



第13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

2016年10月11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

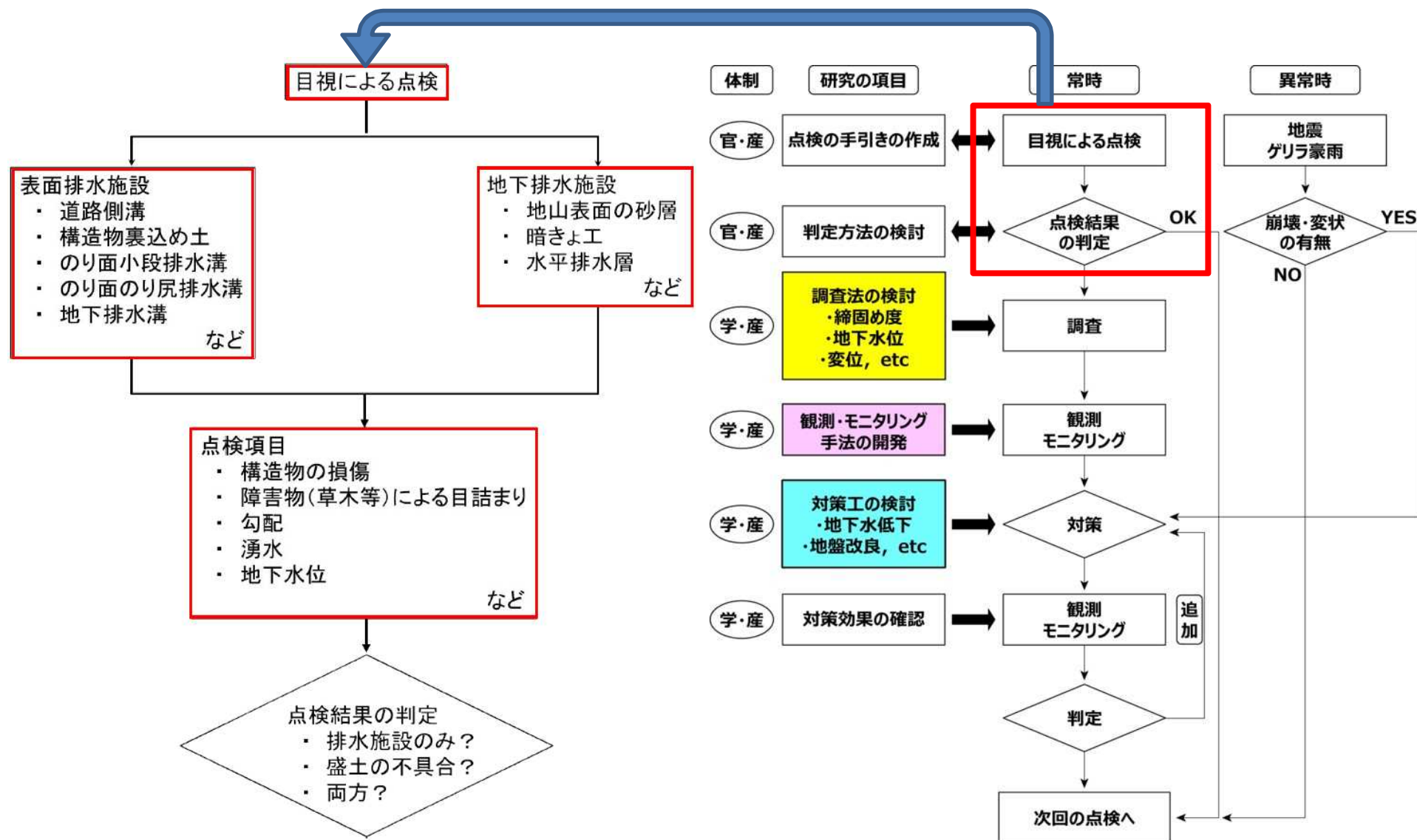
- ➡盛土内に水を入れないこと,
- ➡・盛土内に侵入した水を速やかに排水すること,

管内の既存盛土を対象とした,

- 1) 排水諸施設の実態調査**
- 2) 排水諸施設の点検調査**
- 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】



■ 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

1. 道路盛土の点検



2. 既存安定度調査票の課題抽出及び修正案の作成

■ 既存安定度調査票 【※ 全国地質調査業協会連合会（H26.10）】

[要因](A)		盛土区分毎の配点					各要因 の内の 最高配点
要因	評点区分	片切 ・ 片盛 部	両 端 部	傾斜 地部	平坦 地部	切盛 境部	
変状	構造的なクラック・開口亀裂あり	2	2	2	2	2	2
	のり面下部の洗掘あり	3	3	3	3	3	
	補修箇所多数あり	2	2	2	2	2	
	のり面の肌落ちあり	1	1	1	1	1	
	該当なし	0	0	0	0	0	
基礎 地盤	地すべり・クリープ	2	2	2	2	2	2
	軟弱地盤	1	1	1	1	1	
	崖崩	1	1	1	1	1	
	安定地盤	0	0	0	0	0	
盛土 材	砂質土	1	1	1	1	1	1
	粘性土	0	0	0	0	0	
	礫質土	0	0	0	0	0	
	不明	1	1	1	1	1	
の地下 水への表 面影響	のり原部が湿潤	6	6	6	6	6	6
	盛土のり面に流水跡あり	6	6	6	6	6	
	のり面・自然斜面に湧水あり	6	6	6	6	6	
	周辺の土地利用が湿潤	2	2	2	2	2	
	山側尻部に側溝なし	2	2	2	2	2	
河川・ 波浪の影 響	側溝・縦排水断面が不十分	4	4	4	2	6	6
	該当なし	0	0	0	0	0	
	河川・波浪の影響	2	2	2	2	2	
	該当なし	0	0	0	0	0	
河川・ 波浪の影 響	河川・波浪の影響	2	2	2	2	2	2
	河川・波浪の影響	2	2	2	2	2	
	河川・波浪の影響	2	2	2	2	2	
	河川・波浪の影響	2	2	2	2	2	
	河川・波浪の影響	2	2	2	2	2	
合計		10					(A)

注1) () は各項目の満点を示す。

該当する場合は配点欄に○印をつけると共に点数を記入する。

不明な場合は中間的な値を採用する。

注2) 切盛境部が両端部に隣接する場合には両端部を併用して評価する。

* 印の項目は、河川の現況の要因「常時流水はないがガリーがある」と判断された場合にのみ評価を行う。

《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）

[対策工](B)=(A)+α

対策目的	得点区分	配点(α)	評点
変状対策	構造的な対策	(-4)	-4
	抑制工	-2	
	その他・なし	±0	
基礎地盤 対策	地盤対策工、基礎の補強	-2	0
	その他・なし	(±0)	
	地下水排除工、アンカー付きのり格工 のり格工、表面被覆工	-4	
地下水・ 表面水 対策	のり面排水工、植生張り工	(-3)	-3
	側溝	-2	
	側溝	-1	
	その他・なし	±0	
漂流対策	堰堤・谷止め工	-5	0
	上流・下流路路工、土留擁壁	-3	
	上流路路工	-2	
	下流路路工	-1	
	その他・なし	(±0)	
河川水・ 波浪対策	土留擁壁・護岸工(空石積は除く)	-1	±0
	その他・なし	±0	
合 計		(α)	(B)
※(A)が0点の場合対策工 の効果補正は行わない		-7	3 点

[評点](評点の換算) (B)→(C)

