

- 6.2 鉄筋コンクリート防潮壁に関する補足説明
 - 6.2.1 鉄筋コンクリート防潮壁の設計に関する補足説明
 - 6.2.1.1 鉄筋コンクリート防潮壁の耐震計算書に関する補足説明

目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	2
2.1 位置	2
2.2 構造概要	3
2.3 評価方針	7
2.4 適用基準	12
3. 地震応答解析	13
3.1 評価対象断面	13
3.2 解析方法	16
3.2.1 地震応答解析手法	18
3.2.2 構造部材	18
3.2.3 地盤	18
3.2.4 減衰定数	18
3.3 荷重及び荷重の組合せ	19
3.3.1 耐震安全性評価上考慮する状態	19
3.3.2 荷重	19
3.3.3 荷重の組合せ	20
3.4 入力地震動	22
3.5 解析モデル及び諸元	51
3.5.1 解析モデルの設定	51
3.5.2 使用材料及び材料の物性値	70
3.5.3 地盤の物性値	71
3.5.4 地下水位	72
3.6 解析ケース	73
4. 耐震評価	76
4.1 評価対象部位	76
4.2 解析方法	77
4.3 荷重及び荷重の組合せ	78
4.4 許容限界	81
4.5 解析モデル及び諸元	84
4.5.1 解析モデル	84

4.5.2	使用する材料及び材料の物性値	85
4.5.3	荷重及び荷重の組合せ	86
4.6	評価方法	88
4.6.1	構造部材の健全性評価	88
4.6.2	基礎地盤の支持性能評価	92
4.6.3	構造物の変形性評価	92
5.	評価結果	93
5.1	地震応答解析結果	93
5.1.1	部材に着目した地震時断面力図	93
5.1.2	検討ケースに着目した地震時断面力図	134
5.1.3	最大せん断ひずみ分布	161
5.1.4	過剰間隙水圧比分布	206
5.1.5	最大水平加速度分布	229
5.2	耐震評価結果	252
5.2.1	鉄筋コンクリート防潮壁及びフーチングの耐震評価結果	252
5.2.2	地中連続壁基礎の耐震評価結果	259
5.2.3	基礎地盤の支持性能に対する評価結果	301
5.2.4	止水ジョイント部の相対変位量に対する評価結果	326
5.3	まとめ	327

1. 概要

本資料は、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、鉄筋コンクリート防潮壁が基準地震動 S_s に対して十分な構造強度、支持性能及び止水機能を有していること及び有意な漏えいを生じない構造であることを確認するものである。

鉄筋コンクリート防潮壁に要求される機能の確認するにあたっては、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

鉄筋コンクリート防潮壁の位置図を図 2.1-1 に示す。

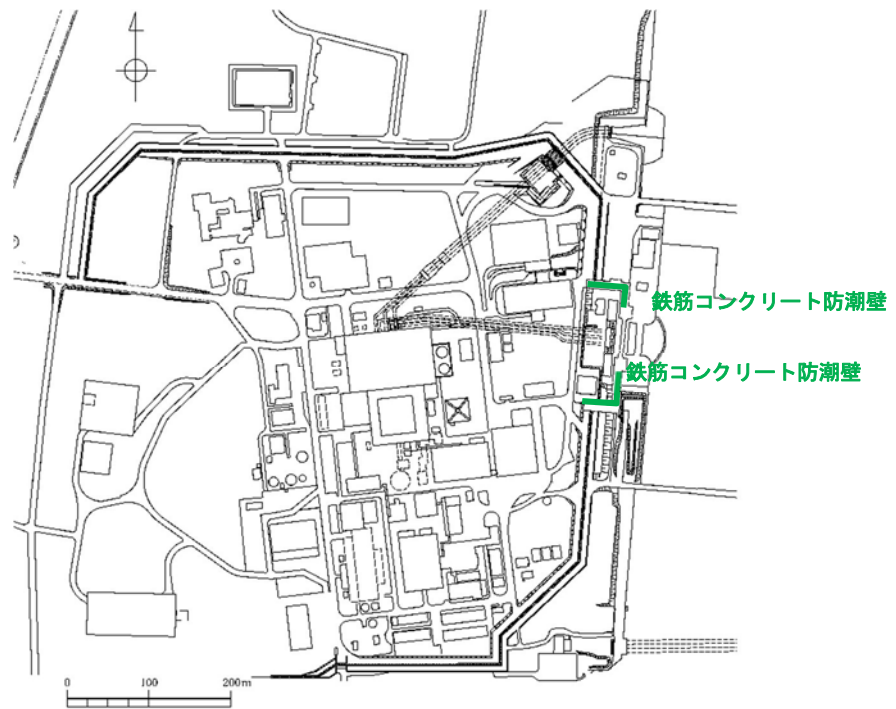


図 2.1-1 鉄筋コンクリート防潮壁位置図

2.2 構造概要

鉄筋コンクリート防潮壁は、1ブロック幅約11 m～20 m、天端高T.P.+20 m、奥行約10 mの鉄筋コンクリートの構造物であり、ブロック間は止水ジョイントを施した構造である。鉄筋コンクリート防潮壁は、地中連続壁基礎を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置する。また、鉄筋コンクリート防潮壁に防潮扉及びフラップゲートを設置する。防潮扉の評価は「6.5.1.1 防潮扉の耐震計算書に関する補足説明」に示す。

鉄筋コンクリート防潮壁のたて壁と地中連続壁基礎とは、鉄筋コンクリートフーチングを介した剛結合で一体構造とする。

鉄筋コンクリート防潮壁の平面図を図2.2-1、概要図を図2.2-2、構造図を図2.2-3に示す。

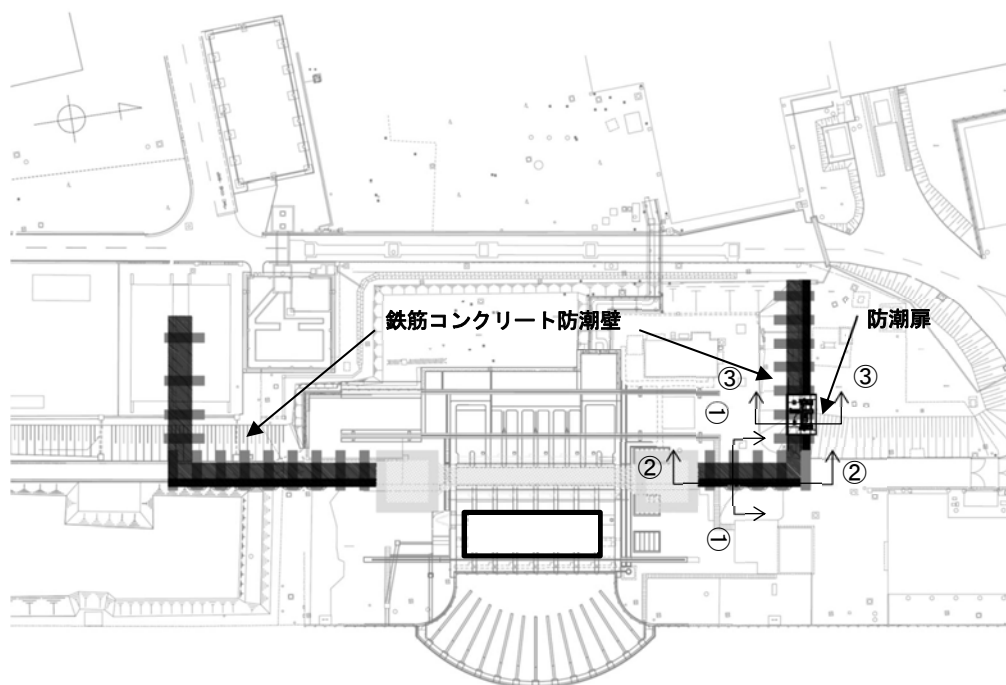
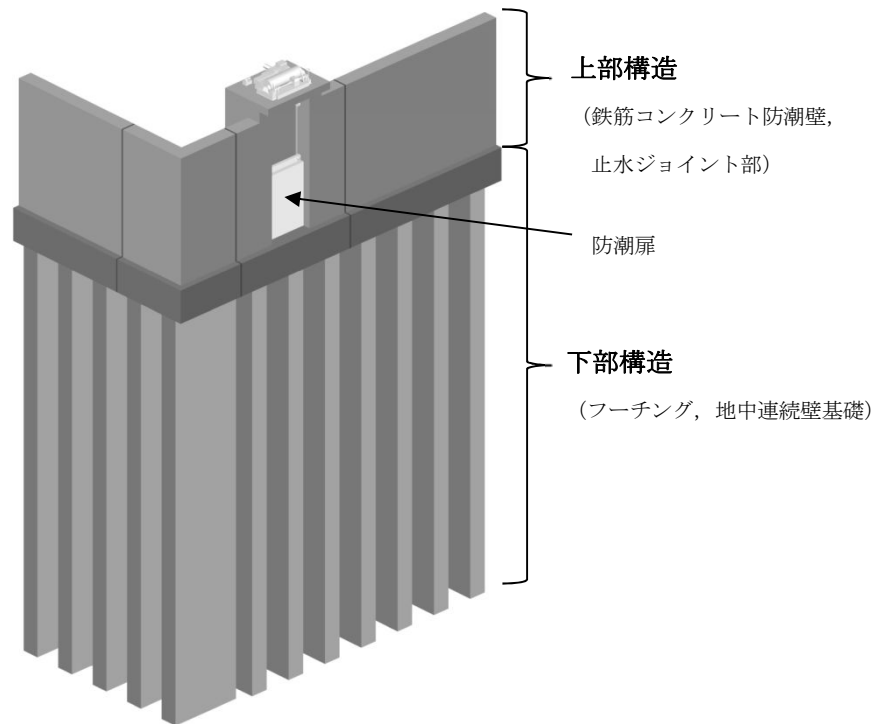
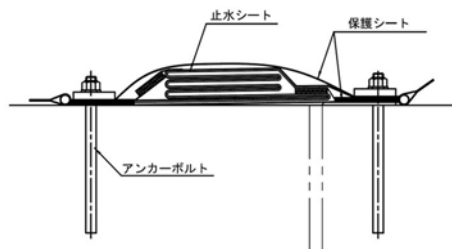


図 2.2-1 鉄筋コンクリート防潮壁 平面図



鉄筋コンクリート防潮壁の取水構造物の北側概要図



シートジョイント
 止水ジョイント部材の概要図

図 2.2-2 鉄筋コンクリート防潮壁構造概要図

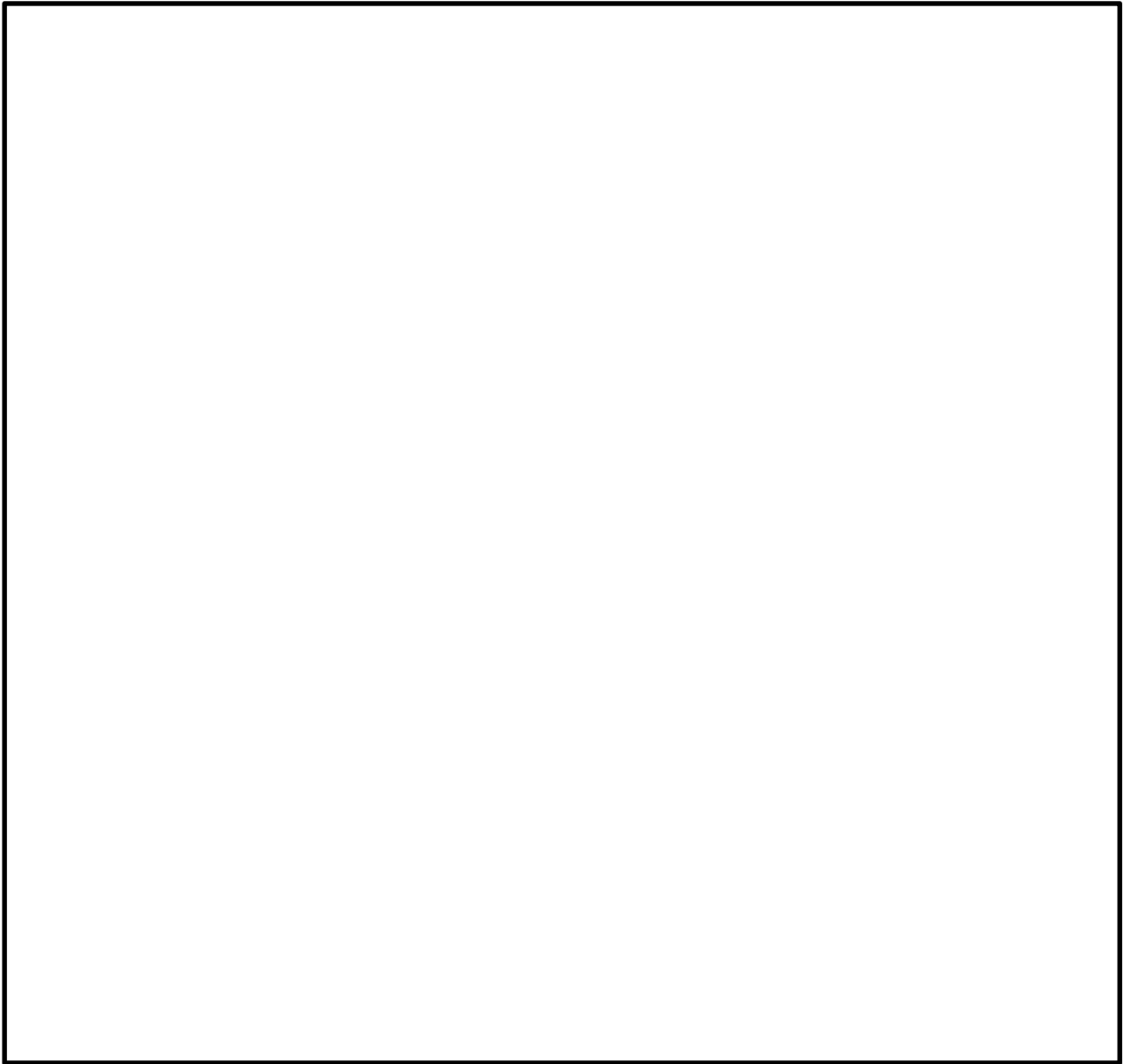


図 2.2-3 (1) 鉄筋コンクリート防潮壁構造図 (フラップゲート部)

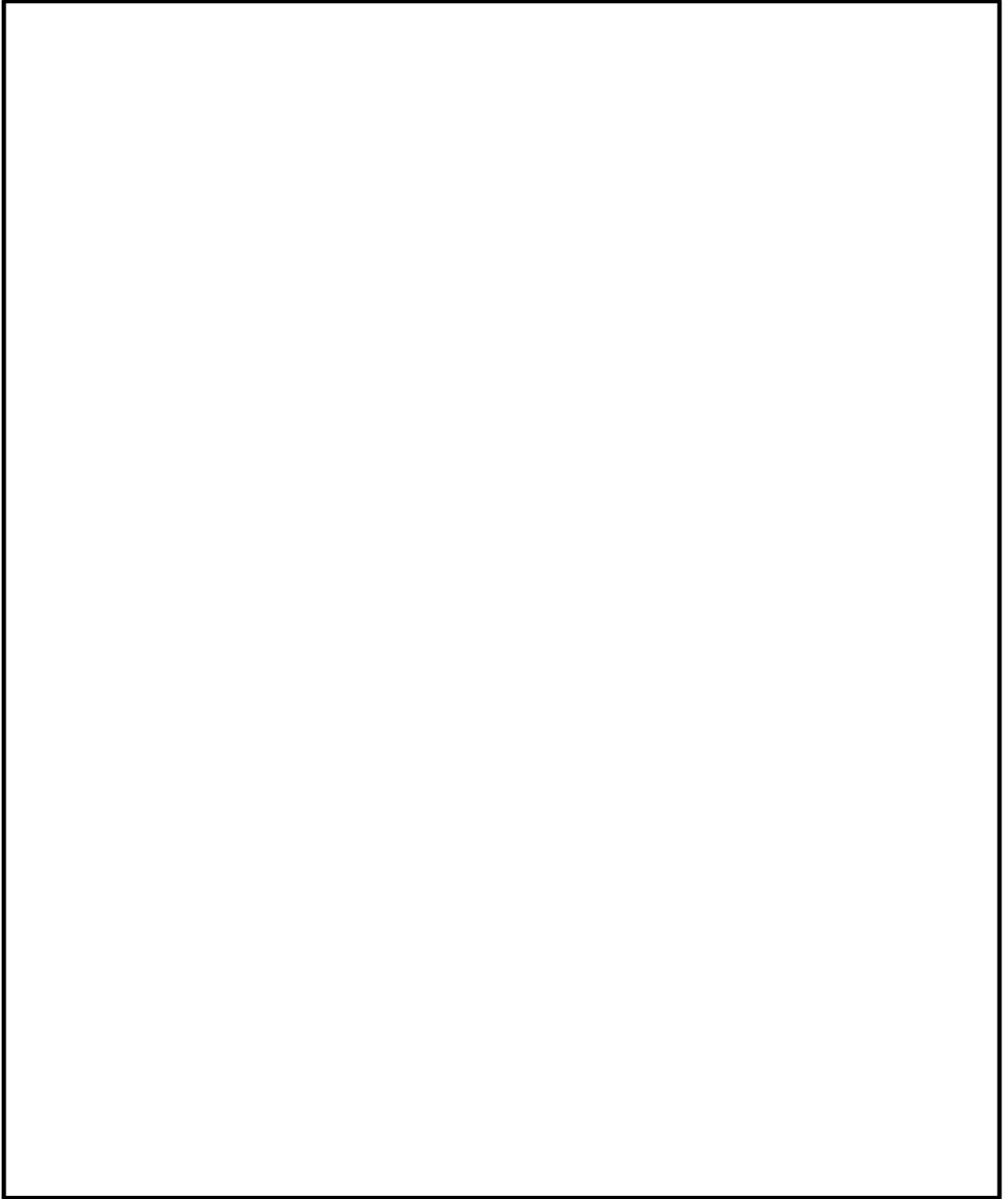


図 2.2-3 (2) 鉄筋コンクリート防潮壁構造図 (防潮扉部)

2.3 評価方針

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

鉄筋コンクリート防潮壁の地震応答解析においては、地震時の地盤の有効応力の変化に応じた影響を考慮できる有効応力解析を実施する。

有効応力解析に用いる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。

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。その際は、原地盤よりも十分に小さい液状化強度特性（敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく液状化強度特性）を仮定する。

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

鉄筋コンクリート防潮壁に関する要求機能と設計方針を表 2.3-1 に示す。

鉄筋コンクリート防潮壁の耐震評価は、設計基準対象施設の評価として、表 2.3-2 に示すとおり、構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価及び構造物の変形性評価を行う。

構造部材の健全性評価については、地震応答解析から得られた荷重を用いた応力解析に基づく発生応力が許容限界以下であることを確認する。基礎地盤の支持性能評価については、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。

構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を実施することで、構造強度を有することを確認する。

構造物の変形性評価については、止水ジョイント部材の変形量を算定し、有意な漏えいが生じないことを確認する。

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

鉄筋コンクリート防潮壁耐震評価フローを図 2.3-1 に、鉄筋コンクリート防潮壁の詳細設計フローを図 2.3-2 に示す。

表 2.3-1 鉄筋コンクリート防潮壁に関する要求機能と設計評価方針

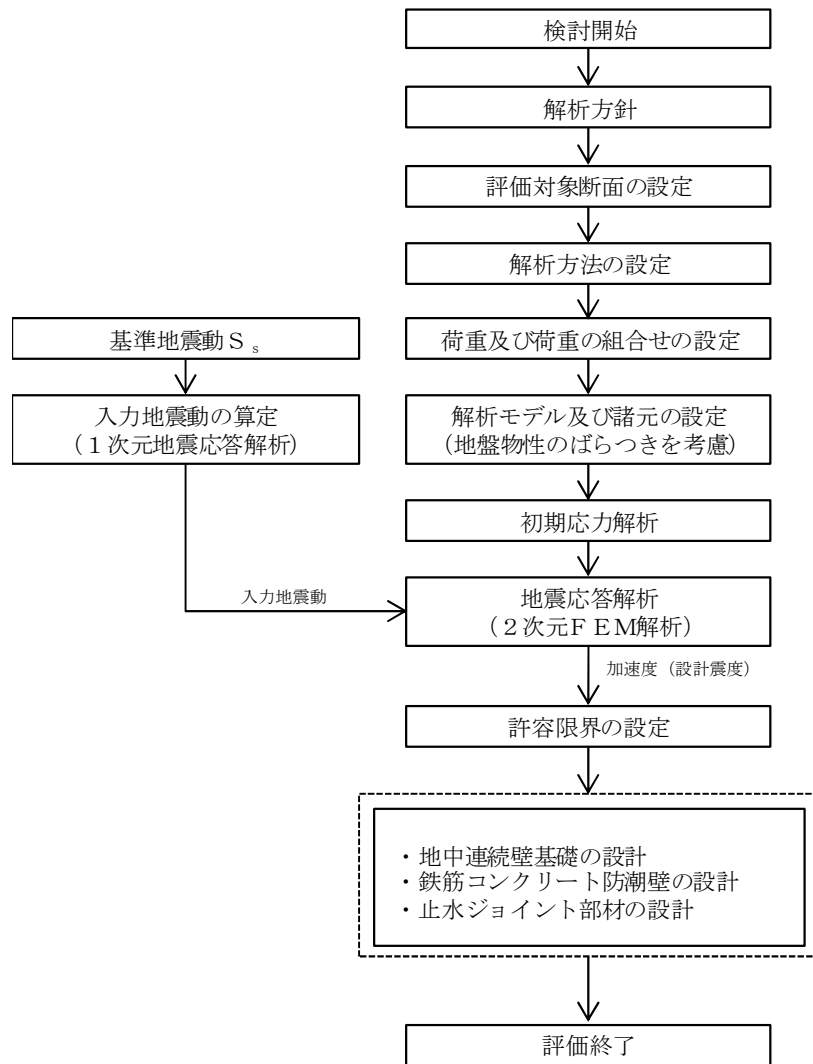
赤字：荷重条件
 緑字：要求機能
 青字：対応方針

施設名	要求機能		機能設計		構造強度設計					設計に用いる許容限界		
	基本設計方針	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			
鉄筋コンクリート防潮壁	・鉄筋コンクリート防潮壁は、基準地震動 S_s に対して、鉄筋コンクリート防潮壁に要求される機能を損なう恐れがない設計とする。 ・鉄筋コンクリート防潮壁は、津波の流入による浸水及び漏水を防止する設計とする。 ・鉄筋コンクリート防潮壁の設計における荷重の組合せとしては、常時作用する荷重、基準地震動 S_s による地震荷重及び自然条件として積雪荷重を適切に考慮する。	・鉄筋コンクリート防潮壁は、基準地震動 S_s に対し、津波防護施設が要求される機能を損なう恐れがないよう、構造物全体としての変形能力(終局耐力時の変形)に対し、十分な構造強度を有した構造であることが要求される。	・鉄筋コンクリート防潮壁は、基準地震動 S_s に対し、主要な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。	・鉄筋コンクリート防潮壁は、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能を保持する設計とする。 ②上部構造は、フーチングコンクリートを介して地中連続壁基礎に強固に連結し、十分な支持性能を有する地盤に支持するとともに、鋼製防護壁や鉄筋コンクリート防潮壁による止水性を保持する設計とする。 ③上部構造の施工境界部や異種構造物間との境界部は、試験等により地震時の変形に追随し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る止水処置を講じる設計とする。	・鉄筋コンクリート防潮壁は、基準地震動 S_s による地震時荷重に対し、鉄筋コンクリート製の地中連続壁基礎、鉄筋コンクリート及び鋼製の上部構造で構成し、津波時においても主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とするとともに、主要な構造体の境界部には、止水ジョイント部材を設置し、有意な漏えいを生じない設計とすることを構造強度設計上の性能目標とする。	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設計とするため、地中連続壁基礎が降伏に至らないことを確認する。	下部構造	基礎地盤	支持力	支持機能を喪失する状態	「道路橋示方書・同解説(I 共通編・IV 下部構造編)」に基づき妥当な安全余裕を考慮した極限支持力以下とする。	
						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、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とするため、地中連続壁基礎が、おおむね弾性状態に留まることを確認する。						地中連続壁基礎
						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、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とするため、構造部材である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。	鉄筋コンクリート	フーチング	曲げ、せん断	部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態	「道路橋示方書・同解説(I 共通編・IV 下部構造編)」「コンクリート標準示方書」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、主要な構造体の境界部に設置する部材を有意な漏えいを生じない変形に留める設計とするため、境界部に設置する止水ジョイント部材、止水シート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能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。	上部構造	止水ジョイント部				止水ジョイント部材
									鋼製アンカー	引張り、せん断、引抜き	部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態	「各種合成構造設計指針・同解説」に基づき短期許容応力度以下とする。
									止水ジョイント部の鋼製防護部材	曲げ、引張り、せん断	部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態	「鋼構造設計基準」に基づき短期許容応力度以下とする。

表 2.3-2 鉄筋コンクリート防潮壁の評価項目

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

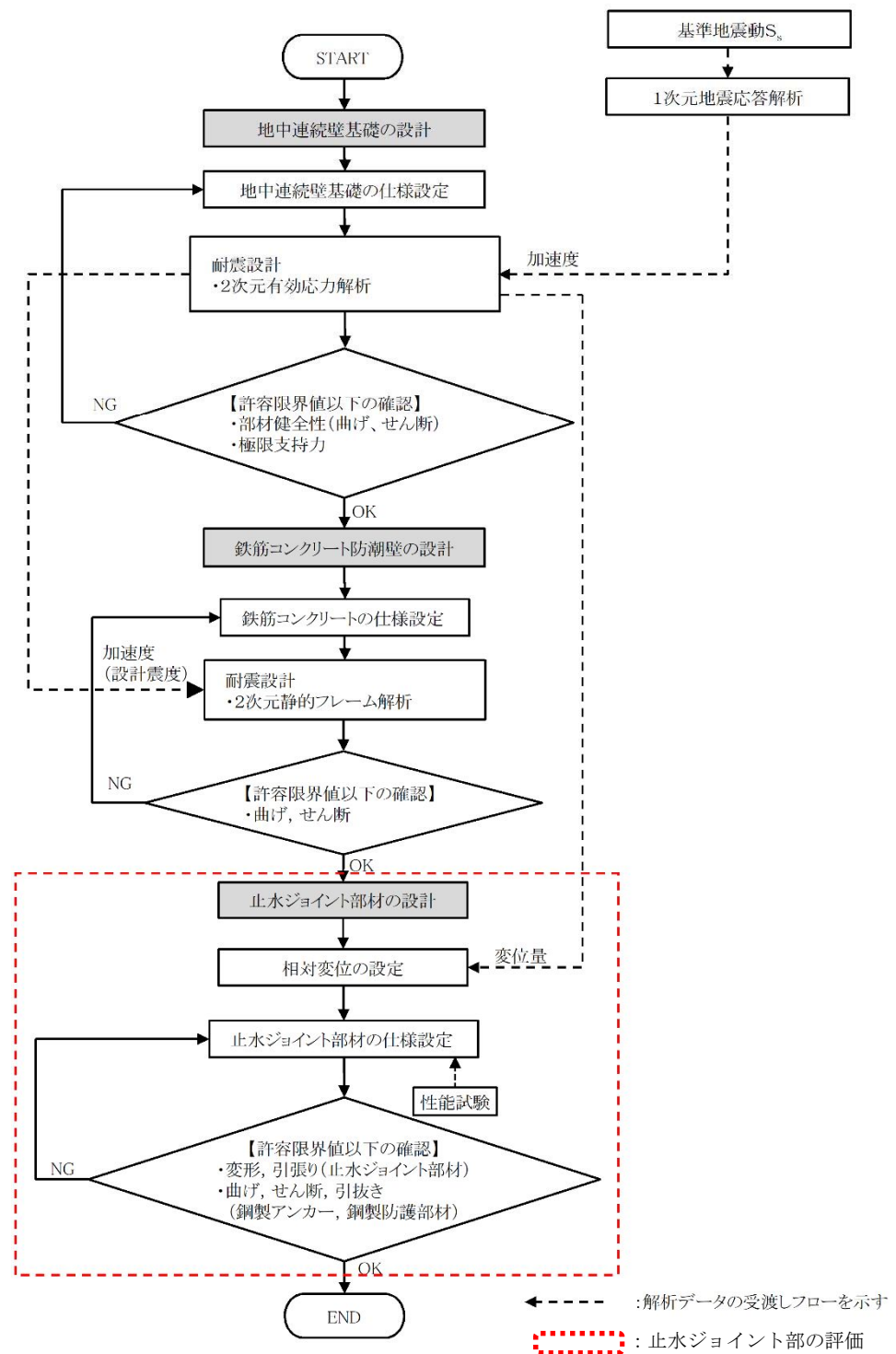
注記 *：妥当な安全余裕を考慮する。



詳細フローは図 2.3-2

- 注記 *1: 構造部材の健全性評価を実施することで、表 2.3-2 に示す「構造強度を有すること」及び「止水性を損なわないこと」を満足することを確認する。
- *2: 基礎地盤の支持性能評価を実施することで、表 2.3-2 に示す「構造強度を有すること」及び「止水性を損なわないこと」を満足することを確認する。
- *3: 構造物の変形性評価を実施することで、表 2.3-2 に示す「止水性を損なわないこと」を満足することを確認する。

図 2.3-1 鉄筋コンクリート防潮壁の耐震評価フロー



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

図 2.3-2 鉄筋コンクリート防潮壁の詳細設計フロー

2.4 適用基準

適用する規格，基準類を以下に示す。

- ・コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] (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)
- ・原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル (土木学会，2005 年)
- ・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)
- ・鋼構造設計基準—許容応力度設計法— (日本建築学会，2005 年 9 月)
- ・各種合成構造設計指針・同解説 (日本建築学会，2010 年 11 月)

項目ごとに適用する規格，基準類を表 2.4-1 に示す。

表 2.4-1 適用する規格，基準類

項目	適用する規格，基準類	備考
使用材料及び材料定数	・コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] (土木学会，2002 年制定)	—
荷重及び荷重の組合せ	・コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] (土木学会，2002 年制定)	・永久荷重＋偶発荷重＋従たる変動荷重の適切な組合せを検討
許容限界	コンクリート	・曲げ軸力に対する照査は，発生応力度が短期許容応力度以下であることを確認
	鉄筋	・せん断力に対する照査は，発生応力度または発生せん断力が短期許容応力度または短期許容せん断力以下であることを確認
地震応答解析	・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. 地震応答解析

3.1 評価対象断面

評価対象断面は、鉄筋コンクリート防潮壁の構造上の特徴や周辺地盤状況を踏まえて選定する。図 3.1-1 に評価対象断面位置図を、図 3.1-2 に評価対象断面図を示す。

耐震評価は、①-①断面，②-②断面を用いて実施する。

防潮扉の耐震評価のための加速度応答については，①-①断面，②-②断面を用い，フラップゲートの耐震評価のための加速度応答については，③-③断面，④-④断面を用いて算定する。

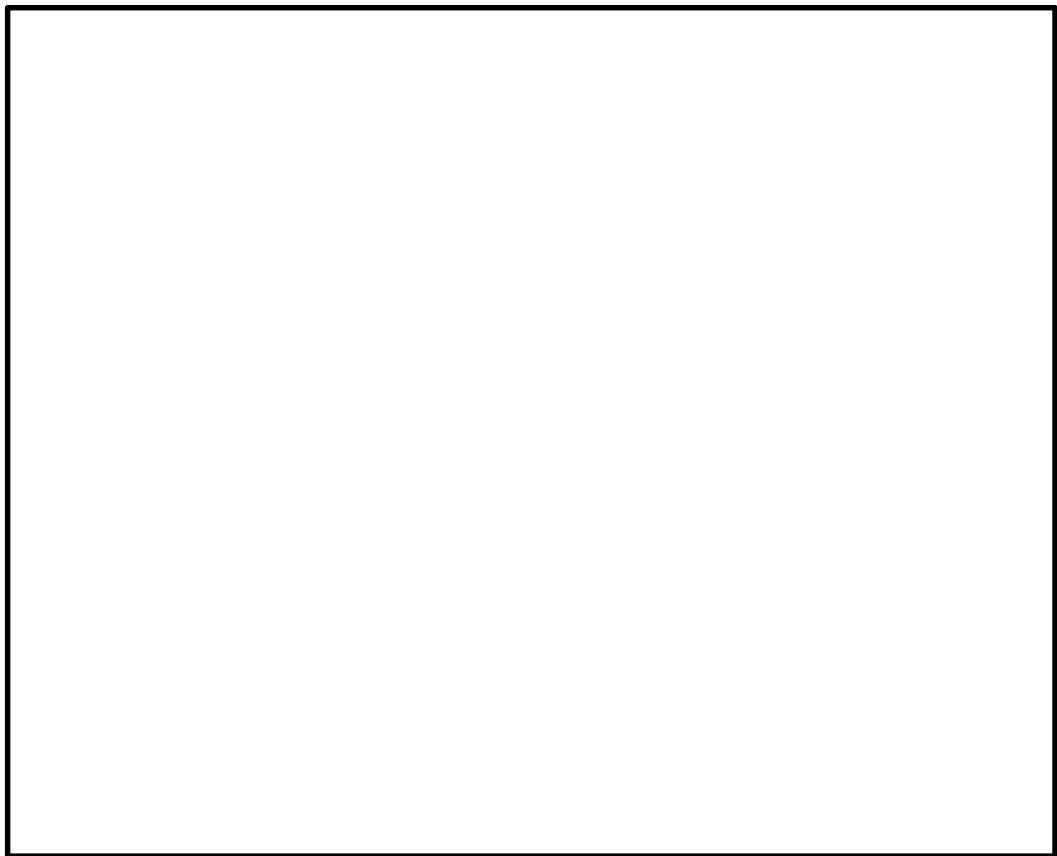


図 3.1-1 鉄筋コンクリート防潮壁の評価対象断面位置図

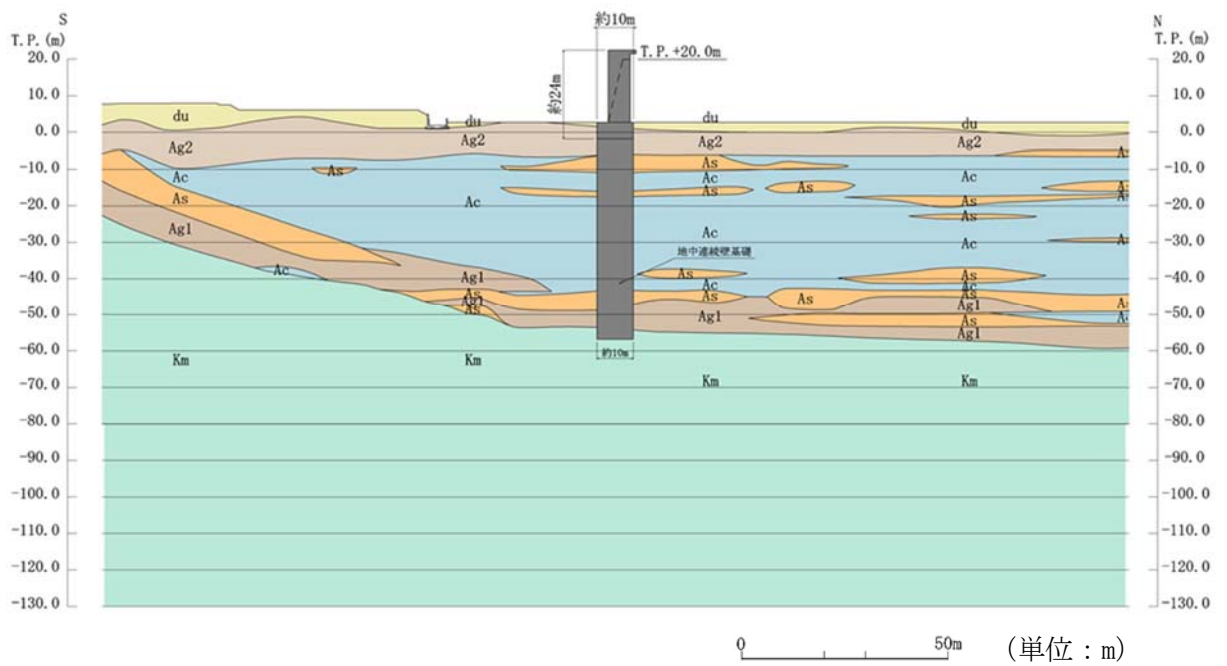


図 3.1-2 (1) 鉄筋コンクリート防潮壁 評価対象断面図 (①-①断面)

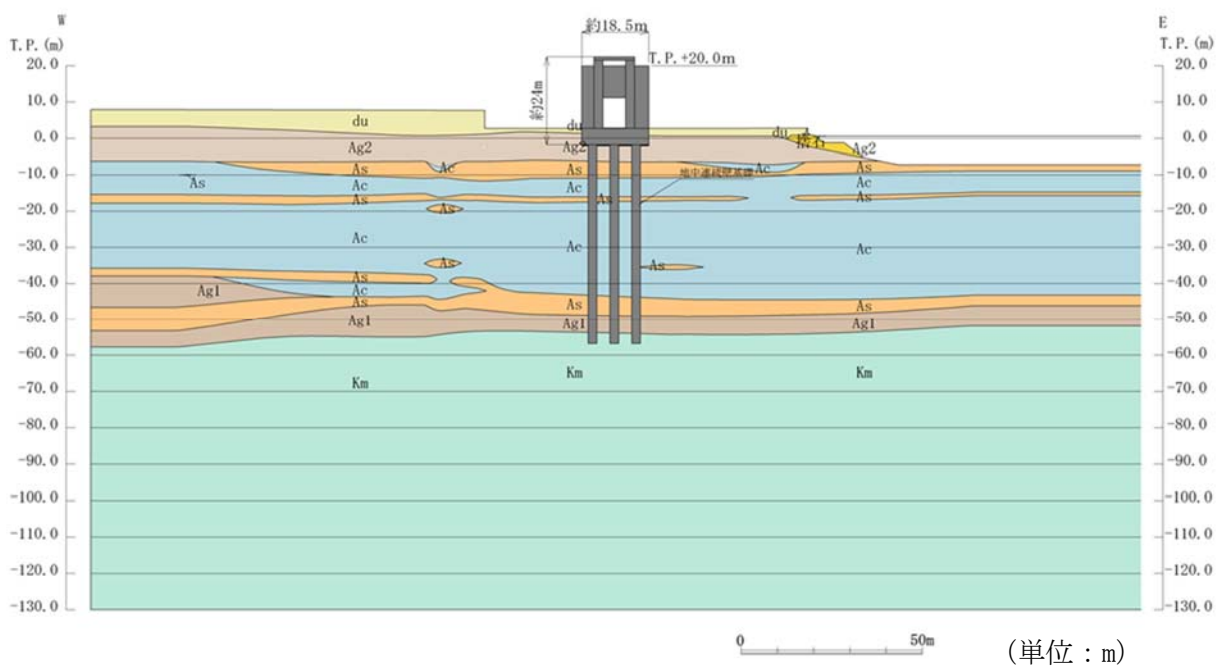


図 3.1-2 (2) 鉄筋コンクリート防潮壁 評価対象断面図 (②-②断面)

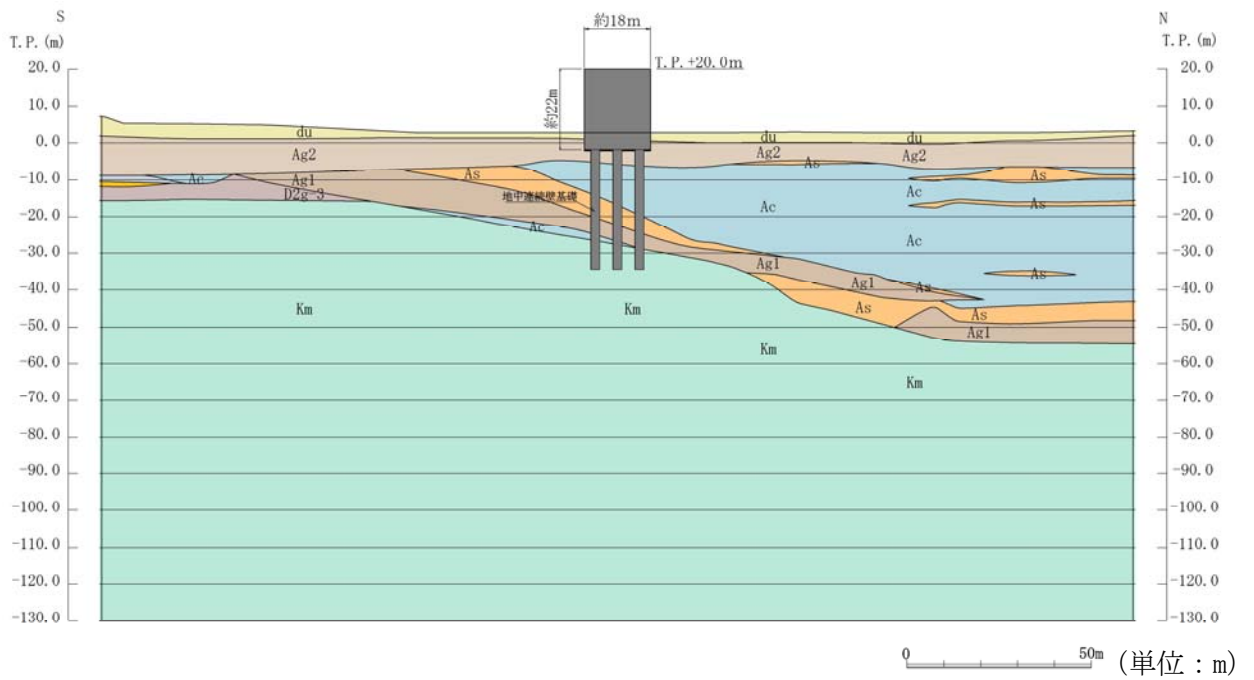


図 3.1-2 (3) 鉄筋コンクリート防潮壁 評価対象断面図 (③-③断面)

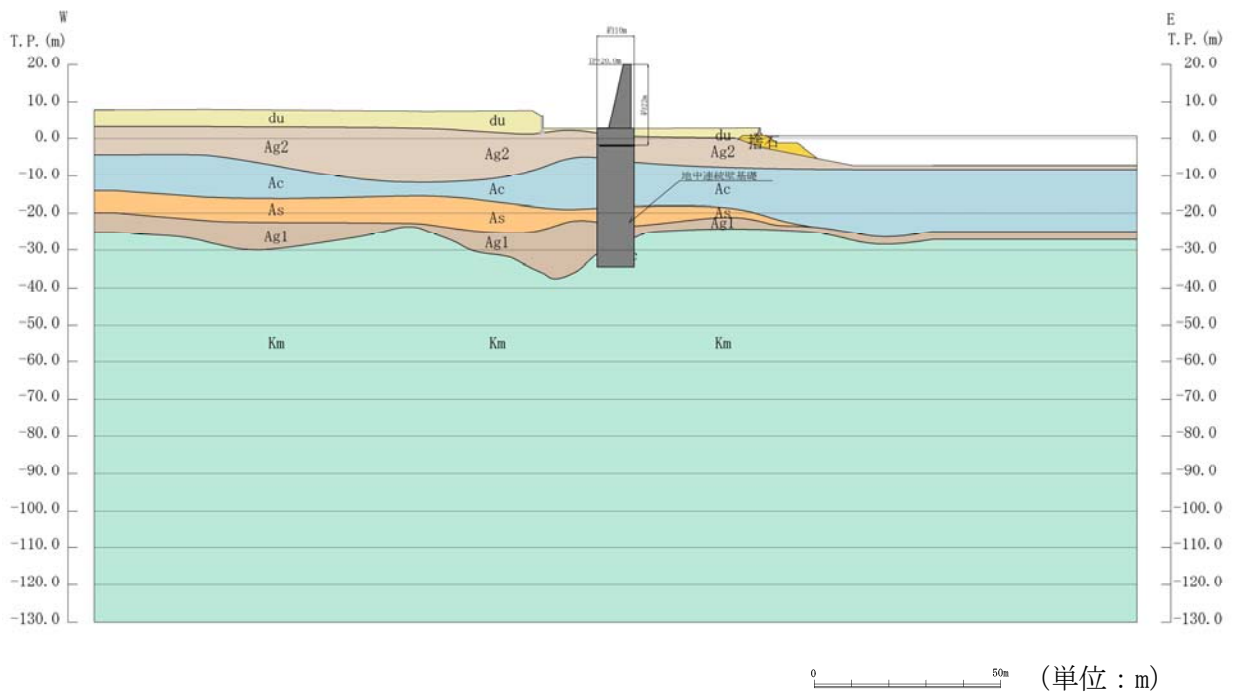


図 3.1-2 (4) 鉄筋コンクリート防潮壁 評価対象断面図 (④-④断面)

3.2 解析方法

鉄筋コンクリート防潮壁の地震応答解析は、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。

地震応答計算では、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。

地中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。

上部土木構造物及び機器・配管系への加速度応答に対する保守的な配慮として、地盤の非液状化の影響を考慮する場合は、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、「V-5-10 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

地震応答解析手法の選定フローを図3.2-1に示す。

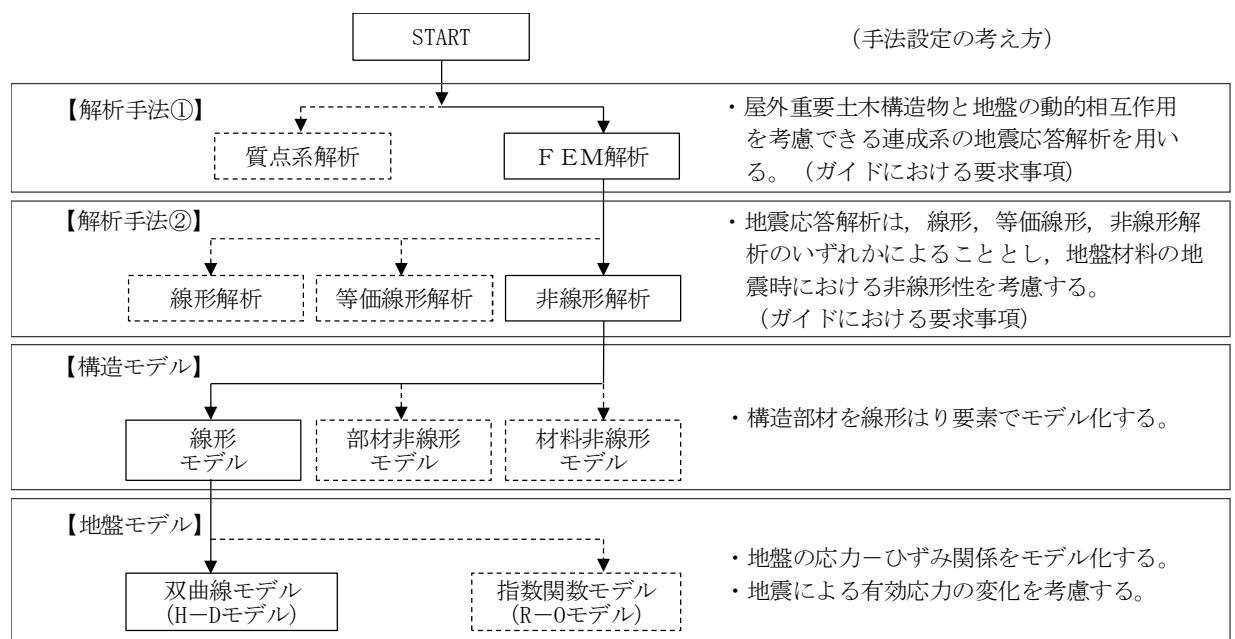


図 3.2-1 地震応答解析手法の選定フロー

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。

3.2.1 地震応答解析手法

鉄筋コンクリート防潮壁の地震応答解析は、地盤と構造物の相互作用を考慮できる2次元有限要素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。

3.2.2 構造部材

構造部材は、線形はり要素及び平面ひずみ要素によりモデル化する。

3.2.3 地盤

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

3.2.4 減衰定数

固有値解析により求められる固有振動数及び初期減衰定数に基づく剛性比例型減衰を考慮する。

3.3 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、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。

3.3.1 耐震安全性評価上考慮する状態

鉄筋コンクリート防潮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の影響を受けないことから考慮しない。

(2) 設計基準事故時の状態

設計基準事故時の影響を受けないことから考慮しない。

(3) 設計用自然条件

積雪及び風荷重を考慮する。

(4) 重大事故等時の状態

重大事故等時の状態の影響を受けないことから考慮しない。

3.3.2 荷重

鉄筋コンクリート防潮壁の地震応答解析において、考慮する荷重を次に示す。

(1) 固定荷重 (G)

固定荷重は、躯体自重を考慮する。

(2) 積載荷重 (P)

積載荷重は、機器及び配管荷重を考慮する。

(3) 地震荷重 (K_s)

基準地震動 S_s による荷重を考慮する。

(4) 積雪荷重 (P_s)

積雪荷重については、「建築基準法施行令第 86 条」及び「茨城県建築基準法施工細則第 16 条の 4」に従って設定する。積雪の厚さ 1 cm 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 0.21 kN/m^2 を考慮する。

(5) 風荷重 (P_k)

風荷重は、風速 30 m/s の風圧力を考慮する。

3.3.3 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3.3-1 及び表 3.3-2 に示し、荷重概念図を図 3.3-1 に示す。

表 3.3-1 荷重の組合せ

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

G : 固定荷重

P : 積載荷重

K_s : 地震荷重

P_s : 積雪荷重

P_k : 風荷重

表 3.3-2 荷重の組合せ

種別		荷重	算定方法
永久 荷重	常時考 慮荷重	躯体自重	○ ・対象構造物の体積に材料の密度を考慮して設定する。
		機器・配管自重	○ ・機器・配管の自重を考慮する。
		土被り荷重	－ ・土被りはないため考慮しない。
		上載荷重	－ ・恒常的に配置された設備等はないことから，考慮しない。
	静止土圧	○ ・常時応力解析により設定する。	
	外水圧	○ ・地下水水位に応じた静水圧として設定する。 ・地下水の密度を考慮する。	
	内水圧	－ ・内水はないため考慮しない。	
変動荷重	積雪荷重	○ ・積雪荷重を考慮する。	
	風荷重	○ ・風荷重を考慮する。	
	風荷重以外	－ ・風荷重以外には発電所の立地特性及び構造物の配置状況を踏まえると，偶発荷重と組み合わせるべき変動荷重はない。	
偶発荷重	水平地震動	○ ・基準地震動 S_s による水平及び鉛直同時加振を考慮する。	
	鉛直地震動		○ ・躯体，機器・配管の慣性力，動土圧を考慮する。
	動水圧	－ ・自由水はないため動水圧は考慮しない。	

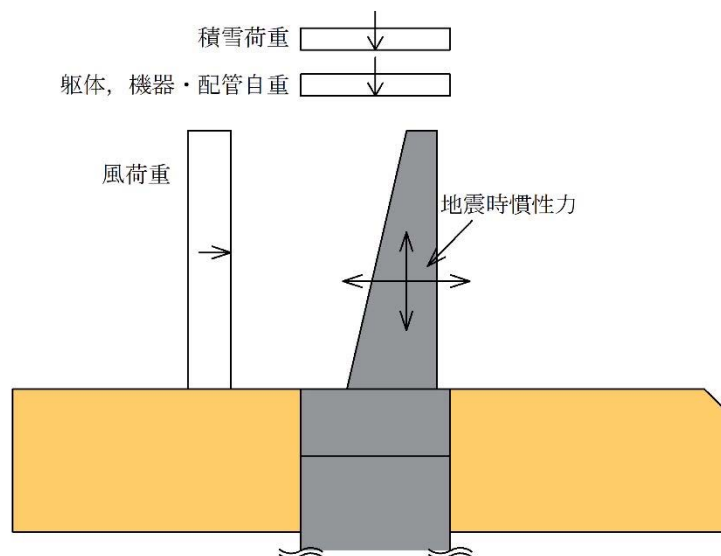


図 3.3-1 荷重概念図

3.4 入力地震動

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

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、「V-5-25 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

基準地震動 S_s のうち断層モデル波については、特定の方向性を有することから、構造物の評価対象断面方向に合わせて方位補正を行う。具体的にはNS方向及び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 3.4-2～図 3.4-29 に入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを示す。

