

柏崎刈羽原子力発電所6号及び7号炉審査資料	
資料番号	KK67-0093 改02
提出年月日	平成28年9月8日

本資料のうち、枠囲みの内容は機密事項に属しますので、公開できません。

柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉 可搬型重大事故等対処設備保管場所及び アクセスルートについて

平成28年9月
東京電力ホールディングス株式会社

TEPCO

1. 地震時の液状化等に伴う沈下に対する影響評価
 1. 1 評価方針
 1. 2 地震時の液状化に伴う側方流動の影響評価
 1. 3 沈下影響評価における沈下率の設定
 1. 4 アクセスルート上の段差評価
 1. 5 保管場所の沈下影響評価
2. 地震に伴う斜面のすべり評価
 2. 1 評価方針
 2. 2 保管場所の斜面すべり評価
 2. 3 アクセスルートの斜面すべり評価
3. アクセスルートの仮復旧時間の評価
4. 有効性評価の成立性
5. 補足説明資料

1. 地震時の液状化等に伴う沈下に対する影響評価
 1. 1 評価方針
 1. 2 地震時の液状化に伴う側方流動の影響評価
 1. 3 沈下影響評価における沈下率の設定
 1. 4 アクセスルート上の段差評価
 1. 5 保管場所の沈下影響評価

2. 地震に伴う斜面のすべり評価
 2. 1 評価方針
 2. 2 保管場所の斜面すべり評価
 2. 3 アクセスルートの斜面すべり評価

3. アクセスルートの仮復旧時間の評価

4. 有効性評価の成立性

5. 補足説明資料

地震時の液状化に伴う側方流動の影響評価

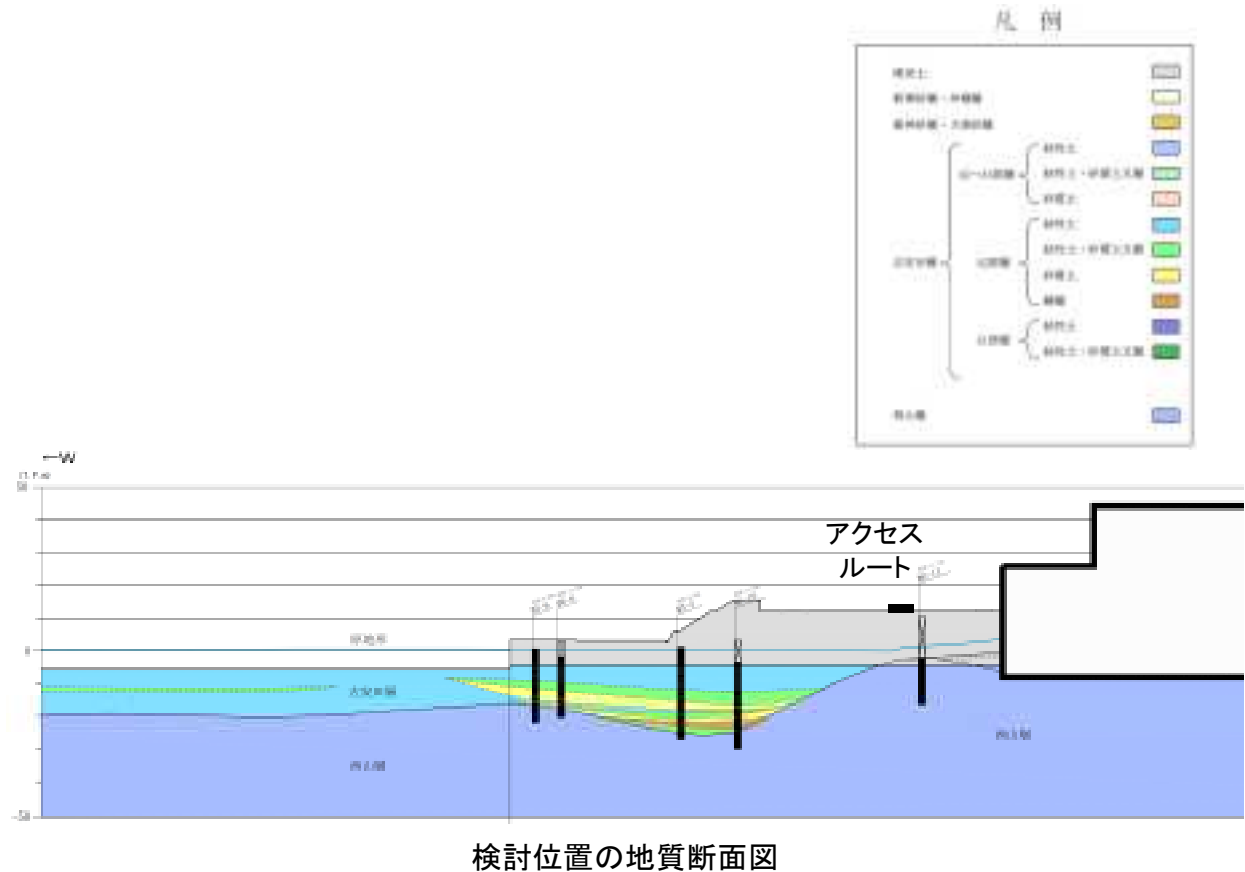
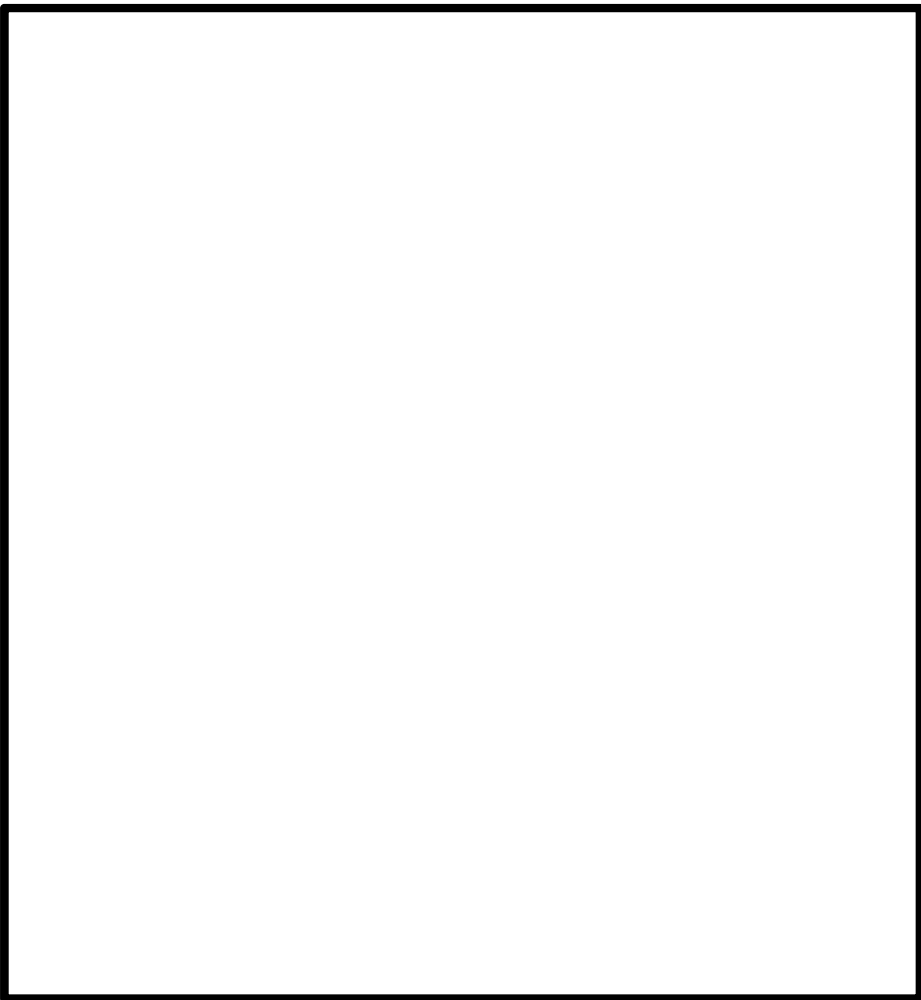
- 大湊側タービン建屋海側のアクセスルート上の段差評価において、地震時の液状化に伴う側方流動が段差評価に与える影響について解析的な検討を実施する。

地震時の揺すり込み沈下及び液状化に伴う沈下に対する影響評価

- 不飽和地盤の揺すり込み沈下及び飽和地盤の液状化に伴う沈下に対する影響評価における評価手法の妥当性及び適用性について、検討を実施する。
- 不飽和地盤については、2007年新潟県中越沖地震における原子炉建屋周辺の地盤調査に基づくせん断応力と繰返し回数と体積ひずみの関係から、基準地震動 S_s に対する沈下率を設定する。
- 飽和地盤については、液状化時の最大せん断ひずみと体積ひずみの関係から、対象地盤の相対密度に基づき、基準地震動 S_s に対する沈下率を設定する。
- 設定した沈下率を用いて、アクセスルート上の段差評価及び保管場所の沈下に対する影響評価を実施する。

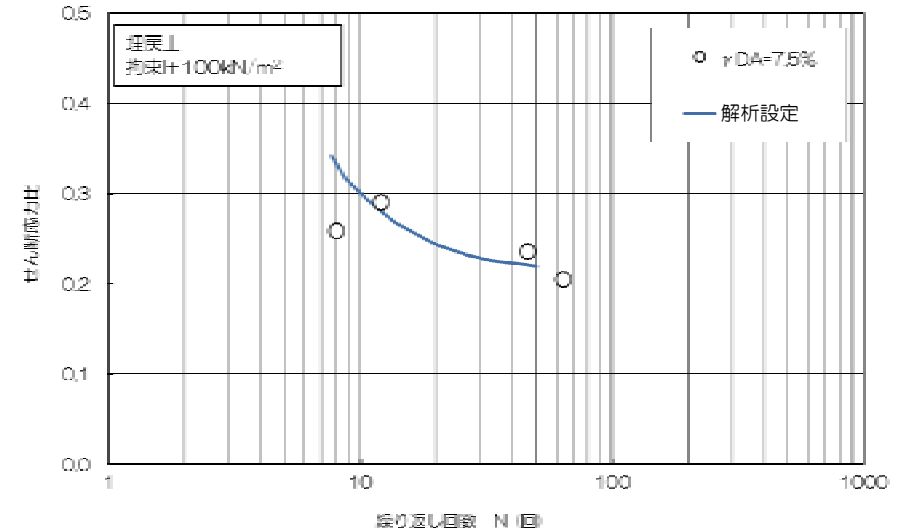
側方流動影響検討【検討概要】

- 大湊側タービン建屋海側のアクセスルート上の段差評価において、地震時の液状化に伴う側方流動が段差評価に与える影響について二次元有効応力解析に基づく検討を実施した。
- 検討位置は、埋戻土の層厚を考慮して選定した。護岸からアクセスルートまでの距離は約130mである。

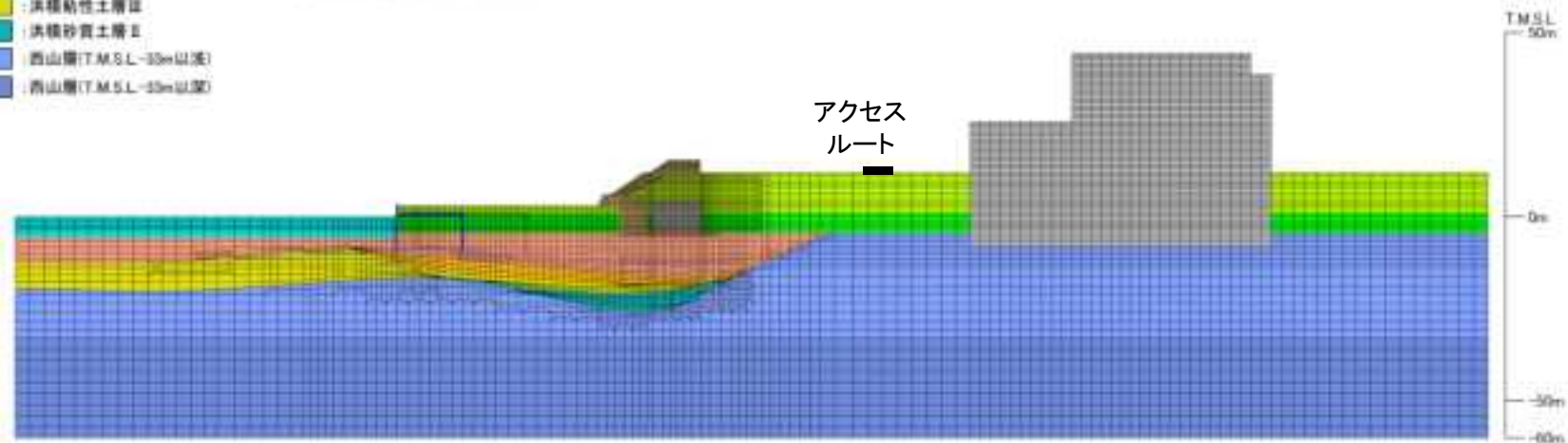


側方流動影響検討【検討条件】

- 解析は、液状化による過剰間隙水圧の上昇が考慮できる有効応力解析コード「FLIP」により行う。
- 解析用地盤物性値は既工認物性を基本とし、埋戻土については液状化に伴う側方流動を考慮できるように液状化パラメータを設定した。
- 入力地震動には、基準地震動 S_s を解析モデル下端 (T.M.S.L. -60m) まで引き上げた波形を用いた。



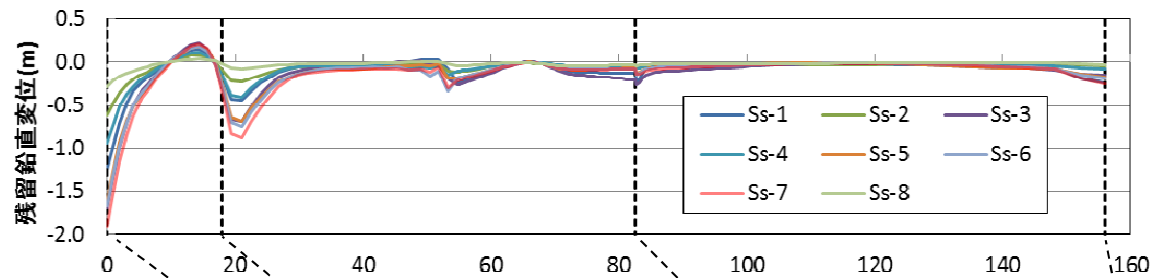
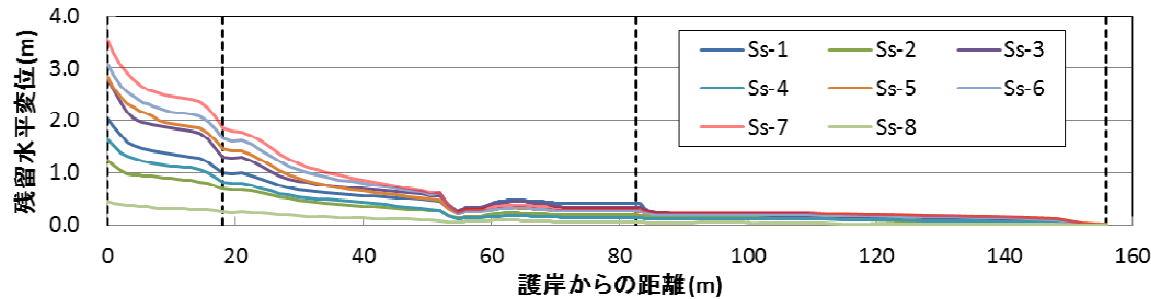
埋戻土の液状化パラメータ設定



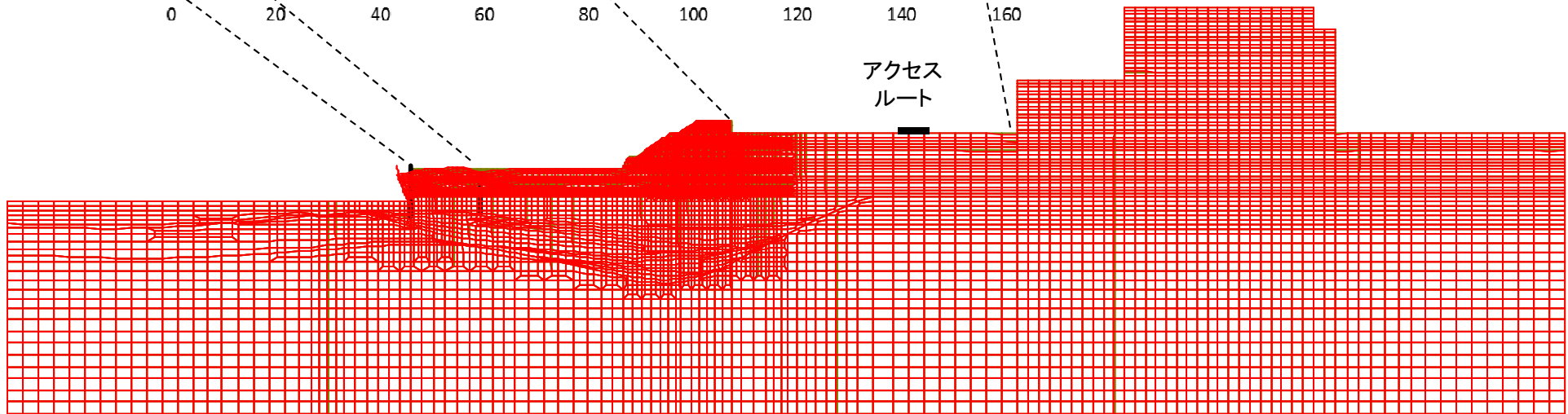
解析モデル図

側方流動影響検討【検討結果】

- 二次元有効応力解析「FLIP」の結果、アクセスルートにおける残留沈下量は小さく、側方流動による段差評価への影響はない。



アクセス
ルート



残留変形図 (Ss-7) 及び地表面残留沈下量 (Ss1~Ss-8)



段差評価の概要

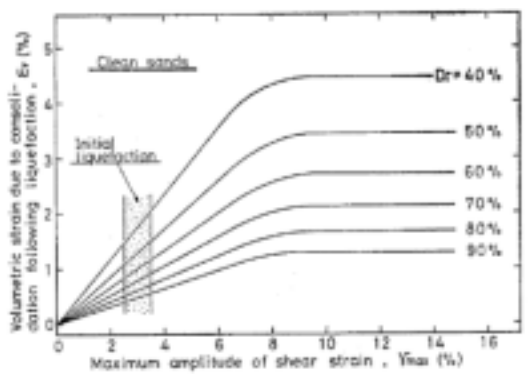
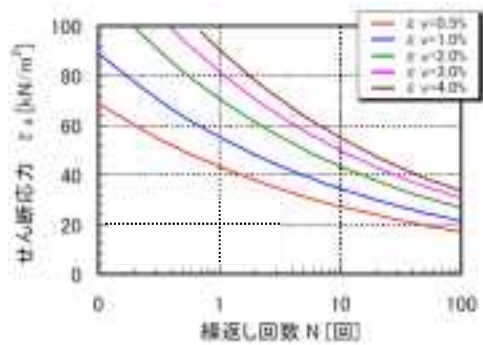
- 揺すり込み沈下及び液状化に伴う沈下による段差評価における評価手法の妥当性及び適用性について検討を実施した。
- 不飽和地盤及び飽和地盤の沈下量を下に示すフローに従って算出し、構造物設置個所に発生する段差（相対沈下量）を算定する。

地下水位以浅の不飽和砂質地盤
揺すり込み沈下

地下水位以深の飽和砂質地盤
液状化に伴う沈下

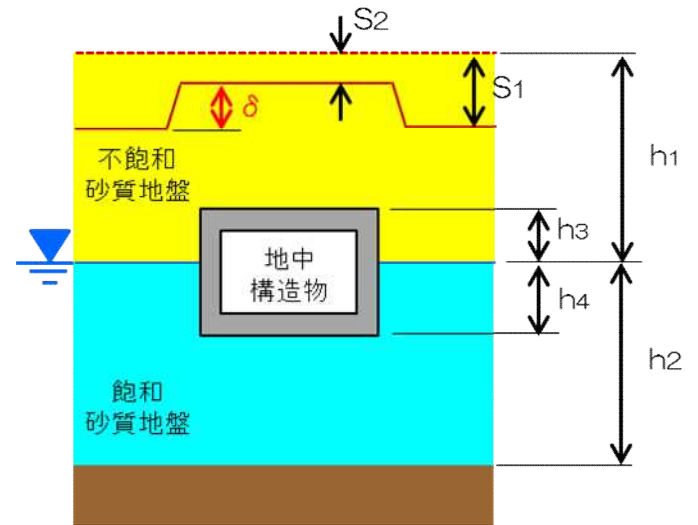
2007年新潟県中越沖地震後に原子炉建屋周辺の埋戻土層を対象に実施した試験に基づくせん断応力と体積ひずみの関係（北爪ら，2012※1）から沈下率(A)を設定し、不飽和層の厚さ(h1)を乗じて沈下量を算出

液状化を想定し、Ishihara et al. (1992) ※2の最大せん断ひずみと体積ひずみの関係から沈下率(B)を設定し、飽和層の厚さ(h2)を乗じて沈下量を算出



