

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-補-027-08 改 30
提出年月日	2023年2月20日

浸水防護施設の耐震性に関する説明書の補足説明資料

2023年2月

中国電力株式会社

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

## 補足説明資料目次

今回提出範囲：

1. 浸水防護施設の設計における考慮事項
  - 1.1 津波と地震の組合せで考慮する荷重
  - 1.2 自然現象を考慮する浸水防護施設の選定
  - 1.3 津波防護に関する施設の機能設計・構造強度設計に係る許容限界
  - 1.4 津波防護施設の強度計算における津波荷重，余震荷重及び漂流物衝突荷重の組合せ
  - 1.5 浸水防護施設の評価における漂流物衝突荷重，風荷重及び積雪荷重の設定
  - 1.6 津波波圧の算定に用いた規格・基準類の適用性
  - 1.7 浸水防護施設のアンカーボルトの設計
  - 1.8 津波防護施設の設計における評価対象断面の選定
  - 1.9 強度計算における津波時及び重畳時の荷重作用状況
  - 1.10 耐震及び耐津波設計における許容限界
  - 1.11 強度計算に用いた規格・基準類の適用性
  - 1.12 津波に対する止水性能を有する施設の評価
2. 浸水防護施設に関する補足資料
  - 2.1 防波壁に関する補足説明
    - 2.1.1 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の耐震性についての計算書に関する補足説明
    - 2.1.2 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の強度計算書に関する補足説明
    - 2.1.3 防波壁（逆T擁壁）の耐震性についての計算書に関する補足説明
    - 2.1.4 防波壁（逆T擁壁）の強度計算書に関する補足説明
    - 2.1.5 防波壁（波返重力擁壁）の耐震性についての計算書に関する補足説明
    - 2.1.6 防波壁（波返重力擁壁）の強度計算書に関する補足説明
    - 2.1.7 防波壁の止水目地に関する補足説明
    - 2.1.8 漂流物対策工に関する補足説明
    - 2.1.9 防波壁の設計・施工に関する補足説明
  - 2.2 防波壁通路防波扉に関する補足説明
  - 2.3 1号機取水槽流路縮小工に関する補足説明
  - 2.4 浸水防止設備に関する補足説明
  - 2.5 津波監視設備に関する補足説明
  - 2.6 漂流防止装置に関する補足説明
  - 2.7 強度評価における鉛直方向荷重の考え方
  - 2.8 津波の流入防止に係る津波バウンダリとなる設備の評価

2. 浸水防護施設に関する補足資料

2.1 防波壁に関する補足説明

2.1.5 防波壁（波返重力擁壁）の耐震性についての計算書に関する補足説明

目 次

今回提出範囲：

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	適用規格・基準等	15
3.	耐震評価	18
3.1	評価対象断面	18
3.2	評価対象部位	38
3.3	荷重及び荷重の組合せ	39
3.4	許容限界	41
3.4.1	重力擁壁	41
3.4.2	ケーソン	42
3.4.3	H形鋼	45
3.4.4	MMR	45
3.4.5	改良地盤⑥	45
3.4.6	止水目地	46
3.4.7	基礎地盤	46
4.	2次元有限要素法	47
4.1	耐震評価の概要	48
4.1.1	地震応答解析手法	48
4.1.2	施設	49
4.1.3	材料物性及び地盤物性のばらつき	49
4.1.4	減衰定数	50
4.1.5	解析ケース	56
4.1.6	入力地震動	57
4.1.7	解析モデル及び諸元	110
4.1.8	評価方法	138
4.2	耐震評価結果の概要	141

4.2.1	解析ケースと照査値	141
4.2.2	重力擁壁の曲げ・軸力系の破壊に対する照査	168
4.2.3	重力擁壁のせん断破壊に対する照査	171
4.2.4	過剰間隙水圧分布	172
4.2.5	最大せん断ひずみ分布	177
4.2.6	重力擁壁	187
4.2.7	H形鋼	199
4.2.8	MMR	200
4.2.9	改良地盤⑥	205
4.2.10	止水目地	207
4.2.11	基礎地盤	213
5.	3次元構造解析	226
5.1	耐震評価の概要	226
5.1.1	解析方法	226
5.1.2	解析モデル及び諸元	228
5.1.3	照査時刻の設定	247
5.1.4	入力値の設定	248
5.1.5	評価方法	255
5.2	耐震評価結果の概要	257
5.2.1	解析ケースと照査値	257
5.2.2	3次元構造解析の照査時刻の選定	377
5.2.3	作用荷重分布図	384
5.2.4	評価対象部材と照査値	390
5.2.5	断面力分布 (曲げ・軸力系の破壊に対する照査：②-②断面及び④-④断面)	407
5.2.6	断面力分布 (せん断破壊(面外)に対する照査：②-②断面及び④-④断面)	411
5.2.7	断面力分布 (せん断破壊(面内)に対する照査：②-②断面及び④-④断面)	412
5.2.8	断面力分布 (圧縮破壊に対する照査：③-③断面)	413
5.2.9	断面力分布 (引張破壊に対する照査：③-③断面)	414
5.2.10	断面力分布 (せん断破壊(面外)に対する照査：③-③断面)	415

5.2.11	断面力分布 (せん断破壊(面内)に対する照査：③-③断面)	416
5.3	前壁，後壁，側壁，隔壁，底版及びフーチング (②-②断面及び④-④断面)	417
5.3.1	曲げ照査	417
5.3.2	せん断力照査(面外)	457
5.3.3	せん断力照査(面内)	477
5.4	隔壁，頂版，側壁及び底版(③-③断面)	497
5.4.1	圧縮に対する照査	497
5.4.2	引張に対する照査	502
5.4.3	せん断力照査(面外)	507
5.4.4	せん断力照査(面内)	512
5.4.5	3次元非線形構造解析によるせん断力に対する照査	517
6.	防波壁(波返重力擁壁)の耐震性に関する影響検討	518
6.1	改良地盤⑥の解析用物性値に関する影響検討	518
6.1.1	概要	518
6.1.2	評価内容	523
6.1.3	評価結果	524
	(参考資料1) 防波壁(波返重力擁壁)における既設部分と新設部分の一体性確認	
	(参考資料2) 改良地盤⑥の物性値の設定方法について	
	(参考資料3) ケーソン中詰材改良体の解析用物性値について	
	(参考資料4) 3次元構造解析の照査時刻の選定の妥当性について	
	(参考資料5) 発生応力度の平均化について	
	(参考資料6) ケーソン及び重力擁壁の一体性について	
	(参考資料7) 放水路ケーソンの耐震評価について	
	(参考資料8) ⑤-⑤断面の重力擁壁下端の境界条件	

## 1. 概要

本資料は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、防波壁（波返重力擁壁）が基準地震動  $S_s$  に対して十分な構造強度及び止水機能を有していることを確認するものである。

防波壁（波返重力擁壁）に要求される機能の維持を確認するに当たっては、構造部材の健全性評価では、地震応答解析又は3次元構造解析に基づく施設・地盤の健全性評価、施設の変形性評価を行う。基礎地盤の支持性能評価では、基礎地盤に発生した接地圧を確認する。

## 2. 基本方針

### 2.1 位置

防波壁（波返重力擁壁）の範囲を図 2.1-1 に示す。

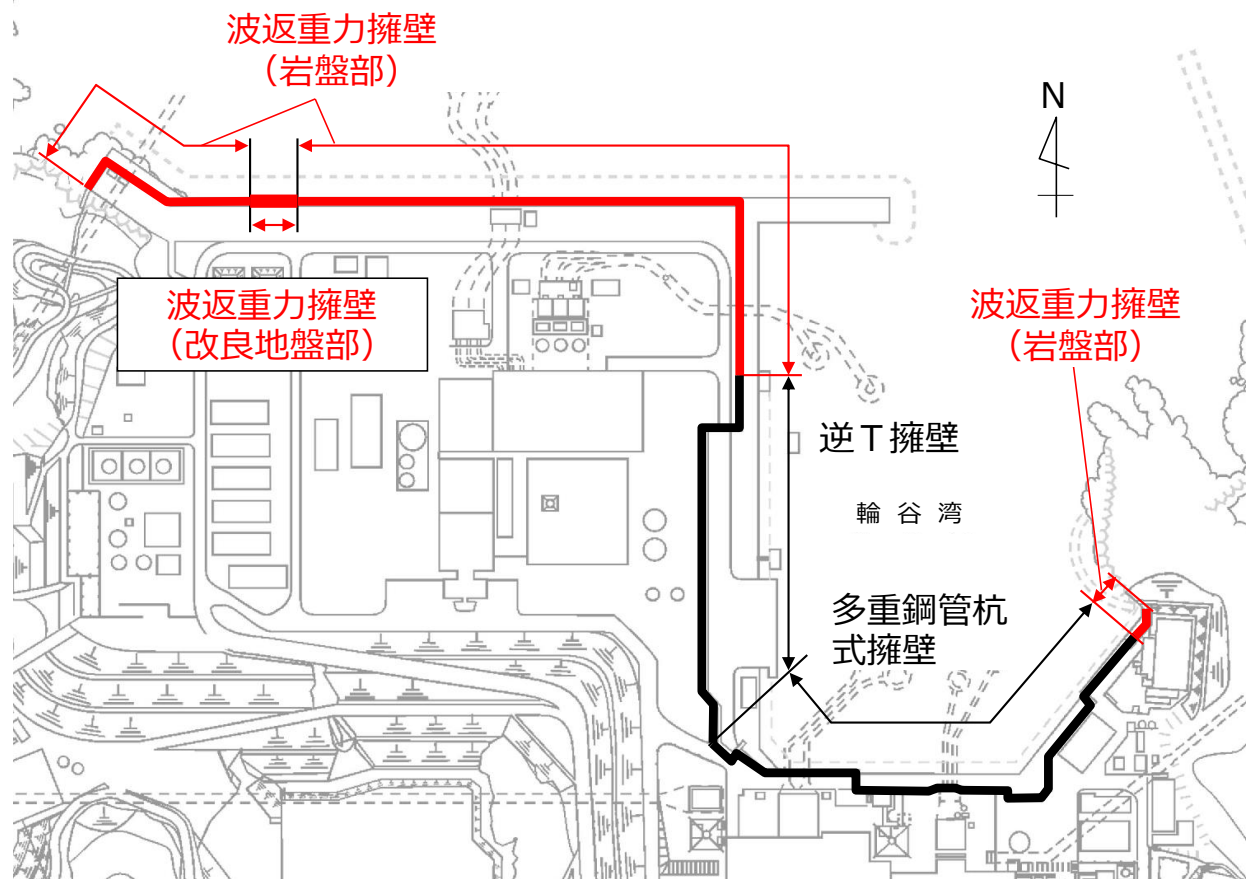


図 2.1-1 防波壁（波返重力擁壁）の範囲

## 2.2 構造概要

防波壁（波返重力擁壁）の構造概要図及び構造図を図 2.2-1 及び図 2.2-2 に、止水目地の概念図及び配置位置図を図 2.2-3 に示す。

防波壁（波返重力擁壁）は、津波高さ（EL 12.6m）に対して余裕を考慮した天端高さ（EL 15.0m）とする。

防波壁（波返重力擁壁）は、マンメイドロック（以下「MMR」という。）等を介して堅固な地山の岩盤に支持されており、図 2.1-1 に示すとおり波返重力擁壁（岩盤部）と波返重力擁壁（改良地盤部）に分類される。この内、波返重力擁壁（岩盤部）は、ケーソン設置部と岩盤直接支持部に分類される。

ケーソン設置部は鉄筋コンクリート造のケーソン及び重力擁壁がMMRを介して岩盤に支持される構造であり、岩盤直接支持部は重力擁壁が岩盤に直接支持される構造である。波返重力擁壁（改良地盤部）は、ケーソン及び重力擁壁がMMR及び改良地盤を介して岩盤に支持される構造である。

ケーソンは箱型形状であり、箱型内部には格子状に複数隔壁を配置しており、隔壁により囲まれた箇所に、中詰コンクリート又は中詰材（銅水砕スラグ及び砂）を充填しており、すべての中詰材（銅水砕スラグ及び砂）を高圧噴射攪拌工法により改良する。

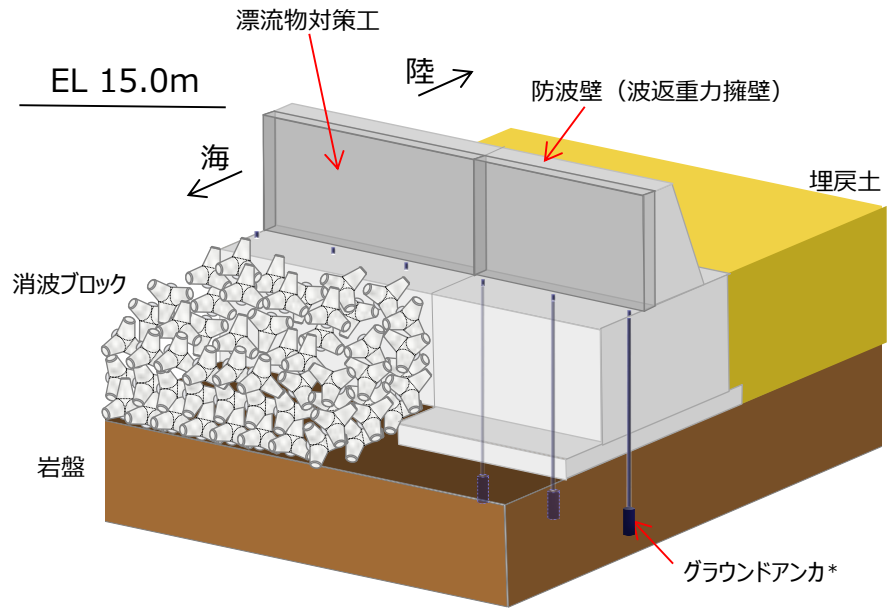
また、重力擁壁及び前壁の背面に中詰コンクリートが充填されていないケーソンの前面には、鉄筋コンクリート造の漂流物対策工を設置し、構造体の境界部には、止水性を保持するための止水目地を設置する。

なお、構造概要図にグラウンドアンカを示しているが、その効果を期待せずに耐震評価を行う。

防波壁に設置する漂流物対策工については、「2.1.8 漂流物対策工に関する補足説明」で説明する。

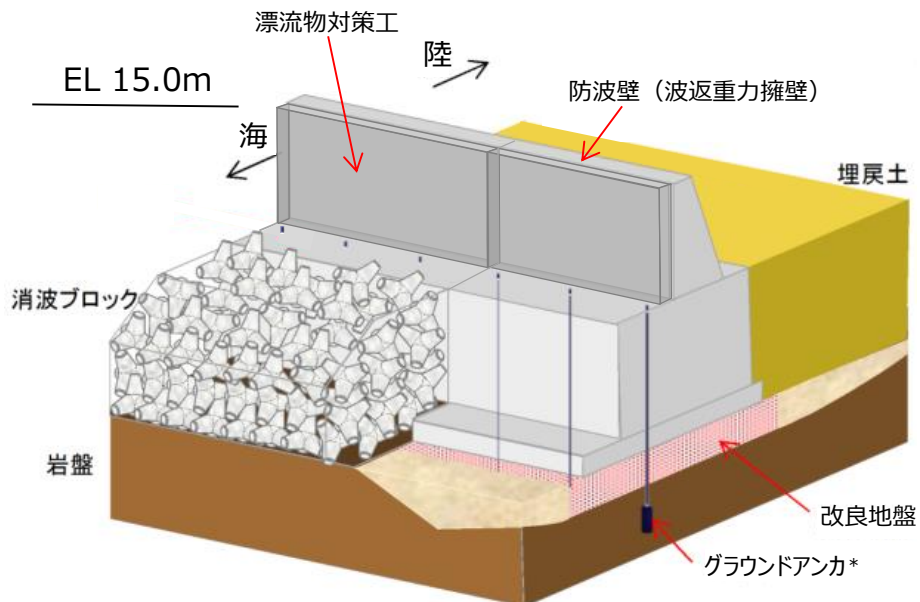


### 波返重力擁壁（岩盤部）



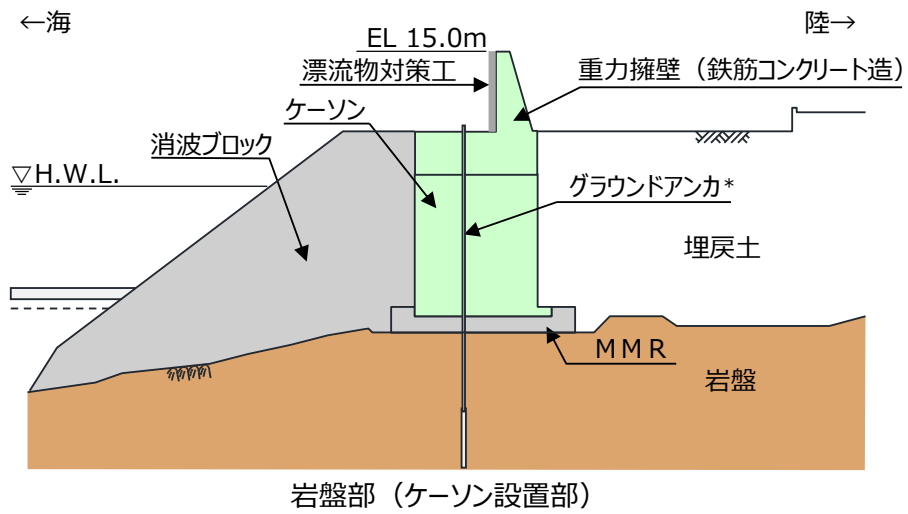
注記\*：防波壁（波返重力擁壁）は、グラウンドアンカの効果を期待しない設計とする。

### 波返重力擁壁（改良地盤部）

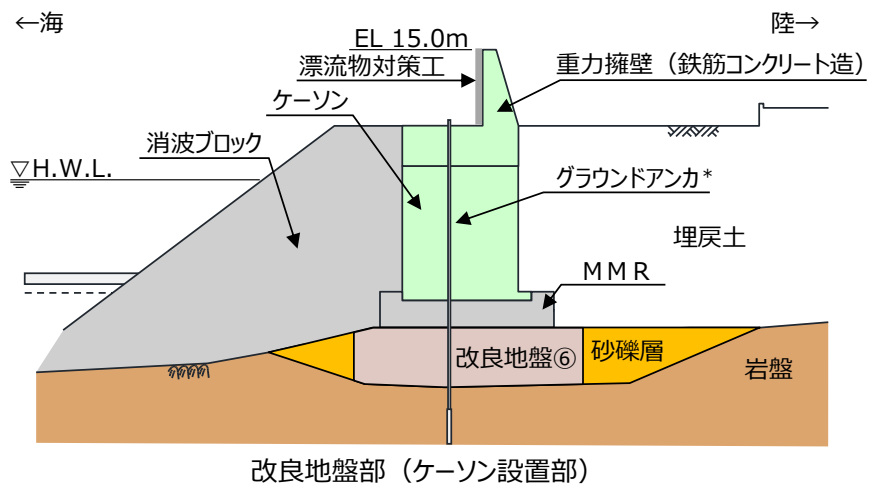
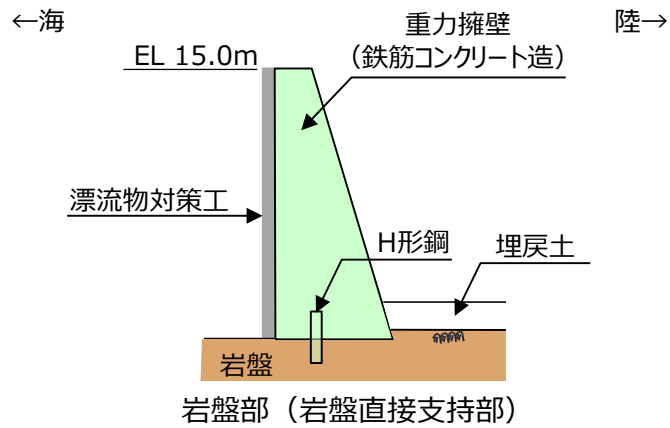


注記\*：防波壁（波返重力擁壁）は、グラウンドアンカの効果を期待しない設計とする。

図 2.2-1 防波壁（波返重力擁壁）の構造概要図（正面図）



注記\*：防波壁（波返重力擁壁）は，グラウンドアンカの効果を期待しない設計とする。



注記\*：防波壁（波返重力擁壁）は，グラウンドアンカの効果を期待しない設計とする。

図 2.2-2 防波壁（波返重力擁壁）の構造概要図（断面図）

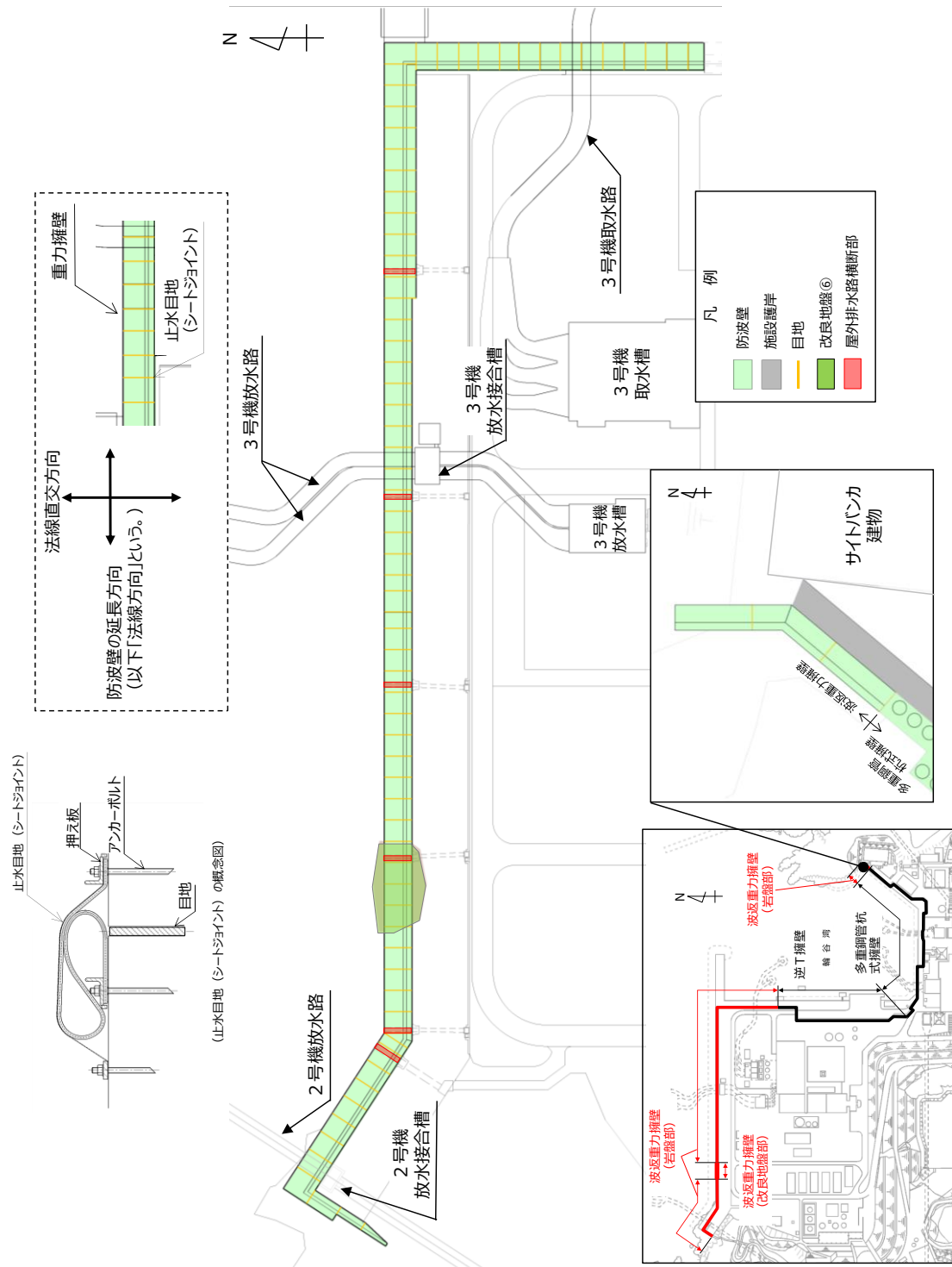


図 2.2-3 防波壁 (波返重力擁壁) の止水目地の概念図及び配置位置図

## 2.3 評価方針

防波壁（波返重力擁壁）は，Sクラス施設である津波防護施設に分類される。

防波壁（波返重力擁壁）の各部位の役割及び性能目標を表 2.3-1 及び表 2.3-2 に示す。

防波壁（波返重力擁壁）の耐震評価は，地震応答解析及び3次元構造解析の結果に基づき，設計基準対象施設として，表 2.3-3 に示すとおり，施設・地盤の健全性評価，基礎地盤の支持性能評価及び施設の変形性評価を行う。

施設・地盤の健全性評価，基礎地盤の支持性能評価及び施設の変形性評価を実施することで，構造強度を有すること及び止水性を損なわないことを確認する。

施設・地盤の健全性評価については，施設・地盤ごとに定める照査項目（発生応力度，発生ひずみ及びすべり安全率）が許容限界を満足することを確認する。

基礎地盤の支持性能評価においては，基礎地盤の接地圧が許容限界以下であることを確認する。

施設の変形性評価については，止水目地の変形量を算定し，有意な漏えいが生じないことを確認した許容限界を下回ることを確認する。

防波壁（波返重力擁壁）の耐震評価フローを図 2.3-1 に示す。

表 2.3-1(1) 防波壁(波返重力擁壁)の各部位の役割

部位の名称		地震時の役割	津波時の役割	
施設	重力擁壁	・ 止水目地及び漂流物対策工を支持する。	・ 止水目地及び漂流物対策工を支持するとともに、遮水性を保持する。	
	止水目地	・ 重力擁壁間の変形に追従する。	・ 重力擁壁間の変形に追従し、遮水性を保持する。	
	ケーソン	・ 重力擁壁を支持するとともに、遮水性を保持する。	・ 重力擁壁を支持するとともに、遮水性を保持する。	
	放水路 ケーソン	頂版 底版 側壁	・ 重力擁壁を支持するとともに、遮水性を保持する。	・ 重力擁壁を支持するとともに、遮水性を保持する。
		隔壁	・ 重力擁壁を支持する。	・ 重力擁壁を支持する。
	H形鋼	・ 重力擁壁を支持する。	・ 重力擁壁を支持する。	
漂流物対策工* (鉄筋コンクリート版)	・ 役割に期待しない(防波壁の解析モデルに重量として考慮し、防波壁(波返重力擁壁)への影響を考慮する)。	・ 漂流物衝突荷重を分散して防波壁(波返重力擁壁)に伝達する。 ・ 漂流物衝突荷重による防波壁(波返重力擁壁)の局所的な損傷を防止する。		
地盤	MMR	・ ケーソン及び重力擁壁を支持する。 ・ 基礎地盤のすべり安定性に寄与する。	・ ケーソン及び重力擁壁を支持する。 ・ 難透水性を保持する。	
	改良地盤⑥	・ ケーソン及び重力擁壁を支持する。 ・ 基礎地盤のすべり安定性に寄与する。	・ ケーソン及び重力擁壁を支持する。 ・ 難透水性を保持する。	
	岩盤	・ ケーソン及び重力擁壁を支持する。 ・ 基礎地盤のすべり安定性に寄与する。	・ ケーソン及び重力擁壁を支持する。	

注記\*：漂流物対策工は「2.1.8 漂流物対策工に関する補足説明」で説明する。

表 2.3-1(2) 防波壁(波返重力擁壁)の各部位の役割

	部位の名称	地震時の役割	津波時の役割
地盤	埋戻土, 砂礫層	・役割に期待しない(解析モデルに取り込み, 防波壁への相互作用を考慮する)。	・津波荷重に対して地盤反力として寄与する。
	消波ブロック	・役割に期待しない。	・役割に期待しない。

表 2.3-2(1) 防波壁(波返重力擁壁)の各部位の性能目標

部位		性能目標			
		鉛直支持	すべり安定性	耐震性	耐津波性 (透水性, 難透水性)
施設	重力擁壁	-	-	構造部材の健全性を保持するために, 重力擁壁がおおむね弾性状態にとどまること。	止水目地の支持機能を喪失して重力擁壁間から有意な漏えいを生じないために, 重力擁壁がおおむね弾性状態にとどまること。
	止水目地			重力擁壁間から有意な漏えいを生じないために, 止水目地の変形性能を保持すること。	重力擁壁間から有意な漏えいを生じないために, 止水目地の変形・遮水性能を保持すること。
	ケーソン			構造部材の健全性を保持するために, ケーソンがおおむね弾性状態にとどまること。	構造部材の健全性を保持し, 有意な漏えいを生じないために, ケーソンがおおむね弾性状態にとどまること。
	放水路ケーソン 頂版 底版 側壁			構造部材の健全性を保持するために, ケーソンがおおむね弾性状態にとどまること。	構造部材の健全性を保持し, 有意な漏えいを生じないために, ケーソンがおおむね弾性状態にとどまること。
				隔壁	構造強度を有すること。
	H形鋼			構造部材の健全性を保持するために, H形鋼がおおむね弾性状態にとどまること。	構造部材の健全性を保持するために, H形鋼がおおむね弾性状態にとどまること。

表 2.3-2(2) 防波壁(波返重力擁壁)の各部位の性能目標

部位		性能目標			
		鉛直支持	すべり 安定性	耐震性	耐津波性 (透水性, 難透水性)
施設	漂流物対策工* (鉄筋コンクリート版)	—	—	防波壁(波返重力擁壁)から分離しないために, 漂流物対策工がおおむね弾性状態にとどまること。	漂流物衝突荷重を分散して, 防波壁(波返重力擁壁)に伝達するために, 鉄筋コンクリート版がせん断破壊しないこと。
地盤	MMR	ケーソン及び重力擁壁を鉛直支持するため, 十分な支持力を保持すること。	基礎地盤のすべり安定性を確保するため, 十分なすべり安全性を保持すること。	—	地盤中からの回り込みによる流入を防止(難透水性を保持)するため, MMR及び改良地盤⑥が破壊しないこと。(内的安定を保持)
	改良地盤⑥				
	岩盤				—

注記\* : 漂流物対策工は「2.1.8 漂流物対策工に関する補足説明」で説明する。



表 2.3-3(1) 防波壁(波返重力擁壁)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	施設・地盤の健全性	重力擁壁	発生する応力度(曲げ・軸力及びせん断力)が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度	
		ケーソン	発生する応力度(曲げ・軸力及びせん断力)が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度	
		放水路ケーソン	頂版	発生する応力度(曲げ・軸力及びせん断力)が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
			底版		材料強度
			側壁	発生する応力度(曲げ・軸力及びせん断力)又はひずみが許容限界以下であることを確認	短期許容応力度 材料強度 許容ひずみ
		H形鋼	発生する応力度(せん断力)が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度	
			MMR	すべり破壊しないこと(内的安定を保持)を確認	すべり安全率 1.2以上
		改良地盤⑥	すべり破壊しないこと(内的安定を保持)を確認	すべり安全率 1.2以上	
		漂流物対策工*1 (鉄筋コンクリート版)	発生する応力度(アンカーボルトの引張力及びせん断力)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	発生する応力度(接地圧)が許容限界以下であることを確認	極限支持力度*2 支圧強度	

注記\*1: 漂流物対策工は「2.1.8 漂流物対策工に関する補足説明」で説明する。

\*2: 妥当な安全余裕を考慮する。

表 2.3-3(2) 防波壁(波返重力擁壁)の評価項目

評価方針	評価項目	部位	評価方法	許容限界	
止水性を損なわないこと	施設・地盤の健全性	重力擁壁	発生する応力度(曲げ・軸力及びせん断力)が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度	
		ケーソン	発生する応力度(曲げ・軸力及びせん断力)が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度	
		放水路ケーソン	頂版 底版 側壁	発生する応力度(曲げ・軸力及びせん断力)が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度 材料強度
		H形鋼	発生する応力度(せん断力)が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度	
		MMR	すべり破壊しないこと(内的安定を保持)を確認	すべり安全率 1.2以上	
		改良地盤⑥	すべり破壊しないこと(内的安定を保持)を確認	すべり安全率 1.2以上	
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	発生する応力度(接地圧)が許容限界以下であることを確認	極限支持力度* 支圧強度	
	施設の变形性	止水目地	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。

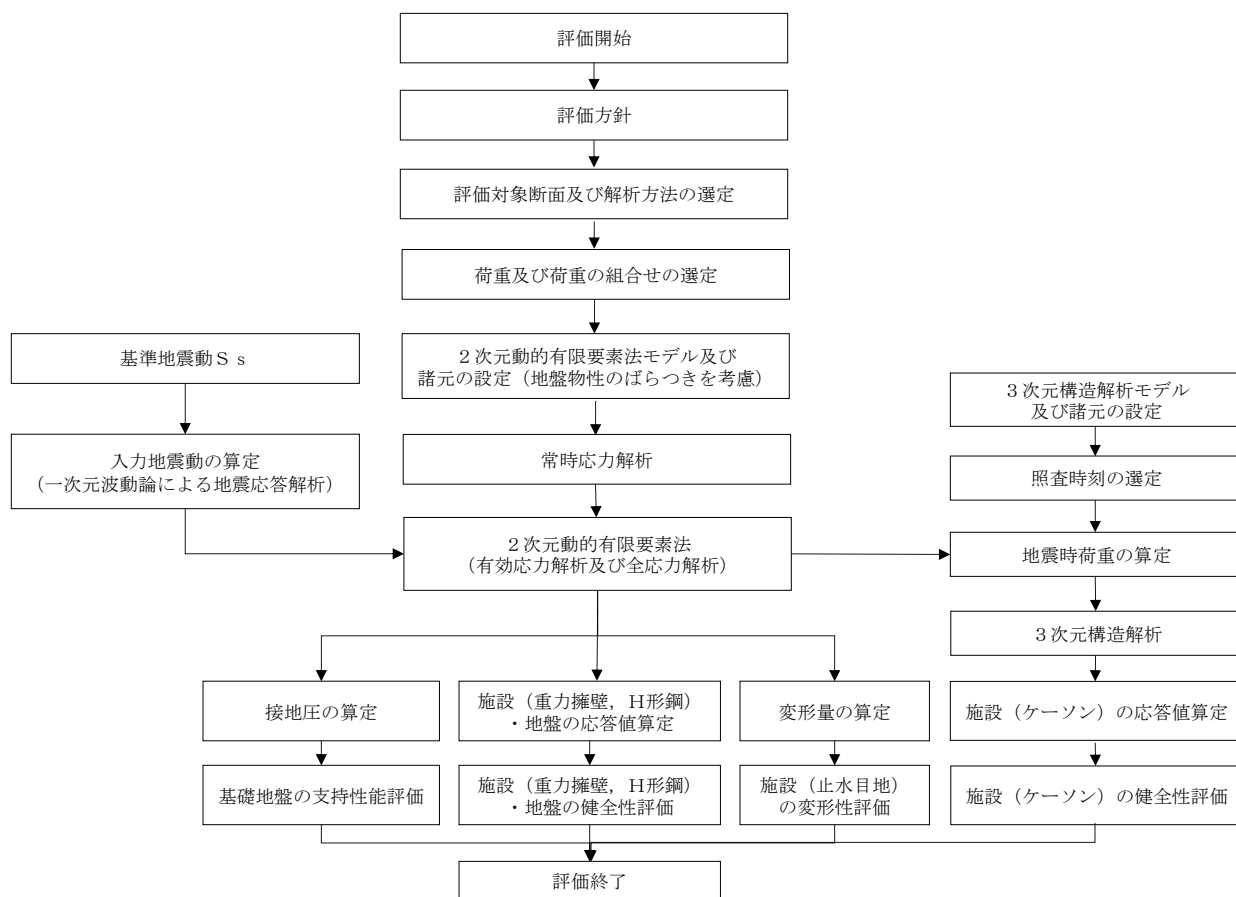


図 2.3-1 防波壁(波返重力擁壁)の耐震評価フロー

## 2.4 適用規格・基準等

適用する規格・基準等を以下に示す。また、項目ごとに適用する規格・基準等を表 2.4-1 に示す。

- ・コンクリート標準示方書[構造性能照査編](土木学会，2002 年制定)
- ・耐津波設計に係る工認審査ガイド(平成 25 年 6 月 19 日，原管地発第 1306196 号)
- ・道路橋示方書 ( I 共通編・IV 下部構造編)・同解説 ( (社) 日本道路協会，平成 14 年 3 月)
- ・防波堤の耐津波設計ガイドライン(国土交通省港湾局 平成 27 年 12 月)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 (日本電気協会)
- ・松江市建築基準法施行細則(平成 17 年 3 月 31 日，松江市規則第 234 号)
- ・港湾の施設の技術上の基準・同解説 ( (社) 日本港湾協会，H19 年版)
- ・港湾構造物設計事例集(沿岸技術研究センター，平成 19 年 3 月)
- ・コンクリート標準示方書[設計編](土木学会，2012 年制定)
- ・コンクリート標準示方書[設計編](土木学会，2017 年制定)

表 2.4-1(1) 適用する規格・基準類

項目	適用する規格，基準類	備考	
使用材料及び材料定数	コンクリート標準示方書[構造性能照査編](土木学会，2002年制定) 道路橋示方書(I 共通編・IV 下部構造編)・同解説( (社) 日本道路協会，平成 14 年 3 月)	—	
荷重及び荷重の組合せ	コンクリート標準示方書[構造性能照査編](土木学会，2002年制定) 松江市建築基準法施行細則(平成 17 年 3 月 31 日，松江市規則第 234 号)	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	重力擁壁	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)	曲げ・軸力照査及びせん断力照査は，発生応力度が，短期許容応力度以下であることを確認
	ケーソン	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) 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)	曲げ・軸力照査及びせん断力照査は，発生応力度が，許容応力度以下であることを確認
	放水路ケーソン	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) 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) コンクリート標準示方書[設計編](土木学会，2012年制定) コンクリート標準示方書[設計編](土木学会，2017年制定)	曲げ・軸力照査及びせん断力照査は，発生応力度が，許容応力度以下であること又は発生ひずみが許容ひずみ以下であることを確認。引張力照査は，材料強度以下であることを確認
	H形鋼	道路橋示方書(I 共通編・IV 下部構造編)・同解説( (社) 日本道路協会，平成 14 年 3 月)	せん断力照査は，発生応力度が，短期許容応力度以下であることを確認
	MMR	耐津波設計に係る工認審査ガイド(平成 25 年 6 月 19 日，原管地発第 1306196 号)	すべり安全率が 1.2 以上であることを確認

表 2.4-1(2) 適用する規格・基準類

項目		適用する規格，基準類	備考
許容 限界	改良地盤 ⑥	耐津波設計に係る工認審査ガイド（平成 25 年 6 月 19 日，原管地発第 1306196 号）	すべり安全率が 1.2 以上であることを確認
	基礎地盤	道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 14 年 3 月） 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）	支持力照査は，接地圧が極限支持力度又は，支圧強度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
		港湾の施設の技術上の基準・同解説（（社）日本港湾協会，H19 年版） 港湾構造物設計事例集（沿岸技術研究センター，平成 19 年 3 月）	ジョイント要素の物性値の設定

### 3. 耐震評価

#### 3.1 評価対象断面

防波壁（波返重力擁壁）の評価対象断面は、設置変更許可段階における構造成立性評価断面として選定した断面を基本としたうえで、「1.8 浸水防護施設の設計における評価対象断面の選定について」で記載したとおり、耐震評価においては、構造的特徴、周辺地盤状況、地下水位、隣接構造物の有無及び間接支持される機器・配管系の有無が耐震評価結果に及ぼす影響の観点から、耐震評価上厳しいと考えられる断面を評価対象断面として選定する。

評価対象断面選定結果を表 3.1-1 に、評価対象断面位置図を図 3.1-1 に、縦断面図を図 3.1-2 に、防波壁（波返重力擁壁）の各区分における横断面図を図 3.1-3～図 3.1-8 に示す。また、評価対象断面における構造図を図 3.1-9 に、概略配筋図を図 3.1-10 に示す。

防波壁（波返重力擁壁）のうちケーソンについては、位置によってケーソンの構造が異なり、また重力擁壁については、既設の重力擁壁を巻き立てるように嵩上げた区間と、新たに重力擁壁を構築した区間がある。重力擁壁及びケーソンの構造種別を図 3.1-11 に示す。

⑦-⑦断面は変位量が最大となる④-④断面に直交する縦断方向の断面である。④-④断面位置における縦断方向の止水目地の変形量を求めるため、変形性評価の評価対象断面に選定した。

なお、防波壁（波返重力擁壁）のケーソンは、耐震・耐津波安全性を向上させるためにすべての中詰材を改良している。（参考資料 3 参照）

評価対象断面選定の詳細については、「1.8 浸水防護施設の設計における評価対象断面の選定について」の「1.8.2 防波壁」に示す。

表 3.1-1 評価対象断面選定結果（防波壁（波返重力擁壁））

検討断面	評価対象断面整理上の観点					該当する 観点	選定理由
	(1)重力擁壁 寸法(m)	(2)支持構造及び 寸法(m)	(3)地表面から 岩盤上面まで の深さ(m)	(4)地表面高さ EL(m)	(5)改良地盤 の有無		
一般部 (①-①断面)	天端幅：1.5m 高さ：8.5m	ケーソン B：15.0 L：19.9 H：15.0	21.2	6.5	—	—	改良地盤部(②-②断面)と比較して、ケーソンの幅が広く、改良地盤が無いことに加え、岩盤上面深さも浅いことから改良地盤部(②-②断面)に代表させる。
改良地盤部 (②-②断面)	天端幅：1.5m 高さ：8.5m	ケーソン B：13.0 L：19.9 H：15.0	29.0	6.5	有	(2) (3) (5)	支持構造がケーソンとなる他断面のうち、ケーソン高さに対するケーソン幅が最も狭く、岩盤上面深さも最も深いことに加え、改良地盤⑥が配置してあることから評価対象断面に選定する。
放水路貫通部 (③-③断面)	天端幅：1.5m 高さ：8.5m		16.3	6.5	—	(2)	改良地盤部(②-②断面)と比較して、ケーソンの高さが低い、開口部（放水路）を有するため、評価対象断面に選定する。
輪谷部 (④-④断面)	天端幅：1.5m 高さ：6.5m	ケーソン B：15.0 L：18.95 H：15.0	23.2	8.5	—	(4)	改良地盤部(②-②断面)と比較して、ケーソンの幅が広いが、地表面高さが高いことから評価対象断面に選定する。
東端部 (⑤-⑤断面)	天端幅：1.0m 高さ：7.5m	H形鋼 H350×350×12×19	0.0	8.5	—	(1) (2) (4)	重力擁壁が岩盤に直接設置され、支持構造がH形鋼であり、西端部(⑥-⑥)断面と比べて重力擁壁の天端幅及び下端幅が狭いことから、評価対象断面に選定する。
西端部 (⑥-⑥断面)	天端幅：1.5m 高さ：8.5m	H形鋼 H350×350×12×19	0.0	6.5	—	(2)	東端部(⑤-⑤)断面と比較して、天端幅及び下端幅が広いことから、東端部(⑤-⑤)断面に代表させる。

□：番号を付与する観点

□：観点の番号付与が多い

□：選定した評価対象断面



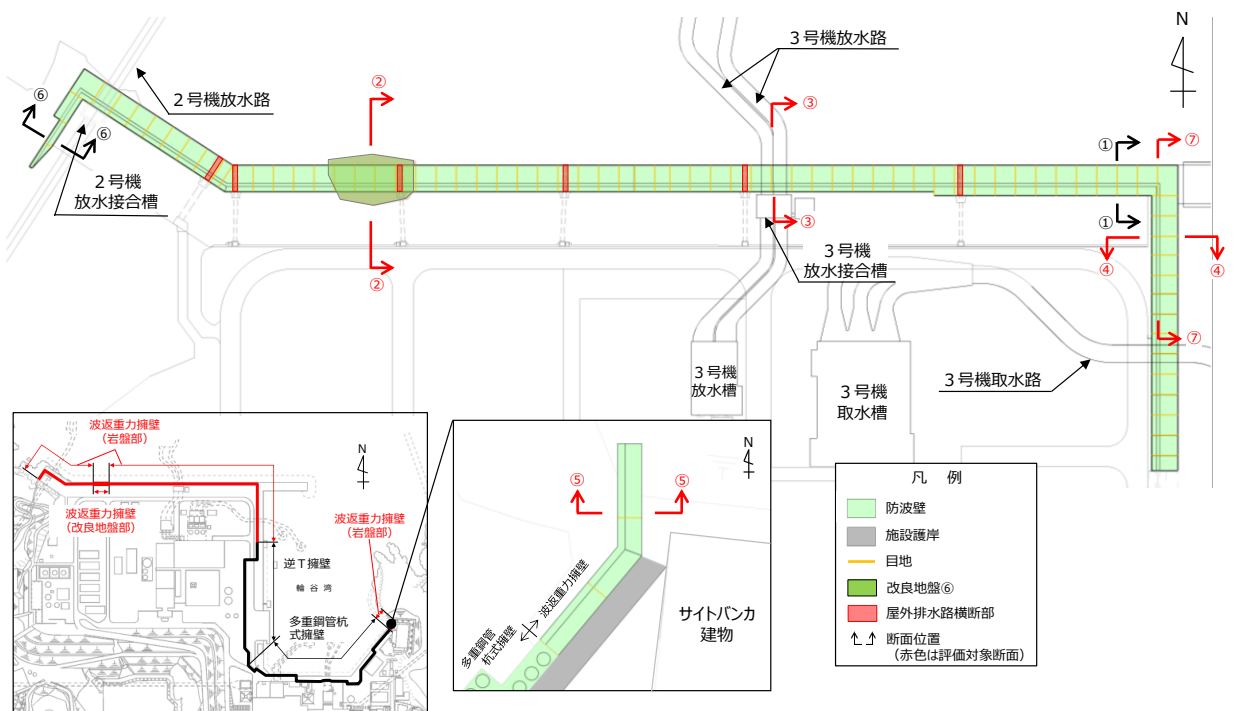


図 3.1-1 防波壁（波返重力擁壁）の評価対象断面位置図

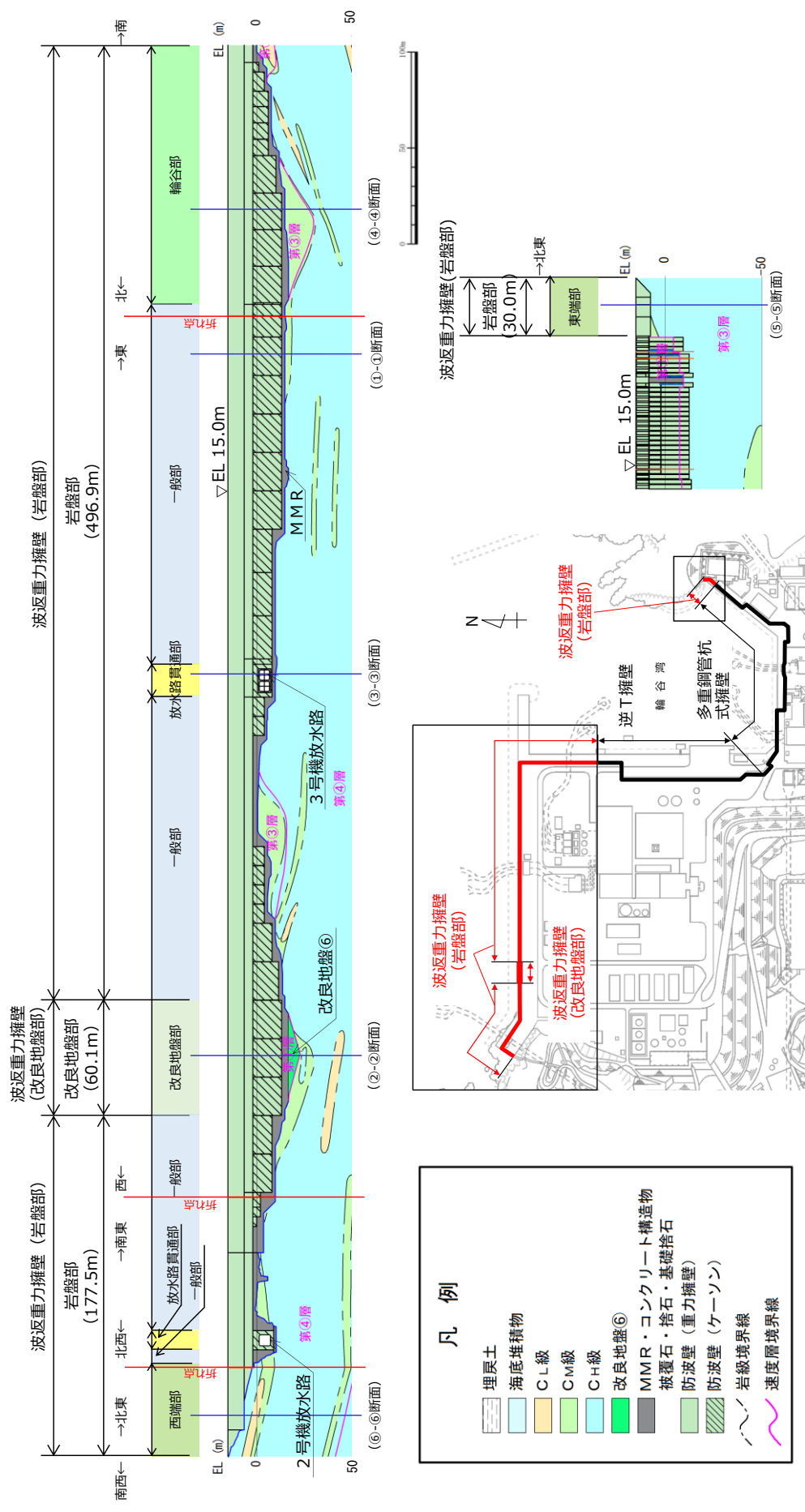


図 3.1-2 防波壁 (波返重力擁壁) の縦断面図

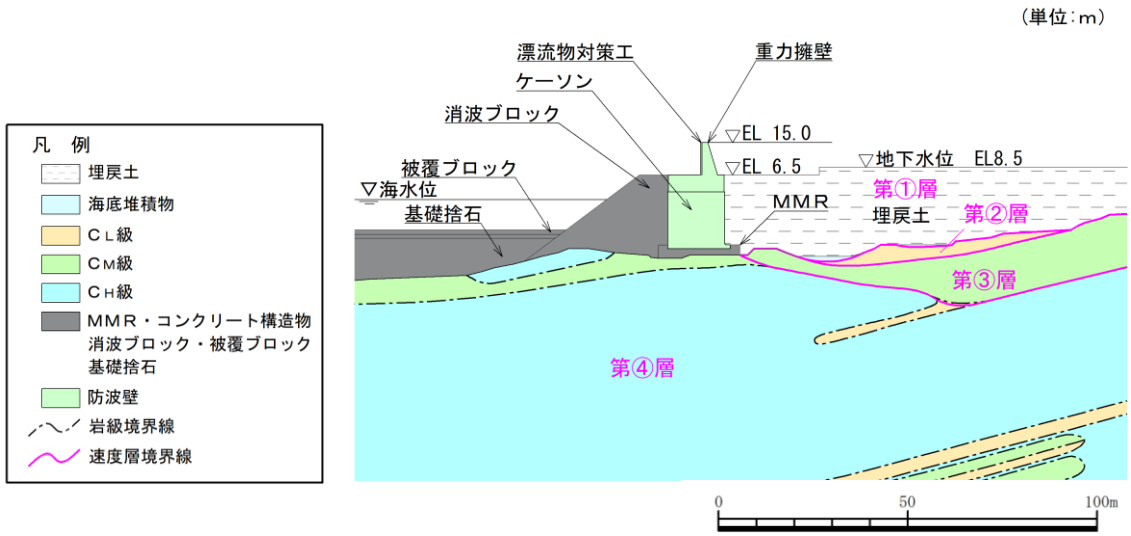


図 3.1-3 横断面図 (①-①断面)

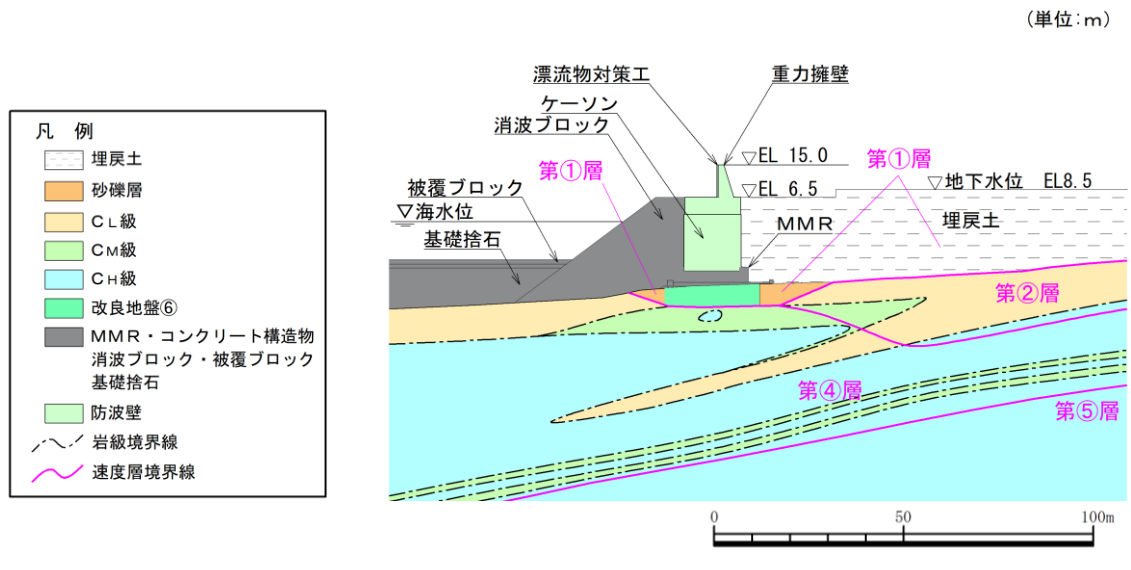


図 3.1-4 横断面図 (②-②断面)

(単位:m)

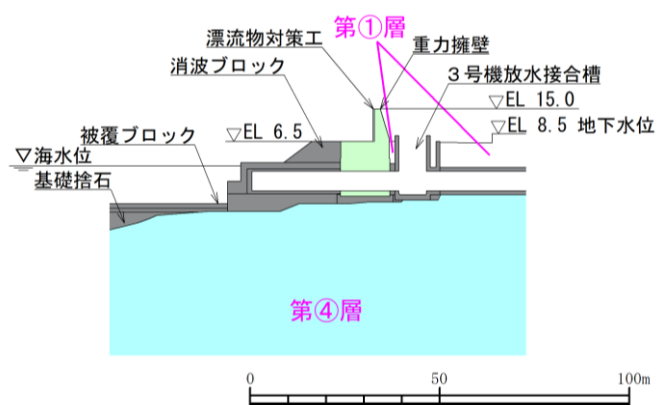
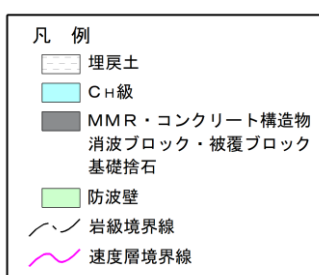


図 3.1-5 横断面図 (③-③断面)

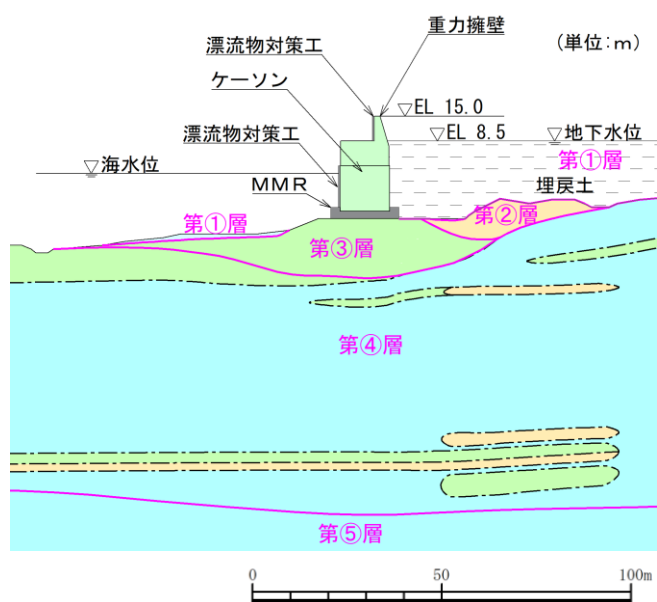
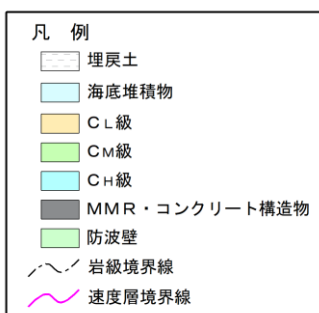


図 3.1-6 横断面図 (④-④断面)

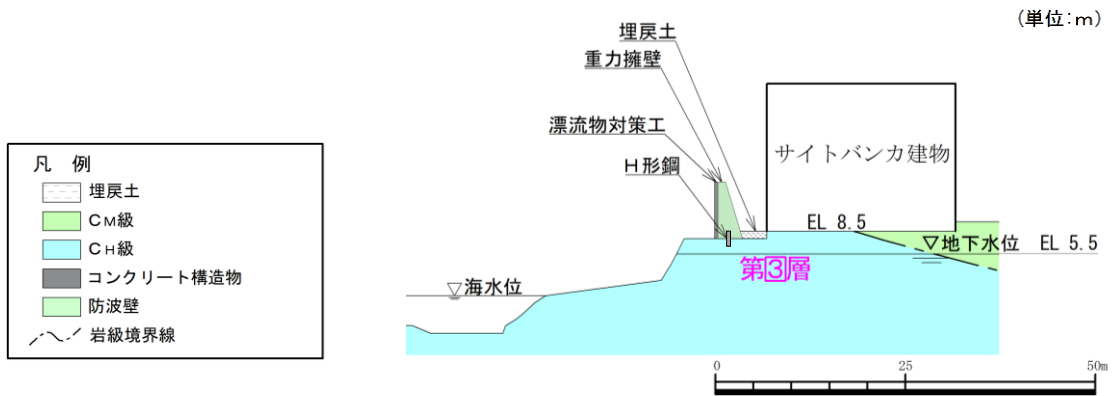


図 3.1-7 横断面図 (⑤-⑤断面)

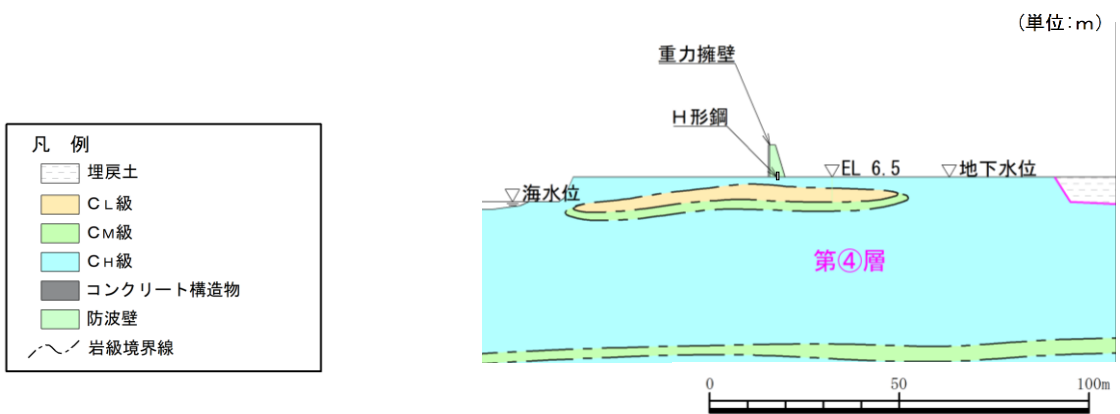


図 3.1-8 横断面図 (⑥-⑥断面)

(単位：mm)

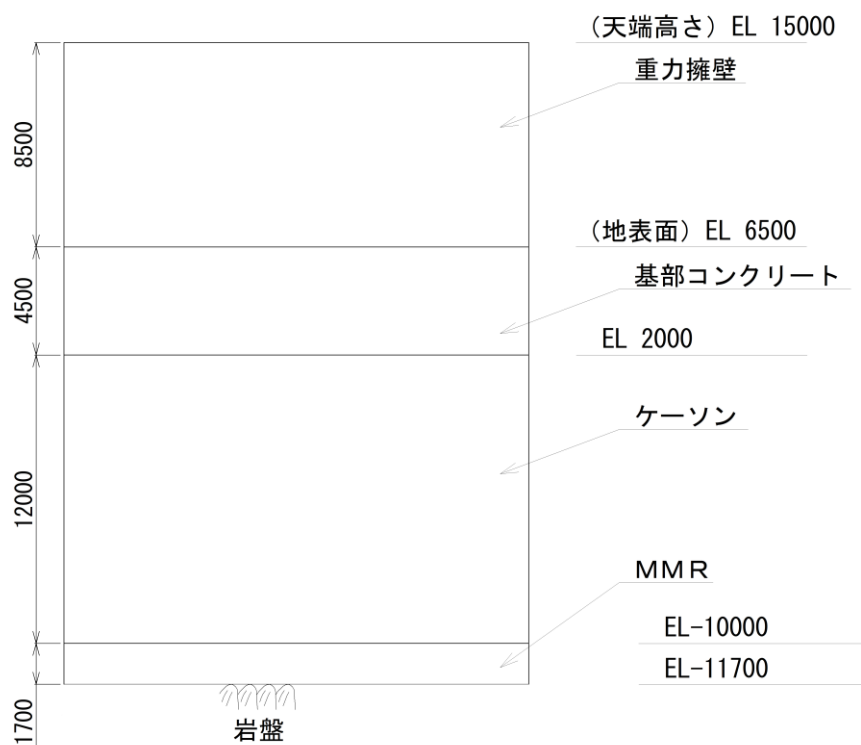


図 3.1-9(1) 防波壁（波返重力擁壁）の構造図（正面図）（ケーソン設置部）

(単位：mm)

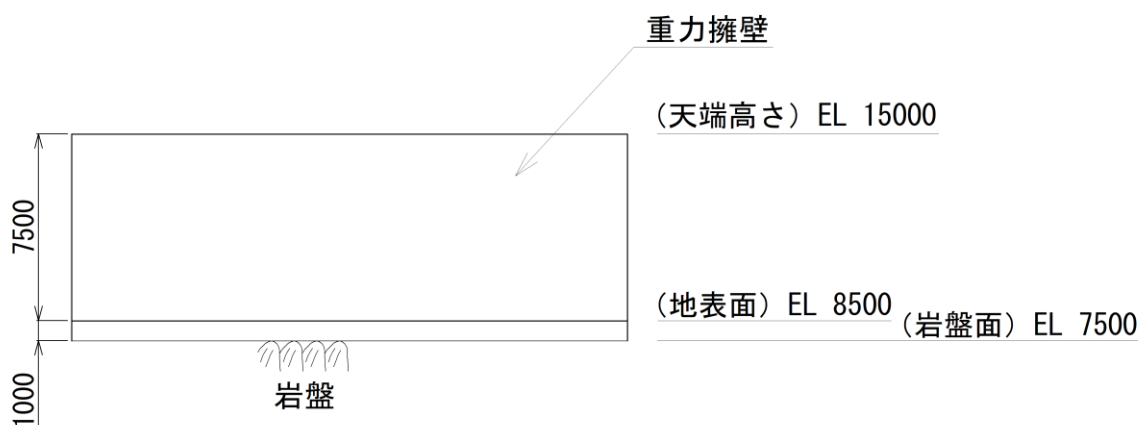


図 3.1-9(2) 防波壁（波返重力擁壁）の構造図（正面図）（岩盤直接支持部）

(単位：mm)

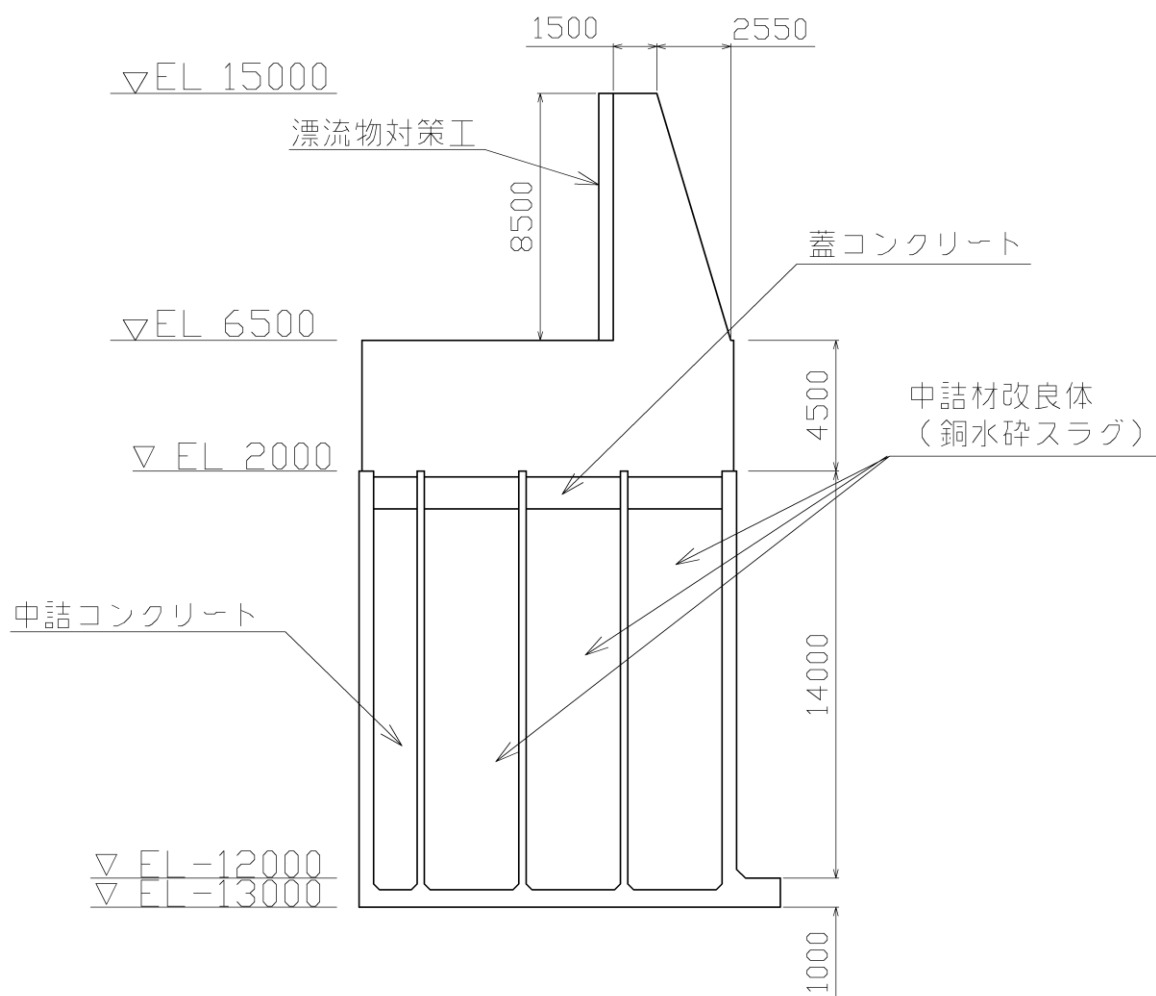


図 3.1-9(3) 防波壁 (波返重力擁壁) の構造図 (断面図) (②-②断面)

(単位：mm)

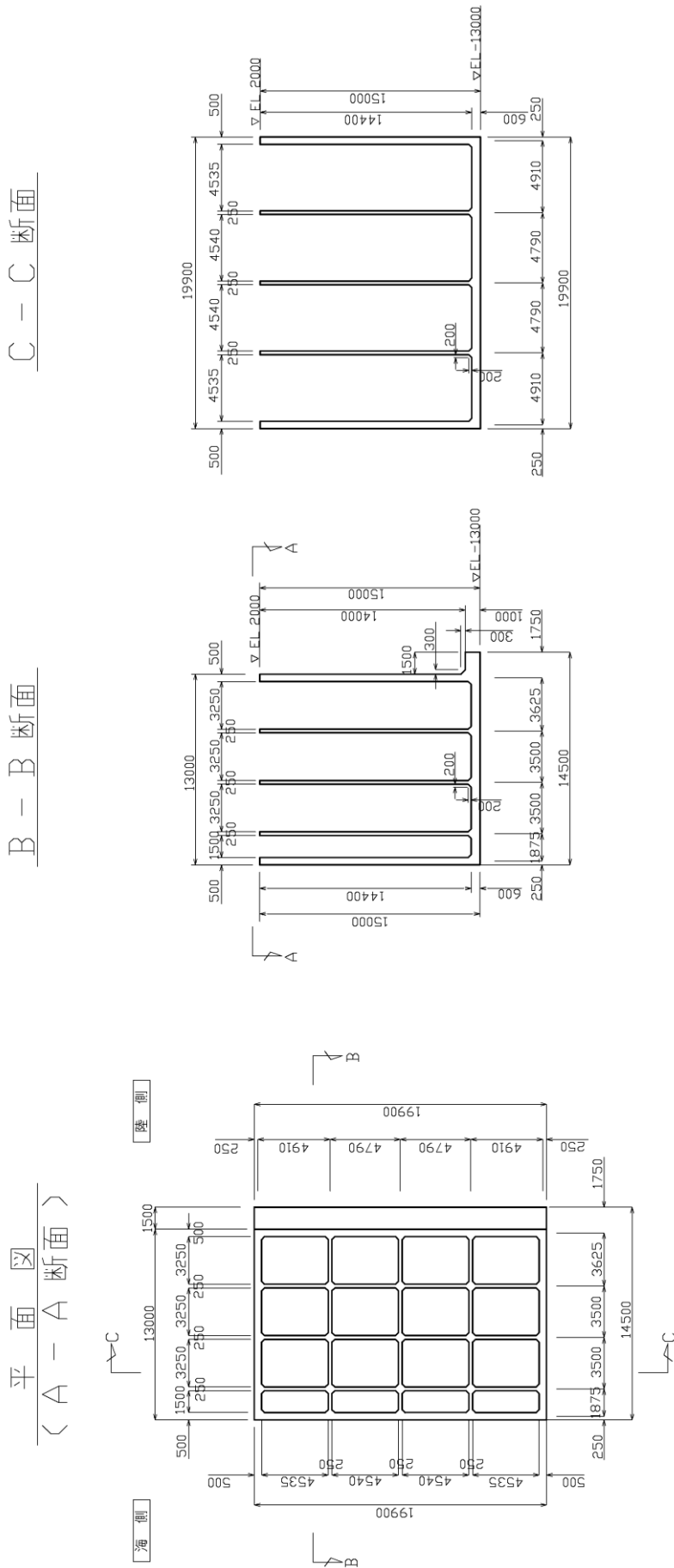


図 3.1-9(4) 防波壁 (波返重力擁壁) のケーソン構造図 (断面図) (②-②断面)



(単位：mm)

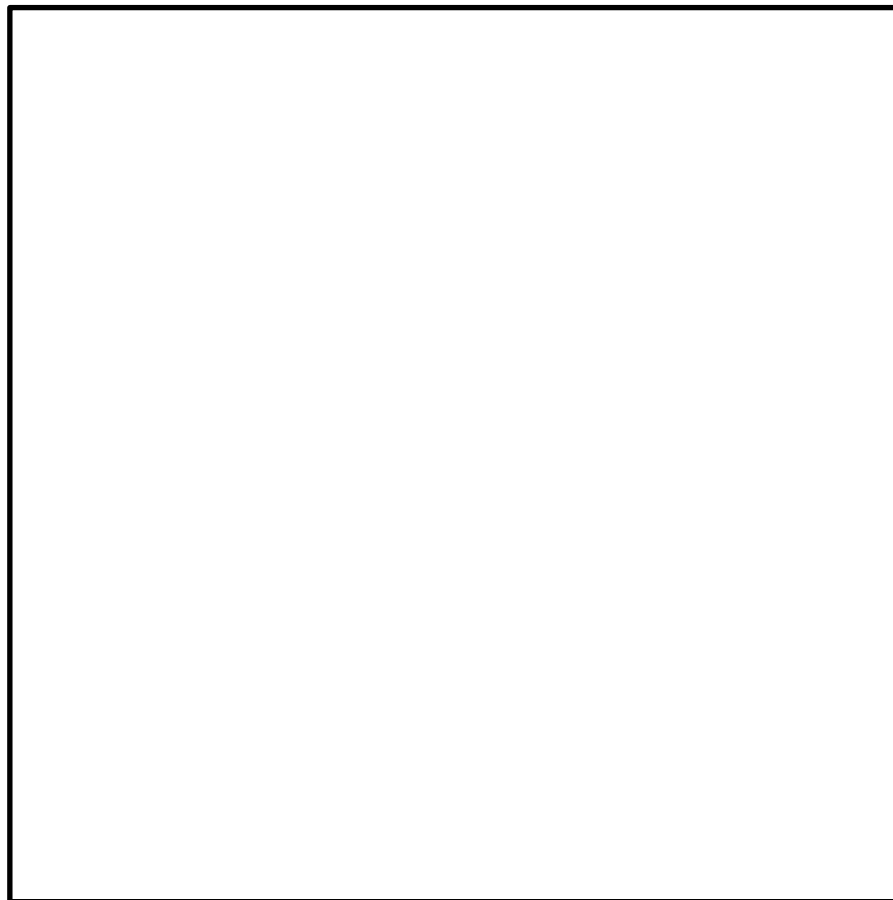


図 3.1-9(5) 防波壁（波返重力擁壁）の構造図（断面図）（③-③断面）

(単位：mm)

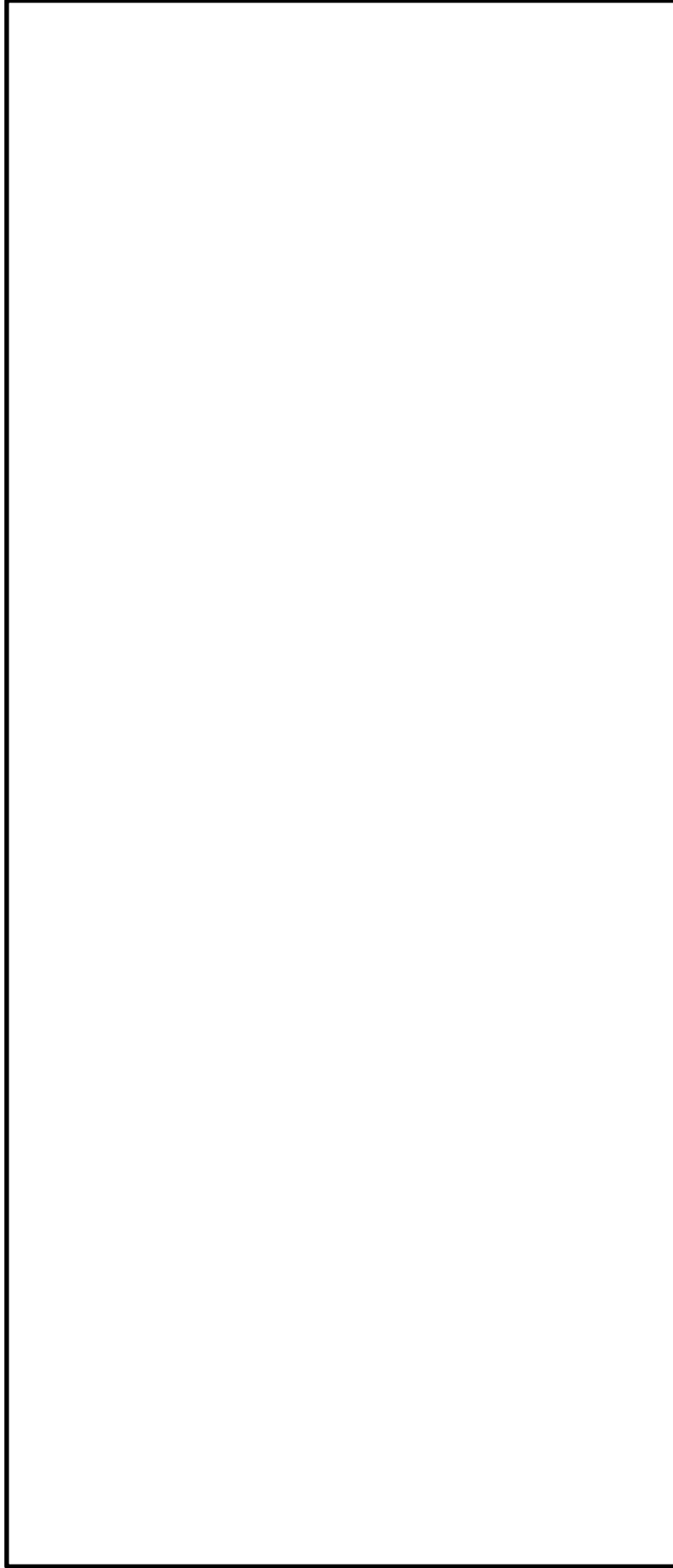


図 3.1-9(6) 防波壁（波返重力擁壁）の放水路ケーソン構造図（断面図）（㊸-㊸断面）

(単位：mm)

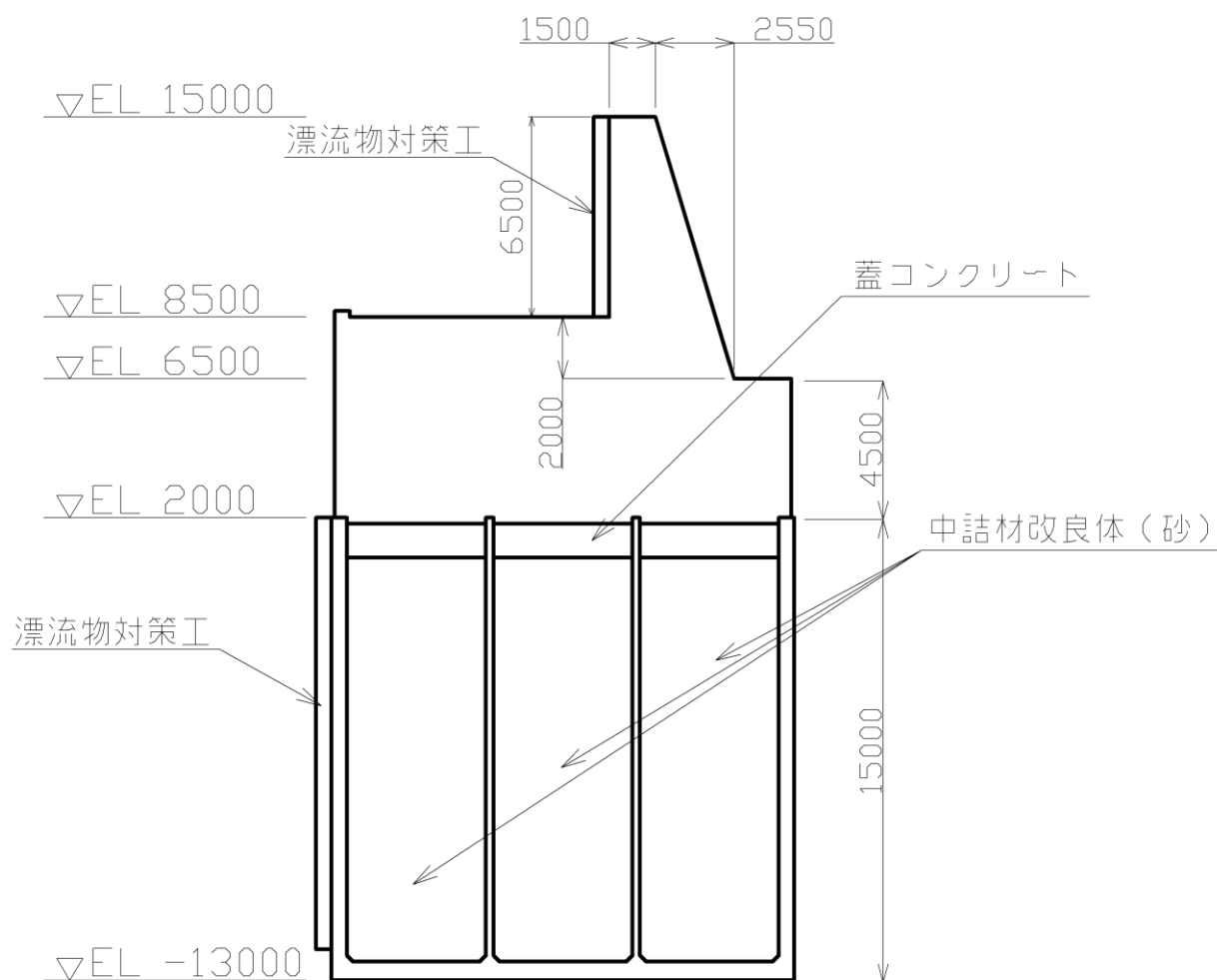


図 3.1-9(7) 防波壁 (波返重力擁壁) の構造図 (断面図) (④-④断面)

(単位：mm)

平面図  
(A-A断面図)

B-B断面図

C-C断面図

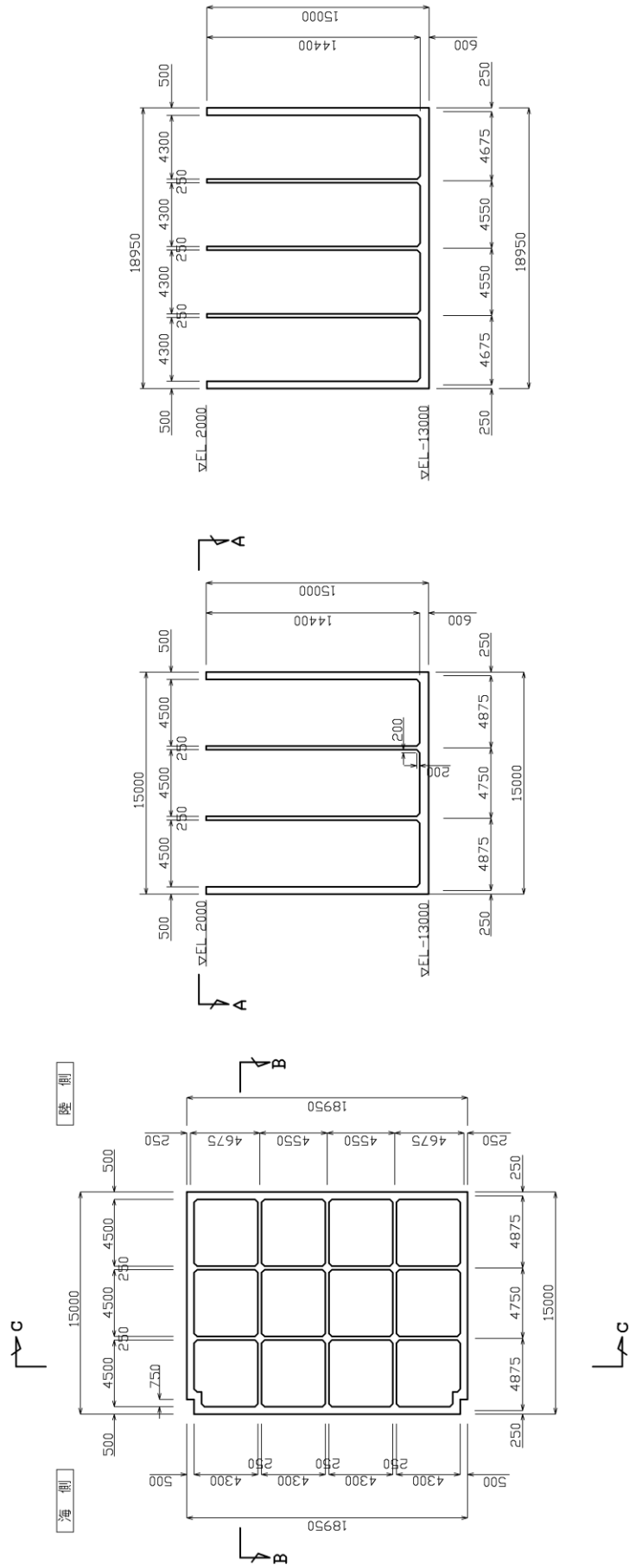
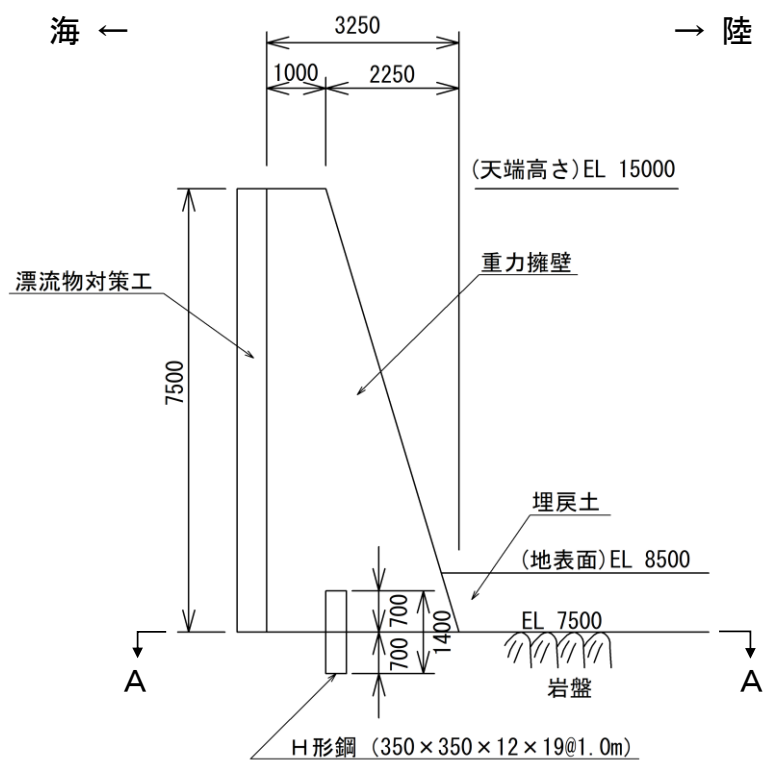
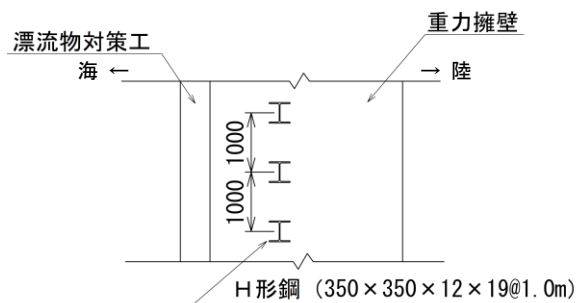


図 3.1-9(8) 防波壁 (波返重力擁壁) のケーソン構造図 (断面図) (④-④断面)

(単位：mm)



断面図



平面図 (A-A断面)

図 3.1-9(9) 防波壁 (波返重力擁壁) の構造図 (⑤-⑤断面)

(単位：mm)

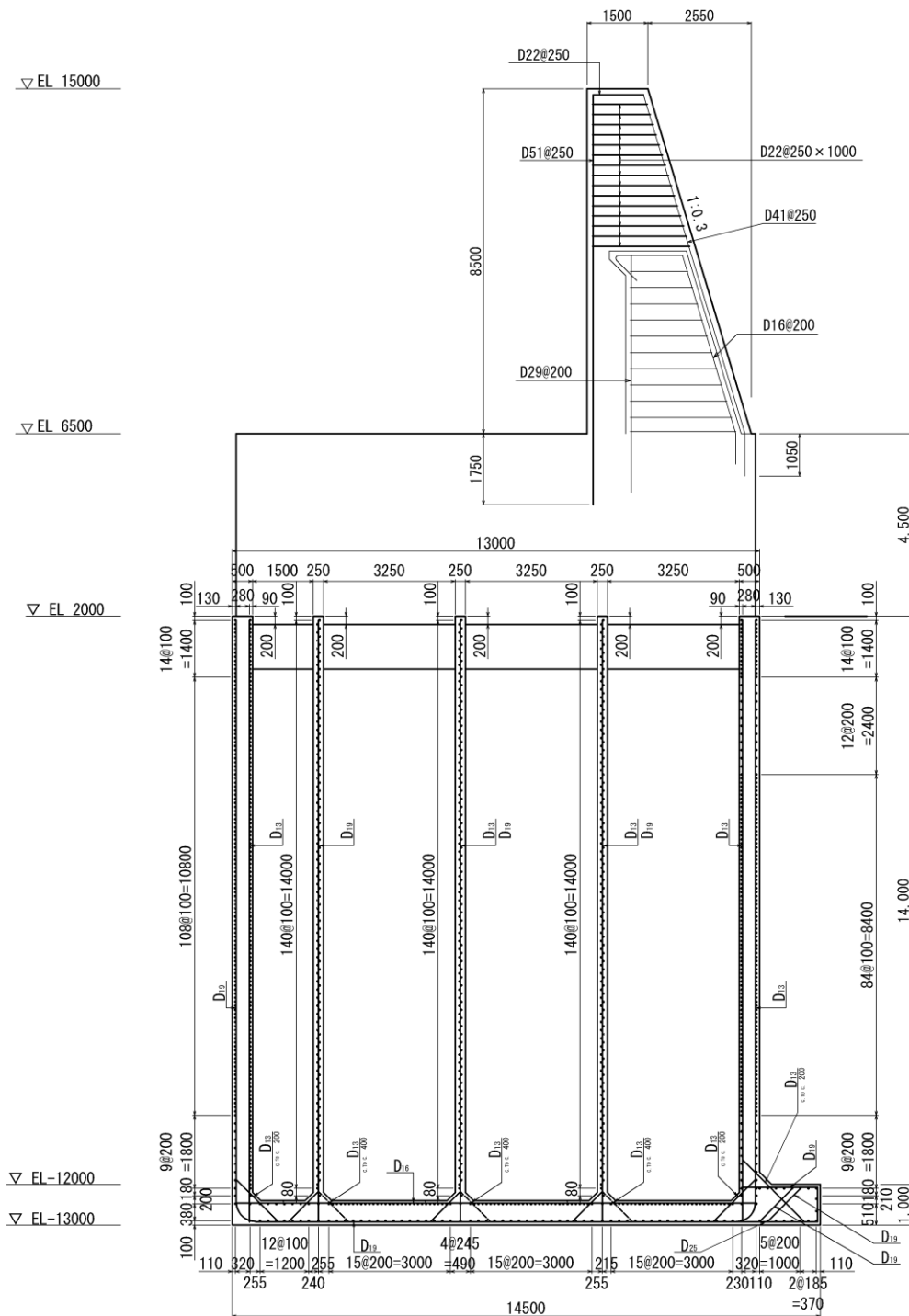


図 3.1-10(1) 防波壁（波返重力擁壁）の重力擁壁及びケーソンの概略配筋図  
 (②-②断面)

(単位：mm)

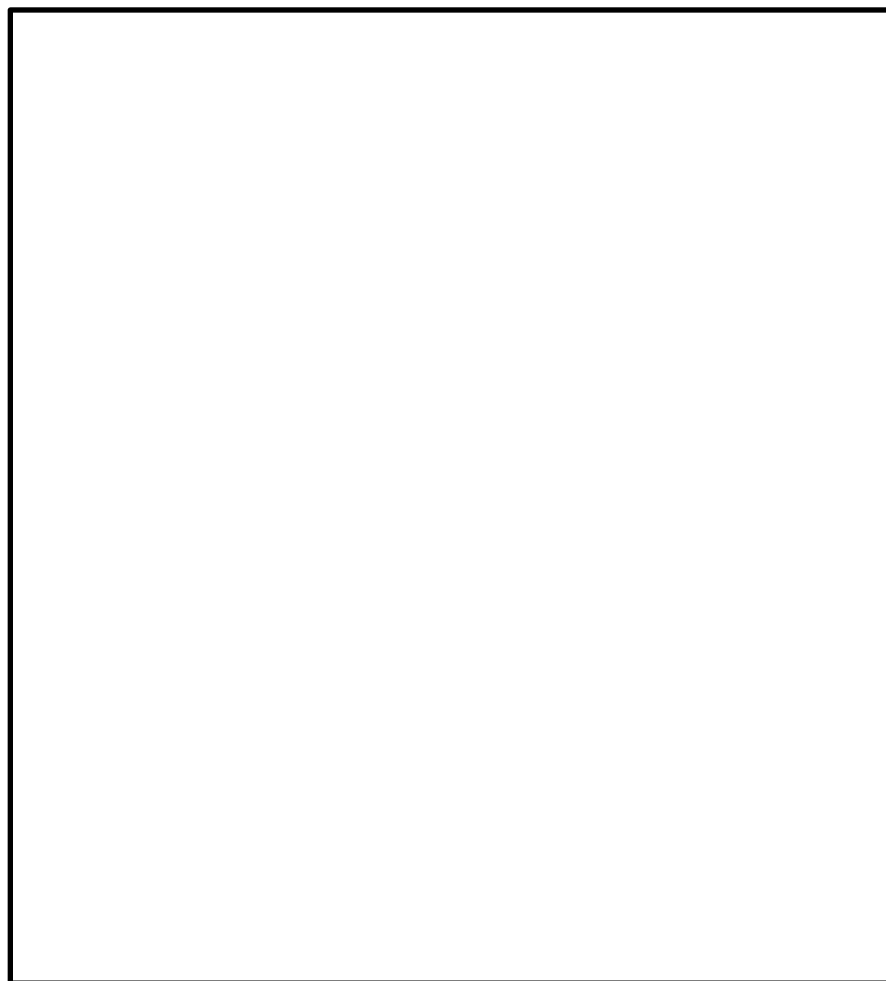


図 3.1-10(2) 防波壁（波返重力擁壁）の重力擁壁の概略配筋図（③-③断面）

(単位：mm)

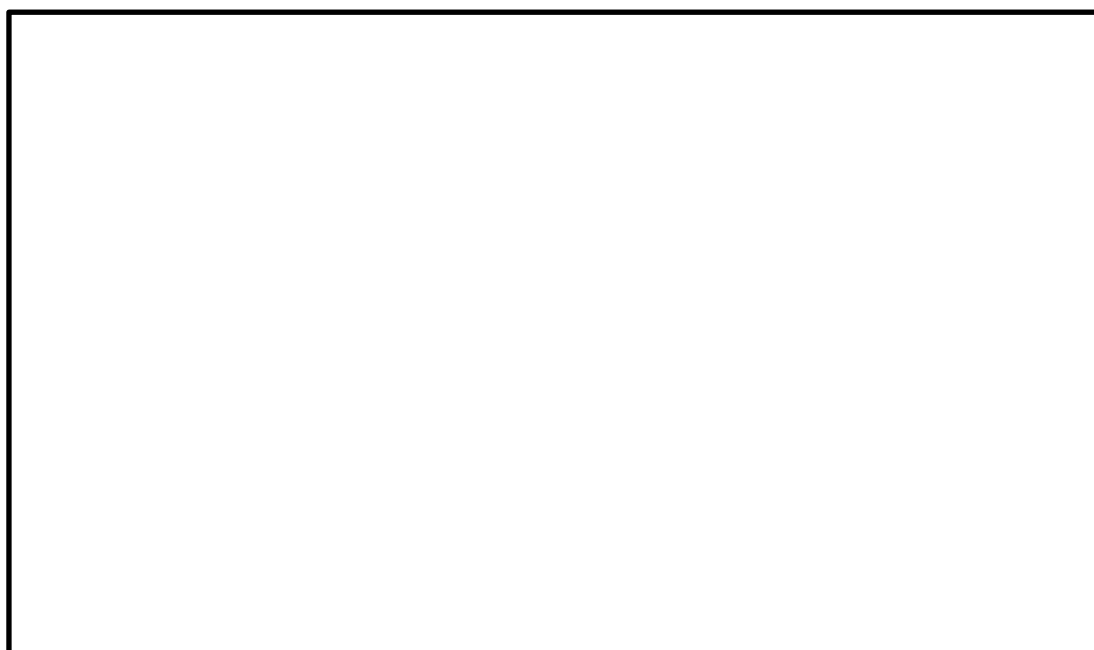


図 3.1-10(3) 防波壁（波返重力擁壁）の放水路ケーソンの概略配筋図（③-③断面）

(単位 : mm)

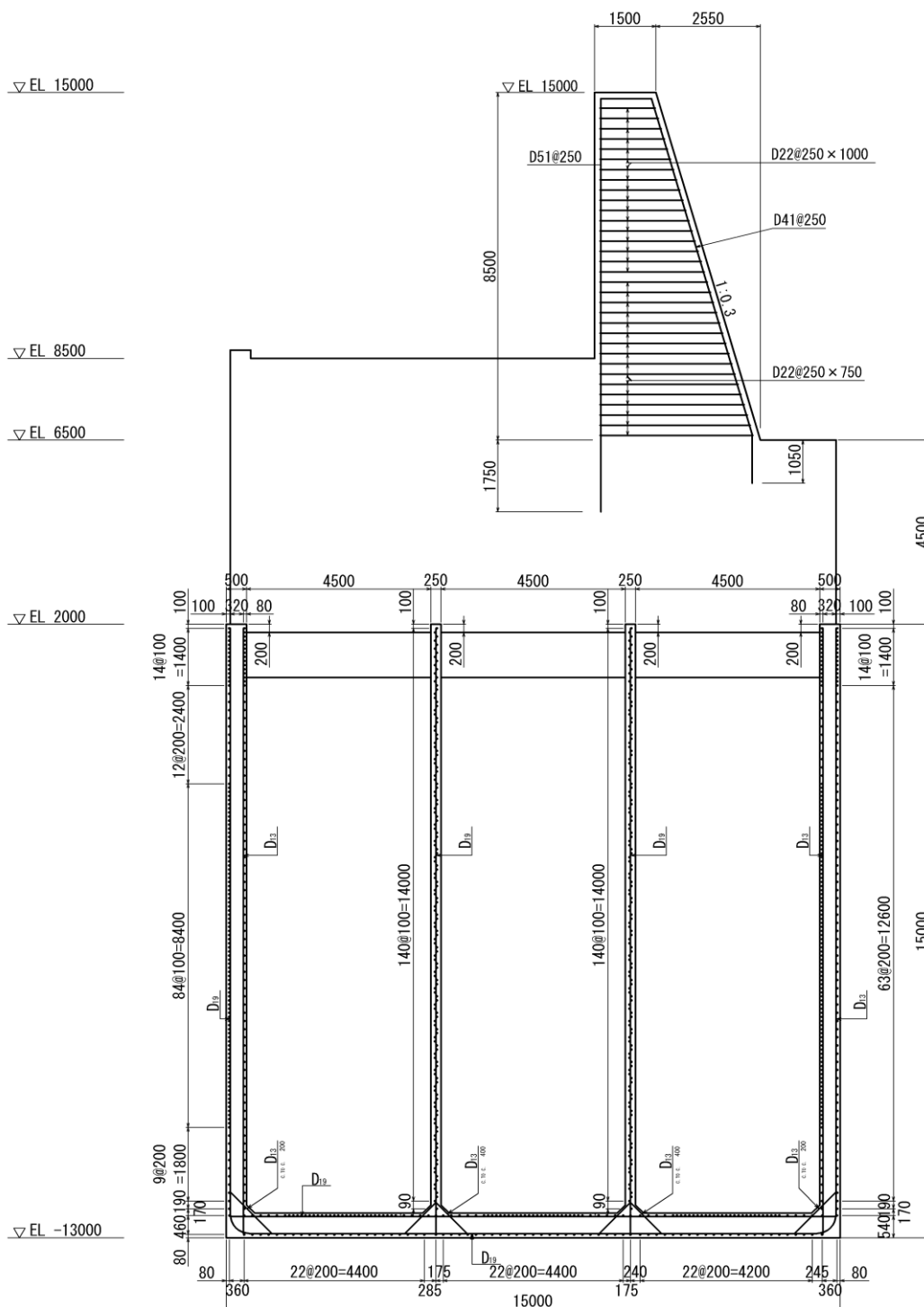


図 3.1-10(4) 防波壁 (波返重力擁壁) の重力擁壁及びケーソンの概略配筋図  
(④-④断面)



(単位：mm)

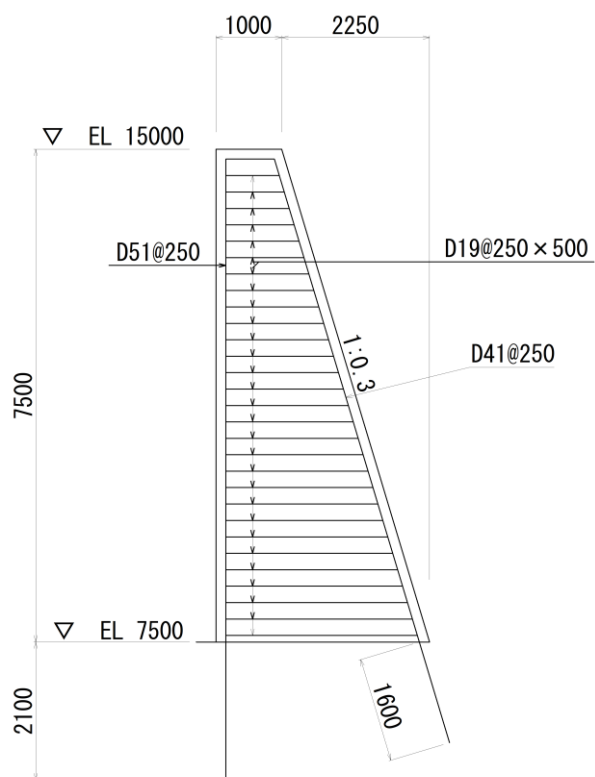
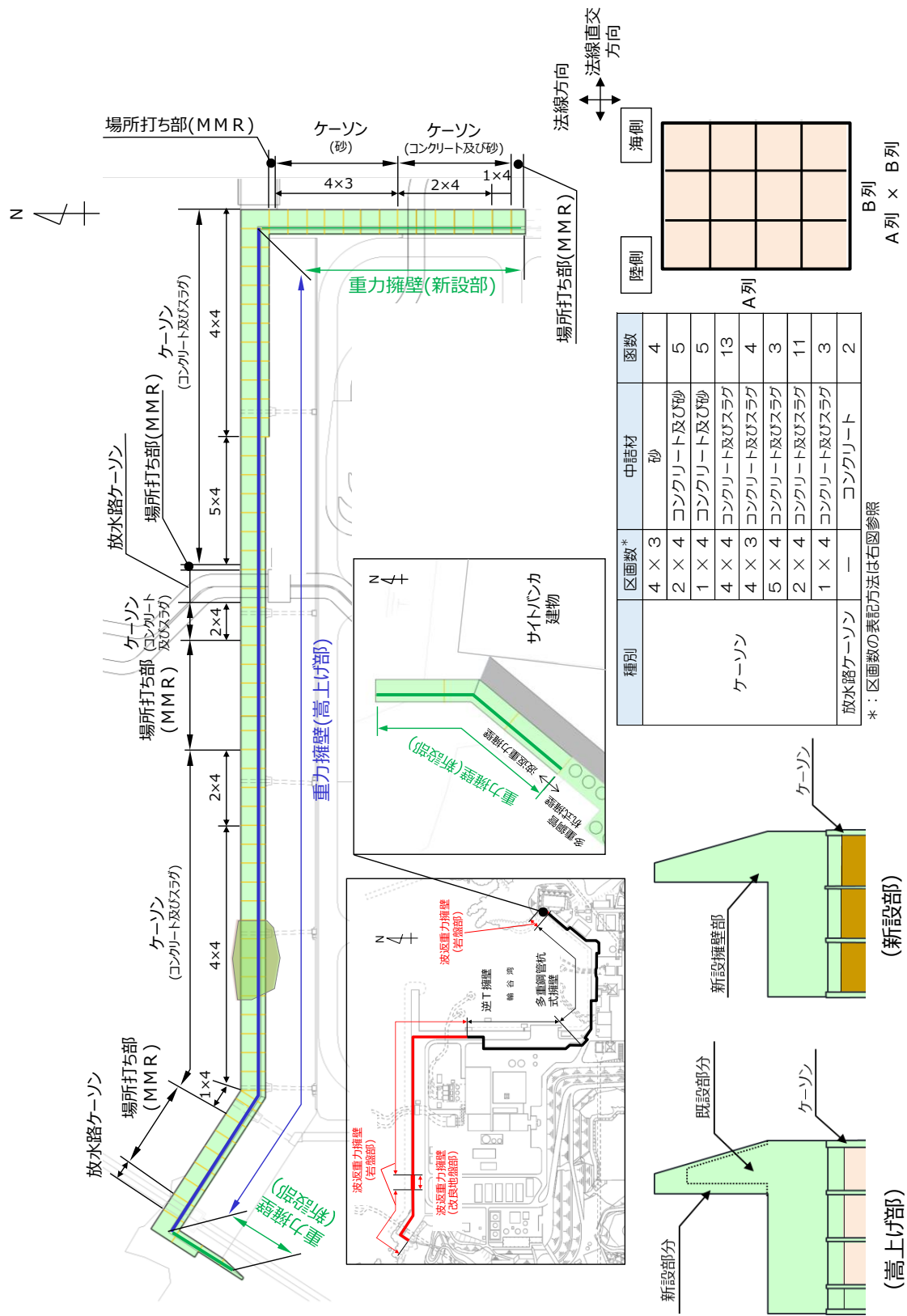


図 3.1-10(5) 防波壁（波返重力擁壁）の重力擁壁の概略配筋図（⑤-⑤断面）



ケーソン種別一覧及び区画数イメージ図

重力擁壁構造図

図 3.1-11 防波壁（波返重力擁壁）における重力擁壁及びケーソンの構造種別

### 3.2 評価対象部位

評価対象部位は、防波壁（波返重力擁壁）の構造上の特徴を踏まえ設定する。

#### (1) 施設・地盤の健全性評価

2次元有限要素法による施設・地盤の健全性評価に係る評価対象部位は、重力擁壁、H形鋼、MMR及び改良地盤⑥とする。

3次元構造解析による施設の健全性評価に係る評価対象部位は、ケーソンの各部材とする。なお、3次元構造解析においては、2次元有限要素法による地震時荷重を抽出し3次元構造解析モデルに入力する。

#### (2) 施設の変形性評価

2次元有限要素法による施設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目地とする。

#### (3) 基礎地盤の支持性能評価

2次元有限要素法による基礎地盤の支持性能評価に係る評価対象部位は、防波壁（波返重力擁壁）を支持する基礎地盤（MMR、改良地盤⑥及び岩盤）とする。

### 3.3 荷重及び荷重の組合せ

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

#### (1) 耐震評価上考慮する状態

防波壁（波返重力擁壁）の地震応答解折において，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

防波壁（波返重力擁壁）の地震応答解析において、考慮する荷重を以下に示す。

a. 固定荷重(G)

固定荷重として、躯体自重、漂流物対策工及び機器・配管荷重を考慮する。

b. 積雪荷重 (P<sub>s</sub>)

積雪荷重として、発電所最寄りの気象官署である松江地方気象台（松江市）での観測記録（1941～2018年）より、観測史上1位の月最深積雪100cm（1971年2月4日）に平均的な積雪荷重を与えるための係数0.35を考慮し35.0cmとする。

積雪荷重については、松江市建築基準法施行細則（平成17年3月31日、松江市規則第234号）により、積雪量1cmごとに20N/m<sup>2</sup>の積雪荷重が作用することを考慮し設定する。

c. 風荷重 (P<sub>k</sub>)

風荷重については、設計基準風速を30m/sとし、建築基準法に基づき算定する。

d. 地震荷重(S<sub>s</sub>)

基準地震動S<sub>s</sub>による荷重を考慮する。

(3) 荷重の組合せ

荷重の組合せを表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 (S <sub>s</sub> )	G + P <sub>s</sub> + P <sub>k</sub> + S <sub>s</sub>

G : 固定荷重

P<sub>s</sub> : 積雪荷重

P<sub>k</sub> : 風荷重

S<sub>s</sub> : 地震荷重 (基準地震動S<sub>s</sub>)

### 3.4 許容限界

許容限界は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。

#### 3.4.1 重力擁壁

重力擁壁の許容限界は、「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)」(以下「コンクリート標準示方書(2002)」という。)に基づき、表3.4.1-1に示す短期許容応力度とする。

表 3.4.1-1 重力擁壁の許容限界

種別	許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )		短期許容応力度* <sup>1</sup> (N/mm <sup>2</sup> )
	コンクリート (f' <sub>ck</sub> =24N/mm <sup>2</sup> )	許容曲げ圧縮応力度 $\sigma_{ca}$	9.0
許容せん断応力度 $\tau_{ca}$ * <sup>2</sup>		0.45	0.67
コンクリート	許容せん断応力度 $\tau_{ca}$ * <sup>3</sup>	0.43* <sup>4</sup>	0.64
鉄筋 (SD345)	許容曲げ引張応力度 $\sigma_{sa}$	196	294

注記\*1：短期許容応力度は、「コンクリート標準示方書(2002)」より許容応力度に対して1.5倍の割増を考慮する。

\*2：④-④断面及び⑤-⑤断面の評価に用いる。

\*3：設計基準強度の異なるコンクリートが重力擁壁に混在している②-②断面及び③-③断面の評価に用いる。

\*4：設計基準強度 21N/mm<sup>2</sup> 及び 24N/mm<sup>2</sup> の各々の許容せん断応力度を用い、評価断面の面積按分により算定

### 3.4.2 ケーソン

#### (1) ②-②断面及び④-④断面

ケーソンの曲げ軸力系の破壊及びせん断破壊（面外）に対する許容限界は「コンクリート標準示方書（2002）」に基づき、表 3.4.2-1 に示す許容応力度とする。

せん断破壊（面内）に対する許容限界は、図 3.4.2-1 に示す「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)」(以下「J E A G 4 6 0 1 -1987」という。)に規定されているスケルトンカーブの第 1 折点の許容せん断応力度（面内）を許容限界とし、(式 1)に基づき設定する。

表 3.4.2-1 曲げ・軸力系の破壊及びせん断破壊（面外）に対する許容限界

種別	許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )		短期許容応力度* (N/mm <sup>2</sup> )
	コンクリート (f'ck=24N/mm <sup>2</sup> )	許容曲げ圧縮応力度 $\sigma_{ca}$	9.0
	許容せん断応力度 $\tau_{a1}$	0.45	0.67
鉄筋 (SD345)	許容曲げ引張応力度 $\sigma_{sa}$	196	294

注記\*：短期許容応力度は、「コンクリート標準示方書（2002）」より許容応力度に対して 1.5 倍の割増を考慮する。

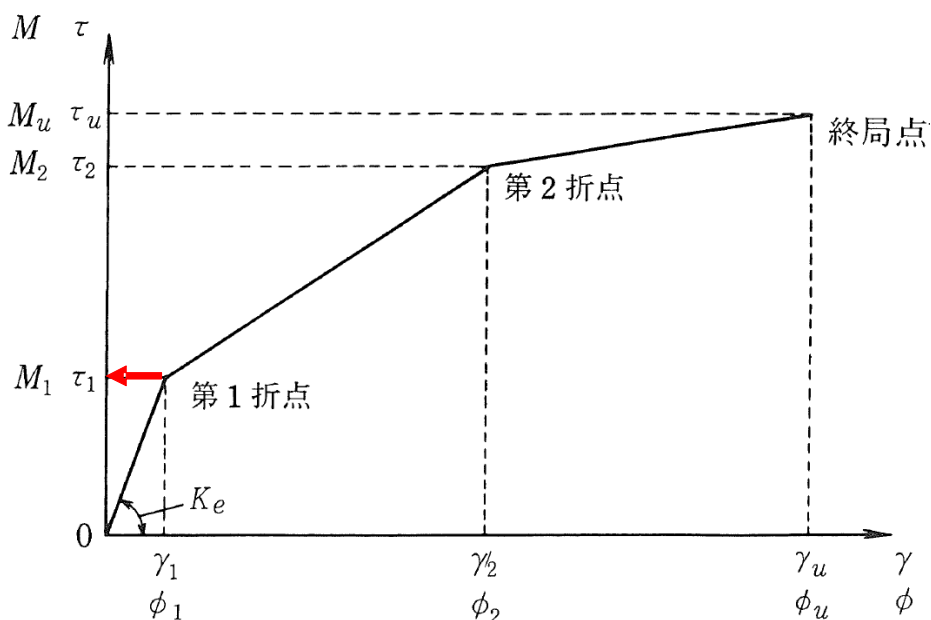


図 3.4.2-1 せん断破壊（面内）に対する許容限界  
(「J E A G 4 6 0 1 -1987」に加筆)

$$\tau_1 = \sqrt{0.31\sqrt{F_c}(0.31\sqrt{F_c} + \sigma_v)} \quad (\text{式 1})$$

ここに,

$\tau_1$  : 許容せん断応力度 (面内) (N/mm<sup>2</sup>)

$F_c$  : 設計基準強度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma_v$  : 鉛直方向軸応力度 (N/mm<sup>2</sup>)



(2) ③－③断面

③－③断面のうち頂版、側壁及び底版は、重力擁壁を支持する機能及び遮水性を保持する機能を有する必要があることから、ケーソンがおおむね弾性状態にとどまることを確認するために、3次元線形構造解析による耐震評価を行う。また、③－③断面のうち隔壁は、重力擁壁を支持する機能を有する必要があることから、構造強度を有することを確認するために、3次元線形構造解析を行い、3次元線形構造解析による許容限界を超える場合は、3次元非線形構造解析による耐震評価を行う。

a. 3次元線形構造解析の許容限界

3次元線形構造解析による耐震評価における放水路ケーソンの曲げ軸力系の破壊及びせん断破壊（面外）に対する許容限界は、H形鋼を部材内に有する構造であるが、保守的に無筋コンクリートとみなし、「コンクリート標準示方書(2002)」に基づき、表 3.4.2-2 及び表 3.4.2-3 に示す応力度及び強度とする。せん断破壊（面内）に対する許容限界は、図 3.4.2-1 に示す「J E A G 4 6 0 1 -1987」に規定されているスケルトンカーブの第1折点の許容せん断応力度（面内）を設定する。

表 3.4.2-2 放水路ケーソンの許容限界（圧縮応力度及びせん断応力度（面外））

種別	許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )		短期許容応力度* (N/mm <sup>2</sup> )
	コンクリート (f' <sub>ck</sub> =24N/mm <sup>2</sup> )	許容曲げ圧縮応力度 $\sigma_{ca}$	9.0
	許容せん断応力度（面外） $\tau_{a1}$	0.45	0.67

注記\*：短期許容応力度は、「コンクリート標準示方書（2002）」より許容応力度に対して1.5倍の割増を考慮する。

表 3.4.2-3 放水路ケーソンの許容限界（引張強度）

種別	（引張）材料強度 (N/mm <sup>2</sup> )	
コンクリート (f' <sub>ck</sub> =24N/mm <sup>2</sup> )	引張強度 f <sub>tk</sub> *	1.91

注記\*：「コンクリート標準示方書（2002）」よりコンクリートの設計基準強度 f'<sub>ck</sub>を用いて、算定式  $0.23f'_{ck}{}^{2/3}$  により算定。

b. 3次元非線形構造解析の許容限界

3次元非線形構造解析による耐震評価における放水路ケーソンの許容限界は、「J E A G 4 6 0 1 -1987」に基づき許容ひずみを設定する。設定する許容限界は、せん断ひずみ 2000  $\mu$  (2/1000) とする。

### 3.4.3 H形鋼

H形鋼の許容限界は、「道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（日本道路協会，平成 14 年 3 月）」（以下「道路橋示方書(平成 14 年)」という。）に基づき，表 3.4.3-1 に示す短期許容応力度とする。

表 3.4.3-1 H形鋼の許容限界

種別	許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )		短期許容応力度* (N/mm <sup>2</sup> )
	H形鋼 (SM490)	許容せん断応力度 $\tau_{Ha}$	105

注記\*：短期許容応力度は，「コンクリート標準示方書（2002）」より許容応力度に対して 1.5 倍の割増を考慮する。

### 3.4.4 MMR

MMR の許容限界は，「耐津波設計に係る工認審査ガイド(平成 25 年 6 月 19 日，原管地発第 1306196 号)」を準拠し，すべり安全率とする。表 3.4.4-1 に MMR の許容限界を示す。

表 3.4.4-1 MMR の許容限界

評価項目	許容限界
すべり安全率	1.2 以上

### 3.4.5 改良地盤⑥

改良地盤⑥の許容限界は，「耐津波設計に係る工認審査ガイド（平成 25 年 6 月 19 日，原管地発第 1306196 号）」を準拠し，すべり安全率とする。表 3.4.5-1 に改良地盤⑥の許容限界を示す。

表 3.4.5-1 改良地盤⑥の許容限界

評価項目	許容限界
すべり安全率	1.2 以上

### 3.4.6 止水目地

止水目地（シートジョイント）の許容限界は，メーカ規格，漏水試験及び変形試験より，有意な漏えいが生じないことを確認した変形量とする。評価対象断面である④－④断面及び⑦－⑦断面位置における止水目地の変形量に対する許容限界を表 3.4.6-1 に示す。

表 3.4.6-1 止水目地（シートジョイント）の許容限界

評価項目	許容限界 (mm)
変形量	1,936

### 3.4.7 基礎地盤

基礎地盤のうち岩盤及び改良地盤⑥に発生する接地圧に対する許容限界は，VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき，岩盤は支持力試験，改良地盤⑥は一軸圧縮試験により設定する。

MMRに発生する接地圧に対する許容限界は，「コンクリート標準示方書(2002)」に基づく，コンクリートの支圧強度とする。

基礎地盤の許容限界を表 3.4.7-1 に示す。

表 3.4.7-1 基礎地盤の許容限界

評価項目	基礎地盤		許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )
極限支持力度	岩盤	C <sub>H</sub> 級	9.8
		C <sub>M</sub> 級	
	改良地盤⑥		3.0
支圧強度	MMR		24.0

#### 4. 2次元有限要素法

防波壁（波返重力擁壁）の地震応答解析は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」のうち、「2.3 屋外重要土木構造物」に示す解析方法及び解析モデルを踏まえて実施する。

地震応答解析は、構造物と地盤の相互作用を考慮できる2次元有限要素法を用いて、基準地震動 $S_s$ 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より行うこととする。2次元有限要素法において、②-②断面、③-③断面及び④-④断面は、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するため、解析方法は有効応力解析とし、⑤-⑤断面は、地下水位以深に液状化対象層が分布しないことから、解析方法は全応力解析とする。

構造部材については、平面ひずみ要素でモデル化する。また、地盤については、地盤のひずみ依存性を適切に考慮できるようにモデル化する。

地震応答解析については、有効応力解析では「FLIP」、全応力解析では「TDAPⅢ」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

防波壁（波返重力擁壁）の各部位のうち、重力擁壁、H形鋼、MMR及び改良地盤⑥の健全性評価、基礎地盤の支持性能評価並びに止水目地の変形性評価については2次元動的有限要素法（有効応力解析及び全応力解析）による耐震評価を行う。なお、ケーソンについては、「5. 3次元構造解析」により健全性評価を行う。

## 4.1 耐震評価の概要

### 4.1.1 地震応答解析手法

防波壁（波返重力擁壁）の地震応答解析は、地盤と構造物の動的相互作用を考慮できる連成系の地震応答解析を用いて、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。

地震応答解析手法の選定フローを図 4.1.1-1 に示す。

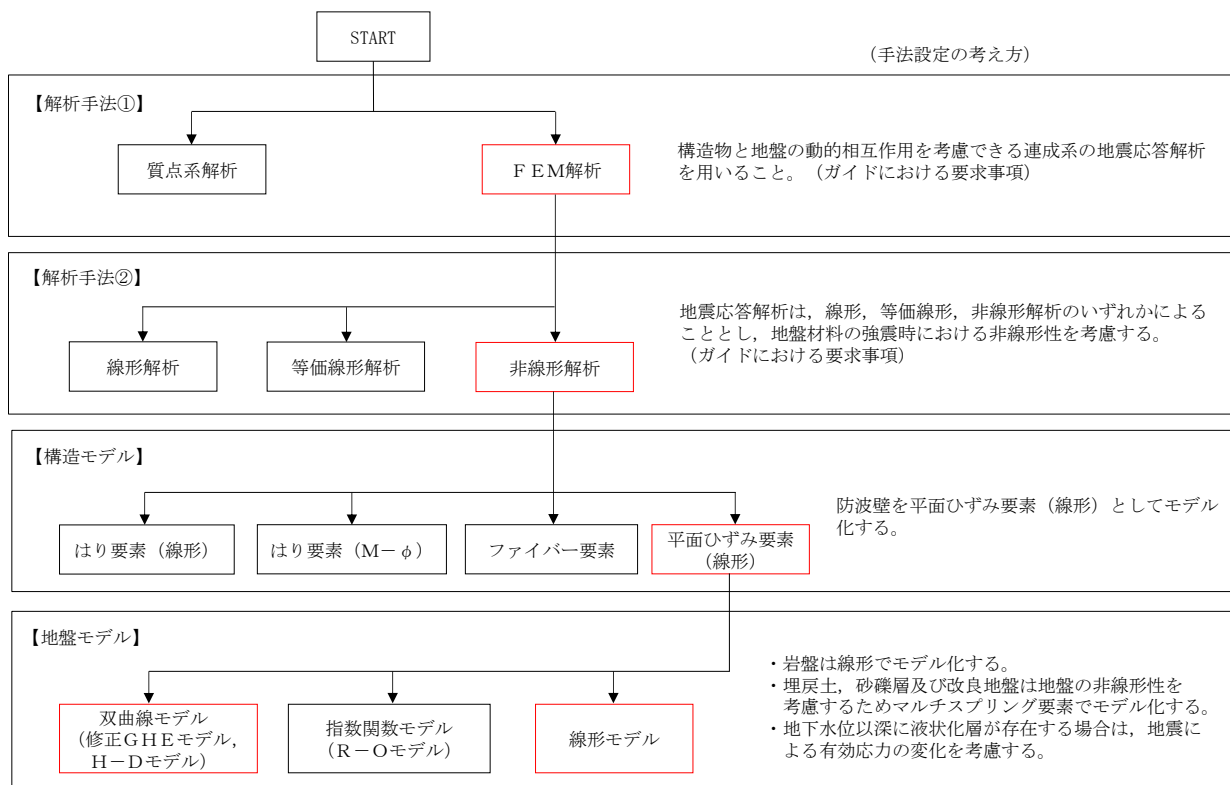


図 4.1.1-1 地震応答解析手法の選定フロー

#### 4.1.2 施設

重力擁壁は、平面ひずみ要素でモデル化する。

ケーソンは、構造部材を平面ひずみ要素でモデル化し、等価な剛性を有する2次元等価剛性モデルとする。

機器・配管荷重は解析モデルに付加質量として与えることで考慮する。

漂流物対策工は重力擁壁，④－④断面については重力擁壁に加えケーソンに固定して設置することから，漂流物対策工設置位置に漂流物対策工の重量を考慮する。

#### 4.1.3 材料物性及び地盤物性のばらつき

防波壁（波返重力擁壁）の地震時の応答は，周辺地盤との相互作用によることから，地盤物性のばらつきの影響を考慮する。地盤物性のばらつきについては，表4.1.3-1に示す解析ケースにおいて考慮する。

以下の理由から，防波壁（波返重力擁壁）の応答に与える影響が大きいと考えられる埋戻土の物性（初期せん断弾性係数）のばらつきについて影響を確認する。

- ・ ②－②断面，③－③断面，④－④断面及び⑤－⑤断面は，動の変形特性にひずみ依存性がある地盤が広範囲に分布しており，地震時の繰返し载荷により剛性が低下することから，剛性の違いが地盤応答に影響し，防波壁（波返重力擁壁）の応答に影響する。
- ・ ②－②断面，③－③断面及び④－④断面は，地震時の繰返し载荷により液状化し，有効応力が低下することから，剛性の違いが重力擁壁及びケーソンに対する主働土圧に影響し，防波壁（波返重力擁壁）の応答に影響する。

詳細な解析ケースの考え方は，「4.1.5 解析ケース」に示す。

表 4.1.3-1 解析ケース

解析ケース	地盤物性	
	埋戻土 ( $G_0$ : 初期せん断弾性係数)	岩盤 ( $G_d$ : 動せん断弾性係数)
ケース① (基本ケース)	平均値	平均値
ケース②	平均値 + 1 $\sigma$	平均値
ケース③	平均値 - 1 $\sigma$	平均値

#### 4.1.4 減衰定数

Rayleigh 減衰を考慮することとし，②－②断面，③－③断面及び④－④断面を対象に実施する 2 次元有限要素法（有効応力解析）では剛性比例型減衰（ $\alpha=0$ ， $\beta=0.002$ ）を考慮する。なお，係数  $\beta$  の設定については，「FLIP 研究会 14 年間の検討成果のまとめ「理論編」」を基に設定している。

⑤－⑤断面を対象に実施する 2 次元有限要素法（全応力解析）では，粘性減衰を考慮することとし，固有値解析にて求められる固有周期と各材料の減衰比に基づき，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 減衰を解析モデル全体に与える。

Rayleigh 減衰の設定フローを図 4.1.4-1 に示す。

$$[C] = \alpha [m] + \beta [k]$$

[C] : 減衰係数マトリックス

[m] : 質量マトリックス

[k] : 剛性マトリックス

$\alpha$  ,  $\beta$  : 係数

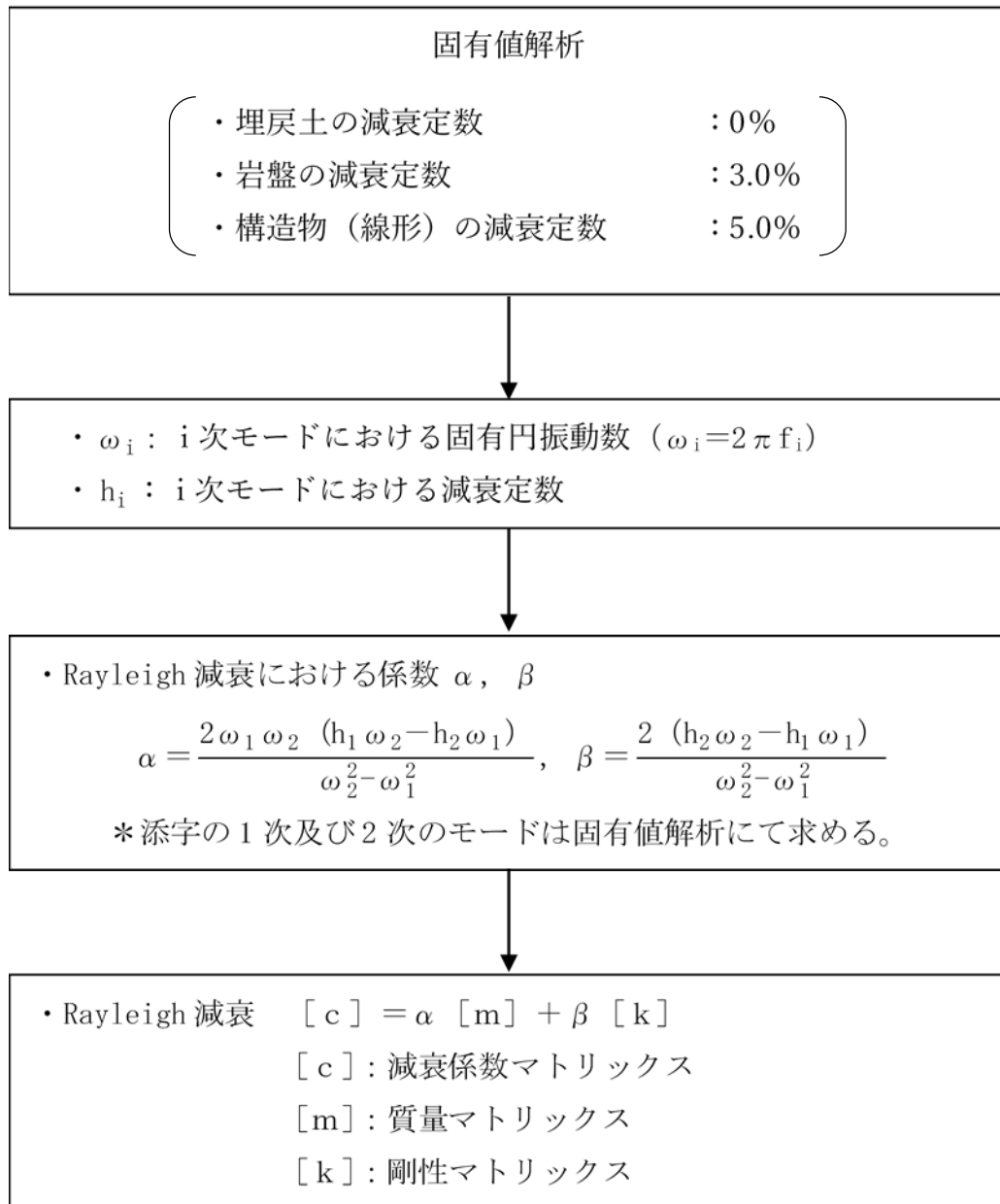


図 4.1.4-1 Rayleigh 減衰の設定フロー



Rayleigh 減衰における係数  $\alpha$  ,  $\beta$  は、低次のモードの変形が支配的となる地中埋設構造物に対して、その特定の振動モードの影響が大きいことを考慮して、固有値解析結果より得られる卓越するモードの減衰と Rayleigh 減衰が一致するように設定する。なお、卓越するモードは全体系の固有値解析における刺激係数及びモード図にて決定するが、係数  $\alpha$  ,  $\beta$  が負値となる場合は当該モードを選定しない。

固有値解析結果の一覧を表 4.1.4-1 に、固有値解析におけるモード図を図 4.1.4-2 に、係数  $\alpha$  ,  $\beta$  を表 4.1.4-2 に、固有値解析結果に基づき設定した Rayleigh 減衰を図 4.1.4-3 に示す。

表 4.1.4-1 固有値解析結果

	固有振動数 (Hz)	有効質量比 (%)		刺激係数		備考
		Tx	Ty	$\beta_x$	$\beta_y$	
1	11.699	71	1	57.15	-5.46	1次として採用
2	17.726	2	0	-10.50	3.93	-
3	21.425	9	35	20.41	40.09	2次として採用
4	24.624	3	3	-11.92	12.88	-
5	28.388	3	10	10.74	-21.48	-
6	34.277	0	9	-1.27	19.65	-
7	36.478	3	1	-12.97	8.53	-
8	38.882	0	15	-0.31	26.00	-
9	42.336	0	7	-3.53	18.09	-
10	44.351	1	1	-6.11	-6.89	-

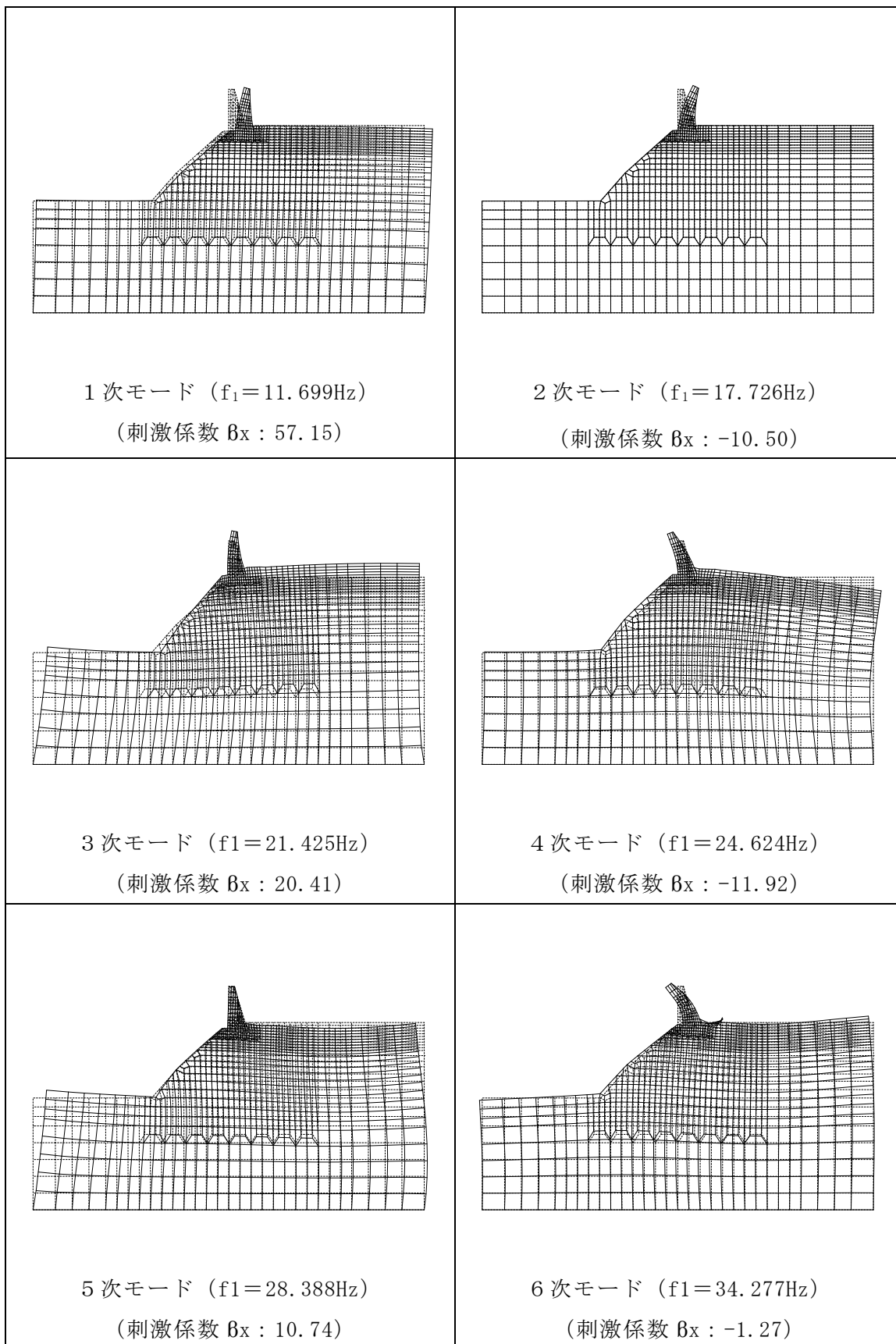


図 4.1.4-2(1) 固有値解析結果 (モード図)

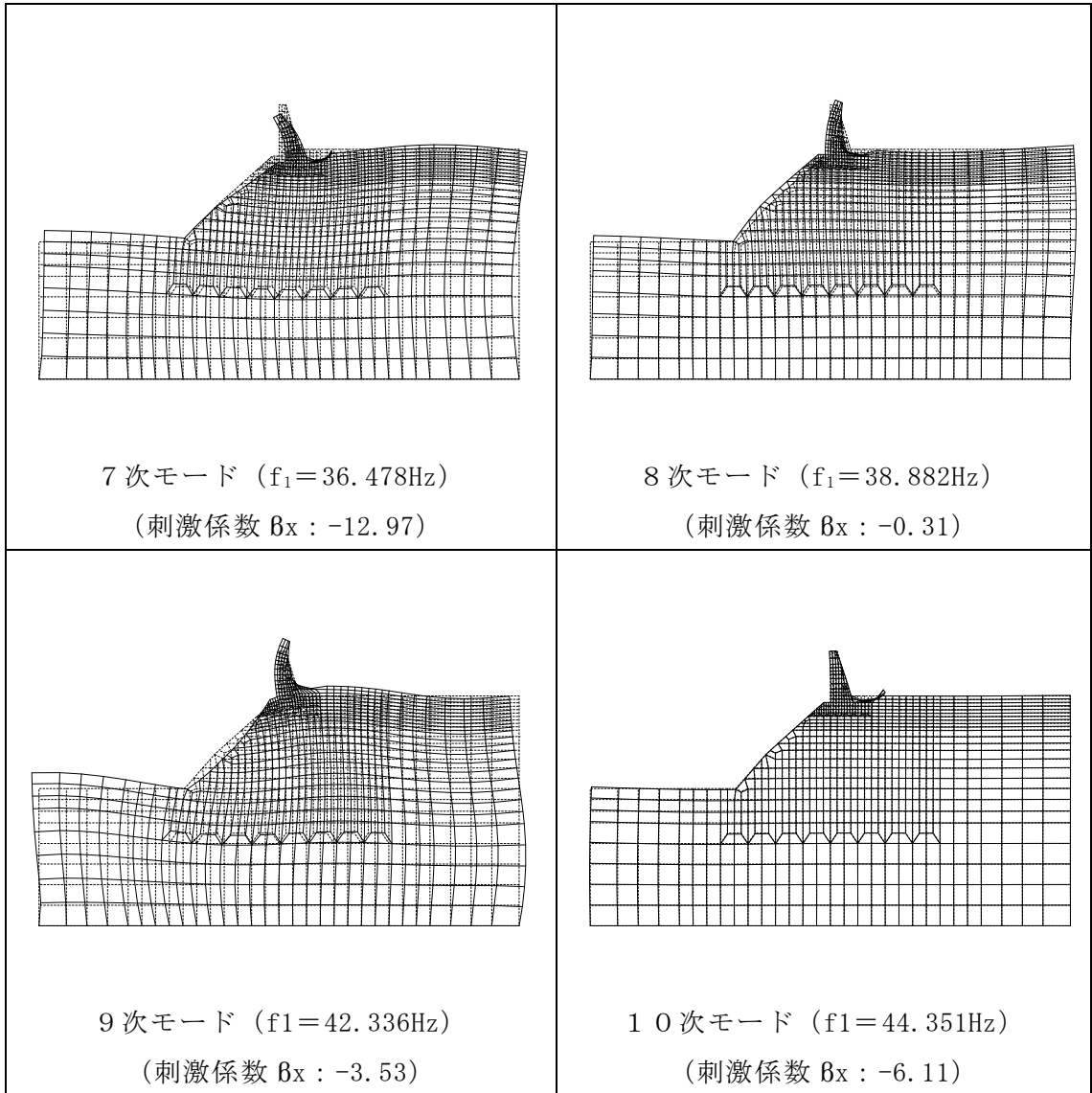


図 4.1.4-2(2) 固有値解析結果 (モード図)

表 4.1.4-2 Rayleigh 減衰における係数  $\alpha$  ,  $\beta$  の設定結果  
(解析手法：全応力解析)

評価対象断面	$\alpha$	$\beta$
⑤-⑤断面	2.916	$2.852 \times 10^{-4}$

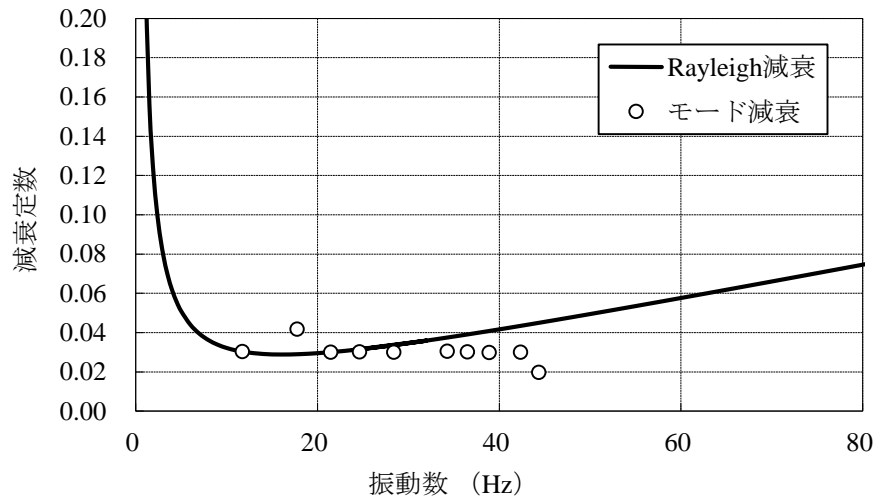


図 4.1.4-3 設定した Rayleigh 減衰

#### 4.1.5 解析ケース

耐震評価においては、すべての評価対象断面及び基準地震動  $S_s$  に対し、解析ケース①（基本ケース）を実施する。全ての基準地震動  $S_s$  に対して実施したケース①の解析において、各照査値が最も厳しい地震動を用いて、解析ケース②及び③を実施する。

耐震評価における解析ケースを表 4.1.5-1 に示す。

表 4.1.5-1 耐震評価における解析ケース

解析ケース			ケース①	ケース②	ケース③
			基本ケース	地盤物性のばらつき (+1 $\sigma$ ) を考慮した解析ケース	地盤物性のばらつき (-1 $\sigma$ ) を考慮した解析ケース
地盤物性			平均値	平均値 + 1 $\sigma$	平均値 - 1 $\sigma$
地震動 (位相)	$S_s - D$	++*	○	基準地震動 $S_s$ (6波) に位相反転を考慮した地震動 (6波) を加えた全 12 波に対し、ケース① (基本ケース) を実施し、曲げ・軸力系の破壊、せん断破壊及び基礎地盤の支持力照査の各照査項目に対して、最も厳しい (許容限界に対する裕度が最も小さい) 地震動を用いてケース②及び③を実施する。 すべての照査項目の照査値がいずれも 0.5 以下の場合、照査値が最も厳しくなる地震動を用いてケース②及び③を実施する。	
		-+*	○		
		+ - *	○		
		--*	○		
	$S_s - F 1$	++*	○		
	$S_s - F 2$	++*	○		
	$S_s - N 1$	++*	○		
		-+*	○		
	$S_s - N 2$ (NS)	++*	○		
		-+*	○		
	$S_s - N 2$ (EW)	++*	○		
		-+*	○		

注記\* : 地震動の位相について、(++) の左側は水平動、右側は鉛直動を表し、「-」は位相を反転させたケースを示す。

#### 4.1.6 入力地震動

入力地震動は、VI-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  $S_s$  を一次元波動論により地震応答解析モデル下端位置で評価したものをを用いる。なお、入力地震動の設定に用いる地下構造モデルは、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」のうち「7.1 入力地震動の設定に用いる地下構造モデル」を用いる。

図 4.1.6-1 に入力地震動算定の概念図を、図 4.1.6-2～図 4.1.6-53 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。入力地震動の算定には、解析コード「SHAKE」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、VI-5「計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

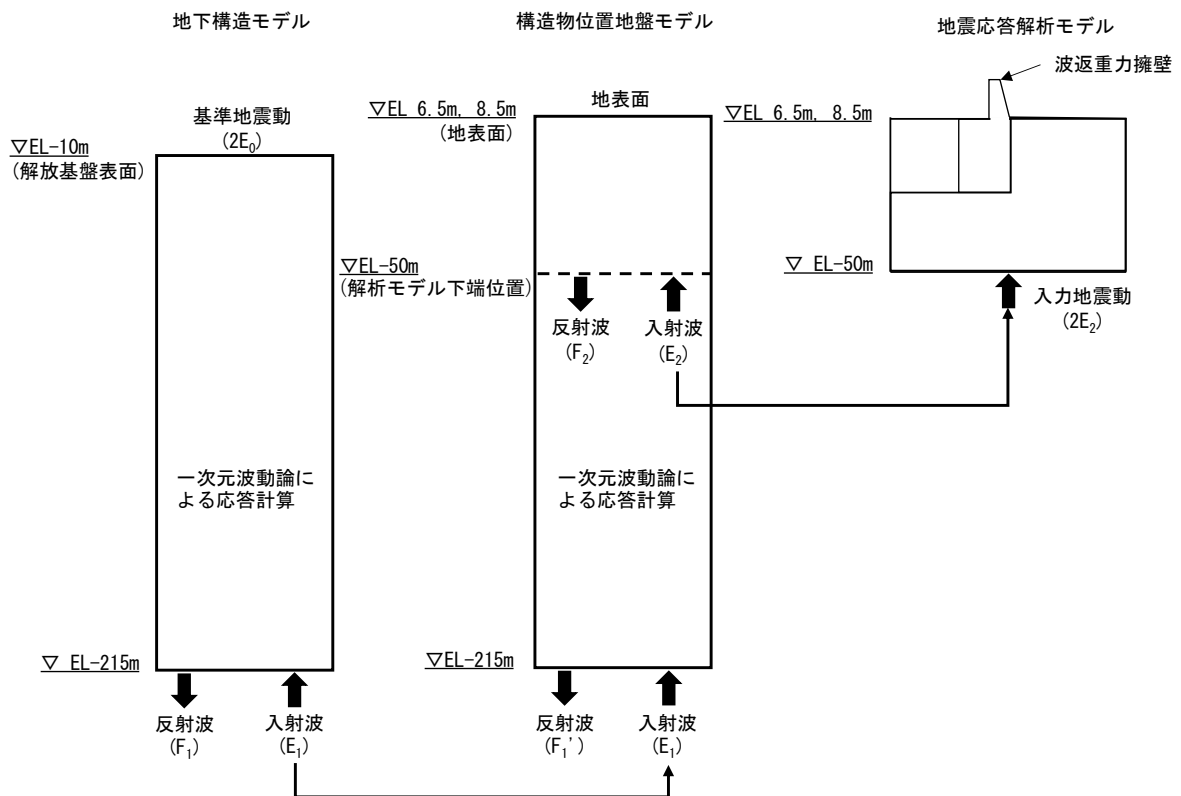
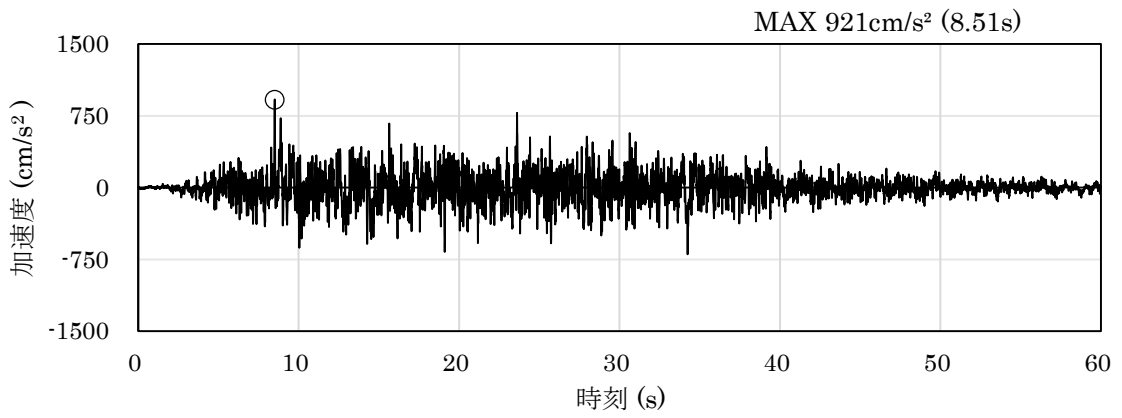
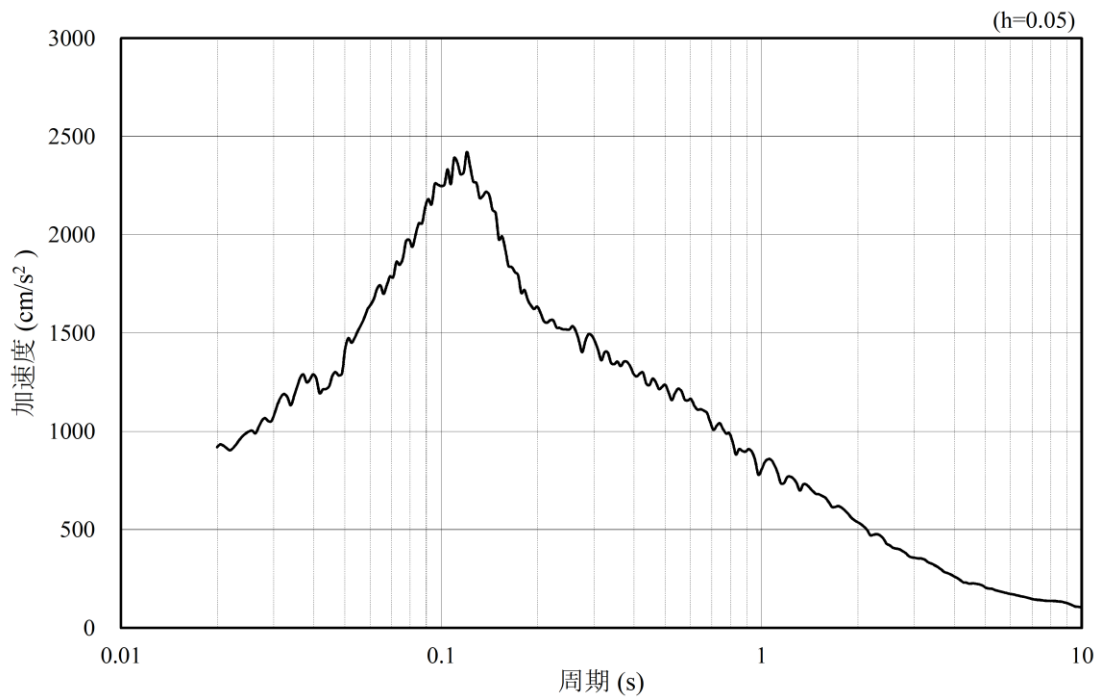


図 4.1.6-1 入力地震動算定の概念図

(1) ②-②断面

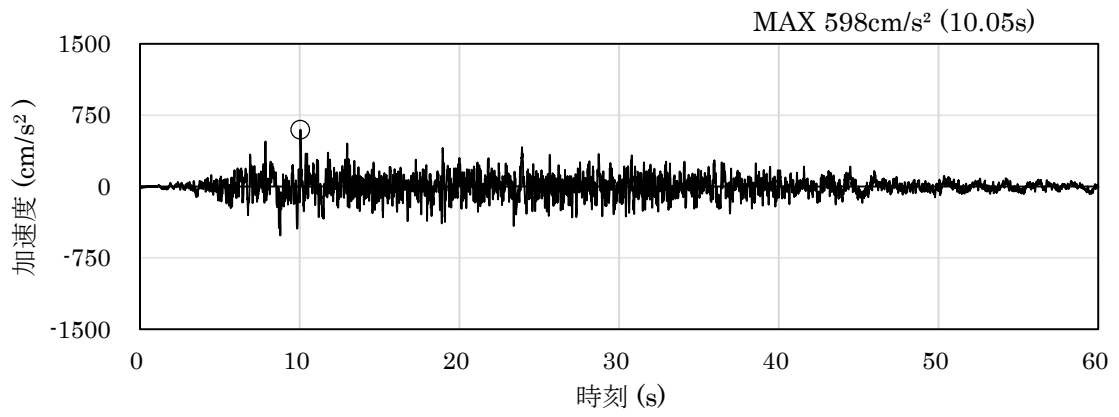


(a) 加速度時刻歴波形

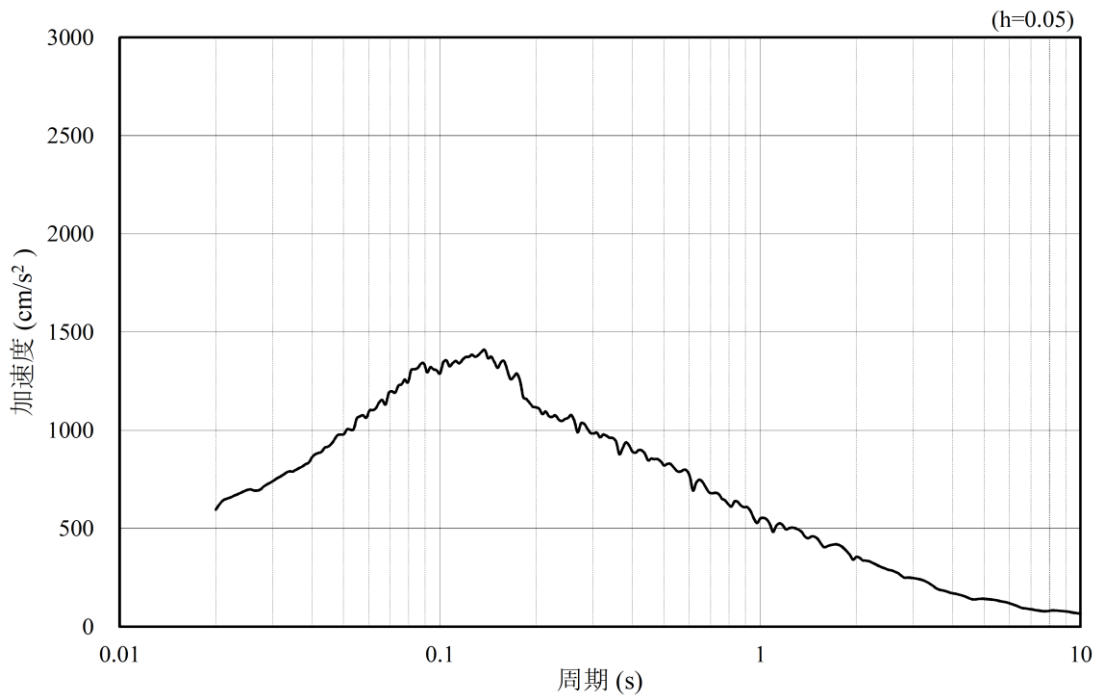


(b) 加速度応答スペクトル

図 4.1.6-2 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平成分 : S s - D)



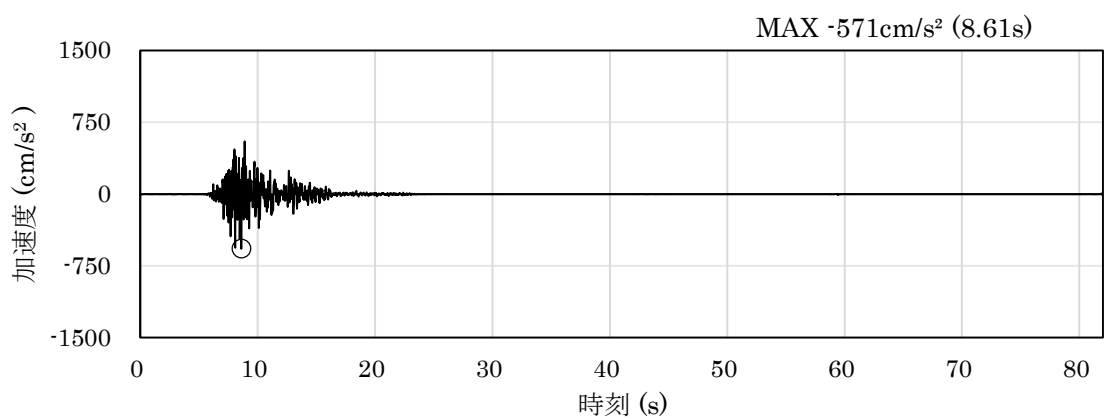
(a) 加速度時刻歴波形



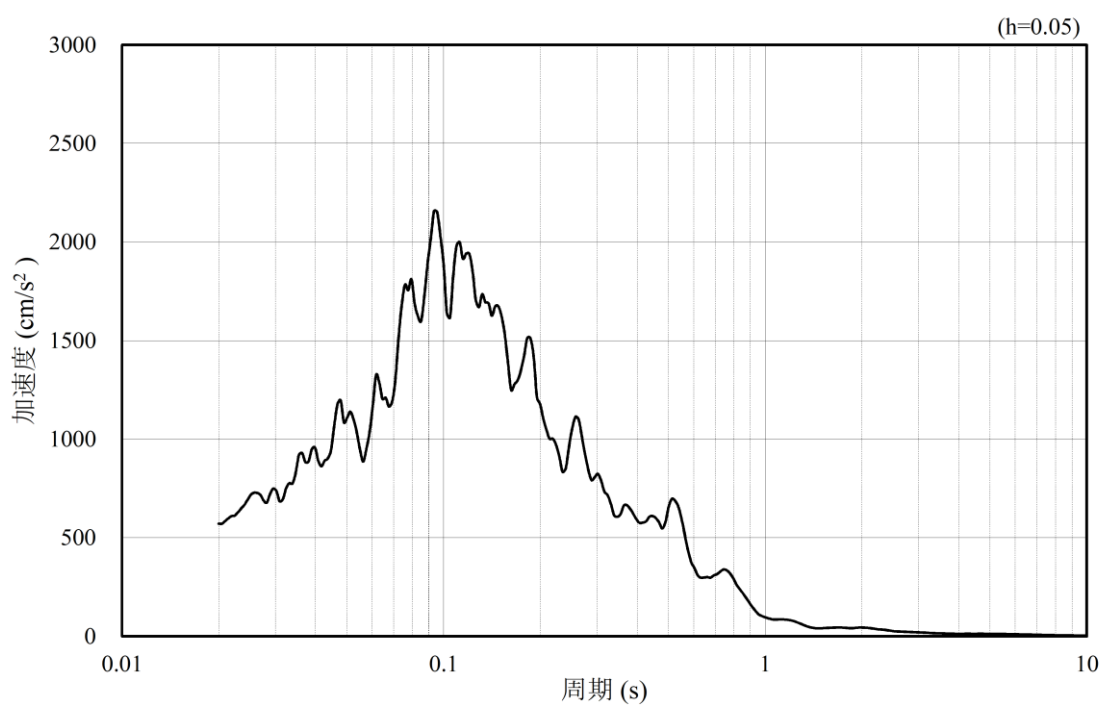
(b) 加速度応答スペクトル

図 4.1.6-3 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  
(鉛直成分：S s - D)



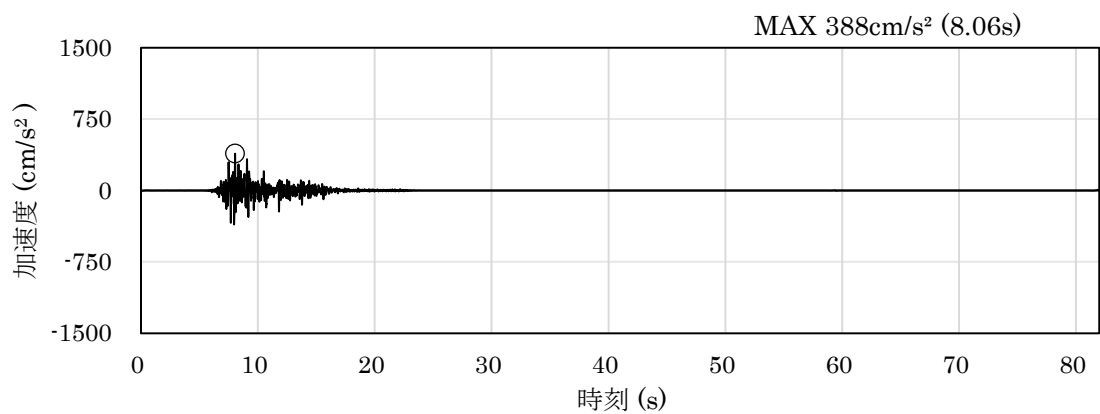


(a) 加速度時刻歴波形

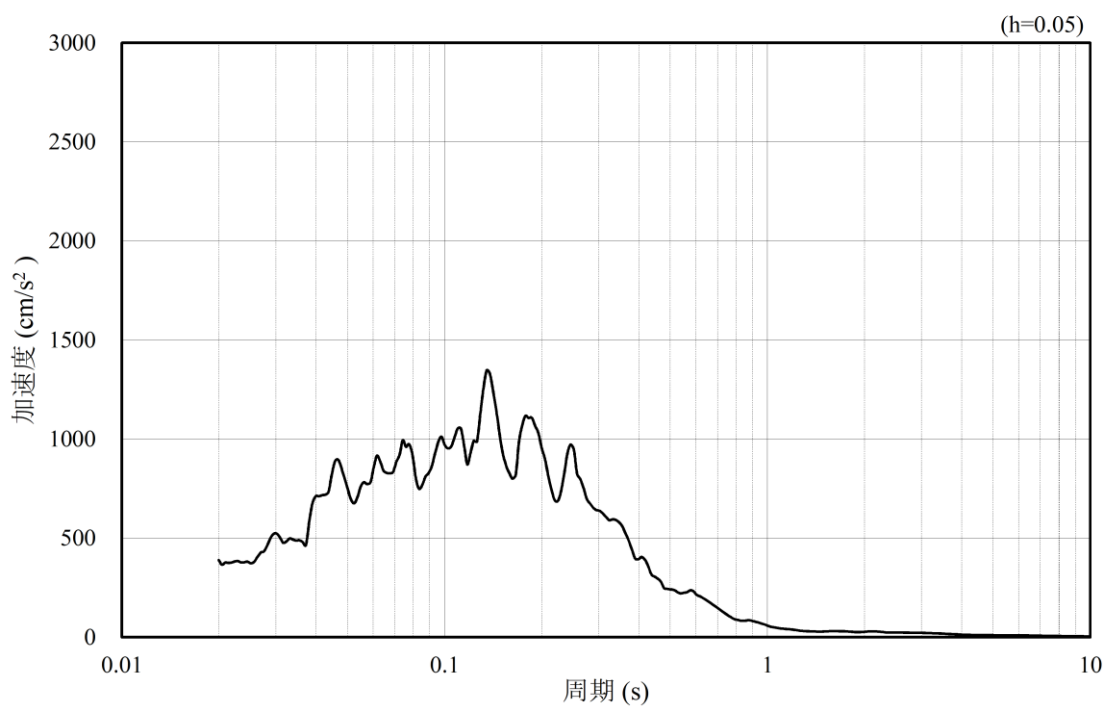


(b) 加速度応答スペクトル

図 4.1.6-4 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  
(水平成分 : S s - F 1)

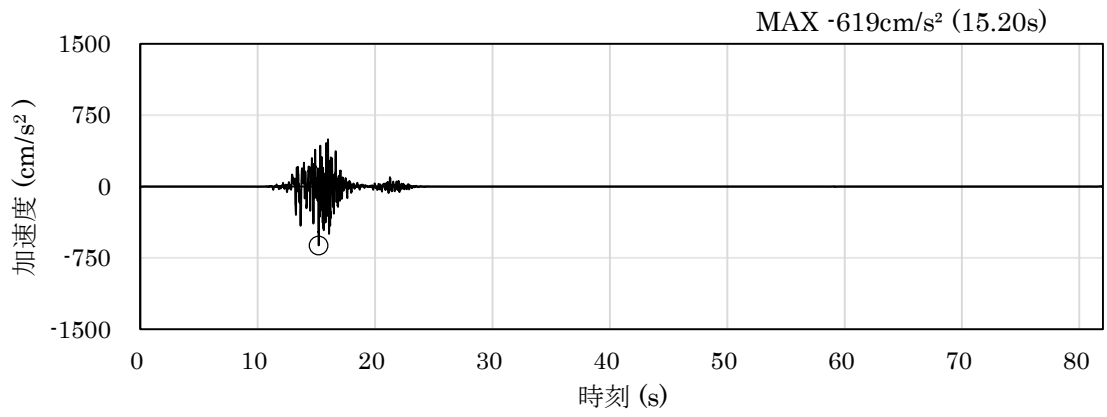


(a) 加速度時刻歴波形

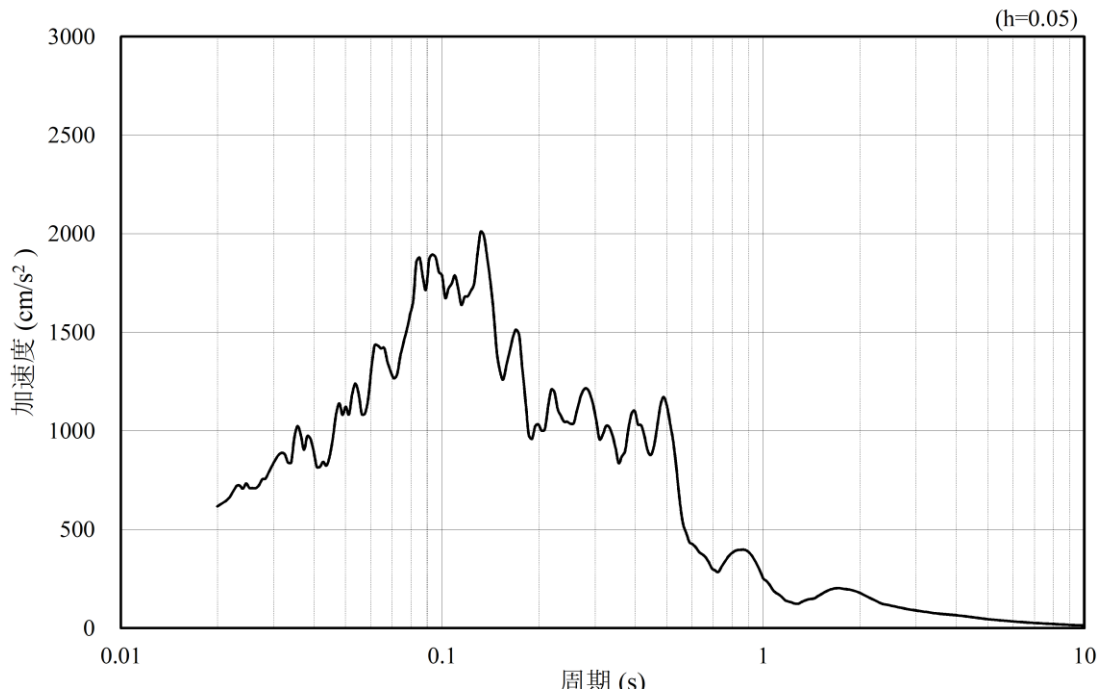


(b) 加速度応答スペクトル

図 4.1.6-5 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  
(鉛直成分：S s - F 1)

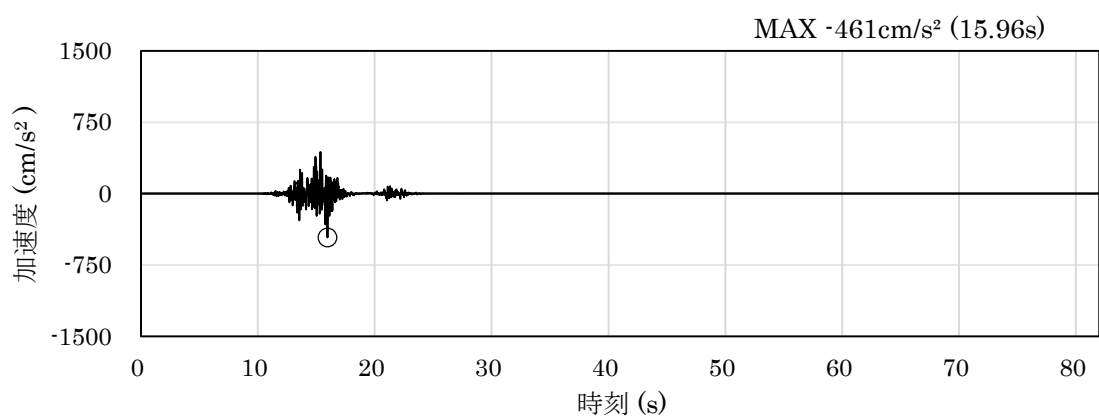


(a) 加速度時刻歴波形

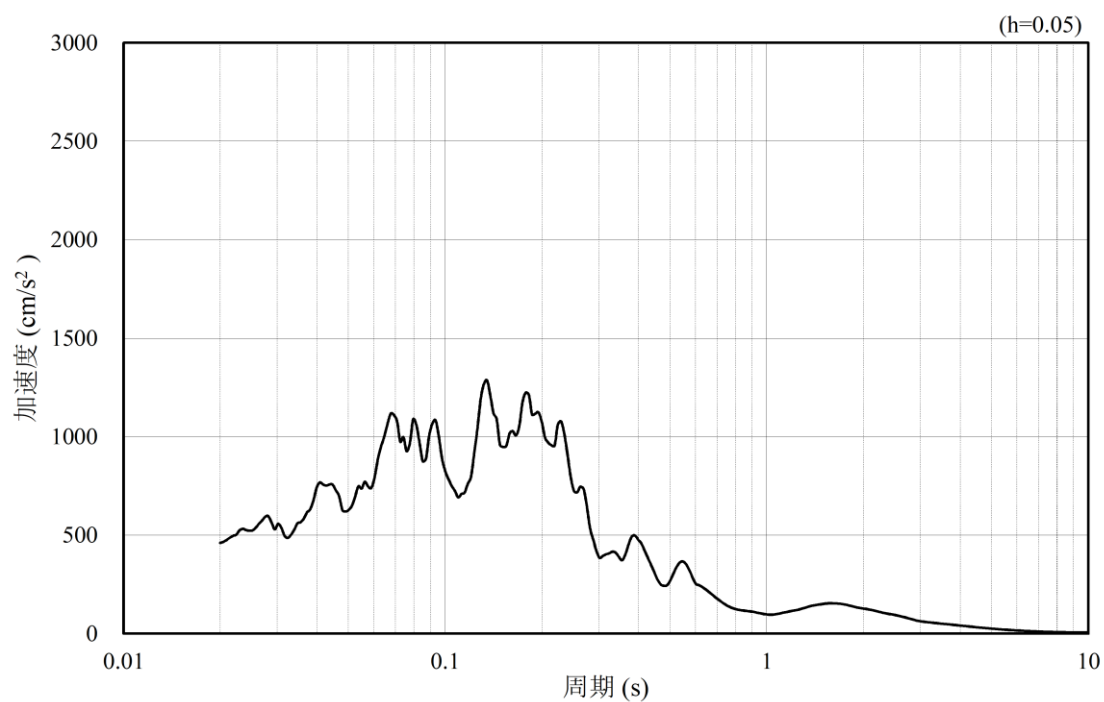


(b) 加速度応答スペクトル

図 4.1.6-6 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  
(水平成分：S<sub>s</sub>-F2)

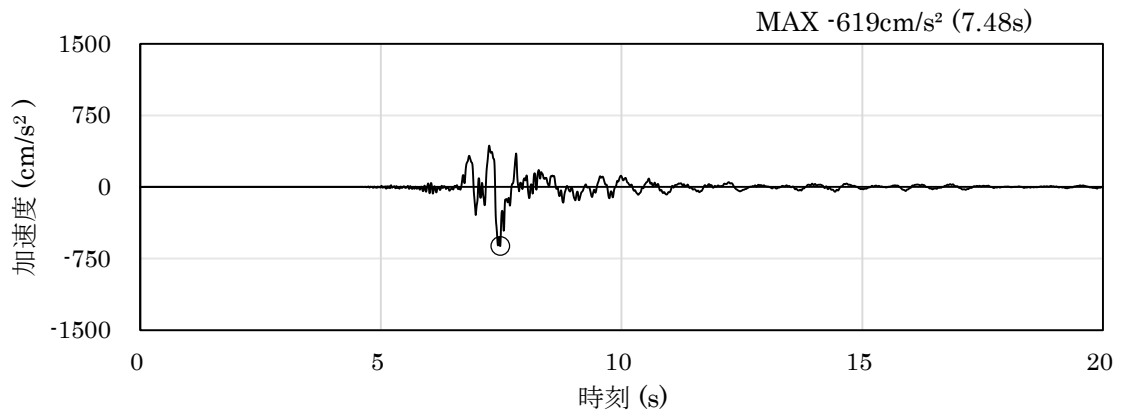


(a) 加速度時刻歴波形

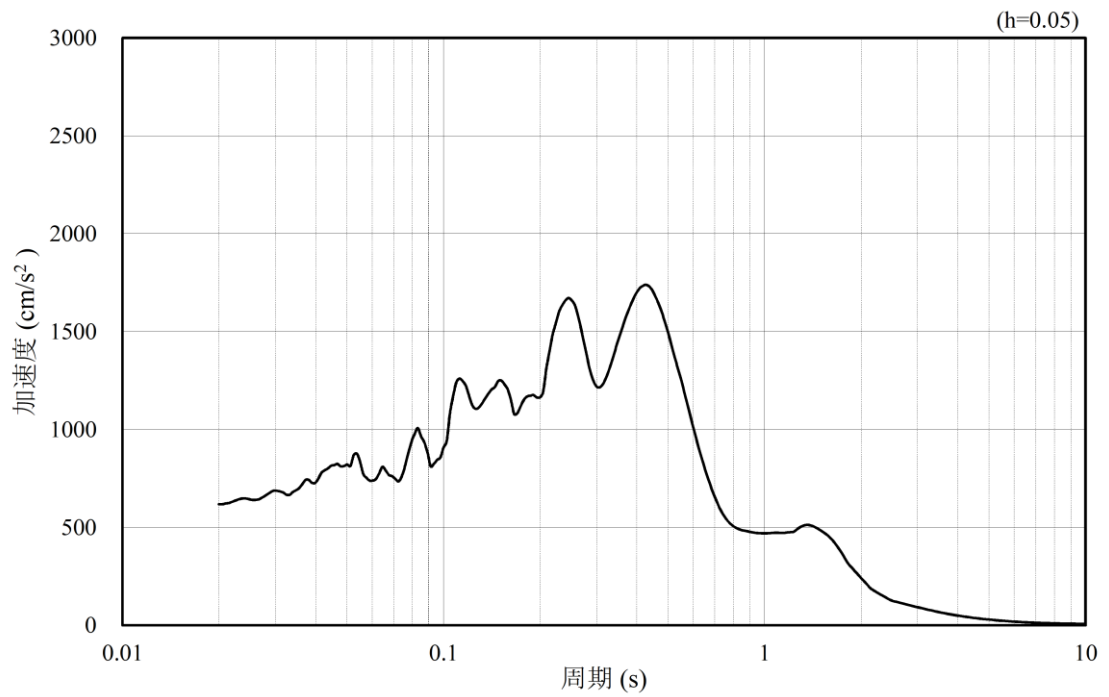


(b) 加速度応答スペクトル

図 4.1.6-7 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  
(鉛直成分：S<sub>s</sub>-F2)

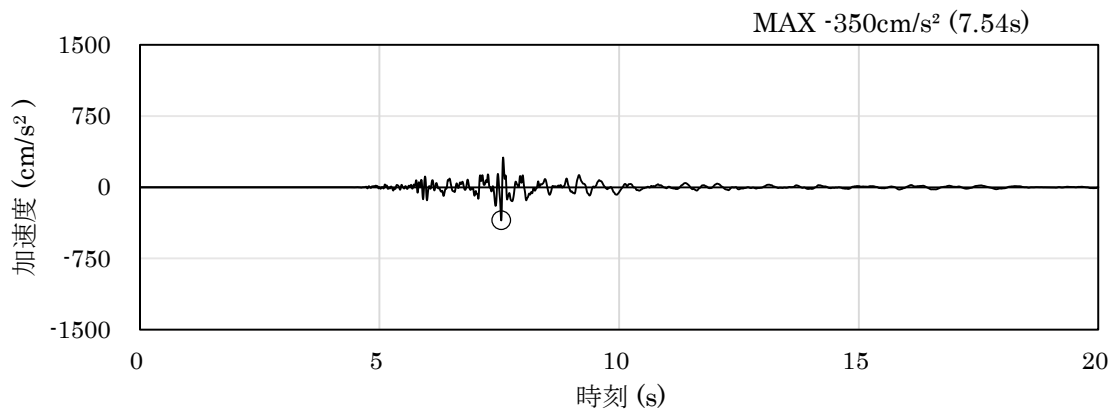


(a) 加速度時刻歴波形

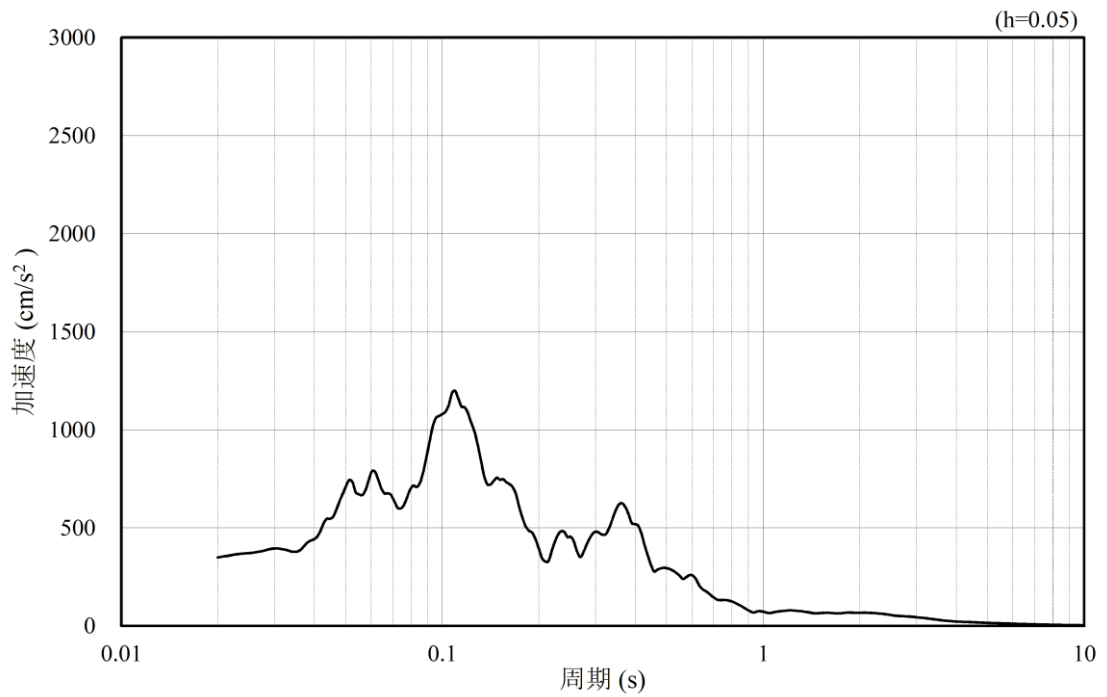


(b) 加速度応答スペクトル

図 4.1.6-8 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  
(水平成分：S s - N 1)

