

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	02-他-F-01-0076_改0
提出年月日	2021年7月7日

本資料の内容は、「補足-140-1【津波への配慮に関する説明書の補足説明資料】」の「6.1.11 盛土・旧表土の液状化影響を考慮した安定性評価への影響について」として反映予定

盛土・旧表土の液状化影響を考慮した安定性評価への影響について

2021年7月
東北電力株式会社

1. 概要

設置変更許可時においては、防潮堤（鋼管式鉛直壁及び盛土堤防）の基礎地盤安定性評価について、等価線形解析（全応力解析）により評価を実施している。図 1-1 に示すとおり、通常のすべり評価（岩盤＋盛土・旧表土を考慮したすべり）に加えて、盛土・旧表土の液状化影響を考慮するための検討として、岩盤部のみのすべりに対する評価を実施した。また、等価線形解析は、地盤を構成する土骨格と間隙水を一体としてモデル化する全応力解析である。

一方、防潮堤は斜面形状であり、液状化による側方流動の影響を受ける可能性があり、地震応答解析で液状化の影響を評価するためには、土骨格と間隙水を個別にモデル化する有効応力解析を選定する必要がある。

上記を踏まえ、本検討においては、工認時において用いている有効応力解析により、盛土・旧表土の液状化による剛性低下及び強度低下が防潮堤の基礎地盤安定性評価に及ぼす影響を確認する。

設置変更許可時と工認時の盛土・旧表土の液状化影響を考慮した基礎地盤安定性評価内容の比較を表 1-1 に示す。

なお、津波荷重に対する安定性評価の影響についても確認する。

すべり面形状	基準地震動※1 (位相)	発生時刻 (秒)	すべり安全率
 <p>防潮堤 (盛土堤防)</p> <p>岩盤を通るすべり</p>	Ss-D2 (+,-)	13.53	3.3 (3.3)
 <p>防潮堤 (鋼管式鉛直壁)</p> <p>岩盤を通るすべり</p>	Ss-D1 (+,-)	25.47	2.9 (3.0)

— :すべり面

— :岩盤部のみのすべり面

— :断層・シーム

()は岩盤のみのすべり面の安全率

※1: 基準地震動の(+,+)は正位相, (-,+)は水平反転, (+,-)は鉛直反転, (-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。

図 1-1 防潮堤における基礎地盤安定性評価

(第 778 回審査会合 (令和元年 9 月 27 日) 資料 1-7-1 p. 146 一部加筆)

表 1-1 盛土・旧表土の液状化影響を考慮した基礎地盤安定性評価手法の比較

	解析手法	評価方法
設置変更許可	全応力解析	岩盤のみのすべりに対する評価
工事計画認可 (今回検討)	有効応力解析	盛土・旧表土の剛性低下及び強度低下を考慮したすべりに対する評価

2. 盛土・旧表土の液状化の影響を考慮した安定性評価

2.1 評価条件

盛土・旧表土の液状化の影響を考慮した安定性評価の評価条件を以下に示す。

なお、その他二次元有効応力解析における解析条件は「6.1.1 防潮堤（鋼管式鉛直壁）の耐震性についての計算書に関する補足説明 3.耐震評価」及び「6.1.3 防潮堤（盛土堤防）の耐震性についての計算書に関する補足説明 3.耐震評価」に示すとおりである。

