	9262	D29-18本@150 SD390	42164	227399	0.19	○
			①—①断面	10700	10700	9262	D29-20本@150 SD390	3376	248716	0.02	○
		下部	③—③断面	10700	10700	9759	D29-14本@150 SD390	42164	194677	0.22	○
			①—①断面	10700	10700	9759	D29-14本@150 SD390	2196	194677	0.02	○

注記 @：鉄筋の配置間隔

評価位置は図 4.10-22 に示す。

表 4.10-11 せん断力に対する照査（津波時：敷地に遡上する津波）

検討 ケース	評価位置		断面性状			鉄筋仕様 (せん断補強筋)	発生 せん断力 V (kN)	短期許容 せん断力 V _s (kN)	照査値 V/V _s	断面力図	
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)						
地盤 バネ 1	北基礎		②—②断面	10700	10700	10050	D29-14本φ150 SD390	48336	229529	0.22	○
			①—①断面	10700	10700	10050	D29-14本φ150 SD390	4567	229529	0.02	○
	南基礎	上部	③—③断面	10700	10700	9976	D29-16本φ150 SD390	47450	253101	0.19	—
			①—①断面	10700	10700	9976	D29-16本φ150 SD390	4388	253101	0.02	○
		中央(上)	③—③断面	10700	10700	9759	D29-16本φ150 SD390	20624	247591	0.09	—
			①—①断面	10700	10700	9759	D29-18本φ150 SD390	3645	272297	0.02	○
		中央(下)	③—③断面	10700	10700	9262	D29-18本φ150 SD390	34794	258434	0.14	—
			①—①断面	10700	10700	9262	D29-20本φ150 SD390	2986	281882	0.02	—
		下部	③—③断面	10700	10700	9759	D29-14本φ150 SD390	29363	222885	0.14	—
			①—①断面	10700	10700	9759	D29-14本φ150 SD390	158	222885	0.01	—
地盤 バネ 2	北基礎		②—②断面	10700	10700	10050	D29-14本φ150 SD390	47407	229529	0.21	—
			①—①断面	10700	10700	10050	D29-14本φ150 SD390	3208	229529	0.02	—
	南基礎	上部	③—③断面	10700	10700	9976	D29-16本φ150 SD390	58292	253101	0.24	○
			①—①断面	10700	10700	9976	D29-16本φ150 SD390	3099	253101	0.02	—
		中央(上)	③—③断面	10700	10700	9759	D29-16本φ150 SD390	28893	247591	0.12	○
			①—①断面	10700	10700	9759	D29-18本φ150 SD390	3363	272297	0.02	—
		中央(下)	③—③断面	10700	10700	9262	D29-18本φ150 SD390	71940	258434	0.28	○
			①—①断面	10700	10700	9262	D29-20本φ150 SD390	3706	281882	0.02	○
		下部	③—③断面	10700	10700	9759	D29-14本φ150 SD390	71940	222885	0.33	○
			①—①断面	10700	10700	9759	D29-14本φ150 SD390	3100	222885	0.02	○

注記 @：鉄筋の配置間隔
評価位置は図 4.10-22 に示す。

北基礎

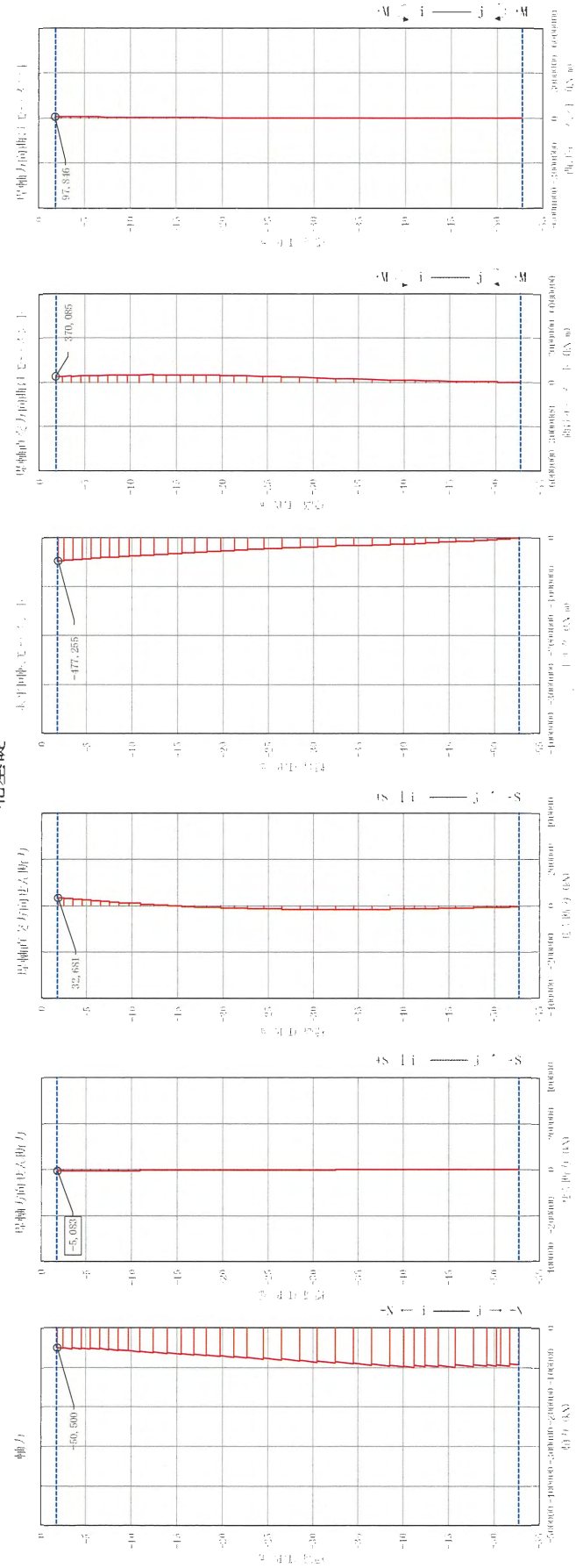


図 4.10-23 中実鉄筋コンクリートにおいてせん断力照査結果が最も厳しい断面力
①—①断面 (津波時：基準津波，北基礎，地盤バネ 1)

北基礎

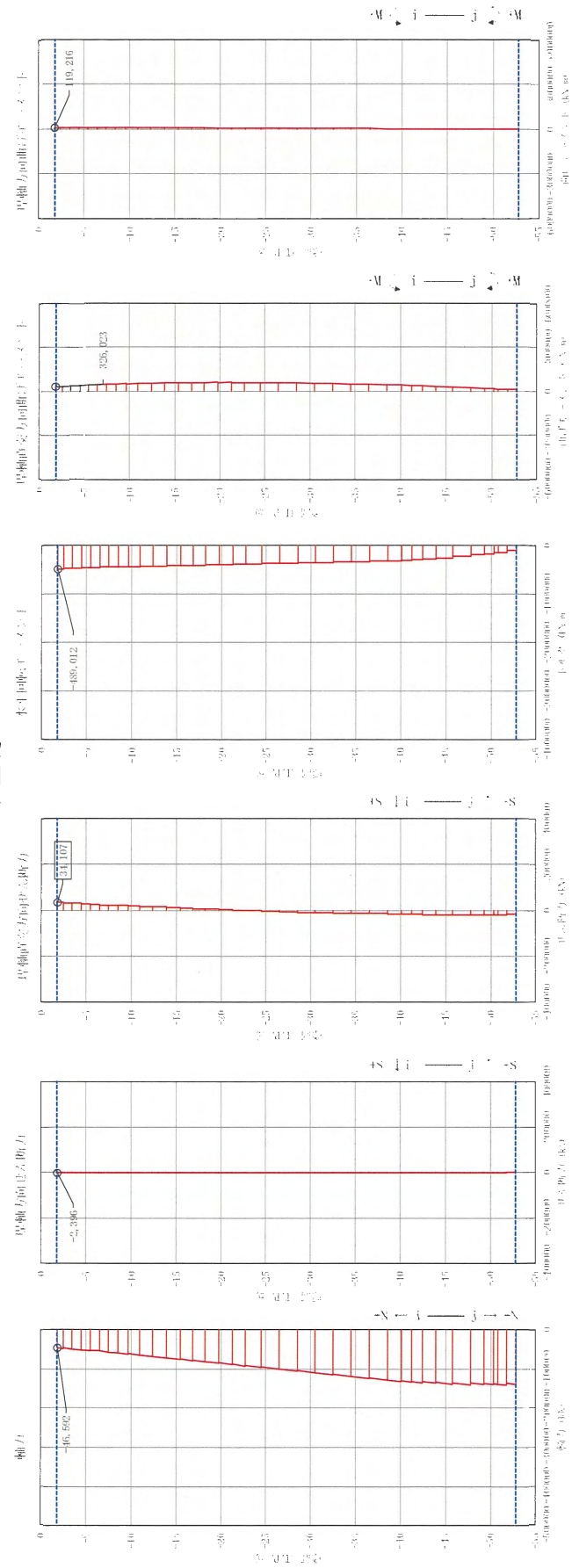


図 4.10-24 中実鉄筋コンクリートにおいてせん断力照査結果が最も厳しい断面力
②-②断面 (津波時: 基準津波, 北基礎, 地盤バネ2)

南基礎

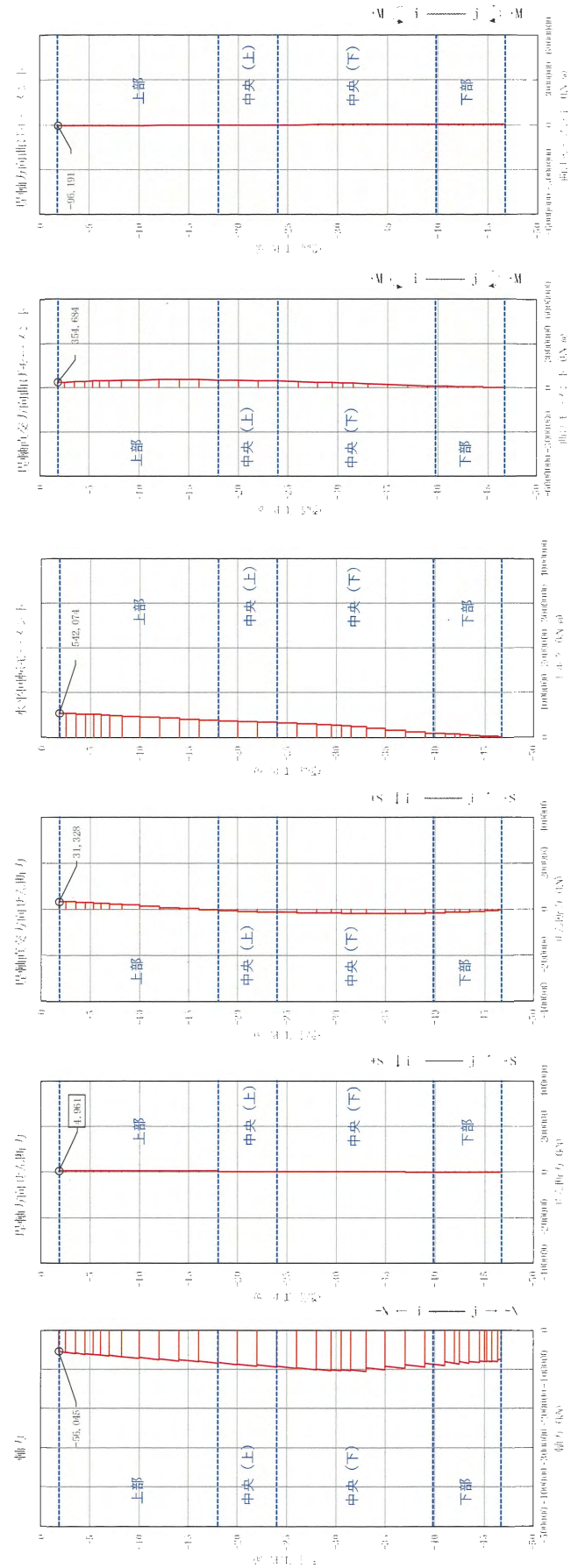


図 4.10-25 中実鉄筋コンクリートにおいてせん断力照査結果が最も厳しい断面力
①-①断面 (津波時：基準津波，南基礎 上部，地盤バネ1)

南基礎

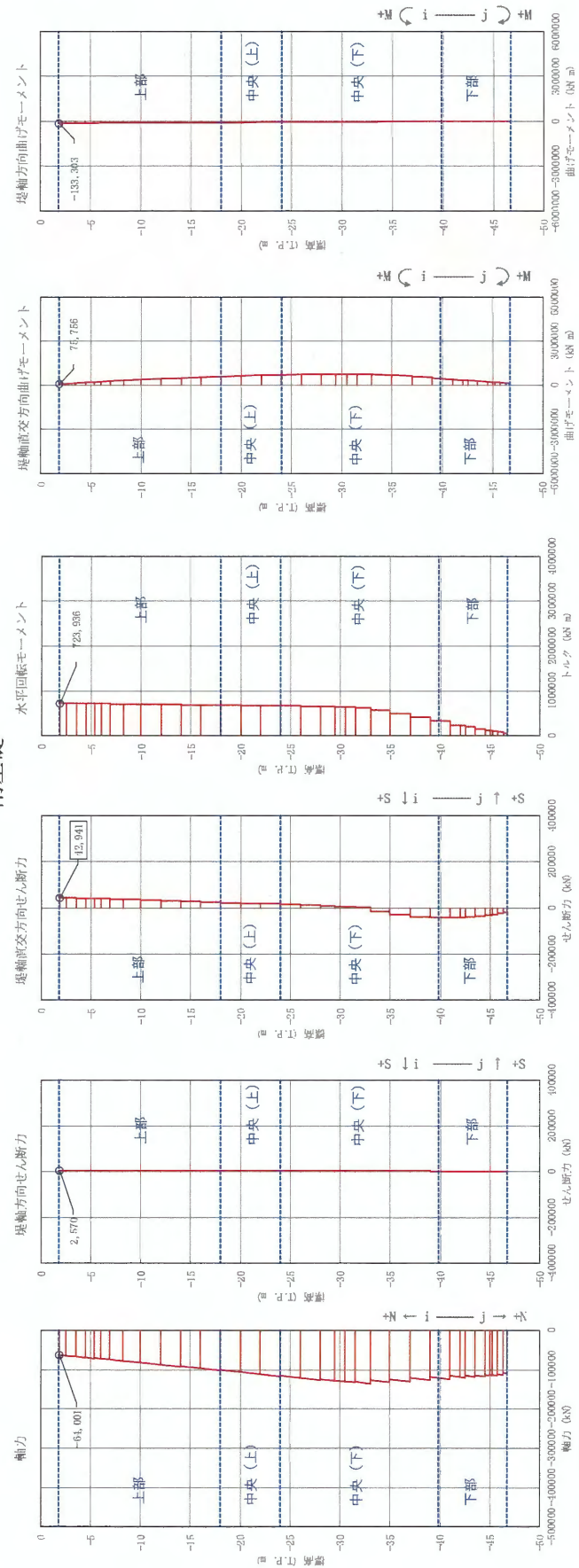


図 4.10-26 中実鉄筋コンクリートにおいてせん断力照査結果が最も厳しい断面力

③-③断面 (津波時：基準津波，南基礎 上部，地盤バネ2)

南基礎

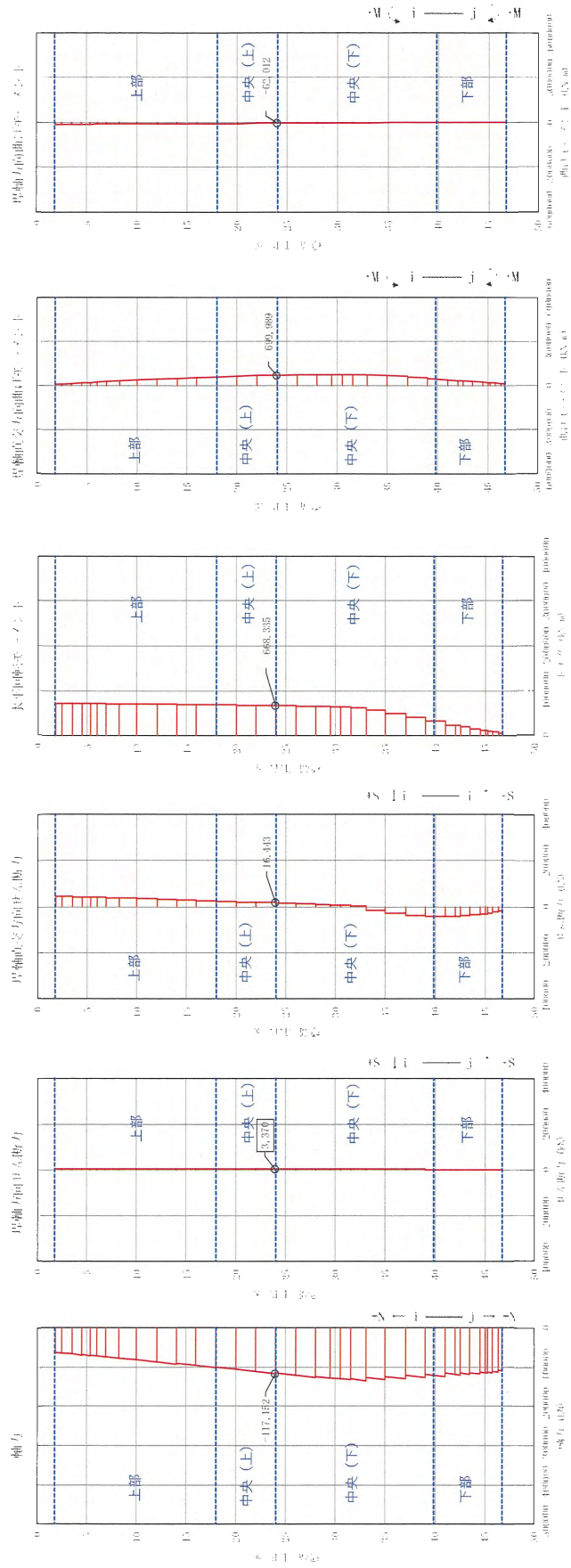


図 4.10-27 中実鉄筋コンクリートにおいてせん断力照査結果が最も厳しい断面力

①—①断面 (津波時：基準津波，南基礎 中央 (上)，地盤バネ2)

南基礎

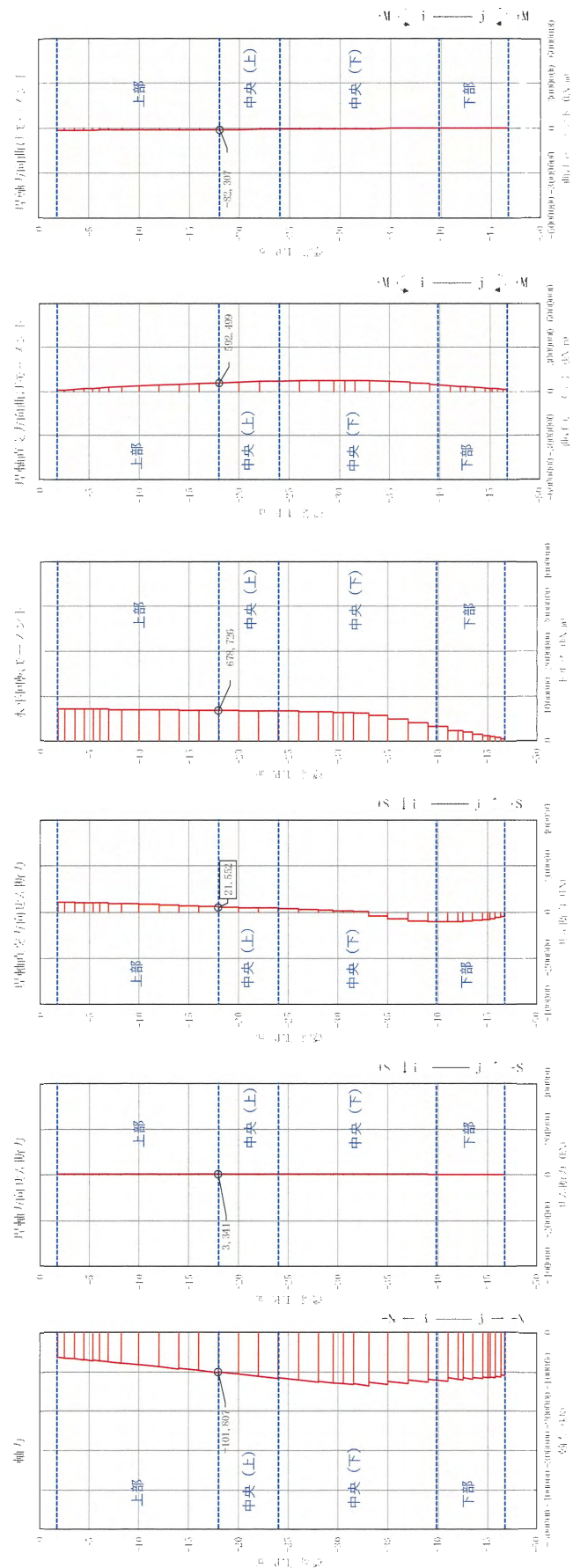


図 4.10-28 中実鉄筋コンクリートにおいてせん断力照査結果が最も厳しい断面力
③-③断面 (津波時：基準津波、南基礎 中央 (上)、地盤バネ2)

南基礎

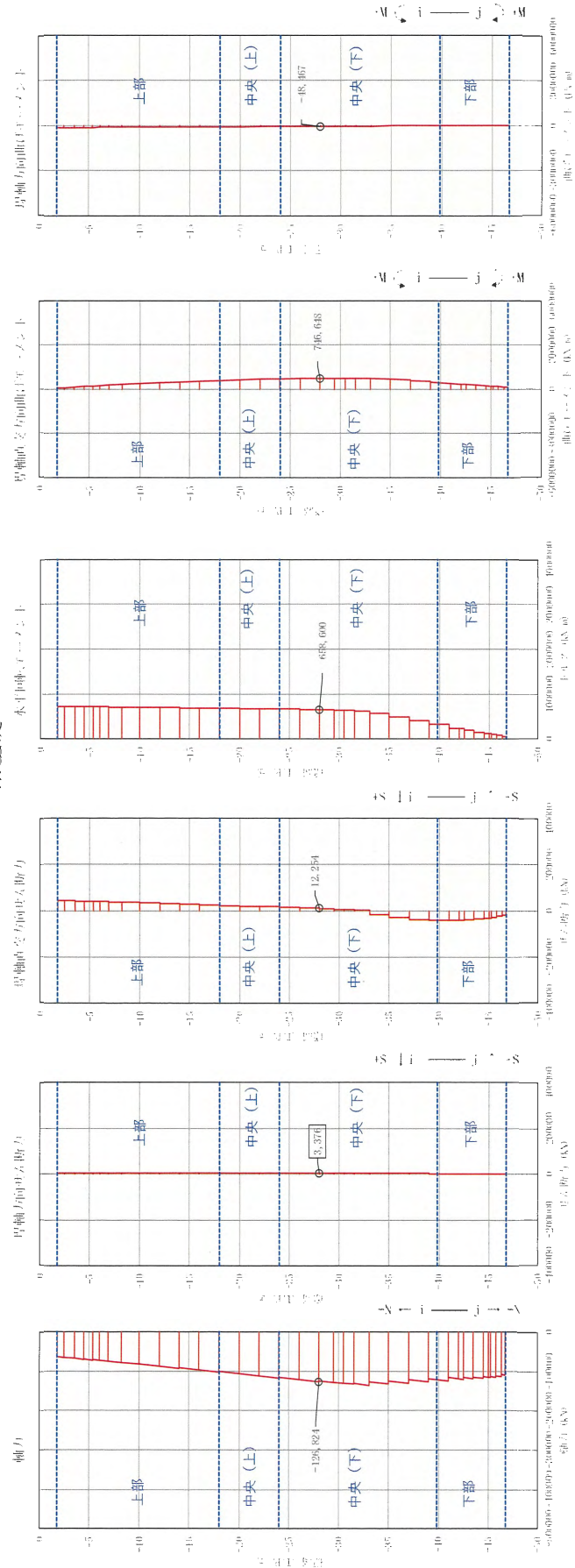


図 4.10-29 中実鉄筋コンクリートにおいてせん断力照査結果が最も厳しい断面力
①-①断面 (津波時：基準津波、南基礎 中央 (下)、地盤バネ 2)

南基礎

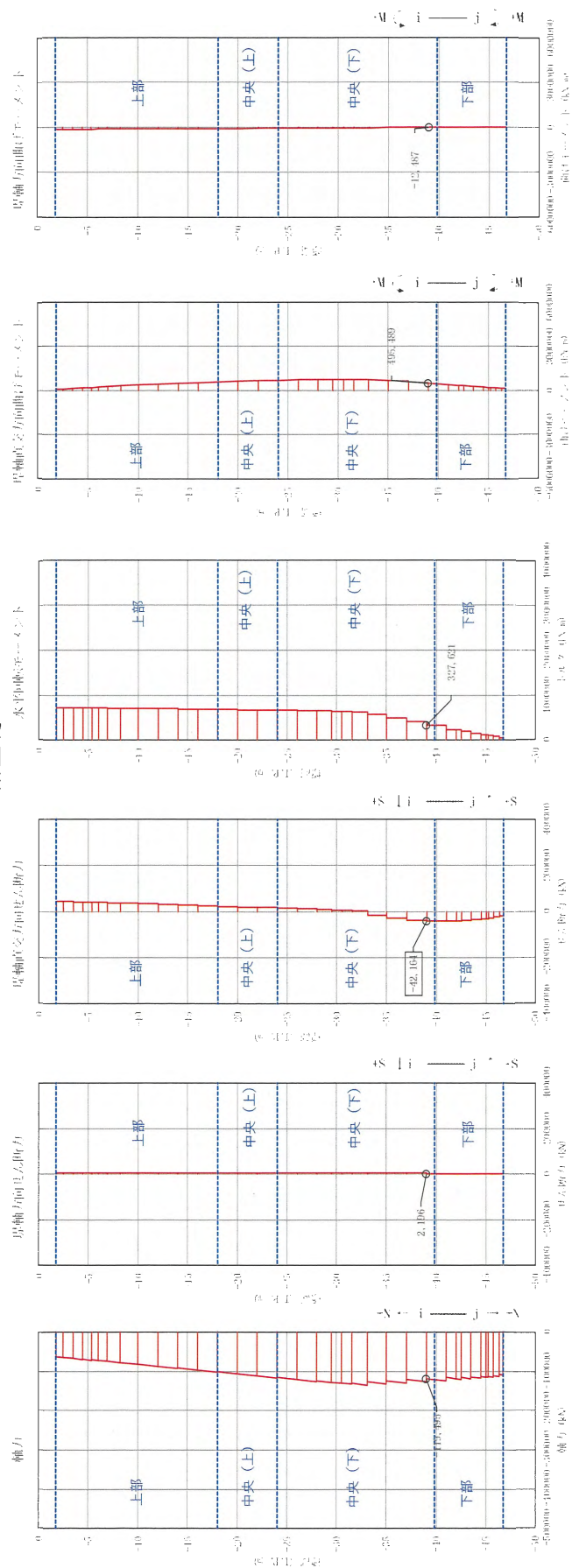


図 4.10-30 中実鉄筋コンクリートにおいてせん断力照査結果が最も厳しい断面力

③—③断面 (津波時：基礎津波, 南基礎 中央 (下), 地盤バネ 2)

南基礎

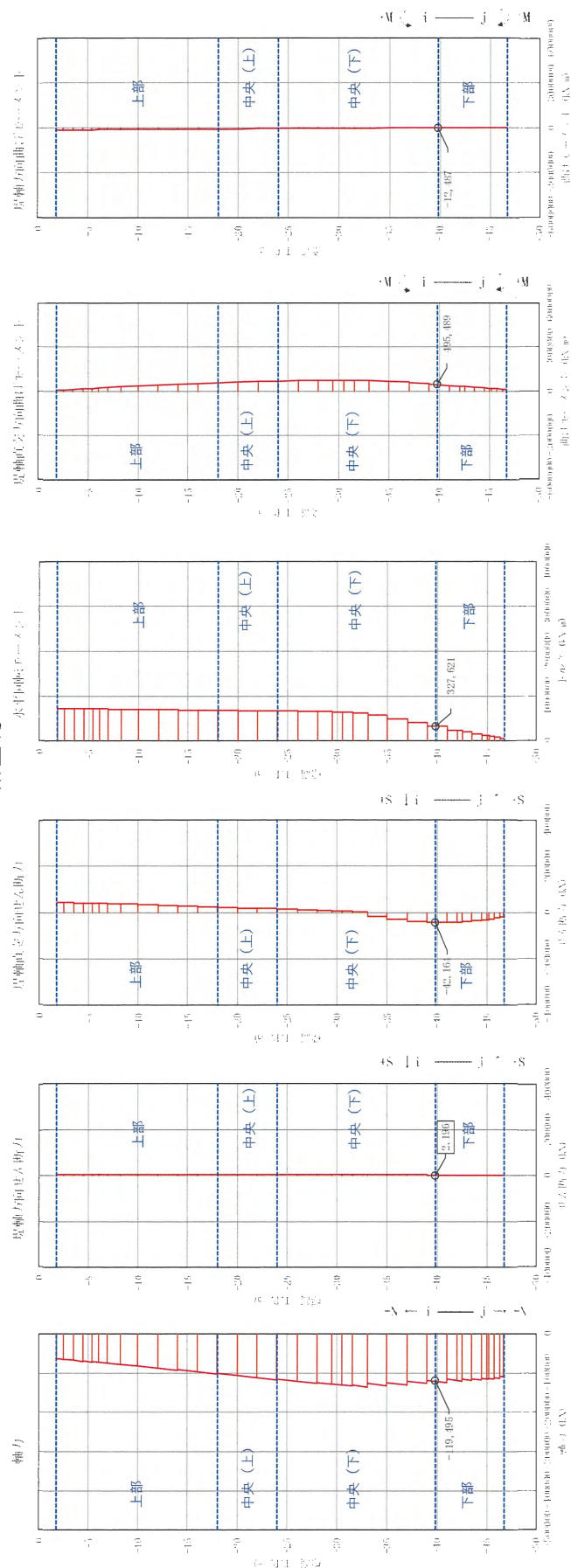


図 4.10-31 中実鉄筋コンクリートにおいてせん断力照査結果が最も厳しい断面力

①-①断面 (津波時：基礎津波、南基礎 下部，地盤バネ2)

南基礎

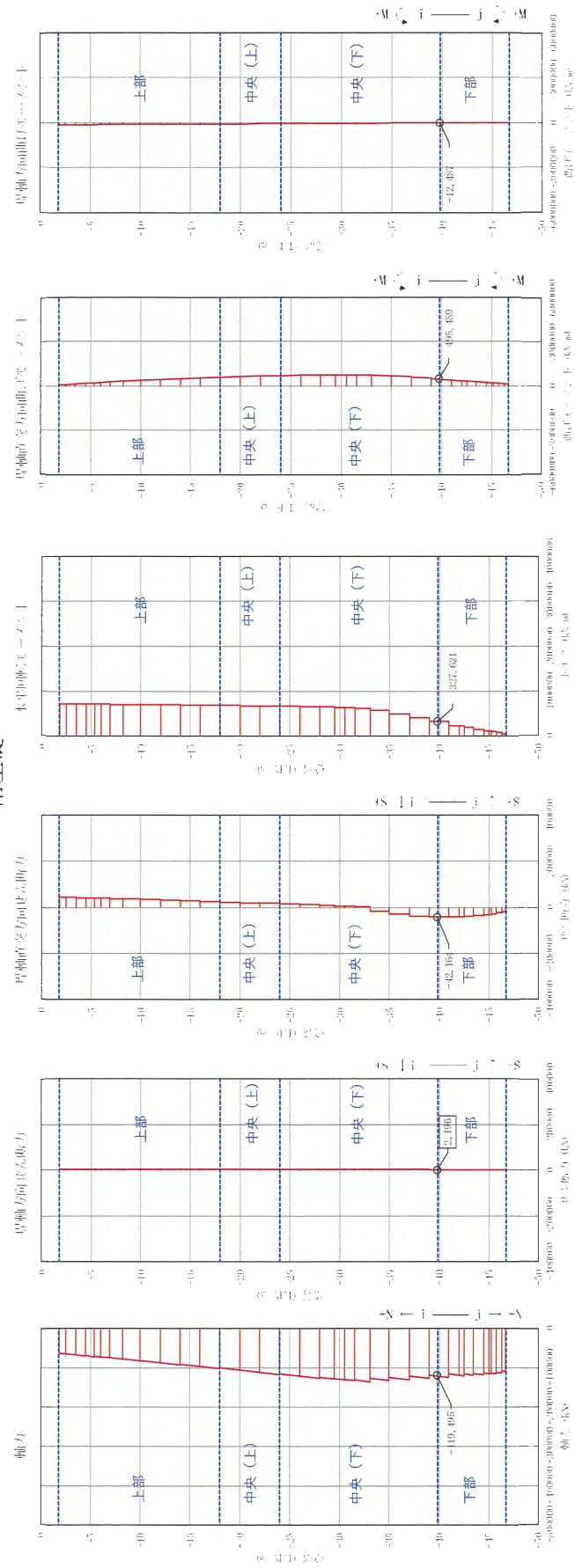


図 4.10-32 中実鉄筋コンクリートにおいてせん断力照査結果が最も厳しい断面力
③-③断面 (津波時：基準津波，南基礎 下部，地盤バネ2)

北基礎

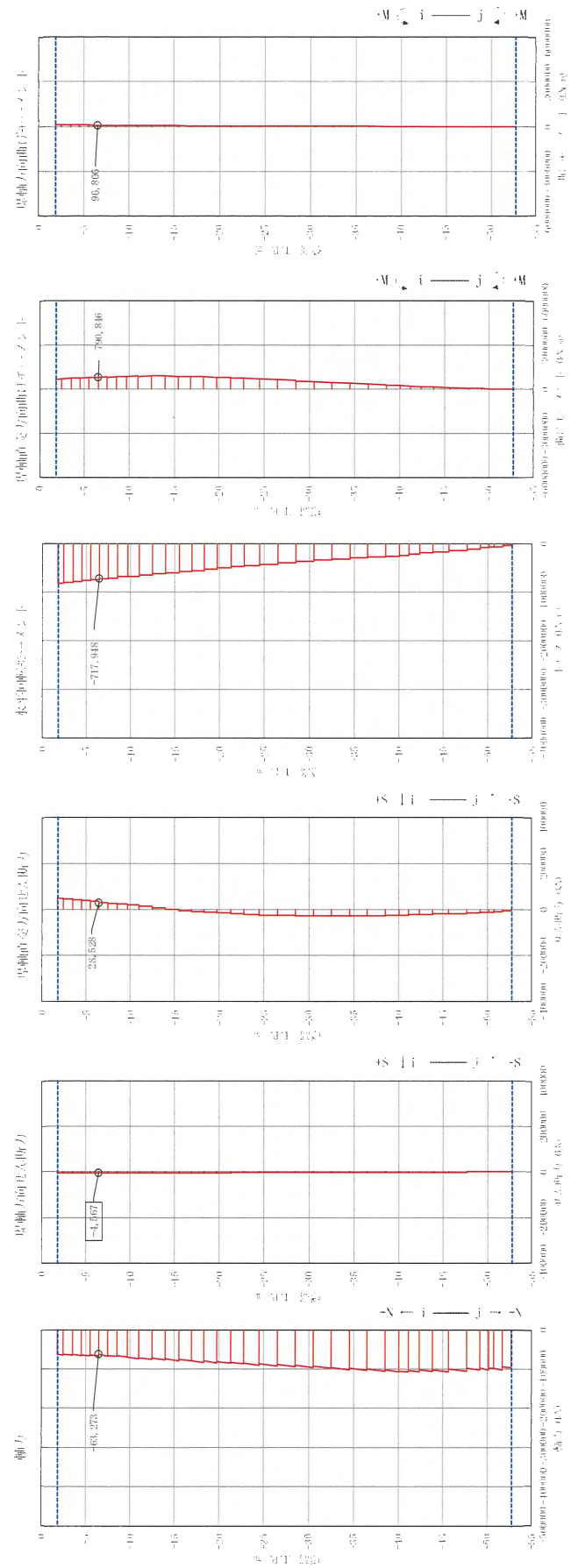


図 4.10-33 中実鉄筋コンクリートにおいてせん断力照査結果が最も厳しい断面力
①—①断面 (津波時：敷地に遡上する津波、北基礎、地盤バネ1)

北基礎

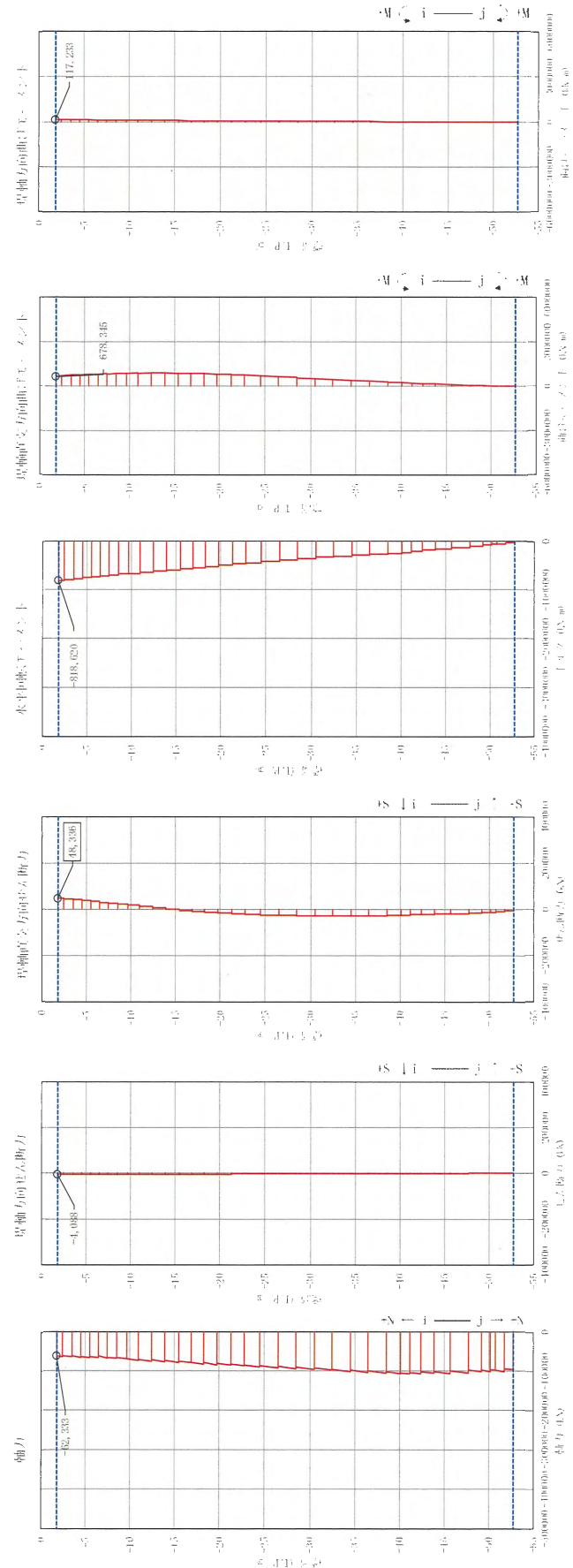


図 4.10-34 中実鉄筋コンクリートにおいてせん断力照査結果が最も厳しい断面力
②-②断面 (津波時：敷地に遡上する津波，北基礎，地盤バネ 1)