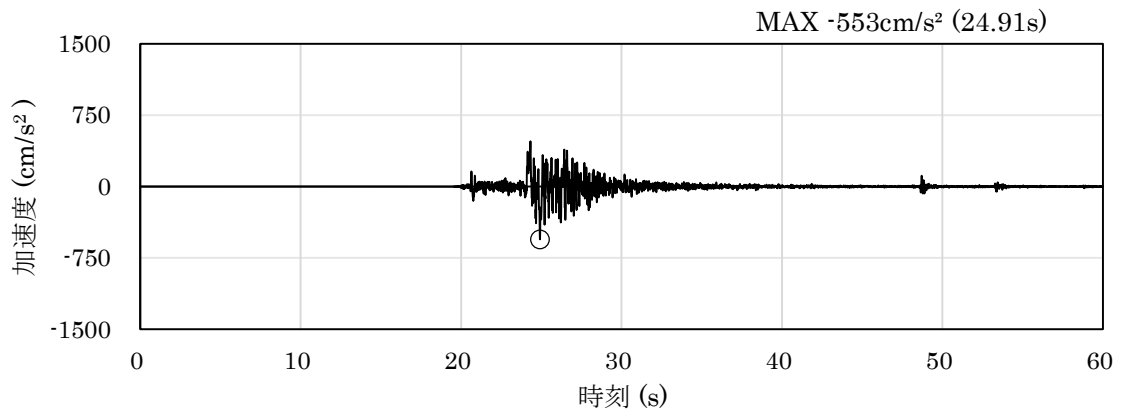


(a) 加速度時刻歴波形

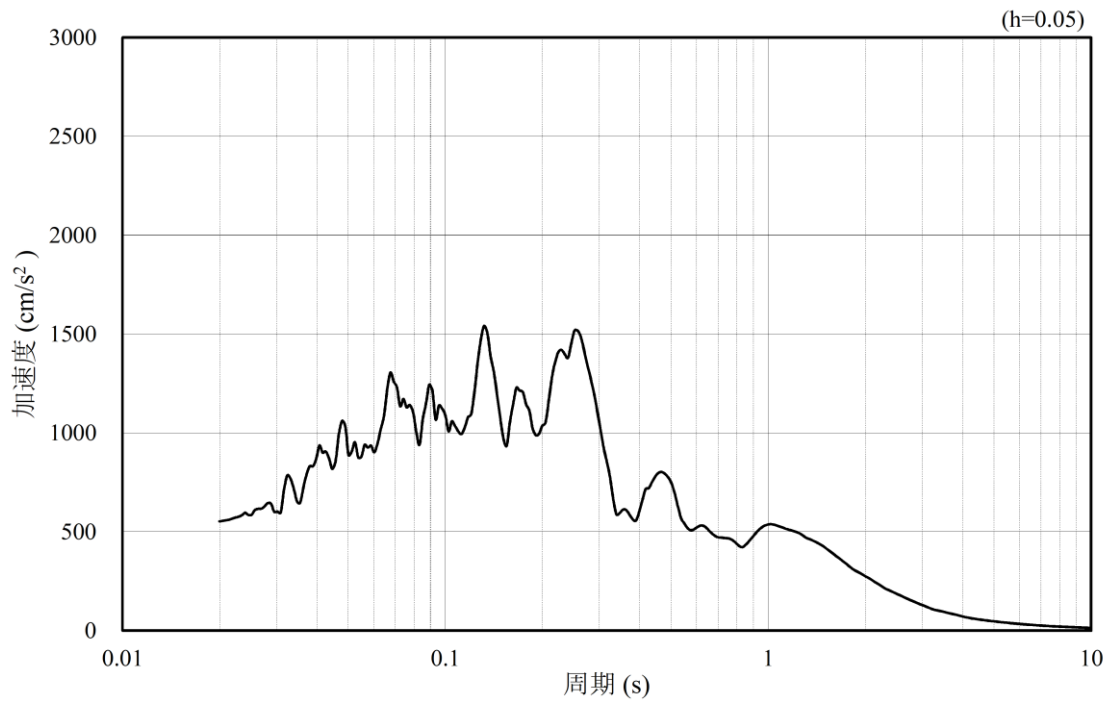


(b) 加速度応答スペクトル

図 4.1.6-9 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  
(鉛直成分：S s - N 1)

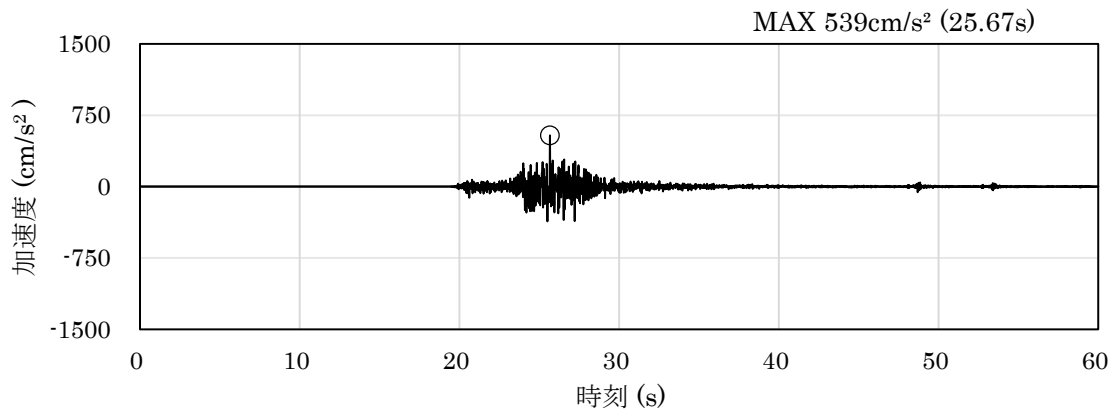


(a) 加速度時刻歴波形

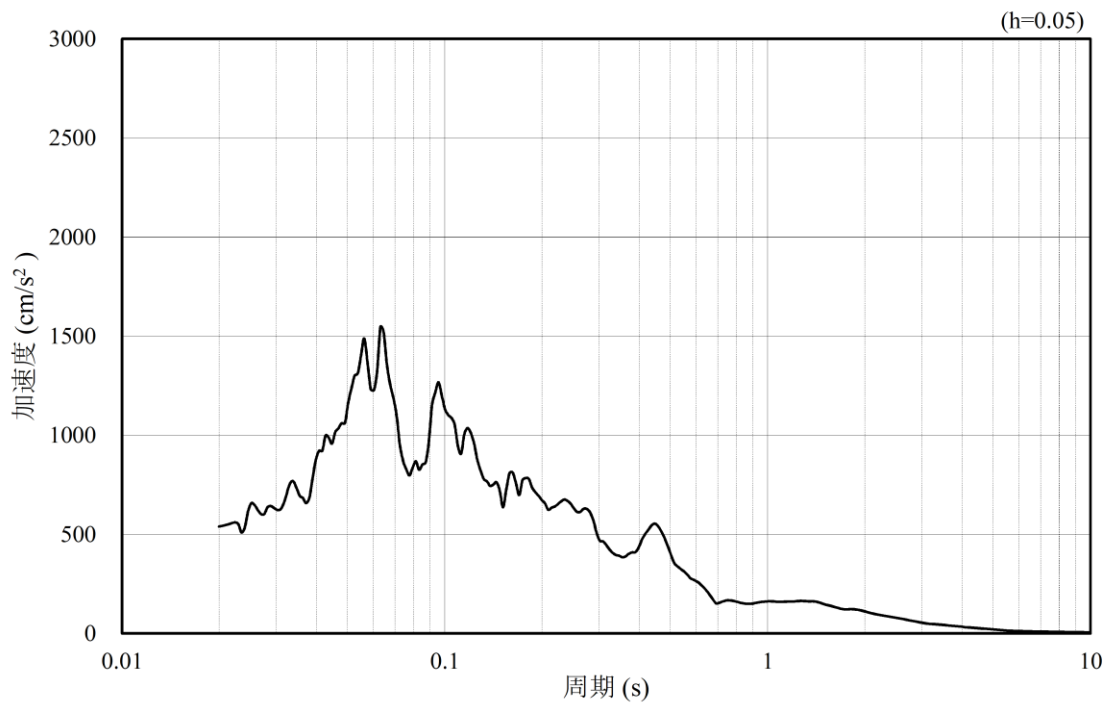


(b) 加速度応答スペクトル

図 4.1.6-10 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  
(水平成分：S<sub>s</sub>-N<sub>2</sub>，NS方向)



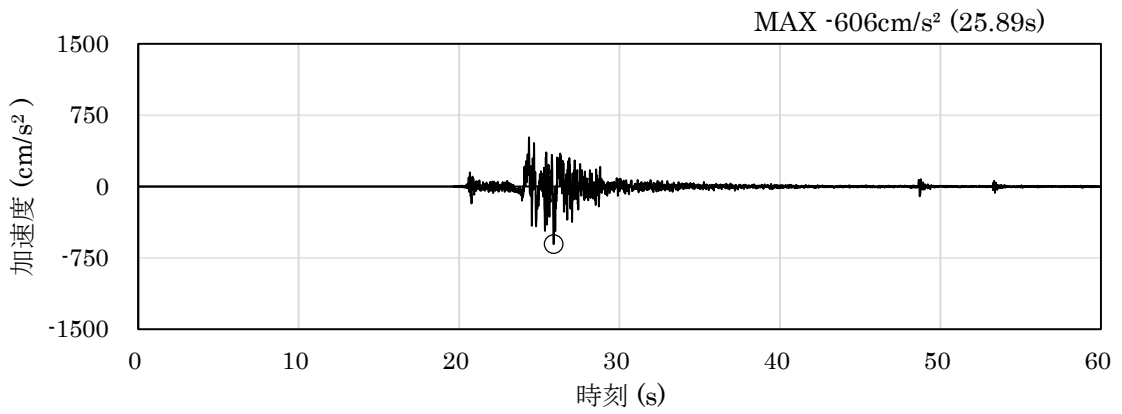
(a) 加速度時刻歴波形



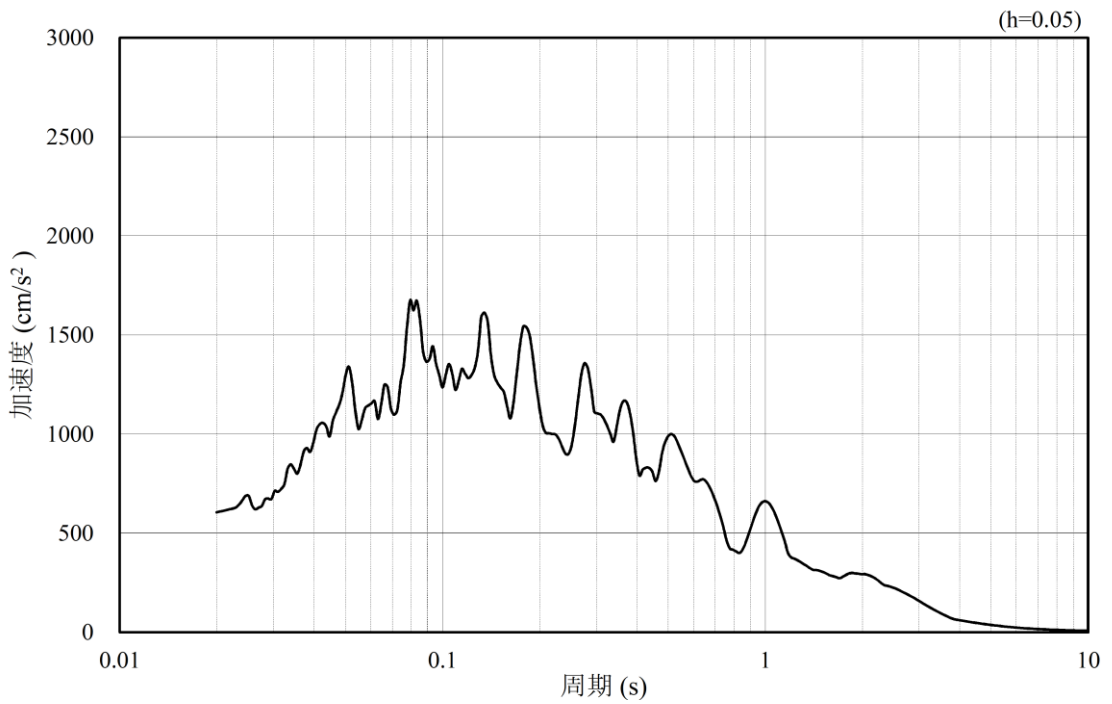
(b) 加速度応答スペクトル

図 4.1.6-11 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  
(鉛直成分：S<sub>s</sub>-N<sub>2</sub>，NS方向)



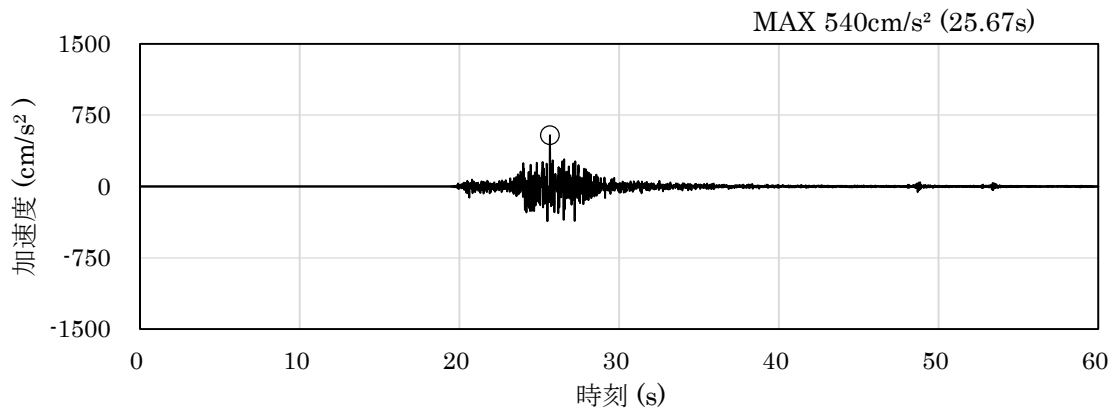


(a) 加速度時刻歴波形

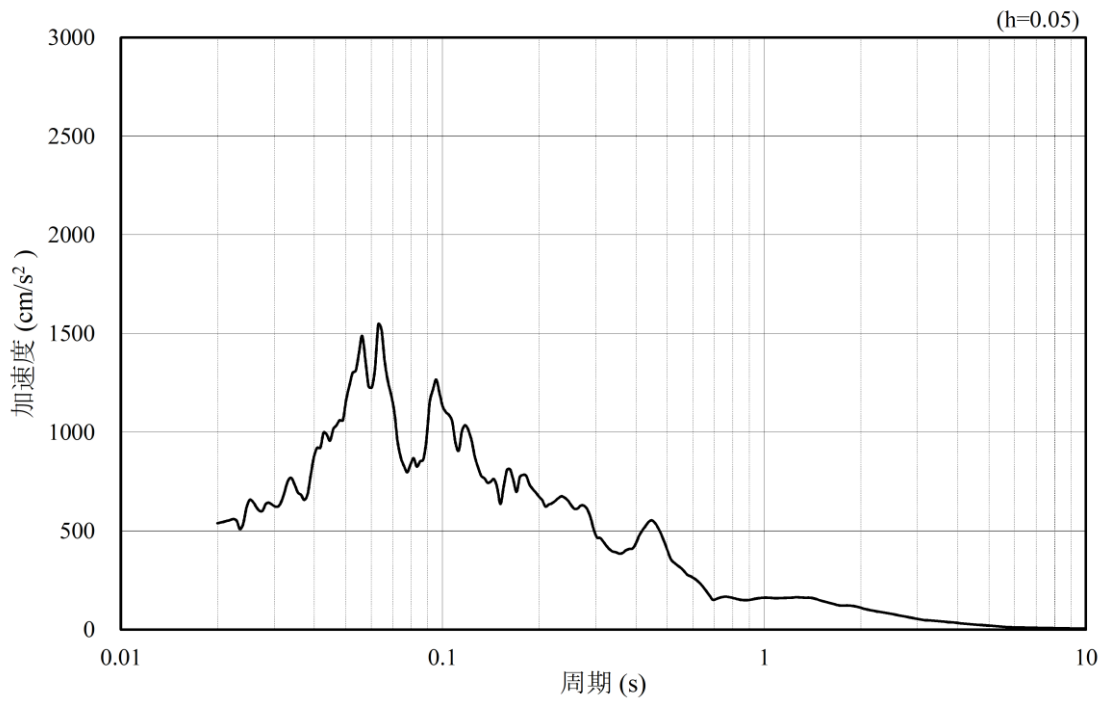


(b) 加速度応答スペクトル

図 4.1.6-12 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  
(水平成分：S<sub>s</sub>-N<sub>2</sub>，EW方向)



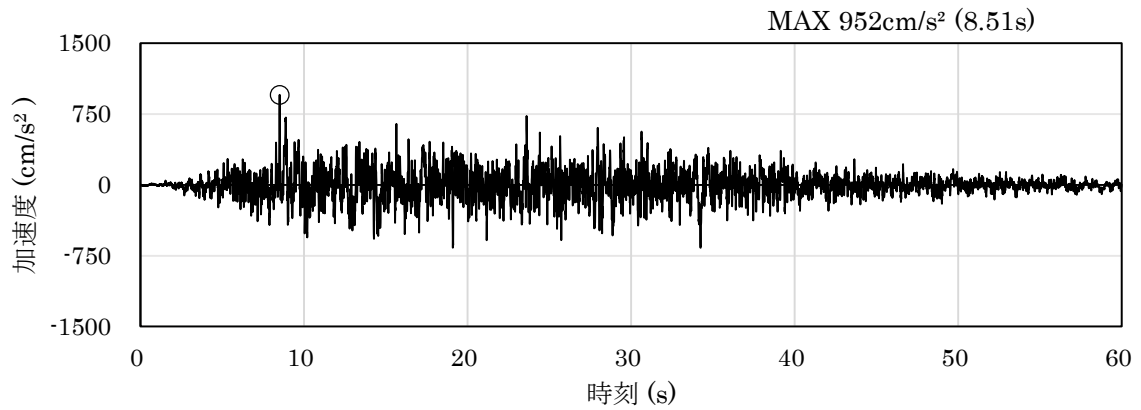
(a) 加速度時刻歴波形



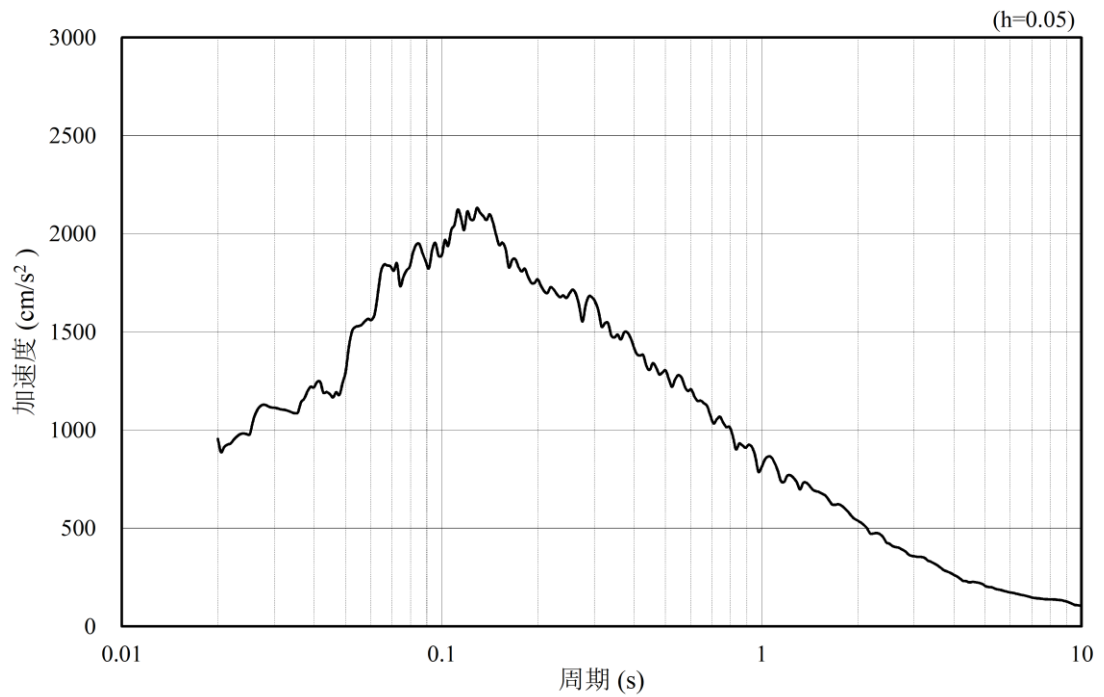
(b) 加速度応答スペクトル

図 4.1.6-13 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  
(鉛直成分：S<sub>s</sub>-N2, EW方向)

(2) ③-③断面

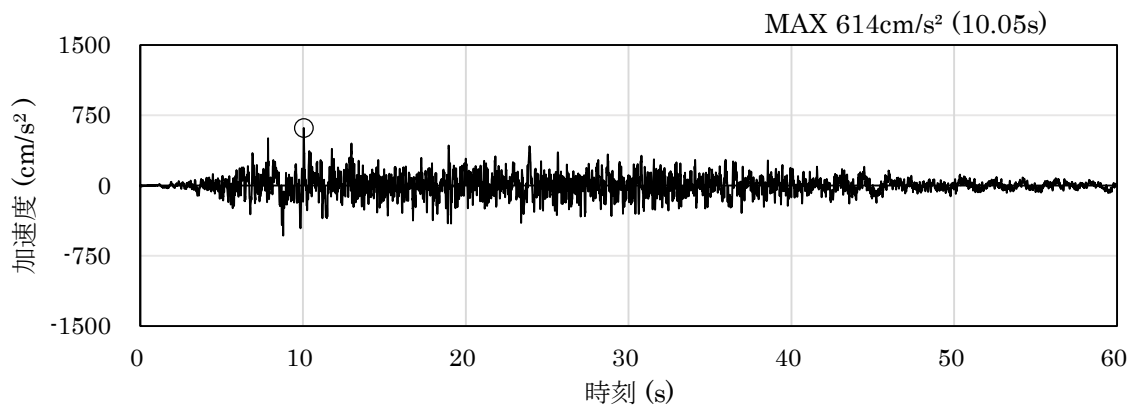


(a) 加速度時刻歴波形

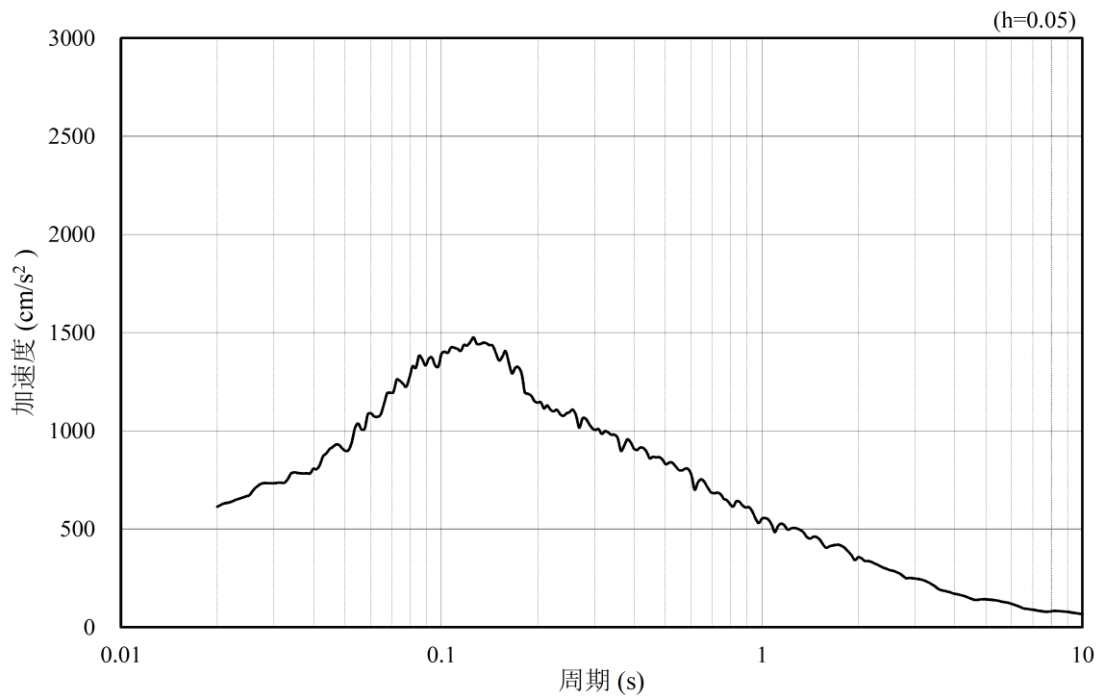


(b) 加速度応答スペクトル

図 4.1.6-14 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  
(水平成分: S s - D)

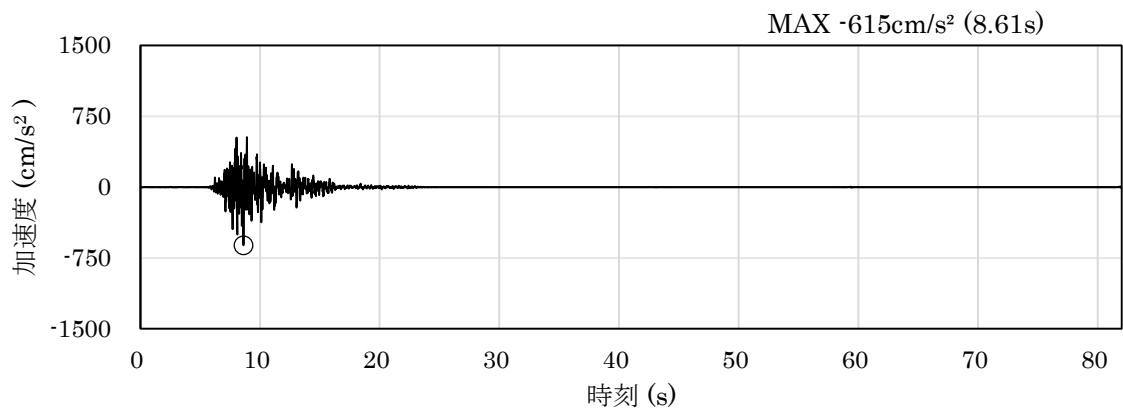


(a) 加速度時刻歴波形

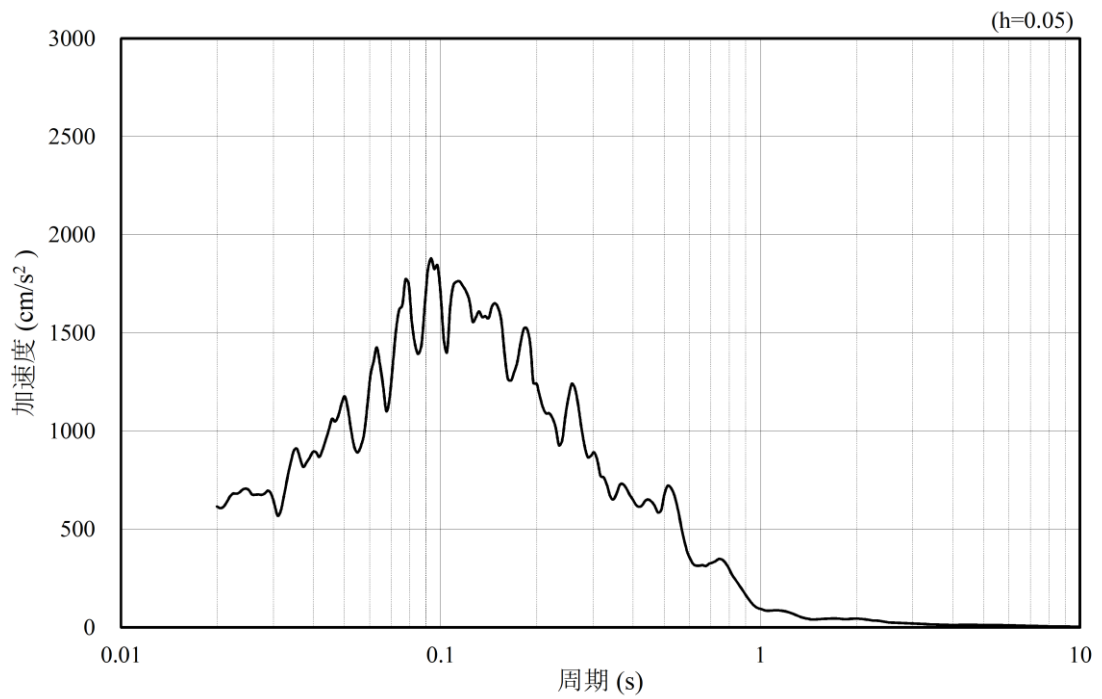


(b) 加速度応答スペクトル

図 4.1.6-15 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  
(鉛直成分：S s - D)

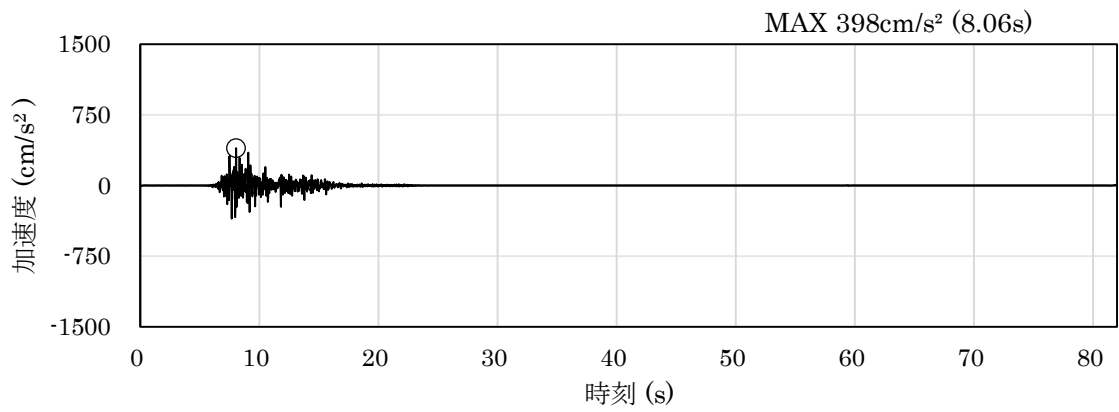


(a) 加速度時刻歴波形

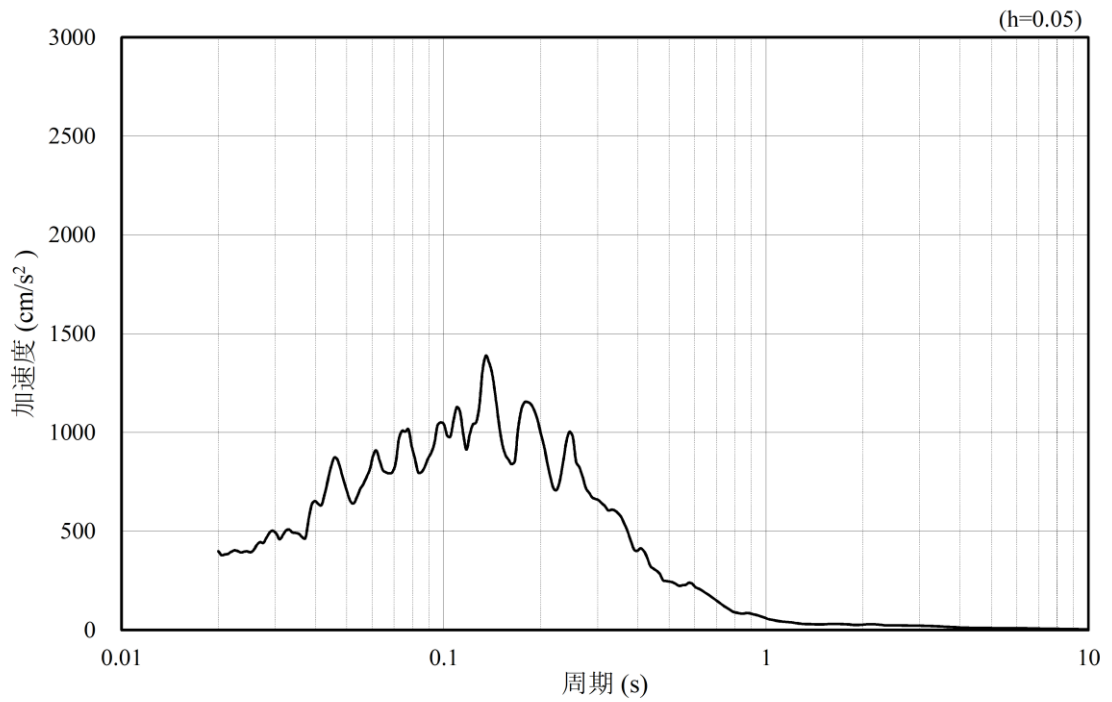


(b) 加速度応答スペクトル

図 4.1.6-16 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  
(水平成分 : S s - F 1)

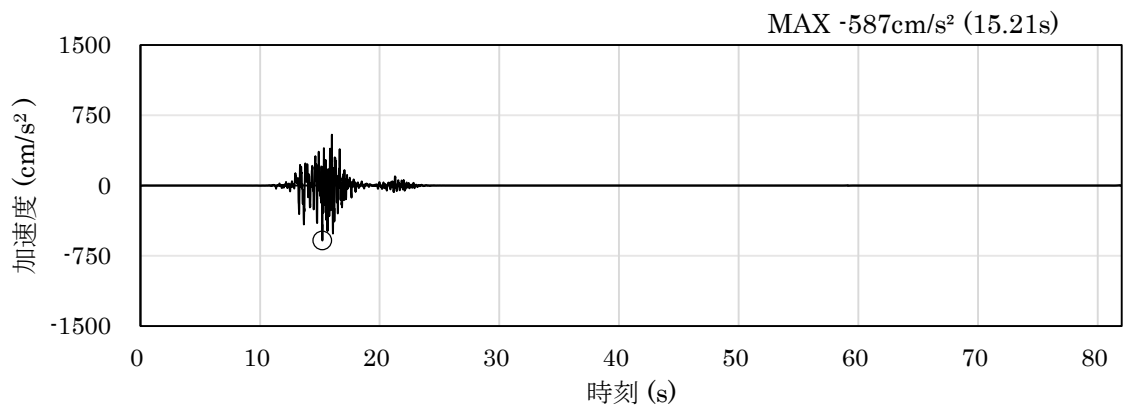


(a) 加速度時刻歴波形

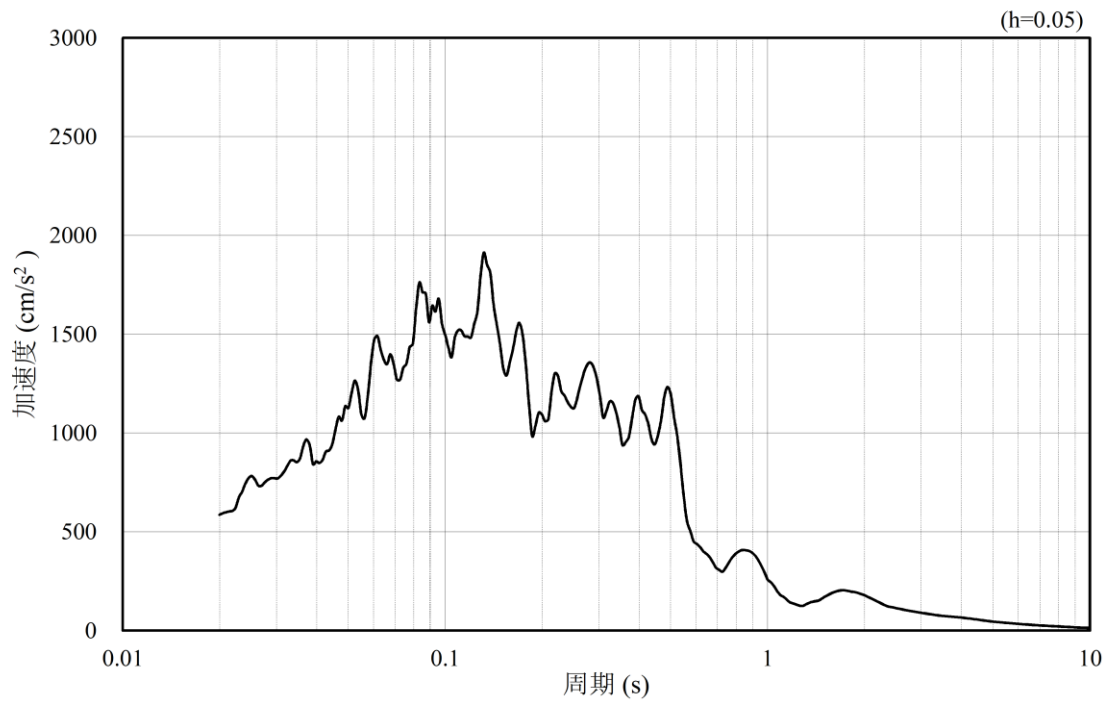


(b) 加速度応答スペクトル

図 4.1.6-17 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  
(鉛直成分：S s - F 1)

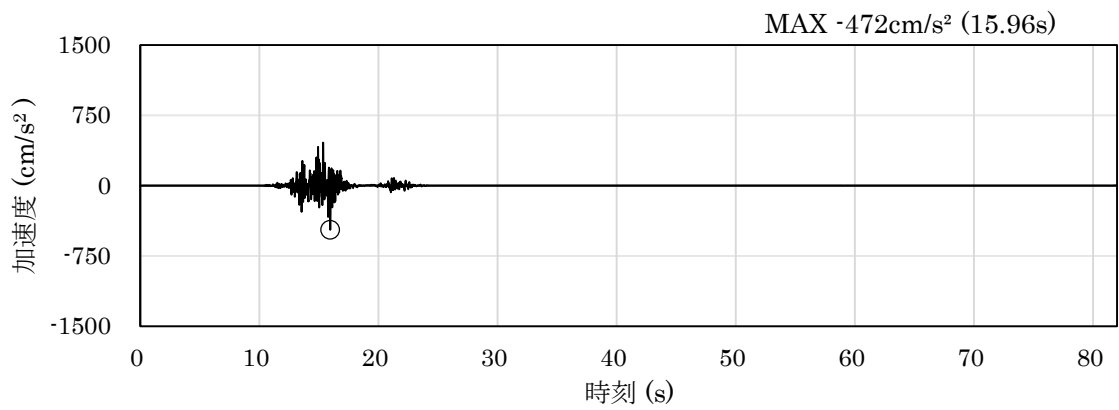


(a) 加速度時刻歴波形

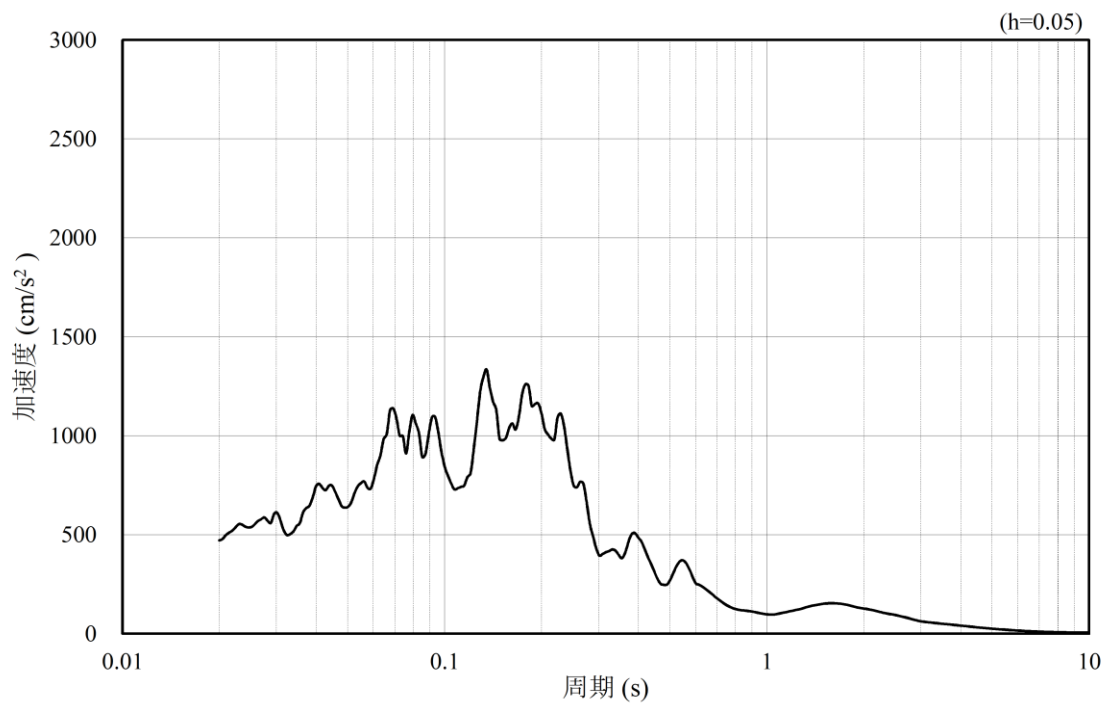


(b) 加速度応答スペクトル

図 4.1.6-18 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  
(水平成分：S<sub>s</sub>-F2)



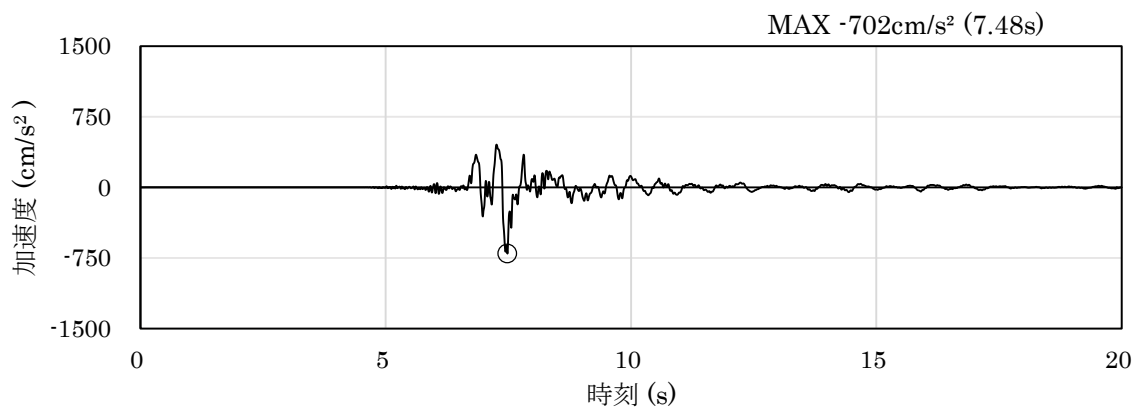
(a) 加速度時刻歴波形



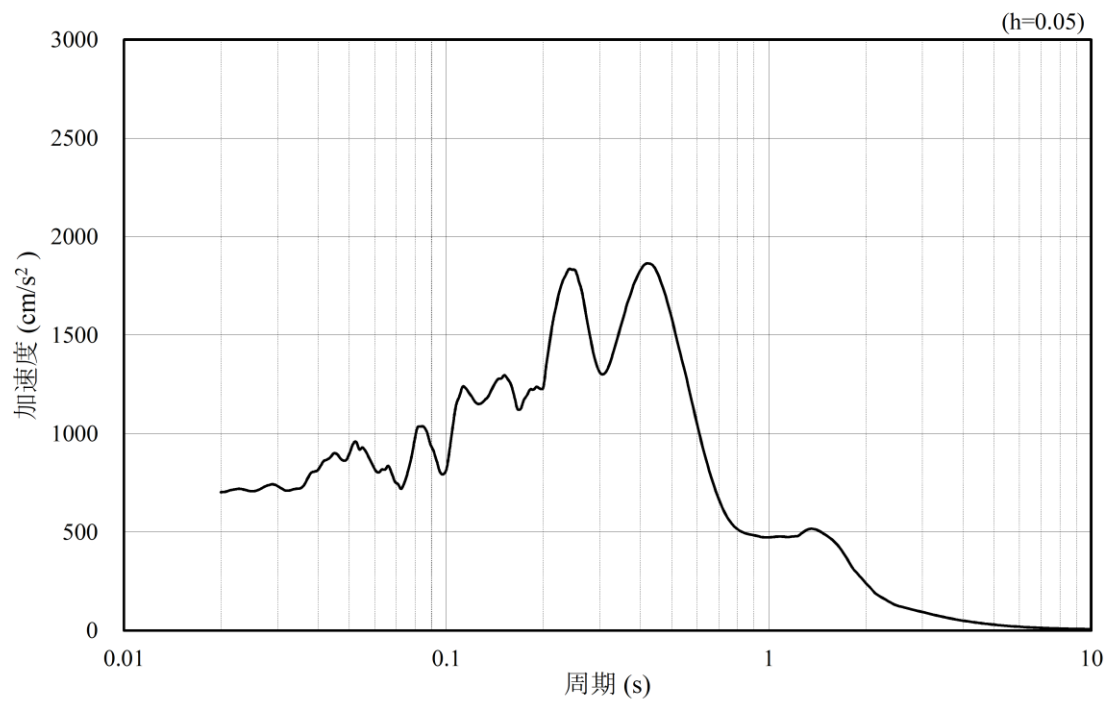
(b) 加速度応答スペクトル

図 4.1.6-19 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  
(鉛直成分：S<sub>s</sub>-F2)



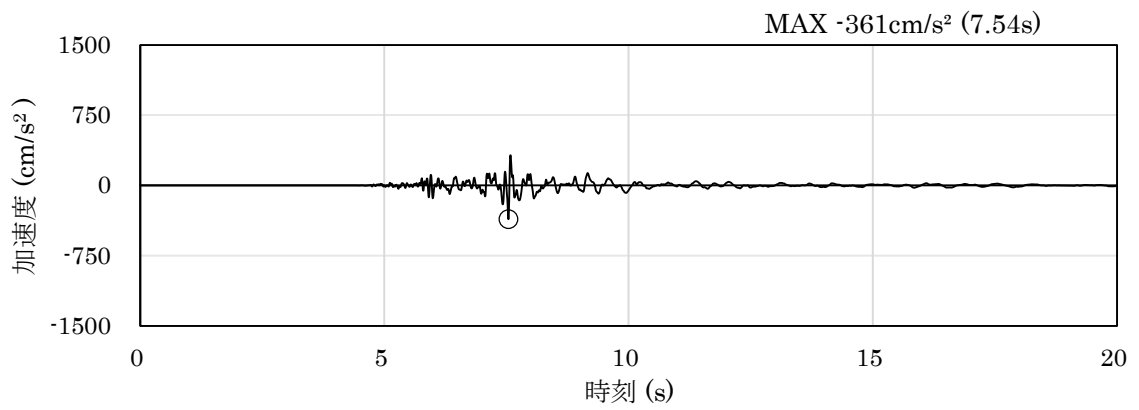


(a) 加速度時刻歴波形

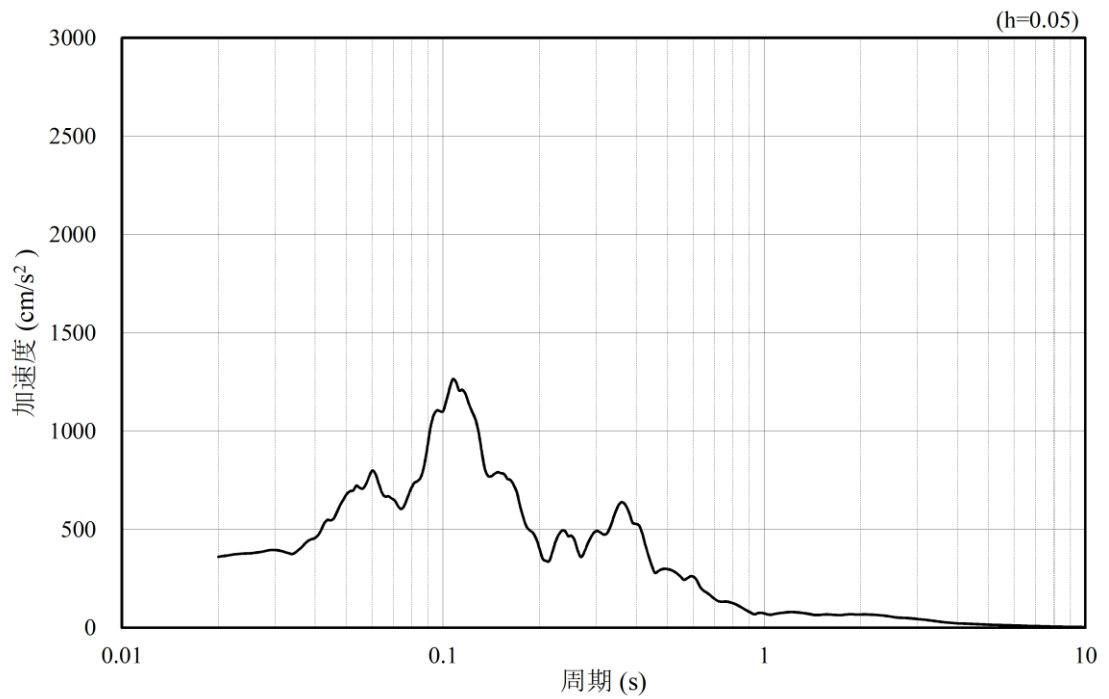


(b) 加速度応答スペクトル

図 4.1.6-20 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  
(水平成分：S s - N 1)

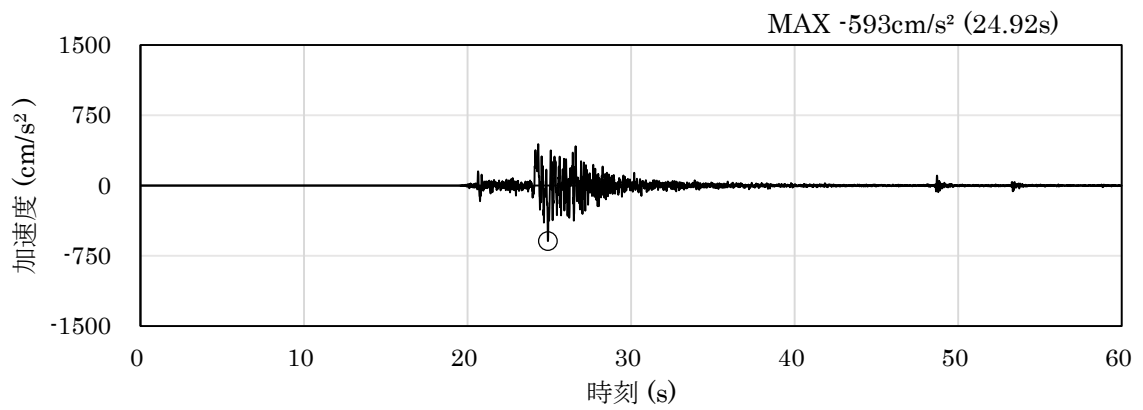


(a) 加速度時刻歴波形

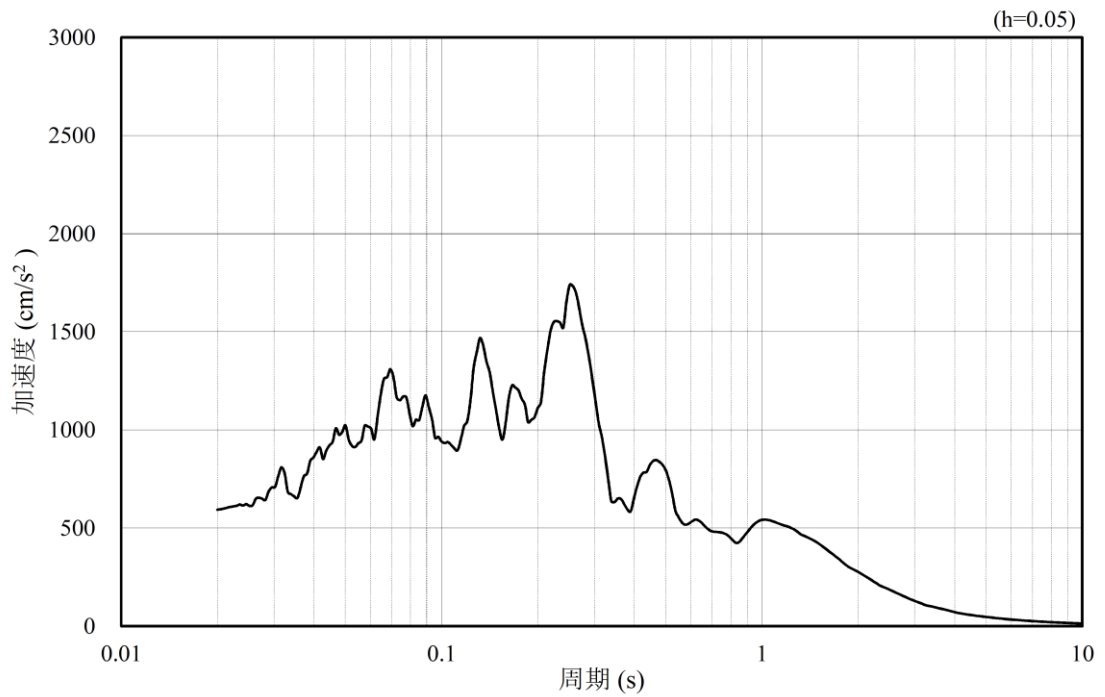


(b) 加速度応答スペクトル

図 4.1.6-21 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  
(鉛直成分：S<sub>s</sub>-N1)

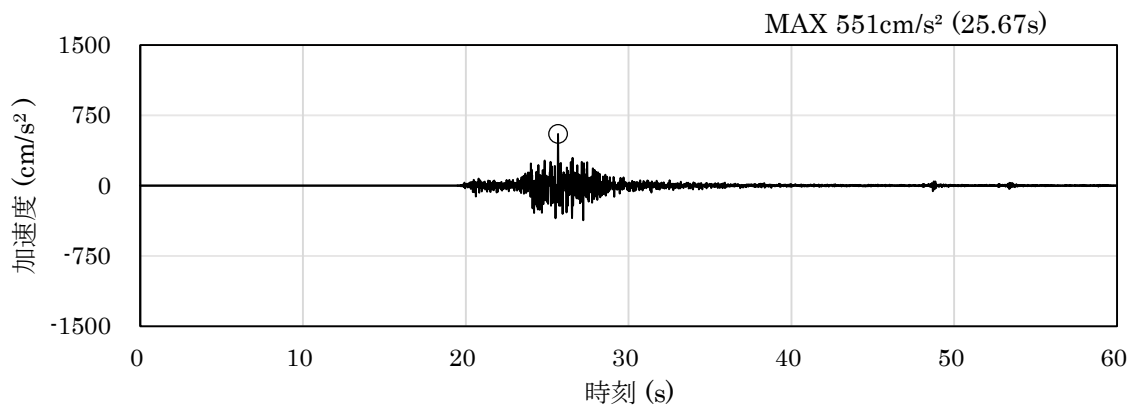


(a) 加速度時刻歴波形

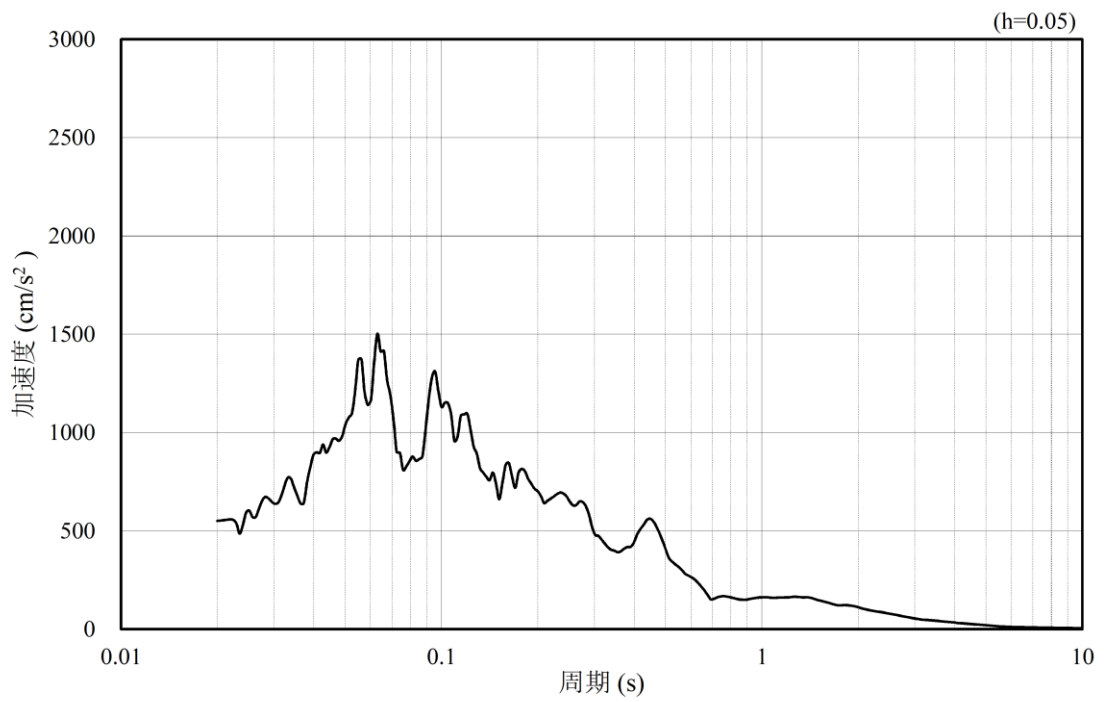


(b) 加速度応答スペクトル

図 4.1.6-22 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  
(水平成分：S<sub>s</sub>-N<sub>2</sub>，NS方向)

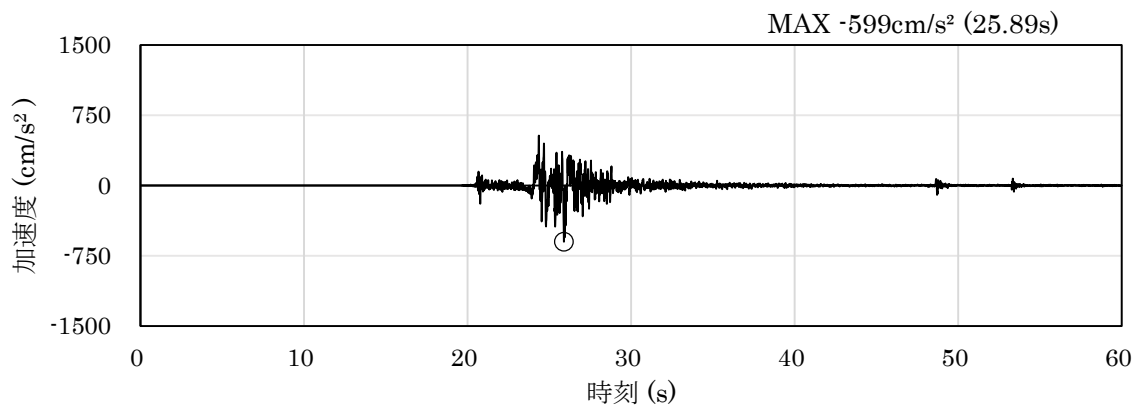


(a) 加速度時刻歴波形

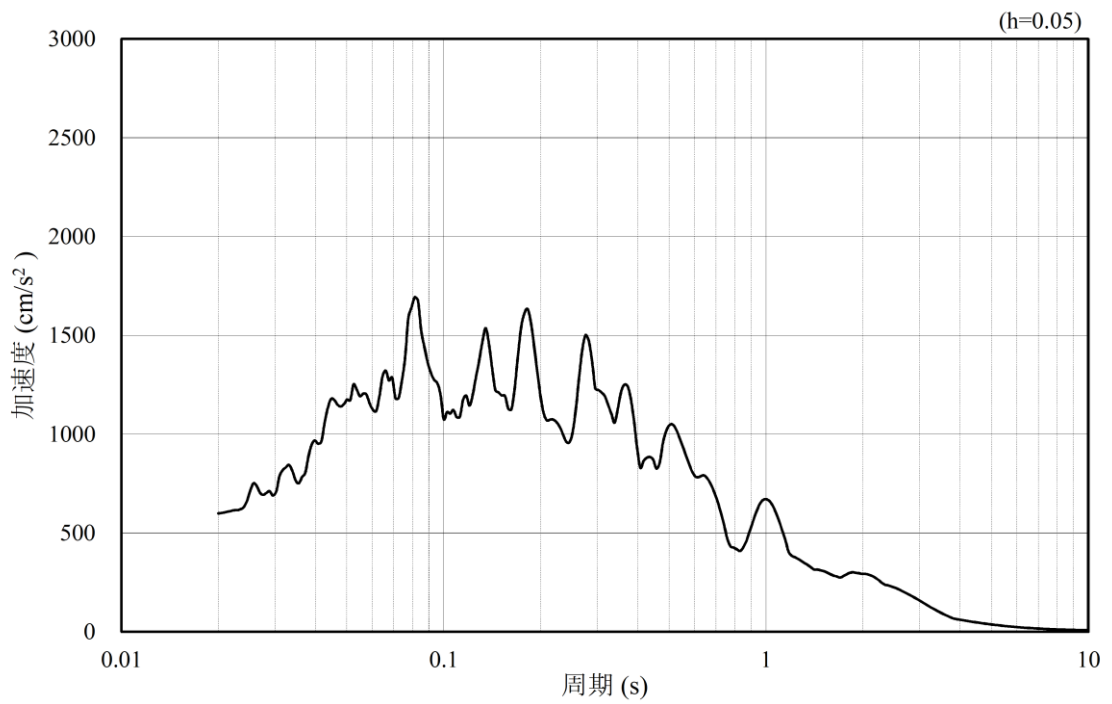


(b) 加速度応答スペクトル

図 4.1.6-23 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  
(鉛直成分：S<sub>s</sub>-N<sub>2</sub>，NS方向)

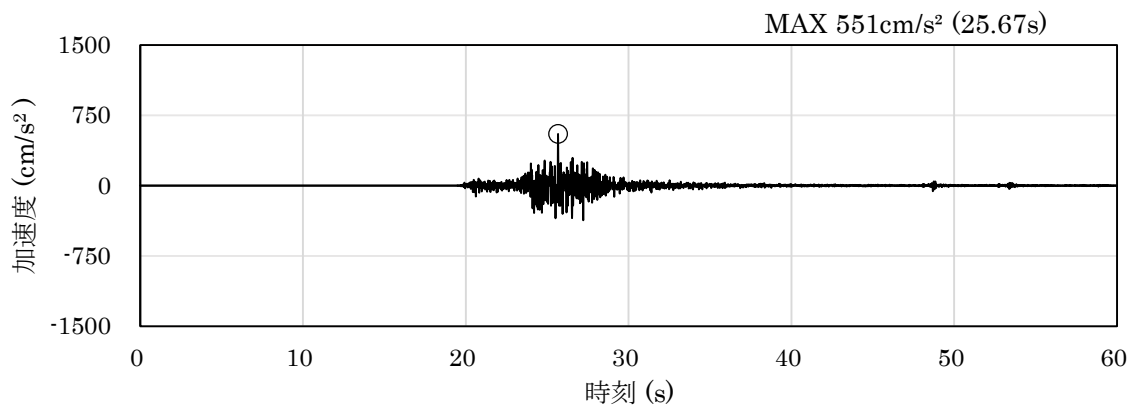


(a) 加速度時刻歴波形

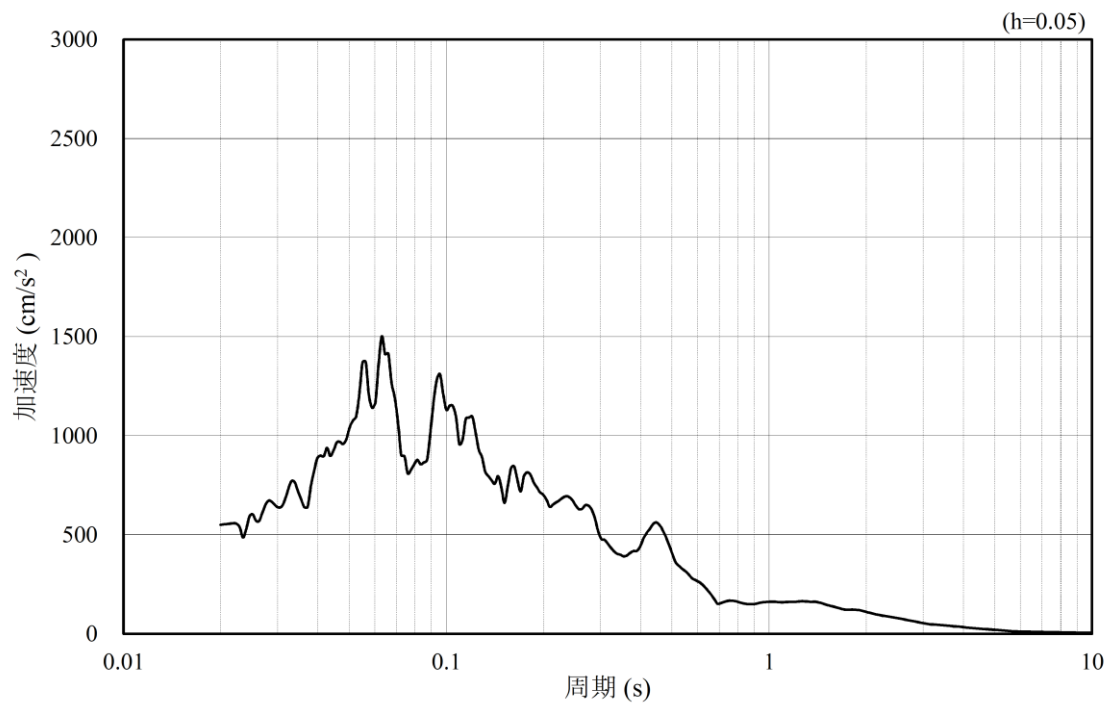


(b) 加速度応答スペクトル

図 4.1.6-24 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  
(水平成分：S s - N 2, E W方向)



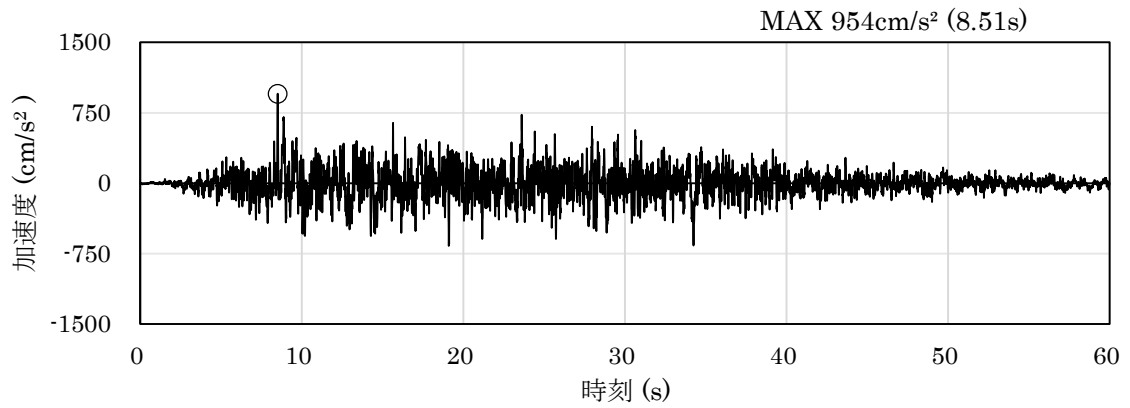
(a) 加速度時刻歴波形



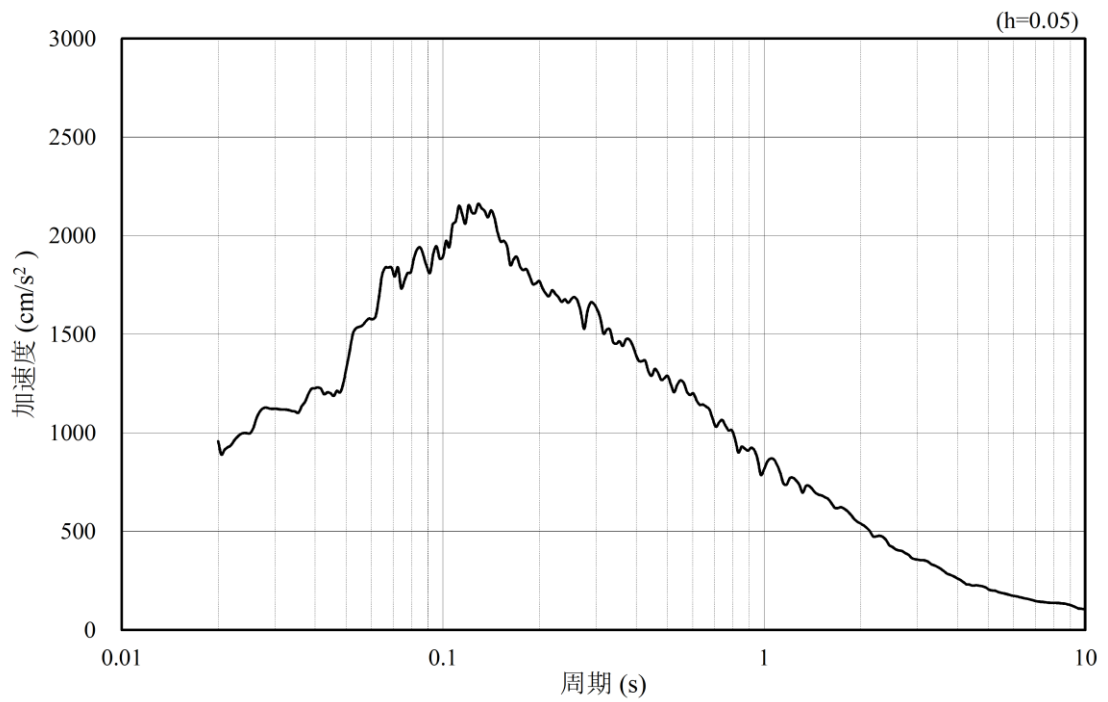
(b) 加速度応答スペクトル

図 4.1.6-25 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  
(鉛直成分：S<sub>s</sub>-N2, EW方向)

(3) ④－④断面

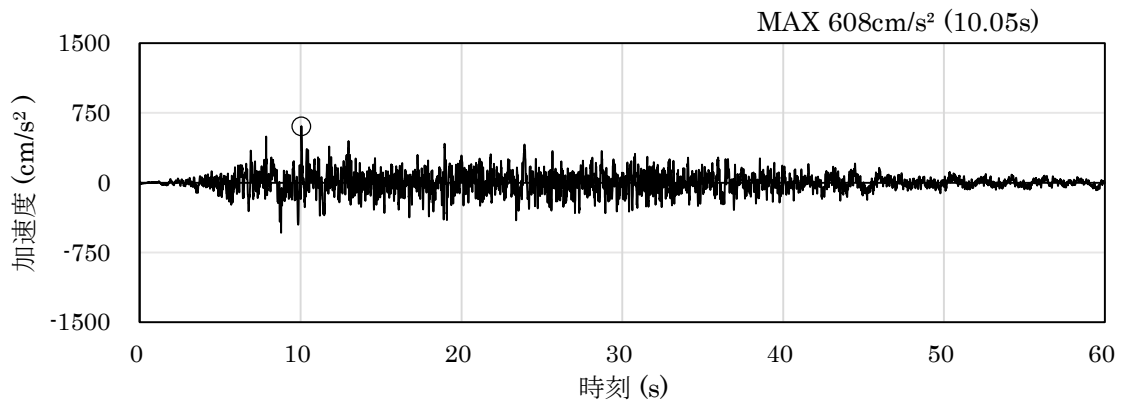


(a) 加速度時刻歴波形

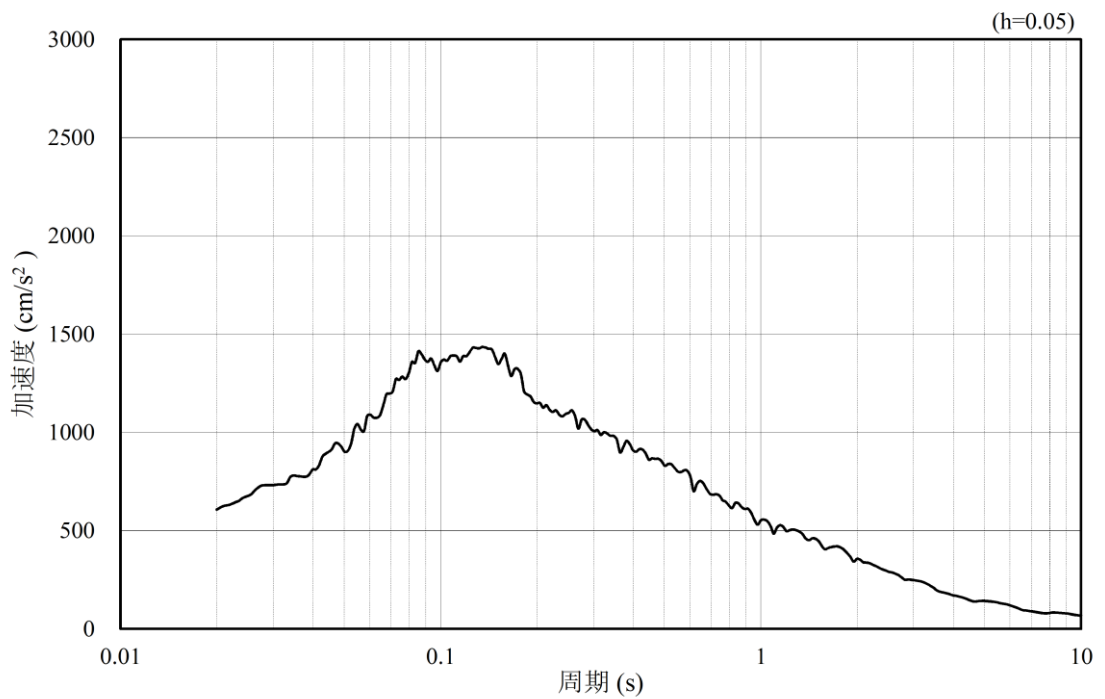


(b) 加速度応答スペクトル

図 4.1.6-26 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  
(水平成分：S s - D)



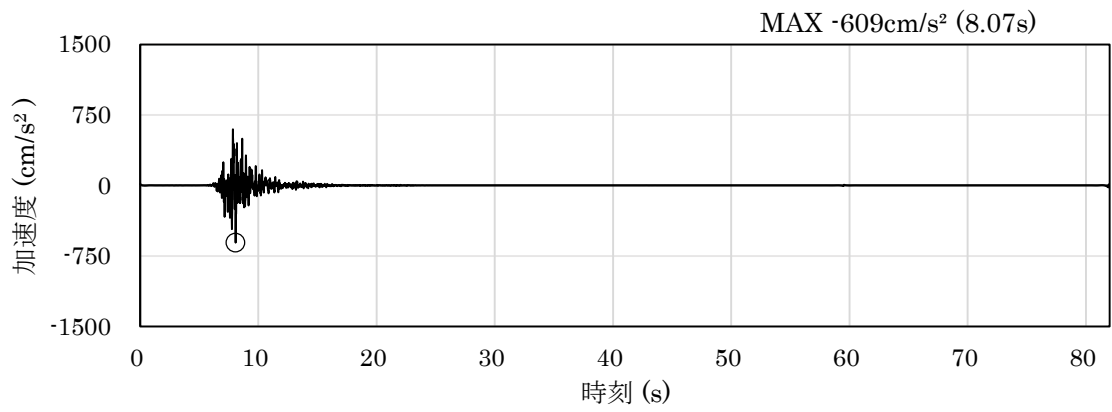
(a) 加速度時刻歴波形



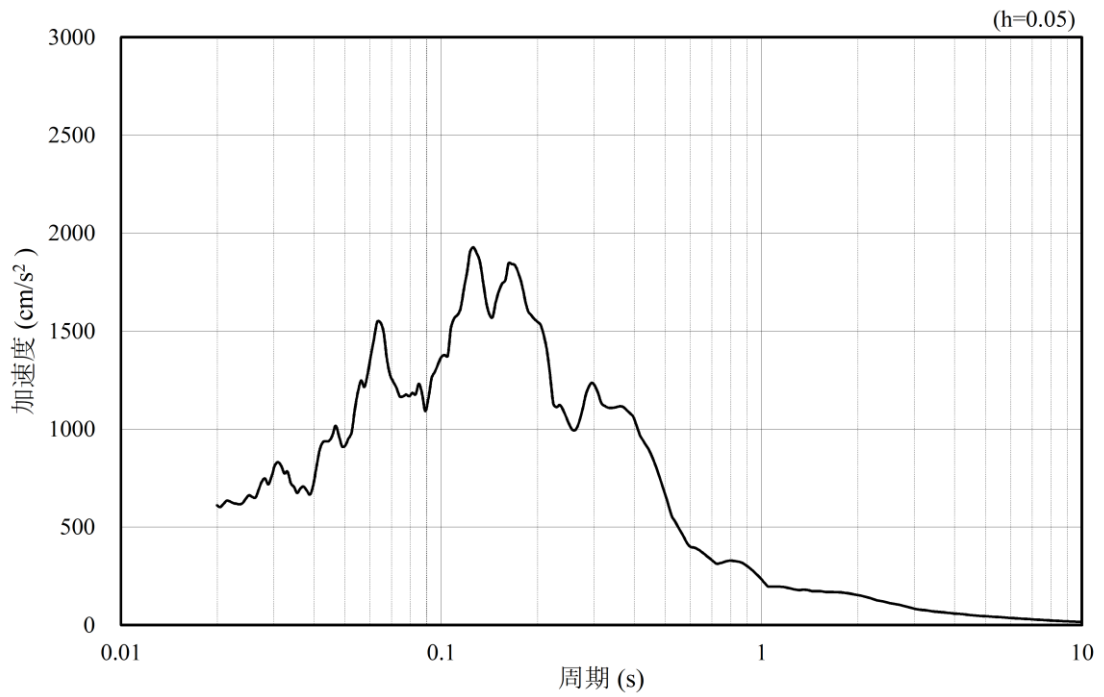
(b) 加速度応答スペクトル

図 4.1.6-27 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  
(鉛直成分：S s - D)



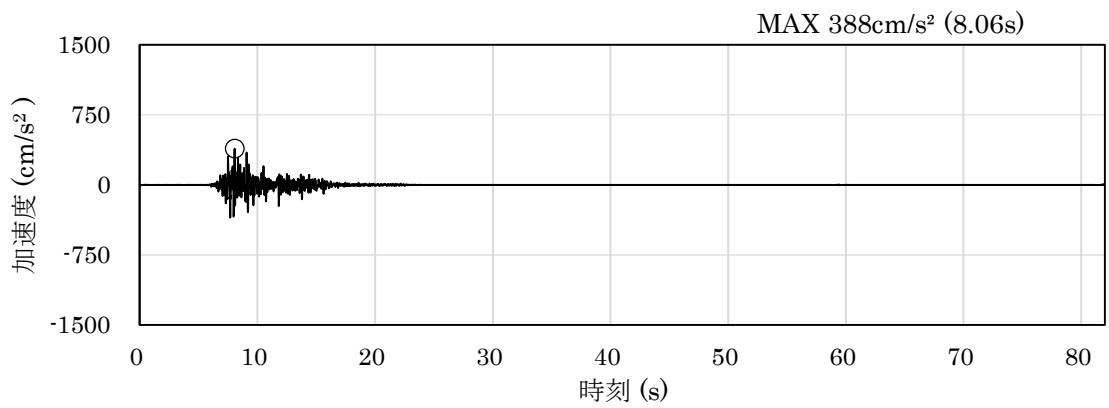


(a) 加速度時刻歴波形

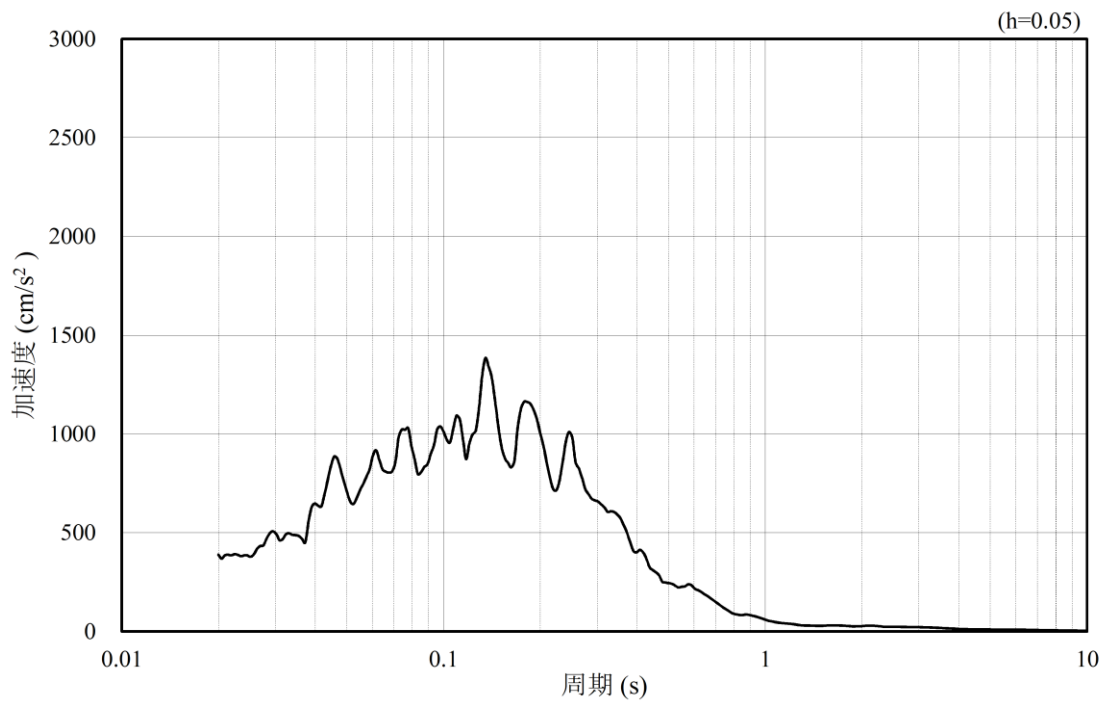


(b) 加速度応答スペクトル

図 4.1.6-28 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  
(水平成分 : S s - F 1)

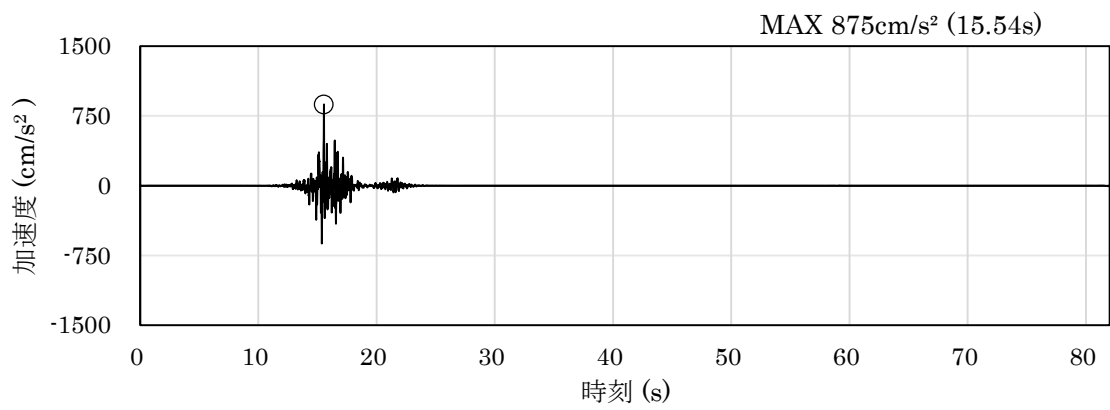


(a) 加速度時刻歴波形

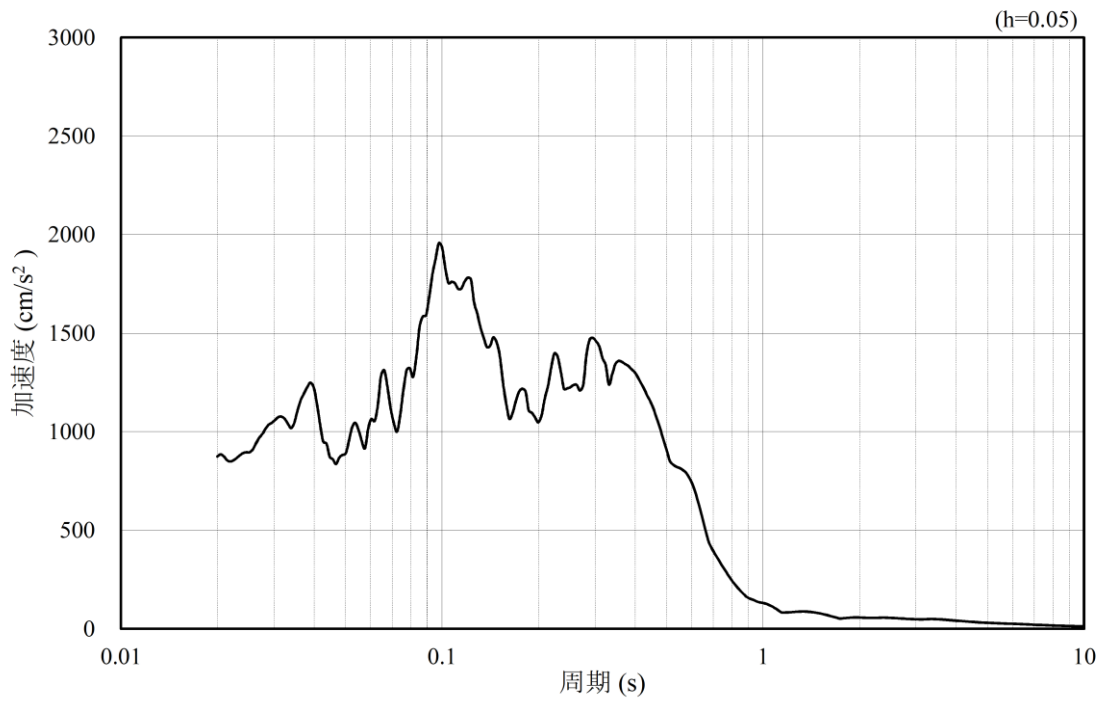


(b) 加速度応答スペクトル

図 4.1.6-29 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  
(鉛直成分：S<sub>s</sub>-F1)

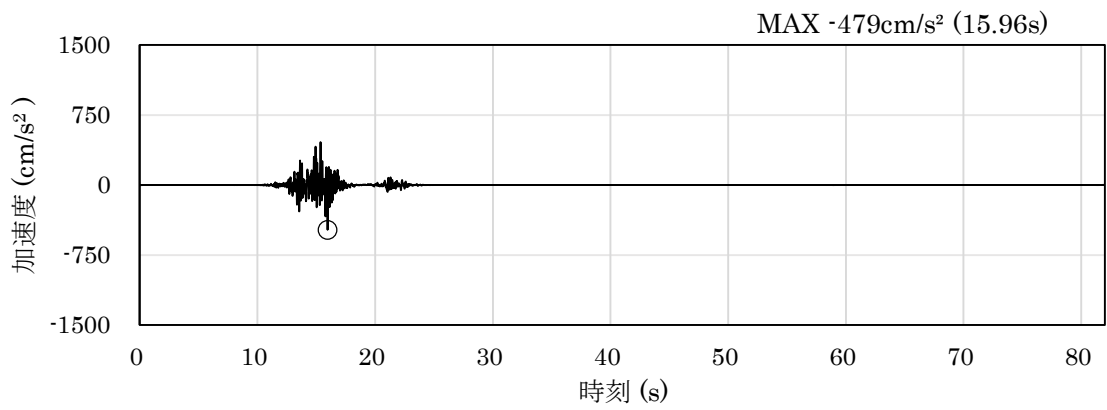


(a) 加速度時刻歴波形

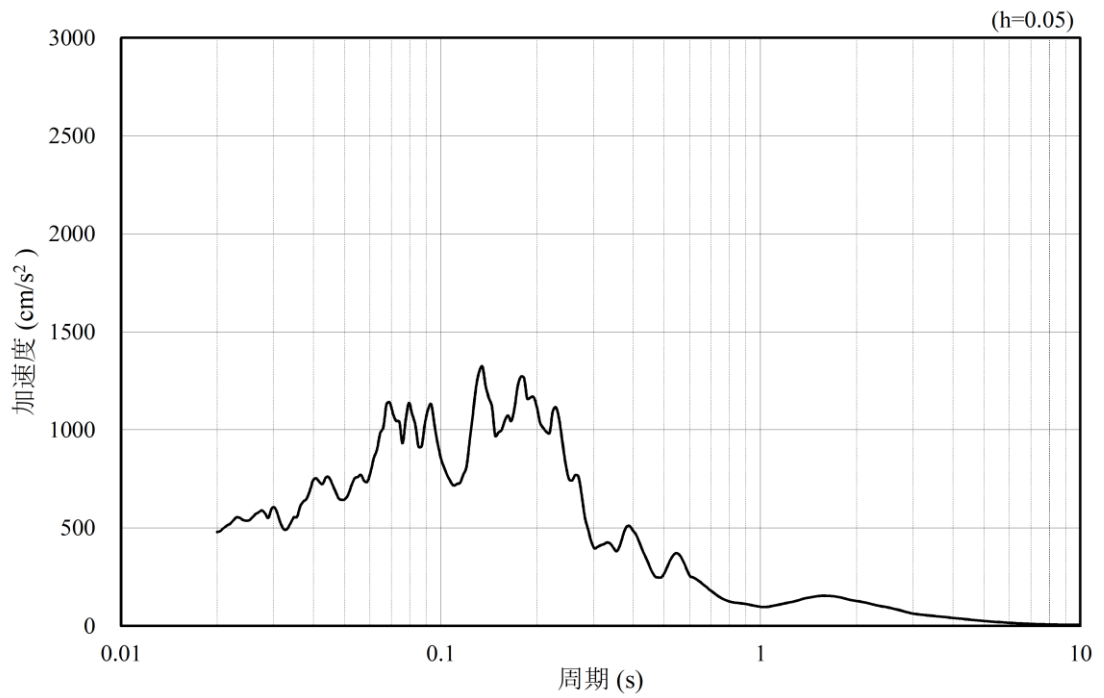


(b) 加速度応答スペクトル

図 4.1.6-30 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平成分 : S<sub>s</sub> - F 2)

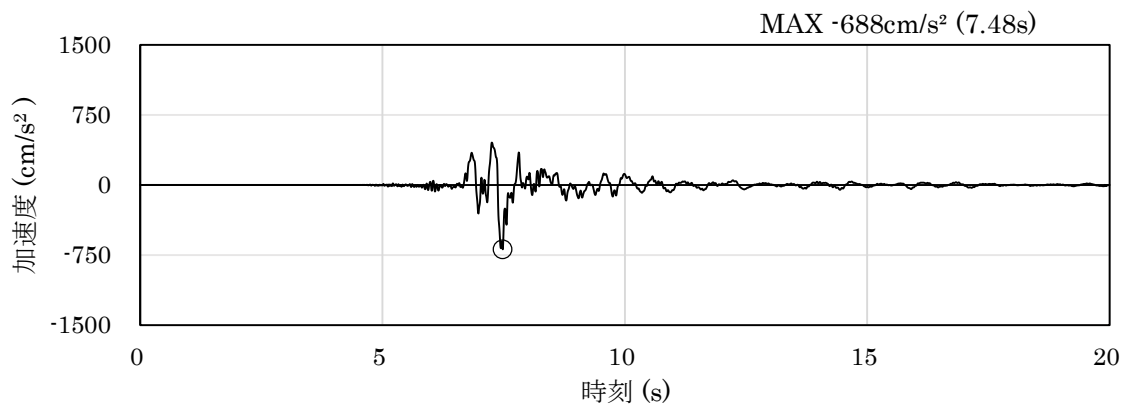


(a) 加速度時刻歴波形

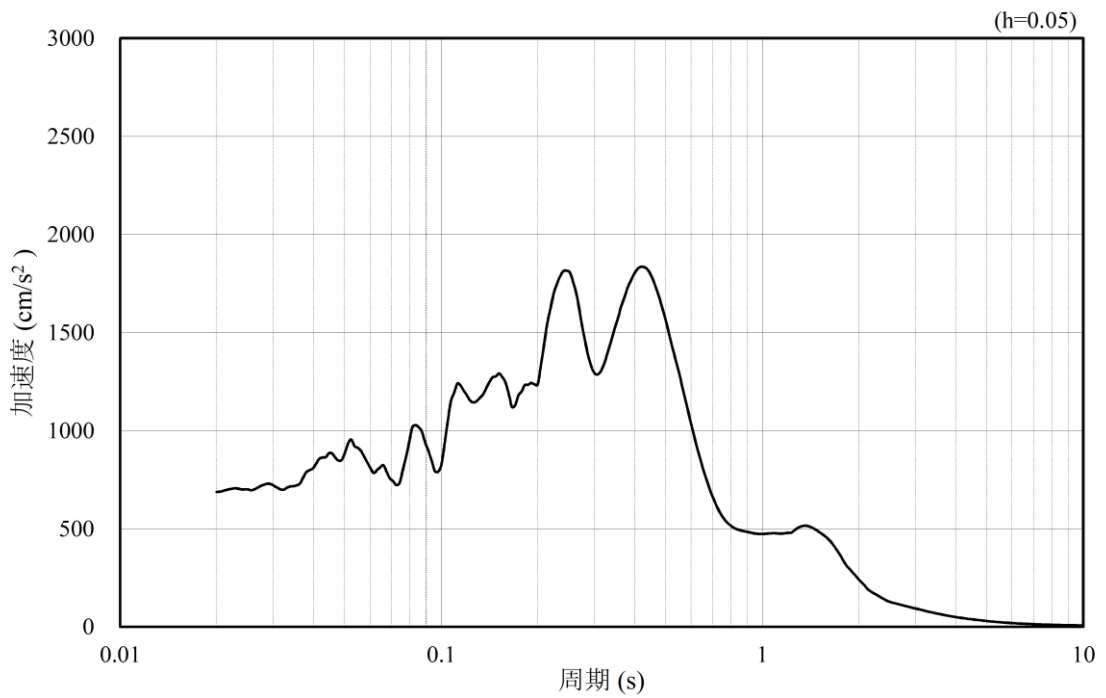


(b) 加速度応答スペクトル

図 4.1.6-31 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直成分：S<sub>s</sub>-F2)

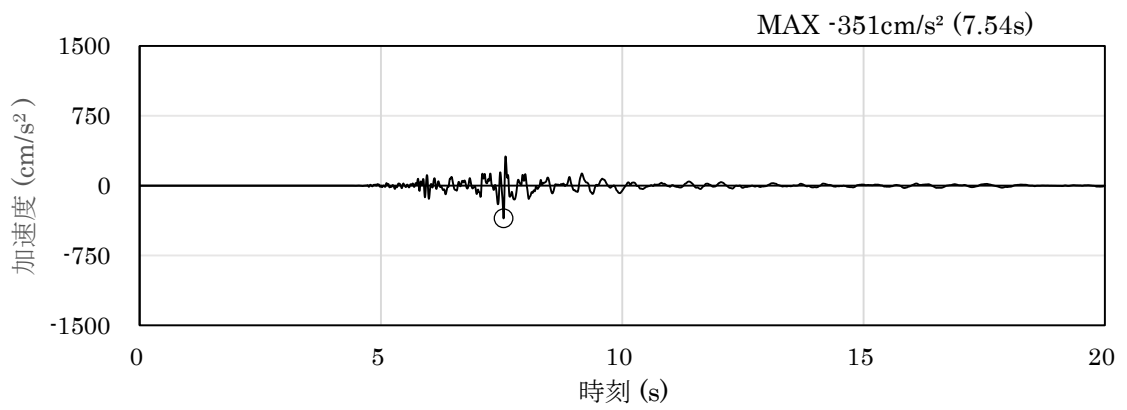


(a) 加速度時刻歴波形

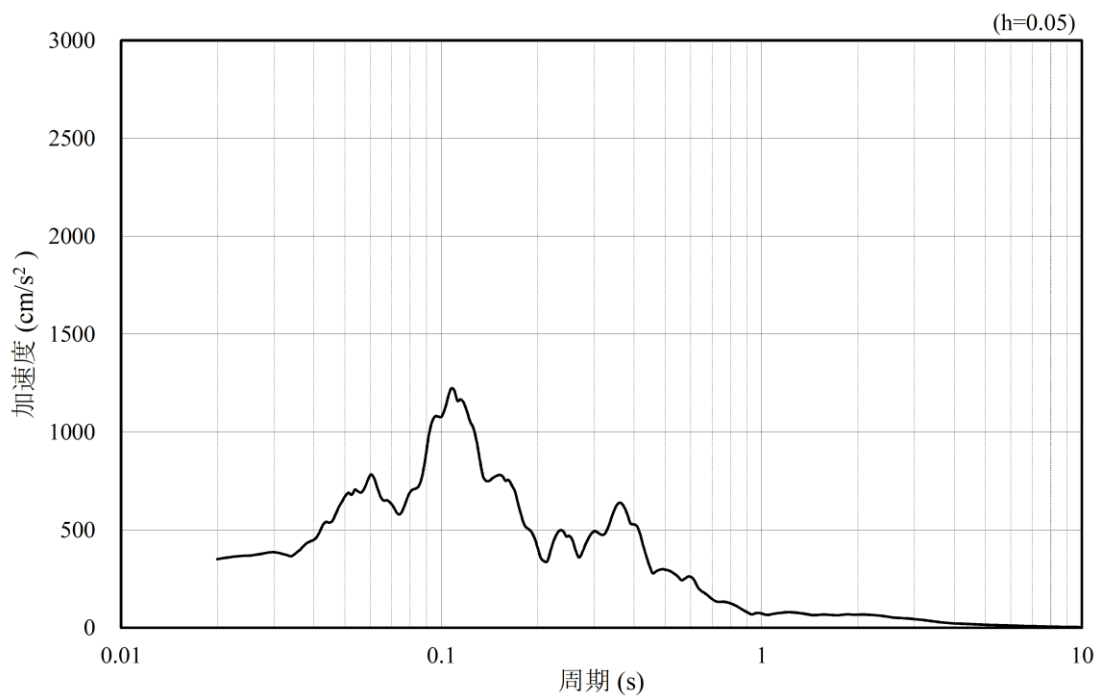


(b) 加速度応答スペクトル

図 4.1.6-32 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平成分：S s - N 1)

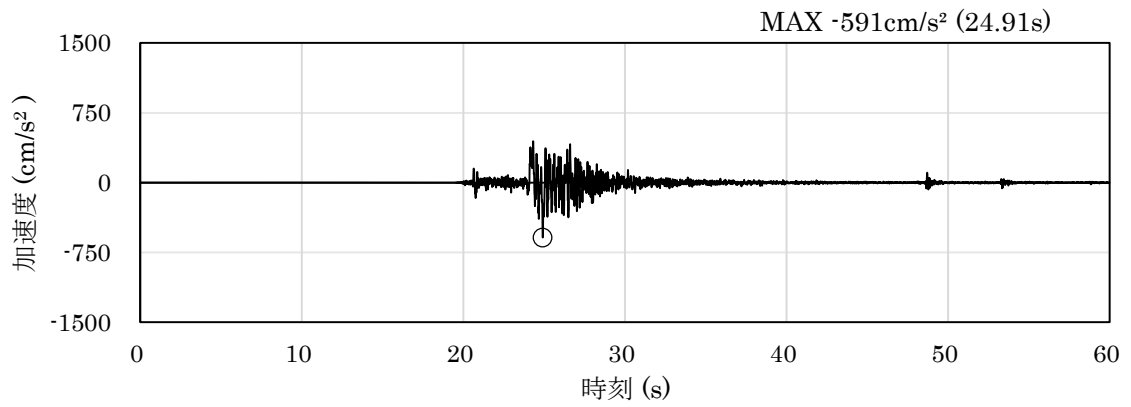


(a) 加速度時刻歴波形

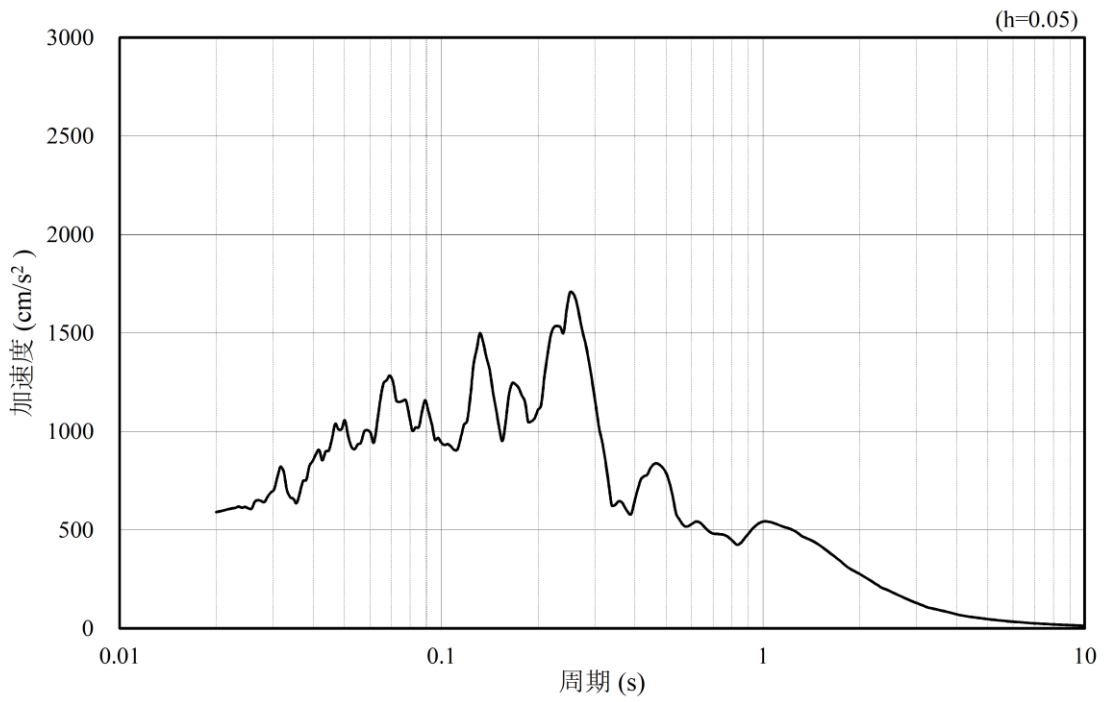


(b) 加速度応答スペクトル

図 4.1.6-33 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直成分：S s - N 1)

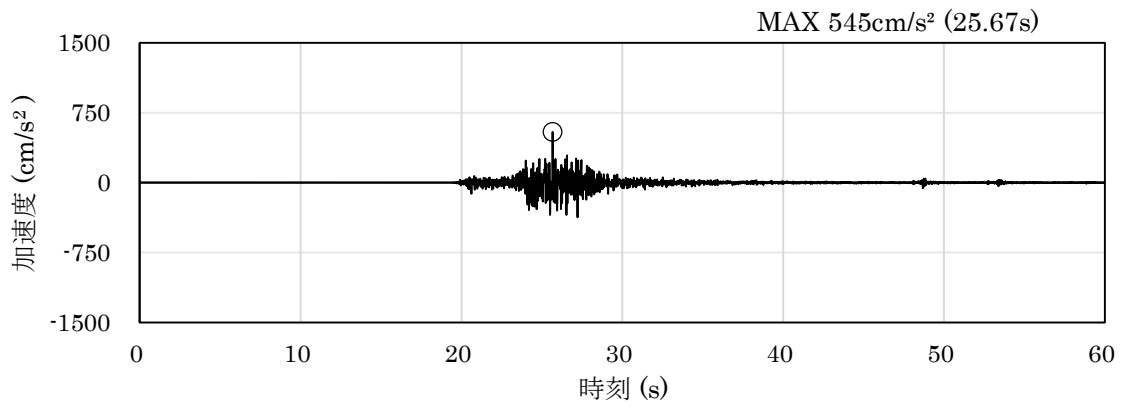


(a) 加速度時刻歴波形

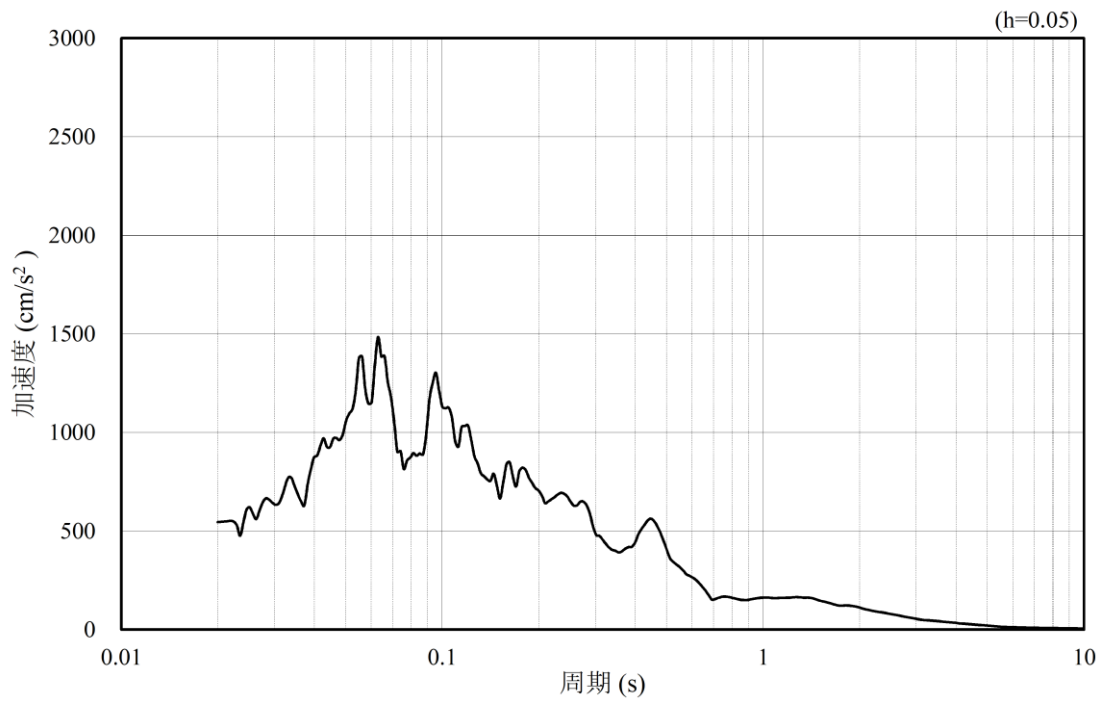


(b) 加速度応答スペクトル

図 4.1.6-34 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平成分：S<sub>s</sub>-N<sub>2</sub>，NS方向)



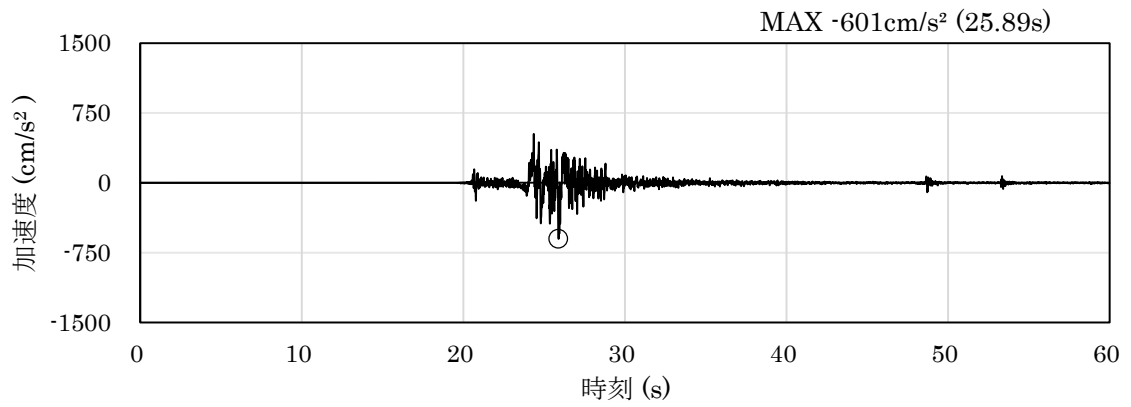
(a) 加速度時刻歴波形



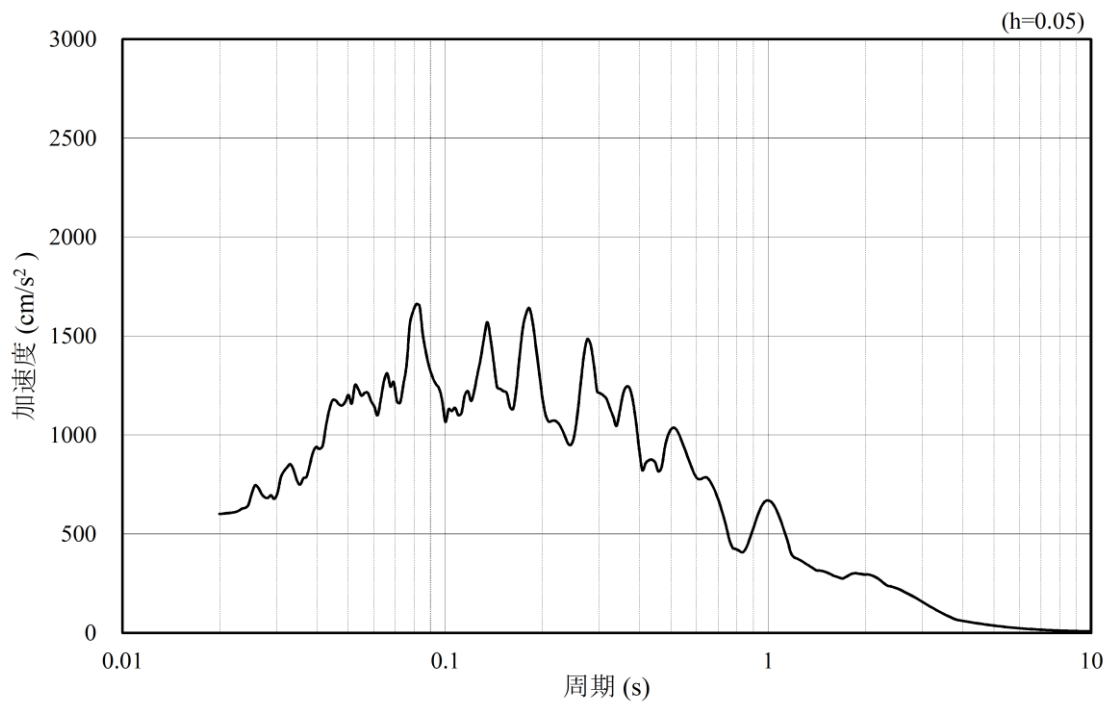
(b) 加速度応答スペクトル

図 4.1.6-35 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直成分：S<sub>s</sub>-N<sub>2</sub>，NS方向)



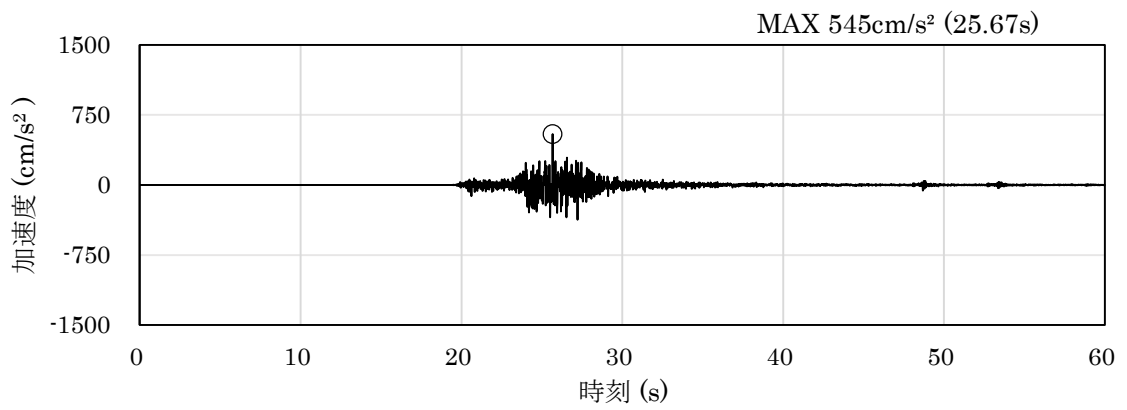


(a) 加速度時刻歴波形

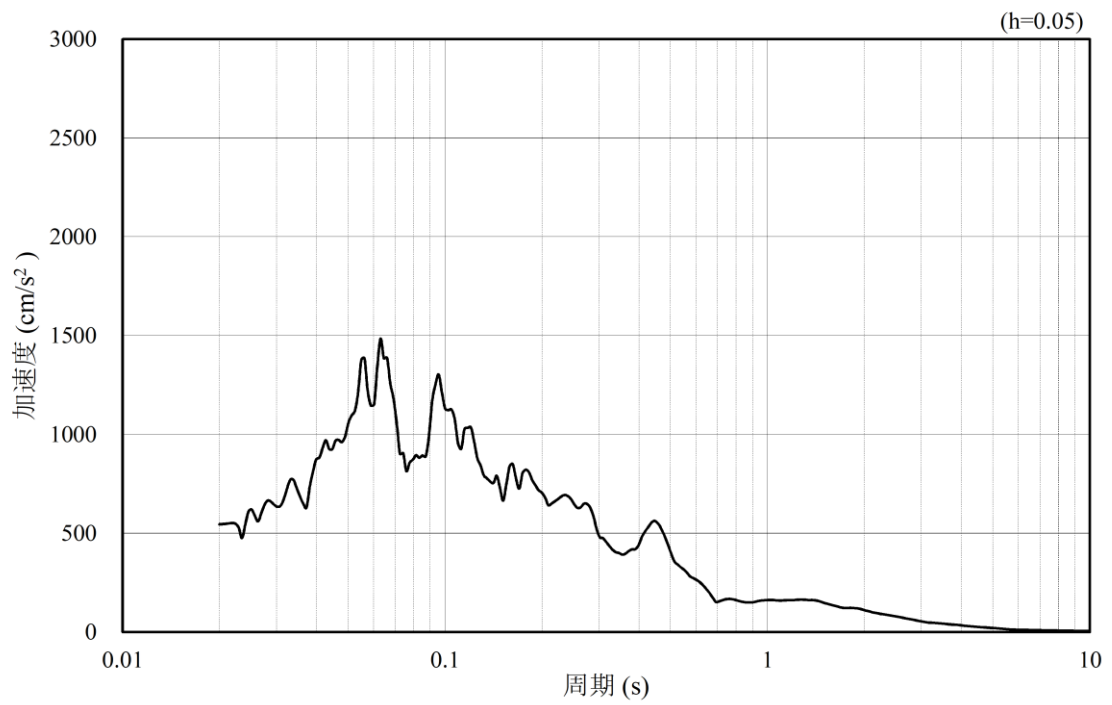


(b) 加速度応答スペクトル

図 4.1.6-36 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平成分：S s - N 2, E W方向)



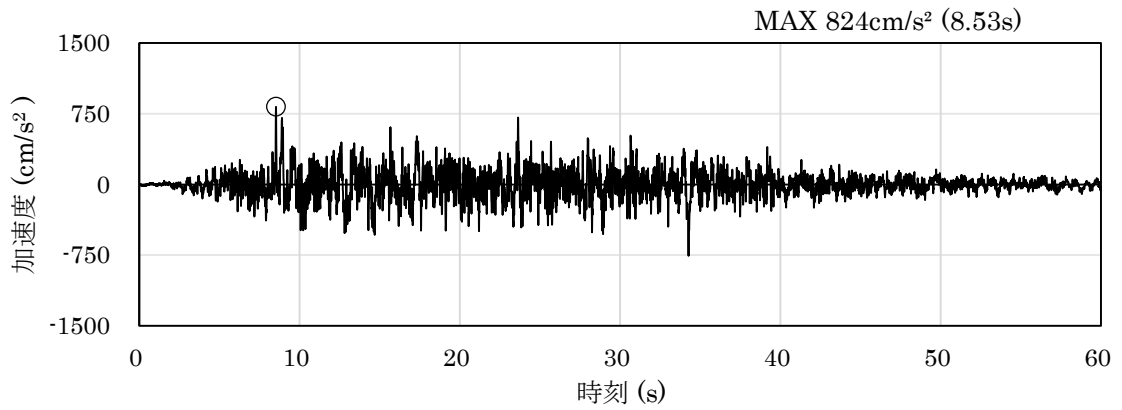
(a) 加速度時刻歴波形



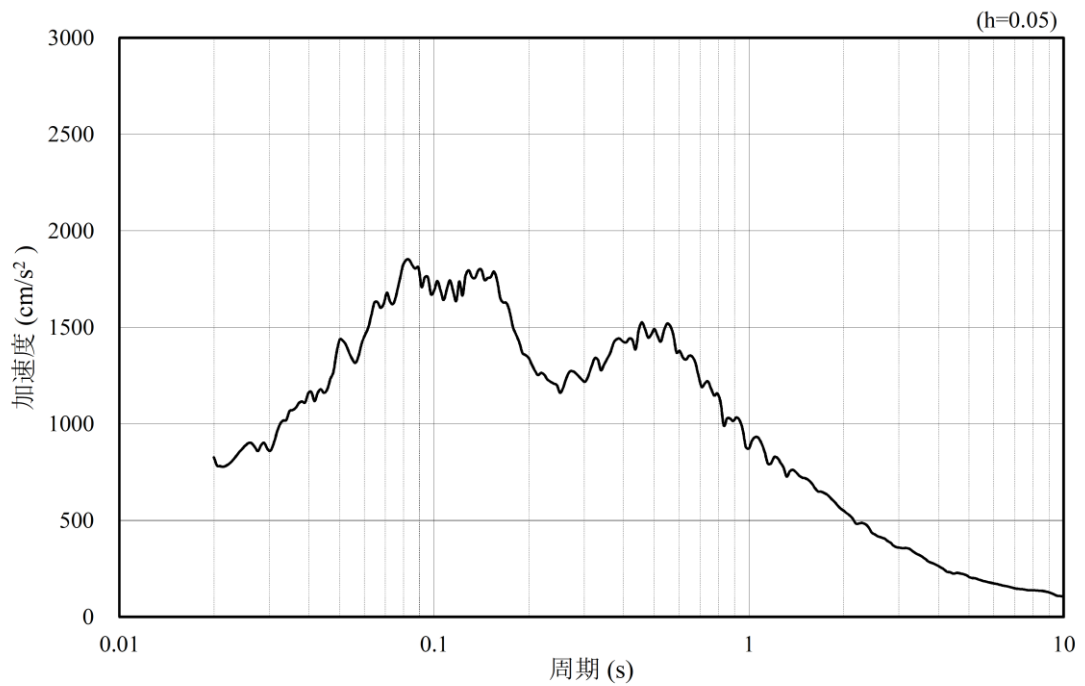
(b) 加速度応答スペクトル

図 4.1.6-37 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直成分：S<sub>s</sub>-N2, EW方向)

(4) ⑤－⑤断面

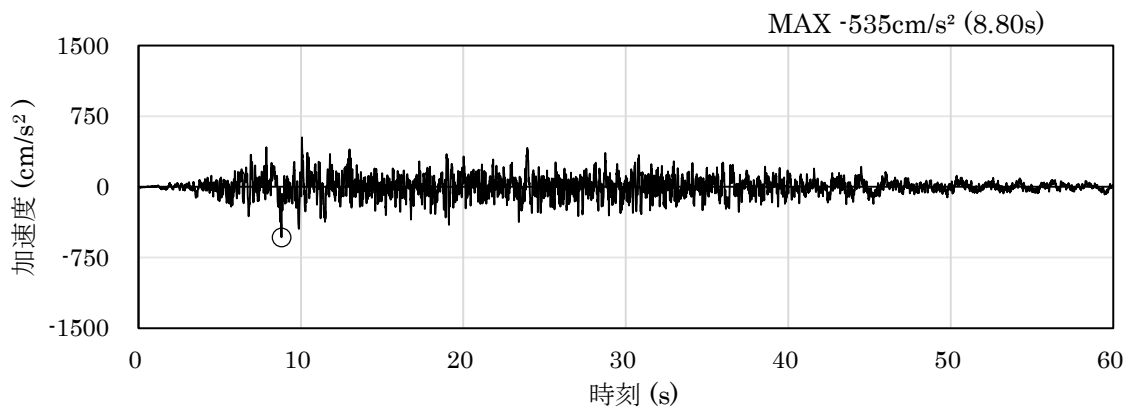


(a) 加速度時刻歴波形

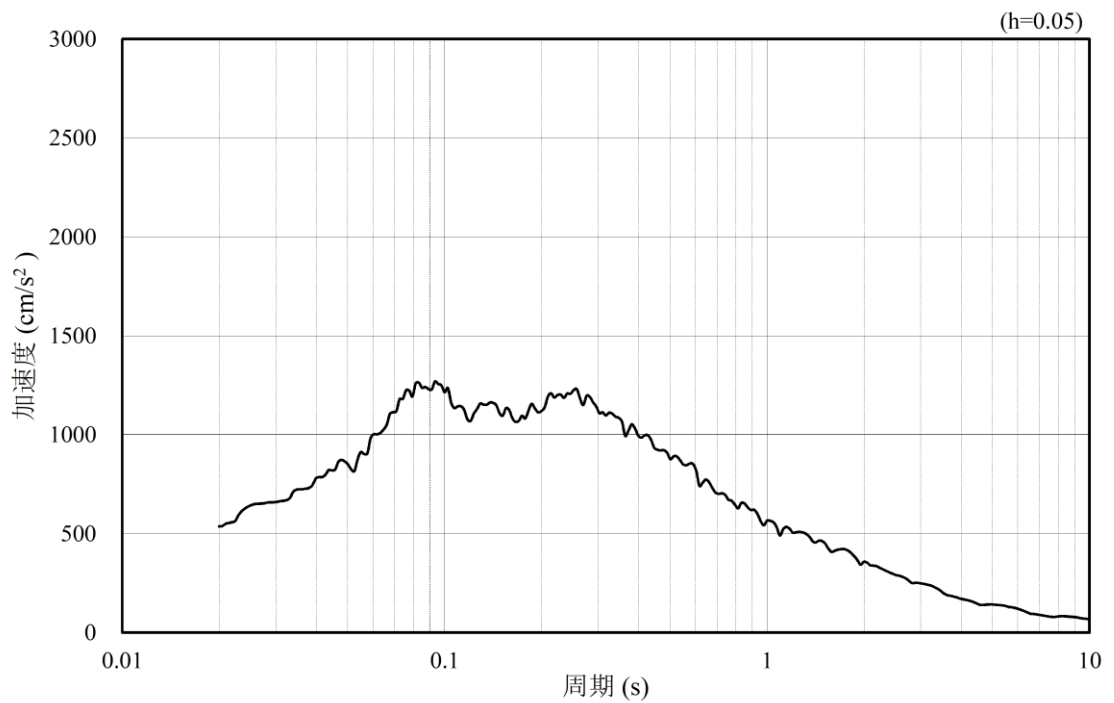


(b) 加速度応答スペクトル

図 4.1.6-38 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平成分：S s - D)

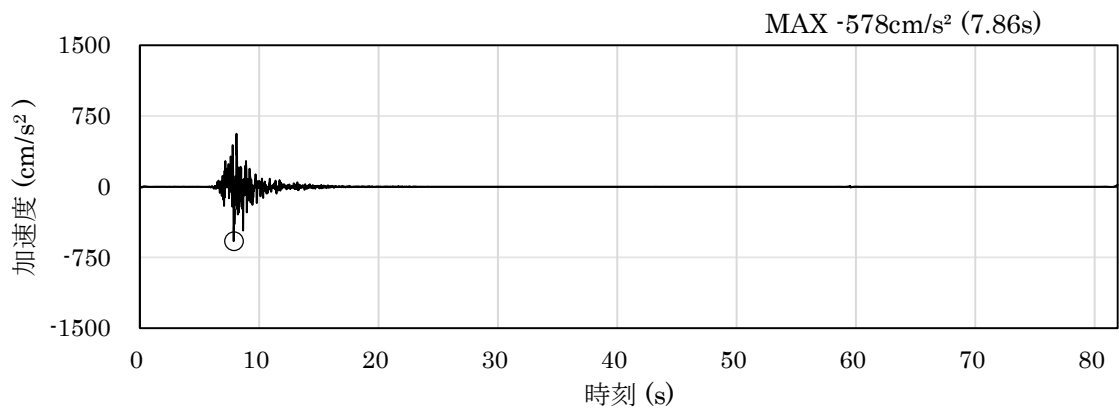


(a) 加速度時刻歴波形

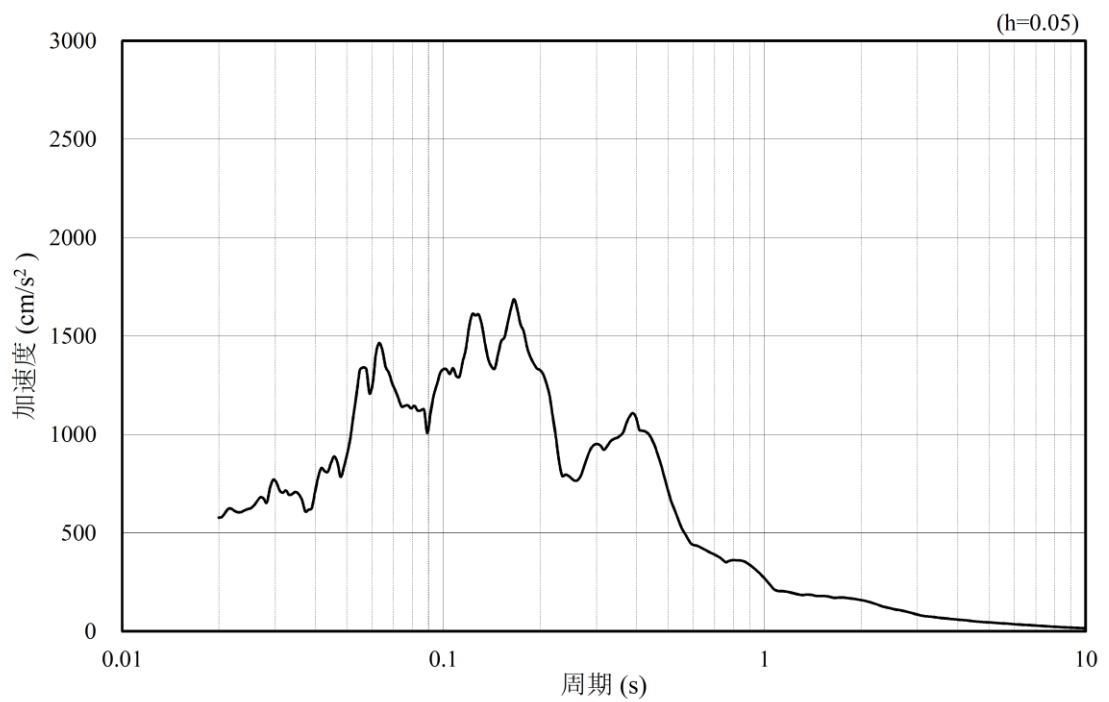


(b) 加速度応答スペクトル

図 4.1.6-39 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直成分：S s - D)

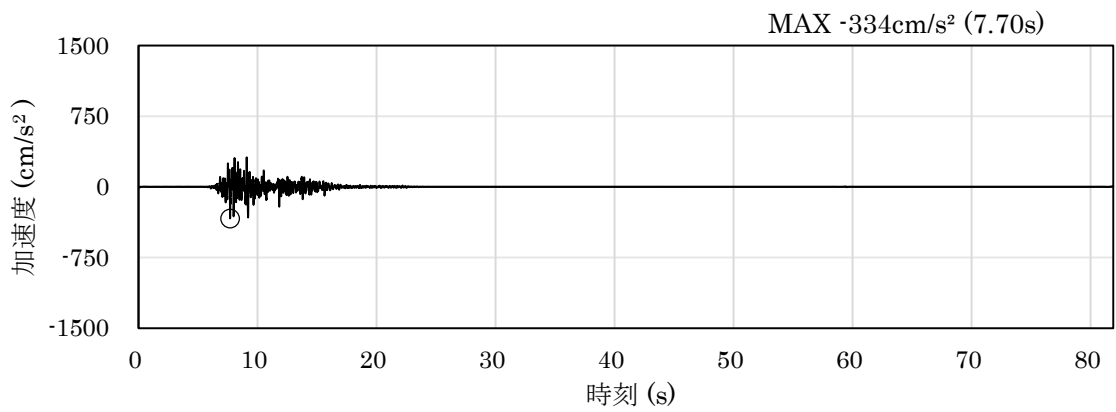


(a) 加速度時刻歴波形

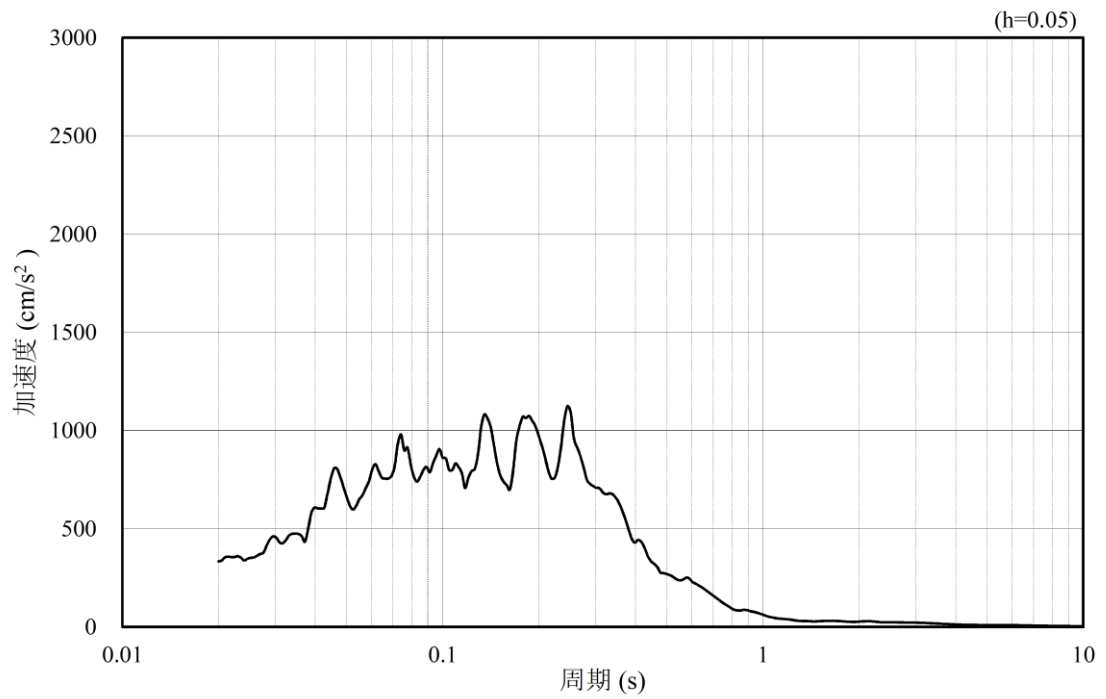


(b) 加速度応答スペクトル

図 4.1.6-40 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平成分：S s - F 1)

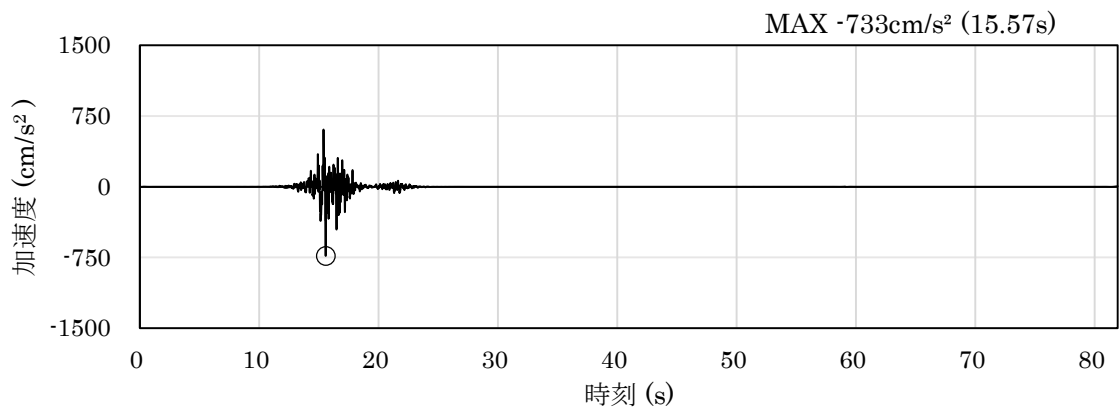


(a) 加速度時刻歴波形

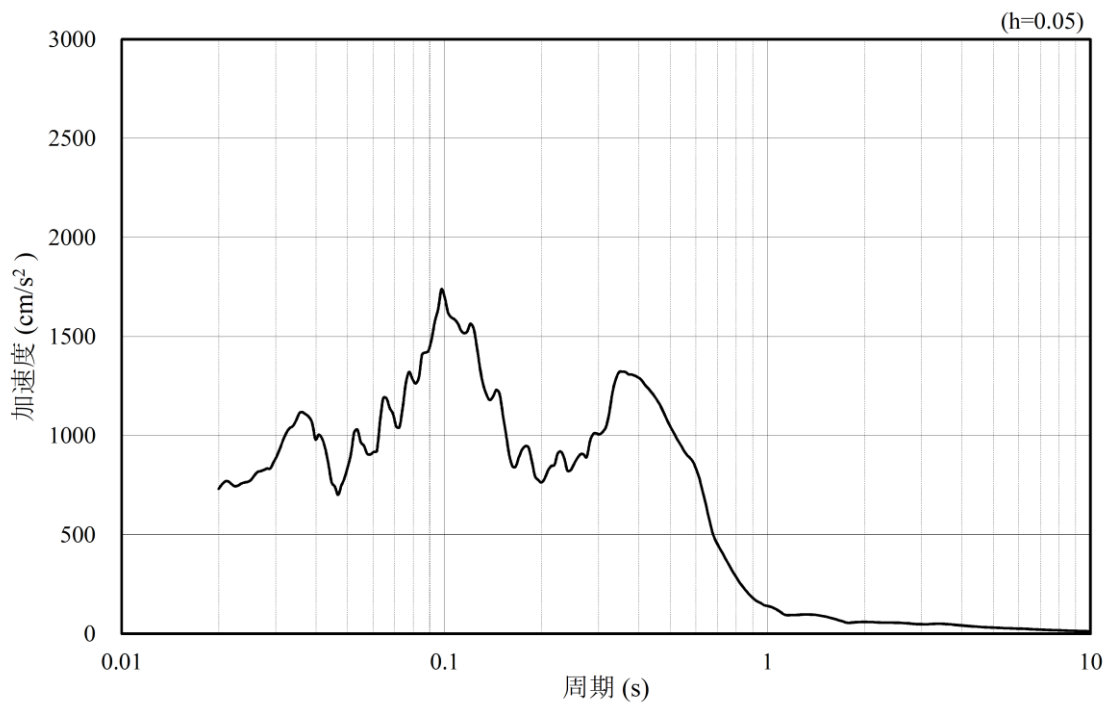


(b) 加速度応答スペクトル

図 4.1.6-41 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直成分：S s - F 1)

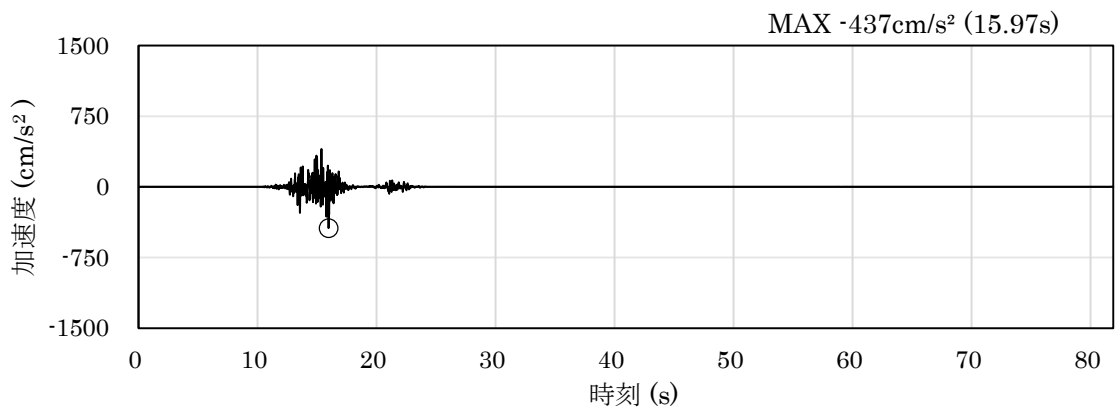


(a) 加速度時刻歴波形

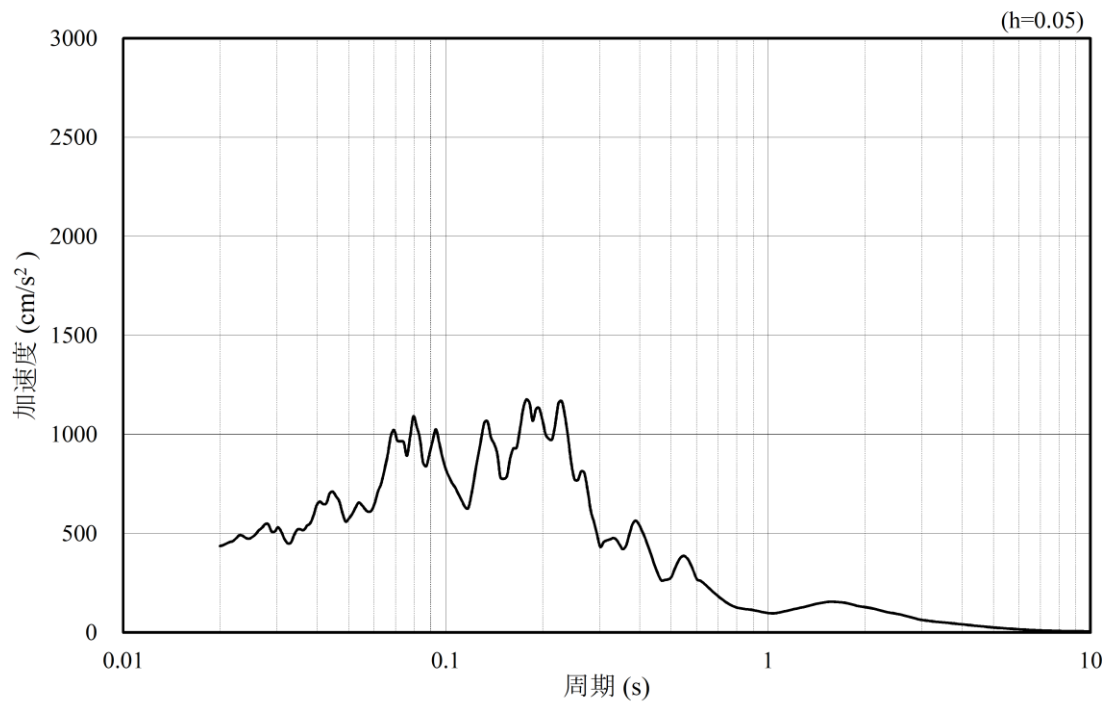


(b) 加速度応答スペクトル

図 4.1.6-42 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平成分：S s - F 2)



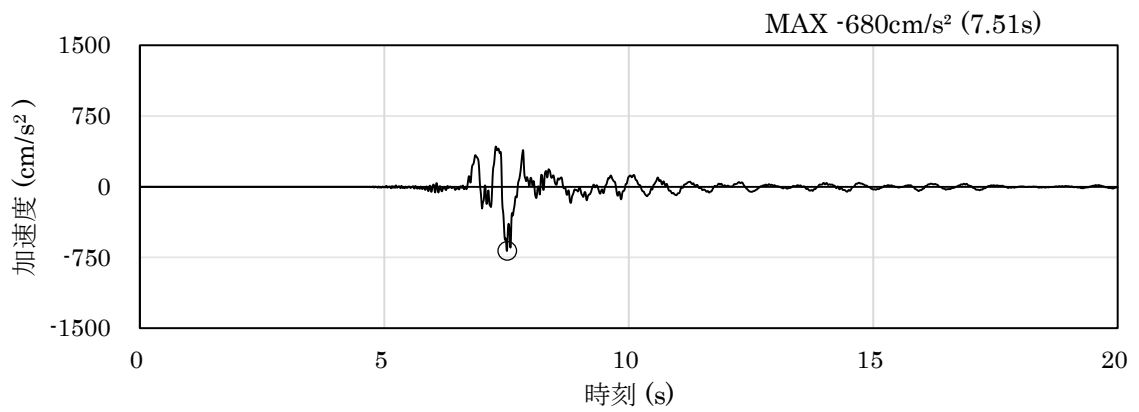
(a) 加速度時刻歴波形



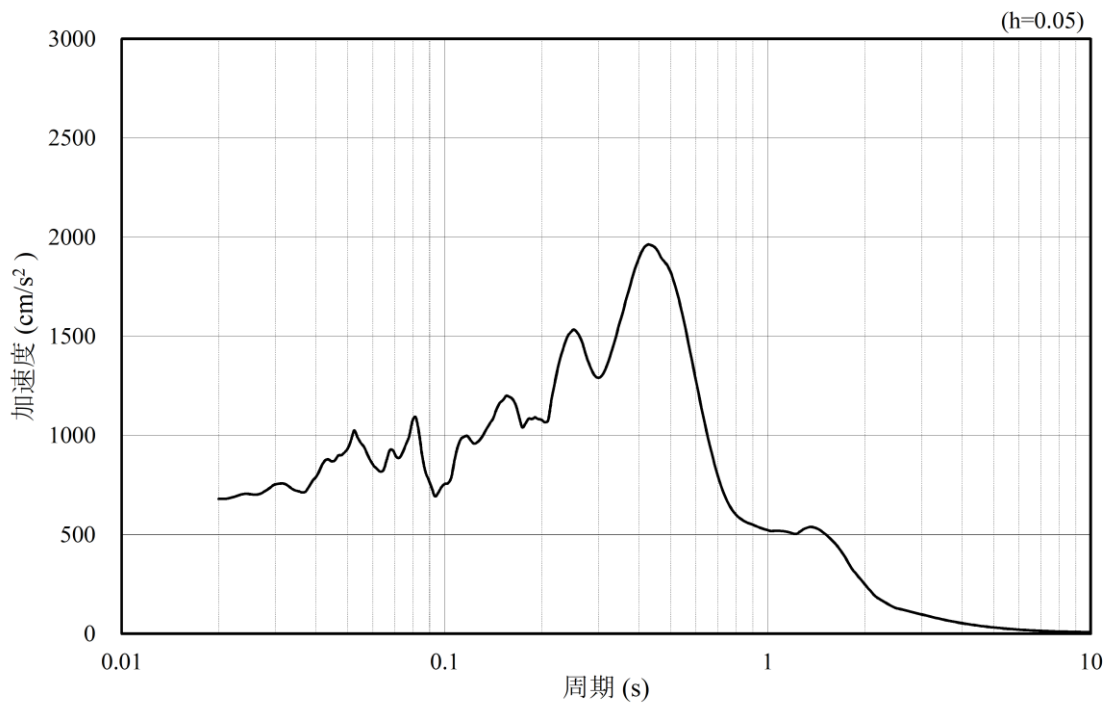
(b) 加速度応答スペクトル

図 4.1.6-43 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直成分 : S<sub>s</sub> - F 2)



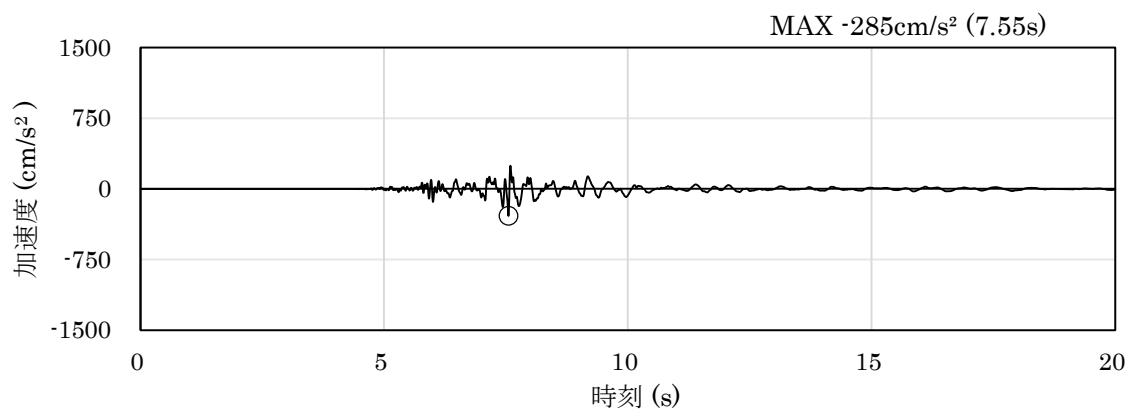


(a) 加速度時刻歴波形

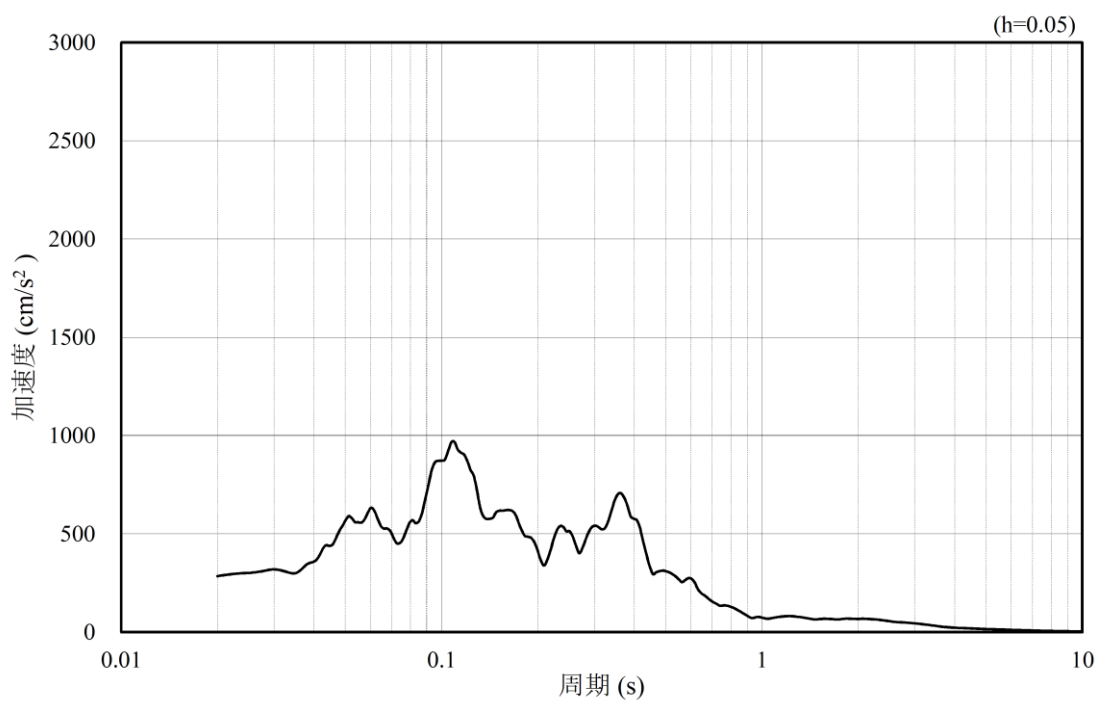


(b) 加速度応答スペクトル

図 4.1.6-44 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平成分 : S s - N 1)

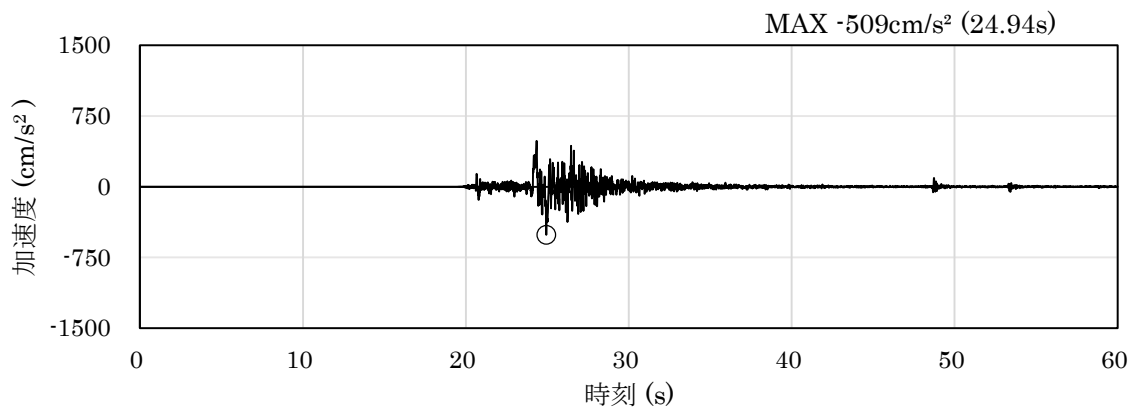


(a) 加速度時刻歴波形

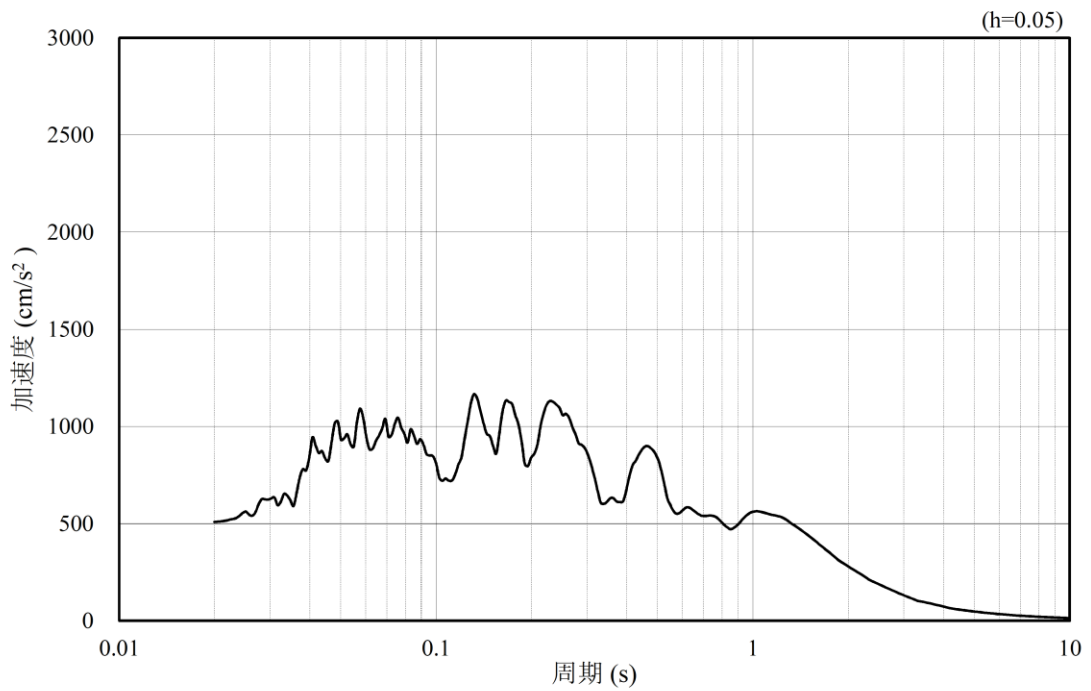


(b) 加速度応答スペクトル

図 4.1.6-45 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直成分：S s - N 1)

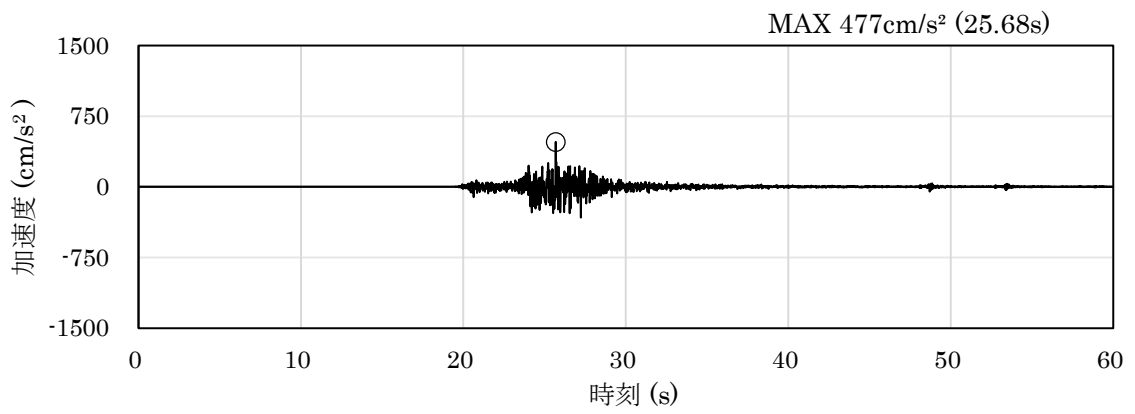


(a) 加速度時刻歴波形

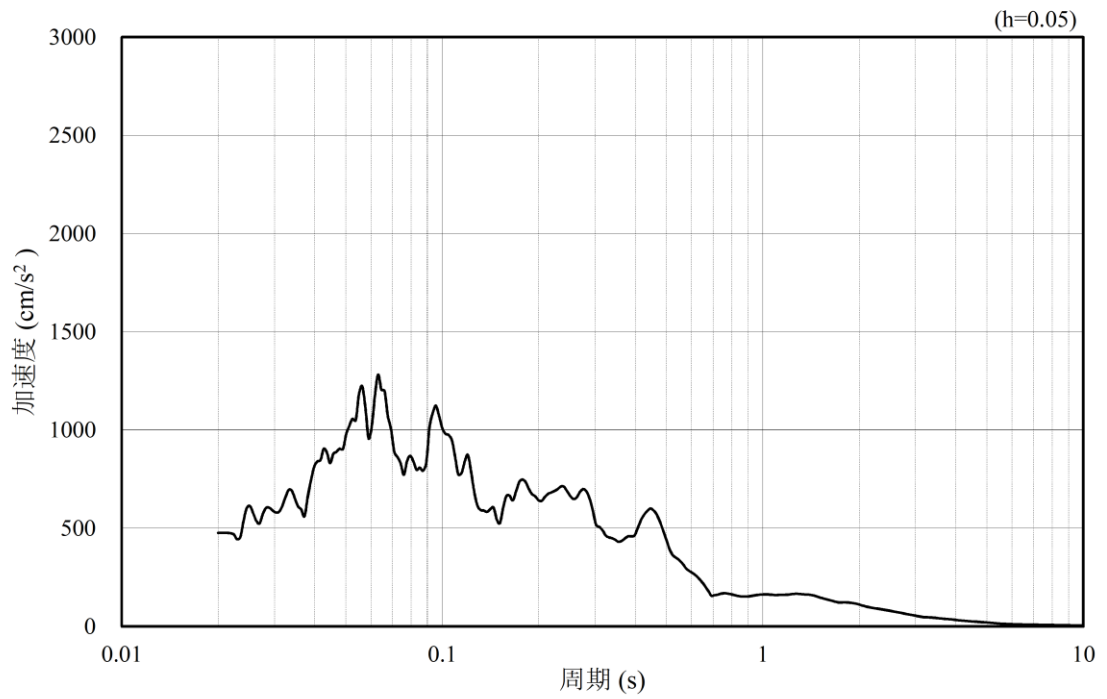


(b) 加速度応答スペクトル

図 4.1.6-46 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平成分：S<sub>s</sub>-N<sub>2</sub>，NS方向)

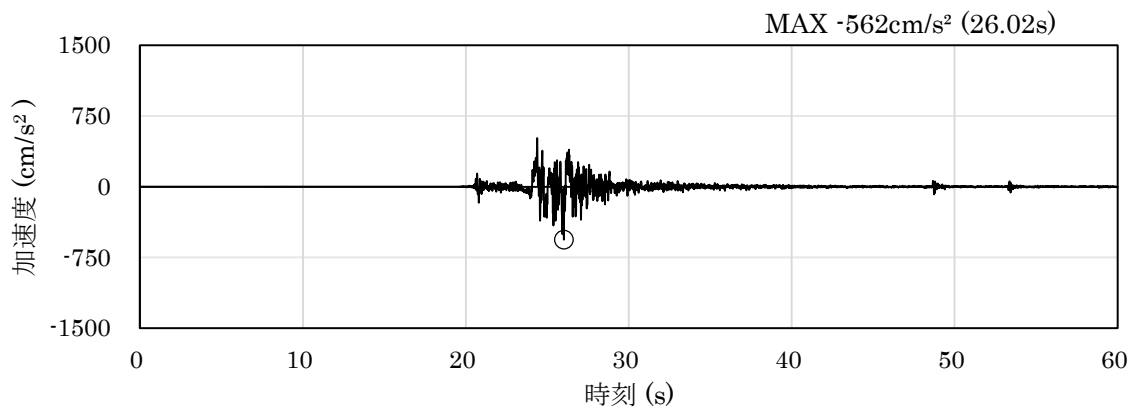


(a) 加速度時刻歴波形

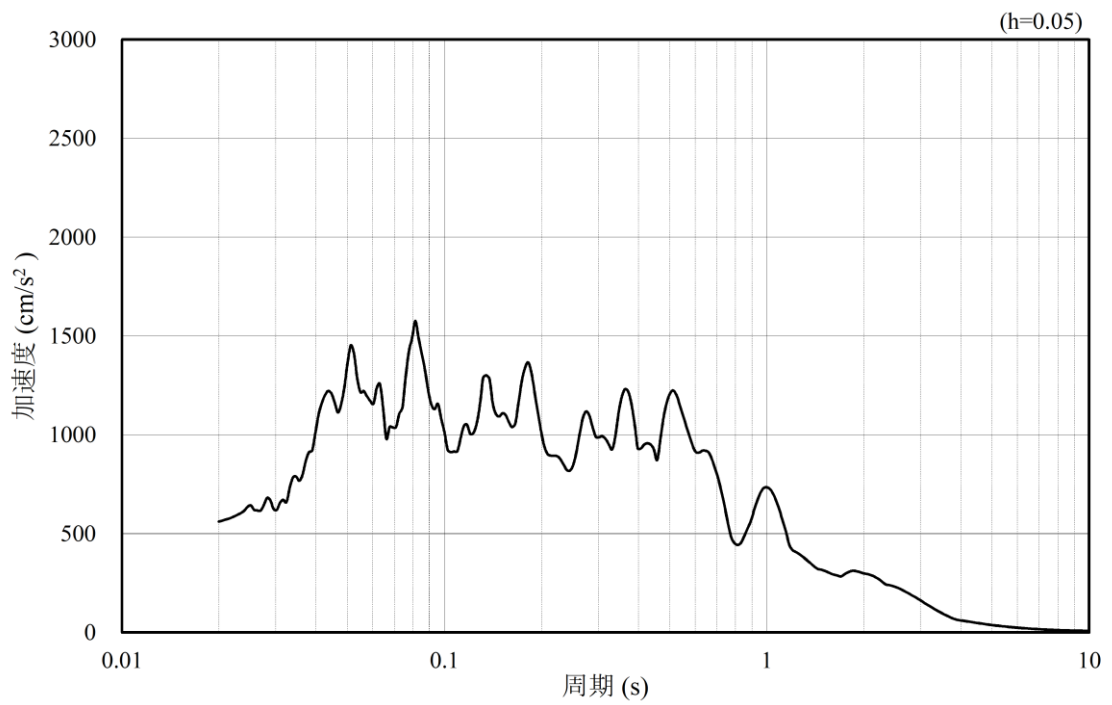


(b) 加速度応答スペクトル

図 4.1.6-47 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直成分：S s - N 2, N S 方向)

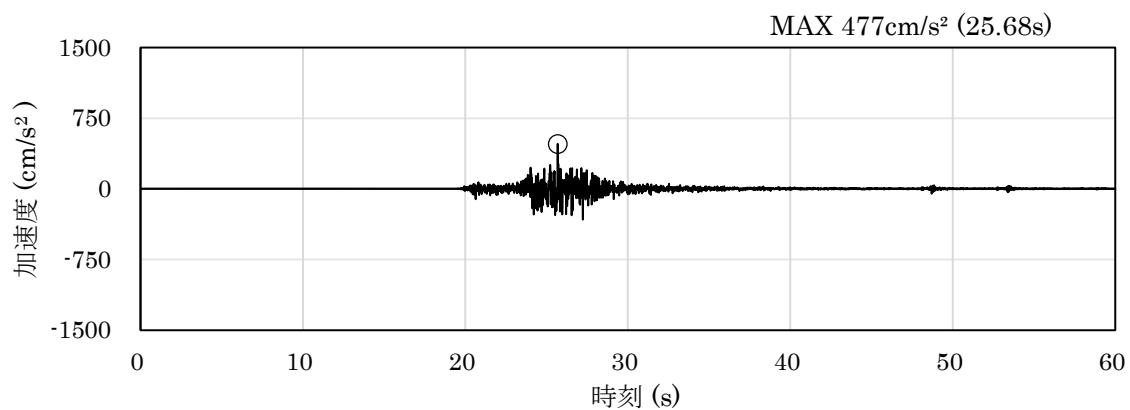


(a) 加速度時刻歴波形

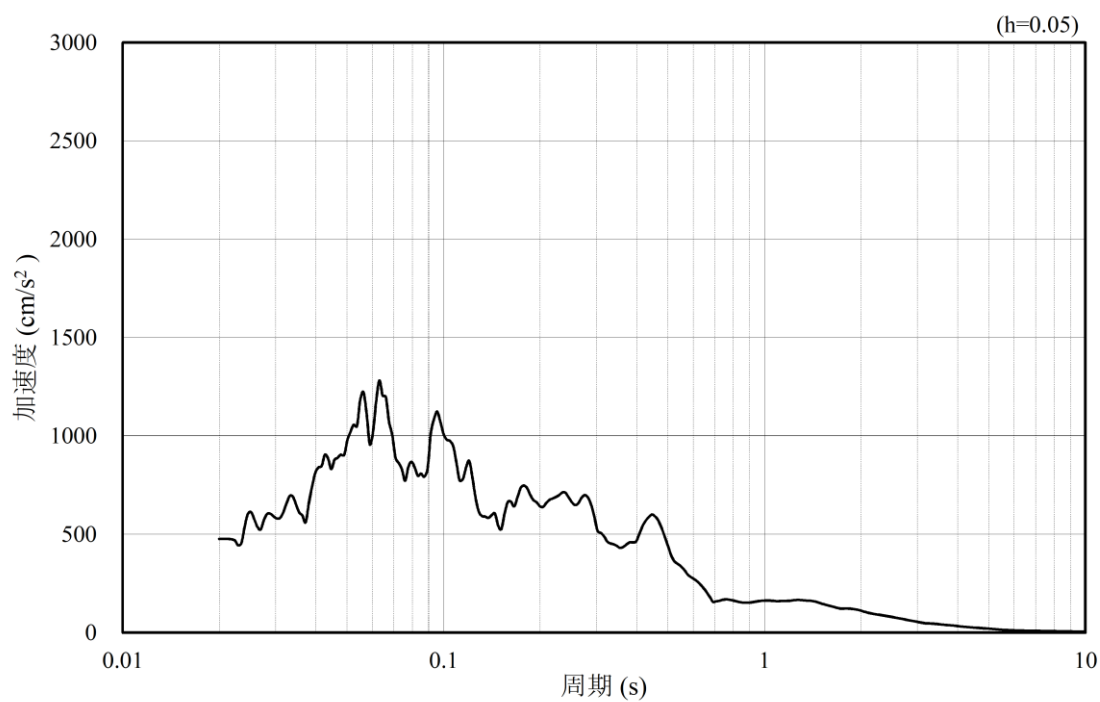


(b) 加速度応答スペクトル

図 4.1.6-48 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平成分：S s - N 2, E W方向)



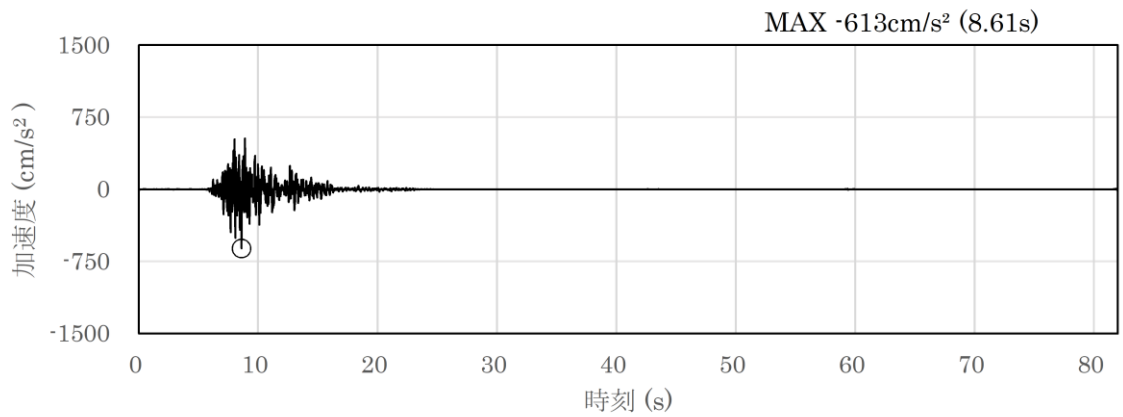
(a) 加速度時刻歴波形



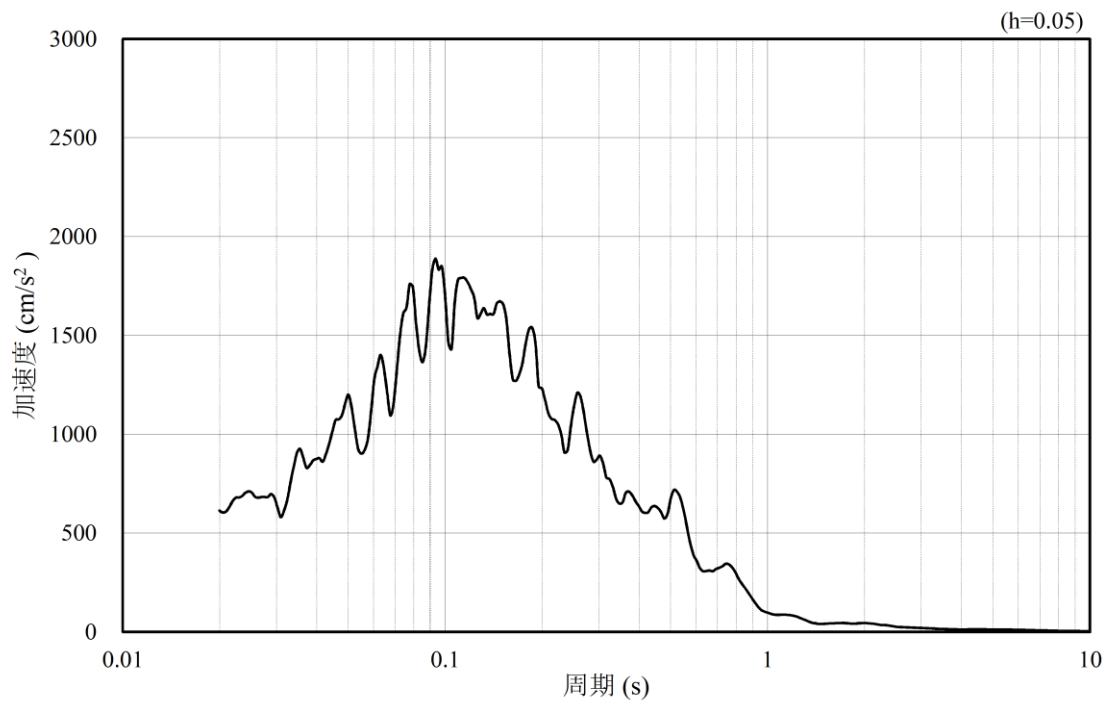
(b) 加速度応答スペクトル

図 4.1.6-49 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直成分：S s - N 2, E W方向)

(5) ⑦-⑦断面

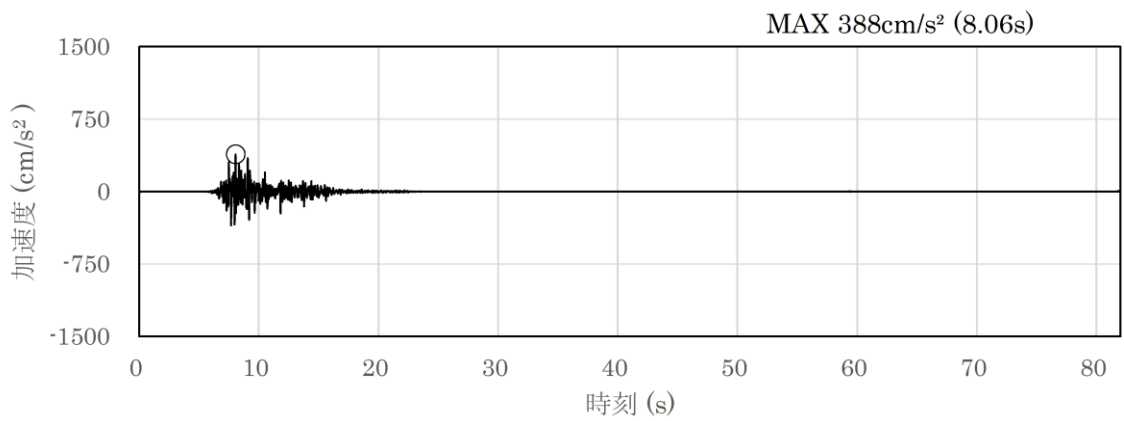


(a) 加速度時刻歴波形

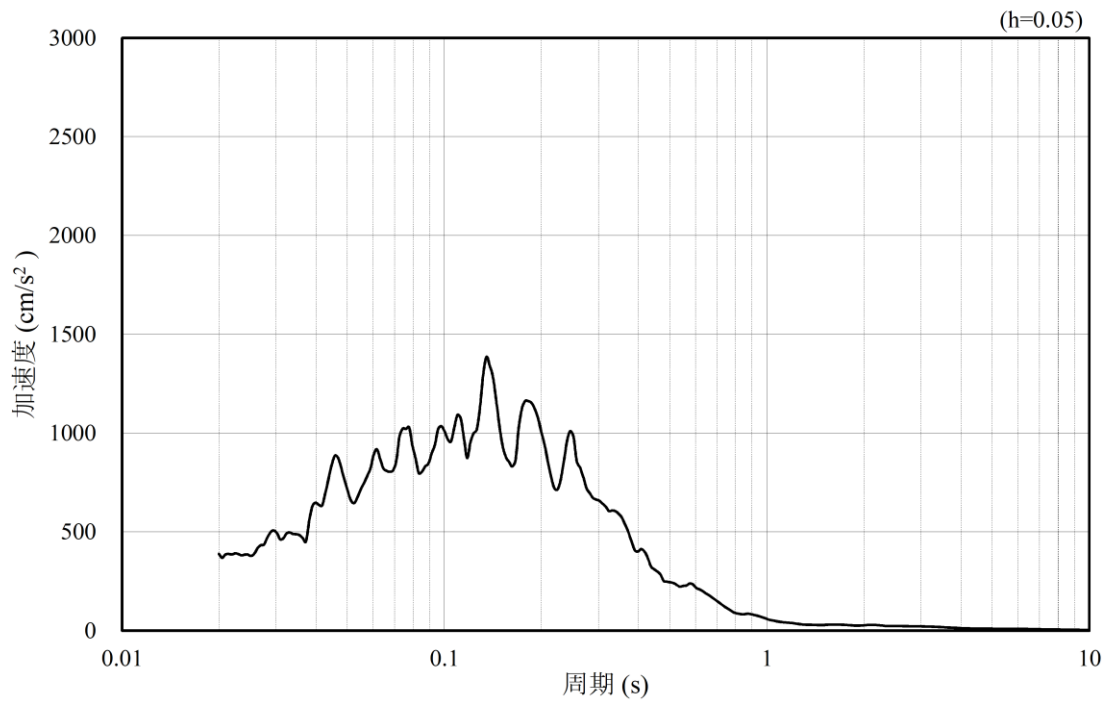


(b) 加速度応答スペクトル

図 4.1.6-50 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平成分：S s - F 1)