2.1.1 対象断面

評価対象断面について、防潮堤（鋼管式鉛直壁）は設置変更許可時の基礎地盤安定性評価の代表断面である、断面①とする。解析モデルを図 2-1 に示す。

防潮堤（盛土堤防）は、防潮堤（鋼管式鉛直壁）と同様に設置変更許可時の基礎地盤安定性評価の代表断面である、断面①とする。解析モデルを図 2-2 に示す。

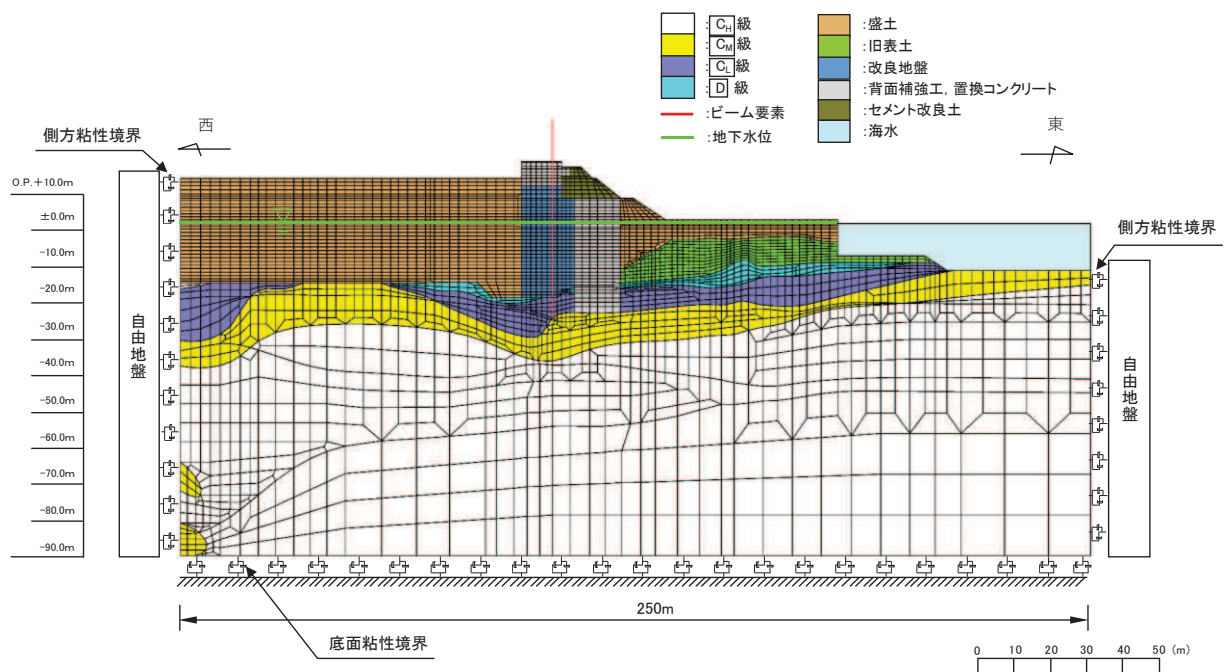


図 2-1 防潮堤（鋼管式鉛直壁）断面①の解析モデル図

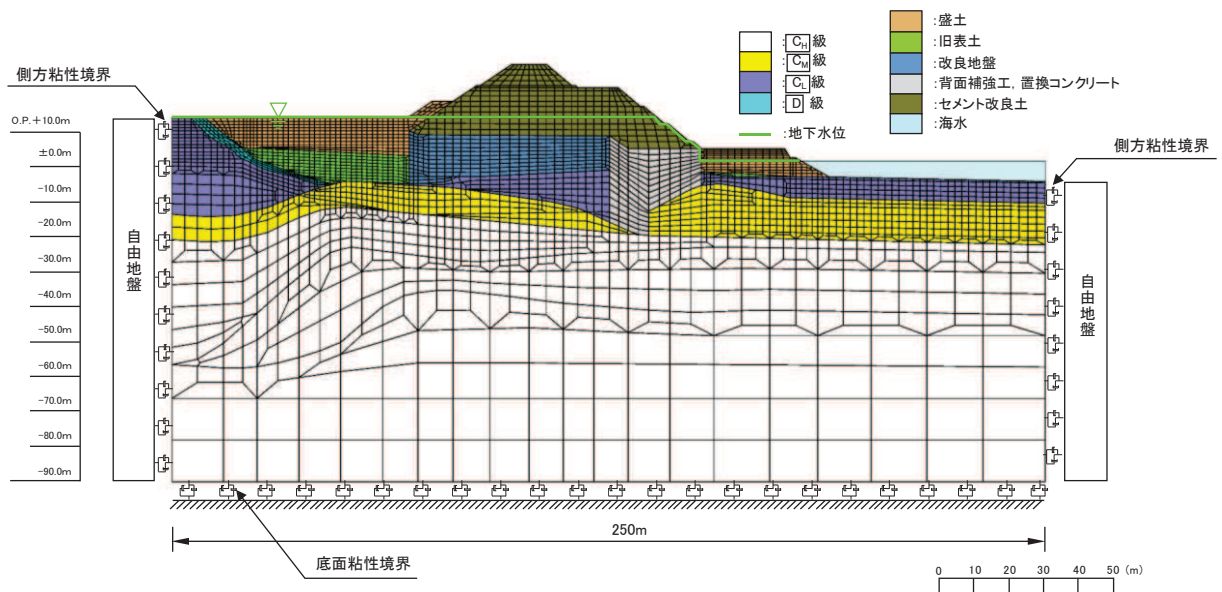


図 2-2 防潮堤（盛土堤防）断面①の解析モデル図

2.1.2 対象地震動

評価対象地震動について、防潮堤（鋼管式鉛直壁）は、設置変更許可時の基礎地盤安定性評価において、最小すべり安全率となった地震動である $S_s - D1$ （+-）とする。