南基礎

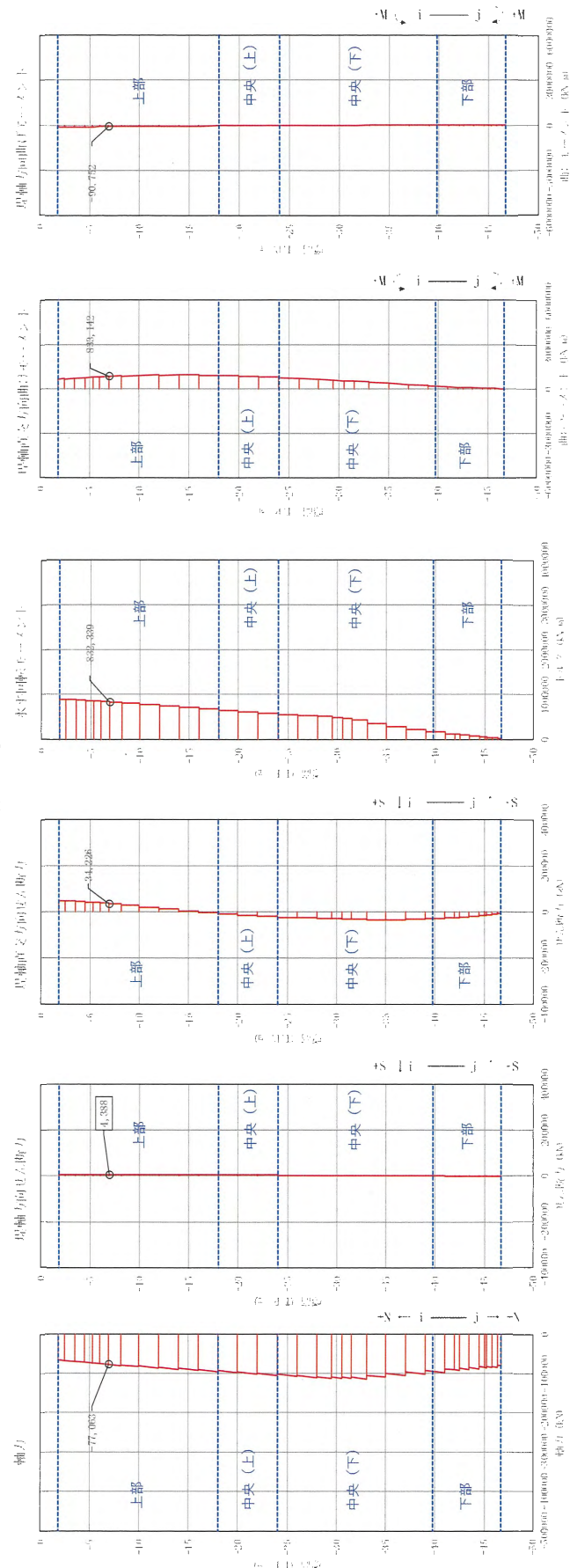


図 4.10-35 中実鉄筋コンクリートにおいてせん断力照査結果が最も厳しい断面力
①—①断面 (津波時：敷地に遡上する津波，南基礎 上部，地盤バネ1)

南基礎

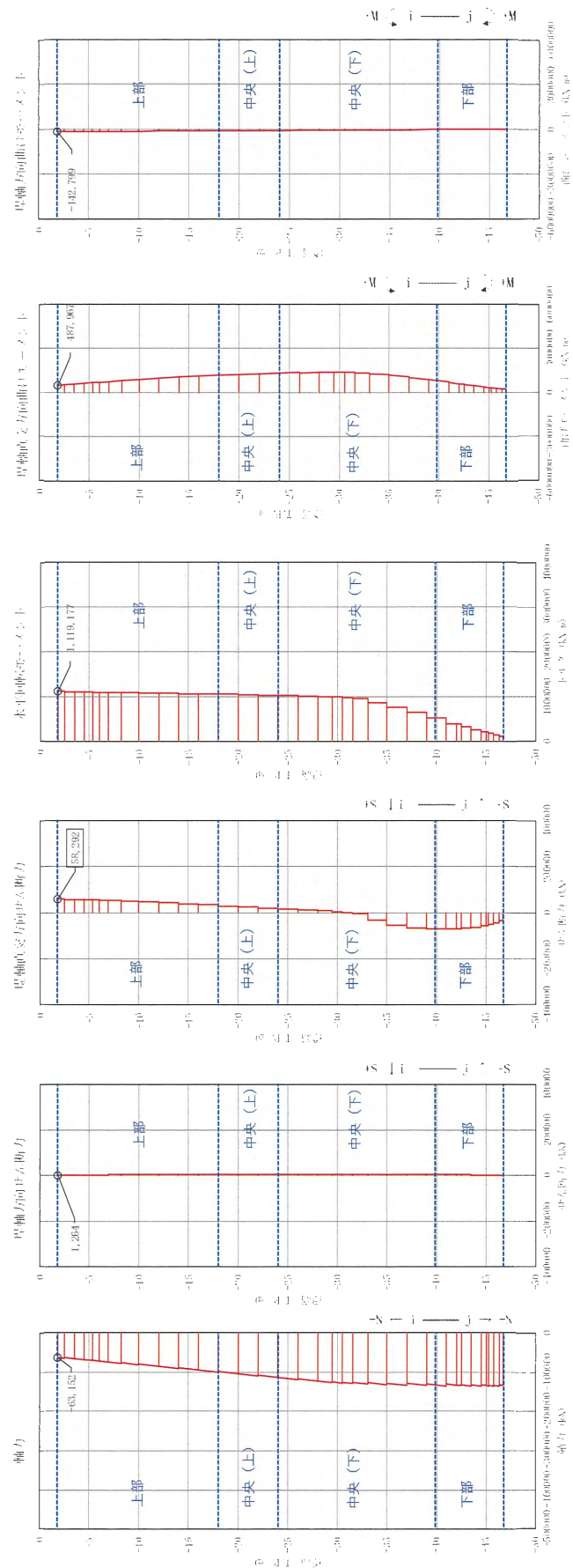


図 4.10-36 中実鉄筋コンクリートにおいてせん断力照査結果が最も厳しい断面力
③-③断面 (津波時：敷地に遡上する津波，南基礎 上部，地盤パネ2)

南基礎

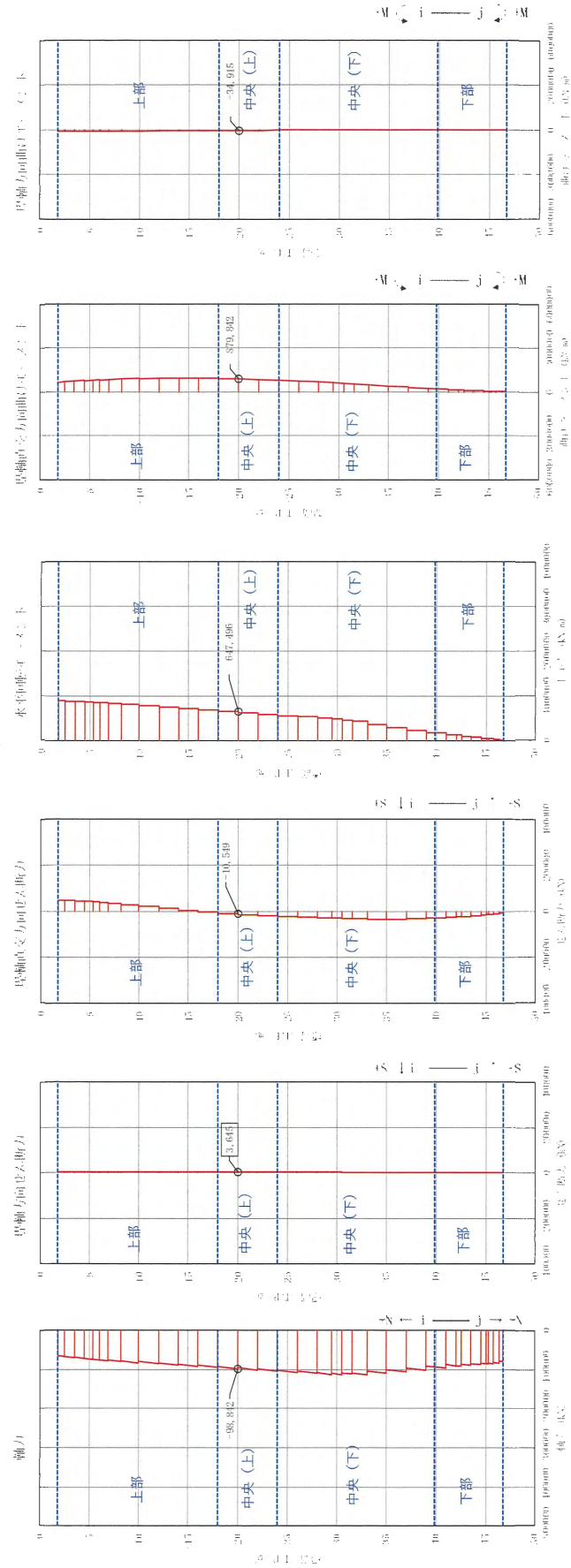


図 4.10-37 中実鉄筋コンクリートにおいてせん断力照査結果が最も厳しい断面力
①-①断面 (津波時：敷地に遡上する津波，南基礎 中央 (上)，地盤バネ1)

南基礎

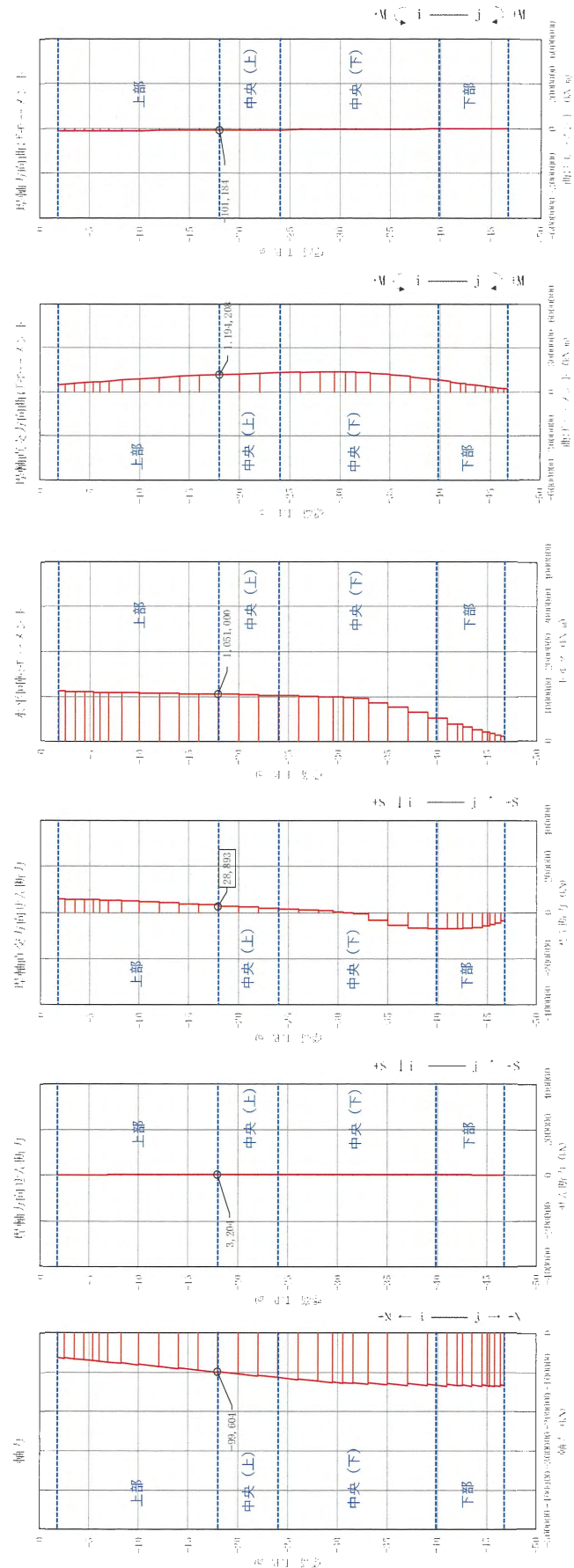


図 4.10-38 中実鉄筋コンクリートにおいてせん断力照査結果が最も厳しい断面力
③—③断面 (津波時：敷地に遡上する津波、南基礎 中央 (上)、地盤パネ 2)

南基礎

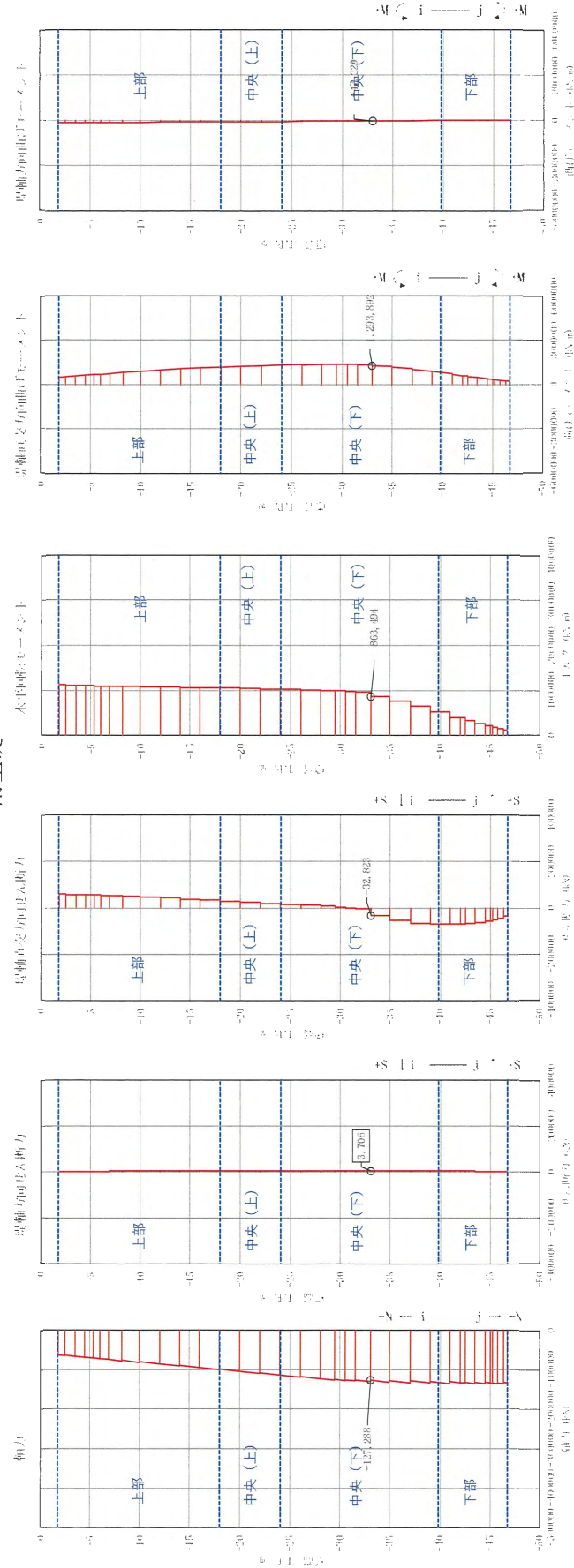


図 4.10-39 中実鉄筋コンクリートにおいてせん断力照査結果が最も厳しい断面力
①—①断面 (津波時：敷地に遡上する津波、南基礎 中央 (下)、地盤パネ 2)

南基礎

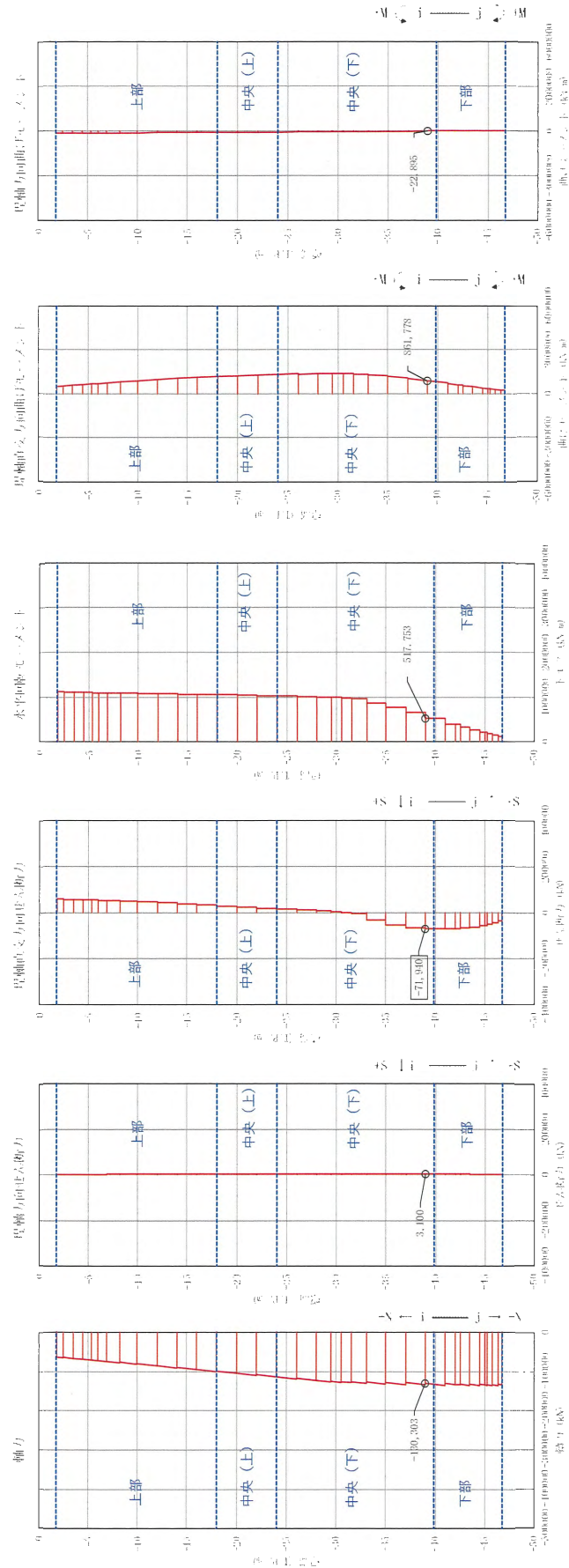


図 4.10-40 中実鉄筋コンクリートにおいてせん断力照査結果が最も厳しい断面力
③—③断面 (津波時：敷地に遡上する津波、南基礎 中央(下)、地盤パネ2)

南基礎

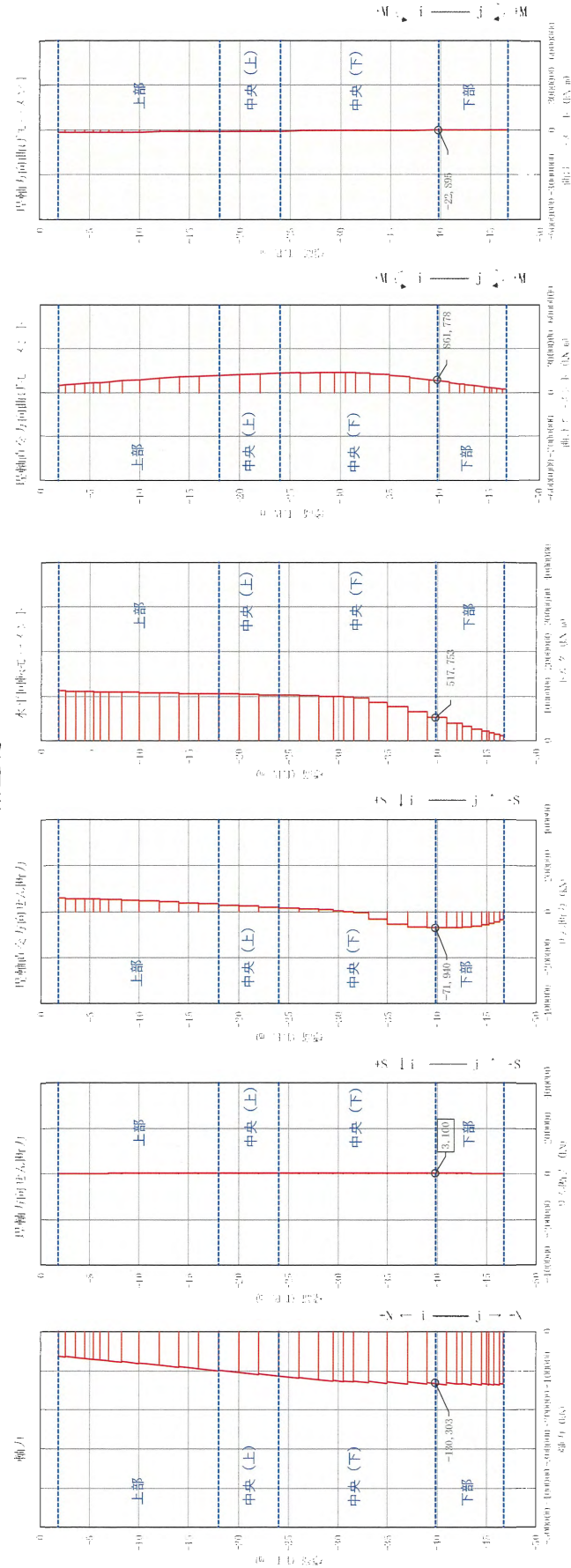


図 4.10-41 中実鉄筋コンクリートにおいてせん断力照査結果が最も厳しい断面力
①-①断面 (津波時：敷地に遡上する津波，南基礎 下部，地盤パネ 2)

南基礎

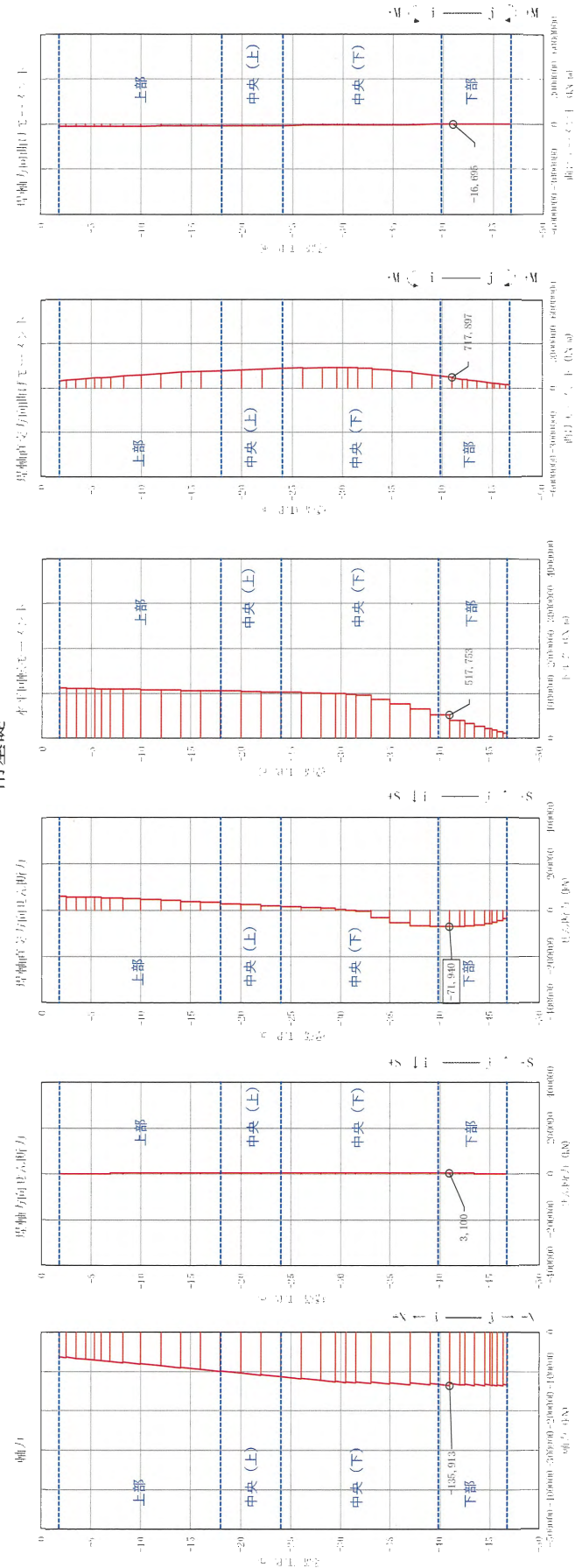


図 4.10-42 中実鉄筋コンクリートにおいてせん断力照査結果が最も厳しい断面力
③-③断面 (津波時：敷地に遡上する津波，南基礎 下部，地盤バネ2)