(B)	<0	0.1	2.3	4.5	6.7	8.9	10.11	12.13	14.15	>16
(C)	0点	10点	20点	30点	40点	50点	60点	70点	80点	90点

[履歴](D)

項目	評点区分	配点	評点
被災	有 り	(+30)	30
	な し	0	
規 模	盛土の全流出 (通行止)	(+70)	70
	盛土の一部流出、 半壊(通行止)	+60	
	表面浸食 (数日片側通行)	+45	
	軽微な損傷 (即日通行可)	+40	
対 策	盛土の全改修、 十分な対策 修繕程度	(-70)	-70
	応急対策	-30	
	被災前と同様の 対策、対策なし	0	
	合 計	(D)	

(E)=MAX (C, D)

要因からの評点	(C)	20 点
履歴からの評点	(D)	30 点
(C)と(D)の内、 大きい方	(E)=MAX (C, D)	30 点

[総合評価]

対	応	判 定
対策が必要と判断される。		
防災カルテを作成し対応する。		○
特に新たな対応を必要としない。		

盛土周辺の状況

1	地山傾斜地で集水地形上に造成された盛土
2	盛土のり尻から測った盛土高が10m程度を上回る盛土
3	盛土のり尻近辺に民家や避難施設が存在する盛土

横断排水管への集水地から流入する沢水の状況

4	降雨時に土砂が発生して横断排水管を閉塞する可能性がある
---	-----------------------------

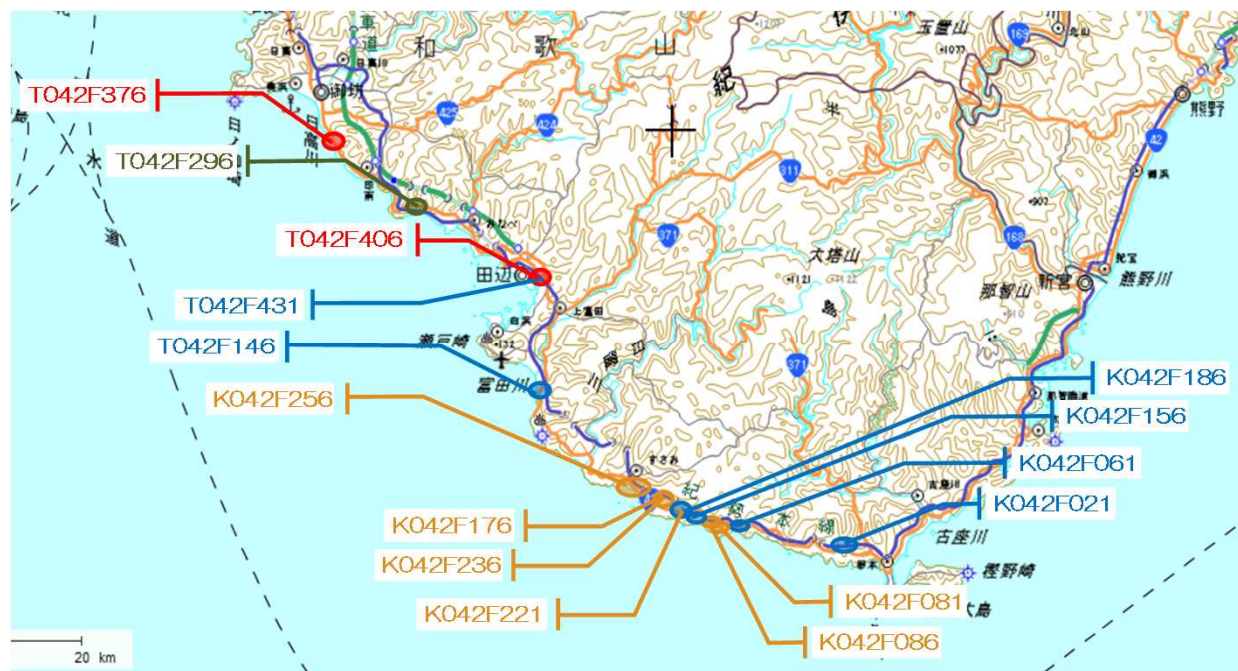
3. 安定度調査票を用いた実盛土現場での評価及び課題

《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を反映させた安定度調査票（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管内の15箇所の調査地を選定



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

現地調査位置図-和歌山・紀南（15箇所）

■ 現地調査-ランクD盛土の例 (1)

調査地番号：K042F086



路面に縦断方向へ段差亀裂有り



盛土法面に崩壊が発生



縦排水工が途中までしか施工されていない



縦排水工裏側の盛土材の流亡

■ 現地調査結果とりまとめ

H18年度 調査結果	→	当調査 調査結果	該当現場数
A	→	A	2箇所
A	→	B	1箇所
A	→	C	3箇所
B	→	B	1箇所
B	→	C	3箇所
B	→	D	2箇所
D+対策工	→	B	3箇所

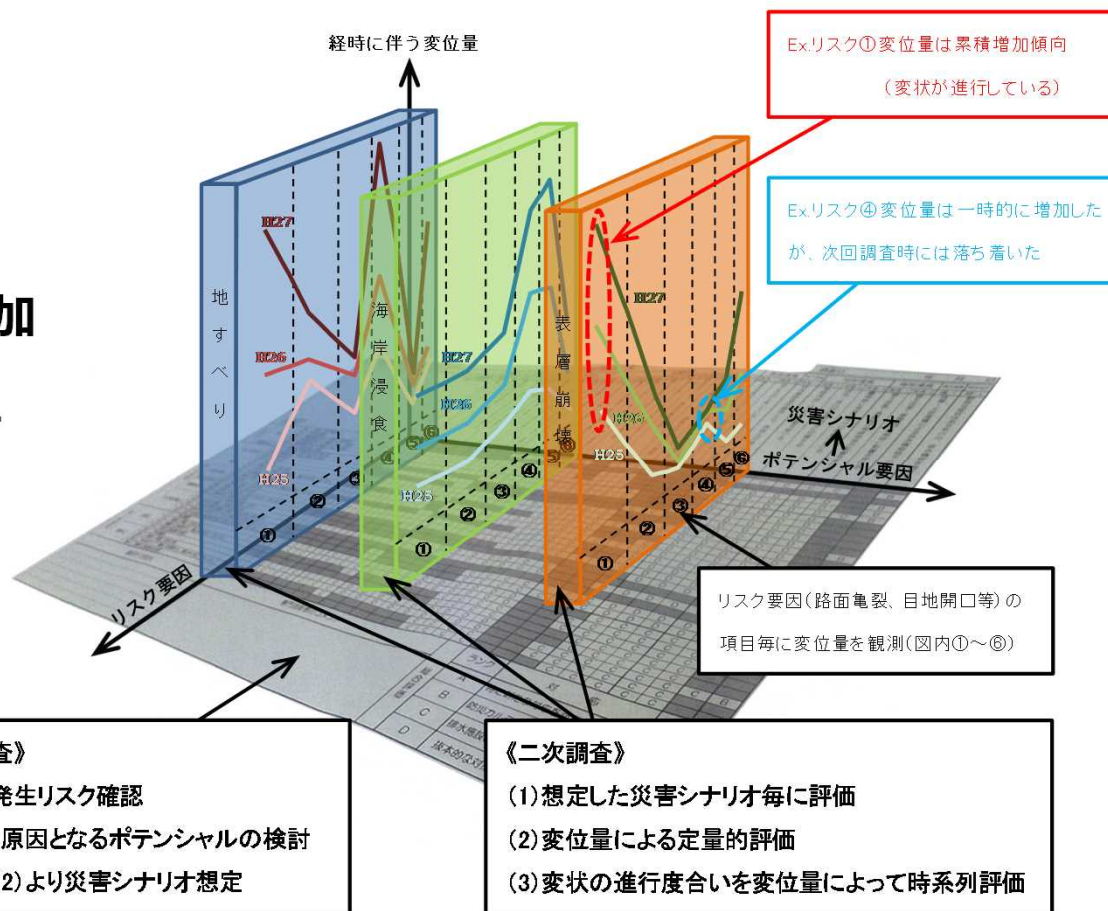
《調査結果》

既存調査票と比較して、以下の点で成果が得られた。

- ・災害シナリオを加味した変状の原因追究が可能
- ・対策工の優先順位の設定

■ 現状案の課題

- ① 評価項目の不足内容検討及び追加
 - ・リスク、ポテンシャル、災害シナリオ
- ② 調査票内ランク付けの妥当性検討
- ③ 新規対策工導入後の評価
 - ・工種、数量、方法の評価
 - ・対策工導入履歴
- ④ 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
- ⑤ 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