防潮堤（盛土堤防）は、防潮堤（鋼管式鉛直壁）と同様に設置変更許可時の基礎地盤安定性評価において、最小すべり安全率となった地震動である $S_s - D2$ （+-）とする。

2.1.3 対象すべり線

評価対象とするすべり線は、設置変更許可時の基礎地盤安定性評価において、最小すべり安全率となったすべり線とする。評価対象すべり線を図 2-3 及び図 2-4 に示す。

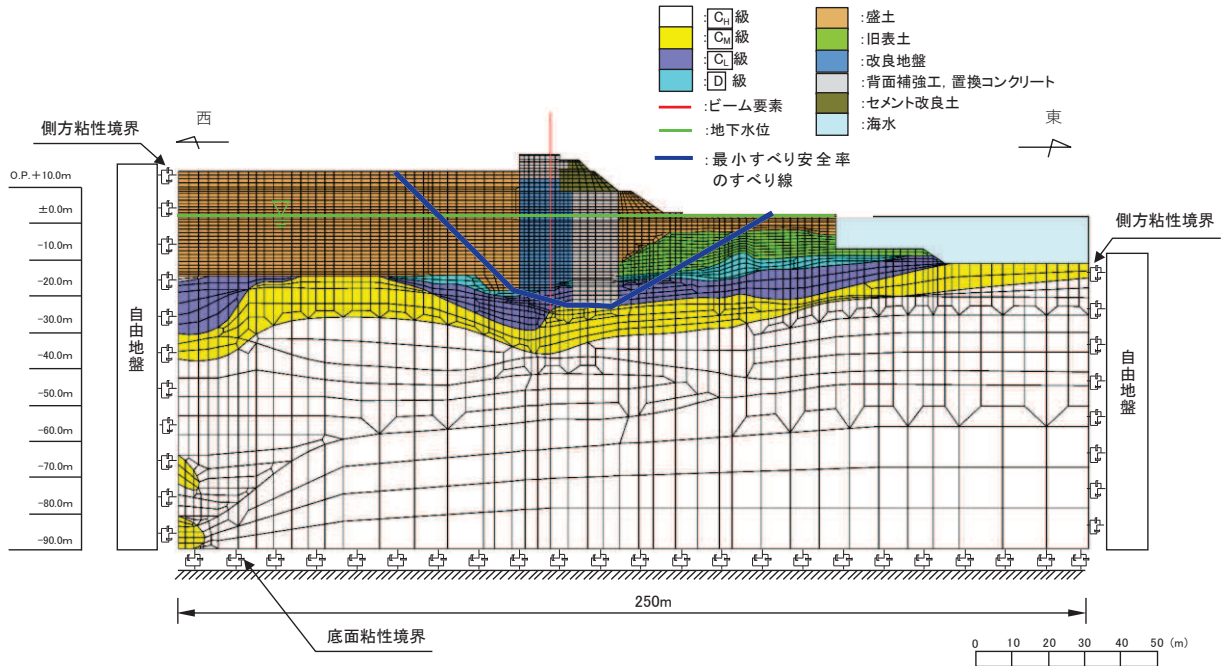


図 2-3 防潮堤（鋼管式鉛直壁）の評価対象すべり線

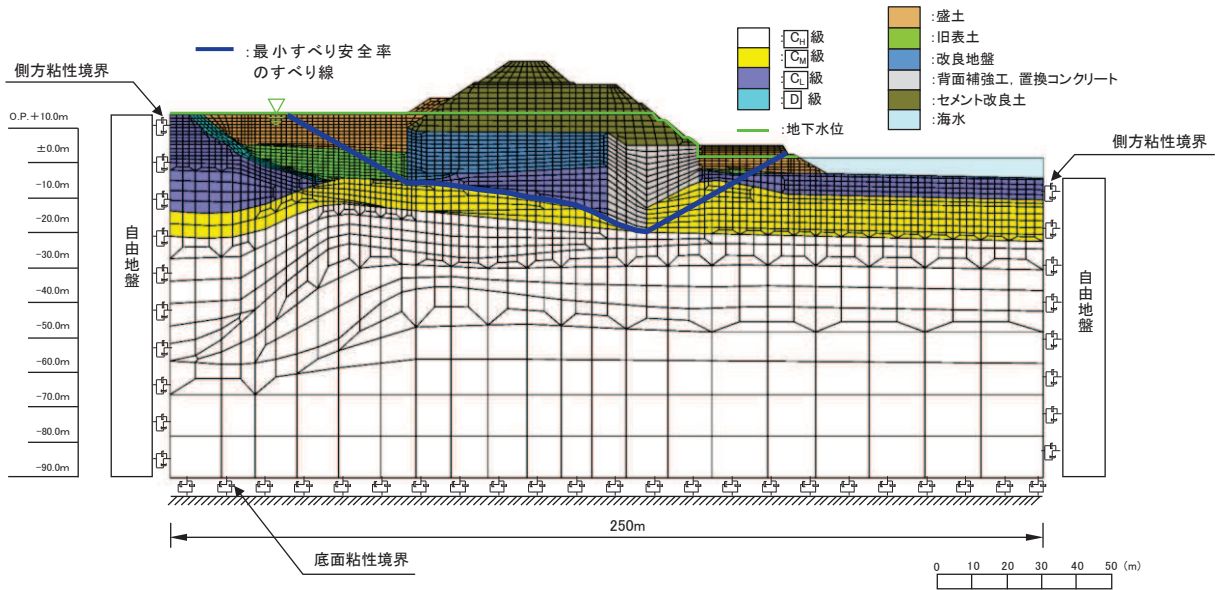


図 2-4 防潮堤（盛土堤防）の評価対象すべり線

2.1.4 すべり安全率算定方法

有効応力解析を用いたすべり安全率の算定方法を表 2-1 に示す。

盛土・旧表土の液状化影響に着目した評価とするために、岩盤の応力状態については、設置変更許可時の基礎地盤安定性評価で実施した二次元全応力解析（FLUSH）における最小すべり安全率時刻の起動力及び抵抗力を参照する。

盛土・旧表土の応力状態は、盛土・旧表土の液状化の影響を確認することが目的であることから、二次元有効応力解析（FLIP）から参照する。盛土・旧表土のすべり安全率は、時々刻々変化する起動力及び抵抗力から算出することとし、保守的な配慮として、液状化範囲の抵抗力は考慮しない。

