第12回 新都市社会技術セミナー

研究テーマ3:

道路盛土における排水施設点検・管理手法に関する研究

2015年9月15日

プロジェクトリーダー 神戸大学大学院 澁谷 啓

■ 研究の目的・背景

盛土の変状・崩壊のリスク低減➡盛土内に水を入れないこと(表面排水処理,等),盛土内に侵入した水を速やかに排水すること(暗渠排水,等)が重要.そのために、管内の既存盛土を対象とした,

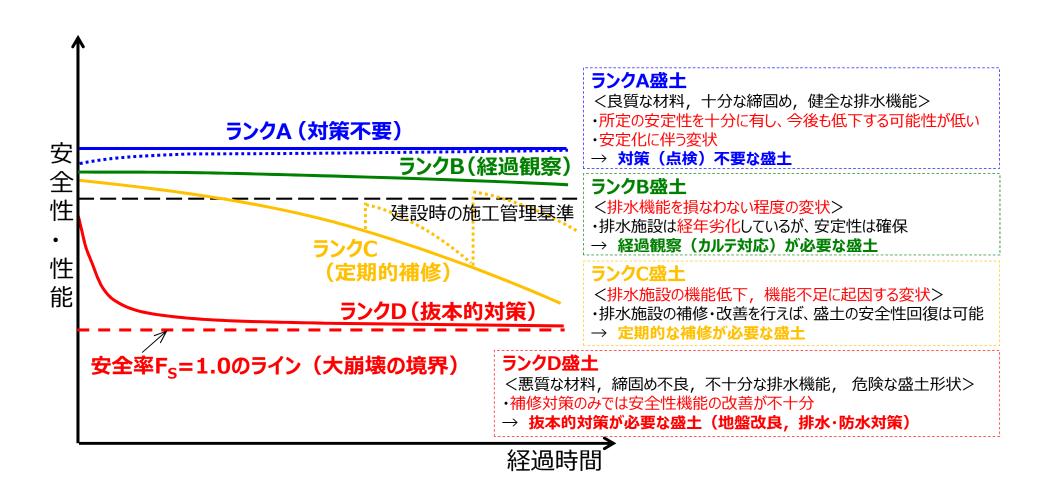
- 1) 設計・施工時の資料等による排水諸施設の実態調査
- 2) 現況における排水機能の点検調査
- 3) 点検により発覚した排水不良施設の維持管理・補修方法(修繕,機能改善, 抜本的代替工法,等)の検討

■ 研究の流れおよび体制

【予想される研究の流れおよび体制】 目視による点検 体制 研究の項目 常時 異常時 地震 官·産 目視による点検 点検の手引きの作成 ← ■ ゲリラ豪雨 表面排水施設 地下排水施設 • 道路側溝 ・ 地山表面の砂層 OK YES 点検結果 崩壊·変状 官·産 判定方法の検討 ・ 構造物裏込め土 暗きょ工 の判定 の有無 • のり面小段排水溝 水平排水層 NO など ・ のり面のり尻排水溝 調査法の検討 • 地下排水溝 ・締固め度 学·産 調査 など ·地下水位 ·変位,etc 観測・モニタリング 観測 学·産 モニタリング 点検項目 手法の開発 構造物の損傷 障害物(草木等)による目詰まり 対策工の検討 · 勾配 (学·産) ·地下水低下 対策 湧水 ·地盤改良,etc • 地下水位 など 追 学·産 対策効果の確認 モニタリング 加 点検結果の判定 判定 ・ 排水施設のみ? ・ 盛土の不具合? 両方? 次回の点検へ

■ 盛土の健全性評価

- ・「ランクD」に分類される盛土の早期抽出,
- ・「ランクC」盛土の性能維持のための排水・防水施設改善および定期的な補修に関する判断基準として、「安定度調査表」(修正案)を提示



■ 試験サイトの選定

ランクD盛土

- <悪質な材料、締固め不良、不十分な排水機能>
- ・築造後早い段階で盛土内の水位が上昇し、安全性が低下
- ・盛土材料の品質が低下
- ·抜本的対策(地盤改良,排水·防水対策)



盛土品質低下の大きな要因は、盛土内への侵入水



- ① 盛土内の地下水・排水施設のモニタリング手法の検討
- ② 盛土内への雨水や地下水の流入抑制手法の検討
- ③ 地下水滞水(宙水)が盛土の性能・安定に与える影響の評価

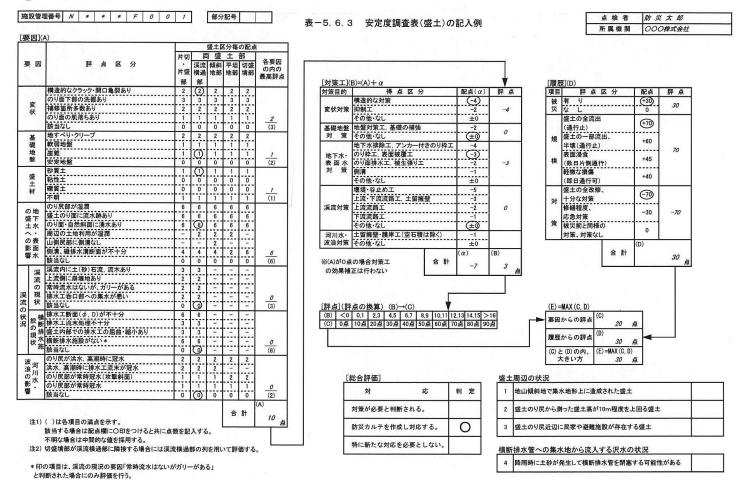
■ WGの構成(H27年度)

2015年5月15日現在(敬称略)

WG 番号	名称	○リーダー サブリーダー (敬称略)	ミッション	備考
WG1	既存資料 の整理, 分析	○鍋島(明石高専) 眞弓(国土防災) 戎 (国土防災)	一斉・緊急点検資料の整理分析 排水施設の現状調査 点検・管理手法の提言など	点検・管理マ ニュアル (案)のベー ス作成
WG2	観測	○芥川(神戸大学) 野並(応用地質)	排水施設,盛土の安定性・性能評価のためのモニタリング,サウンディング手法の開発と適用	試験サイトで の事例研究 マニュアルの解 説に記載
WG3	盛土の性 能評価	○肥後(京都大学) 甲斐(ダイヤコンサル) 片岡(神戸大学)	盛土の安定性・性能評価のための 調査・試験・解析法の開発と適用	同上
WG4	排水施設 の機能保 持・回復	○齋藤(神戸大学) 中西(復建調査設計) 山本(奥村組土木興業)	のり面排水工や地下排水工の機能 保持・回復および代替対策工の検 討,事例研究	同上
WG5	点検・管理 マニュアル の作成	○澁谷(神戸大学) 各WGリーダー, サブ リーダー	現行関連マニュアル等情報収集 → H25年度に実施 点検・管理マニュアルの作成	全てのWGの 成果を集約

WG1: 道路盛土における排水施設点検・管理手法に関する課題の抽出

■ 既存安定度調査票



《問題点》

- ・評価項目の仕分けの未分化(素因(ポテンシャル)と変状(リスク)が混合)。
- 有効でない対策工有効化による総合評点の低減。
- ・総合評点に対する総合評価に統一性がない。(災害シナリオ未想定)

安定度調査票の見直し(案)

- ・盛土の調査を行う場合、点検者はまず何を見て、最終的にどう判定するか?
- ① 路面、排水施設等の変状を探す。→ リスク
- ② 見つけた変状がどういう理由 (素因) で発生したかの理由を探る。 → ポテンシャル
- ③ ①・②の組み合わせの場合、将来的にどういった災害形態が想定できるか。 → 災害シナリオ
- \rightarrow ①・②・③により、総合評価をする。

リスク評価項目

 \downarrow

		舗-1	隆起•陥没亀裂	
0/2		舗-2	円弧状亀裂	
路面	舗装	舗-3	道路横断方向への亀裂(剪断変位)	
部		舗-4	道路横断方向への亀裂・凹凸(段差)	
οp		舗-5	道路縦断方向への亀裂・凹凸(段差)	
	路面排水工	路排-1	亀裂・目地欠損・剥離	
		法地-1	押出亀裂(構造物以外の地山部)	
	5\$ ± >+ == +b.1.	法地-2	崩壊跡有り(盛土法面から滑落)	
	盛土法面地山	法地-3	陥没部有り	
		法地-4	浸食跡有り	
		擁−1	押出亀裂	
	擁壁工	擁-2	亀裂・剥離・目地欠損	
		擁-3	水抜きパイプ・亀裂・目地間から、裏込材の流亡・吸い出し	
盛		法保-1	押出亀裂	
土	法面保護工	法保-2	亀裂・剥離・目地欠損	
法		法保-3	水抜きパイプ・亀裂・目地間から、裏込材の流亡・吸い出し	
面	小段側溝・縦排水工	法排-1	亀裂・剥離・目地欠損	
部		横排-1	亀裂・剥離・目地欠損	
	横断排水工	横排-2	亀裂・目地間から、盛土材の流亡・吸い出し	
		横排-3	横断排水工基礎部の洗掘	
		他-1	アンカー材・補強材の破断・引抜け	
		他-2	法枠桁に亀裂(主鉄筋の露出等)	
	その他対策工	他-3	法枠桁に軽微な亀裂・剥離・目地欠損(経年劣化)	
		他-4	法枠枠内・水抜きパイプからの盛土材の流亡・吸い出し	
		他-5	地下水排除工の集水管を通じた盛土材の流亡・吸い出し	
		流-1	押出亀裂	
盛	流路工	流-2	亀裂・剥離・目地欠損	
土	/ILEO	流-3	亀裂・目地間から、裏込材の流亡・吸い出し	
基		流-4	流路工基礎部の洗掘	
礎		護-1	押出亀裂	
部	護岸工	護-2	亀裂・剥離・目地欠損	
OP.	5万汗上	護-3	水抜きパイプ・亀裂・目地間から、裏込材の流亡・吸い出し	
		護-4	護岸工基礎部の洗掘	

