

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01
提出年月日	平成28年8月29日

# 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 (指摘事項に対する回答)

平成28年8月

東京電力ホールディングス株式会社

	No.	ヒアリング コメント
アクセス ルート の 段差評価	1	沈下箇所の代表性について、選定プロセスを含め説明すること。 (液状化だけでなく、側方流動を要因とした定量的な沈下量等の説明を含む)
	1-1	6, 7号炉タービン建屋海側のアクセスルートについては側方流動による大変形の可能性を考慮して、地盤沈下量および水平変形の影響等についての考え方およびその影響度を整理して説明すること。
	1-2	揺すり込みによる体積ひずみ量および沈下量算出手法の妥当性および適用性について具体的に提示すること。
アクセス ルート 保管場所 の 斜面評価	2	アクセスルートと保管場所について、基準地震動 $S_s$ による斜面の安定性や支持地盤の支持性能の評価の妥当性並びに斜面等の崩落による堆積形状及び土砂の量を説明すること。(地質調査結果, 斜面の網羅的な詳細図, 斜面の安定性など)
	2-1	アクセスルート, 保管場所の支持性能としての地盤のすべり評価の抽出プロセスと評価方針について, 被害形態を網羅的に抽出したうえで体系的に整理して提示すること。
	2-2	円弧法による土砂の堆積量の推定について, 最小すべり安全率の時のすべり面による排出土量ではなく, 安全率1.0を下回るすべり面の中で最大排出土量となる円弧を基に計算すること。
	2-3	“SHAKE+円弧すべり法”による簡易評価手法については既工認での実績のない評価手法であることから, FEM解析等の信頼性の高い解析手法によって評価結果の妥当性・適用性を確認すること。また, 検討断面については代表性の考え方を整理して提示すること。
	2-4	「宅地防災マニュアルの解説」に基づく法肩からの被害影響範囲(H)の適用は既工認での実績のない評価手法であることから, FEM解析等の信頼性の高い解析手法によって評価結果の妥当性・適用性を説明すること。
仮復旧 評価	3	アクセスルートの仮復旧が必要となったことによる影響について説明すること。

※ 安田層下部層のMIS10~MIS7とMIS6の境界付近の堆積物については、本資料では『古安田層』と仮称する。

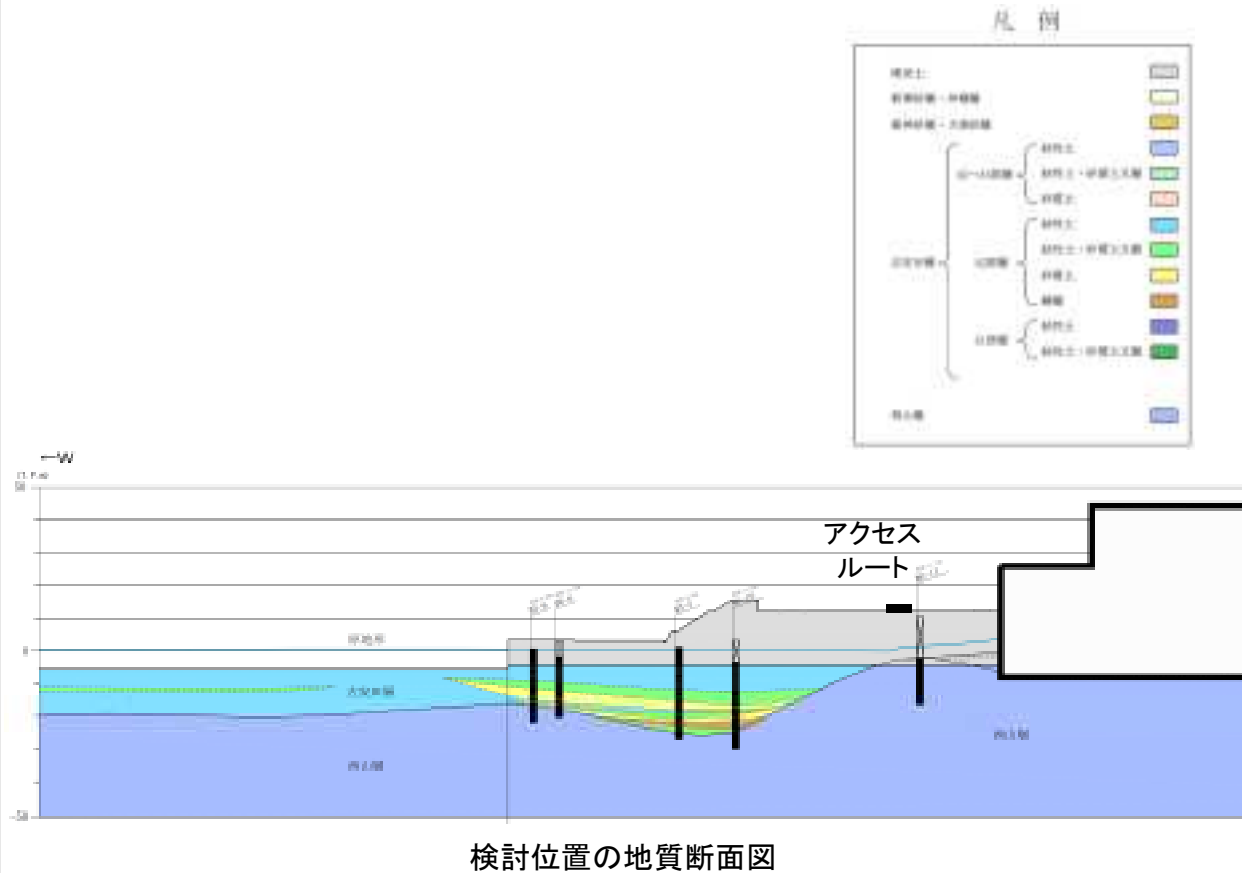
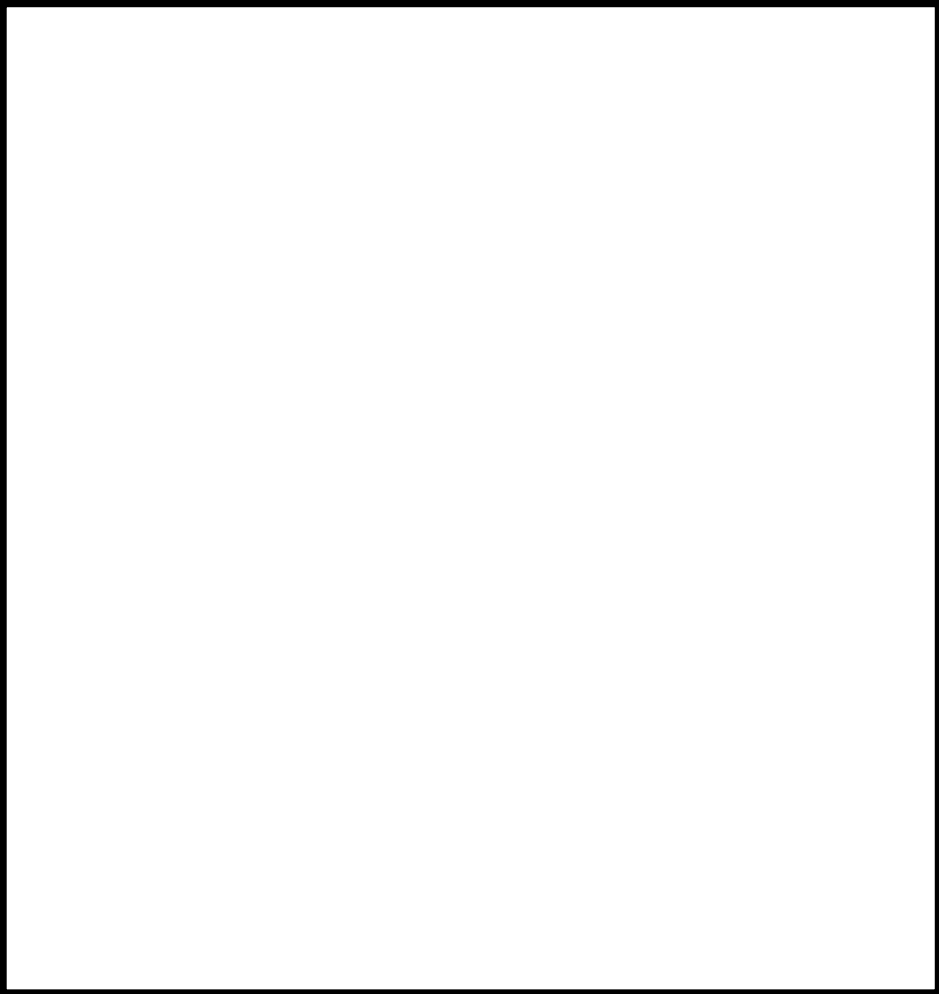
	No.	ヒアリング コメント
アクセス ルート の 段差評価	1	沈下箇所の代表性について、選定プロセスを含め説明すること。 (液状化だけでなく、側方流動を要因とした定量的な沈下量等の説明を含む)
	1-1	6、7号炉タービン建屋海側のアクセスルートについては側方流動による大変形の可能性を考慮して、地盤沈下量および水平変形の影響等についての考え方およびその影響度を整理して説明すること。
	1-2	揺すり込みによる体積ひずみ量および沈下量算出手法の妥当性および適用性について具体的に提示すること。

#### 回答概要

- 大湊側タービン建屋海側のアクセスルートの段差評価において、地震時の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した。
- 解析結果から、側方流動に伴う沈下による段差評価への影響はないことを確認した。

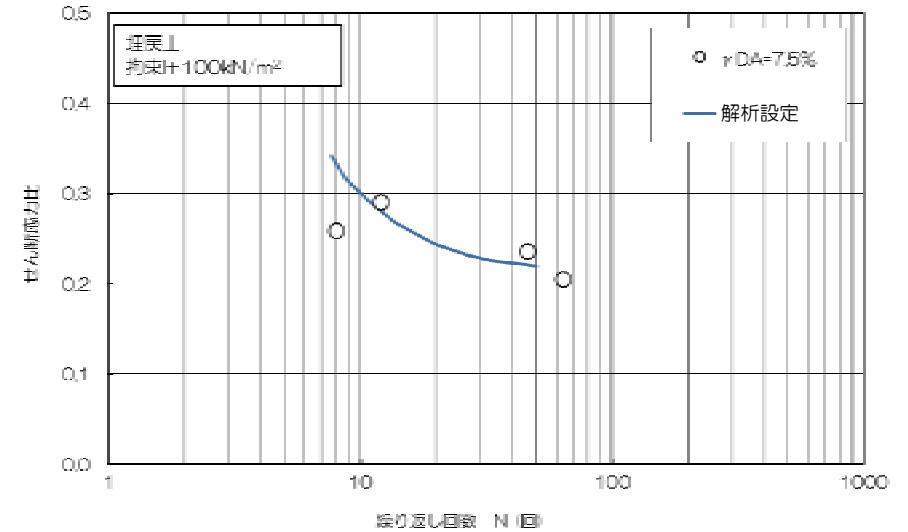
側方流動影響検討【検討概要】

- 大湊側タービン建屋海側のアクセスルートの段差評価において、地震時の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。

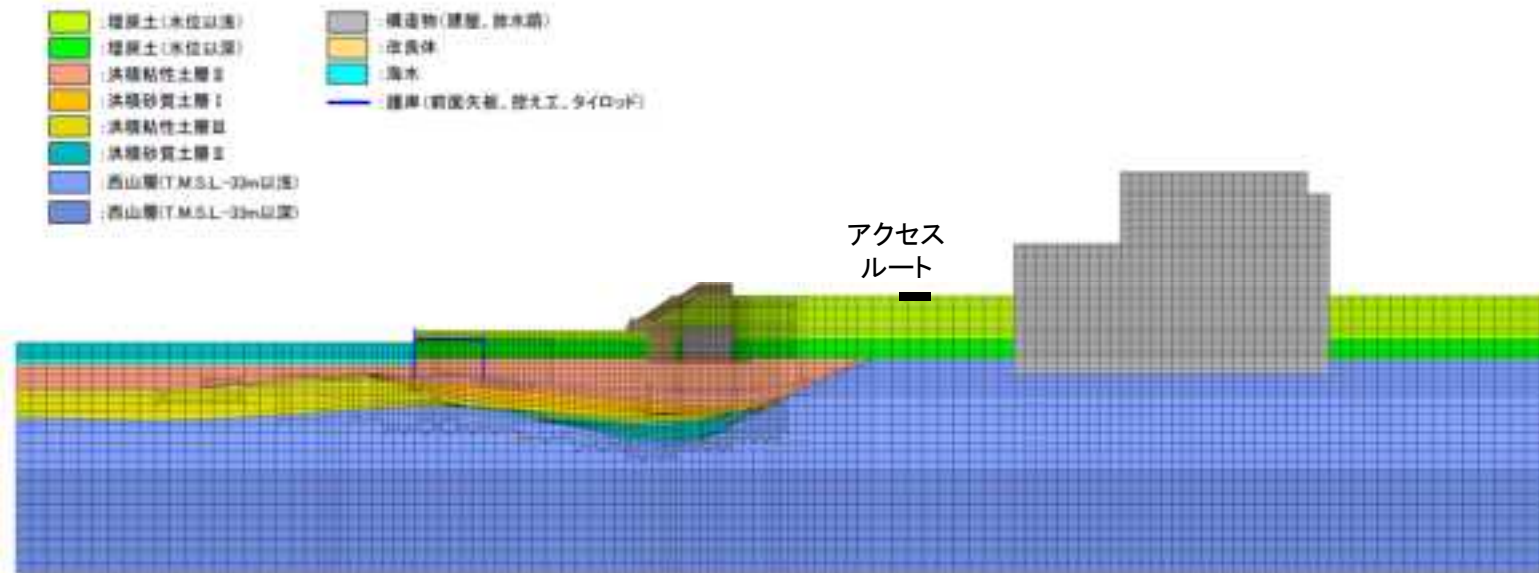


側方流動影響検討【検討条件】

- 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。



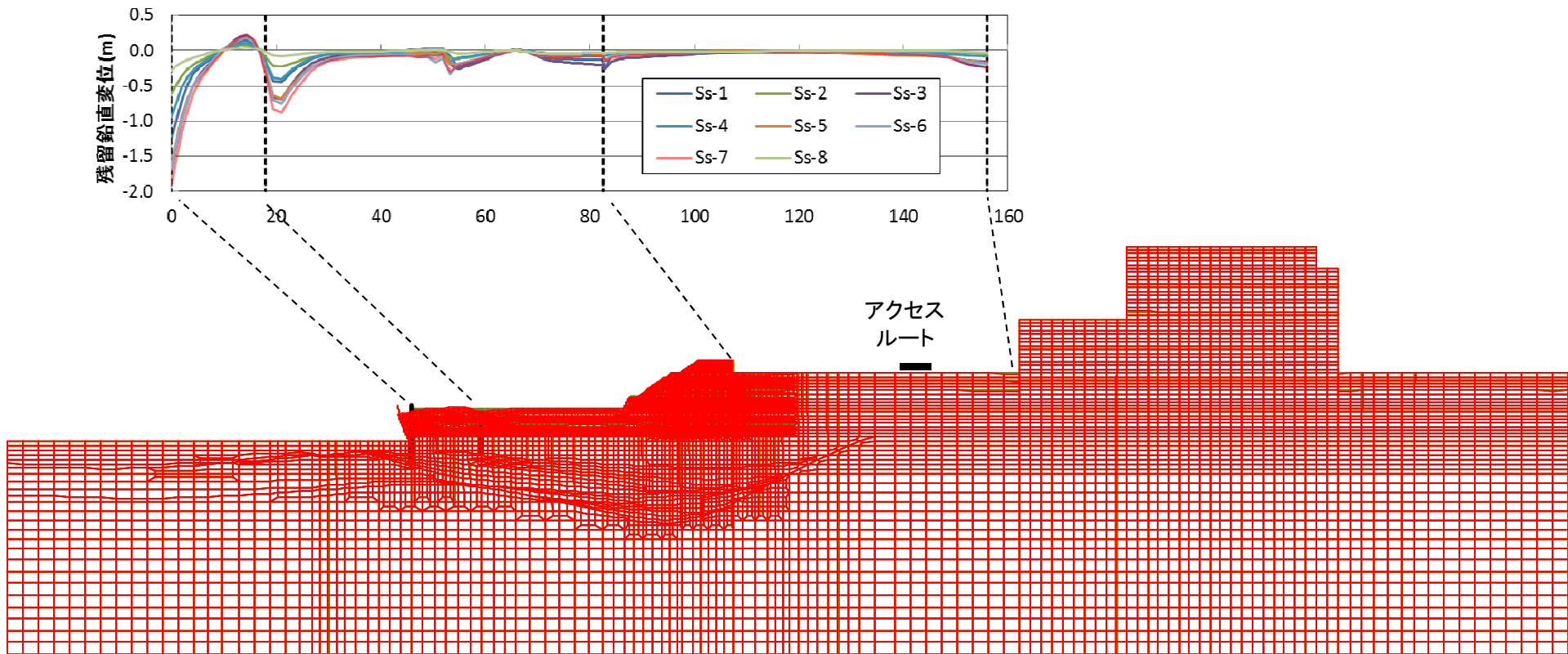
埋戻土の液状化パラメータ設定



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。



残留変形図 (Ss-7) 及び地表面残留沈下量 (Ss1~Ss-8)

	No.	ヒアリング コメント
アクセス ルート の 段差評価	1	沈下箇所の代表性について、選定プロセスを含め説明すること。 (液状化だけでなく、側方流動を要因とした定量的な沈下量等の説明を含む)
	1-1	6, 7号炉タービン建屋海側のアクセスルートについては側方流動による大変形の可能性を考慮して、地盤沈下量および水平変形の影響等についての考え方およびその影響度を整理して説明すること。
	1-2	揺すり込みによる体積ひずみ量および沈下量算出手法の妥当性および適用性について具体的に提示すること。

### 回答概要

- 液状化及び揺すり込み沈下による段差の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沈下率を評価し、基準地震動 $S_s$ に対する沈下率を2%とした。
- 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2%とした。
- 上記の沈下率を用いて、アクセスルート上の段差評価を実施した。



段差評価の概要

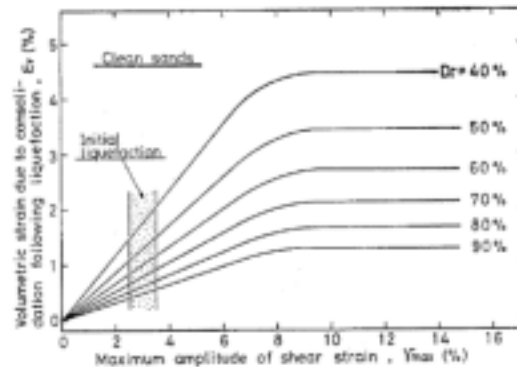
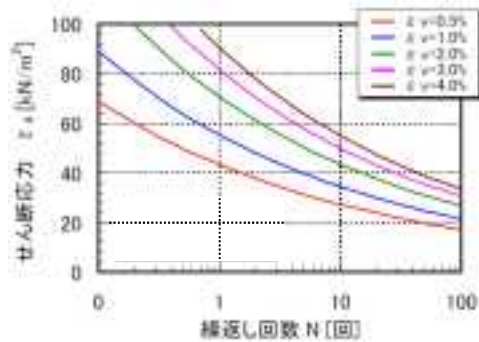
- 液状化及び揺すり込み沈下による段差評価における評価手法の妥当性及び適用性について検討を実施した。
- 不飽和地盤及び飽和地盤の沈下量を下に示すフローに従って算出し、構造物の有無による段差（相対沈下量）を算定する。

地下水位以浅の不飽和砂質地盤  
揺すり込み沈下

地下水位以下の飽和砂質地盤  
液状化に伴う沈下

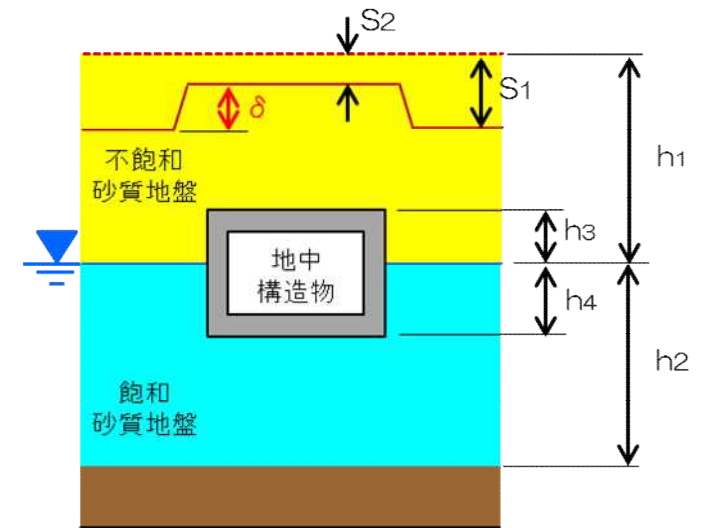
2007年新潟県中越沖地震後に原子炉建屋周辺で実施した室内試験に基づくせん断応力と体積ひずみの関係（北爪ら，2012\*1）から沈下率（A）を設定し，不飽和層の厚さ（h1）を乗じて沈下量を算出

