

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-添 2-011-06
提出年月日	2022年9月14日

VI-2-10-2-3-2 防波壁（逆 T 擁壁）の  
耐震性についての計算書

2022年9月

中国電力株式会社

## 目次

1.	概要	1
2.	基本方針	2
2.1	位置	2
2.2	構造概要	3
2.3	評価方針	9
2.4	適用規格・基準等	14
3.	耐震評価	15
3.1	評価対象断面	15
3.2	解析方法	21
3.3	荷重及び荷重の組合せ	23
3.4	入力地震動	24
3.5	解析モデル及び諸元	26
3.5.1	解析モデル	26
3.5.2	地盤の物性値	27
3.6	評価対象部位	28
3.6.1	施設・地盤の健全性評価	28
3.6.2	施設の変形性評価	28
3.6.3	基礎地盤の支持性能評価	28
3.7	許容限界	29
3.7.1	逆T擁壁	29
3.7.2	グラウンドアンカ	29
3.7.3	改良地盤	30
3.7.4	止水目地	31
3.7.5	基礎地盤	32
3.8	評価方法	33
3.8.1	逆T擁壁	33
3.8.2	グラウンドアンカ	33
3.8.3	改良地盤	34
3.8.4	止水目地	35
3.8.5	基礎地盤	36
4.	耐震評価結果	37
4.1	逆T擁壁	37
4.1.1	曲げ軸力照査	37
4.1.2	せん断力照査	39

4.1.3	グラウンドアンカによる支圧照査	41
4.2	グラウンドアンカ	42
4.3	改良地盤	43
4.4	止水目地	45
4.5	基礎地盤	46

## 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（逆 T 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（逆 T 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、地震応答解析に基づく施設・地盤の健全性評価及び施設の変形性評価を行う。基礎地盤の支持性能評価では、地震応答解析により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（逆 T 擁壁）の範囲を図 2-1 に示す。

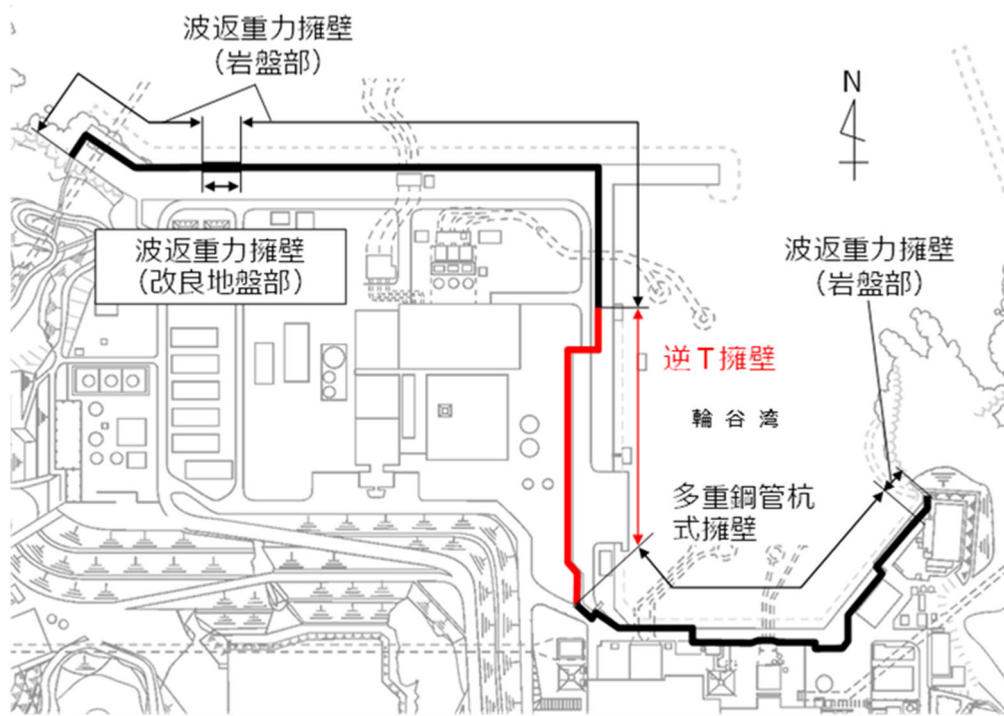


図 2-1 防波壁（逆 T 擁壁）の範囲

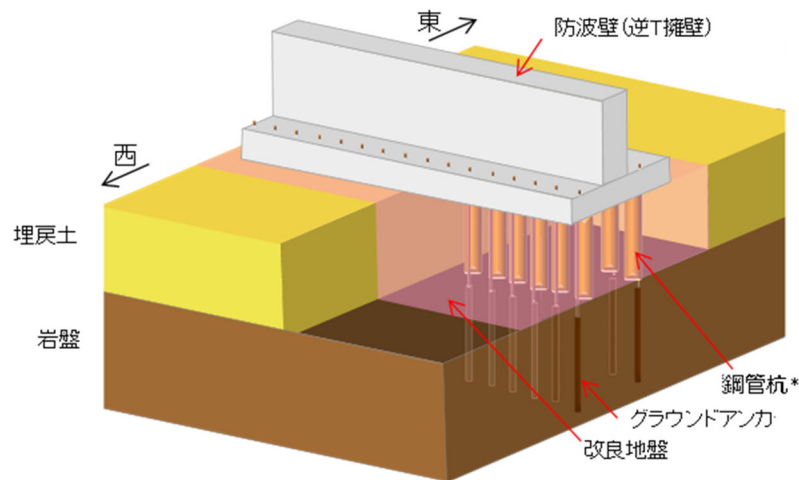
## 2.2 構造概要

防波壁（逆 T 擁壁）の構造概要図及び構造図を図 2-2～図 2-5 に、概略配筋図を図 2-6 に、グラウンドアンカの配置図を図 2-7 に、止水目地の概念図及び配置位置図を図 2-8 及び図 2-9 に示す。

防波壁（逆 T 擁壁）は、入力津波高さ（EL 12.6m）に対して余裕を考慮した天端高さ（EL 15.0m）とする。

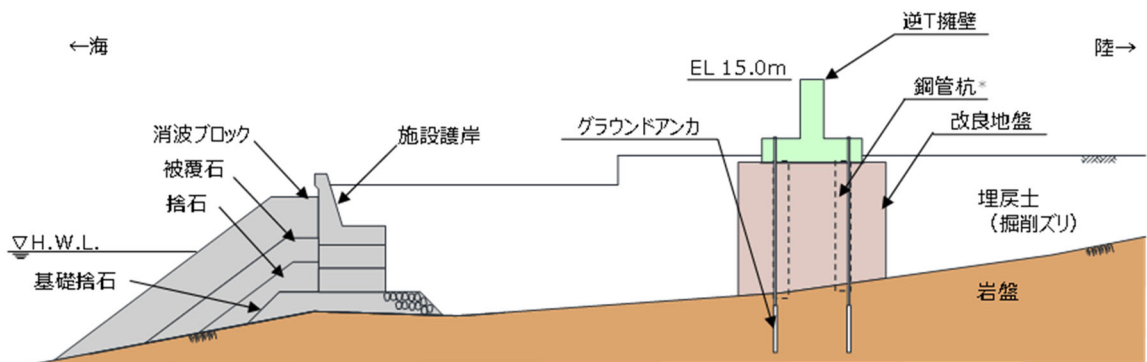
逆 T 擁壁は、改良地盤を介して岩盤に支持される鉄筋コンクリート造の逆 T 擁壁による直接基礎構造で構成される。約 16m を 1 ブロックの標準とした壁体を連続して設置し、ブロック間の境界には止水性を保持するための止水目地を設置する。1 ブロックにおいて海側では 8 本，陸側では 4 本グラウンドアンカを設置している。

なお、構造概要図には鋼管杭を示しているが、その効果を期待せずに耐震評価を行う。



注記\*：防波壁（逆 T 擁壁）は、鋼管杭の効果を期待せずに耐震評価を行う。

図 2-2 防波壁（逆 T 擁壁）の構造概要図



注記\*：防波壁（逆 T 擁壁）は、鋼管杭の効果を期待せずに耐震評価を行う。

図 2-3 防波壁（逆 T 擁壁）の構造概要図（断面図）

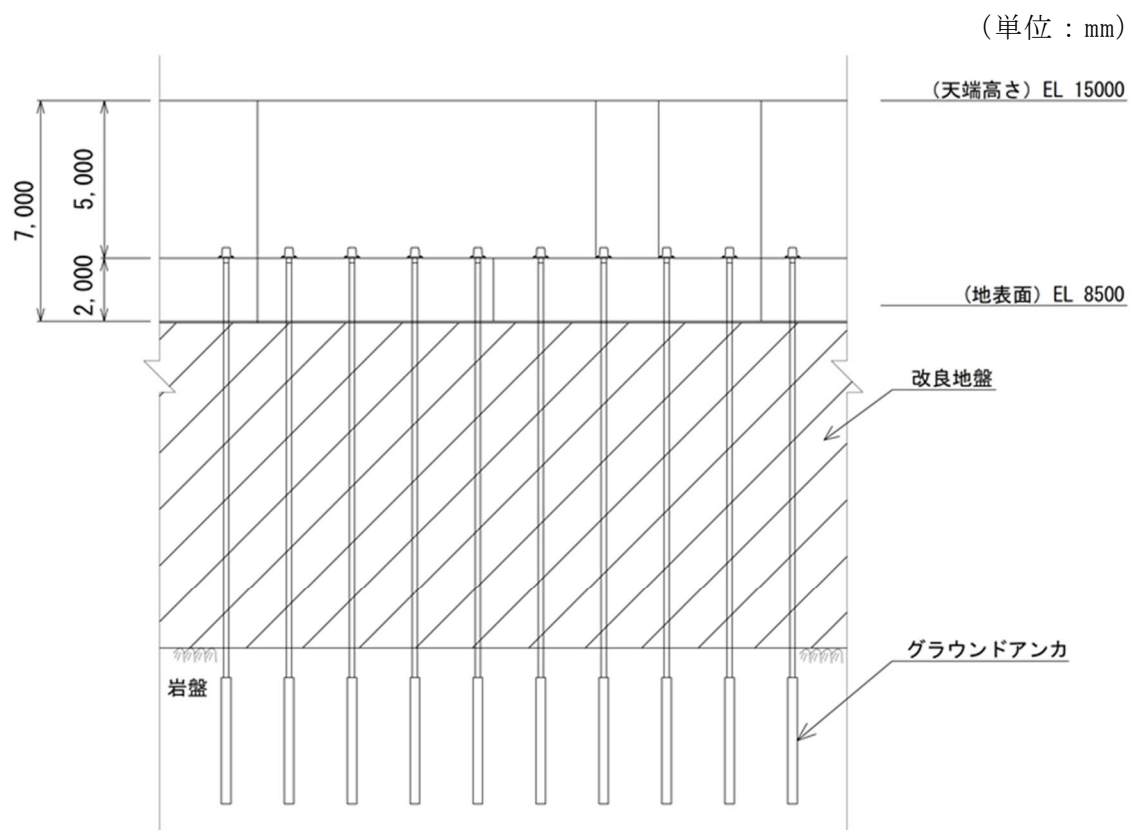


図 2-4 防波壁 (逆 T 擁壁) の構造図 (正面図)