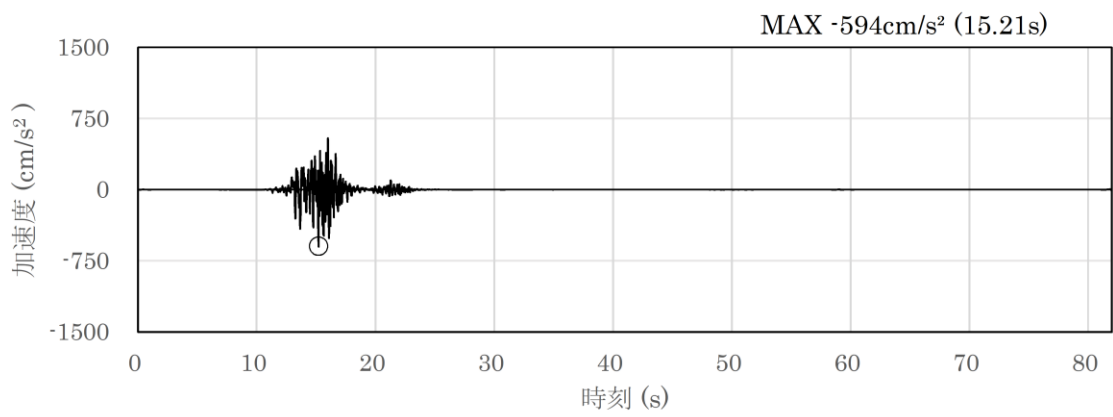
(a) 加速度時刻歴波形



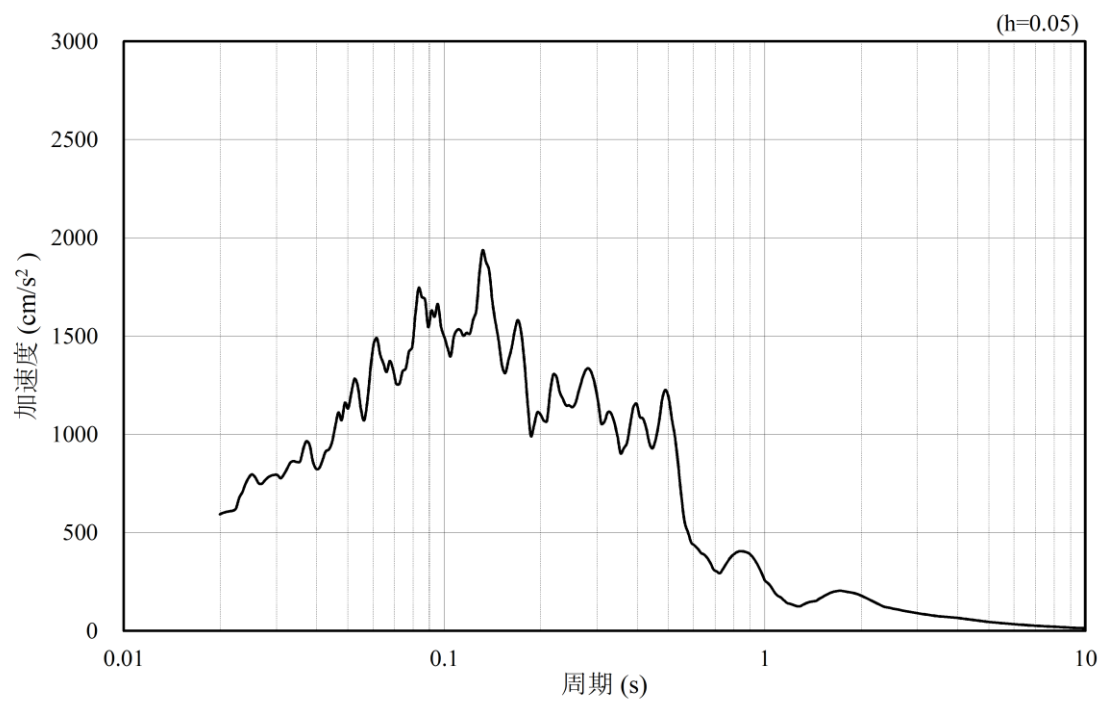
(b) 加速度応答スペクトル

図 4.1.6-51 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直成分：S s - F 1)



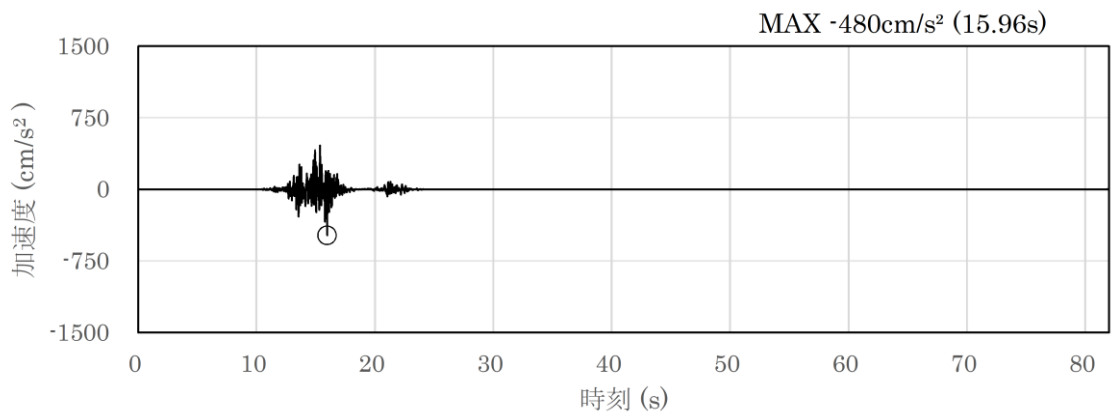


(a) 加速度時刻歴波形

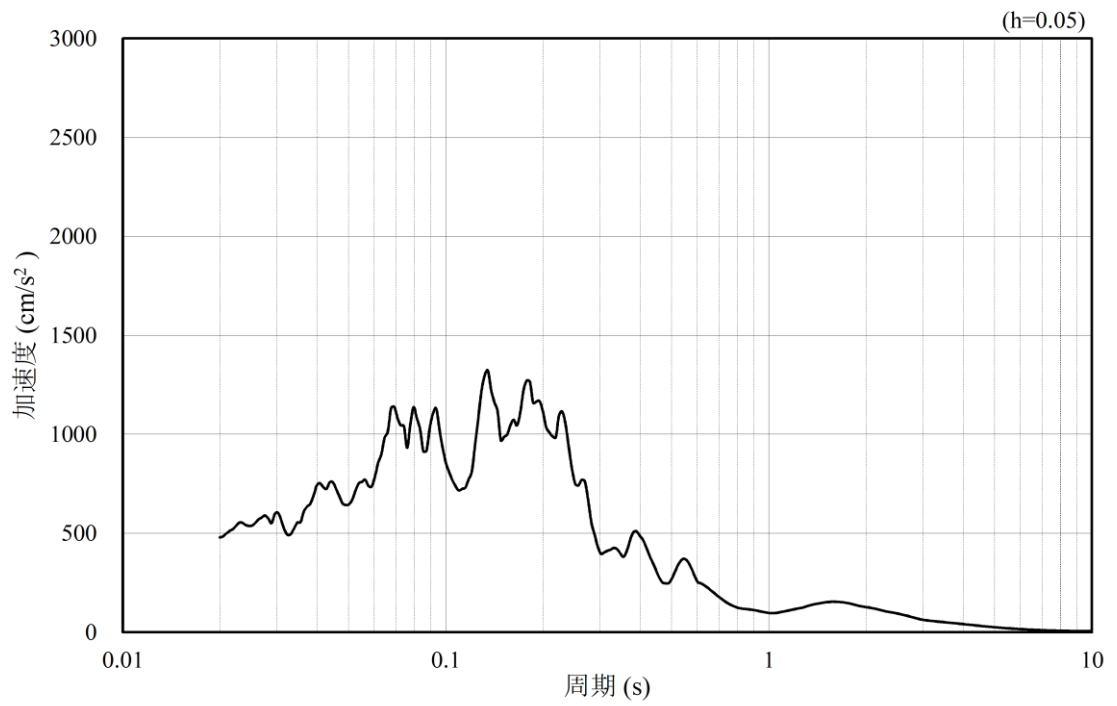


(b) 加速度応答スペクトル

図 4.1.6-52 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平成分：S s - F 2)



(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

図 4.1.6-53 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直成分：S<sub>s</sub>-F2)

#### 4.1.7 解析モデル及び諸元

##### (1) 解析モデル

防波壁（波返重力擁壁）の評価対象断面位置図を図 4.1.7-1 に、地震応答解析モデルを図 4.1.7-2、図 4.1.7-4、図 4.1.7-6、図 4.1.7-8 及び図 4.1.7-10 に、地質断面図を図 4.1.7-3、図 4.1.7-5、図 4.1.7-7 及び図 4.1.7-9 に示す。

なお、③-③断面の解析モデル範囲において、3号機放水接合槽は耐震性を説明しない構造物であるため、保守的に埋戻土としてモデル化する。3号機放水路の影響については、「2.1.9 防波壁の設計・施工に関する補足説明」において説明する。⑤-⑤断面の解析モデル範囲において、隣接するサイトバンカ建物は、地表面付近の岩盤上に設置され、防波壁（波返重力擁壁）へ与える応答の影響は小さいことから隣接構造物としてモデル化しない。

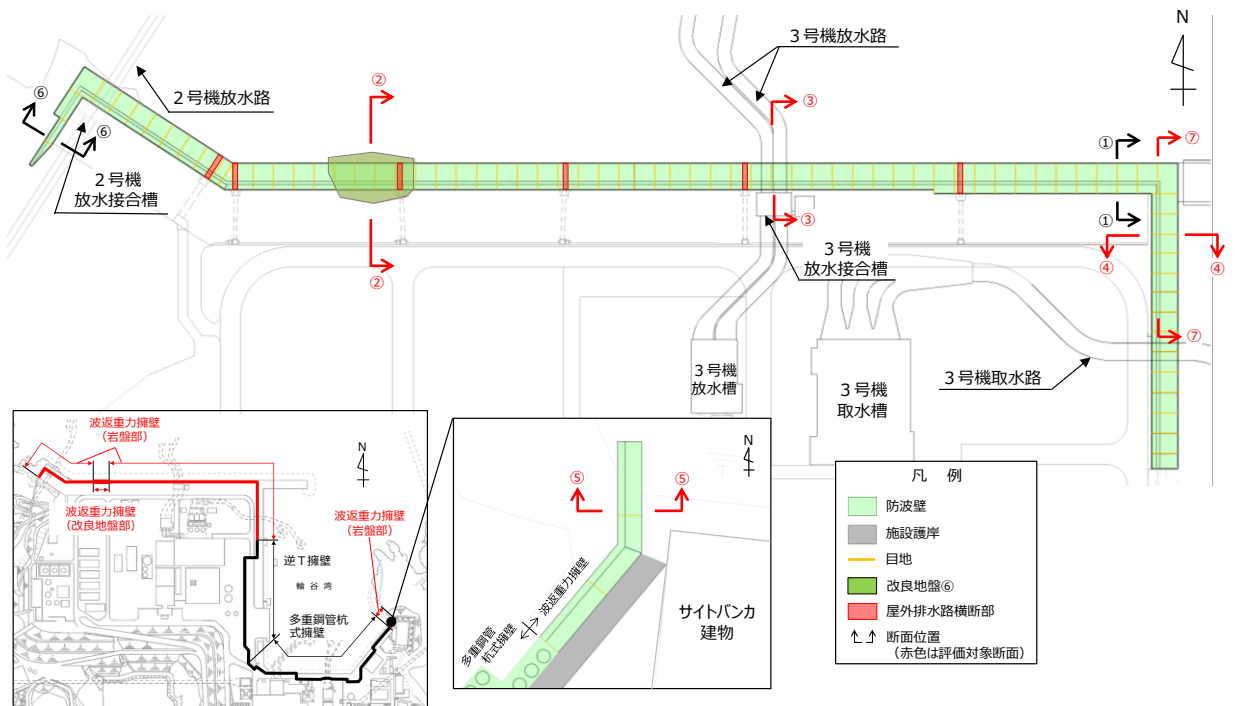


図 4.1.7-1 防波壁（波返重力擁壁）の評価対象断面位置図

- |              |                |         |             |
|--------------|----------------|---------|-------------|
| : 岩盤 (第②速度層) | : 防波壁 (波返重力擁壁) | : MMR   | : ジョイント要素   |
| : 岩盤 (第④速度層) | : 埋戻土 (護岸背面)   | : 砂礫層   | : 地下水面及び海水面 |
| : 岩盤 (第⑤速度層) | : 海水           | : 改良地盤⑥ |             |
| : 埋戻土        |                |         |             |

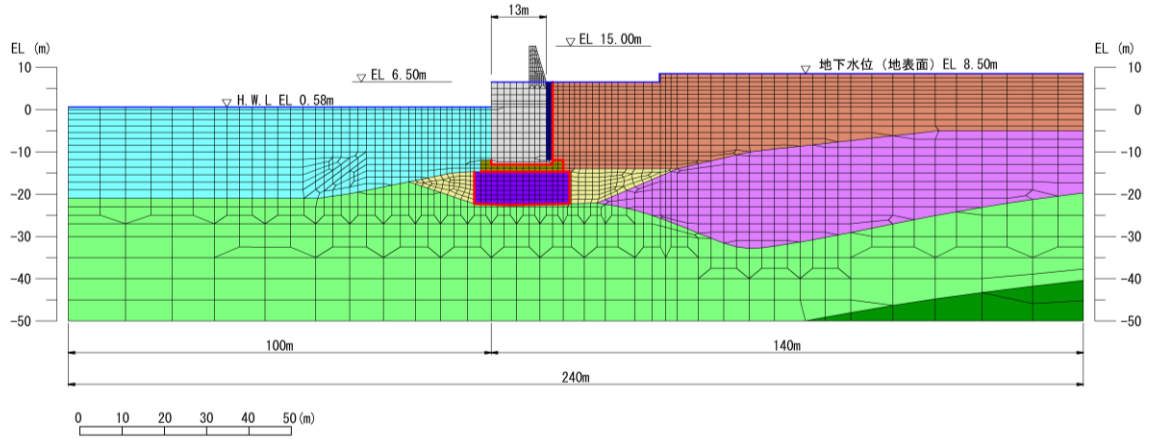


図 4.1.7-2 地震応答解析モデル (②-②断面)

(単位:m)

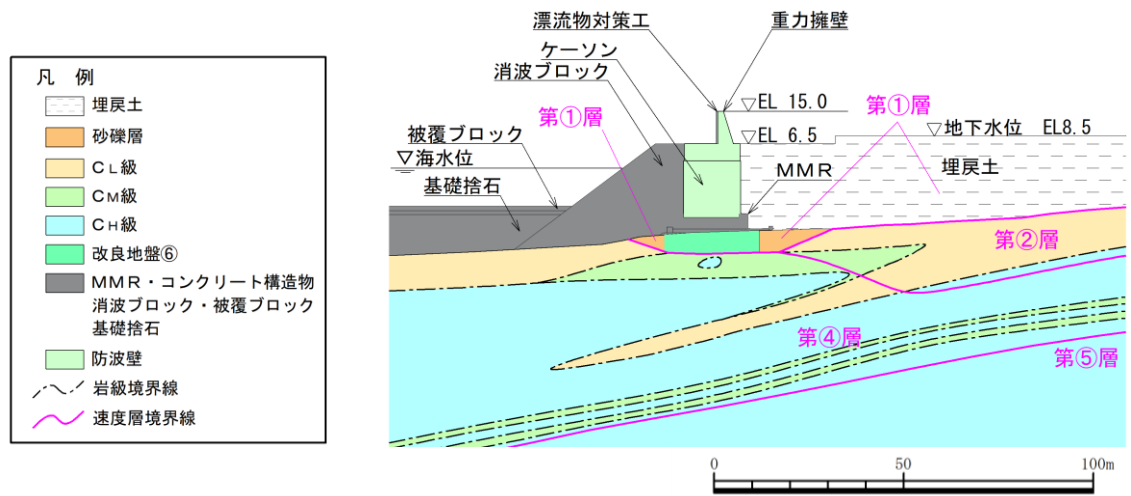


図 4.1.7-3 地質断面図 (②-②断面)

- : 岩盤 (第④速度層)      ■ : MMR      — : ジョイント要素
- : 埋戻土                      ■ : 海水                      — : 地下水面及び海水面
- : 防波壁 (波返重力擁壁)

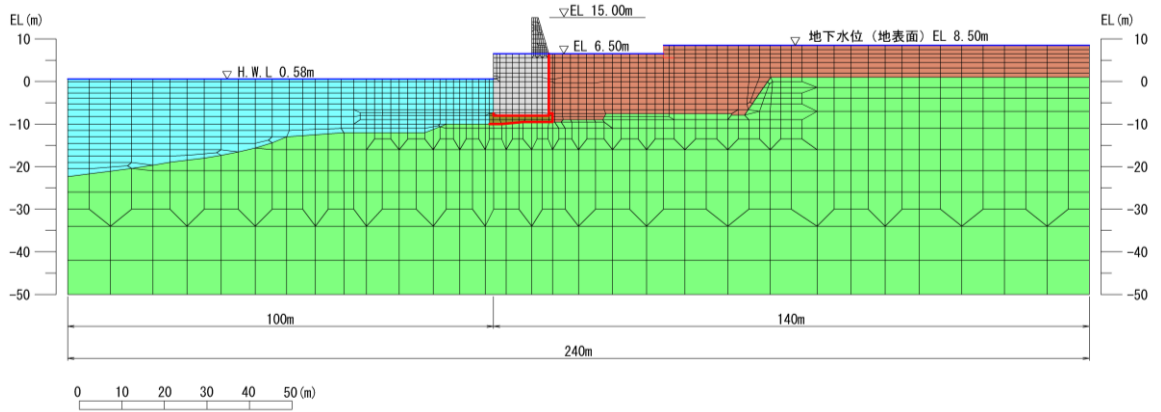


図 4.1.7-4 地震応答解析モデル (③-③断面)

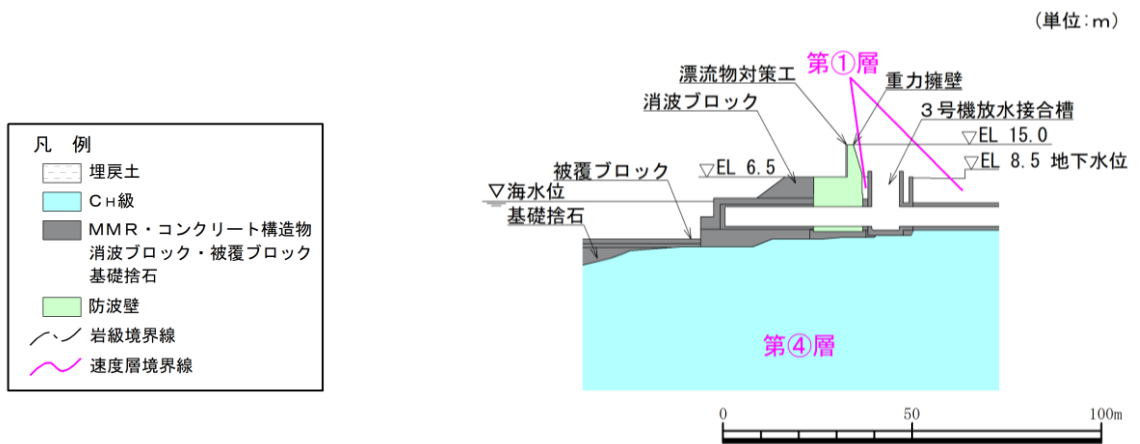


図 4.1.7-5 地質断面図 (③-③断面)

- |                |                  |               |
|----------------|------------------|---------------|
| ■ : 岩盤 (第③速度層) | ■ : 防波壁 (波返重力擁壁) | ■ : 海水        |
| ■ : 岩盤 (第④速度層) | ■ : 埋戻土 (護岸背面)   | ■ : ジョイント要素   |
| ■ : 埋戻土        | ■ : MMR          | ■ : 地下水面及び海水面 |

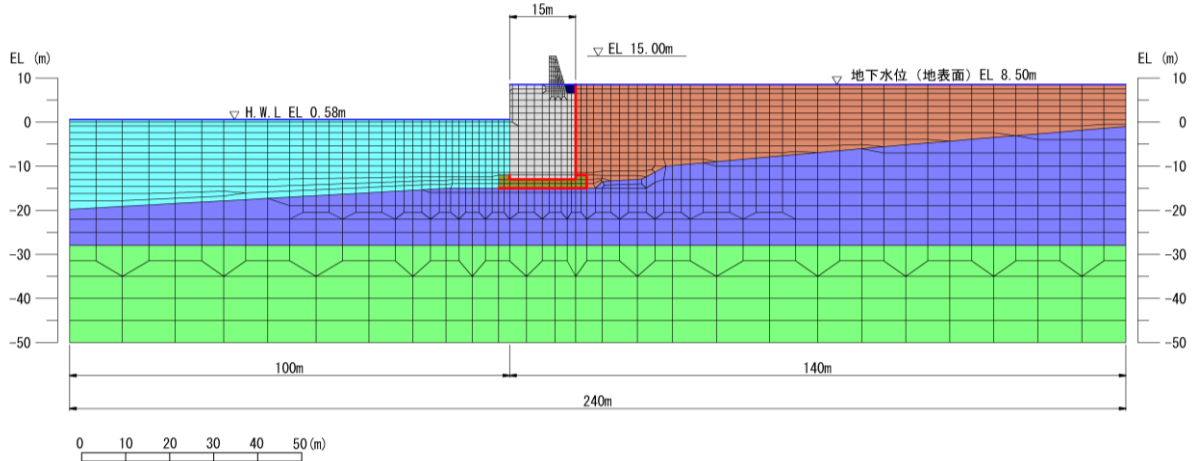


図 4.1.7-6 地震応答解析モデル (④-④断面)

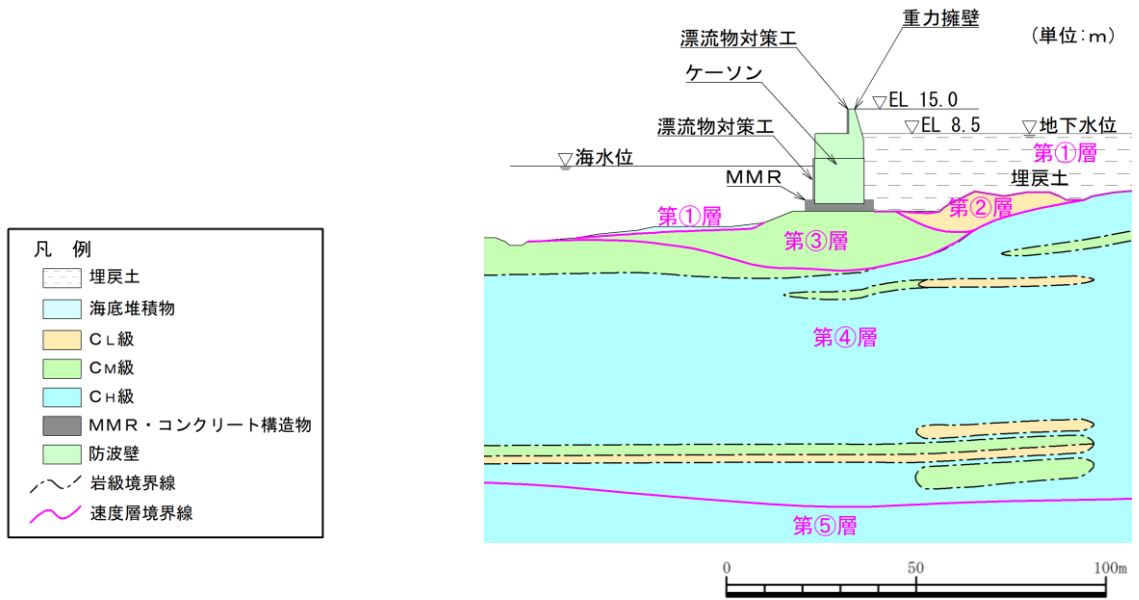


図 4.1.7-7 地質断面図 (④-④断面)

- : 岩盤 (第③速度層)
- : 防波壁 (波返重力擁壁)
- : ジョイント要素
- : 埋戻土
- : 地下水面及び海水面

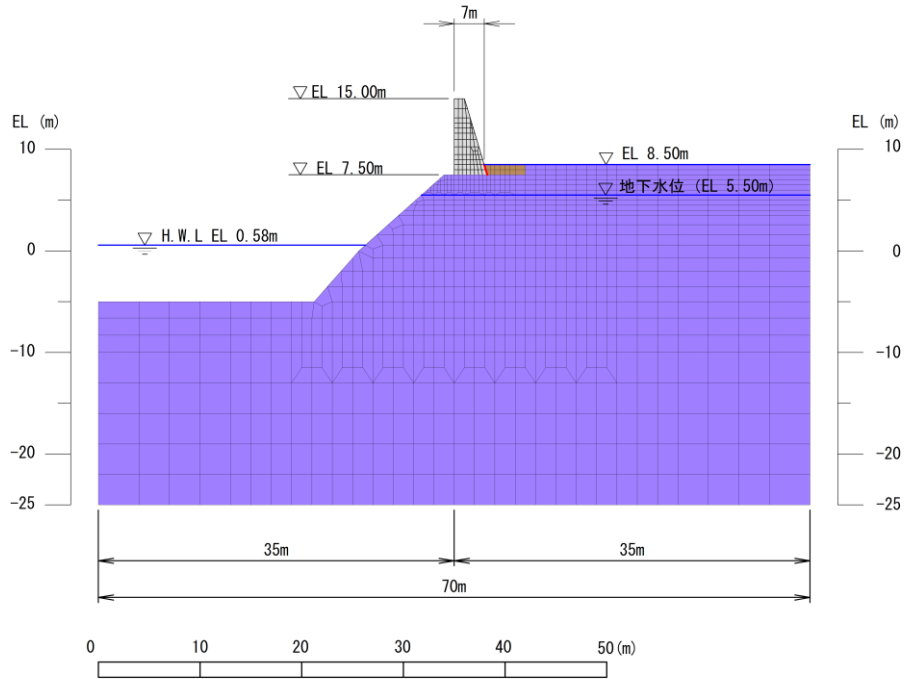


図 4.1.7-8 地震応答解析モデル (⑤-⑤断面)

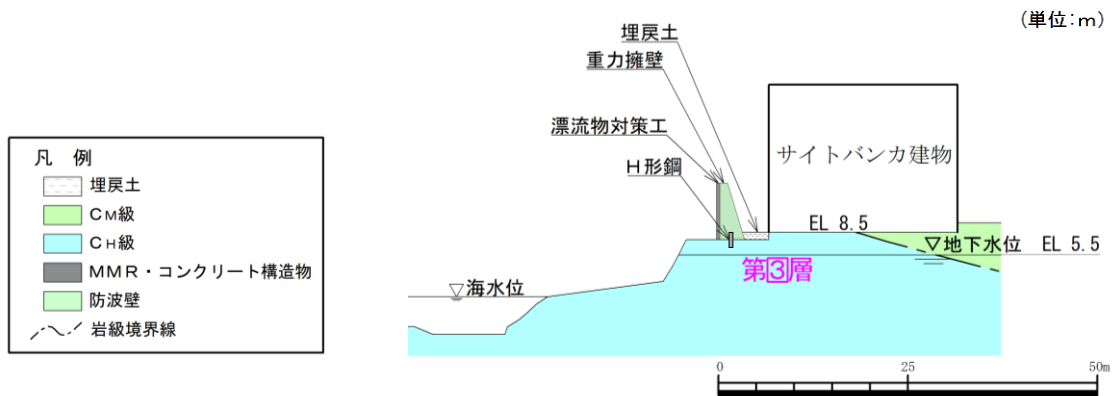


図 4.1.7-9 地質断面図 (⑤-⑤断面)

- : 岩盤 (第③速度層)      ■ : 防波壁 (波返重力擁壁)      — : ジョイント要素
- : 岩盤 (第④速度層)      ■ : MMR      — : 地下水面及び海水面
- : 埋戻土

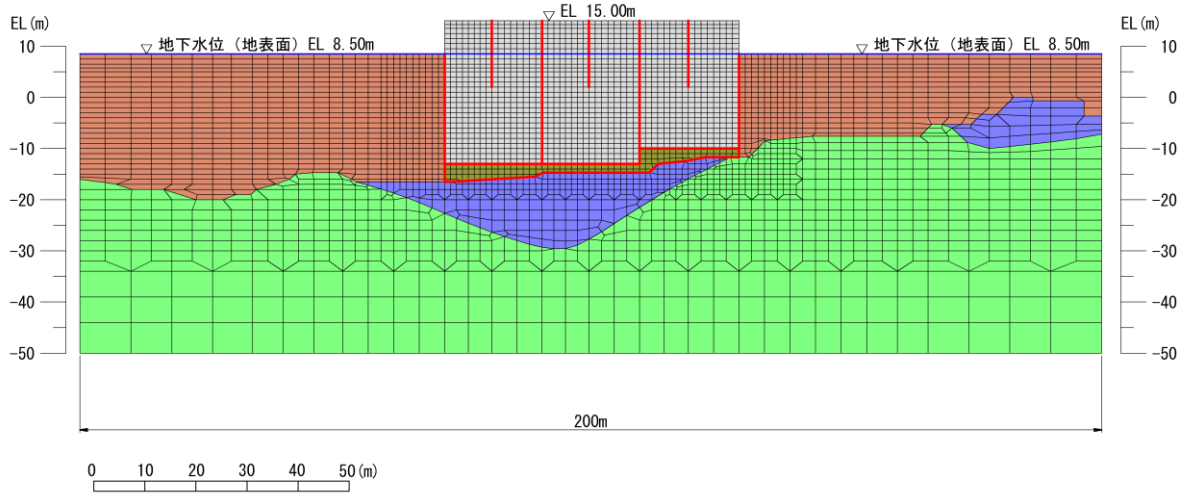


図 4.1.7-10 地震応答解析モデル (⑦-⑦断面)



a. 解析領域

地震応答解析モデルは、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 4.1.7-11 に示すとおりモデル幅を構造物基礎幅の 5 倍以上、構造物下端からモデル下端までの高さを構造物基礎幅の 2 倍以上確保する。なお、対象断面によって、地層形状に合わせてモデル化領域を調整する。

地盤の要素分割については、波動をなめらかに表現するために、対象とする波長の 5 分の 1 程度を考慮し、要素高さを 1 m 程度以下まで細分割して設定する。

解析モデルの下端については、EL-50m までモデル化する。

2次元地震応答解析モデルは、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質構成を有する一次元地盤モデルである。2次元地震応答解析における自由地盤の常時応力解析から不整形地盤の地震応答解析までのフローを図 4.1.7-12 に示す。

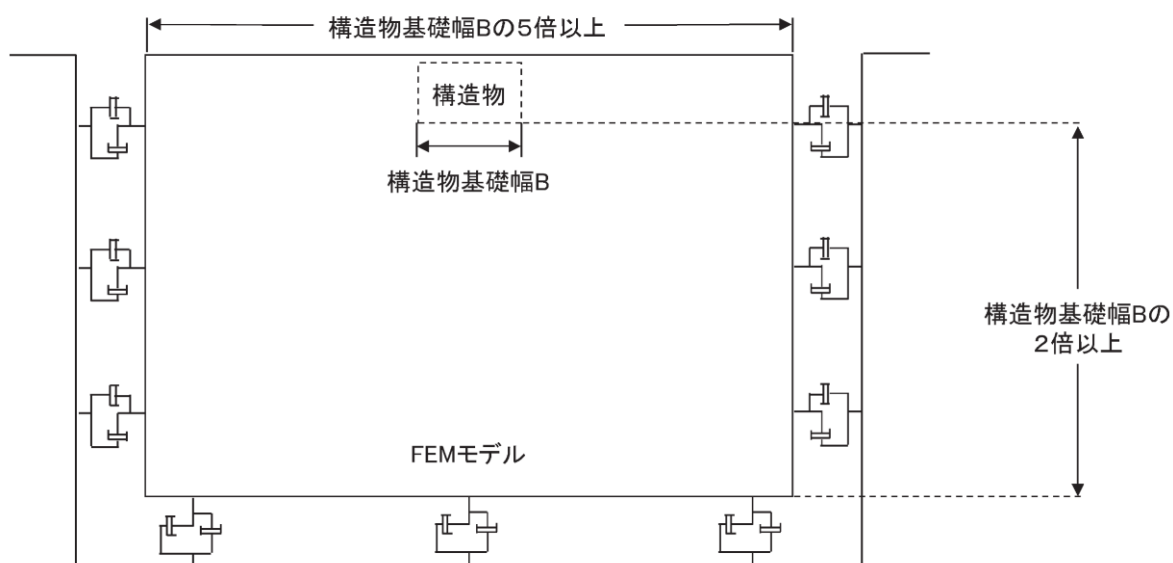


図 4.1.7-11 モデル化範囲の考え方

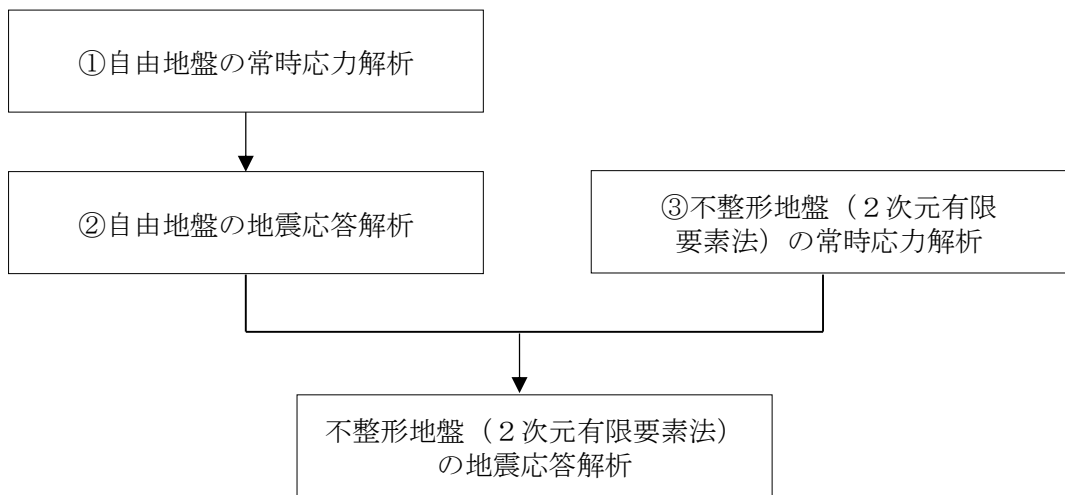


図 4.1.7-12 自由地盤の常時応力解析から不整形地盤の地震応答解析までのフロー

b. 境界条件

(a) 常時応力解析時

常時応力解析は、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応力を算定するために行う。そこで、常時応力解析時の境界条件は底面固定とし、側方は自重等による地盤の鉛直方向の変形を拘束しないよう鉛直ローラーとする。境界条件の概念図を図 4.1.7-13 に示す。

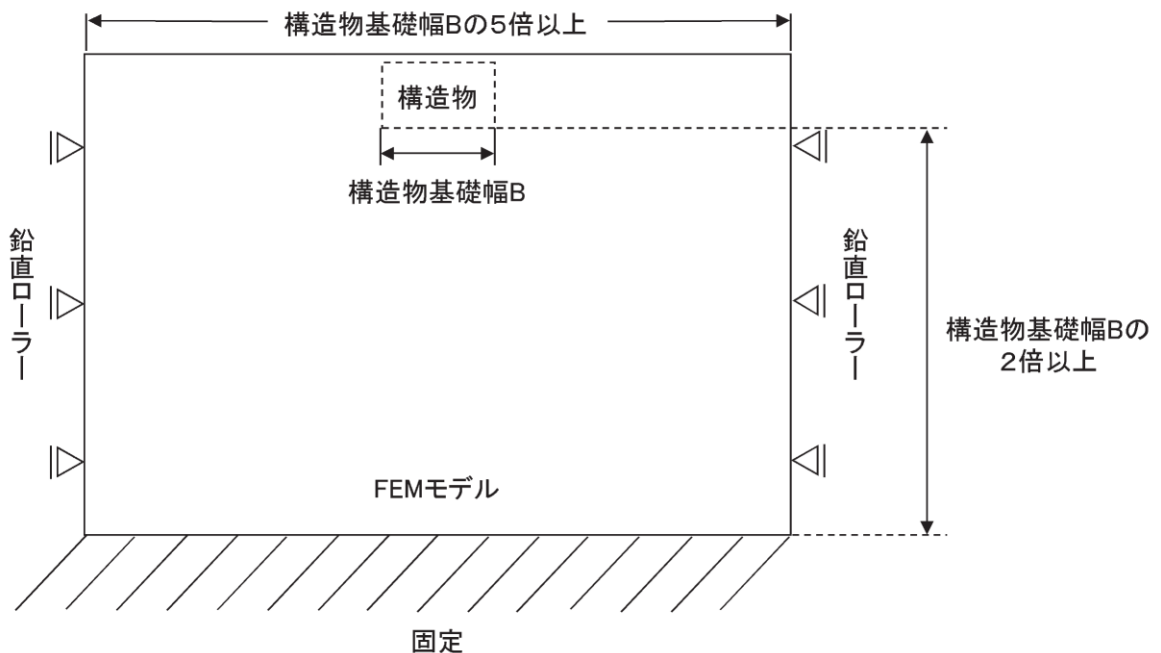


図 4.1.7-13 常時応力解析における境界条件の概念図

(b) 地震応答解析時

地震応答解析時の境界条件については、有限要素解析における半無限地盤を模擬するため、粘性境界を設ける。底面の粘性境界については、地震動の下降波がモデル底面境界から半無限地盤へ通過していく状態を模擬するため、ダッシュポットを設定する。側方の粘性境界については、自由地盤の地盤振動と不整形地盤側方の地盤振動の差分が側方を通過していく状態を模擬するため、自由地盤の側方にダッシュポットを設定する。境界条件の概念図を図 4.1.7-14 に示す。

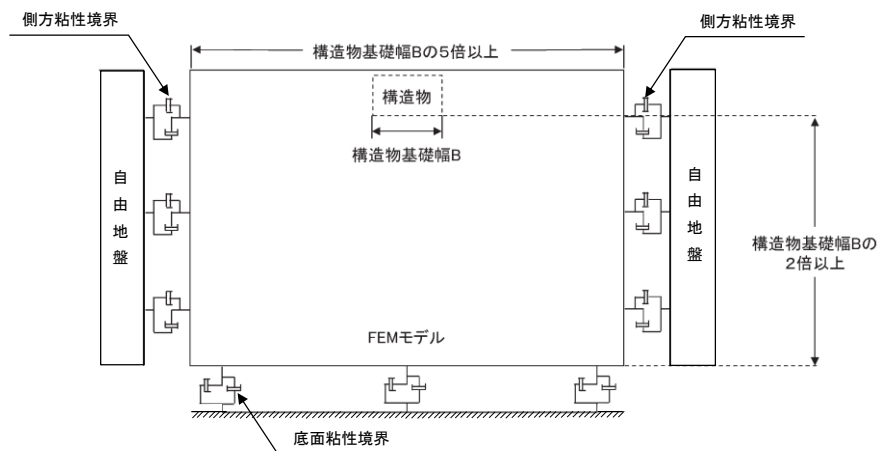


図 4.1.7-14 地震応答解析における境界条件の概念図

c. 構造物のモデル化

(a) 重力擁壁

重力擁壁は、線形の平面ひずみ要素でモデル化する。なお、重力擁壁とケーソンについては、参考資料 6 で一体性を確認していることから、一体としてモデル化する。

(b) ケーソン

防波壁（波返重力擁壁）のケーソンは、線形の平面ひずみ要素でモデル化する。ただし、ケーソンは側壁及び隔壁を有する箱型形状であることから、地震応答解析モデルの平面ひずみ要素の設定については、3次元構造解析により側壁及び隔壁の影響を考慮した等価な剛性となるように調整して設定を行う。ケーソンの等価剛性の調整手順を以下に示す。

3次元構造解析モデルのケーソンに水平荷重として単位荷重（ $100\text{kN/m}^2$ ）を作用させ、ケーソン上端の奥行方向の平均的な水平変位を算定する。次に、地震応答解析モデルにおいて、ケーソンに同じ単位荷重を作用させ、ケーソン上端における変位が、3次元構造解析モデルで算定したケーソン上端の水平変位

と等しくなるようにケーソンの弾性係数を設定する。3次元構造解析モデルと地震応答解析モデルの水平変位比較位置を図4.1.7-15に、剛性調整方法を図4.1.7-16に、剛性調整結果を表4.1.7-1に示す。なお、単位荷重を載荷させる3次元構造解析モデル及び地震応答解析モデルの底面の境界条件は、構造物の変位に着目するため固定境界としている。

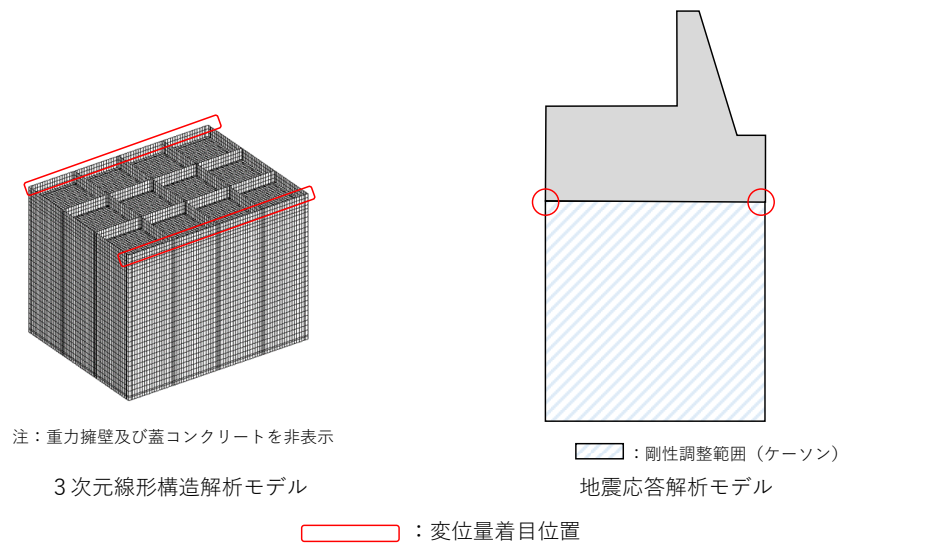


図 4.1.7-15 解析モデル水平変位比較位置図

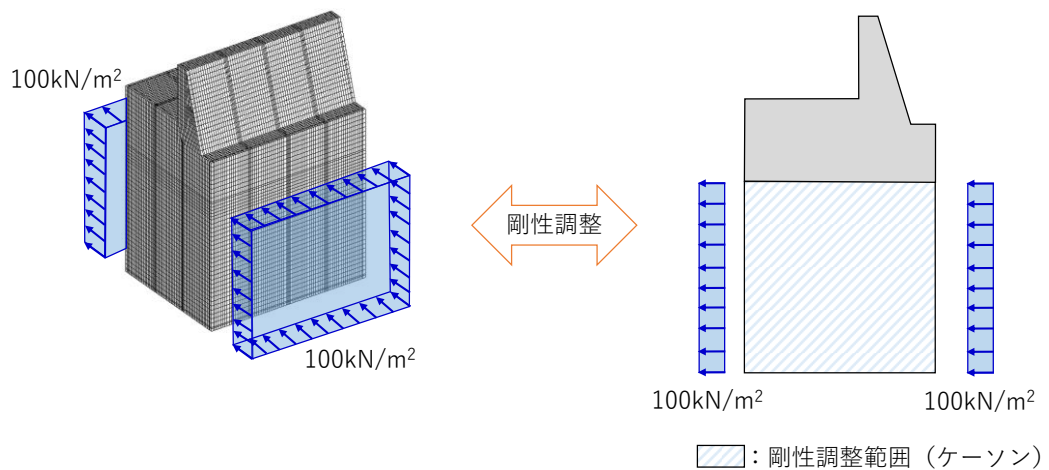


図 4.1.7-16 剛性調整方法図

表 4.1.7-1 剛性調整結果一覧

断面	地震応答解析モデルにおける ケーソン剛性 E (kN/m <sup>2</sup> )
②-②断面	1.740×10 <sup>7</sup>
③-③断面*	1.039×10 <sup>7</sup>
④-④断面	1.388×10 <sup>7</sup>

注記\* : ③-③断面は貫通部のみ上記の剛性とする。

貫通部以外はコンクリートの剛性 (2.5×10<sup>7</sup> (kN/m<sup>2</sup>))  
を設定する。

d. 地盤のモデル化

岩盤は線形の平面ひずみ要素でモデル化する。

埋戻土、砂礫層及び改良地盤⑥は、地盤の非線形性を考慮するためマルチスプリング要素でモデル化し、地下水位以深の要素は間隙水要素を重ねて定義する。動的変形特性は双曲線モデル(H-Dモデル)を用いる。そのうち、埋戻土及び砂礫層は、液状化パラメータを設定することで、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。

また、防波壁（波返重力擁壁）の背面に位置する埋戻土（護岸背面）については、「港湾の施設の技術上の基準・同解説（（社）日本港湾協会，H19年版）」（以下「港湾基準」という。）（図4.1.7-17参照）に準拠し、施設護岸の一部として、線形の平面ひずみ要素でモデル化し、剛性は**重力擁壁**と同じ値を用い、背後の埋戻土との境界にジョイント要素を設定する。

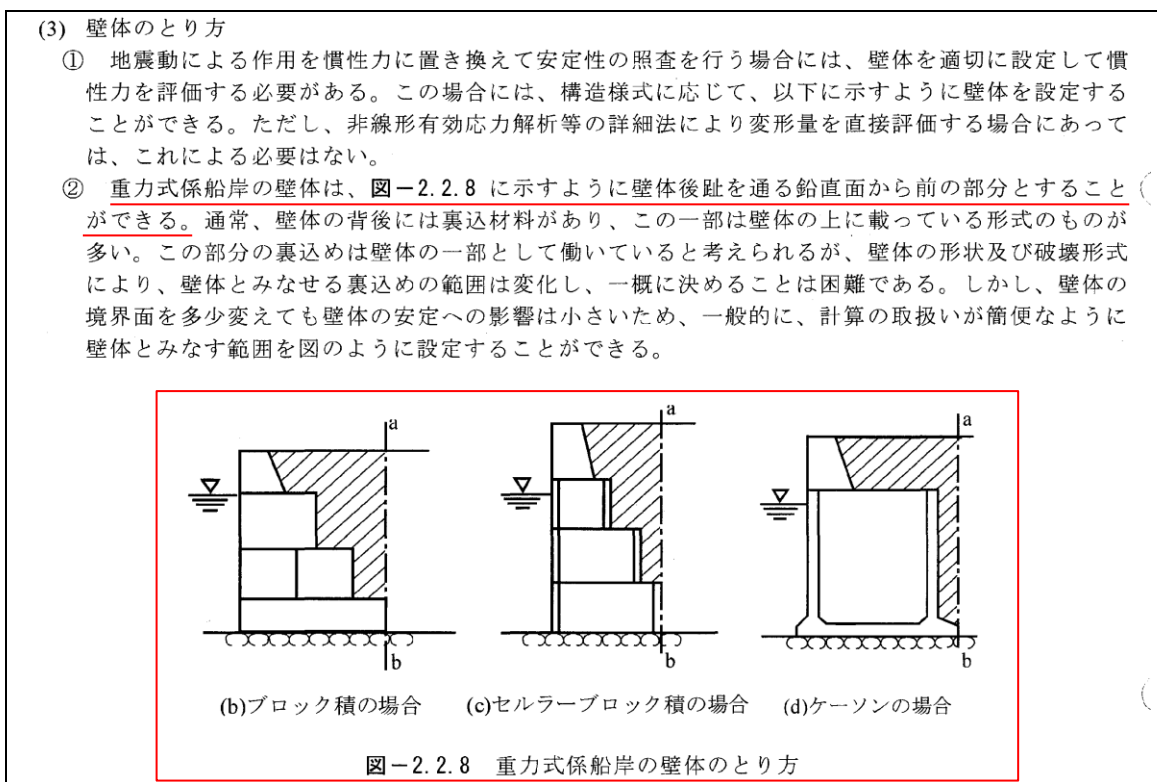


図4.1.7-17 埋戻土（護岸背面）のモデル化について（「港湾基準」抜粋）

e. ジョイント要素の設定

地盤と構造体の接合面の法線方向に対して地震時の引張荷重を与えると、地盤は構造体から剥離する特徴がある。また、地盤と構造体の接合面のせん断方向に対して地震時のせん断荷重を与え、せん断ひずみを増加させていくと、地盤及び構造体のせん断応力は上限に達し、それ以上はせん断応力が増加しなくなる特徴がある。

時刻歴応答解析では、地震時における実挙動を正確に把握するために、地盤と構造体の接合面にジョイント要素を設定し、地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。

せん断強度  $\tau_f$  は次式の Mohr-Coulomb 式により規定される。

鉛直方向のジョイント要素の粘着力  $c$  及び内部摩擦角  $\phi$  は、「港湾基準」(図 4.1.7-18 参照) に準拠し、 $c=0$ 、 $\phi=15^\circ$  に設定する。

水平方向のジョイント要素の粘着力  $c$  及び内部摩擦角  $\phi$  は、「港湾構造物設計事例集(沿岸技術研究センター、平成 19 年 3 月)」(以下「港湾構造物設計事例集」という。)(図 4.1.7-19 参照) に準拠し、静止摩擦係数  $\mu$  から、 $c=0$ 、 $\phi=\tan^{-1}(\mu)$  より設定する。静止摩擦係数  $\mu$  の値は、「港湾基準」(図 4.1.7-20 及び図 4.1.7-21 参照) に準拠し、隣り合う地盤等に応じた静止摩擦係数を用いる。

ジョイント要素の粘着力及び内部摩擦角を表 4.1.7-2 に、ジョイント要素の配置を図 4.1.7-22 に示す。

$$\tau_f = c + \sigma' \tan \phi \quad (1)$$

ここで、

$\tau_f$  : せん断強度

$c$  : 粘着力

$\phi$  : 内部摩擦角

1. 3 地震時土圧

1. 3. 1 砂質土の土圧

構造物の壁面に作用する地震時土圧及び崩壊面が水平面と成す角度は、一般的に次に掲げるところによって算定する。

(1) 主働土圧及び崩壊面が水平面と成す角度

$$p_w = K_{ai} \left[ \sum \gamma h_i + \frac{\omega \cos \psi}{\cos(\psi - \beta)} \right] \cos \psi \quad (1.3.1)$$

$$\cot(\zeta_i - \beta) = -\tan(\phi_i + \delta + \psi - \beta) + \sec(\phi_i + \delta + \psi - \beta) \sqrt{\frac{\cos(\psi + \delta + \theta) \sin(\phi_i + \delta)}{\cos(\psi - \beta) \sin(\phi_i - \beta - \theta)}} \quad (1.3.2)$$

この場合において、

$$K_{ai} = \frac{\cos^2(\phi_i - \psi - \theta)}{\cos \theta \cos^2 \psi \cos(\delta + \psi + \theta) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi_i + \delta) \sin(\phi_i - \beta - \theta)}{\cos(\delta + \psi + \theta) \cos(\psi - \beta)}} \right]}$$

(2) 受働土圧及び崩壊面が水平面と成す角度

$$p_p = K_{pi} \left[ \sum \gamma h_i + \frac{\omega \cos \psi}{\cos(\psi - \beta)} \right] \cos \psi \quad (1.3.3)$$

$$\cot(\zeta_i - \beta) = \tan(\phi_i - \delta - \psi + \beta) + \sec(\phi_i - \delta - \psi + \beta) \sqrt{\frac{\cos(\psi + \delta - \theta) \sin(\phi_i - \delta)}{\cos(\psi - \beta) \sin(\phi_i + \beta - \theta)}} \quad (1.3.4)$$

この場合において、

$$K_{pi} = \frac{\cos^2(\phi_i + \psi - \theta)}{\cos \theta \cos^2 \psi \cos(\delta + \psi - \theta) \left[ 1 - \sqrt{\frac{\sin(\phi_i - \delta) \sin(\phi_i + \beta - \theta)}{\cos(\delta + \psi - \theta) \cos(\psi - \beta)}} \right]}$$

ここに、 $p_{ai}$ 、 $p_{pi}$ 、 $K_{ai}$ 、 $K_{pi}$ 、 $\zeta_i$ 、 $\omega$ 、 $\gamma_i$ 、 $h_i$ 、 $\psi$ 、 $\beta$ 、 $\delta$  及び  $\phi_i$  は、1. 2 永続状態における土圧に準じて、1. 2. 1 砂質土の土圧の式(1.2.1)～(1.2.4)と同じ数値を表すものとする。また、 $\theta$  は次の数値を表すものとする。

$\theta$  : 次の(a)又は(b)で表される地震合成角 (°)

(a)  $\theta = \tan^{-1} k$

(b)  $\theta = \tan^{-1} k'$

ここで、 $k$  及び  $k'$  は、それぞれ次の数値を表すものとする。

$k$  : 震度

$k'$  : 見掛けの震度

(3) 見掛けの震度は、1. 3. 3 見掛けの震度による。

(4) 地震時土圧は、物部<sup>1)</sup>・岡部<sup>2)</sup>が提案した理論に基づいたものである。

(5) 壁面摩擦角  
一般に、±15°以下とする。裏込材のせん断抵抗角 $\psi$ の1/2程度を目安とすることができる。

(6) 残留水位以下の土圧

一般的に、残留水位以上においては空気中における震度を用いて土圧分布を求め、残留水位以下においては各境界面において1. 3. 3 見掛けの震度を用いて土圧分布を求める。

(7) 土圧係数等

土圧係数と崩壊角の算定図を図-1.3.1に示す。

(8) 上記土圧式は、土と間隙水が一体となって運動すると仮定しており、液状化した土には適用できない。その場合には別途、動的有効応力解析又は模型実験などで、地盤と構造物の地震時安定性を評価すべきである。

図 4.1.7-18 ジョイント要素 (鉛直方向) の物性値の設定根拠  
(「港湾基準」抜粋)



よって、

$$\phi^{sp}_{\tau_f} = \tan^{-1}(0.838) = 40(^{\circ})$$

③ケーソン  
 図-1.54 にケーソン周辺のモデル化を示す。ケーソンのモデル化は、ケーソン本体、上部コンクリート、フーチング、ケーソン拡張部（陸側フーチング上部地盤）に分けてモデル化した。陸側フーチング上部の裏込石および裏埋土地盤は、剛性をケーソン本体と同じ値を用いて、単位体積重量は裏込石および裏埋土地盤の値を用いる<sup>9)</sup>。表-1.63 にケーソンの入力パラメータを示す。

④ジョイント要素  
 ケーソン要素と基礎捨石および裏込石との間に生じる滑動と剥離はジョイント要素によりモデル化する<sup>9)</sup>。ジョイント要素は、圧縮側では垂直方向接線剛性  $K_n$  に応じた応力を負担する。せん断方向（滑り方向）は、せん断応力がせん断強度に達するまではせん断方向接線剛性  $K_s$  に応じた力を負担する。せん断強度  $\tau_f$  は垂直方向の有効拘束

圧  $\sigma_n'$  に基づき式(1.62)より求める。剥離状態ではせん断強度は0となる。

$$\tau_f = C_f + \sigma_n' \tan \phi_f \quad (1.62)$$

よって、本事例のジョイント要素のせん断強度に関する定数は以下のとおり設定できる。まず、ケーソン底面と捨石の間の摩擦係数は摩擦増大マットが敷設されていないので  $\mu=0.6$  と設定して、摩擦角  $\phi_f$  は  $\tan^{-1}(0.6)=31^{\circ}$  を用いる。また、ケーソン背面と裏込石の間の摩擦角は  $\phi=15^{\circ}$  を用いる。

・ジョイント要素のレーレー減衰の与え方  
 FLIP 研究会では、ジョイント要素のレーレー減衰の与え方に関する検討が実施された<sup>20)</sup>。従来の解析では、レーレー減衰行列の組立の際に、ジョイント要素の初期接線剛性  $K_s$  や  $K_n$  に全体系の剛性比例係数  $\beta$  を乗じたものを取り込んでいた（従来型）。 $K_s$  や  $K_n$  の値は物理的な根拠に基づいて設定するのではなく、周囲の土の変形よりも大きな変形がジョイント要素の線形部分で生じることのないように、比較的大きな値が指定される。この

図 4.1.7-19 ジョイント要素（水平方向）の物性値の設定根拠（「港湾構造物設計事例集」抜粋）

9 摩擦係数

- (1) 施設の滑動に対する摩擦抵抗力の算定に用いる材料の摩擦係数は、静止摩擦係数とすることができ。この場合において、材料の摩擦係数は、対象となる施設の特性及び材料の特性等を勘案して適切に設定することが望ましい。
- (2) 港湾の施設の性能照査に用いる静止摩擦係数の特性値は、一般に表-9.1 に掲げる数値を用いてもよい。同一条件のもとで繰り返し摩擦係数を実測する場合、一般にばらつきが多いことに注意が必要である。表-9.1 で示した値は、以前からなかば経験的に用いられてきたものであり、ここに明記していない場合については、実験を行って定めることが望ましい。
- (3) 表-9.1 に示した値は、施設の滑動に対する安定性の照査に用いる場合の値であり、杭の支持力計算に用いる杭周面と土との間の摩擦係数、傾斜堤の安定性の照査に用いる摩擦係数、斜路によるケーソンの進水計算に用いる摩擦係数、土圧計算に用いる壁面摩擦角等に対しては適用できない。なお、表-9.1 に示した値は、静的な作用が生じるときの静止摩擦係数であるが、地震動作用時のような動的な作用が生じる場合においては、適切な資料が皆無であるため、本数値を用いているのが実情である。

コンクリートとコンクリート	0.5
コンクリートと岩盤	0.5
水中コンクリートと岩盤	0.7~0.8
コンクリートと捨石	0.6
捨石と捨石	0.8
木材と木材	0.2(湿)~0.5(乾)
摩擦増大マットと捨石	0.75

注 1) 水中コンクリートと岩盤の場合、標準的な条件のもとでは、0.8 とすることができる。ただし、基岩がぜい弱若しくは亀裂が多い場合、基岩を覆っている砂の移動が激しい場所等では、それらの条件に応じて 0.7 程度まで低減させることができる。

注 2) セルラブロックの性能照査における摩擦係数は、第 4 編第 5 章 2. 2 重力式係船岸を参照することができる。

図 4.1.7-20 ジョイント要素（水平方向）の物性値設定に用いる静止摩擦係数（「港湾基準」抜粋）

(8) セルラーブロックの性能照査

- ① 壁体が底版のないセルラーブロックで構成されている重力式係船岸は、他の重力式係船岸と異なり、中詰めにより壁体との一体性を保持する構造となっている。このため、他の重力式係船岸の安定検討に加えて、転倒に対して中詰めの抜け出しを十分考慮した検討を行うべきである。
- ② セルラーブロックの安定照査式  
セルラーブロックの中詰めの抜け出しを考慮した転倒に対する検討は、次式によって行うことができる。

$$aW_d - bP_B + cP_V + M_f \geq \gamma_a (dP_H + eP_w + gP_{aw} + hP_d) \quad (2.2.19)$$

ここに、

- $W$  : 壁体を構成する材料の重量 (kN/m)
- $P_B$  : 壁体に作用する浮力 (kN/m)
- $P_V$  : 壁体に作用する鉛直土圧合力 (kN/m)
- $M_f$  : 中詰めによる壁面摩擦によって生じる抵抗モーメント (kN·m/m)
- $P_H$  : 壁体に作用する水平土圧合力 (kN/m)
- $P_w$  : 壁体に作用する残留水圧合力 (kN/m)
- $P_{aw}$  : 堤体に作用する動水圧合力 (kN/m) (地震動作用時の場合のみ)
- $P_f$  : 堤体に作用する慣性力 (kN/m) (地震動作用時の場合のみ)
- $a$  : 壁体重量合力の作用線から堤体前趾までの距離 (m)
- $b$  : 浮力の作用線から壁体前趾までの距離 (m)
- $c$  : 鉛直土圧合力の作用線から壁体前趾までの距離 (m)
- $d$  : 水平土圧合力の作用線から壁体底面までの距離 (m)
- $e$  : 残留水圧合力の作用線から壁体底面までの距離 (m)
- $g$  : 重力加速度 ( $m/s^2$ )
- $h$  : 動水圧合力の作用線から堤体底面までの距離 (m) (地震動作用時の場合のみ)
- $\gamma_a$  : 構造解析係数

式中の設計用値は、式(2.2.9)及び以下の式(2.2.20)により算出することができる。

$$M_{fd} = \gamma_{M_f} M_{fi} \quad (2.2.20)$$

なお、ケーソンが海側と陸側の両側に長方形断面のフーチングを有する場合、浮力の設計用値  $P_{Bd}$  は、式(2.2.12)に準じてよい。また、式中の壁体の重量の設計用値  $W_d$  は、鉄筋コンクリートの重量  $W_{RC}$ 、無筋コンクリートの重量  $W_{NC}$  を用いて、次式により算定することができる。

$$W_d = \sum \gamma_w W \quad (2.2.21)$$

③ 部分係数の値

セルラーブロックの性能照査に用いる標準的な部分係数の値は、表-2.2.2の転倒に関する部分係数を用いることができる。ただし、中詰めによる壁面摩擦によって生じる抵抗モーメント  $M_f$  の部分係数  $\gamma_{M_f}$  については、中詰め砂の重量  $W_{SAND}$  の部分係数  $\gamma_{W_{SAND}}$  と同じ値を用いてよい。

- ④ (耐力の設計用値) / (作用効果の設計用値) < 1 の場合は、作用による転倒モーメントが中詰めに除く全鉛直力及び中詰めによる壁面摩擦によって生じる抵抗モーメントより大きいことになり、中詰めに置いてセルラーブロックが抜け出すことになる。このような場合はセルラーブロックの重量を増すか、隔壁を設けるなどの対処が必要である。
- ⑤ 中詰めによる壁面摩擦力  $F_1, F_2$  によって生じる抵抗モーメントの特性値  $M_f$  は次のようにして求める。

図-2.2.14において、A点に対するモーメントは  $\ell_1 F_1 + \ell_2 F_2$  となる。ここで、 $F_1 = P_1 f$ 、 $F_2 = P_2 f$  であり、 $f$  の値としては中詰め材料と壁面との摩擦係数をとる。 $(P_1, P_2$  はそれぞれ中詰土圧である。) 壁面に作用する中詰土圧の考え方については、本編第2章1.4セルラーブロックに準じることができる。なお、これと同様にセルラーブロックの隔壁に生じる摩擦抵抗も考慮することが望ましい。

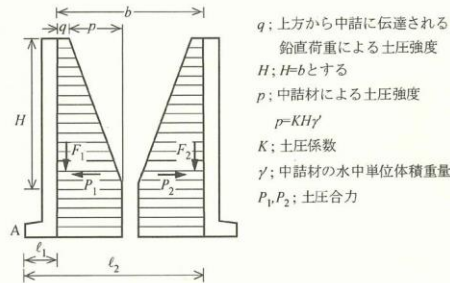


図-2.2.14 壁面摩擦抵抗の求め方

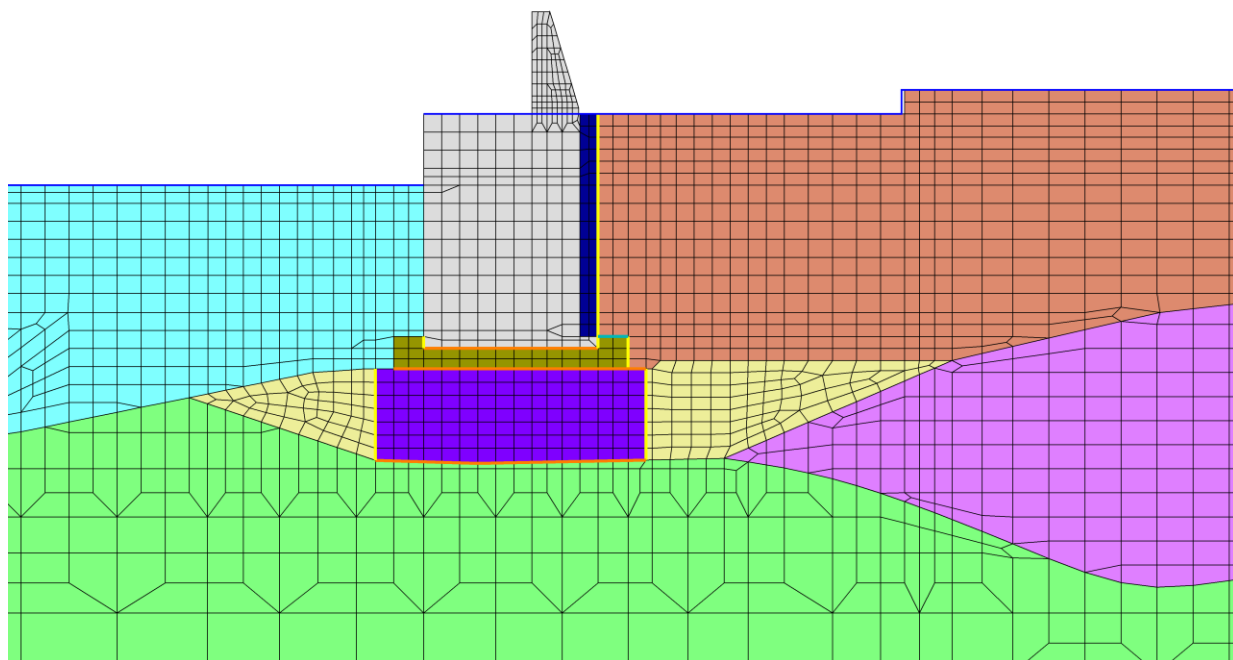
- ⑥ 底版のないセルラーブロックの滑動の性能照査に用いる摩擦係数の特性値は、厳密には鉄筋コンクリート部底版の受ける反力については0.6、中詰石底部の受ける反力については0.8を用いて計算すべきであるが、便宜的に0.7としてもよい。

図 4.1.7-21 ジョイント要素（水平方向）の物性値設定に用いる  
静止摩擦係数（「港湾基準」抜粋）

表 4.1.7-2 ジョイント要素の粘着力と内部摩擦力

		接合条件		粘着力 c (N/mm <sup>2</sup> )	内部摩 擦角 φ (°)	備考
		材料 1	材料 2			
鉛直方向	境界 1	埋戻土	埋戻土 (護岸背面)	0	15.0	構造物の壁面摩擦角の設定方法を準用し, c=0, φ=15° と設定
			MMR			
			防波壁 (波返重力擁壁)			
		防波壁 (波返重力擁壁)	MMR			
		砂礫層	改良地盤⑥			
	境界 2	防波壁 (波返重力擁壁)	埋戻土	0	22	
境界 3	防波壁 (波返重力擁壁)	防波壁 (波返重力擁壁)	0	0	目地部であるため, 保守的に 0 と設定	
		MMR				
水平方向	境界 4	MMR	防波壁 (波返重力擁壁)	0	26.57	剛性の高い岩盤等の境界であるため, 「コンクリートとコンクリート」及び「コンクリートと岩盤」の静止摩擦係数 (μ=0.50) より, φ=tan <sup>-1</sup> (μ) ≒ 26.57°
			改良地盤⑥			
			岩盤 (第③速度層)			
			岩盤 (第④速度層)			
		改良地盤⑥	埋戻土			
			岩盤 (第④速度層)			
	境界 5	埋戻土	MMR	0	30.96	

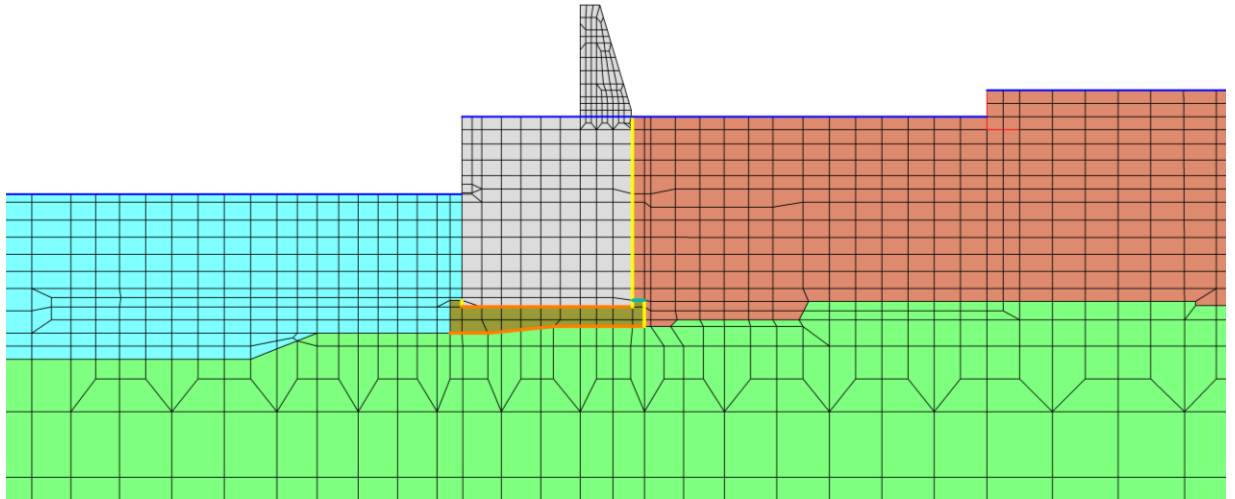
- : 岩盤 (第②速度層)
- : 海水
- : ジョイント要素 (境界 1)
- : 岩盤 (第④速度層)
- : MMR
- : ジョイント要素 (境界 4)
- : 埋戻土
- : 砂礫層
- : ジョイント要素 (境界 5)
- : 地下水面及び海水面
- : 防波壁 (波返重力擁壁)
- : 改良地盤⑥
- : 埋戻土 (護岸背面)



項目		粘着力 $c$ ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	内部摩擦角 $\phi$ ( $^\circ$ )
鉛直方向	境界 1	0	15.00
水平方向	境界 4	0	26.57
	境界 5	0	30.96

図 4.1.7-22(1) ②-②断面におけるジョイント要素の配置図

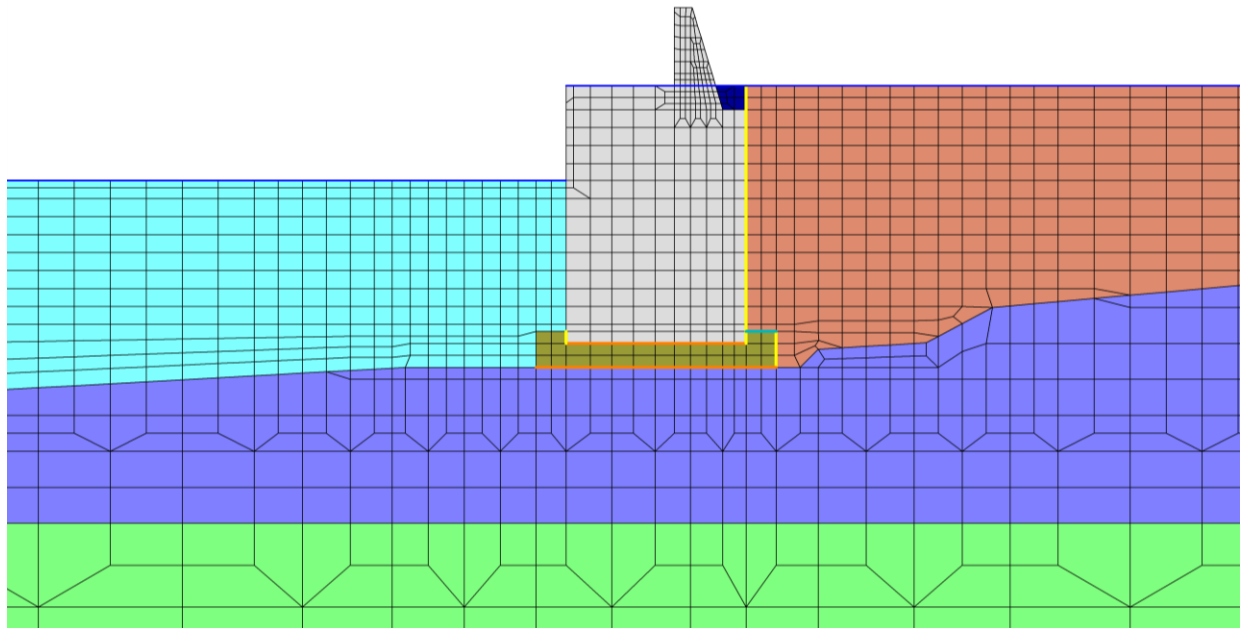
- : 岩盤 (第④速度層)
  - : MMR
  - : 埋戻土
  - : 海水
  - : 防波壁 (波返重力擁壁)
- : ジョイント要素 (境界 1)
  - : ジョイント要素 (境界 4)
  - : ジョイント要素 (境界 5)
  - : 地下水面及び海水面



項目		粘着力 c (N/mm <sup>2</sup> )	内部摩擦角 φ (°)
鉛直方向	境界 1	0	15.00
水平方向	境界 4	0	26.57
	境界 5	0	30.96

図 4.1.7-22(2) ③-③断面におけるジョイント要素の配置図

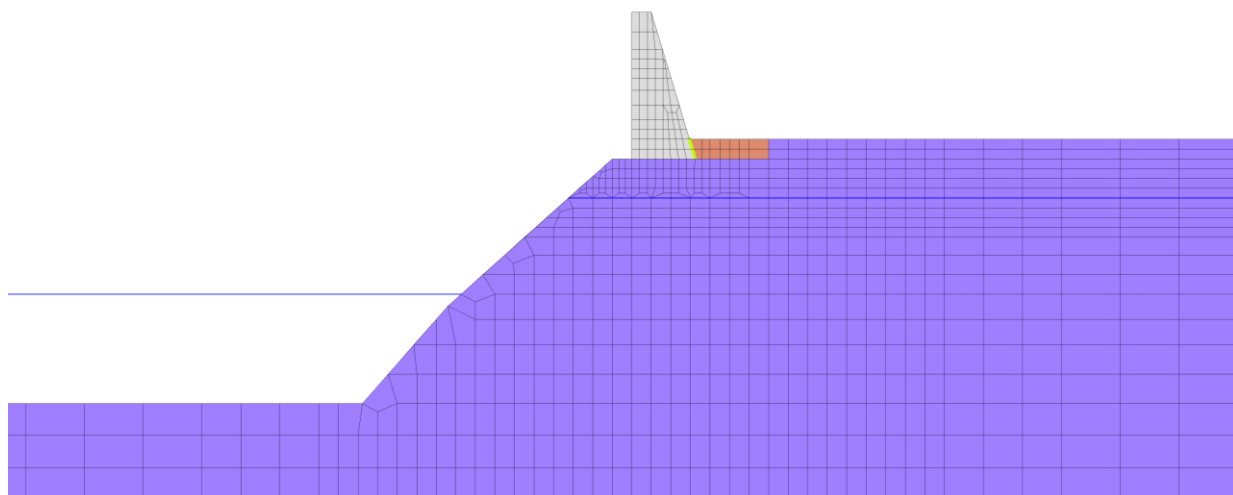
- : 岩盤 (第③速度層)
  - : 岩盤 (第④速度層)
  - : 埋戻土
  - : 防波壁 (波返重力擁壁)
- : 埋戻土 (護岸背面)
  - : MMR
  - : 海水
- : ジョイント要素 (境界 1)
  - : ジョイント要素 (境界 4)
  - : ジョイント要素 (境界 5)
  - : 地下水面及び海水面



項目		粘着力 $c$ ( $N/mm^2$ )	内部摩擦角 $\phi$ ( $^{\circ}$ )
鉛直方向	境界 1	0	15.00
水平方向	境界 4	0	26.57
	境界 5	0	30.96

図 4.1.7-22(3) ④-④断面におけるジョイント要素の配置図

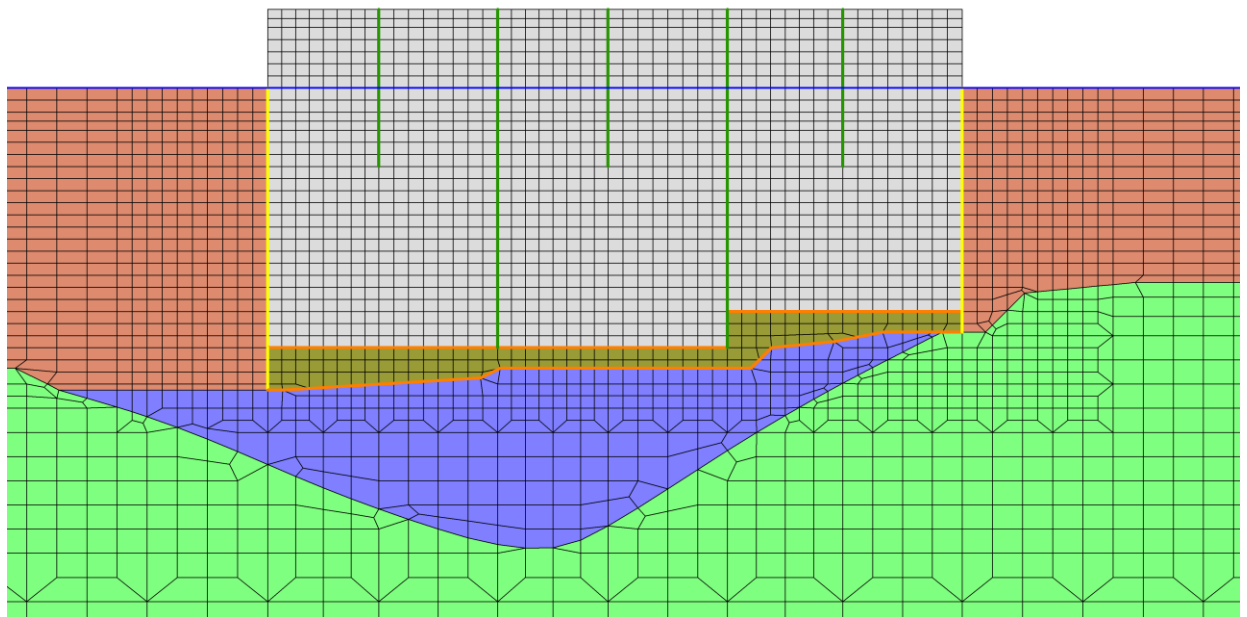
- : 岩盤 (第③速度層)
- : 防波壁 (波返重力擁壁)
- : ジョイント要素 (境界 2)
- : 埋戻土
- : 地下水面及び海水面



項目		粘着力 c (N/mm <sup>2</sup> )	内部摩擦角 φ (°)
鉛直方向	境界 2	0	22.00

図 4.1.7-22(4) ⑤-⑤断面におけるジョイント要素の配置図

- : 岩盤 (第③速度層)
  - : 岩盤 (第④速度層)
  - : 埋戻土
- : 防波壁 (波返重力擁壁)
  - : MMR
- : ジョイント要素 (境界 1)
  - : ジョイント要素 (境界 3)
  - : ジョイント要素 (境界 4)
  - : 地下水面及び海水面



項目		粘着力 $c$ ( $N/mm^2$ )	内部摩擦角 $\phi$ ( $^{\circ}$ )
鉛直方向	境界 1	0	15.00
	境界 3	0	0
水平方向	境界 4	0	26.57

図 4.1.7-22(5) ⑦-⑦断面におけるジョイント要素の配置図



ジョイント要素のばね定数は、「港湾構造物設計事例集」を参考に、数値解析上、不安定な挙動を起こさない程度に周囲材料の剛性よりも十分に大きな値を設定する。表 4.1.7-3 にジョイント要素のばね定数を示す。

また、ジョイント要素の力学特性を図 4.1.7-23 に示す。

表 4.1.7-3 ジョイント要素のばね定数

項目	せん断剛性 $k_s$ ( $\text{kN/m}^2$ )	圧縮剛性 $k_n$ ( $\text{kN/m}^2$ )
境界 1, 2, 4, 5	0*	$1.0 \times 10^6$
境界 3	$1.0 \times 10^6$	$1.0 \times 10^6$

注記\*：せん断剛性を保守的にゼロに設定

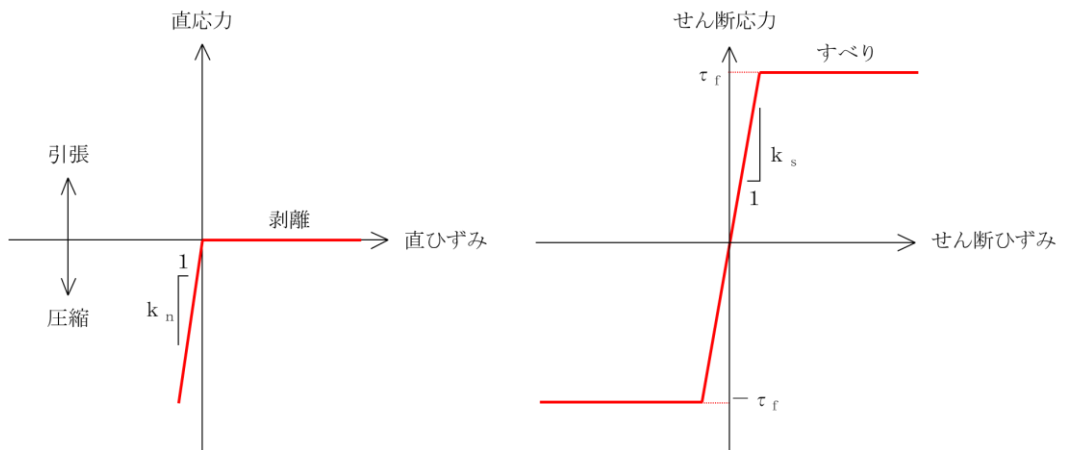


図 4.1.7-23 ジョイント要素の力学特性

(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、適用基準類を基に設定する。使用材料を表 4.1.7-4 に、材料の物性値を表 4.1.7-5 に示す。

表 4.1.7-4 使用材料

材料		仕様
コンクリート	重力擁壁 (基部コンクリート)	18.0 N/mm <sup>2</sup>
	重力擁壁 (既設部分)	21.0 N/mm <sup>2</sup>
	重力擁壁 (新設部分) ケーソン	24.0 N/mm <sup>2</sup>
鉄筋		SD345
H形鋼		SM490

表 4.1.7-5 材料の物性値

材料	単位体積重量 (kN/m <sup>3</sup> )	ヤング係数 (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比
鉄筋コンクリート	24.0 <sup>*1</sup>	2.5×10 <sup>4</sup> <sup>*1</sup>	0.2 <sup>*1</sup>
無筋コンクリート	22.6 <sup>*2</sup>	2.2×10 <sup>4</sup> <sup>*1</sup>	0.2 <sup>*1</sup>

注記\*1：コンクリート標準示方書(2002)

\*2：港湾基準

(3) 地盤の物性値

地盤の物性値は、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値及び「港湾基準」に基づき設定した物性値を用いる。地盤の物性値を表 4.1.7-6～表 4.1.7-11 に示す。

表 4.1.7-6 地盤の解析用物性値（有効応力解析，液状化検討対象層）

		埋戻土	砂礫層	
物理特性	密度 $\rho^{*1}$ (g/cm <sup>3</sup> )	2.11 【2.00】	2.05	
	間隙率 n	0.45	0.45	
変形特性	動せん断弾性係数 $G_{ma}^{*2}$ (kN/m <sup>2</sup> )	154,600	230,700	
	基準平均有効拘束圧 $\rho_{ma}'^{*2}$ (kN/m <sup>2</sup> )	98.0	98.0	
	ポアソン比 $\nu$	0.33	0.33	
	減衰定数の上限値 $h_{max}$	0.095	0.095	
強度特性	粘着力 $c'$ (kN/m <sup>2</sup> )	0.00	0.00	
	内部摩擦角 $\phi'$ (°)	40.17	38.82	
液状化特性	変相角 $\phi_p$ (°)	28	28	
	液状化パラメータ*2	S1	0.005	0.005
		w1	4.080	4.020
		P1	0.500	0.500
		P2	0.990	1.100
		C1	2.006	1.913

注記\*1：括弧内【】の数字は地下水位以浅の数値を表す。

\*2：動せん断弾性係数，基準平均有効拘束圧及び液状化パラメータは代表的な数値を示す。

表 4.1.7-7 地盤の解析用物性値（有効応力解析，改良地盤⑥）

対象施設		防波壁 (波返重力擁壁)
物理特性	密度 $\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	2.05
	間隙率 $n$	0.45
変形特性	動せん断弾性係数 $G_{ma}$ (kN/m <sup>2</sup> )	360,500
	基準平均有効拘束圧 $\rho_{ma}'$ (kN/m <sup>2</sup> )	98.0
	ポアソン比 $\nu$	0.33
	減衰定数の上限値 $h_{max}$	0.095
強度特性	粘着力 $c'$ (kN/m <sup>2</sup> )	1250
	内部摩擦角 $\phi'$ (°)	-

表 4.1.7-8 地盤の解析用物性値（有効応力解析，埋戻土（護岸背面））

対象施設		防波壁 (波返重力擁壁)
物理特性	密度 $\rho^{*1}$ (g/cm <sup>3</sup> )	2.11 【2.00】
変形特性	ヤング係数 <sup>*2</sup> (N/mm <sup>2</sup> )	$2.5 \times 10^4$
	ポアソン比 $\nu$	0.20
強度特性	粘着力 $c'$ (kN/m <sup>2</sup> )	-
	内部摩擦角 $\phi'$ (°)	-

注記\*1：括弧内【】の数字は地下水位以浅の数値を表す。

\*2：「港湾基準」を踏まえ，線形の平面ひずみ要素として，ヤング係数  $2.5 \times 10^4$  N/mm<sup>2</sup> を設定。

表 4.1.7-9 地盤の解析用物性値  
(改良地盤⑥及びMMRの残留強度及び引張強度)

地盤	残留強度		引張強度 $\sigma_t$ (N/mm <sup>2</sup> )
	c' (N/mm <sup>2</sup> )	$\phi'$ (°)	
改良地盤⑥*	0.0	48.80	0.43
MMR	4.8	0.00	1.91

注記\* : 残留強度及び引張強度は「(参考資料2) 改良地盤⑥の物性値の設定方法について」に従い設定する。

表 4.1.7-10 地盤の解析用物性値  
(全応力解析(1, 2号機エリア))

		岩盤③速度層*
P波速度	$V_p$ (m/s)	3,600
S波速度	$V_s$ (m/s)	1,600
単位体積重量	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	24.5
動ポアソン比	$\nu_d$	0.377
減衰定数	h	0.030
弾性係数	E (kN/m <sup>2</sup> )	17,650,000

注記\* : ⑤-⑤断面の岩盤の設定に用いる。

表 4.1.7-11 地盤の解析用物性値  
(有効応力解析(3号機エリア))

		岩盤②速度層	岩盤③速度層	岩盤④速度層	岩盤⑤速度層
P波速度	$V_p$ (m/s)	1,710	2,270	3,240	3,860
S波速度	$V_s$ (m/s)	620	960	1,520	1,900
単位体積重量	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	23.3	23.4	24.5	25.2
動ポアソン比	$\nu_d$	0.42	0.39	0.36	0.34
減衰定数	h	0.03	0.03	0.03	0.03
弾性係数	E (kN/m <sup>2</sup> )	2,601,000	6,188,000	15,690,000	24,860,000

(4) 地下水位

設計用地下水位については、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に従い設定する。設計用地下水位を表 4.1.7-12 に示す。

表 4.1.7-12 設計用地下水位

施設名称	設計用地下水位
防波壁（波返重力擁壁） （②-②断面，③-③断面，④-④断面，⑦-⑦断面）	EL 8.5m*
防波壁（波返重力擁壁） （⑤-⑤断面）	EL 5.5m

注記\*：地表面が 8.5m よりも低い地点については、地下水位を地表面とする。

#### 4.1.8 評価方法

防波壁（波返重力擁壁）の耐震評価は，地震応答解析に基づいて算定した発生応力度が「3.4 許容限界」で設定した許容限界を満足することを確認する。

##### (1) 重力擁壁

重力擁壁の評価は，曲げモーメント及び軸力より算定される曲げ圧縮応力度，曲げ引張応力度及びせん断力により算定されるせん断応力度が許容限界以下であることを確認する。

図 4.1.8-1 に荷重作用方向が海方向の場合の発生断面力イメージ図を示す。発生断面力は重力擁壁下端に集中することから，評価は重力擁壁下端で実施する。重力擁壁下端で発生した応力を基に，重力擁壁の中心位置における軸力 $N$ ，曲げモーメント $M$ ，せん断力 $Q$ を設定する。断面力算定の概念図を図 4.1.8-2 に示す。

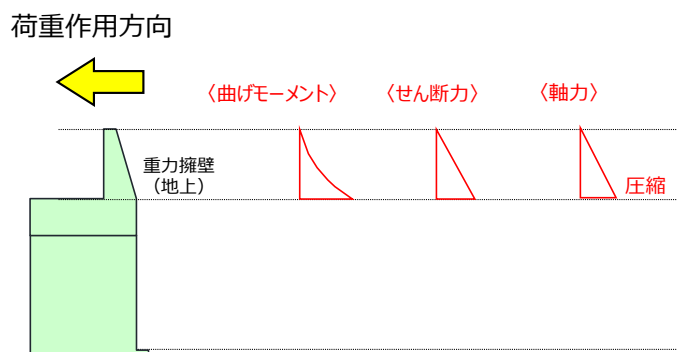


図 4.1.8-1 発生断面力イメージ図

$$\text{軸力} \quad N = \sum (\sigma_{yi} \times l_i)$$

$$\text{曲げモーメント} \quad M = \sum (\sigma_{yi} \times l_i \times L_i)$$

$$\text{せん断力} \quad Q = \sum (\tau_{xyi} \times l_i)$$

ここに， $\sigma_{yi}$ ：重力擁壁下端要素の垂直応力 (kN/m<sup>2</sup>)

$\tau_{xyi}$ ：重力擁壁下端要素のせん断応力 (kN/m<sup>2</sup>)

$l_i$ ：重力擁壁下端要素の要素幅 (m)

$L_i$ ：重力擁壁下端中心からのアーム長 (m)

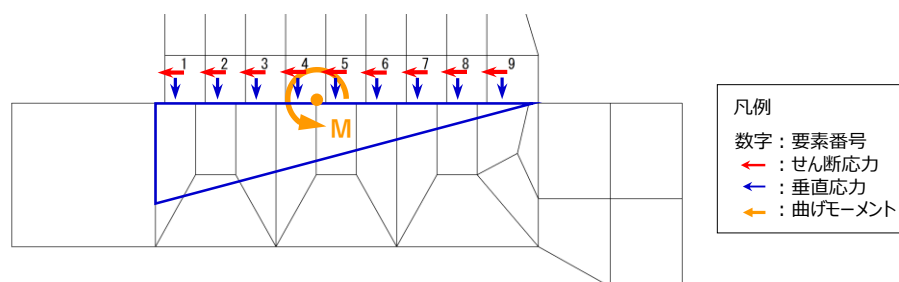


図 4.1.8-2 断面力算定の概念図

②－②断面，③－③断面及び④－④断面は，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するため，解析方法は有効応力解析とする。⑤－⑤断面は，地下水位以深に液状化対象層が分布しないことから，解析方法は全応力解析とする。

重力擁壁の応力度算定には，解析コード「EMR G I N G」を使用する。なお，解析コードの検証，妥当性確認等の概要については，VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

a. 曲げ・軸力照査

コンクリート及び鉄筋の発生応力度が許容限界以下であることを確認する。

b. せん断照査

コンクリートの発生応力度が許容限界以下であることを確認する。

(2) H形鋼

H形鋼は，⑤－⑤断面において，擁壁下端に発生するせん断力から算定されるせん断応力度が許容限界以下であることを確認する。H形鋼のせん断応力度は，H形鋼の配置を踏まえ，フランジ部の断面積を用いて算定する。

(3) MMR

MMRの評価は，②－②断面，③－③断面及び④－④断面において，すべり線上のすべり安全率が1.2以上であることを確認する。すべり安全率は，想定したすべり線上の応力状態をもとに，すべり線上のせん断抵抗力の和をせん断力の和で除した値を時々刻々求め，最小すべり安全率を算定する。

(4) 改良地盤⑥

改良地盤⑥の評価は，②－②断面において，改良地盤⑥を通るすべり線上のすべり安全率が1.2以上であることを確認する。すべり安全率は，想定したすべり線上の応力状態をもとに，すべり線上のせん断抵抗力の和をせん断力の和で除した値を時々刻々求め，最小すべり安全率を算定する。



(5) 止水目地

止水目地の地震時の評価について、防波壁（波返重力擁壁）の法線直交方向及び法線方向ともに、地震荷重による最大変位が許容限界以下であることを確認する。

x方向（法線直交方向）及びz方向（深度方向）の変位は、図4.1.8-2に示すとおり、防波壁（波返重力擁壁）における地震時の相対変位量とし、保守的に各ブロックの位相が逆になったことを考慮し、時刻歴最大の相対変位量を2倍したものを算定する。

y方向（法線方向）の変位は、隣接する重力擁壁の天端間の相対変位とする。

x方向（法線直交方向）の変位  $\delta_x$  :  $\delta_x = |\delta_x(T)| \times 2$

y方向（法線方向）の変位  $\delta_y$  :  $\delta_y = |\delta_y(T)|$

z方向（深度方向）の変位  $\delta_z$  :  $\delta_z = |\delta_z(T)| \times 2$

ここで、

$\delta_x(T)$  : x方向の最大相対変位

$\delta_y(T)$  : y方向の最大相対変位

$\delta_z(T)$  : z方向の最大相対変位

法線直交方向、法線方向及び深度方向の変位量を用い、下式のとおり合成方向（3方向合成）の変位量を求め、止水目地の地震荷重による最大変位とする。

$$\text{最大変位 } \delta : \delta = \sqrt{\delta_x^2 + \delta_y^2 + \delta_z^2}$$

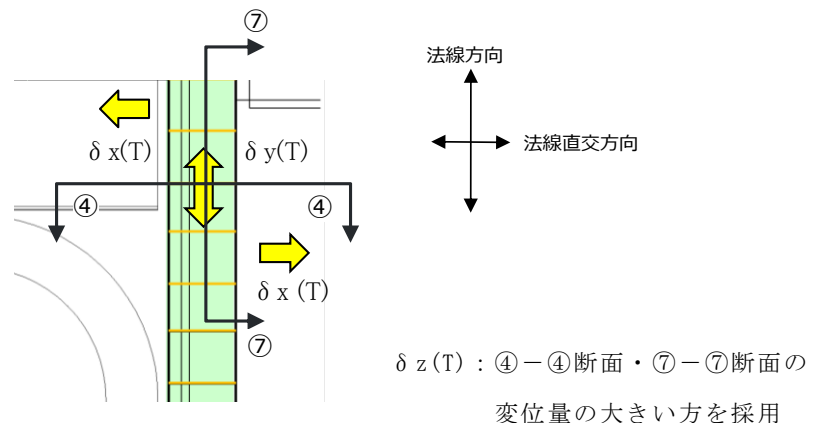


図 4.1.8-2 地震時の変位の概念図

(6) 基礎地盤

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許容限界以下であることを確認する。

## 4.2 耐震評価結果の概要

### 4.2.1 解析ケースと照査値

耐震評価においては、全ての基準地震動  $S_s$  に対して実施するケース①において、2次元有限要素法による重力擁壁の曲げ・軸力系の破壊に対する照査、せん断破壊に対する照査及び基礎地盤の支持性能に対する照査並びに3次元構造解析によるケーソンの曲げ・軸力系の破壊及びせん断破壊に対する照査の各評価項目のうち、照査値が0.5を超える評価項目に対して、最も厳しい（許容限界に対する裕度が最も小さい）地震動を用いて追加解析ケース②、③を実施する。

2次元有限要素法及び3次元構造解析による照査値が0.5を超える解析ケースのうち、最も厳しい地震動を表4.2.1-1に示す。

表 4.2.1-1(1) 照査値が0.5を超える解析ケースのうち最も厳しい地震動

断面	評価項目			
	重力擁壁		H形鋼	基礎地盤
	曲げ	せん断	せん断	
②-②断面	$S_s - D (-+)$ 解析ケース① 0.53 (曲げ引張)	全地震動において 0.5以下	—	$S_s - D (++)$ 解析ケース② 0.72 (改良地盤⑥)
③-③断面	$S_s - N 1 (++)$ 解析ケース① 0.84 (曲げ引張)	$S_s - N 1 (++)$ 解析ケース① 0.61	—	全地震動において 0.5以下
④-④断面	$S_s - D (-+)$ 解析ケース③ 0.74 (曲げ引張)	$S_s - D (-+)$ 解析ケース③ 0.54	—	全地震動において 0.5以下
⑤-⑤断面	全地震動において 0.5以下	全地震動において 0.5以下	全地震動において 0.5以下	全地震動において 0.5以下

表 4.2.1-1(2) 照査値が 0.5 を超える解析ケースのうち最も厳しい地震動

断面	ケース		
	曲げ	せん断 (面外)	せん断 (面内)
②-②断面	S <sub>s</sub> -N <sub>1</sub> (++) 解析ケース② 0.68 (曲げ引張)	全地震動において 0.5 以下	S <sub>s</sub> -D (++) 解析ケース① 0.53
③-③断面	S <sub>s</sub> -N <sub>1</sub> (-+) 解析ケース① 0.95 (曲げ引張)	S <sub>s</sub> -N <sub>1</sub> (-+) 解析ケース③* <sup>1</sup> 1.07 (0.65)	S <sub>s</sub> -N <sub>1</sub> (-+) 解析ケース③* <sup>2</sup> 1.22 (0.27)
④-④断面	S <sub>s</sub> -N <sub>1</sub> (-+) 解析ケース② 0.65 (曲げ引張)	S <sub>s</sub> -N <sub>1</sub> (-+) 解析ケース② 0.69	S <sub>s</sub> -N <sub>1</sub> (-+) 解析ケース② 0.81
⑤-⑤断面	—	—	—

注記\*1：括弧内 ( ) は「RC 規準 (1999 年)」に基づき，短期許容せん断応力度 1.11 (N/mm<sup>2</sup>) を許容値とした場合の照査値を示す。

\*2：括弧内 ( ) は，3次元非線形構造解析による照査値を示す。

(1) 重力擁壁の曲げ・軸力系破壊に対する照査

2次元有限要素法によるコンクリートの曲げ圧縮応力度に対する照査の実施ケースと照査値を表4.2.1-2に、鉄筋の曲げ引張応力度に対する照査の実施ケースと照査値を表4.2.1-3に示す。

表4.2.1-2(1) コンクリートの曲げ・軸力系破壊照査における実施ケースと照査値  
(②-②断面, 重力擁壁)

地震動 解析ケース		コンクリートの曲げ圧縮応力度 に対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.24	0.23	0.23
	(-+)	0.29	0.26	0.26
	(+-)	0.26		
	(--)	0.26		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.18		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.19		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.26	0.26	0.27
	(-+)	0.18		
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.24		
	(-+)	0.19		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.23		
	(-+)	0.21		

表 4.2.1-2(2) コンクリートの曲げ・軸力系破壊照査における実施ケースと照査値  
(③-③断面, 重力擁壁)

地震動 \ 解析ケース		コンクリートの曲げ圧縮応力度 に対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.34		
	(-+)	0.31		
	(+-)	0.36		
	(--)	0.36		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.20		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.25		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.45	0.45	0.45
	(-+)	0.41	0.41	0.40
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.25		
	(-+)	0.19		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.38		
	(-+)	0.32		

表 4.2.1-2(3) コンクリートの曲げ・軸力系破壊照査における実施ケースと照査値  
(④-④断面, 重力擁壁)

地震動 \ 解析ケース		コンクリートの曲げ圧縮応力度 に対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.22		
	(-+)	0.19	0.36	0.36
	(+-)	0.32	0.32	0.33
	(--)	0.27		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.16		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.20		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.23		
	(-+)	0.27	0.28	0.27
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.15		
	(-+)	0.17		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.21		
	(-+)	0.18		

表 4.2.1-2(4) コンクリートの曲げ・軸力系破壊照査における実施ケースと照査値  
(⑤-⑤断面, 重力擁壁)

地震動		解析ケース			コンクリートの曲げ圧縮応力度 に対する照査値		
		①	②	③	①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.28	0.28	0.28			
	(-+)	0.26					
	(+-)	0.28					
	(--)	0.26					
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.26					
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.21					
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.14					
	(-+)	0.23					
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.26					
	(-+)	0.21					
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.21					
	(-+)	0.28					

表 4.2.1-3(1) 鉄筋の曲げ引張応力度に対する実施ケースと照査値  
(②-②断面, 重力擁壁)

地震動 \ 解析ケース		鉄筋の曲げ引張応力度 に対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.44	0.43	0.42
	(-+)	0.53	0.45	0.41
	(+-)	0.46		
	(--)	0.41		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.29		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.36		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.42	0.42	0.42
	(-+)	0.23		
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.45		
	(-+)	0.23		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.32		
	(-+)	0.34		

0.53 : 解析ケース①において, 曲げ・軸力系の破壊に対する  
評価のうち, 照査値 0.5 を超える最も厳しい照査値



表 4.2.1-3(2) 鉄筋の曲げ引張応力度に対する実施ケースと照査値  
(③-③断面, 重力擁壁)

地震動 \ 解析ケース		鉄筋の曲げ引張応力度 に対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.59		
	(-+)	0.60		
	(+-)	0.64		
	(--)	0.68		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.34		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.43		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.84	0.83	0.84
	(-+)	0.78	0.79	0.78
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.48		
	(-+)	0.26		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.75		
	(-+)	0.60		

0.84 : 解析ケース①において, 曲げ・軸力系の破壊に対する  
評価のうち, 照査値 0.5 を超える最も厳しい照査値

表 4.2.1-3(3) 鉄筋の曲げ引張応力度に対する実施ケースと照査値

(④-④断面, 重力擁壁)

地震動 \ 解析ケース		鉄筋の曲げ引張応力度 に対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.32		
	(-+)	0.35	0.62	0.74
	(+-)	0.57	0.56	0.58
	(--)	0.48		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.23		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.31		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.37		
	(-+)	0.45	0.48	0.44
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.15		
	(-+)	0.25		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.34		
	(-+)	0.30		

0.57 : 解析ケース①において, 曲げ・軸力系の破壊に対する  
評価のうち, 照査値 0.5 を超える最も厳しい照査値

表 4.2.1-3(4) 鉄筋の曲げ引張応力度に対する実施ケースと照査値  
(⑤-⑤断面, 重力擁壁)

地震動 \ 解析ケース		鉄筋の曲げ引張応力度 に対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.50	0.50	0.50
	(-+)	0.42		
	(+-)	0.49		
	(--)	0.39		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.42		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.28		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.14		
	(-+)	0.32		
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.40		
	(-+)	0.29		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.29		
	(-+)	0.46		

(2) 重力擁壁のせん断破壊に対する照査

2次元有限要素法によるコンクリートのせん断破壊に対する照査の実施ケースと照査値を表 4.2.1-4 に示す。

表 4.2.1-4(1) コンクリートのせん断破壊に対する照査における実施ケースと照査値  
(②-②断面, 重力擁壁)

地震動 \ 解析ケース		コンクリートのせん断破壊 に対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.31	0.30	0.31
	(-+)	0.42	0.44	0.42
	(+-)	0.35		
	(--)	0.42		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.28		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.37		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.43	0.43	0.42
	(-+)	0.24		
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.34		
	(-+)	0.27		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.26		
	(-+)	0.27		

表 4.2.1-4(2) コンクリートのせん断破壊に対する照査における実施ケースと照査値  
(③-③断面, 重力擁壁)

地震動 \ 解析ケース		コンクリートのせん断破壊 に対する照査値		
		①	②	③
S s - D	(++)	0.46		
	(-+)	0.58		
	(+-)	0.55		
	(--)	0.59		
S s - F 1	(++)	0.29		
S s - F 2	(++)	0.35		
S s - N 1	(++)	0.61	0.60	0.60
	(-+)	0.53	0.54	0.54
S s - N 2 (NS)	(++)	0.32		
	(-+)	0.34		
S s - N 2 (EW)	(++)	0.59		
	(-+)	0.41		

0.61 : 解析ケース①において, せん断破壊に対する評価のうち, 照査値 0.5 を超える最も厳しい照査値

表 4.2.1-4(3) コンクリートのせん断破壊に対する照査における実施ケースと照査値  
(④-④断面, 重力擁壁)

地震動 \ 解析ケース		コンクリートのせん断破壊 に対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.37		
	(-+)	0.54	0.53	0.54
	(+-)	0.43	0.43	0.43
	(--)	0.34		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.20		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.31		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.44		
	(-+)	0.36	0.37	0.36
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.26		
	(-+)	0.24		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.36		
	(-+)	0.27		

0.54 : 解析ケース①において, せん断破壊に対する評価のうち, 照査値 0.5 を超える最も厳しい照査値

表 4.2.1-4(4) コンクリートのせん断破壊に対する照査における実施ケースと照査値  
(⑤-⑤断面, 重力擁壁)

地震動 \ 解析ケース		コンクリートのせん断破壊 に対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.43	0.43	0.43
	(-+)	0.42		
	(+-)	0.43		
	(--)	0.42		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.37		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.27		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.27		
	(-+)	0.31		
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.32		
	(-+)	0.28		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.31		
	(-+)	0.35		

(3) H形鋼のせん断破壊に対する照査

H形鋼のせん断破壊に対する照査の実施ケースと照査値を表 4.2.1-5 に示す。

表 4.2.1-5 H形鋼のせん断破壊に対する実施ケースと照査値  
(⑤-⑤断面)

地震動 解析ケース		H形鋼のせん断破壊 に対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.37	0.37	0.37
	(-+)	0.36		
	(+-)	0.37		
	(--)	0.37		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.32		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.24		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.23		
	(-+)	0.27		
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.28		
	(-+)	0.24		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.27		
	(-+)	0.31		



(4) MMRのすべりに対する照査

MMRのすべりに対する照査の実施ケースとすべり安全率を表4.2.1-6に示す。

表 4.2.1-6(1) MMRのすべりに対する照査における実施ケースとすべり安全率  
(②-②断面)

地震動		解析ケース	MMRのすべりに対する安全率		
			①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)		7.62	7.48	7.60
	(-+)		9.47	10.05	8.59
	(+-)		9.74		
	(--)		8.56		
S <sub>s</sub> -F1	(++)		15.13		
S <sub>s</sub> -F2	(++)		15.88		
S <sub>s</sub> -N1	(++)		11.40	11.48	12.38
	(-+)		8.68		
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)		17.54		
	(-+)		15.40		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)		13.78		
	(-+)		17.45		

表 4.2.1-6(2) MMRのすべりに対する照査における実施ケースとすべり安全率  
(③-③断面)

地震動 \ 解析ケース		MMRのすべりに対する安全率		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	11.78		
	(-+)	12.10		
	(+-)	9.39		
	(--)	11.25		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	19.69		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	11.95		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	8.59	8.48	8.96
	(-+)	12.34	12.36	12.34
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	16.13		
	(-+)	15.87		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	8.68		
	(-+)	12.76		

表 4.2.1-6(3) MMRのすべりに対する照査における実施ケースとすべり安全率  
(④-④断面)

地震動 \ 解析ケース		MMRのすべりに対する安全率		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	9.46		
	(-+)	8.25	8.23	8.31
	(+-)	8.96	8.98	8.35
	(--)	7.53		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	12.43		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	11.20		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	13.35		
	(-+)	7.32	7.30	7.34
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	15.67		
	(-+)	13.78		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	13.52		
	(-+)	15.05		

(5) 改良地盤⑥のすべりに対する照査

改良地盤⑥のすべりに対する照査の実施ケースとすべり安全率を表 4.2.1-7 に示す。

表 4.2.1-7 改良地盤⑥のすべりに対する照査における実施ケースとすべり安全率  
(②-②断面)

地震動 \ 解析ケース		改良地盤のすべりに対する安全率		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	2.59	3.07	2.84
	(-+)	2.63	2.37	2.62
	(+-)	2.57		
	(--)	2.05		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	3.50		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	3.76		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	2.93	3.03	2.92
	(-+)	2.86		
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	3.87		
	(-+)	3.74		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	3.67		
	(-+)	3.96		

(6) 基礎地盤の支持性能に対する照査

基礎地盤の支持性能に対する照査の実施ケースと照査値を表 4.2.1-8 に示す。

表 4.2.1-8(1) 基礎地盤の支持性能に対する照査における実施ケースと照査値  
(②-②断面, MMR)

地震動 解析ケース		基礎地盤の支持性能 に対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.10	0.08	0.08
	(-+)	0.11	0.10	0.10
	(+-)	0.12		
	(--)	0.09		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.06		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.09		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.11	0.11	0.11
	(-+)	0.07		
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.05		
	(-+)	0.05		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.06		
	(-+)	0.05		

表 4.2.1-8(2) 基礎地盤の支持性能に対する照査における実施ケースと照査値  
 (②-②断面, 改良地盤⑥)

地震動 \ 解析ケース		基礎地盤の支持性能 に対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.71	0.72	0.72
	(-+)	0.67	0.61	0.64
	(+-)	0.69		
	(--)	0.70		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.35		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.35		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.29	0.29	0.29
	(-+)	0.47		
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.40		
	(-+)	0.41		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.44		
	(-+)	0.46		

0.71 : 解析ケース①において, 基礎地盤の支持性能に対する  
 評価のうち, 照査値 0.5 を超える最も厳しい照査値

表 4.2.1-8(3) 基礎地盤の支持性能に対する照査における実施ケースと照査値  
(②-②断面, 岩盤)

地震動 解析ケース		基礎地盤の支持性能 に対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.20	0.19	0.19
	(-+)	0.18	0.18	0.19
	(+-)	0.18		
	(--)	0.21		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.17		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.12		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.15	0.15	0.15
	(-+)	0.18		
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.13		
	(-+)	0.12		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.17		
	(-+)	0.13		

表 4.2.1-8(4) 基礎地盤の支持性能に対する照査における実施ケースと照査値  
(③-③断面, MMR)

地震動 \ 解析ケース		基礎地盤の支持性能 に対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.06		
	(-+)	0.04		
	(+-)	0.05		
	(--)	0.05		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.04		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.05		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.08	0.08	0.08
	(-+)	0.05	0.05	0.05
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.04		
	(-+)	0.03		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.06		
	(-+)	0.04		



表 4.2.1-8(5) 基礎地盤の支持性能に対する照査における実施ケースと照査値  
 (③-③断面, 岩盤)

地震動 \ 解析ケース		基礎地盤の支持性能 に対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.28		
	(-+)	0.19		
	(+-)	0.26		
	(--)	0.24		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.13		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.20		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.24	0.24	0.24
	(-+)	0.29	0.29	0.29
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.17		
	(-+)	0.15		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.22		
	(-+)	0.18		

表 4.2.1-8(6) 基礎地盤の支持性能に対する照査における実施ケースと照査値  
(④-④断面, MMR)

地震動 \ 解析ケース		基礎地盤の支持性能 に対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.08		
	(-+)	0.12	0.12	0.12
	(+-)	0.08	0.09	0.08
	(--)	0.09		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.04		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.06		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.09		
	(-+)	0.09	0.09	0.08
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.05		
	(-+)	0.06		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.06		
	(-+)	0.07		

表 4.2.1-8(7) 基礎地盤の支持性能に対する照査における実施ケースと照査値  
 (④-④断面, 岩盤)

地震動 \ 解析ケース		基礎地盤の支持性能 に対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.23		
	(-+)	0.24	0.25	0.24
	(+-)	0.24	0.24	0.24
	(--)	0.30		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.16		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.17		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.18		
	(-+)	0.29	0.24	0.24
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.14		
	(-+)	0.14		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.15		
	(-+)	0.16		

表 4.2.1-8(8) 基礎地盤の支持性能に対する照査における実施ケースと照査値  
 (⑤-⑤断面, 岩盤)

地震動 \ 解析ケース		基礎地盤の支持性能 に対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.20	0.20	0.20
	(-+)	0.19		
	(+-)	0.20		
	(--)	0.19		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.19		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.16		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.13		
	(-+)	0.17		
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.19		
	(-+)	0.16		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.16		
	(-+)	0.20		

#### 4.2.2 重力擁壁の曲げ・軸力系の破壊に対する照査

重力擁壁の曲げ・軸力系の破壊に対する照査のうち、コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する照査において各解析ケースのうち最も厳しい照査値となる結果を表 4.2.2-1 に、鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査において各解析ケースのうち最も厳しい照査値となる結果を表 4.2.2-2 に示す。

表 4.2.2-1(1) コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値  
(②-②断面)

地震動	解析 ケース	発生断面力		曲げ圧縮 応力度 $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{ca}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_c / \sigma_{ca}$
		曲げモーメント M (kN・m)	軸力 N (kN)			
S s - D (-+)	①	5491	1367	3.9	13.5	0.29

表 4.2.2-1(2) コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値  
(③-③断面)

地震動	解析 ケース	発生断面力		曲げ圧縮 応力度 $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{ca}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_c / \sigma_{ca}$
		曲げモーメント M (kN・m)	軸力 N (kN)			
S s - N 1 (++)	①	8700	1979	6.0	13.5	0.45

表 4.2.2-1(3) コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値  
(④-④断面)

地震動	解析 ケース	発生断面力		曲げ圧縮 応力度 $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{ca}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_c / \sigma_{ca}$
		曲げモーメント M (kN・m)	軸力 N (kN)			
S s - D (-+)	③	5409	1266	4.8	13.5	0.36

表 4.2.2-1(4) コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値  
(⑤-⑤断面)

地震動	解析 ケース	発生断面力		曲げ圧縮 応力度 $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{ca}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_c / \sigma_{ca}$
		曲げモーメント M (kN・m)	軸力 N (kN)			
S s - D (+-)	①	3848	1249	3.7	13.5	0.28

表 4.2.2-2(1) 鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値  
(②-②断面)

地震動	解析 ケース	発生断面力		曲げ引張 応力度 $\sigma_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{sa}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_s / \sigma_{sa}$
		曲げモーメント M (kN・m)	軸力 N (kN)			
S s - D (-+)	①	5491	1367	155.2	294	0.53

表 4.2.2-2(2) 鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値  
(③-③断面)

地震動	解析 ケース	発生断面力		曲げ引張 応力度 $\sigma_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{sa}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_s / \sigma_{sa}$
		曲げモーメント M (kN・m)	軸力 N (kN)			
S s - N 1 (++)	①	8700	1979	244.6	294	0.84

表 4.2.2-2(3) 鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値  
(④-④断面)

地震動	解析 ケース	発生断面力		曲げ引張 応力度 $\sigma_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{sa}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_s / \sigma_{sa}$
		曲げモーメント M (kN・m)	軸力 N (kN)			
S s - D (-+)	③	5409	1266	216.5	294	0.74

表 4.2.2-2(4) 鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値  
(⑤-⑤断面)

地震動	解析 ケース	発生断面力		曲げ引張 応力度 $\sigma_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{sa}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_s / \sigma_{sa}$
		曲げモーメント M (kN・m)	軸力 N (kN)			
S s - D (++)	③	3837	1196	145.0	294	0.50

#### 4.2.3 重力擁壁のせん断破壊に対する照査

重力擁壁のせん断破壊に対する照査において各解析ケースのうち最も厳しい照査値となる結果を表 4.2.3-1 に示す。

表 4.2.3-1(1) コンクリートのせん断破壊に対する照査における最大照査値  
(②-②断面)

地震動	解析 ケース	発生断面力	せん断 応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\tau_{a1}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c/\tau_{a1}$
		せん断力 Q (kN)			
S s - D (-+)	②	-1089	0.28	0.64	0.44

表 4.2.3-1(2) コンクリートのせん断破壊に対する照査における最大照査値  
(③-③断面)

地震動	解析 ケース	発生断面力	せん断 応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\tau_{a1}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c/\tau_{a1}$
		せん断力 Q (kN)			
S s - N 1 (++)	①	1500	0.38	0.64	0.61

表 4.2.3-1(3) コンクリートのせん断破壊に対する照査における最大照査値  
(④-④断面)

地震動	解析 ケース	発生断面力	せん断 応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\tau_{a1}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c/\tau_{a1}$
		せん断力 Q (kN)			
S s - D (-+)	③	1249	0.36	0.67	0.54

表 4.2.3-1(4) コンクリートのせん断破壊に対する照査における最大照査値  
(⑤-⑤断面)

地震動	解析 ケース	発生断面力	せん断 応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\tau_{a1}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c/\tau_{a1}$
		せん断力 Q (kN)			
S s - D (++)	③	770	0.3	0.67	0.43



#### 4.2.4 過剰間隙水圧分布

地盤の液状化対象層に発生した過剰間隙水圧比を確認するため、重力擁壁、ケーソン及び基礎地盤の照査値のうち 0.5 を超える照査値で最大の照査値を示す解析ケースを表 4.2.4-1 に、最大の照査値を示す解析ケースにおける地震応答解析の過剰間隙水圧比の最大値分布図を図 4.2.4-1 に示す。

表 4.2.4-1(1) 最大照査値を示す解析ケースの一覧

断面	評価項目			
	重力擁壁			基礎地盤
	曲げ	せん断	H形鋼	
②-②断面	S s - D (-+) 解析ケース① 0.53 (曲げ引張)	全地震動において 0.5以下	-	S s - D (++) 解析ケース② 0.72
③-③断面	S s - N 1 (++) 解析ケース① 0.84 (曲げ引張)	S s - N 1 (++) 解析ケース① 0.61	-	全地震動において 0.5以下
④-④断面	S s - D (-+) 解析ケース③ 0.74 (曲げ引張)	S s - D (-+) 解析ケース③ 0.54	-	全地震動において 0.5以下

表 4.2.4-1(2) 最大照査値を示す解析ケースの一覧

断面	ケース		
	曲げ	せん断 (面外)	せん断 (面内)
②-②断面	S <sub>s</sub> -N1(++) 解析ケース② 0.68 (曲げ引張)	全地震動において 0.5以下	S <sub>s</sub> -D(++) 解析ケース① 0.53
③-③断面	S <sub>s</sub> -N1(-+) 解析ケース① 0.95 (曲げ引張)	S <sub>s</sub> -N1(-+) 解析ケース③* <sup>1</sup> 1.07 (0.65)	S <sub>s</sub> -N1(-+) 解析ケース③* <sup>2</sup> 1.22 (0.27)
④-④断面	S <sub>s</sub> -N1(-+) 解析ケース② 0.65 (曲げ引張)	S <sub>s</sub> -N1(-+) 解析ケース② 0.69	S <sub>s</sub> -N1(-+) 解析ケース② 0.81
⑤-⑤断面	-	-	-

注記\*1：括弧内( )は「RC規準(1999年)」に基づき、短期許容せん断応力度  
1.11(N/mm<sup>2</sup>)を許容値とした場合の照査値を示す。

\*2：括弧内( )は、3次元非線形構造解析による照査値を示す。

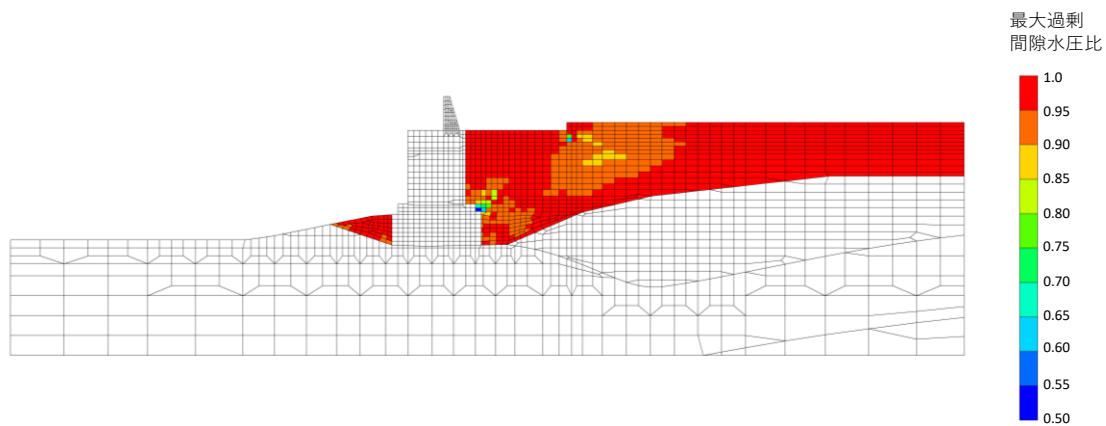


図 4.2.4-1(1) ②-②断面の過剰間隙水圧比最大値分布  
(解析ケース①,  $S_s - D(++)$ )

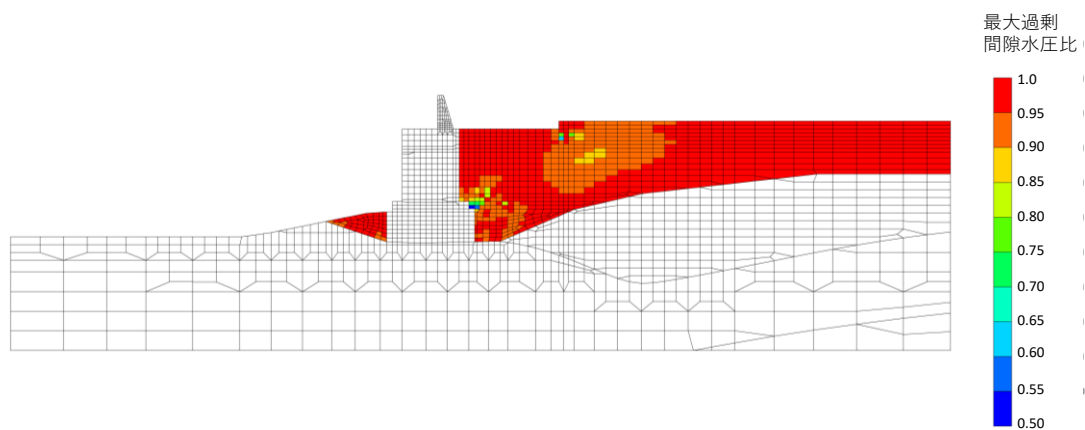


図 4.2.4-1(2) ②-②断面の過剰間隙水圧比最大値分布  
(解析ケース②,  $S_s - D(++)$ )

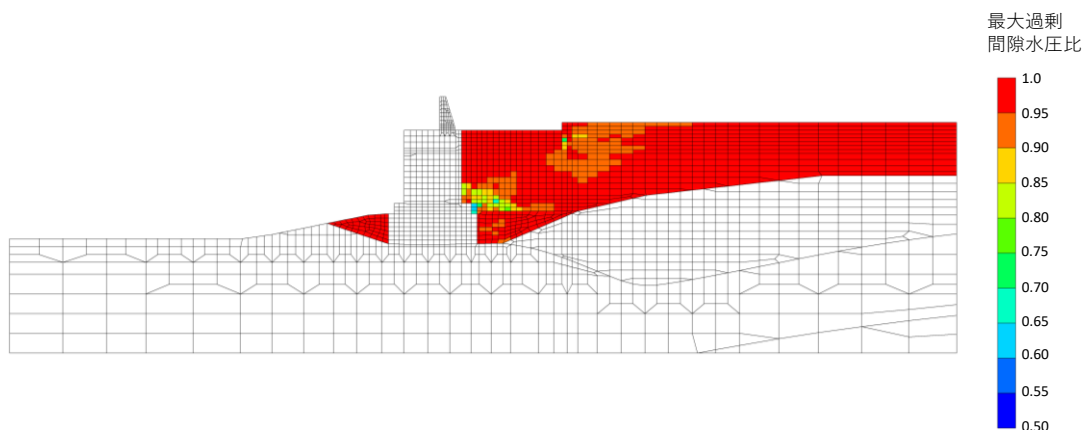


図 4.2.4-1(3) ②-②断面の過剰間隙水圧比最大値分布  
(解析ケース①,  $S_s - D(-+)$ )

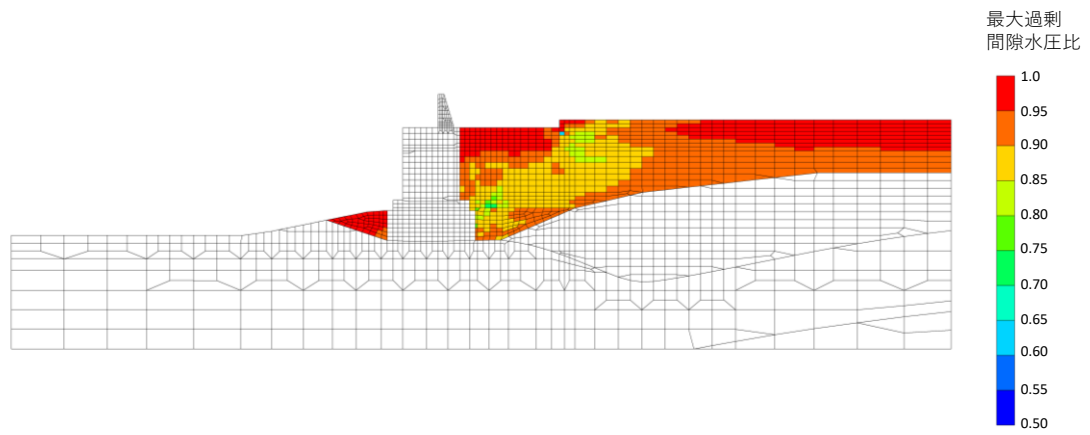


図 4.2.4-1(4) ②-②断面の過剰間隙水圧比最大値分布  
(解析ケース②,  $S_s - N1$  (++) )

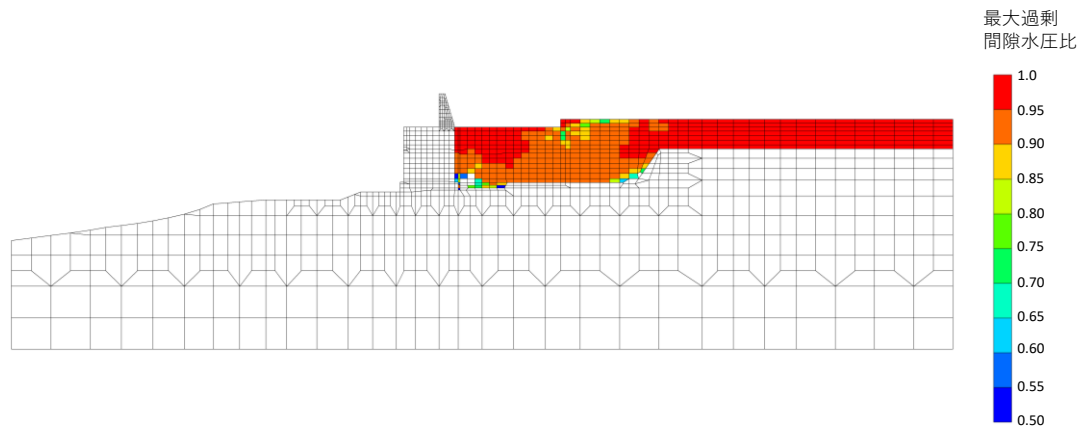


図 4.2.4-1(5) ③-③断面の過剰間隙水圧比最大値分布  
(解析ケース①,  $S_s - N1$  (++) )

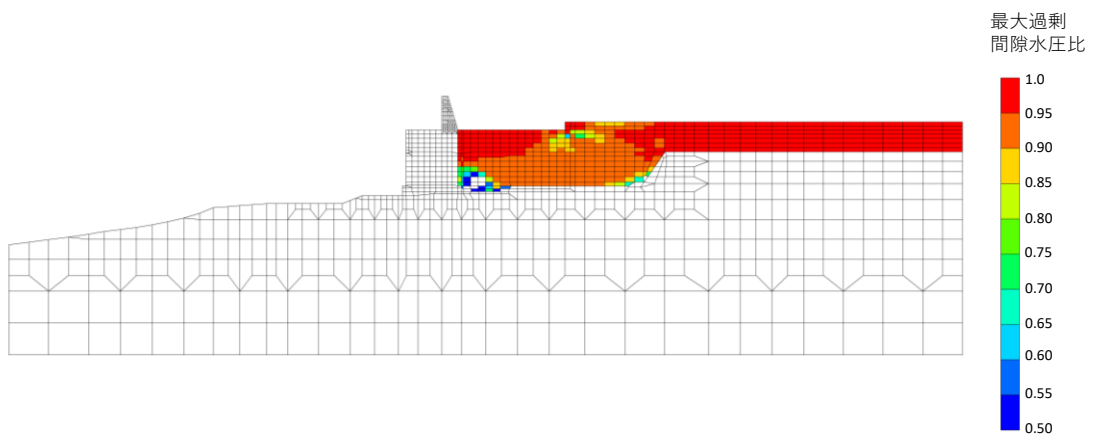


図 4.2.4-1(6) ③-③断面の過剰間隙水圧比最大値分布  
(解析ケース①,  $S_s - N1$  (-+) )

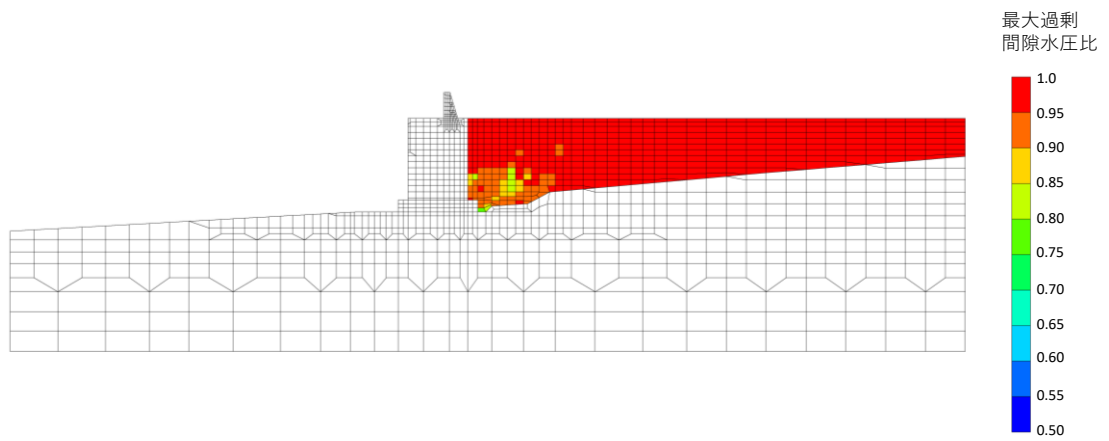


図 4.2.4-1(7) ④-④断面の過剰間隙水圧比最大値分布  
(解析ケース③,  $S_s - D (-+)$ )

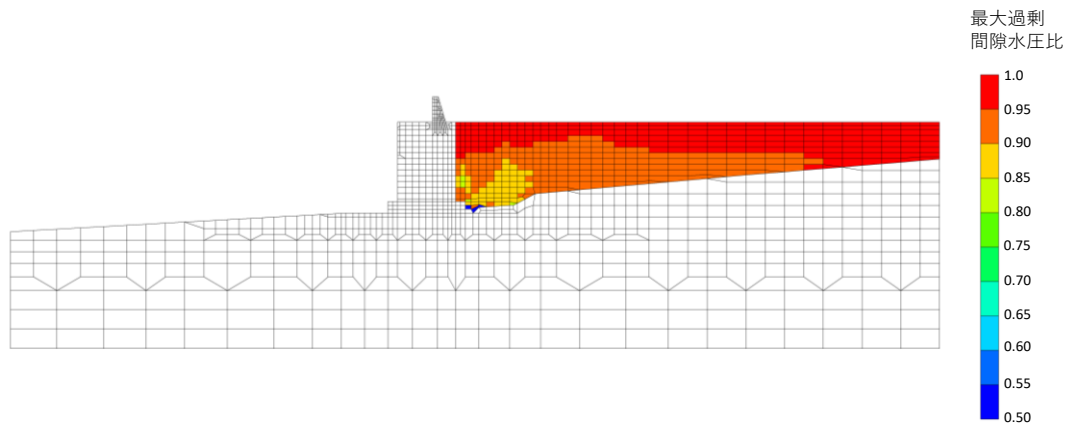


図 4.2.4-1(8) ④-④断面の過剰間隙水圧比最大値分布  
(解析ケース②,  $S_s - N1 (-+)$ )

#### 4.2.5 最大せん断ひずみ分布

地盤の最大せん断ひずみ分布を確認するため、重力擁壁、ケーソン及び基礎地盤の照査値のうち0.5を超える照査値で最大の照査値を示す解析ケースを表4.2.5-1に、最大の照査値を示す解析ケースにおける地震応答解析の最大せん断ひずみ分布図を図4.2.5-1に示す。

表 4.2.5-1(1) 最大照査値を示す解析ケースの一覧

断面	評価項目			
	重力擁壁			基礎地盤
	曲げ	せん断	H形鋼	
②-②断面	S s - D (-+) 解析ケース① 0.53 (曲げ引張)	全地震動において 0.5 以下	-	S s - D (++) 解析ケース② 0.72
③-③断面	S s - N 1 (++) 解析ケース① 0.84 (曲げ引張)	S s - N 1 (++) 解析ケース① 0.61	-	全地震動において 0.5 以下
④-④断面	S s - D (-+) 解析ケース③ 0.74 (曲げ引張)	S s - D (-+) 解析ケース③ 0.54	-	全地震動 において 0.5 以下



表 4.2.5-1(2) 最大照査値を示す解析ケースの一覧

断面	ケース		
	曲げ	せん断 (面外)	せん断 (面内)
②-②断面	S <sub>s</sub> -N1 (++) 解析ケース② 0.68 (曲げ引張)	全地震動において 0.5 以下	S <sub>s</sub> -D (++) 解析ケース① 0.53
③-③断面	S <sub>s</sub> -N1 (-+) 解析ケース① 0.95 (曲げ引張)	S <sub>s</sub> -N1 (-+) 解析ケース③* <sup>1</sup> 1.07 (0.65)	S <sub>s</sub> -N1 (-+) 解析ケース③* <sup>2</sup> 1.22 (0.27)
④-④断面	S <sub>s</sub> -N1 (-+) 解析ケース② 0.65 (曲げ引張)	S <sub>s</sub> -N1 (-+) 解析ケース② 0.69	S <sub>s</sub> -N1 (-+) 解析ケース② 0.81
⑤-⑤断面	—	—	—

注記\*1：括弧内 ( ) は「RC規準(1999年)」に基づき、短期許容せん断応力度 1.11 (N/mm<sup>2</sup>) を許容値とした場合の照査値を示す。

\*2：括弧内 ( ) は、3次元非線形構造解析による照査値を示す。

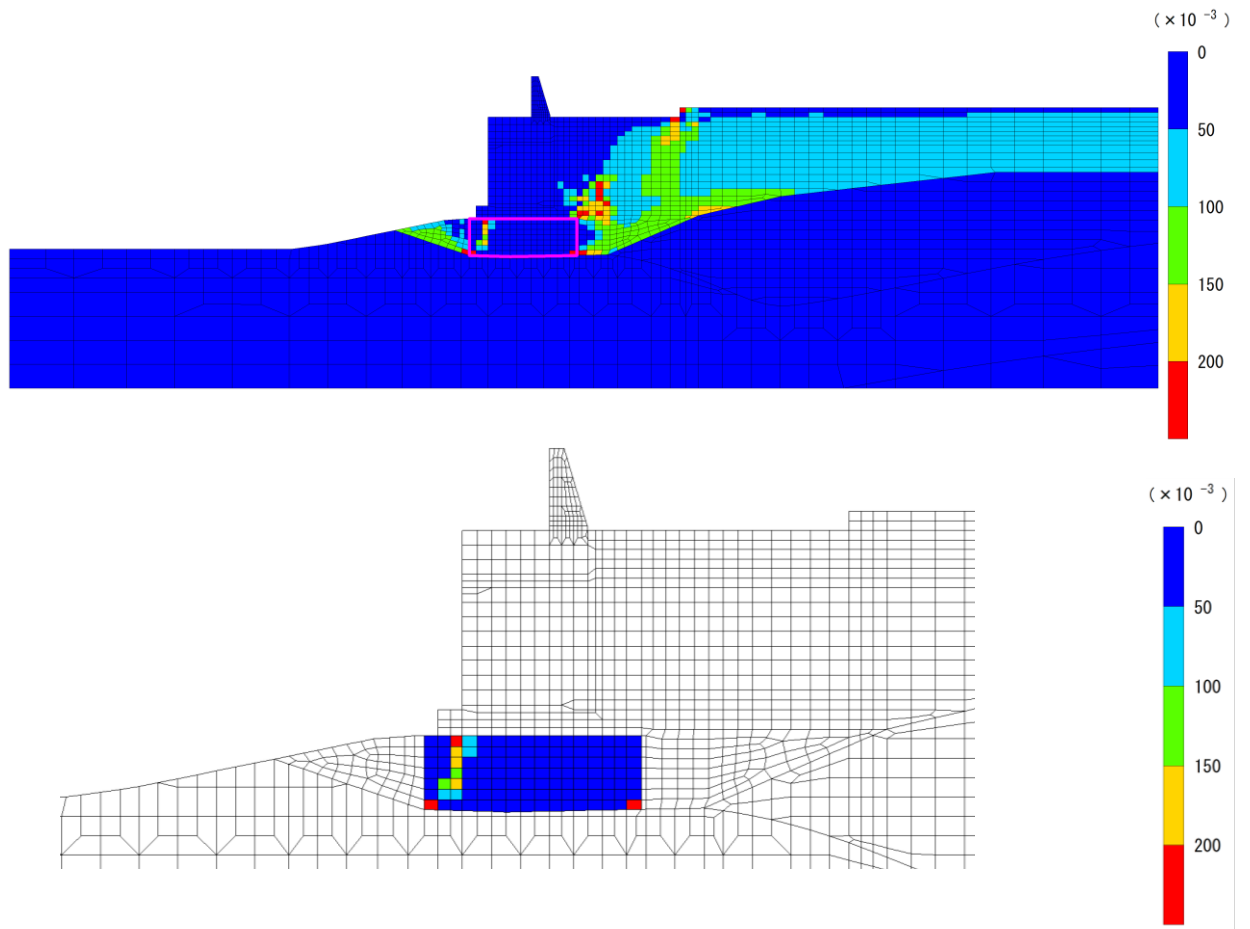


図 4.2.5-1(1) ②-②断面の最大せん断ひずみ分布図  
(解析ケース①,  $S_s - D(++)$ )

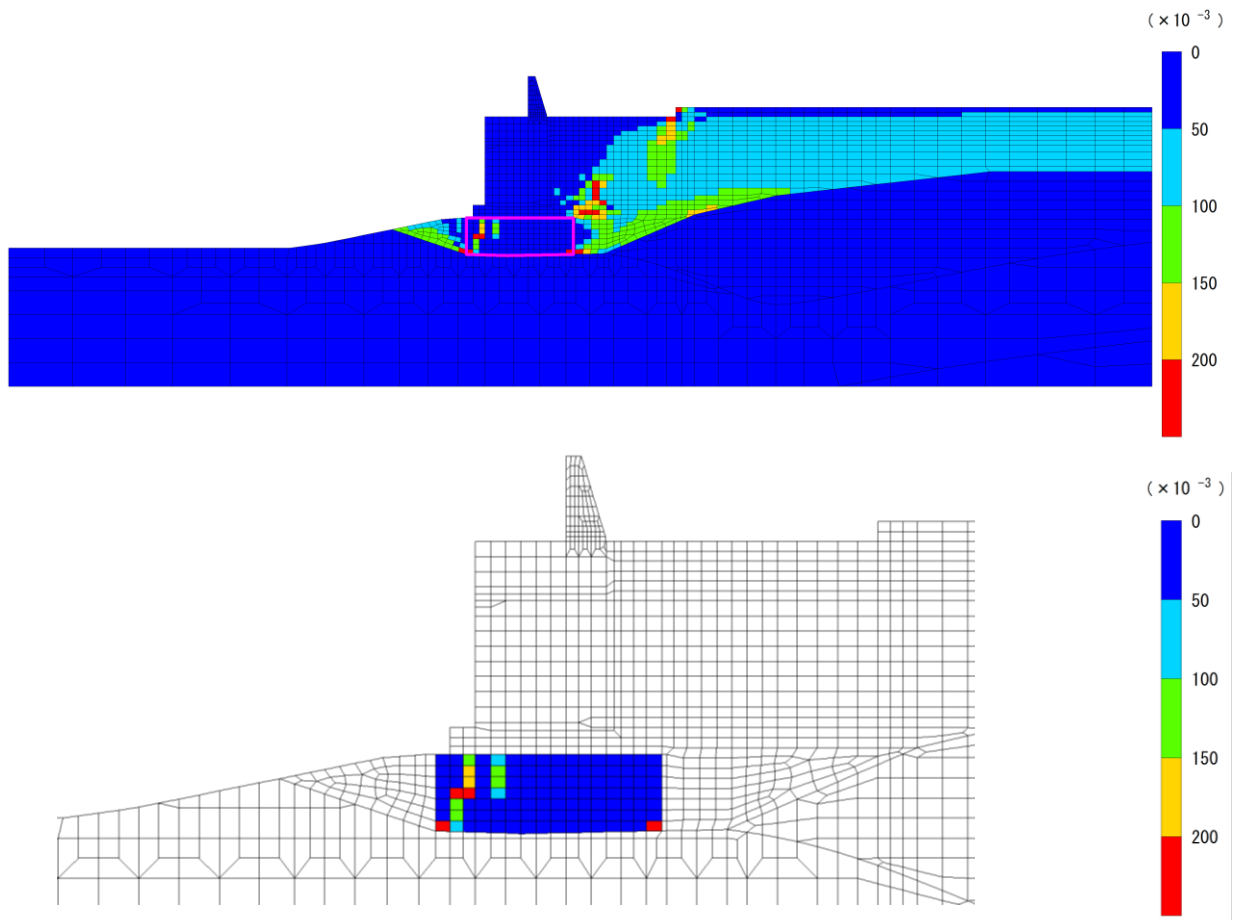


図 4.2.5-1(2) ②-②断面の最大せん断ひずみ分布図  
 (解析ケース②,  $S_s - D(++)$ )

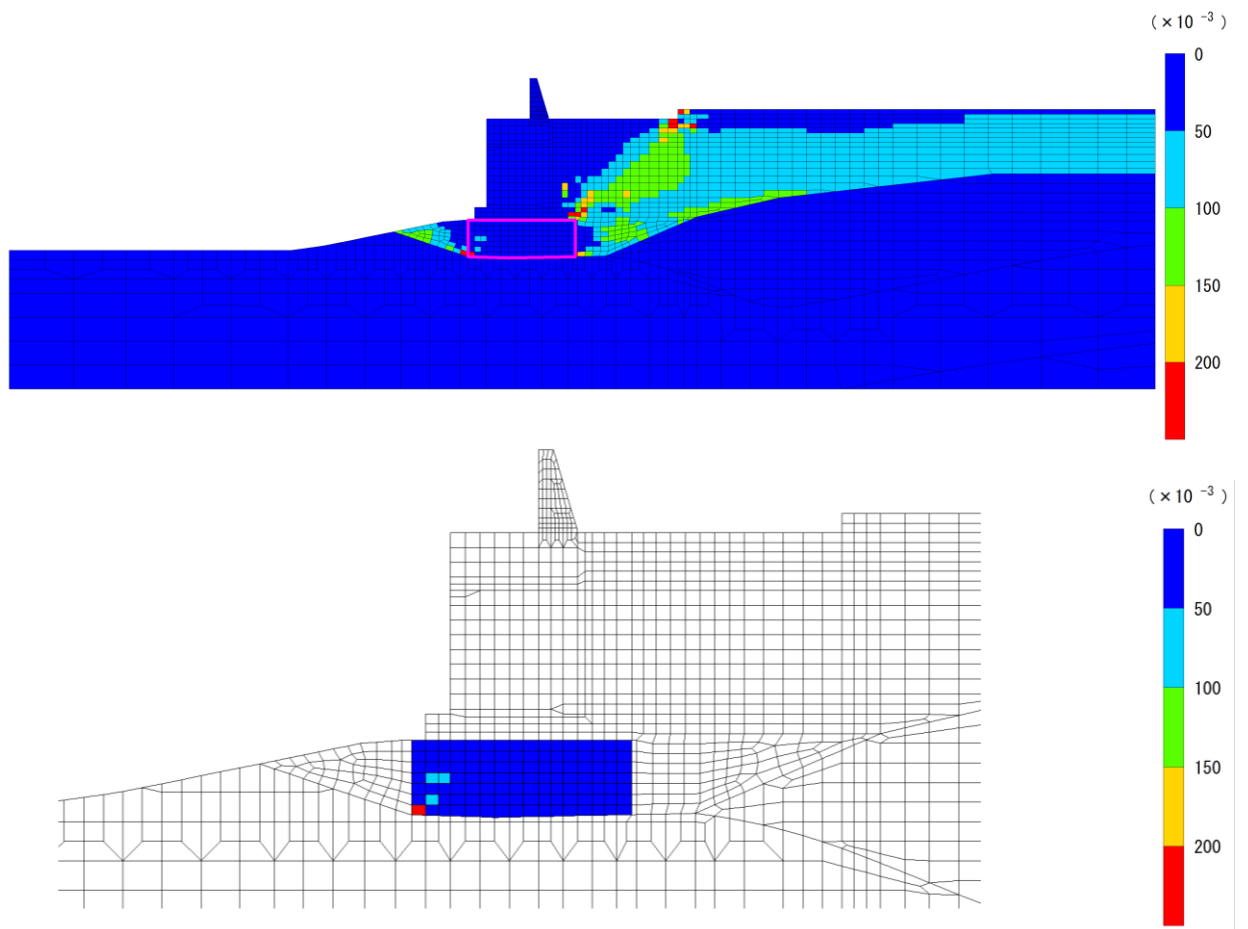


図 4.2.5-1(3) ②-②断面の最大せん断ひずみ分布図  
 (解析ケース①,  $S_s - D(-+)$ )

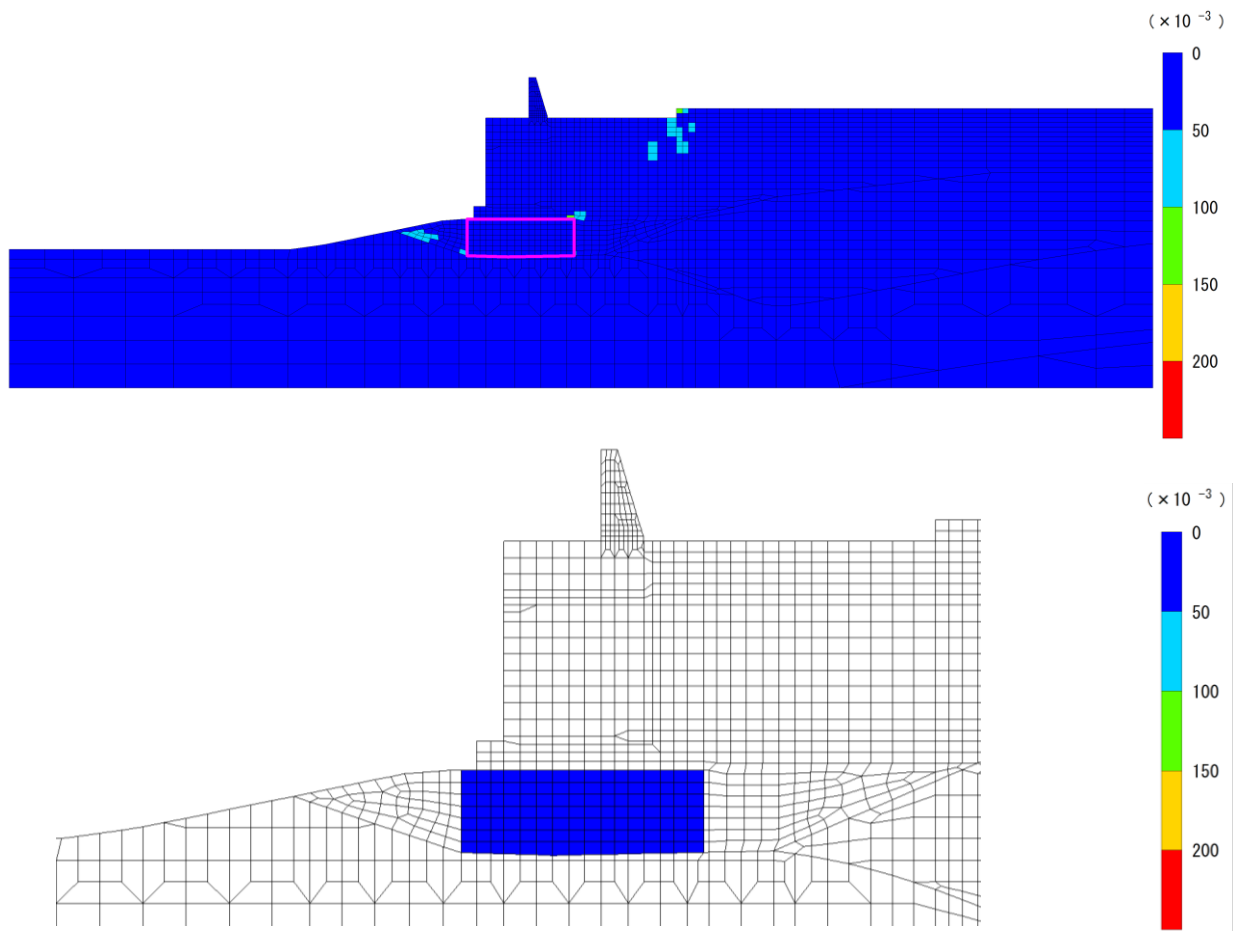


図 4.2.5-1(4) ②-②断面の最大せん断ひずみ分布図  
 (解析ケース②, S<sub>s</sub>-N1 (++) )

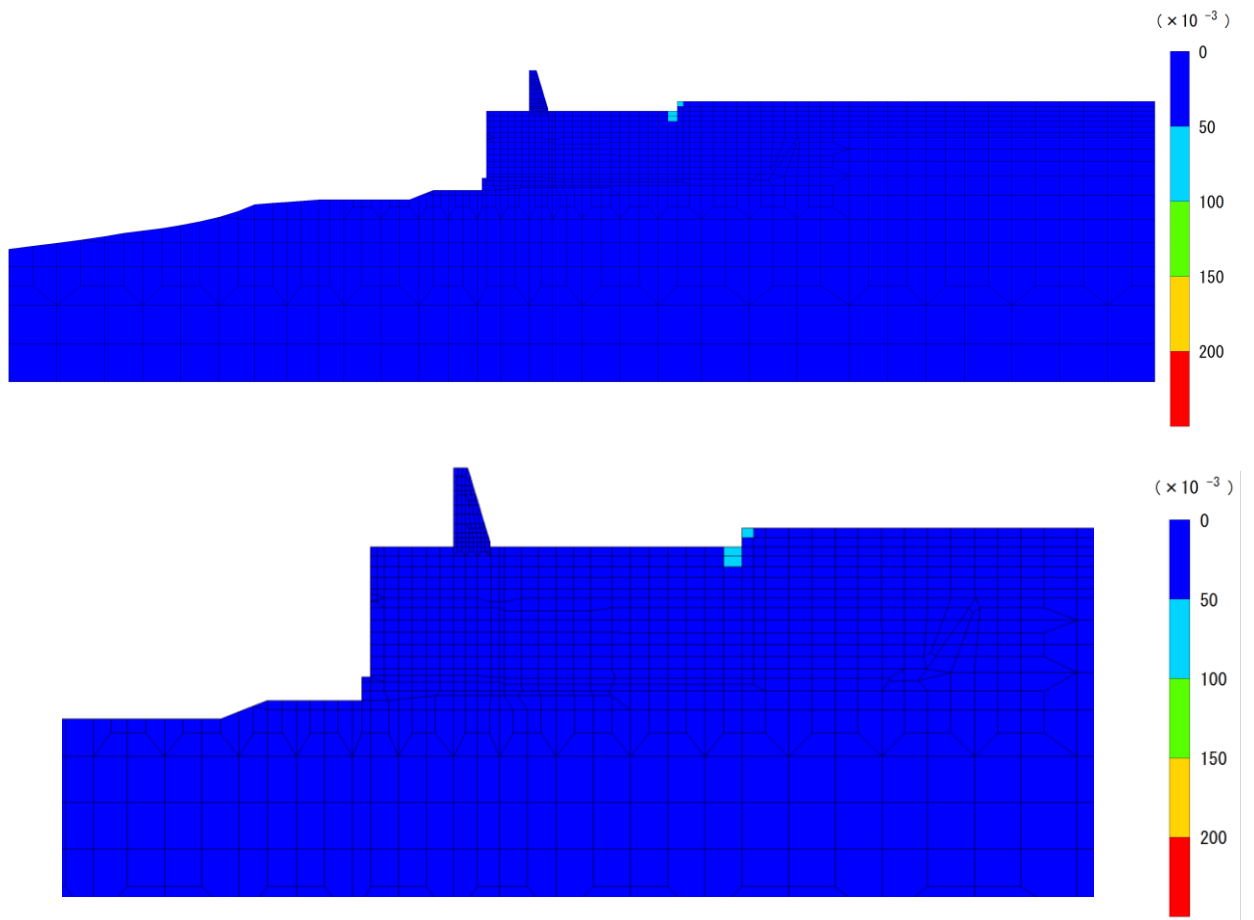


図 4.2.5-1(5) ③-③断面の最大せん断ひずみ分布図  
 (解析ケース①,  $S_s - N1$  (++) )

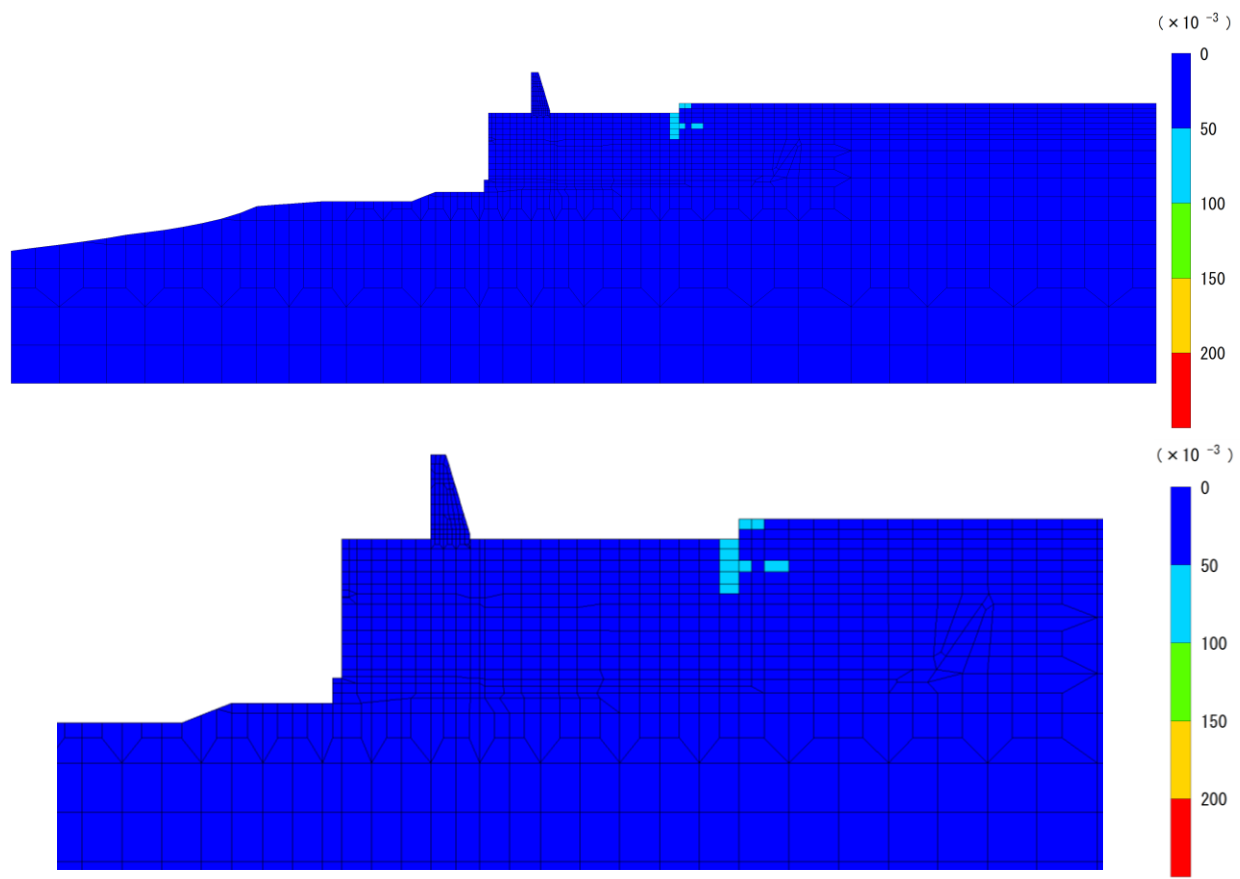


図 4.2.5-1(6) ③-③断面の最大せん断ひずみ分布図  
 (解析ケース①,  $S_s - N1 (-+)$ )

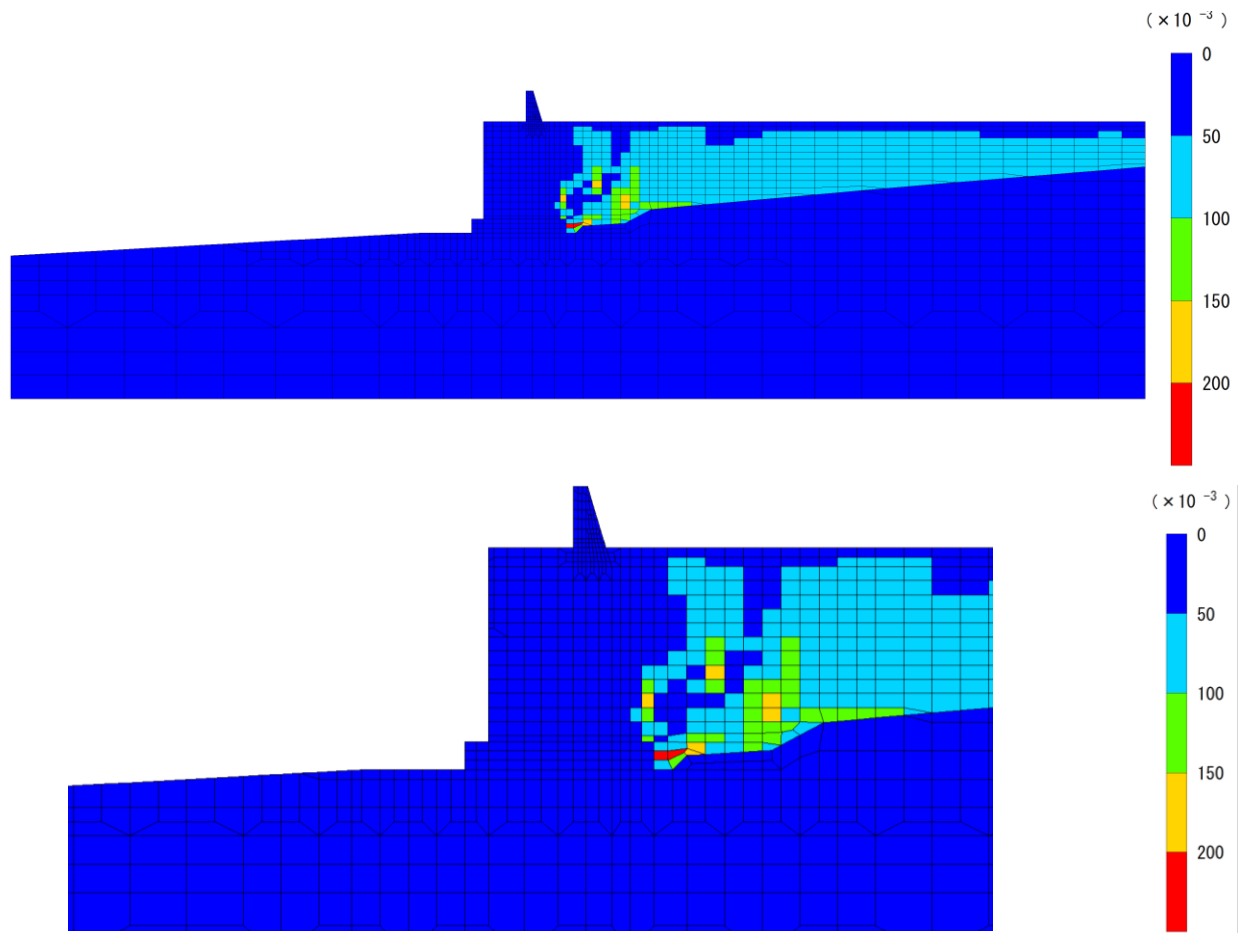


図 4.2.5-1(7) ④-④断面の最大せん断ひずみ分布図  
(解析ケース③,  $S_s - D(-+)$ )



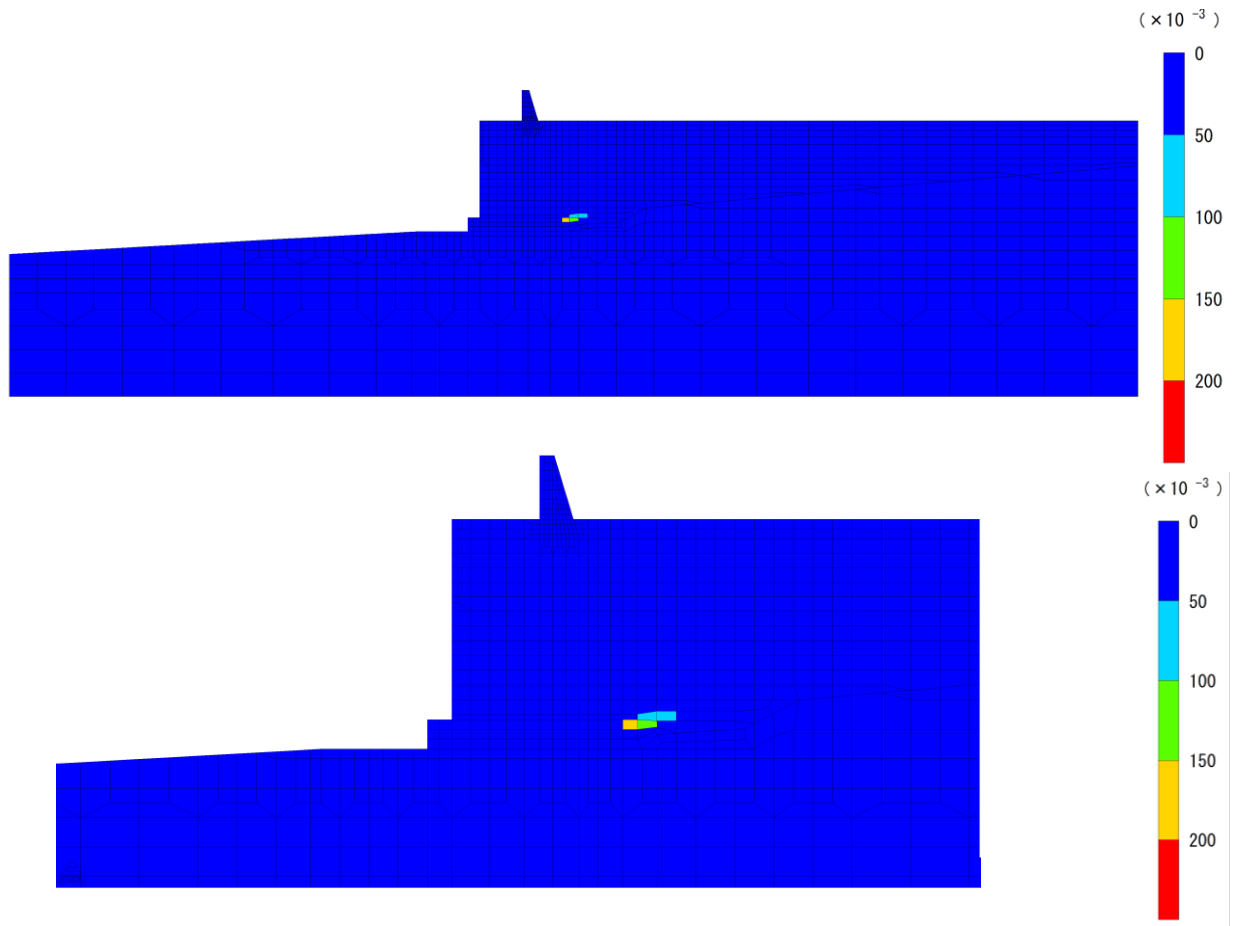


図 4.2.5-1(8) ④-④断面の最大せん断ひずみ分布図  
 (解析ケース②, S s - N 1 (-+))

#### 4.2.6 重力擁壁

##### (1) 曲げ・軸力系破壊に対する照査

重力擁壁のコンクリートの曲げ圧縮応力度に対する照査結果を表 4.2.6-1 に、鉄筋の曲げ引張応力度に対する照査結果を表 4.2.6-2 に示す。この結果から、重力擁壁のコンクリート及び鉄筋における発生応力度が許容限界以下であることを確認した。

表 4.2.6-1(1) コンクリートの曲げ圧縮応力度に対する照査における最大照査値  
(②-②断面, 重力擁壁)

解析 ケース	地震動		曲げモーメント Mmax (kN・m)	軸力 N(kN)	曲げ圧縮 応力度 $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{ca}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_c / \sigma_{ca}$
①	S s - D	(++)	4473	1090	3.1	13.5	0.24
		(-+)	5491	1367	3.9	13.5	0.29
		(+-)	4874	1252	3.4	13.5	0.26
		(--)	4885	1488	3.4	13.5	0.26
	S s - F 1	(++)	3422	1034	2.4	13.5	0.18
	S s - F 2	(++)	3457	767	2.4	13.5	0.19
	S s - N1	(++)	5062	1575	3.5	13.5	0.26
		(-+)	3478	1407	2.3	13.5	0.18
	S s - N 2 (NS)	(++)	4614	1137	3.2	13.5	0.24
		(-+)	3719	1545	2.5	13.5	0.19
	S s - N 2 (EW)	(++)	4351	1576	3.0	13.5	0.23
		(-+)	3961	1178	2.8	13.5	0.21
②	S s - D	(++)	4351	1067	3.1	13.5	0.23
		(-+)	4897	1310	3.4	13.5	0.26
	S s - N1	(++)	5031	1577	3.5	13.5	0.26
③	S s - D	(++)	4337	1069	3.1	13.5	0.23
		(-+)	4885	1488	3.4	13.5	0.26
	S s - N1	(++)	5088	1596	3.5	13.5	0.27

表 4.2.6-1(2) コンクリートの曲げ圧縮応力度に対する照査における最大照査値  
(③-③断面, 重力擁壁)

解析 ケース	地震動		曲げモーメント Mmax (kN・m)	軸力 N(kN)	曲げ圧縮 応力度 $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{ca}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_c / \sigma_{ca}$
①	S s - D	(++)	6624	1749	4.6	13.5	0.34
		(-+)	5976	1266	4.2	13.5	0.31
		(+-)	6847	1637	4.7	13.5	0.36
		(--)	6933	1539	4.8	13.5	0.36
	S s - F 1	(++)	3844	1025	2.7	13.5	0.20
	S s - F 2	(++)	4836	1290	3.3	13.5	0.25
	S s - N 1	(++)	8700	1979	6.0	13.5	0.45
		(-+)	7792	1623	5.4	13.5	0.41
	S s - N 2	(++)	4788	1028	3.3	13.5	0.25
	(NS)	(-+)	3703	1346	2.5	13.5	0.19
	S s - N 2 (EW)	(++)	7346	1484	5.1	13.5	0.38
		(-+)	6046	1312	4.2	13.5	0.32
②	S s - N 1	(++)	8668	1992	6.0	13.5	0.45
		(-+)	7891	1639	5.5	13.5	0.41
③	S s - N 1	(++)	8663	1957	6.0	13.5	0.45
		(-+)	7736	1609	5.4	13.5	0.40

表 4.2.6-1(3) コンクリートの曲げ圧縮応力度に対する照査における最大照査値  
 (④-④断面, 重力擁壁)

解析 ケース	地震動		曲げモーメント Mmax (kN・m)	軸力 N(kN)	曲げ圧縮 応力度 $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{ca}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_c / \sigma_{ca}$
①	S s - D	(++)	3435	1385	3.0	13.5	0.22
		(-+)	2846	837	2.5	13.5	0.19
		(+-)	4904	1540	4.3	13.5	0.32
		(--)	4065	1245	3.6	13.5	0.27
	S s - F 1	(++)	2473	1000	2.1	13.5	0.16
	S s - F 2	(++)	3059	1155	2.7	13.5	0.20
	S s - N 1	(++)	3492	1225	3.0	13.5	0.23
		(-+)	4137	1411	3.6	13.5	0.27
	S s - N 2	(++)	2374	1322	2.0	13.5	0.15
	(NS)	(-+)	2546	973	2.2	13.5	0.17
	S s - N 2 (EW)	(++)	3146	1085	2.7	13.5	0.21
		(-+)	2777	944	2.4	13.5	0.18
②	S s - D	(+-)	4868	1530	4.3	13.5	0.32
		(-+)	5405	1698	4.7	13.5	0.36
	S s - N 1	(-+)	4270	1387	3.7	13.5	0.28
③	S s - D	(+-)	4979	1560	4.4	13.5	0.33
		(-+)	5409	1266	4.8	13.5	0.36
	S s - N 1	(-+)	4101	1419	3.6	13.5	0.27

表 4.2.6-1(4) コンクリートの曲げ圧縮応力度に対する照査における最大照査値  
 (⑤-⑤断面, 重力擁壁)

解析 ケース	地震動		曲げモーメント Mmax (kN・m)	軸力 N(kN)	曲げ圧縮 応力度 $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{ca}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_c / \sigma_{ca}$	
①	S s - D	(++)	3836	1196	3.7	13.5	0.28	
		(-+)	3562	1283	3.4	13.5	0.26	
		(+-)	3847	1249	3.7	13.5	0.28	
		(--)	3527	1371	3.4	13.5	0.26	
	S s - F 1	(++)	3607	1312	3.5	13.5	0.26	
	S s - F 2	(++)	2847	1262	2.7	13.5	0.21	
	S s - N 1	(++)	2060	1211	1.9	13.5	0.14	
		(-+)	3131	1341	3.0	13.5	0.23	
	S s - N 2 (NS)	(++)	3516	1308	3.4	13.5	0.26	
		(-+)	2885	1226	2.7	13.5	0.21	
	S s - N 2 (EW)	(++)	2894	1235	2.8	13.5	0.21	
		(-+)	3855	1353	3.7	13.5	0.28	
	②	S s - D	(++)	3835	1196	3.7	13.5	0.28
	③	S s - D	(++)	3837	1196	3.7	13.5	0.28

表 4.2.6-2(1) 鉄筋の曲げ引張応力度に対する照査における最大照査値

(②-②断面, 重力擁壁)

解析 ケース	地震動		曲げモーメント Mmax (kN・m)	軸力 N(kN)	引張 応力度 $\sigma_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{sa}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_s / \sigma_{sa}$
①	S <sub>s</sub> -D	(++)	4473	1090	128	294	0.44
		(-+)	5491	1367	155	294	0.53
		(+-)	4874	1252	135	294	0.46
		(--)	4885	1488	120	294	0.41
	S <sub>s</sub> -F1	(++)	3422	1034	85	294	0.29
	S <sub>s</sub> -F2	(++)	3457	767	104	294	0.36
	S <sub>s</sub> -N1	(++)	5062	1575	123	294	0.42
		(-+)	3478	1407	65	294	0.23
	S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	4614	1137	131	294	0.45
		(-+)	3719	1545	67	294	0.23
	S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	4351	1576	92	294	0.32
		(-+)	3961	1178	100	294	0.34
②	S <sub>s</sub> -D	(++)	4351	1067	124	294	0.43
		(-+)	4897	1310	132	294	0.45
	S <sub>s</sub> -N1	(++)	5031	1577	121	294	0.42
③	S <sub>s</sub> -D	(++)	4337	1069	123	294	0.42
		(-+)	4885	1488	121	294	0.41
	S <sub>s</sub> -N1	(++)	5088	1596	123	294	0.42

表 4.2.6-2(2) 鉄筋の曲げ引張応力度に対する照査における最大照査値  
(③-③断面, 重力擁壁)

解析 ケース	地震動		曲げモーメント Mmax (kN・m)	軸力 N(kN)	引張 応力度 $\sigma_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{sa}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_s / \sigma_{sa}$
①	S s - D	(++)	6624	1749	171	294	0.59
		(-+)	5976	1266	174	294	0.60
		(+-)	6847	1637	188	294	0.64
		(--)	6933	1539	197	294	0.68
	S s - F 1	(++)	3844	1025	99	294	0.34
	S s - F 2	(++)	4836	1290	124	294	0.43
	S s - N 1	(++)	8700	1979	245	294	0.84
		(-+)	7792	1623	228	294	0.78
	S s - N 2	(++)	4788	1028	138	294	0.48
	(NS)	(-+)	3703	1346	74	294	0.26
	S s - N 2 (EW)	(++)	7346	1484	218	294	0.75
		(-+)	6046	1312	174	294	0.60
②	S s - N 1	(++)	8668	1992	242	294	0.83
		(-+)	7891	1639	232	294	0.79
③	S s - N 1	(++)	8663	1957	244	294	0.84
		(-+)	7736	1609	227	294	0.78

表 4.2.6-2(3) 鉄筋の曲げ引張応力度に対する照査における最大照査値

(④-④断面, 重力擁壁)

解析 ケース	地震動		曲げモーメント Mmax (kN・m)	軸力 N(kN)	引張 応力度 $\sigma_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{sa}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_s / \sigma_{sa}$
①	S <sub>s</sub> -D	(++)	3435	1385	93	294	0.32
		(-+)	2846	837	100	294	0.35
		(+-)	4904	1540	166	294	0.57
		(--)	4065	1245	140	294	0.48
	S <sub>s</sub> -F1	(++)	2473	1000	67	294	0.23
	S <sub>s</sub> -F2	(++)	3059	1155	89	294	0.31
	S <sub>s</sub> -N1	(++)	3492	1225	108	294	0.37
		(-+)	4137	1411	131	294	0.45
	S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	2374	1322	41	294	0.15
		(-+)	2546	973	73	294	0.25
	S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	3146	1085	99	294	0.34
		(-+)	2777	944	88	294	0.30
②	S <sub>s</sub> -D	(+-)	4868	1530	164	294	0.56
		(-+)	5405	1698	182	294	0.62
	S <sub>s</sub> -N1	(-+)	4270	1387	141	294	0.48
③	S <sub>s</sub> -D	(+-)	4979	1560	168	294	0.58
		(-+)	5409	1266	217	294	0.74
	S <sub>s</sub> -N1	(-+)	4101	1419	129	294	0.44



表 4.2.6-2(4) 鉄筋の曲げ引張応力度に対する照査における最大照査値  
 (⑤-⑤断面, 重力擁壁)

解析 ケース	地震動		曲げモーメント Mmax (kN・m)	軸力 N(kN)	引張 応力度 $\sigma_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{sa}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_s / \sigma_{sa}$
①	S s - D	(++)	3836	1196	145	294	0.50
		(-+)	3562	1283	121	294	0.42
		(+-)	3847	1249	142	294	0.49
		(--)	3527	1371	113	294	0.39
	S s - F 1	(++)	3607	1312	122	294	0.42
	S s - F 2	(++)	2847	1262	80	294	0.28
	S s - N 1	(++)	2060	1211	39	294	0.14
		(-+)	3131	1341	91	294	0.32
	S s - N 2 (NS)	(++)	3516	1308	117	294	0.40
		(-+)	2885	1226	85	294	0.29
	S s - N 2 (EW)	(++)	2894	1235	85	294	0.29
		(-+)	3855	1353	134	294	0.46
②	S s - D	(++)	3835	1196	145	294	0.50
③	S s - D	(++)	3837	1196	145	294	0.50

(2) せん断破壊に対する照査

重力擁壁におけるコンクリートのせん断破壊に対する照査結果を表 4.2.6-3 に示す。この結果から、重力擁壁のコンクリートにおける発生応力度が許容限界以下であることを確認した。

表 4.2.6-3(1) コンクリートのせん断破壊に対する照査における最大照査値  
(②-②断面, 重力擁壁)

解析 ケース	地震動		発生断面力	せん断 応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\tau_{a1}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c / \tau_{a1}$
			せん断力 Q (kN)			
①	S s - D	(++)	-754	0.19	0.64	0.31
		(-+)	-1038	0.27	0.64	0.42
		(+-)	865	0.22	0.64	0.35
		(--)	-1026	0.26	0.64	0.42
	S s - F 1	(++)	-682	0.17	0.64	0.28
	S s - F 2	(++)	-920	0.24	0.64	0.37
	S s - N 1	(++)	-1054	0.27	0.64	0.43
		(-+)	581	0.15	0.64	0.24
	S s - N 2	(++)	838	0.21	0.64	0.34
	(NS)	(-+)	-652	0.17	0.64	0.27
S s - N 2 (EW)	(++)	646	0.17	0.64	0.26	
	(-+)	667	0.17	0.64	0.27	
②	S s - D	(++)	-746	0.19	0.64	0.30
		(-+)	-1089	0.28	0.64	0.44
	S s - N 1	(++)	-1067	0.27	0.64	0.43
③	S s - D	(++)	-753	0.19	0.64	0.31
		(-+)	-1026	0.26	0.64	0.42
	S s - N 1	(++)	-1037	0.27	0.64	0.42