ハ. 概略配筋図

評価結果で決定された配筋を図 4.10-43～図 4.10-49 に示す。

せん断補強筋については、鉛直鉄筋の機械式継手範囲には配置できないため、計算で決定した必要鉄筋量を満足するように機械式継手の上下に振り分けて配置する。

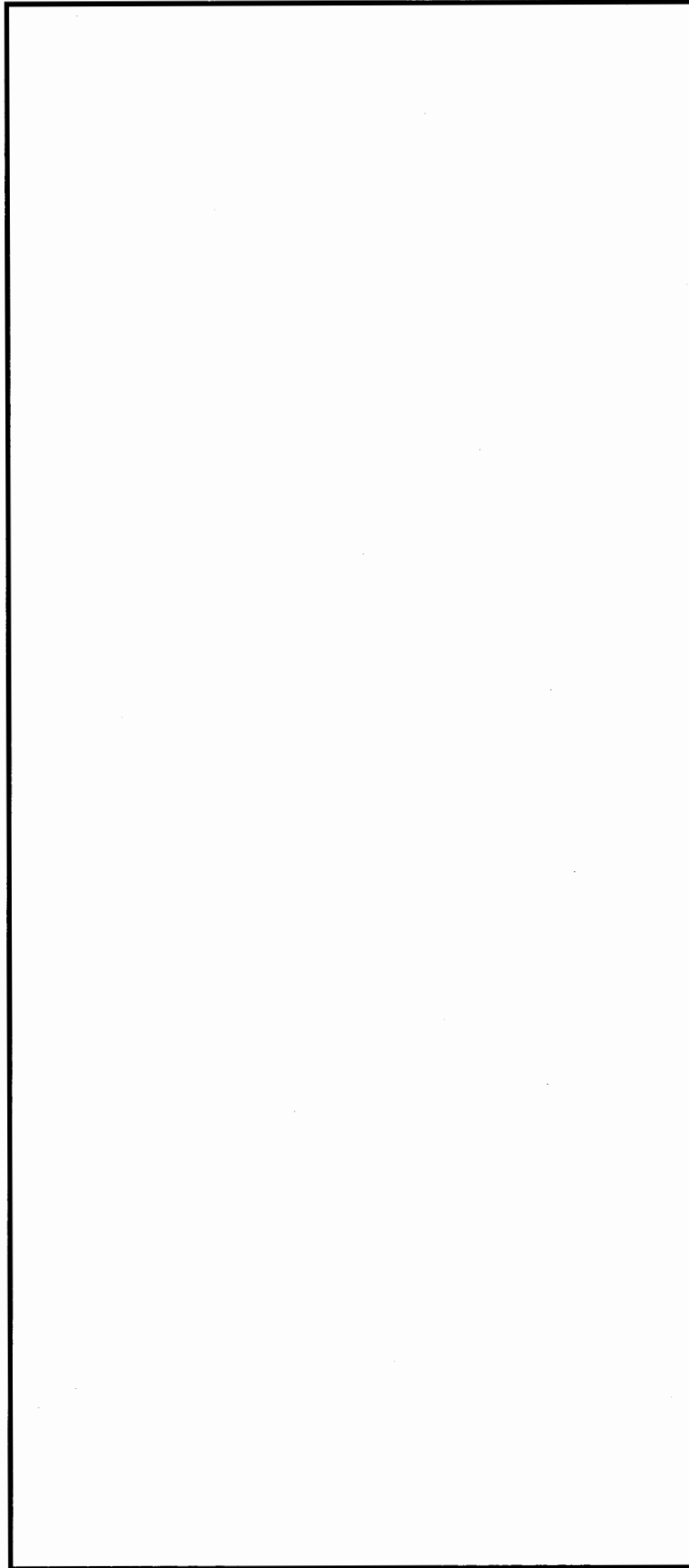


図 4.10-43 中実鉄筋コンクリートの概略配筋図（南基礎：鉛直断面）

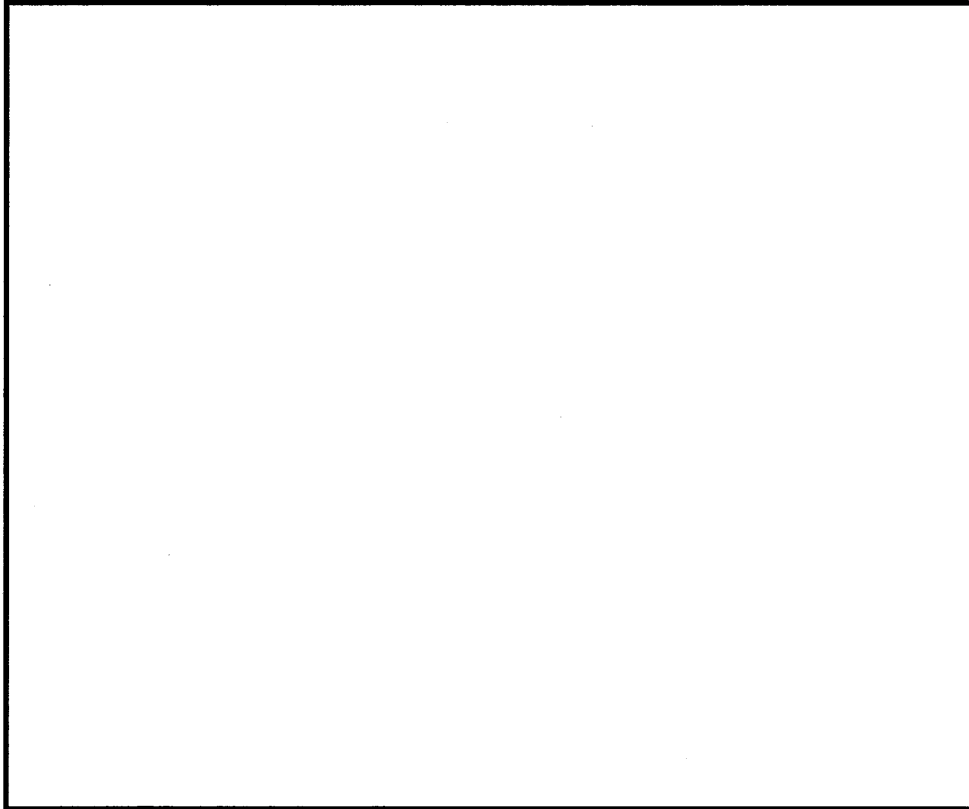


図 4.10-44 中実鉄筋コンクリートの概略配筋図（南基礎上部：A－A断面）

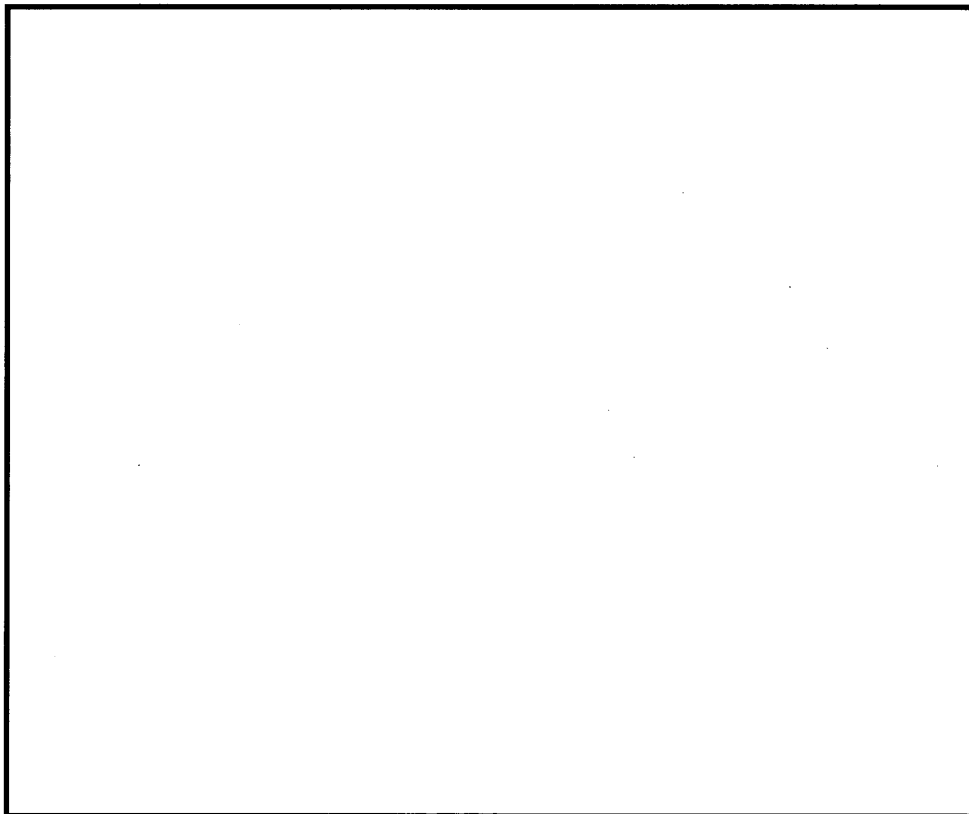


図 4.10-45 中実鉄筋コンクリートの概略配筋図（南基礎中央上：B－B断面）

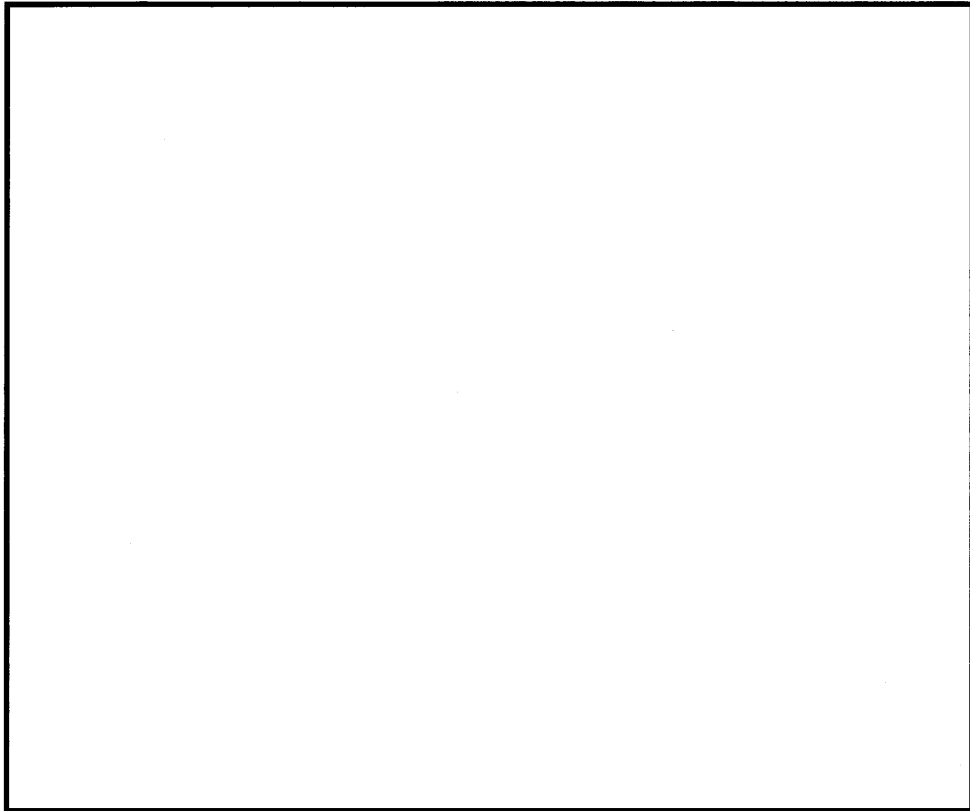


図 4.10-46 中実鉄筋コンクリートの概略配筋図（南基礎中央下：C－C断面）

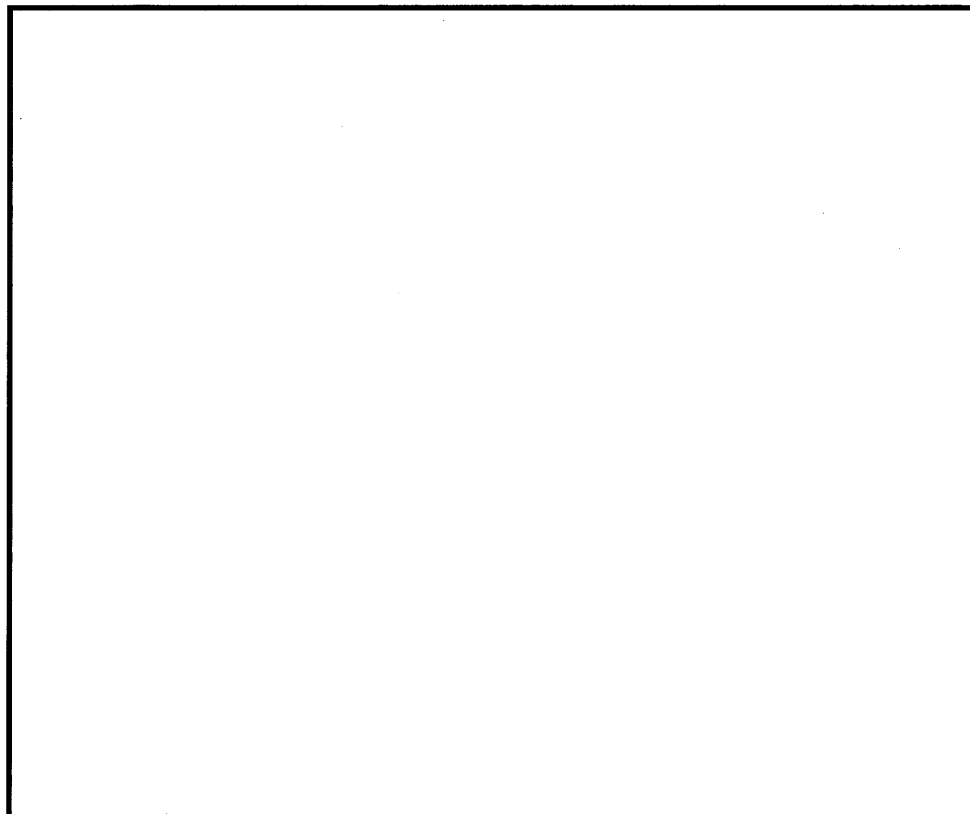


図 4.10-47 中実鉄筋コンクリートの概略配筋図（南基礎下部：D－D断面）

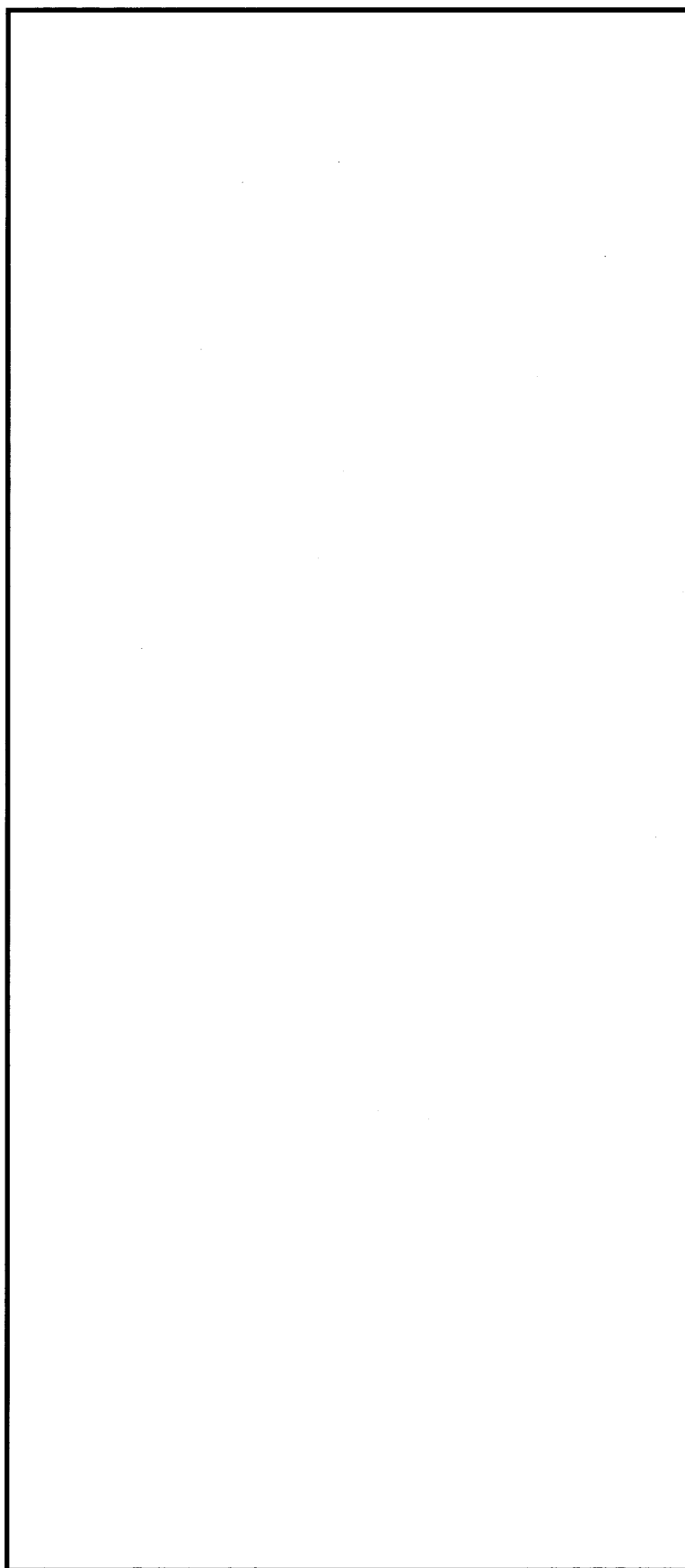


図 4. 10-48 中実鉄筋コンクリートの概略配筋図（北基礎：鉛直断面）

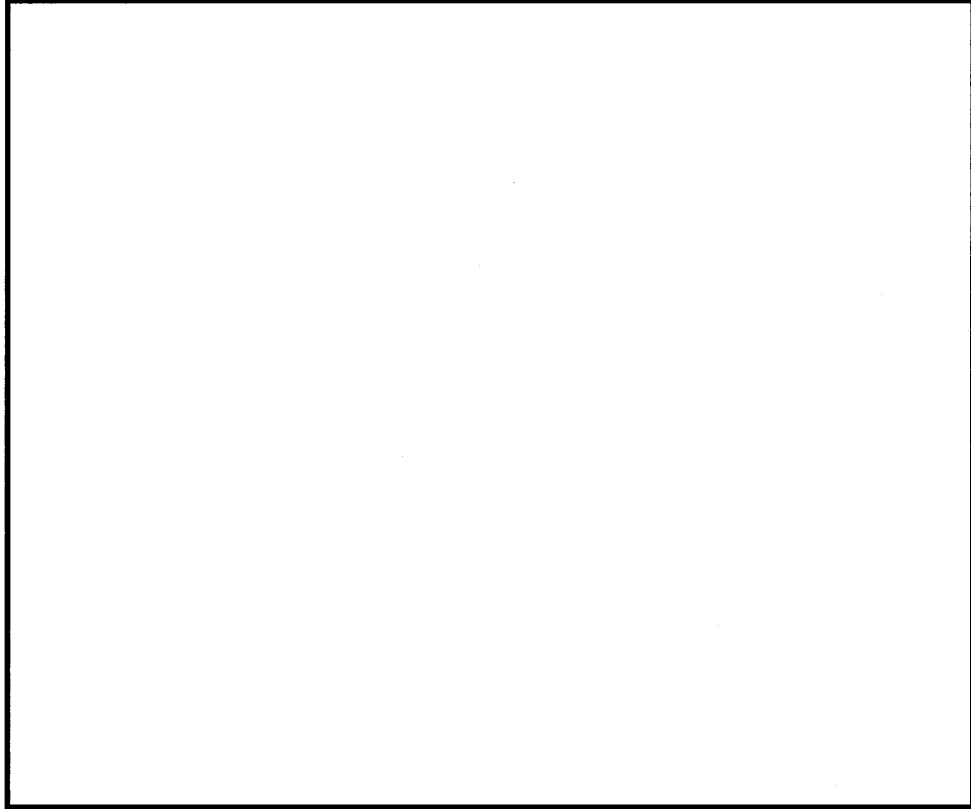


図 4.10-49 中実鉄筋コンクリートの概略配筋図（北基礎：水平断面）

(b) 鋼管杭の評価結果

イ. 曲げ軸力に対する評価結果

鋼管杭の曲げ軸力に対する照査結果を表 4.10-12 及び表 4.10-13 に示す。また、評価位置図を図 4.10-50 に、断面力分布を図 4.10-51～図 4.10-54 に示す。

鋼管杭における許容応力度法による照査を行った結果、評価位置において鋼管杭の曲げ圧縮応力度と曲げ引張応力度が許容限界以下であることを確認した。

以上のことから、鋼管杭の構造部材の発生応力度が許容限界以下であることを確認した。なお、発生断面力及び発生応力度は各地盤バネケースにおいて最大となる値を示している。

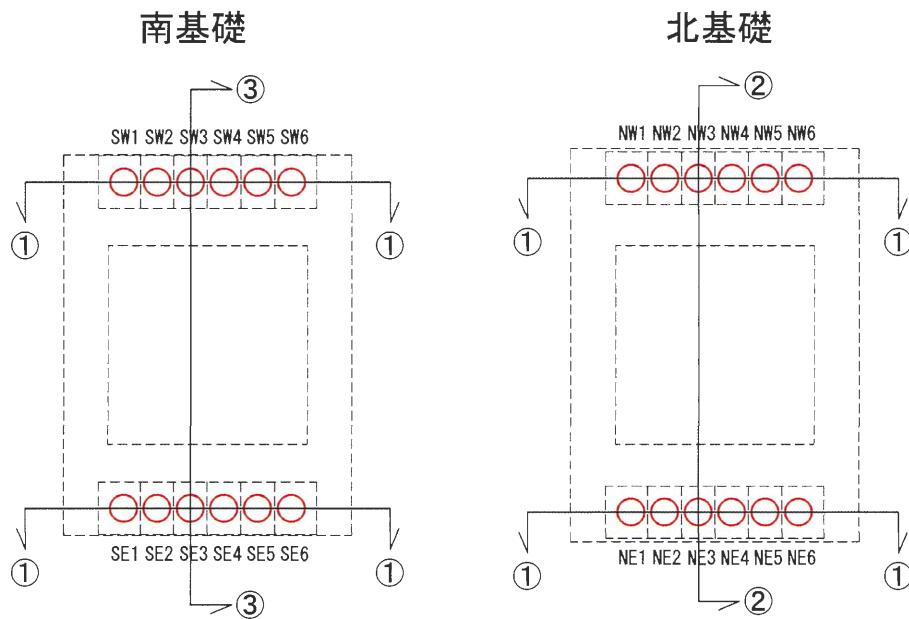


図 4.10-50 評価位置図（鋼管杭）

表 4.10-12 曲げ軸力に対する照査結果（津波時：基準津波）

検討 ケース	評価位置				鋼管杭仕様			発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s/σ_{sa}	断面力図
					材質	外径 ϕ (mm)	肉厚 t (mm)	曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)				
地盤 パネ 1	北基礎	圧縮 応力度	NW6	②-②断面	SBHS500	1500	50	1438	-10609	83.6	442.5	0.19	—
				①-①断面	SBHS500	1500	50	2416					
		引張 応力度	NE1	②-②断面	SBHS500	1500	50	-630	2697	39.7	442.5	0.09	—
				①-①断面	SBHS500	1500	50	-2063					
	南基礎	圧縮 応力度	SW1	③-③断面	SBHS500	1500	50	1232	-11798	97.8	442.5	0.23	—
				①-①断面	SBHS500	1500	50	-3279					
		引張 応力度	SE6	③-③断面	SBHS500	1500	50	-915	4035	57.2	442.5	0.13	—
				①-①断面	SBHS500	1500	50	2917					
地盤 パネ 2	北基礎	圧縮 応力度	NW1	②-②断面	SBHS500	1500	50	-7628	-13025	165.5	442.5	0.38	○
				①-①断面	SBHS500	1500	50	3479					
		引張 応力度	NE1	②-②断面	SBHS500	1500	50	-476	4117	85.8	442.5	0.20	—
				①-①断面	SBHS500	1500	50	-5249					
	南基礎	圧縮 応力度	SW6	③-③断面	SBHS500	1500	50	-7336	-15300	169.2	442.5	0.39	○
				①-①断面	SBHS500	1500	50	-2796					
		引張 応力度	SE6	③-③断面	SBHS500	1500	50	-1035	8453	91.4	442.5	0.21	—
				①-①断面	SBHS500	1500	50	4056					

注記 評価位置は図 4.10-50 に示す。

表 4.10-13 曲げ軸力に対する照査結果（津波時：敷地に遡上する津波）

検討 ケース	評価位置				鋼管杭仕様			発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}	断面力図
					材質	外径 ϕ (mm)	肉厚 t (mm)	曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)				
地盤 パネ 1	北基礎	圧縮 応力度	NW6	②-②断面	SBHS500	1500	50	2796	-15585	139.6	500	0.28	—
				①-①断面	SBHS500	1500	50	4665					
		引張 応力度	NE1	②-②断面	SBHS500	1500	50	-1359	6877	88.7	500	0.18	—
				①-①断面	SBHS500	1500	50	-4311					
	南基礎	圧縮 応力度	SW1	③-③断面	SBHS500	1500	50	2272	-17474	157.3	500	0.32	—
				①-①断面	SBHS500	1500	50	-5726					
		引張 応力度	SE6	③-③断面	SBHS500	1500	50	-1636	9252	113.6	500	0.23	—
				①-①断面	SBHS500	1500	50	5394					
地盤 パネ 2	北基礎	圧縮 応力度	NW1	②-②断面	SBHS500	1500	50	-12939	-18087	260.5	500	0.53	○
				①-①断面	SBHS500	1500	50	5380					
		引張 応力度	NE1	②-②断面	SBHS500	1500	50	-889	9353	162.3	500	0.33	—
				①-①断面	SBHS500	1500	50	-9381					
	南基礎	圧縮 応力度	SW6	③-③断面	SBHS500	1500	50	-12147	-20826	261.2	500	0.53	○
				①-①断面	SBHS500	1500	50	-4921					
		引張 応力度	SE6	③-③断面	SBHS500	1500	50	-1467	13443	158.7	500	0.32	—
				①-①断面	SBHS500	1500	50	7538					

注記 評価位置は図 4.10-50 に示す。

北基礎

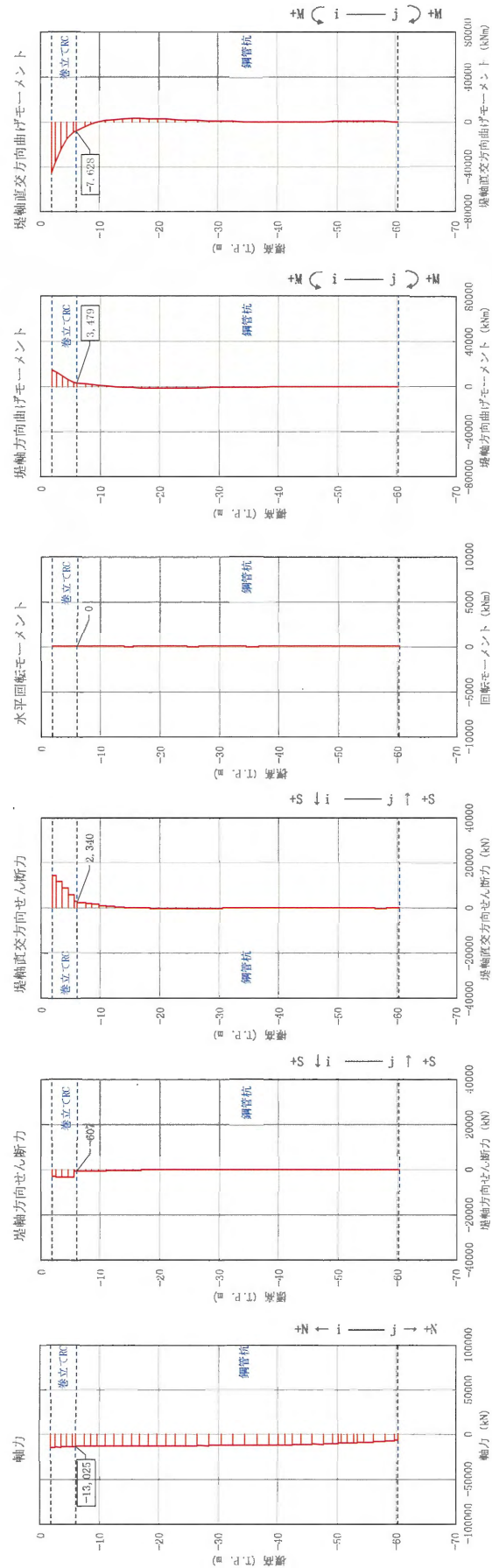


図 4.10-51 鋼管杭において曲げ軸力照査結果が最も厳しい断面力
①-①断面, ②-②断面, (津波時: 基準津波, 北基礎, 地盤バネ2)

南基礎

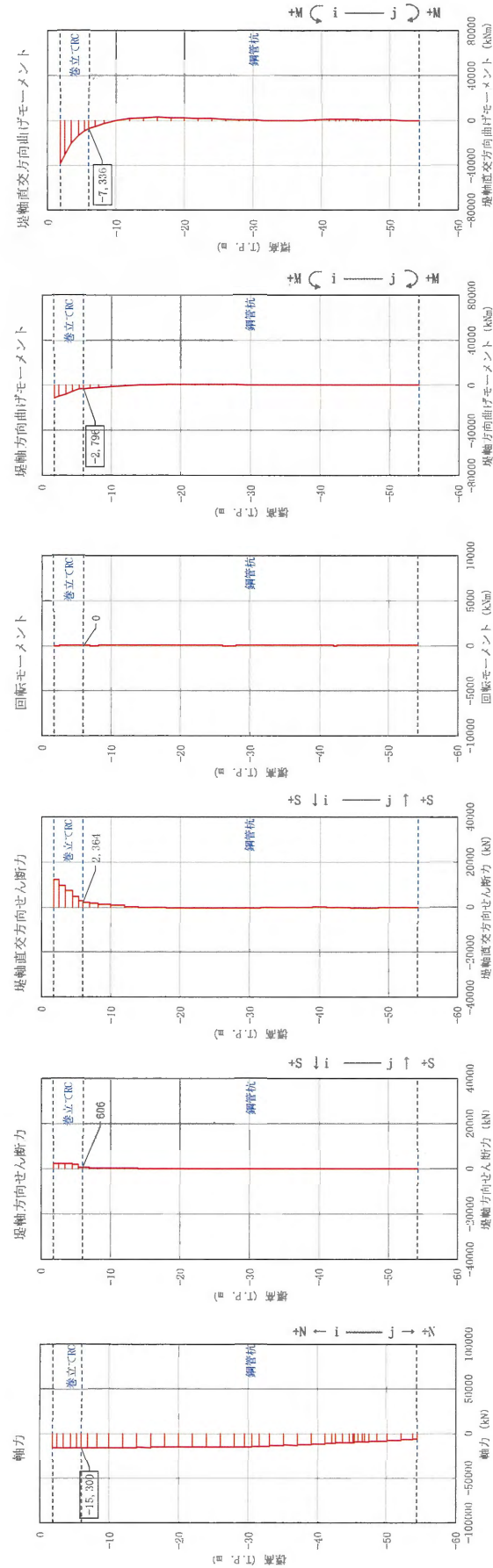


図 4.10-52 鋼管杭において曲げ軸力照査結果が最も厳しい断面力
①-①断面, ③-③断面, (津波時：基準津波, 南基礎, 地盤バネ2)

北基礎

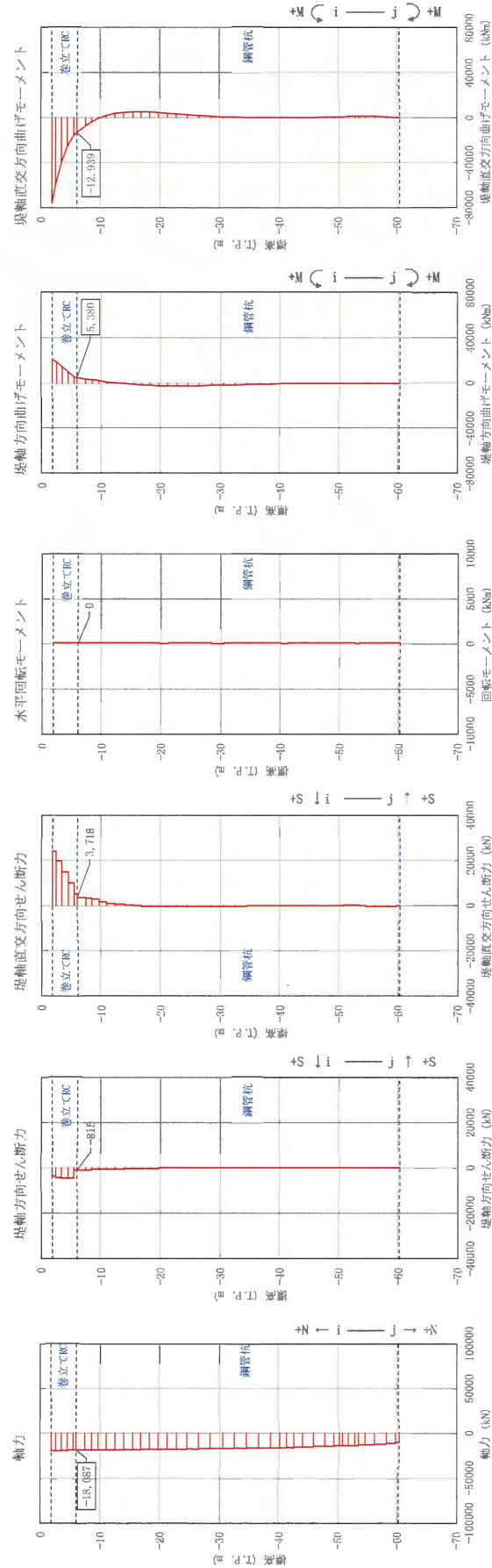


図 4.10-53 鋼管杭において曲げ軸力照査結果が最も厳しい断面力
①-①断面, ②-②断面, (津波時: 敷地に遡上する津波, 北基礎, 地盤バネ2)

南基礎

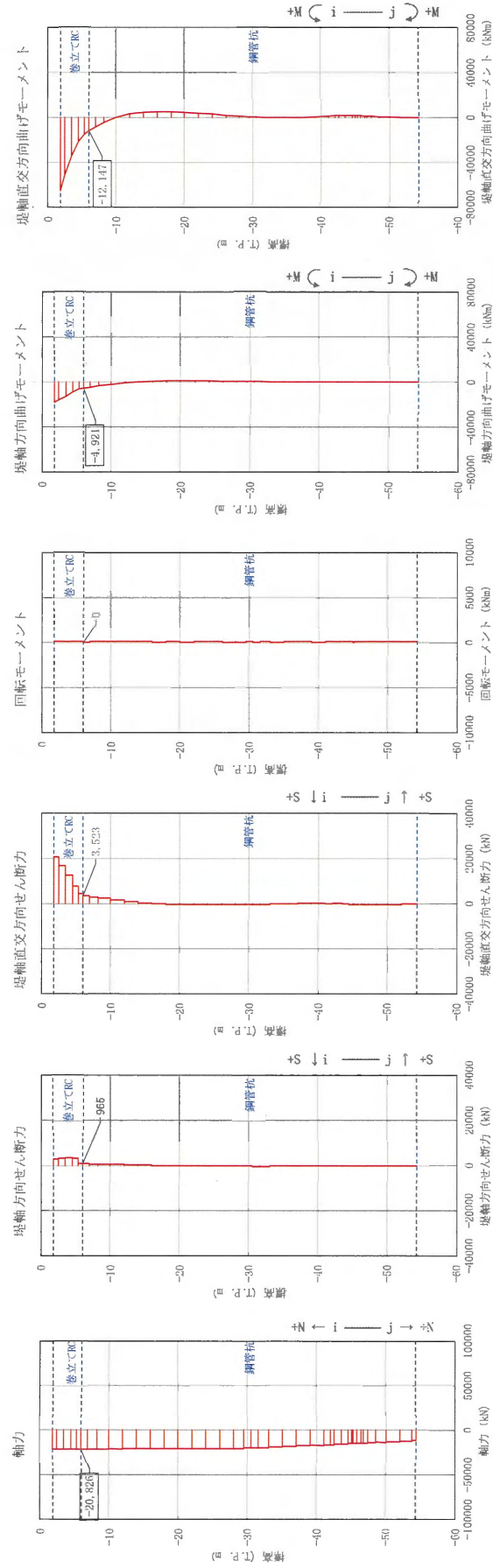


図 4.10-54 鋼管杭において曲げ軸力照査結果が最も厳しい断面力
①-①断面, ③-③断面, (津波時: 敷地に遡上する津波, 南基礎, 地盤バネ2)

ロ. せん断力に対する評価結果

せん断力に対する照査結果を表 4.10-14 及び表 4.10-15 に示す。また、評価位置を図 4.10-55 に、断面力分布を図 4.10-56～図 4.10-63 に示す。

鋼管杭における許容応力度法による照査を行った結果、評価位置における鋼管杭の発生せん断応力度が短期許容せん断応力度以下であることを確認した。

以上のことから、鋼管杭の構造部材の発生せん断応力度が許容限界以下であることを確認した。なお、発生せん断力及び発生せん断応力度は各地盤バネケースにおいて最大となる値を示している。

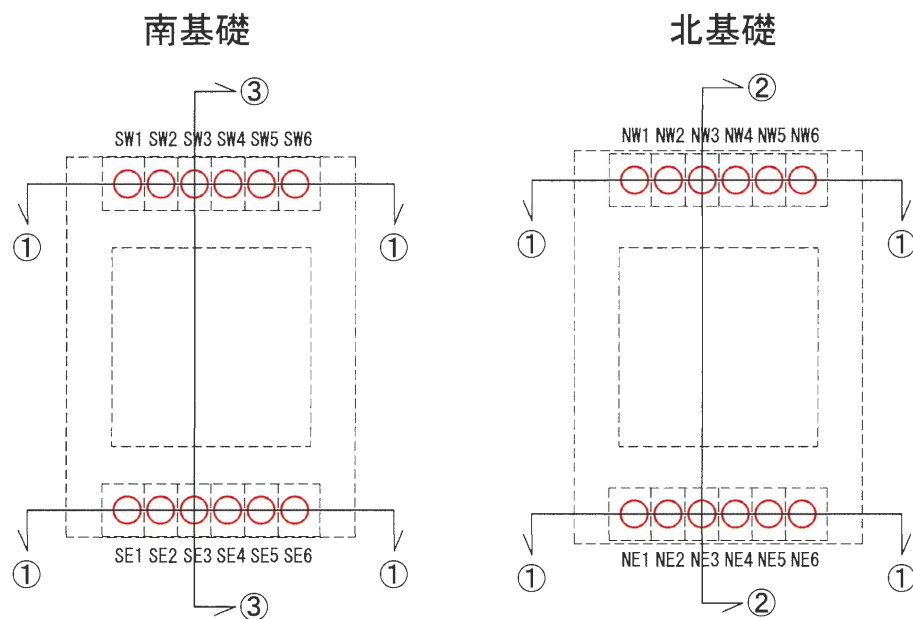


図 4.10-55 評価位置図（鋼管杭）

表 4.10-14 せん断力に対する照査結果（津波時：基準津波）

検討 ケース	評価位置				鋼管杭仕様			発生断面力	発生 応力度 τ (N/mm ²)	短期許容 応力度 τ_a (N/mm ²)	照査値 τ / τ_a	断面力図
					材質	外径 ϕ (mm)	肉厚 t (mm)	せん断力 (kN)				
地盤 パネ 1	北基礎	NW1	堤軸直交 方向	②-②断面	SBHS500	1500	50	587	5.3	255	0.03	—
		NW6	堤軸 方向	①-①断面	SBHS500	1500	50	1343	12.0	255	0.05	○
	南基礎	SE2	堤軸直交 方向	③-③断面	SBHS500	1500	50	64	10.7	255	0.05	—
		SW1	堤軸 方向	①-①断面	SBHS500	1500	50	1989	17.8	255	0.07	○
地盤 パネ 2	北基礎	NW1	堤軸直交 方向	②-②断面	SBHS500	1500	50	2340	21.0	255	0.09	○
		NW6	堤軸 方向	①-①断面	SBHS500	1500	50	1290	11.6	255	0.05	—
	南基礎	SW6	堤軸直交 方向	③-③断面	SBHS500	1500	50	2364	21.2	255	0.09	○
		SE6	堤軸 方向	①-①断面	SBHS500	1500	50	1109	9.9	255	0.04	—

注記 評価位置は図 4.10-55 に示す。

表 4.10-15 せん断力に対する照査結果（津波時：敷地に遡上する津波）

検討 ケース	評価位置				鋼管杭仕様			発生断面力	発生 応力度 τ (N/mm ²)	短期許容 応力度 τ_a (N/mm ²)	照査値 τ / τ_a	断面力図
					材質	外径 ϕ (mm)	肉厚 t (mm)	せん断力 (kN)				
地盤 パネ 1	北基礎	NW1	堤軸直交 方向	②-②断面	SBHS500	1500	50	730	6.5	285	0.03	—
		NW6	堤軸 方向	①-①断面	SBHS500	1500	50	2365	21.2	285	0.08	○
	南基礎	SW6	堤軸直交 方向	③-③断面	SBHS500	1500	50	1292	11.6	285	0.05	—
		SW1	堤軸 方向	①-①断面	SBHS500	1500	50	3323	29.8	285	0.11	○
地盤 パネ 2	北基礎	NW1	堤軸直交 方向	②-②断面	SBHS500	1500	50	3718	33.3	285	0.12	○
		NE1	堤軸 方向	①-①断面	SBHS500	1500	50	2211	19.8	285	0.07	—
	南基礎	SW6	堤軸直交 方向	③-③断面	SBHS500	1500	50	3523	31.6	285	0.12	○
		SE6	堤軸 方向	①-①断面	SBHS500	1500	50	1956	17.5	285	0.07	—

注記 評価位置は図 4.10-55 に示す。

北基礎

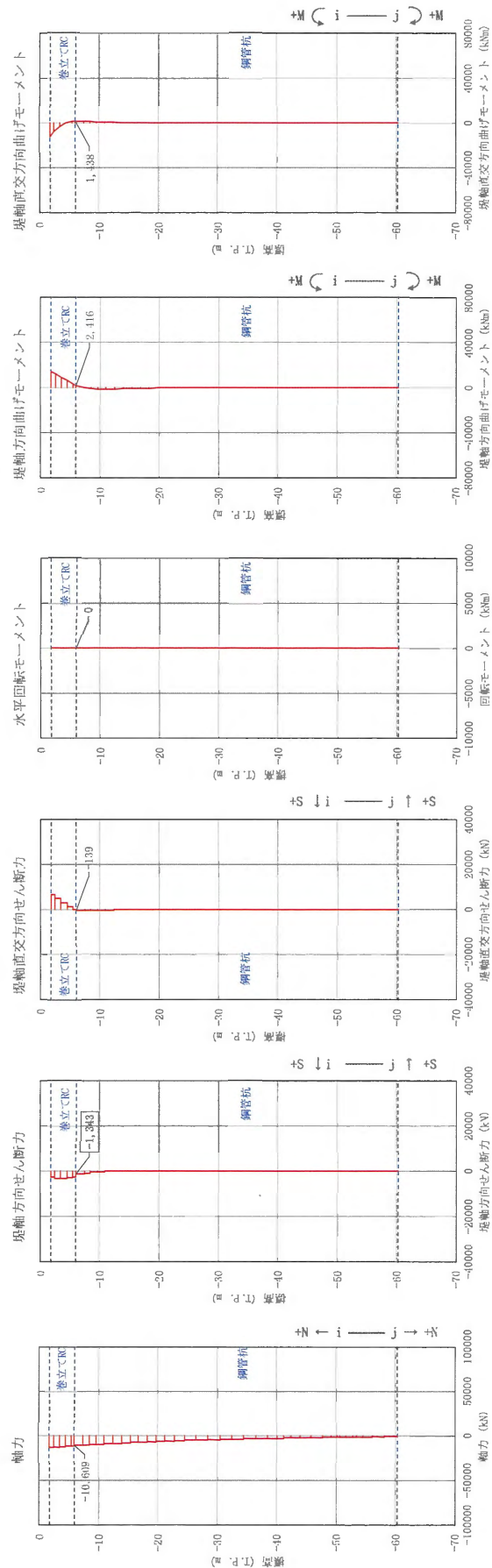


図 4.10-56 鋼管杭においてせん断応力度照査結果が最も厳しい断面力

①ー①断面 (津波時：基準津波，北基礎，地盤バネ1)

南基礎

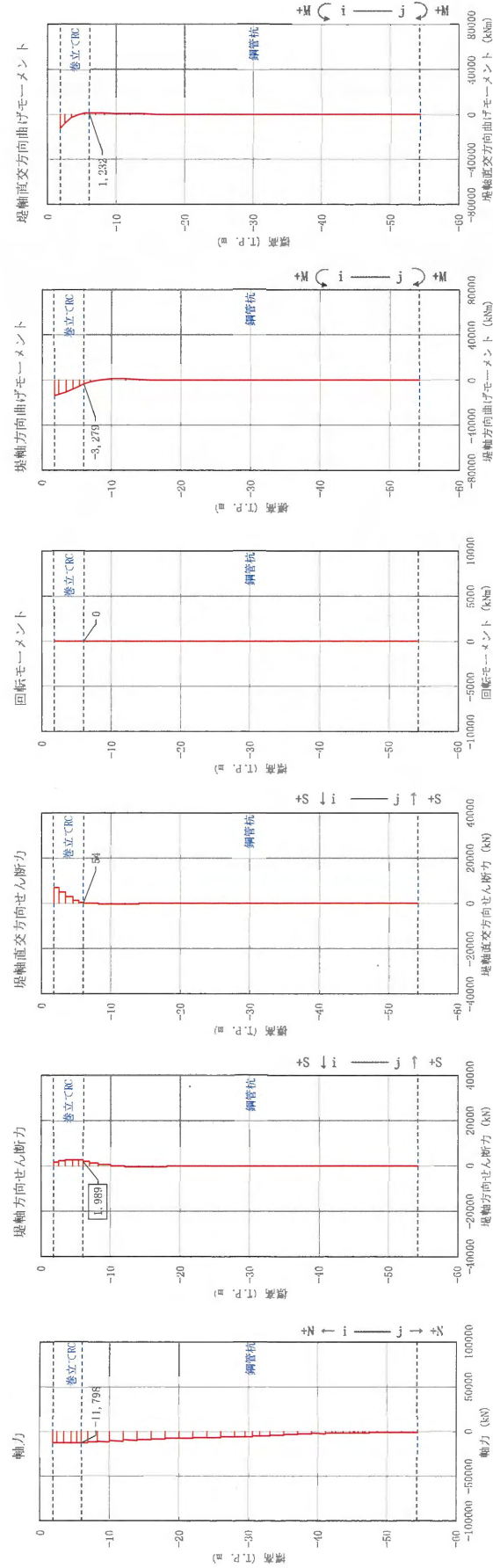


図 4.10-57 鋼管杭においてせん断応力度照査結果が最も厳しい断面力

①-①断面 (津波時：基準津波，南基礎，地盤バネ1)

北基礎

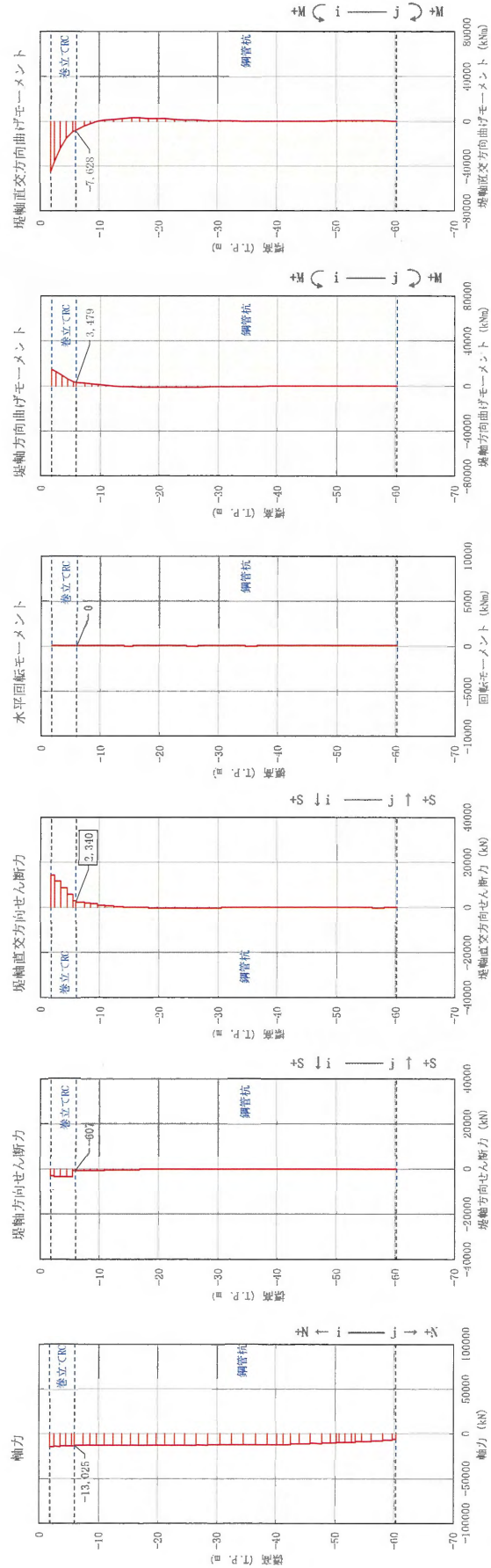


図 4.10-58 鋼管杭においてせん断応力度照査結果が最も厳しい断面力

②一②断面 (津波時：基準津波，北基礎，地盤バネ 2)