盛土・旧表土の液状化範囲の設定方法は、二次元有効応力解析により地下水位以深の盛土・旧表土における過剰間隙水圧比を確認することにより設定する。

具体的な方法としては、評価対象地震動（防潮堤（鋼管式鉛直壁）：S_s-D1（+-），防潮堤（盛土堤防）：S_s-D2（+-））の全時刻における最大過剰間隙水圧比が 0.95 以上となる範囲を保守的に液状化の影響を考慮する範囲とする。

表 2-1 有効応力解析を用いたすべり安全率の算定方法

項目		有効応力解析を用いたすべり安全率の算定方法	【参考】設置変更許可時のすべり安全率の算定方法 (全応力解析)
岩盤	応力状態を求める解析コード	全応力解析 (FLUSH)	全応力解析 (FLUSH)
盛土・旧表土	応力状態を求める解析コード	有効応力解析 (FLIP)	全応力解析 (FLUSH)
	地下水位	朔望平均満潮位 (O. P. +1.43m)	地表面
	液状化範囲以外の起動力	考慮する (時刻性を考慮)	考慮する (時刻性を考慮)
	液状化範囲以外の抵抗力	考慮する (時刻性を考慮)	考慮する (時刻性を考慮)
	液状化範囲の設定	最大過剰間隙水圧比が 0.95 以上となる範囲とする (鋼管式鉛直壁: S _s -D1 (+-), 盛土堤防: S _s -D2 (+-) の全時刻)	地下水位以深を全て「液状化の影響を考慮する範囲」に設定する
	液状化範囲の起動力	考慮する (時刻性を考慮)	考慮しない (ゼロとする)
	液状化範囲の抵抗力	考慮しない (ゼロとする)	考慮しない (ゼロとする)