表 4.2.6-3(2) コンクリートのせん断破壊に対する照査における最大照査値

(③-③断面, 重力擁壁)

解析 ケース	地震動		発生断面力	せん断 応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\tau_{a1}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c / \tau_{a1}$
			せん断力 Q (kN)			
①	S s - D	(++)	1147	0.29	0.64	0.46
		(-+)	-1436	0.37	0.64	0.58
		(+-)	-1371	0.35	0.64	0.55
		(--)	-1456	0.37	0.64	0.59
	S s - F 1	(++)	-701	0.18	0.64	0.29
	S s - F 2	(++)	-874	0.22	0.64	0.35
	S s - N 1	(++)	1500	0.38	0.64	0.61
		(-+)	1315	0.34	0.64	0.53
	S s - N 2 (NS)	(++)	795	0.20	0.64	0.32
		(-+)	-848	0.22	0.64	0.34
	S s - N 2 (EW)	(++)	-1470	0.38	0.64	0.59
		(-+)	1009	0.26	0.64	0.41
②	S s - N 1	(++)	1492	0.38	0.64	0.60
		(-+)	1331	0.34	0.64	0.54
③	S s - N 1	(++)	1492	0.38	0.64	0.60
		(-+)	1331	0.34	0.64	0.54

表 4.2.6-3(3) コンクリートのせん断破壊に対する照査における最大照査値  
(④-④断面, 重力擁壁)

解析 ケース	地震動		発生断面力		せん断 応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\tau_{a1}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c / \tau_{a1}$
			せん断力 Q (kN)				
①	S <sub>s</sub> -D	(++)	-834	0.24	0.67	0.37	
		(-+)	1241	0.36	0.67	0.54	
		(+-)	989	0.29	0.67	0.43	
		(--)	775	0.22	0.67	0.34	
	S <sub>s</sub> -F1	(++)	455	0.13	0.67	0.20	
	S <sub>s</sub> -F2	(++)	-717	0.21	0.67	0.31	
	S <sub>s</sub> -N1	(++)	-1005	0.29	0.67	0.44	
		(-+)	-814	0.24	0.67	0.36	
	S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	-580	0.17	0.67	0.26	
		(-+)	-553	0.16	0.67	0.24	
	S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	-826	0.24	0.67	0.36	
		(-+)	-615	0.18	0.67	0.27	
②	S <sub>s</sub> -D	(+-)	-992	0.29	0.67	0.43	
		(-+)	1213	0.35	0.67	0.53	
	S <sub>s</sub> -N1	(-+)	-838	0.24	0.67	0.37	
③	S <sub>s</sub> -D	(+-)	991	0.29	0.67	0.43	
		(-+)	1249	0.36	0.67	0.54	
	S <sub>s</sub> -N1	(-+)	-816	0.24	0.67	0.36	

表 4.2.6-3(4) コンクリートのせん断破壊に対する照査における最大照査値  
 (⑤-⑤断面, 重力擁壁)

解析 ケース	地震動		発生断面力	せん断 応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\tau_{a1}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c / \tau_{a1}$
			せん断力 Q (kN)			
①	S s - D	(++)	769	0.25	0.67	0.43
		(-+)	749	0.24	0.67	0.42
		(+-)	761	0.25	0.67	0.43
		(--)	757	0.24	0.67	0.42
	S s - F 1	(++)	655	0.21	0.67	0.37
	S s - F 2	(++)	485	0.16	0.67	0.27
	S s - N 1	(++)	476	0.15	0.67	0.27
		(-+)	548	0.18	0.67	0.31
	S s - N 2 (NS)	(++)	575	0.19	0.67	0.32
		(-+)	491	0.16	0.67	0.28
	S s - N 2 (EW)	(++)	545	0.18	0.67	0.31
		(-+)	628	0.20	0.67	0.35
②	S s - D	(++)	769	0.25	0.67	0.43
③	S s - D	(++)	770	0.25	0.67	0.43

#### 4.2.7 H形鋼

H形鋼におけるせん断破壊に対する照査結果を表 4.2.7-1 に示す。この結果から、H形鋼における発生応力度が許容限界以下であることを確認した。

表 4.2.7-1 H形鋼のせん断破壊に対する実施ケースと照査値  
(⑤-⑤断面)

解析 ケース	地震動		発生断面力	せん断 応力度 $\tau_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\tau_{sa}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_s/\tau_{sa}$
			せん断力 Q (kN)			
①	S <sub>s</sub> -D	(++)	769	58	157	0.37
		(-+)	749	56	157	0.36
		(+-)	761	57	157	0.37
		(--)	757	57	157	0.37
	S <sub>s</sub> -F1	(++)	655	49	157	0.32
	S <sub>s</sub> -F2	(++)	485	36	157	0.24
	S <sub>s</sub> -N1	(++)	476	36	157	0.23
		(-+)	548	41	157	0.27
	S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	575	43	157	0.28
		(-+)	491	37	157	0.24
	S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	545	41	157	0.27
		(-+)	628	47	157	0.31
②	S <sub>s</sub> -D	(++)	769	58	157	0.37
③	S <sub>s</sub> -D	(++)	770	58	157	0.37

注記\* : H形鋼のせん断応力度は、H形鋼の配置を踏まえ、フランジ部の断面積を用いて算定する。

#### 4.2.8 MMR

MMRのすべり安全率に対する照査結果を表4.2.8-1に、MMRの最小すべり安全率時刻におけるすべり線及び局所安全係数分布を図4.2.8-1に示す。

この結果から、MMRのすべり安全率が1.2以上であることを確認した。

表4.2.8-1(1) MMRのすべり安全率評価結果  
(②-②断面)

解析 ケース	地震動		発生時刻(s)	最小すべり安全率
①	S <sub>s</sub> -D	(++)	60.00	7.62
		(-+)	34.35	9.47
		(+-)	9.91	9.74
		(--)	29.01	8.56
	S <sub>s</sub> -F1	(++)	8.10	15.13
	S <sub>s</sub> -F2	(++)	16.11	15.88
	S <sub>s</sub> -N1	(++)	7.65	11.40
		(-+)	7.63	8.68
	S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	26.49	17.54
		(-+)	25.25	15.40
	S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	26.36	13.78
		(-+)	26.89	17.45
②	S <sub>s</sub> -D	(++)	24.73	7.48
		(-+)	12.90	10.05
	S <sub>s</sub> -N1	(++)	7.65	11.48
③	S <sub>s</sub> -D	(++)	17.36	7.60
		(-+)	34.36	8.59
	S <sub>s</sub> -N1	(++)	7.65	12.38

表 4.2.8-1(2) MMR のすべり安全率評価結果  
(③-③断面)

解析 ケース	地震動		発生時刻 (s)	最小すべり安全率
①	S <sub>s</sub> -D	(++)	28.04	11.78
		(-+)	12.88	12.10
		(+-)	28.33	9.39
		(--)	29.18	11.25
	S <sub>s</sub> -F 1	(++)	8.88	19.69
	S <sub>s</sub> -F 2	(++)	16.09	11.95
	S <sub>s</sub> -N 1	(++)	8.26	8.59
		(-+)	7.54	12.34
	S <sub>s</sub> -N 2 (NS)	(++)	25.70	16.13
		(-+)	25.71	15.87
	S <sub>s</sub> -N 2 (EW)	(++)	26.52	8.68
		(-+)	26.20	12.76
②	S <sub>s</sub> -N 1	(++)	8.26	8.48
		(-+)	7.54	12.36
③	S <sub>s</sub> -N 1	(++)	8.26	8.96
		(-+)	7.54	12.34



表 4.2.8-1(3) MMR のすべり安全率評価結果  
(④-④断面)

解析 ケース	地震動		発生時刻 (s)	最小すべり安全率
①	S <sub>s</sub> -D	(++)	23.69	9.46
		(-+)	34.29	8.25
		(+-)	19.12	8.96
		(--)	10.27	7.53
	S <sub>s</sub> -F 1	(++)	9.31	12.43
	S <sub>s</sub> -F 2	(++)	16.12	11.20
	S <sub>s</sub> -N 1	(++)	7.63	13.35
		(-+)	7.62	7.32
	S <sub>s</sub> -N 2 (NS)	(++)	26.80	15.67
		(-+)	24.89	13.78
	S <sub>s</sub> -N 2 (EW)	(++)	25.49	13.52
		(-+)	24.88	15.05
②	S <sub>s</sub> -D	(-+)	34.29	8.23
		(+-)	19.13	8.98
	S <sub>s</sub> -N 1	(-+)	7.62	7.30
③	S <sub>s</sub> -D	(-+)	34.29	8.31
		(+-)	19.12	8.35
	S <sub>s</sub> -N 1	(-+)	7.62	7.34

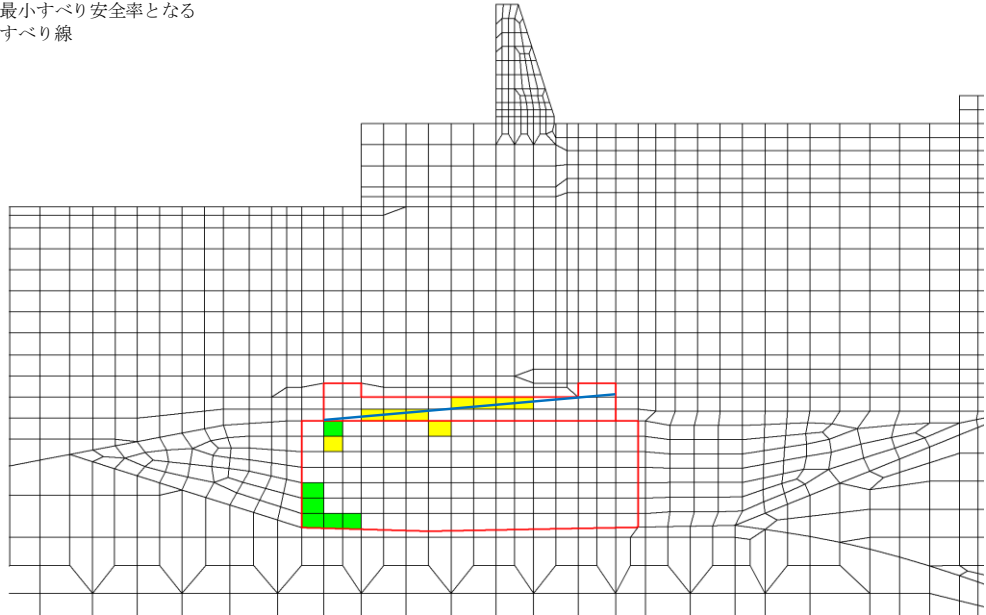
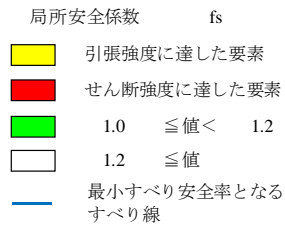


図 4.2.8-1(1) MMR の最小すべり安全率時刻におけるすべり線及び局所安全係数分布図  
 (②-②断面, S s - D (++) , t = 24.73 s , 解析ケース②)

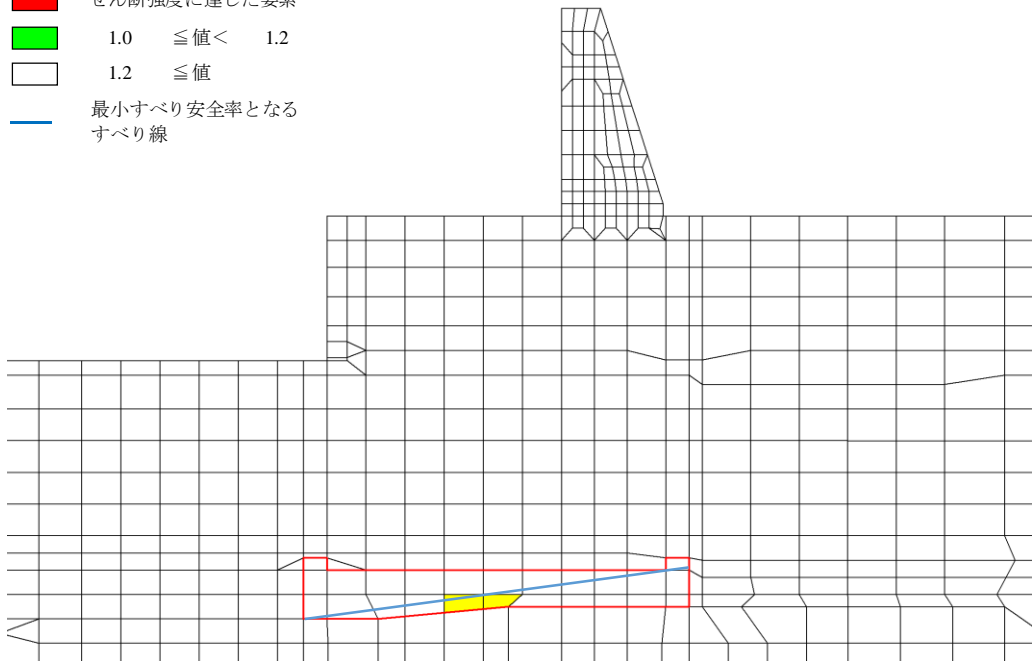
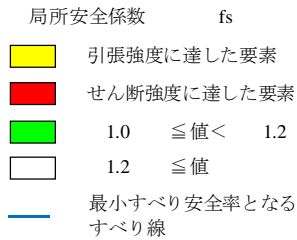


図 4.2.8-1(2) MMR の最小すべり安全率時刻におけるすべり線及び局所安全係数分布図  
 (③-③断面, S s - N 1 (++) , t = 8.26 s , 解析ケース②)

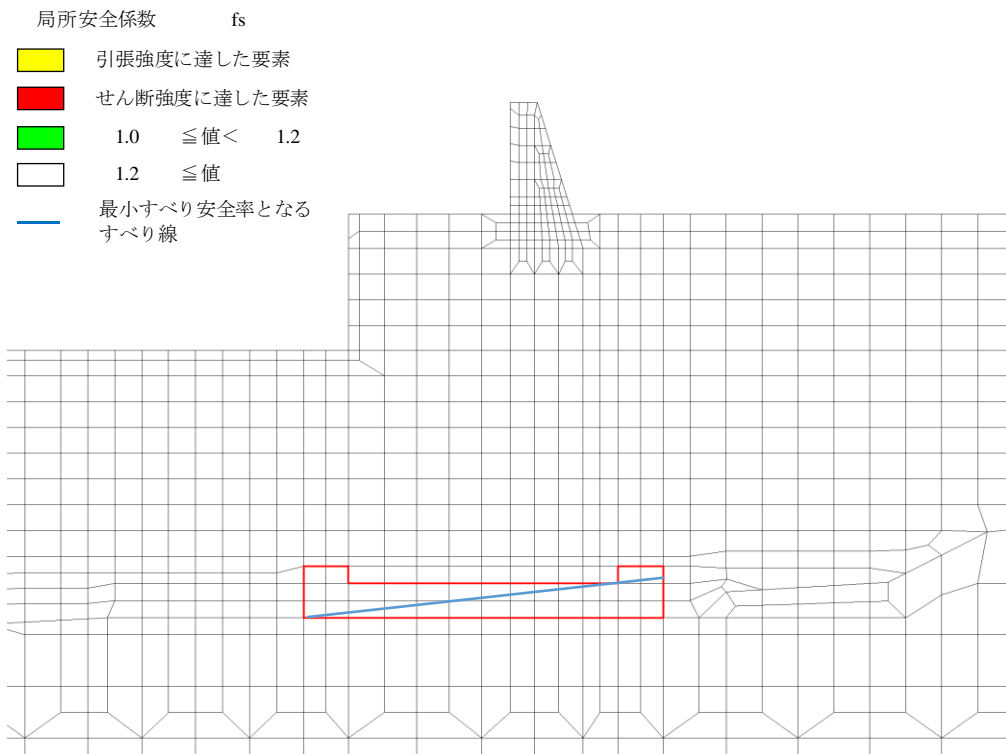


図 4.2.8-1(3) MMR の最小すべり安全率時刻におけるすべり線及び局所安全係数分布図  
 (④-④断面,  $S_s - N1 (-+)$ ,  $t = 7.62 \text{ s}$ , 解析ケース②)

#### 4.2.9 改良地盤⑥

改良地盤⑥のすべり安全率に対する照査の実施ケースと照査値を表4.2.9-1に、最小すべり安全率となる時刻におけるすべり線及び局所安全係数分布を図4.2.9-1に示す。この結果から、改良地盤⑥のすべり安全率が1.2以上であることを確認した。

表 4.2.9-1 改良地盤⑥のすべり安全率評価結果

(②-②断面)

解析 ケース	地震動		発生時刻(s)	最小すべり安全率
①	S <sub>s</sub> -D	(++)	17.80	2.59
		(-+)	10.43	2.63
		(+-)	13.83	2.57
		(--)	10.26	2.05
	S <sub>s</sub> -F1	(++)	8.10	3.50
	S <sub>s</sub> -F2	(++)	16.29	3.76
	S <sub>s</sub> -N1	(++)	8.45	2.93
		(-+)	7.62	2.86
	S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	27.33	3.87
		(-+)	25.52	3.74
	S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	26.36	3.67
		(-+)	24.82	3.96
②	S <sub>s</sub> -D	(++)	10.03	3.07
		(-+)	10.42	2.37
	S <sub>s</sub> -N1	(++)	8.45	3.03
③	S <sub>s</sub> -D	(++)	17.80	2.84
		(-+)	10.43	2.62
	S <sub>s</sub> -N1	(++)	8.45	2.92

- 局所安全係数  $f_s$
- 引張強度に達した要素
  - せん断強度に達した要素
  - $1.0 \leq \text{値} < 1.2$
  - $1.2 \leq \text{値}$
  - 最小すべり安全率となるすべり線

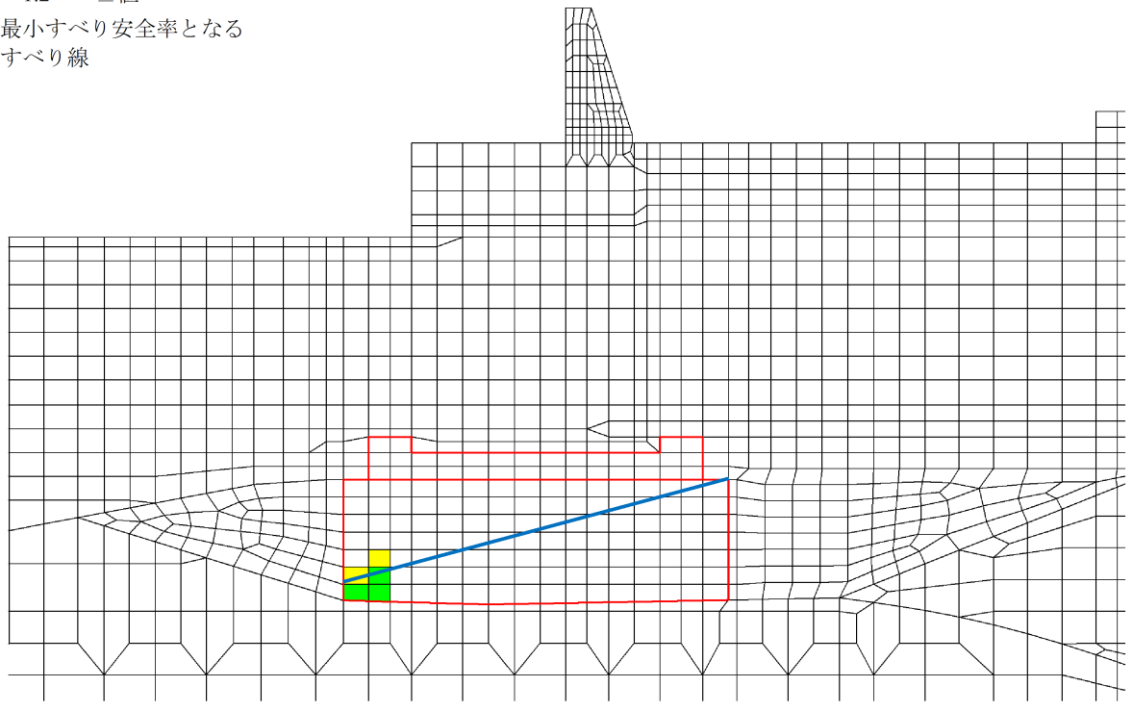


図 4.2.9-1 改良地盤⑥の最小すべり安全率時刻におけるすべり線  
及び局所安全係数分布  
(②-②断面,  $S_s - D$  (---),  $t = 10.26 \text{ s}$ , 解析ケース①)

#### 4.2.10 止水目地

地震時の止水目地の変形量に対する評価結果を表4.2.10-1及び表4.2.10-2に示す。この結果から、変形量が許容限界以下であることを確認した。

表 4.2.10-1(1) 地震時の止水目地の変形量 (②-②断面)

解析 ケース	地震動		防波壁天端変位量	
			横断方向 $\delta x$ (m)	鉛直方向 $\delta z$ (m)
①	S s - D	(++)	0.146	0.000
		(-+)	0.144	0.001
		(+-)	0.139	0.000
		(--)	0.119	0.001
	S s - F1	(++)	0.032	0.000
	S s - F2	(++)	0.049	0.000
	S s - N1	(++)	0.144	0.001
		(-+)	0.147	0.000
	S s - N2 (NS)	(++)	0.041	0.000
		(-+)	0.074	0.001
	S s - N2 (EW)	(++)	0.083	0.001
		(-+)	0.051	0.000
②	S s - D	(++)	0.143	0.000
	S s - N1	(++)	0.145	0.001
③	S s - D	(++)	0.143	0.000
	S s - N1	(++)	0.144	0.000

表 4.2.10-1(2) 地震時の止水目地の変形量 (③-③断面)

解析 ケース	地震動		防波壁天端変位量	
			横断方向 $\delta x$ (m)	鉛直方向 $\delta z$ (m)
①	S s - D	(++)	0.070	0.001
		(-+)	0.053	0.001
		(+-)	0.081	0.001
		(--)	0.097	0.001
	S s - F1	(++)	0.013	0.000
	S s - F2	(++)	0.040	0.001
	S s - N1	(++)	0.109	0.001
		(-+)	0.117	0.001
	S s - N2 (NS)	(++)	0.058	0.000
		(-+)	0.027	0.001
	S s - N2 (EW)	(++)	0.056	0.001
		(-+)	0.035	0.000
②	S s - N1	(++)	0.109	0.001
		(-+)	0.117	0.001
③	S s - N1	(++)	0.108	0.001
		(-+)	0.116	0.001

表 4.2.10-1(3) 地震時の止水目地の変形量 (④-④断面)

解析 ケース	地震動		防波壁天端変位量	
			横断方向 $\delta x$ (m)	鉛直方向 $\delta z$ (m)
①	S s - D	(++)	0.164	0.001
		(-+)	0.278	0.001
		(+-)	0.246	0.001
		(--)	0.140	0.001
	S s - F1	(++)	0.070	0.000
	S s - F2	(++)	0.062	0.000
	S s - N1	(++)	0.138	0.001
		(-+)	0.299	0.001
	S s - N2 (NS)	(++)	0.034	0.001
		(-+)	0.061	0.000
S s - N2 (EW)	(++)	0.089	0.001	
	(-+)	0.095	0.001	
②	S s - D	(-+)	0.273	0.001
		(+-)	0.252	0.001
	S s - N1	(-+)	0.299	0.001
③	S s - D	(-+)	0.278	0.001
		(+-)	0.249	0.001
	S s - N1	(-+)	0.299	0.001

0.299 : 止水目地の変形量に対する照査に使用する変位量



表 4.2.10-1(4) 地震時の止水目地の変形量 (⑤-⑤断面)

解析 ケース	地震動		防波壁天端変位量	
			横断方向 $\delta x$ (m)	鉛直方向 $\delta z$ (m)
①	S s - D	(++)	0.002	0.000
		(-+)	0.002	0.000
		(+-)	0.002	0.000
		(--)	0.002	0.000
	S s - F1	(++)	0.002	0.000
	S s - F2	(++)	0.001	0.000
	S s - N1	(++)	0.001	0.000
		(-+)	0.001	0.000
	S s - N2 (NS)	(++)	0.002	0.000
		(-+)	0.001	0.000
	S s - N2 (EW)	(++)	0.002	0.000
		(-+)	0.002	0.000
②	S s - D	(++)	0.002	0.000
③	S s - D	(++)	0.002	0.000

表 4.2.10-1(5) 地震時の止水目地の変形量 (⑦-⑦断面)

解析 ケース	地震動		防波壁天端変位量	
			縦断方向 $\delta y$ (m)	鉛直方向 $\delta z$ (m)
①	S s - D	(++)	0.046	0.049
		(-+)	0.021	0.053
		(+-)	0.058	0.041
		(--)	0.029	0.052
	S s - F1	(++)	0.002	0.010
	S s - F2	(++)	0.005	0.016
	S s - N1	(++)	0.029	0.079
		(-+)	0.015	0.082
	S s - N2 (NS)	(++)	0.006	0.019
		(-+)	0.004	0.016
	S s - N2 (EW)	(++)	0.013	0.041
		(-+)	0.006	0.024

  : 止水目地の変形量に対する照査に使用する変位量

表 4.2.10-2 止水目地の変形に対する評価結果

方向	地震動	解析 ケース	地震時相対変位量 (mm)	許容限界 (mm)
$\delta_x$ : ④-④断面 (横断方向)	S <sub>s</sub> -N1 (-+)	①	299.43	-
$\delta_y$ : ⑦-⑦断面 (縦断方向)	S <sub>s</sub> -D (+-)	①	58.28	-
$\delta_z$ : ⑦-⑦断面 (鉛直方向)	S <sub>s</sub> -N1 (-+)	①	81.97	-
合成方向 (3方向合成)	-	-	623.63	1,936

#### 4.2.11 基礎地盤

基礎地盤の支持性能評価結果を表 4.2.11-1 に示す。この結果から、防波壁（波返重力擁壁）の基礎地盤に生じる最大接地圧が極限支持力度又は支圧強度以下であることを確認した。

表 4.2.11-1(1) 基礎地盤の支持性能評価結果（②-②断面，MMR）

解析 ケース	地震動		最大接地圧 P (N/mm <sup>2</sup> )	支圧強度 P <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 P/P <sub>u</sub>
①	S <sub>s</sub> -D	(++)	2.3	24.0	0.10
		(-+)	2.6	24.0	0.11
		(+-)	2.8	24.0	0.12
		(--)	2.1	24.0	0.09
	S <sub>s</sub> -F1	(++)	1.2	24.0	0.06
	S <sub>s</sub> -F2	(++)	1.9	24.0	0.09
	S <sub>s</sub> -N1	(++)	2.4	24.0	0.11
		(-+)	1.5	24.0	0.07
	S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	1.1	24.0	0.05
		(-+)	1.1	24.0	0.05
	S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	1.4	24.0	0.06
		(-+)	1.1	24.0	0.05
②	S <sub>s</sub> -D	(++)	1.9	24.0	0.08
		(-+)	2.3	24.0	0.10
	S <sub>s</sub> -N1	(++)	2.4	24.0	0.11
③	S <sub>s</sub> -D	(++)	1.8	24.0	0.08
		(-+)	2.3	24.0	0.10
	S <sub>s</sub> -N1	(++)	2.5	24.0	0.11

表 4.2.11-1(2) 基礎地盤の支持性能評価結果 (②-②断面, 改良地盤⑥)

解析 ケース	地震動		最大接地圧 P (N/mm <sup>2</sup> )	極限支持力度 P <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 P/P <sub>u</sub>
①	S <sub>s</sub> -D	(++)	2.1	3.0	0.71
		(-+)	2.0	3.0	0.67
		(+-)	2.0	3.0	0.69
		(--)	2.1	3.0	0.70
	S <sub>s</sub> -F1	(++)	1.0	3.0	0.35
	S <sub>s</sub> -F2	(++)	1.0	3.0	0.35
	S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.9	3.0	0.29
		(-+)	1.4	3.0	0.47
	S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	1.2	3.0	0.40
		(-+)	1.2	3.0	0.41
	S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	1.3	3.0	0.44
		(-+)	1.4	3.0	0.46
②	S <sub>s</sub> -D	(++)	2.1	3.0	0.72
		(-+)	1.8	3.0	0.61
	S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.9	3.0	0.29
③	S <sub>s</sub> -D	(++)	2.1	3.0	0.72
		(-+)	1.9	3.0	0.64
	S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.9	3.0	0.29

表 4.2.11-1(3) 基礎地盤の支持性能評価結果 (②-②断面, 岩盤)

解析 ケース	地震動		最大接地圧 P (N/mm <sup>2</sup> )	極限支持力度 P <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 P/P <sub>u</sub>
①	S <sub>s</sub> -D	(++)	1.9	9.8	0.20
		(-+)	1.7	9.8	0.18
		(+-)	1.7	9.8	0.18
		(--)	2.0	9.8	0.21
	S <sub>s</sub> -F1	(++)	1.6	9.8	0.17
	S <sub>s</sub> -F2	(++)	1.1	9.8	0.12
	S <sub>s</sub> -N1	(++)	1.4	9.8	0.15
		(-+)	1.7	9.8	0.18
	S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	1.2	9.8	0.13
		(-+)	1.2	9.8	0.12
	S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	1.6	9.8	0.17
		(-+)	1.2	9.8	0.13
②	S <sub>s</sub> -D	(++)	1.8	9.8	0.19
		(-+)	1.7	9.8	0.18
	S <sub>s</sub> -N1	(++)	1.4	9.8	0.15
③	S <sub>s</sub> -D	(++)	1.9	9.8	0.19
		(-+)	1.8	9.8	0.19
	S <sub>s</sub> -N1	(++)	1.4	9.8	0.15

表 4.2.11-1(4) 基礎地盤の支持性能評価結果 (③-③断面, MMR)

解析 ケース	地震動		最大接地圧 P (N/mm <sup>2</sup> )	支圧強度 P <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 P/P <sub>u</sub>
①	S <sub>s</sub> -D	(++)	1.3	24.0	0.06
		(-+)	0.9	24.0	0.04
		(+-)	1.1	24.0	0.05
		(--)	1.2	24.0	0.05
	S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.7	24.0	0.04
	S <sub>s</sub> -F2	(++)	1.1	24.0	0.05
	S <sub>s</sub> -N1	(++)	1.7	24.0	0.08
		(-+)	1.2	24.0	0.05
	S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.7	24.0	0.04
		(-+)	0.7	24.0	0.03
	S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	1.4	24.0	0.06
		(-+)	0.8	24.0	0.04
②	S <sub>s</sub> -N1	(++)	1.7	24.0	0.08
		(-+)	1.2	24.0	0.05
③	S <sub>s</sub> -N1	(++)	1.7	24.0	0.08
		(-+)	1.2	24.0	0.05

表 4.2.11-1(5) 基礎地盤の支持性能評価結果 (③-③断面, 岩盤)

解析 ケース	地震動		最大接地圧 P (N/mm <sup>2</sup> )	極限支持力度 P <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 P/P <sub>u</sub>
①	S <sub>s</sub> -D	(++)	2.7	9.8	0.28
		(-+)	1.9	9.8	0.19
		(+-)	2.5	9.8	0.26
		(--)	2.3	9.8	0.24
	S <sub>s</sub> -F1	(++)	1.2	9.8	0.13
	S <sub>s</sub> -F2	(++)	1.9	9.8	0.20
	S <sub>s</sub> -N1	(++)	2.3	9.8	0.24
		(-+)	2.8	9.8	0.29
	S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	1.6	9.8	0.17
		(-+)	1.4	9.8	0.15
	S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	2.1	9.8	0.22
		(-+)	1.7	9.8	0.18
②	S <sub>s</sub> -N1	(++)	2.3	9.8	0.24
		(-+)	2.8	9.8	0.29
③	S <sub>s</sub> -N1	(++)	2.3	9.8	0.24
		(-+)	2.8	9.8	0.29



表 4.2.11-1(6) 基礎地盤の支持性能評価結果 (④-④断面, MMR)

解析 ケース	地震動		最大接地圧 P (N/mm <sup>2</sup> )	支圧強度 P <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 P/P <sub>u</sub>
①	S <sub>s</sub> -D	(++)	1.7	24.0	0.08
		(-+)	2.8	24.0	0.12
		(+-)	1.9	24.0	0.08
		(--)	2.1	24.0	0.09
	S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.8	24.0	0.04
	S <sub>s</sub> -F2	(++)	1.2	24.0	0.06
	S <sub>s</sub> -N1	(++)	2.0	24.0	0.09
		(-+)	2.1	24.0	0.09
	S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	1.0	24.0	0.05
		(-+)	1.3	24.0	0.06
	S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	1.3	24.0	0.06
		(-+)	1.5	24.0	0.07
②	S <sub>s</sub> -D	(-+)	2.8	24.0	0.12
		(+-)	1.9	24.0	0.09
	S <sub>s</sub> -N1	(-+)	2.1	24.0	0.09
③	S <sub>s</sub> -D	(-+)	2.8	24.0	0.12
		(+-)	1.9	24.0	0.08
	S <sub>s</sub> -N1	(-+)	2.1	24.0	0.08

表 4.2.11-1(7) 基礎地盤の支持性能評価結果 (④-④断面, 岩盤)

解析 ケース	地震動		最大接地圧 P (N/mm <sup>2</sup> )	極限支持力度 P <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 P/P <sub>u</sub>
①	S <sub>s</sub> -D	(++)	2.2	9.8	0.23
		(-+)	2.3	9.8	0.24
		(+-)	2.3	9.8	0.24
		(--)	2.9	9.8	0.30
	S <sub>s</sub> -F1	(++)	1.5	9.8	0.16
	S <sub>s</sub> -F2	(++)	1.6	9.8	0.17
	S <sub>s</sub> -N1	(++)	1.7	9.8	0.18
		(-+)	2.8	9.8	0.29
	S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	1.3	9.8	0.14
		(-+)	1.4	9.8	0.14
	S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	1.4	9.8	0.15
		(-+)	1.5	9.8	0.16
②	S <sub>s</sub> -D	(-+)	2.4	9.8	0.25
		(+-)	2.3	9.8	0.24
	S <sub>s</sub> -N1	(-+)	2.8	9.8	0.24
③	S <sub>s</sub> -D	(-+)	2.3	9.8	0.24
		(+-)	2.3	9.8	0.24
	S <sub>s</sub> -N1	(-+)	2.8	9.8	0.24

表 4.2.11-1(8) 基礎地盤の支持性能評価結果 (⑤-⑤断面, 岩盤)

解析 ケース	地震動		最大接地圧 P (N/mm <sup>2</sup> )	極限支持力度 P <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 P/P <sub>u</sub>
①	S <sub>s</sub> -D	(++)	1.9	9.8	0.20
		(-+)	1.8	9.8	0.19
		(+-)	1.9	9.8	0.20
		(--)	1.8	9.8	0.19
	S <sub>s</sub> -F1	(++)	1.8	9.8	0.19
	S <sub>s</sub> -F2	(++)	1.5	9.8	0.16
	S <sub>s</sub> -N1	(++)	1.2	9.8	0.13
		(-+)	1.6	9.8	0.17
	S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	1.8	9.8	0.19
		(-+)	1.5	9.8	0.16
	S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	1.5	9.8	0.16
		(-+)	1.9	9.8	0.20
②	S <sub>s</sub> -D	(++)	1.8	9.8	0.20
③	S <sub>s</sub> -D	(++)	1.8	9.8	0.20

基礎地盤の支持性能評価において、各解析ケースのうち最も厳しい照査値となる解析ケースの支持地盤の接地圧分布図を図 4.2.11-1～図 4.2.11-4 に示す。

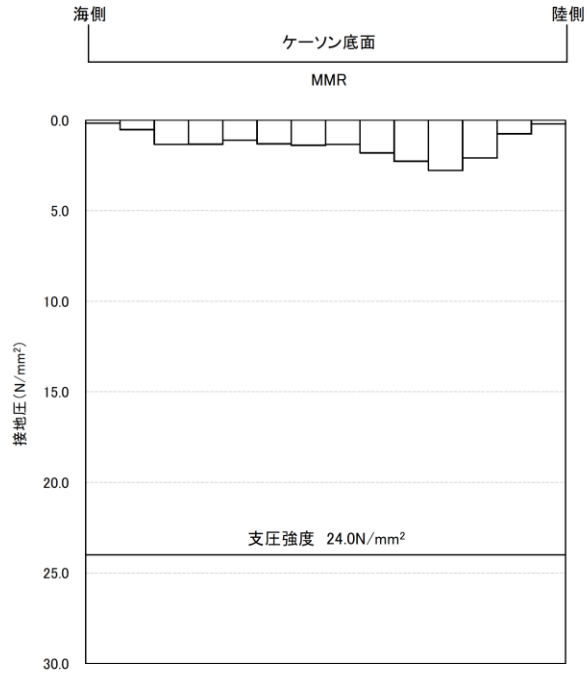


図 4.2.11-1(1) 支持地盤の接地圧分布図 (②-②断面, MMR)  
 (S<sub>s</sub>-D(+))  
 解析ケース①: 基本ケース

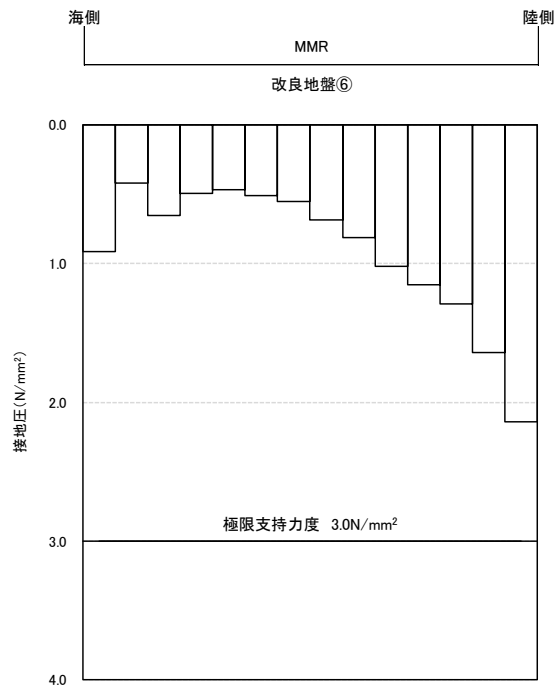


図 4.2.11-1(2) 支持地盤の接地圧分布図 (②-②断面, 改良地盤⑥)  
(S<sub>s</sub>-D(++))

解析ケース②：地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース (平均値 + 1σ)

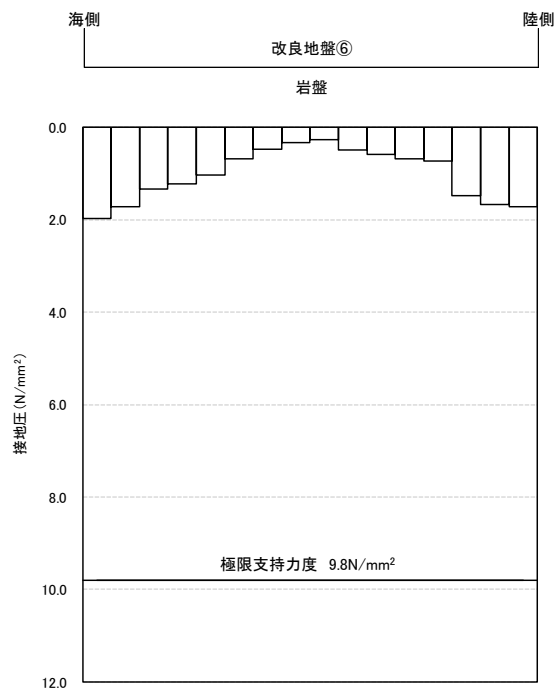


図 4.2.11-1(3) 支持地盤の接地圧分布図 (②-②断面, 岩盤)  
(S<sub>s</sub>-D(--))

解析ケース①：基本ケース

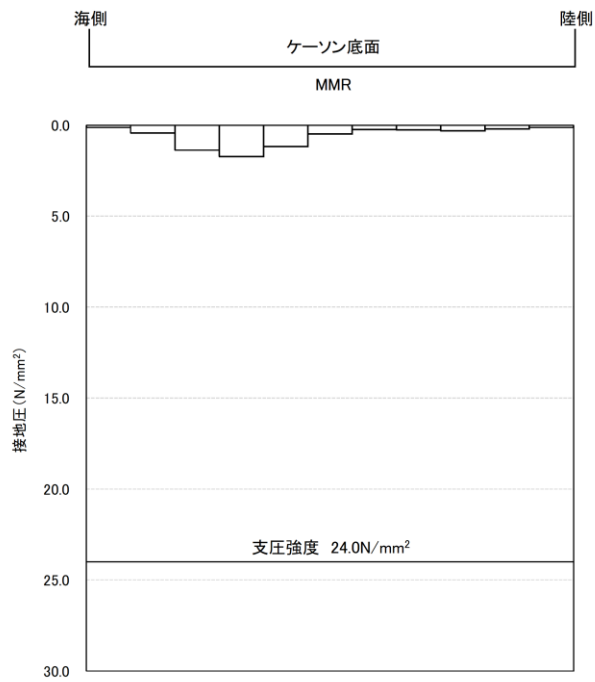


図 4.2.11-2(1) 支持地盤の接地圧分布図 (③-③断面, MMR)  
(S<sub>s</sub>-N1(++))

解析ケース③：地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース (平均値-1σ)

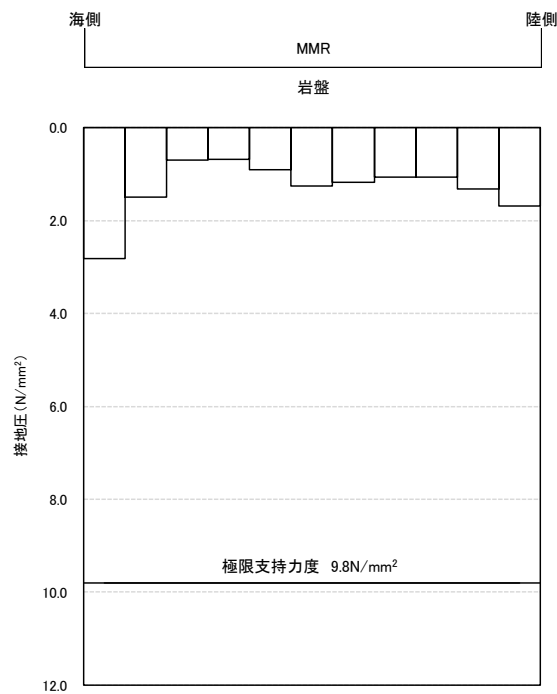


図 4.2.11-2(2) 支持地盤の接地圧分布図 (③-③断面, 岩盤)  
(S<sub>s</sub>-N1(-+))

解析ケース①：基本ケース

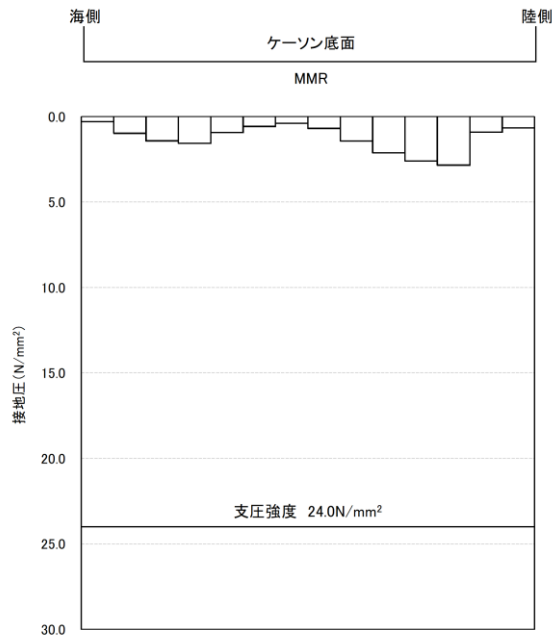


図 4.2.11-3(1) 支持地盤の接地圧分布図 (④-④断面, MMR)  
(S s - D (-+))

解析ケース③：地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース (平均値 - 1σ)

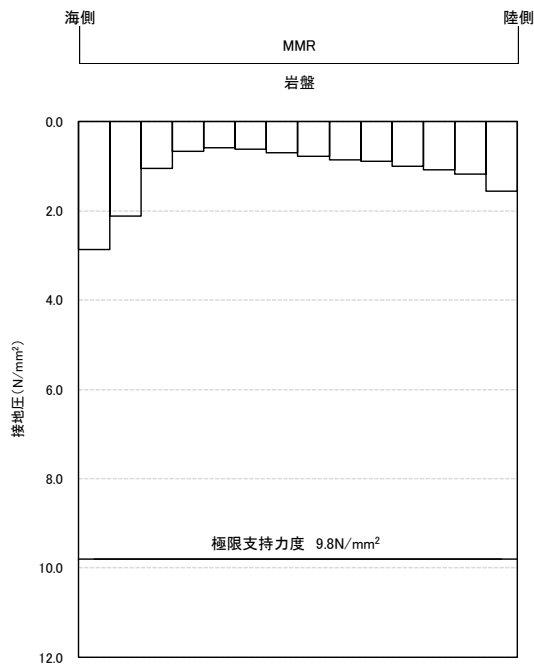


図 4.2.11-3(2) 支持地盤の接地圧分布図 (④-④断面, 岩盤)  
(S s - D (--) )

解析ケース①：基本ケース

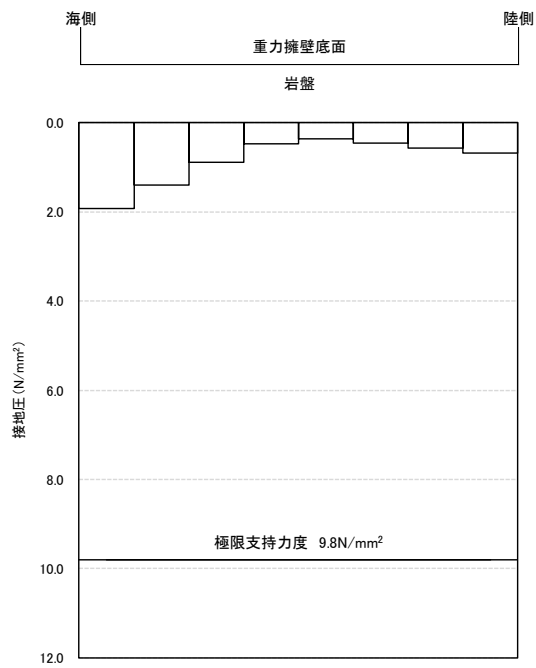


図 4.2.11-4 支持地盤の接地圧分布図 (⑤-⑤断面, 岩盤)  
 (S s - N 2 (E W) (-+))  
 解析ケース①: 基本ケース



## 5. 3次元構造解析

### 5.1 耐震評価の概要

#### 5.1.1 解析方法

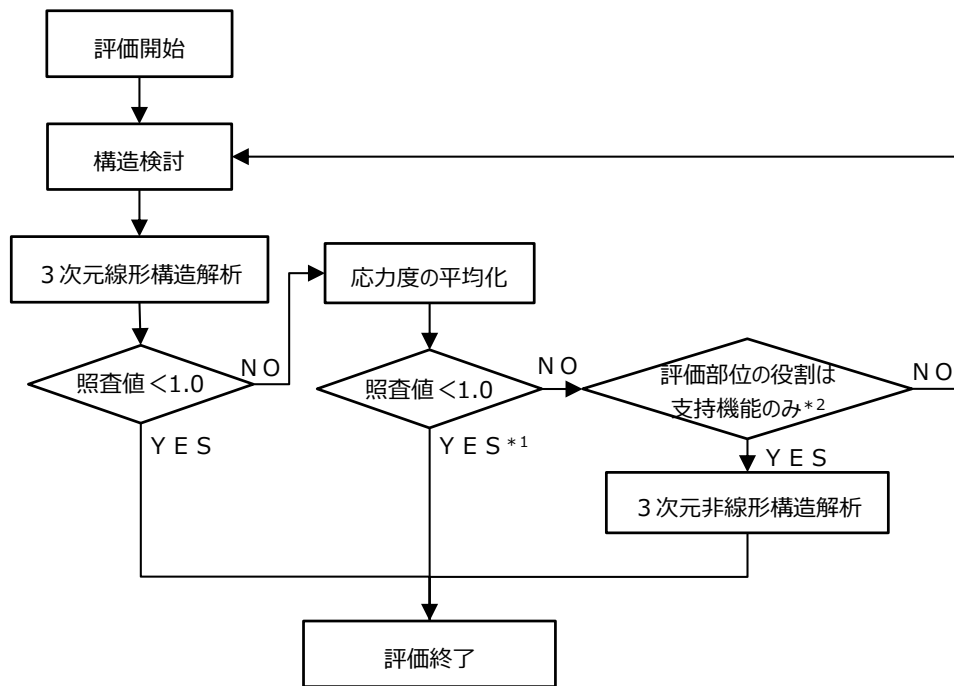
防波壁（波返重力擁壁）のうちケーソンは、複数の隔壁を有しており、その影響を考慮する必要があることから、3次元構造解析により耐震評価を行う。

3次元構造解析には、解析コード「FINAS/STAR」を用いる。なお、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3次元構造解析は、常時応力解析を行い、そのうえで地震時応力解析を行う。地震時応力解析においては、構造的特徴を踏まえ、損傷モードごと及び部材ごとに評価が厳しくなる時刻を選定のうえ、当該時刻における地震時応答から荷重を設定し、ケーソンの耐震評価を実施する。

ケーソン並びに放水路ケーソンのうち頂版、側壁及び底版は、重力擁壁を支持する機能及び遮水性を保持する機能を有する必要があることから、ケーソンがおおむね弾性状態にとどまることを確認するために、3次元線形構造解析による耐震評価を行う。3次元線形構造解析の結果、「コンクリート標準示方書（2002）」に基づく許容限界を超える場合においては、発生応力度の平均化を実施し、評価を行う。発生応力度の平均化実施後においても、「コンクリート標準示方書（2002）」に基づく許容限界を超える場合は、許容限界を超える範囲が局所的であることを確認し、部材全体としての機能維持されていることの確認を行う。また、参考に「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（（社）日本建築学会，1999年）」（以下「RC規準（1999）」という。）に基づく短期許容応力度以下であることの確認を行う。

放水路ケーソンのうち隔壁は、重力擁壁を支持する機能を有する必要があることから、構造強度を有することを確認するために、3次元線形構造解析を行い、発生応力度の平均化実施後においても、許容限界を超える場合は、3次元非線形構造解析による耐震評価を行う。評価フローを図5.1.1-1に示す。



注記 \* 1 : 照査値  $\geq 1.0$  となる場合は、その範囲が局所的であることから機能維持に影響がないことを確認する。また、参考に発生応力度が「鉄筋コンクリート構造計算規準（1999）」の短期許容応力度以下であることを確認する。

\* 2 : 放水路ケーソンのうち隔壁が対象。

図 5.1.1-1 ケーソンの評価フロー図

## 5.1.2 解析モデル及び諸元

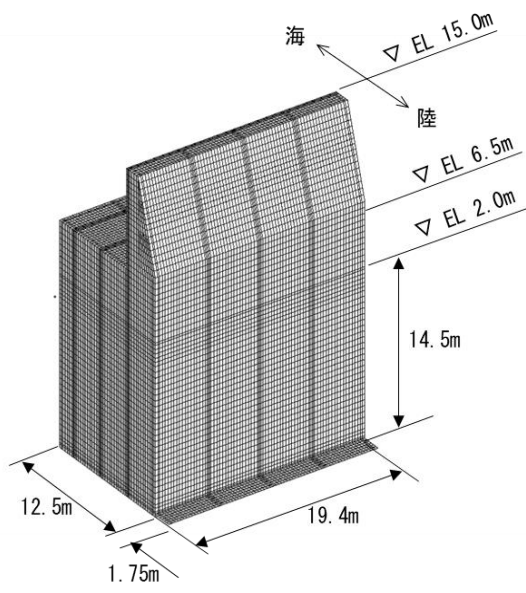
### (1) 構造物のモデル化

#### a. ②-②断面及び④-④断面

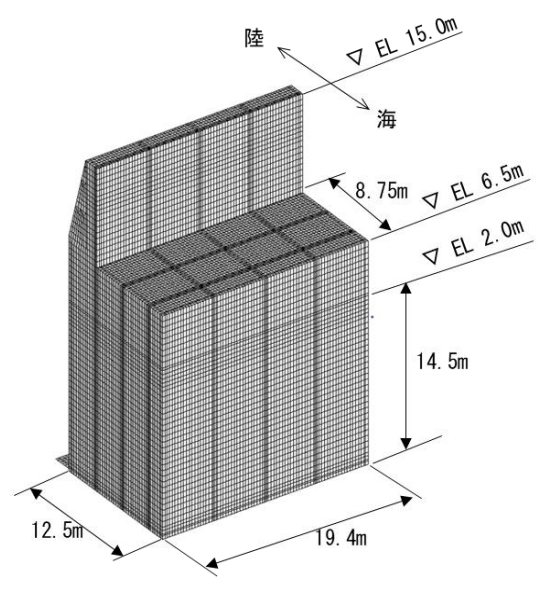
3次元線形構造解析モデルにおいて、ケーソンは線形シェル要素でモデル化し、重力擁壁及び中詰材（中詰コンクリート又は中詰材改良体）については線形ソリッド要素でモデル化する。使用要素一覧を表 5.1.2-1 に、3次元線形構造解析モデルを図 5.1.2-1 及び図 5.1.2-2 に、境界条件を表 5.1.2-2 に示す。

表 5.1.2-1 使用要素一覧

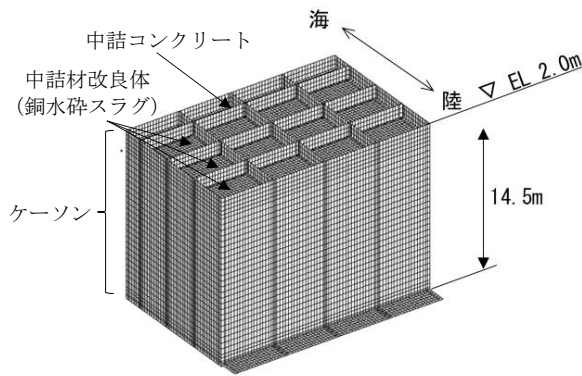
部位・材料	使用要素
ケーソン	線形シェル要素
重力擁壁 中詰材	線形ソリッド要素
地盤	地盤ばね



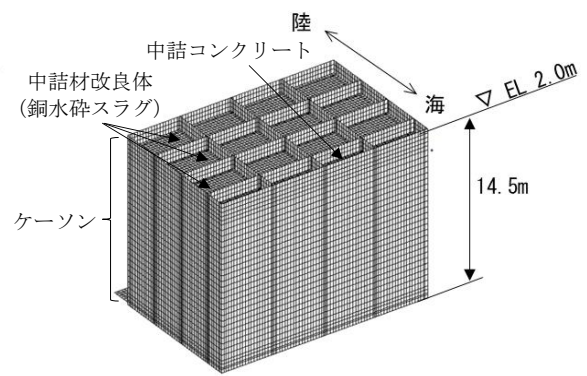
モデル全体図（陸側）



モデル全体図（海側）



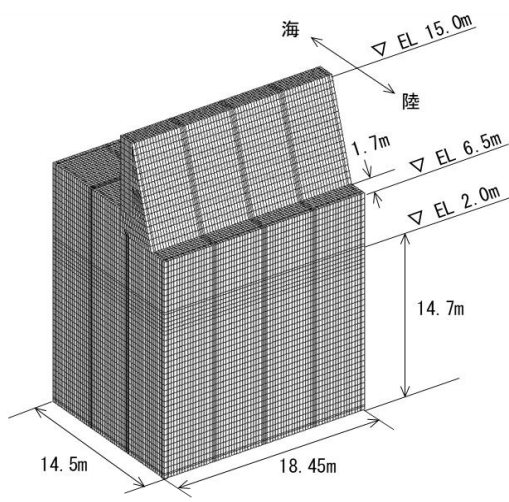
ケーソンのモデル図（陸側）\*



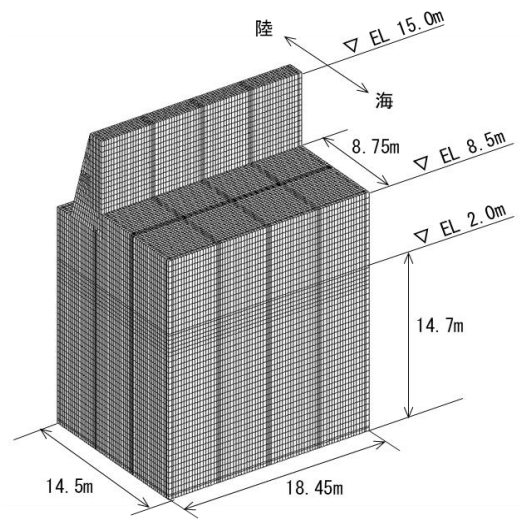
ケーソンのモデル図（海側）\*

注記\*：重力擁壁及び蓋コンクリートを非表示

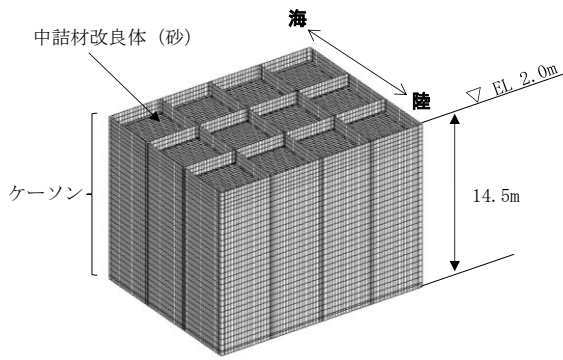
図 5.1.2-1 3次元線形構造解析モデル（②-②断面）



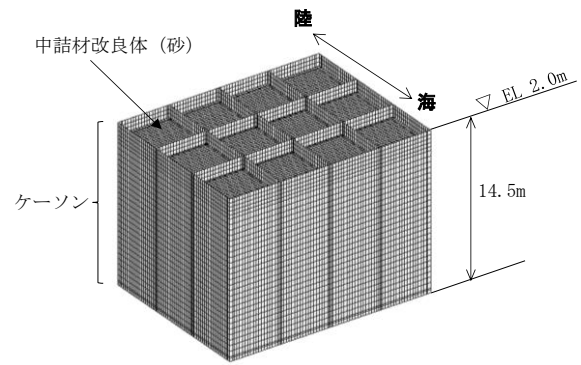
モデル全体図（陸側）



モデル全体図（海側）



ケーソンのモデル図（陸側）\*



ケーソンのモデル図（海側）\*

注記\*：重力擁壁及び蓋コンクリートを非表示

図 5.1.2-2 3次元線形構造解析モデル（④-④断面）

表 5.1.2-2 境界条件

部材・材料	境界条件	備考
底版	地盤ばね	「道路橋示方書(平成14年)」に基づき設定
前壁	拘束なし	地震時荷重を載荷
後壁		
側壁	拘束なし	地震時荷重を載荷
中詰材	前壁, 側壁, 後壁, 隔壁 及び底版と節点共有	地震時荷重を載荷
重力擁壁	各部材と節点共有	地震時荷重を載荷

b. ③-③断面

(a) 3次元線形構造解析

②-②断面及び④-④断面の壁部材の部材厚と比較し、③-③断面の部材厚が大きいことから、③-③断面については、線形ソリッド要素でモデル化する。なお、部材内にH形鋼が含まれているが、保守的にH形鋼を考慮せず、各部材を無筋コンクリートとして評価を実施する。使用要素一覧を表 5.1.2-3 に、3次元線形構造解析モデルを図 5.1.2-3 に、境界条件を表 5.1.2-4 に示す。

表 5.1.2-3 使用要素一覧

部位	使用要素
重力擁壁 放水路ケーソン	線形ソリッド要素
地盤	地盤ばね

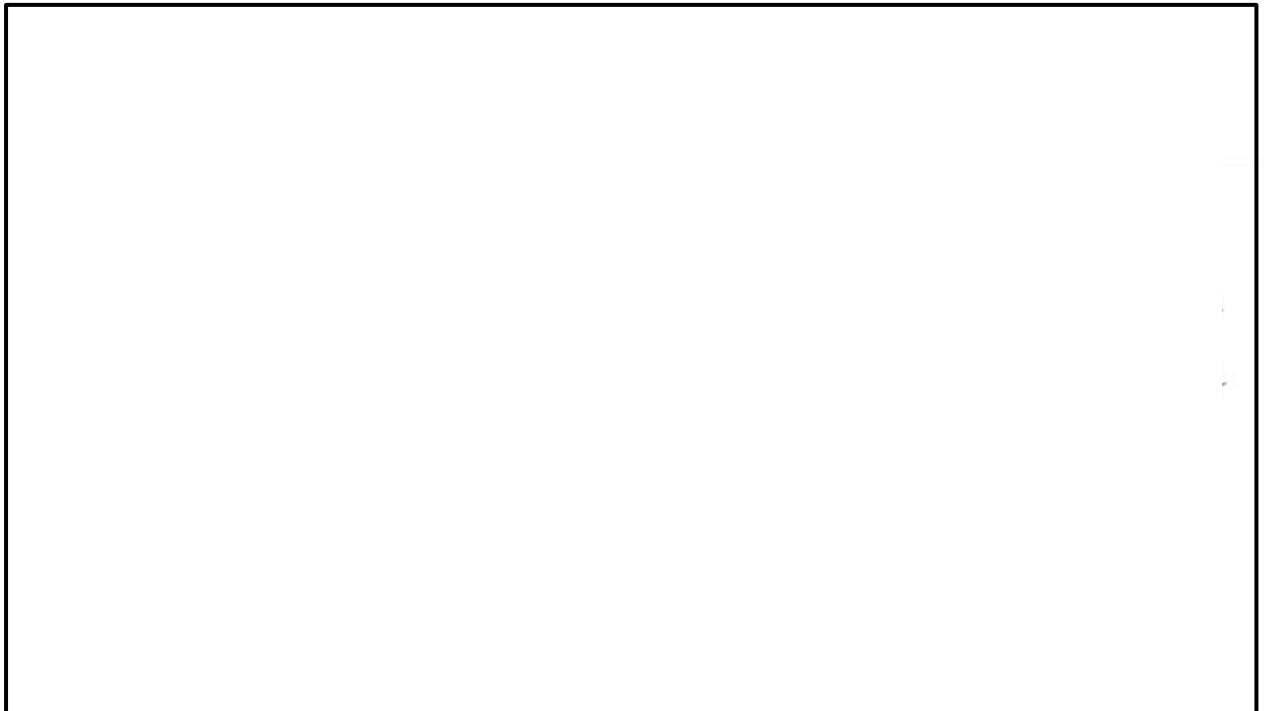


図 5.1.2-3 3次元線形構造解析モデル (③-③断面)

表 5.1.2-4 境界条件

部材	境界条件	備考
底版	地盤ばね	「道路橋示方書(平成 14 年)」に基づき設定
側壁	拘束なし	地震時荷重を載荷
隔壁		
頂版	重力擁壁と節点共有	地震時荷重を載荷
重力擁壁	各部材と節点共有	地震時荷重を載荷



(b) 3次元非線形構造解析

3次元非線形構造解析においては、役割が支持機能である隔壁を評価対象部位とし、3次元線形構造解析と同様にソリッド要素を用いる。重力擁壁は線形ソリッド要素でモデル化し、放水路ケーソンは、材料非線形特性を考慮するため、非線形ソリッド要素でモデル化する。

鉄筋を有する隔壁のモデル化にあたっては、鉄筋の付着が有効な領域を鉄筋コンクリート要素としてモデル化する。また、隔壁の鉄筋は、頂版及び底版に定着されているが、鉄筋コンクリート要素は保守的にハンチよりも内側の要素に設定する。鉄筋を含まない底版、側壁、頂版及びハンチのモデル化にあたっては、部材内にH形鋼が含まれるが、すべて無筋コンクリート要素としてモデル化する。

部材厚方向の要素分割数については、鉄筋コンクリート要素と無筋コンクリート要素を明確に指定できる分割数が望ましいこと、及び3層以上の分割数をとる場合、解析結果に大きな差異が生じないことから3層以上に設定する。

具体的には、鉄筋を含む要素は、鉄筋を中心としてかぶり厚さのおおむね2倍程度とし、無筋領域については、要素形状が極端に扁平とならないように分割する。3次元非線形構造解析におけるモデル化方法を図 5.1.2-4 に、使用要素一覧を表 5.1.2-5 に示す。

3次元非線形構造解析モデルの境界条件については、表 5.1.2-4 に示す3次元線形構造解析と同様とする。

なお、3次元非線形構造解析を実施する解析ケースは、3次元線形構造解析により隔壁に発生する応力が許容応力を上回った場合の解析ケースについて実施し、隔壁に発生するひずみが許容限界以下であることを確認する。

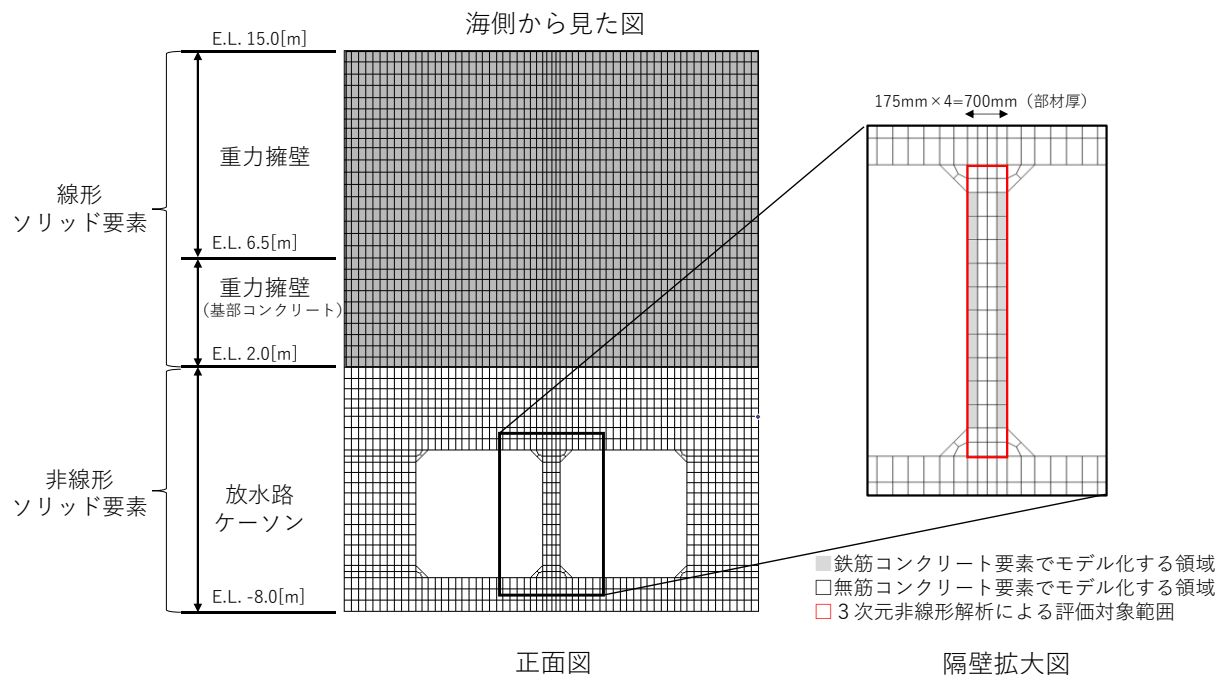


図 5.1.2-4 3次元非線形構造解析におけるモデル化方法

表 5.1.2-5 使用要素一覧

部位	使用要素
重力擁壁	線形ソリッド要素
放水路ケーソン	非線形ソリッド要素
地盤	地盤ばね

(2) 地盤ばね

ケーソン底面に水平方向及び鉛直方向の地盤ばねを設定し、ケーソンに作用する地盤抵抗を表現する。地盤ばねの設定には、ケーソン直下のMMRの物性値を用いる。

ケーソン底面に設定する地盤ばねは、「道路橋示方書(平成14年)」に基づき設定し、構造物間の剥離を考慮できる非線形ばねで設定する。ケーソン底面に設定する地盤ばねを表5.1.2-6に示す。

放水路ケーソンの3次元線形構造解析及び3次元非線形構造解析においても、同様に設定する。

表 5.1.2-6 ケーソン底面に設定する地盤ばね

		ケーソン底面
常時	鉛直	地盤ばね
	水平	
地震時	鉛直	地盤ばね
	水平	

a. 鉛直方向

(a) 常時

「道路橋示方書(平成 14 年)」に基づき、鉛直方向の地盤ばねを設定する。

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

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

$$B_v = \sqrt{A_v}$$

ここで、

$k_v$  : 鉛直方向地盤反力係数 (kN/m<sup>3</sup>)

$k_{v0}$  : 平板載荷試験の値に相当する鉛直方向地盤反力係数 (kN/m<sup>3</sup>)

$\alpha$  : 地盤反力係数の推定に用いる係数 (常時 : 4, 図 5.1.2-5 参照)

$E_0$  : 地盤の変形係数 (kN/m<sup>2</sup>)

$B_v$  : 基礎の換算載荷幅 (m)

$A_v$  : 鉛直方向の載荷面積 (m<sup>2</sup>)

変形係数 $E_0$ の推定方法	地盤反力係数の推定に用いる係数 $\alpha$	
	常時	地震時
直径 0.3m の剛体円板による平板載荷試験の繰返し曲線から求めた変形係数の 1/2	1	2
孔内水平載荷試験で測定した変形係数	4	8
供試体の一軸圧縮試験又は三軸圧縮試験から求めた変形係数	4	8
標準貫入試験の $N$ 値より $E_0=2,800N$ で推定した変形係数	1	2

図 5.1.2-5 変形係数  $E_0$  と  $\alpha$

(「道路橋示方書(平成 14 年)」に加筆)

(b) 地震時

5.1.2(2)a.(a)と同様に鉛直方向の地盤ばねを設定する。なお、地盤反力係数の推定に用いる係数  $\alpha$  は 8 とする。

b. 水平方向

(a) 常時

「道路橋示方書(平成 14 年)」に基づき、水平方向の地盤ばねを設定する。

$$k_s = 0.3k_v$$

ここで、

$k_s$  : 基礎底面の水平方向せん断地盤反力係数 (常時) (kN/m<sup>3</sup>)

(b) 地震時

5.1.2(2)b. (a)と同様に水平方向の地盤ばねを設定する。なお、基礎底面の水平方向せん断地盤反力係数は地震時のものを用いる。

(3) 使用材料及び材料の物性値

耐震評価に用いる材料定数は、適用基準類を基に設定する。

a. ケーソン及び放水路ケーソン（3次元線形構造解析）

ケーソン及び放水路ケーソンの使用材料を表 5.1.2-7 に、材料の物性値を表 5.1.2-8 に示す。

表 5.1.2-7 使用材料

材料		諸元
コンクリート	重力擁壁 (基部コンクリート)	18.0 N/mm <sup>2</sup>
	重力擁壁 ケーソン 放水路ケーソン	24.0 N/mm <sup>2</sup>
鉄筋		SD345

表 5.1.2-8 材料の物性値

材料		単位体積重量 (kN/m <sup>3</sup> )	ヤング係数 (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比
コンクリート	重力擁壁 (基部コンクリート)	22.6 <sup>*1</sup>	2.2×10 <sup>4*2</sup>	0.2 <sup>*2</sup>
	重力擁壁 ケーソン 放水路ケーソン	24.0 <sup>*2</sup>	2.5×10 <sup>4*2</sup>	0.2 <sup>*2</sup>

注記\*1：港湾基準

\*2：コンクリート標準示方書（2002）

b. 放水路ケーソン（3次元非線形構造解析）

3次元非線形構造解析に用いる物性値は、文献を基に設定する。コンクリート及び鉄筋の物性値を表5.1.2-9及び表5.1.2-10に示す。

表5.1.2-9 コンクリートの物性値

項目	物性値	諸元
単位体積重量	24.0kN/m <sup>3</sup>	コンクリート標準示方書〔設計編〕（土木学会，2017年制定）
圧縮強度	24.0 N/mm <sup>2</sup>	コンクリート標準示方書〔設計編〕（土木学会，2017年制定）
引張強度	1.91 N/mm <sup>2</sup>	コンクリート標準示方書〔設計編〕（土木学会，2017年制定）
圧縮ピークひずみ	0.002	コンクリート標準示方書〔設計編〕（土木学会，2017年制定）
破壊エネルギー	0.07830 N/mm	コンクリート標準示方書〔設計編〕（土木学会，2017年制定）

表5.1.2-10 鉄筋の物性値

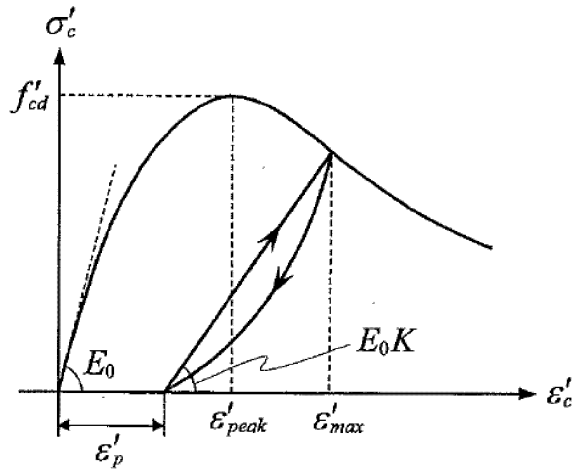
項目	物性値	諸元
ヤング係数	2.0×10 <sup>5</sup> N/mm <sup>2</sup>	コンクリート標準示方書2012
降伏強度	345N/mm <sup>2</sup>	コンクリート標準示方書2012

(a) コンクリートの非線形特性

イ 圧縮応力下における応力-ひずみ関係

図5.1.2-6に一軸圧縮応力下における応力-ひずみ関係を示す。圧縮応力下の応力-ひずみの骨格曲線は、最大応力点までの硬化域と、最大応力点を越えた軟化域で表され、残留塑性ひずみと除荷再載荷時の剛性低下を考慮している。また、ひび割れ発生後のコンクリートの圧縮強度については、図5.1.2-7に示す。

低減係数を破壊パラメータに乗じることで、ひび割れ発生後の圧縮強度の低下を考慮する。



$$\sigma'_c = E_0 K (\varepsilon'_c - \varepsilon'_p) \geq 0$$

$$E_0 = \frac{2 \cdot f'_{cd}}{\varepsilon'_{peak}}$$

$$K = \exp \left\{ -0.73 \frac{\varepsilon'_{max}}{\varepsilon'_{peak}} \left( 1 - \exp \left( -1.25 \frac{\varepsilon'_{max}}{\varepsilon'_{peak}} \right) \right) \right\}$$

$$\varepsilon'_p = \varepsilon'_{max} - 2.86 \cdot \varepsilon'_{peak} \left\{ 1 - \exp \left( -0.35 \frac{\varepsilon'_{max}}{\varepsilon'_{peak}} \right) \right\}$$

ここに、 $f'_{cd} = f'_{ck} / \gamma_c$

$\varepsilon'_{peak}$  : 圧縮強度に対応するひずみ (一般に、0.002 としてもよい)

$\varepsilon'_{max}$  : 過去に受けた圧縮ひずみの最大値

$\varepsilon'_p$  : 塑性ひずみ

$K$  : 弾性剛性残存率

図 5.1.2-6 一軸圧縮応力下におけるコンクリートの応力-ひずみ関係  
 (「コンクリート標準示方書 [設計編] (土木学会, 2017 年制定)」(以下「コンクリート標準示方書 2017」という。)より引用)



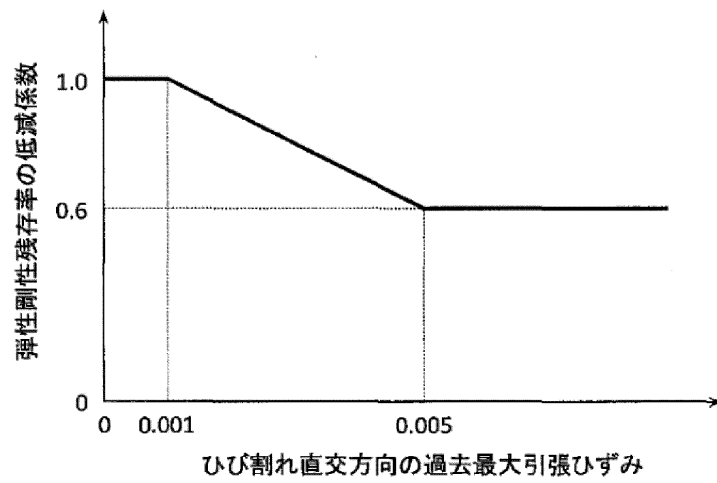
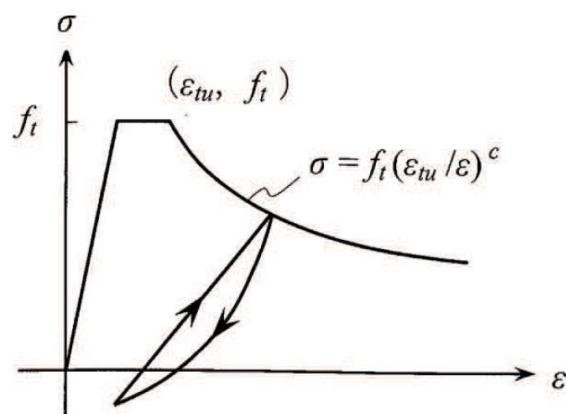


図 5.1.2-7 弾性剛性残存率の低減係数  
 (「コンクリート標準示方書 2017」より引用)

ロ 引張応力下における応力-ひずみ関係

引張応力下における応力-ひずみ関係は、ひび割れ発生までは線形弾性とし、ひび割れ強度以降は、鉄筋とコンクリートの付着の影響等を考慮し、図 5.1.2-8 に示す骨格曲線を用いて、ひび割れ間のコンクリートに引張応力分担を考慮する。

引張力を受ける無筋コンクリート要素では、引張軟化挙動は、破壊エネルギーによって代表される。引張軟化挙動の考慮にあたっては、図 5.1.2-9 に示す引張軟化曲線を設定する。



ここに、 $f_t$  : 引張強度  
 $\epsilon_{tu}$  : 引張軟化開始ひずみ  
 $c$  : 引張軟化特性を表す係数

図 5.1.2-8 引張応力下における鉄筋とコンクリートの付着効果を考慮した  
 応力-ひずみ関係（「コンクリート標準示方書 2017」より引用）

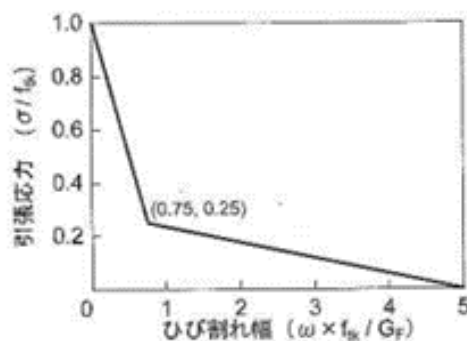
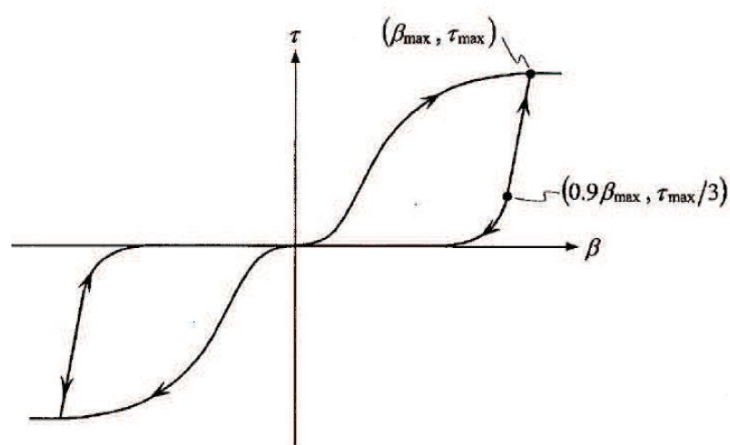


図 5.1.2-9 コンクリートの破壊エネルギー  
 （「コンクリート標準示方書 2017」より引用）

ハ ひび割れ面でのせん断伝達関係

コンクリートのひび割れ発生後にひび割れ角度を固定する固定ひび割れモデルでは，ひび割れ面のずれによるせん断応力伝達特性を考慮する必要がある。

ひび割れ面でのせん断伝達挙動は，斜めひび割れの発生に伴う剛性低下や破壊を評価するため，図 5.1.2-10 に示すとおり，ひび割れ面におけるせん断ひずみ  $\gamma$  とひび割れ開口ひずみ  $\varepsilon$  の比をパラメータとし，コンクリートの剛性低下を考慮するモデルを用いる。



ここに， $\beta$ ：ひび割れ面におけるせん断ひずみ  $\gamma$  とひび割れ開口ひずみ  $\varepsilon$  の比 ( $\gamma / \varepsilon$ )

$\tau$ ：ひび割れ面でのせん断応力

$\tau_{max}$ ：除荷開始時せん断応力

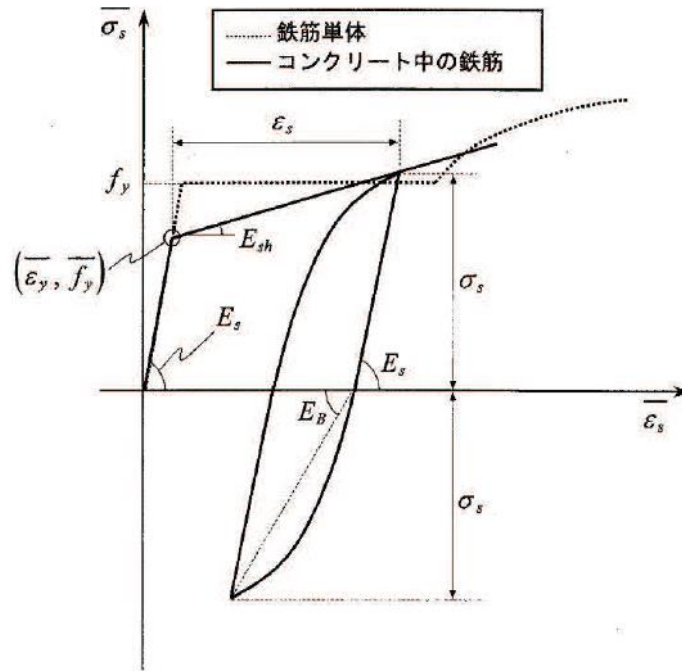
$\beta_{max}$ ：除荷開始時せん断ひずみ  $\gamma$  とひび割れ開口ひずみ  $\varepsilon$  の比

図 5.1.2-10 ひび割れ面でのせん断伝達モデル

(「コンクリート標準示方書 2017」より引用)

(b) 鉄筋の非線形特性

ひび割れを複数含む領域におけるコンクリート中の鉄筋の平均応力ー平均ひずみ関係は、単体鉄筋の応力ーひずみ関係と異なり、図 5.1.2-11 に示すひずみ硬化特性を考慮する。



$$\begin{aligned} \overline{\sigma}_s &= E_s \overline{\varepsilon}_s && (\overline{\varepsilon}_s \leq \overline{\varepsilon}_y) \\ &= \overline{f}_y + E_{sh} (\overline{\varepsilon}_s - \overline{\varepsilon}_y) && (\overline{\varepsilon}_y < \overline{\varepsilon}_s) \end{aligned}$$

ここに、 $\overline{\sigma}_s$  : コンクリート中における鉄筋の平均応力

$\overline{\varepsilon}_s$  : コンクリート中における鉄筋の平均ひずみ

$f_y$  : 鉄筋単体の降伏強度

$E_s$  : 鉄筋のヤング率

$\overline{f}_y$  : コンクリート中における鉄筋の平均降伏強度

$\overline{\varepsilon}_y$  : コンクリート中における鉄筋の平均降伏ひずみ

$E_{sh}$  : コンクリート中における鉄筋の降伏後の二次勾配

図 5.1.2-11 ひずみ硬化域を簡略化した鉄筋の平均応力ー平均ひずみ関係  
(「コンクリート標準示方書 2012」より引用)

(c) 鉄筋コンクリートとしてのモデル化

コンクリートと鉄筋の界面の付着特性をテンションスティフニング効果（引張特性が硬化する現象）として、鉄筋コンクリート要素の中心に取り込むことにより、鉄筋コンクリートの構成則を直接与える。

鉄筋コンクリートの引張応力下の平均応力は以下の式で表される。

$$\overline{\sigma}_{RC} = \frac{A_s}{A_{RC}} \overline{\sigma}_s + \frac{A_c}{A_{RC}} \overline{\sigma}_c$$

ここに、 $\overline{\sigma}_s$ 、 $\overline{\sigma}_c$  : それぞれ鉄筋とコンクリートの平面応力

$A_s$ 、 $A_c$  : それぞれ鉄筋とコンクリートの断面積、

$$A_{RC} = A_s + A_c$$

c. 重力擁壁

重力擁壁の使用材料は、「4.1.7(2) 使用材料及び材料の物性値」を基に設定する。

d. 中詰材

(a) 中詰コンクリート

中詰コンクリートの使用材料を表 5.1.2-11 に、材料の物性値を表 5.1.2-12 に示す。

表 5.1.2-11 使用材料

材料	諸元
コンクリート	18.0 N/mm <sup>2</sup>

表 5.1.2-12 材料の物性値

材料	単位体積重量 (kN/m <sup>3</sup> )	ヤング係数 (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比
コンクリート	22.6*1	2.2×10 <sup>4*2</sup>	0.2*2

注記\*1：港湾基準

\*2：コンクリート標準示方書（2002）

(b) 中詰材改良体（銅水砕スラグ）

中詰材改良体（銅水砕スラグ）は、物性は参考資料 3 に示す原位置での P S 検層結果及び室内試験結果を用いて設定する。設定する物性値を表 5.1.2-13 に示す。

表 5.1.2-13 材料の物性値

材料		単位体積重量 (kN/m <sup>3</sup> )	ヤング係数 (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比
中詰材改良体 (銅水砕スラグ)	EL-5.5m 以浅	22.6	$8.8 \times 10^3$	0.33
	EL-5.5m 以深		$1.2 \times 10^4$	

(c) 中詰材改良体（砂）

中詰材改良体（砂）は、物性は参考資料 3 に示す原位置での P S 検層結果及び室内試験結果を用いて設定する。設定する物性値を表 5.1.2-14 に示す。

表 5.1.2-14 材料の物性値

材料		単位体積重量 (kN/m <sup>3</sup> )	ヤング係数 (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比
中詰材改良体 (砂)	EL-5.5m 以浅	20.0	$7.8 \times 10^3$	0.33
	EL-5.5m 以深		$1.1 \times 10^4$	

(4) 地下水位

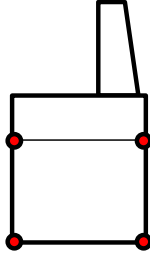
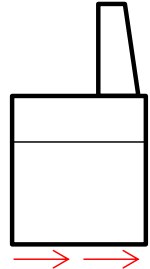
設計用地下水位は、「4.1.7(4) 地下水位」を基に設定する。

### 5.1.3 照査時刻の設定

ケーソン及び放水路ケーソンの健全性評価において、構造的特徴を踏まえ、損傷モードごと及び部材ごとに評価が厳しくなる時刻を地震応答解析の結果から選定する。

防波壁（波返重力擁壁）の照査時刻の考え方を表 5.1.3-1 に示す。

表 5.1.3-1 照査時刻の考え方

照査時刻	損傷モード	着目部位	荷重抽出時刻
時刻1	曲げ・軸力系の破壊 及び せん断破壊		ケーソン頂底版間で変位が最大となる時刻
時刻2	曲げ・軸力系の破壊 及び せん断破壊		総水平荷重が最大となる時刻

#### (1) 時刻1の選定理由

ケーソンは箱型構造であることから、ケーソン全体の変形に伴い、各部材における曲げ・軸力系の破壊及びせん断破壊が生じることが想定されるため、変形量に着目し、ケーソン全体における層間変位が最大となる時刻を選定する。

#### (2) 時刻2の選定理由

地震時荷重により、各部材における曲げ・軸力系の破壊及びせん断破壊が生じることが想定されるため、重力擁壁を含めた防波壁全体に作用する水平荷重に着目し、総水平荷重が最大となる時刻を選定する。

#### 5.1.4 入力値の設定

3次元構造解析の入力値のうち、慣性力及びケーソン変位は「3.3.4 照査時刻の設定」にて選定した照査時刻において、地震応答解析から応答値を抽出する。入力値の一覧を表 5.1.4-1 に、3次元構造解析への入力イメージを図 5.1.4-1 に、3次元構造解析のフローを図 5.1.4-2 に示す。

放水路ケーソンにおいても、同様とする。

表 5.1.4-1 入力値の一覧

入力値		算定方法	地震応答解析から抽出する応答値	载荷位置
土圧	静止土圧	地震応答解析における常時解析	土圧	作用位置
	動土圧	地震応答解析	土圧	作用位置
静水圧及び動水圧		公式	—	作用位置
間隙水圧		地震応答解析	過剰間隙水圧	作用位置
風荷重・積雪荷重		公式	—	作用位置
慣性力	躯体の慣性力	地震応答解析	応答加速度	躯体全体
	機器荷重の慣性力	地震応答解析	応答加速度	設置位置

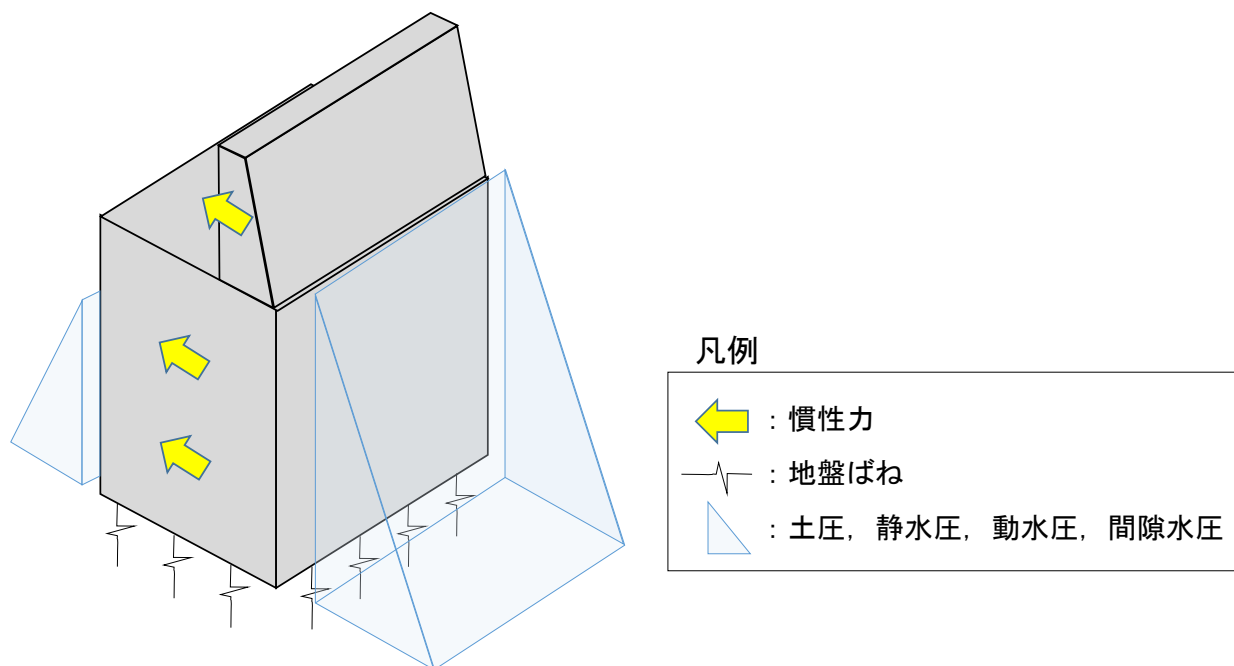
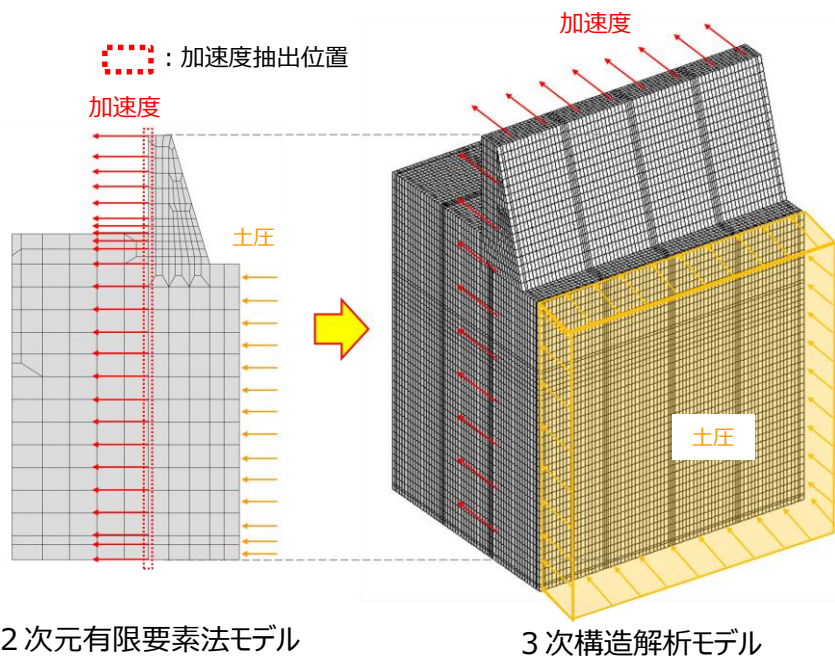


図 5.1.4-1(1) 3次元構造解析への入力イメージ





- 土圧は2次元有限要素法より背面の地盤要素から抽出し、3次元構造解析モデルに入力
- 加速度は2次元有限要素法よりケーソン・重力擁壁の節点から抽出し、節点高さに対応する3次元構造解析モデルの全要素に入力

図 5.1.4-1(2) 3次元構造解析への入力イメージ

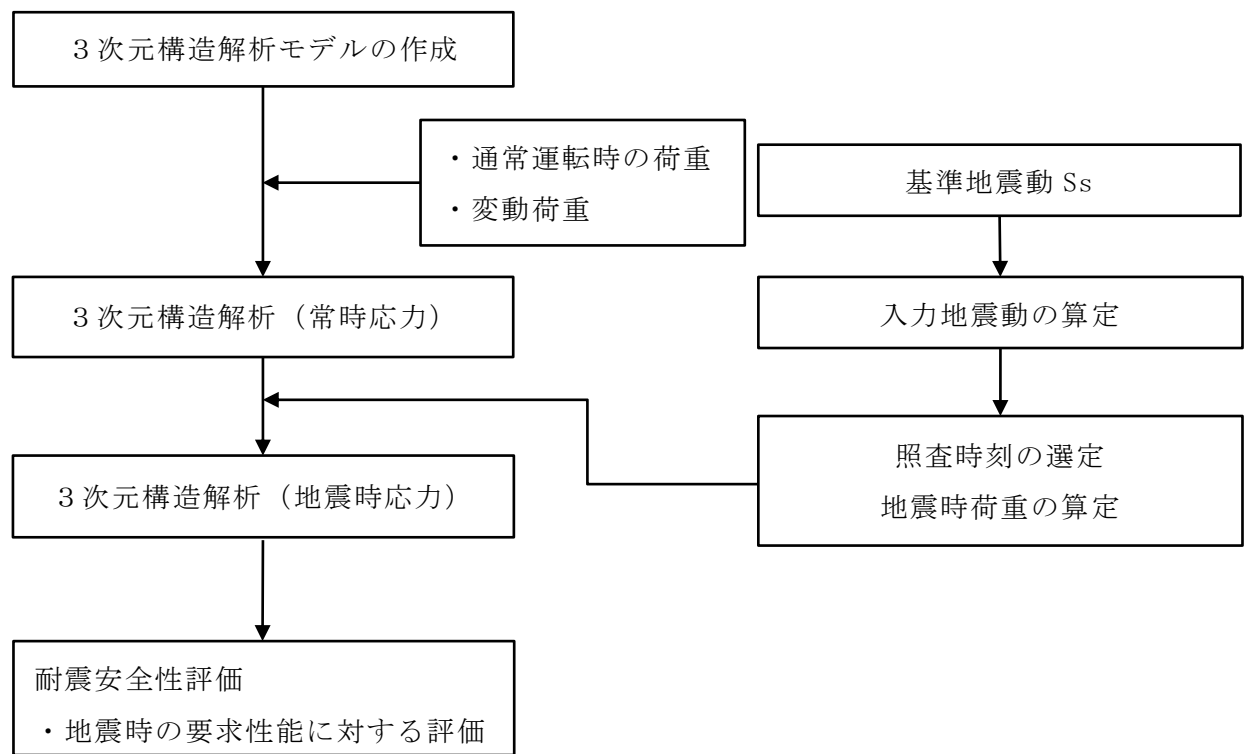


図 5.1.4-2 3次元構造解析のフロー図

(1) 常時荷重

a. 自重

重力擁壁及びケーソンの各部材については、各部材の体積にコンクリートの密度を乗じて設定し、中詰材については、体積に各中詰材の密度を乗じて設定する。漂流物対策工は、設置位置に漂流物対策工の単位体積重量を考慮する。

b. 静止土圧及び静水圧

静止土圧及び静水圧を躯体に作用させる。静止土圧は、地震応答解析における常時解析より算出された土圧を用いる。静水圧は公式により算定し、その算定にあたっては、海水の密度  $1.03\text{g/cm}^3$  を考慮する。

(2) 地震時荷重

a. 慣性力

躯体の慣性力は、地震応答解析モデルにおけるケーソン及び重力擁壁の各節点、各照査時刻における応答加速度から算定する。応答加速度の抽出位置を図 5.1.4-3 に示す。

水平方向及び鉛直方向の加速度の抽出は、抽出位置の全節点とする。

算定した慣性力は、防波壁（波返重力擁壁）の 3次元構造解析モデルに水平方向及び鉛直方向に同時に入力する。慣性力は、各照査時刻における水平方向及び鉛直方向の応答加速度の正負の方向とし、3次元構造解析モデルの要素の高さ位置に合わせ、全要素に入力する。

b. 動水圧

躯体に作用する動水圧は、抽出する加速度を踏まえ、Westergaard の式により算定し、その算定にあたっては、海水の密度  $1.03\text{g/cm}^3$  を考慮する。

c. 動土圧及び過剰間隙水圧

躯体に作用する動土圧及び過剰間隙水圧は、各地盤要素、各照査時刻における地震時荷重から算定する。動土圧及び過剰間隙水圧の抽出位置を図 5.1.4-4 に示す。

抽出した水平及び鉛直方向の動土圧及び過剰間隙水圧は、防波壁（波返重力擁壁）の 3次元構造解析モデルに水平方向及び鉛直方向に同時に入力する。

- |                |                  |           |               |
|----------------|------------------|-----------|---------------|
| ■ : 岩盤 (第②速度層) | ■ : 防波壁 (波返重力擁壁) | ■ : MMR   | — : ジョイント要素   |
| ■ : 岩盤 (第④速度層) | ■ : 埋戻土 (護岸背面)   | ■ : 砂礫層   | — : 地下水面及び海水面 |
| ■ : 埋戻土        | ■ : 海水           | ■ : 改良地盤⑥ |               |

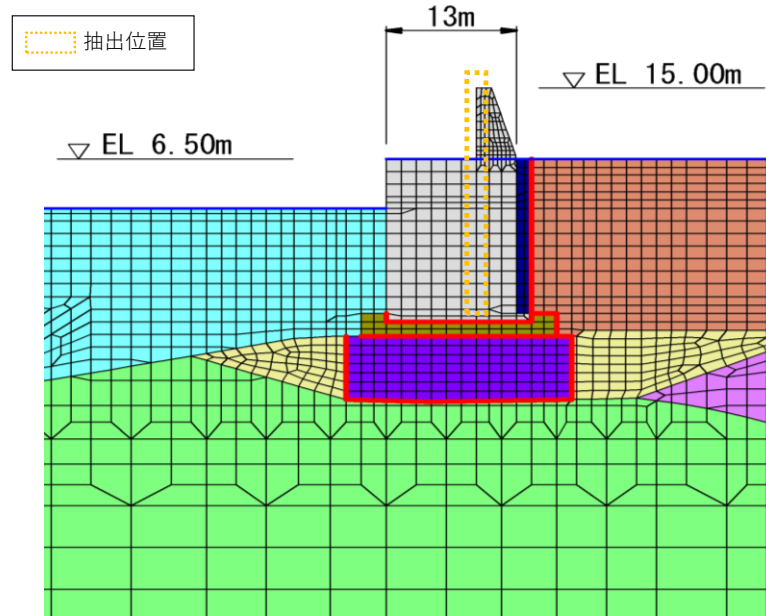


図 5.1.4-3(1) 応答加速度の抽出位置 (②-②断面)

- |                  |         |               |
|------------------|---------|---------------|
| ■ : 岩盤 (第④速度層)   | ■ : MMR | — : ジョイント要素   |
| ■ : 埋戻土          | ■ : 海水  | — : 地下水面及び海水面 |
| ■ : 防波壁 (波返重力擁壁) |         |               |

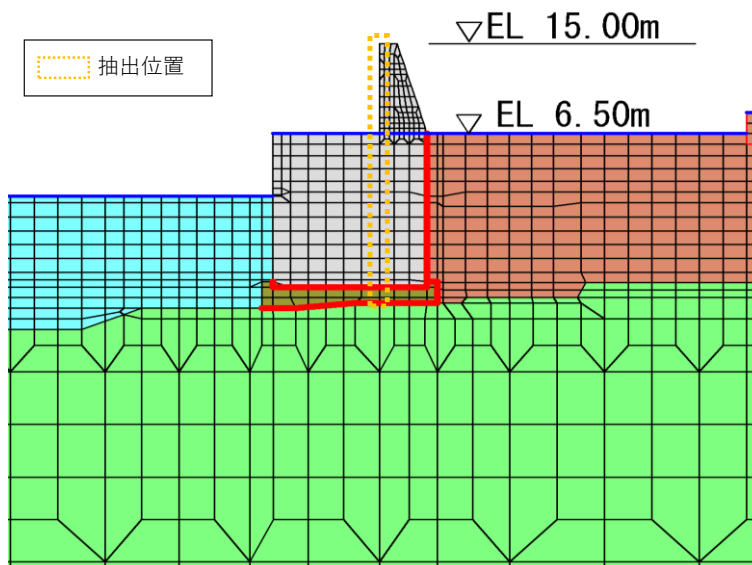


図 5.1.4-3(2) 応答加速度の抽出位置 (③-③断面)

- |                |                  |               |
|----------------|------------------|---------------|
| ■ : 岩盤 (第③速度層) | ■ : 防波壁 (波返重力擁壁) | ■ : 海水        |
| ■ : 岩盤 (第④速度層) | ■ : 埋戻土 (護岸背面)   | — : ジョイント要素   |
| ■ : 埋戻土        | ■ : MMR          | — : 地下水面及び海水面 |

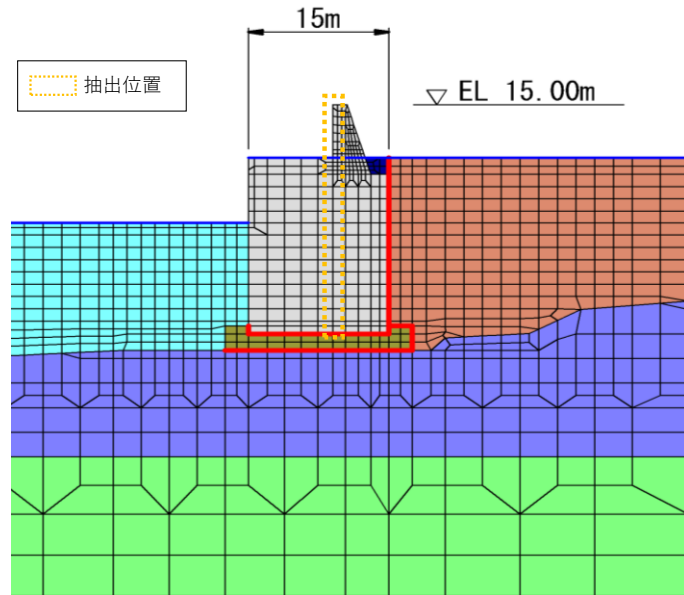


図 5.1.4-3(3) 応答加速度の抽出位置 (④-④断面)

- |                |                  |           |               |
|----------------|------------------|-----------|---------------|
| ■ : 岩盤 (第②速度層) | ■ : 防波壁 (波返重力擁壁) | ■ : MMR   | — : ジョイント要素   |
| ■ : 岩盤 (第④速度層) | ■ : 埋戻土 (護岸背面)   | ■ : 砂礫層   | — : 地下水面及び海水面 |
| ■ : 埋戻土        | ■ : 海水           | ■ : 改良地盤⑥ |               |

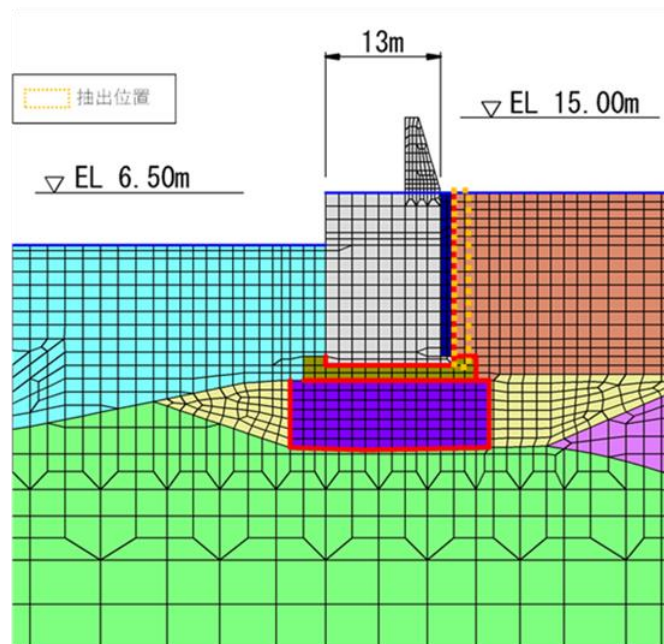


図 5.1.4-4(1) 地震時荷重の抽出位置 (②-②断面)

- |   |                |   |       |   |             |
|---|----------------|---|-------|---|-------------|
|  | : 岩盤 (第④速度層)   |  | : MMR |  | : ジョイント要素   |
|  | : 埋戻土          |  | : 海水  |  | : 地下水面及び海水面 |
|  | : 防波壁 (波返重力擁壁) |   |       |   |             |

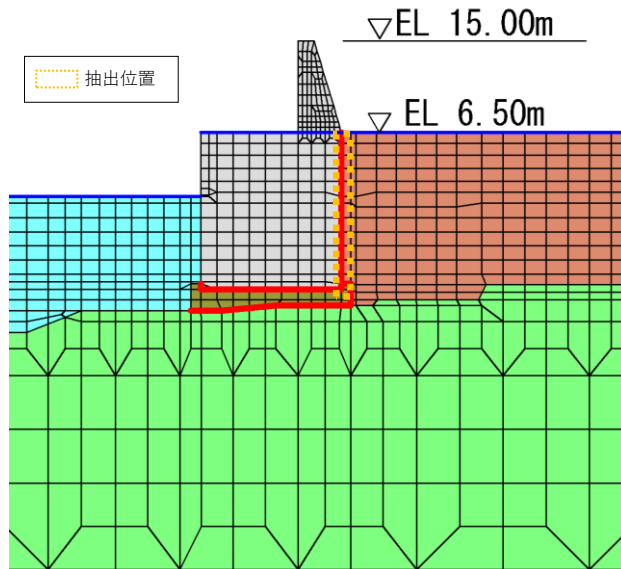











図 5.1.4-4(2) 地震時荷重の抽出位置 (③-③断面)

- |   |              |   |                |   |             |
|---|--------------|---|----------------|---|-------------|
|  | : 岩盤 (第③速度層) |  | : 防波壁 (波返重力擁壁) |  | : 海水        |
|  | : 岩盤 (第④速度層) |  | : 埋戻土 (護岸背面)   |  | : ジョイント要素   |
|  | : 埋戻土        |  | : MMR          |  | : 地下水面及び海水面 |

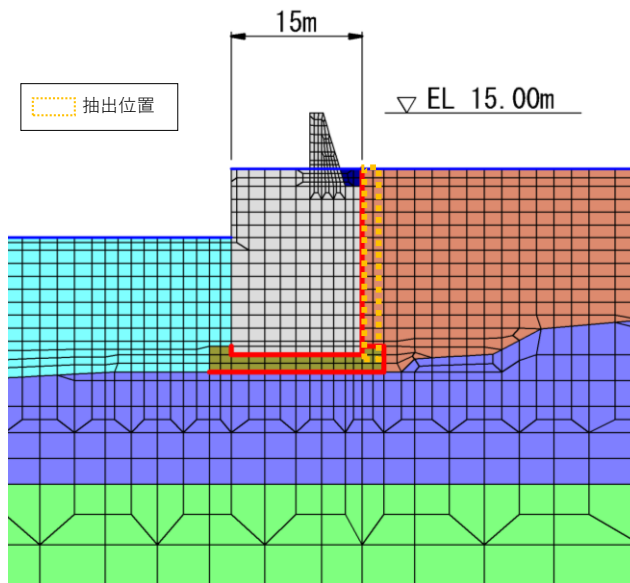


図 5.1.4-4(3) 地震時荷重の抽出位置 (④-④断面)

d. 風荷重及び積雪荷重

風荷重及び積雪荷重は、「3.3(2) 荷重」を基に設定する。風荷重は重力擁壁及びケーソン側面に、積雪荷重は重力擁壁に作用させる。

### 5.1.5 評価方法

#### (1) ②-②断面及び④-④断面

3次元構造解析より得られた曲げモーメント及び軸力より算定される曲げ圧縮応力度、曲げ引張応力度及びせん断力より算定されるせん断応力度が「3.4 許容限界」で設定した許容限界以下であることを確認する。

各要素の応力の方向を図 5.1.5-1 に示す。

応力度算定には、解析コード「EMRGINING」を使用する。なお、解析コードの検証、妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

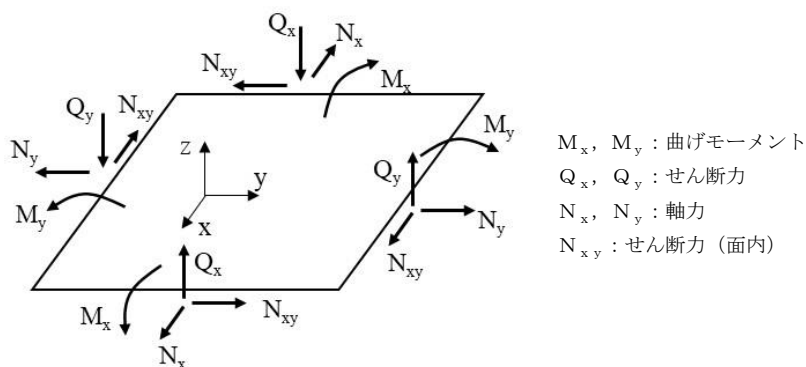


図 5.1.5-1 シェル要素における断面力の方向

#### (2) ③-③断面

##### a. 3次元線形構造解析

3次元構造解析に基づいて算定した圧縮応力度、引張応力度及びせん断応力度が「3.4 許容限界」で設定した許容限界以下であることを確認する。

各要素の応力の方向を図 5.1.5-2 に示す。

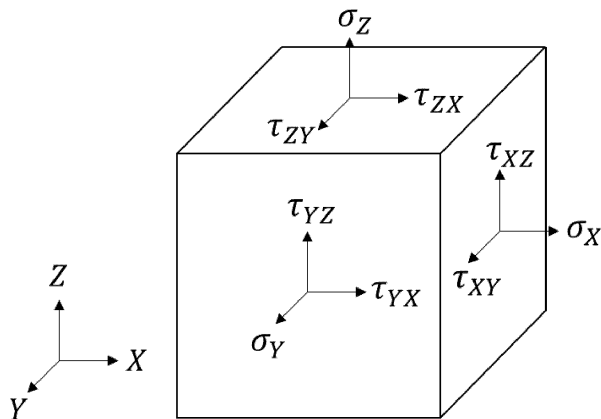


図 5.1.5-2 ソリッド要素における応力の方向

b. 3次元非線形構造解析

3次元非線形構造解析に基づいて算定したひずみ量が「3.4 許容限界」で設定した許容限界以下であることを確認する。



## 5.2 耐震評価結果の概要

### 5.2.1 解析ケースと照査値

耐震評価においては、全ての基準地震動  $S_s$  に対して実施するケース①において、2次元有限要素法による重力擁壁の曲げ・軸力系の破壊に対する照査、せん断破壊に対する照査及び基礎地盤の支持性能に対する照査並びに3次元構造解析によるケーソンの曲げ・軸力系の破壊及びせん断破壊に対する照査の各評価項目のうち、照査値が0.5を超える評価項目に対して、最も厳しい（許容限界に対する裕度が最も小さい）地震動を用いて追加解析ケース②、③を実施する。

2次元有限要素法及び3次元構造解析による照査値が0.5を超える解析ケースのうち、最も厳しい地震動を表5.2.1-1に示す。

表 5.2.1-1(1) 照査値が0.5を超える解析ケースのうち最も厳しい地震動

断面	評価項目			
	重力擁壁		H形鋼	基礎地盤
	曲げ	せん断	せん断	
②-②断面	$S_s - D (-+)$ 解析ケース① 0.53 (曲げ引張)	全地震動において 0.5以下	—	$S_s - D (++)$ 解析ケース② 0.72 (改良地盤⑥)
③-③断面	$S_s - N 1 (++)$ 解析ケース① 0.84 (曲げ引張)	$S_s - N 1 (++)$ 解析ケース① 0.61	—	全地震動において 0.5以下
④-④断面	$S_s - D (-+)$ 解析ケース③ 0.74 (曲げ引張)	$S_s - D (-+)$ 解析ケース③ 0.54	—	全地震動において 0.5以下
⑤-⑤断面	全地震動において 0.5以下	全地震動において 0.5以下	全地震動において 0.5以下	全地震動において 0.5以下

表 5.2.1-1(2) 照査値が 0.5 を超える解析ケースのうち最も厳しい地震動

断面	ケーソン		
	曲げ	せん断 (面外)	せん断 (面内)
②-②断面	S <sub>s</sub> -N <sub>1</sub> (++) 解析ケース② 0.68 (曲げ引張)	全地震動において 0.5 以下	S <sub>s</sub> -D (++) 解析ケース① 0.53
③-③断面	S <sub>s</sub> -N <sub>1</sub> (-+) 解析ケース① 0.95 (曲げ引張)	S <sub>s</sub> -N <sub>1</sub> (-+) 解析ケース③* <sup>1</sup> 1.07 (0.65)	S <sub>s</sub> -N <sub>1</sub> (-+) 解析ケース③* <sup>2</sup> 1.22 (0.27)
④-④断面	S <sub>s</sub> -N <sub>1</sub> (-+) 解析ケース② 0.65 (曲げ引張)	S <sub>s</sub> -N <sub>1</sub> (-+) 解析ケース② 0.69	S <sub>s</sub> -N <sub>1</sub> (-+) 解析ケース② 0.81
⑤-⑤断面	—	—	—

注記\*1: 括弧内 ( ) は「RC規準(1999年)」に基づき、短期許容せん断応力度  
1.11 (N/mm<sup>2</sup>) を許容値とした場合の照査値を示す。

\*2: 括弧内 ( ) は、3次元非線形構造解析による照査値を示す。

(1) ケーソンの構造部材の曲げ・軸力系の破壊に対する照査

3次元線形構造解析によるケーソン及び放水路ケーソンの耐震評価として、コンクリートの曲げ圧縮応力度に対する照査の実施ケースと照査値を表 5.2.1-2 に、鉄筋又はコンクリートの引張応力度に対する実施ケースと照査値を表 5.2.1-3 に示す。ケーソン及び放水路ケーソンの構造部材について図 5.2.1-1 に示す。③-③断面の照査結果については、一部応力の平均化を実施していることから、応力の平均化に関しては、参考資料 5 に示す。

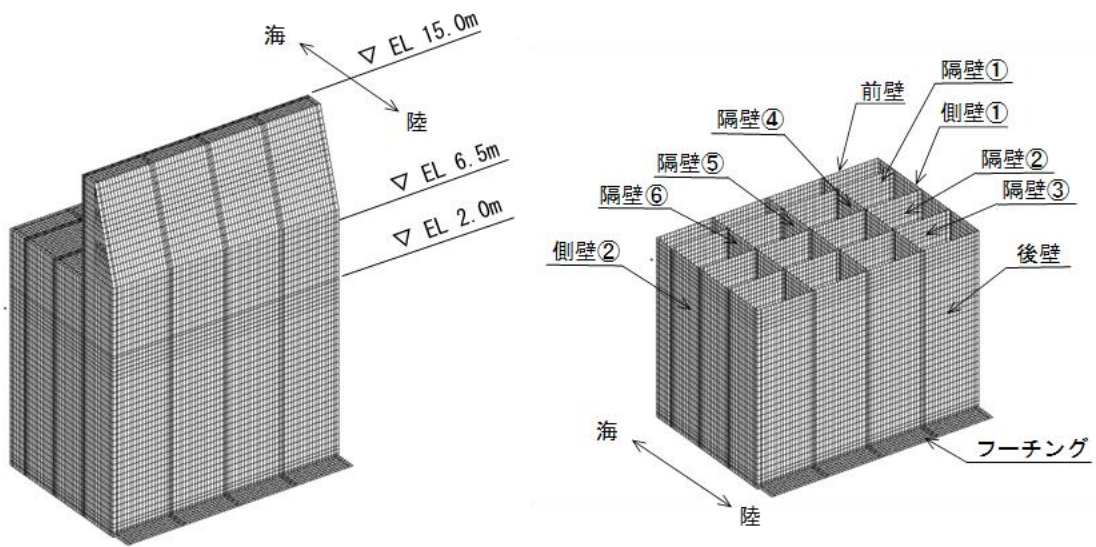


図 5.2.1-1(1) ケーソンの構造部材 (②-②断面)

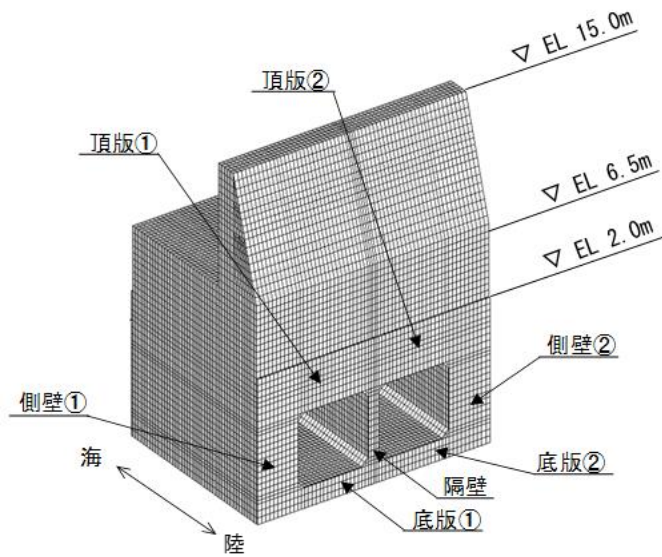


図 5.2.1-1(2) 放水路ケーソンの構造部材 (③-③断面)

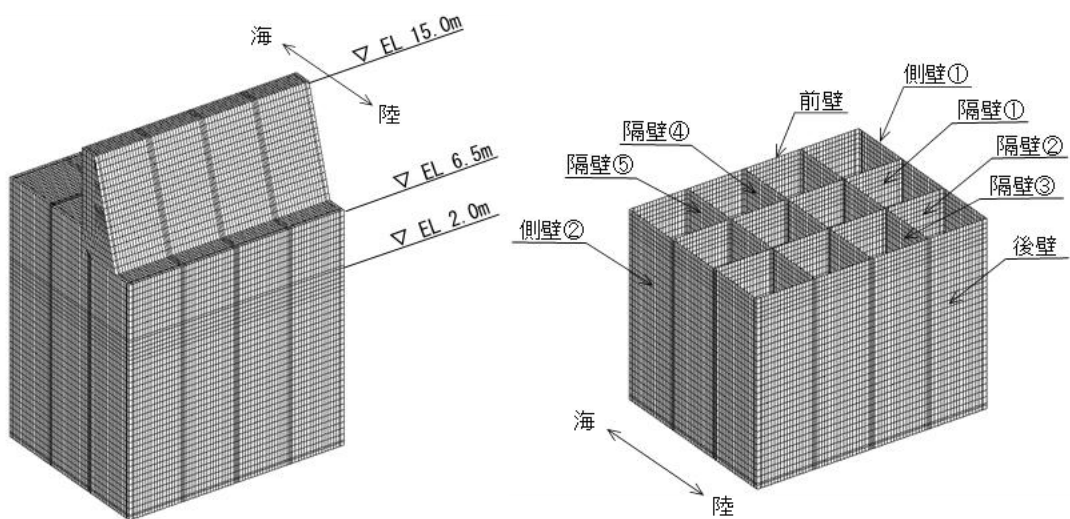


図 5.2.1-1(3) ケーソンの構造部材 (④-④断面)

表 5.2.1-2(1) コンクリートの曲げ圧縮応力度に対する照査における実施ケースと照査値  
 (②-②断面, ケーソン, 底版)

地震動		解析ケース	コンクリートの曲げ圧縮応力度に 対する照査値		
			①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)		0.13	0.10	0.12
	(-+)		0.15	0.13	0.14
	(+-)		0.12		
	(--)		0.11		
S <sub>s</sub> -F1	(++)		0.09		
S <sub>s</sub> -F2	(++)		0.11		
S <sub>s</sub> -N1	(++)		0.21	0.21	0.21
	(-+)		0.13		
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)		0.10		
	(-+)		0.10		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)		0.12		
	(-+)		0.09		

表 5.2.1-2(2) コンクリートの曲げ圧縮応力度に対する照査における実施ケースと照査値  
 (②-②断面, ケーソン, フーチング)

地震動		解析ケース	コンクリートの曲げ圧縮応力度に 対する照査値		
			①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)		0.01	0.01	0.01
	(-+)		0.02	0.01	0.08
	(+-)		0.01		
	(--)		0.01		
S <sub>s</sub> -F 1	(++)		0.03		
S <sub>s</sub> -F 2	(++)		0.01		
S <sub>s</sub> -N1	(++)		0.08	0.08	0.08
	(-+)		0.01		
S <sub>s</sub> -N 2 (NS)	(++)		0.03		
	(-+)		0.01		
S <sub>s</sub> -N 2 (EW)	(++)		0.02		
	(-+)		0.03		

表 5.2.1-2(3) コンクリートの曲げ圧縮応力度に対する照査における実施ケースと照査値  
 (②-②断面, ケーソン, 前壁)

地震動 \ 解析ケース		コンクリートの曲げ圧縮応力度に 対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.19	0.15	0.18
	(-+)	0.21	0.18	0.20
	(+-)	0.18		
	(--)	0.16		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.13		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.15		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.07	0.07	0.08
	(-+)	0.18		
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.13		
	(-+)	0.14		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.18		
	(-+)	0.14		

表 5.2.1-2(4) コンクリートの曲げ圧縮応力度に対する照査における実施ケースと照査値  
(②-②断面, ケーソン, 後壁)

地震動 \ 解析ケース		コンクリートの曲げ圧縮応力度に 対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.12	0.11	0.14
	(-+)	0.11	0.14	0.11
	(+-)	0.12		
	(--)	0.13		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.11		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.14		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.31	0.31	0.31
	(-+)	0.07		
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.10		
	(-+)	0.11		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.11		
	(-+)	0.11		



表 5.2.1-2(5) コンクリートの曲げ圧縮応力度に対する照査における実施ケースと照査値  
 (②-②断面, ケーソン, 側壁①)

地震動 \ 解析ケース		コンクリートの曲げ圧縮応力度に 対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.17	0.14	0.17
	(-+)	0.21	0.17	0.19
	(+-)	0.17		
	(--)	0.15		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.13		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.15		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.28	0.29	0.28
	(-+)	0.18		
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.13		
	(-+)	0.14		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.16		
	(-+)	0.13		

表 5.2.1-2(6) コンクリートの曲げ圧縮応力度に対する照査における実施ケースと照査値  
 (②-②断面, ケーソン, 側壁②)

地震動		解析ケース	コンクリートの曲げ圧縮応力度に 対する照査値		
			①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)		0.17	0.14	0.17
	(-+)		0.21	0.17	0.19
	(+-)		0.17		
	(--)		0.15		
S <sub>s</sub> -F1	(++)		0.13		
S <sub>s</sub> -F2	(++)		0.15		
S <sub>s</sub> -N1	(++)		0.28	0.29	0.28
	(-+)		0.18		
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)		0.13		
	(-+)		0.14		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)		0.16		
	(-+)		0.13		

表 5.2.1-2(7) コンクリートの曲げ圧縮応力度に対する照査における実施ケースと照査値  
 (②-②断面, ケーソン, 隔壁①)

地震動 \ 解析ケース		コンクリートの曲げ圧縮応力度に 対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.16	0.13	0.15
	(-+)	0.17	0.16	0.16
	(+-)	0.15		
	(--)	0.15		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.12		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.14		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.10	0.10	0.10
	(-+)	0.18		
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.13		
	(-+)	0.14		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.15		
	(-+)	0.12		

表 5.2.1-2(8) コンクリートの曲げ圧縮応力度に対する照査における実施ケースと照査値  
 (②-②断面, ケーソン, 隔壁②)

地震動 \ 解析ケース		コンクリートの曲げ圧縮応力度に 対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.13	0.12	0.15
	(-+)	0.14	0.15	0.14
	(+-)	0.16		
	(--)	0.16		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.12		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.11		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.14	0.14	0.14
	(-+)	0.14		
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.12		
	(-+)	0.12		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.14		
	(-+)	0.10		

表 5.2.1-2(9) コンクリートの曲げ圧縮応力度に対する照査における実施ケースと照査値  
 (②-②断面, ケーソン, 隔壁③)

地震動		解析ケース	コンクリートの曲げ圧縮応力度に 対する照査値		
			①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)		0.13	0.12	0.15
	(-+)		0.13	0.15	0.13
	(+-)		0.14		
	(--)		0.15		
S <sub>s</sub> -F1	(++)		0.12		
S <sub>s</sub> -F2	(++)		0.12		
S <sub>s</sub> -N1	(++)		0.17	0.18	0.17
	(-+)		0.10		
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)		0.11		
	(-+)		0.12		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)		0.12		
	(-+)		0.11		

表 5.2.1-2(10) コンクリートの曲げ圧縮応力度に対する照査における実施ケースと照査値  
 (②-②断面, ケーソン, 隔壁④)

地震動 \ 解析ケース		コンクリートの曲げ圧縮応力度に 対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.17	0.13	0.16
	(-+)	0.19	0.16	0.18
	(+-)	0.16		
	(--)	0.15		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.12		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.14		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.23	0.23	0.23
	(-+)	0.17		
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.12		
	(-+)	0.13		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.16		
	(-+)	0.12		

表 5.2.1-2(11) コンクリートの曲げ圧縮応力度に対する照査における実施ケースと照査値  
 (②-②断面, ケーソン, 隔壁⑤)

地震動		解析ケース	コンクリートの曲げ圧縮応力度に 対する照査値		
			①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)		0.16	0.13	0.15
	(-+)		0.18	0.15	0.17
	(+-)		0.15		
	(--)		0.14		
S <sub>s</sub> -F1	(++)		0.11		
S <sub>s</sub> -F2	(++)		0.13		
S <sub>s</sub> -N1	(++)		0.23	0.23	0.23
	(-+)		0.16		
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)		0.12		
	(-+)		0.13		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)		0.15		
	(-+)		0.11		

表 5.2.1-2(12) コンクリートの曲げ圧縮応力度に対する照査における実施ケースと照査値  
 (②-②断面, ケーソン, 隔壁⑥)

地震動 \ 解析ケース		コンクリートの曲げ圧縮応力度に 対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.17	0.13	0.16
	(-+)	0.19	0.16	0.18
	(+-)	0.16		
	(--)	0.15		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.12		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.14		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.23	0.23	0.23
	(-+)	0.17		
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.12		
	(-+)	0.13		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.16		
	(-+)	0.12		



表 5.2.1-2(13) コンクリートの曲げ圧縮応力度に対する照査における実施ケースと照査値  
 (③-③断面, 放水路ケーソン, 底板①)

地震動 \ 解析ケース		コンクリートの曲げ圧縮応力度に 対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.29		
	(-+)	0.19		
	(+-)	0.27		
	(--)	0.23		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.14		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.19		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.30	0.30	0.30
	(-+)	0.31	0.30	0.32
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.15		
	(-+)	0.17		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.23		
	(-+)	0.19		

表 5.2.1-2(14) コンクリートの曲げ圧縮応力度に対する照査における実施ケースと照査値  
 (③-③断面, 放水路ケーソン, 底板②)

地震動		解析ケース	コンクリートの曲げ圧縮応力度に 対する照査値		
			①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)		0.29		
	(-+)		0.19		
	(+-)		0.27		
	(--)		0.23		
S <sub>s</sub> -F1	(++)		0.14		
S <sub>s</sub> -F2	(++)		0.19		
S <sub>s</sub> -N1	(++)		0.30	0.30	0.30
	(-+)		0.31	0.30	0.32
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)		0.15		
	(-+)		0.17		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)		0.23		
	(-+)		0.19		

表 5.2.1-2(15) コンクリートの曲げ圧縮応力度に対する照査における実施ケースと照査値  
 (③-③断面, 放水路ケーソン, 側壁①)

地震動 \ 解析ケース		コンクリートの曲げ圧縮応力度に 対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.45		
	(-+)	0.28		
	(+-)	0.53		
	(--)	0.39		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.20		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.28		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.47	0.47	0.47
	(-+)	0.47	0.46	0.48
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.22		
	(-+)	0.27		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.52		
	(-+)	0.30		

表 5.2.1-2(16) コンクリートの曲げ圧縮応力度に対する照査における実施ケースと照査値  
 (③-③断面, 放水路ケーソン, 側壁②)

地震動		解析ケース	コンクリートの曲げ圧縮応力度に 対する照査値		
			①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)		0.45		
	(-+)		0.28		
	(+-)		0.53		
	(--)		0.39		
S <sub>s</sub> -F1	(++)		0.20		
S <sub>s</sub> -F2	(++)		0.28		
S <sub>s</sub> -N1	(++)		0.47	0.47	0.47
	(-+)		0.47	0.46	0.48
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)		0.22		
	(-+)		0.27		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)		0.52		
	(-+)		0.30		

表 5.2.1-2(17) コンクリートの曲げ圧縮応力度に対する照査における実施ケースと照査値  
 (③-③断面, 放水路ケーソン, 隔壁)

地震動 \ 解析ケース		コンクリートの曲げ圧縮応力度に 対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.64		
	(-+)	0.40		
	(+-)	0.62		
	(--)	0.47		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.29		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.40		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.64	0.64	0.64
	(-+)	0.66	0.65	0.67
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.32		
	(-+)	0.37		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.60		
	(-+)	0.39		

表 5.2.1-2(18) コンクリートの曲げ圧縮応力度に対する照査における実施ケースと照査値  
 (③-③断面, 放水路ケーソン, 頂版①)

地震動		解析ケース	コンクリートの曲げ圧縮応力度に 対する照査値		
			①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)		0.13		
	(-+)		0.13		
	(+-)		0.26		
	(--)		0.20		
S <sub>s</sub> -F1	(++)		0.10		
S <sub>s</sub> -F2	(++)		0.14		
S <sub>s</sub> -N1	(++)		0.23	0.23	0.23
	(-+)		0.13	0.13	0.15
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)		0.09		
	(-+)		0.14		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)		0.25		
	(-+)		0.16		

表 5.2.1-2(19) コンクリートの曲げ圧縮応力度に対する照査における実施ケースと照査値  
 (③-③断面, 放水路ケーソン, 頂版②)

地震動		解析ケース	コンクリートの曲げ圧縮応力度に 対する照査値		
			①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)		0.13		
	(-+)		0.13		
	(+-)		0.26		
	(--)		0.20		
S <sub>s</sub> -F1	(++)		0.10		
S <sub>s</sub> -F2	(++)		0.14		
S <sub>s</sub> -N1	(++)		0.23	0.23	0.23
	(-+)		0.13	0.13	0.15
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)		0.09		
	(-+)		0.14		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)		0.25		
	(-+)		0.16		

表 5.2.1-2(20) コンクリートの曲げ圧縮応力度に対する照査における実施ケースと照査値  
 (④-④断面, ケーソン, 底版)

地震動		解析ケース	コンクリートの曲げ圧縮応力度に 対する照査値		
			①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)		0.22		
	(-+)		0.26	0.27	0.26
	(+-)		0.27	0.26	0.20
	(--)		0.21		
S <sub>s</sub> -F1	(++)		0.15		
S <sub>s</sub> -F2	(++)		0.20		
S <sub>s</sub> -N1	(++)		0.21		
	(-+)		0.29	0.31	0.30
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)		0.19		
	(-+)		0.18		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)		0.10		
	(-+)		0.11		



表 5.2.1-2(21) コンクリートの曲げ圧縮応力度に対する照査における実施ケースと照査値  
 (④-④断面, ケーソン, 前壁)

地震動 \ 解析ケース		コンクリートの曲げ圧縮応力度に 対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.33		
	(-+)	0.35	0.36	0.35
	(+-)	0.38	0.38	0.33
	(--)	0.40		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.28		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.28		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.14		
	(-+)	0.44	0.46	0.45
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.26		
	(-+)	0.25		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.10		
	(-+)	0.24		

表 5.2.1-2(22) コンクリートの曲げ圧縮応力度に対する照査における実施ケースと照査値  
 (④-④断面, ケーソン, 後壁)

地震動 \ 解析ケース		コンクリートの曲げ圧縮応力度に 対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.11		
	(-+)	0.29	0.28	0.29
	(+-)	0.16	0.15	0.08
	(--)	0.11		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.07		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.07		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.36		
	(-+)	0.15	0.16	0.15
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.08		
	(-+)	0.11		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.18		
	(-+)	0.13		

表 5.2.1-2(23) コンクリートの曲げ圧縮応力度に対する照査における実施ケースと照査値  
 (④-④断面, ケーソン, 側壁①)

地震動		解析ケース	コンクリートの曲げ圧縮応力度に 対する照査値		
			①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)		0.32		
	(-+)		0.36	0.38	0.37
	(+-)		0.39	0.38	0.33
	(--)		0.38		
S <sub>s</sub> -F1	(++)		0.26		
S <sub>s</sub> -F2	(++)		0.29		
S <sub>s</sub> -N1	(++)		0.36		
	(-+)		0.44	0.46	0.45
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)		0.27		
	(-+)		0.25		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)		0.18		
	(-+)		0.19		

表 5.2.1-2(24) コンクリートの曲げ圧縮応力度に対する照査における実施ケースと照査値  
 (④-④断面, ケーソン, 側壁②)

地震動 \ 解析ケース		コンクリートの曲げ圧縮応力度に 対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.32		
	(-+)	0.36	0.38	0.37
	(+-)	0.39	0.38	0.33
	(--)	0.38		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.26		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.29		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.36		
	(-+)	0.44	0.46	0.45
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.27		
	(-+)	0.25		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.18		
	(-+)	0.19		

表 5.2.1-2(25) コンクリートの曲げ圧縮応力度に対する照査における実施ケースと照査値  
 (④-④断面, ケーソン, 隔壁①)

地震動		解析ケース	コンクリートの曲げ圧縮応力度に 対する照査値		
			①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)		0.25		
	(-+)		0.28	0.29	0.29
	(+-)		0.27	0.27	0.24
	(--)		0.26		
S <sub>s</sub> -F1	(++)		0.18		
S <sub>s</sub> -F2	(++)		0.21		
S <sub>s</sub> -N1	(++)		0.14		
	(-+)		0.30	0.31	0.31
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)		0.15		
	(-+)		0.16		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)		0.14		
	(-+)		0.15		

表 5.2.1-2(26) コンクリートの曲げ圧縮応力度に対する照査における実施ケースと照査値  
 (④-④断面, ケーソン, 隔壁②)

地震動 \ 解析ケース		コンクリートの曲げ圧縮応力度に 対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.18		
	(-+)	0.19	0.19	0.19
	(+-)	0.18	0.18	0.17
	(--)	0.16		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.12		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.14		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.21		
	(-+)	0.18	0.18	0.17
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.12		
	(-+)	0.14		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.15		
	(-+)	0.14		

表 5.2.1-2(27) コンクリートの曲げ圧縮応力度に対する照査における実施ケースと照査値  
 (④-④断面, ケーソン, 隔壁③)

地震動 \ 解析ケース		コンクリートの曲げ圧縮応力度に 対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.26		
	(-+)	0.30	0.31	0.30
	(+-)	0.32	0.31	0.27
	(--)	0.30		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.21		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.24		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.29		
	(-+)	0.36	0.37	0.37
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.22		
	(-+)	0.20		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.14		
	(-+)	0.16		

表 5.2.1-2(28) コンクリートの曲げ圧縮応力度に対する照査における実施ケースと照査値  
 (④-④断面, ケーソン, 隔壁④)

地震動		解析ケース	コンクリートの曲げ圧縮応力度に 対する照査値		
			①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)		0.24		
	(-+)		0.27	0.28	0.27
	(+-)		0.29	0.28	0.24
	(--)		0.27		
S <sub>s</sub> -F1	(++)		0.19		
S <sub>s</sub> -F2	(++)		0.21		
S <sub>s</sub> -N1	(++)		0.26		
	(-+)		0.32	0.33	0.33
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)		0.20		
	(-+)		0.18		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)		0.13		
	(-+)		0.16		



表 5.2.1-2(29) コンクリートの曲げ圧縮応力度に対する照査における実施ケースと照査値  
 (④-④断面, ケーソン, 隔壁⑤)

地震動		解析ケース	コンクリートの曲げ圧縮応力度に 対する照査値		
			①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)		0.26		
	(-+)		0.30	0.31	0.30
	(+-)		0.32	0.31	0.27
	(--)		0.30		
S <sub>s</sub> -F1	(++)		0.21		
S <sub>s</sub> -F2	(++)		0.24		
S <sub>s</sub> -N1	(++)		0.29		
	(-+)		0.36	0.37	0.37
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)		0.22		
	(-+)		0.20		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)		0.14		
	(-+)		0.16		

表 5.2.1-3(1) 鉄筋の曲げ引張応力度に対する実施ケースと照査値  
(②-②断面, ケーソン, 底版)

地震動 \ 解析ケース		鉄筋の曲げ引張応力度に対する 照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.27	0.23	0.30
	(-+)	0.36	0.30	0.35
	(+-)	0.31		
	(--)	0.31		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.26		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.30		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.67	0.68	0.67
	(-+)	0.31		
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.24		
	(-+)	0.24		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.25		
	(-+)	0.23		

0.67 : 解析ケース①において, 曲げ・軸力系の破壊に対する  
評価のうち, 照査値 0.5 を超える最も厳しい照査値

表 5.2.1-3(2) 鉄筋の曲げ引張応力度に対する実施ケースと照査値  
 (②-②断面, ケーソン, フーチング)

地震動		解析ケース	鉄筋の曲げ引張応力度に対する 照査値		
			①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)		0.20	0.21	0.22
	(-+)		0.24	0.22	0.25
	(+-)		0.28		
	(--)		0.25		
S <sub>s</sub> -F1	(++)		0.20		
S <sub>s</sub> -F2	(++)		0.15		
S <sub>s</sub> -N1	(++)		0.32	0.32	0.32
	(-+)		0.09		
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)		0.24		
	(-+)		0.17		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)		0.23		
	(-+)		0.16		

表 5.2.1-3(3) 鉄筋の曲げ引張応力度に対する実施ケースと照査値  
(②-②断面, ケーソン, 前壁)

地震動 \ 解析ケース		鉄筋の曲げ引張応力度に対する 照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.11	0.09	0.11
	(-+)	0.15	0.11	0.14
	(+-)	0.12		
	(--)	0.11		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.09		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.14		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.33	0.32	0.32
	(-+)	0.11		
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.09		
	(-+)	0.09		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.10		
	(-+)	0.09		

表 5.2.1-3(4) 鉄筋の曲げ引張応力度に対する実施ケースと照査値  
 (②-②断面, ケーソン, 後壁)

地震動		解析ケース	鉄筋の曲げ引張応力度に対する 照査値		
			①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)		0.15	0.14	0.15
	(-+)		0.20	0.14	0.33
	(+-)		0.14		
	(--)		0.14		
S <sub>s</sub> -F1	(++)		0.14		
S <sub>s</sub> -F2	(++)		0.14		
S <sub>s</sub> -N1	(++)		0.25	0.25	0.25
	(-+)		0.15		
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)		0.14		
	(-+)		0.12		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)		0.15		
	(-+)		0.13		

表 5.2.1-3(5) 鉄筋の曲げ引張応力度に対する実施ケースと照査値  
 (②-②断面, ケーソン, 側壁①)

地震動		解析ケース	鉄筋の曲げ引張応力度に対する 照査値		
			①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)		0.20	0.19	0.23
	(-+)		0.21	0.22	0.25
	(+-)		0.25		
	(--)		0.23		
S <sub>s</sub> -F1	(++)		0.13		
S <sub>s</sub> -F2	(++)		0.17		
S <sub>s</sub> -N1	(++)		0.39	0.39	0.39
	(-+)		0.12		
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)		0.20		
	(-+)		0.17		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)		0.21		
	(-+)		0.16		

表 5.2.1-3(6) 鉄筋の曲げ引張応力度に対する実施ケースと照査値  
 (②-②断面, ケーソン, 側壁②)

地震動 \ 解析ケース		鉄筋の曲げ引張応力度に対する 照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.20	0.19	0.23
	(-+)	0.21	0.22	0.25
	(+-)	0.25		
	(--)	0.23		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.13		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.17		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.39	0.39	0.39
	(-+)	0.12		
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.20		
	(-+)	0.17		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.21		
	(-+)	0.16		

表 5.2.1-3(7) 鉄筋の曲げ引張応力度に対する実施ケースと照査値  
 (②-②断面, ケーソン, 隔壁①)

地震動		鉄筋の曲げ引張応力度に対する 照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.24	0.20	0.23
	(-+)	0.22	0.19	0.21
	(+-)	0.19		
	(--)	0.22		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.16		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.16		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.10	0.10	0.10
	(-+)	0.20		
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.17		
	(-+)	0.17		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.24		
	(-+)	0.16		



表 5.2.1-3(8) 鉄筋の曲げ引張応力度に対する実施ケースと照査値  
 (②-②断面, ケーソン, 隔壁②)

地震動 \ 解析ケース		鉄筋の曲げ引張応力度に対する 照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.25	0.22	0.24
	(-+)	0.23	0.24	0.23
	(+-)	0.22		
	(--)	0.23		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.20		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.20		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.21	0.21	0.21
	(-+)	0.26		
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.21		
	(-+)	0.21		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.24		
	(-+)	0.20		

表 5.2.1-3(9) 鉄筋の曲げ引張応力度に対する実施ケースと照査値  
 (②-②断面, ケーソン, 隔壁③)

地震動		鉄筋の曲げ引張応力度に対する 照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.20	0.18	0.22
	(-+)	0.18	0.21	0.18
	(+-)	0.20		
	(--)	0.21		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.20		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.20		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.36	0.36	0.36
	(-+)	0.19		
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.18		
	(-+)	0.18		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.19		
	(-+)	0.18		

表 5.2.1-3(10) 鉄筋の曲げ引張応力度に対する実施ケースと照査値  
 (②-②断面, ケーソン, 隔壁④)

地震動		解析ケース	鉄筋の曲げ引張応力度に対する 照査値		
			①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)		0.07	0.08	0.08
	(-+)		0.09	0.09	0.13
	(+-)		0.12		
	(--)		0.11		
S <sub>s</sub> -F1	(++)		0.04		
S <sub>s</sub> -F2	(++)		0.06		
S <sub>s</sub> -N1	(++)		0.16	0.16	0.16
	(-+)		0.11		
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)		0.10		
	(-+)		0.06		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)		0.09		
	(-+)		0.05		

表 5.2.1-3(11) 鉄筋の曲げ引張応力度に対する実施ケースと照査値  
 (②-②断面, ケーソン, 隔壁⑤)

地震動		解析ケース	鉄筋の曲げ引張応力度に対する 照査値		
			①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)		0.07	0.06	0.07
	(-+)		0.10	0.10	0.12
	(+-)		0.10		
	(--)		0.11		
S <sub>s</sub> -F1	(++)		0.04		
S <sub>s</sub> -F2	(++)		0.07		
S <sub>s</sub> -N1	(++)		0.19	0.19	0.19
	(-+)		0.11		
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)		0.08		
	(-+)		0.06		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)		0.08		
	(-+)		0.05		

表 5.2.1-3(12) 鉄筋の曲げ引張応力度に対する実施ケースと照査値  
 (②-②断面, ケーソン, 隔壁⑥)

地震動		鉄筋の曲げ引張応力度に対する 照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.07	0.08	0.08
	(-+)	0.09	0.09	0.13
	(+-)	0.12		
	(--)	0.11		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.04		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.06		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.16	0.16	0.16
	(-+)	0.11		
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.10		
	(-+)	0.06		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.09		
	(-+)	0.05		

表 5.2.1-3(13) コンクリートの引張応力度に対する実施ケースと照査値  
 (③-③断面, 放水路ケーソン, 底版①)

地震動		解析ケース			コンクリートの引張応力度 に対する照査値		
			①	②	③		
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.55					
	(-+)	0.36					
	(+-)	0.40					
	(--)	0.47					
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.29					
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.35					
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.44	0.44	0.44			
	(-+)	0.59	0.58	0.58			
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.16					
	(-+)	0.31					
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.43					
	(-+)	0.40					

表 5.2.1-3(14) コンクリートの引張応力度に対する実施ケースと照査値  
 (③-③断面, 放水路ケーソン, 底版②)

地震動		解析ケース			コンクリートの引張応力度 に対する照査値		
			①	②	③		
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.55					
	(-+)	0.36					
	(+-)	0.40					
	(--)	0.47					
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.29					
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.35					
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.44	0.44	0.44			
	(-+)	0.59	0.58	0.58			
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.16					
	(-+)	0.31					
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.43					
	(-+)	0.40					

表 5.2.1-3(15) コンクリートの引張応力度に対する実施ケースと照査値  
 (③-③断面, 放水路ケーソン, 側壁①)

地震動		解析ケース			コンクリートの引張応力度 に対する照査値		
		①	②	③			
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.47					
	(-+)	0.26					
	(+-)	0.46					
	(--)	0.34					
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.19					
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.22					
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.49	0.49	0.49			
	(-+)	0.52	0.52	0.51			
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.09					
	(-+)	0.34					
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.35					
	(-+)	0.29					



表 5.2.1-3(16) コンクリートの引張応力度に対する実施ケースと照査値  
 (③-③断面, 放水路ケーソン, 側壁②)

地震動		解析ケース			コンクリートの引張応力度 に対する照査値		
			①	②	③		
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.47					
	(-+)	0.26					
	(+-)	0.46					
	(--)	0.34					
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.19					
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.22					
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.49	0.49	0.49			
	(-+)	0.52	0.52	0.51			
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.09					
	(-+)	0.34					
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.35					
	(-+)	0.29					

表 5.2.1-3(17) コンクリートの引張応力度に対する実施ケースと照査値  
 (③-③断面, 放水路ケーソン, 隔壁)

地震動		解析ケース	コンクリートの引張応力度 に対する照査値		
			①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)		0.85		
	(-+)		0.60		
	(+-)		0.89		
	(--)		0.84		
S <sub>s</sub> -F1	(++)		0.45		
S <sub>s</sub> -F2	(++)		0.55		
S <sub>s</sub> -N1	(++)		0.94	0.94	0.94
	(-+)		0.95	0.94	0.95
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)		0.08		
	(-+)		0.68		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)		0.75		
	(-+)		0.70		

0.95 : 解析ケース①において, 曲げ・軸力系の破壊に対する  
 評価のうち, 照査値 0.5 を超える最も厳しい照査値

表 5.2.1-3(18) コンクリートの引張応力度に対する実施ケースと照査値  
 (③-③断面, 放水路ケーソン, 頂版①)

地震動 \ 解析ケース		コンクリートの引張応力度 に対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.61		
	(-+)	0.40		
	(+-)	0.79		
	(--)	0.55		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.30		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.39		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.64	0.65	0.66
	(-+)	0.62	0.61	0.63
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.34		
	(-+)	0.43		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.74		
	(-+)	0.45		

表 5.2.1-3(19) コンクリートの引張応力度に対する実施ケースと照査値  
 (③-③断面, 放水路ケーソン, 頂版②)

地震動		解析ケース			コンクリートの引張応力度 に対する照査値		
			①	②	③		
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.61					
	(-+)	0.40					
	(+-)	0.79					
	(--)	0.55					
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.30					
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.39					
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.64	0.65	0.66			
	(-+)	0.62	0.61	0.63			
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.34					
	(-+)	0.43					
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.74					
	(-+)	0.45					

表 5.2.1-3(20) 鉄筋の曲げ引張応力度に対する実施ケースと照査値  
(④-④断面, ケーソン, 底版)

地震動		解析ケース	鉄筋の曲げ引張応力度に対する 照査値		
			①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)		0.46		
	(-+)		0.50	0.53	0.51
	(+-)		0.55	0.55	0.49
	(--)		0.56		
S <sub>s</sub> -F1	(++)		0.40		
S <sub>s</sub> -F2	(++)		0.41		
S <sub>s</sub> -N1	(++)		0.54		
	(-+)		0.63	0.65	0.65
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)		0.37		
	(-+)		0.35		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)		0.29		
	(-+)		0.30		

0.63 : 解析ケース①において, 曲げ・軸力系の破壊に対する  
評価のうち, 照査値 0.5 を超える最も厳しい照査値

表 5.2.1-3(21) 鉄筋の曲げ引張応力度に対する実施ケースと照査値  
 (④-④断面, ケーソン, 前壁)

地震動		解析ケース	鉄筋の曲げ引張応力度に対する 照査値		
			①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)		0.26		
	(-+)		0.25	0.26	0.25
	(+-)		0.28	0.27	0.25
	(--)		0.31		
S <sub>s</sub> -F1	(++)		0.23		
S <sub>s</sub> -F2	(++)		0.21		
S <sub>s</sub> -N1	(++)		0.16		
	(-+)		0.31	0.32	0.32
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)		0.20		
	(-+)		0.19		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)		0.12		
	(-+)		0.19		

表 5.2.1-3(22) 鉄筋の曲げ引張応力度に対する実施ケースと照査値  
 (④-④断面, ケーソン, 後壁)

地震動		解析ケース	鉄筋の曲げ引張応力度に対する 照査値		
			①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)		0.19		
	(-+)		0.23	0.23	0.23
	(+-)		0.21	0.21	0.22
	(--)		0.21		
S <sub>s</sub> -F1	(++)		0.24		
S <sub>s</sub> -F2	(++)		0.18		
S <sub>s</sub> -N1	(++)		0.28		
	(-+)		0.24	0.25	0.26
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)		0.19		
	(-+)		0.16		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)		0.18		
	(-+)		0.17		

表 5.2.1-3(23) 鉄筋の曲げ引張応力度に対する実施ケースと照査値  
 (④-④断面, ケーソン, 側壁①)

地震動		解析ケース	鉄筋の曲げ引張応力度に対する 照査値		
			①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)		0.17		
	(-+)		0.20	0.20	0.20
	(+-)		0.17	0.17	0.19
	(--)		0.16		
S <sub>s</sub> -F1	(++)		0.22		
S <sub>s</sub> -F2	(++)		0.13		
S <sub>s</sub> -N1	(++)		0.14		
	(-+)		0.22	0.23	0.24
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)		0.16		
	(-+)		0.13		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)		0.06		
	(-+)		0.12		



表 5.2.1-3(24) 鉄筋の曲げ引張応力度に対する実施ケースと照査値  
 (④-④断面, ケーソン, 側壁②)

地震動		解析ケース	鉄筋の曲げ引張応力度に対する 照査値		
			①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)		0.17		
	(-+)		0.20	0.20	0.20
	(+-)		0.17	0.17	0.19
	(--)		0.16		
S <sub>s</sub> -F1	(++)		0.22		
S <sub>s</sub> -F2	(++)		0.13		
S <sub>s</sub> -N1	(++)		0.14		
	(-+)		0.22	0.23	0.24
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)		0.16		
	(-+)		0.13		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)		0.06		
	(-+)		0.12		

表 5.2.1-3(25) 鉄筋の曲げ引張応力度に対する実施ケースと照査値  
 (④-④断面, ケーソン, 隔壁①)

地震動		解析ケース	鉄筋の曲げ引張応力度に対する 照査値		
			①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)		0.32		
	(-+)		0.33	0.35	0.33
	(+-)		0.37	0.36	0.31
	(--)		0.35		
S <sub>s</sub> -F1	(++)		0.25		
S <sub>s</sub> -F2	(++)		0.28		
S <sub>s</sub> -N1	(++)		0.21		
	(-+)		0.40	0.42	0.41
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)		0.27		
	(-+)		0.26		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)		0.17		
	(-+)		0.21		

表 5.2.1-3(26) 鉄筋の曲げ引張応力度に対する実施ケースと照査値  
 (④-④断面, ケーソン, 隔壁②)

地震動		解析ケース	鉄筋の曲げ引張応力度に対する 照査値		
			①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)		0.23		
	(-+)		0.28	0.28	0.28
	(+-)		0.24	0.23	0.22
	(--)		0.22		
S <sub>s</sub> -F1	(++)		0.18		
S <sub>s</sub> -F2	(++)		0.19		
S <sub>s</sub> -N1	(++)		0.35		
	(-+)		0.24	0.24	0.23
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)		0.17		
	(-+)		0.18		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)		0.22		
	(-+)		0.21		

表 5.2.1-3(27) 鉄筋の曲げ引張応力度に対する実施ケースと照査値  
 (④-④断面, ケーソン, 隔壁③)

地震動		解析ケース	鉄筋の曲げ引張応力度に対する 照査値		
			①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)		0.29		
	(-+)		0.36	0.37	0.37
	(+-)		0.33	0.32	0.27
	(--)		0.30		
S <sub>s</sub> -F1	(++)		0.17		
S <sub>s</sub> -F2	(++)		0.22		
S <sub>s</sub> -N1	(++)		0.14		
	(-+)		0.38	0.39	0.39
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)		0.17		
	(-+)		0.16		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)		0.09		
	(-+)		0.13		

表 5.2.1-3(28) 鉄筋の曲げ引張応力度に対する実施ケースと照査値  
 (④-④断面, ケーソン, 隔壁④)

地震動		解析ケース	鉄筋の曲げ引張応力度に対する 照査値		
			①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)		0.31		
	(-+)		0.38	0.39	0.38
	(+-)		0.35	0.34	0.29
	(--)		0.33		
S <sub>s</sub> -F1	(++)		0.19		
S <sub>s</sub> -F2	(++)		0.24		
S <sub>s</sub> -N1	(++)		0.16		
	(-+)		0.41	0.42	0.42
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)		0.19		
	(-+)		0.18		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)		0.09		
	(-+)		0.14		

表 5.2.1-3(29) 鉄筋の曲げ引張応力度に対する実施ケースと照査値  
 (④-④断面, ケーソン, 隔壁⑤)

地震動		解析ケース	鉄筋の曲げ引張応力度に対する 照査値		
			①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)		0.29		
	(-+)		0.36	0.37	0.37
	(+-)		0.33	0.32	0.27
	(--)		0.30		
S <sub>s</sub> -F1	(++)		0.17		
S <sub>s</sub> -F2	(++)		0.22		
S <sub>s</sub> -N1	(++)		0.14		
	(-+)		0.38	0.39	0.39
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)		0.17		
	(-+)		0.16		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)		0.09		
	(-+)		0.13		

(2) ケーソンのせん断に対する照査

3次元線形構造解析によるケーソン及び放水路ケーソンの耐震評価として、ケーソン及び放水路ケーソンにおけるコンクリートのせん断破壊（面外，面内）に対する照査の実施ケースと照査値を表 5.2.1-4 に示す。③-③断面のせん断（面内，面外）に対する照査結果については，一部応力の平均化を実施していることから，応力の平均化に関しては，参考資料 5 に示す。

また，3次元線形構造解析による照査の結果，許容限界を満足しない項目については，3次元非線形構造解析による照査結果を示す。

表 5.2.1-4(1) コンクリートのせん断破壊（面外）に対する実施ケースと照査値  
 (②-②断面，ケーソン，底版)

地震動 解析ケース		コンクリートのせん断破壊 に対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.22	0.17	0.20
	(-+)	0.25	0.21	0.28
	(+-)	0.21		
	(--)	0.21		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.17		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.20		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.43	0.43	0.43
	(-+)	0.26		
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.17		
	(-+)	0.20		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.24		
	(-+)	0.15		

表 5.2.1-4(2) コンクリートのせん断破壊（面外）に対する実施ケースと照査値  
 (②-②断面, ケーソン, フーチング)

地震動 解析ケース		コンクリートのせん断破壊 に対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.05	0.04	0.06
	(-+)	0.05	0.06	0.28
	(+-)	0.03		
	(--)	0.05		
S <sub>s</sub> -F 1	(++)	0.08		
S <sub>s</sub> -F 2	(++)	0.08		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.25	0.25	0.25
	(-+)	0.02		
S <sub>s</sub> -N 2 (NS)	(++)	0.08		
	(-+)	0.06		
S <sub>s</sub> -N 2 (EW)	(++)	0.05		
	(-+)	0.06		



表 5.2.1-4(3) コンクリートのせん断破壊（面外）に対する実施ケースと照査値  
 (②-②断面, ケーソン, 前壁)

地震動		解析ケース			コンクリートのせん断破壊 に対する照査値		
			①	②	③		
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.29	0.26	0.30			
	(-+)	0.27	0.16	0.27			
	(+-)	0.19					
	(--)	0.28					
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.12					
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.15					
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.04	0.04	0.04			
	(-+)	0.16					
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.11					
	(-+)	0.10					
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.17					
	(-+)	0.16					

表 5.2.1-4(4) コンクリートのせん断破壊（面外）に対する実施ケースと照査値  
 (②-②断面, ケーソン, 後壁)

地震動 解析ケース		コンクリートのせん断破壊 に対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.20	0.23	0.21
	(-+)	0.27	0.21	0.37
	(+-)	0.31		
	(--)	0.25		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.24		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.10		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.45	0.47	0.45
	(-+)	0.09		
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.26		
	(-+)	0.17		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.25		
	(-+)	0.16		

表 5.2.1-4(5) コンクリートのせん断破壊（面外）に対する実施ケースと照査値  
 (②-②断面, ケーソン, 側壁①)

地震動 \ 解析ケース		コンクリートのせん断破壊 に対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.13	0.11	0.14
	(-+)	0.14	0.13	0.13
	(+-)	0.12		
	(--)	0.13		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.10		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.15		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.24	0.24	0.24
	(-+)	0.13		
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.10		
	(-+)	0.11		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.12		
	(-+)	0.11		

表 5.2.1-4(6) コンクリートのせん断破壊（面外）に対する実施ケースと照査値  
 (②-②断面, ケーソン, 側壁②)

地震動		解析ケース			コンクリートのせん断破壊 に対する照査値		
			①	②	③		
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.13	0.11	0.14			
	(-+)	0.14	0.13	0.13			
	(+-)	0.12					
	(--)	0.13					
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.10					
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.15					
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.24	0.24	0.24			
	(-+)	0.13					
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.10					
	(-+)	0.11					
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.12					
	(-+)	0.11					

表 5.2.1-4(7) コンクリートのせん断破壊（面外）に対する実施ケースと照査値  
 (②-②断面, ケーソン, 隔壁①)

地震動		解析ケース			コンクリートのせん断破壊 に対する照査値		
		①	②	③			
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.14	0.10	0.12			
	(-+)	0.10	0.09	0.09			
	(+-)	0.08					
	(--)	0.13					
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.08					
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.07					
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.07	0.07	0.07			
	(-+)	0.13					
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.09					
	(-+)	0.10					
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.15					
	(-+)	0.07					

表 5.2.1-4(8) コンクリートのせん断破壊（面外）に対する実施ケースと照査値  
 (②-②断面, ケーソン, 隔壁②)

地震動 \ 解析ケース		コンクリートのせん断破壊 に対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.12	0.11	0.13
	(-+)	0.18	0.14	0.16
	(+-)	0.14		
	(--)	0.14		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.11		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.11		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.17	0.18	0.17
	(-+)	0.16		
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.11		
	(-+)	0.11		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.11		
	(-+)	0.11		

表 5.2.1-4(9) コンクリートのせん断破壊（面外）に対する実施ケースと照査値  
 (②-②断面, ケーソン, 隔壁③)

地震動 解析ケース		コンクリートのせん断破壊 に対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.10	0.10	0.11
	(-+)	0.11	0.11	0.11
	(+-)	0.12		
	(--)	0.12		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.08		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.08		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.10	0.10	0.10
	(-+)	0.10		
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.10		
	(-+)	0.08		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.10		
	(-+)	0.08		

表 5.2.1-4(10) コンクリートのせん断破壊（面外）に対する実施ケースと照査値  
 (②-②断面, ケーソン, 隔壁④)

地震動 解析ケース		コンクリートのせん断破壊 に対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.04	0.04	0.05
	(-+)	0.04	0.05	0.04
	(+-)	0.04		
	(--)	0.04		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.04		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.05		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.08	0.08	0.08
	(-+)	0.04		
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.03		
	(-+)	0.04		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.04		
	(-+)	0.04		



表 5.2.1-4(11) コンクリートのせん断破壊（面外）に対する実施ケースと照査値  
 (②-②断面, ケーソン, 隔壁⑤)

地震動 解析ケース		コンクリートのせん断破壊 に対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.01	0.01	0.01
	(-+)	0.01	0.01	0.01
	(+-)	0.01		
	(--)	0.01		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.01		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.01		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.00	0.00	0.00
	(-+)	0.01		
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.01		
	(-+)	0.01		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.01		
	(-+)	0.00		

表 5.2.1-4(12) コンクリートのせん断破壊（面外）に対する実施ケースと照査値  
 (②-②断面, ケーソン, 隔壁⑥)

地震動 解析ケース		コンクリートのせん断破壊 に対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.04	0.04	0.05
	(-+)	0.04	0.05	0.04
	(+-)	0.04		
	(--)	0.04		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.04		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.05		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.08	0.08	0.08
	(-+)	0.04		
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.03		
	(-+)	0.04		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.04		
	(-+)	0.04		

表 5.2.1-4(13) コンクリートのせん断破壊（面内）に対する実施ケースと照査値  
 (②-②断面, ケーソン, 底版)

地震動 \ 解析ケース		コンクリートのせん断破壊 に対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.28	0.24	0.27
	(-+)	0.24	0.27	0.25
	(+-)	0.27		
	(--)	0.27		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.23		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.22		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.24	0.25	0.25
	(-+)	0.33		
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.23		
	(-+)	0.25		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.28		
	(-+)	0.22		

表 5.2.1-4(14) コンクリートのせん断破壊（面内）に対する実施ケースと照査値  
 (②-②断面, ケーソン, フーチング)

地震動 解析ケース		コンクリートのせん断破壊 に対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.12	0.11	0.14
	(-+)	0.10	0.14	0.11
	(+-)	0.12		
	(--)	0.13		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.12		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.14		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.22	0.22	0.21
	(-+)	0.03		
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.10		
	(-+)	0.11		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.11		
	(-+)	0.11		

表 5.2.1-4(15) コンクリートのせん断破壊（面内）に対する実施ケースと照査値  
 (②-②断面, ケーソン, 前壁)

地震動 解析ケース		コンクリートのせん断破壊 に対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.11	0.09	0.10
	(-+)	0.11	0.09	0.10
	(+-)	0.09		
	(--)	0.10		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.08		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.08		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.07	0.07	0.07
	(-+)	0.09		
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.08		
	(-+)	0.08		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.11		
	(-+)	0.08		

表 5.2.1-4(16) コンクリートのせん断破壊（面内）に対する実施ケースと照査値  
 (②-②断面, ケーソン, 後壁)

地震動 解析ケース		コンクリートのせん断破壊 に対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.19	0.17	0.21
	(-+)	0.17	0.21	0.17
	(+-)	0.19		
	(--)	0.21		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.19		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.21		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.30	0.30	0.30
	(-+)	0.07		
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.16		
	(-+)	0.17		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.17		
	(-+)	0.17		

表 5.2.1-4(17) コンクリートのせん断破壊（面内）に対する実施ケースと照査値  
 (②-②断面, ケーソン, 側壁①)

地震動 解析ケース		コンクリートのせん断破壊 に対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.48	0.39	0.44
	(-+)	0.43	0.41	0.41
	(+-)	0.40		
	(--)	0.44		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.35		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.34		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.38	0.38	0.37
	(-+)	0.48		
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.36		
	(-+)	0.38		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.46		
	(-+)	0.34		

表 5.2.1-4(18) コンクリートのせん断破壊（面内）に対する実施ケースと照査値  
 (②-②断面, ケーソン, 側壁②)

地震動 解析ケース		コンクリートのせん断破壊 に対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.48	0.39	0.44
	(-+)	0.43	0.41	0.41
	(+-)	0.40		
	(--)	0.44		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.35		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.34		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.38	0.38	0.37
	(-+)	0.48		
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.36		
	(-+)	0.38		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.46		
	(-+)	0.34		



表 5.2.1-4(19) コンクリートのせん断破壊（面内）に対する実施ケースと照査値  
 (②-②断面, ケーソン, 隔壁①)

地震動 解析ケース		コンクリートのせん断破壊 に対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.15	0.13	0.15
	(-+)	0.17	0.15	0.16
	(+-)	0.15		
	(--)	0.14		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.12		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.13		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.11	0.11	0.11
	(-+)	0.16		
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.12		
	(-+)	0.13		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.15		
	(-+)	0.12		

表 5.2.1-4(20) コンクリートのせん断破壊（面内）に対する実施ケースと照査値  
 (②-②断面, ケーソン, 隔壁②)

地震動 解析ケース		コンクリートのせん断破壊 に対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.18	0.16	0.18
	(-+)	0.18	0.18	0.18
	(+-)	0.18		
	(--)	0.19		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.16		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.16		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.19	0.19	0.19
	(-+)	0.20		
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.16		
	(-+)	0.16		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.17		
	(-+)	0.15		

表 5.2.1-4(21) コンクリートのせん断破壊（面内）に対する実施ケースと照査値  
 (②-②断面, ケーソン, 隔壁③)

地震動 解析ケース		コンクリートのせん断破壊 に対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.18	0.16	0.20
	(-+)	0.17	0.19	0.17
	(+-)	0.18		
	(--)	0.20		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.18		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.18		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.27	0.27	0.27
	(-+)	0.17		
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.16		
	(-+)	0.17		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.16		
	(-+)	0.16		

表 5.2.1-4(22) コンクリートのせん断破壊（面内）に対する実施ケースと照査値  
 (②-②断面, ケーソン, 隔壁④)

地震動 解析ケース		コンクリートのせん断破壊 に対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.52	0.42	0.48
	(-+)	0.46	0.45	0.42
	(+-)	0.43		
	(--)	0.48		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.38		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.38		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.36	0.36	0.36
	(-+)	0.51		
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.39		
	(-+)	0.42		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.52		
	(-+)	0.37		

表 5.2.1-4(23) コンクリートのせん断破壊（面内）に対する実施ケースと照査値  
 (②-②断面, ケーソン, 隔壁⑤)

地震動 \ 解析ケース		コンクリートのせん断破壊 に対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.53	0.43	0.49
	(-+)	0.47	0.45	0.43
	(+-)	0.43		
	(--)	0.49		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.38		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.39		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.36	0.37	0.36
	(-+)	0.52		
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.40		
	(-+)	0.42		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.52		
	(-+)	0.38		

0.53 : 解析ケース①において、せん断破壊に対する評価のうち、照査値 0.5 を超える最も厳しい照査値

表 5.2.1-4(24) コンクリートのせん断破壊（面内）に対する実施ケースと照査値  
 (②-②断面, ケーソン, 隔壁⑥)

地震動 解析ケース		コンクリートのせん断破壊 に対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.52	0.42	0.48
	(-+)	0.46	0.45	0.42
	(+-)	0.43		
	(--)	0.48		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.38		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.38		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.36	0.36	0.36
	(-+)	0.51		
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.39		
	(-+)	0.42		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.52		
	(-+)	0.37		

表 5.2.1-4(25) コンクリートのせん断破壊（面外）に対する実施ケースと照査値  
 (③-③断面, 放水路ケーソン, 底板①)

地震動 解析ケース		コンクリートのせん断破壊 に対する照査値*		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.99		
	(-+)	0.63		
	(+-)	0.85		
	(--)	0.77		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.45		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.63		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.95	0.95	0.95
	(-+)	1.05 (0.63)	1.02 (0.62)	1.07 (0.65)
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.51		
	(-+)	0.54		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.77		
	(-+)	0.63		

注記\* : 括弧内 ( ) は「RC規準 (1999年)」に基づき, 短期許容せん断応力度 1.11 (N/mm<sup>2</sup>) を許容値とした場合の照査値を示す。

表 5.2.1-4(26) コンクリートのせん断破壊（面外）に対する実施ケースと照査値  
 (③-③断面, 放水路ケーソン, 底板②)

地震動 解析ケース		コンクリートのせん断破壊 に対する照査値*		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.99		
	(-+)	0.63		
	(+-)	0.85		
	(--)	0.77		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.45		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.63		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.95	0.95	0.95
	(-+)	1.05 (0.63)	1.02 (0.62)	1.07 (0.65)
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.51		
	(-+)	0.54		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.77		
	(-+)	0.63		

注記\* : 括弧内 ( ) は「RC規準 (1999年)」に基づき, 短期許容せん断応力度 1.11 (N/mm<sup>2</sup>) を許容値とした場合の照査値を示す。



表 5.2.1-4(27) コンクリートのせん断破壊（面外）に対する実施ケースと照査値  
 (③-③断面, 放水路ケーソン, 側壁①)

地震動 \ 解析ケース		コンクリートのせん断破壊 に対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.18		
	(-+)	0.75		
	(+-)	0.22		
	(--)	0.15		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.55		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.76		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.18	0.18	0.18
	(-+)	0.17	0.17	0.16
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.48		
	(-+)	0.83		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.20		
	(-+)	0.93		

表 5.2.1-4(28) コンクリートのせん断破壊（面外）に対する実施ケースと照査値  
 (③-③断面, 放水路ケーソン, 側壁②)

地震動 \ 解析ケース		コンクリートのせん断破壊 に対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.18		
	(-+)	0.75		
	(+-)	0.22		
	(--)	0.15		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.55		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.76		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.18	0.18	0.18
	(-+)	0.17	0.17	0.16
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.48		
	(-+)	0.83		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.20		
	(-+)	0.93		

表 5.2.1-4(29) コンクリートのせん断破壊（面外）に対する実施ケースと照査値  
 (③-③断面, 放水路ケーソン, 隔壁)

地震動 \ 解析ケース		コンクリートのせん断破壊 に対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.00		
	(-+)	0.00		
	(+-)	0.00		
	(--)	0.00		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.96		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.00		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.00	0.00	0.00
	(-+)	0.00	0.00	0.00
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.00		
	(-+)	0.00		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.00		
	(-+)	0.00		

表 5.2.1-4(30) コンクリートのせん断破壊（面外）に対する実施ケースと照査値  
 (③-③断面, 放水路ケーソン, 頂版①)

地震動 \ 解析ケース		コンクリートのせん断破壊 に対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.35		
	(-+)	0.09		
	(+-)	0.66		
	(--)	0.47		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.91		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.09		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.56	0.56	0.56
	(-+)	0.35	0.35	0.35
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.84		
	(-+)	0.10		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.61		
	(-+)	0.40		

表 5.2.1-4(31) コンクリートのせん断破壊（面外）に対する実施ケースと照査値  
 (③-③断面, 放水路ケーソン, 頂版②)

地震動 \ 解析ケース		コンクリートのせん断破壊 に対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.35		
	(-+)	0.09		
	(+-)	0.66		
	(--)	0.47		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.91		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.09		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.56	0.56	0.56
	(-+)	0.35	0.35	0.35
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.84		
	(-+)	0.10		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.61		
	(-+)	0.40		

表 5.2.1-4(32) コンクリートのせん断破壊（面内）に対する実施ケースと照査値  
 (③-③断面, 放水路ケーソン, 底版①)

地震動 解析ケース		コンクリートのせん断破壊 に対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.52		
	(-+)	0.34		
	(+-)	0.44		
	(--)	0.40		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.26		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.35		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.53	0.53	0.53
	(-+)	0.53	0.52	0.54
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.28		
	(-+)	0.27		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.40		
	(-+)	0.34		

表 5.2.1-4(33) コンクリートのせん断破壊（面内）に対する実施ケースと照査値  
 (③-③断面, 放水路ケーソン, 底版②)

地震動 \ 解析ケース		コンクリートのせん断破壊 に対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.52		
	(-+)	0.34		
	(+-)	0.44		
	(--)	0.40		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.26		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.35		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.53	0.53	0.53
	(-+)	0.53	0.52	0.54
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.28		
	(-+)	0.27		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.40		
	(-+)	0.34		

表 5.2.1-4(34) コンクリートのせん断破壊（面内）に対する実施ケースと照査値  
 (③-③断面, 放水路ケーソン, 側壁①)

地震動 解析ケース		コンクリートのせん断破壊 に対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.66		
	(-+)	0.68		
	(+-)	0.77		
	(--)	0.87		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.50		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.67		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.91	0.92	0.91
	(-+)	0.72	0.69	0.75
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.50		
	(-+)	0.45		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.89		
	(-+)	0.72		



表 5.2.1-4(35) コンクリートのせん断破壊（面内）に対する実施ケースと照査値  
 (③-③断面, 放水路ケーソン, 側壁②)

地震動 解析ケース		コンクリートのせん断破壊 に対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.66		
	(-+)	0.68		
	(+-)	0.77		
	(--)	0.87		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.50		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.67		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.91	0.92	0.91
	(-+)	0.72	0.69	0.75
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.50		
	(-+)	0.45		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.89		
	(-+)	0.72		

表 5.2.1-4(36) コンクリートのせん断破壊（面内）に対する実施ケースと照査値  
 (③-③断面, 放水路ケーソン, 隔壁)

地震動 \ 解析ケース		コンクリートのせん断破壊 に対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	1.09		
	(-+)	0.76		
	(+-)	0.79		
	(--)	0.95		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.56		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.73		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.91	0.92	0.91
	(-+)	1.18	1.13	1.22
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.57		
	(-+)	0.44		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.95		
	(-+)	0.79		

表 5.2.1-4(37) コンクリートのせん断破壊（面内）に対する実施ケースと照査値  
 (③-③断面, 放水路ケーソン, 頂版①)

地震動 \ 解析ケース		コンクリートのせん断破壊 に対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.29		
	(-+)	0.24		
	(+-)	0.38		
	(--)	0.32		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.17		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.27		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.38	0.37	0.36
	(-+)	0.30	0.29	0.31
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.18		
	(-+)	0.21		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.37		
	(-+)	0.28		