南基礎

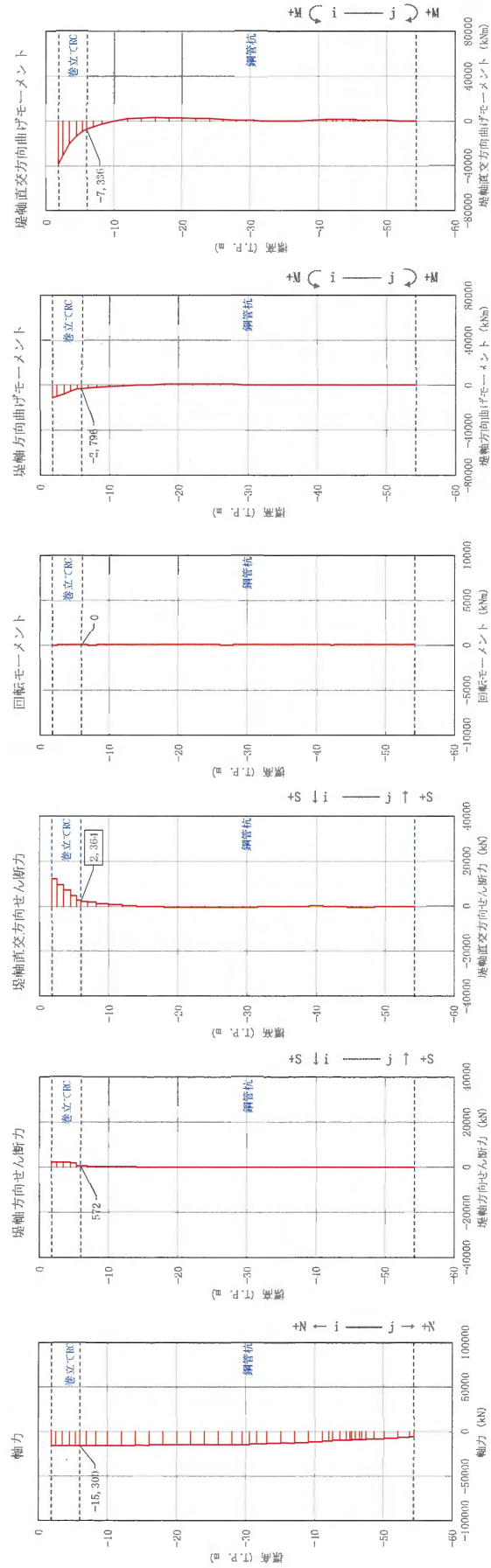


図 4.10-59 鋼管杭においてせん断応力度照査結果が最も厳しい断面力

③一③断面 (津波時：基準津波，南基礎，地盤バネ2)

北基礎

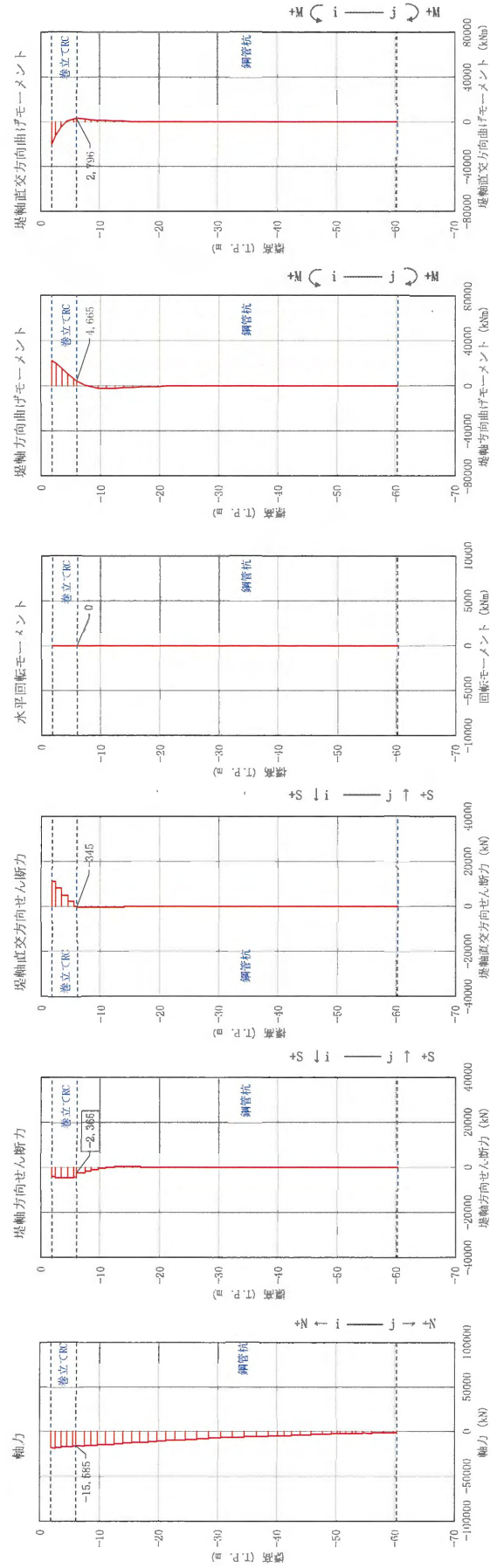


図 4.10-60 鋼管杭においてせん断応力度照査結果が最も厳しい断面力
①-①断面 (津波時：敷地に遡上する津波，北基礎，地盤パネ 1)

南基礎

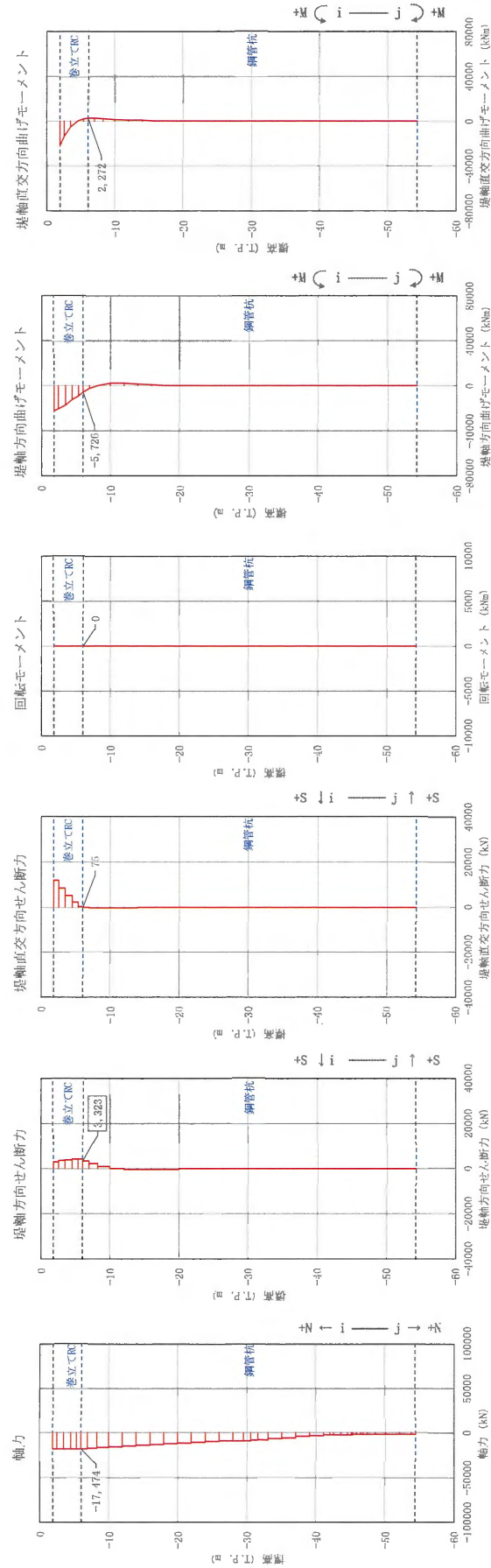


図 4.10-6I 鋼管杭においてせん断応力度照査結果が最も厳しい断面力
①-①断面 (津波時：敷地に遡上する津波，南基礎，地盤バネ 1)

北基礎

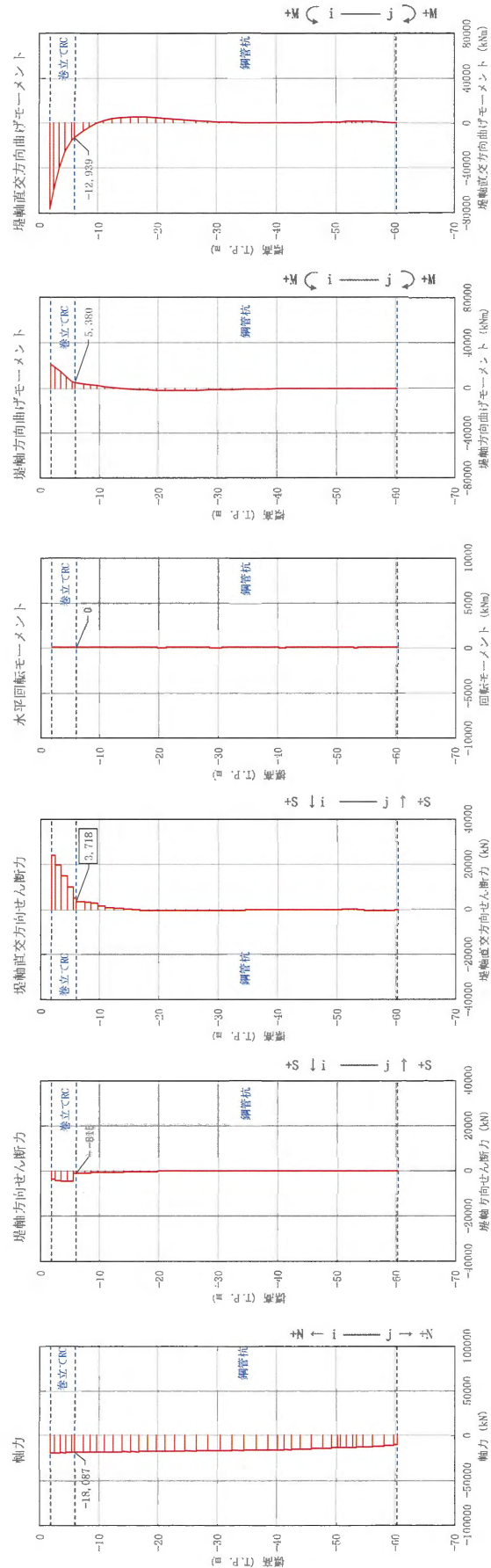


図 4.10-62 鋼管杭においてせん断応力度照査結果が最も厳しい断面力
②-②断面（津波時：敷地に遡上する津波，北基礎，地盤パネ2）

南基礎

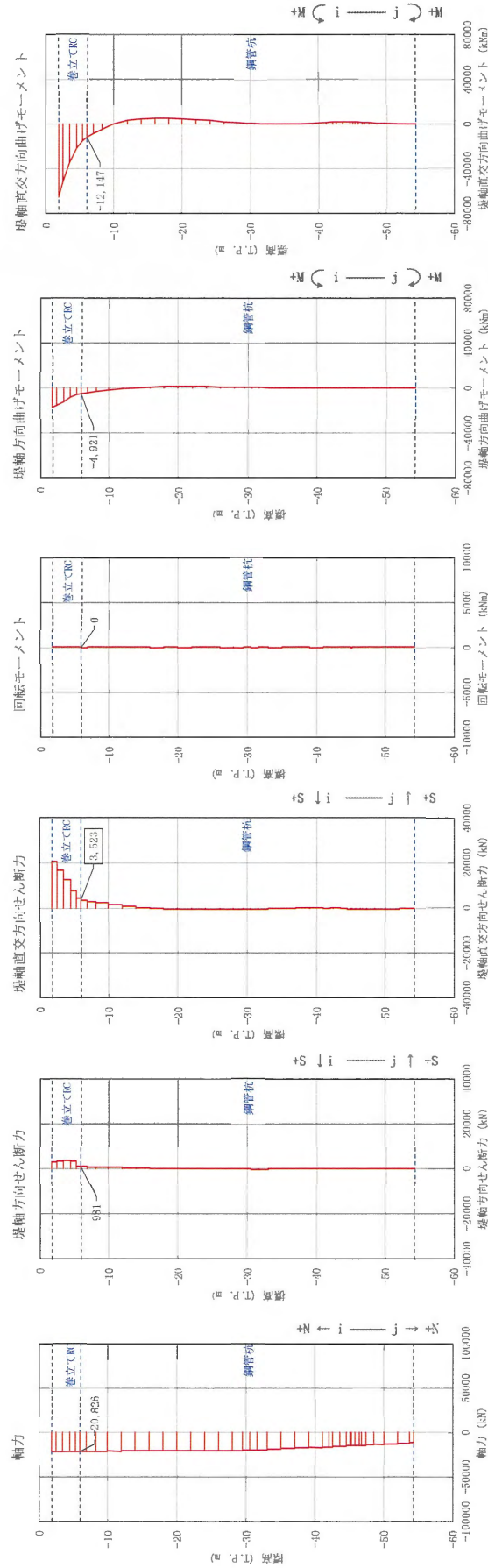


図 4.10-63 鋼管杭においてせん断応力度照査結果が最も厳しい断面力
③-③断面 (津波時：敷地に遡上する津波，南基礎，地盤バネ 2)

ハ. 構造仕様

鋼管杭の構造仕様を図 4.10-64 に示す。

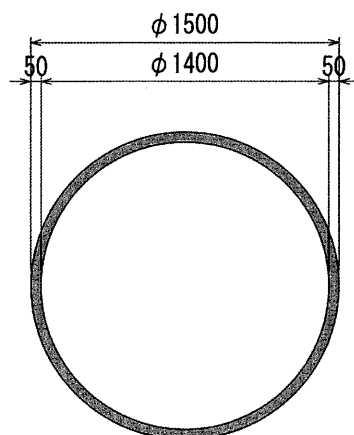


図 4.10-64 鋼管杭の構造仕様 (SBHS500)

(c) 巻立て鉄筋コンクリート

イ. 巻立て鉄筋コンクリート

(イ) 曲げ軸力に対する評価結果

コンクリートの曲げ軸力に対する照査結果を表 4.10-16 及び表 4.10-17 に、鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果を表 4.10-18 及び表 4.10-19 にそれぞれ示す。また、評価位置図を図 4.10-65 に、断面力分布を図 4.10-66～図 4.10-69 に示す。

鉄筋コンクリートに分担される発生応力度に対して許容応力度法による照査を行った結果、評価位置においてコンクリートの曲げ圧縮応力度と鉄筋の曲げ引張応力度が許容限界以下であることを確認した。

以上のことから、巻立て鉄筋コンクリートの構造部材の発生応力度が許容限界以下であることを確認した。なお、発生断面力及び発生応力度は各地盤バネケースにおいて最大となる値を示している。

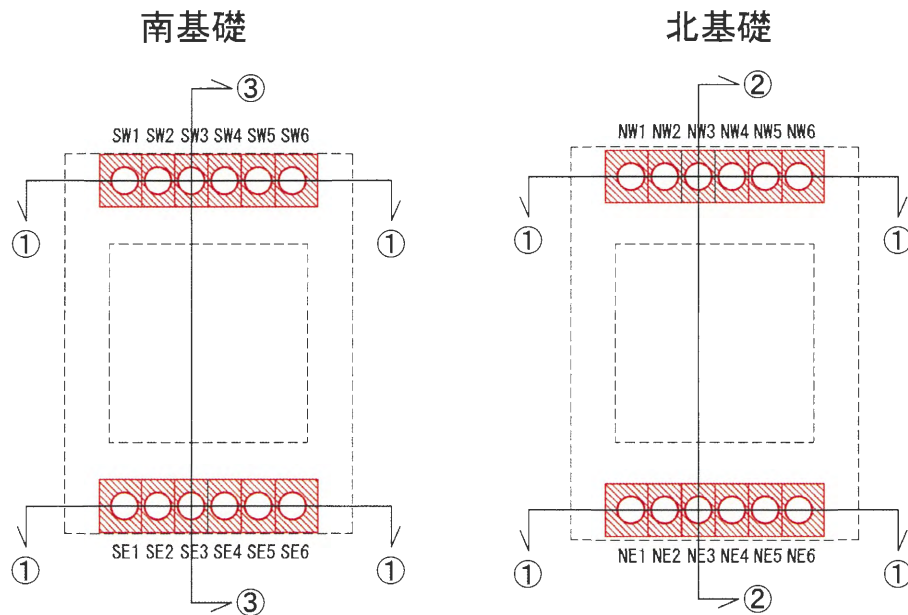


図 4.10-65 評価位置図（巻立て鉄筋コンクリート）

表 4.10-16 コンクリートの曲げ軸力照査結果（津波時：基準津波）

検討 ケース	評価位置			断面性状			鉄筋仕様 (引張鉄筋) *2	発生断面力		発生 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}	断面力図	
				部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm) *1		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)					
地盤 パネ 1	北基礎	端部杭	NW1	②－②断面	2250	2800	2375	D510150 (SD685)	-36745	-12817	14.2	24	0.59	—
				①－①断面	2800	2250	1875	D510150 (SD685)	15381					
		中間杭	NW2	②－②断面	1800	2800	2375	D510150 (SD685)	-23765	-10623	12.0	24	0.50	—
				①－①断面	2800	1800	1275	D510150 (SD685)	8754					
	南基礎	端部杭	SW6	③－③断面	2250	2800	2300	D510150 (SD685)	-36740	-12011	14.9	24	0.63	○
				①－①断面	2800	2250	1875	D510150 (SD685)	-14498					
		中間杭	SW5	③－③断面	1800	2800	2300	D510150 (SD685)	-25071	-10838	12.9	24	0.54	—
				①－①断面	2800	1800	1275	D510150 (SD685)	-8184					
地盤 パネ 2	北基礎	端部杭	NW1	②－②断面	2250	2800	2375	D510150 (SD685)	-44803	-14117	16.0	24	0.67	○
				①－①断面	2800	2250	1875	D510150 (SD685)	15084					
		中間杭	NW2	②－②断面	1800	2800	2375	D510150 (SD685)	-33507	-12594	14.8	24	0.62	—
				①－①断面	2800	1800	1275	D510150 (SD685)	8289					
	南基礎	端部杭	SW6	③－③断面	2250	2800	2300	D510150 (SD685)	-38456	-15406	14.3	24	0.60	—
				①－①断面	2800	2250	1875	D510150 (SD685)	-10967					
		中間杭	SW5	③－③断面	1800	2800	2300	D510150 (SD685)	-30627	-13769	13.7	24	0.58	—
				①－①断面	2800	1800	1275	D510150 (SD685)	-5788					

注記 @：鉄筋の配置間隔

発生断面力は鉄筋コンクリートと鋼管杭の複合断面として算出した値を示す。

発生応力度は鉄筋コンクリートと鋼管杭の分担を考慮して算出した値を示す。

評価位置は図 4.10-65 に示す。

表 4.10-17 コンクリートの曲げ軸力照査結果（津波時：敷地に遡上する津波）

検討 ケース	評価位置			断面性状			鉄筋仕様 (引張鉄筋) *2	発生断面力		発生 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{cs} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{cs}	断面力図	
				部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)*1		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)					
地盤 パネ 1	北基礎	端部杭	NW1	②－②断面	2250	2800	2375	D510150 (SD685)	-61009	-17965	22.6	32	0.71	—
				①－①断面	2800	2250	1875	D510150 (SD685)	23384					
		中間杭	NW2	②－②断面	1800	2800	2375	D510150 (SD685)	-40559	-15342	19.5	32	0.62	—
				①－①断面	2800	1800	1275	D510150 (SD685)	13398					
	南基礎	端部杭	SW6	③－③断面	2250	2800	2300	D510150 (SD685)	-57009	-17668	23.3	32	0.73	—
				①－①断面	2800	2250	1875	D510150 (SD685)	-23041					
		中間杭	SW5	③－③断面	1800	2800	2300	D510150 (SD685)	-41144	-16075	20.9	32	0.66	—
				①－①断面	2800	1800	1275	D510150 (SD685)	-13029					
地盤 パネ 2	北基礎	端部杭	NW1	②－②断面	2250	2800	2375	D510150 (SD685)	-75722	-19486	25.5	32	0.80	○
				①－①断面	2800	2250	1875	D510150 (SD685)	21285					
		中間杭	NW2	②－②断面	1800	2800	2375	D510150 (SD685)	-57746	-17524	24.0	32	0.75	—
				①－①断面	2800	1800	1275	D510150 (SD685)	11844					
	南基礎	端部杭	SW6	③－③断面	2250	2800	2300	D510150 (SD685)	-64883	-20947	23.6	32	0.74	○
				①－①断面	2800	2250	1875	D510150 (SD685)	-17283					
		中間杭	SW5	③－③断面	1800	2800	2300	D510150 (SD685)	-52546	-19265	22.9	32	0.72	—
				①－①断面	2800	1800	1275	D510150 (SD685)	-9292					

注記 @：鉄筋の配置間隔

発生断面力は鉄筋コンクリートと鋼管杭の複合断面として算出した値を示す。

発生応力度は鉄筋コンクリートと鋼管杭の分担を考慮して算出した値を示す。

評価位置は図 4.10-65 に示す。

表 4.10-18 鉄筋の曲げ軸力照査結果（津波時：基準津波）

検討 ケース	評価位置			断面性状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)*2	発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s/σ_{sa}	
				部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)*1		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)				
地盤 パネ 1	北基礎	端部杭	NW1	②-②断面	2250	2800	2375	D510150 (SD685)	-36745	-12817	180.1	600	0.31
				①-①断面	2800	2250	1875	D510150 (SD685)	15381				
		中間杭	NW2	②-②断面	1800	2800	2375	D510150 (SD685)	-23765	-10623	148.1	600	0.25
				①-①断面	2800	1800	1275	D510150 (SD685)	8754				
	南基礎	端部杭	SW6	③-③断面	2250	2800	2300	D510150 (SD685)	-36740	-12011	194.1	600	0.33
				①-①断面	2800	2250	1875	D510150 (SD685)	-14498				
		中間杭	SW5	③-③断面	1800	2800	2300	D510150 (SD685)	-25071	-10838	159.1	600	0.27
				①-①断面	2800	1800	1275	D510150 (SD685)	-8184				
地盤 パネ 2	北基礎	端部杭	NW1	②-②断面	2250	2800	2375	D510150 (SD685)	-44803	-14117	208.7	600	0.35
				①-①断面	2800	2250	1875	D510150 (SD685)	15084				
		中間杭	NW2	②-②断面	1800	2800	2375	D510150 (SD685)	-33507	-12594	184.0	600	0.31
				①-①断面	2800	1800	1275	D510150 (SD685)	8289				
	南基礎	端部杭	SW6	③-③断面	2250	2800	2300	D510150 (SD685)	-38456	-15406	176.5	600	0.30
				①-①断面	2800	2250	1875	D510150 (SD685)	-10967				
		中間杭	SW5	③-③断面	1800	2800	2300	D510150 (SD685)	-30627	-13769	171.1	600	0.29
				①-①断面	2800	1800	1275	D510150 (SD685)	-5788				

注記 @：鉄筋の配置間隔

発生断面力は鉄筋コンクリートと鋼管杭の複合断面として算出した値を示す。

発生応力度は鉄筋コンクリートと鋼管杭の分担を考慮して算出した値を示す。

評価位置は図 4.10-65 に示す。

表 4.10-19 鉄筋の曲げ軸力照査結果（津波時：敷地に遡上する津波）

検討 ケース	評価位置			断面性状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)*2	発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s/σ_{sa}	
				部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)*1		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)				
地盤 パネ 1	北基礎	端部杭	NW1	②-②断面	2250	2800	2375	D510150 (SD685)	-61009	-17965	299.1	600	0.50
				①-①断面	2800	2250	1875	D510150 (SD685)	23384				
		中間杭	NW2	②-②断面	1800	2800	2375	D510150 (SD685)	-40559	-15342	241.0	660	0.37
				①-①断面	2800	1800	1275	D510150 (SD685)	13398				
	南基礎	端部杭	SW6	③-③断面	2250	2800	2300	D510150 (SD685)	-57009	-17668	306.6	660	0.47
				①-①断面	2800	2250	1875	D510150 (SD685)	-23041				
		中間杭	SW5	③-③断面	1800	2800	2300	D510150 (SD685)	-41144	-16075	257.0	660	0.39
				①-①断面	2800	1800	1275	D510150 (SD685)	-13029				
地盤 パネ 2	北基礎	端部杭	NW1	②-②断面	2250	2800	2375	D510150 (SD685)	-75722	-19486	347.6	660	0.53
				①-①断面	2800	2250	1875	D510150 (SD685)	21285				
		中間杭	NW2	②-②断面	1800	2800	2375	D510150 (SD685)	-57746	-17524	308.9	660	0.47
				①-①断面	2800	1800	1275	D510150 (SD685)	11844				
	南基礎	端部杭	SW6	③-③断面	2250	2800	2300	D510150 (SD685)	-64883	-20947	308.8	660	0.47
				①-①断面	2800	2250	1875	D510150 (SD685)	-17283				
		中間杭	SW5	③-③断面	1800	2800	2300	D510150 (SD685)	-52546	-19265	285.2	660	0.44
				①-①断面	2800	1800	1275	D510150 (SD685)	-9292				

注記 @：鉄筋の配置間隔

発生断面力は鉄筋コンクリートと鋼管杭の複合断面として算出した値を示す。

発生応力度は鉄筋コンクリートと鋼管杭の分担を考慮して算出した値を示す。

評価位置は図 4.10-65 に示す。

南基礎

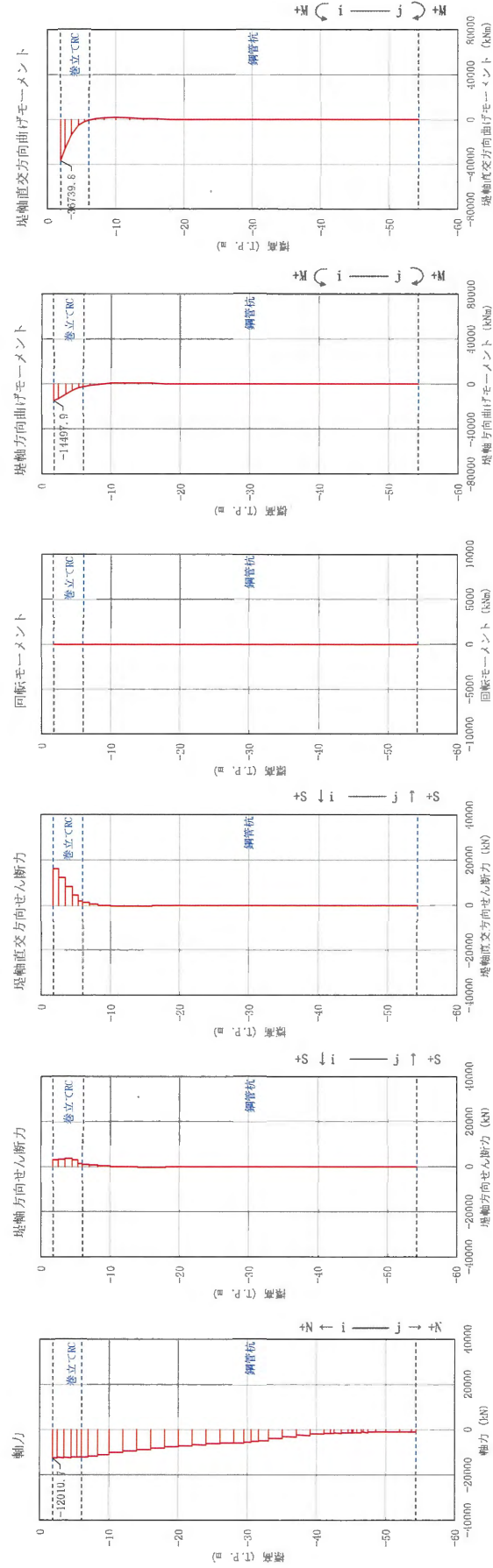


図 4.10-66 巻立て鉄筋コンクリートにおいてコンクリートの曲げ軸力照査結果が最も厳しい断面力
①-①断面, ③-③断面, (津波時: 基準津波, 南基礎, 地盤バネ1)

北基礎

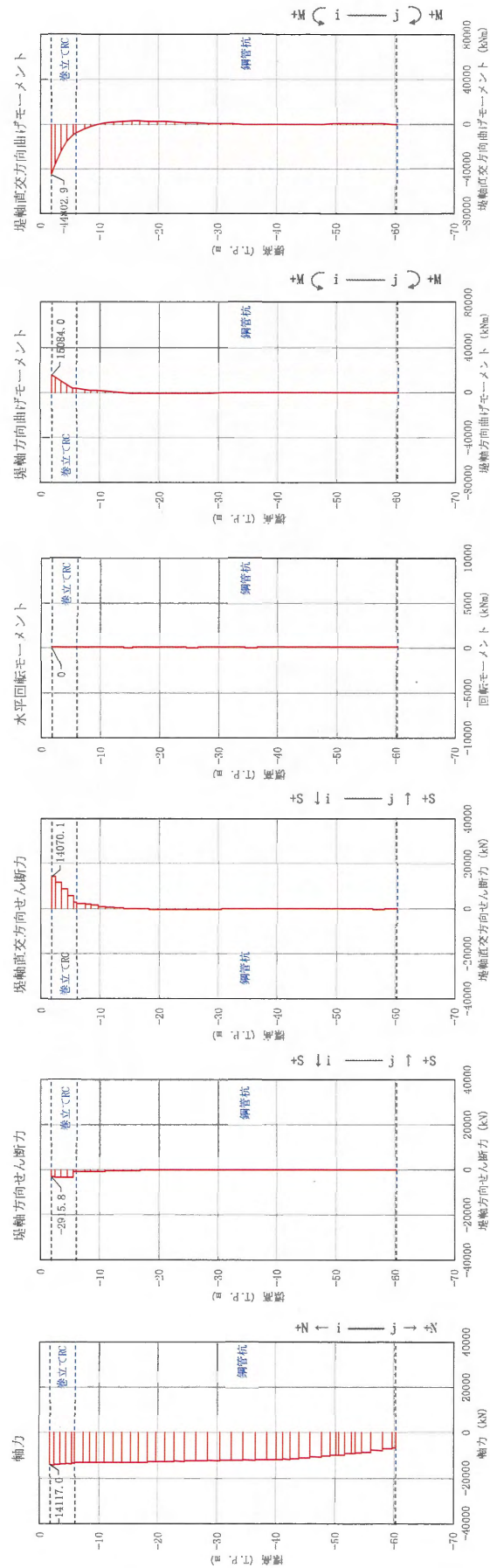


図 4.10-67 巻立て鉄筋コンクリートにおいてコンクリートの曲げ軸力照査結果が最も厳しい断面力
①-①断面, ②-②断面, (津波時: 基準津波, 北基礎, 地盤バネ2)

北基礎

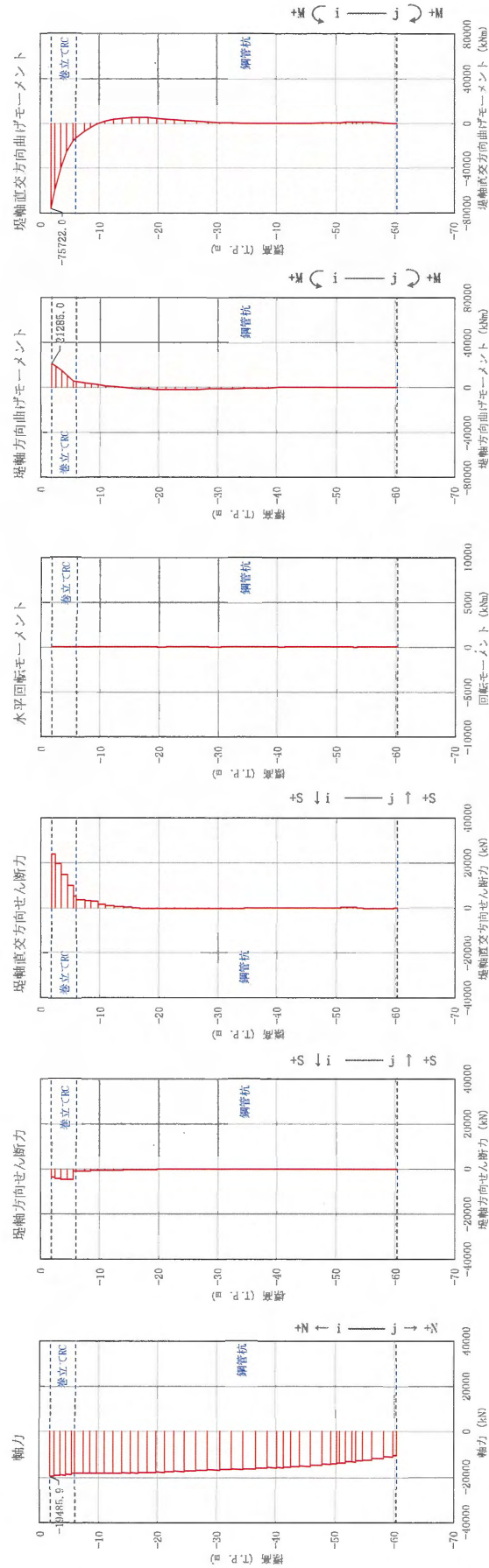


図 4.10-68 巻立て鉄筋コンクリートにおいてコンクリートの曲げ軸力照査結果が最も厳しい断面力
①-①断面, ②-②断面, (津波時: 敷地に遡上する津波, 北基礎, 地盤バネ2)

南基礎

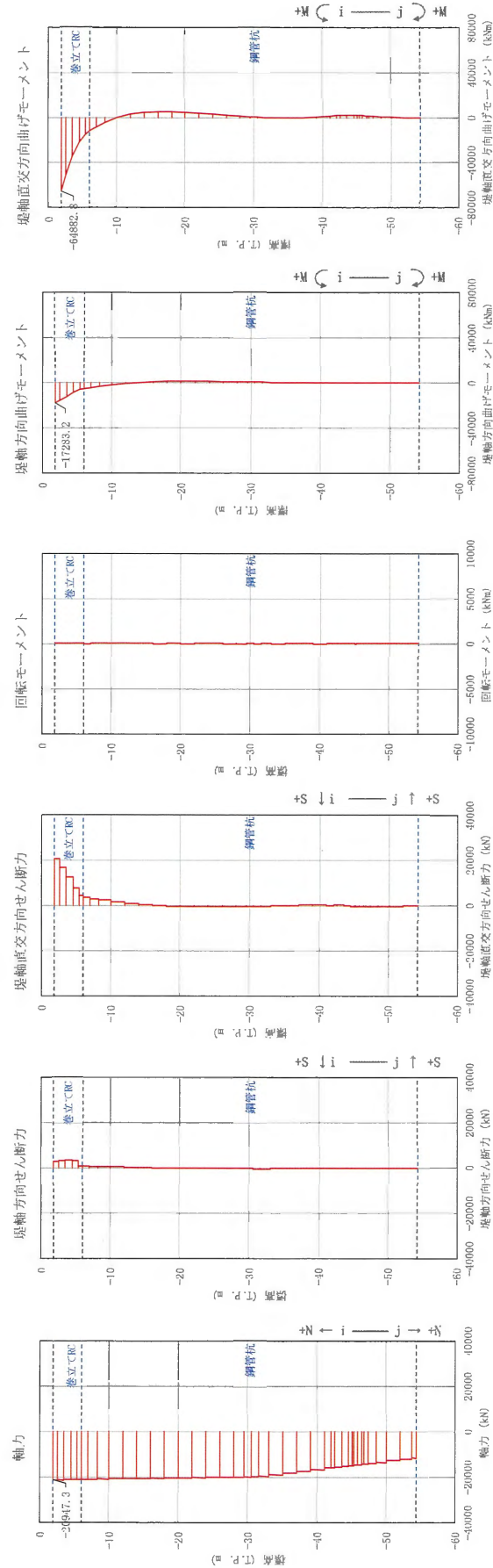


図 4.10-69 巻立て鉄筋コンクリートにおいてコンクリートの曲げ軸力照査結果が最も厳しい断面力
①-①断面, ③-③断面, (津波時：敷地に遡上する津波, 南基礎, 地盤バネ2)

(ロ) せん断力に対する評価結果

せん断力に対する照査結果を表 4.10-20 及び表 4.10-21 に示す。また、評価位置図を図 4.10-70 に、断面力分布を図 4.10-71～図 4.10-78 に示す。

鉄筋コンクリートに分担される発生せん断力に対して許容応力度法による照査を行った結果、評価位置における鉄筋コンクリートの発生せん断力がコンクリートの短期許容せん断力 (V_{ca}) と斜め引張鉄筋の短期許容せん断力 (V_{sa}) を合わせた短期許容せん断力 (V_a) 以下であることを確認した。

以上のことから、巻立て鉄筋コンクリートの構造部材の発生せん断力が許容限界以下であることを確認した。なお、発生せん断力は各地盤バネケースにおいて最大となる値を示している。

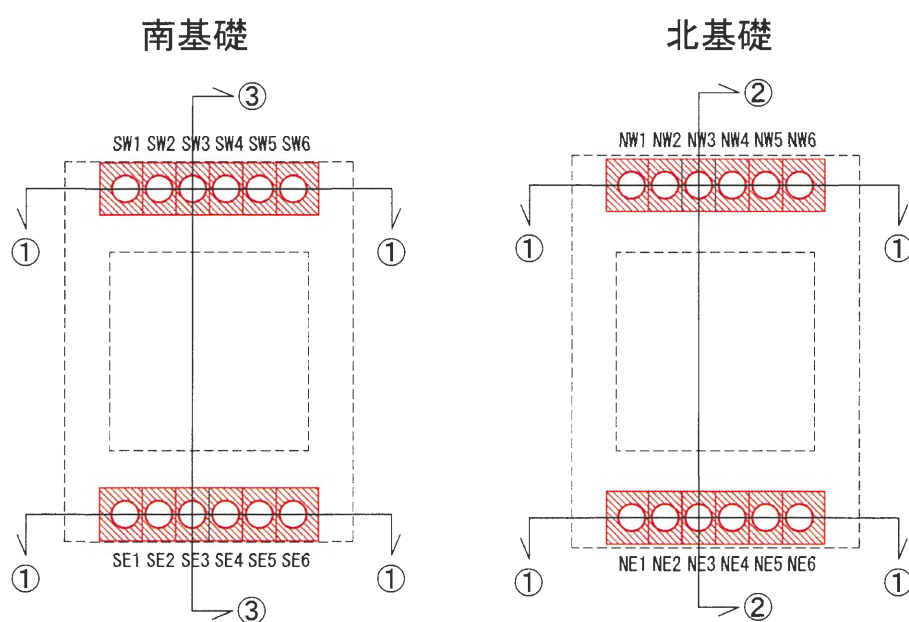


図 4.10-70 評価位置図 (巻立て鉄筋コンクリート)