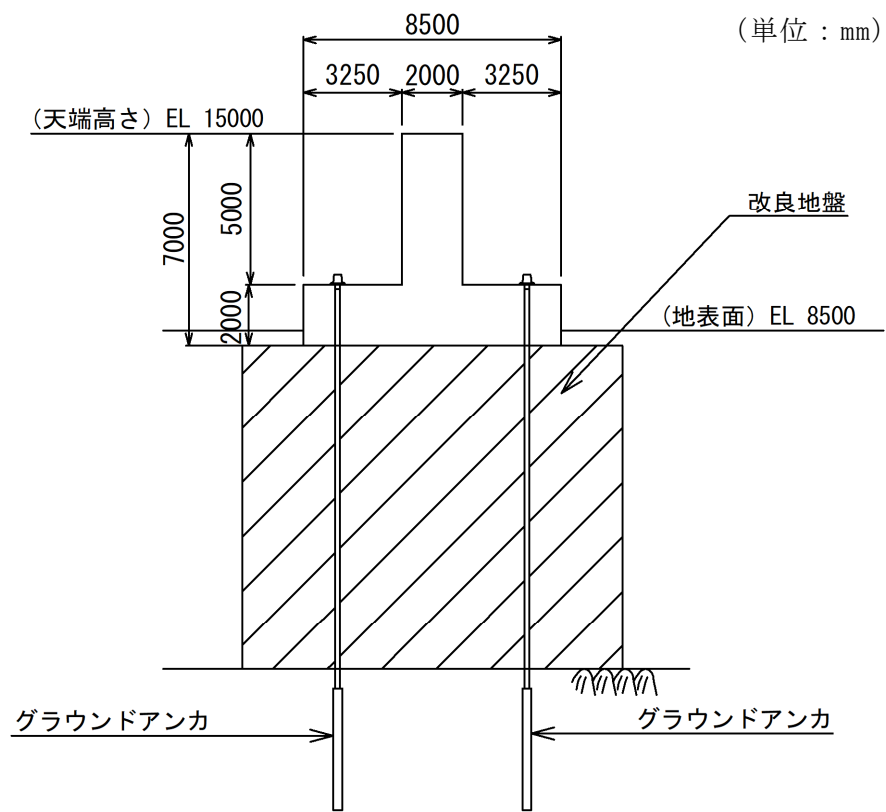


図 2-5 防波壁 (逆 T 擁壁) の構造図 (断面図)



(単位：mm)

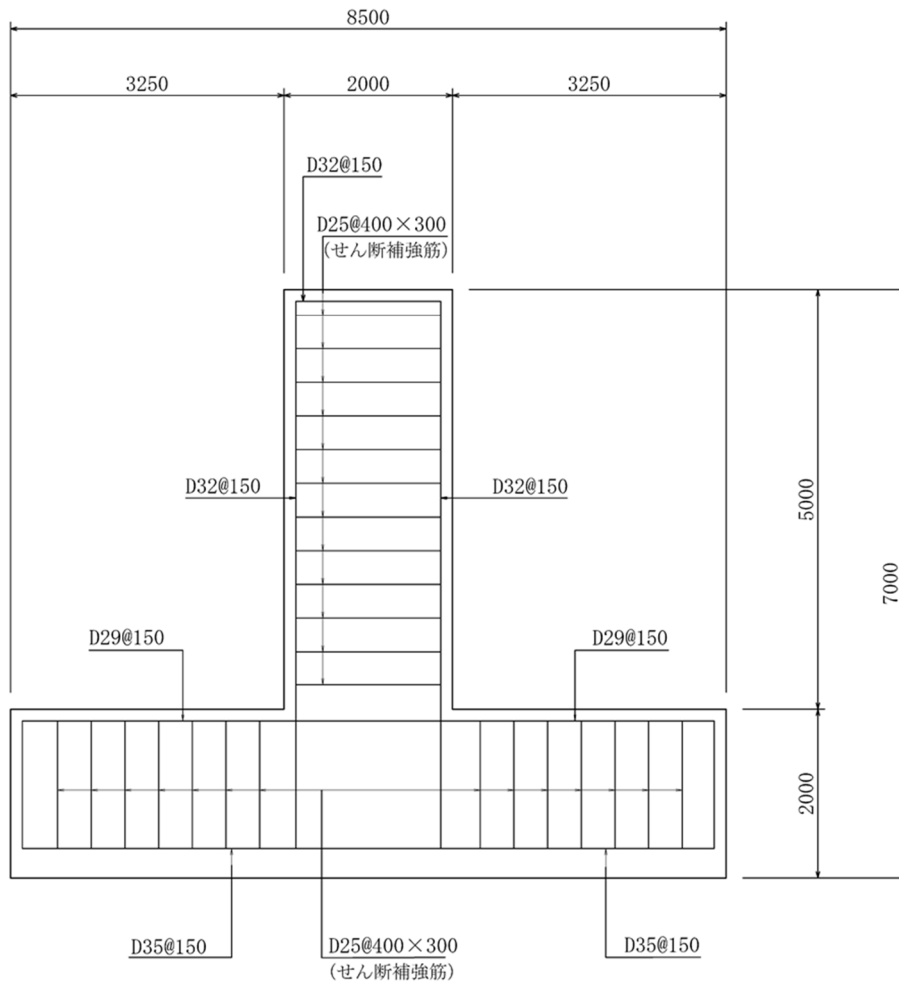


図 2-6 防波壁（逆 T 擁壁）の概略配筋図



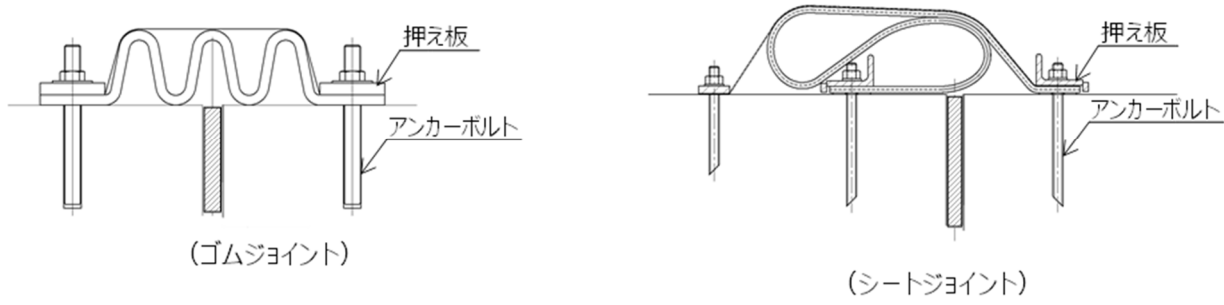


図 2-8 防波壁（逆 T 擁壁）の止水目地の概念図

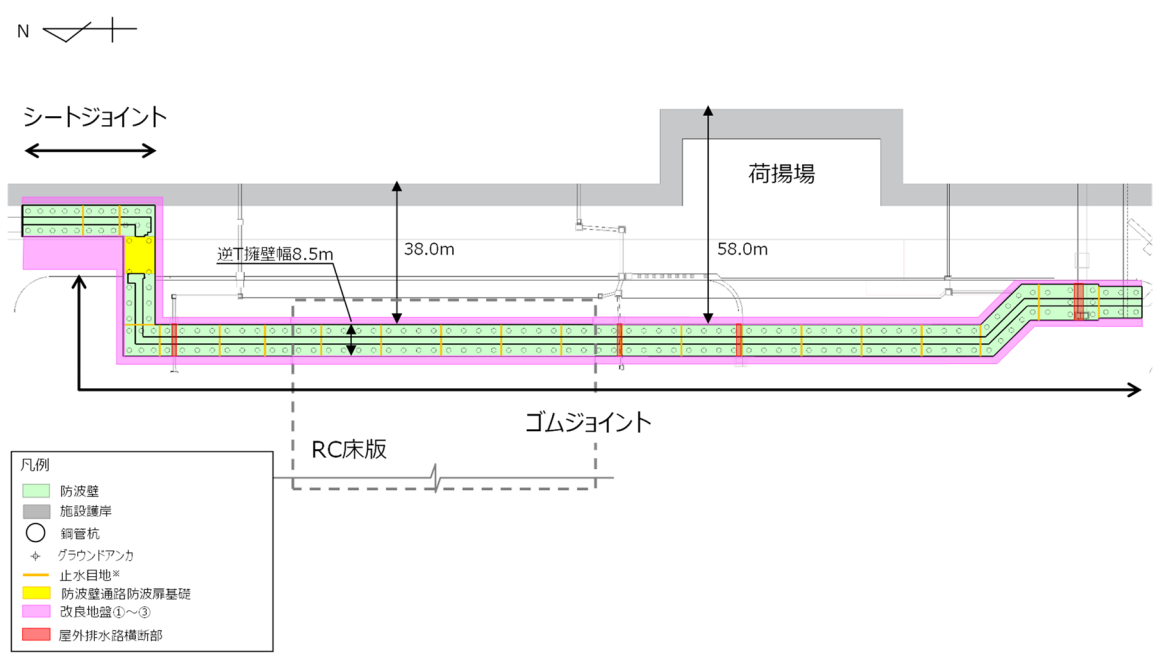


図 2-9 止水目地の設置位置図

S2 補 VI-2-10-2-3-2 R0

### 2.3 評価方針

防波壁（逆 T 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（逆 T 擁壁）の各部位の役割及び性能目標を表 2-1 及び表 2-2 に示す。

防波壁（逆 T 擁壁）の耐震評価は，地震応答解析の結果に基づき，設計基準対象施設として，表 2-3 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，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（逆 T 擁壁）の耐震評価フローを図 2-10 に示す。

表 2-1 防波壁（逆 T 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	逆 T 擁壁	・止水目地を支持する。	・止水目地を支持するとともに、遮水性を保持する。
	止水目地	・逆 T 擁壁間の変形に追従する。	・逆 T 擁壁間の変形に追従し、遮水性を保持する。
	グラウンドアンカ	・逆 T 擁壁及び改良地盤の滑動・転倒を抑止する。	・逆 T 擁壁及び改良地盤の滑動・転倒を抑止する。
	鋼管杭	・役割に期待しない。	・役割に期待しない。
地盤	改良地盤*	・逆 T 擁壁を支持する。 ・基礎地盤のすべり安定性に寄与する。	・逆 T 擁壁を支持する。 ・難透水性を保持する。
	岩盤	・逆 T 擁壁を支持する。 ・基礎地盤のすべり安定性に寄与する。	・逆 T 擁壁を支持する。
	埋戻土	・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）。	・防波壁より陸側については、津波荷重に対して地盤反力として寄与する。
	施設護岸， 基礎捨石	・役割に期待しない（解析モデルに取り込み、防波壁への波及的影響を考慮する）。	・役割に期待しない。
	被覆石， 捨石		
	消波ブロック	・役割に期待しない。	・役割に期待しない。