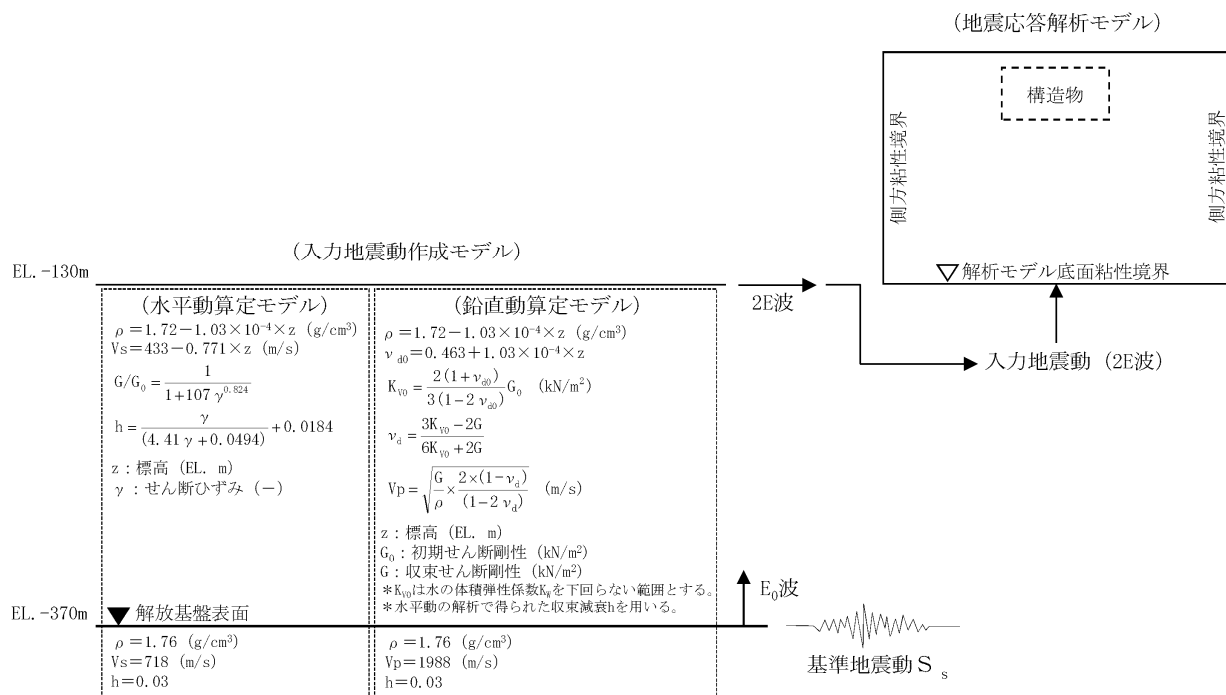
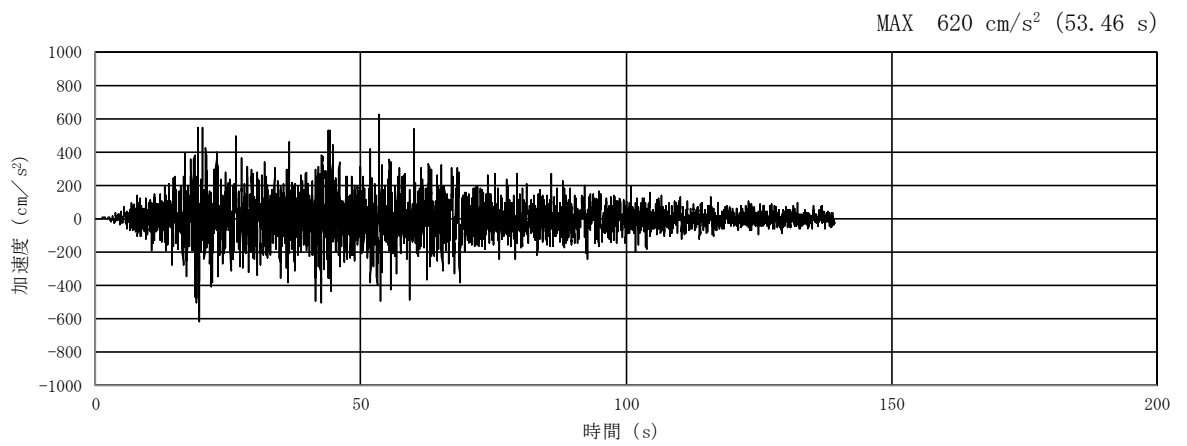
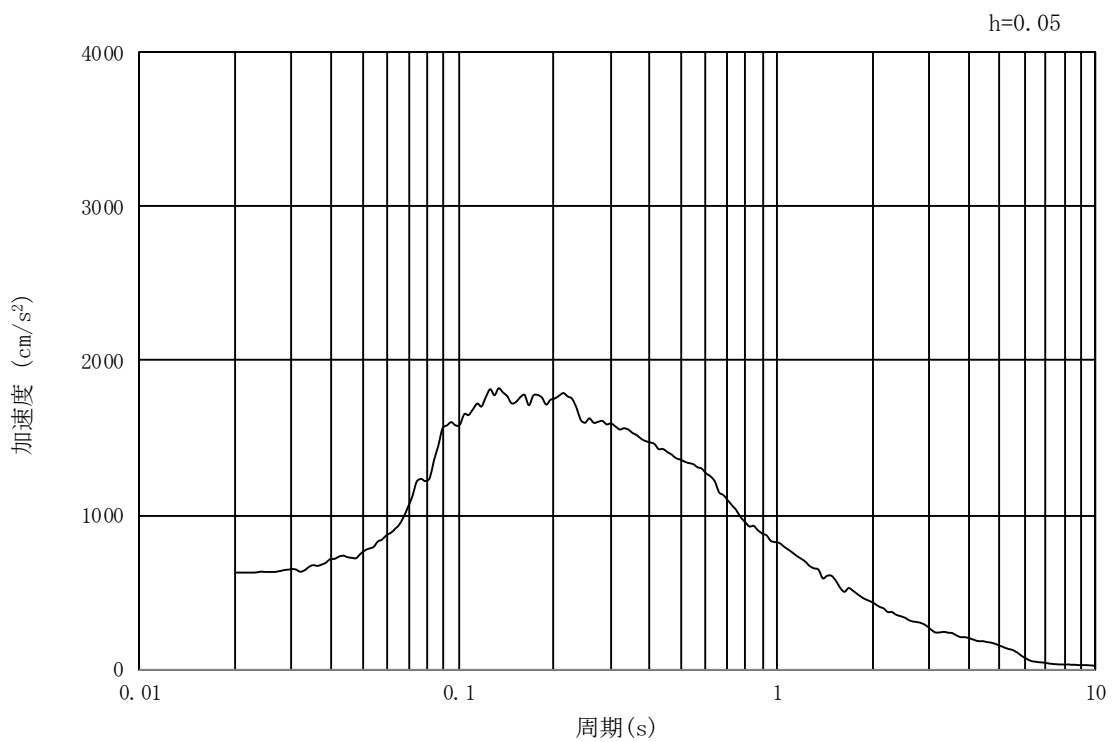


図 3.4-1 入力地震動算定の概念図

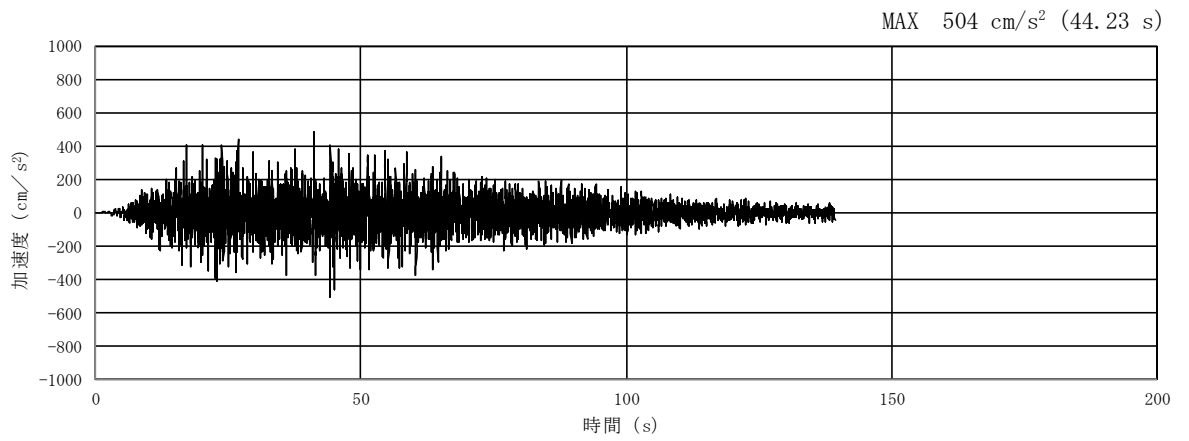


(a) 加速度時刻歴波形

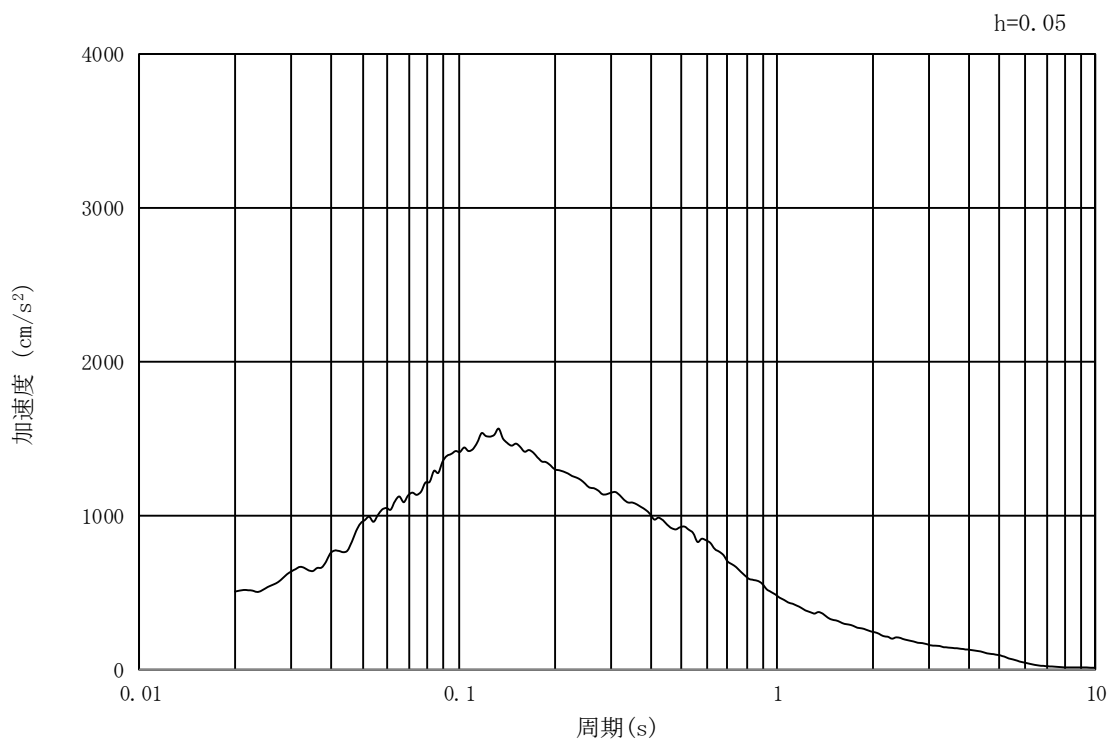


(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-2 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (①-①断面, ②-②断面, ③-③断面及び④-④断面, 水平成分: $S_s - D1$)

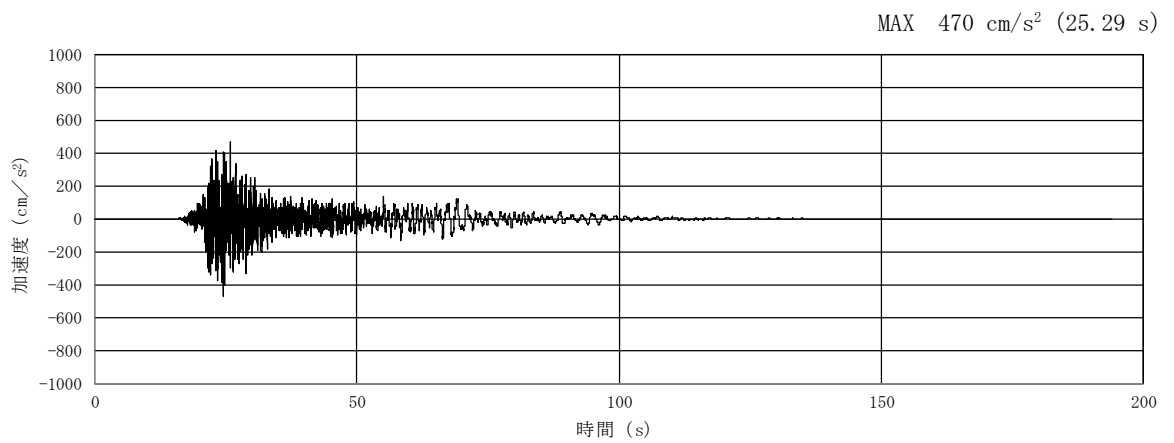


(a) 加速度時刻歴波形

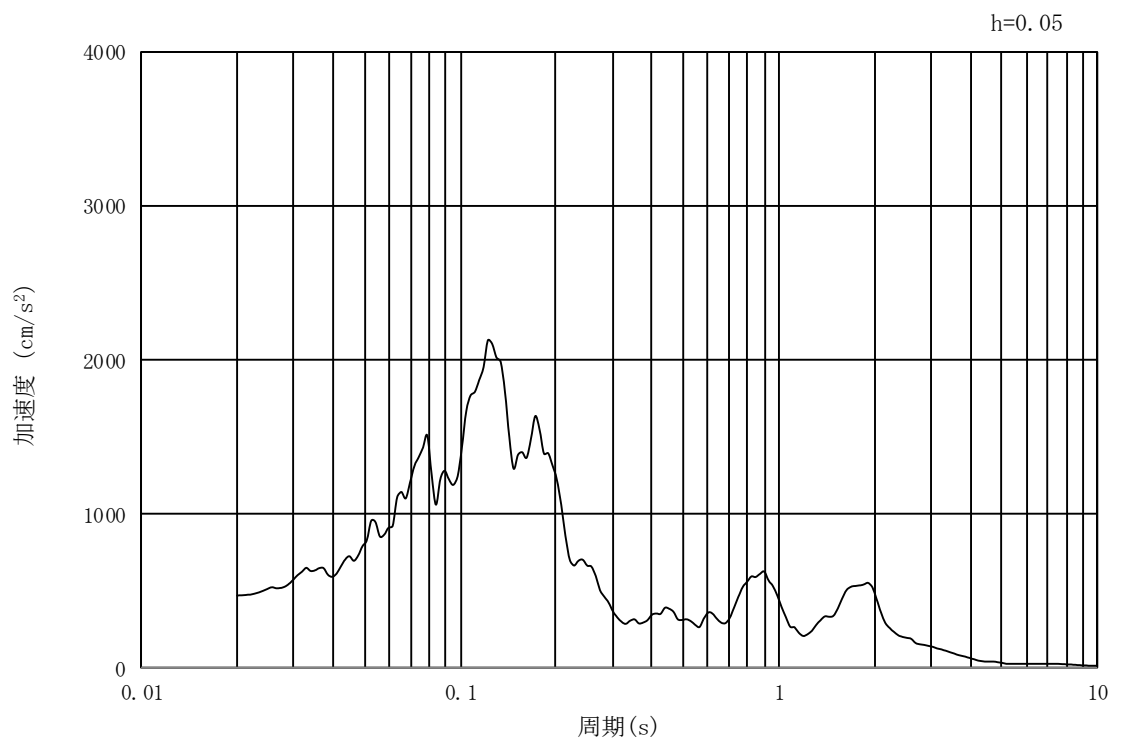


(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-3 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (①-①断面, ②-②断面, ③-③断面及び④-④断面, 鉛直成分: $S_s - D1$)

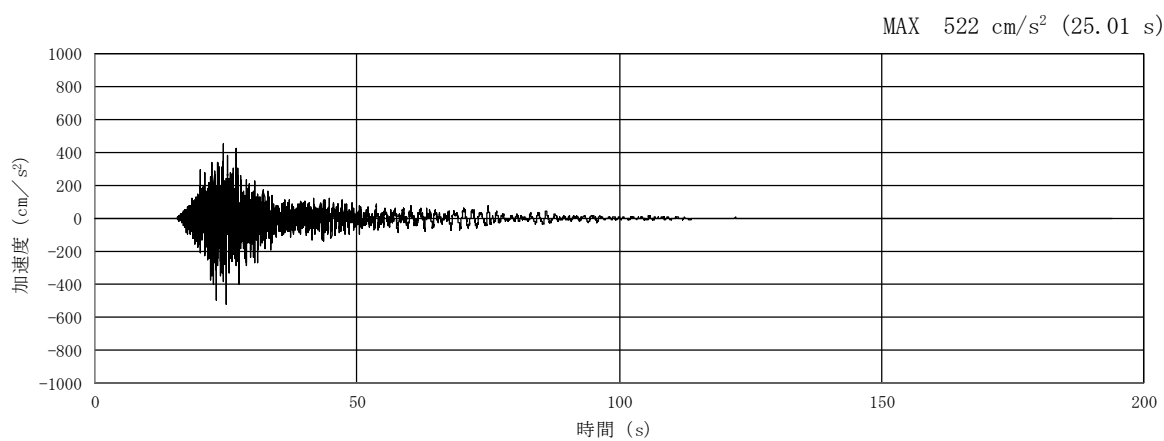


(a) 加速度時刻歴波形

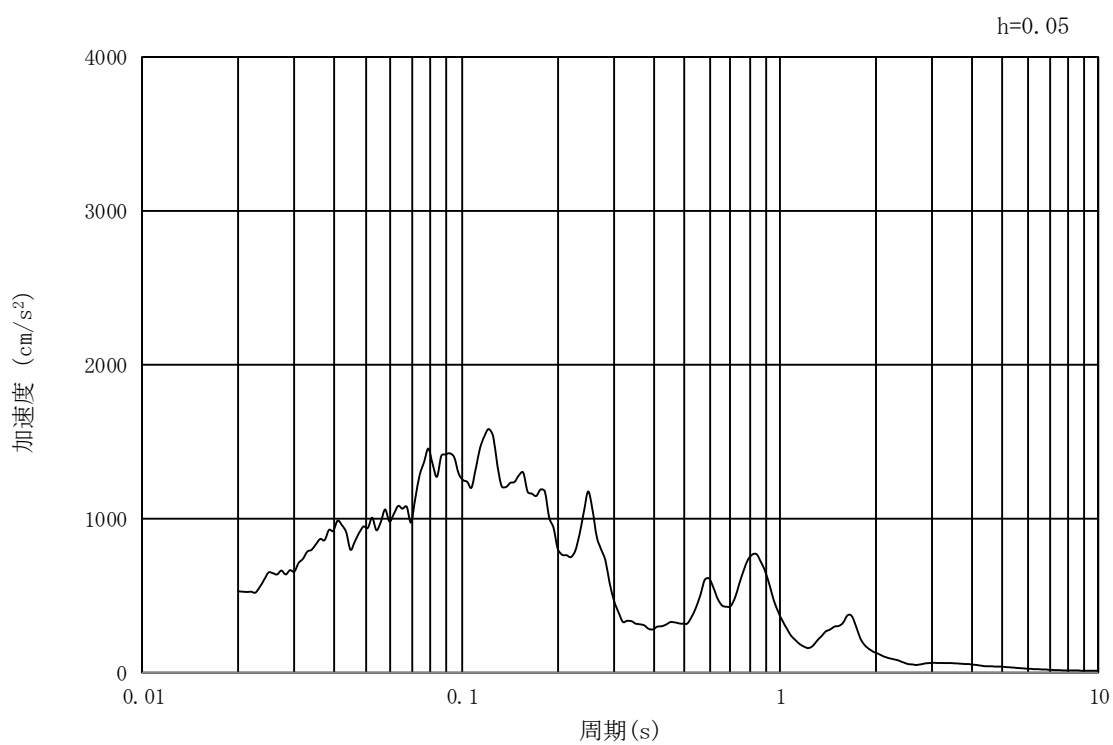


(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-4 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (①-①断面及び③-③断面, 水平成分: S_s-11)

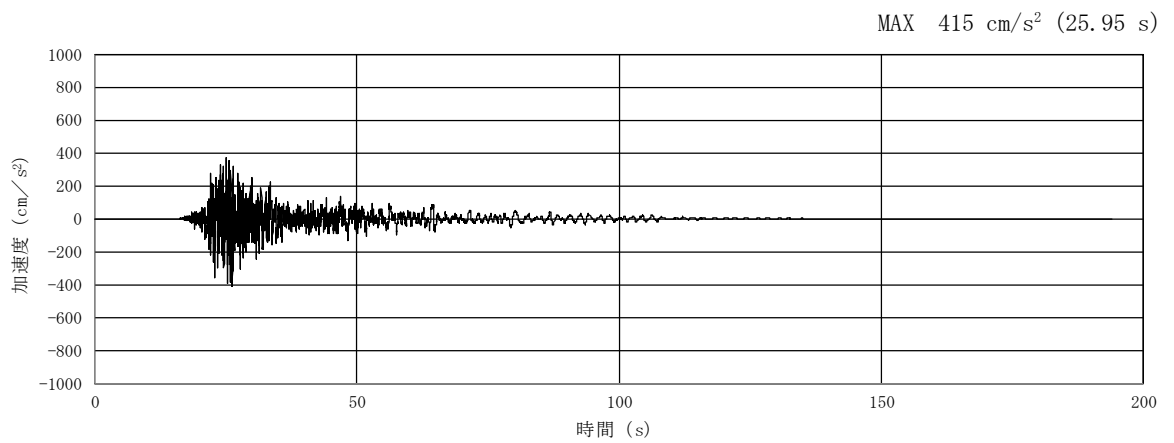


(a) 加速度時刻歴波形

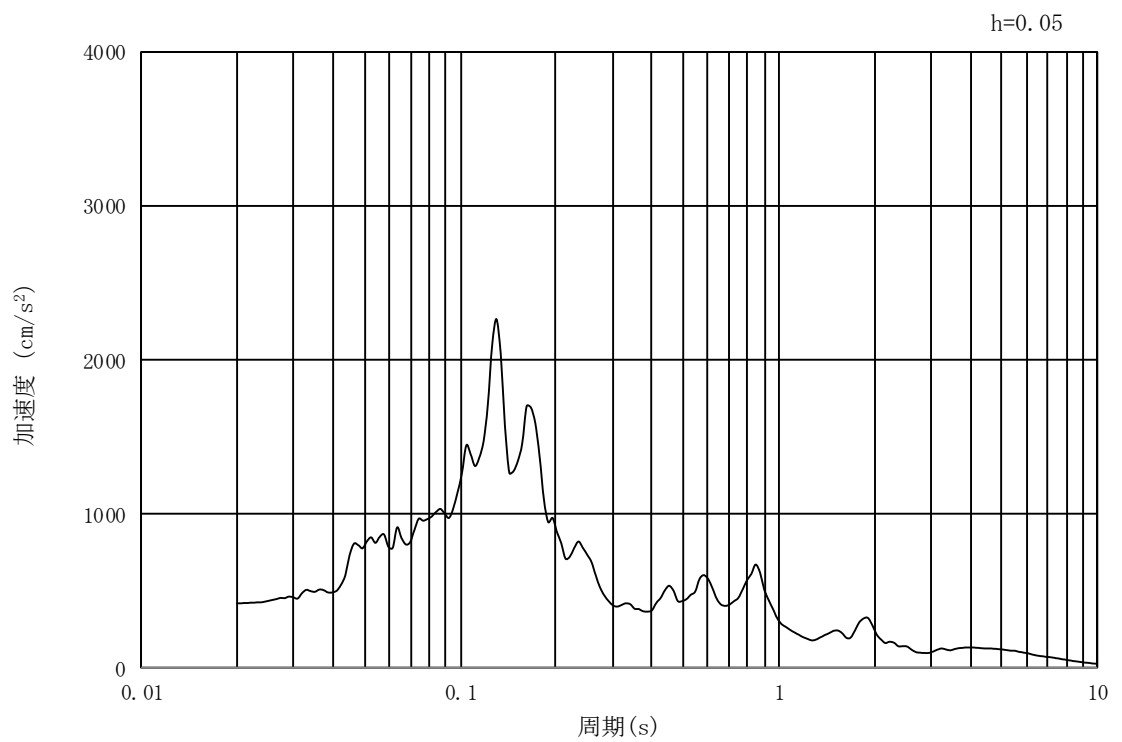


(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-5 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (①-①断面及び③-③断面, 鉛直成分: $S_s - 11$)

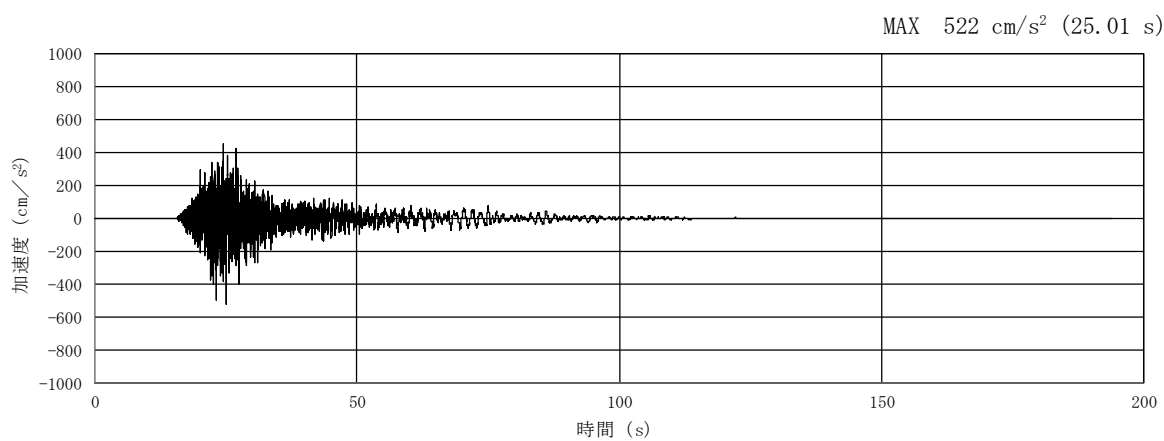


(a) 加速度時刻歴波形

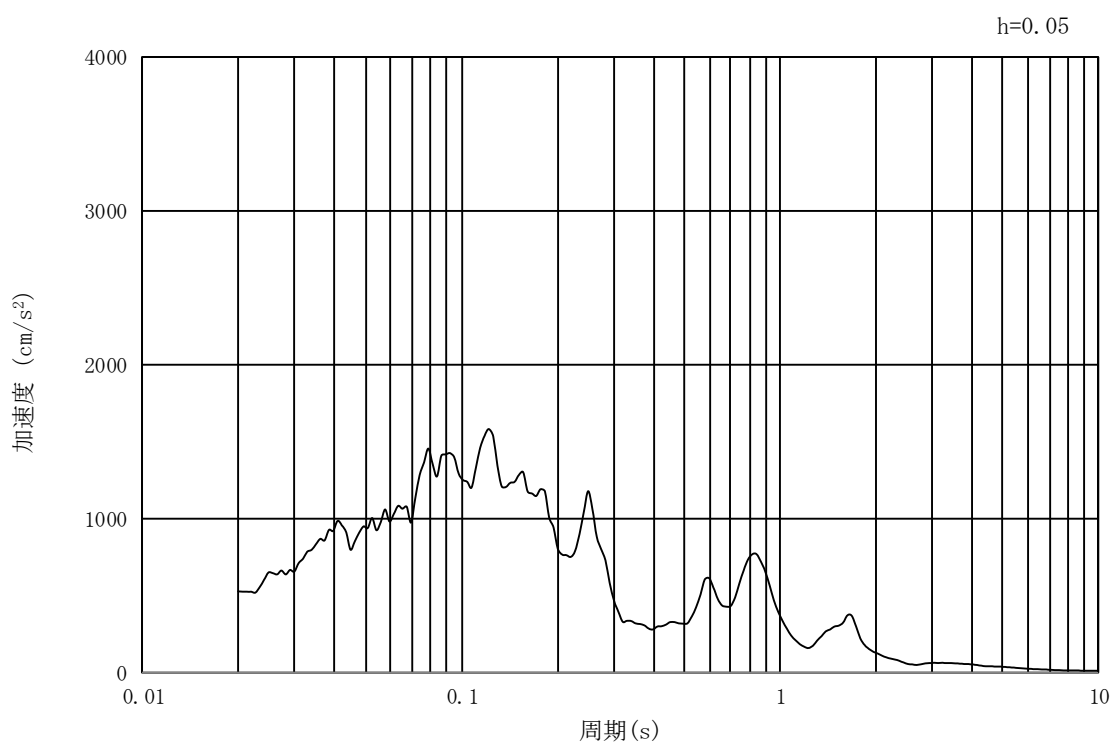


(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-6 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (②-②断面及び④-④断面, 水平成分: S_s-11)

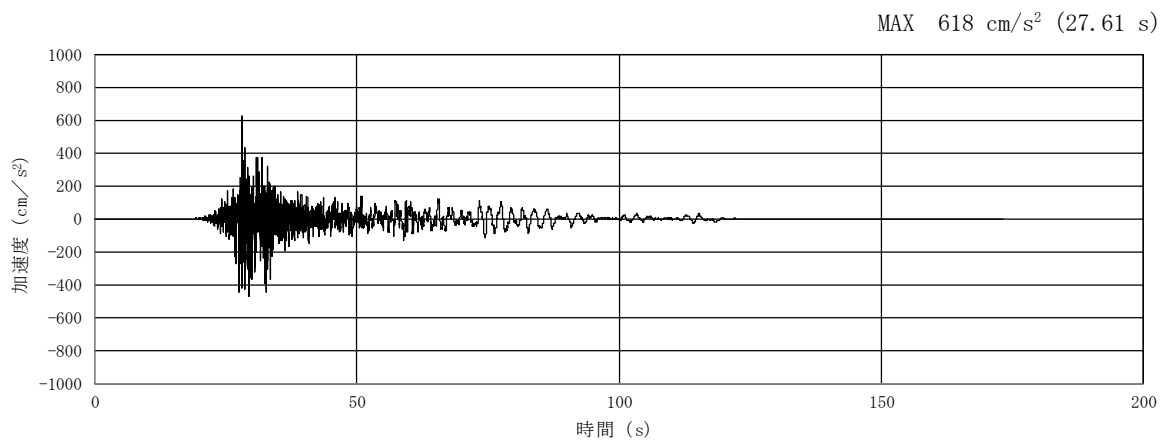


(a) 加速度時刻歴波形

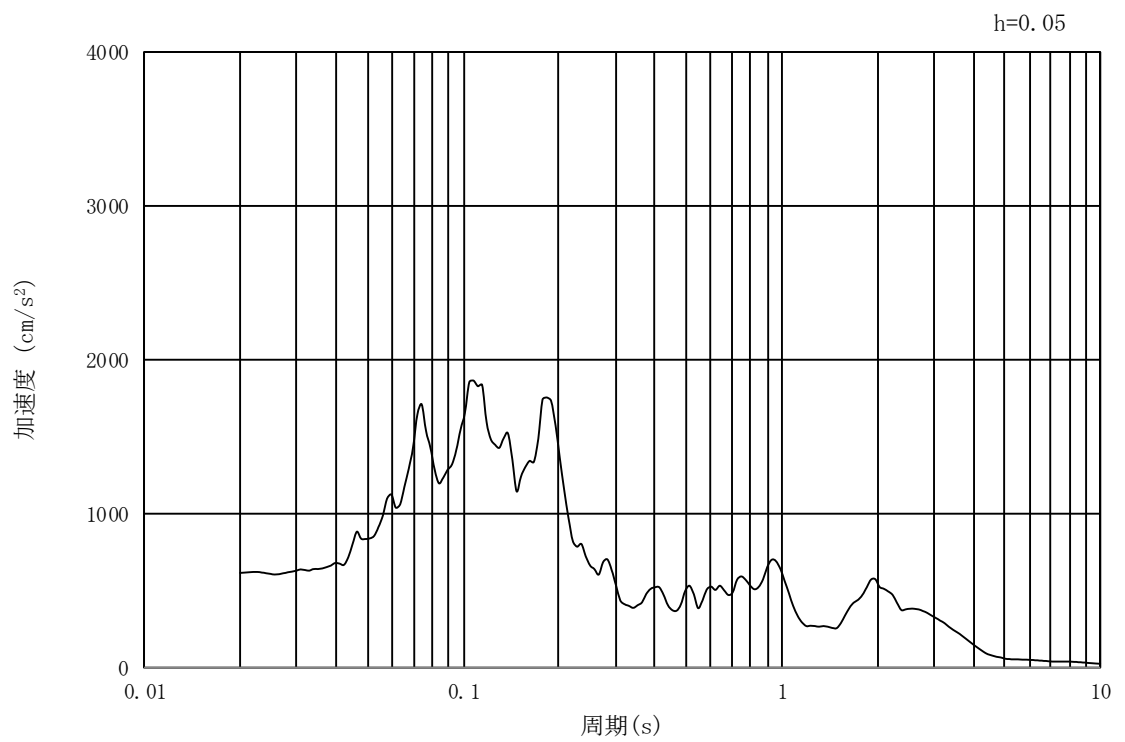


(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-7 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (②-②断面及び④-④断面, 鉛直成分: $S_s - 11$)

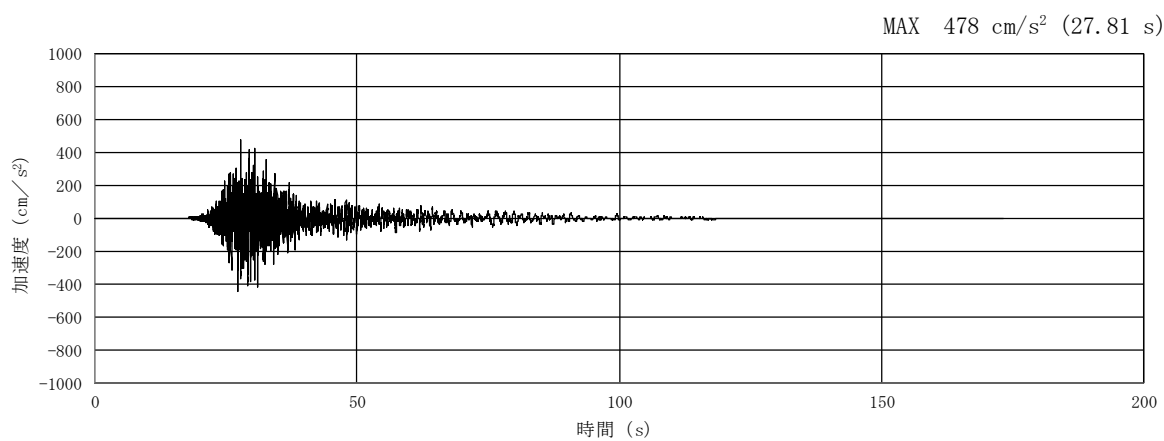


(a) 加速度時刻歴波形

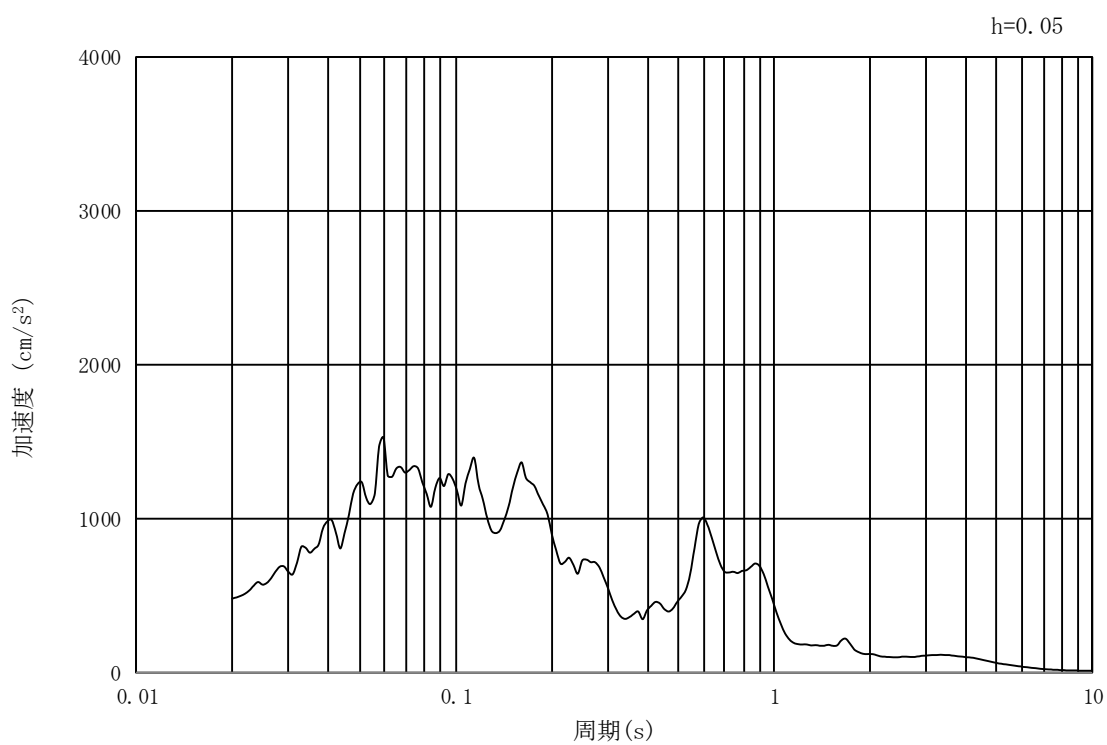


(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-8 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (①-①断面及び③-③断面, 水平成分: $S_s - 12$)

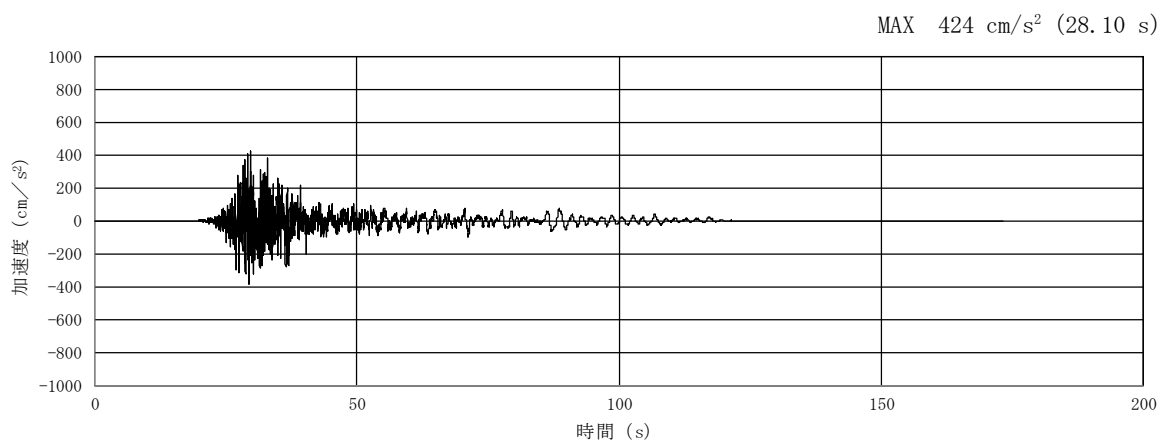


(a) 加速度時刻歴波形

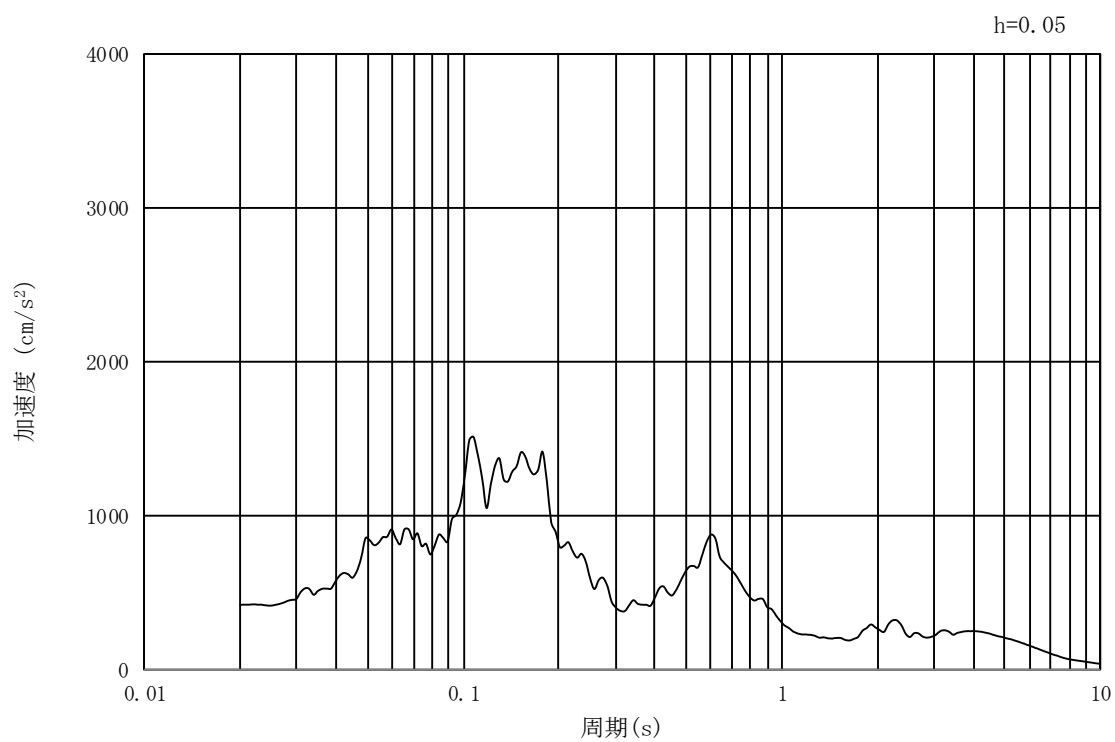


(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-9 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (①-①断面及び③-③断面, 鉛直成分: $S_s - 12$)

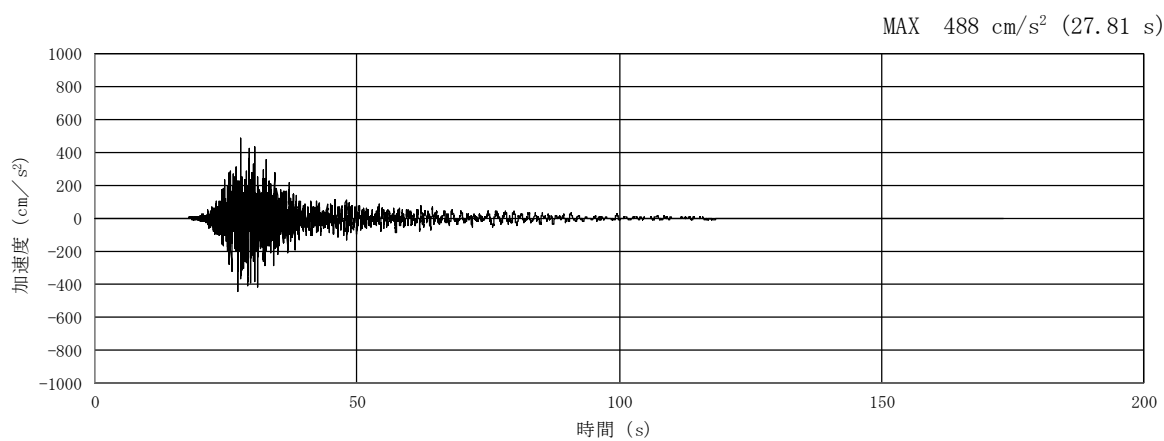


(a) 加速度時刻歴波形

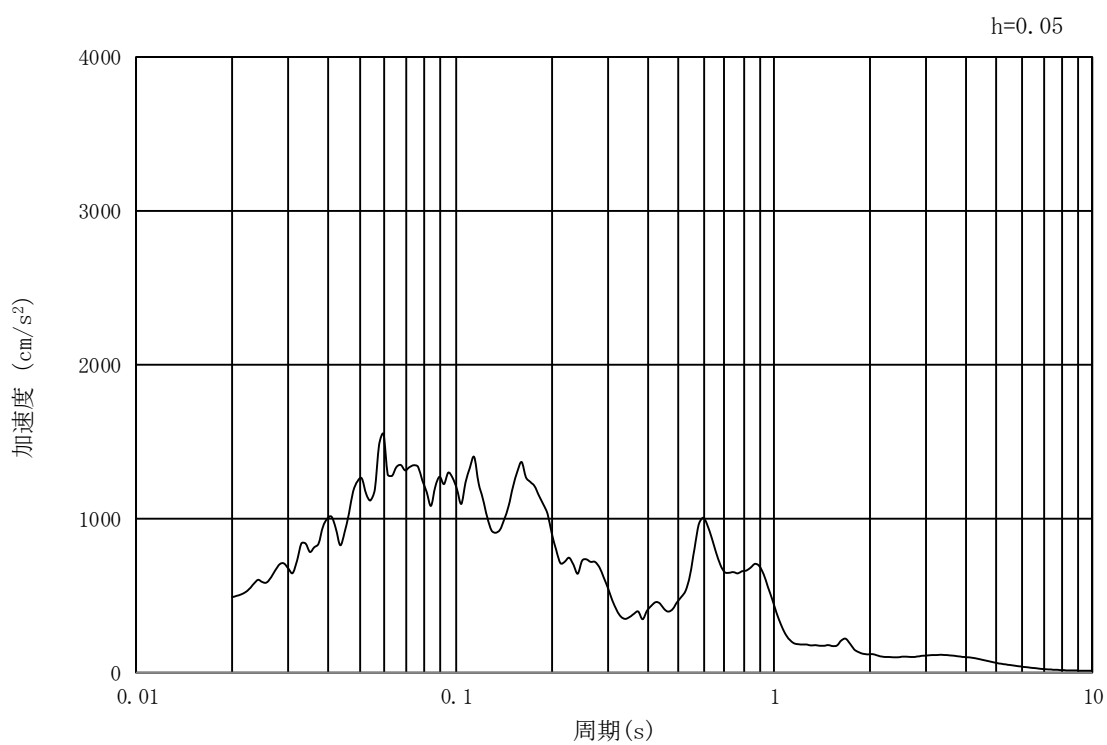


(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-10 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (②-②断面及び④-④断面, 水平成分: S_s-12)

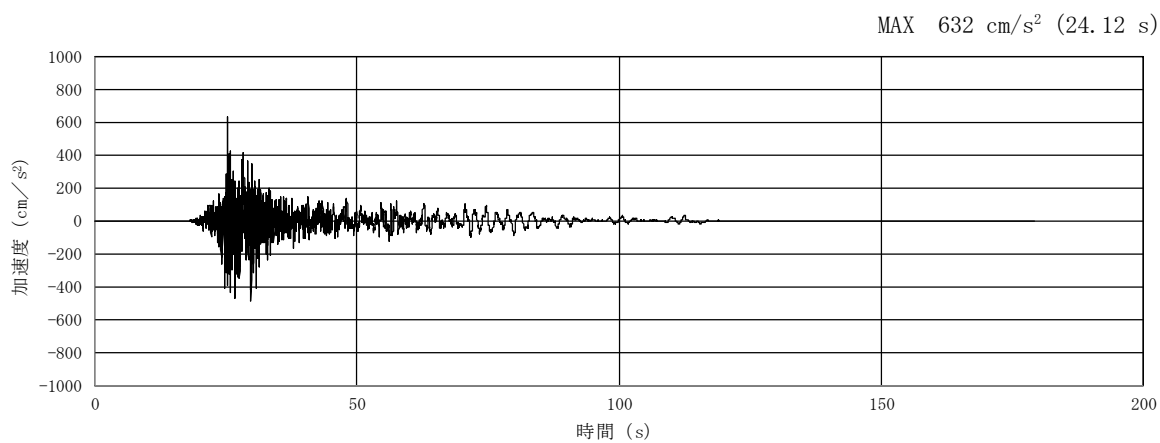


(a) 加速度時刻歴波形

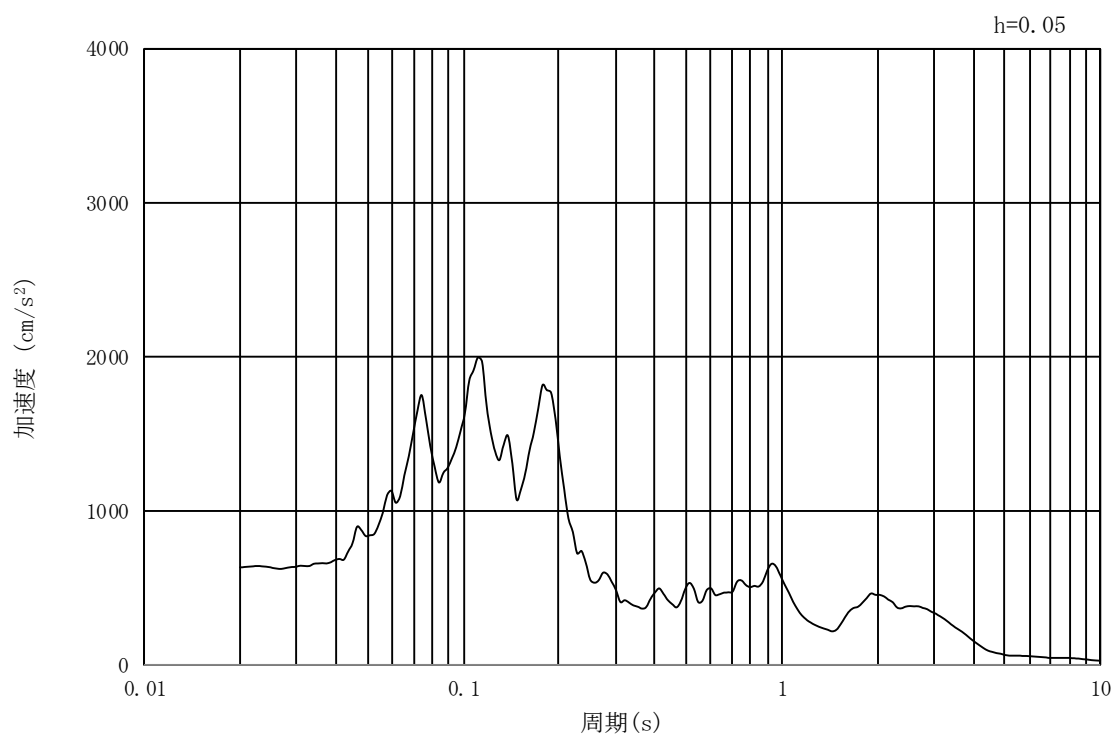


(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-11 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (②-②断面及び④-④断面, 鉛直成分: $S_s - 12$)

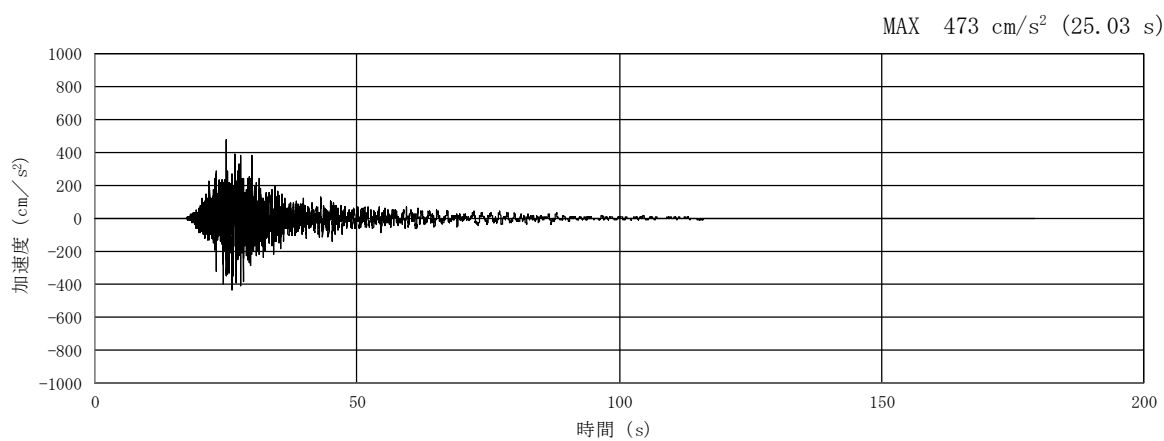


(a) 加速度時刻歴波形

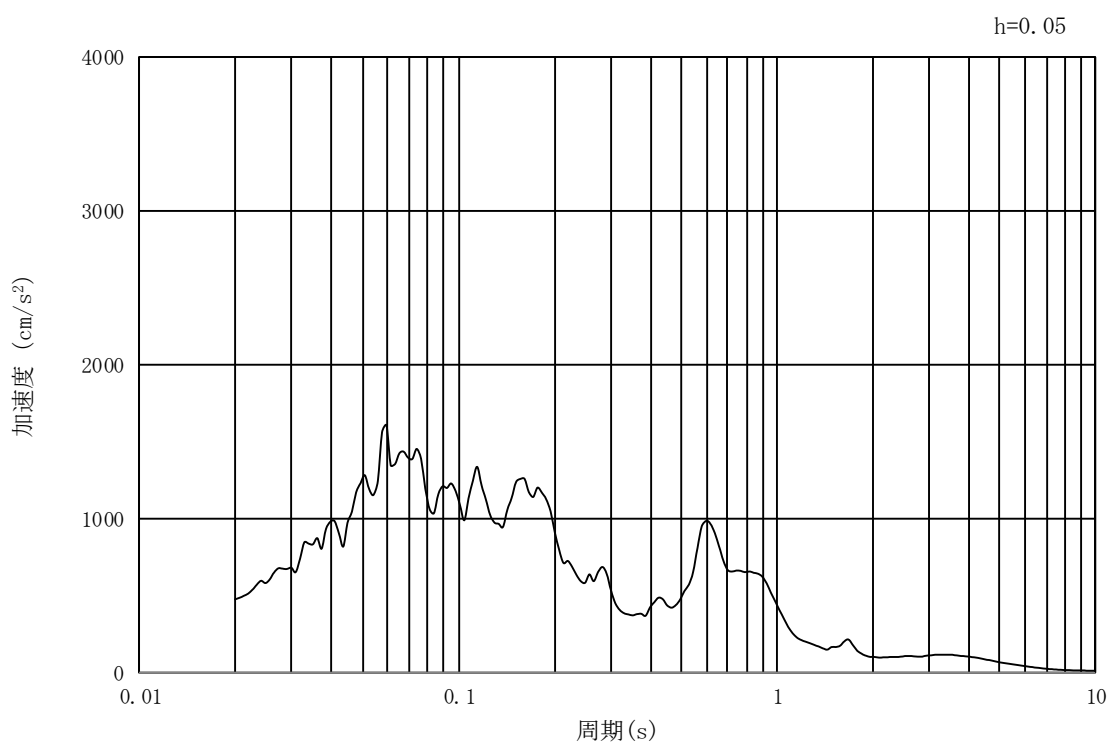


(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-12 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (①-①断面及び③-③断面, 水平成分: $S_s - 13$)