表 5.2.1-4(38) コンクリートのせん断破壊（面内）に対する実施ケースと照査値  
 (③-③断面, 放水路ケーソン, 頂版②)

地震動 \ 解析ケース		コンクリートのせん断破壊 に対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.29		
	(-+)	0.24		
	(+-)	0.38		
	(--)	0.32		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.17		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.27		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.38	0.37	0.36
	(-+)	0.30	0.29	0.31
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.18		
	(-+)	0.21		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.37		
	(-+)	0.28		

表 5.2.1-4(39) コンクリートのせん断破壊（面外）に対する実施ケースと照査値  
 (④-④断面, ケーソン, 底版)

地震動 \ 解析ケース		コンクリートのせん断破壊 に対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.52		
	(-+)	0.61	0.65	0.62
	(+-)	0.61	0.58	0.47
	(--)	0.54		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.37		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.43		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.55		
	(-+)	0.64	0.69	0.67
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.43		
	(-+)	0.37		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.29		
	(-+)	0.28		

0.64 : 解析ケース①において、せん断破壊に対する評価のうち、照査値 0.5 を超える最も厳しい照査値

表 5.2.1-4(40) コンクリートのせん断破壊（面外）に対する実施ケースと照査値  
 (④-④断面, ケーソン, 前壁)

地震動 \ 解析ケース		コンクリートのせん断破壊 に対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.41		
	(-+)	0.18	0.19	0.19
	(+-)	0.25	0.27	0.46
	(--)	0.55		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.44		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.22		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.08		
	(-+)	0.34	0.32	0.33
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.16		
	(-+)	0.16		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.08		
	(-+)	0.41		

表 5.2.1-4(41) コンクリートのせん断破壊（面外）に対する実施ケースと照査値  
 (④-④断面, ケーソン, 後壁)

地震動 \ 解析ケース		コンクリートのせん断破壊 に対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.12		
	(-+)	0.10	0.10	0.10
	(+-)	0.16	0.14	0.11
	(--)	0.14		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.10		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.11		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.15		
	(-+)	0.16	0.16	0.16
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.10		
	(-+)	0.12		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.15		
	(-+)	0.14		

表 5.2.1-4(42) コンクリートのせん断破壊（面外）に対する実施ケースと照査値  
 (④-④断面, ケーソン, 側壁①)

地震動 解析ケース		コンクリートのせん断破壊 に対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.22		
	(-+)	0.25	0.26	0.26
	(+-)	0.27	0.26	0.22
	(--)	0.24		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.17		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.20		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.21		
	(-+)	0.29	0.31	0.30
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.18		
	(-+)	0.17		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.11		
	(-+)	0.14		



表 5.2.1-4(43) コンクリートのせん断破壊（面外）に対する実施ケースと照査値  
 (④-④断面, ケーソン, 側壁②)

地震動 解析ケース		コンクリートのせん断破壊 に対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.22		
	(-+)	0.25	0.26	0.26
	(+-)	0.27	0.26	0.22
	(--)	0.24		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.17		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.20		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.21		
	(-+)	0.29	0.31	0.30
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.18		
	(-+)	0.17		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.11		
	(-+)	0.14		

表 5.2.1-4(44) コンクリートのせん断破壊（面外）に対する実施ケースと照査値  
 (④-④断面, ケーソン, 隔壁①)

地震動 解析ケース		コンクリートのせん断破壊 に対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.26		
	(-+)	0.31	0.33	0.31
	(+-)	0.32	0.31	0.21
	(--)	0.25		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.18		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.24		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.20		
	(-+)	0.33	0.35	0.34
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.20		
	(-+)	0.20		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.14		
	(-+)	0.14		

表 5.2.1-4(45) コンクリートのせん断破壊（面外）に対する実施ケースと照査値  
 (④-④断面, ケーソン, 隔壁②)

地震動 解析ケース		コンクリートのせん断破壊 に対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.21		
	(-+)	0.23	0.22	0.23
	(+-)	0.17	0.17	0.15
	(--)	0.17		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.15		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.16		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.15		
	(-+)	0.19	0.20	0.20
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.12		
	(-+)	0.13		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.13		
	(-+)	0.10		

表 5.2.1-4(46) コンクリートのせん断破壊（面外）に対する実施ケースと照査値  
 (④-④断面, ケーソン, 隔壁③)

地震動		解析ケース	コンクリートのせん断破壊 に対する照査値		
			①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)		0.07		
	(-+)		0.07	0.07	0.07
	(+-)		0.08	0.08	0.08
	(--)		0.09		
S <sub>s</sub> -F1	(++)		0.06		
S <sub>s</sub> -F2	(++)		0.06		
S <sub>s</sub> -N1	(++)		0.09		
	(-+)		0.09	0.09	0.09
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)		0.06		
	(-+)		0.05		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)		0.06		
	(-+)		0.05		

表 5.2.1-4(47) コンクリートのせん断破壊（面外）に対する実施ケースと照査値  
 (④-④断面, ケーソン, 隔壁④)

地震動 解析ケース		コンクリートのせん断破壊 に対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.00		
	(-+)	0.01	0.01	0.01
	(+-)	0.01	0.00	0.00
	(--)	0.01		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.00		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.01		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.01		
	(-+)	0.01	0.01	0.01
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.01		
	(-+)	0.01		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.01		
	(-+)	0.00		

表 5.2.1-4(48) コンクリートのせん断破壊（面外）に対する実施ケースと照査値  
 (④-④断面, ケーソン, 隔壁⑤)

地震動		解析ケース	コンクリートのせん断破壊 に対する照査値		
			①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)		0.07		
	(-+)		0.07	0.07	0.07
	(+-)		0.08	0.08	0.08
	(--)		0.09		
S <sub>s</sub> -F1	(++)		0.06		
S <sub>s</sub> -F2	(++)		0.06		
S <sub>s</sub> -N1	(++)		0.09		
	(-+)		0.09	0.09	0.09
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)		0.06		
	(-+)		0.05		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)		0.06		
	(-+)		0.05		

表 5.2.1-4(49) コンクリートのせん断破壊（面内）に対する実施ケースと照査値  
 (④-④断面, ケーソン, 底版)

地震動		解析ケース			コンクリートのせん断破壊 に対する照査値		
			①	②	③		
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.41					
	(-+)	0.49	0.53	0.50			
	(+-)	0.52	0.49	0.33			
	(--)	0.37					
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.28					
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.37					
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.26					
	(-+)	0.50	0.55	0.53			
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.41					
	(-+)	0.39					
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.24					
	(-+)	0.21					

表 5.2.1-4(50) コンクリートのせん断破壊（面内）に対する実施ケースと照査値  
 (④-④断面, ケーソン, 前壁)

地震動		解析ケース			コンクリートのせん断破壊 に対する照査値		
			①	②	③		
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.21					
	(-+)	0.22	0.23	0.22			
	(+-)	0.24	0.24	0.23			
	(--)	0.25					
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.20					
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.19					
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.12					
	(-+)	0.26	0.26	0.26			
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.18					
	(-+)	0.17					
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.09					
	(-+)	0.17					



表 5.2.1-4(51) コンクリートのせん断破壊（面内）に対する実施ケースと照査値  
 (④-④断面, ケーソン, 後壁)

地震動 \ 解析ケース		コンクリートのせん断破壊 に対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.10		
	(-+)	0.21	0.21	0.21
	(+-)	0.16	0.15	0.09
	(--)	0.11		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.08		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.07		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.25		
	(-+)	0.15	0.16	0.16
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.09		
	(-+)	0.11		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.16		
	(-+)	0.14		

表 5.2.1-4(52) コンクリートのせん断破壊（面内）に対する実施ケースと照査値  
 (④-④断面, ケーソン, 側壁①)

地震動		解析ケース	コンクリートのせん断破壊 に対する照査値		
			①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)		0.53		
	(-+)		0.60	0.64	0.61
	(+-)		0.62	0.60	0.49
	(--)		0.54		
S <sub>s</sub> -F1	(++)		0.43		
S <sub>s</sub> -F2	(++)		0.49		
S <sub>s</sub> -N1	(++)		0.37		
	(-+)		0.62	0.66	0.64
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)		0.49		
	(-+)		0.48		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)		0.33		
	(-+)		0.36		

表 5.2.1-4(53) コンクリートのせん断破壊（面内）に対する実施ケースと照査値  
 (④-④断面, ケーソン, 側壁②)

地震動 解析ケース		コンクリートのせん断破壊 に対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.53		
	(-+)	0.60	0.64	0.61
	(+-)	0.62	0.60	0.49
	(--)	0.54		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.43		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.49		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.37		
	(-+)	0.62	0.66	0.64
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.49		
	(-+)	0.48		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.33		
	(-+)	0.36		

表 5.2.1-4(54) コンクリートのせん断破壊（面内）に対する実施ケースと照査値  
 (④-④断面, ケーソン, 隔壁①)

地震動 解析ケース		コンクリートのせん断破壊 に対する照査値		
		①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.28		
	(-+)	0.29	0.30	0.29
	(+-)	0.31	0.31	0.29
	(--)	0.31		
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.23		
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.25		
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.22		
	(-+)	0.33	0.34	0.34
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.24		
	(-+)	0.23		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.17		
	(-+)	0.20		

表 5.2.1-4(55) コンクリートのせん断破壊（面内）に対する実施ケースと照査値  
 (④-④断面, ケーソン, 隔壁②)

地震動		解析ケース			コンクリートのせん断破壊 に対する照査値		
			①	②	③		
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.24					
	(-+)	0.27	0.27	0.27			
	(+-)	0.25	0.24	0.23			
	(--)	0.24					
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.19					
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.20					
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.32					
	(-+)	0.25	0.26	0.25			
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.19					
	(-+)	0.20					
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.22					
	(-+)	0.22					

表 5.2.1-4(56) コンクリートのせん断破壊（面内）に対する実施ケースと照査値  
 (④-④断面, ケーソン, 隔壁③)

地震動		解析ケース	コンクリートのせん断破壊 に対する照査値		
			①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)		0.65		
	(-+)		0.74	0.77	0.75
	(+-)		0.74	0.72	0.56
	(--)		0.62		
S <sub>s</sub> -F1	(++)		0.48		
S <sub>s</sub> -F2	(++)		0.59		
S <sub>s</sub> -N1	(++)		0.40		
	(-+)		0.77	0.80	0.79
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)		0.61		
	(-+)		0.58		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)		0.37		
	(-+)		0.40		

表 5.2.1-4(57) コンクリートのせん断破壊（面内）に対する実施ケースと照査値  
 (④-④断面, ケーソン, 隔壁④)

地震動		解析ケース	コンクリートのせん断破壊 に対する照査値		
			①	②	③
S <sub>s</sub> -D	(++)		0.66		
	(-+)		0.75	0.78	0.76
	(+-)		0.75	0.73	0.57
	(--)		0.63		
S <sub>s</sub> -F1	(++)		0.49		
S <sub>s</sub> -F2	(++)		0.60		
S <sub>s</sub> -N1	(++)		0.40		
	(-+)		0.78	0.81	0.80
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)		0.62		
	(-+)		0.59		
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)		0.37		
	(-+)		0.41		

0.78 : 解析ケース①において, せん断破壊に対する評価のうち, 照査値 0.5 を超える最も厳しい照査値

表 5.2.1-4(58) コンクリートのせん断破壊（面内）に対する実施ケースと照査値  
 (④-④断面, ケーソン, 隔壁⑤)

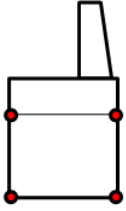
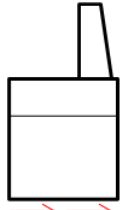
地震動		解析ケース			コンクリートのせん断破壊 に対する照査値		
			①	②	③		
S <sub>s</sub> -D	(++)	0.65					
	(-+)	0.74	0.77	0.75			
	(+-)	0.74	0.72	0.56			
	(--)	0.62					
S <sub>s</sub> -F1	(++)	0.48					
S <sub>s</sub> -F2	(++)	0.59					
S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.40					
	(-+)	0.77	0.80	0.79			
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	0.61					
	(-+)	0.58					
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.37					
	(-+)	0.40					



### 5.2.2 3次元構造解析の照査時刻の選定

ケーソン及び放水路ケーソンの評価においては、構造的特徴を踏まえ、損傷モードごと及び部材ごとに評価が厳しくなる照査時刻を選定しており、防波壁（波返重力擁壁）のケーソン及び放水路ケーソンについては表 5.2.2-1 に示す照査時刻を選定し、3次元構造解析を実施する。地震動1波に対する耐震評価のフローを図 5.2.2-1 に示す。

表 5.2.2-1 照査時刻の考え方

照査時刻	損傷モード	着目部位	荷重抽出時刻
時刻1	曲げ・軸力系の破壊 及び せん断破壊		ケーソン丁底板間で変位が最大となる時刻
時刻2	曲げ・軸力系の破壊 及び せん断破壊		水平荷重が最大となる時刻

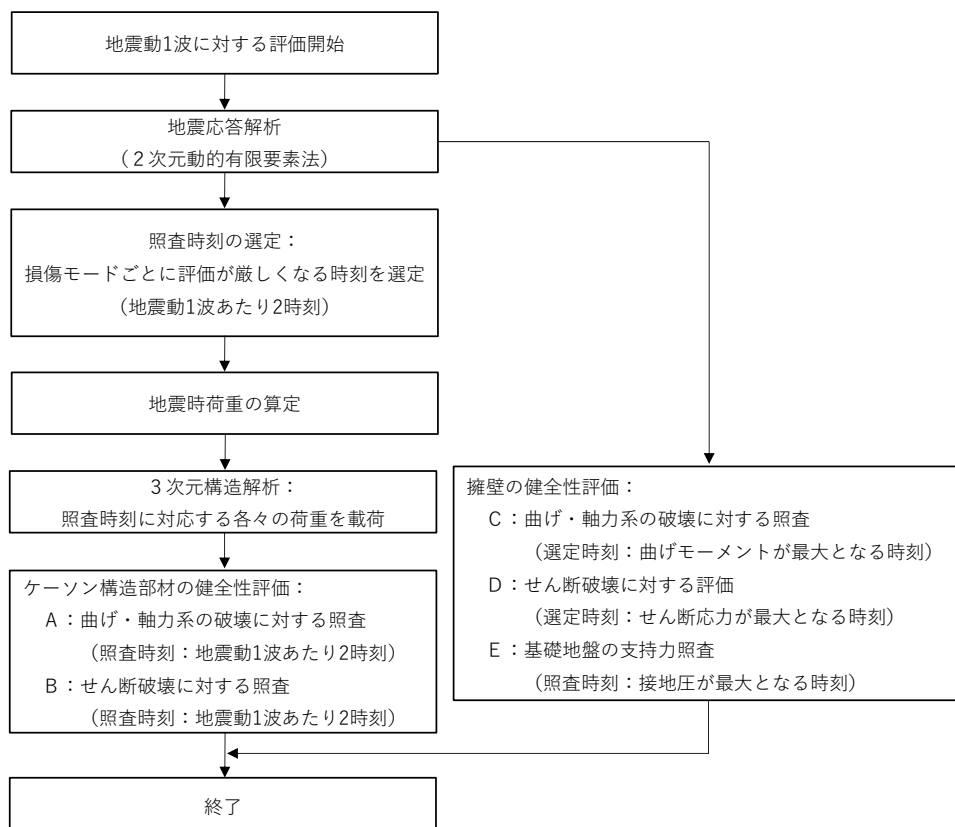


図 5.2.2-1 地震動1波に対する耐震評価のフロー

- (1) ケーソンにおける頂底版間の層間変位が最大となる時刻（時刻1）  
地震応答解析結果のうち，ケーソンにおける頂底版間の層間変位の算定結果を  
表 5.2.2-2 に示す。

表 5.2.2-2(1) ケーソンにおける頂底版間の層間変位の算定結果（②-②断面）

解析 ケース	地震動		最大相対変位 (mm)	時刻 (s)
①	S <sub>s</sub> -D	(++)	-0.722	17.61
		(-+)	-0.689	24.00
		(+-)	-0.752	9.90
		(--)	-0.687	29.23
	S <sub>s</sub> -F1	(++)	-0.441	10.57
	S <sub>s</sub> -F2	(++)	-0.472	13.68
	S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.715	7.66
		(-+)	-0.645	7.65
	S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	-0.449	26.68
		(-+)	-0.521	25.25
	S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	-0.587	26.54
		(-+)	-0.570	26.90
②	S <sub>s</sub> -D	(++)	-0.624	35.05
		(-+)	-0.628	12.91
	S <sub>s</sub> -N1	(++)	-0.710	7.66
③	S <sub>s</sub> -D	(++)	-0.692	17.62
		(-+)	-0.701	23.99
	S <sub>s</sub> -N1	(++)	0.718	7.66

表 5.2.2-2(2) ケーソンにおける頂底板間の層間変位の算定結果 (③-③断面)

解析 ケース	地震動		最大相対変位 (mm)	時刻 (s)
①	S s - D	(++)	-0.615	28.06
		(-+)	-0.535	31.07
		(+-)	0.592	14.75
		(--)	-0.544	14.75
	S s - F 1	(++)	-0.295	10.38
	S s - F 2	(++)	-0.443	16.50
	S s - N 1	(++)	0.640	7.66
		(-+)	-0.577	7.56
	S s - N 2 (NS)	(++)	-0.430	25.71
		(-+)	0.378	24.40
	S s - N 2 (EW)	(++)	-0.467	26.43
		(-+)	-0.414	25.02
②	S s - N 1	(++)	0.639	7.66
		(-+)	-0.575	7.56
③	S s - N 1	(++)	0.639	7.66
		(-+)	-0.577	7.56

表 5.2.2-2(3) ケーソンにおける頂底版間の層間変位の算定結果 (④-④断面)

解析 ケース	地震動		最大相対変位 (mm)	時刻 (s)
①	S <sub>s</sub> -D	(++)	-1.437	28.44
		(-+)	1.265	17.77
		(+-)	-1.311	19.13
		(--)	-1.706	10.28
	S <sub>s</sub> -F1	(++)	-0.963	8.12
	S <sub>s</sub> -F2	(++)	-0.840	16.12
	S <sub>s</sub> -N1	(++)	1.182	7.64
		(-+)	-1.507	7.64
	S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	-0.648	24.67
		(-+)	-0.788	25.20
	S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	0.890	26.05
		(-+)	-0.929	25.25
②	S <sub>s</sub> -D	(-+)	1.304	17.77
		(+-)	-1.310	19.13
	S <sub>s</sub> -N1	(-+)	-1.510	7.64
③	S <sub>s</sub> -D	(-+)	1.301	17.77
		(+-)	-1.283	17.93
	S <sub>s</sub> -N1	(-+)	-1.505	7.64

(2) 総水平荷重が最大となる時刻（時刻 2）

地震応答解析結果のうち，総水平荷重が最大となる時刻の算定結果を表 5.2.2-3 に示す。

表 5.2.2-3(1) 総水平荷重の算定結果（②-②断面）

解析 ケース	地震動		総水平荷重 (kN)	時刻 (s)
①	S s - D	(++)	4600	17.82
		(-+)	4999	10.44
		(+-)	5102	13.83
		(--)	6027	10.27
	S s - F 1	(++)	3233	7.84
	S s - F 2	(++)	4085	16.31
	S s - N 1	(++)	5779	8.45
		(-+)	3155	7.61
	S s - N 2 (NS)	(++)	3563	26.82
		(-+)	2927	25.53
	S s - N 2 (EW)	(++)	3808	26.77
		(-+)	3400	25.94
②	S s - D	(++)	3237	17.78
		(-+)	4934	10.43
	S s - N 1	(++)	5944	8.45
③	S s - D	(++)	4191	17.80
		(-+)	4924	10.44
	S s - N 1	(++)	5837	8.45

表 5.2.2-3(2) 総水平荷重の算定結果 (③-③断面)

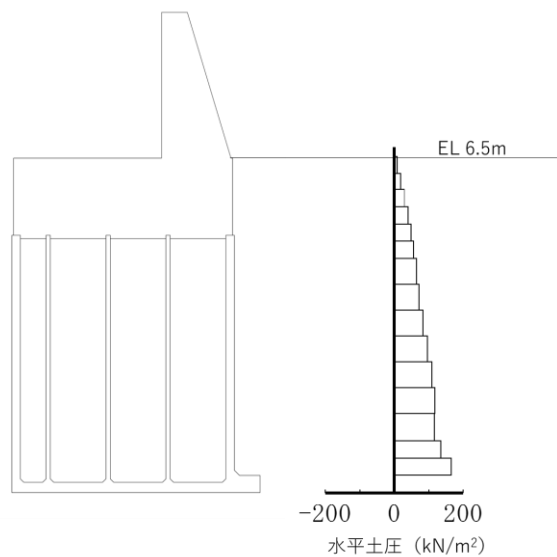
解析 ケース	地震動		総水平荷重 (kN)	時刻 (s)
①	S s - D	(++)	3477	17.32
		(-+)	4497	12.90
		(+-)	4612	28.34
		(--)	3968	29.19
	S s - F 1	(++)	2741	8.89
	S s - F 2	(++)	4489	16.10
	S s - N 1	(++)	5282	8.27
		(-+)	3731	7.55
	S s - N 2 (NS)	(++)	3135	26.06
		(-+)	2988	25.72
	S s - N 2 (EW)	(++)	5401	26.53
		(-+)	3518	26.21
②	S s - N 1	(++)	5329	8.27
		(-+)	3709	7.55
③	S s - N 1	(++)	5129	8.27
		(-+)	3772	7.54

表 5.2.2-3(3) 総水平荷重の算定結果 (④-④断面)

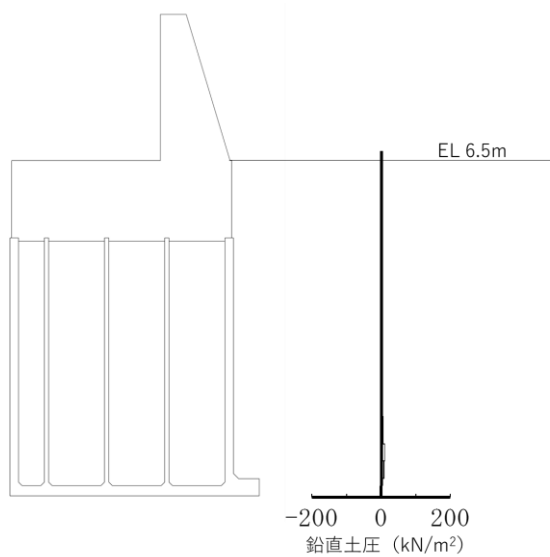
解析 ケース	地震動		総水平荷重 (kN)	時刻 (s)
①	S s - D	(++)	5102	23.69
		(-+)	5867	34.29
		(+-)	4381	35.76
		(--)	4548	19.15
	S s - F 1	(++)	3574	9.32
	S s - F 2	(++)	3869	16.13
	S s - N 1	(++)	3518	8.68
		(-+)	5424	9.54
	S s - N 2 (NS)	(++)	3331	27.31
		(-+)	3737	26.53
	S s - N 2 (EW)	(++)	4752	26.79
		(-+)	4063	24.89
②	S s - D	(-+)	5860	34.29
		(+-)	4555	35.77
	S s - N 1	(-+)	5640	9.54
③	S s - D	(-+)	5924	34.29
		(+-)	5014	19.13
	S s - N 1	(-+)	5488	9.55

### 5.2.3 作用荷重分布図

曲げ・軸力系の破壊に対する照査及びせん断破壊に対する照査のうち，照査値が最大となる照査時における作用荷重分布図を図 5.2.3-1～図 5.2.3-6 に示す。



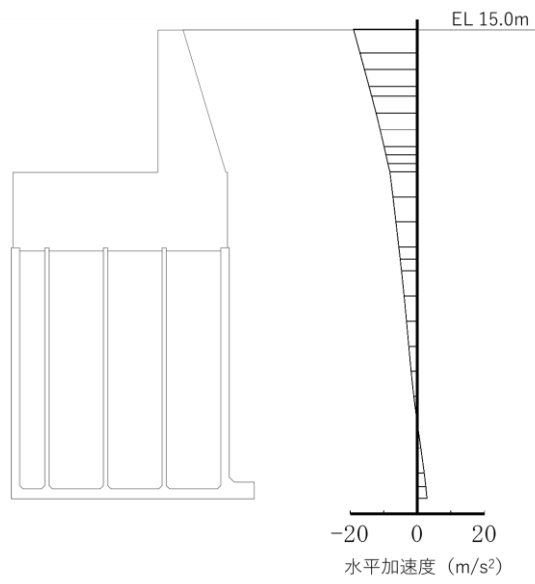
水平土圧



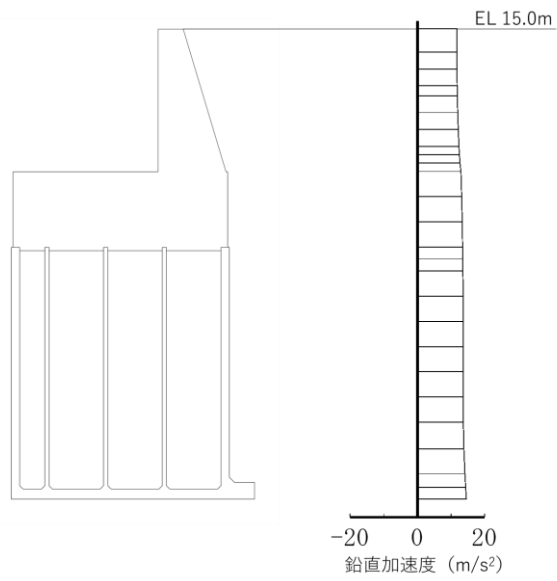
鉛直土圧

図 5.2.3-1 作用荷重分布図（土圧）  
（解析ケース②，S s - N 1（++），②-②断面）



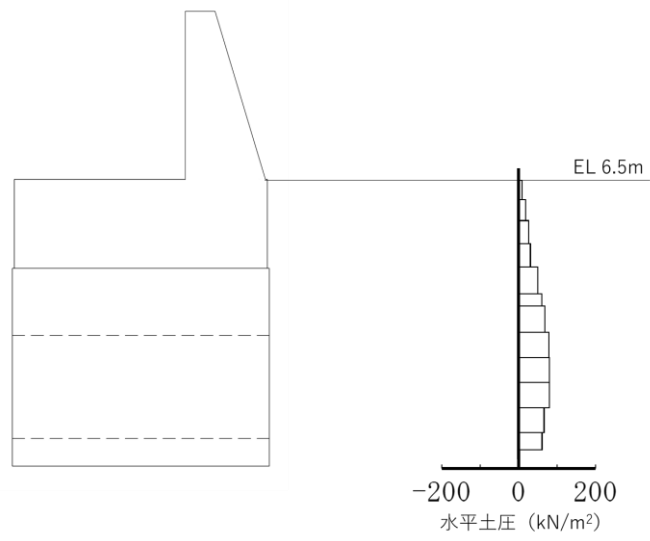


水平加速度

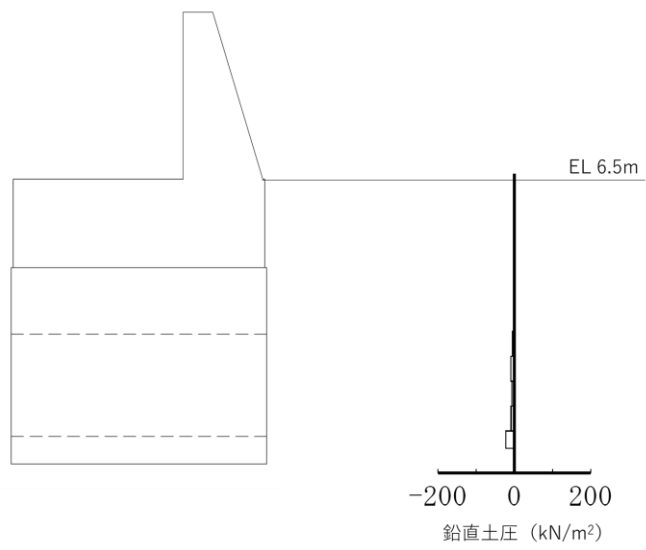


鉛直加速度

図 5.2.3-2 作用荷重分布図 (加速度)  
(解析ケース②, S s - N 1 (++) , ②-②断面)

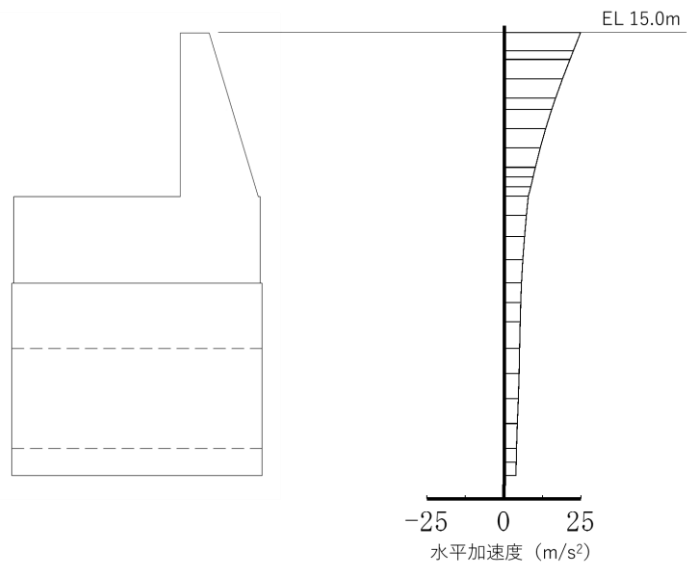


水平土圧

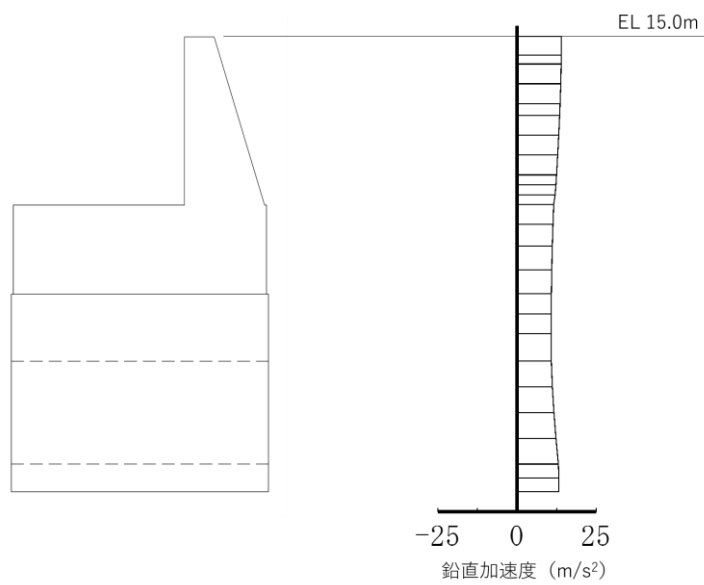


鉛直土圧

図 5.2.3-3 作用荷重分布図 (土圧)  
(解析ケース①, S s - N 1 (-+), ③-③断面)

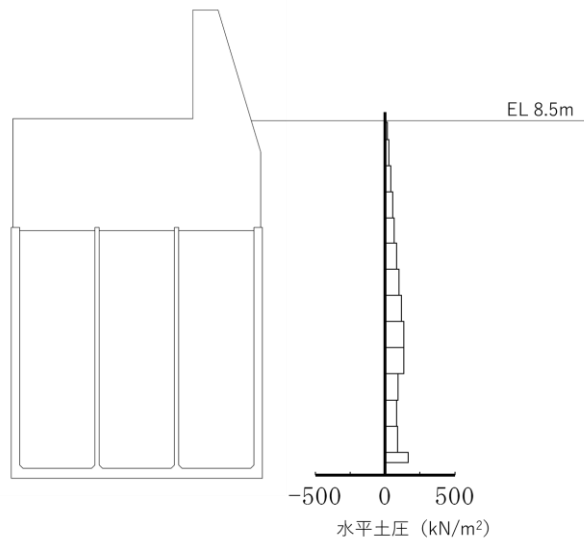


水平加速度

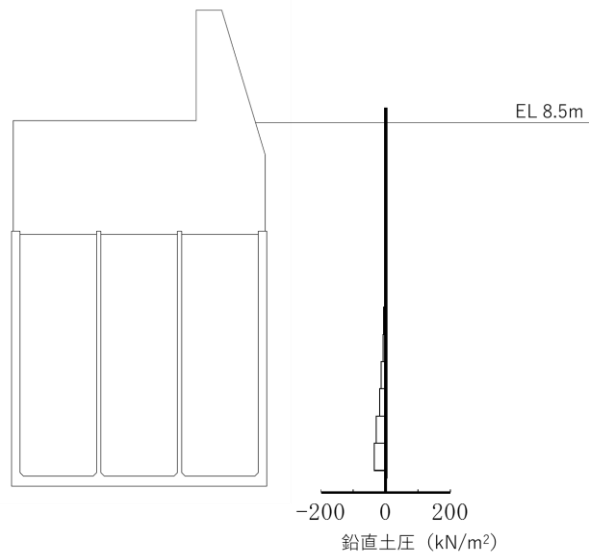


鉛直加速度

図 5.2.3-4 作用荷重分布図 (加速度)  
(解析ケース①, S s - N 1 (-+), ③-③断面)

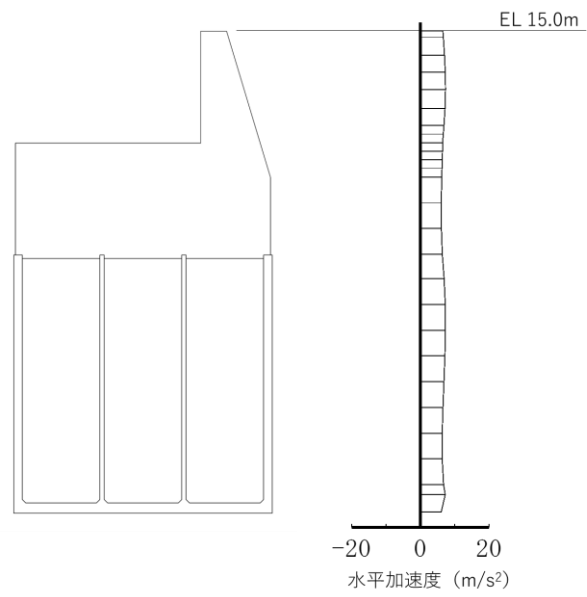


水平土圧

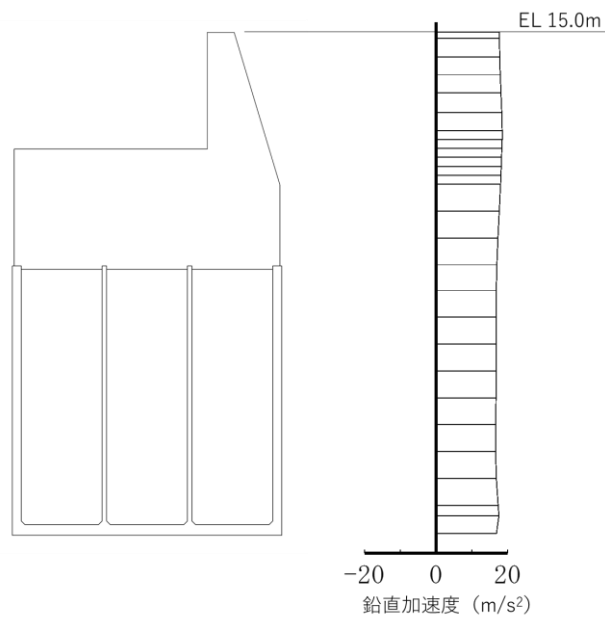


鉛直土圧

図 5.2.3-5 作用荷重分布図 (土圧)  
(解析ケース②, S s - N 1 (-+), ④-④断面)



水平加速度



鉛直加速度

図 5.2.3-6 作用荷重分布図 (加速度)  
 (解析ケース②, S<sub>s</sub>-N1 (-+), ④-④断面)

## 5.2.4 評価対象部材と照査値

### (1) ②-②断面及び④-④断面

3次元構造解析に基づく、ケーソンの照査結果を示す。評価対象部材は、前壁、後壁、側壁、隔壁、底版及びフーチングとした。評価対象部材位置図を図5.2.4-1に示す。

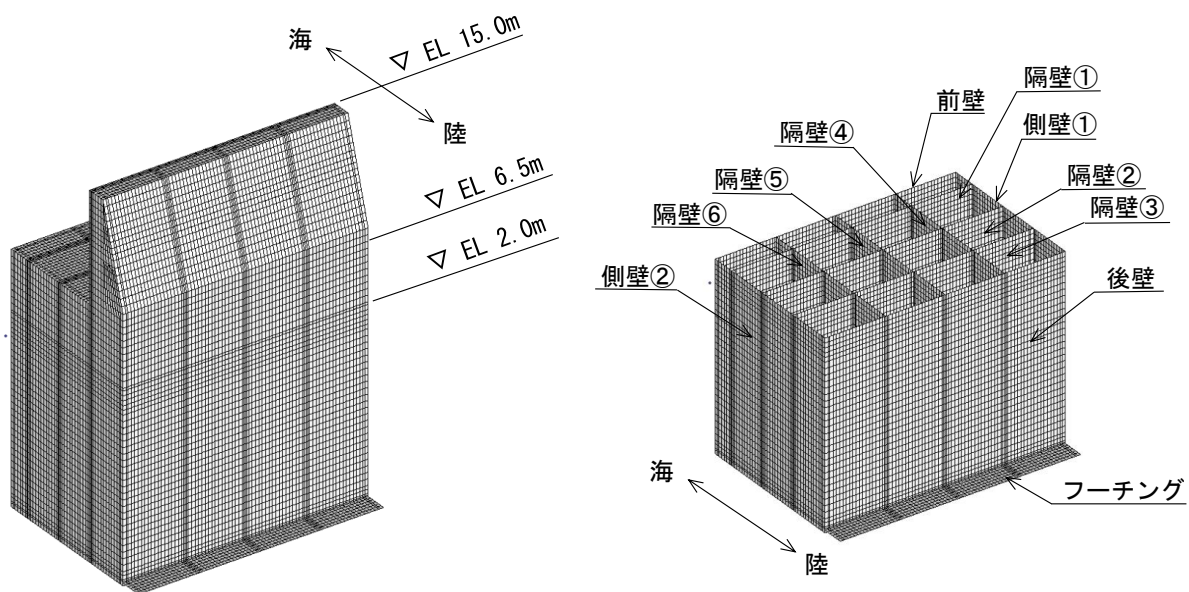


図5.2.4-1(1) 評価対象部材位置図 (②-②断面)

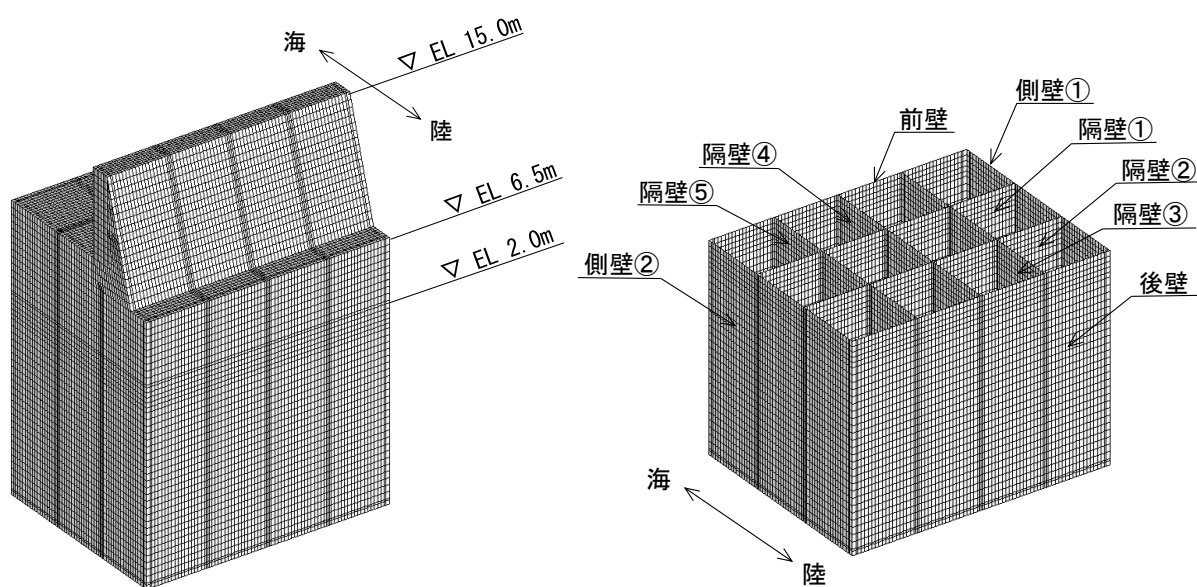


図5.2.4-1(2) 評価対象部材位置図 (④-④断面)

a. 構造部材の健全性に対する評価結果

各評価対象部材に対し，コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する照査において各解析ケースのうち最も厳しい照査値となる結果を表 5.2.4-1 に，鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査において各解析ケースのうち最も厳しい照査値となる結果を表 5.2.4-2 に，コンクリートのせん断破壊（面外）に対する照査において各解析ケースのうち最も厳しい照査値となる結果を表 5.2.4-3 に，コンクリートのせん断破壊（面内）に対する照査において各解析ケースのうち最も厳しい照査値となる結果を表 5.2.4-4 に示す。

この結果から，ケーソンの各部材に発生する応力度が，構造部材の健全性に対する許容限界以下であることを確認した。

表 5.2.4-1(1) コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値  
(②-②断面)

評価対象 部材	地震動	解析 ケース	発生断面力		曲げ圧縮 応力度 $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{ca}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_c / \sigma_{ca}$
			曲げ モーメント M(kN・m)	軸力 N(kN)			
底版	S s - N 1 (++)	②	124	-121	2.8	13.5	0.21
フーチング	S s - D (-+)	③	140	-49	1.1	13.5	0.08
前壁	S s - D (-+)	①	2	1479	2.8	13.5	0.21
後壁	S s - N 1 (++)	②	4	1967	4.1	13.5	0.31
側壁①	S s - N 1 (++)	②	30	1603	3.8	13.5	0.29
側壁②	S s - N 1 (++)	②	30	1603	3.8	13.5	0.29
隔壁①	S s - N 1 (-+)	①	10	384	2.3	13.5	0.18
隔壁②	S s - D (--)	①	8	390	2.1	13.5	0.16
隔壁③	S s - N 1 (++)	②	2	619	2.3	13.5	0.18
隔壁④	S s - N 1 (++)	②	5	749	3.1	13.5	0.23
隔壁⑤	S s - N 1 (++)	②	0	866	3.0	13.5	0.23
隔壁⑥	S s - N 1 (++)	②	5	749	3.1	13.5	0.23



表 5.2.4-1(2) コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値  
(④-④断面)

評価対象 部材	地震動	解析 ケース	発生断面力		曲げ圧縮 応力度 $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{ca}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_c / \sigma_{ca}$
			曲げ モーメント M(kN・m)	軸力 N(kN)			
底板	S s - N 1 (- +)	②	212	272	4.1	13.5	0.31
前壁	S s - N 1 (- +)	②	22	2744	6.1	13.5	0.46
後壁	S s - N 1 (+ +)	①	26	2059	4.7	13.5	0.36
側壁①	S s - N 1 (- +)	②	87	2147	6.1	13.5	0.46
側壁②	S s - N 1 (- +)	②	87	2147	6.1	13.5	0.46
隔壁①	S s - N 1 (- +)	②	20	657	4.1	13.5	0.31
隔壁②	S s - N 1 (+ +)	①	3	730	2.7	13.5	0.21
隔壁③	S s - N 1 (- +)	②	5	1375	4.9	13.5	0.37
隔壁④	S s - N 1 (- +)	②	0	1376	4.4	13.5	0.33
隔壁⑤	S s - N 1 (- +)	②	5	1375	4.9	13.5	0.37

表 5.2.4-2(1) 鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値  
(②-②断面)

評価対象 部材	地震動	解析 ケース	発生断面力		曲げ引張 応力度 $\sigma_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{sa}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_s / \sigma_{sa}$
			曲げ モーメント M(kN・m)	軸力 N(kN)			
底版	S s - N 1 (++)	②	124	-121	197.1	294	0.68
フーチング	S s - N 1 (++)	②	121	-250	93.4	294	0.32
前壁	S s - N 1 (++)	①	4	-282	94.3	294	0.33
後壁	S s - D (-+)	③	7	-244	94.2	294	0.33
側壁①	S s - N 1 (++)	①	0	-259	113.7	294	0.39
側壁②	S s - N 1 (++)	①	0	-259	113.7	294	0.39
隔壁①	S s - D (++)	①	0	-85	70.3	294	0.24
隔壁②	S s - N 1 (-+)	①	0	-95	75.0	294	0.26
隔壁③	S s - N 1 (++)	②	0	-133	105.5	294	0.36
隔壁④	S s - N 1 (++)	②	0	-57	46.3	294	0.16
隔壁⑤	S s - N 1 (++)	②	0	-69	54.7	294	0.19
隔壁⑥	S s - N 1 (++)	②	0	-57	46.3	294	0.16

表 5.2.4-2(2) 鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値  
(④-④断面)

評価対象 部材	地震動	解析 ケース	発生断面力		曲げ引張 応力度 $\sigma_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{sa}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_s / \sigma_{sa}$
			曲げ モーメント M(kN・m)	軸力 N(kN)			
底版	S <sub>s</sub> -N1 (-+)	②	208	-110	190.7	294	0.65
前壁	S <sub>s</sub> -N1 (-+)	②	-11	-227	93.5	294	0.32
後壁	S <sub>s</sub> -N1 (++)	①	-7	-211	82.3	294	0.28
側壁①	S <sub>s</sub> -N1 (-+)	③	1	-164	70.0	294	0.24
側壁②	S <sub>s</sub> -N1 (-+)	③	1	-164	70.0	294	0.24
隔壁①	S <sub>s</sub> -N1 (-+)	②	0	-195	121.1	294	0.42
隔壁②	S <sub>s</sub> -N1 (++)	①	0	-164	101.4	294	0.35
隔壁③	S <sub>s</sub> -N1 (-+)	③	0	-183	112.8	294	0.39
隔壁④	S <sub>s</sub> -N1 (-+)	③	0	-197	120.9	294	0.42
隔壁⑤	S <sub>s</sub> -N1 (-+)	③	0	-183	112.8	294	0.39

表 5.2.4-3(1) コンクリートのせん断破壊（面外）に対する照査における最大照査値

(②-②断面)

評価対象 部材	地震動	解析 ケース	発生断面力	せん断 応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\tau_{a1}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c / \tau_{a1}$
			せん断力 Q (kN)			
底版	S <sub>s</sub> -N 1 (++)	②	129	0.29	0.67	0.43
フーチング	S <sub>s</sub> -D (-+)	③	149	0.19	0.67	0.28
前壁	S <sub>s</sub> -D (++)	③	68	0.20	0.67	0.30
後壁	S <sub>s</sub> -N 1 (++)	②	113	0.31	0.67	0.47
側壁①	S <sub>s</sub> -N 1 (++)	②	67	0.16	0.67	0.24
側壁②	S <sub>s</sub> -N 1 (++)	②	67	0.16	0.67	0.24
隔壁①	S <sub>s</sub> -N 2 (EW) (++)	①	11	0.10	0.67	0.15
隔壁②	S <sub>s</sub> -D (-+)	①	13	0.12	0.67	0.18
隔壁③	S <sub>s</sub> -D (+-)	①	9	0.08	0.67	0.12
隔壁④	S <sub>s</sub> -N 1 (++)	②	5	0.05	0.67	0.08
隔壁⑤	S <sub>s</sub> -D (+-)	①	0	0.00	0.67	0.01
隔壁⑥	S <sub>s</sub> -N 1 (++)	②	5	0.05	0.67	0.08

表 5.2.4-3(2) コンクリートのせん断破壊（面外）に対する照査における最大照査値

(④-④断面)

評価対象 部材	地震動	解析 ケース	発生断面力	せん断 応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\tau_{a1}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c / \tau_{a1}$
			せん断力 Q(kN)			
底版	S <sub>s</sub> -N1 (-+)	②	207	0.46	0.67	0.69
前壁	S <sub>s</sub> -D (--)	①	133	0.37	0.67	0.55
後壁	S <sub>s</sub> -N1 (-+)	②	43	0.11	0.67	0.16
側壁①	S <sub>s</sub> -N1 (-+)	②	82	0.20	0.67	0.31
側壁②	S <sub>s</sub> -N1 (-+)	②	82	0.20	0.67	0.31
隔壁①	S <sub>s</sub> -N1 (-+)	②	25	0.23	0.67	0.35
隔壁②	S <sub>s</sub> -D (-+)	③	16	0.15	0.67	0.23
隔壁③	S <sub>s</sub> -N1 (-+)	②	7	0.06	0.67	0.09
隔壁④	S <sub>s</sub> -D (-+)	①	0	0.00	0.67	0.01
隔壁⑤	S <sub>s</sub> -N1 (-+)	②	7	0.06	0.67	0.09

表 5.2.4-4(1) コンクリートのせん断破壊（面内）に対する照査における最大照査値  
 (②-②断面)

評価対象 部材	地震動	解析 ケース	発生断面力	せん断 応力度 (面内) $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	許容せん断 応力度 (面内) $\tau_1$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c / \tau_1$
			せん断力 Q(kN)			
底版	S s - N 1 (-+)	①	292	0.49	1.51	0.33
フーチング	S s - N 1 (++)	②	319	0.32	1.51	0.22
前壁	S s - D (++)	①	121	0.24	2.20	0.11
後壁	S s - N 1 (++)	②	406	0.81	2.75	0.30
側壁①	S s - N 1 (-+)	①	463	0.93	1.95	0.48
側壁②	S s - N 1 (-+)	①	463	0.93	1.95	0.48
隔壁①	S s - D (-+)	①	91	0.36	2.24	0.17
隔壁②	S s - N 1 (-+)	①	91	0.37	1.91	0.20
隔壁③	S s - N 1 (++)	②	157	0.63	2.34	0.27
隔壁④	S s - D (++)	①	238	0.95	1.83	0.52
隔壁⑤	S s - D (++)	①	243	0.97	1.84	0.53
隔壁⑥	S s - D (++)	①	238	0.95	1.83	0.52

表 5.2.4-4(2) コンクリートのせん断破壊（面内）に対する照査における最大照査値

(④-④断面)

評価対象 部材	地震動	解析 ケース	発生断面力	せん断 応力度 (面内) $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	許容せん断 応力度 (面内) $\tau_1$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c/\tau_1$
			せん断力 Q(kN)			
底版	S s - N 1 (-+)	②	497	0.83	1.51	0.55
前壁	S s - N 1 (-+)	②	380	0.76	2.93	0.26
後壁	S s - N 1 (++)	①	334	0.67	2.67	0.25
側壁①	S s - N 1 (-+)	②	694	1.39	2.13	0.66
側壁②	S s - N 1 (-+)	②	694	1.39	2.13	0.66
隔壁①	S s - N 1 (-+)	②	200	0.80	2.37	0.34
隔壁②	S s - N 1 (++)	①	192	0.77	2.46	0.32
隔壁③	S s - N 1 (-+)	②	463	1.85	2.32	0.80
隔壁④	S s - N 1 (-+)	②	468	1.87	2.31	0.81
隔壁⑤	S s - N 1 (-+)	②	463	1.85	2.32	0.80

(2) ③－③断面

3次元構造解析に基づく、放水路ケーソンの照査結果を示す。評価対象部材は、頂版、底版、側壁及び隔壁とした。評価対象部材位置図を図 5.2.4-2 に示す。

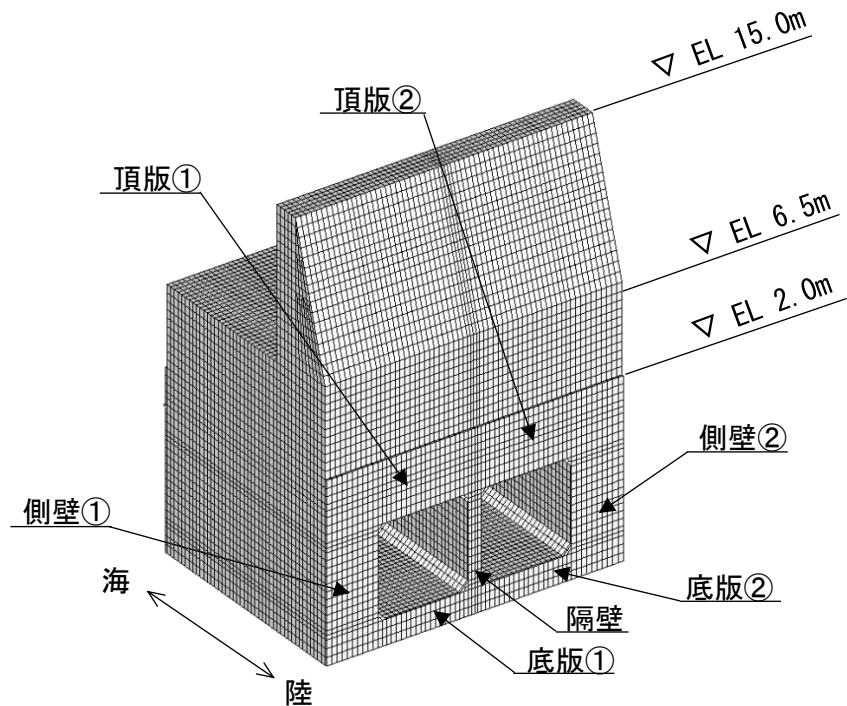


図 5.2.4-2 評価対象部材位置図 (③－③断面)

a. 構造部材の健全性に対する評価結果

3次元線形構造解析による各評価対象部材に対し、放水路ケーソンの圧縮応力度に対する照査において各解析ケースのうち最も厳しい照査値となる結果を表 5.2.4-5 に、放水路ケーソンの引張応力度に対する照査において各解析ケースのうち最も厳しい照査値となる結果を表 5.2.4-6 に、放水路ケーソンのせん断応力度に対する照査において各解析ケースのうち最も厳しい照査値となる結果を表 5.2.4-7 及び表 5.2.4-8 に示す。なお、照査結果については、一部応力の平均化を実施していることから、応力の平均化に関しては、参考資料 5 に示す。

この結果から、放水路ケーソンの頂版、側壁及び底版に発生する応力度が、構造部材の健全性に対する許容限界以下であることを確認した。

隔壁については、表 5.2.4-8 に示すコンクリートのせん断破壊（面内）に対する照査値が 1.0 を上回る解析ケースがあることから、当該解析ケースについて、3次元非線形構造解析によりせん断破壊に対する照査を実施した結果を表 5.2.4-9 に、せん断ひずみ分布図を図 5.2.4-3 に示す。

この結果から放水路ケーソンの隔壁に発生するひずみが構造部材の健全性に対する許容限界以下であることを確認した。



表 5.2.4-5 コンクリートの圧縮応力度に対する照査における最大照査値  
(③-③断面)

評価対象 部材	地震動	解析 ケース	発生応力	短期許容 応力度 $\sigma_{ca}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_c / \sigma_{ca}$
			圧縮応力度 $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )		
底版①	S s - N 1 (-+)	③	-4.2	13.5	0.32
底版②	S s - N 1 (-+)	③	-4.2	13.5	0.32
側壁①	S s - D (+-)	①	-7.1	13.5	0.53
側壁②	S s - D (+-)	①	-7.1	13.5	0.53
隔壁	S s - N 1 (-+)	③	-9.0	13.5	0.67
頂版①	S s - D (+-)	①	-3.4	13.5	0.26
頂版②	S s - D (+-)	①	-3.4	13.5	0.26

表 5.2.4-6 コンクリートの引張応力度に対する照査における最大照査値

(③-③断面)

評価対象 部材	地震動	解析 ケース	発生応力	引張強度 $f_{tk}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_s/f_{tk}$
			引張応力度 $\sigma_s$ (N/mm <sup>2</sup> )		
底版①	S s - N 1 (-+)	①	1.11	1.91	0.59
底版②	S s - N 1 (-+)	①	1.11	1.91	0.59
側壁①	S s - N 1 (-+)	②	0.98	1.91	0.52
側壁②	S s - N 1 (-+)	②	0.98	1.91	0.52
隔壁	S s - N 1 (-+)	①	1.80*	1.91	0.95
頂版①	S s - D (+-)	①	1.50	1.91	0.79
頂版②	S s - D (+-)	①	1.50	1.91	0.79

注記\*：応力度平均化後の値を示す。

表 5.2.4-7 コンクリートのせん断破壊（面外）に対する照査における最大照査値  
 (③-③断面)

評価対象 部材	地震動	解析 ケース	発生応力	短期許容 応力度 $\tau_{a1}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値*1 $\tau_c/\tau_{a1}$
			せん断応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )		
底版①	S s - N 1 (-+)	③	0.72*2	0.67	1.07 (0.65)
底版②	S s - N 1 (-+)	③	0.72*2	0.67	1.07 (0.65)
側壁①	S s - D (+-)	①	0.14*2	0.67	0.22
側壁②	S s - D (+-)	①	0.14*2	0.67	0.22
隔壁	S s - N 1 (-+)	③	0.00*2	0.67	0.00
頂版①	S s - D (+-)	①	0.44*2	0.67	0.66
頂版②	S s - D (+-)	①	0.44*2	0.67	0.66

注記\*1: 括弧内( )は「RC規準(1999年)」に基づき、短期許容せん断応力度 1.11 (N/mm<sup>2</sup>)  
 を許容値とした場合の照査値を示す。

\*2: 応力度平均化後の値を示す。

表 5.2.4-8 コンクリートのせん断破壊（面内）に対する照査における最大照査値  
 (③-③断面)

評価対象 部材	地震動	解析 ケース	発生応力	許容せん断 応力度 (面内) $\tau_1$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c/\tau_1$
			せん断応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )		
底版①	S s - N 1 (-+)	③	0.80	1.51	0.54
底版②	S s - N 1 (-+)	③	0.80	1.51	0.54
側壁①	S s - N 1 (-+)	③	1.12* <sup>1</sup>	1.51	0.75
側壁②	S s - N 1 (-+)	③	1.12* <sup>1</sup>	1.51	0.75
隔壁	S s - N 1 (-+)	③	1.84* <sup>1</sup>	1.51	1.22* <sup>2</sup>
頂版①	S s - N 1 (++)	①	0.56	1.51	0.38
頂版②	S s - N 1 (++)	①	0.56	1.51	0.38

注記\*1：応力度平均化後の値を示す。

\*2：照査値が 1.0 を上回る解析ケースについては、3次元非線形構造解析による照査を実施する。

表 5.2.4-9 隔壁のせん断破壊（面内）に対する照査における最大照査値  
 (③-③断面)

評価対象 部材	地震動	解析 ケース	発生ひずみ $\epsilon_c$	許容ひずみ $\epsilon_{ca}$	照査値 $\epsilon_c / \epsilon_{ca}$
隔壁	S <sub>s</sub> -N1 (-+)	③	536 $\mu$	2000 $\mu$	0.27

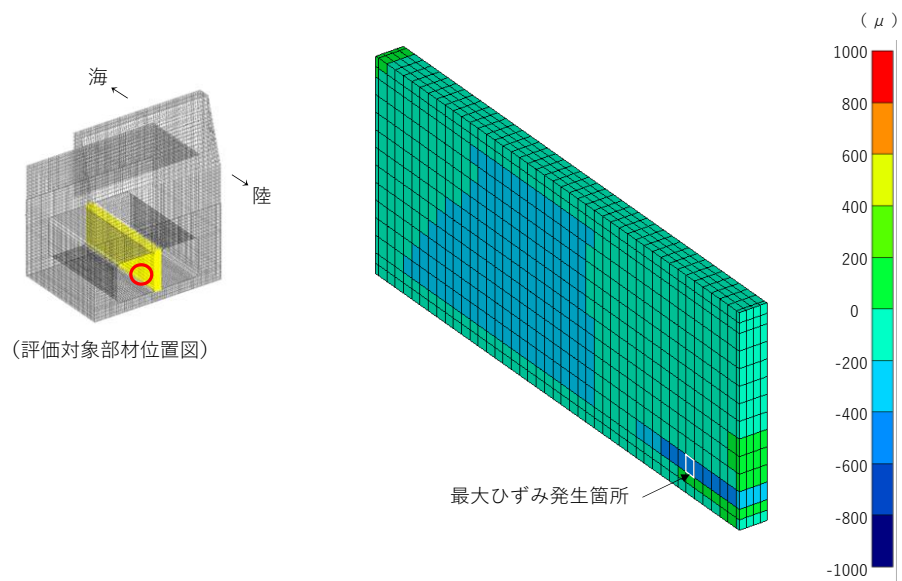


図 5.2.4-3 せん断ひずみ分布図 (S<sub>s</sub>-N1 (-+), 解析ケース③, 隔壁)

b. 構造部材の機能維持に対する確認結果

「5.2.4(2)a. 構造部材の健全性に対する評価結果」において、底版のせん断（面外）のみ発生応力度の平均化実施後における照査値が1.0を上回る結果となった。底版に要求される重力擁壁の支持及び遮水性が維持されていることを確認するため、許容限界を超える範囲を確認する。せん断応力度（面外）コンター図を図5.2.4-4に示す。

せん断応力度（面外）の分布を確認の結果、「コンクリート標準示方書(2002)」に基づく許容限界を超える範囲は局所的で、海陸方向に連続しておらず、部材の大部分において健全であることから、部材全体として機能が損なわれていないことを確認した。

なお、「5.2.4(2)a. 構造部材の健全性に対する評価結果」において、参考としてせん断応力度（面外）の許容限界を「RC規準（1999年）」に基づき短期許容応力度 $1.11\text{N/mm}^2$ と設定した場合、発生応力度の平均化を実施することで照査値が1.0を下回ることを確認している。

以上より、発生応力度の平均化実施後における照査値が1.0を上回る底版においても、機能維持されていることを確認した。

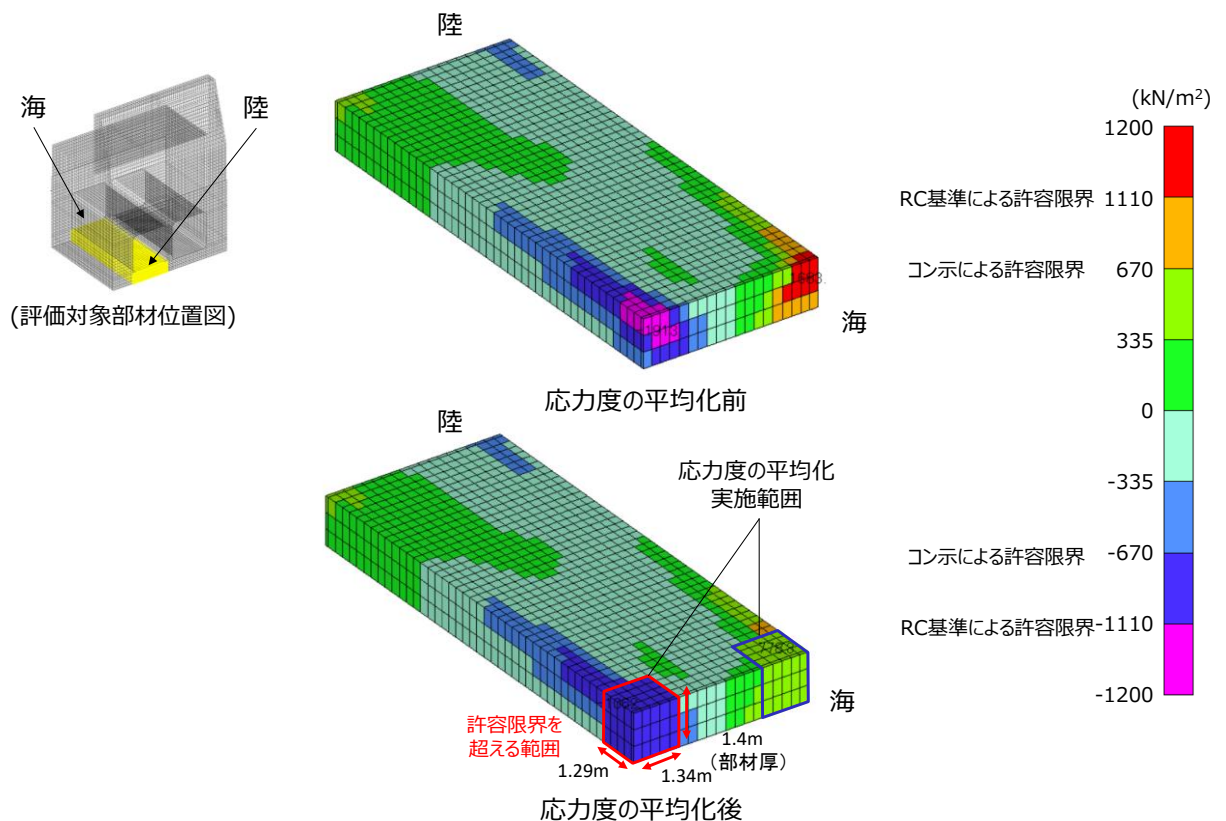


図 5.2.4-4 せん断（面外）応力度コンター図  
 (S<sub>s</sub>-N1(-+), 解析ケース③, 底版)

5.2.5 断面力分布（曲げ・軸力系の破壊に対する照査：②-②断面及び④-④断面）

ケーソンの曲げ・軸力系の破壊に対する照査において、最も厳しい照査値となる解析ケース及び評価対象部材における断面力図を図5.2.5-1及び図5.2.5-2に示す。

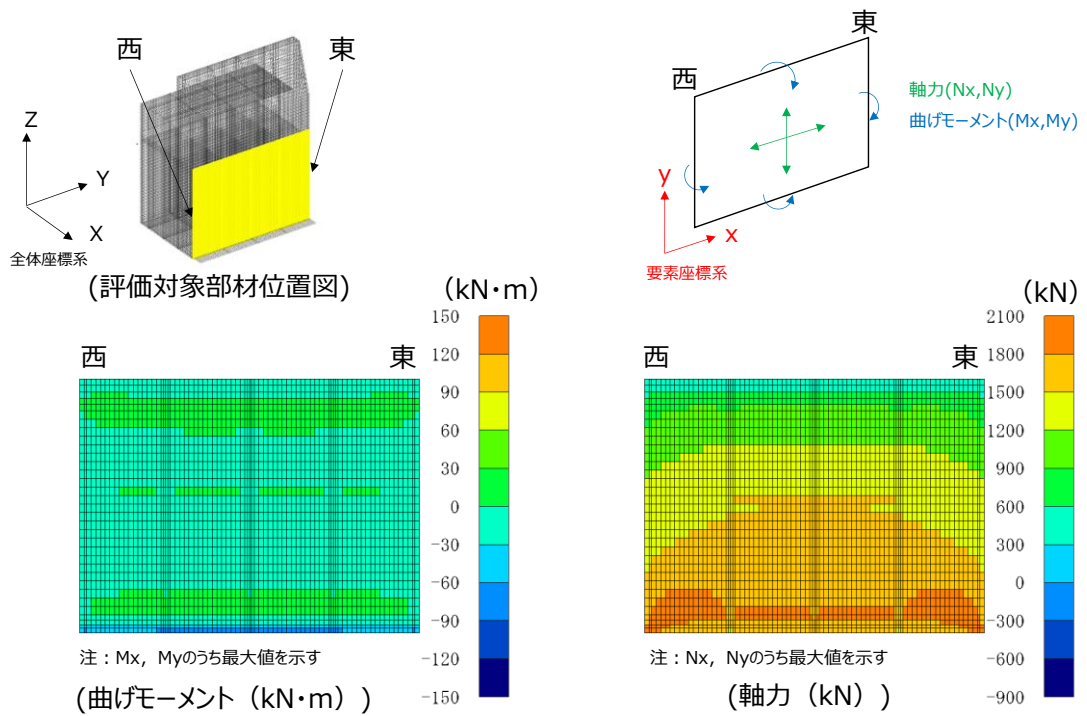


図 5.2.5-1(1) コンクリートの曲げ圧縮応力に対する照査に用いる断面力図  
 (②-②断面,  $S_s - N_1(++)$ , 解析ケース②, 評価対象部材：後壁)

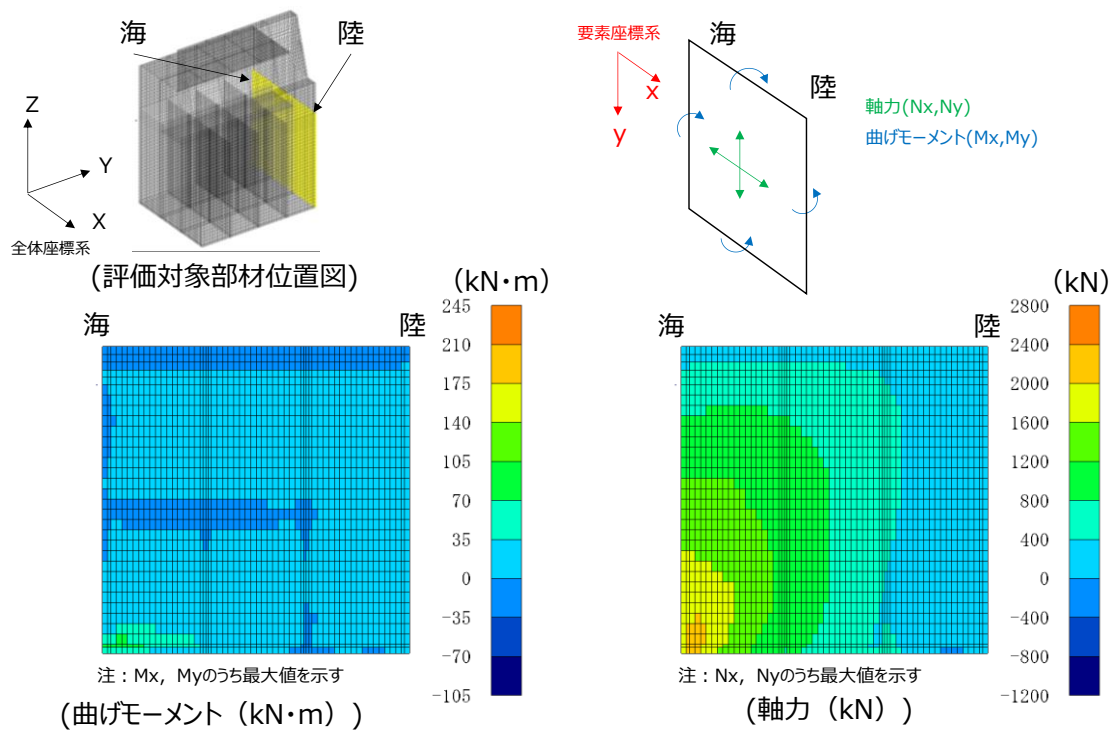


図 5.2.5-1(2) コンクリートの曲げ圧縮応力に対する照査に用いる断面力図  
(④-④断面, S s - N 1 (-+), 解析ケース②, 評価対象部材：側壁①)



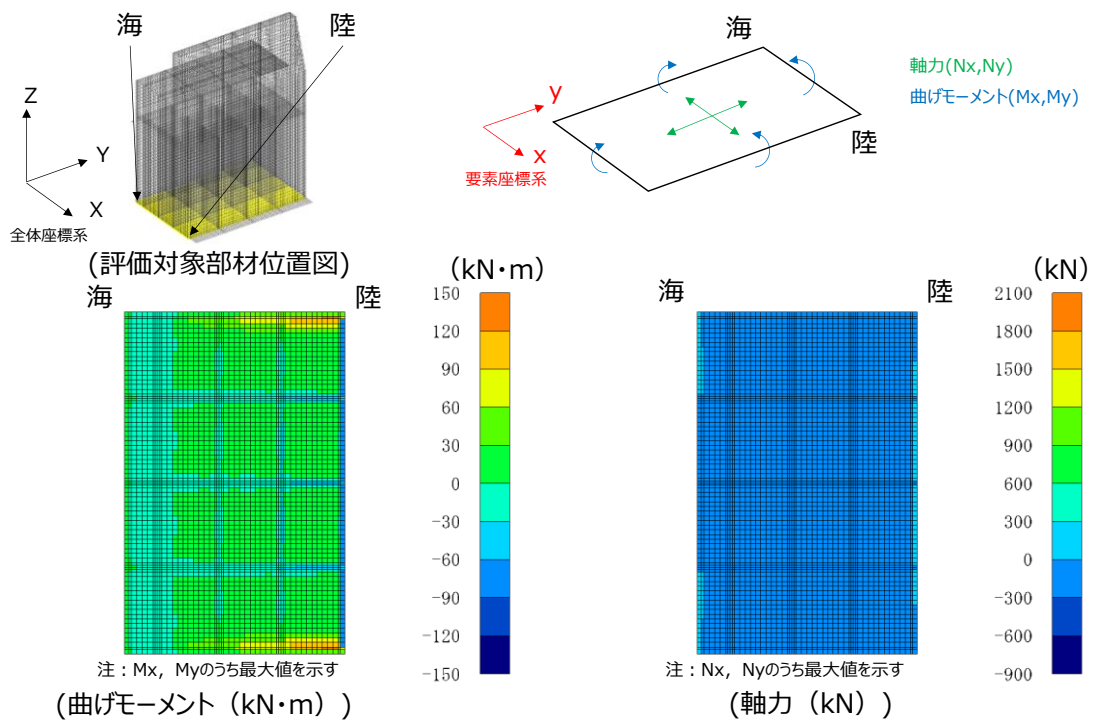


図 5.2.5-2(1) 鉄筋の曲げ引張応力に対する照査に用いる断面力図

(②-②断面, S<sub>s</sub>-N1(++) , 解析ケース②, 評価対象部材: 底版)

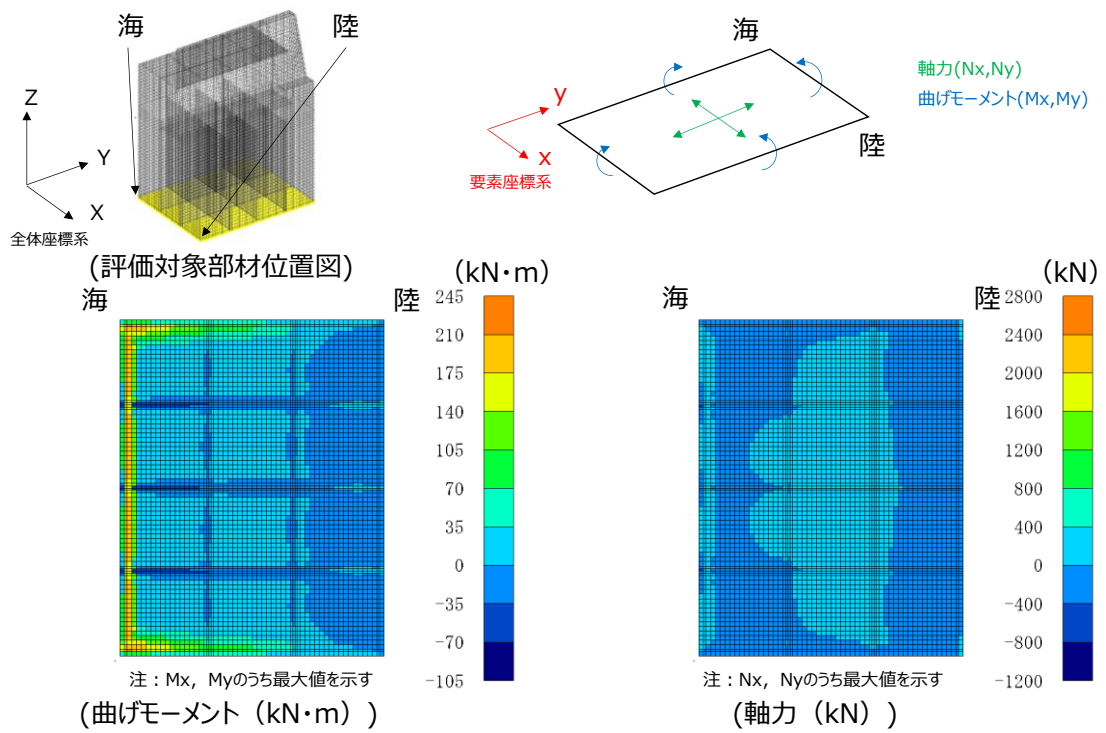


図 5.2.5-2(2) 鉄筋の曲げ引張応力に対する照査に用いる断面力図

(④-④断面, S<sub>s</sub>-N1(-+), 解析ケース②, 評価対象部材: 底版)

5.2.6 断面力分布（せん断破壊（面外）に対する照査：②－②断面及び④－④断面）  
 ケーソンのせん断破壊（面外）に対する照査において、最も厳しい照査値となる  
 解析ケース及び評価対象部材における断面力図を図 5.2.6-1 に示す。

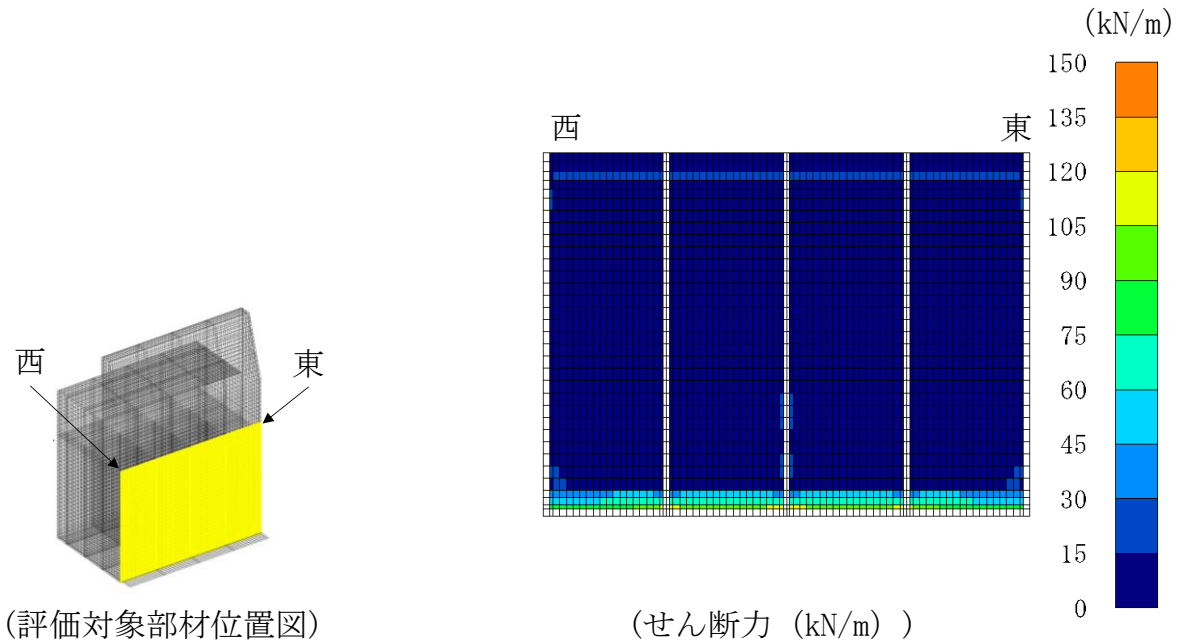


図 5.2.6-1(1) コンクリートのせん断破壊（面外）に対する照査に用いる断面力図  
 (②－②断面,  $S_s - N1 (+ +)$ , 解析ケース②, 評価対象部材：後壁)

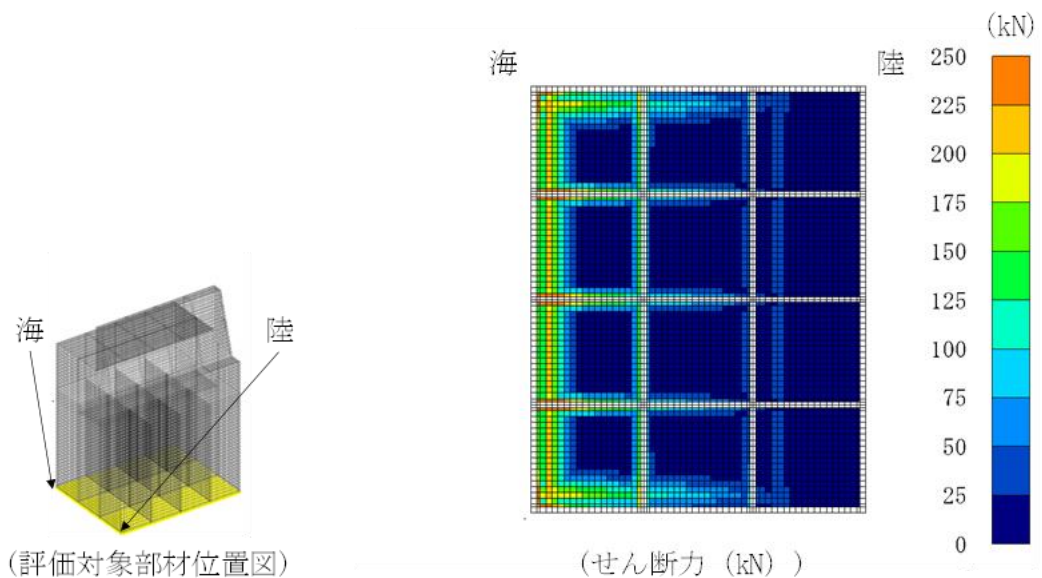


図 5.2.6-1(2) コンクリートのせん断破壊（面外）に対する照査に用いる断面力図  
 (④－④断面,  $S_s - N1 (- +)$ , 解析ケース②, 評価対象部材：底版)

5.2.7 断面力分布（せん断破壊（面内）に対する照査：②－②断面及び④－④断面）  
 ケーソンのせん断破壊（面内）に対する照査において、最も厳しい照査値となる解析ケース及び評価対象部材における断面力図を図 5.2.7-1 に示す。

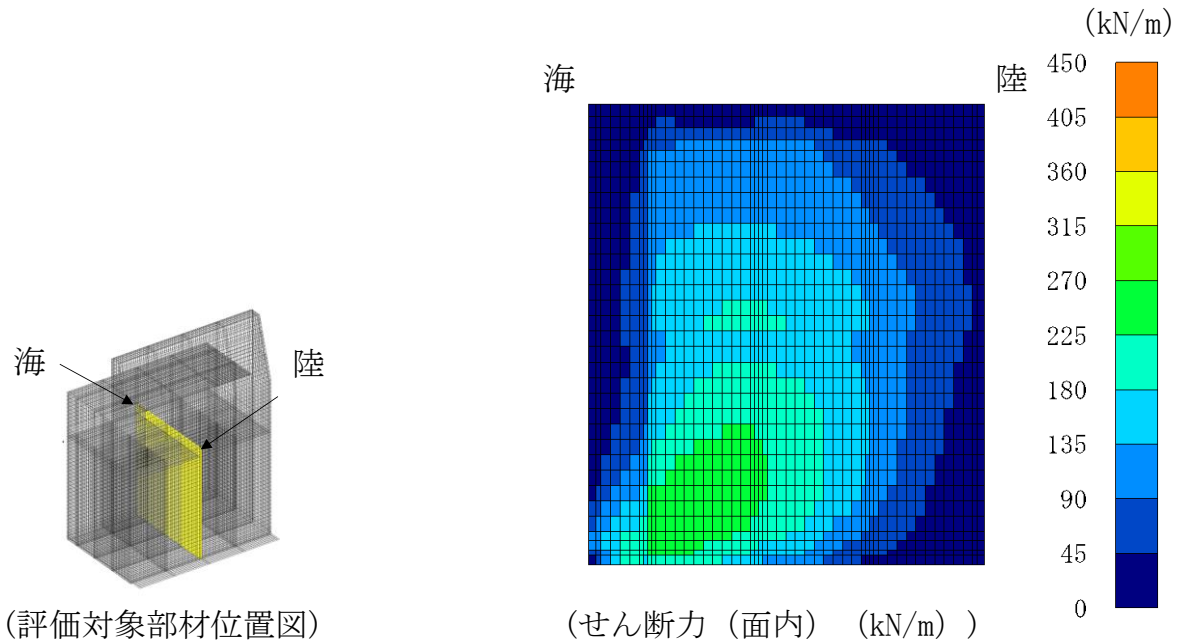


図 5.2.7-1(1) コンクリートのせん断破壊（面内）に対する照査に用いる断面力図  
 (②－②断面,  $S_s - D(++)$ , 解析ケース①, 評価対象部材：隔壁⑤)

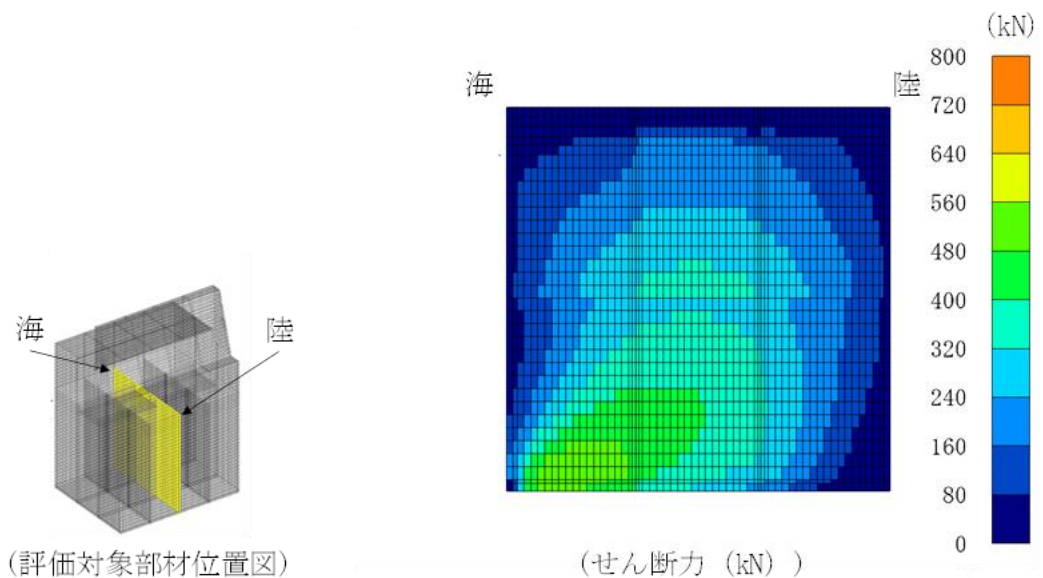


図 5.2.7-1(2) コンクリートのせん断破壊（面内）に対する照査に用いる断面力図  
 (④－④断面,  $S_s - N1(-+)$ , 解析ケース②, 評価対象部材：隔壁④)

### 5.2.8 断面力分布（圧縮破壊に対する照査：③-③断面）

放水路ケーソンの圧縮破壊に対する照査において、最も厳しい照査値となる解析ケース及び評価対象部材における断面力図を図 5.2.8-1 に示す。

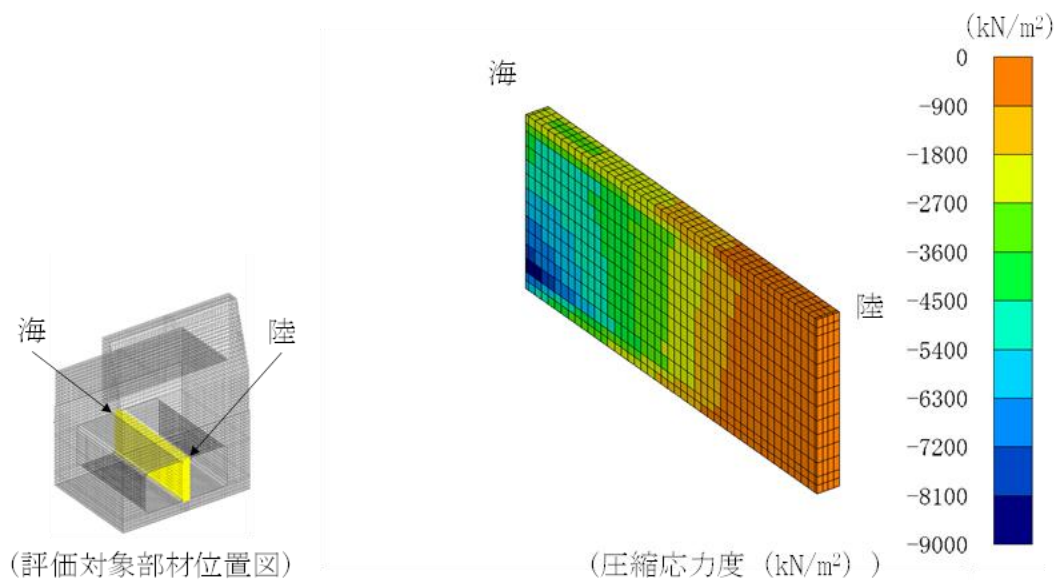


図 5.2.8-1 コンクリートの圧縮破壊に対する照査に用いる断面力図  
(③-③断面, S<sub>s</sub>-N1(-+), 解析ケース③, 評価対象部材: 隔壁)

### 5.2.9 断面力分布（引張破壊に対する照査：③－③断面）

放水路ケーソンの引張破壊に対する照査において、最も厳しい照査値となる解析ケース及び評価対象部材における断面力図を図 5.2.9-1 に示す。

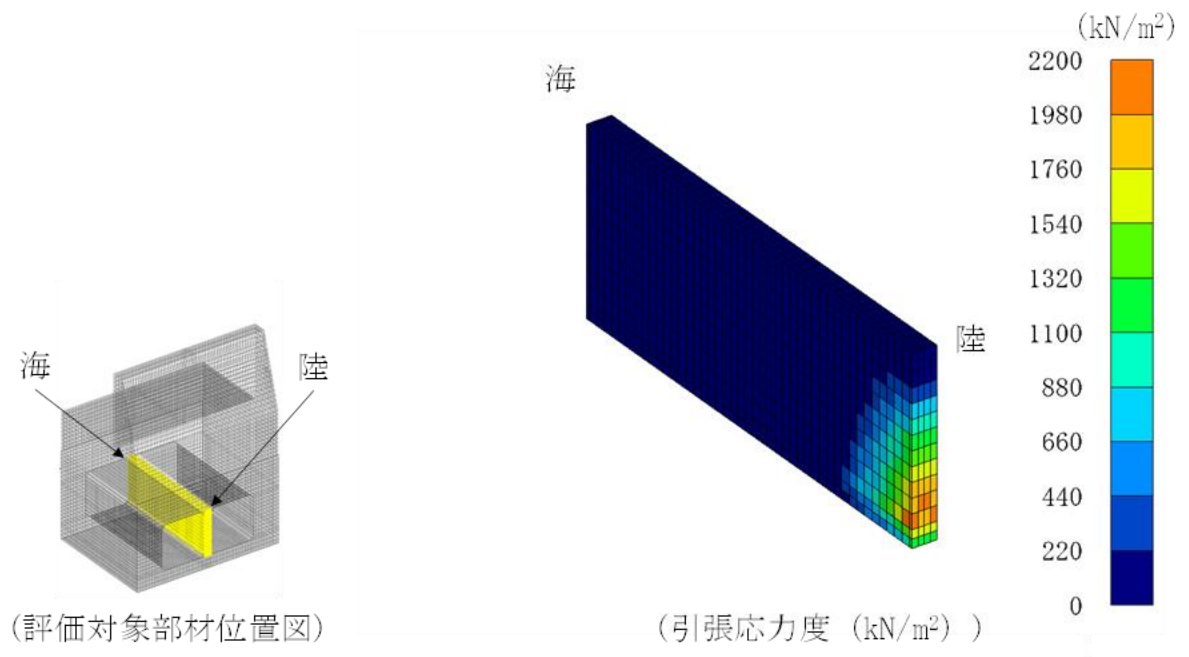


図 5.2.9-1 コンクリートの引張破壊に対する照査に用いる断面力図  
(③－③断面，S<sub>s</sub>－N1(－＋)，解析ケース①，評価対象部材：隔壁)

5.2.10 断面力分布（せん断破壊（面外）に対する照査：③-③断面）

放水路ケーソンの引張破壊に対する照査において、最も厳しい照査値となる解析ケース及び評価対象部材における断面力図を図 5.2.10-1 に示す。

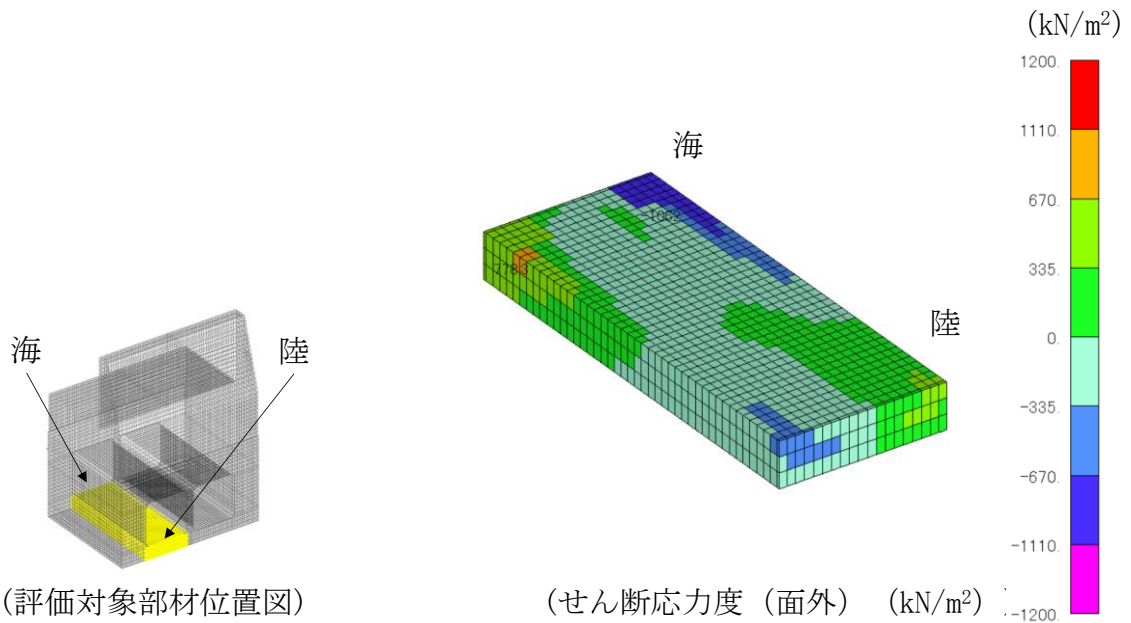


図 5.2.10-1 コンクリートのせん断破壊（面外）に対する照査に用いる断面力分布  
 （せん断破壊（面外）に対する照査：③-③断面， $S_s - N1 (-+)$ ，  
 解析ケース③，評価対象部材：底版①）

5.2.11 断面力分布（せん断破壊（面内）に対する照査：③－③断面）

放水路ケーソンの引張破壊に対する照査において、最も厳しい照査値となる解析ケース及び評価対象部材における断面力図を図 5.2.11-1 に示す。

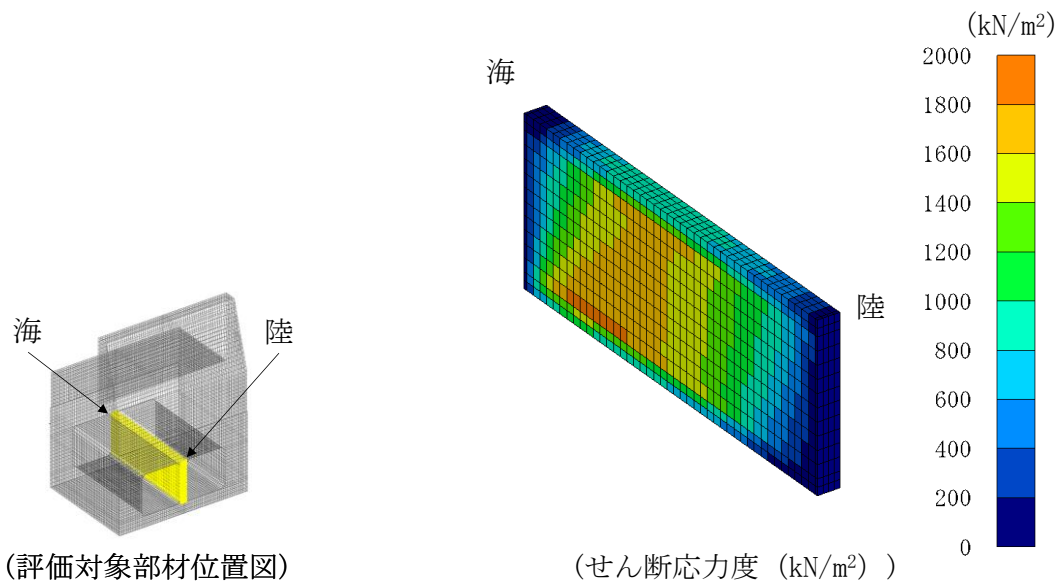


図 5.2.11-1 コンクリートのせん断破壊（面内）に対する照査に用いる断面力分布  
（せん断破壊（面内）に対する照査：③－③断面， $S_s - N1 (-+)$ ，  
解析ケース③，評価対象部材：隔壁）



5.3 前壁，後壁，側壁，隔壁，底版及びフーチング（②－②断面及び④－④断面）

5.3.1 曲げ照査

各地震動におけるコンクリートの曲げ圧縮応力度に対する照査結果を表 5.3.1-1 に，鉄筋の曲げ引張応力度に対する照査結果を表 5.3.1-2 に示す。

表 5.3.1-1(1) コンクリートの曲げ圧縮応力度に対する照査  
(②－②断面)

解析 ケース	地震動	評価対象 部材	曲げモー メント M(kN・m)	軸力 N(kN)	曲げ圧縮 応力度 $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{ca}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_c / \sigma_{ca}$	
①	S s - D	(++)	底版	67	74	1.6	13.5	0.13
			フーチング	-5	36	0.1	13.5	0.01
			前壁	2	1310	2.5	13.5	0.19
			後壁	-1	797	1.6	13.5	0.12
			側壁①	30	840	2.3	13.5	0.17
			側壁②	30	840	2.3	13.5	0.17
			隔壁①	10	312	2.0	13.5	0.16
			隔壁②	8	61	1.7	13.5	0.13
			隔壁③	6	339	1.7	13.5	0.13
			隔壁④	1	589	2.2	13.5	0.17
			隔壁⑤	0	588	2.1	13.5	0.16
		隔壁⑥	1	589	2.2	13.5	0.17	
		(-+)	底版	79	56	1.9	13.5	0.15
			フーチング	-30	11	0.2	13.5	0.02
			前壁	2	1479	2.8	13.5	0.21
			後壁	-1	687	1.4	13.5	0.11
			側壁①	34	1023	2.7	13.5	0.21
			側壁②	34	1023	2.7	13.5	0.21
			隔壁①	6	512	2.3	13.5	0.17
			隔壁②	8	311	1.8	13.5	0.14
			隔壁③	7	290	1.7	13.5	0.13
			隔壁④	2	680	2.5	13.5	0.19
隔壁⑤	0		683	2.4	13.5	0.18		
隔壁⑥	2	680	2.5	13.5	0.19			

表 5.3.1-1(2) コンクリートの曲げ圧縮応力度に対する照査  
(②-②断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	曲げモー メント M(kN・m)	軸力 N(kN)	曲げ圧縮 応力度 $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{ca}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_c / \sigma_{ca}$
①	S s - D	(+-)	底版	65	51	1.6	13.5	0.12
			フーチング	-17	15	0.1	13.5	0.01
			前壁	2	1213	2.3	13.5	0.18
			後壁	49	217	1.6	13.5	0.12
			側壁①	29	835	2.2	13.5	0.17
			側壁②	29	835	2.2	13.5	0.17
			隔壁①	6	417	2.0	13.5	0.15
			隔壁②	9	338	2.0	13.5	0.16
			隔壁③	8	326	1.9	13.5	0.14
			隔壁④	1	560	2.1	13.5	0.16
			隔壁⑤	0	561	2.0	13.5	0.15
			隔壁⑥	1	560	2.1	13.5	0.16
		(--)	底版	59	67	1.4	13.5	0.11
			フーチング	-9	34	0.1	13.5	0.01
			前壁	-12	1074	2.1	13.5	0.16
			後壁	0	835	1.7	13.5	0.13
			側壁①	27	724	2.0	13.5	0.15
			側壁②	27	724	2.0	13.5	0.15
			隔壁①	7	379	2.0	13.5	0.15
			隔壁②	8	390	2.1	13.5	0.16
			隔壁③	7	383	2.0	13.5	0.15
			隔壁④	1	519	1.9	13.5	0.15
隔壁⑤	0	518	1.8	13.5	0.14			
隔壁⑥	1	519	1.9	13.5	0.15			

表 5.3.1-1(3) コンクリートの曲げ圧縮応力度に対する照査  
(②-②断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	曲げモー メント M(kN・m)	軸力 N(kN)	曲げ圧縮 応力度 $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{ca}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_c / \sigma_{ca}$
①	S <sub>s</sub> -F1	(++)	底版	49	47	1.2	13.5	0.09
			フーチング	45	7	0.4	13.5	0.03
			前壁	3	874	1.7	13.5	0.13
			後壁	29	433	1.5	13.5	0.11
			側壁①	22	613	1.7	13.5	0.13
			側壁②	22	613	1.7	13.5	0.13
			隔壁①	7	276	1.6	13.5	0.12
			隔壁②	6	305	1.6	13.5	0.12
			隔壁③	5	325	1.6	13.5	0.12
			隔壁④	1	426	1.6	13.5	0.12
			隔壁⑤	0	424	1.5	13.5	0.11
			隔壁⑥	1	426	1.6	13.5	0.12
	S <sub>s</sub> -F2	(++)	底版	57	48	1.4	13.5	0.11
			フーチング	23	-42	0.1	13.5	0.01
			前壁	4	966	1.9	13.5	0.15
			後壁	-1	893	1.8	13.5	0.14
			側壁①	25	716	1.9	13.5	0.15
			側壁②	25	716	1.9	13.5	0.15
			隔壁①	6	350	1.8	13.5	0.14
			隔壁②	7	208	1.4	13.5	0.11
			隔壁③	4	339	1.6	13.5	0.12
			隔壁④	1	490	1.8	13.5	0.14
隔壁⑤	0	490	1.7	13.5	0.13			
隔壁⑥	1	490	1.8	13.5	0.14			

表 5.3.1-1(4) コンクリートの曲げ圧縮応力度に対する照査  
(②-②断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	曲げモー メント M(kN・m)	軸力 N(kN)	曲げ圧縮 応力度 $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{ca}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_c / \sigma_{ca}$
①	S s - N 1	(++)	底版	123	-121	2.7	13.5	0.21
			フーチング	-129	56	0.9	13.5	0.08
			前壁	6	417	0.9	13.5	0.07
			後壁	4	1953	4.1	13.5	0.31
			側壁①	30	1588	3.8	13.5	0.28
			側壁②	30	1588	3.8	13.5	0.28
			隔壁①	6	205	1.3	13.5	0.10
			隔壁②	7	325	1.8	13.5	0.14
			隔壁③	2	614	2.3	13.5	0.17
			隔壁④	5	740	3.0	13.5	0.23
			隔壁⑤	0	859	3.0	13.5	0.23
			隔壁⑥	5	740	3.0	13.5	0.23
		(-+)	底版	85	198	1.7	13.5	0.13
			フーチング	13	19	0.1	13.5	0.01
			前壁	9	1148	2.4	13.5	0.18
			後壁	-1	409	0.8	13.5	0.07
			側壁①	30	880	2.4	13.5	0.18
			側壁②	30	880	2.4	13.5	0.18
			隔壁①	10	384	2.3	13.5	0.18
			隔壁②	10	262	1.9	13.5	0.14
			隔壁③	6	54	1.2	13.5	0.10
			隔壁④	1	608	2.2	13.5	0.17
隔壁⑤	0	606	2.1	13.5	0.16			
隔壁⑥	1	608	2.2	13.5	0.17			

表 5.3.1-1(5) コンクリートの曲げ圧縮応力度に対する照査  
(②-②断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	曲げモー メント M(kN・m)	軸力 N(kN)	曲げ圧縮 応力度 $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{ca}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_c / \sigma_{ca}$
①	S s - N 2 (N S)	(++)	底版	51	50	1.2	13.5	0.10
			フーチング	44	7	0.4	13.5	0.03
			前壁	4	876	1.7	13.5	0.13
			後壁	44	116	1.3	13.5	0.10
			側壁①	22	628	1.7	13.5	0.13
			側壁②	22	628	1.7	13.5	0.13
			隔壁①	7	276	1.6	13.5	0.13
			隔壁②	7	260	1.5	13.5	0.12
			隔壁③	6	255	1.5	13.5	0.11
			隔壁④	1	438	1.6	13.5	0.12
			隔壁⑤	0	437	1.5	13.5	0.12
		隔壁⑥	1	438	1.6	13.5	0.12	
		(-+)	底版	55	54	1.3	13.5	0.10
			フーチング	-14	24	0.1	13.5	0.01
			前壁	6	912	1.8	13.5	0.14
			後壁	0	714	1.4	13.5	0.11
			側壁①	24	676	1.8	13.5	0.14
			側壁②	24	676	1.8	13.5	0.14
			隔壁①	8	294	1.8	13.5	0.14
			隔壁②	6	292	1.6	13.5	0.12
			隔壁③	5	310	1.5	13.5	0.12
			隔壁④	1	474	1.7	13.5	0.13
隔壁⑤	0		472	1.6	13.5	0.13		
隔壁⑥	1	474	1.7	13.5	0.13			

表 5.3.1-1(6) コンクリートの曲げ圧縮応力度に対する照査  
(②-②断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	曲げモー メント M(kN・m)	軸力 N(kN)	曲げ圧縮 応力度 $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{ca}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_c / \sigma_{ca}$
①	S s - N 2 (E W)	(++)	底版	65	79	1.6	13.5	0.12
			フーチング	26	3	0.2	13.5	0.02
			前壁	6	1159	2.3	13.5	0.18
			後壁	-1	692	1.4	13.5	0.11
			側壁①	28	794	2.2	13.5	0.16
			側壁②	28	794	2.2	13.5	0.16
			隔壁①	10	270	1.9	13.5	0.15
			隔壁②	7	37	1.8	13.5	0.14
			隔壁③	7	274	1.6	13.5	0.12
			隔壁④	1	564	2.1	13.5	0.16
			隔壁⑤	0	562	2.0	13.5	0.15
		隔壁⑥	1	564	2.1	13.5	0.16	
		(-+)	底版	49	44	1.2	13.5	0.09
			フーチング	35	9	0.3	13.5	0.03
			前壁	2	924	1.8	13.5	0.14
			後壁	-1	690	1.4	13.5	0.11
			側壁①	22	616	1.7	13.5	0.13
			側壁②	22	616	1.7	13.5	0.13
			隔壁①	6	288	1.6	13.5	0.12
			隔壁②	5	225	1.3	13.5	0.10
			隔壁③	5	276	1.4	13.5	0.11
			隔壁④	1	424	1.6	13.5	0.12
隔壁⑤	0		423	1.5	13.5	0.11		
隔壁⑥	1	424	1.6	13.5	0.12			

表 5.3.1-1(7) コンクリートの曲げ圧縮応力度に対する照査  
(②-②断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	曲げモー メント M(kN・m)	軸力 N(kN)	曲げ圧縮 応力度 $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{ca}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_c / \sigma_{ca}$
②	S s - D	(++)	底版	54	51	1.3	13.5	0.10
			フーチング	-13	28	0.1	13.5	0.01
			前壁	-12	1019	2.0	13.5	0.15
			後壁	-1	689	1.4	13.5	0.11
			側壁①	25	676	1.9	13.5	0.14
			側壁②	25	676	1.9	13.5	0.14
			隔壁①	8	281	1.7	13.5	0.13
			隔壁②	7	254	1.5	13.5	0.12
			隔壁③	6	282	1.5	13.5	0.12
			隔壁④	1	475	1.8	13.5	0.13
			隔壁⑤	0	473	1.7	13.5	0.13
		隔壁⑥	1	475	1.8	13.5	0.13	
		(-+)	底版	67	57	1.6	13.5	0.13
			フーチング	14	12	0.1	13.5	0.01
			前壁	4	1187	2.3	13.5	0.18
			後壁	-1	899	1.8	13.5	0.14
			側壁①	29	849	2.3	13.5	0.17
			側壁②	29	849	2.3	13.5	0.17
			隔壁①	8	401	2.1	13.5	0.16
			隔壁②	8	352	2.0	13.5	0.15
			隔壁③	7	379	1.9	13.5	0.15
			隔壁④	1	578	2.1	13.5	0.16
隔壁⑤	0		577	2.0	13.5	0.15		
隔壁⑥	1	579	2.1	13.5	0.16			

表 5.3.1-1(8) コンクリートの曲げ圧縮応力度に対する照査  
(②-②断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	曲げモー メント M(kN・m)	軸力 N(kN)	曲げ圧縮 応力度 $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{ca}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_c / \sigma_{ca}$
②	S s - N 1	(++)	底版	124	-121	2.8	13.5	0.21
			フーチング	-131	62	1.0	13.5	0.08
			前壁	6	423	0.9	13.5	0.07
			後壁	4	1967	4.1	13.5	0.31
			側壁①	30	1603	3.8	13.5	0.29
			側壁②	30	1603	3.8	13.5	0.29
			隔壁①	6	198	1.3	13.5	0.10
			隔壁②	7	319	1.8	13.5	0.14
			隔壁③	2	619	2.3	13.5	0.18
			隔壁④	5	749	3.1	13.5	0.23
			隔壁⑤	0	866	3.0	13.5	0.23
			隔壁⑥	5	749	3.1	13.5	0.23



表 5.3.1-1(9) コンクリートの曲げ圧縮応力度に対する照査  
(②-②断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	曲げモー メント M(kN・m)	軸力 N(kN)	曲げ圧縮 応力度 $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{ca}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_c / \sigma_{ca}$
③	S s - D	(++)	底版	64	59	1.5	13.5	0.12
			フーチング	9	-11	0.1	13.5	0.01
			前壁	-14	1187	2.3	13.5	0.18
			後壁	-1	922	1.8	13.5	0.14
			側壁①	29	794	2.2	13.5	0.17
			側壁②	29	794	2.2	13.5	0.17
			隔壁①	9	316	1.9	13.5	0.15
			隔壁②	8	340	1.9	13.5	0.15
			隔壁③	7	383	1.9	13.5	0.15
			隔壁④	1	558	2.1	13.5	0.16
			隔壁⑤	0	557	1.9	13.5	0.15
		隔壁⑥	1	558	2.1	13.5	0.16	
		(-+)	底版	73	52	1.8	13.5	0.14
			フーチング	140	-49	1.1	13.5	0.08
			前壁	8	1280	2.6	13.5	0.20
			後壁	-1	704	1.4	13.5	0.11
			側壁①	32	939	2.5	13.5	0.19
			側壁②	32	939	2.5	13.5	0.19
			隔壁①	5	486	2.1	13.5	0.16
			隔壁②	8	315	1.9	13.5	0.14
			隔壁③	7	296	1.7	13.5	0.13
			隔壁④	1	625	2.3	13.5	0.18
隔壁⑤	0		628	2.2	13.5	0.17		
隔壁⑥	1	625	2.3	13.5	0.18			

表 5.3.1-1(10) コンクリートの曲げ圧縮応力度に対する照査  
(②-②断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	曲げモー メント M(kN・m)	軸力 N(kN)	曲げ圧縮 応力度 $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{ca}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_c / \sigma_{ca}$
③	S s - N 1	(++)	底版	122	-120	2.7	13.5	0.21
			フーチング	-128	61	0.9	13.5	0.08
			前壁	6	434	0.9	13.5	0.08
			後壁	4	1943	4.1	13.5	0.31
			側壁①	29	1580	3.8	13.5	0.28
			側壁②	29	1580	3.8	13.5	0.28
			隔壁①	6	206	1.3	13.5	0.10
			隔壁②	7	323	1.8	13.5	0.14
			隔壁③	2	611	2.3	13.5	0.17
			隔壁④	5	736	3.0	13.5	0.23
			隔壁⑤	0	855	3.0	13.5	0.23
			隔壁⑥	5	736	3.0	13.5	0.23

表 5.3.1-1(11) コンクリートの曲げ圧縮応力度に対する照査

(④-④断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	曲げモー メント M(kN・m)	軸力 N(kN)	曲げ圧縮 応力度 $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{ca}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_c / \sigma_{ca}$
①	S s - D	(++)	底版	157	90	2.9	13.5	0.22
			前壁	9	2030	4.4	13.5	0.33
			後壁	-1	714	1.4	13.5	0.11
			側壁①	63	1477	4.3	13.5	0.32
			側壁②	63	1477	4.3	13.5	0.32
			隔壁①	15	559	3.3	13.5	0.25
			隔壁②	12	367	2.4	13.5	0.18
			隔壁③	3	971	3.5	13.5	0.26
			隔壁④	0	968	3.1	13.5	0.24
			隔壁⑤	3	971	3.5	13.5	0.26
		(-+)	底版	184	85	3.4	13.5	0.26
			前壁	26	2008	4.6	13.5	0.35
			後壁	17	1696	3.8	13.5	0.29
			側壁①	72	1675	4.8	13.5	0.36
			側壁②	72	1675	4.8	13.5	0.36
			隔壁①	18	607	3.7	13.5	0.28
			隔壁②	13	384	2.5	13.5	0.19
			隔壁③	4	1112	3.9	13.5	0.30
			隔壁④	0	1108	3.6	13.5	0.27
			隔壁⑤	4	1112	3.9	13.5	0.30

表 5.3.1-1(12) コンクリートの曲げ圧縮応力度に対する照査  
(④-④断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	曲げモー メント M(kN・m)	軸力 N(kN)	曲げ圧縮 応力度 $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{ca}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_c / \sigma_{ca}$
①	S s - D	(+-)	底版	187	235	3.6	13.5	0.27
			前壁	21	2275	5.1	13.5	0.38
			後壁	0	1005	2.1	13.5	0.16
			側壁①	75	1817	5.2	13.5	0.39
			側壁②	75	1817	5.2	13.5	0.39
			隔壁①	18	560	3.6	13.5	0.27
			隔壁②	8	483	2.4	13.5	0.18
			隔壁③	4	1177	4.2	13.5	0.32
			隔壁④	0	1177	3.8	13.5	0.29
		隔壁⑤	4	1177	4.2	13.5	0.32	
		(--)	底版	143	386	2.8	13.5	0.21
			前壁	9	2528	5.4	13.5	0.40
			後壁	3	694	1.5	13.5	0.11
			側壁①	74	1745	5.0	13.5	0.38
			側壁②	74	1745	5.0	13.5	0.38
			隔壁①	14	632	3.4	13.5	0.26
			隔壁②	10	340	2.1	13.5	0.16
			隔壁③	5	1086	3.9	13.5	0.30
			隔壁④	0	1091	3.5	13.5	0.27
隔壁⑤	5		1086	3.9	13.5	0.30		

表 5.3.1-1(13) コンクリートの曲げ圧縮応力度に対する照査  
(④-④断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	曲げモー メント M(kN・m)	軸力 N(kN)	曲げ圧縮 応力度 $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{ca}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_c / \sigma_{ca}$
①	S <sub>s</sub> -F1	(++)	底版	118	-24	1.9	13.5	0.15
			前壁	16	1684	3.8	13.5	0.28
			後壁	0	400	0.8	13.5	0.07
			側壁①	54	1192	3.5	13.5	0.26
			側壁②	54	1192	3.5	13.5	0.26
			隔壁①	10	400	2.3	13.5	0.18
			隔壁②	8	238	1.6	13.5	0.12
			隔壁③	3	759	2.8	13.5	0.21
			隔壁④	0	776	2.5	13.5	0.19
			隔壁⑤	3	759	2.8	13.5	0.21
	S <sub>s</sub> -F2	(++)	底版	134	212	2.6	13.5	0.20
			前壁	15	1668	3.7	13.5	0.28
			後壁	1	424	0.9	13.5	0.07
			側壁①	58	1311	3.8	13.5	0.29
			側壁②	58	1311	3.8	13.5	0.29
			隔壁①	13	435	2.7	13.5	0.21
			隔壁②	9	280	1.8	13.5	0.14
			隔壁③	3	872	3.1	13.5	0.24
			隔壁④	0	869	2.8	13.5	0.21
隔壁⑤	3	872	3.1	13.5	0.24			

表 5.3.1-1(14) コンクリートの曲げ圧縮応力度に対する照査  
(④-④断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	曲げモー メント M(kN・m)	軸力 N(kN)	曲げ圧縮 応力度 $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{ca}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_c / \sigma_{ca}$
①	S s - N 1	(++)	底版	146	179	2.8	13.5	0.21
			前壁	9	802	1.8	13.5	0.14
			後壁	26	2059	4.7	13.5	0.36
			側壁①	65	1738	4.8	13.5	0.36
			側壁②	65	1738	4.8	13.5	0.36
			隔壁①	8	310	1.8	13.5	0.14
			隔壁②	3	730	2.7	13.5	0.21
			隔壁③	5	1044	3.8	13.5	0.29
			隔壁④	0	1052	3.4	13.5	0.26
		隔壁⑤	5	1044	3.8	13.5	0.29	
		(-+)	底版	199	270	3.8	13.5	0.29
			前壁	21	2667	5.9	13.5	0.44
			後壁	0	974	2.0	13.5	0.15
			側壁①	84	2065	5.9	13.5	0.44
			側壁②	84	2065	5.9	13.5	0.44
			隔壁①	19	673	4.0	13.5	0.30
			隔壁②	9	442	2.4	13.5	0.18
			隔壁③	5	1320	4.7	13.5	0.36
			隔壁④	0	1317	4.3	13.5	0.32
隔壁⑤	5		1320	4.7	13.5	0.36		

表 5.3.1-1(15) コンクリートの曲げ圧縮応力度に対する照査  
(④-④断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	曲げモー メント M(kN・m)	軸力 N(kN)	曲げ圧縮 応力度 $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{ca}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_c / \sigma_{ca}$
①	S s - N 2 (N S)	(++)	底版	133	202	2.6	13.5	0.19
			前壁	15	1545	3.5	13.5	0.26
			後壁	1	501	1.0	13.5	0.08
			側壁①	53	1211	3.5	13.5	0.27
			側壁②	53	1211	3.5	13.5	0.27
			隔壁①	11	268	2.0	13.5	0.15
			隔壁②	6	293	1.5	13.5	0.12
			隔壁③	3	808	2.9	13.5	0.22
			隔壁④	0	804	2.6	13.5	0.20
		隔壁⑤	3	808	2.9	13.5	0.22	
		(-+)	底版	118	219	2.3	13.5	0.18
			前壁	13	1456	3.3	13.5	0.25
			後壁	0	662	1.4	13.5	0.11
			側壁①	50	1110	3.3	13.5	0.25
			側壁②	50	1110	3.3	13.5	0.25
			隔壁①	8	371	2.0	13.5	0.16
			隔壁②	7	326	1.8	13.5	0.14
			隔壁③	3	736	2.6	13.5	0.20
			隔壁④	0	736	2.4	13.5	0.18
隔壁⑤	3		736	2.6	13.5	0.20		

表 5.3.1-1(16) コンクリートの曲げ圧縮応力度に対する照査  
(④-④断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	曲げモー メント M(kN・m)	軸力 N(kN)	曲げ圧縮 応力度 $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{ca}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_c / \sigma_{ca}$
①	S s - N 2 (E W)	(++)	底版	86	-50	1.3	13.5	0.10
			前壁	10	553	1.3	13.5	0.10
			後壁	5	1082	2.3	13.5	0.18
			側壁①	33	866	2.4	13.5	0.18
			側壁②	33	866	2.4	13.5	0.18
			隔壁①	8	317	1.8	13.5	0.14
			隔壁②	7	390	1.9	13.5	0.15
			隔壁③	2	508	1.9	13.5	0.14
			隔壁④	0	516	1.7	13.5	0.13
		隔壁⑤	2	508	1.9	13.5	0.14	
		(-+)	底版	87	-17	1.4	13.5	0.11
			前壁	16	1386	3.2	13.5	0.24
			後壁	1	783	1.6	13.5	0.13
			側壁①	41	848	2.5	13.5	0.19
			側壁②	41	848	2.5	13.5	0.19
			隔壁①	6	400	1.9	13.5	0.15
			隔壁②	5	391	1.8	13.5	0.14
			隔壁③	0	646	2.1	13.5	0.16
			隔壁④	0	637	2.1	13.5	0.16
隔壁⑤	0		646	2.1	13.5	0.16		



表 5.3.1-1(17) コンクリートの曲げ圧縮応力度に対する照査

(④-④断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	曲げモー メント M(kN・m)	軸力 N(kN)	曲げ圧縮 応力度 $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{ca}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_c / \sigma_{ca}$
②	S s - D	( - + )	底版	195	94	3.6	13.5	0.27
			前壁	27	2102	4.9	13.5	0.36
			後壁	17	1677	3.8	13.5	0.28
			側壁①	75	1750	5.1	13.5	0.38
			側壁②	75	1750	5.1	13.5	0.38
			隔壁①	19	623	3.9	13.5	0.29
			隔壁②	13	362	2.4	13.5	0.19
			隔壁③	4	1165	4.1	13.5	0.31
			隔壁④	0	1161	3.8	13.5	0.28
			隔壁⑤	4	1165	4.1	13.5	0.31
		( + - )	底版	179	237	3.4	13.5	0.26
			前壁	20	2259	5.0	13.5	0.38
			後壁	0	945	1.9	13.5	0.15
			側壁①	74	1785	5.1	13.5	0.38
			側壁②	74	1785	5.1	13.5	0.38
			隔壁①	17	567	3.6	13.5	0.27
			隔壁②	9	461	2.4	13.5	0.18
			隔壁③	4	1153	4.1	13.5	0.31
			隔壁④	0	1151	3.7	13.5	0.28
			隔壁⑤	4	1153	4.1	13.5	0.31

表 5.3.1-1(18) コンクリートの曲げ圧縮応力度に対する照査  
(④-④断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	曲げモー メント M(kN・m)	軸力 N(kN)	曲げ圧縮 応力度 $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{ca}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_c / \sigma_{ca}$
②	S s - N 1	( - + )	底版	212	272	4.1	13.5	0.31
			前壁	22	2744	6.1	13.5	0.46
			後壁	0	1008	2.0	13.5	0.16
			側壁①	87	2147	6.1	13.5	0.46
			側壁②	87	2147	6.1	13.5	0.46
			隔壁①	20	657	4.1	13.5	0.31
			隔壁②	9	438	2.3	13.5	0.18
			隔壁③	5	1375	4.9	13.5	0.37
			隔壁④	0	1376	4.4	13.5	0.33
			隔壁⑤	5	1375	4.9	13.5	0.37

表 5.3.1-1(19) コンクリートの曲げ圧縮応力度に対する照査  
(④-④断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	曲げモー メント M(kN・m)	軸力 N(kN)	曲げ圧縮 応力度 $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{ca}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_c / \sigma_{ca}$
③	S s - D	( - + )	底版	187	84	3.5	13.5	0.26
			前壁	27	2029	4.7	13.5	0.35
			後壁	17	1705	3.8	13.5	0.29
			側壁①	72	1693	4.9	13.5	0.37
			側壁②	72	1693	4.9	13.5	0.37
			隔壁①	18	611	3.8	13.5	0.29
			隔壁②	13	387	2.5	13.5	0.19
			隔壁③	4	1126	4.0	13.5	0.30
			隔壁④	0	1122	3.6	13.5	0.27
		隔壁⑤	4	1126	4.0	13.5	0.30	
		( + - )	底版	138	234	2.7	13.5	0.20
			前壁	15	1996	4.4	13.5	0.33
			後壁	1	496	1.0	13.5	0.08
			側壁①	66	1535	4.4	13.5	0.33
			側壁②	66	1535	4.4	13.5	0.33
			隔壁①	10	651	3.1	13.5	0.24
			隔壁②	9	405	2.2	13.5	0.17
			隔壁③	4	977	3.5	13.5	0.27
			隔壁④	0	974	3.1	13.5	0.24
隔壁⑤	4		977	3.5	13.5	0.27		

表 5.3.1-1(20) コンクリートの曲げ圧縮応力度に対する照査  
(④-④断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	曲げモー メント M(kN・m)	軸力 N(kN)	曲げ圧縮 応力度 $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{ca}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_c / \sigma_{ca}$
③	S s - N 1	( - + )	底版	207	272	4.0	13.5	0.30
			前壁	22	2727	6.0	13.5	0.45
			後壁	-1	994	2.0	13.5	0.15
			側壁①	86	2122	6.1	13.5	0.45
			側壁②	86	2122	6.1	13.5	0.45
			隔壁①	19	669	4.1	13.5	0.31
			隔壁②	11	126	2.3	13.5	0.17
			隔壁③	5	1358	4.9	13.5	0.37
			隔壁④	0	1357	4.4	13.5	0.33
			隔壁⑤	5	1358	4.9	13.5	0.37

表 5.3.1-2(1) 鉄筋の曲げ引張応力度に対する照査  
(②-②断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	曲げモー メント M(kN・m)	軸力 N(kN)	曲げ引張 応力度 $\sigma_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{sa}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_s/\sigma_{sa}$
①	S s - D	(++)	底版	50	-42	77.1	294	0.27
			フーチング	-27	-399	58.2	294	0.20
			前壁	1	-73	30.4	294	0.11
			後壁	8	-110	41.8	294	0.15
			側壁①	-4	-113	56.9	294	0.20
			側壁②	-4	-113	56.9	294	0.20
			隔壁①	0	-85	70.3	294	0.24
			隔壁②	2	-76	71.4	294	0.25
			隔壁③	0	-71	56.6	294	0.20
			隔壁④	0	-20	19.0	294	0.07
			隔壁⑤	0	-24	18.8	294	0.07
			隔壁⑥	0	-20	19.0	294	0.07
		(-+)	底版	69	-54	105.7	294	0.36
			フーチング	-6	-417	70.1	294	0.24
			前壁	1	-103	44.0	294	0.15
			後壁	1	-137	58.3	294	0.20
			側壁①	-3	-121	59.4	294	0.21
			側壁②	-3	-121	59.4	294	0.21
			隔壁①	0	-78	63.4	294	0.22
			隔壁②	0	-84	67.6	294	0.23
			隔壁③	0	-66	52.4	294	0.18
			隔壁④	1	-26	24.8	294	0.09
隔壁⑤	0	-36	28.4	294	0.10			
隔壁⑥	1	-26	24.8	294	0.09			

表 5.3.1-2(2) 鉄筋の曲げ引張応力度に対する照査

(②-②断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	曲げモー メント M(kN・m)	軸力 N(kN)	曲げ引張 応力度 $\sigma_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{sa}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_s/\sigma_{sa}$
①	S s - D	(+-)	底版	58	-45	88.7	294	0.31
			フーチング	-13	-497	81.1	294	0.28
			前壁	0	-76	33.0	294	0.12
			後壁	6	-110	38.7	294	0.14
			側壁①	-4	-144	70.6	294	0.25
			側壁②	-4	-144	70.6	294	0.25
			隔壁①	0	-66	53.8	294	0.19
			隔壁②	0	-80	63.6	294	0.22
			隔壁③	0	-70	56.2	294	0.20
			隔壁④	0	-37	32.8	294	0.12
			隔壁⑤	0	-35	27.9	294	0.10
		隔壁⑥	0	-37	32.8	294	0.12	
		(--)	底版	57	-52	88.6	294	0.31
			フーチング	-23	-462	71.1	294	0.25
			前壁	1	-76	32.2	294	0.11
			後壁	7	-108	40.1	294	0.14
			側壁①	-5	-134	67.0	294	0.23
			側壁②	-5	-134	67.0	294	0.23
			隔壁①	0	-78	64.6	294	0.22
			隔壁②	2	-72	67.0	294	0.23
			隔壁③	0	-78	61.5	294	0.21
			隔壁④	1	-31	29.7	294	0.11
隔壁⑤	0		-38	29.9	294	0.11		
隔壁⑥	1	-31	29.7	294	0.11			

表 5.3.1-2(3) 鉄筋の曲げ引張応力度に対する照査

(②-②断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	曲げモー メント M(kN・m)	軸力 N(kN)	曲げ引張 応力度 $\sigma_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{sa}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_s/\sigma_{sa}$
①	S <sub>s</sub> -F 1	(++)	底版	47	-44	74.2	294	0.26
			フーチング	-29	-394	56.8	294	0.20
			前壁	0	-59	25.4	294	0.09
			後壁	8	-104	40.2	294	0.14
			側壁①	2	-74	37.6	294	0.13
			側壁②	2	-74	37.6	294	0.13
			隔壁①	0	-57	46.5	294	0.16
			隔壁②	0	-74	58.6	294	0.20
			隔壁③	0	-71	56.4	294	0.20
			隔壁④	1	-8	10.6	294	0.04
			隔壁⑤	0	-13	10.5	294	0.04
	隔壁⑥	1	-8	10.6	294	0.04		
	S <sub>s</sub> -F 2	(++)	底版	54	-54	86.4	294	0.30
			フーチング	21	-201	44.1	294	0.15
			前壁	3	-126	40.3	294	0.14
			後壁	1	-115	38.4	294	0.14
			側壁①	0	-112	49.4	294	0.17
			側壁②	0	-112	49.4	294	0.17
			隔壁①	0	-57	46.2	294	0.16
			隔壁②	0	-72	57.5	294	0.20
			隔壁③	0	-74	58.3	294	0.20
			隔壁④	0	-16	16.2	294	0.06
隔壁⑤			0	-23	18.2	294	0.07	
隔壁⑥	0	-16	16.2	294	0.06			

表 5.3.1-2(4) 鉄筋の曲げ引張応力度に対する照査

(②-②断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	曲げモー メント M(kN・m)	軸力 N(kN)	曲げ引張 応力度 $\sigma_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{sa}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_s/\sigma_{sa}$
①	S s - N 1	(++)	底版	123	-121	195.5	294	0.67
			フーチング	120	-249	92.7	294	0.32
			前壁	4	-282	94.3	294	0.33
			後壁	-14	-154	72.0	294	0.25
			側壁①	0	-259	113.7	294	0.39
			側壁②	0	-259	113.7	294	0.39
			隔壁①	0	-35	27.8	294	0.10
			隔壁②	0	-76	60.8	294	0.21
			隔壁③	0	-131	104.6	294	0.36
			隔壁④	0	-56	45.7	294	0.16
			隔壁⑤	0	-68	54.0	294	0.19
			隔壁⑥	0	-56	45.7	294	0.16
		(-+)	底版	57	-52	88.9	294	0.31
			フーチング	1	-141	24.9	294	0.09
			前壁	1	-76	32.2	294	0.11
			後壁	7	-119	43.0	294	0.15
			側壁①	2	-66	34.0	294	0.12
			側壁②	2	-66	34.0	294	0.12
			隔壁①	0	-72	58.4	294	0.20
			隔壁②	0	-95	75.0	294	0.26
			隔壁③	0	-70	55.5	294	0.19
			隔壁④	1	-33	31.1	294	0.11
隔壁⑤	0	-41	32.3	294	0.11			
隔壁⑥	1	-33	31.1	294	0.11			



表 5.3.1-2(5) 鉄筋の曲げ引張応力度に対する照査

(②-②断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	曲げモー メント M(kN・m)	軸力 N(kN)	曲げ引張 応力度 $\sigma_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{sa}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_s/\sigma_{sa}$
①	S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	底版	10	-224	68.7	294	0.24
			フーチング	-9	-413	68.2	294	0.24
			前壁	0	-58	25.0	294	0.09
			後壁	8	-107	41.1	294	0.14
			側壁①	-3	-117	57.1	294	0.20
			側壁②	-3	-117	57.1	294	0.20
			隔壁①	0	-59	48.1	294	0.17
			隔壁②	0	-75	59.9	294	0.21
			隔壁③	0	-65	52.1	294	0.18
			隔壁④	0	-30	26.8	294	0.10
			隔壁⑤	0	-29	22.8	294	0.08
		隔壁⑥	0	-30	26.8	294	0.10	
		(-+)	底版	44	-39	69.3	294	0.24
			フーチング	-27	-347	49.3	294	0.17
			前壁	0	-59	25.5	294	0.09
			後壁	6	-97	35.1	294	0.12
			側壁①	-3	-95	48.2	294	0.17
			側壁②	-3	-95	48.2	294	0.17
			隔壁①	0	-60	49.3	294	0.17
			隔壁②	0	-76	60.5	294	0.21
			隔壁③	0	-66	52.2	294	0.18
			隔壁④	1	-16	16.0	294	0.06
隔壁⑤	0		-22	17.1	294	0.06		
隔壁⑥	1	-16	16.0	294	0.06			

表 5.3.1-2(6) 鉄筋の曲げ引張応力度に対する照査

(②-②断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	曲げモー メント M(kN・m)	軸力 N(kN)	曲げ引張 応力度 $\sigma_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{sa}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_s/\sigma_{sa}$
①	S s - N 2 (E W)	(++)	底版	6	-251	71.2	294	0.25
			フーチング	-20	-430	66.9	294	0.23
			前壁	1	-67	28.2	294	0.10
			後壁	9	-109	42.2	294	0.15
			側壁①	-4	-122	60.2	294	0.21
			側壁②	-4	-122	60.2	294	0.21
			隔壁①	0	-83	68.7	294	0.24
			隔壁②	2	-72	67.8	294	0.24
			隔壁③	0	-66	53.1	294	0.19
			隔壁④	0	-28	25.3	294	0.09
			隔壁⑤	0	-27	21.1	294	0.08
		隔壁⑥	0	-28	25.3	294	0.09	
		(-+)	底版	41	-41	65.7	294	0.23
			フーチング	-27	-330	46.5	294	0.16
			前壁	0	-58	24.7	294	0.09
			後壁	7	-100	37.4	294	0.13
			側壁①	-3	-91	46.0	294	0.16
			側壁②	-3	-91	46.0	294	0.16
			隔壁①	0	-56	46.0	294	0.16
			隔壁②	0	-71	56.6	294	0.20
			隔壁③	0	-65	51.9	294	0.18
			隔壁④	0	-12	12.6	294	0.05
隔壁⑤	0		-15	11.9	294	0.05		
隔壁⑥	0	-12	12.6	294	0.05			

表 5.3.1-2(7) 鉄筋の曲げ引張応力度に対する照査

(②-②断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	曲げモー メント M(kN・m)	軸力 N(kN)	曲げ引張 応力度 $\sigma_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{sa}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_s / \sigma_{sa}$
②	S s - D	(++)	底版	43	-40	67.3	294	0.23
			フーチング	-19	-398	61.5	294	0.21
			前壁	1	-62	26.2	294	0.09
			後壁	8	-108	40.8	294	0.14
			側壁①	-3	-112	55.4	294	0.19
			側壁②	-3	-112	55.4	294	0.19
			隔壁①	0	-68	56.4	294	0.20
			隔壁②	1	-68	63.6	294	0.22
			隔壁③	0	-65	51.9	294	0.18
			隔壁④	0	-23	21.4	294	0.08
			隔壁⑤	0	-22	17.2	294	0.06
			隔壁⑥	0	-23	21.4	294	0.08
		(-+)	底版	58	-42	86.9	294	0.30
			フーチング	-33	-443	63.4	294	0.22
			前壁	1	-75	31.6	294	0.11
			後壁	7	-112	40.5	294	0.14
			側壁①	-5	-127	64.4	294	0.22
			側壁②	-5	-127	64.4	294	0.22
			隔壁①	0	-68	55.2	294	0.19
			隔壁②	0	-86	68.0	294	0.24
			隔壁③	0	-77	60.8	294	0.21
			隔壁④	1	-27	24.9	294	0.09
隔壁⑤	0	-35	27.4	294	0.10			
隔壁⑥	1	-27	24.9	294	0.09			

表 5.3.1-2(8) 鉄筋の曲げ引張応力度に対する照査  
(②-②断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	曲げモー メント M(kN・m)	軸力 N(kN)	曲げ引張 応力度 $\sigma_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{sa}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_s / \sigma_{sa}$
②	S s - N 1	(++)	底版	124	-121	197.1	294	0.68
			フーチング	121	-250	93.4	294	0.32
			前壁	4	-279	93.1	294	0.32
			後壁	-14	-156	72.6	294	0.25
			側壁①	0	-255	112.2	294	0.39
			側壁②	0	-255	112.2	294	0.39
			隔壁①	0	-34	27.5	294	0.10
			隔壁②	0	-77	61.7	294	0.21
			隔壁③	0	-133	105.5	294	0.36
			隔壁④	0	-57	46.3	294	0.16
			隔壁⑤	0	-69	54.7	294	0.19
			隔壁⑥	0	-57	46.3	294	0.16

表 5.3.1-2(9) 鉄筋の曲げ引張応力度に対する照査

(②-②断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	曲げモー メント M(kN・m)	軸力 N(kN)	曲げ引張 応力度 $\sigma_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{sa}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_s/\sigma_{sa}$
③	S s - D	(++)	底版	55	-51	86.5	294	0.30
			フーチング	-35	-443	62.8	294	0.22
			前壁	1	-73	31.0	294	0.11
			後壁	8	-112	42.1	294	0.15
			側壁①	-5	-128	64.7	294	0.23
			側壁②	-5	-128	64.7	294	0.23
			隔壁①	0	-79	65.2	294	0.23
			隔壁②	2	-75	70.1	294	0.24
			隔壁③	0	-78	62.2	294	0.22
			隔壁④	1	-20	20.8	294	0.08
			隔壁⑤	0	-25	19.7	294	0.07
		隔壁⑥	1	-20	20.8	294	0.08	
		(-+)	底版	66	-52	101.3	294	0.35
			フーチング	-8	-427	71.0	294	0.25
			前壁	0	-91	38.8	294	0.14
			後壁	7	-244	94.2	294	0.33
			側壁①	-5	-136	70.9	294	0.25
			側壁②	-5	-136	70.9	294	0.25
			隔壁①	0	-74	60.6	294	0.21
			隔壁②	0	-83	66.0	294	0.23
			隔壁③	0	-66	52.8	294	0.18
			隔壁④	0	-86	35.5	294	0.13
隔壁⑤	0		-84	34.7	294	0.12		
隔壁⑥	0	-86	35.5	294	0.13			

表 5.3.1-2(10) 鉄筋の曲げ引張応力度に対する照査

(②-②断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	曲げモー メント M(kN・m)	軸力 N(kN)	曲げ引張 応力度 $\sigma_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{sa}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_s / \sigma_{sa}$
③	S s - N 1	(++)	底版	122	-120	194.4	294	0.67
			フーチング	119	-246	92.1	294	0.32
			前壁	4	-280	93.6	294	0.32
			後壁	-13	-153	71.5	294	0.25
			側壁①	0	-257	112.9	294	0.39
			側壁②	0	-257	112.9	294	0.39
			隔壁①	0	-35	28.3	294	0.10
			隔壁②	0	-76	60.6	294	0.21
			隔壁③	0	-131	104.0	294	0.36
			隔壁④	0	-56	45.3	294	0.16
			隔壁⑤	0	-68	53.6	294	0.19
			隔壁⑥	0	-56	45.3	294	0.16

表 5.3.1-2(11) 鉄筋の曲げ引張応力度に対する照査

(④-④断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	曲げモー メント M(kN・m)	軸力 N(kN)	曲げ引張 応力度 $\sigma_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{sa}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_s/\sigma_{sa}$
①	S s - D	(++)	底版	142	-87	133.0	294	0.46
			前壁	-19	-134	73.6	294	0.26
			後壁	8	-153	53.1	294	0.19
			側壁①	12	-116	49.2	294	0.17
			側壁②	12	-116	49.2	294	0.17
			隔壁①	0	-148	92.1	294	0.32
			隔壁②	0	-105	64.8	294	0.23
			隔壁③	0	-138	85.2	294	0.29
			隔壁④	0	-146	89.5	294	0.31
			隔壁⑤	0	-138	85.2	294	0.29
		(-+)	底版	163	-71	146.4	294	0.50
			前壁	-16	-140	70.9	294	0.25
			後壁	-6	-170	66.8	294	0.23
			側壁①	13	-141	57.5	294	0.20
			側壁②	13	-141	57.5	294	0.20
			隔壁①	0	-153	94.6	294	0.33
			隔壁②	0	-132	81.4	294	0.28
			隔壁③	0	-169	104.2	294	0.36
			隔壁④	0	-178	109.1	294	0.38
			隔壁⑤	0	-169	104.2	294	0.36

表 5.3.1-2(12) 鉄筋の曲げ引張応力度に対する照査

(④-④断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	曲げモー メント M(kN・m)	軸力 N(kN)	曲げ引張 応力度 $\sigma_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{sa}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_s/\sigma_{sa}$
①	S s - D	(+-)	底版	177	-88	161.5	294	0.55
			前壁	-9	-194	79.7	294	0.28
			後壁	10	-168	60.6	294	0.21
			側壁①	10	-128	49.1	294	0.17
			側壁②	10	-128	49.1	294	0.17
			隔壁①	0	-174	108.1	294	0.37
			隔壁②	0	-112	69.0	294	0.24
			隔壁③	0	-154	94.7	294	0.33
			隔壁④	0	-165	101.5	294	0.35
		隔壁⑤	0	-154	94.7	294	0.33	
		(--)	底版	173	-116	163.8	294	0.56
			前壁	-23	-168	89.7	294	0.31
			後壁	11	-166	61.2	294	0.21
			側壁①	2	-114	46.3	294	0.16
			側壁②	2	-114	46.3	294	0.16
			隔壁①	0	-164	101.5	294	0.35
			隔壁②	1	-94	62.6	294	0.22
			隔壁③	0	-143	88.2	294	0.30
			隔壁④	0	-155	95.3	294	0.33
隔壁⑤	0		-143	88.2	294	0.30		



表 5.3.1-2(13) 鉄筋の曲げ引張応力度に対する照査

(④-④断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	曲げモー メント M(kN・m)	軸力 N(kN)	曲げ引張 応力度 $\sigma_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{sa}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_s/\sigma_{sa}$
①	S <sub>s</sub> -F1	(++)	底版	121	-85	115.3	294	0.40
			前壁	-17	-121	65.9	294	0.23
			後壁	2	-162	68.7	294	0.24
			側壁①	1	-147	62.5	294	0.22
			側壁②	1	-147	62.5	294	0.22
			隔壁①	0	-116	71.9	294	0.25
			隔壁②	0	-79	50.1	294	0.18
			隔壁③	0	-79	48.8	294	0.17
			隔壁④	0	-88	54.0	294	0.19
			隔壁⑤	0	-79	48.8	294	0.17
	S <sub>s</sub> -F2	(++)	底版	131	-66	119.3	294	0.41
			前壁	-8	-144	60.6	294	0.21
			後壁	9	-142	51.9	294	0.18
			側壁①	8	-88	35.5	294	0.13
			側壁②	8	-88	35.5	294	0.13
			隔壁①	0	-132	82.0	294	0.28
			隔壁②	0	-86	53.8	294	0.19
			隔壁③	0	-103	63.4	294	0.22
			隔壁④	0	-111	68.4	294	0.24
隔壁⑤	0	-103	63.4	294	0.22			

表 5.3.1-2(14) 鉄筋の曲げ引張応力度に対する照査

(④-④断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	曲げモー メント M(kN・m)	軸力 N(kN)	曲げ引張 応力度 $\sigma_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{sa}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_s/\sigma_{sa}$
①	S <sub>s</sub> -N1	(++)	底版	168	-111	158.4	294	0.54
			前壁	0	-134	45.5	294	0.16
			後壁	-7	-211	82.3	294	0.28
			側壁①	17	-56	38.7	294	0.14
			側壁②	17	-56	38.7	294	0.14
			隔壁①	0	-97	59.9	294	0.21
			隔壁②	0	-164	101.4	294	0.35
			隔壁③	0	-65	40.4	294	0.14
			隔壁④	0	-76	46.7	294	0.16
			隔壁⑤	0	-65	40.4	294	0.14
		(-+)	底版	200	-109	184.5	294	0.63
			前壁	-11	-220	90.9	294	0.31
			後壁	4	-175	68.9	294	0.24
			側壁①	1	-149	63.0	294	0.22
			側壁②	1	-149	63.0	294	0.22
			隔壁①	0	-186	115.3	294	0.40
			隔壁②	0	-108	67.8	294	0.24
			隔壁③	0	-179	110.1	294	0.38
			隔壁④	0	-192	118.1	294	0.41
			隔壁⑤	0	-179	110.1	294	0.38

表 5.3.1-2(15) 鉄筋の曲げ引張応力度に対する照査

(④-④断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	曲げモー メント M(kN・m)	軸力 N(kN)	曲げ引張 応力度 $\sigma_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{sa}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_s/\sigma_{sa}$
①	S s - N 2 (N S)	(++)	底版	121	-54	108.6	294	0.37
			前壁	-5	-147	57.2	294	0.20
			後壁	1	-124	53.1	294	0.19
			側壁①	1	-110	46.4	294	0.16
			側壁②	1	-110	46.4	294	0.16
			隔壁①	0	-125	77.7	294	0.27
			隔壁②	0	-79	49.1	294	0.17
			隔壁③	0	-80	49.5	294	0.17
			隔壁④	0	-87	53.7	294	0.19
		隔壁⑤	0	-80	49.5	294	0.17	
		(-+)	底版	112	-54	101.5	294	0.35
			前壁	-6	-136	54.3	294	0.19
			後壁	6	-132	45.1	294	0.16
			側壁①	1	-89	36.8	294	0.13
			側壁②	1	-89	36.8	294	0.13
			隔壁①	0	-123	76.4	294	0.26
			隔壁②	0	-83	51.1	294	0.18
			隔壁③	0	-75	46.2	294	0.16
			隔壁④	0	-82	50.3	294	0.18
隔壁⑤	0		-75	46.2	294	0.16		

表 5.3.1-2(16) 鉄筋の曲げ引張応力度に対する照査

(④-④断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	曲げモー メント M(kN・m)	軸力 N(kN)	曲げ引張 応力度 $\sigma_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{sa}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_s / \sigma_{sa}$
①	S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	底版	86	-64	83.1	294	0.29
			前壁	1	-101	33.5	294	0.12
			後壁	0	-147	50.8	294	0.18
			側壁①	4	-30	14.7	294	0.06
			側壁②	4	-30	14.7	294	0.06
			隔壁①	0	-77	47.6	294	0.17
			隔壁②	0	-102	63.0	294	0.22
			隔壁③	0	-39	24.2	294	0.09
			隔壁④	0	-41	24.9	294	0.09
			隔壁⑤	0	-39	24.2	294	0.09
		(-+)	底版	89	-71	87.0	294	0.30
			前壁	-19	-83	55.5	294	0.19
			後壁	-1	-139	48.1	294	0.17
			側壁①	1	-82	33.5	294	0.12
			側壁②	1	-82	33.5	294	0.12
			隔壁①	0	-99	61.5	294	0.21
			隔壁②	0	-98	60.1	294	0.21
			隔壁③	0	-60	37.3	294	0.13
			隔壁④	0	-66	40.5	294	0.14
			隔壁⑤	0	-60	37.3	294	0.13

表 5.3.1-2(17) 鉄筋の曲げ引張応力度に対する照査

(④-④断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	曲げモー メント M(kN・m)	軸力 N(kN)	曲げ引張 応力度 $\sigma_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{sa}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_s / \sigma_{sa}$
②	S s - D	( - + )	底版	171	-73	153.0	294	0.53
			前壁	-17	-146	73.8	294	0.26
			後壁	-6	-168	66.3	294	0.23
			側壁①	14	-141	58.6	294	0.20
			側壁②	14	-141	58.6	294	0.20
			隔壁①	0	-162	100.1	294	0.35
			隔壁②	0	-131	80.9	294	0.28
			隔壁③	0	-175	107.7	294	0.37
			隔壁④	0	-184	112.8	294	0.39
		隔壁⑤	0	-175	107.7	294	0.37	
		( + - )	底版	174	-89	159.3	294	0.55
			前壁	-10	-191	79.0	294	0.27
			後壁	10	-166	60.2	294	0.21
			側壁①	10	-124	48.2	294	0.17
			側壁②	10	-124	48.2	294	0.17
			隔壁①	0	-170	105.2	294	0.36
			隔壁②	0	-108	66.5	294	0.23
			隔壁③	0	-150	92.4	294	0.32
			隔壁④	0	-161	99.1	294	0.34
隔壁⑤	0		-150	92.4	294	0.32		

表 5.3.1-2(18) 鉄筋の曲げ引張応力度に対する照査

(④-④断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	曲げモー メント M(kN・m)	軸力 N(kN)	曲げ引張 応力度 $\sigma_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{sa}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_s / \sigma_{sa}$
②	S s - N 1	( - + )	底版	208	-110	190.7	294	0.65
			前壁	-11	-227	93.5	294	0.32
			後壁	4	-184	73.1	294	0.25
			側壁①	1	-159	67.4	294	0.23
			側壁②	1	-159	67.4	294	0.23
			隔壁①	0	-195	121.1	294	0.42
			隔壁②	0	-109	68.0	294	0.24
			隔壁③	0	-183	112.5	294	0.39
			隔壁④	0	-196	120.7	294	0.42
			隔壁⑤	0	-183	112.5	294	0.39

表 5.3.1-2(19) 鉄筋の曲げ引張応力度に対する照査

(④-④断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	曲げモー メント M(kN・m)	軸力 N(kN)	曲げ引張 応力度 $\sigma_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{sa}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_s/\sigma_{sa}$
③	S s - D	( - + )	底版	165	-71	147.8	294	0.51
			前壁	-16	-141	71.6	294	0.25
			後壁	-6	-171	67.2	294	0.23
			側壁①	13	-143	58.3	294	0.20
			側壁②	13	-143	58.3	294	0.20
			隔壁①	0	-154	95.7	294	0.33
			隔壁②	0	-133	81.9	294	0.28
			隔壁③	0	-173	106.4	294	0.37
			隔壁④	0	-181	111.3	294	0.38
		隔壁⑤	0	-173	106.4	294	0.37	
		( + - )	底版	152	-89	141.3	294	0.49
			前壁	-10	-171	72.3	294	0.25
			後壁	0	-146	64.2	294	0.22
			側壁①	1	-130	54.6	294	0.19
			側壁②	1	-130	54.6	294	0.19
			隔壁①	0	-146	90.6	294	0.31
			隔壁②	1	-96	62.7	294	0.22
			隔壁③	0	-126	77.4	294	0.27
隔壁④	0		-136	83.7	294	0.29		
隔壁⑤	0	-126	77.4	294	0.27			

表 5.3.1-2(20) 鉄筋の曲げ引張応力度に対する照査

(④-④断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	曲げモー メント M(kN・m)	軸力 N(kN)	曲げ引張 応力度 $\sigma_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{sa}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_s / \sigma_{sa}$
③	S s - N 1	( - + )	底版	206	-111	189.1	294	0.65
			前壁	-11	-225	92.9	294	0.32
			後壁	4	-191	75.9	294	0.26
			側壁①	1	-164	70.0	294	0.24
			側壁②	1	-164	70.0	294	0.24
			隔壁①	0	-191	118.6	294	0.41
			隔壁②	0	-108	67.4	294	0.23
			隔壁③	0	-183	112.8	294	0.39
			隔壁④	0	-197	120.9	294	0.42
			隔壁⑤	0	-183	112.8	294	0.39



5.3.2 せん断力照査（面外）

各地震動におけるコンクリートのせん断破壊（面外）に対する照査結果を表5.3.2-1に示す。

表 5.3.2-1(1) コンクリートのせん断破壊（面外）に対する照査  
（②-②断面）

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	せん断力 Q (kN)	せん断 応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\tau_{a1}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c / \tau_{a1}$
①	S s - D	(++)	底版	67	0.14	0.67	0.22
			フーチング	25	0.03	0.67	0.05
			前壁	66	0.19	0.67	0.29
			後壁	53	0.13	0.67	0.20
			側壁①	33	0.08	0.67	0.13
			側壁②	33	0.08	0.67	0.13
			隔壁①	10	0.09	0.67	0.14
			隔壁②	8	0.08	0.67	0.12
			隔壁③	7	0.06	0.67	0.10
			隔壁④	3	0.03	0.67	0.04
			隔壁⑤	0	0.00	0.67	0.01
		隔壁⑥	3	0.03	0.67	0.04	
		(-+)	底版	73	0.16	0.67	0.25
			フーチング	23	0.03	0.67	0.05
			前壁	64	0.17	0.67	0.27
			後壁	73	0.18	0.67	0.27
			側壁①	38	0.09	0.67	0.14
			側壁②	38	0.09	0.67	0.14
			隔壁①	7	0.06	0.67	0.10
			隔壁②	13	0.12	0.67	0.18
			隔壁③	8	0.07	0.67	0.11
			隔壁④	2	0.02	0.67	0.04
隔壁⑤	0		0.00	0.67	0.01		
隔壁⑥	2	0.02	0.67	0.04			

表 5.3.2-1(2) コンクリートのせん断破壊（面外）に対する照査

(2-2)断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	せん断力 Q (kN)	せん断 応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\tau_{a1}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c / \tau_{a1}$
①	S s - D	(+-)	底版	61	0.13	0.67	0.21
			フーチング	14	0.02	0.67	0.03
			前壁	44	0.13	0.67	0.19
			後壁	84	0.21	0.67	0.31
			側壁①	32	0.08	0.67	0.12
			側壁②	32	0.08	0.67	0.12
			隔壁①	6	0.05	0.67	0.08
			隔壁②	10	0.09	0.67	0.14
			隔壁③	9	0.08	0.67	0.12
			隔壁④	3	0.02	0.67	0.04
			隔壁⑤	0	0.00	0.67	0.01
		隔壁⑥	3	0.02	0.67	0.04	
		(--)	底版	61	0.14	0.67	0.21
			フーチング	25	0.03	0.67	0.05
			前壁	64	0.18	0.67	0.28
			後壁	66	0.16	0.67	0.25
			側壁①	31	0.08	0.67	0.13
			側壁②	31	0.08	0.67	0.13
			隔壁①	9	0.08	0.67	0.13
			隔壁②	9	0.09	0.67	0.14
			隔壁③	8	0.07	0.67	0.12
			隔壁④	3	0.03	0.67	0.04
隔壁⑤	0		0.00	0.67	0.01		
隔壁⑥	3	0.03	0.67	0.04			

表 5.3.2-1(3) コンクリートのせん断破壊（面外）に対する照査

(②-②断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	せん断力 Q(kN)	せん断 応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\tau_{a1}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c / \tau_{a1}$
①	S s - F 1	(++)	底版	50	0.11	0.67	0.17
			フーチング	38	0.05	0.67	0.08
			前壁	26	0.08	0.67	0.12
			後壁	65	0.16	0.67	0.24
			側壁①	27	0.06	0.67	0.10
			側壁②	27	0.06	0.67	0.10
			隔壁①	6	0.05	0.67	0.08
			隔壁②	7	0.07	0.67	0.11
			隔壁③	6	0.05	0.67	0.08
			隔壁④	3	0.02	0.67	0.04
			隔壁⑤	0	0.00	0.67	0.01
			隔壁⑥	3	0.02	0.67	0.04
	S s - F 2	(++)	底版	58	0.13	0.67	0.20
			フーチング	42	0.05	0.67	0.08
			前壁	34	0.10	0.67	0.15
			後壁	26	0.06	0.67	0.10
			側壁①	36	0.10	0.67	0.15
			側壁②	36	0.10	0.67	0.15
			隔壁①	5	0.04	0.67	0.07
			隔壁②	8	0.07	0.67	0.11
			隔壁③	5	0.05	0.67	0.08
			隔壁④	3	0.03	0.67	0.05
隔壁⑤	0	0.00	0.67	0.01			
隔壁⑥	3	0.03	0.67	0.05			

表 5.3.2-1(4) コンクリートのせん断破壊（面外）に対する照査

(2-2)断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	せん断力 Q(kN)	せん断 応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\tau_{a1}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c / \tau_{a1}$
①	S s - N 1	(++)	底版	128	0.28	0.67	0.43
			フーチング	130	0.16	0.67	0.25
			前壁	8	0.02	0.67	0.04
			後壁	109	0.30	0.67	0.45
			側壁①	67	0.16	0.67	0.24
			側壁②	67	0.16	0.67	0.24
			隔壁①	5	0.04	0.67	0.07
			隔壁②	12	0.11	0.67	0.17
			隔壁③	7	0.06	0.67	0.10
			隔壁④	5	0.05	0.67	0.08
			隔壁⑤	0	0.00	0.67	0.00
		隔壁⑥	5	0.05	0.67	0.08	
		(-+)	底版	81	0.17	0.67	0.26
			フーチング	10	0.01	0.67	0.02
			前壁	36	0.10	0.67	0.16
			後壁	24	0.06	0.67	0.09
			側壁①	35	0.09	0.67	0.13
			側壁②	35	0.09	0.67	0.13
			隔壁①	9	0.09	0.67	0.13
			隔壁②	11	0.10	0.67	0.16
			隔壁③	7	0.07	0.67	0.10
			隔壁④	2	0.02	0.67	0.04
隔壁⑤	0		0.00	0.67	0.01		
隔壁⑥	2	0.02	0.67	0.04			

表 5.3.2-1(5) コンクリートのせん断破壊（面外）に対する照査

(②-②断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	せん断力 Q (kN)	せん断 応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\tau_{a1}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c / \tau_{a1}$
①	S s - N 2 (N S)	(++)	底版	53	0.11	0.67	0.17
			フーチング	38	0.05	0.67	0.08
			前壁	24	0.07	0.67	0.11
			後壁	70	0.17	0.67	0.26
			側壁①	25	0.06	0.67	0.10
			側壁②	25	0.06	0.67	0.10
			隔壁①	6	0.06	0.67	0.09
			隔壁②	7	0.07	0.67	0.11
			隔壁③	7	0.06	0.67	0.10
			隔壁④	2	0.02	0.67	0.03
			隔壁⑤	0	0.00	0.67	0.01
		隔壁⑥	2	0.02	0.67	0.03	
		(-+)	底版	60	0.13	0.67	0.20
			フーチング	32	0.04	0.67	0.06
			前壁	22	0.06	0.67	0.10
			後壁	46	0.11	0.67	0.17
			側壁①	27	0.07	0.67	0.11
			側壁②	27	0.07	0.67	0.11
			隔壁①	7	0.07	0.67	0.10
			隔壁②	8	0.07	0.67	0.11
			隔壁③	6	0.05	0.67	0.08
			隔壁④	2	0.02	0.67	0.04
隔壁⑤	0		0.00	0.67	0.01		
隔壁⑥	2	0.02	0.67	0.04			

表 5.3.2-1(6) コンクリートのせん断破壊（面外）に対する照査

(2-2)断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	せん断力 Q(kN)	せん断 応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\tau_{a1}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c / \tau_{a1}$
①	S s - N 2 (E W)	(++)	底版	73	0.16	0.67	0.24
			フーチング	22	0.03	0.67	0.05
			前壁	38	0.11	0.67	0.17
			後壁	66	0.16	0.67	0.25
			側壁①	32	0.08	0.67	0.12
			側壁②	32	0.08	0.67	0.12
			隔壁①	11	0.10	0.67	0.15
			隔壁②	8	0.07	0.67	0.11
			隔壁③	7	0.07	0.67	0.10
			隔壁④	2	0.02	0.67	0.04
			隔壁⑤	0	0.00	0.67	0.01
		隔壁⑥	2	0.02	0.67	0.04	
		(-+)	底版	44	0.10	0.67	0.15
			フーチング	29	0.04	0.67	0.06
			前壁	37	0.11	0.67	0.16
			後壁	42	0.10	0.67	0.16
			側壁①	27	0.07	0.67	0.11
			側壁②	27	0.07	0.67	0.11
			隔壁①	5	0.05	0.67	0.07
			隔壁②	7	0.07	0.67	0.11
			隔壁③	5	0.05	0.67	0.08
			隔壁④	2	0.02	0.67	0.04
隔壁⑤	0		0.00	0.67	0.00		
隔壁⑥	2	0.02	0.67	0.04			

表 5.3.2-1(7) コンクリートのせん断破壊（面外）に対する照査

(2-2)断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	せん断力 Q (kN)	せん断 応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\tau_{a1}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c / \tau_{a1}$
②	S s - D	(++)	底版	51	0.11	0.67	0.17
			フーチング	18	0.02	0.67	0.04
			前壁	59	0.17	0.67	0.26
			後壁	62	0.15	0.67	0.23
			側壁①	27	0.07	0.67	0.11
			側壁②	27	0.07	0.67	0.11
			隔壁①	7	0.06	0.67	0.10
			隔壁②	7	0.07	0.67	0.11
			隔壁③	7	0.06	0.67	0.10
			隔壁④	2	0.02	0.67	0.04
			隔壁⑤	0	0.00	0.67	0.01
			隔壁⑥	2	0.02	0.67	0.04
		(-+)	底版	66	0.14	0.67	0.21
			フーチング	30	0.04	0.67	0.06
			前壁	36	0.10	0.67	0.16
			後壁	55	0.14	0.67	0.21
			側壁①	33	0.09	0.67	0.13
			側壁②	33	0.09	0.67	0.13
			隔壁①	6	0.06	0.67	0.09
			隔壁②	10	0.09	0.67	0.14
			隔壁③	8	0.07	0.67	0.11
			隔壁④	3	0.03	0.67	0.05
隔壁⑤	0	0.00	0.67	0.01			
隔壁⑥	3	0.03	0.67	0.05			

表 5.3.2-1(8) コンクリートのせん断破壊（面外）に対する照査

(②-②断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	せん断力 Q(kN)	せん断 応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\tau_{a1}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c / \tau_{a1}$
②	S s - N 1	(++)	底版	129	0.29	0.67	0.43
			フーチング	132	0.16	0.67	0.25
			前壁	9	0.02	0.67	0.04
			後壁	113	0.31	0.67	0.47
			側壁①	67	0.16	0.67	0.24
			側壁②	67	0.16	0.67	0.24
			隔壁①	5	0.05	0.67	0.07
			隔壁②	12	0.11	0.67	0.18
			隔壁③	7	0.07	0.67	0.10
			隔壁④	5	0.05	0.67	0.08
			隔壁⑤	0	0.00	0.67	0.00
			隔壁⑥	5	0.05	0.67	0.08



表 5.3.2-1(9) コンクリートのせん断破壊（面外）に対する照査

(2-2断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	せん断力 Q(kN)	せん断 応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\tau_{a1}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c / \tau_{a1}$
③	S s - D	(++)	底版	59	0.13	0.67	0.20
			フーチング	31	0.04	0.67	0.06
			前壁	68	0.20	0.67	0.30
			後壁	57	0.14	0.67	0.21
			側壁①	36	0.09	0.67	0.14
			側壁②	36	0.09	0.67	0.14
			隔壁①	8	0.08	0.67	0.12
			隔壁②	9	0.08	0.67	0.13
			隔壁③	8	0.07	0.67	0.11
			隔壁④	3	0.03	0.67	0.05
			隔壁⑤	0	0.00	0.67	0.01
		隔壁⑥	3	0.03	0.67	0.05	
		(-+)	底版	86	0.18	0.67	0.28
			フーチング	149	0.19	0.67	0.28
			前壁	64	0.18	0.67	0.27
			後壁	100	0.25	0.67	0.37
			側壁①	35	0.09	0.67	0.13
			側壁②	35	0.09	0.67	0.13
			隔壁①	6	0.06	0.67	0.09
			隔壁②	11	0.10	0.67	0.16
			隔壁③	8	0.07	0.67	0.11
			隔壁④	2	0.02	0.67	0.04
隔壁⑤	0		0.00	0.67	0.01		
隔壁⑥	2	0.02	0.67	0.04			

表 5.3.2-1(10) コンクリートのせん断破壊（面外）に対する照査

(②-②断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	せん断力 Q(kN)	せん断 応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\tau_{a1}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c / \tau_{a1}$
③	S s - N 1	(++)	底版	127	0.28	0.67	0.43
			フーチング	129	0.16	0.67	0.25
			前壁	8	0.02	0.67	0.04
			後壁	109	0.30	0.67	0.45
			側壁①	66	0.16	0.67	0.24
			側壁②	66	0.16	0.67	0.24
			隔壁①	5	0.04	0.67	0.07
			隔壁②	12	0.11	0.67	0.17
			隔壁③	7	0.07	0.67	0.10
			隔壁④	5	0.05	0.67	0.08
			隔壁⑤	0	0.00	0.67	0.00
			隔壁⑥	5	0.05	0.67	0.08

表 5.3.2-1(11) コンクリートのせん断破壊（面外）に対する照査

(④-④断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	せん断力 Q(kN)	せん断 応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\tau_{a1}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c / \tau_{a1}$
①	S s - D	(++)	底版	155	0.34	0.67	0.52
			前壁	98	0.27	0.67	0.41
			後壁	32	0.08	0.67	0.12
			側壁①	58	0.14	0.67	0.22
			側壁②	58	0.14	0.67	0.22
			隔壁①	18	0.17	0.67	0.26
			隔壁②	15	0.14	0.67	0.21
			隔壁③	5	0.04	0.67	0.07
			隔壁④	0	0.00	0.67	0.00
			隔壁⑤	5	0.04	0.67	0.07
		(-+)	底版	183	0.41	0.67	0.61
			前壁	45	0.12	0.67	0.18
			後壁	25	0.06	0.67	0.10
			側壁①	67	0.17	0.67	0.25
			側壁②	67	0.17	0.67	0.25
			隔壁①	22	0.20	0.67	0.31
			隔壁②	16	0.15	0.67	0.23
			隔壁③	5	0.04	0.67	0.07
			隔壁④	0	0.00	0.67	0.01
			隔壁⑤	5	0.04	0.67	0.07

表 5.3.2-1(12) コンクリートのせん断破壊（面外）に対する照査

(④-④断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	せん断力 Q(kN)	せん断 応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\tau_{a1}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c / \tau_{a1}$
①	S s - D	(+-)	底版	183	0.40	0.67	0.61
			前壁	67	0.16	0.67	0.25
			後壁	41	0.10	0.67	0.16
			側壁①	71	0.17	0.67	0.27
			側壁②	71	0.17	0.67	0.27
			隔壁①	23	0.21	0.67	0.32
			隔壁②	12	0.11	0.67	0.17
			隔壁③	6	0.05	0.67	0.08
			隔壁④	0	0.00	0.67	0.01
		隔壁⑤	6	0.05	0.67	0.08	
		(--)	底版	169	0.36	0.67	0.54
			前壁	133	0.37	0.67	0.55
			後壁	36	0.09	0.67	0.14
			側壁①	64	0.16	0.67	0.24
			側壁②	64	0.16	0.67	0.24
			隔壁①	18	0.16	0.67	0.25
			隔壁②	12	0.11	0.67	0.17
			隔壁③	6	0.05	0.67	0.09
			隔壁④	0	0.00	0.67	0.01
隔壁⑤	6		0.05	0.67	0.09		

表 5.3.2-1(13) コンクリートのせん断破壊（面外）に対する照査

(④-④断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	せん断力 Q(kN)	せん断 応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\tau_{a1}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c / \tau_{a1}$
①	S s - F 1	(++)	底版	115	0.25	0.67	0.37
			前壁	107	0.29	0.67	0.44
			後壁	27	0.06	0.67	0.10
			側壁①	44	0.11	0.67	0.17
			側壁②	44	0.11	0.67	0.17
			隔壁①	13	0.12	0.67	0.18
			隔壁②	10	0.09	0.67	0.15
			隔壁③	4	0.04	0.67	0.06
			隔壁④	0	0.00	0.67	0.00
			隔壁⑤	4	0.04	0.67	0.06
	S s - F 2	(++)	底版	130	0.29	0.67	0.43
			前壁	59	0.15	0.67	0.22
			後壁	30	0.07	0.67	0.11
			側壁①	52	0.13	0.67	0.20
			側壁②	52	0.13	0.67	0.20
			隔壁①	17	0.15	0.67	0.24
			隔壁②	11	0.10	0.67	0.16
			隔壁③	4	0.04	0.67	0.06
			隔壁④	0	0.00	0.67	0.01
			隔壁⑤	4	0.04	0.67	0.06

表 5.3.2-1(14) コンクリートのせん断破壊（面外）に対する照査

(④-④断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	せん断力 Q(kN)	せん断 応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\tau_{a1}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c / \tau_{a1}$
①	S s - N 1	(++)	底版	172	0.37	0.67	0.55
			前壁	19	0.05	0.67	0.08
			後壁	39	0.10	0.67	0.15
			側壁①	56	0.14	0.67	0.21
			側壁②	56	0.14	0.67	0.21
			隔壁①	14	0.13	0.67	0.20
			隔壁②	11	0.10	0.67	0.15
			隔壁③	6	0.06	0.67	0.09
			隔壁④	0	0.00	0.67	0.01
			隔壁⑤	6	0.06	0.67	0.09
		(-+)	底版	193	0.43	0.67	0.64
			前壁	91	0.22	0.67	0.34
			後壁	43	0.10	0.67	0.16
			側壁①	78	0.19	0.67	0.29
			側壁②	78	0.19	0.67	0.29
			隔壁①	24	0.22	0.67	0.33
			隔壁②	14	0.12	0.67	0.19
			隔壁③	6	0.06	0.67	0.09
			隔壁④	0	0.00	0.67	0.01
隔壁⑤	6	0.06	0.67	0.09			

表 5.3.2-1(15) コンクリートのせん断破壊（面外）に対する照査

(④-④断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	せん断力 Q(kN)	せん断 応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\tau_{a1}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c / \tau_{a1}$
①	S s - N 2 (N S)	(++)	底版	128	0.28	0.67	0.43
			前壁	42	0.10	0.67	0.16
			後壁	25	0.06	0.67	0.10
			側壁①	49	0.12	0.67	0.18
			側壁②	49	0.12	0.67	0.18
			隔壁①	14	0.13	0.67	0.20
			隔壁②	9	0.08	0.67	0.12
			隔壁③	4	0.03	0.67	0.06
			隔壁④	0	0.00	0.67	0.01
		隔壁⑤	4	0.03	0.67	0.06	
		(-+)	底版	111	0.25	0.67	0.37
			前壁	42	0.10	0.67	0.16
			後壁	30	0.07	0.67	0.12
			側壁①	45	0.11	0.67	0.17
			側壁②	45	0.11	0.67	0.17
			隔壁①	14	0.13	0.67	0.20
			隔壁②	9	0.09	0.67	0.13
			隔壁③	4	0.03	0.67	0.05
			隔壁④	0	0.00	0.67	0.01
隔壁⑤	4		0.03	0.67	0.05		

表 5.3.2-1(16) コンクリートのせん断破壊（面外）に対する照査

(④-④断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	せん断力 Q(kN)	せん断 応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\tau_{a1}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c / \tau_{a1}$
①	S s - N 2 (EW)	(++)	底版	91	0.19	0.67	0.29
			前壁	20	0.05	0.67	0.08
			後壁	39	0.10	0.67	0.15
			側壁①	26	0.07	0.67	0.11
			側壁②	26	0.07	0.67	0.11
			隔壁①	10	0.09	0.67	0.14
			隔壁②	9	0.08	0.67	0.13
			隔壁③	4	0.03	0.67	0.06
			隔壁④	0	0.00	0.67	0.01
		隔壁⑤	4	0.03	0.67	0.06	
		(-+)	底版	88	0.19	0.67	0.28
			前壁	99	0.27	0.67	0.41
			後壁	36	0.09	0.67	0.14
			側壁①	36	0.09	0.67	0.14
			側壁②	36	0.09	0.67	0.14
			隔壁①	10	0.09	0.67	0.14
			隔壁②	7	0.06	0.67	0.10
			隔壁③	3	0.03	0.67	0.05
			隔壁④	0	0.00	0.67	0.00
隔壁⑤	3		0.03	0.67	0.05		



表 5.3.2-1(17) コンクリートのせん断破壊（面外）に対する照査

(④-④断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	せん断力 Q(kN)	せん断 応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\tau_{a1}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c / \tau_{a1}$
②	S s - D	(- +)	底版	195	0.43	0.67	0.65
			前壁	47	0.12	0.67	0.19
			後壁	25	0.06	0.67	0.10
			側壁①	71	0.17	0.67	0.26
			側壁②	71	0.17	0.67	0.26
			隔壁①	23	0.21	0.67	0.33
			隔壁②	16	0.15	0.67	0.22
			隔壁③	5	0.05	0.67	0.07
			隔壁④	0	0.00	0.67	0.01
		隔壁⑤	5	0.05	0.67	0.07	
		(+-)	底版	174	0.39	0.67	0.58
			前壁	73	0.18	0.67	0.27
			後壁	38	0.09	0.67	0.14
			側壁①	69	0.17	0.67	0.26
			側壁②	69	0.17	0.67	0.26
			隔壁①	22	0.20	0.67	0.31
			隔壁②	12	0.11	0.67	0.17
			隔壁③	5	0.05	0.67	0.08
			隔壁④	0	0.00	0.67	0.00
隔壁⑤	5		0.05	0.67	0.08		

表 5.3.2-1(18) コンクリートのせん断破壊（面外）に対する照査

(④-④断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	せん断力 Q(kN)	せん断 応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\tau_{a1}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c / \tau_{a1}$
②	S s - N 1	(- +)	底版	207	0.46	0.67	0.69
			前壁	85	0.21	0.67	0.32
			後壁	43	0.11	0.67	0.16
			側壁①	82	0.20	0.67	0.31
			側壁②	82	0.20	0.67	0.31
			隔壁①	25	0.23	0.67	0.35
			隔壁②	14	0.13	0.67	0.20
			隔壁③	7	0.06	0.67	0.09
			隔壁④	0	0.00	0.67	0.01
			隔壁⑤	7	0.06	0.67	0.09

表 5.3.2-1(19) コンクリートのせん断破壊（面外）に対する照査

(④-④断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	せん断力 Q(kN)	せん断 応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\tau_{a1}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c / \tau_{a1}$
③	S s - D	(- +)	底版	187	0.41	0.67	0.62
			前壁	46	0.12	0.67	0.19
			後壁	25	0.06	0.67	0.10
			側壁①	68	0.17	0.67	0.26
			側壁②	68	0.17	0.67	0.26
			隔壁①	22	0.21	0.67	0.31
			隔壁②	16	0.15	0.67	0.23
			隔壁③	5	0.04	0.67	0.07
			隔壁④	0	0.00	0.67	0.01
		隔壁⑤	5	0.04	0.67	0.07	
		( + - )	底版	145	0.31	0.67	0.47
			前壁	111	0.31	0.67	0.46
			後壁	30	0.07	0.67	0.11
			側壁①	57	0.14	0.67	0.22
			側壁②	57	0.14	0.67	0.22
			隔壁①	15	0.13	0.67	0.21
			隔壁②	11	0.10	0.67	0.15
			隔壁③	5	0.05	0.67	0.08
			隔壁④	0	0.00	0.67	0.00
隔壁⑤	5		0.05	0.67	0.08		

表 5.3.2-1(20) コンクリートのせん断破壊（面外）に対する照査

(④-④断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	せん断力 Q(kN)	せん断 応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\tau_{a1}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c / \tau_{a1}$
③	S s - N 1	(- +)	底版	201	0.45	0.67	0.67
			前壁	90	0.22	0.67	0.33
			後壁	43	0.11	0.67	0.16
			側壁①	81	0.20	0.67	0.30
			側壁②	81	0.20	0.67	0.30
			隔壁①	24	0.22	0.67	0.34
			隔壁②	14	0.13	0.67	0.20
			隔壁③	6	0.06	0.67	0.09
			隔壁④	0	0.00	0.67	0.01
			隔壁⑤	6	0.06	0.67	0.09