安定度調査票改善案は、

- ・盛土の変状として考えられ得るものをリスクとして項目へあげる。
- ・発生したリスクの原因と考えられ得る要素をポテンシャルとして項目にあげる。
- ・リスクとポテンシャルの組み合わせによって想定できる災害シナリオを組み込む。
- ·これらが**リンクできるような調査票**にすること。

想定される災害シナリオ

断層	地すべり	圧密	沈下	即時沈下	7	液状化			表層崩壊								表面	浸食	地下浸
断-1	地-1	圧-1	圧-2	即-1	液-1	液-2	液-3	表崩-1	表崩-2	表崩-3	表崩-4	表崩-5	表崩-6	表崩-7	表崩-8	表崩-9	表浸-1	表浸-2	地浸·
断層・リニアメント上	地すべり地内	基礎地盤が軟弱地盤(粘性土)	盛土材が粘性土(付近切土部が粘性土)	盛土材が砂質土(付近切土部が砂質土)	基礎地盤が軟弱地盤(砂質土)	盛土材が砂質土(付近切土部が砂質土)	地下水位が上昇していると推測される(湧水・湿潤化)	基礎地盤が軟弱地盤	盛土材が軟弱地盤(付近切土部が軟弱地盤)	高盛土(盛土基礎~路面部までの高さが15m以上)	適切な小段がない(盛土高5mにつき、幅1m程度の小段)	盛土法面勾配が所定の勾配より急傾斜	表面水対策が不十分(盛土外へ表面水を排水しきれていない)	路面を介して、雨水が集中する	排水施設変状箇所より、表面水が盛土内へ浸透	地下水位が上昇していると推測される(湧水・湿潤化)	表面水対策が不十分(盛土外へ表面水を排水しきれていない)	地下水位が上昇していると推測される(湧水・湿潤化)	排水施設変状箇所より、表面水が盛土内へ浸透

ポテンシャル評価項目

■ 安定度調査票の見直し(案)

	相中されて《中シーナリオ						asm T	即時沈下		海岸ル	_										+-	::= -	地下浸食	. ,	히느:2~	-	*= ±	:= <u>~</u>	漢小田田	経年劣化
_		22	定される災害シナリオ	断層		/	沈下			液状化			T	T		長層崩却	_		I			浸食	_		可岸浸的			浸食		
	_		ポテンシャル評価要E (盛土の素因)) 断一		圧-1	圧-2	即-1	液-1	液-2	液-3	表崩-1		表崩-3	表崩-4		表崩-6	表崩-7			表浸-1		地浸-1	河浸-1	河浸-2			海浸-2	通-1	経-1
リ(点検時リスク評価要因 (盛土の変状)				地すべり地内	基礎地盤が軟弱地盤(粘性土)	盛土材が粘性土(付近切土部が粘性土)	盛土材が砂質土(付近切土部が砂質土)	基礎地盤が軟弱地盤(砂質土)	盛土材が砂質土(付近切土部が砂質土)	地下水位が上昇していると推測される(湧水・湿潤化)	基礎地盤が軟弱地盤	盛土材が軟弱地盤(付近切土部が軟弱地盤)	高盛土(盛土基礎~路面部までの高さが15m以上)	週切な小段がない(盛土高5mにつき、幅1m程度の小段)	盛土法面勾配が所定の勾配より急傾斜	表面水対策が不十分(盛土外へ表面水を排水しきれていない)	路面を介して、雨水が集中する	排水施設変状箇所より、表面水が盛土内へ浸透	地下水位が上昇していると推測される(湧水・湿潤化)	表面水対策が不十分(盛土外へ表面水を排水しきれていない)	地下水位が上昇していると推測される(湧水・湿潤化)	排水施設変状箇所より、表面水が盛土内へ浸透	常時渓流・河川の影響を受ける	渓流・河川が攻撃斜面に位置する	豪雨時に渓流・河川の影響を受ける	盛土法面~基礎部が常時波浪の影響を受ける	盛土法面~基礎部が高潮時に影響を受ける	枝葉・土砂堆積による排水機能低下(要改善)	軽微な変状はあるものの、排水機能を有する
			隆起・陥没亀裂	D																										
路	l		円弧状亀裂	D								С	С	С	С	С		С	С					С	С	С	С	С		В
面	舗装		道路横断方向への亀裂(剪断変位)	D																						_				
部			道路横断方向への亀裂・凹凸(段差) 道路縦断方向への亀裂・凹凸(段差)	D		D	D D	D D	D D	D D	D D	C	C	C	C	C		C	C				D D	D D	D D	D D	D D	D D		B
	路面排水工		連絡戦断力内への電数・凹凸(段差) 亀裂・目地欠損・剥離	D			D	D	D	D	D	C	C	C	C	C	С	C	C				U	D	D	D	D	D	С	В
	超出排水工		電器・自地大俣・剥削 押出亀裂(構造物以外の地山部)	D		C	C	С	С	С	C	D	D	D	D	D	D	D	D	D				D	D	D	D	D	C	Ь
	l		崩壊跡有り(盛土法面から滑落)		D	C		C		Ü		D	D	D	D	D	D	D	D	D				D	D	D	D	D		
	盛土法面地山		脳没部有り			С	С	С	С	С	С												С	D	D	D	D	D		
			浸食跡有り			Ŭ	l Č	Ü	Ŭ	Ŭ	C										С	С		D	D	D	D	D		
1			押出亀裂	D	D	С	С	С	С	С	c	D	D	D	D	D	D	D	D	D		Ť		D	D	D	D	D		
	擁壁工		亀裂・剥離・目地欠損	D		C	C	C	Č	С	С	D	D	D	D	D	D	D	D	D			С	D	D	D	D	D		В
			水抜きパイプ・亀裂・目地間から、裏込材の流亡・吸い出し		Í						С						С	С	С	С	С	С	C	D	D	D	D	D		
盛		法保-1		D	D	С	С	С	С	С		D	D	D	D	D	D	D	D	D				D	D	D	D	D		
土	法面保護工						С	С	С	С		D	D	D	D	D	D	D	D	D			С	D	D	D	D	D		В
法			水抜きパイプ・亀裂・目地間から、裏込材の流亡・吸い出し								С						С	С	С	С	С	С	С	D	D	D	D	D		
面	小段側溝・縦排水工		亀裂・剥離・目地欠損	D		С	С	С	С	С	С	D	D	D	D	D	D	D	D	D			С	D	D	D	D	D	С	В
部			亀裂・剥離・目地欠損	D	D	С	С	С	С	С	С	D	D	D	D	D	D	D	D	D			С	D	D	D	D	D	С	В
	横断排水工		亀裂・目地間から、盛土材の流亡・吸い出し								С						С	С	С	С	С	С	С	D	D	D	D	D		
	ļ		横断排水工基礎部の洗掘																					D	D	D	D	D		
1			アンカー材・補強材の破断・引抜け	D								D	D	D	D	D	D	D	D	D										
	3 0 11 11 11		法枠桁に亀裂(主鉄筋の露出等)	D	D	С	С	С	С	С	С	D	D	D	D	D	D	D	D	D			D	D	D	D	D	D		
	その他対策工		法枠桁に軽微な亀裂・剥離・目地欠損(経年劣化)														С		C	_	_	_	_					D		В
1			法枠枠内・水抜きパイプからの盛土材の流亡・吸い出し								C						C	C	C	C	С	C	С	D D	D D	D D	D	D D		
\vdash			地下水排除工の集水管を通じた盛土材の流亡・吸い出し 押出亀裂	D	D	С	С	С	С	С	C	D	D	D	D	D	D	D	D	D				С	C	C	D C	C	С	
			第裂・剥離・目地欠損 ・割離・目地欠損	D		C	C	С	C	С	C	D	D	D	D	D	D	D	D	D			С	С	С	С	С	С	C	В
盛	流路工		電表・別能・日地大阪 電裂・目地間から、裏込材の流亡・吸い出し			Ť	Ĭ		Ŭ	Ĕ	C						C	C	C	C			C	C	C	C	C	C		
土			流路工基礎部の洗掘								Ť						C	C	C	C			Ť	C	С	C	C	C		
基			押出亀裂	D	D	С	С	С	С	С	С	D	D	D	D	D	D	D	D	D				С	C	C	C	С		
礎部	_{=#}		亀裂・剥離・目地欠損	D		C	C	C	C	C	C	D	D	D	D	D	D	D	D	D			С	C	C	C	C	C	С	В
마	護岸工		水抜きパイプ・亀裂・目地間から、裏込材の流亡・吸い出し								С						С	С	С	С			С	С	С	С	С	С		
L	<u> </u>	護-4	護岸工基礎部の洗掘														С	С	С	С				С	С	С	С	С		
			美口すべき亦 此							= 00-	++4==	<u>د</u> م – .	/>/\								= \				dat	-			半川	定
			着目すべき変状							告173	坟伽飞	のコン	メント								J.	ンク			対	心			(前回)	利定(C)
																				1		Д	特に	新たた	な対応を	- 心亜	تتراح	·(.).		
															総合															
																				評 価			3 防災カルテを作成し、対応する。							
																				111111	(С	排水	施設の)補修·	改善	を要す	る。		
																				()	抜	本的な	対策を	圣必要	とする	00			
				_!																1										