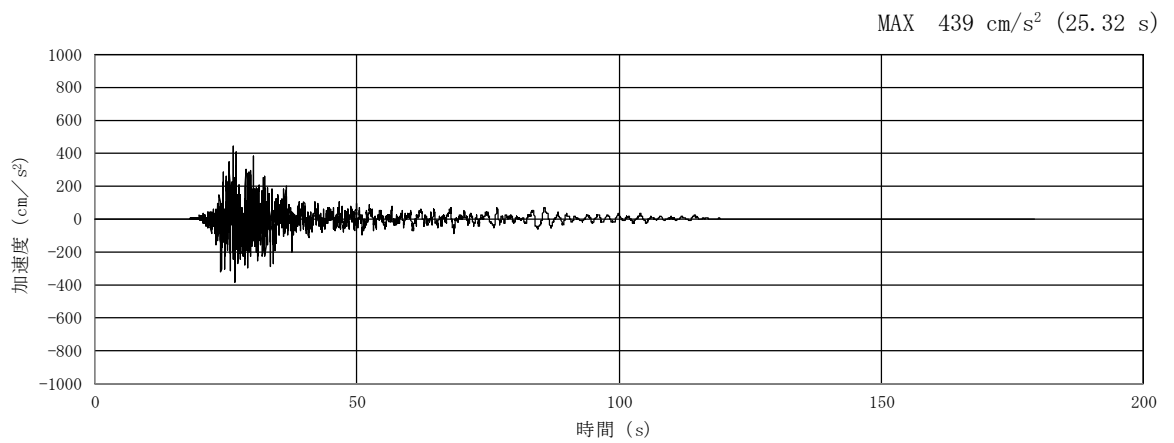


(a) 加速度時刻歴波形

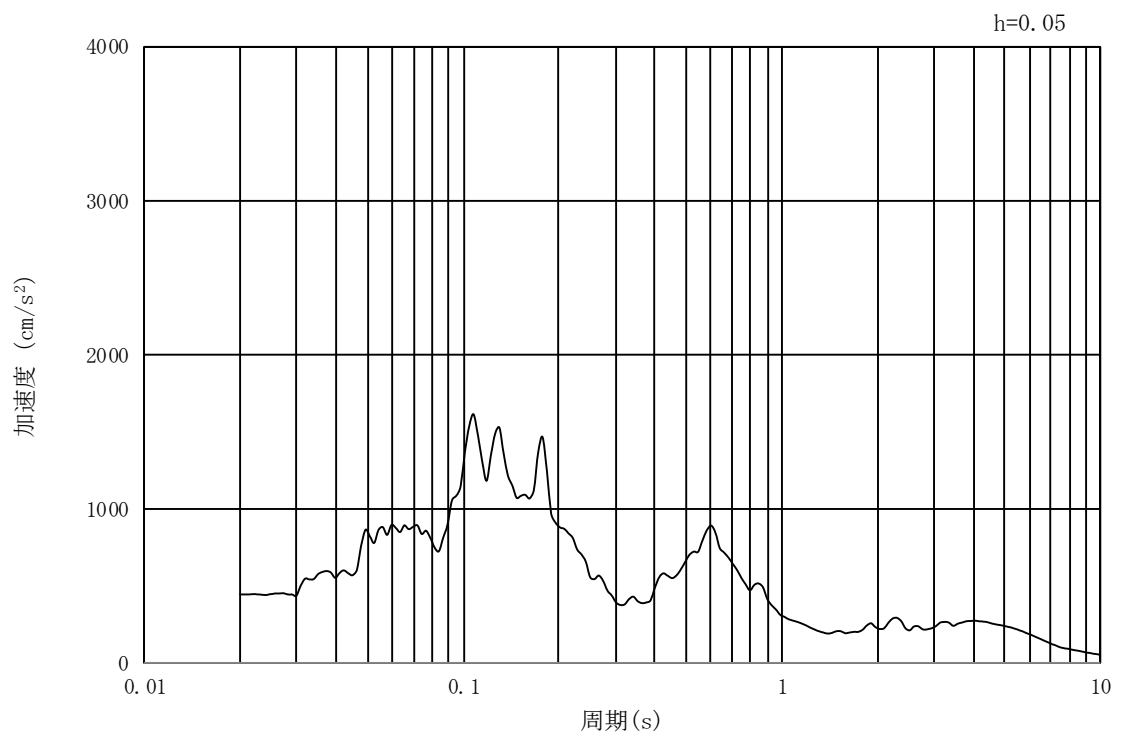


(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-13 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (①-①断面及び③-③断面, 鉛直成分: $S_s - 13$)

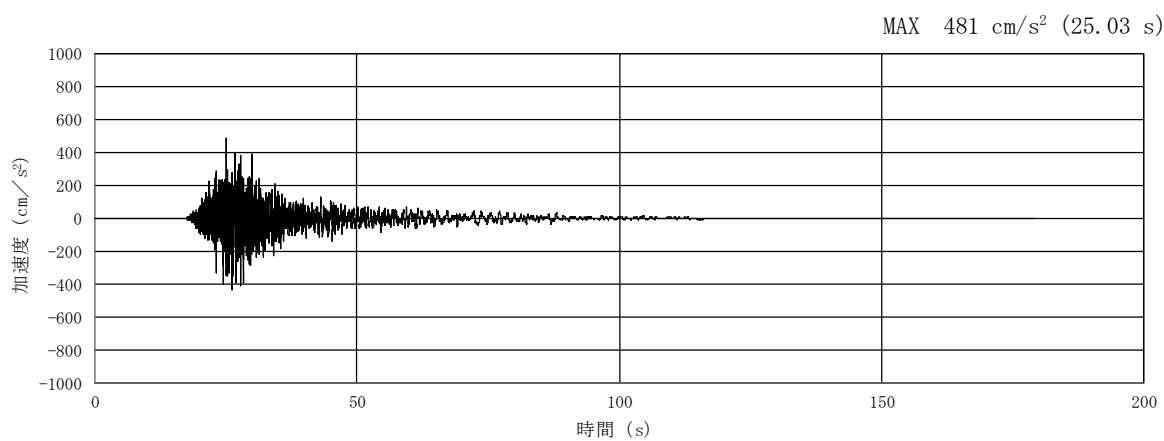


(a) 加速度時刻歴波形

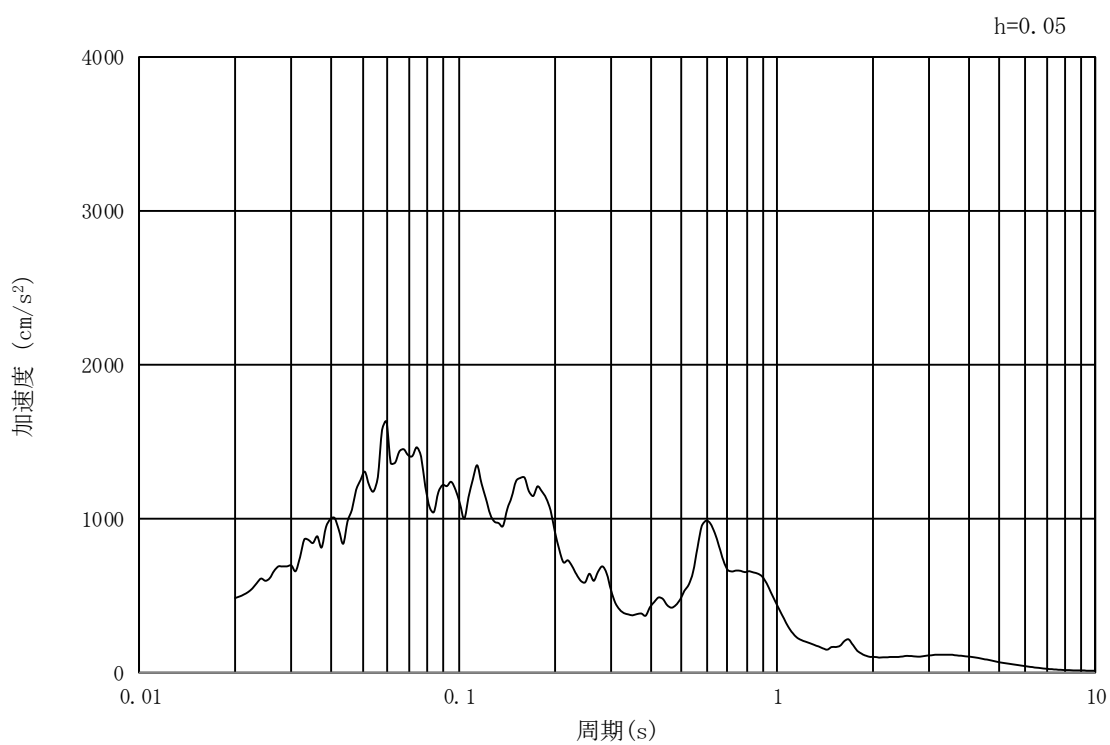


(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-14 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(②-②断面及び④-④断面, 水平成分: S_s-13)

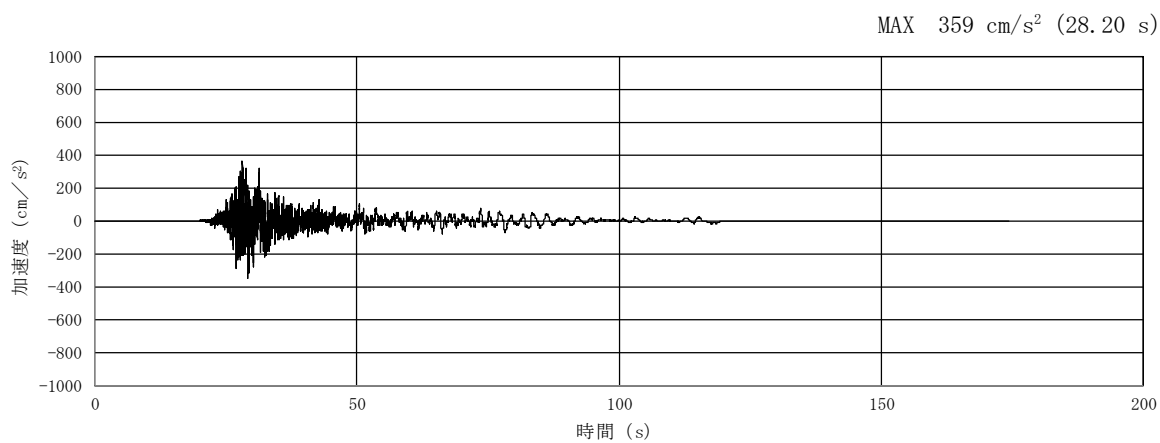


(a) 加速度時刻歴波形

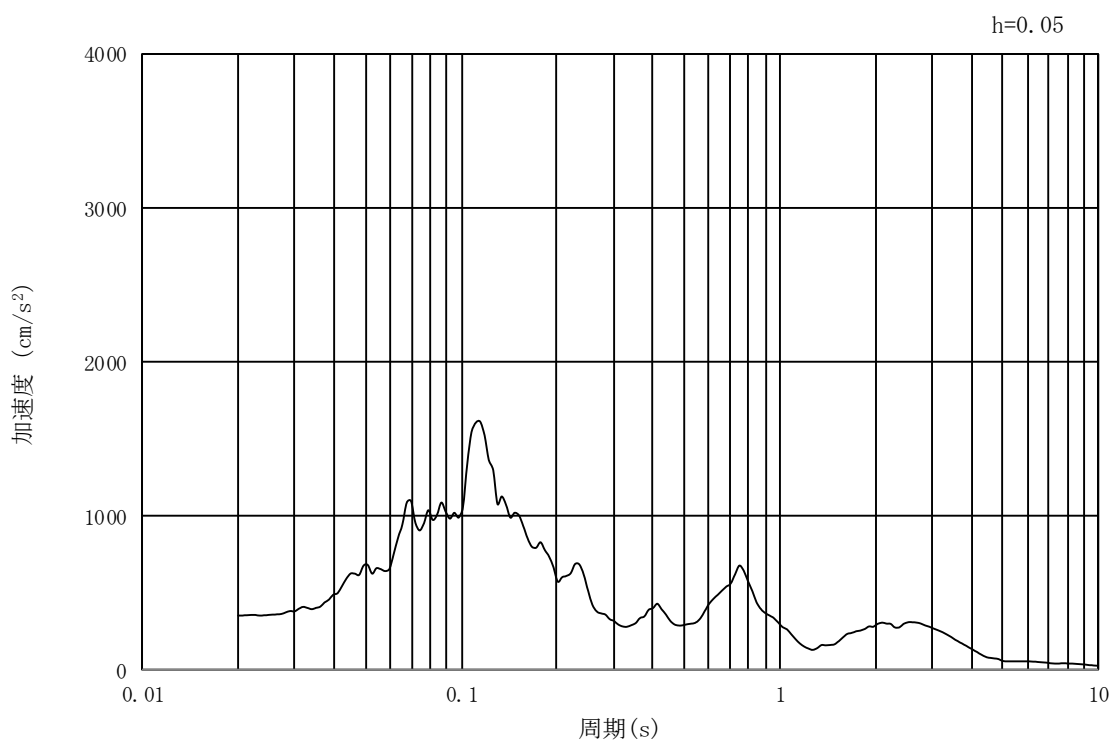


(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-15 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (②-②断面及び④-④断面, 鉛直成分: $S_s - 13$)

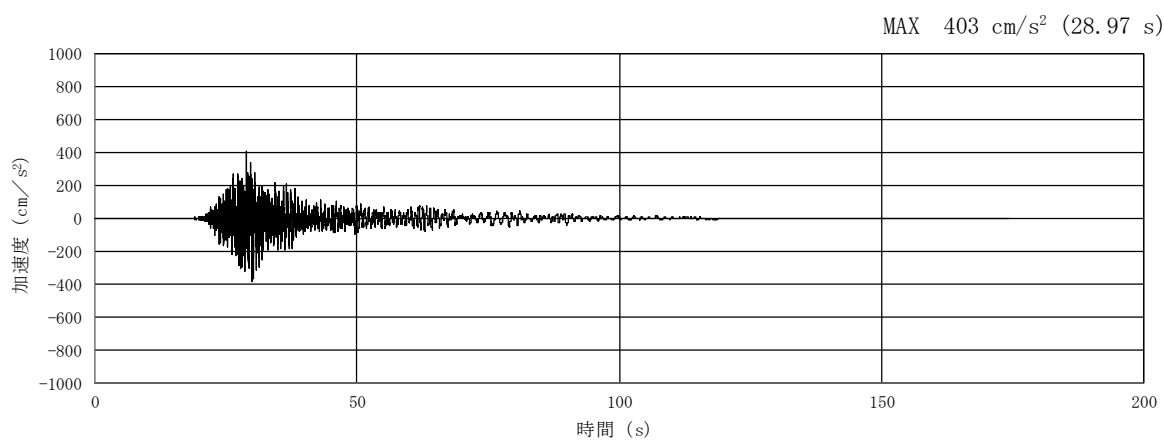


(a) 加速度時刻歴波形

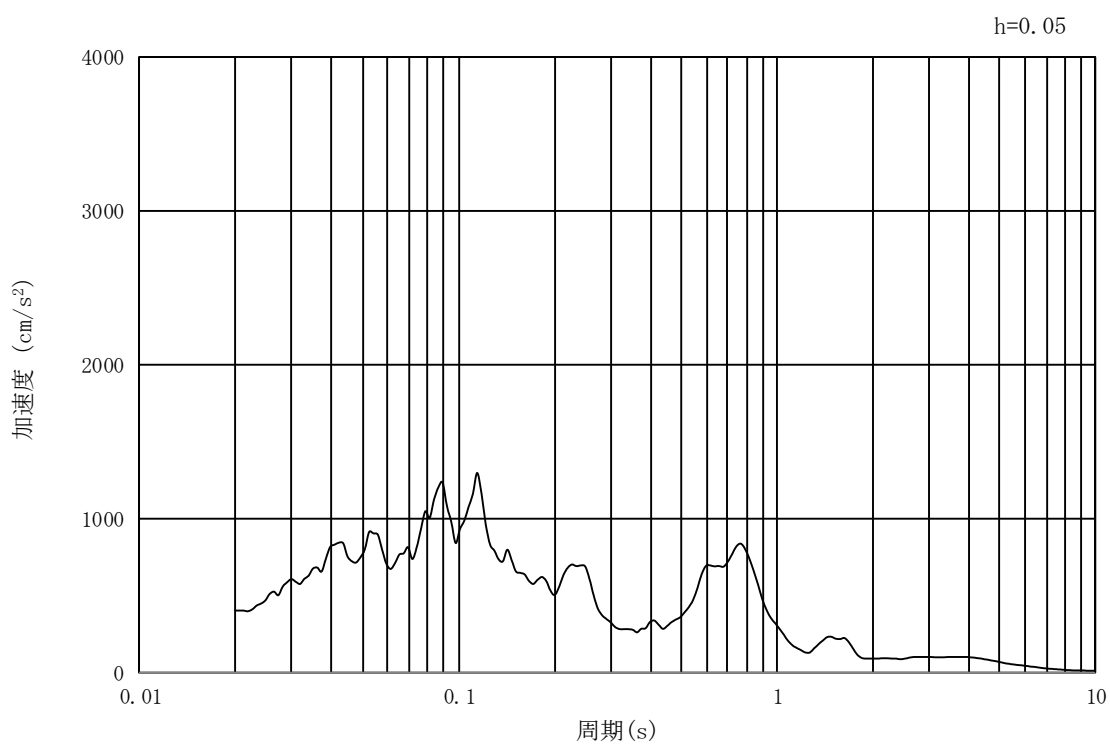


(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-16 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (①-①断面及び③-③断面, 水平成分: S_s-14)

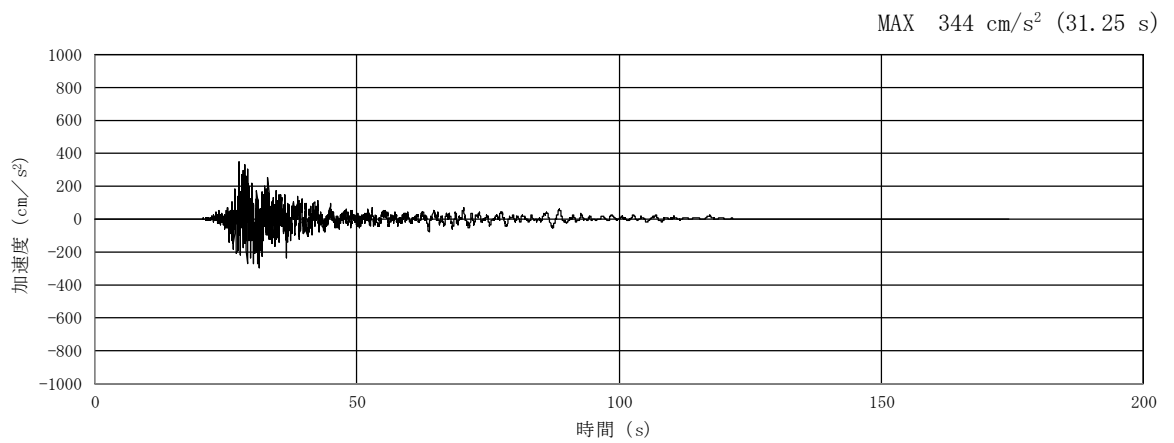


(a) 加速度時刻歴波形

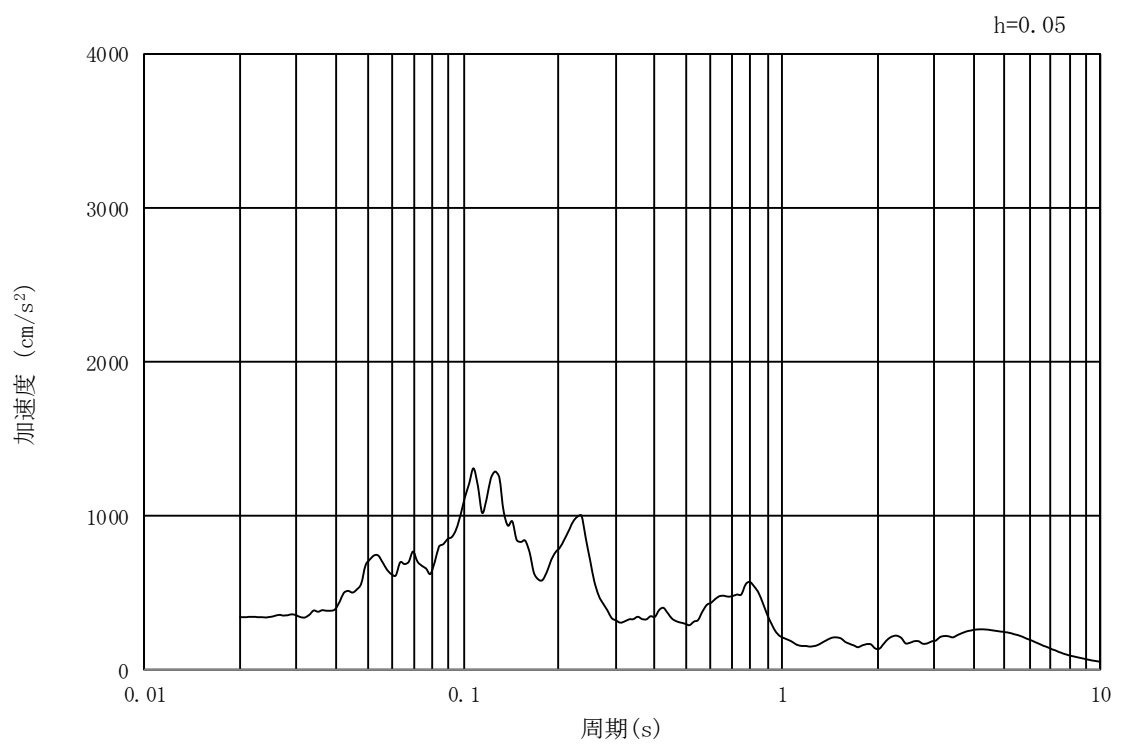


(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-17 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (①-①断面及び③-③断面, 鉛直成分: $S_s - 1.4$)

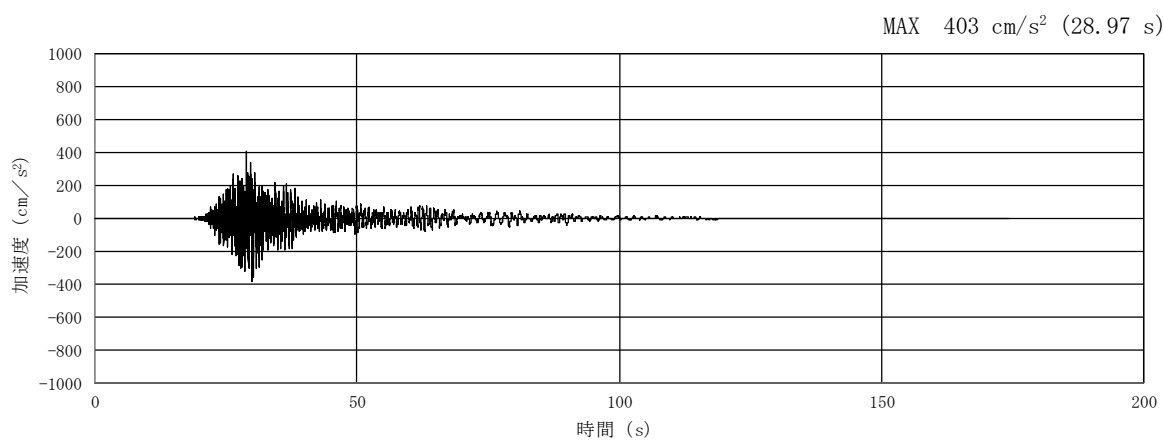


(a) 加速度時刻歴波形

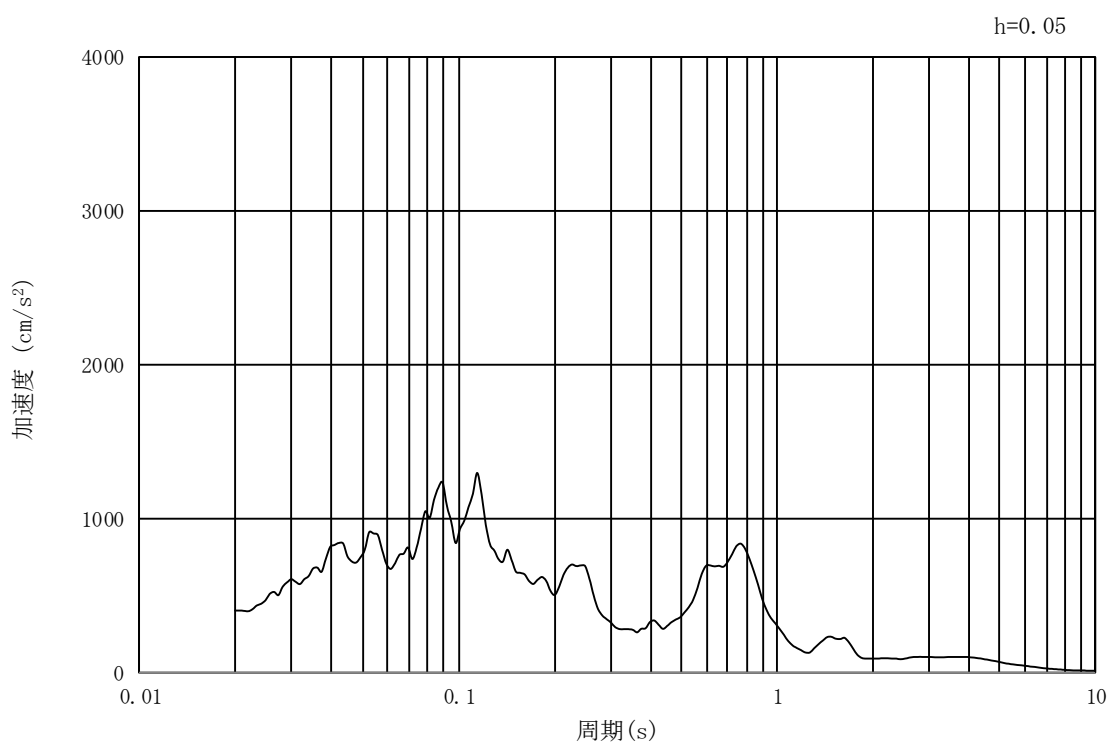


(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-18 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (②-②断面及び④-④断面, 水平成分: S_s-14)

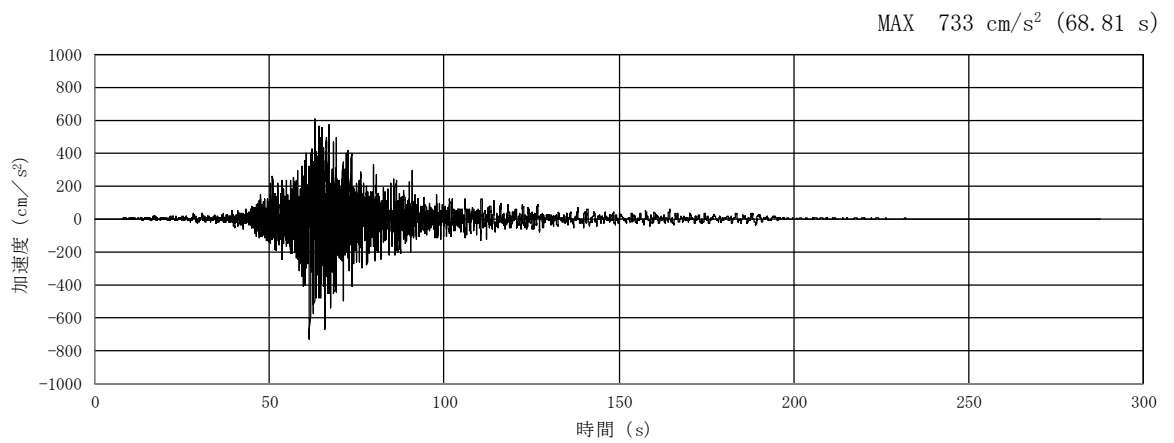


(a) 加速度時刻歴波形

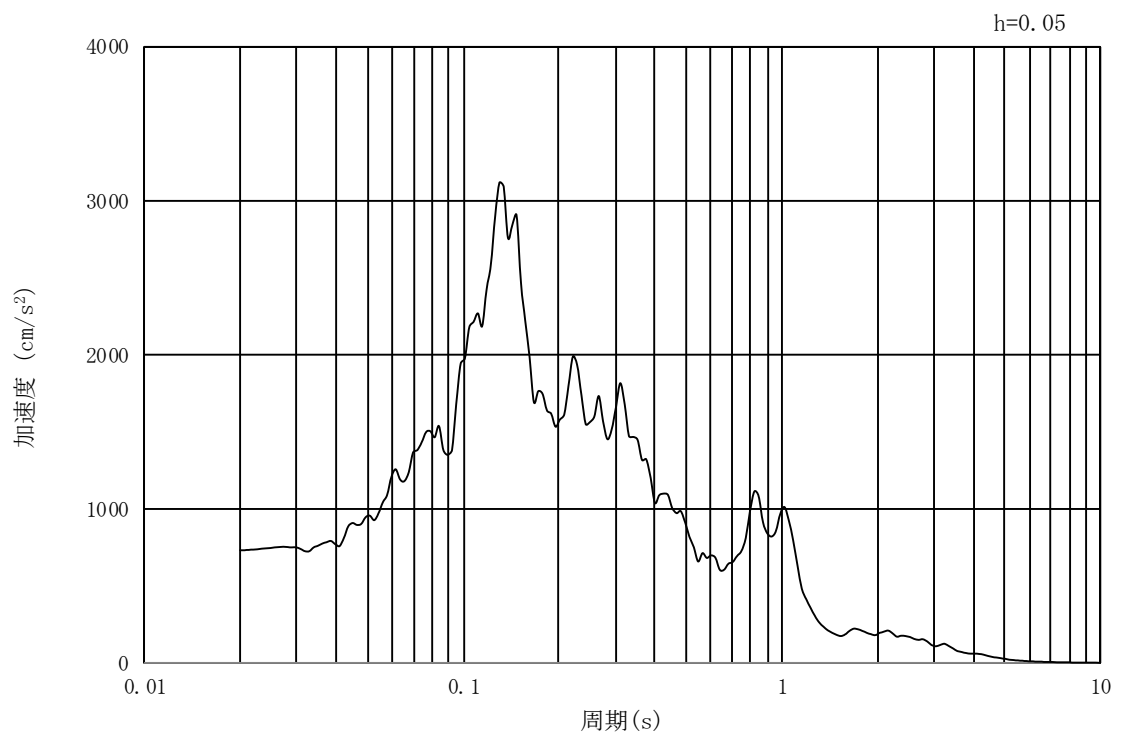


(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-19 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (②-②断面及び④-④断面, 鉛直成分: $S_s - 1.4$)

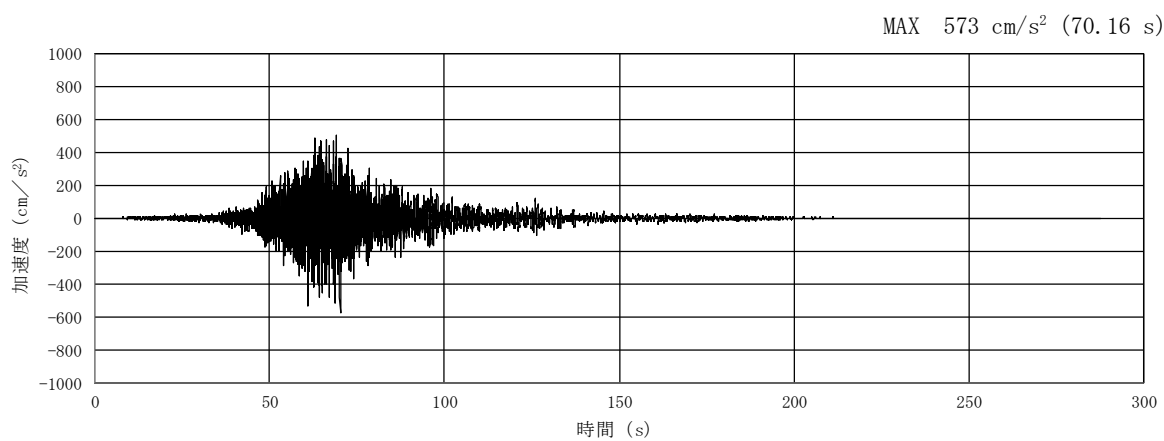


(a) 加速度時刻歴波形

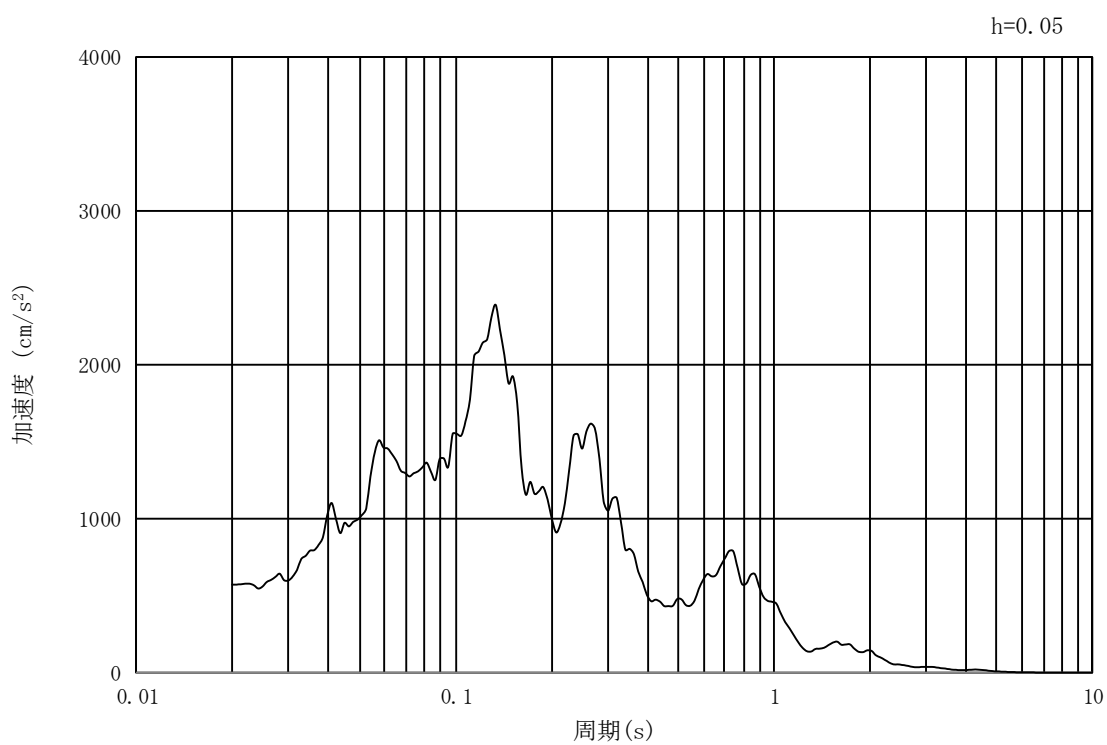


(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-20 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (①-①断面及び③-③断面, 水平成分: $S_s - 21$)

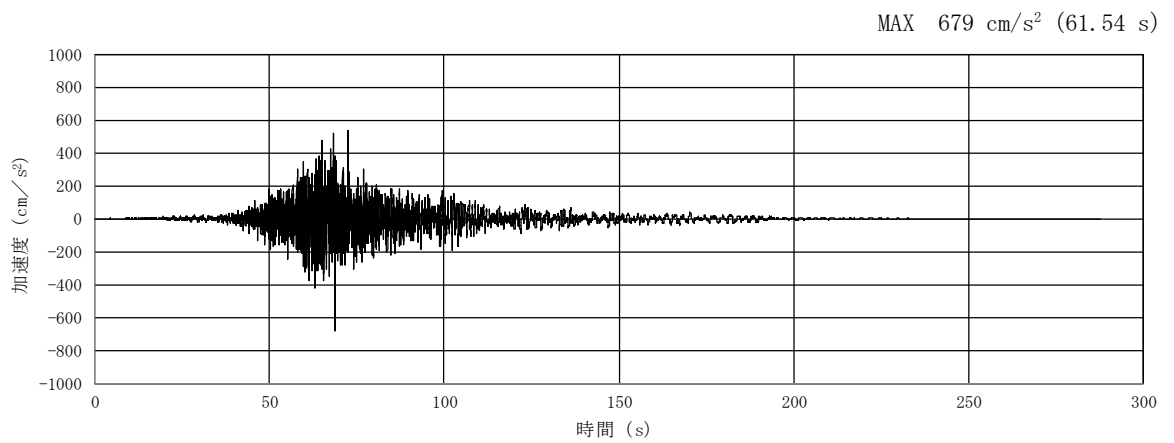


(a) 加速度時刻歴波形

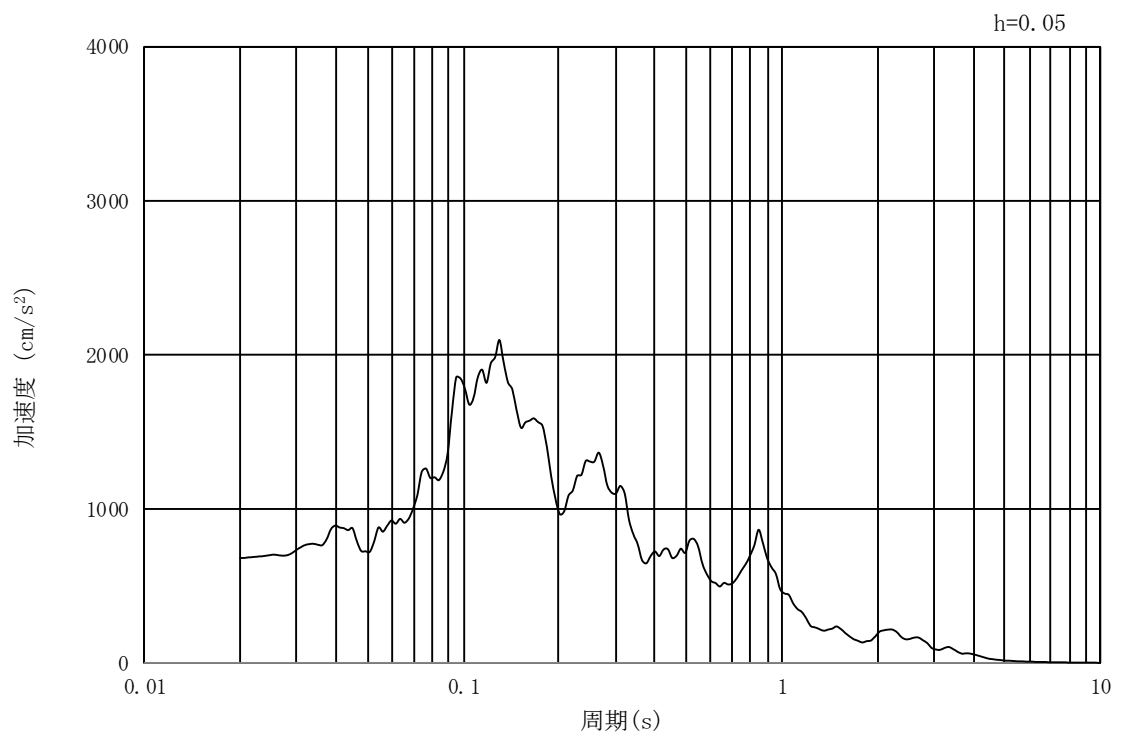


(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-21 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (①-①断面及び③-③断面, 鉛直成分: $S_s - 21$)

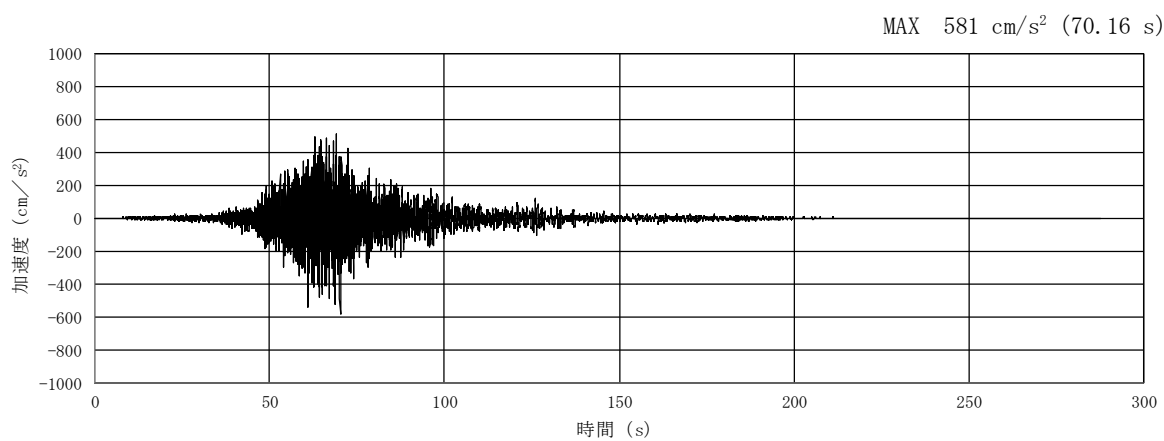


(a) 加速度時刻歴波形

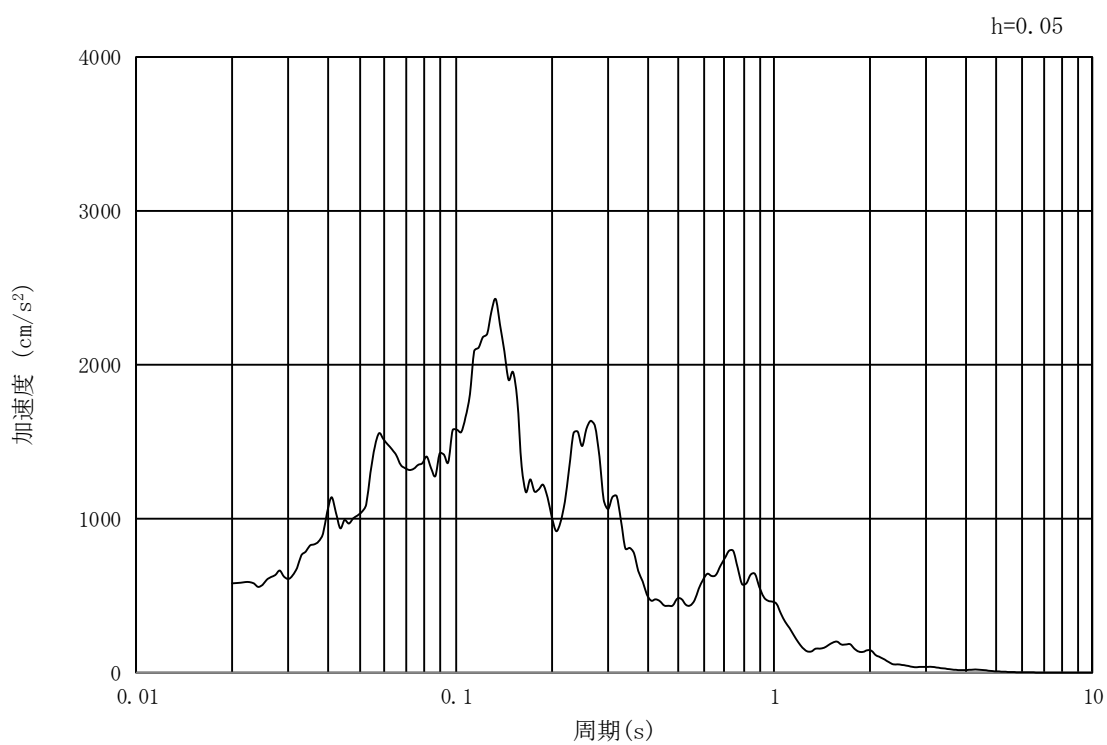


(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-22 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(②-②断面及び④-④断面, 水平成分: S_s-21)

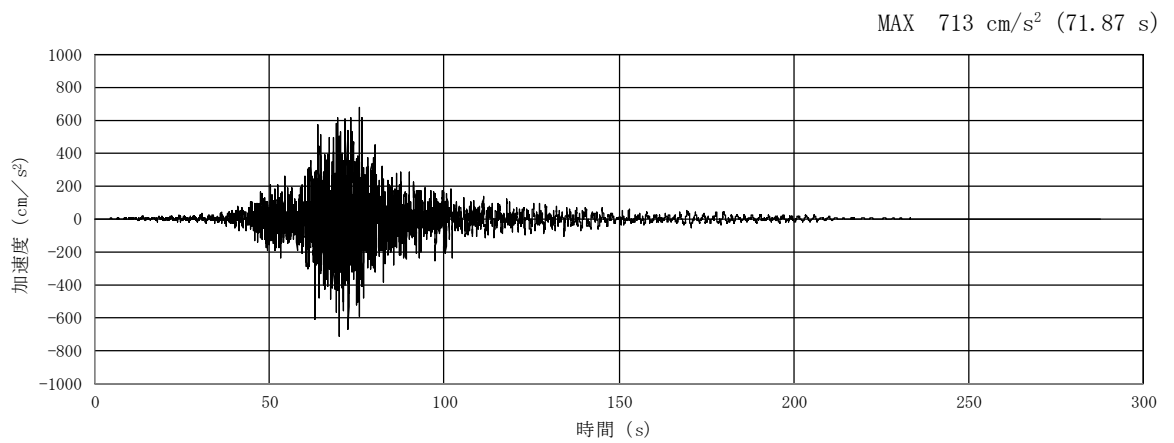


(a) 加速度時刻歴波形

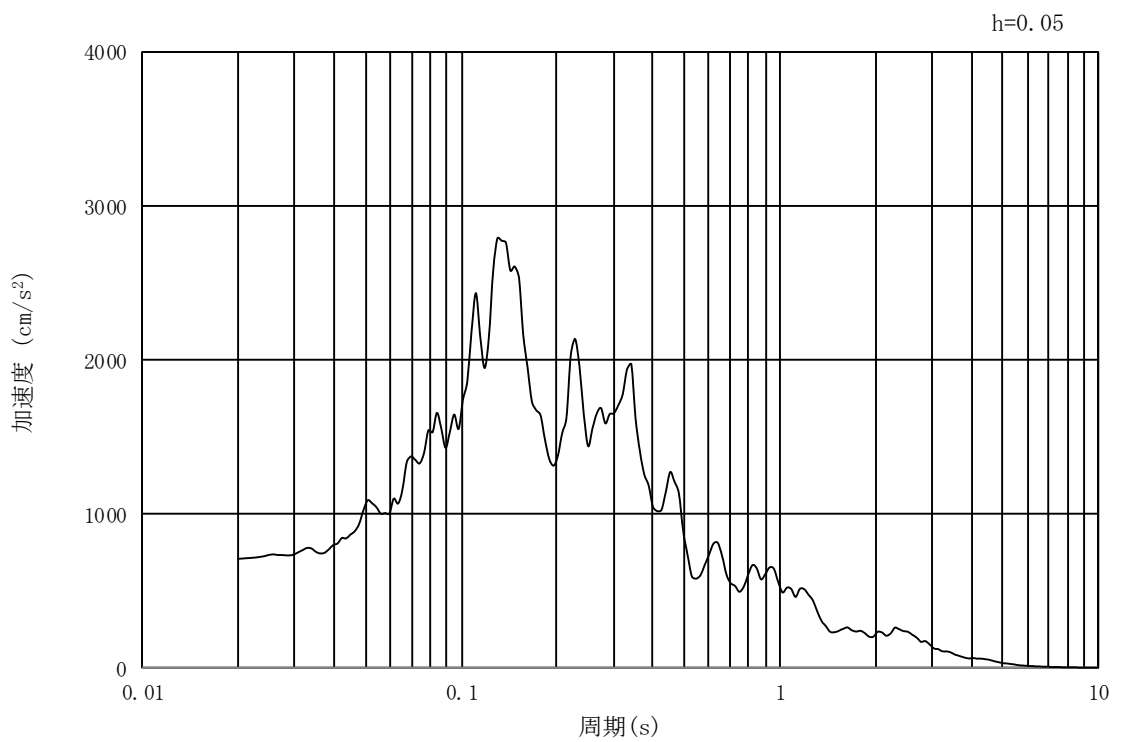


(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-23 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (②-②断面及び④-④断面, 鉛直成分: $S_s - 21$)

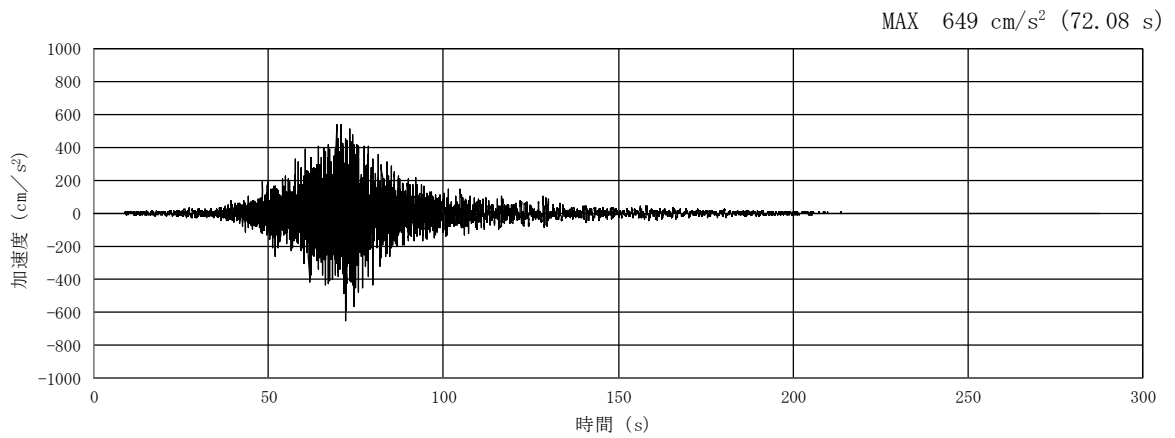


(a) 加速度時刻歴波形

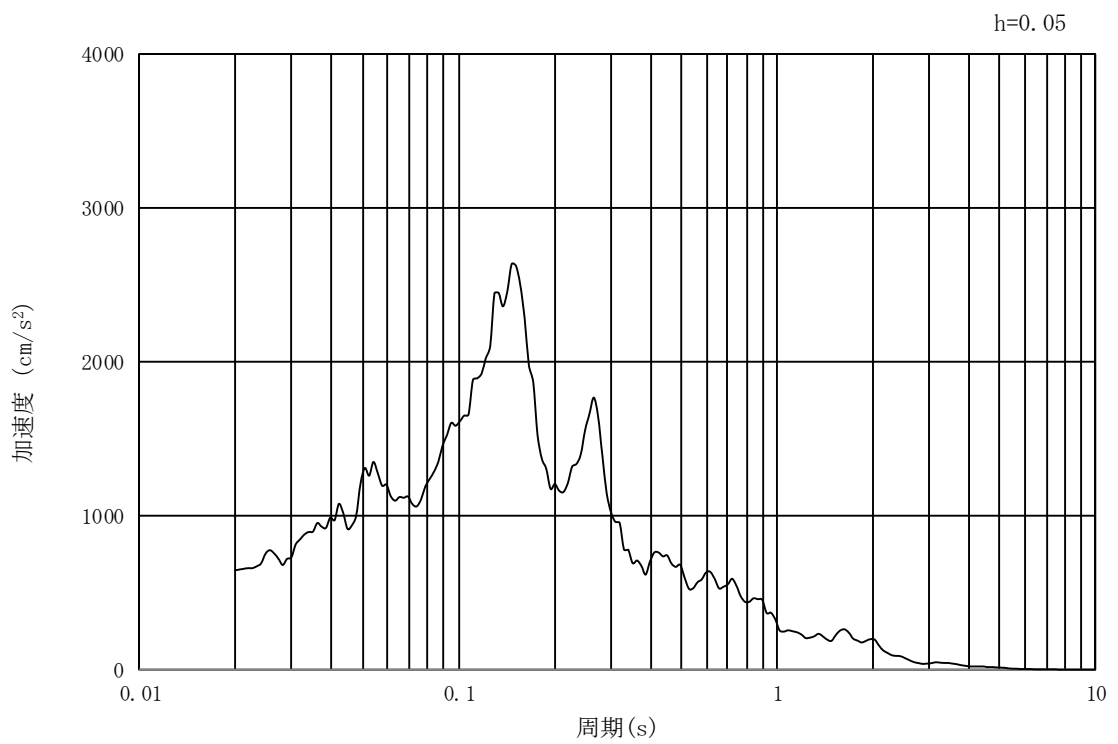


(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-24 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (①-①断面及び③-③断面, 水平成分: S_s-22)