### 5.3.3 せん断力照査（面内）

各地震動におけるコンクリートのせん断破壊（面内）に対する照査結果を表5.3.3-1に示す。

表 5.3.3-1(1) コンクリートのせん断破壊（面内）に対する照査  
（②-②断面）

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	せん断力 Q(kN)	せん断 応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\tau_1$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c / \tau_1$
①	S s - D	(++)	底版	253	0.42	1.51	0.28
			フーチング	178	0.18	1.51	0.12
			前壁	121	0.24	2.20	0.11
			後壁	172	0.34	1.83	0.19
			側壁①	431	0.86	1.83	0.48
			側壁②	431	0.86	1.83	0.48
			隔壁①	73	0.29	1.97	0.15
			隔壁②	75	0.30	1.67	0.18
			隔壁③	91	0.36	2.05	0.18
			隔壁④	238	0.95	1.83	0.52
			隔壁⑤	243	0.97	1.84	0.53
		隔壁⑥	238	0.95	1.83	0.52	
		(-+)	底版	217	0.36	1.51	0.24
			フーチング	148	0.15	1.51	0.10
			前壁	128	0.26	2.48	0.11
			後壁	133	0.27	1.61	0.17
			側壁①	397	0.79	1.87	0.43
			側壁②	397	0.79	1.87	0.43
			隔壁①	91	0.36	2.24	0.17
			隔壁②	87	0.35	1.94	0.18
			隔壁③	80	0.32	1.99	0.17
			隔壁④	213	0.85	1.88	0.46
隔壁⑤	217		0.87	1.87	0.47		
隔壁⑥	213	0.85	1.88	0.46			

表 5.3.3-1(2) コンクリートのせん断破壊（面内）に対する照査

(②-②断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	せん断力 Q(kN)	せん断 応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\tau_1$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c/\tau_1$
①	S s - D	(+-)	底版	243	0.41	1.51	0.27
			フーチング	175	0.18	1.51	0.12
			前壁	104	0.21	2.33	0.09
			後壁	155	0.31	1.65	0.19
			側壁①	385	0.77	1.95	0.40
			側壁②	385	0.77	1.95	0.40
			隔壁①	75	0.30	2.12	0.15
			隔壁②	88	0.35	2.06	0.18
			隔壁③	89	0.36	2.04	0.18
			隔壁④	208	0.83	1.97	0.43
			隔壁⑤	207	0.83	1.97	0.43
			隔壁⑥	208	0.83	1.97	0.43
		(--)	底版	238	0.40	1.51	0.27
			フーチング	190	0.19	1.51	0.13
			前壁	99	0.20	2.11	0.10
			後壁	179	0.36	1.79	0.21
			側壁①	391	0.78	1.78	0.44
			側壁②	391	0.78	1.78	0.44
			隔壁①	64	0.26	1.90	0.14
			隔壁②	99	0.40	2.12	0.19
			隔壁③	101	0.40	2.11	0.20
			隔壁④	226	0.90	1.89	0.48
隔壁⑤	227	0.91	1.88	0.49			
隔壁⑥	226	0.90	1.89	0.48			

表 5.3.3-1(3) コンクリートのせん断破壊（面内）に対する照査

(②-②断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	せん断力 Q(kN)	せん断 応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\tau_1$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c/\tau_1$
①	S s - F 1	(++)	底版	202	0.34	1.51	0.23
			フーチング	169	0.17	1.51	0.12
			前壁	71	0.14	2.00	0.08
			後壁	163	0.33	1.81	0.19
			側壁①	318	0.64	1.83	0.35
			側壁②	318	0.64	1.83	0.35
			隔壁①	55	0.22	1.94	0.12
			隔壁②	79	0.32	2.01	0.16
			隔壁③	88	0.35	2.03	0.18
			隔壁④	176	0.70	1.88	0.38
			隔壁⑤	177	0.71	1.87	0.38
	隔壁⑥	176	0.70	1.88	0.38		
	S s - F 2	(++)	底版	191	0.32	1.51	0.22
			フーチング	197	0.20	1.51	0.14
			前壁	87	0.17	2.22	0.08
			後壁	202	0.40	2.01	0.21
			側壁①	313	0.63	1.85	0.34
			側壁②	313	0.63	1.85	0.34
			隔壁①	63	0.25	2.04	0.13
			隔壁②	69	0.28	1.84	0.16
			隔壁③	91	0.36	2.05	0.18
			隔壁④	179	0.72	1.91	0.38
隔壁⑤			181	0.72	1.90	0.39	
隔壁⑥	179	0.72	1.91	0.38			

表 5.3.3-1(4) コンクリートのせん断破壊（面内）に対する照査

(②-②断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	せん断力 Q(kN)	せん断 応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\tau_1$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c/\tau_1$
①	S s - N 1	(++)	底版	212	0.35	1.51	0.24
			フーチング	318	0.32	1.51	0.22
			前壁	57	0.11	1.78	0.07
			後壁	403	0.81	2.74	0.30
			側壁①	305	0.61	1.64	0.38
			側壁②	305	0.61	1.64	0.38
			隔壁①	46	0.18	1.82	0.11
			隔壁②	94	0.38	2.07	0.19
			隔壁③	155	0.62	2.34	0.27
			隔壁④	150	0.60	1.69	0.36
			隔壁⑤	153	0.61	1.71	0.36
		隔壁⑥	150	0.60	1.69	0.36	
		(-+)	底版	292	0.49	1.51	0.33
			フーチング	38	0.04	1.51	0.03
			前壁	104	0.21	2.34	0.09
			後壁	54	0.11	1.57	0.07
			側壁①	463	0.93	1.95	0.48
			側壁②	463	0.93	1.95	0.48
			隔壁①	78	0.31	2.08	0.16
			隔壁②	91	0.37	1.91	0.20
			隔壁③	73	0.29	1.75	0.17
			隔壁④	265	1.06	2.08	0.51
隔壁⑤	267		1.07	2.07	0.52		
隔壁⑥	265	1.06	2.08	0.51			



表 5.3.3-1(5) コンクリートのせん断破壊（面内）に対する照査

(②-②断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	せん断力 Q(kN)	せん断 応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\tau_1$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c/\tau_1$
①	S s - N 2 (N S)	(++)	底版	208	0.35	1.51	0.23
			フーチング	142	0.14	1.51	0.10
			前壁	72	0.14	2.00	0.08
			後壁	124	0.25	1.61	0.16
			側壁①	327	0.65	1.83	0.36
			側壁②	327	0.65	1.83	0.36
			隔壁①	56	0.22	1.93	0.12
			隔壁②	67	0.27	1.76	0.16
			隔壁③	73	0.29	1.94	0.16
			隔壁④	184	0.73	1.91	0.39
			隔壁⑤	185	0.74	1.90	0.40
		隔壁⑥	184	0.73	1.91	0.39	
		(-+)	底版	223	0.37	1.51	0.25
			フーチング	156	0.16	1.51	0.11
			前壁	80	0.16	2.19	0.08
			後壁	151	0.30	1.78	0.17
			側壁①	349	0.70	1.84	0.38
			側壁②	349	0.70	1.84	0.38
			隔壁①	61	0.24	1.96	0.13
			隔壁②	69	0.27	1.79	0.16
			隔壁③	82	0.33	2.01	0.17
			隔壁④	205	0.82	2.00	0.42
隔壁⑤	208		0.83	2.00	0.42		
隔壁⑥	205	0.82	2.00	0.42			

表 5.3.3-1(6) コンクリートのせん断破壊（面内）に対する照査

(②-②断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	せん断力 Q(kN)	せん断 応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\tau_1$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c/\tau_1$
①	S s - N 2 (E W)	(++)	底版	245	0.41	1.51	0.28
			フーチング	160	0.16	1.51	0.11
			前壁	111	0.22	2.13	0.11
			後壁	142	0.28	1.69	0.17
			側壁①	412	0.82	1.80	0.46
			側壁②	412	0.82	1.80	0.46
			隔壁①	68	0.27	1.91	0.15
			隔壁②	67	0.27	1.62	0.17
			隔壁③	77	0.31	1.97	0.16
			隔壁④	235	0.94	1.84	0.52
			隔壁⑤	237	0.95	1.83	0.52
		隔壁⑥	235	0.94	1.84	0.52	
		(-+)	底版	193	0.32	1.51	0.22
			フーチング	157	0.16	1.51	0.11
			前壁	75	0.15	2.02	0.08
			後壁	153	0.31	1.83	0.17
			側壁①	308	0.62	1.82	0.34
			側壁②	308	0.62	1.82	0.34
			隔壁①	56	0.23	1.95	0.12
			隔壁②	65	0.26	1.78	0.15
			隔壁③	76	0.30	1.96	0.16
			隔壁④	173	0.69	1.89	0.37
隔壁⑤	175		0.70	1.88	0.38		
隔壁⑥	173	0.69	1.89	0.37			

表 5.3.3-1(7) コンクリートのせん断破壊（面内）に対する照査

(2-2断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	せん断力 Q(kN)	せん断 応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\tau_1$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c/\tau_1$
②	S s - D	(++)	底版	216	0.36	1.51	0.24
			フーチング	156	0.16	1.51	0.11
			前壁	90	0.18	2.08	0.09
			後壁	142	0.28	1.70	0.17
			側壁①	349	0.70	1.80	0.39
			側壁②	349	0.70	1.80	0.39
			隔壁①	61	0.25	1.93	0.13
			隔壁②	68	0.27	1.72	0.16
			隔壁③	76	0.31	1.97	0.16
			隔壁④	198	0.79	1.89	0.42
			隔壁⑤	197	0.79	1.85	0.43
		隔壁⑥	198	0.79	1.89	0.42	
		(-+)	底版	239	0.40	1.51	0.27
			フーチング	198	0.20	1.51	0.14
			前壁	104	0.21	2.34	0.09
			後壁	191	0.38	1.87	0.21
			側壁①	385	0.77	1.91	0.41
			側壁②	385	0.77	1.91	0.41
			隔壁①	74	0.30	2.10	0.15
			隔壁②	83	0.33	1.88	0.18
			隔壁③	100	0.40	2.10	0.19
			隔壁④	218	0.87	1.96	0.45
隔壁⑤	221		0.88	1.97	0.45		
隔壁⑥	218	0.87	1.96	0.45			

表 5.3.3-1(8) コンクリートのせん断破壊（面内）に対する照査

(②-②断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	せん断力 Q(kN)	せん断 応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\tau_1$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c/\tau_1$
②	S s - N 1	(++)	底版	218	0.36	1.51	0.25
			フーチング	319	0.32	1.51	0.22
			前壁	60	0.12	1.78	0.07
			後壁	406	0.81	2.75	0.30
			側壁①	306	0.61	1.64	0.38
			側壁②	306	0.61	1.64	0.38
			隔壁①	47	0.19	1.82	0.11
			隔壁②	95	0.38	2.07	0.19
			隔壁③	157	0.63	2.34	0.27
			隔壁④	152	0.61	1.71	0.36
			隔壁⑤	154	0.62	1.71	0.37
			隔壁⑥	152	0.61	1.71	0.36

表 5.3.3-1(9) コンクリートのせん断破壊（面内）に対する照査

(②-②断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	せん断力 Q(kN)	せん断 応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\tau_1$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c/\tau_1$
③	S s - D	(++)	底版	243	0.40	1.51	0.27
			フーチング	207	0.21	1.51	0.14
			前壁	103	0.21	2.16	0.10
			後壁	199	0.40	1.90	0.21
			側壁①	397	0.79	1.82	0.44
			側壁②	397	0.79	1.82	0.44
			隔壁①	70	0.28	1.98	0.15
			隔壁②	75	0.30	1.72	0.18
			隔壁③	101	0.40	2.11	0.20
			隔壁④	227	0.91	1.90	0.48
			隔壁⑤	229	0.91	1.89	0.49
			隔壁⑥	227	0.91	1.90	0.48
		(-+)	底版	222	0.37	1.51	0.25
			フーチング	153	0.15	1.51	0.11
			前壁	118	0.24	2.41	0.10
			後壁	136	0.27	1.62	0.17
			側壁①	377	0.75	1.84	0.41
			側壁②	377	0.75	1.84	0.41
			隔壁①	86	0.34	2.21	0.16
			隔壁②	88	0.35	1.98	0.18
			隔壁③	81	0.33	2.00	0.17
			隔壁④	208	0.83	1.99	0.42
隔壁⑤	204	0.81	1.92	0.43			
隔壁⑥	208	0.83	1.99	0.42			

表 5.3.3-1(10) コンクリートのせん断破壊（面内）に対する照査

(②-②断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	せん断力 Q(kN)	せん断 応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\tau_1$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c/\tau_1$
③	S s - N 1	(++)	底版	218	0.36	1.51	0.25
			フーチング	315	0.32	1.51	0.21
			前壁	59	0.12	1.79	0.07
			後壁	401	0.80	2.73	0.30
			側壁①	303	0.61	1.64	0.37
			側壁②	303	0.61	1.64	0.37
			隔壁①	48	0.19	1.83	0.11
			隔壁②	94	0.37	2.06	0.19
			隔壁③	154	0.62	2.34	0.27
			隔壁④	148	0.59	1.69	0.36
			隔壁⑤	152	0.61	1.71	0.36
			隔壁⑥	148	0.59	1.69	0.36

表 5.3.3-1(11) コンクリートのせん断破壊（面内）に対する照査

(④-④断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	せん断力 Q(kN)	せん断 応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\tau_1$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c/\tau_1$
①	S s - D	(++)	底版	368	0.61	1.51	0.41
			前壁	258	0.52	2.52	0.21
			後壁	77	0.15	1.59	0.10
			側壁①	512	1.02	1.94	0.53
			側壁②	512	1.02	1.94	0.53
			隔壁①	142	0.57	2.08	0.28
			隔壁②	118	0.47	2.04	0.24
			隔壁③	357	1.43	2.21	0.65
			隔壁④	361	1.44	2.20	0.66
		隔壁⑤	357	1.43	2.21	0.65	
		(-+)	底版	437	0.73	1.51	0.49
			前壁	300	0.60	2.80	0.22
			後壁	271	0.54	2.64	0.21
			側壁①	685	1.37	2.30	0.60
			側壁②	685	1.37	2.30	0.60
			隔壁①	165	0.66	2.35	0.29
			隔壁②	149	0.59	2.25	0.27
			隔壁③	418	1.67	2.27	0.74
隔壁④	422		1.69	2.26	0.75		
隔壁⑤	418	1.67	2.27	0.74			

表 5.3.3-1(12) コンクリートのせん断破壊（面内）に対する照査

(④-④断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	せん断力 Q(kN)	せん断 応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\tau_1$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c/\tau_1$
①	S s - D	(+-)	底版	465	0.77	1.51	0.52
			前壁	332	0.66	2.86	0.24
			後壁	144	0.29	1.87	0.16
			側壁①	682	1.36	2.22	0.62
			側壁②	682	1.36	2.22	0.62
			隔壁①	176	0.70	2.27	0.31
			隔壁②	133	0.53	2.19	0.25
			隔壁③	409	1.64	2.22	0.74
			隔壁④	429	1.71	2.29	0.75
		隔壁⑤	409	1.64	2.22	0.74	
		(--)	底版	331	0.55	1.51	0.37
			前壁	326	0.65	2.67	0.25
			後壁	87	0.17	1.66	0.11
			側壁①	548	1.10	2.04	0.54
			側壁②	548	1.10	2.04	0.54
			隔壁①	177	0.71	2.36	0.31
			隔壁②	108	0.43	1.86	0.24
			隔壁③	351	1.40	2.28	0.62
隔壁④	357		1.43	2.27	0.63		
隔壁⑤	351	1.40	2.28	0.62			



表 5.3.3-1(13) コンクリートのせん断破壊（面内）に対する照査

(④-④断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	せん断力 Q(kN)	せん断 応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\tau_1$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c/\tau_1$
①	S s - F 1	(++)	底版	247	0.41	1.51	0.28
			前壁	228	0.46	2.37	0.20
			後壁	57	0.11	1.51	0.08
			側壁①	389	0.78	1.85	0.43
			側壁②	389	0.78	1.85	0.43
			隔壁①	120	0.48	2.10	0.23
			隔壁②	86	0.34	1.87	0.19
			隔壁③	243	0.97	2.04	0.48
			隔壁④	246	0.99	2.03	0.49
			隔壁⑤	243	0.97	2.04	0.48
	S s - F 2	(++)	底版	331	0.55	1.51	0.37
			前壁	243	0.49	2.57	0.19
			後壁	55	0.11	1.61	0.07
			側壁①	513	1.03	2.12	0.49
			側壁②	513	1.03	2.12	0.49
			隔壁①	132	0.53	2.13	0.25
			隔壁②	87	0.35	1.78	0.20
			隔壁③	307	1.23	2.09	0.59
			隔壁④	319	1.28	2.14	0.60
隔壁⑤	307	1.23	2.09	0.59			

表 5.3.3-1(14) コンクリートのせん断破壊（面内）に対する照査

(④-④断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	せん断力 Q(kN)	せん断 応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\tau_1$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c/\tau_1$
①	S s - N 1	(++)	底版	231	0.39	1.51	0.26
			前壁	83	0.17	1.51	0.12
			後壁	334	0.67	2.67	0.25
			側壁①	338	0.68	1.85	0.37
			側壁②	338	0.68	1.85	0.37
			隔壁①	115	0.46	2.16	0.22
			隔壁②	192	0.77	2.46	0.32
			隔壁③	191	0.76	1.93	0.40
			隔壁④	192	0.77	1.93	0.40
		隔壁⑤	191	0.76	1.93	0.40	
		(-+)	底版	452	0.75	1.51	0.50
			前壁	368	0.74	2.88	0.26
			後壁	135	0.27	1.82	0.15
			側壁①	641	1.28	2.08	0.62
			側壁②	641	1.28	2.08	0.62
			隔壁①	195	0.78	2.39	0.33
			隔壁②	115	0.46	1.85	0.25
			隔壁③	447	1.79	2.33	0.77
			隔壁④	452	1.81	2.32	0.78
隔壁⑤	447		1.79	2.33	0.77		

表 5.3.3-1(15) コンクリートのせん断破壊（面内）に対する照査

(④-④断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	せん断力 Q(kN)	せん断 応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\tau_1$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c/\tau_1$
①	S s - N 2 (N S)	(++)	底版	364	0.61	1.51	0.41
			前壁	221	0.44	2.53	0.18
			後壁	73	0.15	1.65	0.09
			側壁①	492	0.98	2.02	0.49
			側壁②	492	0.98	2.02	0.49
			隔壁①	111	0.45	1.91	0.24
			隔壁②	89	0.36	1.96	0.19
			隔壁③	341	1.37	2.26	0.61
			隔壁④	355	1.42	2.31	0.62
		隔壁⑤	341	1.37	2.26	0.61	
		(-+)	底版	345	0.57	1.51	0.39
			前壁	205	0.41	2.45	0.17
			後壁	89	0.18	1.70	0.11
			側壁①	484	0.97	2.03	0.48
			側壁②	484	0.97	2.03	0.48
			隔壁①	110	0.44	1.93	0.23
			隔壁②	95	0.38	2.00	0.20
			隔壁③	323	1.29	2.23	0.58
			隔壁④	327	1.31	2.22	0.59
隔壁⑤	323		1.29	2.23	0.58		

表 5.3.3-1(16) コンクリートのせん断破壊（面内）に対する照査

(④-④断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	せん断力 Q(kN)	せん断 応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\tau_1$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c/\tau_1$
①	S s - N 2 (E W)	(++)	底版	213	0.35	1.51	0.24
			前壁	80	0.16	1.83	0.09
			後壁	178	0.36	2.23	0.16
			側壁①	305	0.61	1.88	0.33
			側壁②	305	0.61	1.88	0.33
			隔壁①	83	0.33	2.01	0.17
			隔壁②	114	0.45	2.07	0.22
			隔壁③	175	0.70	1.93	0.37
			隔壁④	175	0.70	1.93	0.37
		隔壁⑤	175	0.70	1.93	0.37	
		(-+)	底版	188	0.31	1.51	0.21
			前壁	168	0.34	2.08	0.17
			後壁	128	0.26	1.89	0.14
			側壁①	323	0.65	1.82	0.36
			側壁②	323	0.65	1.82	0.36
			隔壁①	105	0.42	2.10	0.20
			隔壁②	112	0.45	2.08	0.22
			隔壁③	204	0.81	2.05	0.40
			隔壁④	207	0.83	2.04	0.41
隔壁⑤	204		0.81	2.05	0.40		

表 5.3.3-1(17) コンクリートのせん断破壊（面内）に対する照査

(④-④断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	せん断力 Q(kN)	せん断 応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\tau_1$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c/\tau_1$
②	S s - D	(- +)	底版	472	0.79	1.51	0.53
			前壁	314	0.63	2.85	0.23
			後壁	268	0.54	2.63	0.21
			側壁①	729	1.46	2.31	0.64
			側壁②	729	1.46	2.31	0.64
			隔壁①	171	0.68	2.35	0.30
			隔壁②	148	0.59	2.24	0.27
			隔壁③	435	1.74	2.28	0.77
			隔壁④	438	1.75	2.26	0.78
		隔壁⑤	435	1.74	2.28	0.77	
		( + - )	底版	436	0.73	1.51	0.49
			前壁	327	0.65	2.84	0.24
			後壁	131	0.26	1.81	0.15
			側壁①	674	1.35	2.28	0.60
			側壁②	674	1.35	2.28	0.60
			隔壁①	173	0.69	2.28	0.31
			隔壁②	128	0.51	2.16	0.24
			隔壁③	401	1.60	2.23	0.72
			隔壁④	404	1.62	2.22	0.73
隔壁⑤	401		1.60	2.23	0.72		

表 5.3.3-1(18) コンクリートのせん断破壊（面内）に対する照査

(④-④断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	せん断力 Q(kN)	せん断 応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\tau_1$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c/\tau_1$
②	S s - N 1	(- +)	底版	497	0.83	1.51	0.55
			前壁	380	0.76	2.93	0.26
			後壁	140	0.28	1.85	0.16
			側壁①	694	1.39	2.13	0.66
			側壁②	694	1.39	2.13	0.66
			隔壁①	200	0.80	2.37	0.34
			隔壁②	113	0.45	1.80	0.26
			隔壁③	463	1.85	2.32	0.80
			隔壁④	468	1.87	2.31	0.81
			隔壁⑤	463	1.85	2.32	0.80

表 5.3.3-1(19) コンクリートのせん断破壊（面内）に対する照査

(④-④断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	せん断力 Q(kN)	せん断 応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\tau_1$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c/\tau_1$
③	S s - D	(- +)	底版	447	0.74	1.51	0.50
			前壁	303	0.61	2.81	0.22
			後壁	273	0.55	2.64	0.21
			側壁①	689	1.38	2.28	0.61
			側壁②	689	1.38	2.28	0.61
			隔壁①	167	0.67	2.36	0.29
			隔壁②	150	0.60	2.25	0.27
			隔壁③	425	1.70	2.28	0.75
			隔壁④	428	1.71	2.27	0.76
		隔壁⑤	425	1.70	2.28	0.75	
		(+-)	底版	298	0.50	1.51	0.33
			前壁	299	0.60	2.68	0.23
			後壁	64	0.13	1.54	0.09
			側壁①	453	0.91	1.87	0.49
			側壁②	453	0.91	1.87	0.49
			隔壁①	168	0.67	2.39	0.29
			隔壁②	120	0.48	2.10	0.23
			隔壁③	296	1.18	2.12	0.56
隔壁④	300		1.20	2.11	0.57		
隔壁⑤	296	1.18	2.12	0.56			

表 5.3.3-1(20) コンクリートのせん断破壊（面内）に対する照査

(④-④断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	せん断力 Q(kN)	せん断 応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\tau_1$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c/\tau_1$
③	S s - N 1	(- +)	底版	474	0.79	1.51	0.53
			前壁	378	0.76	2.91	0.26
			後壁	145	0.29	1.91	0.16
			側壁①	657	1.31	2.07	0.64
			側壁②	657	1.31	2.07	0.64
			隔壁①	198	0.79	2.39	0.34
			隔壁②	113	0.45	1.82	0.25
			隔壁③	457	1.83	2.33	0.79
			隔壁④	462	1.85	2.32	0.80
			隔壁⑤	457	1.83	2.33	0.79



#### 5.4 隔壁，頂版，側壁及び底版（③－③断面）

##### 5.4.1 圧縮に対する照査

各地震動におけるコンクリートの圧縮応力度に対する照査結果を表 5.4.1-1 に示す。

表 5.4.1-1(1) コンクリートの圧縮応力度に対する照査 (③-③断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	圧縮 応力度 $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{ca}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_c / \sigma_{ca}$
①	S s-D	(++)	底版①	-3.9	13.5	0.29
			底版②	-3.9	13.5	0.29
			側壁①	-6.1	13.5	0.45
			側壁②	-6.1	13.5	0.45
			隔壁	-8.6	13.5	0.64
			頂版①	-1.6	13.5	0.13
			頂版②	-1.6	13.5	0.13
		(-+)	底版①	-2.5	13.5	0.19
			底版②	-2.5	13.5	0.19
			側壁①	-3.7	13.5	0.28
			側壁②	-3.7	13.5	0.28
			隔壁	-5.3	13.5	0.40
			頂版①	-1.7	13.5	0.13
			頂版②	-1.7	13.5	0.13
		(+ -)	底版①	-3.6	13.5	0.27
			底版②	-3.6	13.5	0.27
			側壁①	-7.1	13.5	0.53
			側壁②	-7.1	13.5	0.53
			隔壁	-8.3	13.5	0.62
			頂版①	-3.4	13.5	0.26
			頂版②	-3.4	13.5	0.26
		(--)	底版①	-3.0	13.5	0.23
			底版②	-3.0	13.5	0.23
			側壁①	-5.1	13.5	0.39
			側壁②	-5.1	13.5	0.39
			隔壁	-6.3	13.5	0.47
			頂版①	-2.6	13.5	0.20
			頂版②	-2.6	13.5	0.20

表 5.4.1-1(2) コンクリートの圧縮応力度に対する照査  
(③-③断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	圧縮 応力度 $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{ca}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_c / \sigma_{ca}$
①	S s - F 1	(++)	底版①	-1.8	13.5	0.14
			底版②	-1.8	13.5	0.14
			側壁①	-2.7	13.5	0.20
			側壁②	-2.7	13.5	0.20
			隔壁	-3.8	13.5	0.29
			頂版①	-1.3	13.5	0.10
			頂版②	-1.3	13.5	0.10
	S s - F 2	(++)	底版①	-2.5	13.5	0.19
			底版②	-2.5	13.5	0.19
			側壁①	-3.7	13.5	0.28
			側壁②	-3.7	13.5	0.28
			隔壁	-5.4	13.5	0.40
			頂版①	-1.8	13.5	0.14
			頂版②	-1.8	13.5	0.14
	S s - N 1	(++)	底版①	-4.0	13.5	0.30
			底版②	-4.0	13.5	0.30
			側壁①	-6.3	13.5	0.47
			側壁②	-6.3	13.5	0.47
			隔壁	-8.6	13.5	0.64
			頂版①	-3.0	13.5	0.23
			頂版②	-3.0	13.5	0.23
		(-+)	底版①	-4.1	13.5	0.31
			底版②	-4.1	13.5	0.31
			側壁①	-6.3	13.5	0.47
			側壁②	-6.3	13.5	0.47
			隔壁	-8.8	13.5	0.66
			頂版①	-1.7	13.5	0.13
			頂版②	-1.7	13.5	0.13

表 5.4.1-1(3) コンクリートの圧縮応力度に対する照査  
(③-③断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	圧縮 応力度 $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{ca}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_c / \sigma_{ca}$
①	S <sub>s</sub> -N 2 (N S)	(++)	底版①	-2.0	13.5	0.15
			底版②	-2.0	13.5	0.15
			側壁①	-3.0	13.5	0.22
			側壁②	-3.0	13.5	0.22
			隔壁	-4.3	13.5	0.32
			頂版①	-1.2	13.5	0.09
			頂版②	-1.2	13.5	0.09
		(-+)	底版①	-2.3	13.5	0.17
			底版②	-2.3	13.5	0.17
			側壁①	-3.6	13.5	0.27
			側壁②	-3.6	13.5	0.27
			隔壁	-4.9	13.5	0.37
			頂版①	-1.8	13.5	0.14
			頂版②	-1.8	13.5	0.14
	S <sub>s</sub> -N 2 (E W)	(++)	底版①	-3.1	13.5	0.23
			底版②	-3.1	13.5	0.23
			側壁①	-6.9	13.5	0.52
			側壁②	-6.9	13.5	0.52
			隔壁	-8.0	13.5	0.60
			頂版①	-3.3	13.5	0.25
			頂版②	-3.3	13.5	0.25
		(-+)	底版①	-2.5	13.5	0.19
			底版②	-2.5	13.5	0.19
			側壁①	-4.0	13.5	0.30
			側壁②	-4.0	13.5	0.30
			隔壁	-5.2	13.5	0.39
			頂版①	-2.1	13.5	0.16
			頂版②	-2.1	13.5	0.16

表 5.4.1-1(4) コンクリートの圧縮応力度に対する照査  
(③-③断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	圧縮 応力度 $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{ca}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_c / \sigma_{ca}$
②	S s - N 1	(++)	底版①	-4.0	13.5	0.30
			底版②	-4.0	13.5	0.30
			側壁①	-6.3	13.5	0.47
			側壁②	-6.3	13.5	0.47
			隔壁	-8.6	13.5	0.64
			頂版①	-3.0	13.5	0.23
			頂版②	-3.0	13.5	0.23
		(-+)	底版①	-3.9	13.5	0.30
			底版②	-3.9	13.5	0.30
			側壁①	-6.2	13.5	0.46
			側壁②	-6.2	13.5	0.46
			隔壁	-8.7	13.5	0.65
			頂版①	-1.6	13.5	0.13
			頂版②	-1.6	13.5	0.13
③	S s - N 1	(++)	底版①	-4.0	13.5	0.30
			底版②	-4.0	13.5	0.30
			側壁①	-6.3	13.5	0.47
			側壁②	-6.3	13.5	0.47
			隔壁	-8.6	13.5	0.64
			頂版①	-3.0	13.5	0.23
			頂版②	-3.0	13.5	0.23
		(-+)	底版①	-4.2	13.5	0.32
			底版②	-4.2	13.5	0.32
			側壁①	-6.4	13.5	0.48
			側壁②	-6.4	13.5	0.48
			隔壁	-9.0	13.5	0.67
			頂版①	-2.0	13.5	0.15
			頂版②	-2.0	13.5	0.15

#### 5.4.2 引張に対する照査

各地震動におけるコンクリートの引張応力度に対する照査結果を表 5.4.2-1 に示す。

表 5.4.2-1(1) コンクリートの引張応力度に対する照査

(③-③断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	引張 応力度 $\sigma_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	引張強度 $f_{tk}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_s/f_{tk}$
①	S s - D	(++)	底版①	1.03	1.91	0.55
			底版②	1.03	1.91	0.55
			側壁①	0.89	1.91	0.47
			側壁②	0.89	1.91	0.47
			隔壁	1.62	1.91	0.85
			頂版①	1.15	1.91	0.61
			頂版②	1.15	1.91	0.61
		(-+)	底版①	0.67	1.91	0.36
			底版②	0.67	1.91	0.36
			側壁①	0.49	1.91	0.26
			側壁②	0.49	1.91	0.26
			隔壁	1.14	1.91	0.60
			頂版①	0.75	1.91	0.40
			頂版②	0.75	1.91	0.40
		(+ -)	底版①	0.76	1.91	0.40
			底版②	0.76	1.91	0.40
			側壁①	0.87	1.91	0.46
			側壁②	0.87	1.91	0.46
			隔壁	1.70	1.91	0.89
			頂版①	1.50	1.91	0.79
			頂版②	1.50	1.91	0.79
		(--)	底版①	0.89	1.91	0.47
			底版②	0.89	1.91	0.47
			側壁①	0.64	1.91	0.34
			側壁②	0.64	1.91	0.34
			隔壁	1.59	1.91	0.84
			頂版①	1.05	1.91	0.55
			頂版②	1.05	1.91	0.55

表 5.4.2-1(2) コンクリートの引張応力度に対する照査

(③-③断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	引張 応力度 $\sigma_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	引張強度 $f_{tk}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_s/f_{tk}$
①	S <sub>s</sub> -F 1	(++)	底版①	0.54	1.91	0.29
			底版②	0.54	1.91	0.29
			側壁①	0.34	1.91	0.19
			側壁②	0.34	1.91	0.19
			隔壁	0.85	1.91	0.45
			頂版①	0.56	1.91	0.30
			頂版②	0.56	1.91	0.30
	S <sub>s</sub> -F 2	(++)	底版①	0.65	1.91	0.35
			底版②	0.65	1.91	0.35
			側壁①	0.41	1.91	0.22
			側壁②	0.41	1.91	0.22
			隔壁	1.04	1.91	0.55
			頂版①	0.74	1.91	0.39
			頂版②	0.74	1.91	0.39
	S <sub>s</sub> -N 1	(++)	底版①	0.82	1.91	0.44
			底版②	0.82	1.91	0.44
			側壁①	0.92	1.91	0.49
			側壁②	0.92	1.91	0.49
			隔壁	1.79	1.91	0.94
			頂版①	1.21	1.91	0.64
			頂版②	1.21	1.91	0.64
		(-+)	底版①	1.11	1.91	0.59
			底版②	1.11	1.91	0.59
			側壁①	0.98	1.91	0.52
側壁②			0.98	1.91	0.52	
隔壁			1.80	1.91	0.95	
頂版①			1.17	1.91	0.62	
頂版②			1.17	1.91	0.62	



表 5.4.2-1(3) コンクリートの引張応力度に対する照査

(③-③断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	引張 応力度 $\sigma_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	引張強度 $f_{tk}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_s/f_{tk}$
①	S <sub>s</sub> -N 2 (N S)	(++)	底版①	0.30	1.91	0.16
			底版②	0.30	1.91	0.16
			側壁①	0.16	1.91	0.09
			側壁②	0.16	1.91	0.09
			隔壁	0.15	1.91	0.08
			頂版①	0.64	1.91	0.34
			頂版②	0.64	1.91	0.34
		(-+)	底版①	0.57	1.91	0.31
			底版②	0.57	1.91	0.31
			側壁①	0.65	1.91	0.34
			側壁②	0.65	1.91	0.34
			隔壁	1.29	1.91	0.68
			頂版①	0.82	1.91	0.43
			頂版②	0.82	1.91	0.43
	S <sub>s</sub> -N 2 (E W)	(++)	底版①	0.82	1.91	0.43
			底版②	0.82	1.91	0.43
			側壁①	0.66	1.91	0.35
			側壁②	0.66	1.91	0.35
			隔壁	1.42	1.91	0.75
			頂版①	1.40	1.91	0.74
			頂版②	1.40	1.91	0.74
		(-+)	底版①	0.76	1.91	0.40
			底版②	0.76	1.91	0.40
			側壁①	0.54	1.91	0.29
			側壁②	0.54	1.91	0.29
			隔壁	1.33	1.91	0.70
			頂版①	0.86	1.91	0.45
			頂版②	0.86	1.91	0.45

表 5.4.2-1(4) コンクリートの引張応力度に対する照査

(③-③断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	引張 応力度 $\sigma_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	引張強度 $f_{tk}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_s/f_{tk}$
②	S s - N 1	(++)	底版①	0.82	1.91	0.44
			底版②	0.82	1.91	0.44
			側壁①	0.92	1.91	0.49
			側壁②	0.92	1.91	0.49
			隔壁	1.78	1.91	0.94
			頂版①	1.23	1.91	0.65
			頂版②	1.23	1.91	0.65
		(-+)	底版①	1.10	1.91	0.58
			底版②	1.10	1.91	0.58
			側壁①	0.98	1.91	0.52
			側壁②	0.98	1.91	0.52
			隔壁	1.79	1.91	0.94
			頂版①	1.16	1.91	0.61
			頂版②	1.16	1.91	0.61
③	S s - N 1	(++)	底版①	0.82	1.91	0.44
			底版②	0.82	1.91	0.44
			側壁①	0.92	1.91	0.49
			側壁②	0.92	1.91	0.49
			隔壁	1.79	1.91	0.94
			頂版①	1.25	1.91	0.66
			頂版②	1.25	1.91	0.66
		(-+)	底版①	1.10	1.91	0.58
			底版②	1.10	1.91	0.58
			側壁①	0.97	1.91	0.51
			側壁②	0.97	1.91	0.51
			隔壁	1.80	1.91	0.95
			頂版①	1.19	1.91	0.63
			頂版②	1.19	1.91	0.63

#### 5.4.3 せん断力照査（面外）

各地震動におけるコンクリートのせん断破壊（面外）に対する照査結果を表 5.4.3-1 に示す。

表 5.4.3-1(1) コンクリートのせん断破壊（面外）に対する照査  
 (③-③断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	せん断 応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\tau_{a1}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c / \tau_{a1}$
①	S s-D	(++)	底版①	0.66	0.67	0.99
			底版②	0.66	0.67	0.99
			側壁①	0.11	0.67	0.18
			側壁②	0.11	0.67	0.18
			隔壁	0.00	0.67	0.00
			頂版①	0.23	0.67	0.35
			頂版②	0.23	0.67	0.35
		(-+)	底版①	0.42	0.67	0.63
			底版②	0.42	0.67	0.63
			側壁①	0.50	0.67	0.75
			側壁②	0.50	0.67	0.75
			隔壁	0.00	0.67	0.00
			頂版①	0.06	0.67	0.09
			頂版②	0.06	0.67	0.09
		(+ -)	底版①	0.56	0.67	0.85
			底版②	0.56	0.67	0.85
			側壁①	0.14	0.67	0.22
			側壁②	0.14	0.67	0.22
			隔壁	0.00	0.67	0.00
			頂版①	0.44	0.67	0.66
			頂版②	0.44	0.67	0.66
		(--)	底版①	0.51	0.67	0.77
			底版②	0.51	0.67	0.77
			側壁①	0.10	0.67	0.15
			側壁②	0.10	0.67	0.15
			隔壁	0.00	0.67	0.00
			頂版①	0.31	0.67	0.47
			頂版②	0.31	0.67	0.47

表 5.4.3-1(2) コンクリートのせん断破壊（面外）に対する照査  
 (③-③断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	せん断 応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\tau_{a1}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値* $\tau_c / \tau_{a1}$
①	S <sub>s</sub> -F 1	(++)	底版①	0.30	0.67	0.45
			底版②	0.30	0.67	0.45
			側壁①	0.37	0.67	0.55
			側壁②	0.37	0.67	0.55
			隔壁	0.64	0.67	0.96
			頂版①	0.60	0.67	0.91
			頂版②	0.60	0.67	0.91
	S <sub>s</sub> -F 2	(++)	底版①	0.42	0.67	0.63
			底版②	0.42	0.67	0.63
			側壁①	0.51	0.67	0.76
			側壁②	0.51	0.67	0.76
			隔壁	0.00	0.67	0.00
			頂版①	0.06	0.67	0.09
			頂版②	0.06	0.67	0.09
	S <sub>s</sub> -N 1	(++)	底版①	0.63	0.67	0.95
			底版②	0.63	0.67	0.95
			側壁①	0.12	0.67	0.18
			側壁②	0.12	0.67	0.18
			隔壁	0.00	0.67	0.00
			頂版①	0.37	0.67	0.56
			頂版②	0.37	0.67	0.56
		(-+)	底版①	0.70	0.67	1.05(0.63)
			底版②	0.70	0.67	1.05(0.63)
			側壁①	0.11	0.67	0.17
側壁②			0.11	0.67	0.17	
隔壁			0.00	0.67	0.00	
頂版①			0.23	0.67	0.35	
頂版②			0.23	0.67	0.35	

注記\*：括弧内（ ）は「RC規準（1999年）」に基づき、短期許容せん断応力度  
 1.11 (N/mm<sup>2</sup>) を許容値とした場合の照査値を示す。

表 5.4.3-1(3) コンクリートのせん断破壊（面外）に対する照査  
 (③-③断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	せん断 応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\tau_{a1}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c / \tau_{a1}$
①	S s - N 2 (N S)	(++)	底版①	0.34	0.67	0.51
			底版②	0.34	0.67	0.51
			側壁①	0.32	0.67	0.48
			側壁②	0.32	0.67	0.48
			隔壁	0.00	0.67	0.00
			頂版①	0.56	0.67	0.84
			頂版②	0.56	0.67	0.84
		(-+)	底版①	0.36	0.67	0.54
			底版②	0.36	0.67	0.54
			側壁①	0.55	0.67	0.83
			側壁②	0.55	0.67	0.83
			隔壁	0.00	0.67	0.00
			頂版①	0.07	0.67	0.10
			頂版②	0.07	0.67	0.10
	S s - N 2 (E W)	(++)	底版①	0.51	0.67	0.77
			底版②	0.51	0.67	0.77
			側壁①	0.13	0.67	0.20
			側壁②	0.13	0.67	0.20
			隔壁	0.00	0.67	0.00
			頂版①	0.40	0.67	0.61
			頂版②	0.40	0.67	0.61
		(-+)	底版①	0.42	0.67	0.63
			底版②	0.42	0.67	0.63
			側壁①	0.62	0.67	0.93
			側壁②	0.62	0.67	0.93
			隔壁	0.00	0.67	0.00
			頂版①	0.26	0.67	0.40
			頂版②	0.26	0.67	0.40

表 5.4.3-1(4) コンクリートのせん断破壊（面外）に対する照査  
 (③-③断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	せん断 応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\tau_{a1}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値* $\tau_c / \tau_{a1}$
②	S <sub>s</sub> -N 1	(++)	底版①	0.64	0.67	0.95
			底版②	0.64	0.67	0.95
			側壁①	0.12	0.67	0.18
			側壁②	0.12	0.67	0.18
			隔壁	0.00	0.67	0.00
			頂版①	0.37	0.67	0.56
			頂版②	0.37	0.67	0.56
		(-+)	底版①	0.68	0.67	1.02(0.62)
			底版②	0.68	0.67	1.02(0.62)
			側壁①	0.11	0.67	0.17
			側壁②	0.11	0.67	0.17
			隔壁	0.00	0.67	0.00
			頂版①	0.23	0.67	0.35
			頂版②	0.23	0.67	0.35
③	S <sub>s</sub> -N 1	(++)	底版①	0.63	0.67	0.95
			底版②	0.63	0.67	0.95
			側壁①	0.12	0.67	0.18
			側壁②	0.12	0.67	0.18
			隔壁	0.00	0.67	0.00
			頂版①	0.37	0.67	0.56
			頂版②	0.37	0.67	0.56
		(-+)	底版①	0.72	0.67	1.07(0.65)
			底版②	0.72	0.67	1.07(0.65)
			側壁①	0.11	0.67	0.16
			側壁②	0.11	0.67	0.16
			隔壁	0.00	0.67	0.00
			頂版①	0.23	0.67	0.35
			頂版②	0.23	0.67	0.35

注記\*：括弧内（ ）は「RC規準（1999年）」に基づき、短期許容せん断応力度  
 1.11 (N/mm<sup>2</sup>) を許容値とした場合の照査値を示す。

#### 5.4.4 せん断力照査（面内）

各地震動におけるコンクリートのせん断破壊（面内）に対する照査結果を表 5.4.4-1 に示す。



表 5.4.4-1(1) コンクリートのせん断破壊（面内）に対する照査  
 (③-③断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	せん断 応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	許容せん断 応力度 $\tau_1$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c / \tau_1$
①	S s - D	(++)	底版①	0.78	1.51	0.52
			底版②	0.78	1.51	0.52
			側壁①	0.99	1.51	0.66
			側壁②	0.99	1.51	0.66
			隔壁	1.65	1.51	1.09
			頂版①	0.43	1.51	0.29
			頂版②	0.43	1.51	0.29
		(-+)	底版①	0.51	1.51	0.34
			底版②	0.51	1.51	0.34
			側壁①	1.02	1.51	0.68
			側壁②	1.02	1.51	0.68
			隔壁	1.13	1.51	0.76
			頂版①	0.35	1.51	0.24
			頂版②	0.35	1.51	0.24
		(+ -)	底版①	0.66	1.51	0.44
			底版②	0.66	1.51	0.44
			側壁①	1.15	1.51	0.77
			側壁②	1.15	1.51	0.77
			隔壁	1.18	1.51	0.79
			頂版①	0.56	1.51	0.38
			頂版②	0.56	1.51	0.38
		(--)	底版①	0.59	1.51	0.40
			底版②	0.59	1.51	0.40
			側壁①	1.31	1.51	0.87
			側壁②	1.31	1.51	0.87
			隔壁	1.43	1.51	0.95
			頂版①	0.47	1.51	0.32
			頂版②	0.47	1.51	0.32

表 5.4.4-1(2) コンクリートのせん断破壊（面内）に対する照査  
 (③-③断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	せん断 応力度 $\tau_e$ (N/mm <sup>2</sup> )	許容せん断 応力度 $\tau_1$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_e / \tau_1$
①	S <sub>s</sub> -F 1	(++)	底版①	0.39	1.51	0.26
			底版②	0.39	1.51	0.26
			側壁①	0.75	1.51	0.50
			側壁②	0.75	1.51	0.50
			隔壁	0.83	1.51	0.56
			頂版①	0.24	1.51	0.17
			頂版②	0.24	1.51	0.17
	S <sub>s</sub> -F 2	(++)	底版①	0.52	1.51	0.35
			底版②	0.52	1.51	0.35
			側壁①	1.00	1.51	0.67
			側壁②	1.00	1.51	0.67
			隔壁	1.10	1.51	0.73
			頂版①	0.40	1.51	0.27
			頂版②	0.40	1.51	0.27
	S <sub>s</sub> -N 1	(++)	底版①	0.79	1.51	0.53
			底版②	0.79	1.51	0.53
			側壁①	1.37	1.51	0.91
			側壁②	1.37	1.51	0.91
			隔壁	1.37	1.51	0.91
			頂版①	0.56	1.51	0.38
			頂版②	0.56	1.51	0.38
		(-+)	底版①	0.80	1.51	0.53
			底版②	0.80	1.51	0.53
			側壁①	1.08	1.51	0.72
			側壁②	1.08	1.51	0.72
			隔壁	1.78	1.51	1.18
			頂版①	0.45	1.51	0.30
			頂版②	0.45	1.51	0.30

表 5.4.4-1(3) コンクリートのせん断破壊（面内）に対する照査  
 (③-③断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	せん断 応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	許容せん断 応力度 $\tau_1$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c / \tau_1$
①	S <sub>s</sub> -N 2 (NS)	(++)	底版①	0.42	1.51	0.28
			底版②	0.42	1.51	0.28
			側壁①	0.75	1.51	0.50
			側壁②	0.75	1.51	0.50
			隔壁	0.85	1.51	0.57
			頂版①	0.26	1.51	0.18
			頂版②	0.26	1.51	0.18
		(-+)	底版①	0.41	1.51	0.27
			底版②	0.41	1.51	0.27
			側壁①	0.67	1.51	0.45
			側壁②	0.67	1.51	0.45
			隔壁	0.65	1.51	0.44
			頂版①	0.30	1.51	0.21
			頂版②	0.30	1.51	0.21
	S <sub>s</sub> -N 2 (EW)	(++)	底版①	0.60	1.51	0.40
			底版②	0.60	1.51	0.40
			側壁①	1.34	1.51	0.89
			側壁②	1.34	1.51	0.89
			隔壁	1.43	1.51	0.95
			頂版①	0.55	1.51	0.37
			頂版②	0.55	1.51	0.37
		(-+)	底版①	0.51	1.51	0.34
			底版②	0.51	1.51	0.34
			側壁①	1.08	1.51	0.72
			側壁②	1.08	1.51	0.72
			隔壁	1.18	1.51	0.79
			頂版①	0.41	1.51	0.28
			頂版②	0.41	1.51	0.28

表 5.4.4-1(4) コンクリートのせん断破壊（面内）に対する照査  
 (③-③断面)

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	せん断 応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	許容せん断 応力度 $\tau_1$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c / \tau_1$
②	S s - N 1	(++)	底版①	0.79	1.51	0.53
			底版②	0.79	1.51	0.53
			側壁①	1.38	1.51	0.92
			側壁②	1.38	1.51	0.92
			隔壁	1.38	1.51	0.92
			頂版①	0.55	1.51	0.37
			頂版②	0.55	1.51	0.37
		(-+)	底版①	0.78	1.51	0.52
			底版②	0.78	1.51	0.52
			側壁①	1.03	1.51	0.69
			側壁②	1.03	1.51	0.69
			隔壁	1.70	1.51	1.13
			頂版①	0.43	1.51	0.29
			頂版②	0.43	1.51	0.29
③	S s - N 1	(++)	底版①	0.79	1.51	0.53
			底版②	0.79	1.51	0.53
			側壁①	1.37	1.51	0.91
			側壁②	1.37	1.51	0.91
			隔壁	1.37	1.51	0.91
			頂版①	0.54	1.51	0.36
			頂版②	0.54	1.51	0.36
		(-+)	底版①	0.80	1.51	0.54
			底版②	0.80	1.51	0.54
			側壁①	1.12	1.51	0.75
			側壁②	1.12	1.51	0.75
			隔壁	1.84	1.51	1.22
			頂版①	0.46	1.51	0.31
			頂版②	0.46	1.51	0.31

#### 5.4.5 3次元非線形構造解析によるせん断力に対する照査

「5.4.4 せん断力照査（面内）」のうち，隔壁の照査値が 1.0 を上回る結果となった解析ケースにおける隔壁のせん断破壊に対する照査結果を表 5.4.5-1 に示す。

表 5.4.5-1 コンクリートのせん断破壊（面内）に対する照査

（③-③断面）

解析 ケース	地震動		評価対象 部材	発生ひずみ $\epsilon_c$	許容ひずみ $\epsilon_{ca}$	照査値 $\epsilon_c / \epsilon_{ca}$
①	S s-D	(++)	隔壁	393 $\mu$	2000 $\mu$	0.20
①	S s-N 1	(-+)	隔壁	501 $\mu$	2000 $\mu$	0.26
②	S s-N 1	(-+)	隔壁	452 $\mu$	2000 $\mu$	0.23
③	S s-N 1	(-+)	隔壁	536 $\mu$	2000 $\mu$	0.27

6. 防波壁（波返重力擁壁）の耐震性に関する影響検討

6.1 改良地盤⑥の解析用物性値に関する影響検討

6.1.1 概要

防波壁（波返重力擁壁）において、図 6.1.1-1 及び図 6.1.1-2 のとおり改良地盤⑥を設置している。改良地盤⑥については、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」において、表 6.1.1-1 のとおり物性値を設定している。

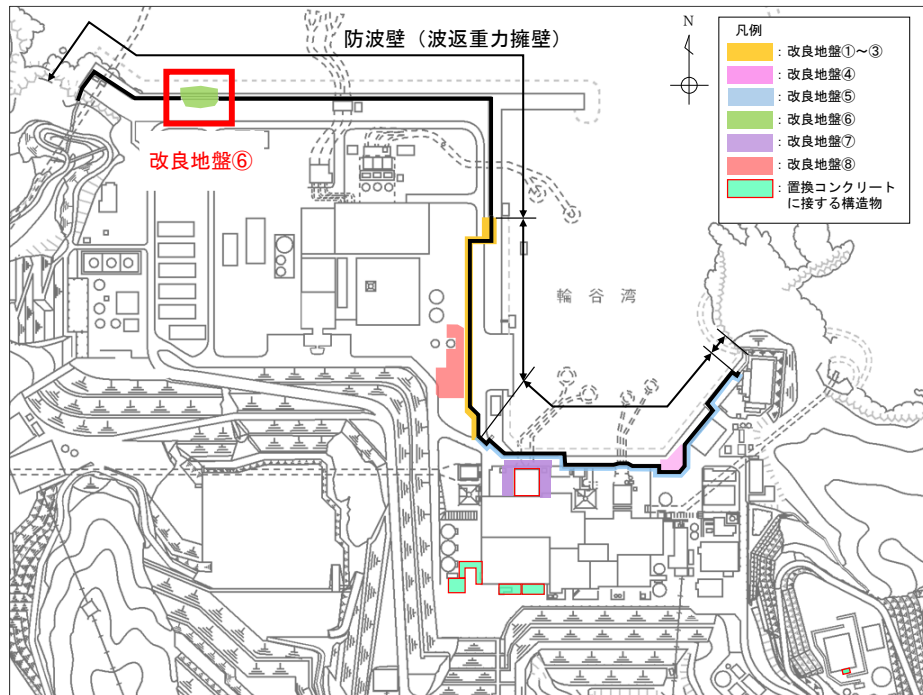


図 6.1.1-1 改良地盤を設置する施設の平面配置図

(単位：m)

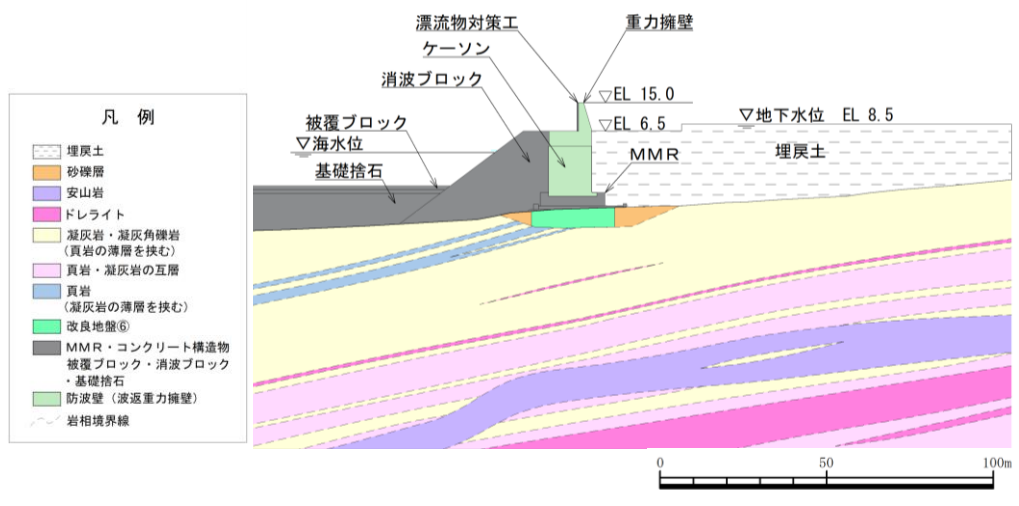


図 6.1.1-2 改良地盤⑥の配置図（②-②断面）

表 6.1.1-1 改良地盤⑥における解析用物性値

		解析用物性値 (改良地盤⑥)
物理特性	密度 $\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	2.05
	間隙率 $n$	0.45
変形特性	動せん断弾性係数 $G_{ma}$ (kN/m <sup>2</sup> )	360500
	基準平均有効拘束圧 $\sigma_{ma}'$ (kN/m <sup>2</sup> )	98
	ポアソン比 $\nu$	0.33
	減衰定数の上限値 $h_{max}$	0.095
強度特性	粘着力 $c'$ (kN/m <sup>2</sup> )	1250
	内部摩擦角 $\phi'$	0

注：動せん断弾性係数は代表的な数値を示す。

改良地盤⑥の動せん断弾性係数  $G_{ma}$  は、密度  $\rho$ 、S波速度  $V_s$  より、(式1)に基づき算定したせん断弾性係数  $G_m$  及び港湾技研資料に基づく(式2)のとおり設定した。なお、 $G_{ma}$  算定に用いる  $\sigma_v'$  は図 6.1.1-3 のとおりとする。

$$G_m = \rho V_s^2 \quad (\text{式1})$$

$G_m$  : せん断弾性係数 (kN/m<sup>2</sup>)

$\rho$  : 密度 (g/cm<sup>3</sup>)

$V_s$  : S波速度 (m/s)

$$G_{ma} = G_m \cdot (\sigma_{ma}' / \sigma_m')^{0.5} \quad (\text{式2})$$

$G_{ma}$  : 基準せん断弾性係数 (kN/m<sup>2</sup>)

$\sigma_{ma}'$  : 基準平均有効拘束圧 (kN/m<sup>2</sup>)

$\sigma_m'$  : 平均有効拘束圧 (kN/m<sup>2</sup>)

ここで、 $\sigma_m' = (\sigma_v' + \sigma_h') / 2 = (1 + K_0) \sigma_v' / 2$ ,  $K_0 = 0.5$

$\sigma_v'$  : 改良地盤の層中心における有効上載圧 (kN/m<sup>2</sup>)

(単位 : m)

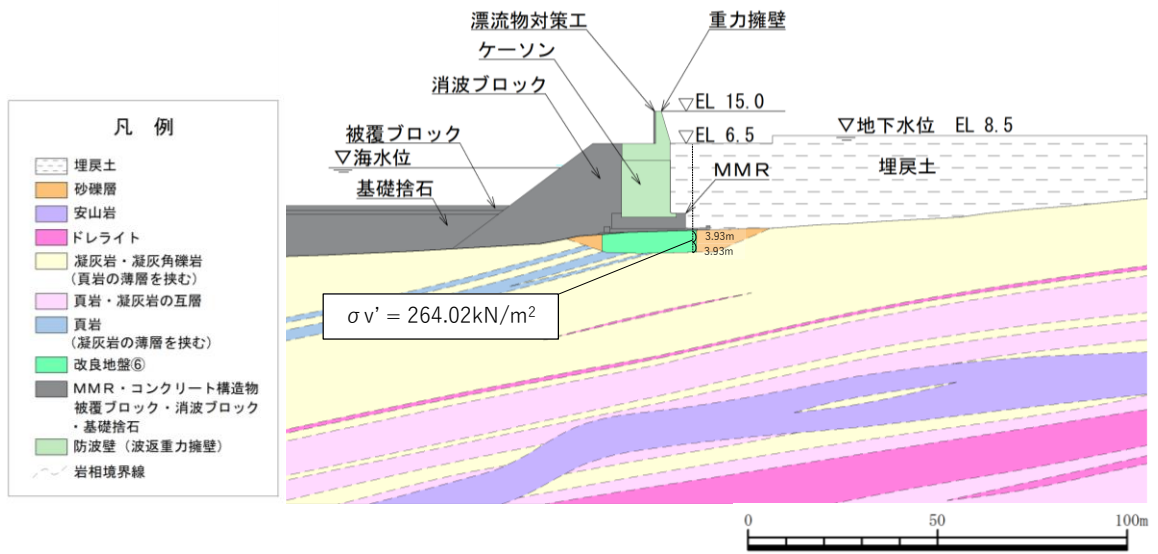


図 6.1.1-3 改良地盤⑥における  $G_{ma}$  算定に用いる  $\sigma'_v$



改良地盤⑥の原位置試験位置図を図 6.1.1-4 に、P S 検層結果を表 6.1.1-2 に示す。

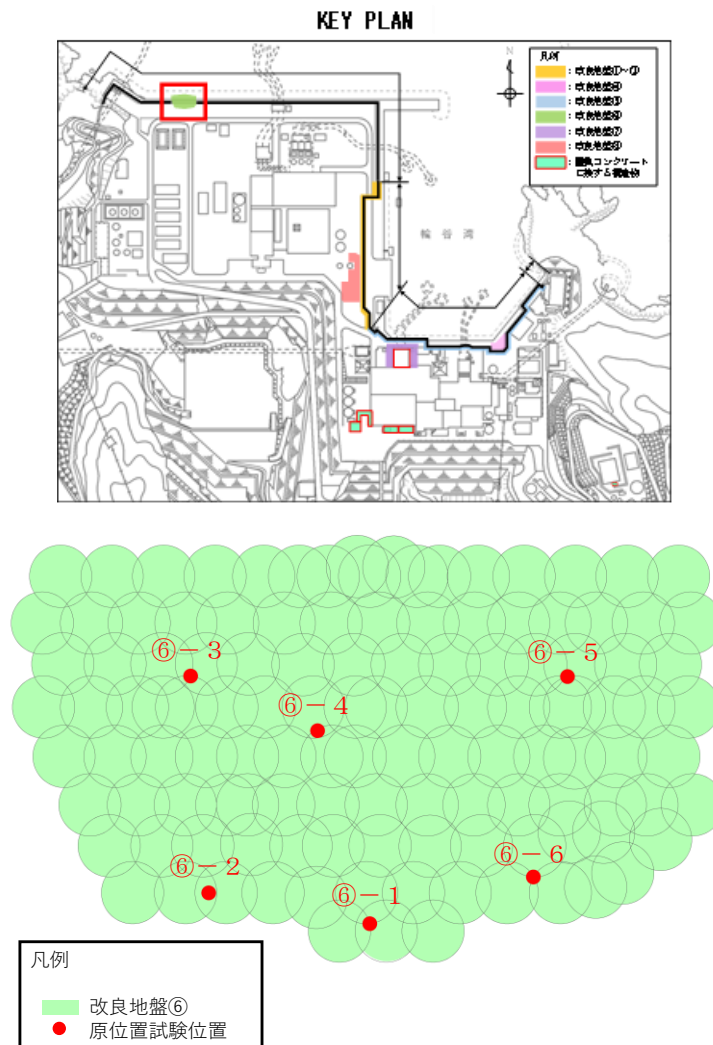


図 6.1.1-4 改良地盤⑥の原位置試験位置図

表 6.1.1-2 P S 検層試験結果

試験実施 位置	P 波速度 (m/s)		S 波速度 (m/s)	
	試験数*	速度値	試験数*	速度値
⑥-1	8.0	1830	8.0	860
⑥-2	1.0	3367	1.0	913
	1.0	3155	1.0	829
	1.0	2933	1.0	633
⑥-3	0.6	3003	0.6	1245
	1.0	3195	1.0	1543
	1.0	3165	1.0	1560
⑥-4	1.0	2941	1.0	810
	1.0	2950	1.0	755
	1.0	2890	1.0	710
	1.0	2976	1.0	814
	1.0	3195	1.0	900
⑥-5	1.0	2833	1.0	853
	1.0	3413	1.0	1222
	0.5	3378	0.5	1086
⑥-6	1.0	2358	1.0	688
	1.0	2320	1.0	600
	1.0	2222	1.0	576
加重平均		2574		895

注記\* : P S 検層の測定区間長 1m を一つの試験数とみなす。

P S 検層の結果から、S 波速度の平均が 895m/s が確認されていることから、S 波速度から設定される動せん断弾性係数による影響を確認するため、表 6.1.1-3 に示す物性値とした場合の影響検討を実施する。

表 6.1.1-3 解析用物性値と試験値との比較 (動せん断弾性係数)

	解析用物性値	試験値
S 波速度 $V_s$ (m/s)	500	895
動せん断弾性係数 $G_{ma}$ (kN/m <sup>2</sup> )	360500	1155218

### 6.1.2 評価内容

評価対象断面については、改良地盤⑥が分布する断面は②-②断面のみとなるため、②-②断面を選定する。

入力地震動については、防波壁（波返重力擁壁）の応答加速度に影響すると考えられるため、施設の中で加速度の大きい重力擁壁の照査値に着目し、「4. 耐震評価結果」において、重力擁壁の曲げ・軸力系の破壊に対する照査値が最大となる、解析ケース①（基本ケース）の「S<sub>s</sub>-D（-+）」を選定する。

②-②断面の地震応答解析モデルを図 6.1.2-1 に、改良地盤⑥による影響検討における解析ケースを表 6.1.2-1 に示す。

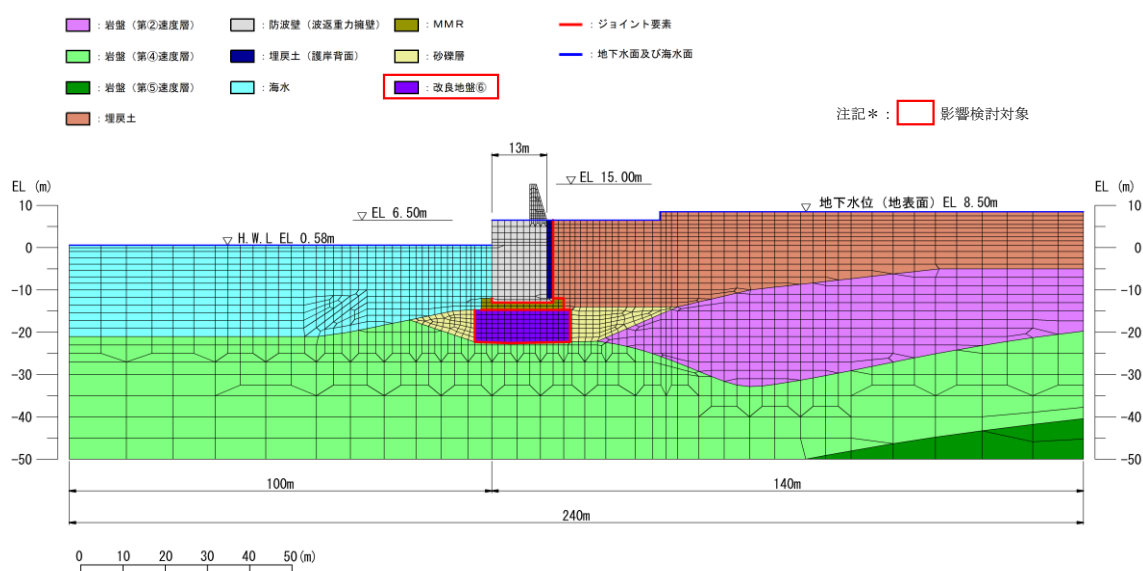


図 6.1.2-1 地震応答解析モデル（②-②断面）

表 6.1.2-1 解析ケース

改良地盤⑥ 動せん断弾性係数 $G_{ma}$ (kN/m <sup>2</sup> )	解析ケース	地盤物性	
		埋戻土 ( $G_0$ : 初期せん断 弾性係数)	岩盤 ( $G_d$ : 動せん断 弾性係数)
$G_{ma}=360500$ 「4. 耐震評価結果」 にて評価済み	ケース① (基本ケース)	平均値	平均値
$G_{ma}=1155218$		平均値	平均値

### 6.1.3 評価結果

改良地盤⑥の動せん断弾性係数を試験値から得られたせん断弾性波速度から設定した場合の重力擁壁の評価結果を表 6.1.3-1 に示す。

改良地盤⑥の動せん断弾性係数について、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」で設定している物性値を用いた場合と変更した場合における、重力擁壁の曲げ・軸力系及びせん断破壊に対する照査値の比較結果として、動せん断弾性係数が大きいことで、照査値は小さくなることを確認した。

表 6.1.3-1(1) 重力擁壁の曲げ・軸力系に対する照査における最大照査値 (②-②断面)  
(S<sub>s</sub>-D (-+))

改良地盤⑥ 動せん断弾性係数 G <sub>ma</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	解析 ケース	発生断面力		曲げ圧縮 応力度 σ <sub>c</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 σ <sub>ca</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 σ <sub>c</sub> /σ <sub>ca</sub>
		曲げモー メント M (kN・m)	軸力 N (kN)			
G <sub>ma</sub> =360500 「4. 耐震評価結 果」にて評価済み	①	5491	1367	3.9	13.5	0.29
G <sub>ma</sub> =1155218	①	4923	1070	3.5	13.5	0.26

表 6.1.3-1(2) 重力擁壁の曲げ・軸力系に対する照査における最大照査値 (②-②断面)  
(S<sub>s</sub>-D (-+))

改良地盤⑥ 動せん断弾性係数 G <sub>ma</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	解析 ケース	発生断面力		曲げ引張 応力度 σ <sub>s</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 σ <sub>sa</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 σ <sub>s</sub> /σ <sub>sa</sub>
		曲げモー メント M (kN・m)	軸力 N (kN)			
G <sub>ma</sub> =360500 「4. 耐震評価結 果」にて評価済み	①	5491	1367	155.2	294	0.53
G <sub>ma</sub> =1155218	①	4923	1070	149.4	294	0.51

表 6.1.3-1(3) 重力擁壁のせん断破壊に対する照査における最大照査値 (②-②断面)

(S<sub>s</sub>-D (-+))

改良地盤⑥ 動せん断弾性係数 G <sub>ma</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	解析 ケース	発生断面力	せん断 応力度 τ <sub>c</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 τ <sub>a1</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 τ <sub>c</sub> /τ <sub>a1</sub>
		せん断力 Q (kN)			
G <sub>ma</sub> =360500 「4. 耐震評価結 果」にて評価済み	①	1038	0.27	0.64	0.42
G <sub>ma</sub> =1155218	①	826	0.21	0.64	0.34

(参考資料 1) 防波壁 (波返重力擁壁) における既設部分と新設部分の一体性確認

## 1. 本資料の概要

防波壁 (波返重力擁壁) の重力擁壁は、コンクリート上に設置した既設の鉄筋コンクリート造の擁壁を嵩上げするように構築している。本資料においては、重力擁壁のうち既設の鉄筋コンクリート造の擁壁を既設部分、嵩上げ部分の鉄筋コンクリート造の擁壁を新設部分、擁壁下のコンクリートを基部コンクリートという。重力擁壁の概略図を図 1-1 に示す。

重力擁壁の既設部分と新設部分の一体性の評価に係る申送り事項を表 1-1 に、一体性の確認事項を図 1-2 に示す。

防波壁 (波返重力擁壁) は、設計及び施工上の配慮として、既設部分と新設部分の一体性を図るために、新設部分のコンクリート打設前に既設部分のコンクリート表面を目荒らし処理して付着力を確保している。また、新設部分の主筋を基部コンクリートに定着させることにより、基部コンクリートとの一体性を確保している。

本資料では、新設部分と既設部分及び基部コンクリートの一体性を確認するため、以下の確認を行う。

- ① 既設部分と新設部分の一体性を確保するため、新設部分の嵩上げ時に既設部分表面に目荒らし処理しており、付着力試験を実施して付着力を確認した。(「2. 重力擁壁の構造」において説明)
- ② 基部コンクリートと新設部分の一体性を確保するため、基準類に準拠して主筋を定着させている。また、陸側の主筋については、設置位置が定着させる基部コンクリートの隅角部に近い設置状況にあるため、主筋設置位置と隅角部との離隔を模擬した実構造物スケールを用いた引抜試験を行い、定着部の引抜荷重は鉄筋の降伏荷重を上回ることを確認する。(「2. 重力擁壁の構造」及び「3. 既設部分と新設部分の一体性確保に関する配慮事項」において説明)
- ③ 新設部分と既設部分の境界部を模擬した解析を行うことにより、地震時及び津波時に境界部に起因した破壊が生じないことを確認する。(「4. 重力擁壁の健全性評価に対する境界部の影響検討」において説明)

上記の確認により、波返重力擁壁の壁体構造における既設部分と新設部分の一体性を確認する。

(単位 : mm )

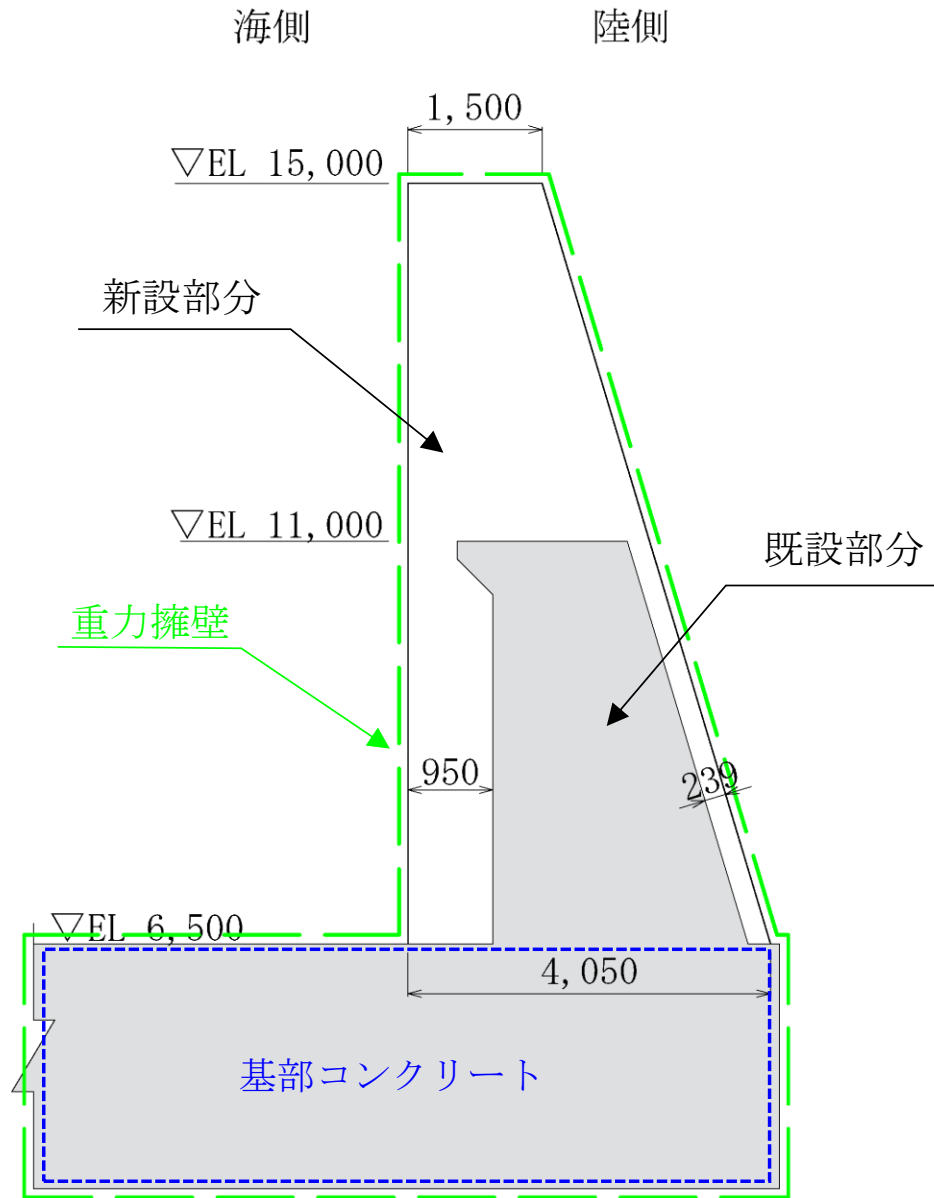


図 1-1 重力擁壁の概略図

表 1-1 重力擁壁の既設部分と新設部分の一体性確認に係る  
設工認段階への設置変更許可審査からの申送り事項

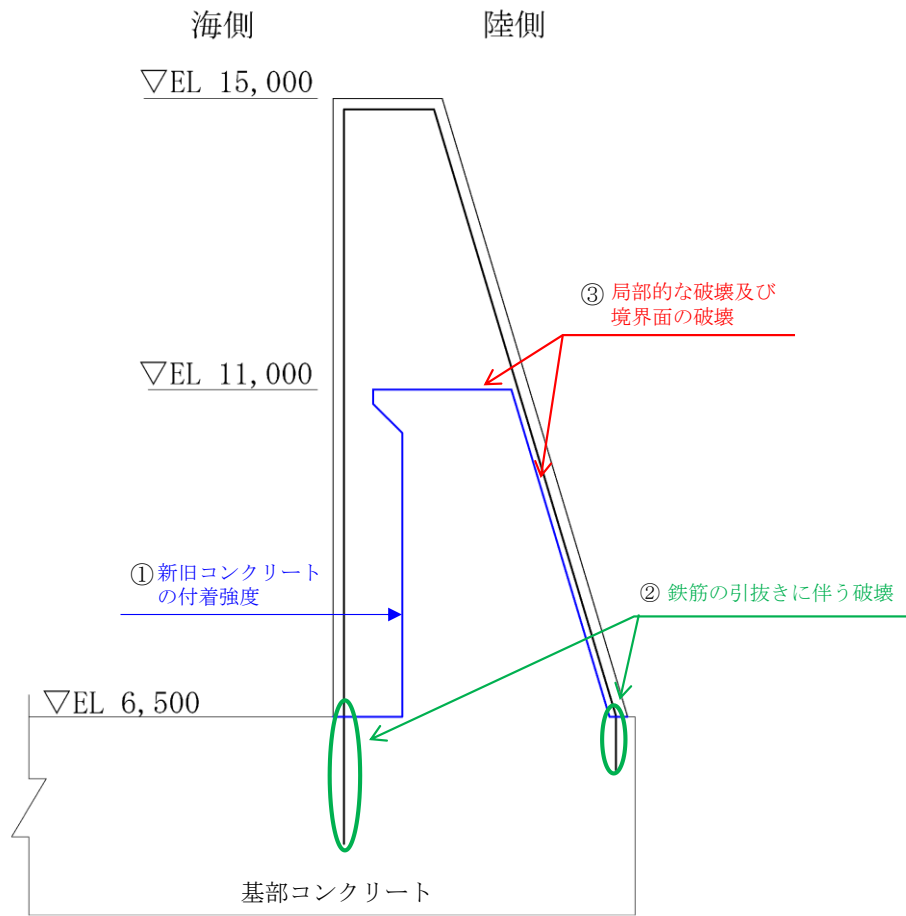
設置変更許可審査段階における指摘事項	回答方針 (下線部は本資料による説明内容)
<p>1. 波返重力擁壁の壁体構造について、既設部分と新設部分の一体化を前提として設計する方針を明確にし、基準、指針類、事業者独自の管理基準等の適用により一体化と評価する方針であることを説明すること。</p> <p>防波壁陸側における新設のコンクリートの鉄筋定着について、フーチング隅角部の荷重伝達及び損傷形態を評価し、定着方法及び定着長の設定方針の妥当性を説明すること。</p>	<p>設工認段階においては、地震時に重力擁壁に作用する荷重に対し、既設部分と新設部分が一体性を有することを以下の検討によって確認する（図 1-2）。</p> <p>①設置変更許可申請において、既設護岸のコンクリート表面の目荒らしについては、「表面保護工法 設計施工指針（案）*1」に基づき設定した付着強度を有するように施工していることを説明した。</p> <p>設工認段階においては、<u>既設部分の目荒らし処理後に実施した付着強度試験の内容と結果を説明する。</u></p>
<p>2. 波返重力擁壁の壁体構造について、ジベル筋等により既設部と新設部が物理的に接合されていない壁体について、せん断応力の伝達モードを評価し、既往のせん断耐力評価式の適用性を説明すること。</p>	<p>②設置変更許可申請において、擁壁下端の主筋の定着部に関して「コンクリート標準示方書 2002*2」に基づく定着長を確保し、許容応力により設計する方針であることを説明した。</p>
<p>3. 波返重力擁壁の壁体構造について、既設部分と新設部分を一体化と評価できる根拠及び設計・施工上の配慮事項を説明すること。</p>	<p>設工認段階においては、<u>擁壁下端の主筋の定着状況を模擬した実構造物スケールを用いた鉄筋引抜実験を行い、主筋の引張耐力と破壊形態を確認する。</u></p> <p>③新設部分と既設部分の境界部を模擬した<u>解析を行うことにより、地震時及び津波時に境界部に起因した破壊が生じないことを確認する。</u></p>

注記\*1：「表面保護工法 設計施工指針（案）〔工種別マニュアル編〕（土木学会，2005年） 断面修復工マニュアル」（以下「表面保護工法 設計施工指針（案）」という。）

\*2：コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（土木学会，2002年）（以下「コンクリート標準示方書 2002」という。）



(単位 : mm )



図に記載の①～③は、表 1-1 の①～③に対応

図 1-2 一体性の確認事項

## 2. 重力擁壁の構造

### 2.1 構造概要

重力擁壁は、既設部分を新設部分で嵩上げした構造としている。

既設部分は、天端高さ EL 11.0m とする鉄筋コンクリート造の擁壁であり、新設部分は既設部分を巻き込み EL 15.0m まで嵩上げた鉄筋コンクリート造の擁壁である。

重力擁壁の配筋図を図 2.1-1 に示す。

断面図(C-C) (単位: mm)

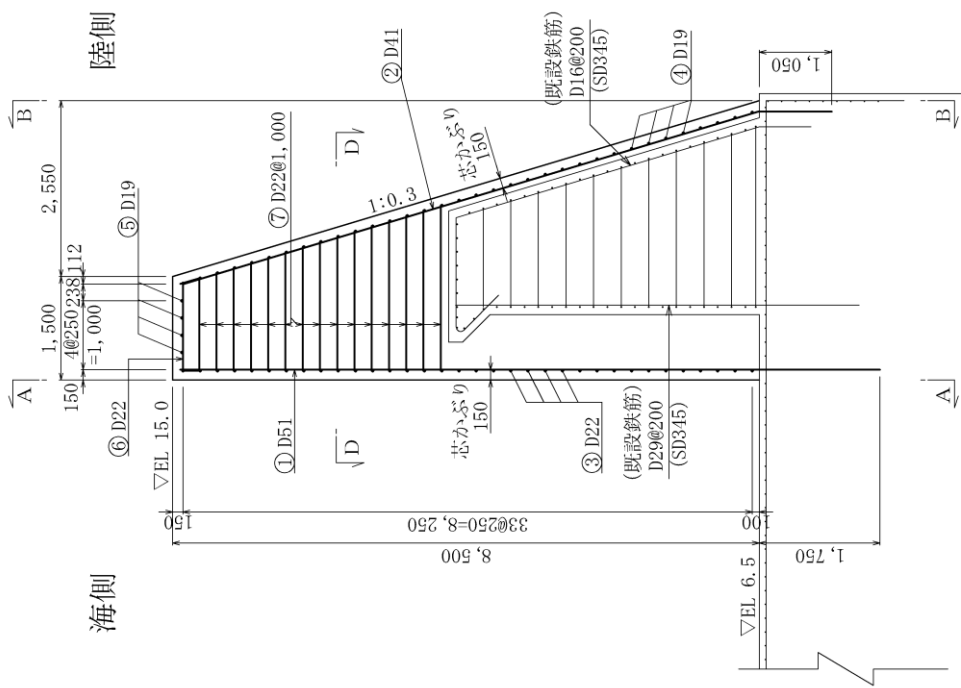
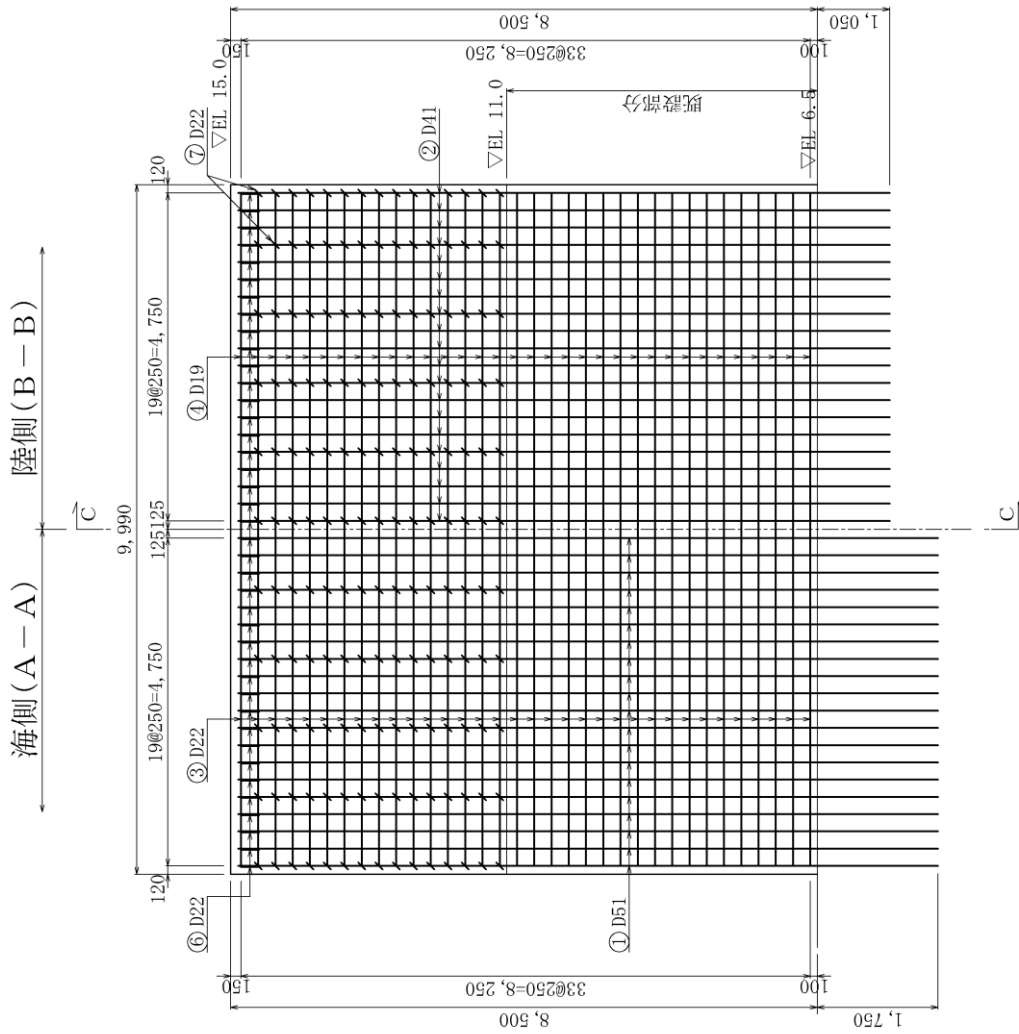
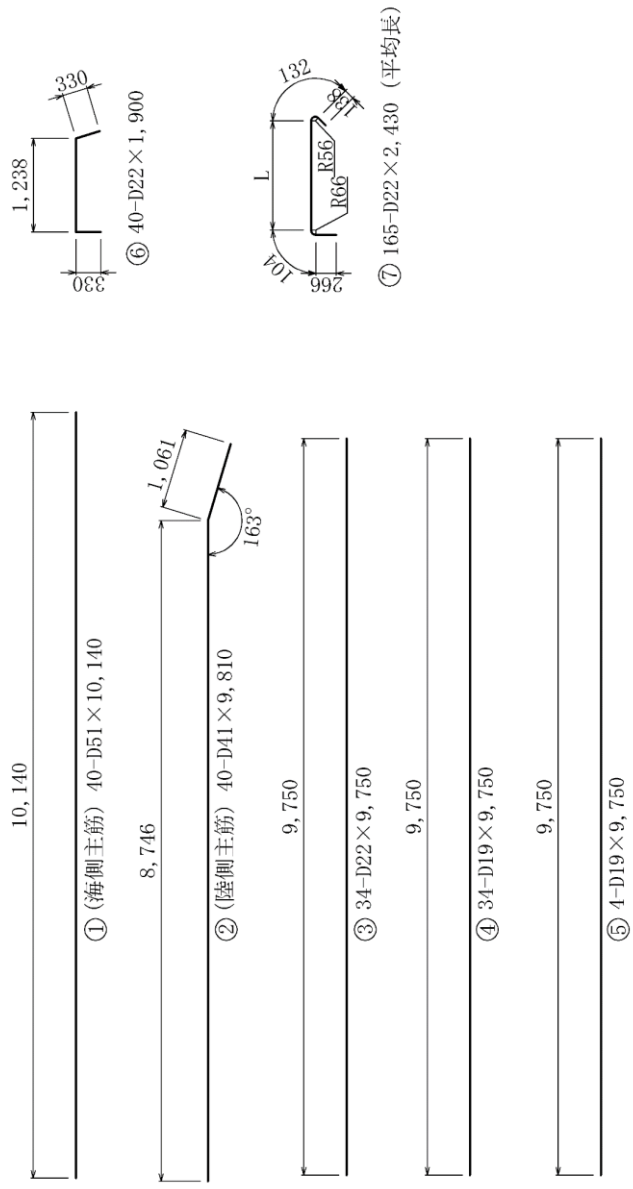
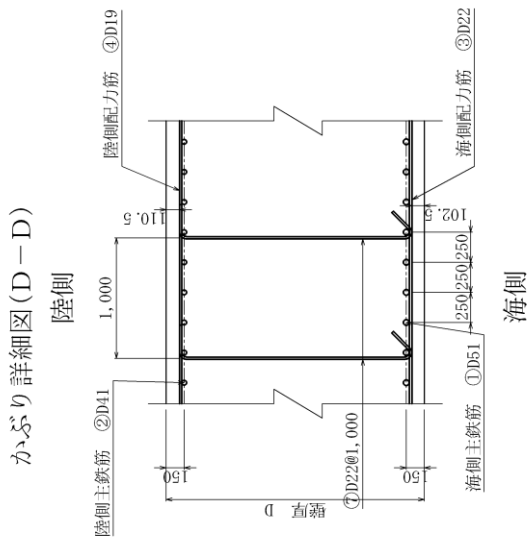


図 2.1-1 (1) 重力擁壁の配筋図



(単位 : mm)

図 2.1-1 (2) 重力擁壁の配筋図



## 2.2 施工方法

### 2.2.1 既設部分の施工手順

重力擁壁のうち既設部分の施工では、既設部分の主筋は基部コンクリート内に基本定着長以上を確保して設置し、配力筋及びせん断補強筋を組み立て、コンクリートを打設した。

重力擁壁の既設部分の施工状況を図 2.2-1 に示す。



1. 既設部分の主筋組立

2. 既設部分の鉄筋組立完了

図 2.2-1 重力擁壁の既設部分の施工状況

### 2.2.2 新設部分の施工手順

重力擁壁のうち新設部分の施工では、最初に既設部分のコンクリート表面の目荒らし処理をバキュームブラスト工法により行った。鉄筋組立においては、主筋を基部コンクリートに定着させるため、基部コンクリートを削孔し、基本定着長を確保した。

主筋は継手を設けず定着部から擁壁天端までを1本の鉄筋として建て込んだ。主筋は建て込み後、既設部分の擁壁天端に事前に設置した架台に固定した。

鉄筋定着部の孔内をセメントミルクにて充填した後に、配力筋及びせん断補強筋を組み立て、コンクリートを打設した。

新設部分の施工状況を図 2.2-2 に示す。



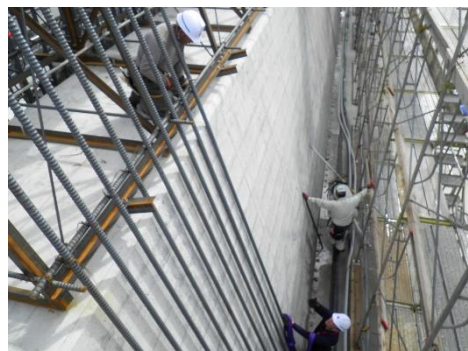
1. 既設部分の目荒らし



2. 鉄筋架台の設置



3. 新設部分の主筋建込み



4. 新設部分の主筋組立



5. 主筋定着部の固定

図 2.2-2 新設部分の施工状況

### 3. 既設部分と新設部分の一体性確保に関する配慮事項

重力擁壁の既設部分と新設部分の一体性を確保するために実施した、コンクリート表面の目荒らし処理による付着力の確認（1.①）、新設部分の主筋の定着長確保及び鉄筋引抜試験による引張耐力とへりあきの影響を確認（1.②）する。

#### 3.1 コンクリートの付着について

防波壁（波返重力擁壁）の施工におけるコンクリートの付着力は、既設部分と新設部分の付着を向上させるために既設部分のコンクリート表面の目荒らし処理を行った。コンクリート表面の目荒らし処理は、「表面保護工法 設計施工指針（案）」を参考に付着強度を  $1.5\text{N}/\text{mm}^2$  と定め、バキュームブラスト工法を採用した。

なお、一般産業施設において用いられる基準類である、「構造物施工管理要領（東日本高速道路株式会社，中日本高速道路株式会社，西日本高速道路株式会社，令和2年7月）」（以下「構造物施工管理要領」という。）及び「コンクリート構造物の補修対策施工マニュアル（案）（土木研究所，2016年）」（以下「コンクリート構造物の補修対策施工マニュアル（案）」という。）においても、断面修復するためのコンクリート打ち継ぎ面における付着強度は  $1.5\text{N}/\text{mm}^2$  と示されている。

参考文献の概要については表 3.1-1 に示す。

目荒らし処理後は、付着力を確認するために付着強度試験を行った。

付着強度試験は、目荒らし処理完了範囲の擁壁面3箇所に型枠を組立て、厚さ12mmのモルタルを打設して供試体を作成した。供試体作成後は、1供試体につき5か所の試験片を作成し、建研式引張試験器を用いて引っ張ることで付着強度を確認し、すべての試験において付着強度が  $1.5\text{N}/\text{mm}^2$  以上であることを確認した。

付着強度試験の施工フローを図 3.1-1 に、位置図を図 3.1-2 に、付着強度試験の鋼製治具貼付イメージ図を図 3.1-3 に、付着強度試験の試験概略図及び試験状況を図 3.1-4 に、試験結果を表 3.1-2 に示す。

表 3.1-1 コンクリートの付着強度に係る参考文献

参考文献	記載内容
表面保護工法 設計施工指針（案）	断面修復工における断面修復材の付着強度を土木学会が収集した施工実績より $1.0\text{N/mm}^2$ と規定されている。
構造物施工管理要領	既設コンクリートと新設材料とが良好な付着・一体化性状を得るために、既設コンクリート表面の脆弱層、レイタンス等を取り除く表面処理を行うこととされている。表面処理の性能照査は、 $1.5\text{N/mm}^2$ 以上の付着性能を満足することと規定されている。
コンクリート構造物の 補修対策施工マニュアル （案）	断面修復工における、既存コンクリートとの付着面に求める品質は、付着強度試験により平均値が $1.5\text{N/mm}^2$ 以上、最低値が $0.75\text{N/mm}^2$ 以上と規定されている。



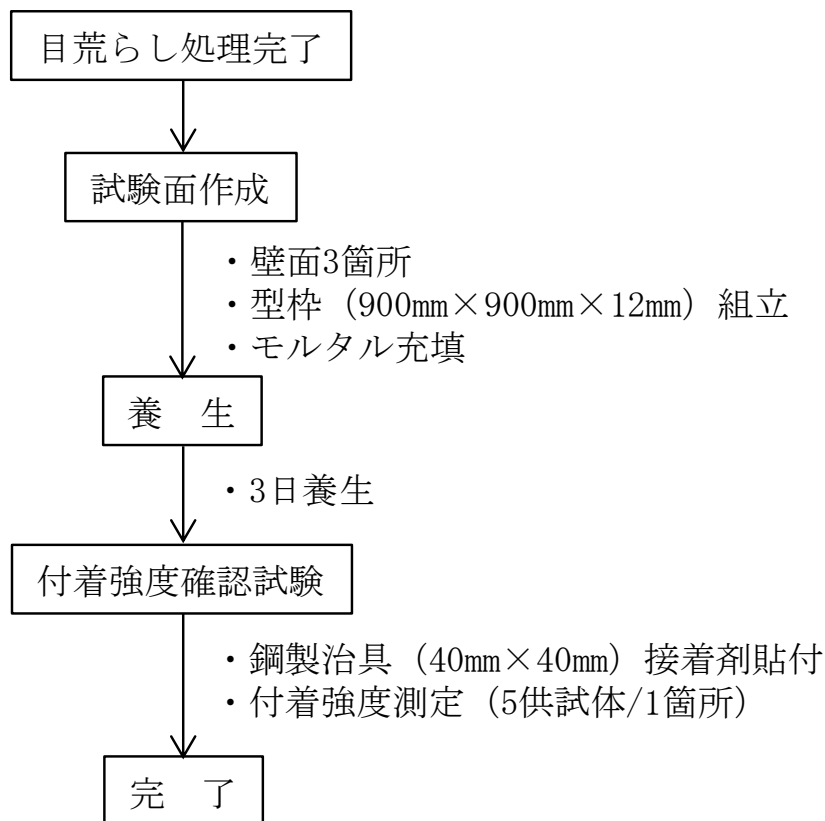


図 3.1-1 付着強度試験の施工フロー図

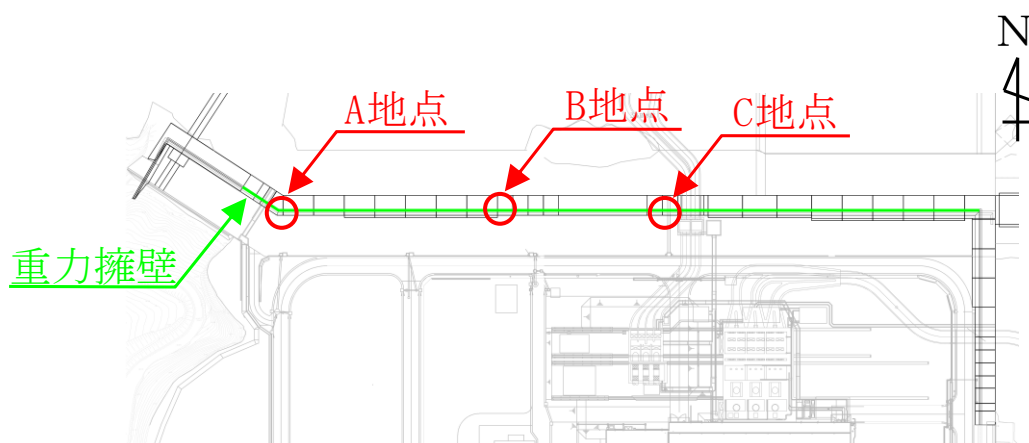


図 3.1-2 付着強度試験の位置図 (3箇所)

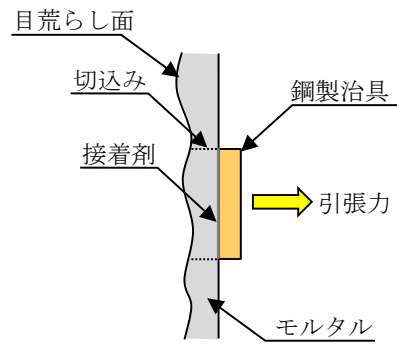
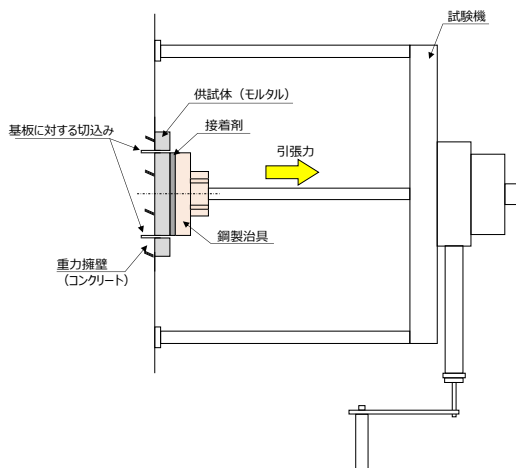


図 3.1-3 付着強度試験の鋼製治具貼付イメージ図



(a) 試験概略図



(b) 試験実施状況

図 3.1-4 付着強度試験の試験概略図及び試験実施状況

表 3.1-2 付着強度確認試験の試験結果

単位：N/mm<sup>2</sup>

供試体 NO	試験場所		
	A地点	B地点	C地点
1	1.71	1.78	1.76
2	1.61	1.66	1.72
3	1.72	1.88	1.66
4	1.74	1.63	1.84
5	1.60	1.99	1.58

### 3.2 新設部分の主筋の定着について

#### (1) 新設部分の主筋定着長の設定

防波壁（波返重力擁壁）の施工における新設部分の主筋の定着長は、「コンクリート標準示方書 2002」に準拠して鉄筋に必要な基本定着長以上を確保している。下式により算定した海側の主筋に必要な基本定着長  $l_d$  は 1,692mm, 陸側の主筋に必要な基本定着長  $l_d$  は 1,020mm となるため, 施工にあたっては海側の主筋については定着長 1,750mm を, 陸側の主筋については定着長 1,050mm を確保した。

$$l_d = \alpha \frac{f_{yd}}{4f_{bod}} \phi$$

ここに,

- $l_d$  : 基本定着長 (mm)
- $\phi$  : 主鉄筋の直径 (海側: 51mm, 陸側: 41mm)
- $f_{yd}$  : 鉄筋の設計引張降伏強度 (345N/mm<sup>2</sup>)
- $f_{bod}$  : コンクリートの設計付着強度 (2.08N/mm<sup>2</sup>)
- $\alpha$  : 係数 (海側: 0.8, 陸側: 0.6)

#### (2) 主筋の定着長検討における留意事項

新設部分（陸側）の主筋（D41）については、擁壁の陸側の勾配 1 : 0.3 で鉄筋を設置しているが定着部の鉄筋は基部コンクリートに鉛直に定着させることから、基部コンクリート上面高さ付近において折り曲げて設置している（図 3.2-1）。

このような折り曲げ部付近の定着長のとり方について、「コンクリート標準示方書 2002」においては、曲げ内半径は鉄筋径の 10 倍未満とする場合、図 3.2-2(b)のとおり、折り曲げてから鉄筋径の 10 倍以上まっすぐに延ばした場合に限り、直線部を定着長とすることができるとの規定が定められている（図 3.2-2）。

新設部分の陸側の主筋（D41）を本規定に照らすと、折り曲げ部の曲げ内半径を鉄筋径の 10 倍未満としているため、定着長は鉄筋径の 10 倍以上（410mm 以上）が必要となるが、折り曲げ後の直線部分の定着長は 1,050 mm である。

上記より、新設部分の陸側の主筋において、直線部を定着長とすることができ、図 3.2-2 に示す定着長 1,050mm は必要定着長を確保している。

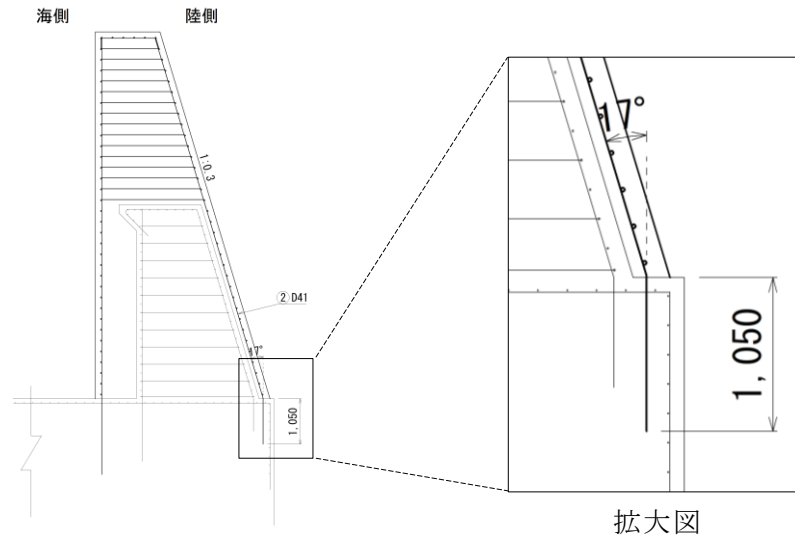


図 3.2-1 重力擁壁陸側配筋図

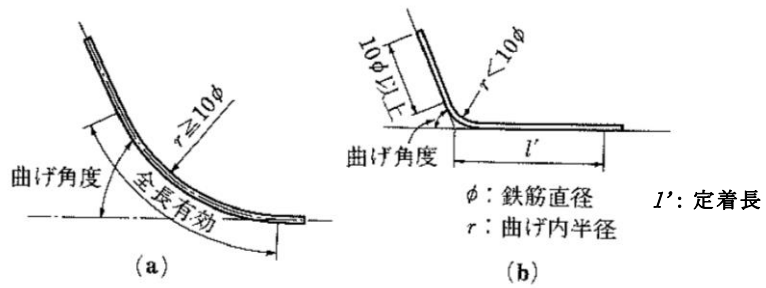


図 3.2-2 定着部が曲がった鉄筋の定着長のとり方  
 (「コンクリート標準示方書 2002」より抜粋，一部加筆)

### 3.3 鉄筋引抜試験について

#### 3.3.1 検討方針

新設部分の主筋の定着部分は、「コンクリート標準示方書 2002」に準拠して必要な定着長を確保し、許容応力により設計している。

実構造物の陸側主筋の定着部は隅角部に近接しており、主筋と隅角部の距離が主筋の破壊形態や引張耐力に及ぼす影響を確認するため、実構造物スケールの鉄筋定着及びへりあき条件を考慮した実構造物スケールの実験体を作成し、鉄筋の引抜試験を行った。

本資料では、実構造物スケールの実験体で行った鉄筋の引抜試験の結果から、主筋の破壊形態及び引張耐力を確認し、へりあき条件が鉄筋の破壊形態及び引張耐力に与える影響について検証を行う。

#### 3.3.2 想定される破壊形態

重力擁壁の基部コンクリートに定着した鉄筋の引抜き時に想定される破壊形態は、鉄筋の降伏又は破断、コンクリートのコーン状破壊、鉄筋とセメントミルク界面の付着破壊及びコンクリートとセメントミルク界面の付着破壊の 4 種類の形態が想定される。

定着した鉄筋の引抜け時に想定される破壊形態を図 3.3-1 に示す。

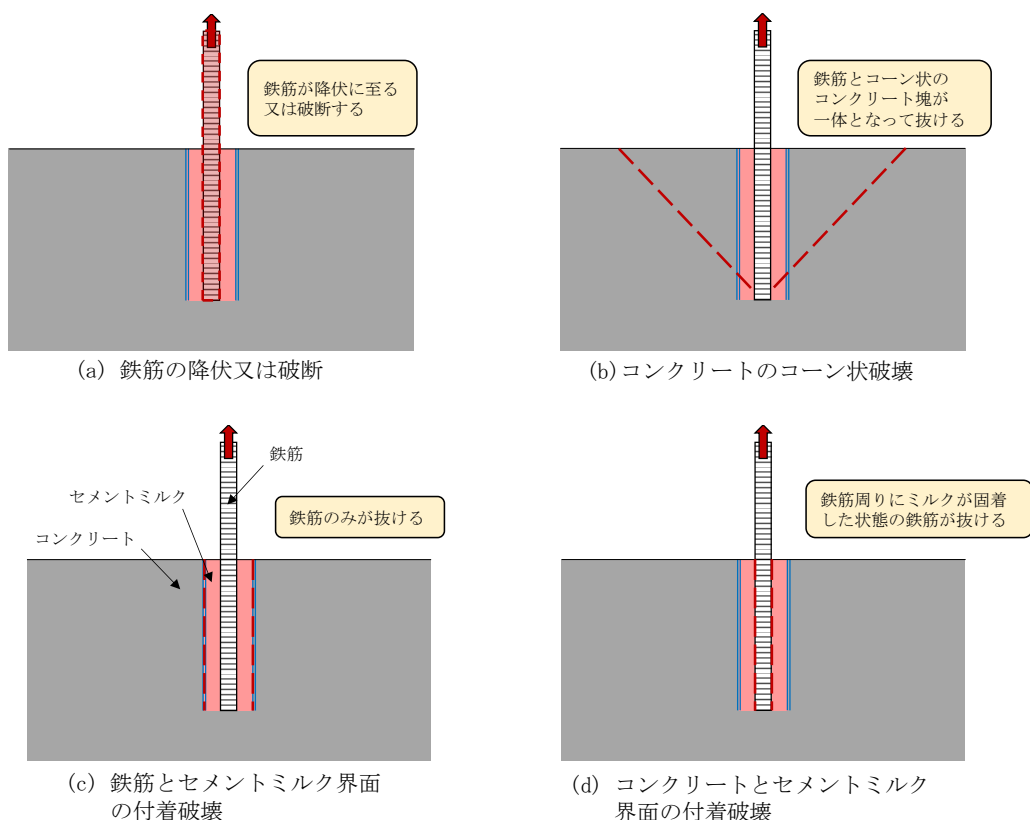


図 3.3-1 鉄筋の引抜き時に想定される破壊形態

### 3.3.3 模型実験

#### (1) 実験概要

重力擁壁の新設部分の基部コンクリートへの主筋定着部は、主筋の中心から基部コンクリート側面までの距離（以下「へりあき」という。）が十分に確保されている海側主筋（D51）と、へりあきが最小で200mmの陸側主筋（D41）の2パターンに区別できる。そこで、新設部分の主筋の基部コンクリートへの定着部分を模擬した実験体を2体作成し、主筋の定着部の破壊形態及び引張耐力を確認する実験を行った。

重力擁壁の実験体における模擬範囲を図3.3-2に示す。模型実験は主筋の定着部の破壊形態及び引張耐力を確認する目的で行うため、実験体は重力擁壁の基部コンクリートと、基部コンクリートに定着された鉄筋のみを模擬した。実験体の作成にあたっては、実構造物の施工手順を踏まえ、コンクリートを打設後に削孔して鉄筋を建て込み、セメントミルクを注入して固定した。

鉄筋引抜試験は、鉄筋に作用する荷重及び変位等を計測し、いずれかの破壊が生じたと判断されるまで載荷した。

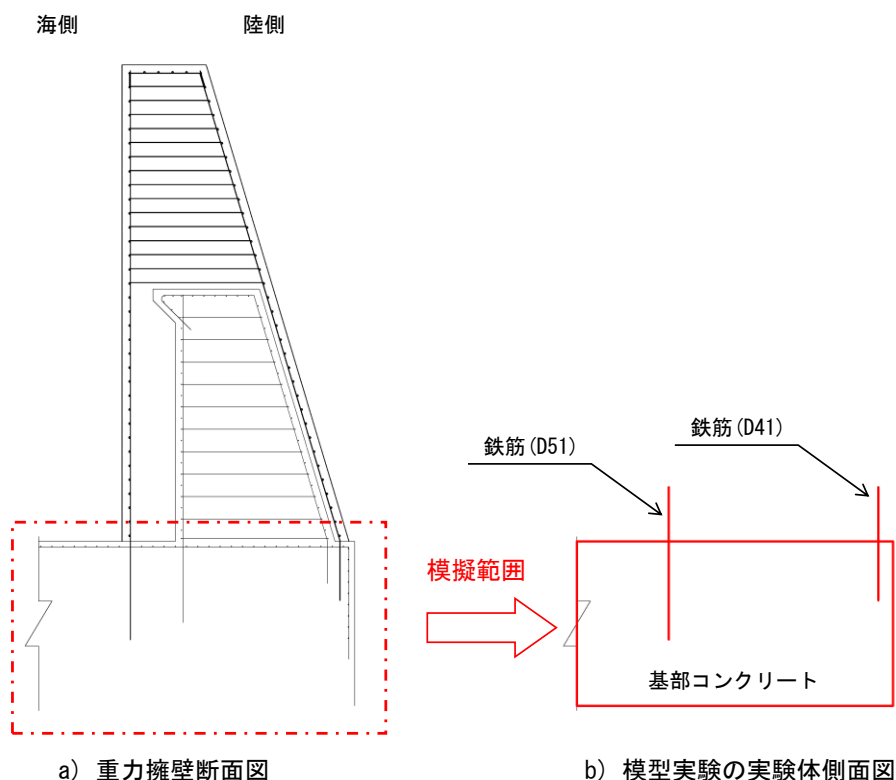


図 3.3-2 重力擁壁の実験体における模擬範囲

(2) 実験ケース

実造物のへりあきを考慮して実験体①及び実験体②を作成し、実施した実験ケースを表 3.3-1 に、作成した実験体の構造図を図 3.3-3 に、配筋図を図 3.3-4 に、作成した実験体の全景を図 3.3-5 に示す。

実験ケースは、実験体①において、新設部分の海側の主筋の施工状況を模擬し、鉄筋の定着長に対して十分なへりあきを確保したケースを海側検討ケースとする。併せて、実験体①において、新設部分の陸側の主筋の施工状況を模擬するが、鉄筋の定着長に対して十分なへりあきが確保できている場合を仮定したケースを陸側検討ケース 1 とする。

実験体②においては、新設部分の陸側の主筋の施工状況を模擬し、既設部分のコンクリートのへりあきを設定したケースを陸側検討ケース 2 とする。

すべての実験ケースにおいて、鉄筋引抜試験をそれぞれ 3 回実施した。

表 3.3-1 実験ケース

実験体番号	ケース名	鉄筋径	鉄筋番号	へりあきの考慮
①	海側検討ケース	D51	No. 1	十分なへりあきを確保
			No. 2	
			No. 3	
	陸側検討ケース 1	D41	No. 1	
			No. 2	
			No. 3	
②	陸側検討ケース 2	D41	No. 1	実造物を再現するへりあきを設定
			No. 2	
			No. 3	

(単位 : mm)

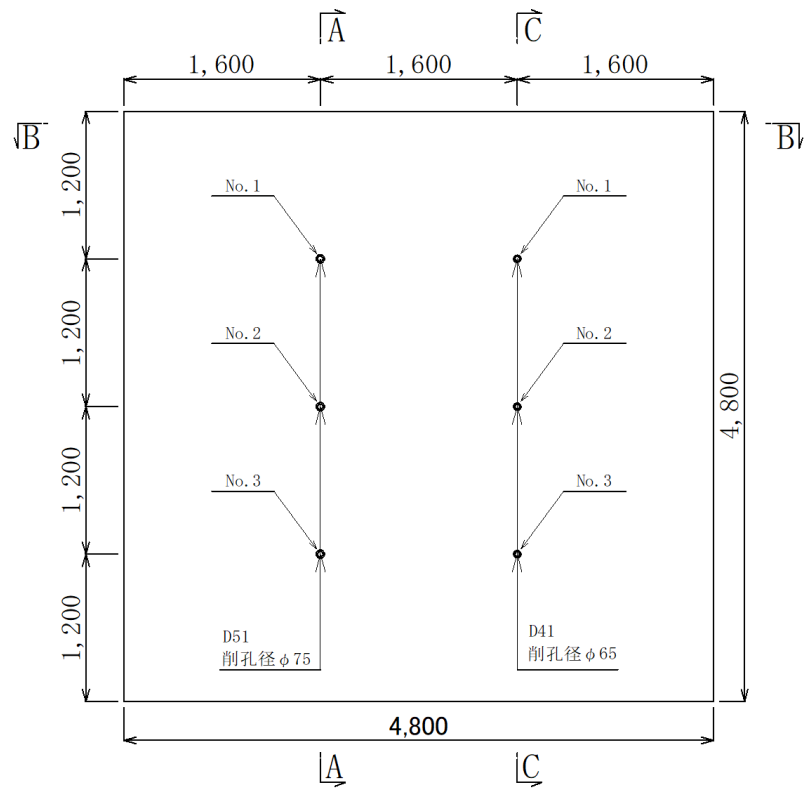


図 3.3-3(1) 実験体①の構造図 (平面図)

(単位 : mm)

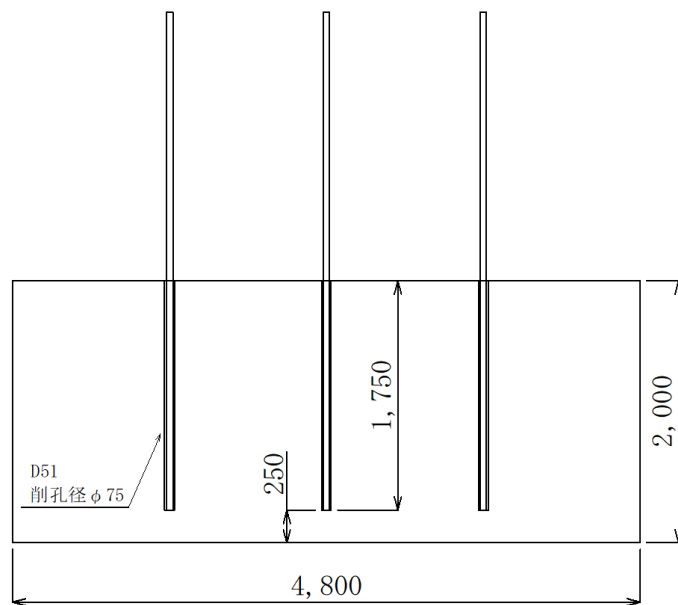


図 3.3-3(2) 実験体①の構造図 (A-A断面)



(単位：mm)

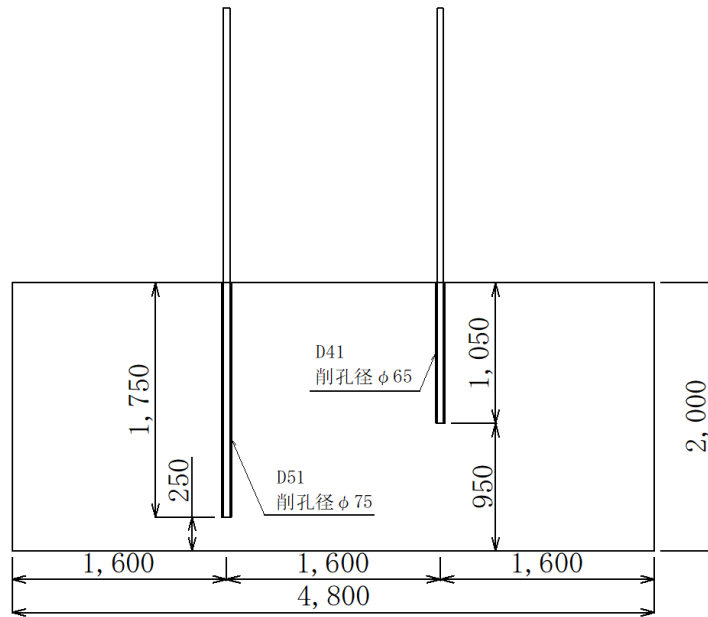


図 3.3-3(3) 実験体①の構造図 (B-B 断面)

(単位：mm)

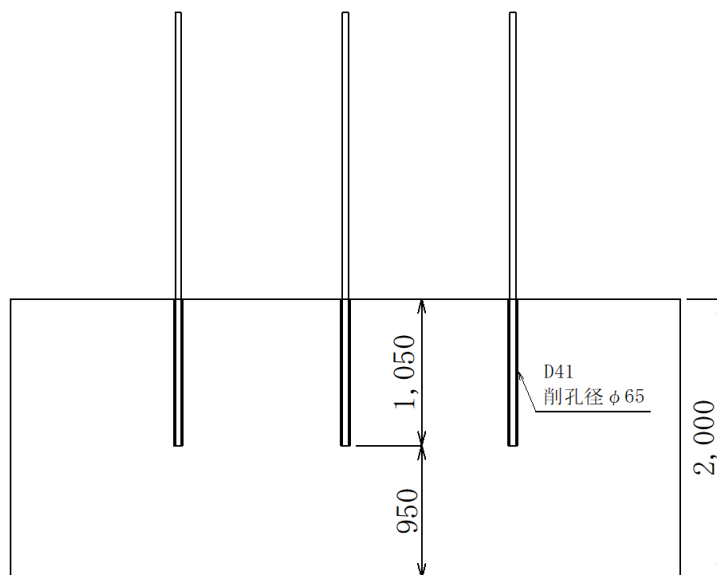


図 3.3-3(4) 実験体①の構造図 (C-C 断面)

(単位 : mm)

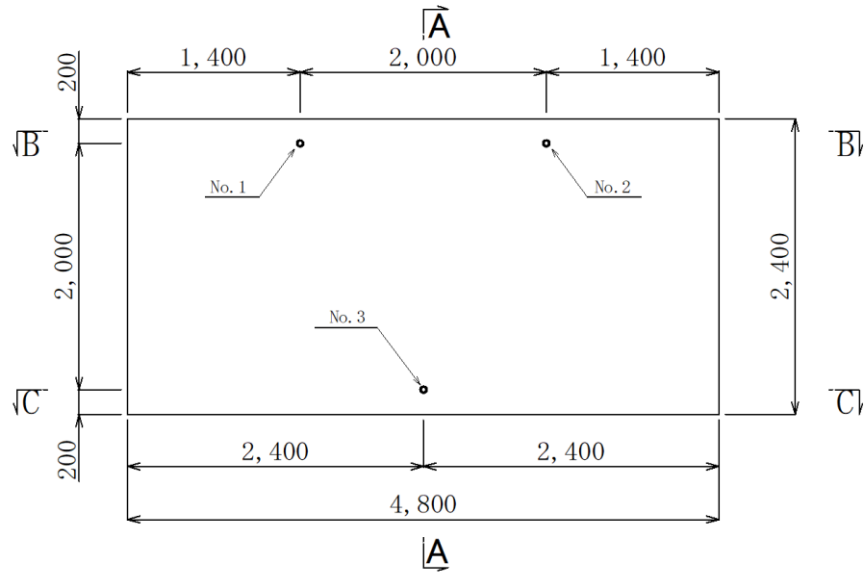


図 3.3-3(5) 実験体②の構造図 (平面図)

(単位 : mm)

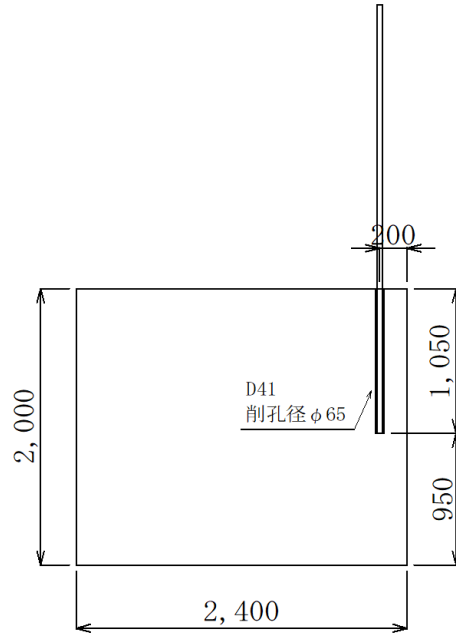


図 3.3-3(6) 実験体②の構造図 (A-A断面)

(単位：mm)

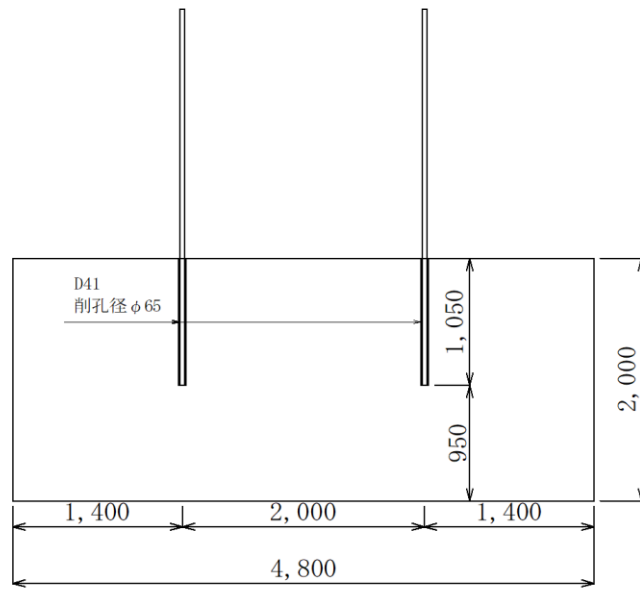


図 3.3-3(7) 実験体②の構造図 (B-B断面)

(単位：mm)

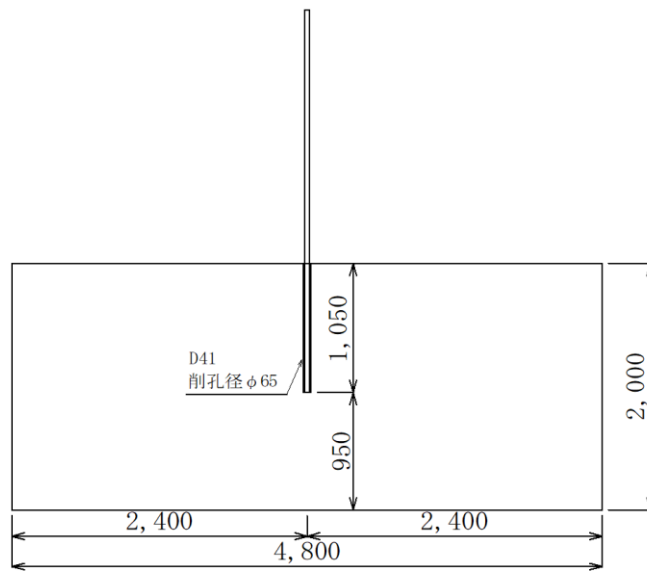


図 3.3-3(8) 実験体②の構造図 (C-C断面)

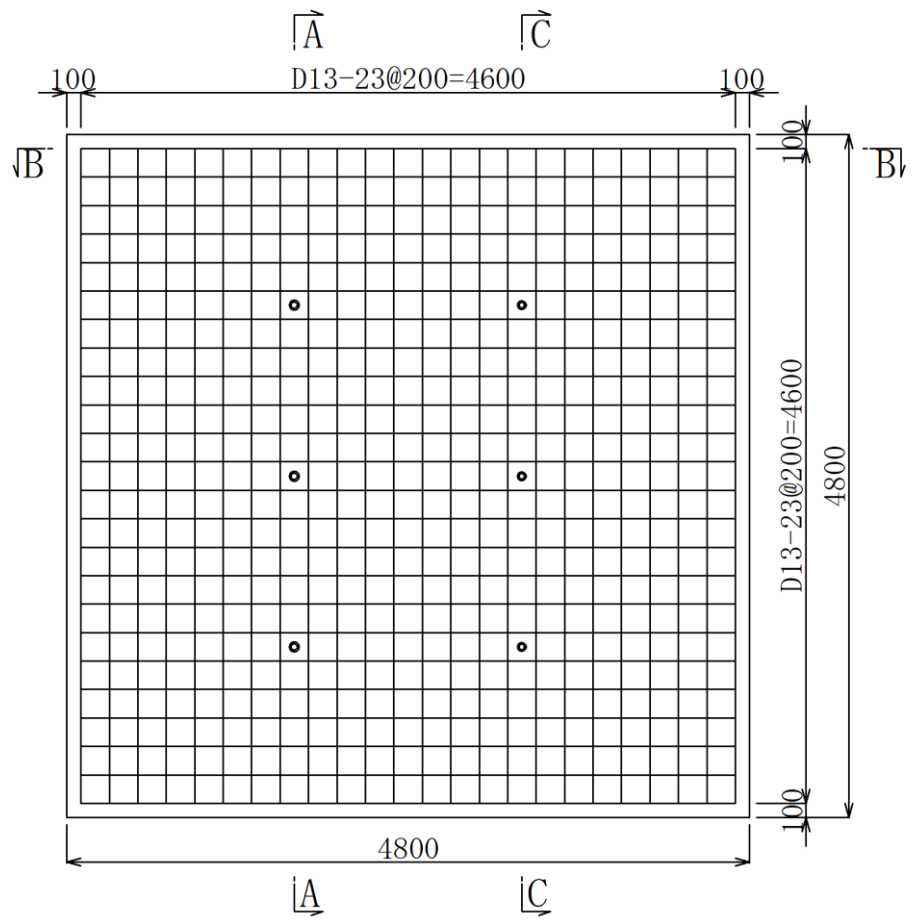


図 3.3-4(1) 実験体①の配筋図 (平面図)

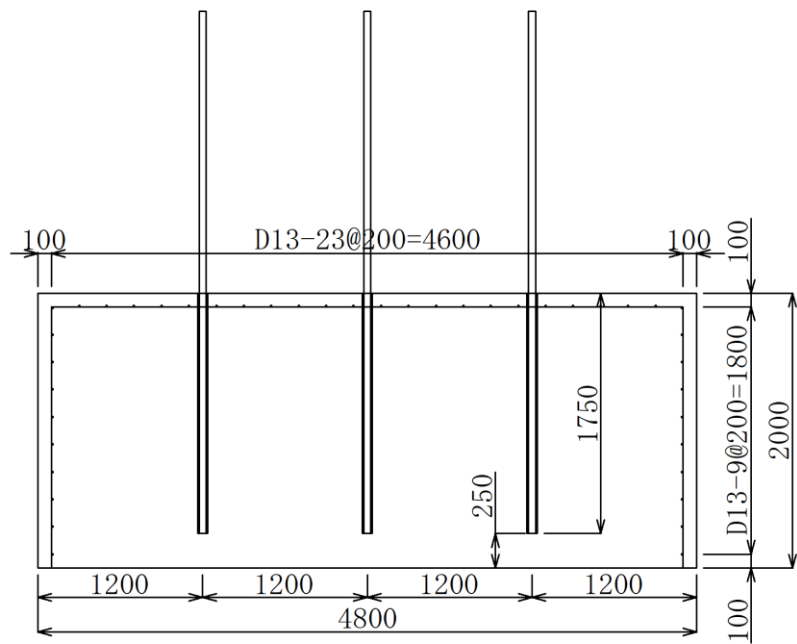


図 3.3-4(2) 実験体①の配筋図 (A-A 断面図)

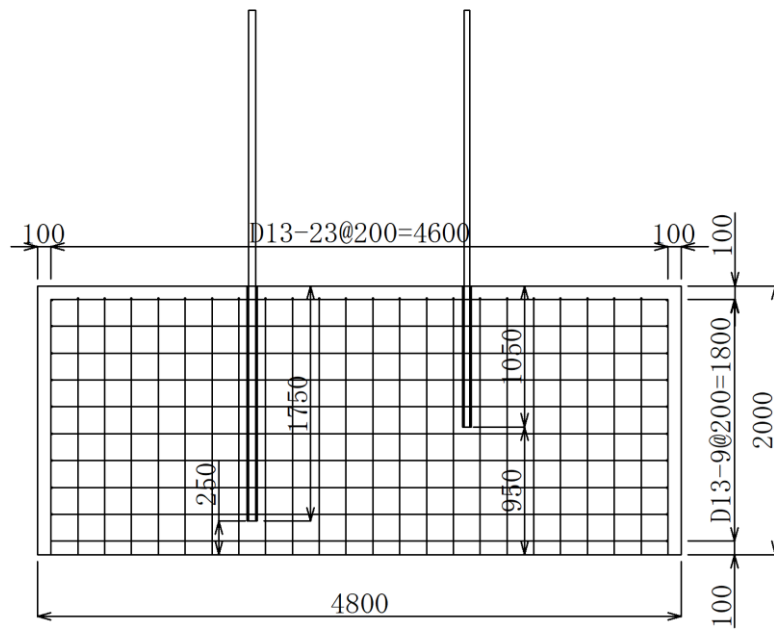


図 3.3-4(3) 実験体①の配筋図 (B-B 断面図)

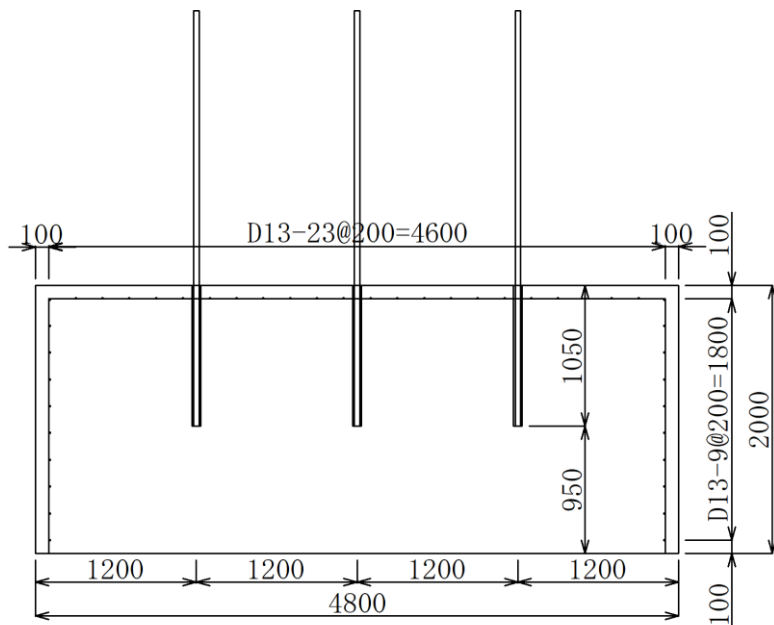


図 3.3-4(4) 実験体①の配筋図 (C-C 断面図)

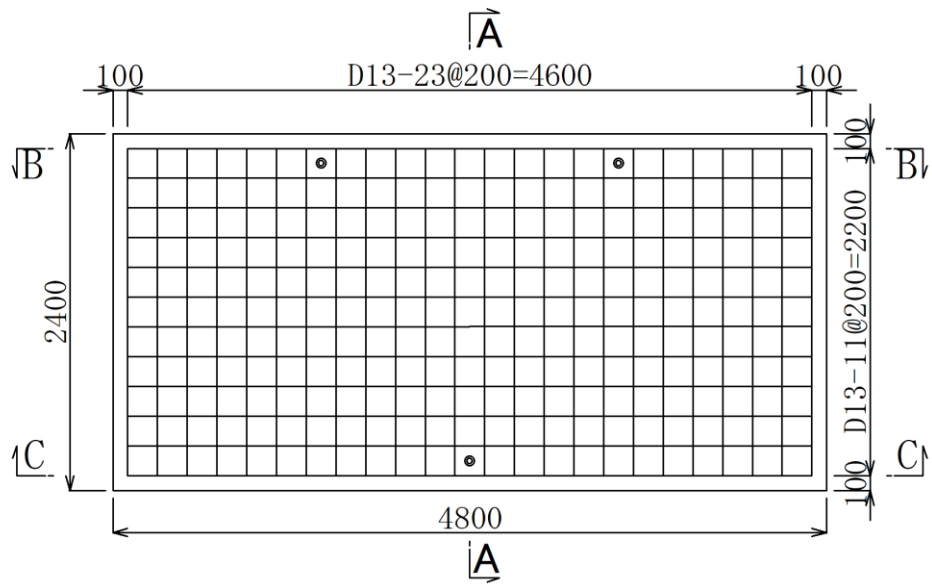


図 3.3-4(5) 実験体②の配筋図 (平面図)

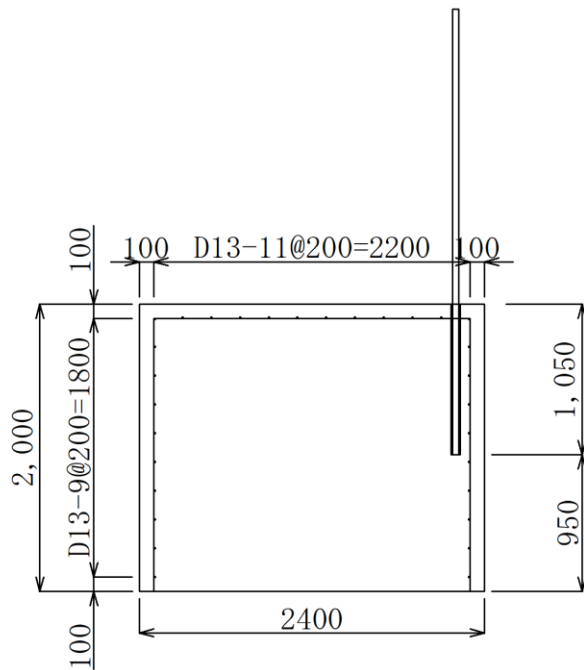


図 3.3-4(6) 実験体②の配筋図 (A-A断面図)

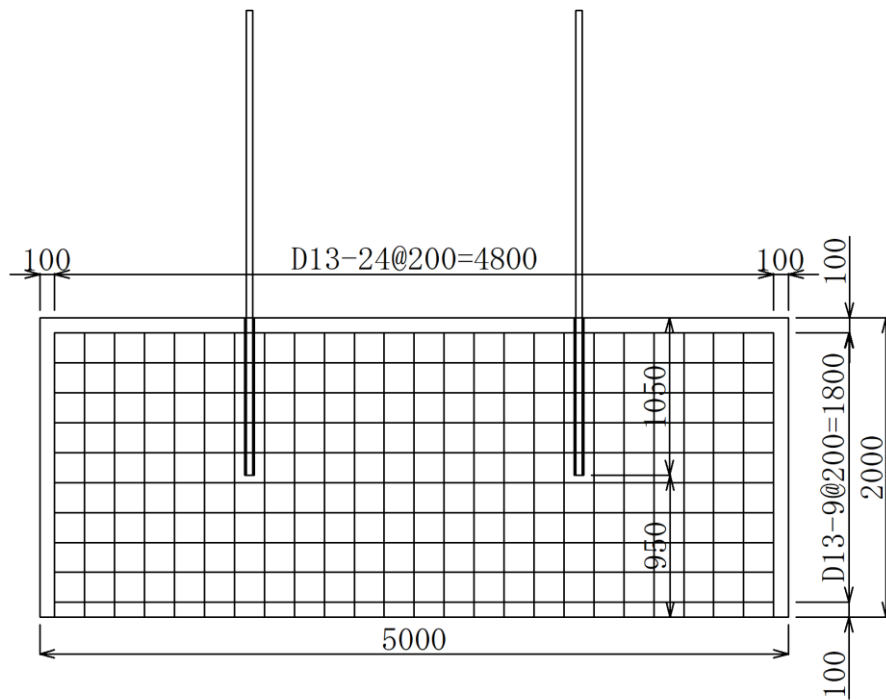


図 3.3-4(7) 実験体②の配筋図 (B-B 断面図)

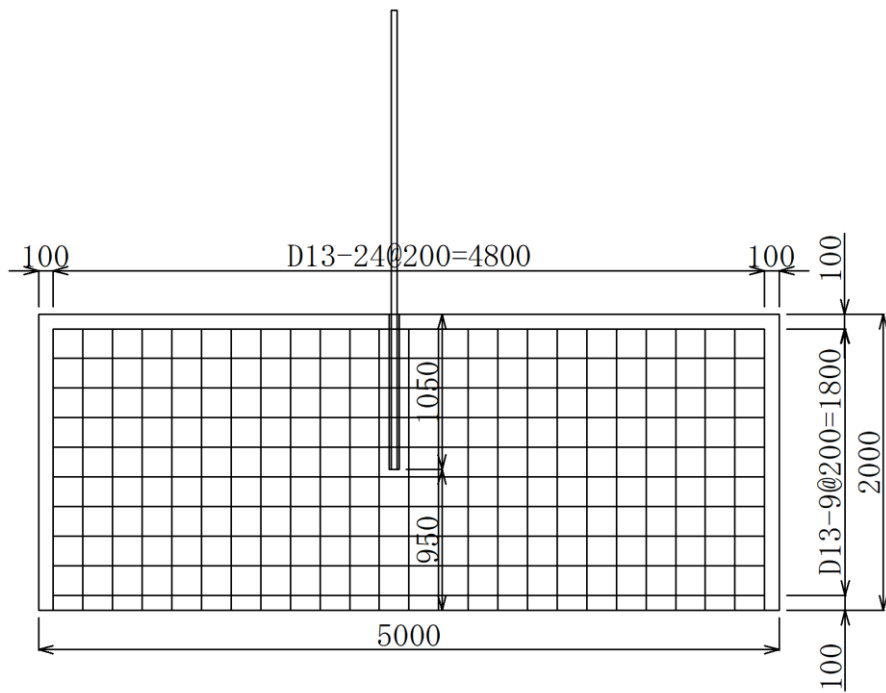


図 3.3-4(8) 実験体②の配筋図 (C-C 断面図)



図 3.3-5 実験体の全景（右：実験体①，左：実験体②）



(3) 実験体の作成

a. 使用材料

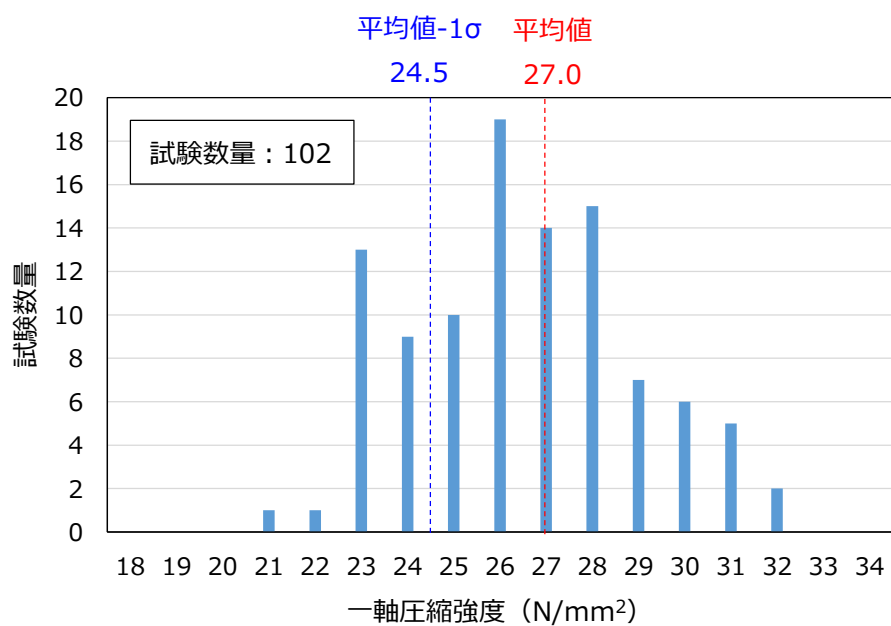
新設部分の主筋の定着部を模擬した引抜試験を行うため、実験体のコンクリート及び鉄筋は実構造物と同等の物を使用した。実構造物の重力擁壁（基部コンクリート）の設計基準強度は  $18\text{N/mm}^2$  であるが、一軸圧縮強度の平均値が  $27.0\text{N/mm}^2$ 、平均値  $-1\sigma$  が  $24.5\text{N/mm}^2$  であることを踏まえ、実構造物における主筋の破壊形態や引張耐力に及ぼす影響を確認するため、実験体のコンクリート強度は実構造物と同程度である  $24\text{N/mm}^2$  とした。

また、セメントミルクについては実構造物と同配合とし、本試験において実施した圧縮強度試験の平均値は  $55\text{N/mm}^2$  であった。

実験体の使用材料を表 3.3-2 に、実構造物及び実験体における一軸圧縮強度を図 3.3-6 に示す。図 3.3-6 より、実構造物及び実験体における一軸圧縮強度は同程度であることを確認した。

表 3.3-2 実構造物及び実験体の使用材料

使用材料	仕様	
	実構造物 重力擁壁（基部コンクリート）	実験体
コンクリート	設計基準強度 $18\text{N/mm}^2$	設計基準強度 $24\text{N/mm}^2$
	平均値 $27.0\text{N/mm}^2$	実験体① $24.5\text{N/mm}^2$
	平均値 $-1\sigma$ $24.5\text{N/mm}^2$	実験体② $26.3\text{N/mm}^2$
鉄筋（海側）	SD345, D51	SD345, D51
鉄筋（陸側）	SD345, D41	SD345, D41



(実構造物 重力擁壁 (基部コンクリート))

一軸圧縮強度	
目標強度	24.0N/mm <sup>2</sup>
実験体①	24.5N/mm <sup>2</sup>
実験体②	26.3N/mm <sup>2</sup>

(実験体)

図 3.3-6 実構造物と実験体における一軸圧縮強度の比較

b. 鉄筋定着部の削孔径及び削孔深さ

実構造物における鉄筋定着部の削孔径及び削孔深さは、海側の削孔径をφ75mm、削孔深さを1,750mm、陸側の削孔径をφ65mm、削孔深さ1,050mmで施工しているため、実験体における鉄筋定着部の削孔径及び削孔深さも同仕様とした。

実構造物と実験体の鉄筋定着部の削孔径及び削孔深さを表3.3-3に示す。

表 3.3-3 実構造物及び実験体の鉄筋定着部の削孔径及び削孔深さ

対象	設置箇所	鉄筋	削孔径	削孔深さ
実構造物	海側	D51	75mm	1,750mm
	陸側	D41	65mm	1,050mm
実験体	海側	D51	75mm	1,750mm
	陸側	D41	65mm	1,050mm

c. へりあきの設定

陸側の主筋の定着部については、重力擁壁の基部コンクリートのへりあきが小さいことから、実構造のへりあきを陸側検討ケース 2 において設定した。なお、陸側検討ケース 1 の D41 鉄筋は、へりあきが定着部のコンクリートの損傷に影響しないよう、へりあき面からの距離を十分に確保し、陸側検討ケース 2 に鉄筋の定着部のコンクリートの損傷が生じた場合に、引張耐力に対するへりあきの影響を検証するために設定した。

実験体①及び実験体②のへりあきも設定を図 3.3-7 に示す。

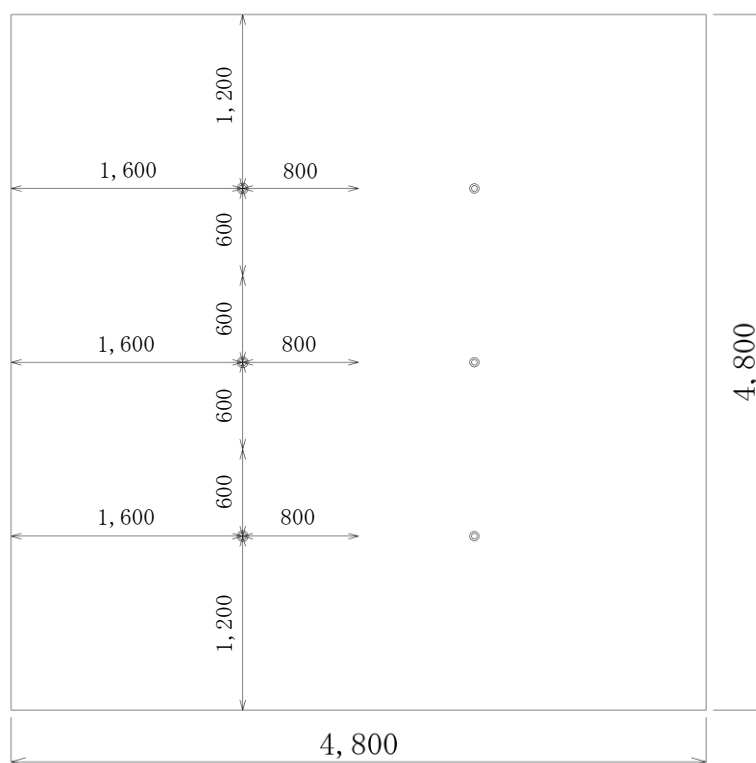


図 3.3-7(1) 実験体①（海側検討ケース）のへりあきの設定  
（鉄筋の平面配置図）

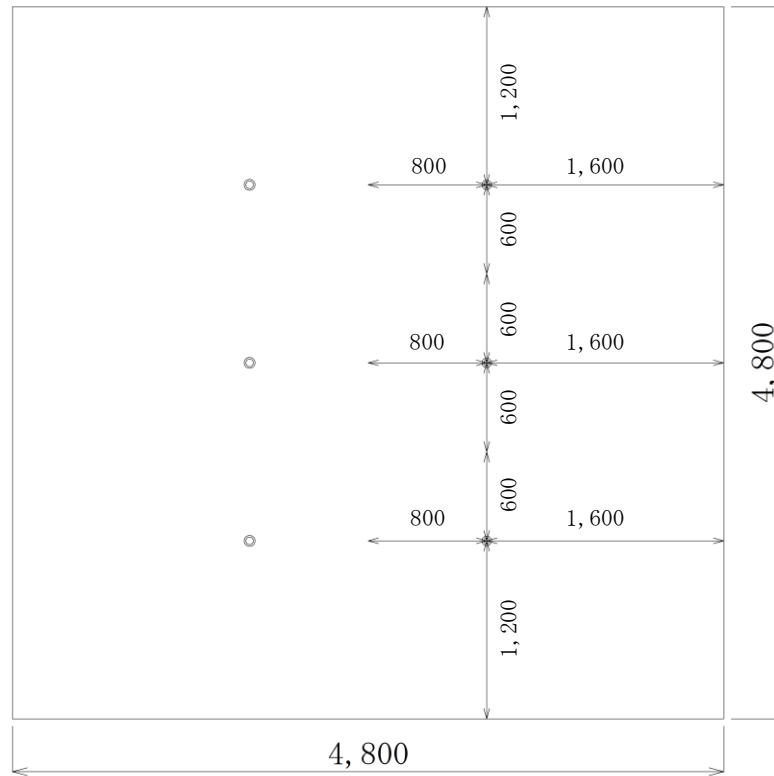


図 3.3-7(2) 実験体①（陸側検討ケース 1）のへりあきの設定  
（鉄筋の平面配置図）

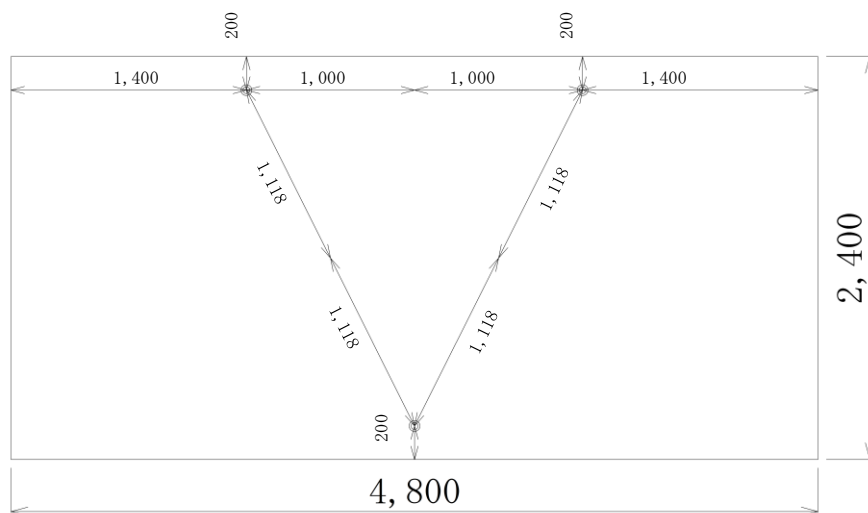


図 3.3-7(3) 実験体②（陸側検討ケース 2）のへりあきの設定  
（鉄筋の平面配置図）

(4) 計測

模型実験においては、鉄筋の引張荷重、鉄筋のひずみ及び油圧ジャッキの変位量を計測した。

ひずみゲージは、鉄筋定着後、実験体天端より 50mm 程度上方に設置した。

模型実験における載荷装置及び計測位置概要図を図 3.3-8 に、荷重載荷装置を図 3.3-9 に、計測機器設置状況を図 3.3-10 に、ひずみゲージの貼付位置を図 3.3-11 に示す。

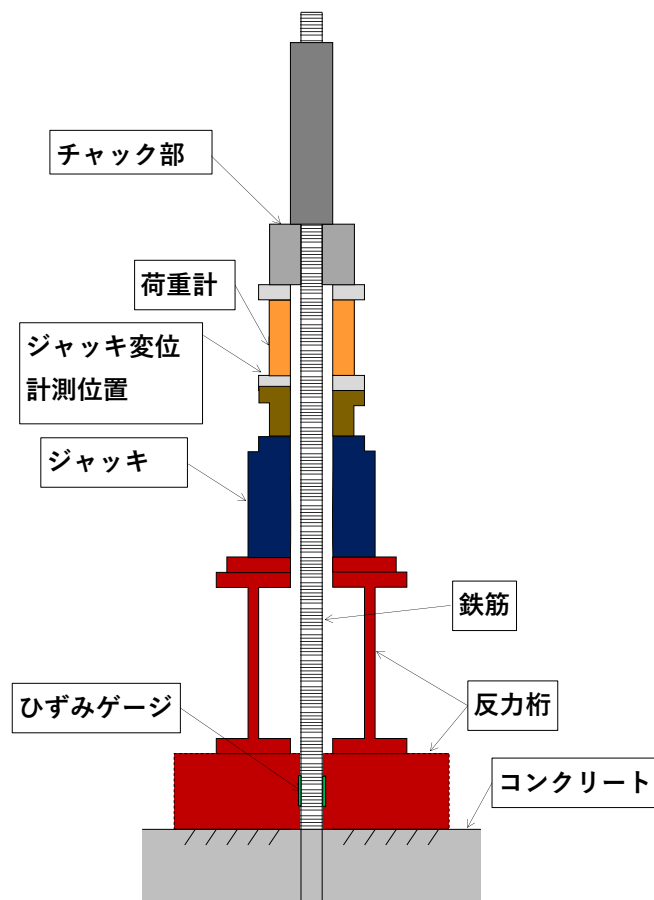


図 3.3-8 模型実験における載荷装置及び計測位置概要図



図 3.3-9 模型実験における荷重載荷装置



図 3.3-10 模型実験における計測機器設置状況



図 3.3-11 模型実験におけるひずみゲージ貼付け位置

(5) 模型実験結果

a. 海側検討ケースにおける実験結果

海側検討ケースにおける模型実験結果を図 3.3-12 に、模型実験後の鉄筋周辺のコンクリート表面の写真を図 3.3-13 に示す。

引張荷重と鉄筋のひずみの関係及び模型実験後のコンクリートの表面状況から、鉄筋は弾性挙動を示していることを確認した。また、鉄筋の降伏荷重に至るまでに大きな荷重の低下は見られず、コンクリートの表面は浮きはあるが、コンクリート内部に続くクラックは確認されないことから、コンクリートのコーン状破壊、鉄筋とセメントミルク界面の付着破壊及びコンクリートとセメントミルク界面の付着破壊は生じていない。

以上より、鉄筋定着部の破壊形態は、鉄筋の降伏と判断できる。

なお、図 3.3-8 に示すとおり、ジャッキ変位はジャッキ上部で計測しているため、チャック部から実験体コンクリート間の鉄筋の伸びを計測しているが、鉄筋ひずみは実験体のコンクリート上面の約 10cm 程度上部においてひずみゲージを用いて計測しているため、降伏後の挙動に見かけ上の差が生じたものと考えられる。



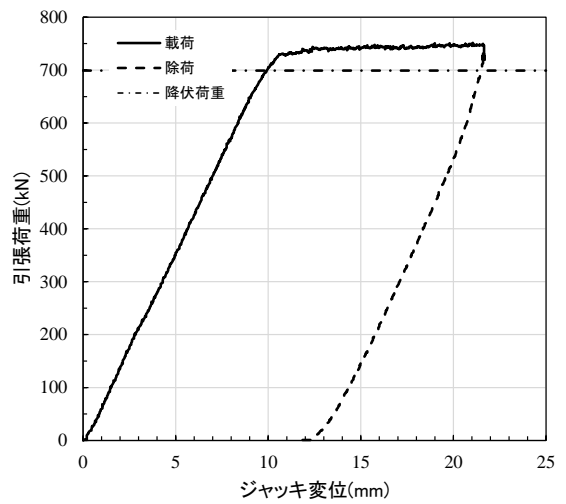
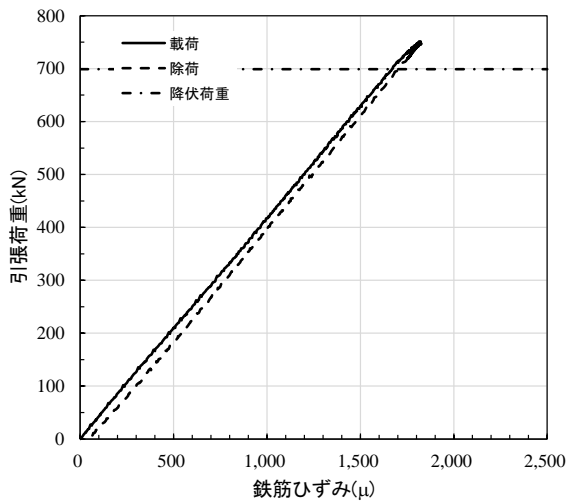


図 3.3-12 (1) 模型実験結果 (海側検討ケース, No. 1)

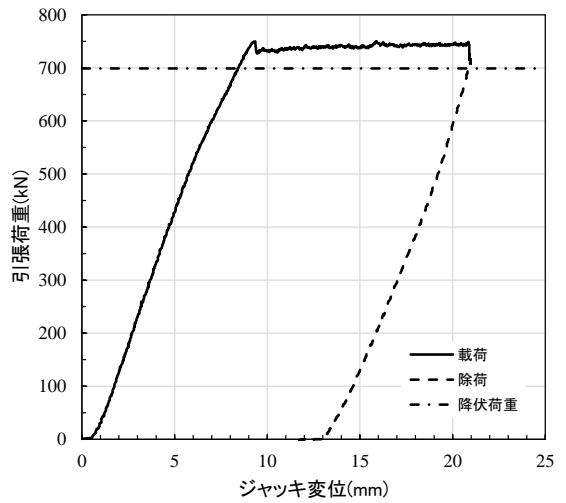
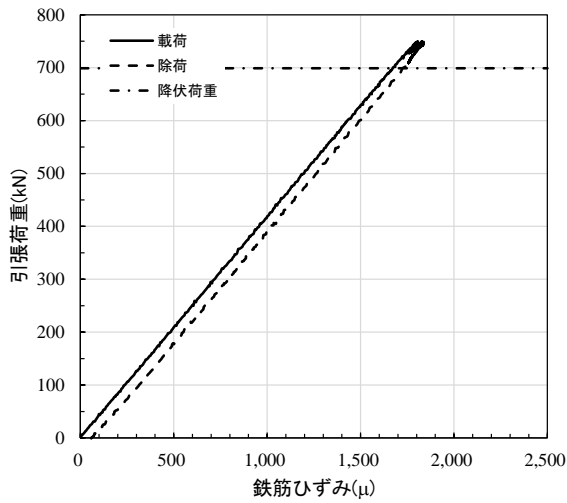


図 3.3-12 (2) 模型実験結果 (海側検討ケース, No. 2)

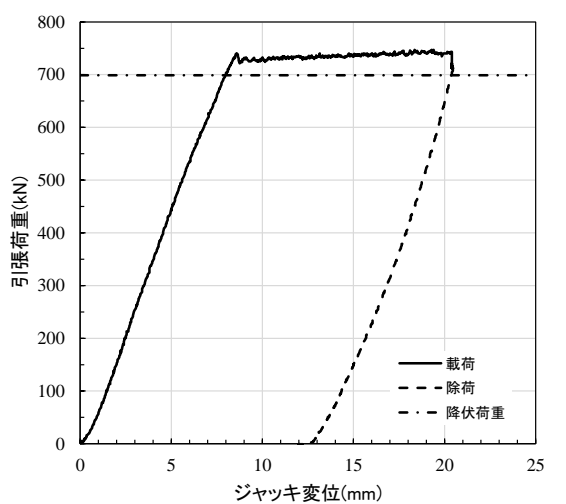
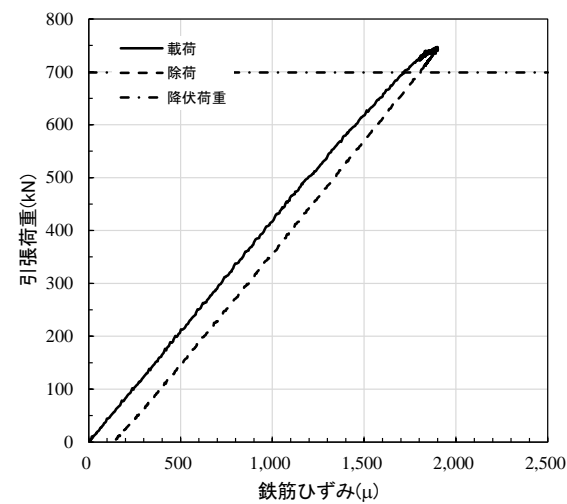
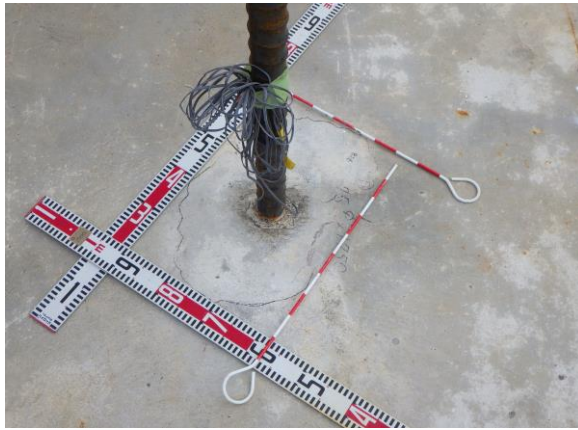


図 3.3-12 (3) 模型実験結果 (海側検討ケース, No. 3)



(a) 「浮き」 除去前



(b) 「浮き」 除去後

図 3.3-13 模型実験後の鉄筋周辺のコンクリート表面の写真（海側検討ケース，No.1）

b. 陸側検討ケース 1 における実験結果

陸側検討ケース 1 における模型実験結果を図 3.3-14 に、模型実験後の鉄筋周辺のコンクリート表面の写真を図 3.3-15 に示す。

引張荷重と鉄筋のひずみの関係及び模型実験後のコンクリートの表面状況から、鉄筋は弾性挙動を示していることを確認した。鉄筋の降伏荷重に至るまでに大きな荷重の低下は見られず、コンクリートの表面は浮きはあるが、コンクリート内部に続くクラックは確認されないことから、コンクリートのコーン状破壊、鉄筋とセメントミルク界面の付着破壊及びコンクリートとセメントミルク界面の付着破壊は生じていない。

以上より、鉄筋定着部の破壊形態は、鉄筋の降伏と判断できる。

なお、ジャッキ変位と鉄筋ひずみの関係については、海側検討ケースと同様の理由により見かけ上の差が生じている。

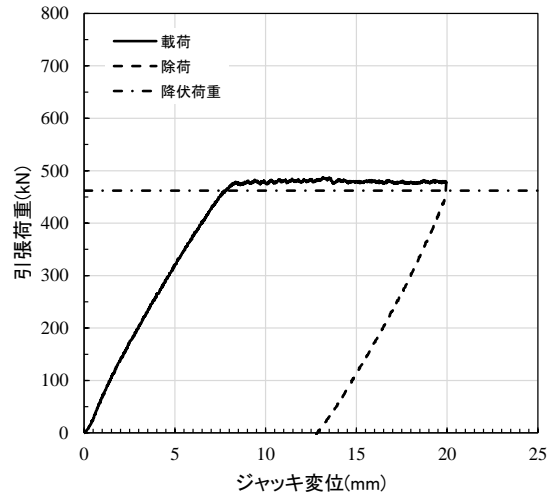
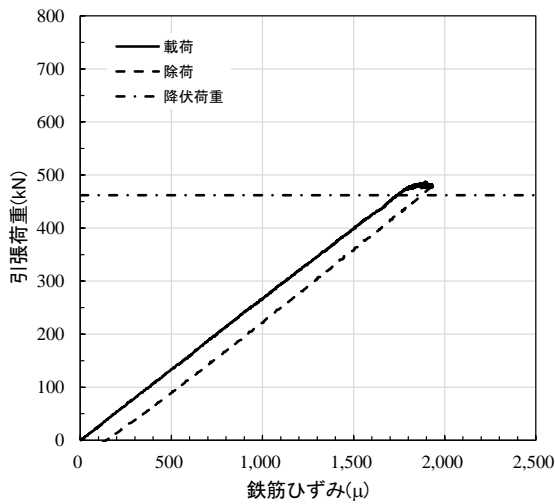


図 3.3-14 (1) 模型実験結果 (陸側検討ケース 1, No. 1)

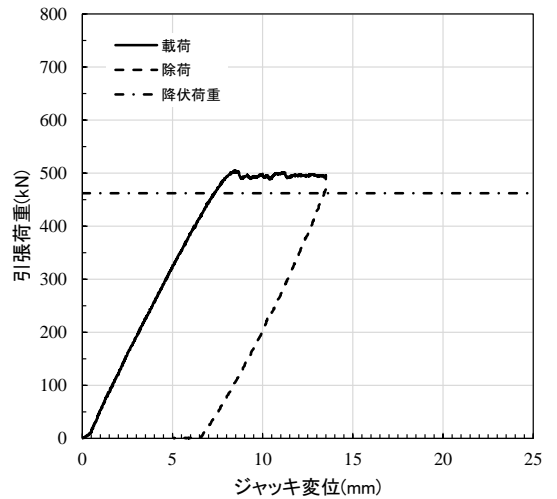
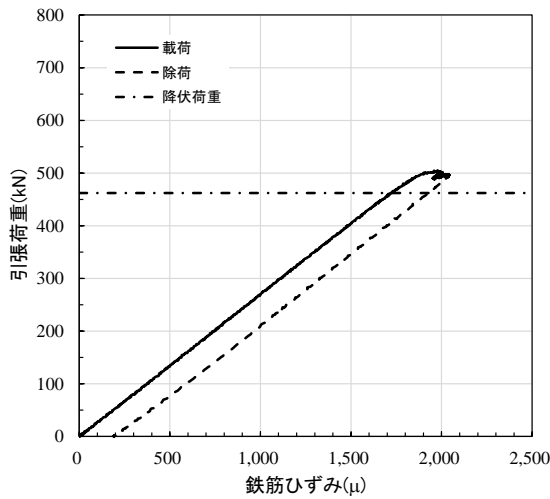


図 3.3-14 (2) 模型実験結果 (陸側検討ケース 1, No. 2)

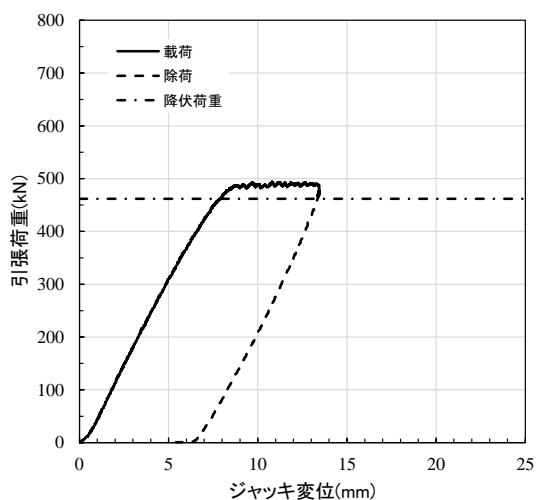
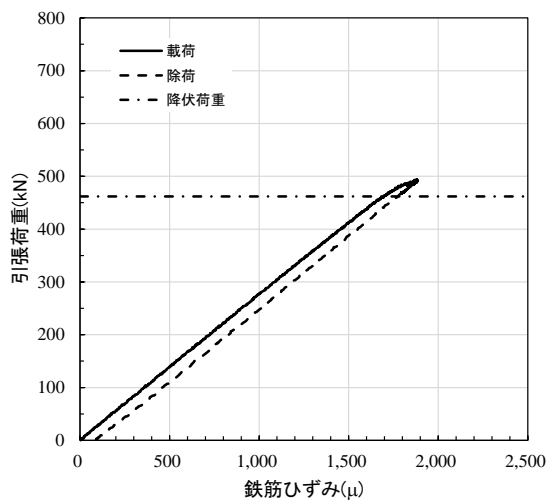
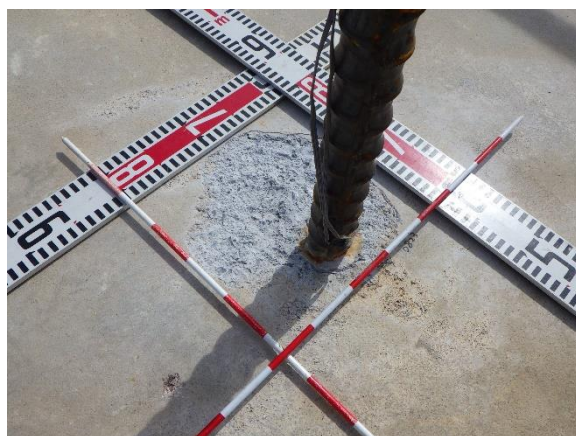


図 3.3-14 (3) 模型実験結果 (陸側検討ケース 1, No. 3)



(a) 「浮き」除去前



(b) 「浮き」除去後

図 3.3-15 模型実験後の鉄筋周辺のコンクリート表面の写真（陸側検討ケース 1, No. 1）

c. 陸側検討ケース 2 における実験結果

陸側検討ケース 2 における模型実験結果を図 3.3-16 に、模型実験後の鉄筋周辺のコンクリート表面の写真を図 3.3-17 に示す。示す。

引張荷重と鉄筋のひずみの関係及び模型実験後のコンクリートの表面状況から、鉄筋は弾性挙動を示していることを確認した。鉄筋の降伏荷重に至るまでに大きな荷重の低下は見られず、コンクリートの表面は浮きはあるが、コンクリート内部に続くクラックは確認されないことから、コンクリートのコーン状破壊、鉄筋とセメントミルク界面の付着破壊及びコンクリートとセメントミルク界面の付着破壊は生じていない。

以上より、鉄筋定着部の破壊形態は、鉄筋の降伏と判断できる。

なお、ジャッキ変位と鉄筋ひずみの関係については、海側検討ケースと同様の理由により見かけ上の差が生じている。

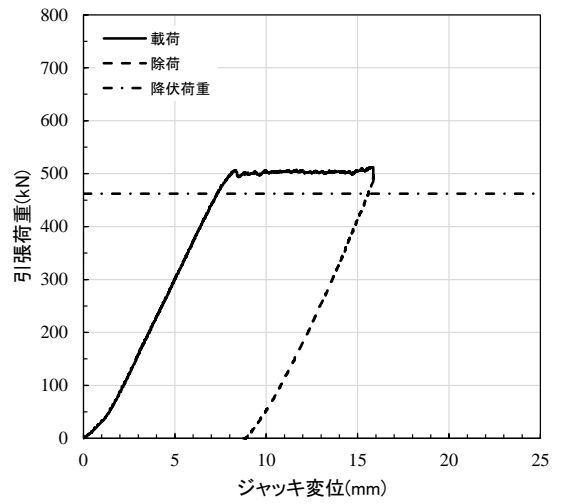
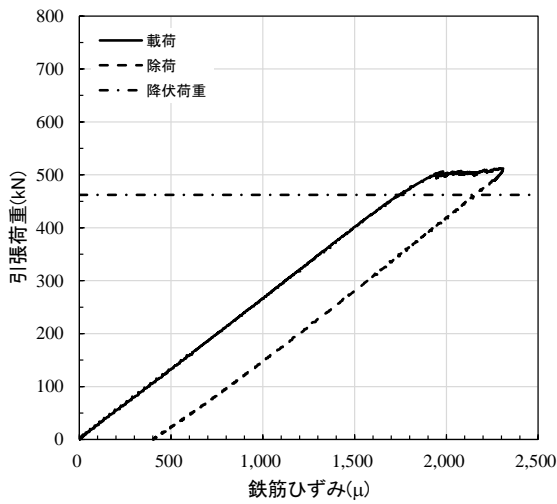


図 3.3-16 (1) 模型実験結果 (陸側検討ケース 2, No. 1)

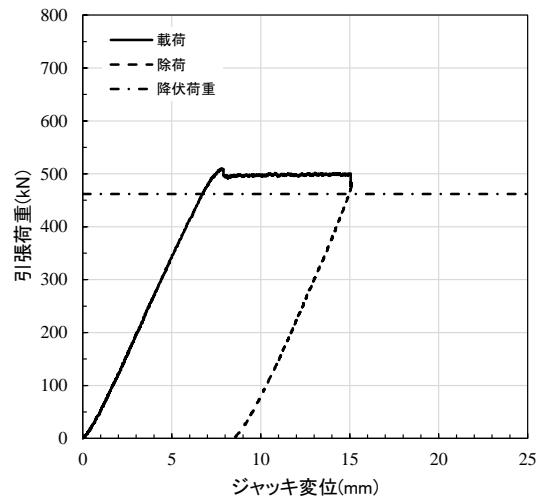
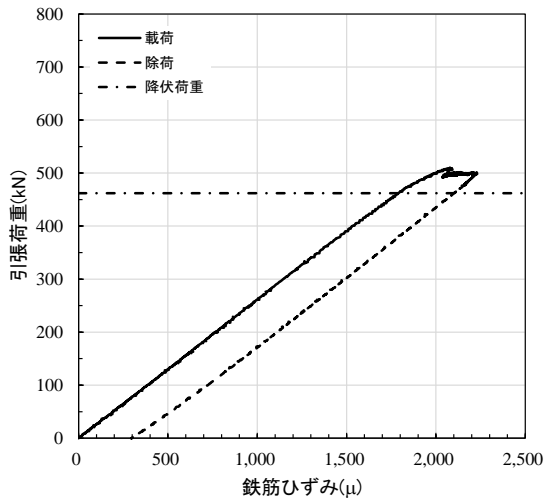


図 3.3-16 (2) 模型実験結果 (陸側検討ケース 2, No. 2)

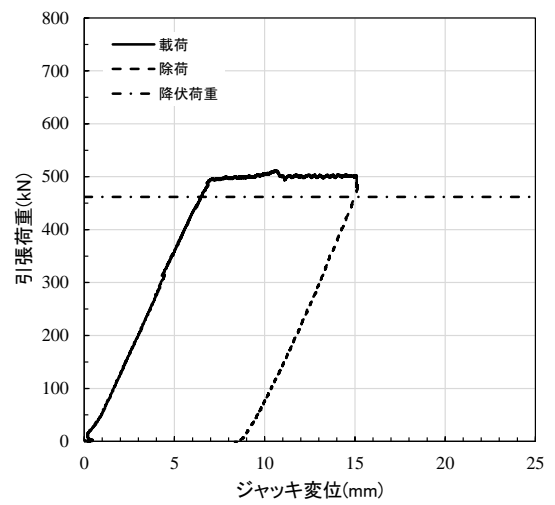
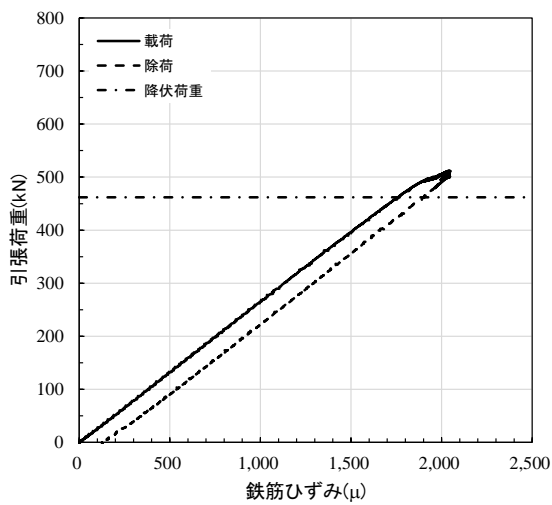


図 3.3-16 (3) 模型実験結果 (陸側検討ケース 2, No. 3)



(a) 「浮き」除去前



(b) 「浮き」除去後

図 3.3-17 模型実験後の鉄筋周辺のコンクリート表面の写真（陸側検討ケース 2, No. 3）



d. 実験結果のまとめ

重力擁壁のうち新設部分の基部コンクリートへの主筋定着部は、主筋の中心から基部コンクリート側面までの距離が十分に確保されている海側主筋（D51）と、へりあきが最小で200mmの陸側主筋（D41）について、実構造物スケールの実験体を2体作成し、主筋の定着部の破壊形態及び引張耐力を確認する実験を行った。海側主筋（D51）を対象とした実験については、実構造物を模擬し、へりあきの無い実験体により実施した。また、陸側主筋（D41）を対象とした実験については、へりあきを考慮しない実験体①及び実構造物のへりあきを考慮した実験体②により実施した。

いずれの実験ケースにおいても、鉄筋の降伏荷重に至るまでに大きな荷重の低下は見られないことから、コンクリートのコーン状破壊、鉄筋とセメントミルク界面の付着破壊及びコンクリートとセメントミルク界面の付着破壊は生じておらず、鉄筋定着部の破壊形態は、鉄筋の降伏と判断できる。

上記より、定着部の引張荷重は鉄筋の降伏荷重を上回り、破壊形態として鉄筋降伏が先行すると判断できることから、陸側及び海側の主筋は基部コンクリートに十分定着していることを確認した。

## 4. 重力擁壁の健全性評価に対する境界部の影響検討

### 4.1 検討概要

断面内に新旧コンクリートの境界部を有する鉄筋コンクリート部材においては、地震荷重作用時に境界部分が破壊することによる、鉄筋コンクリート部材の破壊進展が懸念される。

防波壁（波返重力擁壁）の重力擁壁の既設部分と新設部分の境界部分の破壊形態としては、境界部分が剥がれる引張破壊及び境界面が滑動するせん断破壊が考えられる。

ここでは、解析により重力擁壁の既設部分と新設部分の境界部を設定したうえで、地震荷重が作用した際に、重力擁壁に曲げ・軸力系の破壊及びせん断破壊が生じていないこと、並びに境界部分において部材の健全性に影響を及ぼす引張破壊及びせん断破壊が生じていないことを確認する。また、上記の確認を津波荷重に対しても実施し、重力擁壁における既設部分と新設部分の一体性を確認する。

### 4.2 検討方法

#### 4.2.1 検討方針

##### (1) 2次元有限要素法（有効応力解析）

防波壁（波返重力擁壁）の耐震評価で用いる2次元有限要素法（有効応力解析）により、重力擁壁の既設部分と新設部分の境界部をモデル化したうえで、地震荷重作用時に重力擁壁が曲げ・軸力系の破壊及びせん断破壊に対して健全性を有することを確認するとともに、部材の健全性に影響を及ぼす引張破壊及びせん断破壊が境界部に生じていないことを確認する。

##### (2) 2次元材料非線形解析

既設部分と新設部分の境界部を有する重力擁壁をモデル化した、材料非線形解析により、地震荷重又は津波荷重の作用時において、境界部の引張破壊及びせん断破壊の発生状況を踏まえて、境界部分が引張破壊及びせん断破壊していないことを確認する。

さらに、2次元材料非線形解析においては、地震荷重又は津波荷重を超える荷重を作用させるプッシュオーバー解析を実施し、重力擁壁のコンクリート、鉄筋及び新設部分と既設部分の境界部に生じる破壊状況を確認する。

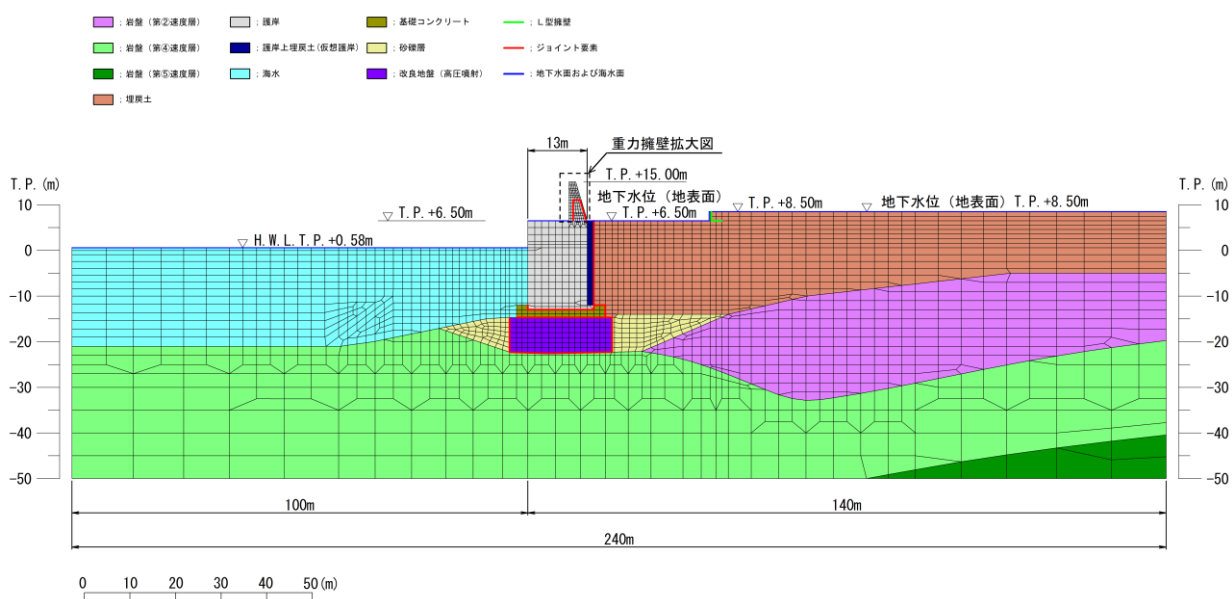
#### 4.2.2 2次元有限要素法（有効応力解析）

##### (1) 解析手法

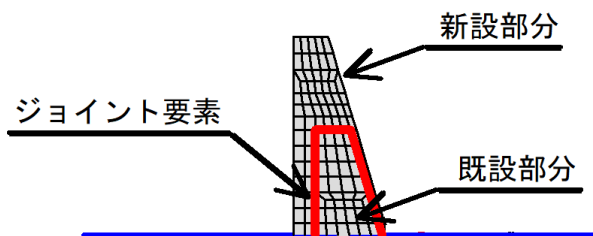
2次元有限要素法（有効応力解析）については、「3.2 解析方法」に記載している解析コード「FLIP」を用いる。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

##### (2) 解析モデル

解析モデルは、「3.2.8 解析モデル及び諸元」に記載している解析モデルを基本とするが、重力擁壁部分において既設部分と新設部分の境界部にジョイント要素を設定した。解析モデル図を図4.2-1に示す。



(a) 解析モデル全体図



(b) 重力擁壁拡大図

図4.2-1 2次元有限要素法の解析モデル

(3) 解析条件

解析条件は、「3.2.8 解析モデル及び諸元」に記載している解析条件を基本とする。

重力擁壁の既設部分及び新設部分の使用材料を表 4.2-1 に示す。重力擁壁における既設部分と新設部分の境界部のジョイント要素の設定を表 4.2-2 に示す。

接触方向及びすべり方向の剛性は、解析上安定するよう、表 4.2-1 に示すコンクリートの剛性より十分大きい軸剛性を設定する。

引張強度については、重力擁壁の新設部分と既設部分において確認されている付着力を基に、管理基準値としていた付着強度  $1.5 \text{ N/mm}^2$  を引張強度として設定する。

せん断強度については、重力擁壁の新設部分の打設前に、既設部分の目荒らし処理をバキュームブラストにより行い、一体化を図っていることを踏まえて設定する。設定にあたっては、表 4.2-3 に示す文献に示された実験結果から、 $2.0 \text{ N/mm}^2$  から  $4.36 \text{ N/mm}^2$  までのせん断強度が報告されていることを踏まえ、安全側にせん断強度は  $1.5 \text{ N/mm}^2$  を設定した。

表 4.2-1 重力擁壁の既設部分及び新設部分の使用材料

使用材料		既設部分	新設部分
コンクリート	設計基準強度 ( $\text{N/mm}^2$ )	21.0	24.0
	ヤング係数 ( $\text{N/mm}^2$ )	$2.35 \times 10^4$	$2.5 \times 10^4$

表 4.2-2(1) ジョイント要素（面直方向）の設定

軸剛性 ( $\text{N/mm}^2$ )	引張強度 ( $\text{N/mm}^2$ )
$1.00 \times 10^5$	1.5*

注記\*：設定した引張強度については、「コンクリート標準示方書 2017」に記載されたコンクリートの引張強度算定式 ( $0.23 \times f'_{ck}{}^{2/3}$ ) に基づく、設計基準強度  $21 \text{ N/mm}^2$  のコンクリートの引張強度  $1.75 \text{ N/mm}^2$  と比較しても低い強度を設定している。

表 4.2-2(2) ジョイント要素（すべり方向）の設定

せん断剛性 (N/mm <sup>2</sup> )	せん断強度 (N/mm <sup>2</sup> )
1.00×10 <sup>5</sup>	1.5*

注記\*：表 4.2-3 に示す参考文献によって確認したせん断強度のうち，最小となるせん断強度 2.0N/mm<sup>2</sup> は設計基準強度 24N/mm<sup>2</sup> に対する強度であることから，重力擁壁の設計基準強度 21N/mm<sup>2</sup> に相当するせん断強度は 2.0 N/mm<sup>2</sup> ×21÷24=1.75N/mm<sup>2</sup> が見込まれるが，本解析においては 1.5N/mm<sup>2</sup> としている。

表 4.2-3 ジョイント要素のせん断強度設定に係る参考文献

参考文献	記載内容
榎原ら (2014) * <sup>1</sup>	コンクリート打継面のチップング処理を行い，粗面仕上げを施した試験体 (f'ck=24N/mm <sup>2</sup> ) について一面せん断試験を行い，得られた打継目の純せん断強度は 4.36N/mm <sup>2</sup> となった。
松田ら (2003) * <sup>2</sup>	旧コンクリート (圧縮強度 24.2N/mm <sup>2</sup> ) に対しブラッシング処理により打継処理を行い，新コンクリート (圧縮強度 13.4N/mm <sup>2</sup> ) を打設して一面せん断試験を行って得られたせん断付着強度は 2.0N/mm <sup>2</sup> となった。
新村ら (2009) * <sup>3</sup>	設計基準強度 24N/mm <sup>2</sup> のコンクリートにおいて，ブラスト処理により打継処理を行い，二面せん断試験を行って得られたせん断強度は，約 2.1N/mm <sup>2</sup> となった。

注記\*1：榎原彩野，村上祐治，木村聡，諫山吾郎：鉛直打継処理方法の違いがコンクリートの直接引張強度およびせん断強度に及ぼす影響，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.36，No.1，pp.358-363，2014.