注記\*：RC床版については、保守的に改良地盤として扱う。

表 2-2 防波壁（逆 T 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	逆 T 擁壁	—	—	構造部材の健全性を保持するために、逆 T 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逆 T 擁壁間から有意な漏えいを生じないために、逆 T 擁壁がおおむね弾性状態にとどまること。
	止水目地			逆 T 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。	逆 T 擁壁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。
	グラウンドアンカ			逆 T 擁壁及び改良地盤の滑動・転倒抑止のために設計アンカー力を確保すること。	逆 T 擁壁及び改良地盤の滑動・転倒抑止のために設計アンカー力を確保すること。
地盤	改良地盤*	逆 T 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）するため改良地盤がすべり破壊しないこと（内的安定を保持）。
	岩盤				—

注記\* : RC 床版については、保守的に改良地盤として扱う。

表 2-3 防波壁(逆 T 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	逆 T 擁壁	発生する応力（曲げ，軸力，せん断力及びアンカーによる支圧力）が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		グラウンドアンカ	発生するアンカー力が許容限界以下であることを確認	設計アンカー力
		改良地盤①～③	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（接地圧）が許容限界以下であることを確認	極限支持力*
止水性を損なわないこと	施設・地盤の健全性	逆 T 擁壁	発生する応力（曲げ，軸力及びせん断力及びアンカーによる支圧力）が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		グラウンドアンカ	発生するアンカー力が許容限界以下であることを確認	設計アンカー力
		改良地盤①～③	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（接地圧）が許容限界以下であることを確認	極限支持力*
	施設の変形性	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。

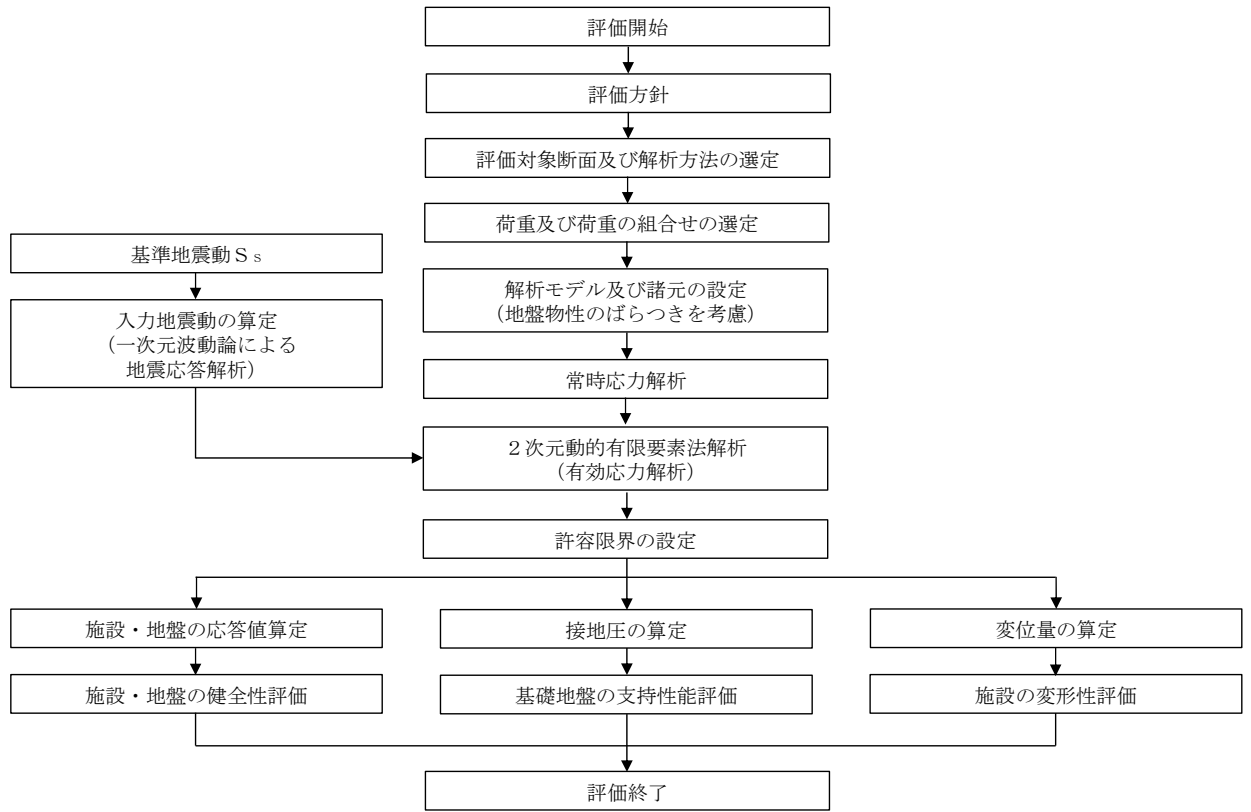


図 2-10 防波壁(逆 T 擁壁)の耐震評価フロー



#### 2.4 適用規格・基準等

適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・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(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)

### 3. 耐震評価

#### 3.1 評価対象断面

防波壁（逆 T 擁壁）の評価対象断面は、防波壁（逆 T 擁壁）の構造上の特徴や周辺地盤状況を踏まえて設定する。防波壁（逆 T 擁壁）の評価対象断面位置図を図 3-1 に、縦断面図を図 3-2 に、防波壁（逆 T 擁壁）の各区分における横断面図を図 3-3～図 3-9 に示す。以下の理由から、①-①断面、⑤-⑤断面及び⑦-⑦断面を評価対象断面として選定する。

- ・①-①断面は荷揚場護岸北側における横断方向の断面である。防波壁（逆 T 擁壁）直下の改良地盤は、幅約 12m、深さ約 10m であり、海側及び陸側に広く埋戻土が分布する標準的な断面であることから、施設・地盤の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価の評価対象断面として選定した。
- ・⑤-⑤断面は防波扉北側における横断方向の断面である。①-①断面と比べ、防波壁（逆 T 擁壁）直下の改良地盤は幅約 19m と広いが、深さ約 15m と深く、防波壁より海側の埋戻土の範囲が狭いため、改良地盤及び防波壁（逆 T 擁壁）の慣性力及び止水目地の変形量が大きくなると考えられることから、施設・地盤の健全性評価、基礎地盤の支持性能評価及び横断方向の変形性評価の評価対象断面として選定した。
- ・⑦-⑦断面は⑤-⑤断面に直交する縦断方向の断面である。⑤-⑤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。