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

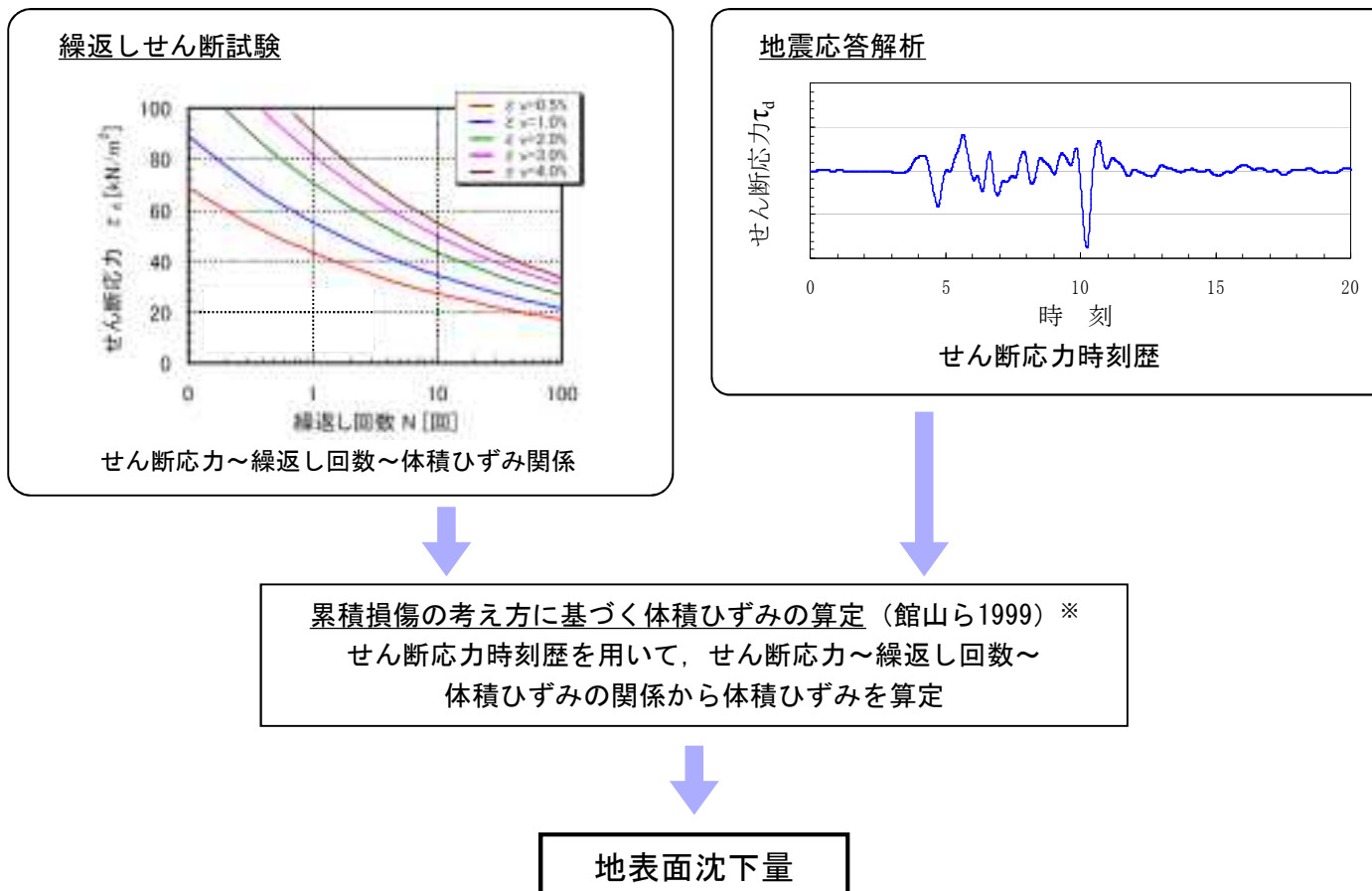
\*1 北爪ら：繰返しせん断による不飽和砂質土の堆積収縮特性と沈下量推定に関する基礎的検討 土木学会論文集C(地圏工学), Vol.68, No.2, pp.410-421, 2012.

\*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

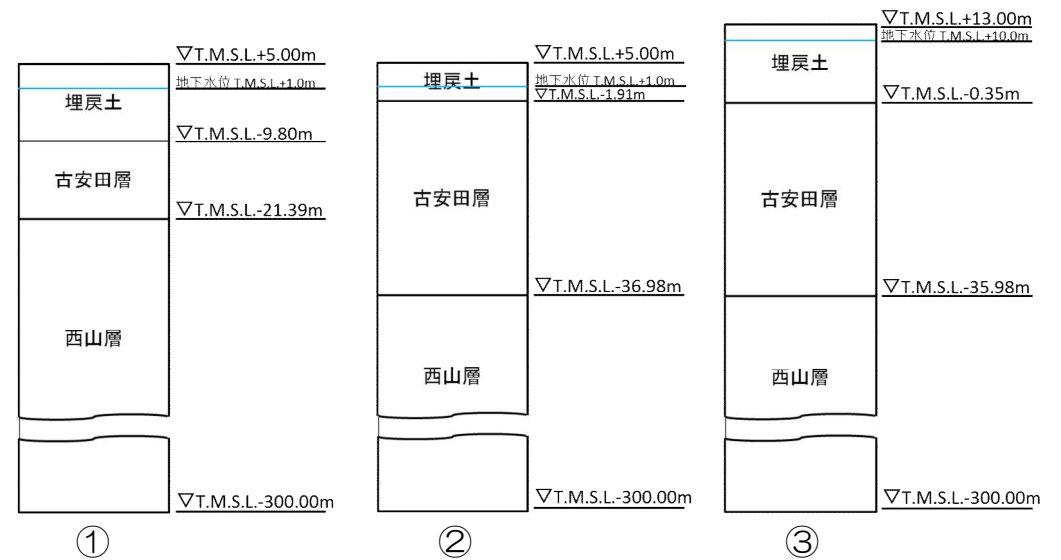
- 不飽和地盤の揺すり込み沈下量については、北爪ら（2012）の2007年新潟県中越沖地震後に原子炉建屋周辺の不飽和地盤（埋戻土）を対象に実施した室内試験に基づくせん断応力と繰返し回数と体積ひずみの関係及び地震応答解析におけるせん断応力時刻歴より算定する。



※ 館山ら；盛土の耐震性能と耐震設計 鉄道総研報告, Vol.13, No.3, 1999.

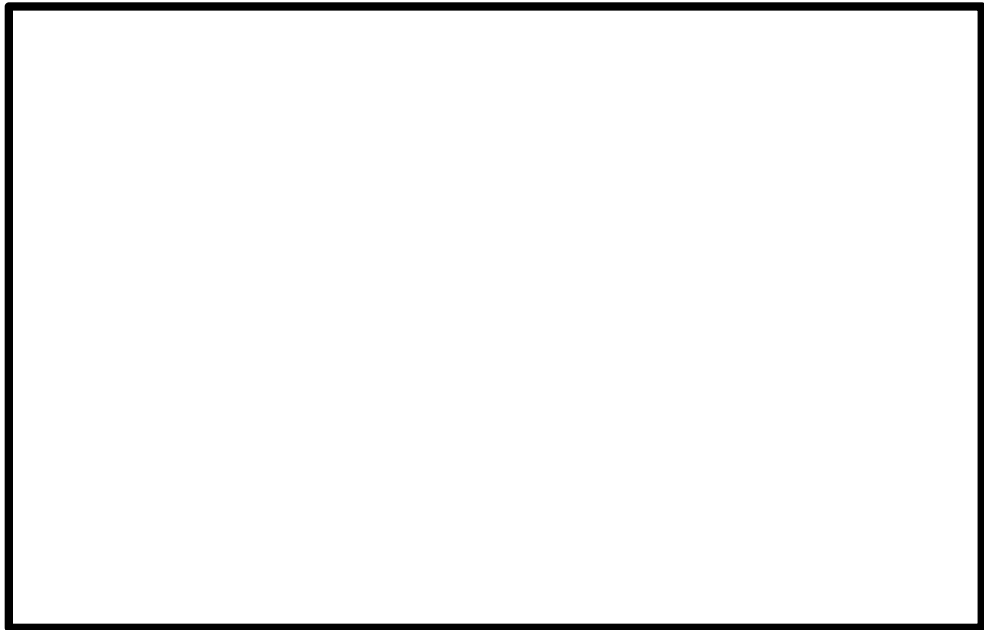
揺すり込み沈下について：沈下率の設定（検討条件）

- 沈下量算定箇所は，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。



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2.0%とした。



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 2.0%

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量を、「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。

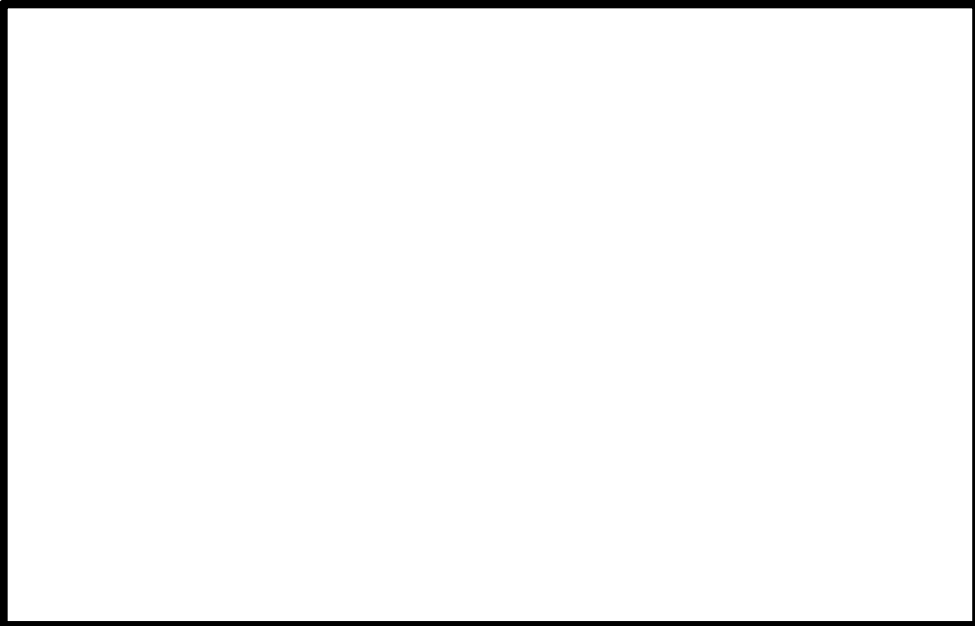
鉄道構造物等設計基準の地震時における地盤の揺すり込み沈下量の算定法に従って，下記の式より揺すり込み沈下量を算定する。

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

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， $\sigma_v$ ：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



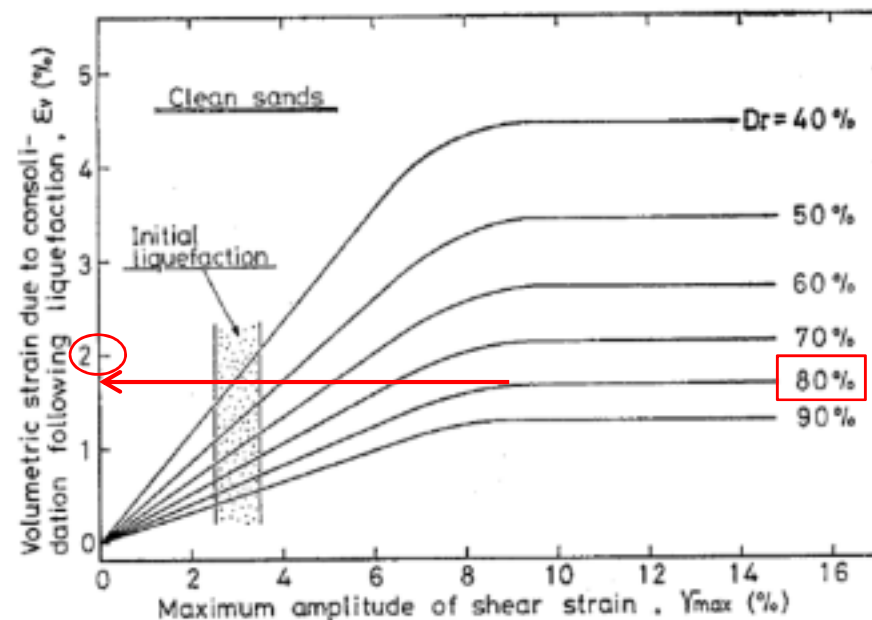
- ① K-3/4 CV K-4OFケーブルダクト  
 地下水位以浅の揺すり込み沈下量：0.00701m  
 // の地盤の層厚：4.0m  
 // の揺すり込み沈下による体積ひずみ：0.18%
- ③ K-3 OFケーブルダクト  
 地下水位以浅の揺すり込み沈下量：0.00134m  
 // の地盤の層厚：3.0m  
 // の揺すり込み沈下による体積ひずみ：0.04%

液状化に伴う沈下について：沈下率の設定

- 飽和地盤の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、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2.0%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	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 2.0%

## 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。

### 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。

アクセスルート及び段差評価位置図

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		構造物 敷高 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：□
		T. M. S. L. m	T. M. S. L. m					0.15m以下：○		
1	K1-5 水配管ダクト	33.9	30.1	30.1	3.0	15.0	0.06	○		
2	K1-5 水配管ダクト	35.5	32.3	32.3	2.7	10.0	0.05	○		
3	500kVケーブルダクト	20.6	14.5	14.5	5.1	10.0	0.10	○	□	
4	新500kVケーブル洞道	14.4	-16.7	-16.7	3.2	10.0	0.06	○	□	
5	K-1 重油配管トレンチ	13.6	12.8	12.8	1.2	10.0	0.02	○	□	
6	K-3/4 CV、K-40Fケーブルダクト	5.7	-2.0	-2.0	3.4	1.0	0.07	○		
7	排水管 □2100×1600	13.1	9.8	9.8	2.4	10.0	0.05	○	□	
8	免震重要棟連絡ダクト	13.1	8.1	8.1	2.4	10.0	0.05	○		
9	情報棟連絡ダクト	8.2	5.2	5.2	2.9	5.0	0.06	○	□	
10	K-3 OFケーブルダクト	4.9	-9.3	-9.3	3.3	1.0	0.07	○		
11	K-1/2 CV K-2 OFケーブルダクト	4.9	1.3	1.3	3.8	1.0	0.08	○		
12	新500kVケーブル洞道	13.2	8.1	8.1	3.2	10.0	0.06	○	□	
13	K-4 OFケーブルダクト	13.3	8.8	8.8	3.4	10.0	0.07	○	□	
14	K-3/4 CVケーブルダクト	13.3	8.8	8.8	3.3	10.0	0.07	○	□	
15	K-3 OFケーブルダクト	13.3	6.9	6.9	3.0	10.0	0.06	○	□	
16	K-1/2 CV、K-2 OFケーブルダクト	13.1	6.3	6.3	3.8	10.0	0.08	○	□	
17	K-1 OFケーブルダクト	10.9	7.5	7.5	3.8	10.0	0.08	○	□	
18	K-1 水配管ダクト	8.2	4.0	4.0	3.9	8.2	0.08	○	□	
19	排水管HP-1350	5.1	2.2	2.2	2.4	1.0	0.05	○		
20	K-3 OFケーブルダクト	4.9	-9.5	-9.5	3.3	1.0	0.07	○		
21	事務本館周辺 雨水排水路 暗渠	13.0	9.2	9.2	2.4	10.0	0.05	○		
22	事務本館周辺 電線管路 多孔暗渠	13.0	11.4	11.4	1.4	10.0	0.03	○	□	
23	緊対室～ずかけ通り雨水排水路	13.7	9.4	9.4	2.4	10.0	0.05	○	□	
24	K-1 山側水配管ダクト	6.8	1.5	1.5	3.9	5.0	0.08	○		
25	K-1 山側排水路	6.8	1.7	1.7	2.4	5.0	0.05	○		
26	K-1 山側OFケーブルダクト	4.8	-1.1	-1.1	3.8	1.0	0.08	○		
27	K1-5 水配管ダクト	12.2	9.0	9.0	3.0	7.0	0.06	○		
28	K-5 OFケーブルダクト	12.2	8.2	8.2	4.3	7.0	0.09	○		
29	K-6 MUW連絡ダクト	12.0	7.9	7.9	3.6	7.0	0.07	○		
30	K1-5 水配管ダクト	19.4	16.1	16.1	3.0	19.4	0.06	○	□	
31	500KVケーブルダクト	18.0	12.3	12.3	5.1	18.0	0.10	○	□	
32	新500kVケーブル洞道	15.0	-7.3	-7.3	3.2	15.0	0.06	○	□	
33	K-6 OFケーブルダクト	11.9	4.3	4.3	7.3	7.0	0.15	○		
34	K-7 OFケーブルダクト	11.9	6.8	6.8	4.1	7.0	0.08	○		
35	排水管 HP-1100	11.9	9.1	9.1	2.2	7.0	0.04	○		

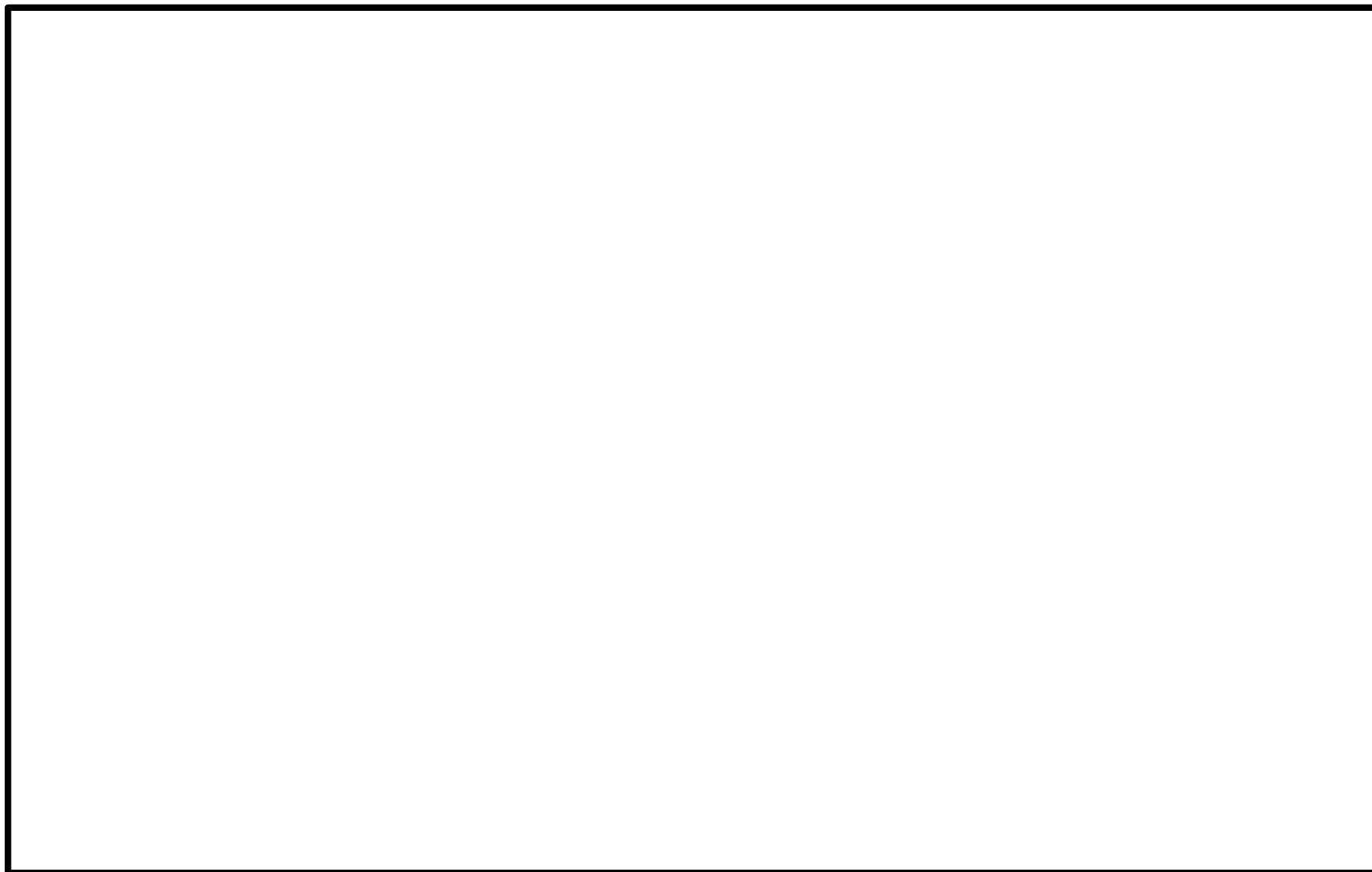


段差評価：評価結果【2】

：段差（相対沈下量）が15cmを超える箇所

通し 番号	名称	路面高	構造物 敷高	構造物高 +基礎	地下水位	相対 沈下量 (m)	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)		0.15m以下：○	
36	排水暗渠口-1100	11.7	8.5	1.5	1.0	0.03	○	
37	K-7 ホンパ庫連絡ダクト	11.9	8.6	2.9	1.0	0.06	○	
38	K-7 取水路	11.7	-9.5	8.7	1.0	0.17	×	
39	K-7 補機放水路	11.9	8.3	2.1	1.0	0.04	○	
40	K-6 OFケーブルダクト	12.1	7.9	4.0	7.0	0.08	○	
41	K-7 OFケーブルダクト	12.1	7.1	4.1	7.0	0.08	○	
42	K-6 非常用ディゼールダクト	12.1	9.1	11.4	7.0	0.23	×	
43	K-5 低起動二次側ケーブルダクト	12.1	0.8	10.7	7.0	0.21	×	
44	K-5 低起動二次側ケーブルダクト	12.2	0.8	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	7.7	4.0	7.0	0.08	○	
47	排水管HP-1200	12.2	9.4	2.1	7.0	0.04	○	
48	K-7 T/B～BCP間連絡ダクト	11.9	8.2	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	7.1	4.4	1.0	0.09	○	
50	K-6 取水路	11.9	-9.5	8.4	1.0	0.17	×	
51	K-6 補機放水路	11.9	9.1	2.1	1.0	0.04	○	
52	K-6 ホンパ庫連絡ダクト	11.9	8.3	3.1	1.0	0.06	○	
53	K-6 補機放水路	11.9	8.7	2.1	1.0	0.04	○	
54	K-5 B系配管ダクト	12.1	-5.3	5.8	1.0	0.12	○	
55	K-5 ホンパ庫連絡ダクト	12.1	8.2	3.2	1.0	0.06	○	
56	K-5 A系配管ダクト	12.1	-3.2	5.8	1.0	0.12	○	
57	K-6 軽油タンク部地盤改良-A	12.0	-	11.0	7.0	0.22	×	
58	K-6 軽油タンク部地盤改良-B	12.0	-	21.5	7.0	0.43	×	
59	K-6 軽油タンク部地盤改良-C	12.0	-	20.0	7.0	0.40	×	
60	K-6 軽油タンク部地盤改良-D	12.0	-	9.0	7.0	0.18	×	
61	K-6 軽油タンク部地盤改良-E	12.0	-	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	-	6.2	1.0	0.12	○	
63	排水路 ヒューム管	44.7	20.5	1.7	30.0	0.03	○	
64	排水路 ボックスカルバート	42.5	37.7	2.4	30.0	0.05	○	
65	500KVケーブルダクト	12.3	7.1	5.1	7.0	0.10	○	□
66	新500kVケーブルダクト	12.3	7.0	3.1	7.0	0.06	○	
67	500KVケーブルダクト	16.5	5.9	5.1	12.3	0.10	○	
68	水配管ダクト	37.7	33.4	3.0	15.0	0.06	○	
69	第一GTGケーブルダクト	12.0	0.0	3.3	7.0	0.07	○	
70	第一GTGケーブルダクト部地盤改良	12.0	-	23.7	7.0	0.47	×	