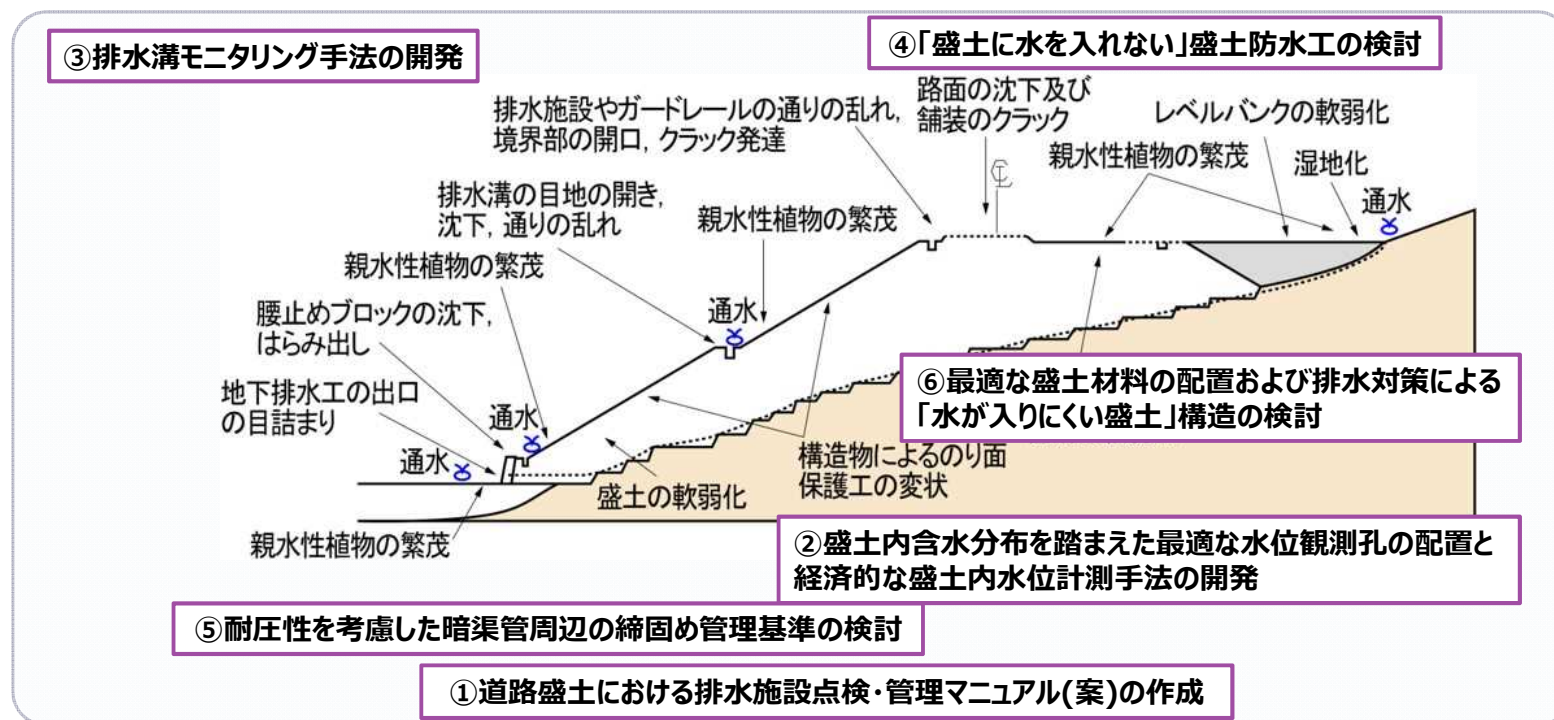
■ 研究の目的又は背景

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。

(*) 初年度の資料より



Gap

Light State Sensor System

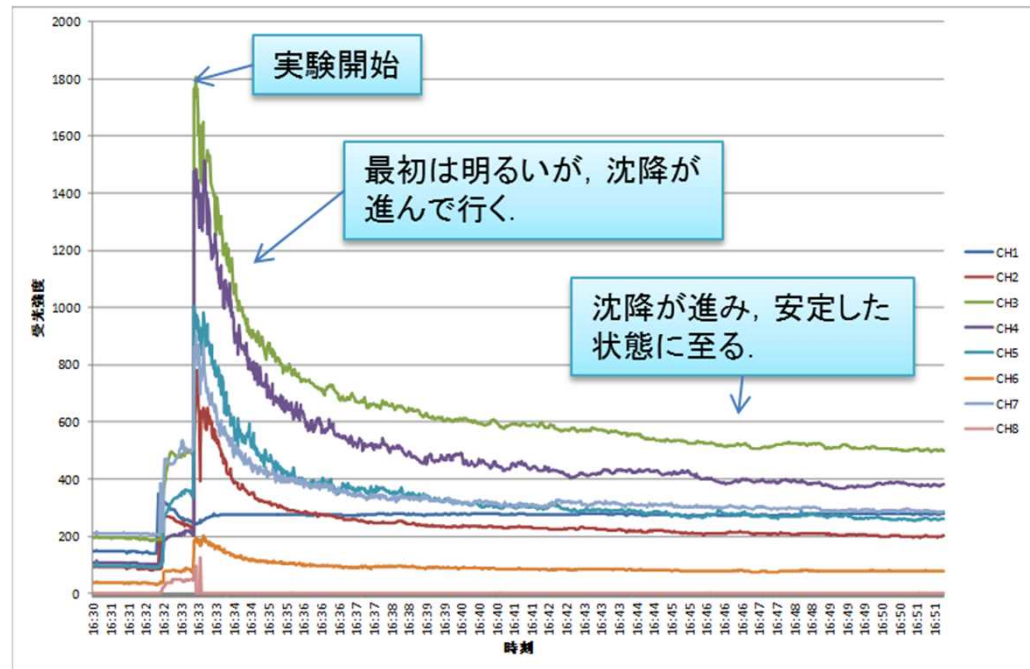


雨水が運搬する土砂でマスが次第に埋まってゆく。このような流出土の量や降雨時にマスに流れ込む排水の濁度が盛土の劣化過程についての有用な情報を与えるものとなっている。



Watch!

土砂堆積 濁度



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.



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.



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.



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.



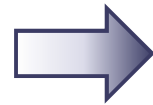
観測ポイントを複数取り付けた装置(この場合は円柱)を落ち葉などが堆積すると予想される箇所に設置し, その状態を監視できる. 棒に設置されている光ファイバーは上を向くように置き, そこに太陽光が入る状態にして用いる. 電気を使わないエコな方法.