検討結果から保守的に沈下率(A)を設定

相対密度から保守的に沈下率(B)を設定



地盤の沈下量：
 $S1 = h1 \times A\% + h2 \times B\%$

地中構造物上部の沈下量：
 $S2 = (h1 - h3) \times A\% + (h2 - h4) \times B\%$

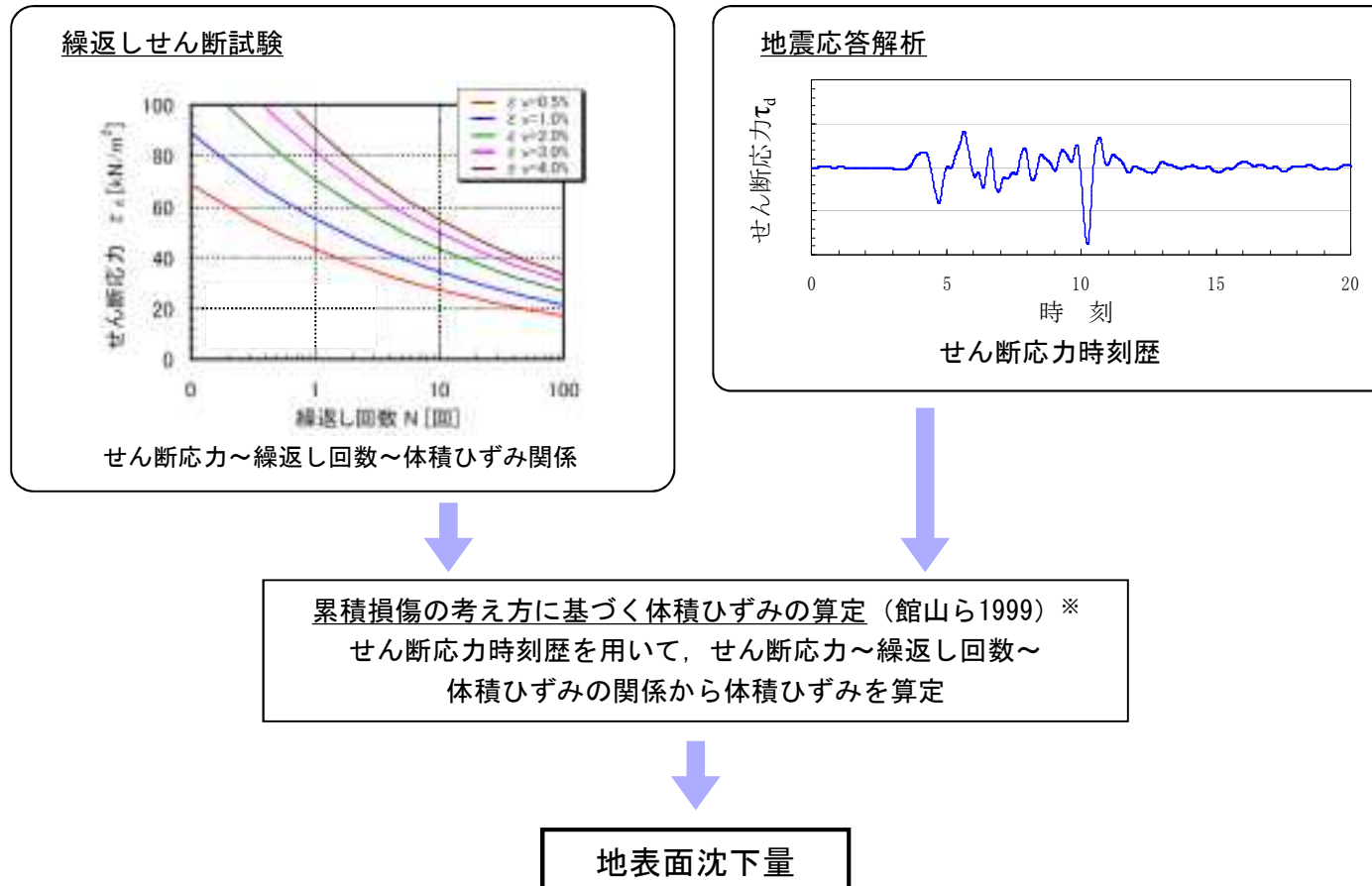
段差（相対沈下量）：
 $\delta = S1 - S2 = h3 \times A\% + h4 \times B\%$

両者を合算して地表面沈下量(S)を算出

※1 北爪ら：繰返しせん断による不飽和砂質土の堆積収縮特性と沈下量推定に関する基礎的検討 土木学会論文集C(地圏工学), Vol.68, No.2, pp.410-421, 2012.
 ※2 Ishihara et al.; Evaluation of settlement in sand deposits following liquefaction during earthquakes. Soils and Foundations. Vol.32, No.1, pp.173-188, 1992.

揺すり込み沈下について：評価手法概要

- 不飽和地盤の揺すり込み沈下量については、北爪ら（2012）の2007年新潟県中越沖地震後に原子炉建屋周辺の不飽和地盤（埋戻土層）を対象に実施した室内試験に基づくせん断応力と繰返し回数と体積ひずみの関係、及び地震応答解析におけるせん断応力時刻歴より算定する。

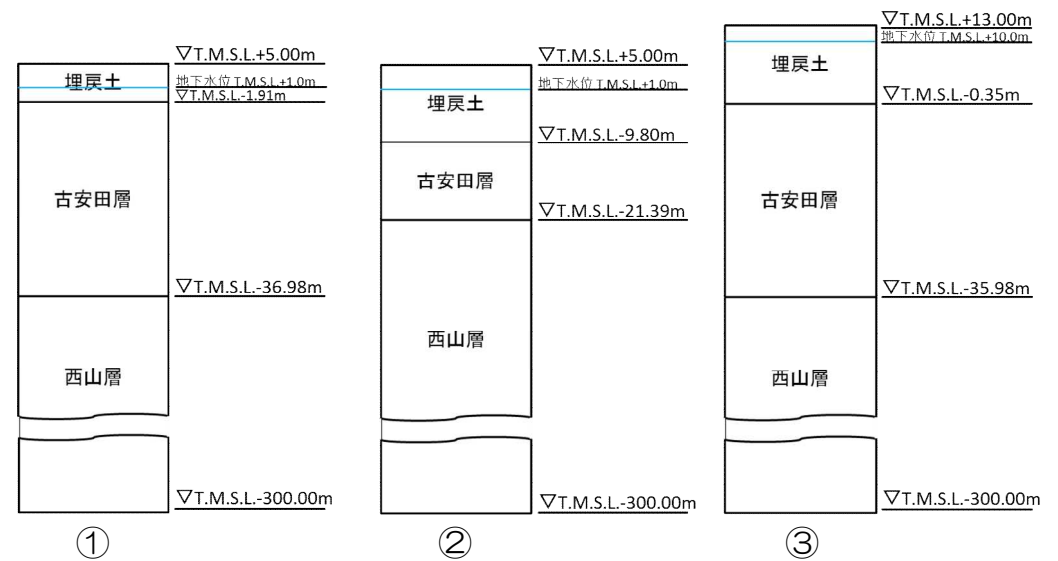


揺すり込み沈下について：沈下率の設定（検討条件）

- 沈下率算定箇所は，地震動の大きい荒浜側でアクセスルート上の複数箇所を選定した。
- せん断応力は，一次元等価線形解析により算出した。



沈下量算定箇所

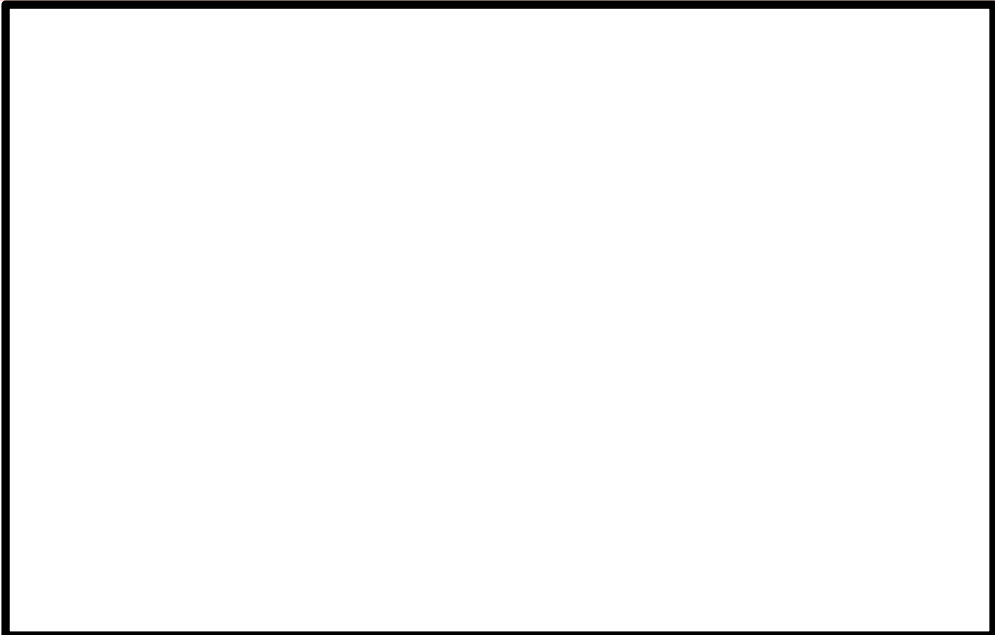


解析モデル

1. 3 沈下影響評価における沈下率の設定

揺すり込み沈下について：沈下率の設定（検討結果）

- 不飽和地盤の揺すり込みによる沈下率は、検討地点や基準地震動によって変動はあるものの、検討結果を踏まえ、保守的に2%とした。



沈下量算定箇所

不飽和地盤の揺すり込みによる沈下率（体積ひずみ）算定結果

検討地点	Ss-1	Ss-2		Ss-3	Ss-4		Ss-5		Ss-6		Ss-7	
		NS	EW		NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS	EW
① K-3/4 CV, K-4 OFケーブルダクト	1.46%	1.47%	1.42%	1.49%	1.07%	0.51%	0.70%	0.34%	1.48%	0.74%	0.90%	0.43%
② K-3 OFケーブルダクト	1.62%	1.44%	1.53%	1.90%	1.18%	0.57%	0.91%	0.42%	1.57%	0.75%	1.19%	0.40%
③ K-3 OFケーブルダクト	1.12%	1.16%	1.13%	1.18%	0.81%	0.39%	0.57%	0.25%	1.07%	0.54%	0.70%	0.33%



揺すり込みによる沈下：沈下率 2%

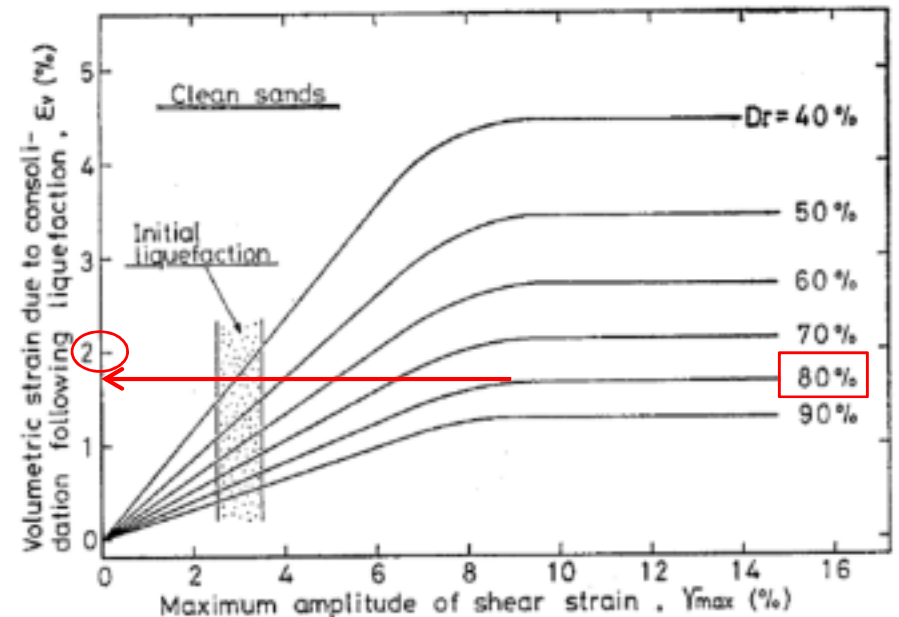
1. 3 沈下影響評価における沈下率の設定

液状化に伴う沈下について：沈下率の設定

- 飽和地盤における液状化後の排水に伴う沈下については、Ishihara et al. (1992) に示されている地震時の最大せん断ひずみと地震後の体積ひずみ（沈下率）の関係を用いて設定した。
- 相対密度は、対象層（埋戻土、新期砂層・沖積層、古安田層中の砂層）の調査結果から、保守的に80%とした。
- 沈下率は、保守的に地震時の最大せん断ひずみを考慮せず、最大値を踏まえて2%とした。

対象層の相対密度

地層	相対密度 [%]	備考 (調査位置)
	平均	
埋戻土	85	A-1ほか
新期砂層 ・沖積層	99	A-3及びその周辺, K7軽油タンク周辺
古安田層中 の砂層	89	荒浜側, 大湊側海側
相対密度の 設定値 [%]	80	

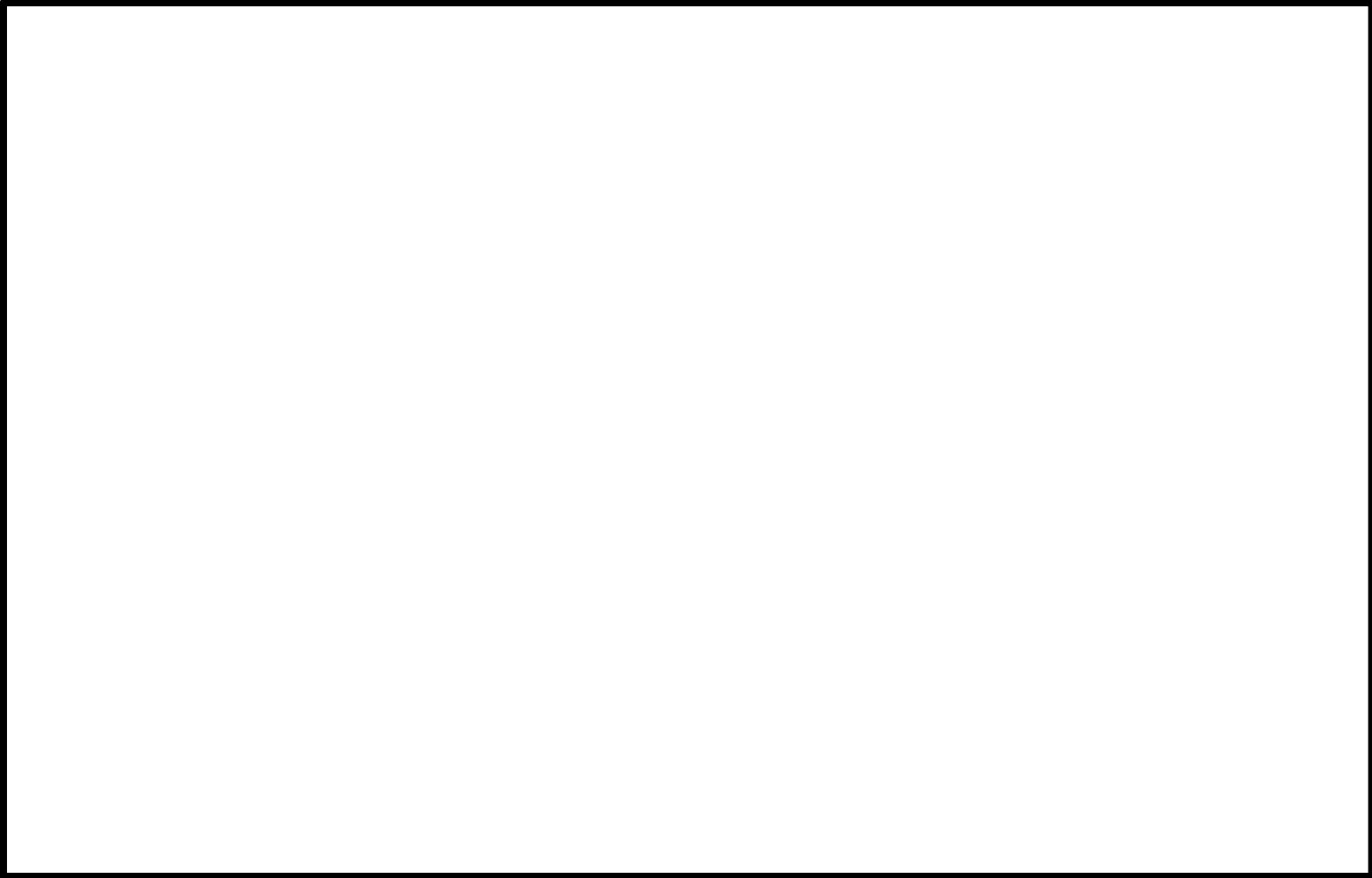


最大せん断ひずみと体積ひずみの関係（石原ら1992）

液状化に伴う沈下：沈下率 2%

アクセスルート上の段差評価：検討箇所

- 段差が発生する要因となる地中埋設構造物を抽出し、その地点における相対沈下量による段差評価を実施した。



アクセスルート及び段差評価位置図

段差評価の考え方

- 地下水位以浅の不飽和地盤の揺すり込み沈下量は、沈下率を2.0%として算出する。
- 地下水位以深の飽和地盤の液状化に伴う沈下量は、砂層を対象に沈下率を2.0%として算出する。なお、古安田層については、保守的に粘性土層も含めた層厚で評価した。
- 揺すり込み沈下量と液状化に伴う沈下量の合計を全沈下量とし、構造物の有無による相対沈下量を段差として評価する。
- 地下水位は、評価対象箇所周辺に既工認実績の構造物がある場合は、その構造物の設計水位を参考に設定する。周辺に構造物のない場合は過去の地下水位観測記録などを参考に設定する。
- 緊急車両が通行可能な許容段差量は、15cm以下とする。

1. 地震時の液状化等に伴う沈下に対する影響評価

1. 4 アクセスルート上の段差評価

アクセスルート上の段差評価：評価結果【1】

：段差（相対沈下量）が15cmを超える箇所

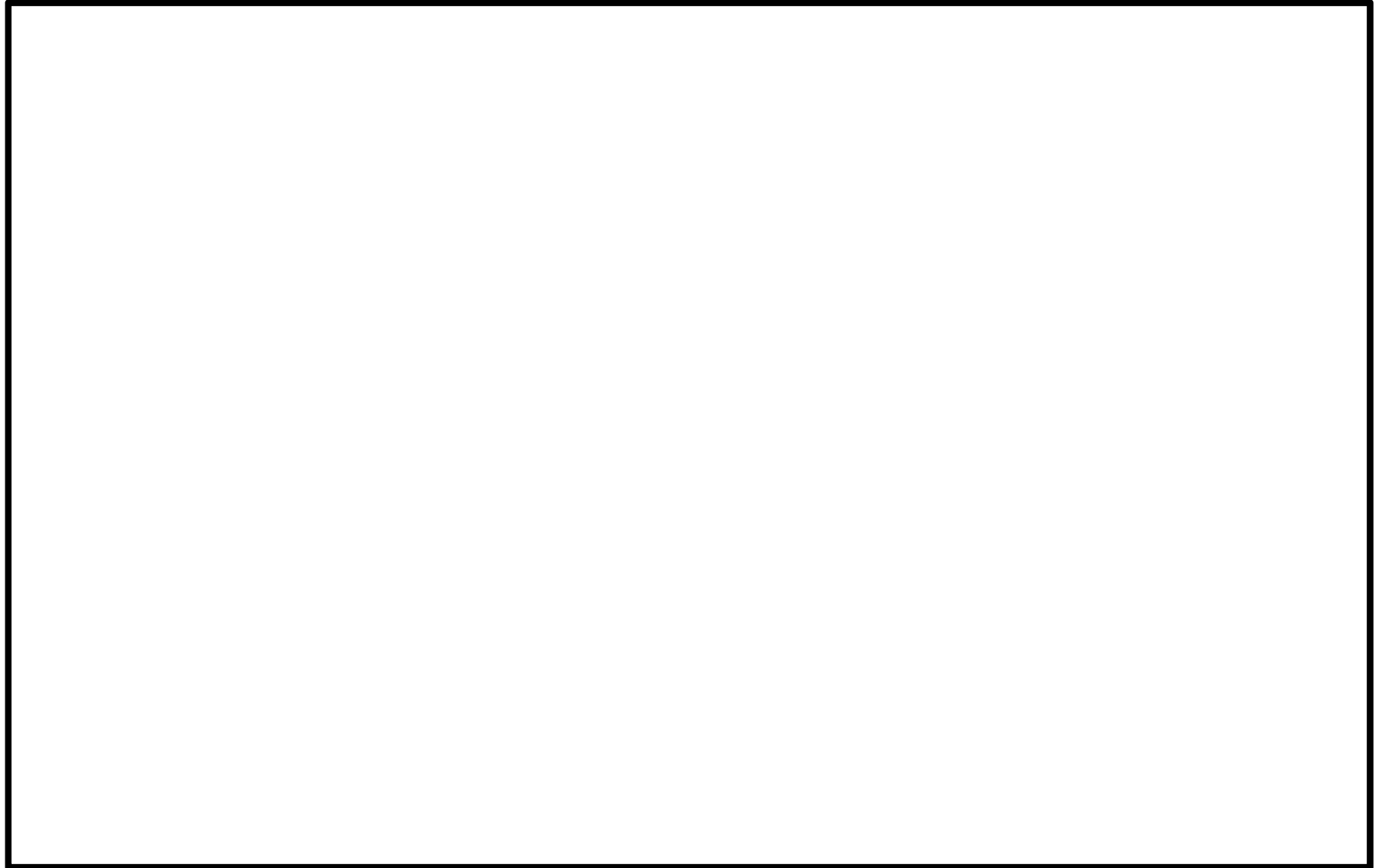
通し 番号	名称	路面高	基礎 下端	構造物高 +基礎	地下水位	相対 沈下量	車両通行 可否	備考 斜面崩壊範囲 との重複：□
		T. M. S. L. (m)	T. M. S. L. (m)	H (m)	T. M. S. L. (m)	(m)	0.15m以下：○	
1	K1-5 水配管ダクト	33.9	29.4	3.0	15.0	0.06	○	
2	K1-5 水配管ダクト	35.5	31.7	2.7	10.0	0.05	○	
3	500kVケーブルダクト	20.6	13.5	5.1	10.0	0.10	○	□
4	新500kVケーブル洞道	14.4	-16.9	3.2	10.0	0.06	○	□
5	K-1 重油配管トレイ	13.6	12.4	1.2	10.0	0.02	○	□
6	K-3/4 CV、K-40Fケーブルダクト	5.7	-2.7	3.4	1.0	0.07	○	
7	排水管 □2100×1600	13.1	9.3	2.4	10.0	0.05	○	
8	免震重要棟連絡ダクト	13.1	7.9	2.4	10.0	0.05	○	
9	情報棟連絡ダクト	8.2	4.6	2.9	5.0	0.06	○	□
10	K-3 OFケーブルダクト	4.9	-10.1	3.3	1.0	0.07	○	
11	K-1/2 CV K-2 OFケーブルダクト	4.9	0.2	3.8	1.0	0.08	○	
12	新500kVケーブル洞道	13.2	7.4	3.2	10.0	0.06	○	□
13	K-4 OFケーブルダクト	13.3	8.1	3.4	10.0	0.07	○	□
14	K-3/4 CVケーブルダクト	13.3	8.1	3.3	10.0	0.07	○	□
15	K-3 OFケーブルダクト	13.3	6.2	3.0	10.0	0.06	○	□
16	K-1/2 CV、K-2 OFケーブルダクト	13.1	5.2	3.8	10.0	0.08	○	□
17	K-1 OFケーブルダクト	10.9	6.4	3.8	10.0	0.08	○	□
18	K-1 水配管ダクト	8.2	3.2	3.9	8.2	0.08	○	□
19	排水管HP-1350	5.1	1.5	2.4	1.0	0.05	○	
20	K-3 OFケーブルダクト	4.9	-10.3	3.3	1.0	0.07	○	
21	事務本館周辺 雨水排水路 暗渠	13.0	8.6	2.4	10.0	0.05	○	
22	事務本館周辺 電線管路 多孔暗渠	13.0	11.2	1.4	10.0	0.03	○	□
23	緊対室～すずかけ通り雨水排水路	13.7	8.9	2.4	10.0	0.05	○	□
24	K-1 山側水配管ダクト	6.8	0.7	3.9	5.0	0.08	○	
25	K-1 山側排水路	6.8	1.2	2.4	5.0	0.05	○	
26	K-1 山側OFケーブルダクト	4.8	-2.2	3.8	1.0	0.08	○	
27	K1-5 水配管ダクト	12.2	8.3	3.0	7.0	0.06	○	□
28	K-5 OFケーブルダクト	12.2	7.2	4.3	7.0	0.09	○	
29	K-6 MUW連絡ダクト	12.0	7.1	3.6	7.0	0.07	○	
30	K1-5 水配管ダクト	19.4	15.4	3.0	19.4	0.06	○	□
31	500KVケーブルダクト	18.0	11.3	5.1	18.0	0.10	○	□
32	新500kVケーブル洞道	15.0	-7.6	3.2	15.0	0.06	○	□
33	K-6 OFケーブルダクト	11.9	3.4	7.3	7.0	0.15	○	
34	K-7 OFケーブルダクト	11.9	5.9	4.1	7.0	0.08	○	
35	排水管 HP-1100	11.9	8.3	2.2	7.0	0.04	○	
36	排水暗渠口-1100	11.7	8.2	1.5	1.0	0.03	○	
37	K-7 ホンベ庫連絡ダクト	11.9	8.0	2.9	1.0	0.06	○	
38	K-7 取水路	11.7	-11.2	8.7	1.0	0.17	×	