段差評価：評価結果【3】



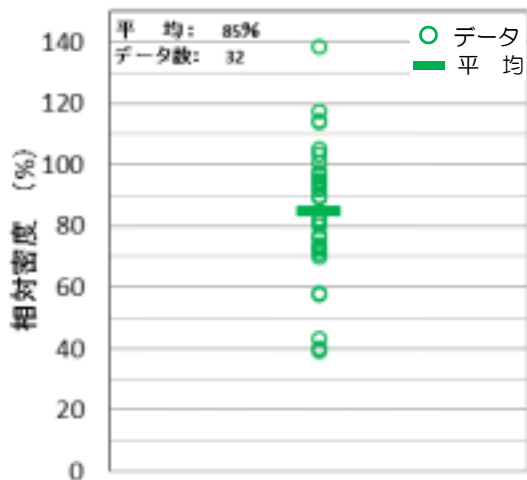
アクセスルート及び段差評価位置図（地震時に15cm以上の段差発生が予測される箇所 ● ）

(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

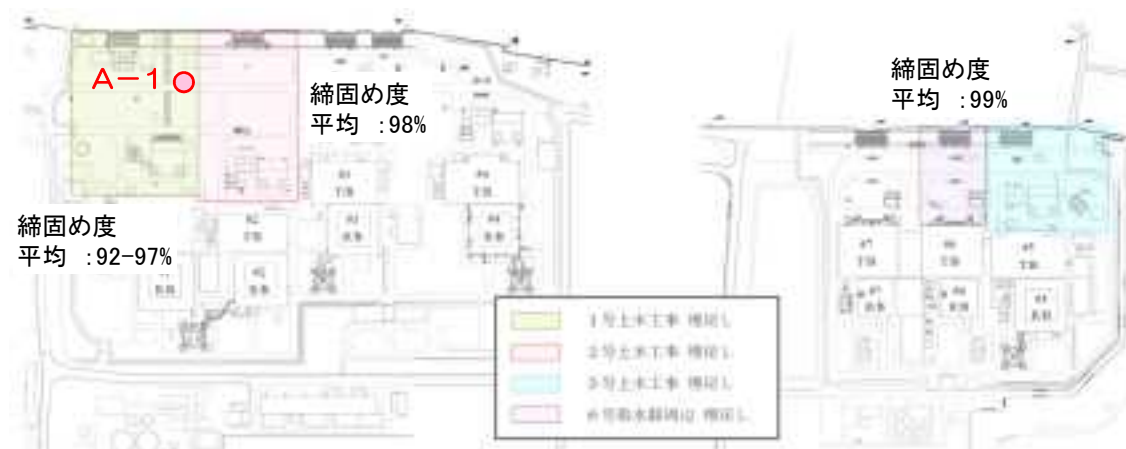
地層	相対密度 [%]	備考 (調査位置)
	平均	
埋戻土	85	A-1ほか



埋戻土の相対密度



埋戻土の締固め度 (建屋周辺)



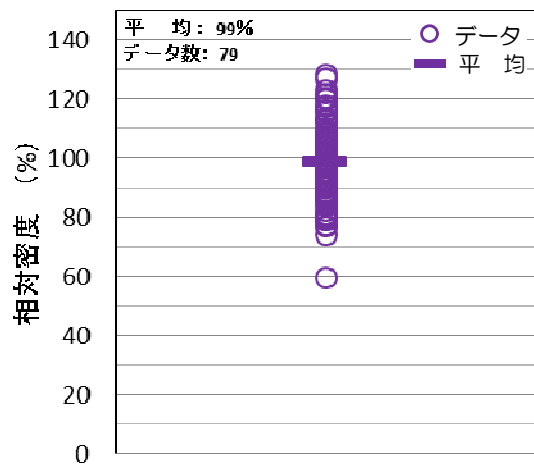
埋戻土の締固め度 (海側)

(参考) 新期砂層・沖積層の相対密度

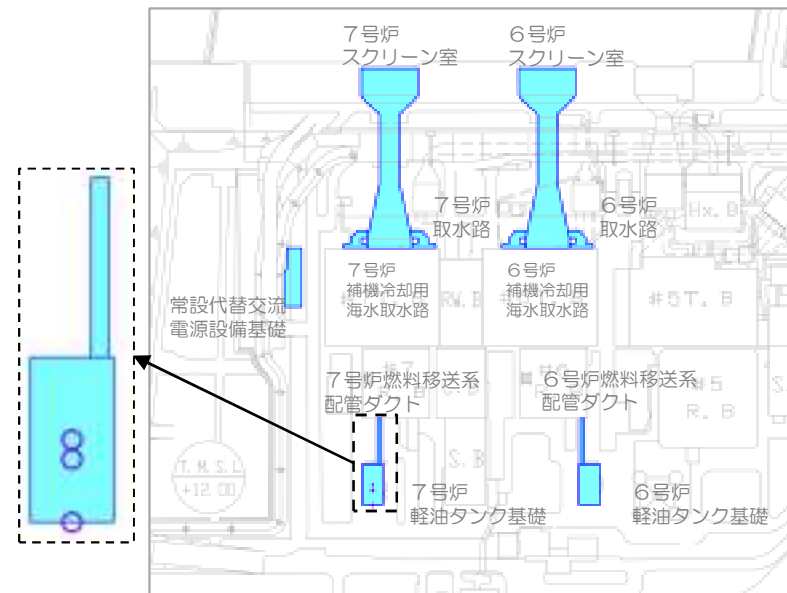
- 新期砂層・沖積層の相対密度は、平均値99%である。

対象層の相対密度

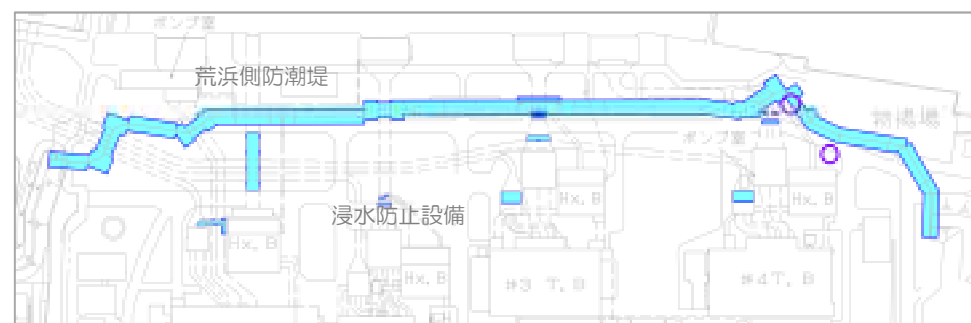
地層	相対密度 [%]	備考 (調査位置)
	平均	
新期砂層 ・ 沖積層	99	A-3及びその周辺, K7軽油タンク周辺



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

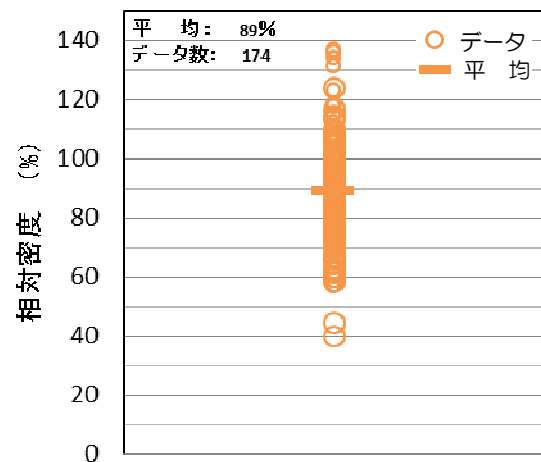
○ 新期砂層・沖積層調査位置

(参考) 古安田層中の砂層の相対密度

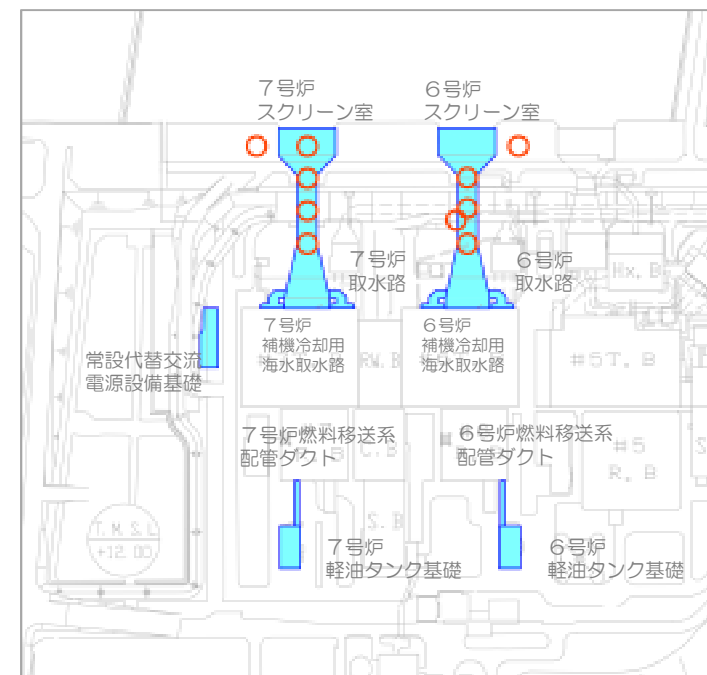
- 古安田層中の砂層の相対密度は、平均値89%である。

対象層の相対密度

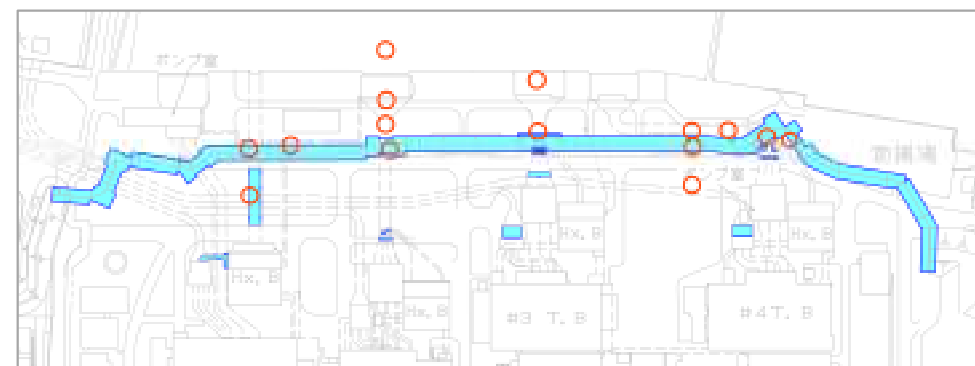
地層	相対密度 [%]	備考 (調査位置)
	平均	
古安田層中の砂層	89	荒浜側, 大湊側海側



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

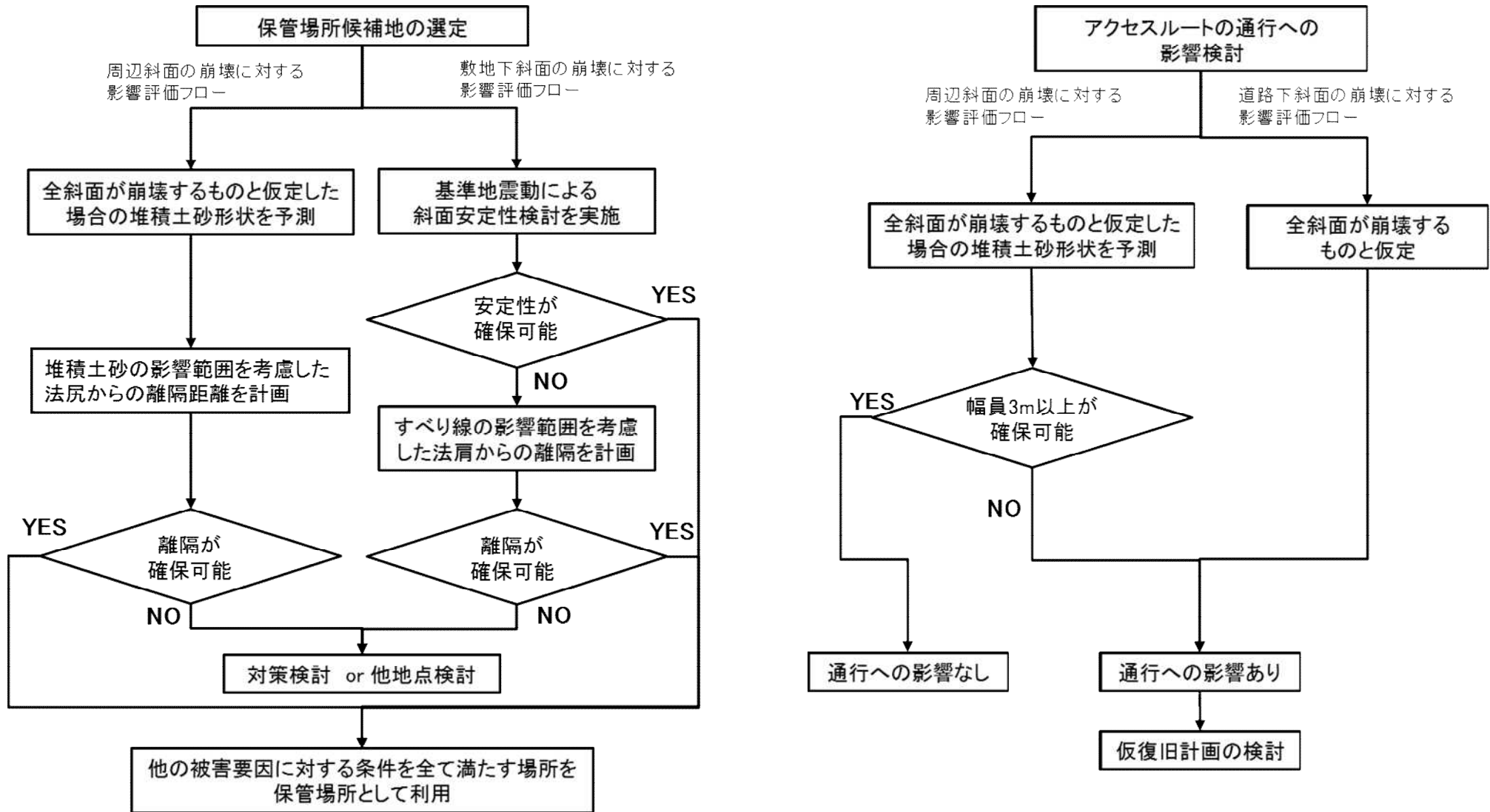
○ 古安田層中の砂層調査位置

	No.	ヒアリング コメント
アクセス ルート 保管場所 の 斜面評価	2	アクセスルートと保管場所について、基準地震動 $S_s$ による斜面の安定性や支持地盤の支持性能の評価の妥当性並びに斜面等の崩落による堆積形状及び土砂の量を説明すること。（地質調査結果、斜面の網羅的な詳細図、斜面の安定性など）
	2-1	アクセスルート、保管場所の支持性能としての地盤のすべり評価の抽出プロセスと評価方針について、被害形態を網羅的に抽出したうえで体系的に整理して提示すること。
	2-2	円弧法による土砂の堆積量の推定について、最小すべり安全率の時のすべり面による排出土量ではなく、安全率1.0を下回るすべり面の中で最大排出土量となる円弧を基に計算すること。
	2-3	“SHAKE+円弧すべり法”による簡易評価手法については既工認での実績のない評価手法であることから、FEM解析等の信頼性の高い解析手法によって評価結果の妥当性・適用性を確認すること。また、検討断面については代表性の考え方を整理して提示すること。
	2-4	「宅地防災マニュアルの解説」に基づく法肩からの被害影響範囲（H）の適用は既工認での実績のない評価手法であることから、FEM解析等の信頼性の高い解析手法によって評価結果の妥当性・適用性を説明すること。

### 回答概要

- 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を整理した。
- 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、保管場所を設定した。
- 評価方針に基づき、アクセスルート斜面については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こととした。

