

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2
提 出 年 月 日	2026 年 7 月 24 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)

<1 章>

2026 年 7 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 | 今回ご説明の範囲 |
| 2. 防潮堤（鋼製防護壁）の強度計算書に関する補足説明 | |
| 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）の接合部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 | |

1. 防潮堤（鋼製防護壁）の耐震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 鋼製防護壁の平面配置	17
2.3 耐震評価方針	19
2.3.1 要求機能，設計方針及び評価方針	19
2.3.2 耐震評価フロー	22
2.4 適用基準	27
3. 設計条件	29
4. 耐震評価	30
4.1 評価対象断面，部位及び評価する性能	30
4.1.1 評価対象断面	30
4.1.2 評価対象部位及び評価する性能	33
4.2 地震応答解析手法の選定	34
4.3 使用材料及び材料の物性値	36
4.4 地盤の物性値	38
4.5 荷重及び荷重の組合せ	41
4.5.1 耐震評価上考慮する状態	41
4.5.2 荷重	41
4.5.3 地下水位	42
4.5.4 荷重の組合せ	43
4.5.5 入力地震動	44
4.6 許容限界	53
4.6.1 構造部材	53
4.6.2 基礎地盤	58
4.6.3 止水ジョイント部	61
4.7 検討ケース	62
4.8 解析手法	66
4.8.1 鋼製防護壁基礎，地盤及び止水ジョイント部	66
4.8.2 鋼製防護壁及び接合部	66
4.9 解析モデル，解析条件及び評価方法	67
4.9.1 解析モデル及び解析条件(鋼製防護壁基礎)	67
4.9.2 解析モデル及び解析条件(鋼製防護壁及び接合部)	94
4.9.3 評価項目及び詳細評価方法	101

4. 10 地震応答解析結果	119
4. 10. 1 最大せん断ひずみ分布	119
4. 10. 2 最大過剰間隙水圧比分布	176
4. 10. 3 最大水平加速度分布	203
4. 10. 4 鋼製防護壁の地震応答解析結果	233
4. 11 評価結果	244
4. 11. 1 評価結果総括	244
4. 11. 2 評価結果詳細	248
5. まとめ	715

防潮堤（鋼製防護壁）の耐震安全性評価に関する参考資料

- （参考 1）減衰定数の設定について
- （参考 2）鋼製防護壁基礎間に生じる地震時相対変位の影響について
- （参考 3）高強度材料（SBHS500・SD685）の適用性について
- （参考 4）SD685 鉄筋定着長の実証実験と結果について
- （参考 5）2 次元有効応力解析におけるオーバーラップモデルの妥当性
- （参考 6）巻立て鉄筋コンクリートの鋼管杭・鉄筋コンクリートの荷重分担の考え方について
- （参考 7）北基礎の中実鉄筋コンクリートの根入れの考え方について
- （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
- （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
- （参考 10）北基礎の鋼管杭に局所的に発生している曲げモーメントについて
- （参考 11）頂版鉄筋コンクリートの解析モデルについて
- （参考 12）巻立て鉄筋コンクリートにおけるせん断補強筋の構造細目について
- （参考 13）杭頭接合部における仮想鉄筋コンクリート断面の照査について
- （参考 14）高強度鉄筋 SD685 の使用に伴うコンクリートの剛性低下の影響について
- （参考 15）耐震評価における検討ケースについて
- （参考 16）頂版鉄筋コンクリートの施工順序について
- （参考 17）水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する評価について
- （参考 18）頂版鉄筋コンクリートに発生する軸力について
- （参考 19）地震応答解析結果の既工認と構造変更後の比較について
- （参考 20）基礎地盤の鋼管杭に対する引抜き抵抗性能評価について
- （参考 21）水平震度による水平回転モーメントの評価方法の妥当性について
- （参考 22）鋼管杭の支持力評価式（極限支持力度）について

1. 概要

本書類は、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（以下「既工認」という。）の添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、防潮堤（鋼製防護壁）が基準地震動 S_s に対して十分な構造強度及び支持性能並びに止水機能を有していることを確認するものである。

防潮堤（鋼製防護壁）に要求される機能維持の確認は、地震応答解析に基づく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により行う。

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。

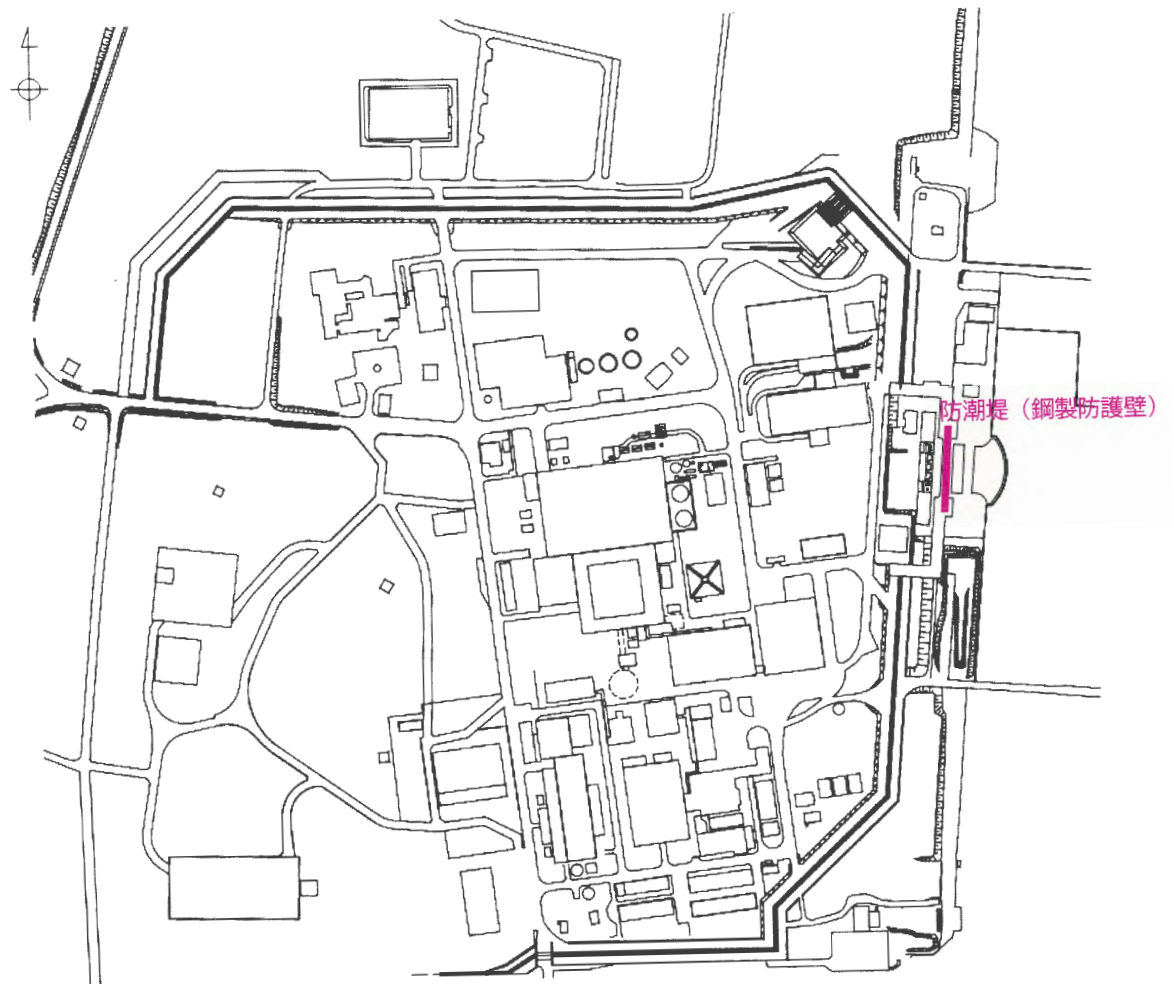


図 2.1-1 防潮堤（鋼製防護壁）位置図

2.2 構造概要

2.2.1 構造概要

防潮堤（鋼製防護壁）の評価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。また、各部材の設計上の役割を表 2.2-1 に示す。

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。鋼製防護壁は図 2.2-4 に示すとおり、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 の既設構造物を横断し、既設構造物の側方の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。

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 までを頂板鋼板を含めて 10 層の鋼殻で構成される構造とする。各層は、堤軸方向の内部隔壁、堤軸直交方向の鉛直隔壁及び水平隔壁並びにこれらを取り囲む外面鋼板により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を組合せることにより全体を構成する。

各ブロックの継手部は、図 2.2-6 及び図 2.2-7 に示すとおり添接板と高力ボルトを用いた摩擦接合により固定する。また、継手部には図 2.2-7 に示すとおり、外側鋼板間及び添接板間の隙間にシール材を設置し、敷地内への津波の流入を防止する。

鋼製防護壁基礎は、図 2.2-8 及び図 2.2-9 に示すとおり、既設構造物の南北両側に配置し、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、巻立て鉄筋コンクリート及び頂版鉄筋コンクリートで構成される。巻立て鉄筋コンクリートは鋼管杭頭部に設置し、スタッドにより鋼管杭と一体化する構造とする。

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 に示す。また、接合部の構造図を図 2.2-11～図 2.2-16 に示す。鋼製防護壁と鋼製防護壁基礎はアンカーボルト及びベースプレートによって剛結合されており、アンカーボルトは鋼製防護壁からの引抜き力を頂版鉄筋コンクリートに伝達する。鋼製防護壁の鋼殻内部の中詰め鉄筋コンクリートは、鋼製防護壁からのせん断力、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。アンカーボルト頭部には防食等を目的に根巻き鉄筋コンクリートを配置する。根巻き鉄筋コンクリートは、アンカーバーにより鋼殻と固定する。アンカーバーの配置図を図 2.2-17 に示す。

止水性維持のために図 2.2-2 に示すとおり、止水ジョイントと止水機構を設置する。止水ジョイントは鋼製防護壁と鉄筋コンクリート防潮壁との境界部に設置する。止水機構は鋼製防護壁の底面と既設構造物との境界部に設置する。止水機構の構造健全性及び追従性の評価は「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。

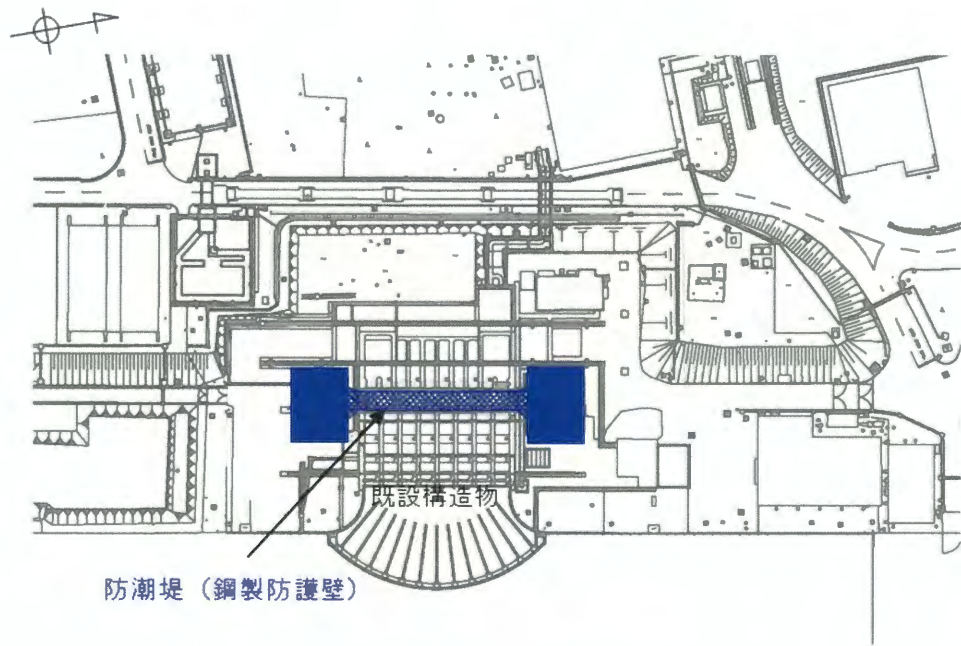


図 2.2-1 評価対象位置平面図

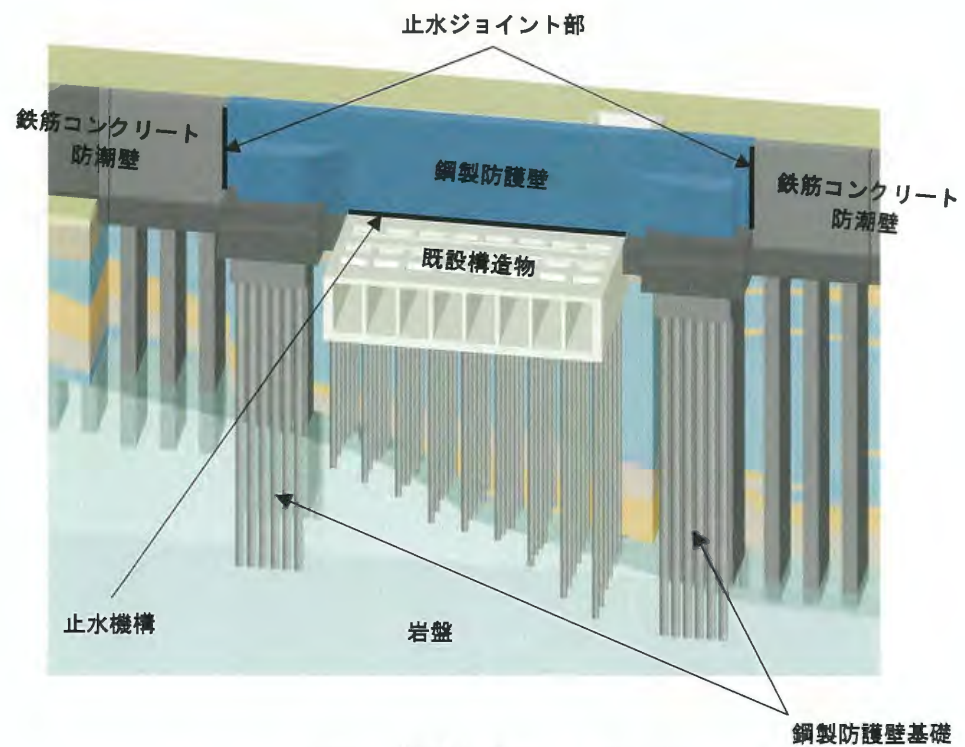
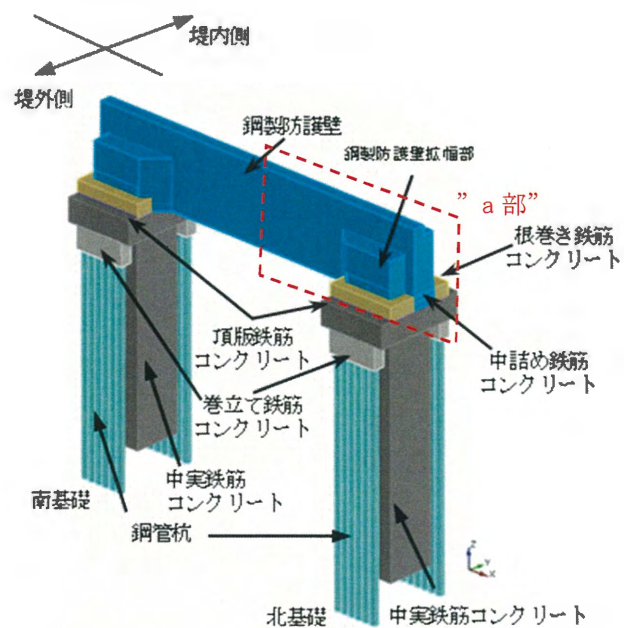


図 2.2-2 防潮堤（鋼製防護壁）の構造概念図(1)



防潮堤（鋼製防護壁）の構造図（鳥瞰図）

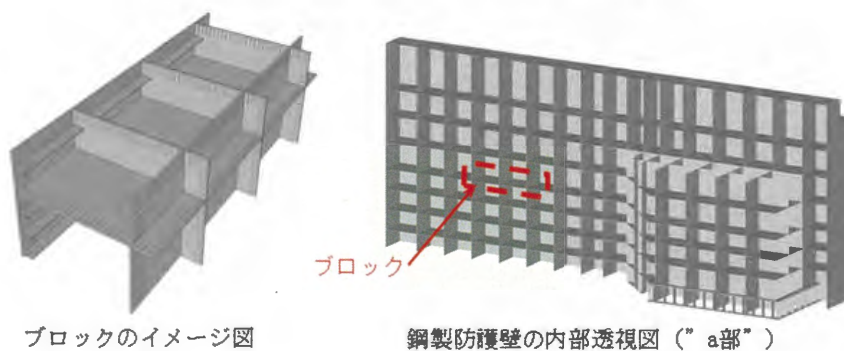


図 2.2-3 防潮堤（鋼製防護壁）の構造概念図(2)

表 2.2-1 各部材の設計上の役割

部材名	設計上の役割
鋼製防護壁 (SM490Y, SM570, SBHS500, SBHS700)	・地震に対して構造健全性を維持し、施設の安全性を確保するとともに、地震随伴事象である津波に対して浸水防護施設としての機能を維持する。 ・地震に伴う荷重により発生する曲げ軸力、せん断力を負担する。
中詰め鉄筋コンクリート ($f'_{ck}=50 \text{ N/mm}^2$)	・地震に対して構造健全性を維持し、施設の安全性を確保する。 ・鋼製防護壁の支柱部下端に設置する鋼殻内部の鉄筋コンクリートで、鋼製防護壁からの荷重を鋼製防護壁基礎に伝達する。 ・鋼製防護壁からのせん断力、水平回転モーメントを負担する。
アンカーボルト (SM520B 相当)	・地震に対して構造健全性を維持し、施設の安全性を確保する。 ・鋼製防護壁と鋼製防護壁基礎を一体化する部材で、鋼製防護壁からの荷重を鋼製防護壁基礎に伝達する。 ・鋼製防護壁からの引抜力を負担する。
ベースプレート (SM490Y, SM570)	・地震に対して構造健全性を維持し、施設の安全性を確保する。 ・鋼製防護壁とアンカーボルトを一体化する部材で、鋼製防護壁からの荷重を、アンカーボルトを介して鋼製防護壁基礎に伝達する。 ・アンカーボルトからの曲げ軸力、せん断力を負担する。
根巻き鉄筋コンクリート ($f'_{ck}=24 \text{ N/mm}^2$)	・アンカーボルト頭部の防食等を目的とし、非構造部材として配置する。 ・根巻き鉄筋コンクリートは、アンカーバーにより鋼殻と固定する。
頂版鉄筋コンクリート ($f'_{ck}=50 \text{ N/mm}^2$)	・地震に対して構造健全性を維持し、施設の安全性を確保する。 ・鋼管杭及び巻立て鉄筋コンクリートと強固に接合し、鋼製防護壁からの荷重を中実鉄筋コンクリート、鋼管杭及び巻立て鉄筋コンクリートに伝達する。 ・鋼製防護壁からの曲げ軸力、せん断力を負担する。また、地震に伴う荷重によって頂版鉄筋コンクリートに発生する曲げ軸力、せん断力を負担する。 ・アンカーボルト、鋼管杭及び中詰め鉄筋コンクリート、中実鉄筋コンクリート、巻立て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 ($f'_{ck}=50 \text{ N/mm}^2$)	・地震に対して構造健全性を維持し、施設の安全性を確保する。 ・頂版鉄筋コンクリートと強固に接合し、鋼製防護壁からの荷重を基礎地盤に伝達する。 ・鋼製防護壁からの曲げ軸力、せん断力を負担する。また、地震に伴う荷重によって中実鉄筋コンクリートに発生する曲げ軸力、せん断力を負担する。
鋼管杭 (SBHS500)	・地震に対して構造健全性を維持し、施設の安全性を確保する。 ・頂版鉄筋コンクリートと強固に接合し、鋼製防護壁からの荷重を基礎地盤に伝達する。 ・鋼製防護壁からの曲げ軸力、せん断力を負担する。また、地震に伴う荷重によって鋼管杭に発生する曲げ軸力、せん断力を負担する。
巻立て鉄筋コンクリート ($f'_{ck}=50 \text{ N/mm}^2$)	・地震に対して構造健全性を維持し、施設の安全性を確保する。 ・鋼管杭を補強するとともに、頂版鉄筋コンクリートと強固に接合し、鋼製防護壁からの荷重を鋼管杭に伝達する。 ・鋼製防護壁からの曲げ軸力、せん断力を負担する。また、地震に伴う荷重によって巻立て鉄筋コンクリートに発生する曲げ軸力、せん断力を負担する。

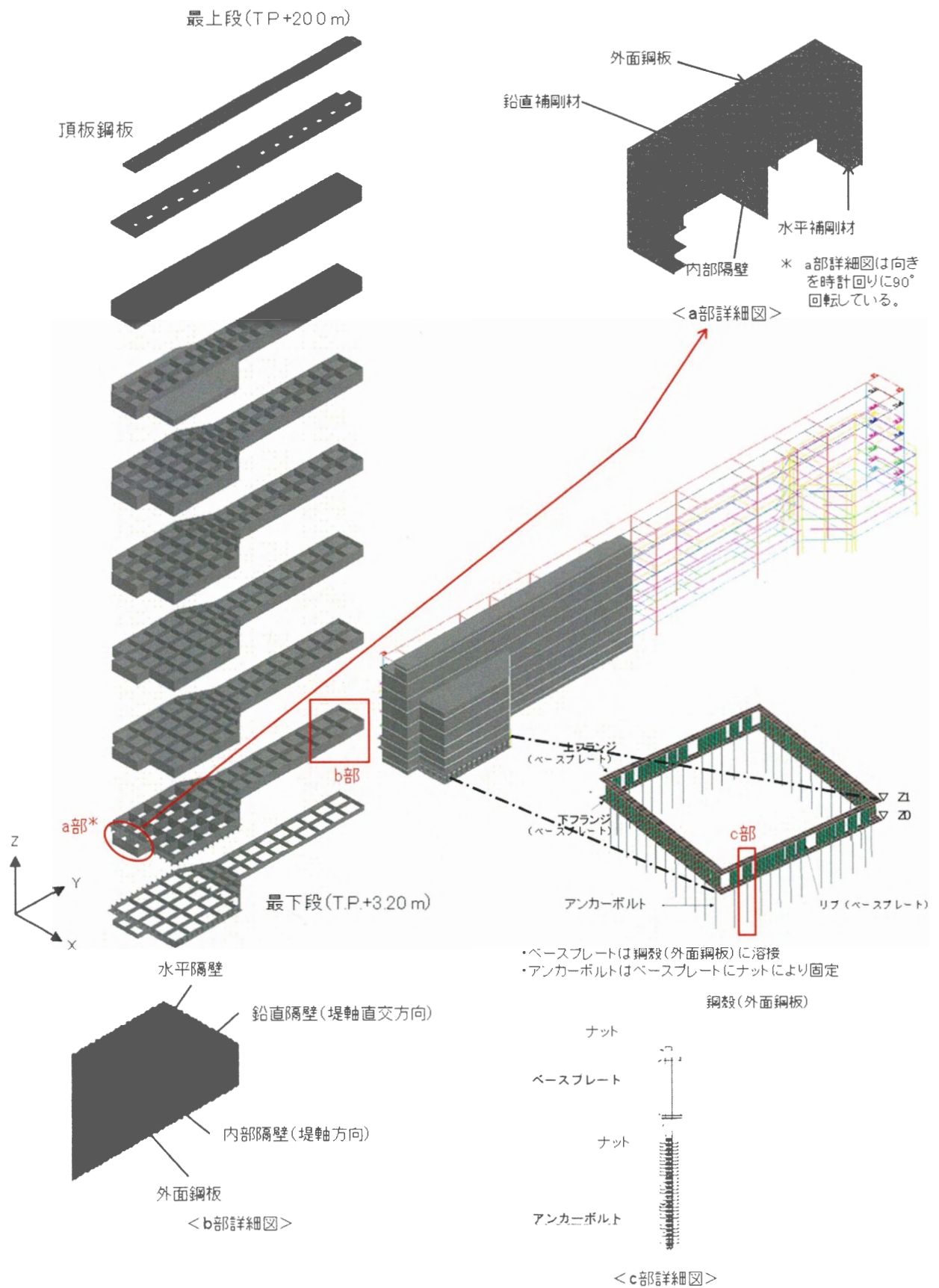


図 2.2-5 鋼製防護壁の構造概要図

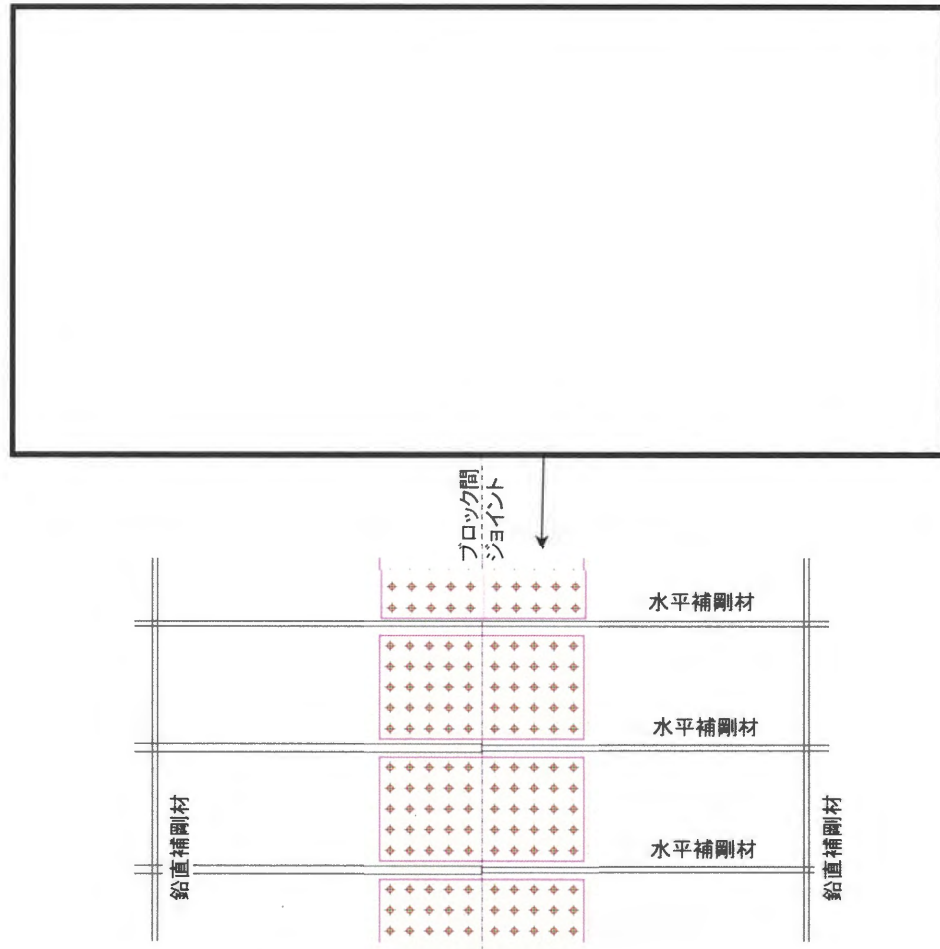


図 2.2-6 鋼製防護壁の添接板概念図

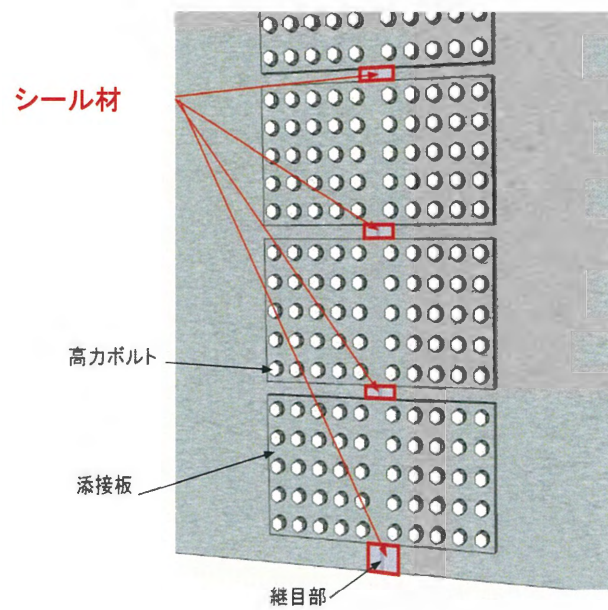


図 2.2-7 シール材の概念図

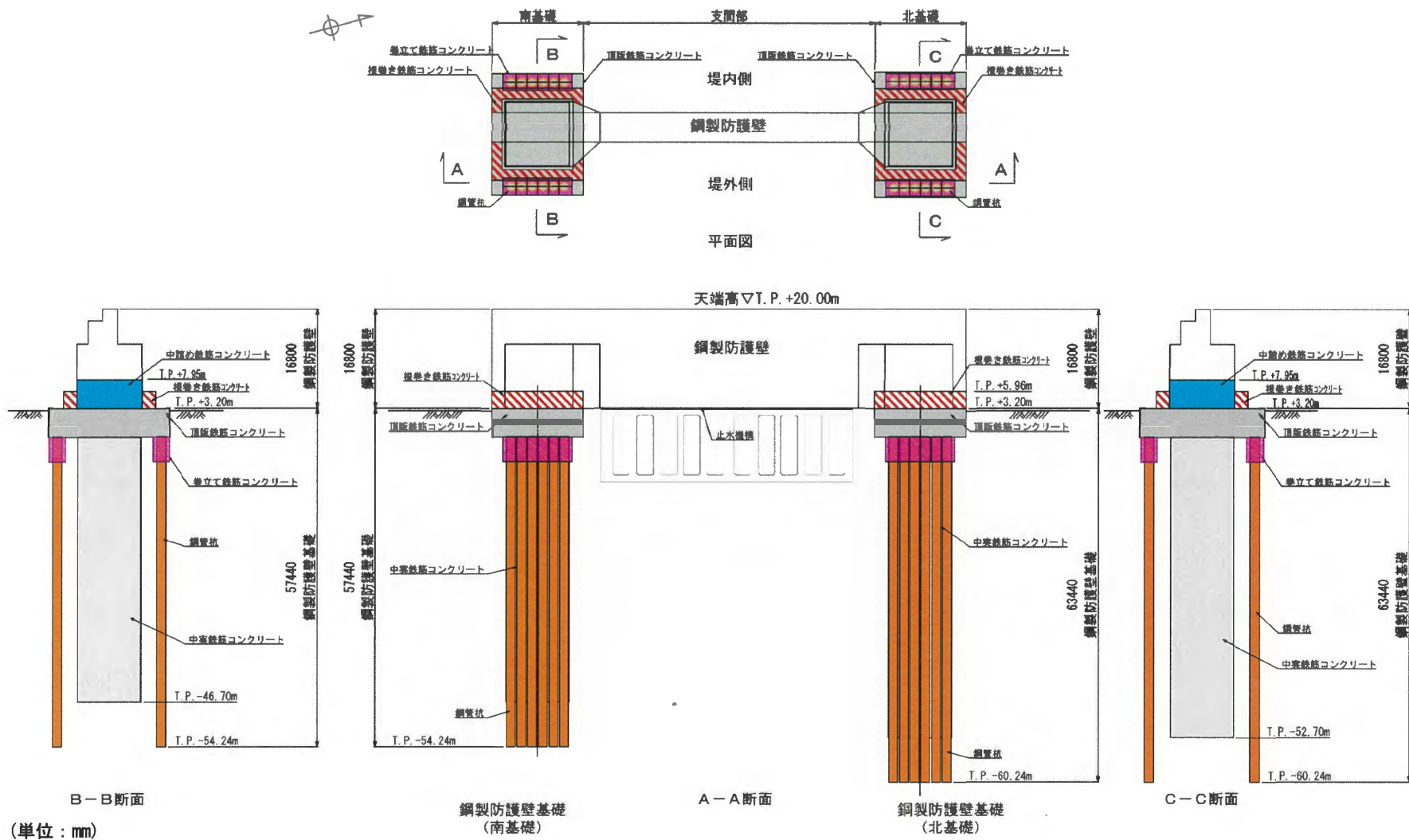
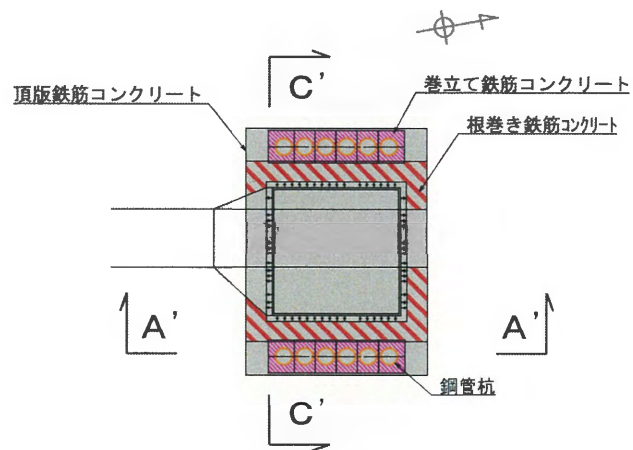


図 2.2-8 鋼製防護壁基礎の構造概要図



平面図
(北基礎)

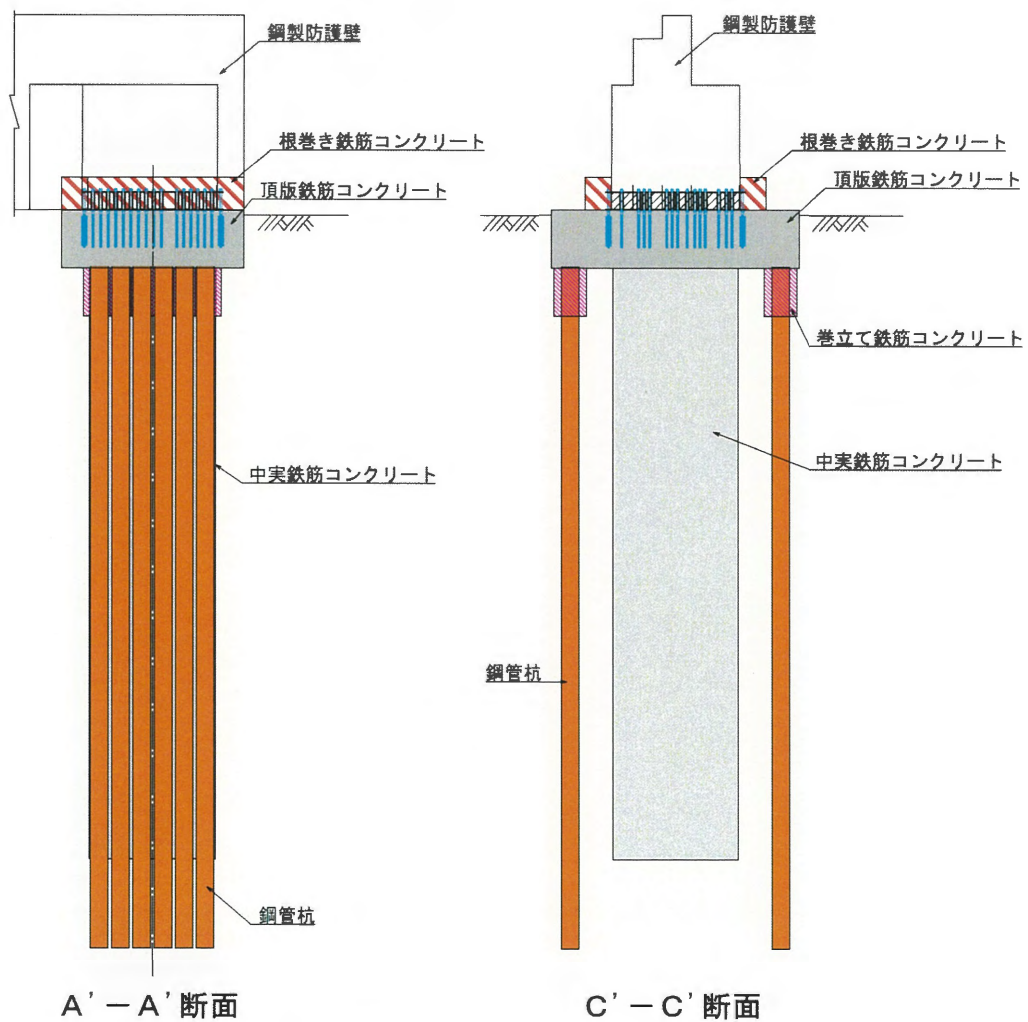


図 2.2-9 鋼製防護壁基礎の構造概要図 (北基礎)

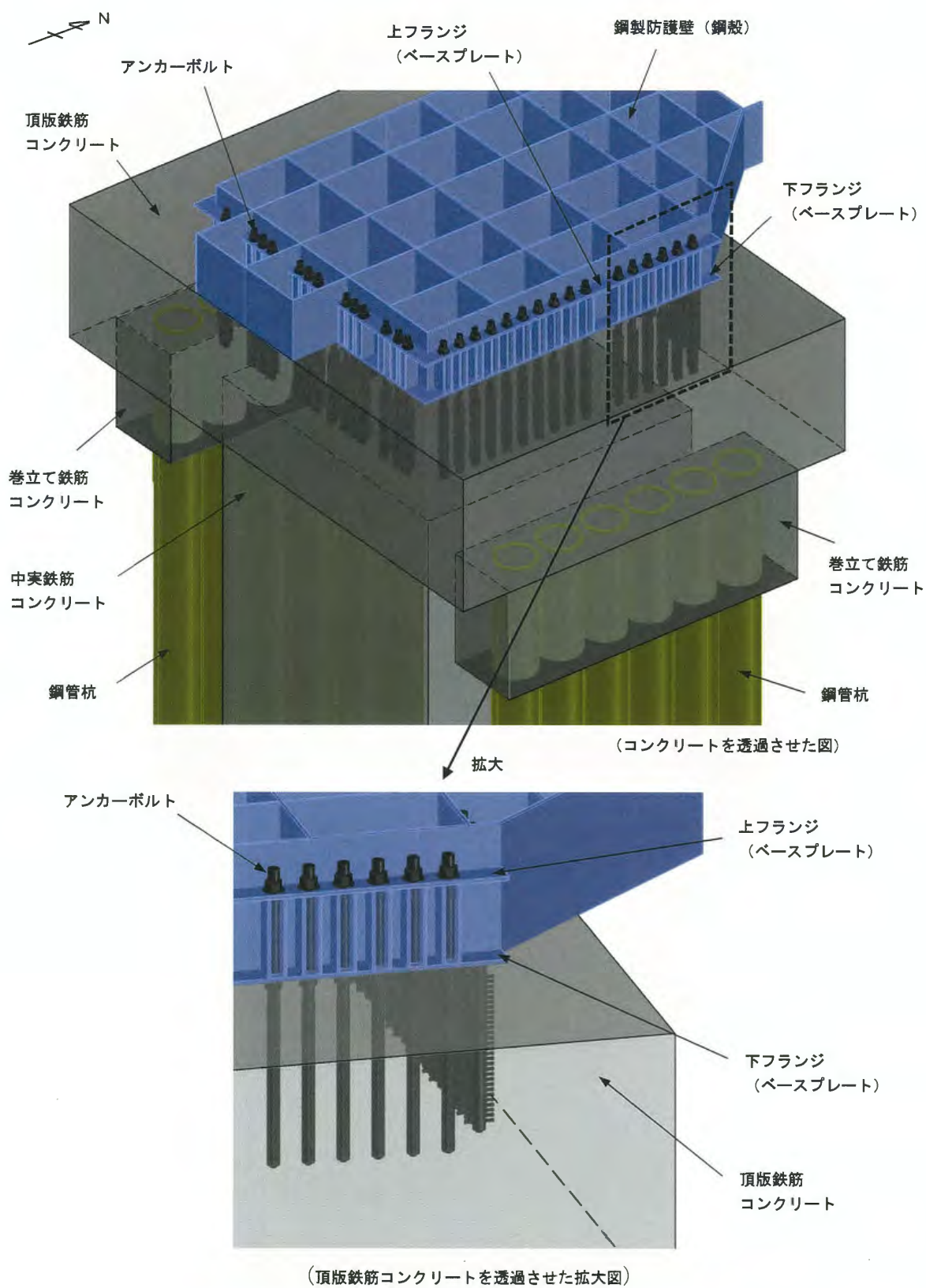


図 2.2-10 鋼製防護壁と鋼製防護壁基礎の接合部概要図

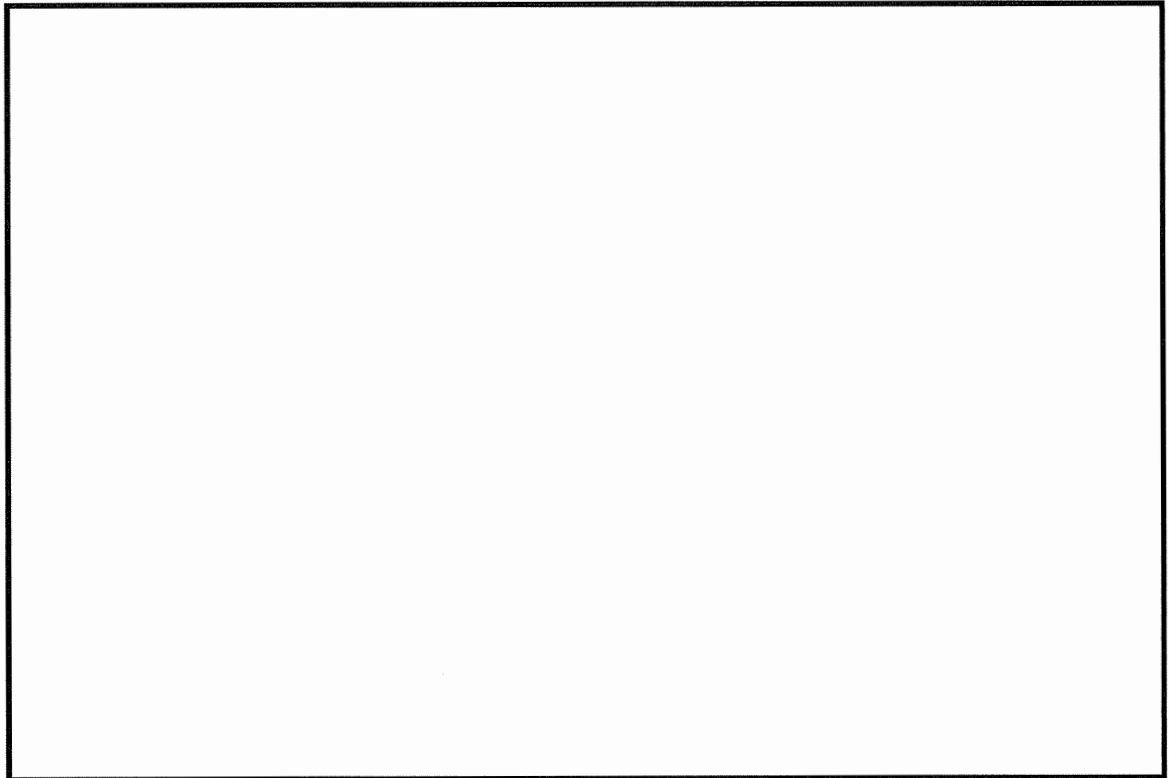


図 2.2-11 鋼製防護壁と鋼製防護壁基礎の接合部構造図(南基礎：A－A断面)

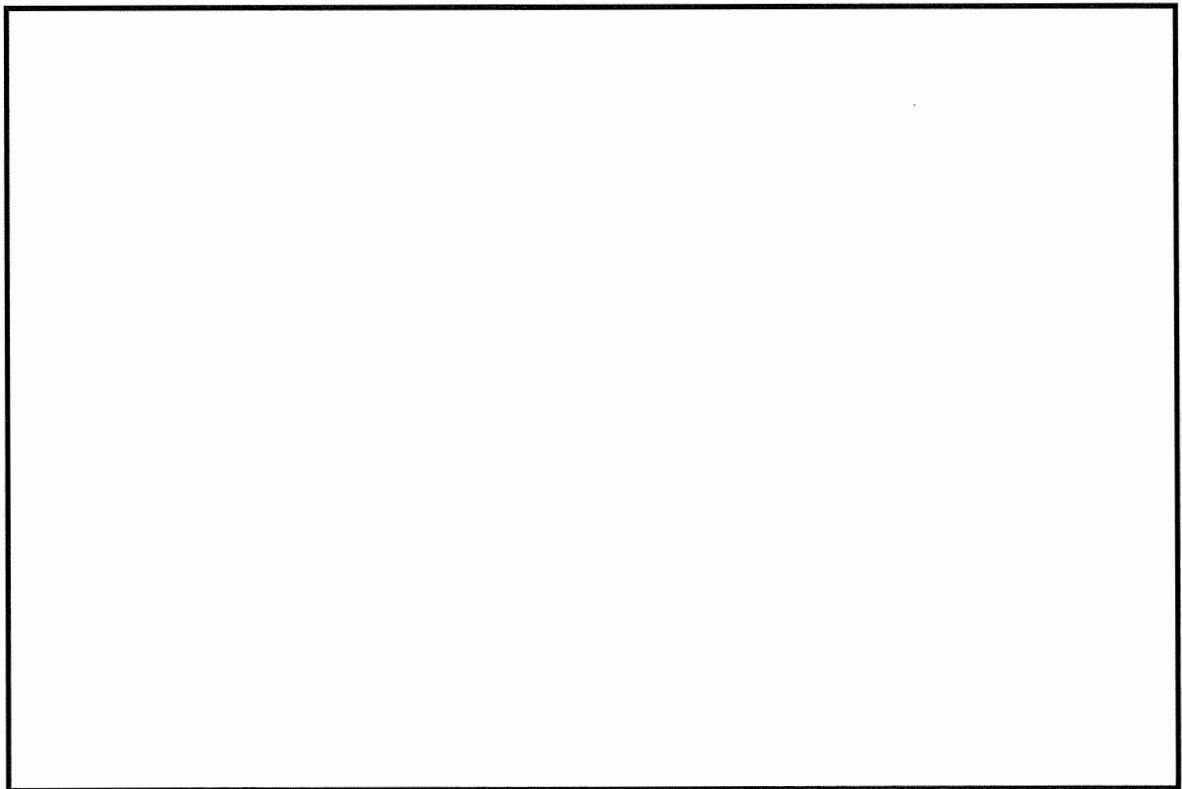


図 2.2-12 鋼製防護壁と鋼製防護壁基礎の接合部構造図(南基礎：B－B断面)

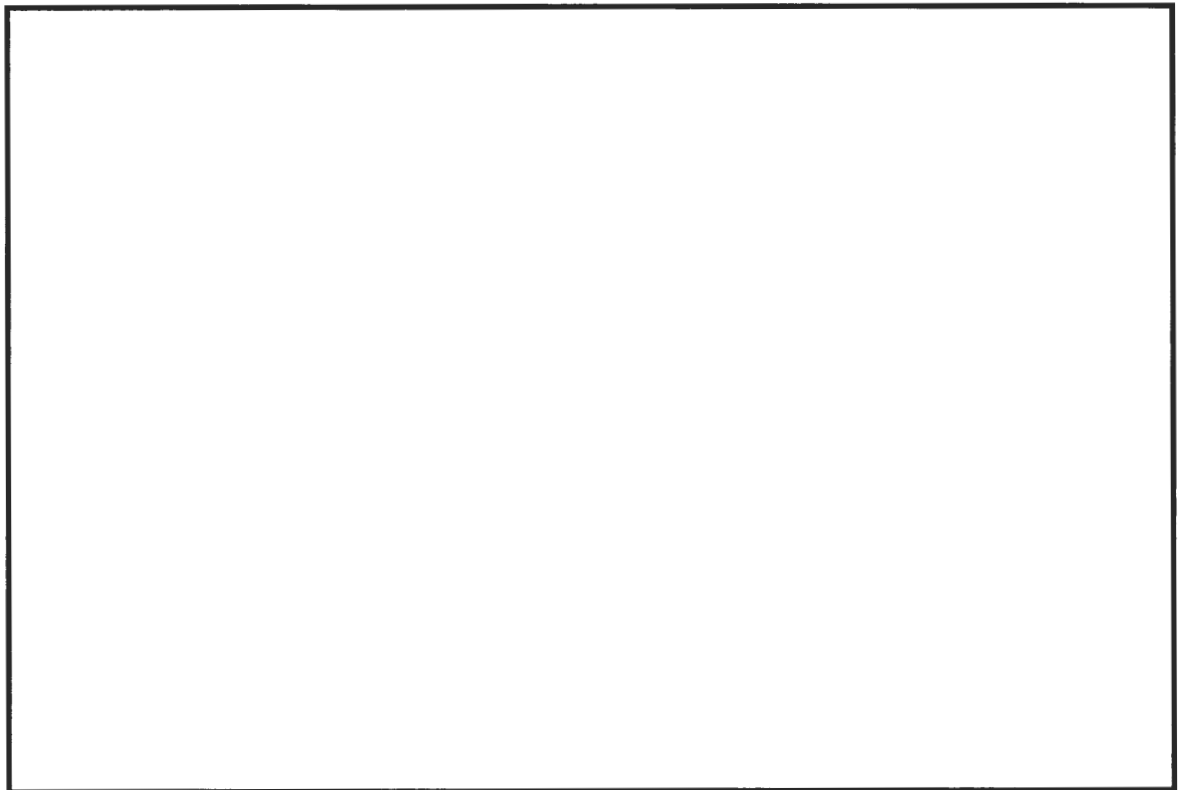


図 2.2-13 鋼製防護壁と鋼製防護壁基礎の接合部構造図(南基礎：C－C断面)

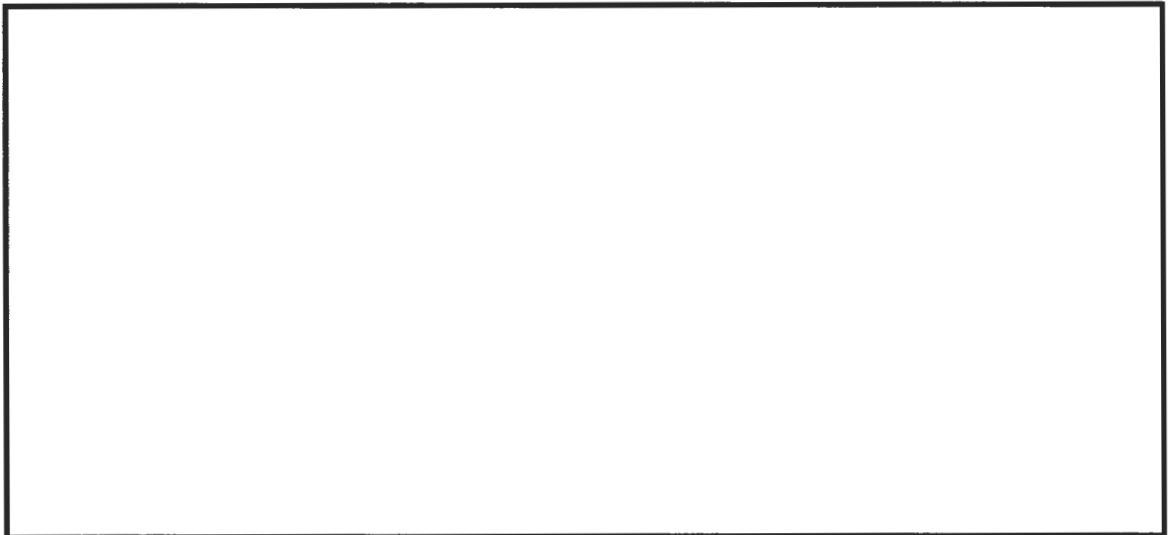


図 2.2-14 鋼製防護壁と鋼製防護壁基礎の接合部構造図(南基礎：D－D断面)

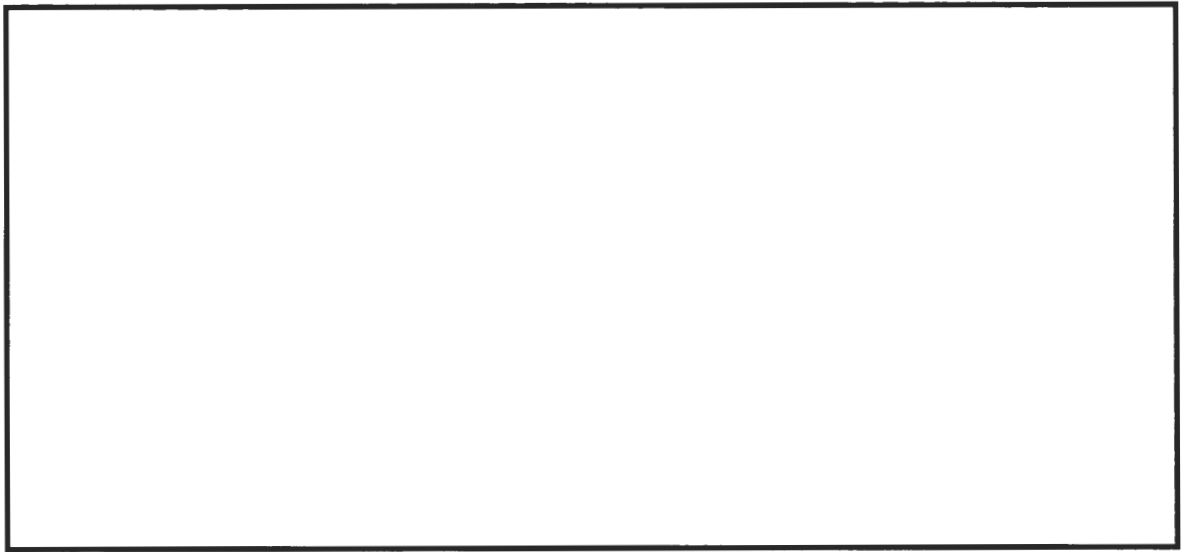


図 2.2-15 鋼製防護壁と鋼製防護壁基礎の接合部構造図(南基礎：E－E断面)

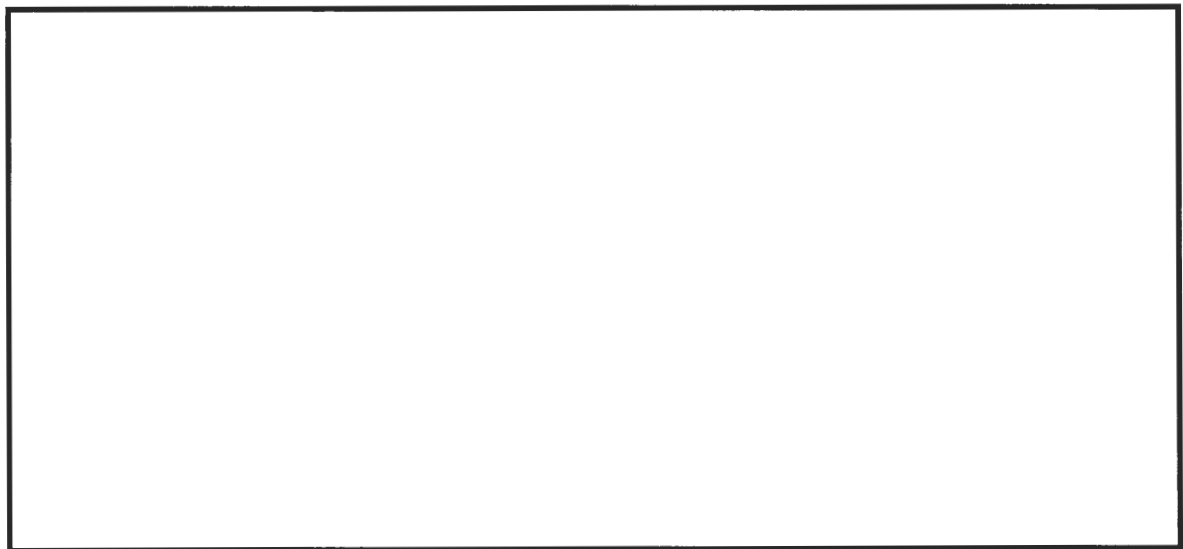


図 2.2-16 鋼製防護壁と鋼製防護壁基礎の接合部構造図(南基礎：F－F断面)

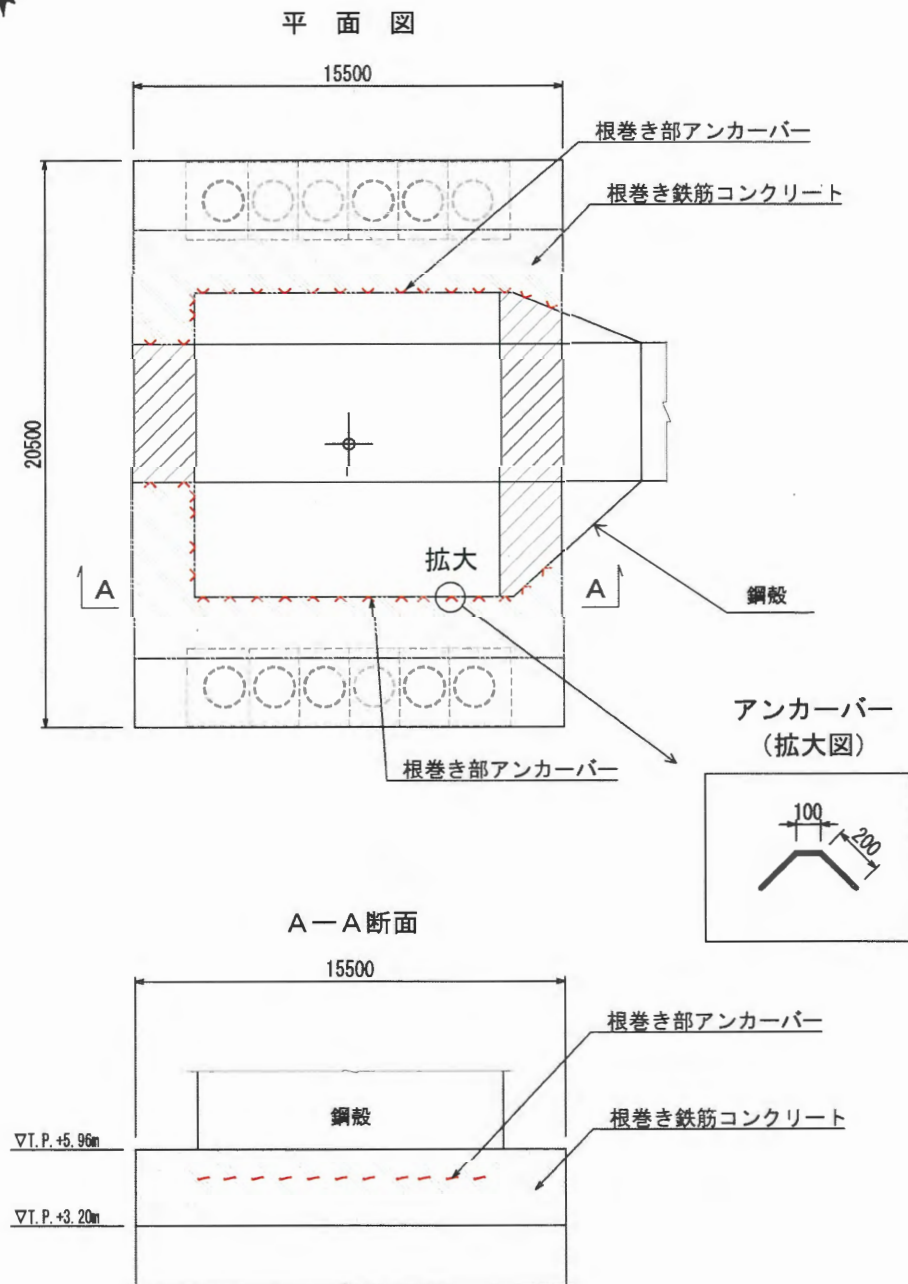


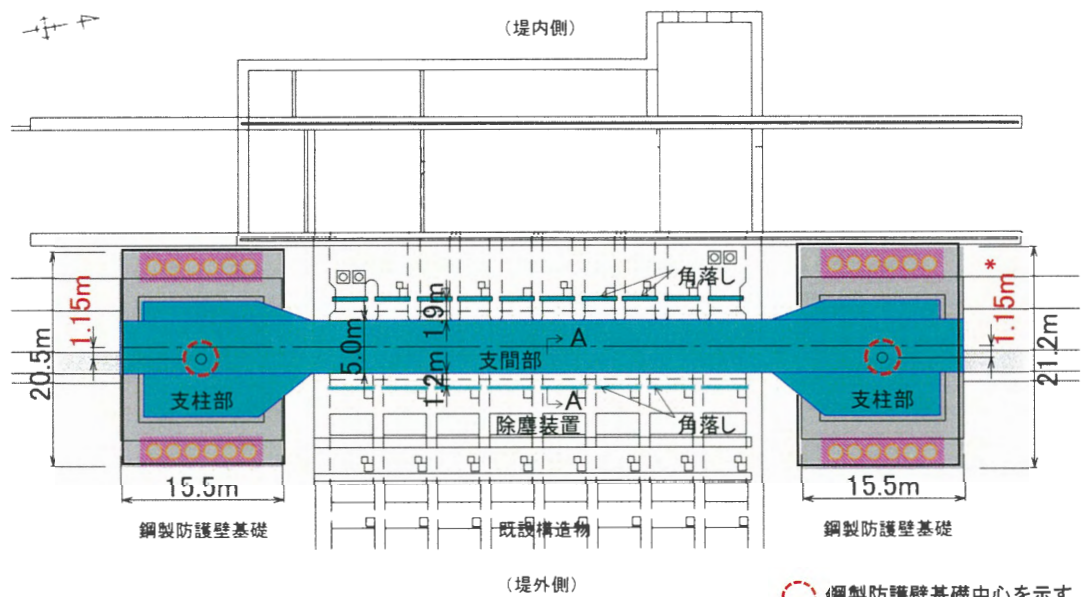
図 2.2-17 アンカーバーの配置図

2.2.2 鋼製防護壁の平面配置

鋼製防護壁は、地震時の変位により支間部が既設構造物と接触しないように、必要離隔が確保できる鋼製防護壁基礎上の位置に設置する。

鋼製防護壁の平面配置における設置位置の状況を図 2.2-18 に示す。地震時の動的解析から得られる堤外側の最大変位量を考慮して、必要離隔を 0.7 m と設定する。また、鋼製防護壁の下部の前面（堤外側）には、厚さ 0.5 m の止水板押えを設置する。以上より、堤外側角落としから、変位による必要離隔と止水板押えの厚さを考慮した離隔 1.2 m の確保が必要となる。

鋼製防護壁は、堤外側角落としから 1.2 m の離隔を確保するために、鋼製防護壁基礎中心から鋼製防護壁中心を堤内側へ 1.15 m 程度シフトした位置に設定する。



* 鋼製防護壁の中心は鋼製防護壁基礎の中心から堤内側へ1.15 mシフトした位置に設定する。

(平面図)

鋼製防護壁を基礎中心から堤内側に
1.15 m堤内側にシフトした位置

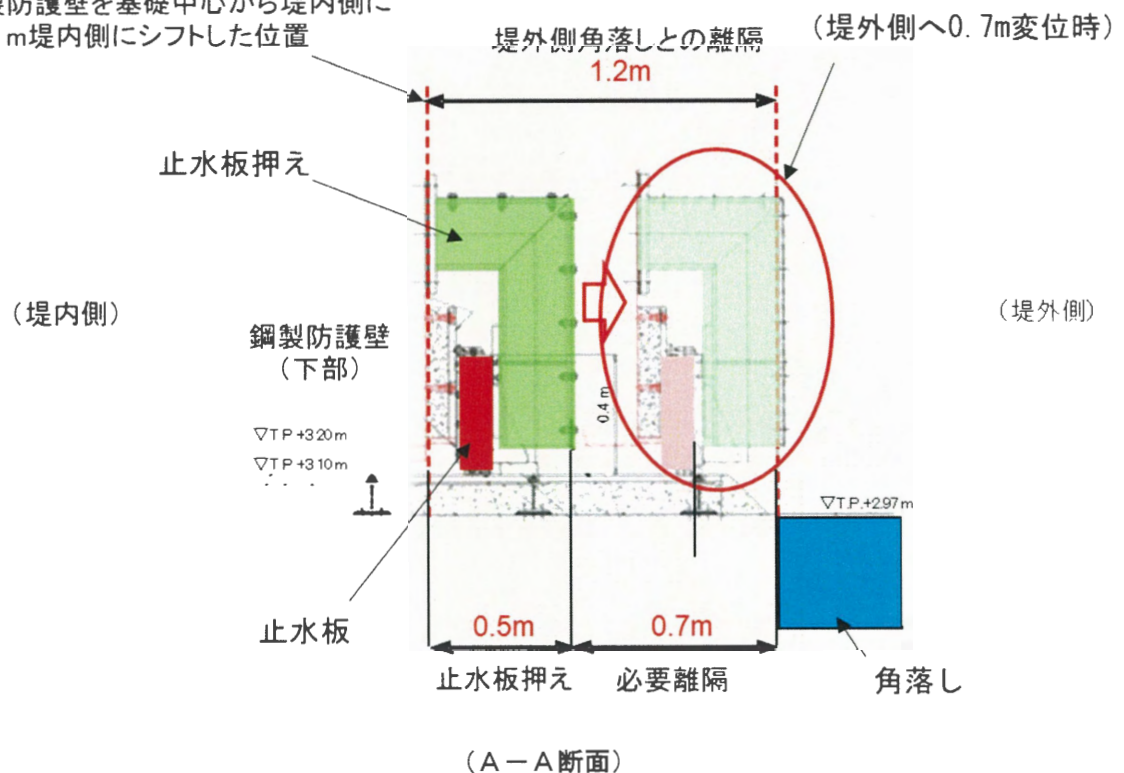


図 2.2-18 鋼製防護壁の平面配置における設置位置の状況

2.3 耐震評価方針

2.3.1 要求機能，設計方針及び評価方針

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）に関する要求性能と設計評価方針を表 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）の耐震評価は，地震応答解析により得られた解析結果に基づき，設計基準対象施設として，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 防潮堤（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	要求機能		機能設計		構造強度設計							設計に用いる許容限界	
	審査ガイド	要求機能	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）	基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド 6.3 津波防護施設、浸水防止設備等 津波防護機能を有する施設、浸水防止機能を有する設備及び敷地における津波監視機能を有する設備のうち建物及び構築物は、常時作用している荷重及び運転時に作用する荷重と基準地震動による地震力の組合せに対して、当該建物・構築物が構築物全体としての変形能力（終局耐力時の変形）について十分な余裕を有するとともに、その施設に要求される機能（津波防護機能、浸水防止機能）を保持すること。	・防潮堤（鋼製防護壁）は、基準地震動 S_s に対し、津波防護施設に要求される機能を損なう恐れがないよう、構築物全体としての変形能力（終局耐力時の変形）に対し、十分な構造強度を有した構造であることが要求される。	・防潮堤（鋼製防護壁）は、基準地震動 S_s に対し、構造部材の構造健全性を維持することで、津波時の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、基準地震動 S_s に対し、 ①鋼材や鉄筋コンクリートの耐性のある部材を使用することで止水性を保持する設計とする。 ②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とともに、鋼製防護壁により止水性を保持する設計とする。 ③鋼製防護壁の施工境界部や異種構造物間との境界部は、地震時の変形に追従する止水性を確認した止水ジョイント部材を設置することにより止水処置を講ずる設計とする。	・防潮堤（鋼製防護壁）は、基準地震動 S_s による地震時荷重に対し、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版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、構造部材の構造健全性を保持する設計とするとともに、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。	基準地震動 S_s による地震時荷重、風及び積雪を考慮した荷重に対し、十分な支持性能を有する地盤に支持されることを確認する。		地盤	基礎地盤	支持力	支持機能を喪失する状態	「道路橋示方書（Ⅰ 共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説」に基づき妥当な安全余裕を考慮した極限支持力以下とする。	
						基準地震動 S_s による地震時荷重、風及び積雪を考慮した荷重に対し、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、改良地盤に滑り破壊が生じないことを確認する。			地盤改良（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	「道路橋示方書（Ⅰ 共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説」、「耐震設計に係る工認審査ガイド」を踏まえ、安全余裕を考慮した受動せん断面方向等のせん断耐力以内とする。	
						基準地震動 S_s による地震時荷重、風及び積雪を考慮した荷重に対し、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、地盤改良体が液状化しないことを確認する。			地盤改良（薬液注入）	—	地盤改良体が液状化する状態	設計仕様（液状化しない）を満足することを確認する。	
						基準地震動 S_s による地震時荷重、風及び積雪を考慮した荷重に対し、構造部材の構造健全性を保持する設計とするために、構造部材である頂版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。		鋼製防護壁基礎	頂版鉄筋コンクリート	曲げ、せん断	部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態	「道路橋示方書（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。	
						基準地震動 S_s による地震時荷重、風及び積雪を考慮した荷重に対し、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。			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	「道路橋示方書（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。	
						基準地震動 S_s による地震時荷重、風及び積雪を考慮した荷重に対し、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。			鋼管杭	曲げ、せん断	部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態	「道路橋示方書（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。	
						基準地震動 S_s による地震時荷重、風及び積雪を考慮した荷重に対し、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。			巻立て鉄筋コンクリート				
						基準地震動 S_s による地震時荷重、風及び積雪を考慮した荷重に対し、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。		鋼製防護壁	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	「道路橋示方書（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。
						基準地震動 S_s による地震時荷重、風及び積雪を考慮した荷重に対し、構造体の境界部に設置する部材を有意な漏えいを生じない変形に留める設計とするために、境界部に設置する止水ジョイント部材が有意な漏えいを生じない変形量以下であることを確認する。 また、止水ジョイント部材が止水性を保持するための接続アンカーや鋼製防護部材は、おおむね弾性状態に留まることを確認する。			止水ジョイント部	止水ジョイント部材	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。	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	「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。	「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	「鋼構造設計規準」に基づき短期許容応力度以下とする。	「鋼構造設計規準」に基づき短期許容応力度以下とする。
						基準地震動 S_s による地震時荷重、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製防護壁と鋼製防護壁基礎を連結するアンカー部が構造健全性を保持する設計とするために、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。			止水機構	止水機構		曲げ、せん断	「道路橋示方書・同解説（Ⅰ 共通編・Ⅱ鋼橋編）」、「水門鉄管技術基準」に基づき短期許容応力度以下とする。
						基準地震動 S_s による地震時荷重、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製防護壁と鋼製防護壁基礎を連結するアンカー部が構造健全性を保持する設計とするために、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。		接合部		アンカーボルト（頂版鉄筋コンクリート）	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	「道路橋示方書・同解説（Ⅰ 共通編・Ⅳ下部構造編）」、「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。
						基準地震動 S_s による地震時荷重、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製防護壁と鋼製防護壁基礎を連結するアンカー部が構造健全性を保持する設計とするために、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。				ベースプレート	曲げ、せん断	部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態	「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。
						基準地震動 S_s による地震時荷重、風及び積雪を考慮した荷重に対し、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。			中詰め鉄筋コンクリート	曲げ、せん断	部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態	「道路橋示方書（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。	

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応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度又は短期許容せん断力
		鋼製防護壁 鋼製防護壁	曲げ軸力、せん断力に対する発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度又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)	下記発生応力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	短期許容応力度又は短期許容せん断力
		ベースプレート 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応力が許容限界以下であることを確認	
	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
		地盤改良（セメント系）	改良地盤に滑り破壊を生じないことを確認	滑り破壊を生じない
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応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度又は短期許容せん断力
		鋼製防護壁 鋼製防護壁	曲げ軸力、せん断力に対する発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度又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)	下記発生応力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	短期許容応力度又は短期許容せん断力
		ベースプレート 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応力が許容限界以下であることを確認	
	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
		地盤改良（セメント系）	改良地盤に滑り破壊を生じないことを確認	滑り破壊を生じない
	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	有意な漏えいが生じないことを確認した変形量

2.3.2 耐震評価フロー

(1) 耐震評価全体フロー

防潮堤（鋼製防護壁）の耐震評価フローとして評価の全体の手順を図 2.3-1 に示す。

耐震評価においては，防潮堤（鋼製防護壁）に対する要求性能及び設計条件に基づき，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い，構造強度を有すること及び止水性を損なわないことを確認する。

構造部材の健全性評価については，構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認する。また，中実鉄筋コンクリートに隣接する地中連続壁部については，構造部材として考慮しない設計とするが，地中連続壁部の影響の評価は「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」に示す。

基礎地盤の支持性能評価については，基礎地盤に生じ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。

構造物の変形性評価については，止水ジョイント部の変形量を算出し，その変形量が，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。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既工認の補足説明資料「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」に示す。また，鋼製防護壁の底面と既設構造物との境界部に設置する止水機構の評価については，「5. 防潮堤（鋼製防護壁）の止水機構に関する補足説明」に示す。

なお，地震応答解析（2次元有効応力解析）に用いる地盤剛性及び液状化強度特性は，敷地の原地盤における代表性及び網羅性を踏まえた上で，ばらつき等を考慮して設定する。詳細は後述の「4.2 地震応答解析手法の選定」に示す。

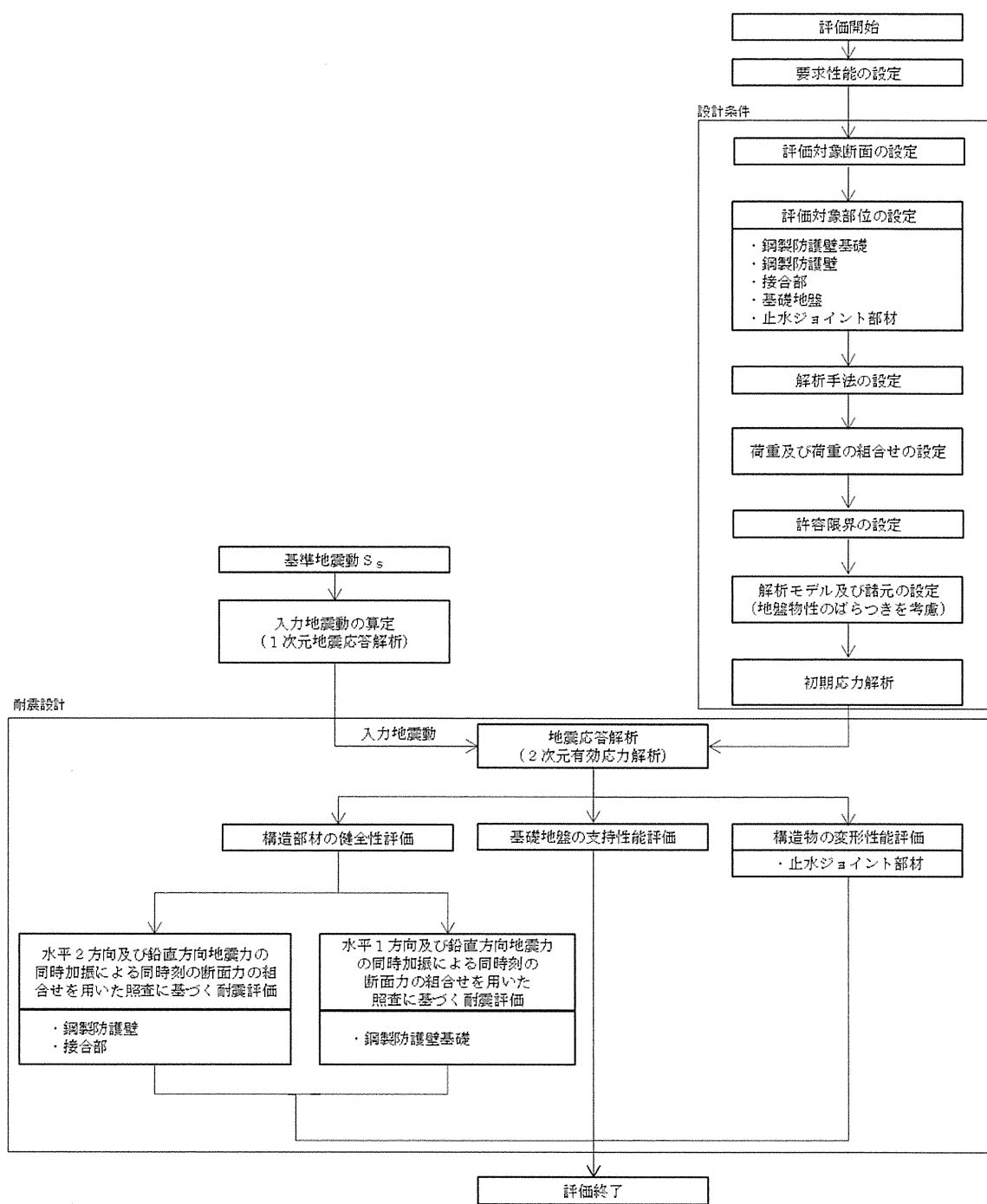


図 2.3-1 防潮堤（鋼製防護壁）の耐震評価フロー

(2) 詳細設計フロー

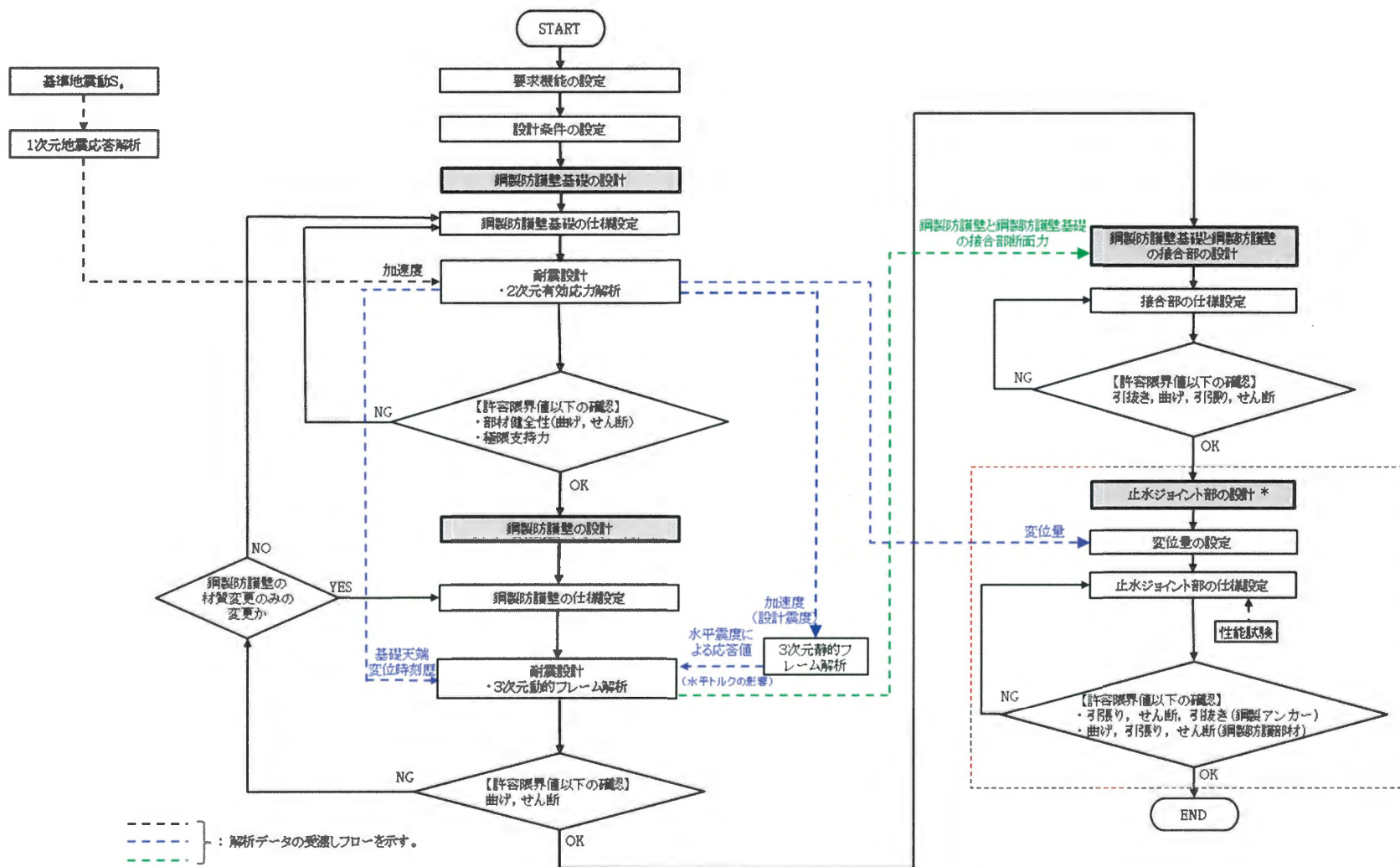
防潮堤（鋼製防護壁）を構成する各部材（鋼製防護壁基礎、鋼製防護壁、接合部及び止水ジョイント部材）及び基礎地盤の評価についての詳細設計フローを図 2.3-2 に示し、鋼製防護壁基礎、鋼製防護壁及び接合部の設計フローを解析モデルも含めて図 2.3-3 に示す。

鋼製防護壁基礎については、その仕様を設定し、2次元有効応力解析から算出される構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認する。基礎地盤は、2次元有効応力解析から算出される基礎地盤に生じ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。

鋼製防護壁については、その仕様を設定し、2次元有効応力解析から抽出される変位時刻歴を基礎天端中心への入力とする3次元動的フレーム解析及び2次元有効応力解析から算定される水平震度を入力とする3次元静的フレーム解析を行う。3次元動的・静的フレーム解析から得られるそれぞれの断面力を加算して算出される構造部材の発生応力が、許容限界以下であることを確認する。

接合部については、その仕様を設定し、3次元動的フレーム解析から抽出される断面力を用いて構造部材の発生応力を算出し、その発生応力が許容限界以下であることを確認する。

止水ジョイント部については、2次元有効応力解析から抽出される変位量より、止水ジョイント部の仕様を設定し、その変位量が許容限界以下であることを確認する。



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

図 2.3-2 鋼製防護壁の詳細設計フロー

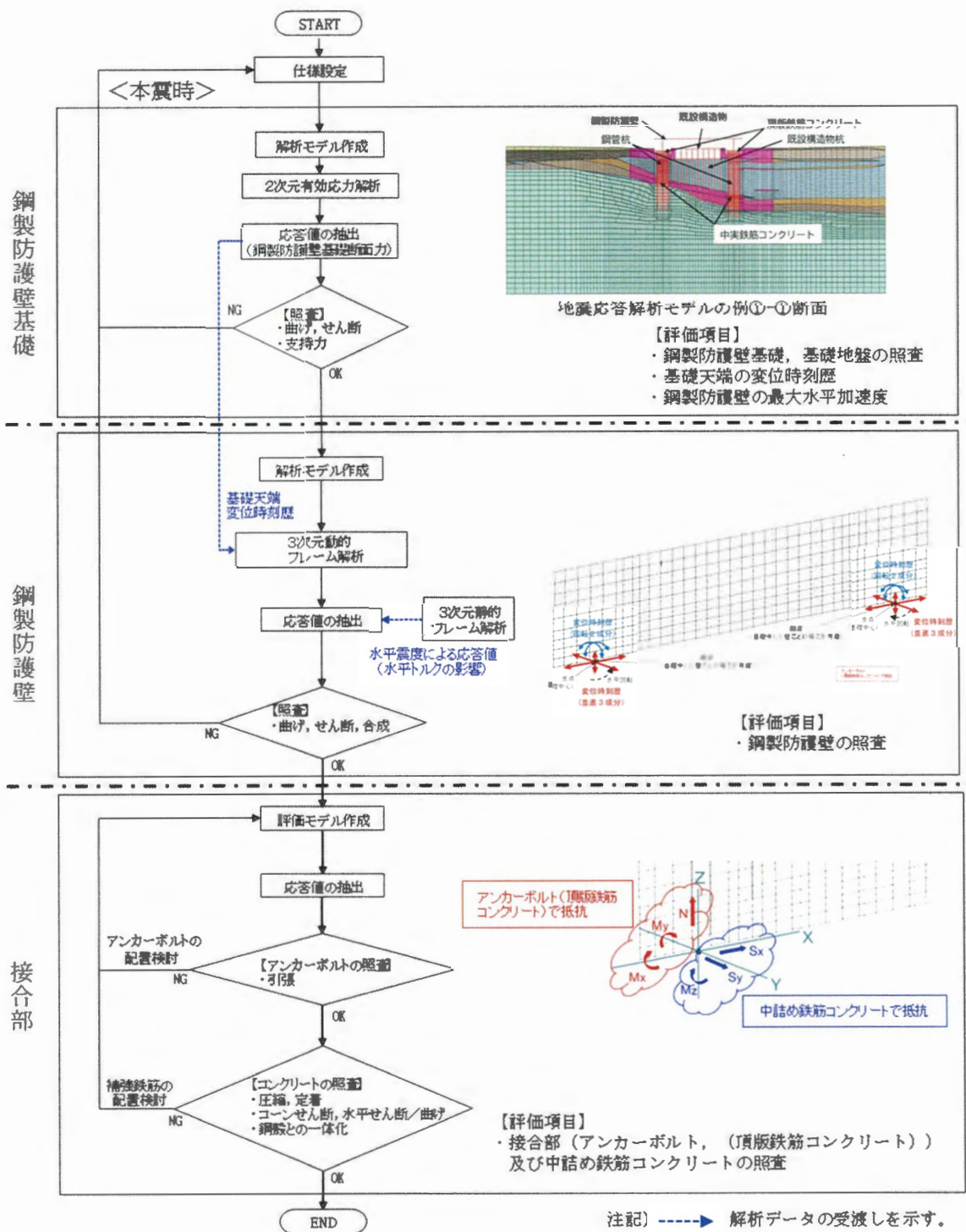


図 2.3-3 鋼製防護壁基礎, 鋼製防護壁及び接合部の設計フロー

2.4 適用基準

適用する規格・基準類を以下に示す。また、項目ごとに適用する規格・基準類を表 2.4-1 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(I 共通編・III コンクリート橋編)・同解説(日本道路協会, 平成 24 年 3 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)
- ・2018 年版 建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針ーセメント系固化材を用いた深層・浅層混合処理工法ー ((財) 日本建築センター)

表 2.4-1 項目ごとに適用する規格・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) ・道路橋示方書(Ⅰ共通編・Ⅲコンクリート橋編)・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) ・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) ・2018年版 建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針 ーセメント系固化材を用いた深層・浅層混合処理工法ー (財)日本建築センター)	-
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), SBHS700(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 発生応力度又は発生力が短期許容応力度又は短期許容せん断力以下であることを確認
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2次元モデルを用いた時刻歴非線形解析

3. 設計条件

耐震設計に用いる条件を整理した設計条件総括表を表 3-1 に示す。

表 3-1 設計条件総括表

項目		内容
使用材料	鉄筋コンクリート	SD390, SD490, SD685 $f'_{ck}=50 \text{ N/mm}^2$
	鉄筋 コンクリート	
	鋼材	SM490Y, SM570, SBHS500, SBHS700 SBHS500 SM520B相当 SM490Y, SM570
	鋼製防護壁	
	鋼管杭	
	アンカーボルト ベースプレート	
地盤の 物性値	地盤(Km層以外)	地盤のばらつきを考慮
	地盤(Km層)	深度に応じて設定
	地下水位	地表面として設定
	地盤改良体	改良手法に応じて物性値を設定
荷重及び荷重の組合せ		固定荷重 G + 積載荷重 P + 地盤荷重 K_s + 積雪荷重 P_s + 風荷重 P_k 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) K_s : 基準地震動 S_s による荷重 P_s : 積雪量 30 cm の積雪を考慮 P_k : 風速 30 m/s の風圧力を考慮
入力地震動		基準地震動 S_s を 1 次元波動論により地震応答解析モデルの底面位置 (EL. -130 m) で評価したものを用いる。
許容限界	構造部材	鉄筋コンクリート : コンクリート及び鉄筋の許容応力度に対し割増係数を 1.5 とする。 鋼材 : 鋼材の許容応力度に対し割増係数を 1.5 とする。
	基礎地盤	中実鉄筋コンクリート : 基礎底面地盤の許容限界は, Km 層の極限支持力度とする。 鋼管杭 : 基礎底面地盤の許容限界は, Km 層の極限支持力度とする。
	止水ジョイント部	メーカー規格, 漏水試験及び変形試験により有意な漏えいが生じないことを確認した変形量に基づき設定する。
解析手法 解析コード	鋼製防護壁基礎	2 次元有効応力解析・FLIP Ver. 7.3.0_2
	鋼製防護壁及び接合部	3 次元動的フレーム解析・TDAPIII Ver. 3.08
解析モデル	鋼製防護壁基礎	解析モデルは地震応答解析 (2 次元有効応力解析) モデルとし, 堤軸方向 1 断面, 堤軸直交方向 2 断面について評価する。
	鋼製防護壁及び接合部	鋼製防護壁は, 3 次元動的フレーム解析モデルを用いて行う。 鋼殻の構成部材は, 水平隔壁, 内部隔壁及び鉛直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構造で構成される格子モデルとする。

4. 耐震評価

4.1 評価対象断面，部位及び評価する性能

4.1.1 評価対象断面

地震応答解析（２次元有効応力解析）に用いる評価対象断面は，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 4.1-1 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 4.1-2～図 4.1-4 に示す。

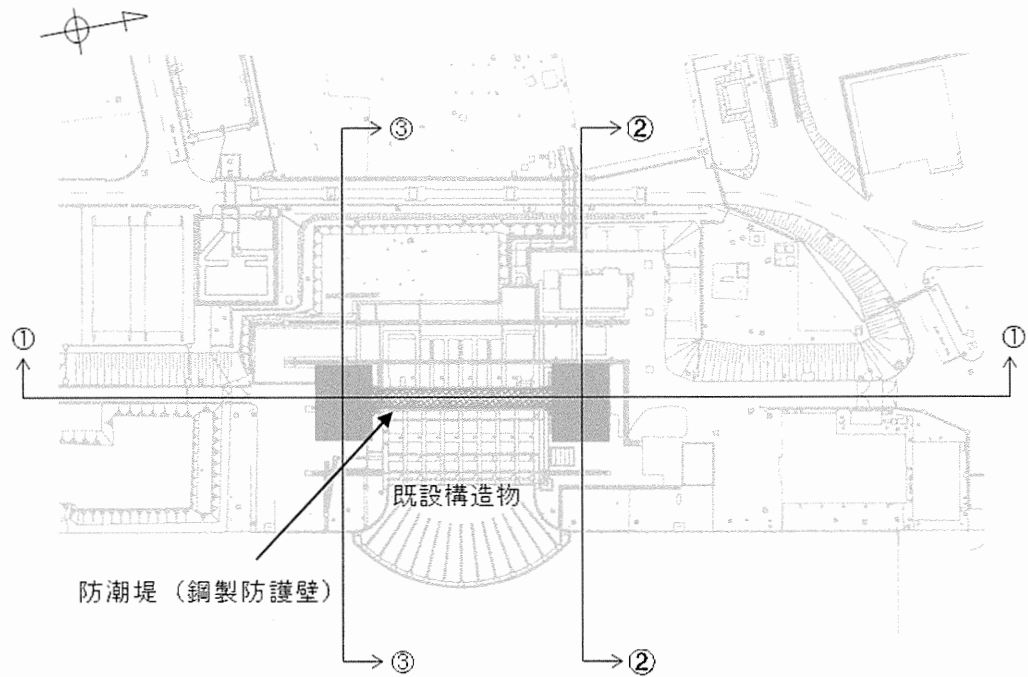


図 4.1-1 防潮堤（鋼製防護壁）の評価対象断面位置図

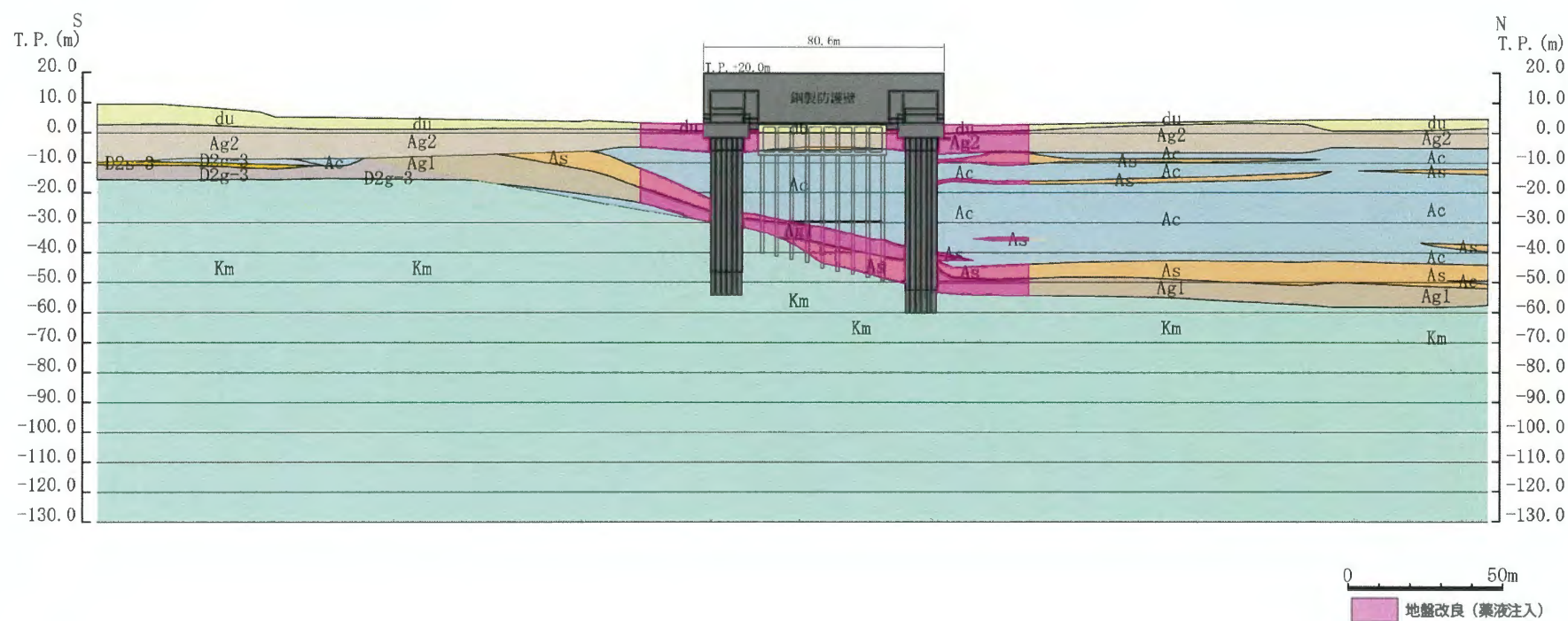


図 4.1-2 防潮堤（鋼製防護壁）評価対象断面図（①—①断面）

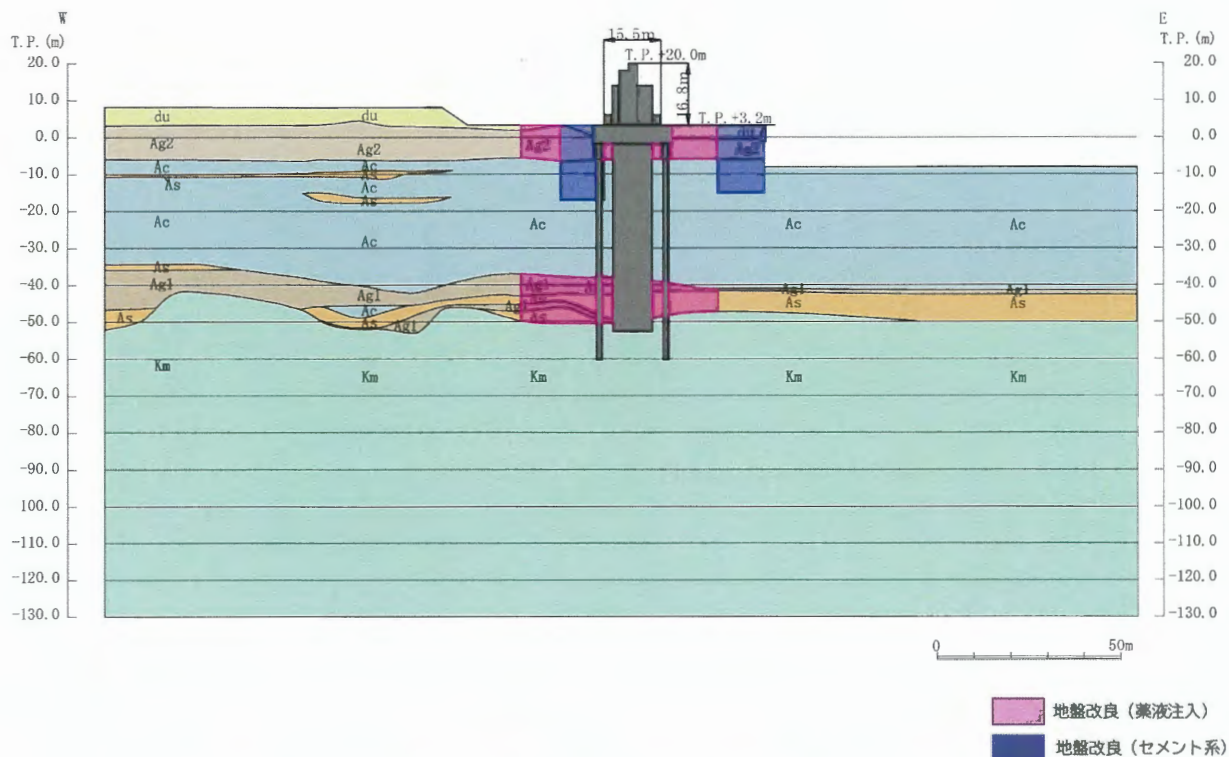


図 4.1-3 防潮堤（鋼製防護壁）評価対象断面図（②—②断面）

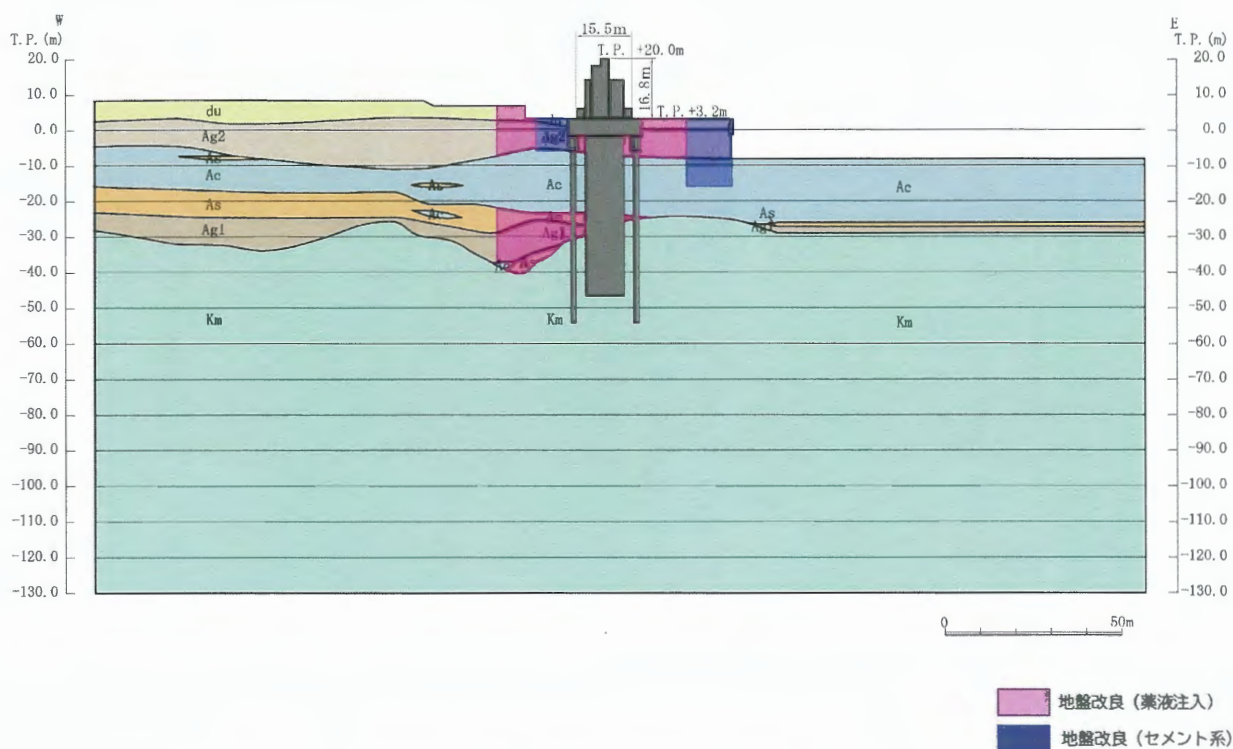


図 4.1-4 防潮堤（鋼製防護壁）評価対象断面図（③—③断面）

4.1.2 評価対象部位及び評価する性能

評価対象は、(1) 構造部材の健全性、(2) 基礎地盤の支持性能及び(3) 構造物の変形性であり、それぞれに含まれる評価対象部位は以下のとおりである。また、これらの部位の要求性能と設計評価方針は表 2.3-1 に示すとおりである。

(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。これらの部位の要求性能と設計評価方針は、表 2.3-1 に示すとおりである。

(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。基礎地盤の要求性能と設計評価方針は、表 2.3-1 に示すとおりである。

(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。止水ジョイント部の要求性能と設計評価方針は、表 2.3-1 に示すとおりである。

4.2 地震応答解析手法の選定

防潮堤（鋼製防護壁）の地震応答解析は、既工認の添付書類「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」に示す解析方法及び解析モデルを踏まえて実施する。

地震応答解析では、地震時における地盤の有効応力の変化に伴う影響を考慮できる有効応力解析を実施する。有効応力解析に用いる地盤剛性及び液状化強度特性は、敷地の原地盤における代表性及び網羅性を踏まえた上でばらつき等を考慮して設定することを基本とする。

屋外重要土木構造物への地盤変位に対する保守的な配慮として、地盤を強制的に液状化させることを仮定した影響を考慮する場合は、原地盤よりも十分に小さい液状化強度特性（敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性）を設定する。

屋外重要土木構造物への加速度応答に対する保守的な配慮として、地盤の非液状化の影響を考慮する場合は、原地盤において非液状化の条件を仮定した解析を実施する。

地震応答解析には、解析コード「FLIP Ver. 7.3.0_2」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、添付書類「VI-4-2 (2) 計算機プログラム（解析コード）の概要・FLIP」に示す。

地震応答解析手法の選定フローを図 4.2-1 に示す。

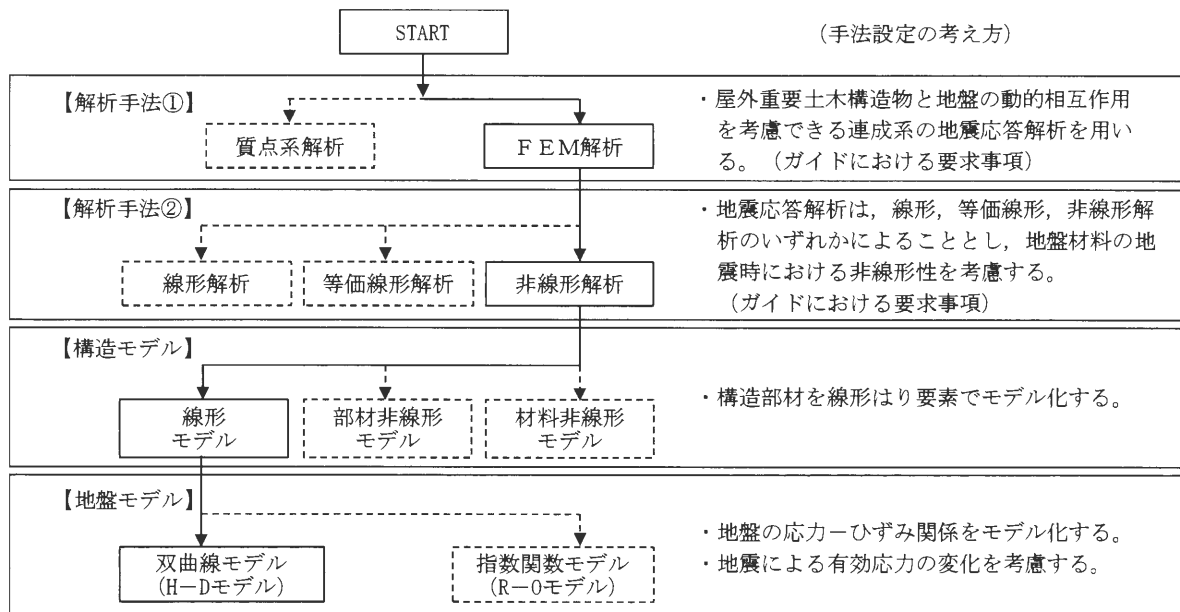


図 4.2-1 地震応答解析手法の選定フロー

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

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

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

4.3 使用材料及び材料の物性値

耐震評価に用いる材料定数は、適用基準に基づき設定する。

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 ^{*1*2} コンクリート 設計基準強度50 N/mm^2 ^{*1*3}	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 ^{*6} , SM520B相当 ^{*7} , SM570 ^{*6} , SBHS500 ^{*8*9} , SBHS700 ^{*9}	77.0 ^{*6*7}	2.0×10^5 ^{*6*7}	0.3 ^{*6*7}	3 ^{*10}
鋼製防護壁					
鋼管杭 ^{*5}					
アンカーボルト					
ベースプレート					

注記 *1: コンクリート標準示方書[設計編](土木学会, 2022年制定)

*2: 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)

*3: 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)

*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(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。

*6: 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)

*7: 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)

*8: 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)

*9: 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)

*10: 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)

接合部に用いるアンカーボルトについては、橋梁の設計を想定した「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)」に基づいて設計する。

アンカーボルトには、直接定着方式のアンカーボルトとアンカーフレーム方式のアンカーボルトがある。アンカーフレーム方式は、複数のアンカーボルトを鋼製フレームで一体化して設置する構造であるため、アンカーボルトの軸力が大きくなるとアンカービームが大きくなり平面寸法の制約を受ける。これに伴い、アンカーフレーム方式では、定着するコンクリートの縁端距離不足や輸送・架設上の問題が生じる可能性が高くなることに加えて、高密度に配筋された頂版鉄筋コンクリート内の鉄筋との干渉も想定されることから、同基準において原則としている直接定着方式のアンカーボルトを採用する。直接定着方式のアンカーボルトは、道路・橋梁施設において適用実績がある。

また、同基準では、接合部に用いる定着式アンカーボルトの材料として、スタッドの溶接性を確保するため、化学成分を調整した SM520B 相当を用いることが規定されている。SM520B 相当の鋼材は、表 4.3-2 に示すとおり、機械的性質及び化学成分が J I S 規格の SM520B と同等の力学特性を満たしている。このため、接合部に用いるアンカーボルトは SM520B 相当とする。同基準の引用箇所を表 4.3-3 に示す。

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
機械的性質			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、一般的に機械的性質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性質は同等である。 ・Mnは、一般的に機械的性質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性質は同等である。
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、機械的性質、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。		

表 4.3-3 「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)」の引用箇所

表 3.1-1 アンカーボルトの材料

定着方式	直接定着方式		アンカーフレーム方式			
鋼 種	SM490A 相当	SM520B 相当	SS400	S30CN	S35CN	S45CN
降伏点 または耐力	315 N/mm ² 以上	355 N/mm ² 以上	235 N/mm ² 以上	285 N/mm ² 以上	305 N/mm ² 以上	345 N/mm ² 以上
JIS 注 1)	(G3106) 注 2)	(G3106) 注 2)	G3101	G4051 注 3)	G4051 注 3)	G4051 注 3)

注 1) アンカーボルトの鋼種表示は鉄鋼記号による。

注 2) JIS G 3106「溶接構造用圧延鋼材」には、鋼板、鋼帯、形鋼および平鋼が規定されており、直接定着方式のアンカーボルトに用いる棒鋼はこれらには含まれないが、スタッドの溶接性を確保するため、この化学成分を参考にし、表 3.1-2、表 3.1-3、表 3.1-4 を満足させるものとした。本基準では、直接定着方式のアンカーボルトの材質を、「SM490A 相当」、「SM520B 相当」と表記することとした。

注 3) 機械構造用鋼 S30CN、S35CN、S45CN は JIS G 4051 に示される材質 S30C、S35C、S45C に熱処理として焼きなましを施し、その規格の解説付表に示される機械的性質を満足する材料とする。

表 3.1-2 直接定着方式アンカーボルトに用いる鋼材の化学成分

記 号	化 学 成 分 (%)				
	C	Si	Mn	P	S
SM490A 相当	0.22 以下	0.55 以下	1.60 以下	0.035 以下	0.035 以下
SM520B 相当	0.22 以下 ^{注 1)}	0.55 以下	1.60 以下	0.035 以下	0.035 以下

注 1) JIS G 3106 には、厚さ 100mm を超える場合の C 数値が記載されていないが、機械的性質を考慮して決定した。

表 3.1-3 直接定着方式アンカーボルトに用いる鋼材の機械的性質

記 号	降伏点 (N/mm ²)	引張強さ (N/mm ²)	伸び (%)
SM490A 相当	315 以上	490 以上	23 以上
SM520B 相当	355 以上	520 以上	21 以上

表 3.1-4 直接定着方式アンカーボルトに用いる鋼材のシャルピー吸収エネルギー

記 号	試験温度	シャルピー吸収 エネルギー	試験片
SM520B 相当	0 °C	27J 以上	V ノッチ試験片

注 1) 試験片形状 : JIS Z 2202 (金属材料衝撃試験片) による。

注 2) 試験方法 : JIS Z 2242 (金属材料衝撃方法) による。

4.4 地盤の物性値

耐震評価の検討においては、添付書類「VI-2-1-3(2) 地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している地盤の物性値を用いる。

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様の物性値を用いるとともに、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、具体的な値を表 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			第四系									新第三系
項目			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	ボアソン比	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	σ'_{ms} kN/m ²	358 (312)	358 (312)	497 (299)	480	378	814 (814)	696	966	1167 (1167)	
	○は地下水位で浅 基準初期せん断剛性	G_{ms} kN/m ²	253529 (220739)	253529 (220739)	278087 (167137)	121829	143284	392073 (392073)	285223	650611	1362035 (1362035)	
	○は地下水位で浅 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	
液状化強度特性	液状化パラメータ	ϕ_p	34.8	34.8	34.9	-	38.3	34.9	-	33.4	41.4	
		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（セメント系）	
		一軸圧縮強度（ ≤ 3.5 N/mm ² の場合）*	一軸圧縮強度（ > 3.5 N/mm ² の場合）
物理特性	密度 ρ_t (g/cm ³)	改良対象の現地盤の平均密度 $\times 1.1$	
	静的変形特性		
動的変形特性	静弾性係数 (N/mm ²)	581	2159
	静ボアソン分布 ν_s	0.260	
	初期せん断剛性 G_0 (N/mm ²)	$G_0 = \rho_t / 1000 \times V_s^2$ $V_s = 147.6 \times q_u^{0.417}$ (m/s) q_u : 地盤改良体の一軸圧縮強さ (kgf/cm ²)	
	動ボアソン比 ν_d	0.431	
	動せん断弾性係数のひずみ依存性 $G/G_0 \sim \gamma$	$G/G_0 = \frac{1}{1 + \gamma/0.000537}$ γ : せん断ひずみ (-)	$G/G_0 = \frac{1}{1 + \gamma/0.001580}$ γ : せん断ひずみ (-)
強度特性	減衰定数 $h \sim \gamma$	$h = 0.152 \frac{\gamma/0.000537}{1 + \gamma/0.000537}$ γ : せん断ひずみ (-)	$h = 0.178 \frac{\gamma/0.001580}{1 + \gamma/0.001580}$ γ : せん断ひずみ (-)
	ピーク強度 C (N/mm ²)	$C = q_u / 2$ q_u : 地盤改良体の一軸圧縮強さ (N/mm ²)	
	残留強度 τ_0 (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、 $S_t (= \sigma_t)$ を求める。 $q_u = \frac{S_t \cdot q_u}{\sqrt{S_t \cdot (q_u - 3 \cdot S_t)}}$ $S_t (= \sigma_t)$: 地盤改良体の引張強度 (N/mm ²) q_u : 地盤改良体の一軸圧縮強さ (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)	ポアソン比 ν	粘着力 C_0 (kN/m^2)	内部摩擦角 ϕ ($^\circ$)	せん断波 速度Vs (m/s)	基準初期 せん断剛性 G_{ma} (kN/m^2)	基準体積 弾性係数 K_{ma} (kN/m^2)	基準平均有効 主応力 σ'_{ma} (kN/m^2)	拘束圧 依存係数 mG, mK	最大履歴 減衰率 hmax (-)	動ポアソン比 ν_d	疎密波 速度Vp (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	400,255	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、既工認の添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき以下のとおり設定する。

4.5.1 耐震評価上考慮する状態

防潮堤（鋼製防護壁）の地震応答解析において、地震以外に考慮する状態を以下に示す。

(1) 運転時の状態

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

(2) 設計基準事故時の状態

設計基準事故時の影響を受けないことから考慮しない。

(3) 設計用自然条件

積雪及び風荷重を考慮する。

(4) 重大事故等時の状態

重大事故等時の状態の影響を受けないことから考慮しない。

4.5.2 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) 地震荷重

地震荷重は、基準地震動 S_s による荷重を考慮する。

(4) 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行細則第 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 であるが、地震時短期荷重として積雪荷重の 0.35 倍である 210 N/m^2 を考慮する。

(5) 風荷重

風荷重は、風速 30 m/s の風圧力を考慮する。

4.5.3 地下水位

地下水位は、地表面に設定する。

4.5.4 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 4.5-2 に示し、荷重概念図を図 4.5-1 に示す。

表 4.5-2 荷重の組合せ

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

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

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	地震荷重 (K_s)	
	地震荷重	○
	動水圧	-
変動荷重	積雪荷重 (P_s)	
	積雪荷重	○
	風荷重 (P_k)	
	風荷重	○
	その他	-

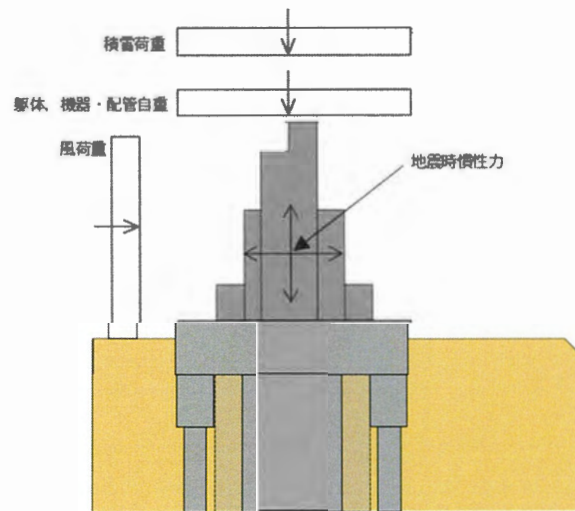


図 4.5-1 荷重概念図 (地震時)

4.5.5 入力地震動

入力地震動は、既工認の添付書類「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て設定する。

地震応答解析に用いる入力地震動は、図 4.5-2 に示すとおり解放基盤表面(EL. -370 m)で定義される基準地震動 S_s を、1次元波動論により地震応答解析モデルの底面位置(EL. -130 m)で評価したものをを用いる。表 4.5-3～表 4.5-10 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。

入力地震動の算定には、解析コード「k-SHAKE Ver. 6.2.0」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、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。

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

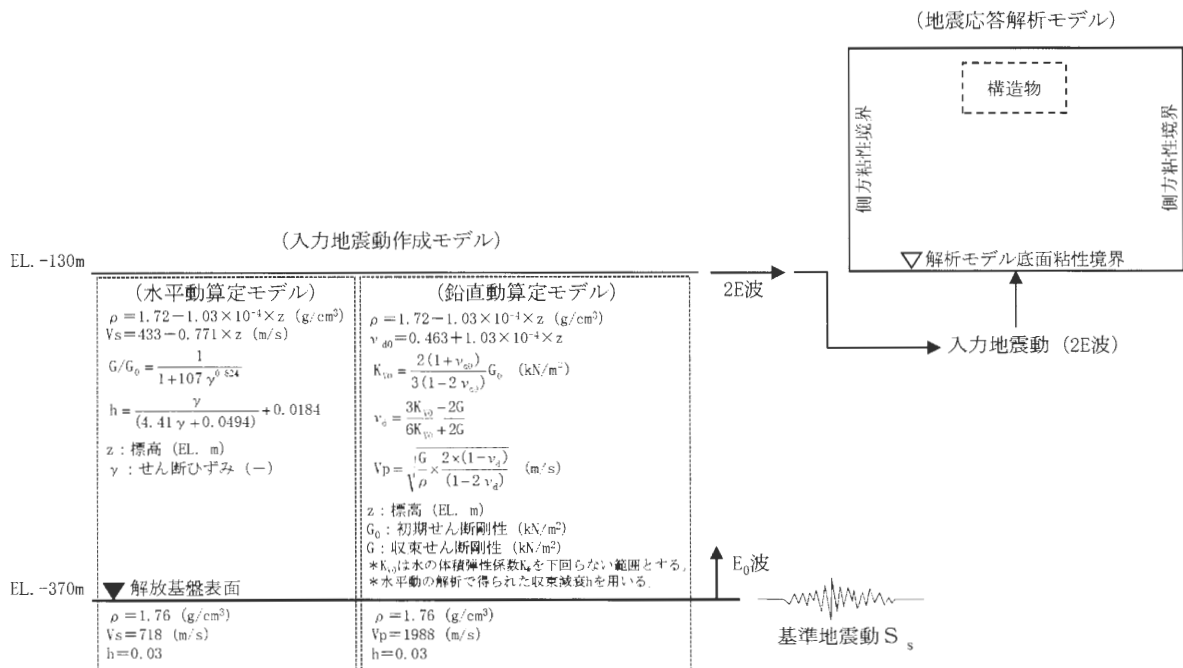


図 4.5-2 入力地震動算定の概念図

表 4.5-3 入力地震動の加速度時刻歴と加速度応答スペクトル(S_s-D1)

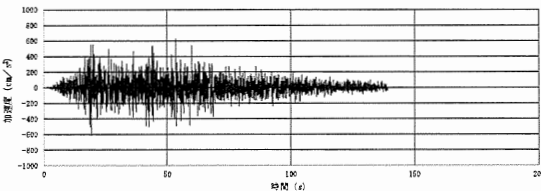
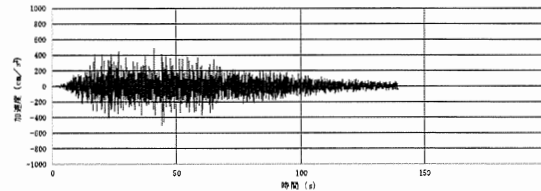
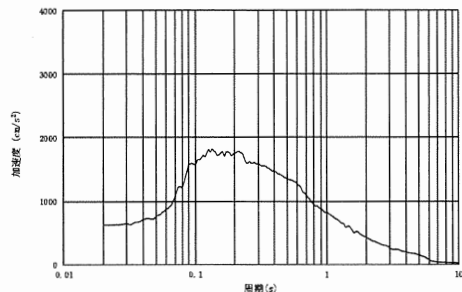
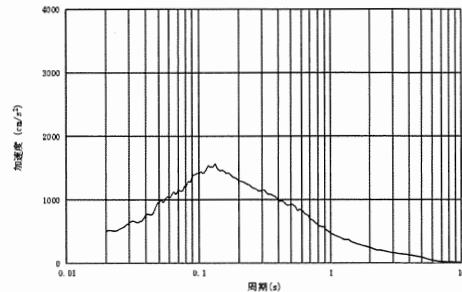
入力地震動: S_s-D1			
堤軸方向: ①-①断面に適用			
堤軸直交方向: ②-②断面, ③-③断面に適用			
水平方向		鉛直方向	
加速度時刻歴	MAX 620 cm/s^2 (53.46 s)	加速度時刻歴	MAX 504 cm/s^2 (44.23 s)
			
加速度応答スペクトル	$h=0.05$	加速度応答スペクトル	$h=0.05$
			

表 4.5-4 入力地震動の加速度時刻歴と加速度応答スペクトル($S_s - 11$)

入力地震動: $S_s - 11$			
堤軸方向: ①-①断面に適用			
水平方向		鉛直方向	
加速度時刻歴 MAX 470 cm/s^2 (25.29 s)		加速度時刻歴 MAX 522 cm/s^2 (25.01 s)	
加速度応答スペクトル h=0.05		加速度応答スペクトル h=0.05	
堤軸直交方向: ②-②断面, ③-③断面に適用			
水平方向		鉛直方向	
加速度時刻歴 MAX 415 cm/s^2 (25.95 s)		加速度時刻歴 MAX 522 cm/s^2 (25.01 s)	
加速度応答スペクトル h=0.05		加速度応答スペクトル h=0.05	

表 4.5-5 入力地震動の加速度時刻歴と加速度応答スペクトル(S_s-12)

入力地震動: S_s-12			
堤軸方向: ①-①断面に適用			
水平方向		鉛直方向	
加速度時刻歴 MAX 618 cm/s^2 (27.61 s)		加速度時刻歴 MAX 478 cm/s^2 (27.81 s)	
加速度応答スペクトル h=0.05		加速度応答スペクトル h=0.05	
堤軸直交方向: ②-②断面, ③-③断面に適用			
水平方向		鉛直方向	
加速度時刻歴 MAX 424 cm/s^2 (28.10 s)		加速度時刻歴 MAX 488 cm/s^2 (27.81 s)	
加速度応答スペクトル h=0.05		加速度応答スペクトル h=0.05	

表 4.5-6 入力地震動の加速度時刻歴と加速度応答スペクトル(S_s-13)

入力地震動: S_s-13			
堤軸方向: ①-①断面に適用			
水平方向		鉛直方向	
加速度時刻歴 MAX 632 cm/s^2 (24.12 s)		加速度時刻歴 MAX 473 cm/s^2 (25.03 s)	
加速度応答スペクトル h=0.05		加速度応答スペクトル h=0.05	
堤軸直交方向: ②-②断面, ③-③断面に適用			
水平方向		鉛直方向	
加速度時刻歴 MAX 439 cm/s^2 (25.32 s)		加速度時刻歴 MAX 481 cm/s^2 (25.03 s)	
加速度応答スペクトル h=0.05		加速度応答スペクトル h=0.05	

表 4.5-7 入力地震動の加速度時刻歴と加速度応答スペクトル($S_s - 14$)

入力地震動: $S_s - 14$			
堤軸方向: ①-①断面に適用			
水平方向		鉛直方向	
加速度時刻歴 MAX 359 cm/s^2 (28.20 s)		加速度時刻歴 MAX 403 cm/s^2 (28.97 s)	
加速度応答スペクトル h=0.05		加速度応答スペクトル h=0.05	
堤軸直交方向: ②-②断面, ③-③断面に適用			
水平方向		鉛直方向	
加速度時刻歴 MAX 344 cm/s^2 (31.25 s)		加速度時刻歴 MAX 403 cm/s^2 (28.97 s)	
加速度応答スペクトル h=0.05		加速度応答スペクトル h=0.05	

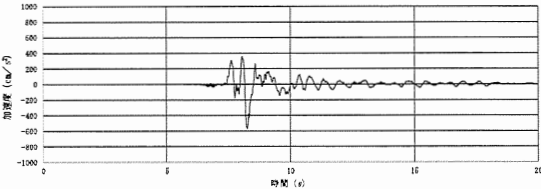
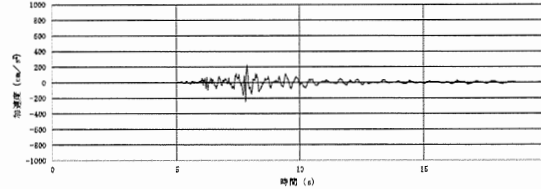
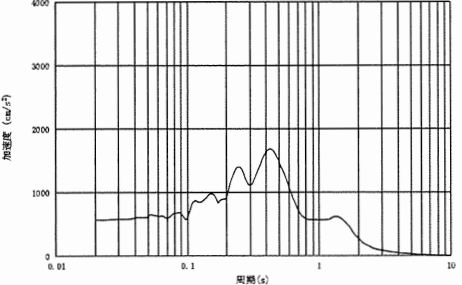
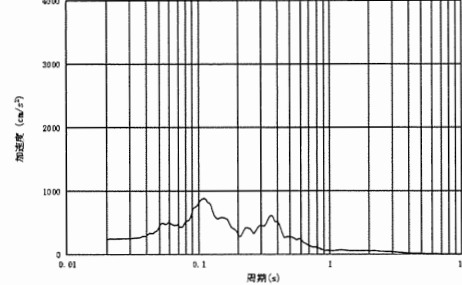
表 4.5-8 入力地震動の加速度時刻歴と加速度応答スペクトル($S_s - 21$)

入力地震動: $S_s - 21$			
堤軸方向: ①-①断面に適用			
水平方向		鉛直方向	
加速度時刻歴 MAX 733 cm/s^2 (68.81 s)		加速度時刻歴 MAX 573 cm/s^2 (70.16 s)	
加速度応答スペクトル h=0.05		加速度応答スペクトル h=0.05	
堤軸直交方向: ②-②断面, ③-③断面に適用			
水平方向		鉛直方向	
加速度時刻歴 MAX 679 cm/s^2 (61.54 s)		加速度時刻歴 MAX 581 cm/s^2 (70.16 s)	
加速度応答スペクトル h=0.05		加速度応答スペクトル h=0.05	

表 4.5-9 入力地震動の加速度時刻歴と加速度応答スペクトル(S_s-22)

入力地震動： S_s-22			
堤軸方向：①-①断面に適用			
水平方向		鉛直方向	
加速度時刻歴 MAX 713 cm/s^2 (71.87 s)		加速度時刻歴 MAX 649 cm/s^2 (72.08 s)	
加速度応答スペクトル h=0.05		加速度応答スペクトル h=0.05	
堤軸直交方向：②-②断面，③-③断面に適用			
水平方向		鉛直方向	
加速度時刻歴 MAX 712 cm/s^2 (69.86 s)		加速度時刻歴 MAX 650 cm/s^2 (72.08 s)	
加速度応答スペクトル h=0.05		加速度応答スペクトル h=0.05	

表 4.5-10 入力地震動の加速度時刻歴と加速度応答スペクトル(S_s-31)

入力地震動： S_s-31			
堤軸方向：①-①断面に適用			
堤軸直交方向：②-②断面、③-③断面に適用			
水平方向		鉛直方向	
加速度時刻歴 MAX 574 cm/s^2 (8.25 s)		加速度時刻歴 MAX 245 cm/s^2 (7.81 s)	
			
加速度応答スペクトル $h=0.05$		加速度応答スペクトル $h=0.05$	
			

4.6 許容限界

許容限界は、既工認の添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき設定する。

4.6.1 構造部材

(1) 鉄筋コンクリート

鉄筋コンクリートの許容限界は、適用する各規格・基準類に基づき、表 4.6-1 に示すとおり地震時の割増係数を考慮した上で設定する。地震時の割増係数は、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。

表 4.6-1 鉄筋コンクリートの許容限界

項目		地震時	
コンクリート		割増係数 ^{*2}	許容限界 (N/mm ²)
$f'_{ck}=50 \text{ N/mm}^2$ ^{*1}	短期許容曲げ圧縮応力度 σ_{ca}	1.5	24.0
	短期許容せん断応力度 τ_{a1}		0.825^{*4}
	短期許容付着応力度 τ_a		4.5^{*5}
	短期許容コーンせん断応力度 τ_{coa1}		0.825^{*5}
	短期許容コーンせん断応力度 τ_{coa2}		1.815^{*5}
鉄筋		割増係数 ^{*2}	許容限界 (N/mm ²)
SD390 ^{*2}	短期許容引張応力度 σ_{sa}	1.5	309
SD490 ^{*3}	短期許容引張応力度 σ_{sa}		435
SD685 ^{*3}	短期許容引張応力度 σ_{sa}		600

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: コンクリート標準示方書[構造性能照査編](土木学会, 2002年制定)

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

*4: 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(V_a)を許容限界とする。

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

ここで、

V_{ca} : コンクリートの短期許容せん断力

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

V_{sa} : 斜め引張鉄筋の短期許容せん断力

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

τ_{a1} : 斜め引張鉄筋を考慮しない場合の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

*5: 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/mm^2 に対応する値を適用する。

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～表 4.6-4 に示すとおり設定する。

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			T. P. 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	18	20	22	14
	間隔		mm	150	150	150	150	150
	許容限界： 地震時	コンクリート	V _{c a}	kN	38573	38289	37456	35549
斜め引張鉄筋		V _{s a}	kN	161908	206640	224602	234484	157222
合計 (V _a = V _{c a} + V _{s a})		V _a	kN	200481	244929	262058	270033	194677
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： 地震時	コンクリート	V _{c a}	kN	38573	38289	37456	35549
斜め引張鉄筋		V _{s a}	kN	161908	183680	179682	191850	157221
合計 (V _a = V _{c a} + V _{s a})		V _a	kN	200481	221969	217138	227399	194677