アクセスルート上の段差評価：評価結果【2】

：段差（相対沈下量）が15cmを超える箇所

通し 番号	名称	路面高 T. M. S. L. (m)	基礎 下端 T. M. S. L. (m)	構造物高 +基礎 H(m)	地下水位 T. M. S. L. (m)	相対 沈下量 (m)	車両通行 可否	備考 斜面崩壊範囲 との重複：□
							0.15m以下：○	
39	K-7 補機放水路	11.9	7.8	2.1	1.0	0.04	○	
40	K-6 OFケーブルダクト	12.1	7.1	4.0	7.0	0.08	○	
41	K-7 OFケーブルダクト	12.1	6.2	4.1	7.0	0.08	○	
42	K-6 非常用ディゼルスダクト	12.1	0.0	11.4	7.0	0.23	×	
43	K-5 低起動二次側ケーブルダクト	12.1	0.2	10.7	7.0	0.21	×	
44	K-5 低起動二次側ケーブルダクト	12.2	0.2	6.6	7.0	0.13	○	
45	K-5 OFケーブルダクト	12.2	-0.8	8.0	7.0	0.16	×	
46	K-5 OFケーブルダクト	12.1	6.9	4.0	7.0	0.08	○	
47	排水管HP-1200	12.2	8.8	2.1	7.0	0.04	○	
48	K-7 T/B~BCP間連絡ダクト	11.9	7.5	3.5	1.0	0.07	○	
49	K-6 T/B~スクリーン室間連絡ダクト	11.9	6.4	4.4	1.0	0.09	○	
50	K-6 取水路	11.9	-10.9	8.4	1.0	0.17	×	
51	K-6 補機放水路	11.9	8.6	2.1	1.0	0.04	○	
52	K-6 ホンパ庫連絡ダクト	11.9	7.7	3.1	1.0	0.06	○	
53	K-6 補機放水路	11.9	8.3	2.1	1.0	0.04	○	
54	K-5 B系配管ダクト	12.1	-6.5	5.8	1.0	0.12	○	
55	K-5 ホンパ庫連絡ダクト	12.1	7.5	3.2	1.0	0.06	○	
56	K-5 A系配管ダクト	12.1	-4.4	5.8	1.0	0.12	○	
57	K-6 軽油タンク部地盤改良-A	12.0	1.1	11.0	7.0	0.22	×	
58	K-6 軽油タンク部地盤改良-B	12.0	-9.5	21.5	7.0	0.43	×	
59	K-6 軽油タンク部地盤改良-C	12.0	-8.0	20.0	7.0	0.40	×	
60	K-6 軽油タンク部地盤改良-D	12.0	3.0	9.0	7.0	0.18	×	
61	K-6 軽油タンク部地盤改良-E	12.0	1.5	10.5	7.0	0.21	×	
62	K-5 T/B北西 SPHサージタンクダクト	12.0	4.5	6.2	1.0	0.12	○	
63	排水路 ヒューム管	44.7	13.0	1.7	30.0	0.03	○	
64	排水路 ボックスカルバート	42.5	37.1	2.4	30.0	0.05	○	
65	500KVケーブルダクト	12.3	6.1	5.1	7.0	0.10	○	□
66	新500kVケーブルダクト	12.3	6.3	3.1	7.0	0.06	○	
67	500KVケーブルダクト	16.5	4.9	5.1	12.3	0.10	○	
68	水配管ダクト	37.7	32.7	3.0	15.0	0.06	○	
69	第一GTGケーブルダクト	12.0	-15.0	27.0	7.0	0.54	○	
70	第一GTGケーブルダクト部地盤改良	12.0	-15.0	23.7	7.0	0.47	×	
71	K-1 重油配管トレンチ	追而						
72	排水路 ヒューム管							
73	排水路 ボックスカルバート							
74	K-5 循環水ホソ管配管							
75	K-5 循環水ホソ管配管							

段差評価：評価結果【3】

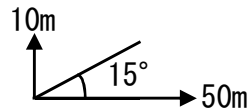


アクセスルート及び段差評価位置図（地震時に15cmを越える段差発生が予測される箇所 ● ）

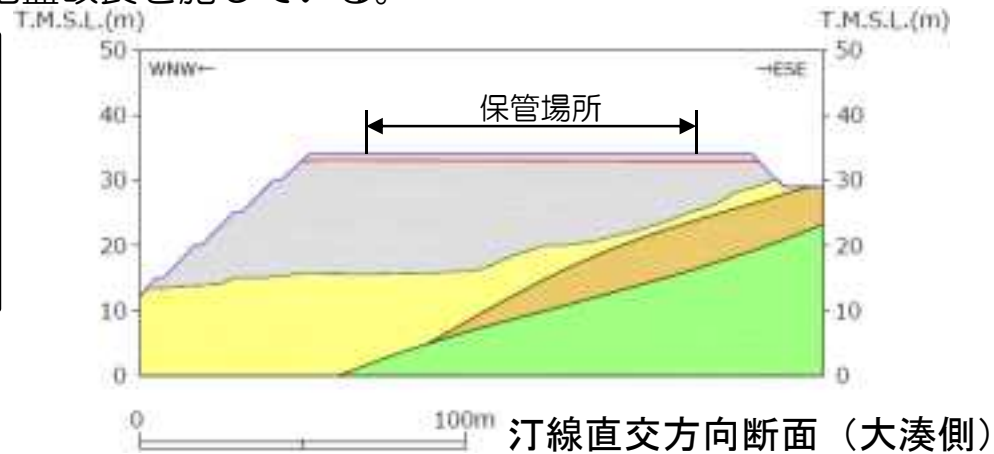
※15cmを越える段差は、砕石を用いてホイールローダにより復旧を行う。砕石は地震時に15cmを越える段差発生が予測される箇所から100m以内にストックする。

保管場所の沈下による影響評価

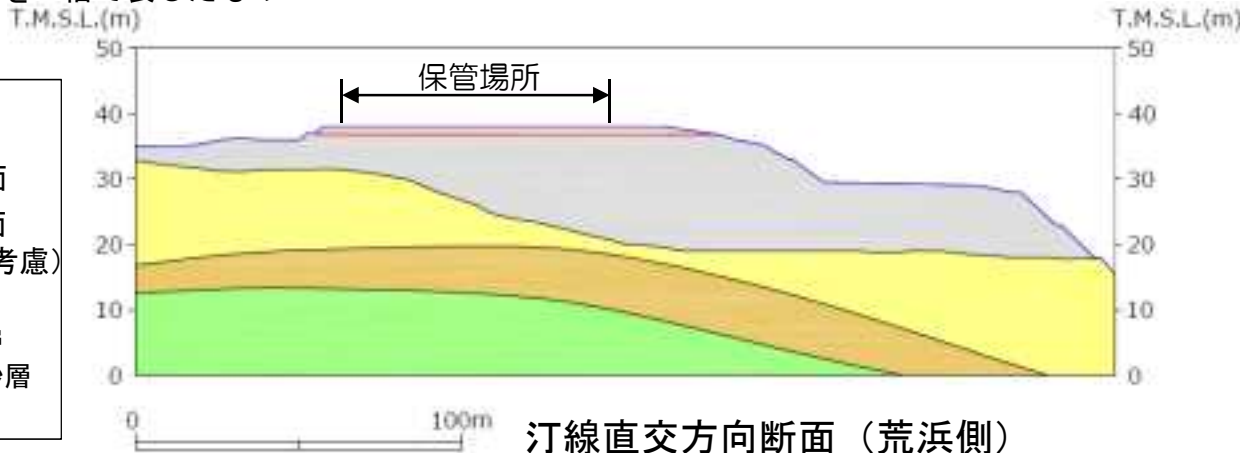
- 荒浜側及び大湊側の保管場所における揺すり込み沈下や液状化に伴う沈下による影響を評価した。
- 評価の結果、保管場所は概ね一様に沈下することから、車両通行の許容段差量15cmを超える局所的な段差は発生しない。また、車両の登坂能力限界である15° を超える傾斜も発生しない。
- なお、保管場所の表層には地盤改良を施している。



※断面図は鉛直スケールを2倍で表したもの



汀線直交方向断面（大湊側）



汀線直交方向断面（荒浜側）

凡 例	
	地震前の地表面
	地震後の地表面 (液状化・揺すり込沈下考慮)
	盛土・埋戻土
	新期砂層・沖積層
	番神砂層・大湊砂層
	古安田層

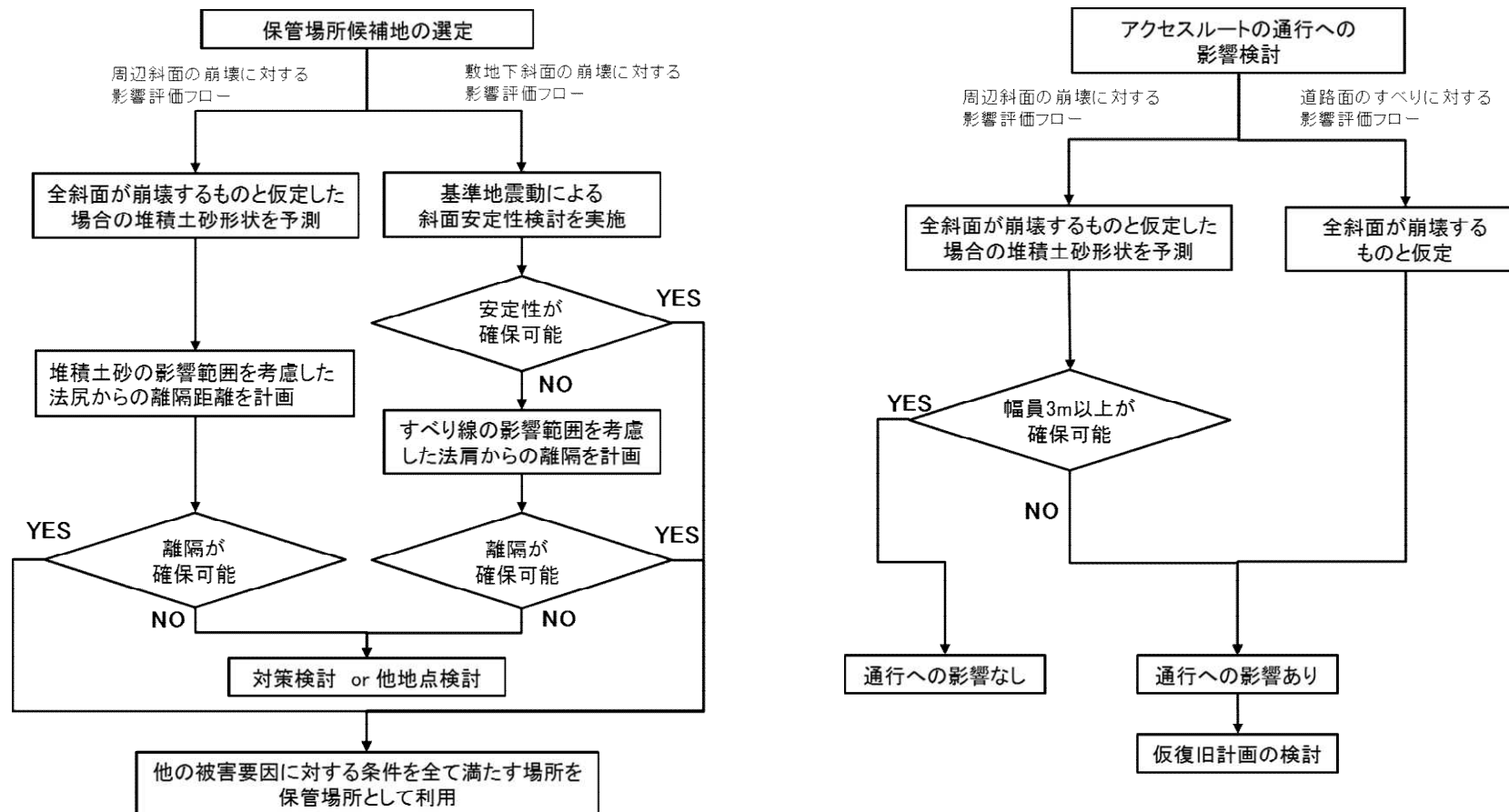
段差評価の考え方

- 評価対象範囲は、保管場所及びその周辺とする。
- 地下水位以浅の不飽和地盤の揺すり込み沈下量は、沈下率を2.0%として算出する。
- 検討条件はアクセスルートと同条件とする。
- 緊急車両が通行可能な許容段差量は、15cm以下とする。
- 緊急車両が通行可能な許容傾斜は、15° 以下とする。

1. 地震時の液状化等に伴う沈下に対する影響評価
 1. 1 評価方針
 1. 2 地震時の液状化に伴う側方流動の影響評価
 1. 3 沈下影響評価における沈下率の設定
 1. 4 アクセスルート上の段差評価
 1. 5 保管場所の沈下影響評価
2. 地震に伴う斜面のすべり評価
 2. 1 評価方針
 2. 2 保管場所の斜面すべり評価
 2. 3 アクセスルートの斜面すべり評価
3. アクセスルートの仮復旧時間の評価
4. 有効性評価の成立性
5. 補足説明資料

2. 1 評価方針

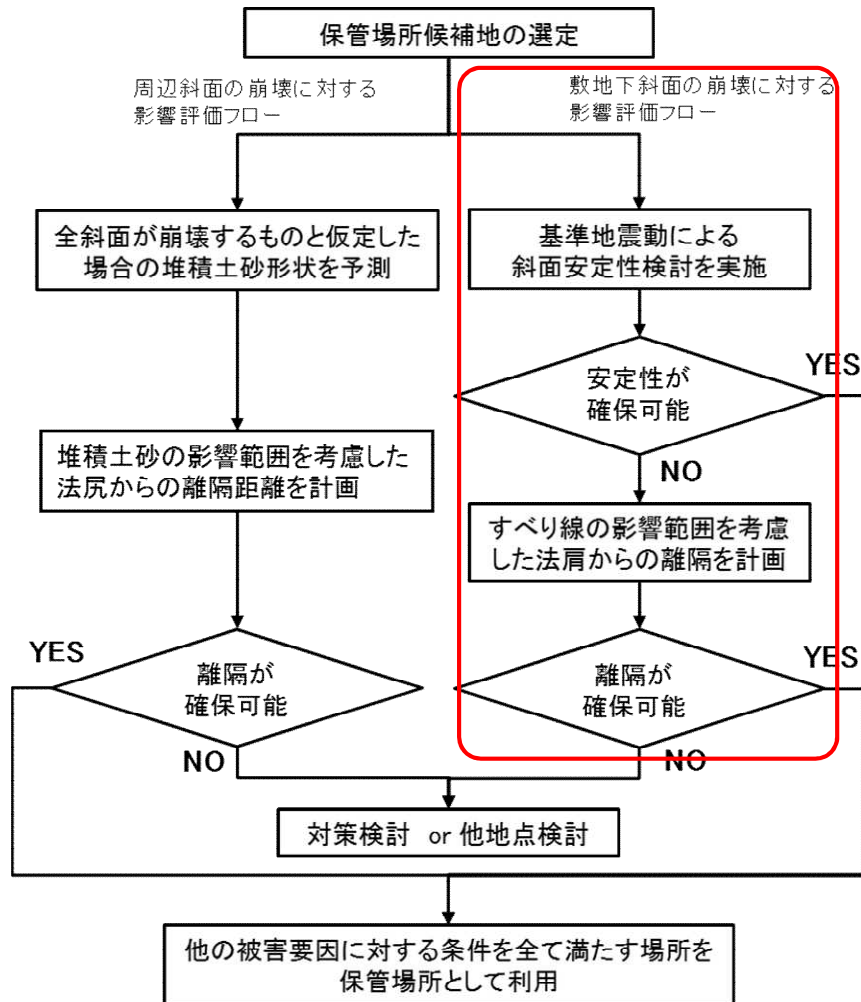
- 保管場所及びアクセスルート斜面について、被害形態を踏まえた評価方針（下図フロー）を整理した。
- 保管場所については、評価方針に基づき、保管場所敷地下斜面の二次元等価線形解析に基づくすべり評価を実施し、すべり安全率が1を下回るすべり線の範囲を考慮して、保管場所を設定する。また、周辺斜面に対して影響範囲を考慮して離隔距離を確保する。
- アクセスルートについては、評価方針に基づき、全斜面が崩壊すると仮定し、崩壊形状を保守的に設定して、通行への影響検討を実施する。