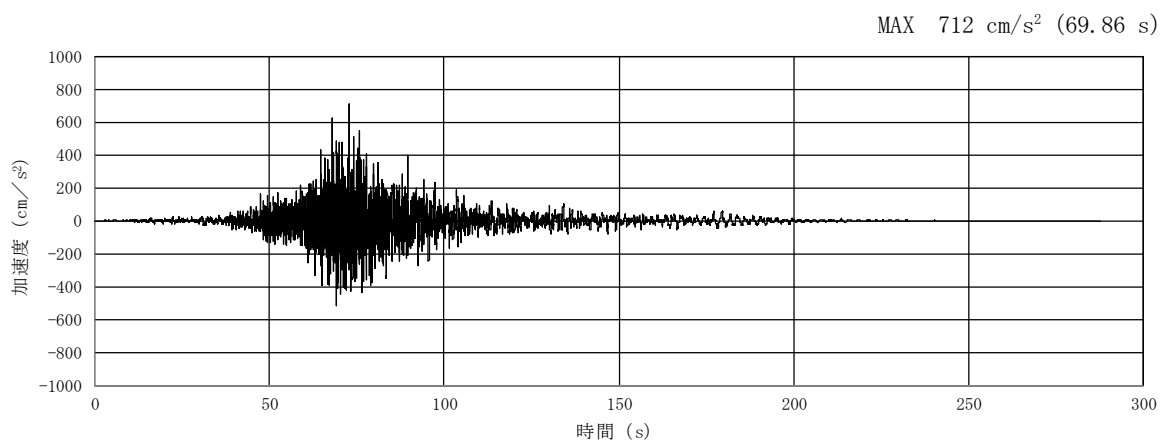


(a) 加速度時刻歴波形

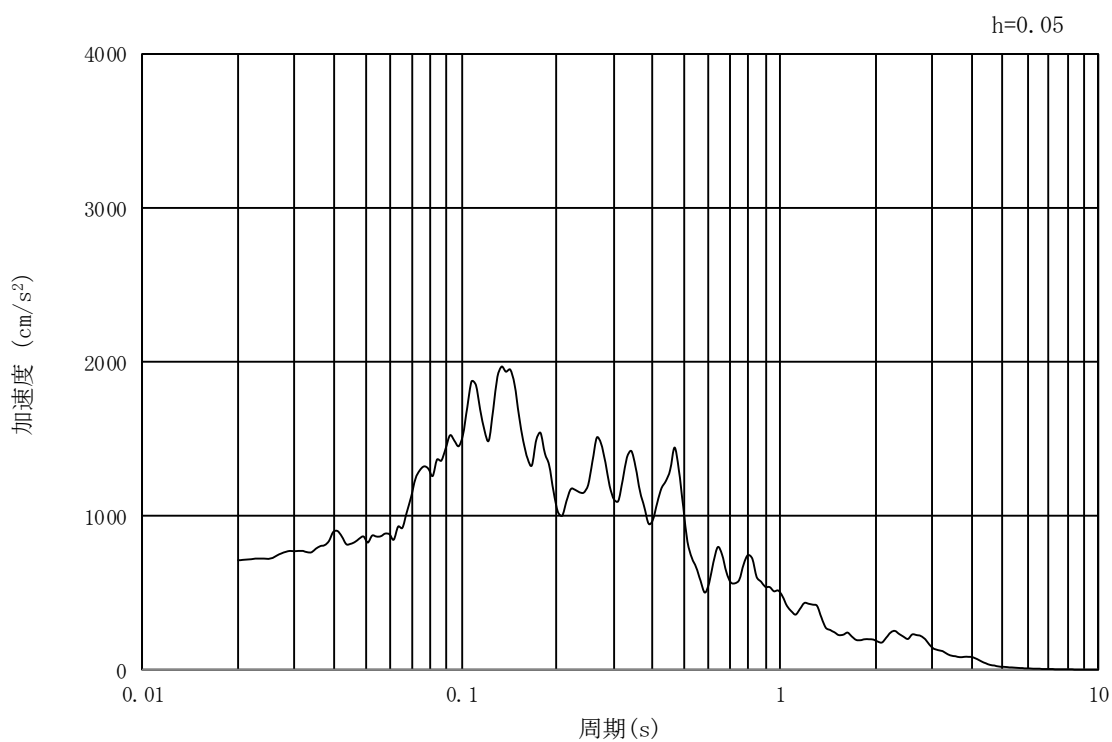


(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-25 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (①-①断面及び③-③断面, 鉛直成分: S_s-22)

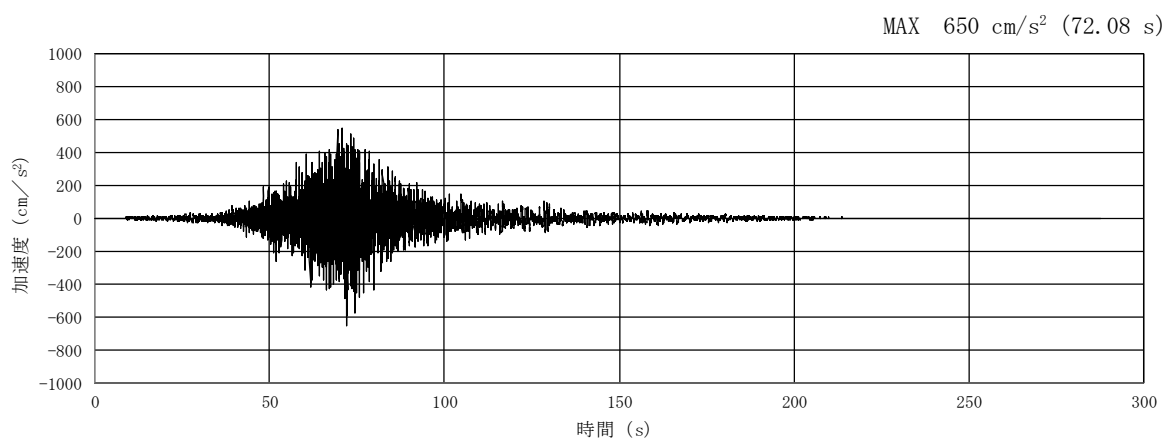


(a) 加速度時刻歴波形

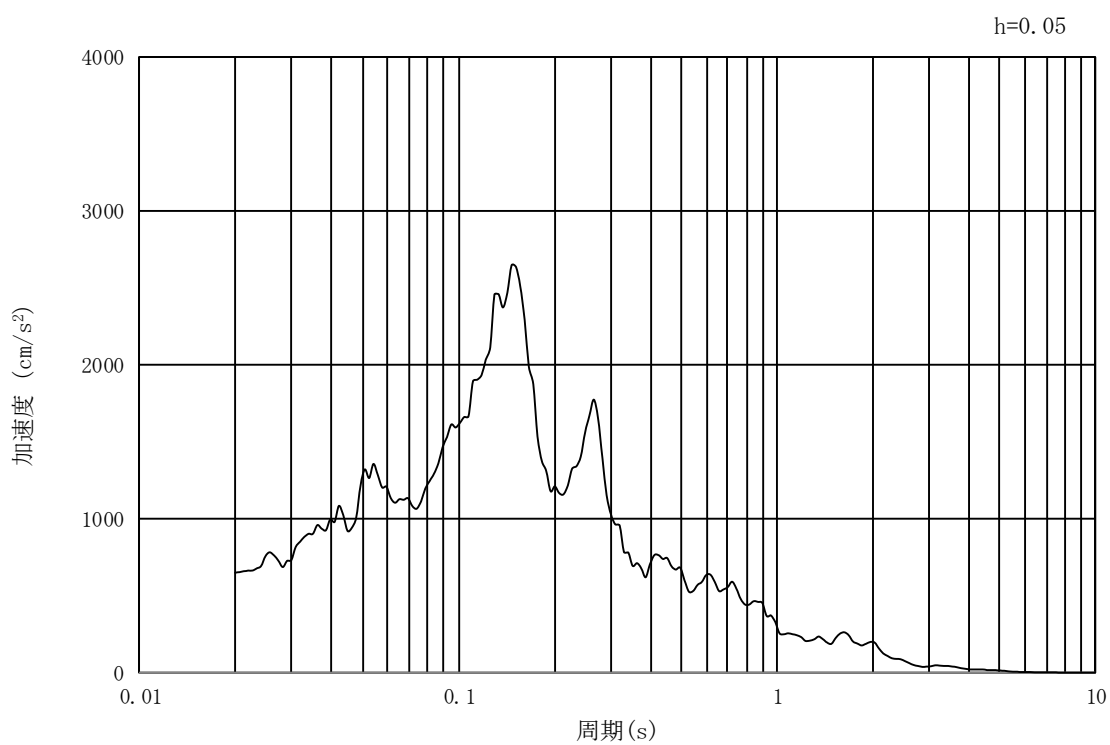


(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-26 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (②-②断面及び④-④断面, 水平成分: S_s-22)

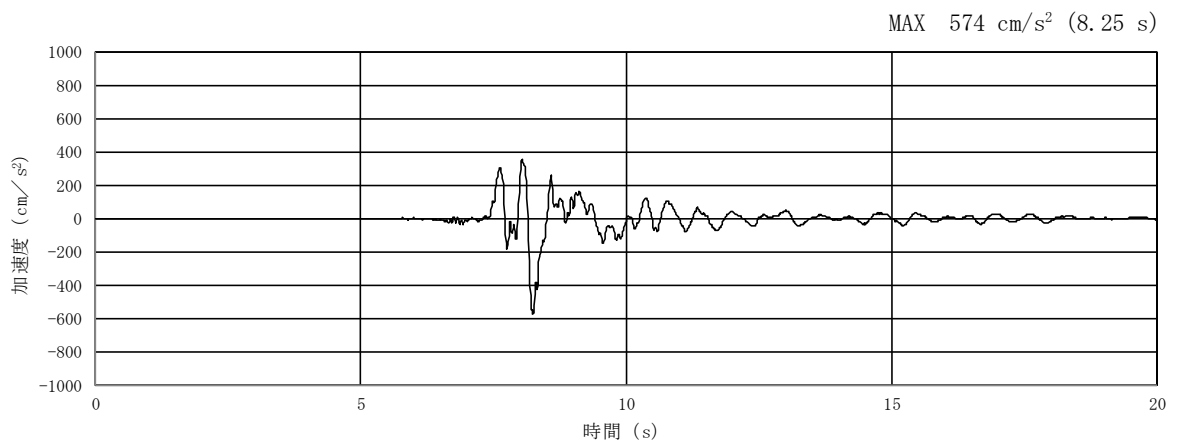


(a) 加速度時刻歴波形

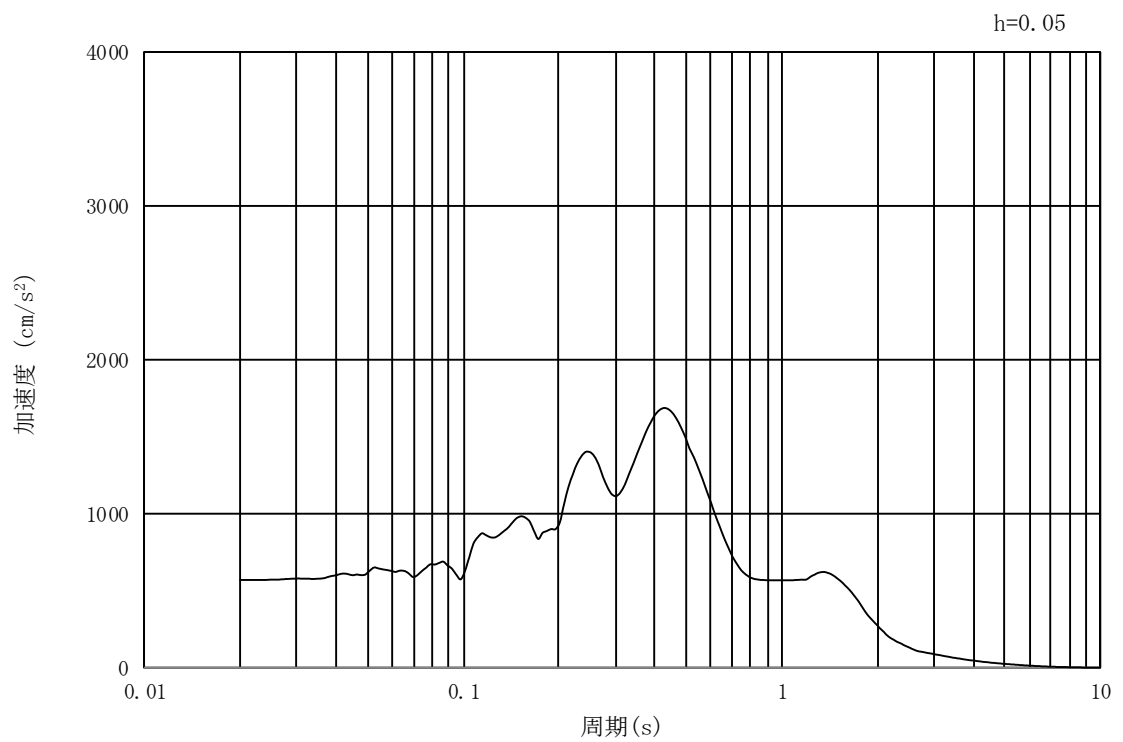


(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-27 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (②-②断面及び④-④断面, 鉛直成分: $S_s - 22$)

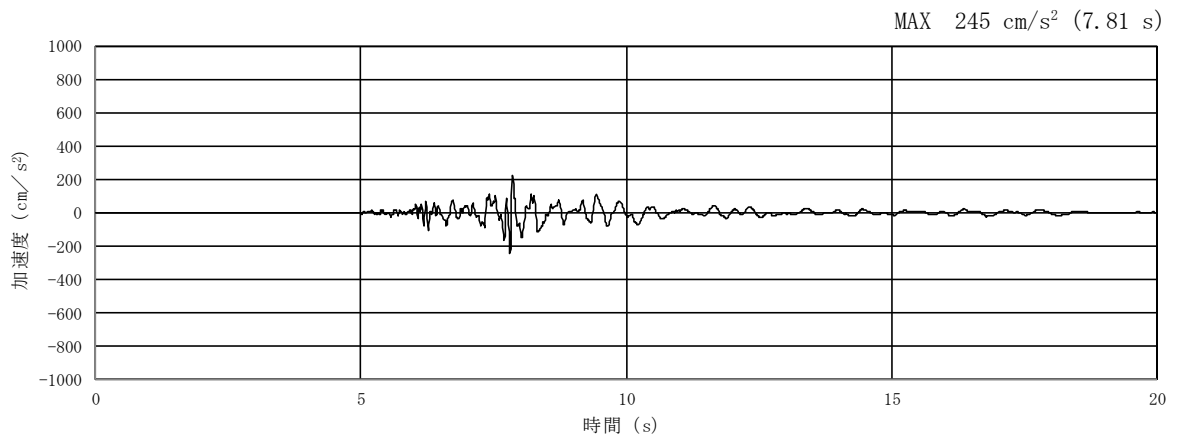


(a) 加速度時刻歴波形

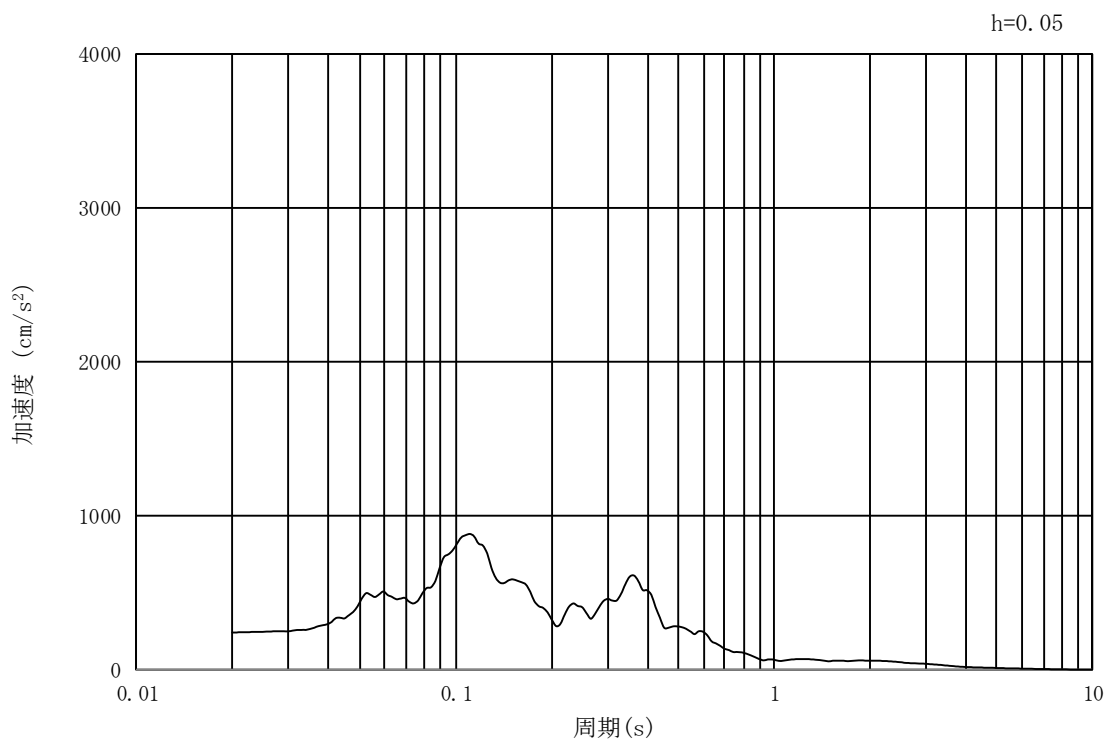


(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-28 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (①-①断面及び②-②断面, 水平成分: $S_s - 31$)



(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-29 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (①-①断面及び②-②断面, 鉛直成分: $S_s - 31$)

3.5 解析モデル及び諸元

3.5.1 解析モデルの設定

(1) 解析モデル領域

地震応答解析モデル領域は、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 を参考に、図 3.5-1 に示すとおりモデル幅を構造物基礎幅の 5 倍以上、構造物下端からモデル下端までの高さを構造物幅の 2 倍以上確保する。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。

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

構造物の要素分割については、「原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・同マニュアル」（土木学会原子力土木委員会，2002 年 5 月）に、線材モデルの要素分割については、要素長さを部材の断面厚さ、または有効高さの 2.0 倍以下とし、1.0 倍程度とするのが良い旨が示されていることを考慮し、部材の断面厚さ、または有効高さの 1.0 倍程度まで細分割して設定する。なお、地中連続壁基礎の要素分割は、地中連続壁基礎が地盤と接する位置について、地盤の要素分割に合わせて設定する。

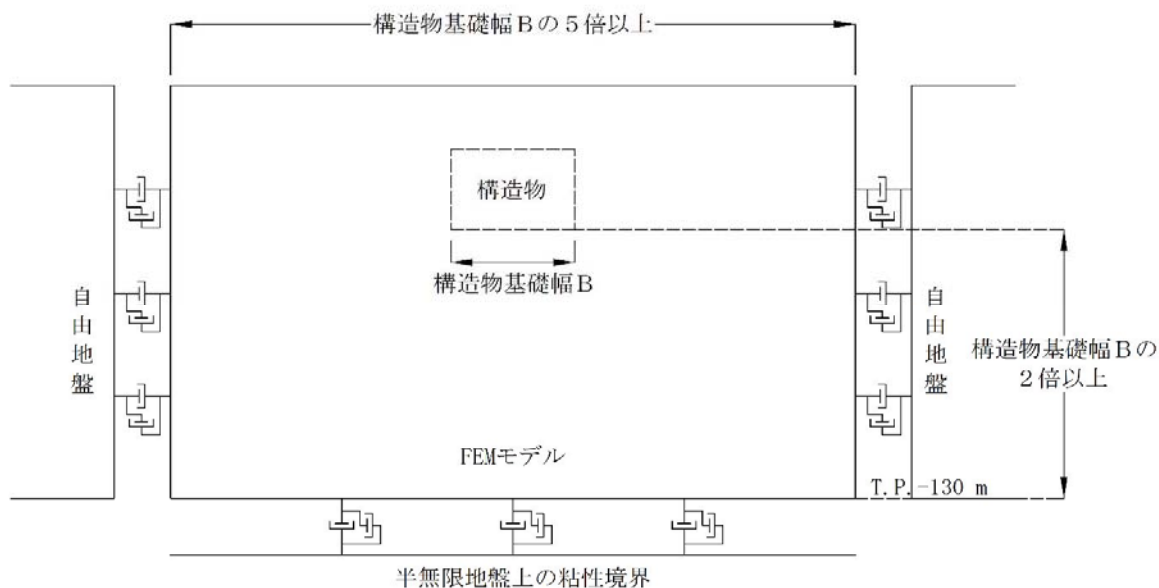


図 3.5-1 解析領域の考え方

(2) 解析モデル

2次元有効応力解析モデルは、検討対象構造物とその周辺地盤をモデル化した不整形地盤に加え、この不整形地盤の左右に広がる地盤をモデル化した自由地盤で構成される。この自由地盤は、不整形地盤の左右端と同じ地層構成を有する 1次元地盤モデル（不整形地盤左右端のそれぞれ縦 1列の要素列と同じ地層構成で、水平方向に連続することを表現す

るために循環境界条件を設定したモデル) である。2次元有効応力解析における自由地盤の初期応力解析から不整形地盤の地震応答解析までのフローを図3.5-2に示す。

鉄筋コンクリート防潮壁の2次元有効応力解析モデルを図3.5-5に示す。

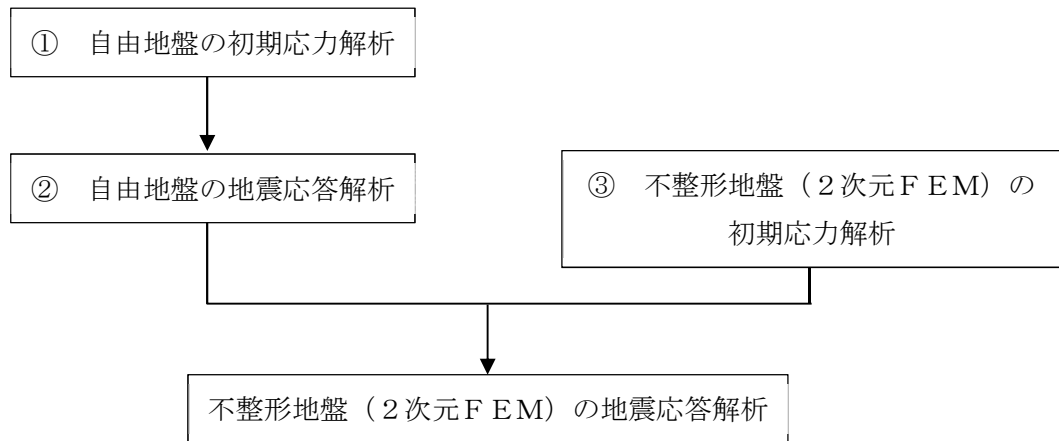


図3.5-2 自由地盤の初期応力解析から不整形地盤(2次元FEM)の地震応答解析までのフロー

(3) 境界条件

a. 固有値解析時

固有値解析を実施する際の境界条件は、境界が構造物を含めた周辺地盤の振動特性に影響を与えないよう設定する。ここで、底面境界は地盤のせん断方向の卓越変形モードを把握するために固定とし、側面は実地盤が側方に連続していることを模擬するため水平ローラとする。境界条件の概念図を図3.5-3に示す。



図3.5-3 固有値解析における境界条件の概念図

b. 初期応力解析時

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

境界条件の概念図を図 3.5-4 に示す。

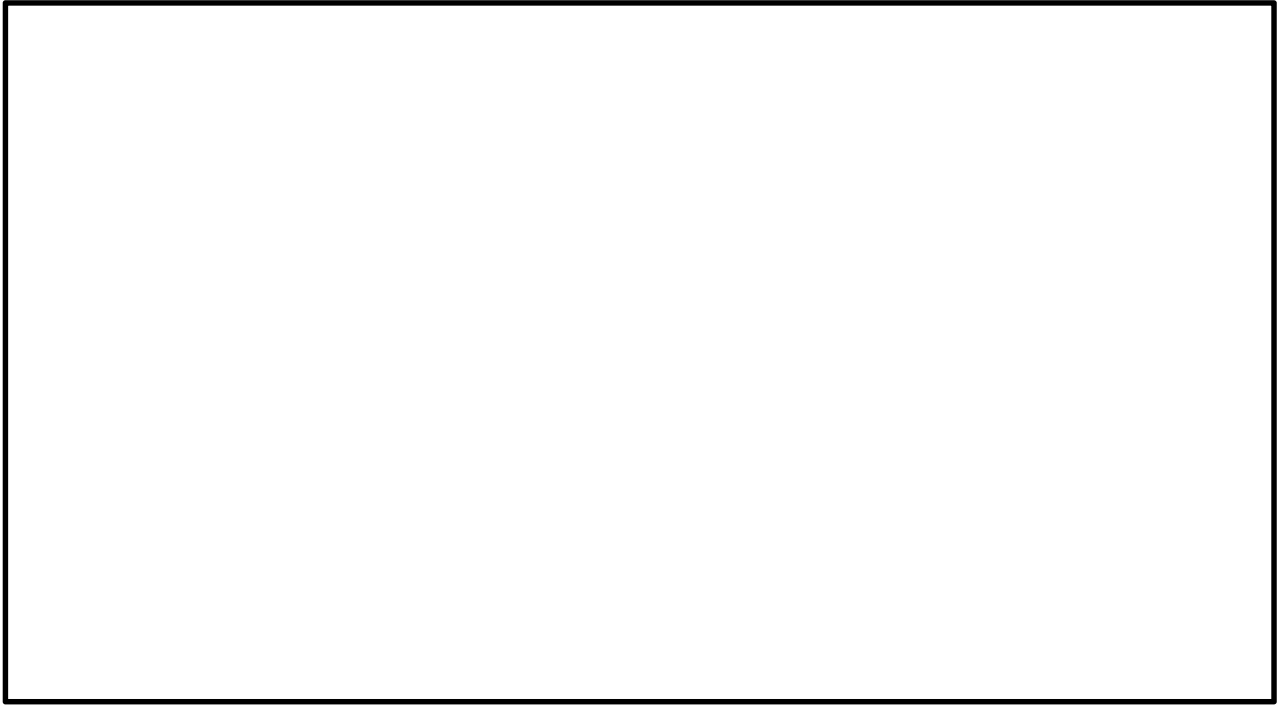


図 3.5-4 初期応力解析における境界条件の概念図

c. 地震応答解析時

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

地震応答解析モデルを図 3.5-5 に示す。



図 3.5-5 (1) 鉄筋コンクリート防潮壁の 2次元有効応力解析モデル全体図 (①-①断面)

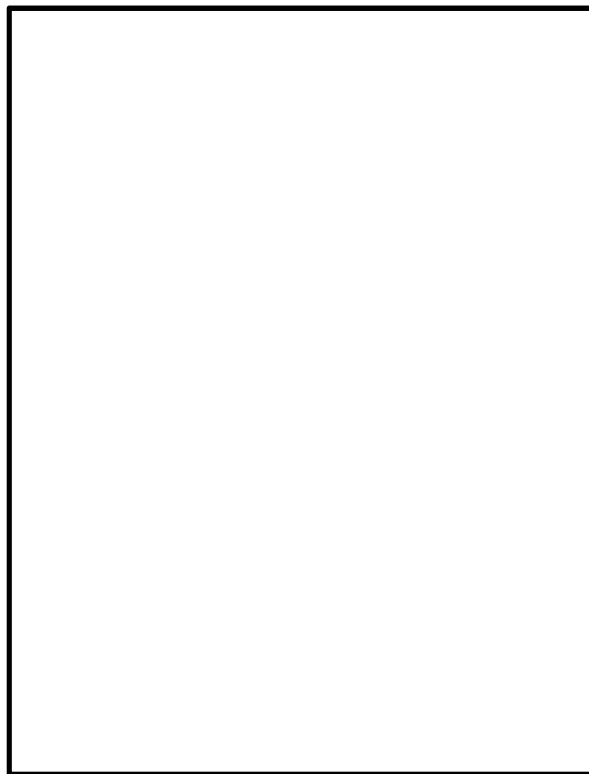


図 3.5-5 (2) 鉄筋コンクリート防潮壁の 2次元有効応力解析モデル拡大図 (①-①断面)

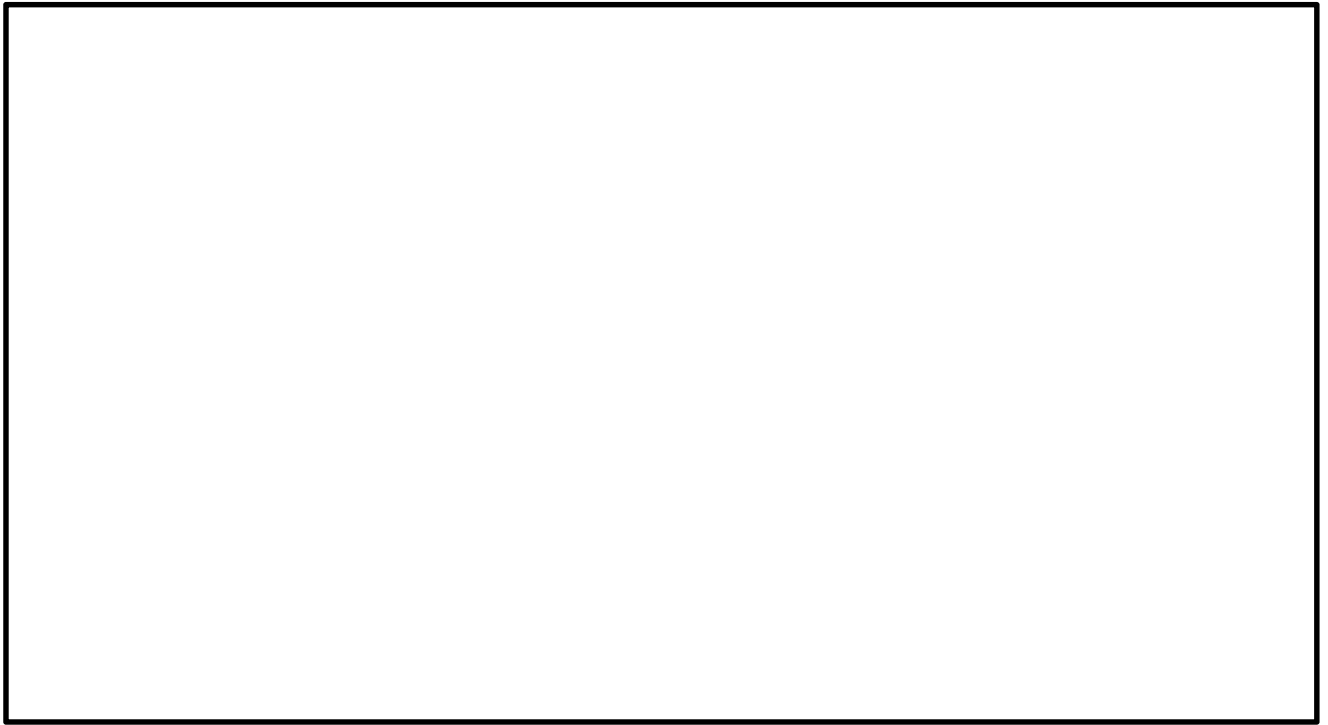


図 3.5-5 (3) 鉄筋コンクリート防潮壁の 2次元有効応力解析モデル全体図 (②-②断面)

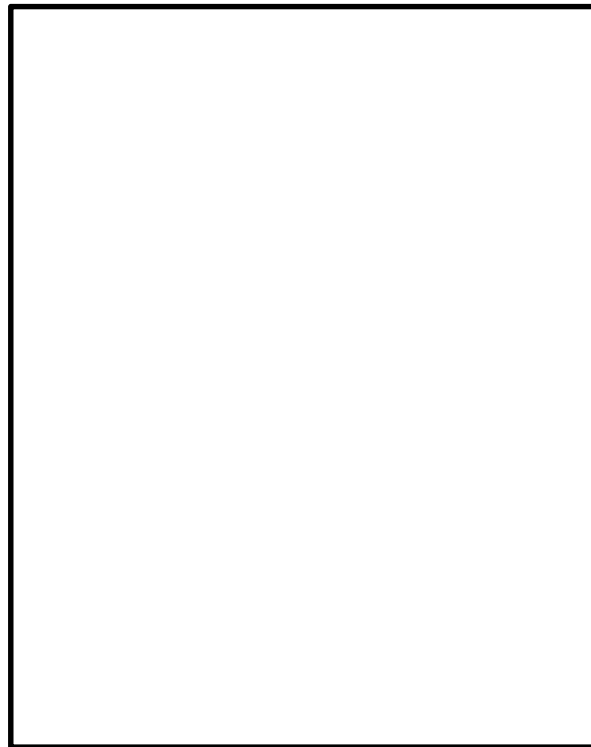


図 3.5-5 (4) 鉄筋コンクリート防潮壁の 2次元有効応力解析モデル拡大図 (②-②断面)

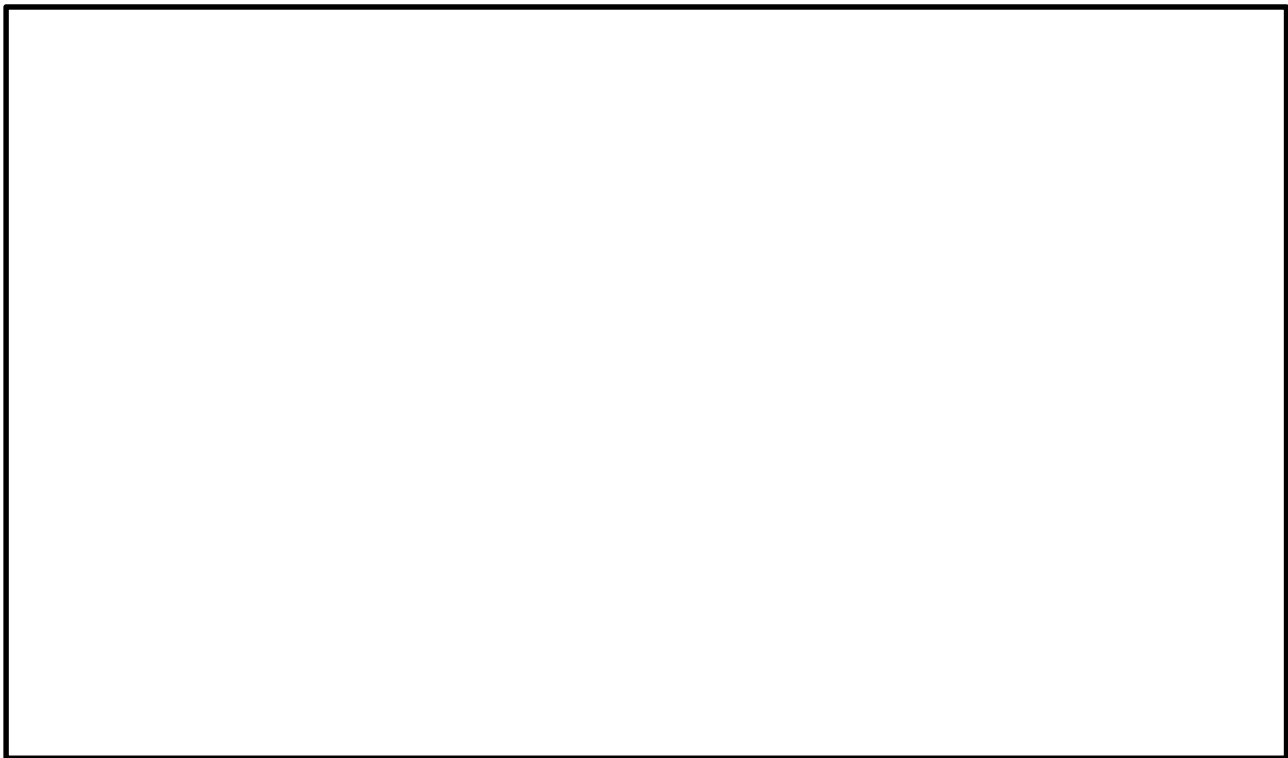


図 3.5-5 (5) 鉄筋コンクリート防潮壁の2次元有効応力解析モデル全体図 (③-③断面)

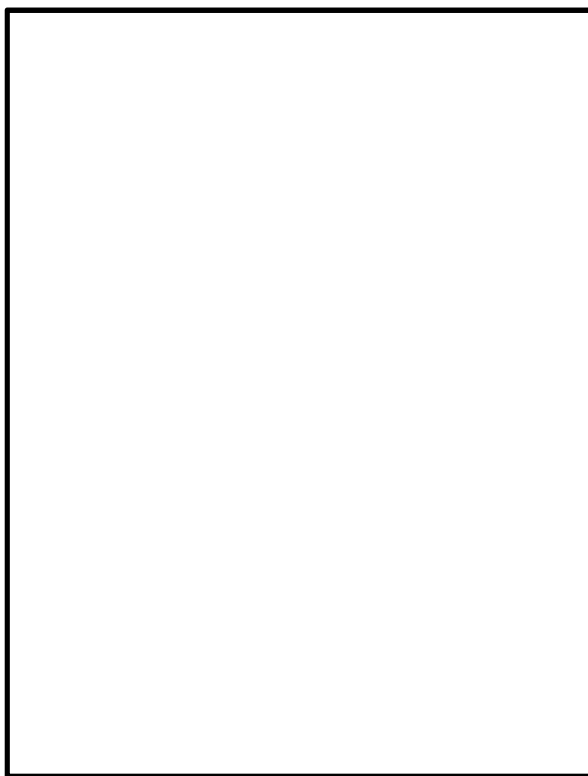


図 3.5-5 (6) 鉄筋コンクリート防潮壁の2次元有効応力解析モデル拡大図 (③-③断面)

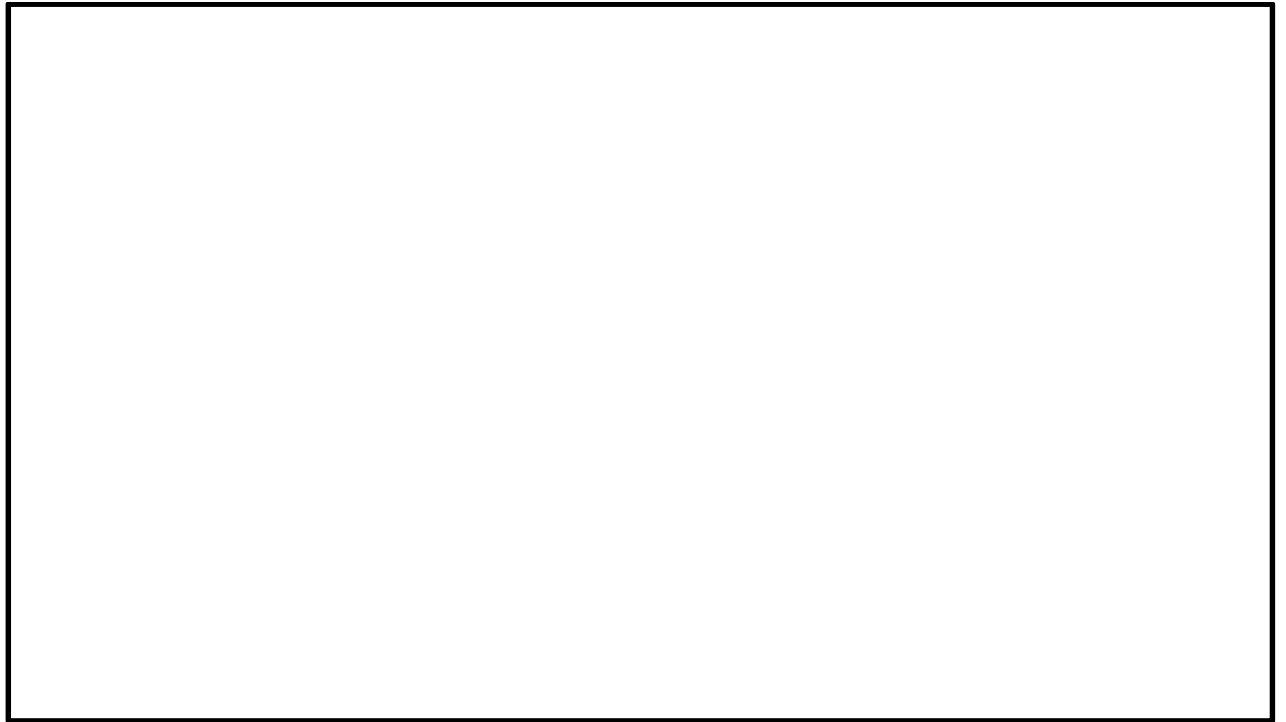


図 3.5-5 (7) 鉄筋コンクリート防潮壁の 2次元有効応力解析モデル全体図 (④-④断面)

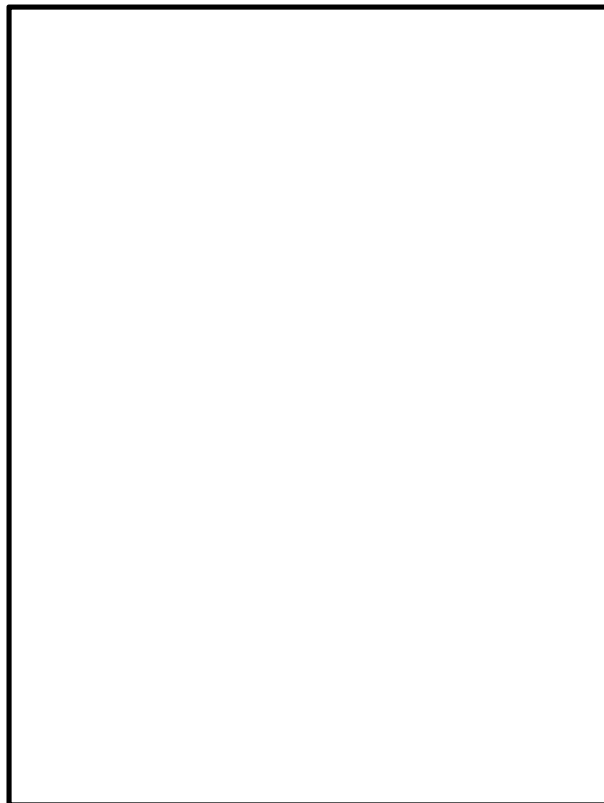


図 3.5-5 (8) 鉄筋コンクリート防潮壁の 2次元有効応力解析モデル拡大図 (④-④断面)

(4) 構造物のモデル化

構造部材は，線形はり要素及び平面ひずみ要素によりモデル化する。

鉄筋コンクリート防潮壁並びに地中連続壁基礎の質量は，各節点に質量としてモデル化する。

鉄筋コンクリート防潮壁は，堤軸方向を平面ひずみ要素，堤軸直交方向を構造梁要素によりモデル化する。

堤軸方向のフーチングは，軸線位置において構造梁要素によりモデル化する。また，鉄筋コンクリート防潮壁下面と構造梁要素間は空間がないことを模擬するため，仮想柔平面要素を設けるとともに，鉄筋コンクリート防潮壁下面と構造梁要素が剛結されることを模擬するため，多点拘束を設定する。地中連続壁基礎は，構造梁要素によりモデル化し，側面にジョイント要素を配置する。

堤軸直交方向については，鉄筋コンクリート防潮壁を構造梁要素によりモデル化し，地中連続壁基礎及びフーチングとの離隔を考慮するための横梁（仮想剛梁要素）を設定する。地中連続壁基礎は，縦梁（構造梁要素），横梁（仮想剛梁要素）で構成し，側面にジョイント要素配置のために仮想柔梁を配置する。

堤軸直交方向構造梁及び積雪の質量は節点付加質量によりモデル化し，回転慣性も考慮する。

構造部材のモデル化の概念図を図 3.5-6 に示す。

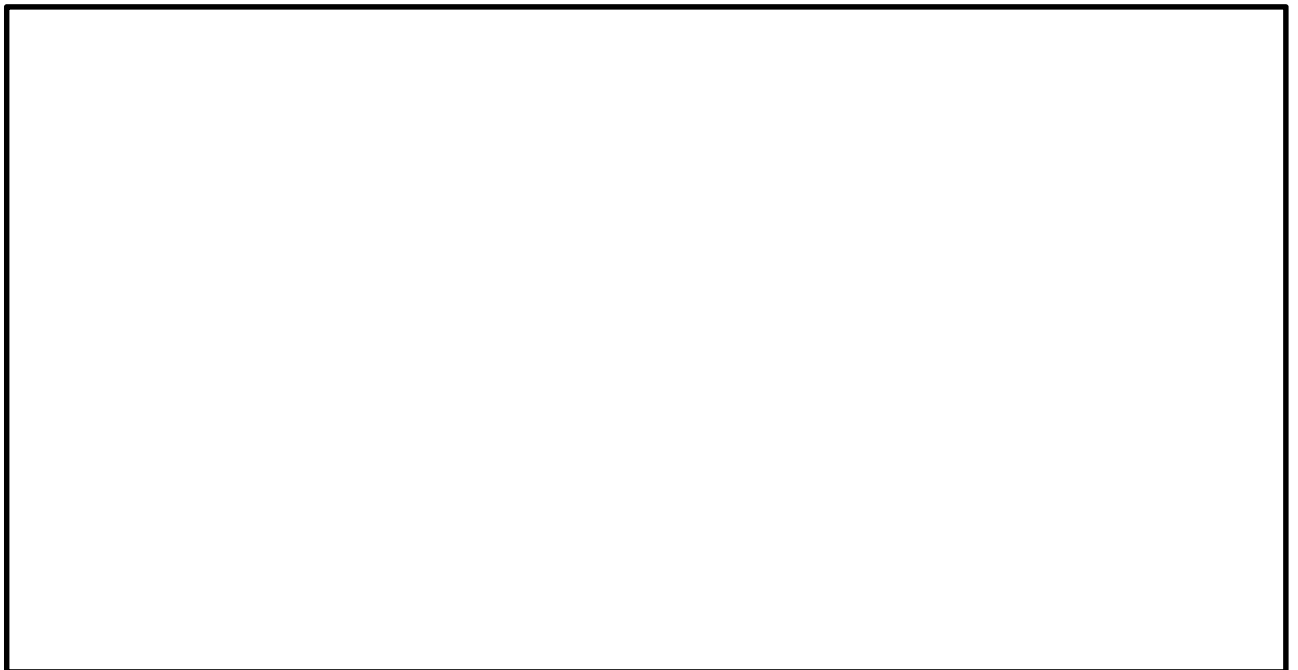


図 3.5-6 鉄筋コンクリート防潮壁の構造物モデル概念図

(5) 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圧要素によりモデル化し，地震時の有効応力の変化に応じた非線形せん断応力～せん断ひずみ関係を考慮する。

(6) ジョイント要素の設定

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

ジョイント要素は、地盤と構造体の接合面で法線方向及びせん断方向に対して設定する。法線方向については、常時状態以上の引張荷重が生じた場合、剛性及び応力をゼロとし、剥離を考慮する。せん断方向については、地盤と構造体の接合面におけるせん断抵抗力以上のせん断荷重が生じた場合、せん断剛性をゼロとし、すべりを考慮する。図 3.5-7 に、ジョイント要素の考え方を示す。

なお、せん断強度 τ_f は次式の Mohr-Coulomb 式により規定される。c、 ϕ は周辺地盤の c、 ϕ とする。(表 3.5-1 参照)

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

ここで、

- τ_f : せん断強度
- c : 粘着力
- ϕ : 内部摩擦角

表 3.5-1 周辺地盤及び隣接構造物との境界に用いる強度特性

周辺の状況		粘着力 c (N/mm ²)	内部摩擦角 ϕ (°)	備考
第四紀層	du 層	0	37.3	—
	Ag2 層	0	37.4	—
	As 層	0	41.0	—
	Ag1 層	0	37.4	—
	Ac 層	0.025	29.1	—
新第三系	Km 層	$c = 0.358 - 0.00603 \cdot z$	$\phi = 23.2 + 0.0990 \cdot z$	—

z : 標高 (m)

ジョイント要素のバネ定数は、数値計算上不安定な挙動を起こさない程度に十分に大きな値として、港湾構造物設計事例集（沿岸技術研究センター）に従い、表 3.5-2 のとおり設定する。図 3.5-7 にジョイント要素の設定の考え方を示す。

表 3.5-2 ジョイント要素のバネ定数

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

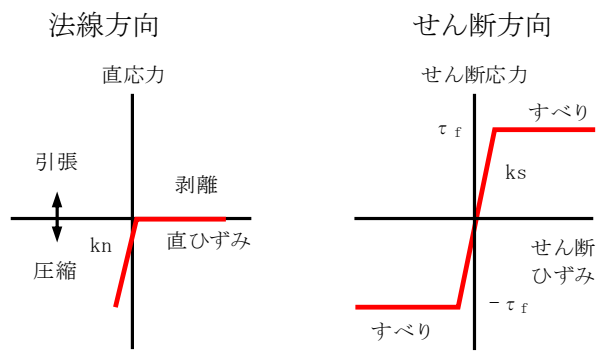
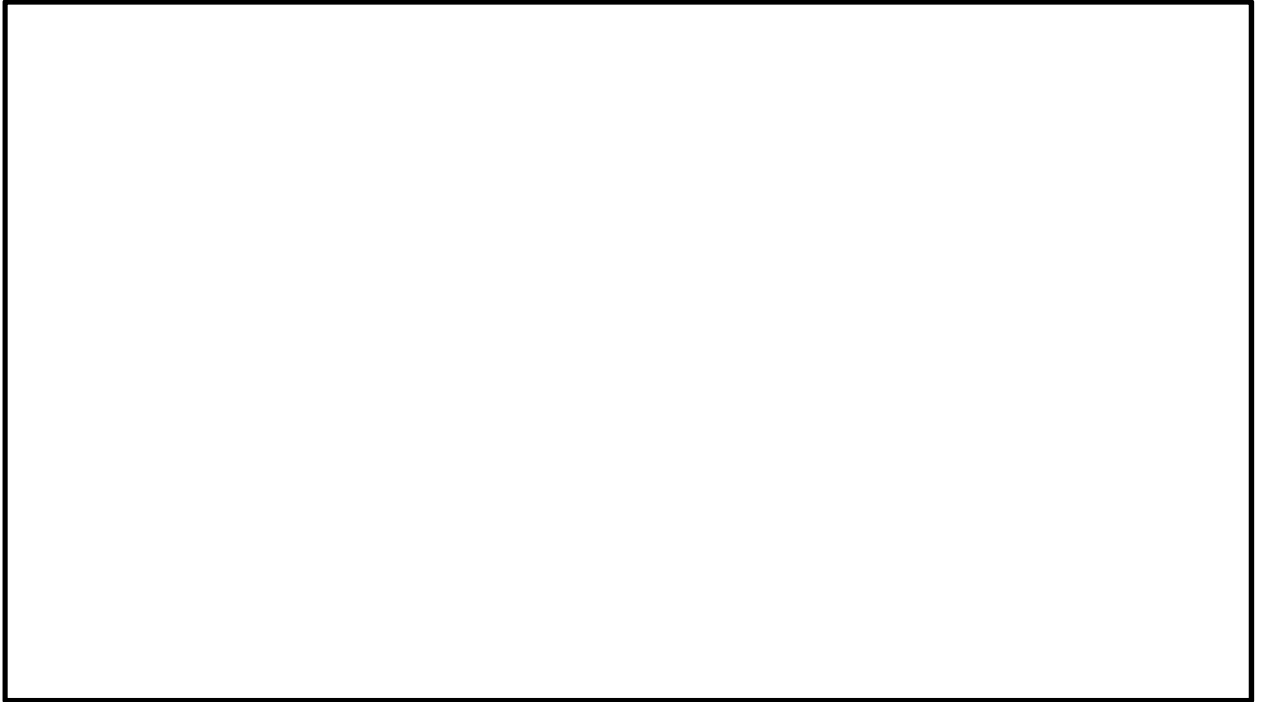


図 3.5-7 ジョイント要素の考え方

(7) 減衰定数

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

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

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

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

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

ここで、

[C] : 減衰係数マトリックス

[M] : 質量マトリックス

[K] : 剛性マトリックス

α, β : 係数

係数 α 、 β は以下のように求めている。

$$\alpha = 0$$

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

ここで、

f : 固有値解析により求められる1次固有振動数

h : 各材料の減衰定数

地盤の減衰定数は1%（解析における減衰は、ひずみが大きい領域では履歴減衰が支配的となる。このため、解析上の安定のためになるべく小さい値として1%を採用している。）とする。また、線形材料としてモデル化するコンクリートの減衰定数は5%（J E A G 4 6 0 1 -1987）とする。