注記 *1: せん断補強筋については、軸方向鉄筋（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、表中に示す設計上の本数と概略配筋図（実配筋）に示す本数は一致しない。表中には設計上の本数を示す。

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	
					端部	中間部	端部	中間部
堤軸 方向	断面形状							
	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： 地震時	コンクリート	$V_{c a}$	kN	989	672	989	672
斜め引張鉄筋		$V_{s a}$	kN	5335	3628	5335	3628	
合計 ($V_a = V_{c a} + V_{s a}$)		V_a	kN	6324	4300	6324	4300	

項目				単位	北基礎		南基礎	
					西側	東側	西側	東側
堤軸 直交 方向	断面形状							
	部材幅			mm	1800	1800	1800	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	2	2	2	2
	間隔			mm	300	300	300	300
	許容限界： 地震時	コンクリート	$V_{c a}$	kN	392	392	380	380
斜め引張鉄筋		$V_{s a}$	kN	3379	3379	3272	3272	
合計 ($V_a = V_{c a} + V_{s a}$)		V_a	kN	3771	3771	3652	3652	

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	
				北		南	
堤軸 方向	断面形状						
	部材幅		mm	21200	21200	20500	20500
	部材高		mm	5040	5040	5040	5040
	有効高		mm	4560	4440	4560	4783
	斜め引張鉄筋						
	鋼材仕様		-	SD390	SD390	SD390	SD390
	径		-	D35	D35	D35	D35
	本数		本	3.333	3.333	3.333	3.333
	間隔		mm	150	150	150	150
	許容限界： 地震時	コンクリート	$V_{c a}$	kN	34672	36368	33527
斜め引張鉄筋		$V_{s a}$	kN	104163	109257	104163	109257
合計 ($V_a = V_{c a} + V_{s a}$)		V_a	kN	138835	145625	137690	144424

項目			単位	北基礎		南基礎	
				西側	東側	西側	東側
堤軸 直交 方向	断面形状						
	部材幅		mm	15500	15500	15500	15500
	部材高		mm	5040	5040	5040	5040
	有効高		mm	4515	4740	4515	4740
	斜め引張鉄筋						
	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： 地震時	コンクリート	$V_{c a}$	kN	25103	26351	25103
斜め引張鉄筋		$V_{s a}$	kN	394573	493602	394573	493602
合計 ($V_a = V_{c a} + V_{s a}$)		V_a	kN	419676	519953	419676	519953

(2) 鋼材

鋼材の許容限界は、適用する各規格・基準類に基づき、表 4.6-5 に示すとおり地震時の割増係数を考慮した上で設定する。地震時の割増係数は、鋼材の許容応力度に対し 1.5 とする。

表 4.6-5 鋼材の許容限界

項目		地震時	
鋼材		割増係数 ^{*1}	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}
	短期許容せん断応力度 τ_{sa}		180 ^{*1}
	短期許容応力度 σ_a (ベースプレート)	—	355 ^{*2}
SM520B相当	短期許容曲げ引張応力度 σ_{sa}	1.5	315 ^{*2}
SM570	短期許容曲げ引張応力度 σ_{sa}	1.5	382.5 ^{*1}
	短期許容せん断応力度 τ_{sa}		217.5 ^{*1}
	短期許容応力度 σ_{wa} (ベースプレート)	—	450 ^{*2}
	短期許容せん断応力度 τ_a (ベースプレート)		260 ^{*2}
SBHS500	短期許容曲げ引張応力度 σ_{sa}	1.5	442.5 ^{*1*3}
	短期許容せん断応力度 τ_{sa}		255 ^{*1*3}
SBHS700	短期許容曲げ引張応力度 σ_{sa}	1.5	615 ^{*1*3}
	短期許容せん断応力度 τ_{sa}		352.5 ^{*1*3}

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、道路橋示方書 (Ⅰ 共通編・Ⅱ 鋼橋編)・同解説の 3.2.1, 3.2.3, 14.3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)

SM490Y及びSM570は降伏応力度を短期許容応力度とする。

*3: 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)

4.6.2 基礎地盤

基礎地盤の許容限界は、添付書類「VI-2-1-3(2) 地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき、「道路橋示方書(I 共通編・IV 下部構造編)・同解説(日本道路協会, 平成 24 年 3 月)」より設定する。

(1) 中実鉄筋コンクリート

中実鉄筋コンクリート基礎底面地盤の許容限界は、Km 層の極限支持力度とする。極限支持力は、同示方書による地中連続壁基礎の支持力算定式に基づき設定する。その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(中実鉄筋コンクリート)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 北基礎 : $Z = \text{T.P.} - 52.7$ (m)

南基礎 : $Z = \text{T.P.} - 46.7$ (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	T.P. 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
形状係数	α	-	1.043	1.043
支持力係数	N_c	-	5.1	5.1
ケーソン基礎底面積	A_G	m^2	15.244	15.244
置き換えられる土の有効重量	W	kN	7149.8	6272.6
極限支持力	Q_p	kN	77624	76818
許容限界 (極限支持力度)	q_d	kN/m^2	5092	5039

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。

$$Q_p = A_G q_d' - W$$

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

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)

q_d' : ケーソン基礎底面地盤の極限支持力度 (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	$1 + 0.3 \times (B/D)$
β		1.0	0.6	$1 - 0.4 \times (B/D)$

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_f : 有効根入れ深さ (m)

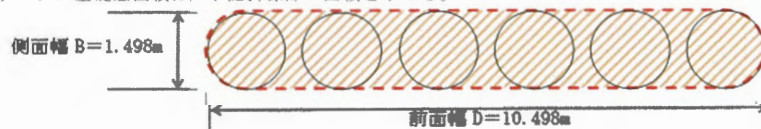
支持性能評価における保守的な配慮として、支持力算定式の第3項 $\gamma_2 D_f N_q$ は0と仮定する。

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。

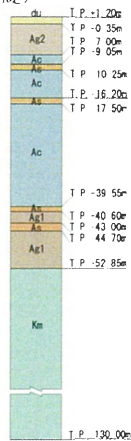
以上より、極限支持力は下式より求める。

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

*2: ケーソン基礎底面積は、下記斜線部の面積を求める。



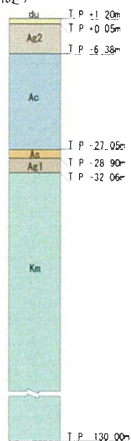
*3: ケーソンで置き換えられる土の有効重量は、以下のとおりである
(北基礎)



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	6.1	13.1
As層	1.20	7.3	8.8
Ac層	5.95	6.1	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

$\times A_b = 7149.8 (\text{kN})$

(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	6.1	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

$\times A_b = 6272.6 (\text{kN})$

支持力算定式の各支持力係数は図 4.6-1 より求める。

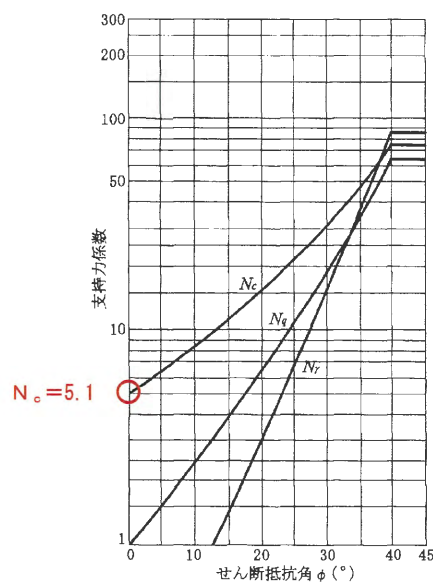


図 4.6-1 支持力係数を求めるグラフ

「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)」

4.6.3 止水ジョイント部

止水ジョイント部の変形性能は、止水ジョイント部の異種構造物間（鋼製防護壁と鉄筋コンクリート防潮壁）の相対変位量により評価する。止水ジョイント部の概念図を図 4.6-2 に示す。

相対変位量は、地震時の2次元有効応力解析結果から得られる最大相対変位量とし、許容限界は、その最大相対変位量に余裕を持たせて2 mとする。止水ジョイント部の変形性評価に対する許容限界を表 4.6-8 に示す。

なお、止水ジョイント部の部材は、メーカー規格、漏水試験及び変形試験により、敷地に遡上する津波来襲時の最大津波荷重条件においても有意な漏えいが生じないことを確認しており、実際に設置する止水シートは、許容限界以上の余長を考慮する。

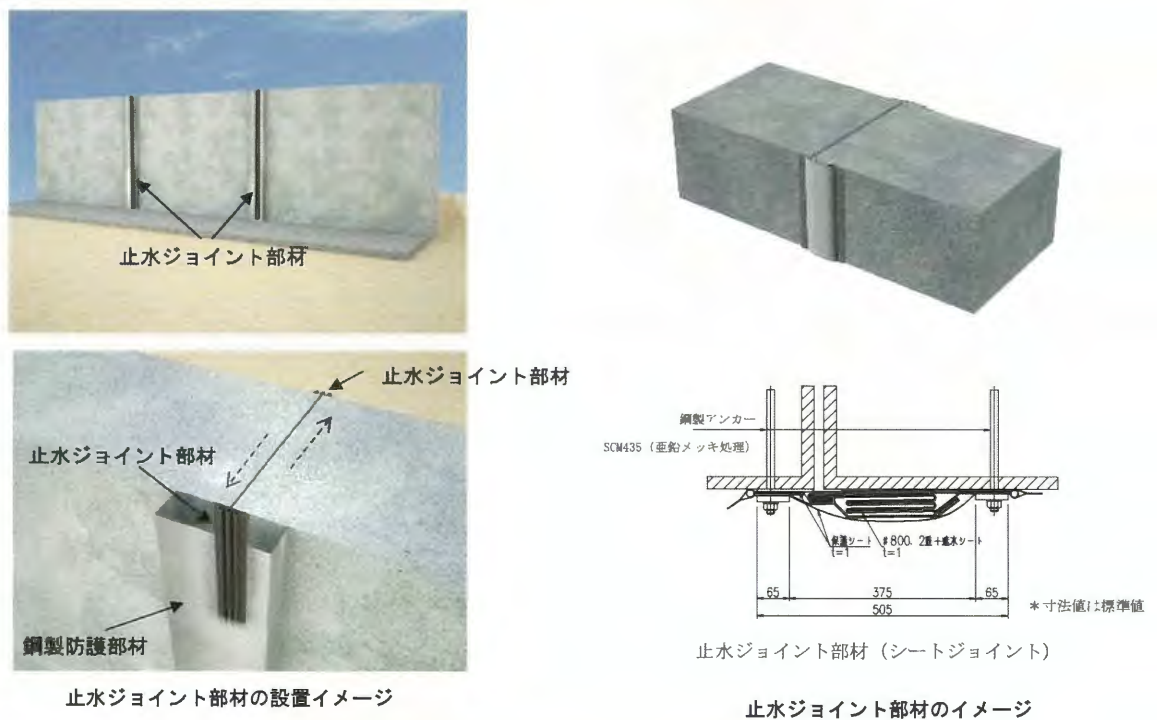


図 4.6-2 止水ジョイント部の概念図

表 4.6-8 止水ジョイント部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 検討ケース

防潮堤（鋼製防護壁）の耐震評価における検討ケースの組合せを表 4.7-1 に、原地盤と組合せる地盤改良（薬液注入）及び地盤改良（セメント系）の物性値の条件を表 4.7-2 に示す。

施設の耐震評価においては、全ての地震動と地盤の全検討ケースの組み合わせの中から評価に用いる検討ケースを抽出する。以下に、評価に用いる検討ケースの抽出方法を説明する。

まず、基準地震動 S_s 全波（8 波）及びこれらに位相反転を考慮した地震動（4 波）を加えた全 12 波を用いて、地盤ケース①について地震応答解析を実施し、基本ケースである検討ケース①の各部材のせん断力及び曲げ軸力の照査値を得る。

曲げ軸力とせん断力の両者について、得られた各部材の照査値を 12 の地震動ごとに比較し、最大の照査値を示した地震動を特定する。この最大照査値が 0.5 を超えた場合には、地盤物性のばらつきを考慮して設定した地盤ケース②～⑥について特定した地震動を用いて、検討ケース①の場合と同様に追加検討ケース②～⑥での各部材の照査値を得る。

曲げ軸力とせん断力のいずれか片方の照査値が 0.5 を下回った場合には、0.5 を超えた他方の最大照査値が得られた地震動を用いて、せん断力と曲げ軸力のいずれについても追加検討ケース②～⑥について、各部材の照査値を得る。

曲げ軸力とせん断力のいずれについても最大照査値が 0.5 を下回った場合には、曲げ軸力とせん断力を合わせた中で最大照査値を示した地震動をひとつ特定する。この特定した地震動を用いて、最大照査値が 0.5 を超えた場合と同様に、曲げ軸力とせん断力のいずれについても追加検討ケース②～⑥での各部材の照査値を得る。

上記プロセスにより、最終的な照査値が得られるが、基本ケースである検討ケース①及び追加検討ケースの結果において照査値が大きい傾向にあるものについて、その要因を考慮し、さらに照査値が大きくなる可能性がある場合は、更なる追加検討ケースについて照査値を得る。

なお、照査値 0.5 をしきい値として用いているが、これは照査値 1.0 に対して 2 倍の余裕となる 0.5 を相対的に厳しい地震動の選定の目安として採用したものである。

耐震評価における地盤ケース②～⑥の追加検討ケースを実施する地震動の選定フローを図 4.7-1 に、更なる追加検討ケースの選定フローを図 4.7-2 に示す。

表 4.7-1 耐震評価における検討ケースの組合せ

解析ケース*1 (地盤ケース)			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
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
地震波 (位相)	S _s -D 1	(H+, V+) *2	実施					
		(H+, V-) *2	実施					
		(H-, V+) *2	実施					
		(H-, V-) *2	実施					
	S _s -1 1		実施					
	S _s -1 2		実施					
	S _s -1 3		実施					
	S _s -1 4		実施					
	S _s -2 1		実施					
	S _s -2 2		実施					
	S _s -3 1	(H+, V+) *3	実施					
		(H-, V+) *3	実施					

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

- 注記 *1：構造物間の相対変位の算定を行う場合は、上記の検討ケースにおいて変位量が厳しいケースで行う。
- *2：S_s-D 1 は水平加速度時刻歴及び鉛直加速度時刻歴それぞれの位相の反転を考慮した組合せに対して評価する。（+は正の位相，-は負の位相）
- *3：S_s-3 1 は水平加速度時刻歴の位相の反転を考慮した組合せに対して評価する。（+は正の位相，-は負の位相）

表 4.7-2 耐震評価における原地盤と地盤改良体の物性値の組合せ

地盤ケース	原地盤	地盤改良 (薬液注入)	地盤改良 (セメント系)
①	平均 V _s	平均 V _s ，非液状化	設計基準 V _{sc}
②	平均 + 1 σ V _s	平均 + 1 σ V _s ，非液状化	+ 1 σ_c V _{sc}
③	平均 - 1 σ V _s	平均 - 1 σ V _s ，非液状化	- 1 σ_c V _{sc}
④	豊浦標準砂	平均 V _s ，非液状化	設計基準 V _{sc}
⑤	平均 V _s ，非液状化	平均 V _s ，非液状化	設計基準 V _{sc}
⑥	平均 + 1 σ V _s ，非液状化	平均 + 1 σ V _s ，非液状化	+ 1 σ_c V _{sc}

- 注記 V_s：原地盤のせん断波速度
 σ ：原地盤のせん断波速度 V_s の標準偏差
V_{sc}：地盤改良（セメント系）のせん断波速度
 σ_c ：地盤改良（セメント系）のせん断波速度 V_{sc} の標準偏差

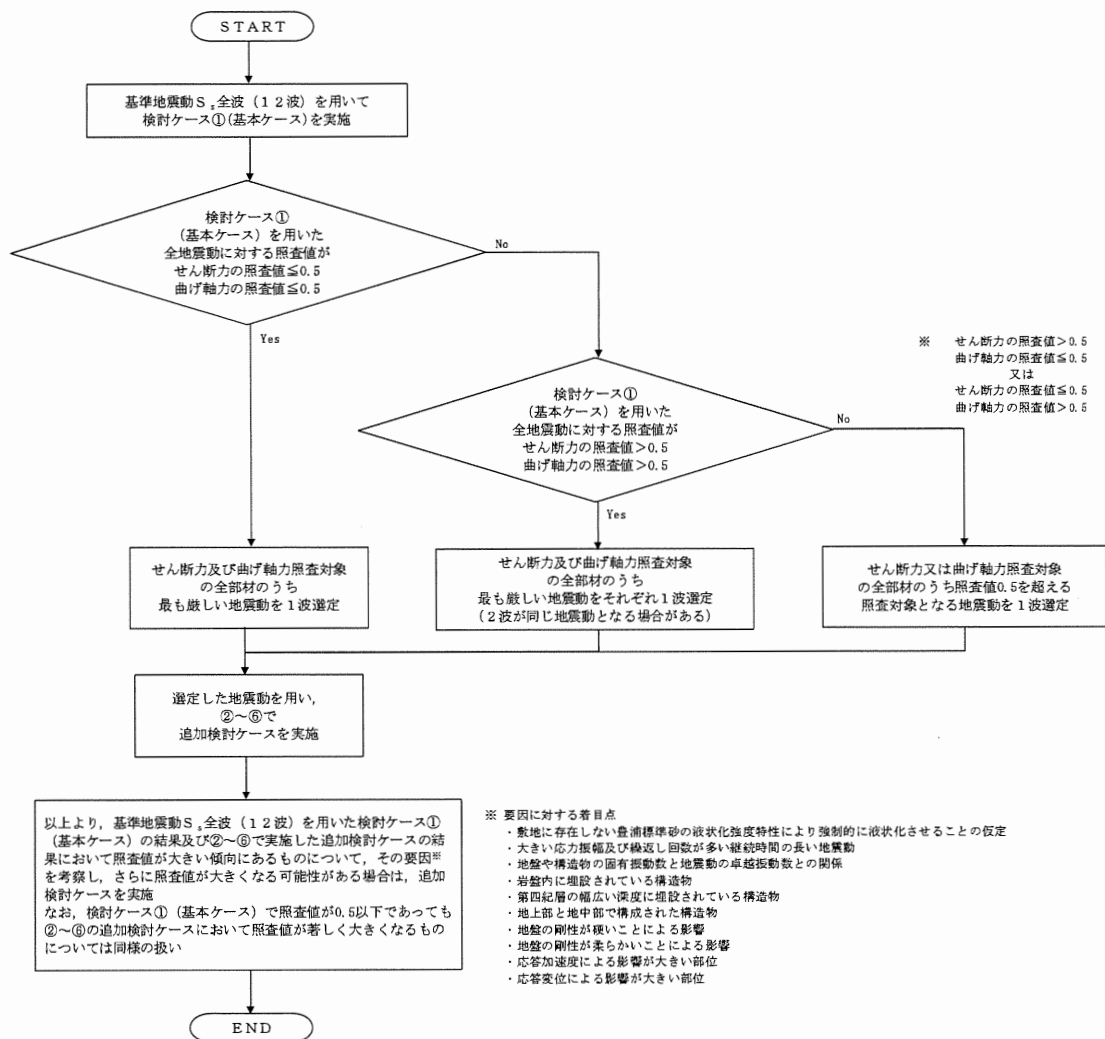


図 4.7-1 追加検討ケースを実施する地震動の選定フロー

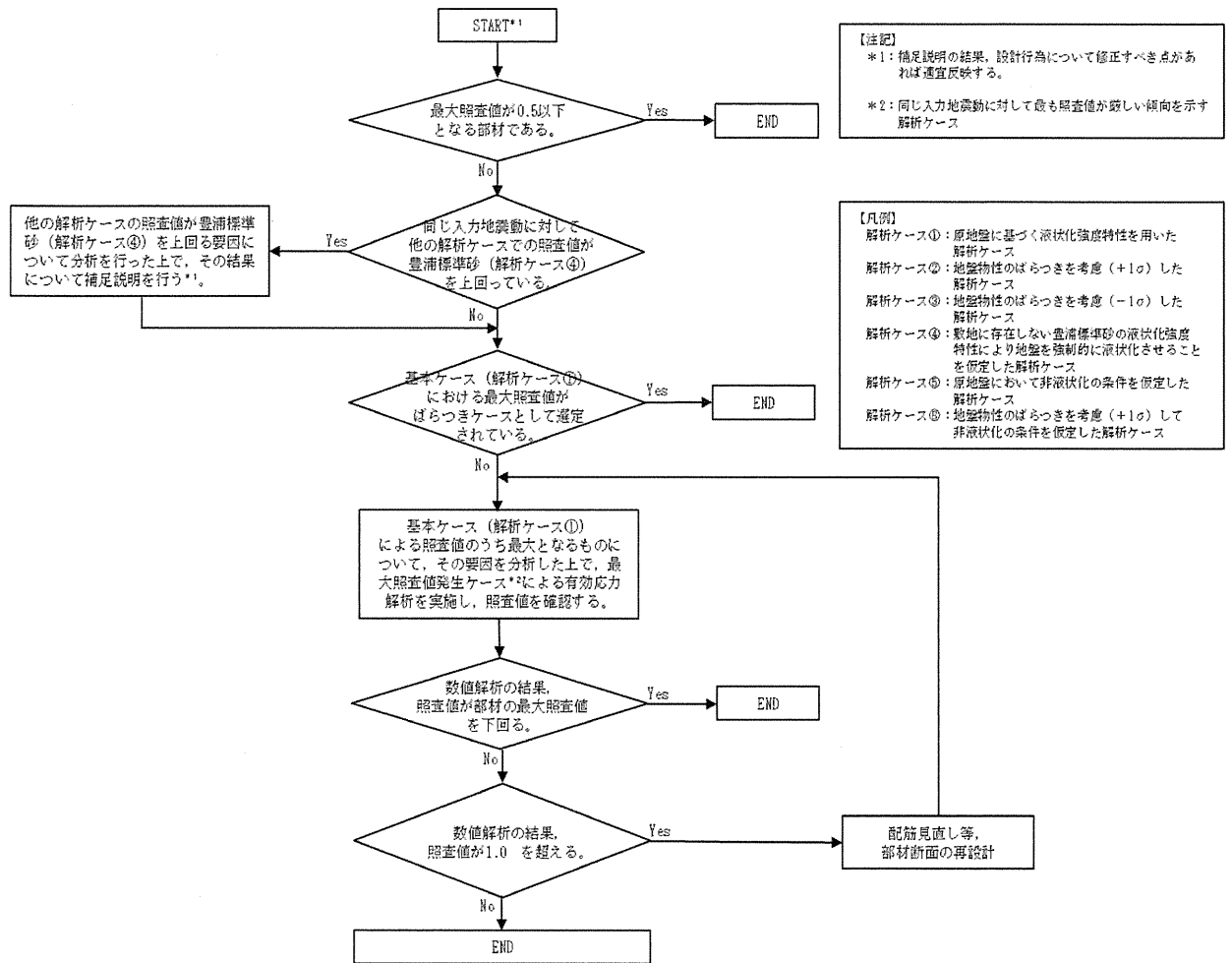


図 4.7-2 更なる追加検討ケースの選定フロー

4.8 解析手法

4.8.1 鋼製防護壁基礎、地盤及び止水ジョイント部

鋼製防護壁基礎、地盤及び止水ジョイント部の解析は、地盤と構造物の相互作用を考慮できる２次元有効応力解析を用いて、基準地震動に基づき設定した水平地震動と鉛直地震動の同時加振による逐次時間積分の時刻歴応答解析にて行う。

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確認の概要については、添付書類「VI-4-2(2) 計算機プログラム(解析コード)の概要・FLIP」に示す。

4.8.2 鋼製防護壁及び接合部

鋼製防護壁及び接合部の解析は、地盤～構造物の連成系モデルを用いた２次元有効応力解析から得られる基礎天端の変位時刻歴を入力とする３次元動的フレーム解析にて行う。

解析コードは、「TDAPⅢ Ver. 3.08」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、添付書類「VI-4-5(2) 計算機プログラム(解析コード)の概要・TDAPⅢ」に示す。

4.9 解析モデル、解析条件及び評価方法

4.9.1 解析モデル及び解析条件(鋼製防護壁基礎)

鋼製防護壁基礎の評価においては、2次元有効応力解析モデルにより周辺地盤を精緻にモデル化した上で、液状化検討対象層の有効応力の低下を考慮した地震応答解析を実施する。

鋼製防護壁基礎の解析モデル及び解析条件については、後述する(1)に解析モデルを、(2)から(4)に解析条件を示す。

(1) 解析モデル

a. 解析モデルの概要

解析モデルは地震応答解析(2次元有効応力解析)モデルとし、堤軸方向1断面、堤軸直交方向2断面について評価する。解析断面位置図を図4.9-1、堤軸方向の解析断面を図4.9-2、堤軸直交方向の解析断面を図4.9-3及び図4.9-4に示す。

図4.9-1に示す地盤改良(薬液注入)範囲のうち、既実施地盤改良範囲については既工認の添付書類「V-2-2-7 取水構造物の耐震性についての計算書」に詳細を示す。

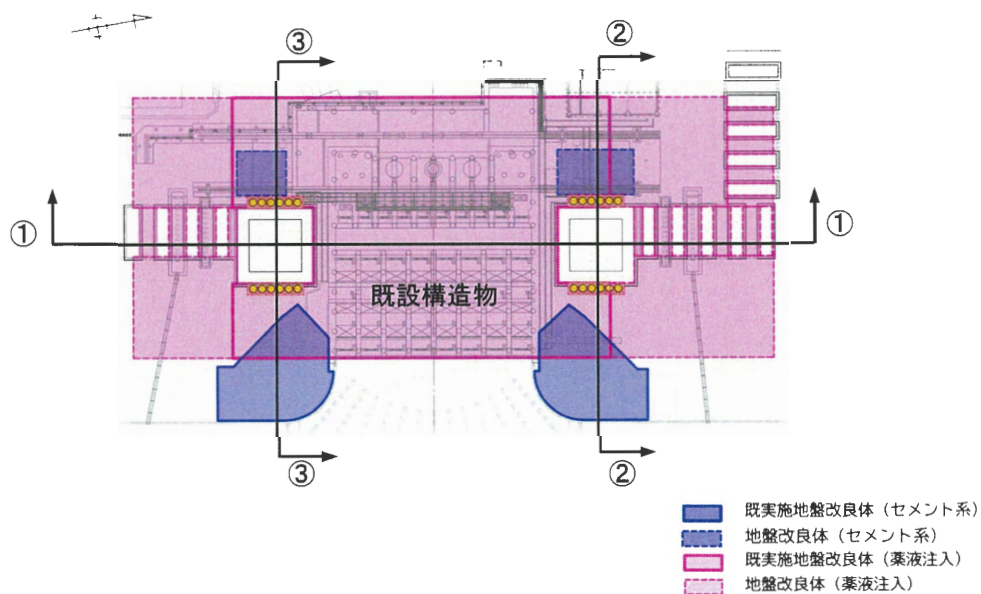


図 4.9-1 解析断面位置図

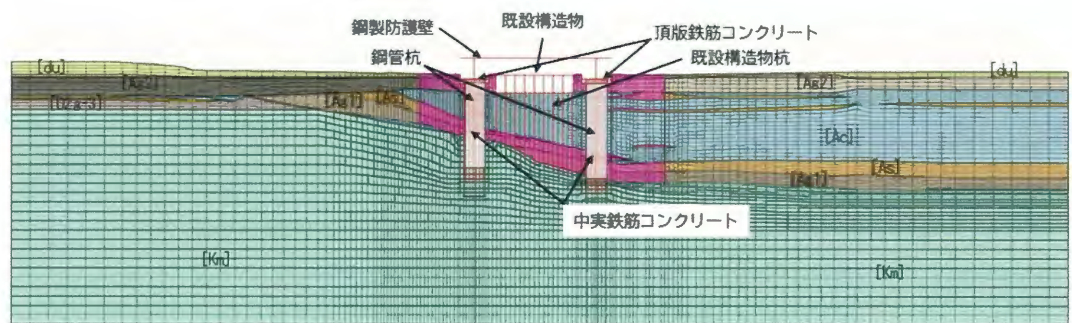


図 4.9-2 解析モデル（①－①断面）

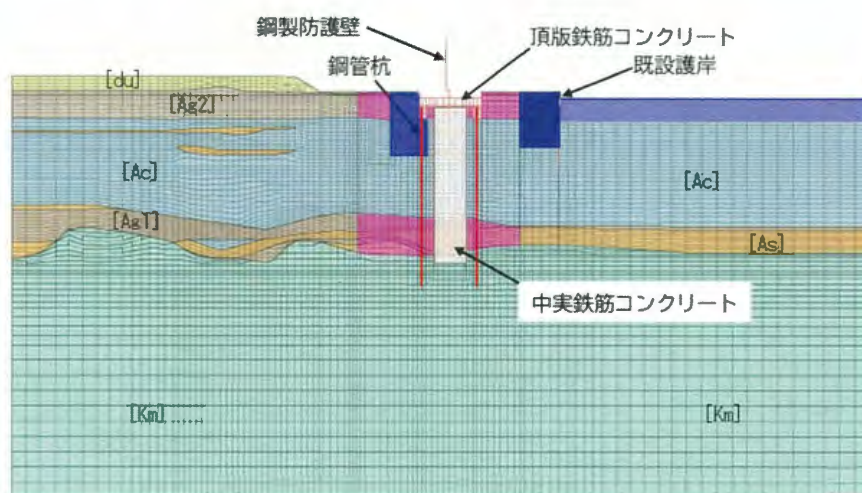


図 4.9-3 解析モデル（北基礎：②－②断面）

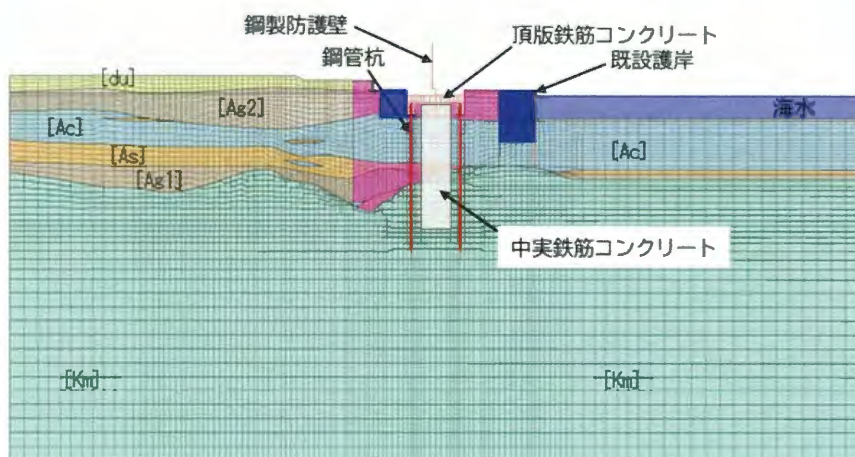
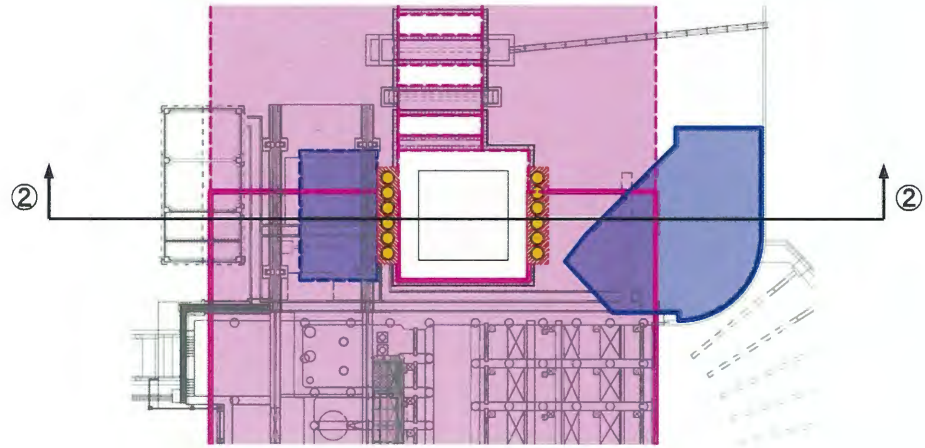


図 4.9-4 解析モデル（南基礎：③－③断面）

また，鋼製防護壁基礎の構造部材の詳細解析モデルを図 4.9-5 に示す。

構造部材は，線形梁要素によりモデル化し，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する。なお，地中連続壁部は地盤として考慮する。



平面図（北基礎）

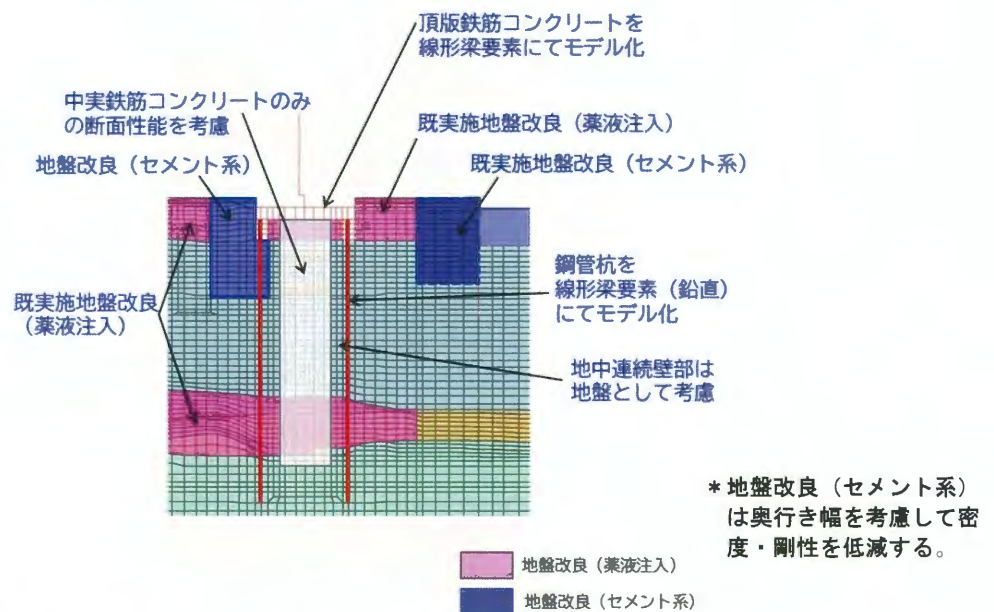


図 4.9-5 鋼製防護壁基礎の解析モデル（北基礎：②－②断面）

b. 構造物のモデル化

(a) 鋼製防護壁

鋼製防護壁は、各区間の断面を構成する鋼殻の形状から断面2次モーメント及び断面積を算定し一本の梁要素に集約した線形梁要素によりモデル化する。鋼製防護壁及び非構造部材である根巻き鉄筋コンクリートの質量は、付加質量として考慮する。また、中詰め鉄筋コンクリートは剛性及び質量を支柱部の鉛直梁として考慮する。

イ. 堤軸方向

堤軸方向（①－①断面）については、鋼製防護壁の中心高さに水平方向の一本梁を配置し、基礎天端との間に支柱部の鉛直方向の一本梁を配置して、それぞれの位置に応じた断面性能を設定する。水平方向の梁をモデル化する場合の鉛直断面の鋼殻形状を図4.9-6に、鉛直方向の梁をモデル化する場合の水平断面の鋼殻形状を図4.9-7に示す。

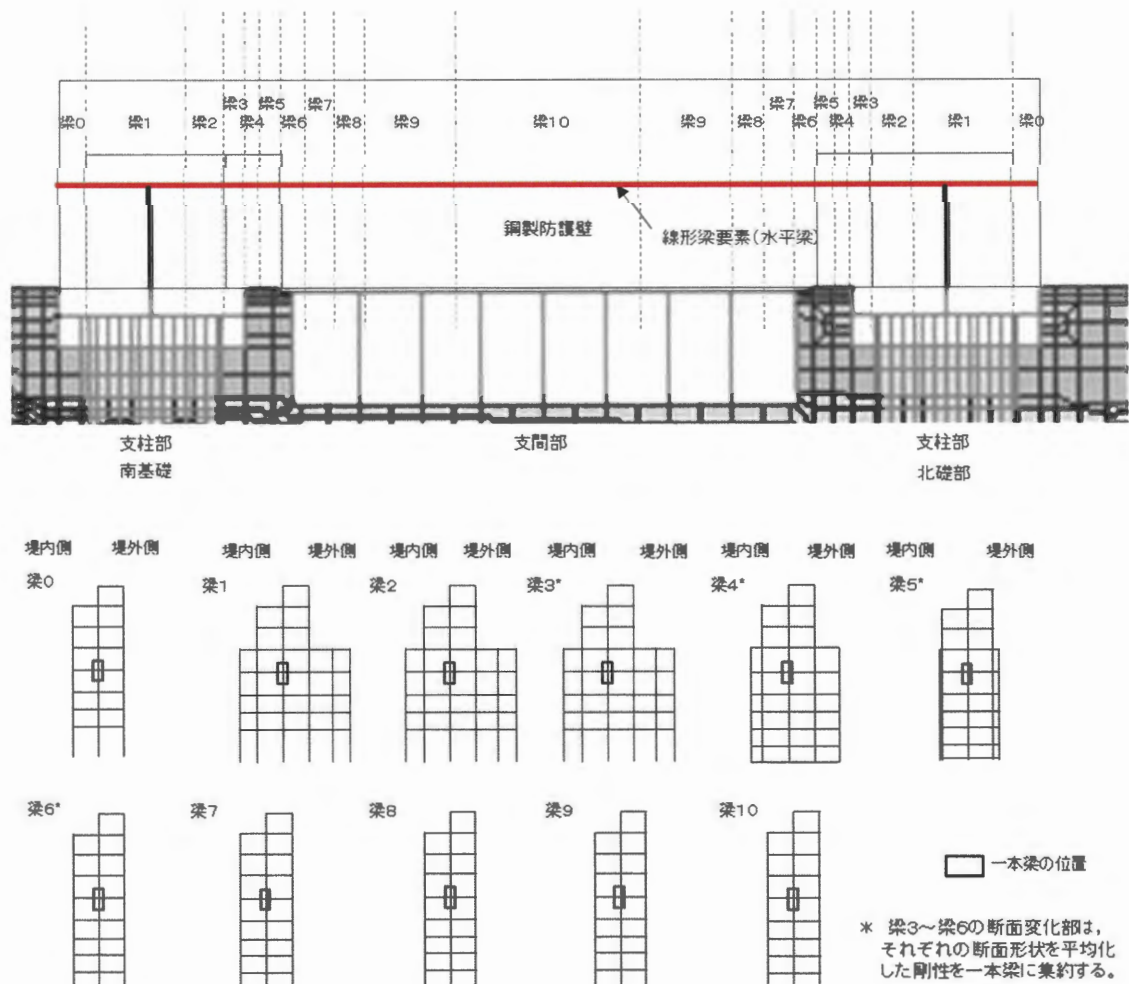


図 4.9-6 堤軸方向に関する水平方向の一本梁の鉛直断面の鋼殻形状

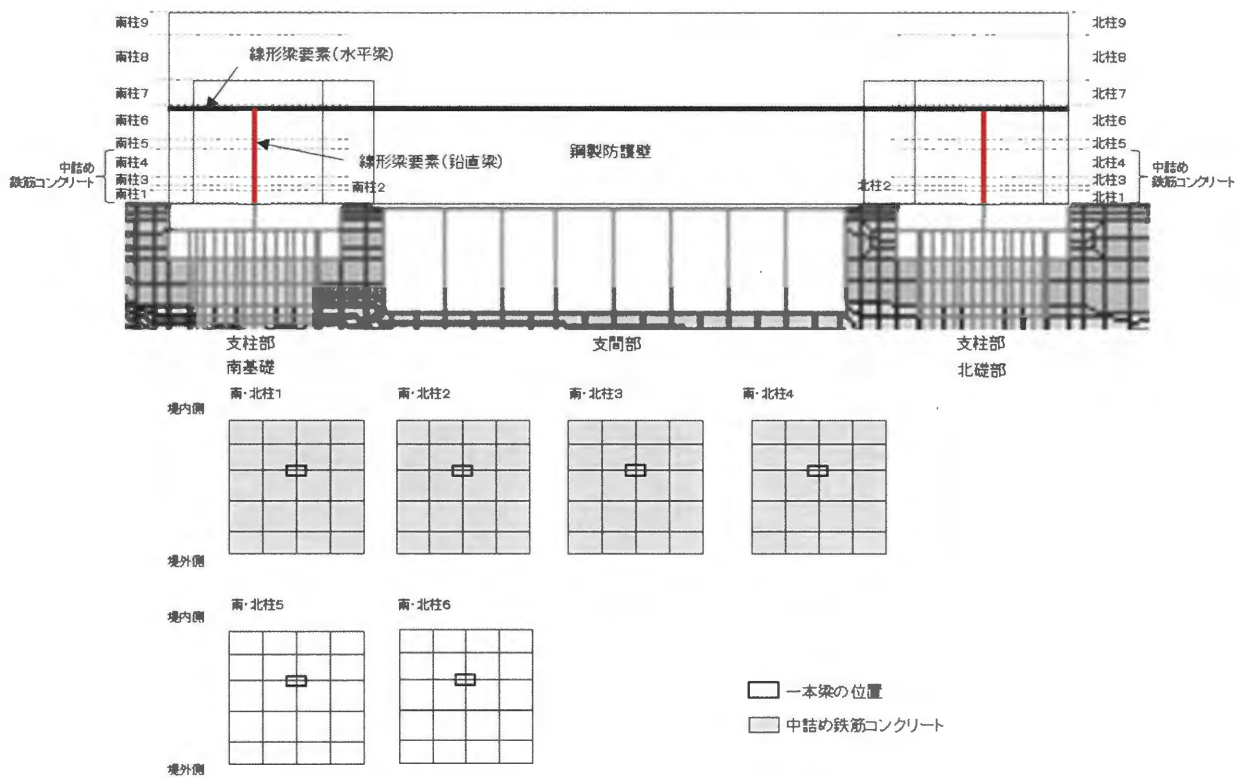


図 4. 9-7 堤軸方向に関する鉛直方向の一本梁の水平断面の鋼殻形状

ロ. 堤軸直交方向

堤軸直交方向については、南基礎（③－③断面）及び北基礎（②－②断面）それぞれにおいて、線形梁要素である鉛直方向の一本梁を基礎天端から鋼製防護壁天端高さまで配置する。その配置位置を南基礎（③－③断面）の例として、水平断面の鋼殻形状とともに図 4.9-8 に示す。

一本梁を配置する位置は、鋼製防護壁支間部の堤軸直交方向に対する中心線と支柱部堤軸方向に対する中心線の交点とする。この鉛直方向の一本梁と基礎天端中心の間には、「2.2.2 鋼製防護壁の平面配置」に示すとおり、堤軸直交方向に 1.15 m の離隔がある。この離隔部分に水平方向の剛梁を配置して鋼製防護壁と基礎の偏心を考慮する。

また、南基礎及び北基礎それぞれの鉛直の一本梁には、鋼製防護壁の南側半分と北側半分の剛性並びに質量をそれぞれ設定する。

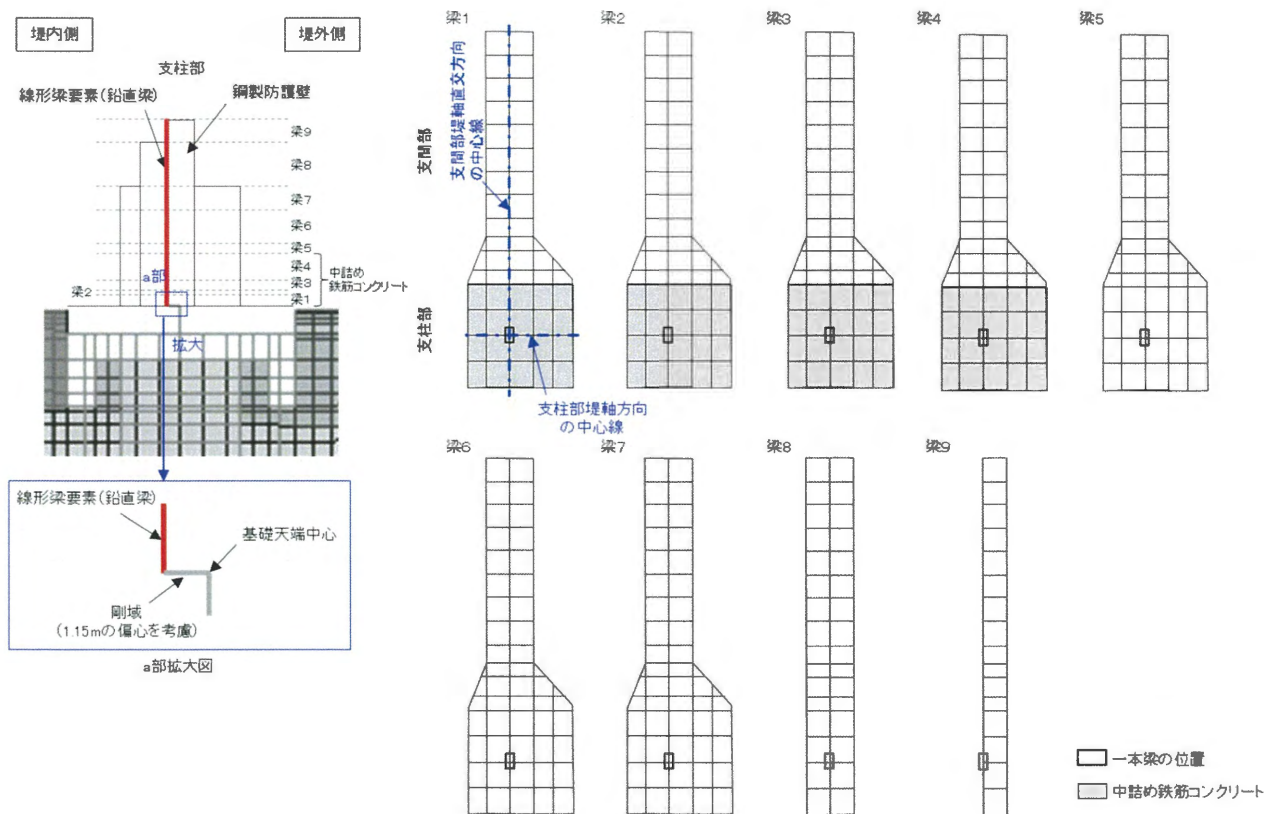


図 4.9-8 堤軸直交方向に関する鉛直方向の一本梁の水平断面の鋼殻形状
(南基礎③－③断面)

(b) 鋼製防護壁基礎

鋼製防護壁基礎の評価は、2次元有効応力解析モデルで行う。

中実鉄筋コンクリートは、縦梁（構造梁要素）及び横梁（仮想剛梁要素）により構成する。基礎中心の縦梁（構造梁要素）に基礎全体の断面性能を集約していることから、当該要素以外の要素は構造物の応答に寄与させない設定とする。

一方で、モデルの成立性を確保する観点からは、幾何学的連続性及び荷重伝達経路を維持するために横梁（仮想剛梁要素）や構造物周辺地盤との接合面のモデル化が必要である。

ここで、構造物側面及び底面の剥離や滑りを考慮するためにジョイント要素を設定するために、側方地盤との間に構造物の応答に影響を与えないよう剛性を低減した柔梁を配置する。

鋼管杭は、頂版鉄筋コンクリートに剛結されることで中実鉄筋コンクリートとともに外力に抵抗するようにモデル化する。

また、既設構造物については鋼製防護壁基礎の堤軸方向の挙動と相互作用があると判断し、構造梁要素でモデル化する。

イ. 堤軸方向

堤軸方向の構造物の解析モデルは、奥行き方向に変化する構造部材による相互作用を考慮するため、複数断面を重ね合わせたモデルとする。堤軸方向の構造物の解析モデルを図 4.9-9 に示す。構造部材の断面性能は、堤軸直交方向の頂版幅（北基礎，南基礎ともに 15.5 m）に応じた値を設定する。堤軸方向の各構造断面位置を図 4.9-10 に示し、堤軸方向の各構造断面を図 4.9-11 に示す。

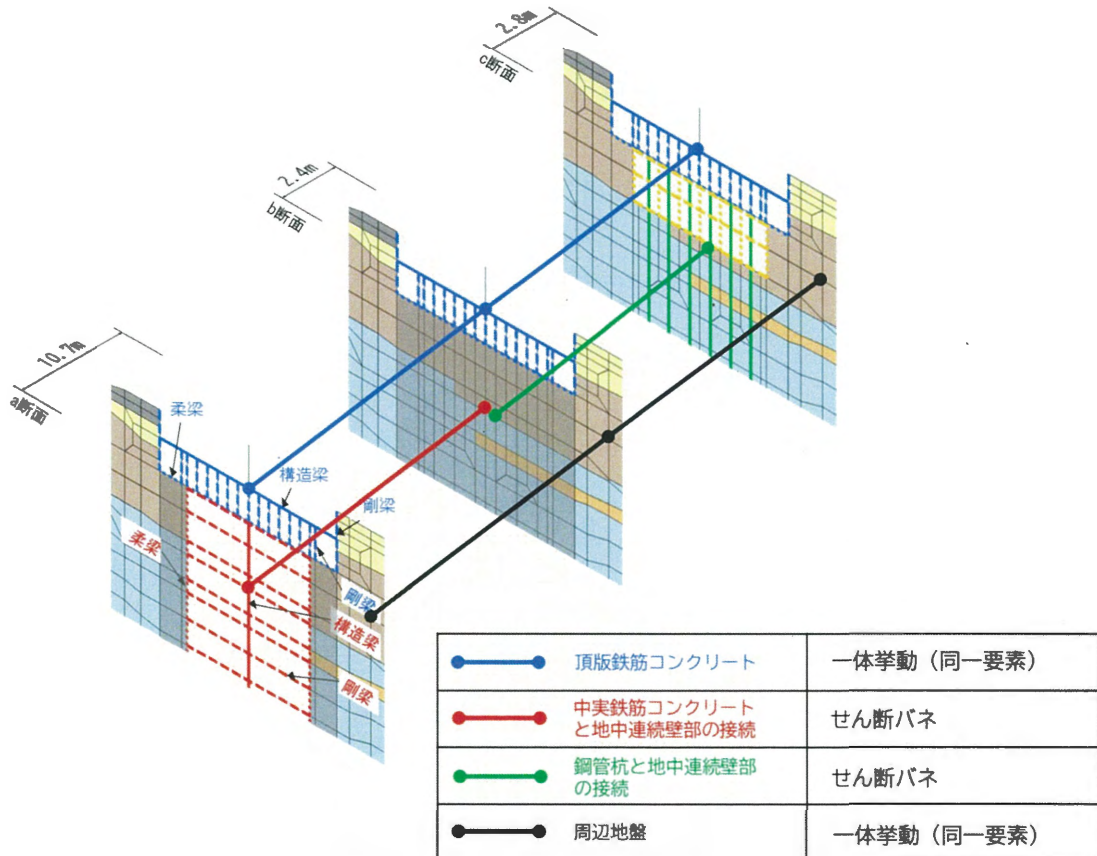
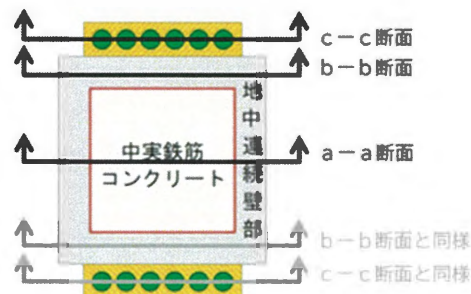


図 4.9-9 堤軸方向の構造物の解析モデル（北基礎）



* 地中連続壁部は地盤（非液状化）扱いとする。

図 4.9-10 堤軸方向の各構造断面位置（北基礎）

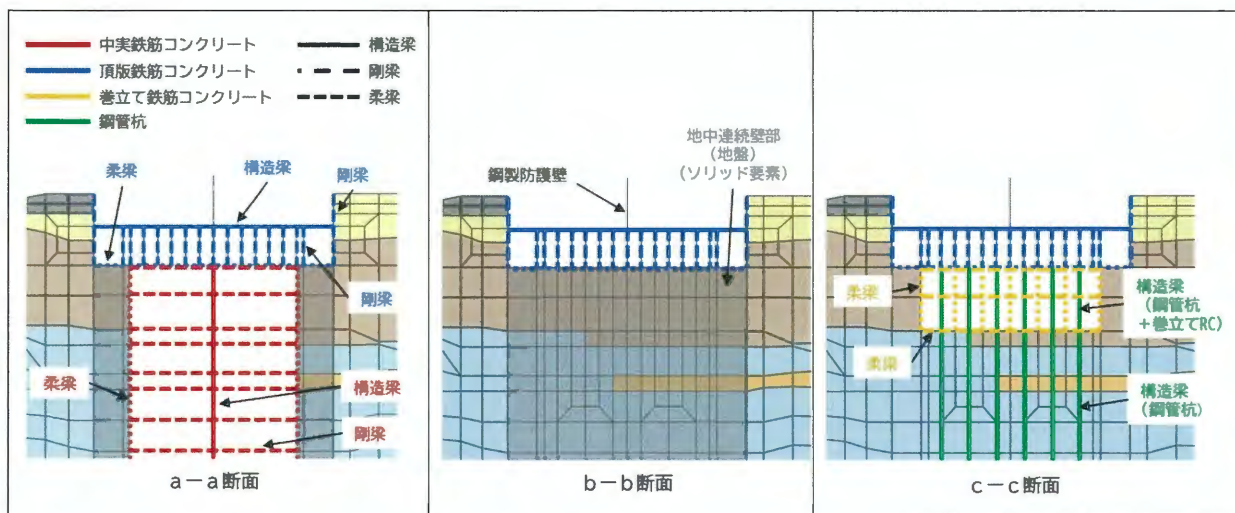


図 4.9-11 堤軸方向の各構造断面（北基礎）

堤軸方向の複数断面を重ね合わせた後の解析モデルを図 4.9-12 に、A-A断面、B-B断面、C-C断面を図 4.9-13 に示す。地中連続壁部（地盤）と中実鉄筋コンクリート間の結合及び地中連続壁部（地盤）と鋼管杭間の結合は、原地盤のせん断強度を有するせん断バネとする。鋼管杭と地盤間の結合は、原地盤のせん断強度を有するジョイント要素とする。

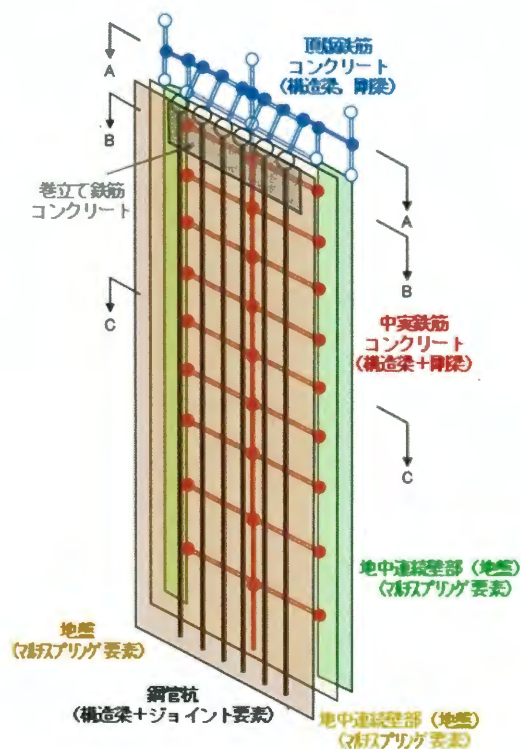
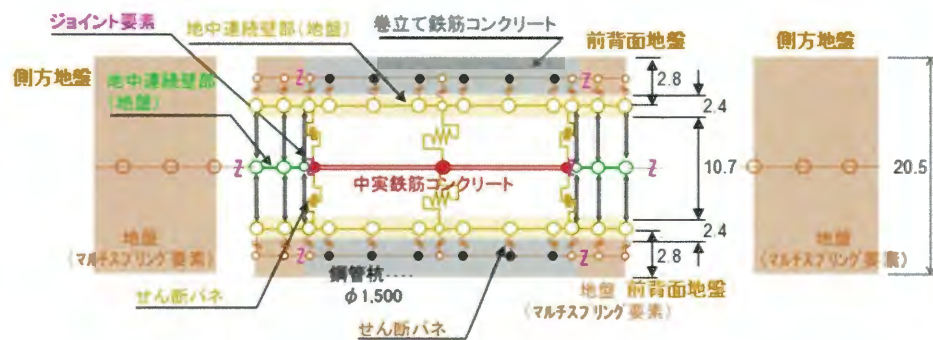


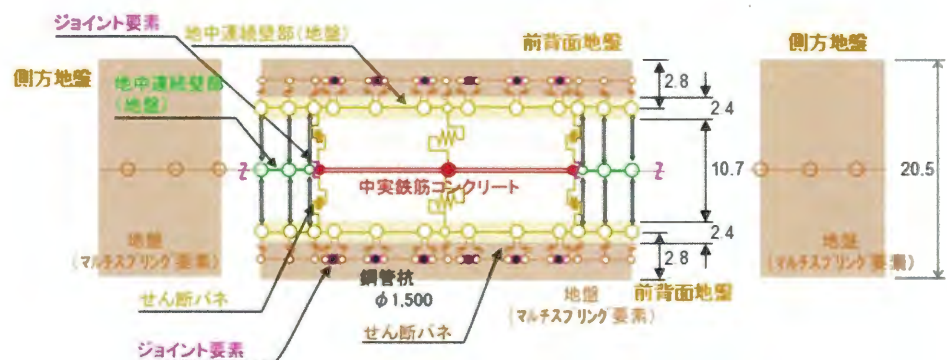
図 4.9-12 堤軸方向の複数断面を重ね合わせた後の解析モデル



頂版鉄筋コンクリート (A-A)



巻立て鉄筋コンクリート (B-B)



中実鉄筋コンクリート (C-C)

(単位 : m)

図 4.9-13 堤軸方向の各深度の解析モデル (北基礎)

ロ. 堤軸直交方向

直交方向の構造物の解析モデルは、奥行き方向に変化する構造部材による相互作用を考慮するため、複数断面を重ね合わせたモデルとする。堤軸直交方向の構造物の解析モデルを図 4.9-14 に示す。構造部材の断面性能は、堤軸方向の頂版幅（北基礎、南基礎ともに 15.5 m）に応じた値を設定する。図 4.9-15 に堤軸直交方向の各構造断面位置を、図 4.9-16 に堤軸直交方向の各構造断面を示す。

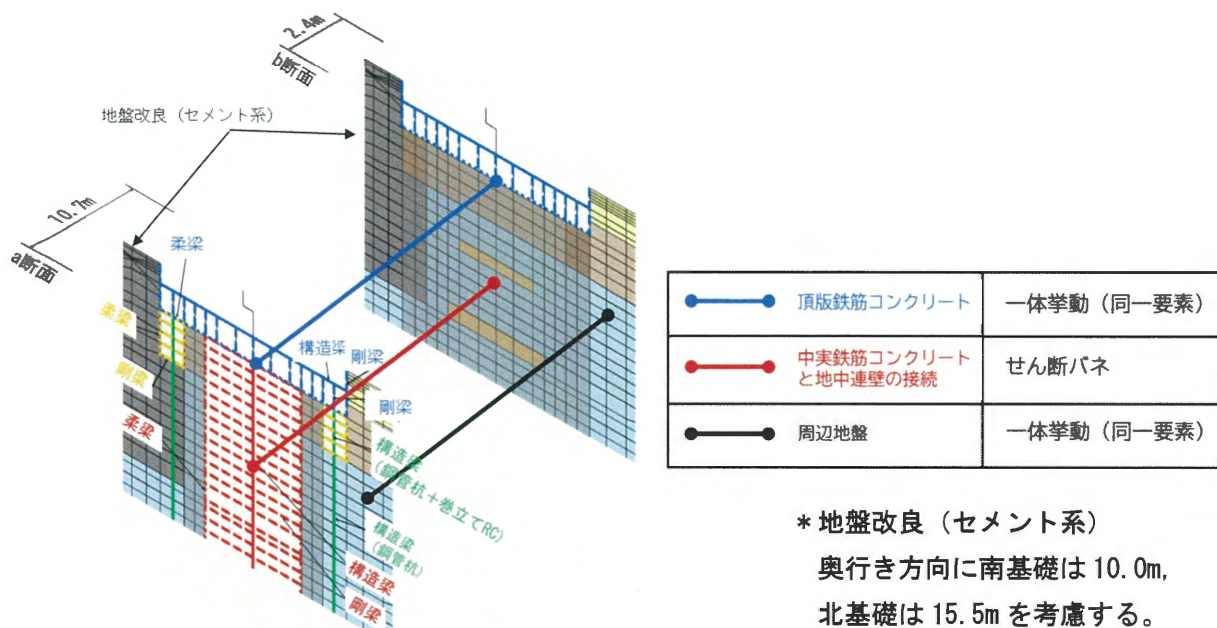


図 4.9-14 堤軸直交方向の構造物の解析モデル (北基礎)

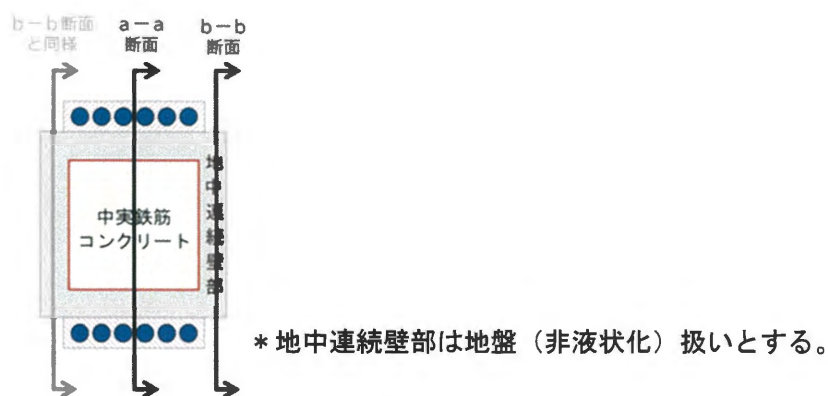


図 4.9-15 堤軸直交方向の各構造断面位置

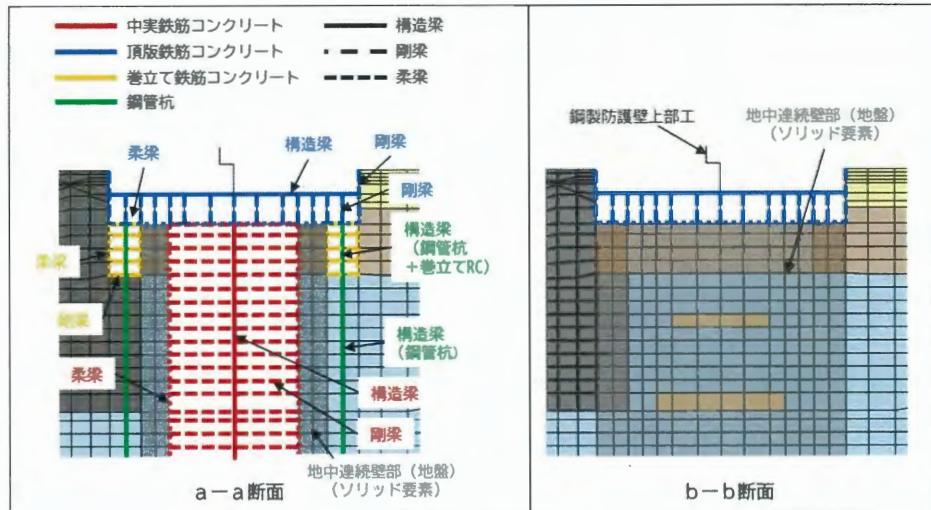


図 4.9-16 堤軸直交方向の各構造断面（北基礎）

堤軸直交方向の複数断面を重ね合わせた後の解析モデルを図 4.9-17 に、A-A 断面、B-B 断面、C-C 断面を図 4.9-18 に示す。地中連続壁部（地盤）と中実鉄筋コンクリート間の結合は、原地盤のせん断強度を有するせん断バネとし、鋼管杭のモデル化は、奥行 15.5 m あたり鋼管杭 6 本分の特性値とする。また、鋼管杭と地盤間の結合は、原地盤のせん断強度を有するジョイント要素とする。

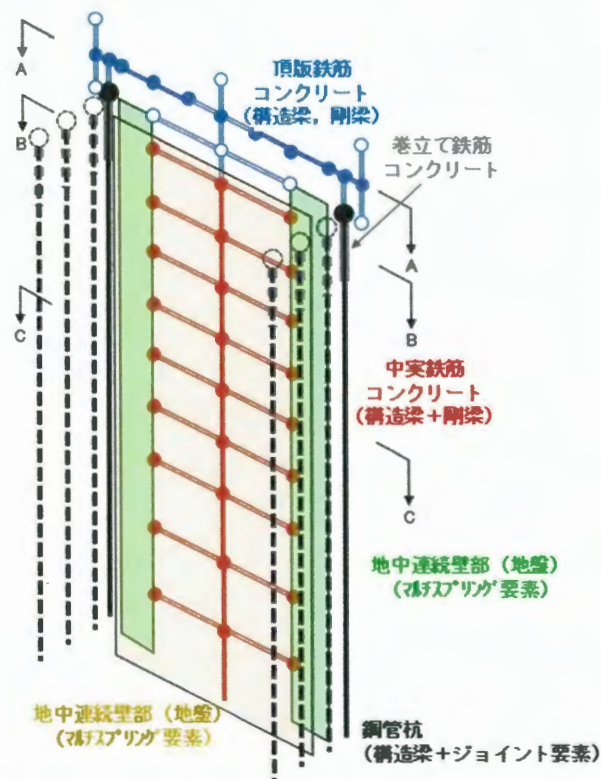
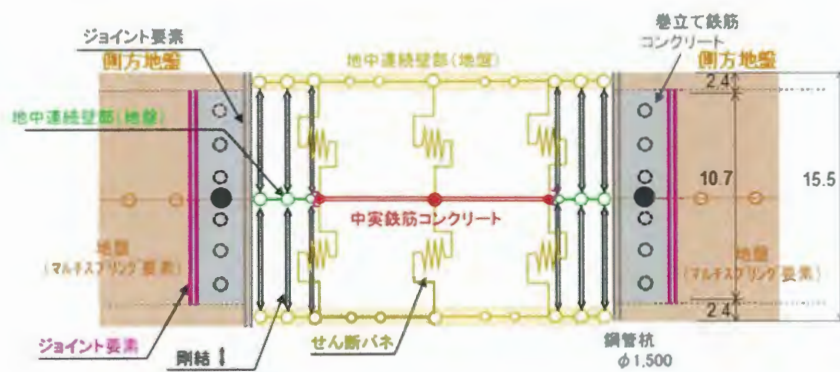


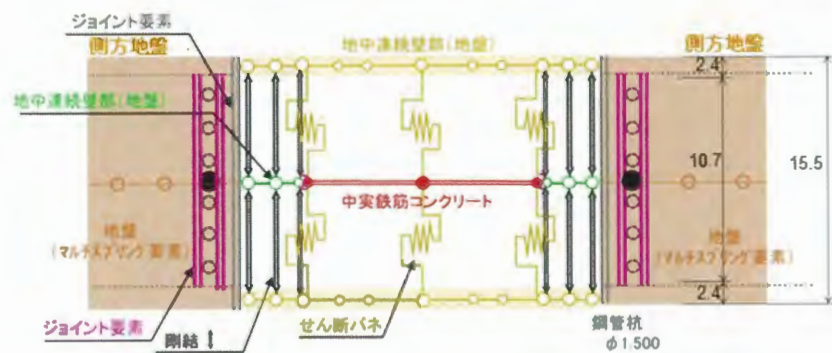
図 4.9-17 堤軸直交方向の複数断面を重ね合わせた後の解析モデル



頂版鉄筋コンクリート (A-A)



巻立て鉄筋コンクリート (B-B)



中実鉄筋コンクリート (C-C)

(単位: m)

図 4.9-18 堤軸直交方向の各深度の解析モデル (北基礎)

c. 地盤のモデル化

地盤は、マルチスプリング要素及び間隙水要素によりモデル化し、地震時の有効応力の変化に応じた非線形性を考慮する。

d. 地盤と構造物の接合面のモデル化

地盤と構造物の接合面には、図 4.9-19 に示すとおりジョイント要素を設けることにより、地震時の地盤と構造物の接合面における剥離及びすべりを考慮する。

ジョイント要素は、図 4.9-20 に示すとおり地盤と構造物の接合面の法線方向とせん断方向に対して設定する。法線方向は、引張応力が生じる場合に剛性及び応力が失われ剥離状態となる。せん断方向は、地盤のせん断強度 τ_f 以上のせん断応力が生じる場合にせん断剛性が失われすべり状態となる。

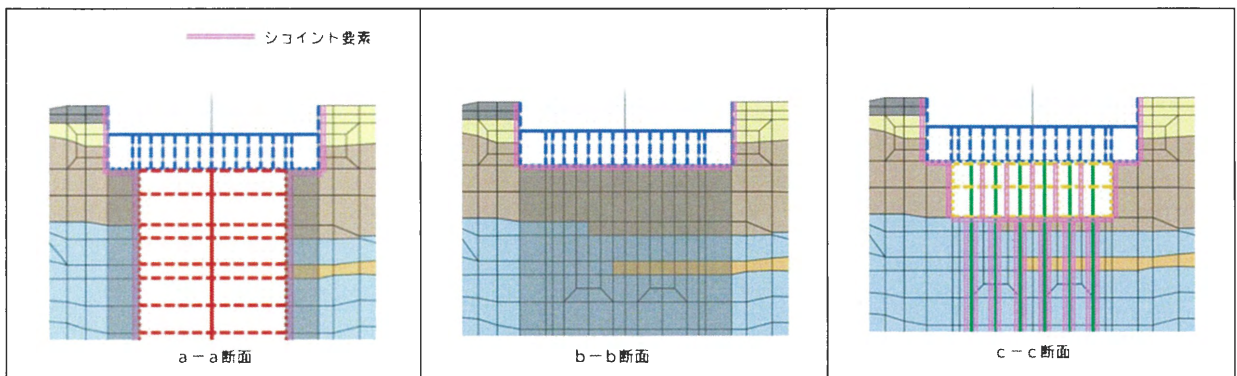


図 4.9-19 地盤と構造物の接合面のモデル化（北基礎）

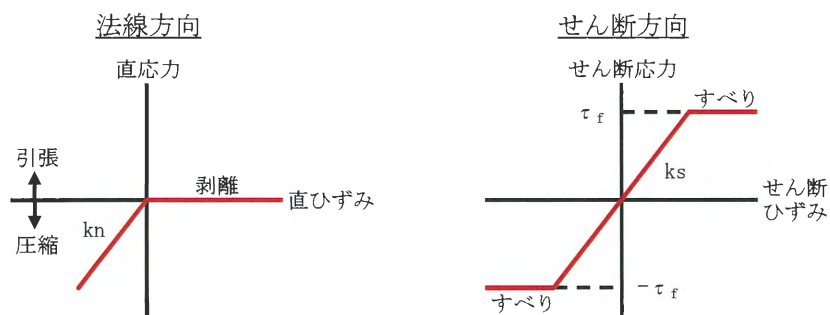


図 4.9-20 ジョイント要素の概念図

なお、地盤のせん断強度 τ_f は、有効応力 σ' と表 4.4-1 に示す周辺地盤の粘着力 c_{CD} 、内部摩擦角 ϕ_{CD} を踏まえ、モール・クーロン式 $\tau_f = c_{CD} + \sigma' \tan \phi_{CD}$ として計算される。

また、ジョイント要素の地盤バネの地盤反力係数は、数値計算上不安定な挙動を起こさない程度に十分大きい値として、港湾構造物設計事例集(沿岸技術研究センター)を踏まえ、表 4.9-1 のとおり設定する。

表 4.9-1 ジョイント要素の地盤反力係数

設定箇所	せん断剛性 k_s (kN/m^3)	圧縮剛性 k_n (kN/m^3)
側面及び底面	1.0×10^6	1.0×10^6

e. 解析モデル領域

解析モデル領域は、境界条件の影響が地盤及び構造物の応力状態に影響を及ぼさないよう、十分広い領域とする。具体的には、J E A G 4 6 0 1-1987 を踏まえ、図 4.9-21 に示すとおりモデル幅を構造物基礎幅の 5 倍以上、構造物下端からモデル下端までの高さを構造物基礎幅の 2 倍以上確保する。なお、解析モデルの境界条件は、側面及び底面ともに粘性境界とする。

地盤の要素分割は、地盤の波動をなめらかに表現するために、最大周波数 20 Hz 及びせん断波速度 V_s で算定される波長の 5 又は 4 分割，すなわち， $V_s/100$ 又は $V_s/80$ を考慮し、要素高さを 1 m 程度まで細分割して設定する。

構造物の要素分割は、「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、線材モデルの要素分割は、要素長さを部材の断面厚さ，又は有効高さの 2.0 倍以下とし，1.0 倍程度とするのが良い旨が示されていることを考慮し、部材の断面厚さ，又は有効高さの 1.0 倍程度まで細分割して設定する。

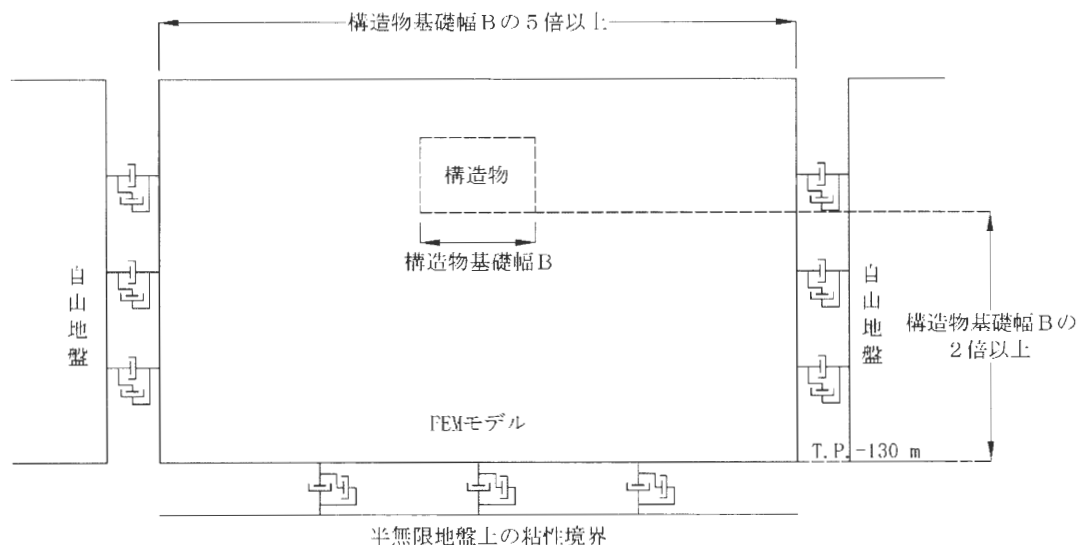


図 4.9-21 解析モデル領域

f. 解析フロー

地震応答解析（２次元有効応力解析）モデルは、検討対象構造物とその周辺地盤の実際の状況をモデル化した不整形地盤に加え、この不整形地盤の左右に広がる地盤をモデル化した自由地盤で構成される。この自由地盤は、不整形地盤の左右端と同じ地層構成を有する１次元地盤モデル（不整形地盤左右端のそれぞれ縦１列の要素列と同じ地層構成で、水平方向に連続することを表現するために循環境界条件を設定したモデル）である。地震応答解析（２次元有効応力解析）における自由地盤の初期応力解析から不整形地盤の地震応答解析までのフローを図 4.9-22 に示す。

自由地盤の初期応力解析は、自重に対する静的解析として実施して、自由地盤の動的解析における初期状態を設定する。自由地盤の地震応答解析は、不整形地盤の地震応答解析において粘性境界を介して自由地盤側の震動を反映した境界条件となるように設定するために実施する。

不整形地盤の初期応力解析は、自重を始めとする常時荷重に対する静的解析として実施して、不整形地盤の動的解析における初期状態を設定する。この不整形地盤の初期状態に基づいて地震応答解析を実施する。

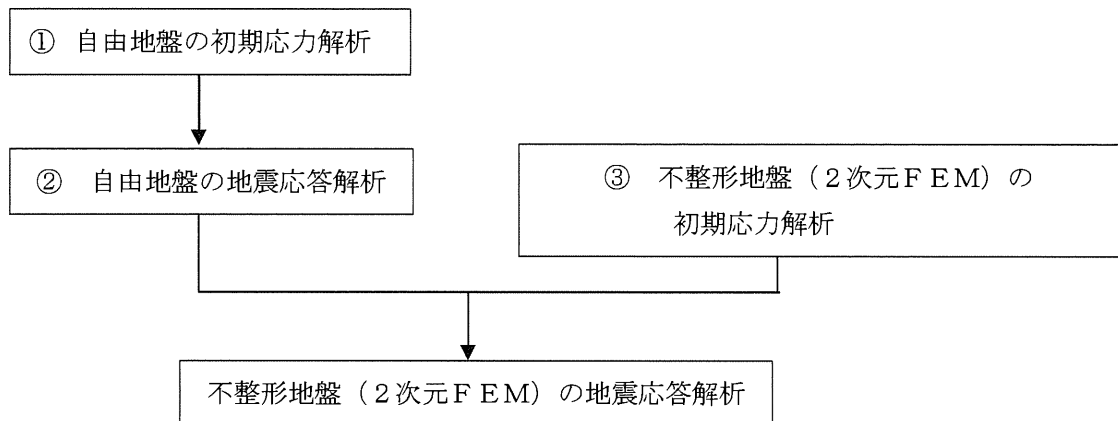


図 4.9-22 自由地盤の初期応力解析から不整形地盤（２次元FEM）の地震応答解析までのフロー

g. 境界条件

境界条件は、固有値解析時、初期応力解析時、地震応答解析時（2次元有効応力解析時）各々に設定する。

(a) 固有値解析時

境界条件は、境界が構造物を含めた周辺地盤の震動特性に影響を与えないように設定する。底面の境界条件は、図 4.9-23 に示すとおり地盤のせん断方向の卓越変形モードを把握するために固定とし、側面の境界条件は、実地盤が水平方向に連続していることを模擬するため水平ローラとする。

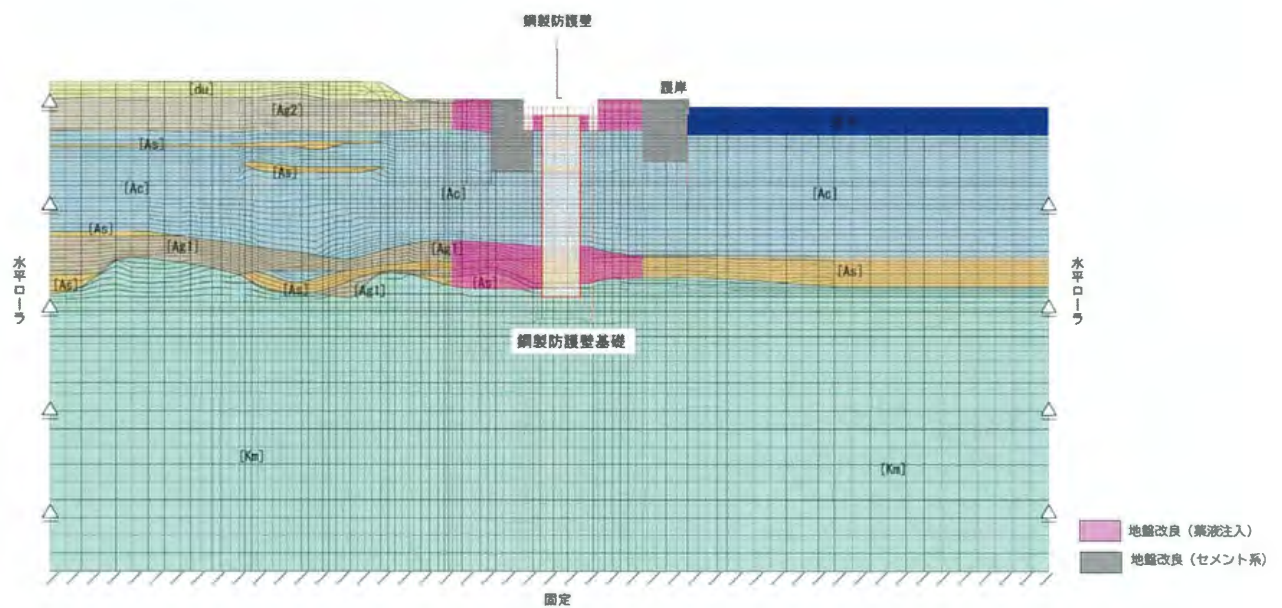


図 4.9-23 固有値解析時の境界条件（②—②断面）

(b) 初期応力解析時

初期応力解析は、地盤や構造物の自重及び風荷重等の静的な荷重を載荷することによる常時の初期応力を算定するために行う。

底面の境界条件は、図 4.9-24 に示すとおり固定とし、側面の境界条件は、自重による地盤の鉛直方向の変形を拘束しないよう鉛直ローラとする。

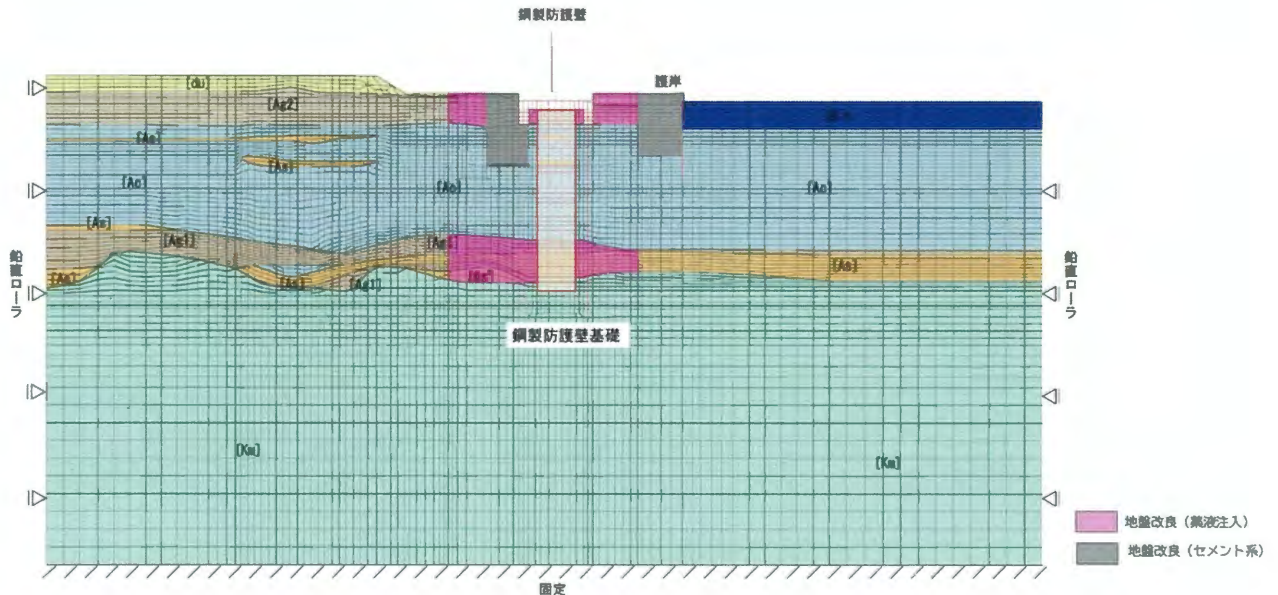


図 4.9-24 初期応力解析時の境界条件 (②-②断面)

(c) 地震応答解析時

底面及び側面の境界条件は、有限要素解析における半無限地盤を模擬するため、粘性境界とする。底面には、地震動の下降波がモデル底面境界から半無限地盤へ通過していく状態を模擬するためにダッシュポットを設定し、側面には、自由地盤の地盤震動と不整形地盤の地盤震動の差分が側面を通過していく状態を模擬するために、自由地盤と不整形地盤との間にダッシュポットを設定する。地震応答解析（2次元有効応力解析）モデルを図 4.9-25～図 4.9-30 に示す。

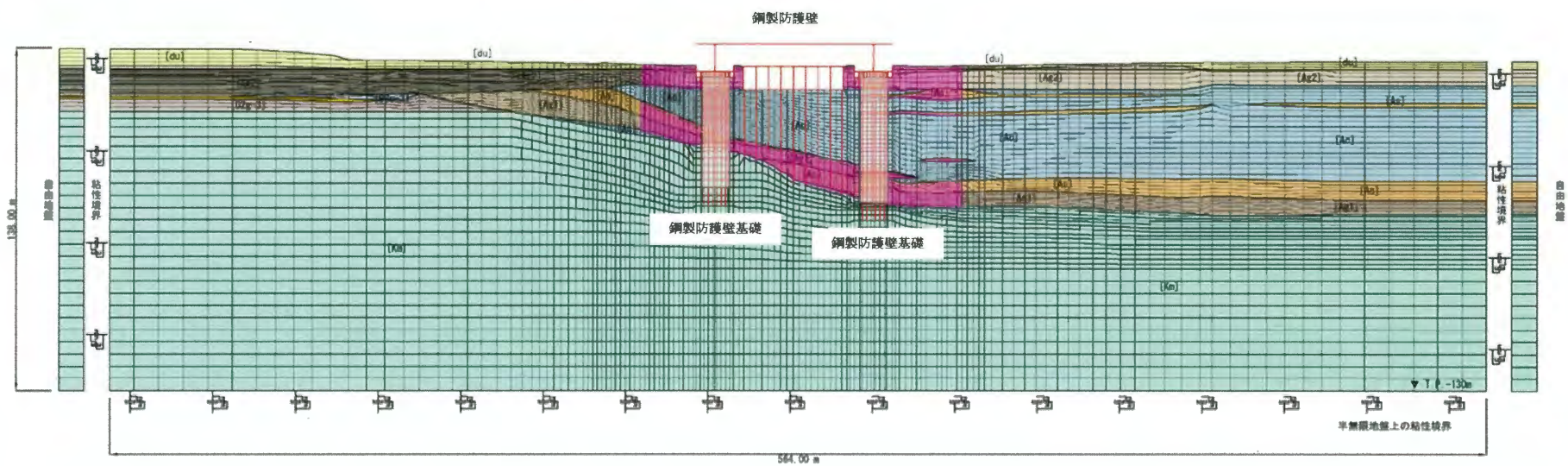


図 4.9-25 地震応答解析（2次元有効応力解析）モデル全体図（①—①断面）

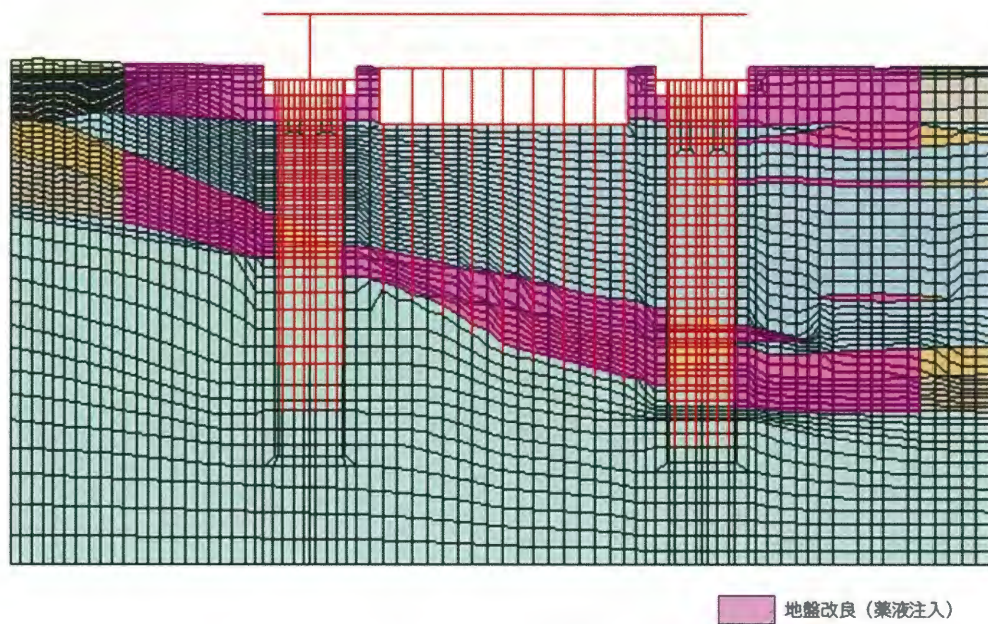


図 4.9-26 地震応答解析（2次元有効応力解析）モデル拡大図（①—①断面）

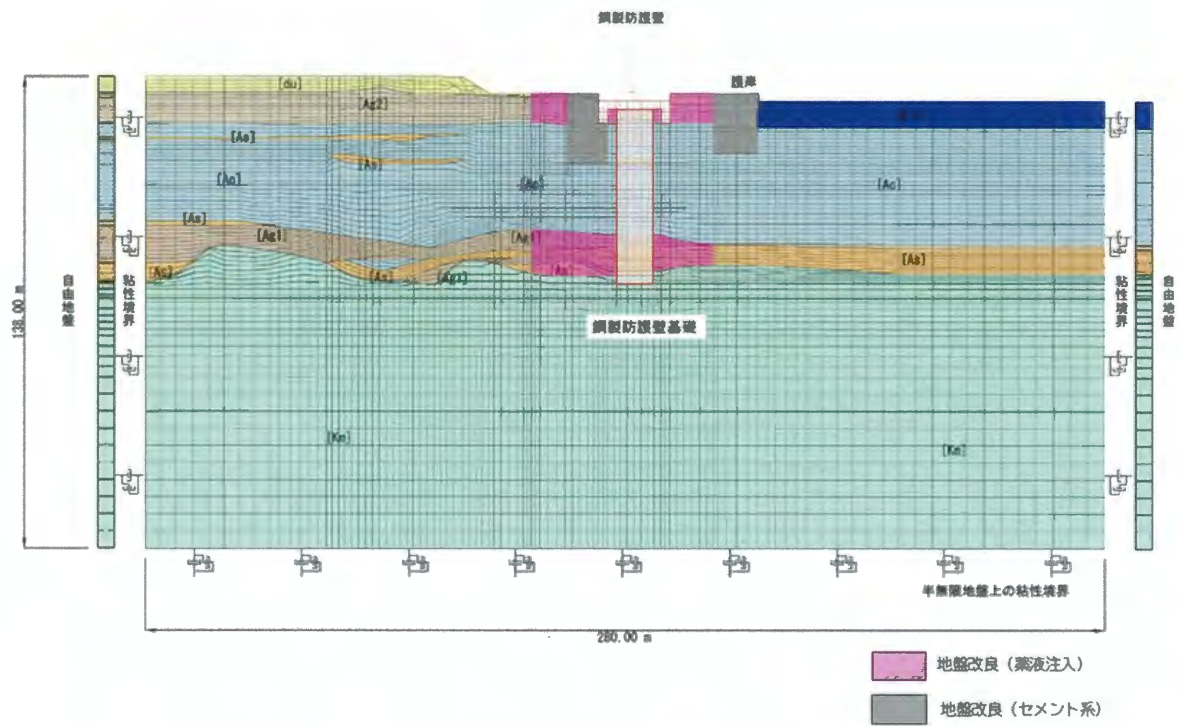


図 4.9-27 地震応答解析（２次元有効応力解析）モデル全体図（②—②断面）

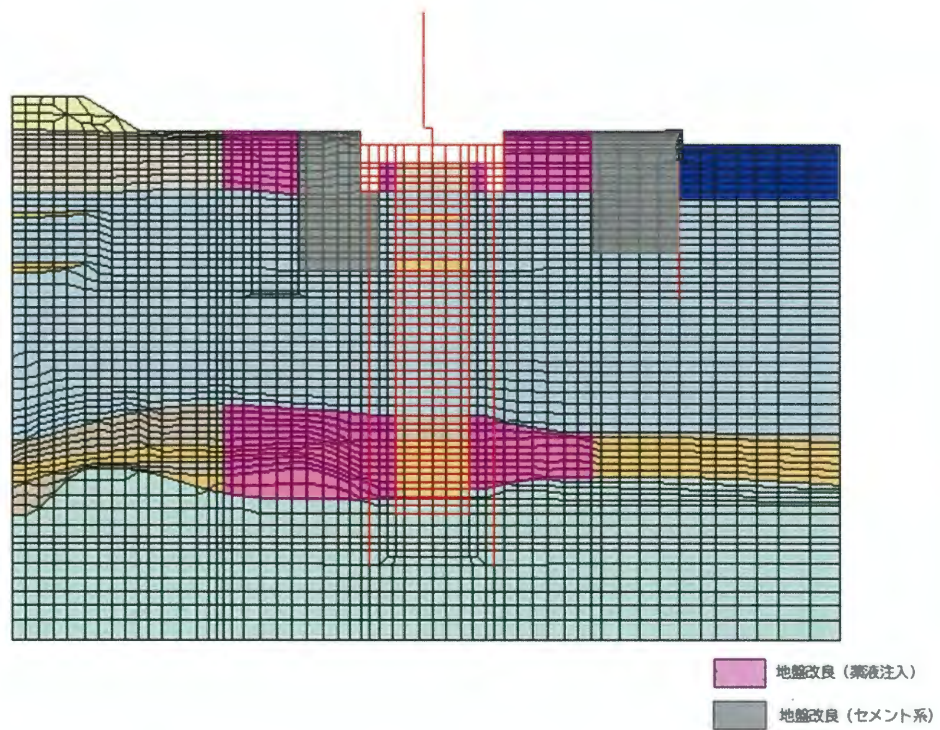


図 4.9-28 地震応答解析（２次元有効応力解析）モデル拡大図（②—②断面）

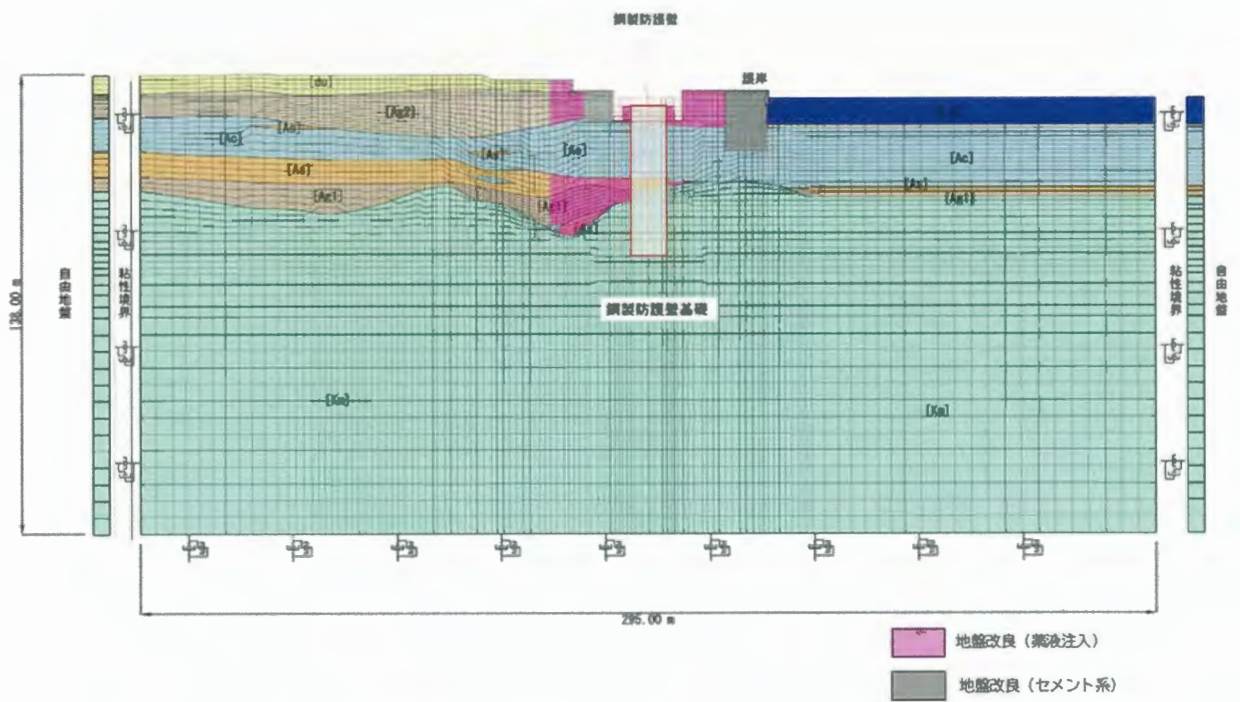


図 4.9-29 地震応答解析（2次元有効応力解析）モデル全体図（③—③断面）

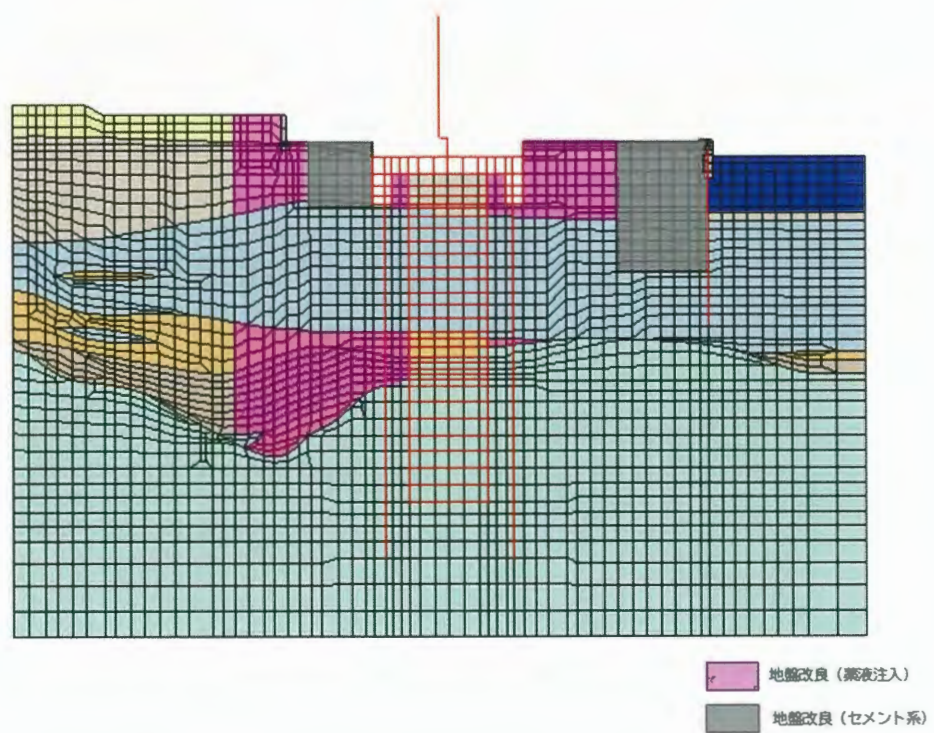


図 4.9-30 地震応答解析（2次元有効応力解析）モデル拡大図（③—③断面）

h. 減衰定数

(a) 設定フロー

解析における地盤及び構造物の減衰は、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いくことから、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した。

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。また、鋼材とコンクリートの減衰定数は、「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)」より鋼材3%、「J E A G 4 6 0 1-1987」よりコンクリート5%とする。

図 4.9-31 に Rayleigh 減衰の設定フローを示す。

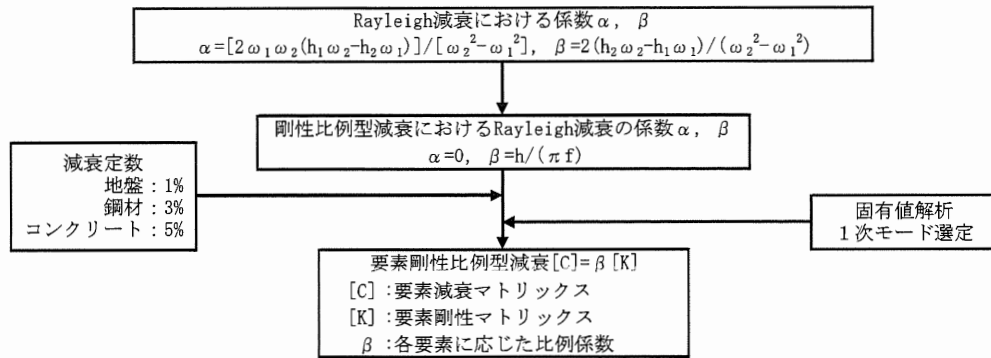


図 4.9-31 Rayleigh 減衰の設定フロー

(b) 固有値解析結果

固有値解析結果を表 4.9-2 に示す。表 4.9-2 に示す◎及び○を 1 次固有振動数とする。

表 4.9-2 固有値解析結果

凡例 ◎ : 地盤の 1 次固有振動数
○ : 構造物の 1 次固有振動数

地盤ケース①, 地盤ケース⑤

①-①断面				②-②断面				③-③断面			
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	次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数	採用
1	0.544	363.68	◎	1	0.676	192.71	◎	1	0.785	220.14	◎
2	0.694	-350.51		2	0.870	41.79		2	1.066	57.29	
3	0.775	309.40		3	1.097	14.00		3	1.393	8.21	
4	0.850	85.12		4	1.235	-26.24		4	1.473	-41.03	
5	0.897	83.00	○	5	1.392	-65.25		5	1.608	-54.19	○
6	0.983	-49.64		6	1.437	-61.91		6	1.725	17.36	
7	1.065	10.79		7	1.563	57.73	○	7	1.756	-15.64	
8	1.177	-56.05		8	1.577	57.17		8	1.856	-51.10	
9	1.233	-205.54		9	1.642	12.57		9	1.977	19.85	

地盤ケース②, 地盤ケース⑥

①-①断面				②-②断面				③-③断面			
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	次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数	採用
1	0.584	400.84	◎	1	0.706	199.39	◎	1	0.799	224.94	◎
2	0.725	-403.68		2	0.929	36.55		2	1.118	44.78	
3	0.818	212.56		3	1.190	11.56		3	1.464	-6.98	
4	0.922	56.86		4	1.336	-33.89		4	1.553	-47.42	
5	0.974	45.05	○	5	1.449	-67.64		5	1.704	42.94	
6	1.051	-10.30		6	1.547	-38.06		6	1.737	20.65	○
7	1.134	35.99		7	1.619	-68.70	○	7	1.898	-12.15	
8	1.268	-148.92		8	1.654	41.32		8	1.955	-50.71	
9	1.277	-139.43		9	1.752	-2.32		9	2.032	16.07	

地盤ケース③

①-①断面				②-②断面				③-③断面			
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	次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数	採用
1	0.499	330.97	◎	1	0.638	184.50	◎	1	0.767	212.41	◎
2	0.646	-256.97		2	0.806	47.32		2	1.010	-73.91	
3	0.734	-347.10		3	0.998	15.69		3	1.309	19.01	
4	0.771	162.36		4	1.126	-23.84		4	1.394	-27.03	
5	0.816	163.62		5	1.293	-12.17		5	1.523	-64.40	
6	0.901	95.57	○	6	1.359	99.98		6	1.608	-8.17	
7	1.000	38.25		7	1.471	-20.88		7	1.711	-44.47	○
8	1.085	-30.84		8	1.501	-55.89		8	1.748	31.47	
9	1.183	-214.52		9	1.538	58.46	○	9	1.840	30.50	

地盤ケース④

①-①断面				②-②断面				③-③断面			
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	次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数	採用
1	0.529	357.95	◎	1	0.649	182.22	◎	1	0.762	210.36	◎
2	0.674	-311.71		2	0.807	69.40		2	1.008	-81.95	
3	0.750	332.26		3	1.039	21.12		3	1.304	27.21	
4	0.821	-136.94		4	1.182	-19.48		4	1.425	39.45	
5	0.882	70.81	○	5	1.320	56.26		5	1.544	-53.41	
6	0.958	-36.94		6	1.324	49.20		6	1.636	15.91	
7	1.034	-26.21		7	1.380	-9.07		7	1.707	-20.98	○
8	1.140	60.79		8	1.479	63.49		8	1.787	-17.86	
9	1.200	-182.36		9	1.537	41.76		9	1.847	-49.61	
				10	1.591	-62.61	○				

(2) 使用材料及び材料の物性値

使用材料及び材料の物性値については、「4.3 使用材料及び材料の物性値」と同様に設定する。

(3) 地盤の物性値

地盤の物性値については、「4.4 地盤の物性値」と同様に設定する。

(4) 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せについては、「4.5 荷重及び荷重の組合せ」と同様に設定する。

4.9.2 解析モデル及び解析条件(鋼製防護壁及び接合部)

鋼製防護壁及び接合部の解析モデル及び解析条件については、後述する(1)に解析モデルを、(2)から(4)に解析条件を示す。

(1) 解析モデル

a. 鋼製防護壁のモデル化

鋼製防護壁の鋼殻の構成部材は、耐津波評価に用いる3次元静的フレーム解析モデルと同様に水平隔壁、内部隔壁及び鉛直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構造で構成される格子モデルとする。

主桁部材は、外面鋼板及び内部隔壁をフランジ、水平隔壁をウェブとみなした断面とし、隔壁間の剛性、重量を構造弾性梁要素に集約する。横桁部材は、外面鋼板及び内部隔壁をフランジ、鉛直隔壁をウェブとみなした断面とし、隔壁間の剛性、重量を構造弾性梁要素に集約する。また、ねじれ剛性は、外面鋼板が連続していることから、箱断面として算定したねじれ剛性を主桁部材及び横桁部材に考慮する。

図 4.9-32 に鋼製防護壁における構成部材のモデル化イメージを示す。

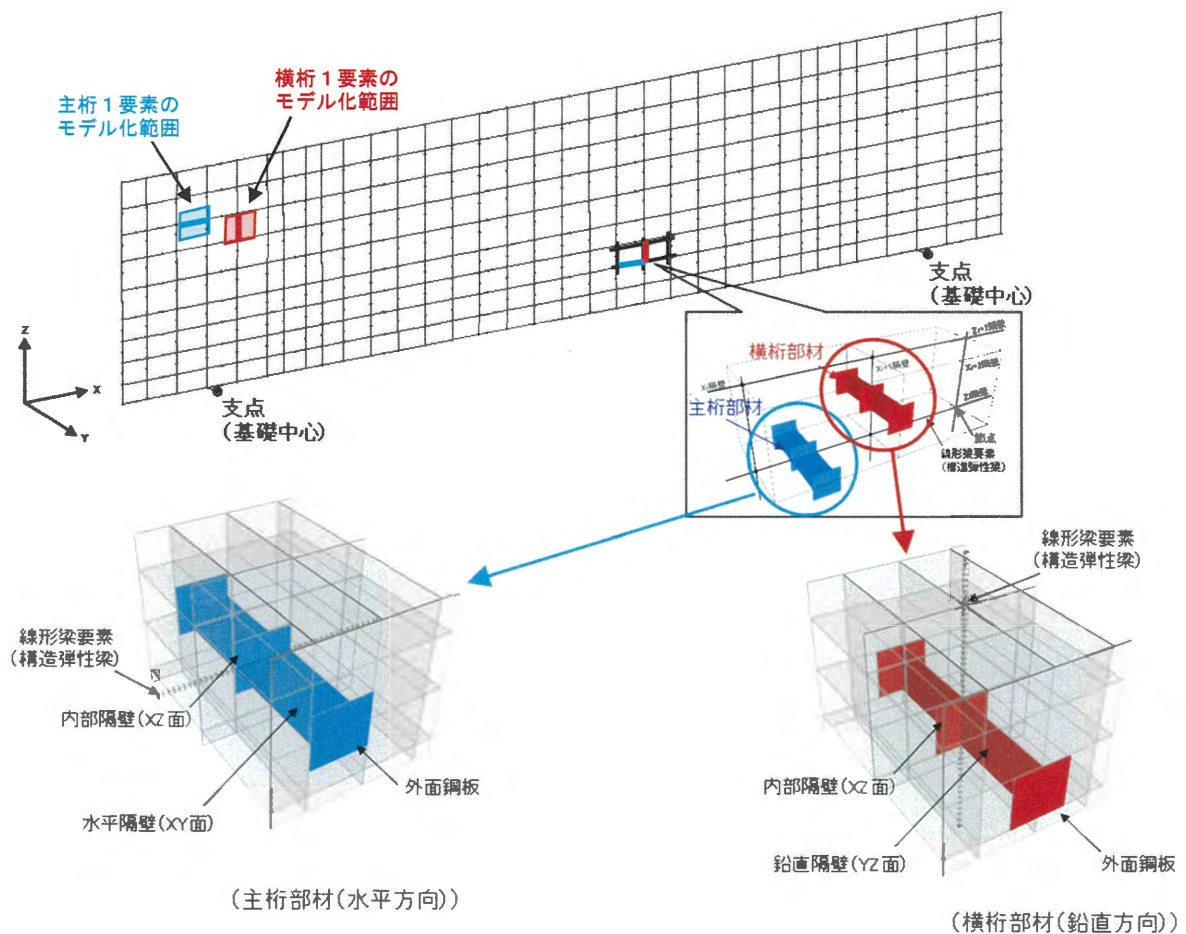


図 4.9-32 鋼製防護壁における構成部材のモデル化イメージ

b. 荷重条件

3次元動的フレーム解析では、南北基礎の相対変位が大きくなるほど鋼製防護壁に生じるひずみが大きくなり、断面力も大きくなる。したがって、2次元有効応力解析により得られる南北基礎天端中心の時刻歴応答に基づき、相対変位が最大となる地震動を抽出し、当該地震動の時刻歴変位を荷重条件として与えて実施する。これは、複数箇所への入力においては変位時刻歴入力の方が逆位相挙動の影響を受けにくく安定した解が得られること、相対変位の影響を直接的に評価できることによる。

2次元有効応力解析において、堤軸方向（①-①断面）では、堤軸並進成分、鉛直成分及び堤軸直交方向を軸とする回転成分の時刻歴変位を抽出する。堤軸直交方向（②-②断面，③-③断面）では、堤軸直交並進成分、鉛直成分及び堤軸方向を軸とした回転成分の時刻歴変位を抽出する。それら抽出した並進3成分及び回転2成分の変位時刻歴を強制変位荷重として3次元動的フレーム解析モデルの支点（南北基礎天端中心）に入力する。なお、鉛直成分については、南北基礎とも鉛直変位が大きい堤軸直交方向（②-②断面，③-③断面）の時刻歴応答を採用する。2次元有効応力解析からの変位時刻歴の入力概念図を図4.9-33に示す。

ただし、鉛直方向を軸とする水平回転成分は、2次元有効応力解析から直接算出できないため、堤軸直交方向の2次元有効応力解析により水平震度を設定し、この水平震度を、図4.9-34の下図に示す赤矢印のように鋼製防護壁全体（図4.9-34に示す格子モデル全体）に作用させることで水平回転成分を導く。導いた水平回転成分に基づき、格子モデルの各要素の断面力を算定し3次元動的フレーム解析から算出される断面力に加算する。なお、水平震度は、堤軸直交方向の南北基礎天端における水平加速度の絶対値最大から設定する。

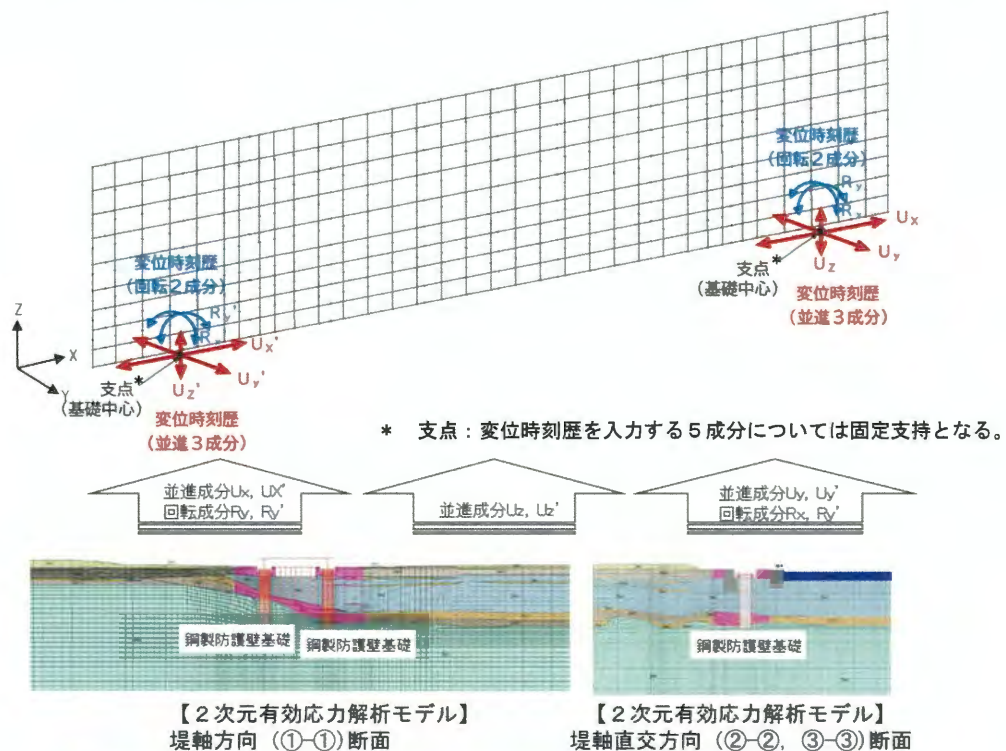


図 4.9-33 2次元有効応力解析による変位時刻歴の入力概念図

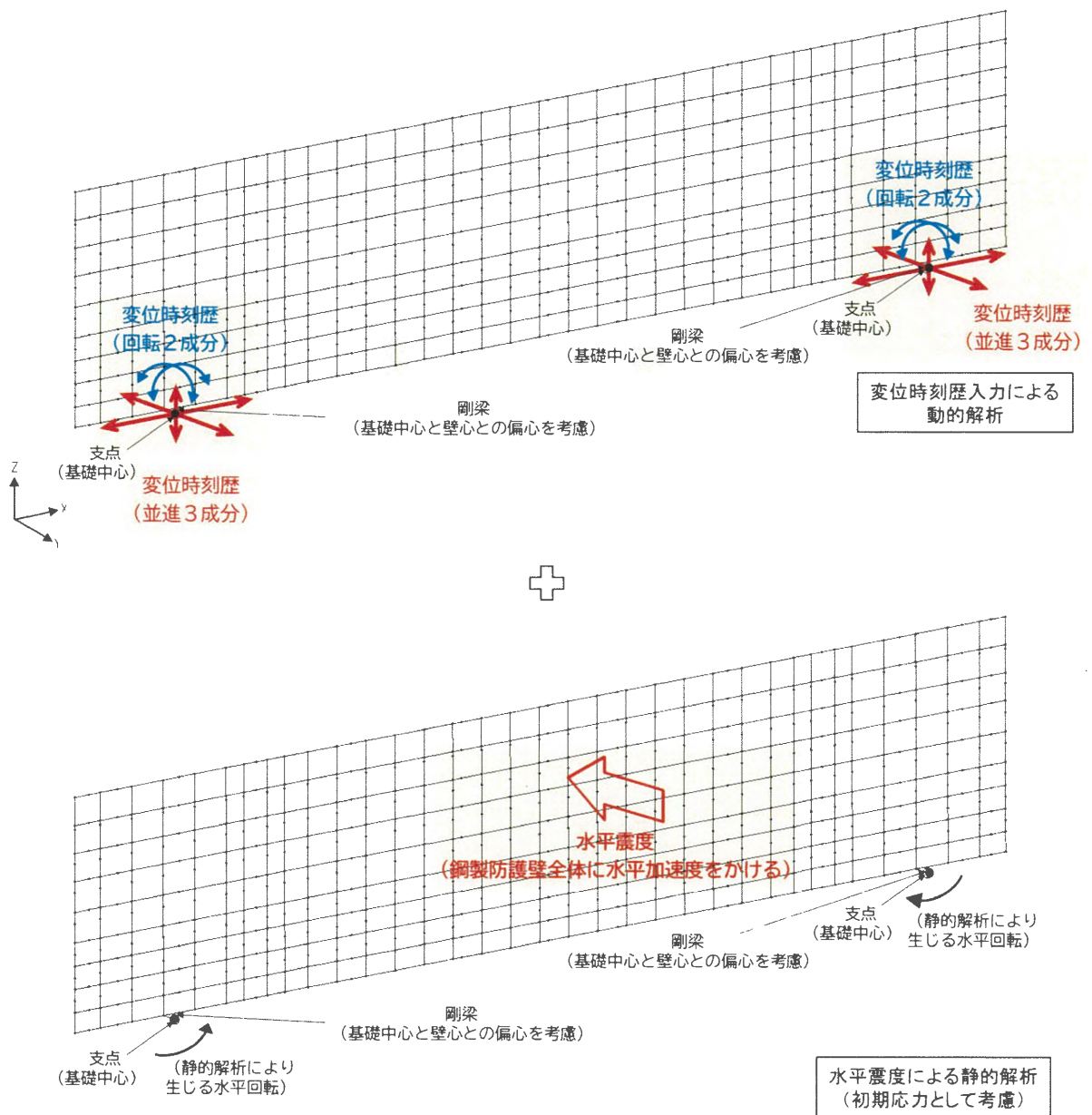


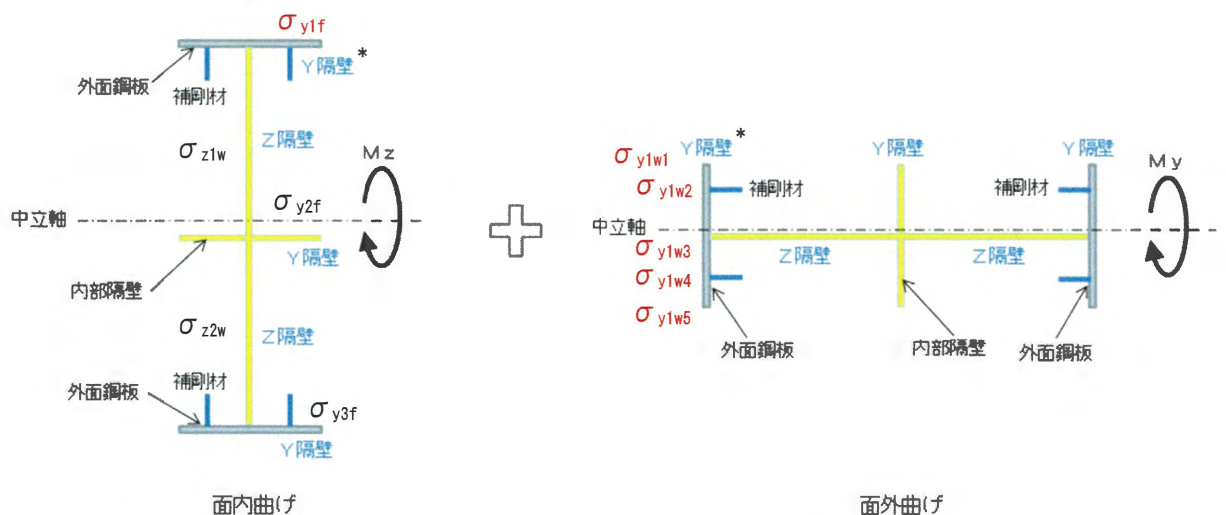
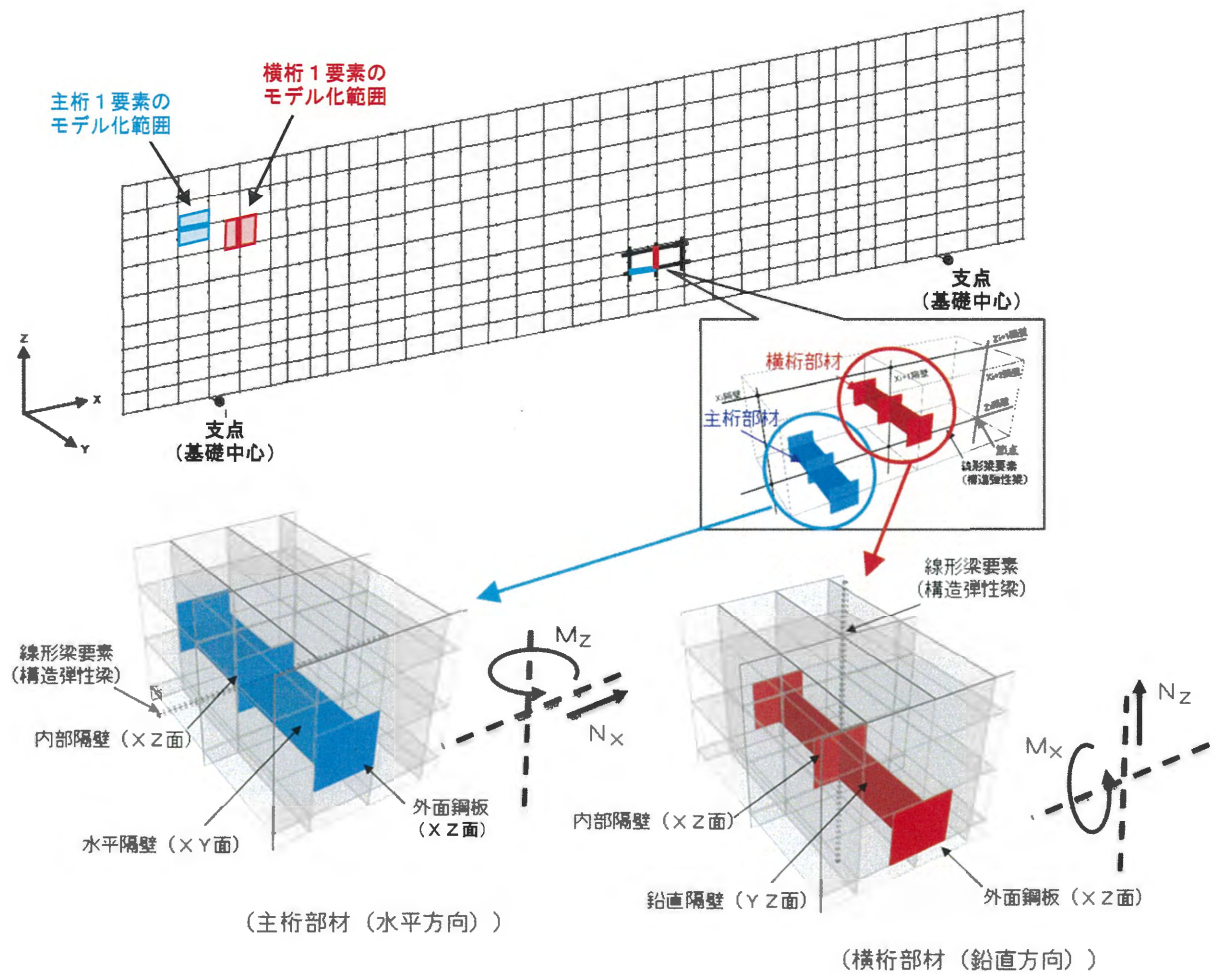
図 4.9-34 水平回転成分の重ね合わせの概念図

c. 梁要素の直応力度及びせん断応力度の算出方法

梁要素の発生応力度は、3次元動的フレーム解析により梁要素の断面力を算出し、その断面力と鋼殻の断面性能から算出する。

隔壁の直応力度は、X軸方向の軸力、Z軸回りのモーメントによる直応力度にX軸方向の軸力、Y軸回りのモーメントによる直応力度を加算して求める。なお、Y軸回りのモーメントによる直応力度は、補剛材や隔壁による断面変化位置における値を抽出し、Z軸回りのモーメントによる直応力度に加算する。曲げ軸力による直応力度の算出イメージを図 4.9-35 に示す。

せん断応力度は、「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）」に基づいて算出したI型断面のせん断応力度に、薄肉多室閉断面がねじりモーメントを受けた際に生じるせん断流から算出されるせん断応力度を加算して求める。せん断流理論に基づくせん断応力度の算出イメージを図 4.9-36 に示す。



* Y 隔壁の直応力最大値 = $\max (\sigma_{y1f} + \sigma_{y1w1}, \sigma_{y1f} + \sigma_{y1w2}, \sigma_{y1f} + \sigma_{y1w3}, \sigma_{y1f} + \sigma_{y1w4}, \sigma_{y1f} + \sigma_{y1w5})$
主桁部材 (水平方向) の例

図 4.9-35 曲げ軸力による直応力度の算出イメージ

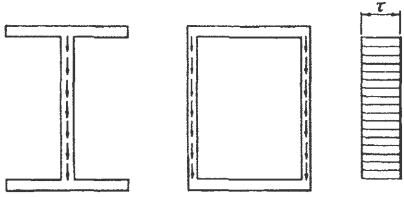
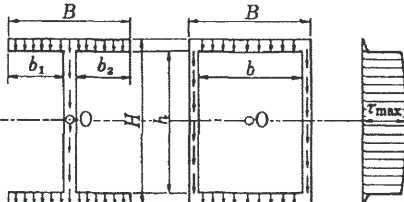
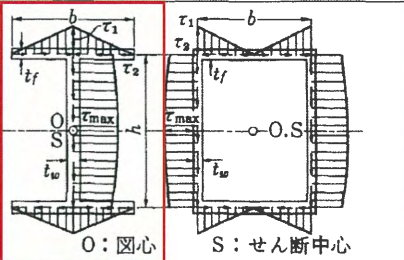
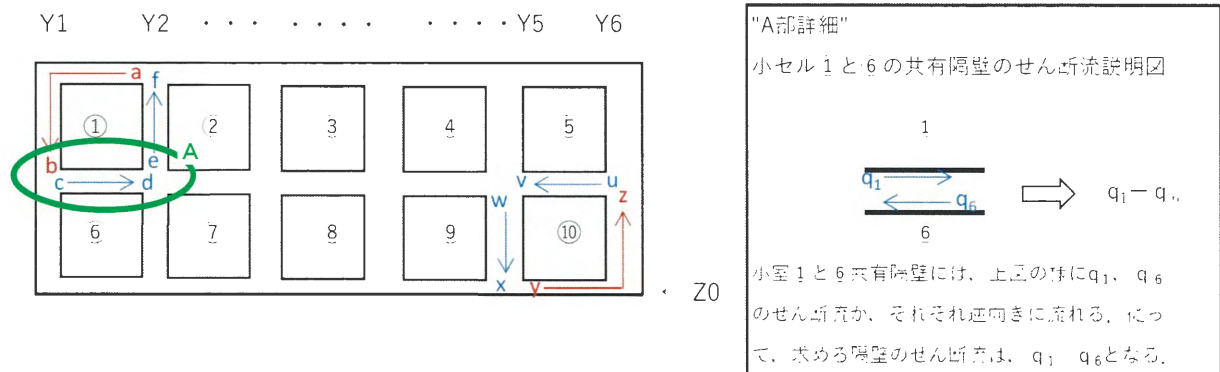
計算式	せん断応力度の分布図	備 考
$\tau = \frac{S}{A_{\tau}}$		
$\tau = \frac{SQ}{It}$		$\tau_{\max} = \frac{3S(BH^2 - bh^2)}{2(BH^3 - bh^3)(B - b)}$ ただし、 $b = b_1 + b_2$
せん断流理論 $\tau = \frac{S}{I \cdot t} \int ty ds$		I 形断面 $\tau_1 = \frac{S}{I} \cdot \frac{bh}{4}$ $\tau_2 = \frac{S}{I} \cdot \frac{bh}{2} \cdot \frac{t_f}{t_w}$ $\tau_{\max} = \frac{S}{I} \left(\frac{h^2}{8} + \frac{bh}{2} \cdot \frac{t_f}{t_w} \right)$ 箱形断面 $\frac{S}{I} \cdot \frac{bh}{4}$ $\frac{S}{I} \cdot \frac{bh}{4} \cdot \frac{t_f}{t_w}$ $\frac{S}{I} \left(\frac{h^2}{8} + \frac{bh}{4} \cdot \frac{t_f}{t_w} \right)$

図-解 11.2.1 せん断応力度の計算式

(せん断流理論に基づく I 型断面のせん断応力度の計算式)

「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)」



(せん断流理論に基づくねじりモーメントに対するせん断応力度の計算イメージ)

「構造部材のねじり解析 (高岡宣善, 共立出版株式会社, 昭和 50 年 9 月)」

図 4.9-36 せん断力によるせん断応力度の計算イメージ

(2) 使用材料及び材料の物性値

使用材料及び材料の物性値の物性値については、「4.3 使用材料及び材料の物性値」と同様に設定する。

(3) 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せについては、「4.5 荷重及び荷重の組合せ」と同様に設定する。

4.9.3 評価項目及び詳細評価方法

防潮堤（鋼製防護壁）の耐震評価は、2次元有効応力解析及び3次元動的フレーム解析により得られる応答値が「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。許容限界に用いる割増し係数と照査方法を表 4.9-3 に示す。