[・]縦軸にリスク、横軸にポテンシャルと災害シナリオを配置し、その交点でランク付けを行う。

■ 紀南-現地調査の概要

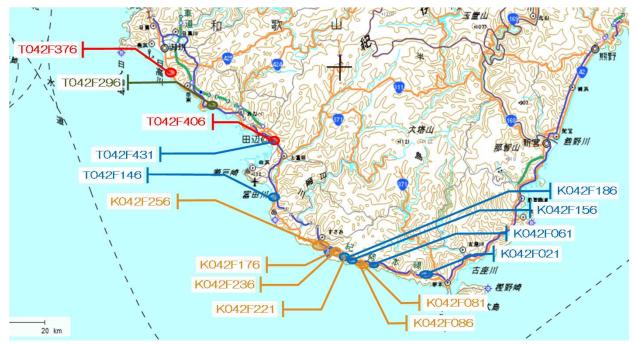
《調査目的》

過去に2度の安定度調査を行っている現場にて、既存安定度調査票の評価及び現地との照合



- ①道路盛土における排水施設点検・管理手法に関する課題の抽出
- ②現地変状、湧水の種別・原因の判定、災害シナリオ想定・可能性等を現地で検証
- ③②を反映させた道路盛土及び排水施設の点検・管理マニュアル (案)を作成

同一調査地で過去に2度(H8年度・H18年度)に点検を行っている紀南河川国道工事事務所管内の 15箇所の調査地を選定



現地調査位置図-和歌山·紀南(H26.6/27~6/29 15箇所)

赤:2回目の評点が大幅に上がり、 対策工が必要と判断

橙:2回目の評点が大幅に上がったが、 対策工をせず防災カルテ対応

青:2度とも評点が0~10点 特に対策工は必要ない

緑:評点はそれほど高くないが、 対策工が必要と判断

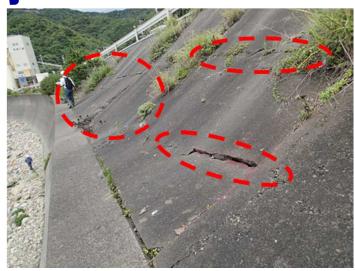
現地調査-ランクD盛土の例



路面に縦断方向の段差亀裂有り



護岸工に押出発生



調査地番号: K042F256

法面保護工に盛土材吸い出しによる座掘・開口亀裂



横断排水工が土砂で閉塞しかけている

現地調査-ランクD盛土の例

調査地番号: K042F256

											===					,															
	施設管理番号		K 0 4 2 F 2 5 6						'₹	泛足皮	調査		改善:	系 <i>)</i>										調重	目				6月2		_
		7	想定される災害シナリオ		断層	地すべり		沈下	即時沈下		液状化						長層崩却						浸食	地下浸食		可岸浸食			浸食	通水阻害	
			ボテンシャル評価(盛土の素)	要因	断一1 断層・リニアメント上	地-1地すべり地内	圧 基礎地盤が軟弱地盤(粘性土)	圧- 盛土材が粘性土 (付近切土部が粘性	即- 盛土材が砂質土(付近切土部が砂質1)	基礎地盤が軟弱地盤(砂質土) 1		でおいて、おいでは、これでは、これでは、これでは、これでは、これでは、これでは、これでは、これ	表	表摘盛土材が軟弱地盤(付近切土部が軟	表前 高盛土(盛土基礎~路面部までの高さ	表 適切な小段がない(盛土高5mにつき、幅	表摘盛土法面勾配が所定の勾配より急傾ち	表 ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・	表前路面を介して、雨水が集中する一7	表	表	表 表面水対策が不十分へ盛土外へ表面水を排水	表	地浸排水施設変状箇所より、表面水が盛	河 常時渓流・河川の影響を受ける	河浸 渓流・河川が攻撃斜面に位置する	河漫 豪雨時に渓流・河川の影響を受ける	海 選 盛土法面~基礎部が常時波浪の影響	海と かいま は かい	通 枝葉・土砂堆積による排水機能低下	経 軽微な変状はあるものの、排水機能
リスク(盛土	7評価要因 この変状)			保時リスク評価				±)	(H)		#±)	(湧水・湿潤化)		報 地盤)	0が15m以上)	1 m程度の小段)	斜	(しきれていない)		血土内へ浸透	(湧水・湿潤化)	(しきれていない)	(湧水・湿潤化)	二土内へ浸透				を受ける	受ける	- (要改善)	を有する
0.69		舗-1 舗-2	隆起· 陥没亀裂 円弧状亀裂		D D	D D							С	С	С	С	С		С	С					С	С	С	С	С		В
路面	舗装	舗-3	道路横断方向への亀裂(剪断変位)		D	D	_		_		_		6		_		6		С					_	_		_	_			
部	ŀ	舗-4	道路横断方向への亀裂・凹凸 (段差) 道路縦断方向への亀裂・凹凸 (段差)	C	D D	D D	D D	D	D D	D D	D D	D D	C	C	C	C	C		C	C				D D	D D	D D	D D	D D	D		B B
	路面排水工	路排-1	亀裂・目地欠損・剥離	8	D	D	D	D	D	D	D	D	C	C	c	C	C	С	C	C					D	D	D	D	D	С	B
		法地-1	押出亀裂(構造物以外の地山部)		D	D	С	С	С	С	С	С	D	D	D	D	D	D	D	D	D				D	D	D	D	D		
	盛土法面地山	法地-2	崩壊跡有り(盛土法面から滑落)			D							D	D	D	D	D	D	D	D	D				D	D	D	D	D		
		法地-3 法地-4	脳没部有り 浸食跡有り				С	С	С	С	С	C										С	С	С	D D	D D	D D	D D	D D		
		擁-1	押出亀裂		D	D	С	С	С	С	С	C	D	D	D	D	D	D	D	D	D				D	D	D	D	D		
	擁壁工	擁-2	亀裂・剥離・目地欠損		D	D	С	С	С	С	С	С	D	D	D	D	D	D	D	D	D			С	D	D	D	D	D		В
		擁-3	水抜きパイプ・亀裂・目地間から、裏込材の流亡・吸い出し									С						С	С	С	О	С	С	С	D	D	D	D	D		
盛	`+ = '0=#-	法保-1	押出亀裂	0	D	D D	С	С	С	C	С		D	D	D	D	D	D	D	D	D			_	D	D D	D	D	D		
土法	法面保護工	法保-2	亀裂・剥離・目地欠損 水抜きパイプ・亀裂・目地間から、裏込材の流亡・吸い出し	X	D	U	С	С	С	C	С	С	D	D	D	D	D	D C	D C	D C	D	С	С	C	D D	D	D D	D D	0		В
	小段側溝・縦排水工	法排-1	●裂・剥離・目地欠損	~	D	D	С	С	С	С	С	C	D	D	D	D	D	D	D	D	D		Ŭ	C	D	D	D	D	D	С	В
部		横排-1	亀裂・剥離・目地欠損	0	D	D	С	С	С	С	С	С	D	D	D	D	D	D	D	D	D			С	D	D	D	D	D	C	В
	横断排水工	横排-2	亀裂・目地間から、盛土材の流亡・吸い出し									С						С	С	С	С	С	С	С	D	D	D	D	D		
		横排-3	横断排水工基礎部の洗掘 アンカー材・補強材の破断・引抜け		D	D							D	D	D		D	D	D	D	D				D	D	D	D	D		
	ŀ	他-2	法枠桁に亀裂(主鉄筋の露出等)		D	D	С	С	С	С	С	С	D	D	D	D D	D	D	D	D	D			D	D	D	D	D	D		
	その他対策工	他-3	法枠桁に軽微な亀裂・剥離・目地欠損(経年劣化)				Ŭ	Ĺ																							В
	[他-4	法枠枠内・水抜きパイプからの盛土材の流亡・吸い出し									С						С	С	С	С	С	С	С	D	D	D	D	D		
\vdash	-	他-5	地下水排除工の集水管を通じた盛土材の流亡・吸い出し 押出亀裂		D	D	С	С	С	С	С	С	D	D	D	D	D	C	C D	C D	C D	С	С	С	D C	D C	D C	D C	D C	C	
	H	流-1	押工電袋 亀裂・剥離・目地欠損		D	D	C	C	C	C	С	C	D	D	D	D	D	D	D	D	D			С	C	С	С	C	С	С	В
盛	流路工	流-3	電裂・目地間から、裏込材の流亡・吸い出し				Ľ	Ľ				С						С	C	С	С			C	C	C	C	C	C		
土 基 -		流-4	流路工基礎部の洗掘															С	С	С	С				С	С	С	С	С		
礎		護-1	押出亀裂	X	D	D	С	С	С	С	С	С	D	D	D	D	D	D	D	D	D				С	С	С	С			
部	護岸工	護-2 護-3	亀裂・剥離・目地欠損 水抜きパイプ・亀裂・目地間から、裏込材の流亡・吸い出し	8	D	D	С	С	С	С	С	C	D	D	D	D	D	D C	D C	D C	D			C	С	C	C	C	0	С	В
		護-4	護岸工基礎部の洗掘	>								Ĭ						C	C	C	С			Ĭ	C	C	C	C	C		
			着目すべき変状										íのコ>									ラン	ソク			対	心			判例	定 定()
			・目地損失 → 盛土材吸い出し		い変状	が発生し	ている。		発生する	5毎に補	修を行っ	ている						、各種排 変状が発			総	A	Δ	特に	新たな	対応を	を必要	としな	(۱)،		
			面保護工の座掘(開口亀裂) による排水断面不足		護岸けやす	工に押出い箇所に	亀裂が 位置し	発生して	いること	から、	盛土基礎 ら裏込材	部の不	出しが角	生して				岸工は渋 は護岸エ			合評	Е	3	防災	カルテ	を作成	支し、 :	対応す	る。	C)
舗装の	縦断方向への亀裂・	(盛土材吸	い出しによる沈下)		この 能性が	まま放置 ある。	すると、	、護岸工	及び法配	保護工	の裏込((盛土)	材の吸い	出しが				らの崩壊			価	(Э	排水	施設の)補修・	• 改善	を要す	る。		
								排水工は 砂の除去								により目	別基し、	排水断面	か無く	<i>よりか</i>		[)	抜	本的な	対策を	を必要	とする	lo lo	()