Rayleigh減衰の設定フローを図3.5-8に、固有値解析結果を表3.5-3に示す。

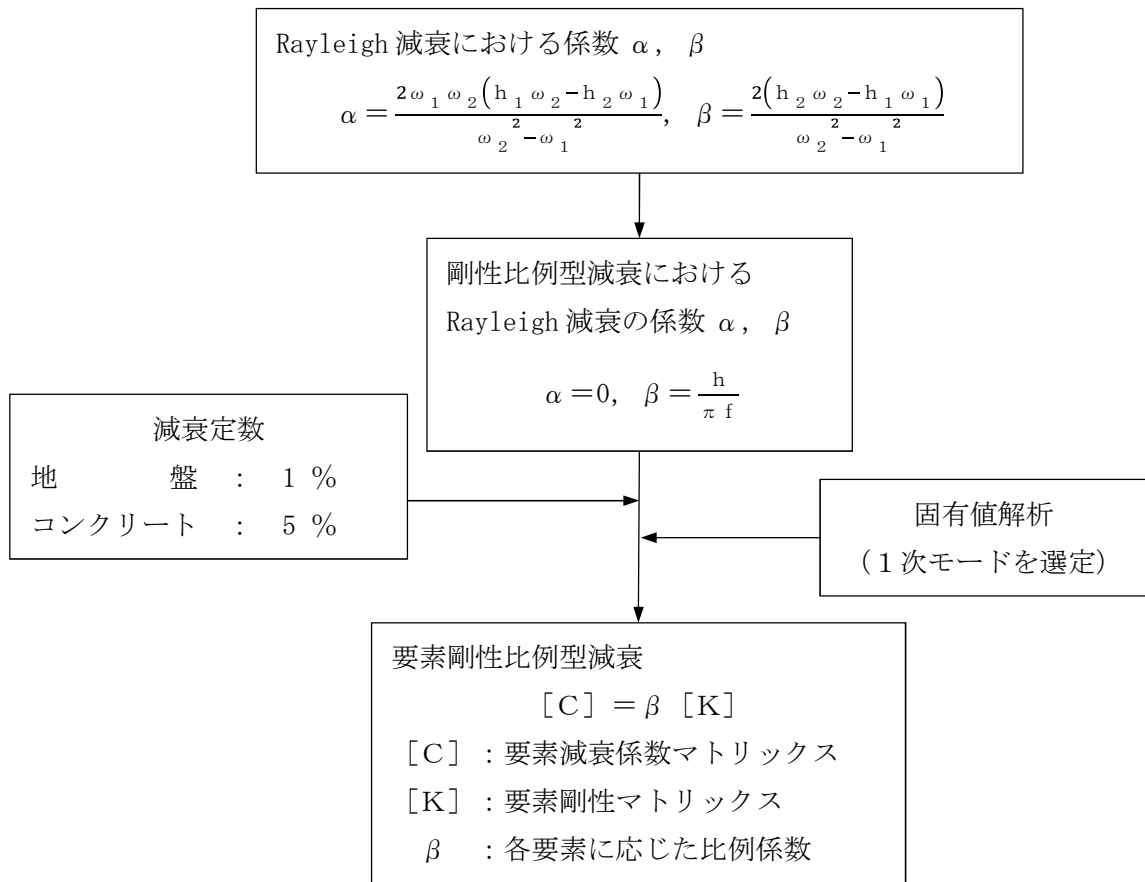


図 3.5-8 Rayleigh 減衰の設定フロー

表 3.5-3 (1) 固有値解析結果

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

(検討ケース⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース)

(①-①断面)

モード次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数	備考
1	0.661	192.43	地盤の1次として採用
2	0.909	-53.79	—
3	1.126	6.81	—
4	1.275	49.80	—
5	1.398	10.91	—
6	1.464	108.62	—
7	1.480	24.52	構造物の1次として採用
8	1.567	4.08	—
9	1.664	22.95	—

表 3.5-3 (2) 固有値解析結果

(検討ケース②：地盤物性のばらつきを考慮 (+1 σ) した解析ケース)

(検討ケース⑥：地盤物性のばらつきを考慮 (+1 σ) して

非液状化の条件を仮定した解析ケース)

(①-①断面)

モード次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数	備考
1	0.693	200.04	地盤の1次として採用
2	0.967	-48.89	—
3	1.222	4.25	—
4	1.384	-56.03	—
5	1.483	-2.66	—
6	1.542	-90.65	構造物の1次として採用
7	1.572	-37.13	—
8	1.694	24.11	—
9	1.725	-12.30	—

表 3.5-3 (3) 固有値解析結果

(検討ケース③：地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース)

(①-①断面)

モード次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数	備考
1	0.620	182.97	地盤の1次として採用
2	0.841	-58.09	—
3	1.027	9.19	—
4	1.160	-43.98	—
5	1.275	-4.97	—
6	1.379	112.96	構造物の1次として採用
7	1.407	52.01	—
8	1.426	-13.13	—
9	1.543	8.31	—

表 3.5-3 (4) 固有値解析結果

(検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂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)

(①-①断面)

モード次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数	備考
1	0.634	190.79	地盤の1次として採用
2	0.843	-44.43	—
3	1.038	-2.31	—
4	1.168	23.76	—
5	1.345	33.81	—
6	1.357	-91.80	構造物の1次として採用
7	1.440	-64.26	—
8	1.456	-33.33	—
9	1.572	8.64	—

表 3.5-3 (5) 固有値解析結果

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

(検討ケース⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース)

(②-②断面)

モード次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数	備考
1	0.560	182.97	地盤の1次として採用
2	0.719	48.96	—
3	0.897	18.90	—
4	0.933	-12.97	—
5	1.110	-0.65	—
6	1.189	-86.40	—
7	1.320	-82.19	構造物の1次として採用
8	1.363	-54.12	—
9	1.442	-10.96	—

表 3.5-3 (6) 固有値解析結果

(検討ケース②：地盤物性のばらつきを考慮 (+1 σ) した解析ケース)

(検討ケース⑥：地盤物性のばらつきを考慮 (+1 σ) して

非液状化の条件を仮定した解析ケース)

(②-②断面)

モード次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数	備考
1	0.594	190.55	地盤の1次として採用
2	0.772	45.14	—
3	0.971	-16.97	—
4	1.021	9.01	—
5	1.215	23.84	—
6	1.233	-76.21	—
7	1.373	84.68	構造物の1次として採用
8	1.438	-47.40	—
9	1.554	-8.50	—

表 3.5-3 (7) 固有値解析結果
 (検討ケース③：地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース)
 (②-②断面)

モード次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数	備考
1	0.520	174.30	地盤の1次として採用
2	0.659	52.57	
3	0.814	18.71	
4	0.842	-17.66	
5	0.997	-1.61	
6	1.142	91.09	
7	1.248	-48.91	
8	1.278	-81.84	構造物の1次として採用
9	1.326	16.30	

表 3.5-3 (8) 固有値解析結果
 (検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂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)
 (②-②断面)

モード次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数	備考
1	0.531	178.11	地盤の1次として採用
2	0.653	-59.71	—
3	0.837	-19.22	—
4	0.884	-17.25	—
5	1.040	4.07	—
6	1.120	53.97	—
7	1.127	53.41	—
8	1.234	43.30	—
9	1.296	-60.54	—
10	1.309	-68.23	構造物の1次として採用

表 3.5-3 (9) 固有値解析結果

(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

(検討ケース⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース)

(③-③断面)

モード次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数	備考
1	0.642	183.79	地盤の1次として採用
2	0.871	-117.76	—
3	1.067	-27.59	—
4	1.218	25.51	—
5	1.317	-42.53	—
6	1.434	-27.59	構造物の1次として採用
7	1.504	-5.17	—
8	1.655	-20.08	—
9	1.738	-4.30	—

表 3.5-3 (10) 固有値解析結果

(検討ケース②：地盤物性のばらつきを考慮 (+1 σ) した解析ケース)

(検討ケース⑥：地盤物性のばらつきを考慮 (+1 σ) して

非液状化の条件を仮定した解析ケース)

(③-③断面)

モード次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数	備考
1	0.670	197.71	地盤の1次として採用
2	0.908	-98.11	—
3	1.156	-19.28	—
4	1.307	3.60	—
5	1.358	-53.58	—
6	1.513	-29.38	構造物の1次として採用
7	1.543	31.86	—
8	1.768	-14.24	—
9	1.790	-21.93	—

表 3.5-3 (11) 固有値解析結果
 (検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂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)
 (③-③断面)

モード次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数	備考
1	0.622	176.33	地盤の1次として採用
2	0.832	-120.68	—
3	1.018	-33.62	—
4	1.168	-29.04	—
5	1.281	-21.60	—
6	1.351	-59.23	構造物の1次として採用
7	1.462	6.23	—
8	1.524	22.07	—
9	1.566	62.46	—

表 3.5-3 (12) 固有値解析結果
 (検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)
 (検討ケース⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース)
 (④-④断面)

モード次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数	備考
1	0.784	216.13	地盤の1次として採用
2	1.168	-19.74	—
3	1.539	-68.16	構造物の1次として採用
4	1.567	27.83	—
5	1.687	23.69	—
6	1.793	-20.69	—
7	1.850	33.69	—
8	2.053	14.62	—
9	2.108	-3.07	—

表 3.5-3 (13) 固有値解析結果
 (検討ケース②：地盤物性のばらつきを考慮 (+1 σ) した解析ケース)
 (検討ケース⑥：地盤物性のばらつきを考慮 (+1 σ) して
 非液状化の条件を仮定した解析ケース)
 (④-④断面)

モード次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数	備考
1	0.794	218.79	地盤の1次として採用
2	1.209	-14.45	—
3	1.622	64.12	—
4	1.630	27.19	—
5	1.714	-12.20	—
6	1.892	30.79	構造物の1次として採用
7	1.961	-30.46	—
8	2.118	4.13	—
9	2.214	11.73	—

表 3.5-3 (14) 固有値解析結果
 (検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂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)
 (④-④断面)

モード次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数	備考
1	0.761	210.38	地盤の1次として採用
2	1.079	-28.99	—
3	1.383	-64.10	構造物の1次として採用
4	1.490	47.95	—
5	1.523	-38.40	—
6	1.671	16.81	—
7	1.760	25.66	—
8	1.827	16.89	—
9	1.931	16.38	—

3.5.2 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、適用基準類に基づき設定する。構造物の使用材料を表 3.5-4 に、材料物性値を表 3.5-5 に示す。

地盤の諸元は、添付書類「V-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値を用いる。なお、地盤については、有効応力の変化に応じた地震時挙動を適切に考慮できるモデル化とする。地盤の物性値を表 3.5-6 に示す。

表 3.5-4 使用材料

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

表 3.5-5 材料の物性値

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

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

*2：J E A G 4 6 0 1 -1987（日本電気協会）

3.5.3 地盤の物性値

地盤の物性値を表 3.5-6 に示す。

表 3.5-6 (1) 地盤の解析用物性値一覧 (液状化検討対象層)

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

表 3.5-6 (2) 地盤の解析用物性値一覧 (非液状化層)

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

注記 *1: 施設の耐震評価に影響を与えるものではないことから、解析用物性値として本表には記載しない。
z: 標高 (m)

3.6 解析ケース

(1) 耐震評価における検討ケース

耐震評価における検討ケースを表 3.6-1 に示す。

鉄筋コンクリート防潮壁の耐震評価においては、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評価項目について、各照査値が最も厳しい（許容限界に対する余裕が最も小さい）地震動を用い、②～⑥より追加検討ケースを実施する。最も厳しい地震動の選定は、照査値 1.0 に対して 2 倍の余裕となる照査値 0.5 以上を相対的に厳しい地震動の選定の目安として実施する。

②～⑥より追加検討ケースを実施する地震動の選定フローを図 3.6-1 に示す。

表 3.6-1 耐震評価における検討ケース

検討ケース*1		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-D1	(H+, V+) *2	実施				
		(H+, V-) *2	実施				
		(H-, V+) *2	実施				
		(H-, V-) *2	実施				
	S_s-11		実施				
	S_s-12		実施				
	S_s-13		実施				
	S_s-14		実施				
	S_s-21		実施				
	S_s-22		実施				
S_s-31	(H+, V+) *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：構築物間の相対変位の算定を行う場合は、上記の実施ケースにおいて変位量が厳しいケースで行う。

*2： S_s-D1 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を行う。（+は正の位相，-は負の位相）

*3： S_s-31 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を行う。（+は正の位相，-は負の位相）

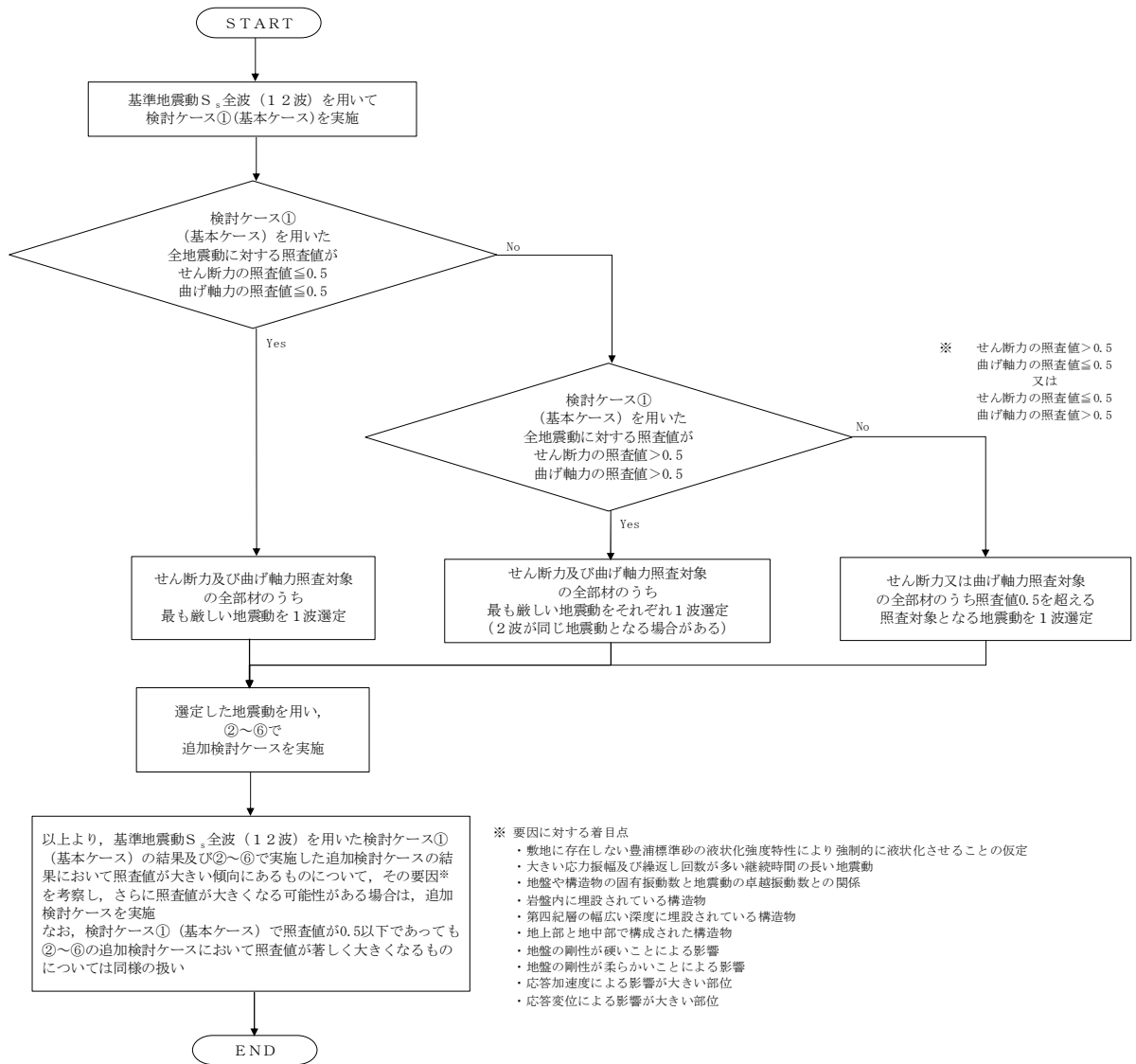


図 3.6-1 ②～⑥より追加検討ケースを実施する地震動の選定フロー

(2) 機器・配管系に対する加速度応答抽出のための検討ケース

機器・配管系に対する加速度応答の抽出における検討ケースを表 3.6-2 に示す。

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

表 3.6-2 機器・配管系に対する加速度応答抽出のための検討ケース

検討ケース		④ 地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース	⑤ 原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース	⑥ 地盤物性のばらつきを考慮 (+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		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-D1	(H+, V+) *1	すべての基準地震動 S_s に対して実施する⑤の検討ケース（原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース）において，上載される機器・配管系の固有振動数帯で加速度応答が最も大きくなる地震動を用い，④及び⑥より追加検討ケースを実施する。	実施
		(H+, V-) *1		実施
		(H-, V+) *1		実施
		(H-, V-) *1		実施
	S_s-11	実施		
	S_s-12	実施		
	S_s-13	実施		
	S_s-14	実施		
	S_s-21	実施		
	S_s-22	実施		
S_s-31	(H+, V+) *2	実施		
	(H-, V+) *2	実施		

注記 *1: S_s-D1 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を行う。（+は正の位相，-は負の位相）

*2: S_s-31 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を行う。（+は正の位相，-は負の位相）

4. 耐震評価

4.1 評価対象部位

評価対象部位は、鉄筋コンクリート防潮壁の構造的特徴や周辺状況の特徴を踏まえて設定する。

(1) 構造部材の健全性評価

構造部材の健全性評価に係る評価対象部位は、鉄筋コンクリート防潮壁、フーチング及び地中連続壁基礎の各鉄筋コンクリート部材とする。

(2) 基礎地盤の支持性能評価

基礎地盤の支持性能評価に係る評価対象部位は、鉄筋コンクリート防潮壁を支持する基礎地盤とする。

(3) 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、構造物間に設置する止水ジョイント部材のシートジョイントとする。

4.2 解析方法

(1) 鉄筋コンクリート防潮壁

鉄筋コンクリートについては、フーチングとの連結部を固定端とする片持ち梁としたモデルにより地震時の構造部材の健全性を確認する。

(2) フーチング

フーチングについては、堤軸方向は、地中連続壁基礎で単純支持された単位幅の版、堤軸直交方向は鉄筋コンクリート下端を固定端とする単位幅の版としたモデルにより地震時の構造部材の健全性を確認する。

(3) 地中連続壁基礎

地中連続壁基礎については、地盤～構造物の連成系モデルによる相互作用を考慮した2次元有効応力解析を行い、地震時の構造部材の健全性及び基礎地盤の支持性能を確認する。

4.3 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、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。

(1) 耐震安全性評価上考慮する状態

鉄筋コンクリート防潮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。

a. 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の影響を受けないことから考慮しない。

b. 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。

c. 設計用自然条件

積雪及び風荷重を考慮する。

d. 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。

(2) 荷重

鉄筋コンクリート防潮壁の地震応答解析において、考慮する荷重を次に示す。

a. 固定荷重 (G)

固定荷重は、躯体自重を考慮する。

b. 積載荷重 (P)

積載荷重は、機器及び配管荷重を考慮する。

c. 地震荷重 (K_s)

基準地震動 S_s による荷重を考慮する。

d. 積雪荷重 (P_s)

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

e. 風荷重 (P_k)

風荷重は、風速 30 m/s の風圧力を考慮する。

(3) 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 4.3-1 及び表 4.3-2 に示す。

表 4.3-1 荷重の組合せ

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

G : 固定荷重

P : 積載荷重

K_s : 地震荷重

P_s : 積雪荷重

P_k : 風荷重

表 4.3-2 荷重の組合せ

種別		荷重	算定方法
永久 荷重	常時考 慮荷重	躯体自重	○ ・対象構造物の体積に材料の密度を考慮して設定する。
		機器・配管自重	○ ・機器・配管の自重を考慮する。
		土被り荷重	— ・土被りはないため考慮しない。
		上載荷重	— ・恒常的に配置された設備等はないことから、考慮しない。
	静止土圧		○ ・常時応力解析により設定する。
	外水圧		○ ・地下水位に応じた静水圧として設定する。 ・地下水の密度を考慮する。
	内水圧		— ・内水はないため考慮しない。
変動荷重	積雪荷重		○ ・積雪荷重を考慮する。
	風荷重		○ ・風荷重を考慮する。
	風荷重以外		— ・風荷重以外には発電所の立地特性及び構造物の配置状況を踏まえると、偶発荷重と組み合わせるべき変動荷重はない。
偶発荷重	水平地震動		○ ・基準地震動 S_s による水平及び鉛直同時加振を考慮する。
	鉛直地震動		○ ・躯体、機器・配管の慣性力、動土圧を考慮する。
	動水圧		— ・自由水はないため動水圧は考慮しない。

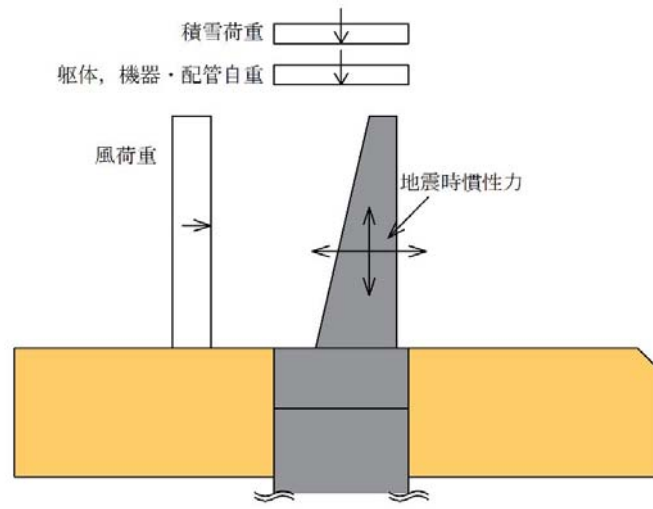


图 4.3-1 荷重概念图

4.4 許容限界

許容限界は、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。

(1) 鉄筋コンクリートの許容限界

許容限界については、「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）及び「道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（日本道路協会，平成24年3月）」に基づき表4.4-1のとおり設定する。短期許容応力度は，コンクリート及び鉄筋の許容応力度に対して1.5倍の割増しを考慮する。

表 4.4-1 許容限界

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

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

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

*3：斜め引張鉄筋を考慮する場合は，「コンクリート標準示方書 [構造性能照査編]（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

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

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_{sa2} ：鉄筋の短期許容引張応力度

s ：斜め引張鉄筋間隔

斜め引張鉄筋を配置する部材のせん断力に対する許容限界を、表 4.4-2 に示す。

表 4.4-2 (1) 斜め引張鉄筋を配置する部材のせん断力に対する許容限界 (①-①断面)

位置	断面形状				せん断補強鉄筋			許容せん断断力		短期許容
	部材幅	部材高	かぶり	有効高	径	Sb	Ss	コンクリート	鉄筋	せん断力Va
								Vca	Vsa	(=Vca+Vsa)
(mm)	(mm)	(mm)	(mm)		(本)	(mm)	(kN)	(kN)	(kN)	
防潮壁	1000	6000	200	5650	D25	1.667	300	2027	4274	6301
フーチング	1000	4500	200	4300	D29	3.33	300	1542	8246	9788
部材1	2400	10000	225	9660	D32	8	300	8194	55085	63279
部材2	2400	10000	225	9660	D32	8	300	8194	55085	63279
部材3	2400	10000	225	9660	D38	8	300	8194	79069	87263
部材4	2400	10000	225	9660	D38	8	300	8194	79069	87263

表 4.4-2 (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 (②-②断面)

位置	断面形状				せん断補強鉄筋			許容せん断断力		短期許容
	部材幅	部材高	かぶり	有効高	径	Sb	Ss	コンクリート	鉄筋	せん断力Va
								Vca	Vsa	(=Vca+Vsa)
(mm)	(mm)	(mm)	(mm)		(本)	(mm)	(kN)	(kN)	(kN)	
フーチング	1000	4500	200	4300	D29	3.33	300	1542	8246	9788
部材1	10000	2400	225	1855	D32	12	300	6627	15834	22461
部材2	10000	2400	225	1930	D35	16	300	6895	26457	33352
部材3	10000	2400	225	1855	D38	18	300	6627	34092	40719
部材4	10000	2400	225	2080	D38	18	300	7431	38227	45658

(2) 基礎地盤の支持力支持性能評価における許容限界

極限支持力は、添付書類「V-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき、道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（日本道路協会，平成 14 年 3 月）により設定する。

道路橋示方書による地中連続壁基礎の支持力算定式を以下に示す。

$$R_u = q_d \cdot A$$

R_u : 基礎底面地盤の極限支持力 (kN)

q_d : 基礎底面地盤の極限支持力度 (kN/m²)

$$q_d = 3 \cdot q_u$$

q_u : 支持岩盤の一軸圧縮強度 (kN/m²)

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

ここで、 C_{CUU} は Km 層の非排水せん断強度

A : 基礎の底面積 (内部土は含まない) (m²)

上記にて求められる基礎地盤の極限支持力度を表 4.4-3 に示す

表 4.4-3 基礎地盤の支持力に対する許容限界

	極限支持力度 (kN/m ²)
Km 層	6201

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

(3) 止水ジョイント部材

止水ジョイント部材の変形量の許容限界は、メーカー規格，漏水試験及び変形試験により，有意な漏えいが生じないことを確認した変形量とする。表 4.4-4 に止水ジョイント部材の変形量の許容限界を示す。

表 4.4-4 止水ジョイント部材の変形量の許容限界

評価項目	許容限界
止水ジョイント部材 (シートジョイント)	2 m

4.5 解析モデル及び諸元

4.5.1 解析モデル

(1) 鉄筋コンクリート防潮壁

フーチングとの連結部を固定端とする片持ち梁としてモデル化する。モデルの概念図を図 4.5-1 に示す。

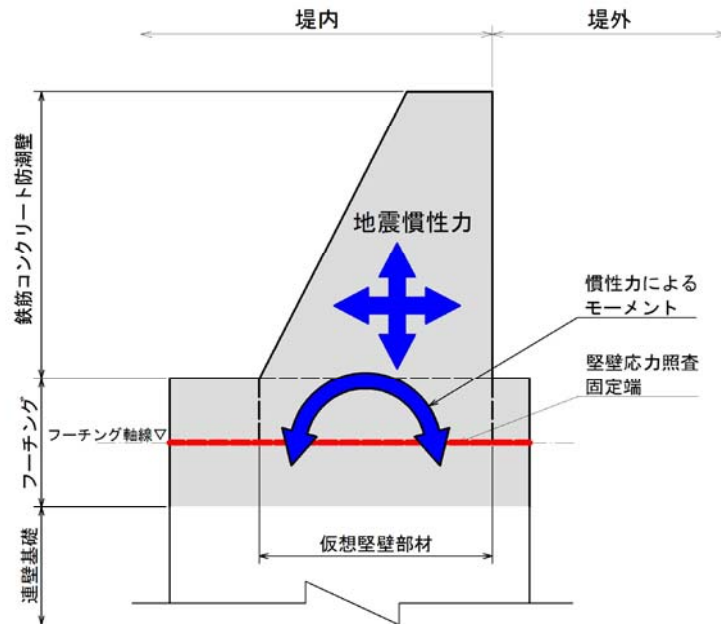


図 4.5-1 鉄筋コンクリート防潮壁のモデル概念図

(2) フーチング

堤軸方向は、地中連続壁基礎で単純支持された単位幅の版，堤軸直交方向は鉄筋コンクリート下端を固定端とする単位幅の版としてモデル化する。モデルの概念図を図 4.5-2 に示す。

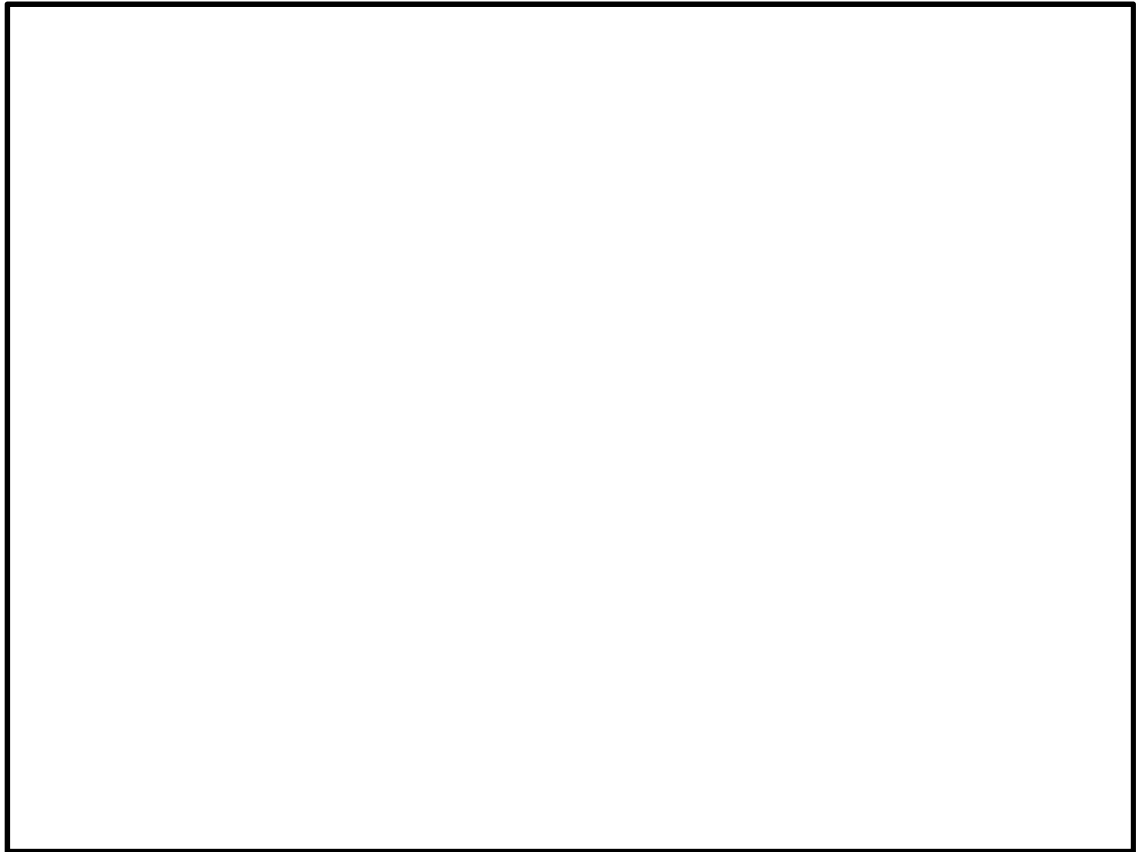


図 4.5-2 フーチングのモデル概念図

4.5.2 使用する材料及び材料の物性値

耐震評価に用いる材料定数は、適用基準類に基づき設定する。構造物の使用材料を表 4.5-1 に、材料物性値を表 4.5-2 に示す。

表 4.5-1 使用材料

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

表 4.5-2 材料の物性値

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

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

*2: 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)

4.5.3 荷重及び荷重の組合せ

(1) 荷重の入力方法

鉄筋コンクリート防潮壁の地震応答解折において、考慮する荷重を次に示す。

a. 固定荷重 (G)

固定荷重は、躯体自重を考慮する。

b. 積載荷重 (P)

積載荷重は、機器及び配管荷重を考慮する。

c. 地震荷重 (K_s)

基準地震動 S_s による荷重を考慮する。

d. 積雪荷重 (P_s)

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

e. 風荷重 (P_k)

風荷重は、風速 30 m/s の風圧力を考慮する。

(2) 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 4.5-3 及び表 4.5-4 に示す。

表 4.5-3 荷重の組合せ

区分	荷重の組合せ
地震時	G + P + K _s + P _s + P _k

G : 固定荷重

P : 積載荷重

K_s : 地震荷重

P_s : 積雪荷重

P_k : 風荷重

表 4.5-4 荷重の組合せ

種別		荷重	算定方法
永久 荷重	常時考 慮荷重	躯体自重	○ ・対象構造物の体積に材料の密度を考慮して設定する。
		機器・配管自重	○ ・機器・配管の自重を考慮する。
		土被り荷重	－ ・土被りはないため考慮しない。
		上載荷重	－ ・恒常的に配置された設備等はないことから，考慮しない。
	静止土圧	○ ・常時応力解析により設定する。	
	外水圧	○ ・地下水水位に応じた静水圧として設定する。 ・地下水の密度を考慮する。	
	内水圧	－ ・内水はないため考慮しない。	
変動荷重	積雪荷重	○ ・積雪荷重を考慮する。	
	風荷重	○ ・風荷重を考慮する。	
	風荷重以外	－ ・風荷重以外には発電所の立地特性及び構造物の配置状況を踏まえると，偶発荷重と組み合わせるべき変動荷重はない。	
偶発荷重	水平地震動	○ ・基準地震動 S_s による水平及び鉛直同時加振を考慮する。	
	鉛直地震動		○ ・躯体，機器・配管の慣性力，動土圧を考慮する。
	動水圧	－ ・自由水はないため動水圧は考慮しない。	

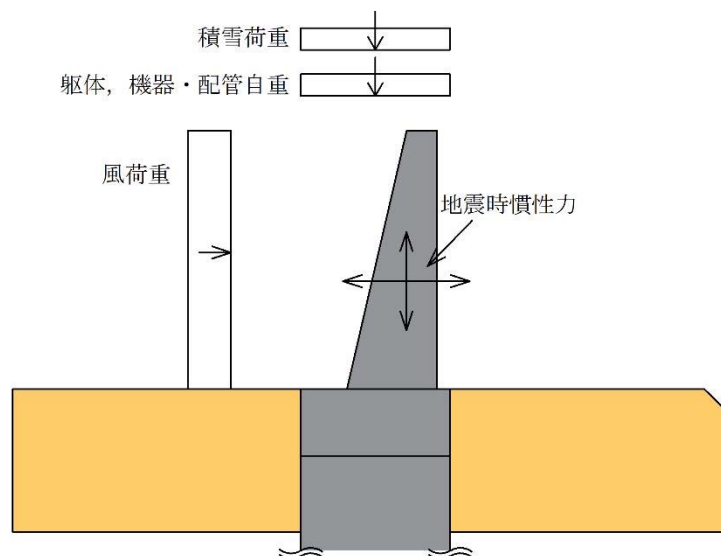


図 4.5-3 荷重概念図

4.6 評価方法

4.6.1 構造部材の健全性評価

(1) 鉄筋コンクリート防潮壁

鉄筋コンクリート防潮壁は、堤軸方向に同様な断面が連続する構造であることから、堤軸直交方向が弱軸断面方向となる。

慣性力については、2次元有効応力解析により鉄筋コンクリート防潮壁における水平加速度を算出し、水平加速度が最大となるケースで照査を行う。

保守的な評価を行うため、フーチングとの連結部を固定端とする片持ち梁としてモデル化する。評価モデルの概念図を図4.6-1に示す。

鉄筋コンクリートの曲げ軸力照査及びせん断照査に対して、地震応答解析に基づき算出した応力が許容限界以下であることを確認する。

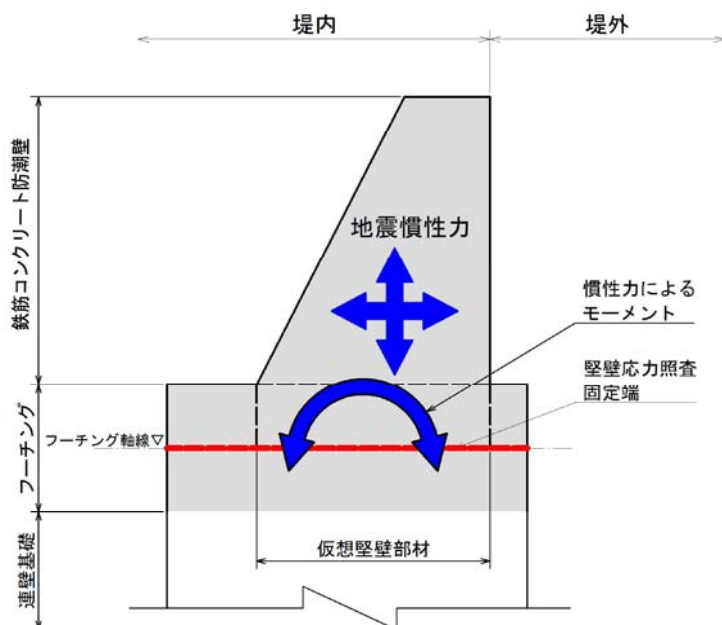


図4.6-1 鉄筋コンクリート防潮壁の評価モデル概念図

a. 曲げ軸力に対する照査

曲げモーメント及び軸力を用いて算定される曲げ圧縮応力（コンクリート及び鉄筋）並びに曲げ引張応力（鉄筋）が許容限界以下であることを確認する。

b. せん断応力に対する照査

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

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

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

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

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_{sa2} : 鉄筋の短期許容引張応力度

s : 斜め引張鉄筋間隔

(2) フーチング

フーチングは、震度法により設計する。慣性力については、2次元有効応力解析によりフーチングにおける鉛直加速度を算出し、鉛直加速度が最大となるケースで照査を行う。

堤軸方向は、地中連続壁基礎で単純支持された単位幅の版、堤軸直交方向は鉄筋コンクリート下端を固定端とする単位幅の版としてモデル化し、保守的に設計する。フーチングの評価モデル概念図を図4.6-2に示す。

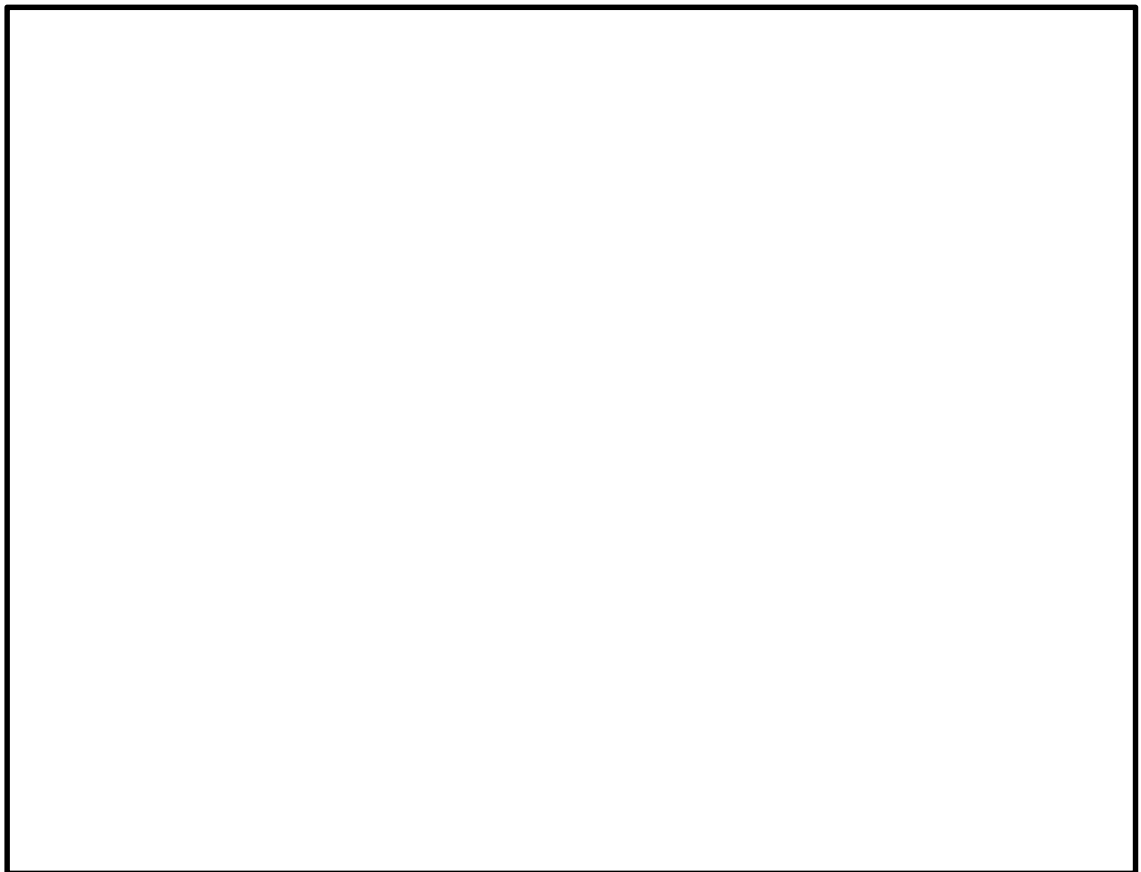


図 4.6-2 フーチングの評価モデル概念図

a. 曲げ軸力に対する照査

曲げ軸力に対する照査は「4.6.1(1) 鉄筋コンクリート防潮壁」と同様に設定する。

b. せん断応力に対する照査

せん断応力に対する照査は「4.6.1(1) 鉄筋コンクリート防潮壁」と同様に設定する。

(3) 上部構造と下部構造の接合部について

上部構造と下部構造の接合部の設計は、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 14 年 3 月）に基づき行う。

上部構造は鉄筋コンクリート防潮壁に配置される鉛直方向の主鉄筋をフーチング内に道路橋示方書で規定される定着長以上埋め込むことで，鉄筋コンクリート防潮壁と一体化させる。

下部構造は地中連続壁基礎から立ち上がる鉛直方向の主鉄筋をフーチング内に，道路橋示方書で規定される定着長以上埋め込むことで，地中連続壁基礎と一体化させる。

鉄筋コンクリート防潮壁とフーチングの概略配筋図を図 4.6-3 に，地中連続壁基礎とフーチングの接合部の概略配筋図を図 4.6-4 に示す

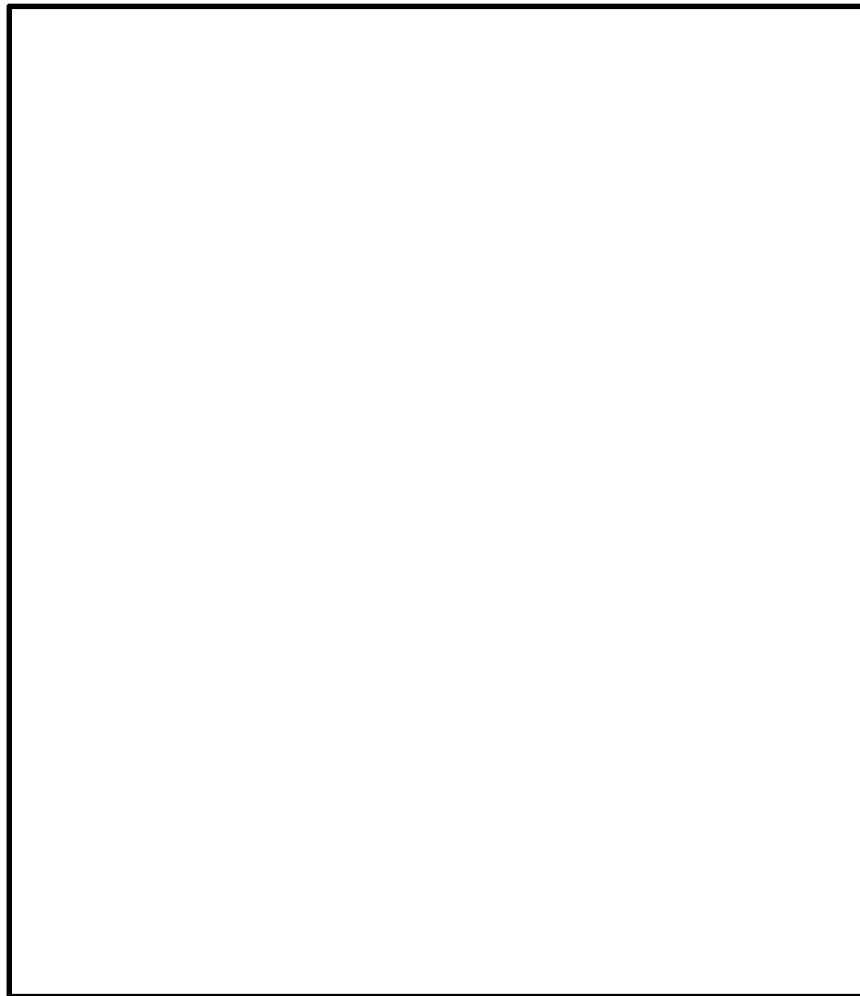


図 4.6-3 鉄筋コンクリート防潮壁とフーチング概略配筋図

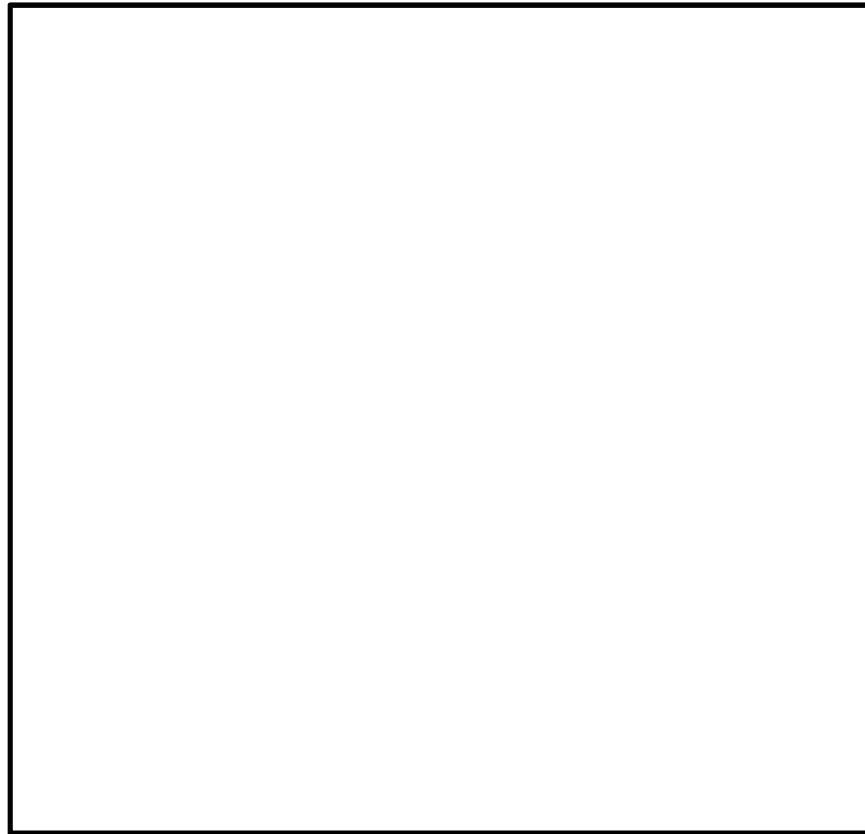


図 4.6-4 地中連続壁基礎とフーチングの接合部の概略配筋図

(4) 地中連続壁基礎

地中連続壁基礎の評価は、2次元有効応力解析を実施し、部材の照査を行う。

a. 曲げ軸力に対する照査

曲げ軸力に対する照査は「4.6.1(1) 鉄筋コンクリート防潮壁」と同様に設定する。

b. せん断応力に対する照査

せん断応力に対する照査は「4.6.1(1) 鉄筋コンクリート防潮壁」と同様に設定する。

4.6.2 基礎地盤の支持性能評価

基礎地盤の支持性能評価においては、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。

4.6.3 構造物の変形性評価

地震応答解析で求められる止水ジョイント部材の変形量が許容限界以下であることを確認する。

5. 評価結果

5.1 地震応答解析結果

地震応答解析結果として「断面力分布」「最大せん断ひずみ分布」「過剰間隙水圧比分布」及び「最大加速度分布」を示す。

5.1.1 部材に着目した地震時断面力図

耐震評価においては、すべての基準地震動 S_0 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評価項目について、各照査値が最も厳しい（許容限界に対する余裕が最も小さい）地震動を用い、②～⑥の追加ケースを実施した。

表 5.1-1 に、2次元有効応力解析の実施ケース及び地中連続壁基礎のコンクリートの曲げ軸力、鉄筋の曲げ軸力、鉄筋コンクリートのせん断力に対する照査値を示す。

鉄筋コンクリート防潮壁、フーチング、及び、地中連続壁基礎について、コンクリートの曲げ軸力、鉄筋の曲げ軸力及び鉄筋コンクリートのせん断力に対する照査結果の照査値が最大となるケースを表 5.1-2 及び表 5.1-3 に示す。

鉄筋コンクリート防潮壁の水平加速度が最大となるケースの断面力（曲げモーメント、軸力、せん断力）を図 5.1-1 に、フーチングの鉛直加速度が最大となるケースの断面力を図 5.1-2 に、地中連続壁基礎のコンクリートの曲げ軸力、鉄筋の曲げ軸力及び鉄筋コンクリートのせん断力が最も厳しい時刻の断面力を図 5.1-3 に示す。

断面寸法が同一で配筋も同一な部材はグループ化し、各グループで最も厳しい照査値の断面力図を示す。

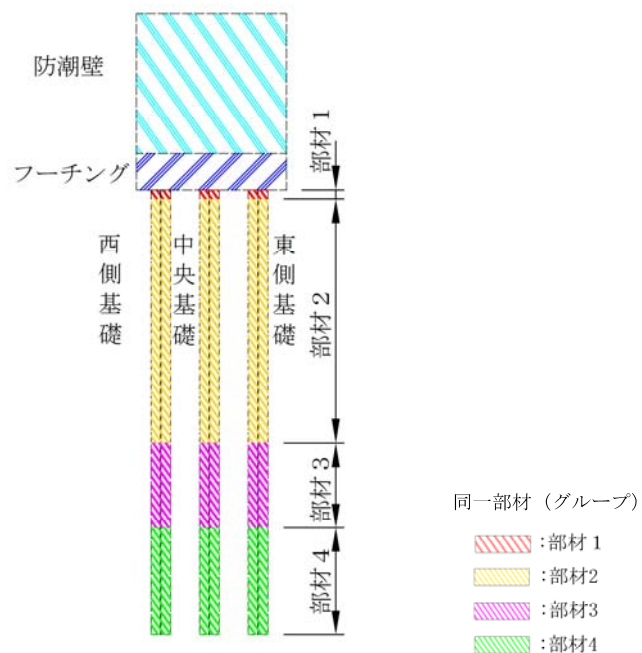


表 5.1-1 (1) ①-①断面のコンクリートの曲げ軸力に対する検討ケースと照査値

検討ケース 地震動		コンクリートの曲げ軸力照査					
		①	②	③	④	⑤	⑥
S _s -D1	H+, V+	0.54					
	H+, V-	0.55	0.53	0.57	0.50	0.57	0.54
	H-, V+	0.59					
	H-, V-	0.60					
S _s -11		0.48					
S _s -12		0.44					
S _s -13		0.43					
S _s -14		0.38					
S _s -21		0.46					
S _s -22		0.37					
S _s -31	H+, V+	0.64	0.62	0.66	0.52	0.65	0.63
	H-, V+	0.52					

- 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 5.1-1 (2) 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

検討ケース 地震動		鉄筋の曲げ軸力照査					
		①	②	③	④	⑤	⑥
S _s -D1	H+, V+	0.41					
	H+, V-	0.38	0.35	0.41	0.31	0.37	0.34
	H-, V+	0.46					
	H-, V-	0.41					
S _s -11		0.27					
S _s -12		0.23					
S _s -13		0.21					
S _s -14		0.17					
S _s -21		0.28					
S _s -22		0.19					
S _s -31	H+, V+	0.49	0.46	0.51	0.32	0.50	0.48
	H-, V+	0.35					

- 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 5.1-1 (3) ①-①断面のせん断に対する検討ケースと照査値

地震動		検討ケース		せん断力照査					
		①	②	③	④	⑤	⑥		
S _s -D1	H+, V+	0.34							
	H+, V-	0.34	0.33	0.35	0.56	0.34	0.34		
	H-, V+	0.34							
	H-, V-	0.28							
S _s -11		0.25							
S _s -12		0.26							
S _s -13		0.24							
S _s -14		0.18							
S _s -21		0.25							
S _s -22		0.23							
S _s -31	H+, V+	0.34	0.32	0.35	0.36	0.33	0.32		
	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 (+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 5.1-1 (4) ②-②断面 (西側) 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

地震動		コンクリートの曲げ軸力照査					
		①	②	③	④	⑤	⑥
S _s -D1	H+, V+	0.69	0.63	0.77	0.67	0.60	0.54
	H+, V-	0.70					
	H-, V+	0.60					
	H-, V-	0.58					
S _s -11		0.36					
S _s -12		0.46					
S _s -13		0.46					
S _s -14		0.41					
S _s -21		0.43					
S _s -22		0.41					
S _s -31	H+, V+	0.74	0.72	0.75	0.65	0.72	0.70
	H-, V+	0.66					

- 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 5.1-1 (5) ②-②断面 (西側) の鉄筋の曲げ軸力に対する検討ケースと照査値

地震動		鉄筋の曲げ軸力照査					
		①	②	③	④	⑤	⑥
S _s -D1	H+, V+	0.61	0.56	0.70	0.60	0.54	0.49
	H+, V-	0.62					
	H-, V+	0.51					
	H-, V-	0.49					
S _s -11		0.29					
S _s -12		0.38					
S _s -13		0.38					
S _s -14		0.33					
S _s -21		0.36					
S _s -22		0.35					
S _s -31	H+, V+	0.67	0.65	0.68	0.57	0.65	0.63
	H-, V+	0.58					

- 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 5.1-1 (6) ②-②断面 (西側) のせん断に対する検討ケースと照査値

地震動		検討ケース	せん断力照査					
			①	②	③	④	⑤	⑥
S _s -D1	H+, V+		0.57	0.55	0.55	0.47	0.37	0.32
	H+, V-		0.55					
	H-, V+		0.49					
	H-, V-		0.49					
S _s -11			0.26					
S _s -12			0.48					
S _s -13			0.47					
S _s -14			0.42					
S _s -21			0.33					
S _s -22			0.38					
S _s -31	H+, V+		0.36	0.37	0.37	0.40	0.33	0.31
	H-, V+		0.34					

- 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 5.1-1 (7) ②-②断面 (中央) 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

地震動		コンクリートの曲げ軸力照査					
		①	②	③	④	⑤	⑥
S _s -D1	H+, V+	0.73	0.67	0.81	0.67	0.62	0.56
	H+, V-	0.73					
	H-, V+	0.62					
	H-, V-	0.61					
S _s -11		0.39					
S _s -12		0.49					
S _s -13		0.49					
S _s -14		0.42					
S _s -21		0.47					
S _s -22		0.44					
S _s -31	H+, V+	0.77	0.75	0.78	0.68	0.74	0.71
	H-, V+	0.65					

- 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 5.1-1 (8) ②-②断面 (中央) の鉄筋の曲げ軸力に対する検討ケースと照査値