Watch!

溝, マス, 土砂, 落ち葉

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

- 表面波探査
 - RIコーン調査
 - GSサンプリング
- ⇒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
 - RIコーン調査
 - GSサンプリング
- ⇒低透水層の把握



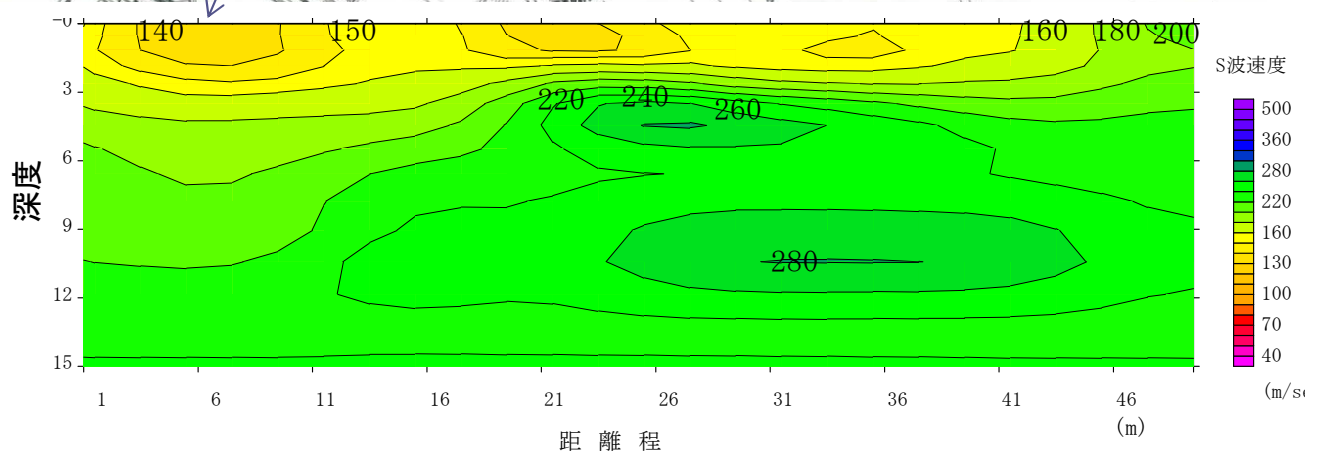
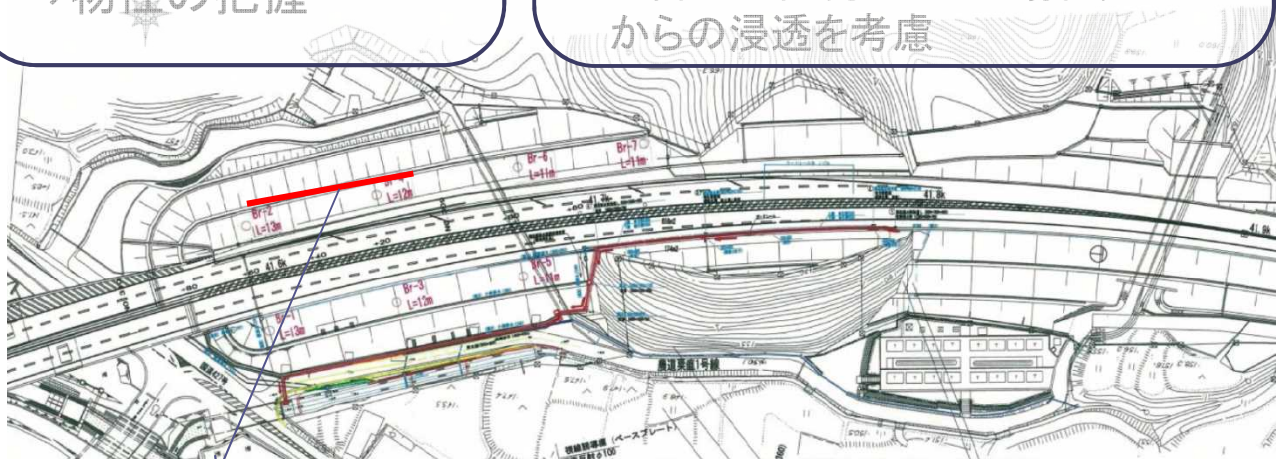
→深度約3.0mまで
低速度層が続く
(⇒締固め不良?)