\*2：松田浩，崎山毅，森田千尋，荒田新吾，出水亨，牧野高平：コンクリート打継部のせん断付着性状に関する研究，土木学会第 58 回年次学術講演会，pp.267-268，2003.

\*3：新村亮，谷田部勝博，桜井邦昭：各種鉛直打継処理方法の性能評価実験，土木学会第 64 回年次学術講演会，pp.691-692，2009.

(4) 荷重及び荷重の組合せ

地震時の荷重は、地震荷重、風荷重及び積雪荷重とする。津波時の荷重は、津波荷重、漂流物衝突荷重、風荷重及び積雪荷重とする。

地震荷重は基準地震動  $S_s$  とし、「3.2.7 入力地震動」の入力地震動を用いる。実施する解析ケースについては、2次元有限要素法の全解析ケースのうち、荷重作用方向が海方向又は陸方向の場合において、重力擁壁下端の曲げ・軸力系の照査値が最大となる解析ケースを選定する。重力擁壁下端においては、曲げ・軸力系の破壊に対する照査が厳しいことから、せん断破壊に対する照査は曲げ・軸力系の照査に代表されるものとし、本検討を行う。選定した解析ケースを表 4.2-4 に示す。これらの解析ケースの地盤物性は、平均値とする。

表 4.2-4 2次元有限要素法の地震荷重における入力地震動の選定

入力地震動*	選定理由
$S_s - D (-+)$	陸側から海側に重力擁壁が傾斜する方向に荷重が作用する場合において重力擁壁の曲げ・軸力系の照査値が全解析ケースの中で最大
$S_s - N 1 (++)$	海側から陸側に重力擁壁が傾斜する方向に荷重が作用する場合において重力擁壁の曲げ・軸力系の照査値が全解析ケースの中で最大

注記\*：地震動の位相について、( ) の左側は水平動，右側は鉛直動を表し，「-」は位相を反転させたケースを示す。

津波荷重については、防波壁前面における入力津波水位 EL 11.9m に余裕を考慮した津波水位 EL 12.6m を用いることとし、その標高と防波壁前面の地盤標高である EL 6.5m の差分の 1/2 倍を設計用浸水深とし、朝倉式に基づき、その 3 倍を考慮して算定する。算定した津波荷重の総水平荷重は 421kN となる。また、漂流物衝突荷重については、「施設全体に作用する漂流物衝突荷重」より 430kN/m を作用させる。

風荷重及び積雪荷重は、「3.2.6 荷重及び荷重の組合せ」のとおりとする。

2次元有限要素法（有効応力解析）における解析ケースを表 4.2-5 に示す。

表 4.2-5 2次元有限要素法の解析ケース

解析ケース		解析内容
地震荷重* 作用時	A	S s - D (- +)
	B	S s - N 1 (++)
津波荷重作用時		津波波圧（朝倉式により算定）及び漂流物衝突荷重

注記\*：地震動の位相について，（ ）の左側は水平動，右側は鉛直動を表し，「-」は位相を反転させたケースを示す。

#### 4.2.3 2次元材料非線形解析

##### (1) 解析手法

2次元材料非線形解析については、解析コード「FINAS/STAR」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、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

解析手順は、自重による静的解析を行ったうえで、地震荷重を作用させてプッシュオーバー解析を行う。

##### (2) 解析モデル

重力擁壁を平面ひずみ要素でモデル化する。構造部材のモデル化にあたっては、図 4.2-2 に示すとおり、鉄筋の付着が有効な領域を鉄筋コンクリート要素としてモデル化し、付着の影響が及ばない領域を無筋コンクリート要素としてモデル化する。

部材厚方向の要素分割数については、鉄筋を含む要素と無筋要素を明確に指定できる分割数が望ましいこと、及び3層以上の分割数をとる場合、解析結果に大きな差異が生じないことから3層以上に設定することとする。

具体的には、鉄筋を含む要素は、鉄筋を中心としてかぶり厚さの2倍とし、無筋領域については、要素形状が極端に扁平とならないように分割する。

なお、対象とする構造部材に接合する部材として擁壁下部のコンクリートを弾性要素でモデル化し、モデル端部を固定境界とする。



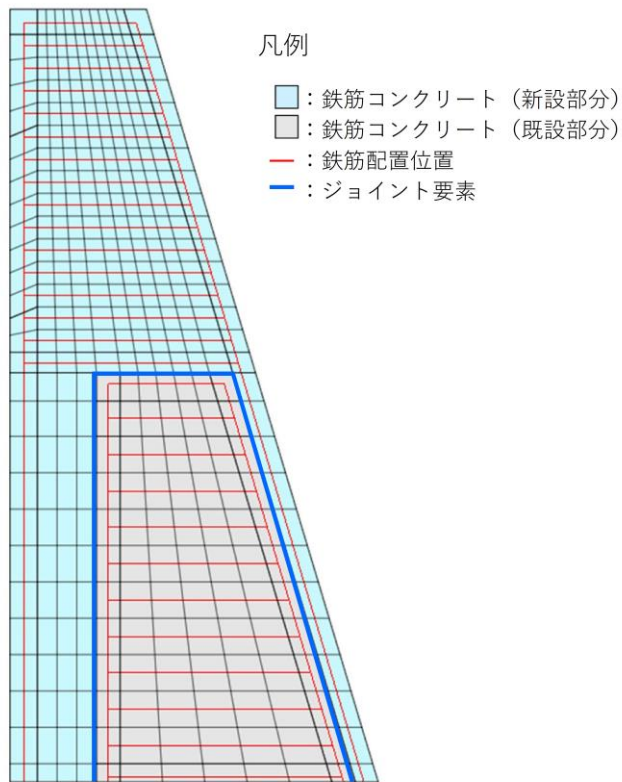


図 4.2-2 2次元材料非線形解析モデル図

(3) 解析条件

a. 適用基準

材料非線形解析については、「原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能詳細指針・マニュアル（土木学会，2005）」及び「コンクリート標準示方書[設計編]（土木学会 2012 年制定）」（以下「コンクリート標準示方書 2012」という。）に基づき実施する。

b. 材料定数

材料非線形解析に用いる材料定数は、文献等を基に設定する。コンクリート及び鉄筋の材料定数を表 4.2-6 及び表 4.2-7 に示す。

表 4.2-6 コンクリートの材料定数

項目	設定値	諸元
単位体積重量	24.0kN/m <sup>3</sup>	コンクリート標準示方書 2012
圧縮強度	新設部分 24.0N/mm <sup>2</sup> 既設部分 21.0N/mm <sup>2</sup>	設計基準強度
引張強度	新設部分 1.91 N/mm <sup>2</sup> 既設部分 1.75 N/mm <sup>2</sup>	引張強度
圧縮ピークひずみ	0.002	コンクリート標準示方書 2012
破壊エネルギー	新設部分 0.07830 N/mm 既設部分 0.07489 N/mm	コンクリート標準示方書 2012

表 4.2-7 鉄筋の材料定数

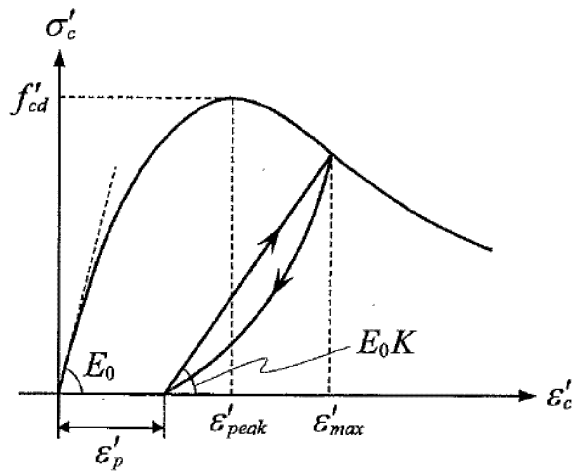
項目	設定値	諸元	
ヤング係数	2.0×10 <sup>5</sup> N/mm <sup>2</sup>	コンクリート標準示方書 2012	
降伏強度	主鉄筋	345N/mm <sup>2</sup>	コンクリート標準示方書 2012
	せん断補強筋	345N/mm <sup>2</sup>	コンクリート標準示方書 2012

c. コンクリート

(a) 圧縮応力下における応力-ひずみ関係

図 4.2-3 に一軸圧縮応力下における応力-ひずみ関係を示す。圧縮応力下の応力-ひずみの骨格曲線は、最大応力点までの硬化域と、最大応力点を越えた軟化域で表され、残留塑性ひずみと除荷再載荷時の剛性低下を考慮している。また、ひび割れ発生後のコンクリートの圧縮強度については、図 4.2-4 に示す。

低減係数を破壊パラメータに乗じることで、ひび割れ発生後の圧縮強度の低下を考慮する。



$$\sigma'_c = E_0 K (\varepsilon'_c - \varepsilon'_p) \geq 0$$

$$E_0 = \frac{2 \cdot f'_{cd}}{\varepsilon'_{peak}}$$

$$K = \exp \left\{ -0.73 \frac{\varepsilon'_{max}}{\varepsilon'_{peak}} \left( 1 - \exp \left( -1.25 \frac{\varepsilon'_{max}}{\varepsilon'_{peak}} \right) \right) \right\}$$

$$\varepsilon'_p = \varepsilon'_{max} - 2.86 \cdot \varepsilon'_{peak} \left\{ 1 - \exp \left( -0.35 \frac{\varepsilon'_{max}}{\varepsilon'_{peak}} \right) \right\}$$

ここに、 $f'_{cd} = f'_{ck} / \gamma_c$

$\varepsilon'_{peak}$  : 圧縮強度に対応するひずみ (一般に、0.002 としてもよい)

$\varepsilon'_{max}$  : 過去に受けた圧縮ひずみの最大値

$\varepsilon'_p$  : 塑性ひずみ

K : 弾性剛性残存率

図 4.2-3 一軸圧縮応力下におけるコンクリートの応力-ひずみ関係  
 (「コンクリート標準示方書 [設計編] (土木学会, 2017 年制定)」(以下「コンクリート標準示方書 2017」という。)より引用)

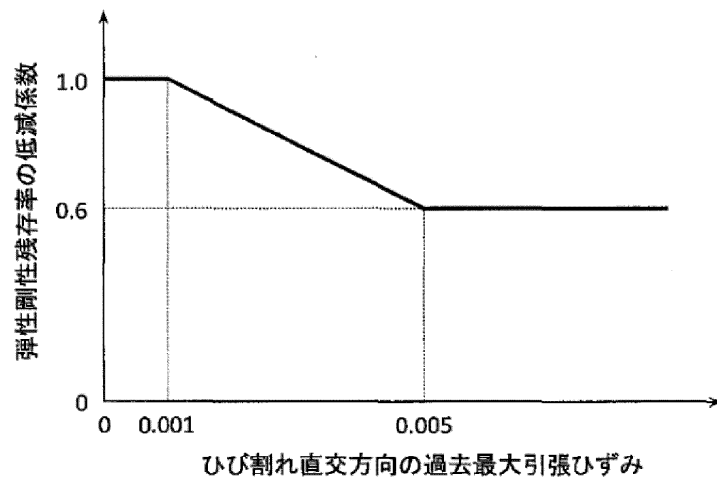
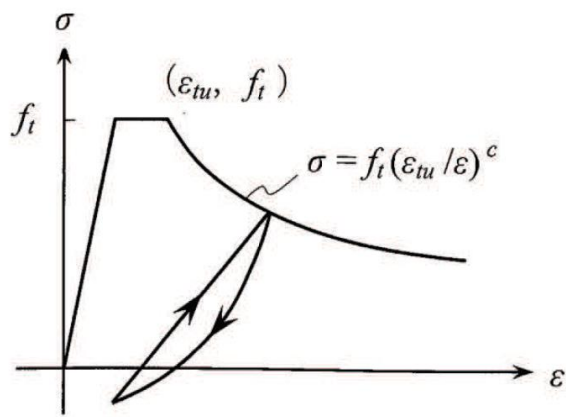


図 4.2-4 弾性剛性残存率の低減係数  
 (「コンクリート標準示方書 2017」より引用)

(b) 引張応力下における応力-ひずみ関係

引張応力下における応力-ひずみ関係は、ひび割れ発生までは線形弾性とし、ひび割れ強度以降は、鉄筋とコンクリートの付着の影響等を考慮し、図 4.2-5 に示す骨格曲線を用いて、ひび割れ間のコンクリートに引張応力分担を考慮する。

引張力を受ける無筋コンクリート要素では、引張軟化挙動は、破壊エネルギーによって代表される。引張軟化挙動の考慮にあたっては、図 4.2-6 に示す引張軟化曲線を設定する。



- ここに、 $f_t$  : 引張強度
- $\epsilon_{tu}$  : 引張軟化開始ひずみ
- $c$  : 引張軟化特性を表す係数

図 4.2-5 引張応力下における鉄筋とコンクリートの付着効果を考慮した  
応力-ひずみ関係（「コンクリート標準示方書 2017」より引用）

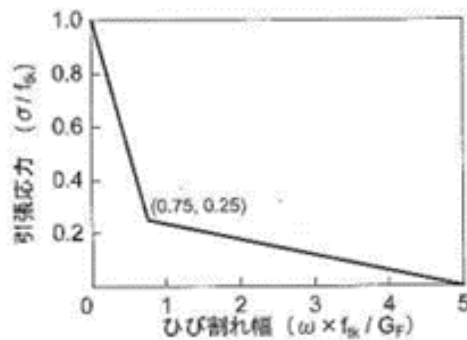
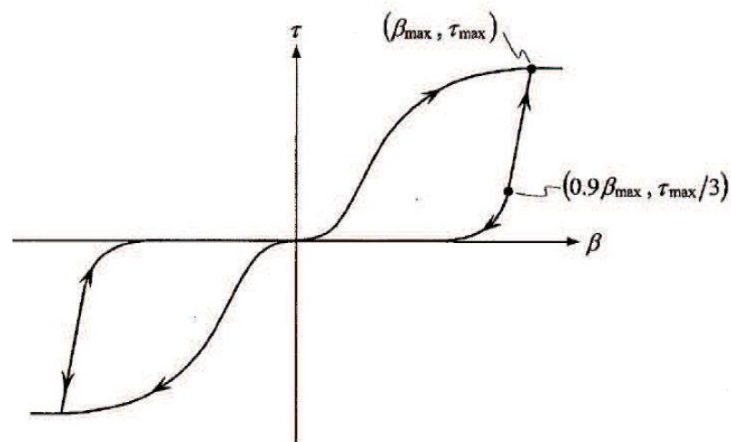


図 4.2-6 コンクリートの破壊エネルギー（「コンクリート標準示方書 2017」より引用）

(c) ひび割れ面でのせん断伝達関係

コンクリートのひび割れ発生後にひび割れ角度を固定する固定ひび割れモデルでは、ひび割れ面のずれによるせん断応力伝達特性を考慮する必要がある。

ひび割れ面でのせん断伝達挙動は、斜めひび割れの発生に伴う剛性低下や破壊を評価するため、図 4.2-7 に示すとおり、ひび割れ面におけるせん断ひずみ  $\gamma$  とひび割れ開口ひずみ  $\varepsilon$  の比をパラメータとし、コンクリートの剛性低下を考慮するモデルを用いる。



ここに、 $\beta$  : ひび割れ面におけるせん断ひずみ  $\gamma$  とひび割れ開口ひずみ  $\varepsilon$  の比 ( $\gamma / \varepsilon$ )

$\tau$  : ひび割れ面でのせん断応力

$\tau_{max}$  : 除荷開始時せん断応力

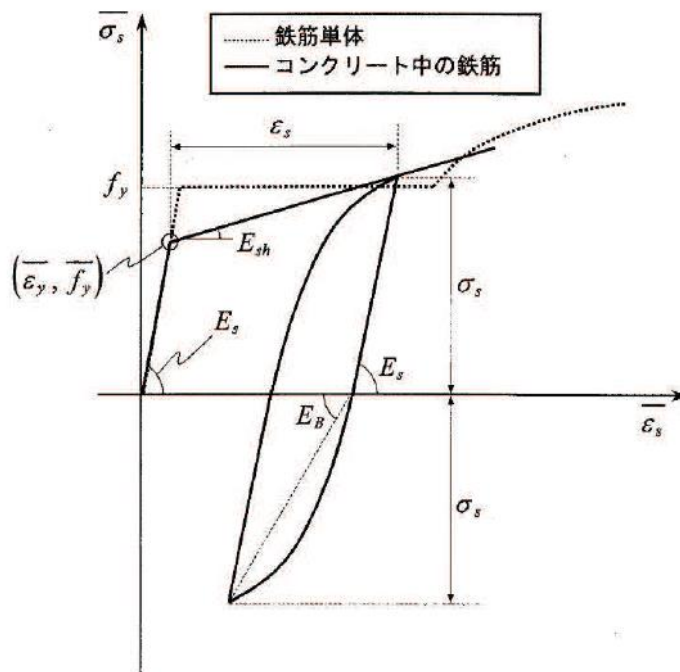
$\beta_{max}$  : 除荷開始時せん断ひずみ  $\gamma$  とひび割れ開口ひずみ  $\varepsilon$  の比

図 4.2-7 ひび割れ面でのせん断伝達モデル

(「コンクリート標準示方書 2017」より引用)

d. 鉄筋の非線形特性

ひび割れを複数含む領域におけるコンクリート中の鉄筋の平均応力-平均ひずみ関係は、単体鉄筋の応力-ひずみ関係と異なり、図 4.2-8 に示すひずみ硬化特性を考慮する。



$$\begin{aligned} \overline{\sigma}_s &= E_s \overline{\varepsilon}_s && (\overline{\varepsilon}_s \leq \overline{\varepsilon}_y) \\ &= \overline{f}_y + E_{sh} (\overline{\varepsilon}_s - \overline{\varepsilon}_y) && (\overline{\varepsilon}_y < \overline{\varepsilon}_s) \end{aligned}$$

ここに、 $\overline{\sigma}_s$  : コンクリート中における鉄筋の平均応力

$\overline{\varepsilon}_s$  : コンクリート中における鉄筋の平均ひずみ

$f_y$  : 鉄筋単体の降伏強度

$E_s$  : 鉄筋のヤング率

$\overline{f}_y$  : コンクリート中における鉄筋の平均降伏強度

$\overline{\varepsilon}_y$  : コンクリート中における鉄筋の平均降伏ひずみ

$E_{sh}$  : コンクリート中における鉄筋の降伏後の二次勾配

図 4.2-8 ひずみ硬化域を簡略化した鉄筋の平均応力-平均ひずみ関係  
(「コンクリート標準示方書 2012」より引用)

e. 鉄筋コンクリートとしてのモデル化

コンクリートと鉄筋の界面の付着特性をテンションスティフニング効果（引張特性が硬化する現象）として、鉄筋コンクリート要素の中心に取り込むことにより、鉄筋コンクリートの構成則を直接与える。

鉄筋コンクリートの引張応力下の平均応力は以下の式で表される。

$$\overline{\sigma}_{RC} = \frac{A_s}{A_{RC}} \overline{\sigma}_s + \frac{A_c}{A_{RC}} \overline{\sigma}_c$$

ここに、 $\overline{\sigma}_s$ 、 $\overline{\sigma}_c$  : それぞれ鉄筋とコンクリートの平面応力

$A_s$ 、 $A_c$  : それぞれ鉄筋とコンクリートの断面積、

$$A_{RC} = A_s + A_c$$

f. 新設部分と既設部分の境界部のモデル化

新設部分と既設部分の境界部については、接触、剥離及びすべりを設定するため、ジョイント要素を設定する。ジョイント要素の特性値を表 4.2-8 に示す。

接触方向及びすべり方向の剛性は、解析上安定するよう、コンクリートの剛性より十分大きい軸剛性を設定した。

引張強度については、新設部分と既設部分において確認されている付着力を基に、「4.2.2 2次元有限要素法（有効応力解析）」と同じ引張強度を設定した。

せん断強度については、新設部分の打設前に既設部分の目荒らし処理を行い、一体化を図っていることを踏まえ、「4.2.2 2次元有限要素法（有効応力解析）」と同じせん断強度を設定した。

表 4.2-8(1) ジョイント要素（面直方向）の特性値

軸剛性 (N/mm <sup>2</sup> )	引張強度 (N/mm <sup>2</sup> )
1.00×10 <sup>7</sup>	1.5*

注記\*：設定した引張強度については、「コンクリート標準示方書 2017」に記載されたコンクリートの引張強度算定式（ $0.23 \times f'_{ck}{}^{2/3}$ ）に基づく、設計基準強度 21 N/mm<sup>2</sup>のコンクリートの引張強度 1.75 N/mm<sup>2</sup>と比較しても低い強度を設定している。



表 4.2-8(2) ジョイント要素（すべり方向）の特性値

せん断剛性 (N/mm <sup>2</sup> )	せん断強度 (N/mm <sup>2</sup> )
1.00×10 <sup>7</sup>	1.5*

注記\*：表 4.2-3 に示す参考文献によって確認したせん断強度のうち，最も低いせん断強度 2.0N/mm<sup>2</sup> は設計基準強度 24N/mm<sup>2</sup> に対する強度であることから，重力擁壁の設計基準強度 21N/mm<sup>2</sup> に相当するせん断強度は 2.0 N/mm<sup>2</sup> ×21÷24=1.75N/mm<sup>2</sup> が見込まれるが，本解析においては 1.5N/mm<sup>2</sup> としている。

(4) 荷重及び荷重の組合せ

地震時の荷重は，地震荷重，風荷重及び積雪荷重とする。津波時の荷重は，津波荷重，漂流物衝突荷重，風荷重及び積雪荷重とする。

プッシュオーバー解析においては，地震荷重又は津波荷重を基に荷重を割り増して作用させる。

地震荷重は基準地震動 S<sub>s</sub> とし，「3.2.7 入力地震動」の 2次元有限要素法による応答加速度から算定する。応答加速度に重力擁壁の重量を乗じて慣性力とし，水平方向及び鉛直方向に同時に，解析モデルの全節点に入力する。応答加速度を抽出する解析ケースについては，2次元有限要素法の全解析ケースのうち，荷重作用方向が海方向又は陸方向の場合において重力擁壁下端の曲げ・軸力系の照査値が最大となる解析ケースを選定する。選定した解析ケースを表 4.2-9 に示す。

表 4.2-9 地震時の入力地震動の選定

入力地震動*	選定理由
S <sub>s</sub> -D (-+)	陸側から海側に重力擁壁が傾斜する方向に荷重が作用する場合において重力擁壁の曲げ・軸力系の照査値が全解析ケースの中で最大
S <sub>s</sub> -N1 (++)	海側から陸側に重力擁壁が傾斜する方向に荷重が作用する場合において重力擁壁の曲げ・軸力系の照査値が全解析ケースの中で最大

注記\*：地震動の位相について，( ) の左側は水平動，右側は鉛直動を表し，「-」は位相を反転させたケースを示す。

津波荷重及び漂流物衝突荷重については，「4.2.3(4) 荷重及び荷重の組合せ」と同様とし，津波荷重は朝倉式により算定した津波荷重（総水平荷重 421kN）を，漂流物衝突荷重（430kN）を用いる。津波荷重及び漂流物荷重は，解析モデルの海側表面の節点に入力する。

風荷重及び積雪荷重は、「3.2.6 荷重及び荷重の組合せ」のとおりとする。  
2次元材料非線形解析における解析ケースを表4.2-10に示す。

表 4.2-10 2次元材料非線形解析の解析ケース

解析ケース		解析内容
地震荷重* 作用時	①	S s - D (-+)
	②	S s - N 1 (++)
	①-1	S s - D (-+) に対するプッシュオーバー荷重 【新旧コンクリート境界 (海側) せん断破壊時】
	②-1	S s - N 1 (++) に対するプッシュオーバー荷重 【新旧コンクリート境界 (天端) せん断破壊時】
津波荷重 作用時	①	津波波圧 (朝倉式により算定) 及び漂流物衝突荷重
	①-1	津波波圧 (朝倉式により算定) 及び漂流物衝突荷重 に対するプッシュオーバー荷重 【新旧コンクリート境界 (天端) せん断破壊時】

注記\*: 地震動の位相について, ( ) の左側は水平動, 右側は鉛直動を表し,  
「-」は位相を反転させたケースを示す。

### 4.3 解析結果

#### 4.3.1 2次元有限要素法

2次元有限要素法の結果として、地震荷重の作用時に重力擁壁が曲げ・軸力系の破壊及びせん断破壊に対して健全性を有することを確認する。

評価は「3.2.11 評価方法」と同様の方法により実施する。

評価位置は、図 4.3.1-1 に示すとおり、曲げモーメント及び水平荷重が最大となる重力擁壁下端及び、境界面のすべり破壊の影響を受けることが懸念される既設部分の上端高さとする。

重力擁壁の新設部分と既設部分の境界を考慮した2次元有限要素法による曲げ・軸力系破壊及びせん断破壊に対する評価結果を表 4.3.1-1 に示す。

この結果から重力擁壁の発生応力が許容限界以下であることを確認した。

また、評価時刻における重力擁壁の新設部分と既設部分の境界部の引張及びせん断応力の発生状況を図 4.3.1-2 に示す。これらより、地震荷重作用時には、境界部の破壊が生じていないことを確認した。

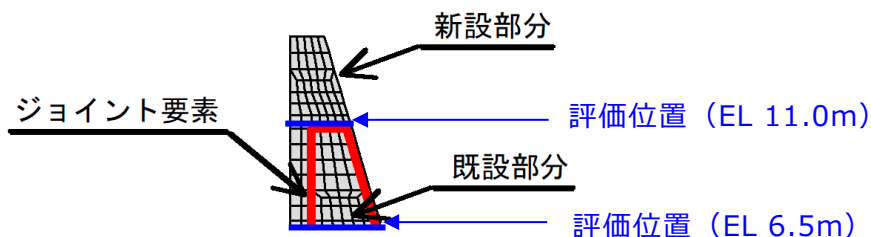


図 4.3.1-1 評価位置

表 4.3.1-1(1) コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する照査結果 (EL 6.5m)

(地震時 A : 24.01 秒, 地震時 B : 8.07 秒)

地震動	解析ケース	発生断面力		曲げ圧縮 応力度 $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{ca}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_c / \sigma_{ca}$
		曲げモーメント M (kN·m)	軸力 N (kN)			
S s - D (-+)	A	5162	1512	3.6	13.5	0.27
S s - N 1 (++)	B	4859	1723	3.3	13.5	0.25

表 4.3.1-1(2) コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する照査結果 (EL 11.0m)

(地震時 A : 10.08 秒, 地震時 B : 8.07 秒)

地震動	解析ケース	発生断面力		曲げ圧縮 応力度 $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{ca}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_c / \sigma_{ca}$
		曲げモーメント M (kN·m)	軸力 N (kN)			
S s - D (-+)	A	1205	421	0.856	13.5	0.07
S s - N 1 (++)	B	1235	608	0.828	13.5	0.07

表 4.3.1-1(3) 鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査結果 (EL 6.5m)

(地震時 A : 24.01 秒, 地震時 B : : 8.07 秒)

地震動	解析 ケース	発生断面力		曲げ引張 応力度 $\sigma_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{sa}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_s / \sigma_{sa}$
		曲げモーメント M (kN·m)	軸力 N (kN)			
S s - D (-+)	A	5162	1512	131	294	0.45
S s - N 1 (++)	B	4859	1723	105	294	0.36

表 4.3.1-1(4) 鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査結果 (EL 11.0m)

(地震時 A : 10.08 秒, 地震時 B : 8.07 秒)

地震動	解析 ケース	発生断面力		曲げ引張 応力度 $\sigma_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{sa}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_s / \sigma_{sa}$
		曲げモーメント M (kN·m)	軸力 N (kN)			
S s - D (-+)	A	1205	421	15.8	294	0.06
S s - N 1 (++)	B	1235	608	8.7	294	0.03

表 4.3.1-1(5) セン断破壊に対する照査結果 (EL 6.5m)

(地震時 A : 10.00 秒, 地震時 B : 7.66 秒)

地震動	解析 ケース	発生断面力	せん断 応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\tau_{ca}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c / \tau_{ca}$
		せん断力 Q (kN)			
S s - D (-+)	A	-1023	0.262	0.64	0.41
S s - N 1 (++)	B	-1041	0.267	0.64	0.42

表 4.3.1-1(6) セン断破壊に対する照査結果 (EL 11.0m)

(地震時 A : 10.00 秒, 地震時 B : 8.45 秒)

地震動	解析 ケース	発生断面力	せん断 応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\tau_{ca}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c / \tau_{ca}$
		せん断力 Q (kN)			
S s - D (-+)	A	-532	0.197	0.64	0.31
S s - N 1 (++)	B	-563	0.209	0.64	0.33

表 4.3.1-1(7) コンクリートの曲げ・軸力系の破壊  
に対する照査結果 (EL 6.5m) (津波時)

発生断面力		曲げ圧縮 応力度 $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{ca}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_c / \sigma_{ca}$
曲げモーメント M (kN・m)	軸力 N (kN)			
-4848	615	3.067	13.5	0.23

表 4.3.1-1(8) コンクリートの曲げ・軸力系の破壊  
に対する照査結果 (EL 11.0m) (津波時)

発生断面力		曲げ圧縮 応力度 $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{ca}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_c / \sigma_{ca}$
曲げモーメント M (kN・m)	軸力 N (kN)			
-988	327	0.735	13.5	0.06

表 4.3.1-1(9) 鉄筋の曲げ・軸力系の破壊  
に対する照査結果 (EL 6.5m) (津波時)

発生断面力		曲げ引張 応力度 $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{ca}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_c / \sigma_{ca}$
曲げモーメント M (kN・m)	軸力 N (kN)			
-4848	615	120	294	0.41

表 4.3.1-1(10) 鉄筋の曲げ・軸力系の破壊  
に対する照査結果 (EL 11.0m) (津波時)

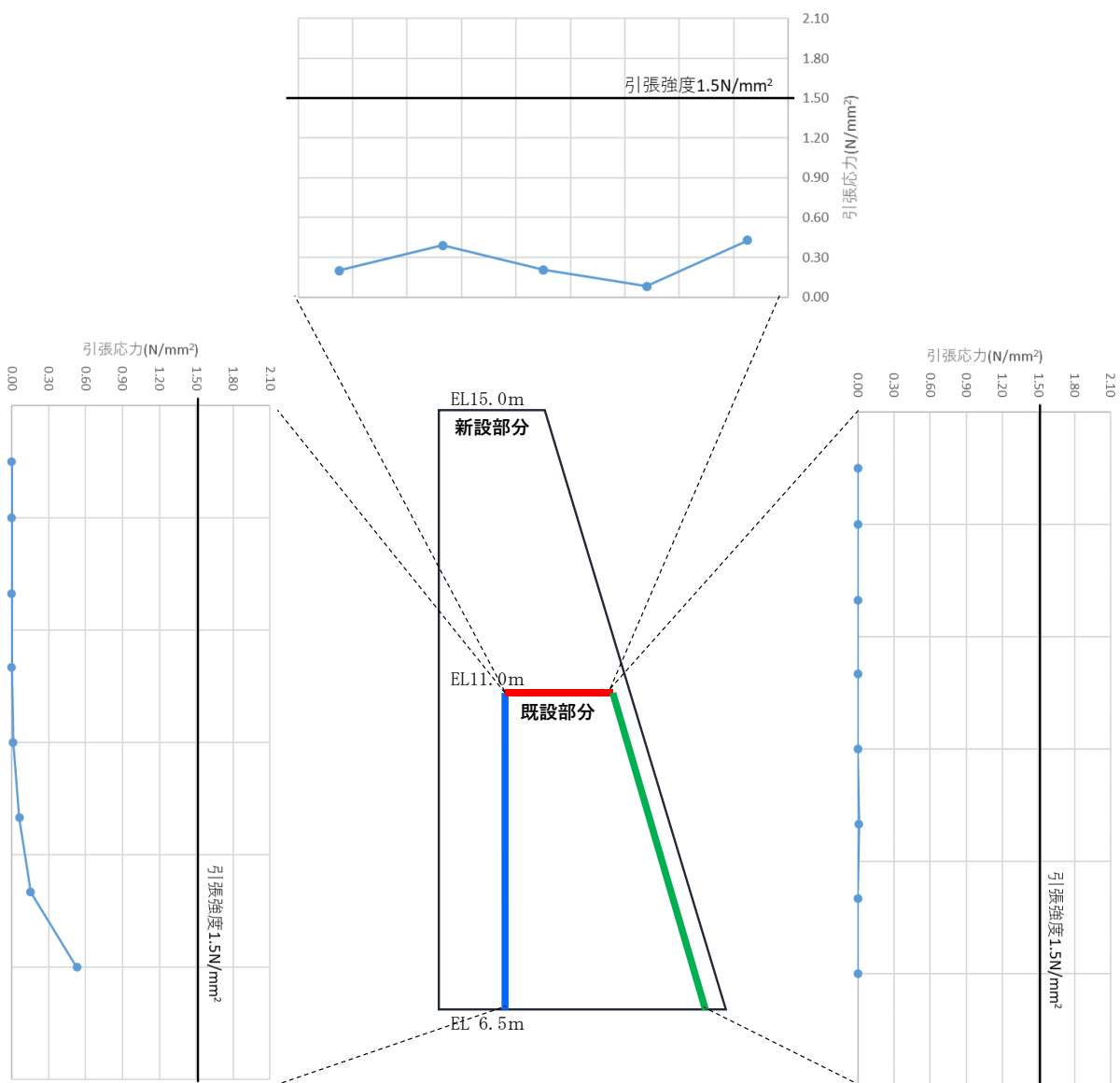
発生断面力		曲げ引張 応力度 $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{ca}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_c / \sigma_{ca}$
曲げモーメント M (kN・m)	軸力 N (kN)			
-988	327	12.30	294	0.05

表 4.3.1-1(11) セン断破壊に対する照査結果 (EL 6.5m) (津波時)

発生断面力		せん断 応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\tau_{ca}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c / \tau_{ca}$
せん断力 Q (kN)				
-1191		0.305	0.64	0.48

表 4.3.1-1(12) セン断破壊に対する照査結果 (EL 11.0m) (津波時)

発生断面力		せん断 応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\tau_{ca}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c / \tau_{ca}$
せん断力 Q (kN)				
-761		0.282	0.64	0.45



[応力は引張を正、圧縮を負とする]

図 4.3.1-2(1) 重力擁壁の新設部分と既設部分の境界部の発生応力図 (引張応力)  
(地震時 A : 24.01 秒)

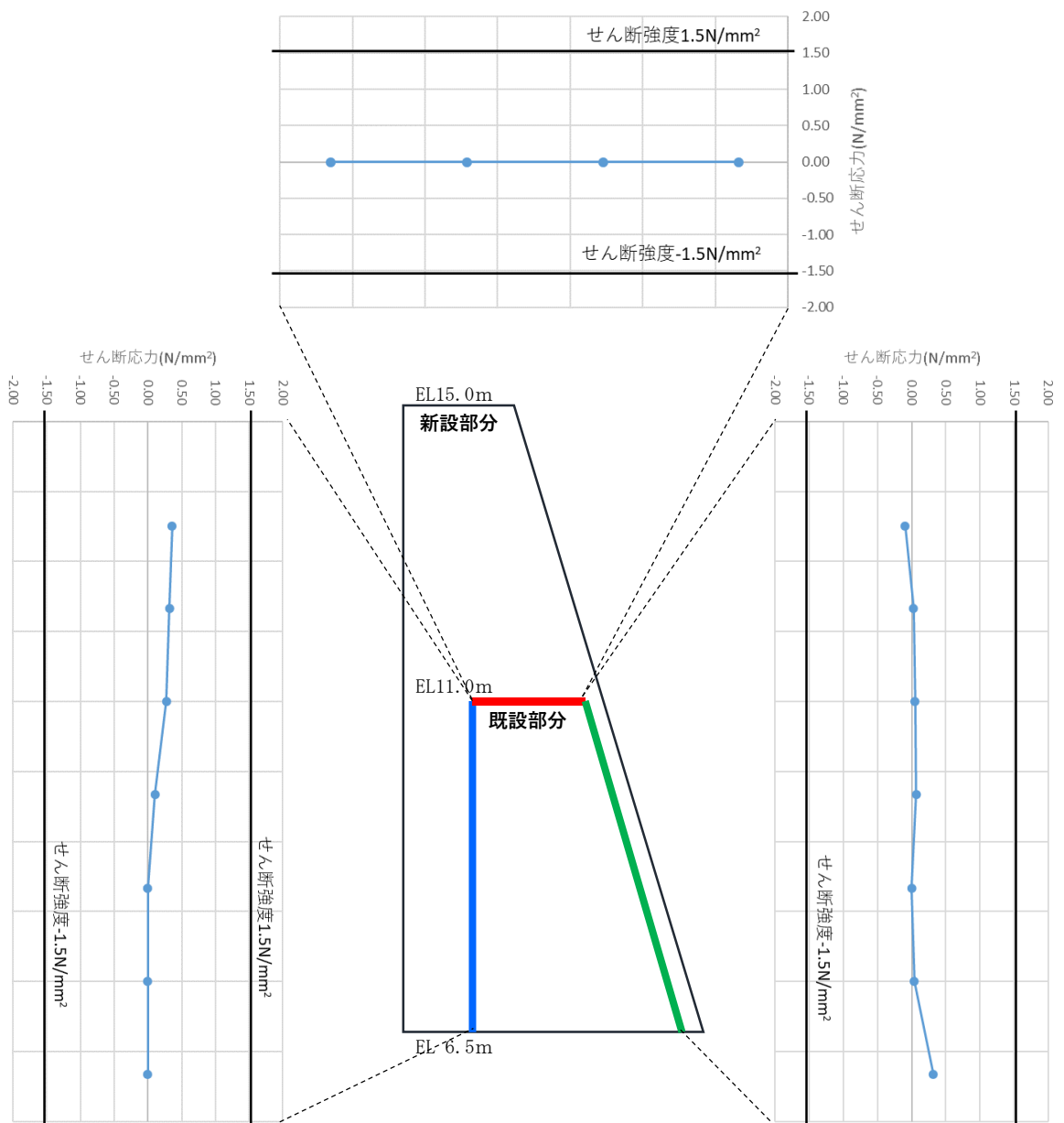
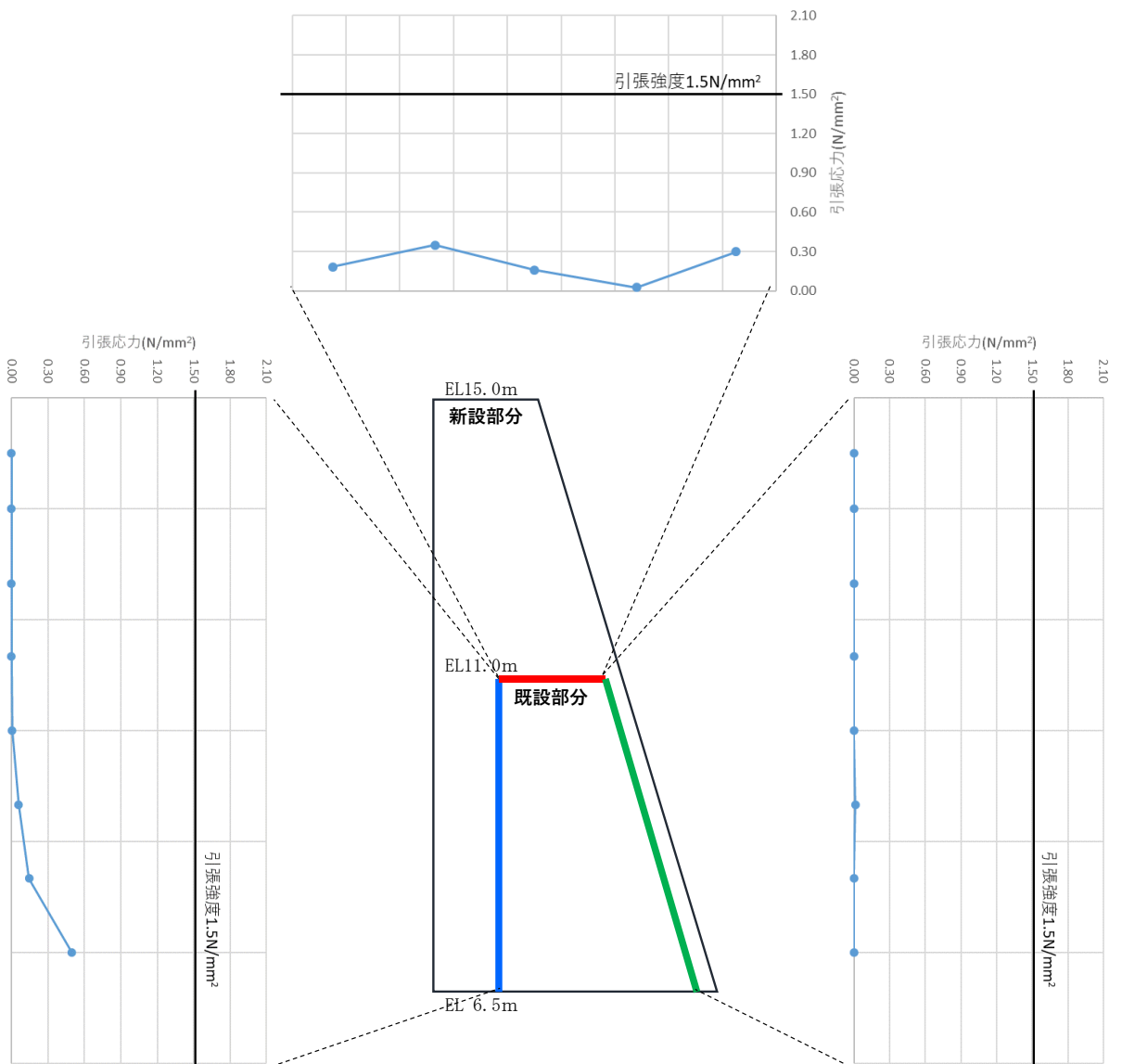


図 4.3.1-2(2) 重力擁壁の新設部分と既設部分の境界部の発生応力図 (せん断応力)  
(地震時 A : 24.01 秒)



[応力は引張を正，圧縮を負とする]

図 4.3.1-2(3) 重力擁壁の新設部分と既設部分の境界部の発生応力図 (引張応力)  
(地震時 B : 8.07 秒)



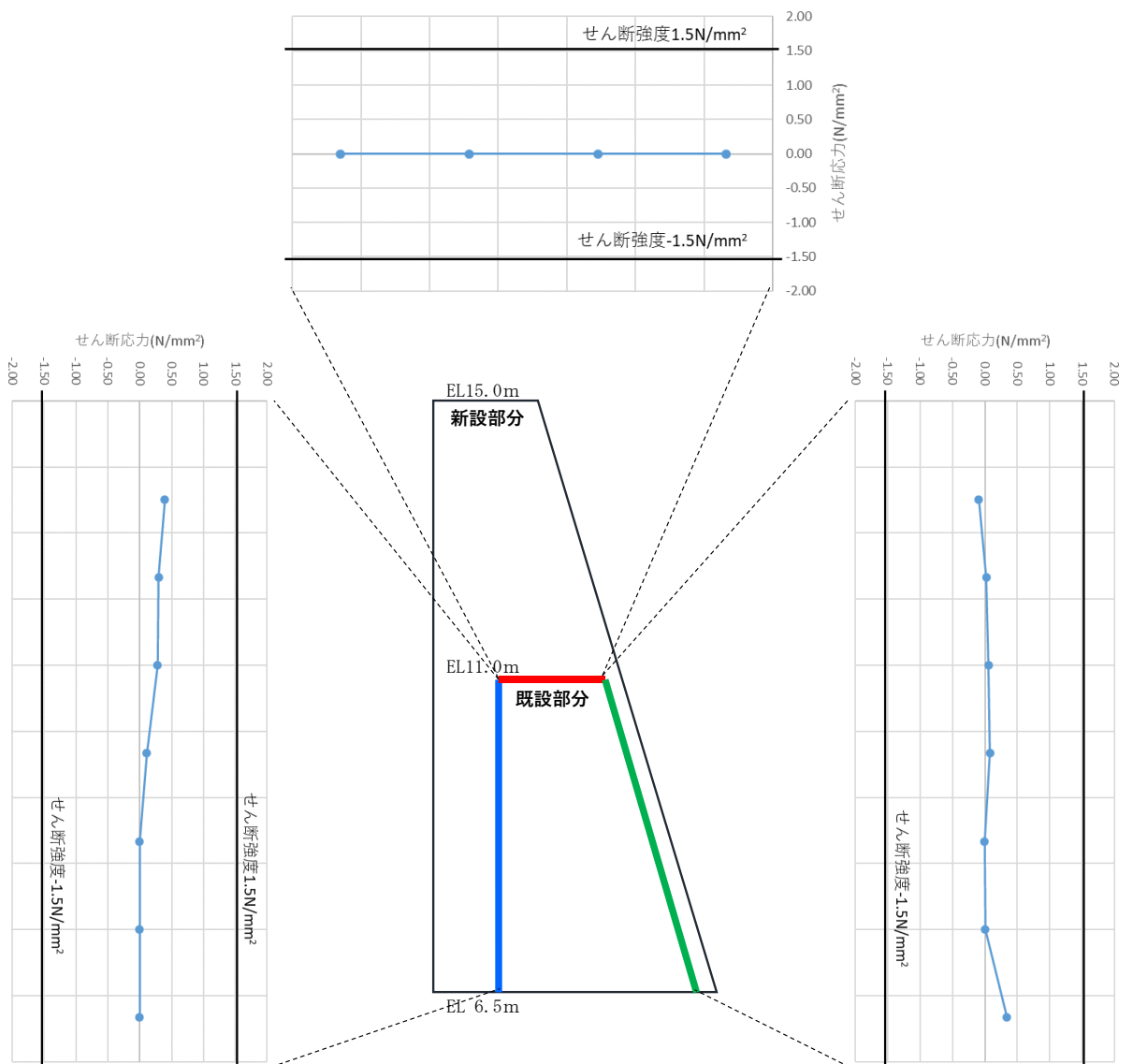
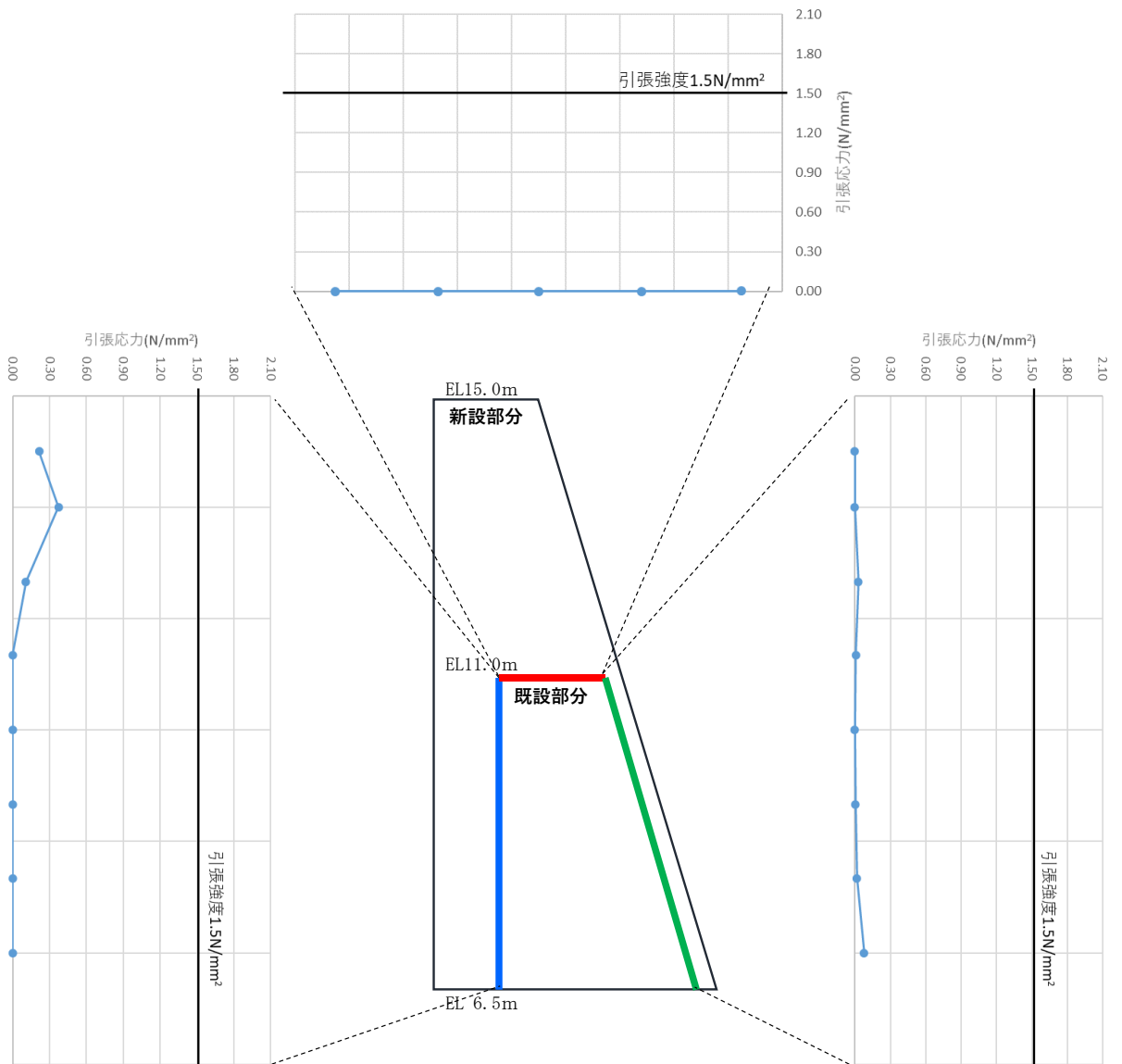
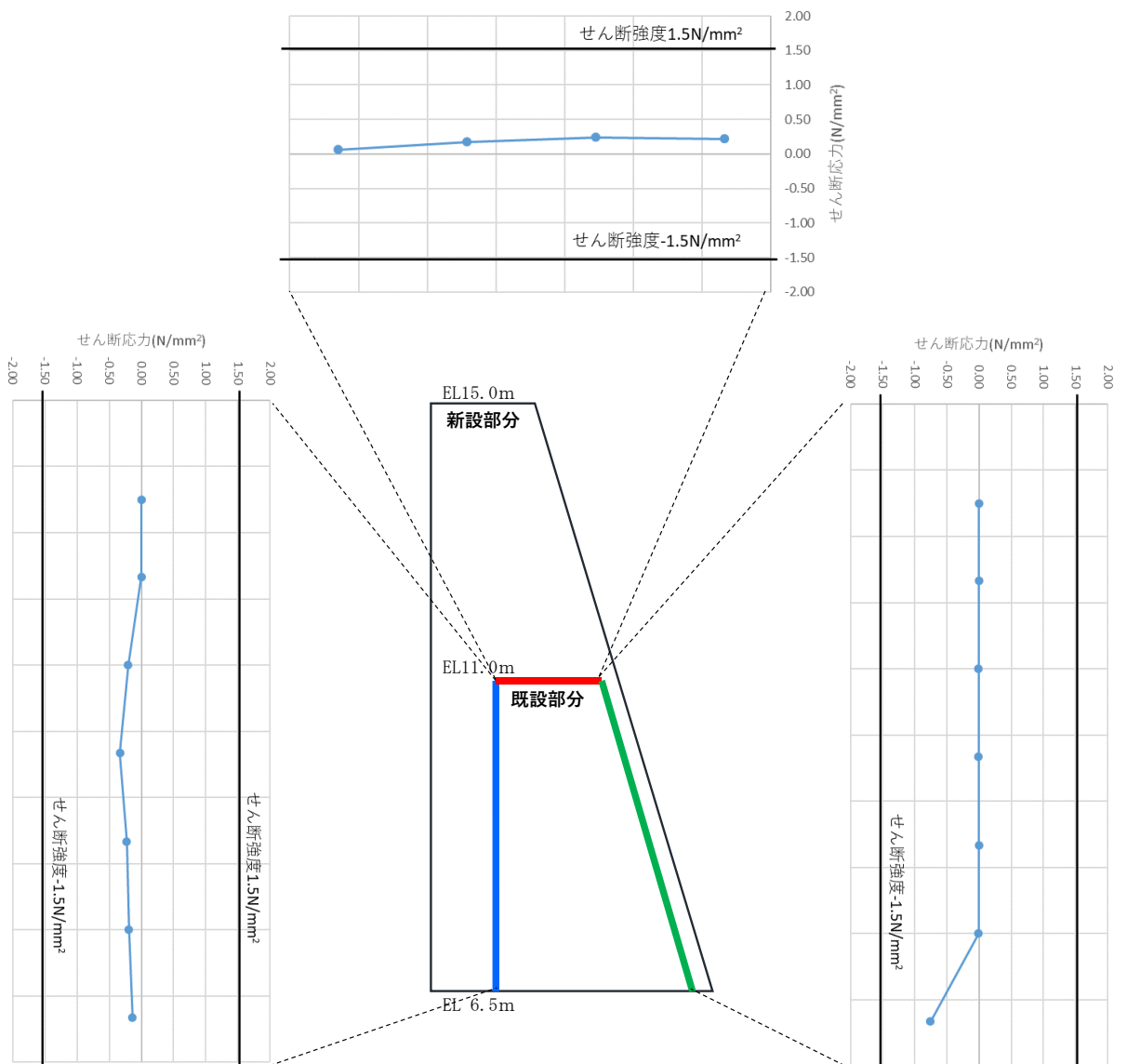


図 4.3.1-2(4) 重力擁壁の新設部分と既設部分の境界部の発生応力図 (せん断応力)  
(地震時 B : 8.07 秒)



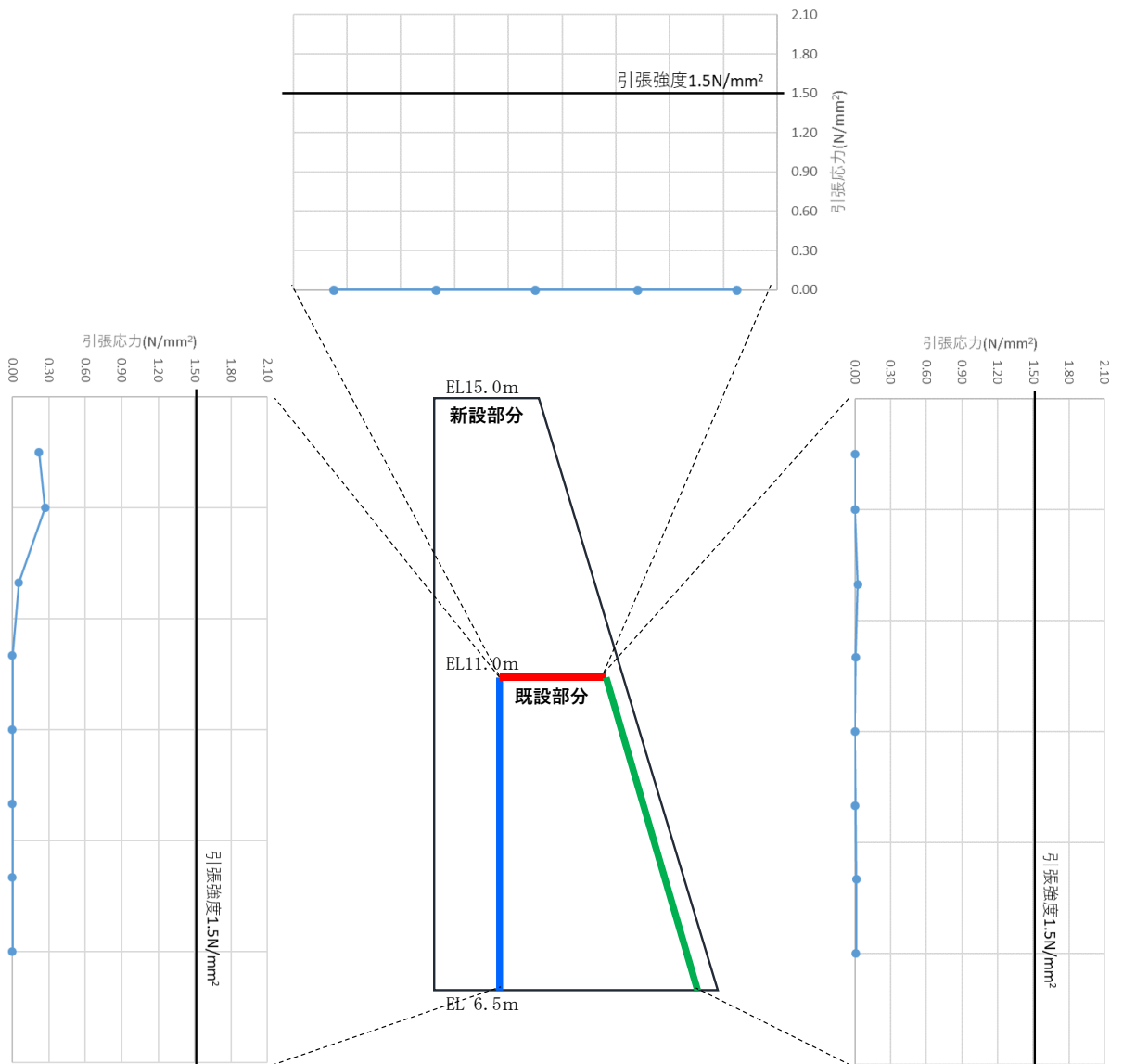
[応力は引張を正、圧縮を負とする]

図 4.3.1-2(5) 重力擁壁の新設部分と既設部分の境界部の発生応力図 (引張応力)  
(地震時 A : 10.00 秒)



[応力は引張を正、圧縮を負とする]

図 4.3.1-2(6) 重力擁壁の新設部分と既設部分の境界部の発生応力図 (せん断応力)  
(地震時 A : 10.00 秒)



[応力は引張を正、圧縮を負とする]

図 4.3.1-2(7) 重力擁壁の新設部分と既設部分の境界部の発生応力図 (引張応力)  
(地震時 B : 7.66 秒)

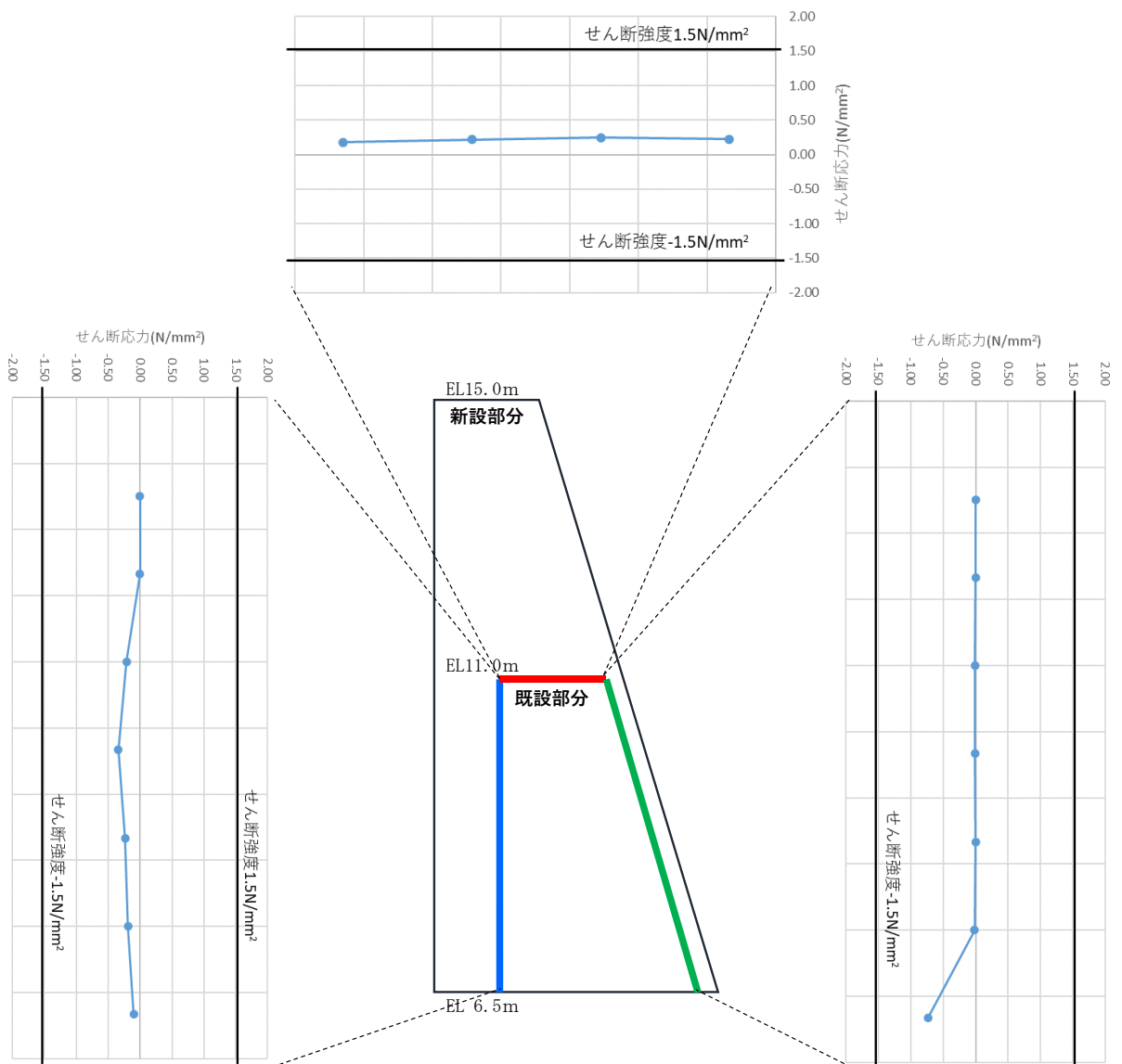
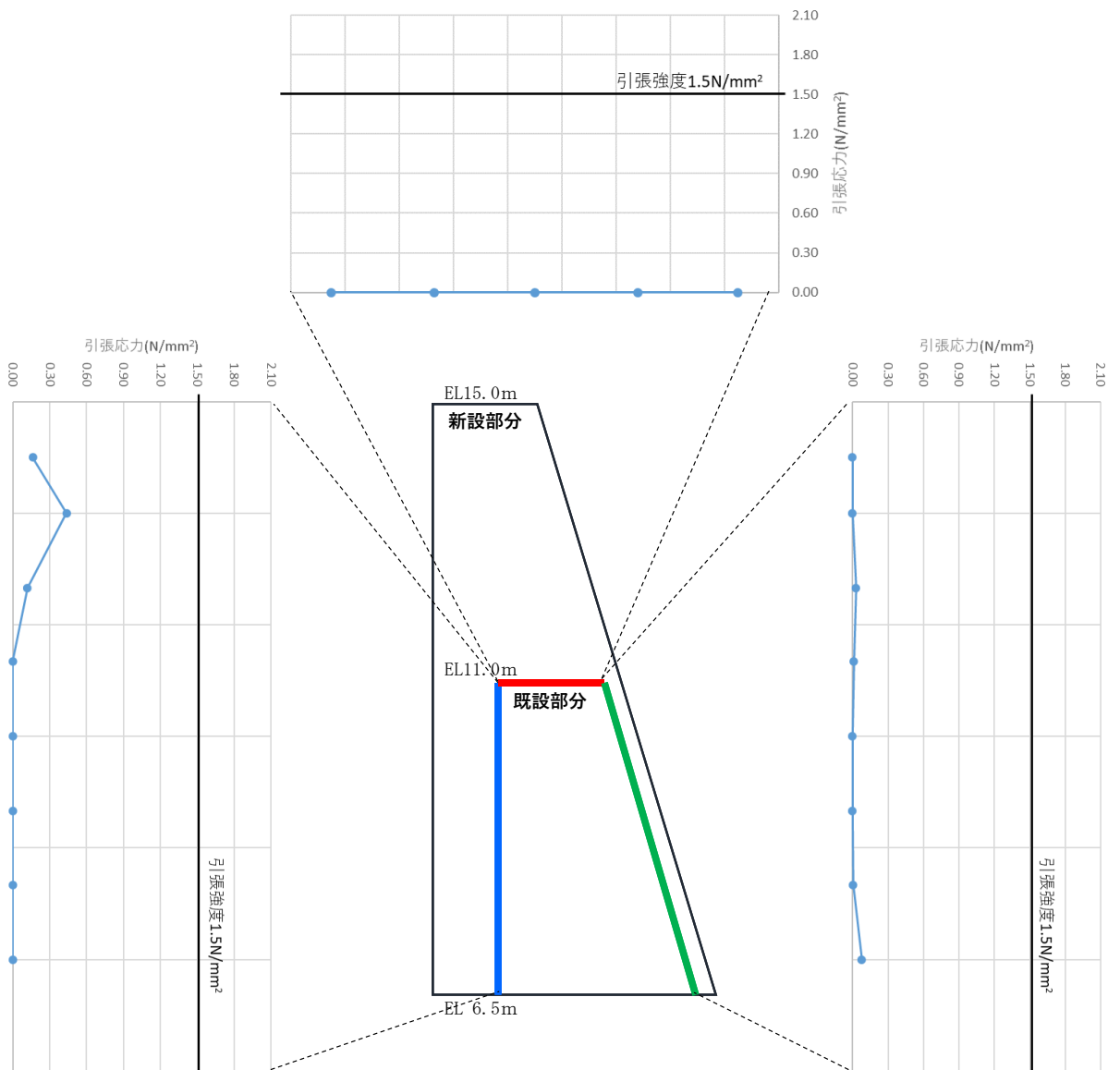


図 4.3.1-2(8) 重力擁壁の新設部分と既設部分の境界部の発生応力図 (せん断応力)  
(地震時 B : 7.66 秒)



[応力は引張を正、圧縮を負とする]

図 4.3.1-2(9) 重力擁壁の新設部分と既設部分の境界部の発生応力図 (引張応力)  
(津波時)

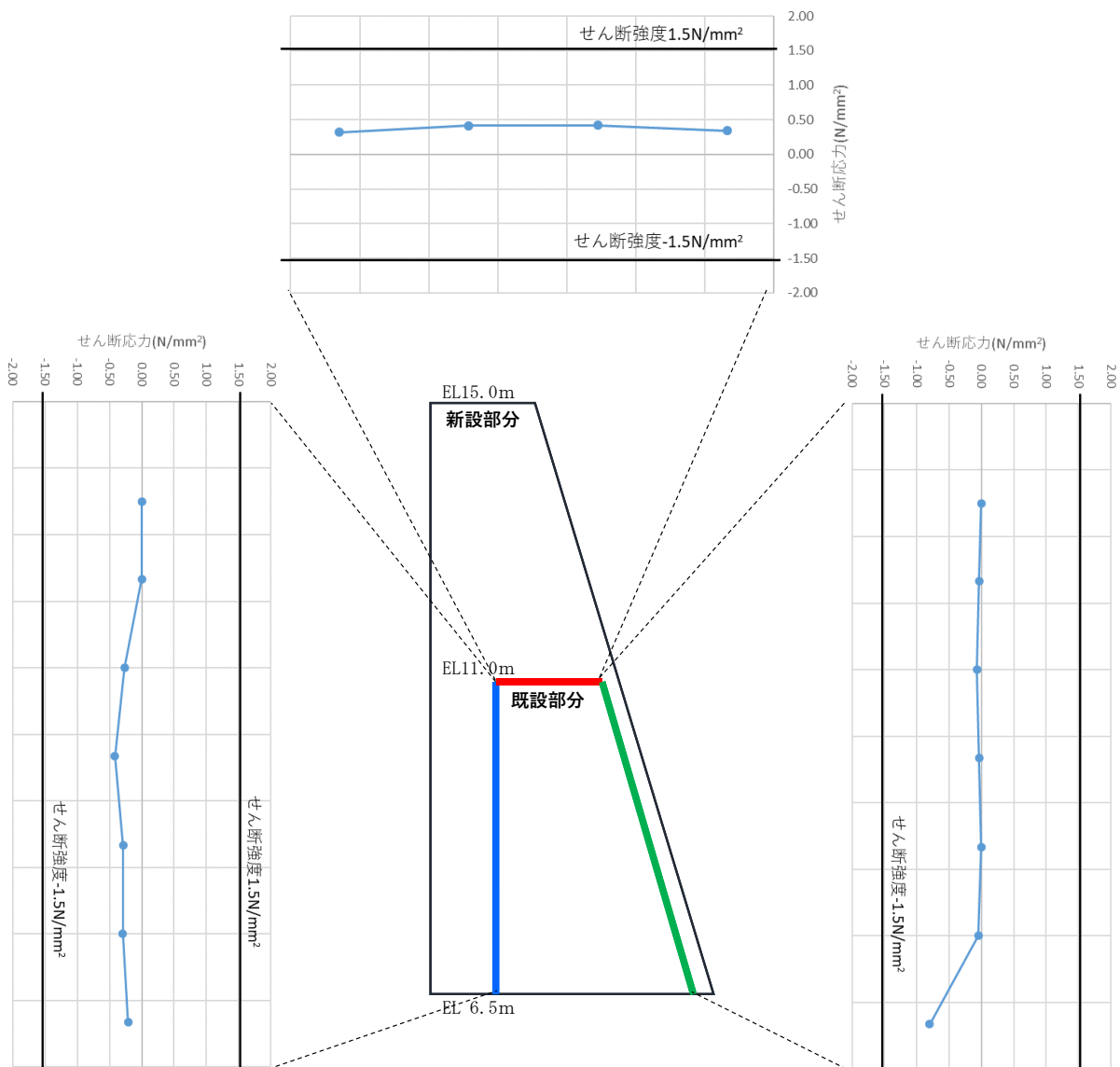


図 4.3.1-2(10) 重力擁壁の新設部分と既設部分の境界部の発生応力図 (せん断応力)  
(津波時)

#### 4.3.2 2次元材料非線形解析

2次元材料非線形解析の結果として、重力擁壁の新設部分と既設部分の境界部が地震荷重作用時及び津波時において引張破壊及びせん断破壊していないことを確認する。

各解析ケースにおける水平荷重と天端水平変位の関係を図 4.3.2-1 に示す。

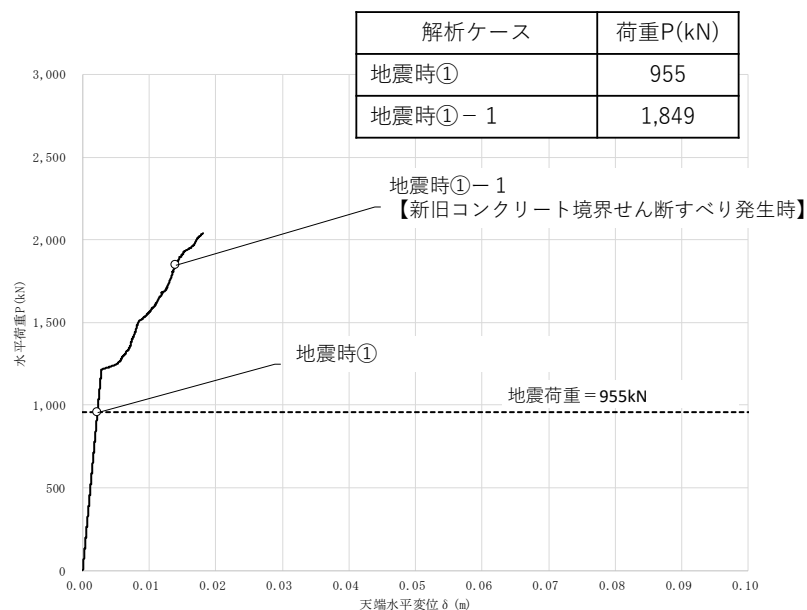


図 4.3.2-1 (1) 地震時①及び①-1における水平荷重と天端水平変位の関係

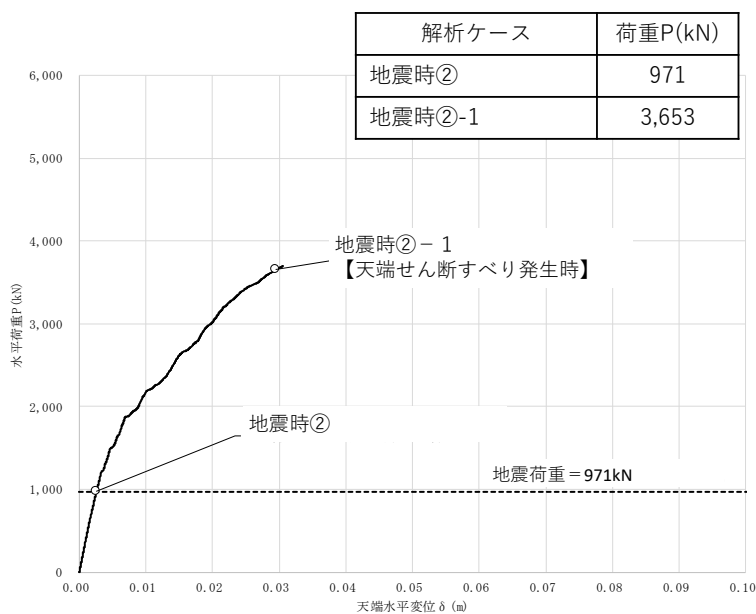


図 4.3.2-1 (2) 地震時②及び②-1における水平荷重と天端水平変位の関係



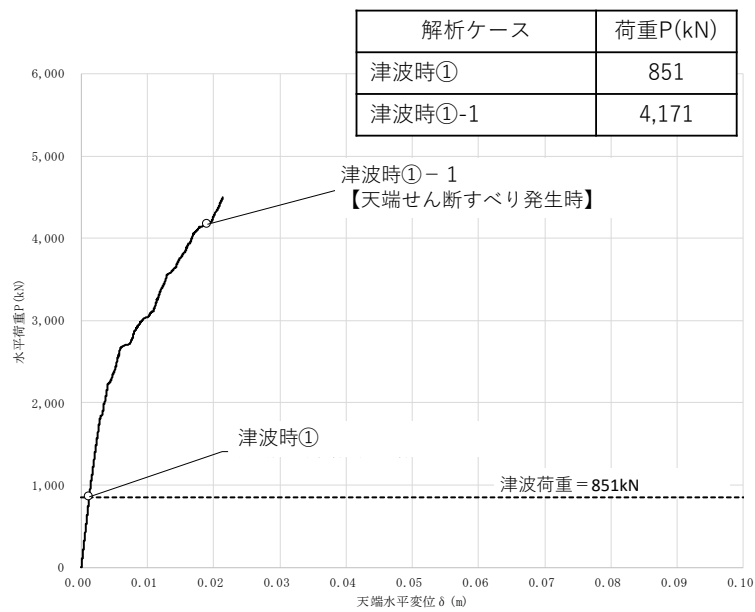


図 4.3.2-1 (3) 津波時①及び①-1における水平荷重と天端水平変位の関係

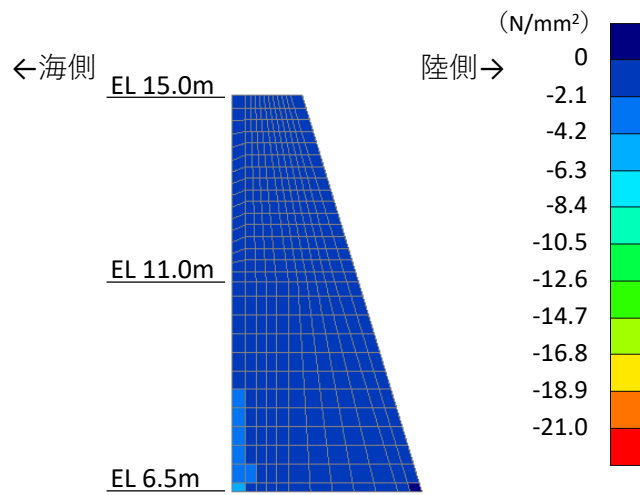
(1) 地震時①

地震荷重作用方向を海方向とし、重力擁壁の新設部分と既設部分の境界部を考慮した材料非線形解析結果を示す。

陸から海方向への地震荷重作用時において、図 4.3.2-2 に示すコンクリートの最小主応力図より、圧縮破壊を生じていないこと及び、図 4.3.2-3 に示すコンクリートの最大せん断応力図より、せん断破壊を生じていないことを確認した。

また、図 4.3.2-4 に示す鉄筋の応力図より、降伏していないことを確認した。

さらに、図 4.3.2-5 に示す境界部における発生応力図より、境界部は引張破壊及びせん断破壊を生じていないことを確認した。



[応力は引張を正，圧縮を負とする]

図 4.3.2-2 コンクリートの最小主応力図  
(地震時① 地震荷重作用方向：海方向)

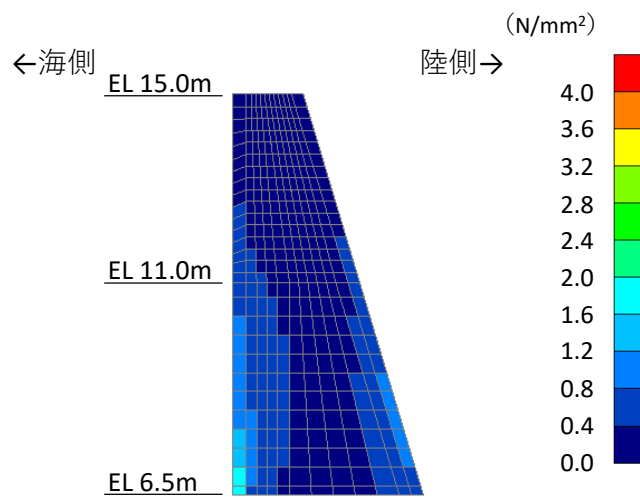
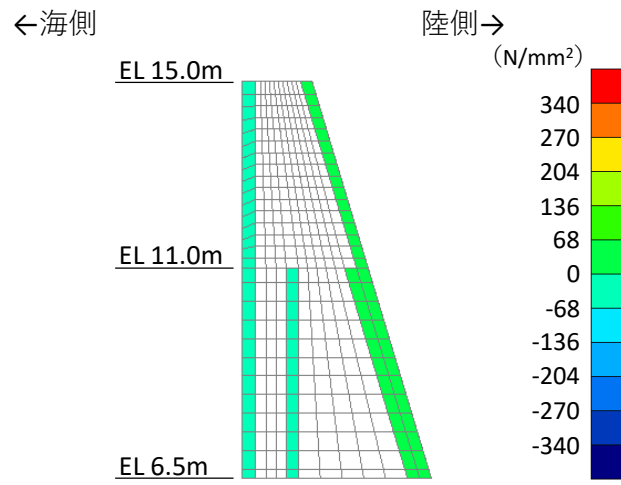


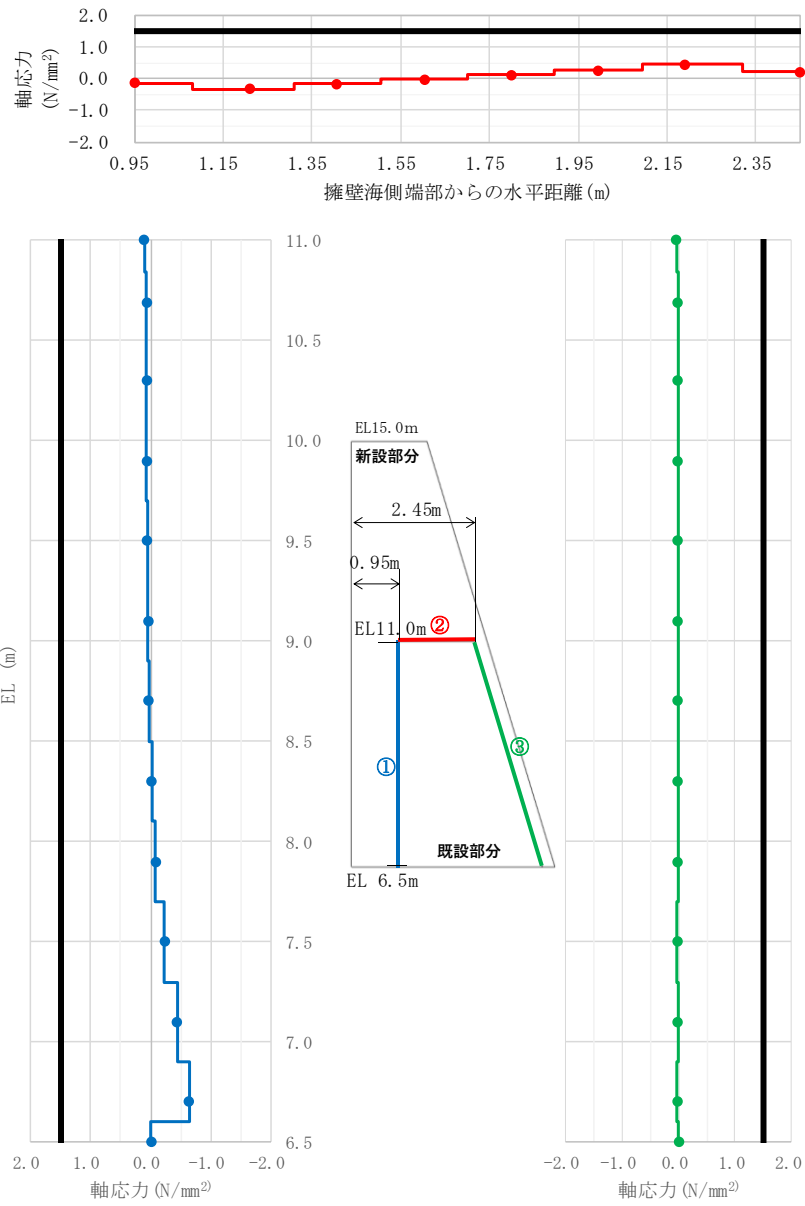
図 4.3.2-3 コンクリートの最大せん断応力図  
(地震時① 地震荷重作用方向：海方向)



[応力は引張を正，圧縮を負とする]

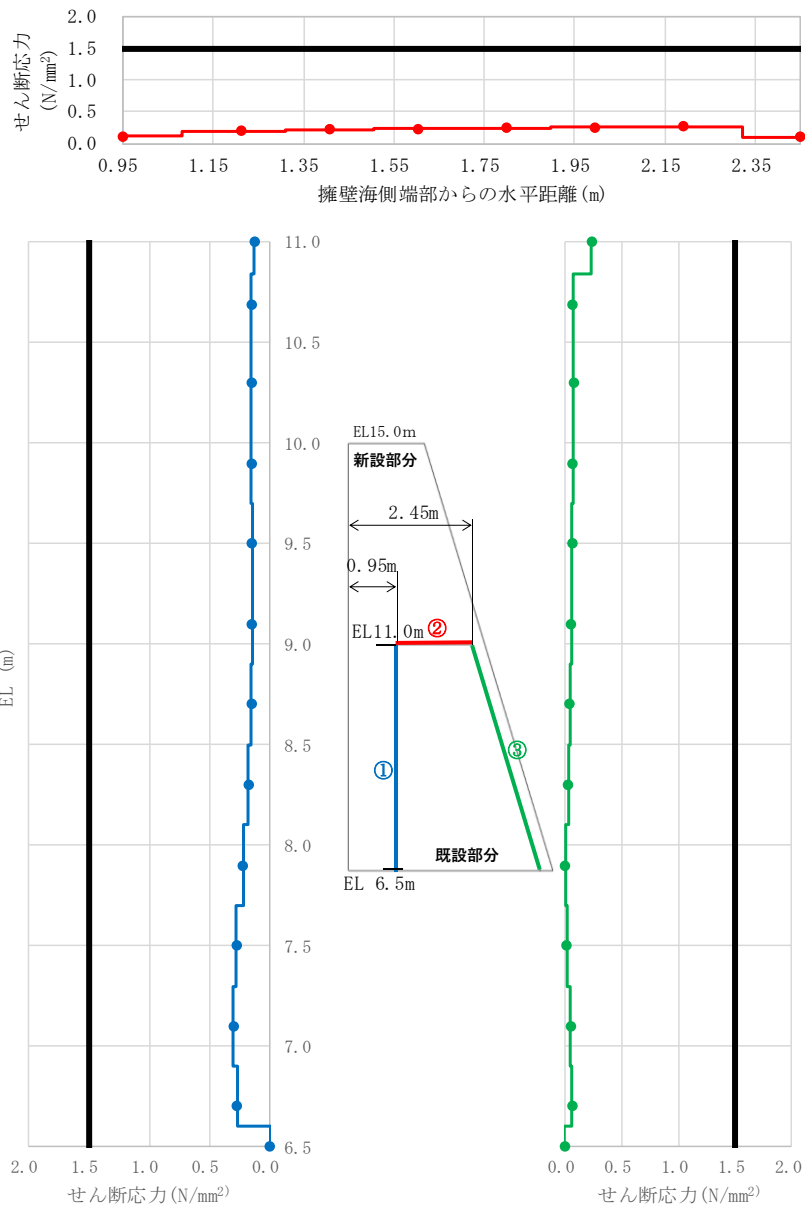
図 4.3.2-4 鉄筋の応力図

(地震時① 地震荷重作用方向：海方向)



[応力は引張を正，圧縮を負とする]

図 4.3.2-5(1) 新設部分と既設部分の境界部における発生応力図（引張応力）  
（地震時① 地震荷重作用方向：海方向）



[応力は引張を正，圧縮を負とする]

図 4.3.2-5(2) 新設部分と既設部分の境界部における発生応力図 (せん断応力)  
(地震時① 地震荷重作用方向：海方向)

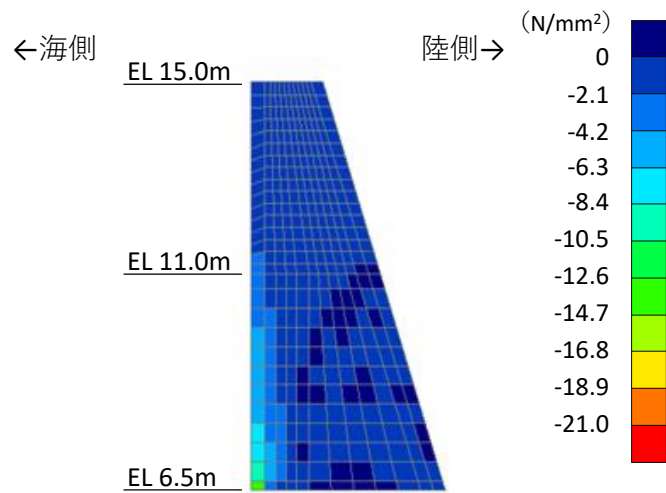
(2) 地震時①－1

地震荷重作用方向を海方向とした際の重力擁壁の破壊状況について確認するため、重力擁壁の新設部分と既設部分の境界部に発生するせん断応力がせん断強度に達し、すべりが発生した時点におけるコンクリート及び鉄筋の応力状態を確認する。

コンクリートの最小主応力図を図 4.3.2-6 に、コンクリートの最大せん断応力図を図 4.3.2-7 に、鉄筋の応力図を図 4.3.2-8 に、新設部分と既設部分の境界部における発生応力図を図 4.3.2-9 に示す。各解析結果から、以下の事項を確認した。

- ・重力擁壁の新設部分と既設部分の境界部に発生するせん断応力がせん断強度に達しすべりが発生した時点における荷重は、地震時①における荷重（955kN）の約 1.9 倍（1,849kN）となっている。
- ・コンクリートの最小主応力図（図 4.3.2-6）から、コンクリートの圧縮破壊は生じていないことを確認した。
- ・最大せん断応力図（図 4.3.2-7）から、新設部分（ $f'_{ck}=24\text{N/mm}^2$ ）の一部の要素において、せん断強度（ $f'_{ck}\times 1/5 = 4.8\text{N/mm}^2$ ）に相当する応力が発生していることを確認した。
- ・鉄筋の応力図（図 4.3.2-8）から、主鉄筋は降伏に至っていないことを確認した。
- ・新設部分と既設部分の境界部における発生応力図（図 4.3.2-9）から、海側の境界部において、部分的にせん断強度  $1.5\text{N/mm}^2$  に達し、せん断破壊が生じていることを確認した。また、境界部における引張破壊は生じていないことを確認した。

以上のことから、地震荷重の作用方向を海方向とした場合には、新設部分の海側下端において、既設部分との境界部の一部にせん断破壊が生じ、コンクリートがせん断強度に相当する応力が発生したものの、弱部として想定していた新設部分における陸側のコンクリートが薄い箇所及び既設護岸の天端（EL 11.0m）付近が健全であることから、地震時①の約 1.9 倍となる荷重において、一体性を損なわないことを確認した。



[応力は引張を正，圧縮を負とする]

図 4.3.2-6 コンクリートの最小主応力図  
(地震時①-1 地震荷重作用方向：海方向)

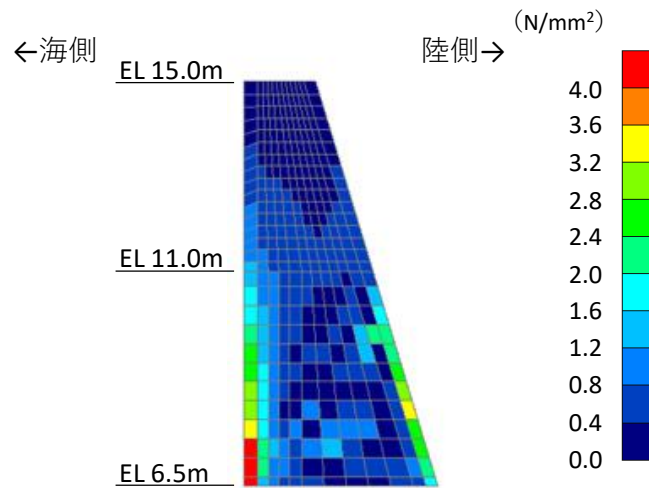
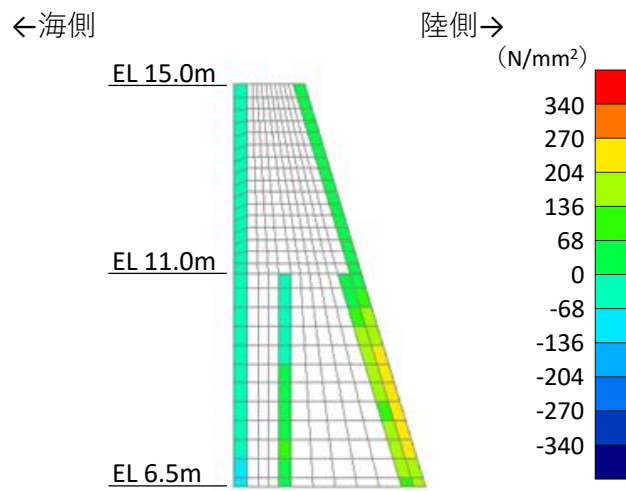


図 4.3.2-7 コンクリートの最大せん断応力図  
(地震時①-1 地震荷重作用方向：海方向)

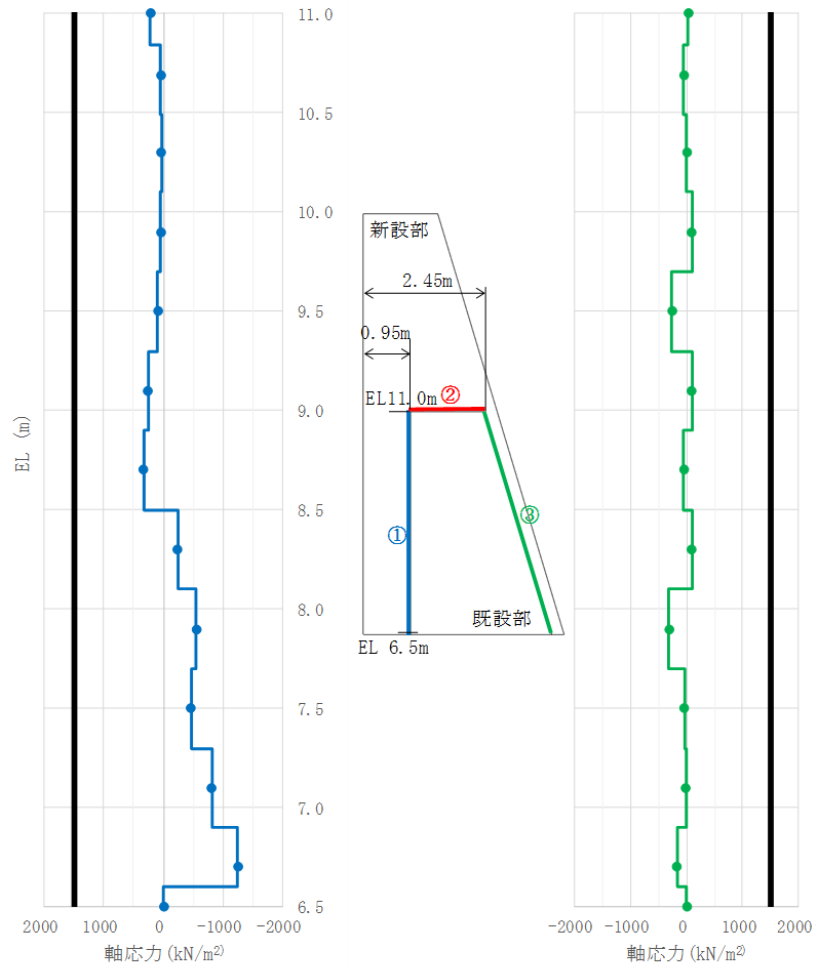
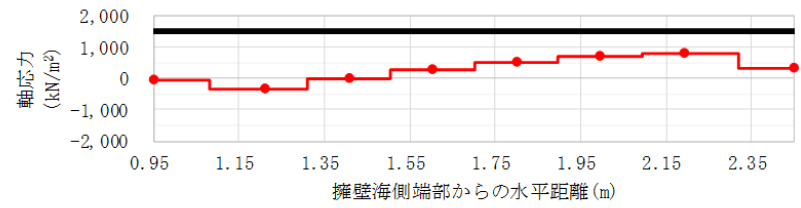




[応力は引張を正，圧縮を負とする]

図 4.3.2-8 鉄筋の応力図

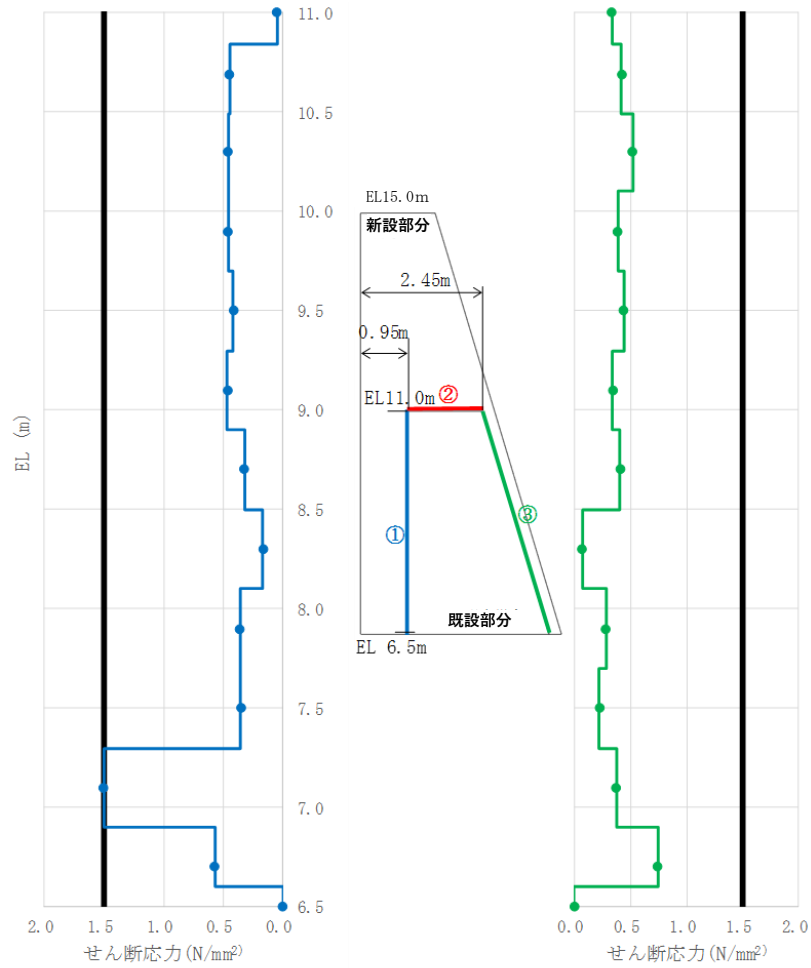
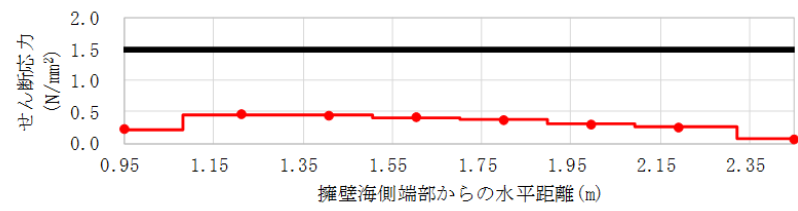
(地震時①-1 地震荷重作用方向：海方向)



※圧縮：負、引張：正、引張強度1,500(kN/m<sup>2</sup>)

[応力は引張を正、圧縮を負とする]

図 4.3.2-9(1) 新設部分と既設部分の境界部における発生応力図 (引張応力)  
(地震時①-1 地震荷重作用方向：海方向)



※せん断強度 $1.5(N/mm^2)$

[応力は引張を正、圧縮を負とする]

図 4.3.2-9(2) 新設部分と既設部分の境界部における発生応力図 (せん断応力)  
(地震時①-1 地震荷重作用方向: 海方向)

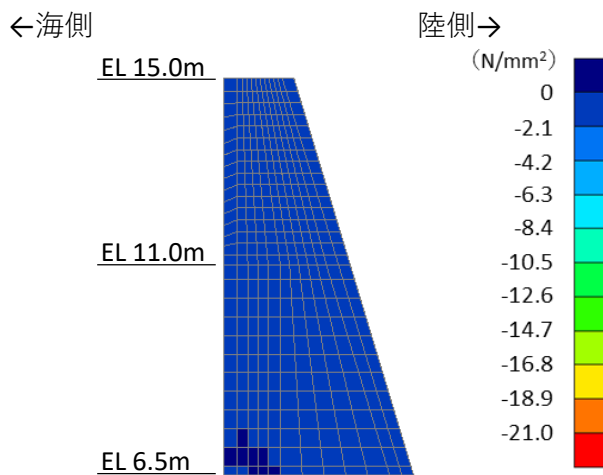
(3) 地震時②

地震荷重作用方向を陸方向とし、重力擁壁の新設部分と既設部分の境界部を考慮した材料非線形解析結果を示す。

海から陸方向への地震荷重作用時において、図 4.3.2-10 に示すコンクリートの最小主応力より、圧縮破壊を生じていないこと及び、図 4.3.2-11 に示すコンクリートの最大せん断応力より、せん断破壊を生じていないことを確認した。

また、図 4.3.2-12 に示す鉄筋の応力より、降伏していないことを確認した。

さらに、図 4.3.2-13 に示す境界部における発生応力より、境界部は引張破壊及びせん断破壊を生じていないことを確認した。



[応力は引張を正，圧縮を負とする]

図 4.3.2-10 コンクリートの最小主応力図  
(地震時② 地震荷重作用方向：陸方向)

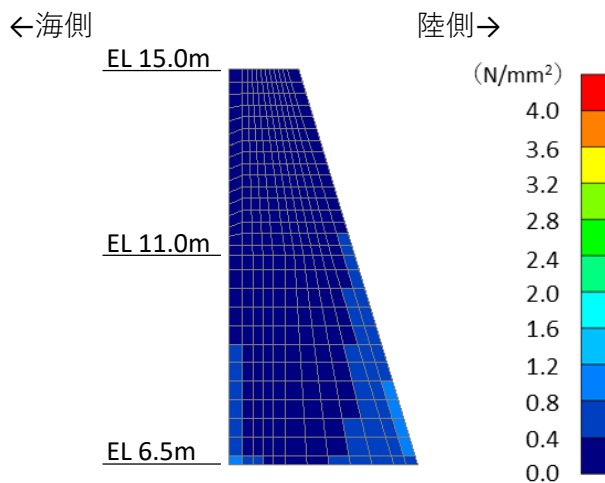
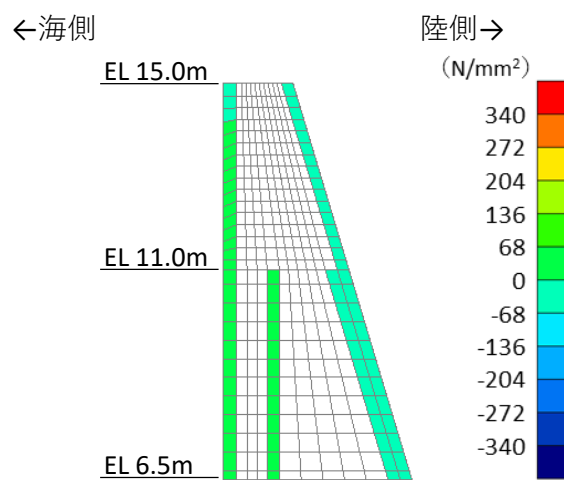


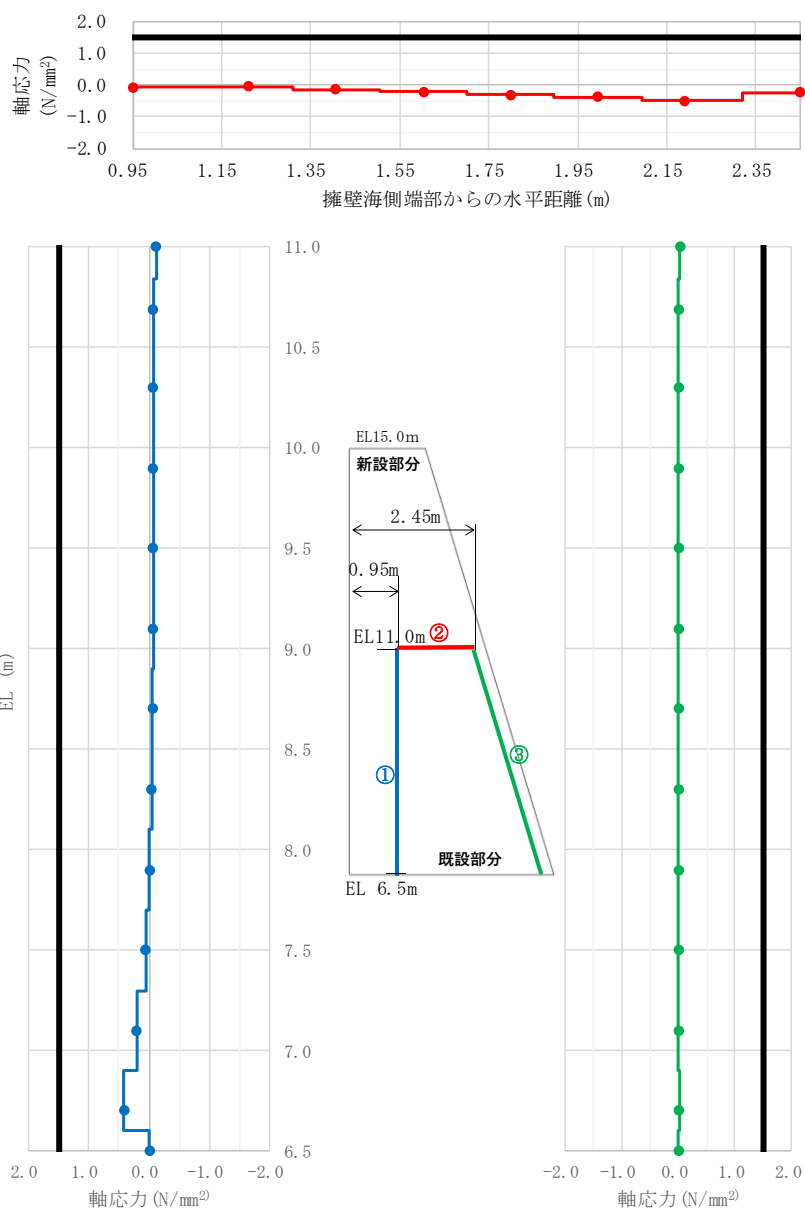
図 4.3.2-11 コンクリートの最大せん断応力図  
(地震時② 地震荷重作用方向：陸方向)



[応力は引張を正，圧縮を負とする]

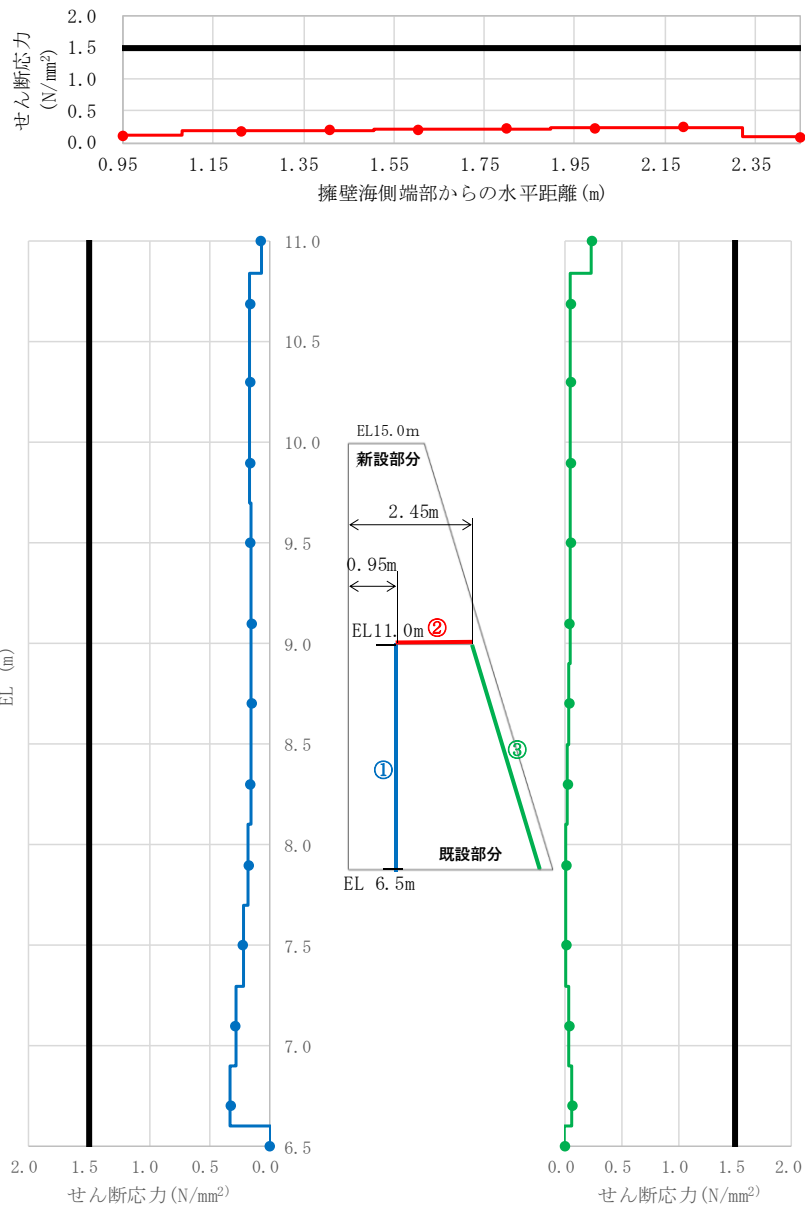
図 4.3.2-12 鉄筋の応力図

(地震時② 地震荷重作用方向：海方向)



[応力は引張を正，圧縮を負とする]

図 4.3.2-13(1) 新設部分と既設部分の境界部における発生応力図 (引張応力)  
(地震時② 地震荷重作用方向：陸方向)



[応力は引張を正，圧縮を負とする]

図 4.3.2-13(2) 新設部分と既設部分の境界部における発生応力図 (せん断応力)  
(地震時② 地震荷重作用方向：陸方向)

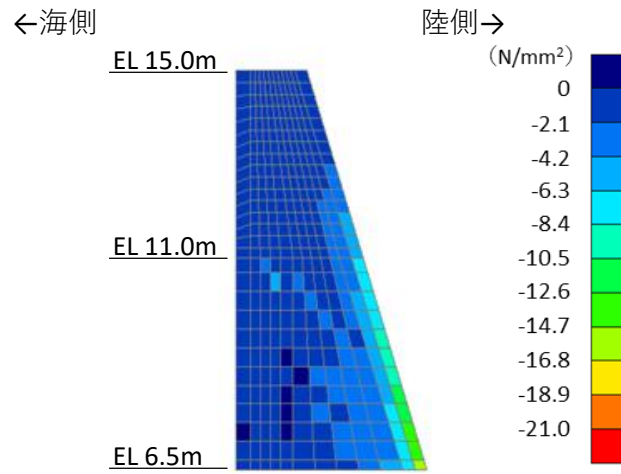
#### (4) 地震時②－1

地震荷重作用方向を陸方向とした際の重力擁壁の破壊状況について確認するため、重力擁壁の新設部分と既設部分の境界部に発生するせん断応力がせん断強度に達し、すべりが発生した時点におけるコンクリート及び鉄筋の応力状態を確認する。コンクリートの最小主応力図を図 4.3.2-14 に、コンクリートの最大せん断応力図を図 4.3.2-15 に、鉄筋の応力図を図 4.3.2-16 に、新設部分と既設部分の境界部における発生応力図を図 4.3.2-17 に示す。各解析結果から、以下の事項を確認した。

- ・重力擁壁の新設部分と既設部分の境界部に発生するせん断応力がせん断強度に達しすべりが発生した時点における荷重は、地震時②における荷重（971kN）の約 3.8 倍（3,653kN）となっている。
- ・コンクリートの最小主応力図（図 4.3.2-14）から、コンクリートの圧縮破壊は生じていないことを確認した。
- ・最大せん断応力図（図 4.3.2-15）から、新設部分（ $f'_{ck}=24\text{N/mm}^2$ ）の一部の要素において、せん断強度（ $f'_{ck}\times 1/5 = 4.8\text{N/mm}^2$ ）に相当する応力が発生していることを確認した。
- ・鉄筋の応力図（図 4.3.2-16）から、海側の下端付近において主鉄筋が降伏に至っていることを確認した。
- ・新設部分と既設部分の境界部における発生応力図（図 4.3.2-17）から、既設部分天端の境界部において、部分的にせん断強度  $1.5\text{N/mm}^2$  に達し、せん断破壊が生じていることを確認した。また、境界部における引張破壊は生じていないことを確認した。

以上のことから、地震荷重の作用方向を陸方向とした場合には、新設部分の海側下端において、既設部分との境界部の一部にせん断破壊が生じ、コンクリートがせん断強度に相当する応力が発生したものの、弱部として想定していた既設護岸の天端（EL 11.0m）付近が健全であることから、地震時②の約 3.8 倍となる荷重において、一体性を損なわないことを確認した。





[応力は引張を正，圧縮を負とする]

図 4.3.2-14 コンクリートの最小主応力図  
(地震時②-1 地震荷重作用方向：陸方向)

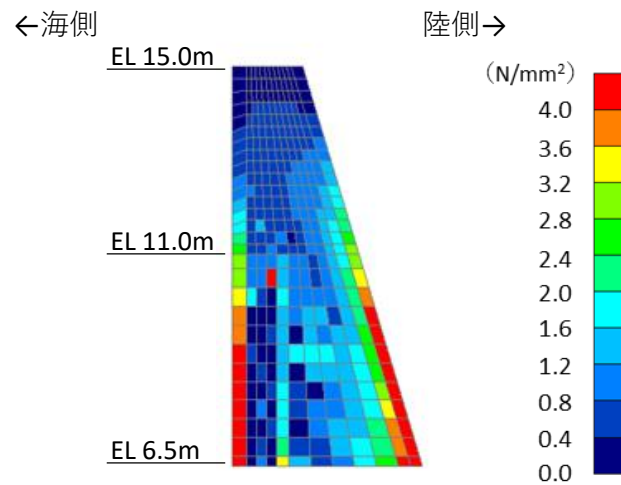
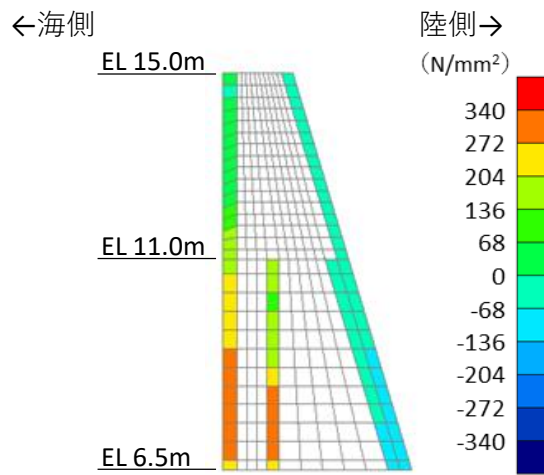


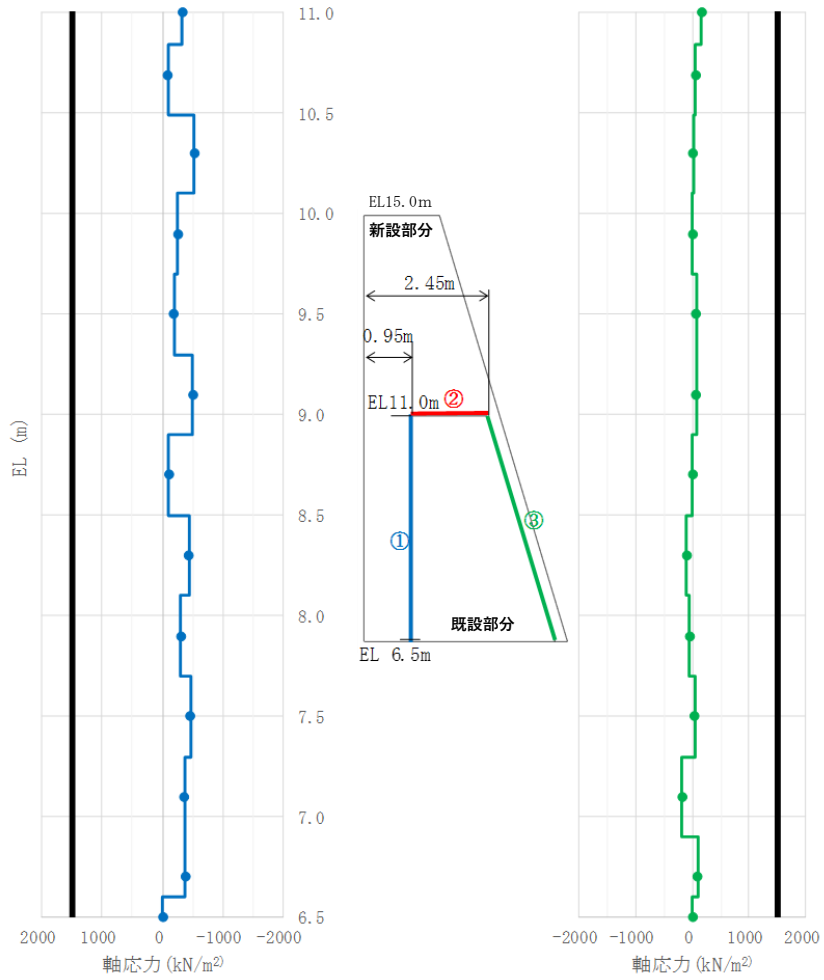
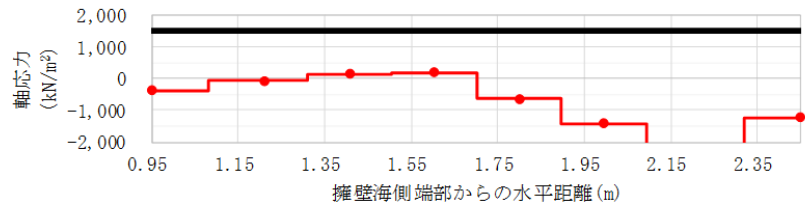
図 4.3.2-15 コンクリートの最大せん断応力図  
(地震時②-1 地震荷重作用方向：陸方向)



[応力は引張を正，圧縮を負とする]

図 4.3.2-16 鉄筋の応力図

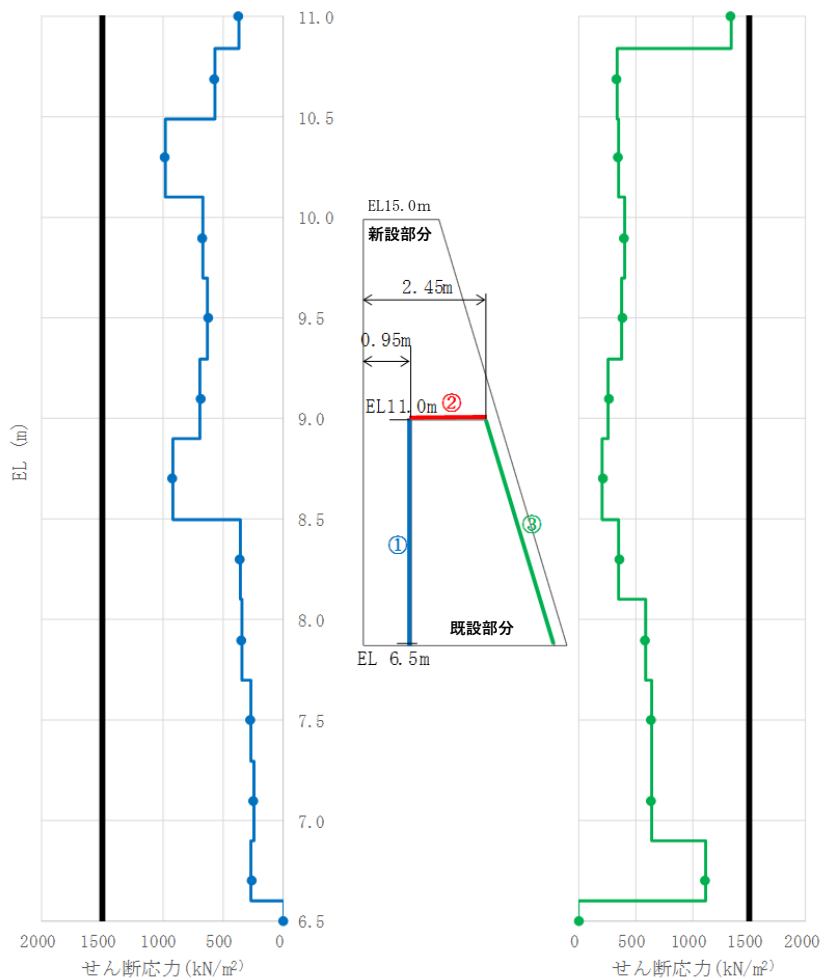
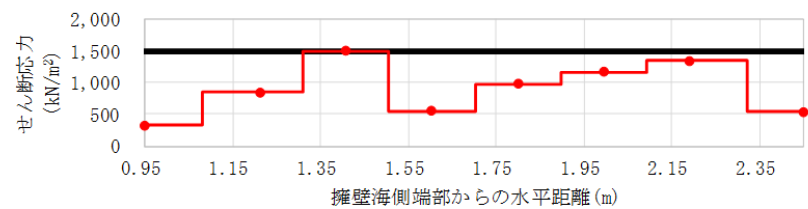
(地震時②-1 地震荷重作用方向：陸方向)



※圧縮：負、引張：正、引張強度1,500 (kN/m<sup>2</sup>)

[応力は引張を正、圧縮を負とする]

図 4.3.2-17(1) 新設部分と既設部分の境界部における発生応力図 (引張応力)  
(地震時②-1 地震荷重作用方向：陸方向)



※せん断強度1,500 (kN/m<sup>2</sup>)

[応力は引張を正、圧縮を負とする]

図 4.3.2-17(2) 新設部分と既設部分の境界部における発生応力図 (せん断応力)  
(地震時②-1 地震荷重作用方向：陸方向)

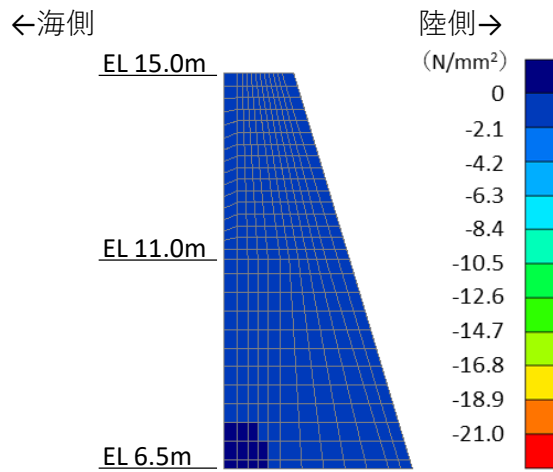
(5) 津波時①

津波荷重の作用に対し、重力擁壁の新設部分と既設部分の境界部を考慮した材料非線形解析結果を示す。

海から陸方向への津波荷重作用時において、図 4.3.2-18 に示すコンクリートの最小主応力より、圧縮破壊を生じていないこと及び、図 4.3.2-19 に示すコンクリートの最大せん断応力より、せん断破壊を生じていないことを確認した。

また、図 4.3.2-20 に示す鉄筋の応力より、降伏していないことを確認した。

さらに、図 4.3.2-21 に示す境界部における発生応力より、境界部は引張破壊及びせん断破壊を生じていないことを確認した。



[応力は引張を正，圧縮を負とする]

図 4.3.2-18 コンクリートの最小主応力図  
(津波時①)

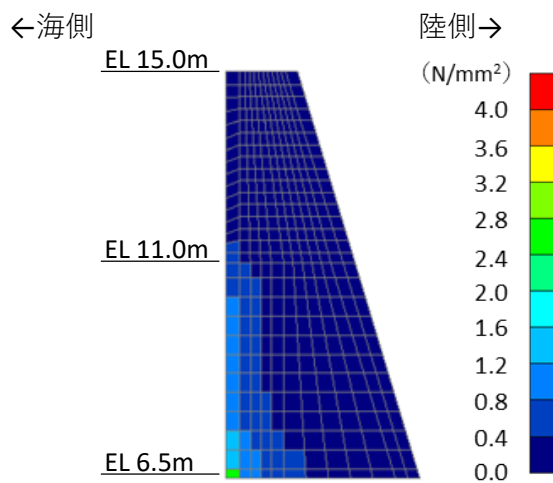
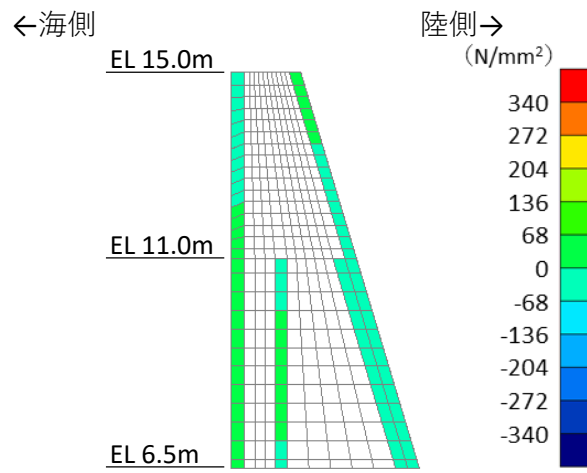
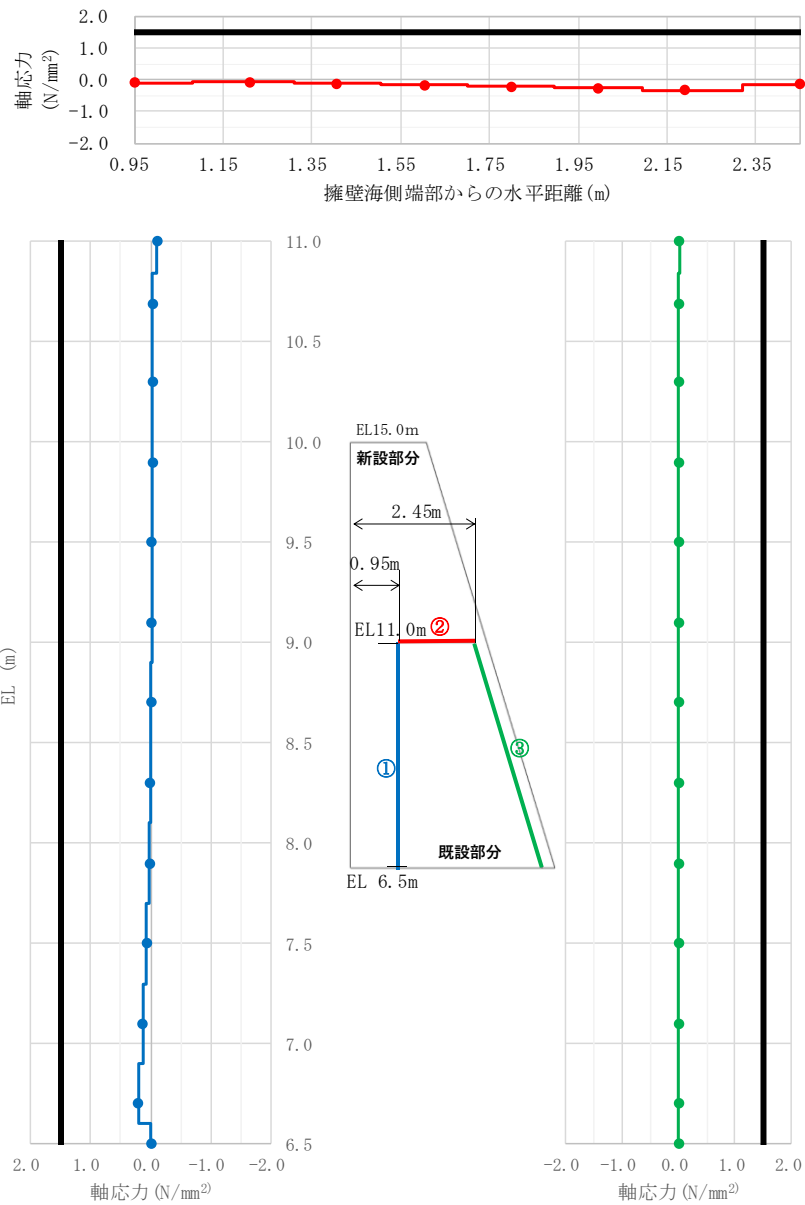


図 4.3.2-19 コンクリートの最大せん断応力図  
(津波時①)



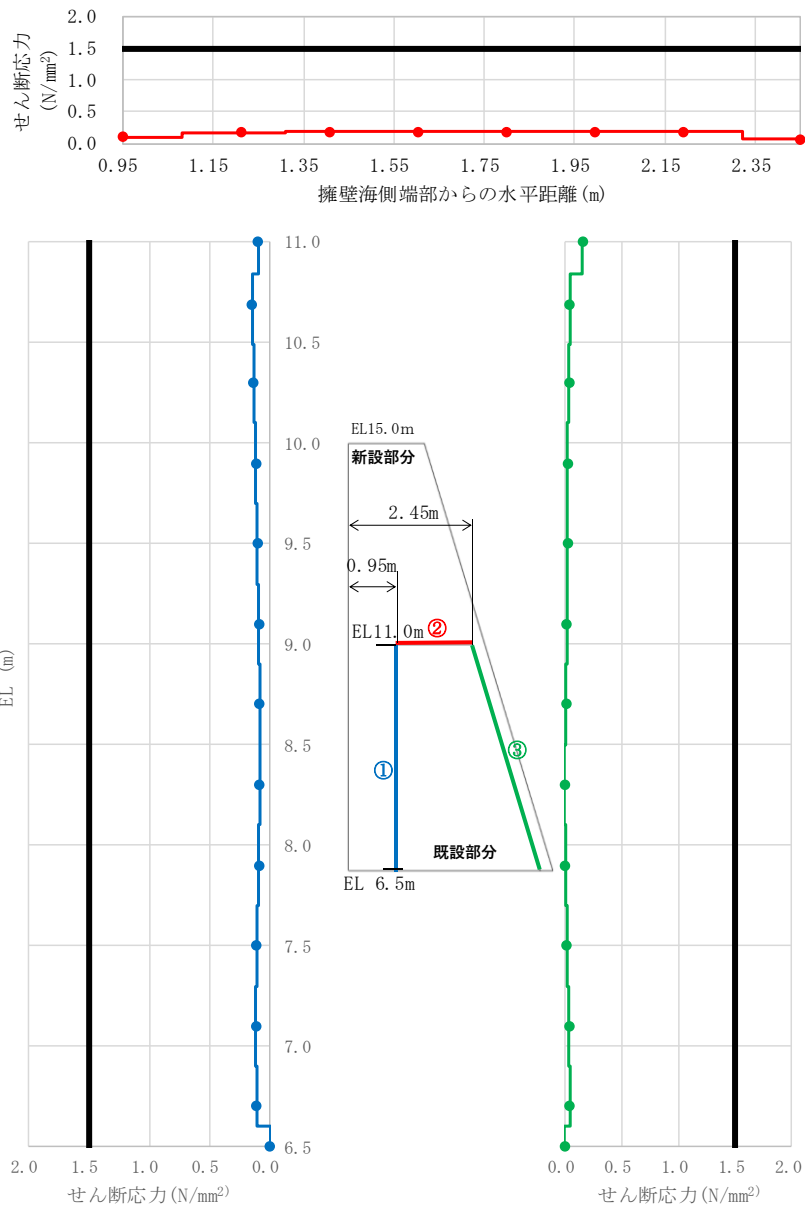
[応力は引張を正，圧縮を負とする]

図 4.3.2-20 鉄筋の応力図  
(津波時①)



[応力は引張を正，圧縮を負とする]

図 4.3.2-21(1) 新設部分と既設部分の境界部における発生応力図 (引張応力)  
(津波時①)



[応力は引張を正，圧縮を負とする]

図 4.3.2-21(2) 新設部分と既設部分の境界部における発生応力図 (せん断応力)  
(津波時①)



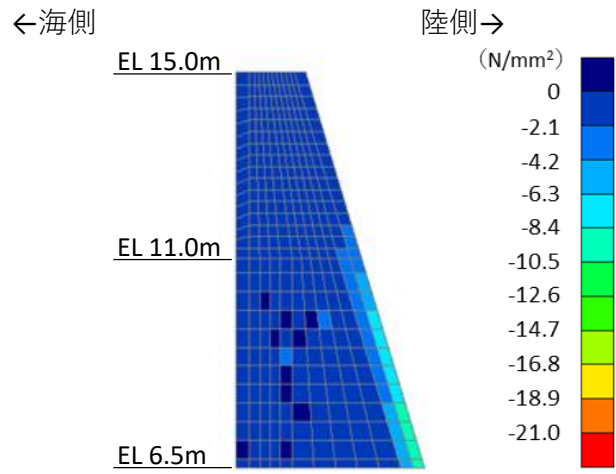
(6) 津波時①－1

津波荷重作用下において、重力擁壁の新設部分と既設部分の境界部に発生するせん断応力がせん断強度に達し、すべりが発生した時点におけるコンクリート及び鉄筋の応力状態を確認する。

コンクリートの最小主応力図を図 4.3.2-22 に、コンクリートの最大せん断応力図を図 4.3.2-23 に、鉄筋の応力図を図 4.3.2-24 に、新設部分と既設部分の境界部における発生応力図を図 4.3.2-25 に示す。各解析結果から、以下の事項を確認した。

- ・重力擁壁の新設部分と既設部分の境界部に発生するせん断応力がせん断強度に達しすべりが発生した時点における荷重は、津波時①における荷重（851kN）の約 4.9 倍（4,171kN）となっている。
- ・コンクリートの最小主応力図（図 4.3.2-22）から、コンクリートの圧縮破壊は生じていないことを確認した。
- ・最大せん断応力図（図 4.3.2-23）から、新設部分（ $f'_{ck}=24\text{N/mm}^2$ ）の一部の要素において、せん断強度（ $f'_{ck}\times 1/5 = 4.8\text{N/mm}^2$ ）に相当する応力が発生していることを確認した。
- ・鉄筋の応力図（図 4.3.2-24）から、海側の下端付近において主鉄筋が降伏に至っていることを確認した。
- ・新設部分と既設部分の境界部における発生応力図（図 4.3.2-25）から、既設部分天端の境界部において、部分的にせん断強度  $1.5\text{N/mm}^2$  に達し、せん断破壊が生じていることを確認した。また、境界部における引張破壊は生じていないことを確認した。

以上のことから、地震荷重の作用方向を陸方向とした場合には、新設部分の海側下端において、既設部分との境界部の一部にせん断破壊が生じ、コンクリートがせん断強度に相当する応力が発生したものの、弱部として想定していた既設護岸の天端（EL 11.0m）付近が健全であることから、津波時①の約 4.9 倍となる荷重において、一体性を損なわないことを確認した。



[応力は引張を正，圧縮を負とする]

図 4.3.2-22 コンクリートの最小主応力図  
(津波時①-1)

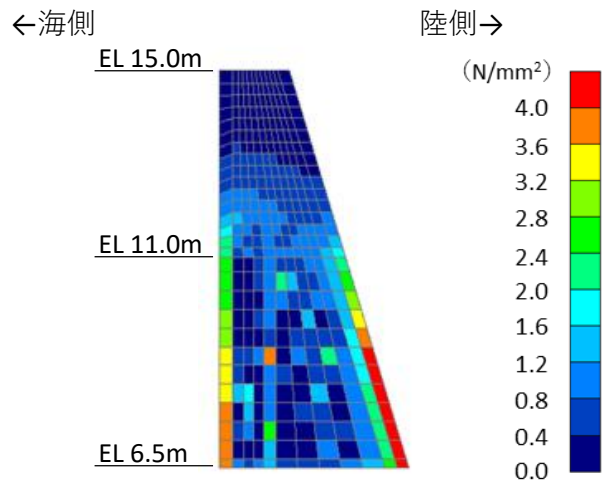
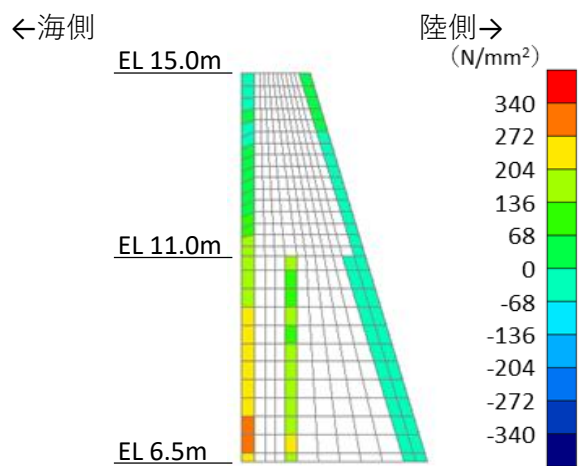


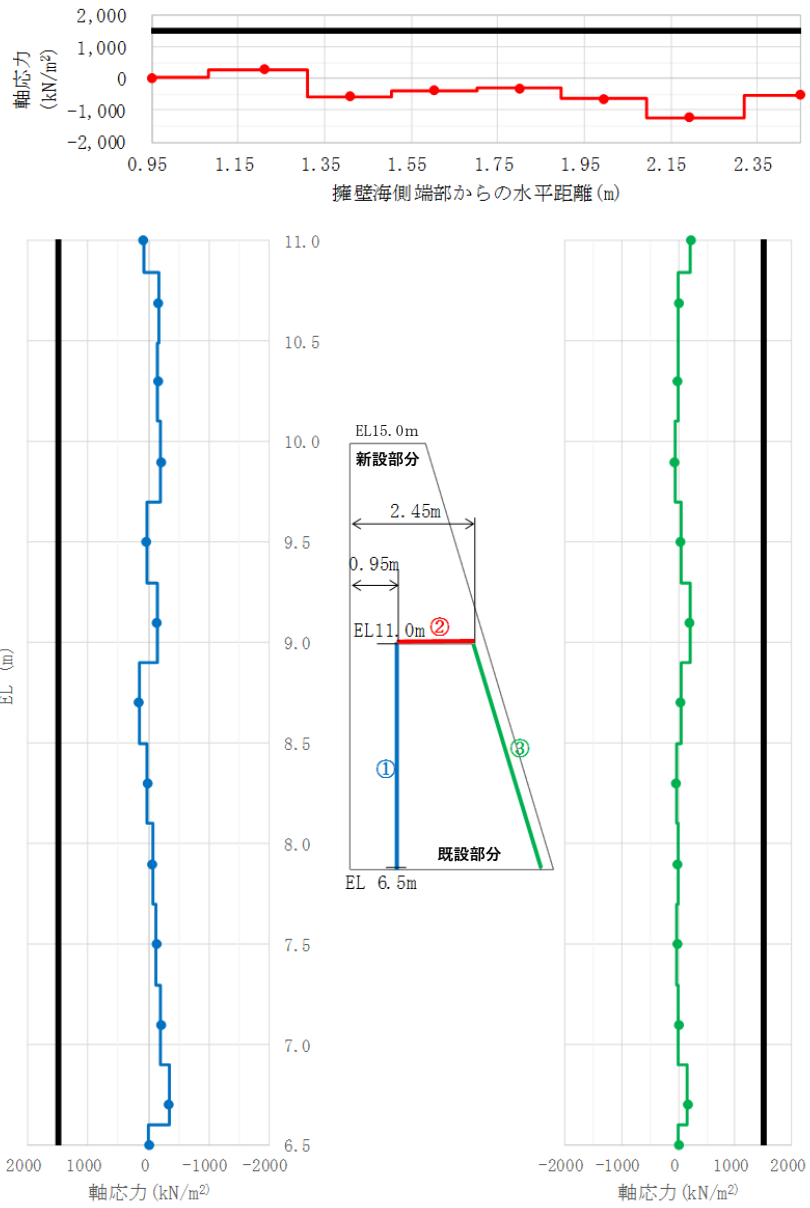
図 4.3.2-23 コンクリートの最大せん断応力図  
(津波時①-1)



[応力は引張を正，圧縮を負とする]

図 4.3.2-24 鉄筋の応力図

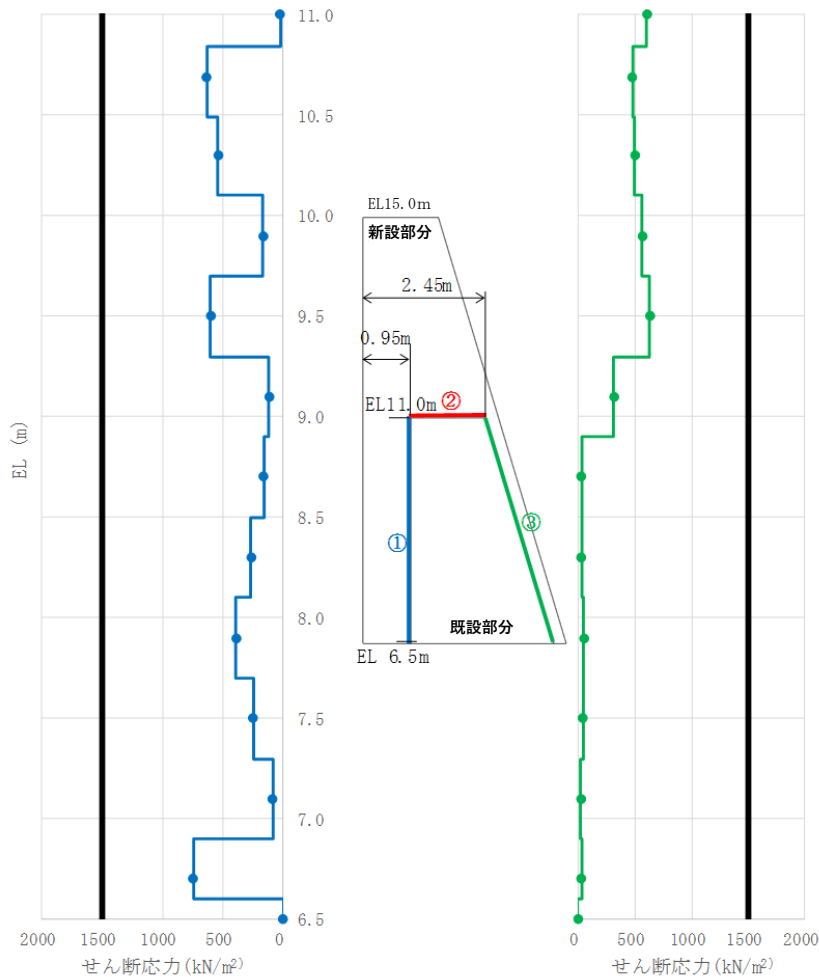
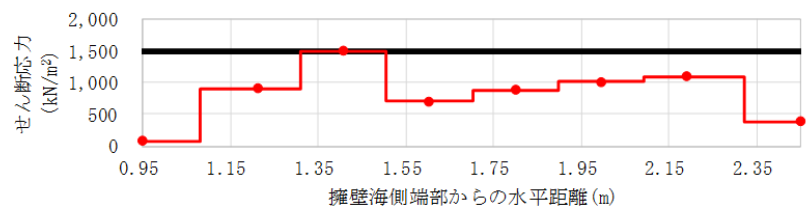
(津波時①-1)



※圧縮：負、引張：正、引張強度1,500 (kN/m<sup>2</sup>)

[応力は引張を正、圧縮を負とする]

図 4.3.2-25(1) 新設部分と既設部分の境界部における発生応力図 (引張応力)  
(津波時①-1)



※せん断強度1,500 (kN/m<sup>2</sup>)

[応力は引張を正、圧縮を負とする]

図 4.3.2-25(2) 新設部分と既設部分の境界部における発生応力図 (せん断応力)  
(津波時①-1)

#### 4.4 重力擁壁の境界部の影響検討まとめ

重力擁壁において既設部分と新設部分の境界部をモデル化した2次元有限要素法（有効応力解析）により、地震荷重作用時及び津波荷重作用時に重力擁壁が曲げ・軸力系の破壊及びせん断破壊に対して健全性を有することを確認した。また、既設部分と新設部分の境界において、部材の健全性に影響を及ぼす引張破壊及びせん断破壊が生じていないことを確認した。

さらに、既設部分と新設部分の境界部を有する重力擁壁をモデル化した材料非線形解析により、地震荷重作用時及び津波荷重作用時においてコンクリート及び鉄筋に破壊が生じていないこと並びに、境界部分が引張破壊及びせん断破壊していないことを確認した。

地震荷重及び津波荷重を超えた荷重を作用させ、重力擁壁の破壊状況を確認した結果、コンクリートは一部せん断破壊が見られるが、重力擁壁の新設部分と既設部分の境界部に発生するせん断応力がせん断強度に達しすべりが発生した時点における荷重は、地震荷重作用方向が海方向の場合が最も厳しく、地震時①における荷重（955kN）の約1.9倍となっていることを確認した。

したがって、既設部分と新設部分の境界部、並びに新設部分のコンクリート（海側）の一部がせん断破壊に達する荷重（水平荷重1,849kN）に対して、地震荷重（水平荷重955kN, 971kN）及び津波荷重（851kN）は裕度があることから、地震時及び津波時において、既設部分と新設部分の境界部は一体として挙動していると判断した。

## 5. まとめ

本資料においては、新設部分と既設部分の一体性を確認することを目的とした検討を行い、以下の事項を確認した。

- ① 既設部分と新設部分の付着力について、防波壁の建設時に実施した試験結果から付着力が確保されていることを確認した。
- ② 新設部分の主筋について、重力擁壁下部のコンクリートに対し、「コンクリート標準示方書 2002」に準拠した定着を確保していることを確認した。また、陸側の主筋に対して、主筋を定着させるコンクリートの隅角部と離隔が近いことを模擬した実物大模型を用いた引抜試験を行い、定着部の引抜荷重は鉄筋の降伏荷重を上回り、隅角部との離隔の影響がないことを確認した。
- ③ 新設部分と既設部分の境界部を模擬し、地震時又は津波時の2次元有限要素法及び材料非線形解析を行うことにより、地震時又は津波時に、境界部に起因した部材の曲げ・軸力系の破壊及びせん断破壊が生じないこと並びに、地震時又は津波時において境界部の引張破壊及びせん断破壊が生じないことを確認した。

上記の確認により、防波壁（波返重力擁壁）の重力擁壁における既設部分と新設部分の一体性が確保されていることを確認した。

(参考資料 2) 改良地盤⑥の物性値の設定方法について

1. 概要

防波壁（波返重力擁壁）の耐震評価に必要な地盤の物性値は、VI-2-1-3 「地盤の支持性能に係る基本方針」において説明している。

防波壁（波返重力擁壁）の耐震評価及び強度計算の前提となる改良地盤⑥の内的安定評価に必要な物性値について、室内試験の結果を踏まえ新たに設定したことから、説明を行う。



## 2. 地盤の物性値

地盤の物性値は、VI-2-1-3 「地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値を用いる。改良地盤⑥の物性値のうち、引張強度及び残留強度(粘着力、内部摩擦角)については、室内試験の結果等を踏まえて設定する。

本章では、当該試験結果及び物性値の設定について説明する。図 2-1 及び図 2-2 に改良地盤⑥の配置図を示す。

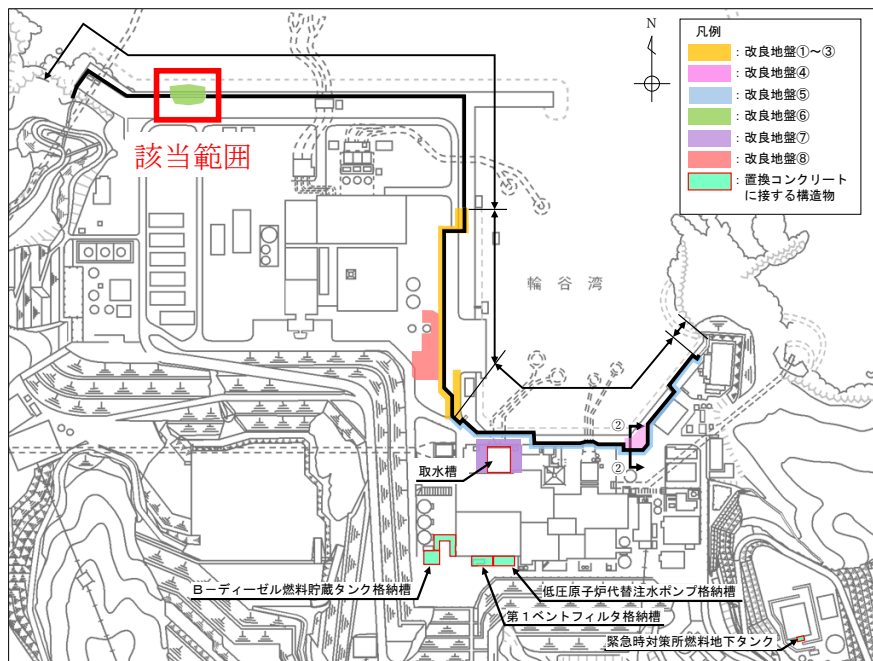


図 2-1 改良地盤⑥の平面配置図

(単位：m)

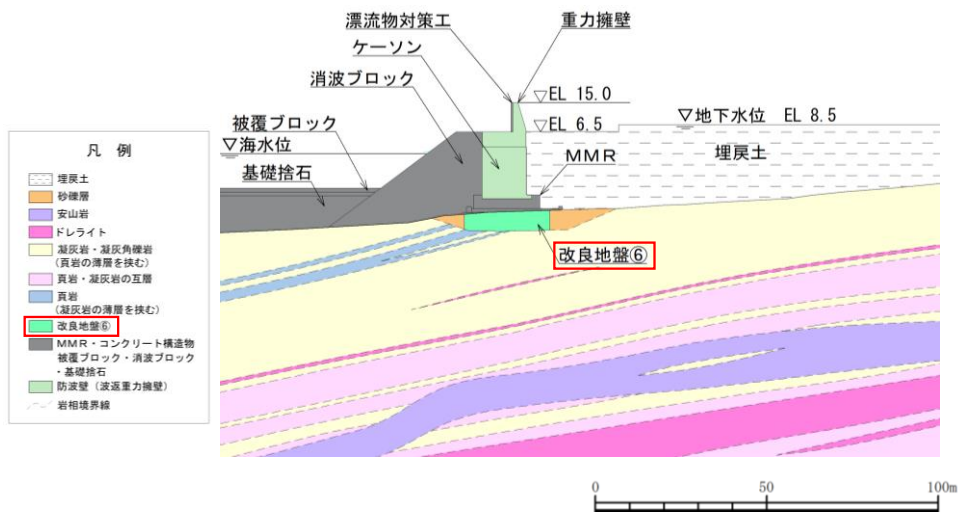


図 2-2 改良地盤⑥の配置図

(防波壁 (波返重力擁壁), ②-②断面)

(参考) 2-2

## 2.1 室内試験を踏まえた解析用物性値の設定

### 2.1.1 試験方法

室内試験は、表 2.1.1-1 に示す通り地盤工学会（JGS）の試験基準に基づき実施する。供試体は添付書類「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」で示した室内配合試験によって作成されたものを用いる。

表 2.1.1-1 改良地盤⑥の改良地盤の試験項目

項目	規格・基準名称	試験規格	必要試験数量
引張強度	岩石の圧裂引張り 試験方法	JGS 2551	3 以上
残留強度 (粘着力, 内部摩擦角)	土の圧密非排水 三軸圧縮試験方法	JGS 0523	3 以上

### 2.1.2 解析用物性値の設定方法

#### (1) 残留強度

残留強度については、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に記載のせん断強度の設定に用いた三軸圧縮試験結果において、せん断破壊後のせん断強さを用いて設定を行う。

#### (2) 引張強度 $\sigma_t$

引張強度については、圧裂引張試験結果を用いて設定を行う。

### 2.1.3 解析用物性値の設定

#### (1) 試験結果

改良地盤⑥の室内試験における試験数量を表 2.1.3-1 に示す。また、試験結果を表 2.1.3-2、図 2.1.3-1 及び図 2.1.3-2 に示す。

残留強度については、図 2.1.3-1 に示す三軸圧縮試験により得られた軸差応力－軸ひずみ関係において、せん断破壊・ひずみ軟化後の残留強さをを用い、図 2.1.3-2 に示すモールの応力円を描き、粘着力及び内部摩擦角を求めた。

表 2.1.3-1 改良地盤⑥の室内試験における試料数量

項目	規格・基準名称	試験規格	試験数量	
			改良地盤④	改良地盤⑤
引張強度	岩石の圧裂引張り 試験方法	JGS 2551	3	3
残留強度 (残留強度, 内部摩擦角)	土の圧密非排水 三軸圧縮試験方法	JGS 0523	3	3

表 2.1.3-2 改良地盤⑥における圧裂引張試験結果

地盤	引張強さ $\sigma_t$ [kN/m <sup>2</sup> ]	平均値 [kN/m <sup>2</sup> ]
改良地盤⑥	395	436
	442	
	471	

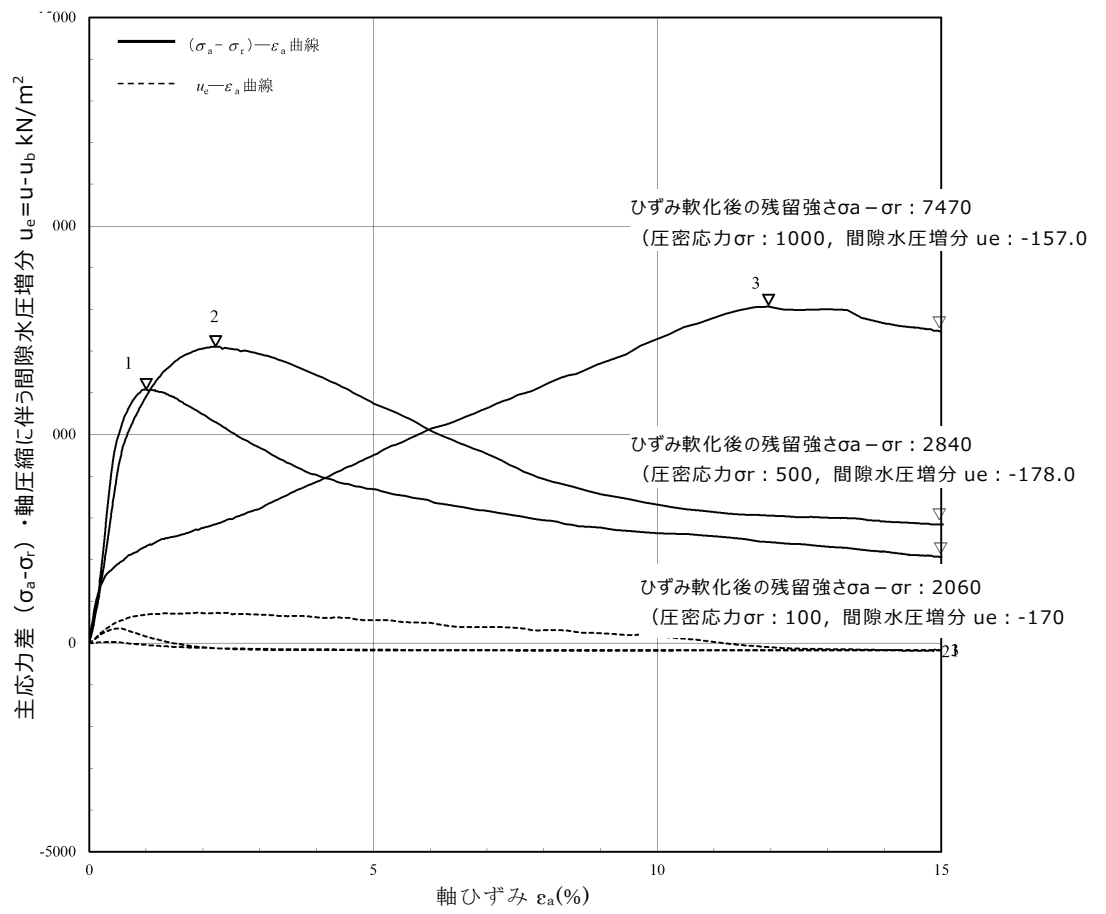


図 2.1.3-1 三軸圧縮試験における軸差応力-軸ひずみ関係

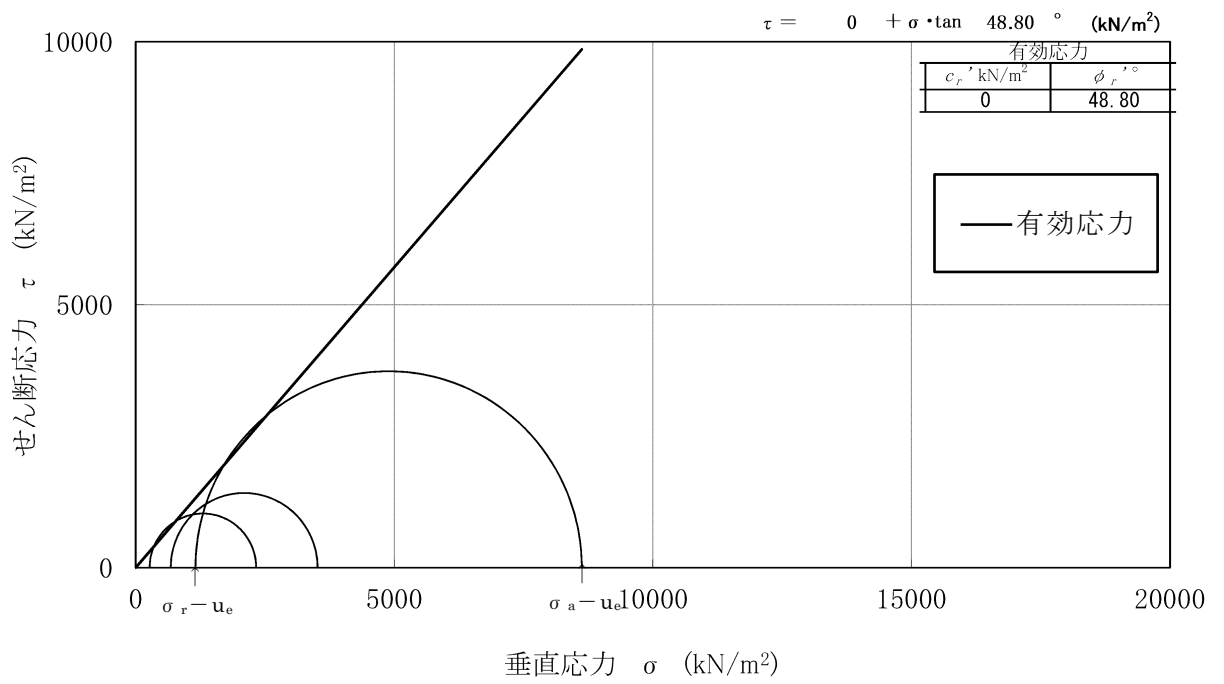


図 2.1.3-2 改良地盤⑥における三軸圧縮試験結果

(2) 解析用物性値の設定

a. 残留強度

室内試験の結果を踏まえた残留強度の物性値を表 2.1.3-3 に示す。

表 2.1.3-3 残留強度の物性値

	粘着力 $c'$ [kN/m <sup>2</sup> ]	内部摩擦角 $\phi'$ [°]
改良地盤⑥	0	48.80

b. 引張強度  $\sigma_t$

室内試験の結果を踏まえた引張強度の物性値を表 2.1.3-4 に示す。

表 2.1.3-4 引張強度の物性値

	引張強度 $\sigma_t$ [kN/m <sup>2</sup> ]
改良地盤⑥	436

## 2.2 改良地盤の物性値

以上を踏まえ、改良地盤⑥の物性値を表 2.2-1 に、その設定根拠を表 2.2-2 に示す。

表 2.2-1 改良地盤⑥の解析用物性値

		解析用物性値
		改良地盤⑥
残留強度	粘着力 $c'$ [kN/m <sup>2</sup> ]	0
	内部摩擦角 $\phi'$ [°]	48.80
引張強度	$\sigma_t$ [kN/m <sup>2</sup> ]	436

表 2.2-2 改良地盤⑥の設定根拠

		設定根拠
残留強度	粘着力 $c'$ [kN/m <sup>2</sup> ]	室内試験結果を踏まえた粘着力を設定
	内部摩擦角 $\phi'$ [°]	室内試験結果を踏まえた内部摩擦角を設定
引張強度	$\sigma_t$ [kN/m <sup>2</sup> ]	室内試験結果を踏まえた引張強度を設定

(参考資料 3) ケーソン中詰材改良体の解析用物性値について

1. 概要

防波壁(波返重力擁壁)のうち、重力擁壁を支持する鉄筋コンクリート造のケーソンは、図 1-1 に示すとおり、前壁、後壁、側壁、隔壁及び底版(フーチング含む)で構成される箱型形状であり、箱型内部には格子状に複数隔壁を配置しており、側壁及び隔壁により囲まれた箇所に、中詰コンクリート又は中詰材(銅水砕スラグ又は砂)を充填している。

設置許可段階では中詰材の一部を改良することで構造成立性を確認している。なお、詳細な中詰材の改良範囲及び仕様については、詳細設計段階で説明することとしていた。

詳細設計段階においては、図 1-1 に示す赤色範囲の追加により、すべての中詰材(銅水砕スラグ又は砂)を改良し、ケーソンの耐震・耐津波安全性を向上させることとした。

防波壁(波返重力擁壁)の評価において、中詰材の改良に伴い、ケーソン内の改良した中詰材(以下「中詰材改良体」という。)を解析モデルに反映するため、原位置試験及び室内試験等に基づき、適切な解析用物性値を設定する。

本資料では、中詰材改良体の解析用物性値について説明する。

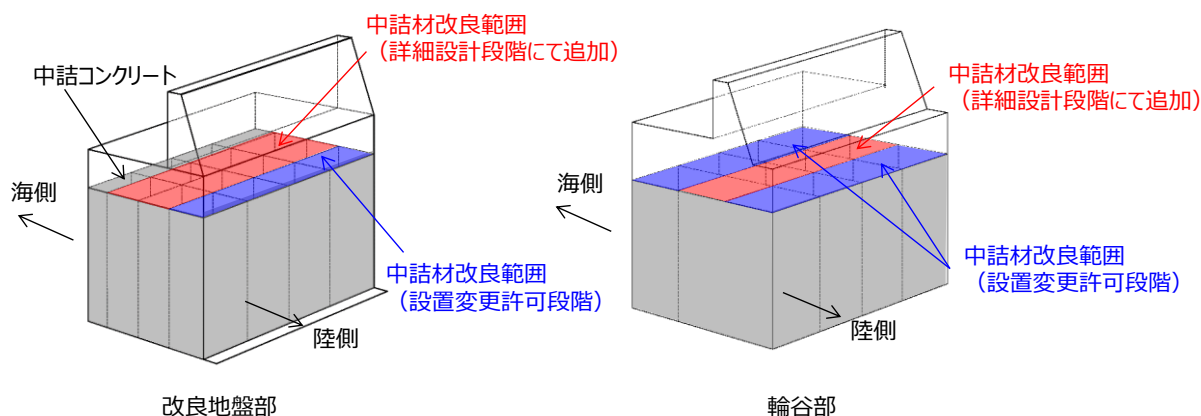


図 1-1 中詰材の改良範囲



## 2. 中詰材改良範囲と改良工法

### 2.1 中詰材改良範囲

#### 2.2.1 設置変更許可段階において考慮した中詰材改良範囲

設置変更許可段階では、地震時の荷重を直接負担する後壁等で構造が成立しないことを確認したため、図 2-1 に青色で示す範囲を改良した場合の検討を実施し、構造成立性を確認している。

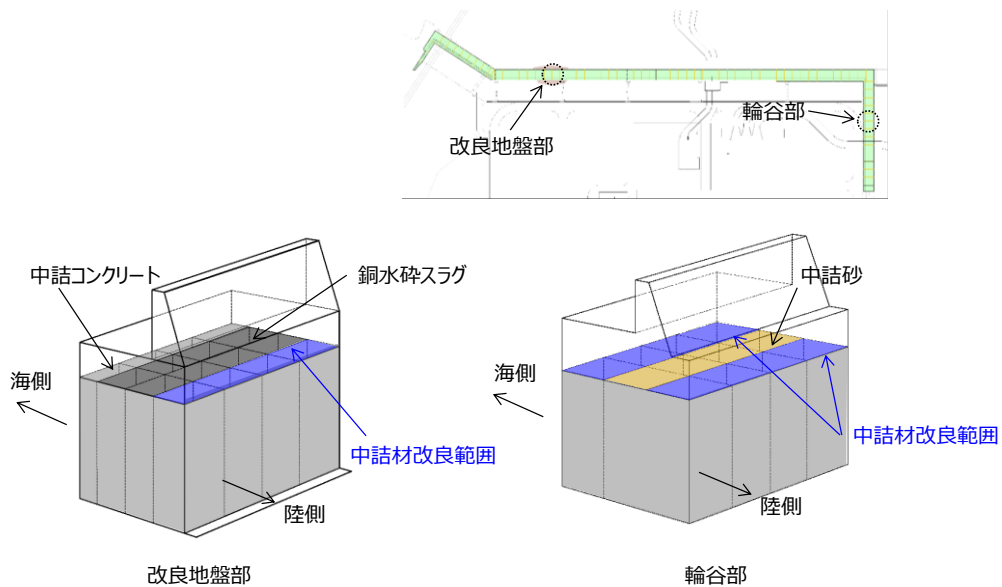


図 2-1 設置許可段階におけるケーソン中詰材改良範囲

#### 2.2.2 詳細設計段階において考慮する中詰材改良範囲

詳細設計段階では、図 2-2 に示すとおり、ケーソン内のすべての区画の中詰材を改良することにより、中詰材改良体を介して各部材に応力伝達させること及び変形を抑えることで、ケーソンの耐震・耐津波安全性を向上させることとした。

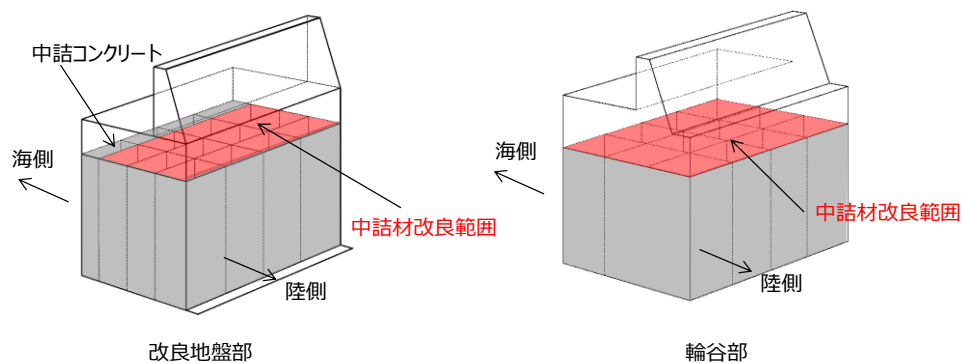


図 2-2 詳細設計段階におけるケーソン中詰材改良範囲

## 2.2 中詰材の改良工法

ケーソンの中詰材（銅水砕スラグ又は砂）は、固化材を噴射しながら混合・攪拌する改良工法である高圧噴射攪拌工法により改良する。高圧噴射攪拌工法の施工イメージを図2-3に、施工状況を図2-4に示す。

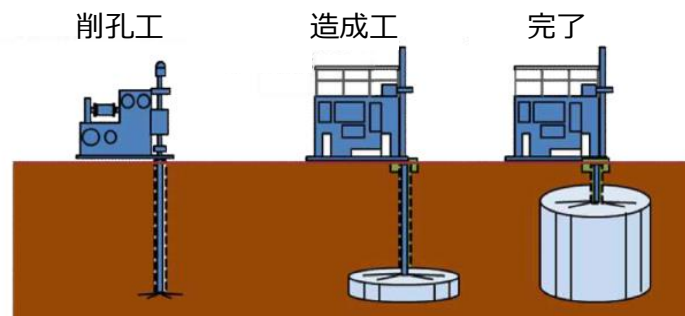


図2-3 高圧噴射攪拌工法の施工イメージ



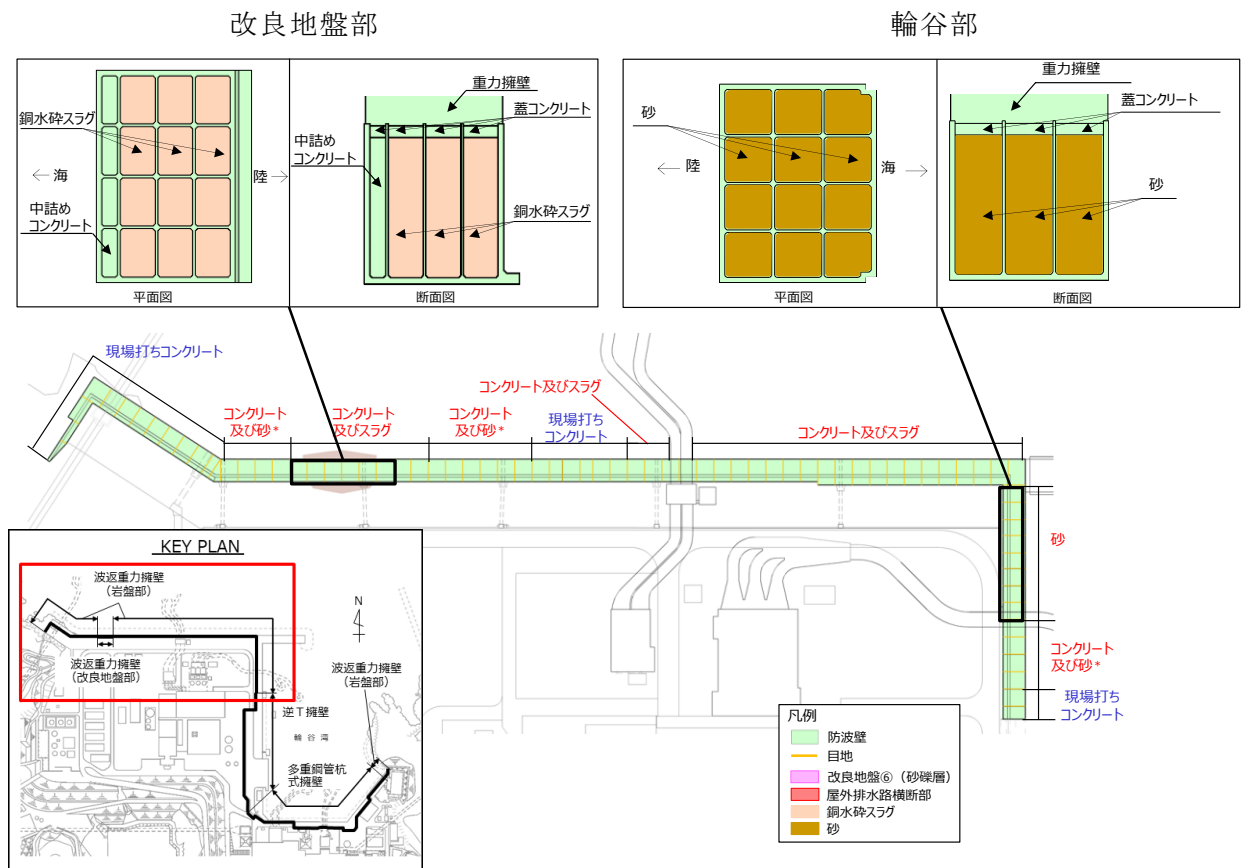
図2-4 高圧噴射攪拌工法によるケーソン中詰材改良の施工状況

### 3. 中詰材改良体の解析用物性値の設定

#### 3.1 基本方針

ケーソンにおける中詰材改良体の解析用物性値については、中詰材の改良を実施した範囲において実施した原位置試験及び室内試験の試験結果を踏まえて設定する。なお、改良する中詰材は、銅水砕スラグ又は砂に大別されることから、それぞれについて解析用物性値を設定する。