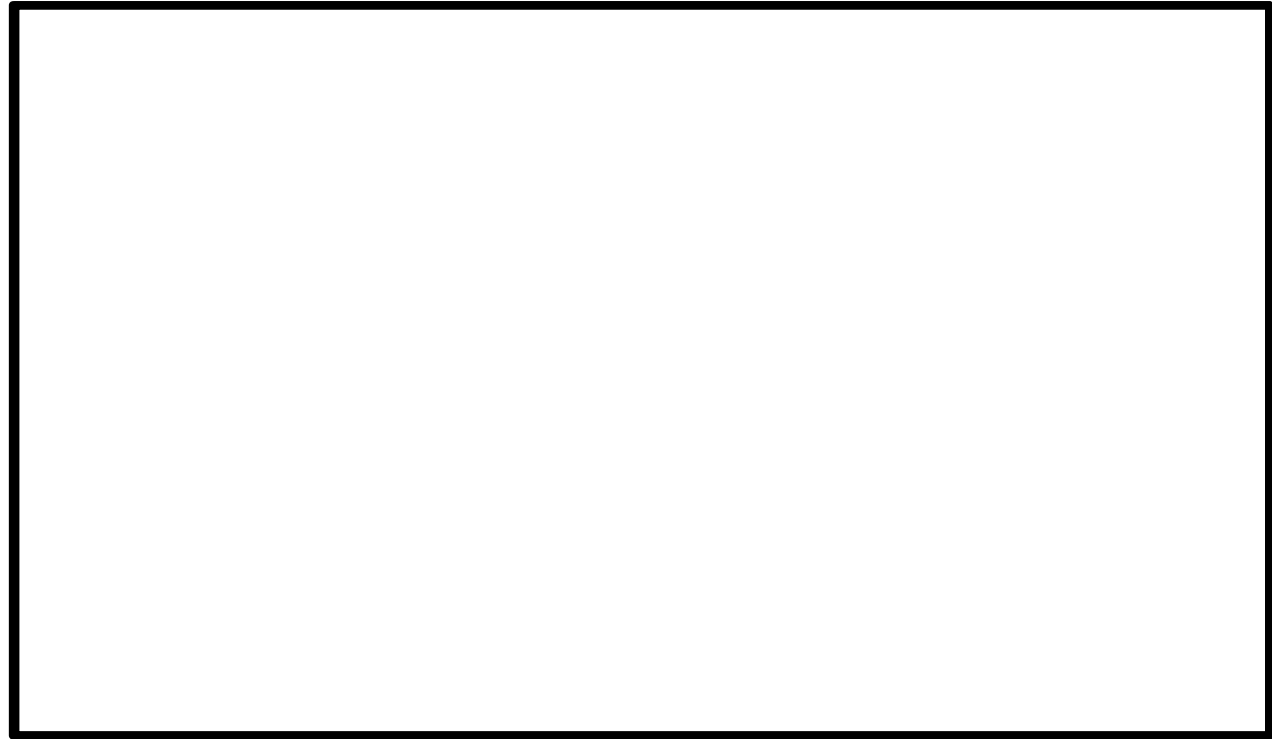
保管場所及びアクセスルート斜面の評価フロー

保管場所の敷地下斜面すべり評価：検討概要

- 荒浜側及び大湊側の保管場所について、敷地下の斜面に対するすべり評価を実施した。



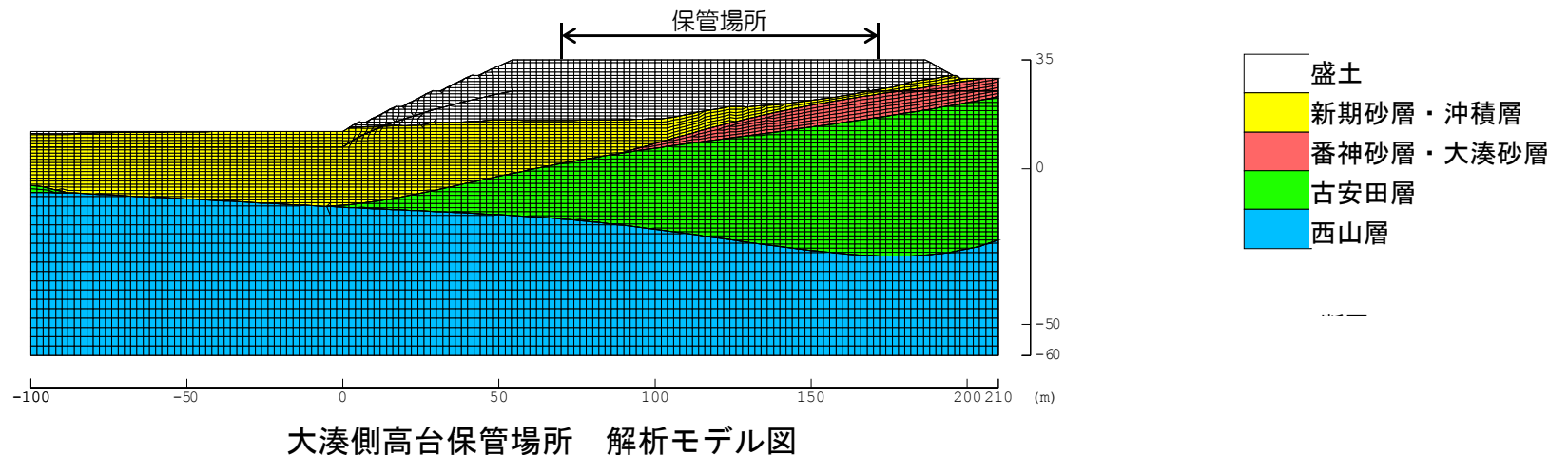
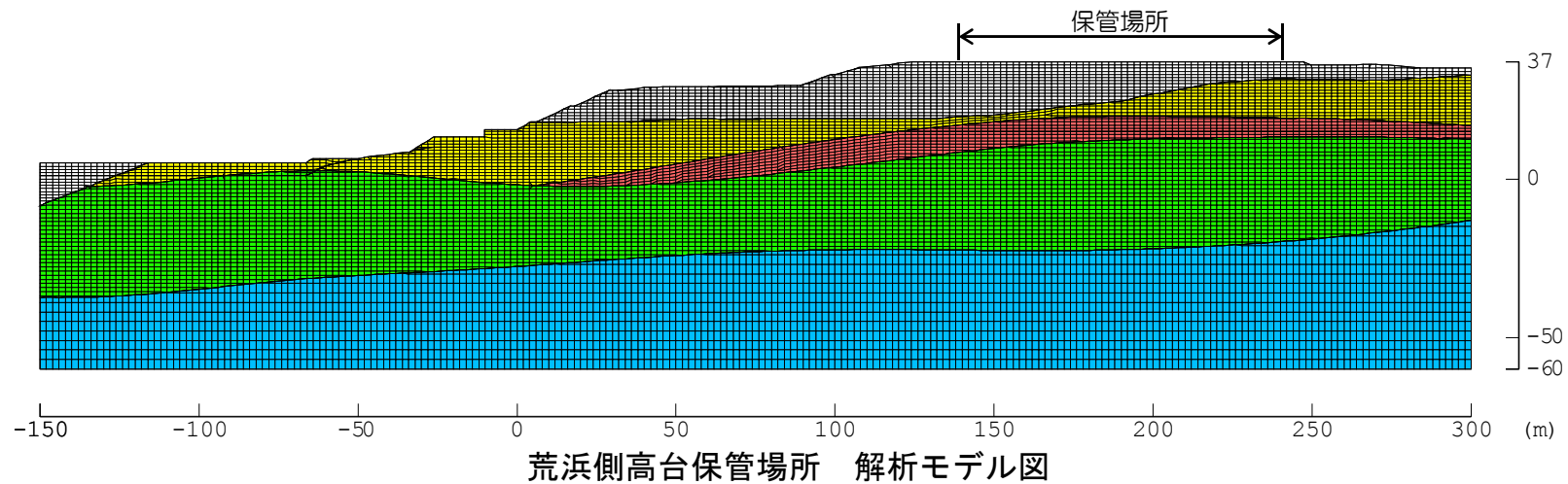
保管場所の評価フロー



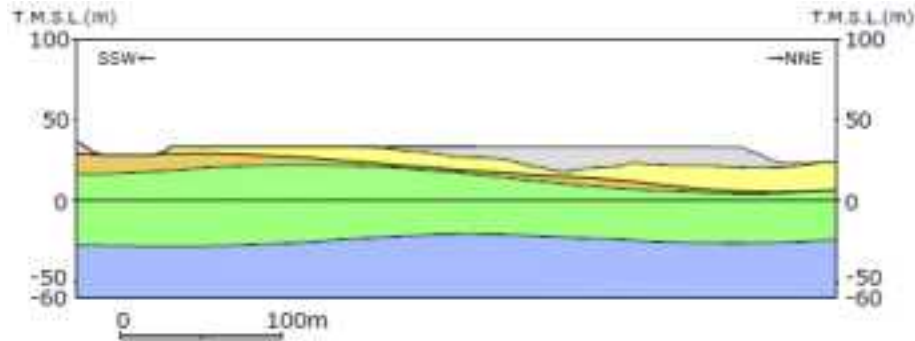
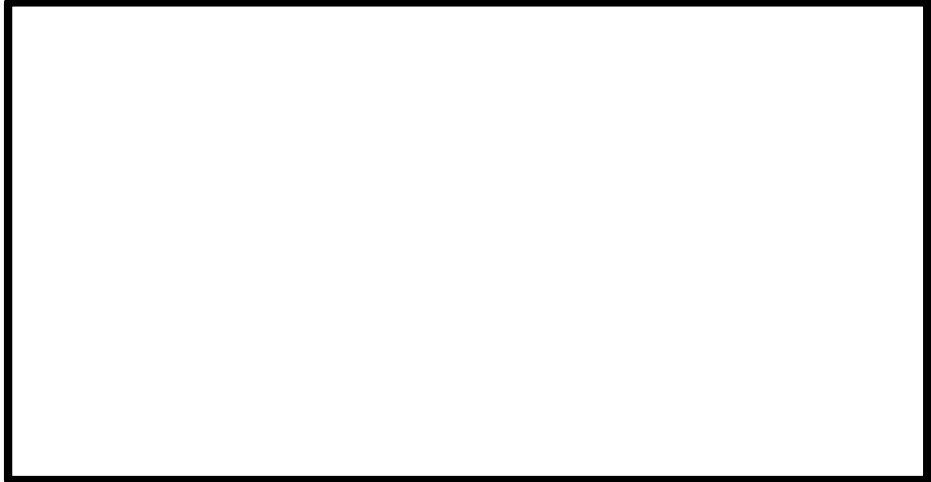
保管場所の検討位置

保管場所の敷地下斜面すべり評価：検討条件

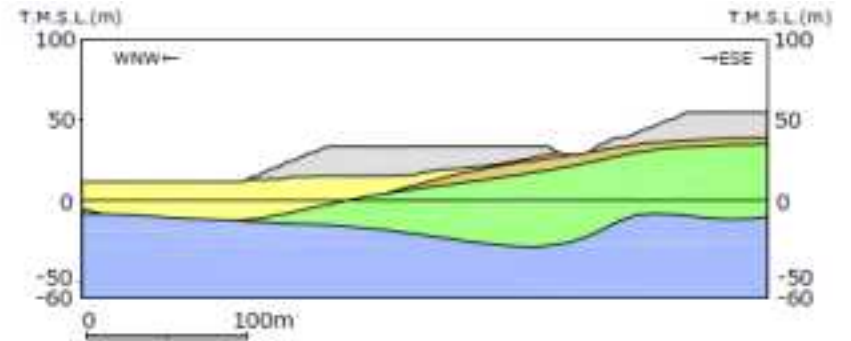
- 斜面のすべり評価については、二次元等価線形解析に基づき実施した。
- 解析用地盤物性値は、基礎地盤安定性評価の物性値（第336回審査会合）を用いた。
- 入力地震動には、基準地震動 S_s を解析モデル下端（T.M.S.L.-60m）まで引き上げた波形を用いた。なお、敷地内の地震増幅特性を踏まえ、両地点とも荒浜側の基準地震動 S_s を用いた。



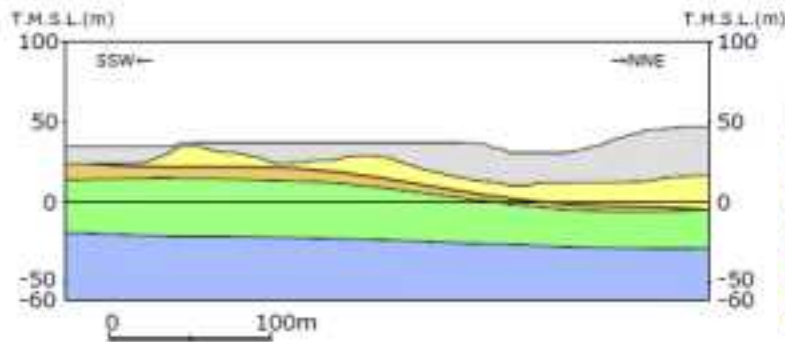
(参考) 保管場所斜面の地質断面図



大湊側高台保管場所 汀線平行断面 (①断面)

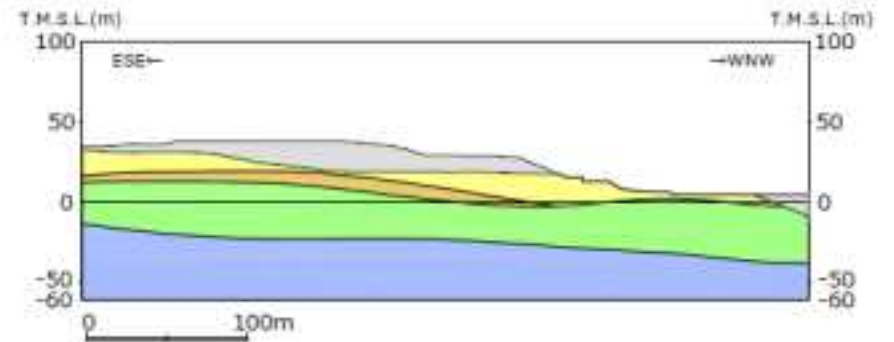


大湊側高台保管場所 汀線直交断面 (②断面)



荒浜側高台保管場所 汀線平行断面 (③断面)

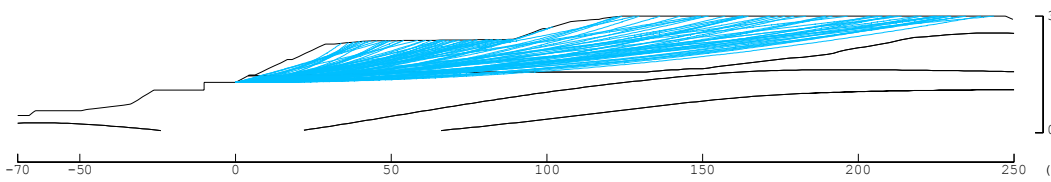
- 凡 例
- 盛土・堆灰土
 - 新期砂層・沖積層
 - 常神砂層・大湊砂層
 - 古安田層
 - 西山層



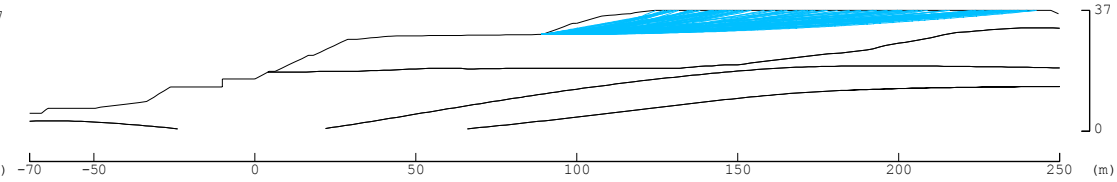
荒浜側高台保管場所 汀線直交断面 (④断面)

保管場所の敷地下斜面すべり評価：検討結果〔荒浜側高台保管場所〕

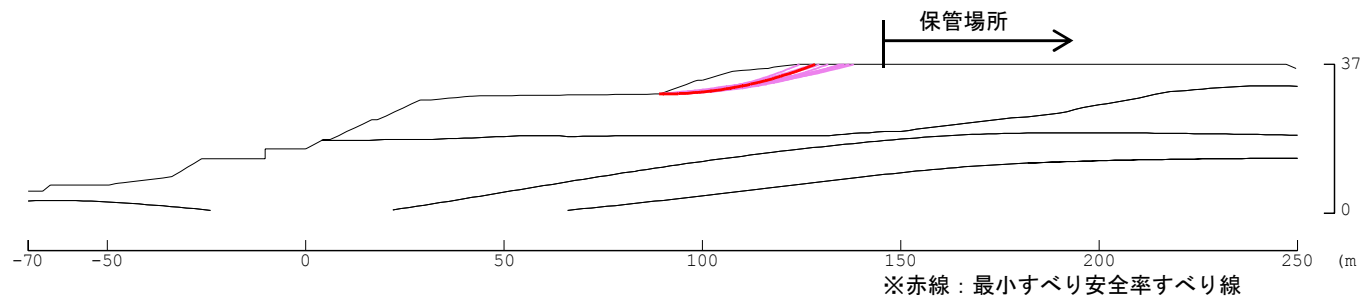
- すべり安全率が1を下回るすべり線の範囲を踏まえて、法肩から最大崩壊範囲までの距離に対して2割程度の裕度を持たせて保管場所を設定する。



すべり安全率を算定したすべり線①



すべり安全率を算定したすべり線②



すべり安全率が1を下回るすべり線

※赤線：最小すべり安全率すべり線

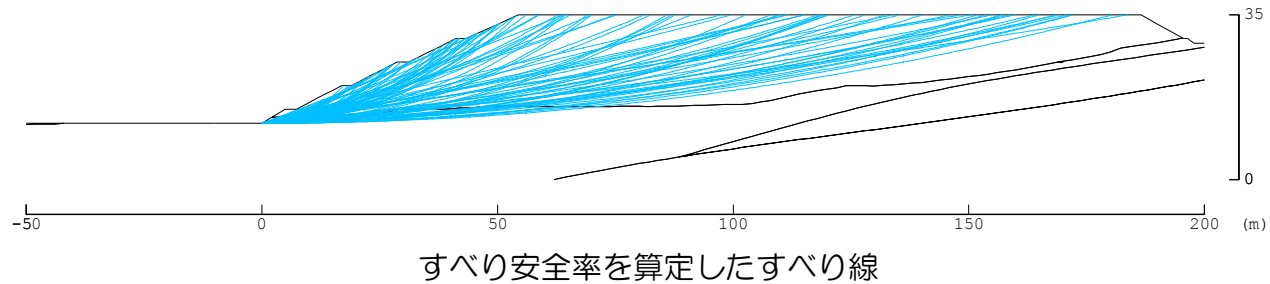
すべり安全率一覧

地震動	すべり安全率 すべり線①	すべり安全率 すべり線②
Ss-1	1.1	1.2
Ss-2	1.0	0.88
Ss-3	1.1	1.4
Ss-4	1.4	1.8
Ss-5	1.1	1.3
Ss-6	1.3	1.6
Ss-7	1.2	1.3

※ Ss-1, Ss-3は、地震動を位相反転したケースを含む最小値

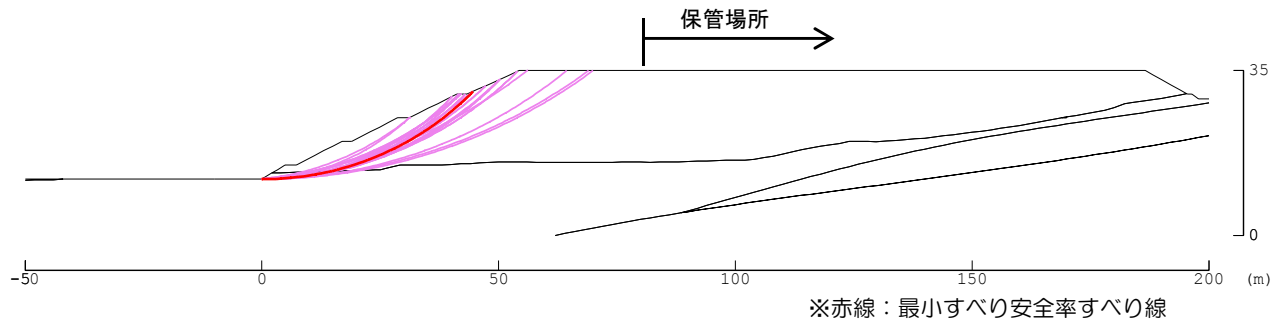
保管場所の敷地下斜面すべり評価：検討結果〔大湊側高台保管場所〕

- すべり安全率が1を下回るすべり線の範囲を踏まえて、法肩から最大崩壊範囲までの距離に対して2割程度の裕度を持たせて裕度を持たせて保管場所を設定する。



すべり安全率一覧

地震動	すべり安全率
Ss-1	0.82
Ss-2	1.4
Ss-3	1.2
Ss-4	1.4
Ss-5	1.4
Ss-6	1.3
Ss-7	1.3

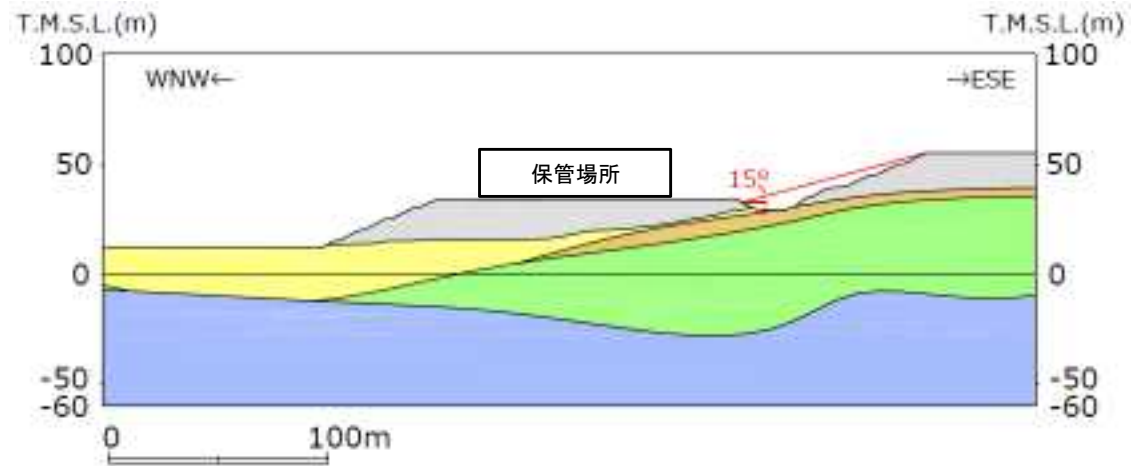
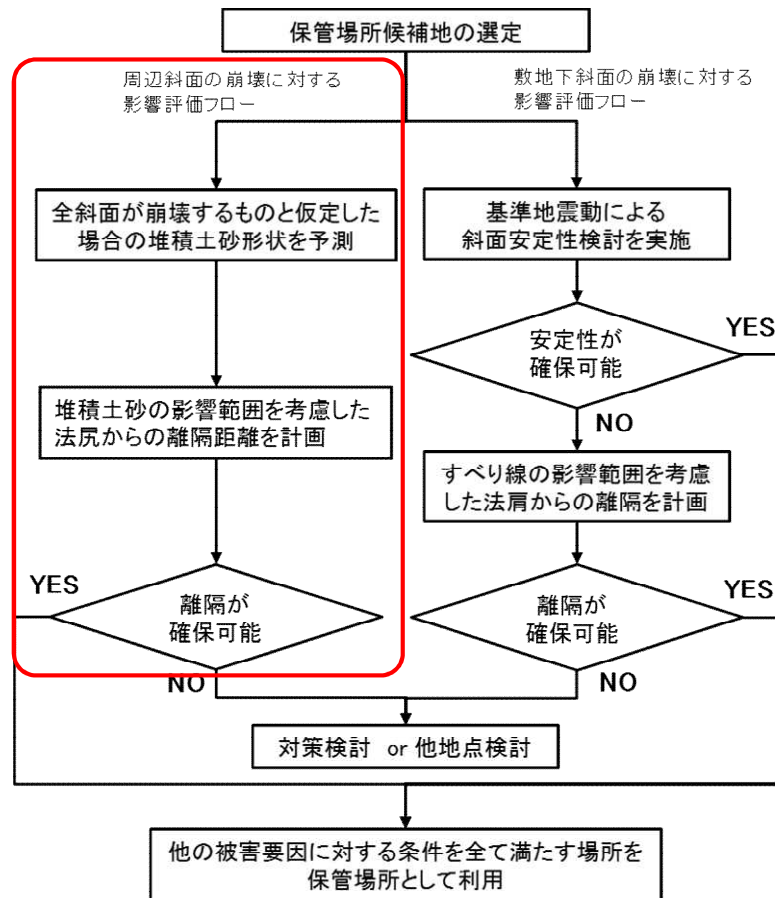