表 4.10-20 せん断力に対する照査結果（津波時：基準津波）

検討 ケース	評価位置				断面性状			鉄筋仕様 (せん断補強鉄筋)	発生 せん断力 V (kN)	短期許容 せん断力 V _a (kN)	照査値 V/V _a	断面力図
					部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)					
地盤 パネ 1	北基礎	端部杭	NW1	②-②断面	2250	2800	2375	D35φ150 (SD390)	8318	12989	0.65	○
			NE6	①-①断面	2800	2250	1875	D32φ300 (SD390)	2176	6324	0.35	○
		中間杭	NW2	②-②断面	1800	2800	2375	D35φ150 (SD390)	4913	8531	0.58	—
			NE4	①-①断面	2800	1800	1275	D32φ300 (SD390)	1341	4300	0.32	—
	南基礎	端部杭	SW6	③-③断面	2250	2800	2300	D38φ150 (SD390)	9308	14845	0.63	○
			SE1	①-①断面	2800	2250	1875	D32φ300 (SD390)	1937	6324	0.31	○
		中間杭	SW4	③-③断面	1800	2800	2300	D35φ150 (SD390)	4857	8262	0.59	—
			SE3	①-①断面	2800	1800	1275	D32φ300 (SD390)	957	4300	0.23	—
地盤 パネ 2	北基礎	端部杭	NW1	②-②断面	2250	2800	2375	D35φ150 (SD390)	7801	12989	0.61	—
			NE6	①-①断面	2800	2250	1875	D32φ300 (SD390)	1889	6324	0.30	—
		中間杭	NW2	②-②断面	1800	2800	2375	D35φ300 (SD390)	2827	4462	0.64	—
			NE4	①-①断面	2800	1800	1275	D32φ300 (SD390)	966	4300	0.23	—
	南基礎	端部杭	SW6	③-③断面	2250	2800	2300	D32φ300 (SD390)	2733	5663	0.49	—
			SW6	①-①断面	2800	2250	1875	D32φ300 (SD390)	1304	6324	0.21	—
		中間杭	SW5	③-③断面	1800	2800	2300	D32φ300 (SD390)	1968	3652	0.54	—
			SE3	①-①断面	2800	1800	1275	D32φ300 (SD390)	548	4300	0.13	—

注記 @：鉄筋の配置間隔

発生せん断力は鉄筋コンクリートと鋼管杭の分担を考慮して算出した値を示す。

評価位置は図 4.10-70 に示す。

表 4.10-21 セン断力に対する照査結果（津波時：敷地に遡上する津波）

検討 ケース	評価位置				断面性状			鉄筋仕様 (せん断補強鉄筋)	発生 せん断力 V (kN)	短期許容 せん断力 V _a (kN)	照査値 V/V _a	断面力図
					部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)					
地盤 バネ 1	北基礎	端部杭	NW1	②-②断面	2250	2800	2375	D35@150 (SD390)	14028	14469	0.97	○
			NE6	①-①断面	2800	2250	1875	D32@300 (SD390)	3369	7187	0.47	○
		中間杭	NW2	②-②断面	1800	2800	2375	D35@150 (SD390)	8512	9476	0.90	—
			NE4	①-①断面	2800	1800	1275	D32@300 (SD390)	1949	4887	0.40	—
	南基礎	端部杭	SW6	③-③断面	2250	2800	2300	D38@150 (SD390)	13975	16506	0.85	—
			SE1	①-①断面	2800	2250	1875	D32@300 (SD390)	3219	7187	0.45	○
		中間杭	SW4	③-③断面	1800	2800	2300	D35@150 (SD390)	8494	9187	0.93	○
			SE3	①-①断面	2800	1800	1275	D32@300 (SD390)	1536	4887	0.32	—
地盤 バネ 2	北基礎	端部杭	NW1	②-②断面	2250	2800	2375	D35@150 (SD390)	13238	14469	0.92	—
			NE6	①-①断面	2800	2250	1875	D32@300 (SD390)	2796	7187	0.39	—
		中間杭	NW2	②-②断面	1800	2800	2375	D35@300 (SD390)	4824	4999	0.97	—
			NE4	①-①断面	2800	1800	1275	D32@300 (SD390)	1339	4887	0.28	—
	南基礎	端部杭	SW6	③-③断面	2250	2800	2300	D38@150 (SD390)	11875	16506	0.72	—
			SE1	①-①断面	2800	2250	1875	D32@300 (SD390)	2160	7187	0.31	—
		中間杭	SW4	③-③断面	1800	2800	2300	D35@150 (SD390)	8077	9187	0.88	—
			SE3	①-①断面	2800	1800	1275	D32@300 (SD390)	819	4887	0.17	—

注記 @：鉄筋の配置間隔

発生せん断力は鉄筋コンクリートと鋼管杭の分担を考慮して算出した値を示す。

評価位置は図 4.10-70 に示す。

北基礎

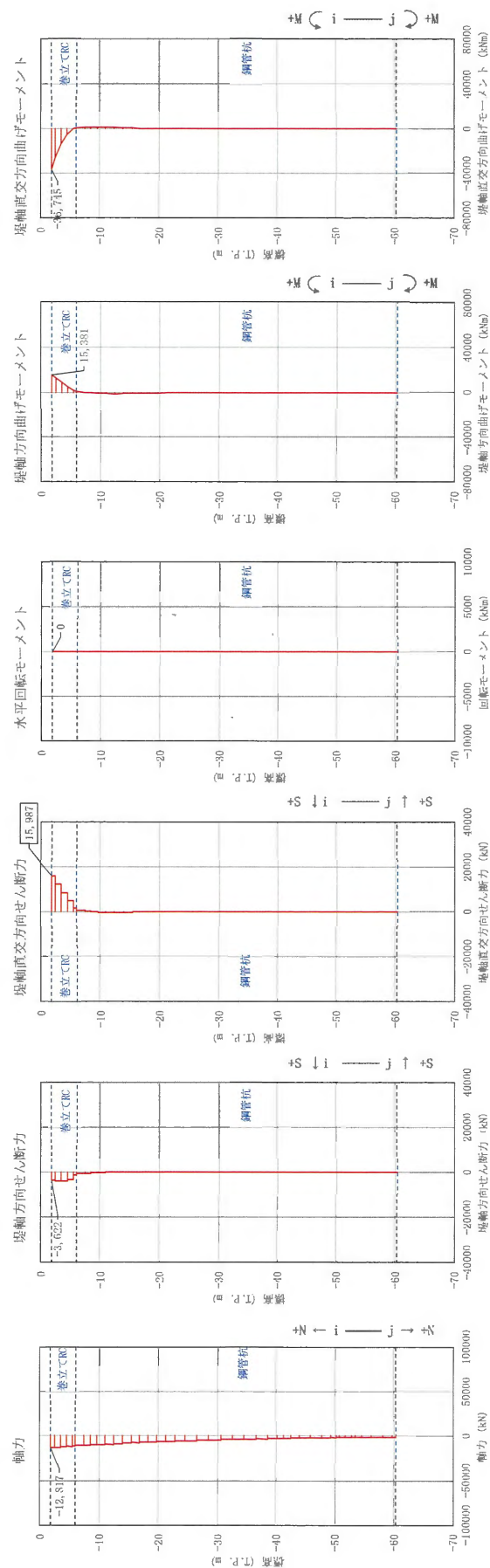


図 4.10-71 巻立て鉄筋コンクリートにおいてせん断応力度照査結果が最も厳しい断面力

②-②断面 (津波時：基準津波，北基礎，地盤バネ1)

①—①断面 (津波時：基準津波，北基礎，地盤ハビネ1)

南基礎

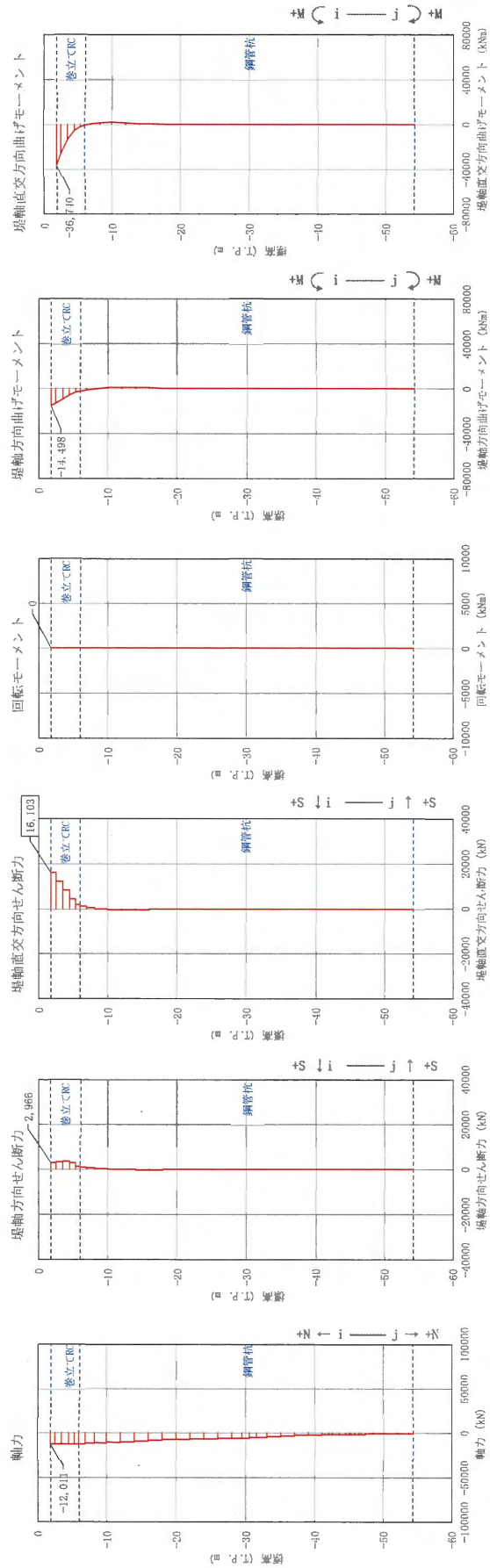


図 4.10-73 巻立て鉄筋コンクリートにおいてせん断応力度照査結果が最も厳しい断面力
③-③断面 (津波時：基準津波，南基礎，地盤バネ1)

南基礎

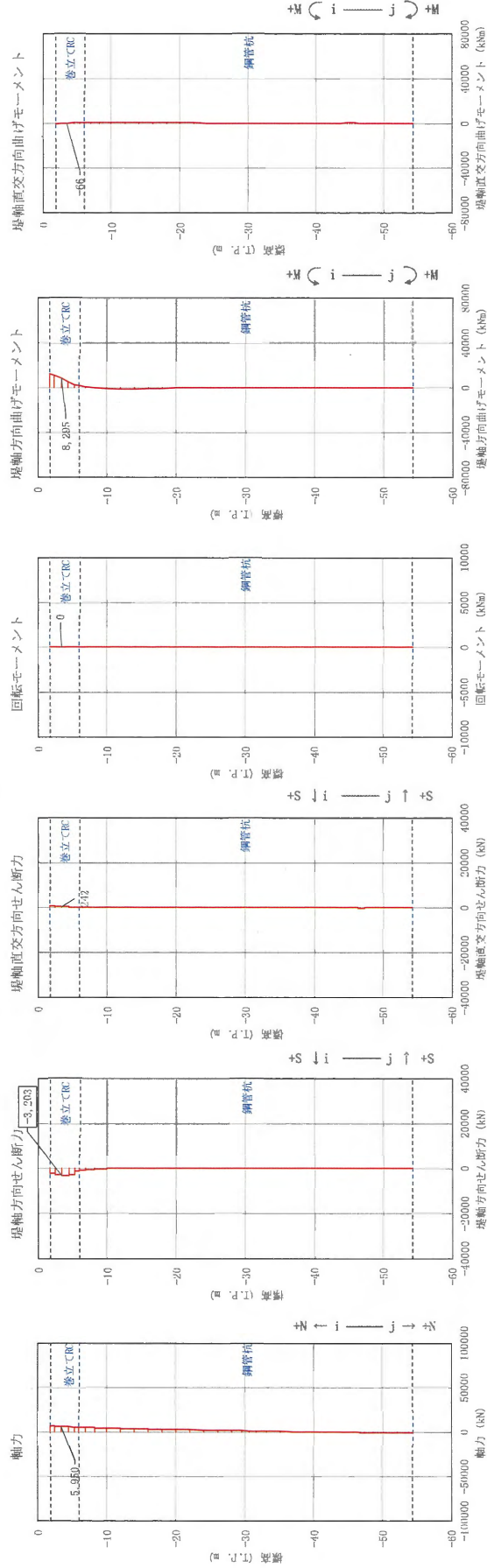


図 4.10-74 巻立て鉄筋コンクリートにおいてせん断応力度照査結果が最も厳しい断面力
①-①断面 (津波時：基準津波，南基礎，地盤バネ1)

北基礎

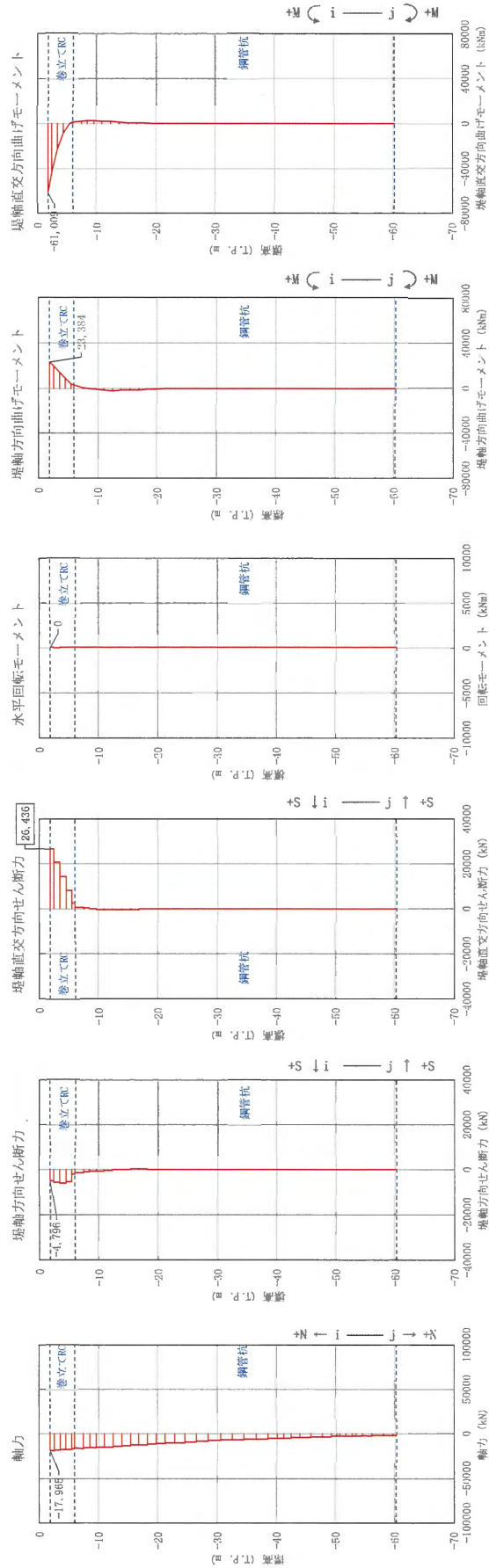


図 4.10-75 巻立て鉄筋コンクリートにおいてせん断応力度照査結果が最も厳しい断面力
②-②断面 (津波時：敷地に遡上する津波、北基礎、地盤バネ1)

北基礎

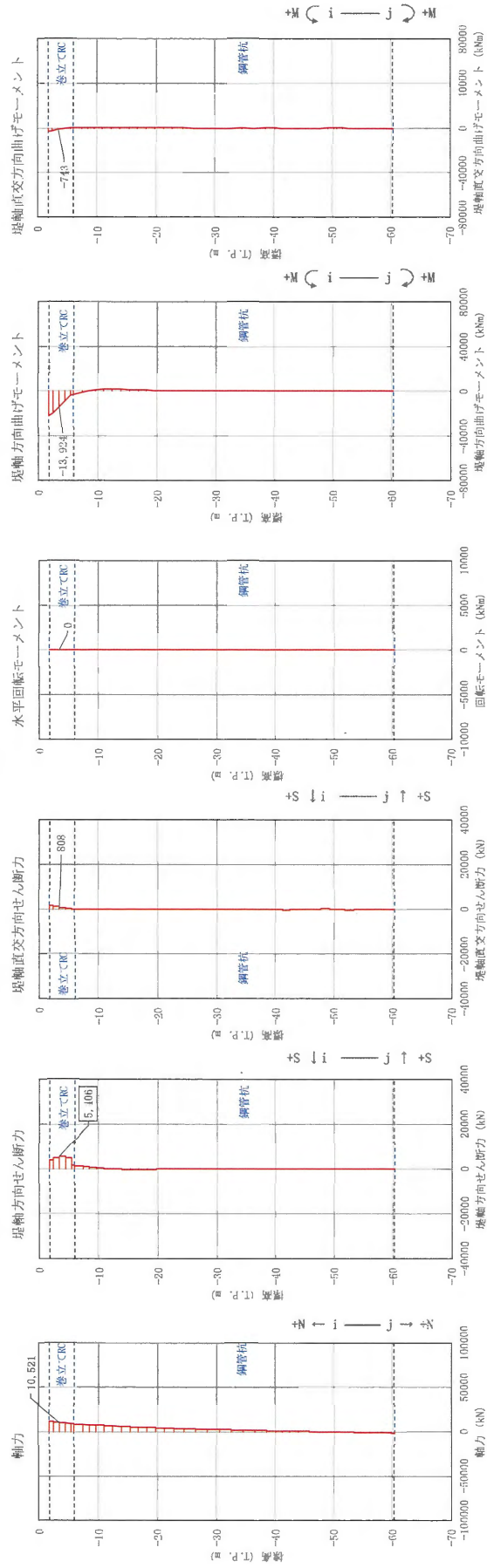


図 4.10-76 巻立て鉄筋コンクリートにおいてせん断応力度照査結果が最も厳しい断面力
①-①断面 (津波時：敷地に遡上する津波、北基礎、地盤パネ 1)

南基礎

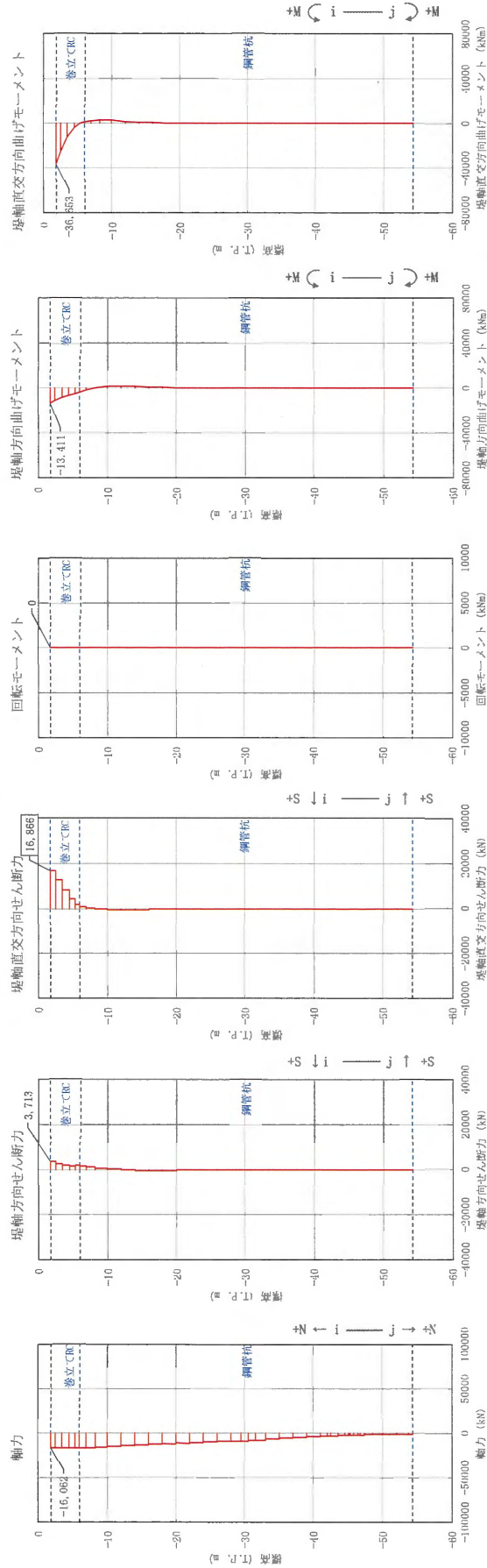


図 4.10-77 巻立て鉄筋コンクリートにおいてせん断応力度照査結果が最も厳しい断面力
③-③断面 (津波時：敷地に遡上する津波、南基礎、地盤バネ1)

南基礎

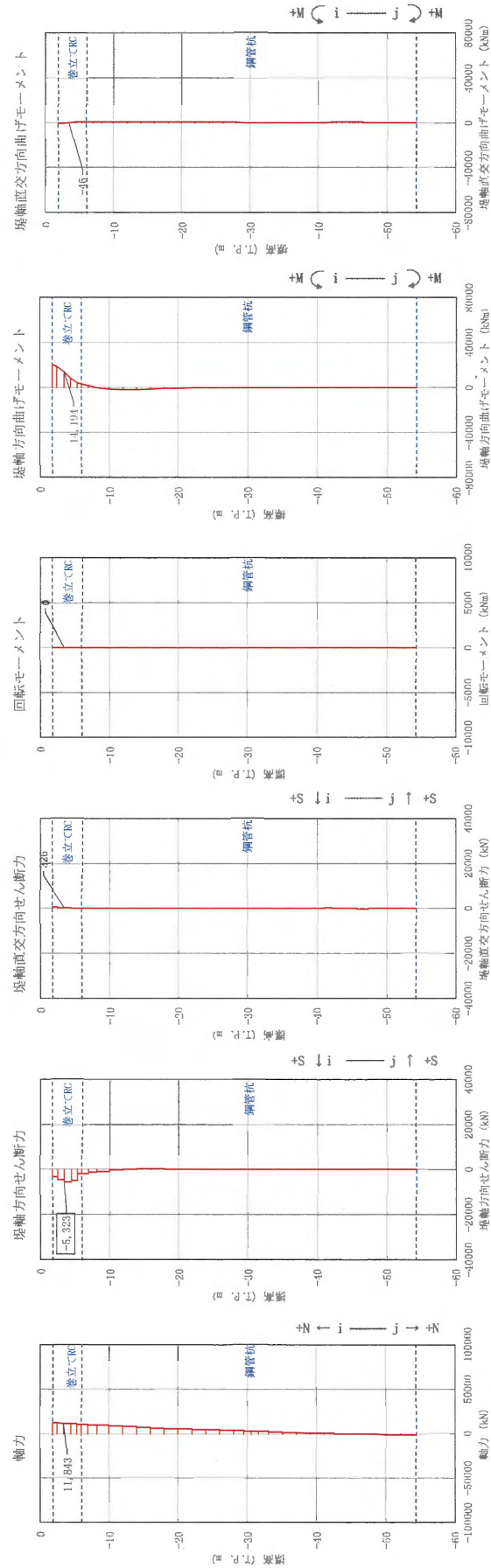


図 4.10-78 巻立て鉄筋コンクリートにおいてせん断応力度照査結果が最も厳しい断面力
①-①断面 (津波時：敷地に遡上する津波，南基礎，地盤パネ 1)

(ハ) 概略配筋図

評価結果で決定された配筋を図 4.10-79～図 4.10-81 に示す。

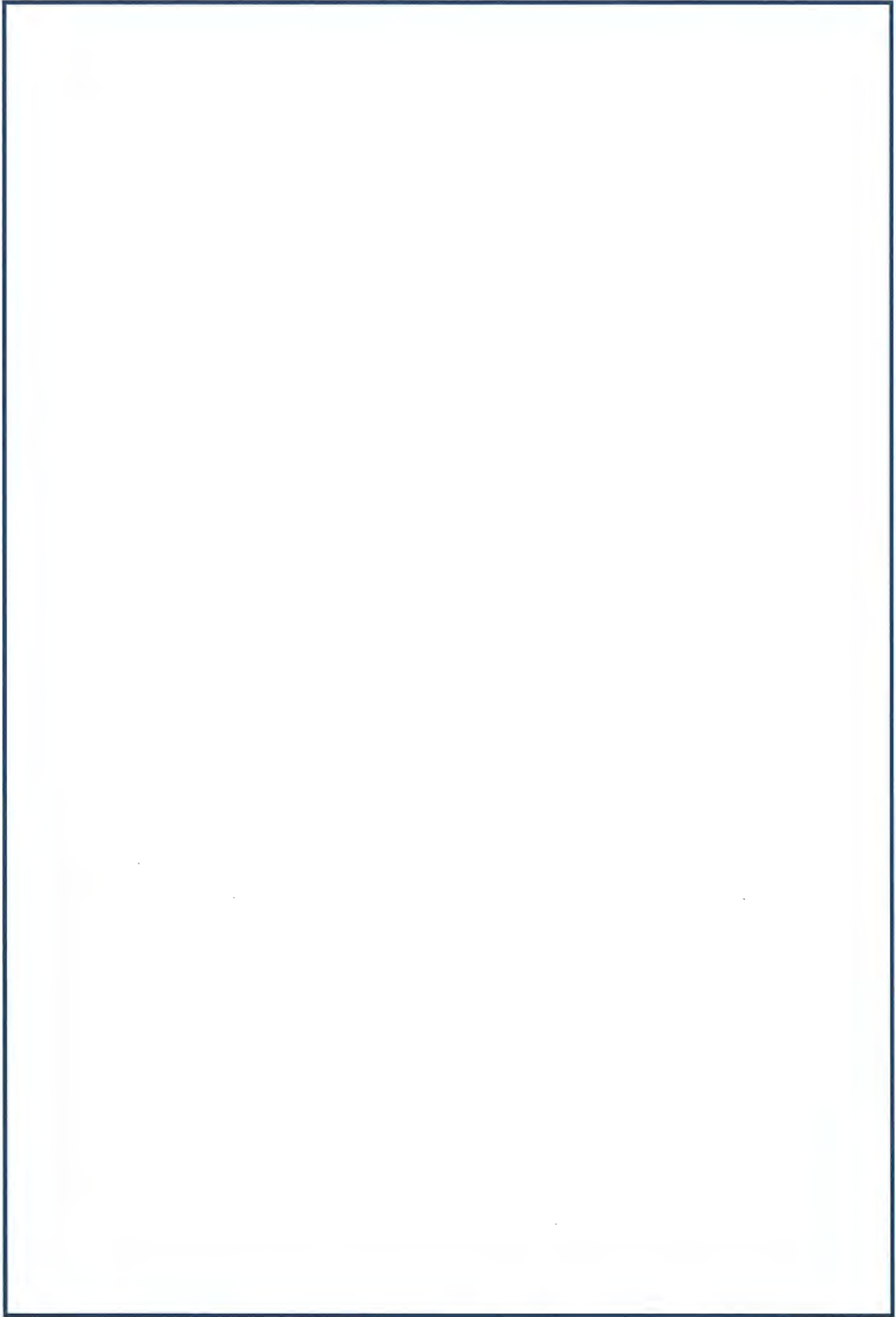


図 4.10-79 巻立て鉄筋コンクリートの概略配筋図（南北基礎：東側）

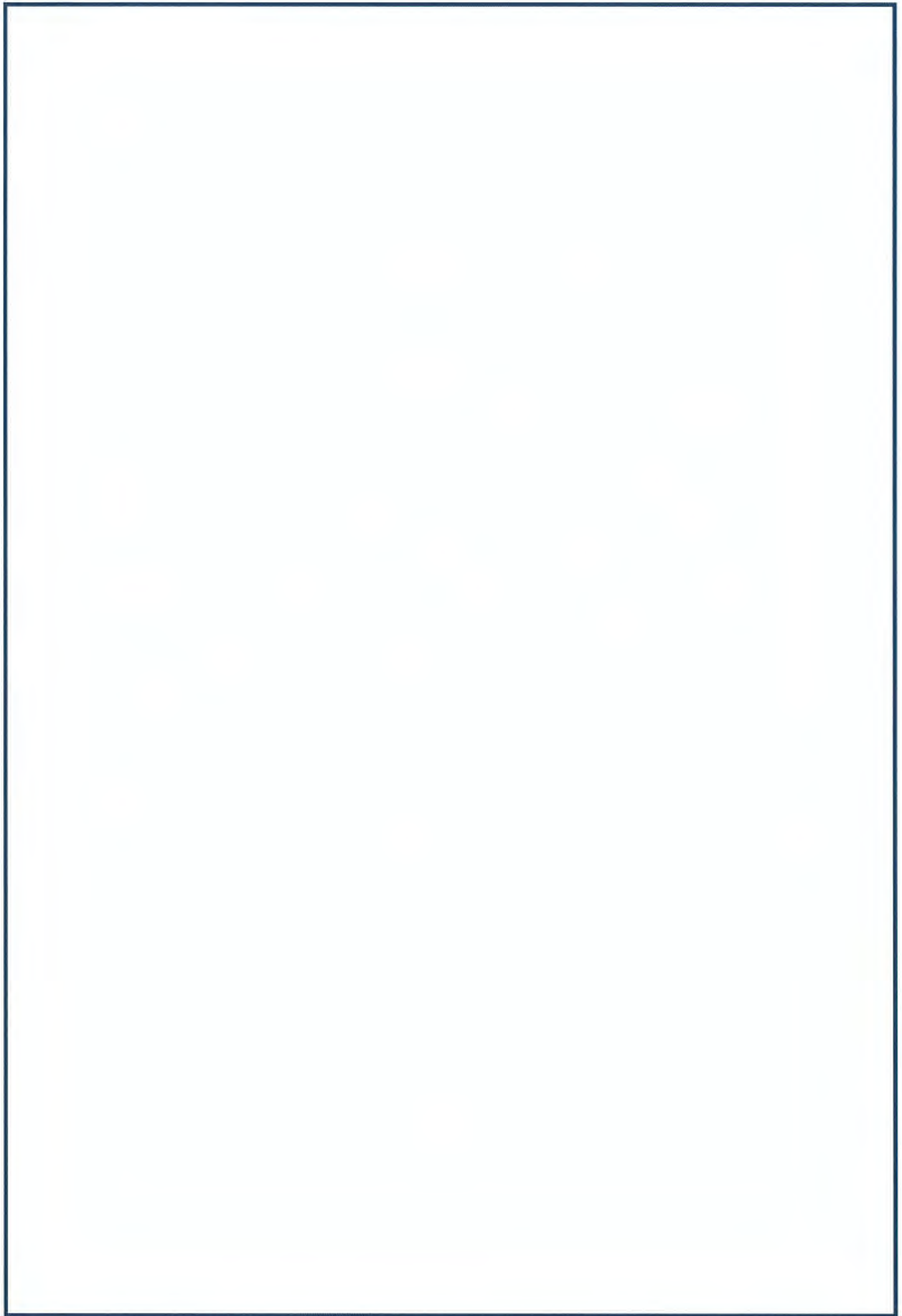


図 4.10-80 巻立て鉄筋コンクリートの概略配筋図（南基礎：西側）

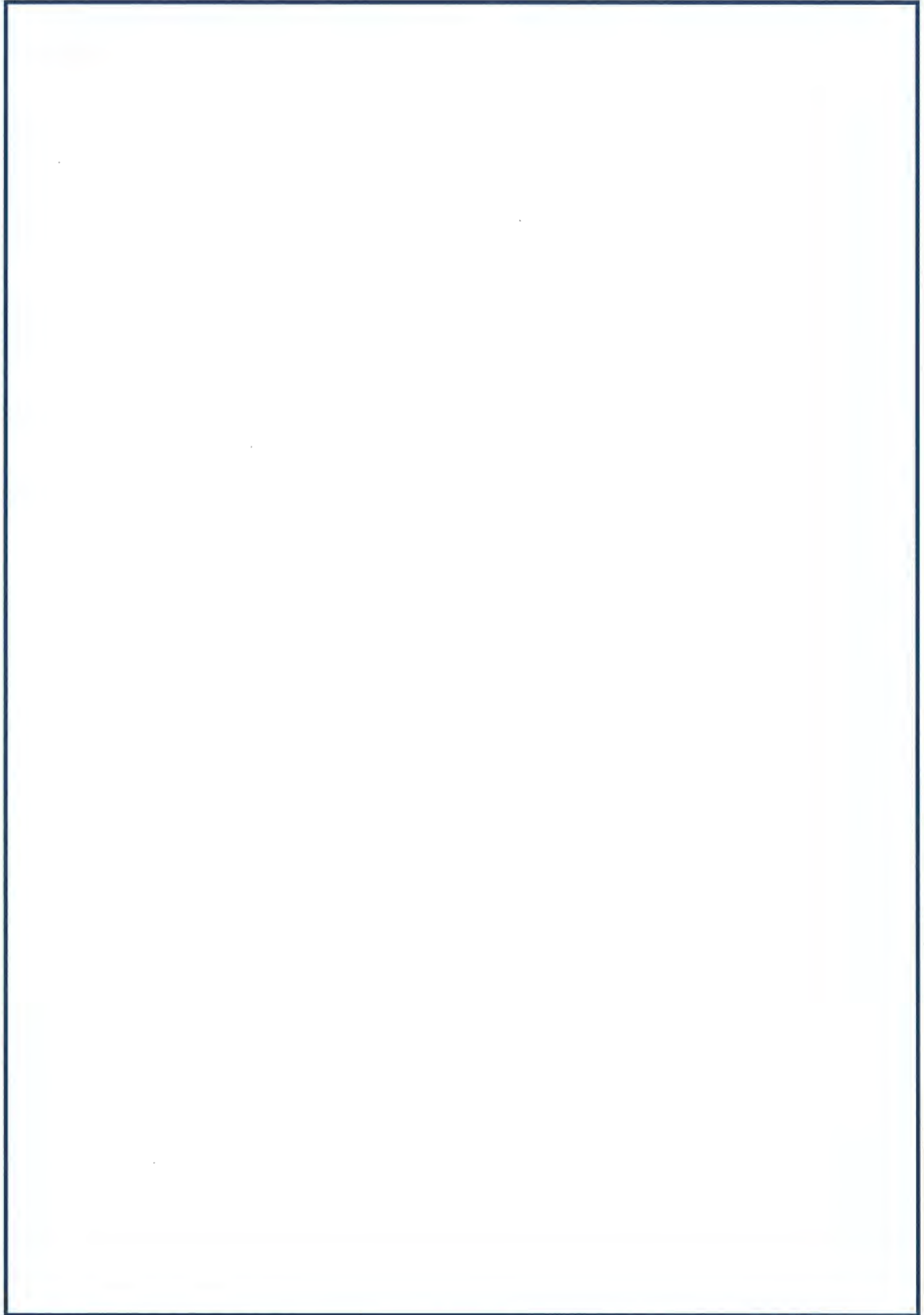


図 4.10-81 巻立て鉄筋コンクリートの概略配筋図（北基礎：西側）

ロ. 巻立て鉄筋コンクリート内の鋼管杭

(イ) 曲げ軸力に対する評価結果

鋼管杭の曲げ軸力に対する照査結果を表 4.10-22 及び表 4.10-23 に示す。また、評価位置図を図 4.10-82 に、断面力分布を図 4.10-83～図 4.10-86 に示す。

鋼管杭に分担される発生応力度に対して許容応力度法による照査を行った結果、評価位置において鋼管杭の曲げ圧縮応力度と曲げ引張応力度が許容限界以下であることを確認した。

以上のことから、鋼管杭の構造部材の発生応力度が許容限界以下であることを確認した。なお、発生断面力及び発生応力度は各地盤バネケースにおいて最大となる値を示している。

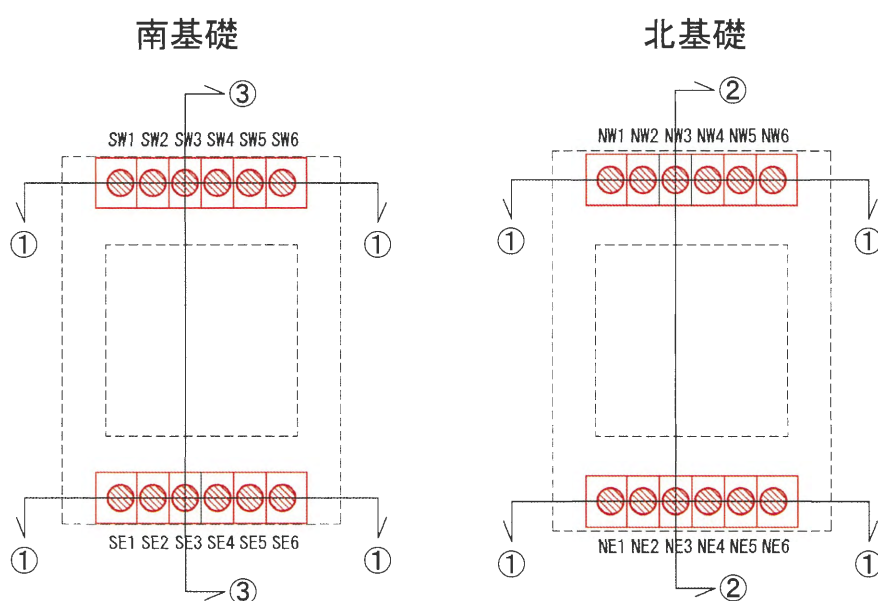


図 4.10-82 評価位置図（巻立て鉄筋コンクリート内の鋼管杭）

表 4.10-22 曲げ軸力照査結果（津波時：基準津波）

検討 ケース	評価位置				鋼管杭仕様			発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}	断面力図
					材質	外径 ϕ (mm)	肉厚 t (mm)	曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)				
地盤 パネ 1	北基礎	圧縮 応力度	NW2	②-②断面	SBHS500	1500	50	-23765	-10624	84.9	442.5	0.20	—
				①-①断面	SBHS500	1500	50	8754					
		引張 応力度	NW1	②-②断面	SBHS500	1500	50	-36745	-12817	105.5	442.5	0.24	—
				①-①断面	SBHS500	1500	50	15381					
	南基礎	圧縮 応力度	SW5	③-③断面	SBHS500	1500	50	-25071	-10838	85.7	442.5	0.20	—
				①-①断面	SBHS500	1500	50	-8184					
		引張 応力度	SW6	③-③断面	SBHS500	1500	50	-36740	-12011	128.0	442.5	0.29	○
				①-①断面	SBHS500	1500	50	-14498					
地盤 パネ 2	北基礎	圧縮 応力度	NW2	②-②断面	SBHS500	1500	50	-33507	-12594	101.5	442.5	0.23	—
				①-①断面	SBHS500	1500	50	8289					
		引張 応力度	NW1	②-②断面	SBHS500	1500	50	-44803	-14117	122.0	442.5	0.28	○
				①-①断面	SBHS500	1500	50	15084					
	南基礎	圧縮 応力度	SW5	③-③断面	SBHS500	1500	50	-30627	-13769	93.1	442.5	0.22	—
				①-①断面	SBHS500	1500	50	-5788					
		引張 応力度	SW6	③-③断面	SBHS500	1500	50	-38456	-15406	115.0	442.5	0.26	—
				①-①断面	SBHS500	1500	50	-10967					