実験

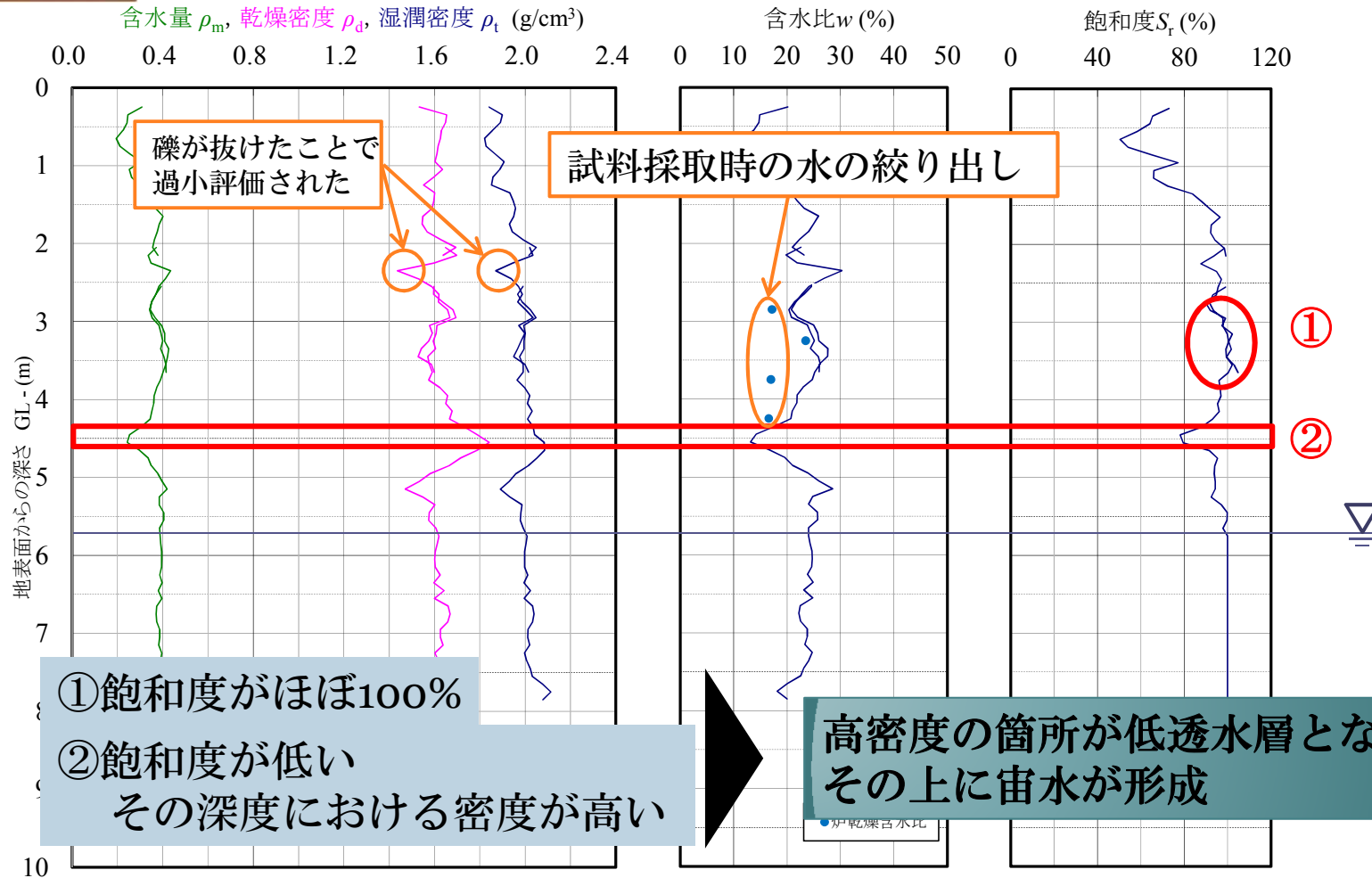
- 透水試験
 - 水浸沈下試験
 - 水分保持特性試験
- ⇒物性の把握

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



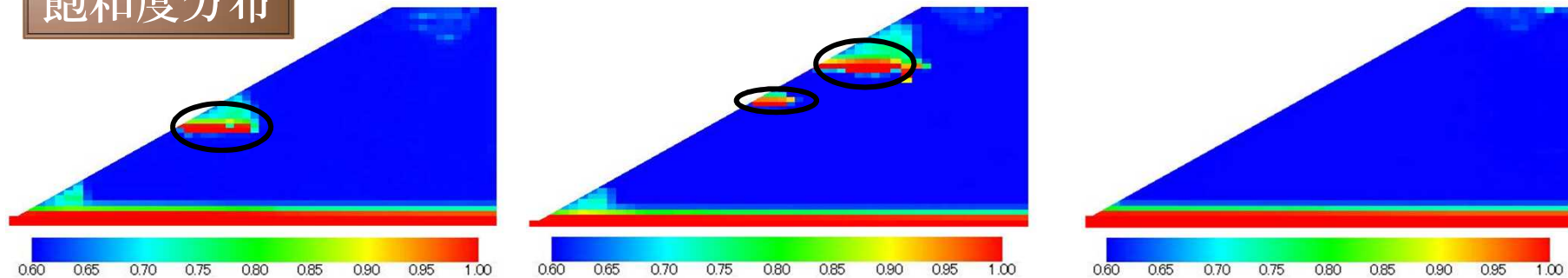
調査結果



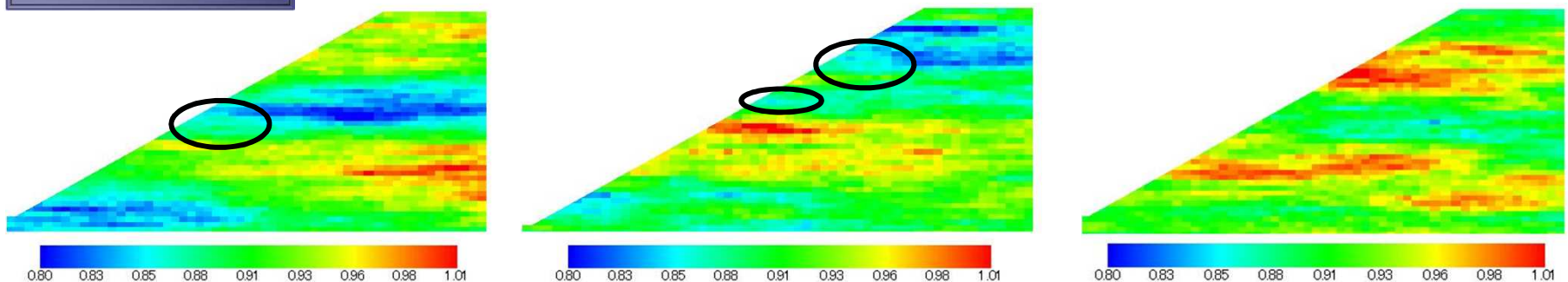
材料が均一でも土がよく締まることで低透水層ができる
⇒ 宙水が形成される要因となる

宙水発生条件の検討 -飽和度と締固め度の比較-

飽和度分布



締固め度分布



➤ 宙水が発生したケース

- ✓ 法面に締固め度85%以下の領域あり
- ✓ その下は締固め度90%以上に急上昇

➤ 宙水が発生しなかったケース

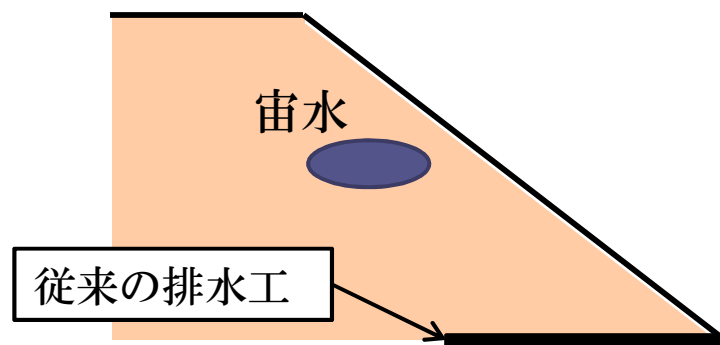
- ✓ 盛土内部が概ね88%以上

宙水発生条件

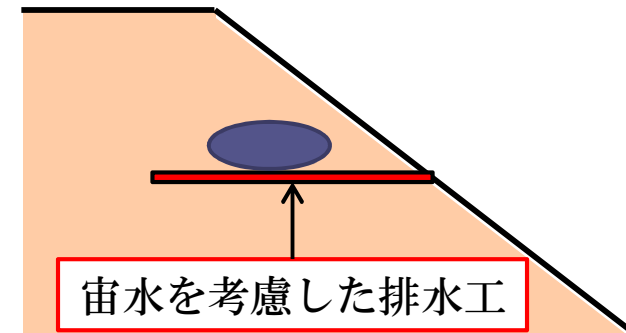
- ①法面に緩い領域
- ②その下層で締固め度90%以上に上昇

宙水対策方法-排水工設置による対策-

排水工の設置位置



- ✓ 法面近傍に発生する宙水には対応出来ない



- ✓ 宙水対策として法面中腹に排水工設置
- ✓ 盛土内部に発生する宙水への効果を検証

解析条件

- 発生条件の検討において宙水が見られたケースについて検討
- 排水工の透水係数は 1.99×10^{-4} (m/s)

	使用モデル	設置位置	想定される状況
CaseG-1	異方モデル1	宙水の直下	低透水層上端にある場合
CaseG-2	異方モデル1	法面中腹	宙水箇所にある場合
CaseG-3	異方モデル2	法面中腹	宙水と離れた場合

■ 排水パイプ打設時の施工方法

施工方法

打ち込みパイプを使用して大きな鉄ハンマーか撻矢で打ち込みます。

(1) 打ち込み終了



(2) 鉄パイプ引き抜き作業



打ち込みパイプに引抜補助棒を差し込み、円周方向に回転させながら鉄パイプを引き抜きます。

(3)



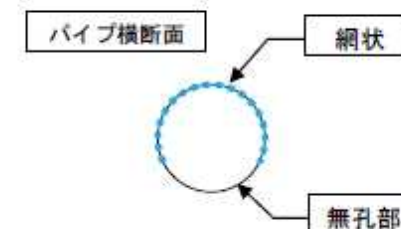
注) 無開孔部が下側になっていない場合は、ポアローパイプの先端を持って、急激に引っばると、数cm引き抜け。パイプは容易に回転しますので、無開孔部を下側にして、再度押し込んでください。