- 保管場所及びアクセスルート斜面については、下に示すフローに従って評価を実施した。

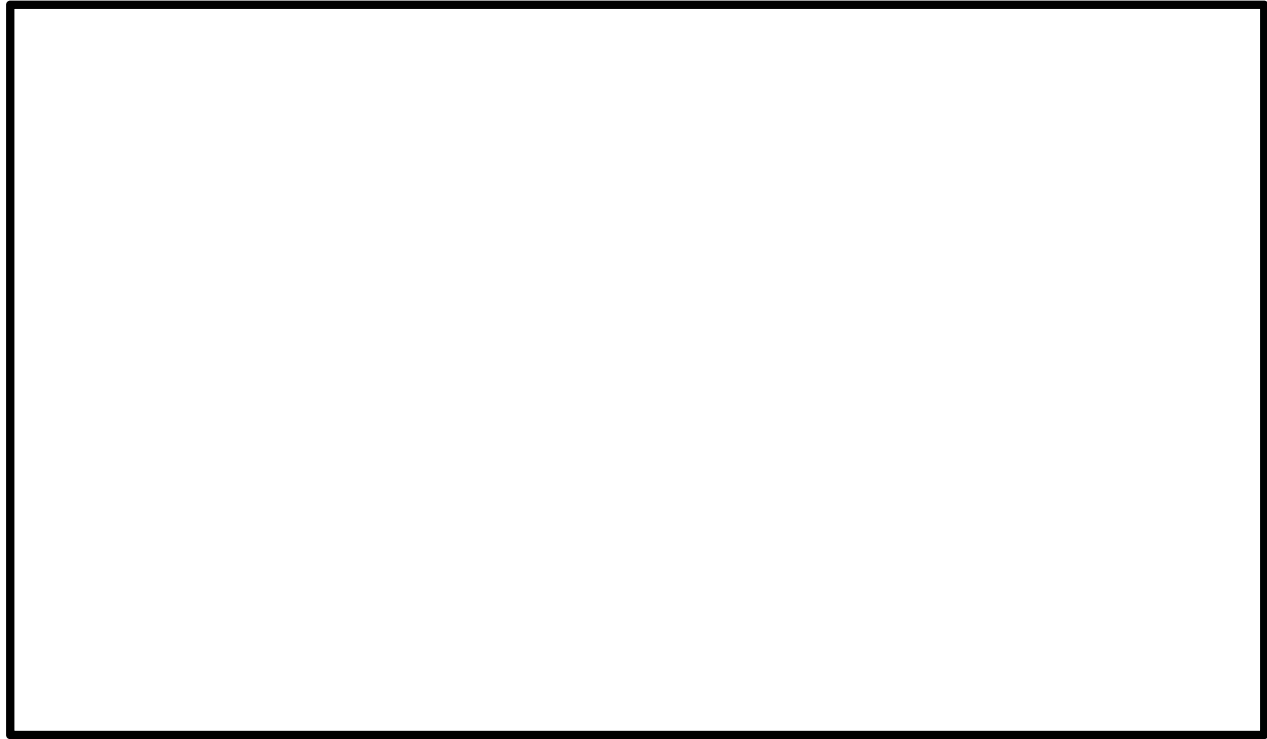
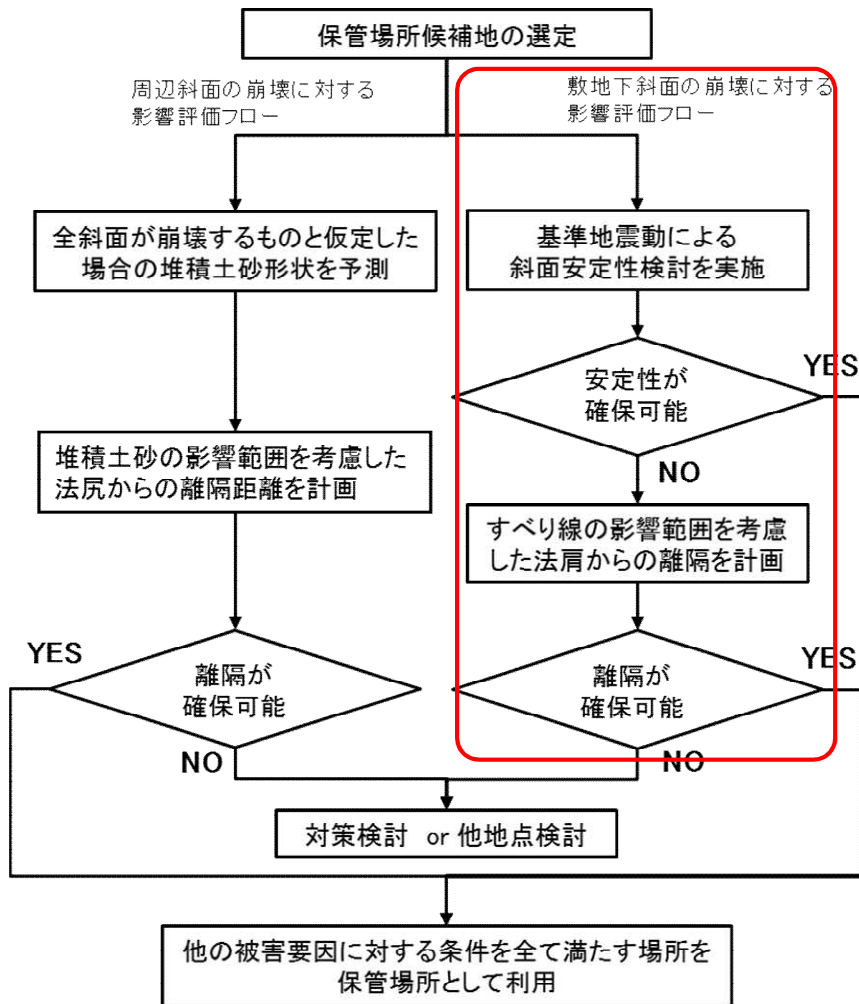


保管場所及びアクセスルート斜面の評価フロー



保管場所斜面のすべり検討【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。

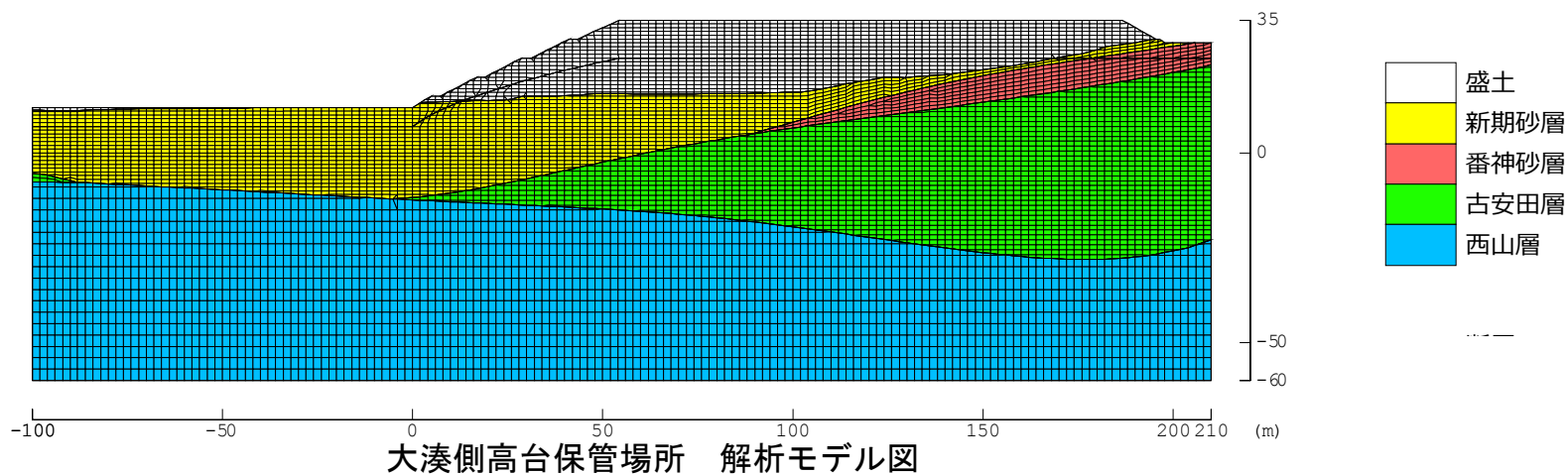
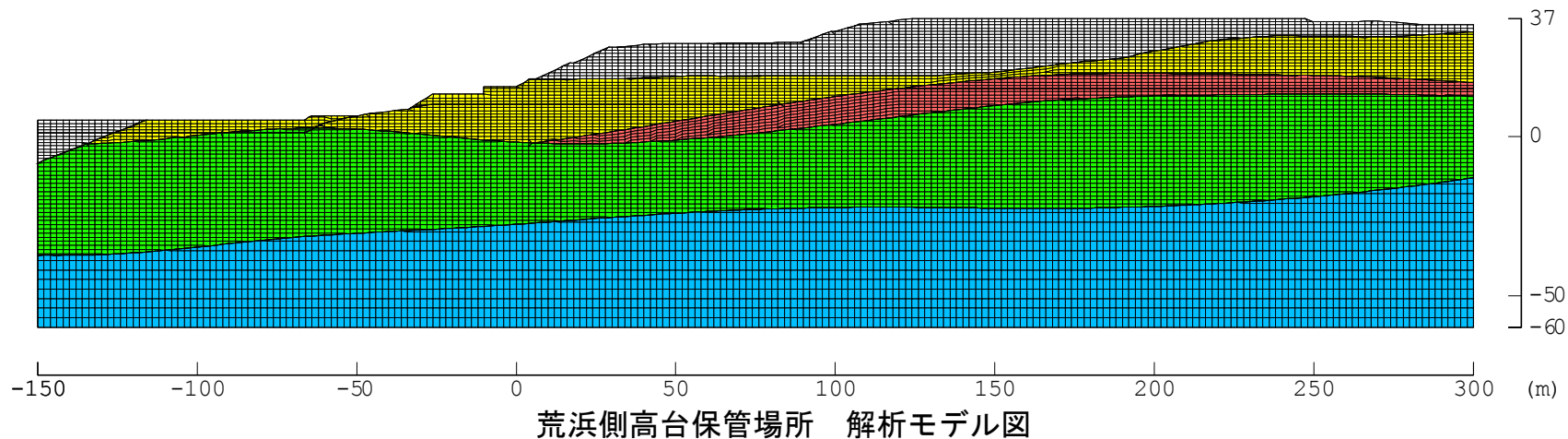


保管場所の検討位置

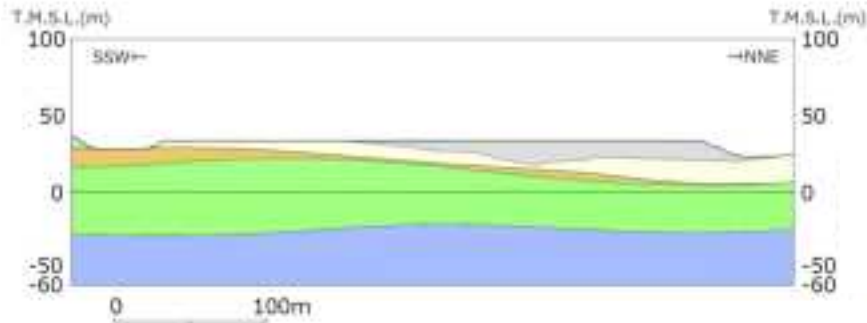
保管場所の評価フロー

保管場所斜面のすべり検討【検討条件】

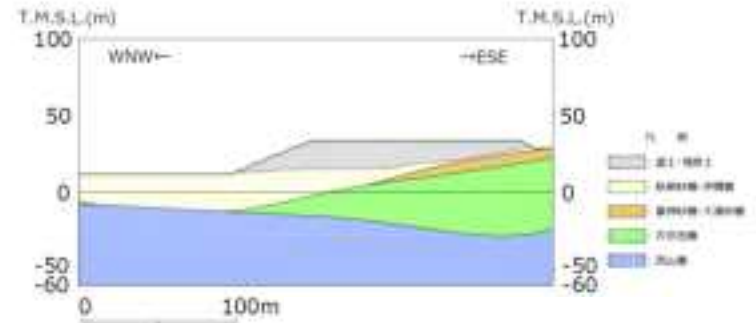
- 斜面のすべり評価については、二次元等価線形解析に基づき実施した。
- 解析用地盤物性値は、基礎地盤安定性評価の物性値を用いた。
- 入力地震動には、基準地震動  $S_s$  を解析モデル下端 (T.M.S.L.-60m) まで引き上げた波形を用いた。なお、敷地内の地震増幅特性を踏まえ、両地点とも荒浜側の基準地震動  $S_s$  を用いた。



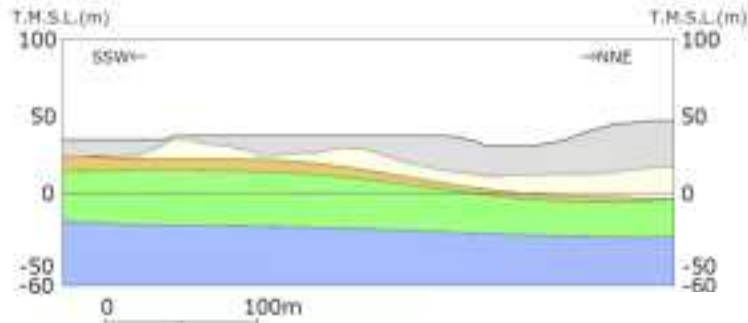
## (参考) 保管場所斜面の地質断面図



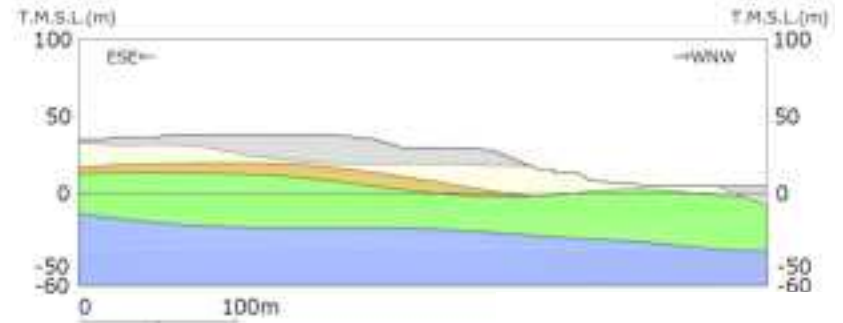
大湊側高台保管場所 汀線平行断面 (①断面)



大湊側高台保管場所 汀線直交断面 (②断面)



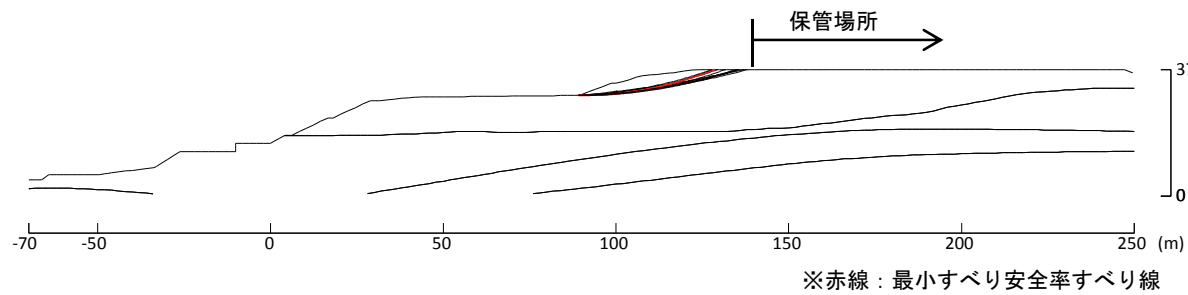
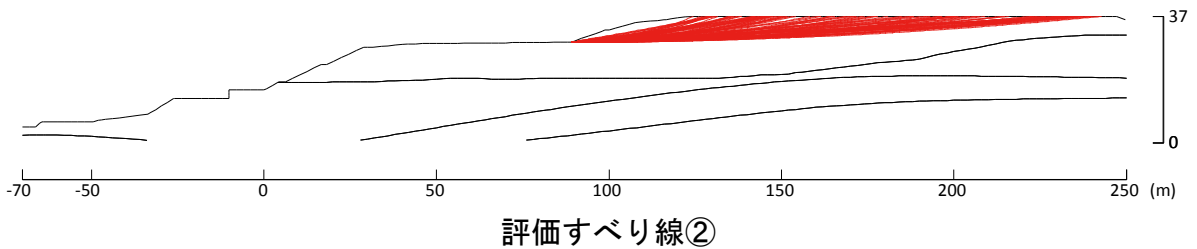
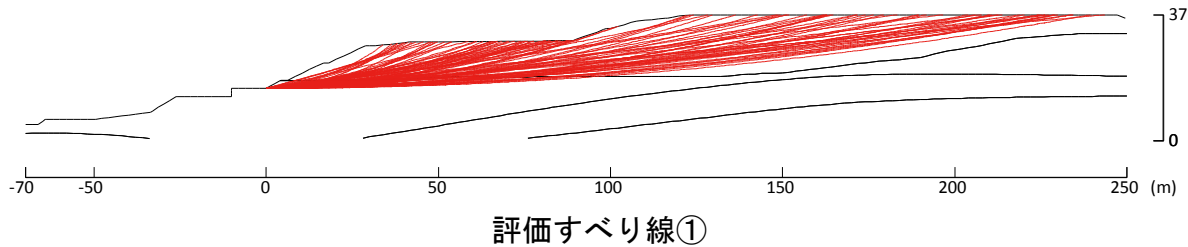
荒浜側高台保管場所 汀線平行断面 (③断面)



荒浜側高台保管場所 汀線直交断面 (④断面)

保管場所斜面のすべり検討【検討結果：荒浜側高台保管場所】

- すべり安全率が1を下回る斜面の範囲を踏まえて、保管場所を設定する。



すべり安全率が1を下回るすべり線

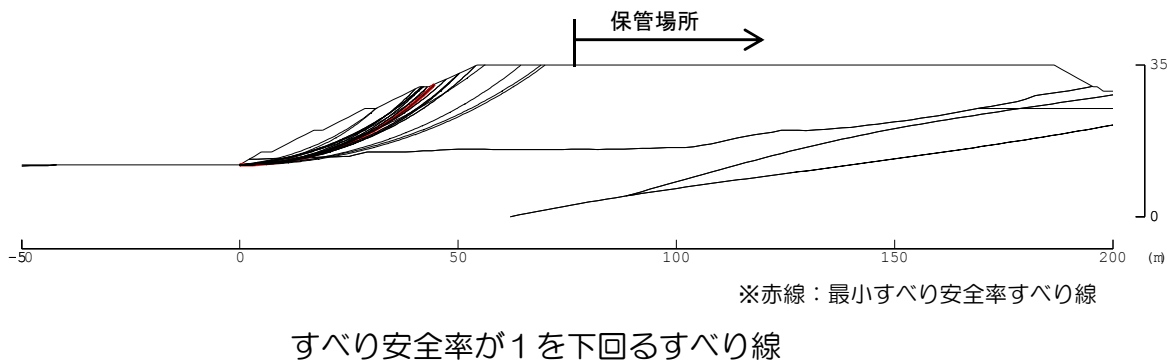
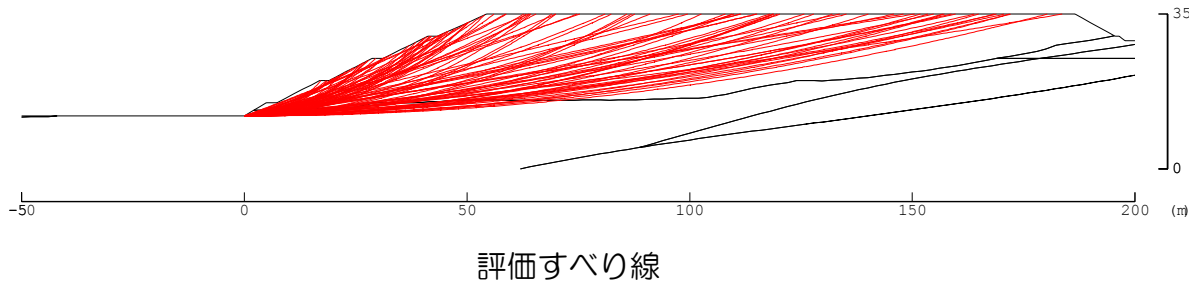
すべり安全率一覧