また、各解析モデルを用いた評価項目を整理すると、表 4.9-4 に示すとおりとなる。表 4.9-4 に示す評価項目に対する評価方法の詳細を、次頁以降に示す。

表 4.9-3 許容限界に用いる割増し係数と照査方法

部位	耐震評価	
	地震時	
	許容限界に用いる 割増し係数	照査方法
鋼製防護壁 基礎	コンクリート：1.5	水平1方向及び鉛直方向地震力の 同時加振による照査
	鉄筋：1.5	
鋼製防護壁	鋼材：1.5	水平2方向及び鉛直方向地震力の 同時加振による照査
接合部	コンクリート：1.5	水平2方向及び鉛直方向地震力の 同時加振による照査
	鉄筋：1.5	
	鋼材：1.5	

表 4.9-4 耐震評価の評価項目

部材			照査項目	応答値 (発生値)	許容限界	
鋼製 防 護 壁 基 礎	中実鉄筋 コンクリート		曲げ軸力	コンクリート応力度	コンクリート短期許容応力度	
				鉄筋応力度	鉄筋短期許容応力度	
			せん断力	せん断力	短期許容せん断力	
	鋼管杭		曲げ軸力	引張及び圧縮応力度	短期許容応力度	
			せん断力	せん断応力度	短期許容せん断応力度	
	巻立て 鉄筋 コンク リート	鉄筋 コンク リート	曲げ軸力	コンクリート応力度	コンクリート短期許容応力度	
			せん断力	せん断力	短期許容せん断力	
			鋼管杭	曲げ軸力	引張及び圧縮応力度	短期許容応力度
		せん断力		せん断応力度	短期許容せん断応力度	
		杭頭接合部		鋼管杭部	曲げ軸力	コンクリート応力度
			鉄筋応力度		鉄筋短期許容応力度	
	巻立て鉄筋 コンクリ ート部		曲げ軸力	コンクリート応力度	コンクリート短期許容応力度	
			鉄筋応力度	鉄筋短期許容応力度		
	頂版鉄筋 コンクリート		曲げ軸力	コンクリート応力度	コンクリート短期許容応力度	
				鉄筋応力度	鉄筋短期許容応力度	
			せん断力	せん断力	短期許容せん断力	
	鋼製 防 護 壁	主部材		曲げ軸力	直応力度	短期許容直応力度
せん断力				せん断応力度	短期許容せん断応力度	
曲げ軸力の照査値と せん断力の照査値の 合成応力度				合成応力度	合成応力度の許容値 (1.2)	
鋼材量				鋼材の必要量	鋼材の配置量	
補剛材		鋼材量	鋼材の必要量	鋼材の配置量		
添接板継手部		鋼材量	鋼材の必要量	鋼材の配置量		
接 合 部		アンカーボルト		引張応力度	引張応力度	短期許容引張応力度
	付着応力度			必要定着長	設定定着長	
	コーンせん断			コーンせん断応力度	短期許容コーンせん断応力度	
	軸圧縮応力度			軸圧縮応力度	短期許容軸圧縮応力度	
	ベースプレート		曲げ応力度	曲げ応力度	短期許容曲げ応力度	
			せん断応力度	せん断応力度	短期許容せん断応力度	
			合成応力度	合成応力度	合成応力度の許容値 (1.2)	
			中詰め鉄筋コンクリートと 鋼管の接合部	せん断力 (スタッド配置)	必要スタッド量 (必要配置間隔)	設定スタッド量 (実配置間隔)
	基礎地盤の 支持性能	中実鉄筋コンクリ ート底部	接地圧	接地圧	極限支持力度	
鋼管杭底部		接地圧	接地圧	極限支持力度		
地盤改良 (セメント系)			内的安定 (引張照査)	引張応力度	引張強度	
			内的安定 (せん断照査)	局所安全係数	局所安全係数の許容値 (1.0)	
止水ジョイント部材			変形性 (相対変位)	異種構造物 (鉄筋コンクリ ート防潮壁) との相対 変位量	止水ジョイント部材の許容変位量	

(1) 鋼製防護壁基礎

地震応答解析（２次元有効応力解析）より得られる断面力を用いて、鋼製防護壁基礎における構造部材の健全性評価を行う。

a. 中実鉄筋コンクリート

中実鉄筋コンクリートは、２次元有効応力解析によって得られる断面力を用いて発生応力を算出し、構造部材を評価する。曲げ軸力に対する照査は、堤軸方向、堤軸直交方向それぞれ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、発生応力度が許容限界以下であることを確認する。せん断力に対する照査は、堤軸方向、堤軸直交方向それぞれ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

鋼管杭は、２次元有効応力解析によって得られる断面力を用いて発生応力を算出し、構造部材を評価する。曲げ軸力に対する照査は、堤軸方向、堤軸直交方向それぞれの発生曲げモーメントと軸力を考慮して鋼管杭の発生応力度を算出し、発生応力度が許容限界以下であることを確認する。せん断力に対する照査は、堤軸方向、堤軸直交方向それぞれの発生せん断力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

巻立て鉄筋コンクリートは、鉄筋コンクリートと鋼管杭の複合断面として、２次元有効応力解析によって得られる断面力を用いて、発生応力を算出し、構造部材を評価する。曲げ軸力に対する照査は、堤軸方向、堤軸直交方向それぞれの発生曲げモーメントと軸力を考慮して鉄筋、コンクリート及び鋼管杭の発生応力度を算出し、発生応力度が許容限界以下であることを確認する。せん断力に対する照査は、堤軸方向、堤軸直交方向それぞれの発生せん断力又は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。

d. 杭頭接合部

杭頭接合部は、鉄筋コンクリートと鋼管杭の複合断面として、２次元有効応力解析によって得られる断面力を用いて、鋼管杭頭部と巻立て鉄筋コンクリート部（仮想鉄筋コンクリート断面）の鉄筋及びコンクリートの発生応力を算出し、構造部材を評価する。曲げ軸力に対する照査は、堤軸方向、堤軸直交方向それぞれの鋼管杭頭部と巻立て鉄筋コンクリート部の発生曲げモーメントと軸力を考慮して、鋼管杭頭部と巻立て鉄筋コンクリート部（仮想鉄筋コンクリート断面）の鉄筋及びコンクリートの発生応力度を算出し、発生応力度が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

頂版鉄筋コンクリートは、２次元有効応力解析によって得られる断面力に対して構造部材を評価する。曲げ軸力に対する照査は、堤軸方向、堤軸直交方向それぞれ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、発生応力度が許

容限界以下であることを確認する。せん断力に対する照査は、堤軸方向、堤軸直交方向それぞれの発生せん断力が許容限界以下であることを確認する。

(2) 鋼製防護壁

3次元動的フレーム解析より得られる断面力を用いて、鋼製防護壁における構造部材の健全性評価を行う。

a. 鋼製防護壁

鋼製防護壁は、地盤と構造物の連成系モデルを用いた2次元有効応力解析から得られる基礎天端中心の変位時刻歴を入力とする3次元動的フレーム解析を行う。その変位は水平2方向及び鉛直方向地震力の同時加振とし、3次元動的フレーム解析から発生断面力を算出する。鋼製防護壁は躯体に発生する断面力（曲げ軸力及びせん断力）に対して、保守的な観点から、中詰め鉄筋コンクリートの抵抗力を設計上考慮せず、頂板鋼板、外面鋼板並びに内部、鉛直及び水平隔壁のみで評価を行う。

b. 補剛材

主部材となる外面鋼板及び隔壁には、「道路橋示方書（Ⅱ鋼橋編）・同解説（日本道路協会、平成14年3月）」に基づいた補剛材を必要量以上に配置して、主部材の座屈に対して安全性を確保する。

c. 添接板

鋼殻ブロックの添接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）」の3.2項及び6.3項に基づき添接板を設定する。鋼殻ブロックの添接継手部イメージを図4.9-37に示す。

添接板は、2枚の鋼板（母材）を接続するとともに、接合部として構造の健全性を維持する役割を担う部材である。その材質は、原則として接続する鋼板と同一とするが、種類の異なる鋼板を接続する場合には、低強度側の鋼板と同一の材質とする。

同示方書では、主要部材の連結部は母材の全強度に対して75%以上の強度を有するよう設計することを原則としている。しかしながら本構造では高性能鋼材SBHS500を使用しているため、同示方書に規定される主要部材連結部の母材の全強度に対して75%以上を満足するよう設計した場合、高力ボルト本数が著しく増加し、継手部において合理的なボルト配置を行うことが困難となる。そのため、本継手部は、部材断面が構造上の制約により決定される場合の考え方に従い、3次元動的フレーム解析により算出される継手部の断面力から求まる引張応力度及び圧縮応力度と、接続対象鋼板の有効断面積から算出される作用力を用いて設計を行う。

また、添接板を鋼板に固定するボルトには、同示方書に規定される摩擦接合用高力ボルト（S10T、M24、無機ジンクリッチペイント塗布）を用いる。摩擦接合用高力ボルトの許容力（1ボルト1摩擦面当たり）を表4.9-5に示す。必要ボルト本数は、設計軸力

を当該許容力の2倍（2面許容摩擦力）で除して求め、算出したボルト本数より配置可能な添接板の面積を設定する。

さらに、接続する鋼板に発生する設計軸力を許容応力度で除すことで得られる必要断面積以上となる添接板を配置することで、接続する鋼板及び添接板の応力度が許容応力度以下となることを確認する。なお、この際、添接板の断面積はボルト孔の面積を考慮して算出するとともに、接続する2枚の鋼板についても同じボルト孔の面積を考慮して照査を行う。

表 4.9-5 摩擦接合用高力ボルトの許容力（1ボルト1摩擦面あたり）

(b) 接触面に無機ジンクリッチペイントを塗布する場合 (kN)

ボルトの等級 ねじの呼び	F8T	F10T	S10T
M20	35	44	44
M22	44	54	54
M24	51	63	63

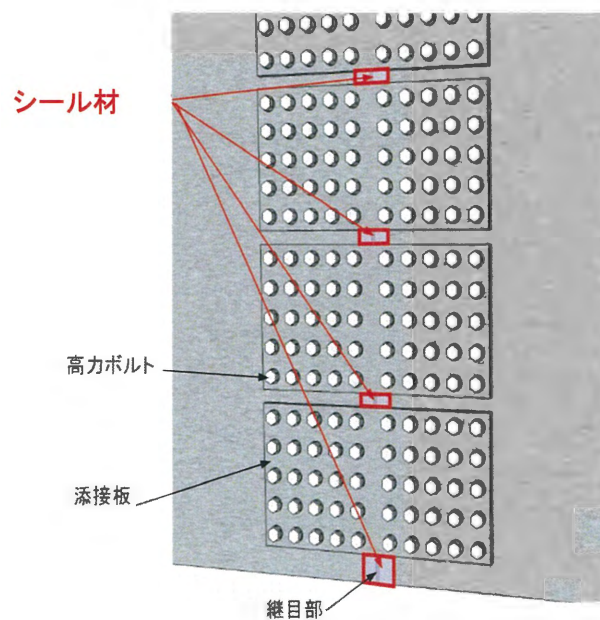
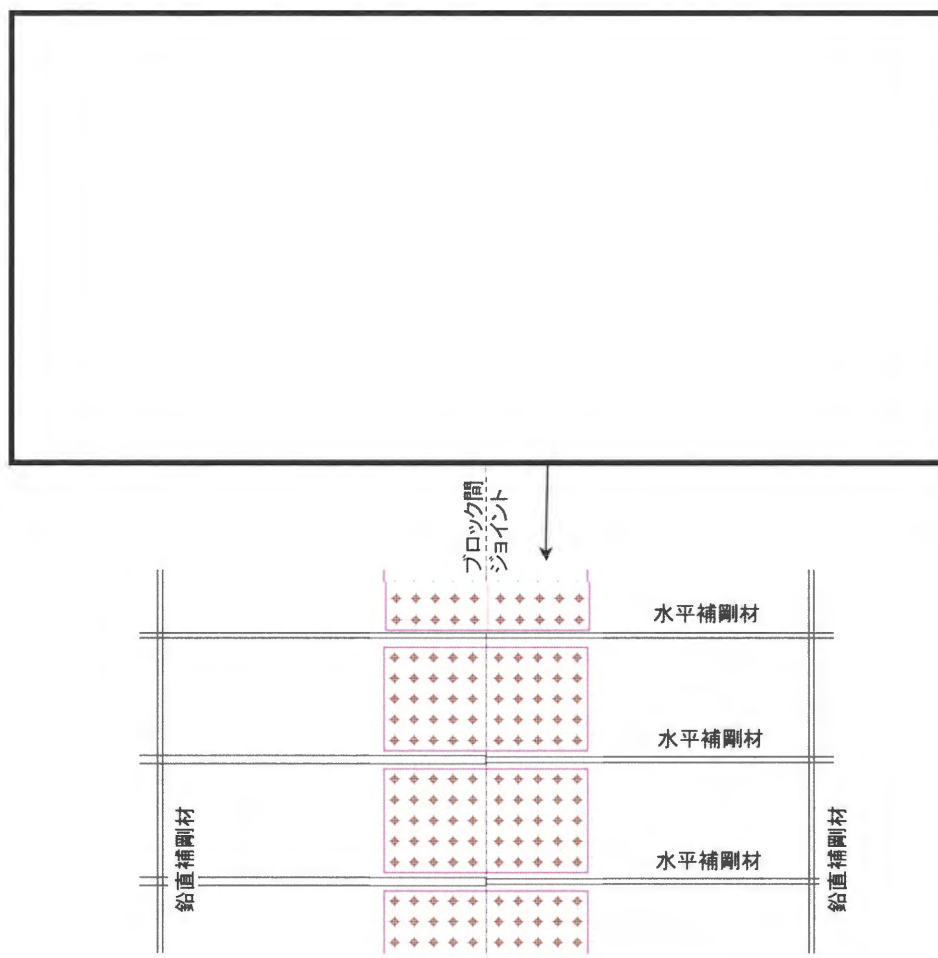


図 4.9-37 鋼殻ブロックの添接継手部イメージ
(図 2.2-6, 図 2.2-7 の再掲)

(3) 接合部

a. 設計思想

鋼製防護壁は、地震時の荷重を、接合部を介して鋼製防護壁基礎へ確実に伝達する必要がある。この荷重伝達を確実にを行うために、接合部に発生する断面力を負担する部材として、アンカーボルト及び中詰め鉄筋コンクリートを配置する。アンカーボルト及び中詰め鉄筋コンクリートの設計思想として、各々が負担し受け持つ荷重及び断面力を以下のように設定する。

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（Ⅱ鋼製橋脚編，名古屋高速道路公社，平成 15 年 10 月）」の「7.2 アンカー部の設計方法」においては、アンカーボルトに作用する水平方向のせん断力についても許容限界以下とする設計方法が示されている。

一方で、本接合部においては、保守的な観点から、水平方向によるせん断力及び水平回転モーメントに対してアンカーボルトの抵抗力を設計上考慮せず、鉄筋コンクリートのみで評価する。

したがって、図 4.9-38 に示すとおり接合部に発生する 6 種類の断面力のうち X 軸方向及び Y 軸方向のモーメント（曲げモーメント）と軸力により発生する引抜き力については、アンカーボルトにおいて負担する設計思想とする。一方、X 軸方向及び Y 軸方向のせん断力と Z 軸回りのモーメント（水平回転モーメント）による水平方向のせん断力については、中詰め鉄筋コンクリートにおいて負担する設計思想とする。

b. 接合部の設計方針

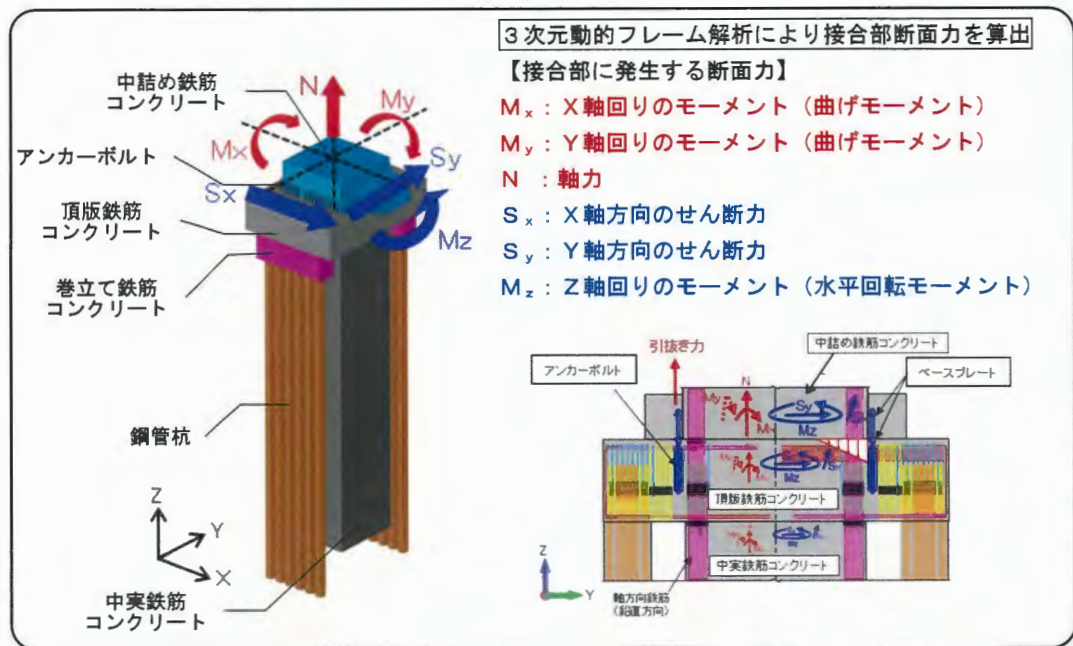
接合部の設計方針は、上記の設計思想を踏まえ下記のとおりとする。

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短期許容応力度以内で設計を行う。

鋼製防護壁の自重及び地震や津波による設計荷重は、確実に鋼殻を介して中詰め鉄筋コンクリートから頂版鉄筋コンクリート及び中実鉄筋コンクリートへ伝達させる。

引抜き力に対しては、「鋼構造物設計基準（Ⅱ鋼製橋脚編，名古屋高速道路公社，平成 15 年 10 月）」を適用する。設計では引抜き力をアンカーボルトのみで負担する。また、引抜き力はベースプレートを通じて鋼殻に伝達される。

Z 軸回りのモーメント（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（Ⅰ共通編・Ⅲコンクリート橋編）・同解説（日本道路協会，平成 24 年 3 月）」、「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）」を適用する。設計ではせん断力を中詰め鉄筋コンクリートで負担する。接合部の荷重分担の概念図を図 4.9-38 に示す。



曲げ軸力による引き抜き力
アンカーボルトが負担

水平せん断力及び水平回転モーメントによるせん断力
中詰め鉄筋コンクリートが負担

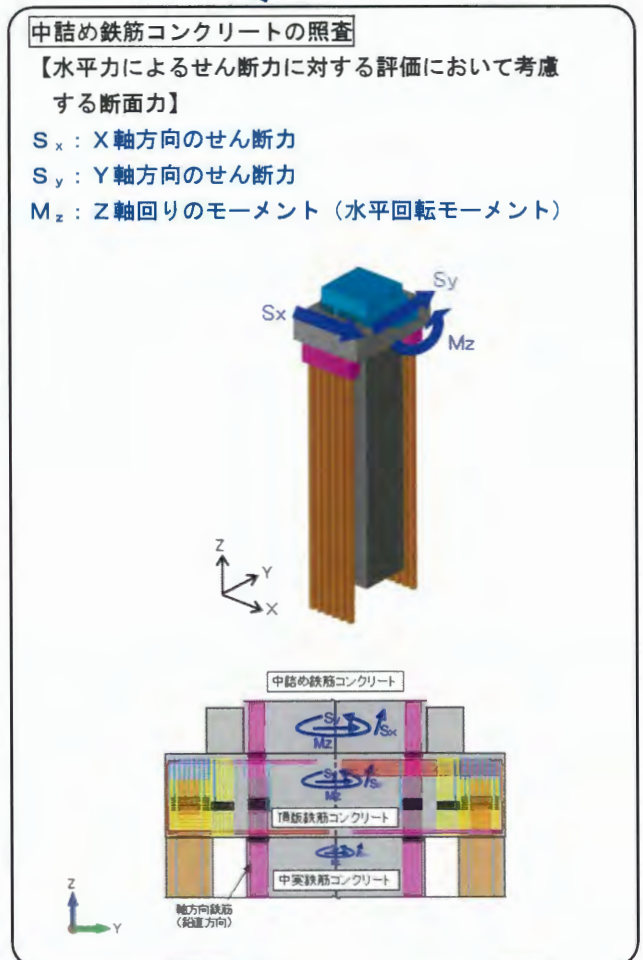
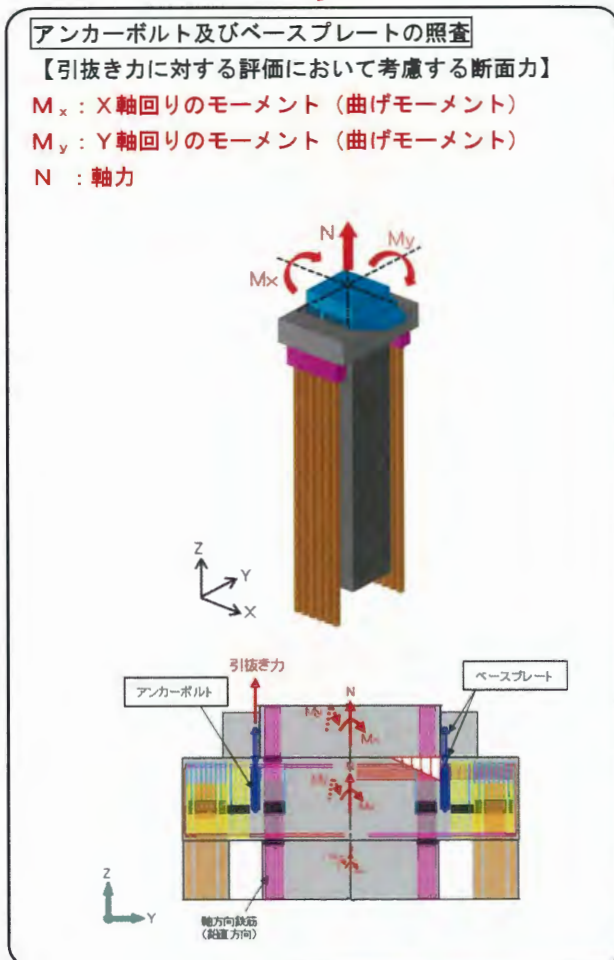


図 4.9-38 接合部の荷重分担の概念図

c. 接合部の評価

接合部の評価は、前述の設計思想及び設計方針に基づき、アンカーボルト及び中詰め鉄筋コンクリートにおいて下記の断面力分担を考慮することで部材評価を行う。

アンカーボルトに対しては、3次元動的フレーム解析に基づき算出する接合部のX軸回り及びY軸回りのモーメント（曲げモーメント）と軸力により発生する引張応力度を算出する。アンカーボルトの引張応力度の算出方法は、接合部のX軸回り及びY軸回りのモーメント（曲げモーメント）と軸力を考慮して、アンカーボルトが定着する水平断面を2軸複鉄筋の鉄筋コンクリート断面とした断面計算に拠る。なお、鉄筋コンクリート断面における鉄筋は、アンカーボルトの径及び配置を考慮してモデル化したものであり、鉄筋に発生する引張応力度がアンカーボルトの引張応力度を示す。このようにして算出した引張応力度が、アンカーボルトの許容限界以下であることを確認する。また、アンカーボルトに対しては、上記の断面力に基づき引張応力度の他に付着応力度及びコーンせん断応力度も算出し、許容限界以下であることを確認する。アンカーボルトの評価方法の詳細については、以下で示す。アンカーボルトに作用する引抜き力の概念図を図 4.9-39 に示す。なお、ベースプレートについては、アンカーボルトに発生する応力度から算出した軸力をもとにベースプレートに生じる軸圧縮応力度、曲げ応力度、せん断応力度及び合成応力度を算出し、そのいずれも許容限界以下であることを確認する。

一方、中詰め鉄筋コンクリートに対しては、アンカーボルトと同様に3次元動的フレーム解析に基づき算出する接合部のX軸方向及びY軸方向のせん断力とZ軸回りのモーメント（水平回転モーメント）を、中詰め鉄筋コンクリートにおける発生断面力とする。また、中詰め鉄筋コンクリートに発生するせん断力に対してはコンクリート及びせん断補強筋で負担し、水平回転モーメントに対してはコンクリート、軸方向鉄筋（鉛直方向）及び帯鉄筋（フープ筋）で負担する。せん断力については、3次元動的フレーム解析から算出したX軸方向及びY軸方向のせん断力が許容限界以下であることを確認し、水平回転モーメントについては配置した軸方向鉄筋（鉛直方向）及び帯鉄筋（フープ筋）に発生する応力度が、許容限界以下であることを確認する。せん断力及び水平回転モーメントに対する鉄筋への分担に関する概念図を図 4.9-40 に示す。

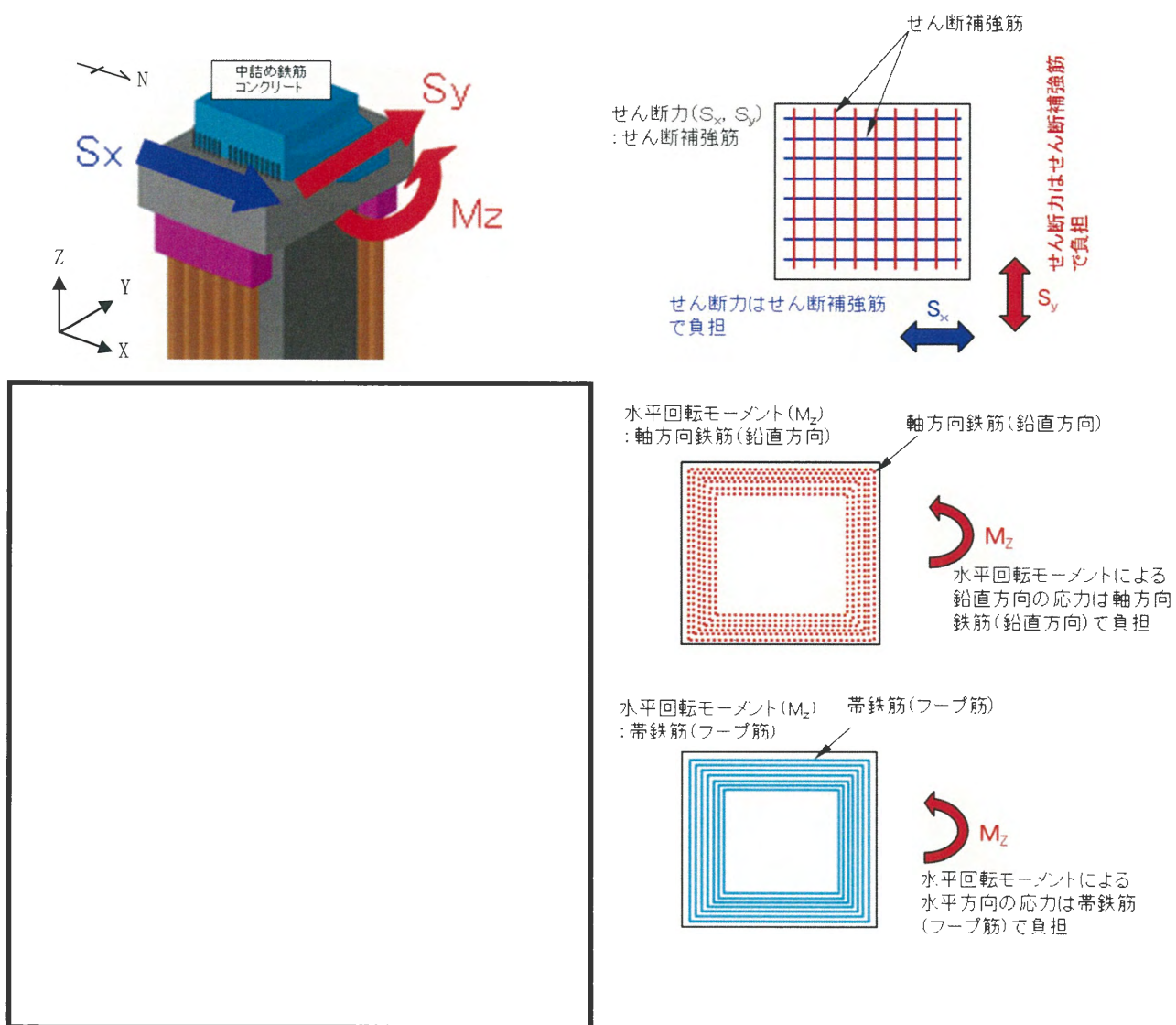


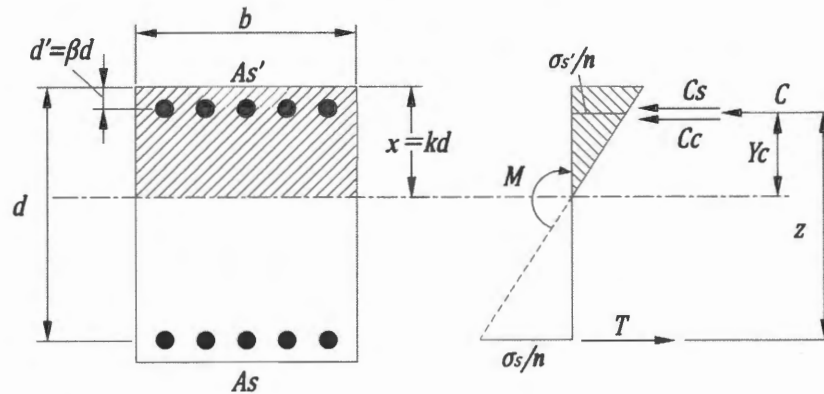
図 4.9-40 せん断力及び水平回転モーメントに対する鉄筋への分担に関する概念図

(a) アンカーボルト

アンカーボルトの設計荷重は、鋼製防護壁の3次元動的フレーム解析に基づき算出される接合部の断面力とし、アンカーボルトの発生応力が許容限界以下であることを確認する。なお、アンカーボルトの評価には水平2方向及び鉛直方向地震力の同時加振による断面力を考慮する。

アンカーボルトは複鉄筋の鉄筋コンクリート断面を用いて、鉄筋の引張応力度をアンカーボルトの引張応力度として評価する。

複鉄筋の鉄筋コンクリート断面の計算式を図 4.9-41 に示す。なお、図中の赤枠箇所 σ_s は、アンカーボルトの引張応力度である。



$$\sigma_c = M / \left[\frac{bx}{2} \left(d - \frac{x}{3} \right) + nAs'(d - d') \frac{x - d'}{x} \right]$$

$$\sigma_s = \frac{n(d - x)}{x} \sigma_c$$

σ_c : コンクリート応力度 (N/mm²) (圧縮側)

σ_s : 鉄筋応力度 (N/mm²) (引張側)

σ_s' : 鉄筋応力度 (N/mm²) (圧縮側)

A_s : 鉄筋断面積 (mm²) (引張側)

A_s' : 鉄筋断面積 (mm²) (圧縮側)

d : 桁高 (mm)

d' : かぶり (mm) (圧縮側)

β : d' / d

b : 桁幅 (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 (x / d)

n : ヤング係数比

z : 圧縮力の合力と引張力作用点間の距離 (mm)

Y_c : 中立軸と圧縮力の合力作用点間の距離 (mm)

C : 圧縮力の合力 (N) ($C_c + C_s$)

C_c : コンクリートの圧縮力 (N)

C_s : 鉄筋の圧縮力 (N)

T : 引張力 (N)

M : 曲げモーメント (N・mm)

図 4.9-41 複鉄筋の鉄筋コンクリート断面の計算式

(b) ベースプレート

ベースプレートの評価は、「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）」に基づき行う。ベースプレートに関しては、アンカーボルトに発生する応力度から算出した軸力をもとにベースプレートに生じる軸圧縮応力度、曲げ応力度、せん断応力度及び合成応力度を算出し、そのいずれも許容限界以下であることを確認する。

ベースプレートの概念図及び計算式を図 4.9-42 に示す。

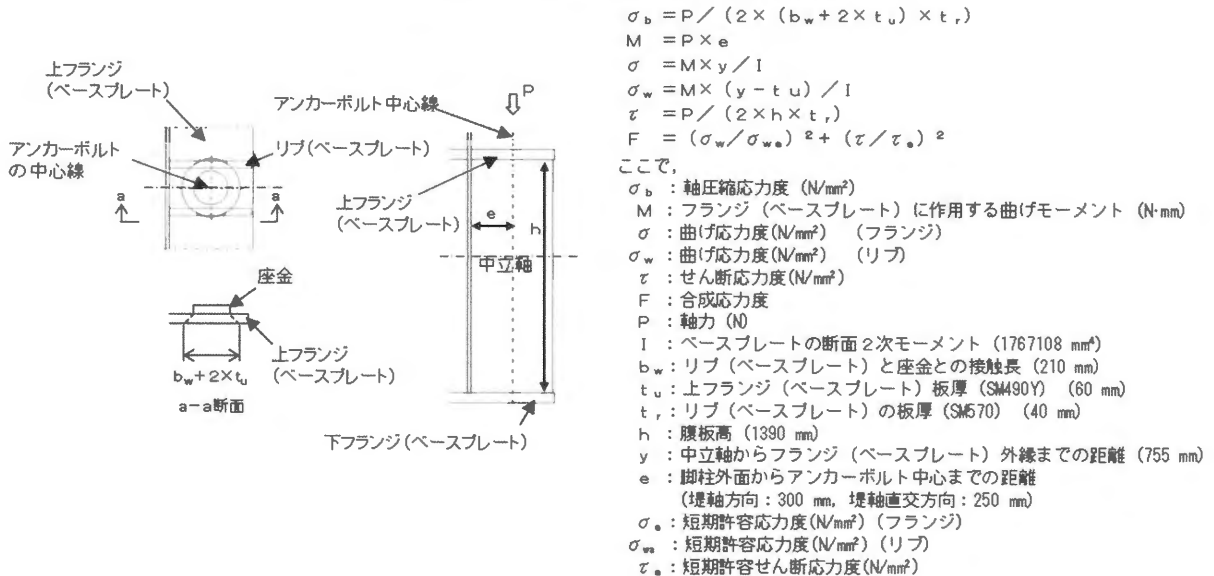


図 4.9-42 ベースプレートの概念図及び計算式

(c) アンカーボルトの定着長

アンカーボルトの定着長は、「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）」に基づき設定する。

アンカーボルトの設計定着長 L_{eq} はアンカーボルトの許容応力度及び許容付着応力度に基づき算出する。アンカーボルトの定着長，埋め込み長の概念図及び計算式を図 4.9-43 に示す。

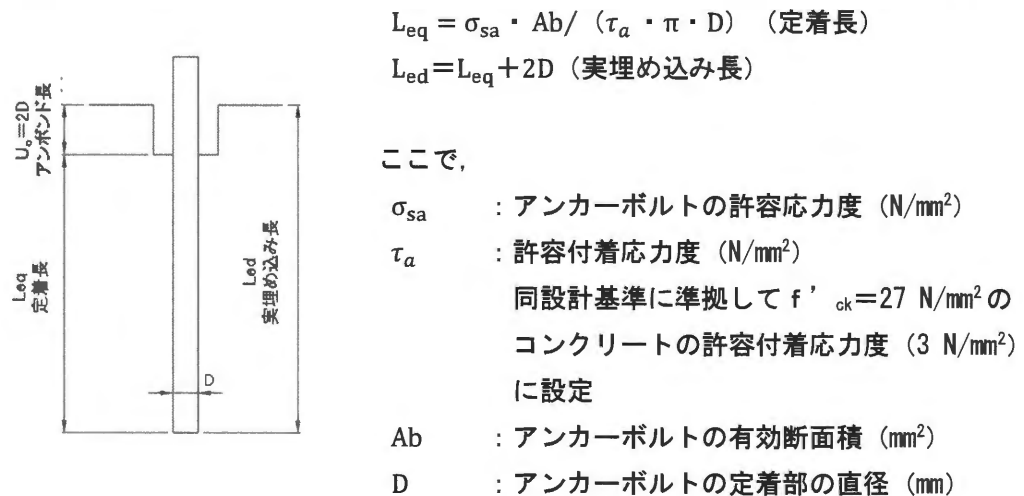


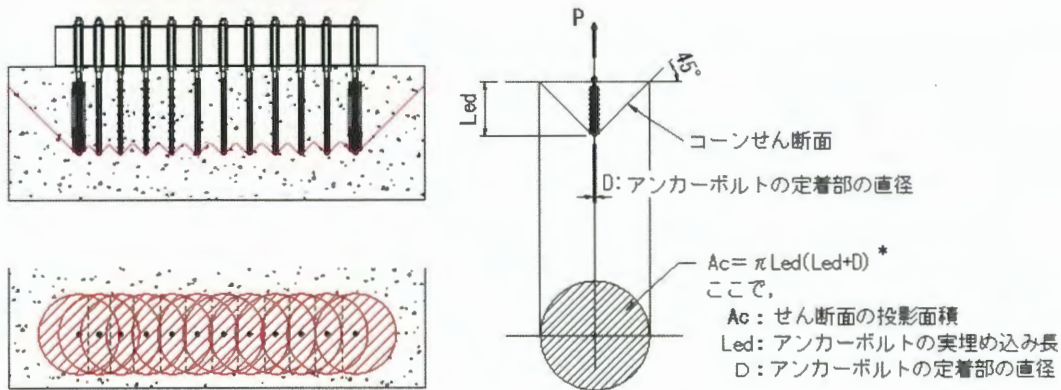
図 4.9-43 アンカーボルトの定着長，埋め込み長の概念図

(d) アンカーボルトのコーンせん断

アンカーボルトのコーンせん断に対しては、「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）」に基づき評価する。

アンカーボルトの定着部のコンクリートのコーンせん断応力度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出されるアンカーボルト 1 本当たりの軸力とする。また，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する。コーンせん断面の有効水平投影面積を図 4.9-44 に示す。

コーンせん断の概念図及び計算式を図 4.9-45 に，補強鉄筋範囲の概念図及び計算式を図 4.9-46 に示す。コーンせん断に対する評価は，図 4.9-45 に示すとおり，定着部のコーンせん断応力度の深度分布を算出し，コンクリートの短期許容コーンせん断応力度を超過する場合は，補強鉄筋を考慮した短期許容コーンせん断応力度の増分から必要となる鉄筋量を算定する。



* 近接するアンカーボルトの投影面積が重なる場合は，重なる部分を均等にそれぞれのアンカーボルトに振り分ける。

図 4.9-44 アンカーボルトが近接する場合の有効水平投影面積

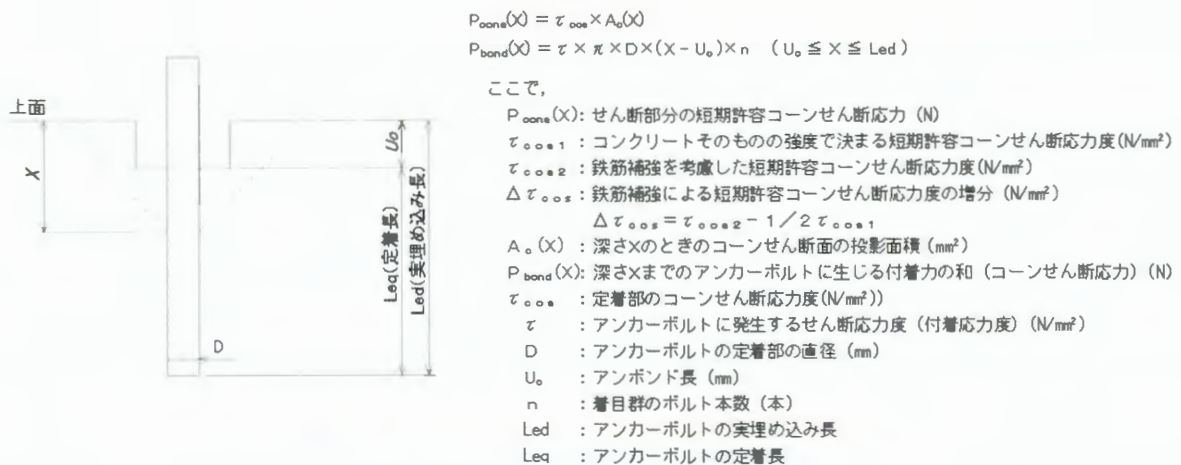
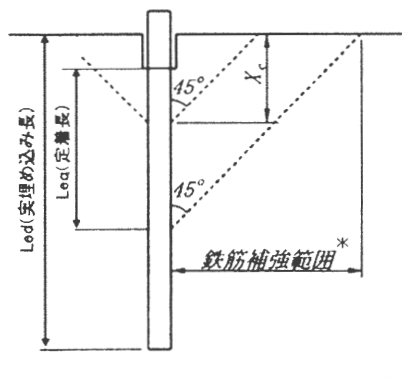


図 4.9-45 コーンせん断の概念図及び計算式



$$A_{s, req} = (A_s / A_c) \times 1000000$$

$$A_s = 1.15 \times \Delta \tau_{cos} \times A_c / \sigma_{sy}$$

ここで、

- $A_{s, req}$: 単位せん断面積当たりの必要鉄筋量 (mm^2/m^2)
- A_s : 必要鉄筋量 (mm^2)
- $\Delta \tau_{cos}$: 鉄筋補強による短期許容コーンせん断応力度の増分 (N/mm^2)
- A_c : コーンせん断面の投影面積 (mm^2)
- σ_{sy} : 鉄筋の降伏強度 (N/mm^2)
- X_c : コーン破壊が発生する深さ
- L_{ed} : アンカーボルトの実埋め込み長
- L_{ea} : アンカーボルトの定着長

* 補強鉄筋は定着長の深さから45°の範囲に設置する。

図 4.9-46 補強鉄筋範囲の概念図及び計算式

(e) 中詰め鉄筋コンクリートの水平せん断力

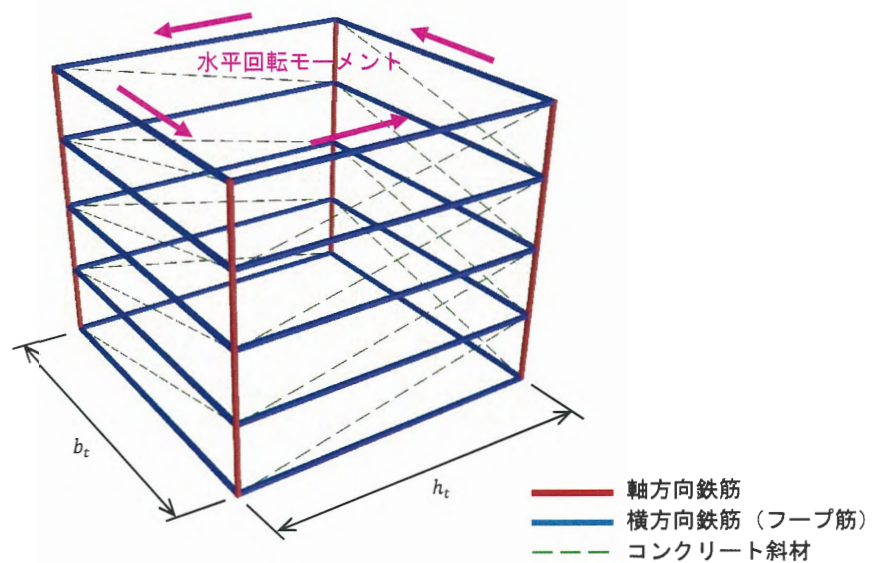
中詰め鉄筋コンクリートの水平せん断力に対しては、「コンクリート標準示方書[構造性能照査編]」（土木学会，2002年制定）」に基づき評価する。発生せん断力を負担する鉄筋に関する概念図を図 4.9-40 に示す。

水平せん断力に対する評価は，発生せん断力が許容限界以下であることを確認する。

(f) 中詰め鉄筋コンクリートの水平回転モーメント

中詰め鉄筋コンクリートの水平回転モーメントに対しては、「道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅲコンクリート橋編）・同解説（日本道路協会，平成24年3月）」に基づき，中詰め鉄筋コンクリートの軸方向鉄筋（鉛直方向），帯鉄筋（フープ筋）で評価する。水平回転モーメントに対しては，軸方向鉄筋，横方向鉄筋（フープ筋）からなる立体トラスモデルに基づいて3次元的に評価する。

発生応力を負担する鉄筋に関する概念図を図 4.9-40 に，立体トラスモデルの概念図及び算定式を図 4.9-47 に示す。水平回転モーメントに対する評価は，発生応力度が許容限界以下であることを確認する。



$$\sigma_{st} = \frac{M_t \cdot a}{1.6b_t \cdot h_t \cdot A_{wt}}$$

$$\sigma_{sl} = \frac{M_t \cdot (b_t + h_t)}{0.8b_t \cdot h_t \cdot A_{lt}}$$

ここで,

σ_{st} : ねじりモーメントに対する横方向鉄筋 (フープ筋) の応力度 (N/mm²)

σ_{sl} : ねじりモーメントに対する軸方向鉄筋の応力度 (N/mm²)

M_t : 部材断面に作用するねじりモーメント (N・mm)

A_{wt} : 間隔 a で配置されるねじりモーメントに対する横方向鉄筋 1 本の断面積 (mm²)

A_{lt} : 部材断面に配置されるねじりモーメントに対する軸方向鉄筋の全断面積 (mm²)

a : 横方向鉄筋 (フープ筋) の間隔 (mm)

b_t, h_t : 図 4.9-47 に示す幅 (mm)

図 4.9-47 立体トラスモデルの概念図及び算定式

(g) 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、鋼殻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、前述の「4.9.3 (3) c. 接合部の設計方針」に示すとおり、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（Ⅰ 共通編・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定する。

設計せん断力は、水平回転モーメントによる偶力ならびに水平せん断力に加え、鉛直方向と水平方向の曲げモーメントによる偶力についても考慮する。

$$Q_a = 9.4d^2\sqrt{\sigma_{ck}} \quad (H/d \geq 5.5)$$
$$Q_a = 1.72dH\sqrt{\sigma_{ck}} \quad (H/d < 5.5)$$

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)

(4) 基礎地盤の支持性能

基礎地盤の支持性能においては、2次元有効応力解析から算出される基礎地盤に生じ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。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。

(5) 地盤改良（セメント系）

地盤改良（セメント系）の内的安定は、堤軸直交方向の2次元有効応力解析モデル（②－②断面、③－③断面）による地盤改良（セメント系）に発生する応力度を用いて評価する。以下の評価において引張破壊及びせん断破壊が確認された場合は、地盤改良体内におけるすべり面を仮定してすべり安全率を算定し、安全率が1.5を下回らないことを確認する。

イ. 引張破壊

地盤改良（セメント系）の引張強度は「2018年版 建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針－セメント系固化材を用いた深層・浅層混合処理工法－（財）日本建築センター」の算定式に基づいて算出し、地盤内主応力を求める。

以下に地盤改良（セメント系）の引張強度の算定式を示す。

$$q_u = \frac{s_t \cdot q_u}{\sqrt{s_t \cdot (q_u - 3 \cdot s_t)}}$$

ここで、

$S_t (= \sigma_t)$: 地盤改良体の引張強度 (N/mm²)

q_u : 地盤改良体の一軸圧縮強度 (N/mm²)

ロ. せん断破壊

地盤改良（セメント系）については発生せん断応力度を算出し、せん断強度で照査を行い、局所安全係数を求める。

(6) 止水ジョイント部の変形性

止水ジョイント部の変形量は、地震応答解析で求められる異種構造物間（鋼製防護壁と鉄筋コンクリート防潮壁）の相対変位量とし、その変位量が許容限界以下であることを確認する。

4.10 地震応答解析結果

地震応答解析結果として「最大せん断ひずみ分布図」,「最大過剰間隙水圧比分布図」,「最大水平加速度分布図」及び「主部材の断面力図」を示す。

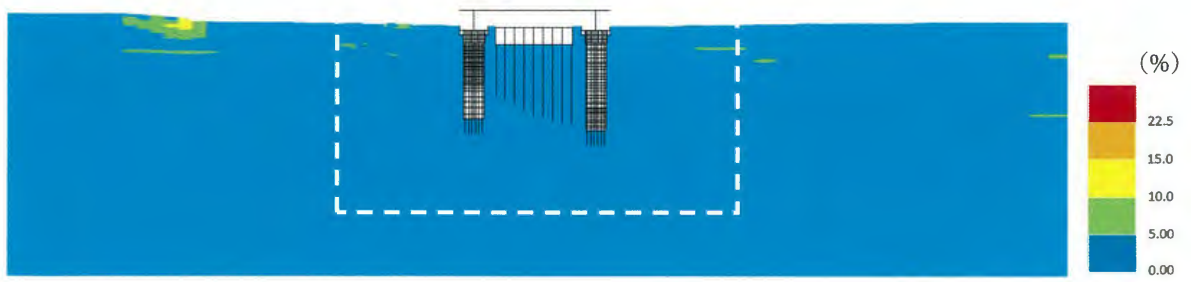
これらの結果において,極端な応答の集中や不連続といった事象は確認されないことから,地震応答解析は妥当であると判断する。

4.10.1 最大せん断ひずみ分布

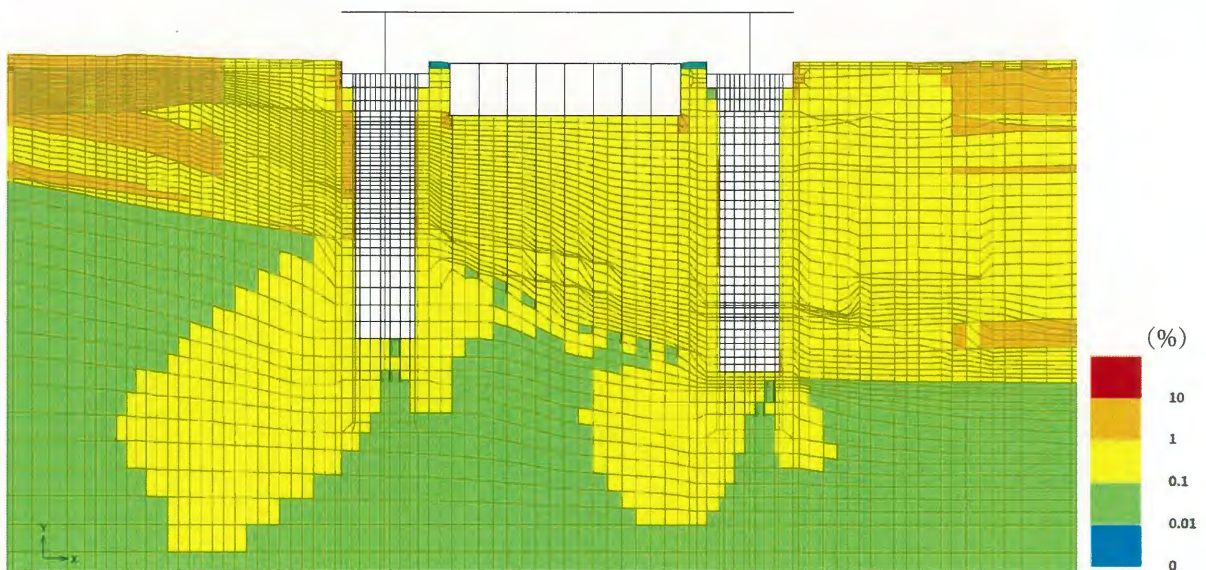
各要素に発生したせん断ひずみを確認するため,地震応答解析結果の最大せん断ひずみ分布を図 4.10-1～図 4.10-56 に示す。これらの図は,各要素に発生したせん断ひずみの全時刻における最大値の分布を示したものである。

堤軸方向断面(①-①断面)については,鋼製防護壁や既設構造物周辺において,地盤改良(薬液注入)の効果と思われるせん断ひずみの低減が確認できる。地盤ケースによる違いは顕著ではない。

一方,堤軸直交方向断面(②-②断面,③-③断面)においては,法面や土留め壁及び海側の地層境界部にせん断ひずみの集中が見られるとともに,海域との段差によって地表面付近のせん断ひずみの増幅があり,特に液状化を想定した地盤ケースではその傾向が顕著であるが,鋼製防護壁への影響は小さいことが確認できる。



(全体図)

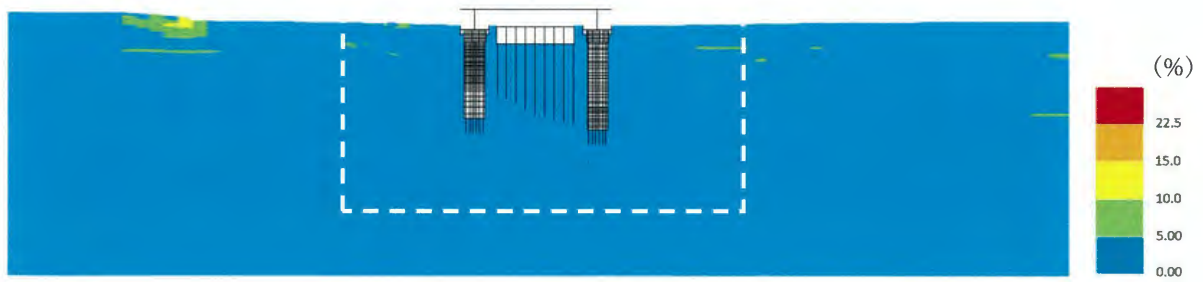


(拡大図)

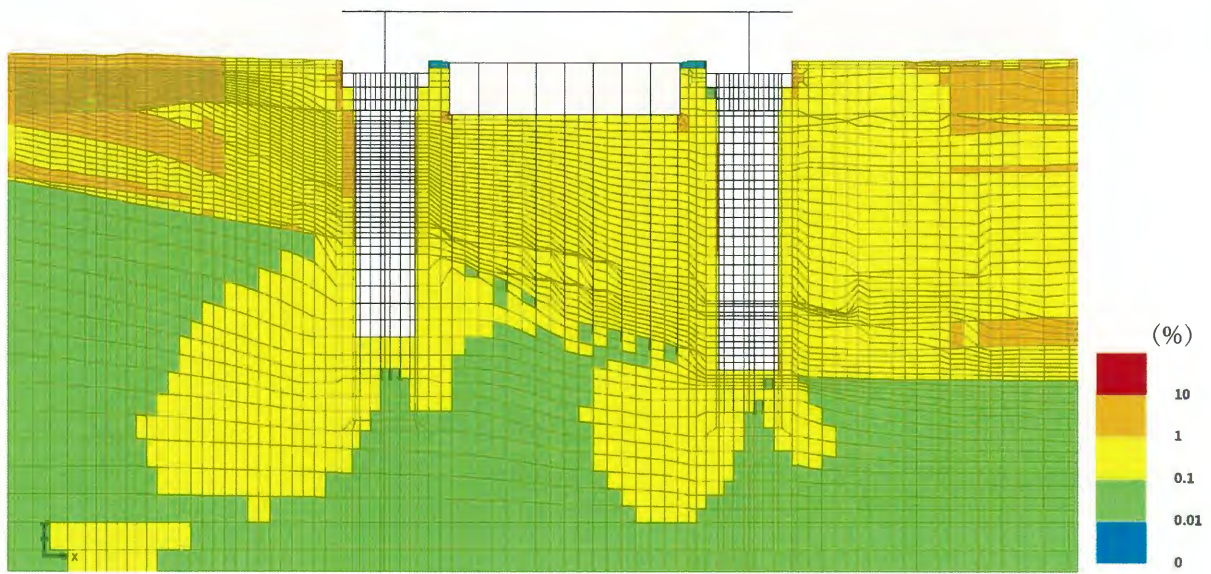
図 4.10-1 最大せん断ひずみ分布図 (①-①断面)

($S_s - D1 [H+, V+]$)

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

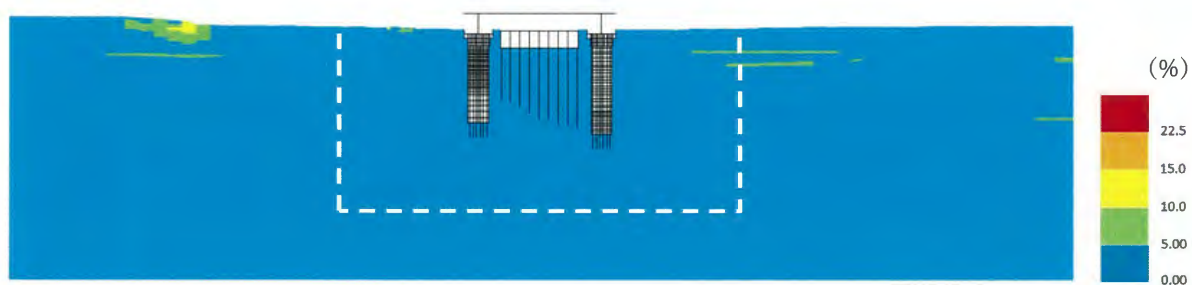


(全体図)

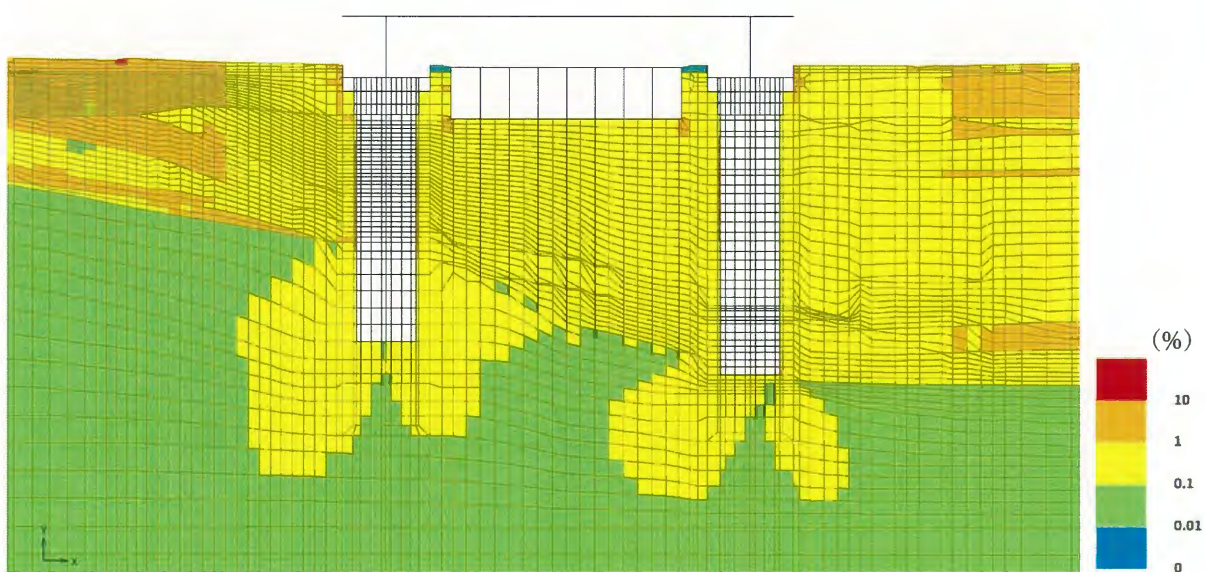


(拡大図)

図 4.10-2 最大せん断ひずみ分布図 (①-①断面)
 $(S_s - D1 [H+, V-])$
 (地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

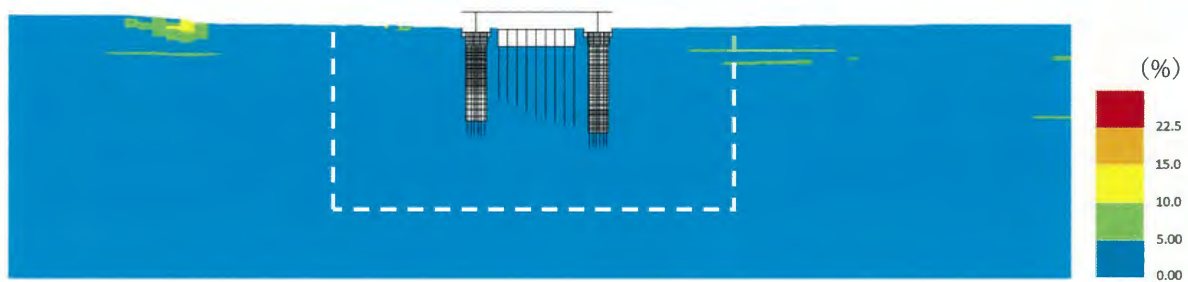


(全体図)

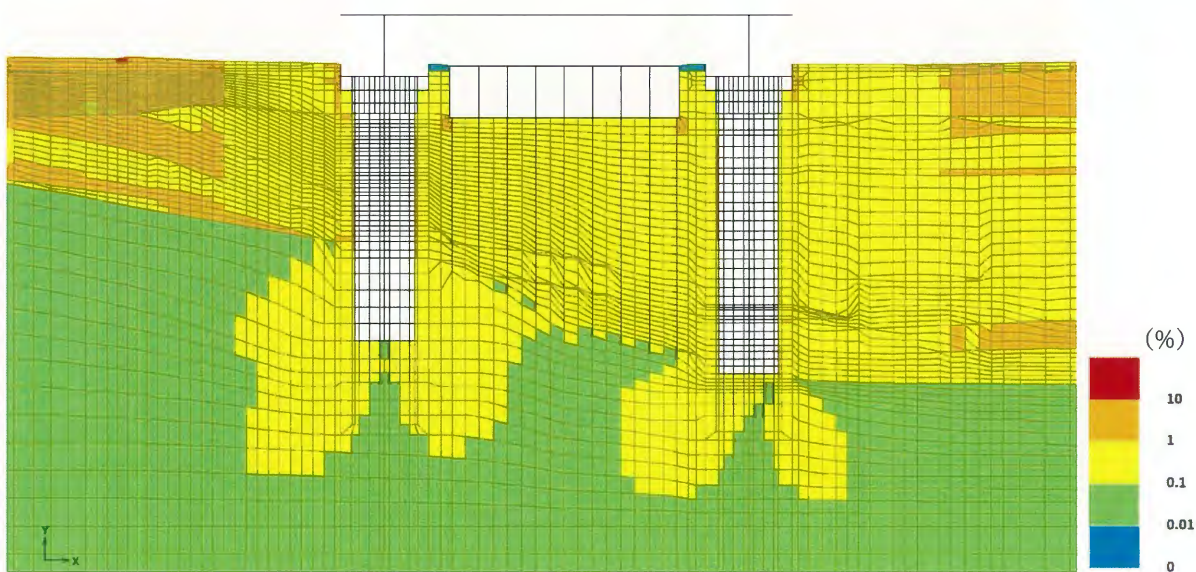


(拡大図)

図 4.10-3 最大せん断ひずみ分布図 (①-①断面)
 $(S_s - D1 [H-, V+])$
 (地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



(全体図)

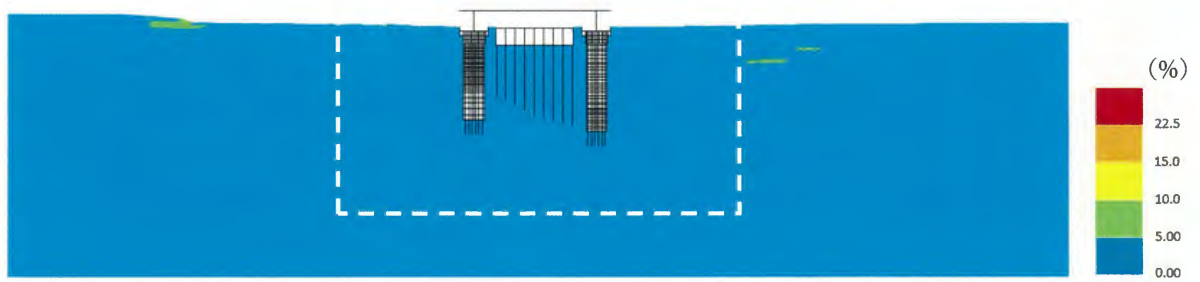


(拡大図)

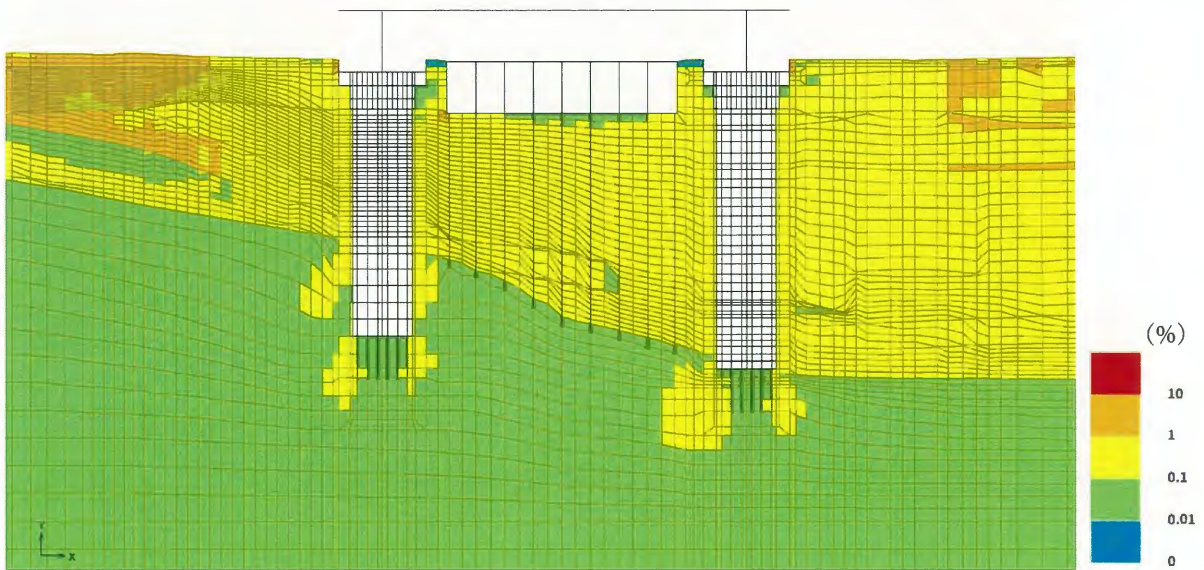
図 4.10-4 最大せん断ひずみ分布図 (①-①断面)

(S_s-D1 [H-, V-])

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



(全体図)

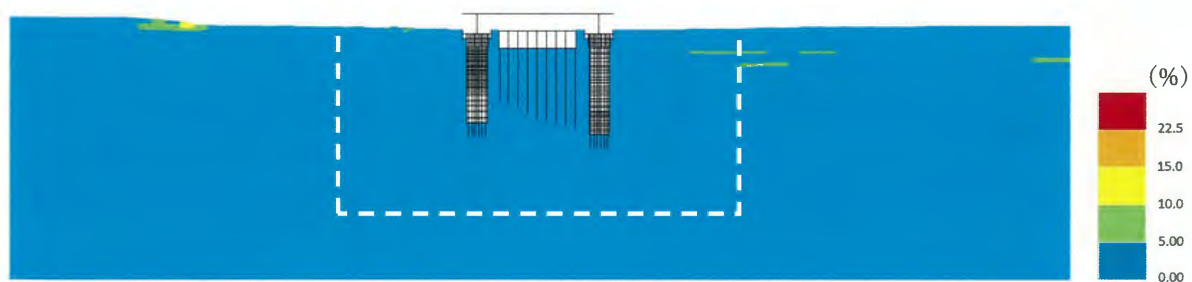


(拡大図)

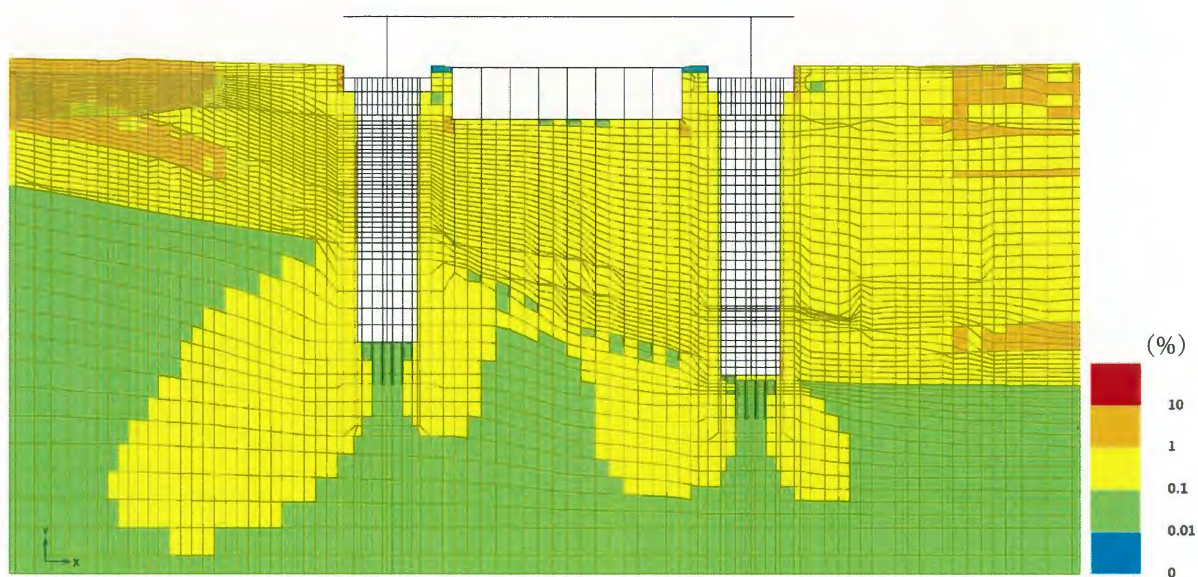
図 4.10-5 最大せん断ひずみ分布図 (①-①断面)

($S_s - 11$)

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



(全体図)

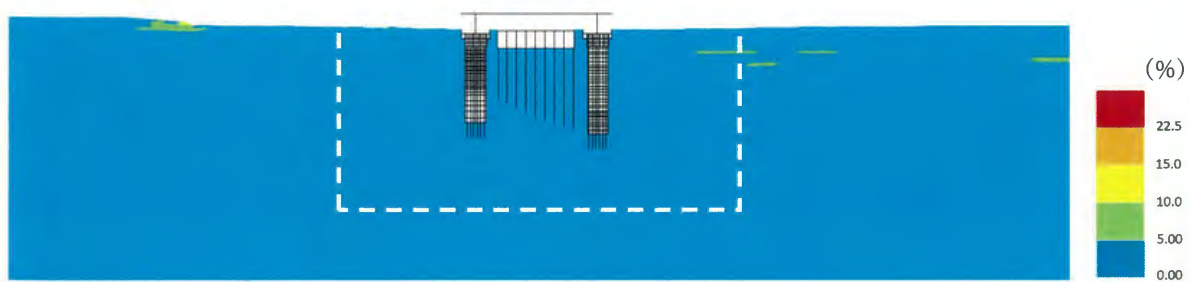


(拡大図)

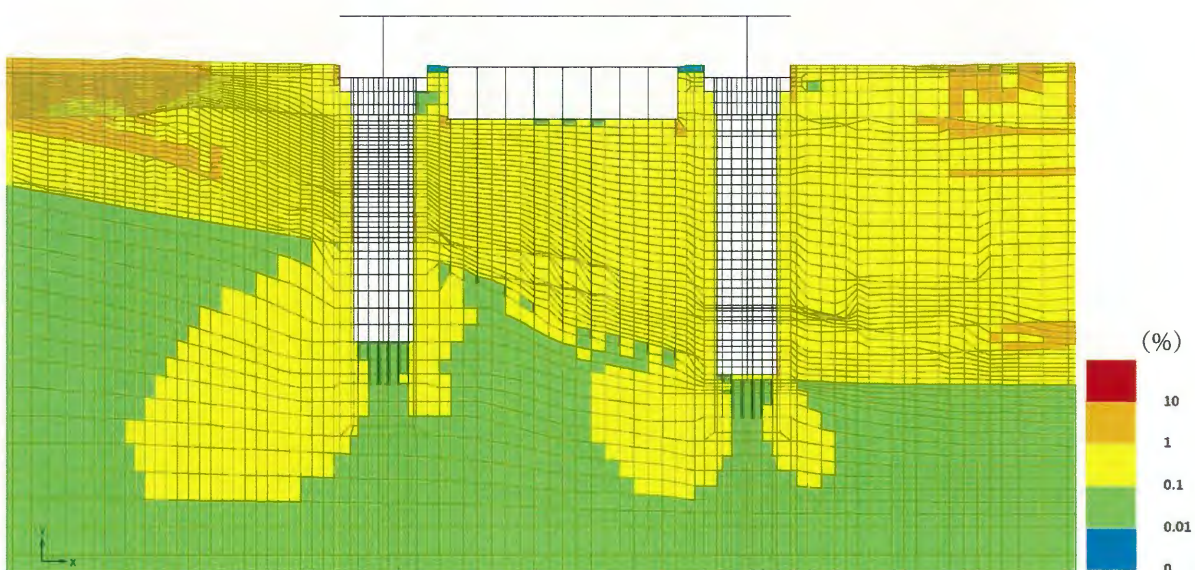
図 4.10-6 最大せん断ひずみ分布図 (①-①断面)

($S_s - 12$)

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



(全体図)



(拡大図)

図 4.10-7 最大せん断ひずみ分布図 (①-①断面)

($S_s - 13$)

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

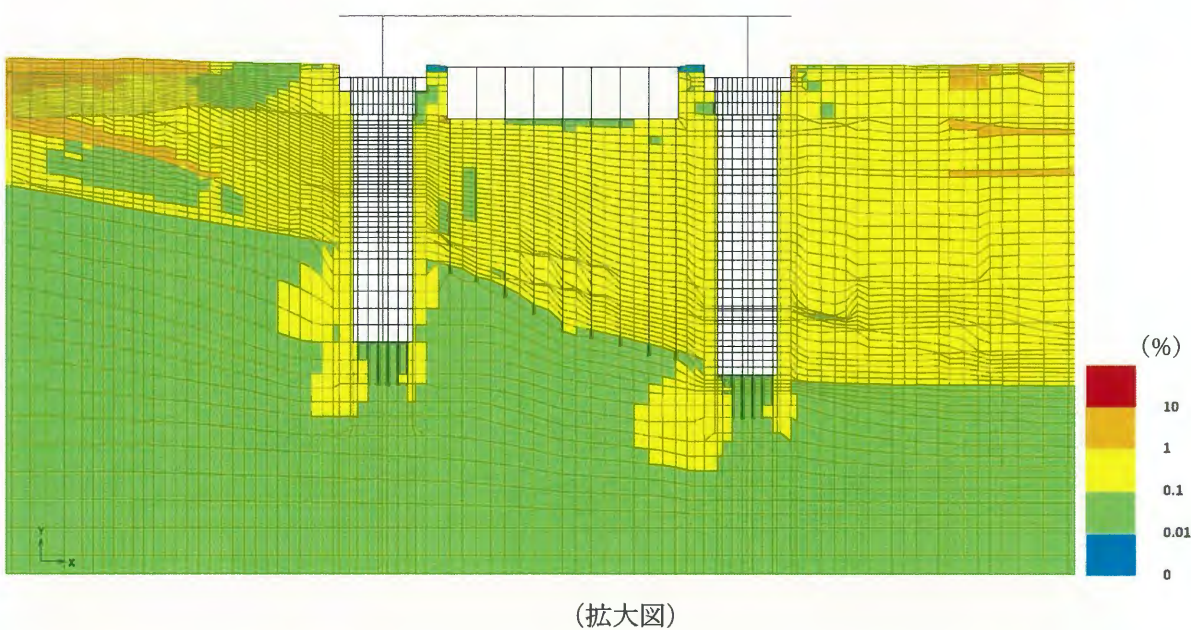
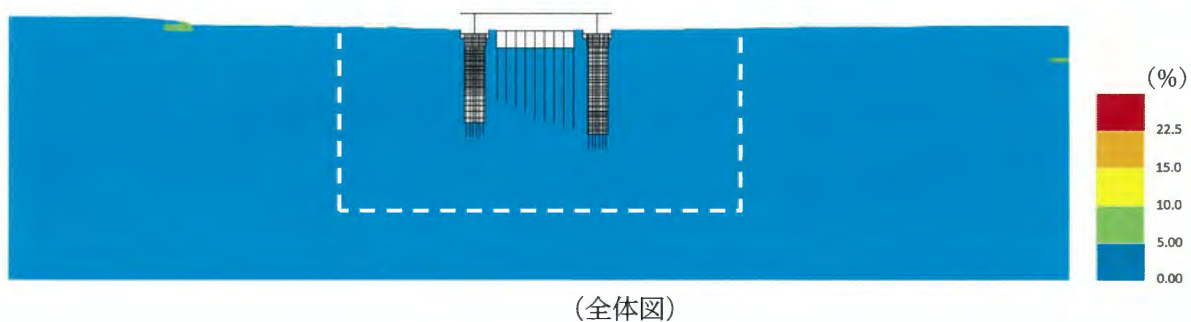
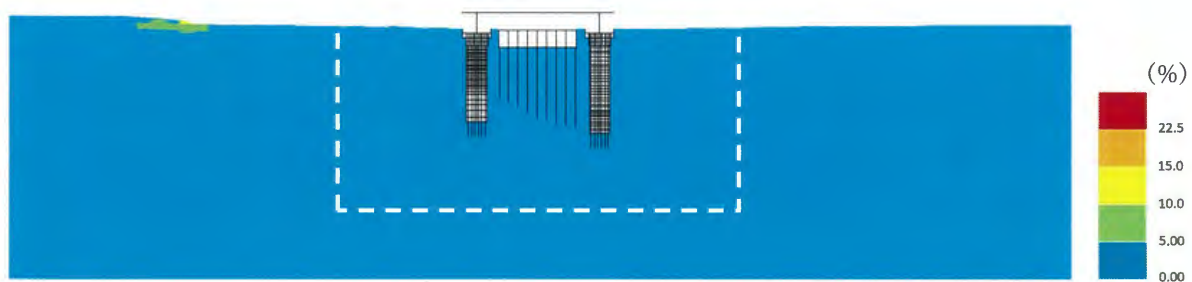


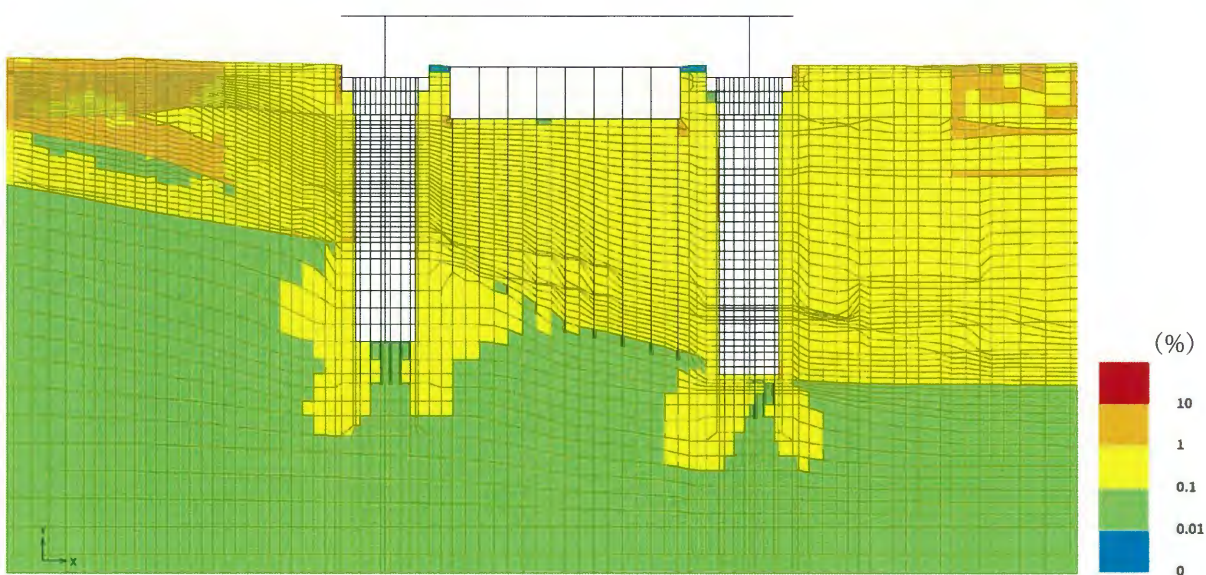
図 4.10-8 最大せん断ひずみ分布図 (①-①断面)

($S_s - 14$)

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



(全体図)

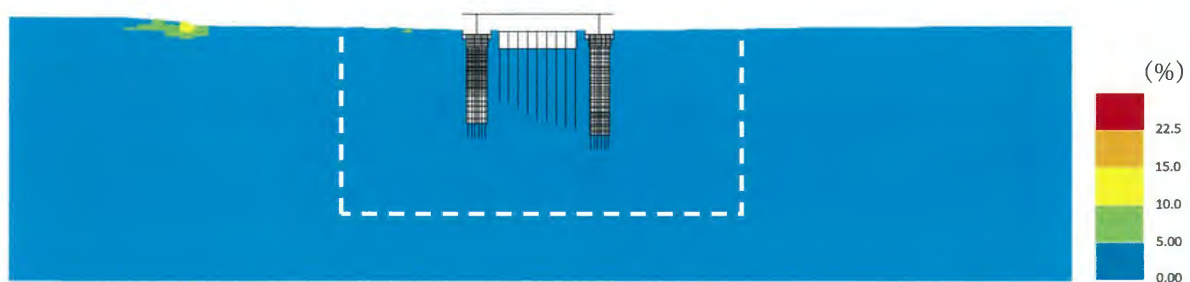


(拡大図)

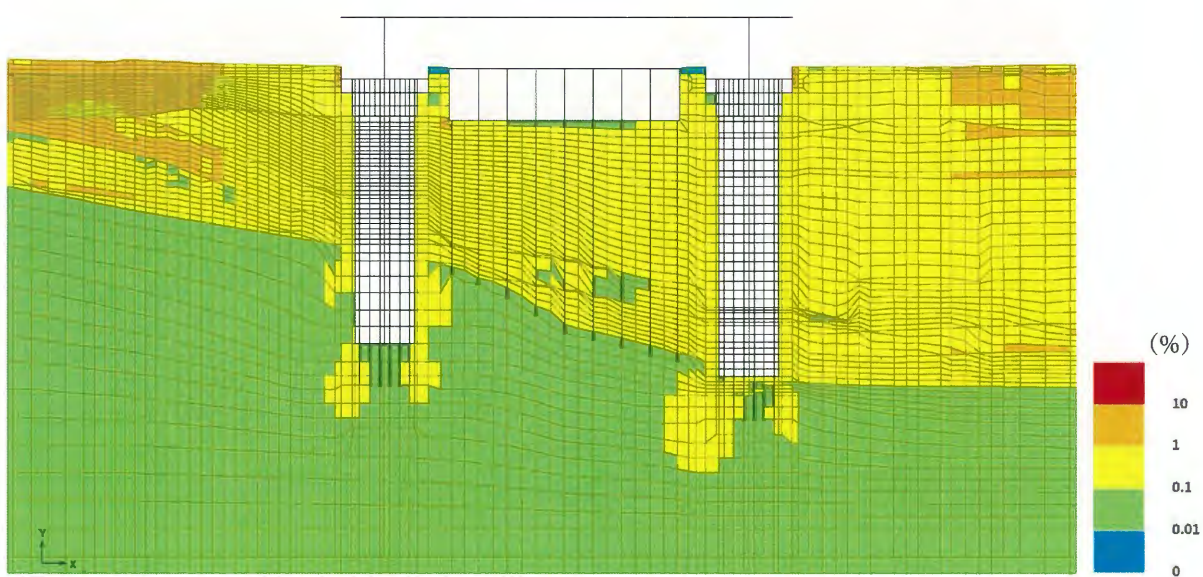
図 4.10-9 最大せん断ひずみ分布図 (①-①断面)

($S_s - 21$)

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



(全体図)

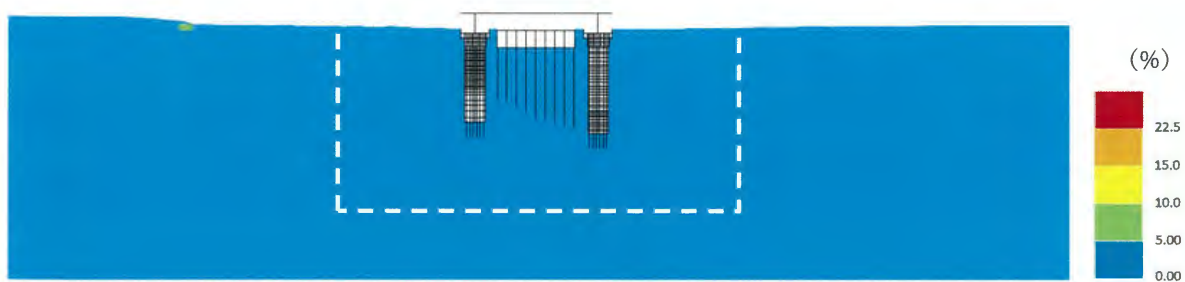


(拡大図)

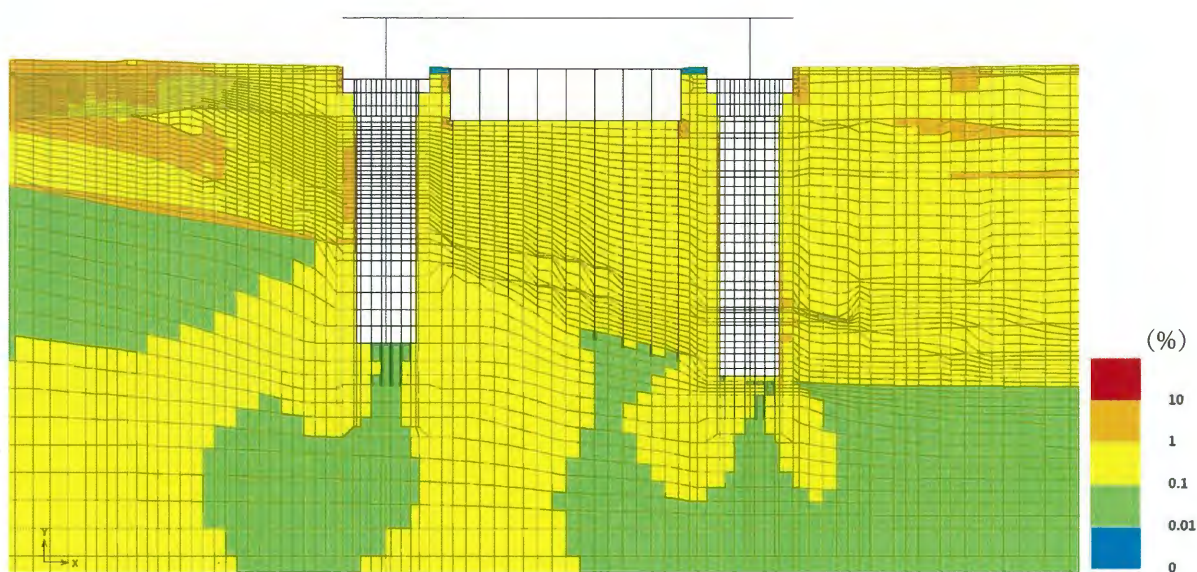
図 4.10-10 最大せん断ひずみ分布図 (①-①断面)

($S_s - 22$)

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



(全体図)



(拡大図)

図 4.10-11 最大せん断ひずみ分布図 (①-①断面)
 $(S_s - 3.1 [H+, V+])$
 (地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

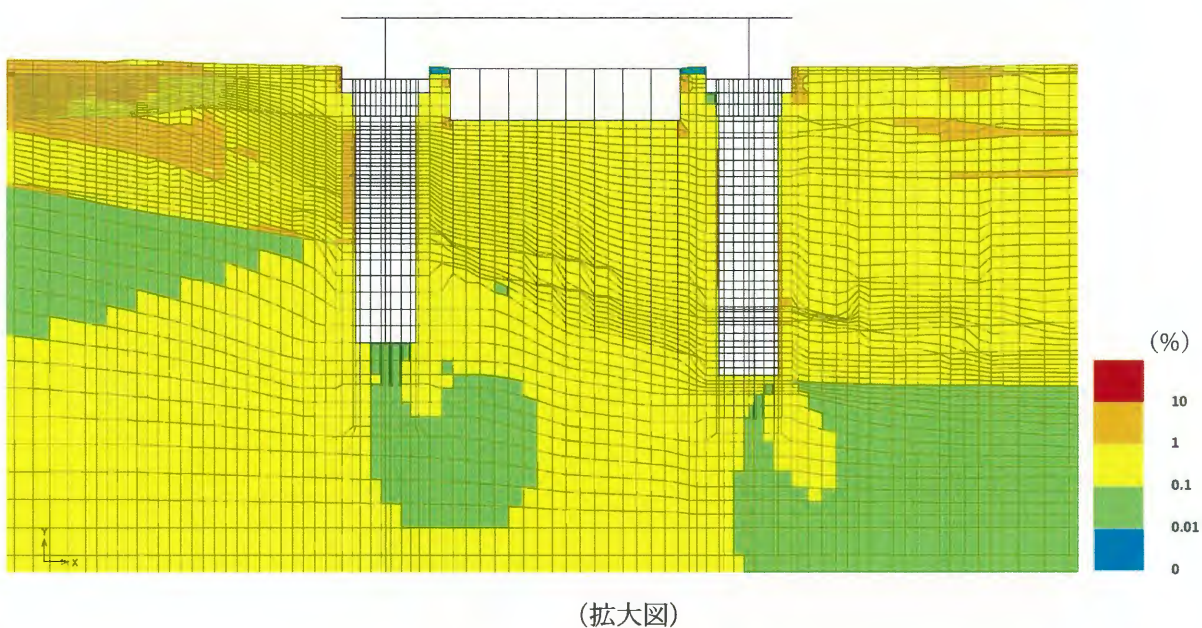
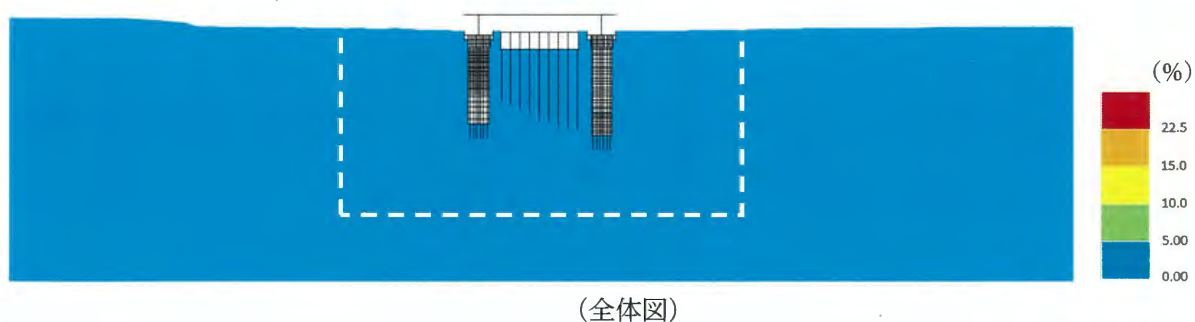


図 4.10-12 最大せん断ひずみ分布図 (①-①断面)
 $(S_s - 31 [H-, V+])$
 (地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

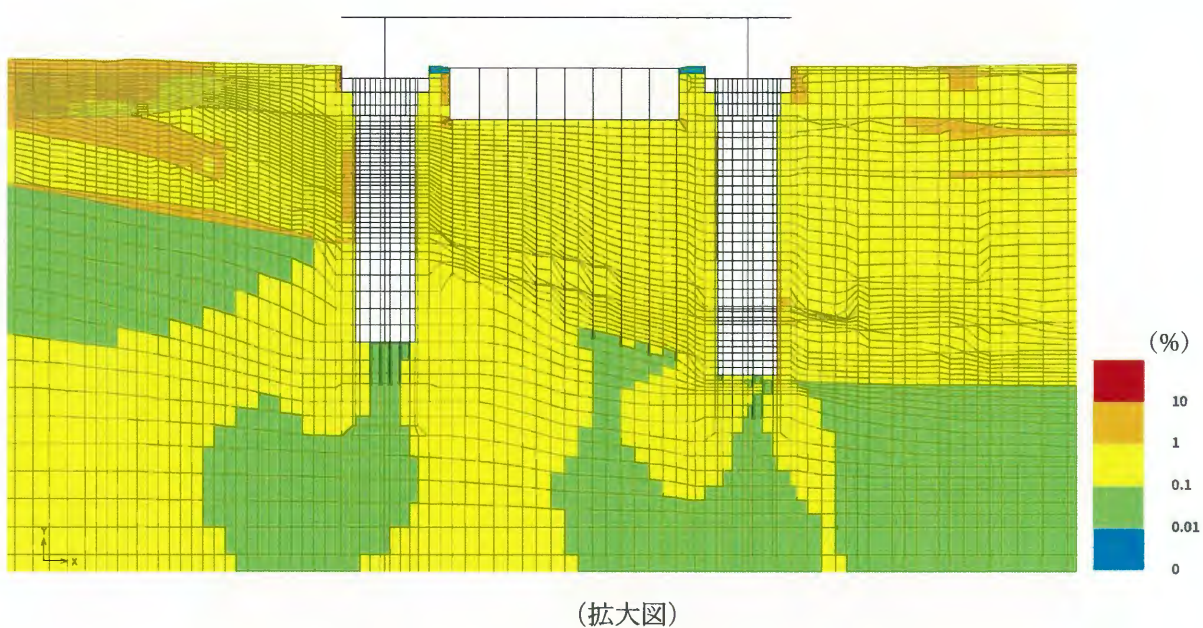
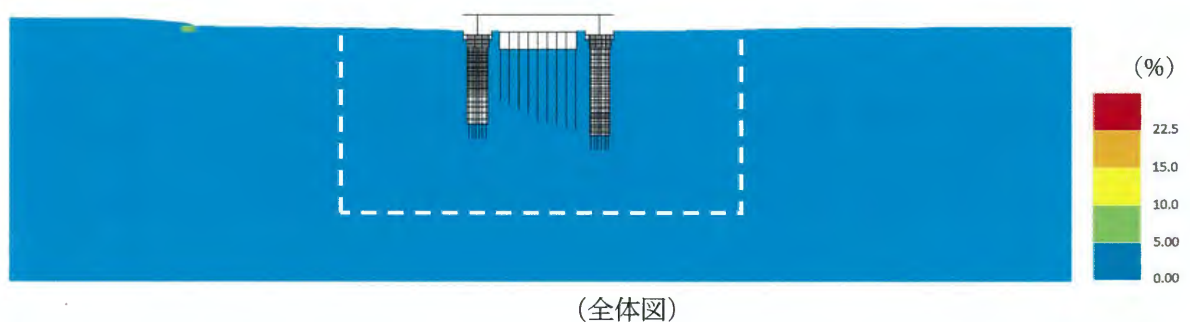
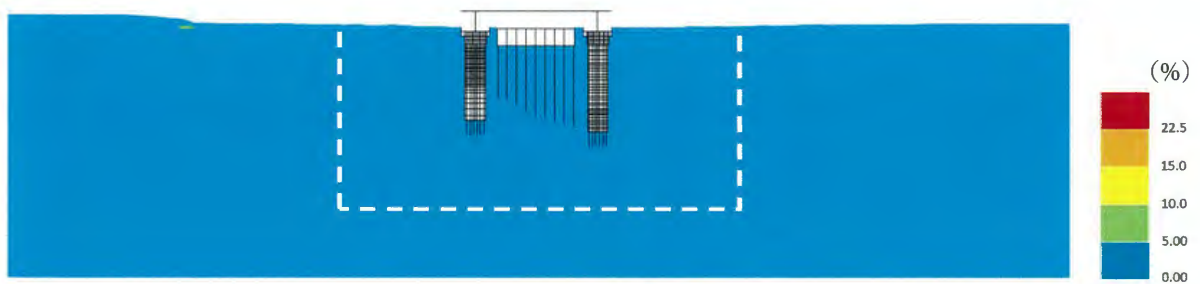
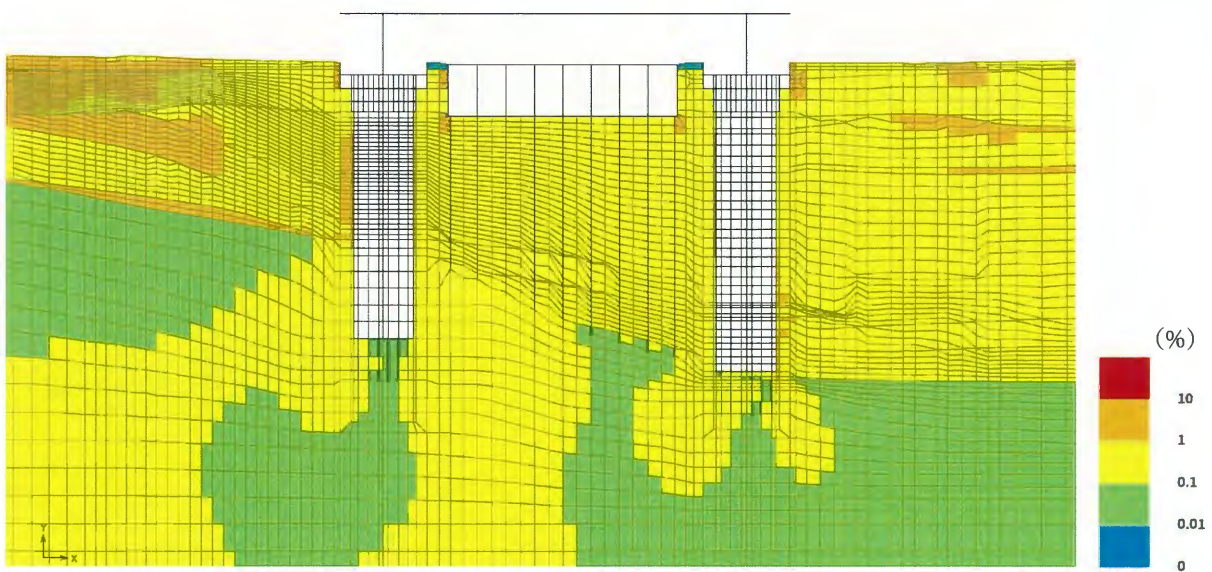


図 4.10-13 最大せん断ひずみ分布図 (①-①断面)
 $(S_s - 3.1 [H+, V+])$
 (地盤ケース②：地盤物性のばらつきを考慮 (+1 σ) した解析ケース)

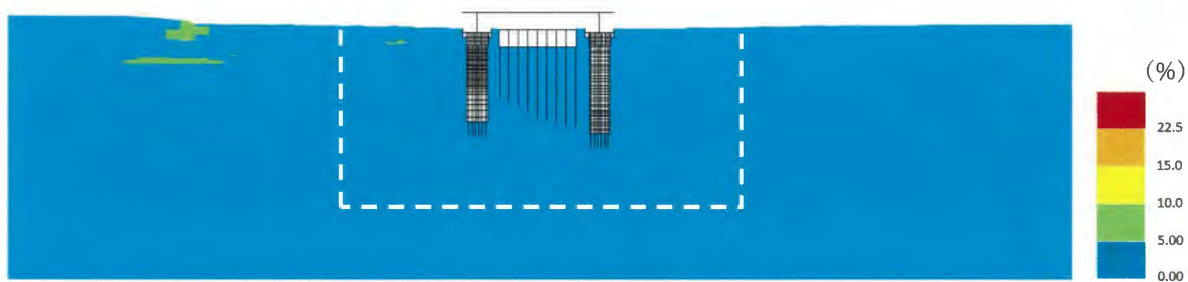


(全体図)

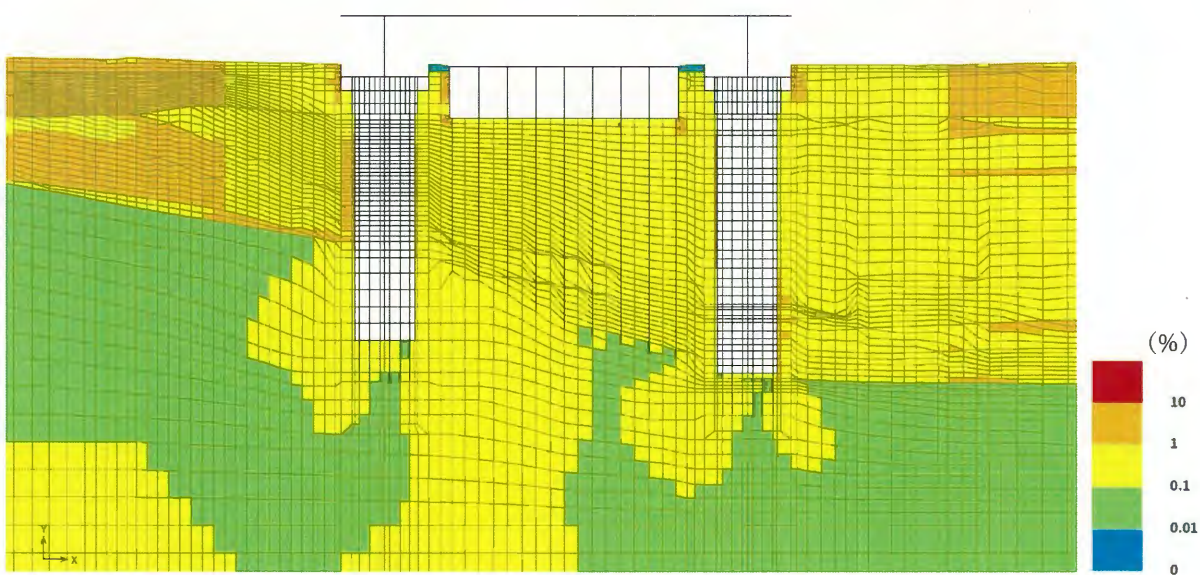


(拡大図)

図 4.10-14 最大せん断ひずみ分布図 (①-①断面)
 $(S_s - 3.1 [H + V])$
 (地盤ケース③：地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース)



(全体図)

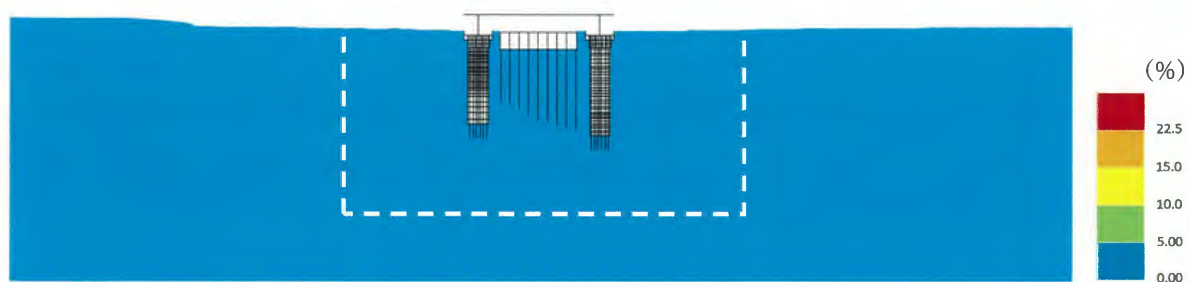


(拡大図)

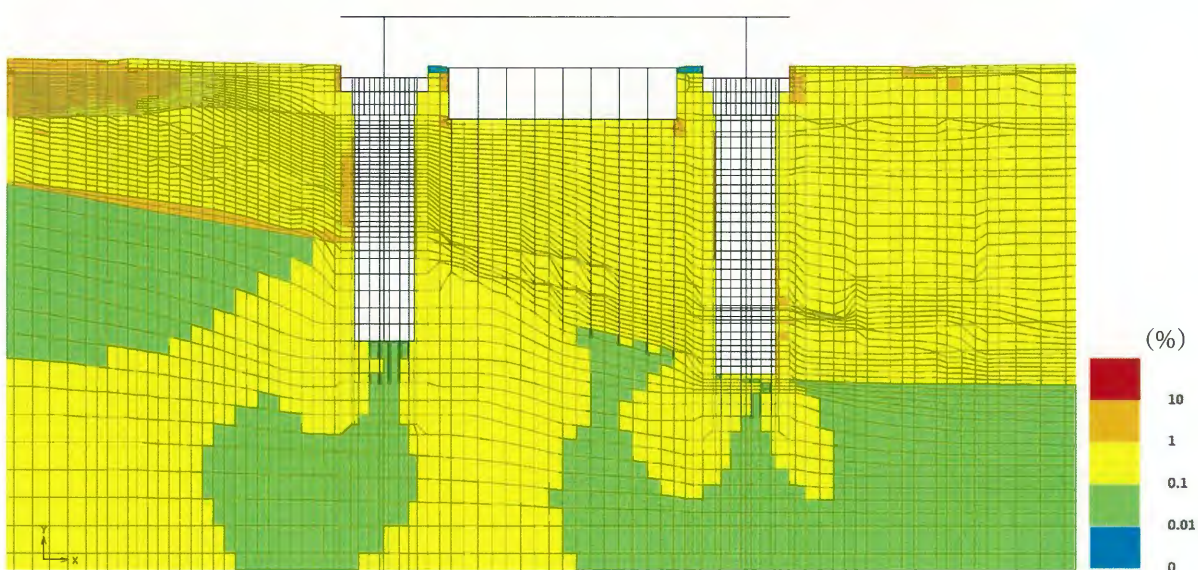
図 4.10-15 最大せん断ひずみ分布図 (①-①断面)

($S_s - 31$ [H+, V+])

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



(全体図)

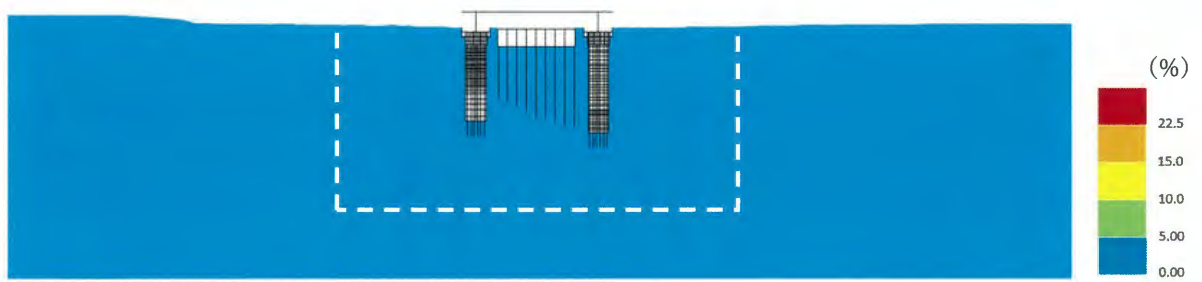


(拡大図)

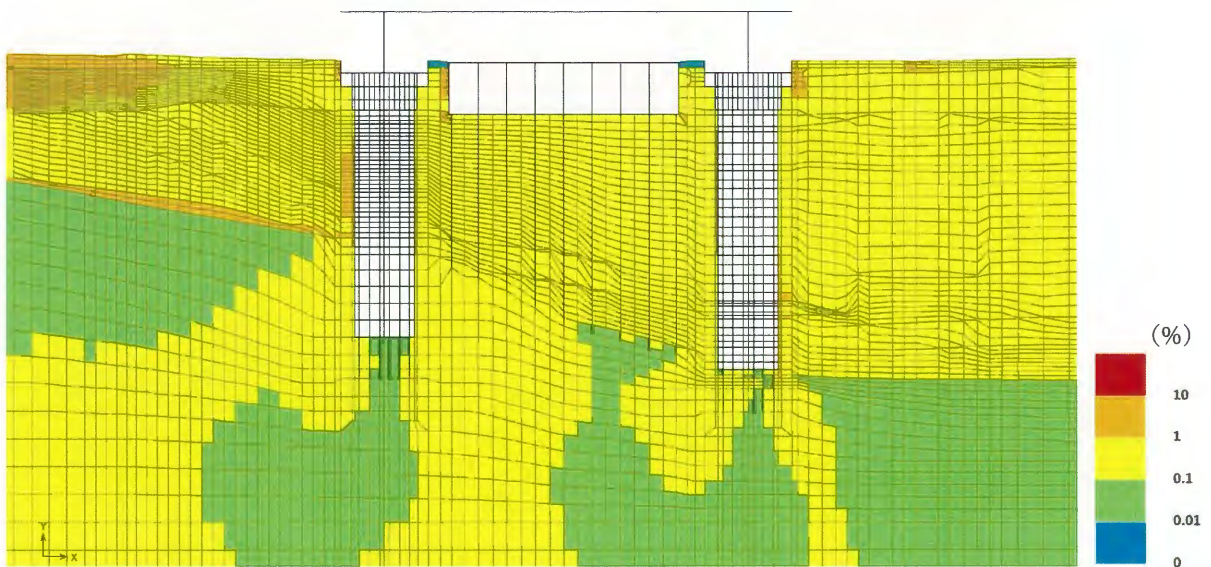
図 4.10-16 最大せん断ひずみ分布図 (①-①断面)

($S_s - 31 [H+, V+]$)

(地盤ケース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)

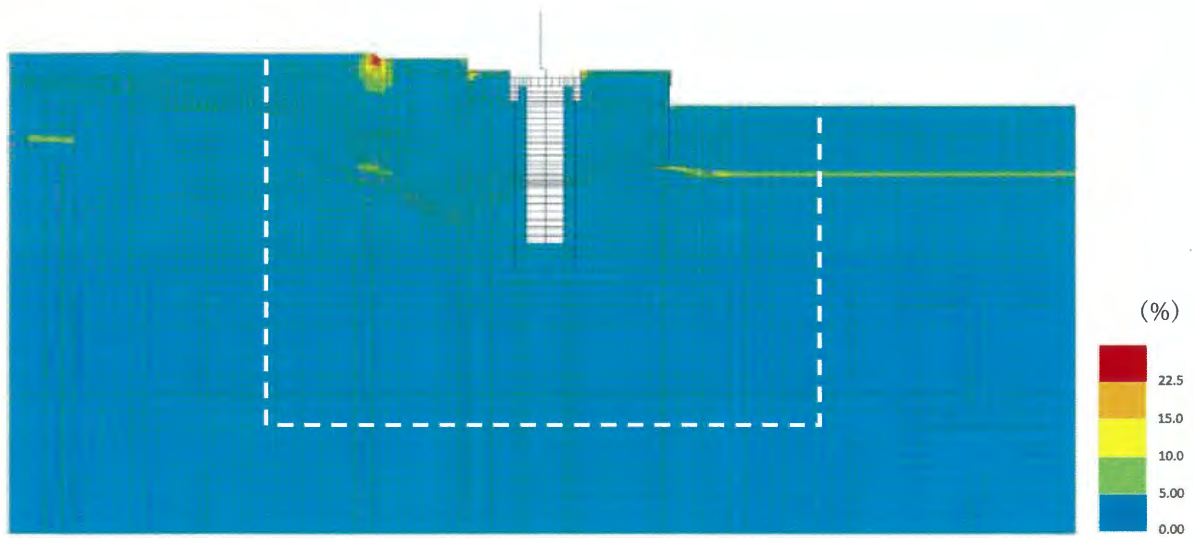


(全体図)

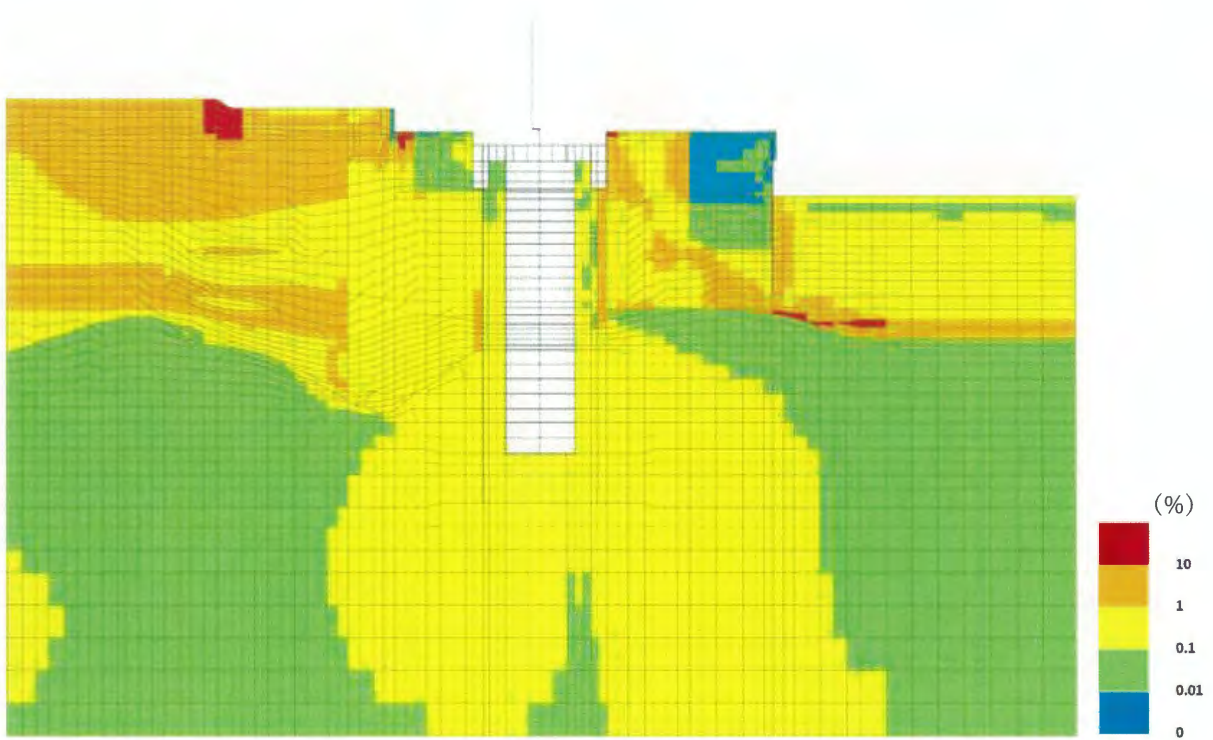


(拡大図)

図 4.10-17 最大せん断ひずみ分布図 (①-①断面)
 $(S_s - 3.1 [H+, V+])$
 (地盤ケース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)

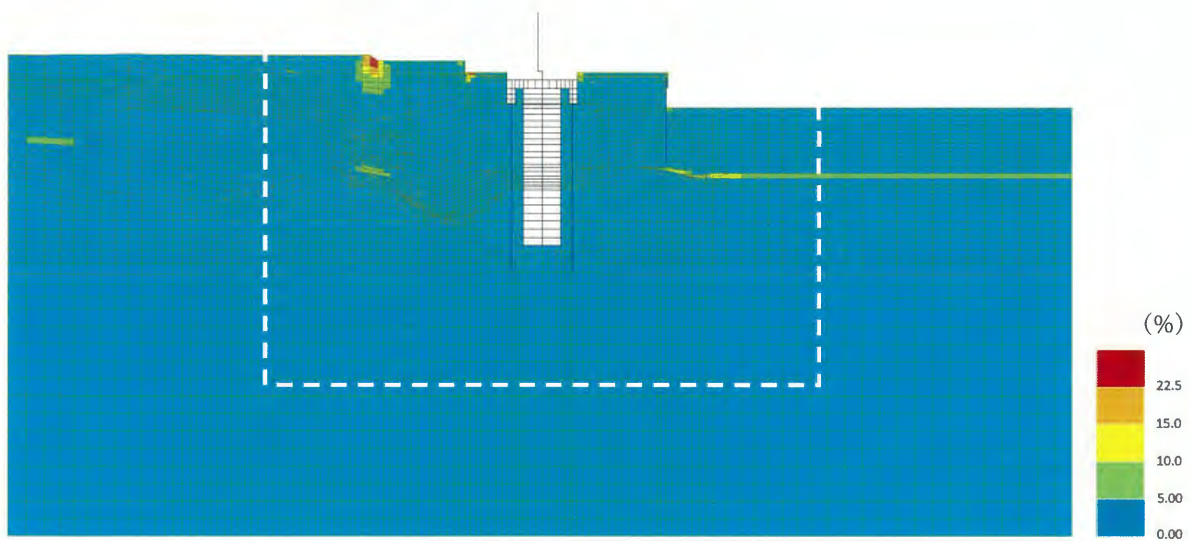


(全体図)

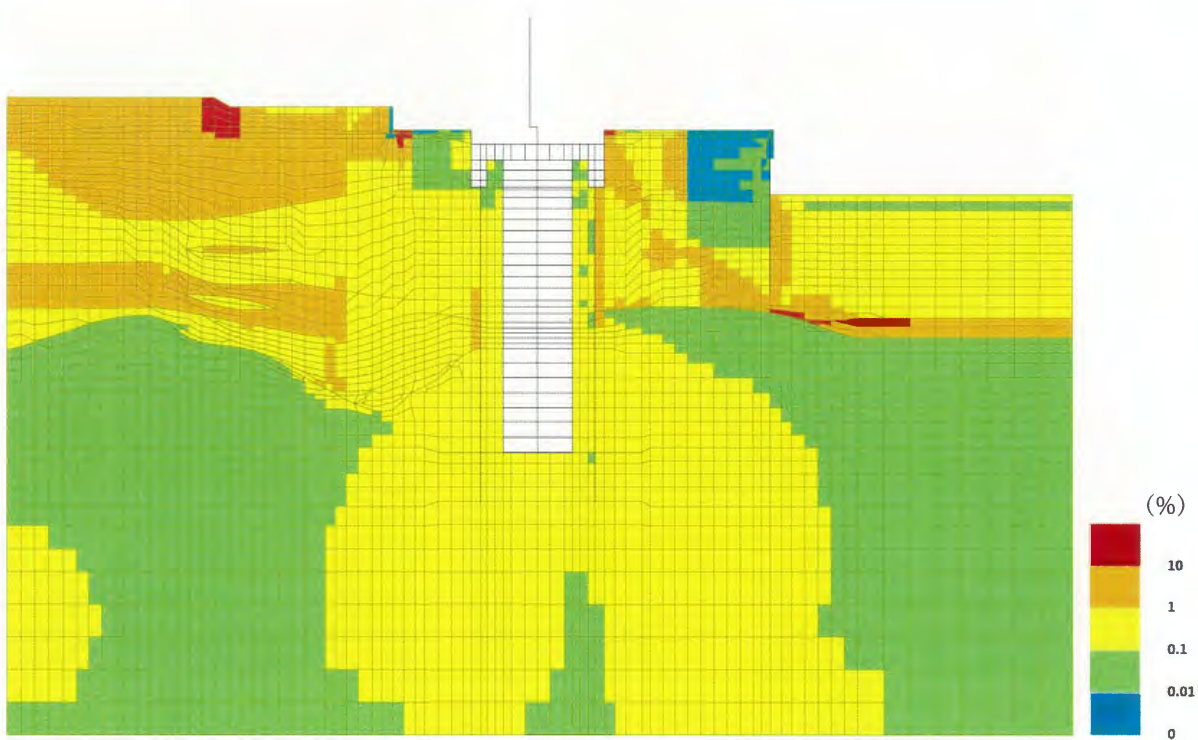


(拡大図)

図 4.10-18 最大せん断ひずみ分布図 (③-③断面)
 (S_s-D1 [H+, V+])
 (地盤ケース①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

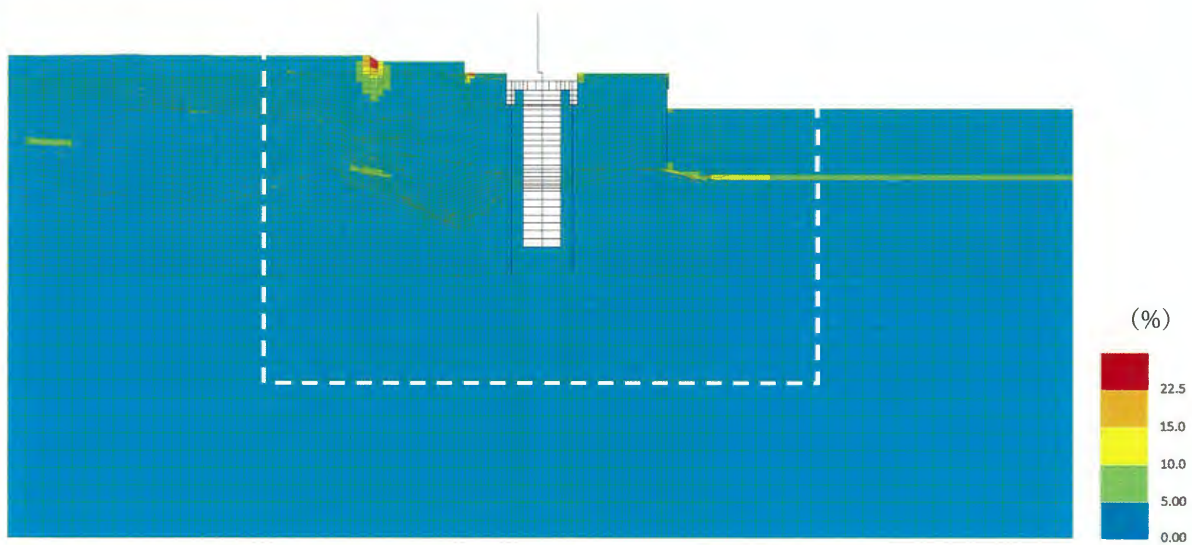


(全体図)

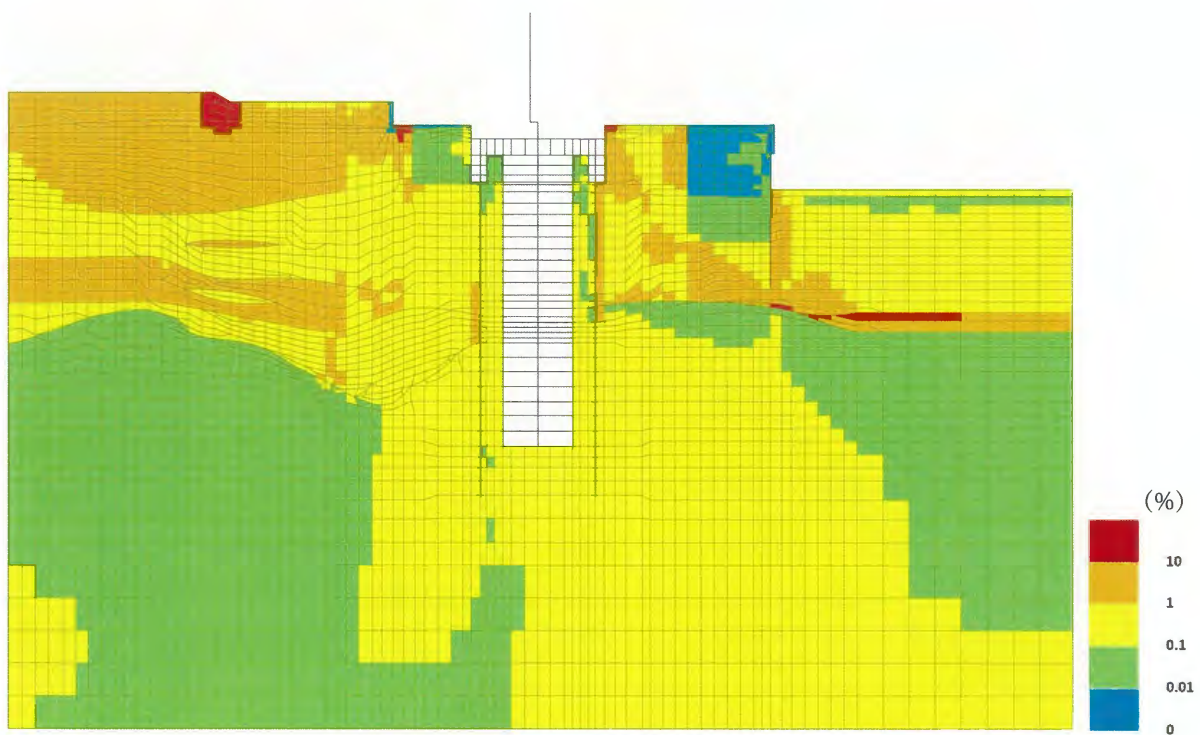


(拡大図)

図 4.10-19 最大せん断ひずみ分布図 (③-③断面)
 (S_s-D1 [H+, V-])
 (地盤ケース①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

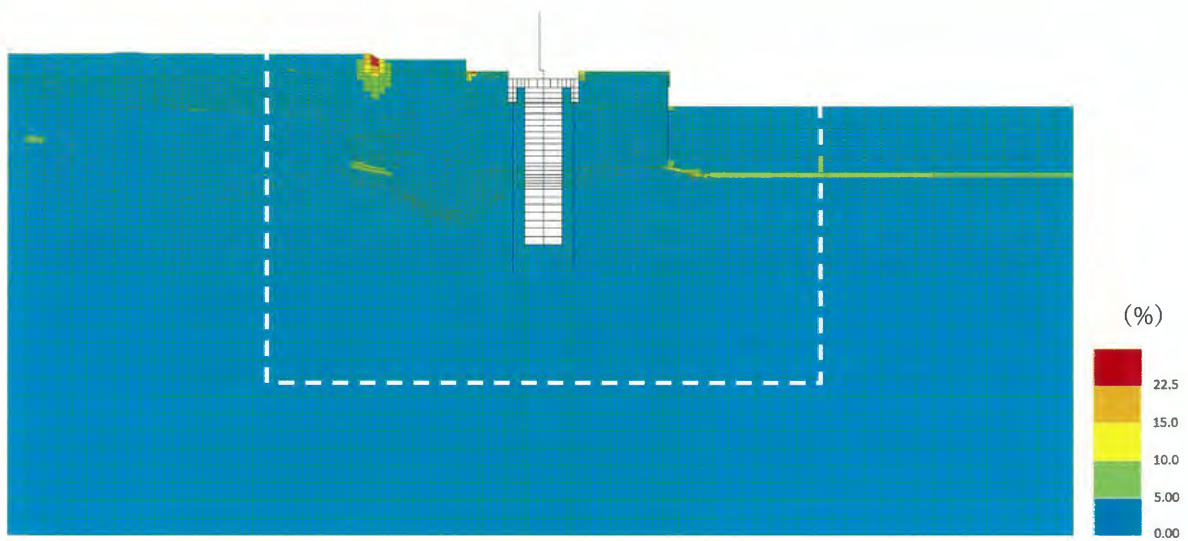


(全体図)

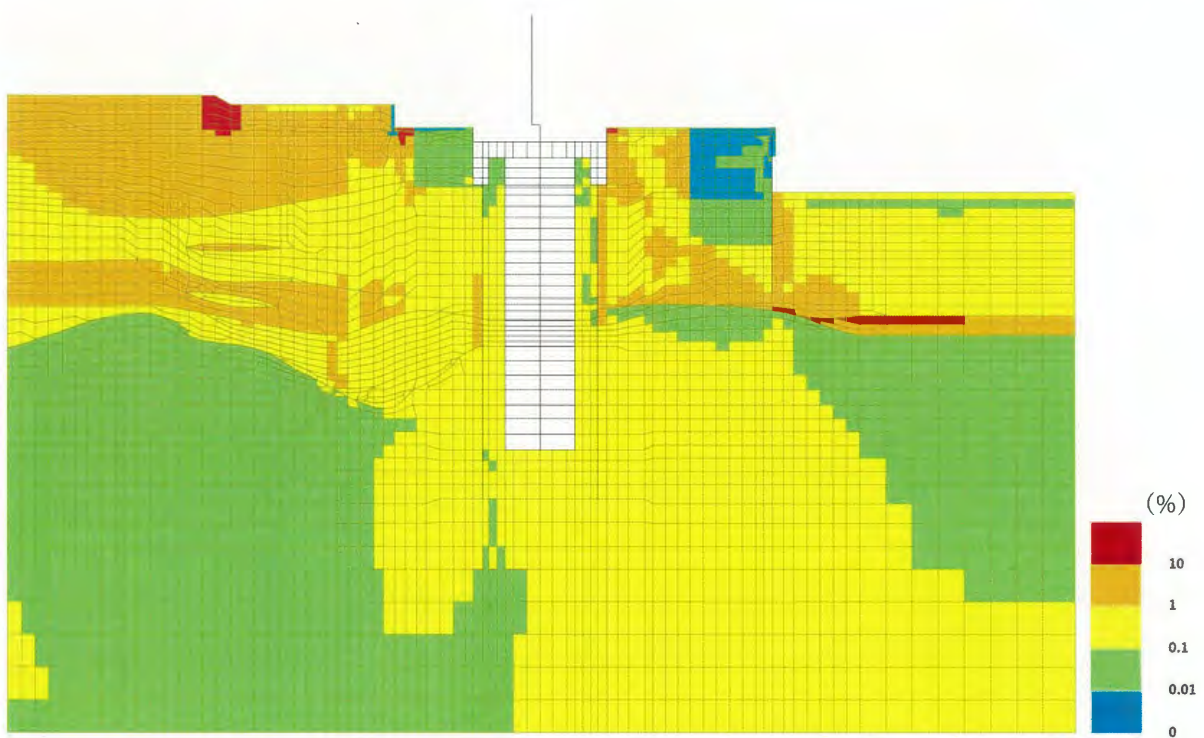


(拡大図)