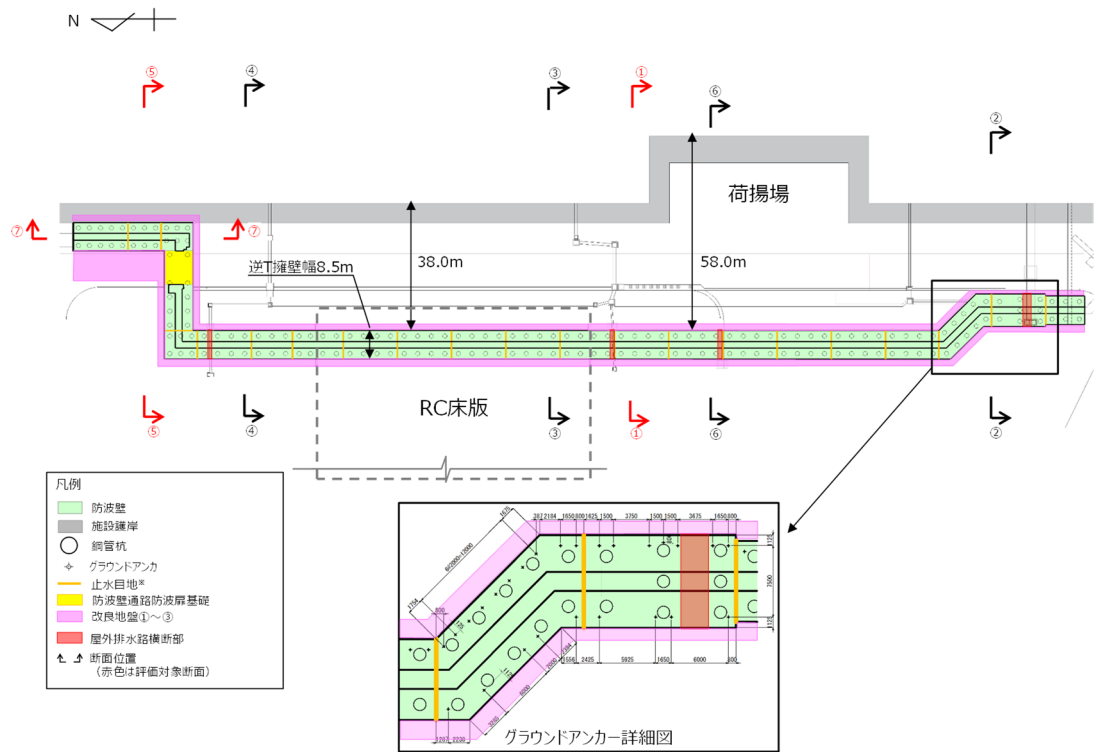


図 3-1 防波壁（逆 T 擁壁）の評価対象断面位置図

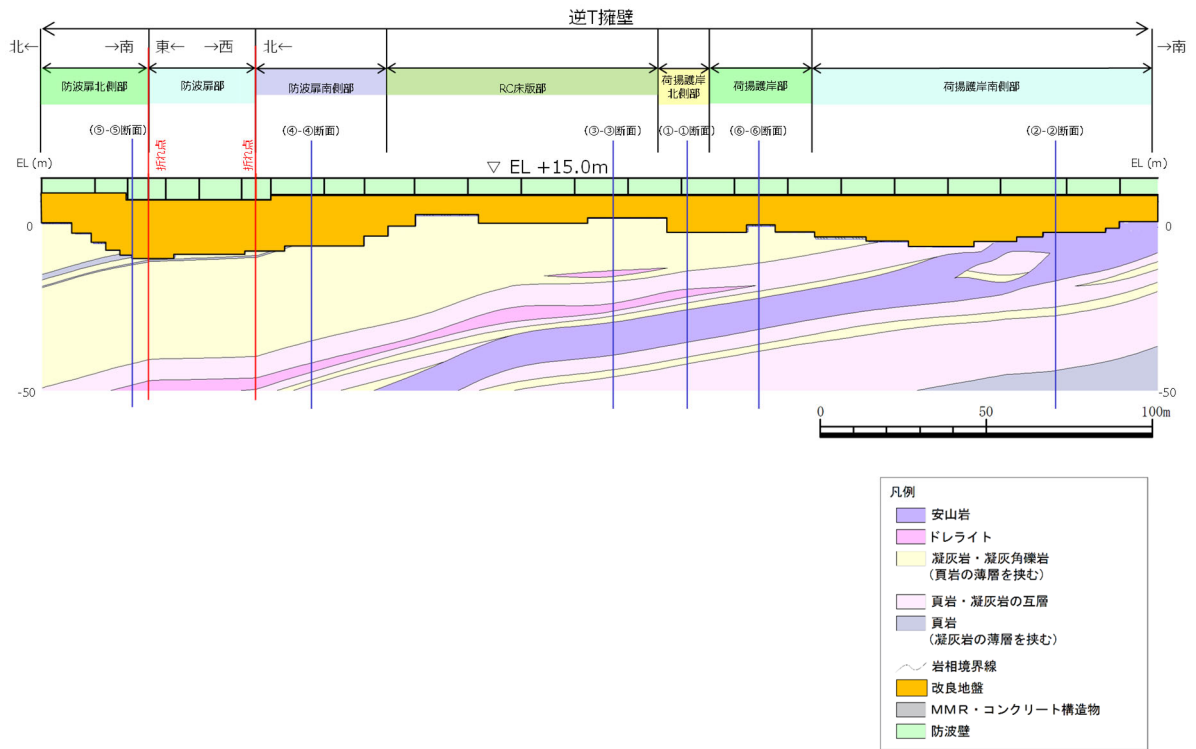


図 3-2 防波壁（逆 T 擁壁）の縦断面図

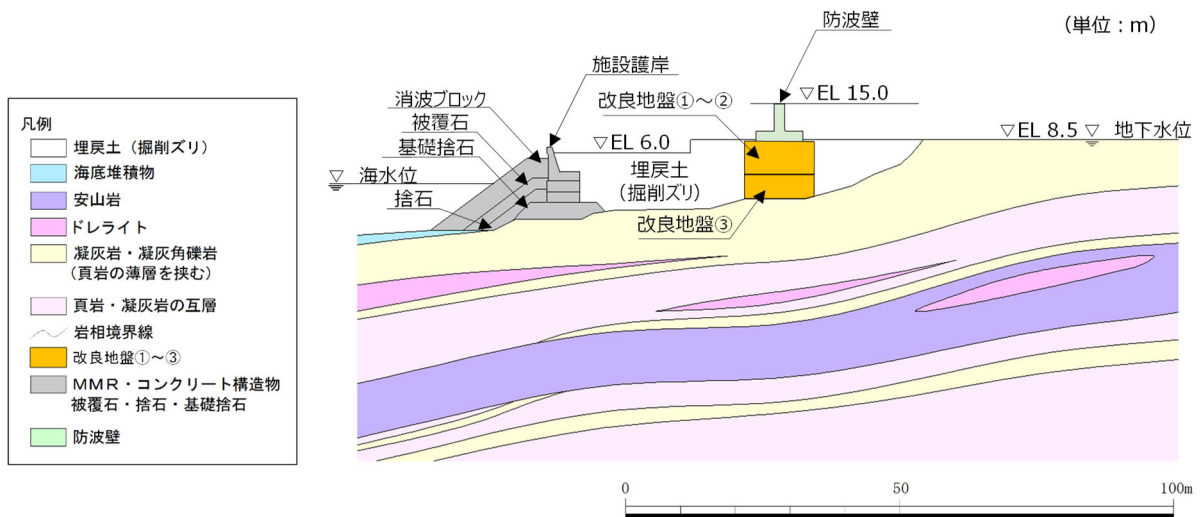


図 3-3 防波壁（逆 T 擁壁）の横断面図（①-①断面）

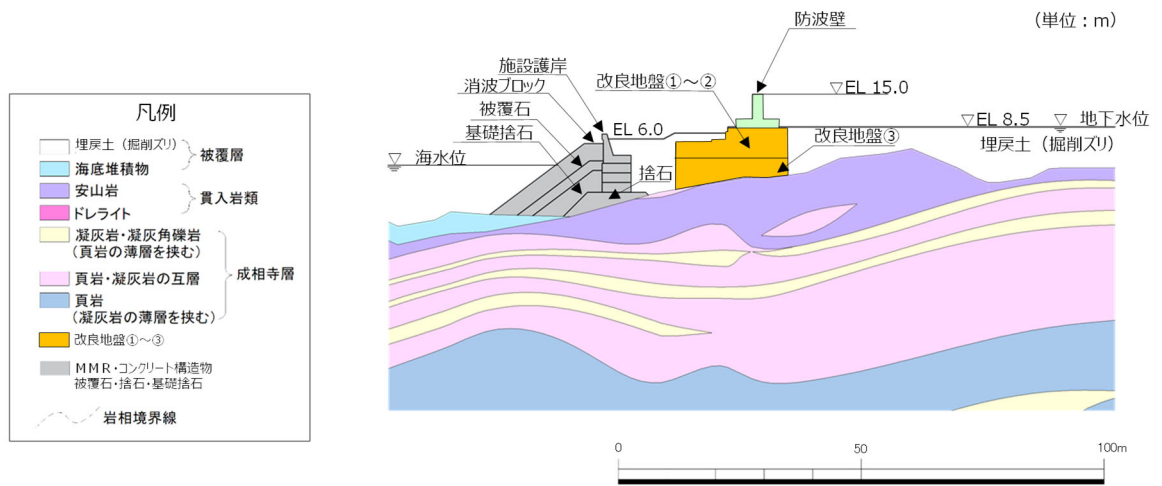


図 3-4 防波壁（逆 T 擁壁）の横断面図（②-②断面）

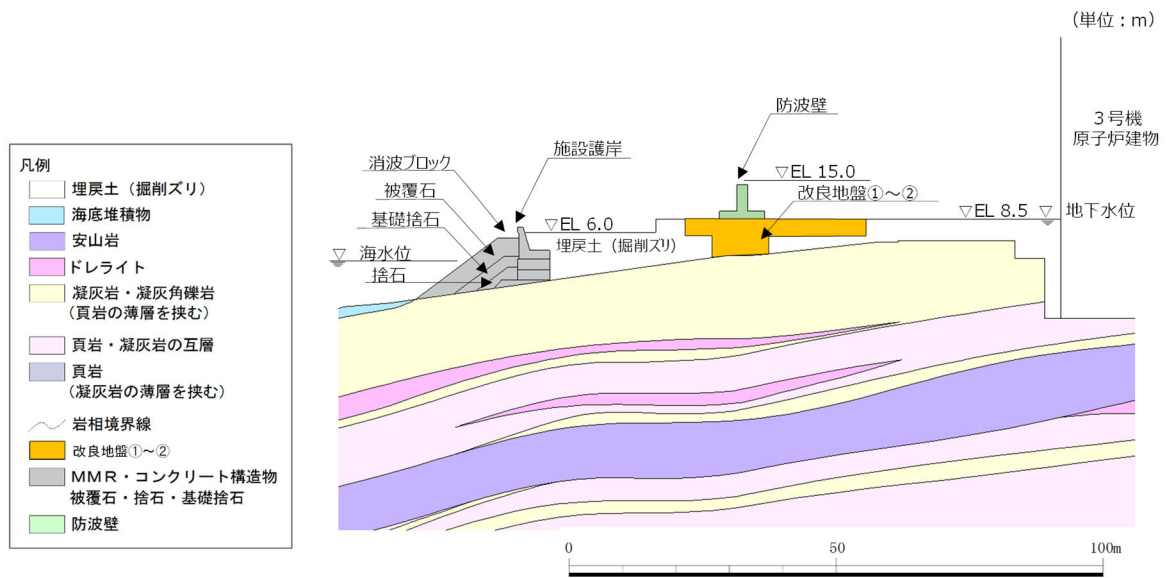


図 3-5 防波壁（逆 T 擁壁）の横断面図（③-③断面）



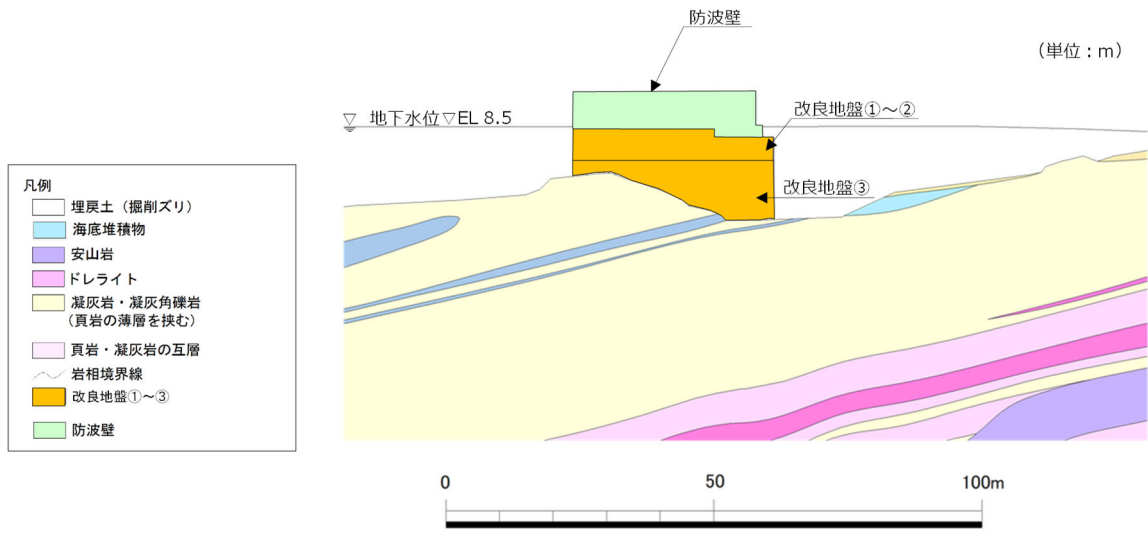


図 3-9 防波壁 (逆 T 擁壁) の横断面図 (⑦-⑦断面)

### 3.2 解析方法

解析方法はVI-2-10-2-2-2「防波壁（逆T擁壁）の地震応答計算書」と同様とする。

防波壁（逆T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3-1に示す解析ケースにおいて考慮する。

図3-3及び図3-7に示すとおり、動的変形特性にひずみ依存性がある地盤が分布しており、これらの地盤のせん断変形が地震時に防波壁（逆T擁壁）の応答に与える影響が大きいと考えられる。このうち、広範囲に分布しており、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。

表3-1 有効応力解析における解析ケース

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

耐震評価における解析ケースを表3-2に示す。耐震評価においては、全ての基準地震動 $S_s$ に対し、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、解析ケース②及び③を実施する。



表 3-2 耐震計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 (+1σ) を考慮し た解析ケース	地盤物性のばらつき (-1σ) を考慮し た解析ケース
地盤物性		平均値	平均値+1σ	平均値-1σ
地震動 (位相)	S <sub>s</sub> -D	++*	○	基準地震動 S <sub>s</sub> (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ごとに照査値が 0.5 を超える照査項目に対して、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 <sub>s</sub> -F 1	++*	○	
	S <sub>s</sub> -F 2	++*	○	
	S <sub>s</sub> -N 1	++*	○	
		-+*	○	
	S <sub>s</sub> -N 2 (NS)	++*	○	
		-+*	○	
S <sub>s</sub> -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。