地震動	すべり線①	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

保管場所斜面のすべり検討【検討結果：大湊側高台保管場所】

- すべり安全率が1を下回る斜面の範囲を踏まえて、保管場所を設定する。



※赤線：最小すべり安全率すべり線

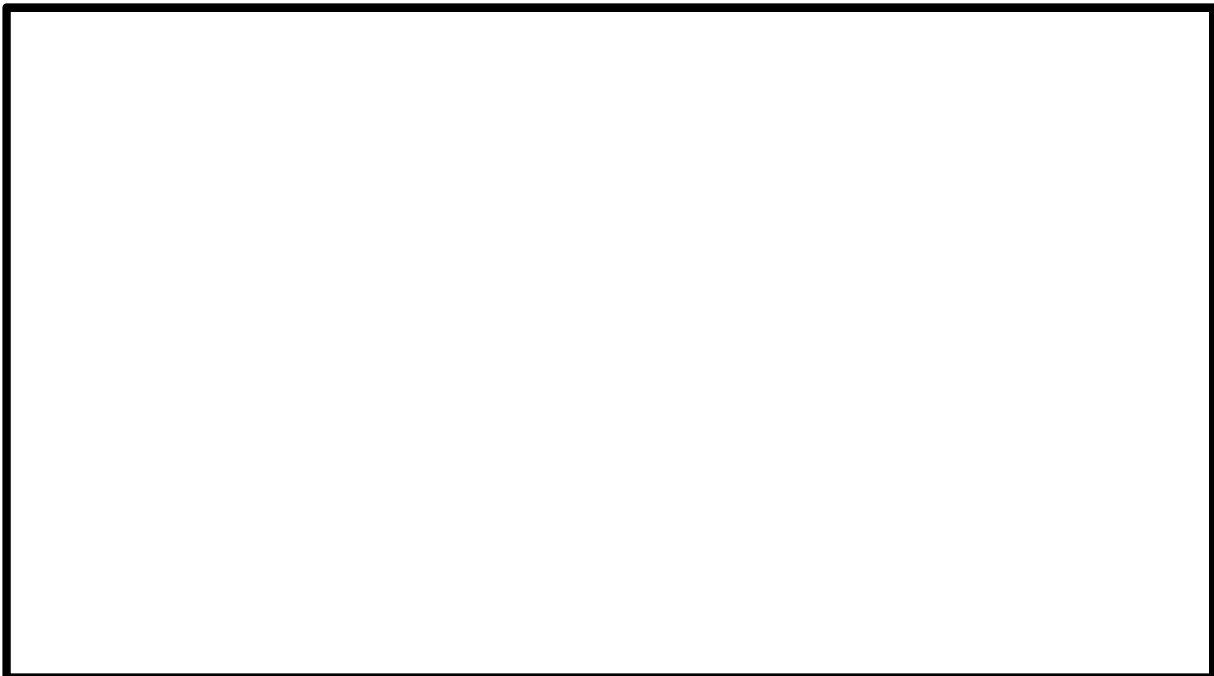
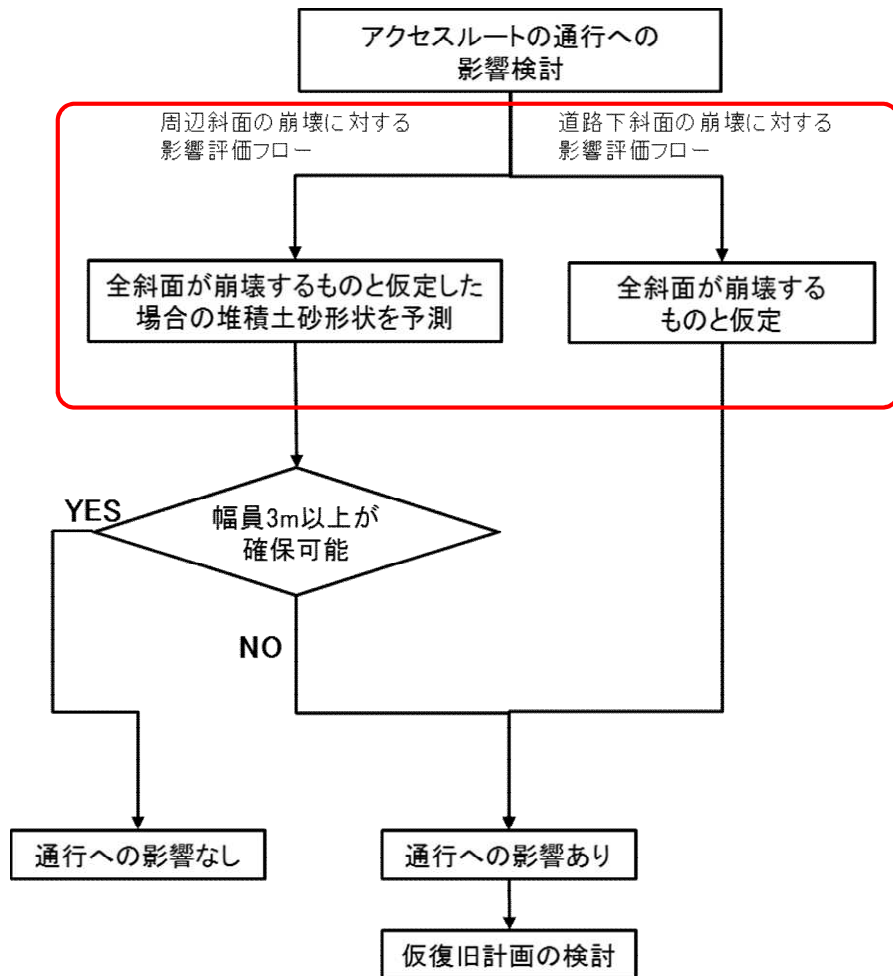
すべり安全率一覧

地震動	(正, 正)
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

※ Ss-1, Ss-3は、地震動を位相反転したケースを含む最小値

アクセスルート斜面のすべり検討【検討概要】

- アクセスルートの通行への影響検討として、周辺斜面及び道路下斜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下斜面については、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。



## アクセスルート斜面のすべり検討【斜面崩壊形状】

- アクセスルート斜面の崩壊形状としては、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)

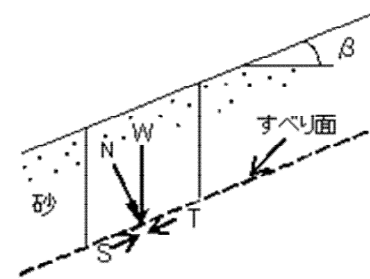
## ■ 砂の安息角と内部摩擦角

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。

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

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

$$\phi \geq \beta$$



$\beta$  : 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 $\phi$ は斜面勾配 $\beta$ 以上の値であり、安全率1.0の極限状態では内部摩擦角 $\phi$ は斜面勾配 $\beta$ 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 $\phi$

➤  $15^\circ \sim 40^\circ$

【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 $\phi$

➤ 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) :  $15^\circ \sim 25^\circ$



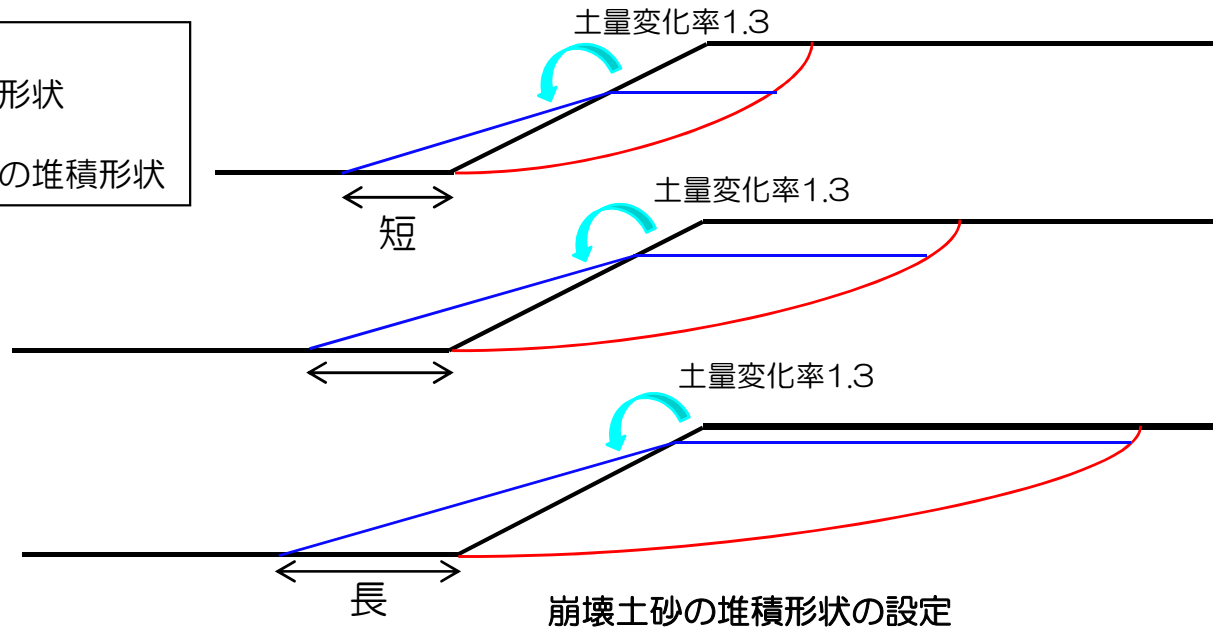
アクセスルート斜面のすべり検討【斜面崩壊形状】

■ 崩壊土砂の堆積形状の設定 ①

- すべり土塊の土量に対して、土量変化率1.3を考慮する。
- 崩壊土砂の堆積時の角度は、15° とする。

【凡例】

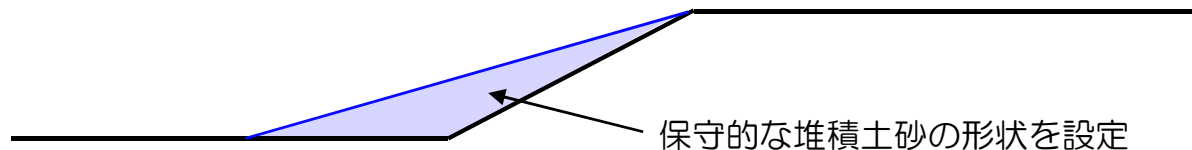
- 崩壊前の斜面形状
- 崩壊後の土砂の堆積形状
- すべり線



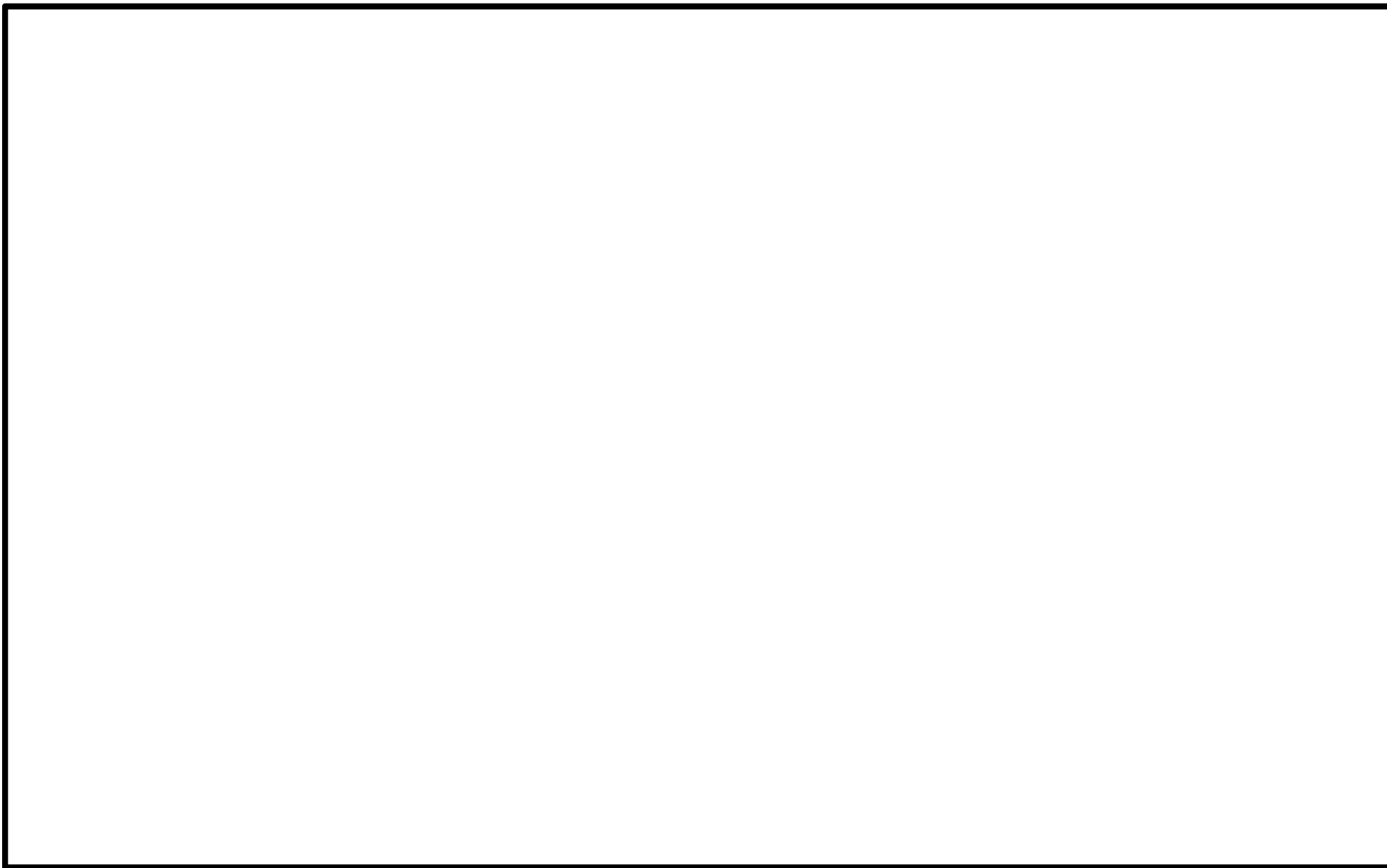
すべり線の 大きさ	崩壊土砂の 到達距離
小	短
↓	↓
大	長

■ 崩壊土砂の堆積形状の設定 ②

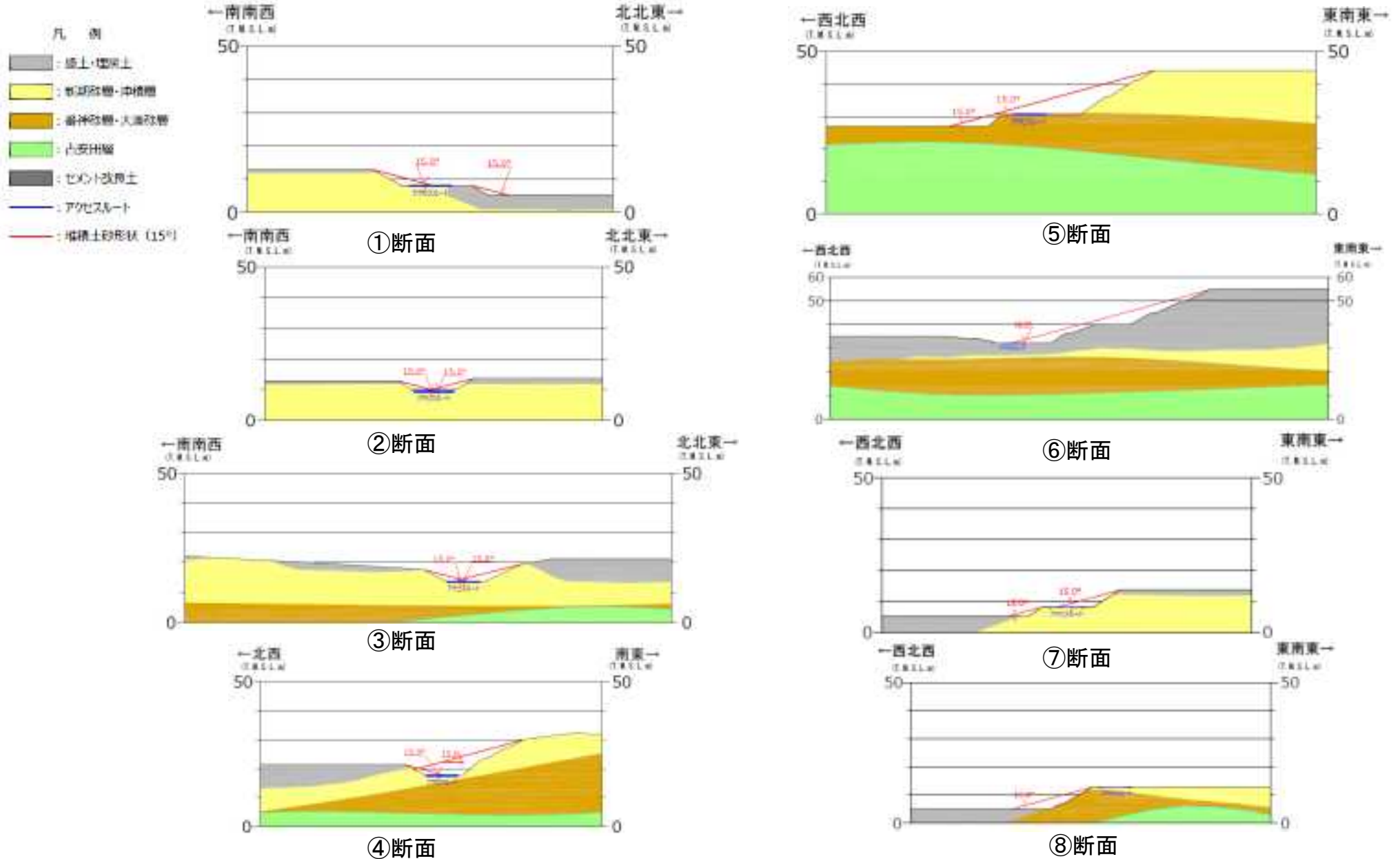
- すべり線が大きいほど、崩壊土砂の到達距離は長くなり、崩壊形状の法肩は崩壊前の斜面形状の法肩に近づくことから、保守的に崩壊後の土砂の堆積形状は、崩壊前の土砂形状の法肩を基点に堆積角度が15° となるように設定した。



評価対象斜面



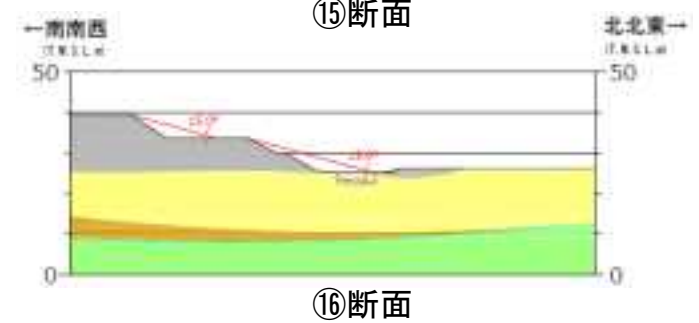
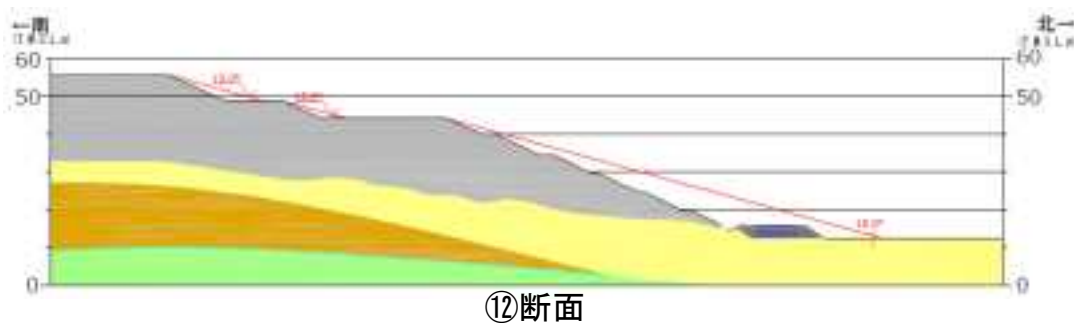
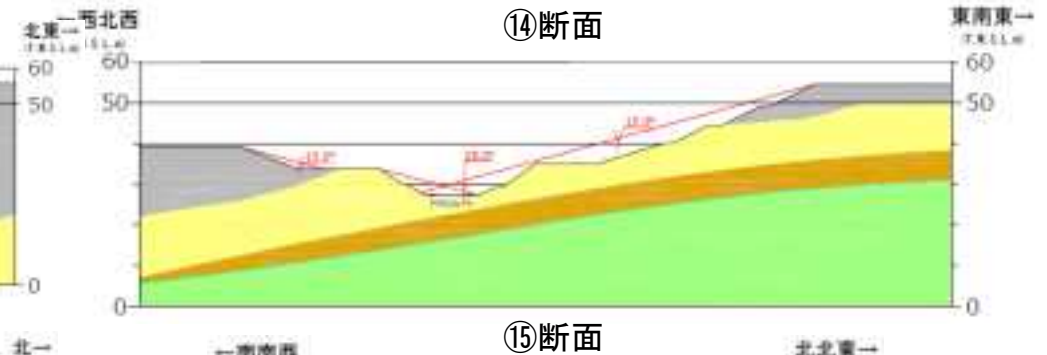
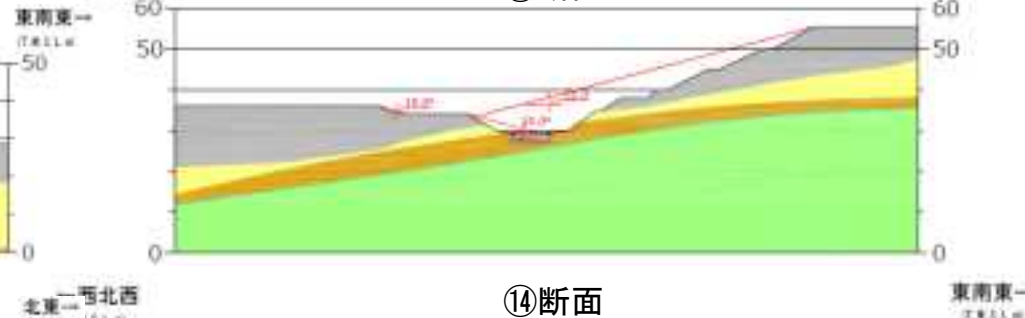
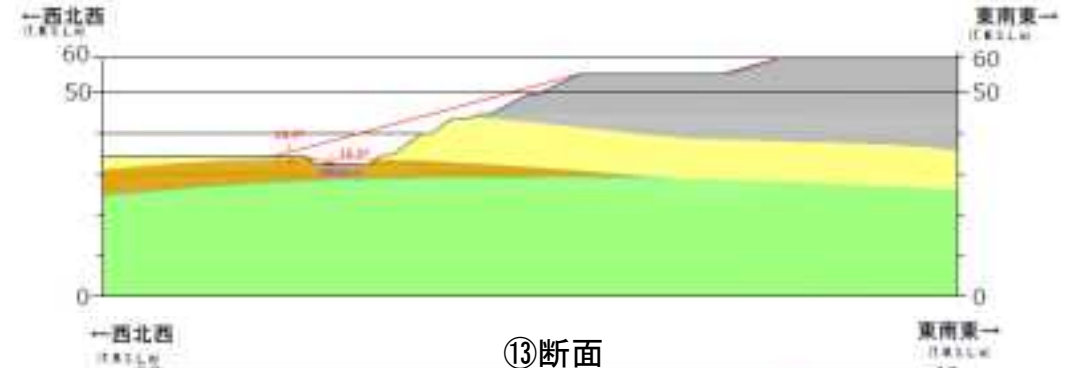
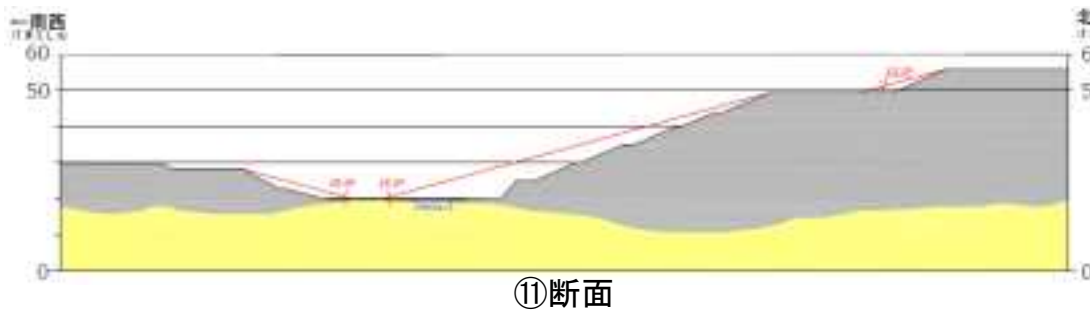
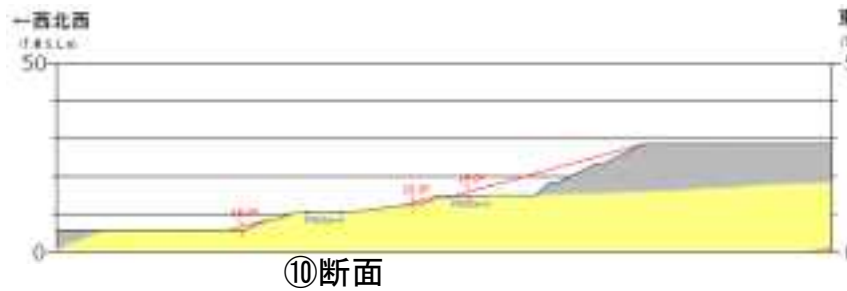
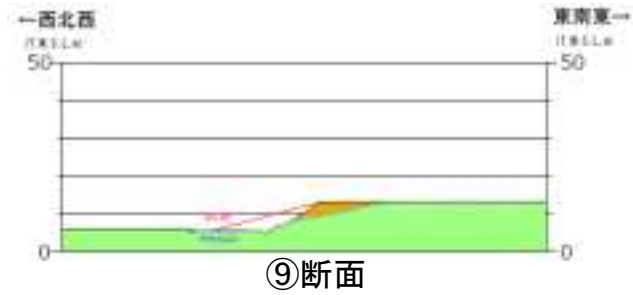
## 崩壊土砂の影響範囲（1/3）