中詰材改良体の平面配置図，平面図及び断面図を図 3-1 に示す。



注記\* : コンクリート及び砂の場合、左図の中詰材である銅水砕スラグの代わりに砂を使用。

図 3-1 ケーソンにおける中詰材改良体の平面配置図，平面図及び断面図

### 3.2 解析用物性値の設定方法

中詰材改良体の解析用物性値は、原位置試験又は室内試験の試験結果を踏まえて設定する。

#### (1) 密度 $\rho$

中詰材改良体の密度  $\rho$  は、室内試験の試験結果を踏まえて設定する。

#### (2) 弾性係数 E

後述する三軸圧縮試験結果（図 3-6）を踏まえ、中詰材改良体は線形材料と見なすことができるため、3次元構造解析に入力する解析用物性値として、弾性係数 E を（式 1）及び（式 2）に基づき設定する。

$$E = 2(1 + \nu)G \quad (\text{式 1})$$

$$G = \rho V_s^2 \quad (\text{式 2})$$

ここに、

E : 弾性係数 (kN/m<sup>2</sup>)

$\nu$  : ポアソン比

G : せん断弾性係数 (kN/m<sup>2</sup>)

$\rho$  : 密度 (g/cm<sup>3</sup>)

V<sub>s</sub> : S 波速度 (m/s)

#### (3) ポアソン比 $\nu$

中詰材改良体のポアソン比  $\nu$  は、文献（液状化による構造物被害予測プログラム FLIP において必要な各種パラメタの簡易設定法（港湾技研資料 No. 869））に基づき、（式 3）により算定した。

$$\nu = K_0 / (1 + K_0) \quad (\text{式 3})$$

ここに、

$\nu$  : ポアソン比

K<sub>0</sub> : 静止土圧係数 (=0.5)

#### (4) 粘着力 c 及び内部摩擦角 $\phi$

中詰材改良体の強度特性である粘着力 c 及び内部摩擦角  $\phi$  については、三軸圧縮試験結果を踏まえて設定する。

### 3.3 原位置試験及び室内試験

#### (1) 試験方法

原位置試験及び室内試験は、地盤工学会（JGS）の試験基準に基づき、表3-1のとおり実施する。

表3-1 中詰材改良体の試験項目及び数量

試験項目	規格・基準名称	試験規格	必要試験数量
飽和密度	岩石の密度試験方法 (浸水+減圧脱気)	JGS 2132	3以上
S波速度	地盤の弾性波速度検層方法	JGS 1122	—*
粘着力 内部摩擦角	土の圧密非排水三軸圧縮試験方法	JGS 0523	3以上
圧縮強度	岩石の一軸圧縮強度	JGS 2521	—

注記\*：PS検層の測定区間長1mを一つの試料数とみなす。

(2) 試料採取及び原位置試験位置

中詰材改良体の試料採取位置，採取した試料を用いた室内試験の実施項目及び数量を図3-2，表3-2にそれぞれ示す。

また，原位置試験位置，試験項目及び数量を図3-4，表3-4にそれぞれ示す。

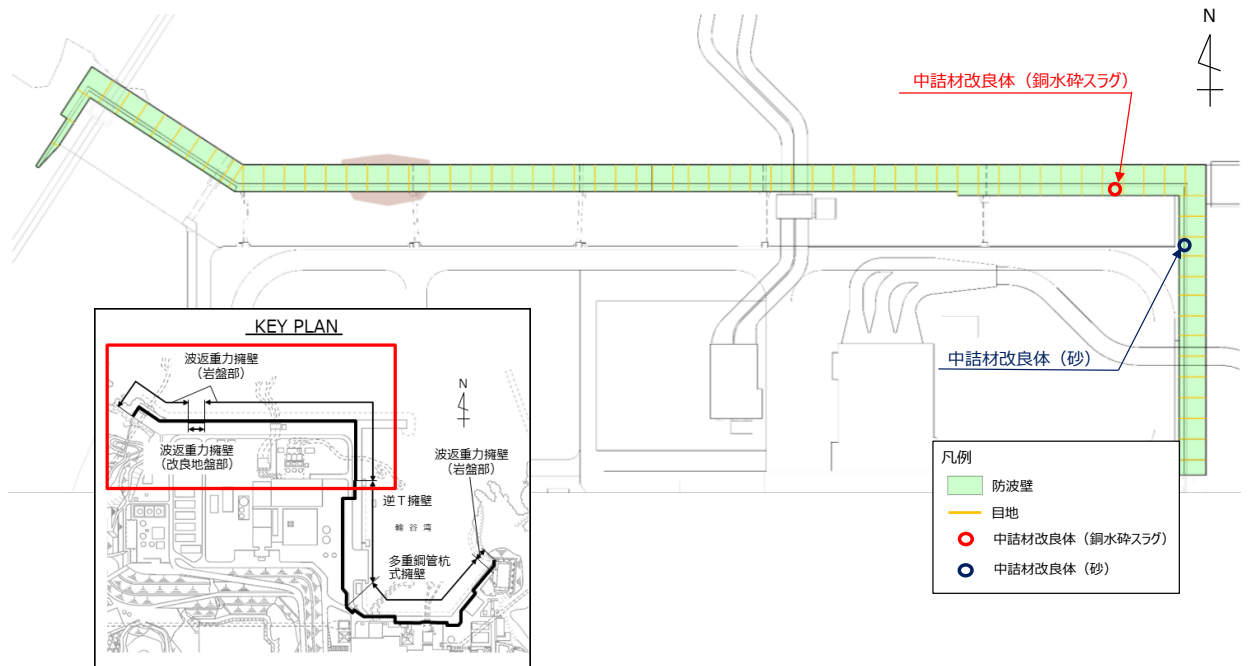


図3-2 中詰材改良体の試料採取位置

表3-2 室内試験実施項目及び数量

試験項目	数量		
	中詰材改良体 (銅水砕スラグ)	中詰材改良体 (砂)	合計
密度試験	8	3	11
三軸圧縮試験	3	3	6

なお，三軸圧縮試験の試料採取深度については表3-3に示す。

各コア写真を図3-3に示す。

表3-3 三軸圧縮試験の試料採取深度

試験項目	中詰材改良体 (銅水砕スラグ)	中詰材改良体 (砂)
三軸圧縮試験	EL-4.61～-4.71m	EL-5.40～-5.53m
	EL-4.81～-4.94m	EL-5.53～-5.66m
	EL-4.94～-5.07m	EL-5.97～-6.10m

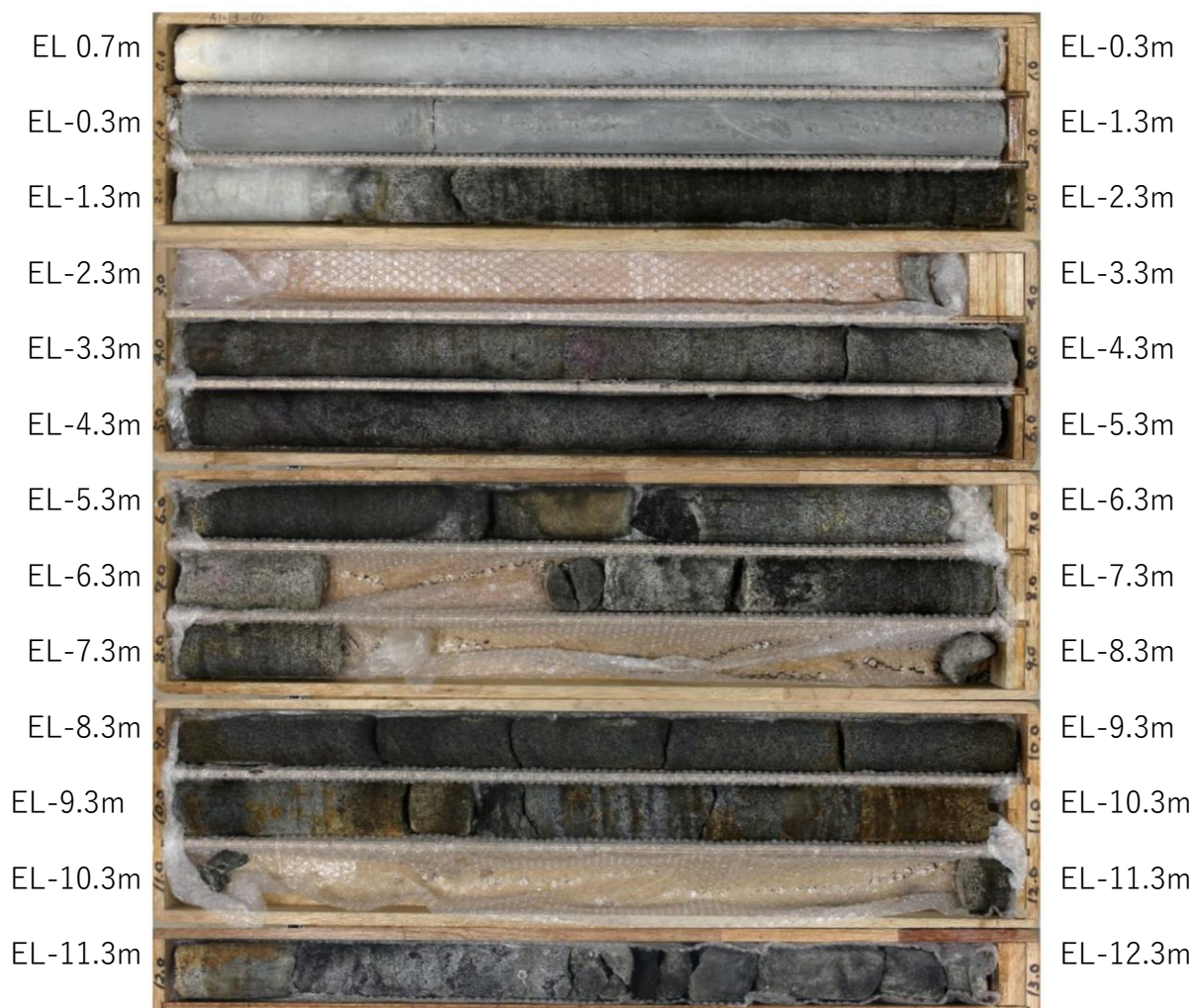


図 3-3 (1) 中詰材改良体 (銅水碎スラグ)



図 3-3 (2) 中詰材改良体 (砂)



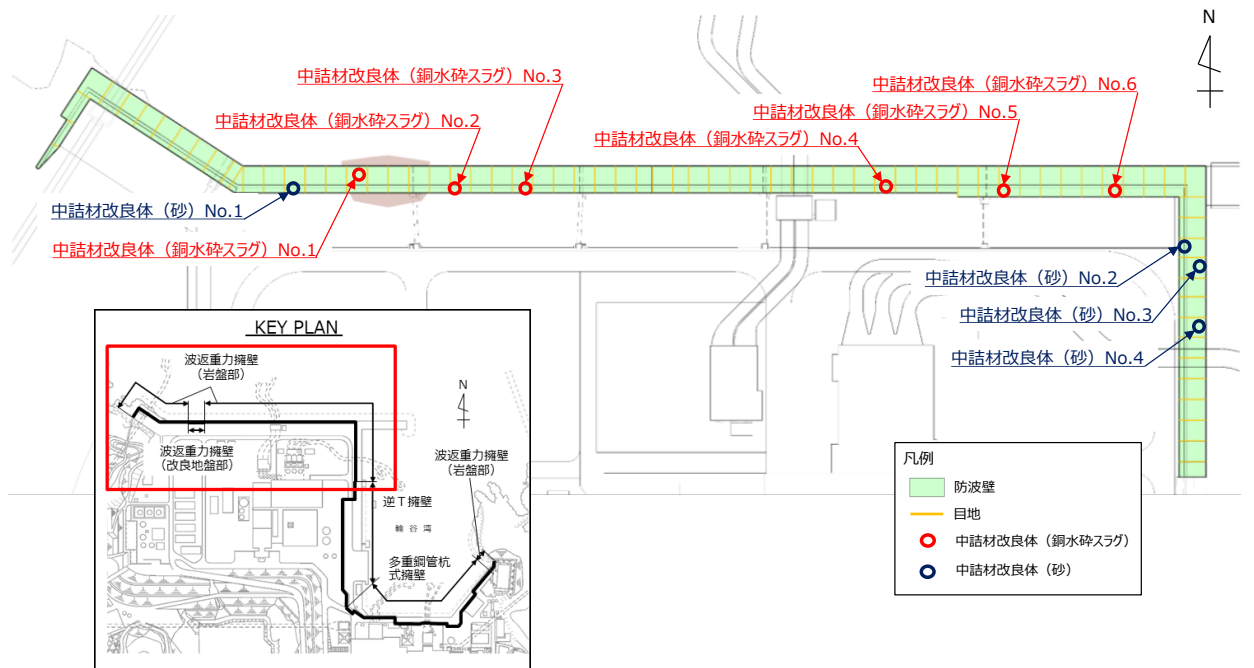


図 3-4 原位置試験位置図

表 3-4 原位置試験実施項目及び数量

試験項目	数量					
	中詰材改良体 (銅水砕スラグ)		中詰材改良体 (砂)		合計	
P S 検層	孔数	試験数*	孔数	試験数*	孔数	試験数*
		6	45	4	28	10

注記\* : P S 検層の測定区間長 1m を一つの試験数とみなす。

### 3.4 解析用物性値の設定

#### (1) 試験結果

中詰材改良体の密度試験結果を表 3-5 及び表 3-6 に、三軸圧縮試験結果を図 3-5 及び図 3-6 に、P S 検層試験結果を表 3-7 に、一軸圧縮試験結果を表 3-8 にそれぞれ示す。

なお、図 3-6 に示すとおり、三軸圧縮試験の応力ひずみ関係 ( $\sigma - \varepsilon$ ) では、明瞭なピークが認められ、直線性を示すことから、中詰材改良体は線形材料と見なすことができる。

表 3-5 密度試験結果 (中詰材改良体 (銅水砕スラグ))

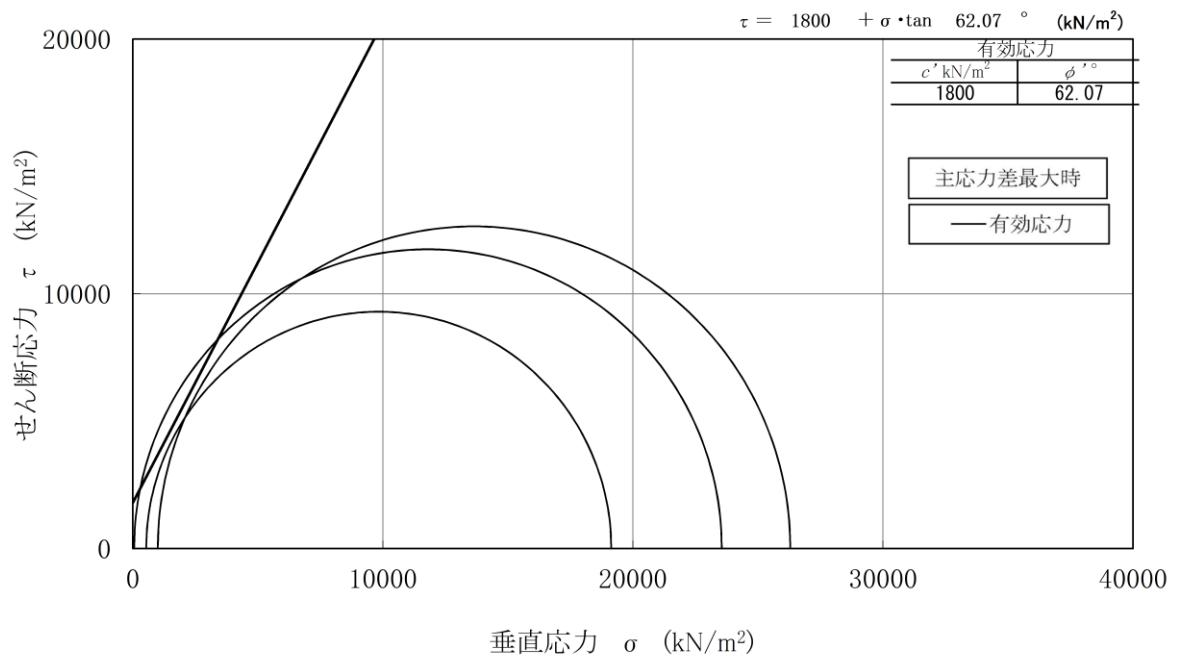
試料採取位置	飽和密度 (g/cm <sup>3</sup> )
中詰材改良体 (銅水砕スラグ)	2.67
	2.68
	2.67
	2.72
	2.70
	2.69
	2.78
	2.79
平均	2.71

表 3-6 密度試験結果 (中詰材改良体 (砂))

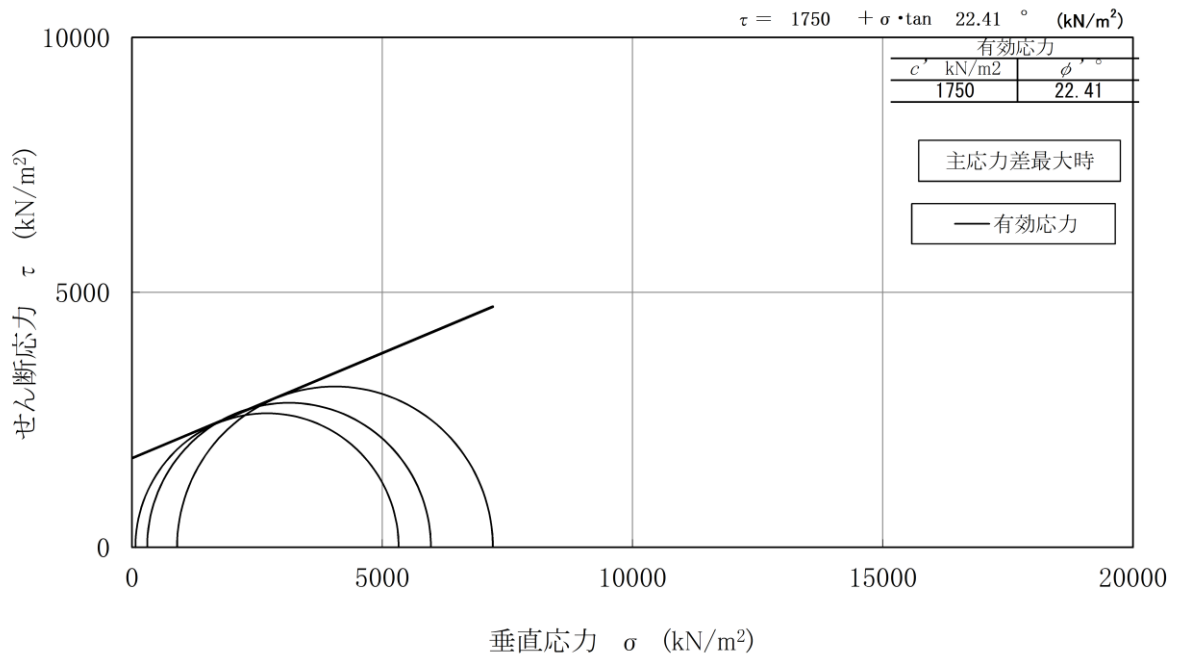
試料採取位置	飽和密度 (g/cm <sup>3</sup> )
中詰材改良体 (砂)	2.01
	2.00
	1.99
平均	2.00

表 3-7 P S 検層試験結果

深度 (m)	S 波速度 (m/s)									
	中詰材改良体 (銅水砕スラグ)						中詰材改良体 (砂)			
	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4
EL0.5~ EL-0.5	1,260	950	1,380	1,440	1,250	1,290	1,070	1,320	950	1,050
EL-0.5~ EL-1.5	1,260	950	1,380	1,440	1,250	1,290	1,070	1,320	950	1,050
EL-1.5~ EL-2.5	1,260	950	1,380	1,620	1,250	1,290	1,090	1,320	1,070	1,050
EL-2.5~ EL-3.5	1,260	1,100	1,380	1,620	1,250	1,290	1,090	1,320	1,070	1,050
EL-3.5~ EL-4.5	1,260	1,100	1,380	-	1,400	1,540	1,190	1,680	-	1,420
EL-4.5~ EL-5.5	1,260	1,100	1,380	-	1,400	1,540	1,190	1,680	-	1,420
EL-5.5~ EL-6.5	1,260	1,280	1,380	-	1,400	1,540	-	1,680	-	1,420
EL-6.5~ EL-7.5	1,260	-	1,380	-	1,400	1,540	-	1,680	-	1,420
EL-7.5~ EL-8.5	-	-	-	-	1,390	1,660	-	1,920	-	1,700

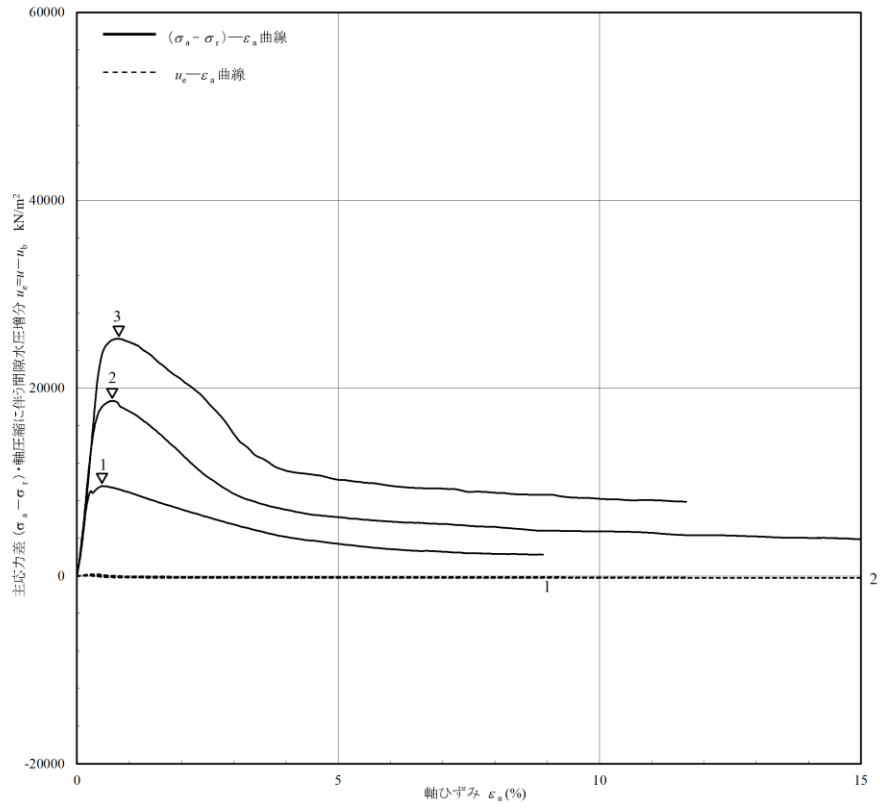


中詰材改良体（銅水砕スラグ）

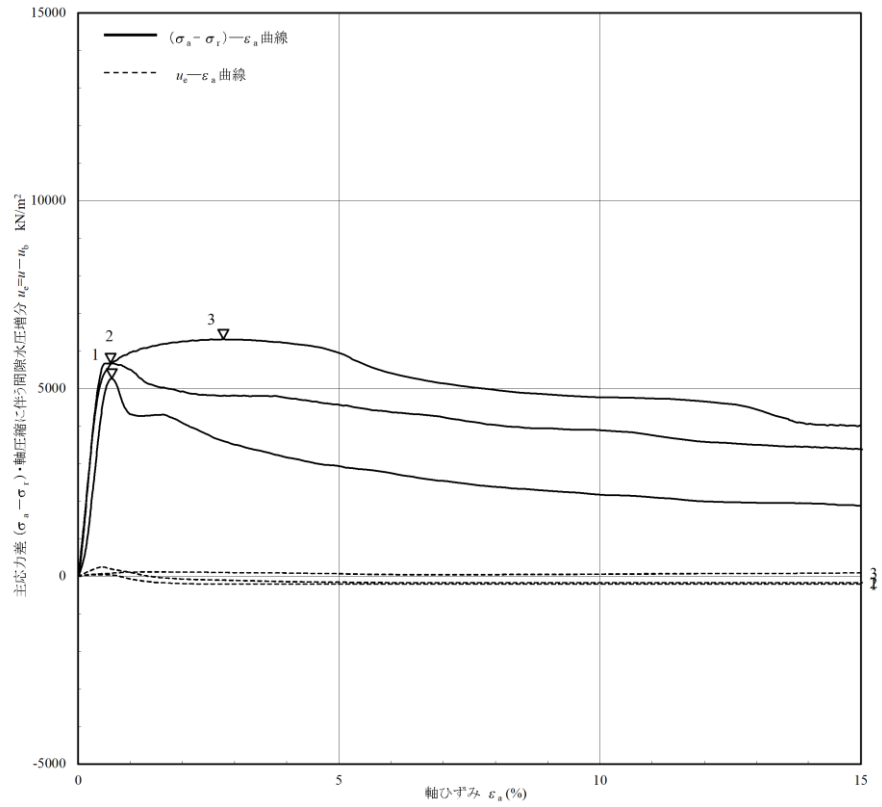


中詰材改良体（砂）

図 3-5 三軸圧縮試験結果



中詰材改良体（銅水砕スラグ）



中詰材改良体（砂）

図 3-6 三軸圧縮試験結果（応力ひずみ関係  $(\sigma - \varepsilon)$ ）

表 3-8 一軸圧縮試験結果

測定箇所		一軸圧縮強度*		
		(kN/m <sup>2</sup> )		
		上層	中層	下層
中詰材改良体 (銅水砕スラグ)	No. 1	12940.6	9426.6	4040.4
	No. 4	4654.5	4175.3	3462.6
	No. 5	13569.1	13374.3	20173.2
	No. 6	11698.4	12872.1	3956.2
中詰材改良体 (砂)	No. 1	5625.9	6139.9	3312.8
	No. 2	5135.0	3463.5	3593.5
	No. 3	5118.0	3898.5	3292.5
	No. 4	4654.5	4175.3	3462.6

注記\* : 設計一軸圧縮強度 3,000kN/m<sup>2</sup>

(2) 解析用物性値の設定

中詰材改良体について，室内試験及び原位置試験（P S 検層）における試験結果を踏まえ，解析用物性値を設定する。

(a) 密度  $\rho$

中詰材改良体（銅水砕スラグ）の密度  $\rho$  については，室内試験で確認された密度  $\rho = 2.71\text{g/cm}^3$  は，改良前の銅水砕スラグの密度  $2.30\text{g/cm}^3$  より大きな値となっている。中詰材改良体（砂）の密度  $\rho$  については，室内試験で確認された密度  $\rho = 2.00\text{g/cm}^3$  は，改良前の砂の密度  $2.03\text{g/cm}^3$  と同等である。密度が小さい方が防波壁（波返重力擁壁）の耐震評価が保守的と考えられることから，密度については改良前の中詰材（銅水砕スラグ又は砂）の密度を解析用物性値として採用する。

(b) S 波速度，弾性係数

P S 検層の試験値については，深度に依存する傾向が見られたため，中詰材の中央付近である EL-5.5m を境に上層と下層に分類し，それぞれの層での平均値を算出し，解析用物性値を設定する。

P S 検層の試験値と解析用物性値との比較を表 3-9 に示す。

また，3.2(2)で示した式より求めた弾性係数の解析用物性値を表 3-10 に示す。

表 3-9 P S 検層の試験値と解析用物性値との比較

		試験値（荷重平均値）		解析用物性値
		中詰材改良体（銅水砕スラグ）	中詰材改良体（砂）	
S 波速度 $V_s$ (m/s)	上層	1,299	1,201	1,200
	下層	1,408	1,637	1,400

表 3-10 弾性係数の解析用物性値

		中詰材改良体（銅水砕スラグ）	中詰材改良体（砂）
弾性係数 E (kN/m <sup>2</sup> )	上層	$8.829 \times 10^6$	$7.810 \times 10^6$
	下層	$1.202 \times 10^7$	$1.063 \times 10^7$

(c) 支圧強度

支圧強度については，一軸圧縮強度試験結果を踏まえ，設計一軸圧縮強度  $q_u = 3,000\text{kN/m}^2$  とする。

#### 4. 中詰材改良体の充填確認について

ケーソンの中詰材に対して行った高圧噴射攪拌工法は、隔壁に囲まれた区画ごとに行い斜め下向き方向に固化材を噴射しながらケーシングを引上げ、下層から上層へ混合攪拌を進めていく。噴射エネルギーはケーソン隔壁の区画内で底版に当たって跳ね返り、固化材と中詰材は噴上げ状態となり、図 4-1 に示すとおり底版から蓋コンクリート下部まで順次中詰改良体が構築される。

高圧噴射攪拌工法による中詰材改良は、ケーソン区画内全体が改良されるように改良幅や配置等を決定し、施工する。施工時においては固化材の噴射量や引上げ速度を管理して固化材を充填していく。充填完了後に固化材のブリーディングがあれば再充填を行い、蓋コンクリート下端まで隙間なく充填する。

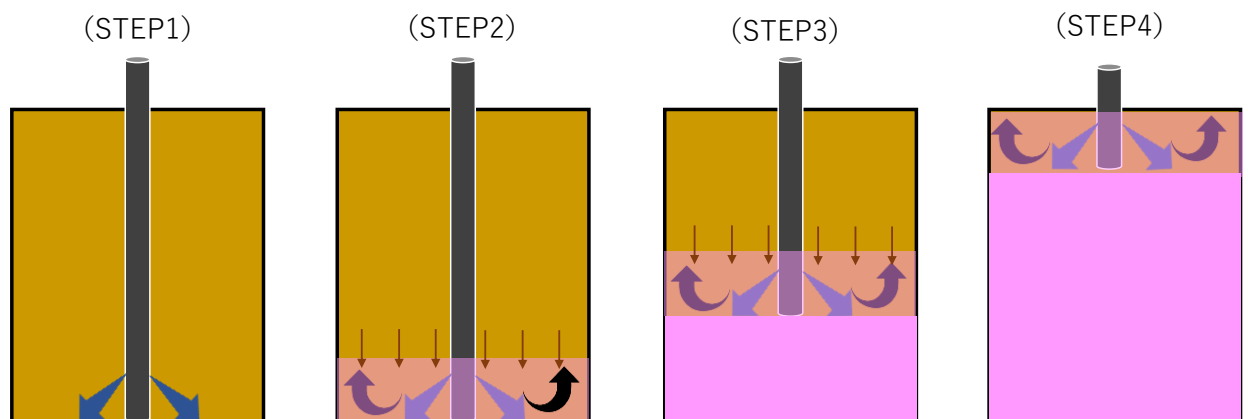


図 4-1 高圧噴射攪拌工法概念図

高圧噴射攪拌工法での中詰材改良においては、上部に重力擁壁があるために斜めに施工する箇所がある。斜めにケーシングを建込んで固化材を噴射する際のケーソン区画内の固化材の充填性を確認するため、重力擁壁を避けた場所において試験施工として斜め施工での高圧噴射攪拌工法を行い、隔壁区画の隅角部においてチェックボーリングを行い原位置試験及び室内試験を実施した。チェックボーリング及び試験の概要を表 4-1 に、試験施工（斜め施工）断面イメージを図 4-2 に、チェックボーリング実施位置を図 4-3 に示す。

表 4-1 チェックボーリング及び試験の概要

試験施工仕様		チェック ボーリング位置	試験項目
中詰材	鉛直性		
砂	斜め施工 (9°)	改良した区画の 隅角部	一軸圧縮 強度 PS 検層



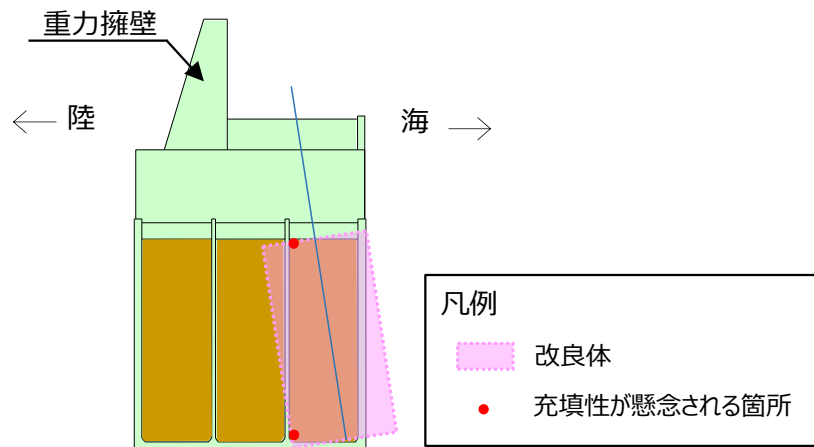


図 4-2 試験施工（斜め施工）断面イメージ図

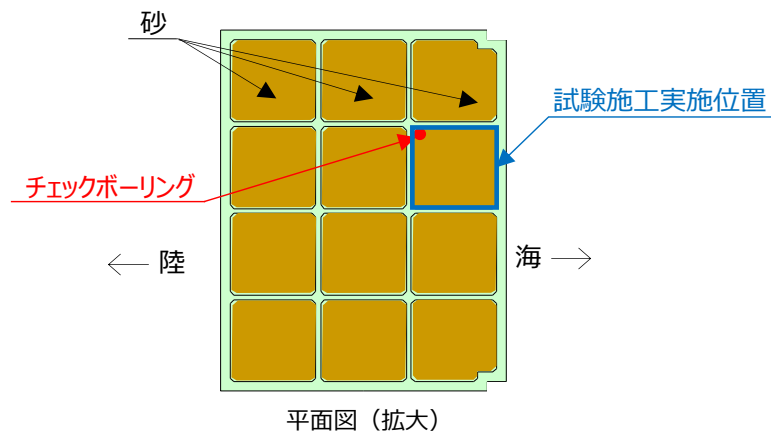


図 4-3 チェックボーリング実施位置

チェックボーリングで実施した原位置試験及び室内試験結果を表 4-2 に示す。P S 検層の試験結果は「3.4(1) 試験結果」と同程度の値であることから、斜め施工においても隔壁区画の隅角部においても十分に改良されていることを確認した。また、図 4-4 に示すサンプリングしたコアより、蓋コンクリート下端部まで改良が実施できていることを確認した。試験施工により区画内のすべての中詰材が改良されたことを確認したため、全区画において試験施工と同様の改良幅により改良を実施する。

表 4-2 チェックボーリングの試験結果

測定箇所	試験内容	試験結果		
		上層	中層	下層
チェックボーリング (隔壁区画の隅角部)	一軸圧縮強度* (kN/m <sup>2</sup> )	3614.7	3781.0	3754.3
	PS 検層 (Vs) (m/s)	1160	1290	1420

注記\* : 設計一軸圧縮強度 3,000kN/m<sup>2</sup>

(蓋コンクリート下端)



図 4-4 チェックボーリングのサンプリングコア

(参考資料 4) 3次元構造解析の照査時刻の選定の妥当性について

1. はじめに

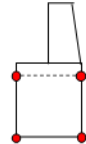
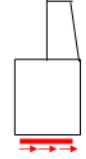
防波壁（波返重力擁壁）の施設の健全性評価については、地震応答解析及び3次元構造解析により評価することとしている。施設のうち、重力擁壁については、地震応答解析により全時刻を対象として評価を実施するが、ケーソンについては、隔壁を有しており、その影響を考慮する必要があることから、3次元構造解析により照査時刻を選定して評価を実施する。

3次元構造解析により評価を行うケーソンは、構造的特徴を踏まえ、損傷モードごと及び部材ごとに評価が厳しくなる照査時刻を選定しており、表 1-1 に示す照査時刻を選定している。ケーソンは地震動 1 波あたり 2 時刻の照査を 3次元構造解析により実施している。

本検討では、表 1-1 に示す照査時刻（2 時刻）における地震時荷重の包絡（以下「照査時刻包絡荷重」という。）と全時刻における地震時荷重の包絡（以下「全時刻包絡荷重」という。）の深度分布を比較し、照査時刻以外の荷重状態が、耐震評価に影響を及ぼすことなく時刻選定が妥当であることを検証する。

検証の結果、ケーソンの耐震評価において、照査時刻の荷重より大きい荷重は、ケーソンへの耐震評価に影響を与えない荷重であることを確認した。以上から、現設計で実施している照査時刻が妥当であることを確認した。

表 1-1 照査時刻の考え方

照査時刻	損傷モード	着目部位	荷重抽出時刻	抽出する応答値
時刻 1	曲げ・軸力系の破壊	壁 (面内) 	ケーソンにおける頂版間の層間変位が最大となる時刻	ケーソン上端部の 2 節点、ケーソン下端部 2 節点の応答変位を用いて回転成分を除去した層間変位
時刻 2	せん断破壊	壁 (面外) 	総水平荷重が最大となる時刻	底面地盤せん断応力の積算値

## 2. 確認手順

ケーソンは、表 1-1 に示すとおり、地震動 1 波あたり 2 時刻の照査時刻を選定し、図 2-1 及び図 2-2 に示す耐震評価フローに従い、1 断面あたり最大計 32 ケースの 3 次元構造解析による耐震評価を行っている。

ケーソンの耐震評価における照査時刻の妥当性の検証は、図 2-3 に示す確認フローに基づき行うこととし、選定した照査時刻とは異なる時刻における荷重状態が、耐震評価に影響を及ぼさないことを確認する。

確認方法は、ケーソンの耐震評価で選定した照査時刻包絡荷重と全時刻包絡荷重の深度分布を比較し、照査時刻包絡と全時刻包絡の大小関係を確認する。照査時刻包絡が全時刻包絡を包含していない場合は、包含していない時刻を抽出し、その時刻の荷重状態がケーソンの耐震評価に影響を与える可能性があるかを確認する。なお、ケーソンは偏土圧の影響を受ける構造物であり、主たる荷重が土圧であることを踏まえ、地震時荷重は土圧に着目する。

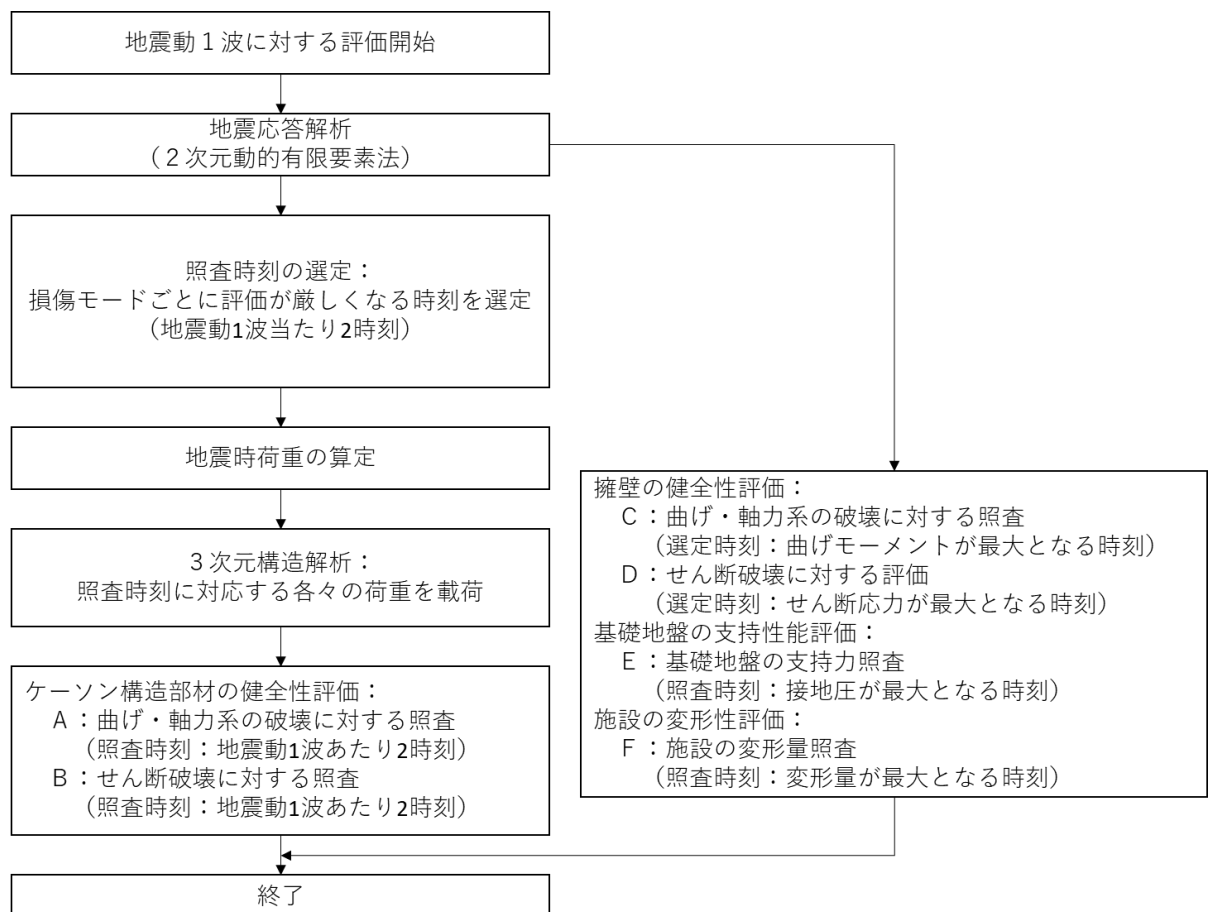


図 2-1 耐震評価フロー（基本フロー（地震動 1 波に対する評価フロー））

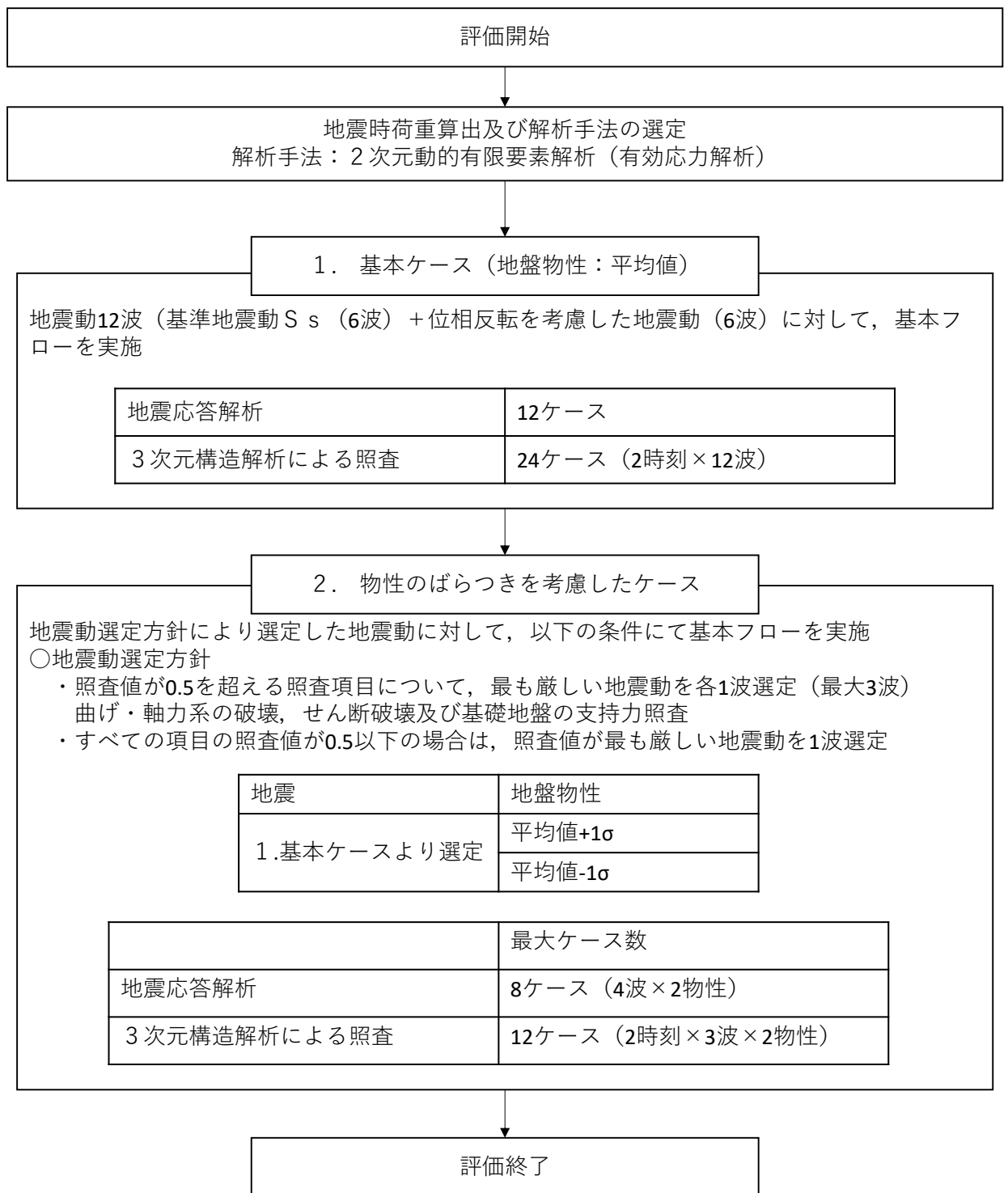
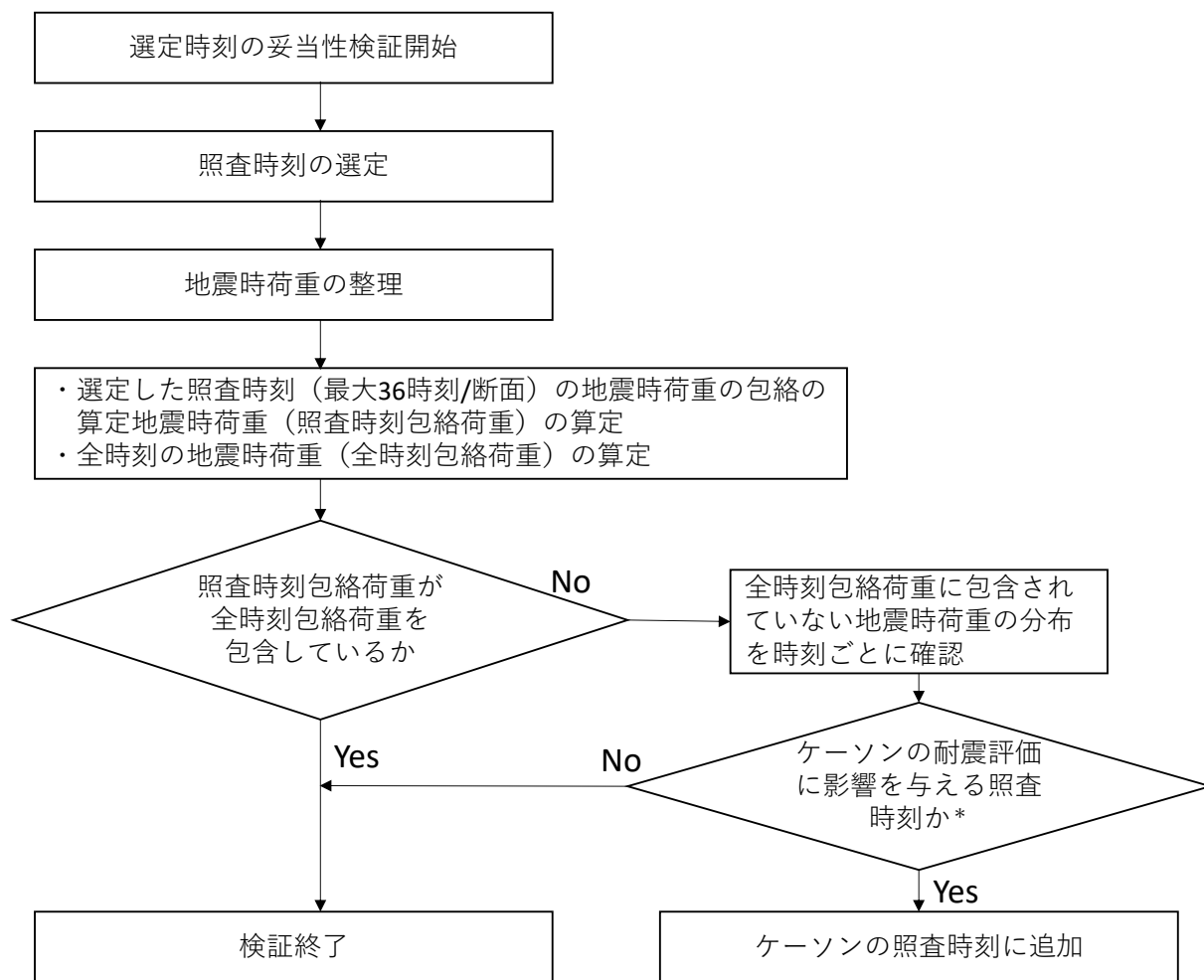


図 2-2 耐震評価フロー（ケーソンの3次元構造解析フロー）



注記\*：深度方向の地震時荷重の分布の確認や3次元構造解析を行い確認する。

図 2-3 確認フロー

### 3. 確認結果

#### 3.1 地震時荷重の整理

耐震評価において選定した，地震時荷重の照査時刻包絡と全時刻包絡の比較を行う。地震時荷重は，地震時土圧とする。

②－②断面，③－③断面及び④－④断面の地震時荷重の照査値包絡と全時刻包絡の比較結果を図 3-1～図 3-3 に示す。図 3-1 の②－②断面については，照査時刻包絡と全時刻包絡がおおむね一致していることが確認できるが，③－③断面及び④－④断面については，一部の範囲において，照査時刻包絡が全時刻包絡を包含できておらず，その差が大きい箇所（図 3-2 の A，B 及び図 3-3 の C）があることから，当該箇所の時刻を抽出し，ケーソンの耐震評価への影響を確認する。

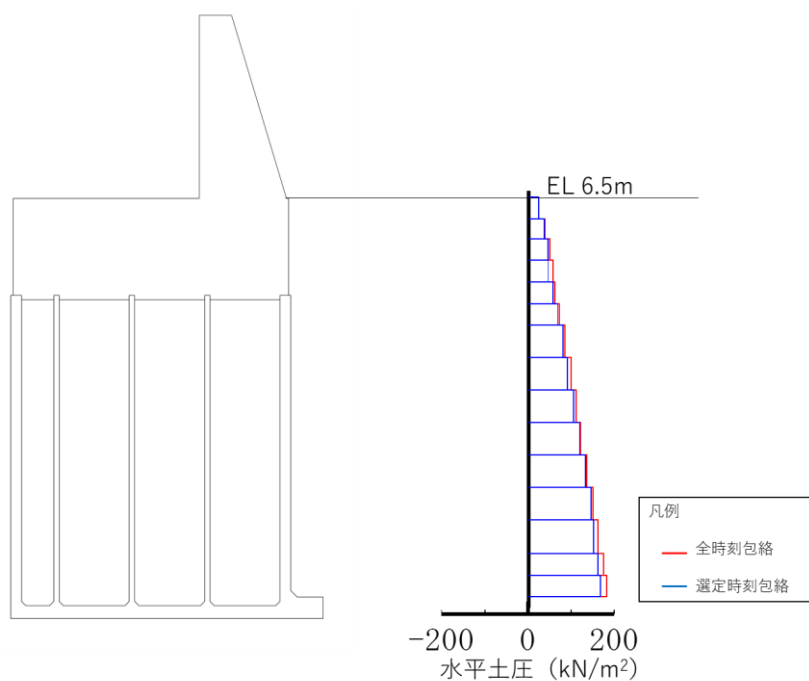


図 3-1 地震時荷重の比較（②－②断面）



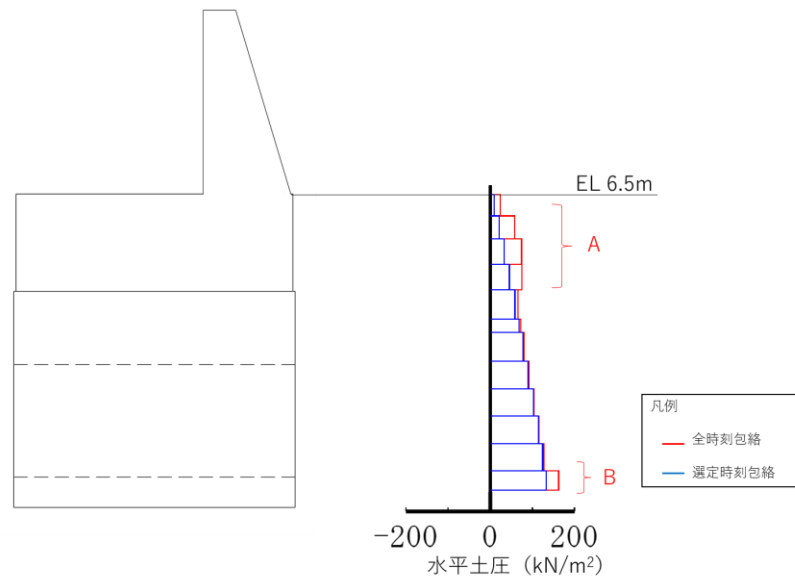


図 3-2 地震時荷重の比較 (③-③断面)

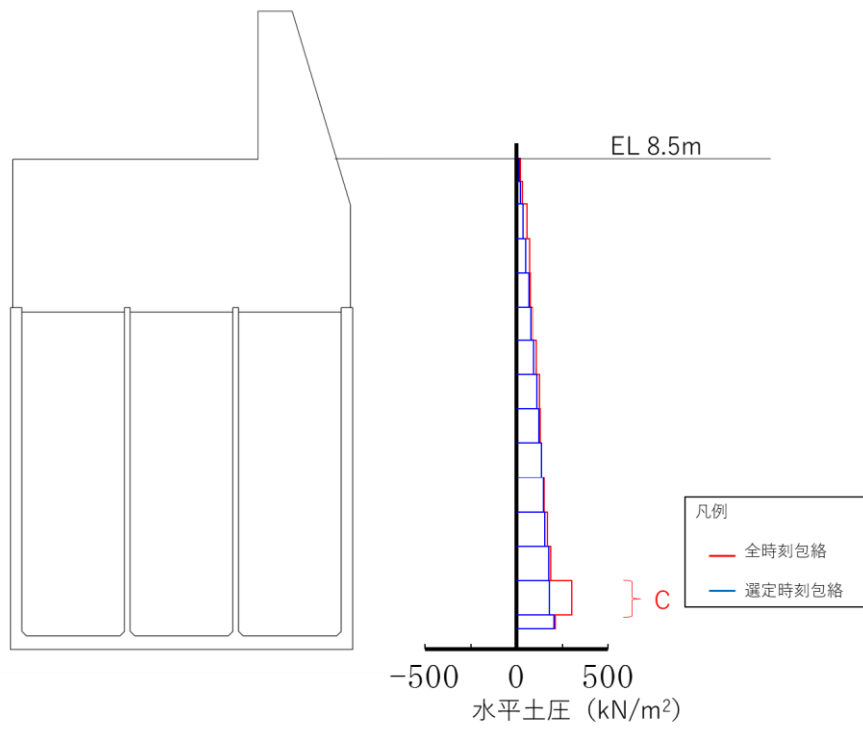


図 3-3 地震時荷重の比較 (④-④断面)

### 3.2 ケーソンの耐震評価への影響確認

照査時刻包絡と全時刻包絡の地震時荷重の差が大きい箇所において、地震時荷重が最大となる時刻を抽出し、ケーソンの耐震評価への影響を確認する。

図3-1～図3-3に示す地震時荷重の比較結果から、全時刻包絡との差が大きい箇所は以下のとおりである。

#### (1) ②-②断面

②-②断面に作用する地震時荷重については、照査時刻包絡と全時刻包絡がおおむね一致している。

#### (2) ③-③断面

A：重力擁壁部

B：底版付近

#### (3) ④-④断面

C：底版付近

### 3.2.1 ②－②断面の影響確認

②－②断面は、「3.1 地震時荷重の整理」の図 3-1 に示す地震時荷重の照査時刻包絡と全時刻包絡の比較結果から、照査時刻包絡と全時刻包絡がおおむね一致していることが確認できる。

よって、②－②断面のケーソンの耐震性に影響を及ぼす時刻を網羅できている。

### 3.2.2 ③－③断面の影響確認

③－③断面は、「3.1 地震時荷重の整理」の図 3-2 に示す地震時荷重の照査時刻包絡と全時刻包絡の比較結果から、重力擁壁部及び底版付近において、照査時刻包絡が全時刻包絡を包含できていない（図 3-4）。

重力擁壁部に作用する荷重が大きい場合は、ケーソンの層間変位に影響を与えるが、別途、ケーソンの層間変位最大となる時刻（表 1-1 の時刻 1）を選定していることから、当該荷重によるケーソンの耐震評価に影響はない。

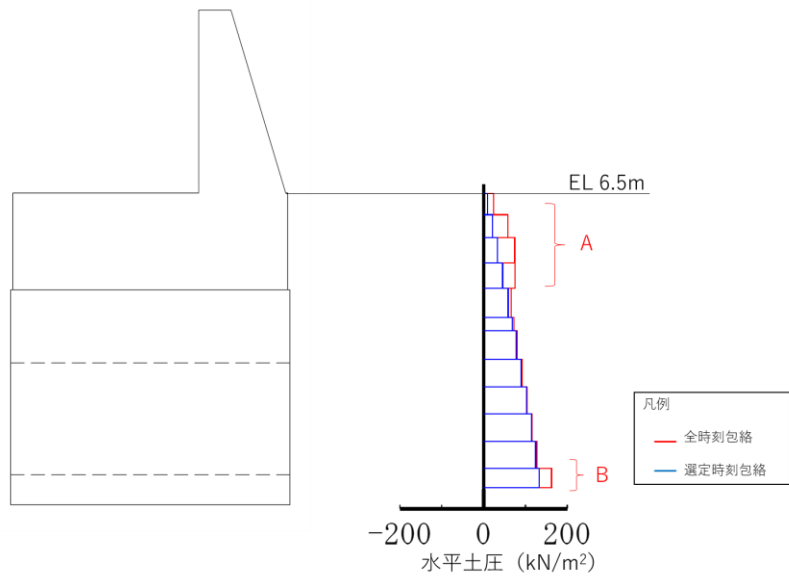
底版付近で地震時荷重が最大（ $S_s - N1 (-+)$ ，8.03 秒）となる荷重について、3次元構造解析を行った結果、表 3-1 に示すとおり工認照査時刻の最大照査値を下回ることを確認した。

### 3.2.3 ④－④断面の影響確認

④－④断面は、「3.1 地震時荷重の整理」の図 3-3 に示す地震時荷重の照査時刻包絡と全時刻包絡の比較結果から、底版付近において、照査時刻包絡が全時刻包絡を包含できていない（図 3-5）。

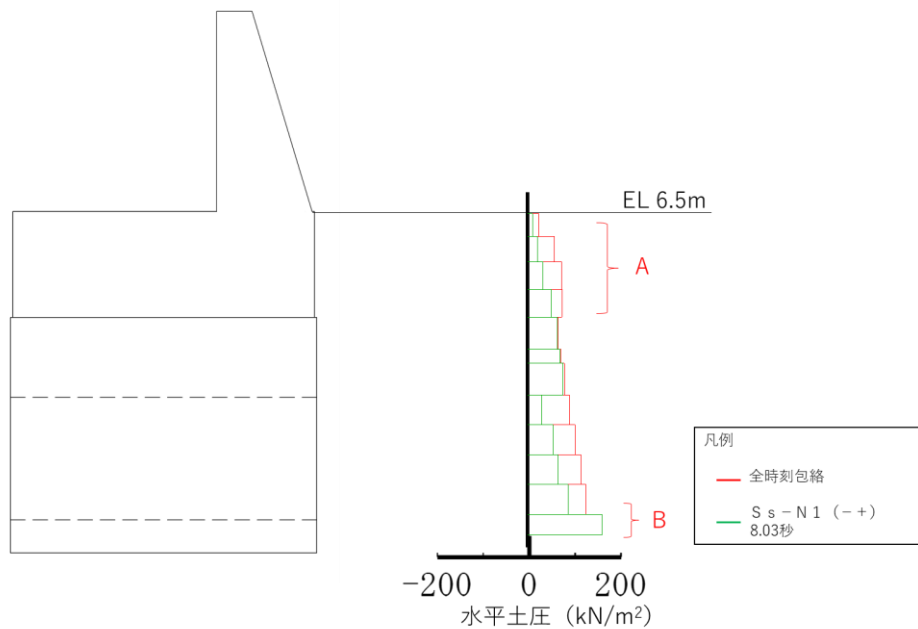
底版付近で地震時荷重が最大（ $S_s - D (-+)$ ，36.01 秒）となる荷重について、3次元構造解析を行った結果、表 3-2 に示すとおり工認照査時刻の最大照査値を下回ることを確認した。

全時刻包絡と照査時刻包絡の比較（図 3-2 の再掲）



- ・ 底版付近（図の B 部分）において，全時刻包絡との差が大きい。
- ・ 当該位置で地震時荷重が最大となる地震動・時刻を抽出（ $S_s - N1 (-+)$ ，8.03 秒）

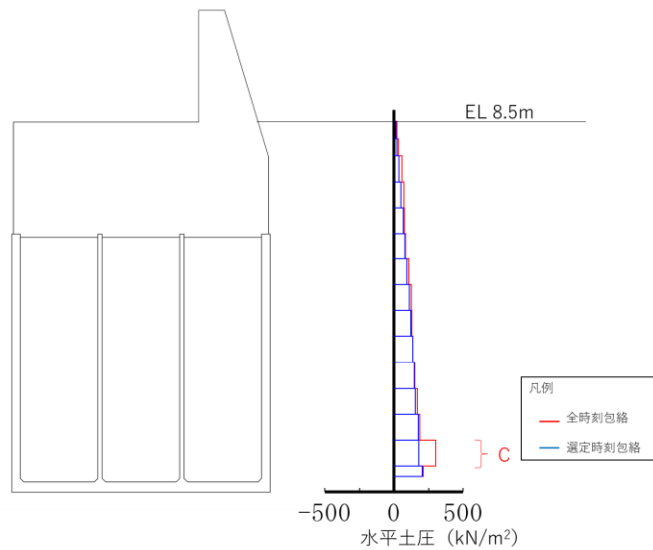
全時刻包絡と抽出地震時荷重（ $S_s - D (-+)$ ，36.01 秒）の比較（図の B 着目）



- ・ 底版付近において，抽出地震時荷重（ $S_s - N1 (-+)$ ，8.03 秒）が全時刻包絡を包含している。
- ・ 局所的な変形が懸念される荷重分布であることから，3次元構造解析を行い，その影響について確認を行う。

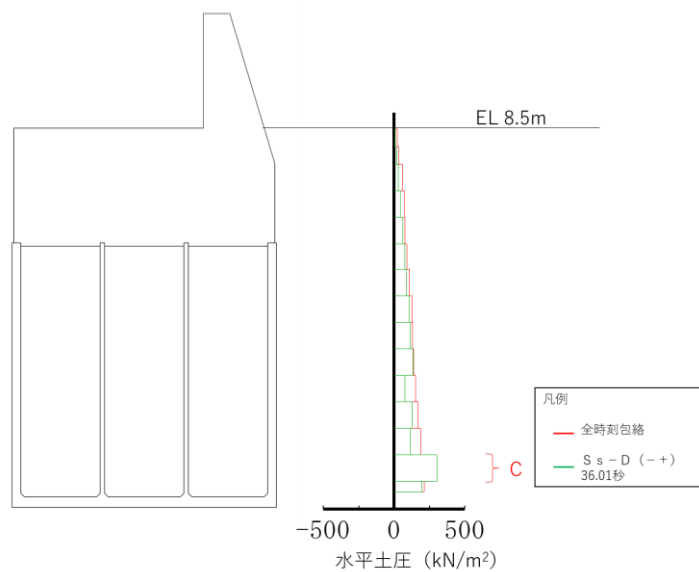
図 3-4 荷重比較図（③-③断面）（図 3-2 の B に着目）

全時刻包絡と照査時刻包絡の比較 (図 3-3 の再掲)



- ・底版付近 (図の C 部分) において、全時刻包絡との差が大きい。
- ・当該位置で地震時荷重が最大となる地震動・時刻を抽出 (S s - D (-+), 36.01 秒)

全時刻包絡と抽出地震時荷重 (S s - D (-+), 36.01 秒) の比較 (図の C 着目)



- ・底版付近において、抽出地震時荷重 (S s - D (-+), 36.01 秒) が全時刻包絡を包含している。
- ・後壁の局所的な変形が懸念される荷重分布であることから、3次元構造解析を行い、その影響について確認を行う。

図 3-5 荷重比較図 (④-④断面) (図 3-3 の C に着目)

表 3-1 3次元構造解析結果照査値一覧  
 (③-③断面, S<sub>s</sub>-N<sub>1</sub> (-+), 8.03秒)

評価対象部材	圧縮	引張	せん断 (面外)	せん断 (面内)
底版①	0.04 (0.32)	0.09 (0.59)	0.34 (1.07)	0.05 (0.54)
底版②	0.04 (0.32)	0.09 (0.59)	0.34 (1.07)	0.05 (0.54)
側壁①	0.07 (0.53)	0.03 (0.52)	0.18 (0.22)	0.06 (0.75)
側壁②	0.07 (0.53)	0.03 (0.52)	0.18 (0.22)	0.06 (0.75)
隔壁	0.08 (0.67)	0.02 (0.95)	0.24 (0.00)	0.07 (1.22)
頂版①	0.03 (0.26)	0.12 (0.79)	0.21 (0.66)	0.03 (0.38)
頂版②	0.03 (0.26)	0.12 (0.79)	0.21 (0.66)	0.03 (0.38)

注：括弧内の数値は、工認照査時刻の最大照査値を示す。

表 3-2 3次元構造解析結果照査値一覧

(④-④断面, S s - D (-+), 36.01 秒)

評価対象部材	コンクリートの 圧縮	鉄筋の引張	せん断	せん断 (面内)
底版	0.12 (0.31)	0.25 (0.65)	0.24 (0.69)	0.29 (0.55)
前壁	0.17 (0.46)	0.15 (0.32)	0.17 (0.55)	0.13 (0.26)
後壁	0.04 (0.36)	0.17 (0.28)	0.14 (0.16)	0.06 (0.25)
側壁①	0.17 (0.46)	0.08 (0.24)	0.12 (0.31)	0.39 (0.66)
側壁②	0.17 (0.46)	0.08 (0.24)	0.12 (0.31)	0.39 (0.66)
隔壁①	0.12 (0.31)	0.22 (0.42)	0.15 (0.35)	0.19 (0.34)
隔壁②	0.09 (0.21)	0.16 (0.35)	0.09 (0.23)	0.16 (0.32)
隔壁③	0.14 (0.37)	0.09 (0.39)	0.04 (0.09)	0.46 (0.80)
隔壁④	0.13 (0.33)	0.10 (0.42)	0.00 (0.01)	0.47 (0.81)
隔壁⑤	0.14 (0.37)	0.09 (0.39)	0.04 (0.09)	0.46 (0.80)

注：括弧内の数値は、工認照査時刻の最大照査値を示す。

#### 4. まとめ

ケーソンの3次元構造解析による耐震評価で選定している照査時刻の妥当性を検証するために、ケーソンの耐震評価で選定した1地震動につき2時刻の地震時荷重の包絡と全時刻の地震時荷重の包絡との比較を行った。全時刻の包絡と照査時刻での地震時荷重の差が大きい箇所において、当該位置の地震時荷重が最大となる時刻を抽出し、追加の3次元構造解析により耐震評価への影響を確認した。

照査時刻の荷重より大きい荷重は、底版付近で作用しており、いずれもケーソンの耐震性に影響を及ぼす荷重ではないことを確認し、現設計で実施している照査時刻の選定が妥当であることを確認した。



(参考資料5) 発生応力度の平均化について

1. はじめに

防波壁（波返重力擁壁）は、弱軸方向断面である法線直交方向断面を評価断面として、耐震評価をしており、施設のうちケーソンについては、隔壁を有しており、その影響を考慮する必要があることから、3次元構造解析により耐震評価を行っている。

耐震評価の結果、③-③断面の放水路ケーソンの評価において発生する応力度が許容限界を上回る要素が存在し、部材厚程度の範囲で発生応力度の平均化による評価を実施していることから、平均化範囲の考え方及び平均化による照査結果について示す。

2. ③-③断面のモデル化方針

③-③断面の3次元構造解析モデルは、「土木学会マニュアル」に準拠しモデル化を行っている。

「土木学会マニュアル」では、要素分割において以下の記載がある。

- ・要素分割は、断面厚さ又は有効高さの1.0倍程度とするのがよい。
- ・要素分割を細かくせざるを得ない場合は、軸線方向に部材の断面厚さ又は有効高さの1.0倍程度の範囲で複数の要素での地震応答解析結果を平均的に評価するとよい。
- ・要素の形状は、著しく扁平にならないように注意し、四角形要素の縦横比は基本的に1:1が望ましく、応力の流れがほぼ一様となる場合でも、縦横比で1:5を限度とすることが望ましい。

③-③断面の解析モデル及び評価対象部材の概念図を図2-1に示す。

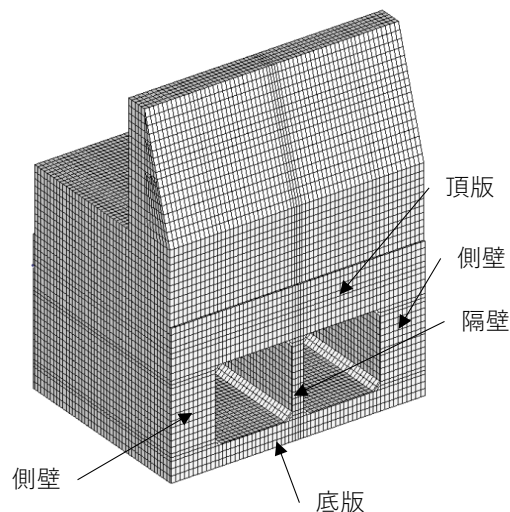


図2-1 評価対象部材位置図

### 3. 許容限界を超える部材

③-③断面の放水路ケーソンについて、基準地震動  $S_s$  に対する耐震評価の結果、発生する応力度が許容限界を上回る要素が一部存在する。発生する引張応力度が許容限界を超える隔壁の照査結果を表 3-1 に、せん断応力度（面外）が許容限界を超える部材と最大照査値を表 3-2 に、せん断応力度（面内）が許容限界を超える部材と最大照査値を表 3-3 に示す。

表 3-1 引張応力度が許容限界を超える部材と照査結果（③-③断面）

地震動	解析 ケース	評価対象 部位	発生応力度 (引張) ( $N/mm^2$ )	許容引張 応力度 ( $N/mm^2$ )	照査値
$S_s - D$ (++)	①	隔壁	2.01	1.91	1.06
$S_s - N 1$ (-+)	①	隔壁	2.19	1.91	1.15
$S_s - N 1$ (-+)	②	隔壁	2.20	1.91	1.16
$S_s - N 1$ (-+)	③	隔壁	2.18	1.91	1.14

表 3-2 せん断応力度（面外）が許容限界を超える部材と最大照査値（③-③断面）

地震動	解析 ケース	評価対象 部材	せん断 応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	許容応力度 $\tau_{a1}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c / \tau_{a1}$
S s - N 1 (-+)	③	底版①	1.91	0.67	2.86
S s - N 1 (-+)	③	底版②	1.91	0.67	2.86
S s - D (+-)	①	側壁①	1.11	0.67	1.66
S s - D (+-)	①	側壁②	1.11	0.67	1.66
S s - N 1 (-+)	③	隔壁	1.53	0.67	2.29
S s - D (+-)	①	頂版①	1.65	0.67	2.46
S s - D (+-)	①	頂版②	1.65	0.67	2.46

表 3-3 せん断応力度（面内）が許容限界を超える部材と最大照査値（③-③断面）

地震動	解析 ケース	評価対象 部材	せん断 応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	許容応力度 $\tau_1$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c / \tau_1$
S s - N 1 (-+)	③	側壁①	1.79	1.51	1.19
S s - N 1 (-+)	③	側壁②	1.79	1.51	1.19
S s - N 1 (-+)	③	隔壁	1.91	1.51	1.27

#### 4. 応力度の平均化の考え方

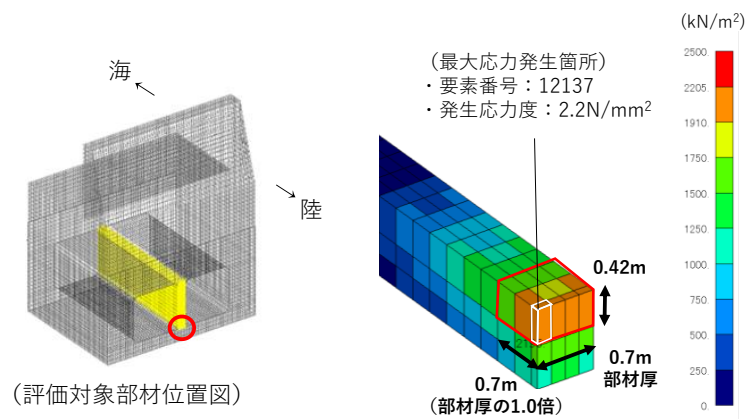
##### 4.1 平均化範囲及び位置

要素分割について、「2. ③-③断面のモデル化方針」のとおり、「土木学会マニュアル」で断面高さ又は有効高さの1.0倍程度とするのが良いと記載されていることから、応力度の平均化の範囲は、部材厚の1.0倍以内で実施することとする。

応力度の平均化は、評価対象部材のうち最大応力度が発生している要素を対象とし、当該要素と隣接する要素について平均化を実施する。

##### 4.2 平均化の考え方

応力度の平均化は、許容限界を超えている当該要素に隣接する要素を対象と行う。平均化した応力度は、当該要素の発生応力度と隣接する要素の発生応力度に対し、各要素の面積に応じた加重平均として算出する。図4-1に平均化の概要図を示す。



地震動 解析ケース	平均化要素			平均化後の 応力度 (N/mm <sup>2</sup> )
	要素番号	面積 (m <sup>2</sup> )	発生応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	
S <sub>s</sub> -N1 (-+) 解析ケース ②	12089	0.053	1.7	1.8
	12090	0.053	1.5	
	12091	0.053	1.5	
	12092	0.053	1.7	
	12113	0.053	2.0	
	12114	0.053	1.8	
	12115	0.053	1.8	
	12116	0.053	2.0	
	12137	0.018	2.2	
	12138	0.018	1.9	
12139	0.018	1.9		
12140	0.018	2.2		

図4-1 応力度平均化の概念図（引張応力度）

5. 引張応力度の平均化後の照査結果

「4.2 平均化の考え方」に基づく応力度の平均化後の照査値を表 5-1 に示す。同表により、応力度平均化後の照査値が許容限界を満足することを確認した。

表 5-1 応力度平均化後の応力度及び照査値（引張応力度）

地震動	解析ケース	評価対象部材	平均化要素数(個)	発生応力度* (N/mm <sup>2</sup> )	許容引張応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	照査値*
S <sub>s</sub> -D (++)	①	隔壁	12	1.62 (2.01)	1.91	0.85 (1.06)
S <sub>s</sub> -N1 (-+)	①	隔壁	12	1.80 (2.19)	1.91	0.95 (1.15)
S <sub>s</sub> -N1 (-+)	②	隔壁	12	1.79 (2.20)	1.91	0.94 (1.16)
S <sub>s</sub> -N1 (-+)	③	隔壁	12	1.80 (2.18)	1.91	0.95 (1.14)

注記\*：括弧内（ ）の値は平均化前の結果を表す。

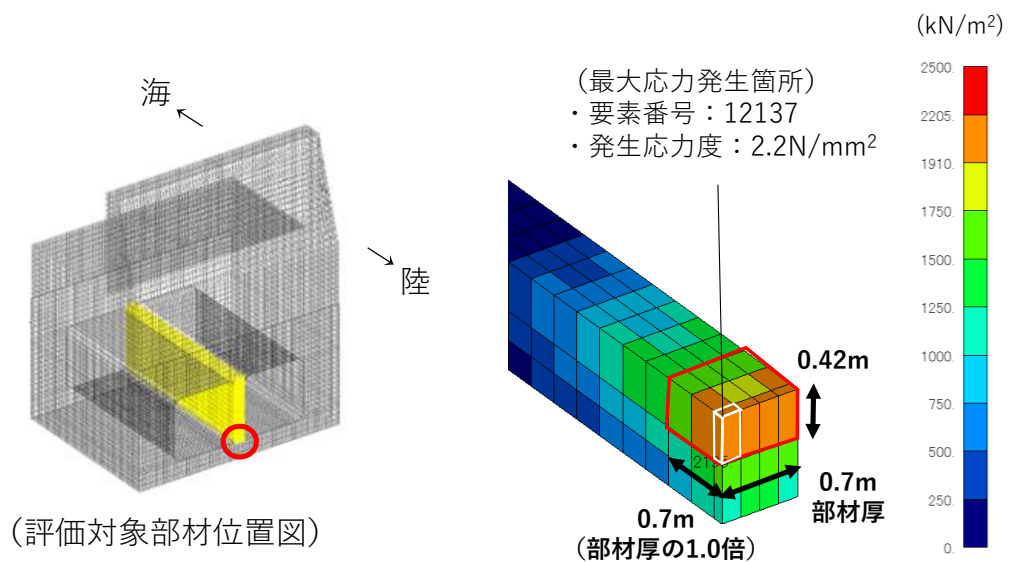


図 5-1 平均化の概要図（引張応力度，隔壁）  
（S<sub>s</sub>-N1（-+），解析ケース②）

6. せん断応力度（面外）の平均化後の照査結果

「4.2 平均化の考え方」に基づき算出した発生する応力度の平均化後の照査値を表 6-1 に示す。同表により、応力度平均化後の照査値が許容限界を満足することを確認した。平均化の概要図を図 6-1～図 6-4 に示す。

表 6-1 応力度平均化後の応力度及び照査値（せん断応力度（面外））

地震動	解析 ケース	評価対 象部材	平均化 要素数 (個)	発生応力度* (N/mm <sup>2</sup> )	許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	照査値*
S s - N 1 (-+)	③	底版①	75	0.72 (1.91)	0.67	1.07 (2.86)
S s - N 1 (-+)	③	底版②	75	0.72 (1.91)	0.67	1.07 (2.86)
S s - D (+-)	①	側壁①	700	0.14 (1.11)	0.67	0.22 (1.66)
S s - D (+-)	①	側壁②	700	0.14 (1.11)	0.67	0.22 (1.66)
S s - N 1 (-+)	③	隔壁	12	0.00 (1.53)	0.67	0.00 (2.29)
S s - D (+-)	①	頂版①	1152	0.44 (1.65)	0.67	0.66 (2.46)
S s - D (+-)	①	頂版②	1152	0.44 (1.65)	0.67	0.66 (2.46)

注記\*：括弧内（ ）の値は平均化前の結果を表す。

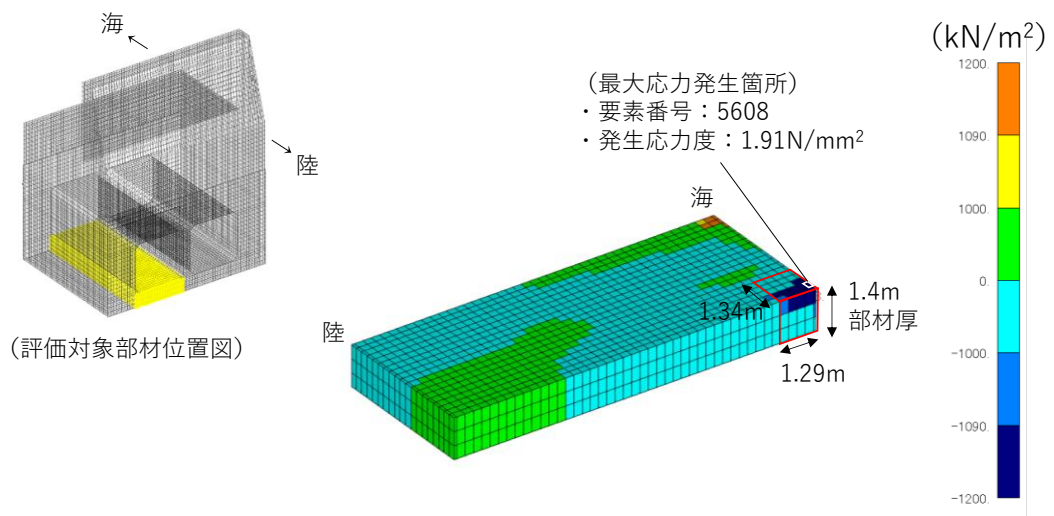


図 6-1 平均化の概要図 (せん断応力度 (面外), 底版)  
( $S_s - N1$  (-+), 解析ケース③)

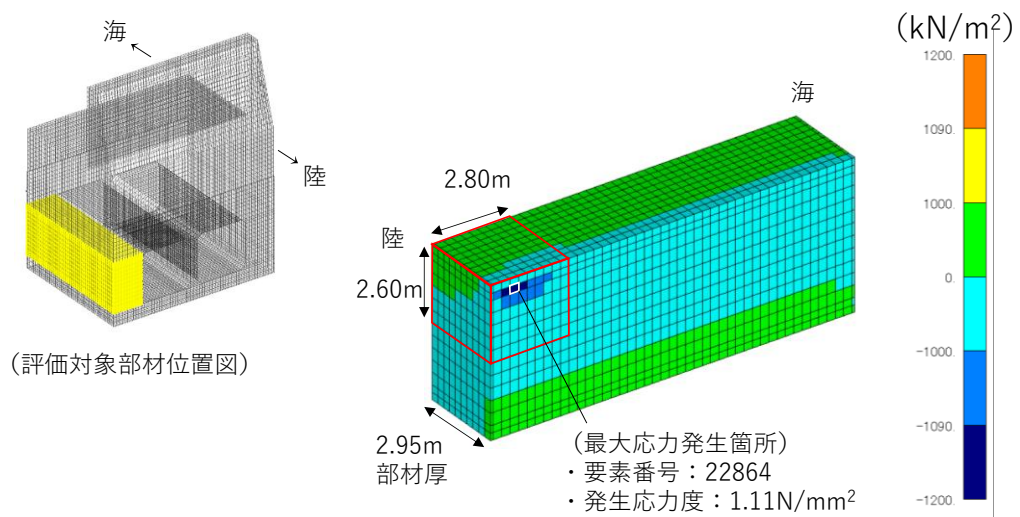


図 6-2 平均化の概要図 (せん断応力度 (面外), 側壁)  
( $S_s - D$  (+-), 解析ケース①)

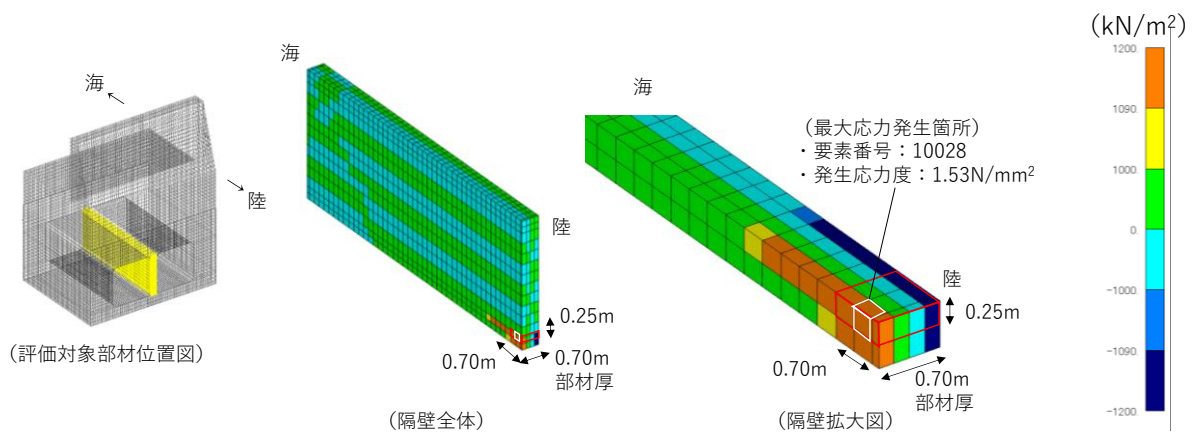


図 6-3 平均化の概要図 (せん断応力度 (面外), 隔壁)  
 (S s - N 1 (-+), 解析ケース③)

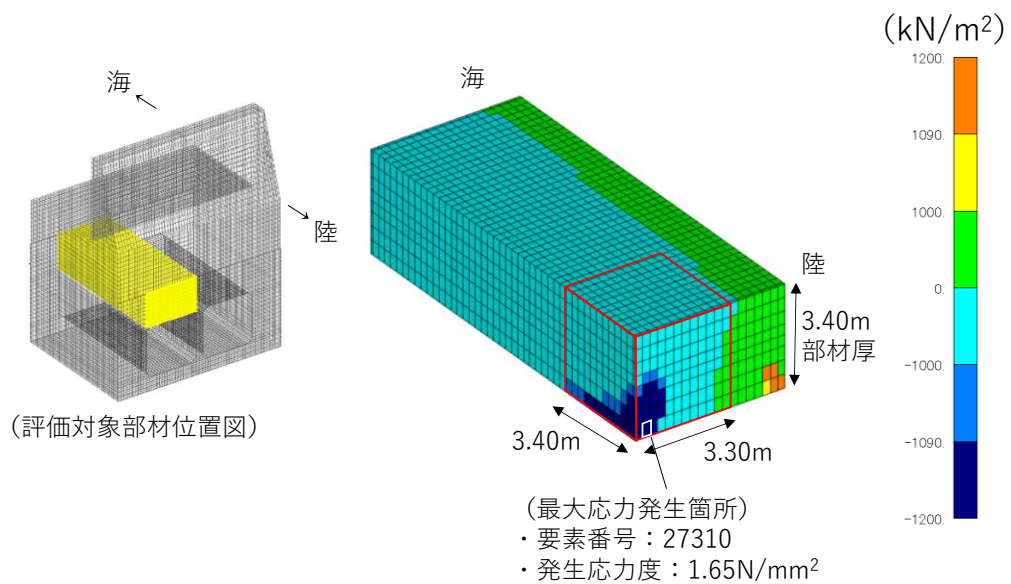


図 6-4 平均化の概要図 (せん断応力度 (面外), 頂版)  
 (S s - D (+-), 解析ケース①)



7. せん断応力度（面内）の平均化後の照査結果

「4.2 平均化の考え方」に基づき算出した発生する応力度の平均化後の照査値を表 7-1 に示す。同表により、側壁、頂版における応力度平均化後の照査値が許容限界を満足することを確認した。平均化の概要図を図 7-1 に示す。なお、隔壁については、照査値が 1.0 を上回る解析ケースについて、3次元非線形構造解析により部材の健全性を確認している。

表 7-1 平均化後の応力度及び照査値（せん断応力度（面内））

地震動	解析ケース	評価対象部材	平均化要素数（個）	発生応力度* (N/mm <sup>2</sup> )	許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	照査値* <sup>1</sup>
S s - N 1 (-+)	③	側壁①	630	1.12 (1.79)	1.51	0.75 (1.19)
S s - N 1 (-+)	③	側壁②	630	1.12 (1.79)	1.51	0.75 (1.19)
S s - N 1 (-+)	③	隔壁	4	1.84 (1.91)	1.51	1.22* <sup>2</sup> (1.27)

注記\*1：括弧内（ ）の値は平均化前の結果を表す。

\*2：照査値が 1.0 を上回る解析ケースについては、3次元非線形構造解析による照査を実施する。

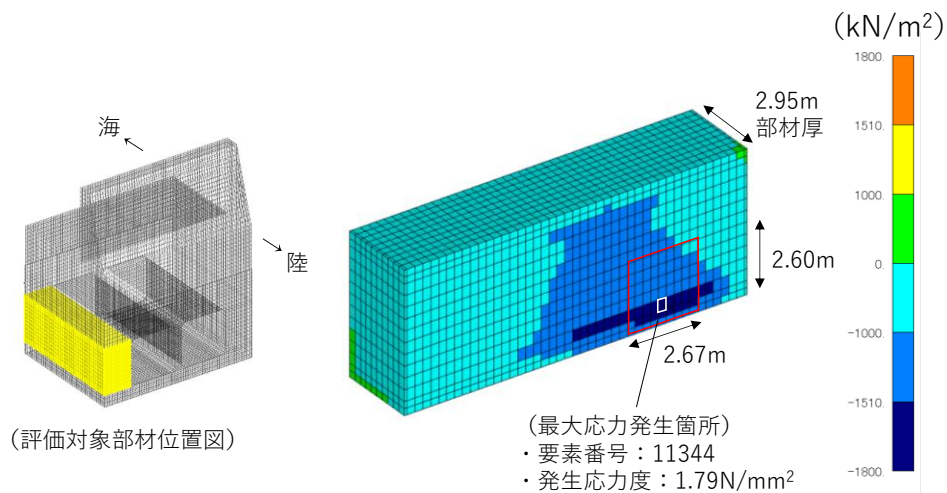


図 7-1 平均化の概要図（せん断応力度（面内），側壁）  
（S s - N 1（-+），解析ケース③）

(参考資料6) ケーソン及び重力擁壁の一体性について

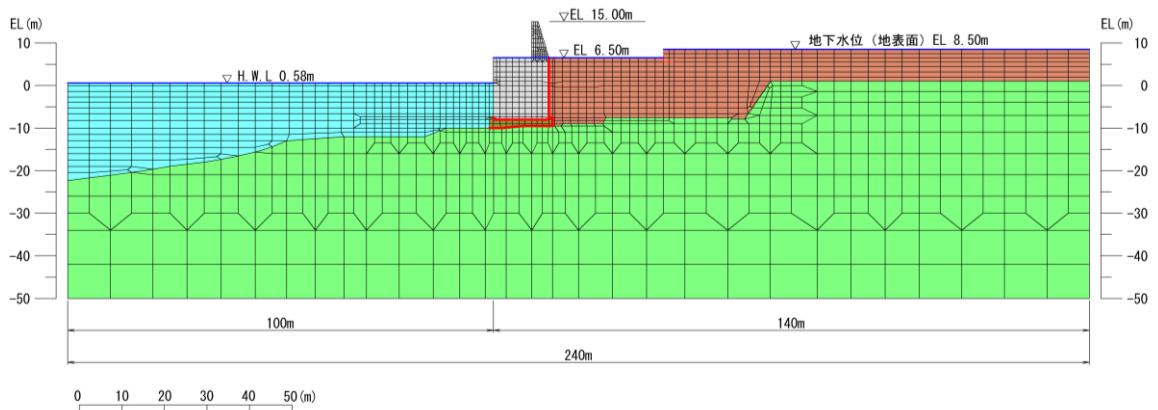
1. 概要

防波壁（波返重力擁壁）は、ケーソン上に重力擁壁（基部コンクリート含む）を打設しており、2次元有限要素法及び3次元構造解析における解析モデルは、図1-1に示すとおりケーソン及び重力擁壁を一体化としてモデル化している。

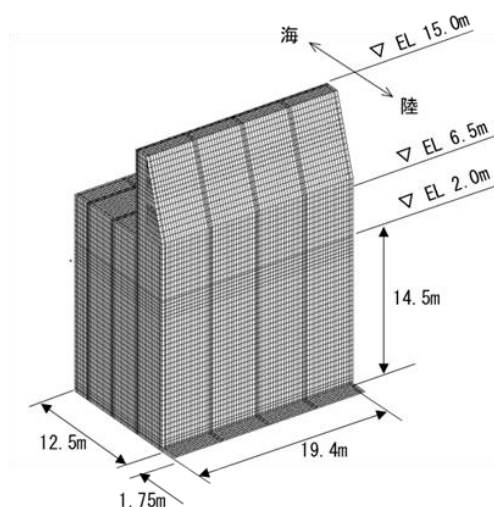
②-②断面及び④-④断面は、ケーソン内を中詰材（コンクリート、銅水砕スラグ又は砂）により中詰めし、その上部に蓋コンクリートを打設しており、蓋コンクリート天端をケーソン天端から20cm下げて打設することで、ケーソン及び重力擁壁を一体構造としている（図1-2）。

③-③断面は、ケーソン内に設置しているH形鋼からジベル筋を設置することで、ケーソン及び重力擁壁を一体構造としている（図1-3）。

本資料では、2次元有限要素法及び3次元構造解析における解析モデルの妥当性を確認するため、ケーソン及び重力擁壁の一体性を確認する。



(2次元有限要素法解析モデル)



(3次元構造解析モデル)

図1-1 防波壁（波返重力擁壁）の解析モデル（例：④-④断面）

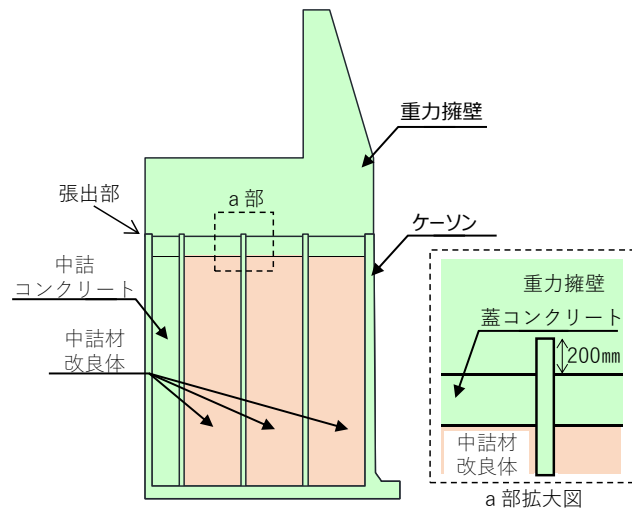


図 1-2 防波壁（波返重力擁壁）構造概要図（②-②断面）

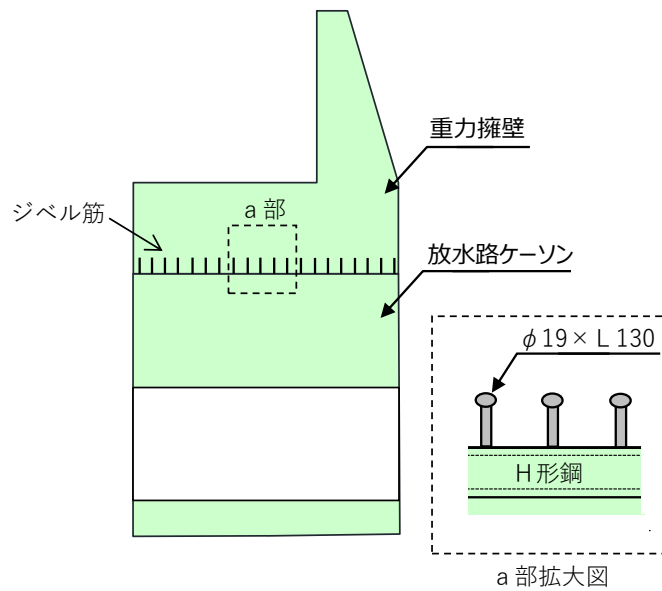


図 1-3 防波壁（波返重力擁壁）構造概要図（③-③断面）

## 2. 重力擁壁とケーソンの一体性の検討方針

重力擁壁及びケーソンの一体性の確認にあたっては、重力擁壁が転倒及び滑動しないことを確認する。重力擁壁の転倒及び滑動の検討においては、表 2-1 に示す水平荷重算定結果のとおり、津波時の水平荷重が地震時の水平荷重に包絡されていることから、地震時における検討を行う。水平荷重の算定にあたり、津波時は津波波圧及び漂流物衝突荷重を考慮し、地震時は重力擁壁の慣性力を考慮する。重力擁壁の慣性力は、重力擁壁設置高さ EL 2.0m～EL 15.0m における最大加速度の加重平均値より算定した水平震度及び重量擁壁の重量より算定する。また、防波壁（波返重力擁壁）の背後に地盤が広く分布し、重力擁壁の敷地側への転倒及び滑動を抑制していることを踏まえ、地震時における海側への転倒及び滑動に着目する。また、重力擁壁の転倒に伴う接地圧により、蓋コンクリート、中詰材改良体及び放水路ケーソンに損傷がないことを確認する。

検討においては、防波壁（波返重力擁壁）の評価対象断面のうち、ケーソンを含む②-②断面、③-③断面及び④-④断面を対象とし、各断面のすべての基準地震動  $S_s$  を対象として、地震時に発生する応力を図 2-1～図 2-3 に示す位置より抽出する。

表 2-1 水平荷重算定結果

断面	津波時			地震時		
	重力擁壁重量 $W$ (kN/m)	水平震度* $k_H$	水平荷重 ( $W \times k_H$ ) (kN/m)	津波波圧 $P_t$ (kN/m)	漂流物衝突荷重 $P_c$ (kN/m)	水平荷重 ( $P_t + P_c$ ) (kN/m)
②-②断面	1,888	1.25	2,360	900	430	1,330
③-③断面	1,888	1.36	2,568	900	450	1,350
④-④断面	2,397	1.31	3,140	835	431	1,266

注記\*：重力擁壁設置高さ EL 2.0m～EL 15.0m における最大加速度の加重平均値より算定

## 2.1 転倒に対する検討

重力擁壁の転倒に対する検討として、「道路橋示方書（平成 14 年）」を準用し、重力擁壁に作用する荷重の合力の作用位置（偏心量）が、重力擁壁の底面幅の  $1/3$  以内であることを確認する。

重力擁壁の偏心量は、図 2-1～図 2-3 に示す重力擁壁及びケーソンの境界における要素の垂直応力の合力の作用位置とする。偏心量算定の概念図を図 2-4 に示す。

偏心量の許容値については、表 2-2 に示す許容偏心量以下とする。

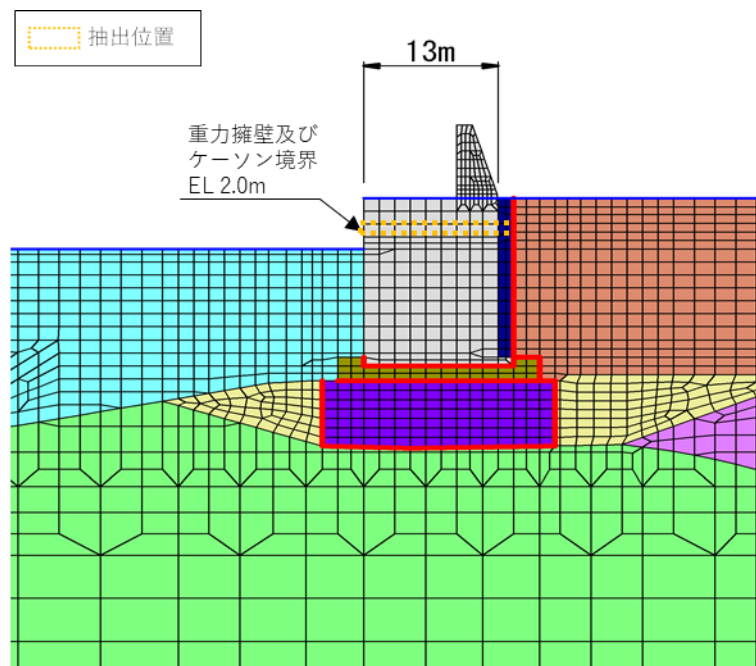


図 2-1 応力抽出位置（②-②断面）

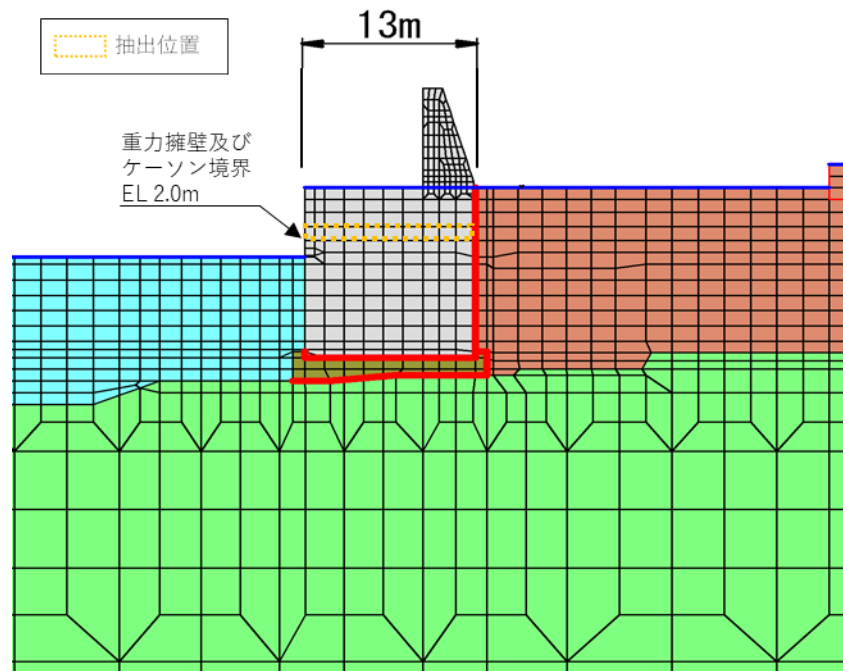


図 2-2 応力抽出位置 (③-③断面)

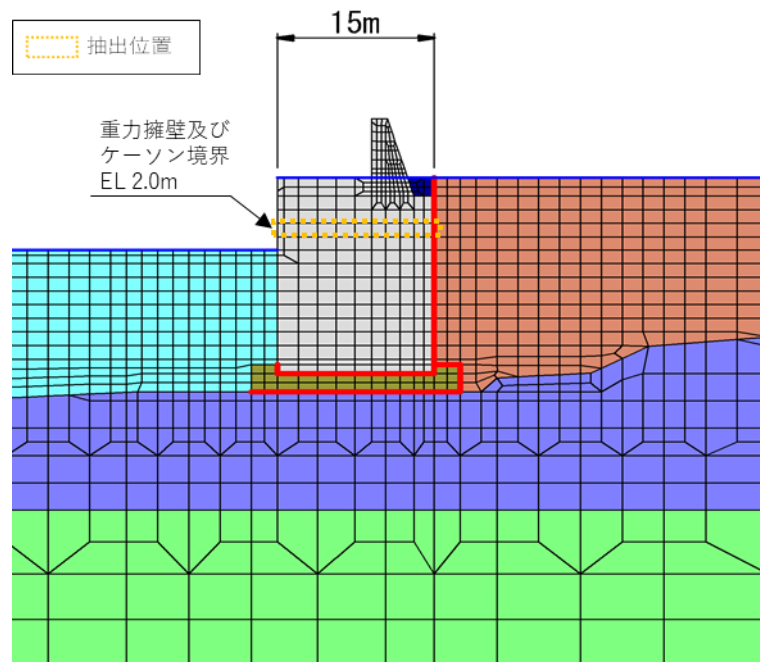


図 2-3 応力抽出位置 (④-④断面)

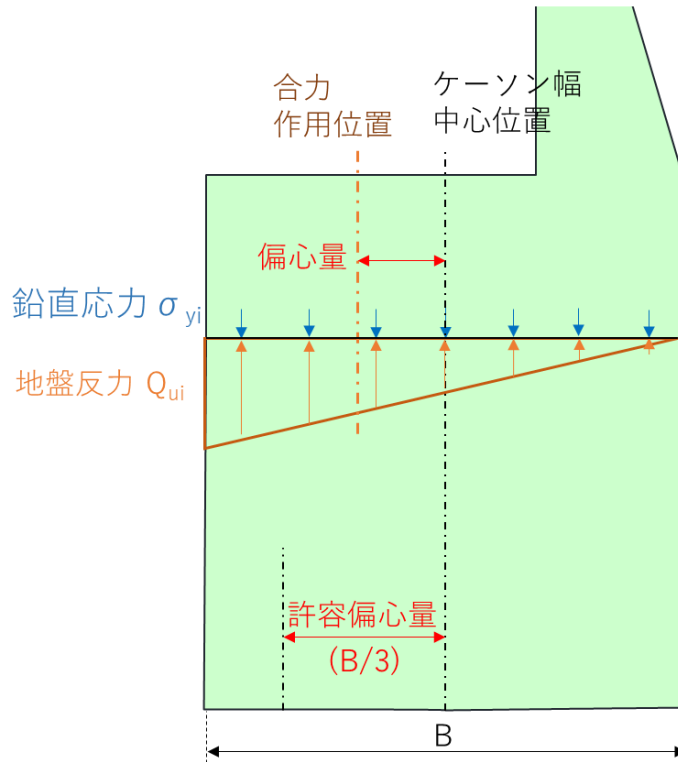


図 2-4 偏心量算定の概念図

表 2-2 偏心量の許容値

断面	重力擁壁底面幅 (m)	許容偏心量 (m)
②-②断面	13.0	4.3
③-③断面	13.0	4.3
④-④断面	15.0	5.0

## 2.2 滑動に対する検討

重力擁壁の滑動に対する検討として、図 2-1～図 2-3 に示す重力擁壁及びケーソンの境界におけるせん断力が、ケーソンの張出部等による抵抗力が大きいことを確認する。重力擁壁の滑動に対する検討の概念図を図 2-5 に示す。

重力擁壁の滑動に対する抵抗力は、「道路橋示方書（平成 14 年）」を参考に②-②断面及び④-④断面については、摩擦力及びケーソン張出部のせん断耐力の和とし、③-③断面については、摩擦力及びジベル筋のせん断耐力の和とし、式 1 を用いて算定する。②-②断面及び④-④断面のせん断耐力は、「コンクリート標準示方書（2002）」に基づきケーソンの張出部のコンクリートの短期許容応力度を用いた式 2 を用いて算定し、③-③断面のせん断耐力は、「道路橋示方書（平成 14 年）」に基づきジベル筋の短期許容応力度を用いた式 3 を用いて算定する。

ケーソンの張出部又はジベル筋のせん断耐力を表 2-3 に示す。

$$H = N \tan \phi + V a \quad (\text{式 1})$$

ここに、

$H$  : 抵抗力 (kN/m)

$N \tan \phi$  : 摩擦力 (kN/m)

$N$  : 抽出範囲から抽出した鉛直応力 (kN/m)

$\tan \phi$  : コンクリートとコンクリートの摩擦係数として 0.5 とする。

$V a$  : ケーソン張出部又はジベル筋のせん断耐力 (kN/m) で、式 2 又は式 3 により算出する。

### (1) ケーソン張出部のせん断耐力

$$V a = B' \times \tau_{a1} \quad (\text{式 2})$$

ここに、

$B'$  : ケーソンの突出部の合計延長 (m)

$\tau_{a1}$  : 「コンクリート標準示方書（2002）」に基づきコンクリートの短期許容せん断応度として、 $0.67 \text{ (N/mm}^2\text{)}$  とする。

### (2) ジベル筋のせん断耐力

$$V a = A_s \times \tau_a \quad (\text{式 3})$$

ここに、

$A_s$  : 単位奥行あたりのジベル筋の断面積 ( $\text{mm}^2$ )

$\tau_a$  : 「道路橋示方書（平成 14 年）」に基づき鋼材 (SS400) の短期許容せん断応度として、 $120 \text{ (N/mm}^2\text{)}$  とする。



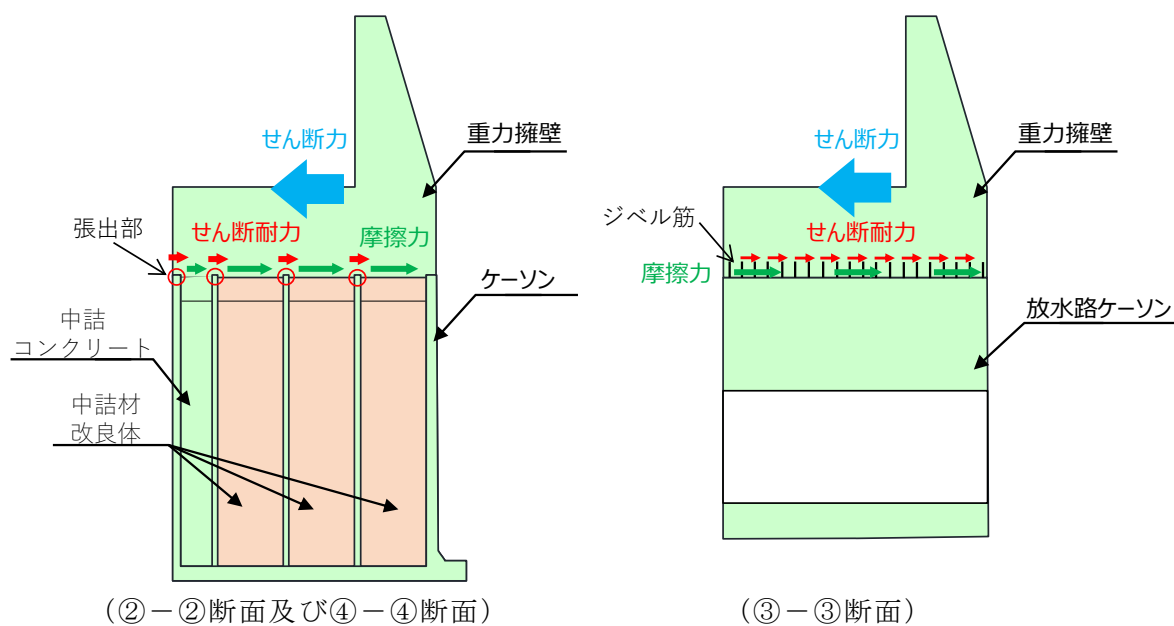


図 2-5 重力擁壁の滑動に対する検討の概念図

表 2-3 ケーソン張出部又はジベル筋のせん断耐力

断面	種別	ケーソン突出部の 合計延長 又は 単位奥行あたりの ジベル筋の断面積	短期許容応力度* (N/mm <sup>2</sup> )	せん断耐力 (kN/m)
②-②断面	ケーソン 張出部	1.25 m (隔壁 0.25m×3 + 前壁 0.5m)	0.67	837.5
③-③断面	ジベル筋 (SS400)	7,205 mm <sup>2</sup>	120	864.6
④-④断面	ケーソン 張出部	1.0 m (隔壁 0.25m×2 + 前壁 0.5m)	0.67	670.0

注記\*：「コンクリート標準示方書（2002）」より，許容応力度に対して 1.5 倍の割増を考慮する。

### 2.3 接地圧に対する検討

重力擁壁の転倒に伴う接地圧に対する検討として、図 2-1～図 2-3 に示す重力擁壁及びケーソンの境界における要素の鉛直応力を接地圧として、蓋コンクリート、中詰材改良体及び放水路ケーソンの許容限界を満足することを確認する。

蓋コンクリート及び放水路ケーソンに発生する接地圧に対する許容限界は、「コンクリート標準示方書 2002」に基づき、コンクリートの支圧強度とする。また、中詰材改良体に発生する接地圧に対する許容限界は、原位置試験によって確認した（参考資料 3 参照）設計一軸圧縮強度  $3.0\text{N/mm}^2$  とする。

重力擁壁の転倒に伴う接地圧に対する許容限界を表 2-4 に示す。

表 2-4 接地圧に対する許容限界

断面	種別	許容限界 ( $\text{N/mm}^2$ )
②-②断面	蓋コンクリート	18.0
④-④断面	中詰材改良体	3.0*
③-③断面	放水路ケーソン	24.0

注記\*：中詰材改良体の許容限界は設計一軸圧縮強度より設定。

### 3. 重力擁壁及びケーソンの一体性の確認結果

重力擁壁及びケーソンの一体性の確認結果を示す。

重力擁壁及びケーソンの一体性の地震時の確認にあたっては、2次元有限要素法の解析ケース①（基本ケース）を選定する。

#### 3.1 転倒に対する検討結果

②-②断面、③-③断面及び④-④断面の検討結果を表3-1～表3-3に示す。

表3-1～表3-3より、偏心量は許容値以下であることから、重力擁壁が転倒しないことを確認した。

表3-1 重力擁壁の転倒に対する検討結果（②-②断面）

地震動		最大偏心量 $e$ (m)	許容偏心量 $e_a$ (m)	照査値 $e/e_a$
S <sub>s</sub> -D	++	0.6	4.3	0.15
	-+	0.7	4.3	0.17
	+-	0.5	4.3	0.11
	--	0.7	4.3	0.16
S <sub>s</sub> -F1	++	0.6	4.3	0.14
S <sub>s</sub> -F2	++	0.7	4.3	0.16
S <sub>s</sub> -N1	++	1.0	4.3	0.25
	-+	0.4	4.3	0.10
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	++	0.5	4.3	0.12
	-+	0.3	4.3	0.08
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	++	0.4	4.3	0.10
	-+	0.3	4.3	0.08

表 3-2 重力擁壁の転倒に対する検討結果 (③-③断面)

地震動		最大偏心量 e (m)	許容偏心量 e <sub>a</sub> (m)	照査値 e/e <sub>a</sub>
S <sub>s</sub> -D	++	1.5	4.3	0.36
	-+	1.8	4.3	0.42
	+-	1.7	4.3	0.41
	--	1.6	4.3	0.37
S <sub>s</sub> -F 1	++	1.6	4.3	0.37
S <sub>s</sub> -F 2	++	1.0	4.3	0.24
S <sub>s</sub> -N 1	++	1.7	4.3	0.40
	-+	1.2	4.3	0.30
S <sub>s</sub> -N 2 (NS)	++	1.5	4.3	0.34
	-+	1.2	4.3	0.27
S <sub>s</sub> -N 2 (EW)	++	1.6	4.3	0.38
	-+	1.1	4.3	0.26

表 3-3 重力擁壁の転倒に対する検討結果 (④-④断面)

地震動		最大偏心量 e (m)	許容偏心量 e <sub>a</sub> (m)	照査値 e/e <sub>a</sub>
S <sub>s</sub> -D	++	3.2	5.0	0.64
	-+	3.1	5.0	0.63
	+-	3.0	5.0	0.60
	--	3.8	5.0	0.76
S <sub>s</sub> -F 1	++	2.4	5.0	0.48
S <sub>s</sub> -F 2	++	2.3	5.0	0.46
S <sub>s</sub> -N 1	++	3.4	5.0	0.68
	-+	3.4	5.0	0.68
S <sub>s</sub> -N 2 (NS)	++	2.9	5.0	0.59
	-+	2.5	5.0	0.51
S <sub>s</sub> -N 2 (EW)	++	3.3	5.0	0.66
	-+	2.5	5.0	0.51

### 3.2 滑動に対する検討結果

②-②断面，③-③断面及び④-④断面の検討結果を表3-4～表3-6に示す。

表3-4～表3-6より，発生するせん断力は抵抗力以下であることから，重力擁壁が滑動しないことを確認した。

表3-4 重力擁壁の滑動に対する検討結果（②-②断面）

地震動		せん断力Q (kN/m)	抵抗力R (kN/m)	照査値 Q/R
S <sub>s</sub> -D	++	1128	1779	0.64
	-+	941	1586	0.60
	+-	623	1410	0.45
	--	1038	1725	0.61
S <sub>s</sub> -F1	++	623	1410	0.45
S <sub>s</sub> -F2	++	1048	1709	0.62
S <sub>s</sub> -N1	++	1115	1651	0.68
	-+	1034	1627	0.64
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	++	447	1213	0.37
	-+	902	1631	0.56
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	++	565	1324	0.43
	-+	583	1385	0.43

表 3-5 重力擁壁の滑動に対する検討結果 (③-③断面)

地震動		せん断力 Q (kN/m)	抵抗力 R (kN/m)	照査値 Q/R
S <sub>s</sub> -D	++	1510	2143	0.71
	-+	785	1462	0.54
	+-	1594	2197	0.73
	--	1251	1921	0.66
S <sub>s</sub> -F 1	++	665	1442	0.47
S <sub>s</sub> -F 2	++	725	1447	0.51
S <sub>s</sub> -N 1	++	1166	1873	0.63
	-+	1633	2051	0.80
S <sub>s</sub> -N 2 (NS)	++	942	1702	0.56
	-+	806	1540	0.53
S <sub>s</sub> -N 2 (EW)	++	1154	1852	0.63
	-+	1160	1839	0.64

表 3-6 重力擁壁の滑動に対する検討結果 (④-④断面)

地震動		せん断力 Q (kN/m)	抵抗力 R (kN/m)	照査値 Q/R
S <sub>s</sub> -D	++	1950	2144	0.92
	-+	1429	1761	0.82
	+-	1826	2068	0.89
	--	1506	1873	0.81
S <sub>s</sub> -F 1	++	1551	2114	0.74
S <sub>s</sub> -F 2	++	1039	1601	0.65
S <sub>s</sub> -N 1	++	1286	1482	0.87
	-+	1872	1932	0.97
S <sub>s</sub> -N 2 (NS)	++	653	1173	0.56
	-+	885	1393	0.64
S <sub>s</sub> -N 2 (EW)	++	789	1285	0.62
	-+	964	1480	0.66

### 3.3 接地圧に対する検討結果

②-②断面，③-③断面及び④-④断面の検討結果を表3-7～表3-9に示す。

表3-7～表3-9より，発生する接地圧は許容限界以下であることから，蓋コンクリート，中詰材改良体及び放水路ケーソンが損傷しないことを確認した。なお，②-②断面及び④-④断面について，蓋コンクリートと比較して支圧強度が低い中詰材改良体を対象として検討している。

表3-7 重力擁壁の転倒に伴う接地圧に対する検討結果

(②-②断面，中詰材改良体)

地震動		最大接地圧 P (N/mm <sup>2</sup> )	支圧強度 P <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 P / P <sub>u</sub>
S <sub>s</sub> -D	++	0.47	3.0	0.16
	-+	0.57	3.0	0.19
	+-	0.46	3.0	0.16
	--	0.56	3.0	0.19
S <sub>s</sub> -F1	++	0.46	3.0	0.16
S <sub>s</sub> -F2	++	0.50	3.0	0.17
S <sub>s</sub> -N1	++	0.70	3.0	0.24
	-+	0.37	3.0	0.13
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	++	0.38	3.0	0.13
	-+	0.40	3.0	0.14
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	++	0.44	3.0	0.15
	-+	0.38	3.0	0.13

表 3-8 重力擁壁の転倒に伴う接地圧に対する検討結果

(③-③断面, 放水路ケーソン)

地震動		最大接地圧 P (N/mm <sup>2</sup> )	支圧強度 P <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 P / P <sub>u</sub>
S <sub>s</sub> -D	++	1.33	24.0	0.06
	-+	1.39	24.0	0.06
	+-	1.49	24.0	0.07
	--	1.53	24.0	0.07
S <sub>s</sub> -F 1	++	0.85	24.0	0.04
S <sub>s</sub> -F 2	++	0.90	24.0	0.04
S <sub>s</sub> -N 1	++	1.32	24.0	0.06
	-+	1.69	24.0	0.08
S <sub>s</sub> -N 2 (NS)	++	0.84	24.0	0.04
	-+	0.86	24.0	0.04
S <sub>s</sub> -N 2 (EW)	++	1.57	24.0	0.07
	-+	1.12	24.0	0.05

表 3-9 重力擁壁の転倒に伴う接地圧に対する検討結果

(④-④断面, 中詰材改良体)

地震動		最大接地圧 P (N/mm <sup>2</sup> )	支圧強度 P <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 P / P <sub>u</sub>
S <sub>s</sub> -D	++	0.83	3.0	0.28
	-+	0.84	3.0	0.29
	+-	0.89	3.0	0.30
	--	0.59	3.0	0.20
S <sub>s</sub> -F 1	++	0.37	3.0	0.13
S <sub>s</sub> -F 2	++	0.51	3.0	0.17
S <sub>s</sub> -N 1	++	0.95	3.0	0.32
	-+	0.80	3.0	0.27
S <sub>s</sub> -N 2 (NS)	++	0.55	3.0	0.19
	-+	0.54	3.0	0.18
S <sub>s</sub> -N 2 (EW)	++	0.66	3.0	0.22
	-+	0.60	3.0	0.20



#### 4. まとめ

重力擁壁の転倒，滑動及び接地圧に対する検討を実施し，いずれの断面においても許容限界以下であることを確認したことから，防波壁（波返重力擁壁）の重力擁壁とケーソンの一体性が確保されており，2次元有限要素法及び3次元構造解析における解析モデルは妥当と判断した。

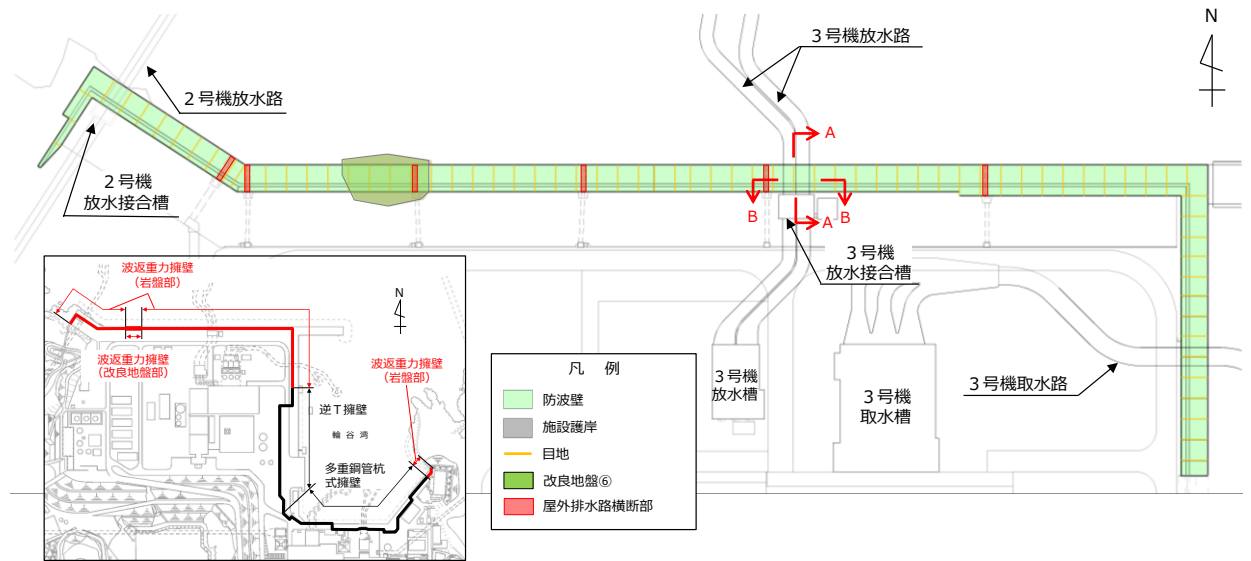
(参考資料7) 放水路ケーソンの耐震評価について

1. 概要

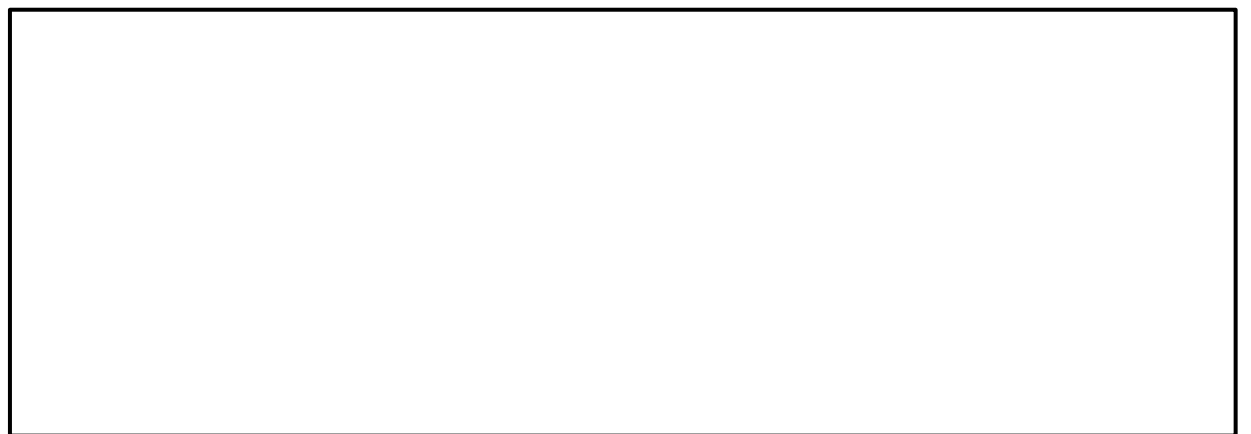
防波壁は線状構造物であり、法線方向に隣接するブロックが防波壁の変形を抑制することから、法線直交方向断面を弱軸方向断面として耐震評価を実施している。

一方、防波壁（波返重力擁壁）のうち放水路ケーソンは、図1-1のとおり、開口部（放水路）を有することから、B-B断面（法線方向断面）が耐震評価において厳しくなる可能性がある。

本資料では、放水路ケーソンを対象として、法線方向断面の耐震評価を実施する。



(全体平面図)



(A-A断面図)

(B-B断面図)

図1-1 放水路ケーソンの構造図

## 2. 2次元有限要素法

防波壁（波返重力擁壁）のうち放水路ケーソンの耐震評価のため，B－B断面を対象として2次元有限要素法を実施する。本資料に記載していない項目については，「4. 2次元有限要素法」に記載のとおりとする。

### 2.1 解析モデル及び地震応答解析手法

B－B断面の解析モデルを図2-1に示す。

図2-1に示す解析モデルにおいて，法線方向に隣接するケーソンをモデル化するため，液状化対象層が分布しないことから，解析方法は全応力解析とし，「TDA P III」を使用する。なお，解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については，VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

ケーソンは，線形の平面ひずみ要素でモデル化し，重力擁壁及び漂流物対策工は解析モデルに付加質量として与えることで考慮する。

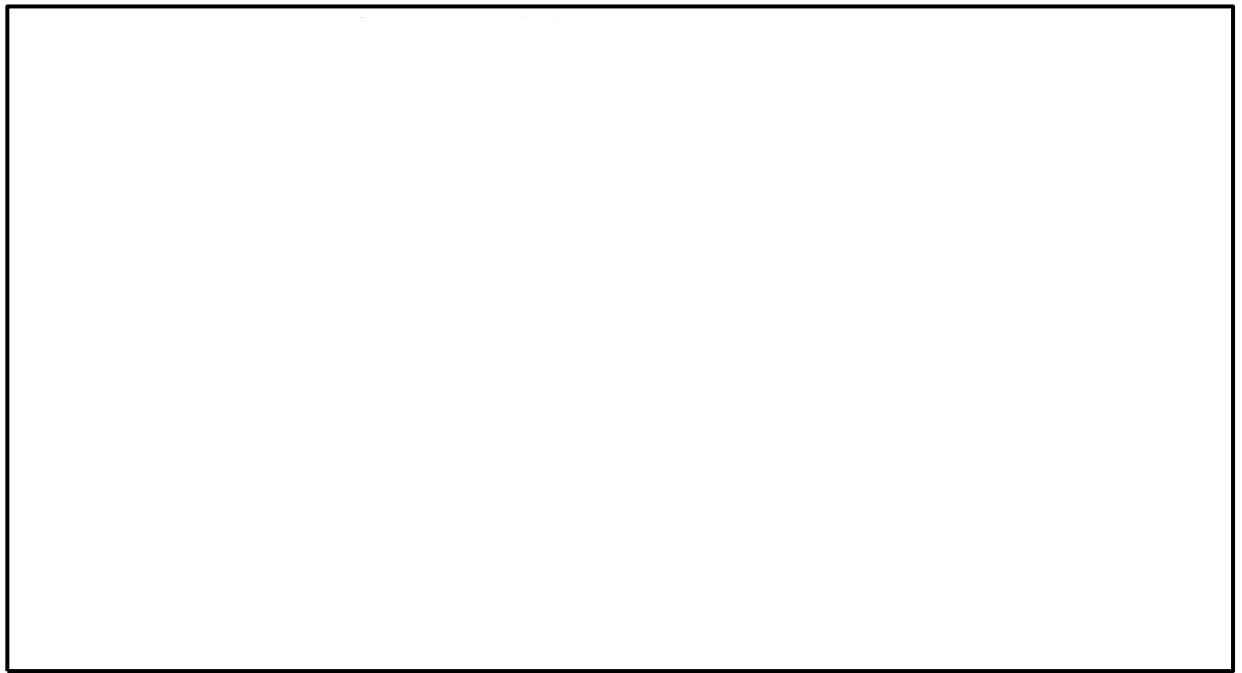


図2-1 解析モデル（B－B断面）

## 2.2 減衰定数

2次元有限要素法（全応力解析）では，粘性減衰を考慮することとし，固有値解析にて求められる固有周期と各材料の減衰比に基づき，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 減衰を解析モデル全体に与える。

Rayleigh 減衰における係数  $\alpha$ ， $\beta$  を表 2-1 に，固有値解析結果に基づき設定した Rayleigh 減衰を図 2-2 に示す。

$$[C] = \alpha [m] + \beta [k]$$

[C] : 減衰係数マトリックス

[m] : 質量マトリックス

[k] : 剛性マトリックス

$\alpha$ ， $\beta$  : 係数

表 2-1 Rayleigh 減衰における係数  $\alpha$ ， $\beta$  の設定結果

評価対象断面	$\alpha$	$\beta$
③-③断面 (法線方向断面)	1.906	$4.381 \times 10^{-4}$

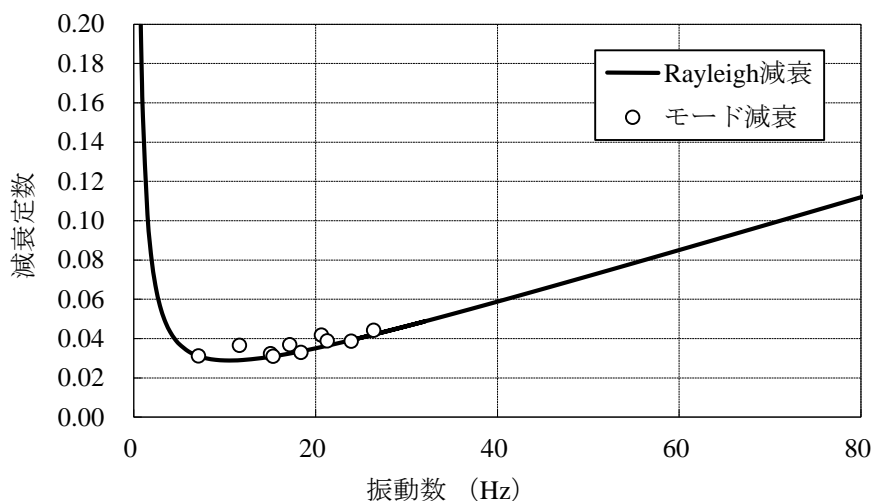
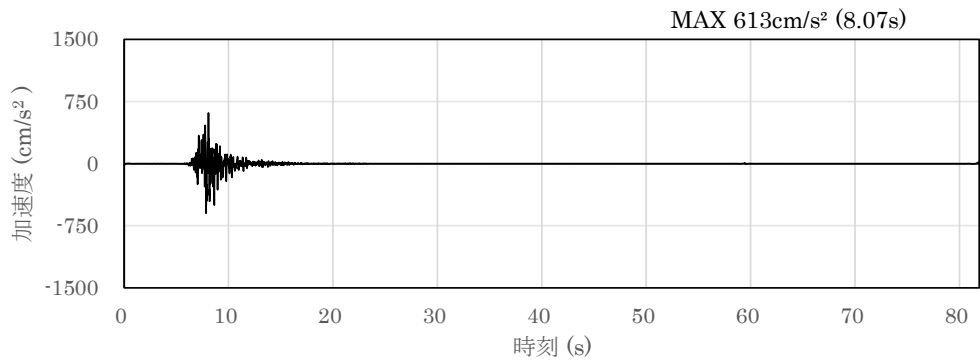


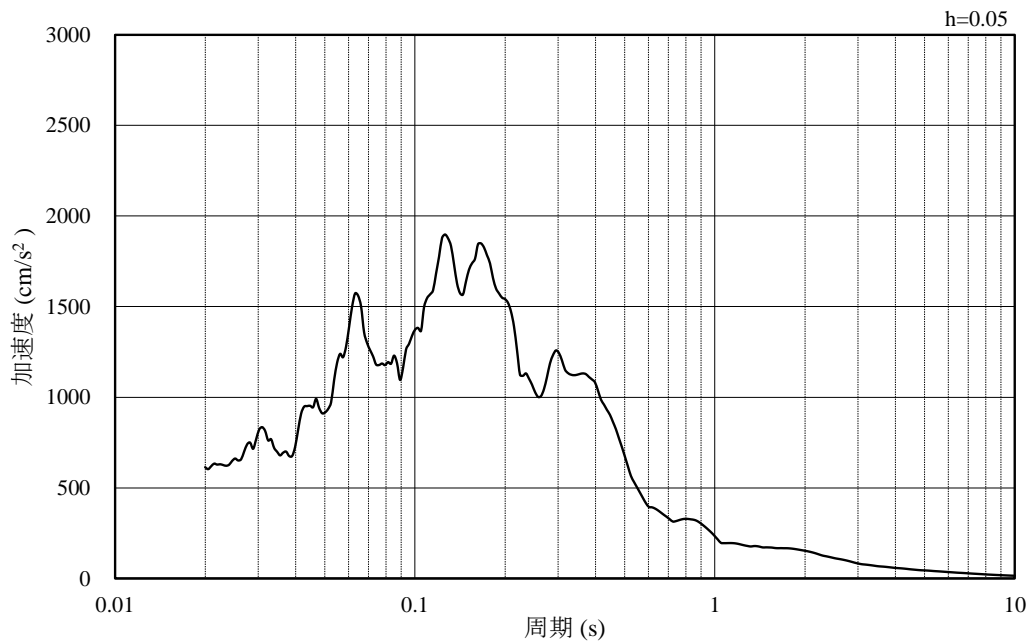
図 2-2 設定した Rayleigh 減衰

### 2.3 入力地震動

B-B断面の地震応答解析に用いる  $S_s - F1$  及び  $S_s - F2$  について、図 2-3 及び図 2-4 に示す。

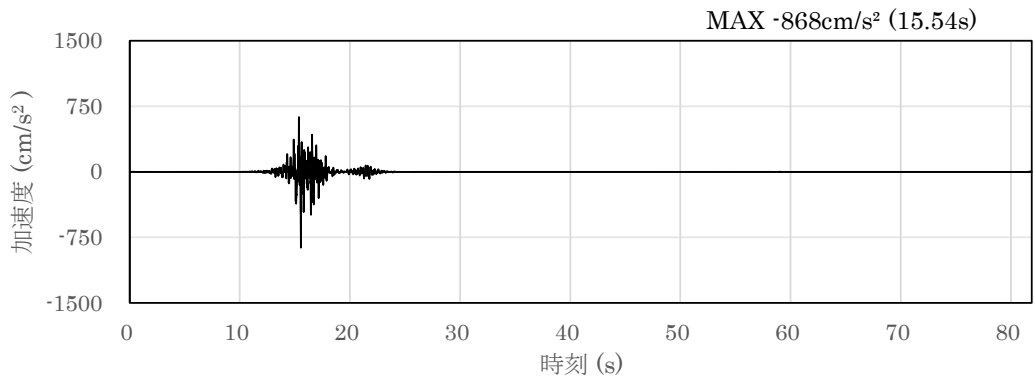


(a) 加速度時刻歴波形

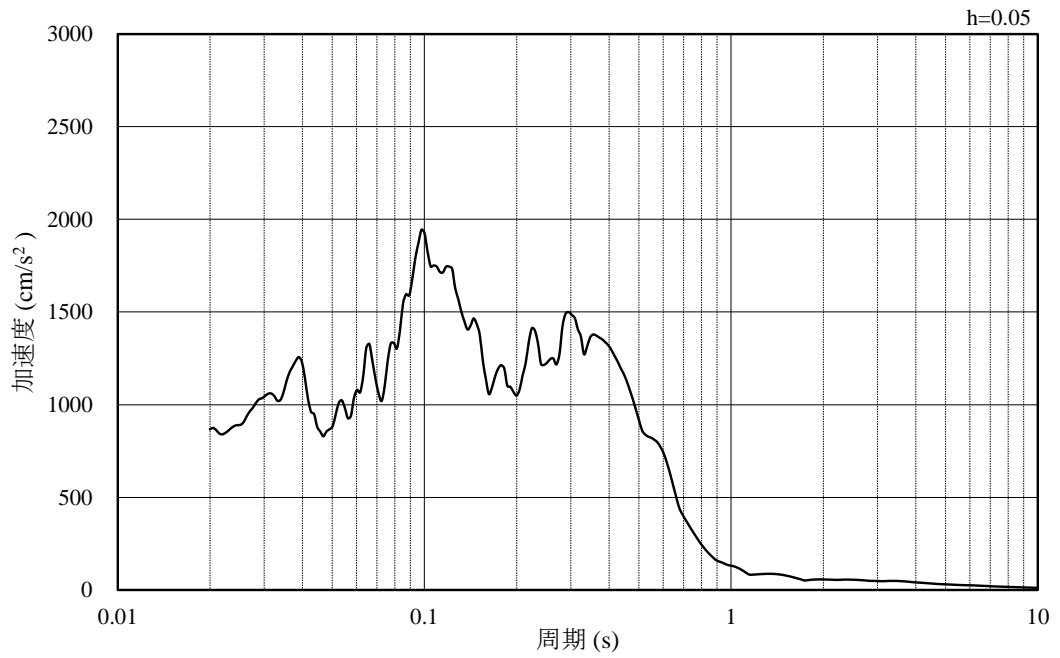


(b) 加速度応答スペクトル

図 2-3 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平成分：  $S_s - F1$  )



(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

図 2-4 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平成分 : S s - F 2)

#### 2.4 ジョイント要素の設定

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。

せん断強度  $\tau_f$  は次式の Mohr-Coulomb 式により規定される。

ジョイント要素の粘着力及び内部摩擦角を表 2-2 に、ジョイント要素の配置を図 2-5 に示す。

$$\tau_f = c + \sigma' \tan \phi \quad (1)$$

ここで、

$\tau_f$  : せん断強度

$c$  : 粘着力

$\phi$  : 内部摩擦角

表 2-2 ジョイント要素の粘着力と内部摩擦力

		接合条件		粘着力 c (N/mm <sup>2</sup> )	内部摩 擦角 φ (°)	備考
		材料 1	材料 2			
鉛直方向	境界 1	放水路 ケーソン	ケーソン	0	26.57	「コンクリートとコンクリート」の静止摩擦係数 ( $\mu = 0.50$ ) $c = 0$ , $\phi = 26.57^\circ$ と設定
			埋戻コンクリート			
		ケーソン	ケーソン			
			埋戻コンクリート			
水平方向	境界 2	MMR	放水路ケーソン	0	26.57	剛性の高い岩盤等の境界であるため、「コンクリートとコンクリート」及び「コンクリートと岩盤」の静止摩擦係数 ( $\mu = 0.50$ ) より、 $\phi = \tan^{-1}(\mu) \doteq 26.57^\circ$ と設定
			ケーソン			
			埋戻コンクリート			
	境界 3	MMR	岩盤	0	30.96	「コンクリートと岩盤」の静止摩擦係数 ( $\mu = 0.60$ ) $\phi = \tan^{-1}(\mu) \doteq 30.96^\circ$ と設定



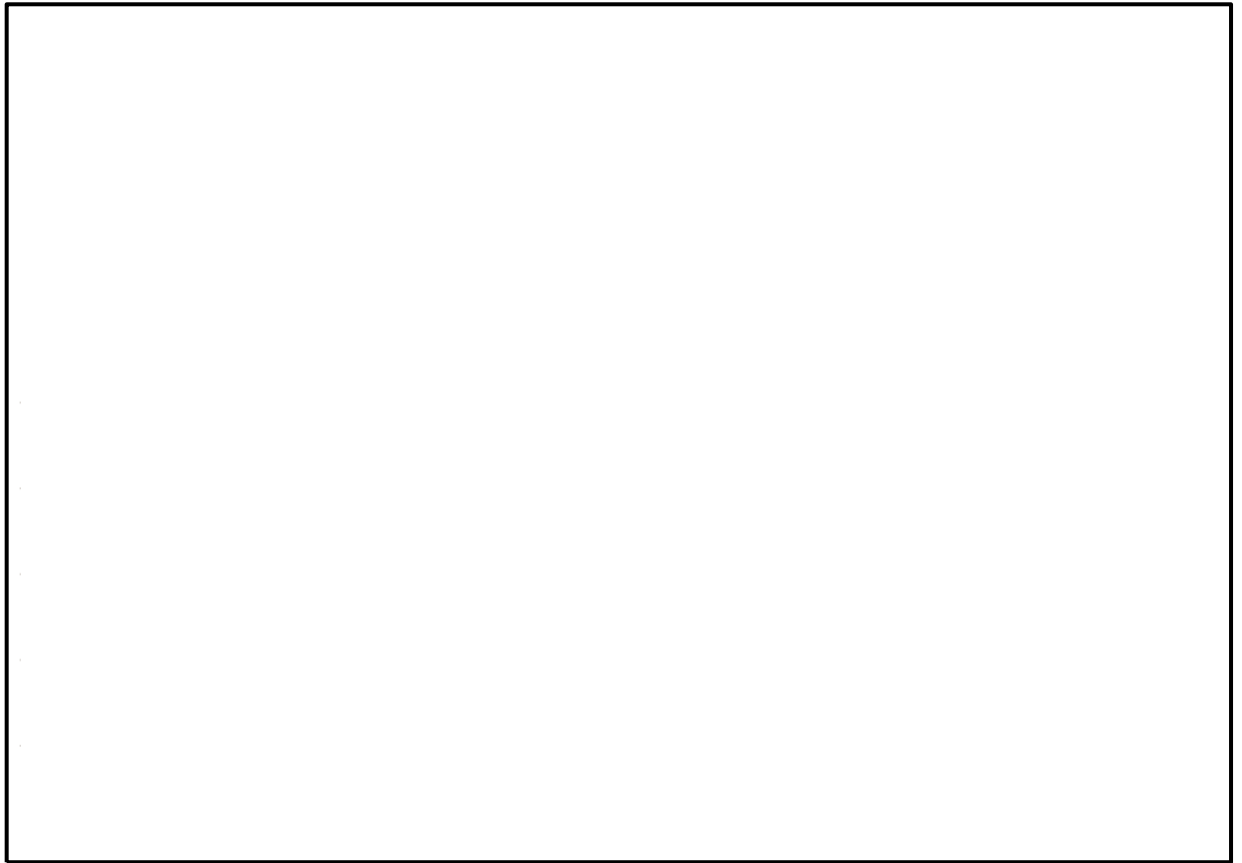


図 2-5 ジョイント要素の配置図  
(B-B断面)

ジョイント要素のばね定数は、「港湾構造物設計事例集」を参考に、数値解析上、不安定な挙動を起こさない程度に周囲材料の剛性よりも十分に大きな値を設定する。表 2-3 にジョイント要素のばね定数を示す。

また、ジョイント要素の力学特性を図 2-6 に示す。

表 2-3 ジョイント要素のばね定数

項目	せん断剛性 $k_s$ ( $\text{kN}/\text{m}^2$ )	圧縮剛性 $k_n$ ( $\text{kN}/\text{m}^2$ )
境界 1, 2, 3	$1.0 \times 10^7$	$1.0 \times 10^7$

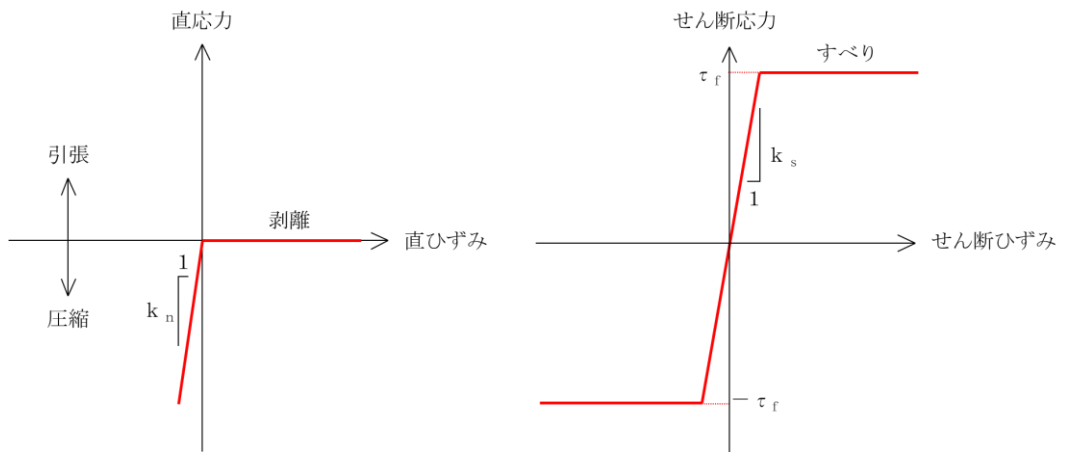


図 2-6 ジョイント要素の力学特性

## 2.5 使用材料及び材料の物性値減衰定数

耐震評価に用いる材料定数は、適用基準類を基に設定する。使用材料を表 2-4 に、材料の物性値を表 2-5 に示す。

表 2-4 使用材料

材料		仕様
コンクリート	放水路ケーソン	設計基準強度 24.0 N/mm <sup>2</sup>
	ケーソン	中詰材改良体 (銅水砕スラグ)
	埋戻コンクリート	設計基準強度 24.0 N/mm <sup>2</sup>
	MMR	設計基準強度 24.0 N/mm <sup>2</sup>

表 2-5 材料の物性値

材料	単位体積重量 (kN/m <sup>3</sup> )	ヤング係数 (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比
放水路ケーソン	24.0* <sup>1</sup>	2.5×10 <sup>4</sup> * <sup>1</sup>	0.2* <sup>1</sup>
ケーソン	22.9* <sup>2</sup>	1.7×10 <sup>4</sup> * <sup>2</sup>	0.2* <sup>1</sup>
埋戻コンクリート	24.0* <sup>1</sup>	2.5×10 <sup>4</sup> * <sup>1</sup>	0.2* <sup>1</sup>
MMR	24.0* <sup>1</sup>	2.5×10 <sup>4</sup> * <sup>1</sup>	0.2* <sup>1</sup>

注記\*1：コンクリート標準示方書(2002)

\*2：②-②断面におけるケーソンの剛性を採用

## 2.6 評価方法

防波壁（波返重力擁壁）のうち放水路ケーソンの耐震評価は、地震応答解析に基づいて算定した発生応力度が許容限界を満足することを確認する。

放水路ケーソンの評価は、曲げモーメント及び軸力より算定される曲げ圧縮応力度、曲げ引張応力度及びせん断力により算定されるせん断応力度が許容限界以下であることを確認する。放水路ケーソンの許容限界を表 2-6 に示す。

### a. 曲げ軸力照査

コンクリートの発生応力度が許容限界以下であることを確認する。

### b. せん断照査

コンクリートの発生応力度が許容限界以下であることを確認する。

表 2-6(1) 放水路ケーソンの許容限界

種別	短期許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> ) *		準拠基準
コンクリート ( $f'_{ck}=24\text{N/mm}^2$ )	許容曲げ圧縮応力度 $\sigma_{ca}$	13.5	コンクリート標準示方書 (2002)
	許容せん断応力度 $\tau_{al}$	0.67	

注記\*：短期許容応力度は、「コンクリート標準示方書（2002）」より許容応力度に対して 1.5 倍の割増を考慮する。

表 2-6(2) 放水路ケーソンの許容限界

	算定式	強度 (N/mm <sup>2</sup> )	準拠図書
引張強度 $f_{tk}$	$0.23f'_{ck}{}^{2/3*}$	1.91	コンクリート標準示方書 (2002)

注記\*：ここで、 $f'_{ck}$  はコンクリートの設計基準強度

## 2.7 耐震評価結果

放水路ケーソンのコンクリートの圧縮応力度に対する照査結果を表 2-7 に、せん断応力度に対する照査結果を表 2-8 に、引張応力度に対する照査結果を表 2-9 に示す。

耐震評価の結果、一部の部材において局部的にせん断応力度と引張応力度が許容限界を上回る要素が存在することから、部材厚程度の範囲で発生応力度の平均化による評価を実施した結果、許容限界を下回ることを確認した。応力度の平均化の範囲を図 2-7 及び図 2-9 に、最大応力度分布図を図 2-8 及び図 2-10 に示す。

以上の結果より、法線方向断面における放水路ケーソンにおける発生応力度が許容限界以下であることを確認した。

表 2-7 コンクリートの圧縮応力度に対する照査における最大照査値  
(放水路ケーソン)

解析 ケース	地震動		評価対象 部位*	曲げ圧縮 応力度 $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{ca}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_c / \sigma_{ca}$
①	S s - D	(++)	隔壁	3.4	13.5	0.26
		(-+)	隔壁	3.7	13.5	0.28
		(+-)	隔壁	3.3	13.5	0.25
		(--)	隔壁	3.8	13.5	0.29
	S s - F 1	(++)	隔壁	3.1	13.5	0.23
	S s - F 2	(++)	隔壁	3.4	13.5	0.26
	S s - N 1	(++)	隔壁	3.6	13.5	0.27
		(-+)	隔壁	3.1	13.5	0.23
	S s - N 2 (NS)	(++)	隔壁	3.1	13.5	0.23
		(-+)	隔壁	3.1	13.5	0.23
	S s - N 2 (EW)	(++)	隔壁	3.0	13.5	0.23
		(-+)	隔壁	3.0	13.5	0.23

注記\* : 照査値が最大となる評価対象部位のみ記載

表 2-8 コンクリートのせん断応力度に対する照査における最大照査値  
(放水路ケーソン)

解析 ケース	地震動		評価対象 部位*1	せん断 応力度*2*3 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\tau_{a1}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値*2*3 $\tau_c / \tau_{a1}$
①	S <sub>s</sub> -D	(++)	側壁	0.65 (1.08)	0.67	0.98 (1.62)
		(-+)	底版	0.60 (0.99)	0.67	0.90 (1.48)
		(+-)	側壁	0.66 (1.16)	0.67	0.99*4 (1.74)
		(--)	底版	0.61 (1.01)	0.67	0.92 (1.51)
	S <sub>s</sub> -F1	(++)	底版	0.59 (0.86)	0.67	0.89 (1.29)
	S <sub>s</sub> -F2	(++)	底版	0.65 (0.95)	0.67	0.98 (1.42)
	S <sub>s</sub> -N1	(++)	底版	0.57 (0.95)	0.67	0.86 (1.42)
		(-+)	側壁	0.57 (0.94)	0.67	0.86 (1.41)
	S <sub>s</sub> -N2 (NS)	(++)	底版	0.55 (0.85)	0.67	0.83 (1.27)
		(-+)	底版	0.54 (0.83)	0.67	0.81 (1.24)
	S <sub>s</sub> -N2 (EW)	(++)	底版	0.56 (0.79)	0.67	0.84 (1.18)
		(-+)	底版	0.53 (0.78)	0.67	0.80 (1.17)

注記\*1：照査値が最大となる評価対象部位のみ記載

\*2：1要素の発生応力度が許容限界を上回ったため、部材厚以内の範囲で発生応力度の平均化を実施

\*3：括弧内（ ）は平均化前の結果を表す

\*4：参考に「RC規準（1999）」に基づき、せん断の短期許容応力度 1.11N/mm<sup>2</sup>を許容限界とすると、照査値は 0.60 となる

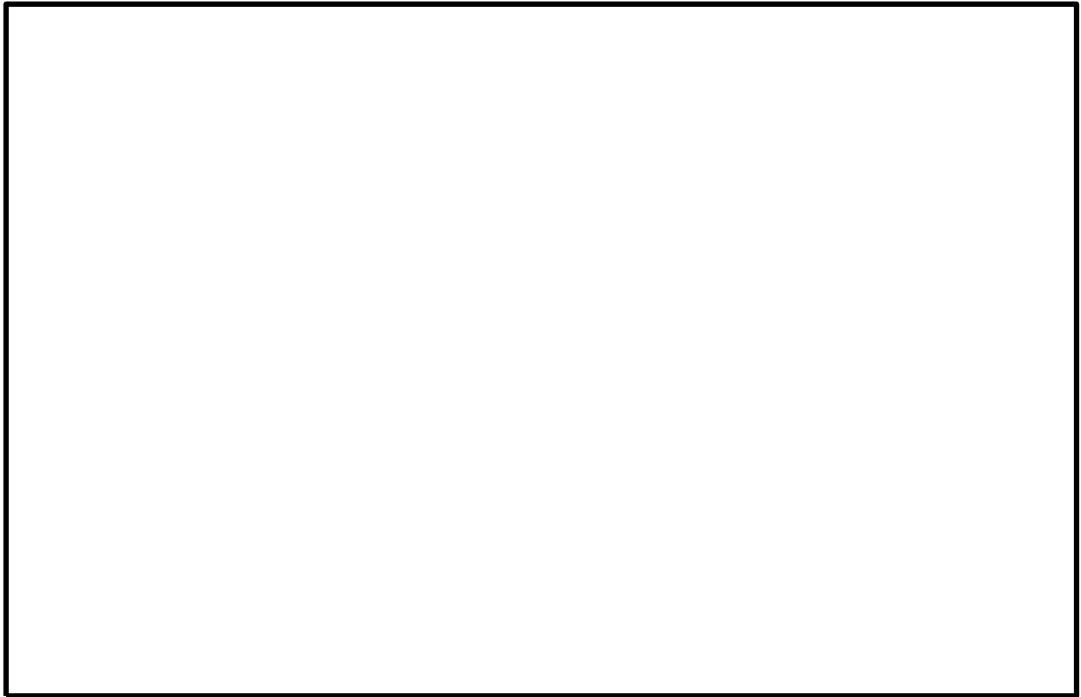


図 2-7 発生応力度の平均化を実施した範囲 (せん断応力度)

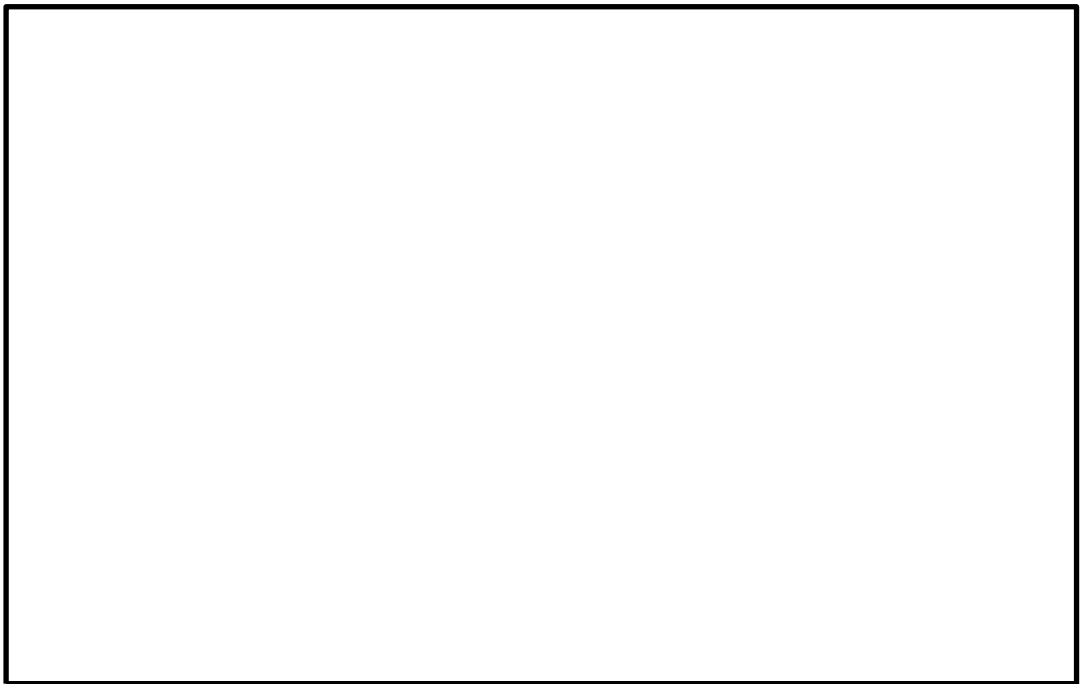


図 2-8 最大応力度分布図 (S<sub>s</sub>-D (+-), せん断応力度)

表 2-9 コンクリートの引張応力度に対する照査における最大照査値  
(放水路ケーソン)

解析 ケース	地震動		評価対象 部位*1	引張応力度 $\sigma_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	引張強度 $f_{tk}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_s/f_{tk}$
①	S s - D	(++)	底版	1.11	1.91	0.59
		(-+)	底版	1.85	1.91	0.97
		(+-)	頂版	0.98	1.91	0.52
		(--)	底版	1.21*2 (1.90)*3	1.91	0.64*2 (1.00)*3
	S s - F 1	(++)	底版	0.86	1.91	0.46
	S s - F 2	(++)	底版	1.52	1.91	0.80
	S s - N 1	(++)	底版	1.55	1.91	0.82
		(-+)	頂版	0.68	1.91	0.36
	S s - N 2 (NS)	(++)	底版	0.91	1.91	0.48
		(-+)	頂版	0.58	1.91	0.31
	S s - N 2 (EW)	(++)	底版	0.81	1.91	0.43
		(-+)	底版	0.66	1.91	0.35

注記\*1：照査値が最大となる評価対象部位のみ記載

\*2：1要素の発生応力度が許容限界を上回ったため、部材厚以内の範囲で発生応力度の平均化を実施

\*3：括弧内（ ）は平均化前の結果を表す



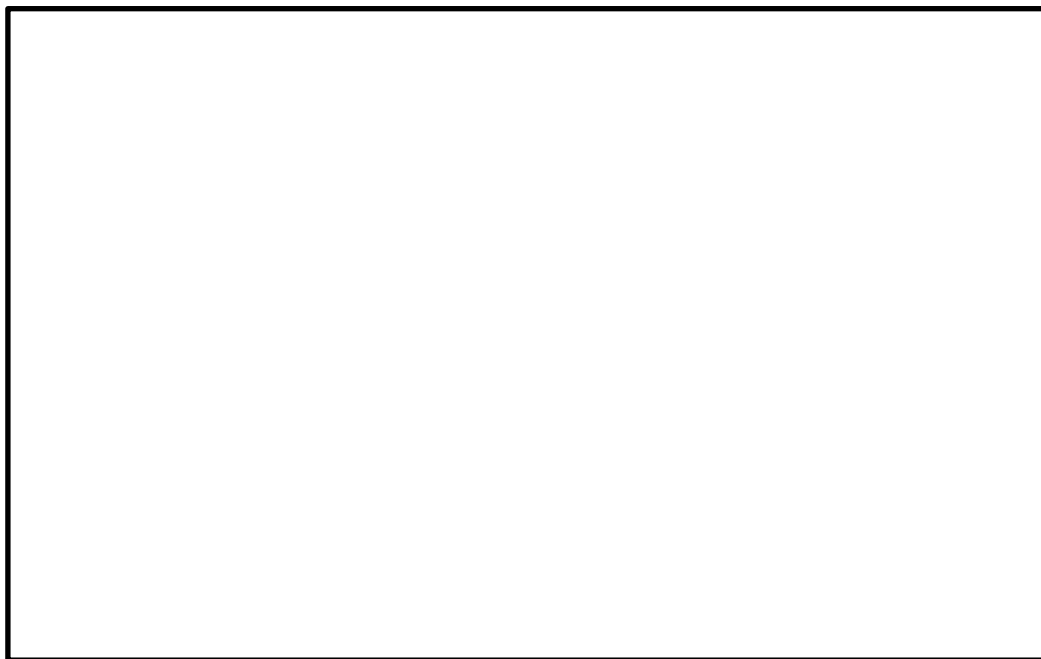


図 2-9 発生応力度の平均化を実施した範囲（引張応力度）



図 2-10 最大応力度分布図（ $S_s - D$ （—），引張応力度）

(参考資料 8) ⑤-⑤断面の重力擁壁下端の境界条件

### 1. 概要

⑤-⑤断面の重力擁壁は、直接岩盤上に設置しており、鉛直方向の鉄筋及びH形鋼を岩盤に定着させている。鉄筋は重力擁壁の岩盤からの浮き上がりに抵抗し、H形鋼は重力擁壁と岩盤の境界面に発生するせん断力に抵抗する設計とすることから、重力擁壁は作用荷重によって滑動や転倒が発生せず、重力擁壁と岩盤は一体であると判断し、地震応答解析においては、重力擁壁と岩盤の境界面にジョイント要素を設定していない。重力擁壁と岩盤の一体性の概念図を図 1-1 に示す。

なお、「4.2.6 重力擁壁」及び「4.2.7 H形鋼」では、重力擁壁下端に発生する曲げモーメントに対する鉄筋の引張照査及び重力擁壁下端に発生するせん断力に対するH形鋼のせん断照査を行い、いずれも許容限界に収まっていることを確認している。

一方で、鉄筋と岩盤の付着が不十分な場合、岩盤から鉄筋の引抜きが想定されるため、本資料では、重力擁壁の下端に作用する地震荷重に対し、鉄筋が岩盤から引抜けないことを確認し、重力擁壁と岩盤の境界面の境界条件が妥当であることを確認する。また、本資料では津波荷重に対しても、鉄筋が岩盤から引抜けないことを確認する。

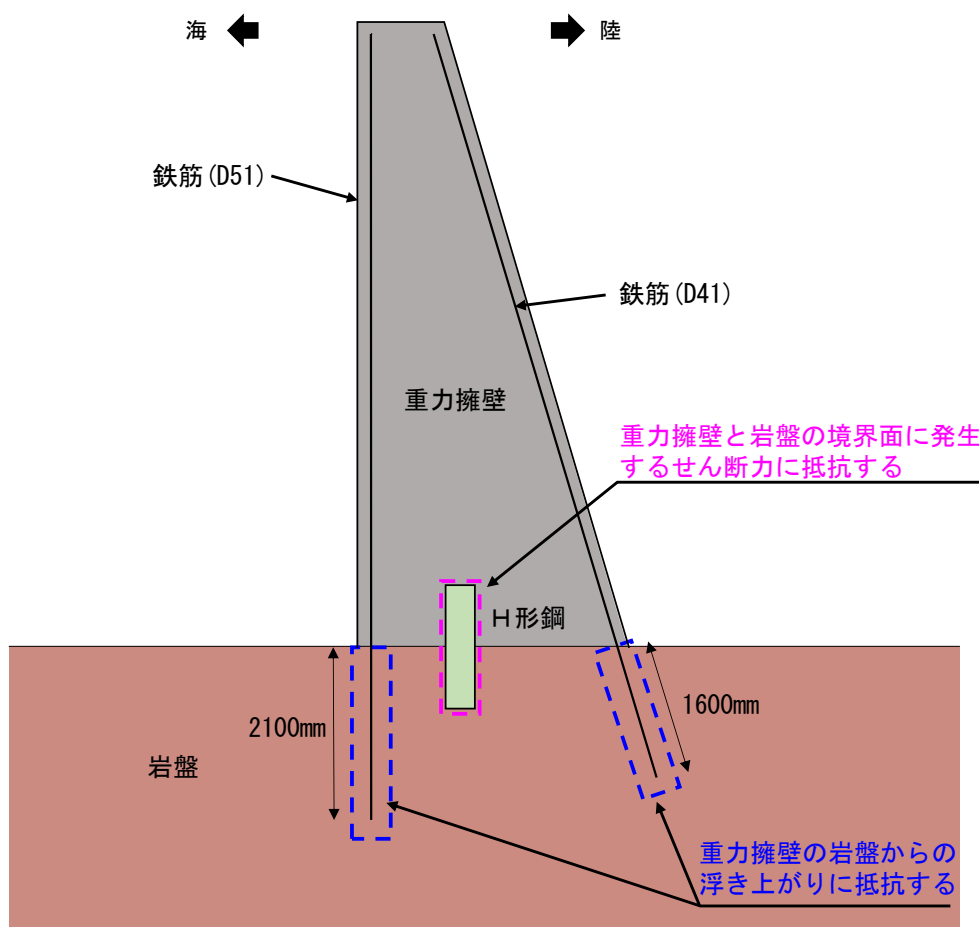


図 1-1 重力擁壁と岩盤の一体性の概念図

## 2. 検討方針

地震時及び津波時に作用する重力擁壁下端のモーメントを用いて、岩盤から鉄筋の引抜けが発生しないことを確認する。

鉄筋は岩盤内に定着させていることから、許容限界の設定に当たっては、「グラウンドアンカー設計・施工基準、同解説（2012，地盤工学会）」（以下「設計・施工基準」という）を準用する。

## 3. 検討内容

### 3.1 検討概要

鉄筋の岩盤への定着に当たっては、鉄筋は岩盤を削孔して建て込み、鉄筋を岩盤に定着させるために鉄筋定着部の孔内をグラウトで充填した。

地震時及び津波時の作用荷重に対して岩盤から鉄筋の引抜けが発生しないことを確認するために、①鉄筋がグラウトから引抜けないこと及び②グラウトが岩盤から引抜けないことを確認項目とする。鉄筋がグラウトから引抜けないために、「設計・施工基準」に基づき、鉄筋の引抜抵抗力を算定し、算定値に対して作用荷重が下回ることを確認する。また、グラウトが岩盤から引抜けないために、「設計・施工基準」に基づき、グラウトと岩盤の摩擦抵抗に対して作用荷重が下回ることを確認する。確認項目のイメージ図を図3-1に示す。

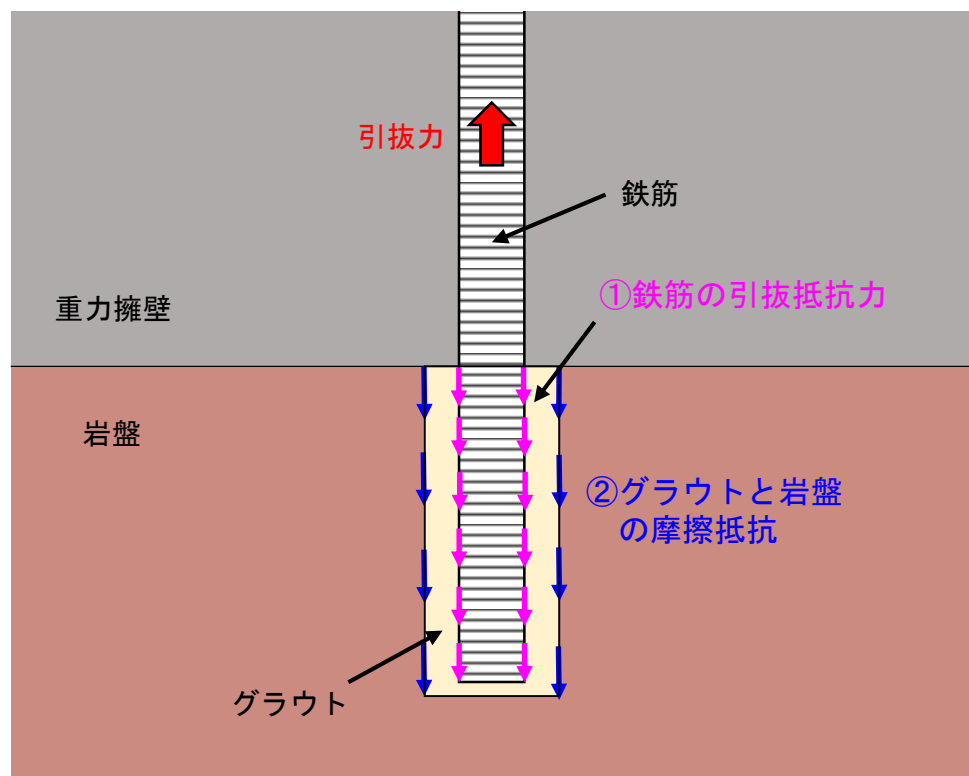


図3-1 確認項目のイメージ

### 3.2 作用荷重

地震時の作用荷重は、2次元有限要素法による重力擁壁の曲げ・軸力系破壊に対する照査において、最も照査結果が厳しい地震動  $S_s - D(++)$ （解析ケース①）による荷重とする。この地震動によって重力擁壁下端に作用する曲げモーメントのうち、海側又は陸側加振時の最大曲げモーメントを基に、鉄筋に作用する引抜力を算定する。なお、鉄筋に作用する引抜力は、「4.2.6 重力擁壁」で確認した鉄筋に発生する引張応力度により算定する。

上記の地震時において、鉄筋に発生する最大引抜力は、海側の鉄筋において 29kN、陸側の鉄筋において 194kN となる。

津波時の作用荷重は、水圧及び漂流物衝突荷重とする。鉄筋に生じる最大引抜力は、「2.1.6 防波壁（波返重力擁壁）の強度計算書に関する補足説明」より算定した。

上記の津波時において、鉄筋に生じる最大引抜力は、海側の鉄筋において 275kN となる。

地震時及び津波時において、鉄筋に作用する最大引抜力を表 3-1 に示す。

表 3-1 鉄筋に作用する最大引抜力

荷重	検討位置 (鉄筋径)	曲げモーメント (kN・m)	最大引抜力 (kN)
地震時	海側 (D51)	-1446	29
	陸側 (D41)	3836	194
津波時	海側 (D51)	-4066	275

### 3.3 使用材料

本検討においては、「設計・施工基準」に基づき検討するため、材料諸元を表 3-2 に示す。

表 3-2 材料諸元

材料	諸元
鉄筋	海側 : D51, SD345
	陸側 : D41, SD345
グラウト	設計基準強度 24N/mm <sup>2</sup>

### 3.4 許容限界

#### 3.4.1 鉄筋の引抜抵抗力

鉄筋の引抜抵抗力は、「設計・施工基準」を準用し、鉄筋の公称周長，許容付着応力度及び鉄筋の定着長を基に式（1）を用いて算定する。

$$T = \tau_{ba} \times l_{sa} \times U \quad \text{式（1）}$$

ここに、

T : 鉄筋の引抜抵抗力

$\tau_{ba}$  : 許容付着応力度

$l_{sa}$  : 鉄筋の定着長

U : 鉄筋の公称周長

鉄筋とグラウトの許容付着応力度を図 3-2 に、鉄筋の公称周長及び定着長を表 3-3 に、算定した鉄筋の引抜抵抗力を表 3-4 に示す。

解説表-6.2 許容付着応力度<sup>10)</sup> (N/mm<sup>2</sup>)

用途	グラウトの設計基準強度	18	24	30	40 以上
	引張り材の種類				
仮設	PC 鋼線 PC 鋼棒 PC 鋼より線 多重 PC 鋼	1.0	1.2	1.35	1.5
	異形 PC 鋼棒	1.4	1.6	1.8	2.0
永久	PC 鋼線 PC 鋼棒 PC 鋼より線 多重 PC 鋼	—	0.8	0.9	1.0
	異形 PC 鋼棒	—	1.6	1.8	2.0

図 3-2 鉄筋とグラウトの許容付着応力度（「設計・施工基準」に加筆）

表 3-3 鉄筋定着部の公称周長及び定着長

検討位置 (鉄筋径)	鉄筋の公称周長 U (mm)	定着長 $l_{sa}$ (mm)
海側 (D51)	160	2100
陸側 (D41)	130	1600

表 3-4 算定した鉄筋の引抜抵抗力

検討位置 (鉄筋径)	鉄筋の引抜抵抗力 (kN)
海側 (D51)	538
陸側 (D41)	333

### 3.4.2 グラウトと岩盤の摩擦抵抗力

グラウトと岩盤の摩擦抵抗力は、グラウトの表面積と「設計・施工基準」に記載された摩擦抵抗を乗じて設定する。摩擦抵抗については、⑤-⑤断面の基礎地盤の岩級は C<sub>H</sub>級であることから、硬岩の摩擦抵抗を用いることとし、保守的に最低値である 1.5N/mm<sup>2</sup>を用いる。グラウトと岩盤の摩擦抵抗を図 3-3 に、グラウトの表面積算定に用いる諸元として、グラウトを充填した岩盤の削孔径及び削孔長を表 3-5 に、算定したグラウトと岩盤の摩擦抵抗力を表 3-6 に示す。

解説表-6.5 アンカーの極限周面摩擦抵抗<sup>1))</sup>

地盤の種類			摩擦抵抗(MN/m <sup>2</sup> )
岩盤		硬岩	1.5 ~ 2.5
		軟岩	1.0 ~ 1.5
		風化岩	0.6 ~ 1.0
		土丹	0.6 ~ 1.2
砂礫	N値	10	0.1 ~ 0.2
		20	0.17 ~ 0.25
		30	0.25 ~ 0.35
		40	0.35 ~ 0.45
		50	0.45 ~ 0.7
砂	N値	10	0.1 ~ 0.14
		20	0.18 ~ 0.22
		30	0.23 ~ 0.27
		40	0.29 ~ 0.35
		50	0.3 ~ 0.4
粘性土			1.0c (cは粘着力)

図 3-3 グラウトと岩盤の摩擦抵抗（「設計・施工基準」に加筆）

表 3-5 岩盤の削孔径及び削孔長

検討位置（鉄筋径）	削孔径（mm）	削孔周長（mm）	削孔長（mm）	グラウトの表面積（mm <sup>2</sup> ）
海側（D51）	75	235.6	2100	4.95 × 10 <sup>5</sup>
陸側（D41）	65	204.2	1600	3.27 × 10 <sup>5</sup>

表 3-6 算定したグラウトと岩盤の摩擦抵抗力

検討位置（鉄筋径）	グラウトと岩盤の摩擦抵抗力（kN）
海側（D51）	742
陸側（D41）	490

#### 4. 検討結果

鉄筋に生じる最大引抜力及び許容限界を表 4-1 に示す。

鉄筋の引抜抵抗力及びグラウトと岩盤の摩擦抵抗に対して、地震時及び津波時の作用荷重が下回ることを確認した。

以上より、重力擁壁の下端に作用する地震荷重及び津波荷重に対して、鉄筋が岩盤から引抜けないことから重力擁壁の浮き上がりは発生しないこと、H形鋼における発生応力度が許容限界以下であることを踏まえると、⑤-⑤断面の重力擁壁下端の境界条件は妥当であることを確認した。

表 4-1 鉄筋に生じる最大引抜力及び許容限界

荷重	検討位置 (鉄筋径)	最大引抜力 (kN)	許容限界	
			鉄筋の引抜抵抗力 (kN)	グラウトと岩盤の 摩擦抵抗力 (kN)
地震時	海側 (D51)	29	538	742
	陸側 (D41)	194	333	490
津波時	海側 (D51)	275	538	742