地震動		鉄筋の曲げ軸力照査					
		①	②	③	④	⑤	⑥
S _s -D1	H+, V+	0.65	0.59	0.73	0.60	0.55	0.49
	H+, V-	0.65					
	H-, V+	0.55					
	H-, V-	0.53					
S _s -11		0.32					
S _s -12		0.42					
S _s -13		0.42					
S _s -14		0.36					
S _s -21		0.39					
S _s -22		0.37					
S _s -31	H+, V+	0.69	0.67	0.70	0.60	0.67	0.65
	H-, V+	0.58					

- 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 5.1-1 (9) ②-②断面 (中央) のせん断に対する検討ケースと照査値

地震動		検討ケース		せん断力照査					
		①	②	③	④	⑤	⑥		
S _s -D1	H+, V+	0.46	0.45	0.50	0.42	0.37	0.34		
	H+, V-	0.45							
	H-, V+	0.42							
	H-, V-	0.41							
S _s -11		0.23							
S _s -12		0.39							
S _s -13		0.39							
S _s -14		0.37							
S _s -21		0.33							
S _s -22		0.33							
S _s -31	H+, V+	0.37	0.37	0.39	0.41	0.34	0.33		
	H-, V+	0.37							

- 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 5.1-1 (10) ②-②断面（東側）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

地震動		コンクリートの曲げ軸力照査					
		①	②	③	④	⑤	⑥
S _s -D1	H+, V+	0.74	0.68	0.82	0.70	0.62	0.56
	H+, V-	0.73					
	H-, V+	0.62					
	H-, V-	0.62					
S _s -11		0.40					
S _s -12		0.50					
S _s -13		0.50					
S _s -14		0.43					
S _s -21		0.47					
S _s -22		0.44					
S _s -31	H+, V+	0.76	0.74	0.77	0.70	0.73	0.70
	H-, V+	0.62					

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 5.1-1 (11) ②-②断面（東側）の鉄筋の曲げ軸力に対する検討ケースと照査値

地震動		鉄筋の曲げ軸力照査					
		①	②	③	④	⑤	⑥
S _s -D1	H+, V+	0.68	0.63	0.76	0.67	0.56	0.49
	H+, V-	0.66					
	H-, V+	0.58					
	H-, V-	0.57					
S _s -11		0.34					
S _s -12		0.46					
S _s -13		0.46					
S _s -14		0.39					
S _s -21		0.41					
S _s -22		0.38					
S _s -31	H+, V+	0.69	0.68	0.70	0.63	0.66	0.64
	H-, V+	0.56					

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 5.1-1 (12) ②-②断面 (東側) のせん断に対する検討ケースと照査値

地震動		せん断力照査					
		①	②	③	④	⑤	⑥
S _s -D1	H+, V+	0.59	0.58	0.59	0.45	0.39	0.35
	H+, V-	0.57					
	H-, V+	0.52					
	H-, V-	0.53					
S _s -11		0.29					
S _s -12		0.50					
S _s -13		0.49					
S _s -14		0.45					
S _s -21		0.39					
S _s -22		0.42					
S _s -31	H+, V+	0.39	0.40	0.40	0.45	0.35	0.33
	H-, V+	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 (+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 5.1-2 (1) コンクリートの曲げ軸力に対する照査結果 (①-①断面)

検討 ケース	地震動	評価位置		断面性状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
				部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
④	S _s -31 (H+, V+)	防潮壁	前面	1000	6000	5650	D51@150 (3段)	17271	2772	3.4	21	0.17
④	S _s -31 (H+, V+)		背面	1000	6000	5795	D51@150 (1段)	17271	2772	3.7	21	0.18
⑥	S _s -D1 (H+, V-)	フーチング		1000	4500	4300	D51@150 (1段)	2877	0	1.1	21	0.06
④	S _s -D1 (H+, V-)	地中連続壁 基礎	部材1	2400	10000	9660	D51@150 (2段)	170320	18350	3.7	21	0.18
③	S _s -D1 (H+, V-)		部材2	2400	10000	9660	D51@150 (2段)	483106	47147	10.3	21	0.50
⑤	S _s -31 (H+, V+)		部材3	2400	10000	9660	D51@150 (2段)	511498	64602	10.2	21	0.49
③	S _s -31 (H+, V+)		部材4	2400	10000	9660	D51@150 (2段)	498979	68974	13.7	21	0.66

注記 : 評価位置は下記に示す。

- 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
- @ : 鉄筋の配置間隔

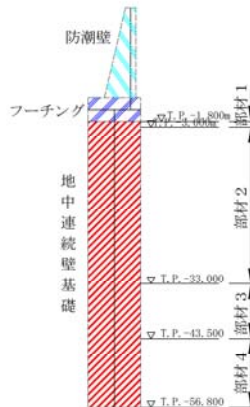


表 5.1-2 (2) 鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果 (①-①断面)

検討 ケース	地震動	評価位置		断面性状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
				部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
④	S _s -31 (H+, V+)	防潮壁	前面	1000	6000	5650	D51@150 (3段)	17271	0	87	435	0.21
④	S _s -31 (H+, V+)		背面	1000	6000	5795	D51@150 (1段)	17271	0	240	435	0.56
⑥	S _s -D1 (H+, V-)	フーチング		1000	4500	4300	D51@150 (1段)	2877	0	53	435	0.13
④	S _s -D1 (H+, V-)	地中連続壁 基礎	部材1	2400	10000	9660	D51@150 (2段)	170320	18350	57	435	0.14
③	S _s -D1 (H+, V-)		部材2	2400	10000	9660	D51@150 (2段)	482267	46601	168	435	0.39
③	S _s -31 (H+, V+)		部材3	2400	10000	9660	D51@150 (2段)	506998	59046	144	435	0.34
③	S _s -31 (H+, V+)		部材4	2400	10000	9660	D51@150 (2段)	498420	68541	220	435	0.51

注記 : 評価位置は下記に示す。

- 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
- @ : 鉄筋の配置間隔

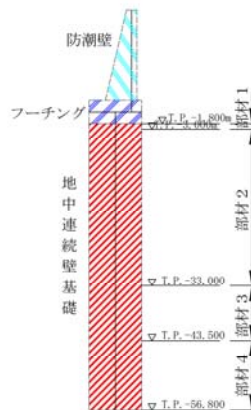


表 5.1-2 (3) せん断力に対する照査結果 (①-①断面)

検討 ケース	地震動	評価位置	断面性状			鉄筋仕様 (せん断補強筋)	せん断力 V (kN)	短期許容 せん断力 V_a (N/mm ²)	照査値 V/V _a	
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)					
④	S _s -31 (H+, V+)	防潮壁	1000	6000	5650	1.667本 D25@300	1411	6093	0.24	
⑥	S _s -D1 (H+, V-)	フーチング	1000	4500	4300	3.33本 D29@300	943	9387	0.11	
④	S _s -D1 (H+, V-)	地中連続壁 基礎	部材1	2400	10000	9660	8本 D32@300	12031	63279	0.20
⑥	S _s -31 (H+, V+)		部材2	2400	10000	9660	8本 D32@300	19411	63279	0.31
④	S _s -D1 (H+, V-)		部材3	2400	10000	9660	8本 D32@300	35114	87263	0.41
④	S _s -D1 (H+, V-)		部材4	2400	10000	9660	8本 D38@300	48212	87263	0.56

注記 : 評価位置は下記に示す。

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

@ : 鉄筋の配置間隔

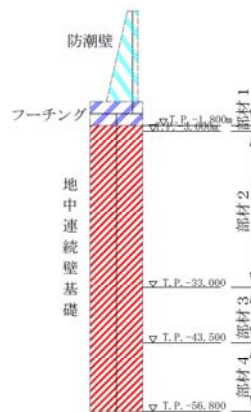


表 5.1-3 (1) コンクリートの曲げ軸力に対する照査結果 (②-②断面)

検討 ケース	地震動	評価位置	断面性状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}	
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)				
⑥	S _s -D1 (H+, V-)	フーチング	1000	4500	4300	D51@150 (1段)	696	0	0.3	21	0.02	
③	S _s -D1 (H+, V+)	地中連続壁 基礎	東側-部材1	10000	2400	1855	D51@150 (5段)	239957	10678	17.2	21	0.82
③	S _s -D1 (H+, V+)		東側-部材2	10000	2400	1930	D51@150 (4段)	232347	11187	17.0	21	0.81
④	S _s -D1 (H+, V+)		西側-部材3	10000	2400	1855	D51@150 (5段)	172181	37140	12.9	21	0.62
④	S _s -D1 (H+, V+)		西側-部材4	10000	2400	2080	D51@150 (2段)	150623	39612	13.9	21	0.67

注記 : 評価位置は下記に示す。

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

@ : 鉄筋の配置間隔

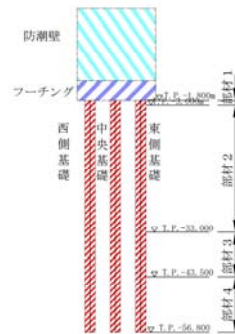


表 5.1-3 (2) 鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果 (②-②断面)

検討 ケース	地震動	評価位置	断面性状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}	
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)				
⑥	S _s -D1 (H+, V-)	フーチング	1000	4500	4300	D51@150 (1段)	696	0	13	435	0.03	
③	S _s -D1 (H+, V+)	地中連続壁 基礎	東側-部材1	10000	2400	1855	D51@150 (5段)	239957	10678	316	435	0.73
③	S _s -D1 (H+, V+)		東側-部材2	10000	2400	1930	D51@150 (4段)	232347	11187	330	435	0.76
④	S _s -D1 (H+, V+)		西側-部材3	10000	2400	1855	D51@150 (5段)	172032	36317	203	435	0.47
④	S _s -D1 (H+, V+)		西側-部材4	10000	2400	2080	D51@150 (2段)	150707	39270	257	435	0.60

注記 : 評価位置は下記に示す。

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

@ : 鉄筋の配置間隔

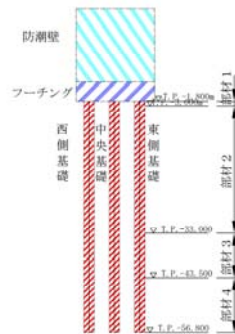
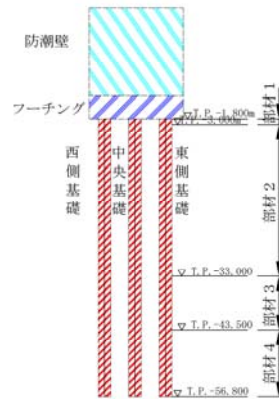


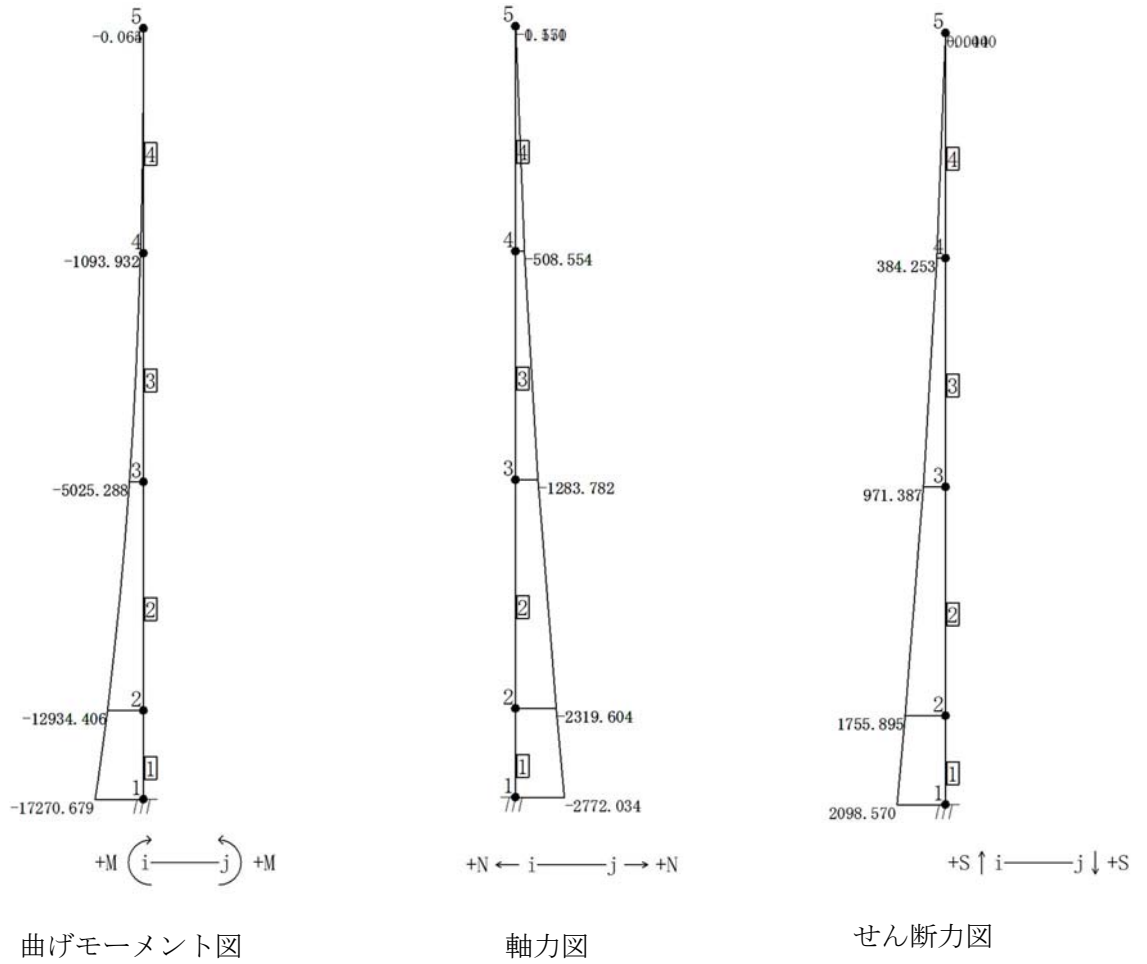
表 5.1-3 (3) せん断力に対する照査結果 (②-②断面)

検討 ケース	地震動	評価位置		断面性状			鉄筋仕様 (せん断補強筋)	せん断力 V (kN)	短期許容 せん断力 V_a (N/mm^2)	照査値 V/V_a
				部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)				
⑥	$S_s - D 1$ (H+, V-)	フーチング		1000	4500	4300	3.33本 D29@300	464	9387	0.05
①	$S_s - D 1$ (H+, V-)	地中連続壁 基礎	東側-部材1	10000	2400	1855	12本 D32@300	10034	22461	0.45
①	$S_s - D 1$ (H+, V-)		東側-部材2	10000	2400	1930	16本 D35@300	13432	33352	0.41
②	$S_s - D 1$ (H+, V+)		西側-部材3	10000	2400	1855	18本 D38@300	13661	40719	0.34
③	$S_s - D 1$ (H+, V+)		西側-部材4	10000	2400	2080	18本 D38@300	26790	45658	0.59

注記 : 評価位置は下記に示す。

- 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
- 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
- @ : 鉄筋の配置間隔





(前面, 背面ともに同一数値)

図 5.1-1 鉄筋コンクリート防潮壁の水平加速度が最大となるケースの断面力
 (①-①断面) ($S_s - 3.1 [H+, V+]$)
 (検討ケース④: 敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により
 地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)

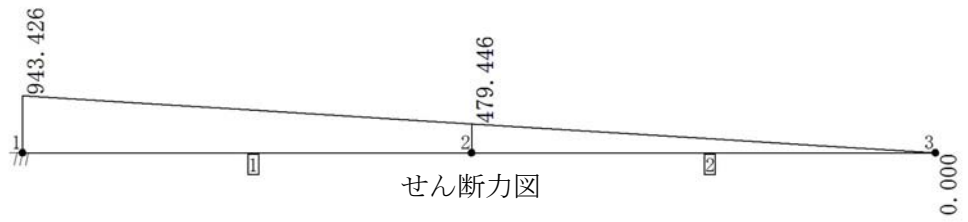
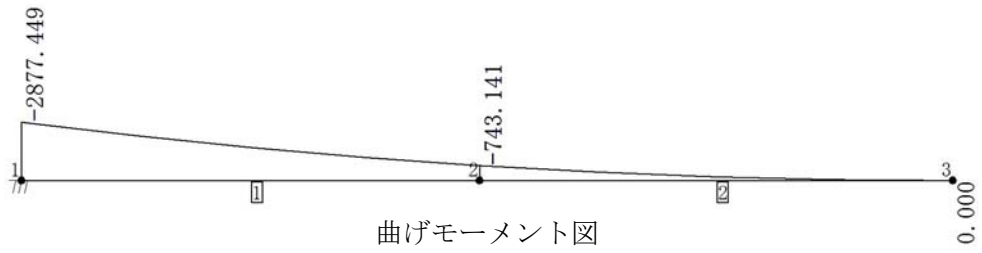


図 5.1-2 (1) フーチングの鉛直加速度が最大となるケースの断面力
 (①-①断面) ($S_s-D1 [H+, V-]$)
 (検討ケース⑥: 地盤物性のばらつきを考慮 (+1 σ) して
 非液状化の条件を仮定した解析ケース)

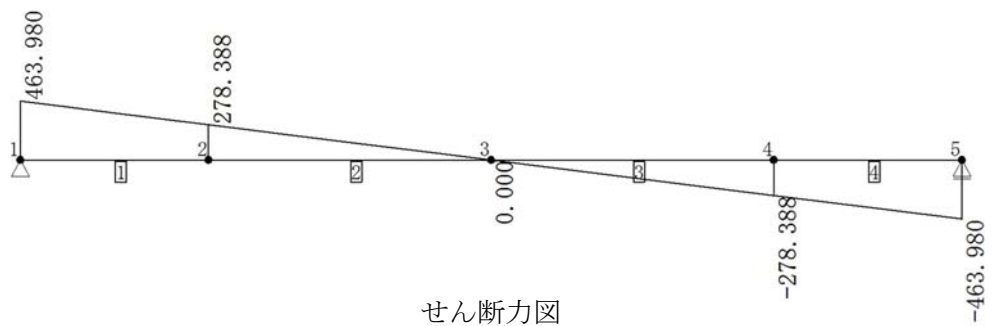
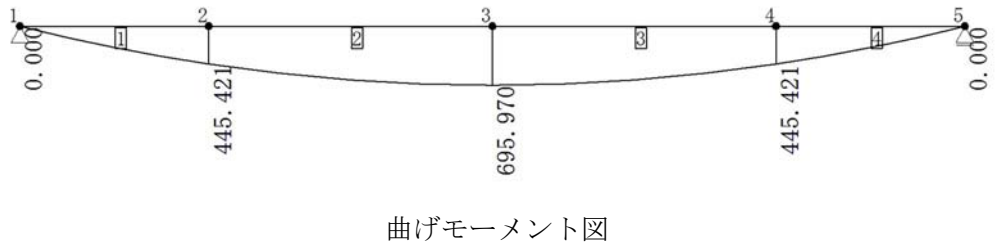
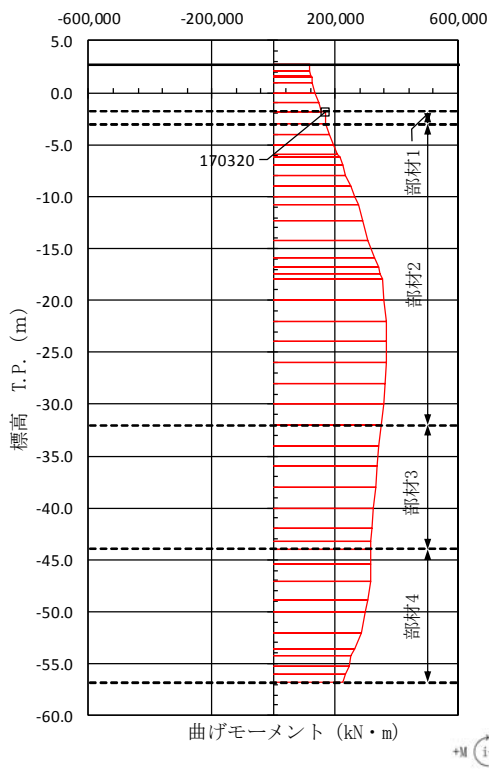
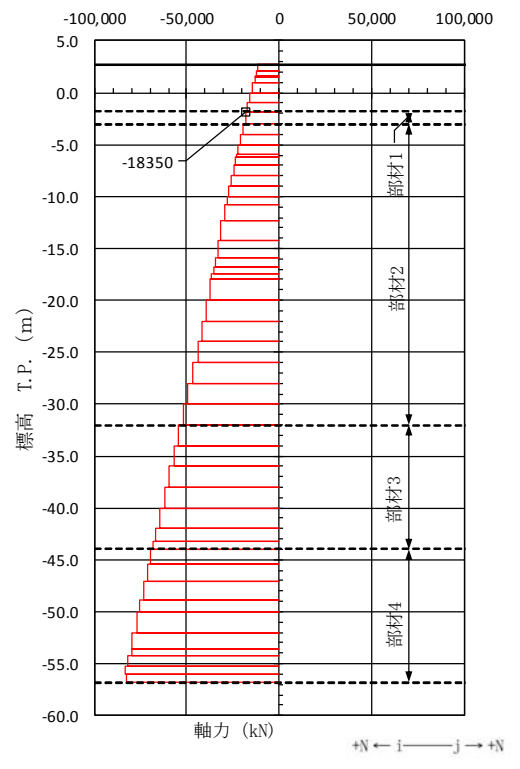


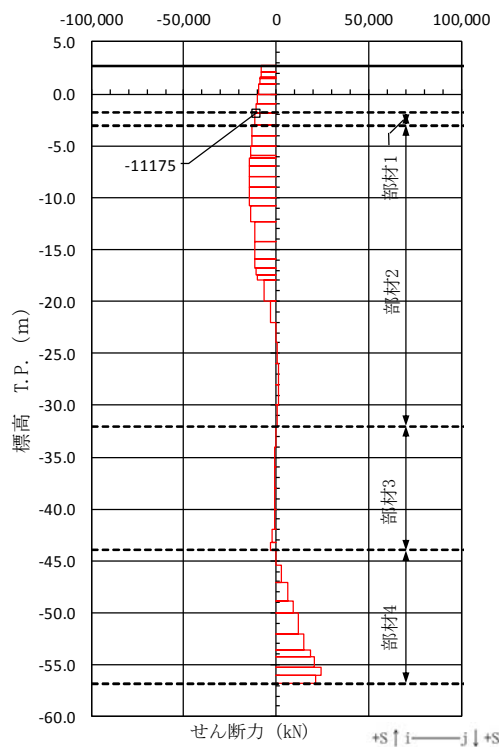
図 5.1-2 (2) フーチングの鉛直加速度が最大となるケースの断面力
 (②-②断面) ($S_s-D1 [H+, V-]$)
 (検討ケース⑥: 地盤物性のばらつきを考慮 (+1 σ) して
 非液状化の条件を仮定した解析ケース)



曲げモーメント図



軸力図

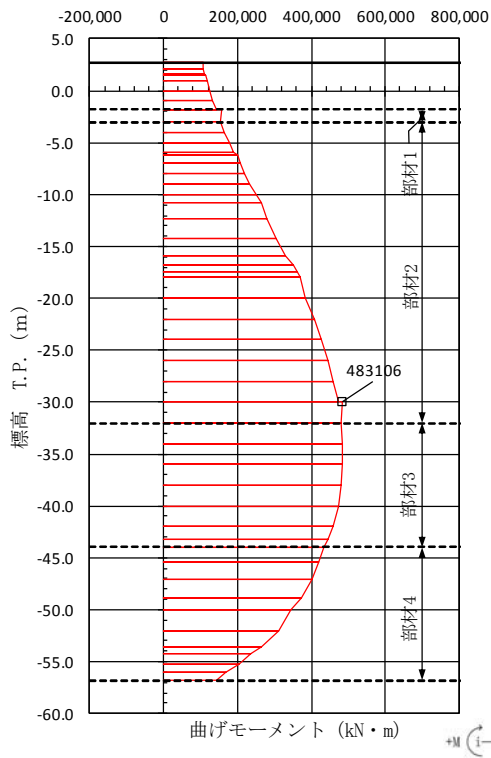


せん断力図

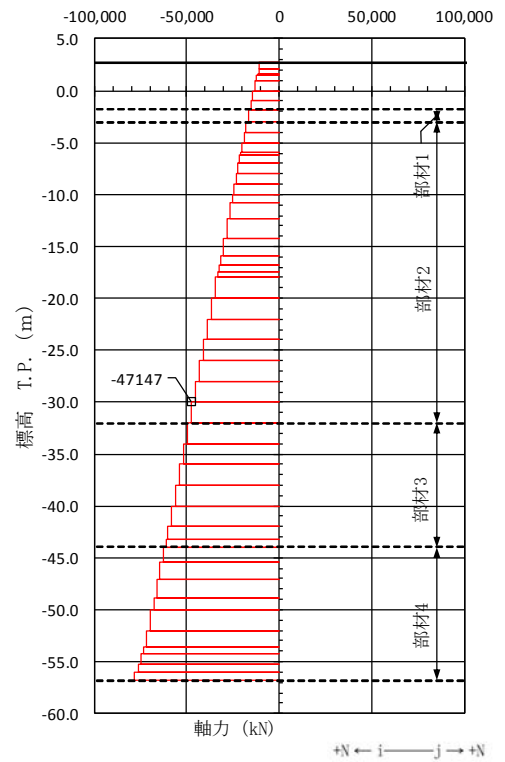
図 5.1-3 (1) 地中連続壁基礎部材 1 において最も厳しいコンクリートの曲げ軸力の照査値となる時刻の断面力 (①-①断面)

($S_s - D 1$ [H+, V-], $t = 53.77$ s)

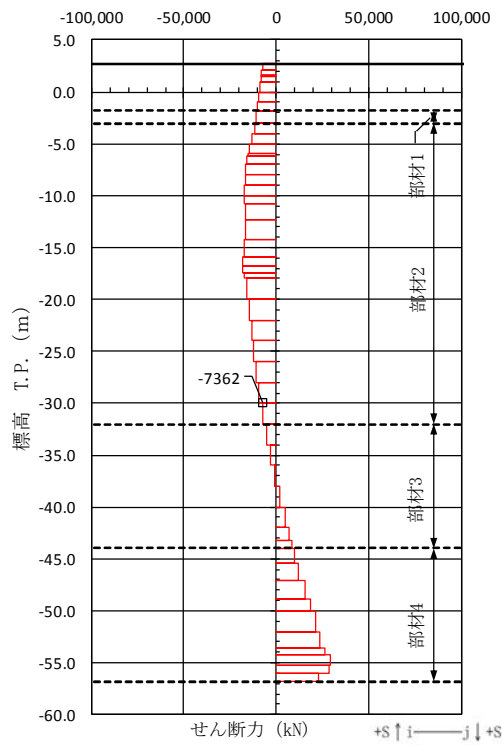
(検討ケース④: 敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)



曲げモーメント図



軸力図

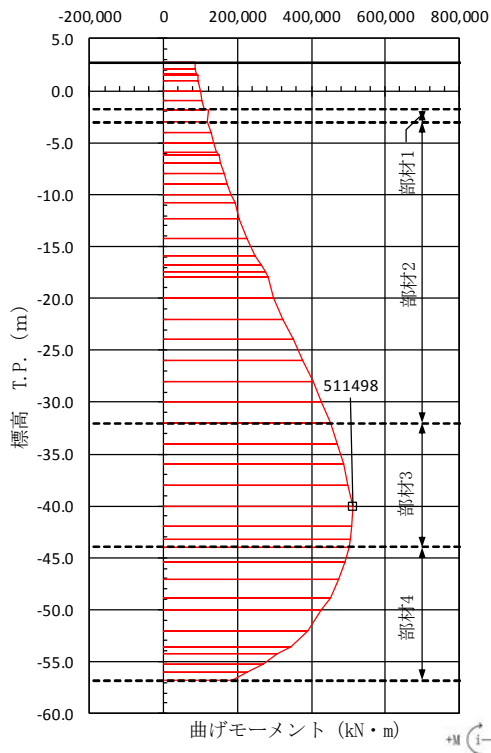


せん断力図

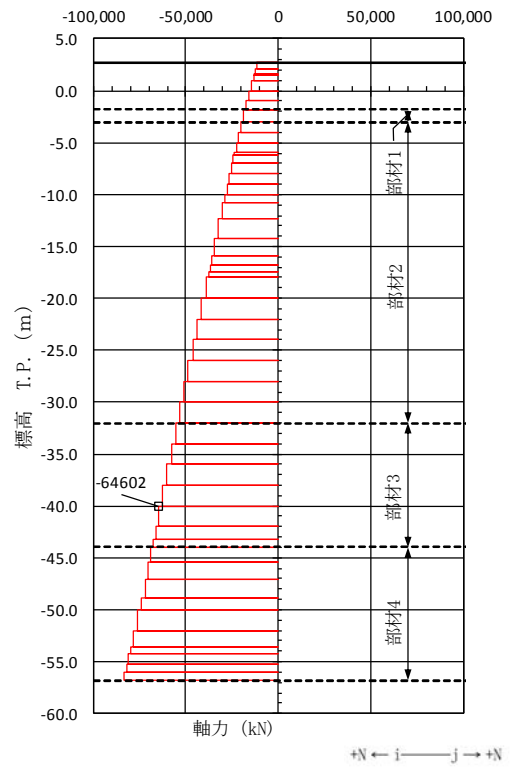
図 5.1-3 (2) 地中連続壁基礎部材 2 において最も厳しいコンクリートの
曲げ軸力の照査値となる時刻の断面力 (①-①断面)

($S_s - D1$ [H+, V-], $t = 19.65$ s)

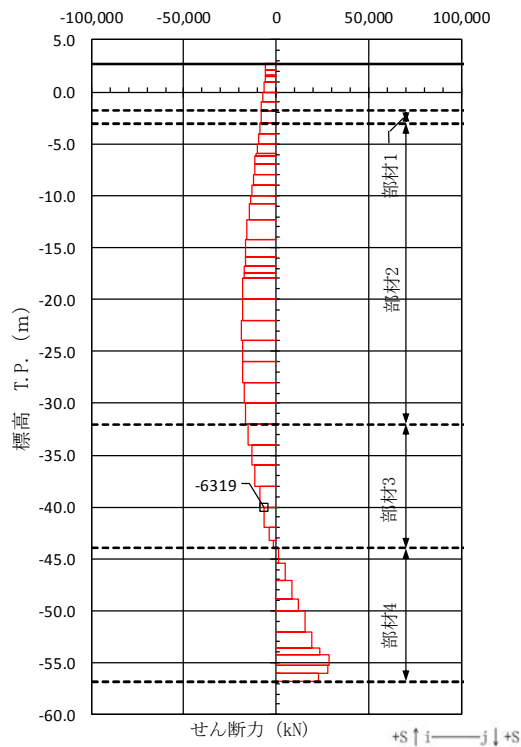
(検討ケース③: 地盤物性のばらつきを考慮 (-1 σ) した解析ケース)



曲げモーメント図



軸力図

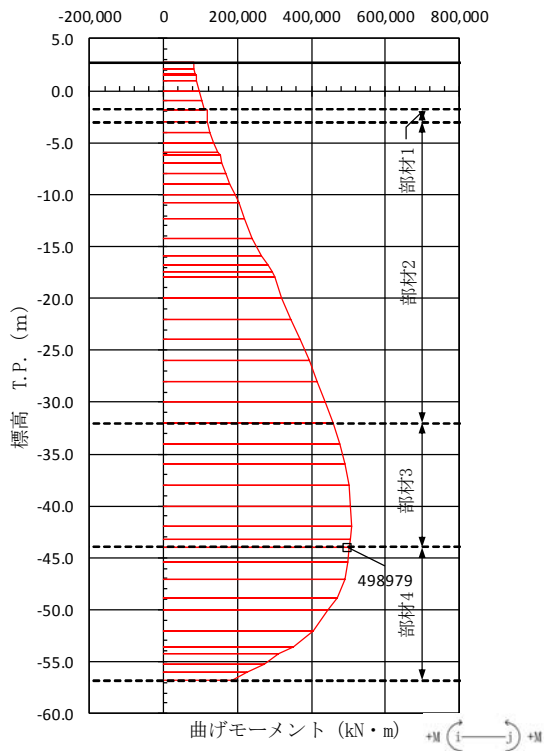


せん断力図

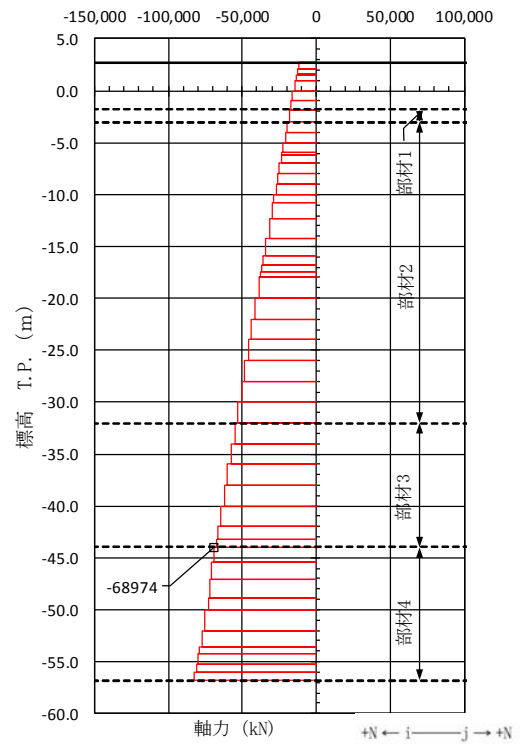
図 5.1-3 (3) 地中連続壁基礎部材 3 において最も厳しいコンクリートの
曲げ軸力の照査値となる時刻の断面力 (①-①断面)

($S_s - 31$ [H+, V+], $t = 8.93$ s)

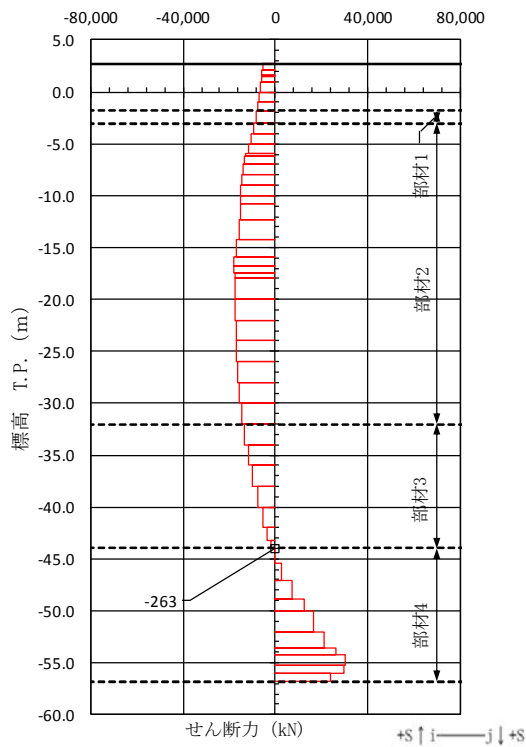
(検討ケース③: 地盤物性のばらつきを考慮 (-1 σ) した解析ケース)



曲げモーメント図



軸力図

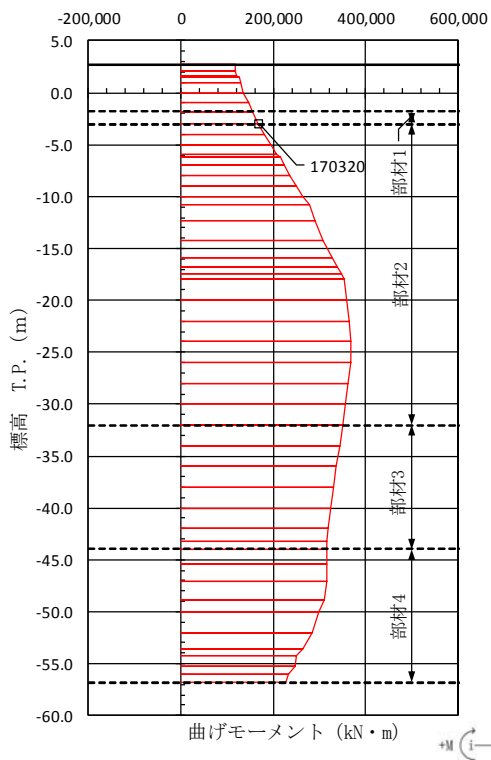


せん断力図

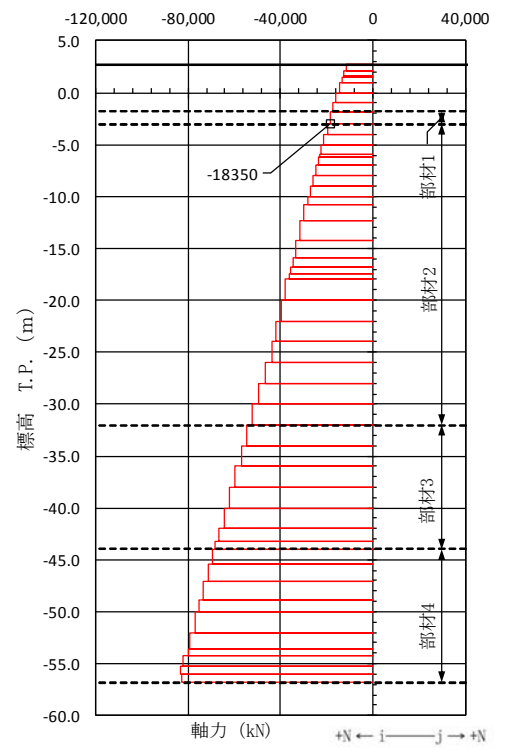
図 5.1-3 (4) 地中連続壁基礎部材 4 において最も厳しいコンクリートの
曲げ軸力の照査値となる時刻の断面力 (①-①断面)

($S_s - 31$ [H+, V+], $t = 8.94$ s)

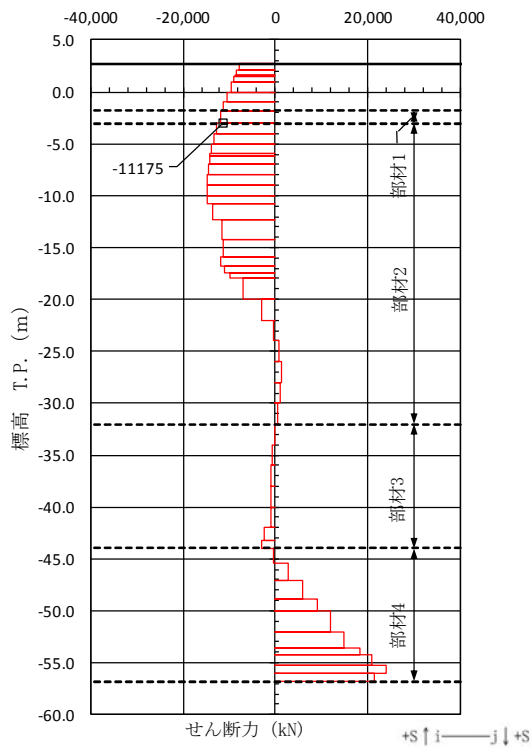
(検討ケース③: 地盤物性のばらつきを考慮 (-1 σ) した解析ケース)



曲げモーメント図



軸力図

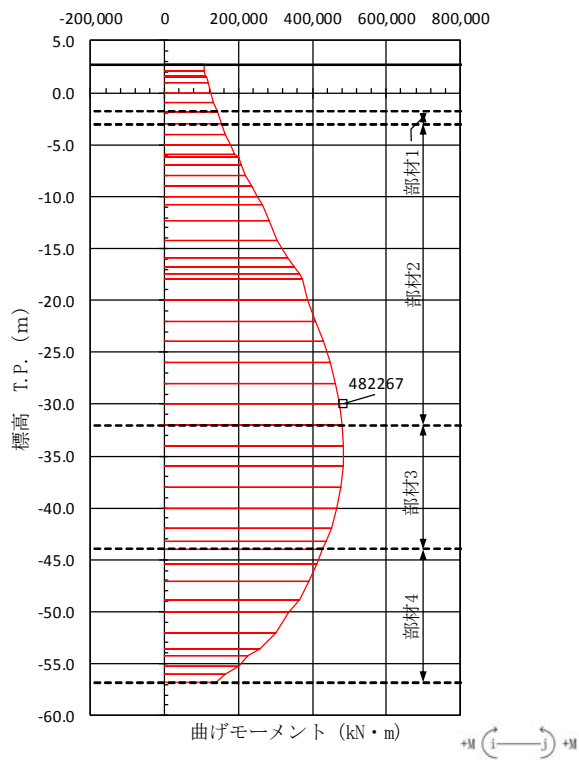


せん断力図

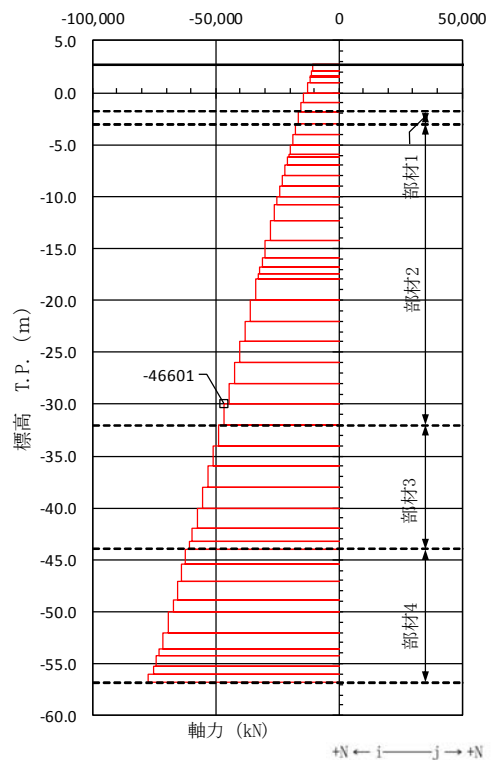
図 5.1-3 (5) 地中連続壁基礎部材 1 において最も厳しい鉄筋の
曲げ軸力の照査値となる時刻の断面力 (①-①断面)

($S_s - D 1$ [H+, V-], $t = 53.77$ s)

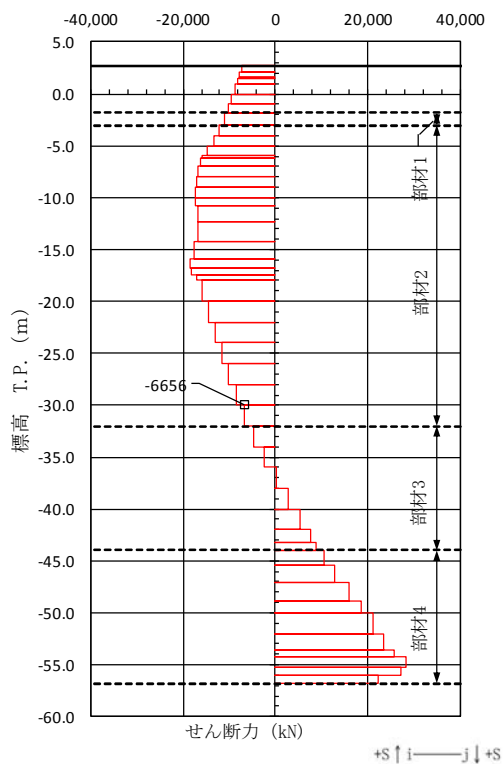
(検討ケース④: 敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)



曲げモーメント図



軸力図

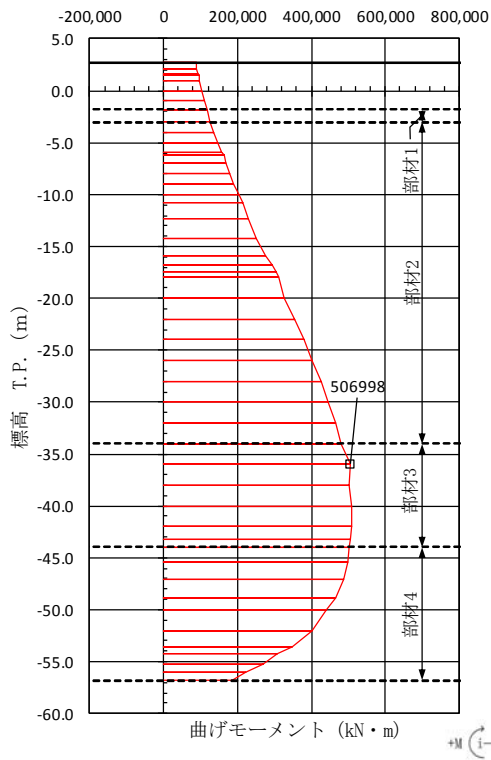


せん断力図

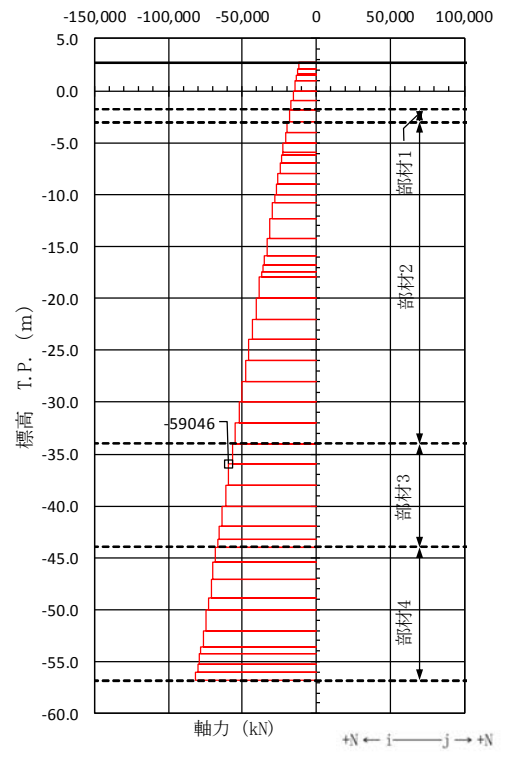
図 5.1-3 (6) 地中連続壁基礎部材 2 において最も厳しい鉄筋の
曲げ軸力の照査値となる時刻の断面力 (①-①断面)

($S_s - D1$ [H+, V-], $t = 19.66$ s)

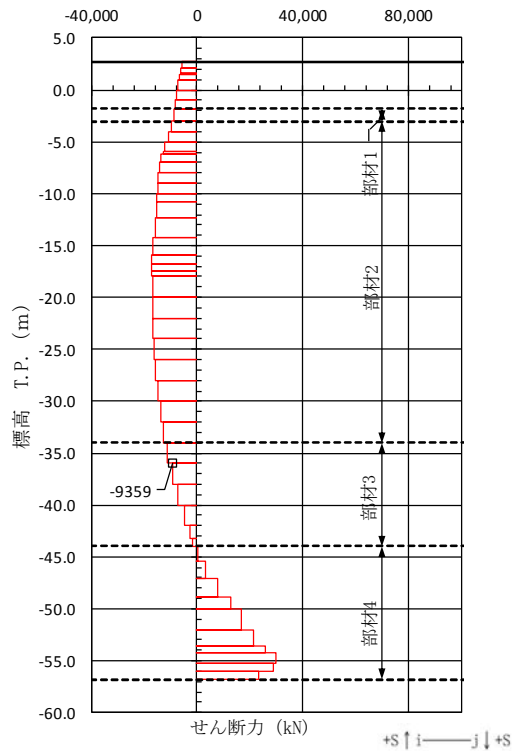
(検討ケース③: 地盤物性のばらつきを考慮 (-1 σ) した解析ケース)



曲げモーメント図



軸力図

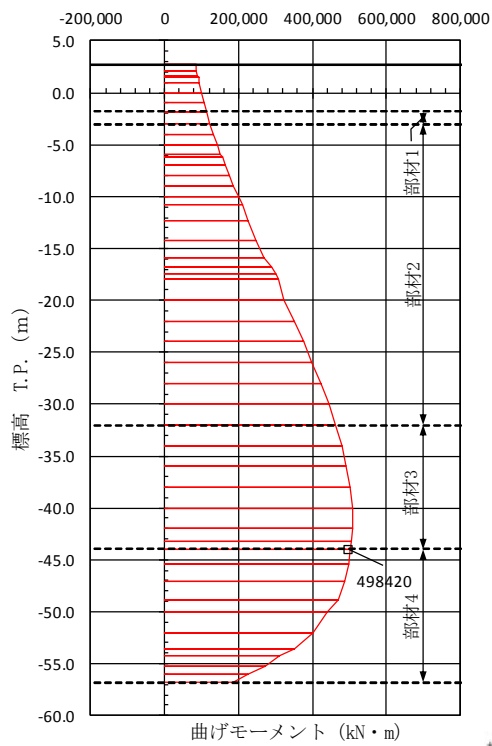


せん断力図

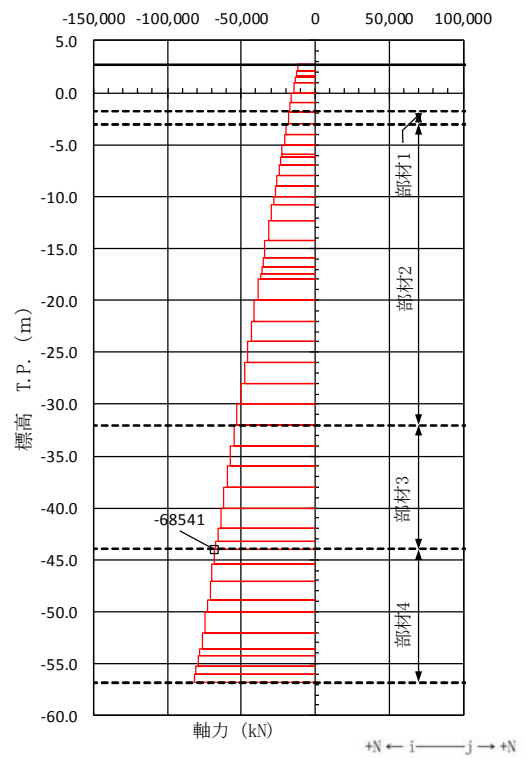
図 5.1-3 (7) 地中連続壁基礎部材 3 において最も厳しい鉄筋の
曲げ軸力の照査値となる時刻の断面力 (①-①断面)

($S_s - 31$ [H+, V+], $t = 8.92$ s)

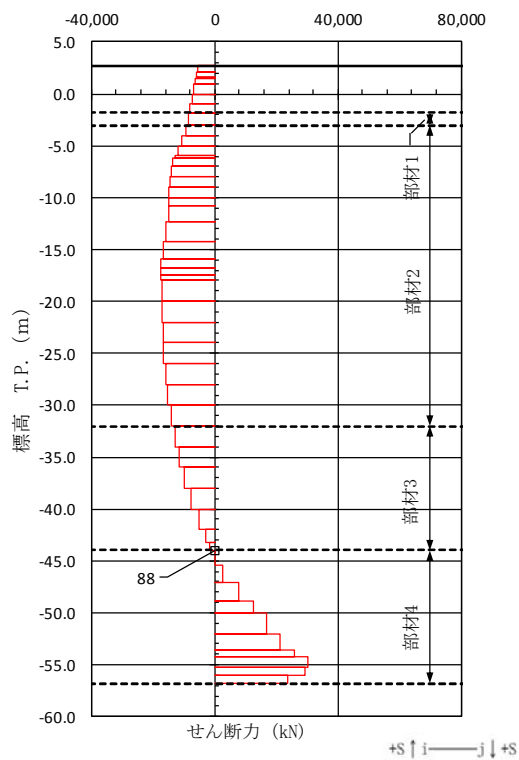
(検討ケース③ : 地盤物性のばらつきを考慮 (-1 σ) した解析ケース)



曲げモーメント図



軸力図

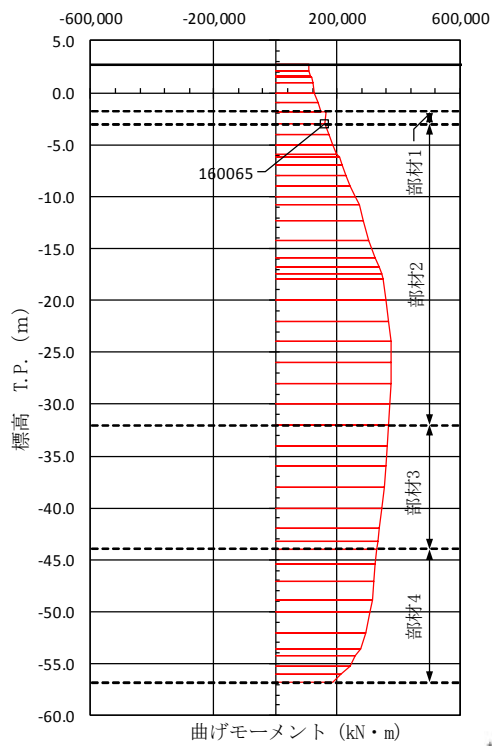


せん断力図

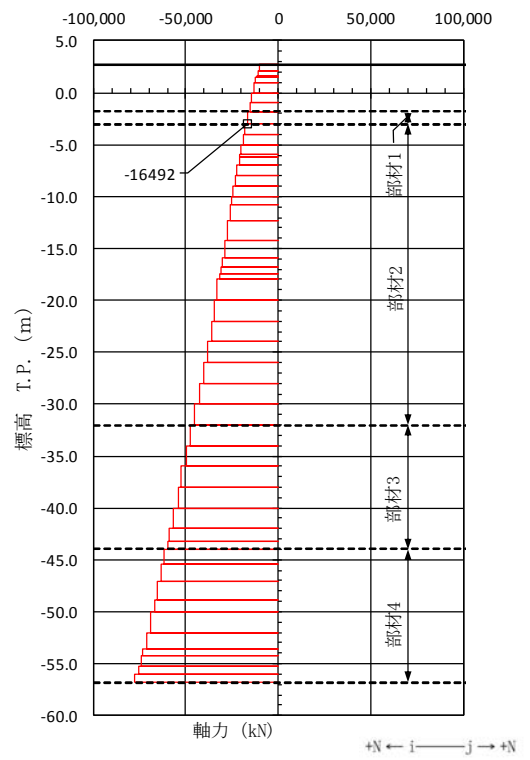
図 5.1-3 (8) 地中連続壁基礎部材 4 において最も厳しい鉄筋の
曲げ軸力の照査値となる時刻の断面力 (①-①断面)