※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

崩壊土砂の影響範囲 (2/3)

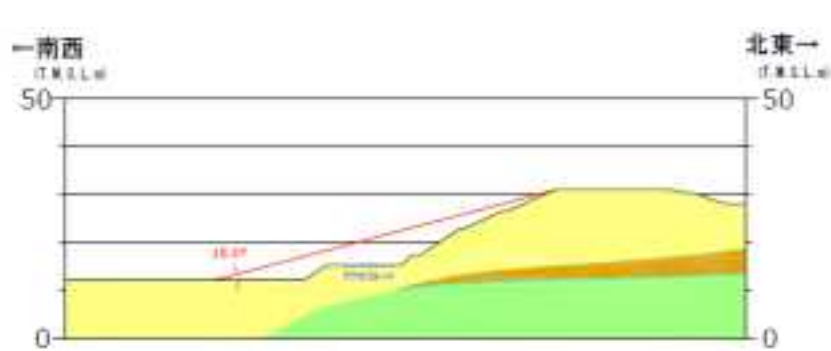
- 凡 例
- : 盛土・埋戻土
  - : 普通砂礫・沖積層
  - : 礫沖積層・大礫砂層
  - : 占安田層
  - : セメント改良土
  - : アクセスルート
  - : 崩壊土砂形状 (15°)



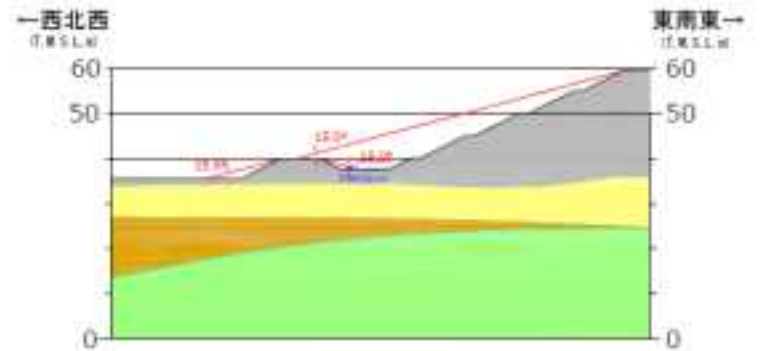
※アクセスルートに対して、最も影響が大きい(崩壊土砂の到達範囲が最も長くなる)法肩を選定して、崩壊土砂の堆積形状を設定

崩壊土砂の影響範囲（3/3）

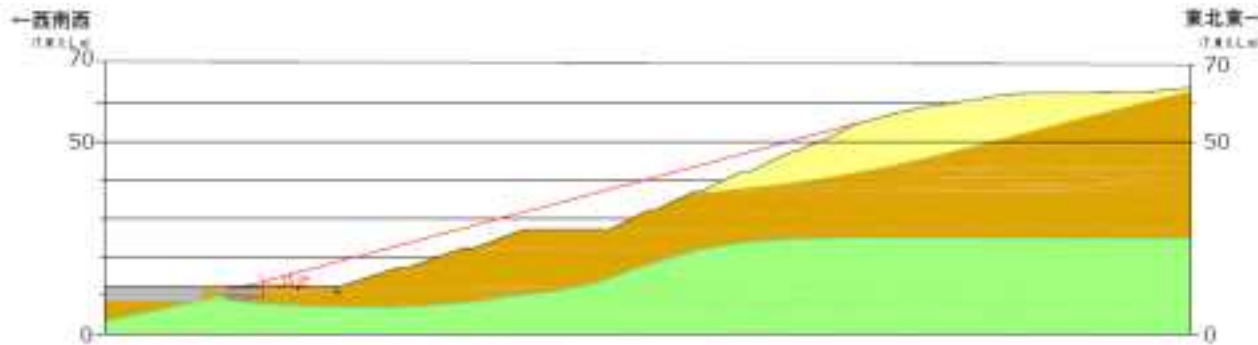
- 凡 例
- ：盛土・埋戻土
  - ：普通砂礫・沖積層
  - ：番砂礫層・大層砂礫
  - ：占安田層
  - ：セメント改良土
  - ：アクセスルート
  - ：崩壊土砂形状（15°）



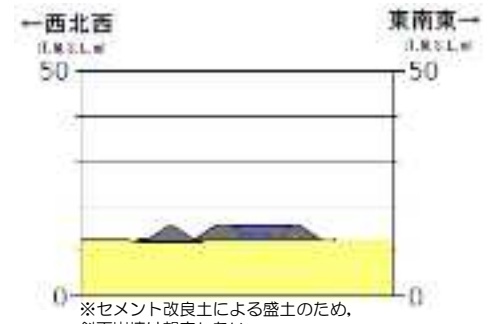
⑰断面



⑳断面

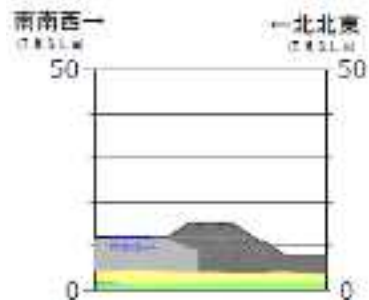


⑱断面



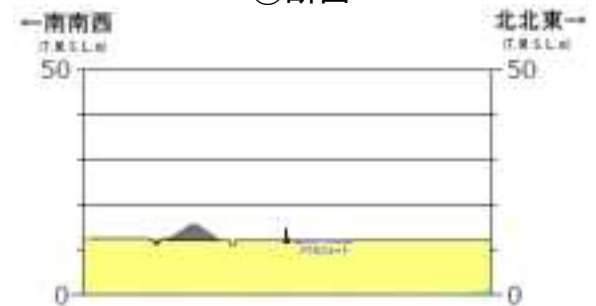
※セメント改良土による盛土のため、斜面崩壊は想定しない

㉑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

㉒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

## 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	

## 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※ <sup>1</sup>
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	あり※ <sup>2</sup>
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

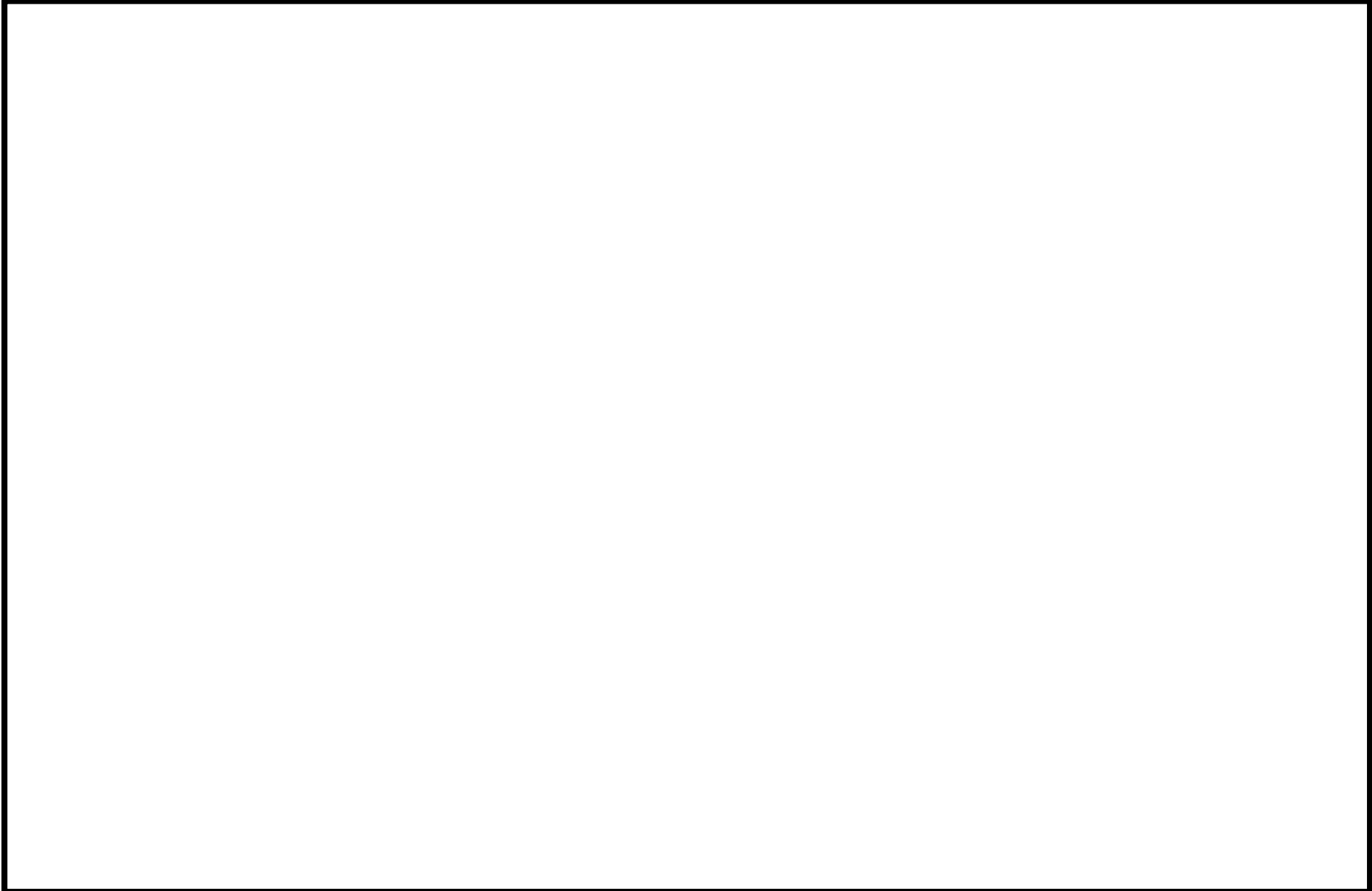


## 通行への影響 (3/3)

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	12.4	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

評価結果（斜面崩壊のアクセスルートへの影響評価）



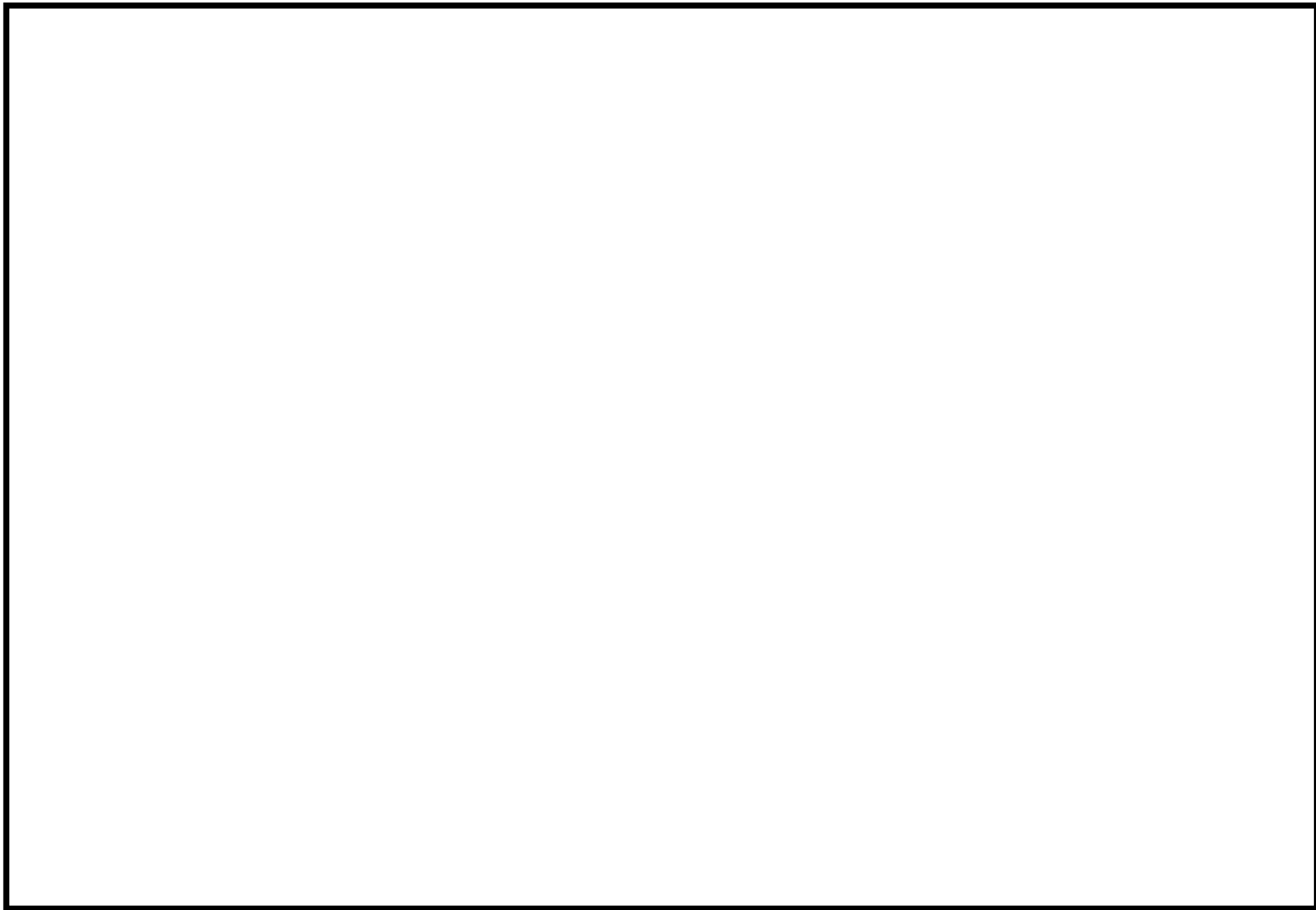
全斜面が崩壊するものと仮定した場合、必要な幅員が確保出来ないルート

	No.	ヒアリング コメント
仮復旧 評価	3	アクセスルートの仮復旧が必要となったことによる影響について説明すること。

#### 回答概要

- 屋外アクセスルートにおける被害状況を踏まえた事務本館～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。

## 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）

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

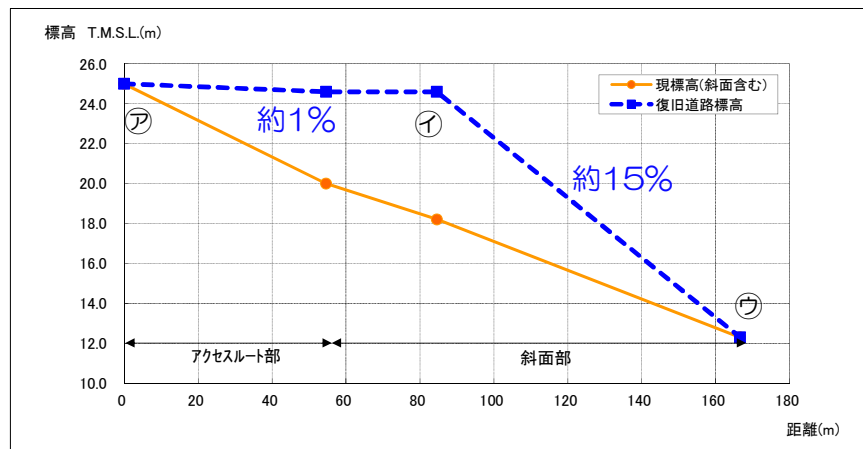
**【アクセスルートの仮復旧方法】**

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、事務本館～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。

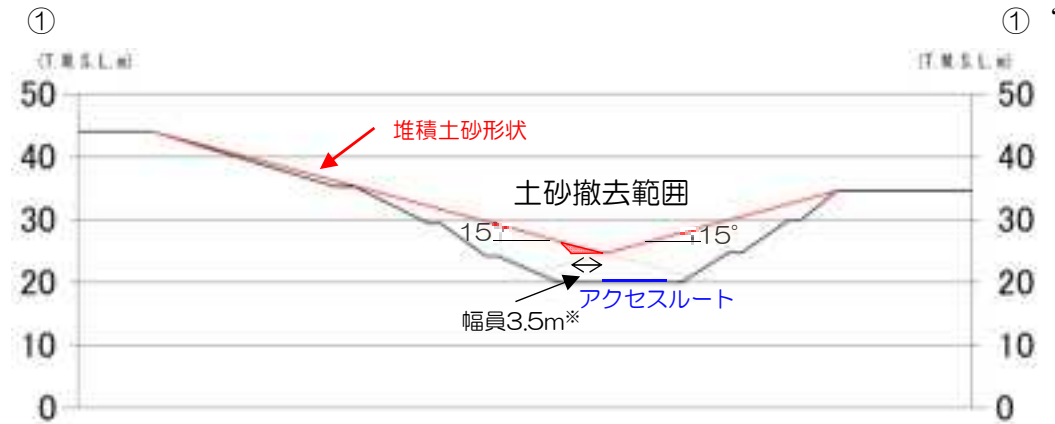
アクセスルートの仮復旧方法の考え方



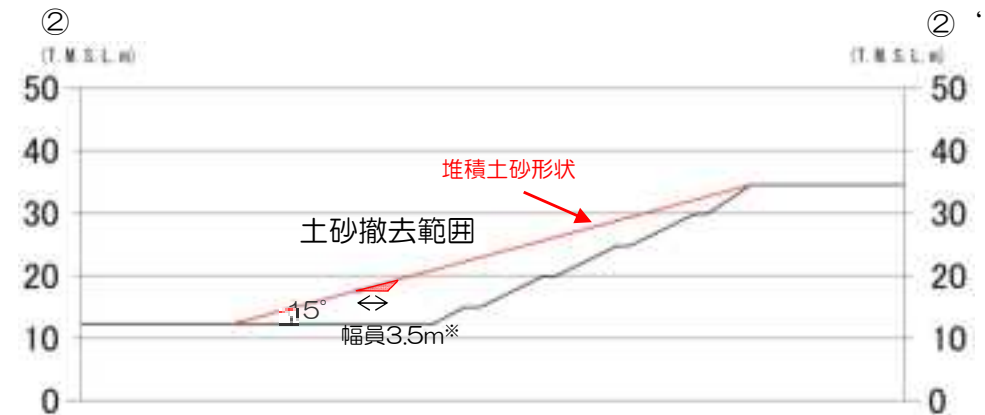
平面図



復旧するアクセスルートの縦断勾配



①—① ‘断面図

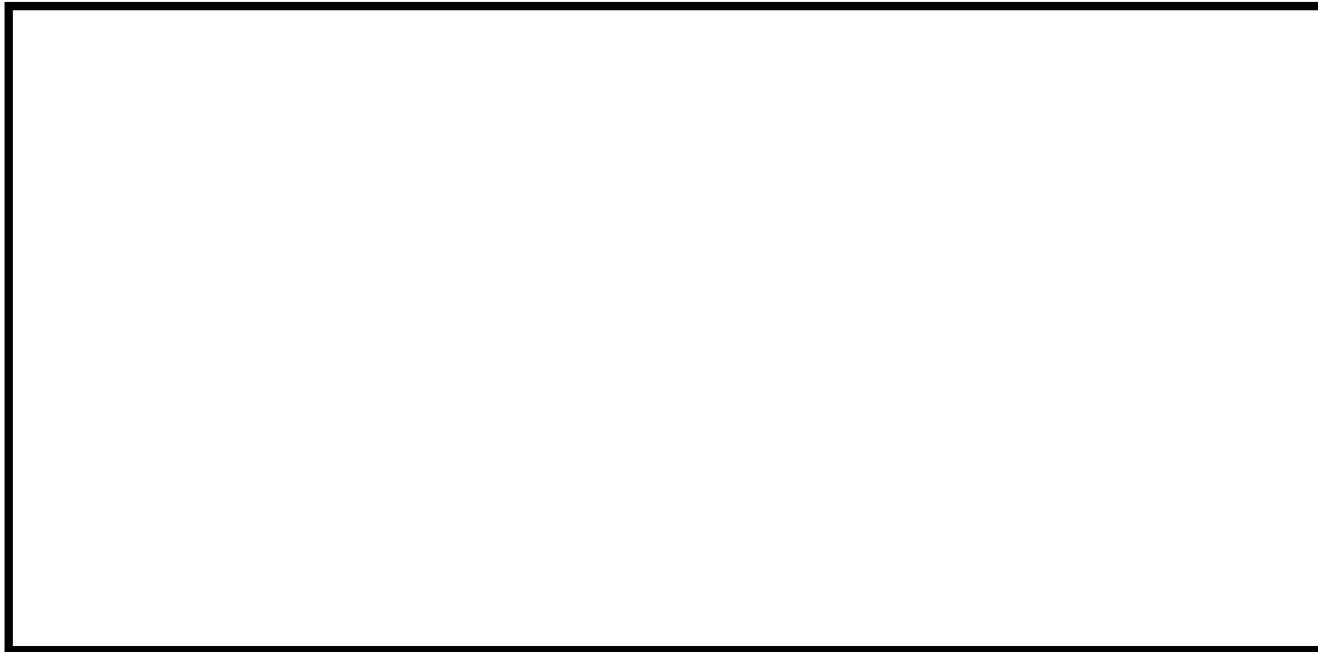


②—② ‘断面図

※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）を考慮

- 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。

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：98m<sup>3</sup>/h/台
- 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（20cm以上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1,750 (崩壊土砂影響範囲約520含む)	徒歩移動	45	—
②→③	約250	ホイールローダ 移動	1	46
③→④	約170	土砂撤去	126 <sup>1)</sup>	172
		安全確認	16	188
④→⑤	約400	ホイールローダ 移動	2	190
		段差復旧	10 <sup>2)</sup>	200
⑤→⑥	約680	ホイールローダ 移動	3	203
		段差復旧	80 <sup>2)</sup>	283