■ 今後の課題(H27活動内容)

- ①対策工導入の評価
 - ・導入された対策工が適切な工種、数量、方法であったか

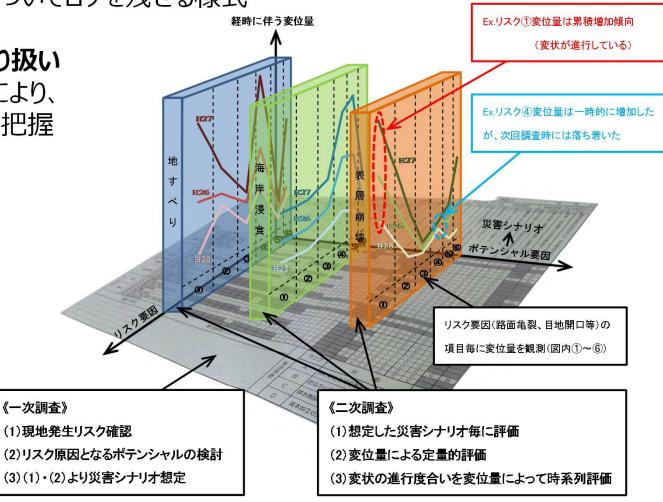
・対策工導入履歴についてログを残せる様式

《一次調查》

②定量的なデータの取り扱い

・時系列データ取得により、 変状の進行具合の把握

③使いやすさの希求



WG2:道路盛土に関する点検・管理手法の検討

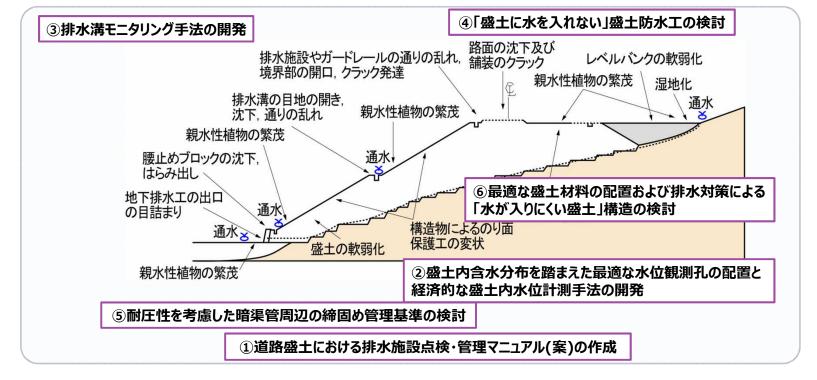
■ 研究の目的又は背景

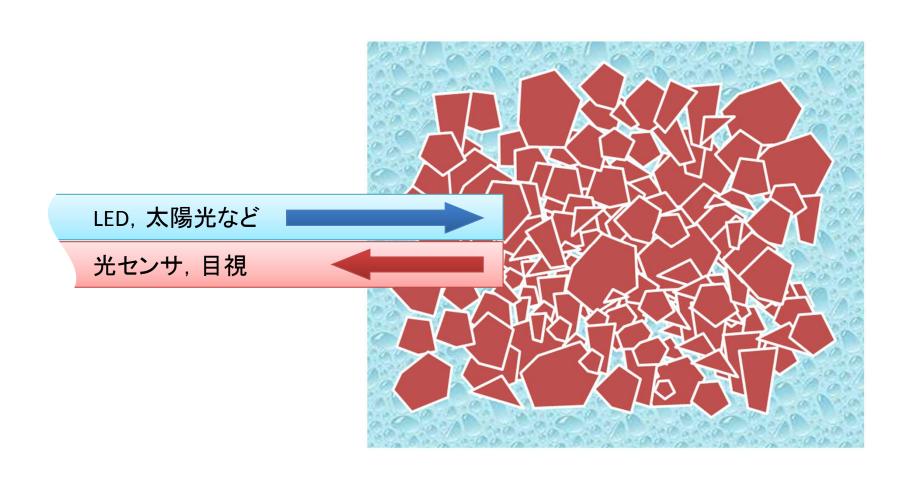
道路盛土の変状・崩壊は、盛土内に存在する水位が引き金になるケースが多い。したがって、盛土の変状・崩壊のリスク低減のためには、盛土内に水を極力入れないこと(表面排水処理、等)、そして盛土内に侵入した水を速やかに排水すること(暗渠排水、等)が肝要である。そのために、管内の既存盛土を対象とした、1)設計・施工時の資料等による排水諸施設の実態調査、2)現況における排水機能の点検調査、3)点検により発覚した排水不良施設の管理手法(修繕、機能改善、抜本的代替工法、等)の検討、の3点が重要である。一方、調査対象となる排水施設は膨大な数となるため、とりわけ2)に関しては、迅速で簡易な点検・管理手法の研究開発が必須となる。本研究では、上記の1)、2)、3)の全てを実施する。

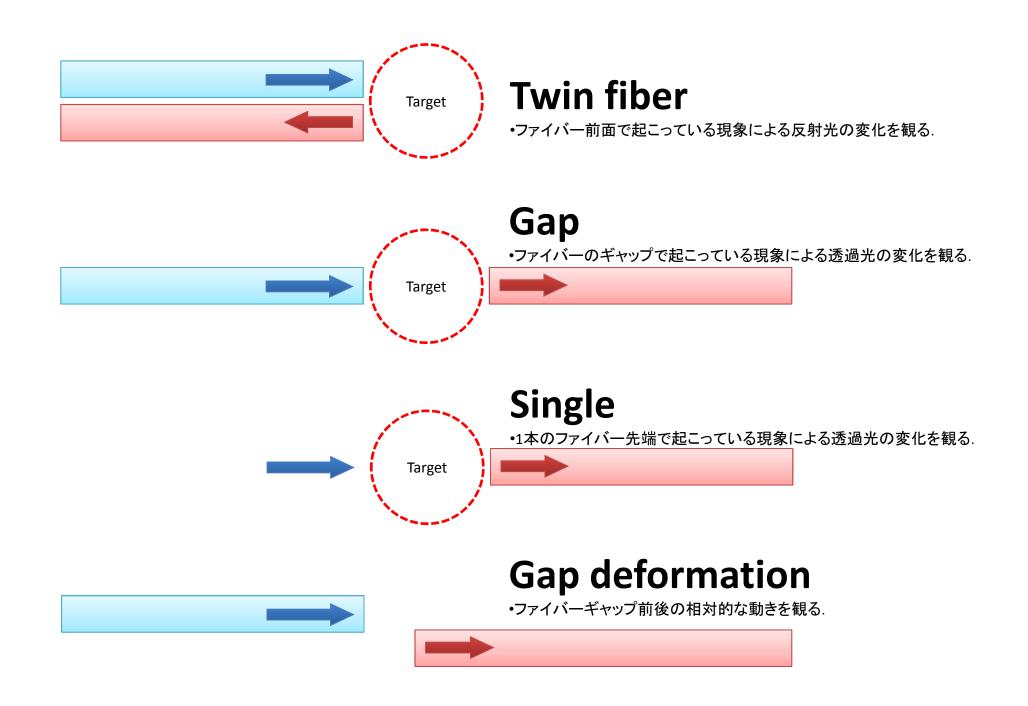
■ 研究の内容①

- ①は最終成果であり、そのための研究項目として、
- ②, ③は点検手法に特化した研究項目,
- ④~⑥は管理手法(修繕,機能改善,代替工法,等)に関する研究項目である.