すべり安全率が1を下回るすべり線

※ Ss-1, Ss-3は、地震動を位相反転したケースを含む最小値

保管場所の周辺斜面すべり評価

- 荒浜側保管場所の周辺に斜面はない。
- 大湊側保管場所の周辺斜面は、後述する保守的に設定した崩壊後の土砂の堆積形状（崩壊前の土砂形状の法肩を基点に堆積角度15°の範囲を堆積形状と設定）に対して十分な離隔距離を確保しており、斜面崩壊が生じたとしても施設に影響を及ぼさない。



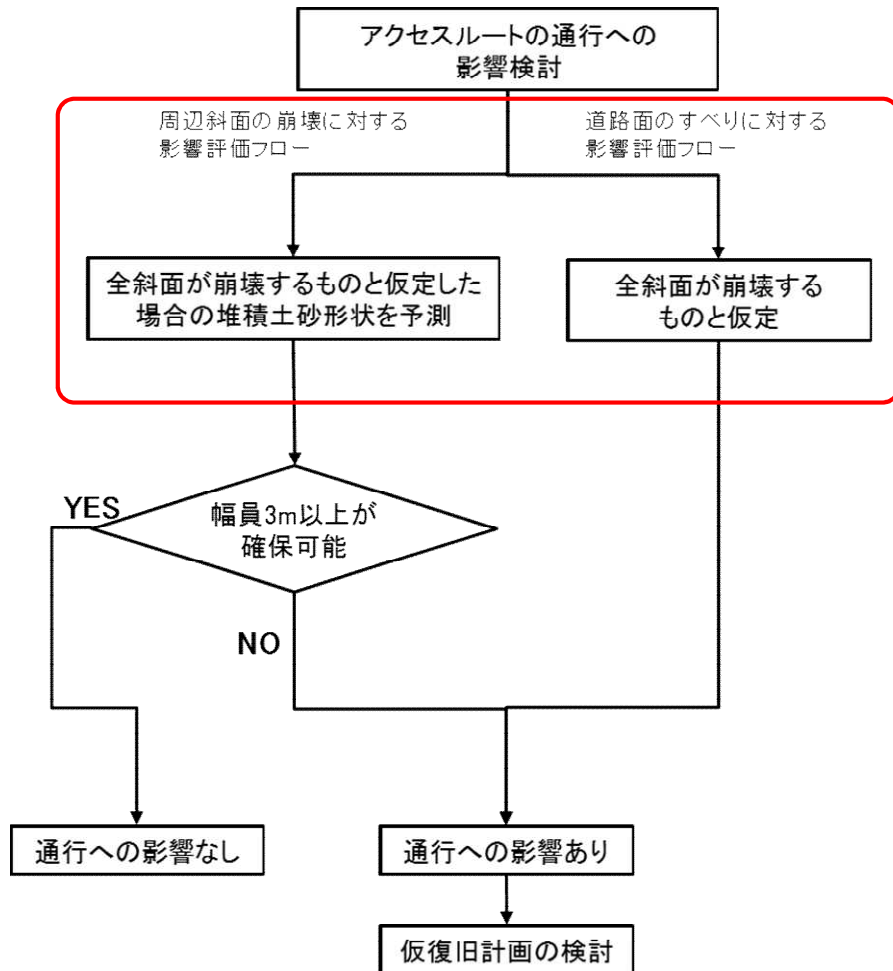
大湊側高台保管場所 汀線直交断面

- 凡 例
- 盛土・埋戻土
 - 新期砂層・沖積層
 - 舊期砂層・大湊砂層
 - 古安田層
 - 西山層

保管場所の評価フロー

アクセスルートの斜面すべり検討：検討概要

- アクセスルートの通行への影響検討として、周辺斜面及び道路面に対するすべり評価を実施した。
- アクセスルートの周辺斜面及び道路面のすべりについては、全斜面が崩壊するものと仮定して、通行への影響検討を実施した。



アクセスルートの斜面すべり検討：斜面崩壊形状

- アクセスルート斜面の崩壊形状は、安息角と内部摩擦角の関係及び土砂の移動時の内部摩擦角の下限値を考慮し、崩壊土砂の堆積時の角度を15度と設定する。

- 安息角とは、自然にとりうる土の最大傾斜角で、乾燥した粗粒土の場合は高さに関係しないが、粘性土の場合は高さに影響されるので、安息角は一定の値にならないと説明されている。(地盤工学会：土質工学用語集)

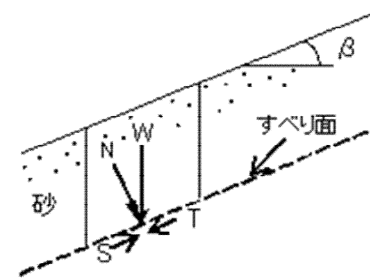
■ 砂の安息角と内部摩擦角

図の応力状態時の斜面が安定するには、すべり力 T と抵抗力 S の間に、 $T \leq S$ の条件が成り立つ必要がある。これを展開すると、以下ようになる。

$$W \cdot \sin \beta \leq W \cdot \cos \beta \cdot \tan \phi$$

$$\tan \beta \leq \tan \phi$$

$$\phi \geq \beta$$



β : 斜面勾配
 W : 砂の重量
 N : 垂直応力
 T : すべり力
 S : 抵抗力

すなわち、内部摩擦角 ϕ は斜面勾配 β 以上の値であり、安全率1.0の極限状態では内部摩擦角 ϕ は斜面勾配 β と等しくなる。

■ 土砂の移動時の内部摩擦角

【土砂災害防止に関する基礎調査の手引き：(財)砂防フロンティア整備推進機構、H13.6】

急傾斜値の崩壊に伴う土石等の内部摩擦角 ϕ

➤ $15^\circ \sim 40^\circ$

【砂防設計公式集(マニュアル)：(社)全国治水砂防協会、S59.11】

土石流の力や高さの検討に用いる土砂の内部摩擦角 ϕ

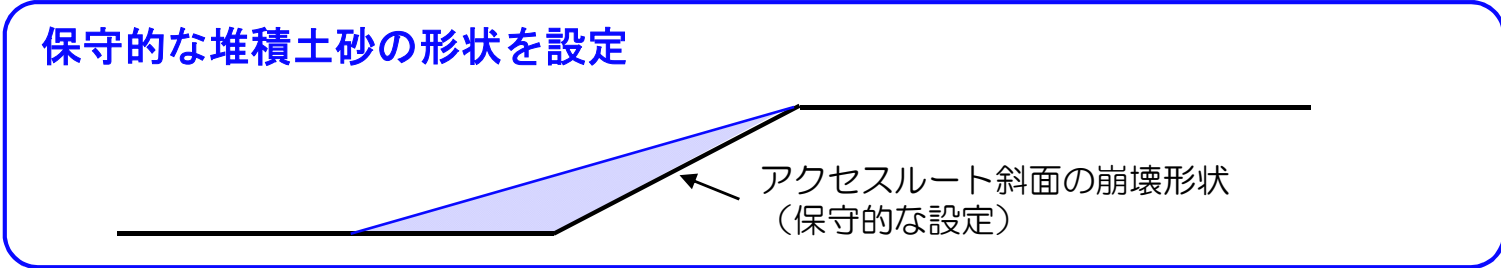
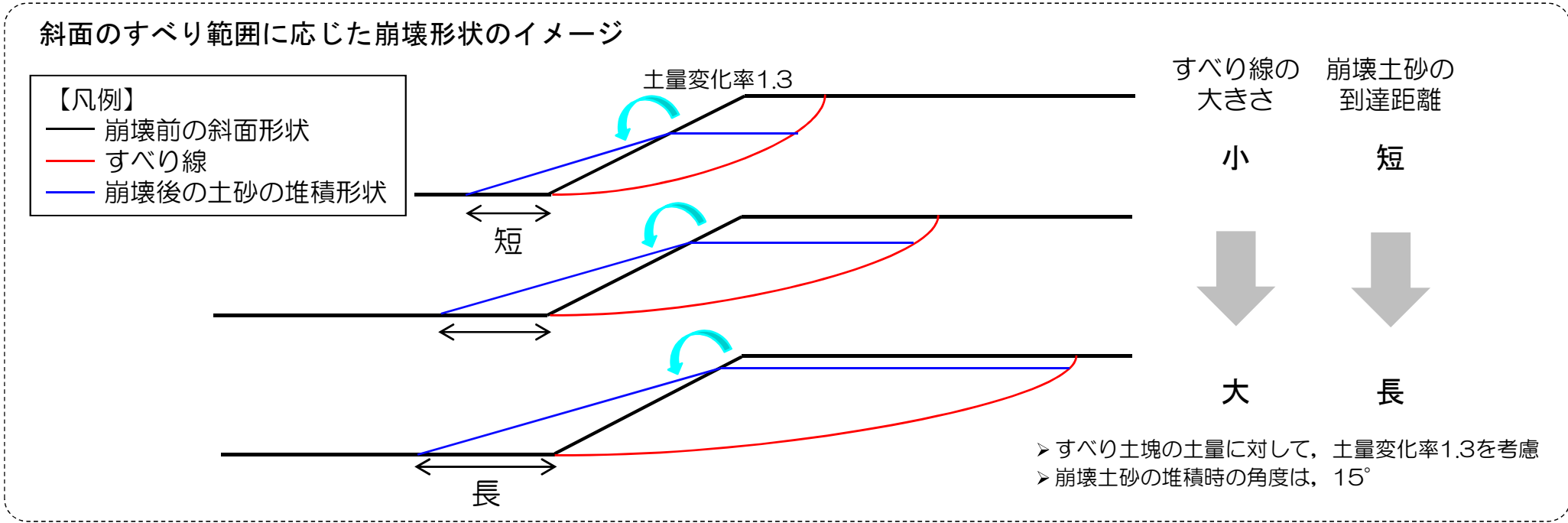
➤ 普通土(固いもの) : $25^\circ \sim 35^\circ$

➤ 普通土(やや軟らかいもの) : $20^\circ \sim 30^\circ$

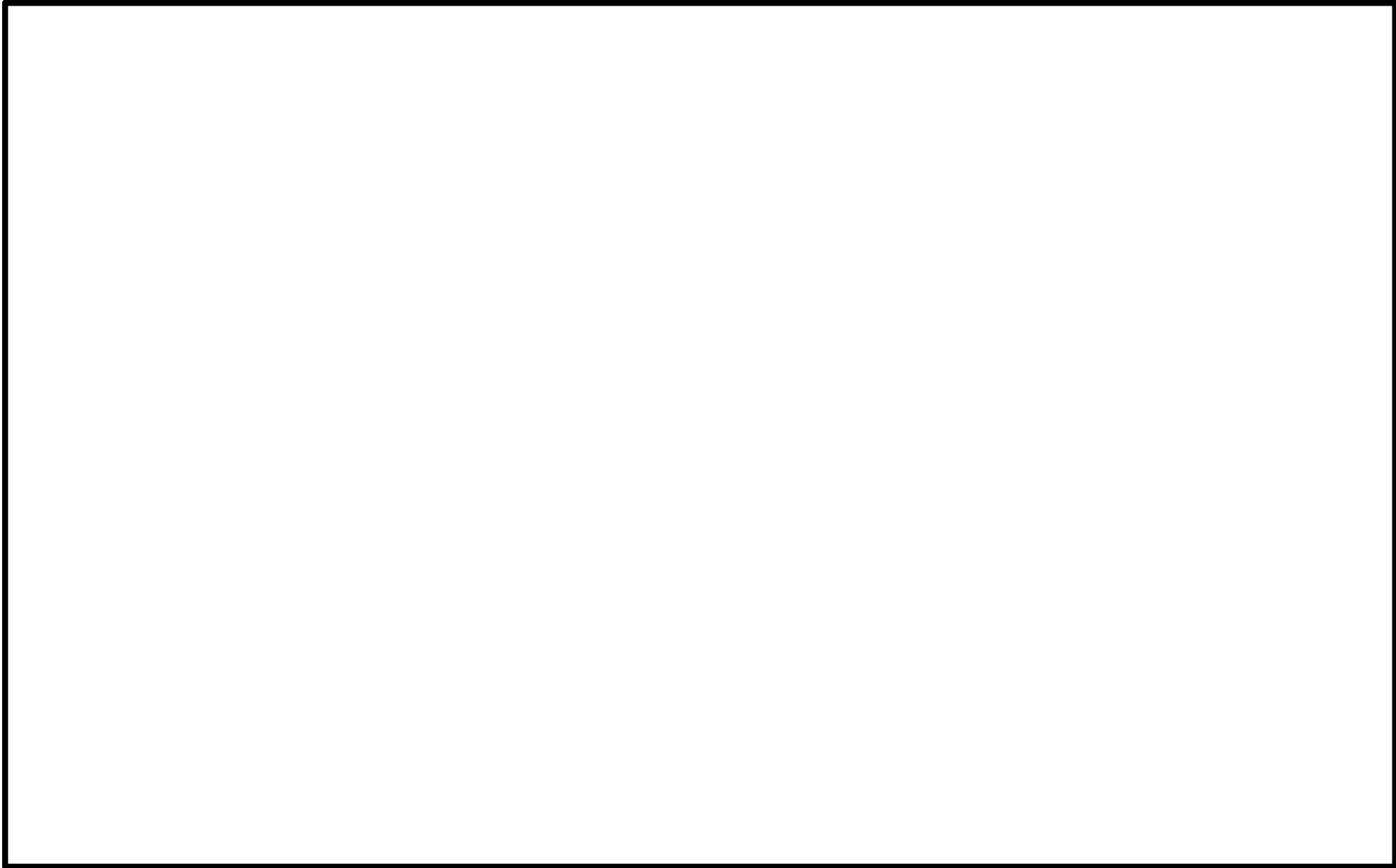
➤ 普通土(軟らかいもの) : $15^\circ \sim 25^\circ$

アクセスルートの斜面すべり検討：斜面崩壊形状の設定

- すべり範囲に応じた崩壊形状の設定では、下図に示すとおり、すべり線が大きいほど崩壊土砂の到達距離は長くなり、崩壊形状の法肩は崩壊前の斜面形状の法肩に近づく。
- アクセスルート斜面の崩壊形状については、保守的に崩壊後の土砂の堆積形状を崩壊前の土砂形状の法肩を基点に堆積角度が 15° となるように設定した。

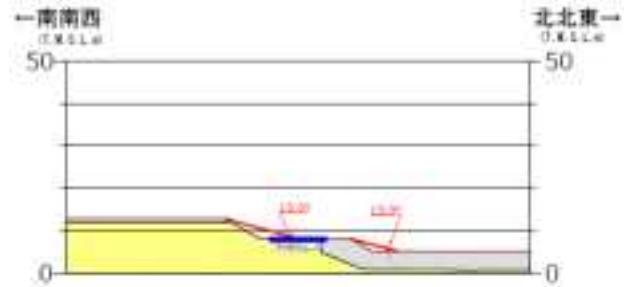


アクセスルートの斜面すべり検討：評価対象斜面

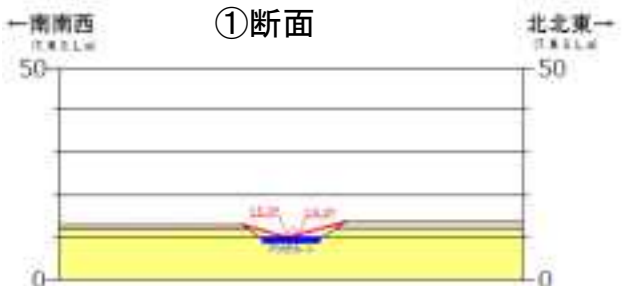


アクセスルートの斜面すべり検討：崩壊土砂の影響範囲（1/3）

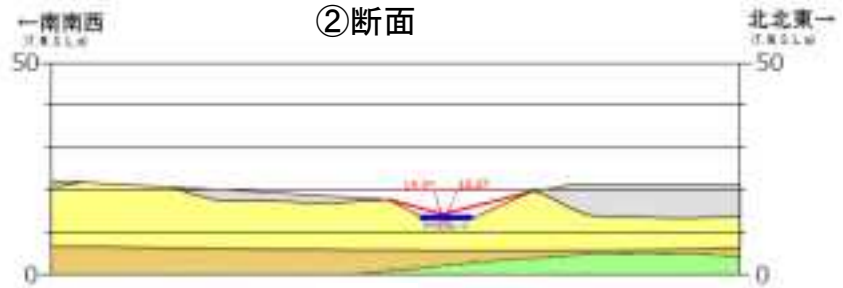
- 凡 例
- ： 盛土・埋戻し土
 - ： 新明砂層・沖積層
 - ： 高神砂層・大浜砂層
 - ： 古安田層
 - ： セメント改良土
 - ： アクセスルート
 - ： 堆積土砂形状（15°）