2.2 評価結果

2.2.1 液状化の影響を考慮する範囲の設定の確認

防潮堤（鋼管式鉛直壁）及び防潮堤（盛土堤防）の二次元有効応力解析における最大過剰間隙水圧比の分布を図 2-5 及び図 2-6 に示す。また，図 2-5 及び図 2-6 を踏まえて設定した液状化の影響を考慮する範囲を図 2-7 及び図 2-8 に示す。

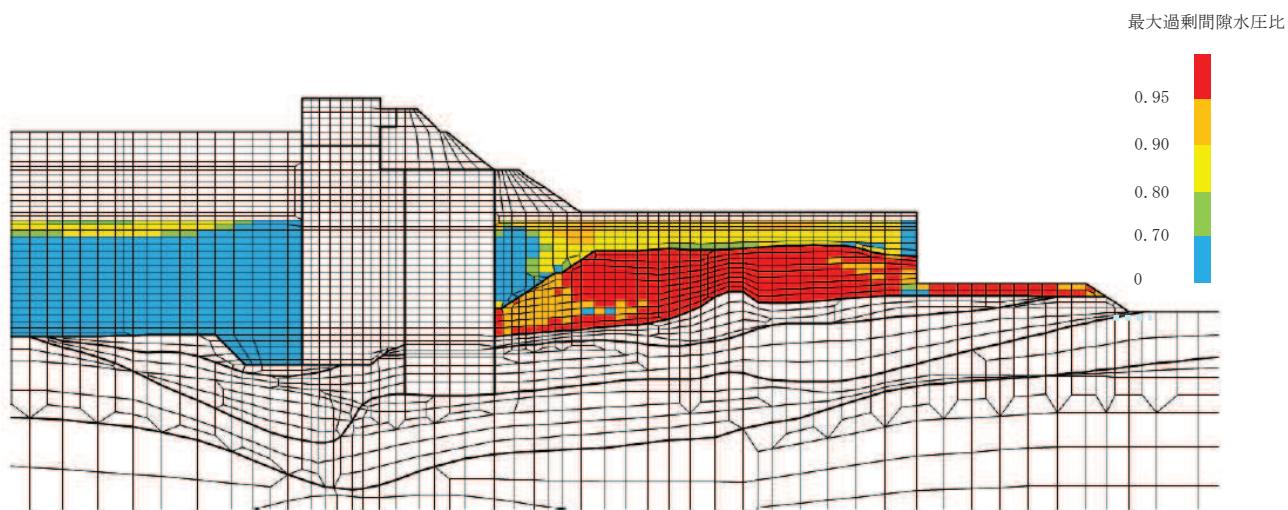


図 2-5 最大過剰間隙水圧比分布（防潮堤（鋼管式鉛直壁））
（断面①， $S_s - D 1 (+ -)$ ）

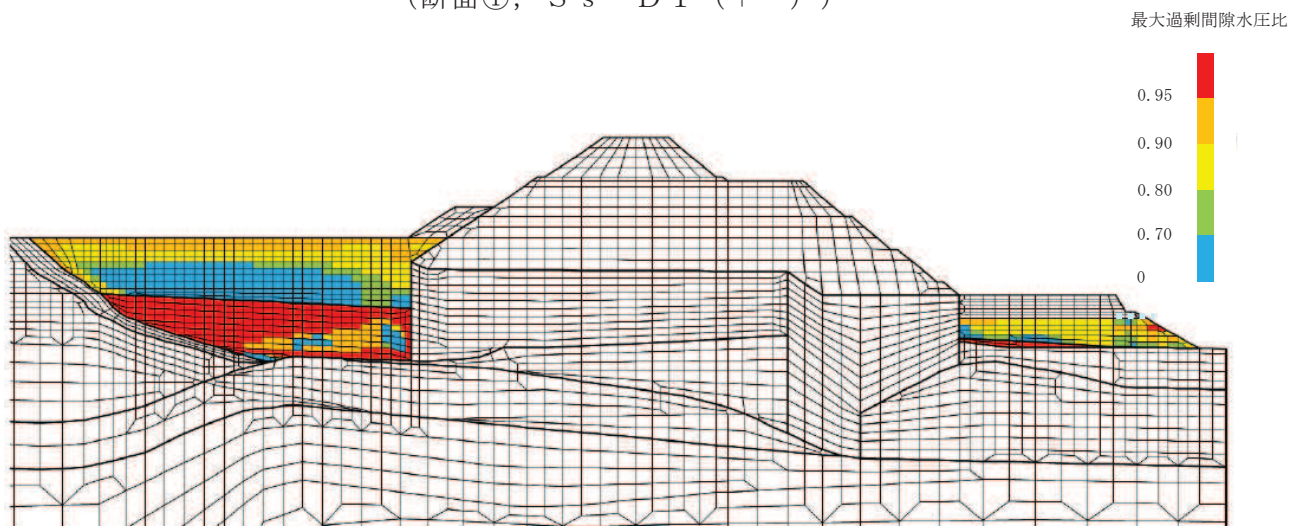


図 2-6 最大過剰間隙水圧比分布（防潮堤（盛土堤防））
（断面①， $S_s - D 2 (+ -)$ ）

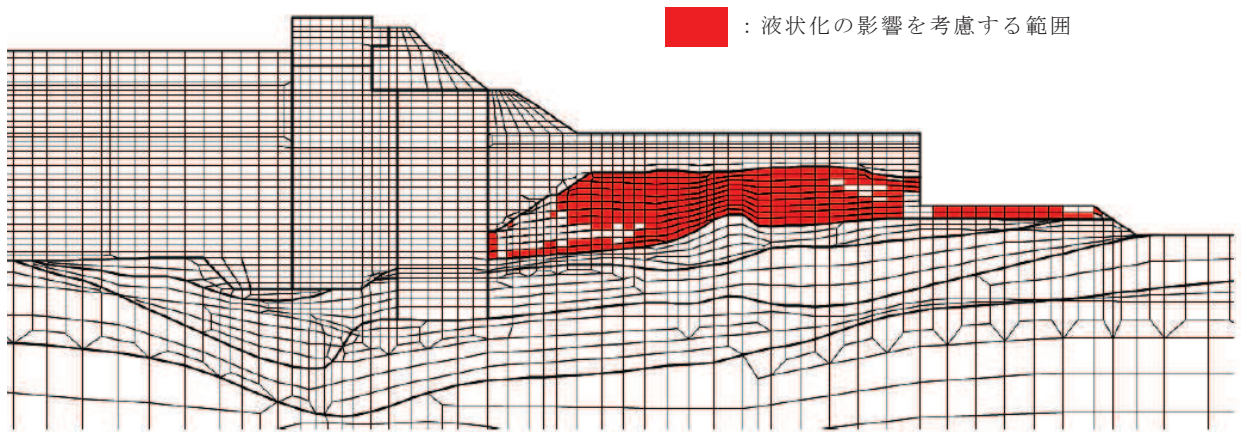