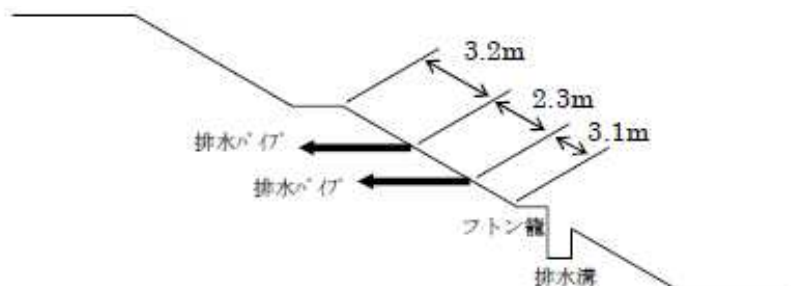
<排水パイプ>

φ 30mm、L=2.0m

円周の 2/3 は網状で、底部となる 1/3 は無開孔部となっているため、パイプ内の水が速やかに排出される（下図）。



■ 打設位置



まとめ

目的：盛土内の宙水発生メカニズムの解明

➤ RIコーン調査

- ✓ 宙水の存在を確認
- ✓ 形成要因は高密度の低透水層

➤ 宙水の再現解析

- ✓ 密度深度分布に対応した透水性の不均質性を考慮
- ✓ RIコーン調査結果と比較⇒整合
⇒密度の不均質性の影響が大きい

➤ 宙水発生条件

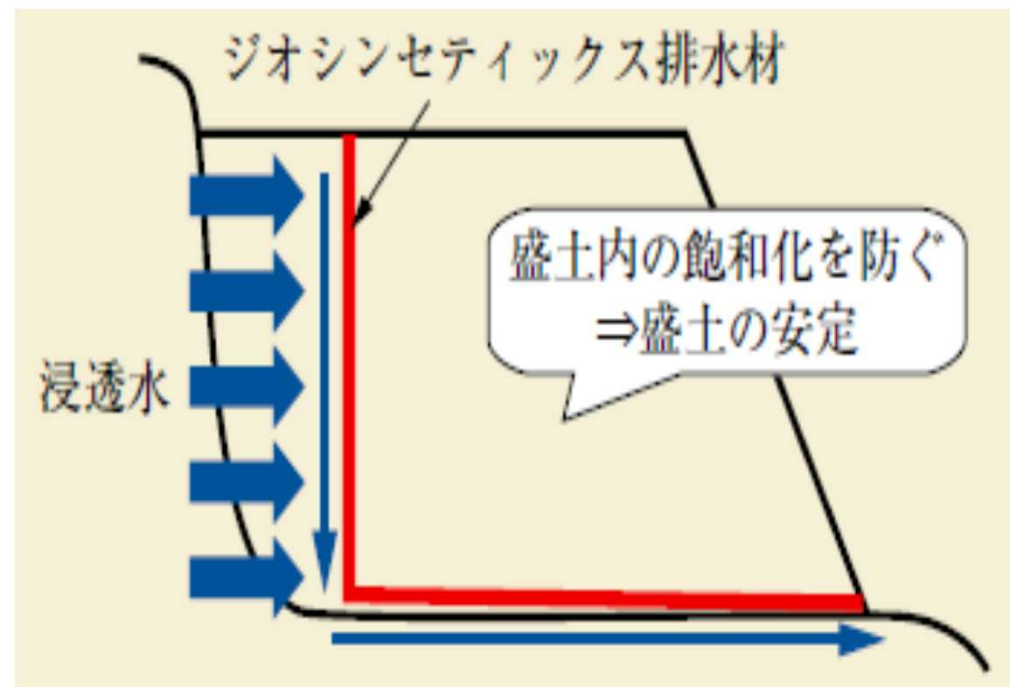
- ✓ 法面に緩い領域が存在：宙水への水を供給
- ✓ 緩い層の下で締固め度が90%以上に急上昇：浸透障害