図 4.10-20 最大せん断ひずみ分布図 (③-③断面)
(S_s -D1 [H-, V+])
(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

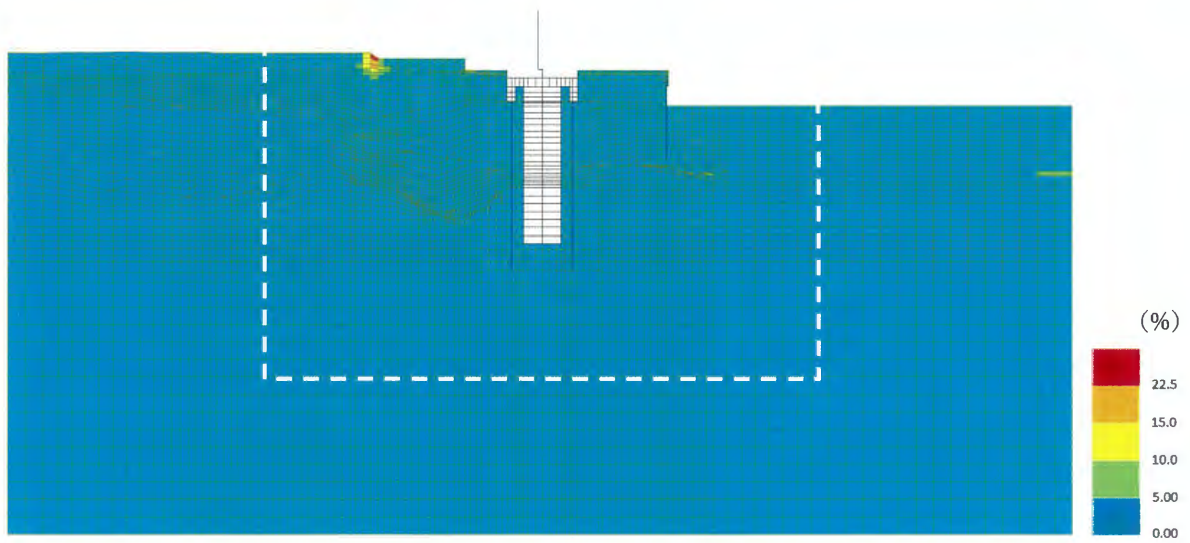


(全体図)

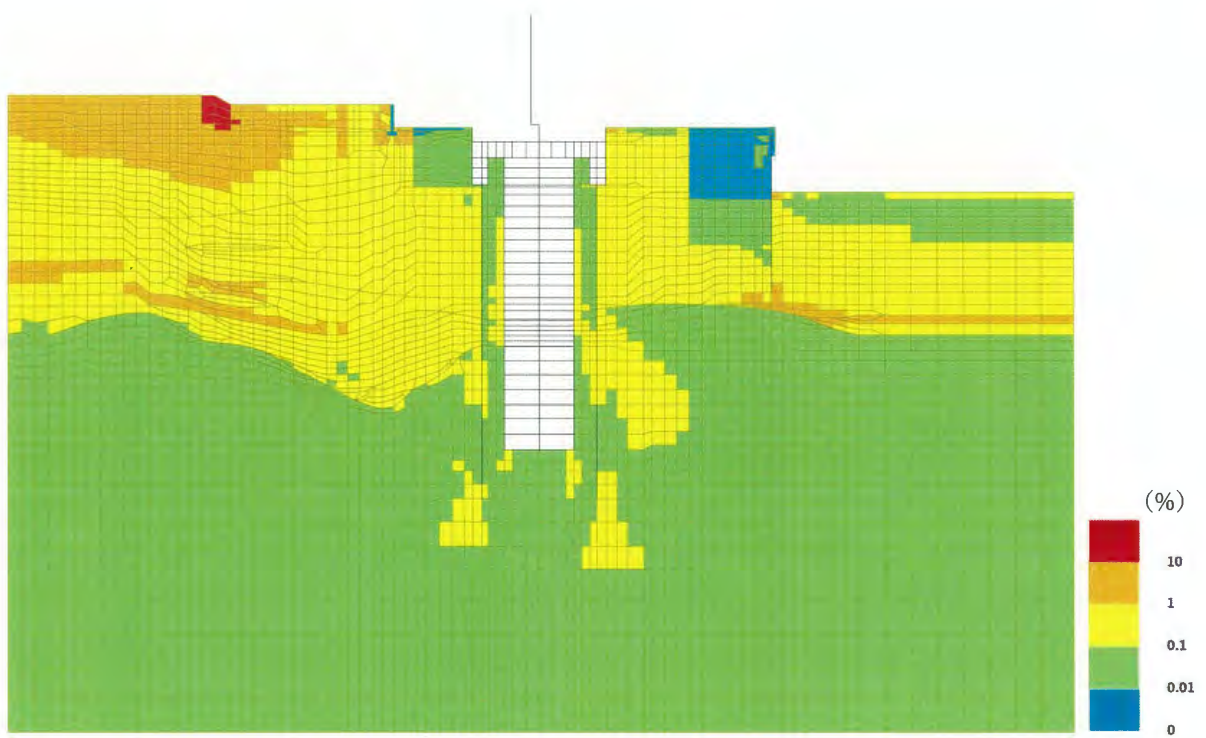


(拡大図)

図 4.10-21 最大せん断ひずみ分布図 (③-③断面)
(S_s -D1 [H-, V-])
(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



(全体図)

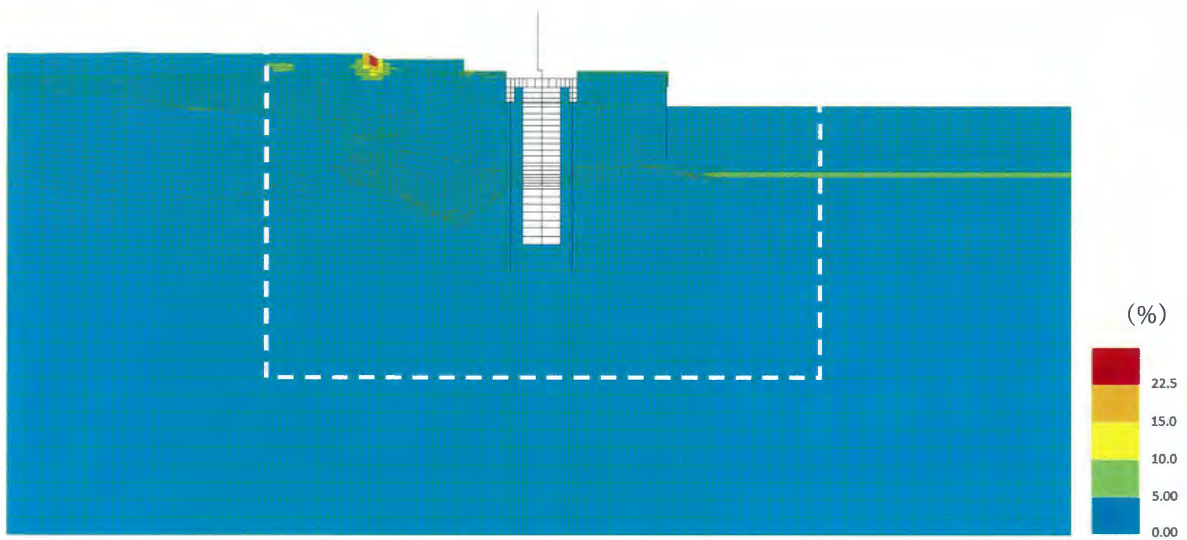


(拡大図)

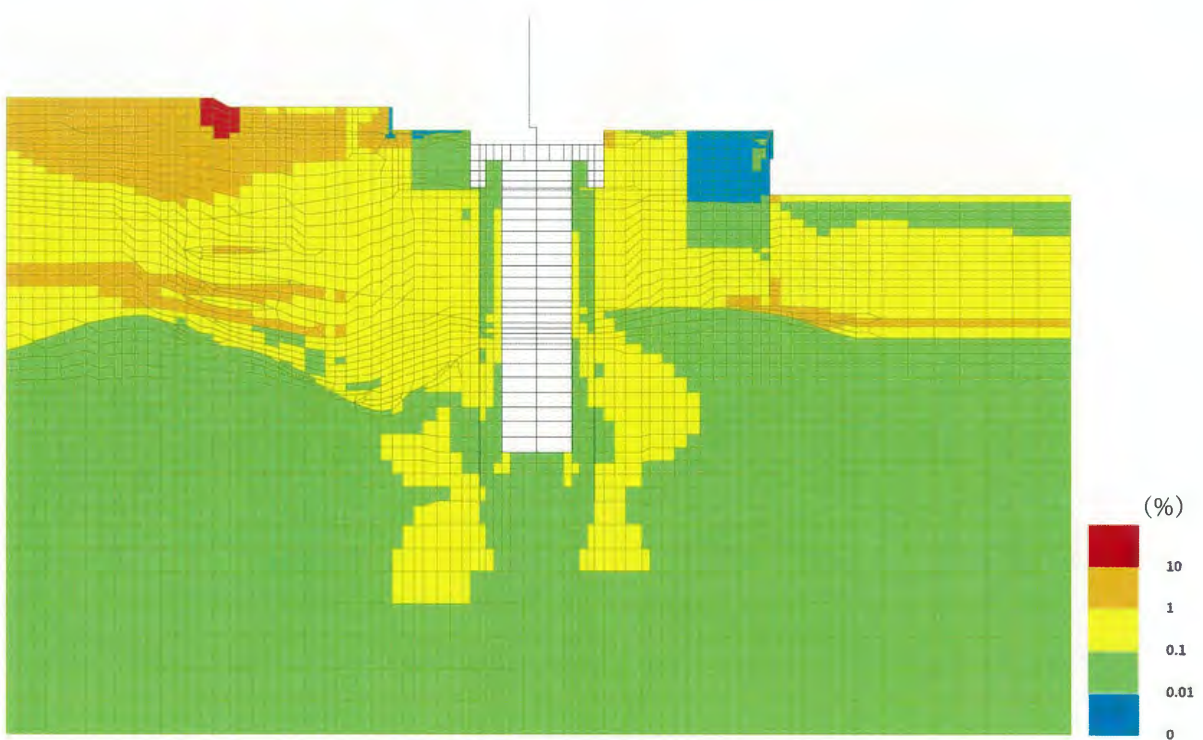
図 4.10-22 最大せん断ひずみ分布図 (③-③断面)

($S_s - 1.1$)

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



(全体図)

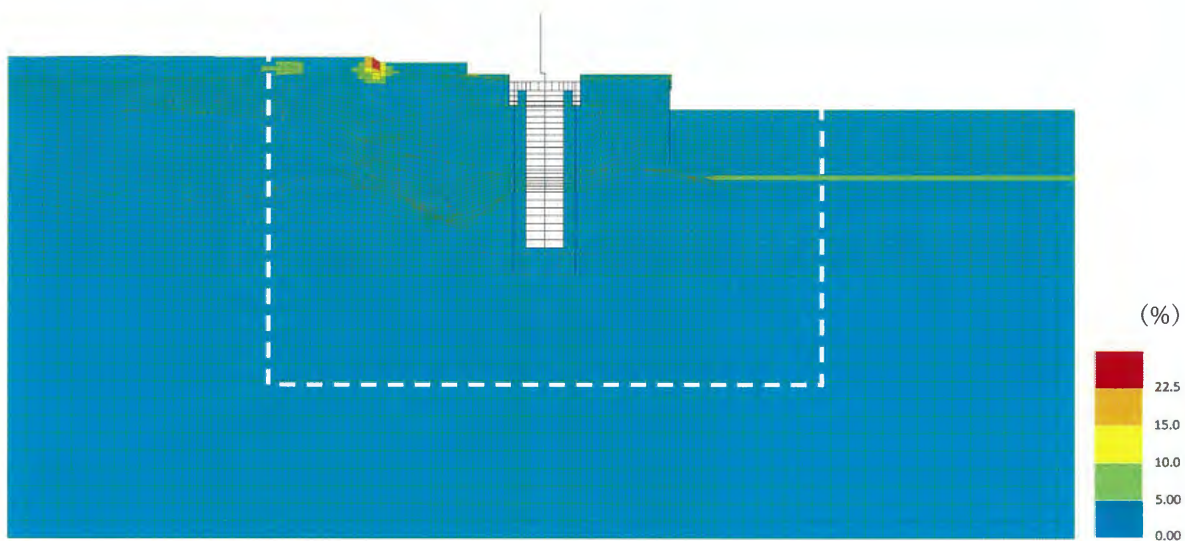


(拡大図)

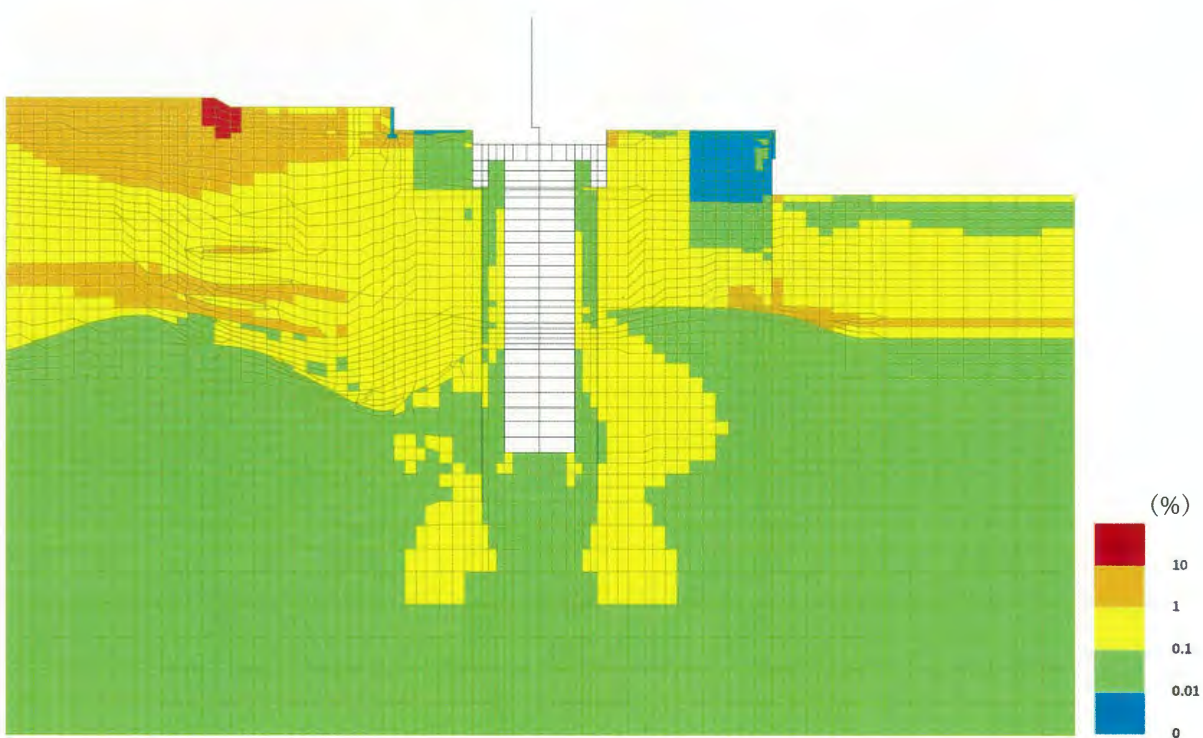
図 4.10-23 最大せん断ひずみ分布図 (③-③断面)

($S_s - 12$)

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



(全体図)

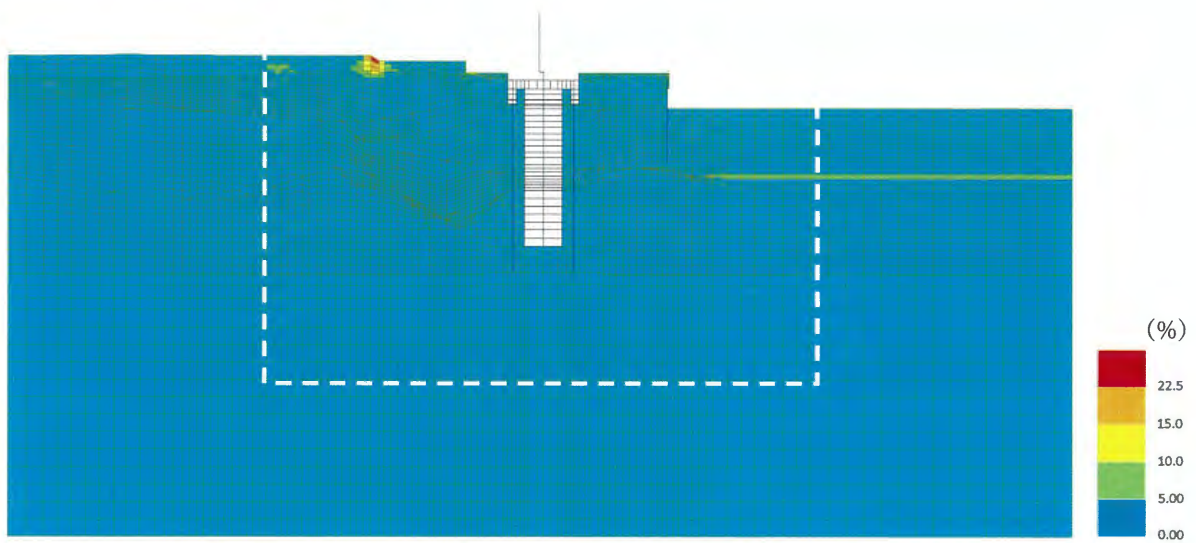


(拡大図)

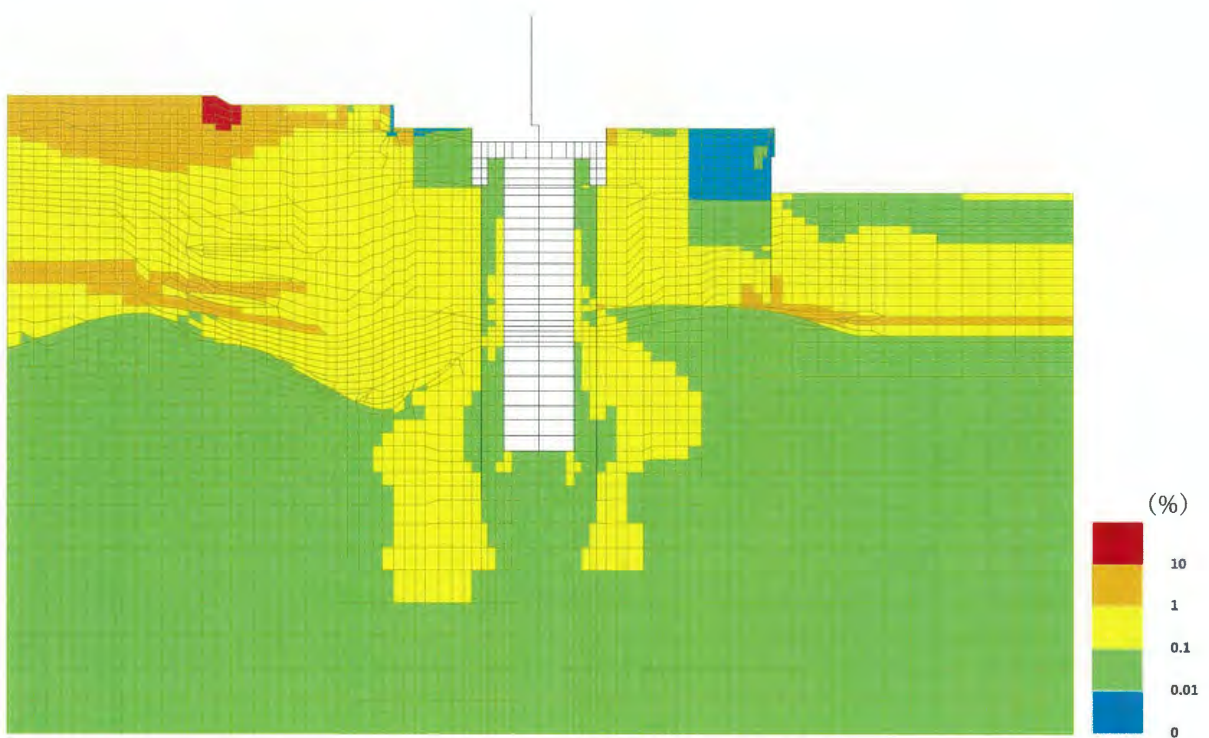
図 4.10-24 最大せん断ひずみ分布図 (③-③断面)

($S_s - 13$)

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



(全体図)

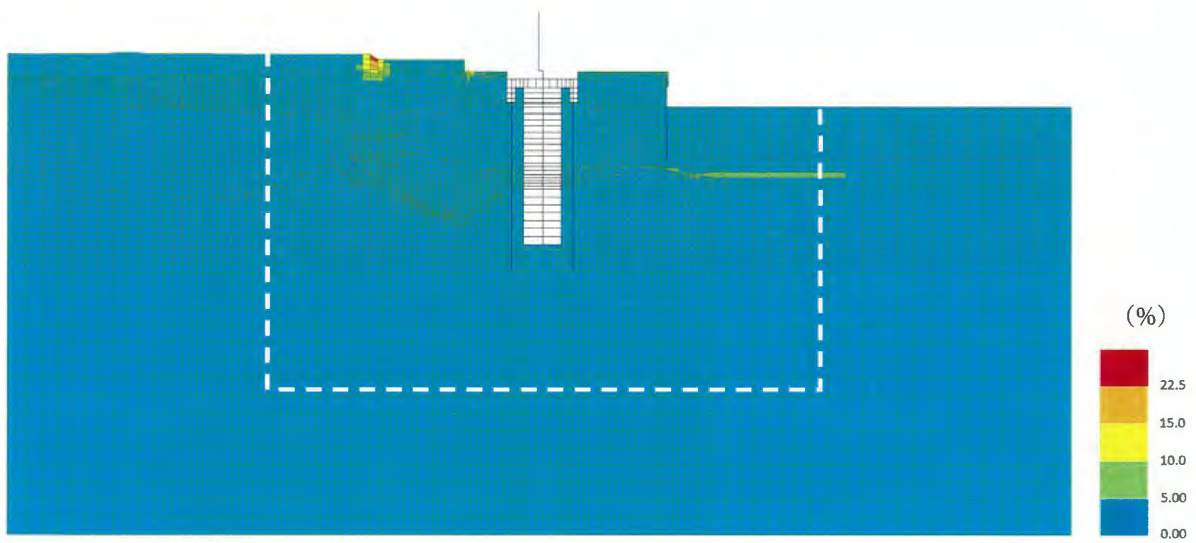


(拡大図)

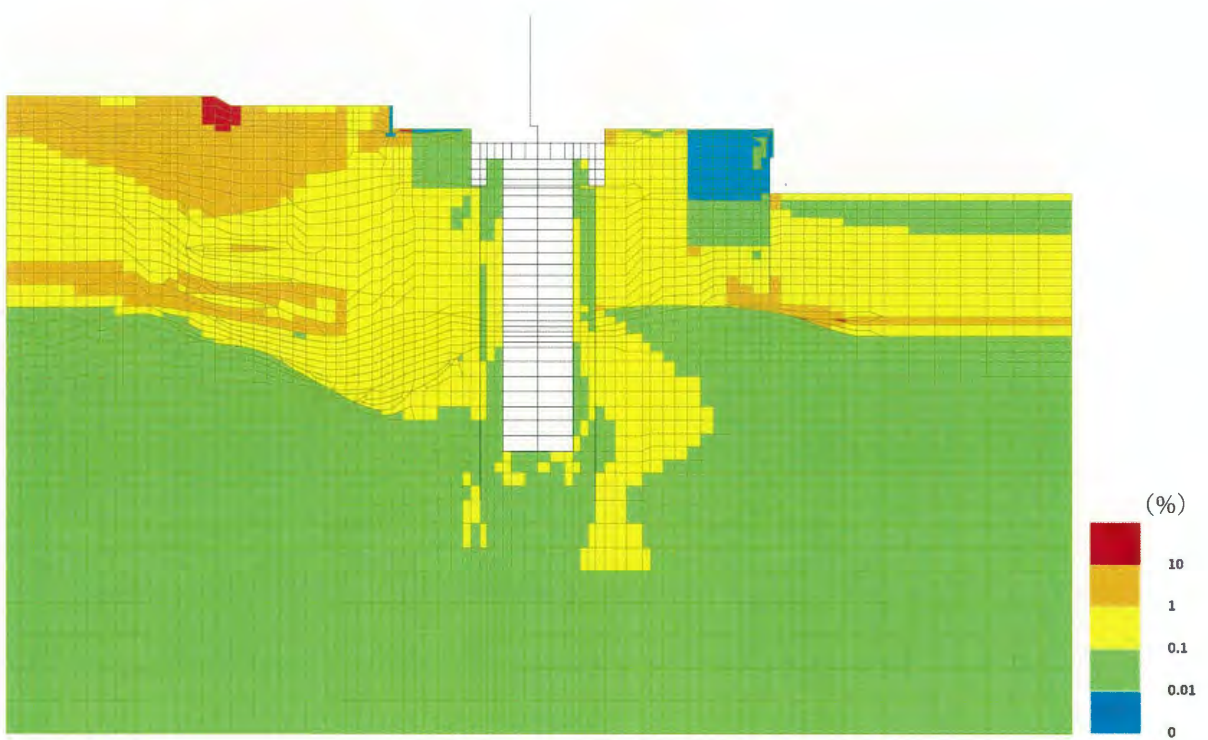
図 4.10-25 最大せん断ひずみ分布図 (③-③断面)

($S_s - 14$)

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



(全体図)

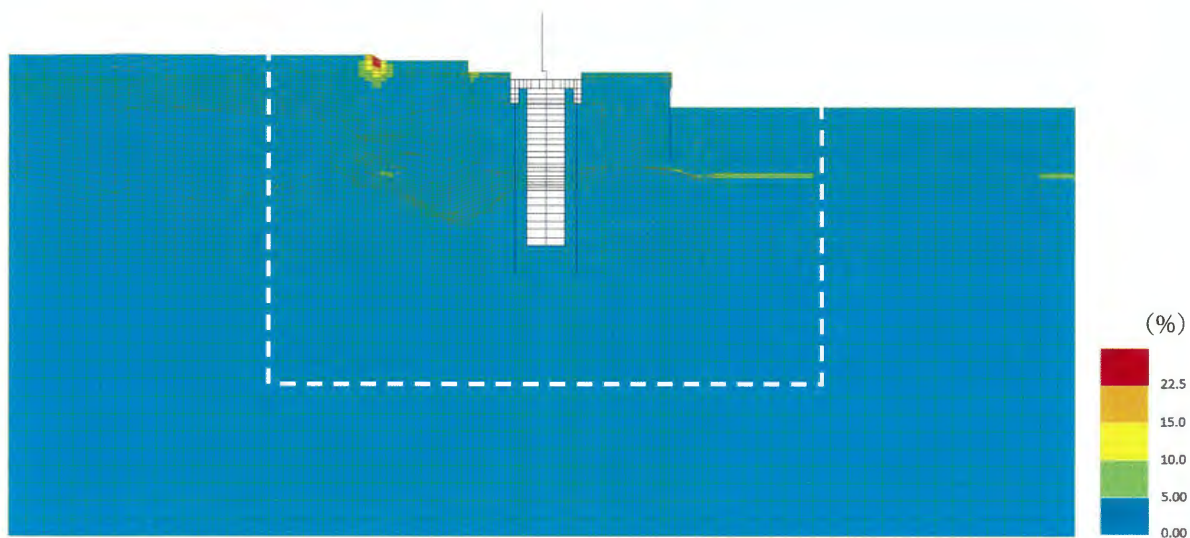


(拡大図)

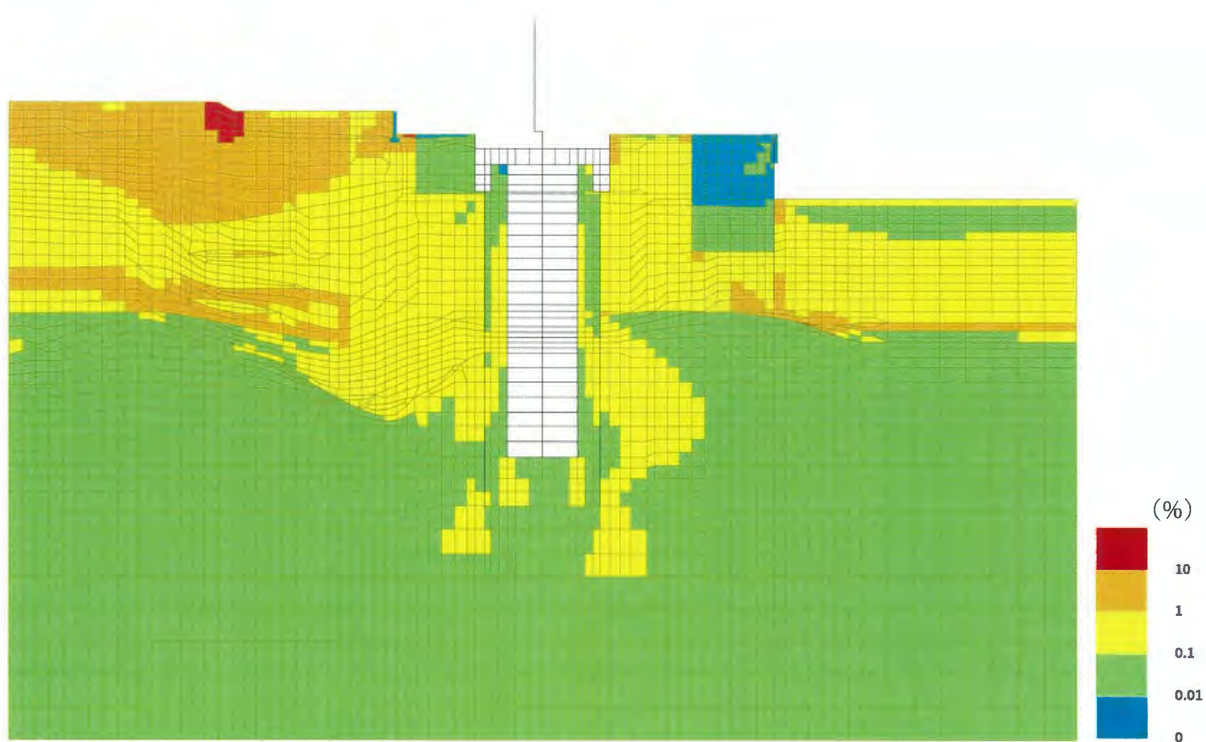
図 4.10-26 最大せん断ひずみ分布図 (③-③断面)

($S_s - 21$)

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



(全体図)

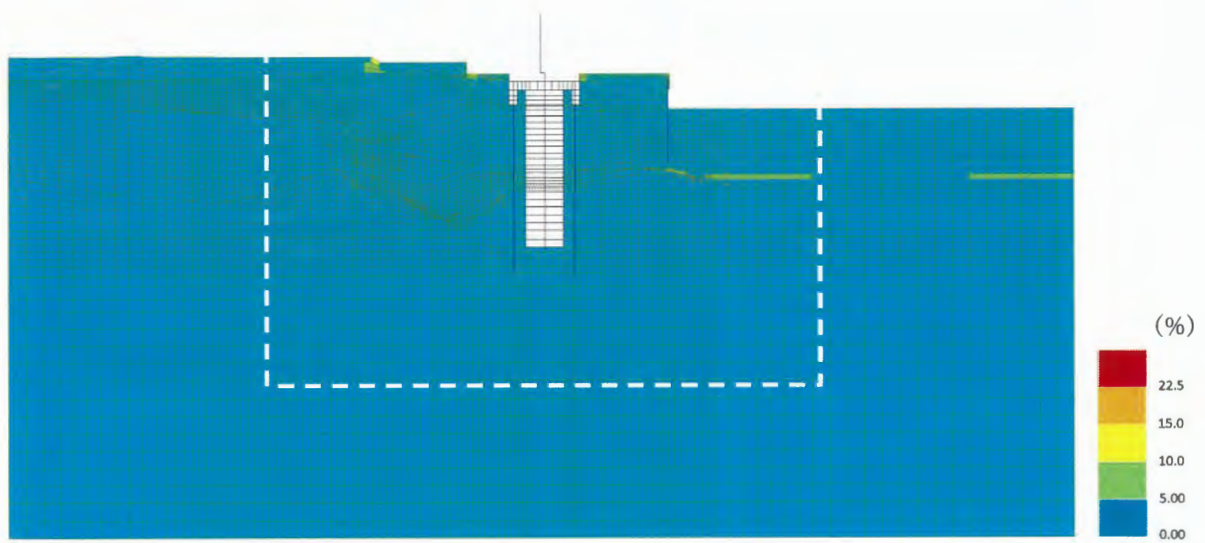


(拡大図)

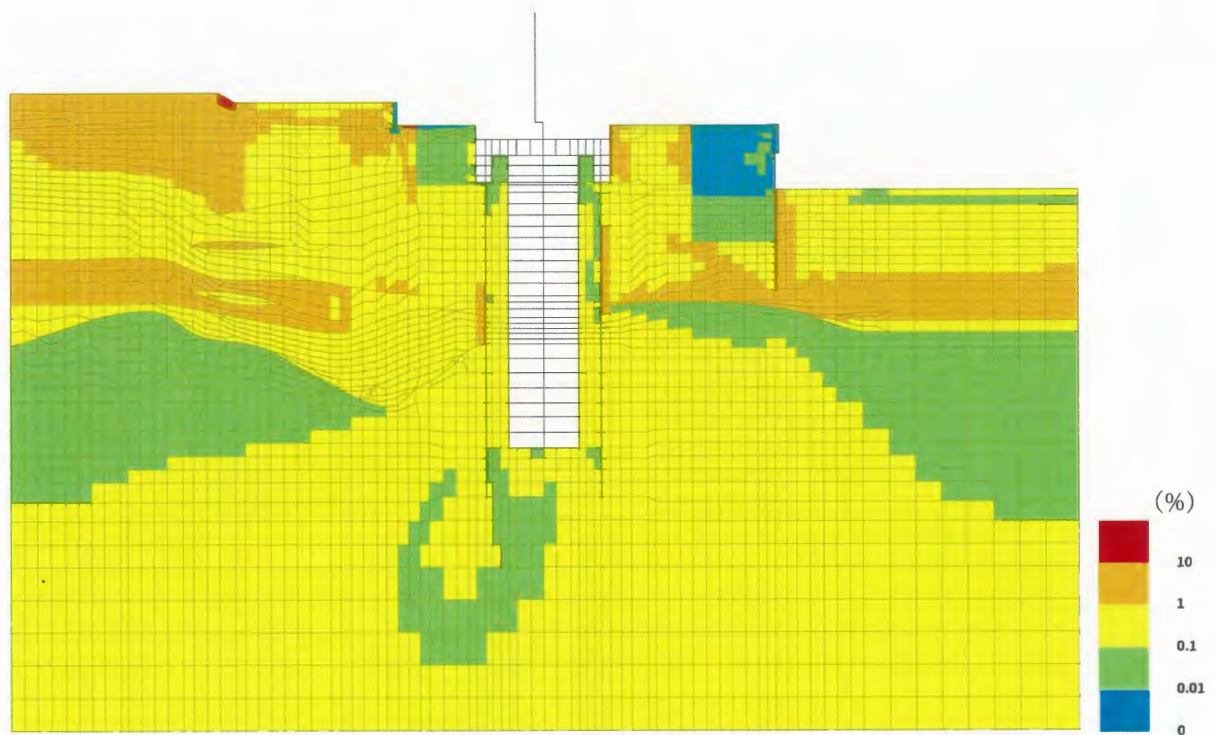
図 4.10-27 最大せん断ひずみ分布図 (③-③断面)

($S_s - 22$)

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

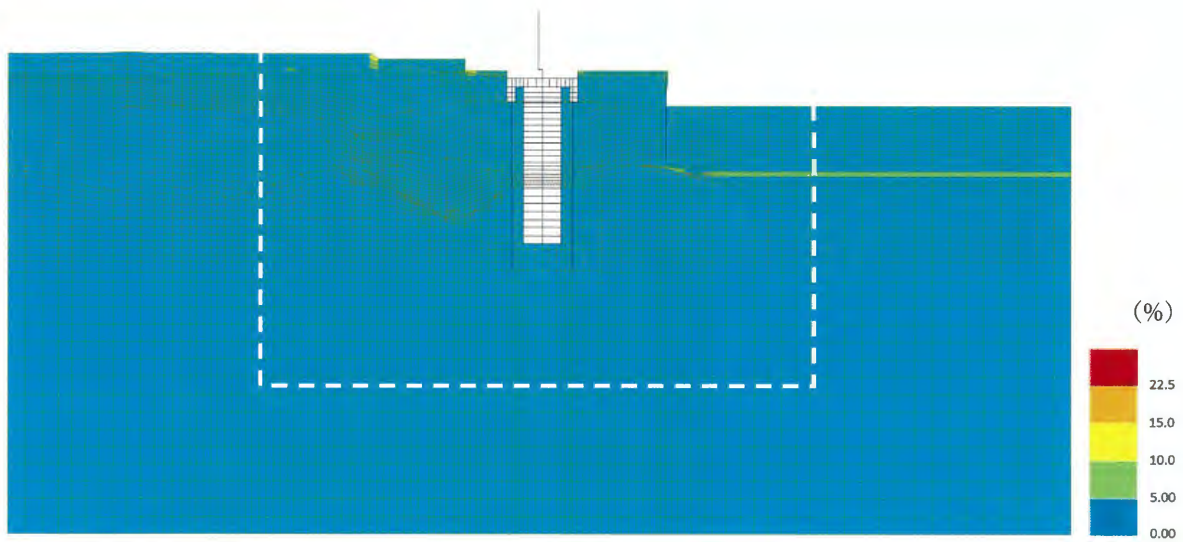


(全体図)

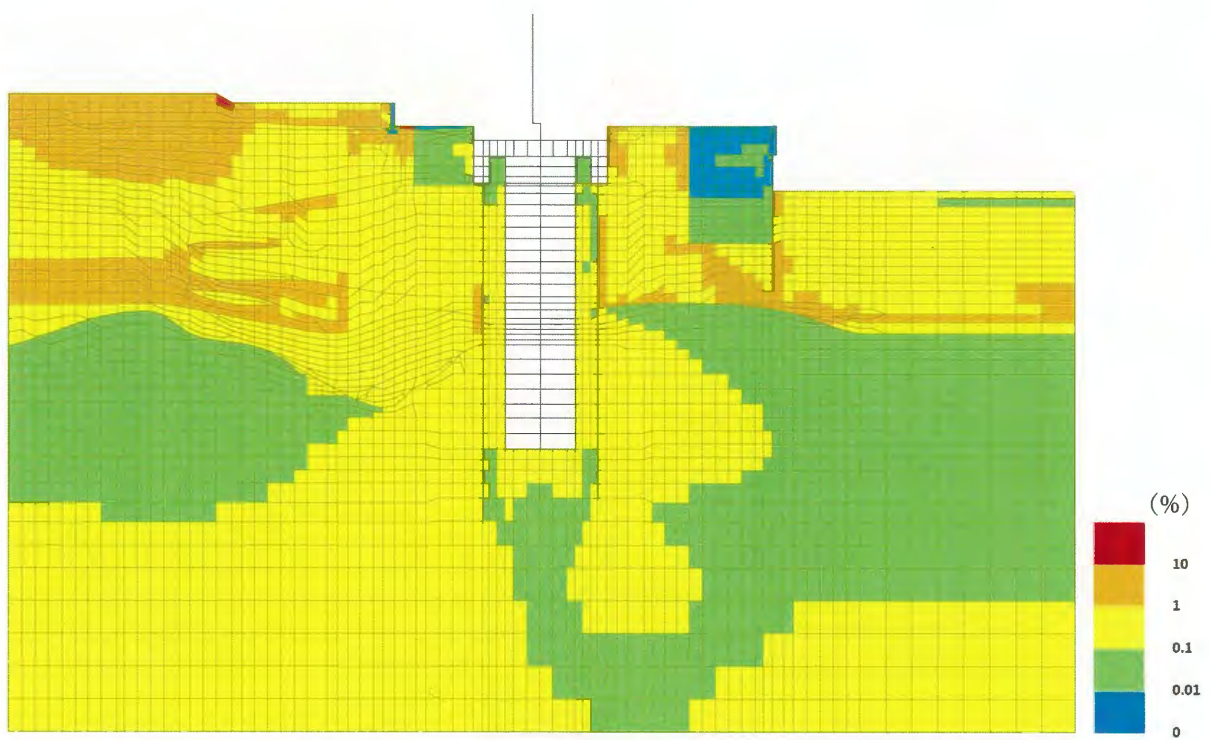


(拡大図)

図 4.10-28 最大せん断ひずみ分布図 (③-③断面)
 $(S_s - 31 [H+, V+])$
 (地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

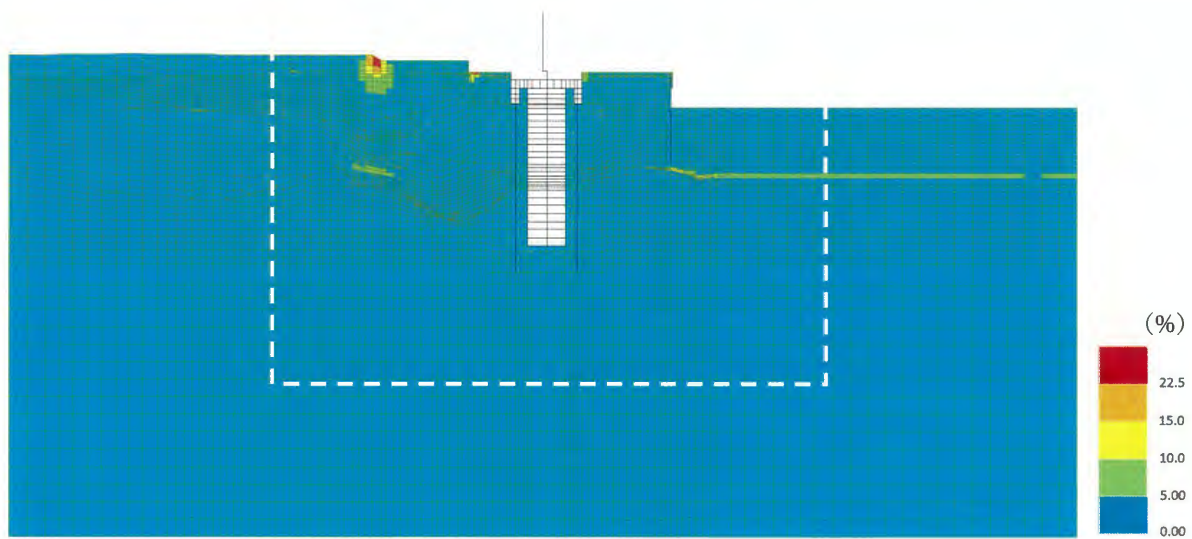


(全体図)

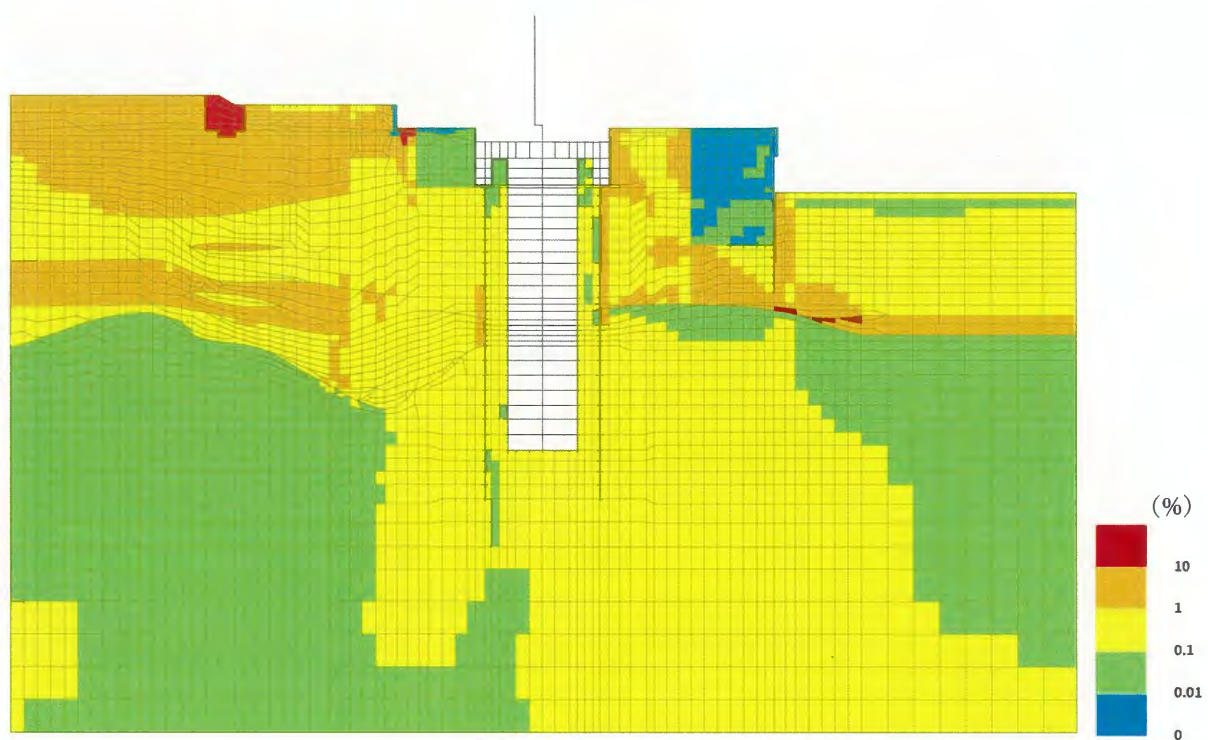


(拡大図)

図 4.10-29 最大せん断ひずみ分布図 (③-③断面)
 ($S_s - 31$ [H-, V+])
 (地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

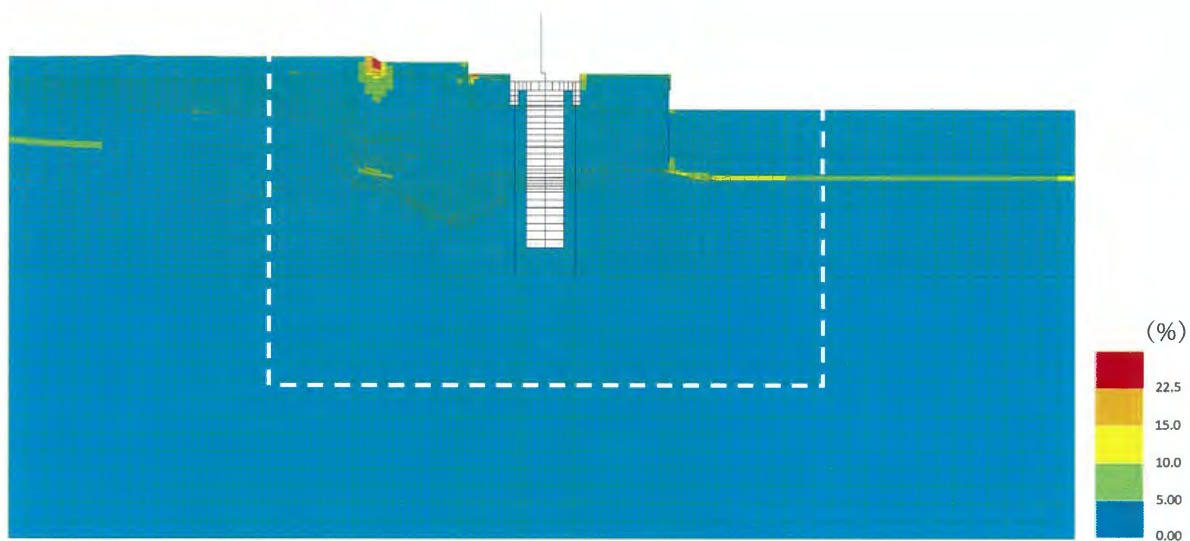


(全体図)

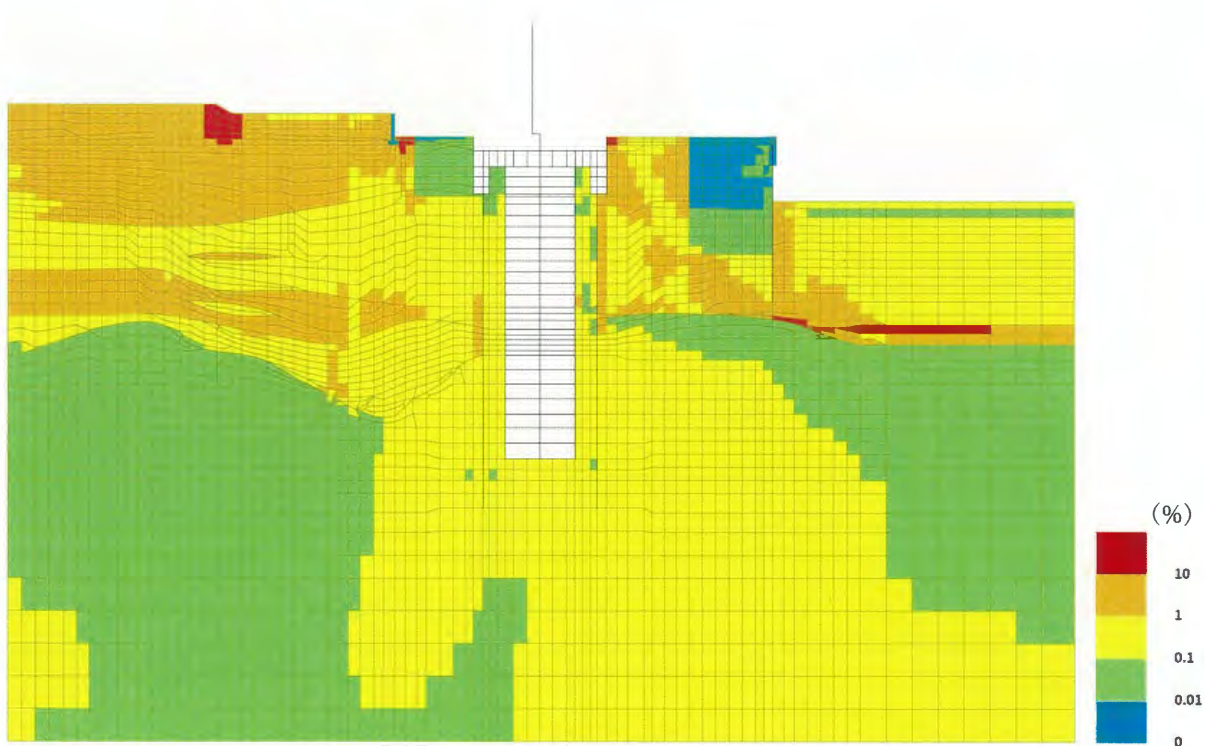


(拡大図)

図 4.10-30 最大せん断ひずみ分布図 (③-③断面)
 $(S_s - D1 [H-, V+])$
 (地盤ケース②: 地盤物性のばらつきを考慮 (+1 σ) した解析ケース)

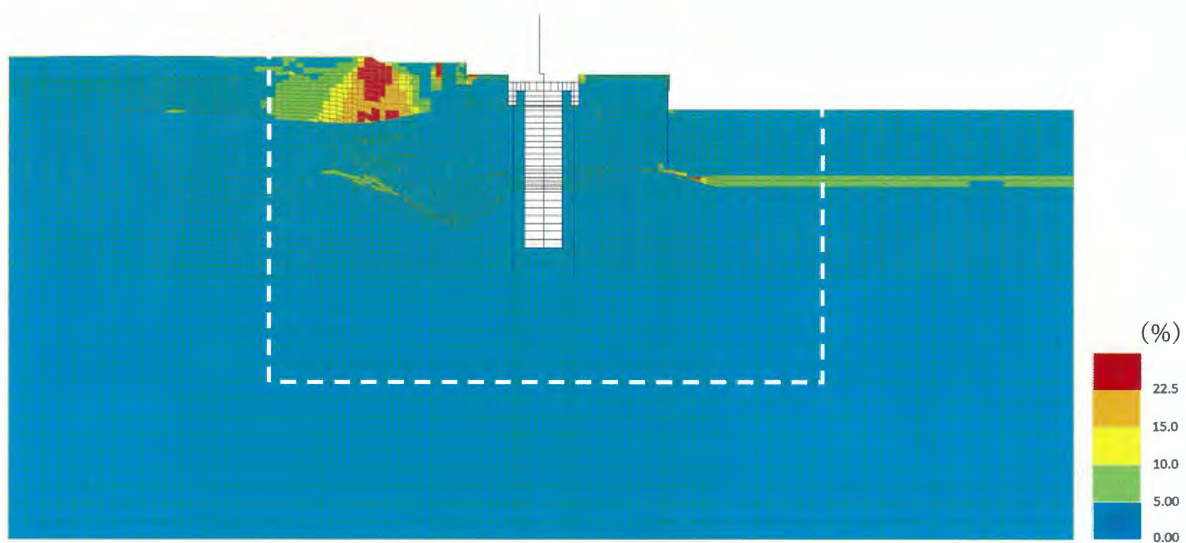


(全体図)

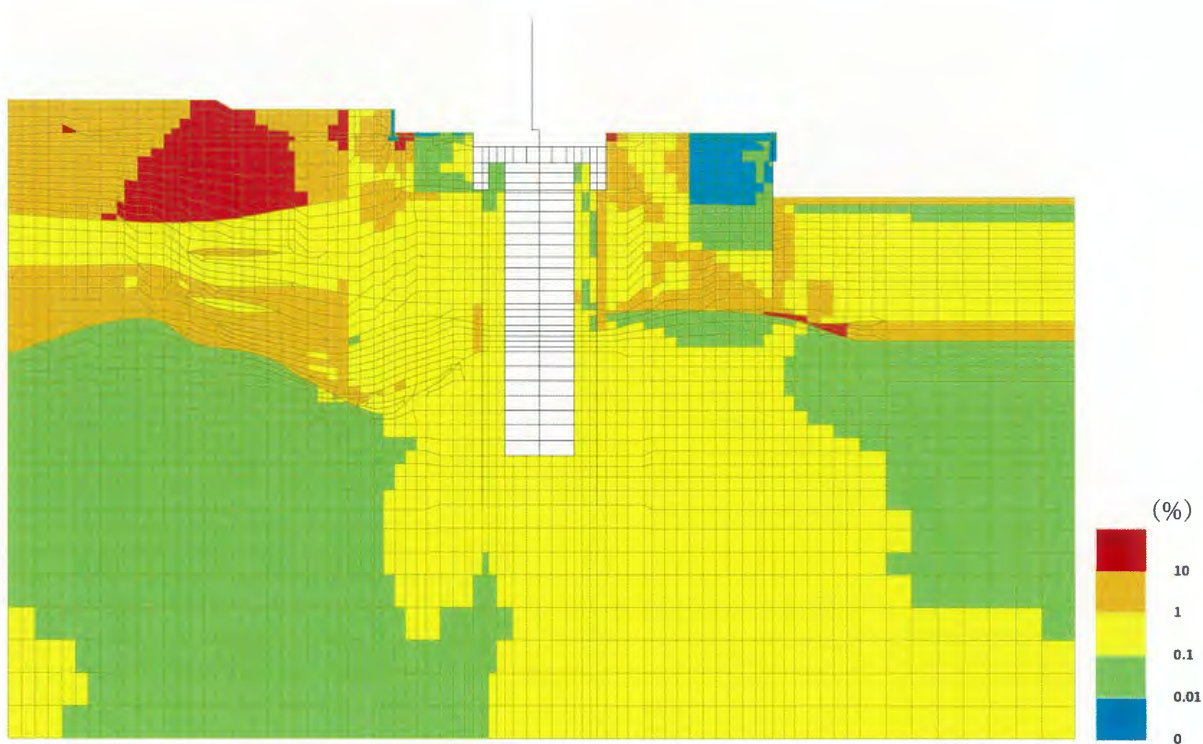


(拡大図)

図 4.10-31 最大せん断ひずみ分布図 (③-③断面)
 $(S_s - D1 [H-, V+])$
 (地盤ケース③: 地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース)



(全体図)

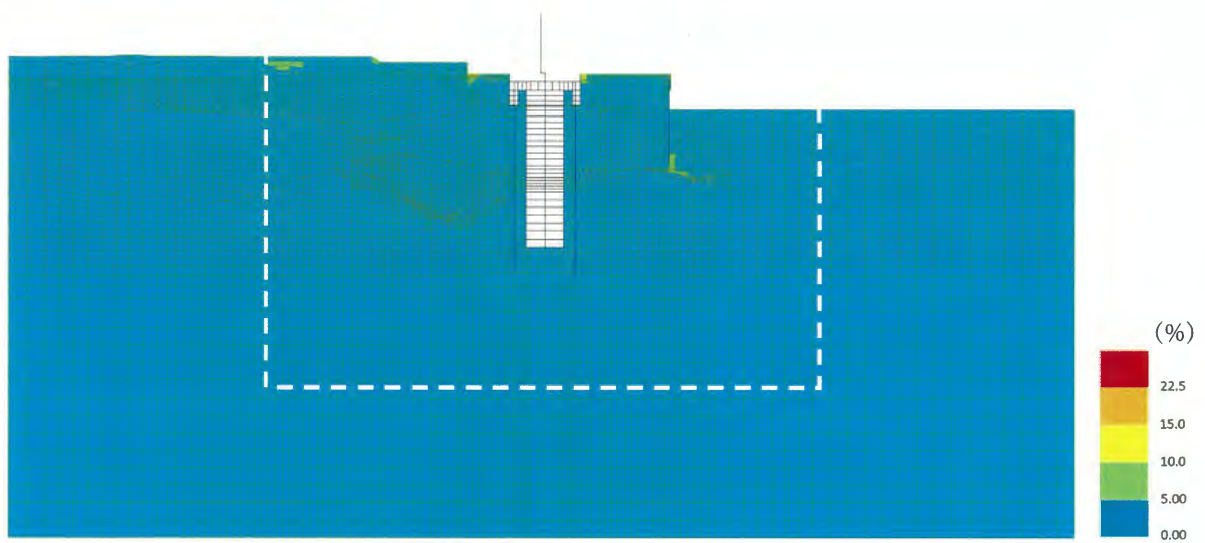


(拡大図)

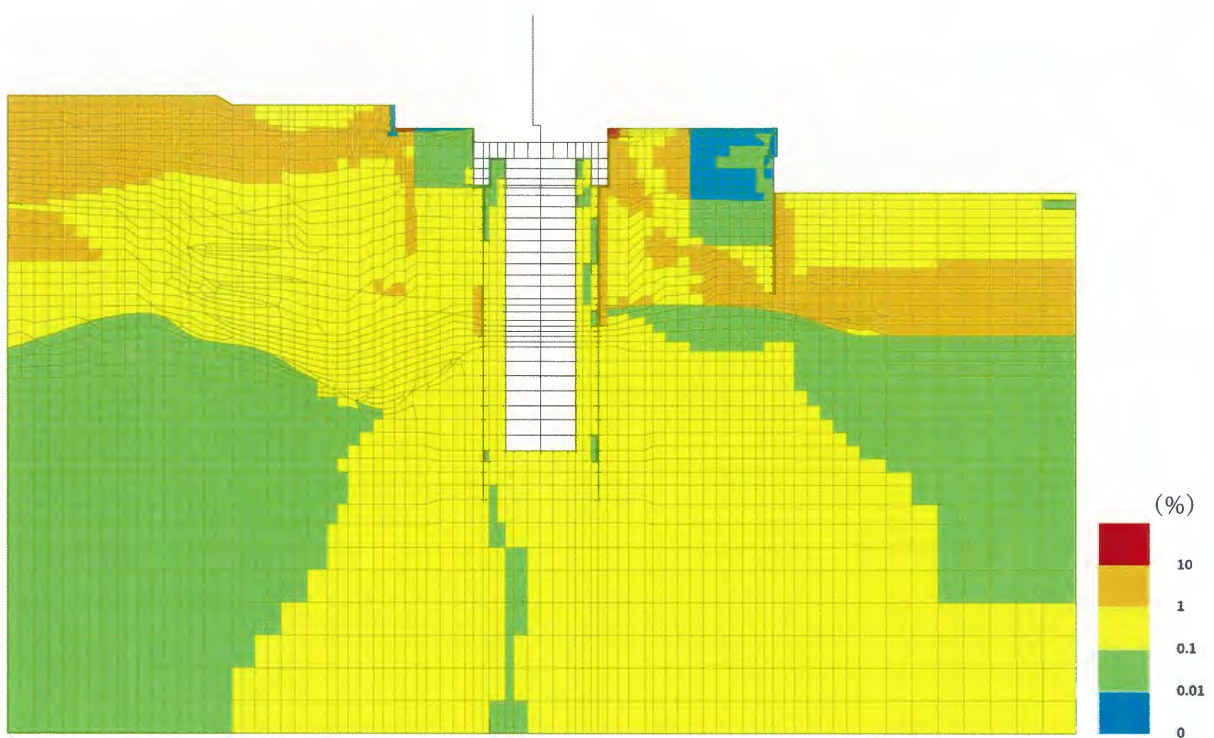
図 4.10-32 最大せん断ひずみ分布図 (③-③断面)

($S_s - D1$ [H-, V+])

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

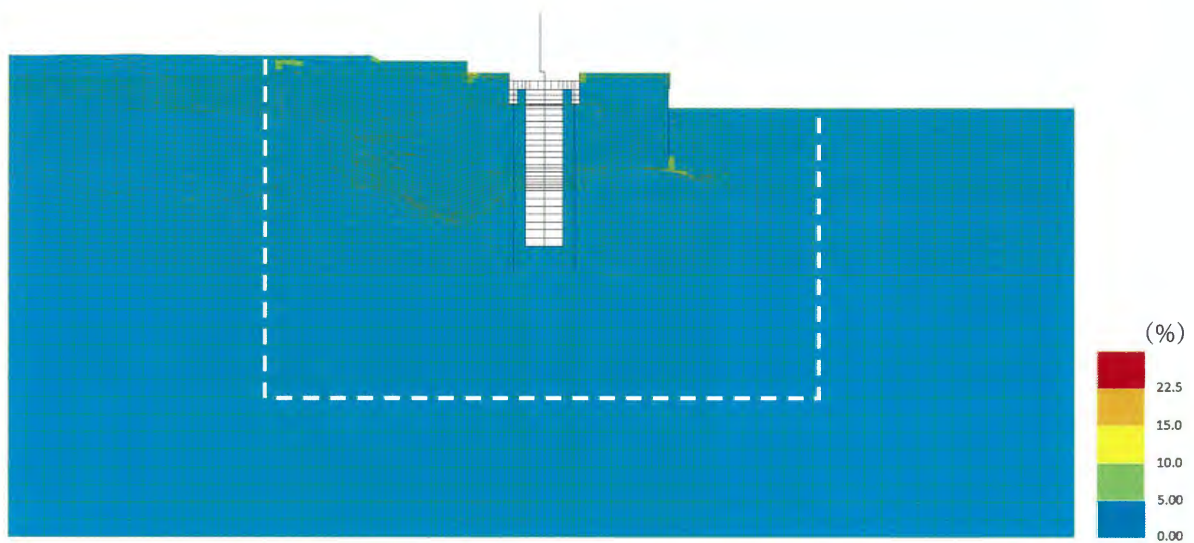


(全体図)

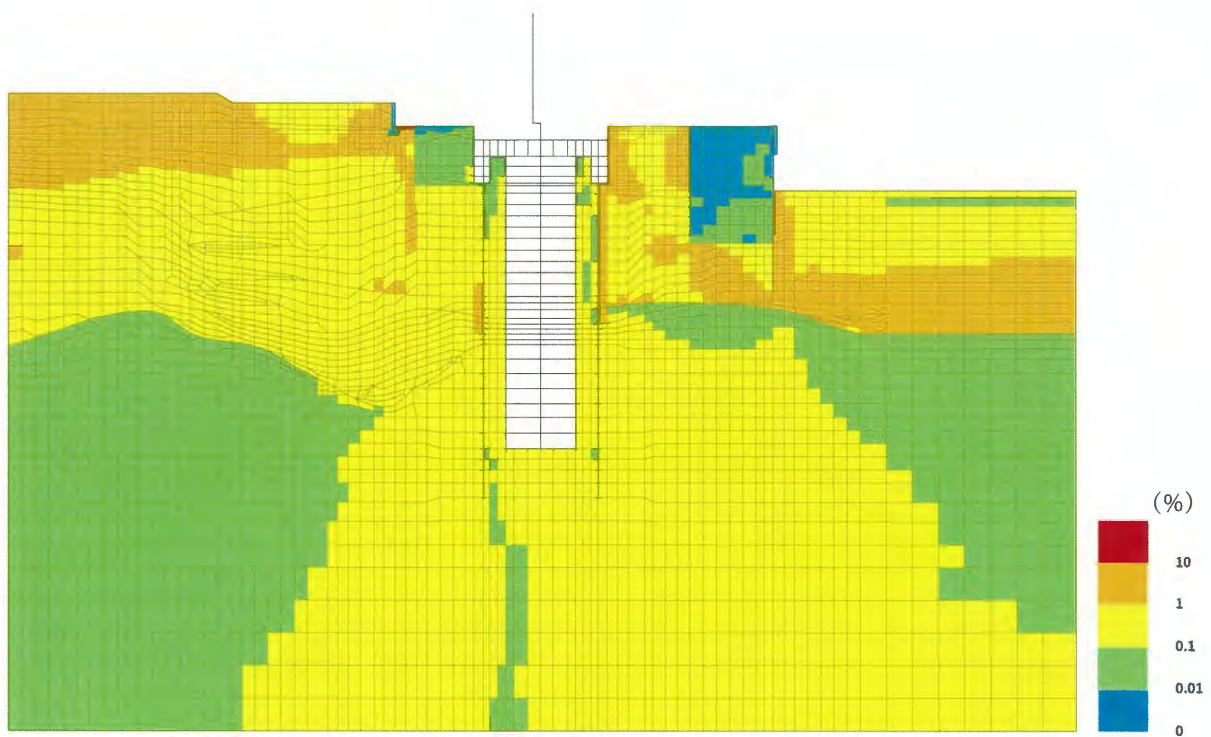


(拡大図)

図 4.10-33 最大せん断ひずみ分布図 (③-③断面)
 $(S_s - D1 [H-, V+])$
 (地盤ケース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)

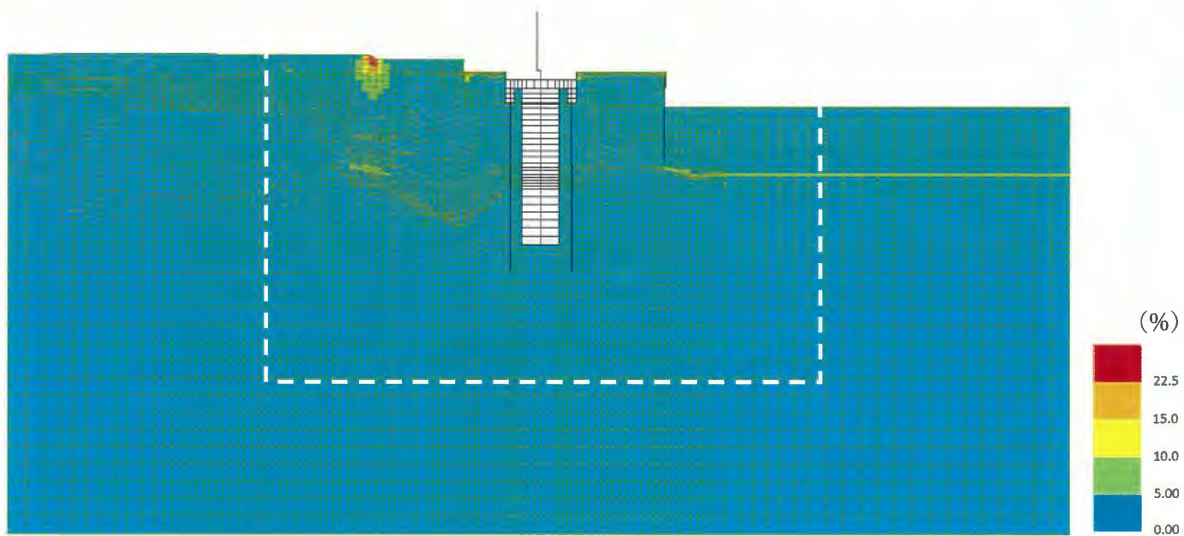


(全体図)

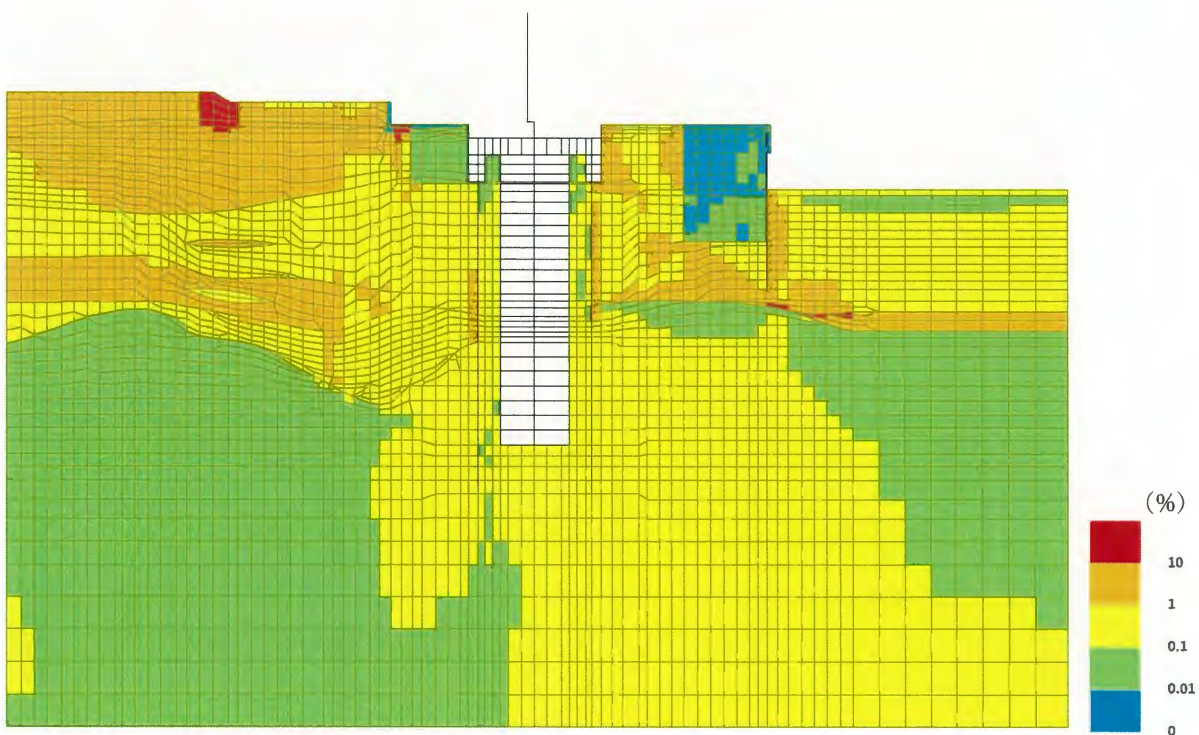


(拡大図)

図 4.10-34 最大せん断ひずみ分布図 (③-③断面)
 $(S_s - D1 [H-, V+])$
 (地盤ケース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)

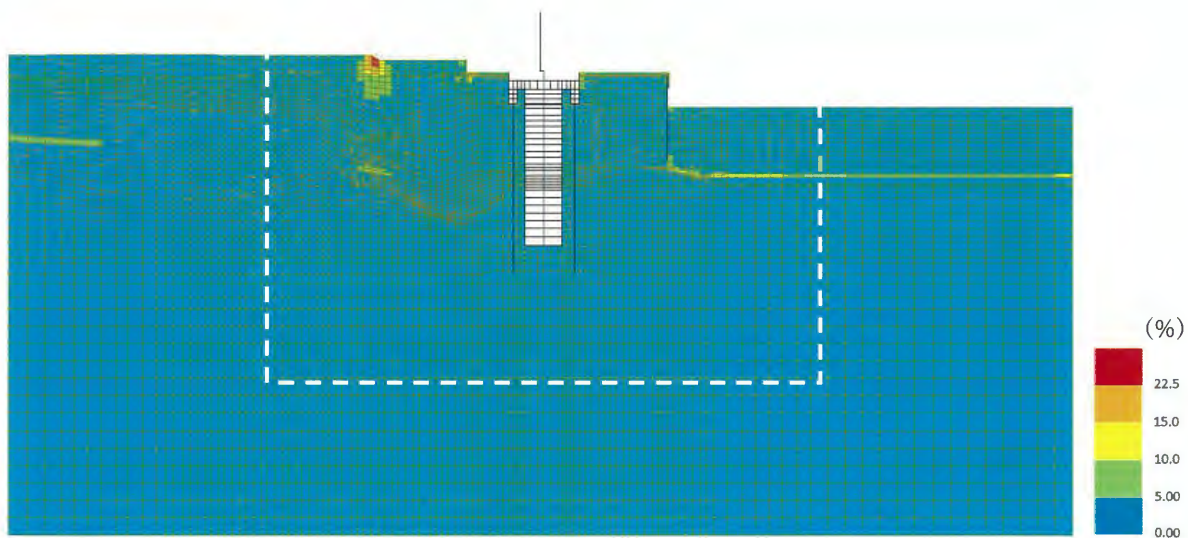


(全体図)

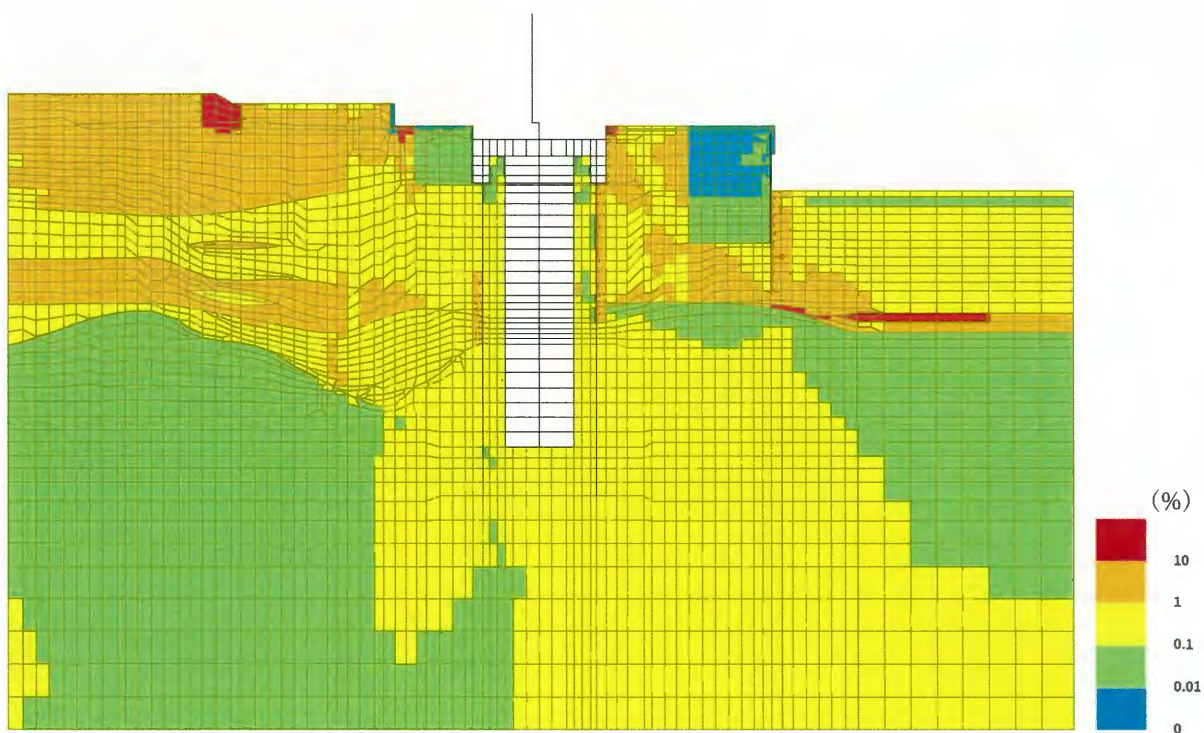


(拡大図)

図 4.10-35 最大せん断ひずみ分布図 (③-③断面)
 $(S_s - D1 [H-, V-])$
 (地盤ケース②：地盤物性のばらつきを考慮 (+1 σ) した解析ケース)

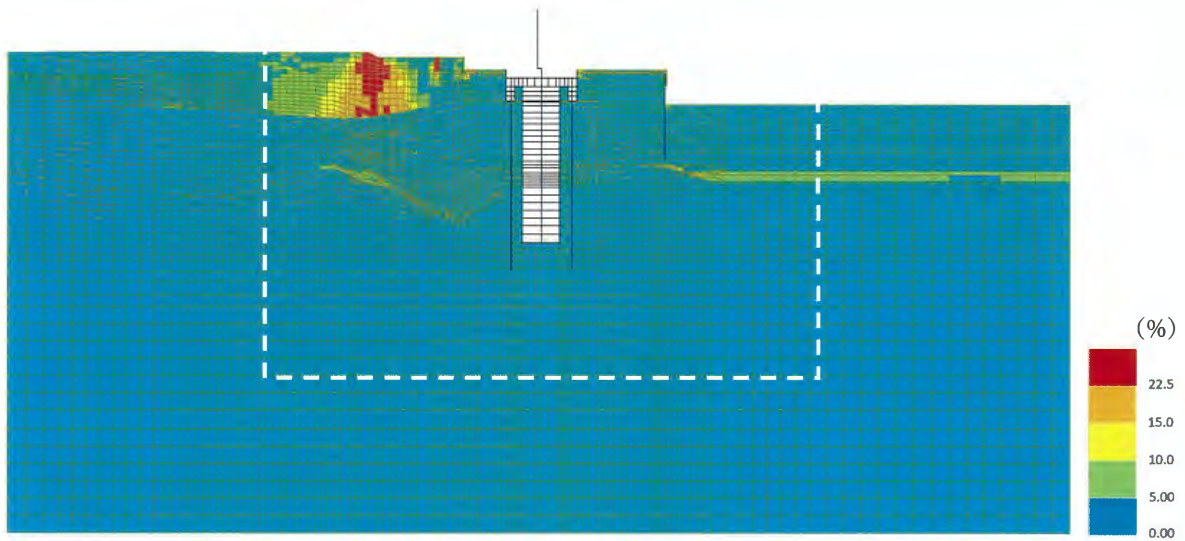


(全体図)

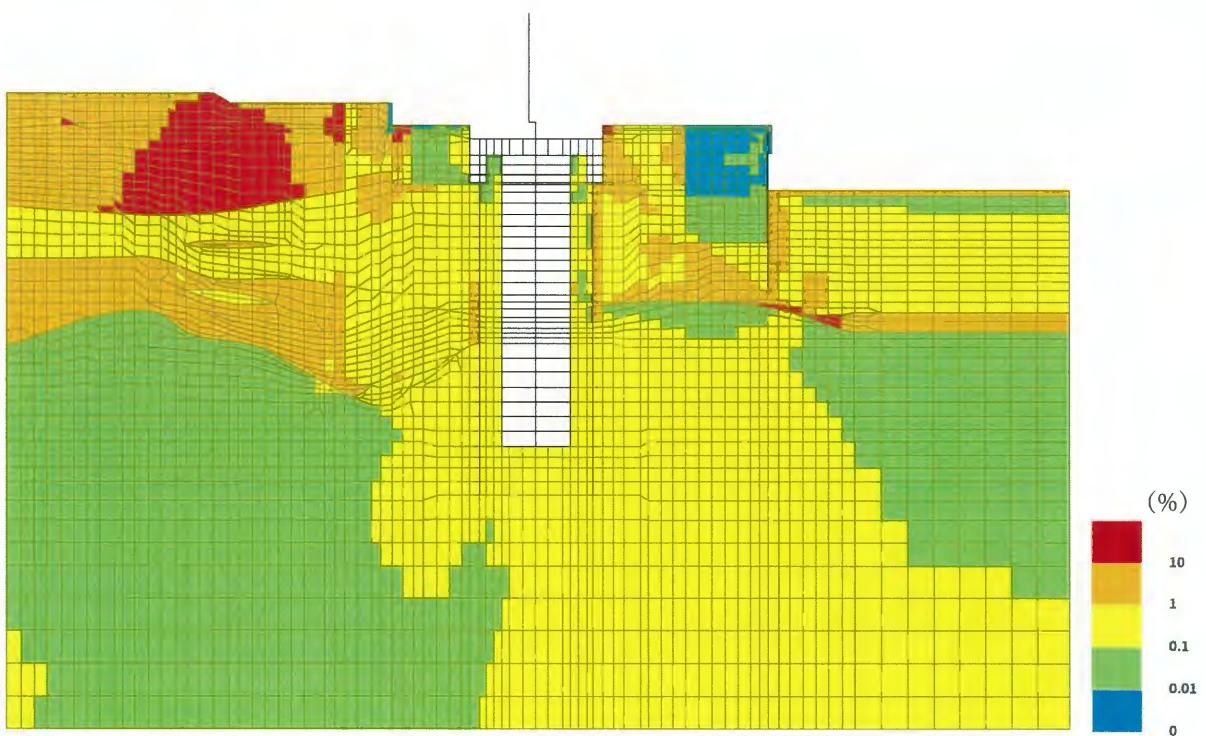


(拡大図)

図 4.10-36 最大せん断ひずみ分布図 (③-③断面)
 $(S_s - D1 [H-, V-])$
 (地盤ケース③: 地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース)



(全体図)

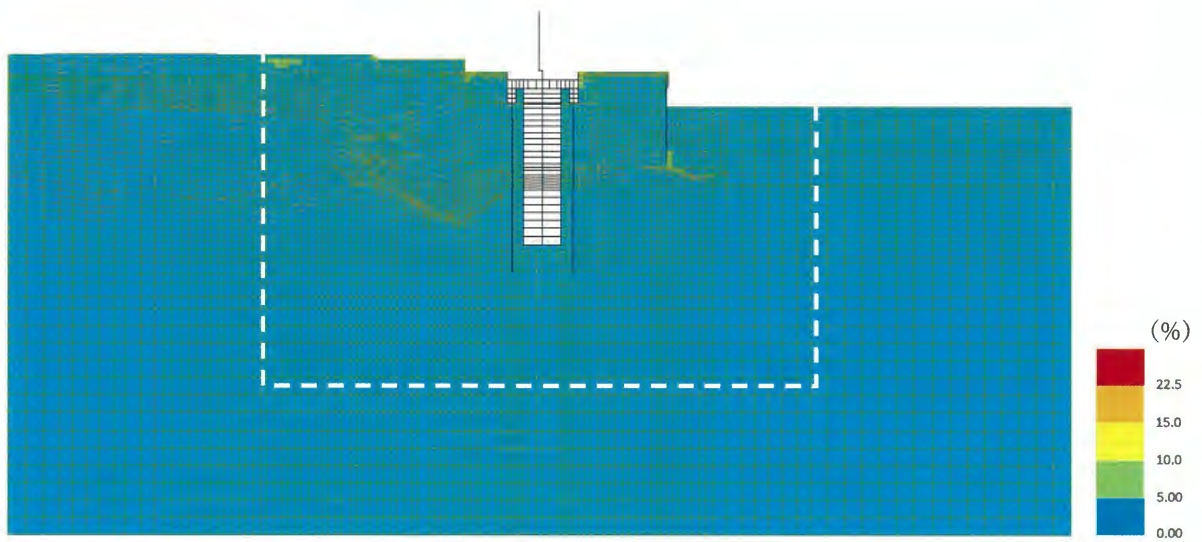


(拡大図)

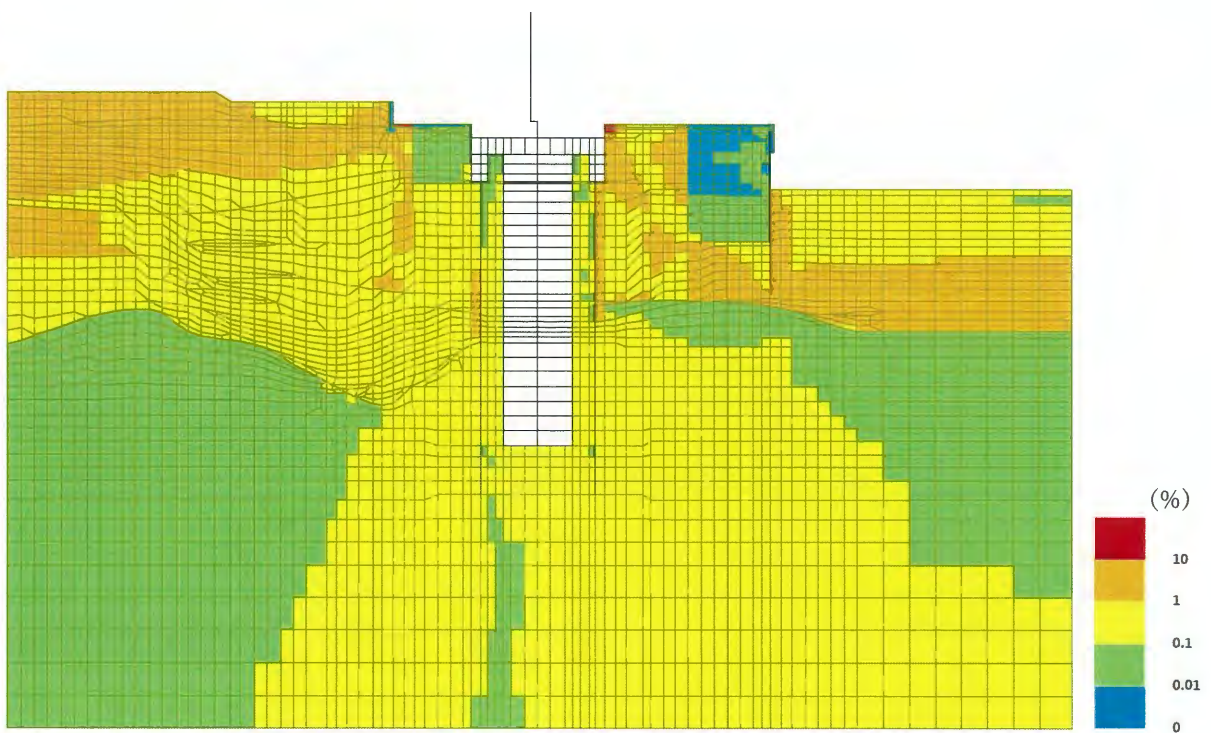
図 4.10-37 最大せん断ひずみ分布図 (③-③断面)

(S_s -D1 [H-, V-])

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

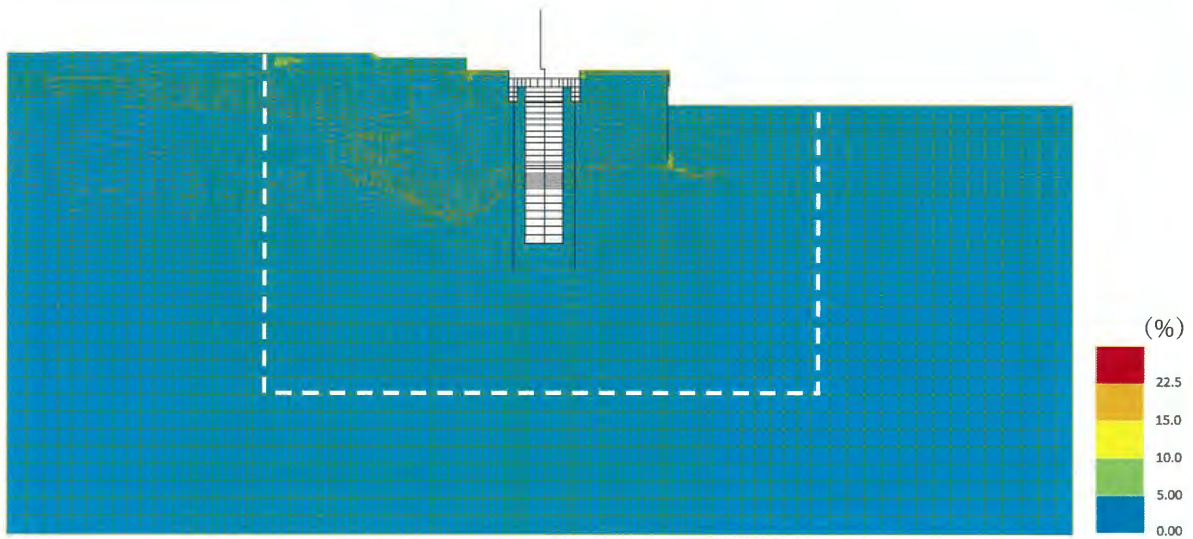


(全体図)

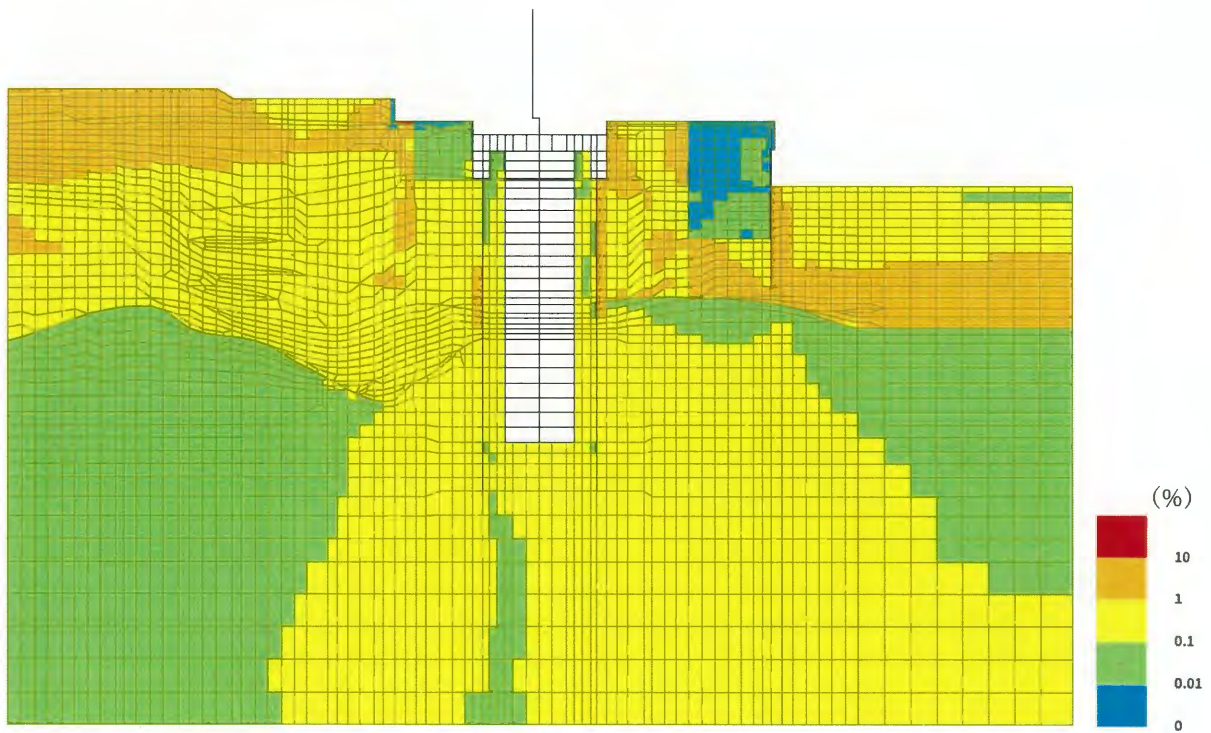


(拡大図)

図 4.10-38 最大せん断ひずみ分布図 (③-③断面)
 $(S_s-D1 [H-, V-])$
 (地盤ケース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)

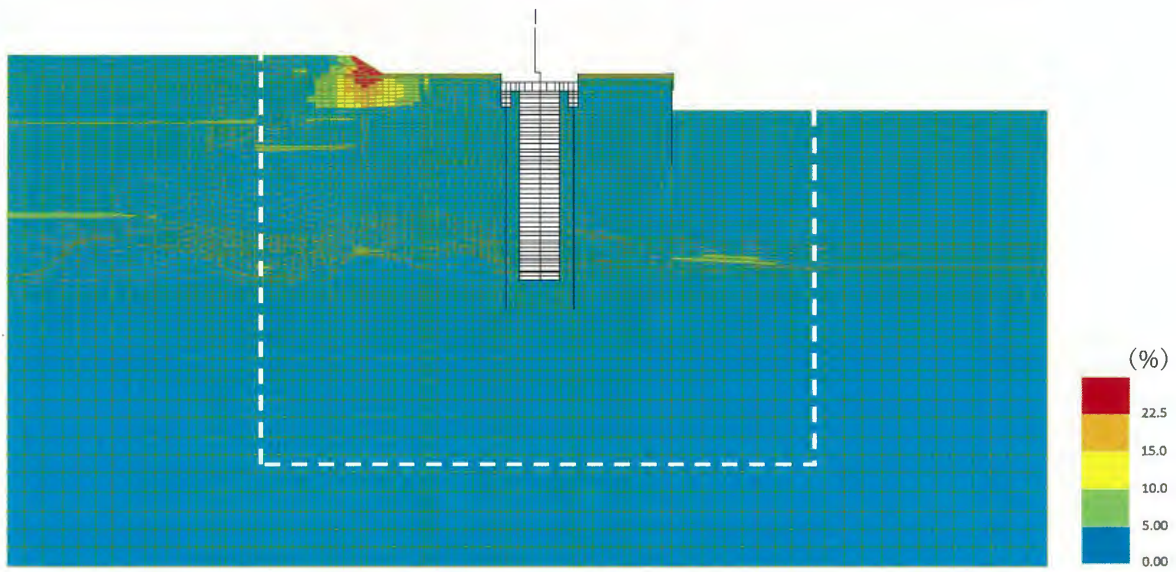


(全体図)

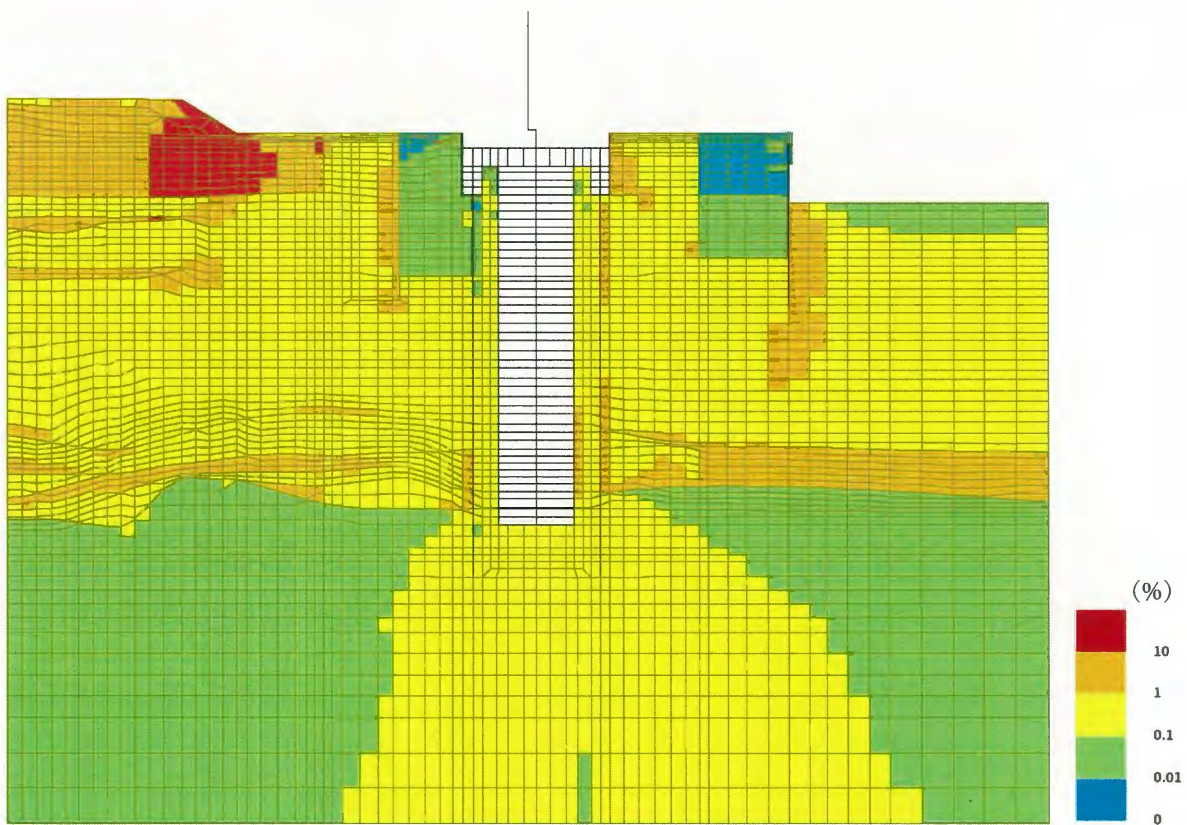


(拡大図)

図 4.10-39 最大せん断ひずみ分布図 (③-③断面)
 (S_s-D1 [H-, V-])
 (地盤ケース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)

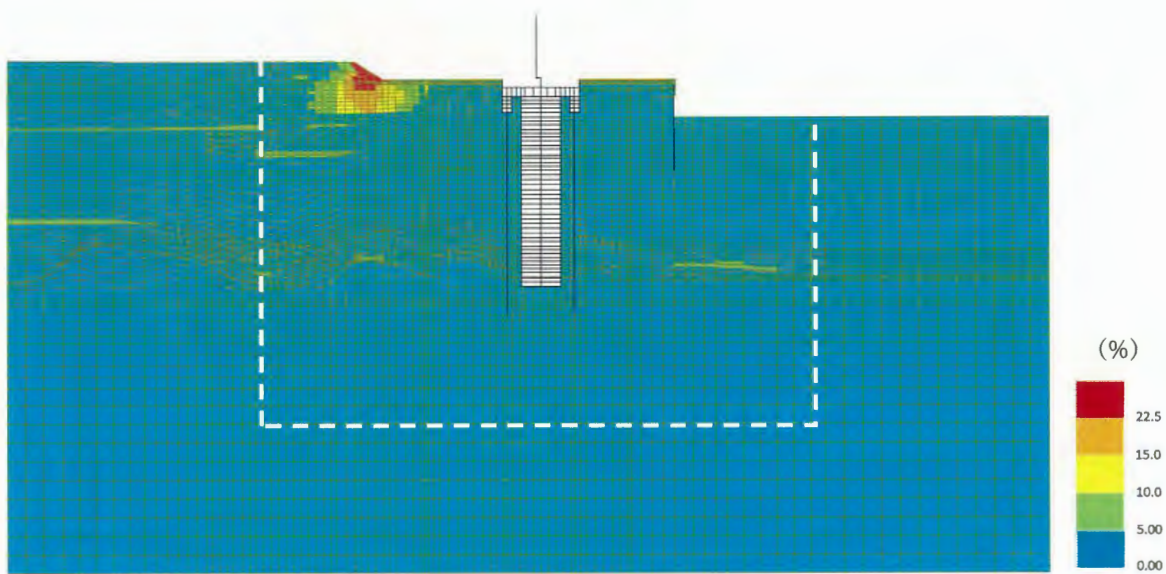


(全体図)

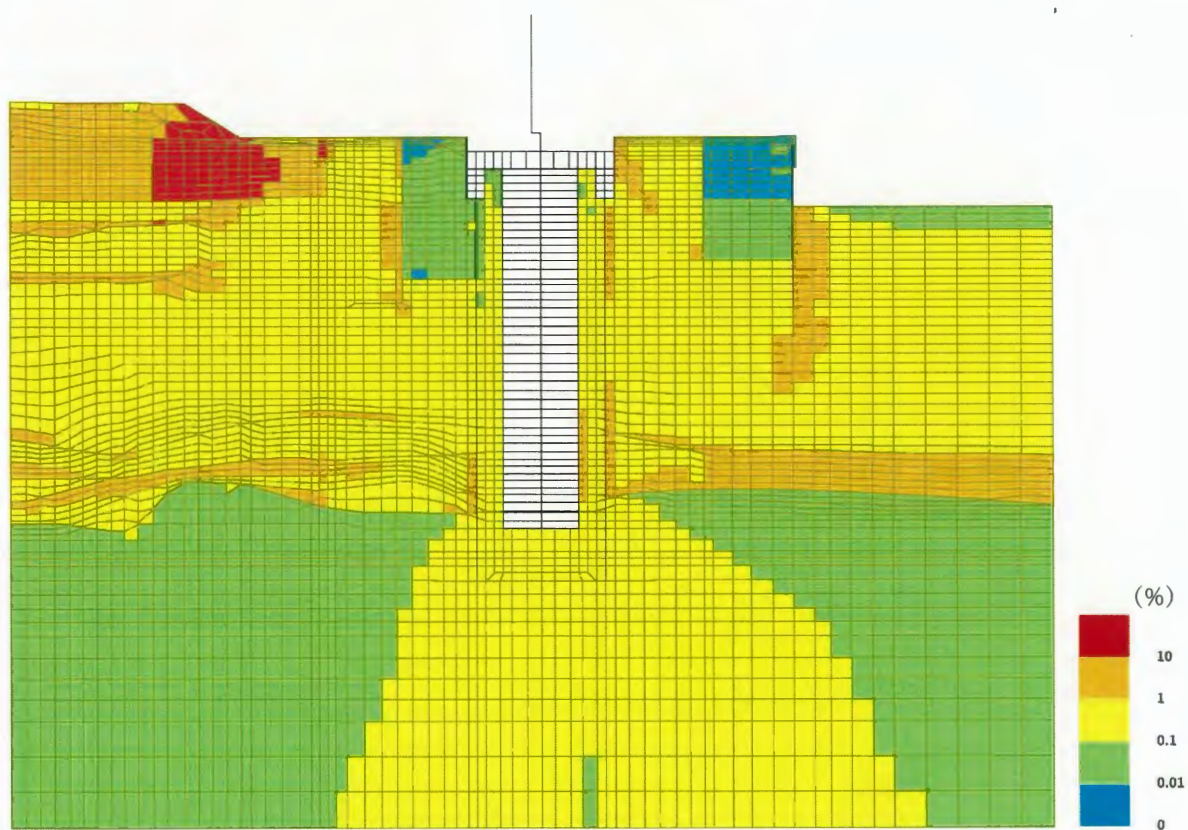


(拡大図)

図 4.10-40 最大せん断ひずみ分布図 (②-②断面)
($S_s - D1$ [H+, V+])
(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

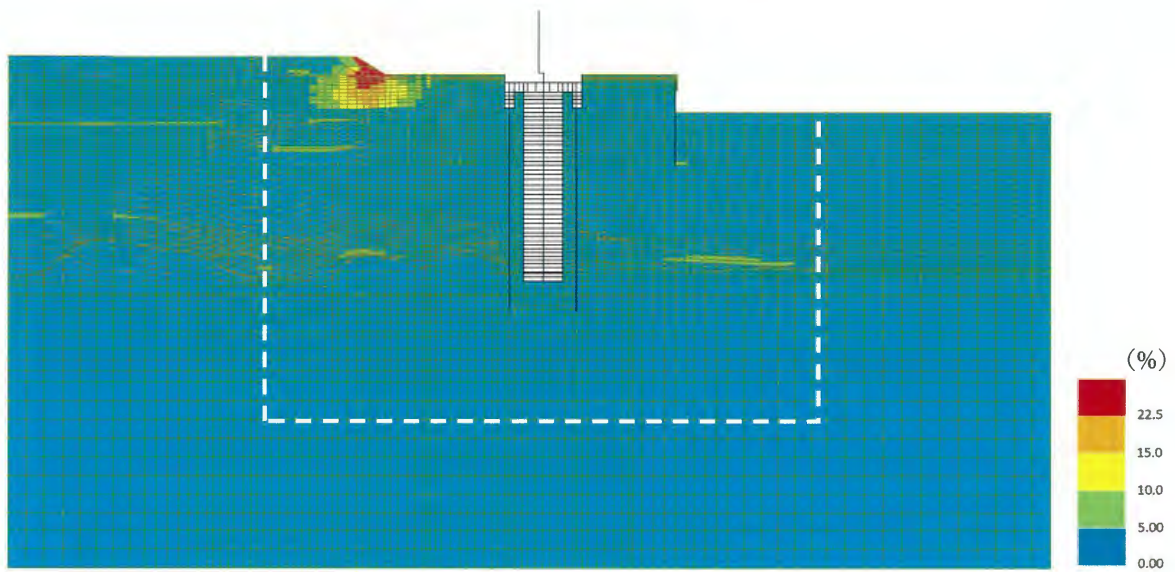


(全体図)

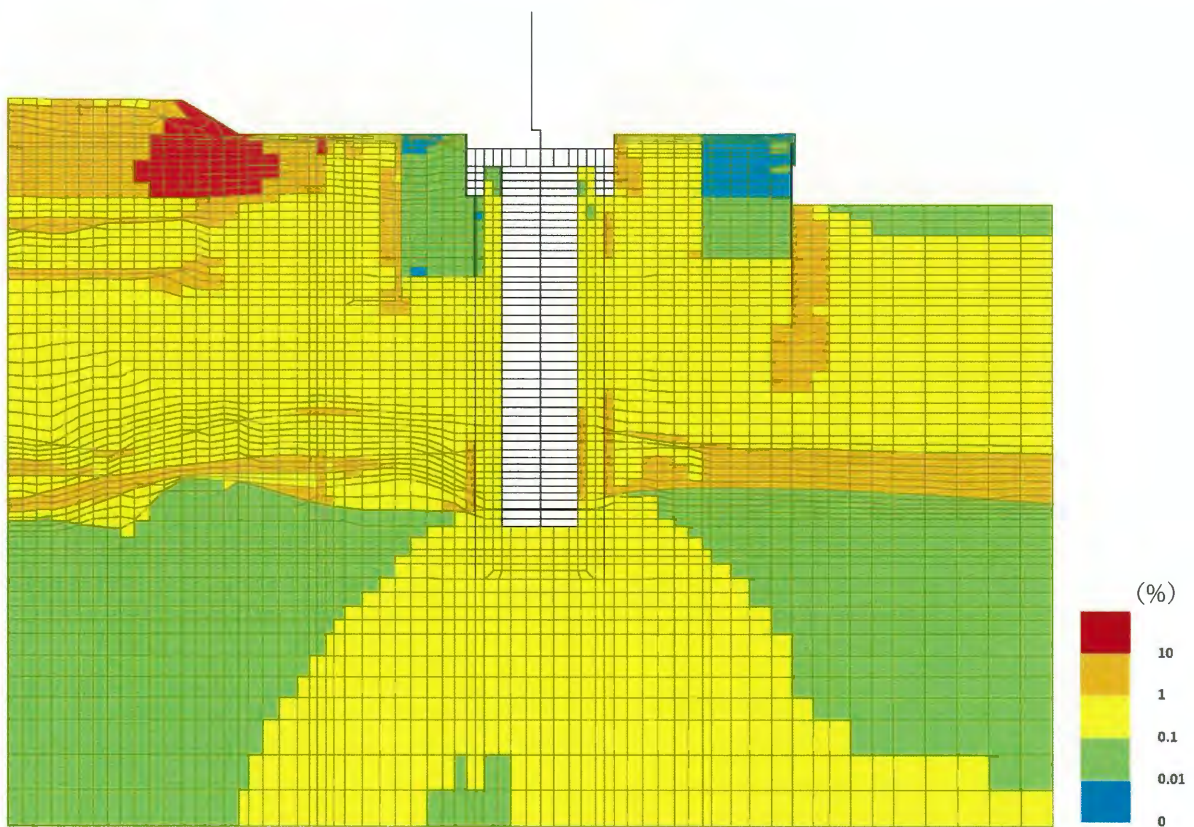


(拡大図)

図 4.10-41 最大せん断ひずみ分布図 (②-②断面)
(S_s-D1 [H+, V-])
(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

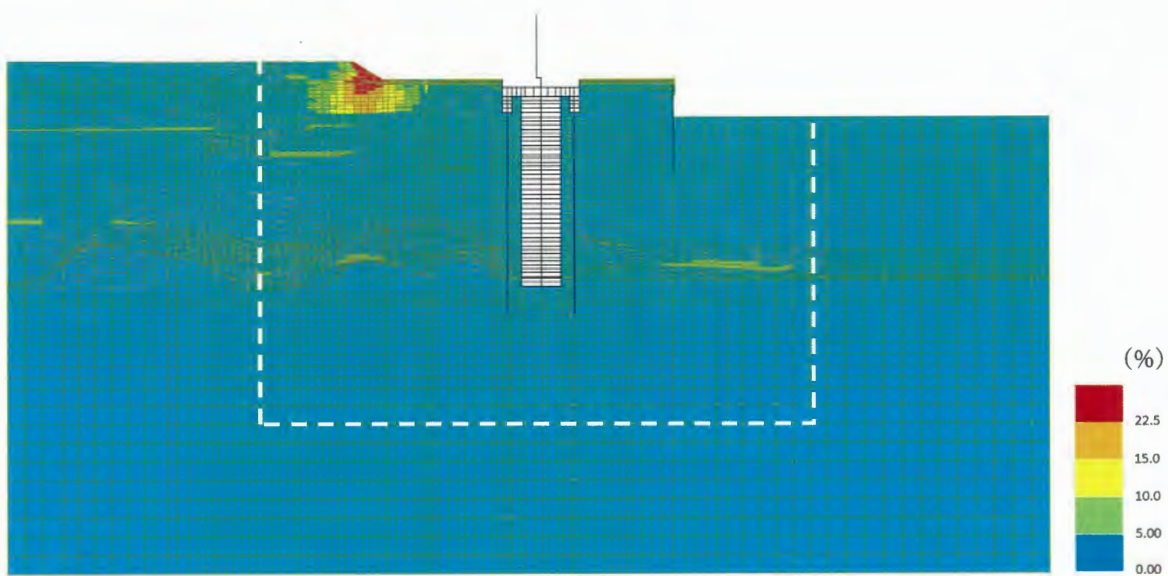


(全体図)

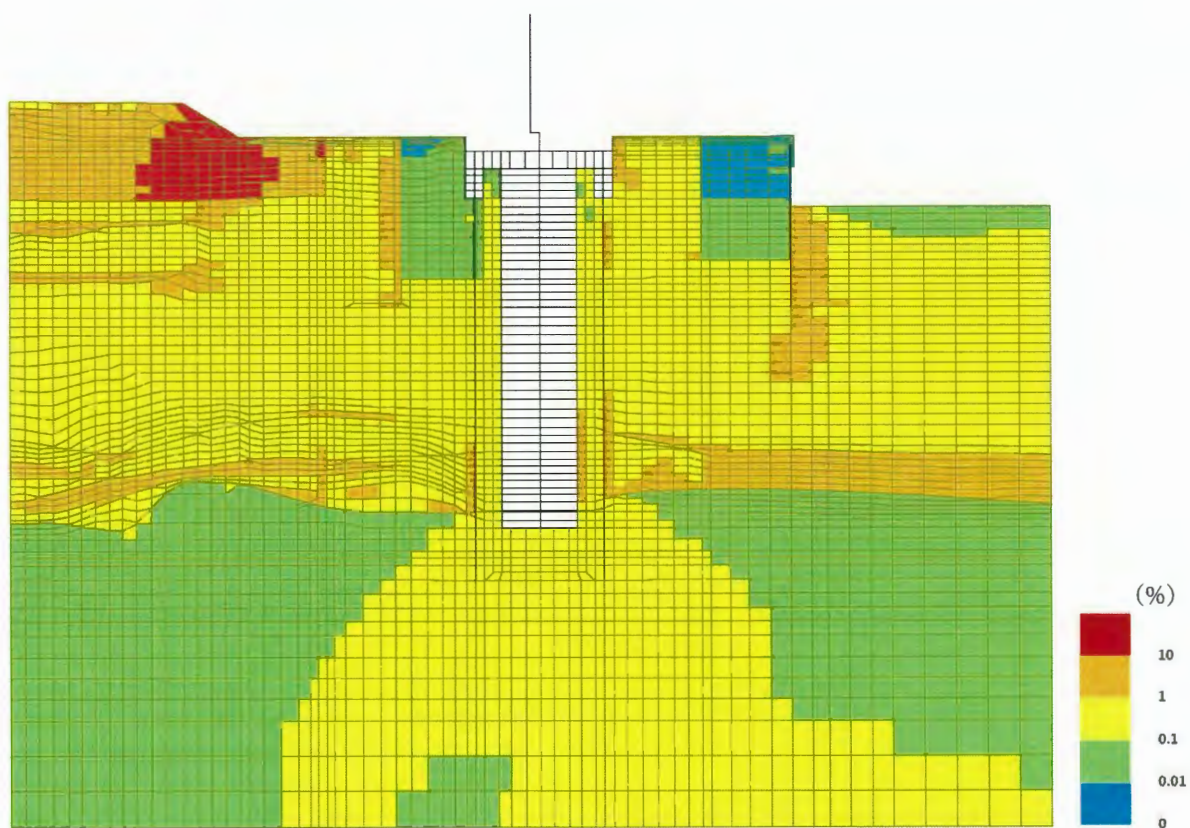


(拡大図)

図 4.10-42 最大せん断ひずみ分布図 (②-②断面)
 $(S_s - D1 [H-, V+])$
 (地盤ケース①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

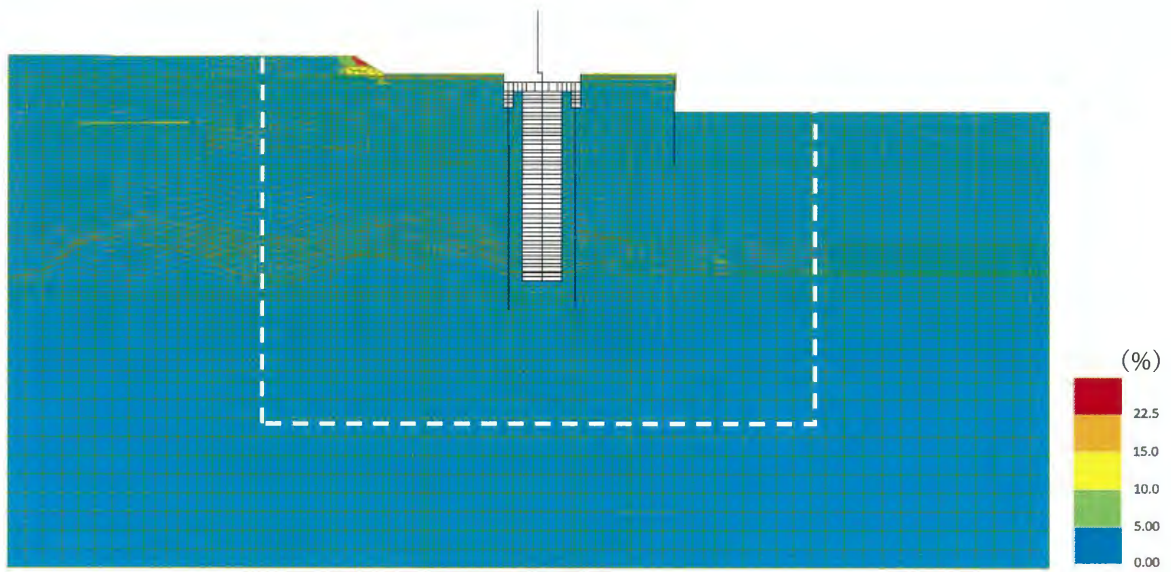


(全体図)

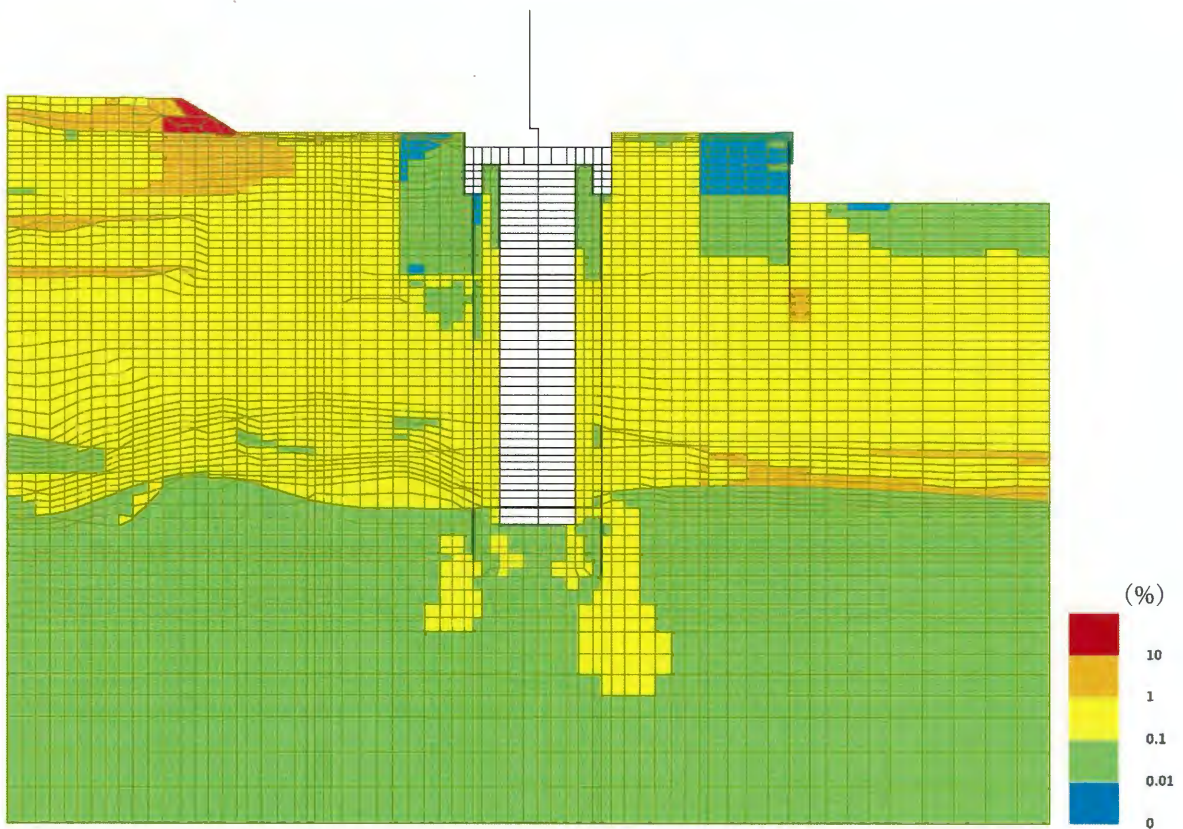


(拡大図)

図 4.10-43 最大せん断ひずみ分布図 (②-②断面)
(S_s-D1 [H-, V-])
(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



(全体図)

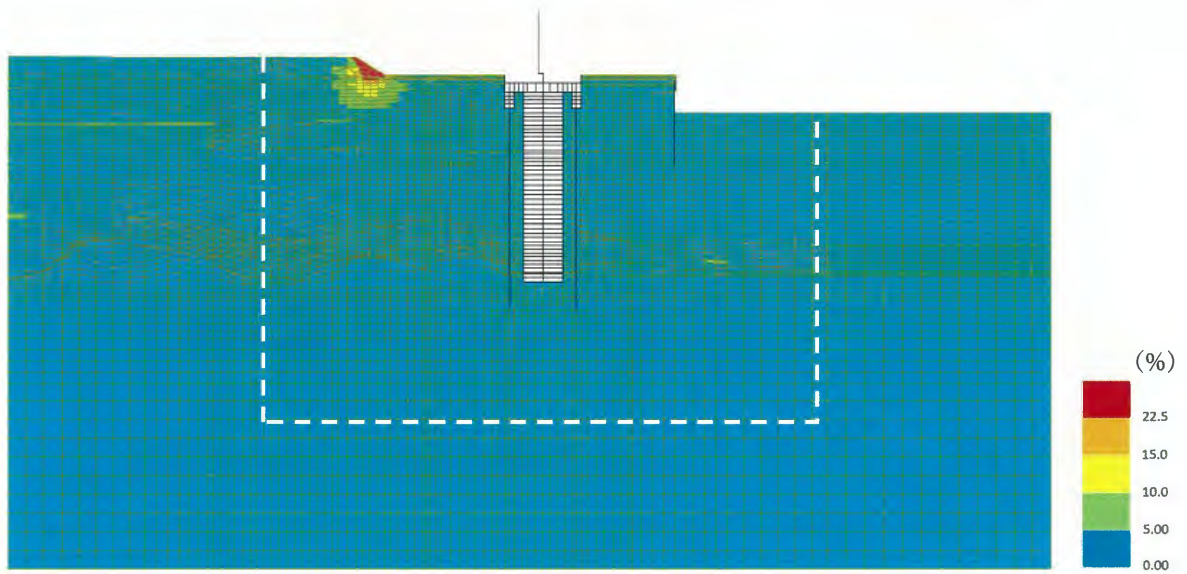


(拡大図)

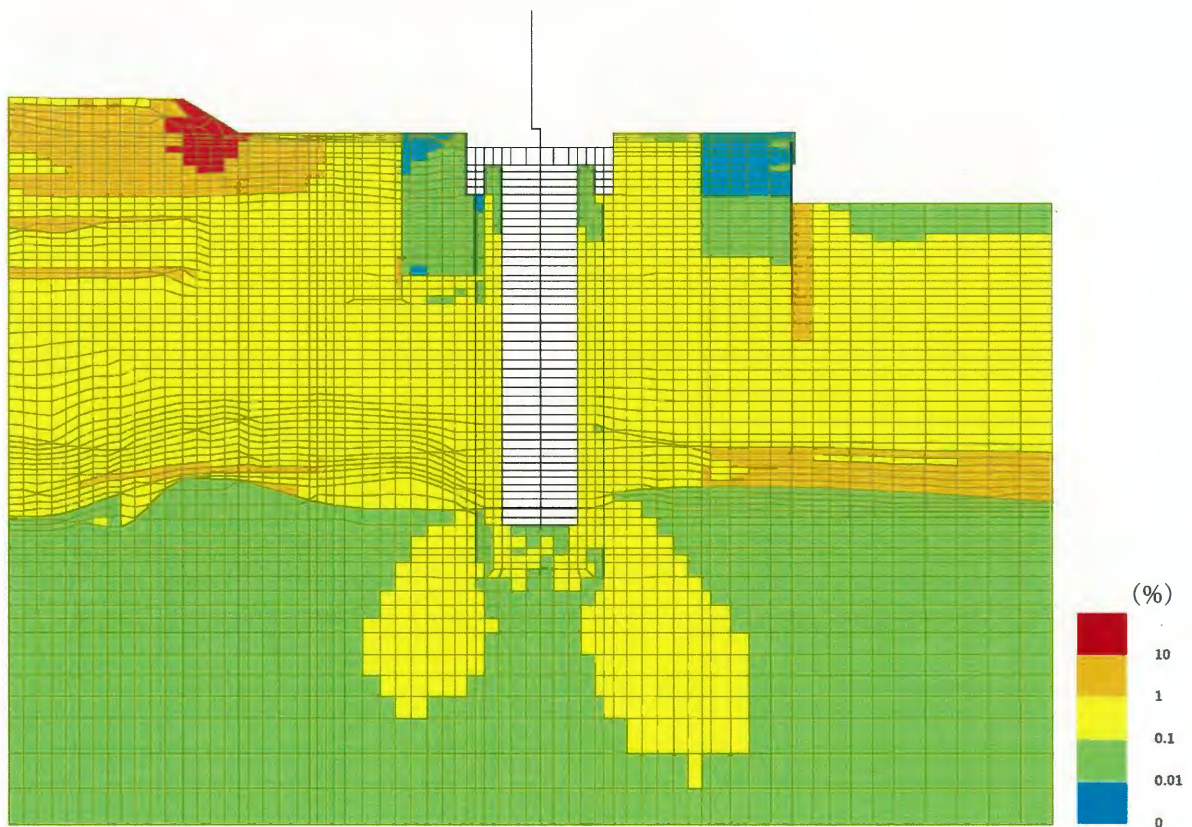
図 4.10-44 最大せん断ひずみ分布図 (②-②断面)

($S_s - 1.1$)

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



(全体図)

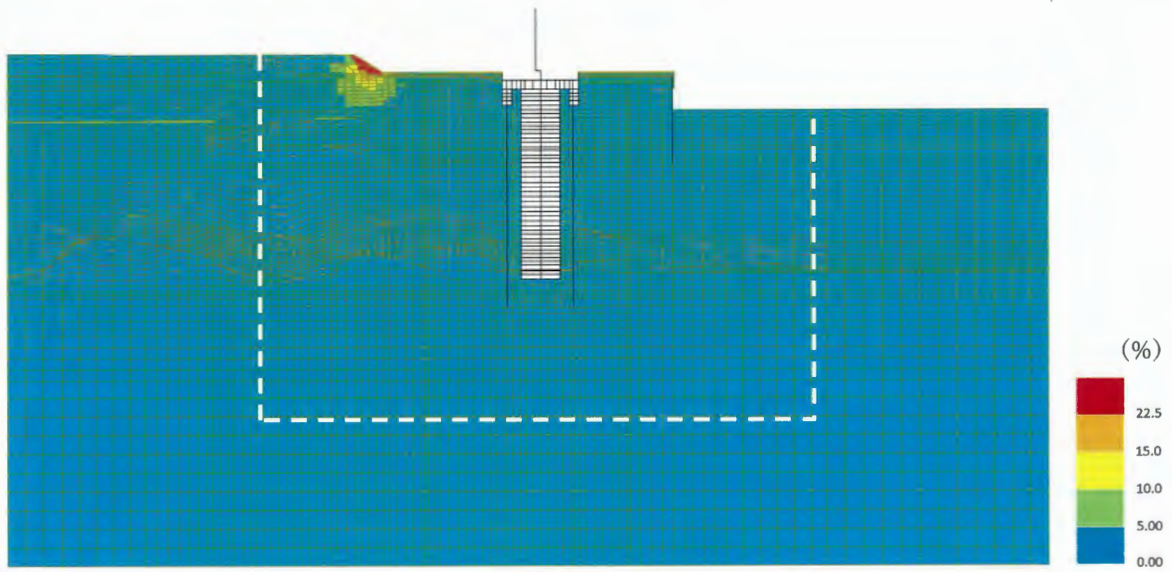


(拡大図)

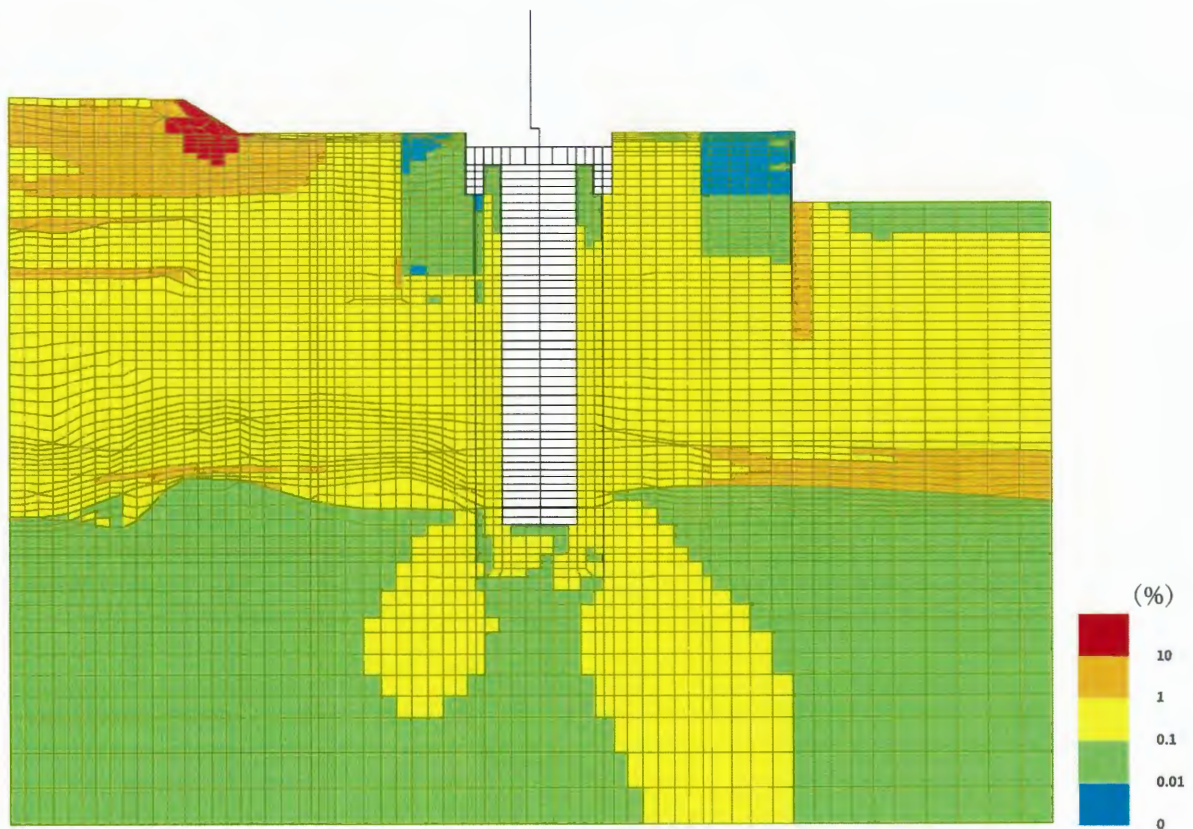
図 4.10-45 最大せん断ひずみ分布図 (②-②断面)