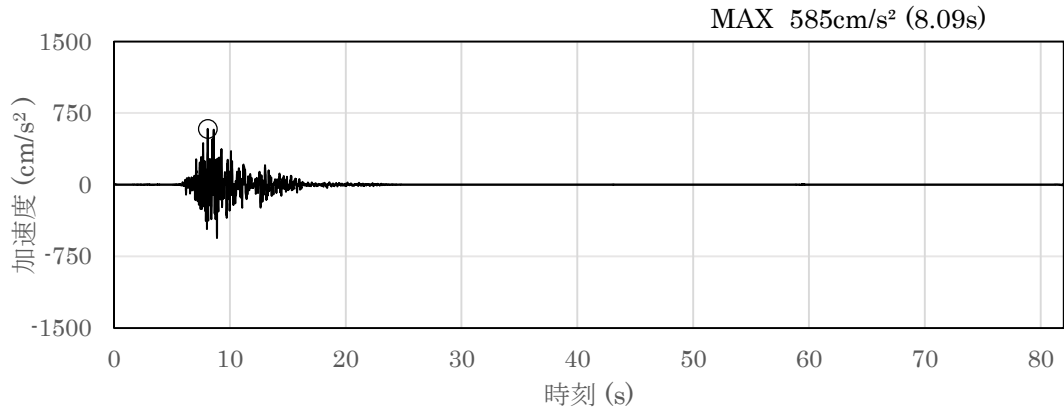
### 3.3 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは, VI-2-10-2-2-2 「防波壁（逆 T 擁壁）の地震応答計算書」  
に示した荷重を考慮する。

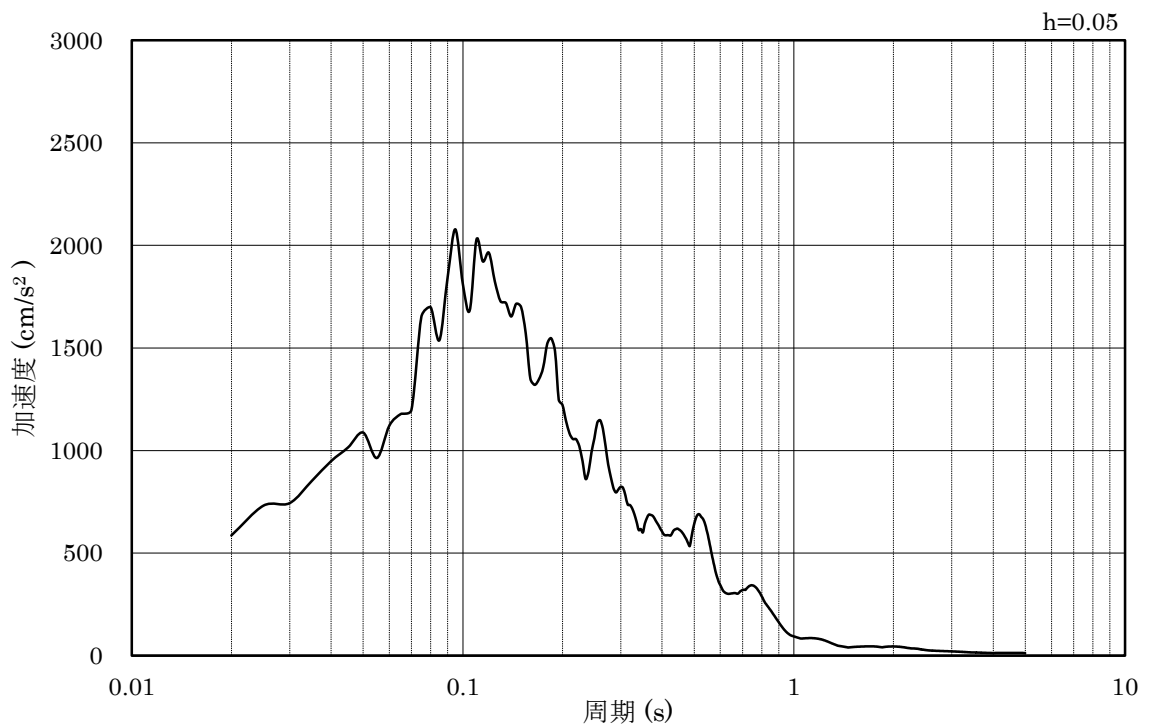
### 3.4 入力地震動

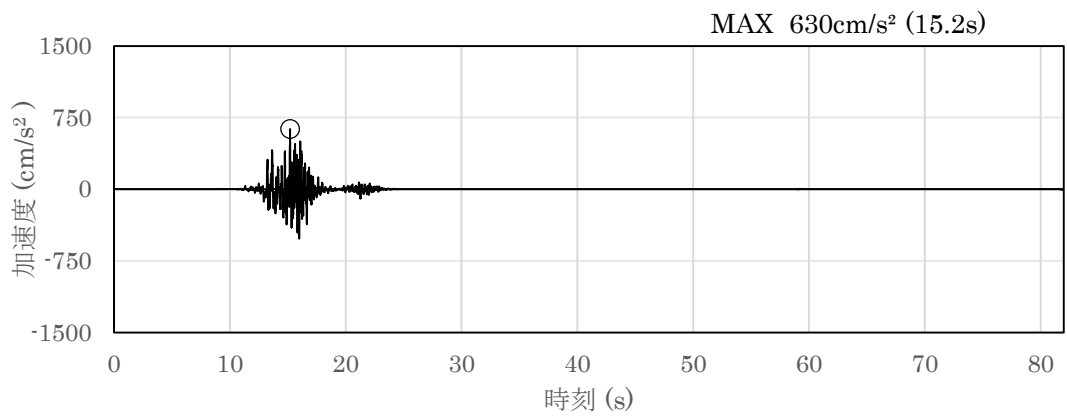
地震応答解析には，VI-2-10-2-2-2「防波壁（逆 T 擁壁）の地震応答計算書」に示した入力地震動を用いる。

⑦-⑦断面に用いる  $S_s - F1$  の NS 方向及び  $S_s - F2$  の NS 方向について，図 3-10 及び図 3-11 に示す。



(a) 加速度時刻歴波形





(a) 加速度時刻歴波形

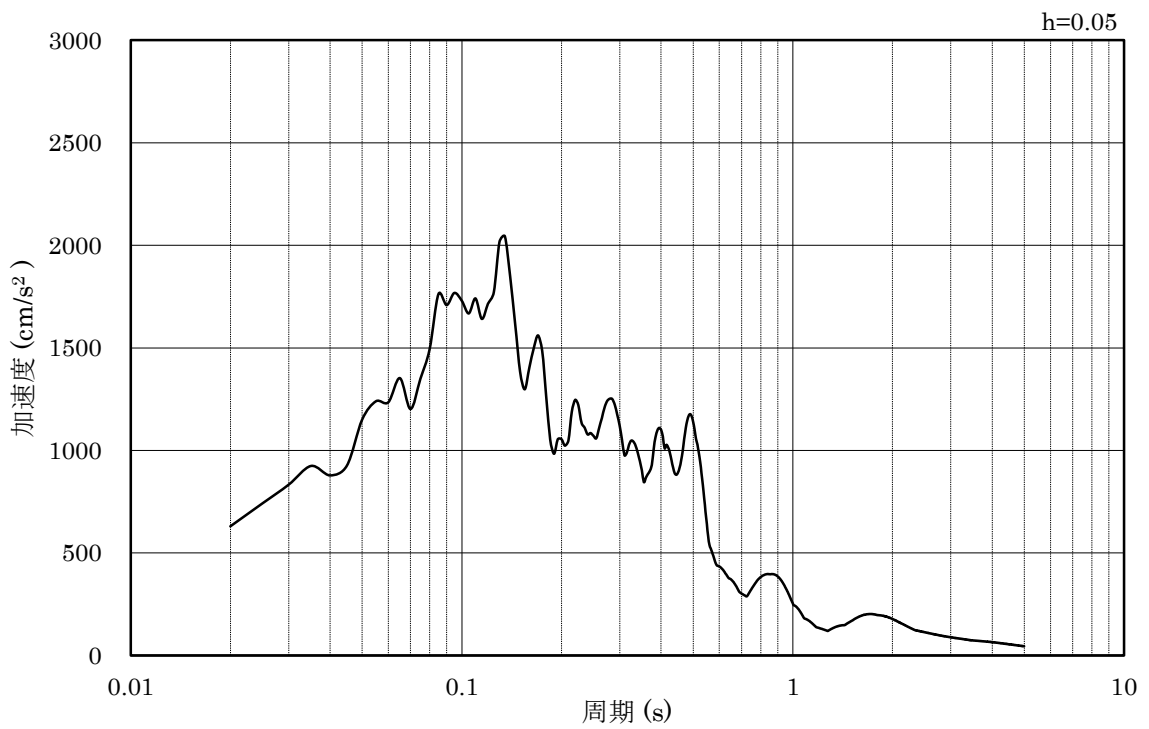


図 3-11 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平成分：S s - F 2 , N S 方向)

### 3.5 解析モデル及び諸元

使用材料及び材料の物性値並びに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」で設定したものをを用いる。解析モデル及び地盤の物性値について、以下に示す。

#### 3.5.1 解析モデル

評価対象断面のうち①-①断面及び⑤-⑤断面の地震応答解析モデルは、VI-2-10-2-2-2「防波壁（逆T擁壁）の地震応答計算書」に示した解析モデルを用いる。

評価対象断面のうち⑦-⑦断面の地震応答解析モデルを図3-12に示す。解析領域、境界条件等の考え方は、①-①断面及び⑤-⑤断面と同様である。

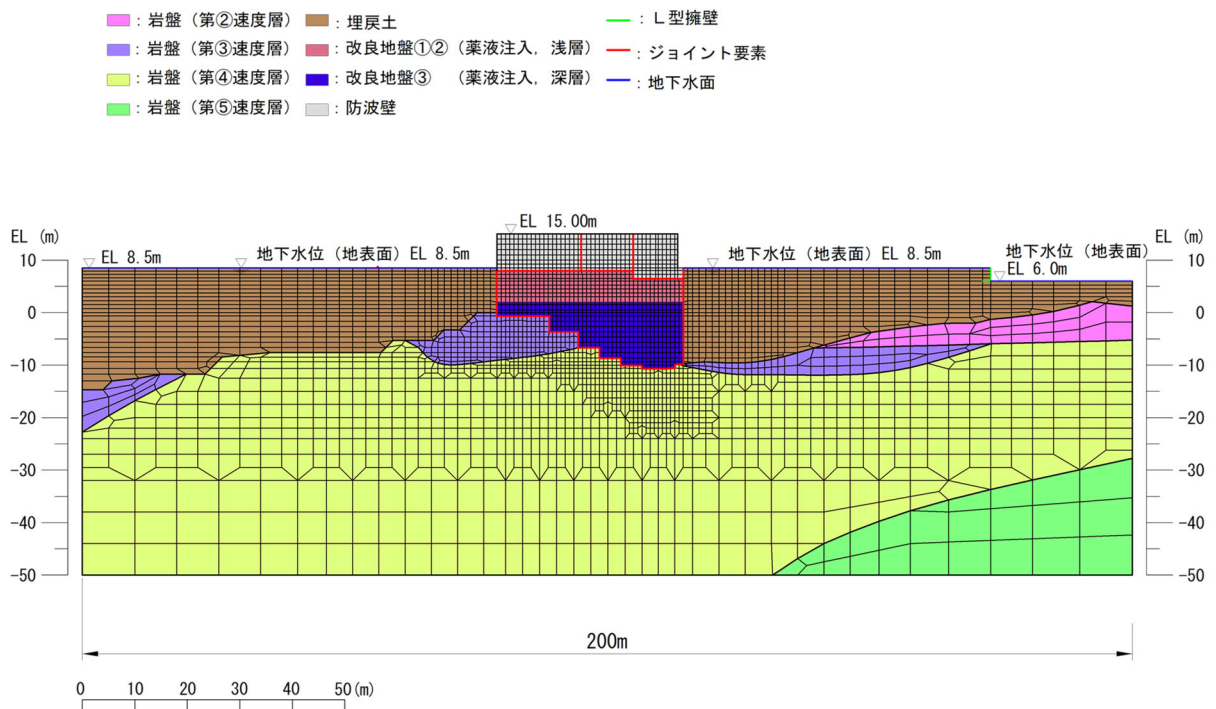


図3-12 地震応答解析モデル（⑦-⑦断面）

### 3.5.2 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。

地盤のうち改良地盤①～③の残留強度及び引張強度を表3-3のとおり設定する。

表3-3 改良地盤①～③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①・②	0.091	46.08	0.258
改良地盤③	0.205	42.71	0.495