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。



## 斜面崩壊形状に関する影響検討（1）

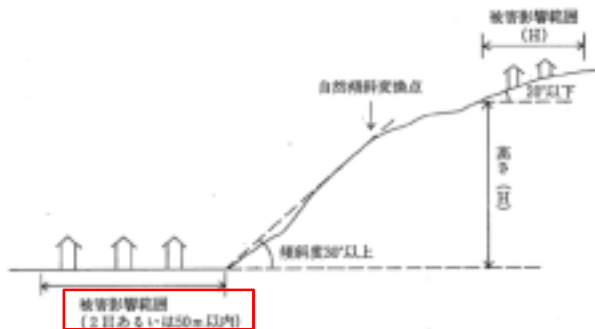
宅地防災マニュアルの解説に記載されている被害影響範囲「斜面高さの2倍」を考慮した場合の、道路復旧の時間評価に及ぼす影響を検討する。

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）。

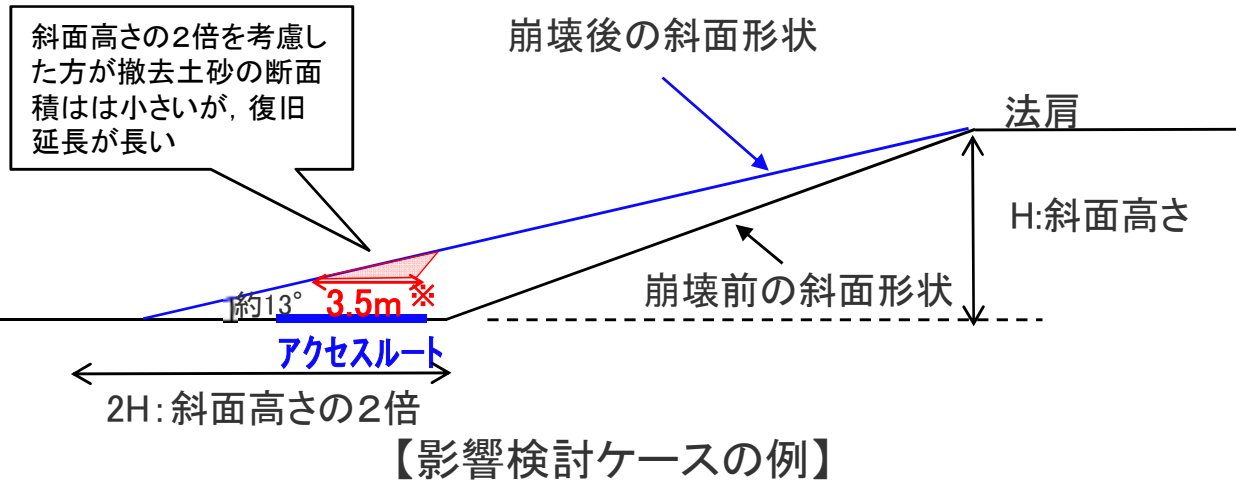
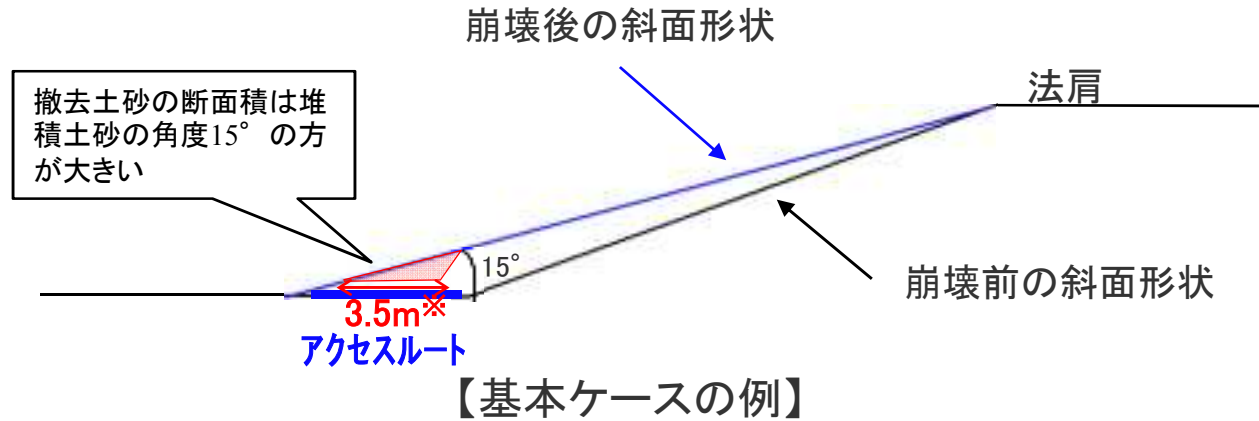
斜面上部又は下部とは、下図に示すように急傾斜地（傾斜30度以上のがけ）の下端及び上端から当該急傾斜地の高さの、それぞれ2倍及び1倍程度の範囲（概ね50mを限度とする）をいう。



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)

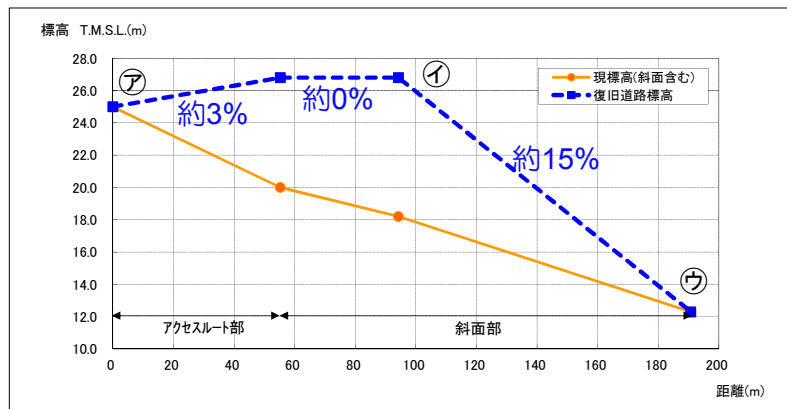


※当該箇所は淡水移送配管の復旧も伴うため、3.5m幅の復旧が必要。  
(可搬型設備車両の通行のみの場合、必要な幅員は3m)

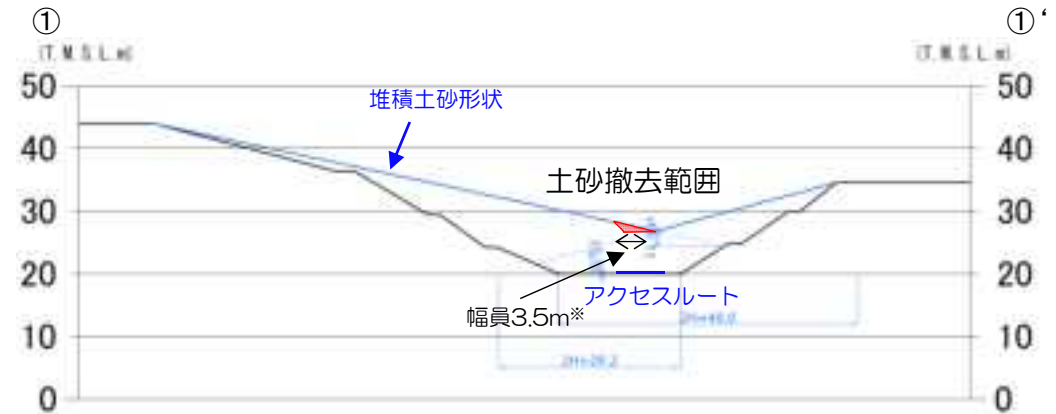
斜面崩壊形状に関する影響検討（2）



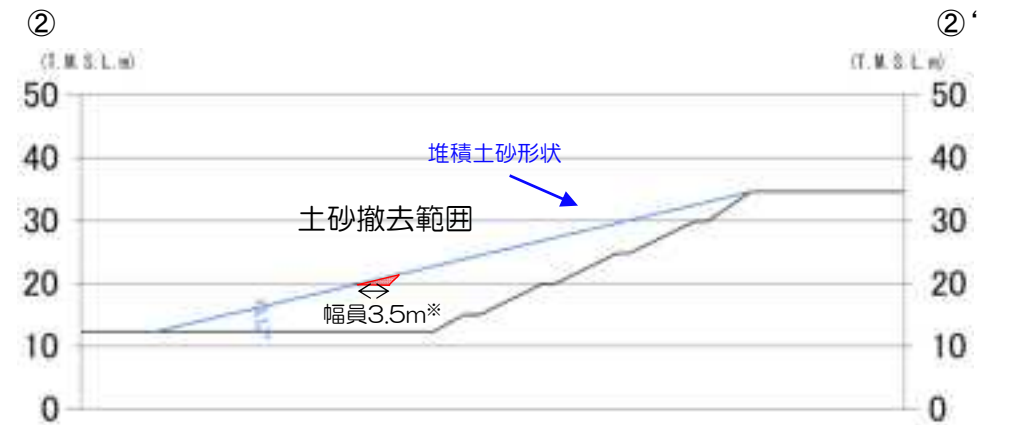
平面図



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）を考慮

- 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1,750 (崩壊土砂影響範囲約760含む)	徒歩移動	47	—
②→③	約250	ホイールダ`移動	1	48
③→④	約190	土砂撤去	123 <sup>1)</sup>	168
		安全確認	19	187
④→⑤	約400	ホイールダ`移動	2	189
		段差復旧	10	199
⑤→⑥	約680	ホイールダ`移動	3	202
		段差復旧	80 <sup>2)</sup>	282

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。

## 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

(大湊側高台保管場所～可搬型設備設置場所)

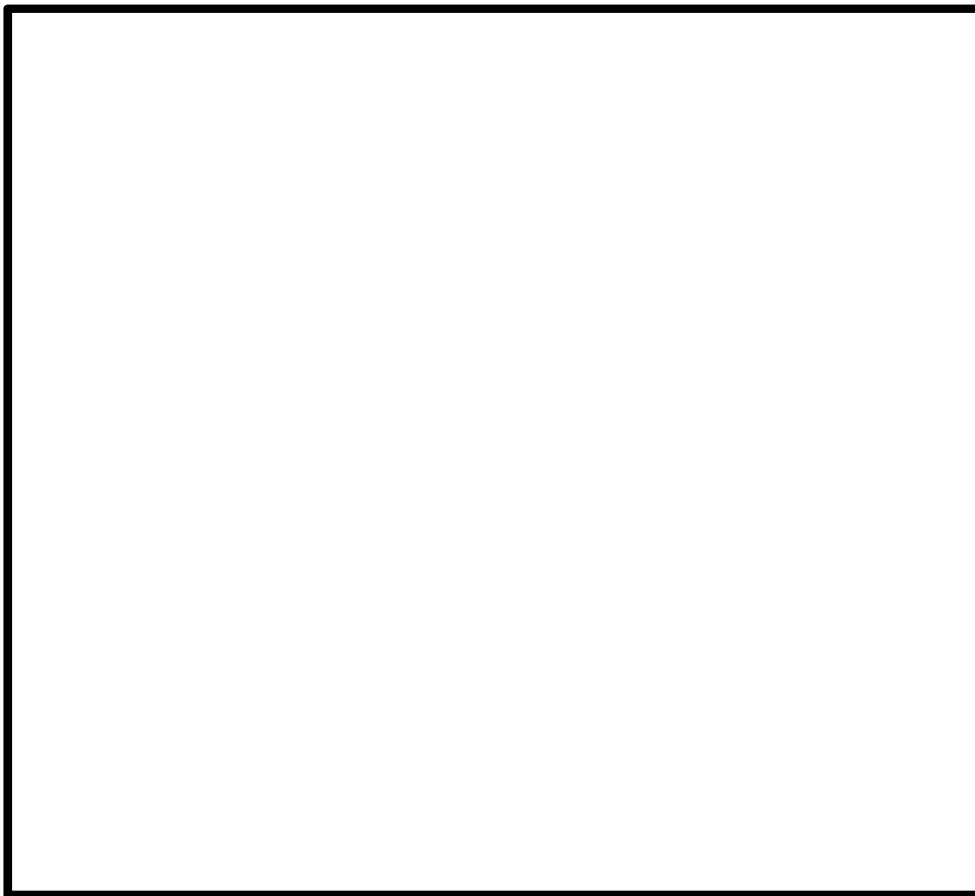
作業名	アクセス ルート 復旧時間※1 ①	その他考慮 すべき時間 ②	移動 時間 ③	作業時間 ④	有効性評価 想定時間※2	評価結果 (①or②) + ③+④
消防車による防火水槽から復水貯蔵槽への補給	約200分	約270分 (淡水移送配管 の復旧)	約20分 ※3	約160分	12時間	○ (約7時間30分)
可搬型代替注水系による原子炉への注水準備操作		10時間 (要員参集)	約20分 ※4	約75分	22時間	○ (約11時間35分)
燃料供給準備		—	約20分 ※4	約70分	12時間	○ (約4時間50分)
代替原子炉補機冷却系準備操作	約290分	10時間 (要員参集)	約20分 ※4	約400分	20時間	○ (約17時間00分)

※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 大湊側で淡水移送配管の復旧作業後に移動する時間。

※4 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。

(参考) 6号軽油タンク周辺に発生する段差の対応

6号軽油タンク部地盤改良周辺状況

- 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）に迂回ルートを設けることで通行可能。（迂回スペースと道路の強化に設置されているL型側溝による段差は段差復旧と同様に碎石で擦りつけて段差を解消する（別紙11参照）。）
- 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（別紙11参照）、アクセスルートを確保する。

構内道路補修作業の検証について

1. 内容

がれき撤去，道路段差復旧及び土砂撤去に要する時間の検証

2. 日時

平成 26 年 9 月 3 日 (水) 9 時 30 分～10 時 30 分 (がれき撤去)

平成 26 年 9 月 3 日 (水) 10 時 30 分～11 時 30 分 (段差復旧(a))

平成 27 年 11 月 25 日 (火) 10 時 00 分～12 時 00 分 (土砂撤去)

平成 28 年 6 月 21 日 (火) 15 時 00 分～17 時 00 分,

6 月 24 日 (金) 13 時 30 分～18 時 30 分,

8 月 26 日 (金) 15 時 30 分～17 時 00 分 (段差復旧(b))

3. 場所

構内中央土捨場訓練ヤード

4. 作業員経歴

(1) がれき撤去・段差解消 (a)

作業員 A：勤続 39 年 免許取得後 約 2 年

作業員 B：勤続 22 年 免許取得後 約 2 年

作業員 C：勤続 5 年 免許取得後 約 2 年

(2) 段差解消 (b)

作業員 A：勤続 8 年 免許取得後 約 2 年

作業員 B：勤続 40 年 免許取得後 約 2 年

作業員 C：勤続 23 年 免許取得後 約 3 年

(3) 土砂撤去

作業員 A：勤続 36 年 免許取得後 約 4 年

作業員 B：勤続 34 年 免許取得後 約 2 年

作業員 C：勤続 18 年 免許取得後 約 1 年

## 5. 検証概要と測定結果

(1) がれき撤去 (模擬がれき：割石・流木・丸太・古タイヤ)

### a. 概要

- ・ 柏崎刈羽原子力発電所に配備しているホイールローダにより、図1のとおり、割石 (約 1.5t) ・古タイヤ (約 500kg) ・丸太 (末口 30cm：7 本結束約 700kg) ・流木 (約 100kg) を「がれき」に見立て、幅員 3mの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。

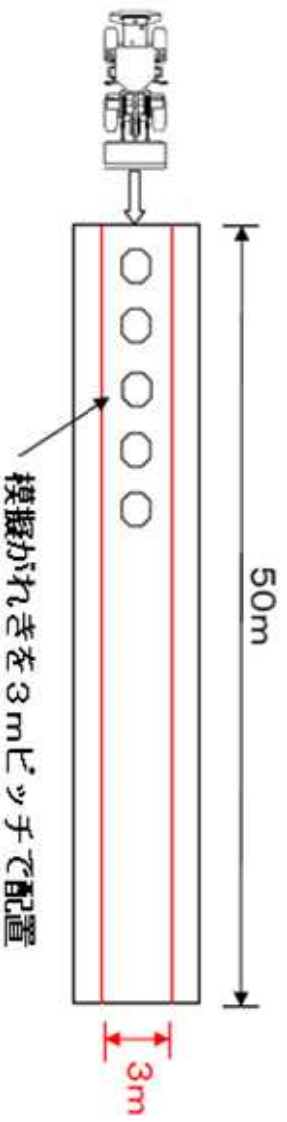


図1 がれき撤去訓練概念図



《ホイールローダの仕様》

全長：7,385mm 全幅：2,710mm

高さ：3,360mm 運転質量：約 14.9t (定員 2 人)

重量：14.8t バケツト容量：3m<sup>3</sup>

### b. 測定結果

- ・ 作業員 A 2分 50秒 (1.04km/h)
- ・ 作業員 B 2分 39秒 (1.12km/h)
- ・ 作業員 C 2分 34秒 (1.17km/h)

【評価値】 2分 50秒



## (2) 段差復旧 (a)

### a. 概要

- ・ 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を用いてホイールローダにより、図2・3のとおり，砕石を用いて，1箇所20cmの段差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。