($S_s - 12$)

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



(全体図)

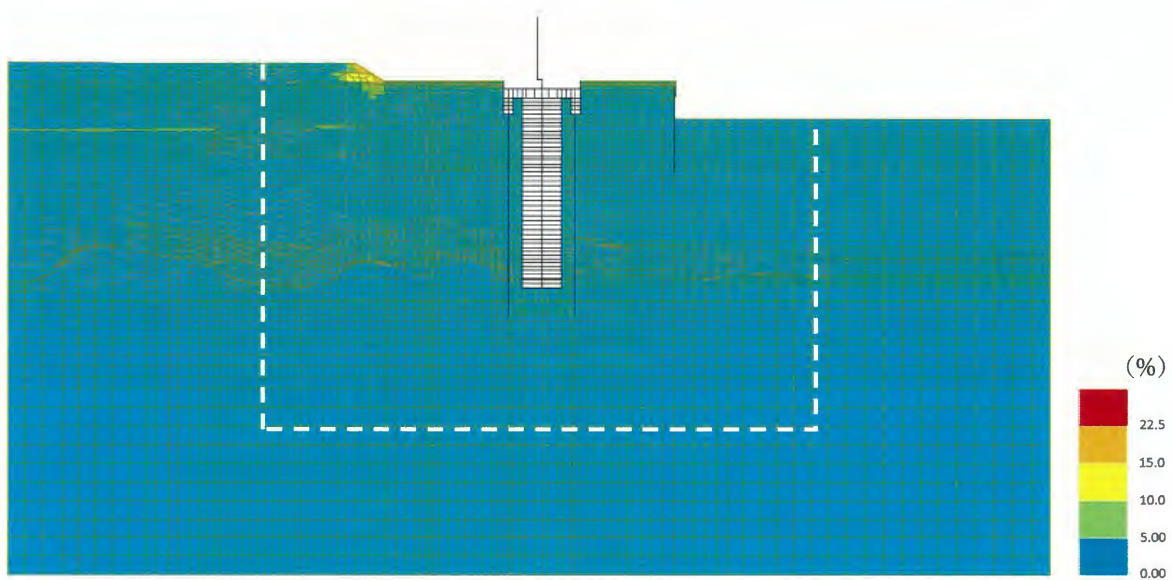


(拡大図)

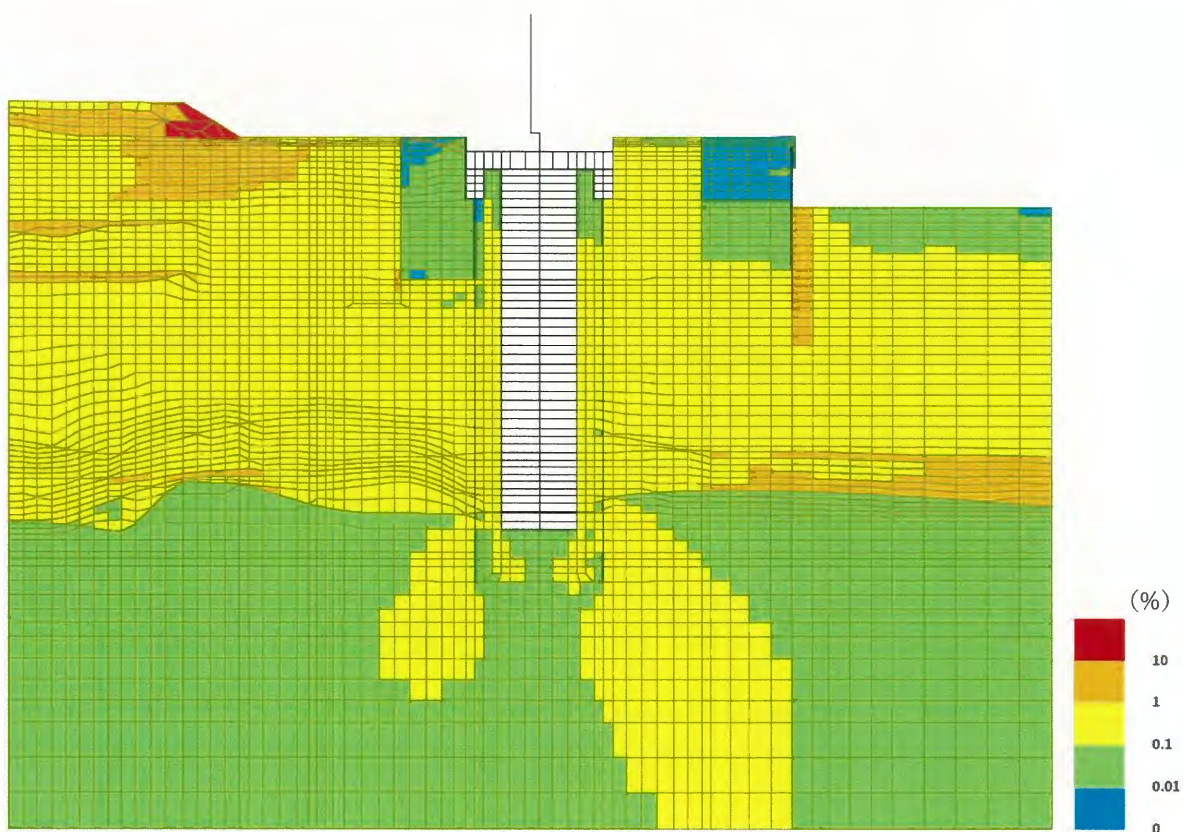
図 4.10-46 最大せん断ひずみ分布図 (②-②断面)

($S_s - 13$)

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



(全体図)

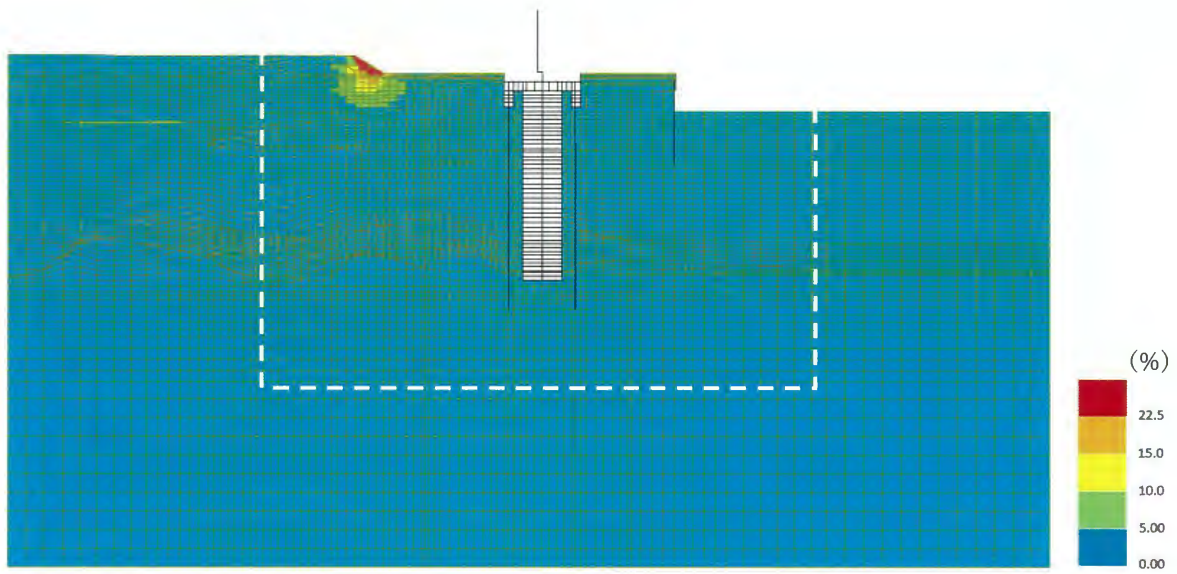


(拡大図)

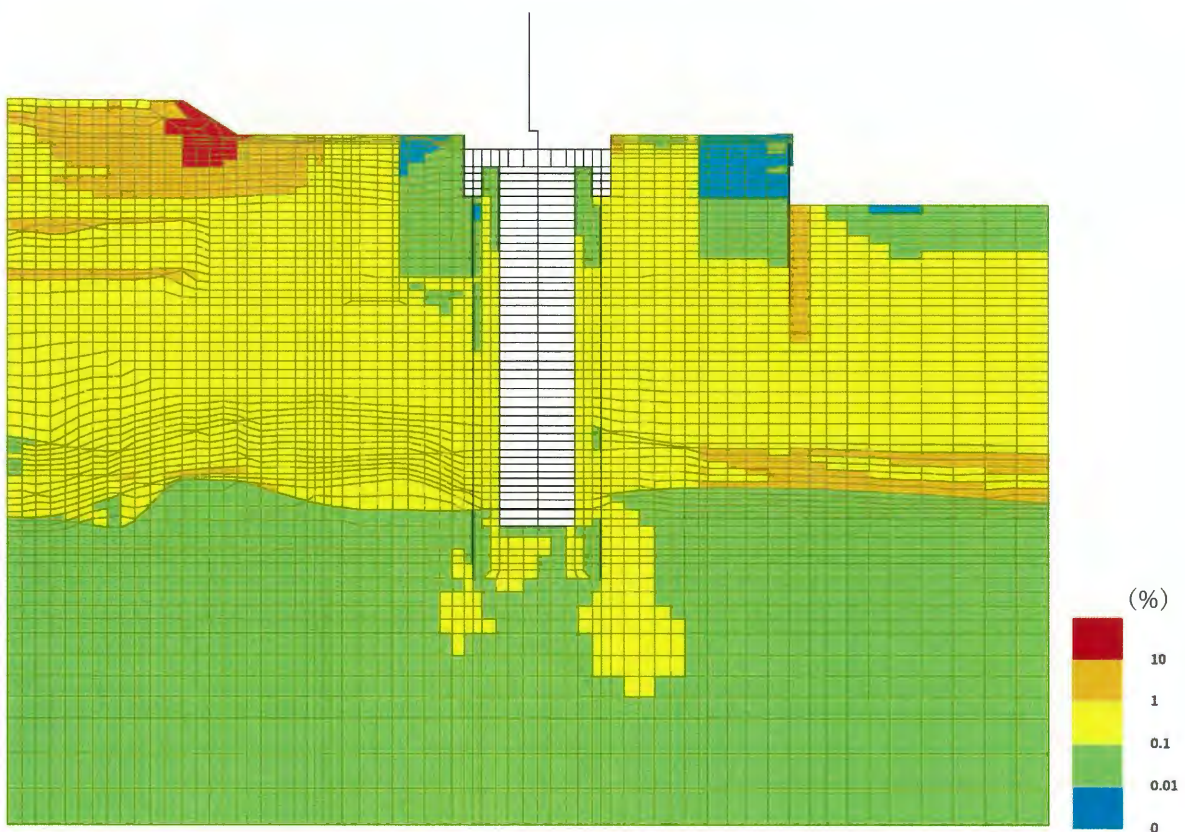
図 4.10-47 最大せん断ひずみ分布図 (②-②断面)

($S_s - 1.4$)

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



(全体図)

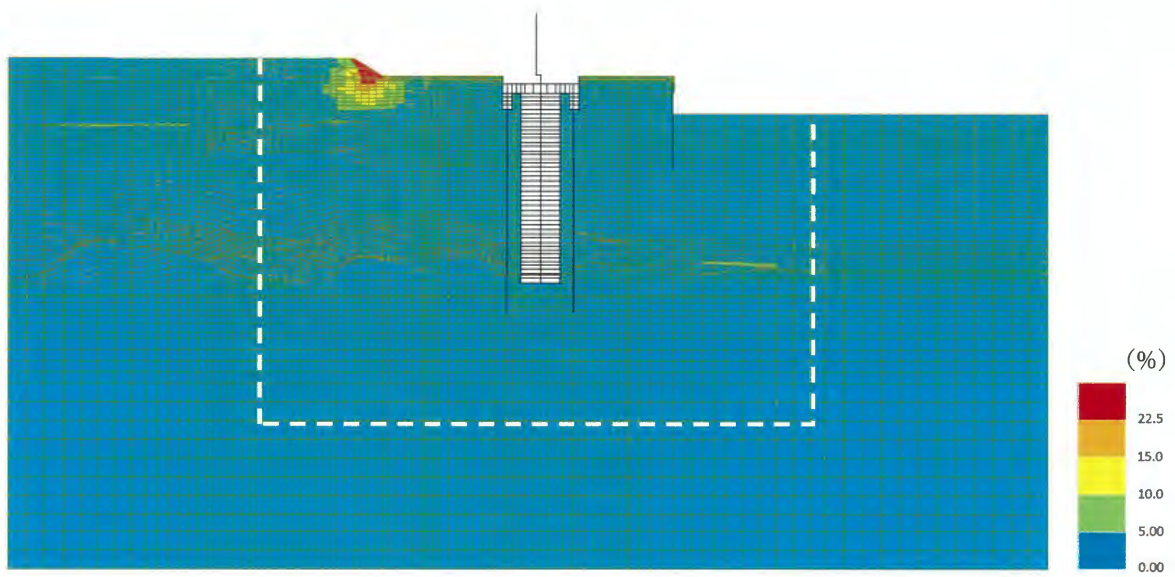


(拡大図)

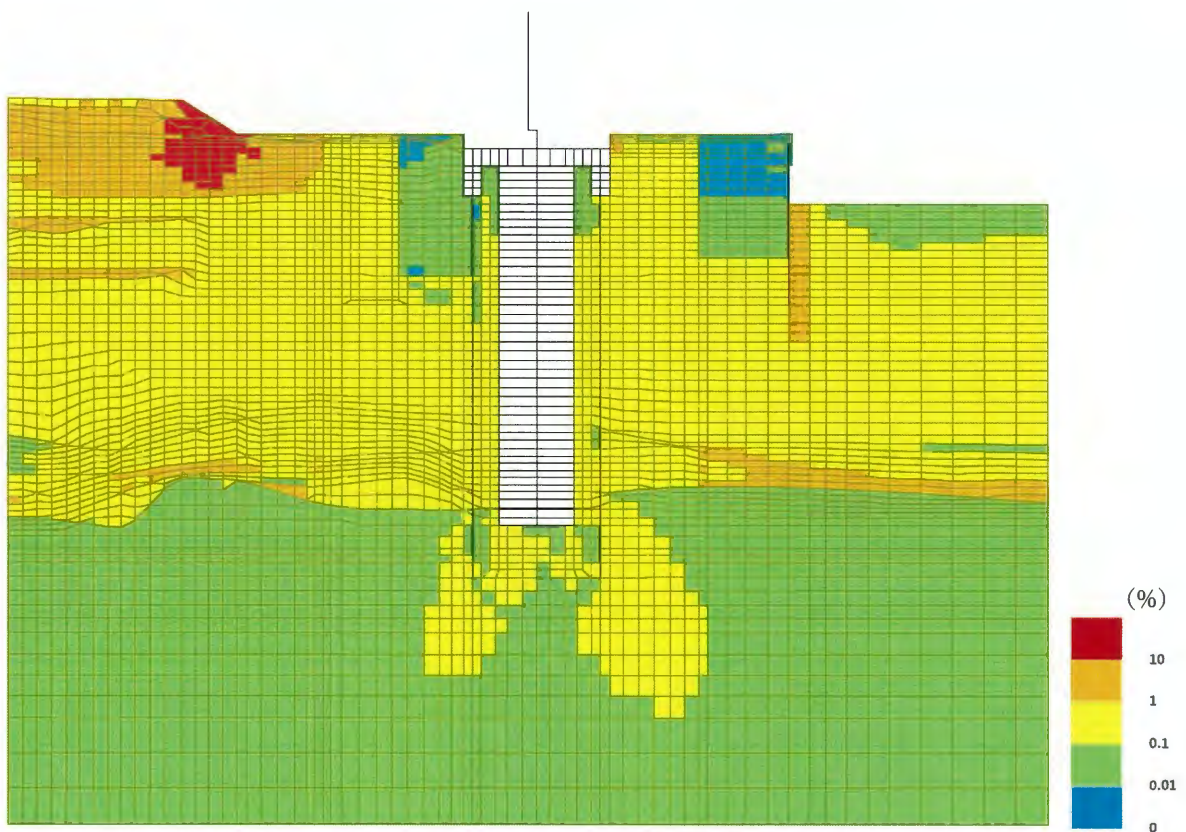
図 4.10-48 最大せん断ひずみ分布図 (②-②断面)

($S_s - 21$)

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



(全体図)

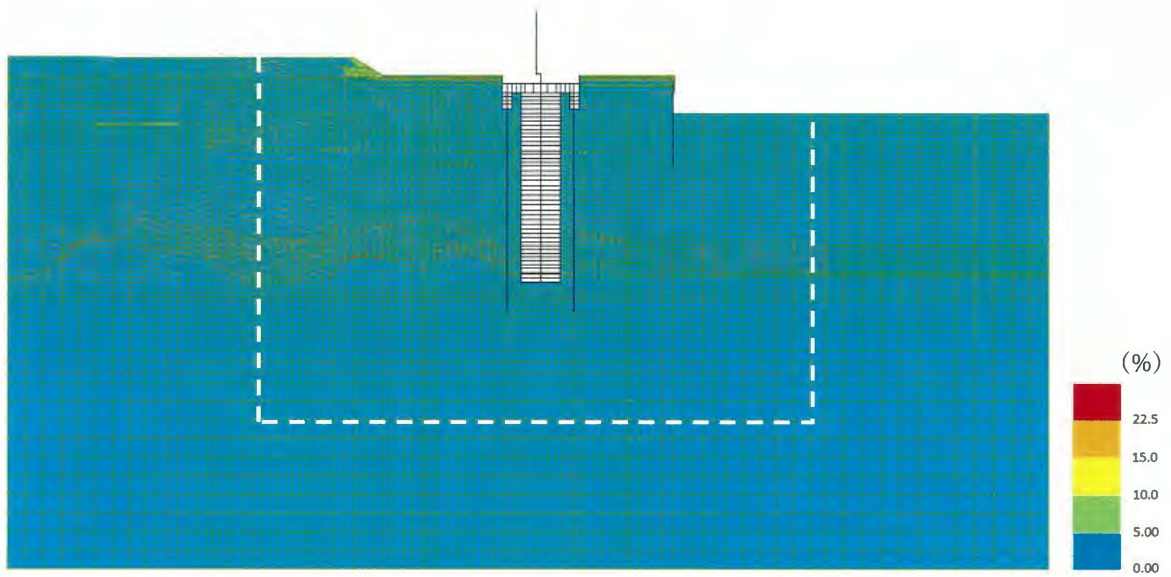


(拡大図)

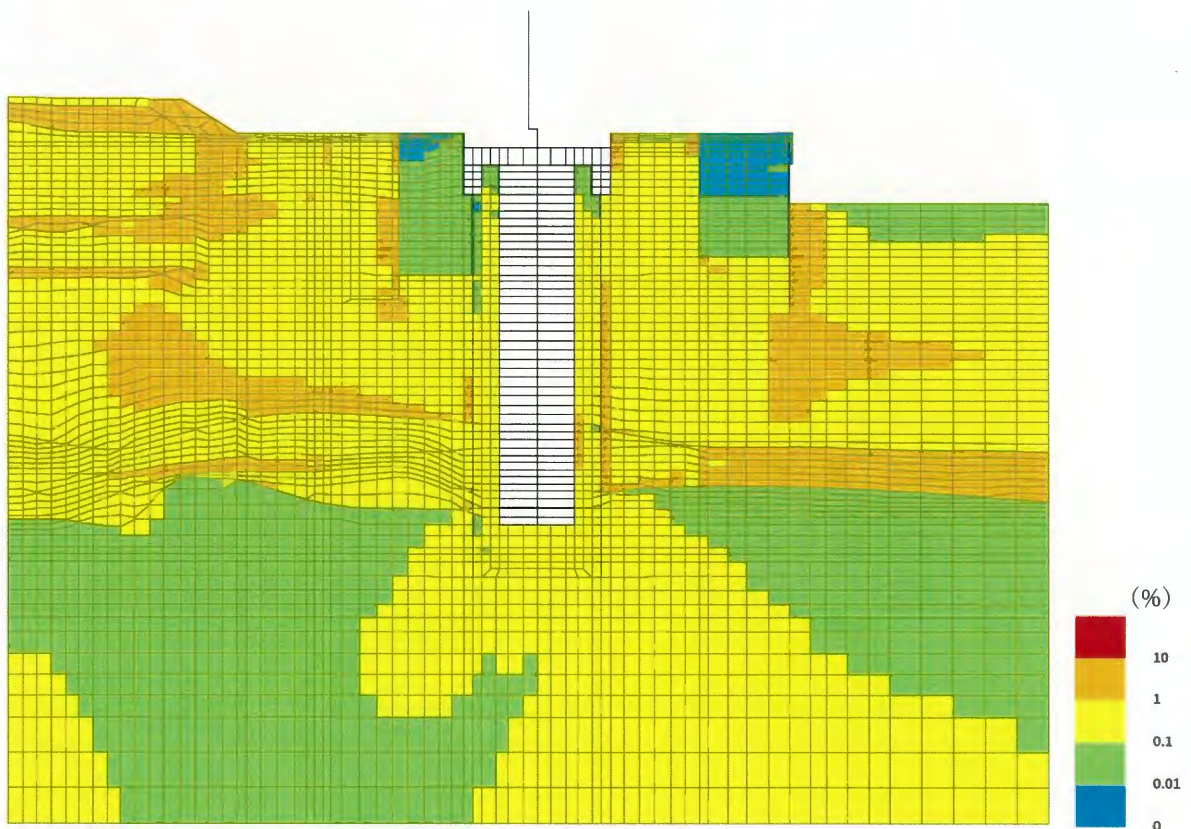
図 4.10-49 最大せん断ひずみ分布図 (②-②断面)

($S_s - 22$)

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

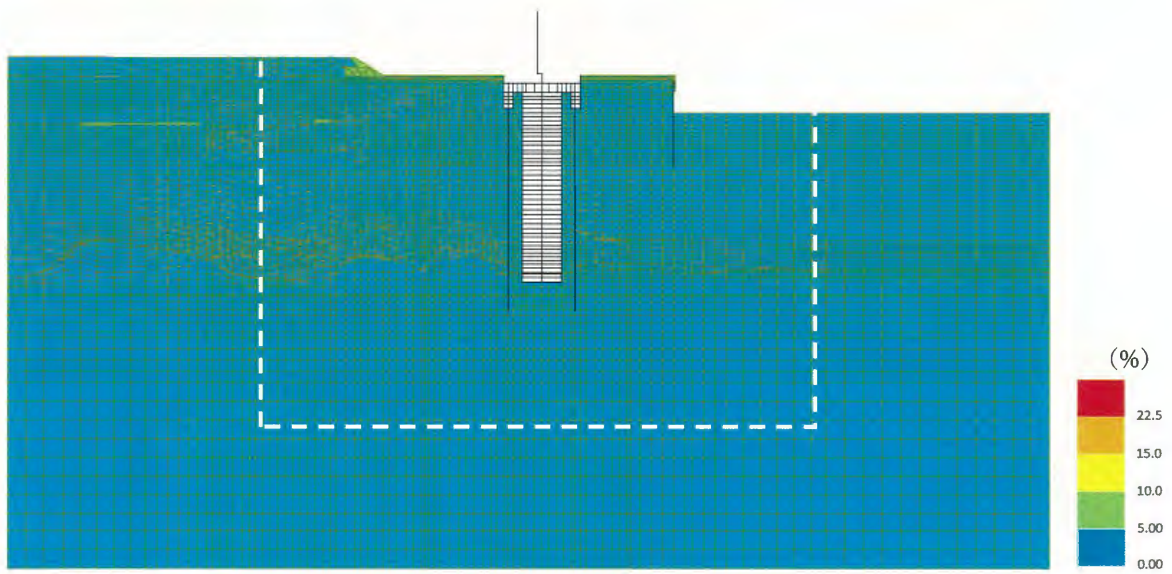


(全体図)

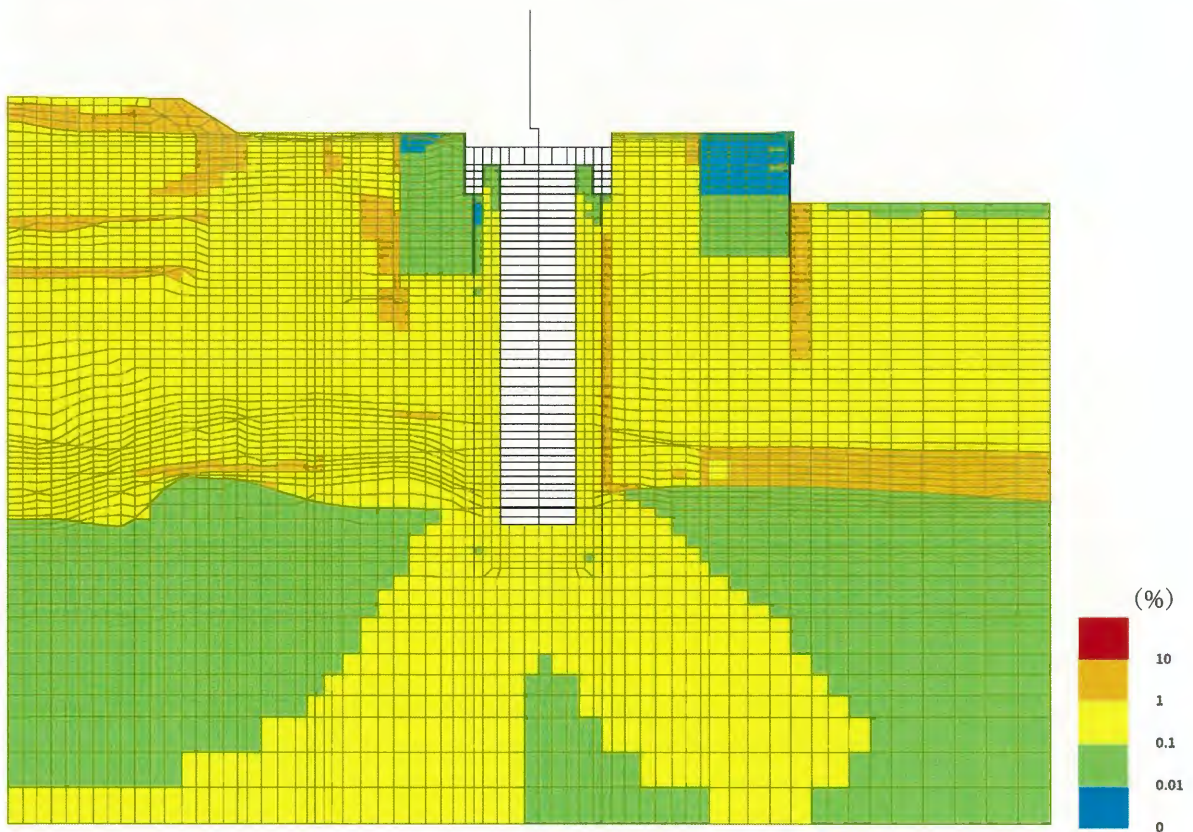


(拡大図)

図 4.10-50 最大せん断ひずみ分布図 (②-②断面)
 (S_s-31 [H+, V+])
 (地盤ケース①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

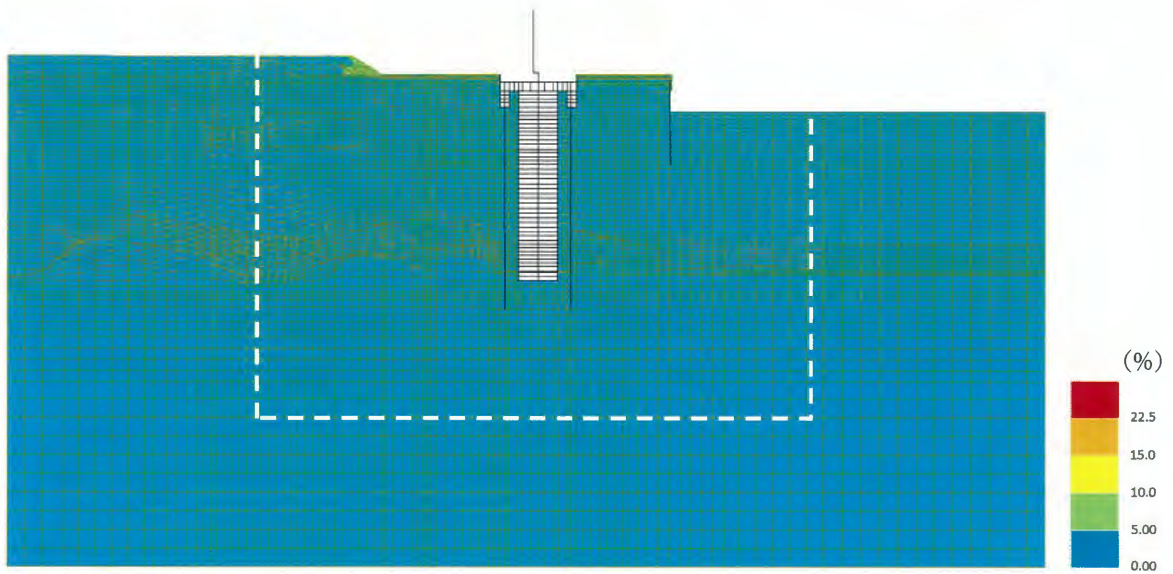


(全体図)

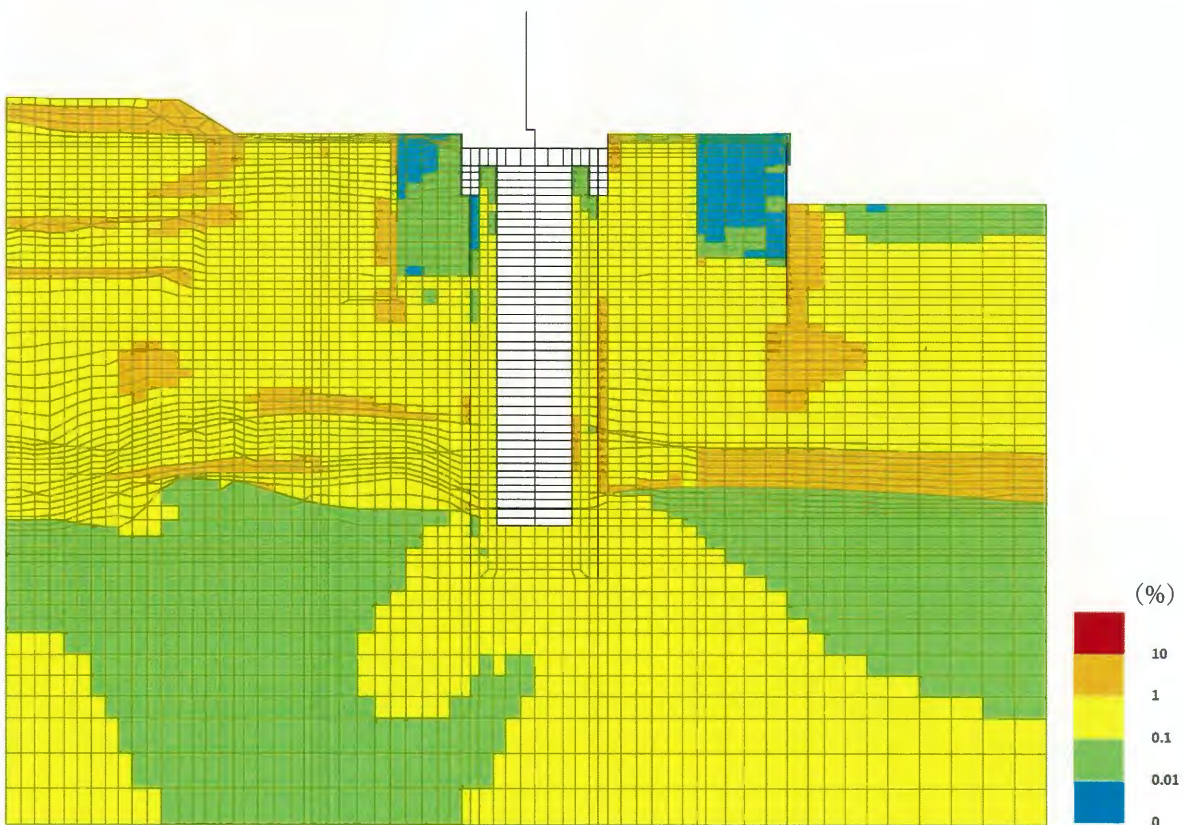


(拡大図)

図 4.10-51 最大せん断ひずみ分布図 (②-②断面)
 $(S_s - 31 [H-, V+])$
 (地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

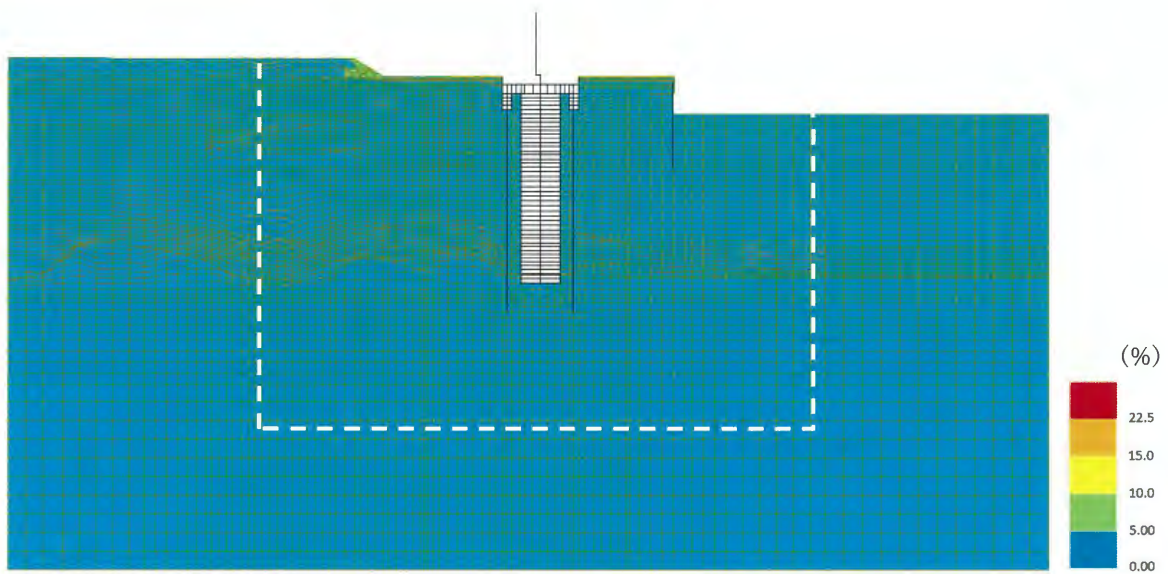


(全体図)

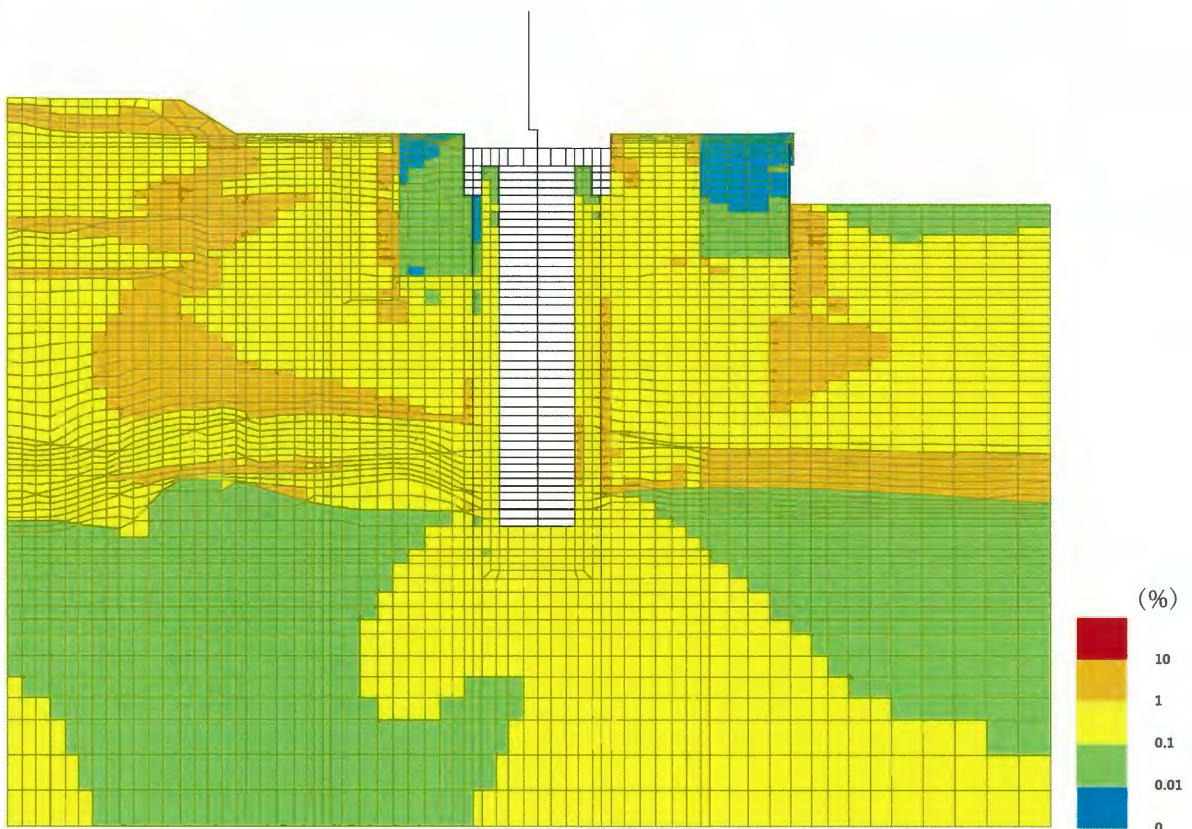


(拡大図)

図 4.10-52 最大せん断ひずみ分布図 (②-②断面)
 $(S_s - 3.1 [H+, V+])$
 (地盤ケース②：地盤物性のばらつきを考慮 (+1 σ) した解析ケース)

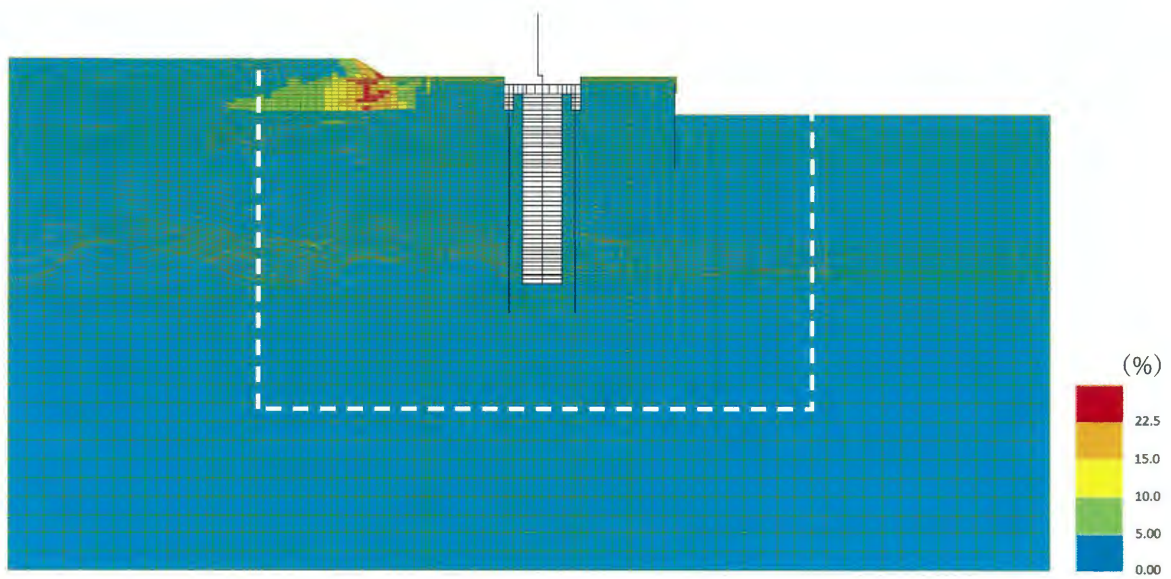


(全体図)

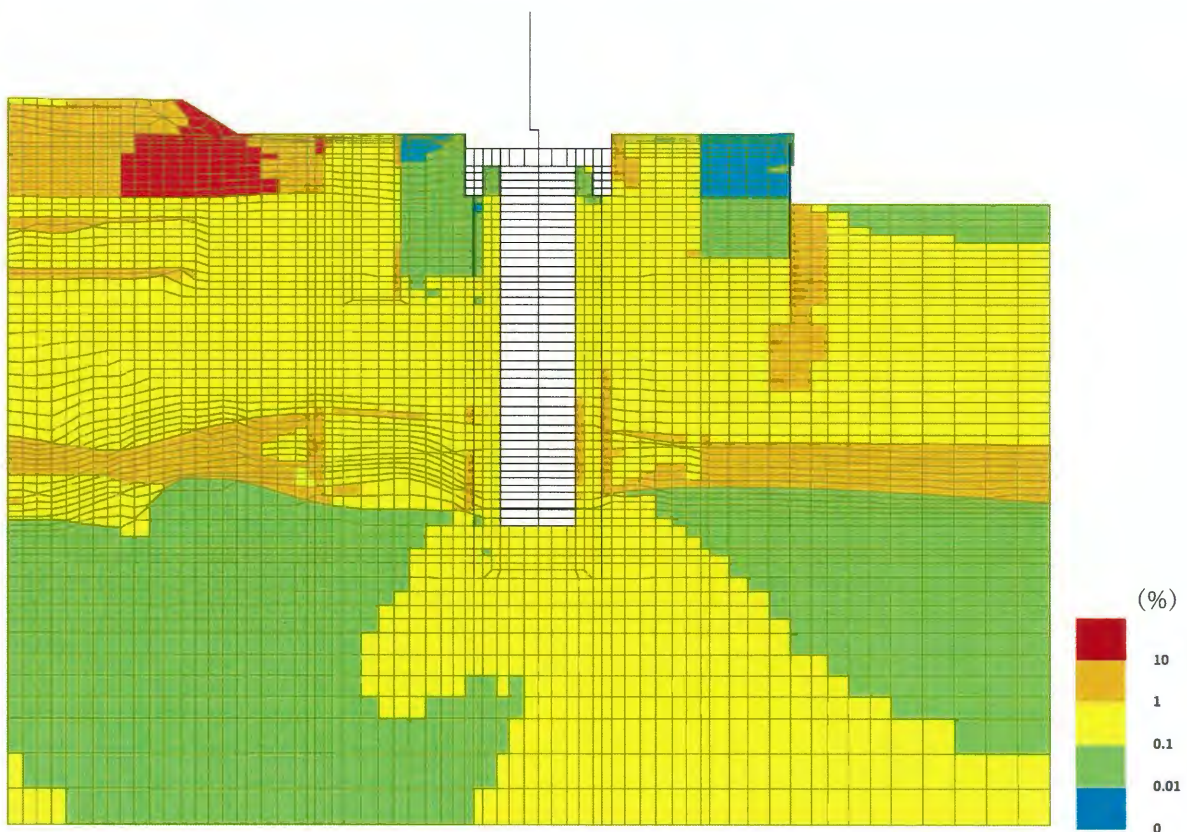


(拡大図)

図 4.10-53 最大せん断ひずみ分布図 (②-②断面)
($S_s - 31 [H+, V+]$)
(地盤ケース③：地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース)



(全体図)

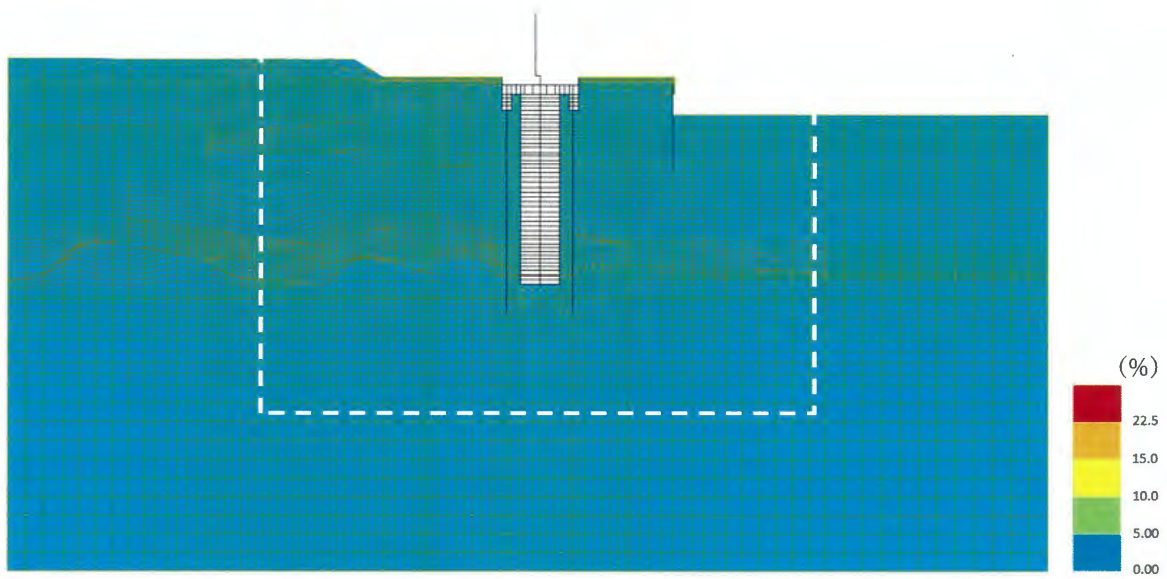


(拡大図)

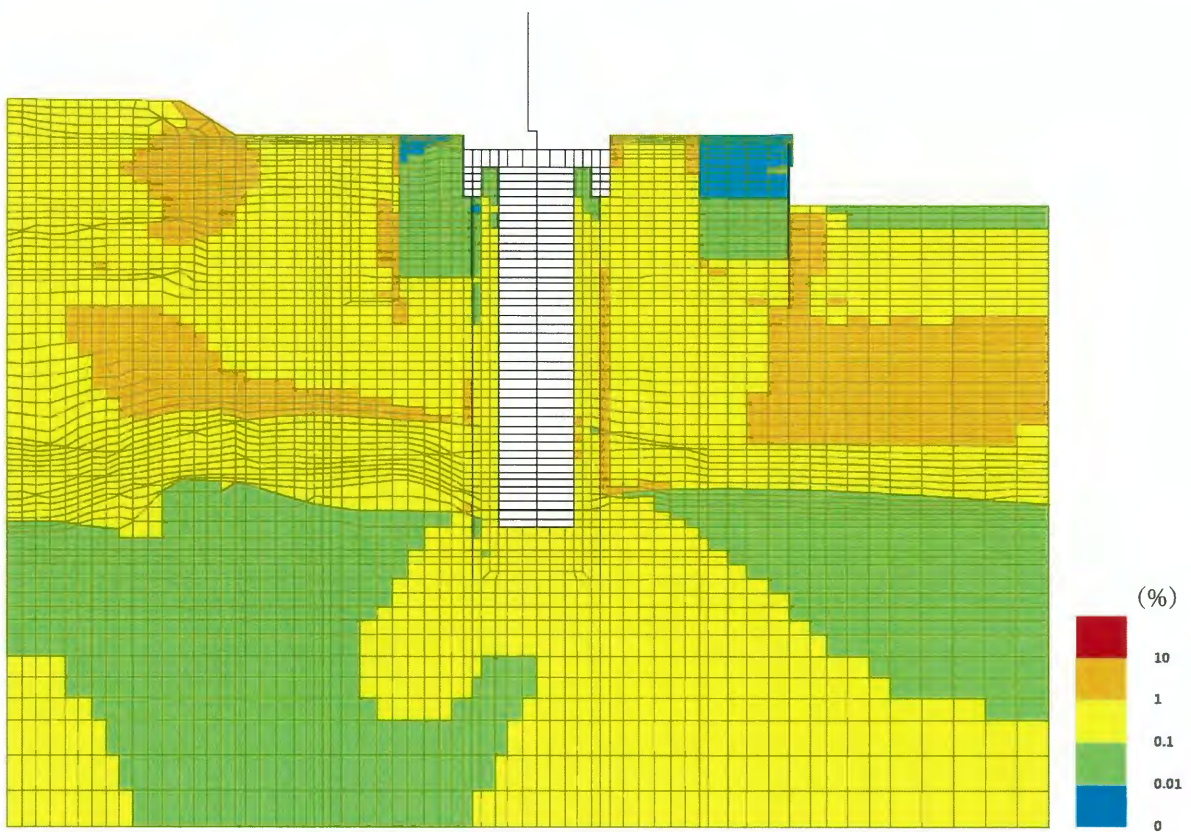
図 4.10-54 最大せん断ひずみ分布図 (②-②断面)

($S_s - 31$ [H+, V+])

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

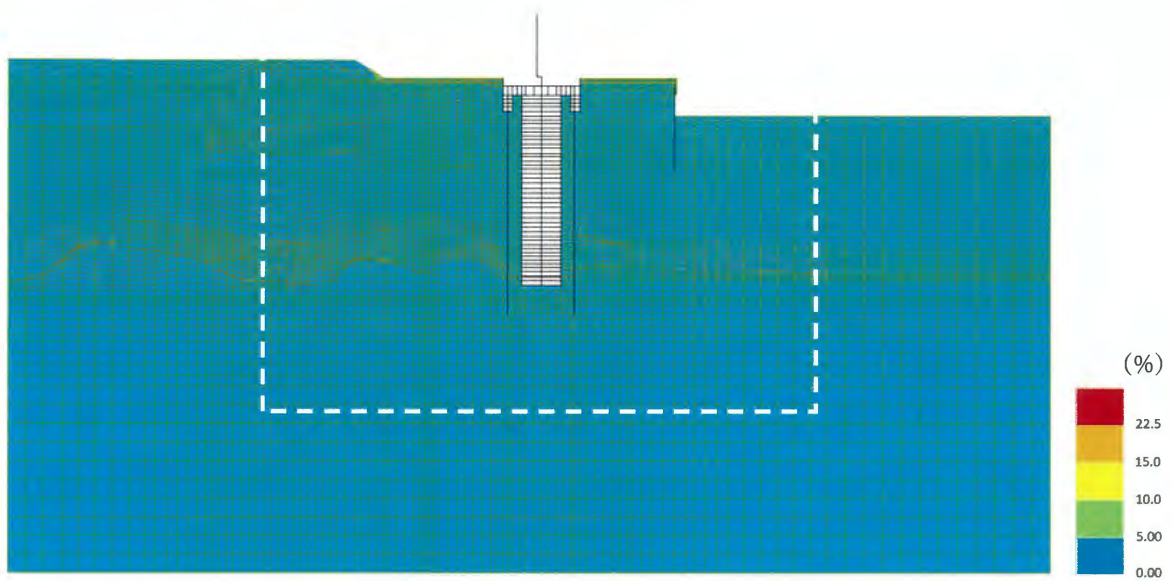


(全体図)

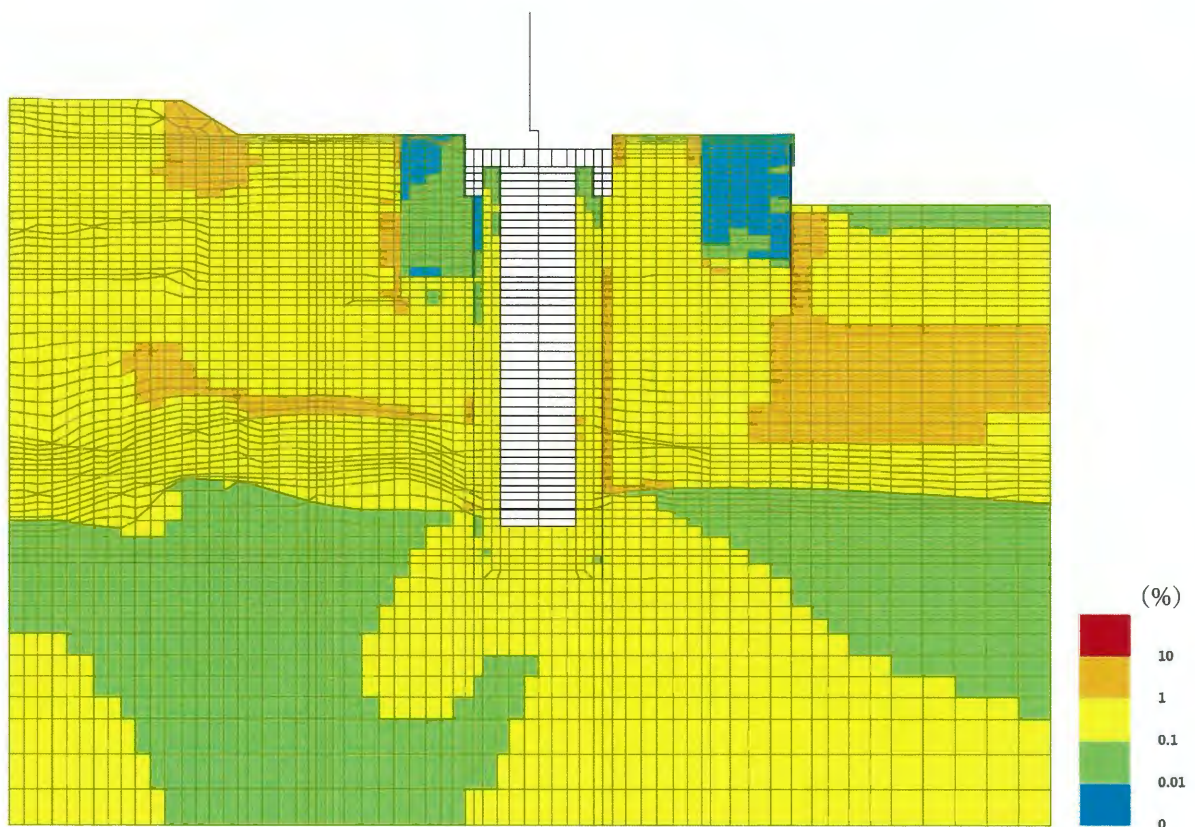


(拡大図)

図 4.10-55 最大せん断ひずみ分布図 (②-②断面)
 $(S_s - 31 [H+, V+])$
 (地盤ケース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)



(全体図)



(拡大図)

図 4.10-56 最大せん断ひずみ分布図 (②-②断面)
 $(S_s - 3.1 [H + V])$
 (地盤ケース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)

4.10.2 最大過剰間隙水圧比分布

各要素に発生した過剰間隙水圧比を確認するため、地震応答解析の全時刻における最大過剰間隙水圧比分布を図 4.10-57～図 4.10-112 に示す。

堤軸方向断面（①－①断面）については、ほとんどのケースで過剰間隙水圧比が 0.95 に達することはないが、敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケースにおいても過剰間隙水圧比が 0.95 を超過する範囲は限定的である。

堤軸直交方向断面（②－②断面，③－③断面）においても、ほとんどのケースで過剰間隙水圧比が 0.95 に達することはないが、比較的継続時間が長い地震動 S₁-D 1 で敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケースでは、過剰間隙水圧比が 0.95 を超過する範囲が広く分布することが確認できる。

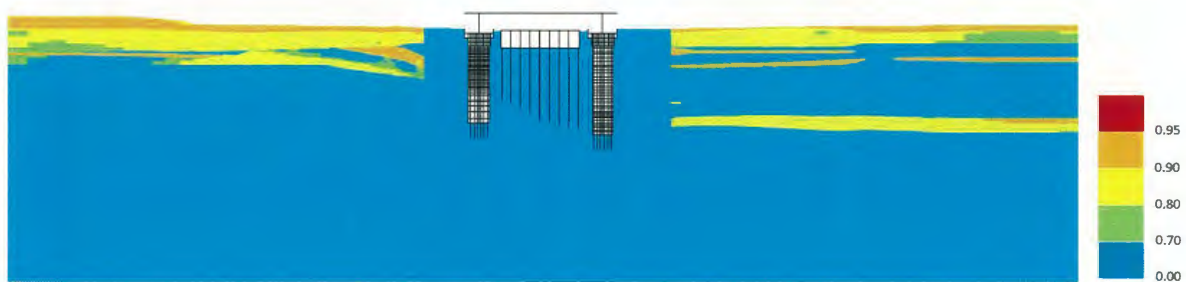


図 4.10-57 最大過剰間隙水圧比分布図 (①-①断面)

($S_s - D1$ [H+, V+])

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

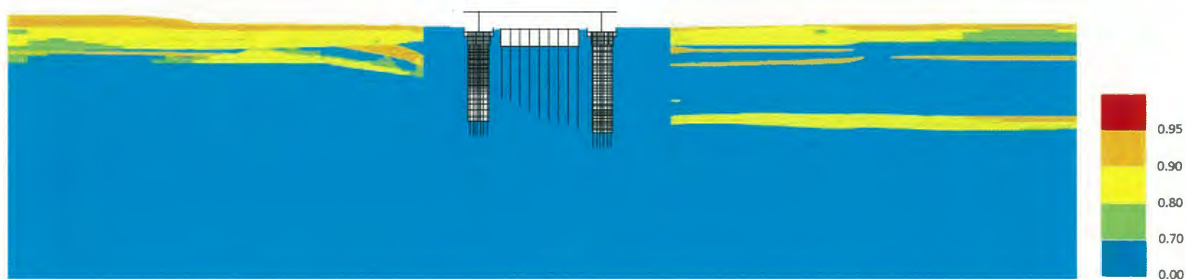


図 4.10-58 最大過剰間隙水圧比分布図 (①-①断面)

($S_s - D1$ [H+, V-])

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

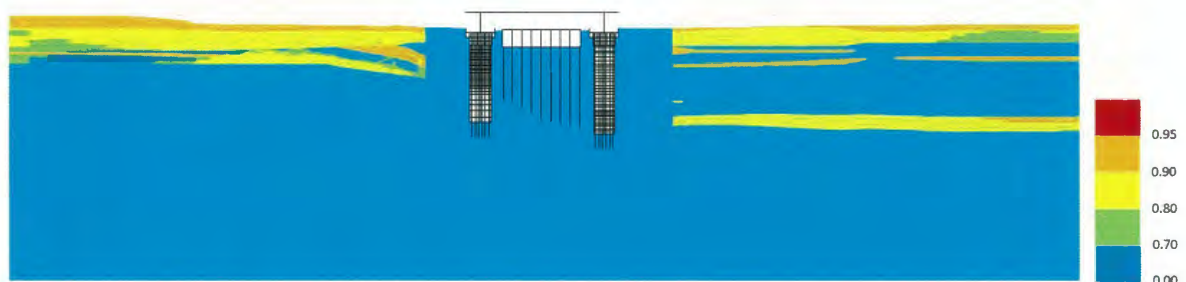


図 4.10-59 最大過剰間隙水圧比分布図 (①-①断面)

($S_s - D1$ [H-, V+])

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

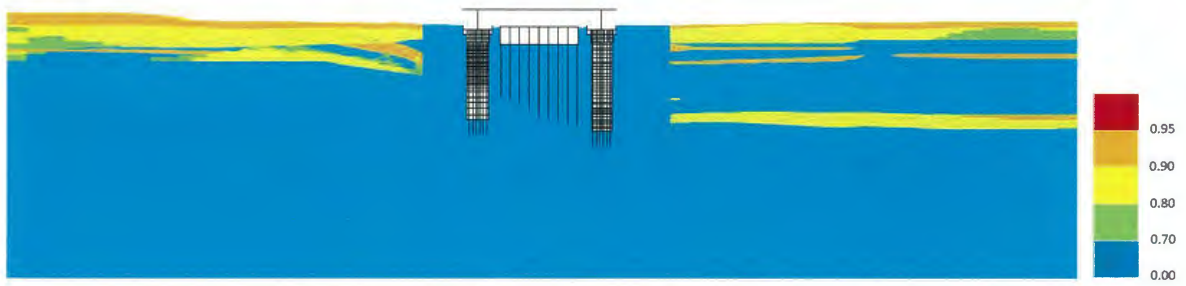


図 4.10-60 最大過剰間隙水圧比分布図 (①-①断面)

($S_s - D1$ [H-, V-])

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

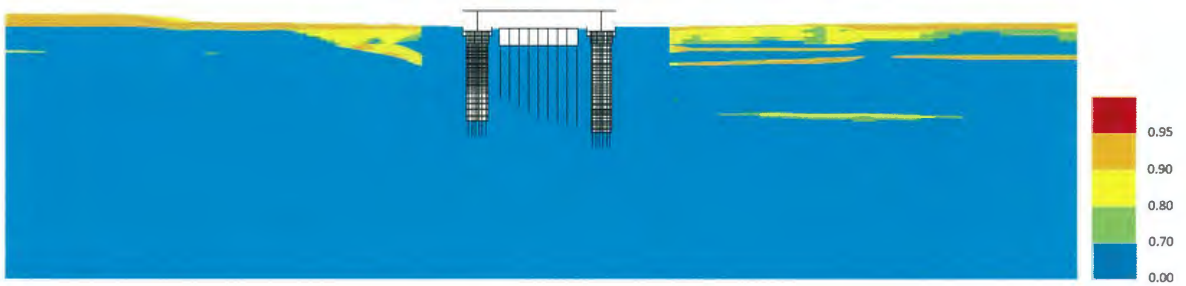


図 4.10-61 最大過剰間隙水圧比分布図 (①-①断面)

($S_s - 11$)

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

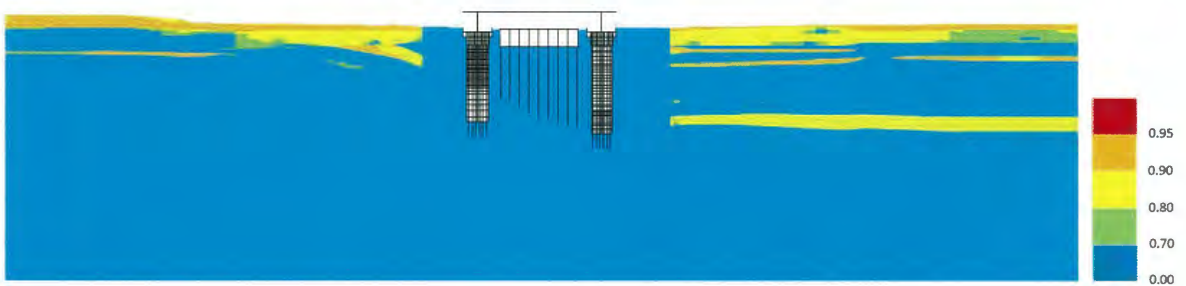


図 4.10-62 最大過剰間隙水圧比分布図 (①-①断面)

($S_s - 12$)

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

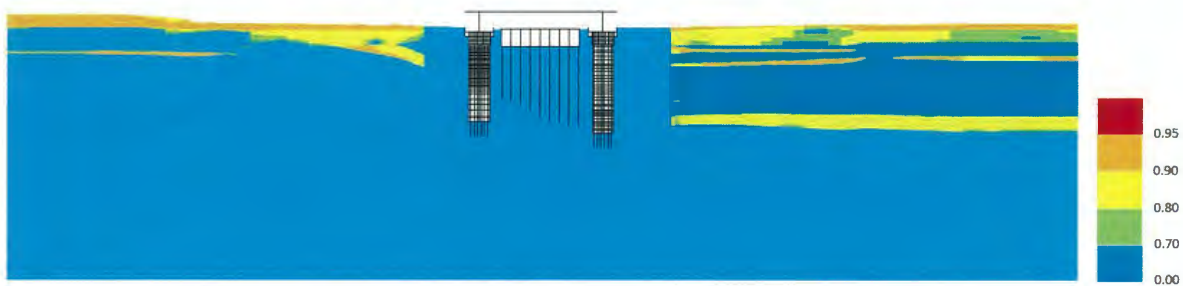


図 4.10-63 最大過剰間隙水圧比分布図 (①-①断面)

(S_s-13)

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

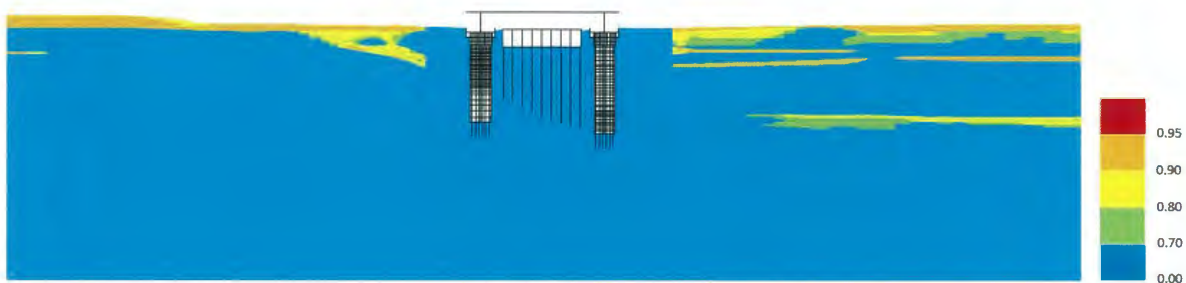


図 4.10-64 最大過剰間隙水圧比分布図 (①-①断面)

(S_s-14)

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

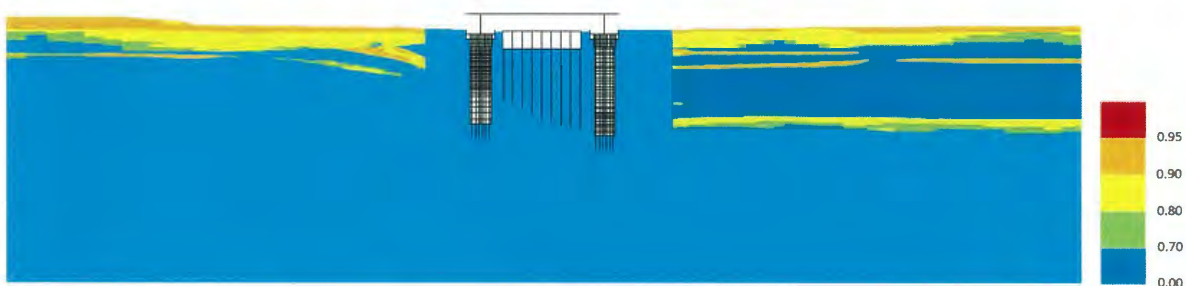


図 4.10-65 最大過剰間隙水圧比分布図 (①-①断面)

(S_s-21)

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

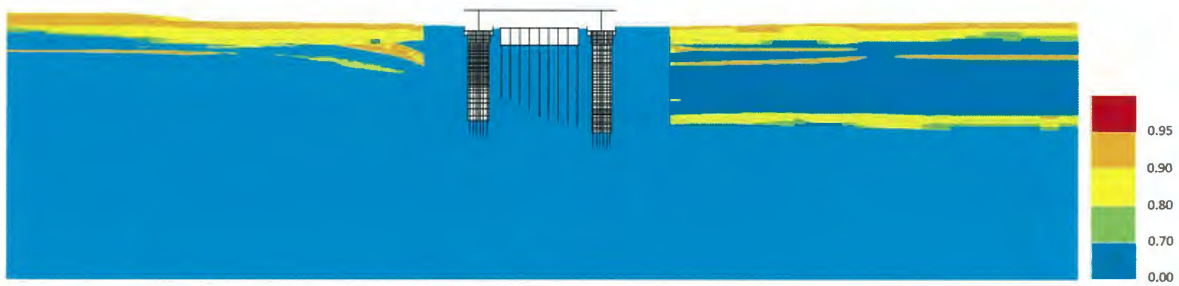


図 4.10-66 最大過剰間隙水圧比分布図 (①-①断面)

($S_s - 22$)

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

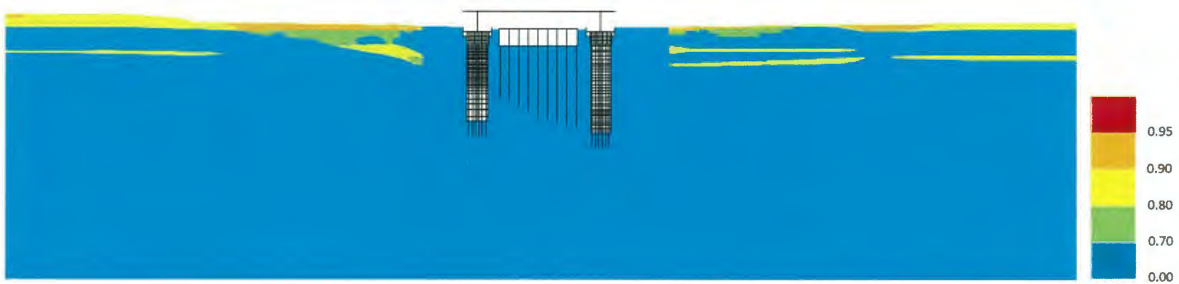


図 4.10-67 最大過剰間隙水圧比分布図 (①-①断面)

($S_s - 31$ [H+, V+])

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

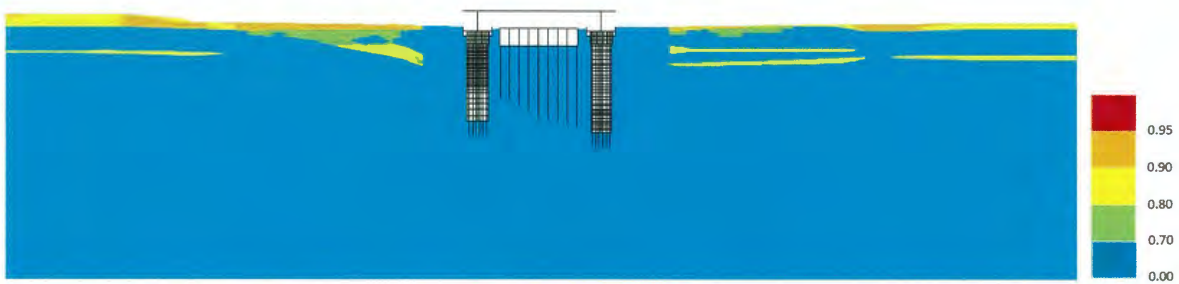


図 4.10-68 最大過剰間隙水圧比分布図 (①-①断面)

($S_s - 31$ [H-, V+])

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

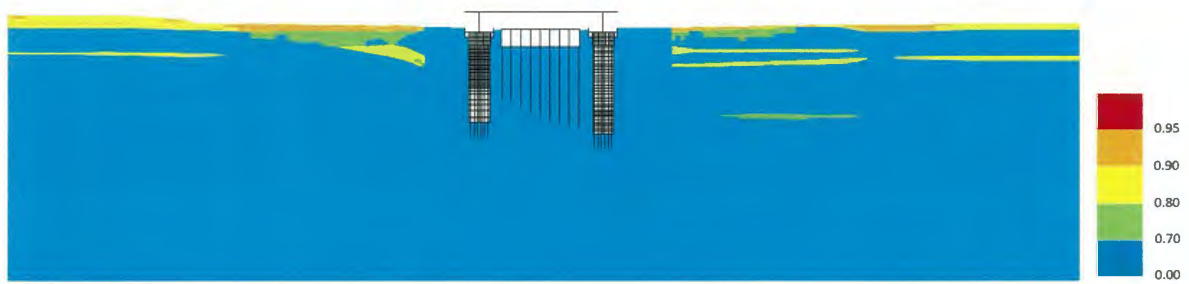


図 4.10-69 最大過剰間隙水圧比分布図 (①-①断面)
 $(S_s - 3.1 [H+, V+])$
 (地盤ケース②：地盤物性のばらつきを考慮 (+1 σ) した解析ケース)

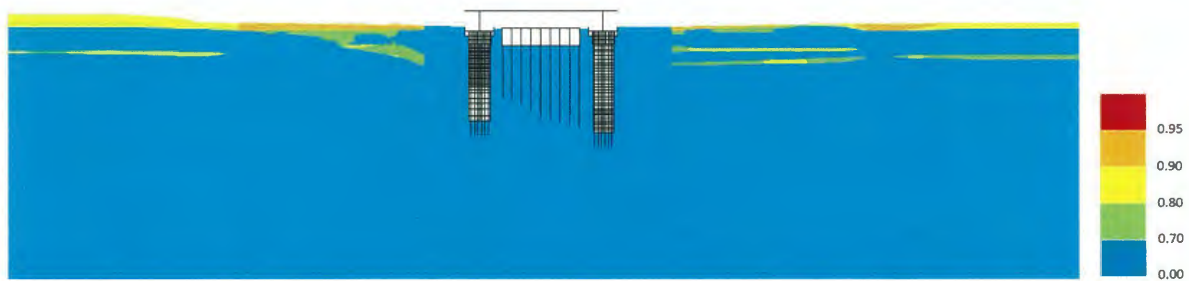


図 4.10-70 最大過剰間隙水圧比分布図 (①-①断面)
 $(S_s - 3.1 [H+, V+])$
 (地盤ケース③：地盤物性のばらつきを考慮 (-1 σ) した解析ケース)

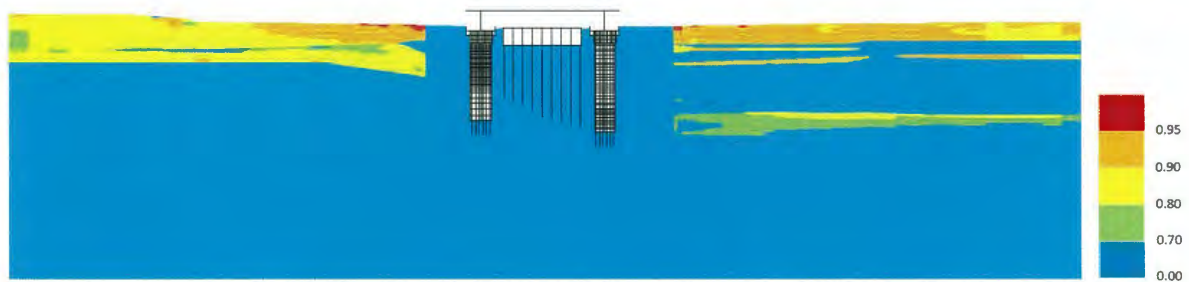


図 4.10-71 最大過剰間隙水圧比分布図 (①-①断面)
 $(S_s - 3.1 [H+, V+])$
 (地盤ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により
 地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)

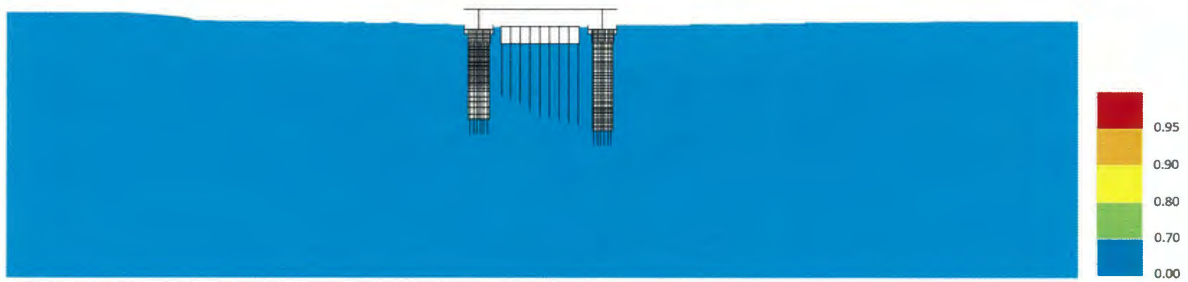


図 4.10-72 最大過剰間隙水圧比分布図 (①-①断面)
 $(S_s - 31 [H+, V+])$
 (地盤ケース⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース)

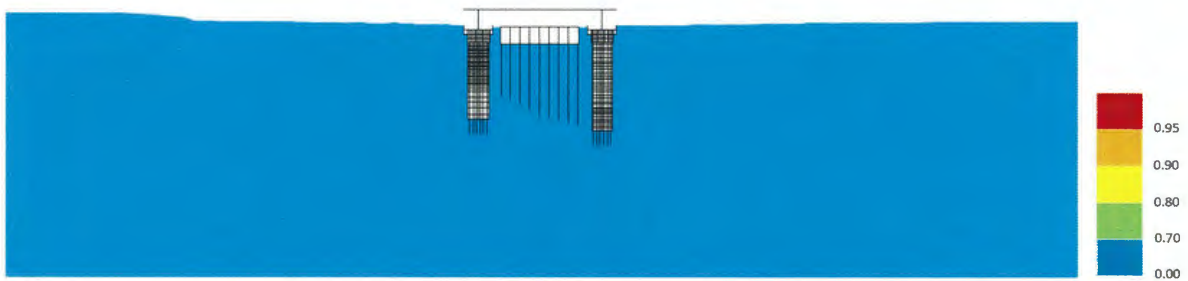


図 4.10-73 最大過剰間隙水圧比分布図 (①-①断面)
 $(S_s - 31 [H+, V+])$
 (地盤ケース⑥：地盤物性のばらつきを考慮 (+1 σ) して
 非液状化の条件を仮定した解析ケース)

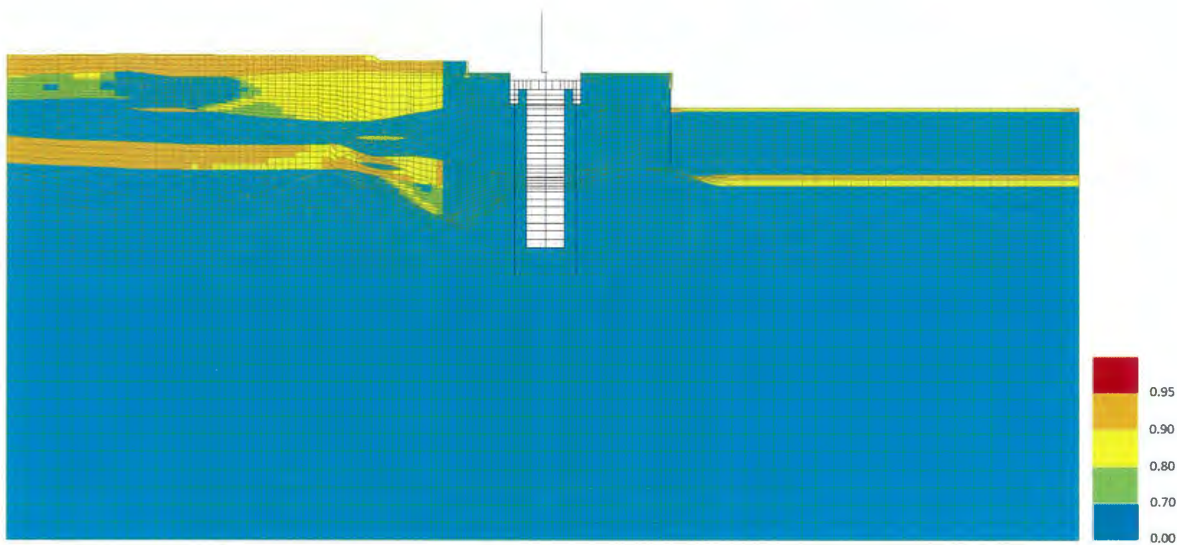


図 4.10-74 最大過剰間隙水圧比分布図 (③-③断面)

(S_s-D1 [H+, V+])

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

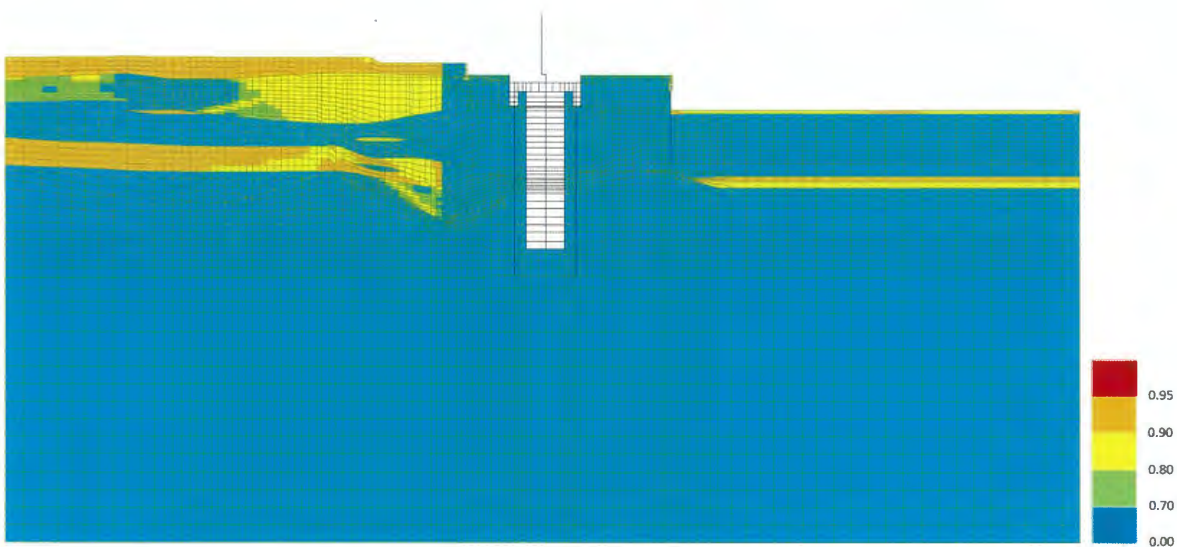


図 4.10-75 最大過剰間隙水圧比分布図 (③-③断面)

(S_s-D1 [H+, V-])

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

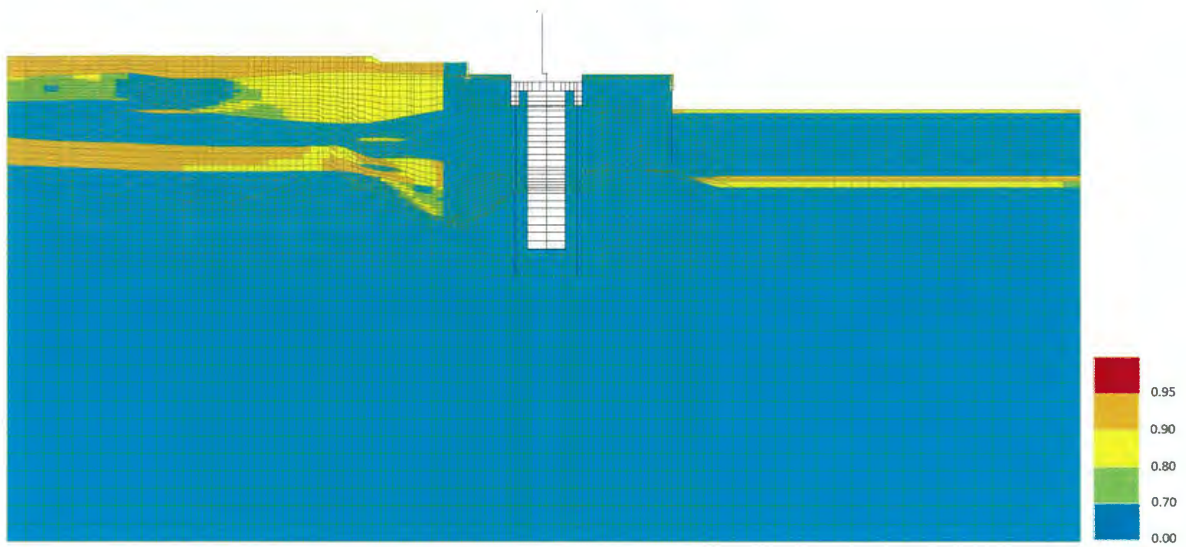


図 4.10-76 最大過剰間隙水圧比分布図 (③-③断面)

(S_s-D1 [H-, V+])

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

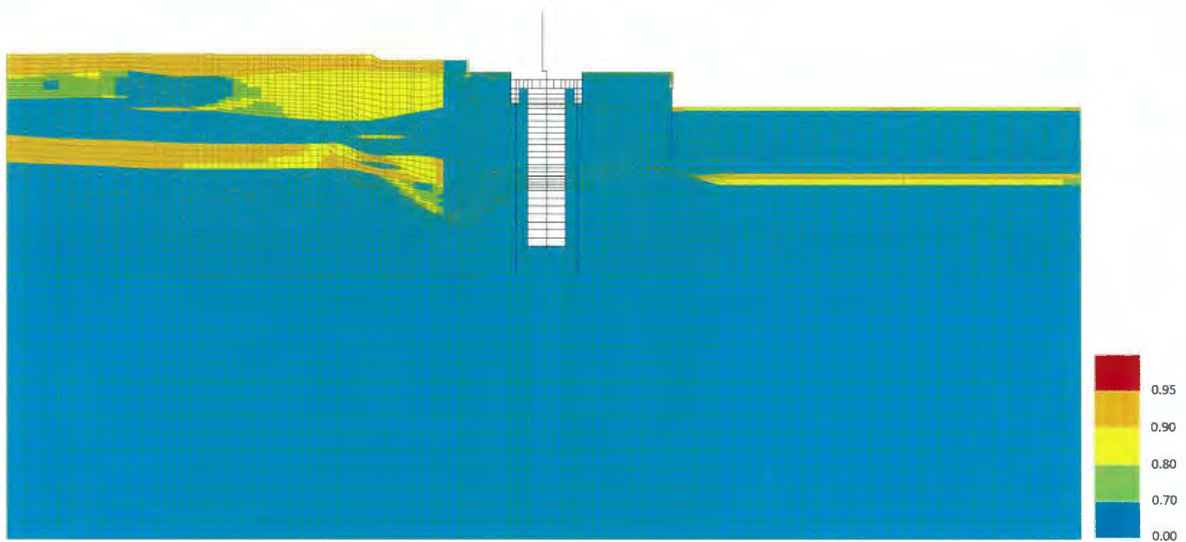


図 4.10-77 最大過剰間隙水圧比分布図 (③-③断面)

(S_s-D1 [H-, V-])

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

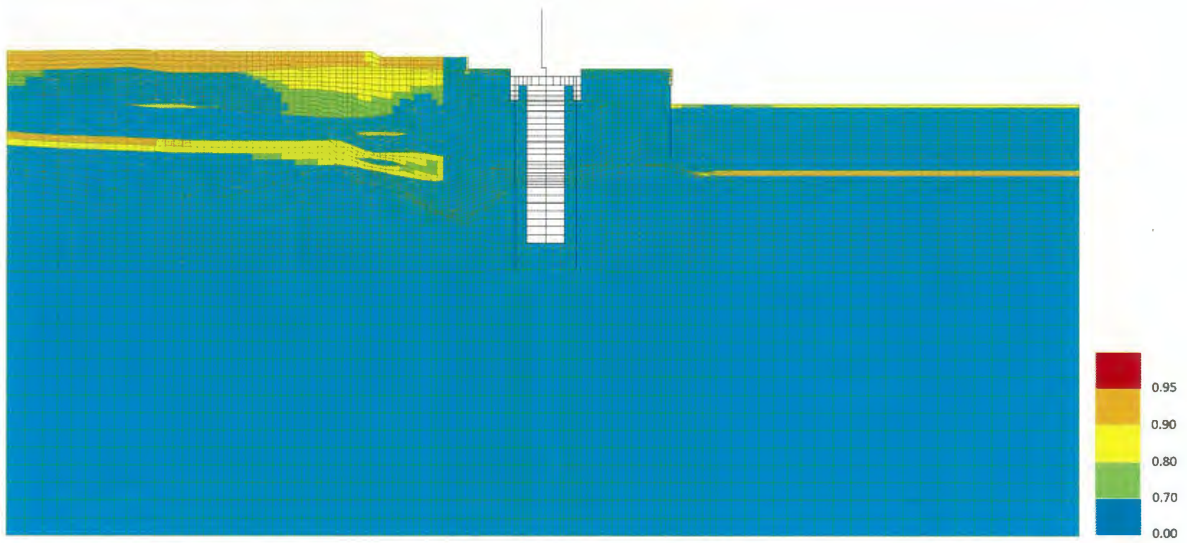


図 4.10-78 最大過剰間隙水圧比分布図 (③-③断面)

($S_s - 11$)

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

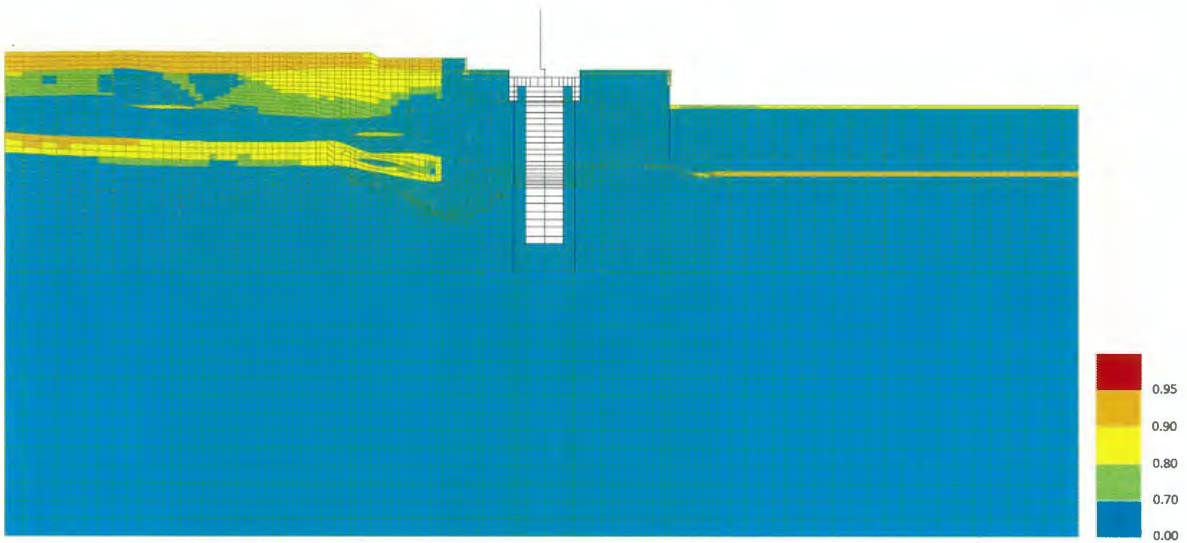


図 4.10-79 最大過剰間隙水圧比分布図 (③-③断面)

($S_s - 12$)

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

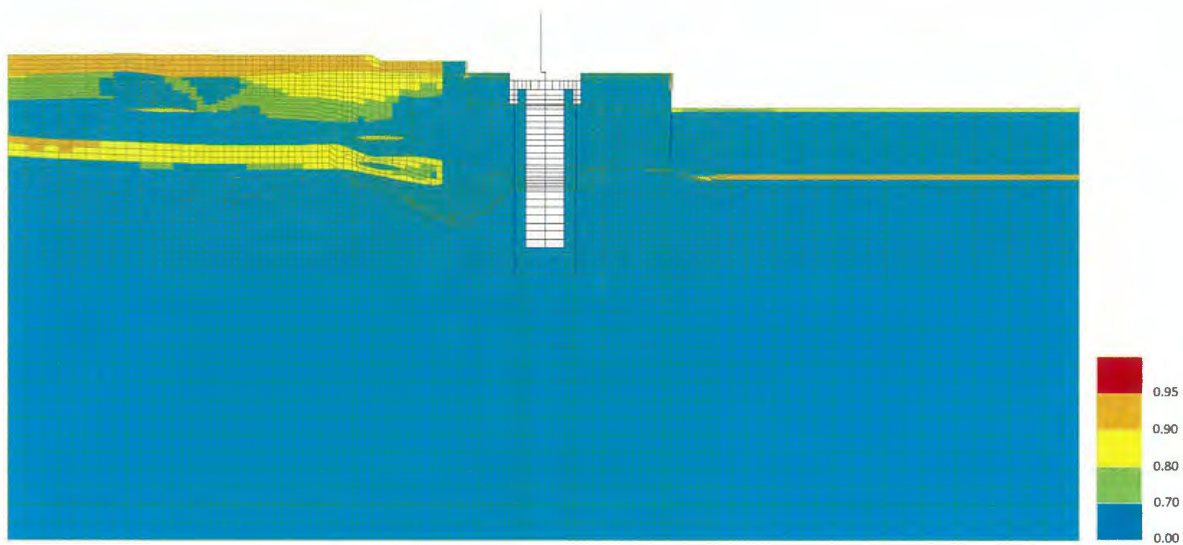


図 4.10-80 最大過剰間隙水圧比分布図 (③-③断面)

(S_s-13)

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

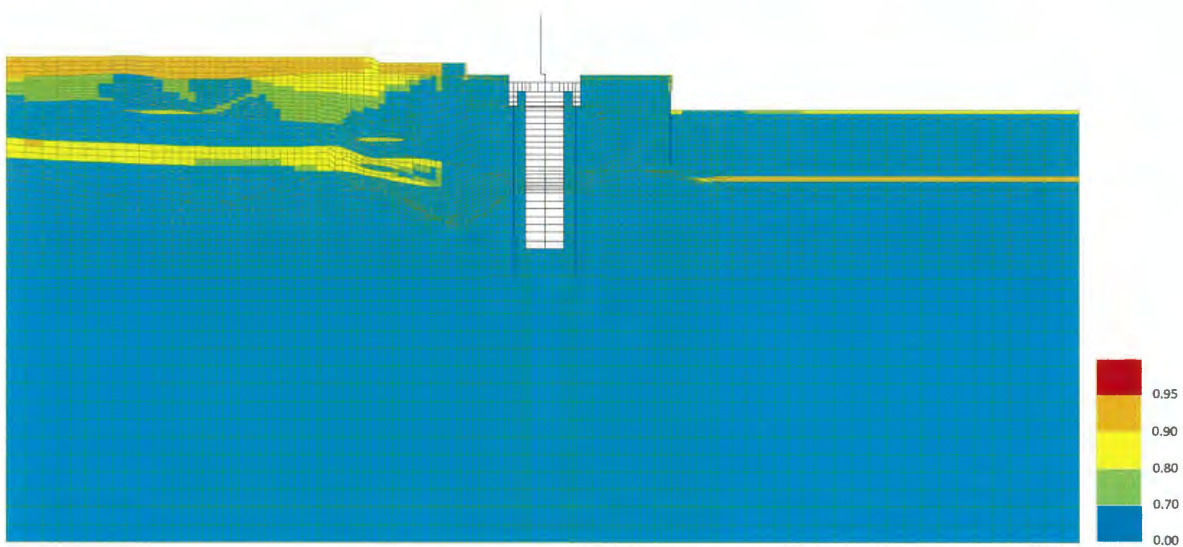


図 4.10-81 最大過剰間隙水圧比分布図 (③-③断面)

(S_s-14)

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

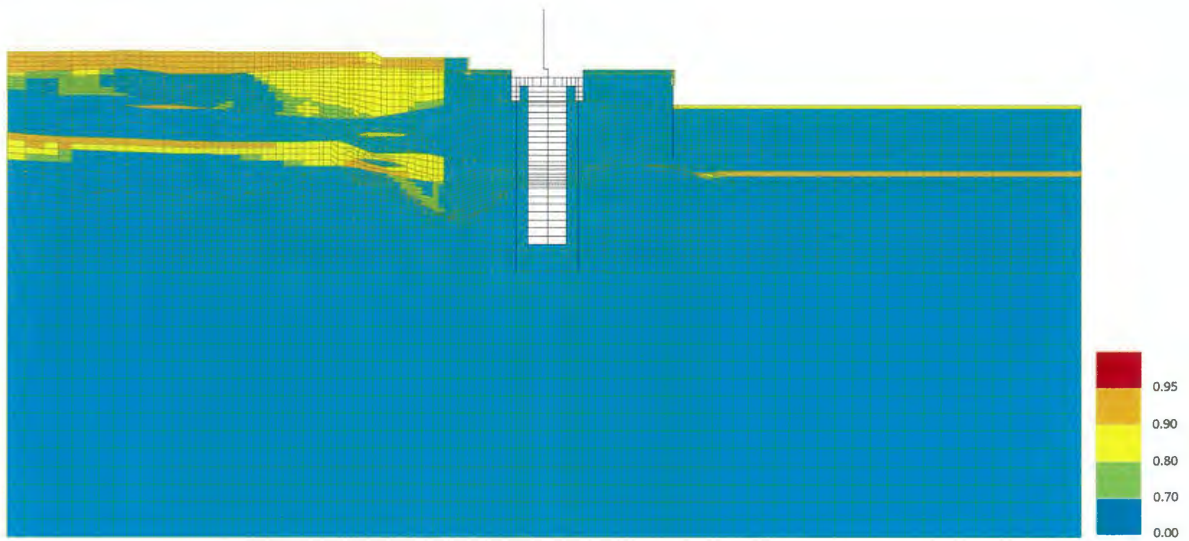


図 4.10-82 最大過剰間隙水圧比分布図 (③-③断面)

($S_s - 21$)

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

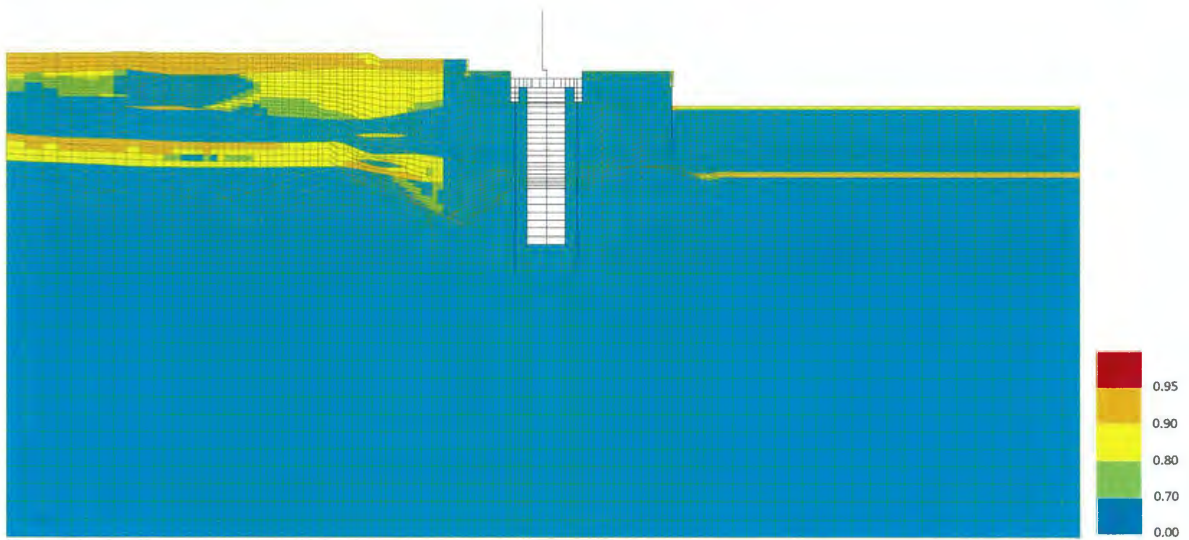


図 4.10-83 最大過剰間隙水圧比分布図 (③-③断面)

($S_s - 22$)

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

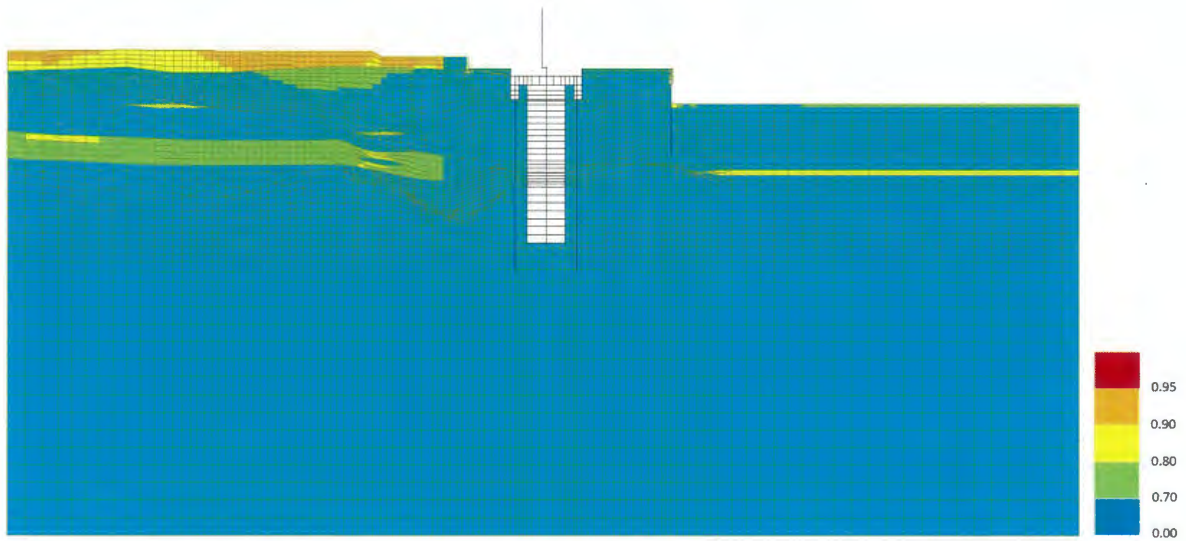


図 4.10-84 最大過剰間隙水圧比分布図 (③-③断面)

($S_s - 31$ [H+, V+])

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

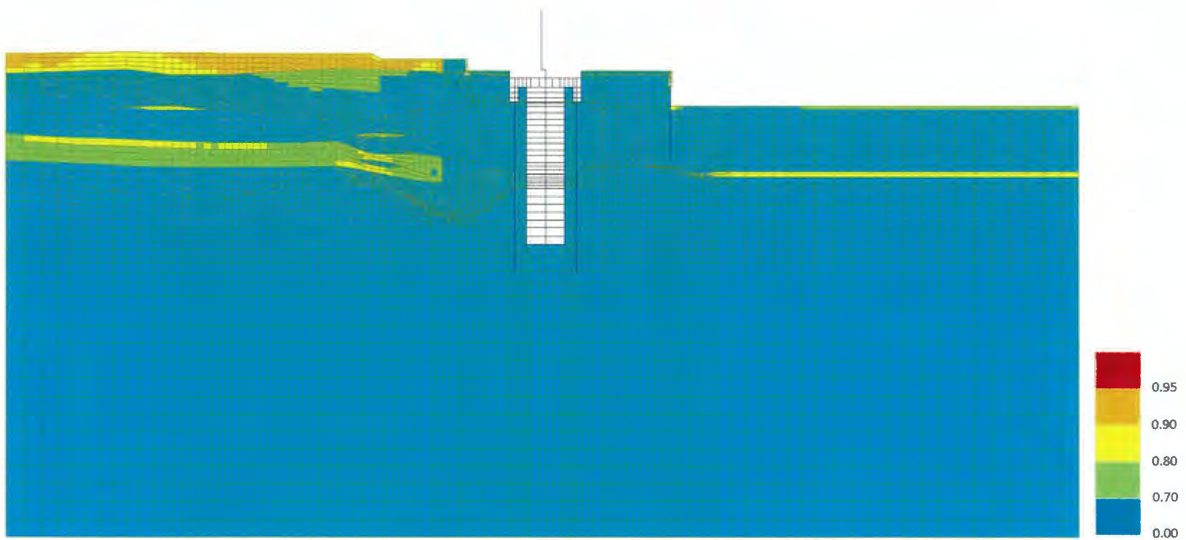


図 4.10-85 最大過剰間隙水圧比分布図 (③-③断面)

($S_s - 31$ [H-, V+])

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

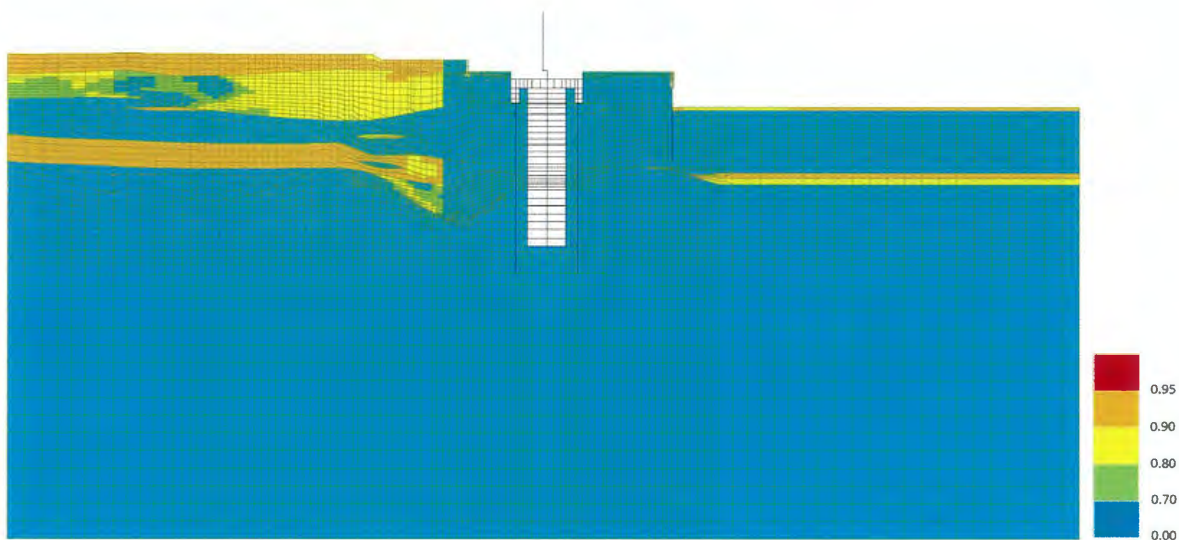


図 4.10-86 最大過剰間隙水圧比分布図 (③-③断面)

($S_s - D1$ [H-, V+])

(地盤ケース②：地盤物性のばらつきを考慮 (+1 σ) した解析ケース)

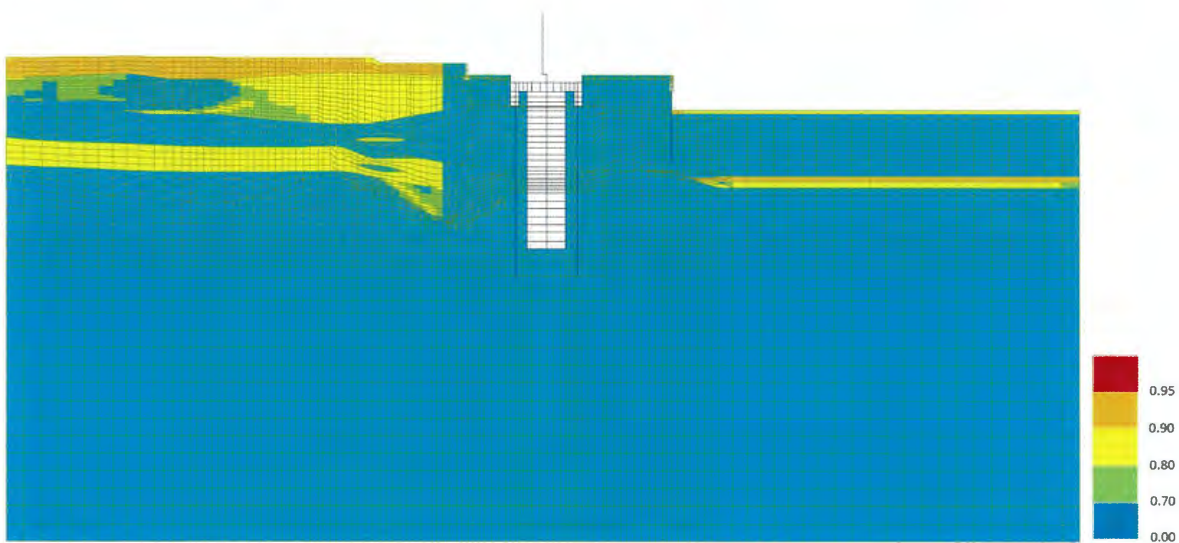


図 4.10-87 最大過剰間隙水圧比分布図 (③-③断面)

($S_s - D1$ [H-, V+])

(地盤ケース③：地盤物性のばらつきを考慮 (-1 σ) した解析ケース)

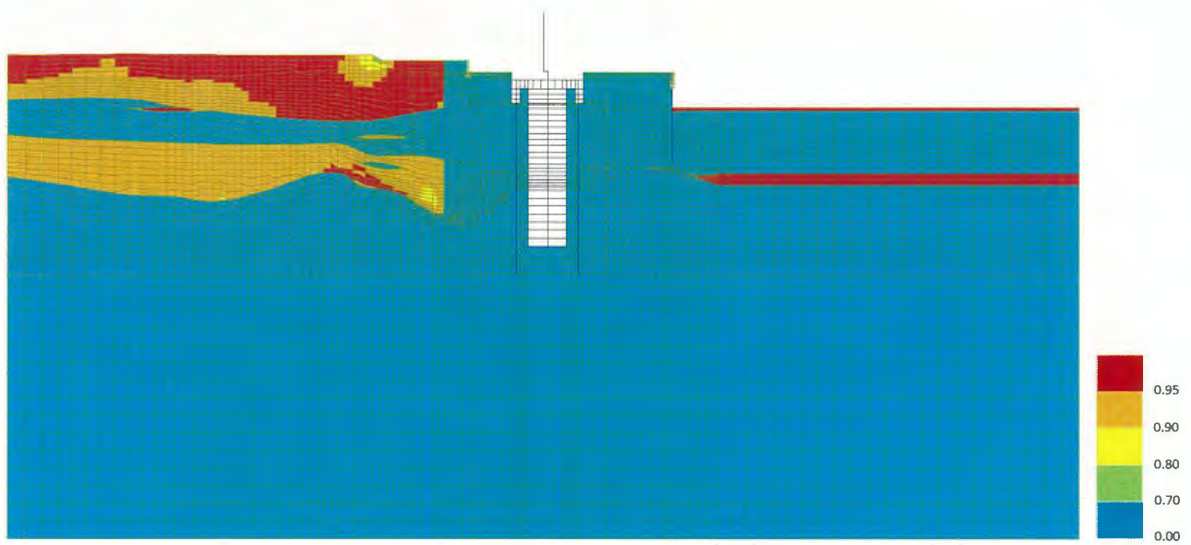


図 4.10-88 最大過剰間隙水圧比分布図 (③-③断面)

($S_s - D1$ [H-, V+])

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

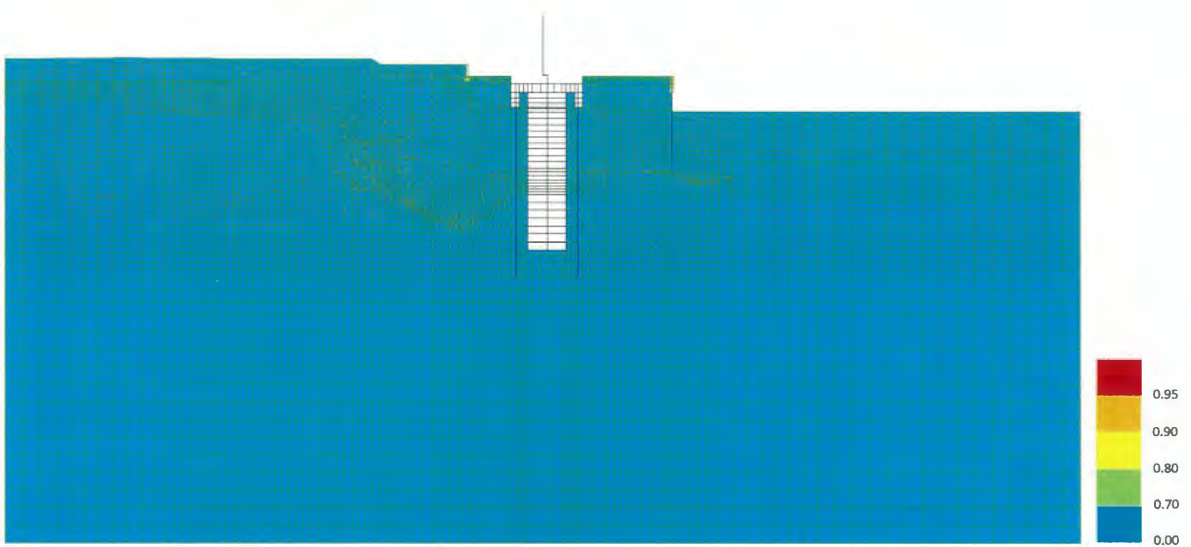


図 4.10-89 最大過剰間隙水圧比分布図 (③-③断面)

($S_s - D1$ [H-, V+])

(地盤ケース⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース)

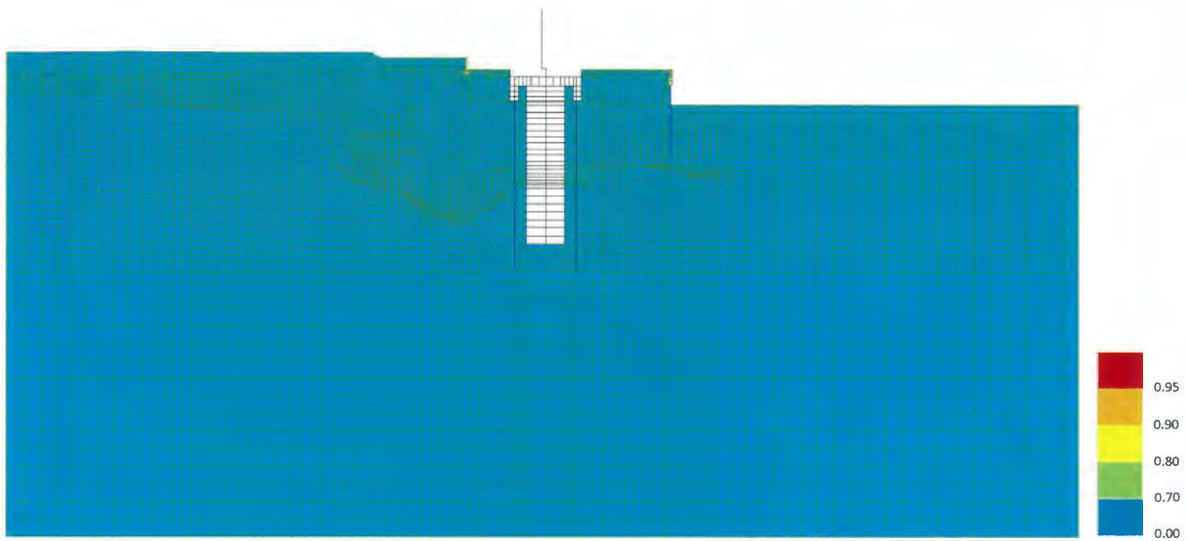


図 4.10-90 最大過剰間隙水圧比分布図 (③-③断面)
 $(S_s - D1 [H-, V+])$
 (地盤ケース⑥: 地盤物性のばらつきを考慮 (+1 σ) して
 非液状化の条件を仮定した解析ケース)

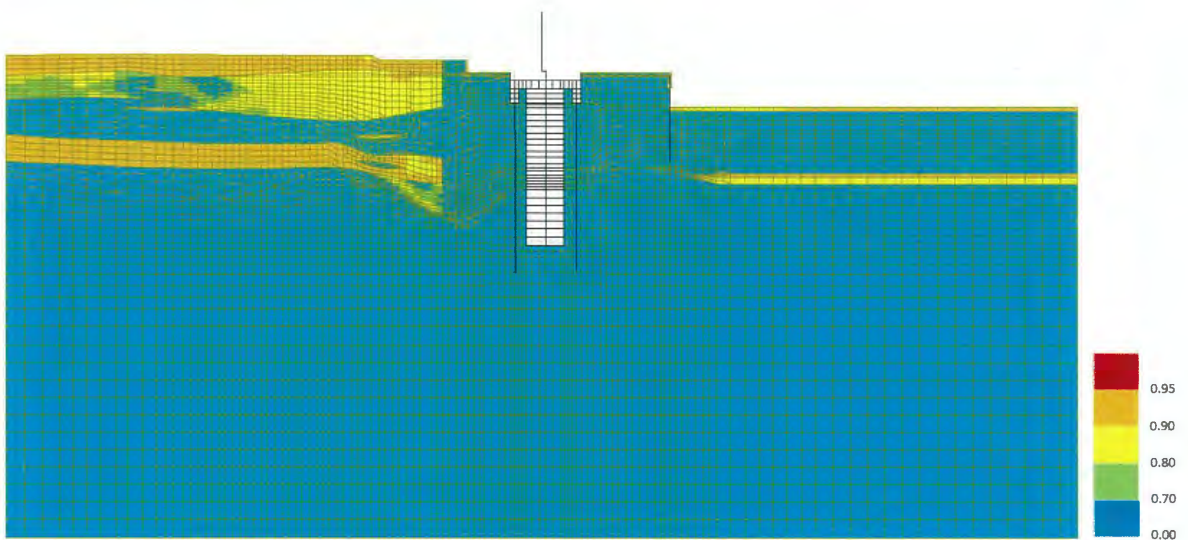


図 4.10-91 最大過剰間隙水圧比分布図 (③-③断面)
 $(S_s - D1 [H-, V-])$
 (地盤ケース②: 地盤物性のばらつきを考慮 (+1 σ) した解析ケース)

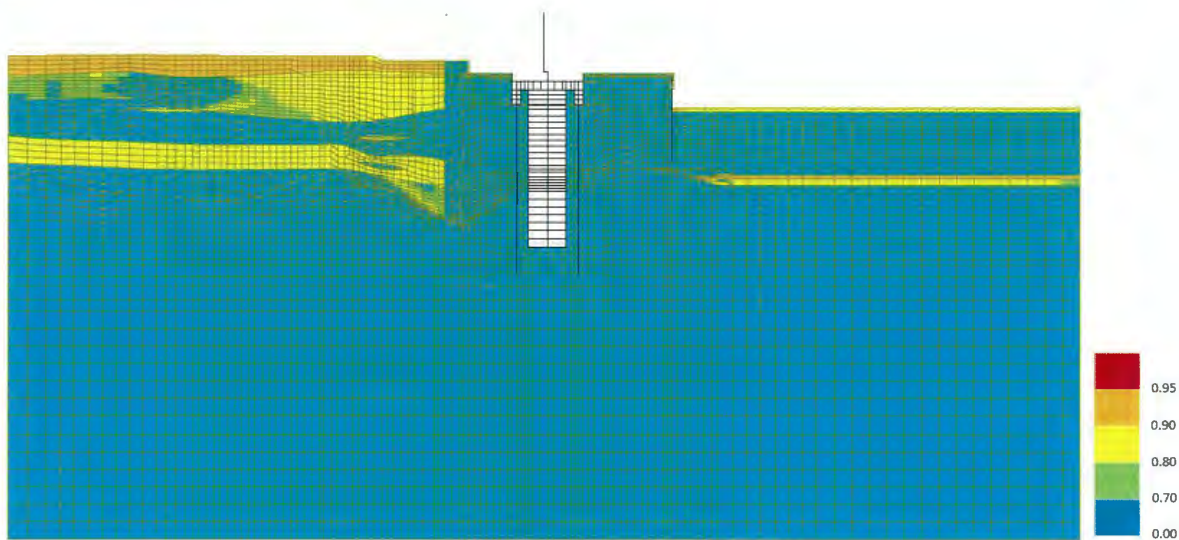


図 4.10-92 最大過剰間隙水圧比分布図 (③-③断面)

(S_s-D1 [H-, V-])

(地盤ケース③：地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース)

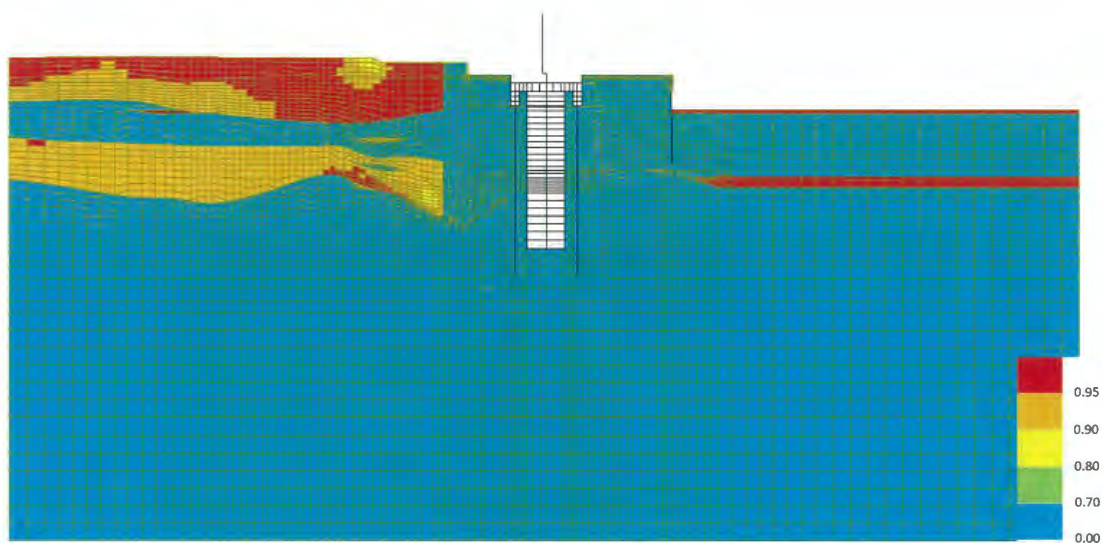


図 4.10-93 最大過剰間隙水圧比分布図 (③-③断面)

(S_s-D1 [H-, V-])

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

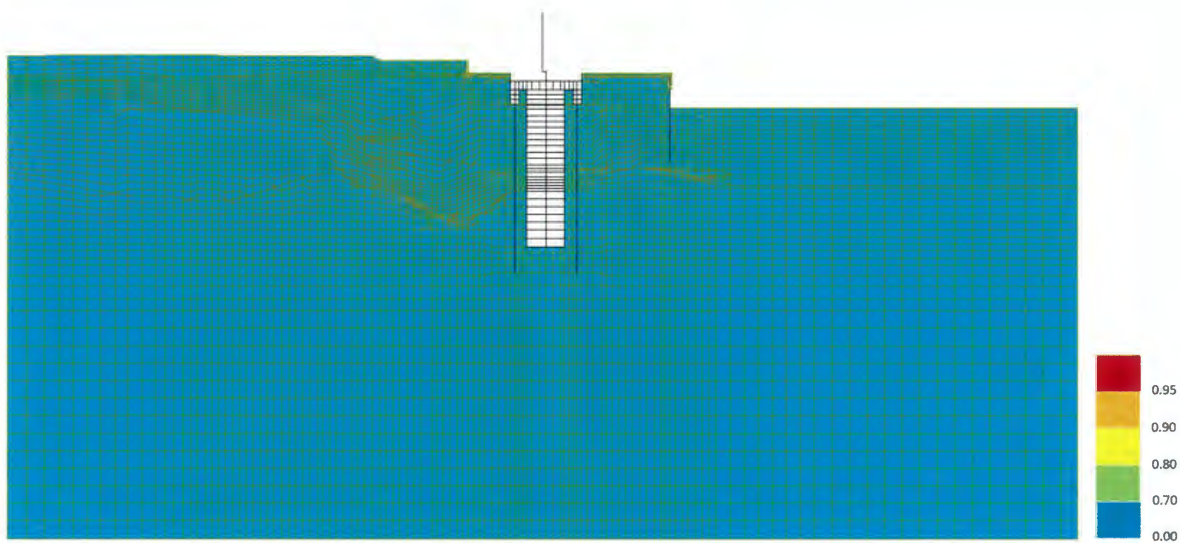


図 4.10-94 最大過剰間隙水圧比分布図 (③-③断面)

(S_s -D1 [H-, V-])

(地盤ケース⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース)

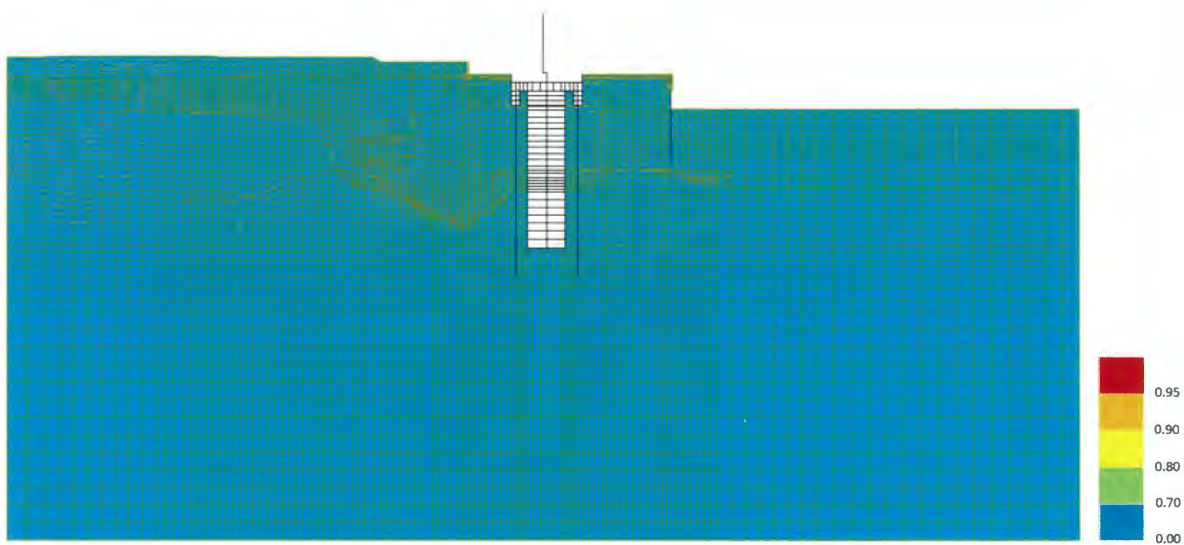


図 4.10-95 最大過剰間隙水圧比分布図 (③-③断面)

(S_s -D1 [H-, V-])

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

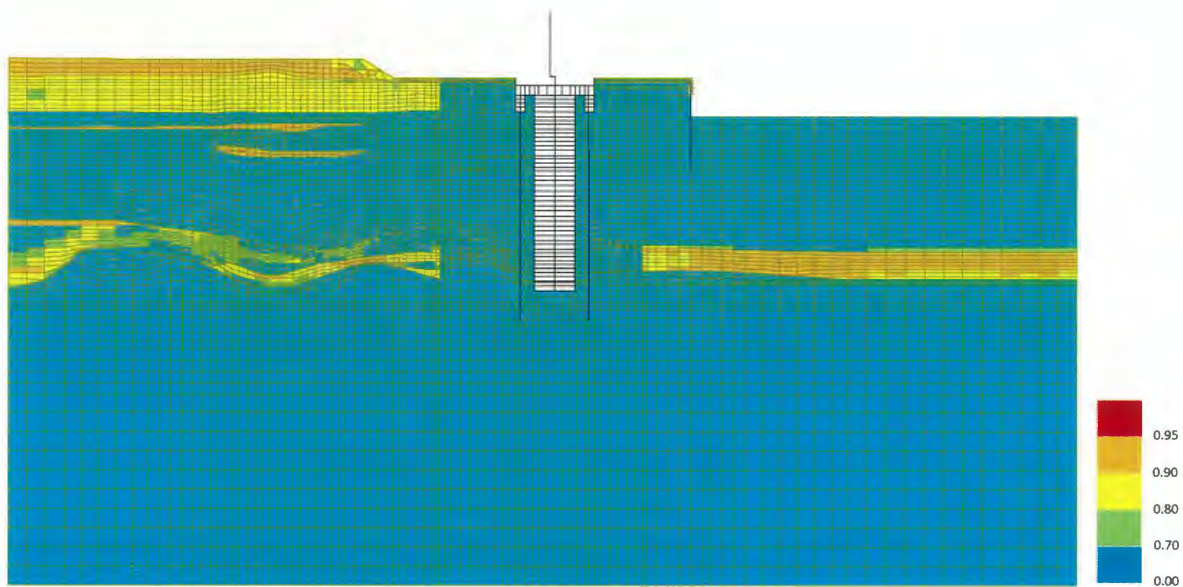


図 4.10-96 最大過剰間隙水圧比分布図 (②-②断面)

($S_s - D1$ [H+, V+])