### 3.6 評価対象部位

評価対象部位は、防波壁（逆 T 擁壁）の構造上の特徴を踏まえ設定する。

#### 3.6.1 施設・地盤の健全性評価

施設・地盤の健全性評価に係る評価対象部位は、逆 T 擁壁、グラウンドアンカ及び改良地盤①～③とする。

#### 3.6.2 施設の変形性評価

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。

#### 3.6.3 基礎地盤の支持性能評価

基礎地盤の支持性能評価に係る評価対象部位は、逆 T 擁壁を支持する基礎地盤（逆 T 擁壁直下の改良地盤及び改良地盤直下の岩盤）とする。

### 3.7 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。

#### 3.7.1 逆 T 擁壁

逆 T 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)」に基づき、短期許容応力度とする。

表 3-4 逆 T 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* (N/mm <sup>2</sup> )
	コンクリート ( $f'_{ck}=24\text{N/mm}^2$ )	許容曲げ圧縮応力度 $\sigma_{ca}$	9
許容せん断応力度 $\tau_{a1}$		0.45	0.67
支圧応力度 $\sigma_{ba}$ (グラウンドアンカ)		12	18
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より許容応力度に対して 1.5 倍の割増を考慮する。

#### 3.7.2 グラウンドアンカ

グラウンドアンカの許容限界は、「グラウンドアンカー設計・施工基準, 同解説 JGS4101-2012 (地盤工学会)」に基づき、テンドンの許容引張力  $T_{as}$ 、テンドンの許容拘束力  $T_{ab}$  及びテンドンの許容引抜力  $T_{ag}$  を表 3-5 のとおり設定し、この中で最小であるテンドンの許容拘束力  $T_{ab}$  を許容限界として採用する。

表 3-5 グラウンドアンカの許容限界

項目	許容値 (kN)	
	①-①断面	⑤-⑤断面
テンドンの許容引張力 $T_{as}$	2160	2160
テンドンの許容拘束力 $T_{ab}$	<u>1764</u> (採用)	<u>2076</u> (採用)
テンドンの許容引抜力 $T_{ag}$	1802	2120



### 3.7.3 改良地盤

改良地盤の許容限界は、「耐津波設計に係る工認審査ガイド」を準用し、表 3-6 に示すすべり安全率を設定する。

表 3-6 改良地盤の許容限界

評価項目	許容限界
すべり安全率	1.2 以上

#### 3.7.4 止水目地

止水目地の許容限界は、メーカー規格、漏水試験及び変形試験により、有意な漏えいが生じないことを確認した変形量とする。評価対象断面である⑤-⑤断面及び⑦-⑦断面位置におけるシートジョイントの許容限界を表 3-7 に示す。

表 3-7 止水目地の変形量の許容限界

評価項目	許容限界 (mm)
変形量	1960

### 3.7.5 基礎地盤

基礎地盤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、支持力試験及び道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解析（日本道路協会，平成 14 年 3 月）により設定する。基礎地盤の許容限界を表 3-8 に示す。

表 3-8 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	岩盤	C <sub>H</sub> 級	9.8
		C <sub>M</sub> 級	
		C <sub>L</sub> 級	3.9
	改良地盤		1.4

### 3.8 評価方法

防波壁（逆 T 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が「3.5 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。

#### 3.8.1 逆 T 擁壁

##### (1) 曲げ軸力照査及びせん断力照査

逆 T 擁壁の評価は，コンクリートの曲げ圧縮応力及び部材に作用するせん断応力が許容限界以下であることを確認する。

逆 T 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。

##### (2) グラウンドアンカによる支圧照査

グラウンドアンカによる支圧照査は，発生アンカー力を用いて次式により算定される支圧応力が許容限界以下であることを確認する。

$$\sigma_b = T/S \quad \dots \dots \dots (3.1)$$

ここで，

$\sigma_b$  : グラウンドアンカにより発生する支圧応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

T : 発生アンカー力 (引張) (N)

S : 支圧板の面積 (mm<sup>2</sup>)

#### 3.8.2 グラウンドアンカ

グラウンドアンカの耐震評価は，地震応答解析に基づいて算定した発生アンカー力が許容限界以下であることを確認する。

### 3.8.3 改良地盤

改良地盤の評価は，改良地盤を通るすべり面のすべり安全率が 1.2 以上であることを確認する。すべり安全率は，想定したすべり面上の応力状態をもとに，すべり面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。

また，VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に示すとおり，改良地盤の解析用物性値のうちせん断強度は，室内配合試験結果よりも保守的な強度を設定していることから，強度特性のばらつきを考慮した評価（平均値 $-1\sigma$ ）は実施しない。

### 3.8.4 止水目地

止水目地の地震時の評価について，法線直角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（法線直角方向）及び z 方向（深度方向）の変位は，図 3-13 に示すとおり，逆 T 擁壁天端における地震時の変位量とし，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，隣接する逆 T 擁壁の天端間の相対変位とする。

x 方向（法線直角方向）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 方向の最大変位

$\delta_y(T)$  : y 方向の最大相対変位

$\delta_z(T)$  : z 方向の最大変位

法線直角方向，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。

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

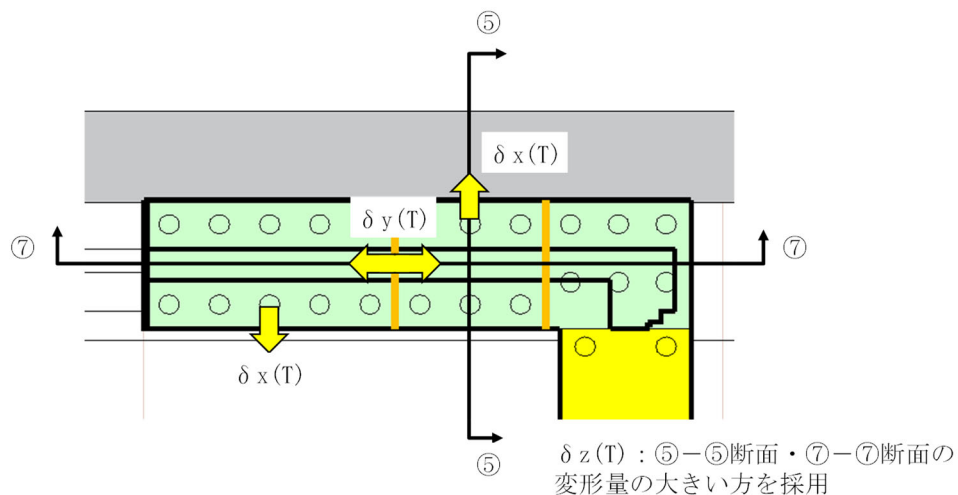


図 3-13 地震時の変位の概念図

### 3.8.5 基礎地盤

基礎地盤の支持性能評価においては、底版直下の改良地盤及び改良地盤直下の岩盤に生じる接地圧の最大値が許容限界以下であることを確認する。

#### 4. 耐震評価結果

##### 4.1 逆 T 擁壁

##### 4.1.1 曲げ軸力照査

逆 T 擁壁の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値の評価時刻での断面力図を図 4-1 及び図 4-2 に、曲げ・軸力系の破壊に対する照査値を表 4-1 及び表 4-2 に示す。