(S_s-31 [H+, V+], $t=8.93$ s)

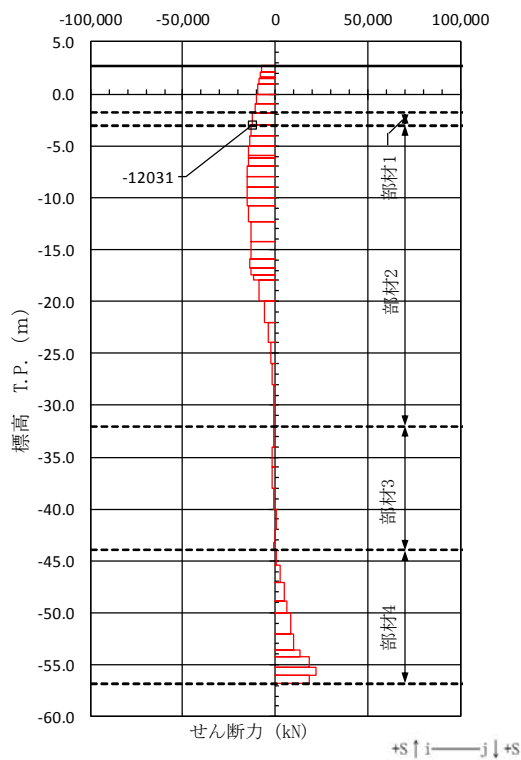
(検討ケース③: 地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース)



曲げモーメント図



軸力図

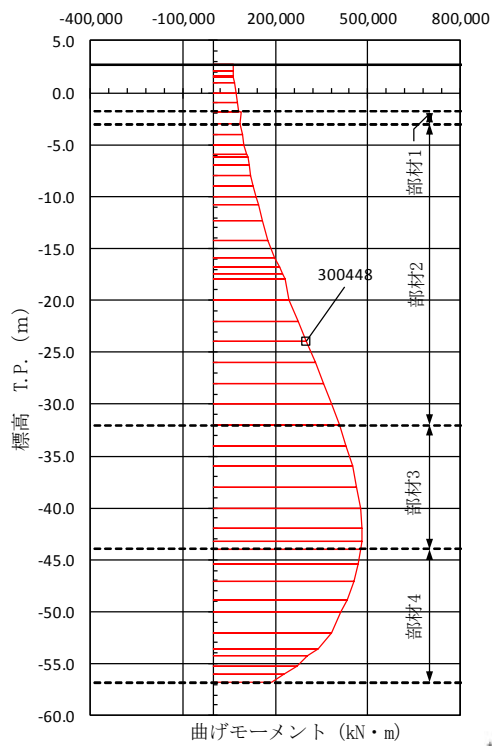


せん断力図

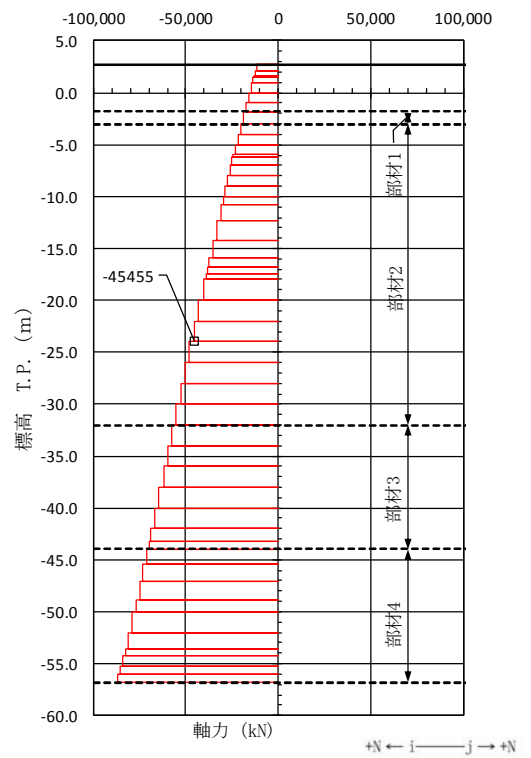
図 5.1-3 (9) 地中連続壁基礎部材 1 において最も厳しいせん断力の照査値となる時刻の断面力 (①-①断面)

($S_s - D 1$ [H+, V-], $t = 19.67$ s)

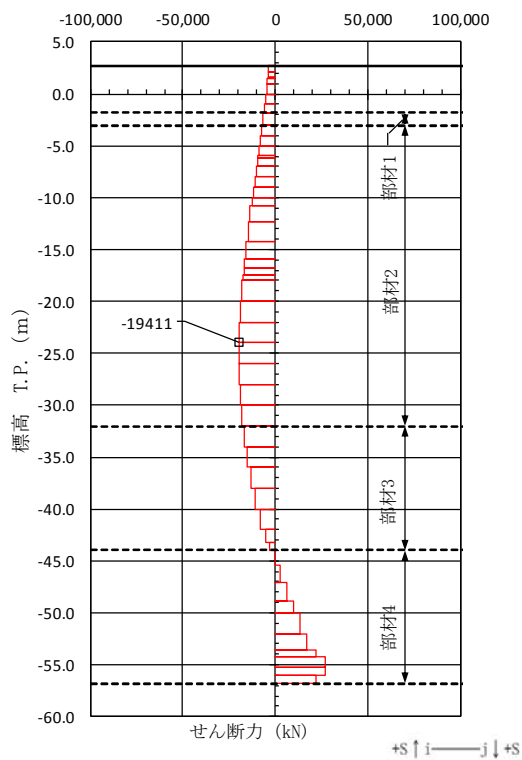
(検討ケース④: 敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)



曲げモーメント図



軸力図

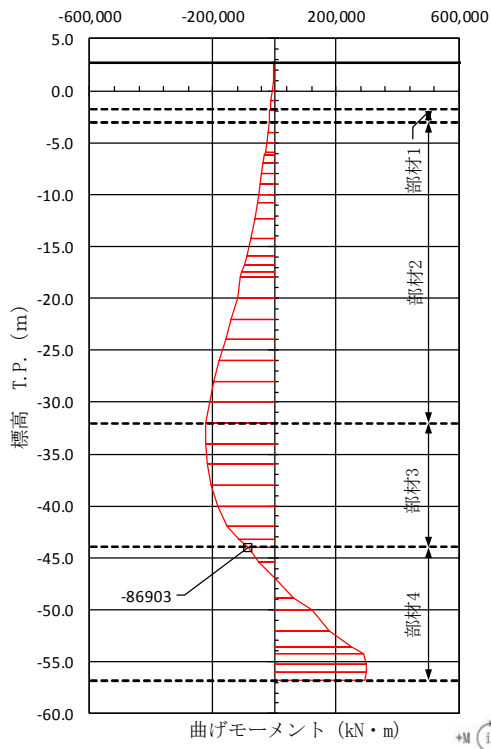


せん断力図

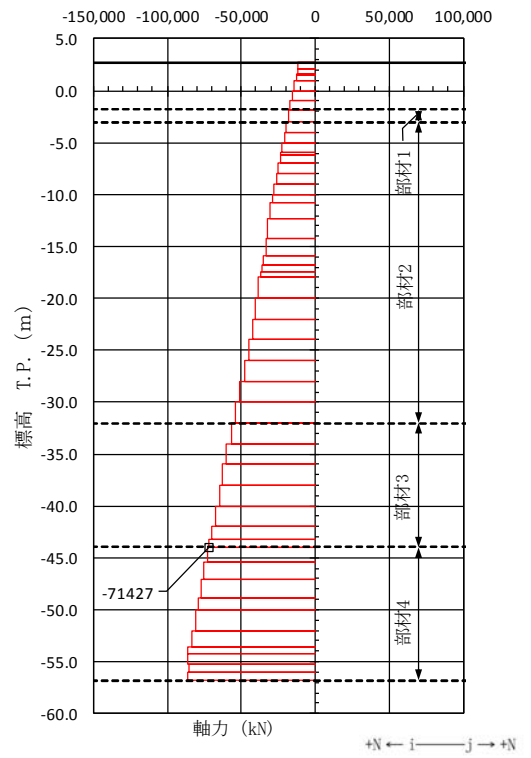
図 5.1-3 (10) 地中連続壁基礎部材 2 において最も厳しいせん断力の照査値の照査値となる時刻の断面力 (①-①断面)

(S_s-31 [H+, V+], $t=8.99$ s)

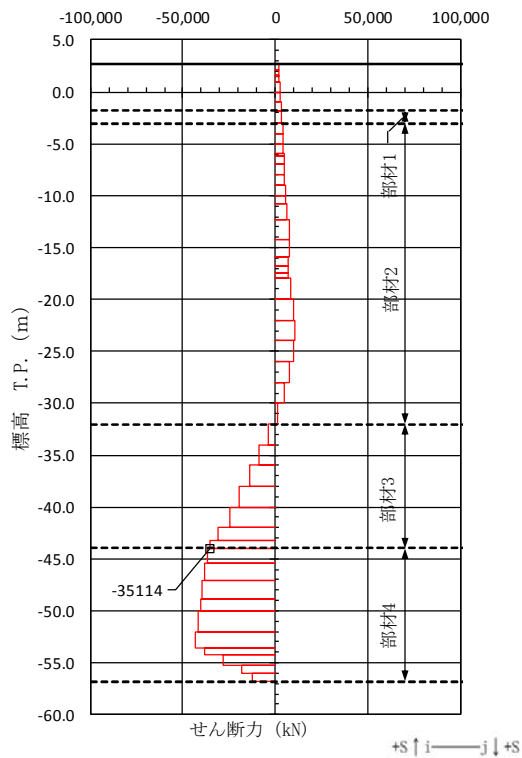
(検討ケース⑥: 地盤物性のばらつきを考慮 (+1 σ) して非液状化の条件を仮定した解析ケース)



曲げモーメント図



軸力図



せん断力図

図 5.1-3 (11) 地中連続壁基礎部材 3 において最も厳しいせん断力の照査値の照査値となる時刻の断面力 (①-①断面)

($S_s - D1$ [H+, V-], $t = 53.46$ s)

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

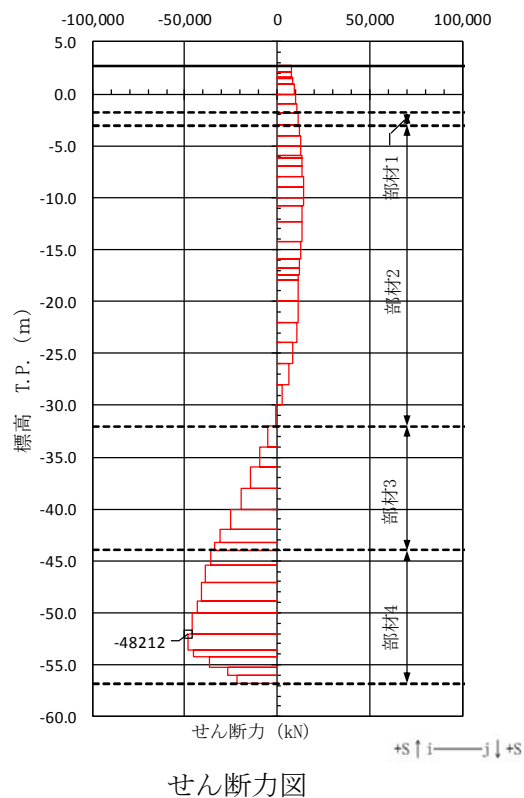
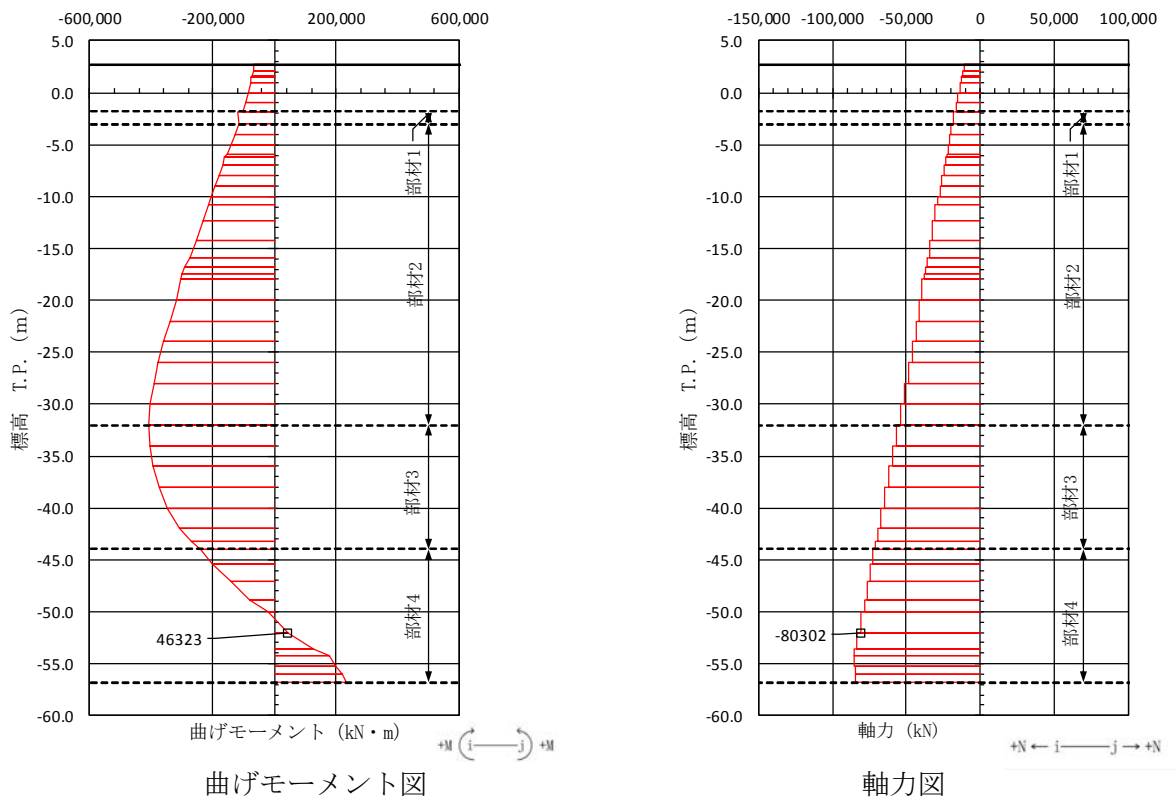
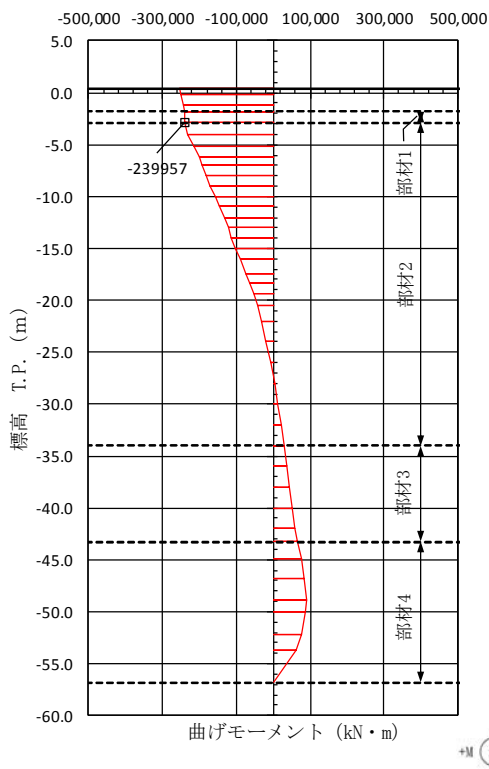
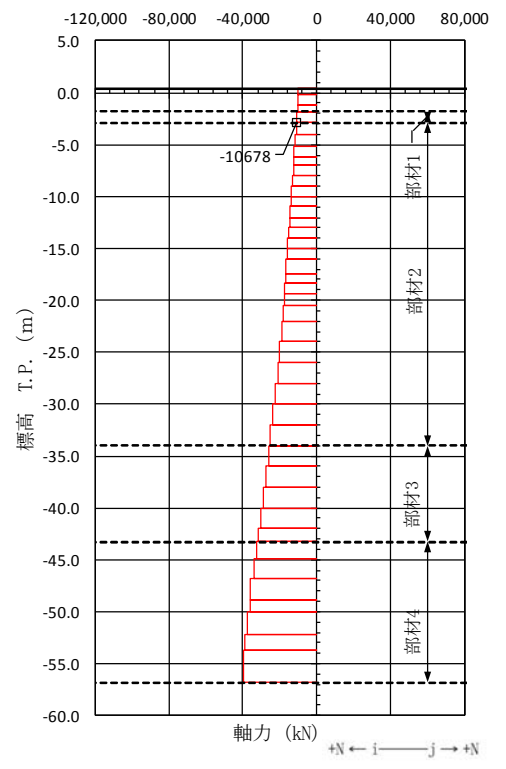


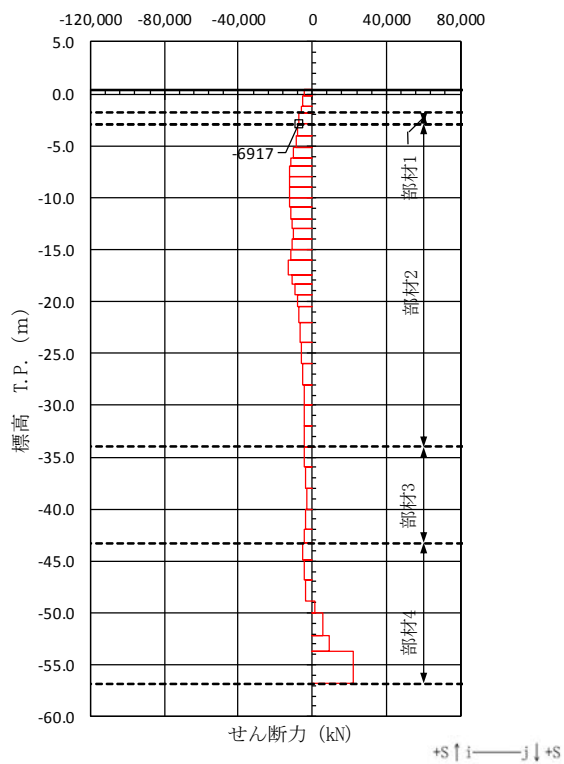
図 5.1-3 (12) 地中連続壁基礎部材 4 において最も厳しいせん断力の照査値の照査値となる時刻の断面力 (①-①断面)
 $(S_s - D1 [H+, V-], t = 54.06 \text{ s})$
 (検討ケース④: 敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)



曲げモーメント図



軸力図

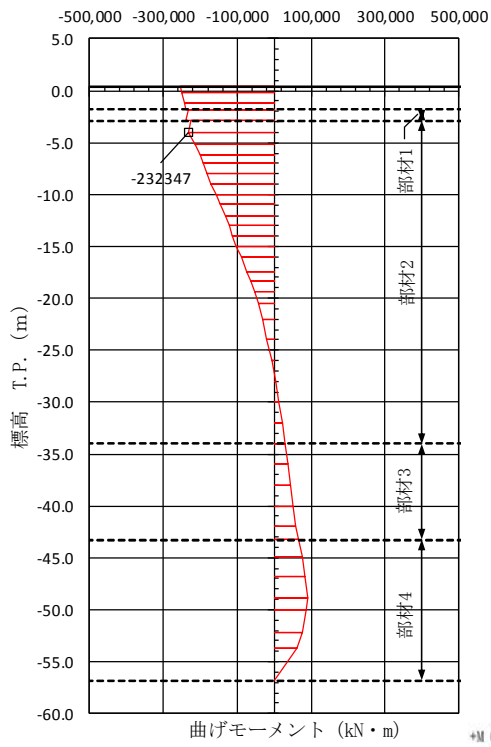


せん断力図

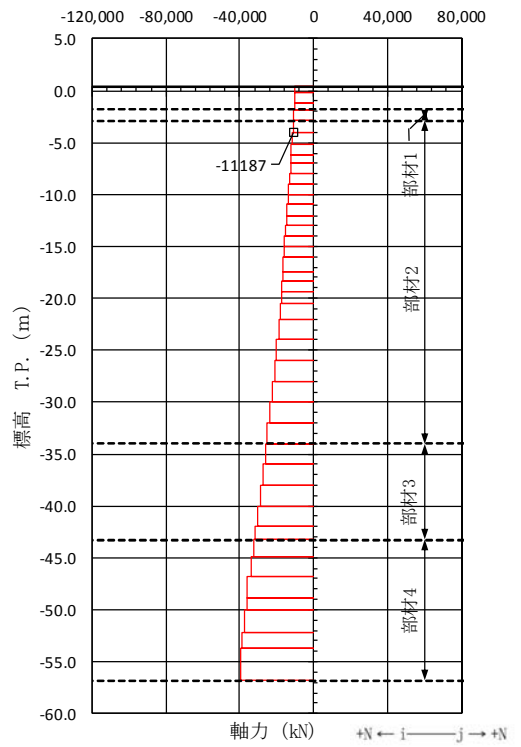
図 5.1-3 (13) 地中連続壁基礎部材 1 において最も厳しいコンクリートの
曲げ軸力の照査値となる時刻の断面力 (②-②断面)

($S_s - D1$ [H+, V+], $t = 22.73$ s)

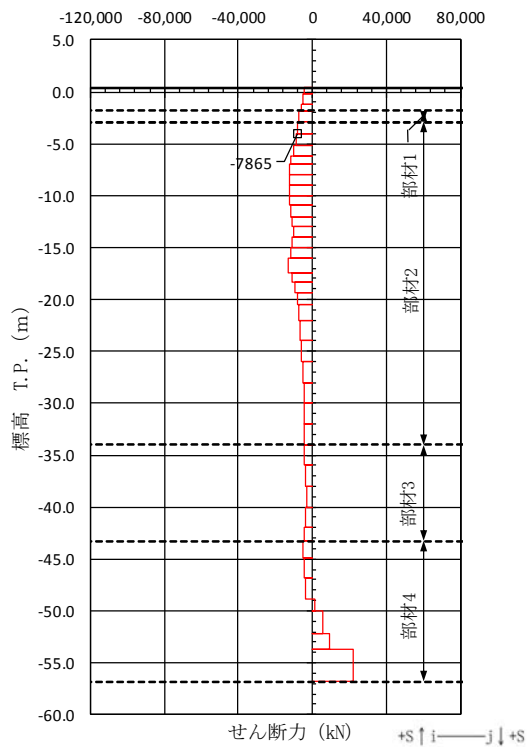
(検討ケース③: 地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース)



曲げモーメント図



軸力図

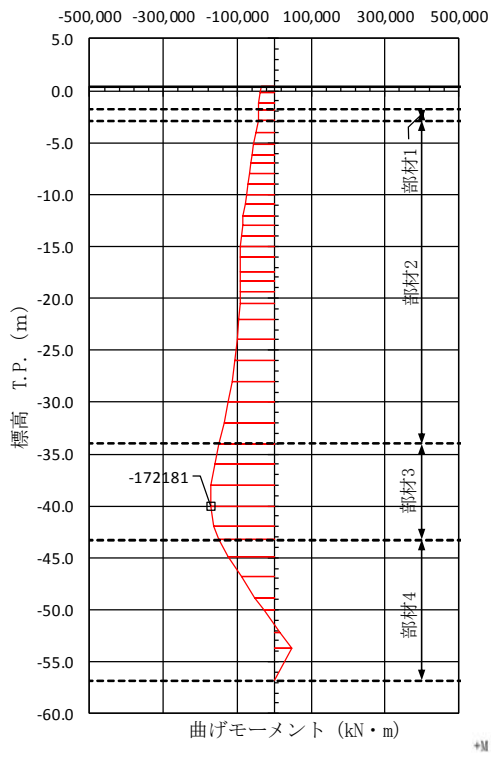


せん断力図

図 5.1-3 (14) 地中連続壁基礎部材 2 において最も厳しいコンクリートの
曲げ軸力の照査値となる時刻の断面力 (②-②断面)

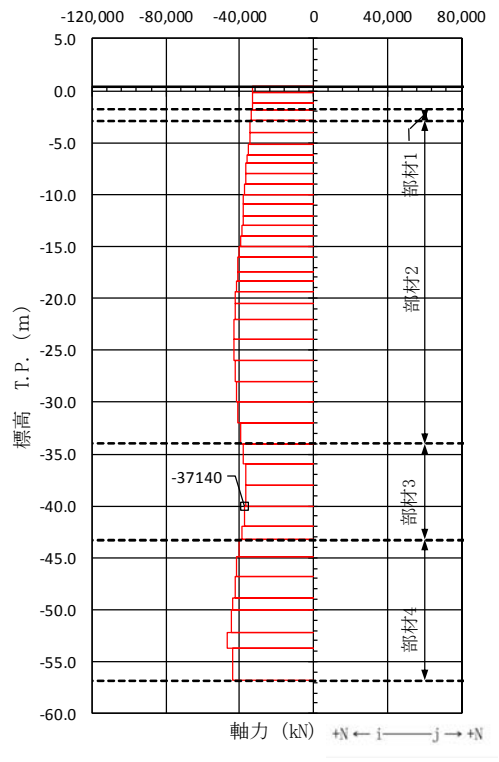
($S_s - D1$ [H+, V+], $t = 22.73$ s)

(検討ケース③: 地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース)



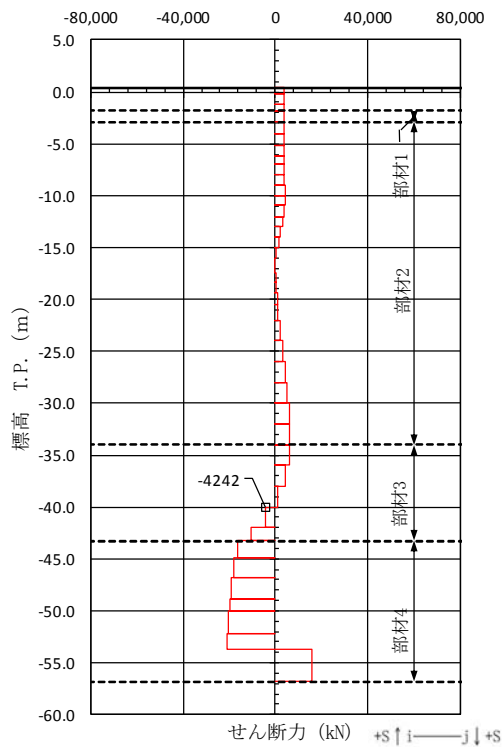
曲げモーメント図

+M (i → j) +M



軸力図

+N ← i → j → +N



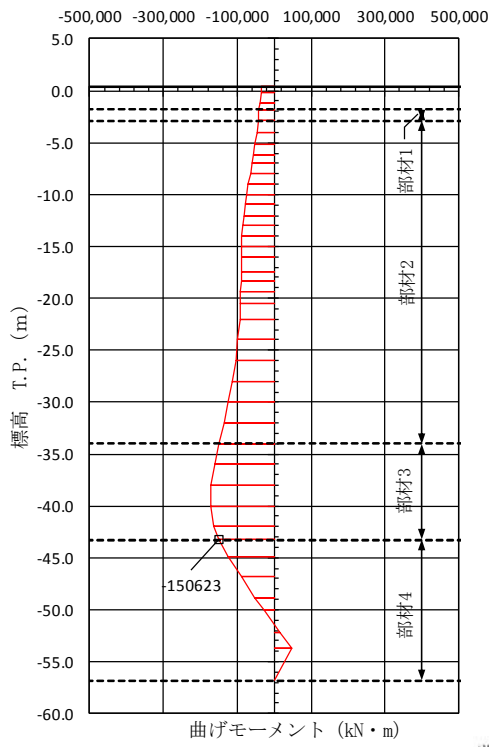
せん断力図

+S ↑ i → j ↓ +S

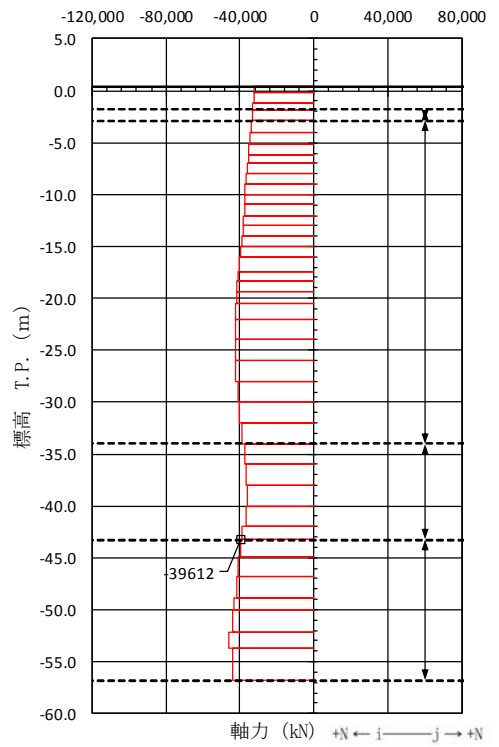
図 5.1-3 (15) 地中連続壁基礎部材 3 において最も厳しいコンクリートの
曲げ軸力の照査値となる時刻の断面力 (②-②断面)

($S_s - D 1$ [H+, V+], $t = 53.56$ s)

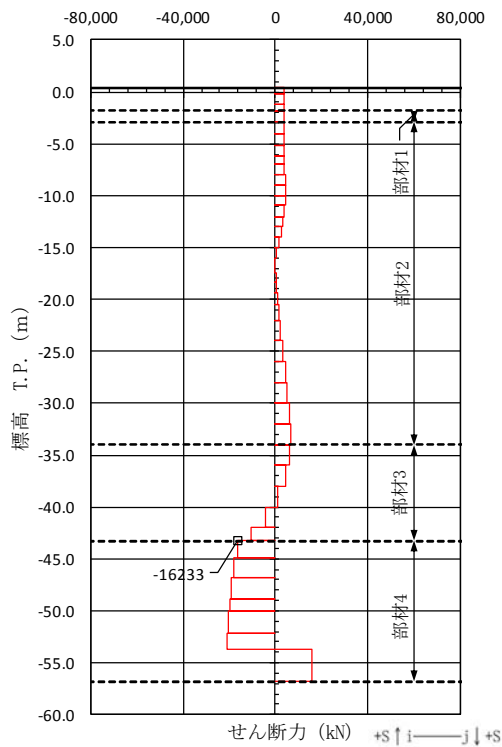
(検討ケース④: 敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)



曲げモーメント図



軸力図

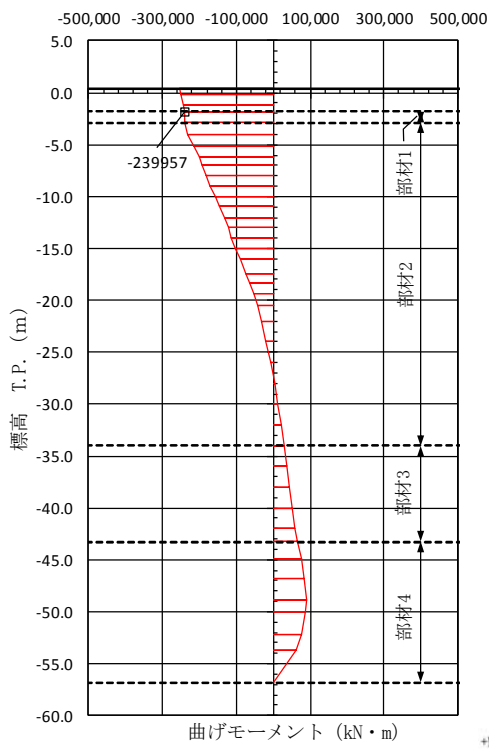


せん断力図

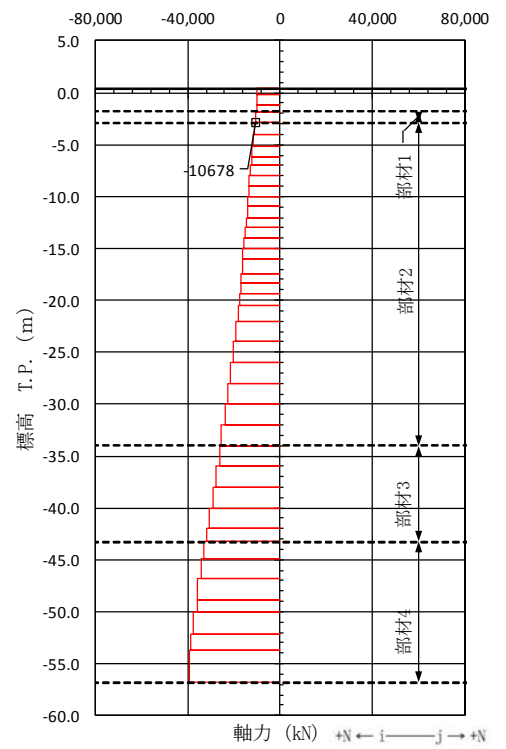
図 5.1-3 (16) 地中連続壁基礎部材 4 において最も厳しいコンクリートの曲げ軸力の照査値となる時刻の断面力 (②-②断面)

($S_s - D 1$ [H+, V+], $t = 53.55$ s)

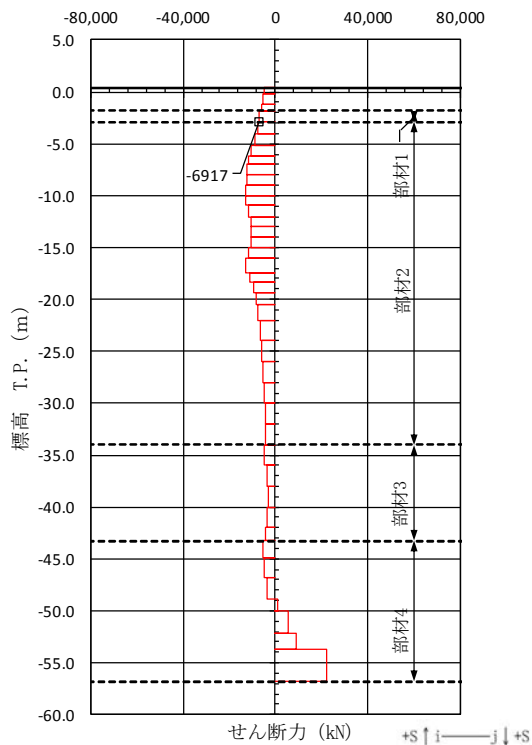
(検討ケース④: 敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)



曲げモーメント図



軸力図

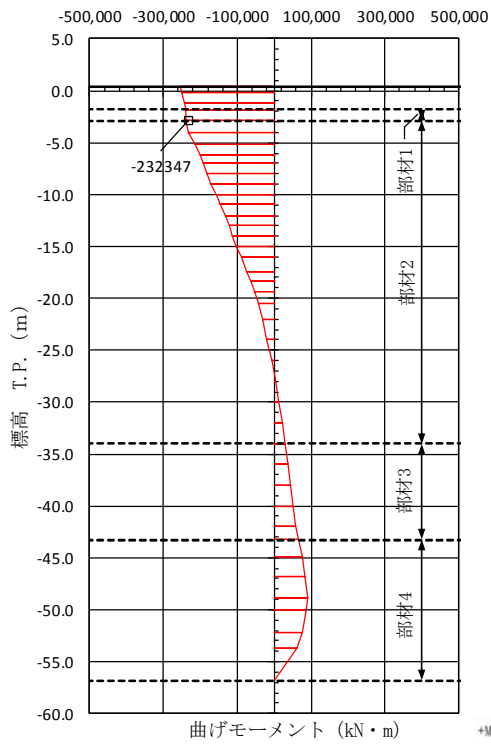


せん断力図

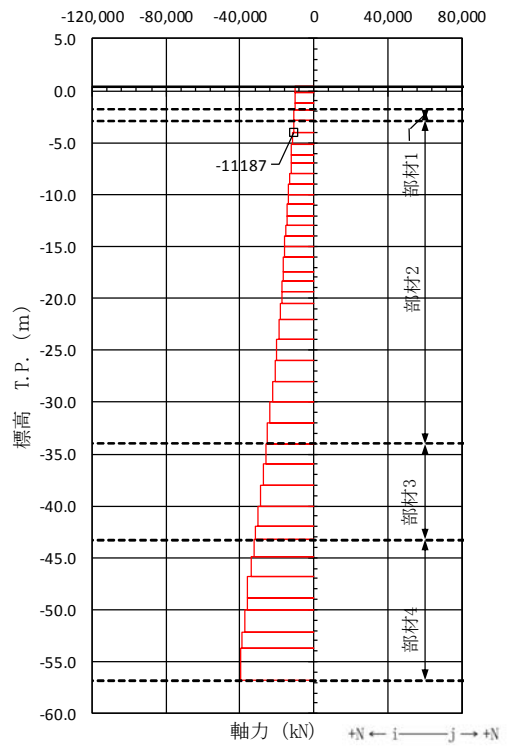
図 5.1-3 (17) 地中連続壁基礎部材 1 において最も厳しい鉄筋の
曲げ軸力の照査値となる時刻の断面力 (②-②断面)

($S_s - D1$ [H+, V+], $t = 22.73$ s)

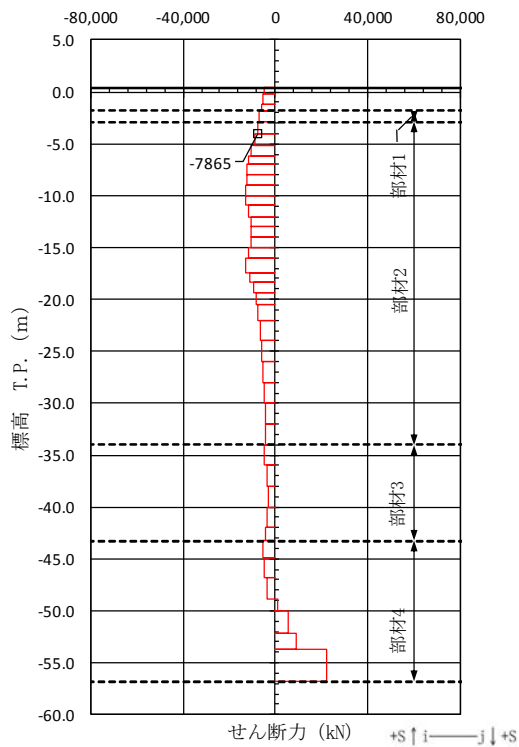
(検討ケース③: 地盤物性のばらつきを考慮 (-1 σ) した解析ケース)



曲げモーメント図



軸力図

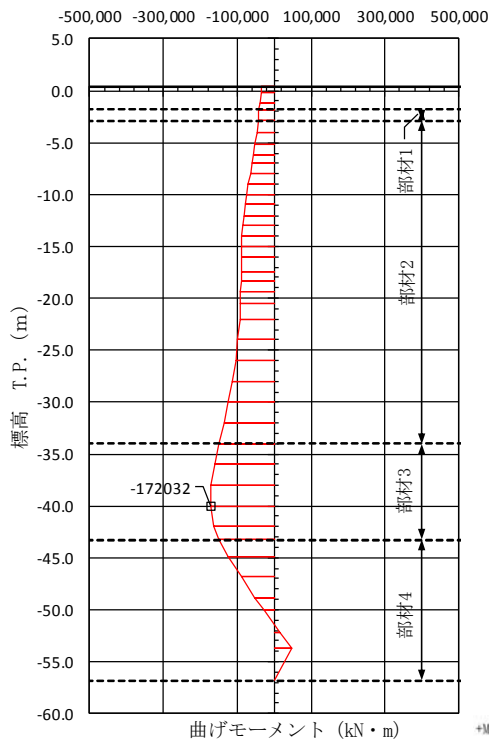


せん断力図

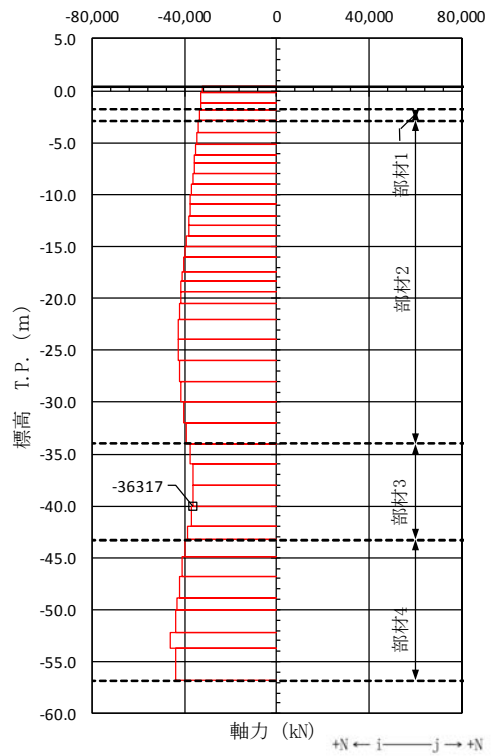
図 5.1-3 (18) 地中連続壁基礎部材 2 において最も厳しい鉄筋の
曲げ軸力の照査値となる時刻の断面力 (②-②断面)

($S_s - D 1$ [H+, V+], $t = 22.73$ s)

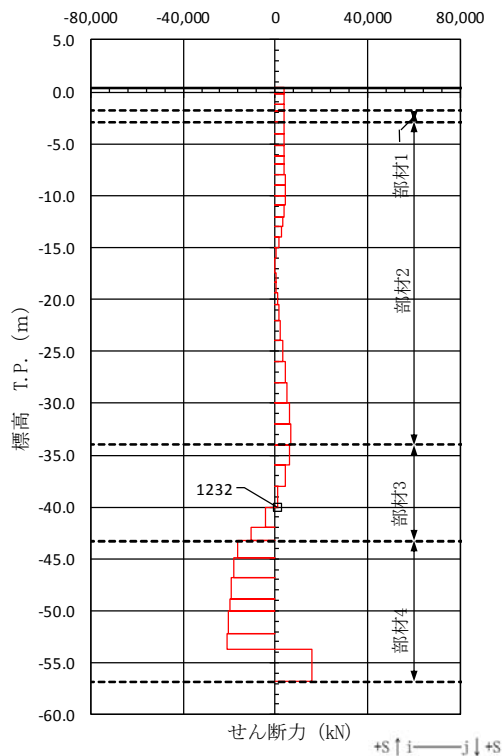
(検討ケース③: 地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース)



曲げモーメント図



軸力図

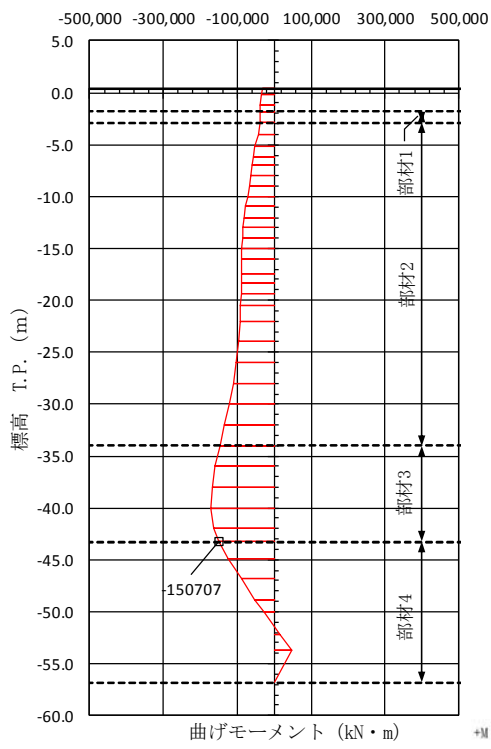


せん断力図

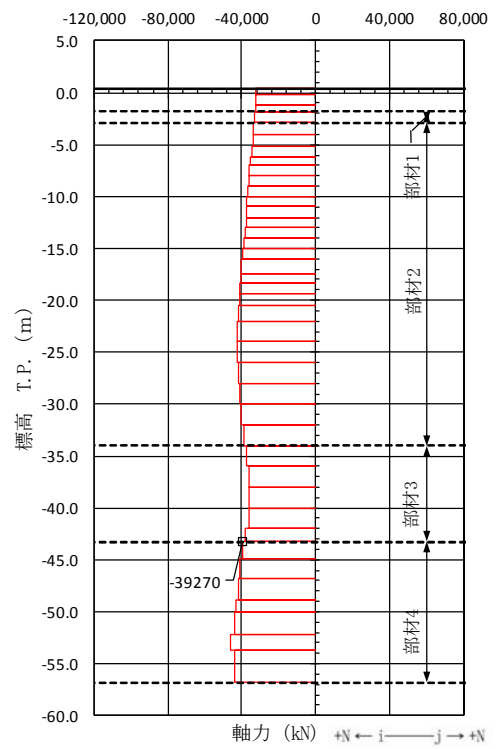
図 5.1-3 (19) 地中連続壁基礎部材 3 において最も厳しい鉄筋の
曲げ軸力の照査値となる時刻の断面力 (②-②断面)

($S_s - D 1$ [H+, V+], $t = 53.55$ s)

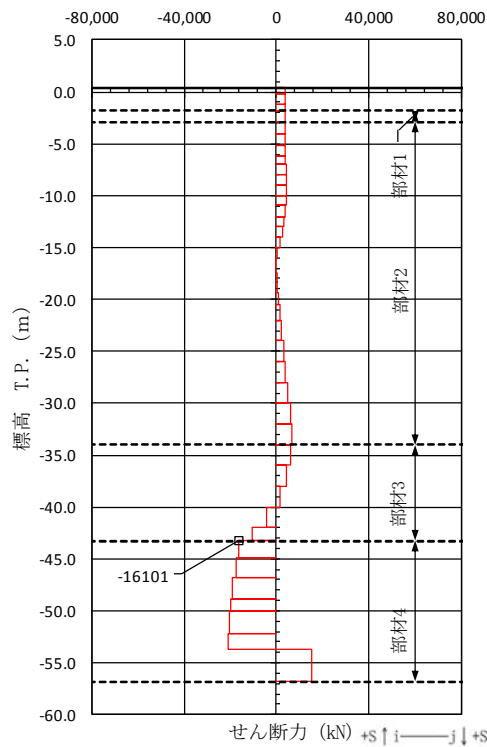
(検討ケース④: 敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)



曲げモーメント図



軸力図

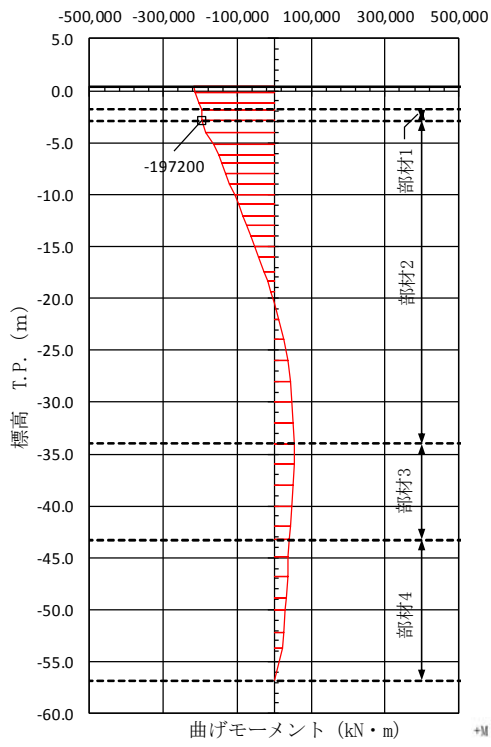


せん断力図

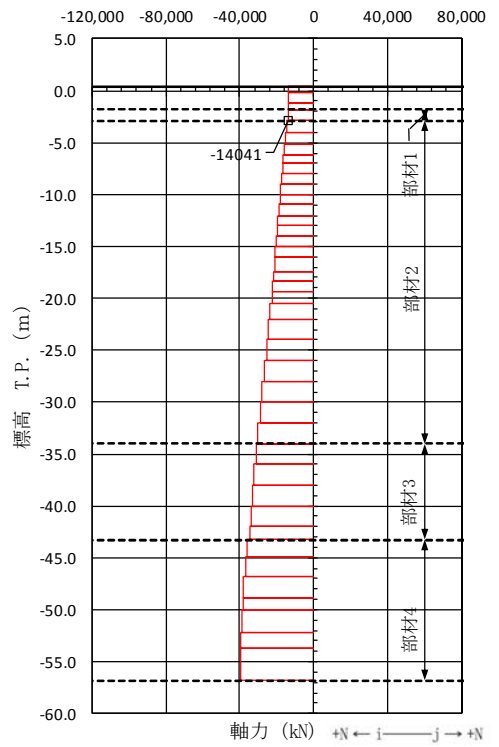
図 5.1-3 (20) 地中連続壁基礎部材 4 において最も厳しい鉄筋の
曲げ軸力の照査値となる時刻の断面力 (②-②断面)

($S_s - D 1$ [H+, V+], $t = 53.54$ s)

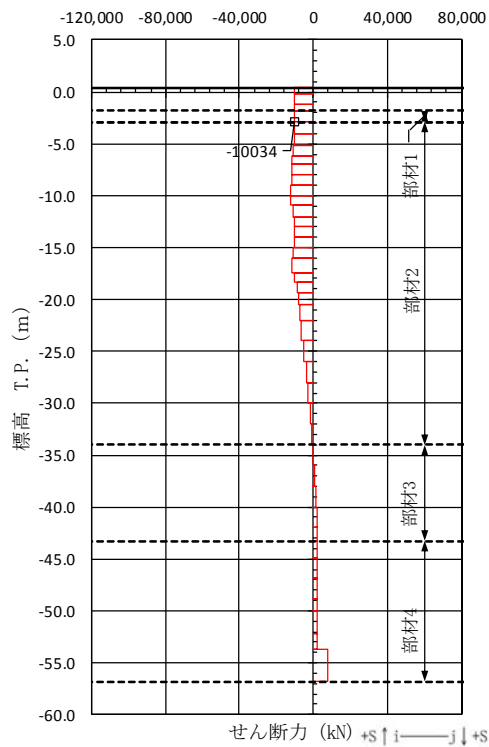
(検討ケース④: 敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)



曲げモーメント図



軸力図

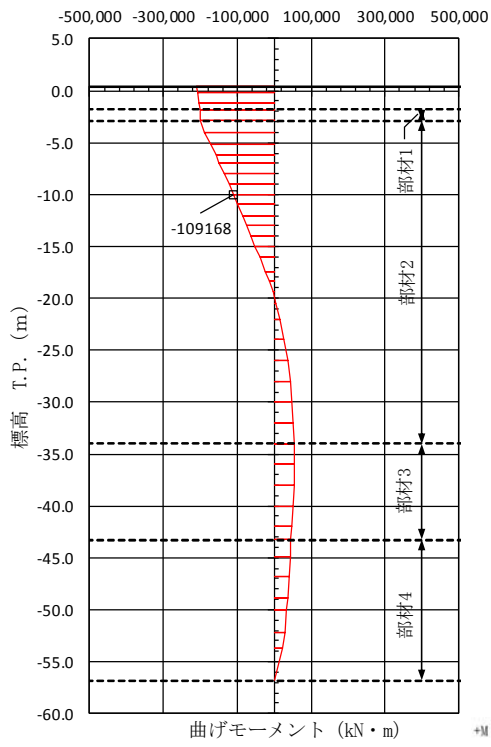


せん断力図

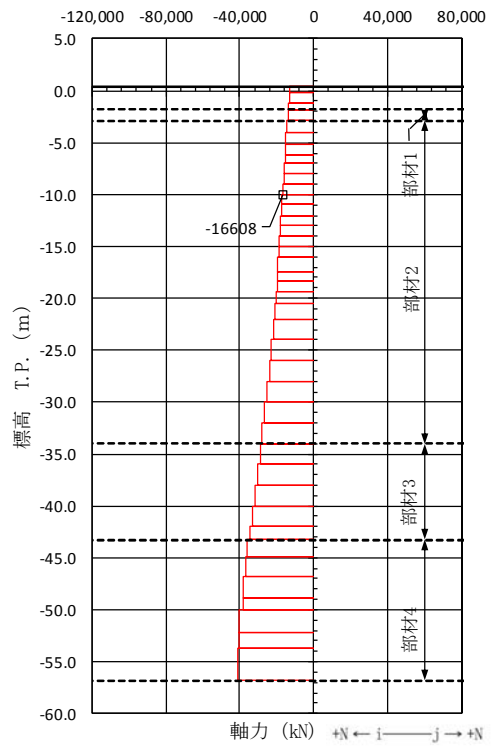
図 5.1-3 (21) 地中連続壁基礎部材 1 において最も厳しいせん断力の照査値となる時刻の断面力 (②-②断面)

($S_s - D 1$ [H+, V-], $t = 19.74$ s)