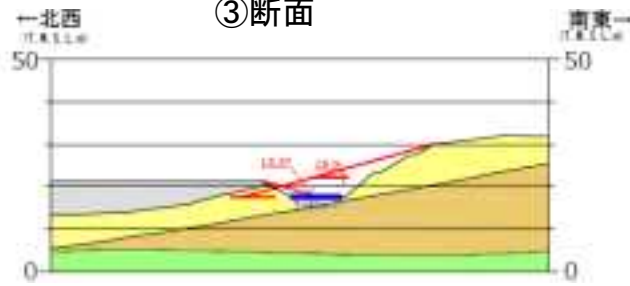
①断面



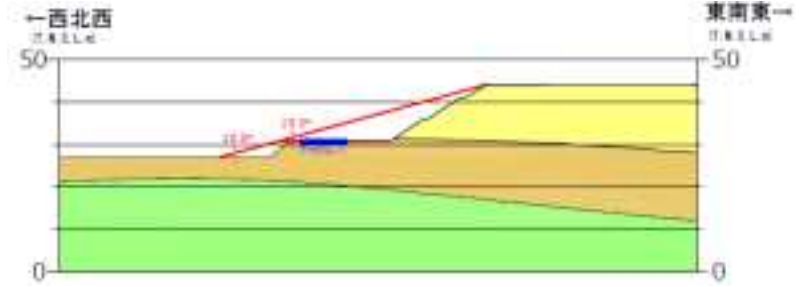
②断面



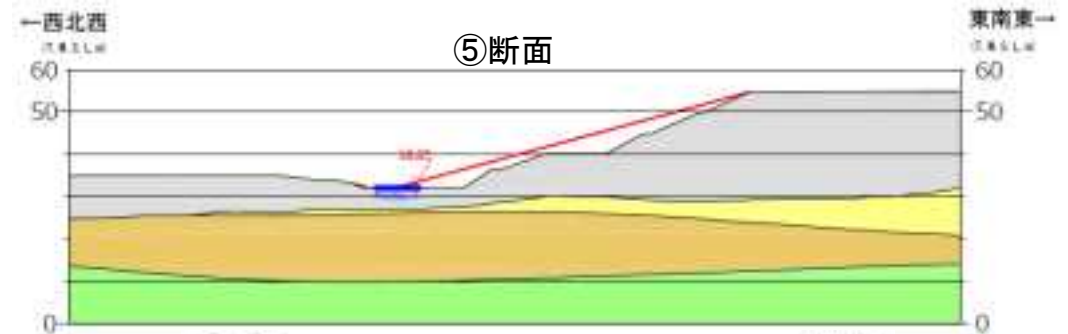
③断面



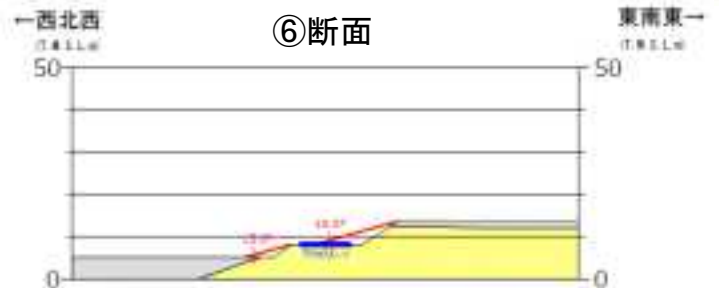
④断面



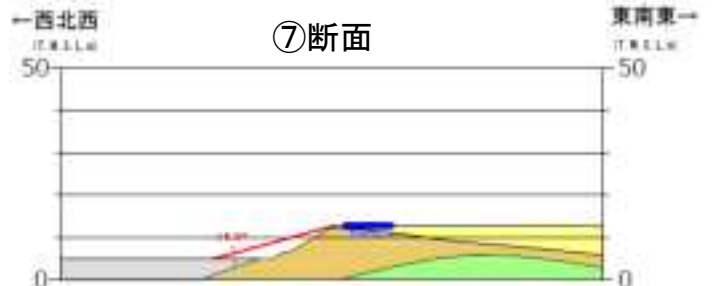
⑤断面



⑥断面



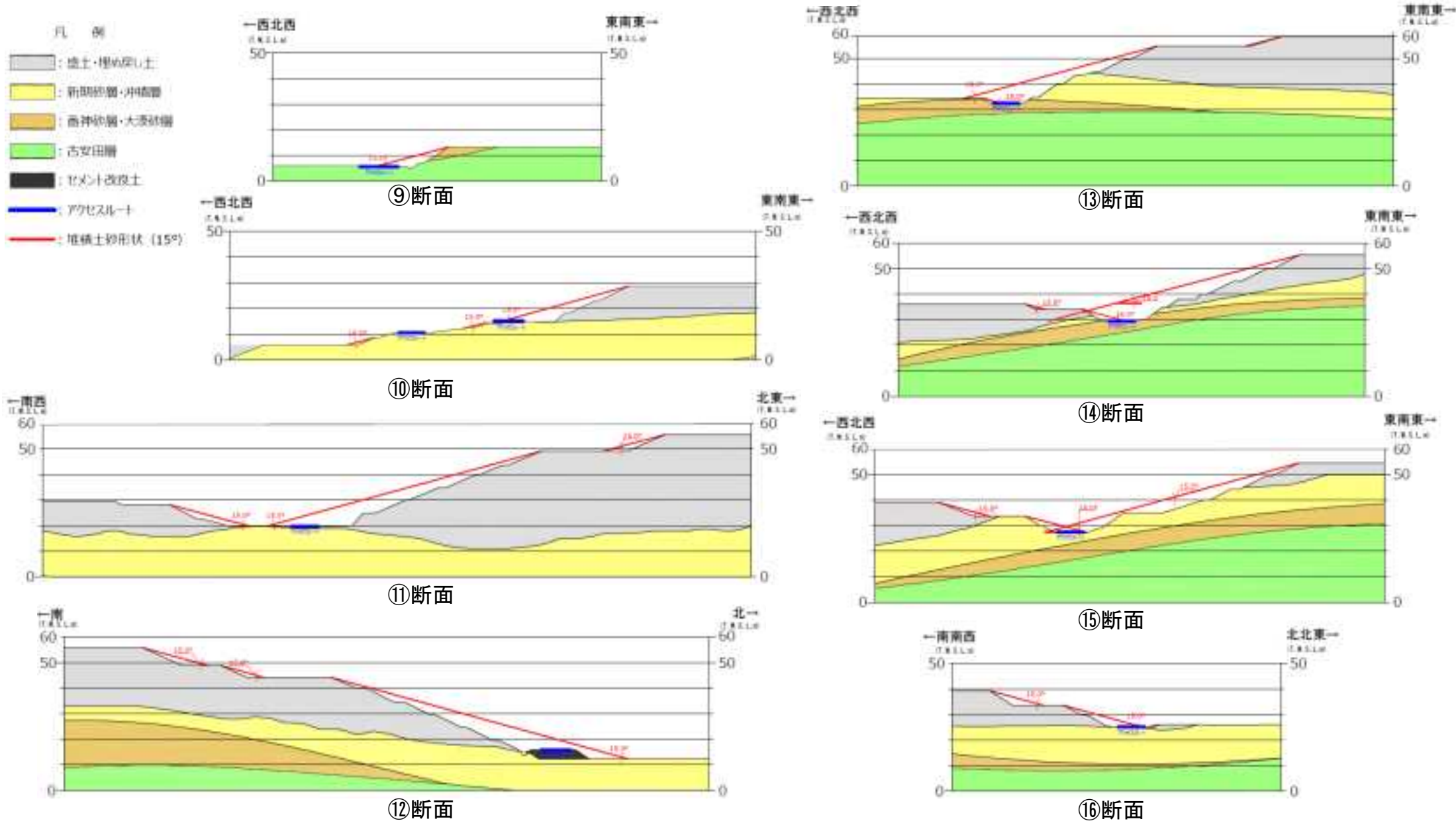
⑦断面



⑧断面

※アクセスルートに対して、最も影響が大きい(崩壊土砂の到達範囲が最も長くなる)法肩を選定して、崩壊土砂の堆積形状を設定

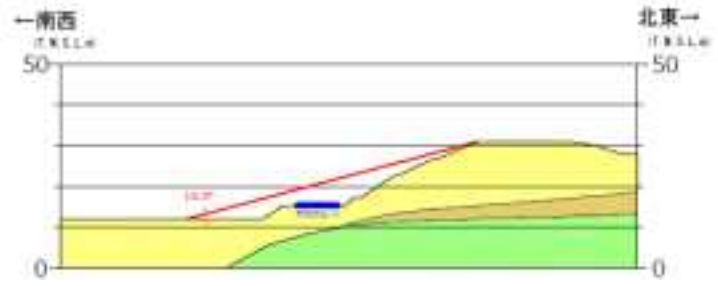
アクセスルートの斜面すべり検討：崩壊土砂の影響範囲（2/3）



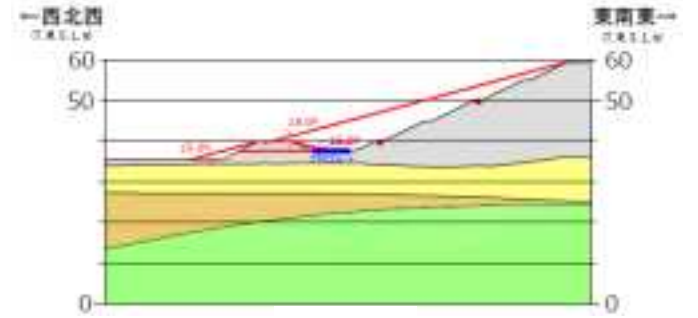
※アクセスルートに対して、最も影響が大きい(崩壊土砂の到達範囲が最も長くなる)法肩を選定して、崩壊土砂の堆積形状を設定

アクセスルートの斜面すべり検討：崩壊土砂の影響範囲（3/3）

- 凡 例
- : 盛土・埋め戻し土
 - : 新明砂層・中砂層
 - : 高神砂層・大波砂層
 - : 古安田層
 - : セメント改良土
 - : アクセスルート
 - : 堆積土砂形状 (15%)



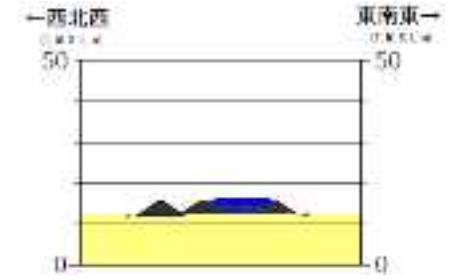
①⑦断面



②⑩断面

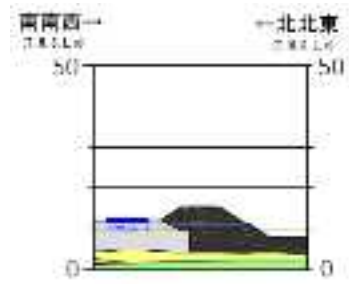


①⑧断面



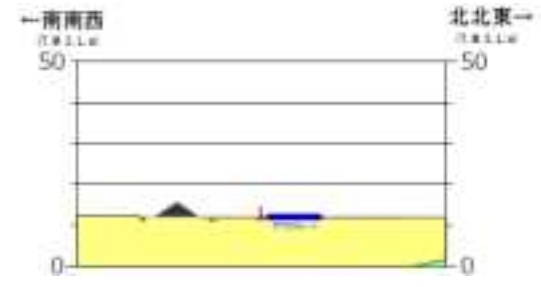
②⑪断面

※セメント改良土による盛土のため、斜面崩壊は想定しない



①⑨断面

※セメント改良土による盛土のため、斜面崩壊は想定しない



②⑫断面

※セメント改良土による盛土のため、斜面崩壊は想定しない

※アクセスルートに対して、最も影響が大きい(崩壊土砂の到達範囲が最も長くなる)法肩を選定して、崩壊土砂の堆積形状を設定

2. 3 アクセスルートの斜面すべり評価

アクセスルートの斜面すべり検討：通行への影響（1/3）

断面 No.	標高	道路幅		位置	斜面からの 離隔 (m)	道路 位置	斜面高さ (m)	通行への 影響
	T.M.S.L.+ (m)	車道 (m)	路肩 (m)					
①	8.1	7.8	1.8	南側	2.4	法尻	4.8	なし
			3.1	北側	6.2	法肩	2.9	あり
②	9.4	6.6	2.9	南側	-	法尻	3.5	あり
			3.2	北側	-	法尻	4.3	
③	13.6	7.3	1.7	南側	-	法尻	4.1	あり
			2.0	北側	1.3	法尻	7.6	
④	17.6	7.8	1.7	東側	1.3	法尻	12.4	あり
			1.7	西側	-	法尻	3.8	
⑤	30.7	6.6	1.6	東側	10.7	法尻	13.3	あり
			1.9	西側	3.3	法肩	3.7	あり
⑥	32.2	6.5	1.7	東側	11.0	法尻	22.6	なし
			1.9	西側	3.3	法尻	0.8	なし
⑦	8.1	6.5	2.2	東側	3.0	法尻	5.6	あり
			2.4	西側	2.5	法肩	2.9	あり
⑧	12.9	6.5	2.4	西側	2.5	法肩	7.8	あり
	5.0	11.0	1.4	東側	9.4	法尻	7.8	なし

2. 3 アクセスルートの斜面すべり評価

アクセスルートの斜面すべり検討：通行への影響（2/3）

断面 No.	標高		道路幅		位置	斜面から の離隔 (m)	道路 位置	斜面高さ (m)	通行への 影響
	T.M.S.L.+ (m)	車道 (m)	路肩 (m)						
⑨	13.2	6.6	2.8		西側	2.3	法肩	8.4	あり
	5.0	7.4	2.7		東側	8.5	法尻	8.4	なし
⑩	14.9	7.4	1.7		東側	12.5	法尻	13.7	あり
			2.0		西側	1.6	法肩	4.0	あり
	10.5	9.8	2.8		東側	-	法尻	4.0	なし
			2.3		西側	-	法肩	4.4	あり
⑪	19.8	6.5	1.9		南側	24.1	法尻	8.5	なし
			1.9		北側	13.4	法尻	29.5	あり※ ¹
⑫	15.8	7.0	2.2		南側	9.4	法尻	31.9	あり
			2.2		北側	2.0	法肩	3.5	なし※ ²
⑬	32.4	6.5	1.7		東側	1.7	法尻	22.3	あり
			1.8		西側	1.4	法尻	1.9	なし
⑭	29.5	6.5	1.7		東側	1.8	法尻	25.9	あり
			1.7		西側	1.8	法尻	4.6	なし
⑮	27.4	8.0	0.9		東側	2.2	法尻	27.1	あり
			1.0		西側	1.5	法尻	6.3	あり

※1 緑地帯の通行可能

※2 セメント改良土による盛土のため、斜面崩壊は想定しない

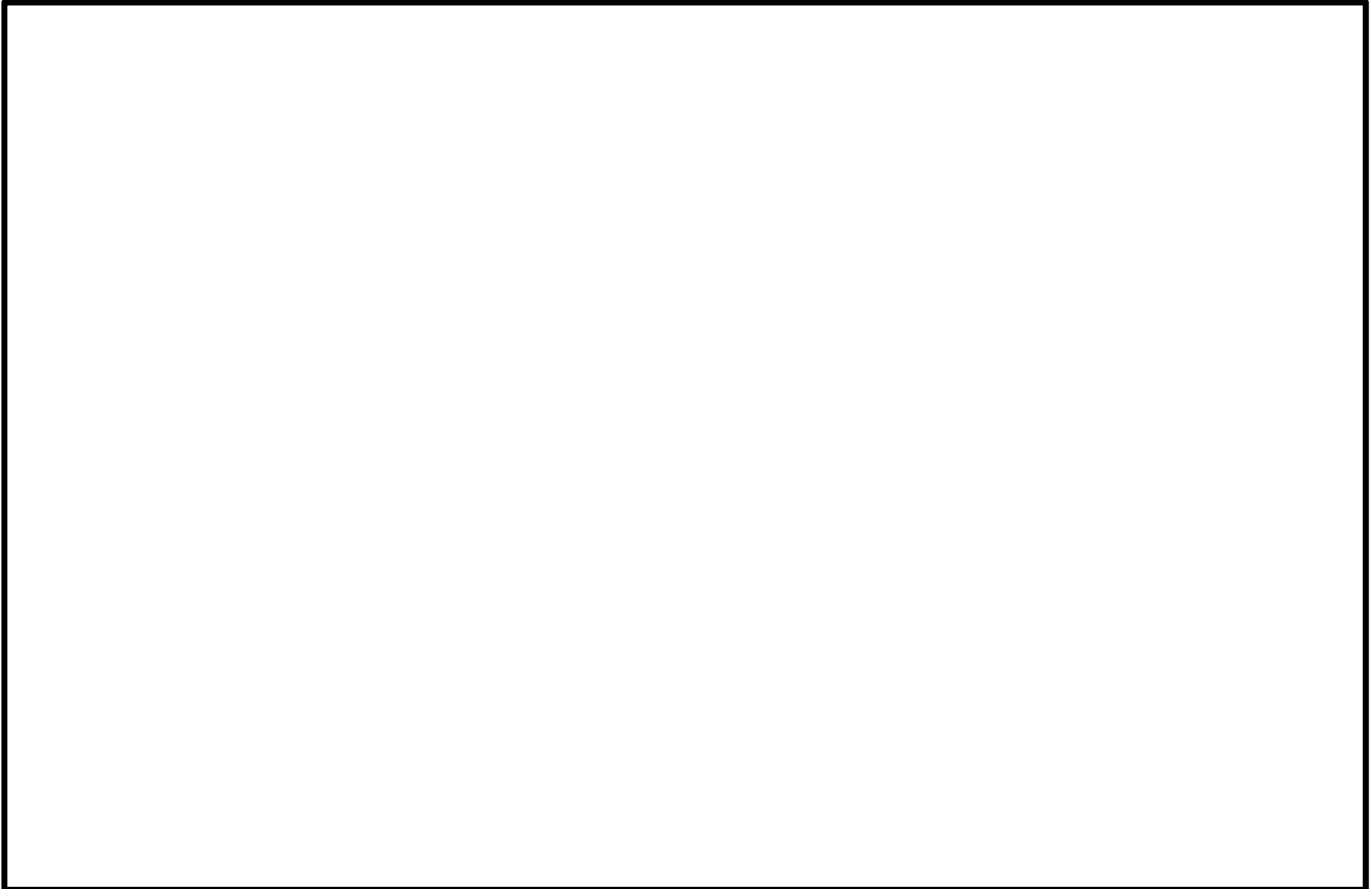
2. 3 アクセスルートの斜面すべり評価

アクセスルートの斜面すべり検討：通行への影響（3/3）

断面 No.	標高	道路幅		位置	斜面からの 離隔 (m)	道路 位置	斜面高さ (m)	通行への 影響
	T.M.S.L.+ (m)	車道 (m)	路肩 (m)					
⑯	25.2	6.6	1.7	南側	2.6	法尻	8.5	あり
			1.7	北側	4.0	法尻	1.0	なし
⑰	15.3	6.6	1.7	南側	3.6	法肩	3.2	あり
			1.7	北側	1.9	法尻	15.7	あり
⑱	12.0	6.5	1.3	東側	20.1	法尻	42.6	なし
⑲	12.0	6.5	1.3	北側	3.8	法尻	3.3	なし※
⑳	34.7	6.5	1.7	東側	4.6	法尻	5.0	なし
	37.6	7.3	0.5	東側	1.9	法尻	21.9	あり
			0.5	西側	1.0	法尻	2.3	なし
㉑	15.6	11.7	0.7	東側	1.8	法肩	3.2	なし※
			0.7	西側	3.8	法肩	3.2	なし※
㉒	12.0	11.0	0.7	東側	16.9	法尻	3.5	なし※

※セメント改良土による盛土のため、斜面崩壊は想定しない

アクセスルート^①の斜面すべり検討：評価結果（斜面崩壊のアクセスルートへの影響評価）



全斜面が崩壊するものと仮定した場合、必要な幅員が確保出来ないルート

1. 地震時の液状化等に伴う沈下に対する影響評価
 1. 1 評価方針
 1. 2 地震時の液状化に伴う側方流動の影響評価
 1. 3 沈下影響評価における沈下率の設定
 1. 4 アクセスルート上の段差評価
 1. 5 保管場所の沈下影響評価

2. 地震に伴う斜面のすべり評価
 2. 1 評価方針
 2. 2 保管場所の斜面すべり評価
 2. 3 アクセスルートの斜面すべり評価

3. アクセスルートの仮復旧時間の評価

4. 有効性評価の成立性

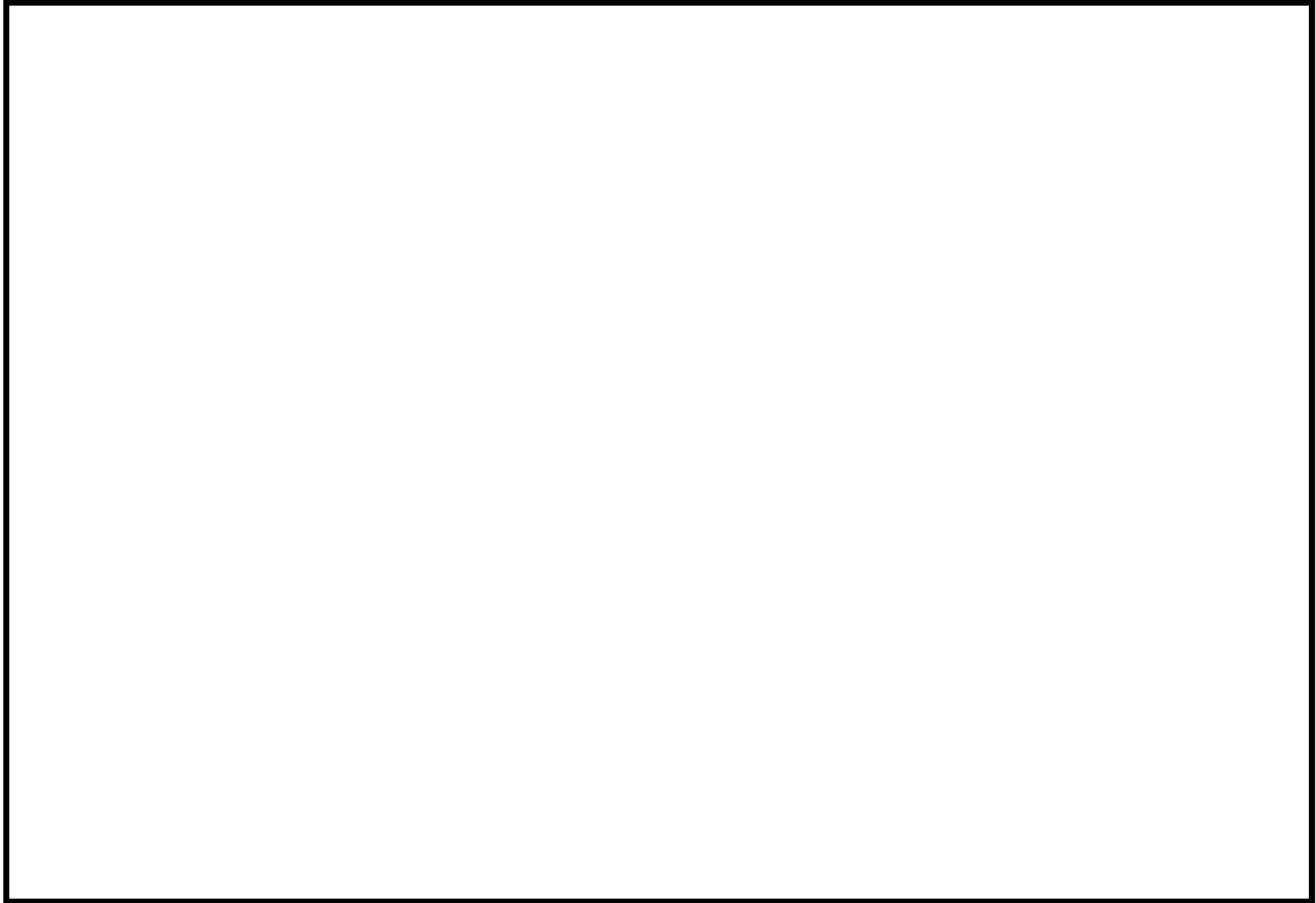
5. 補足説明資料

3. アクセスルートの仮復旧時間の評価

- 屋外アクセスルートにおける被害状況を踏まえた緊急時対策所～高台保管場所～6／7号炉可搬型設備寄り付き箇所及び接続箇所への屋外アクセスルートの仮復旧時間を評価した。
- 有効性評価において想定時間のある可搬型設備を用いた作業の成立性を確認した。

3. アクセスルートの仮復旧時間の評価

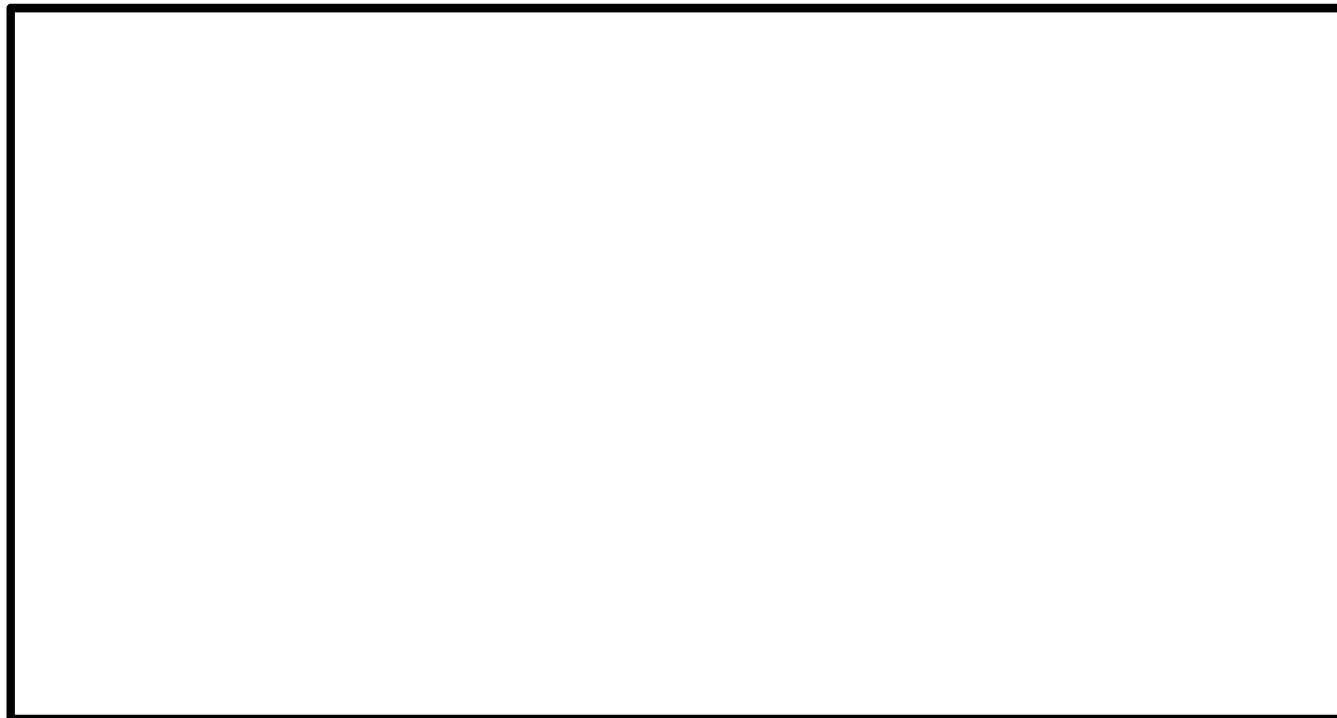
屋外アクセスルートにおける地震時の被害状況



屋外アクセスルートにおける地震時の被害状況（一覧）

3. アクセスルートの仮復旧時間の評価

アクセスルートの仮復旧方法概要



地震時のアクセスルート

【アクセスルートの仮復旧方法】

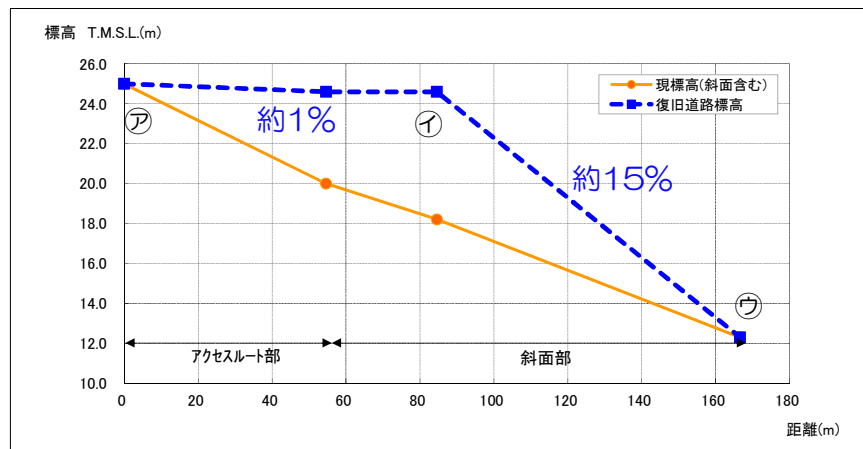
屋外アクセスルートにおける地震時の被害状況を踏まえ、重機操作人員は崩壊土砂や送電線の影響を極力回避するルートを通行し、緊急時対策所～中央交差点を経て、ホイールローダが保管されている大湊側高台保管場所へ向かう。その後、ホイールローダにより崩壊土砂の撤去及び段差復旧を実施し、6/7号炉までのアクセスルートを仮復旧する。