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

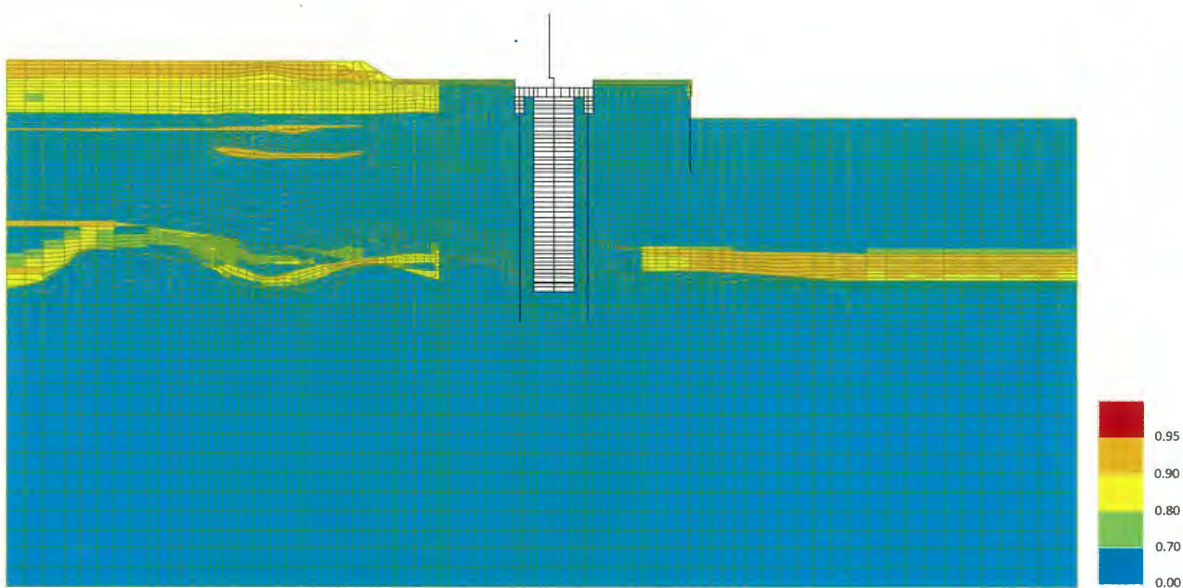


図 4.10-97 最大過剰間隙水圧比分布図 (②-②断面)

($S_s - D1$ [H+, V-])

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

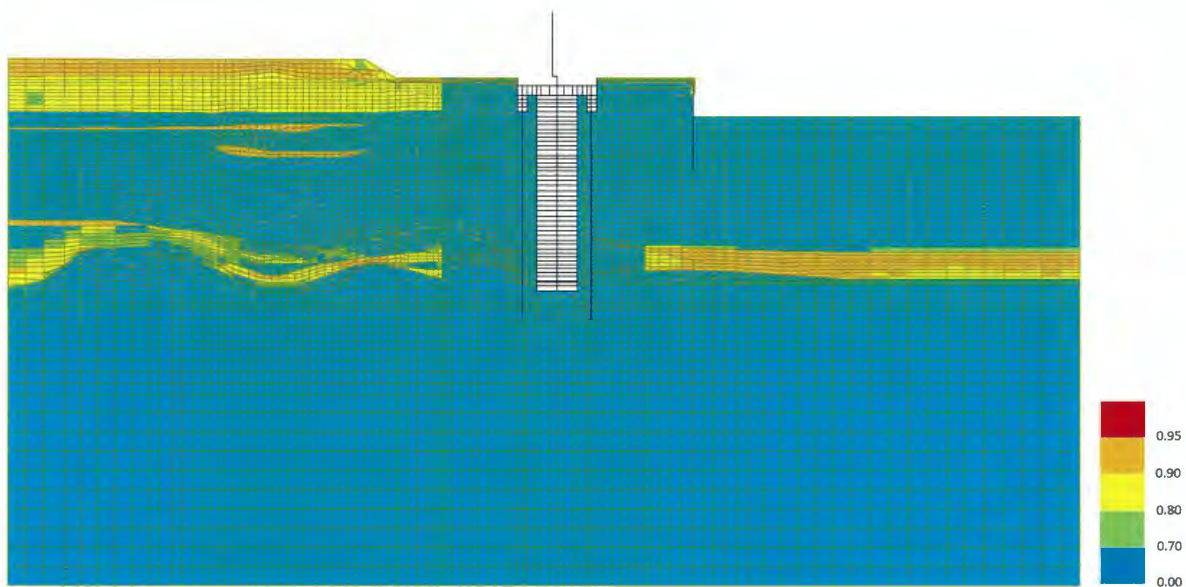


図 4.10-98 最大過剰間隙水圧比分布図 (②-②断面)
 ($S_s-D 1$ [H-, V+])
 (地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

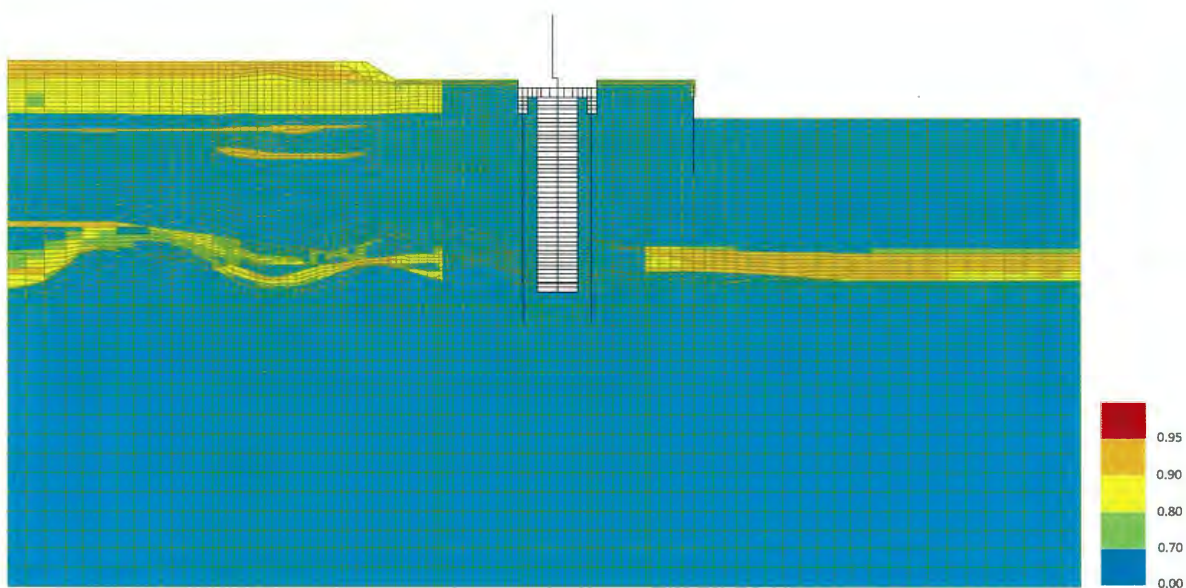


図 4.10-99 最大過剰間隙水圧比分布図 (②-②断面)
 ($S_s-D 1$ [H-, V-])
 (地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

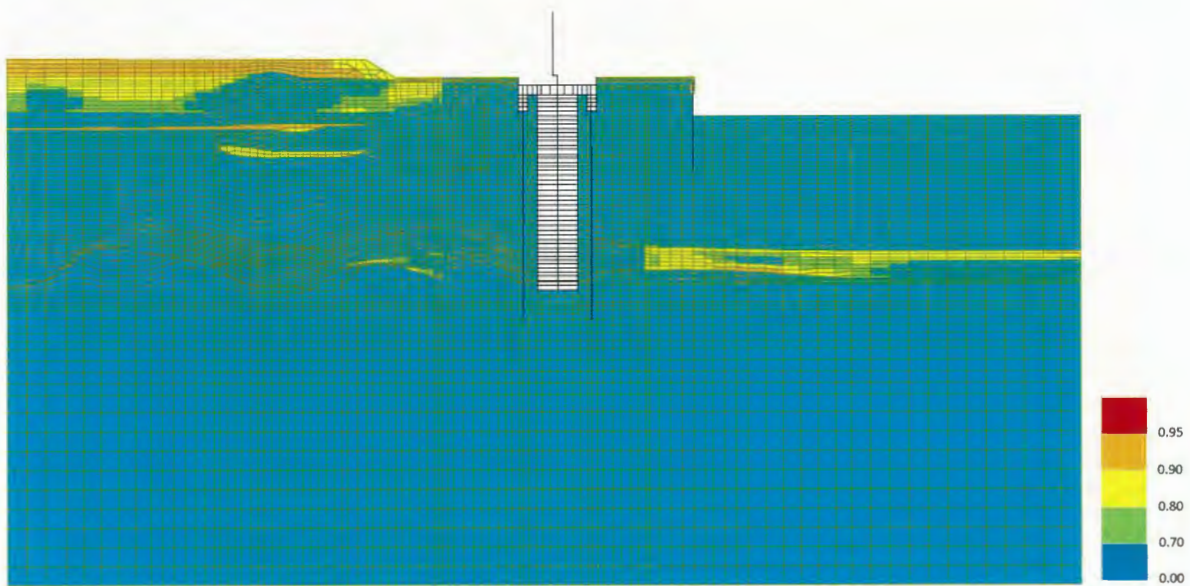


図 4.10-100 最大過剰間隙水圧比分布図 (②-②断面)
($S_s - 11$)

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

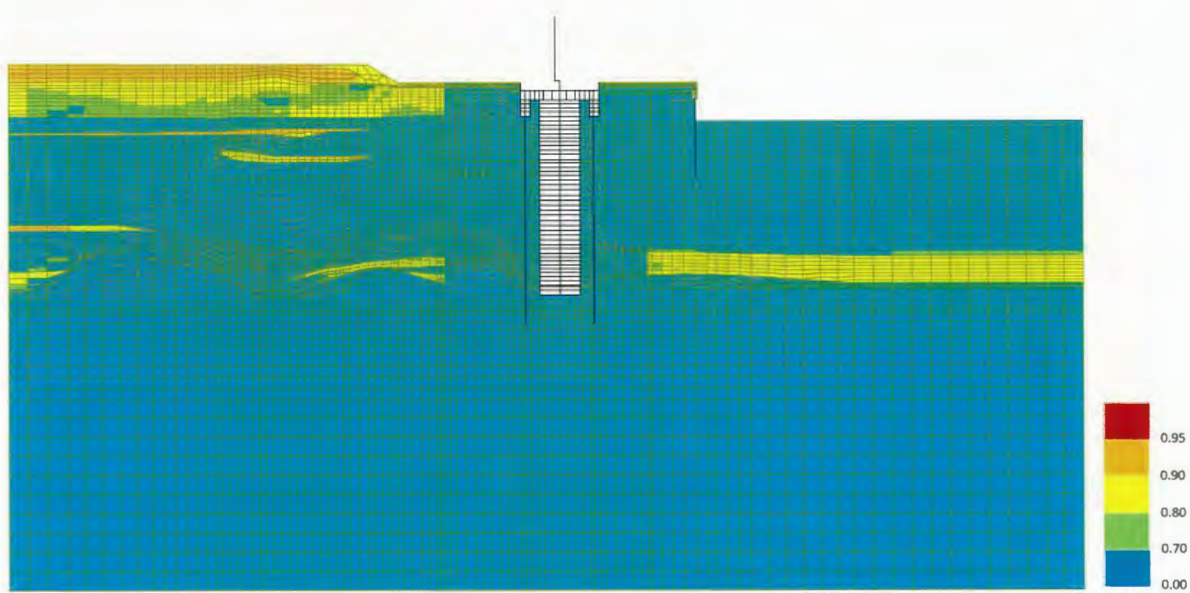


図 4.10-101 最大過剰間隙水圧比分布図 (②-②断面)
($S_s - 12$)

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

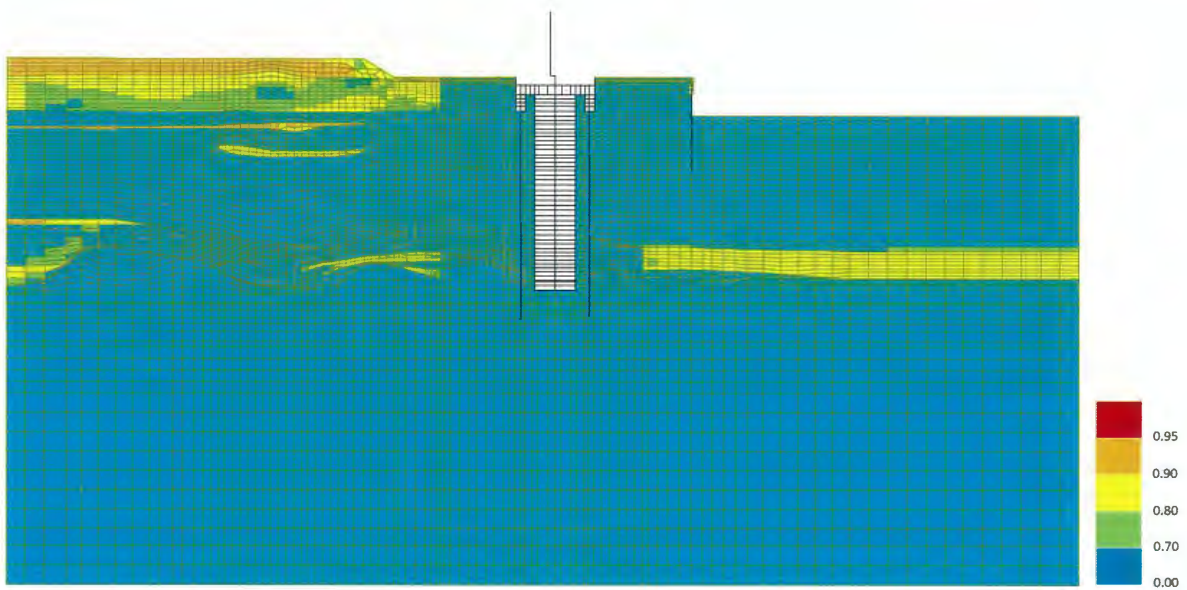


図 4.10-102 最大過剰間隙水圧比分布図 (②-②断面)

(S_s-13)

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

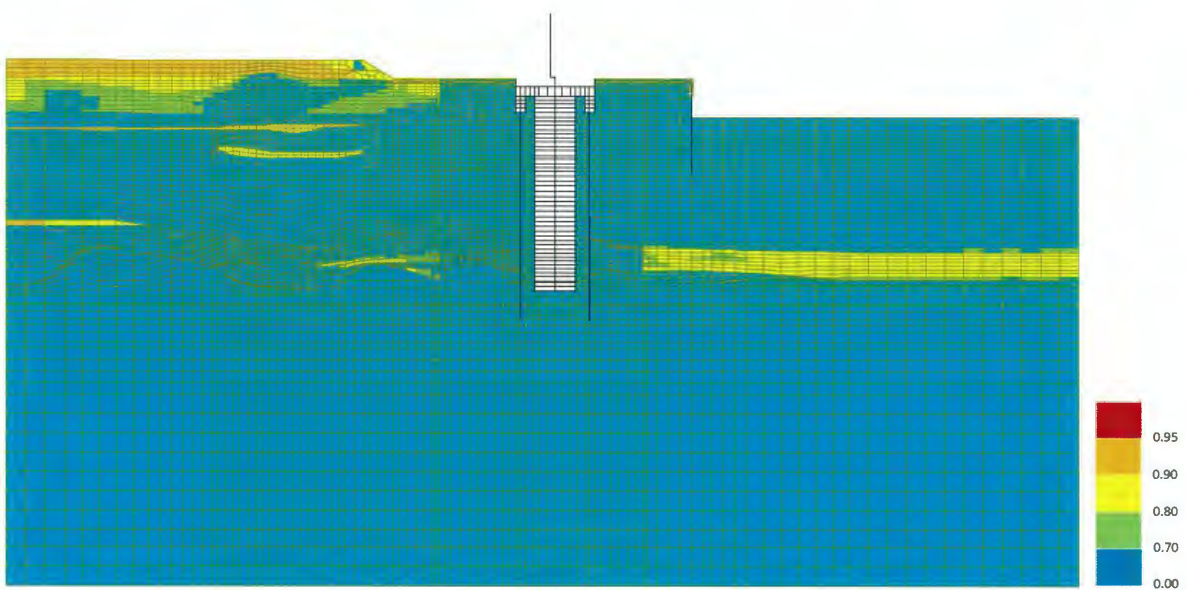


図 4.10-103 最大過剰間隙水圧比分布図 (②-②断面)

(S_s-14)

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

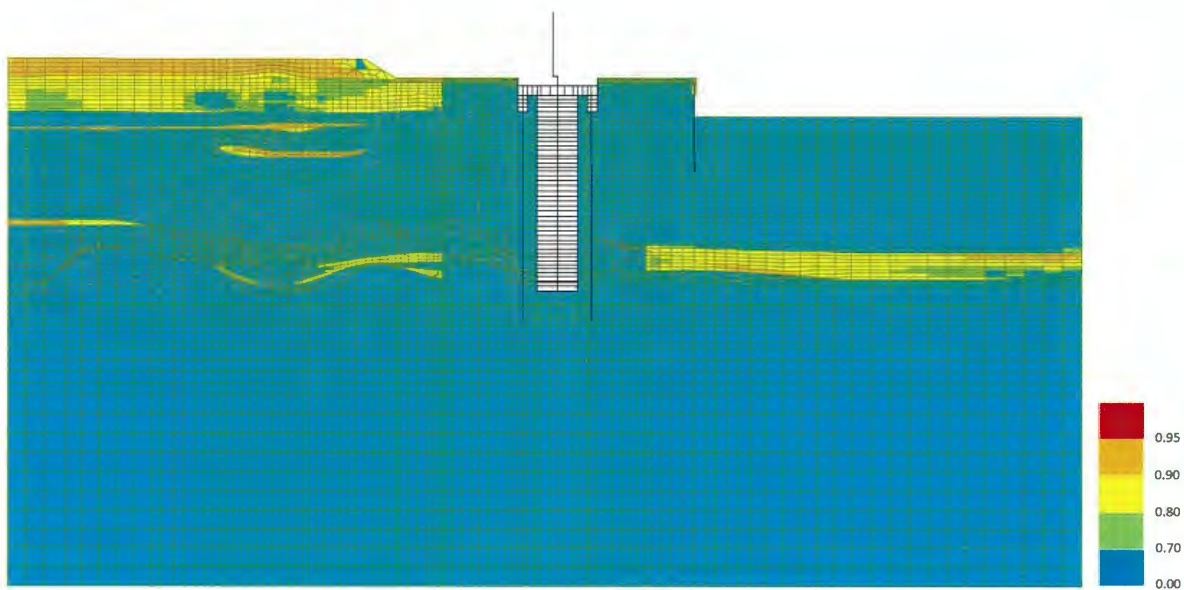


図 4.10-104 最大過剰間隙水圧比分布図 (②-②断面)

($S_s - 21$)

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

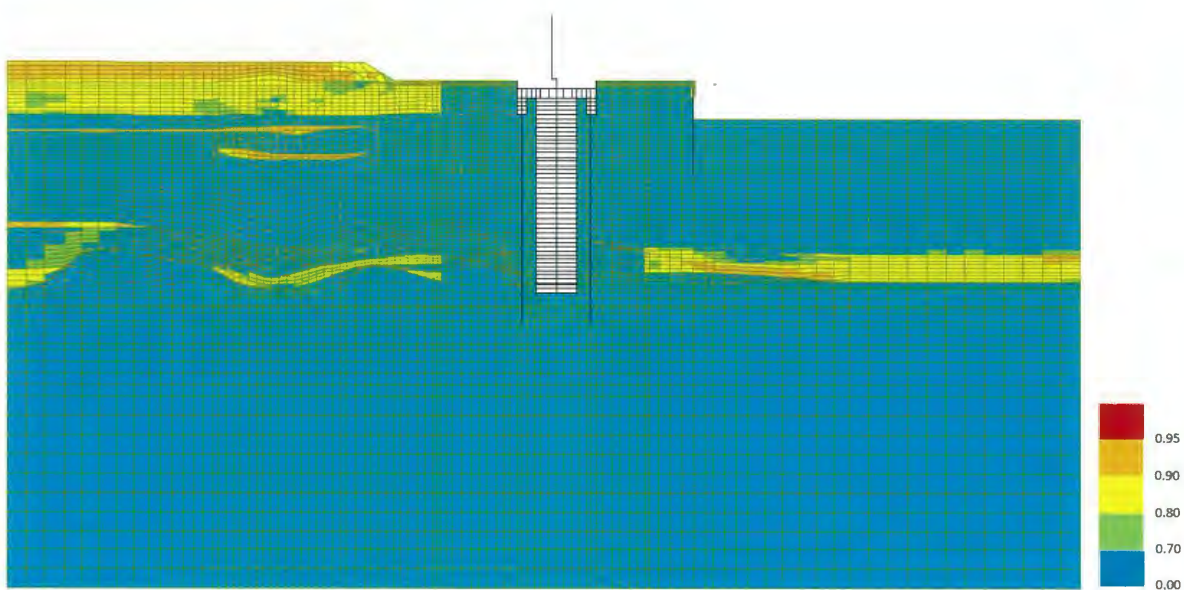


図 4.10-105 最大過剰間隙水圧比分布図 (②-②断面)

($S_s - 22$)

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

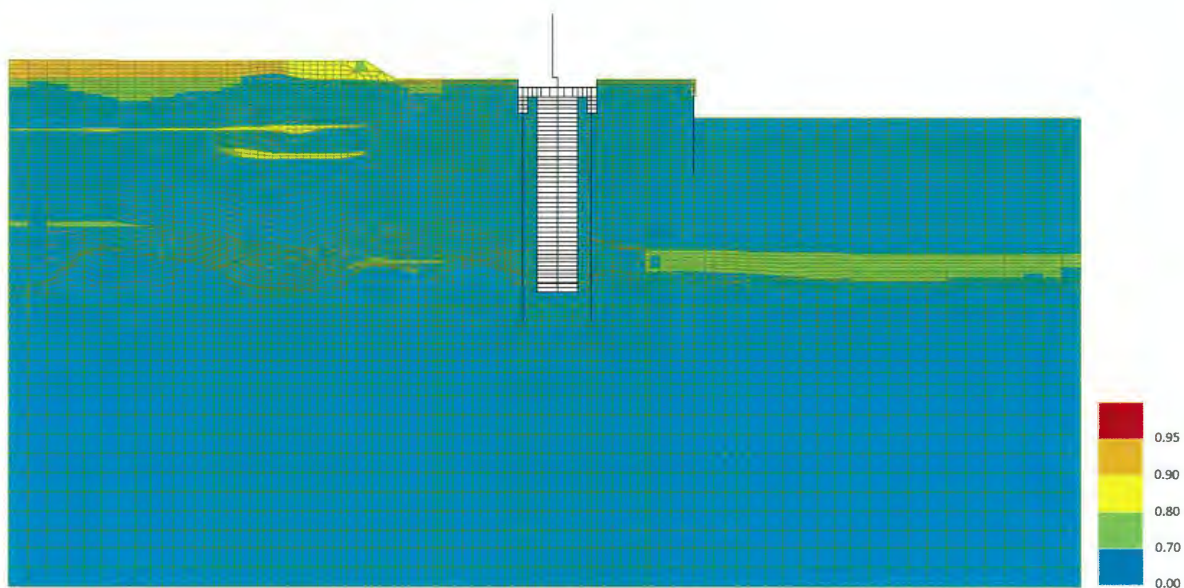


図 4.10-106 最大過剰間隙水圧比分布図 (②-②断面)

($S_s - 31$ [H+, V+])

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

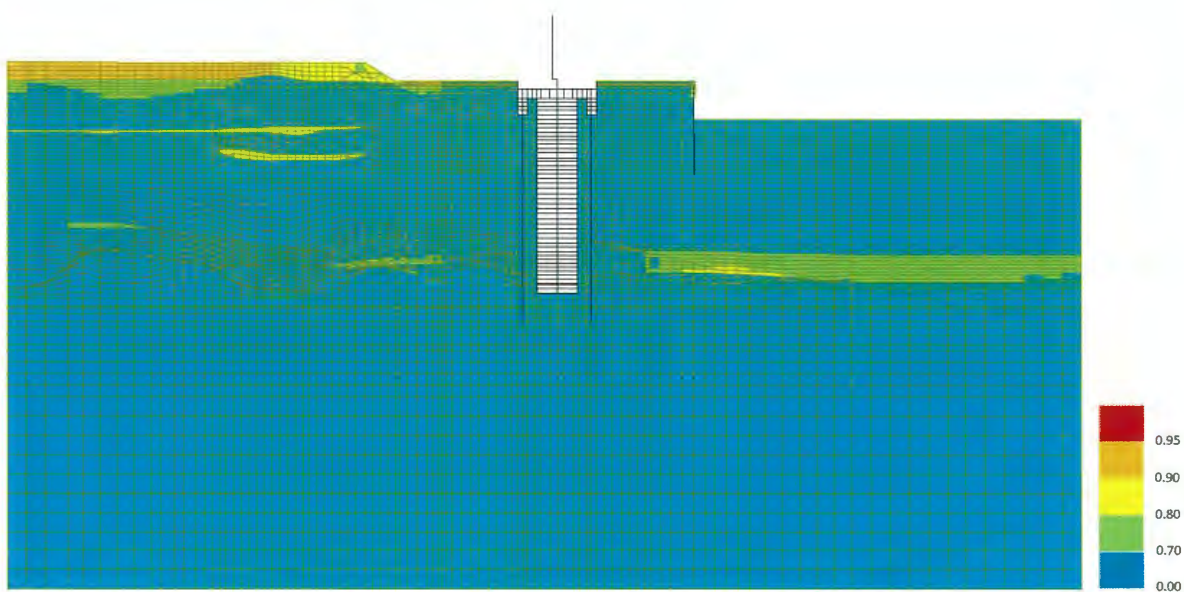


図 4.10-107 最大過剰間隙水圧比分布図 (②-②断面)

($S_s - 31$ [H-, V+])

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

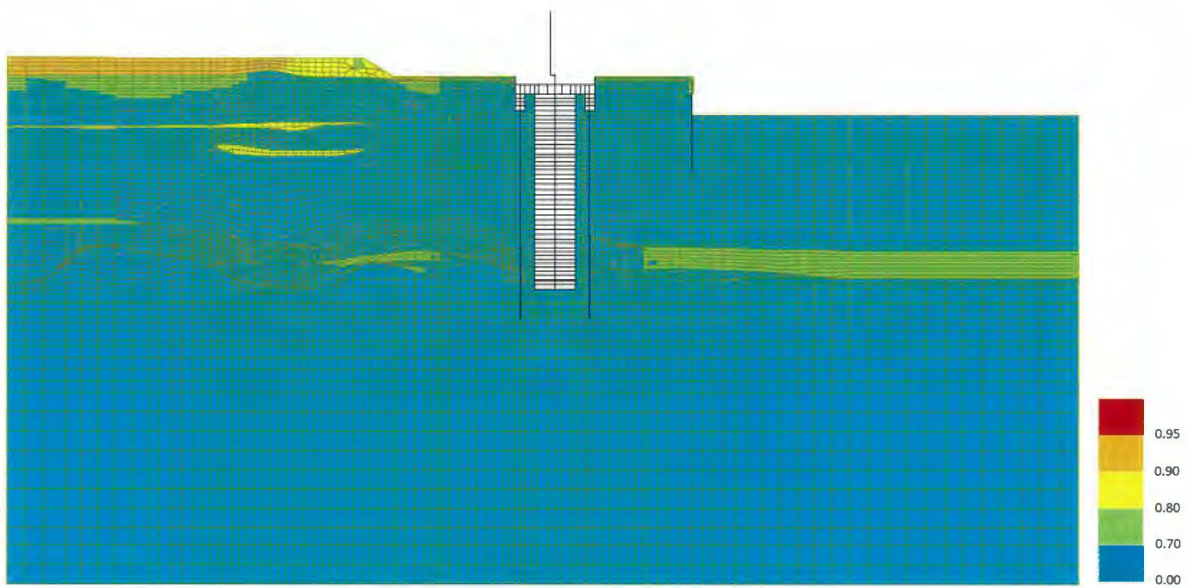


図 4.10-108 最大過剰間隙水圧比分布図 (②-②断面)
 $(S_s - 31 [H+, V+])$
 (地盤ケース②: 地盤物性のばらつきを考慮 (+1 σ) した解析ケース)

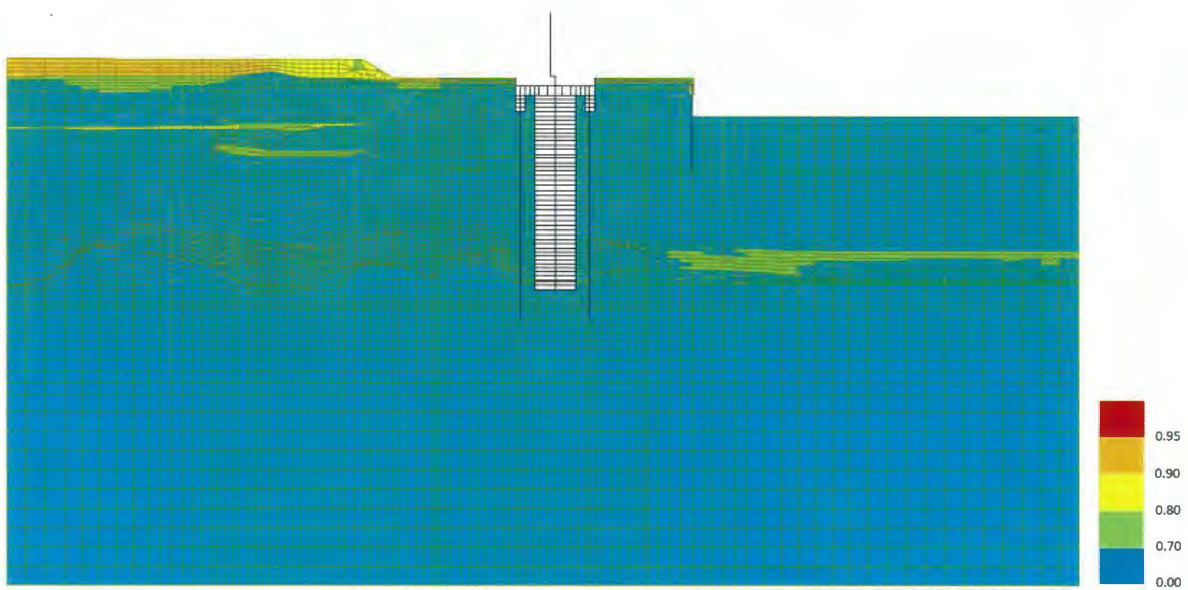


図 4.10-109 最大過剰間隙水圧比分布図 (②-②断面)
 $(S_s - 31 [H+, V+])$
 (地盤ケース③: 地盤物性のばらつきを考慮 (-1 σ) した解析ケース)

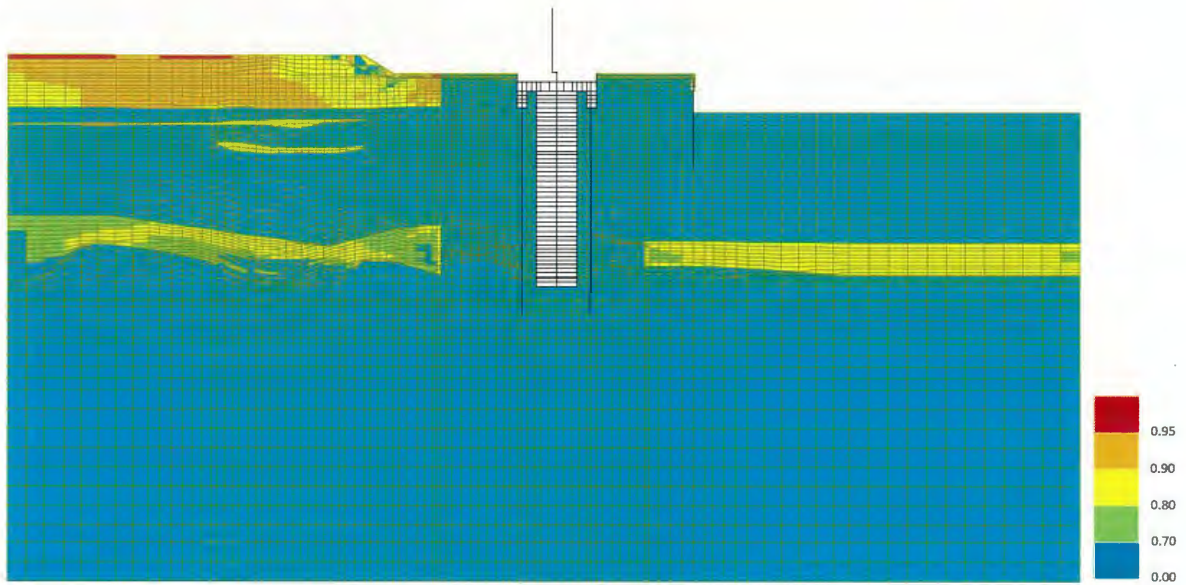


図 4.10-110 最大過剰間隙水圧比分布図 (②-②断面)
(S_s-31 [H+, V+])

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

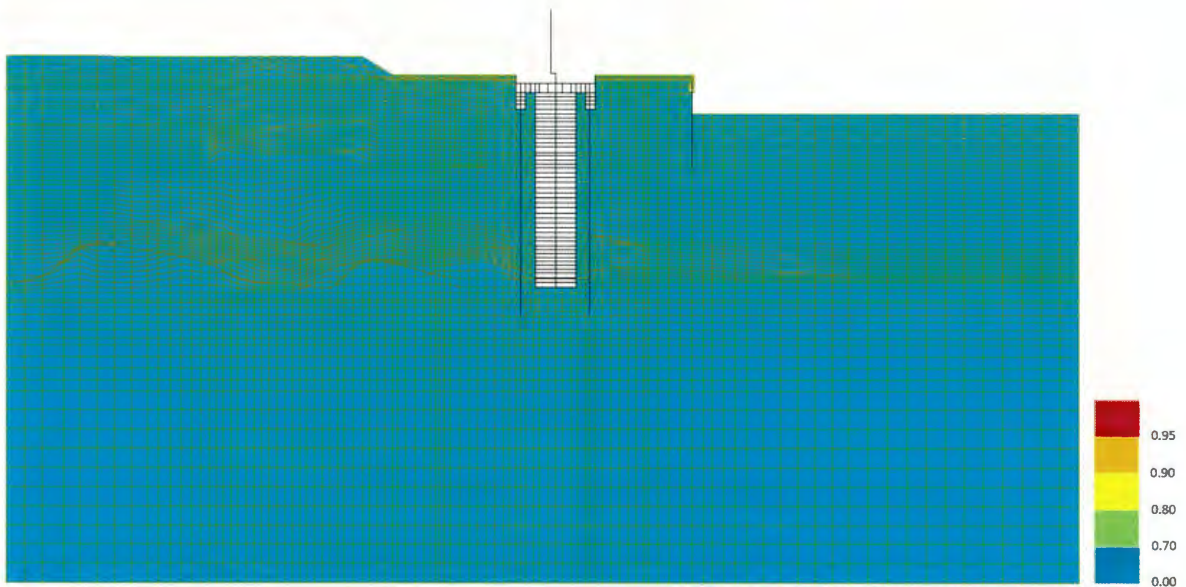


図 4.10-111 最大過剰間隙水圧比分布図 (②-②断面)
(S_s-31 [H+, V+])

(地盤ケース⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース)

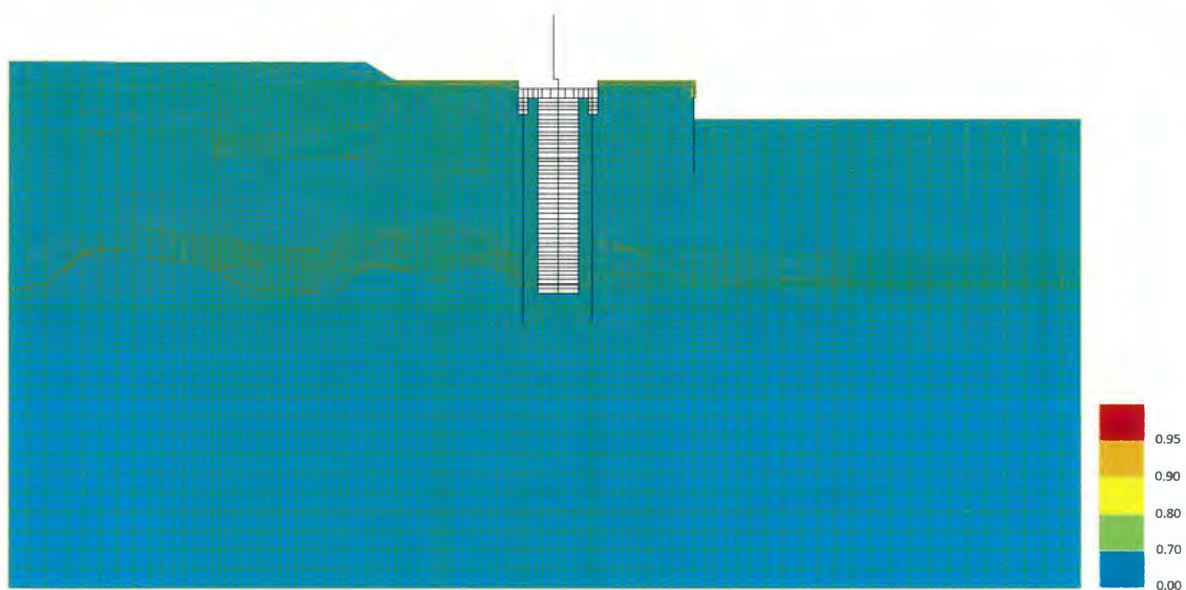


図 4.10-112 最大過剰間隙水圧比分布図 (②-②断面)
 (S_s-31 [H+, V+])
 (地盤ケース⑥: 地盤物性のばらつきを考慮 (+1σ) して
 非液状化の条件を仮定した解析ケース)

4.10.3 最大水平加速度分布

各要素に発生した水平方向の加速度応答分布を確認するため、各基準地震動における最大水平加速度分布を図 4.10-113～図 4.10-168 に示す。

堤軸方向断面（①－①断面）については、最大水平加速度は全体的に $4\sim 500\text{ m/sec}^2$ 程度であり、極端な増幅は見られない。敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケースでは、深部の最大加速度が大きく、地表面付近で低減するのに対し、地盤の非液状化を仮定したケースでは全体的に小さめの値となっている。

堤軸直交方向断面（②－②断面，③－③断面）では、せん断ひずみの分布状況に対応して地表面付近での増幅が見られる。また、護岸や鋼管杭といった剛性の急変部に局所的な加速度の増幅が確認されるが、その範囲は限定的である。

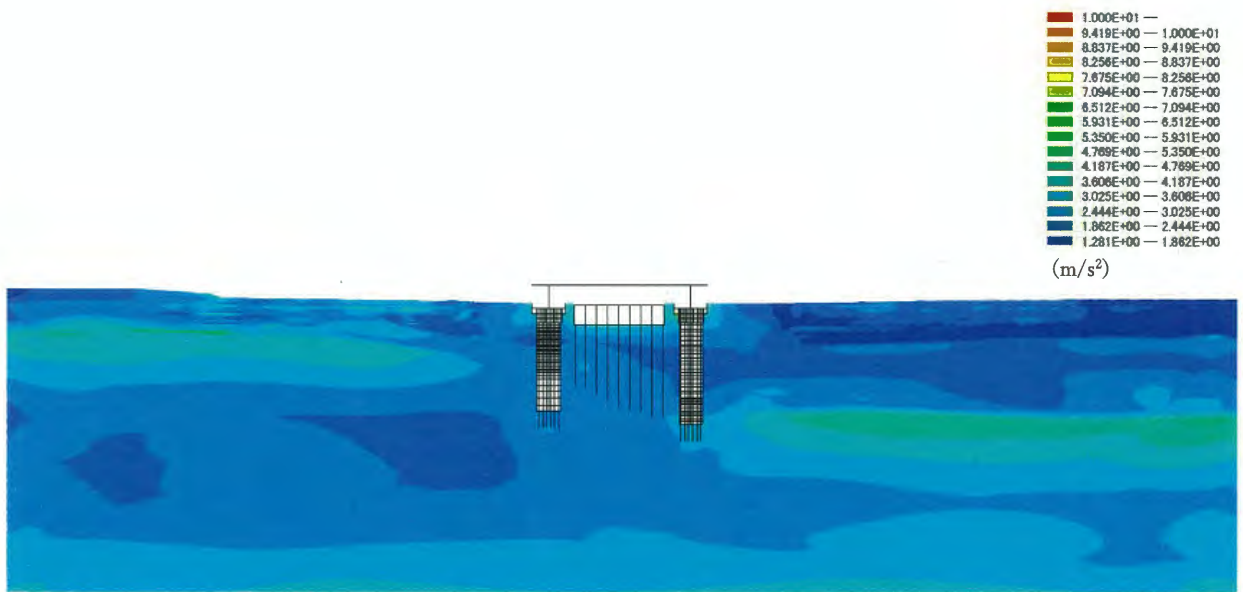


図 4.10-113 最大水平加速度分布図 (①-①断面)

(S_s -D 1 [H+, V+])

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

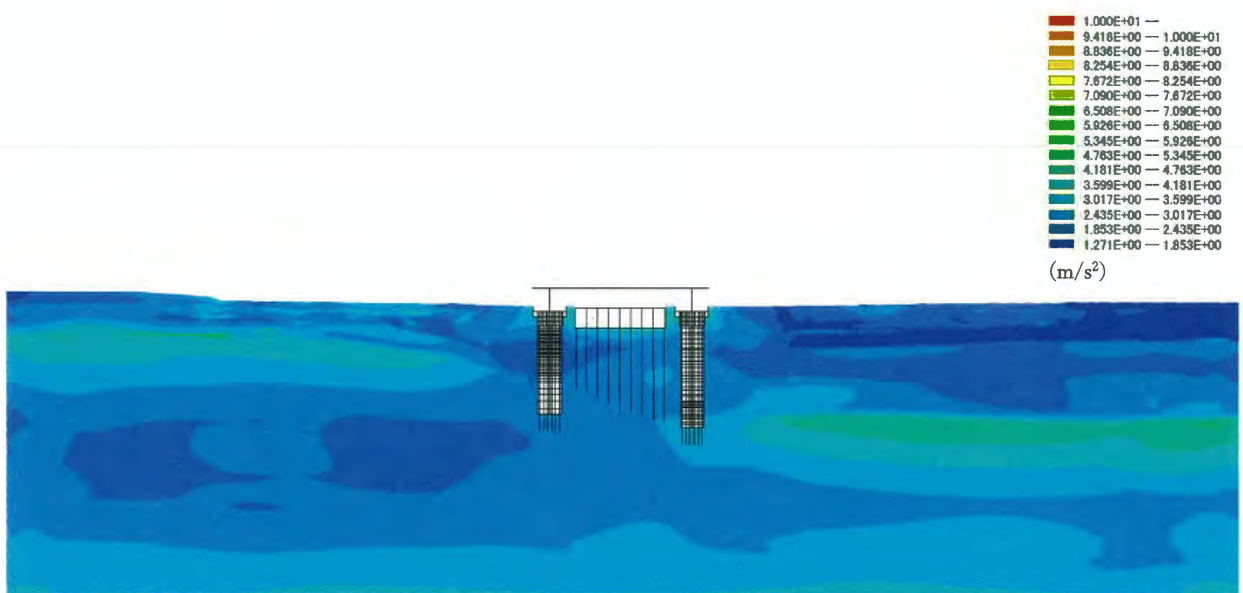


図 4.10-114 最大水平加速度分布図 (①-①断面)

(S_s -D 1 [H+, V-])

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

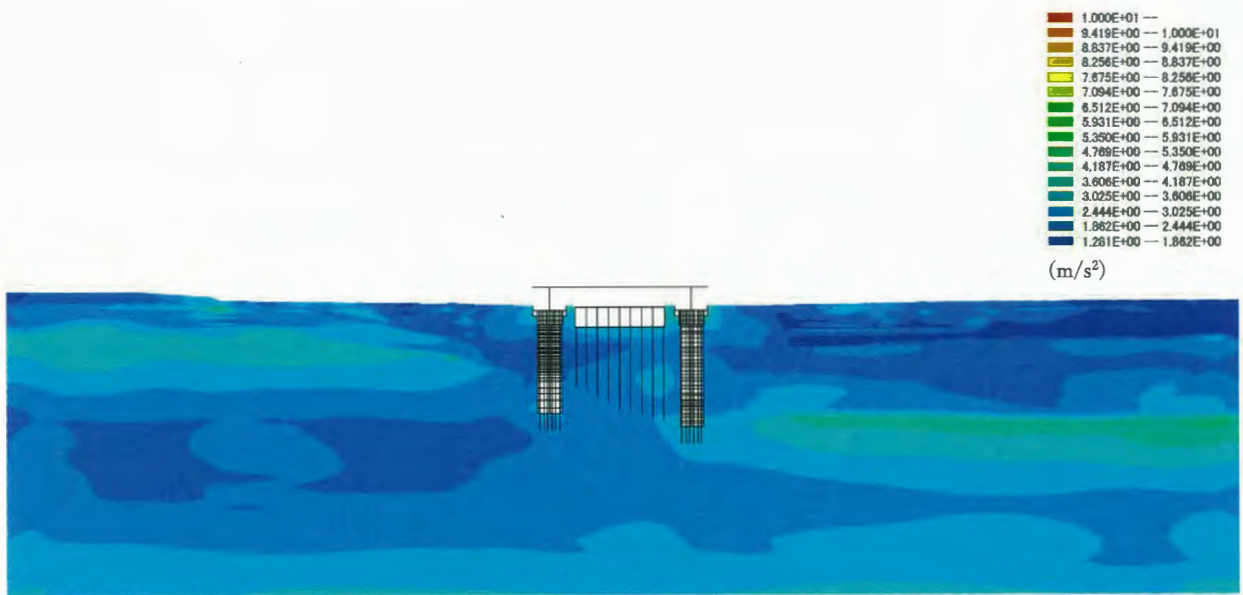


図 4.10-115 最大水平加速度分布図 (①-①断面)

(S_s-D 1 [H-, V+])

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

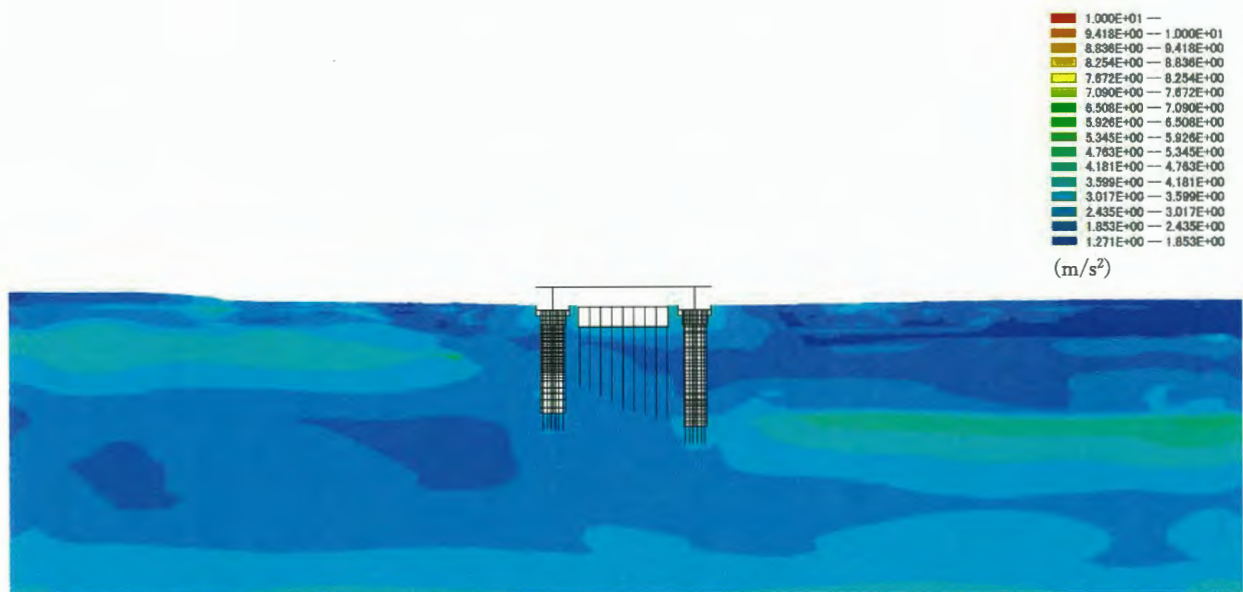


図 4.10-116 最大水平加速度分布図 (①-①断面)

(S_s-D 1 [H-, V-])

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

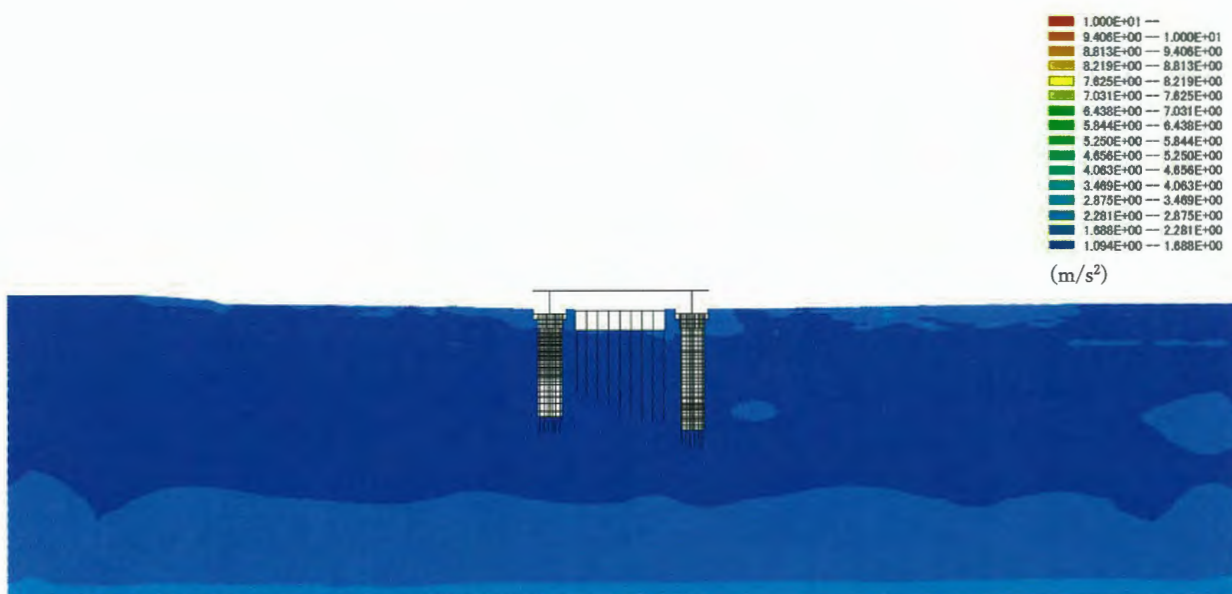


図 4.10-117 最大水平加速度分布図 (①-①断面)

(S_s - 1 1)

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

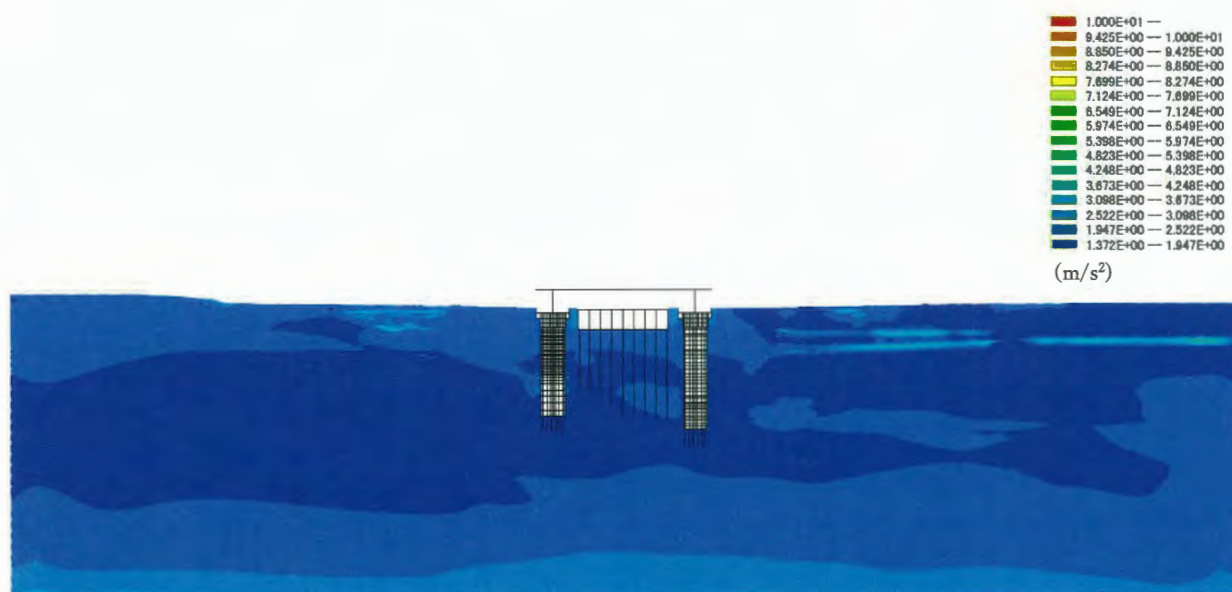


図 4.10-118 最大水平加速度分布図 (①-①断面)

(S_s - 1 2)

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

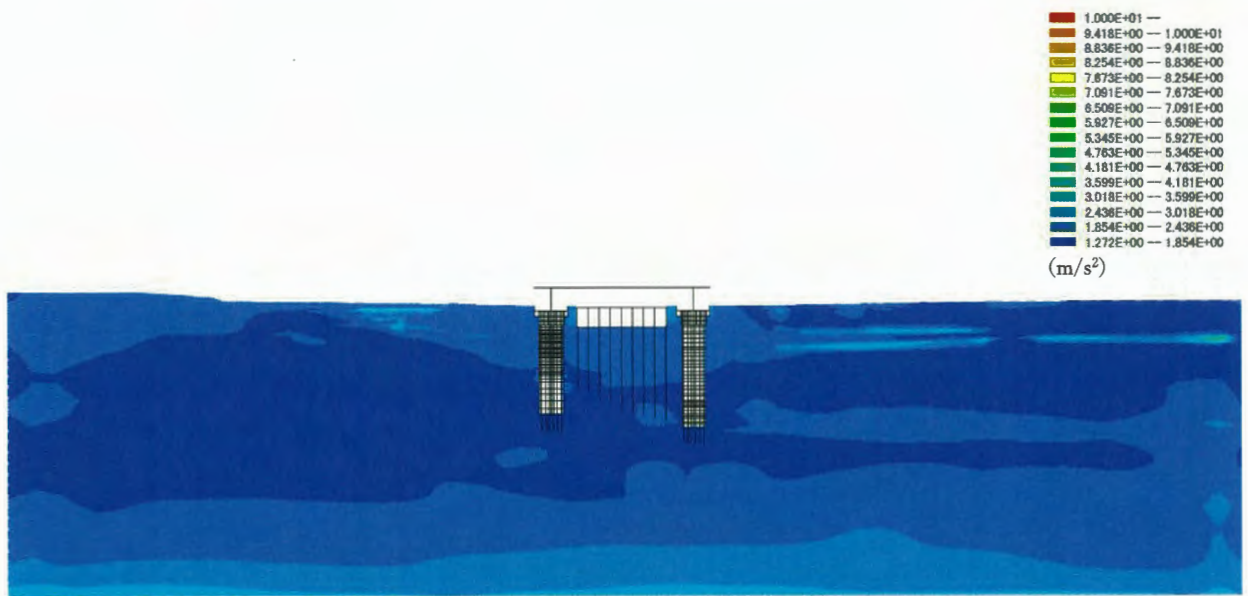


図 4.10-119 最大水平加速度分布図 (①-①断面)

(S_s-13)

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

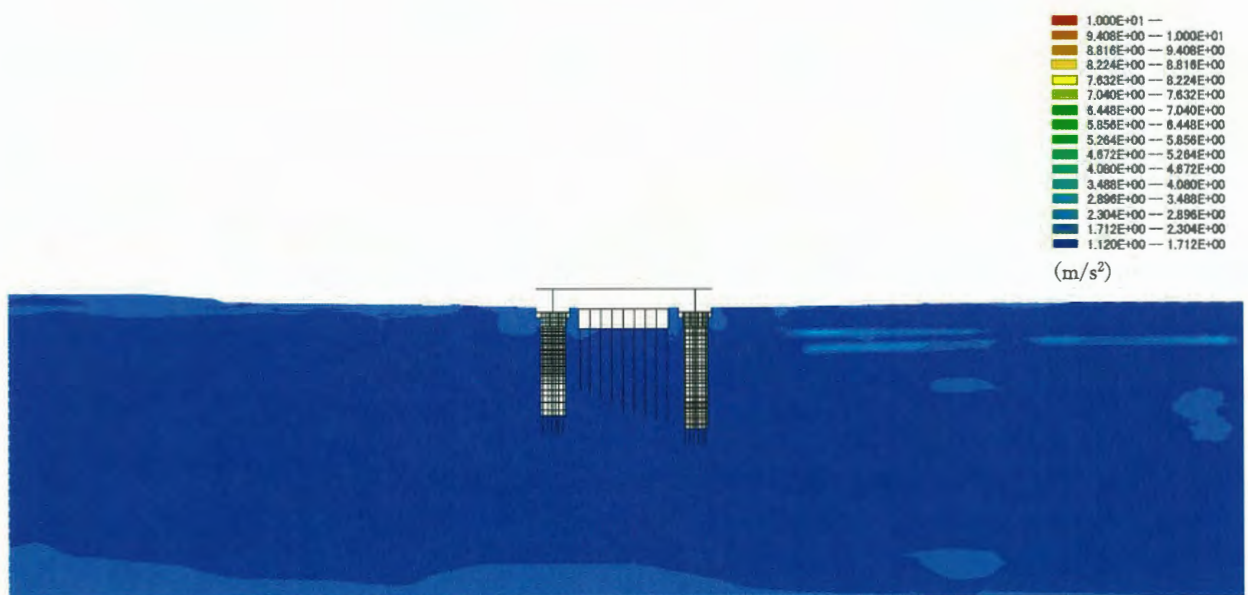


図 4.10-120 最大水平加速度分布図 (①-①断面)

(S_s-14)

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

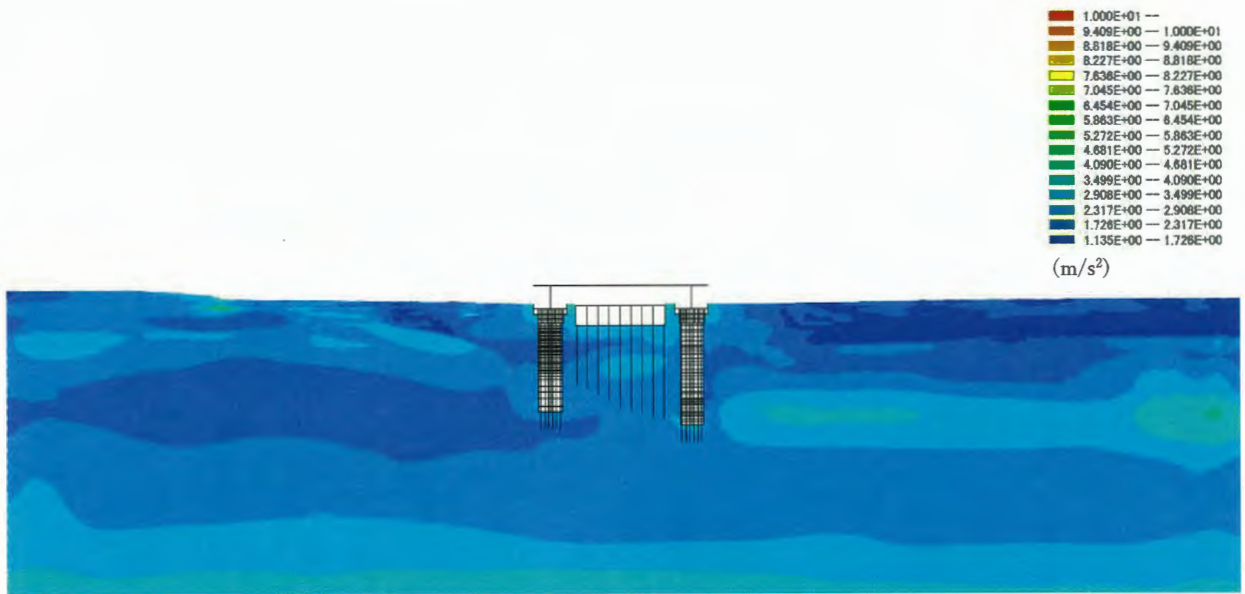


図 4.10-121 最大水平加速度分布図 (①-①断面)

(S_s-21)

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

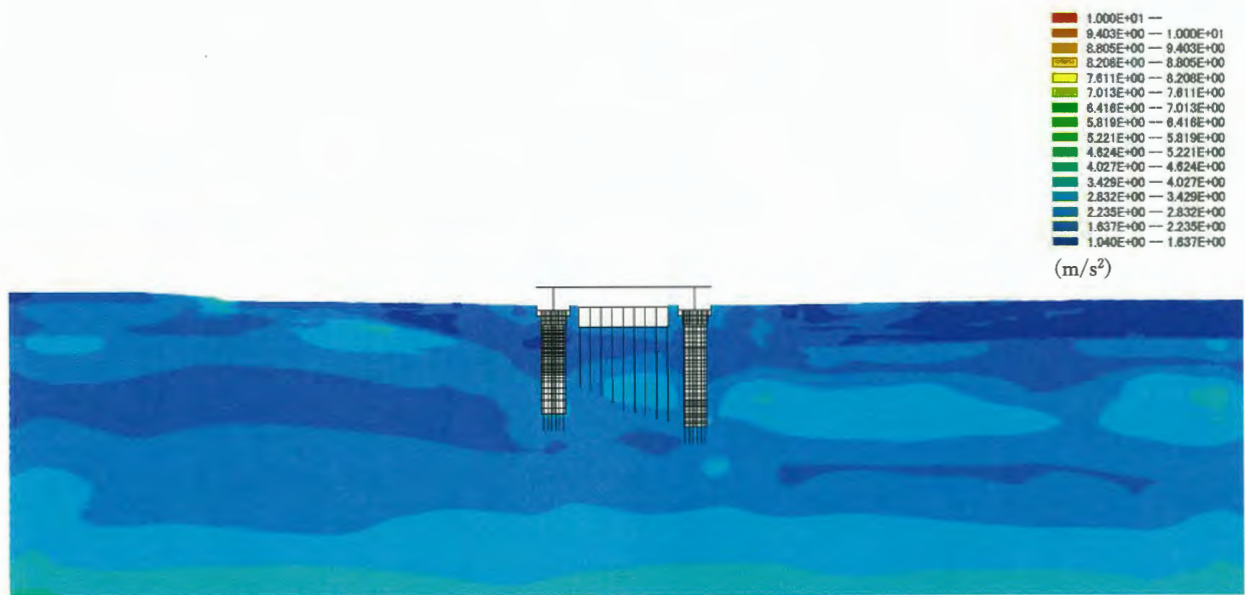


図 4.10-122 最大水平加速度分布図 (①-①断面)

(S_s-22)

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

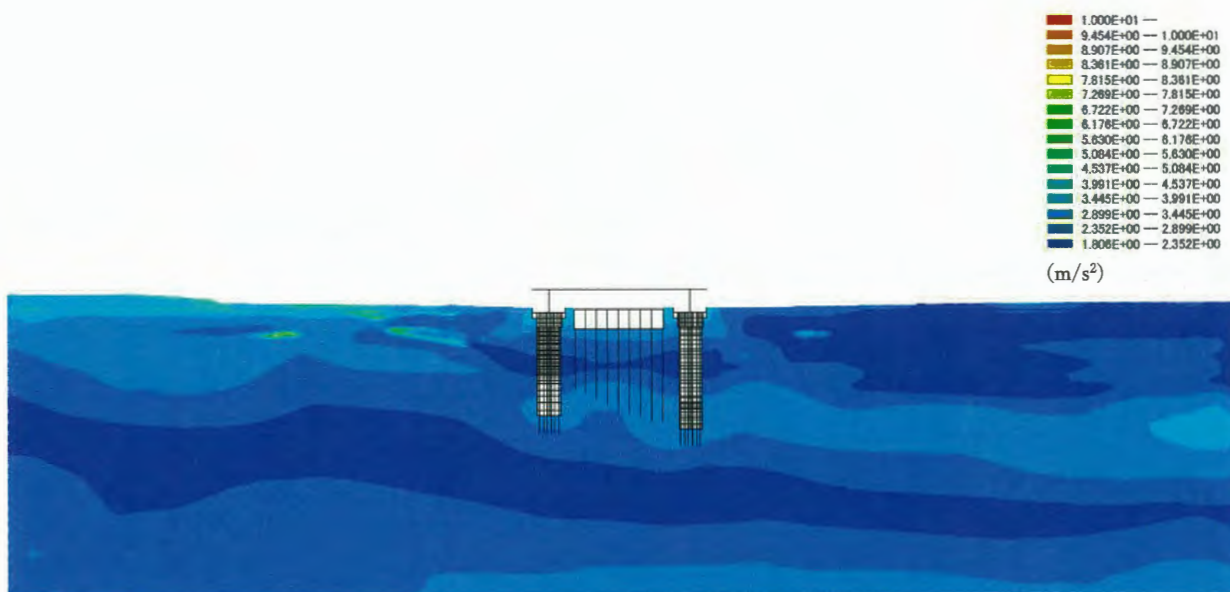


図 4.10-123 最大水平加速度分布図 (①-①断面)

(S_s-31 [H+, V+])

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

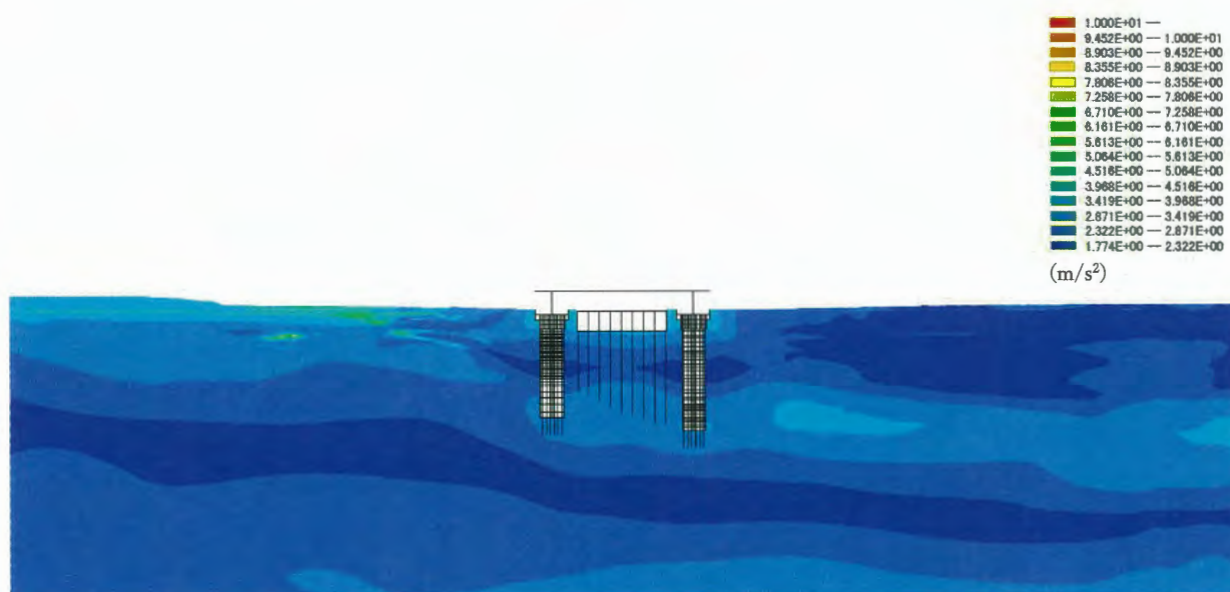


図 4.10-124 最大水平加速度分布図 (①-①断面)

(S_s-31 [H-, V+])

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

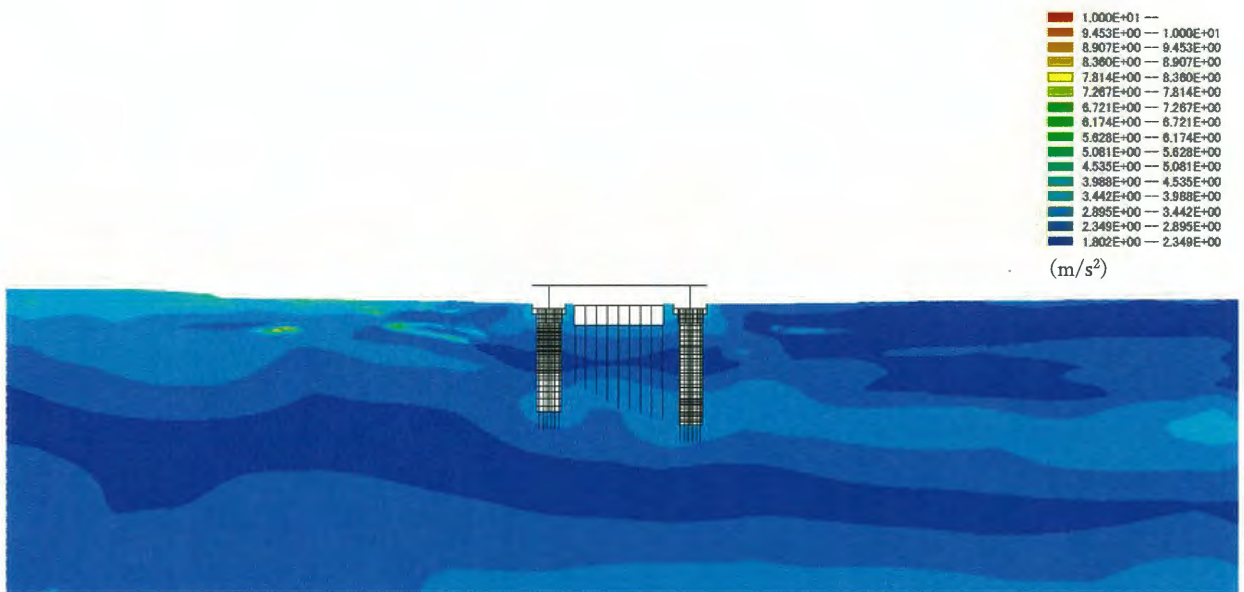


図 4.10-125 最大水平加速度分布図 (①-①断面)

($S_s - 31$ [H+, V+])

(地盤ケース②：地盤物性のばらつきを考慮 (+1 σ) した解析ケース)

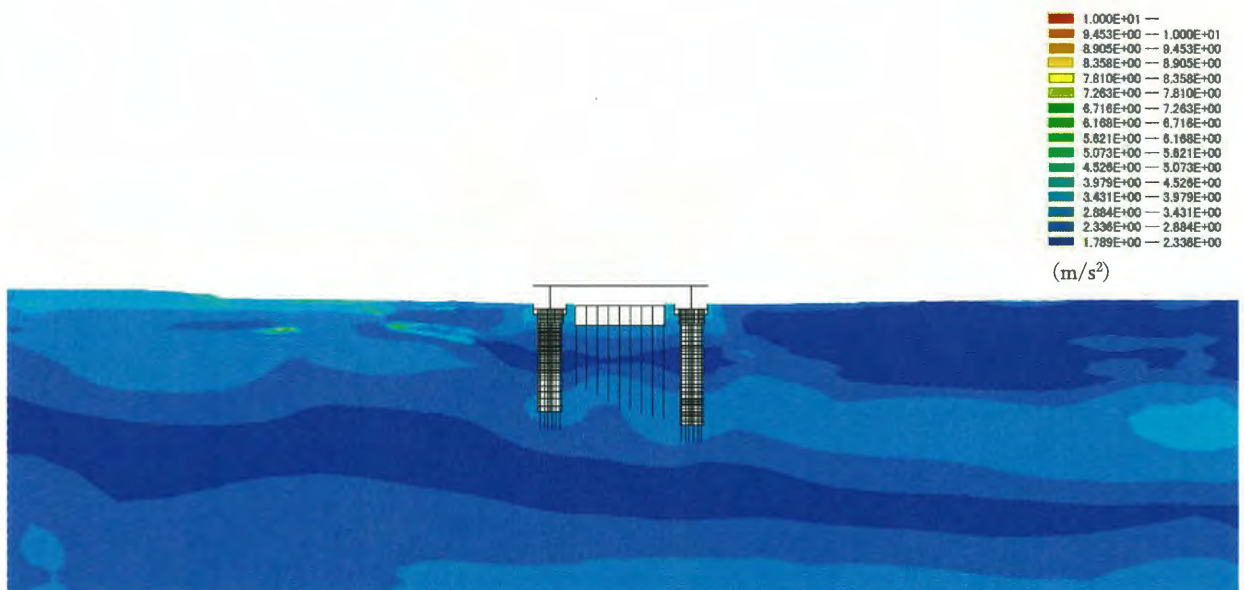


図 4.10-126 最大水平加速度分布図 (①-①断面)

($S_s - 31$ [H+, V+])

(地盤ケース③：地盤物性のばらつきを考慮 (-1 σ) した解析ケース)

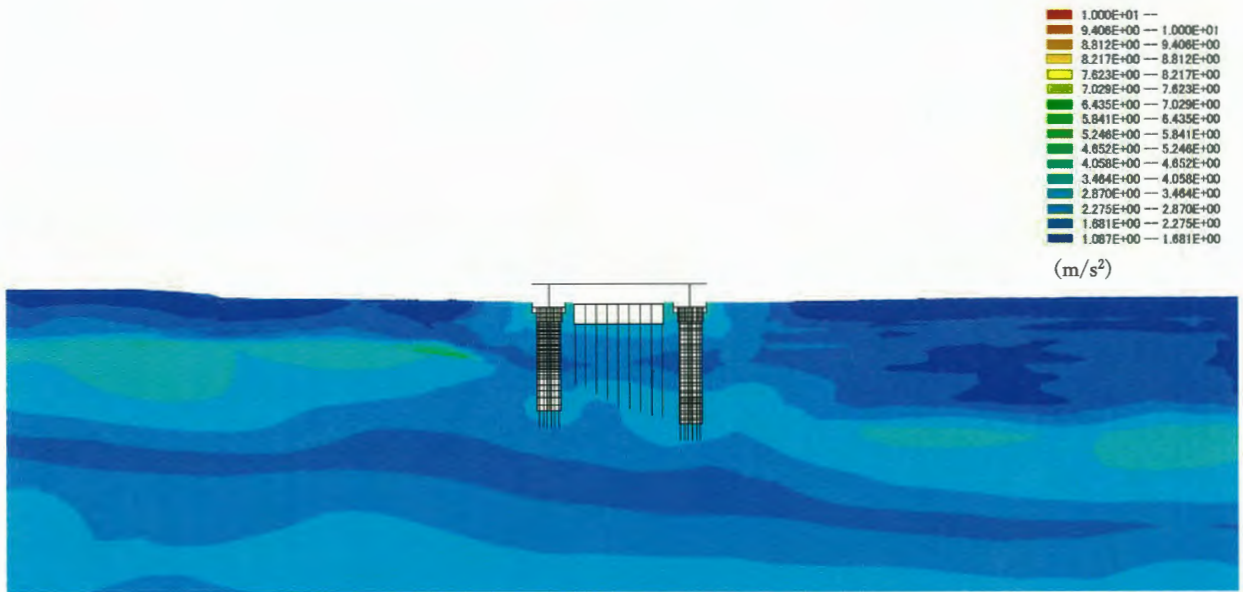


図 4.10-127 最大水平加速度分布図 (①-①断面)

($S_s - 31$ [H+, V+])

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

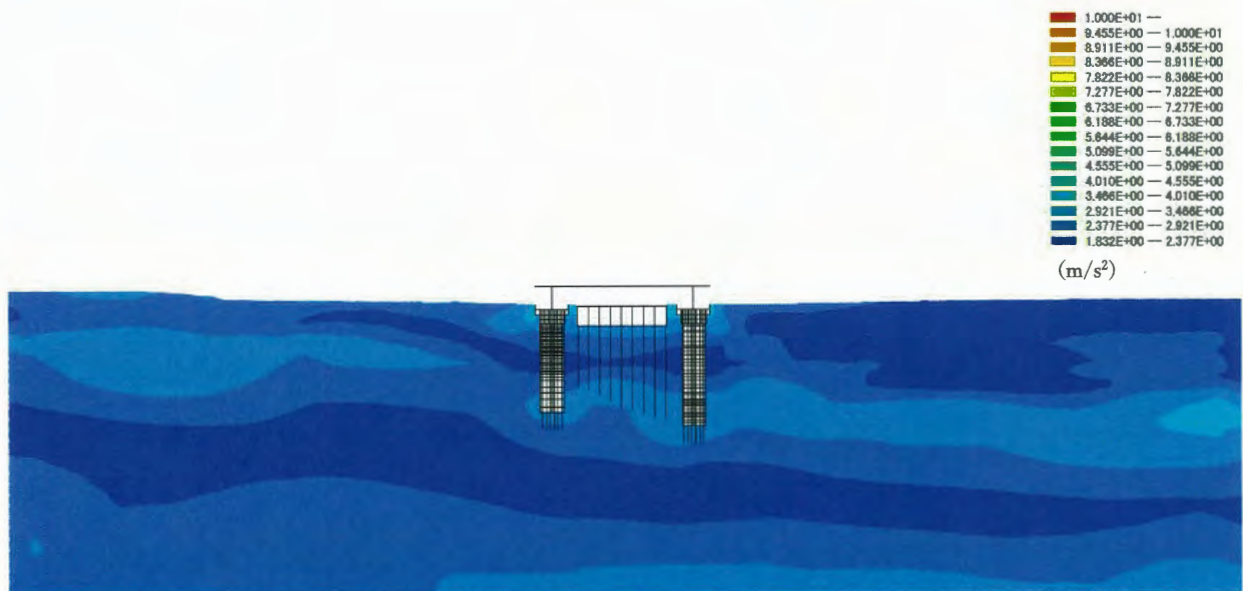


図 4.10-128 最大水平加速度分布図 (①-①断面)

($S_s - 31$ [H+, V+])

(地盤ケース⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース)

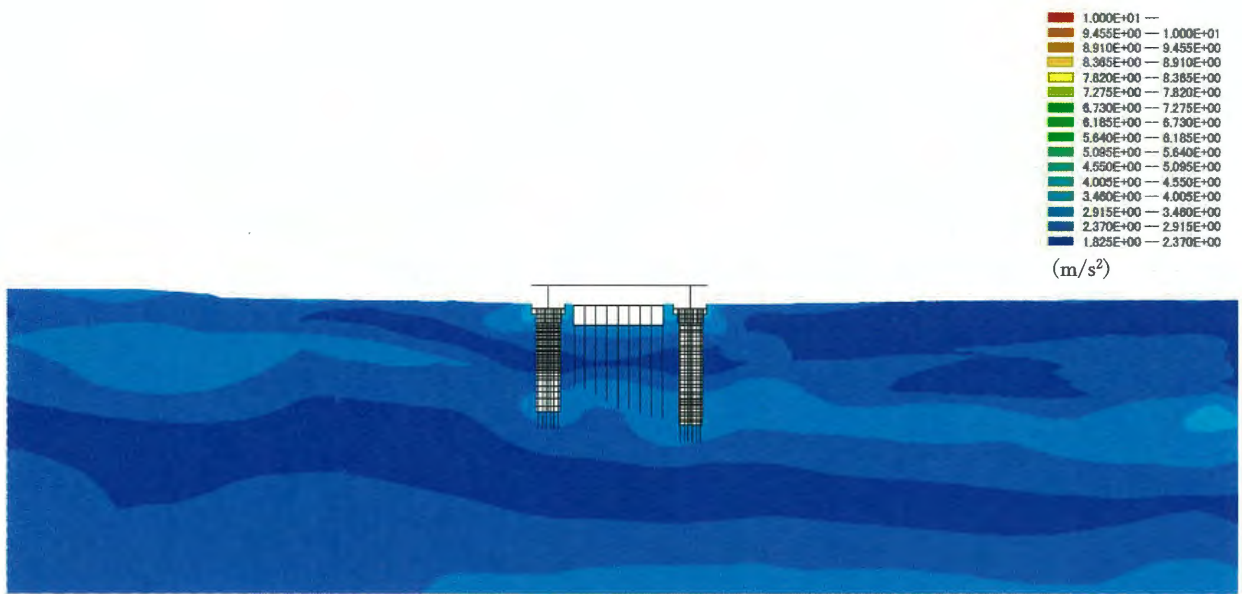


図 4.10-129 最大水平加速度分布図 (①-①断面)
 (S_s-31 [H+, V+])
 (地盤ケース⑥：地盤物性のばらつきを考慮 (+1σ) して
 非液状化の条件を仮定した解析ケース)

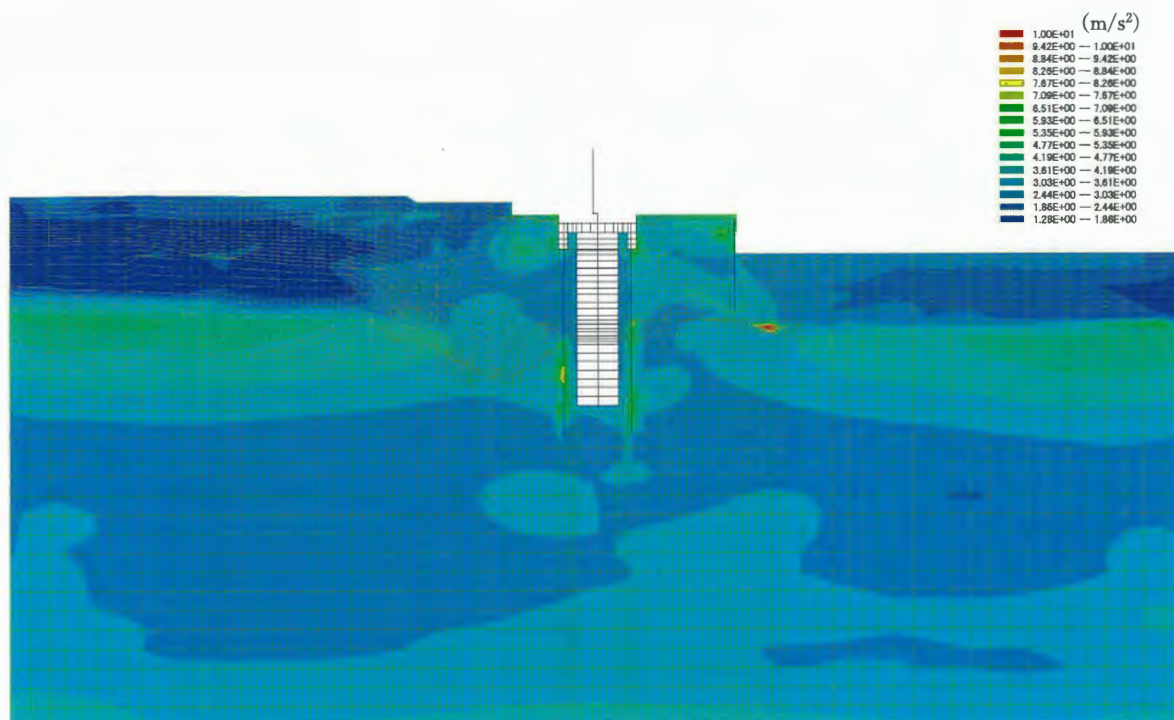


図 4.10-130 最大水平加速度分布図 (③-③断面)

(S_s -D1 [H+, V+])

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

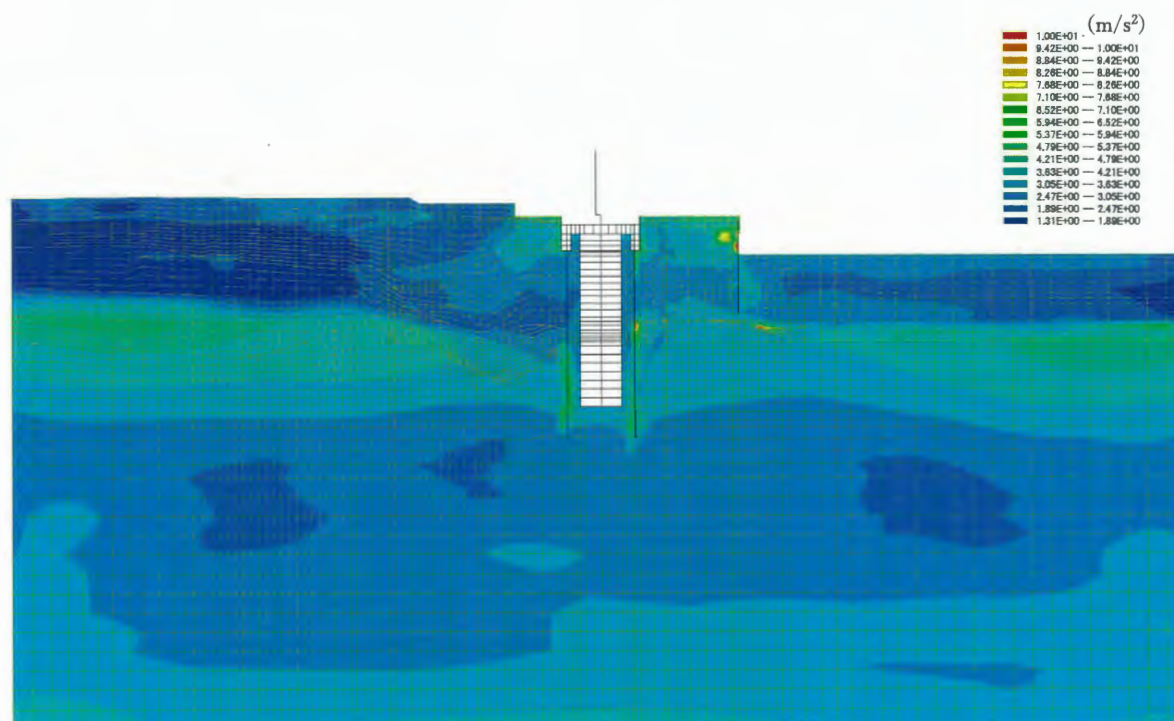


図 4.10-131 最大水平加速度分布図 (③-③断面)

(S_s -D1 [H+, V-])

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

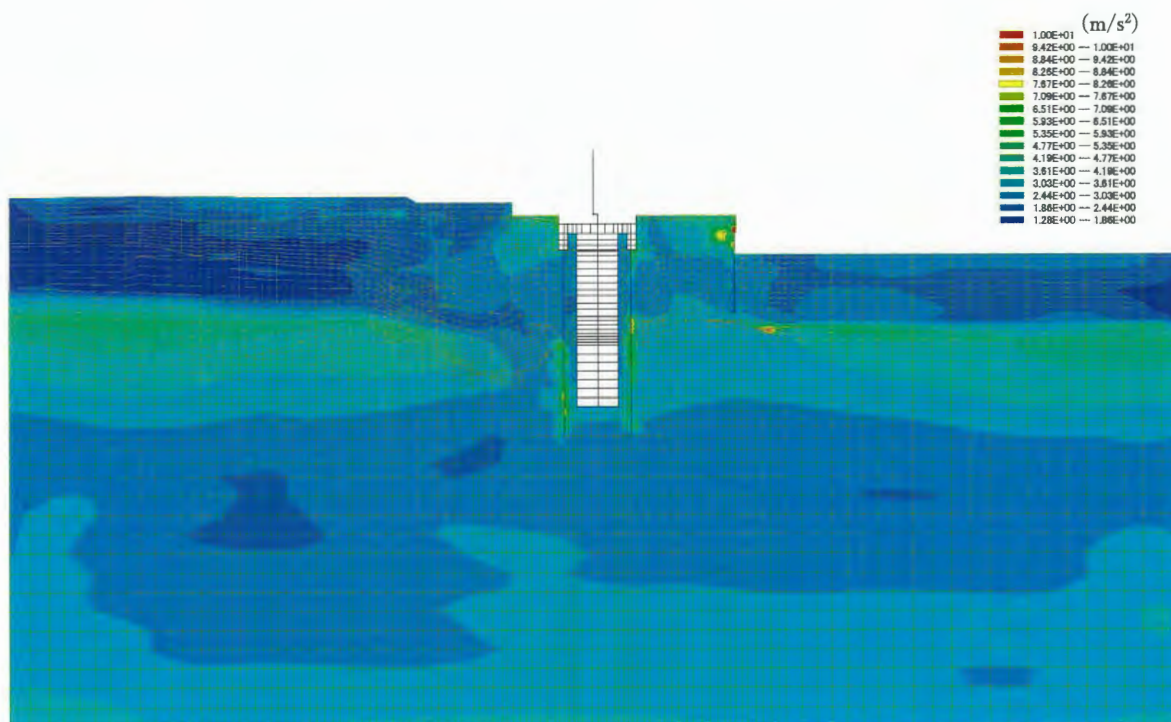


図 4.10-132 最大水平加速度分布図 (③-③断面)

(S_s -D1 [H-, V+])

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

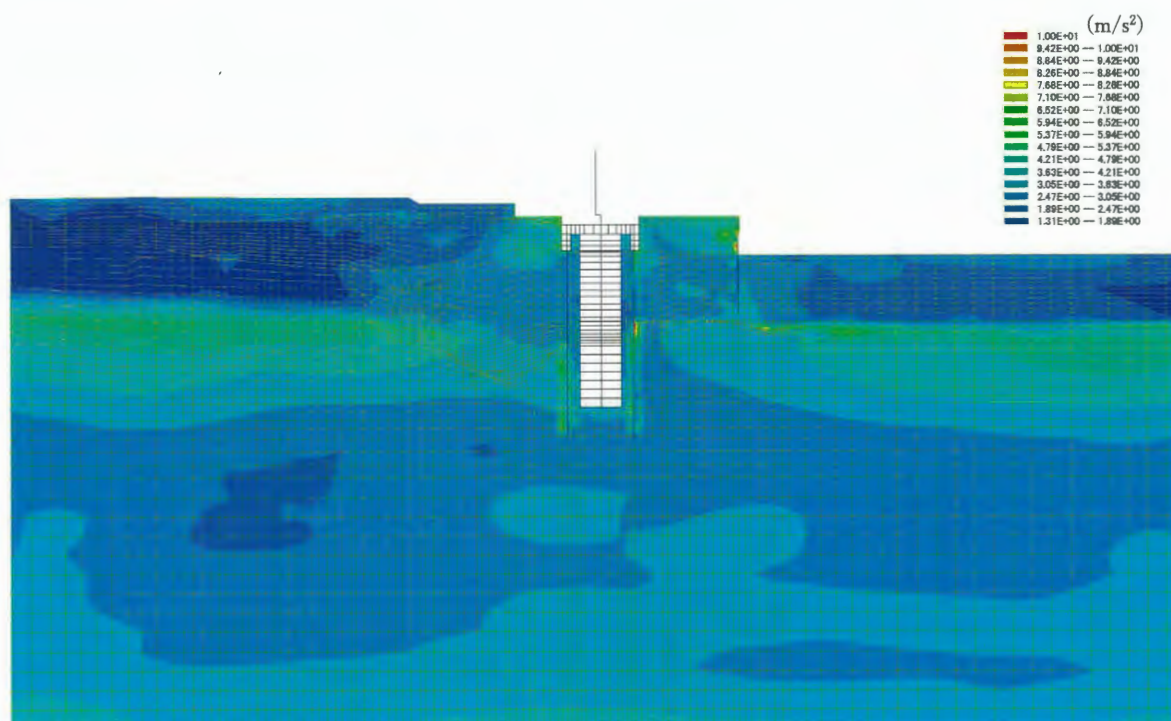


図 4.10-133 最大水平加速度分布図 (③-③断面)

(S_s -D1 [H-, V-])

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

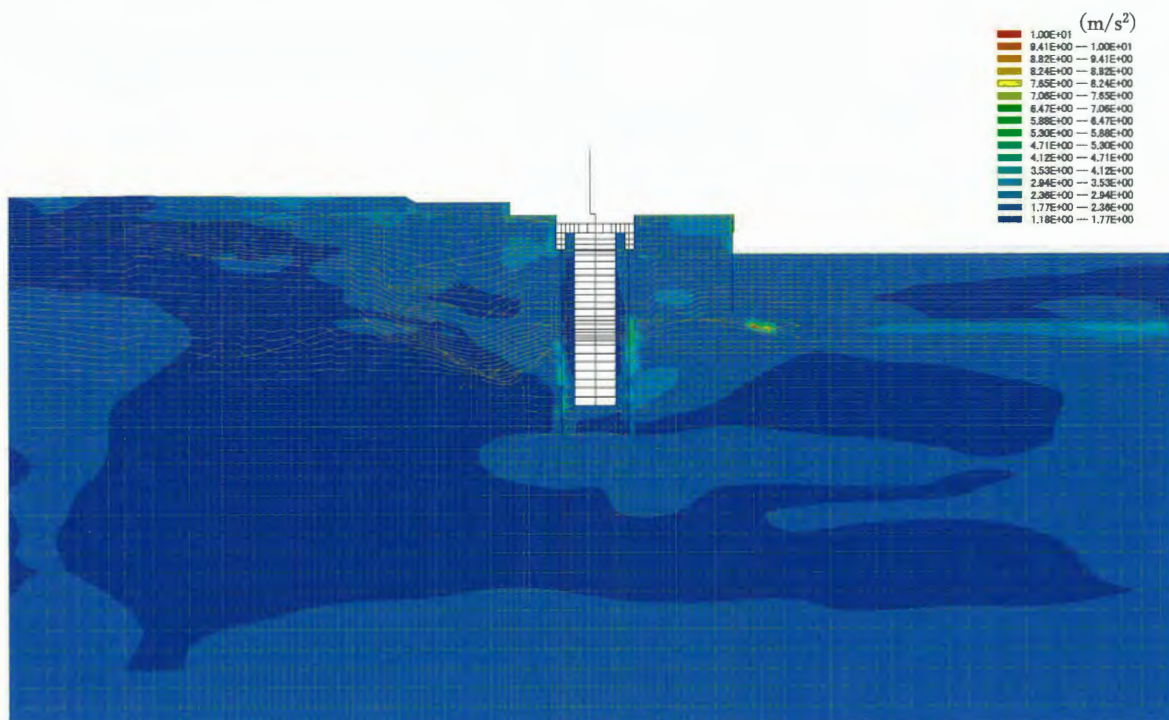


図 4.10-134 最大水平加速度分布図 (③-③断面)

($S_s - 11$)

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

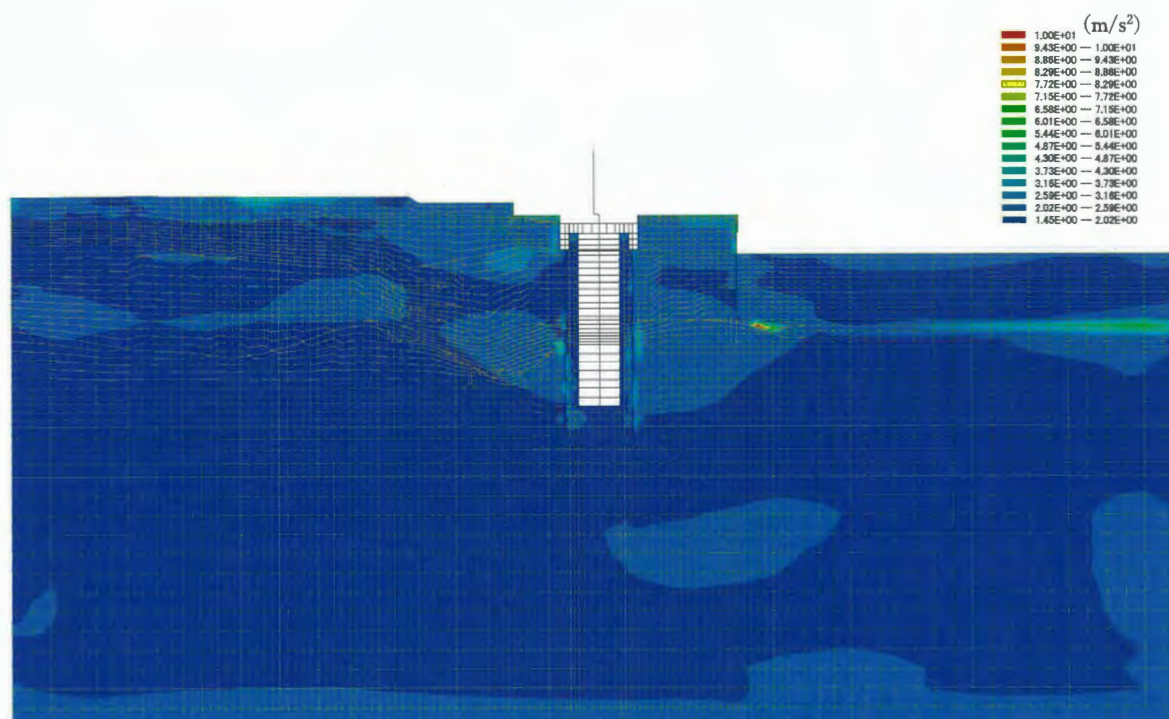


図 4.10-135 最大水平加速度分布図 (③-③断面)

($S_s - 12$)

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

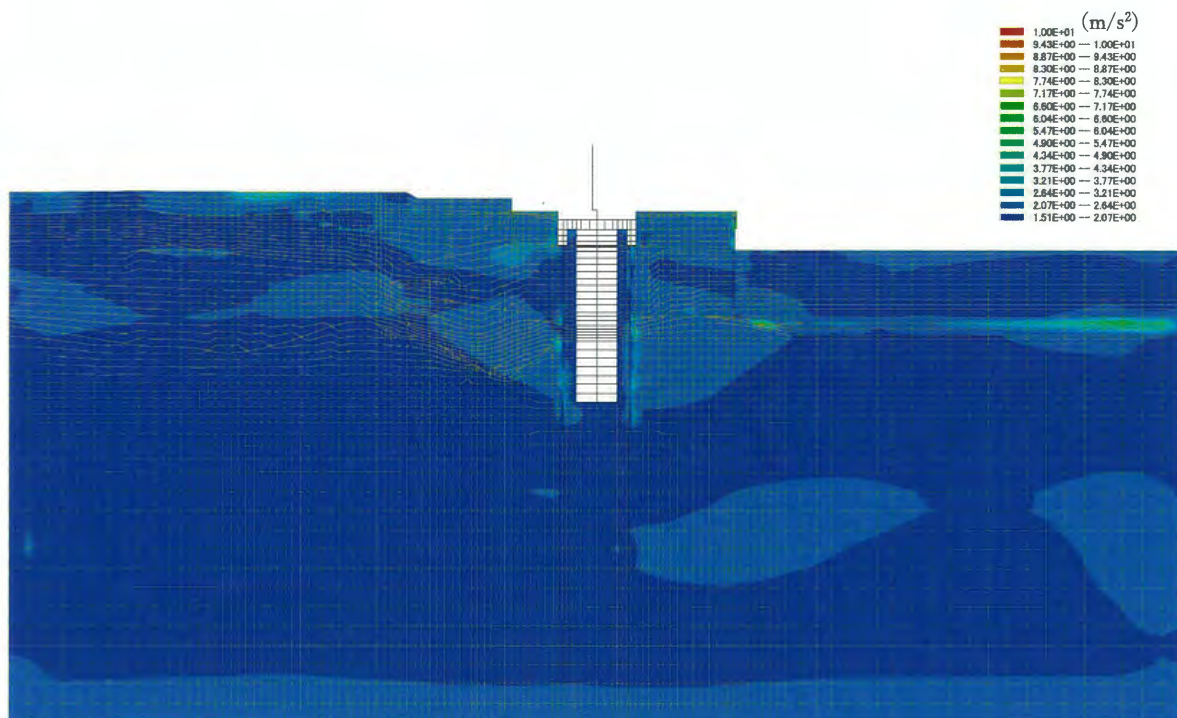


図 4.10-136 最大水平加速度分布図 (③-③断面)

($S_s - 13$)

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

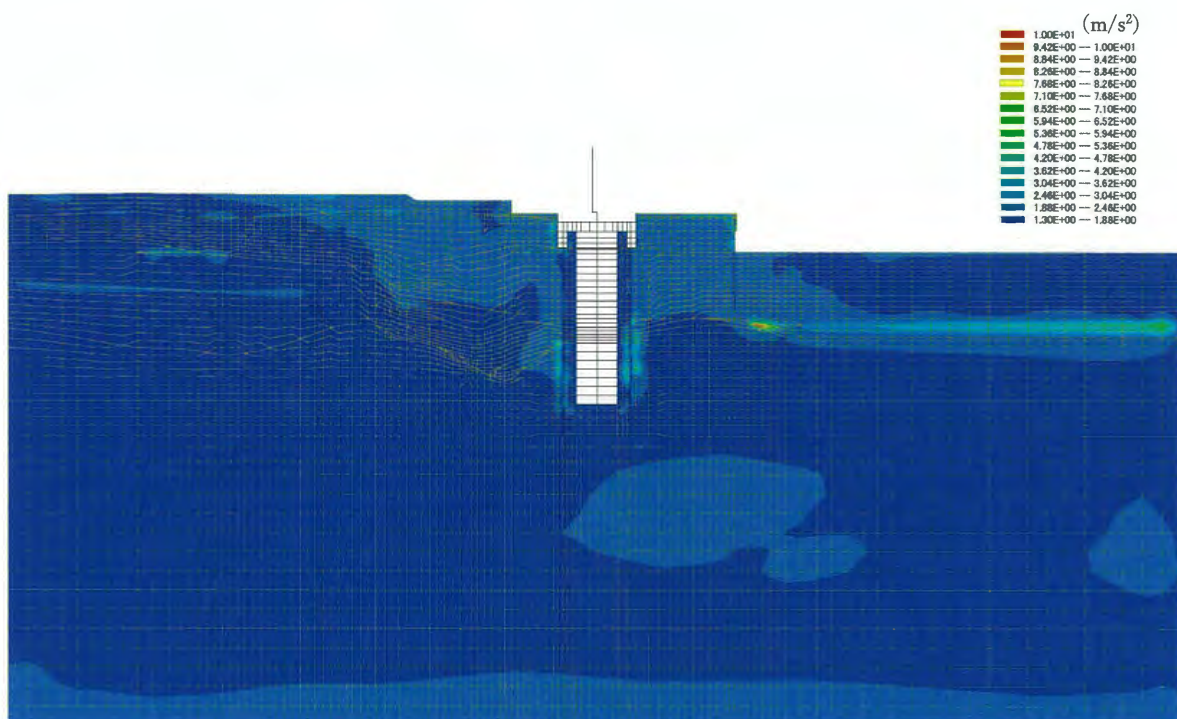


図 4.10-137 最大水平加速度分布図 (③-③断面)

($S_s - 14$)

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

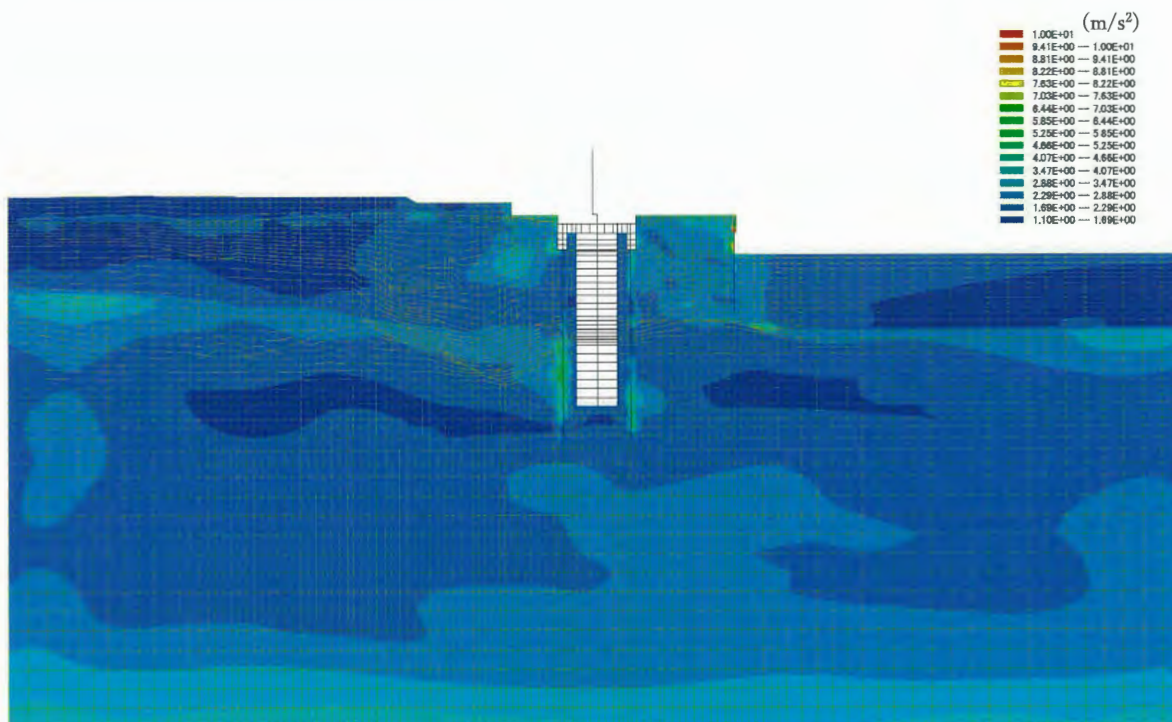


図 4.10-138 最大水平加速度分布図 (③-③断面)

($S_s - 2 1$)

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

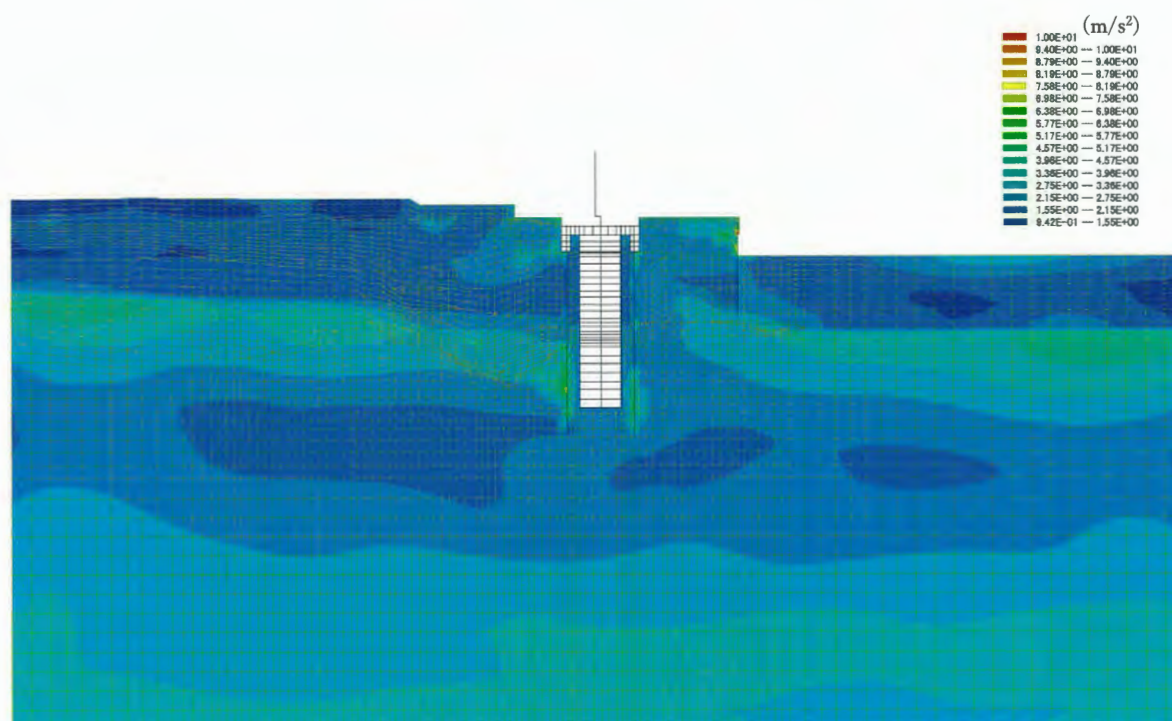


図 4.10-139 最大水平加速度分布図 (③-③断面)

($S_s - 2 2$)

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

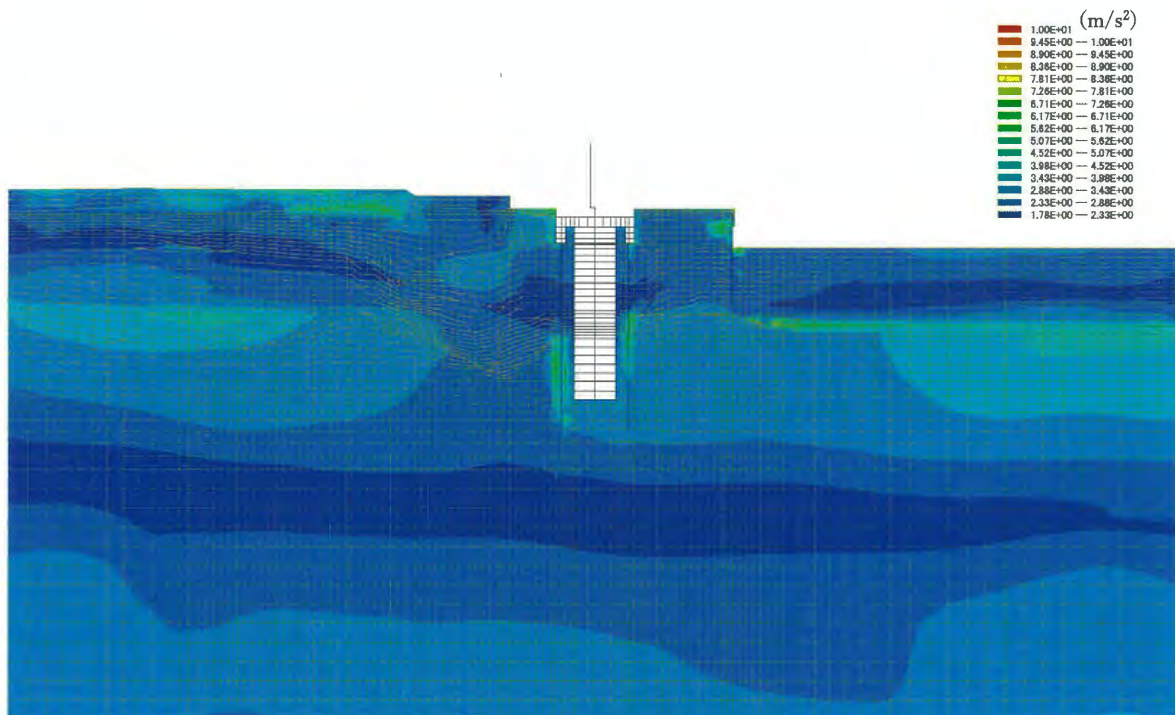


図 4.10-140 最大水平加速度分布図 (③-③断面)

($S_s - 31$ [H+, V+])

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

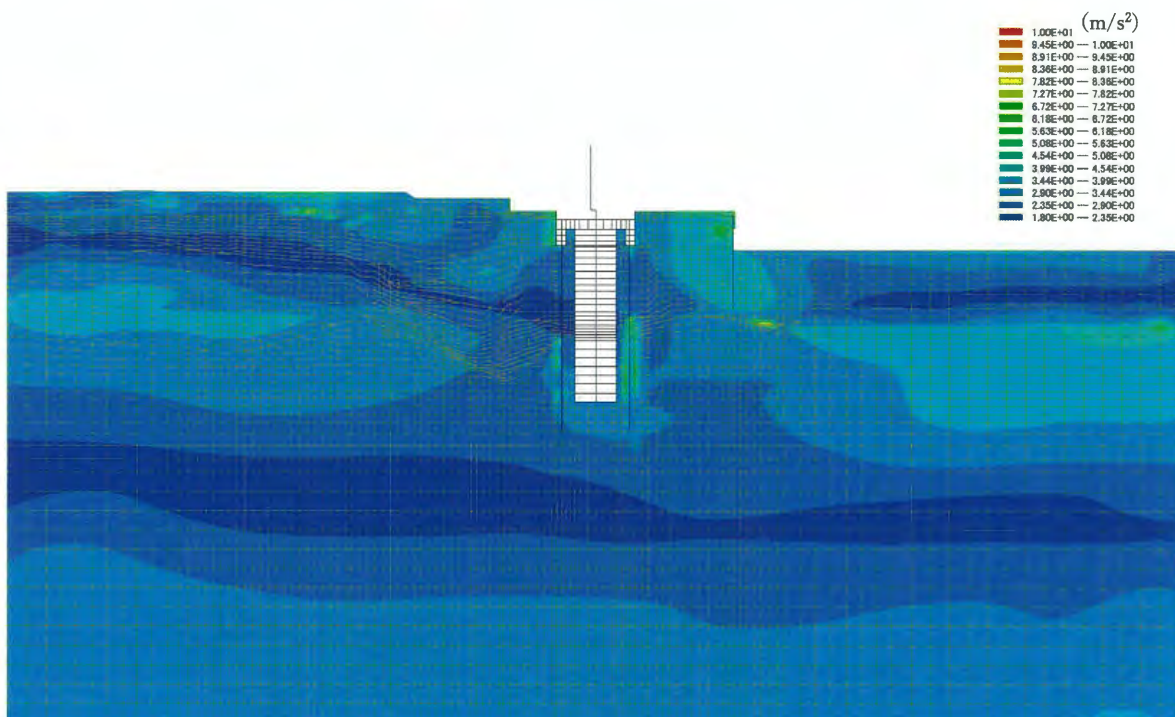


図 4.10-141 最大水平加速度分布図 (③-③断面)

($S_s - 31$ [H-, V+])

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

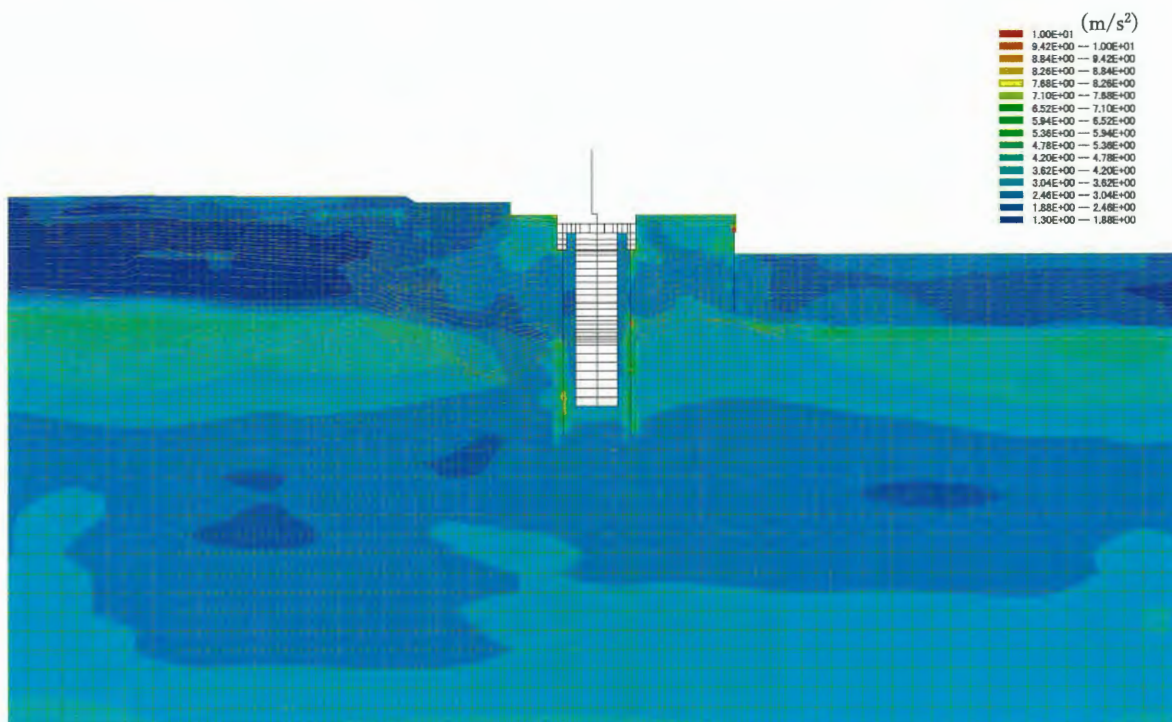


図 4.10-142 最大水平加速度分布図 (③-③断面)

($S_s - D1 [H-, V+]$)

(地盤ケース②：地盤物性のばらつきを考慮 (+1 σ) した解析ケース)

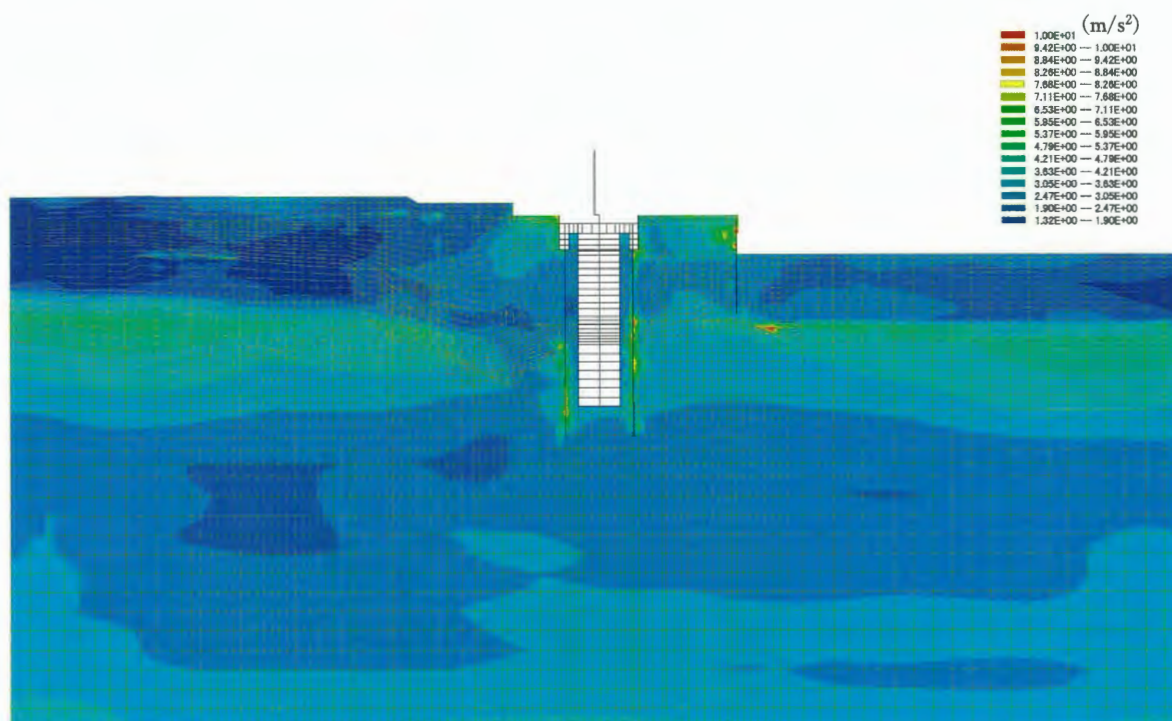


図 4.10-143 最大水平加速度分布図 (③-③断面)

($S_s - D1 [H-, V+]$)

(地盤ケース③：地盤物性のばらつきを考慮 (-1 σ) した解析ケース)

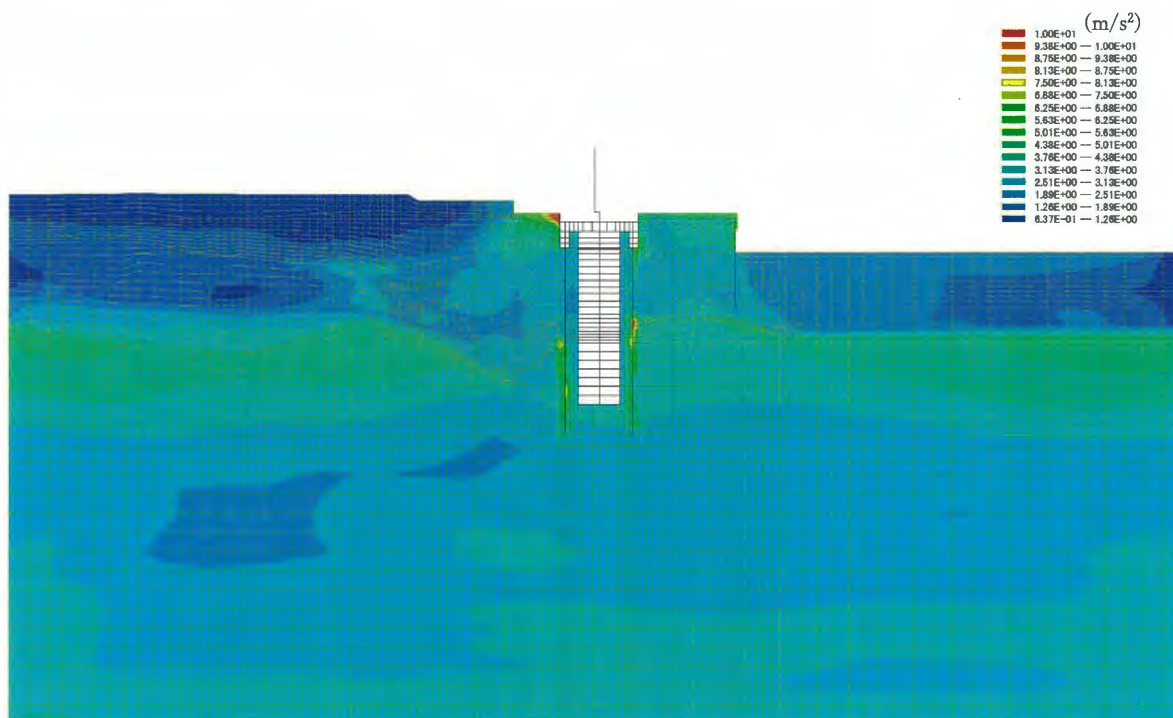


図 4.10-144 最大水平加速度分布図 (③-③断面)

($S_s - D1$ [H-, V+])

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

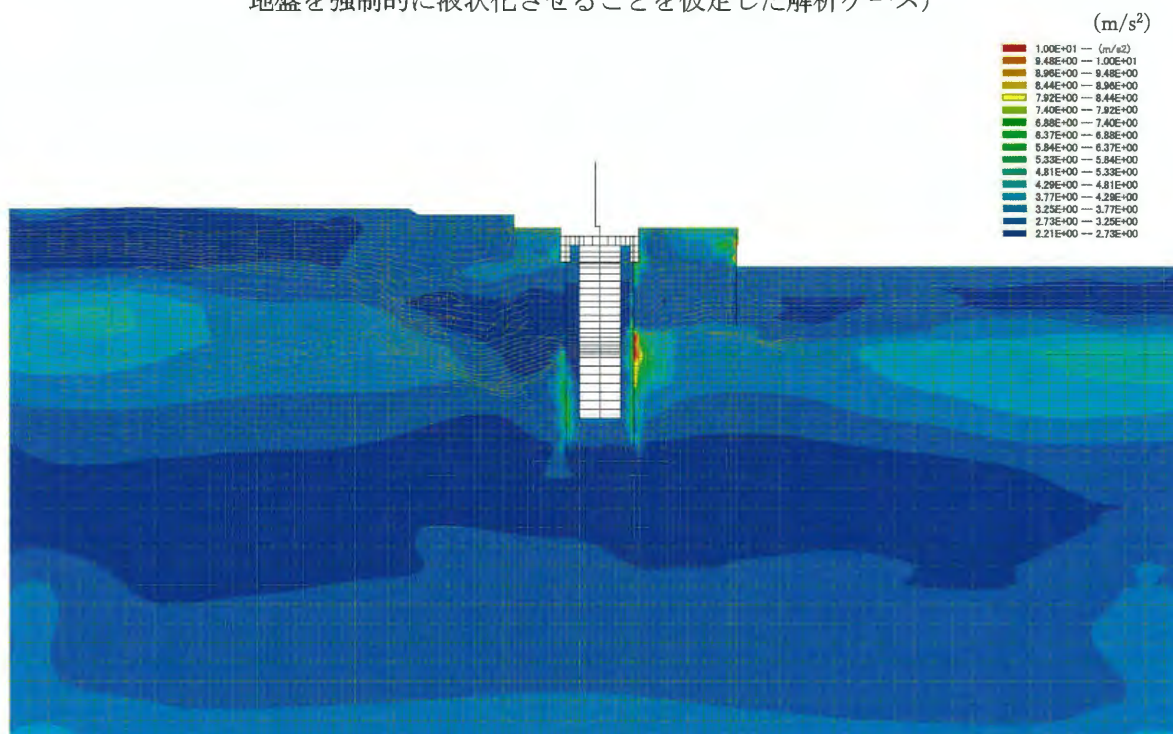


図 4.10-145 最大水平加速度分布図 (③-③断面)

($S_s - D1$ [H-, V+])

(地盤ケース⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース)

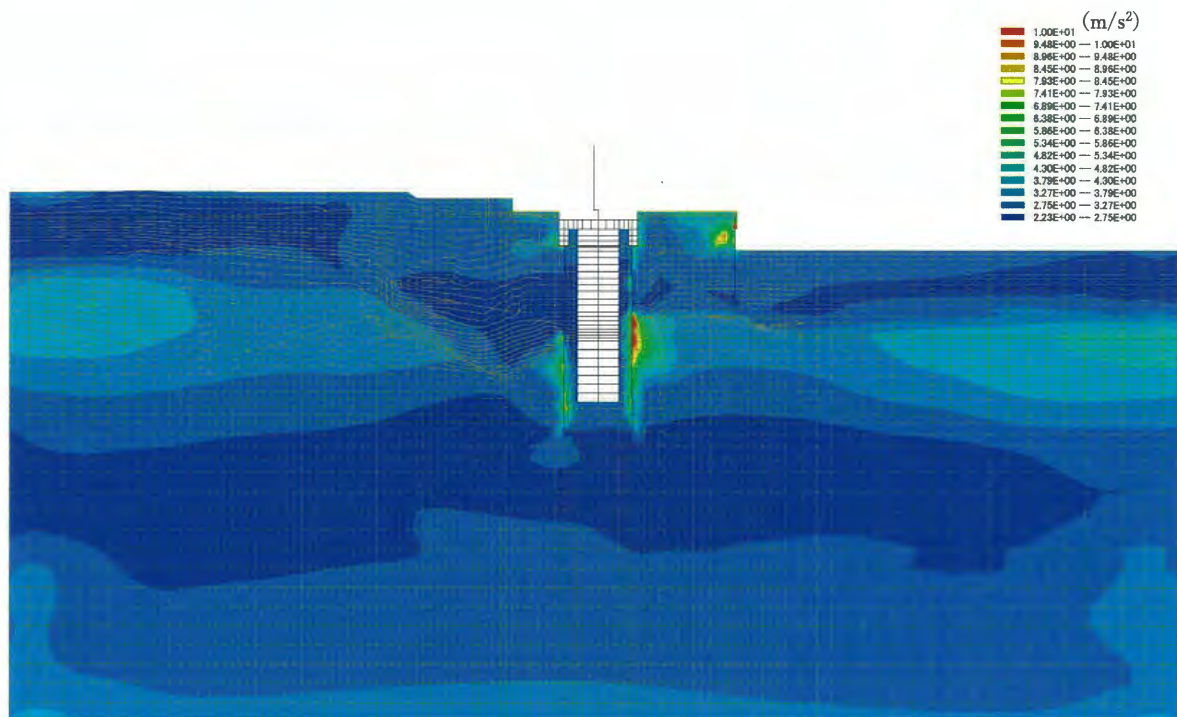


図 4.10-146 最大水平加速度分布図 (③-③断面)
 $(S_s - D1 [H-, V+])$
 (地盤ケース⑥：地盤物性のばらつきを考慮 (+1 σ) して
 非液化化の条件を仮定した解析ケース)