発生条件

➤ 宙水対策方法

- ✓ 新設盛土：厳密な密度管理が有効，排水工の効果は限定的
- ✓ 既設盛土：排水パイプ（点的排水）と布団カゴ（面的排水）の併用が良い

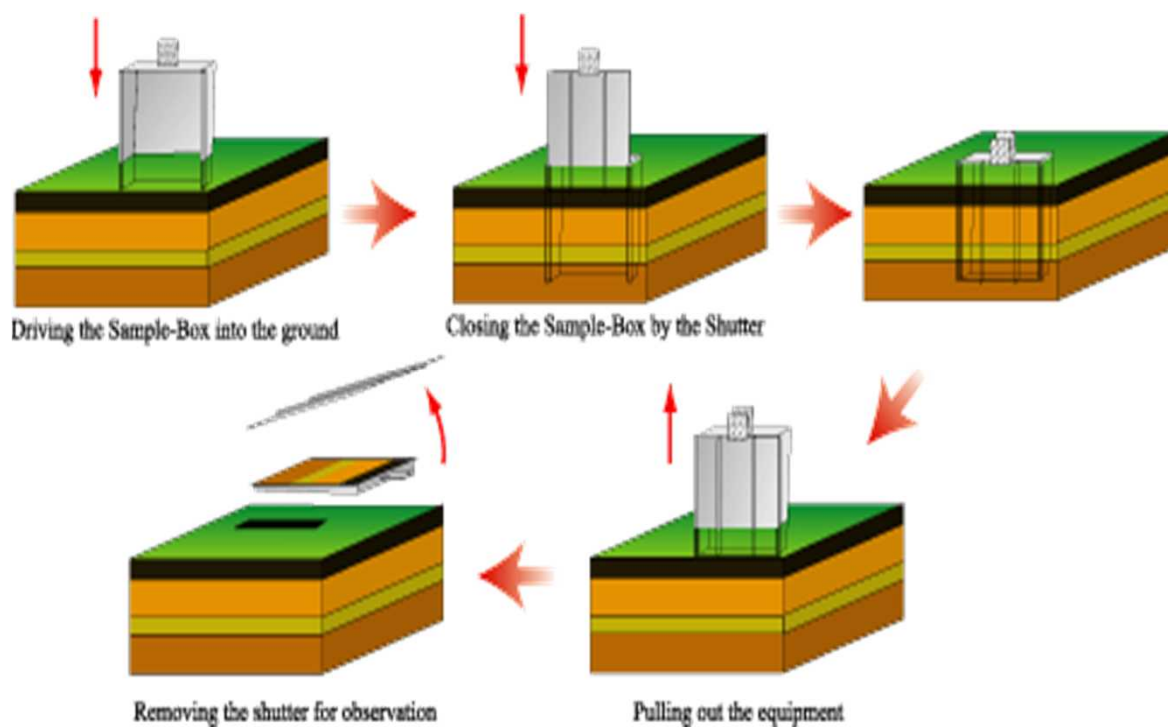
盛土防水工の基本概念



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

既設盛土内への高透水性柱状体の造成

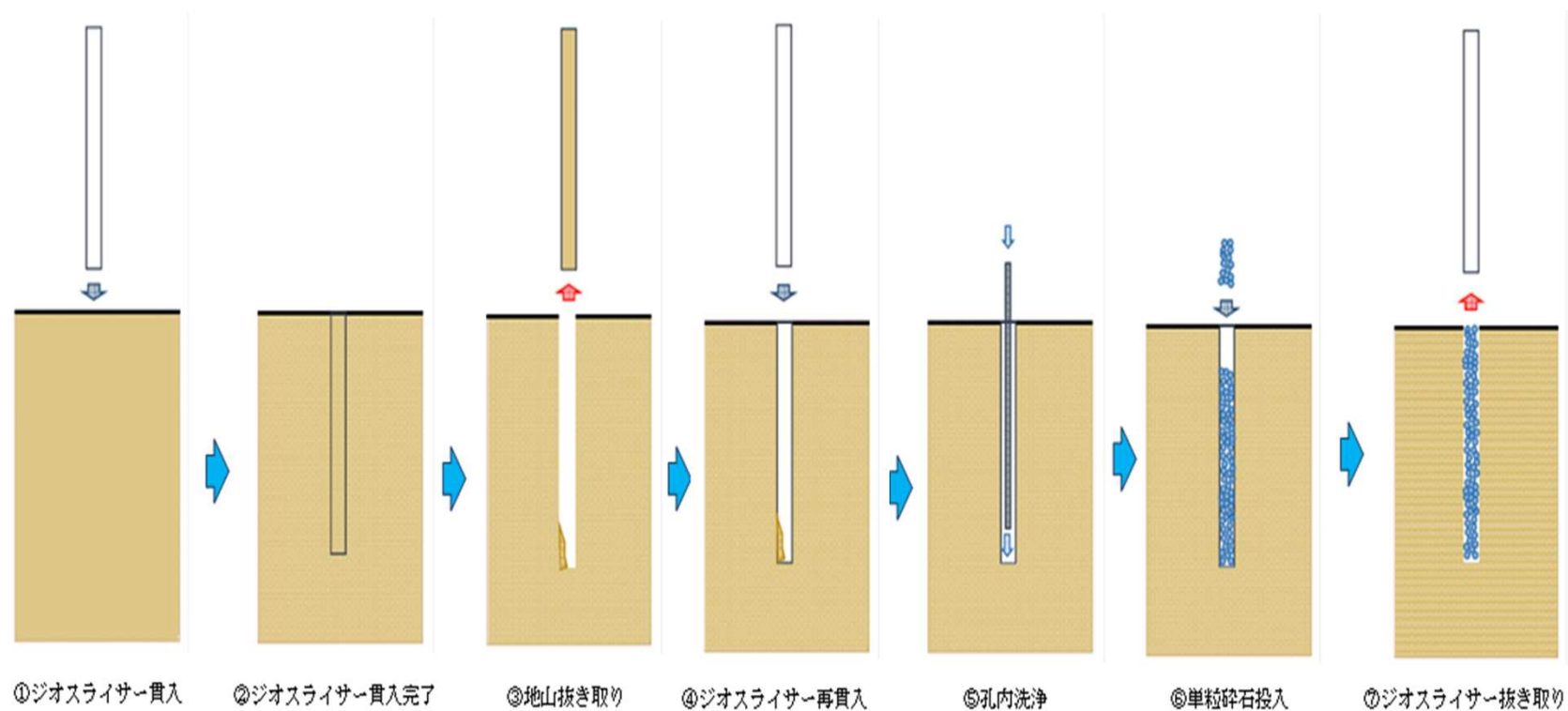
- ジオスライサー(サンプリング技術)を用いた高透水性柱状体の造成



サンプリング資料例



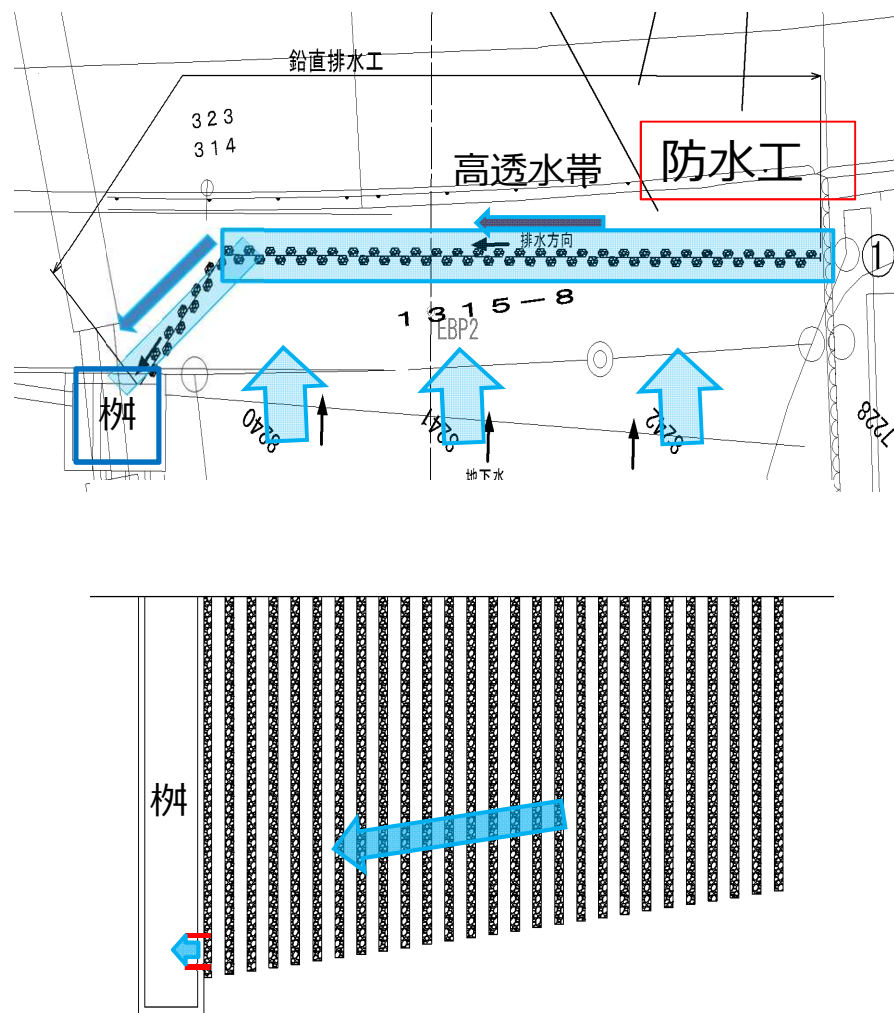
高透水性柱状体造成手順



釜窪地区谷埋盛土への防水工適用性検討



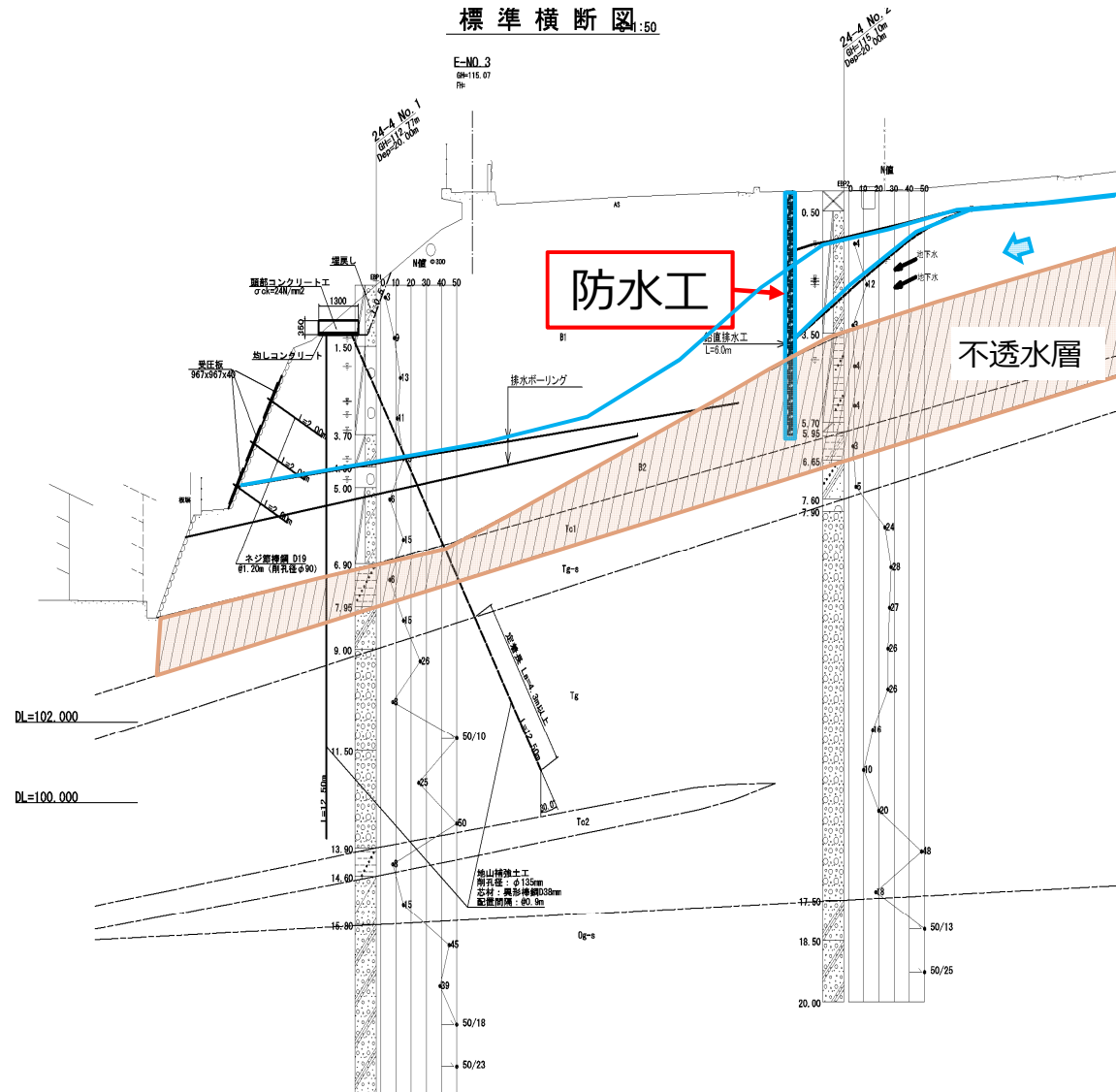
防水工の釜窪地区谷埋め盛土への適用性検討



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

標準横断面図 1:50



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)

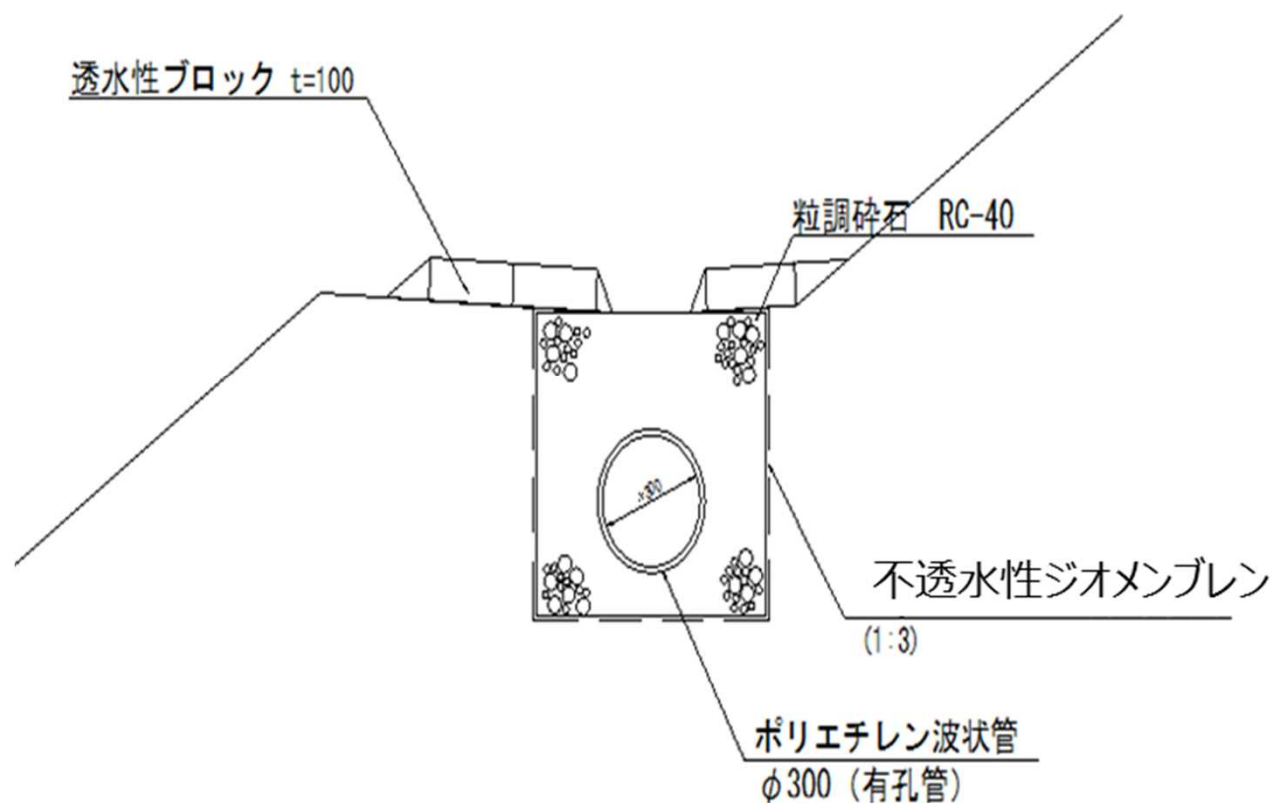


パラペット背面排水溝
の破損