3. アクセスルートの仮復旧時間の評価

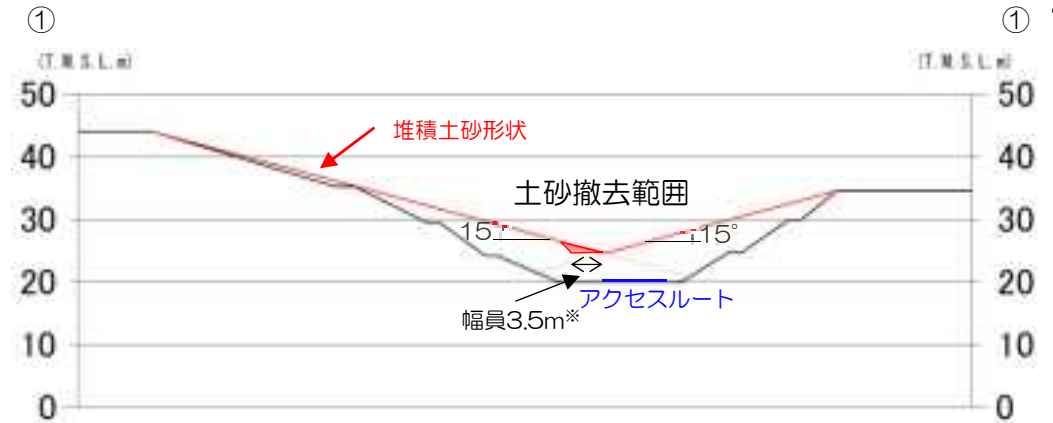
アクセスルートの仮復旧方法の考え方



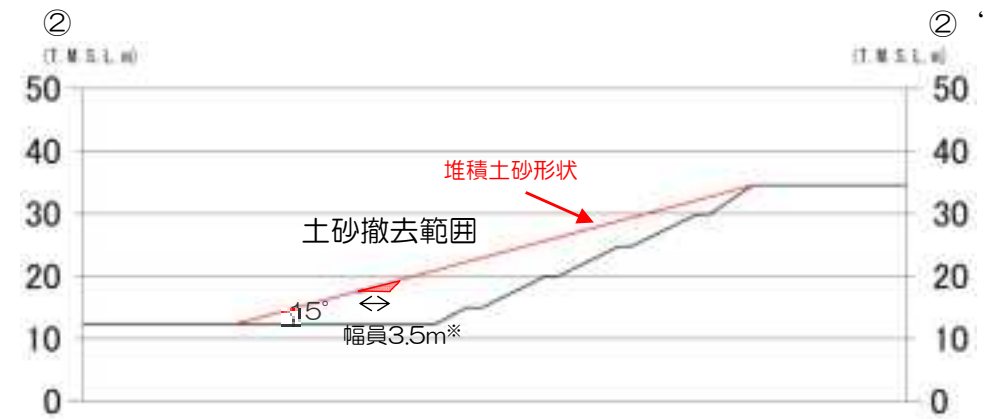
平面図



復旧するアクセスルートの縦断勾配



①—① ‘断面図



②—② ‘断面図

※当該箇所では、可搬型設備の通行（必要幅3.0m）に加え、淡水移送配管の復旧（必要幅0.5m）を想定

- 走行ルートの最大勾配は約15%※であり、車両の通行に支障は生じない。

※「小規模道路の平面線形及び縦断勾配の必要水準に関する基礎的研究，平成24年3月，国土技術政策総合研究所」における積雪時の路面状態で車両が滑り落ちない限界値を参考に設定

3. アクセスルートの仮復旧時間の評価

アクセスルートの仮復旧時間の評価



【検討条件】

- ①移動速度
 - ・徒歩：4km/h
 - ・徒歩（崩壊土砂通行）：2km/h
 - ・ホイールローダ：15km/h
- ②土砂撤去速度：76m³/h/台（転圧含む）
- ③土砂撤去時の安全確認：
 - （1回/10m, 1分/回）
- ④土砂撤去による復旧幅：
 - 3.5m（当該箇所では、可搬型設備の通行（必要幅3.0m）に加え、淡水移送配管の復旧（必要幅0.5m）を考慮）
- ⑤段差復旧速度
 - ・5分/回（20cm以下の段差）
 - ・30分/回（50cm以下の段差）

区間	距離 (m)	時間評価項目	所要時間 (分)	累積時間 (分)
①→②	約2,730 (崩壊土砂影響範囲約880含む)	徒歩移動	55	—
②→③	約250	ホイールローダ移動	1	56
③→④	約170	土砂撤去	159 ¹⁾	215
		安全確認	17	232
④→⑤	約400	ホイールローダ移動	2	234
		段差復旧	10 ²⁾	244
⑤→⑥	約680	ホイールローダ移動	3	247
		段差復旧	80 ²⁾	327

1) 2台で実施。2台目は安全な離隔を確保するため、1台目の作業開始10分後に開始。

2) 発生した段差を横断するために上り下りそれぞれの復旧のため1箇所当たり2回の段差復旧を行う。

3) 代替熱交換器車による作業以外は、原子炉建屋東側（山側）まで（①→⑤）のアクセスルートを復旧すれば収束作業は可能。

4) 荒浜側高台保管場所に保管しているホイールローダにて復旧作業を行う場合は、ホイールローダによる移動距離が長くなるため、本評価時間よりも短時間で復旧が可能。

1. 地震時の液状化等に伴う沈下に対する影響評価
 1. 1 評価方針
 1. 2 地震時の液状化に伴う側方流動の影響評価
 1. 3 沈下影響評価における沈下率の設定
 1. 4 アクセスルート上の段差評価
 1. 5 保管場所の沈下影響評価
2. 地震に伴う斜面のすべり評価
 2. 1 評価方針
 2. 2 保管場所の斜面すべり評価
 2. 3 アクセスルートの斜面すべり評価
3. アクセスルートの仮復旧時間の評価
4. 有効性評価の成立性
5. 補足説明資料

3. アクセスルートの仮復旧時間の評価

有効性評価において想定時間のある可搬型設備を用いた作業の成立性評価

評価結果（大湊側高台保管場所～可搬型設備設置場所）

作業名	アクセスルート復旧時間※1 ①	その他考慮すべき時間 ②	移動時間 ③	作業時間 ④	有効性評価想定時間※2	評価結果 (①or②) + ③+④
消防車による防火水槽から復水貯蔵槽への補給	約240分	約270分 (淡水移送配管の復旧※3)	約20分 ※5	約160分	12時間	○ (約7時間30分)
可搬型代替注水系による原子炉への注水準備操作		10時間※4 (要員参集)	約20分 ※6	約75分	22時間	○ (約11時間35分)
燃料供給準備		—	約20分 ※6	約70分	12時間	○ (約4時間50分)
代替原子炉補機冷却系準備操作	約320分	10時間※4 (要員参集)	約20分 ※6	6時間40分	20時間	○ (約17時間)

※1 荒浜側高台保管場所～可搬型設備設置箇所の場合は、本評価時間よりも短時間で復旧が可能。

※2 重要シーケンス毎に有効性評価の想定時間が異なる場合には、最短の想定時間を記載。

※3 斜面崩壊の影響により、淡水移送配管の復旧を想定。作業時間はアクセスルートの復旧と並行して実施する。

※4 有効性評価では、「代替原子炉補機冷却系準備操作」, 「可搬型代替注水系による原子炉への注水準備操作」を行う緊急時対策要員の参集時間を事象発生から10時間後としており、要員が参集するまでの時間内にアクセスルートの復旧が可能であるため、要員参集後から10時間以内に復旧作業を実施できれば、作業の成立性に影響はない。

※5 大湊側で淡水移送配管の復旧作業後に移動する時間。

※6 緊急時対策所からの移動時間。崩壊土砂範囲の通行なども想定されるが、早期の作業開始などの対応により有効性評価の成立性に影響はない。

1. 地震時の液状化等に伴う沈下に対する影響評価
 1. 1 評価方針
 1. 2 地震時の液状化に伴う側方流動の影響評価
 1. 3 沈下影響評価における沈下率の設定
 1. 4 アクセスルート上の段差評価
 1. 5 保管場所の沈下影響評価

2. 地震に伴う斜面のすべり評価
 2. 1 評価方針
 2. 2 保管場所の斜面すべり評価
 2. 3 アクセスルートの斜面すべり評価

3. アクセスルートの仮復旧時間の評価

4. 有効性評価の成立性

5. 補足説明資料

揺すり込み沈下について：（参考）鉄道設計標準による評価

- 不飽和地盤の揺すり込みによる沈下率を、「鉄道構造物等設計基準・同解説、土構造物（2007）」に示されている方法に基づき算定した。
- 沈下率は最大0.18%であり，北爪ら（2012）の方法より算定した沈下率より小さいことから，設定した2.0%は十分に保守的な設定であるといえる。

一次元地震応答解析より収束せん断剛性を算定する。

収束せん断剛性を劣化した後のせん断剛性とし，地震前の変形係数 E_{bef} および地震後の劣化した変形係数 E_{aft} を算定する。

鉄道構造物等設計基準の地震時における地盤の揺すり込み沈下量の算定法に従って，下記の式より揺すり込み沈下量を算定する。

$$S_g = \int_h^H \left(\frac{1}{E_{aft}(z)} - \frac{1}{E_{bef}(z)} \right) \sigma_v(z) dz \quad (\text{解 3.1.16})$$

ここに， z ：盛土上面から深度方向の距離， H ：盛土上面から基盤層までの距離

h ：盛土高さ， σ_v ：鉛直応力， E_{aft} ：地震後の変形係数， E_{bef} ：地震前の変形係数

鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計基準・同解説，土構造物，丸善出版，平成19年1月，より引用

不飽和地盤の揺すり込み沈下量の算定フロー

沈下量算定箇所

① K-3/4 CV K-4OFケーブルダクト

地下水位以浅の揺すり込み沈下量：0.00701m

// の地盤の層厚：4.0m

// の揺すり込み沈下による体積ひずみ：0.18%

③ K-3 OFケーブルダクト

地下水位以浅の揺すり込み沈下量：0.00134m

// の地盤の層厚：3.0m

// の揺すり込み沈下による体積ひずみ：0.04%

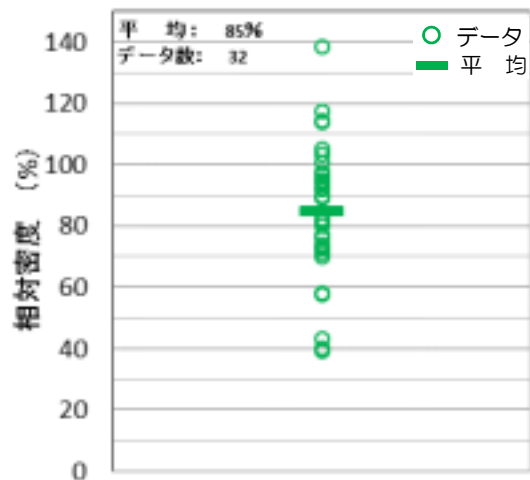
沈下影響評価における沈下率の設定に関する補足

(参考) 埋戻土の相対密度

- A-1 地点周辺の埋戻土の相対密度は、 平均値85%である。
- 敷地内の埋戻土の施工は、 締固め度を指標に品質管理をしており、 A-1 地点を含む 1 号炉取水路周辺の締固め度と他号炉建屋及び取水路周辺の締固め度は同程度の締固め度である。

対象層の相対密度

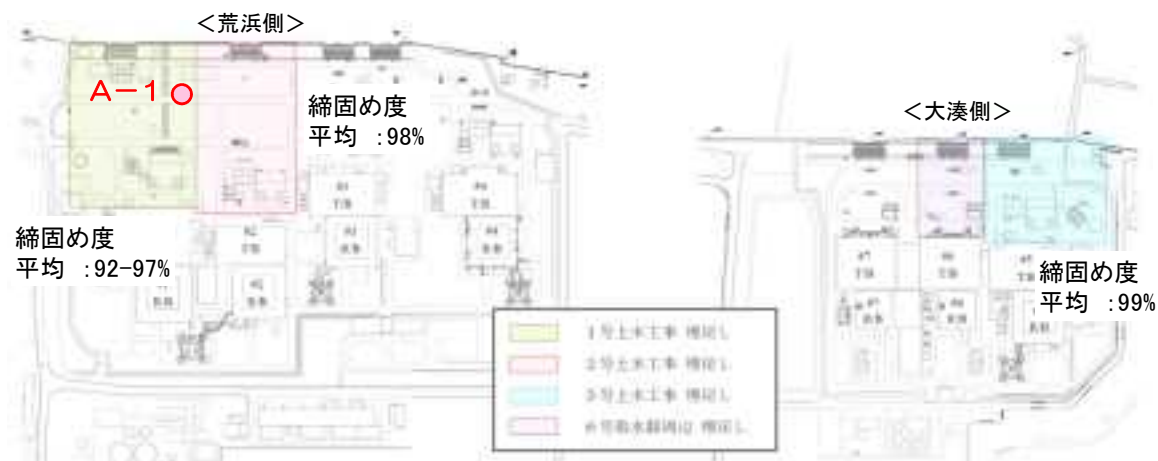
地層	相対密度 [%]	備考 (調査位置)
	平均	
埋戻土	85	A-1ほか



埋戻土の相対密度



埋戻土の締固め度 (建屋周辺)



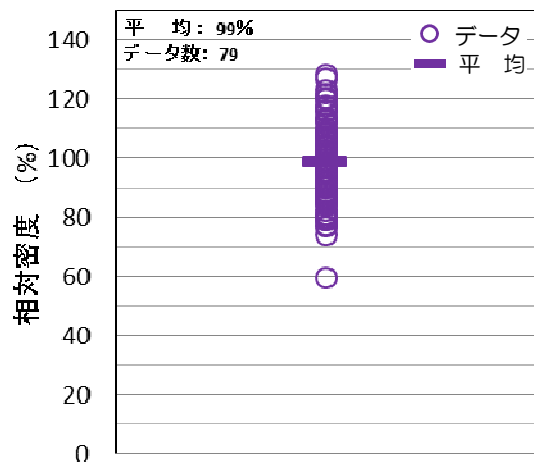
埋戻土の締固め度 (海側)

(参考) 新期砂層・沖積層の相対密度

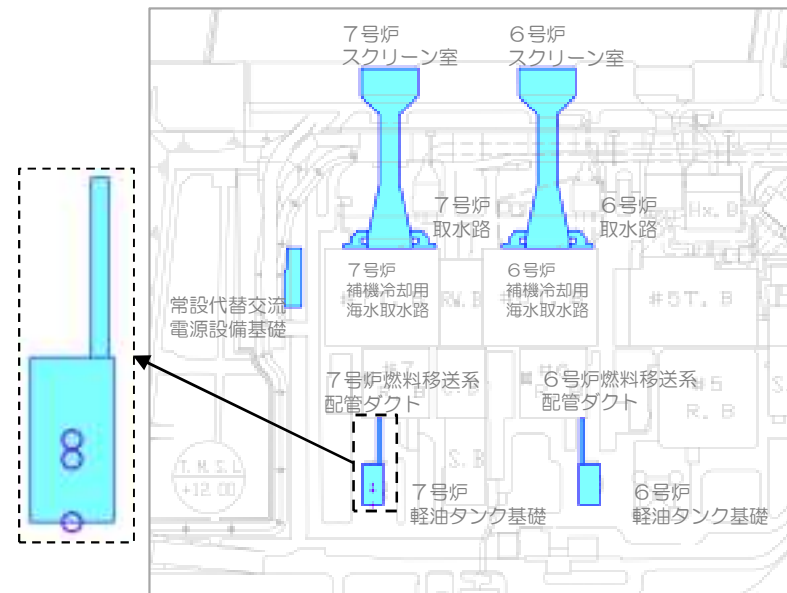
- 新期砂層・沖積層の相対密度は、平均値99%である。

対象層の相対密度

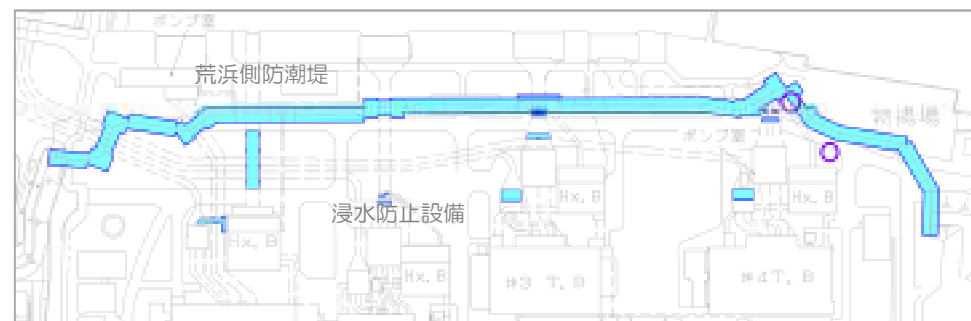
地層	相対密度 [%]	備考 (調査位置)
	平均	
新期砂層 ・ 沖積層	99	A-3及びその周辺, K7軽油タンク周辺



新期砂層・沖積層の相対密度



大湊側 試料採取地点位置図



荒浜側 試料採取地点位置図

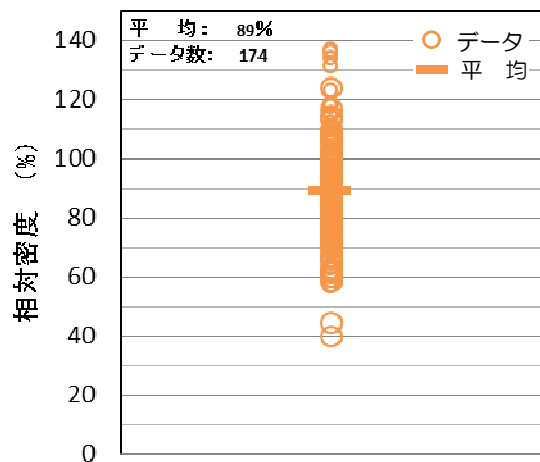
○ 新期砂層・沖積層調査位置

(参考) 古安田層中の砂層の相対密度

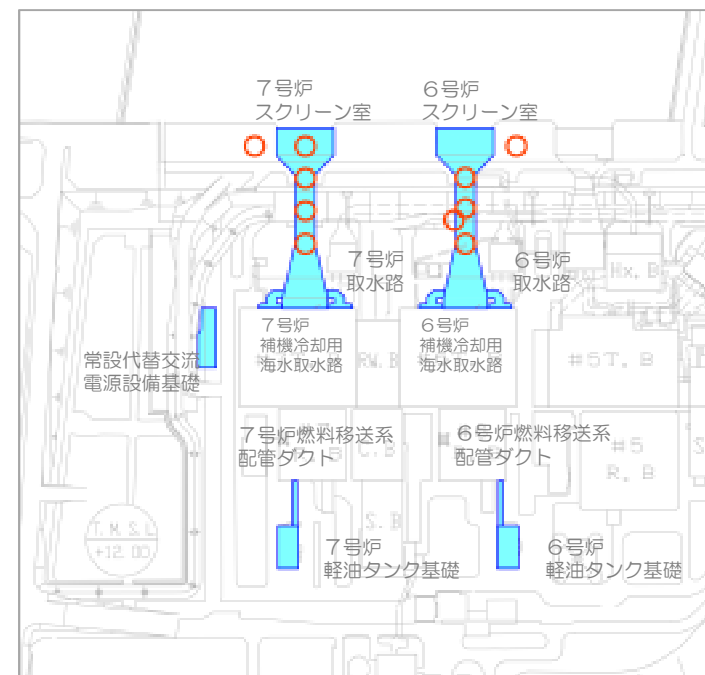
- 古安田層中の砂層の相対密度は、平均値89%である。

対象層の相対密度

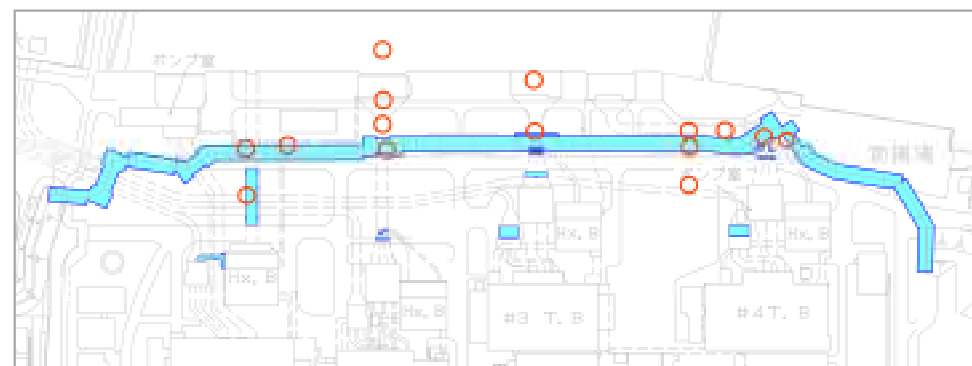
地層	相対密度 [%]	備考 (調査位置)
	平均	
古安田層中の砂層	89	荒浜側, 大湊側海側