(*)初年度の資料よ







Twin fiber

Light State Sensor System

光ファイバーを用いた 土粒子,地下水の 動きの観察

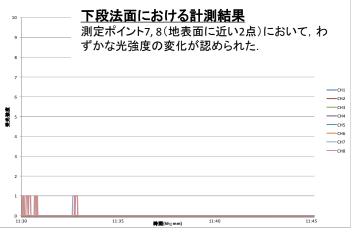
- •1本目の光ファイバーの先端で放射 される光の反射を2本目の光ファイ バーで観測し、土粒子や水の動きを 定性的に探る方法.
- •想定される地下水面の上部,下部に 測定装置を2014.3.18に設置.
- •初回の計測を2014.5.10に実施. 状 況確認が目的なので, 測定時間は15 分間のみ.
- •今後も断続的に計測を実施するとと もに、連続計測の仕様を検討予定.



長さ2mの測定棒を地盤に埋設した様子.



長さ2mの測定棒を2本用意し、それぞれ上段法面、下段法面に設置.測定棒には20cm間隔で光ファイバーのセンサユニットが8箇所(一番下が1番で、上が8番)ずつ装着されている.



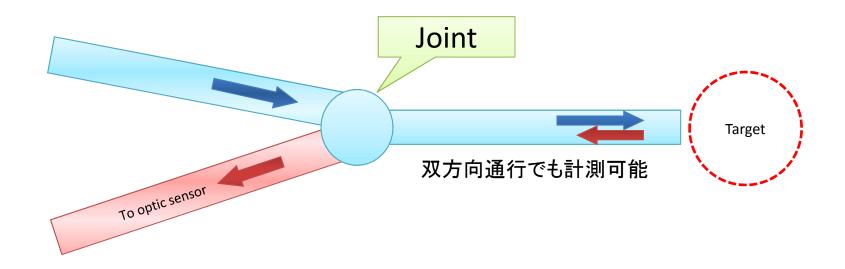


Watch!

土粒子や水の動き



光ファイバーによる測定用に開発されたLS³/digital測定器.この機種では2本の光ファイバー(1=光を送る,2=光を計る)をセットで実施する計測ユニットを同時に8セット接続することが可能.



Jointed single

- 1本のファイバー前面で起こっている現象による反射光の変化を観る.
- 光を当てている場所を直接計測できるので、細粒分が多い時の問題を回避できる.
- ファイバーのジョイントによる影響は事後処理で対処可能。

Gap

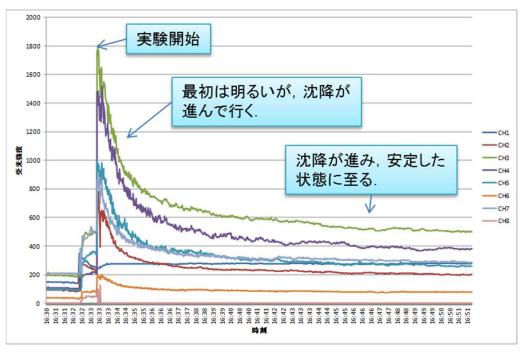
Light State Sensor System



雨水が運搬する土砂でマスが次第に埋まってゆく。このような流出土の量や降雨時にマスに流れ込む排水の濁度が盛土の劣化過程についての有用な情報を与えるものとなっている。







Gap

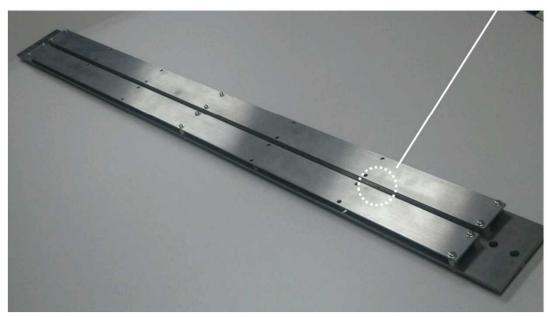
Light State Sensor System

マスなどの土砂堆積状態や泥水の濁度をモニタリング可能.

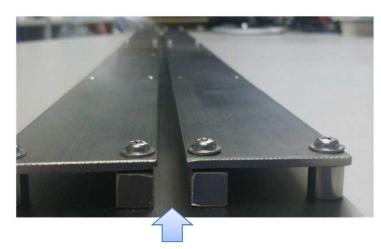
盛土の排水機能評価のための 簡易モニタリング装置の試作と基礎的実験

> 神戸大学工学部市民工学科 平成26年度卒業研究 廣田涼









8か所にgapをセット

Gap, single, etc.

Light State Sensor System

光ファイバーを用いた 排水設備周辺の状態観察

- •U字溝, 排水マスなどの排水設備における落ち葉, 土砂, 植物などの状態を監視。
- •目詰まり、オーバーフローなどの原 因となる堆積物の状態を光ファイバー で監視。
- •目視観察と、デジタル観察の両方が可能。



落ち葉の堆積状態を光ファイバーの端部で目視確認できる。これをパトロールの際にアクセスしやすい場所に設置すると作業が効率化できる。



1段目の小段にあるU字溝合流ポイントのマスには大量 の落ち葉が堆積している.



最低部のU字溝合流ポイントのマスには大量の土砂が 堆積している状態. 土砂堆積深さは50cm程度.



観測ポイントを複数取り付けた装置(この場合は円柱)を落ち葉などが堆積すると予想される箇所に設置し、その状態を監視できる。棒に設置されている光ファイバーは上を向くように置き、そこに太陽光が入る状態にして用いる。電気を使わないエコな方法。



さらに下流につながる箇所にあるマスは掃除された状態.この状態が変化する様子を光ファイバーで観測可能.

Watch!

溝,マス,土砂,落ち葉

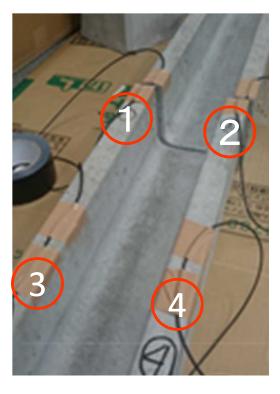
Gap deformation

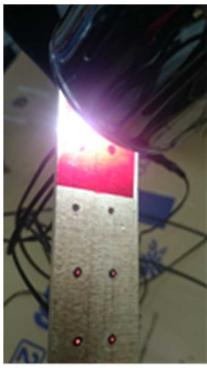
Light State Sensor System

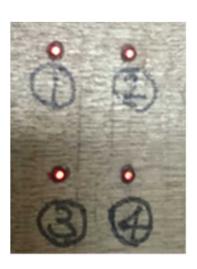
送光部にLEDライト(太陽 光でも可)を当て、受光 部の様子を観測する。 Gapが動くとそれを肉眼 で確認できる。

Watch!

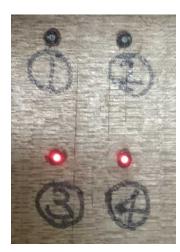
U字溝ブロックのずれ











異常時



WG3:実盛土の安定性評価のための調査・実験・解析

ボーリング孔内水・・・基礎地盤からの盛土内水位か?



宙水の存在

原因

盛土:部分的な低透水層?