パラペット端部排水溝
の破損

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)

まとめ（1/3）



① 既設道路盛土の安定度調査票の改善(案)の提示と検証：

既設盛土を安定度に応じてA～Dにランキングし、過去に全国盛土の一斉点検時に使用された従前の安定度調査の改善案を提示し、紀南国道事務所管内の既設盛土に対して調査を実施し、改善案の合理性・優位性を検証した。

② リアルタイムモニタリング技術の開発：

排水暗渠の土砂堆積状況、排水溝内の濁水、等の排水施設の点検に活用できる光ファイバーを用いた安価なモニタリング技術を開発した。

まとめ（2/3）



③ 宙水の同定手法の開発と検証：

盛土の変状原因となる宙水の発生メカニズムを数値解析により解明し、原位置調査・室内試験の組み合わせによる盛土内の宙水箇所同定手法を提示し、試験盛土で検証した。

④ 盛土防水工の提案：

沢埋め盛土内への谷水の進入防止のため、鉛直排水材を用いた新工法を提案し、現場施工実験を実施して、その工学的有効性を検証した。

まとめ (3/3)



①～④**研究成果**は、何れも実践的な排水施設の点検・管理手法の構築に資する研究成果であり、高度な人材、特殊な材料・試験機・技術を必要としない。よって近い将来、①～④の技術の道路盛土の排水施設の点検管理業務への普及が期待される⇒・**点検マニュアルの作成**