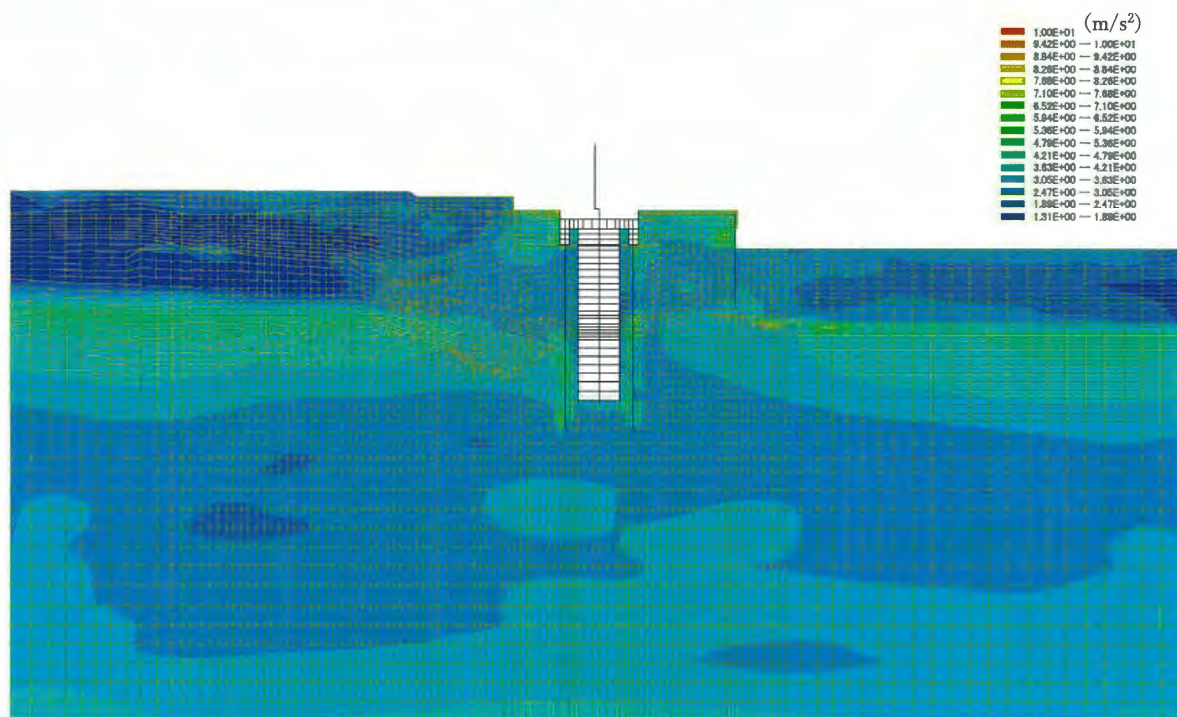


図 4.10-147 最大水平加速度分布図 (③-③断面)
 $(S_s - D1 [H-, V-])$
 (地盤ケース②：地盤物性のばらつきを考慮 (+1 σ) した解析ケース)

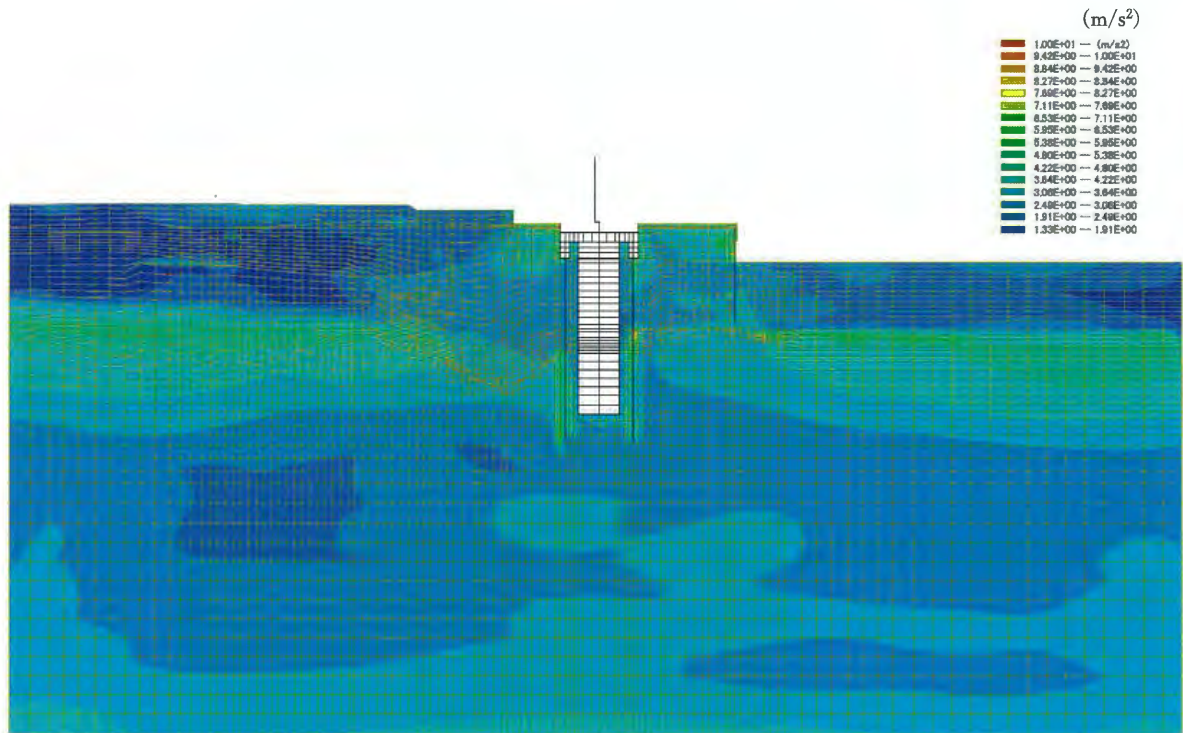


図 4.10-148 最大水平加速度分布図 (③-③断面)

(S_s -D1 [H-, V-])

(地盤ケース③：地盤物性のばらつきを考慮 (-1 σ) した解析ケース)

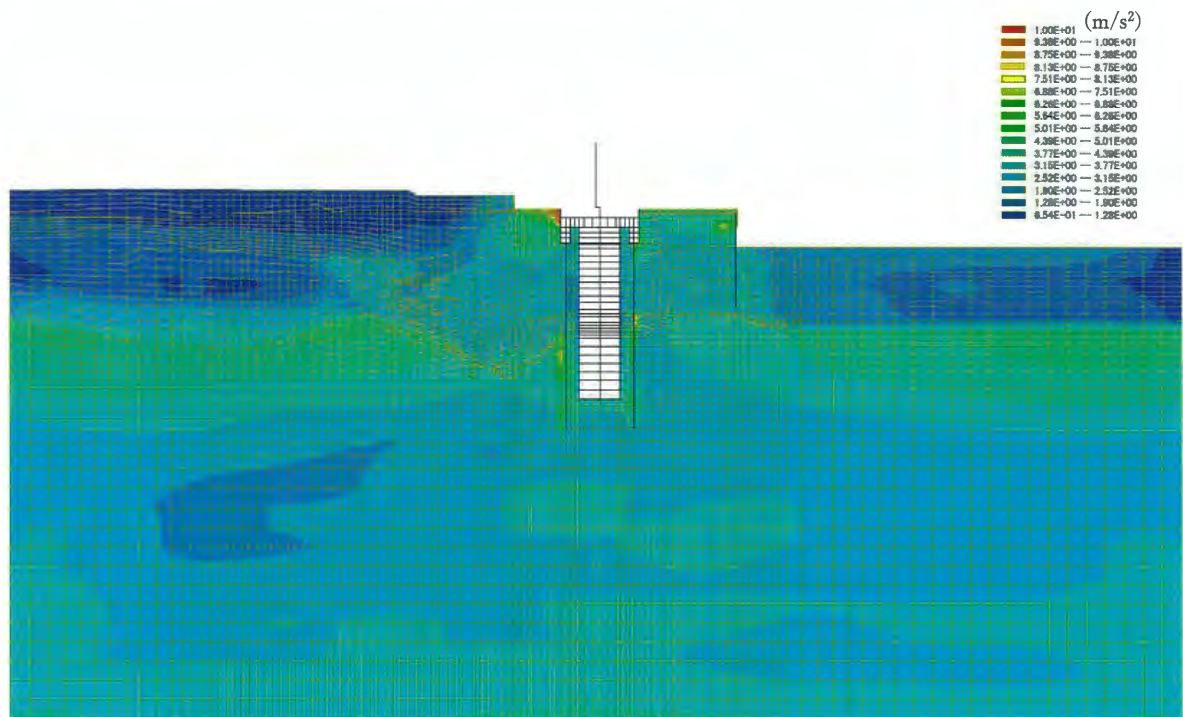


図 4.10-149 最大水平加速度分布図 (③-③断面)

(S_s -D1 [H-, V-])

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

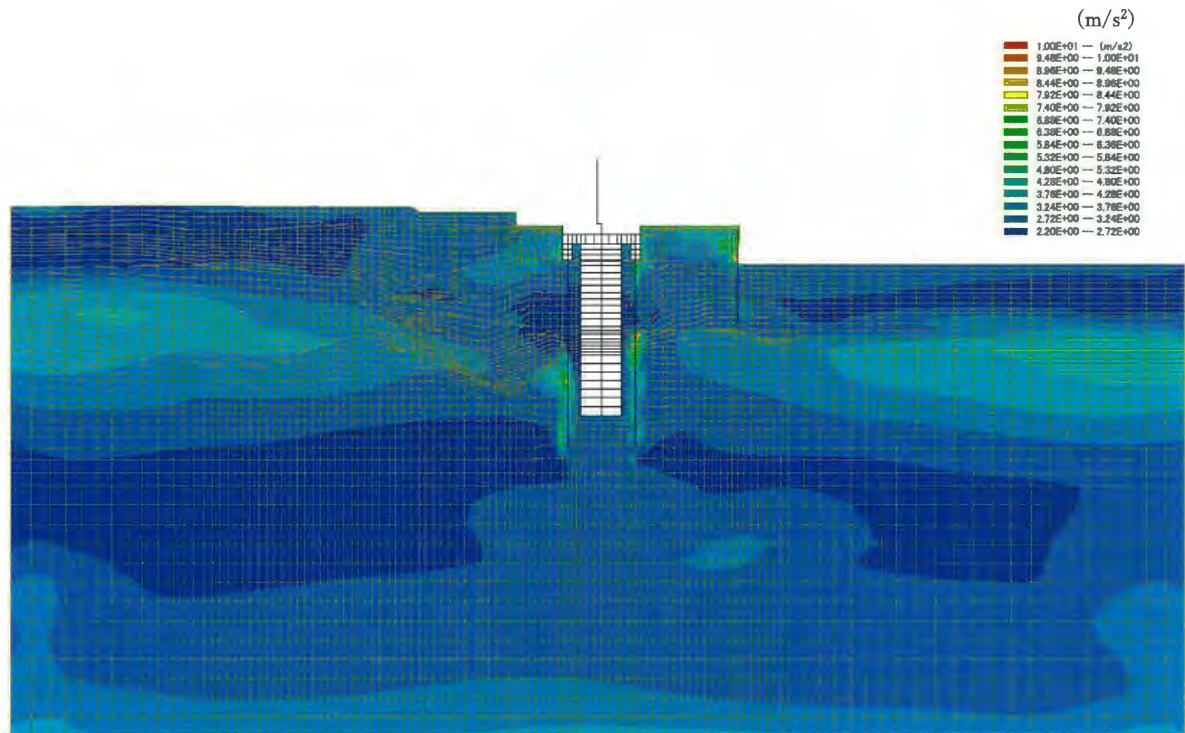


図 4.10-150 最大水平加速度分布図 (③-③断面)

(S_s -D1 [H-, V-])

(地盤ケース⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース)

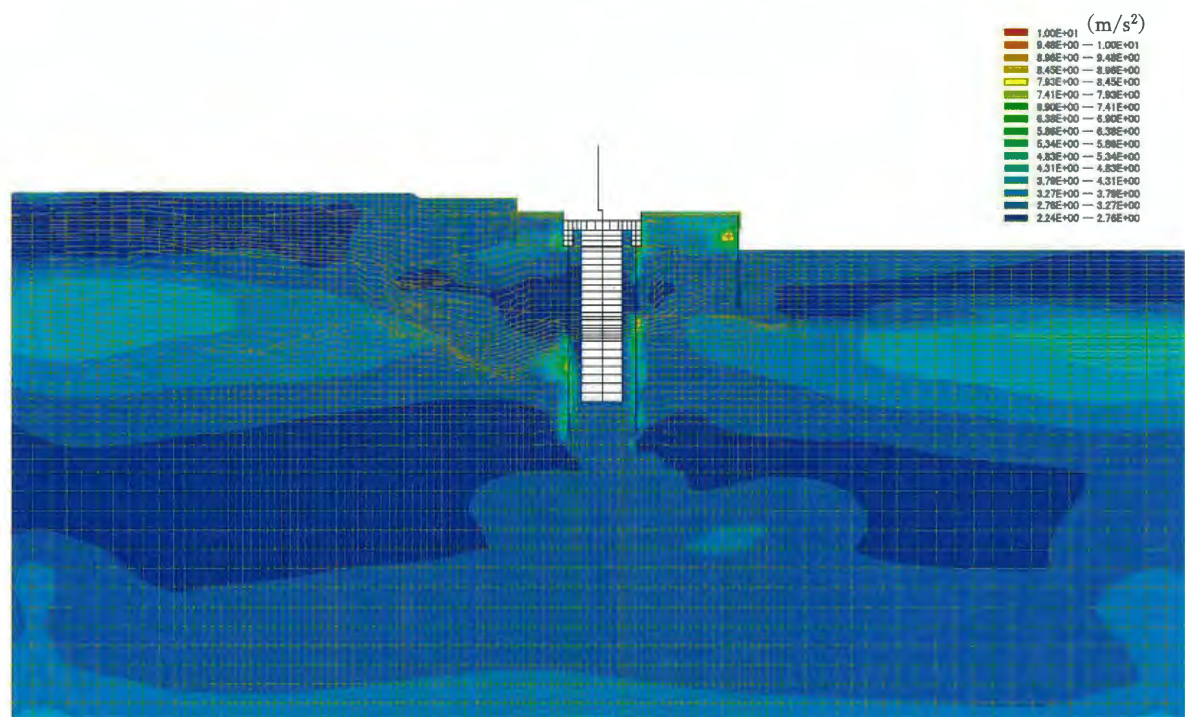


図 4.10-151 最大水平加速度分布図 (③-③断面)

(S_s -D1 [H-, V-])

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

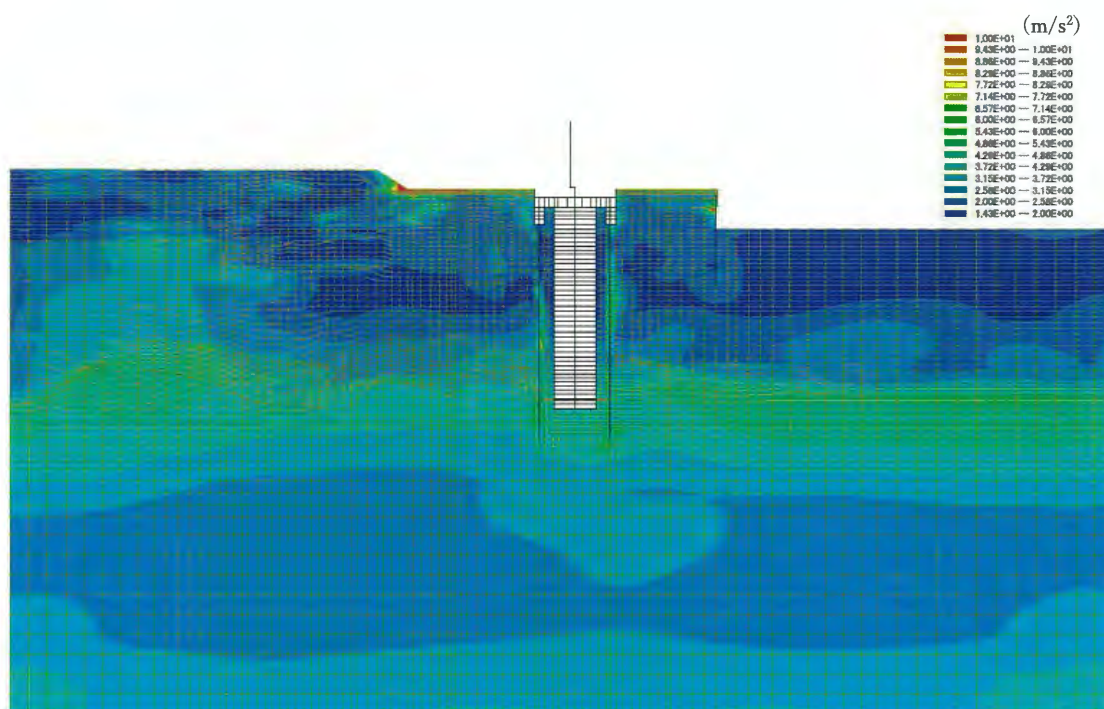


図 4.10-152 最大水平加速度分布図 (②-②断面)

($S_s - D1$ [H+, V+])

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

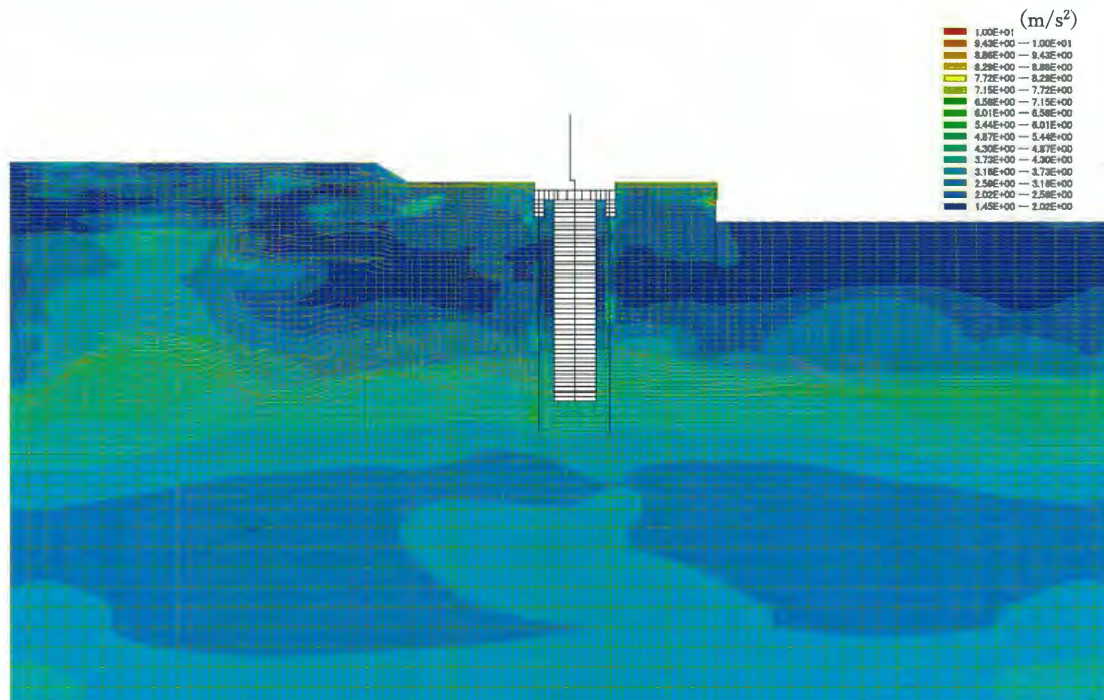


図 4.10-153 最大水平加速度分布図 (②-②断面)

($S_s - D1$ [H+, V-])

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

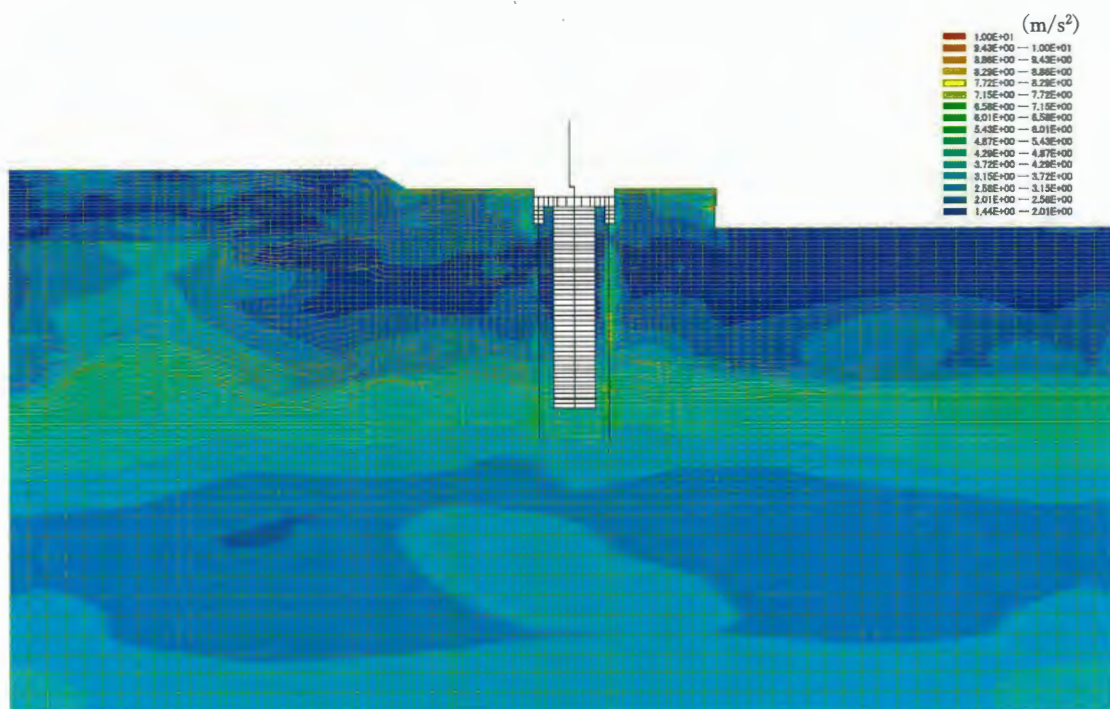


図 4.10-154 最大水平加速度分布図 (②-②断面)

($S_s - D1$ [H-, V+])

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

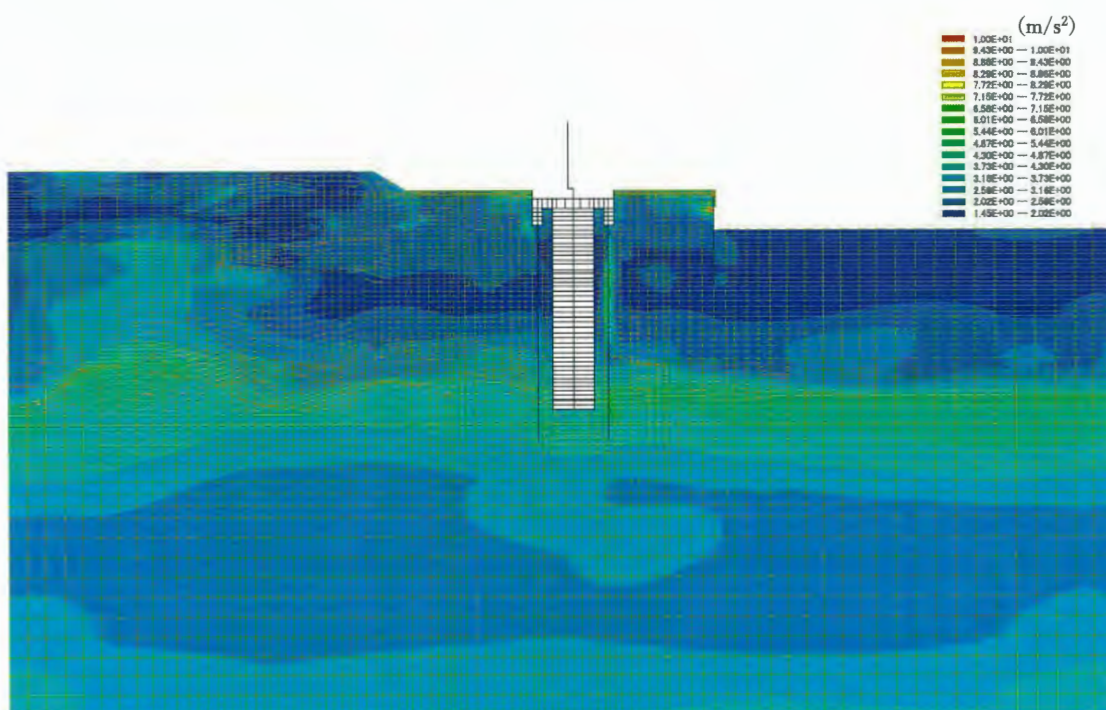


図 4.10-155 最大水平加速度分布図 (②-②断面)

($S_s - D1$ [H-, V-])

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

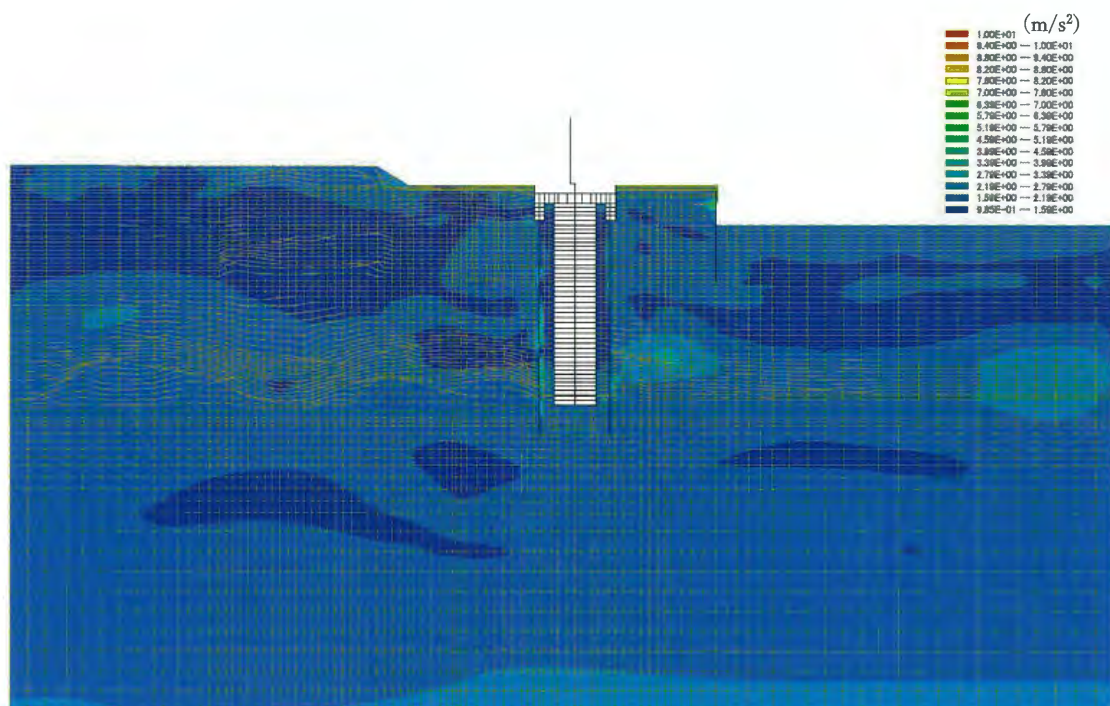


図 4.10-156 最大水平加速度分布図 (②-②断面)

($S_s - 11$)

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

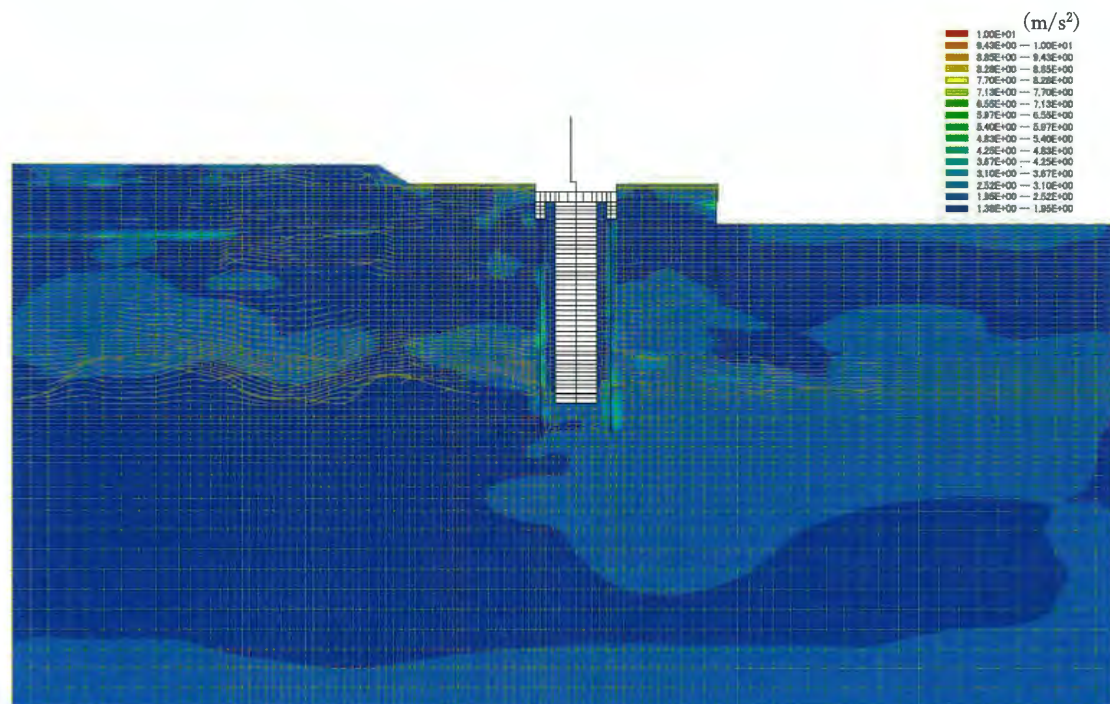


図 4.10-157 最大水平加速度分布図 (②-②断面)

($S_s - 12$)

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

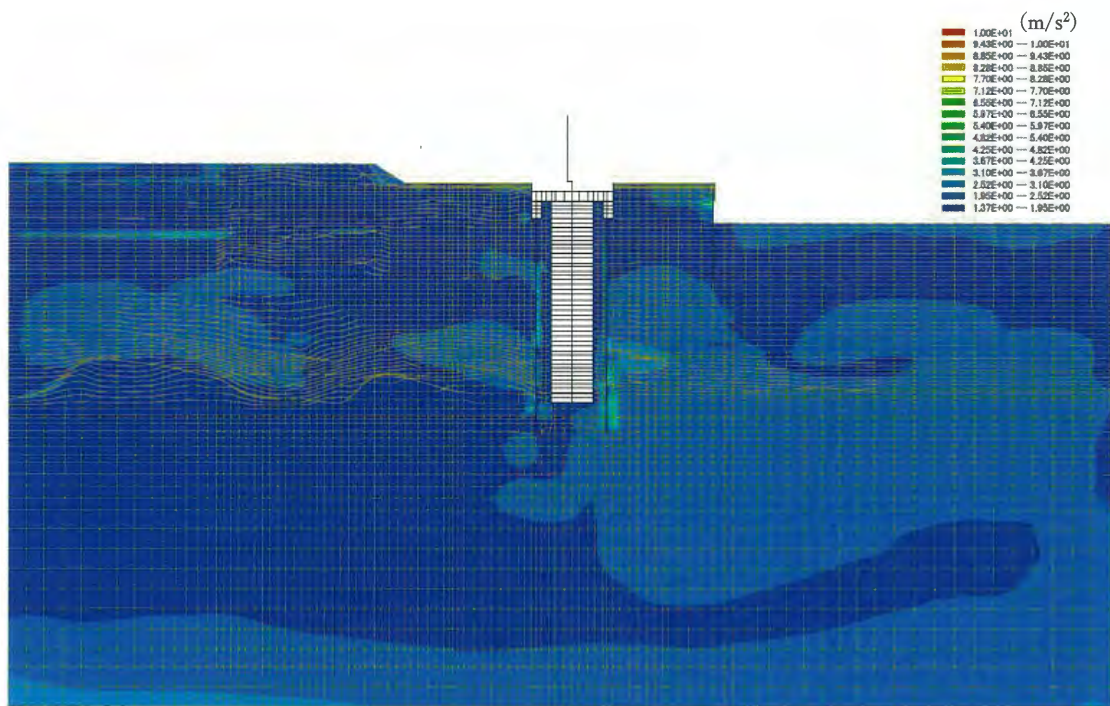


図 4.10-158 最大水平加速度分布図 (②-②断面)

($S_s - 13$)

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

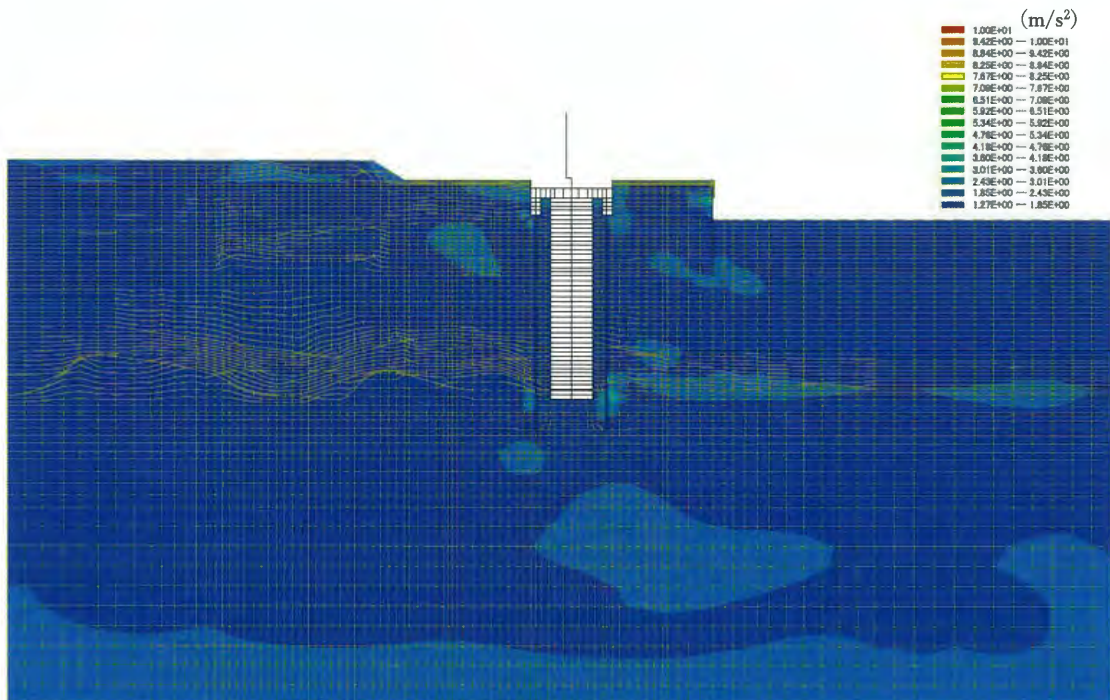


図 4.10-159 最大水平加速度分布図 (②-②断面)

($S_s - 14$)

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

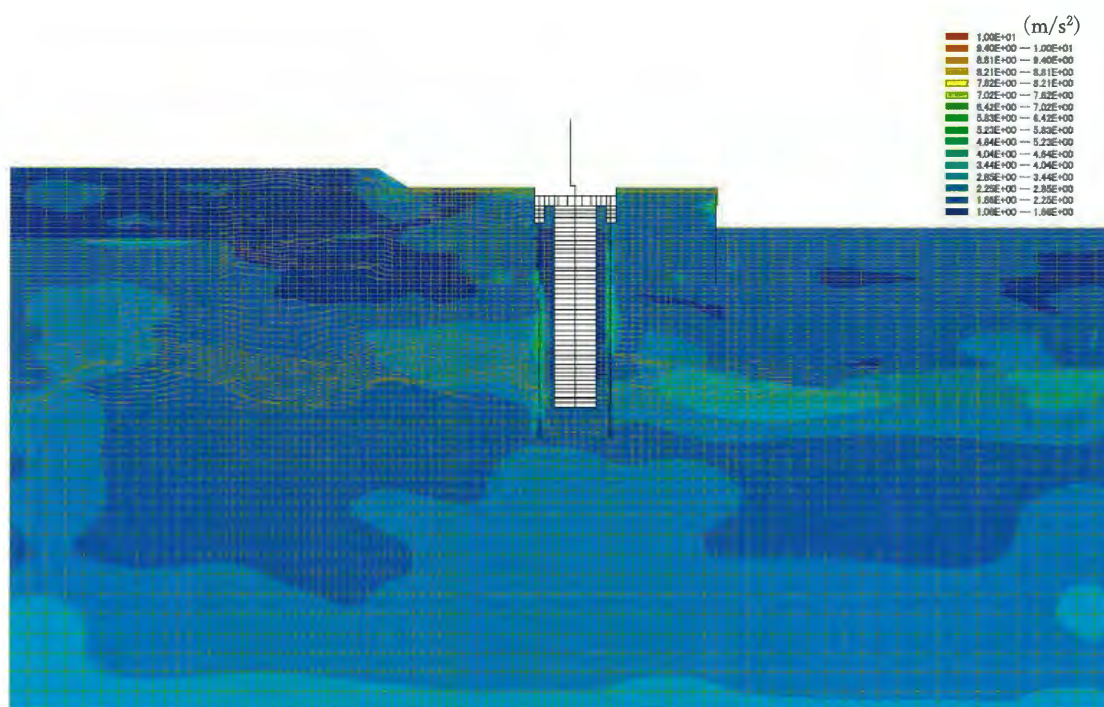


図 4.10-160 最大水平加速度分布図 (②-②断面)

($S_s - 21$)

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

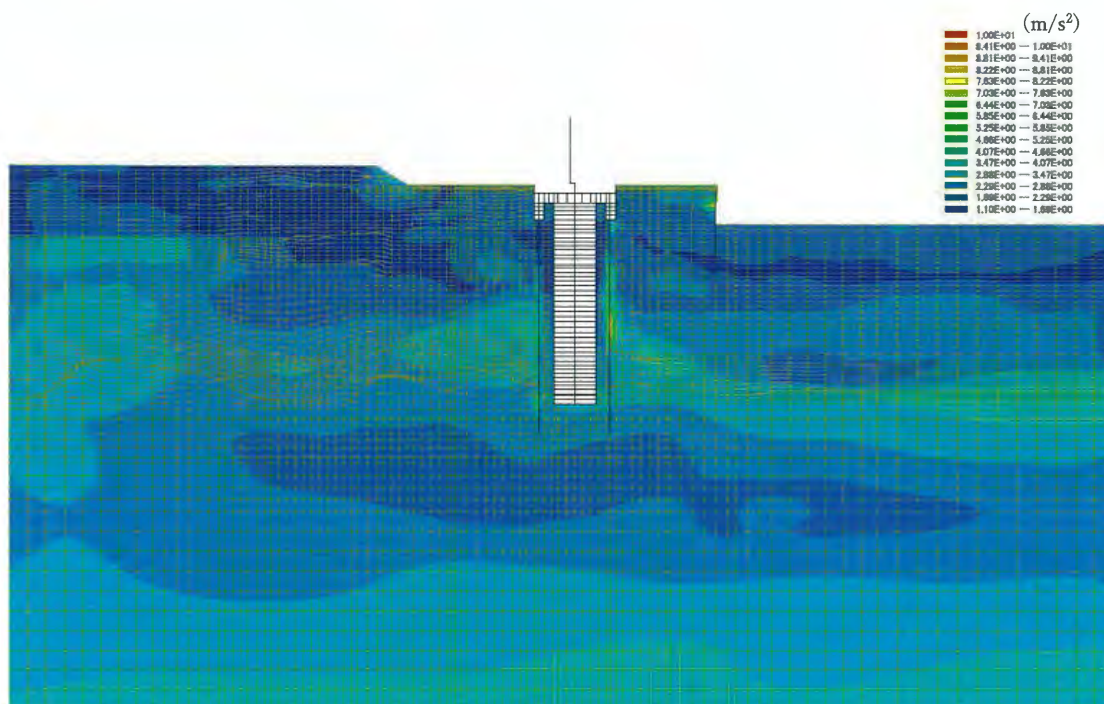


図 4.10-161 最大水平加速度分布図 (②-②断面)

($S_s - 22$)

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

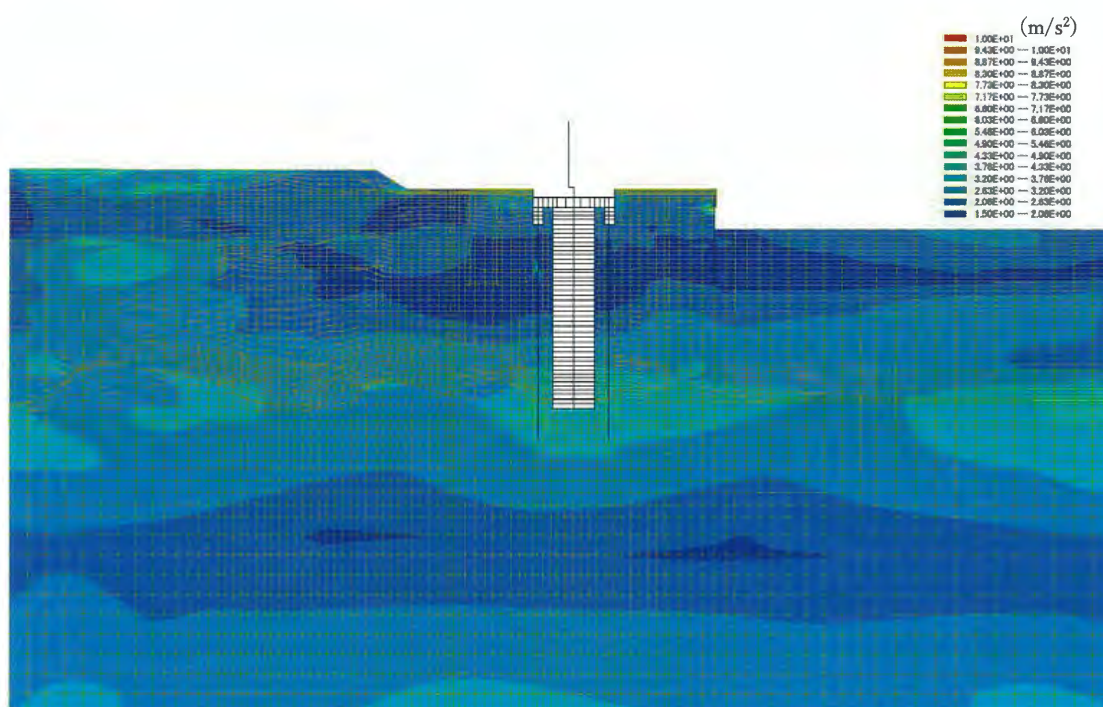


図 4.10-162 最大水平加速度分布図 (②-②断面)

($S_s - 31$ [H+, V+])

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

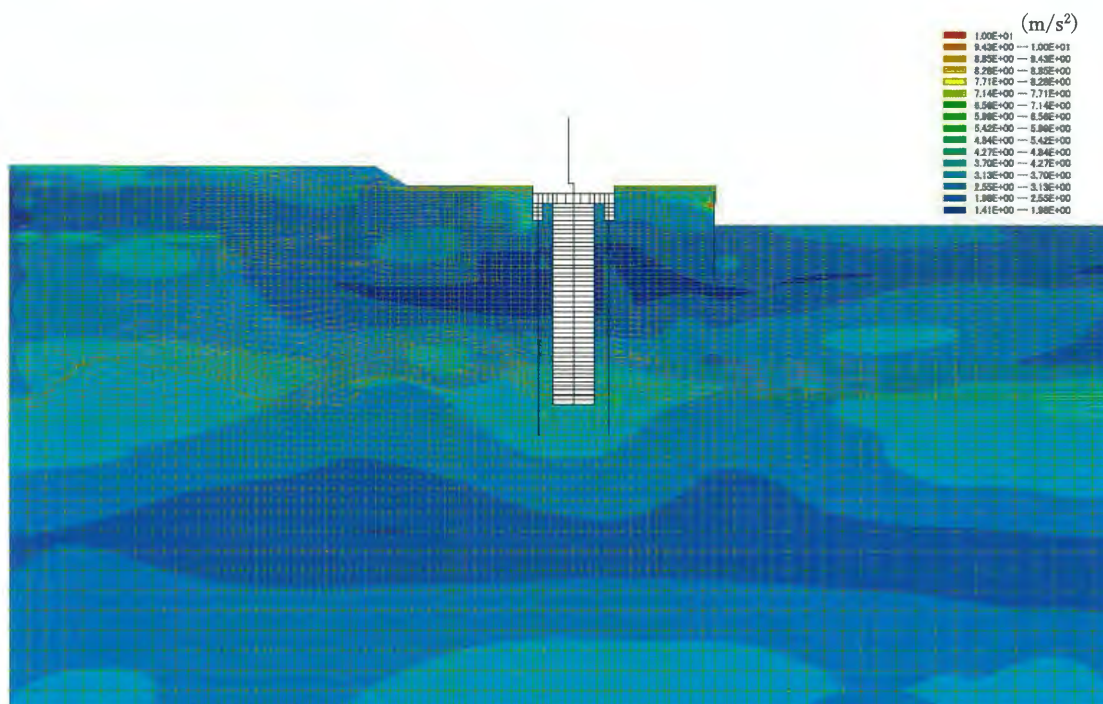


図 4.10-163 最大水平加速度分布図 (②-②断面)

($S_s - 31$ [H-, V+])

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

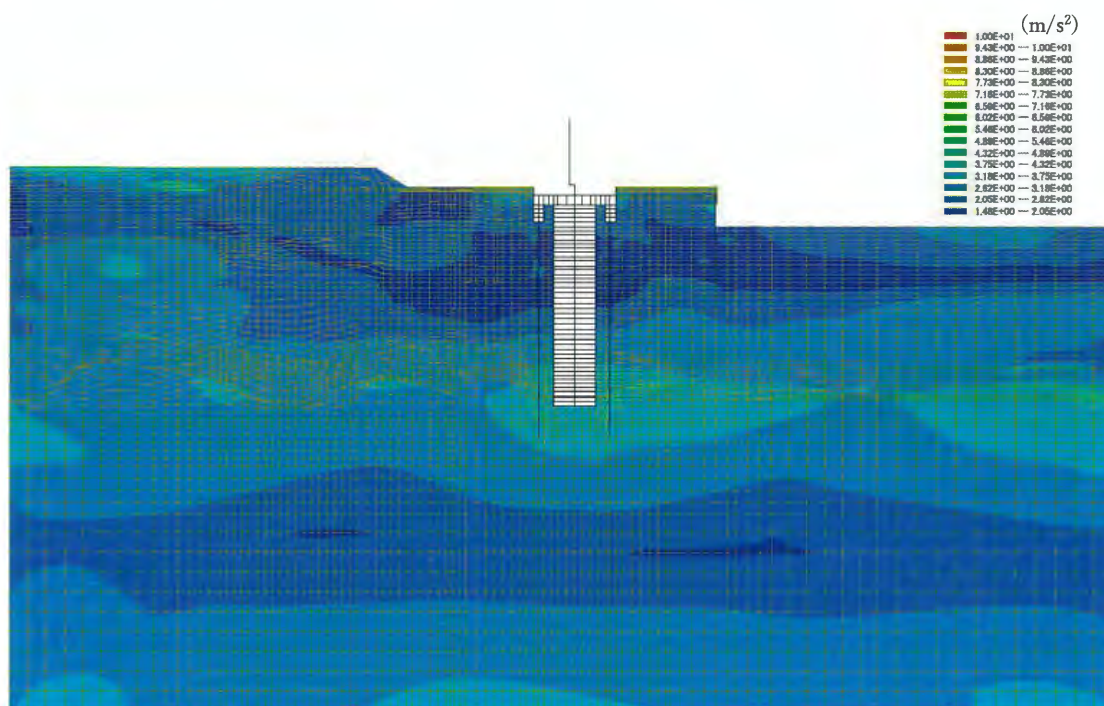


図 4.10-164 最大水平加速度分布図 (②-②断面)

($S_s - 31$ [H+, V+])

(地盤ケース②：地盤物性のばらつきを考慮 (+1 σ) した解析ケース)

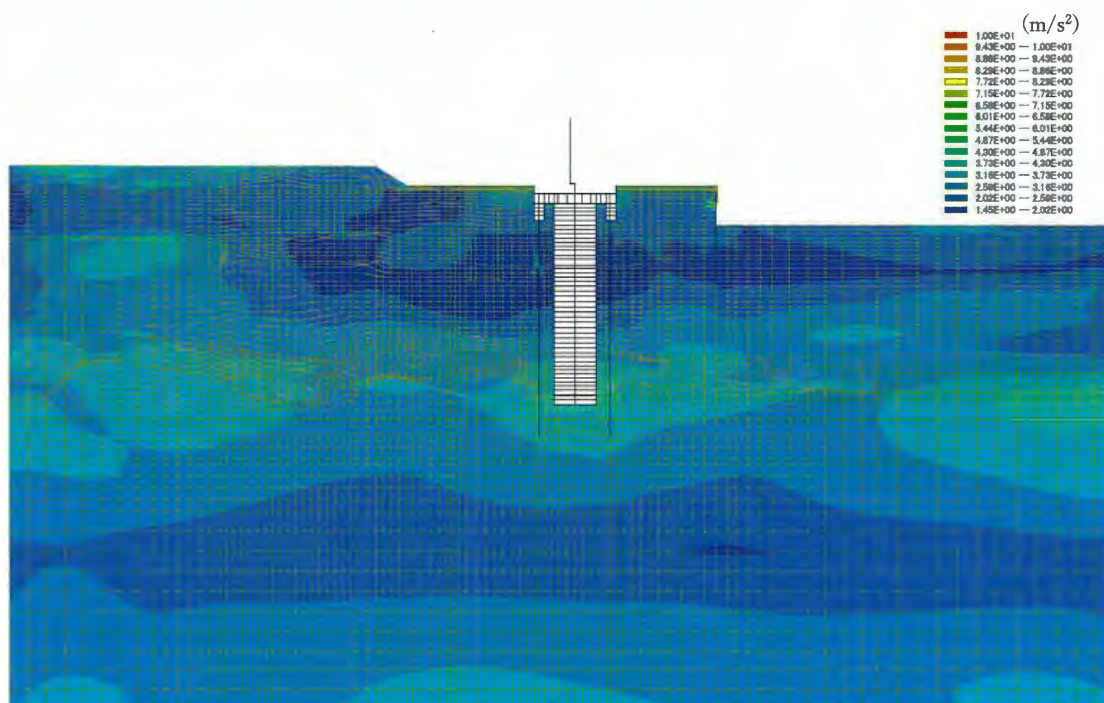


図 4.10-165 最大水平加速度分布図 (②-②断面)

($S_s - 31$ [H+, V+])

(地盤ケース③：地盤物性のばらつきを考慮 (-1 σ) した解析ケース)

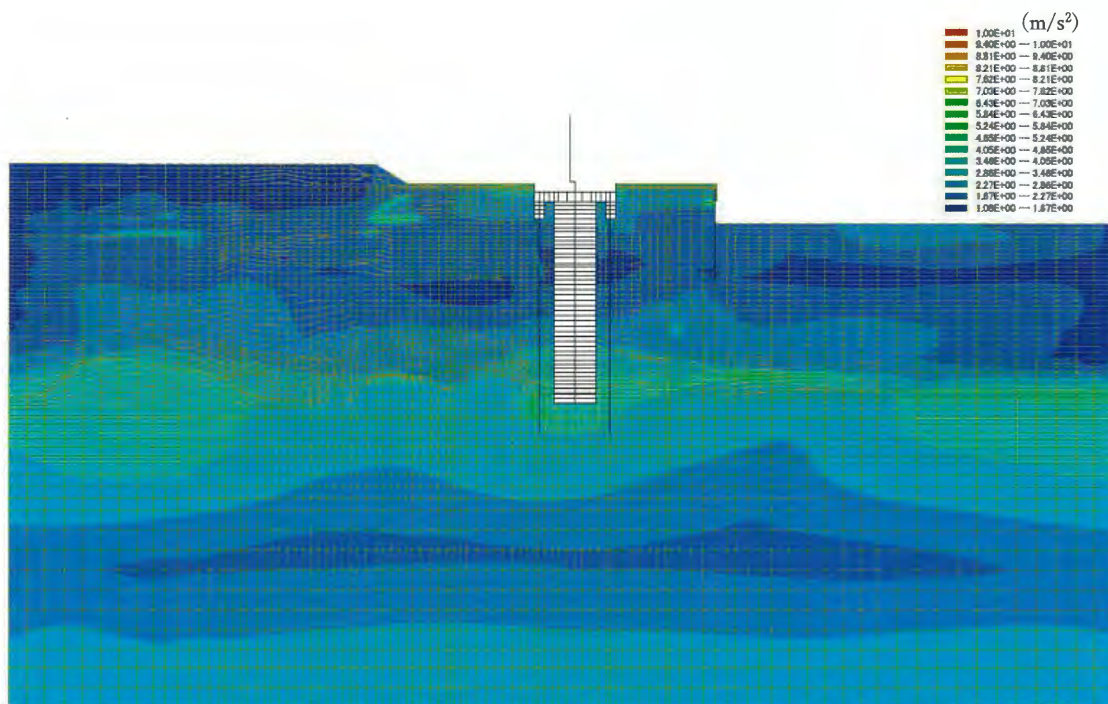


図 4.10-166 最大水平加速度分布図 (②-②断面)

($S_s - 31$ [H+, V+])

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

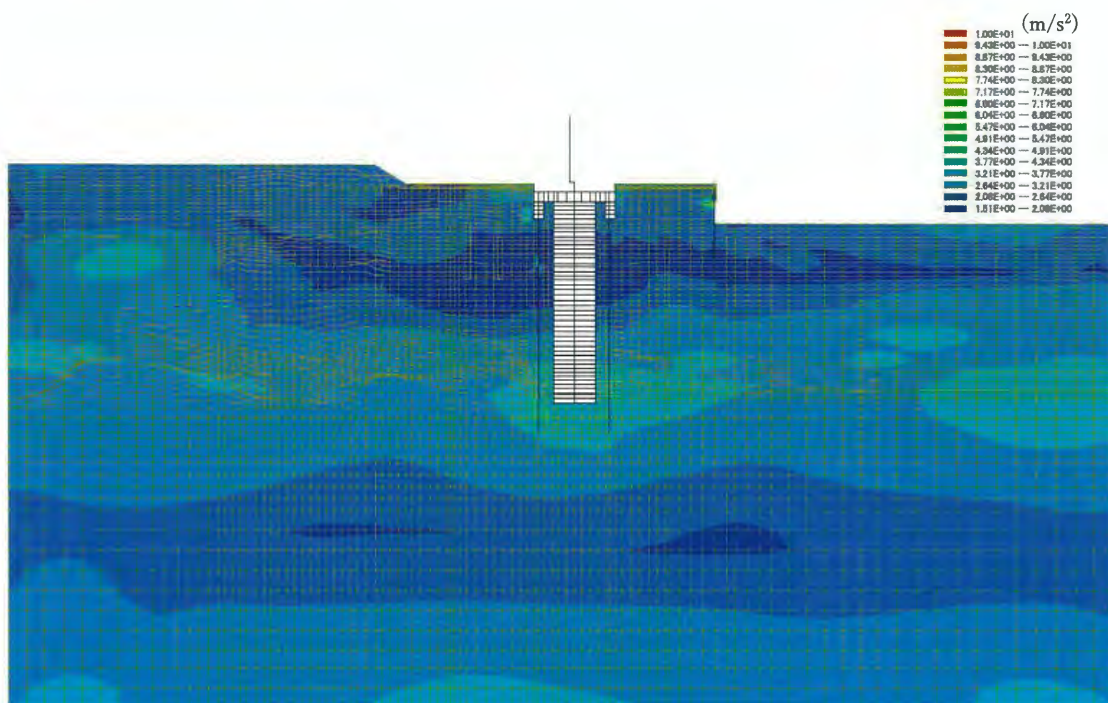


図 4.10-167 最大水平加速度分布図 (②-②断面)

($S_s - 31$ [H+, V+])

(地盤ケース⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース)

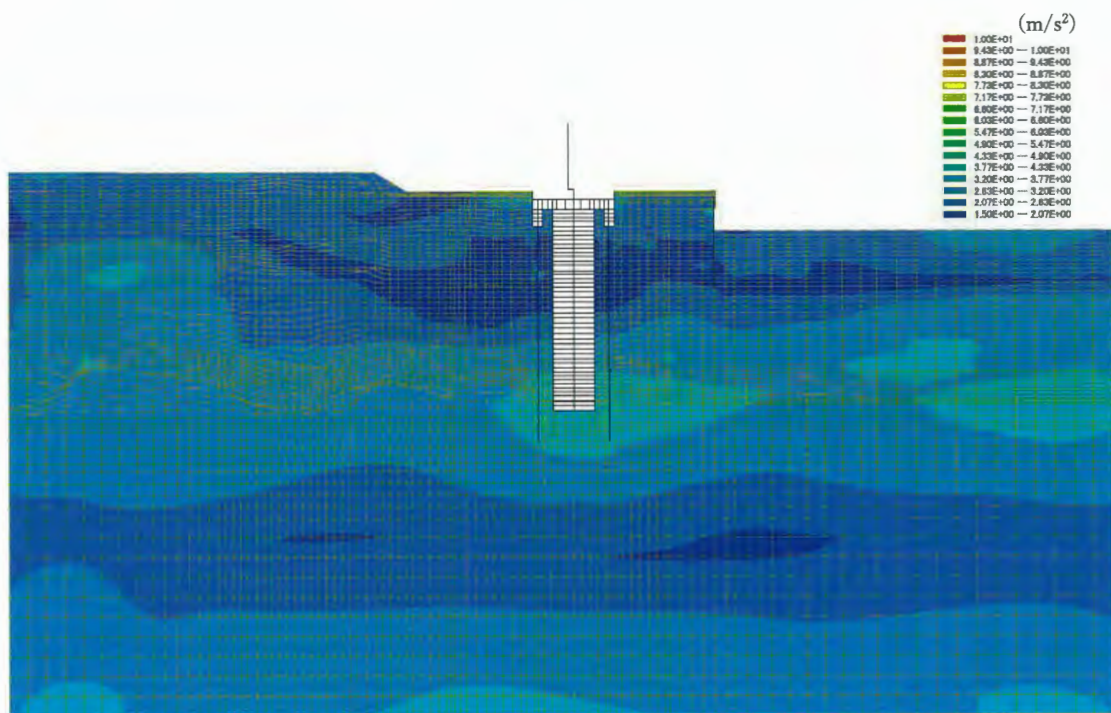


図 4.10-168 最大水平加速度分布図 (②-②断面)

($S_s - 31$ [H+, V+])

(地盤ケース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)

4. 10. 4 鋼製防護壁の地震応答解析結果

鋼製防護壁の地震応答解析は、2次元有効応力解析により得られる南北基礎天端の時刻歴応答から、南北基礎天端の相対水平変位が最大となる地震動ケースを選定し、南北基礎天端の変位時刻歴を入力とする3次元動的フレーム解析を実施する。鉛直変位については、南北基礎とも鉛直変位が大きい堤軸直交方向（②－②断面、③－③断面）の時刻歴応答を採用する。変位成分の定義を図4.10-169に示す。

堤軸方向（①－①断面）については、南北基礎天端の相対水平変位の絶対値が最大となり、地震動の継続時間も比較的長い S_s-D1 〔H+, V-〕を選定し、当該地震動において南北基礎天端の相対水平変位及び各基礎天端の水平変位が最大となる地盤ケース④を選定する。南北基礎天端の相対変位一覧を表4.10-1に、基礎天端への入力波形を図4.10-170及び図4.10-171に示す。

堤軸直交方向（②－②断面、③－③断面）については、南北基礎天端（②－②断面、③－③断面）の相対水平変位の絶対値が最大となり、地震動の継続時間も比較的長い S_s-D1 〔H-, V+〕を選定し、当該地震動において南北基礎天端の相対水平変位及び各基礎天端の水平変位が最大となる地盤ケース④を選定する。南北基礎天端の相対変位一覧を表4.10-2に、基礎天端への入力波形を図4.10-172及び図4.10-173に示す。

「4.9.2 解析モデル及び解析条件（鋼製防護壁及び接合部）」に示すとおり、3次元動的フレーム解析においては、堤軸直交方向の2次元有効応力解析により算定される水平震度を静的荷重として作用させることで、堤軸直交方向の水平回転成分を考慮している。

このとき、水平震度は、保守的な評価とするため、上記で選定した地震動（ S_s-D1 〔H-, V+〕）における南北方向基礎天端の最大水平加速度に基づき算定する。算定した水平震度を表4.10-3に示す。

鋼製防護壁の基準地震動 S_s による最大断面力（曲げモーメント、軸力、せん断力）について、主部材の各断面力の定義を図4.10-174に、最大断面力を図4.10-175～図4.10-177に示す。軸力、面外せん断力及び面外曲げモーメントについては、支柱部から支間部へ断面変化する箇所大きく発生している。面内せん断力、ねじりモーメント及び面内曲げモーメントについては、支柱部に大きく発生しているものの、その変化は連続的であり合理的な結果であると判断する。

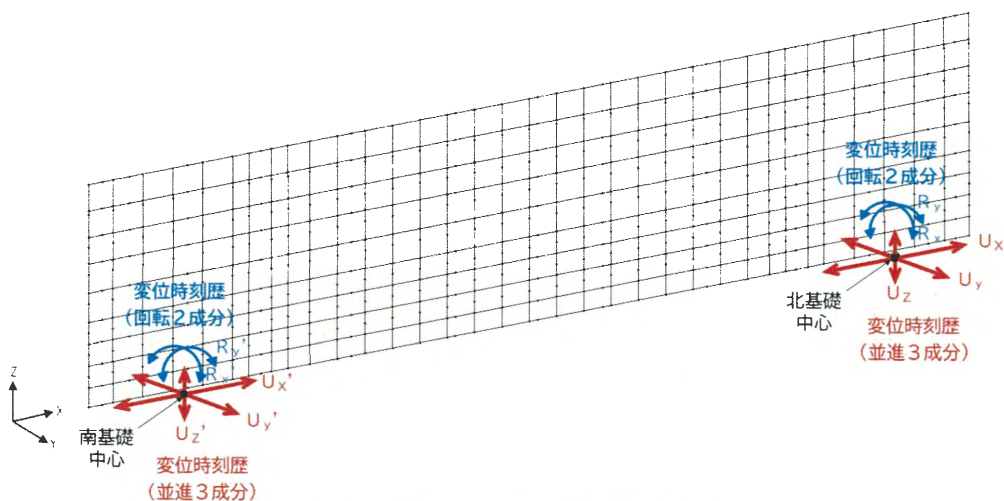


図 4.10-169 変位成分の定義図

表 4.10-1 鋼製防護壁の地震応答解析結果（相対変位比較，①－①断面）

地震動	地盤ケース*2	南北基礎天端相対変位（水平，mm）					
		①	②	③	④	⑤	⑥
S _s -D 1 (H+, V+)		4.1					
S _s -D 1 (H+, V-)		4.2	4.3	4.3	4.9 ^{*1}	4.2	4.2
S _s -D 1 (H-, V+)		3.9					
S _s -D 1 (H-, V-)		4.0					
S _s -1 1		2.7					
S _s -1 2		3.8					
S _s -1 3		3.8					
S _s -1 4		3.3					
S _s -2 1		2.9					
S _s -2 2		3.0					
S _s -3 1 (H+, V+)		3.4					
S _s -3 1 (H-, V+)		3.6					

注記 *1：絶対値最大を示す。

*2：①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

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

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

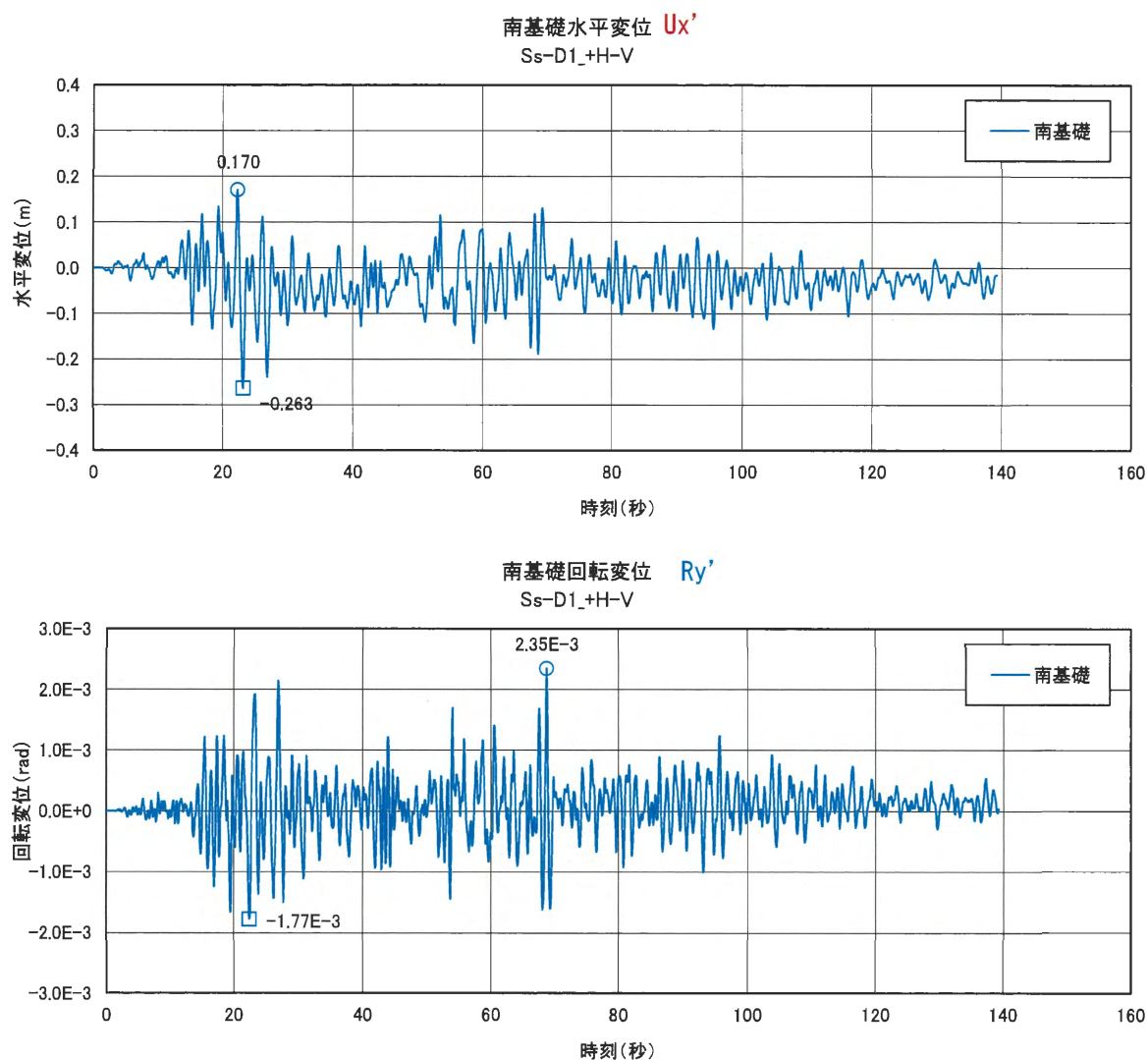


図 4.10-170 ①-①断面南基礎天端への入力時刻歴波形（ S_s-D1 〔H+, V-〕）
 （地盤ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液化強度特性により
 地盤を強制的に液化化させることを仮定した解析ケース）

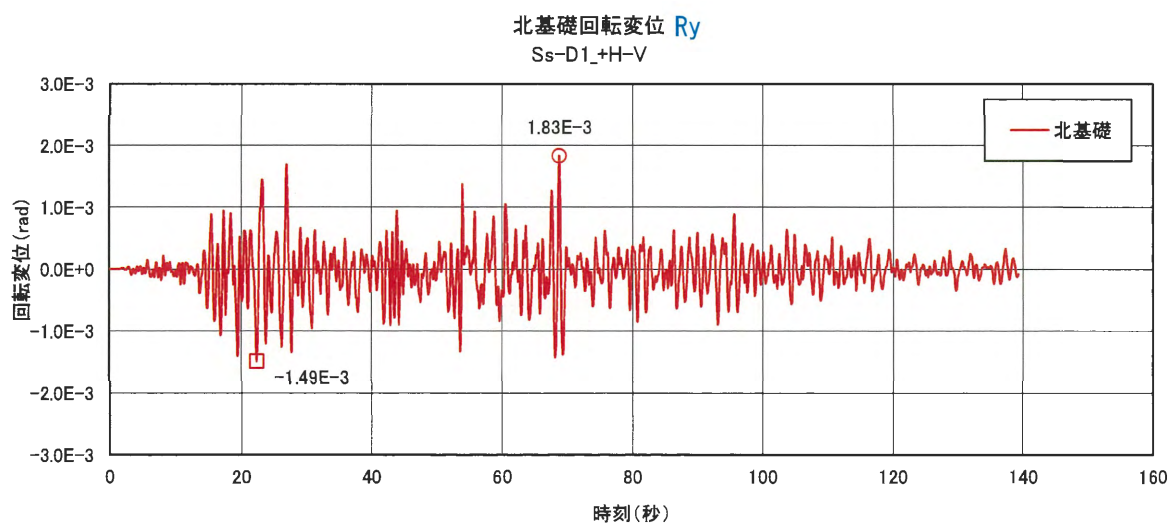
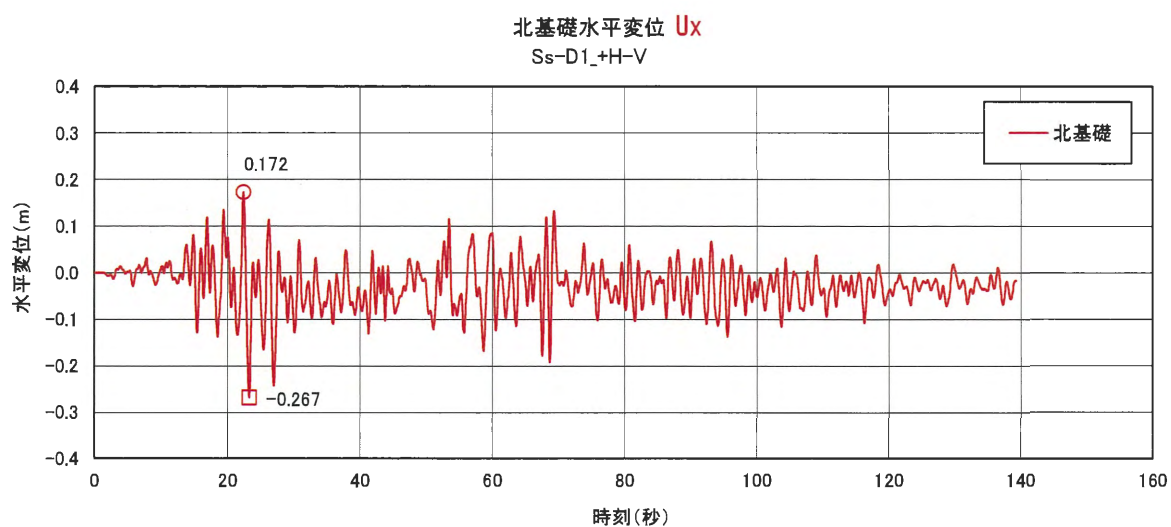


図 4.10-171 ①-①断面北基礎天端への入力時刻歴波形 (S_s-D1 [H+, V-])
(地盤ケース④: 敷地に存在しない豊浦標準砂の液化化強度特性により
地盤を強制的に液化化させることを仮定した解析ケース)

表 4.10-2 鋼製防護壁の地震応答解析結果（相対変位比較，②－②断面，③－③断面）

地震動	地盤ケース*2	南北基礎天端相対変位（上段：水平，下段：鉛直，mm）					
		①	②	③	④	⑤	⑥
S _s -D 1 (H+, V+)		196.8 21.0					
S _s -D 1 (H+, V-)		187.2 21.6					
S _s -D 1 (H-, V+)		205.6 20.9	194.7 20.8	221.4 19.8	249.6*1 17.8	212.6 13.5	196.3 13.4
S _s -D 1 (H-, V-)		204.7 20.9					
S _s -1 1		46.7 10.3					
S _s -1 2		81.2 12.1					
S _s -1 3		75.8 12.1					
S _s -1 4		66.9 10.4					
S _s -2 1		56.7 13.2					
S _s -2 2		67.3 14.7					
S _s -3 1 (H+, V+)		161.2 11.8					
S _s -3 1 (H-, V+)		143.7 11.3					

注記 *1：絶対値最大を示す。

*2：①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

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

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

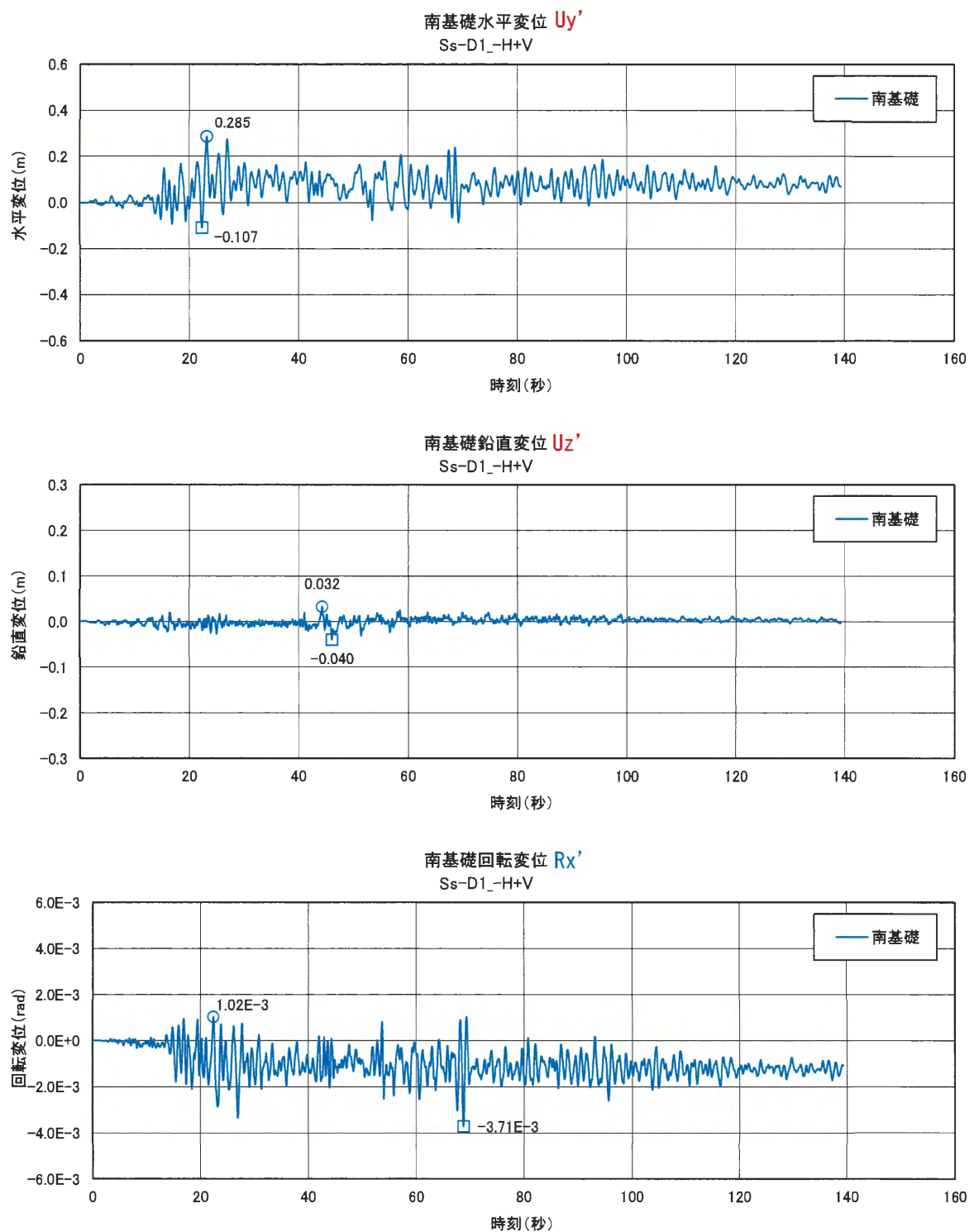


図 4.10-172 ③-③断面基礎天端への入力時刻歴波形 (S_s-D1 [H-, V+])
 (地盤ケース④: 敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により
 地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)

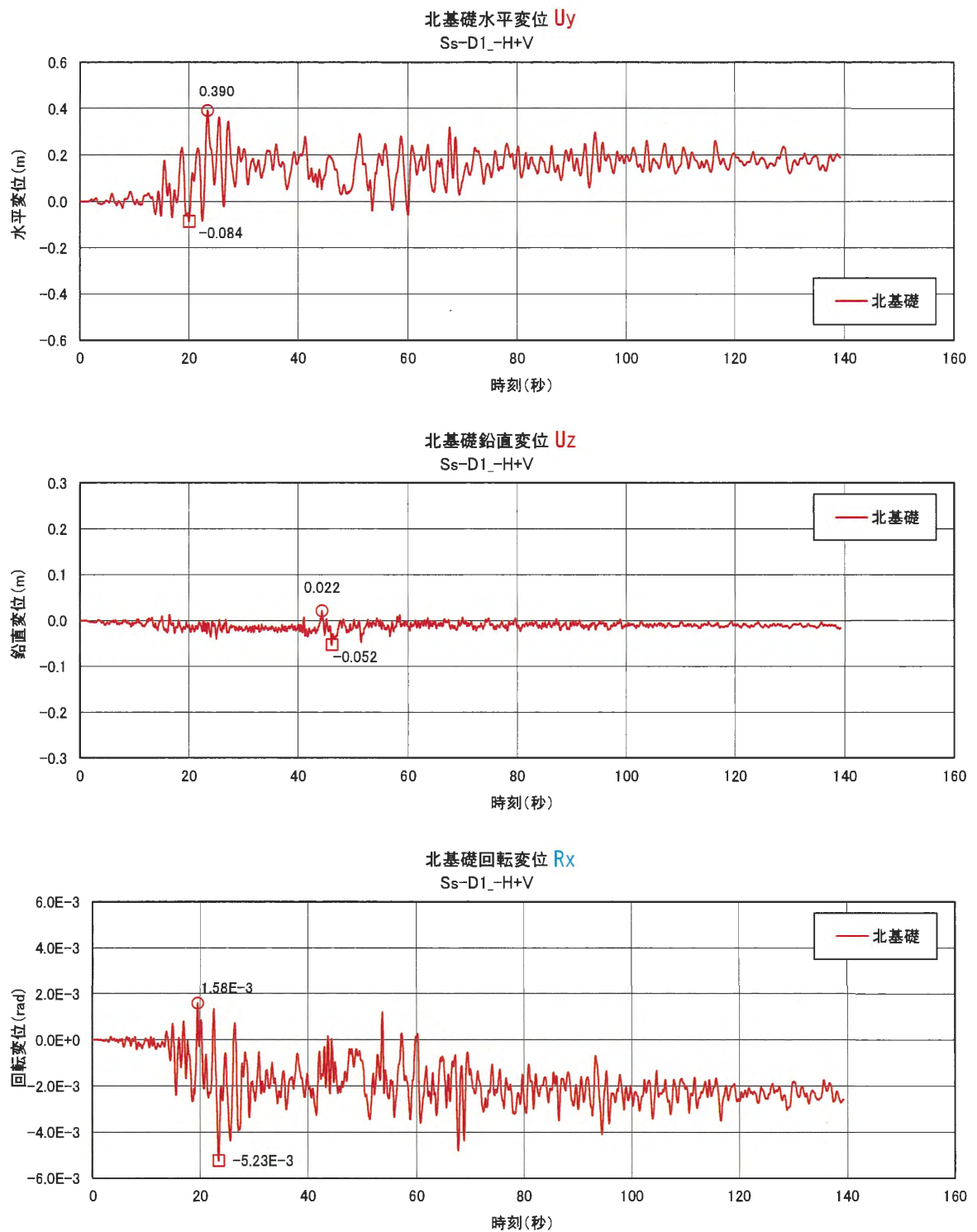


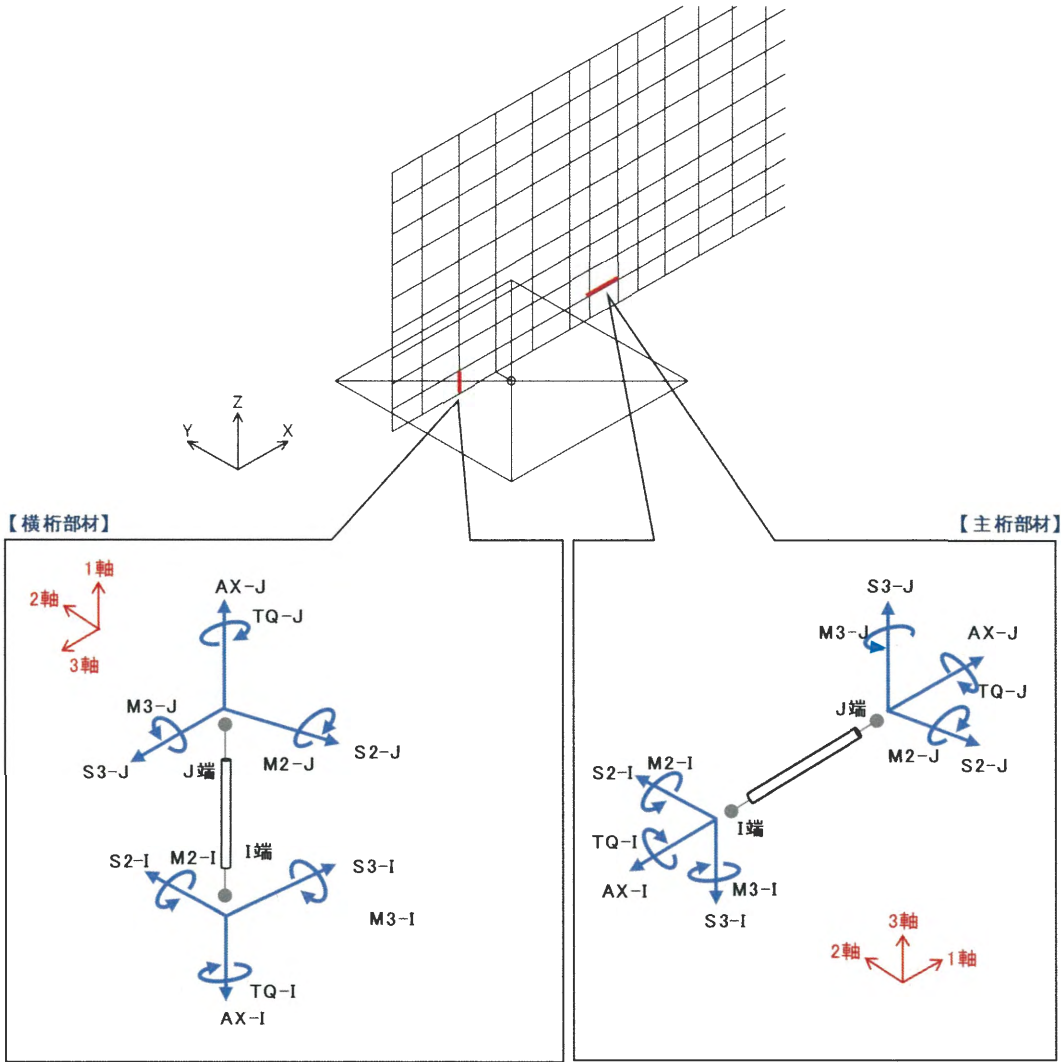
図 4.10-173 ②-②断面基礎天端への入力時刻歴波形 (S_s-D1 [H-, V+])

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

表 4.10-3 水平回転成分考慮のための設計水平震度の算定 (②-②断面, ③-③断面)

地盤 ケース	最大水平加速度 (m/s^2)		水平震度
	南基礎	北基礎	
④	3.82	3.29	0.39

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



- AX : 軸力 (1 軸方向)
- M2 : 面内曲げモーメント (2 軸回り)
- M3 : 面外曲げモーメント (3 軸回り)
- S3 : 面内せん断力 (3 軸方向)
- S2 : 面外せん断力 (2 軸方向)
- TQ : ねじりモーメント (1 軸回り)

図 4.10-174 主部材の各断面力の定義

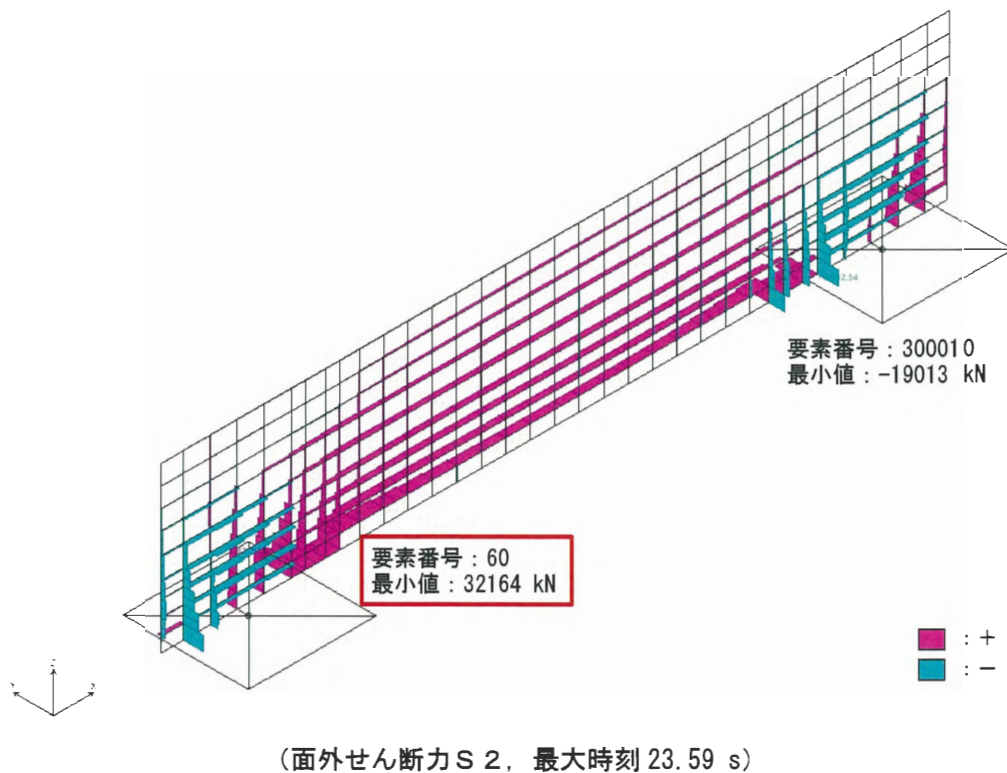
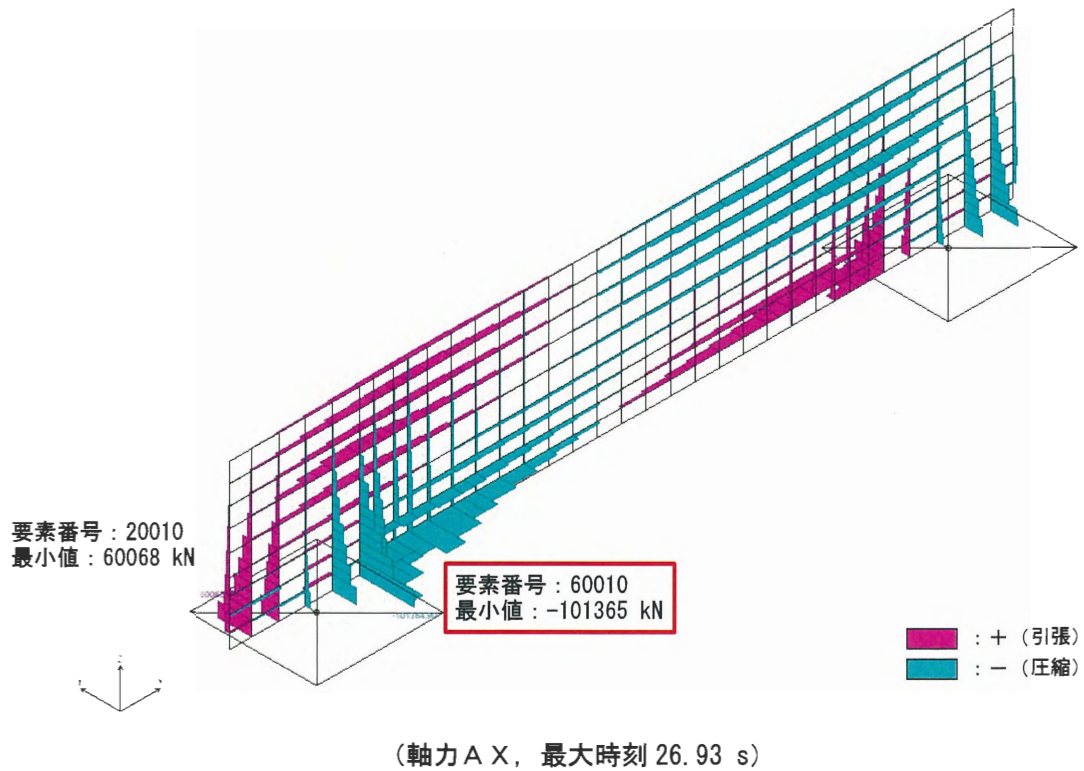
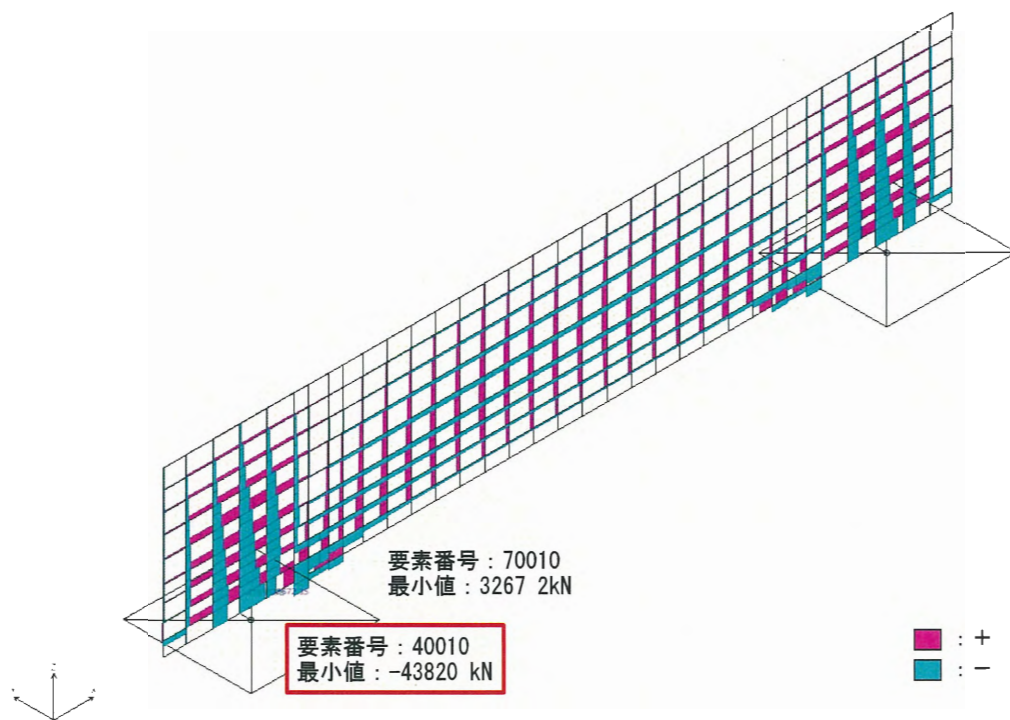
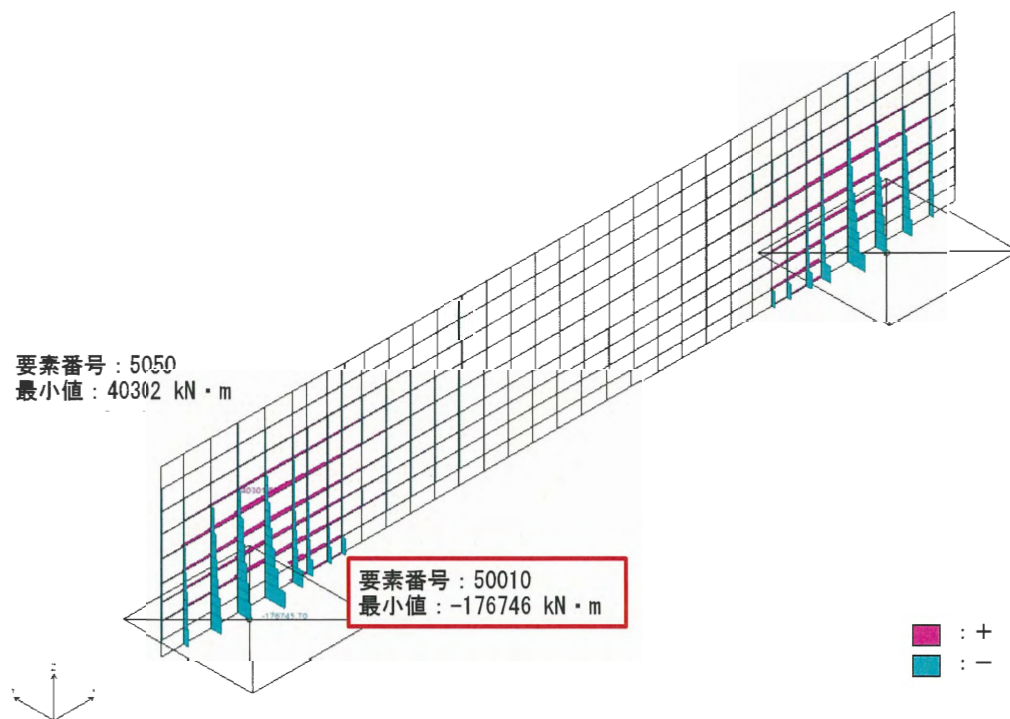


図 4.10-175 主部材の断面力図 (その 1)
(地盤ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)

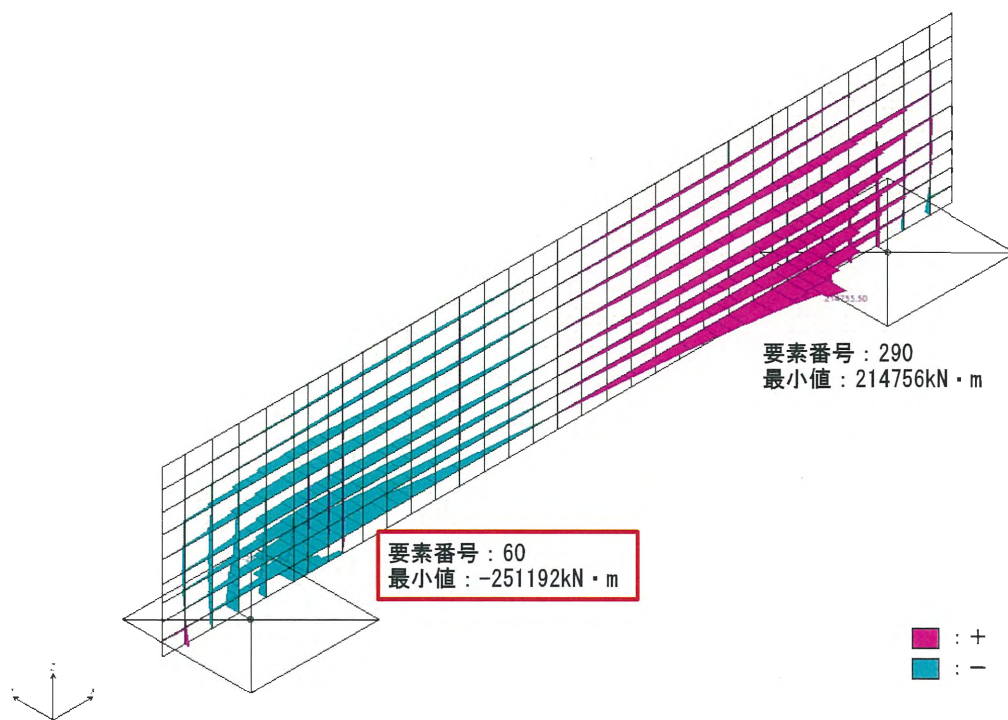


(面内せん断力 S 3, 最大時刻 68.81 s)

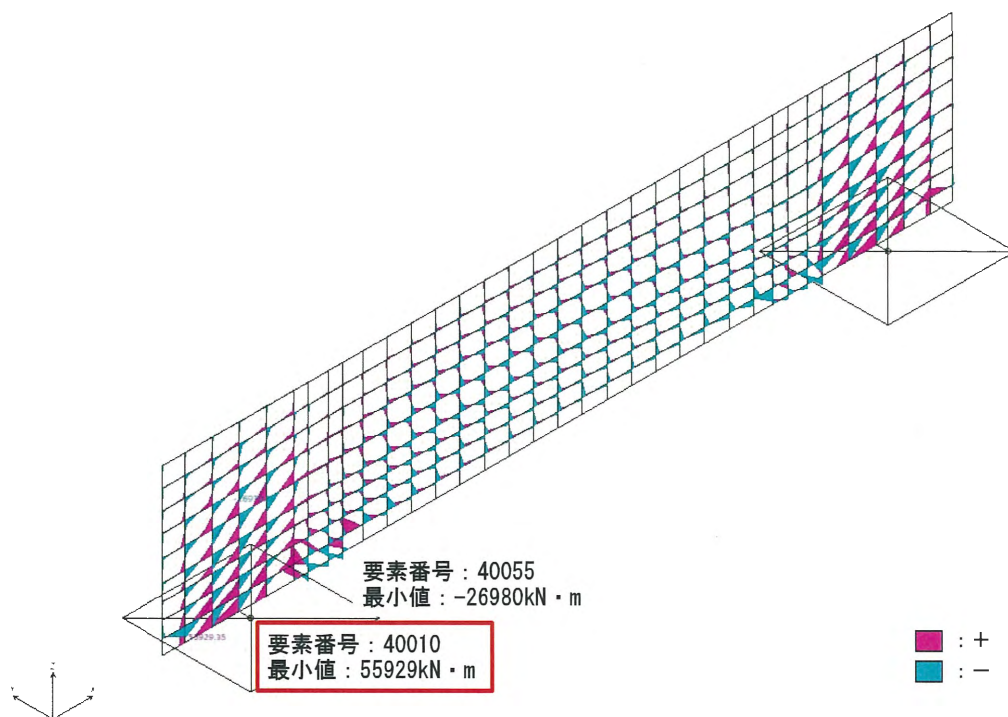


(ねじりモーメント T Q, 最大時刻 23.59 s)

図 4.10-176 主部材の断面力図 (その 2)
(地盤ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)



(面外曲げモーメントM3, 最大時刻 23.59 s)



(面内曲げモーメントM2, 最大時刻 68.81 s)

図 4.10-177 主部材の断面力図 (その3)
(地盤ケース④: 敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)

4.11 評価結果

4.11.1 評価結果総括

防潮堤（鋼製防護壁）の評価結果総括表を表 4.11-1～表 4.11-5 に示す。

鋼製防護壁基礎のうち中実鉄筋コンクリートは、堤軸方向の照査値が大きい傾向にあり、鋼製防護壁による基礎上部の拘束の影響が確認できる。これに対して鋼管杭では、地震時の交番载荷によって堤軸直交方向の照査値が大きめとなっている。巻立て鉄筋コンクリート、杭頭接合部についてはいずれの照査値も 0.5 未満であり、杭頭への応力集中はそれほど顕著ではない。頂版鉄筋コンクリートにおいては、曲げ軸力に対する照査値が大きめではあるもののせん断力に対する照査値は小さい。いずれも発生応力、せん断力ともに許容限界以下である。

鋼製防護壁は、外面鋼板以外も含めた主部材において、発生応力が許容限界以下である。

接合部は、堤軸方向の断面力に対する照査値が大きくなる傾向にあり、鋼製防護壁と鋼製防護壁基礎との拘束効果が確認できるが、アンカーボルト、ベースプレート及び中詰め鉄筋コンクリートのいずれにおいても、発生応力が許容限界以下である。

支持性能は、堤軸方向に対しては中実鉄筋コンクリート、堤軸直交方向に対しては鋼管杭において最大接地圧が発生するが、極限支持力度以下である。

止水ジョイント部は異種構造物間（鋼製防護壁と鉄筋コンクリート防潮壁）の相対変位量が許容限界以下である。

以上より、耐震評価において、各評価対象部位の発生応力、接地圧及び変位量が許容限界以下であることを確認した。

表 4.11-1 鋼製防護壁基礎の評価結果総括表

項目		入力地震動		検討方向	地盤ケース*	発生値	許容限界	照査値	
		種別	位相						
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	S _s -3 1	H-, V+	堤軸	ケース①	7.4	24	0.31
	鉄筋引張応力度	N/mm ²	S _s -3 1	H+, V+	堤軸	ケース④	155	435	0.36
	せん断力	kN	S _s -3 1	H+, V+	堤軸	ケース④	209596	262058	0.80
	鋼管杭								
	曲げ応力度	N/mm ²	S _s -3 1	H+, V+	堤軸直交	ケース①	133	442.5	0.31
	せん断応力度	N/mm ²	S _s -D 1	H-, V-	堤軸直交	ケース④	9.4	255	0.04
	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	S _s -D 1	H-, V-	堤軸直交	ケース③	3.2	24	0.14
	鉄筋引張応力度	N/mm ²	S _s -D 1	H-, V+	堤軸直交	ケース④	67	600	0.12
	せん断力	kN	S _s -D 1	H-, V-	堤軸直交	ケース⑥	820	3652	0.23
	鋼管杭部曲げ応力度	N/mm ²	S _s -D 1	H-, V+	堤軸直交	ケース④	54	442.5	0.13
	鋼管杭部せん断応力度	N/mm ²	S _s -D 1	H-, V-	堤軸直交	ケース⑥	3.5	255	0.02
	杭頭接合部								
	鋼管杭頭部								
	コンクリート圧縮応力度	N/mm ²	S _s -3 1	H+, V+	堤軸直交	ケース①	0.5	24	0.03
	鉄筋引張応力度	N/mm ²	S _s -D 1	H+, V-	堤軸直交	ケース①	40	600	0.07
	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	S _s -D 1	H-, V-	堤軸直交	ケース③	3.4	24	0.15
	鉄筋引張応力度	N/mm ²	S _s -D 1	H-, V+	堤軸直交	ケース④	99	600	0.17
	頂版鉄筋コンクリート								
	コンクリート圧縮応力度	N/mm ²	S _s -3 1	H-, V+	堤軸直交	ケース①	6.5	24	0.28
	鉄筋引張応力度	N/mm ²	S _s -D 1	H-, V-	堤軸直交	ケース⑥	287	435	0.66
	せん断力	kN	S _s -3 1	H-, V+	堤軸	ケース①	40165	137690	0.30
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	S _s -3 1	H+, V+	堤軸	ケース④	8.1	24	0.34
	鉄筋引張応力度	N/mm ²	S _s -3 1	H-, V+	堤軸	ケース①	176	435	0.41
	せん断力	kN	S _s -3 1	H+, V+	堤軸	ケース③	111296	200481	0.56
	鋼管杭								
	曲げ応力度	N/mm ²	S _s -3 1	H+, V+	堤軸直交	ケース④	226	442.5	0.52
	せん断応力度	N/mm ²	S _s -D 1	H-, V+	堤軸直交	ケース①	13.5	255	0.06
	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	S _s -D 1	H-, V+	堤軸直交	ケース①	4.0	24	0.17
	鉄筋引張応力度	N/mm ²	S _s -3 1	H+, V+	堤軸直交	ケース②	102	600	0.17
	せん断力	kN	S _s -D 1	H-, V+	堤軸直交	ケース①	1696	3771	0.45
	鋼管杭部曲げ応力度	N/mm ²	S _s -3 1	H+, V+	堤軸直交	ケース②	80	442.5	0.19
	鋼管杭部せん断応力度	N/mm ²	S _s -D 1	H-, V+	堤軸直交	ケース①	4.7	255	0.02
	杭頭接合部								
	鋼管杭頭部								
	コンクリート圧縮応力度	N/mm ²	S _s -D 1	H-, V-	堤軸直交	ケース①	0.5	24	0.03
	鉄筋引張応力度	N/mm ²	S _s -3 1	H+, V+	堤軸直交	ケース②	60	600	0.10
	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	S _s -D 1	H-, V+	堤軸直交	ケース①	4.2	24	0.18
	鉄筋引張応力度	N/mm ²	S _s -3 1	H+, V+	堤軸直交	ケース②	150	600	0.25
	頂版鉄筋コンクリート								
	コンクリート圧縮応力度	N/mm ²	S _s -3 1	H-, V+	堤軸直交	ケース①	7.2	24	0.30
	鉄筋引張応力度	N/mm ²	S _s -3 1	H+, V+	堤軸直交	ケース③	338	435	0.78
	せん断力	kN	S _s -3 1	H-, V+	堤軸直交	ケース①	112414	419676	0.27

注記 * : ① : 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

② : 地盤物性のばらつきを考慮 (+1σ) した解析ケース

③ : 地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース

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

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

表 4.11-2 鋼製防護壁の評価結果総括表

項目	入力地震動	地盤ケース*	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	①-①断面: $S_s-D1(H+, V-)$ ②-②, ③-③断面: $S_s-D1(H-, V+)$	368	615	0.60
せん断応力度	N/mm^2		175	352.5	0.50
合成応力度	-		0.54	1.2	0.45
補剛材					
検討箇所	SBHS700				
断面2次モーメント	cm^4	①-①断面: $S_s-D1(H+, V-)$ ②-②, ③-③断面: $S_s-D1(H-, V+)$	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	①-①断面: $S_s-D1(H+, V-)$ ②-②, ③-③断面: $S_s-D1(H-, V+)$	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

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

表 4.11-3 接合部の評価結果総括表

項目	入力地震動	地盤ケース*	発生値	許容限界	照査値
南基礎	アンカーボルト	ケース④			
	引張応力度 N/mm^2		203	315	0.65
	ベースプレート				
	軸圧縮応力度 N/mm^2		278	450	0.62
	曲げ応力度 N/mm^2		94	355	0.27
	せん断応力度 N/mm^2		66	260	0.26
	合成応力度 $-$		0.101	1.2	0.09
	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	252.0	0.95
	コンクリートのコーンせん断力				
	コーンせん断応力度 N/mm^2		1.018	1.431	0.72
	中詰め鉄筋コンクリート				
	水平せん断力 kN		58042	221212	0.27
	水平回転モーメント				
北基礎	アンカーボルト	ケース④			
	引張応力度 N/mm^2		232	315	0.74
	ベースプレート				
	軸圧縮応力度 N/mm^2		215	450	0.48
	曲げ応力度 N/mm^2		73	355	0.21
	せん断応力度 N/mm^2		51	260	0.20
	合成応力度 $-$		0.061	1.2	0.06
	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	252.0	0.95
	コンクリートのコーンせん断力				
	コーンせん断応力度 N/mm^2		1.145	1.558	0.74
	中詰め鉄筋コンクリート				
	水平せん断力 kN		42135	221212	0.20
	水平回転モーメント				
	水平鉄筋応力度 N/mm^2		179	435	0.42
	鉛直鉄筋応力度 N/mm^2		103	435	0.24

項目	入力地震動	地盤ケース*	着目ケース	必要スタッド量 (配置間隔)	配置可能スタッド量 (配置間隔)
共通	スタッド	ケース④			
	南北面 mm		Mx 最小	196×196	100×100
	東西面 mm		Mz 最小	186×186	100×100

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

表 4.11-4 支持性能の評価結果総括表

項目			入力地震動		検討方向	地盤ケース*	発生値	極限支持力度
			種別	位相				
南 基礎	中実鉄筋コンクリートの支持力度	kN/m ²	S _s -3 1	H+, V+	堤軸	ケース③	2407	5991
	鋼管杭の支持力度	kN/m ²	S _s -D 1	H-, V-	堤軸直交	ケース④	4912	5039
北 基礎	中実鉄筋コンクリートの支持力度	kN/m ²	S _s -3 1	H+, V+	堤軸	ケース④	4777	6116
	鋼管杭の支持力度	kN/m ²	S _s -D 1	H+, V+	堤軸直交	ケース①	4313	5092

注記 * : ① : 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

③ : 地盤物性のばらつきを考慮 (−1σ) した解析ケース

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

表 4.11-5 止水ジョイント部の評価結果総括表

項目	発生値	許容限界
止水ジョイント部材の変形量 m	1.450	2.0

4.11.2 評価結果詳細

(1) 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

(a) 曲げ軸力に対する評価結果

中実鉄筋コンクリートの曲げ軸力に対する評価は、2次元有効応力解析によって得られる曲げ軸力によりコンクリート及び鉄筋に発生する応力度を算出し、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する。

中実鉄筋コンクリートは、部材の断面力及び応力度の発生状況に基づき、鉄筋仕様の異なる5種類の部材により構成する。部材の構成は、図4.11-1に示すとおり北基礎が1種類、南基礎が4種類（上部、中央（上）、中央（下）及び下部）であり、これらの部材の概略配筋図は図4.11-33～図4.11-39に示すとおりである。したがって、中実鉄筋コンクリートの評価は、上記の5種類の部材に対して行う。

表4.11-6～表4.11-25に、2次元有効応力解析の検討ケース及びコンクリートの曲げ軸力、鉄筋の曲げ軸力に対する照査値を示す。

評価位置を図4.11-1に、コンクリートの曲げ軸力及び鉄筋の曲げ軸力に対する照査値が最大となるケースを表4.11-26～表4.11-29にまとめ、それぞれの照査値が最も厳しくなる時刻の断面力を図4.11-2～図4.11-21に示す。コンクリートの曲げ軸力に対する最大照査値は、北基礎において入力地震動 $S_{\text{e}}-31$ 〔H+, V+〕（地盤ケース④, ①-①断面）の0.34である。鉄筋の曲げ軸力に対する最大照査値は、北基礎において入力地震動 $S_{\text{e}}-31$ 〔H-, V+〕（地盤ケース①, ①-①断面）の0.41である。堤軸直交方向（②-②断面, ③-③断面）に比べて堤軸方向（①-①断面）の照査値が大きく出ており、鋼製防護壁による基礎上部の拘束の影響が確認できる。

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、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。

平面図



側面図

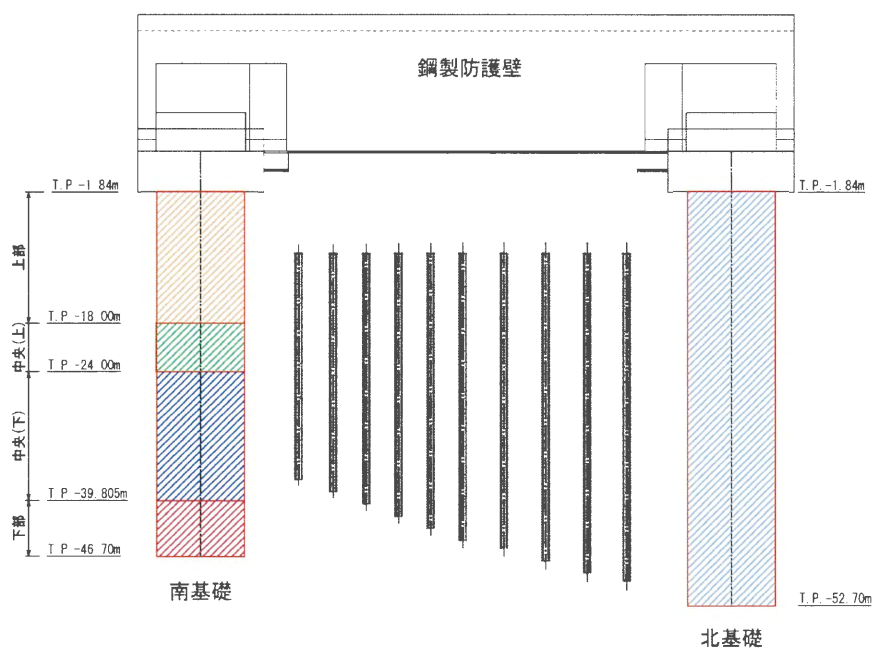


図 4.11-1 評価位置図（中実鉄筋コンクリート）

表 4.11-6 ①-①断面のコンクリートの曲げ軸力に対する検討ケースと照査値（南基礎）

地震動		地盤ケース	曲げ軸力照査（コンクリート曲げ軸力）					
			①	②	③	④	⑤	⑥
$S_s - D 1$	H+, V+		0.25					
	H+, V-		0.25					
	H-, V+		0.22					
	H-, V-		0.22					
$S_s - 1 1$			0.13					
$S_s - 1 2$			0.23					
$S_s - 1 3$			0.21					
$S_s - 1 4$			0.15					
$S_s - 2 1$			0.21					
$S_s - 2 2$			0.15					
$S_s - 3 1$	H+, V+		0.25	0.25	0.26	0.27	0.25	0.25
	H-, V+		0.31					

- 注記 ①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース
 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：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース
 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

表 4.11-7 ①-①断面のコンクリートの曲げ軸力に対する検討ケースと照査値（北基礎）

地震動		地盤ケース	曲げ軸力照査（コンクリート曲げ軸力）					
			①	②	③	④	⑤	⑥
$S_s - D 1$	H+, V+		0.23					
	H+, V-		0.23					
	H-, V+		0.28					
	H-, V-		0.28					
$S_s - 1 1$			0.14					
$S_s - 1 2$			0.21					
$S_s - 1 3$			0.20					
$S_s - 1 4$			0.15					
$S_s - 2 1$			0.25					
$S_s - 2 2$			0.16					
$S_s - 3 1$	H+, V+		0.33	0.33	0.34	0.34	0.33	0.33
	H-, V+		0.28					

- 注記 ①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース
 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：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース
 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

表 4.11-8 ③-③断面のコンクリートの曲げ軸力に対する検討ケースと照査値（南基礎）

地震動		地盤ケース	曲げ軸力照査（コンクリート曲げ軸力）					
			①	②	③	④	⑤	⑥
$S_s - D1$	H+, V+		0.17					
	H+, V-		0.17					
	H-, V+		0.19	0.18	0.19	0.19	0.18	0.18
	H-, V-		0.19	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
$S_s - 11$			0.10					
$S_s - 12$			0.11					
$S_s - 13$			0.12					
$S_s - 14$			0.10					
$S_s - 21$			0.13					
$S_s - 22$			0.12					
$S_s - 31$	H+, V+		0.18					
	H-, V+		0.17					

注記 ①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース
 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：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース
 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

表 4.11-9 ②-②断面のコンクリートの曲げ軸力に対する検討ケースと照査値（北基礎）

地震動		地盤ケース	曲げ軸力照査（コンクリート曲げ軸力）					
			①	②	③	④	⑤	⑥
$S_s - D1$	H+, V+		0.23					
	H+, V-		0.23					
	H-, V+		0.24					
	H-, V-		0.23					
$S_s - 11$			0.11					
$S_s - 12$			0.13					
$S_s - 13$			0.15					
$S_s - 14$			0.15					
$S_s - 21$			0.13					
$S_s - 22$			0.13					
$S_s - 31$	H+, V+		0.25	0.24	0.25	0.25	0.24	0.24
	H-, V+		0.20					

注記 ①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース
 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：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース
 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

表 4.11-10 ①-①断面の鉄筋の曲げ軸力に対する検討ケースと照査値（南基礎）

地震動		地盤ケース	曲げ軸力照査（鉄筋曲げ軸力）					
			①	②	③	④	⑤	⑥
S_s-D1	H+, V+		0.27					
	H+, V-		0.27					
	H-, V+		0.27					
	H-, V-		0.27					
S_s-11			0.12					
S_s-12			0.23					
S_s-13			0.22					
S_s-14			0.14					
S_s-21			0.24					
S_s-22			0.13					
S_s-31	H+, V+		0.33	0.32	0.34	0.36	0.33	0.32
	H-, V+		0.33					

注記 ①：原地盤に基づく液化化強度特性を用いた解析ケース
 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：敷地に存在しない豊浦標準砂の液化化強度特性により地盤を強制的に液化化させることを仮定した解析ケース
 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
 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

表 4.11-11 ①-①断面の鉄筋の曲げ軸力に対する検討ケースと照査値（北基礎）

地震動		地盤ケース	曲げ軸力照査（鉄筋曲げ軸力）					
			①	②	③	④	⑤	⑥
S_s-D1	H+, V+		0.32					
	H+, V-		0.32					
	H-, V+		0.26					
	H-, V-		0.26					
S_s-11			0.14					
S_s-12			0.29					
S_s-13			0.27					
S_s-14			0.18					
S_s-21			0.23					
S_s-22			0.15					
S_s-31	H+, V+		0.32	0.32	0.33	0.34	0.32	0.32
	H-, V+		0.41					

注記 ①：原地盤に基づく液化化強度特性を用いた解析ケース
 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：敷地に存在しない豊浦標準砂の液化化強度特性により地盤を強制的に液化化させることを仮定した解析ケース
 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
 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

表 4.11-12 ③-③断面の鉄筋の曲げ軸力に対する検討ケースと照査値（南基礎）

地震動		曲げ軸力照査（鉄筋曲げ軸力）					
		①	②	③	④	⑤	⑥
S _s -D 1	H+, V+	0.18					
	H+, V-	0.17					
	H-, V+	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
	H-, V-	0.20	0.21	0.22	0.23	0.20	0.21
S _s -1 1		0.10					
S _s -1 2		0.10					
S _s -1 3		0.12					
S _s -1 4		0.10					
S _s -2 1		0.13					
S _s -2 2		0.12					
S _s -3 1	H+, V+	0.22					
	H-, V+	0.19					

- 注記 ①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース
 ②：地盤物性のばらつきを考慮（+1σ）した解析ケース
 ③：地盤物性のばらつきを考慮（-1σ）した解析ケース
 ④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース
 ⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース
 ⑥：地盤物性のばらつきを考慮（+1σ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース

表 4.11-13 ②-②断面の鉄筋の曲げ軸力に対する検討ケースと照査値（北基礎）

地震動		曲げ軸力照査（鉄筋曲げ軸力）					
		①	②	③	④	⑤	⑥
S _s -D 1	H+, V+	0.28					
	H+, V-	0.27					
	H-, V+	0.30					
	H-, V-	0.29					
S _s -1 1		0.10					
S _s -1 2		0.14					
S _s -1 3		0.15					
S _s -1 4		0.15					
S _s -2 1		0.13					
S _s -2 2		0.14					
S _s -3 1	H+, V+	0.31	0.31	0.32	0.31	0.31	0.30
	H-, V+	0.26					

- 注記 ①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース
 ②：地盤物性のばらつきを考慮（+1σ）した解析ケース
 ③：地盤物性のばらつきを考慮（-1σ）した解析ケース
 ④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース
 ⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース
 ⑥：地盤物性のばらつきを考慮（+1σ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース

表 4.11-14 コンクリートの曲げ軸力照査結果 (①-①断面南基礎)
(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

地盤 ケース	地震動	評価位置	断面性状			鉄筋仕様	発生断面力		圧縮 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}
			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)			
ケース①	S_1-D1 (H+, V+)	上部	10700	10700	9976	D510150(8段)	-1685726	-94718	6.0	24	0.25
		中央 (上)	10700	10700	9759	D510150(11段)	1047219	-171823	3.8	24	0.16
		中央 (下)	10700	10700	9262	D510150(17段) D510300(1段)	1730805	-175198	5.2	24	0.22
		下部	10700	10700	9759	D510150(11段)	920012	-210071	3.6	24	0.15
	S_1-D1 (H+, V-)	上部	10700	10700	9976	D510150(8段)	-1686017	-95446	6.0	24	0.25
		中央 (上)	10700	10700	9759	D510150(11段)	1049777	-168849	3.8	24	0.16
		中央 (下)	10700	10700	9262	D510150(17段) D510300(1段)	1730276	-179246	5.2	24	0.22
		下部	10700	10700	9759	D510150(11段)	926518	-206924	3.6	24	0.15
	S_1-D1 (H-, V+)	上部	10700	10700	9976	D510150(8段)	1494444	-25583	5.1	24	0.22
		中央 (上)	10700	10700	9759	D510150(11段)	938865	-166324	3.5	24	0.15
		中央 (下)	10700	10700	9262	D510150(17段) D510300(1段)	-1731289	-161513	5.2	24	0.22
		下部	10700	10700	9759	D510150(11段)	-1022347	-178379	3.8	24	0.16
	S_1-D1 (H-, V-)	上部	10700	10700	9976	D510150(8段)	1479547	-24993	5.0	24	0.21
		中央 (上)	10700	10700	9759	D510150(11段)	908815	-176903	3.4	24	0.15
		中央 (下)	10700	10700	9262	D510150(17段) D510300(1段)	-1734485	-161324	5.2	24	0.22
		下部	10700	10700	9759	D510150(11段)	-1008996	-180867	3.8	24	0.16
	S_1-11	上部	10700	10700	9976	D510150(8段)	-798173	-70663	3.0	24	0.13
		中央 (上)	10700	10700	9759	D510150(11段)	528765	-138774	2.1	24	0.09
		中央 (下)	10700	10700	9262	D510150(17段) D510300(1段)	-891426	-178242	3.0	24	0.13
		下部	10700	10700	9759	D510150(11段)	-437884	-213784	2.2	24	0.10
	S_1-12	上部	10700	10700	9976	D510150(8段)	-1476411	-88334	5.3	24	0.23
		中央 (上)	10700	10700	9759	D510150(11段)	730546	-159295	2.8	24	0.12
		中央 (下)	10700	10700	9262	D510150(17段) D510300(1段)	1356269	-166853	4.2	24	0.18
		下部	10700	10700	9759	D510150(11段)	708426	-210068	3.0	24	0.13
	S_1-13	上部	10700	10700	9976	D510150(8段)	-1395196	-85414	5.0	24	0.21
		中央 (上)	10700	10700	9759	D510150(11段)	705453	-158433	2.8	24	0.12
		中央 (下)	10700	10700	9262	D510150(17段) D510300(1段)	1304413	-169257	4.1	24	0.18
		下部	10700	10700	9759	D510150(11段)	672107	-210788	2.9	24	0.13
	S_1-14	上部	10700	10700	9976	D510150(8段)	-959322	-73857	3.6	24	0.15
		中央 (上)	10700	10700	9759	D510150(11段)	606119	-147431	2.4	24	0.10
		中央 (下)	10700	10700	9262	D510150(17段) D510300(1段)	941470	-159727	3.1	24	0.13
		下部	10700	10700	9759	D510150(11段)	426572	-209895	2.2	24	0.10
	S_1-21	上部	10700	10700	9976	D510150(8段)	1318460	-27212	4.5	24	0.19
		中央 (上)	10700	10700	9759	D510150(11段)	913585	-162661	3.4	24	0.15
		中央 (下)	10700	10700	9262	D510150(17段) D510300(1段)	-1601335	-158100	4.9	24	0.21
		下部	10700	10700	9759	D510150(11段)	-912518	-185533	3.4	24	0.15
	S_1-22	上部	10700	10700	9976	D510150(8段)	-837999	-74512	3.1	24	0.13
		中央 (上)	10700	10700	9759	D510150(11段)	718659	-155313	2.8	24	0.12
		中央 (下)	10700	10700	9262	D510150(17段) D510300(1段)	-1096245	-165862	3.5	24	0.15
		下部	10700	10700	9759	D510150(11段)	421313	-227187	2.2	24	0.10
	S_1-31 (H+, V+)	上部	10700	10700	9976	D510150(8段)	1765791	-16772	5.9	24	0.25
		中央 (上)	10700	10700	9759	D510150(11段)	659786	-168545	2.7	24	0.12
		中央 (下)	10700	10700	9262	D510150(17段) D510300(1段)	-1875796	-153773	5.6	24	0.24
		下部	10700	10700	9759	D510150(11段)	-1120691	-178068	4.1	24	0.18
	S_1-31 (H-, V+)	上部	10700	10700	9976	D510150(8段)	-2053139	-113006	7.4	24	0.31
		中央 (上)	10700	10700	9759	D510150(11段)	958055	-198235	3.7	24	0.16
		中央 (下)	10700	10700	9262	D510150(17段) D510300(1段)	1808516	-207887	5.6	24	0.24
		下部	10700	10700	9759	D510150(11段)	1007289	-238251	4.0	24	0.17

注記 鉄筋仕様の表記：異形鉄筋径@水平間隔 mm (段数)
評価位置は図 4.11-1 に示す。

表 4.11-15 コンクリートの曲げ軸力照査結果 (①-①断面南基礎)
(地盤ケース②~⑥)

地盤 ケース	地震動	評価位置	断面性状			鉄筋仕様	発生断面力		圧縮 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)			
ケース②	S_s-31 (H+, V+)	上部	10700	10700	9976	D51@150(8段)	1734035	-16877	5.8	24	0.25
		中央(上)	10700	10700	9759	D51@150(11段)	644549	-164578	2.6	24	0.11
		中央(下)	10700	10700	9262	D51@150(17段) D51@300(1段)	-1842716	-156010	5.5	24	0.23
		下部	10700	10700	9759	D51@150(11段)	-1100965	-177531	4.0	24	0.17
ケース③	S_s-31 (H+, V+)	上部	10700	10700	9976	D51@150(8段)	1815530	-14915	6.1	24	0.26
		中央(上)	10700	10700	9759	D51@150(11段)	716136	-152168	2.8	24	0.12
		中央(下)	10700	10700	9262	D51@150(17段) D51@300(1段)	-1922695	-153825	5.7	24	0.24
		下部	10700	10700	9759	D51@150(11段)	-1156091	-175587	4.2	24	0.18
ケース④	S_s-31 (H+, V+)	上部	10700	10700	9976	D51@150(8段)	1921609	-13692	6.4	24	0.27
		中央(上)	10700	10700	9759	D51@150(11段)	744709	-169175	2.9	24	0.13
		中央(下)	10700	10700	9262	D51@150(17段) D51@300(1段)	-1973757	-162750	5.9	24	0.25
		下部	10700	10700	9759	D51@150(11段)	-1226930	-179562	4.4	24	0.19
ケース⑤	S_s-31 (H+, V+)	上部	10700	10700	9976	D51@150(8段)	1763360	-17151	5.9	24	0.25
		中央(上)	10700	10700	9759	D51@150(11段)	677062	-150553	2.6	24	0.11
		中央(下)	10700	10700	9262	D51@150(17段) D51@300(1段)	-1865519	-157262	5.6	24	0.24
		下部	10700	10700	9759	D51@150(11段)	-1119399	-179167	4.1	24	0.18
ケース⑥	S_s-31 (H+, V+)	上部	10700	10700	9976	D51@150(8段)	1729609	-17768	5.8	24	0.25
		中央(上)	10700	10700	9759	D51@150(11段)	-671731	-132806	2.5	24	0.11
		中央(下)	10700	10700	9262	D51@150(17段) D51@300(1段)	-1833452	-157238	5.5	24	0.23
		下部	10700	10700	9759	D51@150(11段)	-1098503	-179074	4.0	24	0.17

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

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

鉄筋仕様の表記：異形鉄筋径@水平間隔 mm (段数)

評価位置は図 4.11-1 に示す。

表 4.11-16 コンクリートの曲げ軸力照査結果 (①-①断面北基礎)

地盤 ケース	地震動	断面性状			鉄筋仕様	発生断面力		圧縮 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)			
ケース①	S _s -D 1 (H+, V+)	10700	10700	10050	D51@150(7段)	-1551589	-2119	5.4	24	0.23
	S _s -D 1 (H+, V-)	10700	10700	10050	D51@150(7段)	-1538584	-628	5.4	24	0.23
	S _s -D 1 (H-, V+)	10700	10700	10050	D51@150(7段)	1667681	-136345	6.5	24	0.28
	S _s -D 1 (H-, V-)	10700	10700	10050	D51@150(7段)	1667049	-134438	6.5	24	0.28
	S _s -1 1	10700	10700	10050	D51@150(7段)	796592	-107871	3.3	24	0.14
	S _s -1 2	10700	10700	10050	D51@150(7段)	-1384933	-26014	5.0	24	0.21
	S _s -1 3	10700	10700	10050	D51@150(7段)	-1323483	-28863	4.8	24	0.20
	S _s -1 4	10700	10700	10050	D51@150(7段)	-957760	-54581	3.6	24	0.15
	S _s -2 1	10700	10700	10050	D51@150(7段)	1479684	-127746	5.8	24	0.25
	S _s -2 2	10700	10700	10050	D51@150(7段)	935501	-114396	3.8	24	0.16
	S _s -3 1 (H+, V+)	10700	10700	10050	D51@150(7段)	2019661	-155211	7.8	24	0.33
	S _s -3 1 (H-, V+)	10700	10700	10050	D51@150(7段)	-1910596	7229	6.6	24	0.28
ケース②	S _s -3 1 (H+, V+)	10700	10700	10050	D51@150(7段)	1998523	-154343	7.7	24	0.33
ケース③	S _s -3 1 (H+, V+)	10700	10700	10050	D51@150(7段)	2064458	-157113	8.0	24	0.34
ケース④	S _s -3 1 (H+, V+)	10700	10700	10050	D51@150(7段)	2102781	-160024	8.1	24	0.34
ケース⑤	S _s -3 1 (H+, V+)	10700	10700	10050	D51@150(7段)	2012591	-155088	7.8	24	0.33
ケース⑥	S _s -3 1 (H+, V+)	10700	10700	10050	D51@150(7段)	1987232	-154129	7.7	24	0.33

注記 ①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

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

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

鉄筋仕様の表記：異形鉄筋径@水平間隔 mm (段数)

評価位置は図 4.11-1 に示す。

表 4.11-17 コンクリートの曲げ軸力照査結果 (③-③断面南基礎)