(スレーキングなど)

供給:雨水/地山からの湧水

原因解明



問題

排水工:盛土底部に設置しても 効果が発揮されない

⇒宙水の存在する位置への的 確な対策が必須

対策提案



調査

- 表面波探查
- ⇒低透水層の把握

実験

- 透水試験
- 水浸沈下試験
- 水分保持特性試験
- ⇒物性の把握

解析

- 降雨時の浸透流解析
- ⇒宙水発生のメカニズム解明 効果的な対策法の提案
- ※降雨で再現できない場合, 地山からの浸透を考慮

■ 調査,実験(国道483号柴地区道路盛土)

調査

- 表面波探査
- ⇒低透水層の把握

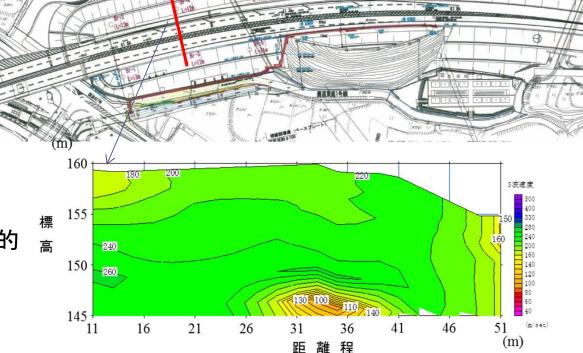
其原

- 透水試験
- 水浸沈下試験
- 水分保持特性試験
- ⇒物性の把握

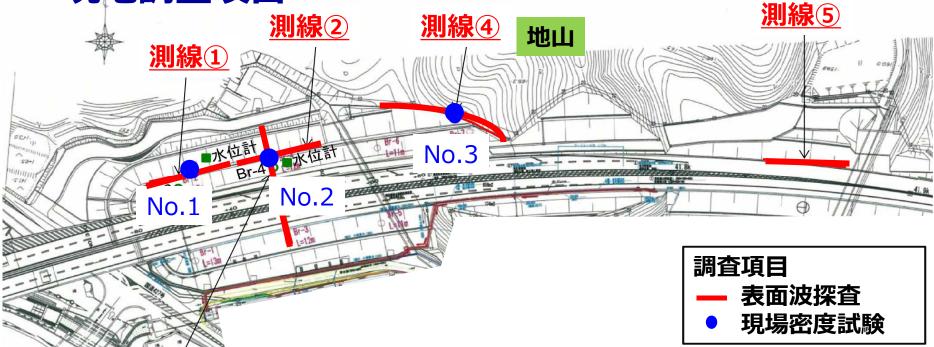
- 降雨時の浸透流解析
- ⇒宙水発生のメカニズム解明
- 効果的な対策法の提案
- ※降雨で再現できない場合、地山
- からの浸透を考慮



→表層深度10m付近で局所的 にVsが低い部分が確認 (⇒宙水?)



■ 現地調査項目

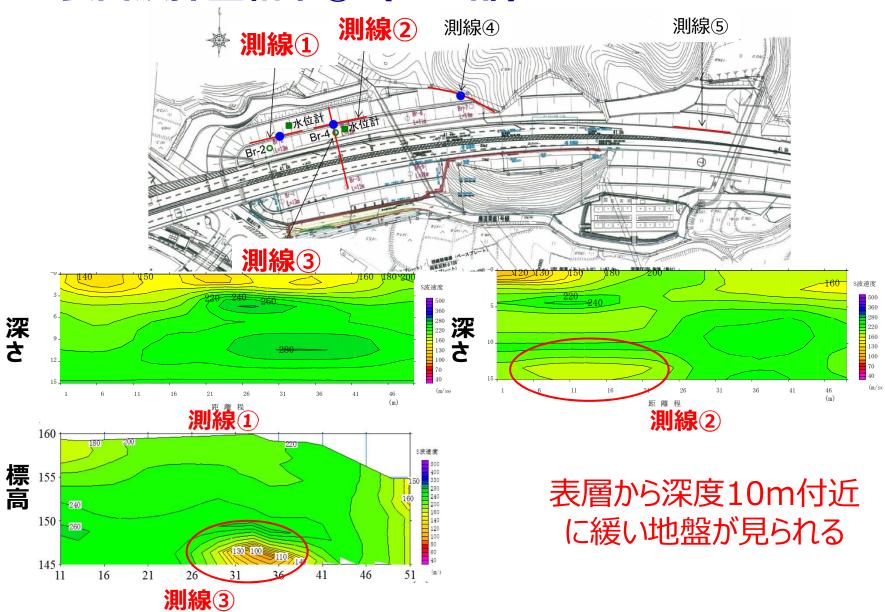


現場密度試験結果									
項目	盛	土	地山						
以 日	No.1	No.2	No.3						
含水比w(%)	12.0	13.4	15.7						
湿潤密度ρ _t (g/cm³)	1.767	1.796	1.320						
乾燥密度 $\rho_{\rm d}$ (g/cm ³)	1.578	1.584	1.141						

室内試験結果より D_c =87.5% (表層部)

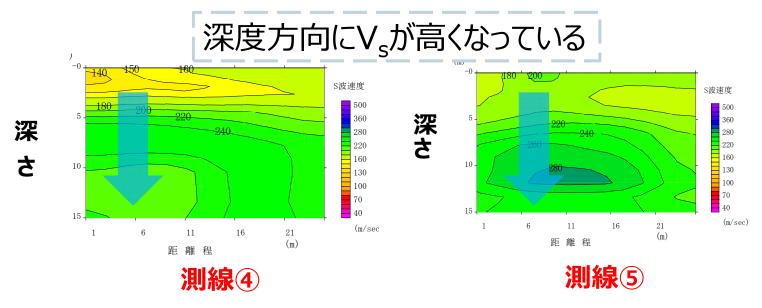
管理基準はD_c≥90%!!

■ 表面波探査結果①(盛土部)

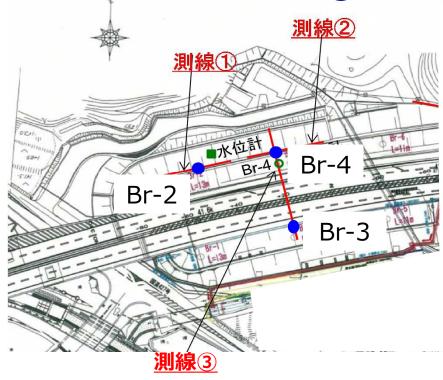


■ 表面波探査結果②(地山境界付近)

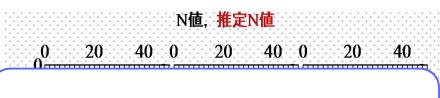




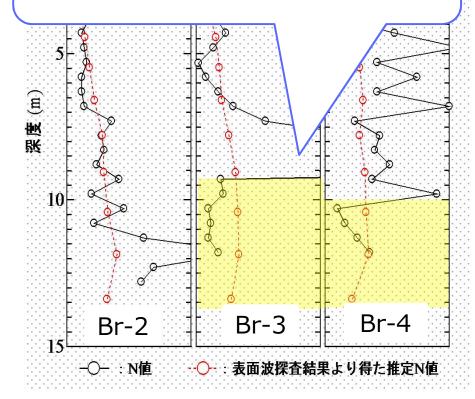
■ 表面波探査結果③



N値推定方法⇒ V_s=80N^{1/3} (道路橋示方書より)

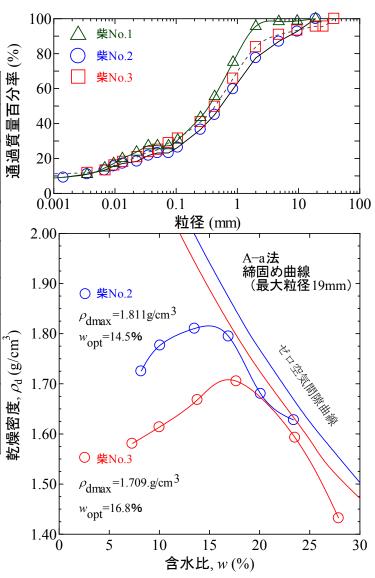


深度10m以深はN値が低い! 標準貫入試験結果との整合性が取れる.



■ 試料の物理特性

	盛	±	地山
	No.1	No.2	No.3
土粒子密度, $ ho_{ m d}$ (g/cm 3)	2.642	2.676	2.635
礫分%)	4.4	22.4	16.2
砂分(%)	68.3	54.5	55.0
細粒分(%)	27.3	23.2	28.9
細粒分含有率 F _c (%)	27.3	23.2	28.9
平均粒径 D ₅₀ (mm)	0.345	0.550	1.5



室内試験概要

- ①定水位透水試験
- ⇒本盛土材の透水性の検討
- ②一面せん断試験 ⇒飽和・不飽和時の せん断強度の検討
- ③サクション測定

⇒サクションと粘着力
一リソンコンと作作目の
との相関性の検討

④水浸沈下試験 ⇒水浸による変形特性の把握

締固め度 <i>D_c</i> (%)	80	85	90	95
定水位透水試験	_			-
一面せん断試験	_		0	_
サクション試験				
水浸沈下試験				

(現場締固め度87.5%)

■ 定水位透水試験



試験条件								
Ē	式料	No.2(盛土) 最大粒径19mm						
試制	以 以 以 以 以 以 以 以 以 以 以 以 以 以 以 り り り り り	撹乱試料						
供試体	高さ (mm)	127						
1六武14	直径 (mm)	100						
含	水比	最適含水比						
締固め	度(%)	85,90						
飽和	和方法	水浸脱気法						

本盛土材は透水係数が 高くはない

試験結果								
項目	$D_c = 85\%$	$D_c = 90\%$						
透水係数k (cm/s)	1.35×10 ⁻³	1.99×10 ⁻⁵						

盛土内において上層から 下層への透水を阻害する

■ RIコーン試験

局所的に密度が低い層, 含水比が高い⇒宙水層?