注記 発生断面力は鉄筋コンクリートと鋼管杭の複合断面として算出した値を示す。
発生応力度は鉄筋コンクリートと鋼管杭の分担を考慮して算出した値を示す。
評価位置は図 4.10-82 に示す。

表 4.10-23 曲げ軸力照査結果（津波時：敷地に遡上する津波）

検討 ケース	評価位置				鋼管杭仕様			発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s/σ_{sa}	断面力図
					材質	外径 ϕ (mm)	肉厚 t (mm)	曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)				
地盤 パネ 1	北基礎	圧縮 応力度	NW2	②－②断面	SBHS500	1500	50	-40559	-15342	134.2	500	0.27	—
				①－①断面	SBHS500	1500	50	13398					
		引張 応力度	NW1	②－②断面	SBHS500	1500	50	-61009	-17965	176.9	500	0.36	—
				①－①断面	SBHS500	1500	50	23384					
	南基礎	圧縮 応力度	SW5	③－③断面	SBHS500	1500	50	-41144	-16075	135.9	500	0.28	—
				①－①断面	SBHS500	1500	50	-13029					
		引張 応力度	SW6	③－③断面	SBHS500	1500	50	-57009	-17668	202.9	500	0.41	—
				①－①断面	SBHS500	1500	50	-23041					
地盤 パネ 2	北基礎	圧縮 応力度	NW2	②－②断面	SBHS500	1500	50	-57746	-17524	160.1	500	0.33	—
				①－①断面	SBHS500	1500	50	11844					
		引張 応力度	NW1	②－②断面	SBHS500	1500	50	-75722	-19486	205.8	500	0.42	○
				①－①断面	SBHS500	1500	50	21285					
	南基礎	圧縮 応力度	SW5	③－③断面	SBHS500	1500	50	-52546	-19265	150.7	500	0.31	—
				①－①断面	SBHS500	1500	50	-9292					
		引張 応力度	SW6	③－③断面	SBHS500	1500	50	-64883	-20947	205.5	500	0.42	○
				①－①断面	SBHS500	1500	50	-17283					

注記 発生断面力は鉄筋コンクリートと鋼管杭の複合断面として算出した値を示す。
発生応力度は鉄筋コンクリートと鋼管杭の分担を考慮して算出した値を示す。
評価位置は図 4.10-82 に示す。

南基礎

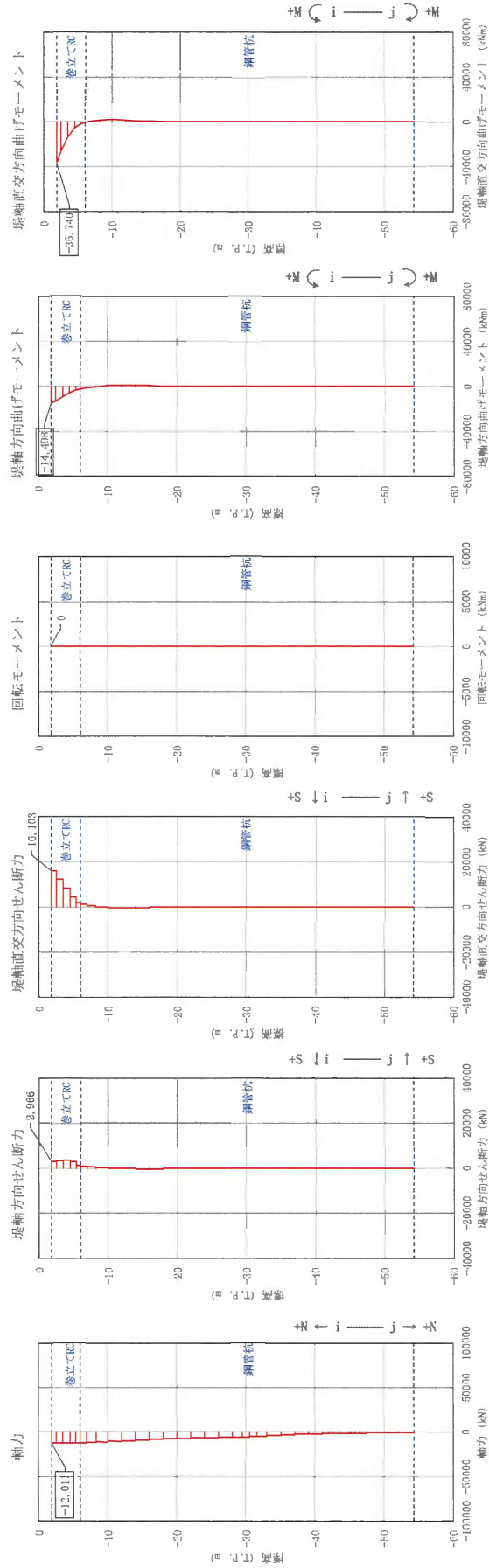


図 4.10-83 巻立て鉄筋コンクリート内の鋼管杭において曲げ軸力照査結果が最も厳しい断面力
①—①断面, ③—③断面, (津波時：基準津波, 南基礎, 地盤バネ1)

北基礎

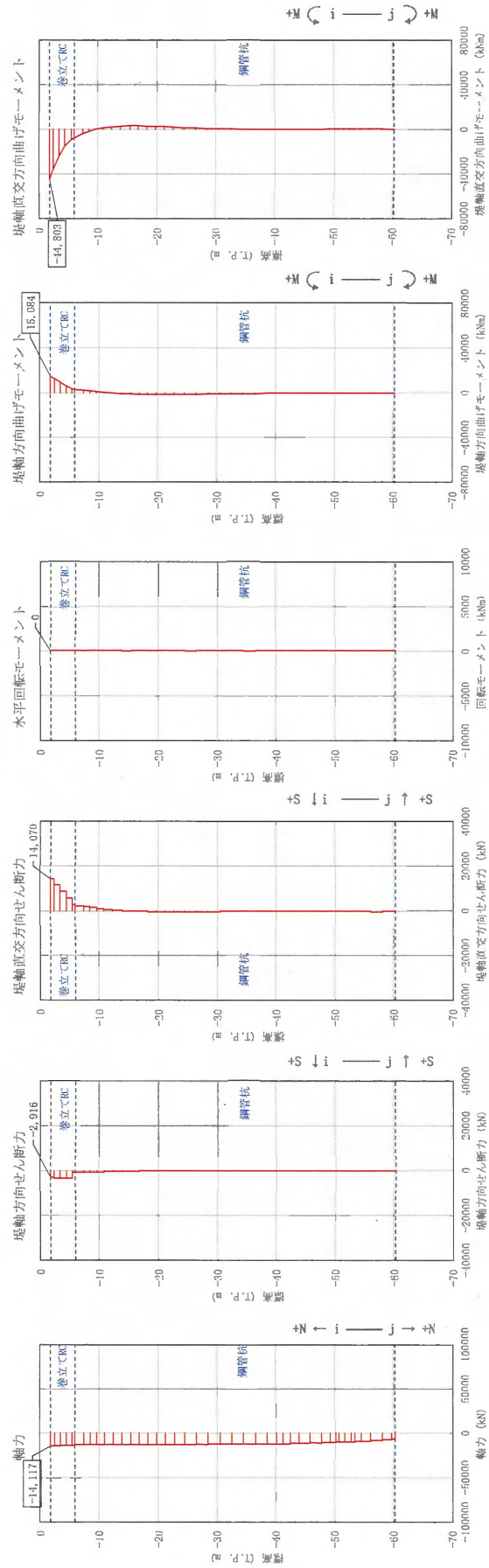


図 4.10-84 巻立て鉄筋コンクリート内の鋼管杭において曲げ軸力照査結果が最も厳しい断面力
①-①断面, ②-②断面, (津波時: 基準津波, 北基礎, 地盤バネ2)

南基礎

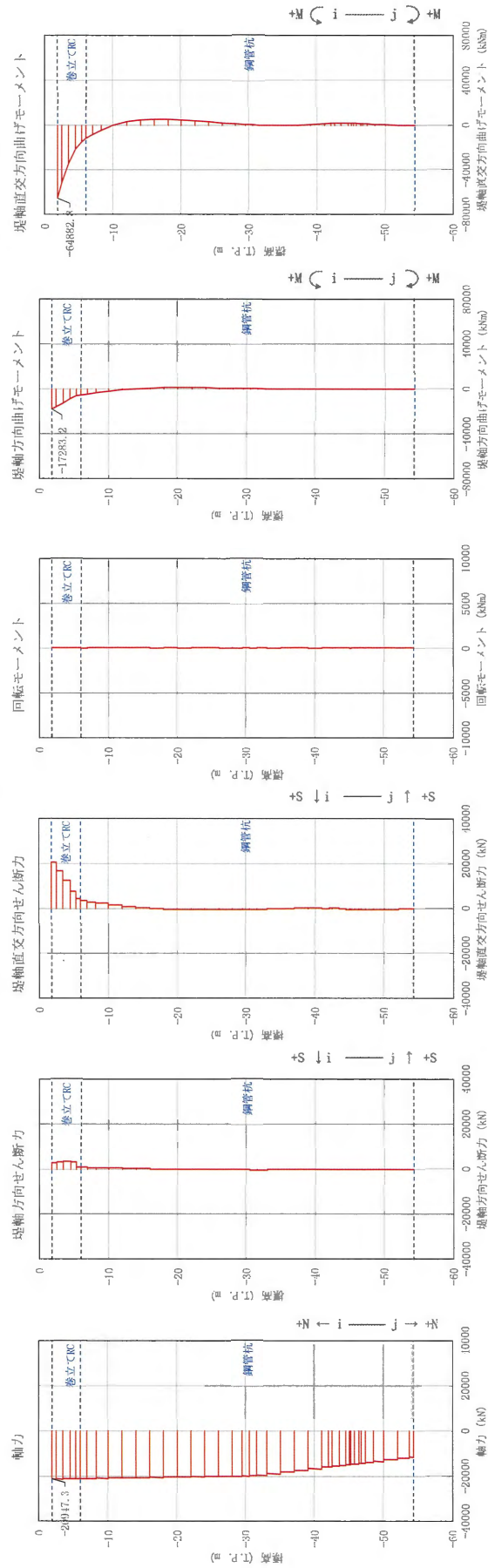


図 4.10-85 巻立て鉄筋コンクリート内の鋼管杭において曲げ軸力照査結果が最も厳しい断面力
①—①断面, ③—③断面, (津波時：敷地に遡上する津波, 南基礎, 地盤パネ I)

北基礎

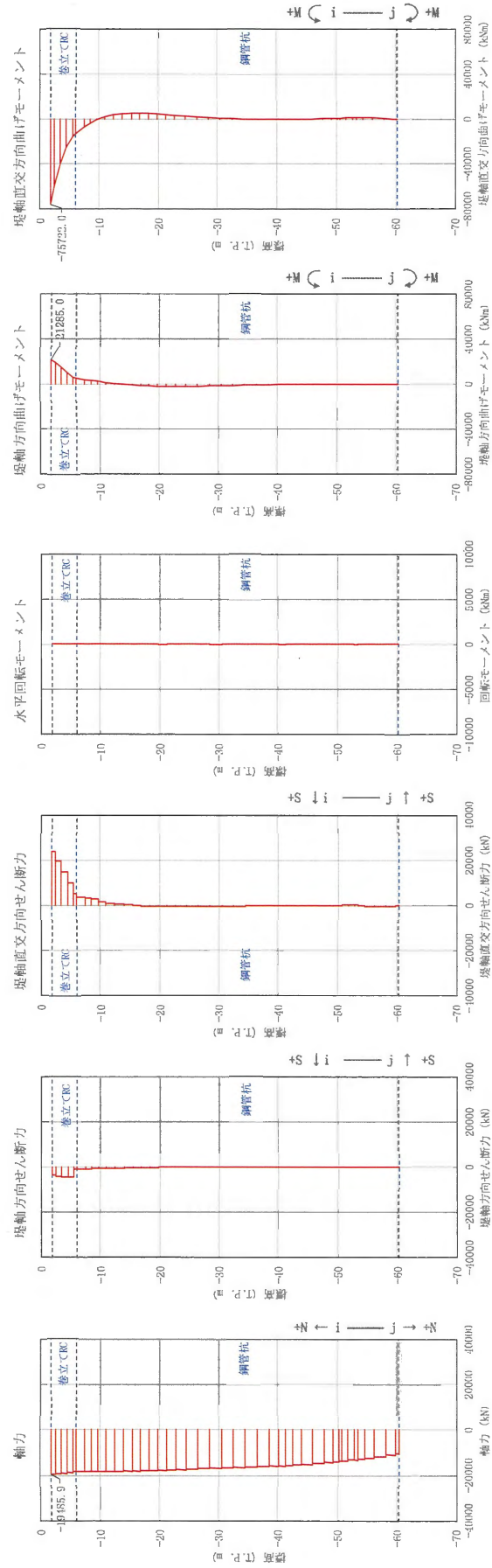


図 4.10-86 巻立て鉄筋コンクリート内の鋼管杭において曲げ軸力照査結果が最も厳しい断面力
①-①断面, ②-②断面, (津波時：敷地に遡上する津波, 北基礎, 地盤バネ2)

(ロ) せん断力に対する評価結果

せん断力に対する照査結果を表 4.10-24 及び表 4.10-25 に示す。また、評価位置を図 4.10-87 に、断面力分布を図 4.10-88～図 4.10-95 に示す。

鋼管杭に分担される発生せん断力に対して許容応力度法による照査を行った結果、評価位置における鋼管杭の発生せん断応力度が短期許容せん断応力度以下であることを確認した。

以上のことから、鋼管杭の構造部材の発生せん断応力度が許容限界以下であることを確認した。なお、発生せん断力及び発生せん断応力度は各地盤バネケースにおいて最大となる値を示している。

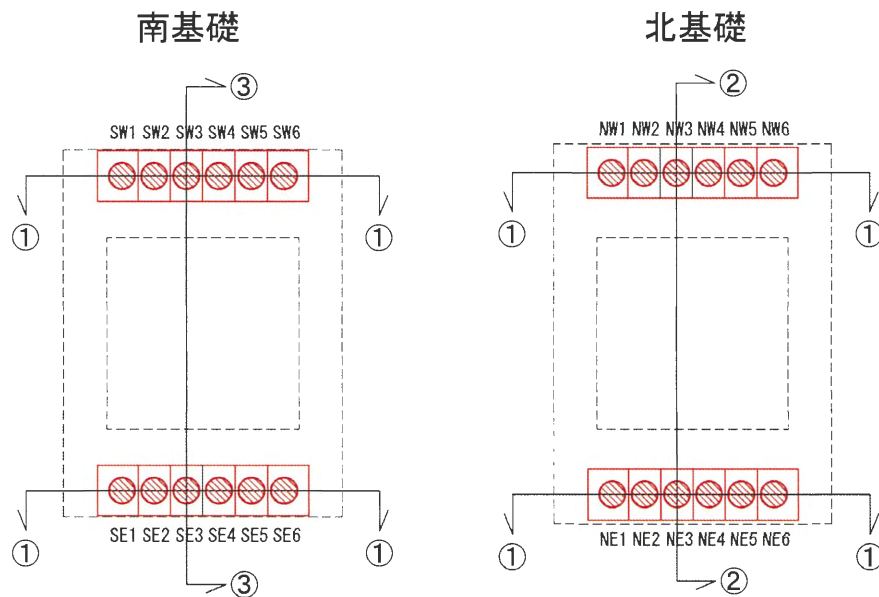


図 4.10-87 評価位置図（巻立て鉄筋コンクリート内の鋼管杭）

表 4.10-24 セン断力に対する照査結果（津波時：基準津波）

検討 ケース	評価位置				鋼管杭仕様			発生断面力 せん断力 (kN)	発生 応力度 τ (N/mm ²)	短期許容 応力度 τ_a (N/mm ²)	照査値 τ / τ_{sa}	断面力図
					材質	外径 ϕ (mm)	肉厚 t (mm)					
地盤 パネ 1	北基礎	NW1	堤軸直交 方向	②-②断面	SBHS500	1500	50	15987	143.3	255	0.57	○
		NW1	堤軸 方向	①-①断面	SBHS500	1500	50	3899	35.0	255	0.14	○
	南基礎	SW6	堤軸直交 方向	③-③断面	SBHS500	1500	50	16103	144.4	255	0.57	○
		SW6	堤軸 方向	①-①断面	SBHS500	1500	50	3528	31.6	255	0.13	○
地盤 パネ 2	北基礎	NW1	堤軸直交 方向	②-②断面	SBHS500	1500	50	14070	126.2	255	0.50	—
		NW1	堤軸 方向	①-①断面	SBHS500	1500	50	3173	28.5	255	0.12	—
	南基礎	SW6	堤軸直交 方向	③-③断面	SBHS500	1500	50	12216	109.5	255	0.43	—
		SW6	堤軸 方向	①-①断面	SBHS500	1500	50	2289	20.5	255	0.09	—

注記 発生断面力は鉄筋コンクリートと鋼管杭の複合断面として算出した値を示す。
発生応力度は鉄筋コンクリートと鋼管杭の分担を考慮して算出した値を示す。
評価位置は図 4.10-87 に示す。

表 4.10-25 セン断力に対する照査結果（津波時：敷地に遡上する津波）

検討 ケース	評価位置				鋼管杭仕様			発生断面力 せん断力 (kN)	発生 応力度 τ (N/mm ²)	短期許容 応力度 τ_a (N/mm ²)	照査値 τ / τ_{sa}	断面力図
					材質	外径 ϕ (mm)	肉厚 t (mm)					
地盤 パネ 1	北基礎	NW1	堤軸直交 方向	②-②断面	SBHS500	1500	50	26436	237.0	285	0.84	○
		NW1	堤軸 方向	①-①断面	SBHS500	1500	50	5671	50.8	285	0.18	○
	南基礎	SW6	堤軸直交 方向	③-③断面	SBHS500	1500	50	24178	216.8	285	0.77	○
		SW6	堤軸 方向	①-①断面	SBHS500	1500	50	5605	50.3	285	0.18	○
地盤 パネ 2	北基礎	NW1	堤軸直交 方向	②-②断面	SBHS500	1500	50	23872	214.0	285	0.76	—
		NW1	堤軸 方向	①-①断面	SBHS500	1500	50	4511	40.4	285	0.15	—
	南基礎	SW6	堤軸直交 方向	③-③断面	SBHS500	1500	50	20544	184.2	285	0.65	—
		SW6	堤軸 方向	①-①断面	SBHS500	1500	50	3662	32.8	285	0.12	—

注記 発生断面力は鉄筋コンクリートと鋼管杭の複合断面として算出した値を示す。
発生応力度は鉄筋コンクリートと鋼管杭の分担を考慮して算出した値を示す。
評価位置は図 4.10-87 に示す。

北基礎

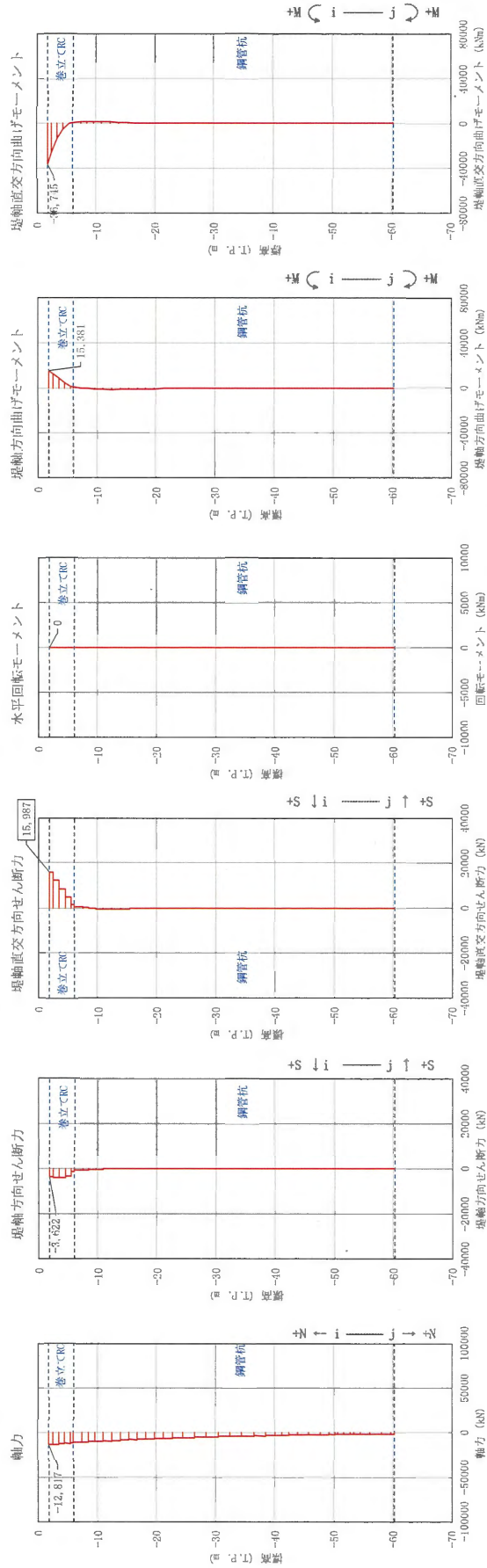


図 4.10-88 巻立て鉄筋コンクリート内の鋼管杭においてせん断応力度照査結果が最も厳しい断面力
②-②断面 (津波時：基準津波，北基礎，地盤バネ 1)

北基礎

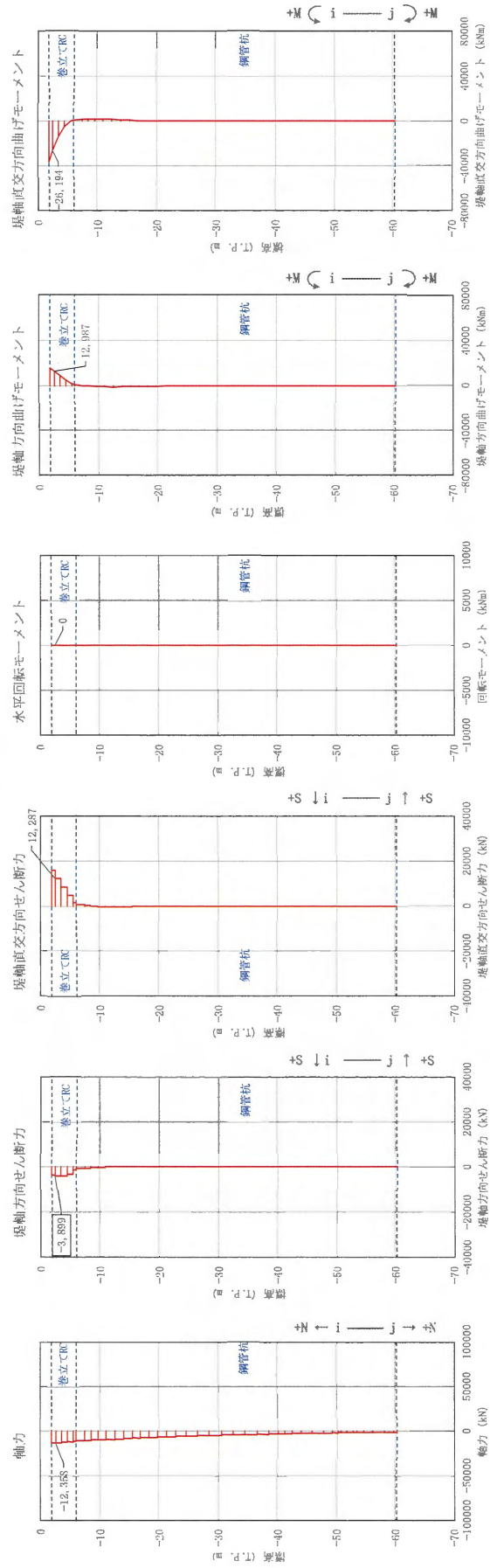


図 4.10-89 巻立て鉄筋コンクリート内の鋼管杭においてせん断応力度照査結果が最も厳しい断面力
①-①断面 (津波時：基準津波，北基礎，地盤バネ I)

南基礎

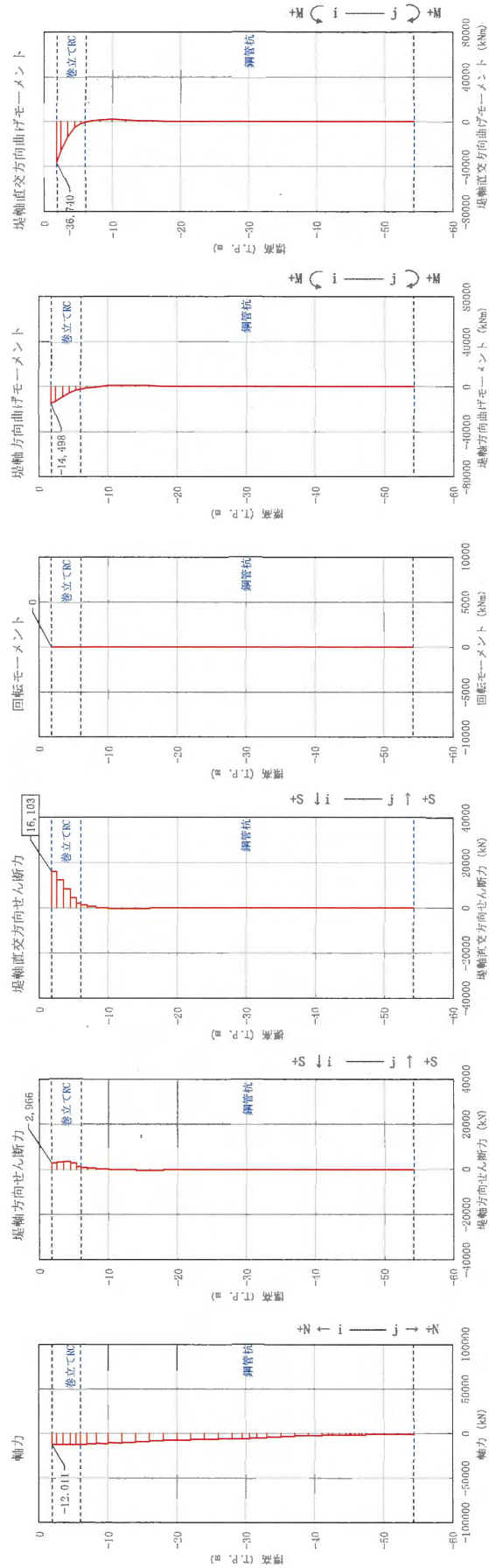


図 4.10-90 巻立て鉄筋コンクリート内の鋼管杭においてせん断応力度照査結果が最も厳しい断面力
③-③断面 (津波時：基準津波，南基礎，地盤バネ I)

南基礎

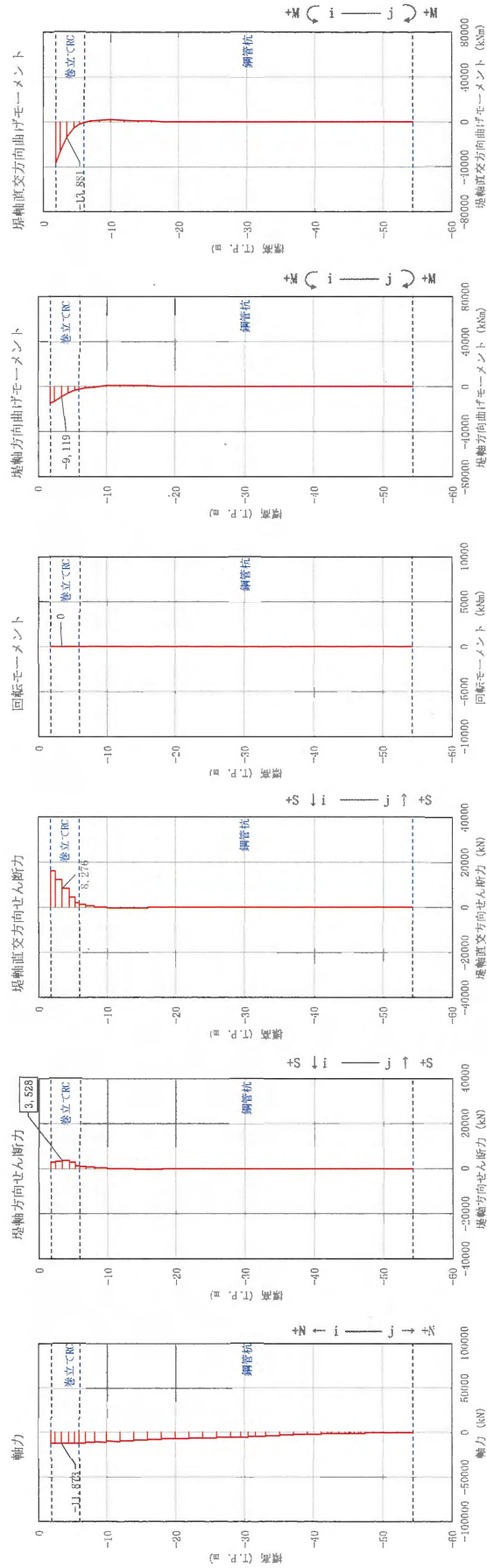


図 4.10-91 巻立て鉄筋コンクリート内の鋼管杭においてせん断応力度照査結果が最も厳しい断面力
①—①断面 (津波時：基準津波，南基礎，地盤バネ I)

北基礎

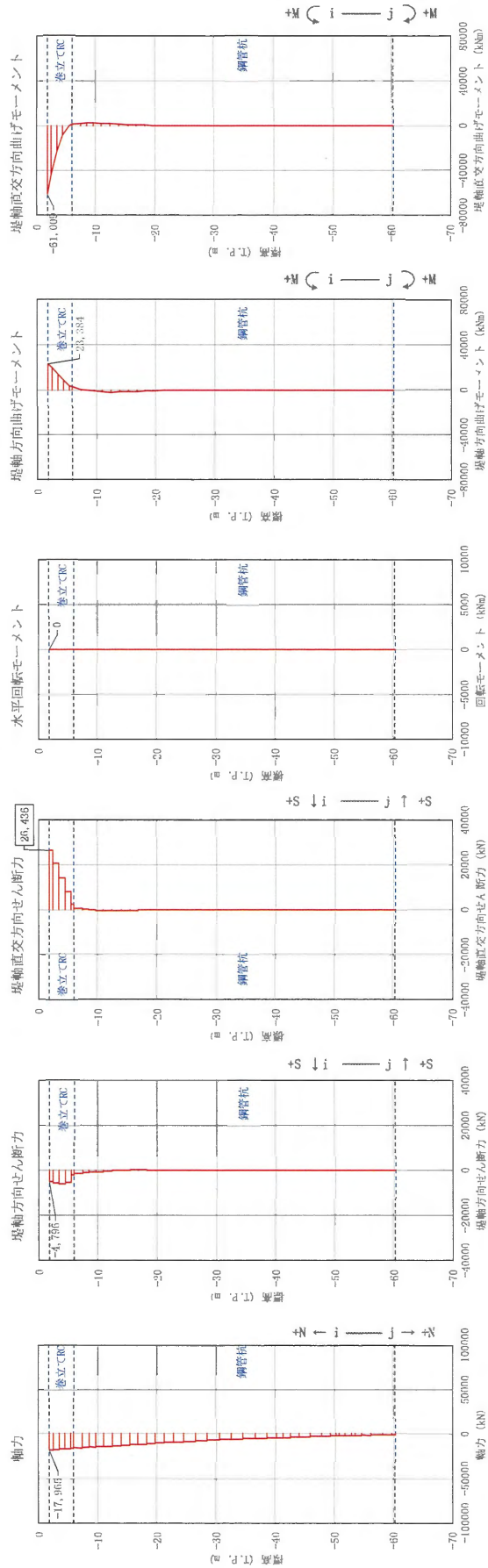


図 4.10-92 巻立て鉄筋コンクリート内の鋼管杭においてせん断応力度照査結果が最も厳しい断面力
②-①断面 (津波時：敷地に遡上する津波，北基礎，地盤バネ1)

北基礎

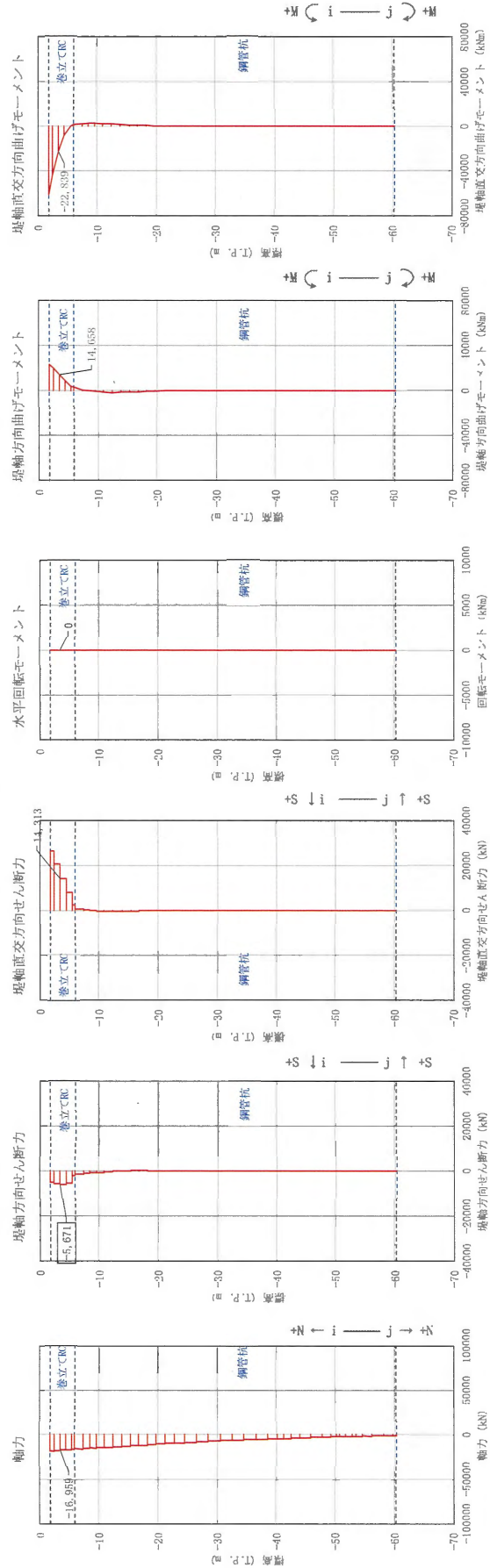


図 4.10-93 巻立て鉄筋コンクリート内の鋼管杭においてせん断応力度照査結果が最も厳しい断面力
①—①断面 (津波時：敷地に遡上する津波，北基礎，地盤バネ1)

南基礎

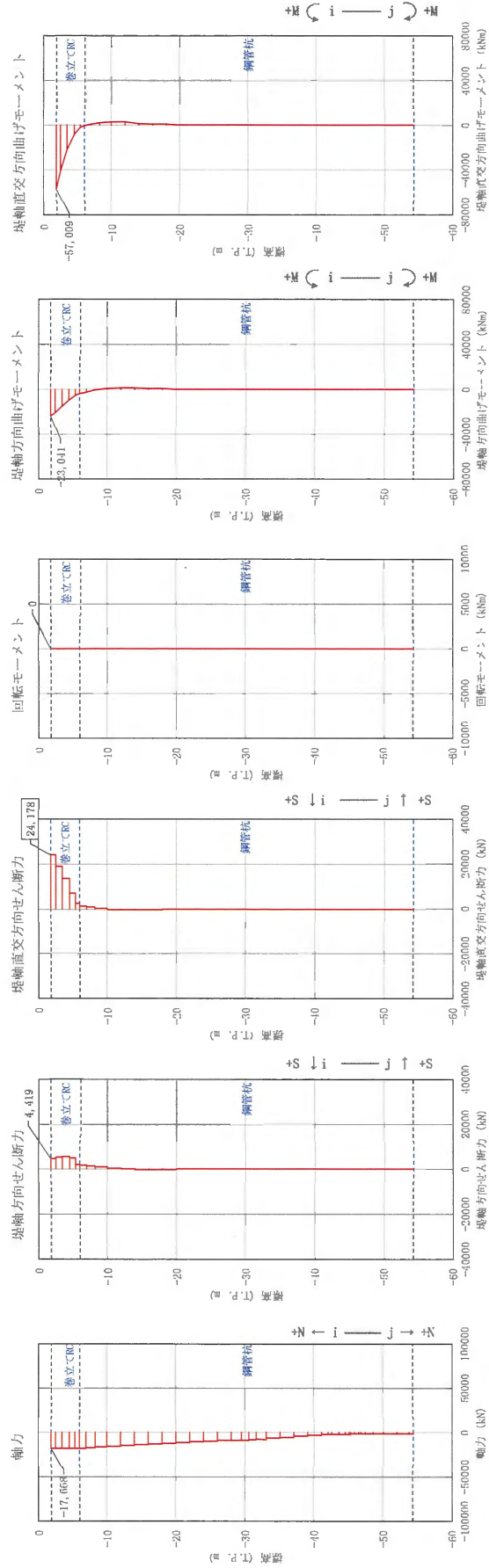


図 4.10-94 巻立て鉄筋コンクリート内の鋼管杭においてせん断応力度照査結果が最も厳しい断面力
③—③断面 (津波時：敷地に遡上する津波，南基礎，地盤バネ1)