この結果から逆 T 擁壁の発生応力が許容限界以下であることを確認した。

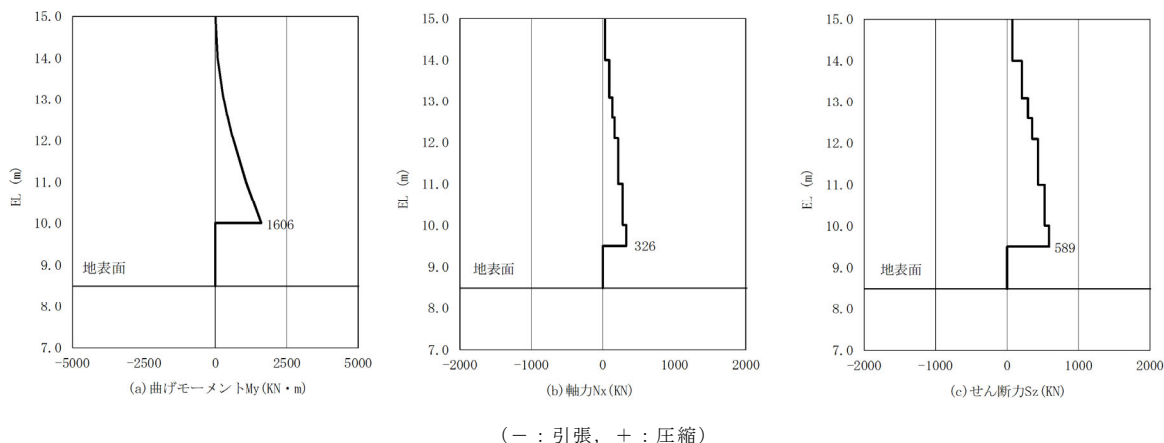


図 4-1 逆 T 擁壁（縦壁）の曲げ・軸力系に対する照査における最大照査値の評価時刻での断面力

（①-①断面， $S_s - N 2$  EW方向（-+）， $t=25.96s$ ）

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 -  $1\sigma$ ）

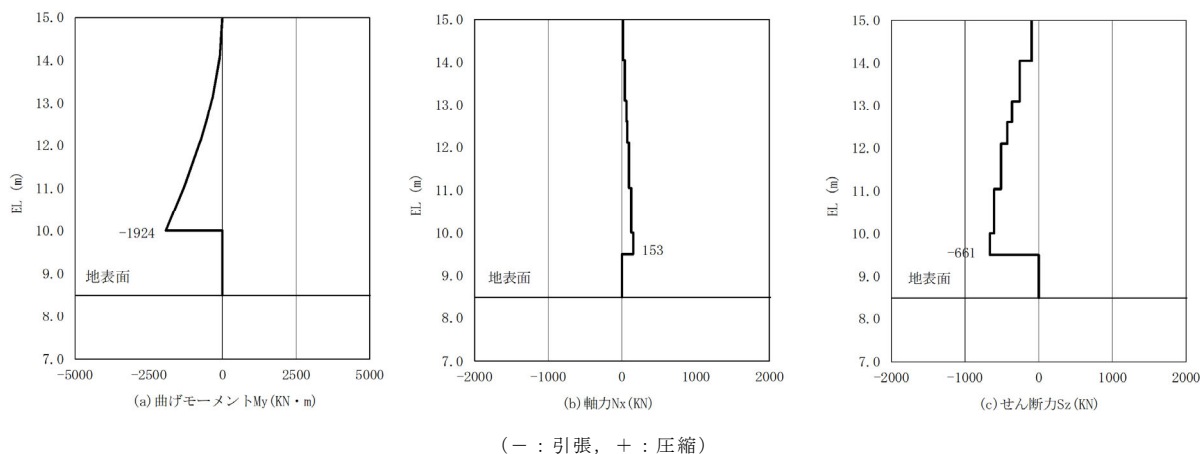


図 4-2 逆 T 擁壁（縦壁）の曲げ・軸力系に対する照査における最大照査値の評価時刻での断面力

（⑤-⑤断面， $S_s - N 1$ （++）， $t=7.58s$ ）

解析ケース①：基本ケース



表 4-1 逆 T 擁壁の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値 (①-①断面)

地震動	解析 ケース	発生断面力		曲げ圧縮 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 (kN・m)	軸力 (kN)			
S <sub>s</sub> -N2EW 方向 (-+)	③	1606	326	181.4	294	0.618

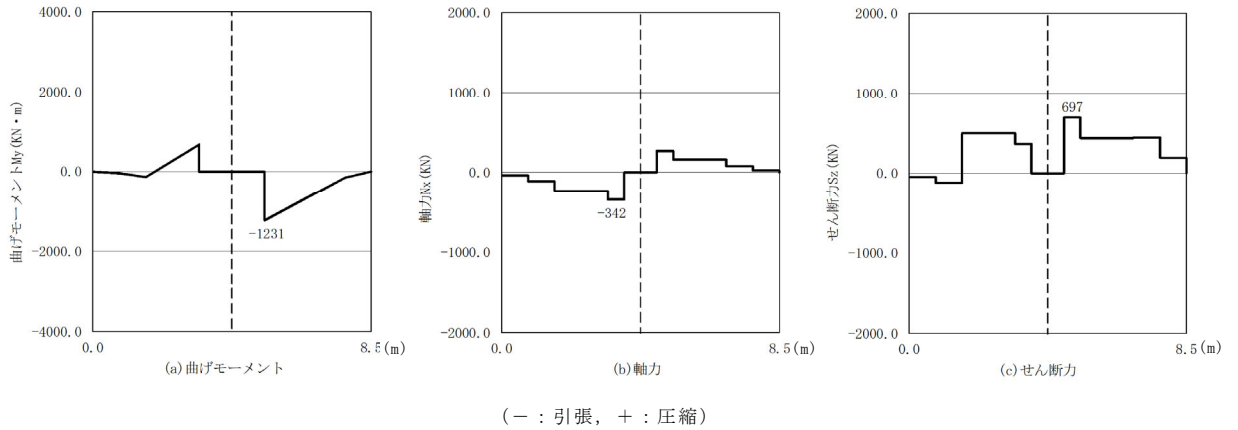
表 4-2 逆 T 擁壁の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値 (⑤-⑤断面)

地震動	解析 ケース	発生断面力		曲げ圧縮 応力度 $\sigma_s$ (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 (kN・m)	軸力 (kN)			
S <sub>s</sub> -N1 (++)	①	-1924	153	198.4	294	0.675

#### 4.1.2 せん断力照査

逆 T 擁壁のせん断破壊に対する照査における最大照査値の評価時刻での断面力図を図 4-3 及び図 4-4 に、せん断破壊に対する照査値を表 4-3～表 4-4 に示す。

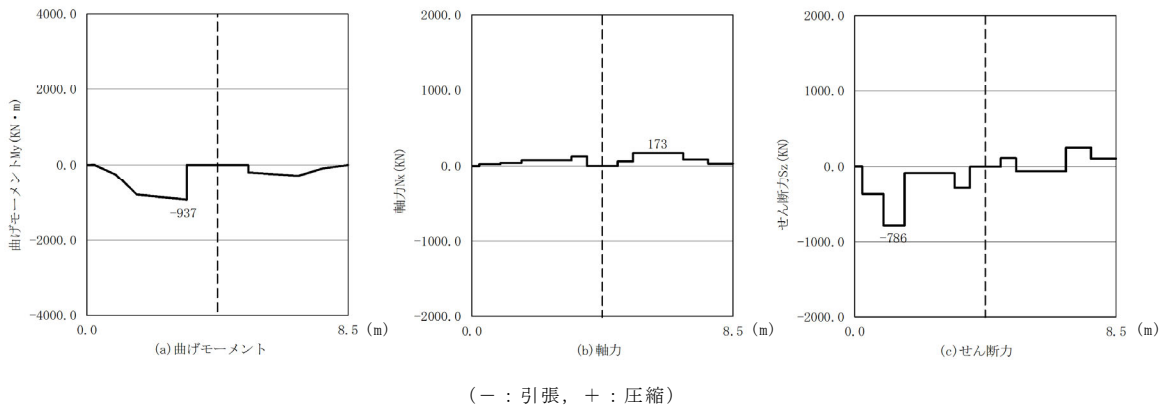
この結果から逆 T 擁壁の発生応力が許容限界以下であることを確認した。



注：逆 T 擁壁（底版）西端をゼロとする。

図 4-3 逆 T 擁壁（底版）のせん断破壊に対する照査における  
最大照査値の評価時刻での断面力  
(①-①断面,  $S_s - D (+)$ ,  $t = 19.18s$ )

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 - 1 $\sigma$ ）



注：逆 T 擁壁（底版）西端をゼロとする。

図 4-4 逆 T 擁壁（底版）のせん断破壊に対する照査における  
最大照査値の評価時刻での断面力  
(⑤-⑤断面,  $S_s - D (-)$ ,  $t = 28.12s$ )  
解析ケース①：基本ケース

表 4-3 逆 T 擁壁のせん断破壊に対する照査における最大照査値 (①-①断面)

地震動	解析 ケース	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 (kN)			
S <sub>s</sub> -D (+-)	③	697	0.47	0.67	0.702

表 4-4 逆 T 擁壁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 $\tau_s$ (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 (kN)			
S <sub>s</sub> -D (--)	①	-786	0.53	0.67	0.792

#### 4.1.3 グラウンドアンカによる支圧照査

逆 T 擁壁のグラウンドアンカによる支圧に対する照査値を表 4-5 及び表 4-6 に示す。

この結果から逆 T 擁壁のグラウンドアンカによる支圧が許容限界以下であることを確認した。

表 4-5 逆 T 擁壁のグラウンドアンカによる支圧に対する  
照査における最大照査値 (①-①断面)

地震動	解析 ケース	支圧 応力度 $\sigma_b$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{ba}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_b / \sigma_{ba}$
S <sub>s</sub> - N 1 (++)	①	10.6	18.0	0.589

表 4-6 逆 T 擁壁のグラウンドアンカによる支圧に対する  
照査における最大照査値 (⑤-⑤断面)

地震動	解析 ケース	支圧 応力度 $\sigma_b$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{ba}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_b / \sigma_{ba}$
S <sub>s</sub> - N 1 (++)	③	12.3	18.0	0.684

#### 4.2 グラウンドアンカ

グラウンドアンカの発生アンカー力に対する照査値を表 4-7 及び表 4-8 に示す。  
この結果からグラウンドアンカの発生アンカー力が許容限界以下であることを確認した。

表 4-7 グラウンドアンカの発生アンカー力に対する  
照査における最大照査値 (①-①断面)

地震動	解析 ケース	発生アンカー力 T (KN)	テンドンの 許容拘束力 T <sub>ab</sub> (kN)	照査値 T/T <sub>ab</sub>
S s - N 1 (++)	①	1514	1764	0.859

表 4-8 逆 T 擁壁の発生アンカー力に対する  
照査における最大照査値 (⑤-⑤断面)

地震動	解析 ケース	発生アンカー力 T (KN)	テンドンの 許容拘束力 T <sub>ab</sub> (kN)	照査値 T/T <sub>ab</sub>
S s - N 1 (++)	③	1762	2076	0.849

### 4.3 改良地盤

改良地盤におけるすべり安全率による評価結果を表 4-9 及び表 4-10 に、最小すべり安全率となる時刻における局所安全係数分布図を図 4-5～図 4-6 に示す。

これらの結果から、改良地盤のすべり安全率が 1.2 以上あることを確認した。

表 4-9 改良地盤のすべり安全率評価結果 (①-①断面)

地震動	解析ケース	発生時刻(s)	最小すべり安全率
S <sub>s</sub> -N1(++)	①	7.56	3.43

表 4-10 改良地盤のすべり安全率評価結果 (⑤-⑤断面)

地震動	解析ケース	発生時刻(s)	最小すべり安全率
S <sub>s</sub> -N1(++)	①	7.61	3.12

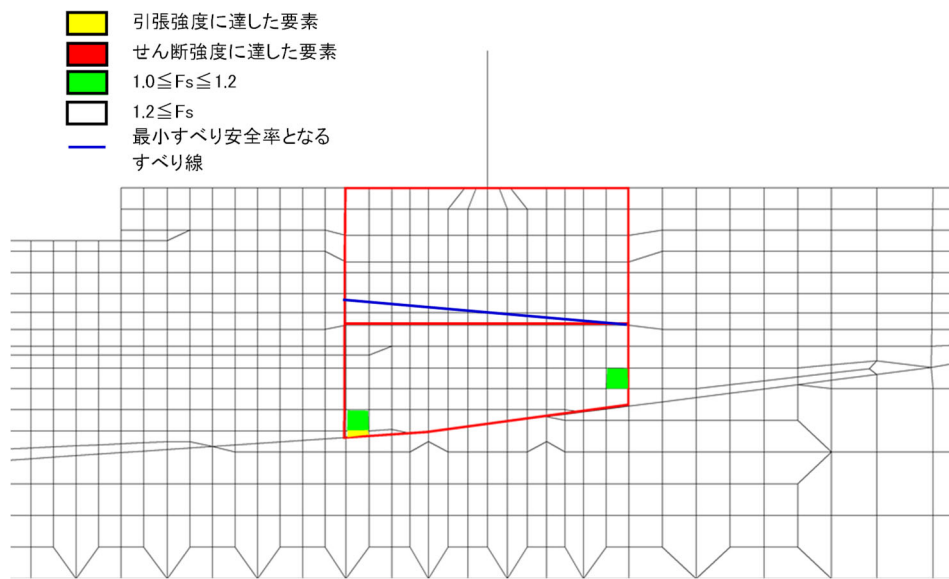


図 4-5 改良地盤の最小すべり安全率時刻における局所安全係数分布  
 (①-①断面,  $S_s - N1(++)$ ,  $t=7.56s$ )  
 解析ケース①: 基本ケース