密度が高く, 難透水層. 含水比も低い

間隙比

10 20 30 0.0 0.5 1.0 1.5 40 60 80 100 120

飽和度

含水比 w (%) $D_{\rm c}$ (%)

難透水層が宙水の要因となっている可能性!

項目	$D_c = 80\%$	$D_c = 90\%$								
透水係数 k(cm/s)	9.42×10 ⁻³	1.99×10 ⁻⁵								

■ 対象盛土の浸透流解析

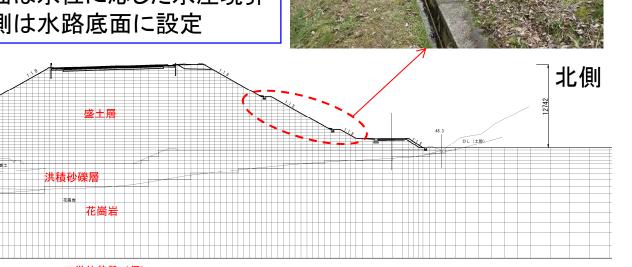
→ 2次元断面をモデル化し、浸透流解析を実施して降雨時の盛土 内部の浸透流を検討

<モデルの仮定と各種設定条件>

南側

- ・基盤面が現時点では不明なため、GL-15.0mと仮定
- ・モデル幅は南北ともに堤体幅相当
- ・南側水路および北側山麓は考慮しない
- •固定条件:底面,側面ともに固定境界
- ・排水境界:底面は不透水,側面は水位に応じた水圧境界
- ・地下水位:北側は地表面,南側は水路底面に設定

法面からの湧水の状況(北側法面)



工学的基盤 (仮)

浸透流解析の検討対象断面から示す解析モデル(41.61K)

■ 今年度の研究展望

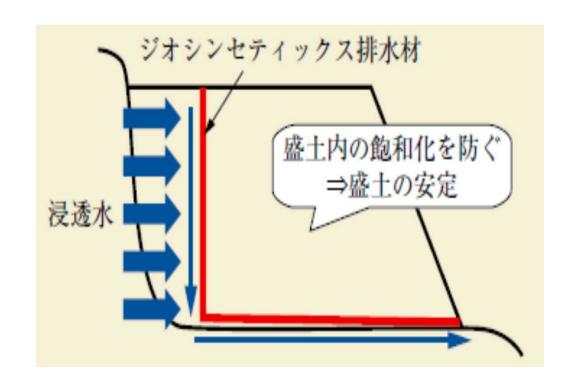
表面波探査⇒低透水層の把握(粘土化している層)

- 透水 計類
- 水浸沈下試験
- 水分保持特性試験
- ⇒物性の把握

解析

- 降雨時の浸透解析 ⇒宙水発生のメカニズム解明
- 効果的な対策法の提案 ※降雨で再現できない場合、地山からの浸透を考慮
- 実験結果をもとに決定した弾塑性モデルパラメータを用いて、以下の解析的 検討を実施して地盤内に宙水が発生する条件を探る
 - ①不透水層を考慮した降雨・浸透流解析
 - ②材料の不均一性を考慮した降雨・浸透流解析

盛土防水工の基本概念



盛土背部からの浸透水を盛土底部に水平に設置した排水材に流すことにより盛土外へ速やかに排出させる盛土排水システム

盛土防水工の既設盛土への適用

既設盛土内にジオセンティック排水材を面的に敷設することは現状の施工技術ではきわめて困難である。

代替案

既設盛土中に<mark>高透水性排水面を造成</mark>し谷埋め盛土への地下水の流入を制御する防水工

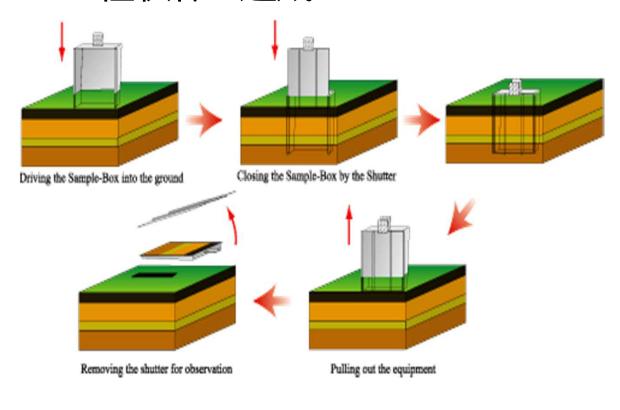
求められる機能

- 面的に連続する高透水層を造成する
- 狭隘な場所においても施工可能である
- 既往の施工技術を組み合せて施工可能な工法
- 安価である
- 一般の施工業者でも施工可能である
- シンプルな構造である

etc.

既設盛土内への高透水性柱状体の造成

ジオスライサー(サンプリング技術)を用いた高透水性 柱状体の造成

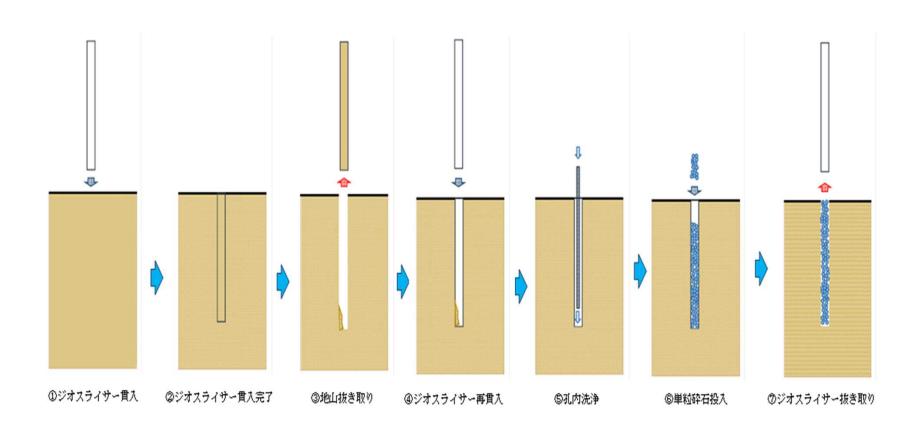




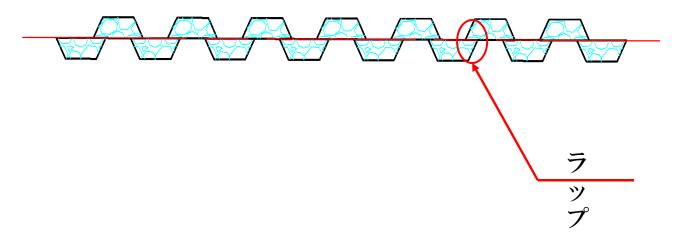
サンプリング資料例



高透水性柱状体造成手順



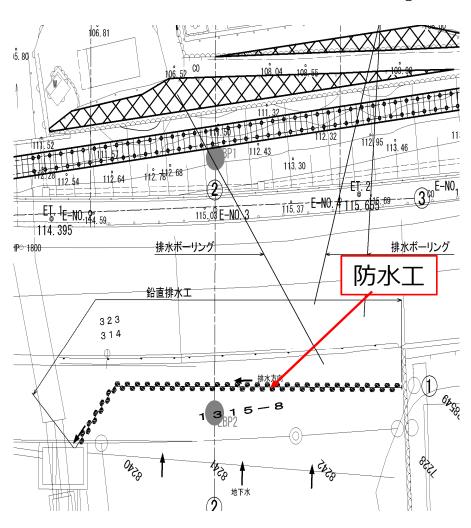
高透水層の連続性確保案



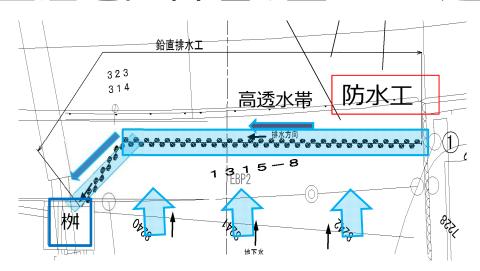
釜窪地区谷埋盛土への防水工適用性検討

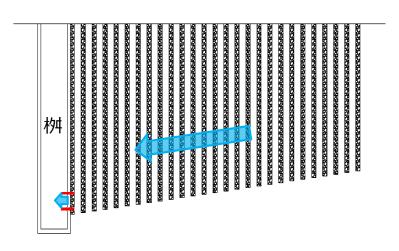


防水工実施計画(案)