図 2-7 液状化の影響を考慮する範囲の設定（防潮堤（鋼管式鉛直壁））

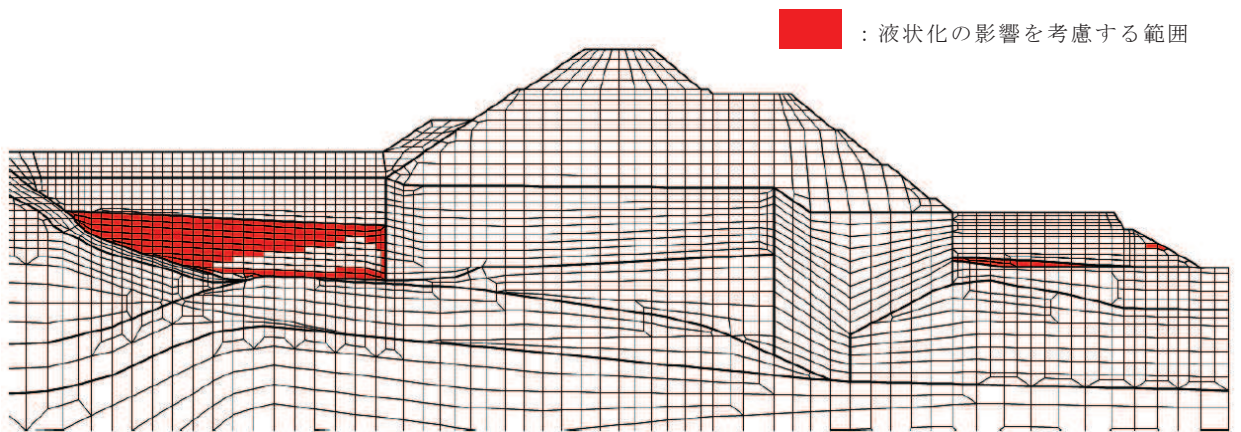


図 2-8 液状化の影響を考慮する範囲の設定（防潮堤（盛土堤防））

2.2.2 すべり安全率の評価結果

液状化の影響を考慮する範囲の設定を踏まえたすべり安全率の算定結果を表 2-2 に、液状化影響を考慮する範囲とすべり線の重ね合わせを図 2-9 及び図 2-10 に示す。液状化の影響を考慮したすべり安全率について、防潮堤（鋼管式鉛直壁）は 3.0、防潮堤（盛土堤防）は 3.3 であり、基礎地盤安定性評価における評価基準値であるすべり安全率 1.5 を上回ることを確認した。