南基礎

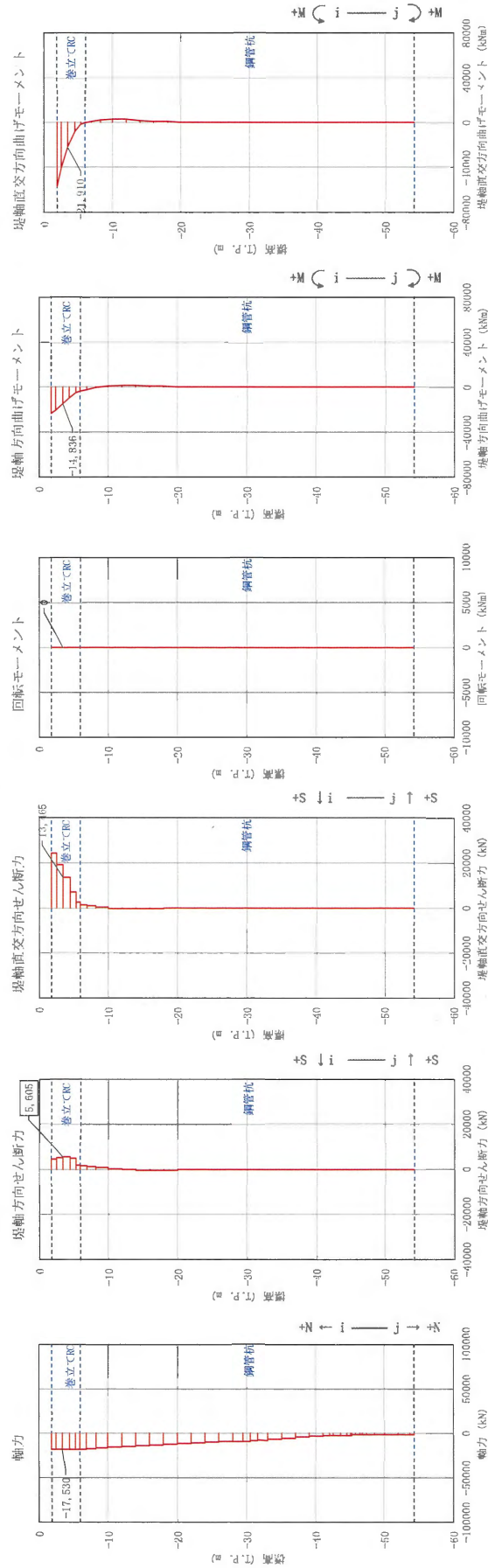


図 4.10-95 巻立て鉄筋コンクリート内の鋼管杭においてせん断応力度照査結果が最も厳しい断面力
①-①断面 (津波時：敷地に遡上する津波，南基礎，地盤バネ1)

(ハ) 構造仕様

鋼管杭の構造仕様を図 4.10-64 に示す。

(d) 杭頭接合部（仮想R C断面）

イ. 鋼管杭頭部及び巻立て鉄筋コンクリート頭部の曲げ軸力に対する評価結果

コンクリートの曲げ軸力に対する照査結果を表 4.10-26 及び表 4.10-27 に、鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果を表 4.10-28 及び表 4.10-29 にそれぞれ示す。また、評価位置図を図 4.10-96 に示す。

杭頭接合部（仮想R C断面）における許容応力度法による照査を行った結果、評価位置においてコンクリートが曲げ圧縮応力度と鉄筋の曲げ引張応力度が許容限界以下であることを確認した。

以上のことから、杭頭接合部（仮想R C断面）の構造部材の発生応力度が許容限界以下であることを確認した。なお、発生応力度は各地盤バネケースにおいて最大となる値を示している。

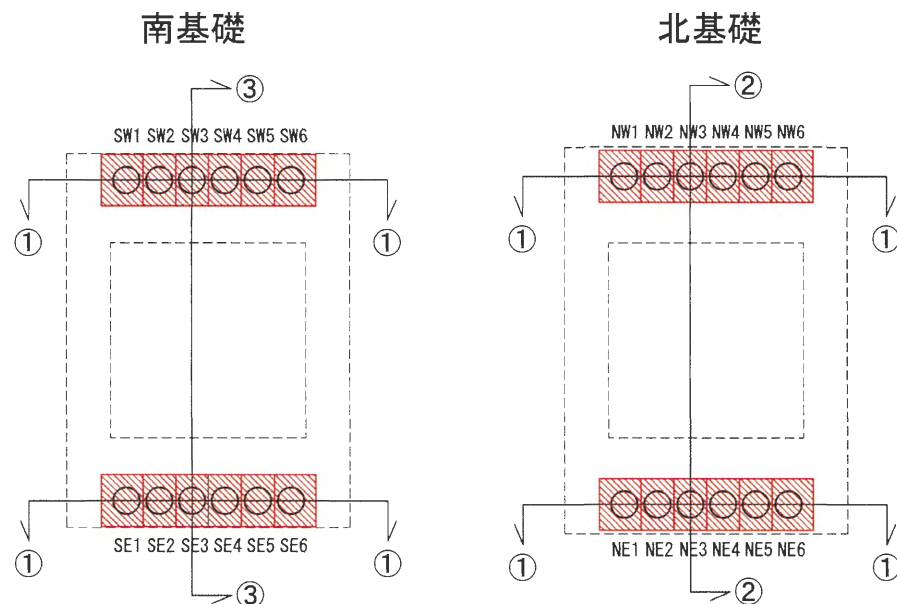


図 4.10-96 評価位置図（杭頭接合部）

表 4.10-26 コンクリートの曲げ軸力照査結果（津波時：基準津波）

検討 ケース	評価位置					断面性状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c/σ_{ca}
						部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
地盤 パネ 1	北基礎	仮想RC 断面 (RC)	端部杭	NW1	②－②断面	2250	2800	2375	D510150 (SD685)	-36745	-12817	16.6	24	0.70
					①－①断面	2800	2250	1875	D510150 (SD685)	15381				
			中間杭	NW2	②－②断面	1800	2800	2375	D510150 (SD685)	-23765	-10623	15.1	24	0.63
					①－①断面	2800	1800	1275	D510150 (SD685)	8754				
		仮想RC断面 (鋼管杭)		NW1	—	φ 1900			D510150 (SD685)	2894	-1464	5.4	24	0.23
		南基礎	仮想RC 断面 (RC)	端部杭	SW6	③－③断面	2250	2800	2300	D510150 (SD685)	-36740	-12011	18.3	24
	①－①断面					2800	2250	1875	D510150 (SD685)	-14498				
	中間杭			SW5	③－③断面	1800	2800	2300	D510150 (SD685)	-25071	-10838	16.9	24	0.71
					①－①断面	2800	1800	1275	D510150 (SD685)	-8184				
	仮想RC断面 (鋼管杭)		SW6	—	φ 1900			D510150 (SD685)	3238	-2524	6.0	24	0.26	
	地盤 パネ 2	北基礎	仮想RC 断面 (RC)	端部杭	NW1	②－②断面	2250	2800	2375	D510150 (SD685)	-44803	-14117	18.7	24
①－①断面						2800	2250	1875	D510150 (SD685)	15084				
中間杭				NW2	②－②断面	1800	2800	2375	D510150 (SD685)	-33507	-12594	18.2	24	0.76
					①－①断面	2800	1800	1275	D510150 (SD685)	8289				
仮想RC断面 (鋼管杭)			NW1	—	φ 1900			D510150 (SD685)	3355	-1657	7.3	24	0.31	
南基礎			仮想RC 断面 (RC)	端部杭	SW6	③－③断面	2250	2800	2300	D510150 (SD685)	-38456	-15406	17.2	24
		①－①断面				2800	2250	1875	D510150 (SD685)	-10967				
		中間杭		SW5	③－③断面	1800	2800	2300	D510150 (SD685)	-30627	-13769	17.2	24	0.72
					①－①断面	2800	1800	1275	D510150 (SD685)	-5788				
		仮想RC断面 (鋼管杭)		SW6	—	φ 1900			D510150 (SD685)	3128	-1654	6.8	24	0.29

注記 ②：鉄筋の配置間隔

発生断面力は、鋼管杭頭部と巻立て鉄筋コンクリート頭部において算出した曲げモーメント及び軸力を示す。

発生応力度は、発生断面力を考慮して結合部（仮想 RC 断面）において算出した鉄筋及びコンクリートの応力度を示す。

評価位置は図 4.10-96 に示す。

表 4.10-27 コンクリートの曲げ軸力照査結果（津波時：敷地に遡上する津波）

検討 ケース	評価位置					断面性状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c/σ_{ca}
						部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
地盤 パネ 1	北基礎	仮想RC 断面 (RC)	端部杭	NW1	②－②断面	2250	2800	2375	D51 ϕ 150 (SD685)	-61009	-17965	26.7	32	0.84
					①－①断面	2800	2250	1875	D51 ϕ 150 (SD685)	23384				
			中間杭	NW2	②－②断面	1800	2800	2375	D51 ϕ 150 (SD685)	-40559	-15342	24.6	32	0.77
					①－①断面	2800	1800	1275	D51 ϕ 150 (SD685)	13398				
		仮想RC断面 (鋼管杭)		NW1	—	ϕ 1900			D51 ϕ 150 (SD685)	4731	-2755	8.9	32	0.28
	南基礎	仮想RC 断面 (RC)	端部杭	SW6	③－③断面	2250	2800	2300	D51 ϕ 150 (SD685)	-57009	-17668	28.7	32	0.90
					①－①断面	2800	2250	1875	D51 ϕ 150 (SD685)	-23041				
			中間杭	SW5	③－③断面	1800	2800	2300	D51 ϕ 150 (SD685)	-41144	-16075	27.4	32	0.86
					①－①断面	2800	1800	1275	D51 ϕ 150 (SD685)	-13029				
		仮想RC断面 (鋼管杭)		SW6	—	ϕ 1900			D51 ϕ 150 (SD685)	5074	-4163	9.5	32	0.30
	地盤 パネ 2	北基礎	仮想RC 断面 (RC)	端部杭	NW1	②－②断面	2250	2800	2375	D51 ϕ 150 (SD685)	-75722	-19486	29.8	32
①－①断面						2800	2250	1875	D51 ϕ 150 (SD685)	21285				
中間杭				NW2	②－②断面	1800	2800	2375	D51 ϕ 150 (SD685)	-57746	-17524	29.4	32	0.93
					①－①断面	2800	1800	1275	D51 ϕ 150 (SD685)	11844				
仮想RC断面 (鋼管杭)			NW1	—	ϕ 1900			D51 ϕ 150 (SD685)	5545	-3143	10.4	32	0.33	
南基礎		仮想RC 断面 (RC)	端部杭	SW6	③－③断面	2250	2800	2300	D51 ϕ 150 (SD685)	-64883	-20947	28.6	32	0.90
					①－①断面	2800	2250	1875	D51 ϕ 150 (SD685)	-17283				
			中間杭	SW5	③－③断面	1800	2800	2300	D51 ϕ 150 (SD685)	-52546	-19265	28.9	32	0.91
					①－①断面	2800	1800	1275	D51 ϕ 150 (SD685)	-9292				
		仮想RC断面 (鋼管杭)		SW5	—	ϕ 1900			D51 ϕ 150 (SD685)	5324	-1304	10.0	32	0.32

注記 @：鉄筋の配置間隔

発生断面力は、鋼管杭頭部と巻立て鉄筋コンクリート頭部において算出した曲げモーメント及び軸力を示す。

発生応力度は、発生断面力を考慮して結合部（仮想 RC 断面）において算出した鉄筋及びコンクリートの応力度を示す。

評価位置は図 4.10-96 に示す。

表 4.10-28 鉄筋の曲げ軸力照査結果（津波時：基準津波）

検討 ケース	評価位置					断面性状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
						部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
地盤 パネ 1	北基礎	仮想RC 断面 (RC)	端部杭	NW1	②－②断面	2250	2800	2375	D510150 (SD685)	-36745	-12817	238.0	600	0.40
					①－①断面	2800	2250	1875	D510150 (SD685)	15381				
			中間杭	NW2	②－②断面	1800	2800	2375	D510150 (SD685)	-23765	-10623	197.0	600	0.33
					①－①断面	2800	1800	1275	D510150 (SD685)	8754				
		仮想RC断面 (鋼管杭)		NW1	—	φ 1900			D510150 (SD685)	2894	-1464	112.7	600	0.19
	南基礎	仮想RC 断面 (RC)	端部杭	SW6	③－③断面	2250	2800	2300	D510150 (SD685)	-36740	-12011	279.7	600	0.47
					①－①断面	2800	2250	1875	D510150 (SD685)	-14498				
			中間杭	SW5	③－③断面	1800	2800	2300	D510150 (SD685)	-25071	-10838	233.0	600	0.39
					①－①断面	2800	1800	1275	D510150 (SD685)	-8184				
		仮想RC断面 (鋼管杭)		SW6	—	φ 1900			D510150 (SD685)	3238	-2524	138.5	600	0.24
	地盤 パネ 2	北基礎	仮想RC 断面 (RC)	端部杭	NW1	②－②断面	2250	2800	2375	D510150 (SD685)	-44803	-14117	273.4	600
①－①断面						2800	2250	1875	D510150 (SD685)	15084				
			中間杭	NW2	②－②断面	1800	2800	2375	D510150 (SD685)	-33507	-12594	247.8	600	0.42
					①－①断面	2800	1800	1275	D510150 (SD685)	8289				
仮想RC断面 (鋼管杭)			NW1	—	φ 1900			D510150 (SD685)	3355	-1657	147.9	600	0.25	
南基礎		仮想RC 断面 (RC)	端部杭	SW6	③－③断面	2250	2800	2300	D510150 (SD685)	-38456	-15406	247.7	600	0.42
					①－①断面	2800	2250	1875	D510150 (SD685)	-10967				
			中間杭	SW5	③－③断面	1800	2800	2300	D510150 (SD685)	-30627	-13769	233.3	600	0.39
					①－①断面	2800	1800	1275	D510150 (SD685)	-5788				
		仮想RC断面 (鋼管杭)		SW6	—	φ 1900			D510150 (SD685)	3128	-1654	127.3	600	0.22

注記 ①：鉄筋の配置間隔

発生断面力は、鋼管杭頭部と巻立て鉄筋コンクリート頭部において算出した曲げモーメント及び軸力を示す。

発生応力度は、発生断面力を考慮して結合部（仮想RC断面）において算出した鉄筋及びコンクリートの応力度を示す。

評価位置は図 4.10-96 に示す。

表 4.10-29 鉄筋の曲げ軸力照査結果（津波時：敷地に遡上する津波）

検討 ケース	評価位置					断面性状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ _s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ _{sa} (N/mm ²)	照査値 σ _s /σ _{sa}	
						部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)				
地盤 パネ 1	北基礎	仮想RC 断面 (RC)	端部杭	NW1	②－②断面	2250	2800	2375	D510150 (SD685)	-61009	-17965	395.8	600	0.66	
					①－①断面	2800	2250	1875	D510150 (SD685)	23384					
			中間杭	NW2	②－②断面	1800	2800	2375	D510150 (SD685)	-40559	-15342	334.9	660	0.51	
					①－①断面	2800	1800	1275	D510150 (SD685)	13398					
		仮想RC断面 (鋼管杭)		NW1	—	φ 1900			D510150 (SD685)	4731	-2755	189.2	660	0.29	
		南基礎	仮想RC 断面 (RC)	端部杭	SW6	③－③断面	2250	2800	2300	D510150 (SD685)	-57009	-17668	443.5	660	0.68
	①－①断面					2800	2250	1875	D510150 (SD685)	-23041					
	中間杭			SW5	③－③断面	1800	2800	2300	D510150 (SD685)	-41144	-16075	390.1	660	0.60	
					①－①断面	2800	1800	1275	D510150 (SD685)	-13029					
	仮想RC断面 (鋼管杭)		SW6	—	φ 1900			D510150 (SD685)	5074	-4163	219.9	660	0.34		
	地盤 パネ 2		北基礎	仮想RC 断面 (RC)	端部杭	NW1	②－②断面	2250	2800	2375	D510150 (SD685)	-75722	-19486	454.7	660
		①－①断面					2800	2250	1875	D510150 (SD685)	21285				
中間杭		NW2			②－②断面	1800	2800	2375	D510150 (SD685)	-57746	-17524	425.2	660	0.65	
					①－①断面	2800	1800	1275	D510150 (SD685)	11844					
仮想RC断面 (鋼管杭)		NW1		—	φ 1900			D510150 (SD685)	5545	-3143	220.6	660	0.34		
南基礎		仮想RC 断面 (RC)		端部杭	SW6	③－③断面	2250	2800	2300	D510150 (SD685)	-64883	-20947	437.5	660	0.67
			①－①断面			2800	2250	1875	D510150 (SD685)	-17283					
			中間杭	SW5	③－③断面	1800	2800	2300	D510150 (SD685)	-52546	-19265	424.0	660	0.65	
					①－①断面	2800	1800	1275	D510150 (SD685)	-9292					
		仮想RC断面 (鋼管杭)		SW6	—	φ 1900			D510150 (SD685)	5344	-3636	221.1	660	0.34	

注記 @ : 鉄筋の配置間隔

発生断面力は、鋼管杭頭部と巻立て鉄筋コンクリート頭部において算出した曲げモーメント及び軸力を示す。

発生応力度は、発生断面力を考慮して結合部（仮想RC断面）において算出した鉄筋及びコンクリートの応力度を示す。

評価位置は図 4.10-96 に示す。

ロ. 概略配筋図

評価結果で決定された配筋を図 4.10-97 及び図 4.10-98 に示す。

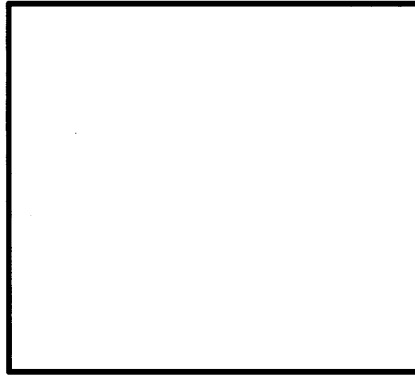


図 4.10-97 鋼管杭頭部（仮想R C断面）

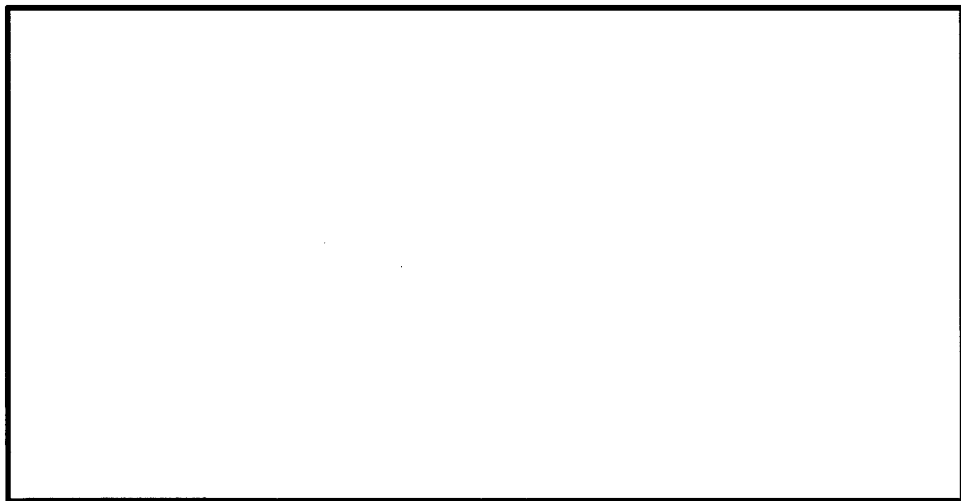


図 4.10-98 巻立て鉄筋コンクリート頭部（仮想R C断面）

(e) 頂版鉄筋コンクリート

イ. 曲げ軸力に対する評価結果

コンクリートの曲げ軸力に対する照査結果を表 4.10-30 及び表 4.10-31 に、鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果を表 4.10-32 及び表 4.10-33 にそれぞれ示す。また、評価位置図を図 4.10-99 に、堤軸直交方向における鉄筋の曲げ軸力が最も厳しい断面力を図 4.10-100 に、堤軸方向における鉄筋の曲げ軸力が最も厳しい断面力を図 4.10-101 に示す。

頂版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、評価位置においてコンクリートの曲げ圧縮応力度と鉄筋の曲げ引張応力度が許容限界以下であることを確認した。

以上のことから、頂版鉄筋コンクリートの構造部材の発生応力度が許容限界以下であることを確認した。なお、発生応力度は各地盤バネケースにおいて最大となる値を示している。

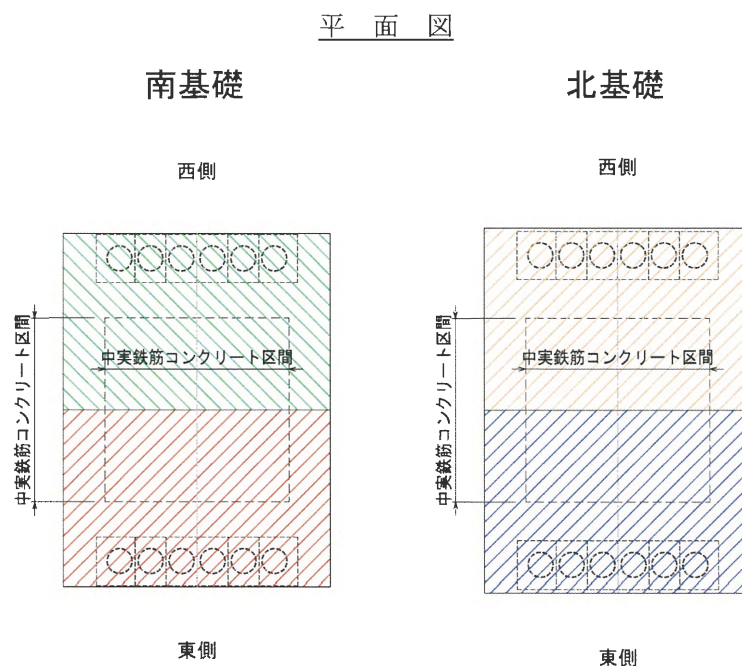


図 4.10-99 評価位置図（頂版鉄筋コンクリート）

表 4.10-30 コンクリートの曲げ軸力に対する照査結果（津波時：基準津波）

検討 ケース	評価位置			断面形状	鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
				部材高 h (mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
地盤 パネ 1	北基礎	堤軸直 交方向	東側	5040	D51@150	-28810	-2729	2.2	24	0.10
			西側	5040	D51@150	-39025	13641	7.2	24	0.31
		堤軸方向		5040	D29@150*	-12331	1347	2.0	24	0.09
	南基礎	堤軸直 交方向	東側	5040	D51@150	-31708	-2163	2.5	24	0.11
			西側	5040	D51@150	-42633	14156	7.9	24	0.33
		堤軸方向		5040	D29@150*	-11502	1369	2.0	24	0.09
地盤 パネ 2	北基礎	堤軸直 交方向	東側	5040	D51@150	-35612	-2551	2.8	24	0.12
			西側	5040	D51@150	-44985	11638	8.5	24	0.36
		堤軸方向		5040	D29@150*	-12642	1018	2.1	24	0.09
	南基礎	堤軸直 交方向	東側	5040	D51@150	-52790	-1210	4.3	24	0.18
			西側	5040	D51@150	-40631	10588	7.7	24	0.32
		堤軸方向		5040	D29@150*	-11067	712	2.0	24	0.09

注記 @：鉄筋の配置間隔

*：最小鉄筋

評価位置は図 4.10-99 に示す。

表 4.10-31 コンクリートの曲げ軸力に対する照査結果（津波時：敷地に遡上する津波）

検討 ケース	評価位置		断面形状		鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
			部材高 h (mm)			曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
地盤 パネ 1	北基礎	堤軸直 交方向	東側	5040	D51Ø150	-54948	-4181	4.3	32	0.14
			西側	5040	D51Ø150	-67238	22792	12.5	32	0.39
		堤軸方向		5040	D29Ø150*	-17567	2321	2.9	32	0.10
	南基礎	堤軸直 交方向	東側	5040	D51Ø150	-57873	-4342	4.5	32	0.15
			西側	5040	D51Ø150	-68631	22273	12.8	32	0.40
		堤軸方向		5040	D29Ø150*	-17695	2242	3.1	32	0.10
地盤 パネ 2	北基礎	堤軸直 交方向	東側	5040	D51Ø150	-64355	-3420	5.1	32	0.16
			西側	5040	D51Ø150	-79680	19906	15.1	32	0.48
		堤軸方向		5040	D29Ø150*	-17221	1503	2.9	32	0.09
	南基礎	堤軸直 交方向	東側	5040	D51Ø150	-74515	-2006	6.0	32	0.19
			西側	5040	D51Ø150	-72854	18289	13.8	32	0.43
		堤軸方向		5040	D29Ø150*	-15827	1005	2.8	32	0.09

注記 @：鉄筋の配置間隔

*：最小鉄筋

評価位置は図 4.10-99 に示す。

表 4.10-32 鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果（津波時：基準津波）

検討 ケース	評価位置			断面形状	鉄筋段数		鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s/σ_{sa}
				部材高 h (mm)	上面	下面		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
地盤 パネ 1	北基礎	堤軸直 交方向	東側	5040	D51-7段 (SD685)	D51-2段 (SD490)	D51 (SD685)	-29491	-6661	93.1	600	0.16
				5040	D51-3.5段 (SD490)	D51-2段 (SD490)	D51 (SD490)	-15300	-4316	73.0	435	0.17
			西側	5040	D51-2段 (SD490)	D51-2段 (SD685)	D51 (SD685)	-39025	13641	137.1	600	0.23
				5040	D38-2段 (SD490)	D51-2段 (SD490)	D51 (SD490)	-9112	1008	61.8	435	0.15
		堤軸方向			5040	D32-2段 (SD490)	D35-2段 (SD490)	D35 (SD490)	-12331	1347	109.3	435
	南基礎	堤軸直 交方向	東側	5040	D51-7段 (SD685)	D51-2段 (SD490)	D51 (SD685)	-32564	-4689	91.9	600	0.16
				5040	D51-3.5段 (SD490)	D51-2段 (SD490)	D51 (SD490)	-17102	-2503	67.3	435	0.16
			西側	5040	D51-2段 (SD490)	D51-2段 (SD685)	D51 (SD685)	-42633	14156	161.0	600	0.27
				5040	D38-2段 (SD490)	D51-2段 (SD490)	D51 (SD490)	-21687	7486	64.3	435	0.15
		堤軸方向			5040	D32-2段 (SD490)	D35-2段 (SD490)	D35 (SD490)	-7367	-678	101.8	435
地盤 パネ 2	北基礎	堤軸直 交方向	東側	5040	D51-7段 (SD685)	D51-2段 (SD490)	D51 (SD685)	-35870	-3714	95.3	600	0.16
				5040	D51-3.5段 (SD490)	D51-2段 (SD490)	D51 (SD490)	-18829	-2602	73.1	435	0.17
			西側	5040	D51-2段 (SD490)	D51-2段 (SD685)	D51 (SD685)	-44985	11638	223.7	600	0.38
				5040	D38-2段 (SD490)	D51-2段 (SD490)	D51 (SD490)	-24868	5743	116.8	435	0.27
		堤軸方向			5040	D32-2段 (SD490)	D35-2段 (SD490)	D35 (SD490)	-7872	-1527	129.1	435
	南基礎	堤軸直 交方向	東側	5040	D51-7段 (SD685)	D51-2段 (SD490)	D51 (SD685)	-52173	-2220	126.0	600	0.21
				5040	D51-3.5段 (SD490)	D51-2段 (SD490)	D51 (SD490)	-27676	-1287	92.4	435	0.22
			西側	5040	D51-2段 (SD490)	D51-2段 (SD685)	D51 (SD685)	-40631	10588	200.8	600	0.34
				5040	D38-2段 (SD490)	D51-2段 (SD490)	D51 (SD490)	-20309	4811	93.4	435	0.22
		堤軸方向			5040	D32-2段 (SD490)	D35-2段 (SD490)	D35 (SD490)	-7573	-1757	131.7	435

注記 @ : 鉄筋の配置間隔
評価位置は図 4.10-99 に示す。

表 4.10-33 鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果（津波時：敷地に遡上する津波）

検討 ケース	評価位置			断面形状	鉄筋段数		鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}	断面力図
				部材高 h (mm)	上面	下面		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)				
地盤 パネ 1	北基礎	堤軸直 交方向	東側	5040	D51-7段 (SD685)	D51-2段 (SD490)	D51 (SD685)	-55671	-9710	164.0	660	0.25	—
				5040	D51-3.5段 (SD490)	D51-2段 (SD490)	D51 (SD490)	-29085	-6047	125.4	478.5	0.27	—
			西側	5040	D51-2段 (SD490)	D51-2段 (SD685)	D51 (SD685)	-67238	22792	246.8	660	0.38	—
				5040	D38-2段 (SD490)	D51-2段 (SD490)	D51 (SD490)	-11103	-1506	126.7	478.5	0.27	—
		堤軸方向		5040	D32-2段 (SD490)	D35-2段 (SD490)	D35 (SD490)	-17567	2321	146.3	478.5	0.31	—
	南基礎	堤軸直 交方向	東側	5040	D51-7段 (SD685)	D51-2段 (SD490)	D51 (SD685)	-58546	-7283	160.5	660	0.25	—
				5040	D51-3.5段 (SD490)	D51-2段 (SD490)	D51 (SD490)	-30891	-3832	117.4	478.5	0.25	—
			西側	5040	D51-2段 (SD490)	D51-2段 (SD685)	D51 (SD685)	-68631	22273	267.0	660	0.41	—
				5040	D38-2段 (SD490)	D51-2段 (SD490)	D51 (SD490)	-19885	3090	119.0	478.5	0.25	—
		堤軸方向		5040	D32-2段 (SD490)	D35-2段 (SD490)	D35 (SD490)	-17695	2242	150.4	478.5	0.32	—
地盤 パネ 2	北基礎	堤軸直 交方向	東側	5040	D51-7段 (SD685)	D51-2段 (SD490)	D51 (SD685)	-64567	-4988	164.8	660	0.25	—
				5040	D51-3.5段 (SD490)	D51-2段 (SD490)	D51 (SD490)	-34431	-3671	127.2	478.5	0.27	—
			西側	5040	D51-2段 (SD490)	D51-2段 (SD685)	D51 (SD685)	-79680	19906	408.6	660	0.62	○
				5040	D38-2段 (SD490)	D51-2段 (SD490)	D51 (SD490)	-45476	9505	230.1	478.5	0.49	—
		堤軸方向		5040	D32-2段 (SD490)	D35-2段 (SD490)	D35 (SD490)	-10677	-2015	173.6	478.5	0.37	—
	南基礎	堤軸直 交方向	東側	5040	D51-7段 (SD685)	D51-2段 (SD490)	D51 (SD685)	-73948	-2962	177.8	660	0.27	—
				5040	D51-3.5段 (SD490)	D51-2段 (SD490)	D51 (SD490)	-39157	-2332	133.7	478.5	0.28	—
			西側	5040	D51-2段 (SD490)	D51-2段 (SD685)	D51 (SD685)	-72854	18289	372.1	660	0.57	—
				5040	D38-2段 (SD490)	D51-2段 (SD490)	D51 (SD490)	-38167	7980	193.1	478.5	0.41	—
		堤軸方向		5040	D32-2段 (SD490)	D35-2段 (SD490)	D35 (SD490)	-10707	-2211	179.2	478.5	0.38	○

注記 @：鉄筋の配置間隔

評価位置は図 4.10-99 に示す。

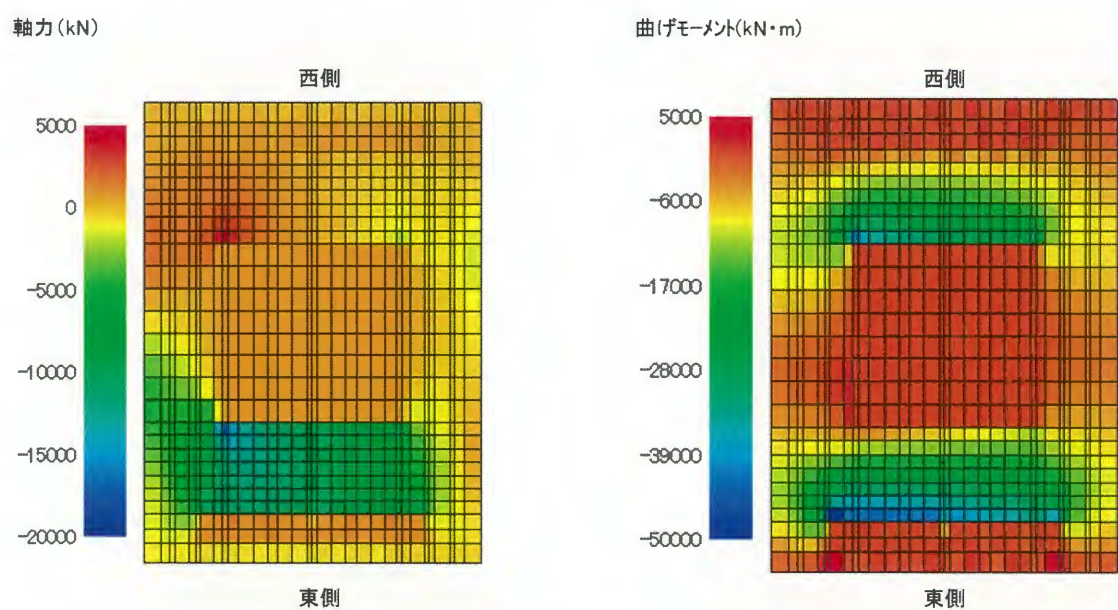


図 4.10-100 鉄筋の曲げ軸力が最も厳しい断面力
堤軸直交方向（津波時：敷地に遡上する津波，北基礎，地盤バネ 2）

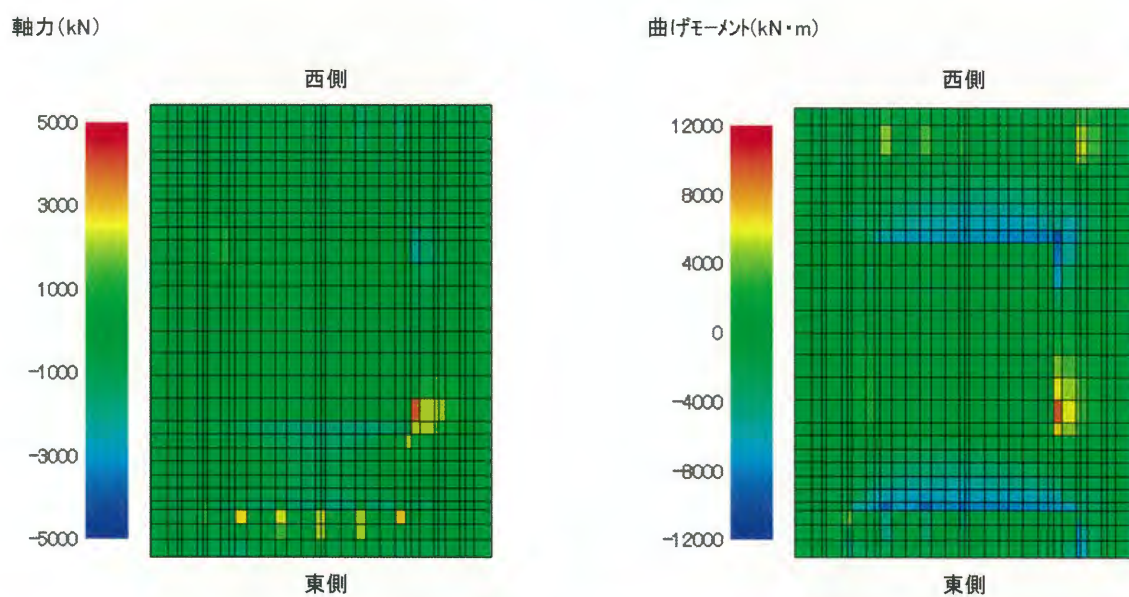


図 4.10-101 鉄筋の曲げ軸力が最も厳しい断面力
堤軸方向（津波時：敷地に遡上する津波，南基礎，地盤バネ 2）

ロ. せん断力に対する評価結果

せん断力は堤軸方向と堤軸直交方向のせん断力を合成して算出する。

せん断力に対する照査結果を表 4.10-34 及び表 4.10-35 に示す。また，評価位置を図 4.10-102 に，せん断力が最も厳しい断面力を図 4.10-103 及び図 4.10-104 に示す。

頂版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，評価位置における鉄筋コンクリートの発生せん断力がコンクリートの短期許容せん断力（ $V_{c.a}$ ）と斜め引張鉄筋の短期許容せん断力（ $V_{s.a}$ ）を合わせた短期許容せん断力（ V_a ）以下であることを確認した。

以上のことから，頂版鉄筋コンクリートの構造部材の発生せん断力が許容限界以下であることを確認した。なお，発生せん断力は各地盤バネケースにおいて最大となる値を示している。

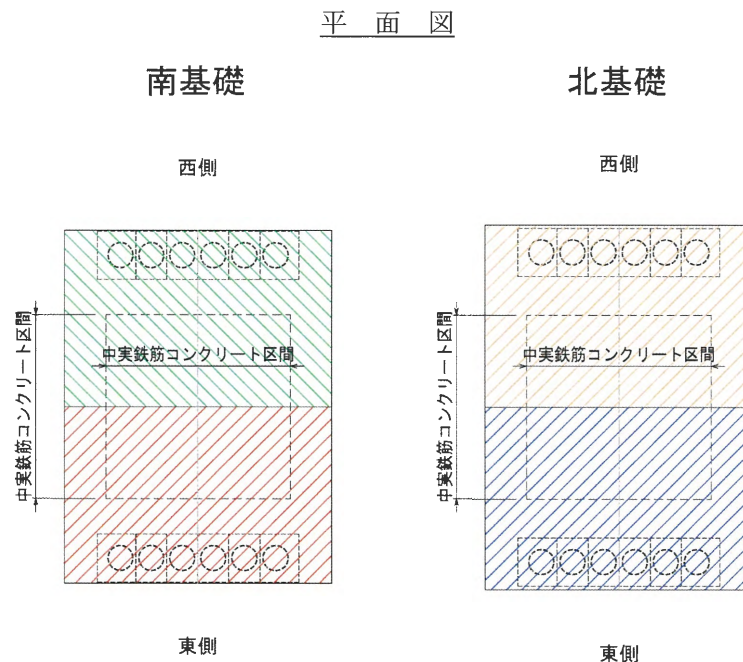


図 4.10-102 評価位置図（頂版鉄筋コンクリート）

表 4.10-34 せん断力に対する照査結果（津波時：基準津波）

検討 ケース	評価位置		断面形状	鉄筋仕様 (せん断補強鉄筋)	発生 せん断力 V (kN)	短期許容 せん断力 V _s (kN)	照査値 V/V _s
			部材高 h (mm)				
地盤 パネ 1	北基礎	東側	5040	3. 333-D38@150 (SD390)	4977	28592	0.18
		西側	5040	3. 333-D35@150 (SD390)	10138	28472	0.36
	南基礎	東側	5040	3. 333-D38@150 (SD390)	5349	28592	0.19
		西側	5040	3. 333-D35@150 (SD390)	10459	28472	0.37
地盤 パネ 2	北基礎	東側	5040	3. 333-D38@150 (SD390)	4910	28592	0.18
		西側	5040	3. 333-D35@150 (SD390)	10490	28472	0.37
	南基礎	東側	5040	3. 333-D38@150 (SD390)	6529	28592	0.23
		西側	5040	3. 333-D35@150 (SD390)	10628	28472	0.38