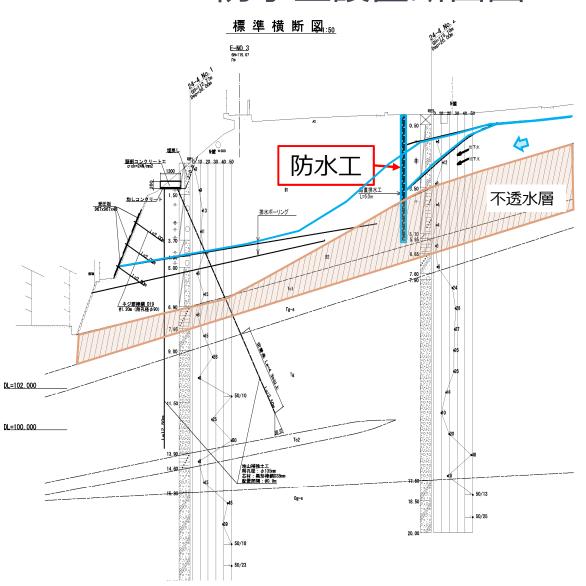
防水工の釜窪地区谷埋め盛土への適用性検討



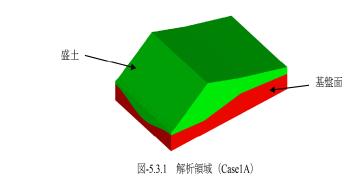


地山中に高透水帯を人工的に設け、盛土内に流入する地下水の流れを排水施設などに導流する

防水工設置断面図



防水工適用性の検討 (解析)



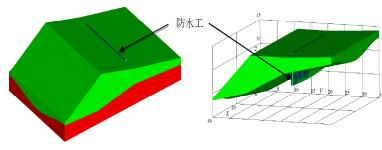
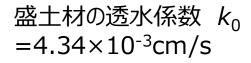
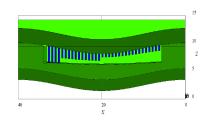
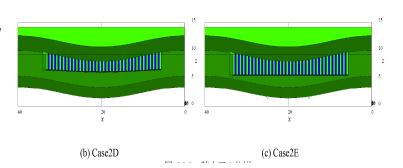


図-5.3.2 解析領域 (Case1B)





(a) Case1B, Case1C, Case2C

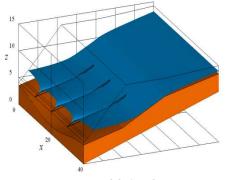


防水工のパターン

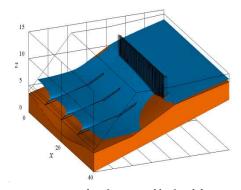
解析ケース

- 1) Case1A;防水工無(現状)
- 2) Case1B;防水工有(階段状, $k_d=100k_0$)
- 3) Case1C;防水工有(階段状, k_d =500 k_0)
- 4) Case2A;防水工無(開口部有)
- 5) Case2C; 防水工有(開口部有,階段状, k_d =500 k_0)
- 6) Case2D;防水工有(開口部有,直線状, k_d =500 k_0)
- 7) Case2E;防水工有(開口部有,直線状,深度大, k_d =500 k_0)
 - ※ K_d 防水工の透水係数

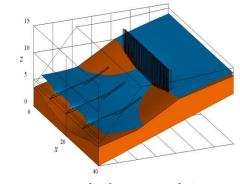
解析結果



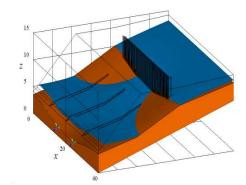
現状解析



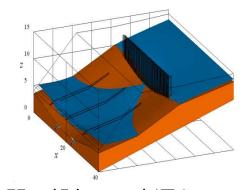
開口部無, 階段状



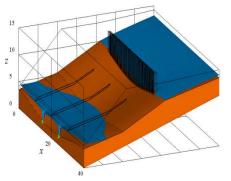
開口部無,一定深さ



開口部有, 階段状



開口部有,一定深さ



開口部有,一定深さ(深い)



縦排水閉塞



縦排水閉塞



小段排水閉塞



法枠下侵食

吸纳力	佐田采り	の口売は水を目み	成上亦件
路線名	管理番号	のり面排水不具合	盛土変状
名阪国道	N025006	排水路破損	盛土洗掘
	25-3	縦排水土砂堆積	のり枠内浸食
		小段排水閉塞	
	25-11	小段排水閉塞	路面亀裂
	N25F086	側溝流入口閉塞	轍沈下
	25-16	縦排水閉塞	のり枠内浸食
		小段排水閉塞	擁壁背面浸食
	25-17	縦排水脇土砂浸食	のり枠内浸食
			路面亀裂
	25-21	縦排水破損	のり枠内空洞
		縦排水閉塞	法尻はらみだし
			路面亀裂
	N025F071	法尻排水路閉塞	変状なし
24号	K024F0009	縦排水破損	路面クラック
	24-3	排水溝ズレ	路面亀裂
		排水溝破損	擁壁変状

.盛土のり面排水不具合と盛土 の変状

盛土の変形と法面排水施設不具合



法面への排水流入



排水施設損壊



のり枠工空洞化



縦排水溝の破損 (圧壊)

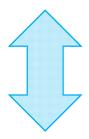


パラペット背面排水溝 の破損



パラペット端部排水溝 の破損

盛土の変形



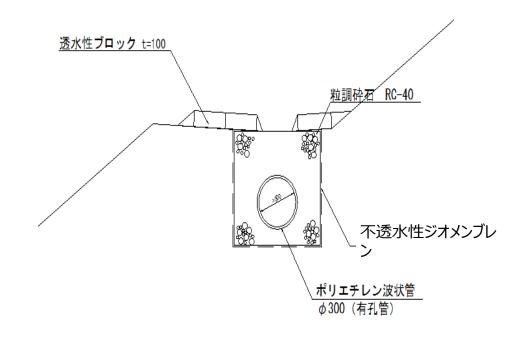
排水施設不具合

盛土の変形が排水施設の不具合をもたらし, その不具合が盛土の安定にさらに悪影響を及ぼすという不具合の連鎖

表面排水施設の課題

- 表面排水だけでは盛土内へ入る地下水を遮断することができない。
- ・盛土の変状に追随できない構造→排水施設が 破損し盛土内に表面水を浸透させる
- 既設道路盛土の盛土材料の改善・改良は困難

表面排水施設の破損対策案



盛土変状に追随する排水施 設(案)

盛土防水工の鉛直排水材の通水性能変化試験

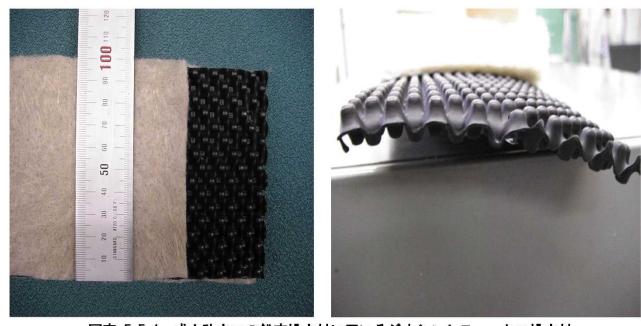
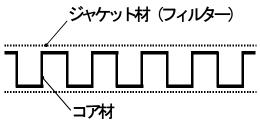


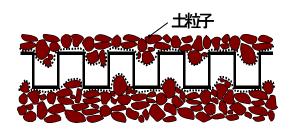
写真-5.5.1 盛土防水工の鉛直排水材に用いるジオシンセティックス排水材

通水性能劣化の原因

ジオシンセティックス排水材への土粒子食込みによる通水 断面の減少



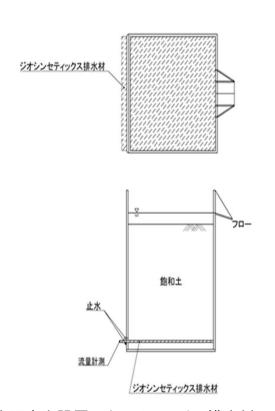
(a) 排水材の通水断面



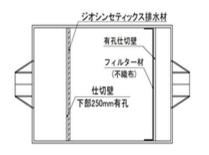
(b) 地盤中での通水断面の変化

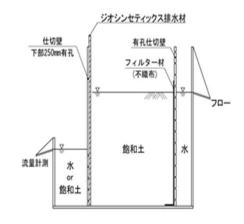
ジオシンセティックス排水材への土粒子による目詰まり

「土粒子の食込みによる通水断面の減少」や「土粒子による目詰まり」の影響を考慮した通水性能を評価



水平方向設置ジオシンセティックス排水材の土中通水性能 試験(案)





鉛直方向設置ジオシンセティックス排水材の土中通水性能 試験(案)

平成27年度の検討課題

- 盛土防水工の実現性確認に向けた実証実験
- ・盛土防水工の地下水低下効果の評価方法の検討
- ジオシンセティック排水材の土中での機能経年変化の
 - 確認と評価
- → 報告書とりまとめ