なお、盛土・旧表土の液状化の影響を考慮したすべり安全率は、岩盤部のみのすべり安全率と変わらなかった。その理由としては、表 2-3 に示すとおり、すべり線上の起動力及び抵抗力ともに岩盤が支配的であり、盛土・旧表土の液状化影響がすべり安全率に及ぼす影響が小さいことが考えられる。

表 2-2 すべり安全率の算定結果

	基準地震動 S_s	算定ケース	すべり安全率
防潮堤 (鋼管式鉛直壁)	$S_s - D 1$ (+-)	有効応力解析 (今回検討の算定方法)	3.0
		全応力解析 (設置変更許可時の算定方法, 岩盤のみのすべり)	3.0
防潮堤 (盛土堤防)	$S_s - D 2$ (+-)	有効応力解析 (今回検討の算定方法)	3.3
		全応力解析 (設置変更許可時の算定方法, 岩盤のみのすべり)	3.3

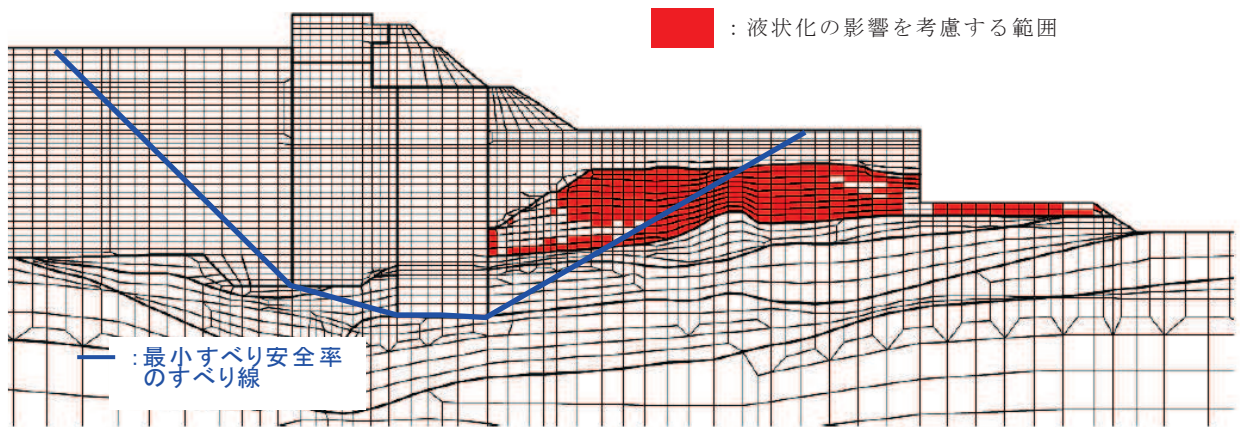


図 2-9 液状化影響を考慮する範囲とすべり線の重ね合わせ
(防潮堤 (鋼管式鉛直壁))