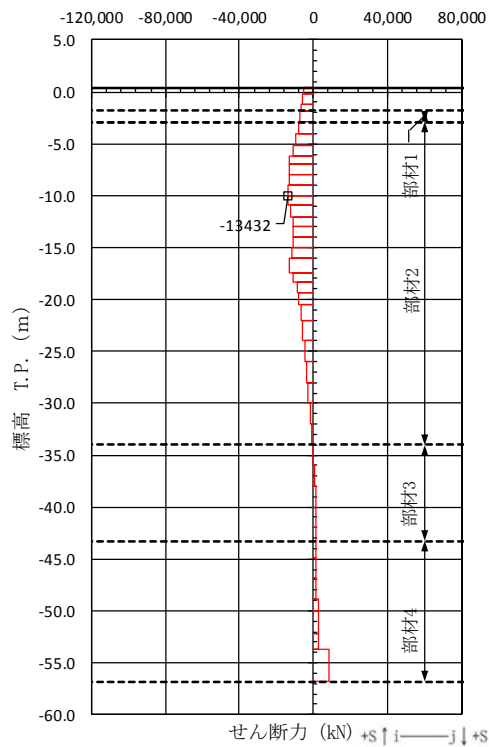
(検討ケース①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース (基本ケース))



曲げモーメント図



軸力図

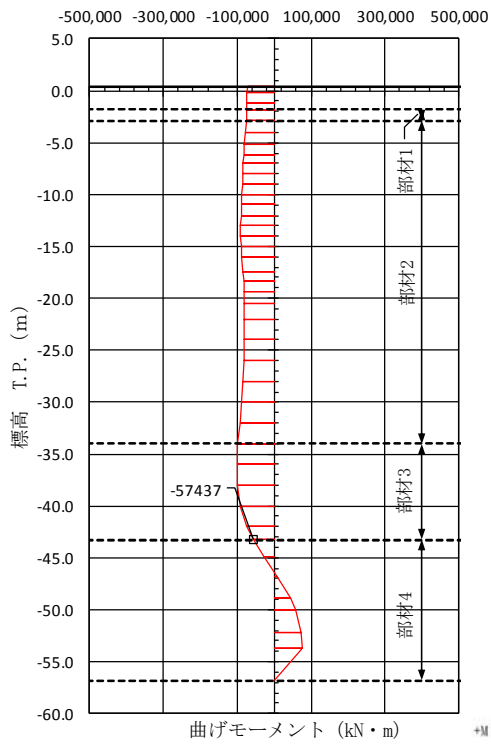


せん断力図

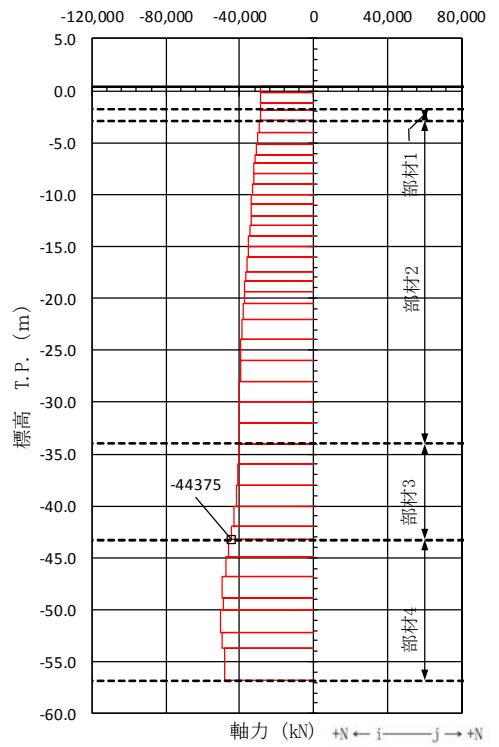
図 5.1-3 (22) 地中連続壁基礎部材 2 において最も厳しいせん断力の照査値となる時刻の断面力 (②-②断面)

($S_s - D1$ [H+, V-], $t = 19.74$ s)

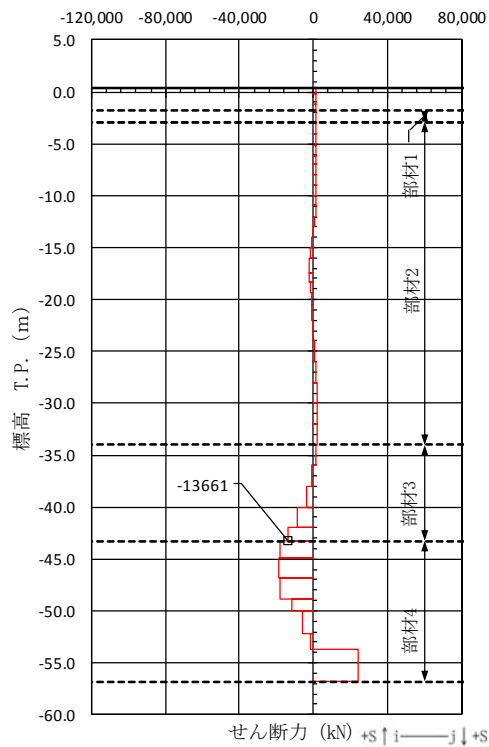
(検討ケース①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース (基本ケース))



曲げモーメント図



軸力図

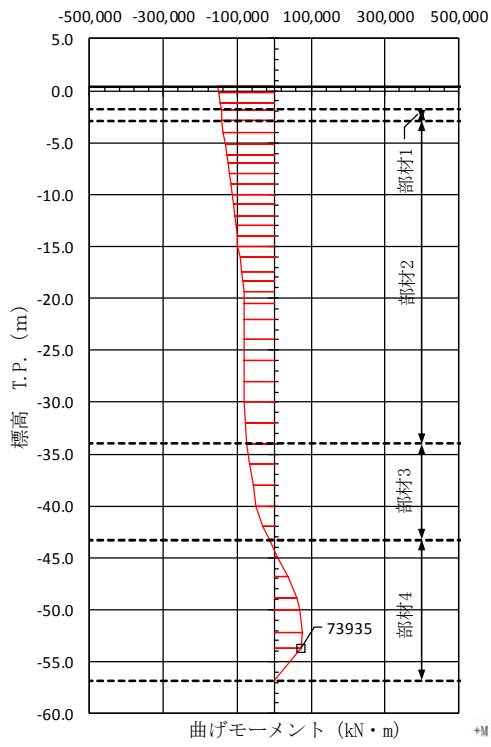


せん断力図

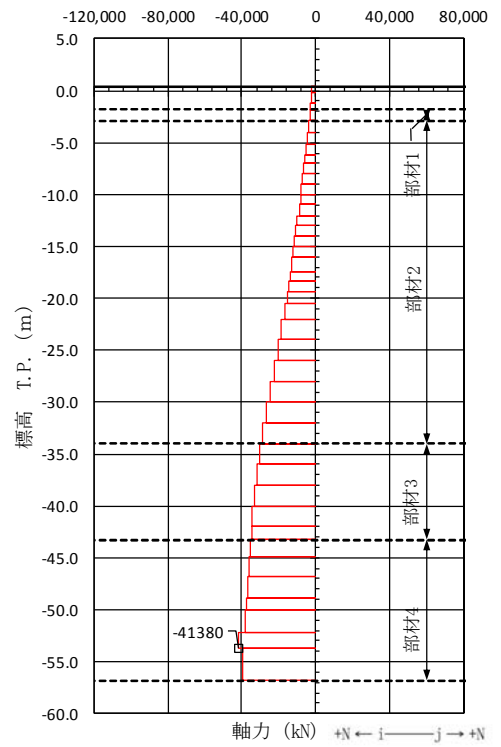
図 5.1-3 (23) 地中連続壁基礎部材 3 において最も厳しいせん断力の照査値となる時刻の断面力 (②-②断面)

($S_s - D 1$ [H+, V+], $t = 53.58$ s)

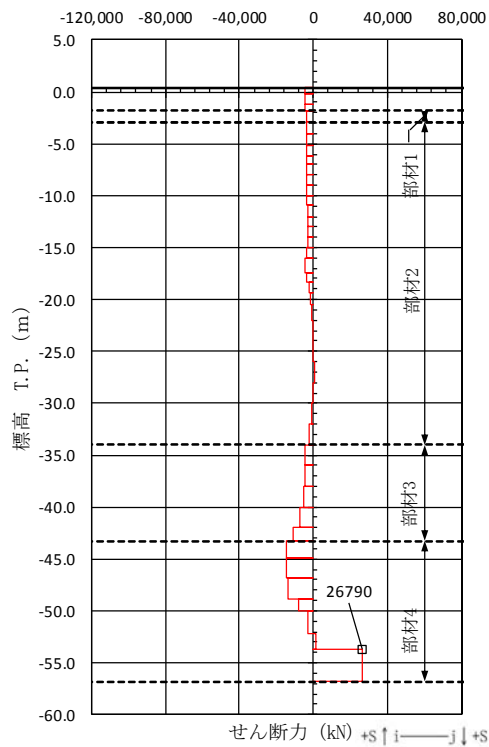
(検討ケース②: 地盤物性のばらつきを考慮 (+1 σ) した解析ケース)



曲げモーメント図



軸力図



せん断力図

図 5.1-3 (24) 地中連続壁基礎部材 4 において最も厳しいせん断力の照査値となる時刻の断面力 (②-②断面)

($S_s - D 1$ [H+, V+], $t = 57.16$ s)

(検討ケース③: 地盤物性のばらつきを考慮 (-1 σ) した解析ケース)

5.1.2 検討ケースに着目した地震時断面力図

地中連続壁基礎の各検討ケースにおける最も厳しい照査値と照査項目を表 5.1-4 に示す。基準地震動 S_s による断面力（曲げモーメント，軸力，せん断力）を図 5.1-4 に示す。本図は各検討ケースにおいて，コンクリートの曲げに対する照査，鉄筋の曲げに対する照査及びせん断に対する照査のうち，照査値が最も厳しくなる部材の評価時刻における断面力を示したものである。

表 5.1-4 (1) 各検討ケースにおいて最も厳しい照査値とその照査項目及び評価位置
(①-①断面)

検討 ケース	地震動	位相	断面	抽出照査値と照査項目		
				照査値	照査項目	照査位置
①	S _s -D 1	H+, V+	①-①断面	0.54	コンクリートの曲げ	部材 4
①	S _s -D 1	H+, V-	①-①断面	0.55	コンクリートの曲げ	部材 4
①	S _s -D 1	H-, V+	①-①断面	0.59	コンクリートの曲げ	部材 4
①	S _s -D 1	H-, V-	①-①断面	0.60	コンクリートの曲げ	部材 4
①	S _s -1 1		①-①断面	0.48	コンクリートの曲げ	部材 4
①	S _s -1 2		①-①断面	0.44	コンクリートの曲げ	部材 4
①	S _s -1 3		①-①断面	0.43	コンクリートの曲げ	部材 4
①	S _s -1 4		①-①断面	0.38	コンクリートの曲げ	部材 4
①	S _s -2 1		①-①断面	0.46	コンクリートの曲げ	部材 4
①	S _s -2 2		①-①断面	0.37	コンクリートの曲げ	部材 4
①	S _s -3 1	H+, V+	①-①断面	0.64	コンクリートの曲げ	部材 4
①	S _s -3 1	H-, V+	①-①断面	0.52	コンクリートの曲げ	部材 4

注記 : 評価位置は下記に示す。

① : 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

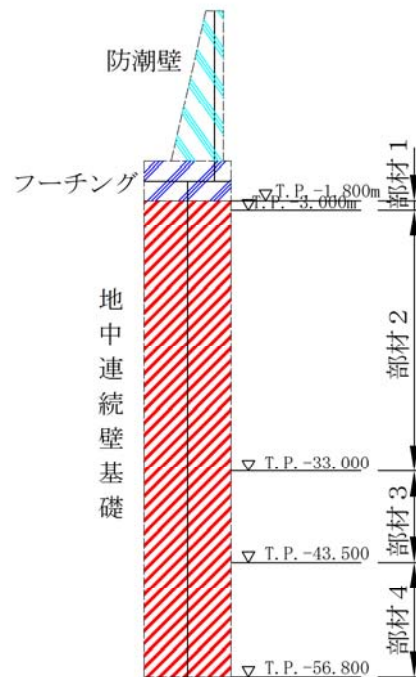
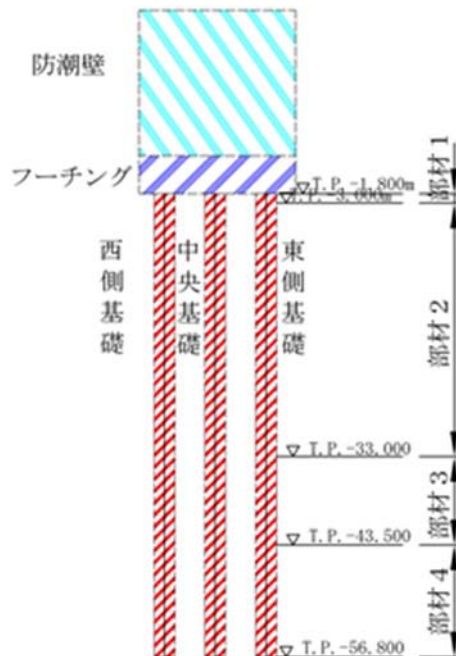


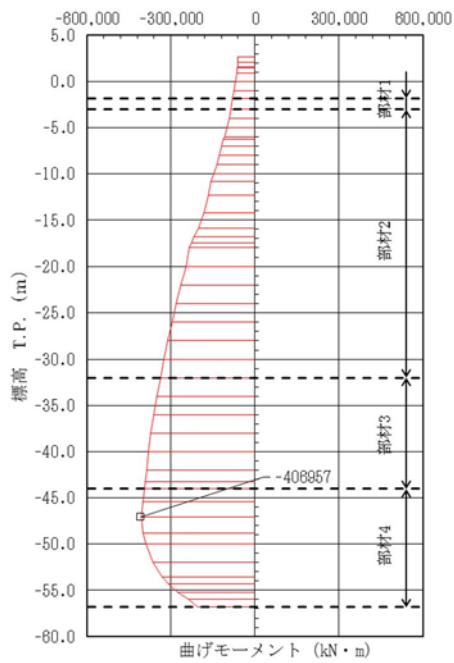
表 5.1-4 (2) 各検討ケースにおいて最も厳しい照査値とその照査項目及び評価位置
(②-②断面)

検討 ケース	地震動	位相	断面	抽出照査値と照査項目		
				照査値	照査項目	照査位置
①	S _s -D 1	H+, V+	②-②断面	0.74	コンクリートの曲げ	部材 1
①	S _s -D 1	H+, V-	②-②断面	0.73	コンクリートの曲げ	部材 1
①	S _s -D 1	H-, V+	②-②断面	0.62	コンクリートの曲げ	部材 1
①	S _s -D 1	H-, V-	②-②断面	0.62	コンクリートの曲げ	部材 1
①	S _s -1 1		②-②断面	0.40	コンクリートの曲げ	部材 1
①	S _s -1 2		②-②断面	0.50	コンクリートの曲げ	部材 1
①	S _s -1 3		②-②断面	0.50	コンクリートの曲げ	部材 1
①	S _s -1 4		②-②断面	0.45	せん断	部材 4
①	S _s -2 1		②-②断面	0.47	コンクリートの曲げ	部材 1
①	S _s -2 2		②-②断面	0.44	コンクリートの曲げ	部材 1
①	S _s -3 1	H+, V+	②-②断面	0.77	コンクリートの曲げ	部材 1
①	S _s -3 1	H-, V+	②-②断面	0.66	コンクリートの曲げ	部材 1

注記 : 評価位置は下記に示す。

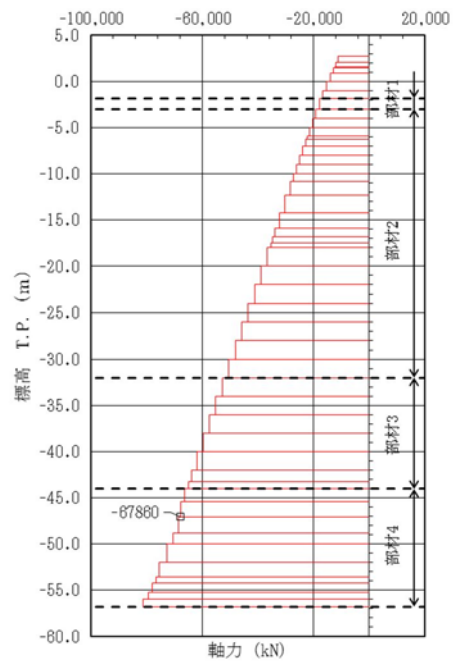
① : 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース





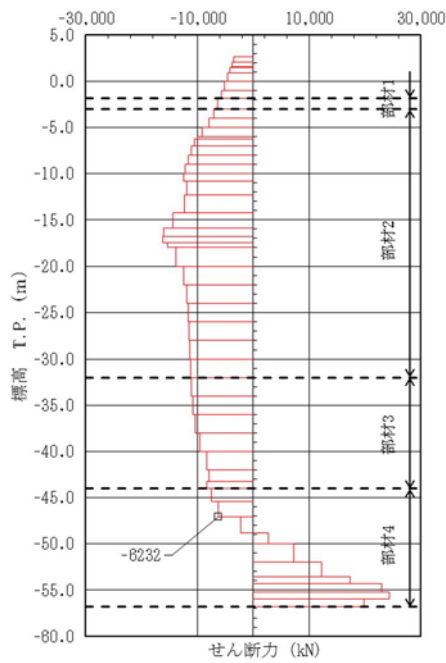
曲げモーメント図

+M (i ← j) +M



軸力図

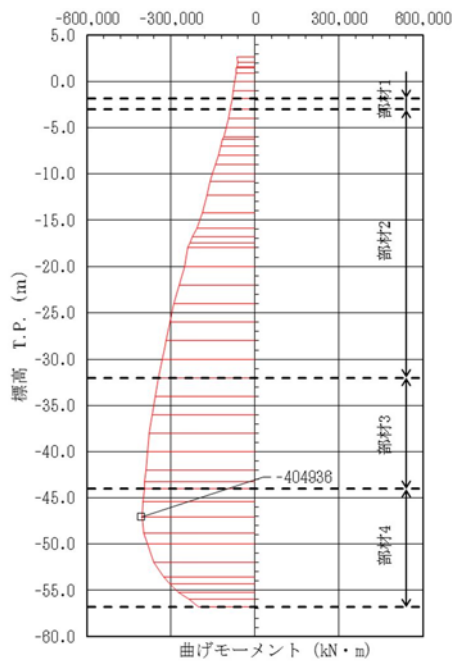
+N ← i — j → +N



せん断力図

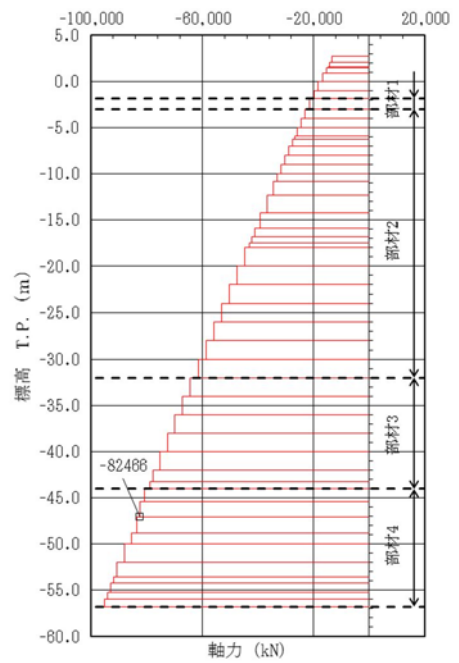
+s ↑ i — j ↓ +s

図 5.1-4 (1) コンクリートの曲げ軸力が最も厳しい時刻の断面力 (①-①断面)
 (S_s-D1 [H+, V+], t = 22.57 s)
 (検討ケース①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



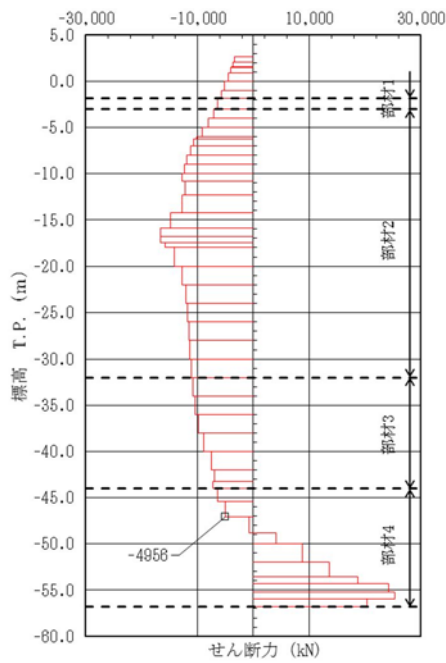
曲げモーメント図

+M (i → j) +M



軸力図

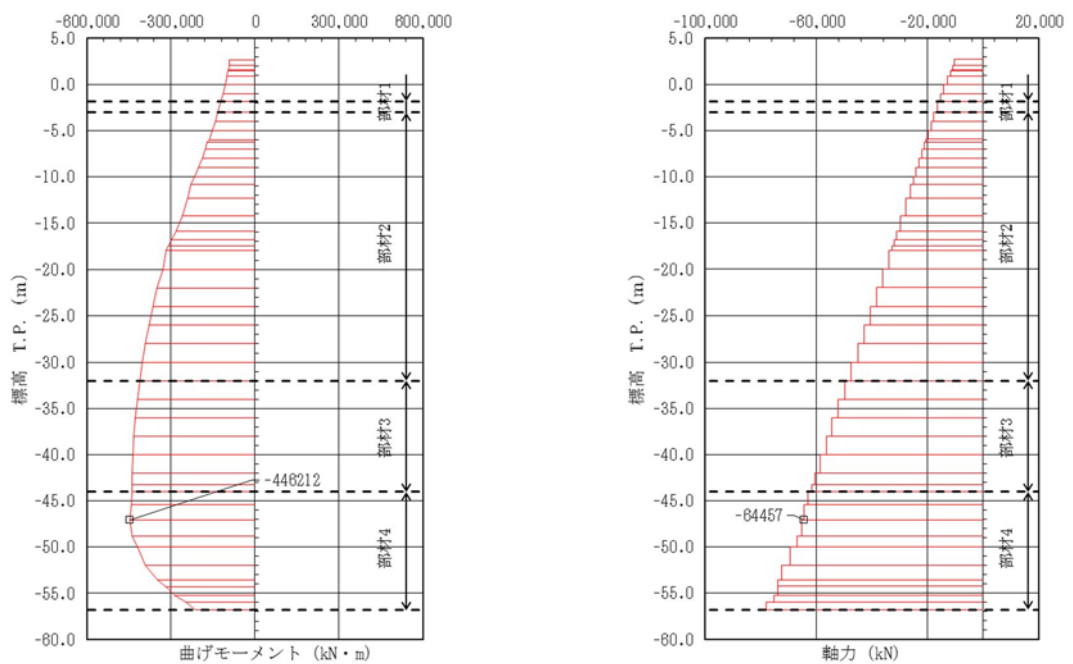
+N ← i — j → +N



せん断力図

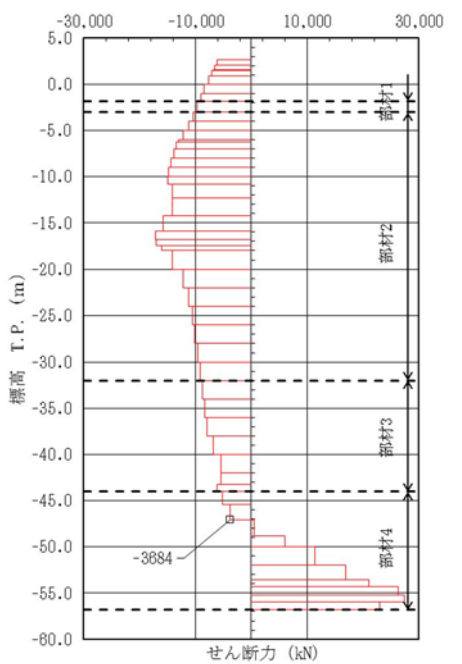
+s ↑ i — j ↓ +s

図 5.1-4 (2) コンクリートの曲げ軸力が最も厳しい時刻の断面力 (①-①断面)
 (S_s-D1 [H+, V-], t = 22.59 s)
 (検討ケース①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



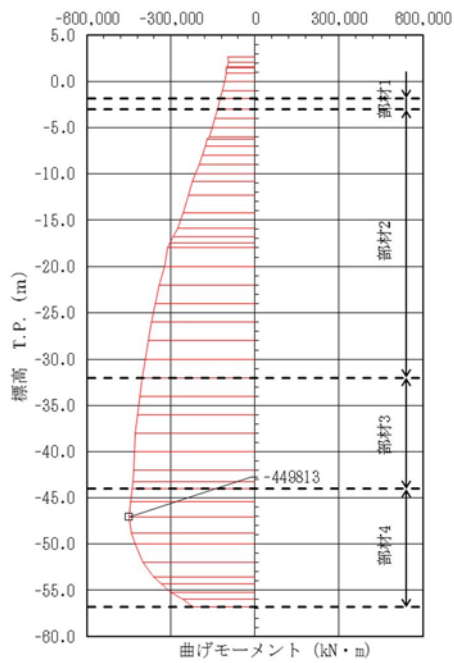
曲げモーメント図 $+M \left(\begin{array}{c} \curvearrowright \\ \leftarrow i \rightarrow j \end{array} \right) +M$

軸力図 $+N \leftarrow i \rightarrow j \rightarrow +N$



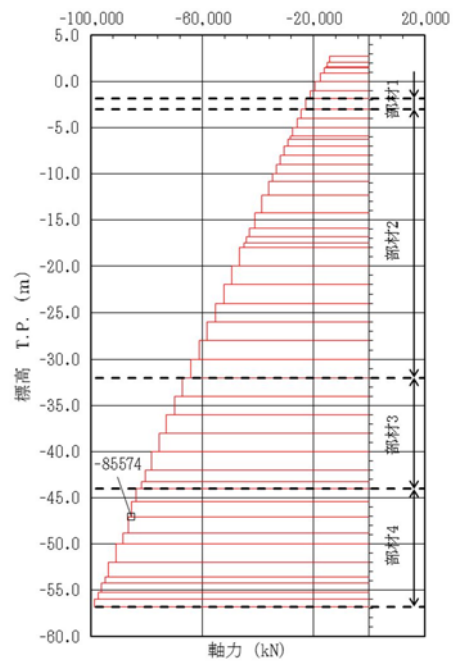
せん断力図 $+s \uparrow i \rightarrow j \downarrow +s$

図 5.1-4 (3) コンクリートの曲げ軸力が最も厳しい時刻の断面力 (①-①断面)
 $(S_s - D 1 [H-, V+], t = 23.46 \text{ s})$
 (検討ケース①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



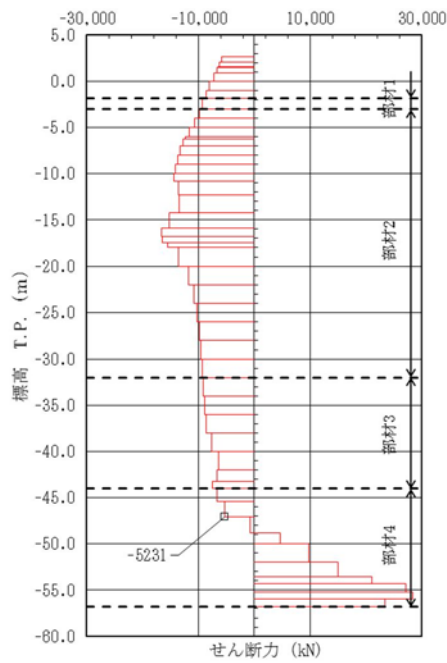
曲げモーメント図

+M (← i — j) +M



軸力図

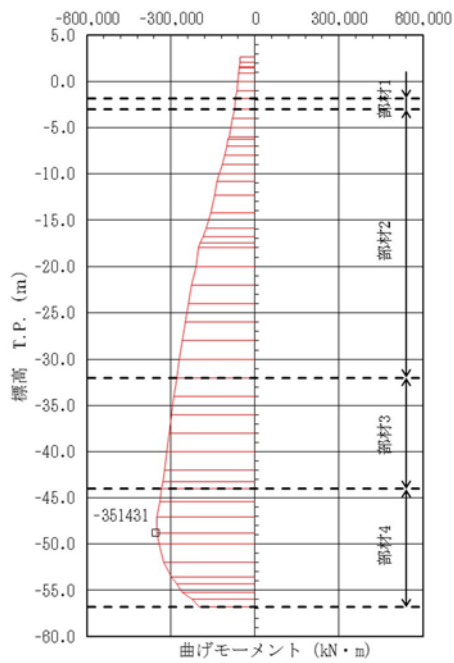
+N ← i — j → +N



せん断力図

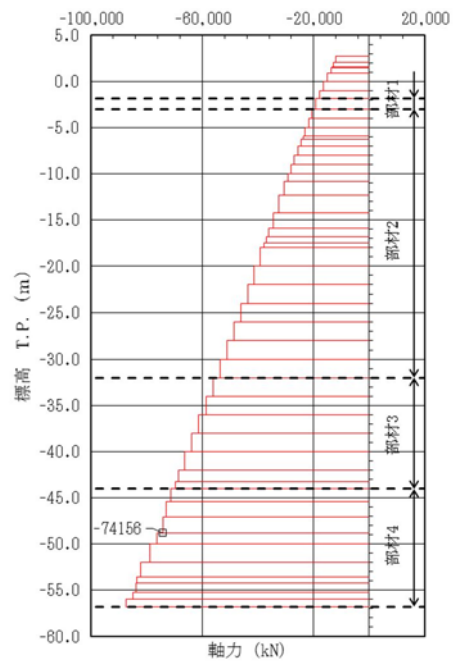
+s ↑ i — j ↓ +s

図 5.1-4 (4) コンクリートの曲げ軸力が最も厳しい時刻の断面力 (①-①断面)
 (S_s-D1 [H-, V-], t = 23.45 s)
 (検討ケース①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



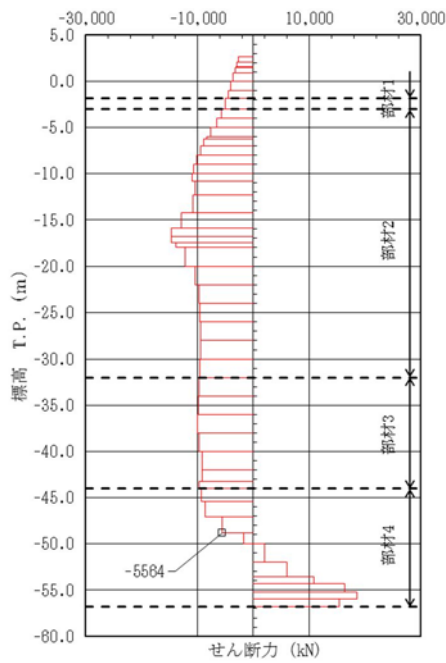
曲げモーメント図

+M (← i — j) +M



軸力図

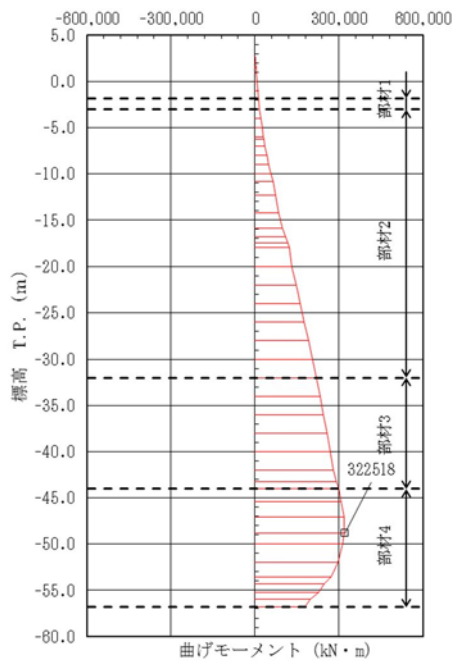
+N ← i — j → +N



せん断力図

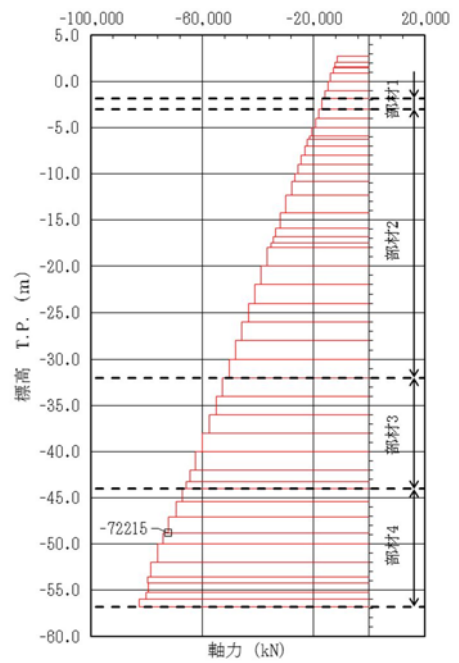
+s ↑ i — j ↓ +s

図 5.1-4 (5) コンクリートの曲げ軸力が最も厳しい時刻の断面力 (①-①断面)
 (S_s-1 1 [H+, V+], t=68.96 s)
 (検討ケース①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



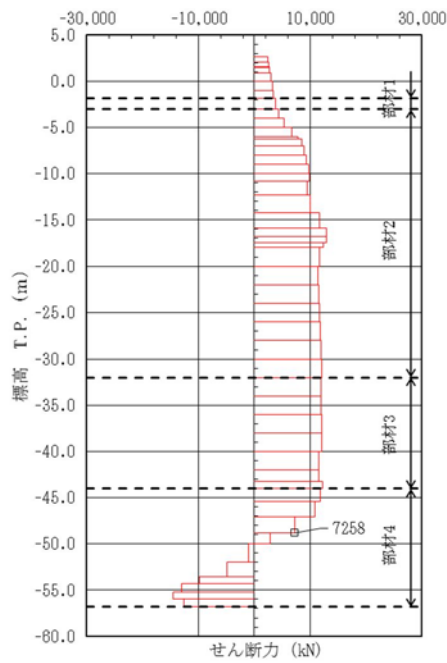
曲げモーメント図

+M (← i — j) +M



軸力図

+N ← i — j → +N



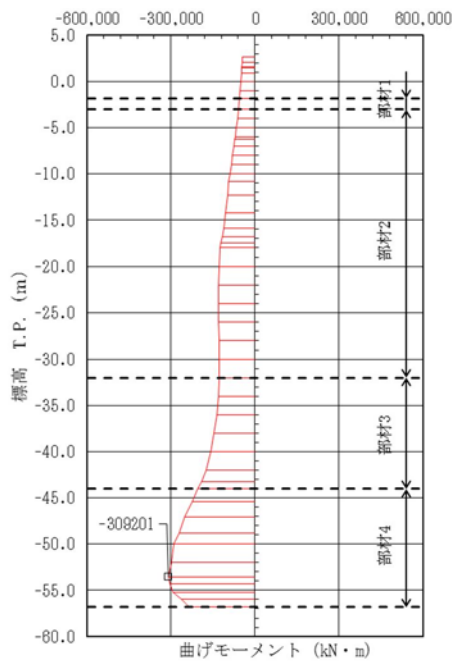
せん断力図

+s ↑ i — j ↓ +s

図 5.1-4 (6) コンクリートの曲げ軸力が最も厳しい時刻の断面力 (①-①断面)

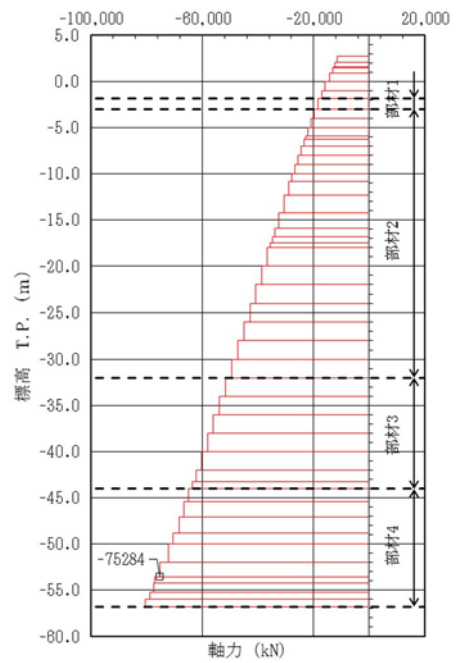
($S_s - 12$ [H+, V+], $t = 31.89$ s)

(検討ケース①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



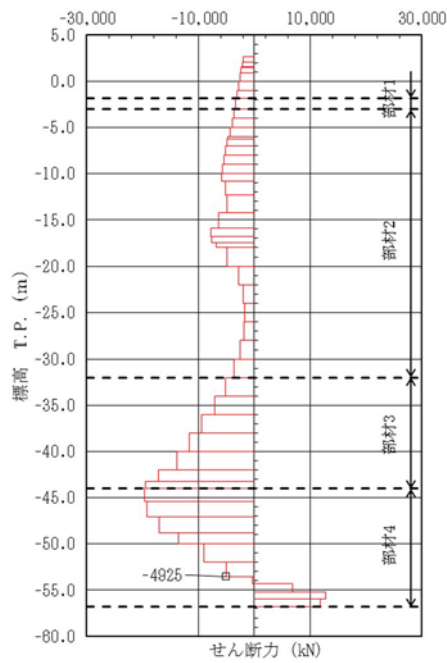
曲げモーメント図

+M (← i — j) +M



軸力図

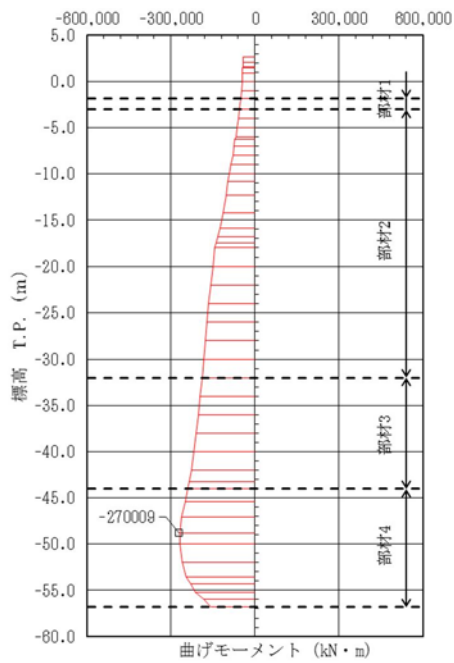
+N ← i — j → +N



せん断力図

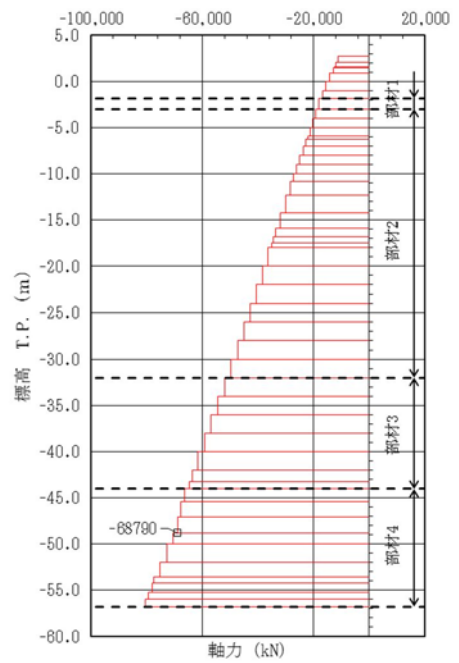
+s ↑ i — j ↓ +s

図 5.1-4 (7) コンクリートの曲げ軸力が最も厳しい時刻の断面力 (①-①断面)
 (S_s-13 [H+, V+], t=80.71 s)
 (検討ケース①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



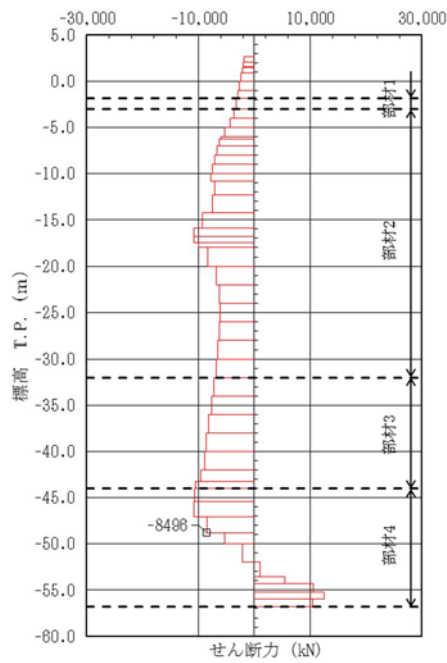
曲げモーメント図

+M (i ← j) +M



軸力図

+N ← i — j → +N



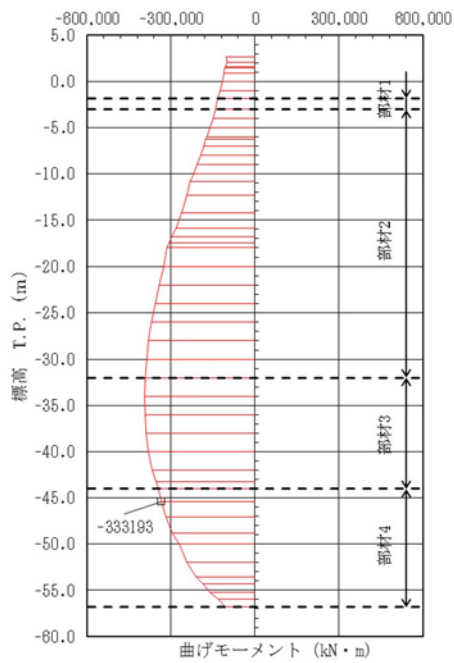
せん断力図

+s ↑ i — j ↓ +s

図 5.1-4 (8) コンクリートの曲げ軸力が最も厳しい時刻の断面力 (①-①断面)

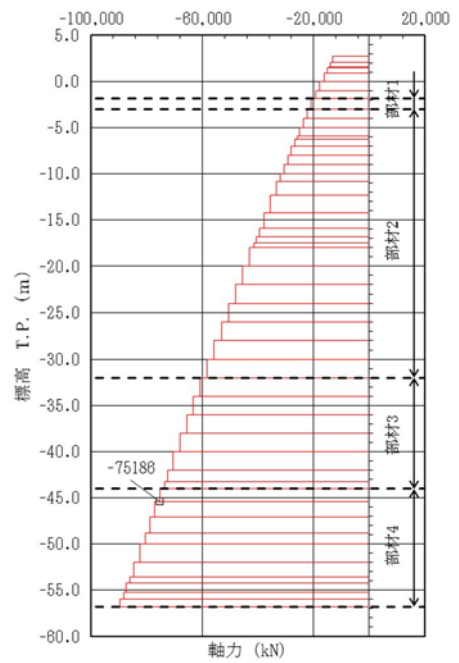
($S_s - 14$ [H+, V+], $t = 79.00$ s)

(検討ケース①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



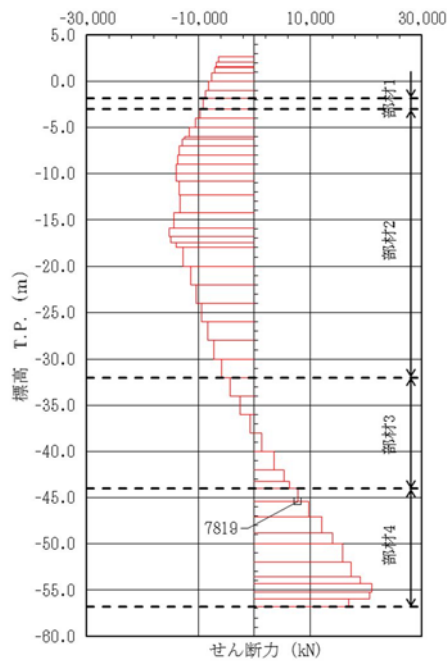
曲げモーメント図

+M (i ← j) +M



軸力図

+N ← i — j → +N



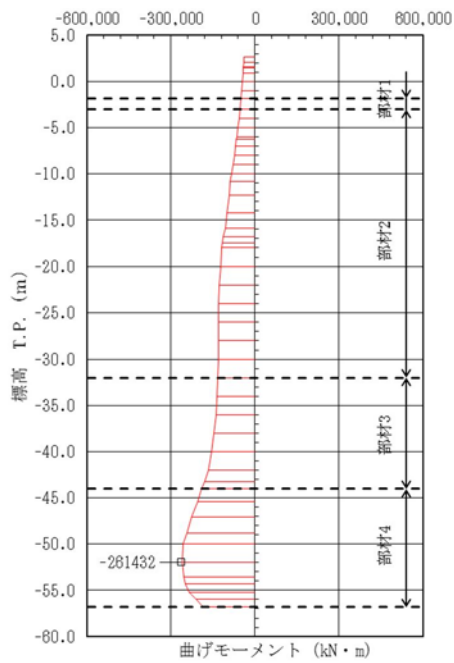
せん断力図

+s ↑ i — j ↓ +s

図 5.1-4 (9) コンクリートの曲げ軸力が最も厳しい時刻の断面力 (①-①断面)

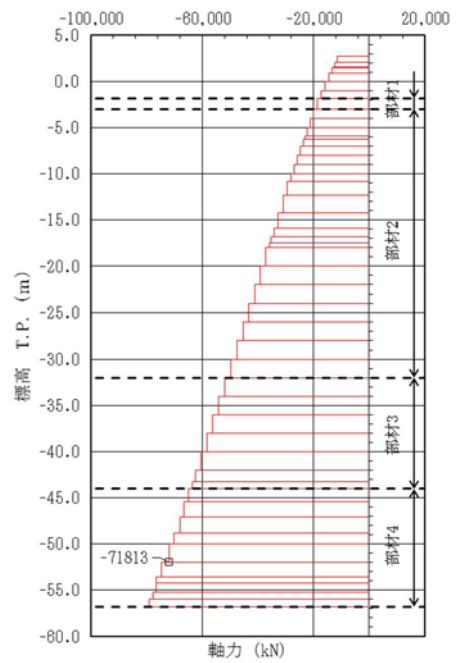
($S_s - 21$ [H+, V+], $t = 66.39$ s)

(検討ケース①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



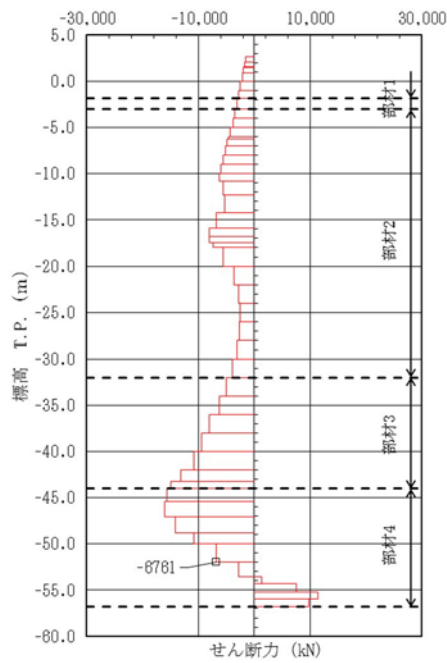
曲げモーメント図

+M (i ← j) +M



軸力図

+N ← i — j → +N



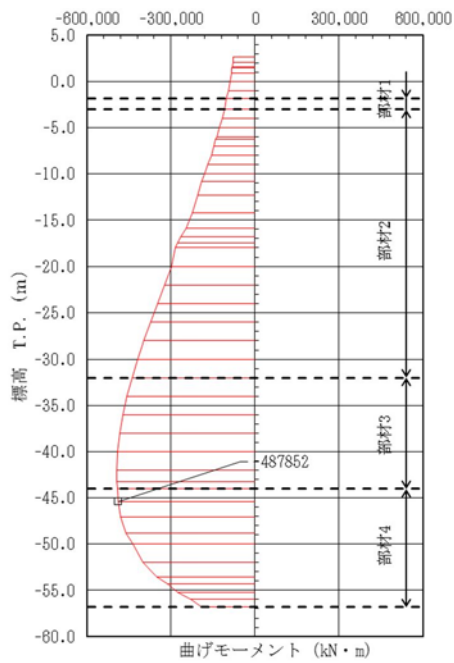
せん断力図

+s ↑ i — j ↓ +s

図 5.1-4 (10) コンクリートの曲げ軸力が最も厳しい時刻の断面力 (①-①断面)

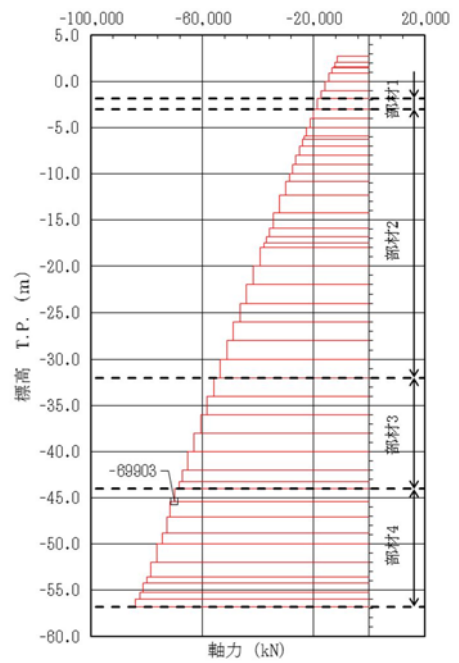
($S_s - 22$ [H+, V+], $t = 114.95$ s)

(検討ケース①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



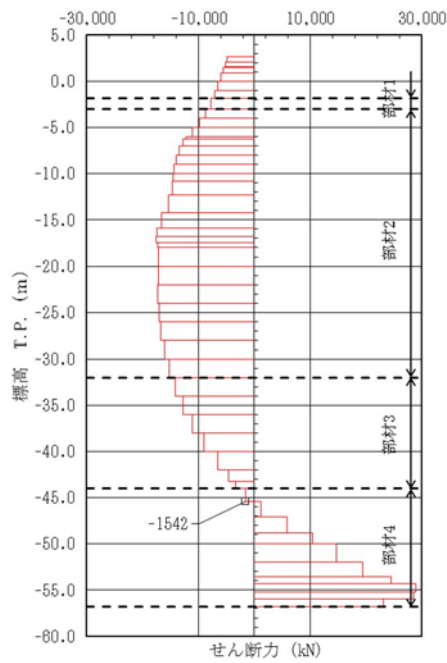
曲げモーメント図

+M (← i — j) +M



軸力図

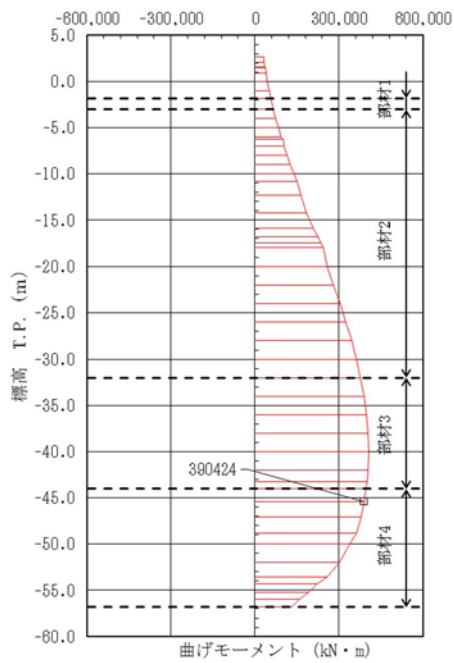
+N ← i — j → +N



せん断力図

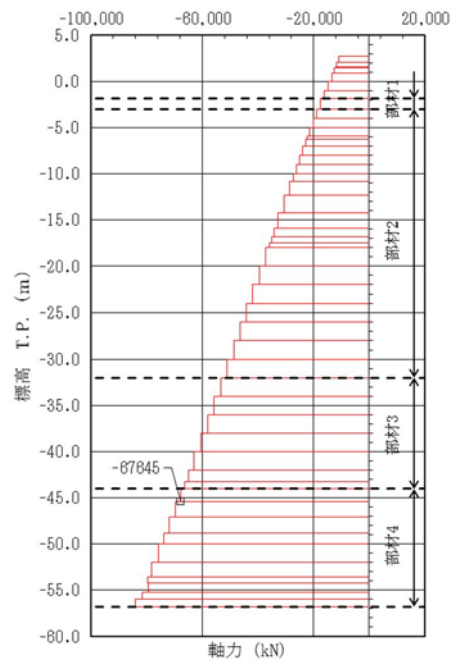
+s ↑ i — j ↓ +s

図 5.1-4 (11) コンクリートの曲げ軸力が最も厳しい時刻の断面力 (①-①断面)
 $(S_s - 3.1 [H+, V+], t = 8.95 \text{ s})$
 (検討ケース①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)



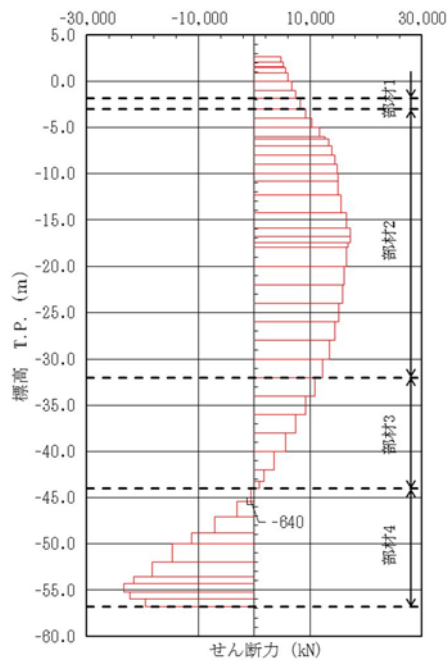
曲げモーメント図

+M (← i — j) +M



軸力図

+N ← i — j → +N



せん断力図

+s ↑ i — j ↓ +s

図 5.1-4 (12) コンクリートの曲げ軸力が最も厳しい時刻の断面力 (①-①断面)
 (S_s-3 1 [H-, V+], t=8.94 s)
 (検討ケース①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)