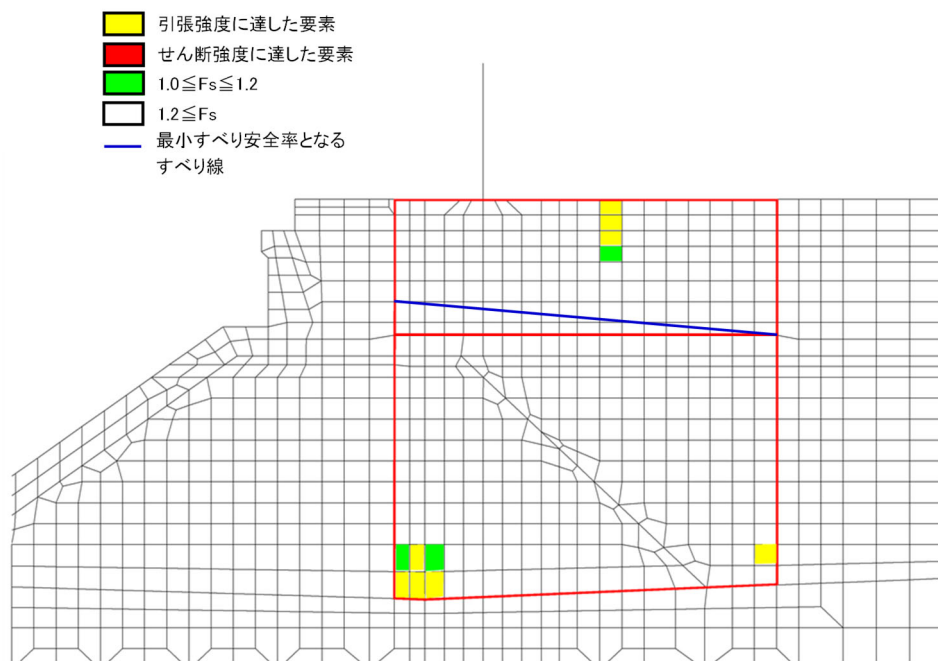


図 4-6 改良地盤の最小すべり安全率時刻における局所安全係数分布  
 (⑤-⑤断面,  $S_s - N1(++)$ ,  $t=7.61s$ )  
 解析ケース①: 基本ケース

#### 4.4 止水目地

地震時の止水目地の変位量に対する照査結果を表 4-11 に示す。

地震時の止水目地の変位量に対する照査を行った結果、変位量が許容限界以下であることを確認した。

表 4-11 止水目地設置箇所地震時変位量

方向	地震動	解析 ケース	地震時 変位量 (mm)	許容限界 (mm)
$\delta x$ : ⑤-⑤断面 (横断方向)	S s - D (- +)	③	157.0	-
$\delta y$ : ⑦-⑦断面 (縦断方向)	S s - D (- +)	①	3.32	-
$\delta z$ : ⑤-⑤断面 (横断方向)	S s - D (+ -)	①	27.72	-
合成方向 (3方向合成)	-	-	159.47	1960



#### 4.5 基礎地盤

基礎地盤の支持性能評価結果を表 4-12 に、支持地盤の接地圧分布図を図 4-7 及び図 4-8 に示す。

防波壁（逆 T 擁壁）の基礎地盤に生じる最大接地圧が極限支持力以下であることを確認した。

表 4-12 (1) 基礎地盤の支持性能評価結果（①-①断面，改良地盤①～③）

地震動	解析ケース	最大接地圧 P (N/mm <sup>2</sup> )	極限支持力 P <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 P / P <sub>u</sub>
S <sub>s</sub> -D (--)	①	0.5	1.4	0.358

表 4-12 (2) 基礎地盤の支持性能評価結果（①-①断面，岩盤）

地震動	解析ケース	最大接地圧 P (N/mm <sup>2</sup> )	極限支持力 P <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 P / P <sub>u</sub>
S <sub>s</sub> -D (+-)	③	1.2	9.8	0.123

表 4-12 (3) 基礎地盤の支持性能評価結果（⑤-⑤断面，改良地盤①～③）

地震動	解析ケース	最大接地圧 P (N/mm <sup>2</sup> )	極限支持力 P <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 P / P <sub>u</sub>
S <sub>s</sub> -N 2 E W 方向 (-+)	①	0.6	1.4	0.429

表 4-12 (4) 基礎地盤の支持性能評価結果（⑤-⑤断面，岩盤）

地震動	解析ケース	最大接地圧 P (N/mm <sup>2</sup> )	極限支持力 P <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 P / P <sub>u</sub>
S <sub>s</sub> -N 1 (-+)	③	1.5	3.9	0.385

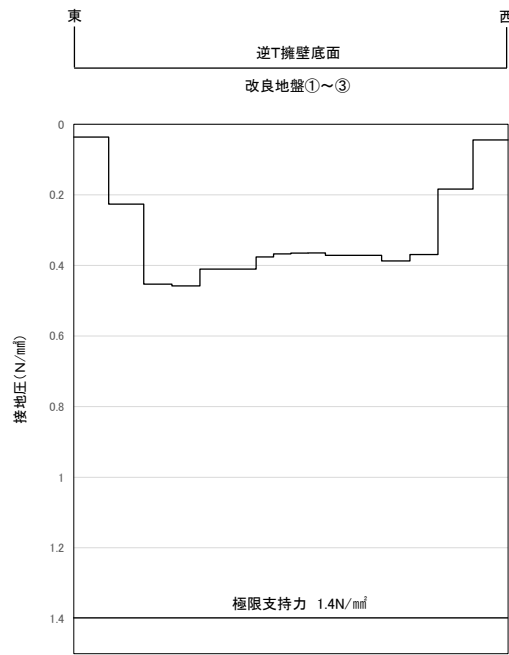


図 4-7(1) 支持地盤の接地圧分布図 (①-①断面, 改良地盤①～③)  
 (S<sub>s</sub>-D (--) )  
 解析ケース①: 基本ケース

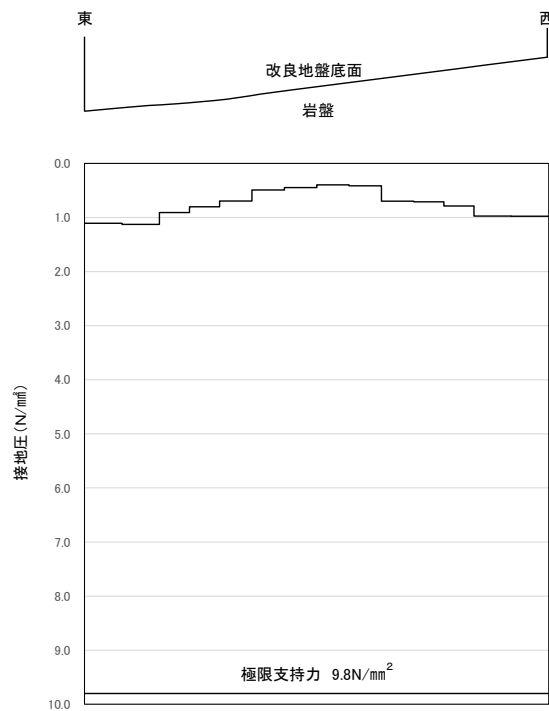


図 4-7(2) 支持地盤の接地圧分布図 (①-①断面, 岩盤)  
 (S<sub>s</sub>-D (+-) )  
 解析ケース③: 地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース (平均値 - 1σ)

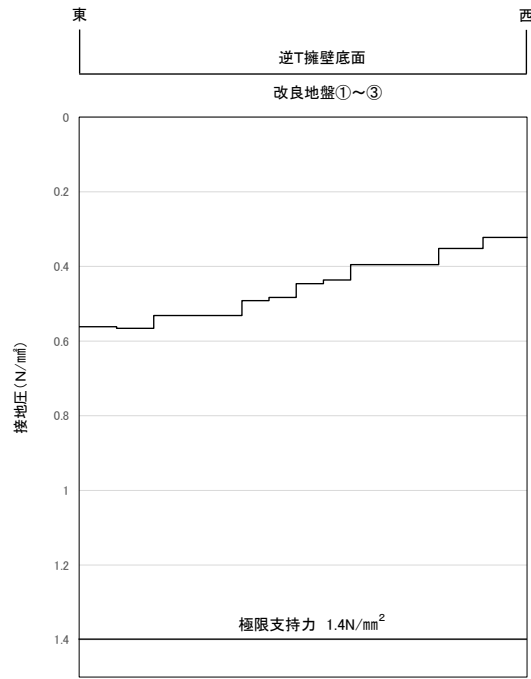


図 4-8(1) 支持地盤の接地圧分布図 (⑤-⑤断面, 改良地盤①～③)  
 (S<sub>s</sub>-N<sub>2</sub>EW方向 (-+))  
 解析ケース①: 基本ケース

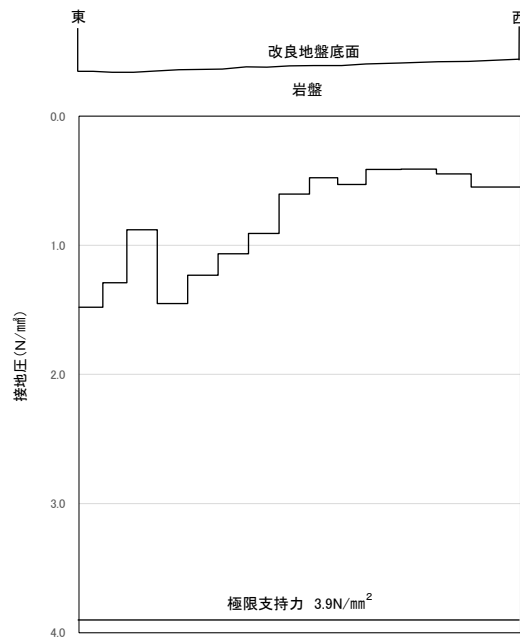


図 4-8(2) 支持地盤の接地圧分布図 (⑤-⑤断面, 岩盤)  
 (S<sub>s</sub>-N<sub>1</sub>(-+))  
 解析ケース③: 地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース (平均値 - 1σ)

なお、グラウンドアンカによる変形抑制効果等を確認するため、逆 T 擁壁の底版の傾斜を算出した結果を表 4-13 に示す。

表 4-13(1) 逆 T 擁壁の底版の傾斜 (①-①断面)

地震動	解析ケース	傾斜
S <sub>s</sub> -D (+-)	③	1/1258

表 4-13(2) 逆 T 擁壁の底版の傾斜 (⑤-⑤断面)

地震動	解析ケース	傾斜
S <sub>s</sub> -N1 (-+)	②	1/699