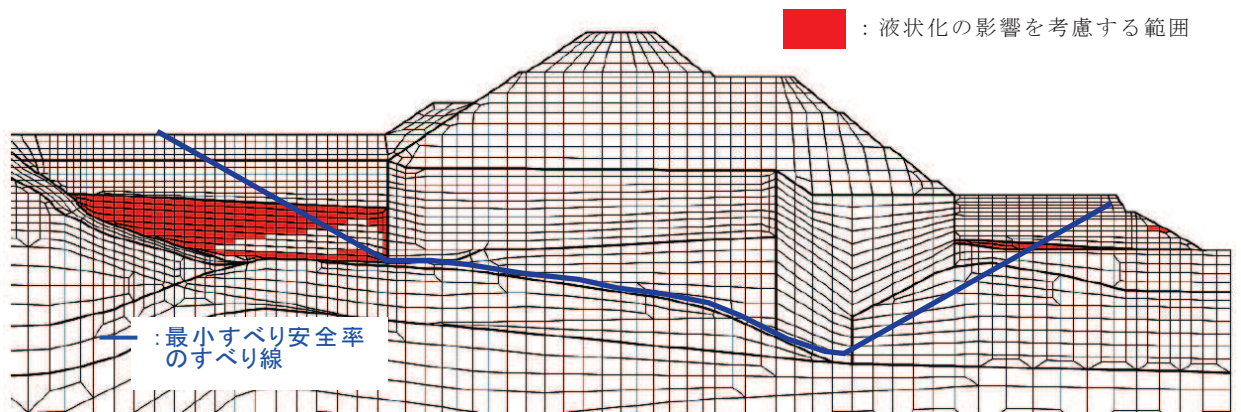


図 2-10 液状化影響を考慮する範囲とすべり線の重ね合わせ
(防潮堤 (盛土堤防))

表 2-3(1) すべり線上の起動力及び抵抗力の比較（防潮堤（鋼管式鉛直壁））

	抵抗力 R (MN/m ²)	起動力 S (MN/m ²)	すべり安全率 (R/S)
盛土・旧表土（有効応力解析）	7.6	2.6	2.9
岩盤（全応力解析）	53.1	17.4	3.0
合計	60.7	20.0	3.0

表 2-3(2) すべり線上の起動力及び抵抗力の比較（防潮堤（盛土堤防））

	抵抗力 R (MN/m ²)	起動力 S (MN/m ²)	すべり安全率 (R/S)
盛土・旧表土（有効応力解析）	2.1	0.5	4.2
岩盤（全応力解析）	108.6	32.9	3.3
合計	110.7	33.4	3.3

3. 津波時の基礎地盤安定性評価

防潮堤における津波時の基礎地盤の安定性評価について、2.で示した地震時に防潮堤基礎地盤に発生する起動力と、津波時に防潮堤基礎地盤に発生する起動力を比較することで評価を行う。

3.1 評価条件

津波時の安定性評価の評価条件を以下に示す。

なお、その他二次元有効応力解析における解析条件は「6.1.2 防潮堤（鋼管式鉛直壁）の強度計算書に関する補足説明 3.強度評価方法」及び「6.1.4 防潮堤（盛土堤防）の強度計算書に関する補足説明 3.強度評価方法」に示すとおりである。

3.1.1 対象断面

評価対象断面について、防潮堤（鋼管式鉛直壁）は設置変更許可時の基礎地盤安定性評価の代表断面である、断面①とする。解析モデルを図2-1に示すものと同様である。

防潮堤（盛土堤防）は、防潮堤（鋼管式鉛直壁）と同様に設置変更許可時の基礎地盤安定性評価の代表断面である、断面①とする。解析モデルを図2-2に示すものと同様である。

3.1.2 対象すべり線

評価対象とするすべり線は、設置変更許可時の基礎地盤安定性評価において、最小すべり安全率となったすべり線とする。評価対象すべり線を図2-3及び図2-4に示すものと同様である。

3.1.3 すべり線における起動力の算出方法

津波時のすべり線における起動力は、すべり線を通る盛土・旧表土及び岩盤の要素における起動力を合計して算出する。

3.2 評価結果

津波時及び地震時の起動力の比較結果を表 3-1 に示す。津波時に防潮堤基礎地盤に生じる起動力は、地震時の起動力を大きく下回っており、津波時の安定性評価は、2. で示した地震時の基礎地盤安定性評価に包絡される。

表 3-1 津波時と地震時における基礎地盤の起動力の比較結果

ケース	起動力 (MN/m ²)	
	防潮堤（鋼管式鉛直壁）	防潮堤（盛土堤防）
津波時	3.8	1.5
地震時	20.0*	33.4*

注記*：表 2-3 の起動力を再掲