注記 評価位置は図 4.10-102 に示す。

表 4.10-35 せん断力に対する照査結果（津波時：敷地に遡上する津波）

検討 ケース	評価位置		断面形状	鉄筋仕様 (せん断補強鉄筋)	発生 せん断力 V (kN)	短期許容 せん断力 V _s (kN)	照査値 V/V _s	断面力図
			部材高 h (mm)					
地盤 パネ 1	北基礎	東側	5040	3. 333-D38@150 (SD390)	8881	31785	0.28	—
		西側	5040	3. 333-D35@150 (SD390)	15232	31712	0.49	—
	南基礎	東側	5040	3. 333-D38@150 (SD390)	9593	31785	0.31	—
		西側	5040	3. 333-D35@150 (SD390)	15825	31712	0.50	○
地盤 パネ 2	北基礎	東側	5040	3. 333-D38@150 (SD390)	8401	31785	0.27	—
		西側	5040	3. 333-D35@150 (SD390)	15447	31712	0.49	○
	南基礎	東側	5040	3. 333-D38@150 (SD390)	9540	31785	0.31	—
		西側	5040	3. 333-D35@150 (SD390)	15730	31712	0.50	—

注記 評価位置は図 4.10-102 に示す。

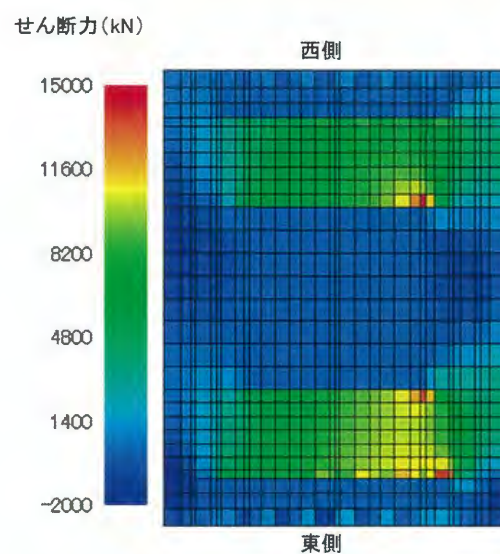


図 4.10-103 せん断力が最も大きい断面力
(津波時：敷地に遡上する津波，南基礎，地盤バネ 1)

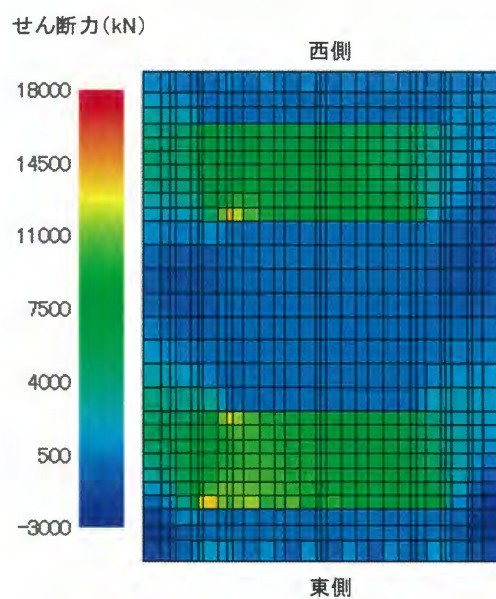


図 4.10-104 せん断力が最も大きい断面力
(津波時：敷地に遡上する津波，北基礎，地盤バネ 2)

ハ. 概略配筋図

評価結果で決定された配筋を図 4.10-105～図 4.10-113 に示す。

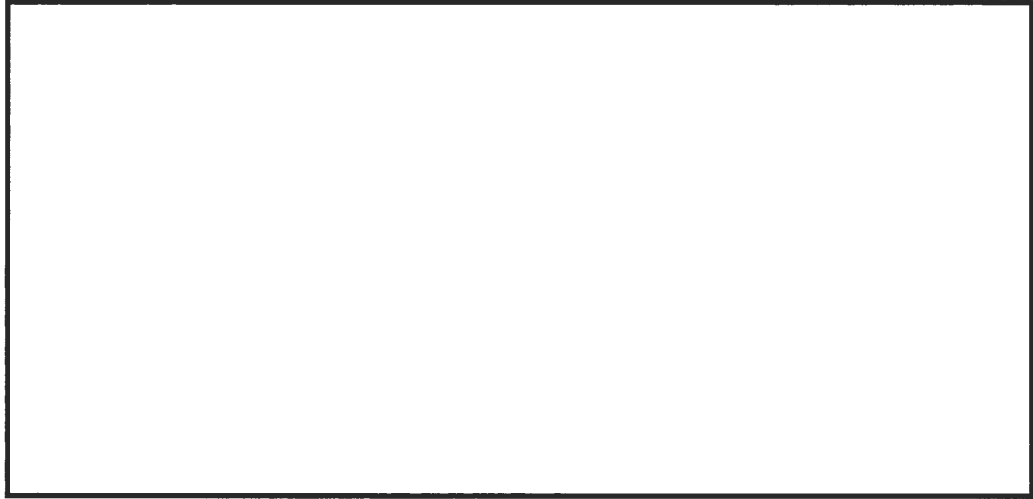


図 4.10-105 頂版鉄筋コンクリートの矢視図



図 4.10-106 頂版鉄筋コンクリートの概略配筋図（A－A断面）

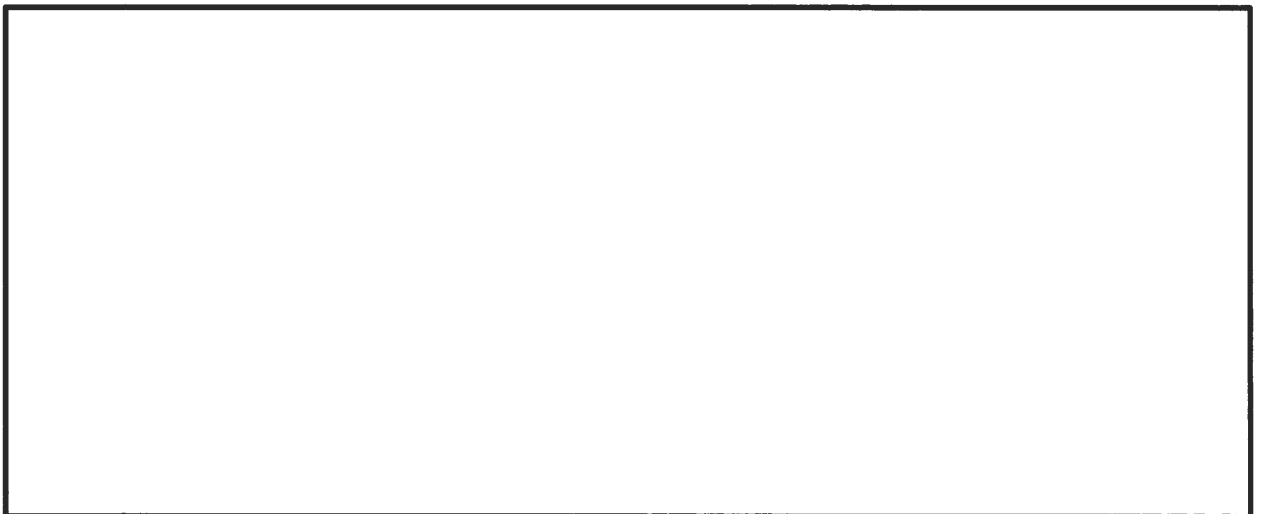


図 4.10-107 頂版鉄筋コンクリートの概略配筋図（B－B断面）

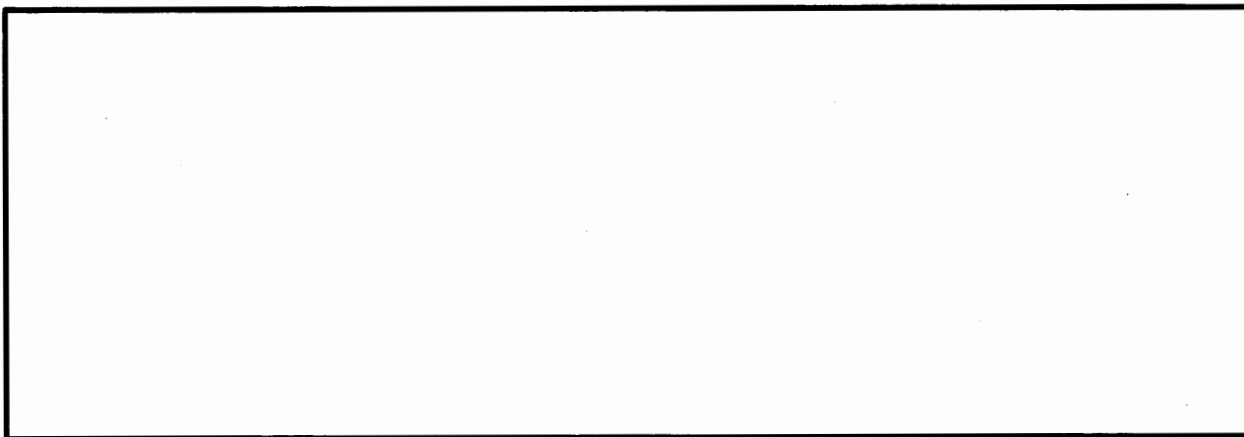


図 4.10-108 頂版鉄筋コンクリートの概略配筋図（C－C断面）

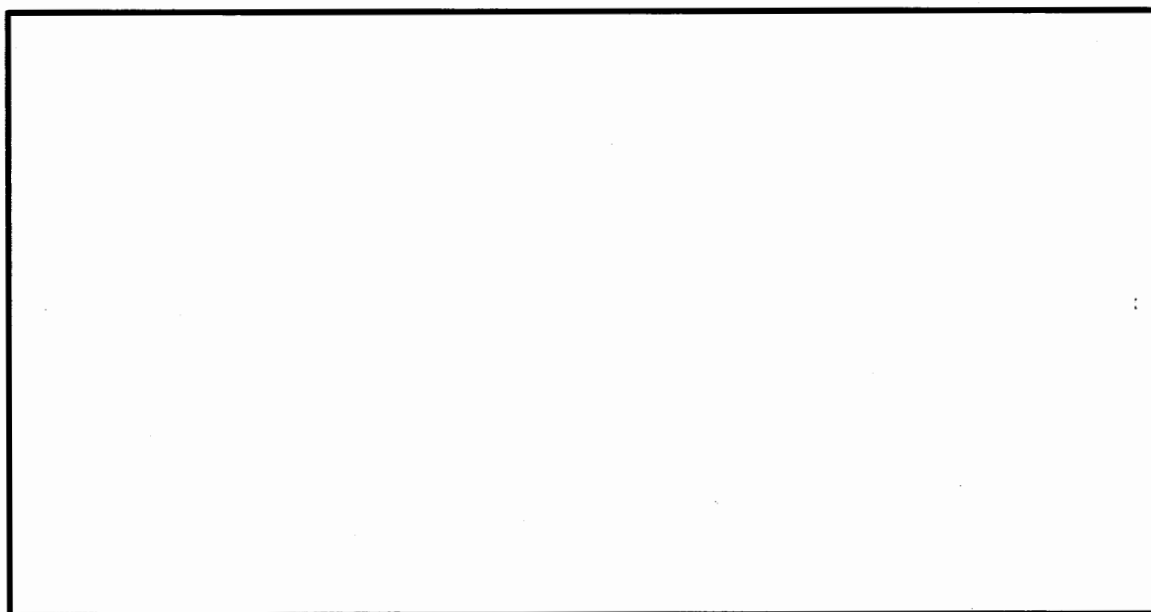


図 4.10-109 頂版鉄筋コンクリートの概略配筋図（D－D断面）

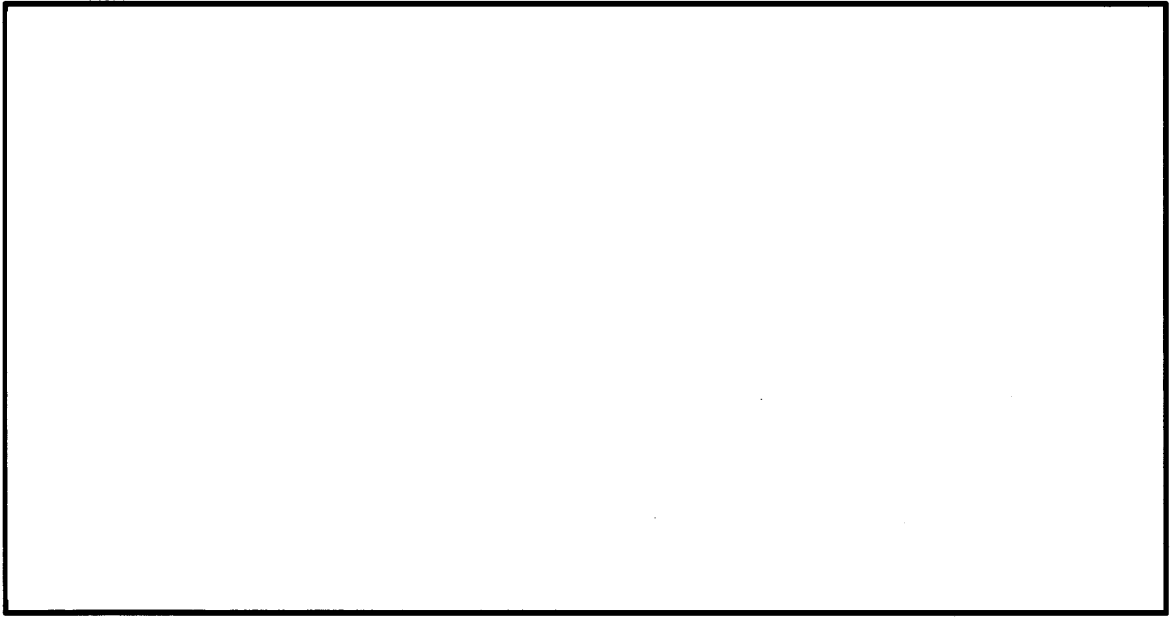


図 4.10-110 頂版鉄筋コンクリートの概略配筋図 (E－E断面)

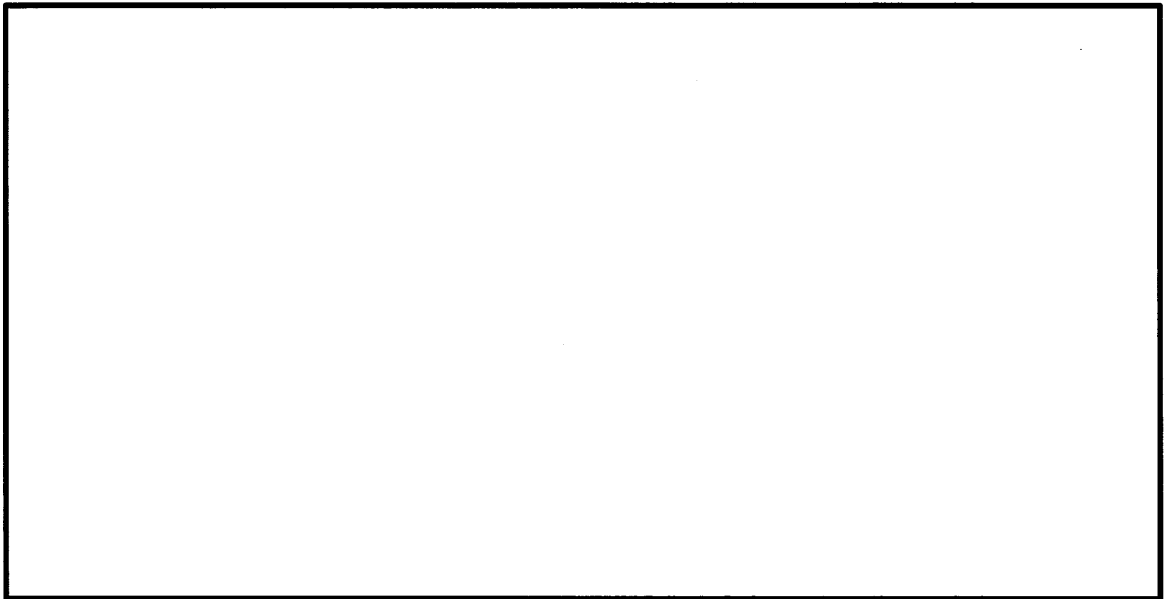


図 4.10-111 頂版鉄筋コンクリートの概略配筋図 (F－F断面)

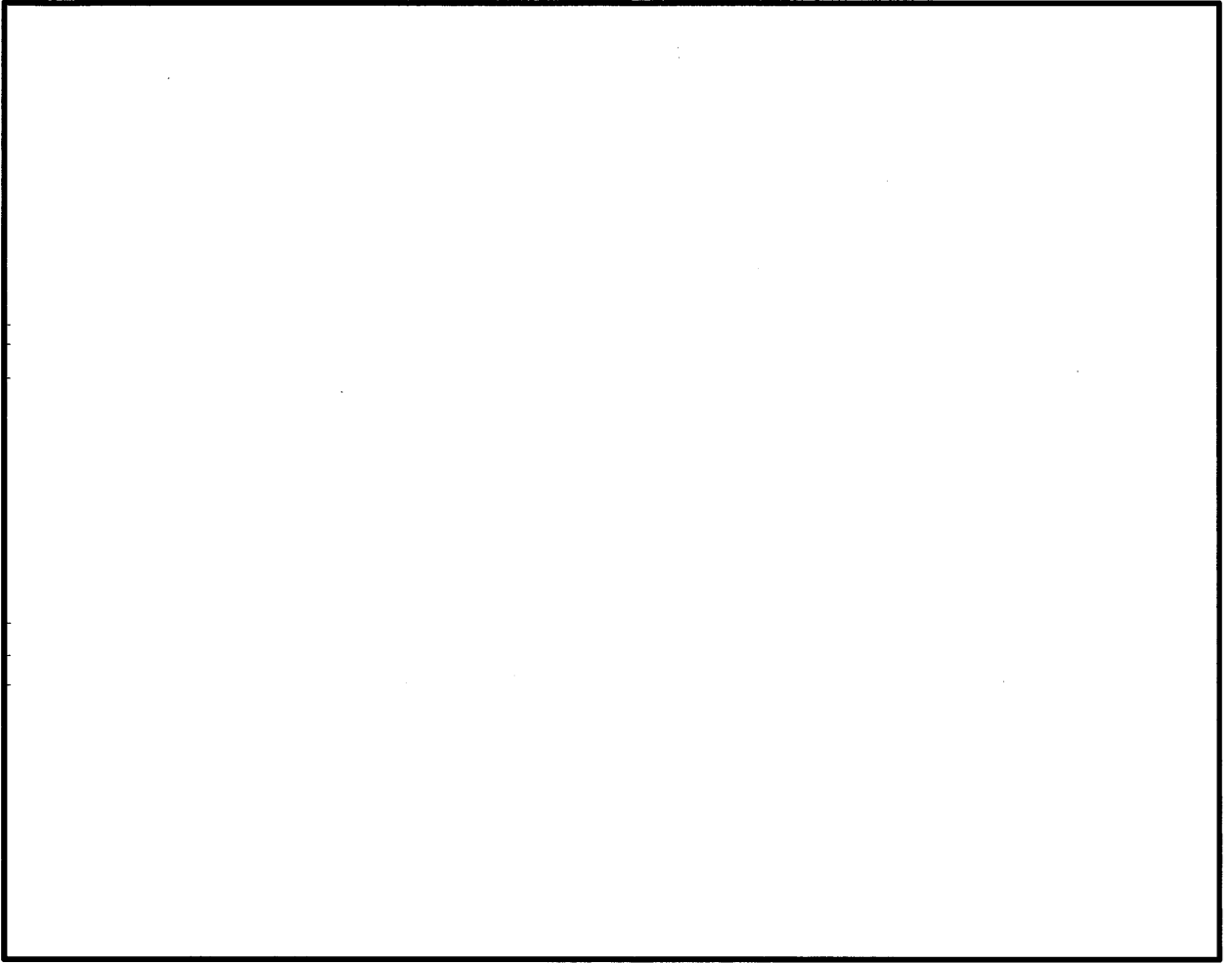


図 4.10-112 頂版鉄筋コンクリートの概略配筋図（G－G断面）

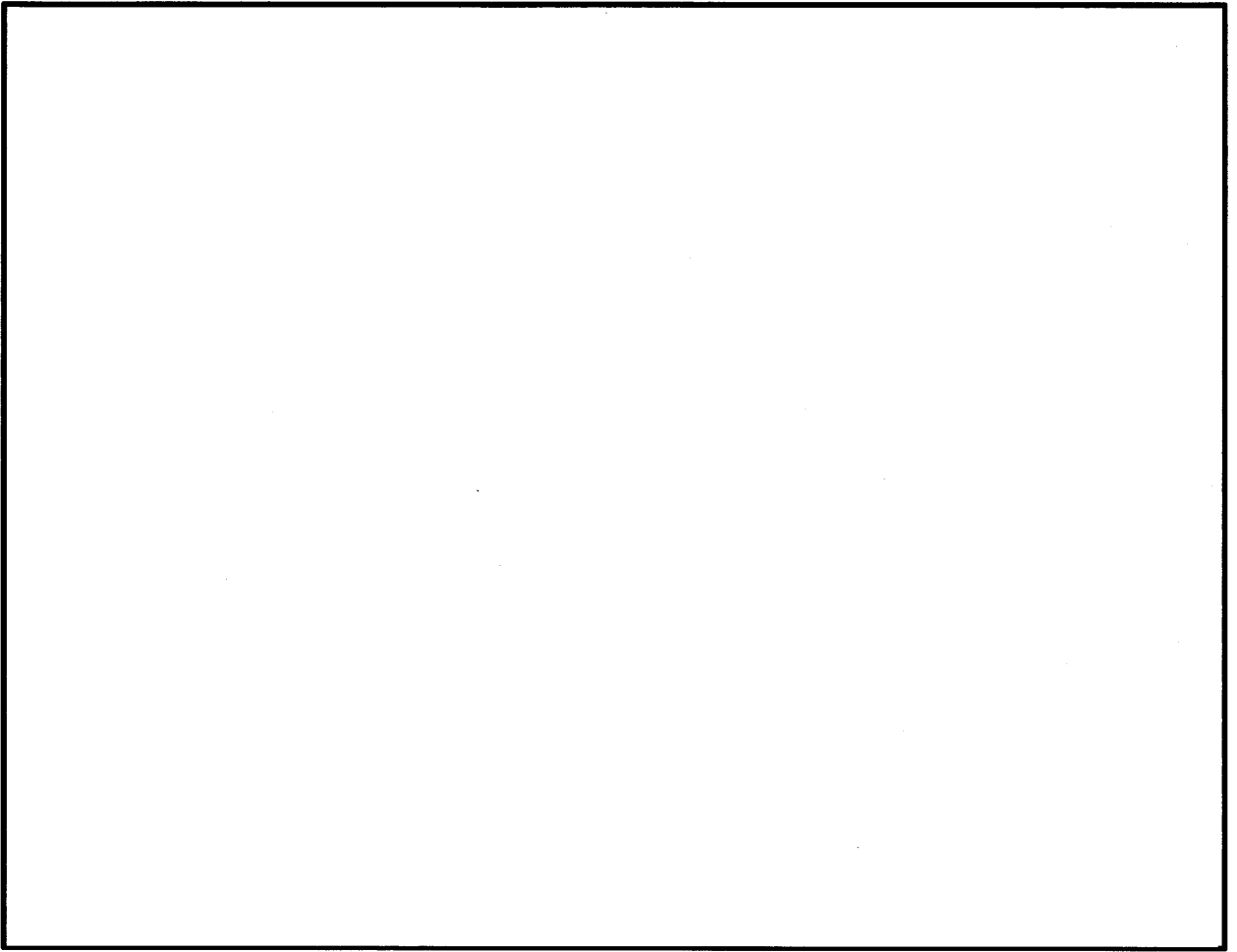


図 4.10-113 頂版鉄筋コンクリートの概略配筋図（H－H断面）

b. 鋼製防護壁の評価結果

津波時に発生する鋼製防護壁の評価は、重畳時に包絡されと考えられるため、強度評価については重畳時のみ実施する。

(2) 重畳時の強度評価結果

a. 鋼製防護壁基礎の評価結果

(a) 中実鉄筋コンクリートの評価結果

南基礎については，上部，中央（上），中央（下），下部の部位に分割し，各部位で発生する最大断面力で評価することで合理的な鉄筋配置を決定する。

イ. 曲げ軸力に対する評価結果

コンクリートの曲げ軸力に対する照査結果を表 4.10-36 及び表 4.10-37 に，鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果を表 4.10-38 及び表 4.10-39 にそれぞれ示す。また，評価位置図を図 4.10-114 に，断面力分布を図 4.10-115～図 4.10-134 に示す。

中実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，評価位置においてコンクリートの曲げ圧縮応力度と鉄筋の曲げ引張応力度が許容限界以下であることを確認した。

以上のことから，中実鉄筋コンクリートの構造部材の発生応力度が許容限界以下であることを確認した。なお，発生応力度は各地盤バネケースにおいて最大となる値を示している。

平面図



側面図

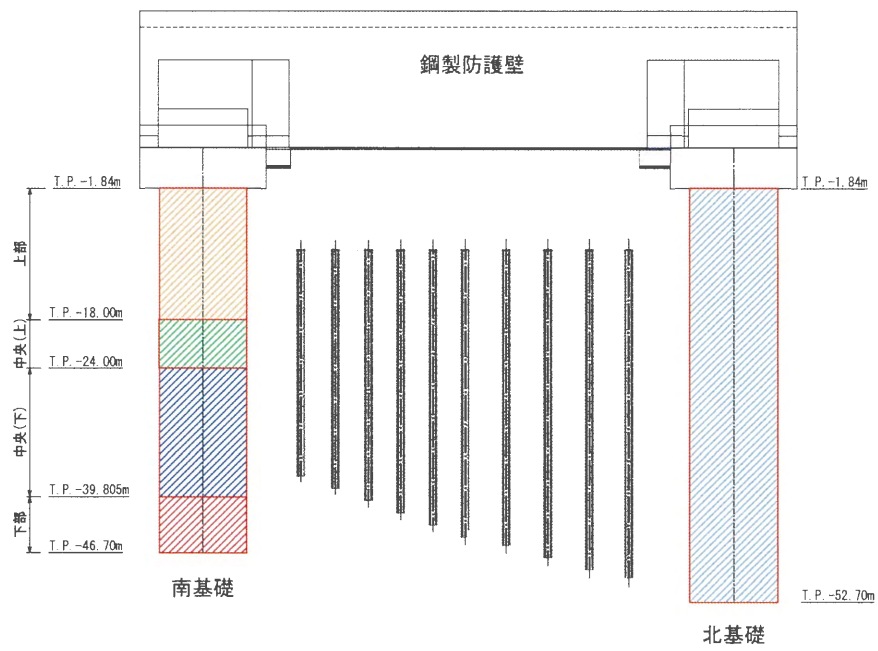


図 4.10-114 評価位置図（中実鉄筋コンクリート）

表 4.10-36 コンクリートの曲げ軸力に対する照査（重畳時：基準津波）

検討 ケース	評価位置		断面性状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ _c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ _{ca} (N/mm ²)	照査値 σ _c /σ _{ca}	断面力図	
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)					
地盤 パネ 3	北基礎		②－②断面	10700	10700	10050	D51φ150 (7段)	1206645	-133606	7.0	24	0.29	—
			①－①断面	10700	10700	10050	D51φ150 (7段)	529503					
	南基礎	上部	③－③断面	10700	10700	9976	D51φ150 (8段)	937660	-108214	5.7	24	0.24	—
			①－①断面	10700	10700	9976	D51φ150 (8段)	-560414					
		中央 (上)	③－③断面	10700	10700	9759	D51φ150 (11段)	1378351	-123583	7.8	24	0.33	—
			①－①断面	10700	10700	9759	D51φ150 (11段)	-1017712					
		中央 (下)	③－③断面	10700	10700	9262	D51φ150 (17.5段)	1672099	-156631	9.2	24	0.39	—
			①－①断面	10700	10700	9262	D51φ150 (17.5段)	1434611					
		下部	③－③断面	10700	10700	9759	D51φ150 (11段)	906007	-128914	5.8	24	0.25	—
			①－①断面	10700	10700	9759	D51φ150 (11段)	800195					
地盤 パネ 4	北基礎		②－②断面	10700	10700	10050	D51φ150 (7段)	-1650340	-95898	8.6	24	0.37	—
			①－①断面	10700	10700	10050	D51φ150 (7段)	575550					
	南基礎	上部	③－③断面	10700	10700	9976	D51φ150 (8段)	904210	-106265	7.0	24	0.29	○
			①－①断面	10700	10700	9976	D51φ150 (8段)	-933961					
		中央 (上)	③－③断面	10700	10700	9759	D51φ150 (11段)	1410935	-122817	9.7	24	0.41	○
			①－①断面	10700	10700	9759	D51φ150 (11段)	-1596718					
		中央 (下)	③－③断面	10700	10700	9262	D51φ150 (17.5段)	1907719	-169848	12.6	24	0.53	○
			①－①断面	10700	10700	9262	D51φ150 (17.5段)	2366395					
		下部	③－③断面	10700	10700	9759	D51φ150 (11段)	1080138	-144209	8.2	24	0.35	—
			①－①断面	10700	10700	9759	D51φ150 (11段)	1361199					
地盤 パネ 5	北基礎		②－②断面	10700	10700	10050	D51φ150 (7段)	1138737	-150572	9.5	24	0.40	○
			①－①断面	10700	10700	10050	D51φ150 (7段)	1235254					
	南基礎	上部	③－③断面	10700	10700	9976	D51φ150 (8段)	868586	-101163	6.2	24	0.26	—
			①－①断面	10700	10700	9976	D51φ150 (8段)	-754669					
		中央 (上)	③－③断面	10700	10700	9759	D51φ150 (11段)	1280217	-117720	8.8	24	0.37	—
			①－①断面	10700	10700	9759	D51φ150 (11段)	-1421382					
		中央 (下)	③－③断面	10700	10700	9262	D51φ150 (17.5段)	1830031	-168497	12.2	24	0.51	—
			①－①断面	10700	10700	9262	D51φ150 (17.5段)	2334804					
		下部	③－③断面	10700	10700	9759	D51φ150 (11段)	1049752	-145825	8.2	24	0.35	○
			①－①断面	10700	10700	9759	D51φ150 (11段)	1391153					

注記 ①：鉄筋の配置間隔
評価位置は図 4.10-114 に示す。

表 4.10-37 コンクリートの曲げ軸力に対する照査（重畳時：敷地に遡上する津波）

検討 ケース	評価位置		断面性状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}	断面力図	
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)					
地盤 パネ 3	北基礎		②－②断面	10700	10700	10050	D510150 (7段)	-2136796	-111293	9.6	32	0.30	—
			①－①断面	10700	10700	10050	D510150 (7段)	362272					
	南基礎	上部	③－③断面	10700	10700	9976	D510150 (8段)	-1742070	-93539	7.5	32	0.24	—
			①－①断面	10700	10700	9976	D510150 (8段)	-311085					
		中央 (上)	③－③断面	10700	10700	9759	D510150 (11段)	2163169	-141381	10.4	32	0.33	—
			①－①断面	10700	10700	9759	D510150 (11段)	-1058387					
		中央 (下)	③－③断面	10700	10700	9262	D510150 (17.5段)	3003227	-157877	13.0	32	0.41	—
			①－①断面	10700	10700	9262	D510150 (17.5段)	-1478599					
		下部	③－③断面	10700	10700	9759	D510150 (11段)	1907004	-142848	9.0	32	0.29	—
			①－①断面	10700	10700	9759	D510150 (11段)	-808322					
地盤 パネ 4	北基礎		②－②断面	10700	10700	10050	D510150 (7段)	-2704087	-131275	12.6	32	0.40	—
			①－①断面	10700	10700	10050	D510150 (7段)	597309					
	南基礎	上部	③－③断面	10700	10700	9976	D510150 (8段)	1309568	-123648	8.6	32	0.27	○
			①－①断面	10700	10700	9976	D510150 (8段)	-971872					
		中央 (上)	③－③断面	10700	10700	9759	D510150 (11段)	2194846	-141021	12.3	32	0.39	○
			①－①断面	10700	10700	9759	D510150 (11段)	-1637844					
		中央 (下)	③－③断面	10700	10700	9262	D510150 (17.5段)	3159665	-162014	16.2	32	0.51	○
			①－①断面	10700	10700	9262	D510150 (17.5段)	-2406704					
		下部	③－③断面	10700	10700	9759	D510150 (11段)	2047249	-166487	11.4	32	0.36	○
			①－①断面	10700	10700	9759	D510150 (11段)	1355630					
地盤 パネ 5	北基礎		②－②断面	10700	10700	10050	D510150 (7段)	-2846261	-136535	13.3	32	0.42	○
			①－①断面	10700	10700	10050	D510150 (7段)	635572					
	南基礎	上部	③－③断面	10700	10700	9976	D510150 (8段)	-1968286	-94751	8.5	32	0.27	—
			①－①断面	10700	10700	9976	D510150 (8段)	-370566					
		中央 (上)	③－③断面	10700	10700	9759	D510150 (11段)	2094428	-134515	11.4	32	0.36	—
			①－①断面	10700	10700	9759	D510150 (11段)	-1462198					
		中央 (下)	③－③断面	10700	10700	9262	D510150 (17.5段)	3117735	-158362	16.0	32	0.50	—
			①－①断面	10700	10700	9262	D510150 (17.5段)	-2380578					
		下部	③－③断面	10700	10700	9759	D510150 (11段)	2013122	-150042	11.4	32	0.36	—
			①－①断面	10700	10700	9759	D510150 (11段)	-1401086					

注記 ③：鉄筋の配置間隔
評価位置は図 4.10-114 に示す。

表 4.10-38 鉄筋の曲げ軸力に対する照査（重畳時：基準津波）

検討 ケース	評価位置		断面性状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}	断面力図	
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)					
地盤 パネ 3	北基礎		②－②断面	10700	10700	10050	D51@150 (7段)	1472207	-121633	111.9	435	0.26	—
			①－①断面	10700	10700	10050	D51@150 (7段)	225296					
	南基礎	上部	③－③断面	10700	10700	9976	D51@150 (8段)	941197	-91172	87.9	435	0.21	—
			①－①断面	10700	10700	9976	D51@150 (8段)	-556967					
		中央 (上)	③－③断面	10700	10700	9759	D51@150 (11段)	1381109	-104486	122.4	435	0.29	—
			①－①断面	10700	10700	9759	D51@150 (11段)	-1017960					
		中央 (下)	③－③断面	10700	10700	9262	D51@150 (17.5段)	1671669	-119537	141.9	435	0.33	—
			①－①断面	10700	10700	9262	D51@150 (17.5段)	-1445626					
		下部	③－③断面	10700	10700	9759	D51@150 (11段)	904671	-109771	82.1	435	0.19	—
			①－①断面	10700	10700	9759	D51@150 (11段)	-792218					
地盤 パネ 4	北基礎		②－②断面	10700	10700	10050	D51@150 (7段)	-1644800	-90068	158.3	435	0.37	—
			①－①断面	10700	10700	10050	D51@150 (7段)	562094					
	南基礎	上部	③－③断面	10700	10700	9976	D51@150 (8段)	907183	-89809	111.6	435	0.26	○
			①－①断面	10700	10700	9976	D51@150 (8段)	-929525					
		中央 (上)	③－③断面	10700	10700	9759	D51@150 (11段)	1413265	-104147	158.3	435	0.37	○
			①－①断面	10700	10700	9759	D51@150 (11段)	-1596017					
		中央 (下)	③－③断面	10700	10700	9262	D51@150 (17.5段)	1906792	-122163	201.5	435	0.47	○
			①－①断面	10700	10700	9262	D51@150 (17.5段)	-2370334					
		下部	③－③断面	10700	10700	9759	D51@150 (11段)	1077856	-118302	125.7	435	0.29	—
			①－①断面	10700	10700	9759	D51@150 (11段)	-1348311					
地盤 パネ 5	北基礎		②－②断面	10700	10700	10050	D51@150 (7段)	-1756977	-94774	169.5	435	0.39	○
			①－①断面	10700	10700	10050	D51@150 (7段)	600879					
	南基礎	上部	③－③断面	10700	10700	9976	D51@150 (8段)	-1214065	-68844	103.4	435	0.24	—
			①－①断面	10700	10700	9976	D51@150 (8段)	-356583					
		中央 (上)	③－③断面	10700	10700	9759	D51@150 (11段)	1282197	-100645	140.6	435	0.33	—
			①－①断面	10700	10700	9759	D51@150 (11段)	-1420194					
		中央 (下)	③－③断面	10700	10700	9262	D51@150 (17.5段)	1832528	-120862	196.7	435	0.46	—
			①－①断面	10700	10700	9262	D51@150 (17.5段)	-2344317					
		下部	③－③断面	10700	10700	9759	D51@150 (11段)	1049389	-118632	126.2	435	0.30	○
			①－①断面	10700	10700	9759	D51@150 (11段)	-1382562					

注記 ③：鉄筋の配置間隔
評価位置は図 4.10-114 に示す。