古安田層中の砂層の相対密度



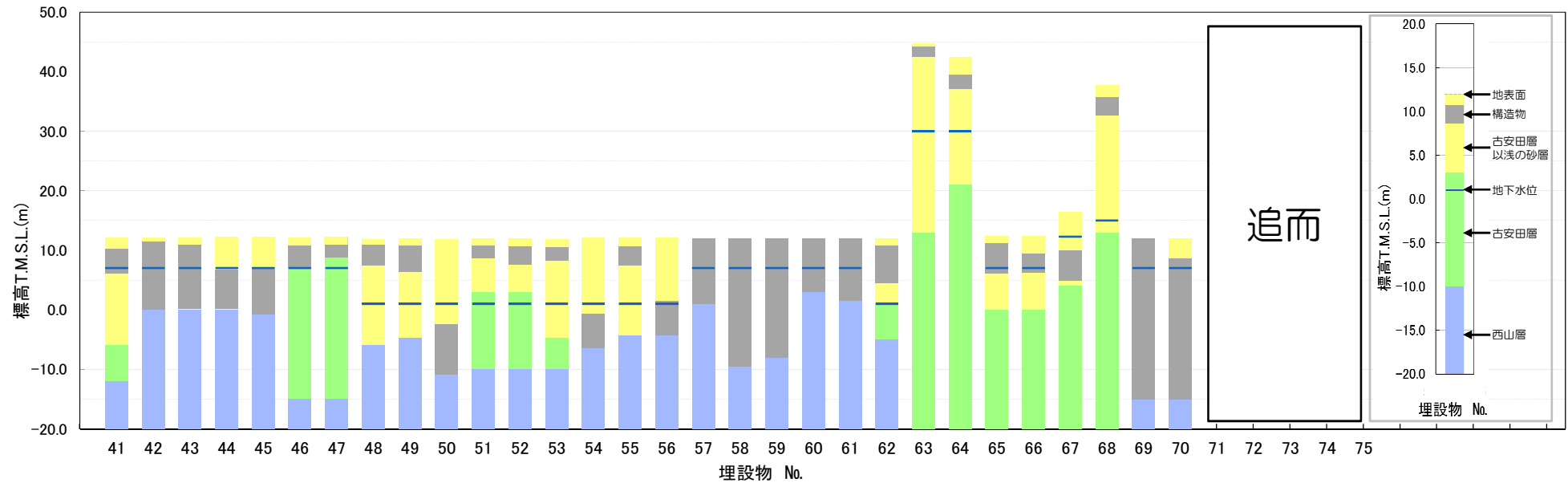
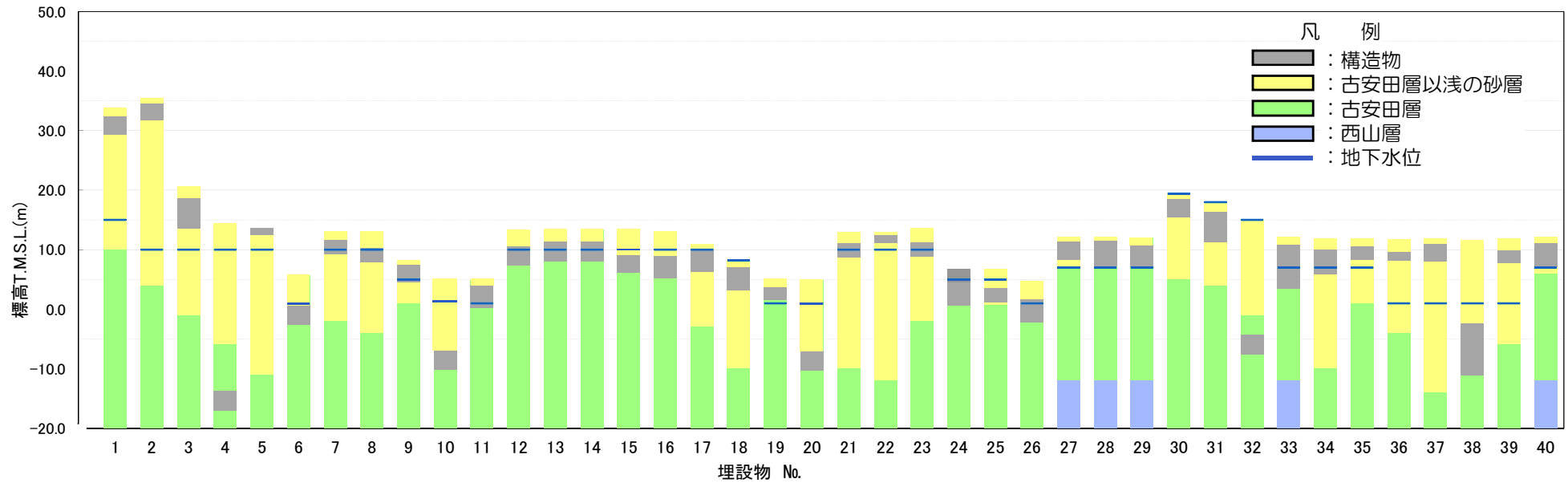
大湊側 試料採取地点位置図



荒浜側 試料採取地点位置図

○ 古安田層中の砂層調査位置

段差評価位置の地質構成



段差評価位置の地質構成

(参考) 6号軽油タンク周辺に発生する段差の対応

- 段差評価の結果、段差が比較的大きく復旧箇所が複数ある6号軽油タンク周辺の段差への対応について検討した。
- 6号炉軽油タンク部地盤改良周辺は最大40cm程度の段差が生じるものの、迂回スペース（約15m）に迂回ルートを設定することで通行可能。（迂回スペースと道路の境界に設置されているL型側溝による段差は段差復旧と同様に砕石で擦りつけて段差を解消する。）
- 6号炉原子炉建屋北側については、可搬型設備の寄り付きが必要な時までには、地盤改良周辺に発生した段差の復旧を行い、アクセスルートを確保する。

6号軽油タンク部地盤改良周辺状況

斜面崩壊形状に関する影響検討（1）

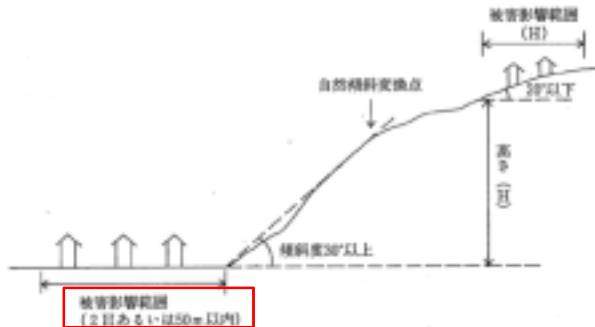
宅地防災マニュアルの解説に記載されている被害影響範囲「斜面高さの2倍」を考慮した場合の、道路復旧の時間評価に及ぼす影響を検討する。

土砂災害に係る危険箇所のうち、宅地造成に伴う災害に最も関連の深い急傾斜地崩壊危険箇所の考え方を以下に示す。

【危険箇所としての要件】

- ① 水平面とのなす角度が30度以上であること。
- ② 斜面の高さが5m以上であること。
- ③ 斜面上部又は下部に人家が5戸以上あること（官公署、学校、病院、旅館等がある場合は5戸未満でも可）。

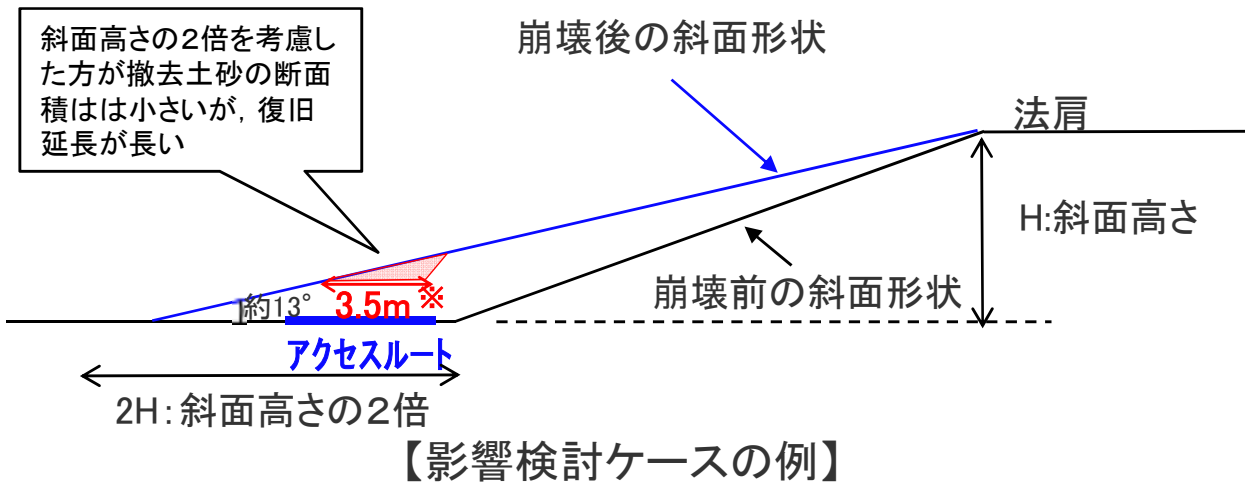
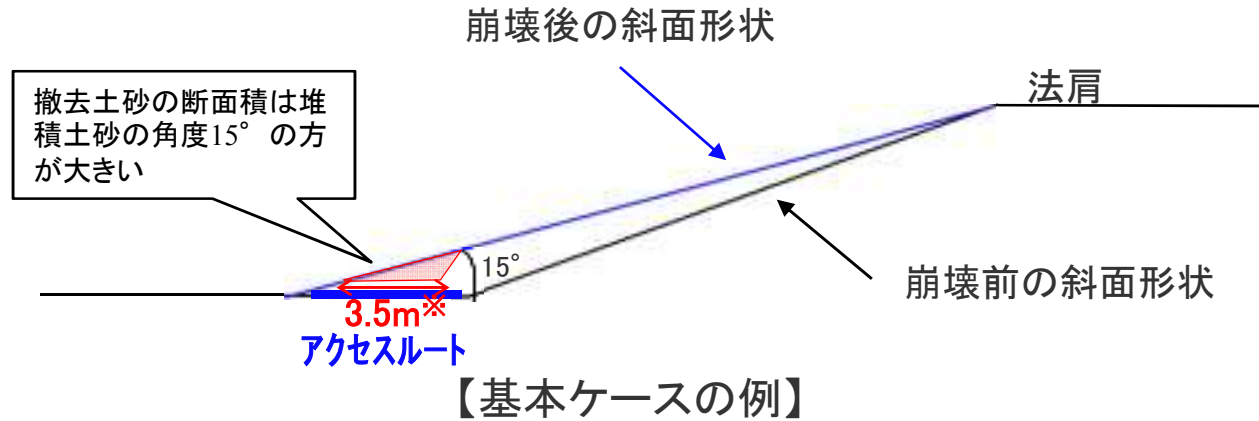
斜面上部又は下部とは、下図に示すように急傾斜地（傾斜30度以上のがけ）の下端及び上端から当該急傾斜地の高さの、それぞれ2倍及び1倍程度の範囲（概ね50mを限度とする）をいう。



図X.1 急傾斜地崩壊危険箇所の要件

「宅地防災マニュアルの解説」※1における急傾斜地崩壊危険箇所の要件

※1 「宅地防災マニュアルの解説」(宅地防災研究会編集, 2007)

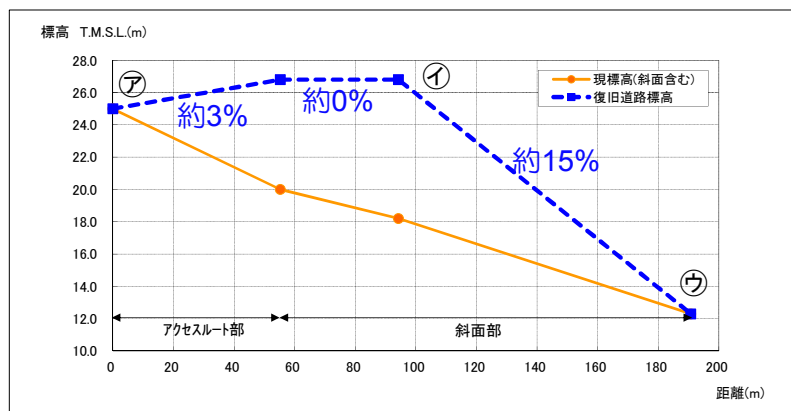


※当該箇所は淡水移送配管の復旧を想定し、3.5m幅で復旧する。
(可搬型設備車両の通行のみの場合、必要な幅員は3m)

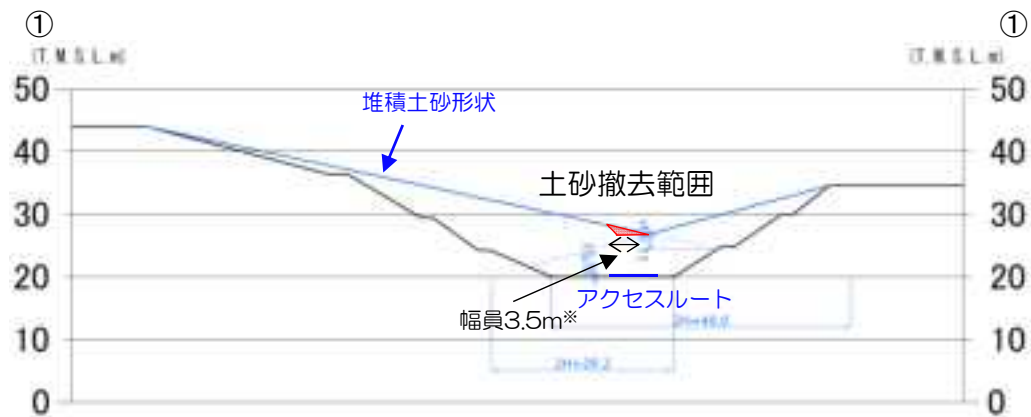
斜面崩壊形状に関する影響検討 (2)



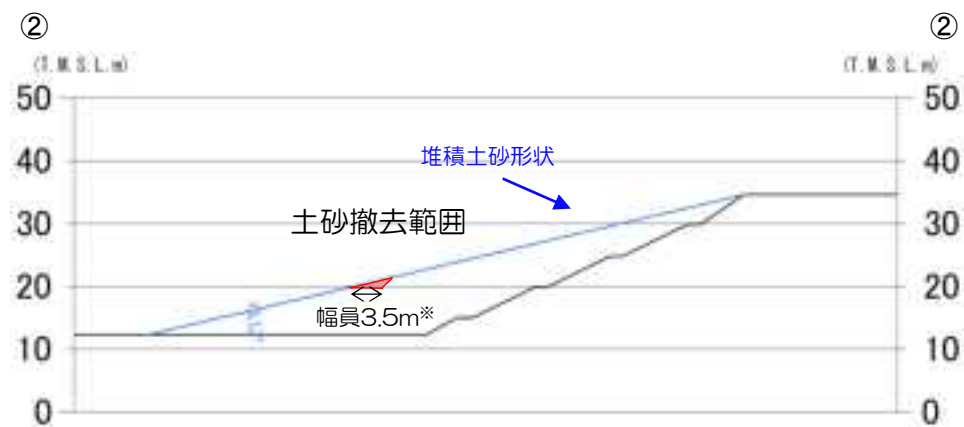
平面図



復旧するアクセスルートの縦断勾配



①-① '断面図



②-② '断面図

※当該箇所では、可搬型設備の通行（必要幅3.0m）に加え、淡水移送配管の復旧（必要幅0.5m）を想定

- 斜面高さの2倍まで崩壊土砂が到達したとした場合、アクセスルート上では堆積角度15°とした場合より堆積面が多少上側にシフトする。

斜面崩壊形状に関する影響検討（3）

斜面高さの2倍まで崩壊土砂が到達したとした場合、堆積面が多少上側にシフトし、走行ルートの最大勾配（約15%）を確保するために、基本ケースよりも復旧ルートの延長は長くなるが、復旧断面積が小さいことから、復旧時間の評価に影響を及ぼすことはない。

【検討条件】

基本ケースと同様

区間	距離 (m)	時間評価項目	所要時間 (分)	累積時間 (分)
①→②	約2,730 (崩壊土砂影響範囲約1,060含む)	徒歩移動	58	—
②→③	約250	ホイールダ`移動	1	59
③→④	約190	土砂撤去	151 ¹⁾	210
		安全確認	19	229
④→⑤	約400	ホイールダ`移動	2	231
		段差復旧	10	241
⑤→⑥	約680	ホイールダ`移動	3	244
		段差復旧	80 ²⁾	324

1) 2台で実施。2台目は安全な離隔を確保するため、1台目の作業開始10分後に開始。

2) 発生した段差を横断するために上り下りそれぞれの復旧のため1箇所当たり2回の段差復旧を行う。

3) 代替熱交換器車による作業以外は、原子炉建屋東側（山側）まで（①→⑤）のアクセスルートを復旧すれば収束作業は可能。

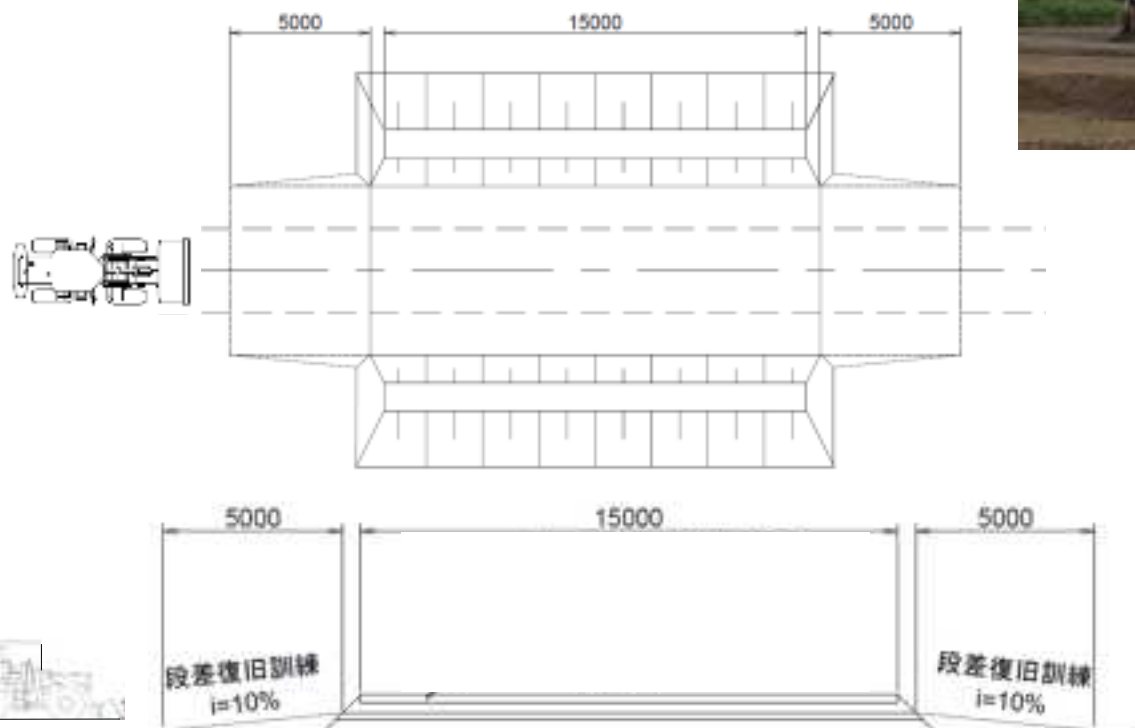
4) 荒浜側高台保管場所に保管しているホイールロードにて復旧作業を行う場合は、ホイールロードによる移動距離が長くなるため、本評価時間よりも短時間で復旧が可能。

＜段差復旧時間の検証結果＞

柏崎刈羽原子力発電所に「段差復旧」用として配備している砕石（運搬距離平均約100m）を用いてホイールローダにより、下図のとおり、砕石を用いて、50cmの段差（上り・下り）を解消し、アクセスルートを確認した際の作業時間を作業員A，B，Cそれぞれ1回計測した。



段差復旧状況



段差復旧訓練イメージ

1箇所あたりの復旧時間

＜測定結果＞

作業員A	上り21分，下り16分
作業員B	上り25分，下り26分
作業員C	上り18分，下り27分

【評価値】 30分

＜段差復旧後の通行性の検証結果＞

柏崎刈羽原子力発電所に「段差復旧」用として配備している砕石（運搬距離平均約100m）を用いてホイールローダにより、下図のとおり、砕石を用いて、50cmの段差（上り・下り）を解消した後、代替熱交換器車によりホイールローダで復旧した段差箇所の走行が可能か検証を行った。



追而

復旧段差箇所の通行状況

<段差復旧用の砕石ストック場所>