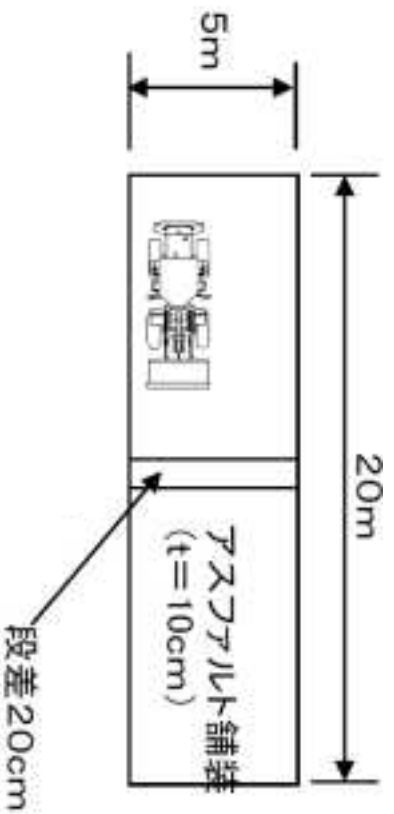


図2 段差復旧 (a) 訓練概念図1

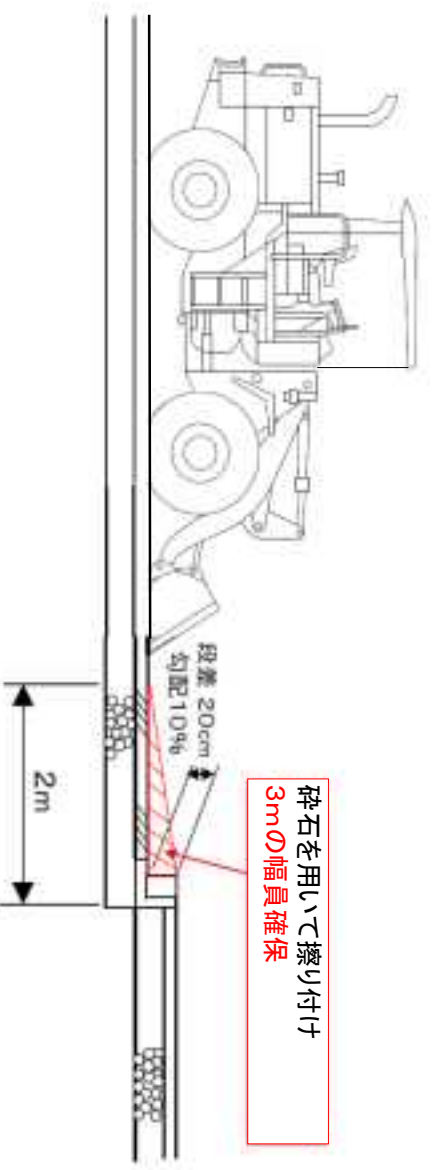


図3 段差復旧 (a) 訓練概念図2



図4 段差復旧 (a) 状況



b. 測定結果

- ・ 作業員 A 4 分 54 秒
  - ・ 作業員 B 4 分 20 秒
  - ・ 作業員 C 3 分 53 秒
- 【評価値】 4 分 54 秒

(4) 段差復旧 (b)

a. 概要

- ・ 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、図 5 のとおり，砕石を用いて，1 箇所 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。

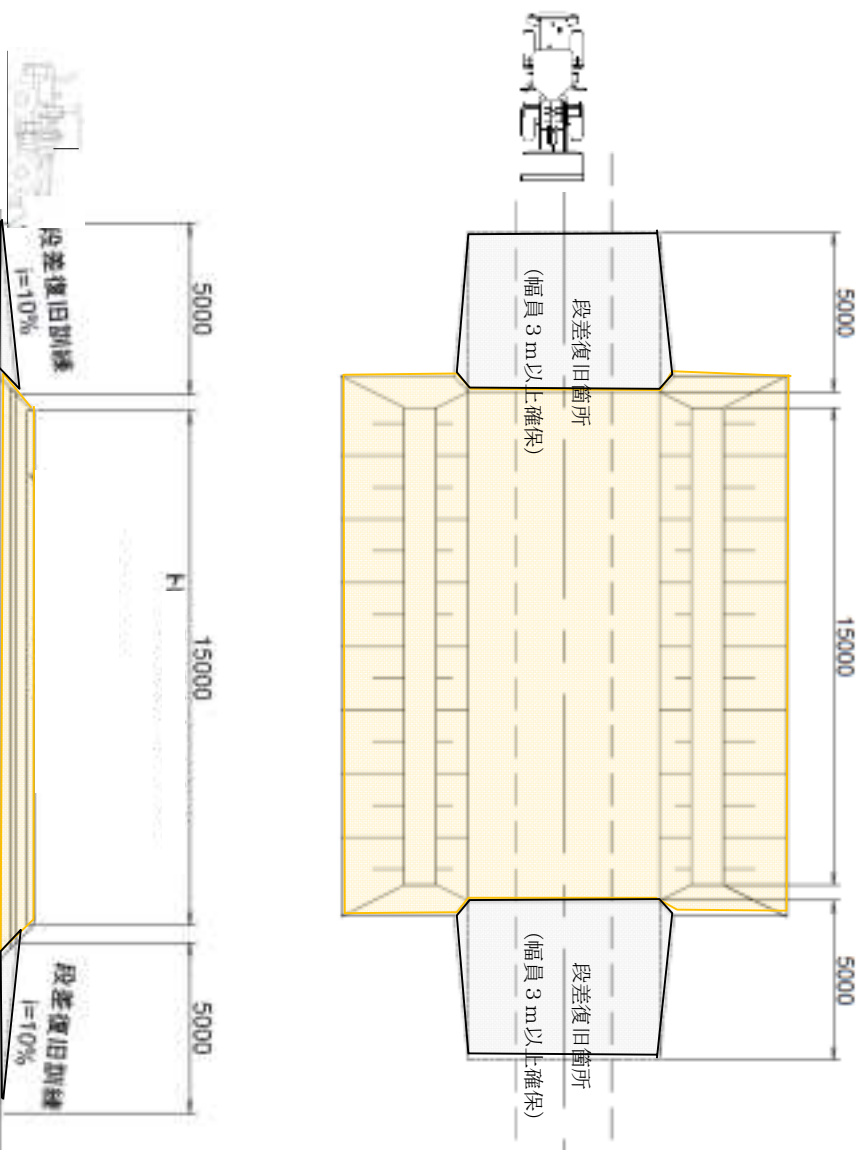


図 5 段差復旧 (b) 訓練概念図



図 6 段差復旧状況

b. 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】 上り・下りの復旧とも 30分

## (5) 土砂撤去

### a. 概要

- 斜面崩壊土の勾配は崩壊箇所②（本文図 22 参照）を模擬（図 7）し、柏崎刈羽原子力発電所に配備しているホイールローダにより、図 8 のとおり、アクセスルートとして必要な幅員 3.0m 以上を確保するための土砂撤去を行った際の作業時間と撤去土量について作業員 A, B, C それぞれ 1 回計測した。この結果を用いて、時間当たりの作業量を算定し、文献に基づき算出した土砂撤去作業量 (84m<sup>3</sup>/h)（別紙 15 参照）が確保されていることを検証した。

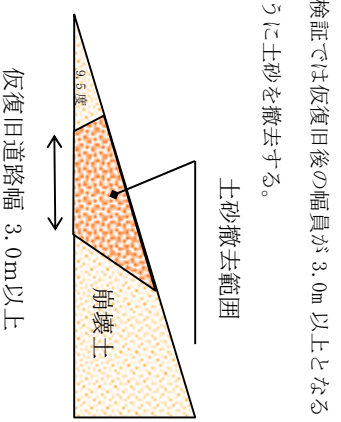
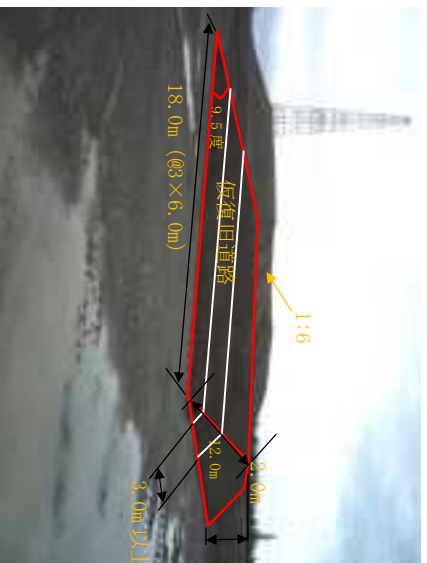


図 7 仮復旧道路のイメージ

### b. 検証結果

上記条件に基づき、崩壊土の撤去作業の検証結果は次のとおりである。

作業員	撤去土量 (m <sup>3</sup> )	作業時間	作業能力 (m <sup>3</sup> /h)	目標値 (m <sup>3</sup> /h)	仮復旧 道路幅		評価	(参考) 撤去延長 6m
					仮復旧 道路幅	仮復旧 道路幅		
A	23.5m <sup>3</sup>	7分46秒	182	84	3.6m	3.0m	○	
B	25.8m <sup>3</sup>	9分44秒	159		3.5m			
C	23.3m <sup>3</sup>	13分35秒	103		3.2m			
評価値			103	84	3.2m			

### c. 検証状況写真

ホイールローダにおいて、崩壊土の撤去状況は次のとおりである。



図 8 崩壊土砂撤去状況写真

d. 崩壊土砂撤去作業後の切取勾配の検証

- 斜面崩壊土の勾配は崩壊箇所②（本文図 22 参照）を模擬（図 7）し、相崎刈羽原子力発電所に配備しているホイールローダにより、仮復旧した際の切取勾配について、作業員 A, B, C それぞれ 1 回計測した結果、労働安全衛生規則を参考とした 60 度※以下が確保されていることを検証した。

※仮復旧後の切取斜面勾配は撤去部における崩壊土砂堆積厚さが最大でも 1m 程度であり、労働安全衛生規則第 356 条において、2m 未満の地山（岩盤、堅い粘土以外）の掘削面勾配は（90 度）であるが、崩壊土砂の撤去は自然地山の掘削ではないため、同規則における 5m の地山（岩盤、堅い粘土以外）の掘削面勾配である 60 度とした。

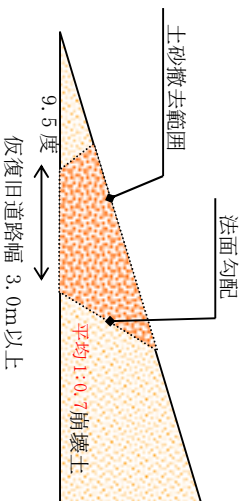


図 9 復旧法面のイメージ

e. 検証結果

崩壊土砂撤去作業後の切取勾配は次のとおりである。

作業員	法面勾配	目標値	評価
A	1:0.8 (=51 度)	/	/
B	1:0.6 (=59 度)		
C	1:0.8 (=51 度)		
評価値	59 度	60 度	○

f. 検証状況写真

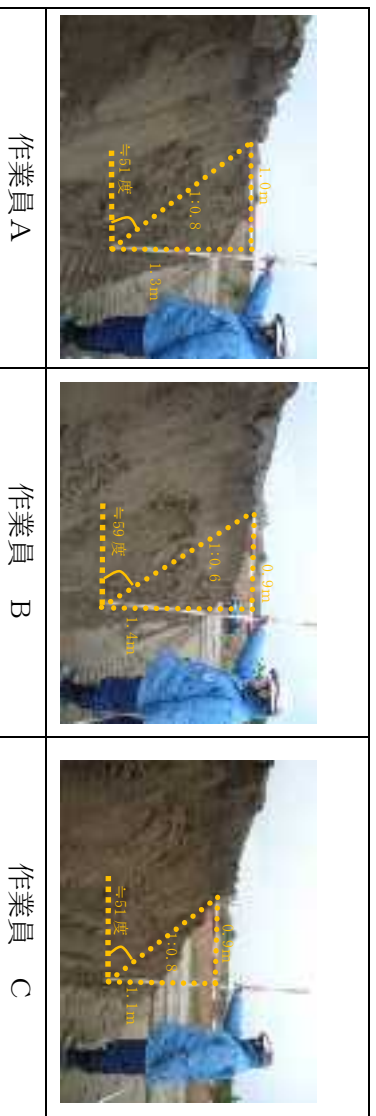


図 10 検証状況写真

ガレキ及び土砂撤去時のホイールローダ作業量時間について

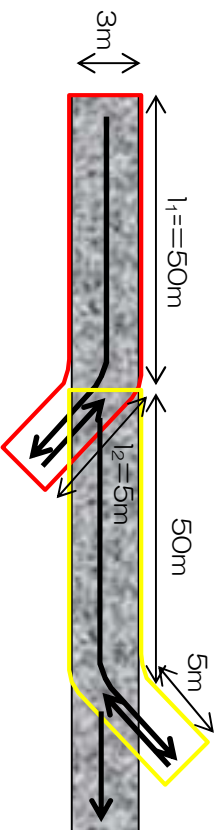
柏崎刈羽原子力発電所に保管されているホイールローダによるガレキ及び土砂撤去に要する時間を以下のとおり算定した。

【ホイールローダの仕様】

- ・ バケット容量 (山積) : 3.0m<sup>3</sup>
- ・ バケット幅 : 約 3m (2,700mm)

【ガレキ撤去の考え方】

- ・ 5t 未満のガレキは 50m 区間ごとに道路外へ押し出すことを想定
- ・ 5t 未満のガレキ撤去時の移動速度はホイールローダの 1 速のカタログ値の平均的な速度から 2.5km/h (=41.6m/分) と設定し、サイクルタイムを算定



サイクルタイム  $C_m = 11/v_1 + 12/v_2$   
 $= 55/41.6 + 5.0/41.6 \div 1.5 \approx 1.5 \text{ 分}/50\text{m}$

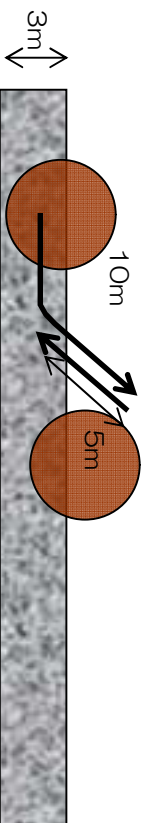
1kmあたりの撤去時間=30分

$C_m$  : サイクルタイム (分)

l : 平均押し出し距離 (m)

$v_1$  : 前進速度 (m/分)     $v_2$  : 後進速度 (m/分)

- ・ 5t 以上のガレキは 100m 区間に 1 箇所と仮定して道路外へ押し出すことを想定
- ・ 移動速度は対象が重量物であることを考慮して 1 速の平均速度の 20%程度, 0.5km/h (=8.3m/分) と設定し、サイクルタイムを算定



サイクルタイム  $C_m = l_1/v_1 + l_2/v_2$   
 $= 10/8.3 + 5.0/8.3 \div 1.8 \approx 1.8 \text{ 分}/\text{箇所}$

1kmあたり (10箇所) の撤去時間=18分

上記の撤去時間を合成して、ガレキの撤去速度は 1km あたり 48 分, 0.8km/h と想定した。

【土砂撤去の考え方】

- ・アクセスルート上に流入した土砂を押し、集積し、道路脇に除去する
- ・1サイケルの作業は、道路上①から②に土砂を押し、集積し、次に道路脇③の方向に除去する
- ・1回の押し、集積で移動する長さLは、

バケツト容量  $3.0\text{m}^3$  / 流入箇所平均的な土砂断面積  $0.825\text{m}^2$ ※  $\approx 4\text{m}$

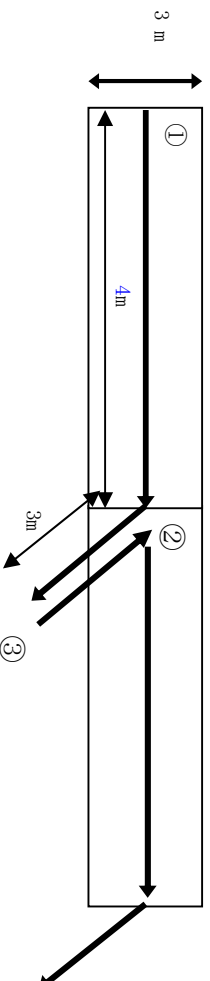
※ホイールローダ2台で復旧幅3mを確保する場合の1台分の土砂撤去量

- ・1サイケル当りの移動距離は、

A : 押し出し (①→②→③) : 4m

B : 後進 (③→②) : 3m

A + B = 7m



○土砂撤去作業量算定結果：

- ・当該作業におけるホイールローダの作業量を決定するにあたり、以下3つの図書を参考に作業量を算定した
- ・このうち、柏崎刈羽原子力発電所に配備されているホイールローダの規格（バケツト容量  $3.0\text{m}^3$ ）と同規模の重機を例示している図書のうち、作業量が保守的（小さい）である「土木工事積算基準」の作業量を採用した

参考図書	ダム工事積算の解説 編纂/財団法人ダム 技術センター 平成23年度	道路土工 施工指針 社団法人日本道路協会 昭和61年11月	土木工事積算基準 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 平成22年度版
図書に提示されて いる重機の規格 (バケツト容量)	3.1 $\text{m}^3$ 級～10.3 $\text{m}^3$ 級	1.0 $\text{m}^3$ 級～2.1 $\text{m}^3$ 級	1.3 $\text{m}^3$ 級～6.0 $\text{m}^3$ 級
作業量	100 $\text{m}^3/\text{h}$	114 $\text{m}^3/\text{h}$	98 $\text{m}^3/\text{h}$



ホイールローダの作業量の採用値：84 $\text{m}^3/\text{h}$



○作業量算定におけるパラメータの考え方（その1）

項目	ダム工事積算の解説	道路土工 施工指針	土木工事積算基準
作業量Q 算定式	$Q=3,600 \times q \times f \times E / C_m$ ここに Q: 運転時間当たり作業量 (m <sup>3</sup> /h) q: 1サイクル当たりの作業量 (m <sup>3</sup> /h) f: 土量換算係数 E: 作業効率 C <sub>m</sub> : サイクルタイム (sec)	$Q=3,600 \times q_0 \times K \times f \times E / C_m$ ここに Q: 運転時間当たり作業量 (m <sup>3</sup> /h) q <sub>0</sub> : バケット容量 (m <sup>3</sup> ) K: バケット係数 f: 土量換算係数 E: 作業効率 C <sub>m</sub> : サイクルタイム (sec)	
作業量 Q	100m <sup>3</sup> /h	114m <sup>3</sup> /h	98m <sup>3</sup> /h
バケット容量 q <sub>0</sub>	柏崎刈羽原子力発電所の実機から設定 【採用値: 3.0m <sup>3</sup> 】		
バケット係数 K	設定されていないが、関係式から逆算 【採用値: 0.829】	一度切り崩された崩壊土であり、不規則な空げきを生じにくくバケットに入りやすいものであることから、土質（普通土・砂質土）に応じた上限値を採用 【採用値: 0.900】	【採用値: 0.800】
1サイクル当 たりの作業量 q	q=q <sub>0</sub> ×K 【採用値: 2.49m <sup>3</sup> /h】	【採用値: 2.70m <sup>3</sup> /h】	【採用値: 2.40m <sup>3</sup> /h】
土量換算係数 f	崩壊土砂（ほぐした土量）を作業の対象としており、土量変化率はL/L=1.0 【採用値: 1.0】		
作業効率 E	崩壊土砂上の作業であり作業効率はかなり低下するものと想定し、土質（普通土・砂質土）に応じた最も保守的な値を採用 【採用値: 0.45】	【採用値: 0.4】	【採用値: 0.4】
サイクルタイム C <sub>m</sub>	ホイール型の値を採用 【採用値: 40sec】	次頁の算定式により算定 【採用値: 34sec】	【採用値: 35sec】

○作業量算定におけるパラメータの考え方（その2）

項目	道路土工 施工指針	土木工事積算基準
サイクルタイム Cm 算定式	$Cm = mL + t_1 + t_2$ ここに Cm : トラクタショベルのサイクルタイム(sec) m : トラクタショベルの足回りによる係数(m/sec) L : 片道運搬距離(m) t <sub>1</sub> : すくい上げ時間(sec) t <sub>2</sub> : 積込み及び運搬車両進入のための待ち時間, ギアの入れかえ, 段取り等に要する時間(sec)	$Cm = L_1/V_1 + L_2/V_2 + t_1 + t_2$ ここに Cm : トラクタショベルのサイクルタイム(sec) L <sub>1</sub> : 運搬距離(m) L <sub>2</sub> : 帰り距離(m) t <sub>1</sub> : すくい上げ時間(sec) t <sub>2</sub> : 積込み及び運搬車両進入のための待ち時間, ギアの入れかえ, 段取り等に要する時間(sec) V <sub>1</sub> : 運搬速度(m/min) V <sub>2</sub> : 帰り速度(m/min)
サイクルタイム Cm	34sec	35sec
運搬距離 L	片道運搬距離 L : 除去方法から設定	運搬距離 L <sub>1</sub> : 除去方法から設定 帰り距離 L <sub>2</sub> : 除去方法から設定
	【採用値 : 4m】	【採用値 : L <sub>1</sub> 4m, L <sub>2</sub> 3m】
足回り係数 m	ホイール形を採用	—
	【採用値 : 1.8m/sec】	
すくい上げ時間 t <sub>1</sub>	崩壊土砂上の作業であり, すくい上げは容易でないことから最も保守的な値を採用	【採用値 : 20sec】
	【採用値 : 20sec】	
積込み他時間 t <sub>2</sub>	運搬重機への積込み作業がないため, 下限値の半分程度の時間を採用	【採用値 : 8sec】
	【採用値 : 6sec】	
運搬速度 V <sub>1</sub>	—	柏崎刈羽原子力発電所の実機から設定
	—	【採用値 : 1.1m/sec】
帰り速度 V <sub>2</sub>	—	柏崎刈羽原子力発電所の実機から設定
	—	【採用値 : 1.1m/sec】