(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

地盤 ケース	地震動	評価位置	断面性状			鉄筋仕様	発生断面力		圧縮 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)			
ケース①	S_1-D1 (H+, V+)	上部	10700	10700	9976	D51φ150(8段)	994038	-34224	3.4	24	0.15
		中央 (上)	10700	10700	9759	D51φ150(11段)	-1093007	-108401	3.7	24	0.16
		中央 (下)	10700	10700	9262	D51φ150(17段) D51φ300(1段)	-1326863	-105313	3.9	24	0.17
		下部	10700	10700	9759	D51φ150(11段)	-800262	-155094	2.9	24	0.13
	S_1-D1 (H+, V-)	上部	10700	10700	9976	D51φ150(8段)	952336	-29904	3.3	24	0.14
		中央 (上)	10700	10700	9759	D51φ150(11段)	-1103938	-104354	3.7	24	0.16
		中央 (下)	10700	10700	9262	D51φ150(17段) D51φ300(1段)	-1330632	-109392	4.0	24	0.17
		下部	10700	10700	9759	D51φ150(11段)	-835056	-161070	3.1	24	0.13
	S_1-D1 (H-, V+)	上部	10700	10700	9976	D51φ150(8段)	1131727	-28673	3.9	24	0.17
		中央 (上)	10700	10700	9759	D51φ150(11段)	-1217216	-107573	4.0	24	0.17
		中央 (下)	10700	10700	9262	D51φ150(17段) D51φ300(1段)	-1526571	-102348	4.5	24	0.19
		下部	10700	10700	9759	D51φ150(11段)	-975676	-153697	3.6	24	0.15
	S_1-D1 (H-, V-)	上部	10700	10700	9976	D51φ150(8段)	1150770	-35711	4.0	24	0.17
		中央 (上)	10700	10700	9759	D51φ150(11段)	-1231199	-102908	4.0	24	0.17
		中央 (下)	10700	10700	9262	D51φ150(17段) D51φ300(1段)	-1535296	-97343	4.5	24	0.19
		下部	10700	10700	9759	D51φ150(11段)	-973224	-148939	3.6	24	0.15
	S_1-11	上部	10700	10700	9976	D51φ150(8段)	595431	-37687	2.2	24	0.10
		中央 (上)	10700	10700	9759	D51φ150(11段)	-608291	-118720	2.3	24	0.10
		中央 (下)	10700	10700	9262	D51φ150(17段) D51φ300(1段)	-671290	-121777	2.3	24	0.10
		下部	10700	10700	9759	D51φ150(11段)	295647	-205702	1.9	24	0.08
	S_1-12	上部	10700	10700	9976	D51φ150(8段)	642491	-40267	2.3	24	0.10
		中央 (上)	10700	10700	9759	D51φ150(11段)	-677815	-111306	2.5	24	0.11
		中央 (下)	10700	10700	9262	D51φ150(17段) D51φ300(1段)	-800205	-115240	2.5	24	0.11
		下部	10700	10700	9759	D51φ150(11段)	266801	-233634	1.9	24	0.08
	S_1-13	上部	10700	10700	9976	D51φ150(8段)	707384	-37707	2.5	24	0.11
		中央 (上)	10700	10700	9759	D51φ150(11段)	-756765	-110530	2.6	24	0.11
		中央 (下)	10700	10700	9262	D51φ150(17段) D51φ300(1段)	-906275	-115004	2.8	24	0.12
		下部	10700	10700	9759	D51φ150(11段)	-358153	-175206	1.9	24	0.08
	S_1-14	上部	10700	10700	9976	D51φ150(8段)	620142	-38801	2.2	24	0.10
		中央 (上)	10700	10700	9759	D51φ150(11段)	-616489	-115668	2.3	24	0.10
		中央 (下)	10700	10700	9262	D51φ150(17段) D51φ300(1段)	-732180	-120423	2.3	24	0.10
		下部	10700	10700	9759	D51φ150(11段)	357053	-217301	2.0	24	0.09
	S_1-21	上部	10700	10700	9976	D51φ150(8段)	738159	-33603	2.6	24	0.11
		中央 (上)	10700	10700	9759	D51φ150(11段)	-846440	-112212	2.9	24	0.13
		中央 (下)	10700	10700	9262	D51φ150(17段) D51φ300(1段)	-962905	-114725	3.1	24	0.13
		下部	10700	10700	9759	D51φ150(11段)	-599116	-166338	2.5	24	0.11
	S_1-22	上部	10700	10700	9976	D51φ150(8段)	732048	-34335	2.6	24	0.11
		中央 (上)	10700	10700	9759	D51φ150(11段)	-753175	-101789	2.6	24	0.11
		中央 (下)	10700	10700	9262	D51φ150(17段) D51φ300(1段)	-891455	-110228	2.8	24	0.12
		下部	10700	10700	9759	D51φ150(11段)	-390949	-194056	2.0	24	0.09
	S_1-31 (H+, V+)	上部	10700	10700	9976	D51φ150(8段)	1256427	-33704	4.3	24	0.18
		中央 (上)	10700	10700	9759	D51φ150(11段)	-1035654	-113510	3.6	24	0.15
		中央 (下)	10700	10700	9262	D51φ150(17段) D51φ300(1段)	-1361978	-111820	4.0	24	0.17
		下部	10700	10700	9759	D51φ150(11段)	-867821	-170228	3.3	24	0.14
	S_1-31 (H-, V+)	上部	10700	10700	9976	D51φ150(8段)	-1111910	-46517	3.9	24	0.17
		中央 (上)	10700	10700	9759	D51φ150(11段)	858986	-146295	3.1	24	0.13
		中央 (下)	10700	10700	9262	D51φ150(17段) D51φ300(1段)	1248467	-183795	4.0	24	0.17
		下部	10700	10700	9759	D51φ150(11段)	837654	-202569	3.3	24	0.14

注記 鉄筋仕様の表記：異形鉄筋径@水平間隔 mm (段数)

評価位置は図 4.11-1 に示す。

表 4.11-18 コンクリートの曲げ軸力照査結果 (③-③断面南基礎)
(地盤ケース②~⑥)

地盤 ケース	地震動	評価位置	断面性状			鉄筋仕様	発生断面力		圧縮 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)			
ケース②	S_0-D1 (H-, V+)	上部	10700	10700	9976	D51 ϕ 150 (8段)	1127084	-28420	3.9	24	0.17
		中央 (上)	10700	10700	9759	D51 ϕ 150 (11段)	-1192593	-108287	4.0	24	0.17
		中央 (下)	10700	10700	9262	D51 ϕ 150 (17段) D51 ϕ 300 (1段)	-1496003	-103690	4.3	24	0.18
		下部	10700	10700	9759	D51 ϕ 150 (11段)	-962925	-153806	3.6	24	0.15
ケース③	S_0-D1 (H-, V+)	上部	10700	10700	9976	D51 ϕ 150 (8段)	1143444	-30407	3.9	24	0.17
		中央 (上)	10700	10700	9759	D51 ϕ 150 (11段)	-1257106	-109520	4.2	24	0.18
		中央 (下)	10700	10700	9262	D51 ϕ 150 (17段) D51 ϕ 300 (1段)	-1567520	-103275	4.5	24	0.19
		下部	10700	10700	9759	D51 ϕ 150 (11段)	-994484	-152640	3.6	24	0.15
ケース④	S_0-D1 (H-, V+)	上部	10700	10700	9976	D51 ϕ 150 (8段)	1134485	-25633	3.9	24	0.17
		中央 (上)	10700	10700	9759	D51 ϕ 150 (11段)	-1260397	-102486	4.2	24	0.18
		中央 (下)	10700	10700	9262	D51 ϕ 150 (17段) D51 ϕ 300 (1段)	-1566118	-97105	4.5	24	0.19
		下部	10700	10700	9759	D51 ϕ 150 (11段)	-992007	-152673	3.6	24	0.15
ケース⑤	S_0-D1 (H-, V+)	上部	10700	10700	9976	D51 ϕ 150 (8段)	1154614	-41214	4.0	24	0.17
		中央 (上)	10700	10700	9759	D51 ϕ 150 (11段)	-1160227	-123006	4.0	24	0.17
		中央 (下)	10700	10700	9262	D51 ϕ 150 (17段) D51 ϕ 300 (1段)	-1425993	-117428	4.2	24	0.18
		下部	10700	10700	9759	D51 ϕ 150 (11段)	-886577	-159156	3.3	24	0.14
ケース⑥	S_0-D1 (H-, V+)	上部	10700	10700	9976	D51 ϕ 150 (8段)	1163102	-40549	4.0	24	0.17
		中央 (上)	10700	10700	9759	D51 ϕ 150 (11段)	-1149694	-122456	3.9	24	0.17
		中央 (下)	10700	10700	9262	D51 ϕ 150 (17段) D51 ϕ 300 (1段)	-1416792	-117138	4.2	24	0.18
		下部	10700	10700	9759	D51 ϕ 150 (11段)	-888213	-159219	3.3	24	0.14
ケース②	S_0-D1 (H-, V-)	上部	10700	10700	9976	D51 ϕ 150 (8段)	1154771	-24073	3.9	24	0.17
		中央 (上)	10700	10700	9759	D51 ϕ 150 (11段)	-1154883	-101869	3.9	24	0.17
		中央 (下)	10700	10700	9262	D51 ϕ 150 (17段) D51 ϕ 300 (1段)	-1457660	-96931	4.2	24	0.18
		下部	10700	10700	9759	D51 ϕ 150 (11段)	-920151	-148185	3.4	24	0.15
ケース③	S_0-D1 (H-, V-)	上部	10700	10700	9976	D51 ϕ 150 (8段)	1187775	-33022	4.0	24	0.17
		中央 (上)	10700	10700	9759	D51 ϕ 150 (11段)	-1204587	-101791	4.0	24	0.17
		中央 (下)	10700	10700	9262	D51 ϕ 150 (17段) D51 ϕ 300 (1段)	-1519210	-95450	4.3	24	0.18
		下部	10700	10700	9759	D51 ϕ 150 (11段)	-952061	-145948	3.4	24	0.15
ケース④	S_0-D1 (H-, V-)	上部	10700	10700	9976	D51 ϕ 150 (8段)	1226467	-23835	4.2	24	0.18
		中央 (上)	10700	10700	9759	D51 ϕ 150 (11段)	-1204603	-99572	4.0	24	0.17
		中央 (下)	10700	10700	9262	D51 ϕ 150 (17段) D51 ϕ 300 (1段)	-1510708	-95042	4.3	24	0.18
		下部	10700	10700	9759	D51 ϕ 150 (11段)	-954525	-145892	3.4	24	0.15
ケース⑤	S_0-D1 (H-, V-)	上部	10700	10700	9976	D51 ϕ 150 (8段)	1177713	-38073	4.0	24	0.17
		中央 (上)	10700	10700	9759	D51 ϕ 150 (11段)	-1136460	-118829	3.9	24	0.17
		中央 (下)	10700	10700	9262	D51 ϕ 150 (17段) D51 ϕ 300 (1段)	-1402935	-113290	4.2	24	0.18
		下部	10700	10700	9759	D51 ϕ 150 (11段)	-865604	-156256	3.3	24	0.14
ケース⑥	S_0-D1 (H-, V-)	上部	10700	10700	9976	D51 ϕ 150 (8段)	1185883	-38174	4.2	24	0.18
		中央 (上)	10700	10700	9759	D51 ϕ 150 (11段)	-1121210	-118492	3.9	24	0.17
		中央 (下)	10700	10700	9262	D51 ϕ 150 (17段) D51 ϕ 300 (1段)	-1387619	-113665	4.2	24	0.18
		下部	10700	10700	9759	D51 ϕ 150 (11段)	-862771	-156779	3.3	24	0.14

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

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

鉄筋仕様の表記：異形鉄筋径@水平間隔 mm (段数)

評価位置は図 4.11-1 に示す。

表 4.11-19 コンクリートの曲げ軸力照査結果 (②-②断面北基礎)

地盤 ケース	地震動	断面性状			鉄筋仕様	発生断面力		圧縮 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)			
ケース①	S _s -D1 (H+, V+)	10700	10700	10050	D51@150(7段)	1454243	-59762	5.4	24	0.23
	S _s -D1 (H+, V-)	10700	10700	10050	D51@150(7段)	1428260	-51760	5.3	24	0.23
	S _s -D1 (H-, V+)	10700	10700	10050	D51@150(7段)	1530527	-36613	5.6	24	0.24
	S _s -D1 (H-, V-)	10700	10700	10050	D51@150(7段)	1489795	-33594	5.4	24	0.23
	S _s -11	10700	10700	10050	D51@150(7段)	-450448	-216224	2.6	24	0.11
	S _s -12	10700	10700	10050	D51@150(7段)	790018	-72107	3.1	24	0.13
	S _s -13	10700	10700	10050	D51@150(7段)	861430	-69098	3.4	24	0.15
	S _s -14	10700	10700	10050	D51@150(7段)	863726	-66049	3.4	24	0.15
	S _s -21	10700	10700	10050	D51@150(7段)	770331	-49670	3.0	24	0.13
	S _s -22	10700	10700	10050	D51@150(7段)	795358	-49392	3.0	24	0.13
	S _s -31 (H+, V+)	10700	10700	10050	D51@150(7段)	1621185	-42578	5.9	24	0.25
	S _s -31 (H-, V+)	10700	10700	10050	D51@150(7段)	-1290981	-24680	4.7	24	0.20
ケース②	S _s -31 (H+, V+)	10700	10700	10050	D51@150(7段)	1593279	-44190	5.7	24	0.24
ケース③	S _s -31 (H+, V+)	10700	10700	10050	D51@150(7段)	1646973	-43376	5.9	24	0.25
ケース④	S _s -31 (H+, V+)	10700	10700	10050	D51@150(7段)	1622094	-43179	5.9	24	0.25
ケース⑤	S _s -31 (H+, V+)	10700	10700	10050	D51@150(7段)	1576263	-40400	5.7	24	0.24
ケース⑥	S _s -31 (H+, V+)	10700	10700	10050	D51@150(7段)	1543184	-41430	5.6	24	0.24

注記 ①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

②：地盤物性のばらつきを考慮 (+1σ) した解析ケース

③：地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース

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

⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース

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

鉄筋仕様の表記：異形鉄筋径@水平間隔 mm (段数)

評価位置は図 4.11-1 に示す。

表 4. 11-20 鉄筋の曲げ軸力照査結果 (①-①断面南基礎)
(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

地盤 ケース	地震動	評価位置	断面性状			鉄筋仕様	発生断面力		引張 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{s0} (N/mm ²)	照査値 σ_s/σ_{s0}
			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)			
ケース①	S_1-D1 (H+, V+)	上部	10700	10700	9976	D51 ϕ 150(8段)	-1684745	-93979	115	435	0.27
		中央 (上)	10700	10700	9759	D51 ϕ 150(11段)	1047219	-171823	39	435	0.09
		中央 (下)	10700	10700	9262	D51 ϕ 150(17段) D51 ϕ 300(1段)	1730805	-175198	71	435	0.17
		下部	10700	10700	9759	D51 ϕ 150(11段)	919290	-209473	24	435	0.06
	S_1-D1 (H+, V-)	上部	10700	10700	9976	D51 ϕ 150(8段)	-1685490	-93683	115	435	0.27
		中央 (上)	10700	10700	9759	D51 ϕ 150(11段)	1047895	-167681	39	435	0.09
		中央 (下)	10700	10700	9262	D51 ϕ 150(17段) D51 ϕ 300(1段)	1731787	-177513	70	435	0.17
		下部	10700	10700	9759	D51 ϕ 150(11段)	926518	-206924	25	435	0.06
	S_1-D1 (H-, V+)	上部	10700	10700	9976	D51 ϕ 150(8段)	1493742	-24333	117	435	0.27
		中央 (上)	10700	10700	9759	D51 ϕ 150(11段)	893254	-142076	34	435	0.08
		中央 (下)	10700	10700	9262	D51 ϕ 150(17段) D51 ϕ 300(1段)	-1731289	-161513	73	435	0.17
		下部	10700	10700	9759	D51 ϕ 150(11段)	-1022367	-177660	36	435	0.09
	S_1-D1 (H-, V-)	上部	10700	10700	9976	D51 ϕ 150(8段)	1478550	-24665	115	435	0.27
		中央 (上)	10700	10700	9759	D51 ϕ 150(11段)	-790430	-101007	34	435	0.08
		中央 (下)	10700	10700	9262	D51 ϕ 150(17段) D51 ϕ 300(1段)	-1734485	-161324	73	435	0.17
		下部	10700	10700	9759	D51 ϕ 150(11段)	-1009081	-180767	35	435	0.09
	S_1-11	上部	10700	10700	9976	D51 ϕ 150(8段)	-798173	-70663	48	435	0.12
		中央 (上)	10700	10700	9759	D51 ϕ 150(11段)	528765	-138774	11	435	0.03
		中央 (下)	10700	10700	9262	D51 ϕ 150(17段) D51 ϕ 300(1段)	-896025	-171880	26	435	0.06
		下部	10700	10700	9759	D51 ϕ 150(11段)	-472800	-200658	2	435	0.01
	S_1-12	上部	10700	10700	9976	D51 ϕ 150(8段)	-1476411	-88334	99	435	0.23
		中央 (上)	10700	10700	9759	D51 ϕ 150(11段)	732047	-157922	21	435	0.05
		中央 (下)	10700	10700	9262	D51 ϕ 150(17段) D51 ϕ 300(1段)	1357319	-165685	52	435	0.12
		下部	10700	10700	9759	D51 ϕ 150(11段)	709108	-206535	13	435	0.03
	S_1-13	上部	10700	10700	9976	D51 ϕ 150(8段)	-1394279	-84975	93	435	0.22
		中央 (上)	10700	10700	9759	D51 ϕ 150(11段)	702564	-152551	20	435	0.05
		中央 (下)	10700	10700	9262	D51 ϕ 150(17段) D51 ϕ 300(1段)	1304413	-169257	48	435	0.12
		下部	10700	10700	9759	D51 ϕ 150(11段)	661309	-205057	10	435	0.03
	S_1-14	上部	10700	10700	9976	D51 ϕ 150(8段)	-953448	-71412	60	435	0.14
		中央 (上)	10700	10700	9759	D51 ϕ 150(11段)	606119	-147431	15	435	0.04
		中央 (下)	10700	10700	9262	D51 ϕ 150(17段) D51 ϕ 300(1段)	940727	-159414	30	435	0.07
		下部	10700	10700	9759	D51 ϕ 150(11段)	456663	-207916	0	435	0.01
	S_1-21	上部	10700	10700	9976	D51 ϕ 150(8段)	1316450	-24451	102	435	0.24
		中央 (上)	10700	10700	9759	D51 ϕ 150(11段)	913219	-156781	32	435	0.08
		中央 (下)	10700	10700	9262	D51 ϕ 150(17段) D51 ϕ 300(1段)	-1601335	-158100	66	435	0.16
		下部	10700	10700	9759	D51 ϕ 150(11段)	-918321	-176718	30	435	0.07
	S_1-22	上部	10700	10700	9976	D51 ϕ 150(8段)	805401	-39191	56	435	0.13
		中央 (上)	10700	10700	9759	D51 ϕ 150(11段)	676945	-122013	23	435	0.06
		中央 (下)	10700	10700	9262	D51 ϕ 150(17段) D51 ϕ 300(1段)	-1095459	-165498	37	435	0.09
		下部	10700	10700	9759	D51 ϕ 150(11段)	-599011	-190992	9	435	0.02
	S_1-31 (H+, V+)	上部	10700	10700	9976	D51 ϕ 150(8段)	1763241	-13675	142	435	0.33
		中央 (上)	10700	10700	9759	D51 ϕ 150(11段)	-723436	-98137	30	435	0.07
		中央 (下)	10700	10700	9262	D51 ϕ 150(17段) D51 ϕ 300(1段)	-1871409	-151095	81	435	0.19
		下部	10700	10700	9759	D51 ϕ 150(11段)	-1116448	-170909	43	435	0.10
	S_1-31 (H-, V+)	上部	10700	10700	9976	D51 ϕ 150(8段)	-2050308	-111648	140	435	0.33
		中央 (上)	10700	10700	9759	D51 ϕ 150(11段)	958582	-196775	29	435	0.07
		中央 (下)	10700	10700	9262	D51 ϕ 150(17段) D51 ϕ 300(1段)	1808516	-207887	70	435	0.17
		下部	10700	10700	9759	D51 ϕ 150(11段)	1002784	-233715	26	435	0.06

注記 鉄筋仕様の表記：異形鉄筋径@水平間隔 mm (段数)
評価位置は図 4. 11-1 に示す。

表 4.11-21 鉄筋の曲げ軸力照査結果 (①-①断面南基礎)
(地盤ケース②~⑥)

地盤 ケース	地震動	評価位置	断面性状			鉄筋仕様	発生断面力		引張 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)			
ケース②	S_s-31 (H+, V+)	上部	10700	10700	9976	D51@150(8段)	1732531	-15284	139	435	0.32
		中央(上)	10700	10700	9759	D51@150(11段)	-714227	-98296	30	435	0.07
		中央(下)	10700	10700	9262	D51@150(17段) D51@300(1段)	-1837693	-150522	80	435	0.19
		下部	10700	10700	9759	D51@150(11段)	-1099135	-172772	42	435	0.10
ケース③	S_s-31 (H+, V+)	上部	10700	10700	9976	D51@150(8段)	1814378	-13363	146	435	0.34
		中央(上)	10700	10700	9759	D51@150(11段)	-741229	-97528	32	435	0.08
		中央(下)	10700	10700	9262	D51@150(17段) D51@300(1段)	-1918265	-151781	84	435	0.20
		下部	10700	10700	9759	D51@150(11段)	-1148725	-167499	46	435	0.11
ケース④	S_s-31 (H+, V+)	上部	10700	10700	9976	D51@150(8段)	1917184	-10356	155	435	0.36
		中央(上)	10700	10700	9759	D51@150(11段)	-711119	-98726	29	435	0.07
		中央(下)	10700	10700	9262	D51@150(17段) D51@300(1段)	-1968219	-157222	86	435	0.20
		下部	10700	10700	9759	D51@150(11段)	-1219696	-169342	50	435	0.12
ケース⑤	S_s-31 (H+, V+)	上部	10700	10700	9976	D51@150(8段)	1760839	-14231	142	435	0.33
		中央(上)	10700	10700	9759	D51@150(11段)	-707503	-100232	29	435	0.07
		中央(下)	10700	10700	9262	D51@150(17段) D51@300(1段)	-1868638	-154651	81	435	0.19
		下部	10700	10700	9759	D51@150(11段)	-1117225	-171868	43	435	0.10
ケース⑥	S_s-31 (H+, V+)	上部	10700	10700	9976	D51@150(8段)	1728053	-16281	138	435	0.32
		中央(上)	10700	10700	9759	D51@150(11段)	-693236	-100907	28	435	0.07
		中央(下)	10700	10700	9262	D51@150(17段) D51@300(1段)	-1834264	-154590	79	435	0.19
		下部	10700	10700	9759	D51@150(11段)	-1091191	-171969	41	435	0.10

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

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

鉄筋仕様の表記：異形鉄筋径@水平間隔 mm (段数)

評価位置は図 4.11-1 に示す。

表 4.11-22 鉄筋の曲げ軸力照査結果 (①-①断面北基礎)

地震 ケース	地震動	断面性状			鉄筋仕様	発生断面力		引張 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)			
ケース①	S _s -D1 (H+, V+)	10700	10700	10050	D51@150(7段)	-1551589	-2119	139	435	0.32
	S _s -D1 (H+, V-)	10700	10700	10050	D51@150(7段)	-1538584	-628	139	435	0.32
	S _s -D1 (H-, V+)	10700	10700	10050	D51@150(7段)	1667681	-136345	112	435	0.26
	S _s -D1 (H-, V-)	10700	10700	10050	D51@150(7段)	1667049	-134438	112	435	0.26
	S _s -11	10700	10700	10050	D51@150(7段)	-764570	-32889	59	435	0.14
	S _s -12	10700	10700	10050	D51@150(7段)	-1387834	-5701	124	435	0.29
	S _s -13	10700	10700	10050	D51@150(7段)	-1327183	-10425	117	435	0.27
	S _s -14	10700	10700	10050	D51@150(7段)	-931534	-27565	76	435	0.18
	S _s -21	10700	10700	10050	D51@150(7段)	1476835	-125850	98	435	0.23
	S _s -22	10700	10700	10050	D51@150(7段)	-796569	-35106	62	435	0.15
	S _s -31 (H+, V+)	10700	10700	10050	D51@150(7段)	2017075	-154066	138	435	0.32
	S _s -31 (H-, V+)	10700	10700	10050	D51@150(7段)	-1906252	11572	176	435	0.41
ケース②	S _s -31 (H+, V+)	10700	10700	10050	D51@150(7段)	1997567	-153274	137	435	0.32
ケース③	S _s -31 (H+, V+)	10700	10700	10050	D51@150(7段)	2065134	-156281	142	435	0.33
ケース④	S _s -31 (H+, V+)	10700	10700	10050	D51@150(7段)	2100565	-159033	144	435	0.34
ケース⑤	S _s -31 (H+, V+)	10700	10700	10050	D51@150(7段)	2010064	-153848	138	435	0.32
ケース⑥	S _s -31 (H+, V+)	10700	10700	10050	D51@150(7段)	1987236	-153000	136	435	0.32

注記 ①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

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

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

鉄筋仕様の表記：異形鉄筋径@水平間隔 mm (段数)

評価位置は図 4.11-1 に示す。

表 4.11-23 鉄筋の曲げ軸力照査結果 (③-③断面南基礎)
(地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

地盤 ケース	地震動	評価位置	断面性状			鉄筋仕様	発生断面力		引張 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)			
ケース①	S_1-D1 (H+, V+)	上部	10700	10700	9976	D51 Φ 150(8段)	990866	-30696	74	435	0.18
		中央(上)	10700	10700	9759	D51 Φ 150(11段)	-1100724	-99110	55	435	0.13
		中央(下)	10700	10700	9262	D51 Φ 150(17段) D51 Φ 300(1段)	-1326863	-105313	58	435	0.14
		下部	10700	10700	9759	D51 Φ 150(11段)	-777512	-137866	27	435	0.07
	S_1-D1 (H+, V-)	上部	10700	10700	9976	D51 Φ 150(8段)	952336	-29904	71	435	0.17
		中央(上)	10700	10700	9759	D51 Φ 150(11段)	-1103938	-104354	55	435	0.13
		中央(下)	10700	10700	9262	D51 Φ 150(17段) D51 Φ 300(1段)	-1326608	-102591	59	435	0.14
		下部	10700	10700	9759	D51 Φ 150(11段)	-828621	-147413	29	435	0.07
	S_1-D1 (H-, V+)	上部	10700	10700	9976	D51 Φ 150(8段)	1131570	-28504	86	435	0.20
		中央(上)	10700	10700	9759	D51 Φ 150(11段)	-1217216	-107573	62	435	0.15
		中央(下)	10700	10700	9262	D51 Φ 150(17段) D51 Φ 300(1段)	-1526571	-102348	70	435	0.17
		下部	10700	10700	9759	D51 Φ 150(11段)	-975676	-153697	37	435	0.09
	S_1-D1 (H-, V-)	上部	10700	10700	9976	D51 Φ 150(8段)	1154266	-30479	87	435	0.20
		中央(上)	10700	10700	9759	D51 Φ 150(11段)	-1231696	-102483	63	435	0.15
		中央(下)	10700	10700	9262	D51 Φ 150(17段) D51 Φ 300(1段)	-1535296	-97343	71	435	0.17
		下部	10700	10700	9759	D51 Φ 150(11段)	-973224	-148939	38	435	0.09
	S_1-11	上部	10700	10700	9976	D51 Φ 150(8段)	595308	-36044	40	435	0.10
		中央(上)	10700	10700	9759	D51 Φ 150(11段)	-610378	-102761	22	435	0.06
		中央(下)	10700	10700	9262	D51 Φ 150(17段) D51 Φ 300(1段)	-677842	-105184	24	435	0.06
		下部	10700	10700	9759	D51 Φ 150(11段)	-388921	-143994	3	435	0.01
	S_1-12	上部	10700	10700	9976	D51 Φ 150(8段)	634276	-36389	43	435	0.10
		中央(上)	10700	10700	9759	D51 Φ 150(11段)	-677031	-110296	25	435	0.06
		中央(下)	10700	10700	9262	D51 Φ 150(17段) D51 Φ 300(1段)	-800205	-115240	28	435	0.07
		下部	10700	10700	9759	D51 Φ 150(11段)	-456044	-153349	6	435	0.02
	S_1-13	上部	10700	10700	9976	D51 Φ 150(8段)	705788	-36162	49	435	0.12
		中央(上)	10700	10700	9759	D51 Φ 150(11段)	-756482	-109838	30	435	0.07
		中央(下)	10700	10700	9262	D51 Φ 150(17段) D51 Φ 300(1段)	-905547	-112910	34	435	0.08
		下部	10700	10700	9759	D51 Φ 150(11段)	-531464	-164439	8	435	0.02
	S_1-14	上部	10700	10700	9976	D51 Φ 150(8段)	619842	-38374	41	435	0.10
		中央(上)	10700	10700	9759	D51 Φ 150(11段)	-626934	-103440	23	435	0.06
		中央(下)	10700	10700	9262	D51 Φ 150(17段) D51 Φ 300(1段)	-729340	-105903	25	435	0.06
		下部	10700	10700	9759	D51 Φ 150(11段)	-419595	-150572	4	435	0.01
	S_1-21	上部	10700	10700	9976	D51 Φ 150(8段)	736478	-28506	53	435	0.13
		中央(上)	10700	10700	9759	D51 Φ 150(11段)	-842297	-110549	36	435	0.09
		中央(下)	10700	10700	9262	D51 Φ 150(17段) D51 Φ 300(1段)	-951222	-108751	39	435	0.09
		下部	10700	10700	9759	D51 Φ 150(11段)	-598136	-161999	12	435	0.03
	S_1-22	上部	10700	10700	9976	D51 Φ 150(8段)	729461	-32118	52	435	0.12
		中央(上)	10700	10700	9759	D51 Φ 150(11段)	-755585	-99897	32	435	0.08
		中央(下)	10700	10700	9262	D51 Φ 150(17段) D51 Φ 300(1段)	-890902	-102403	35	435	0.09
		下部	10700	10700	9759	D51 Φ 150(11段)	-529696	-153289	10	435	0.03
	S_1-31 (H+, V+)	上部	10700	10700	9976	D51 Φ 150(8段)	1256598	-32721	95	435	0.22
		中央(上)	10700	10700	9759	D51 Φ 150(11段)	-1033659	-111476	49	435	0.12
		中央(下)	10700	10700	9262	D51 Φ 150(17段) D51 Φ 300(1段)	-1358591	-109510	59	435	0.14
		下部	10700	10700	9759	D51 Φ 150(11段)	-864560	-165563	28	435	0.07
	S_1-31 (H-, V+)	上部	10700	10700	9976	D51 Φ 150(8段)	-1111002	-45539	80	435	0.19
		中央(上)	10700	10700	9759	D51 Φ 150(11段)	-839975	-123840	33	435	0.08
		中央(下)	10700	10700	9262	D51 Φ 150(17段) D51 Φ 300(1段)	1248928	-182565	43	435	0.10
		下部	10700	10700	9759	D51 Φ 150(11段)	834970	-200448	21	435	0.05

注記 鉄筋仕様の表記：異形鉄筋径@水平間隔 mm (段数)

評価位置は図 4.11-1 に示す。

表 4. 11-24 鉄筋の曲げ軸力照査結果 (③-③断面南基礎)

(地盤ケース②～⑥)

地盤 ケース	地震動	評価位置	断面性状			鉄筋仕様	発生断面力		引張 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)			
ケース②	$S_{\text{e}}-D1$ (H-, V+)	上部	10700	10700	9976	D510150(8段)	1127084	-28420	86	435	0.20
		中央(上)	10700	10700	9759	D510150(11段)	-1192672	-107715	60	435	0.14
		中央(下)	10700	10700	9262	D510150(17段) D510300(1段)	-1496657	-102969	68	435	0.16
		下部	10700	10700	9759	D510150(11段)	-962925	-153806	36	435	0.09
ケース③	$S_{\text{e}}-D1$ (H-, V+)	上部	10700	10700	9976	D510150(8段)	1143444	-30407	86	435	0.20
		中央(上)	10700	10700	9759	D510150(11段)	-1257106	-109520	64	435	0.15
		中央(下)	10700	10700	9262	D510150(17段) D510300(1段)	-1567520	-103275	72	435	0.17
		下部	10700	10700	9759	D510150(11段)	-993855	-152260	38	435	0.09
ケース④	$S_{\text{e}}-D1$ (H-, V+)	上部	10700	10700	9976	D510150(8段)	1134814	-24976	87	435	0.20
		中央(上)	10700	10700	9759	D510150(11段)	-1260397	-102486	65	435	0.15
		中央(下)	10700	10700	9262	D510150(17段) D510300(1段)	-1566118	-97105	73	435	0.17
		下部	10700	10700	9759	D510150(11段)	-992007	-152673	38	435	0.09
ケース⑤	$S_{\text{e}}-D1$ (H-, V+)	上部	10700	10700	9976	D510150(8段)	1154614	-41214	84	435	0.20
		中央(上)	10700	10700	9759	D510150(11段)	-1160227	-123006	55	435	0.13
		中央(下)	10700	10700	9262	D510150(17段) D510300(1段)	-1425993	-117428	62	435	0.15
		下部	10700	10700	9759	D510150(11段)	-886577	-159156	30	435	0.07
ケース⑥	$S_{\text{e}}-D1$ (H-, V+)	上部	10700	10700	9976	D510150(8段)	1163102	-40549	85	435	0.20
		中央(上)	10700	10700	9759	D510150(11段)	-1149694	-122456	54	435	0.13
		中央(下)	10700	10700	9262	D510150(17段) D510300(1段)	-1416792	-117138	62	435	0.15
		下部	10700	10700	9759	D510150(11段)	-888213	-159219	31	435	0.08
ケース⑦	$S_{\text{e}}-D1$ (H-, V-)	上部	10700	10700	9976	D510150(8段)	1154771	-24073	89	435	0.21
		中央(上)	10700	10700	9759	D510150(11段)	-1154473	-101175	58	435	0.14
		中央(下)	10700	10700	9262	D510150(17段) D510300(1段)	-1457660	-96931	67	435	0.16
		下部	10700	10700	9759	D510150(11段)	-920151	-148185	34	435	0.08
ケース⑧	$S_{\text{e}}-D1$ (H-, V-)	上部	10700	10700	9976	D510150(8段)	1190373	-24486	92	435	0.22
		中央(上)	10700	10700	9759	D510150(11段)	-1205138	-101249	62	435	0.15
		中央(下)	10700	10700	9262	D510150(17段) D510300(1段)	-1519210	-95450	70	435	0.17
		下部	10700	10700	9759	D510150(11段)	-952061	-145948	37	435	0.09
ケース⑨	$S_{\text{e}}-D1$ (H-, V-)	上部	10700	10700	9976	D510150(8段)	1229074	-21617	96	435	0.23
		中央(上)	10700	10700	9759	D510150(11段)	-1203045	-98675	62	435	0.15
		中央(下)	10700	10700	9262	D510150(17段) D510300(1段)	-1510515	-94493	70	435	0.17
		下部	10700	10700	9759	D510150(11段)	-954525	-145892	37	435	0.09
ケース⑩	$S_{\text{e}}-D1$ (H-, V-)	上部	10700	10700	9976	D510150(8段)	1177713	-38073	87	435	0.20
		中央(上)	10700	10700	9759	D510150(11段)	-1136460	-118829	54	435	0.13
		中央(下)	10700	10700	9262	D510150(17段) D510300(1段)	-1402935	-113290	61	435	0.15
		下部	10700	10700	9759	D510150(11段)	-865604	-156256	30	435	0.07
ケース⑪	$S_{\text{e}}-D1$ (H-, V-)	上部	10700	10700	9976	D510150(8段)	1186656	-37467	88	435	0.21
		中央(上)	10700	10700	9759	D510150(11段)	-1121210	-118492	53	435	0.13
		中央(下)	10700	10700	9262	D510150(17段) D510300(1段)	-1387637	-113398	60	435	0.14
		下部	10700	10700	9759	D510150(11段)	-862771	-156779	29	435	0.07

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

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

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

鉄筋仕様の表記：異形鉄筋径@水平間隔mm(段数)

評価位置は図 4. 11-1 に示す。

表 4.11-25 鉄筋の曲げ軸力照査結果 (②-②断面北基礎)

地盤 ケース	地震動	断面性状			鉄筋仕様	発生断面力		引張 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)			
ケース①	S _s -D1 (H+, V+)	10700	10700	10050	D51@150(7段)	1472576	-42126	121	435	0.28
	S _s -D1 (H+, V-)	10700	10700	10050	D51@150(7段)	1420215	-40026	117	435	0.27
	S _s -D1 (H-, V+)	10700	10700	10050	D51@150(7段)	1530527	-36613	127	435	0.30
	S _s -D1 (H-, V-)	10700	10700	10050	D51@150(7段)	1489795	-33594	125	435	0.29
	S _s -11	10700	10700	10050	D51@150(7段)	608568	-44794	42	435	0.10
	S _s -12	10700	10700	10050	D51@150(7段)	-762762	-30844	60	435	0.14
	S _s -13	10700	10700	10050	D51@150(7段)	855942	-47524	64	435	0.15
	S _s -14	10700	10700	10050	D51@150(7段)	868281	-46750	65	435	0.15
	S _s -21	10700	10700	10050	D51@150(7段)	762587	-44563	56	435	0.13
	S _s -22	10700	10700	10050	D51@150(7段)	794500	-49091	58	435	0.14
	S _s -31 (H+, V+)	10700	10700	10050	D51@150(7段)	1620575	-42208	134	435	0.31
	S _s -31 (H-, V+)	10700	10700	10050	D51@150(7段)	-1290296	-23279	110	435	0.26
ケース②	S _s -31 (H+, V+)	10700	10700	10050	D51@150(7段)	1593526	-43913	131	435	0.31
ケース③	S _s -31 (H+, V+)	10700	10700	10050	D51@150(7段)	1646973	-43376	136	435	0.32
ケース④	S _s -31 (H+, V+)	10700	10700	10050	D51@150(7段)	1622137	-43060	134	435	0.31
ケース⑤	S _s -31 (H+, V+)	10700	10700	10050	D51@150(7段)	1576263	-40400	131	435	0.31
ケース⑥	S _s -31 (H+, V+)	10700	10700	10050	D51@150(7段)	1543184	-41430	127	435	0.30

注記 ①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

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

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

鉄筋仕様の表記：異形鉄筋径@水平間隔 mm (段数)

評価位置は図 4.11-1 に示す。

表 4.11-26 コンクリートの曲げ軸力に対する照査結果 (①-①断面)
(各評価位置において最も厳しい照査値とその地震波)

地盤 ケース	地震動	評価位置	断面性状			鉄筋仕様	発生断面力		圧縮 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)			
④	S _s -31 H+, V+	北	10700	10700	10050	D51@150(7段)	2102781	-160024	8.1	24	0.34
①	S _s -31 H-, V+	南-上部	10700	10700	9976	D51@150(8段)	-2053139	-113006	7.4	24	0.31
①	S _s -D1 H+, V-	南-中央 (上)	10700	10700	9759	D51@150(11段)	1049777	-168849	3.8	24	0.16
④	S _s -31 H+, V+	南-中央 (下)	10700	10700	9262	D51@150(17段) D51@300(1段)	-1973757	-162750	5.9	24	0.25
④	S _s -31 H+, V+	南-下部	10700	10700	9759	D51@150(11段)	-1226930	-179562	4.4	24	0.19

注記 ①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

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

鉄筋仕様の表記：異形鉄筋径@水平間隔 mm (段数)

評価位置は図 4.11-1 に示す。

表 4.11-27 鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果 (①-①断面)
(各評価位置において最も厳しい照査値とその地震波)

地盤 ケース	地震動	評価位置	断面性状			鉄筋仕様	発生断面力		引張 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)			
①	S _s -31 H-, V+	北	10700	10700	10050	D51@150(7段)	-1906252	11572	176	435	0.41
④	S _s -31 H+, V+	南-上部	10700	10700	9976	D51@150(8段)	1917184	-10356	155	435	0.36
①	S _s -D1 H+, V-	南-中央 (上)	10700	10700	9759	D51@150(11段)	1047895	-167681	39	435	0.09
④	S _s -31 H+, V+	南-中央 (下)	10700	10700	9262	D51@150(17段) D51@300(1段)	-1968219	-157222	86	435	0.20
④	S _s -31 H+, V+	南-下部	10700	10700	9759	D51@150(11段)	-1219696	-169342	50	435	0.12

注記 ①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

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

鉄筋仕様の表記：異形鉄筋径@水平間隔 mm (段数)

評価位置は図 4.11-1 に示す。

表 4.11-28 コンクリートの曲げ軸力に対する照査結果 (②-②断面, ③-③断面)
(各評価位置において最も厳しい照査値とその地震波)

地盤 ケース	地震動	評価位置	断面性状			鉄筋仕様	発生断面力		圧縮 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)			
③	S _s -31 H+, V+	北	10700	10700	10050	D51@150(7段)	1646973	-43376	5.9	24	0.25
①	S _s -31 H+, V+	南-上部	10700	10700	9976	D51@150(8段)	1256427	-33704	4.3	24	0.18
④	S _s -D1 H-, V+	南-中央 (上)	10700	10700	9759	D51@150(11段)	-1260397	-102486	4.2	24	0.18
③	S _s -D1 H-, V+	南-中央 (下)	10700	10700	9262	D51@150(17段) D51@300(1段)	-1567520	-103275	4.5	24	0.19
③	S _s -D1 H-, V+	南-下部	10700	10700	9759	D51@150(11段)	-994484	-152640	3.6	24	0.15

注記 ①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース
 ③: 地盤物性のばらつきを考慮 (−1σ) した解析ケース
 ④: 敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース
 鉄筋仕様の表記: 異形鉄筋径@水平間隔 mm (段数)
 評価位置は図 4.11-1 に示す。

表 4.11-29 鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果 (②-②断面, ③-③断面)
(各評価位置において最も厳しい照査値とその地震波)

地盤 ケース	地震動	評価位置	断面性状			鉄筋仕様	発生断面力		引張 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)			
③	S _s -31 H+, V+	北	10700	10700	10050	D51@150(7段)	1646973	-43376	136	435	0.32
④	S _s -D1 H-, V-	南-上部	10700	10700	9976	D51@150(8段)	1229074	-21617	96	435	0.23
④	S _s -D1 H-, V+	南-中央 (上)	10700	10700	9759	D51@150(11段)	-1260397	-102486	65	435	0.15
④	S _s -D1 H-, V+	南-中央 (下)	10700	10700	9262	D51@150(17段) D51@300(1段)	-1566118	-97105	73	435	0.17
③	S _s -D1 H-, V+	南-下部	10700	10700	9759	D51@150(11段)	-993855	-152260	38	435	0.09

注記 ③: 地盤物性のばらつきを考慮 (−1σ) した解析ケース
 ④: 敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース
 鉄筋仕様の表記: 異形鉄筋径@水平間隔 mm (段数)
 評価位置は図 4.11-1 に示す。

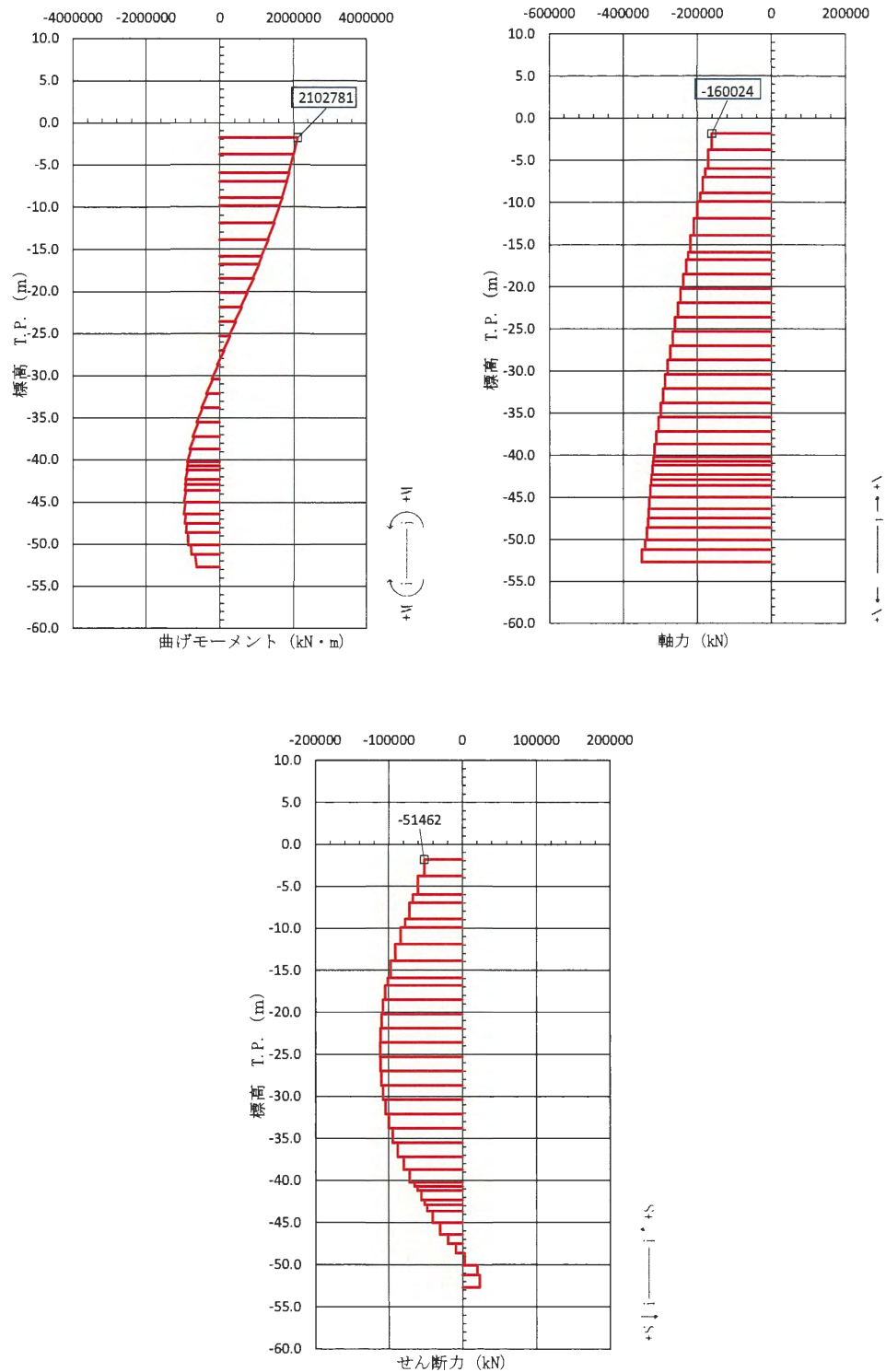
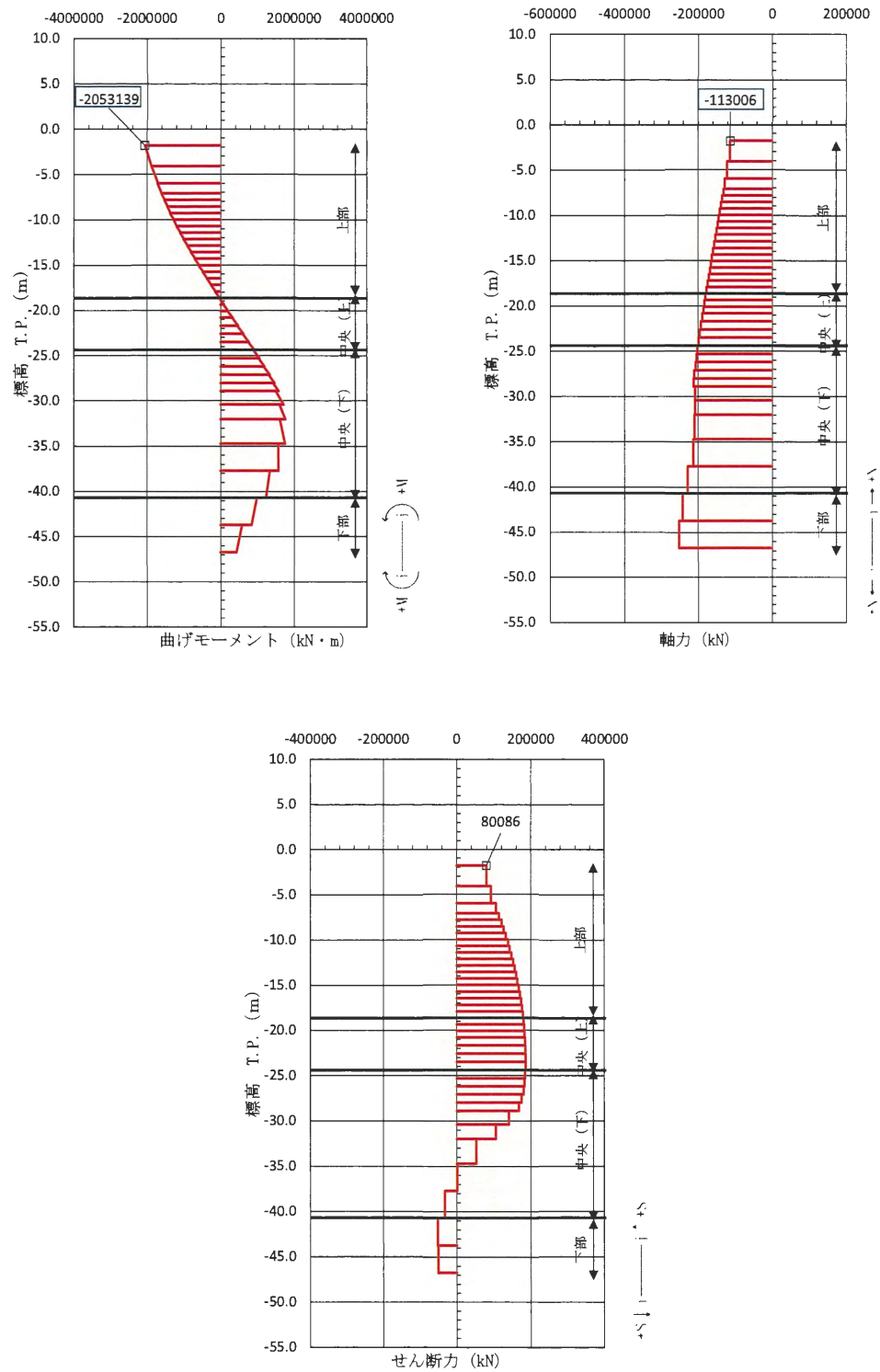


図 4.11-2 コンクリートの曲げ軸力照査が最も厳しい時刻の断面力図
(①-①断面北基礎)

($S_s - 3.1$ [H+, V+] $t = 8.84$ s)

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



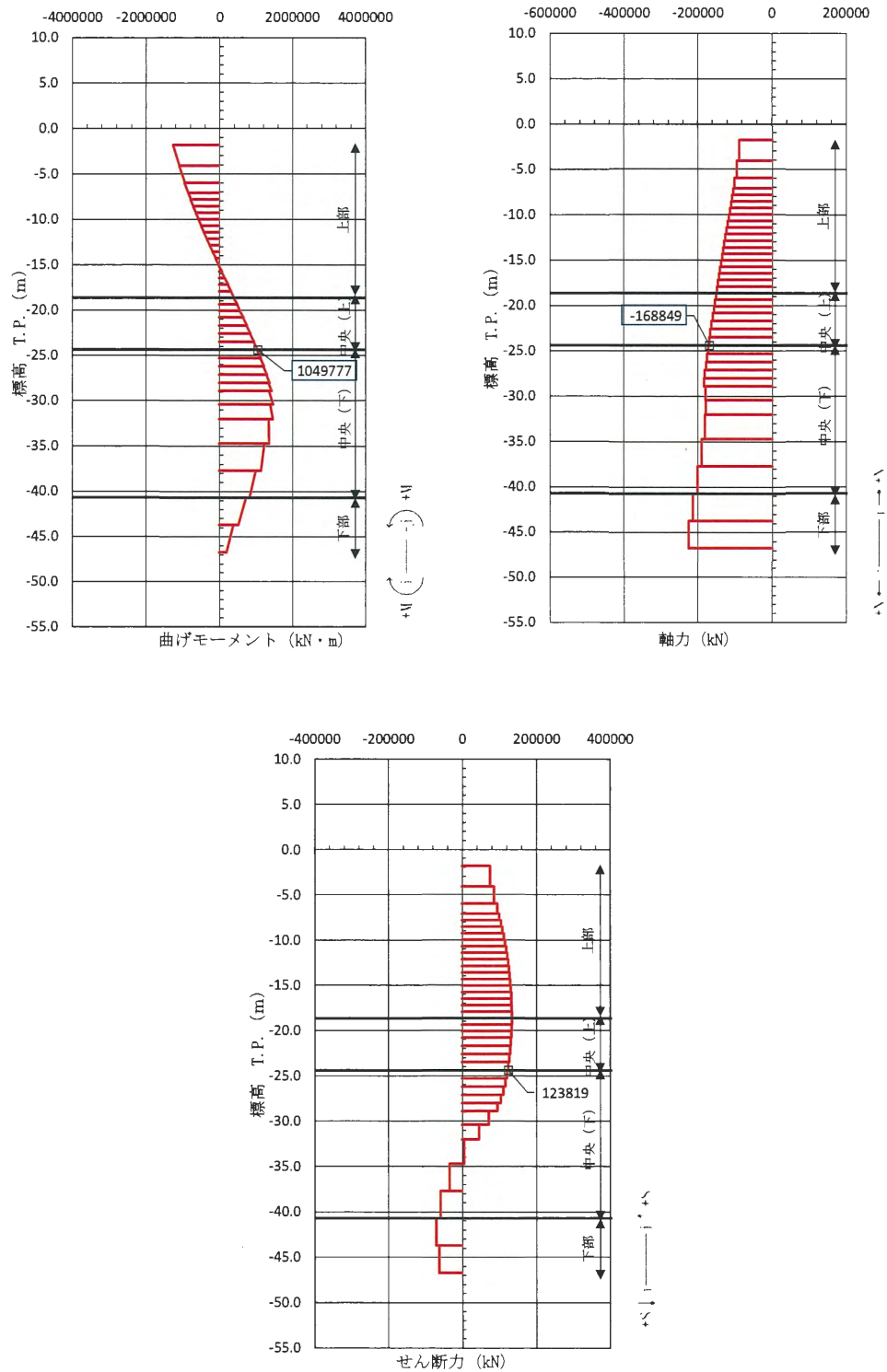
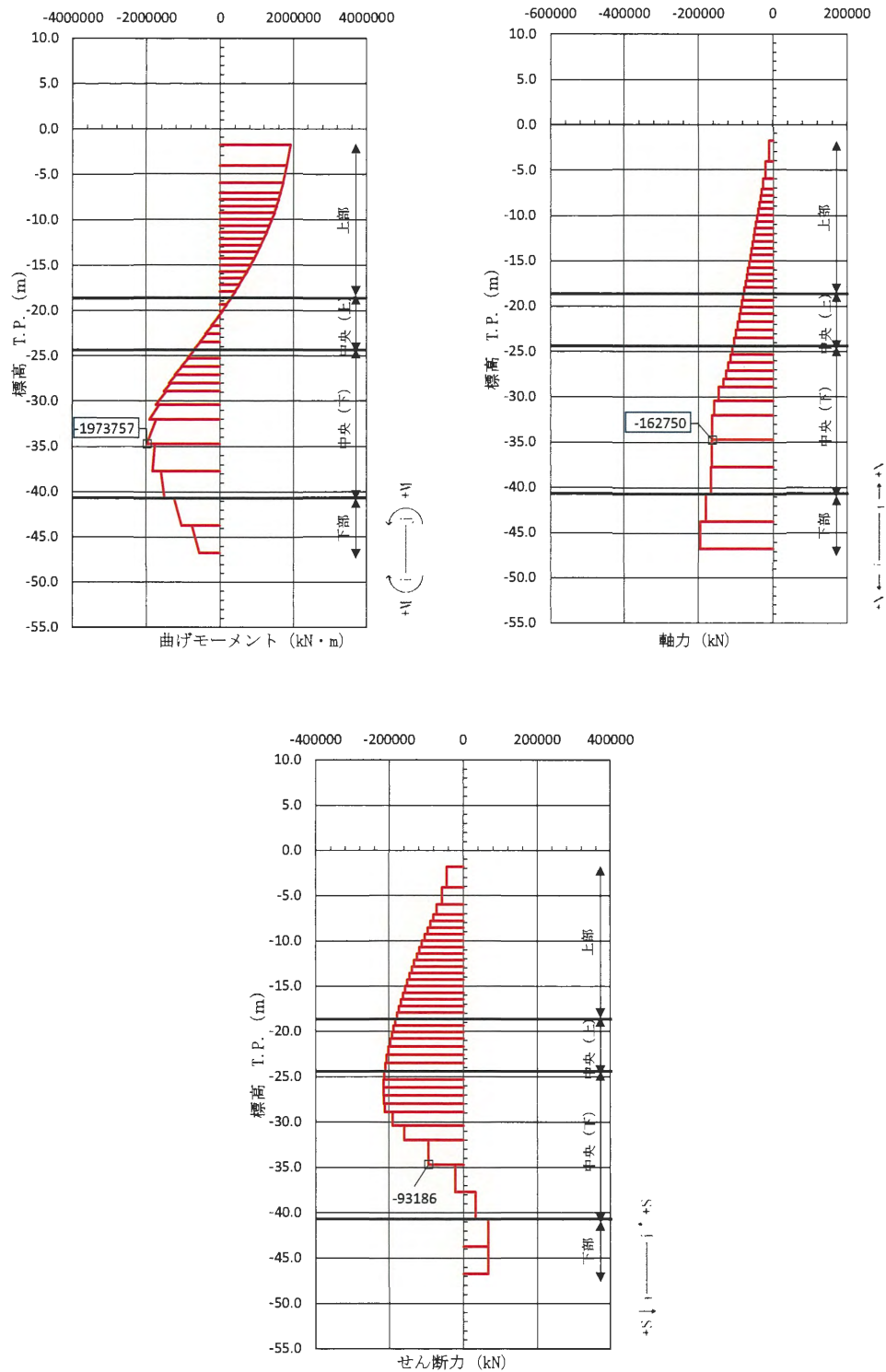
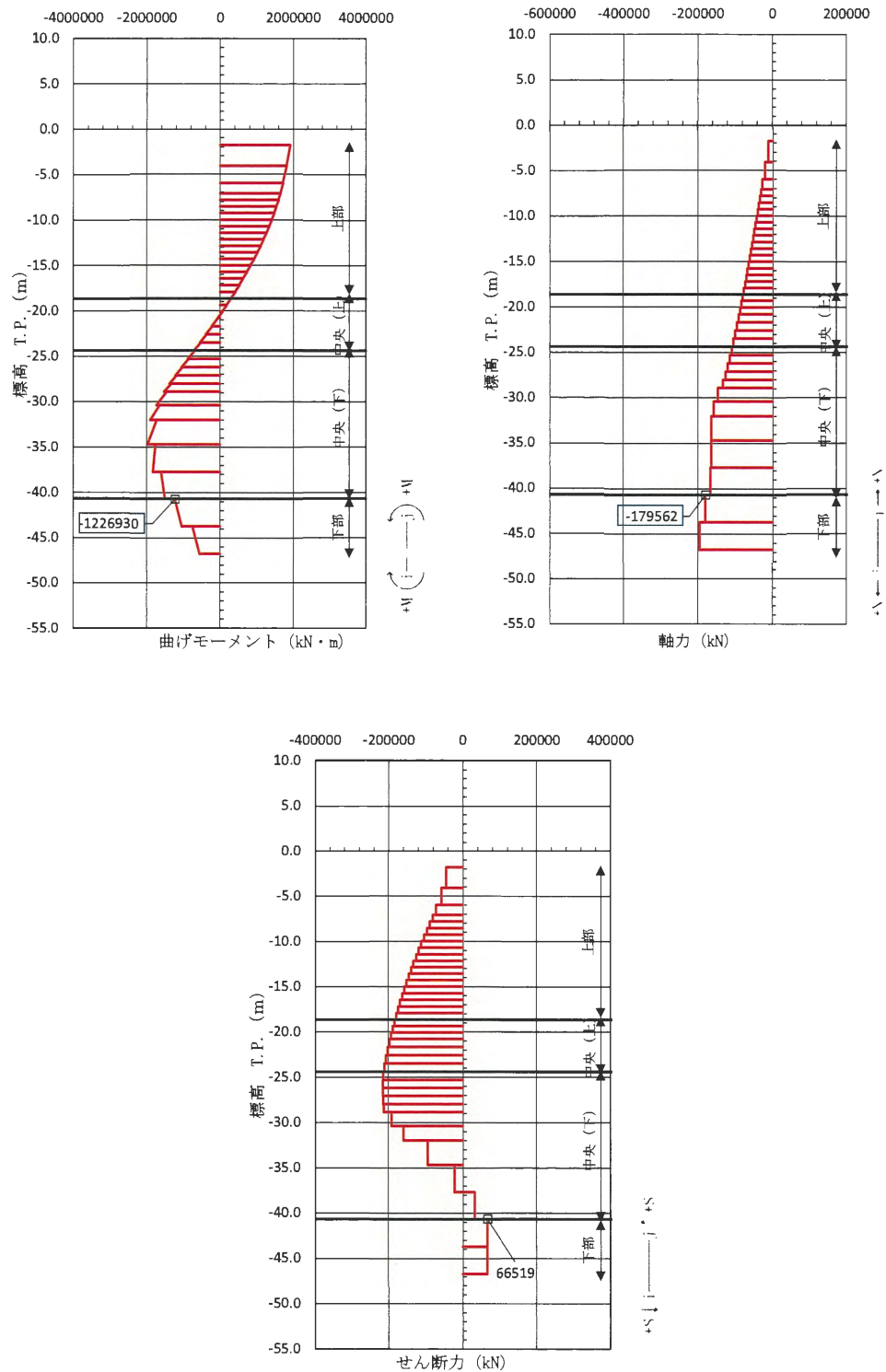


図 4.11-4 コンクリートの曲げ軸力照査が最も厳しい時刻の断面力図
 (①-①断面南基礎 中央 (上))
 (S_s-D1 [H+, V-] $t=53.98$ s)
 (地盤ケース①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)





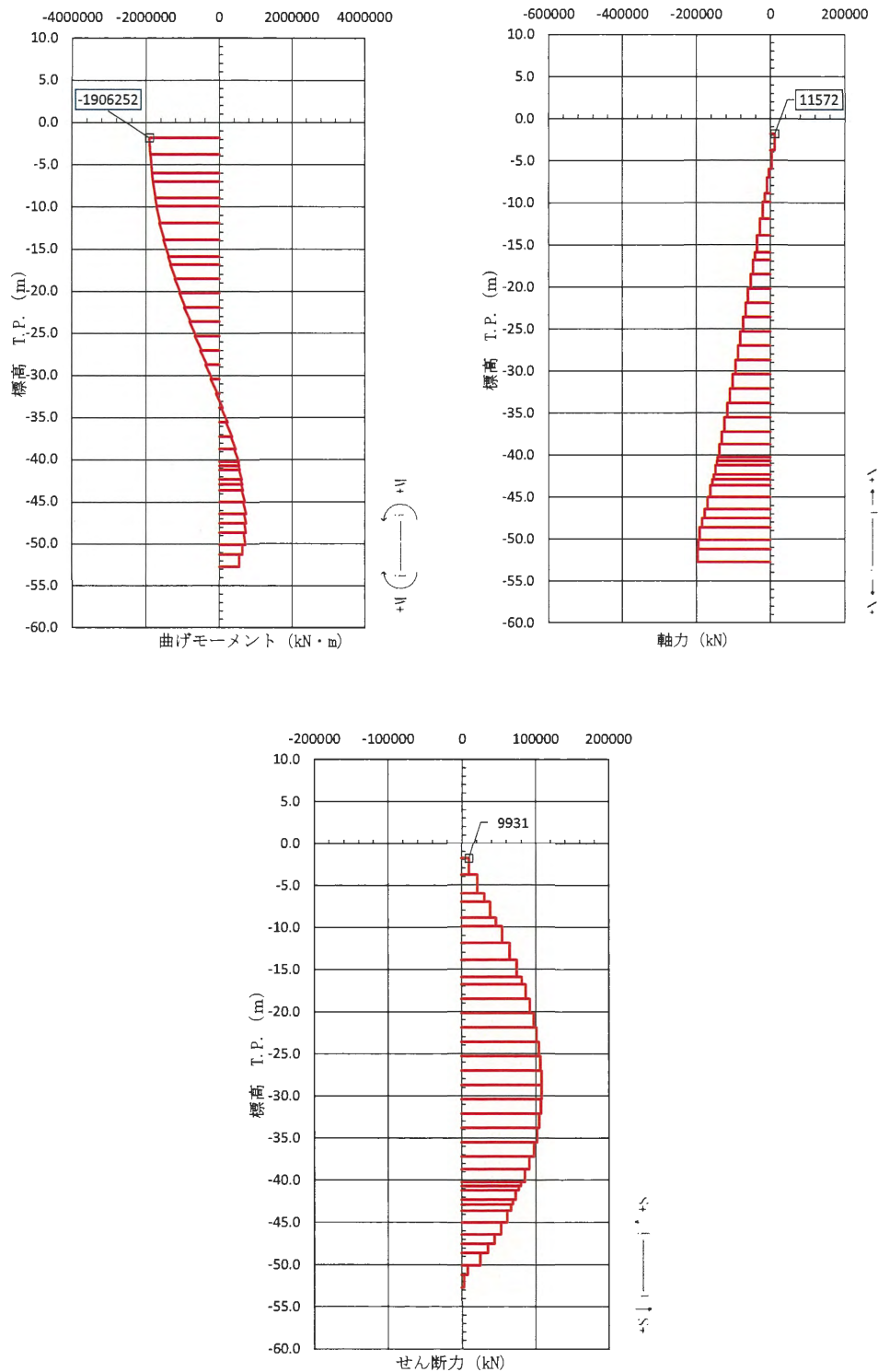


図 4.11-7 鉄筋の曲げ軸力照査が最も厳しい時刻の断面力図
 (①-①断面北基礎)
 ($S_s - 3.1$ [H-, V+] $t = 8.84$ s)
 (地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

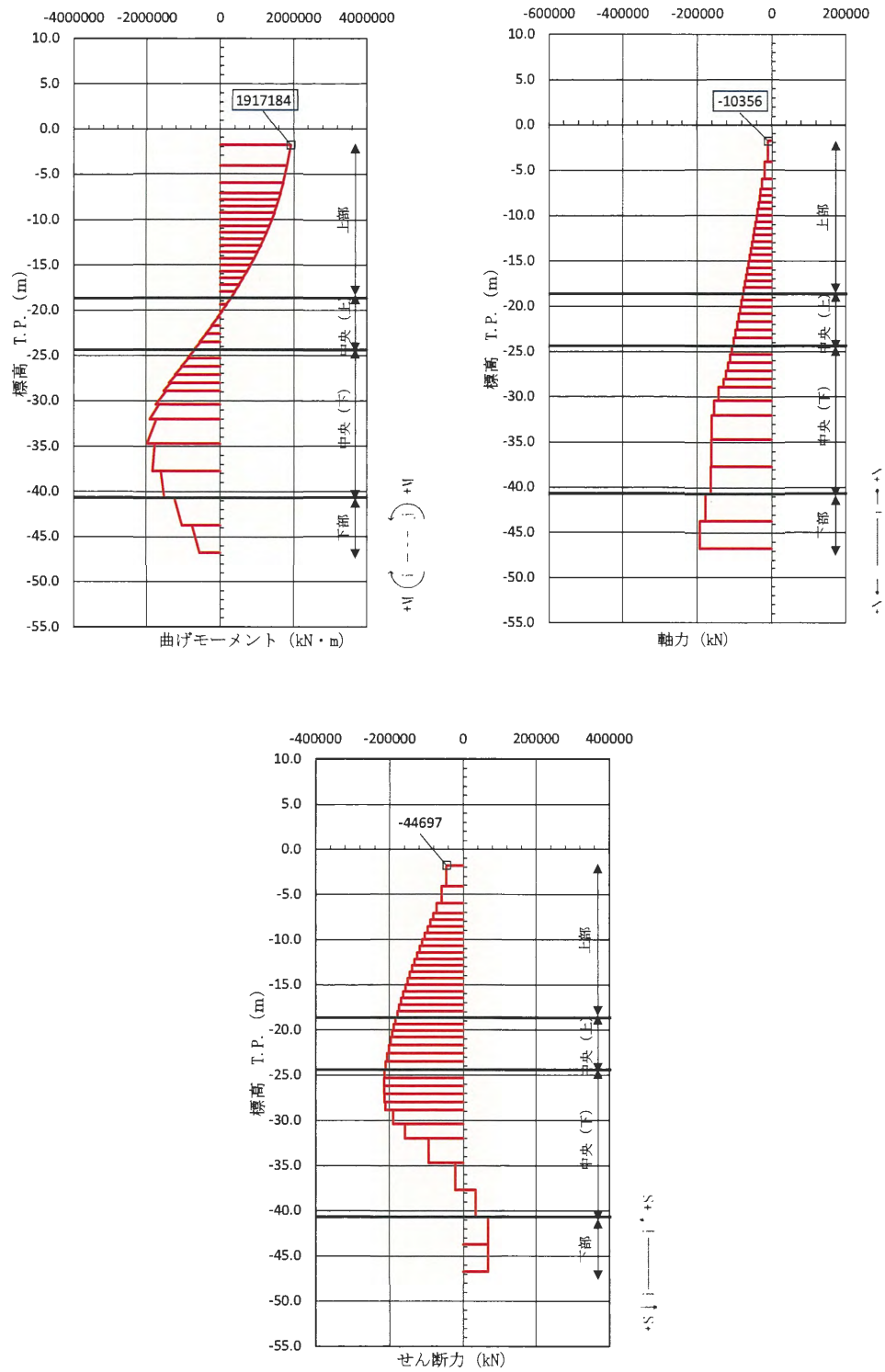


図 4.11-8 鉄筋の曲げ軸力照査が最も厳しい時刻の断面力図

(①-①断面南基礎 上部)

($S_s - 3.1$ [H+, V+] $t = 8.86$ s)

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

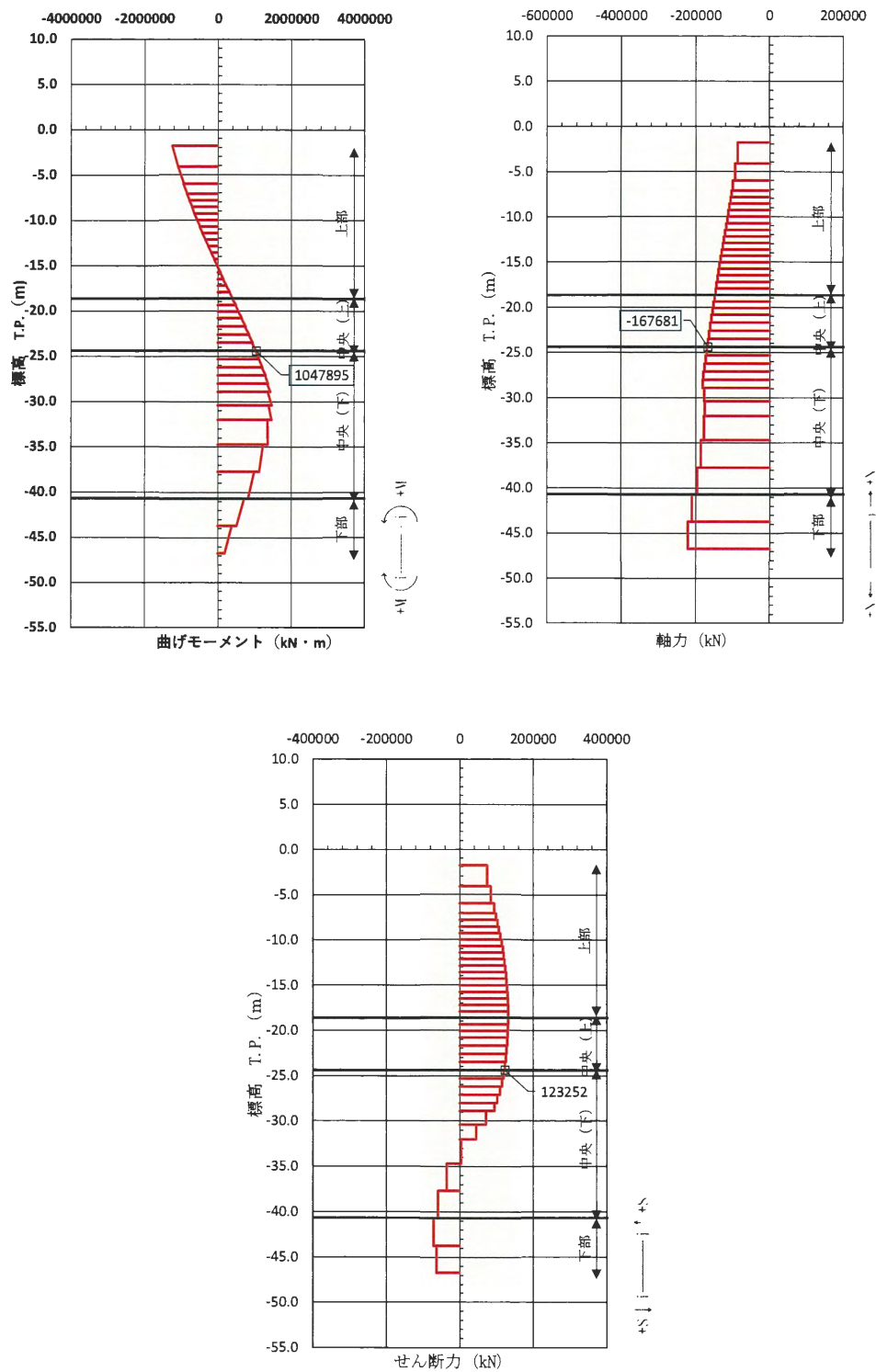


図 4.11-9 鉄筋の曲げ軸力照査が最も厳しい時刻の断面力図
 (①-①断面南基礎 中央 (上))
 ($S_s - D1$ [H+, V-] $t = 53.99$ s)
 (地盤ケース①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

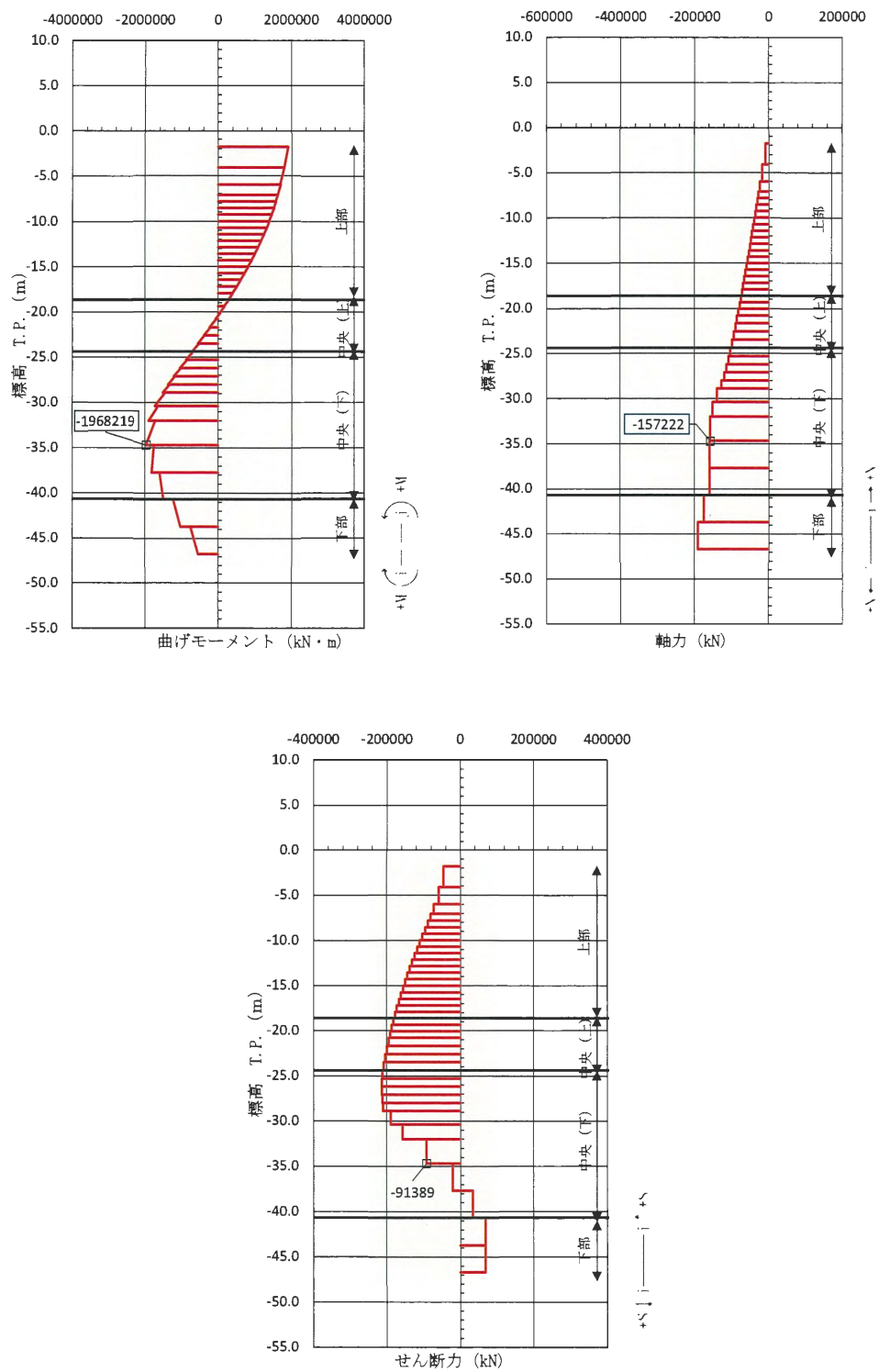


図 4.11-10 鉄筋の曲げ軸力照査が最も厳しい時刻の断面力図

(①-①断面南基礎 中央 (下))

($S_s - 3.1$ [H+, V+] $t = 8.87$ s)

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

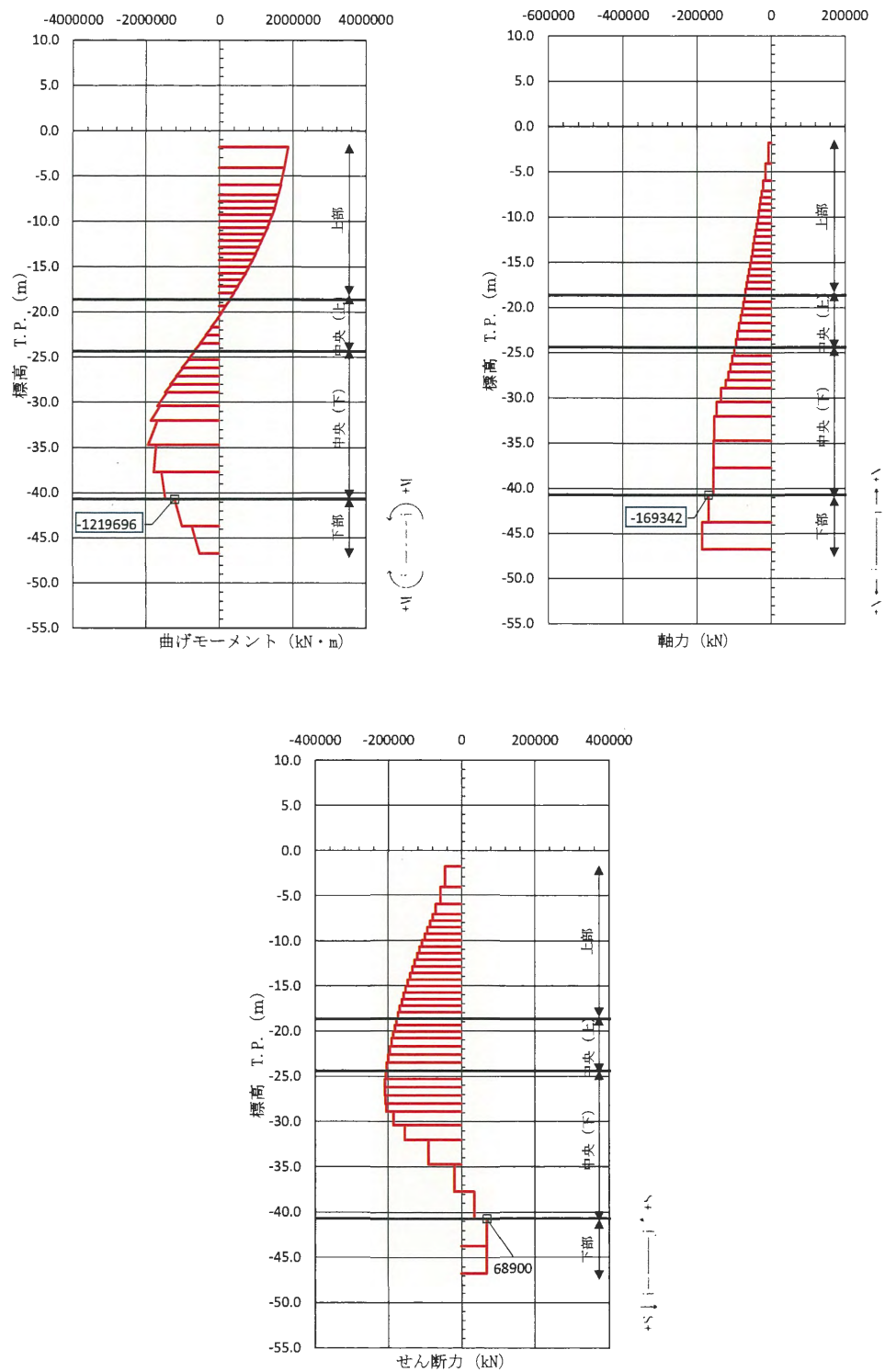


図 4.11-11 鉄筋の曲げ軸力照査が最も厳しい時刻の断面力図

(①-①断面南基礎 下部)

($S_s - 31$ [H+, V+] $t = 8.89$ s)

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

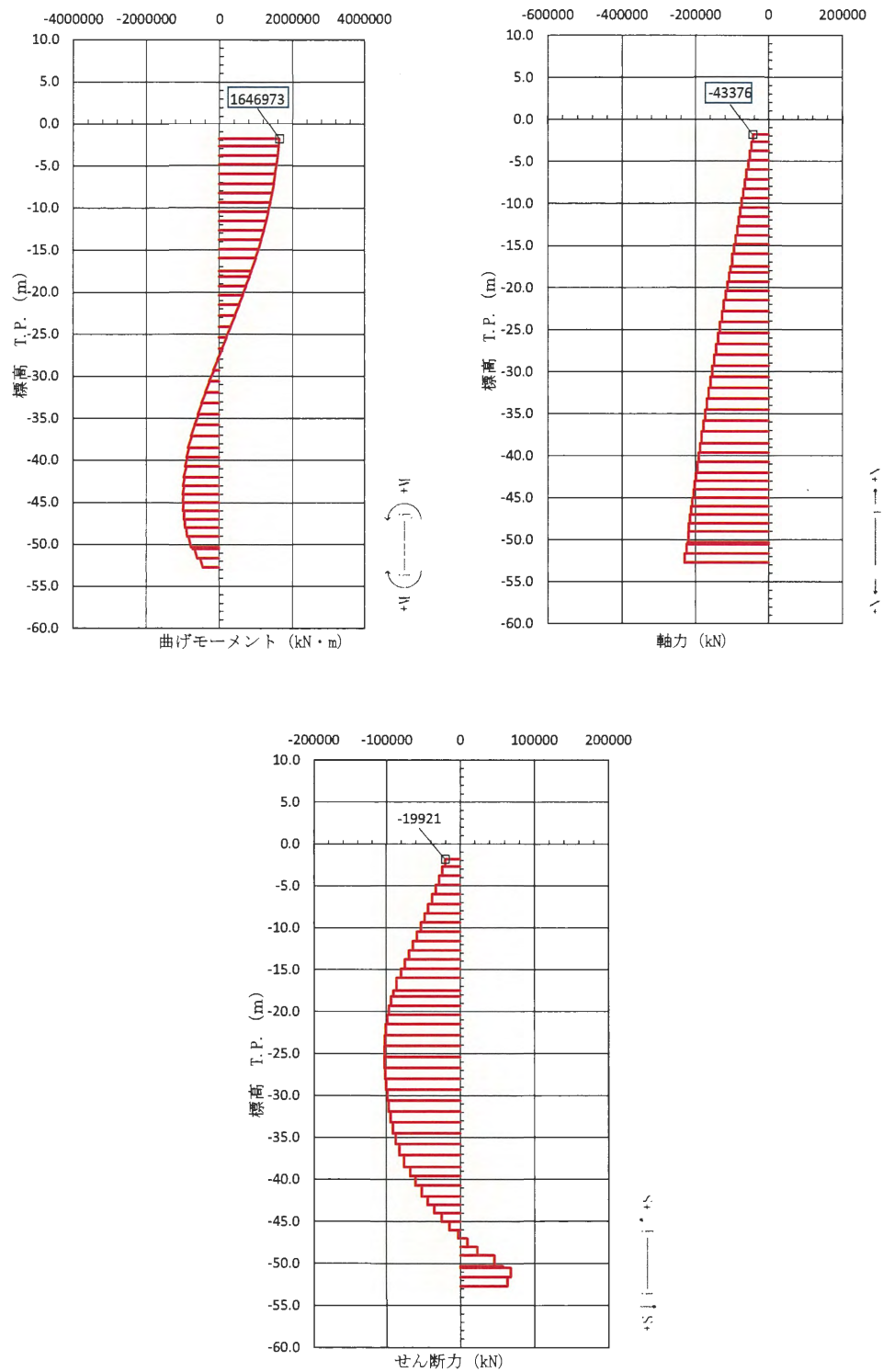


図 4.11-12 コンクリートの曲げ軸力照査が最も厳しい時刻の断面力図

(②-②断面北基礎)

($S_s - 3.1$ [H+, V+] $t = 8.97$ s)

(地盤ケース③：地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース)

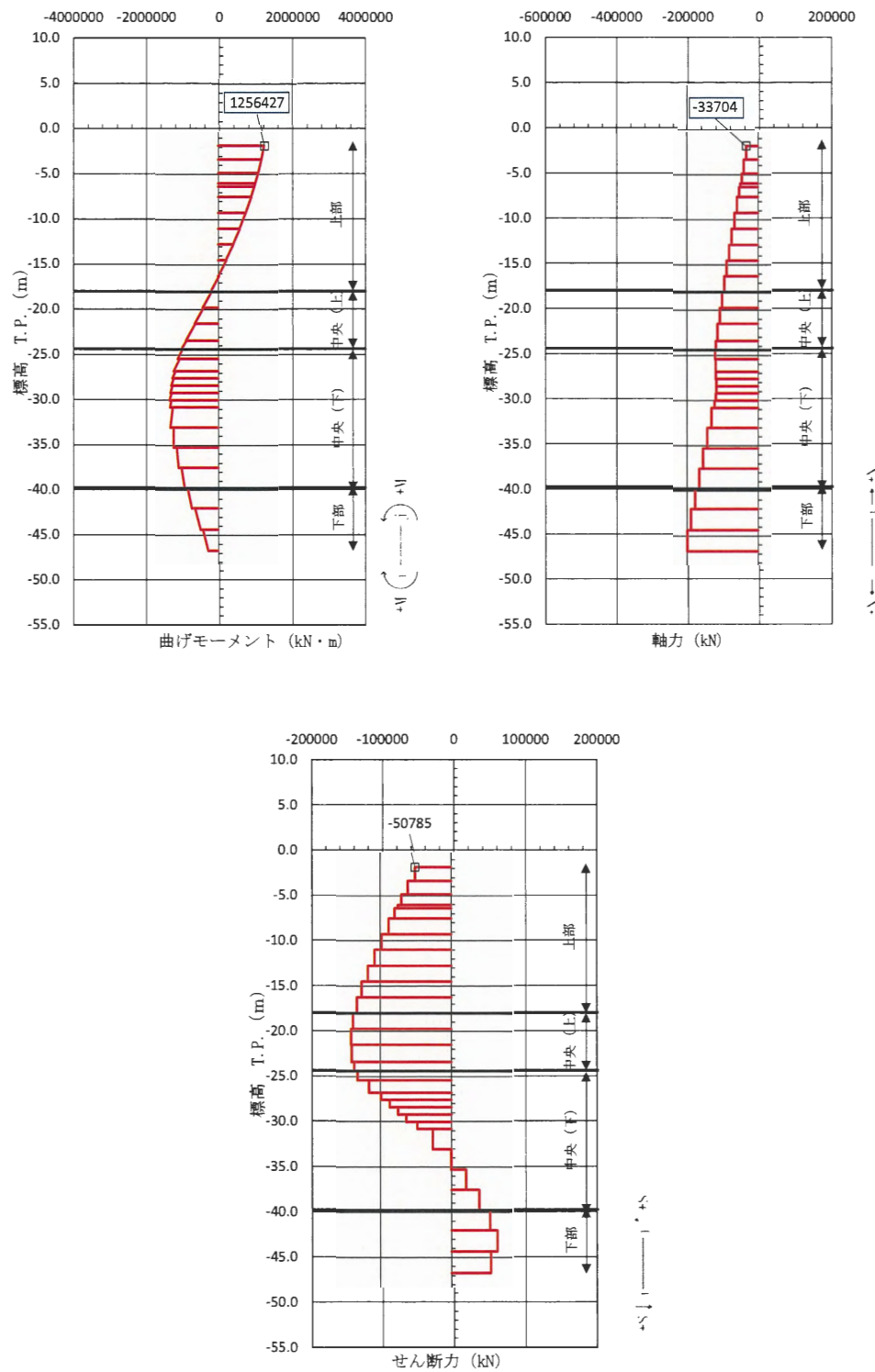


図 4.11-13 コンクリートの曲げ軸力照査が最も厳しい時刻の断面力図
 (③-③断面南基礎 上部)
 ($S_s - 31$ [H+, V+] $t = 8.82$ s)
 (地盤ケース①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

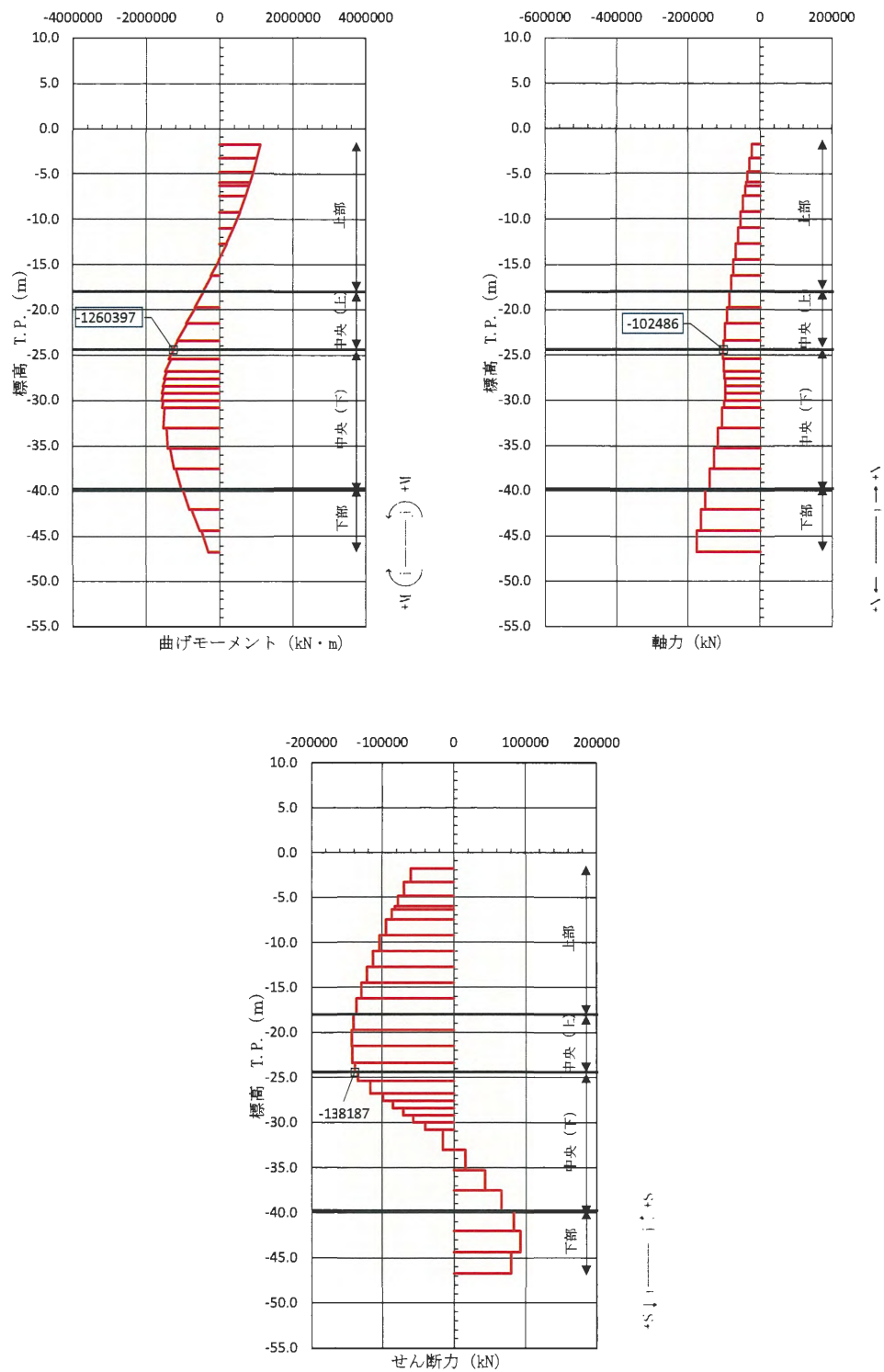


図 4.11-14 コンクリートの曲げ軸力照査が最も厳しい時刻の断面力図

(③-③断面南基礎 中央 (上))

($S_s - D1$ [H-, V+] $t = 68.81$ s)

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

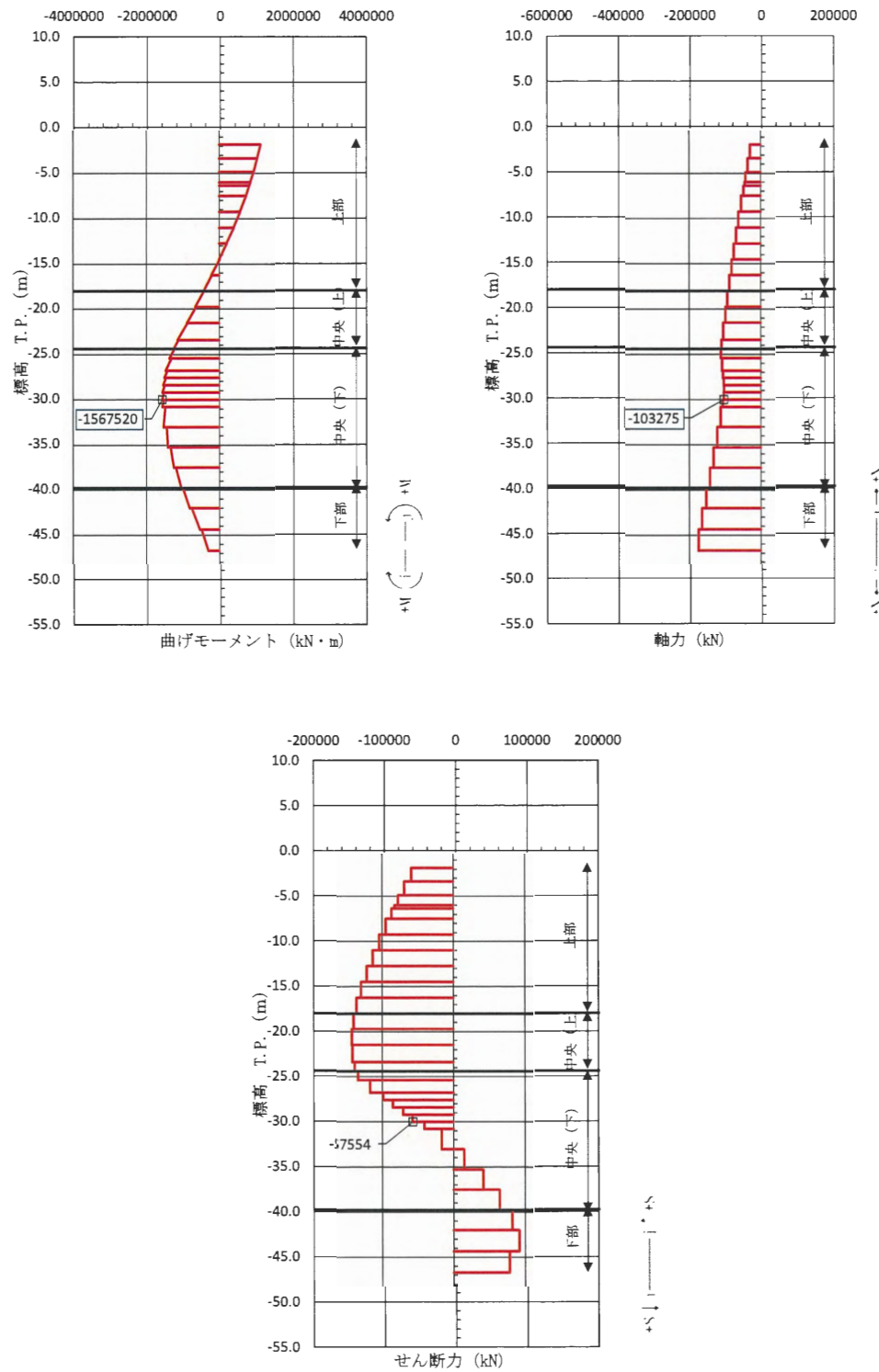
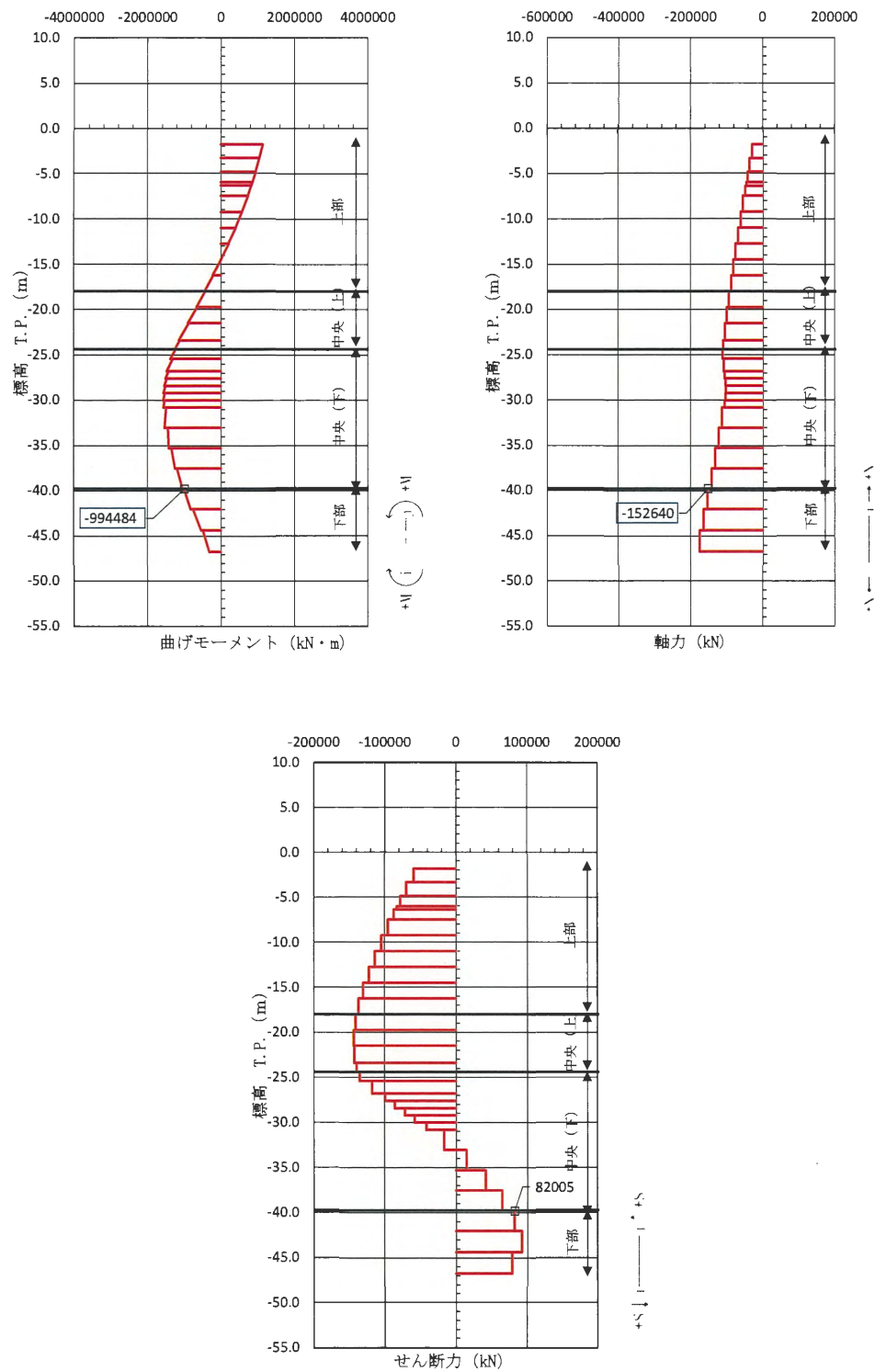


図 4.11-15 コンクリートの曲げ軸力照査が最も厳しい時刻の断面力図
 (③-③断面南基礎 中央 (下))
 (S_s-D1 [H-, V+] $t=68.79$ s)
 (地盤ケース③: 地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース)



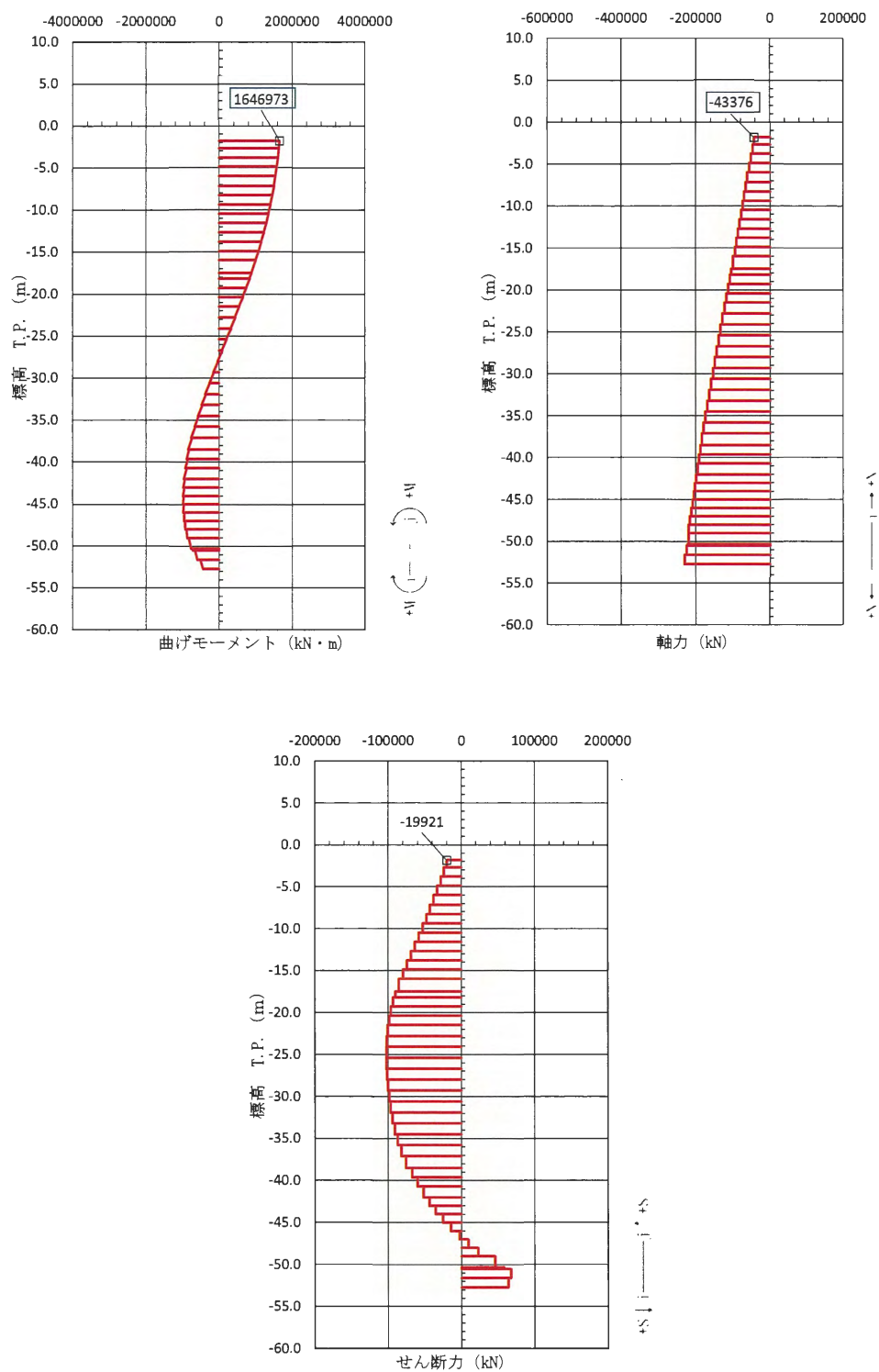


図 4.11-17 鉄筋の曲げ軸力照査が最も厳しい時刻の断面力図

(②-②断面北基礎)

($S_s - 3.1$ [H+, V+] $t = 8.97$ s)

(地盤ケース③：地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース)

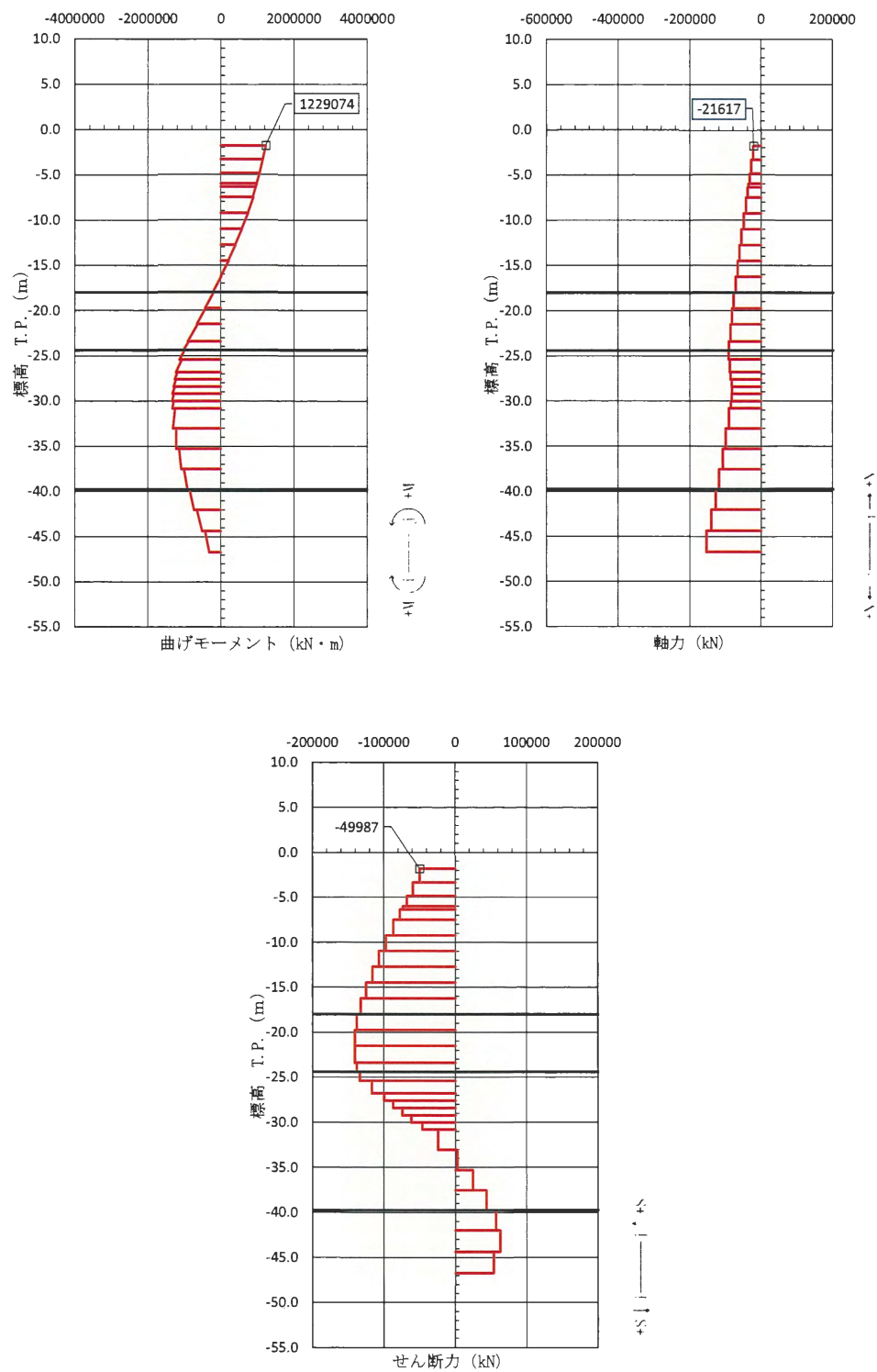


図 4.11-18 鉄筋の曲げ軸力照査が最も厳しい時刻の断面力図

(③-③断面南基礎 上部)

(S_s -D1 [H-, V-] $t=26.92$ s)

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

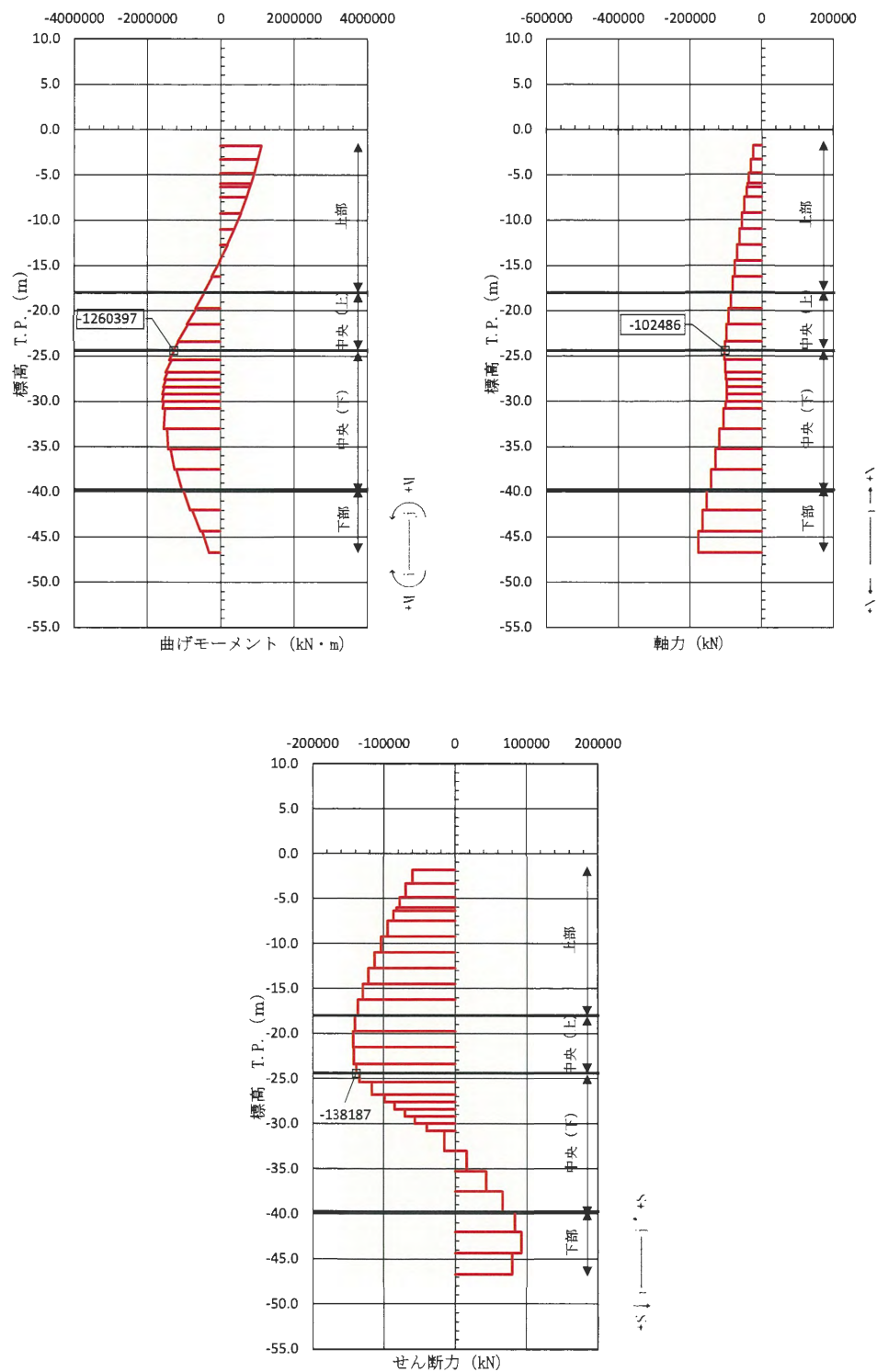


図 4.11-19 鉄筋の曲げ軸力照査が最も厳しい時刻の断面力図

(③-③断面南基礎 中央 (上))

(S_s -D 1 [H-, V+] $t=68.81$ s)

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

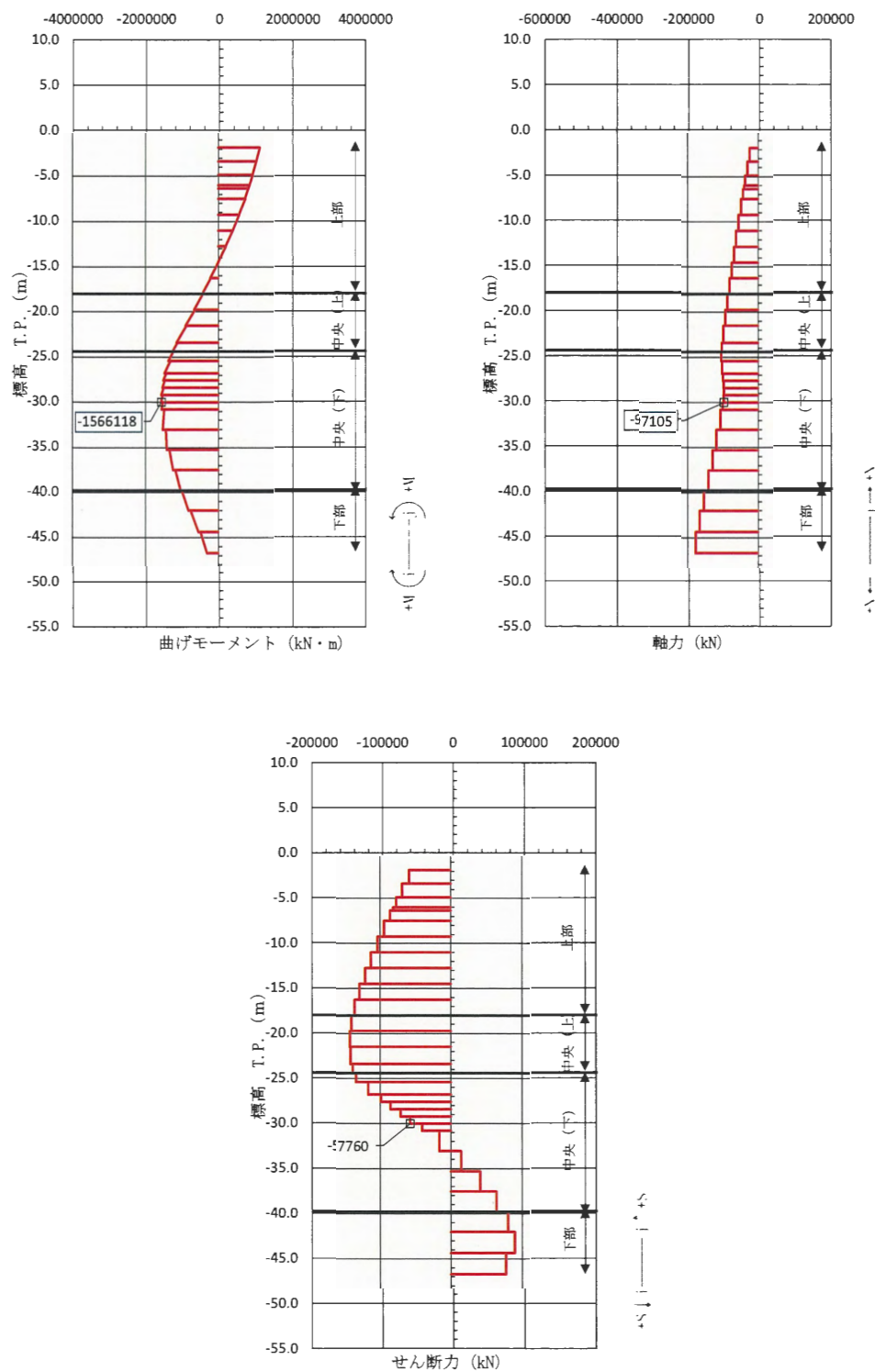


図 4.11-20 鉄筋の曲げ軸力照査が最も厳しい時刻の断面力図

(③-③断面南基礎 中央 (下))

(S_s -D 1 [H-, V+] $t=68.80$ s)

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

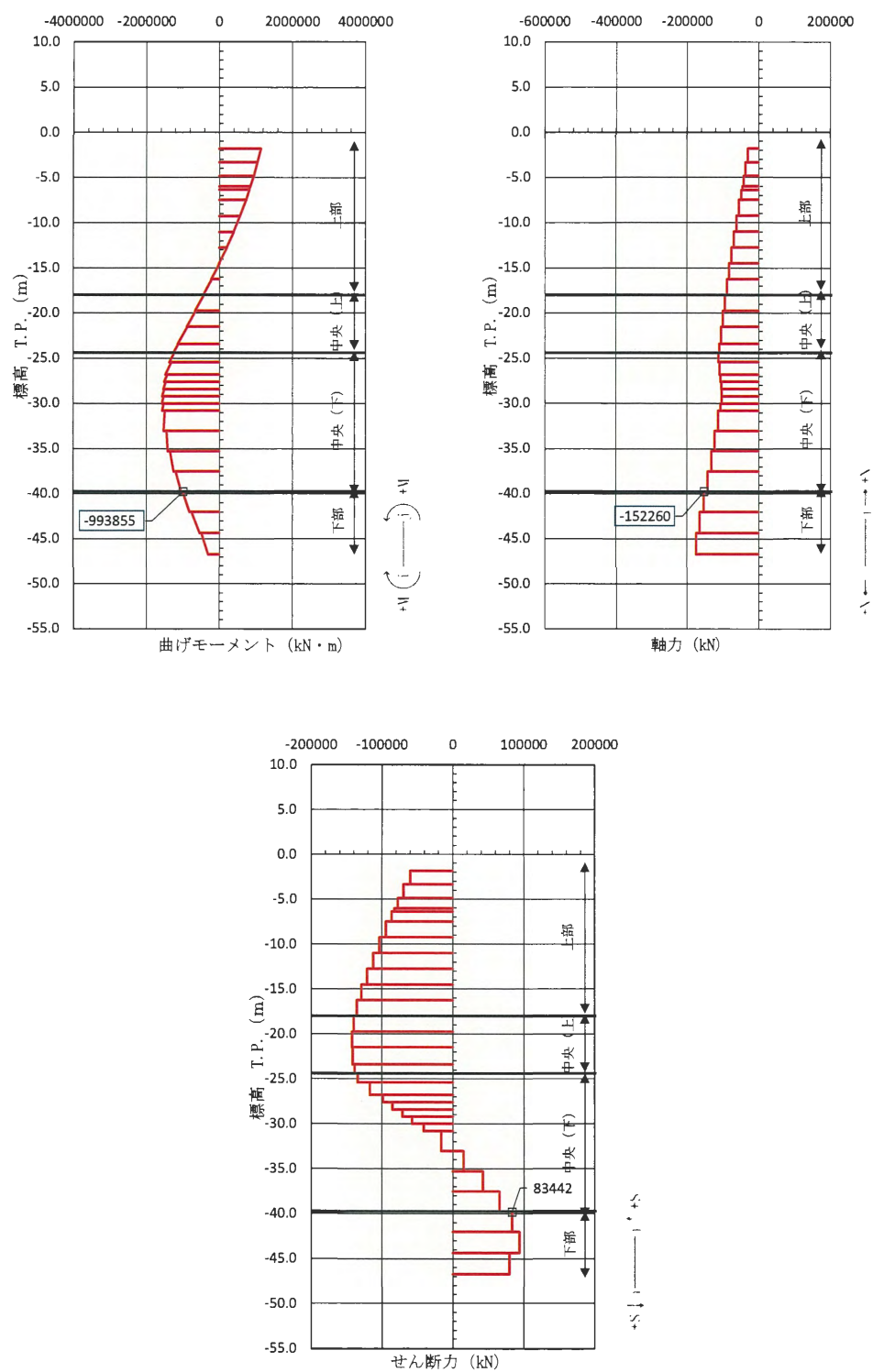


図 4. 11-21 鉄筋の曲げ軸力照査値最も厳しい時刻の断面力図

(③-③断面南基礎 下部)

(S_s -D 1 [H-, V+] $t=68.80$ s)

(地盤ケース③：地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース)

(b) せん断力に対する評価結果

中実鉄筋コンクリートのせん断力に対する評価は、2次元有効応力解析によって得られるせん断力を抽出し、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する。

中実鉄筋コンクリートは、部材の断面力及び応力度の発生状況に基づき、鉄筋仕様の異なる5種類の部材により構成する。部材の構成は、図 4.11-22 に示すとおり北基礎が1種類、南基礎が4種類（上部、中央（上）、中央（下）及び下部）であり、これらの部材の概略配筋図は図 4.11-33～図 4.11-39 に示すとおりである。したがって、中実鉄筋コンクリートの評価は、上記の5種類の部材に対して行う。

表 4.11-30～表 4.11-39 に、2次元有効応力解析の検討ケース及び鉄筋コンクリートのせん断力に対する照査値を示す。

評価位置を図 4.11-22 に、鉄筋コンクリートのせん断力に対する照査値が最大となるケースを表 4.11-40 及び表 4.11-41 にまとめ、それぞれの照査値が最も厳しくなる時刻の断面力を図 4.11-23～図 4.11-32 に示す。せん断力に対する最大照査値は、南基礎において入力地震動 S_{s-31} [H+, V+]（地盤ケース④、①-①断面）の 0.80 である。曲げ軸力と同様、鋼製防護壁による基礎上部の拘束の影響は堤軸直交方向に比べて堤軸方向（①-①断面）の方が顕著であるが、堤軸直交方向（②-②断面、③-③断面）の照査値も 0.5 以上となっている。

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、中実鉄筋コンクリートの発生せん断力が短期許容せん断力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せん断力が許容限界以下であることを確認した。

平面図



側面図

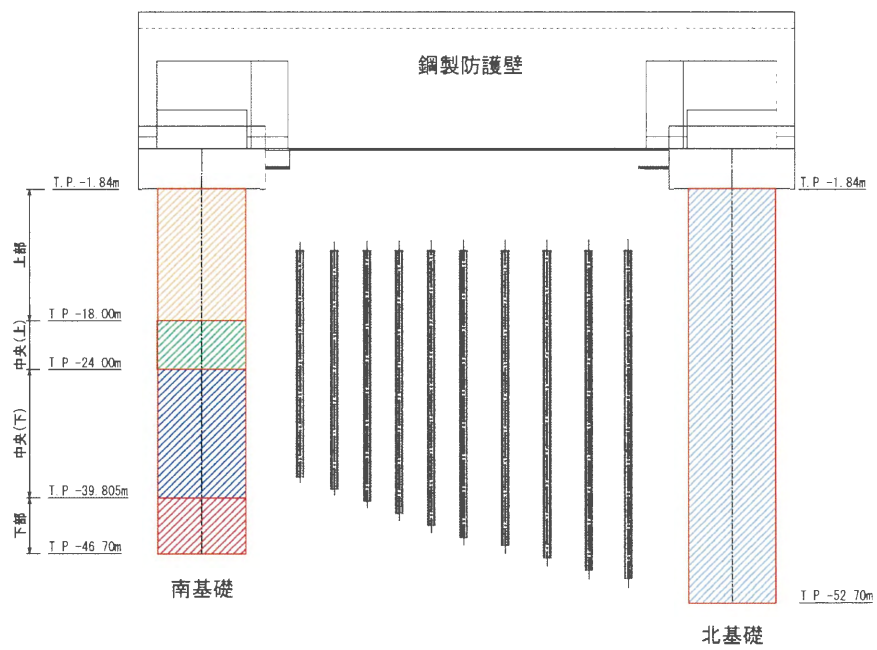


図 4.11-22 評価位置図（中実鉄筋コンクリート）
（図 4.11-1 の再掲）

表 4.11-30 ①-①断面のせん断力に対する検討ケースと照査値（南基礎）

地震動		地盤ケース	せん断力照査					
			①	②	③	④	⑤	⑥
$S_s - D1$	H+, V+		0.66					
	H+, V-		0.66					
	H-, V+		0.67					
	H-, V-		0.66					
$S_s - 11$			0.38					
$S_s - 12$			0.55					
$S_s - 13$			0.53					
$S_s - 14$			0.38					
$S_s - 21$			0.61					
$S_s - 22$			0.43					
$S_s - 31$	H+, V+		0.75	0.73	0.76	0.80	0.75	0.73
	H-, V+		0.74					

注記 ①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース
 ②：地盤物性のばらつきを考慮（+1σ）した解析ケース
 ③：地盤物性のばらつきを考慮（-1σ）した解析ケース
 ④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース
 ⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース
 ⑥：地盤物性のばらつきを考慮（+1σ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース

表 4.11-31 ①-①断面のせん断力に対する検討ケースと照査値（北基礎）

地震動		地盤ケース	せん断力照査					
			①	②	③	④	⑤	⑥
$S_s - D1$	H+, V+		0.46					
	H+, V-		0.46					
	H-, V+		0.50					
	H-, V-		0.49					
$S_s - 11$			0.29					
$S_s - 12$			0.44					
$S_s - 13$			0.42					
$S_s - 14$			0.34					
$S_s - 21$			0.46					
$S_s - 22$			0.29					
$S_s - 31$	H+, V+		0.55	0.55	0.56	0.56	0.56	0.55
	H-, V+		0.55					

注記 ①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース
 ②：地盤物性のばらつきを考慮（+1σ）した解析ケース
 ③：地盤物性のばらつきを考慮（-1σ）した解析ケース
 ④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース
 ⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース
 ⑥：地盤物性のばらつきを考慮（+1σ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース

表 4.11-32 ③-③断面のせん断力に対する検討ケースと照査値（南基礎）

地震動		せん断力照査					
		①	②	③	④	⑤	⑥
$S_s - D1$	H+, V+	0.57					
	H+, V-	0.58					
	H-, V+	0.66	0.65	0.66	0.67	0.63	0.64
	H-, V-	0.66	0.66	0.67	0.67	0.64	0.64
$S_s - 11$		0.34					
$S_s - 12$		0.38					
$S_s - 13$		0.43					
$S_s - 14$		0.37					
$S_s - 21$		0.44					
$S_s - 22$		0.43					
$S_s - 31$	H+, V+	0.66					
	H-, V+	0.57					

注記 ①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース
 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：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース
 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

表 4.11-33 ②-②断面のせん断力に対する検討ケースと照査値（北基礎）

地震動		せん断力照査					
		①	②	③	④	⑤	⑥
$S_s - D1$	H+, V+	0.50					
	H+, V-	0.48					
	H-, V+	0.49					
	H-, V-	0.50					
$S_s - 11$		0.26					
$S_s - 12$		0.33					
$S_s - 13$		0.34					
$S_s - 14$		0.34					
$S_s - 21$		0.31					
$S_s - 22$		0.32					
$S_s - 31$	H+, V+	0.52	0.51	0.51	0.50	0.51	0.51
	H-, V+	0.46					

注記 ①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース
 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：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース
 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