

GE
FORUM
2025

技術発表

三次元点群データの作成・
利用方法の紹介

株式会社 富士和
青島 孝幸

海上ボーリングにおける
業務効率化の提案

株式会社 建設コンサルタントセンター
橋本 勇真・山家 啓太

すべり面強度を直接計測した
地すべり解析

日本エルダルト 株式会社
横山 賢治・大場 椋斗

麻機遊水地における建設発生土の
有効活用に向けた検討

静岡県静岡土木事務所 河川改良課
河村 健春

微動アレイ探査による
地下構造の推定について

株式会社 ジーバック
日野 太貴

特別講演

ふじのくに地球環境史ミュージアム 教授
中西利典

2025 November FRIDAY

11.14

場所 静岡理科大学M20ビル 4階ホール (静岡市葵区御幸町20番地)

時間 午前10時～午後4時40分

静岡県地質調査業協会主催によるジオフォーラムも今年で 24 回目を迎えることになりました。多くの方々の支えにより毎年このジオフォーラムを開催することができる事を感謝いたします。

このジオフォーラムは、地質調査業に対する理解の向上と技術・技能の継承並びに当協会員技術者の技術交流を目的としております。私ども協会では、技術士を中心とした各社の専門技術者による技術委員会を設けこのフォーラムの開催計画とともに、若手技術者の技術向上と交流を図るための場とさせていただいております。

今年の6～8月の全国平均気温は、平年を+2.36℃上回り1898年以降最も暑い夏となりました。静岡県内においても猛暑が続き現場作業は困難を極めました。また、今年6月1日に労働安全衛生規則が改正され職場における熱中症対策が法的に義務化されました。暑さ指数(WBGT)28℃以上または気温31℃以上の環境下で、連続して1時間以上または1日当たり4時間を超える作業が見込まれる場合が対象となります。加えて働き方改革、少子化等に係る人材不足など、現場作業にも大きな比重を占める私どもの業務にとって解決しなければならない問題は山積みです。労働環境の問題から現場工期の遅れや品質の低下をおこすことは当然あってはならないことです。そのためには、私ども技術者はDX、ICT、ドローン、CIM等様々な新技術を取り入れ未来の地質調査業を作っていかなければなりません。また、待ったなしの災害対応に即対応できる能力・技術も当然求められます。未来を見据える環境整備、技術の向上を求めていくためにも、このようなジオフォーラムの場における協会員の技術者交流は非常に大切なイベントの一つであります。静岡県地質調査業協会は「静岡県の安全安心を守るために常に未来の地質調査業を創る」という使命を帯びていると強い信念を持っております。

最後に、このフォーラムを通じて発注者の皆様方と私ども地質技術者が相互の理解を深め、技術力の向上を図ることができる事を願っております。尚、日頃私ども協会に御理解をいただいております全国治水砂防協会静岡県支部並びに静岡県道路協会の御協賛を頂きましたことを深く感謝いたします。

10:00～10:10	開会挨拶(会長) (一社)静岡県地質調査業協会 会長 松浦 好樹
技術発表	
10:10～10:45	三次元点群データの作成・利用方法の紹介 株式会社 富士和 青島 孝幸
10:45～11:20	海上ボーリングにおける業務効率化の提案 株式会社 建設コンサルタントセンター 橋本 勇真・山家 啓太
11:20～11:55	すべり面強度を直接計測した地すべり解析 日本エルタルト 株式会社 横山 賢治・大場 椋斗
昼休憩	11:55～13:20
13:20～13:40	麻機遊水地における建設発生土の有効活用に向けた検討 静岡県静岡土木事務所 河川改良課 河村 健春
13:40～14:15	微動アレイ探査による地下構造の推定について 株式会社 ジーベック 日野 太貴
休憩	14:15～14:50
特別公演	
14:50～16:20	地球史からみた静岡の自然災害 ふじのくに地球環境史ミュージアム 教授 中西利典
講評	
16:20～16:30	静岡理科大学 理工学部土木工学科 教授 中澤博志
16:30～16:40	開会挨拶 (一社)静岡県地質調査業協会 副会長 土屋 靖司

三次元点群データの作成・利用方法の紹介

株式会社 富士和 青島 孝幸

1 概要

本発表では、弊社が実施した三次元点群データ使用事例、及び点群データの作成から利用までの具体的な方法について紹介する。

2 使用事例

地すべり地の移動状況把握に使用した事例を紹介する。図-2は、静岡県志太榛原農林事務所管理の地すべり防止区域松島地区のブロック頭部における、複数時期に作成された点群を用いて地表高の差分を表したものである。変動範囲、対策前後の差などを読み取ることが可能であり、図-1に示す孔内傾斜計変位量とも整合している。

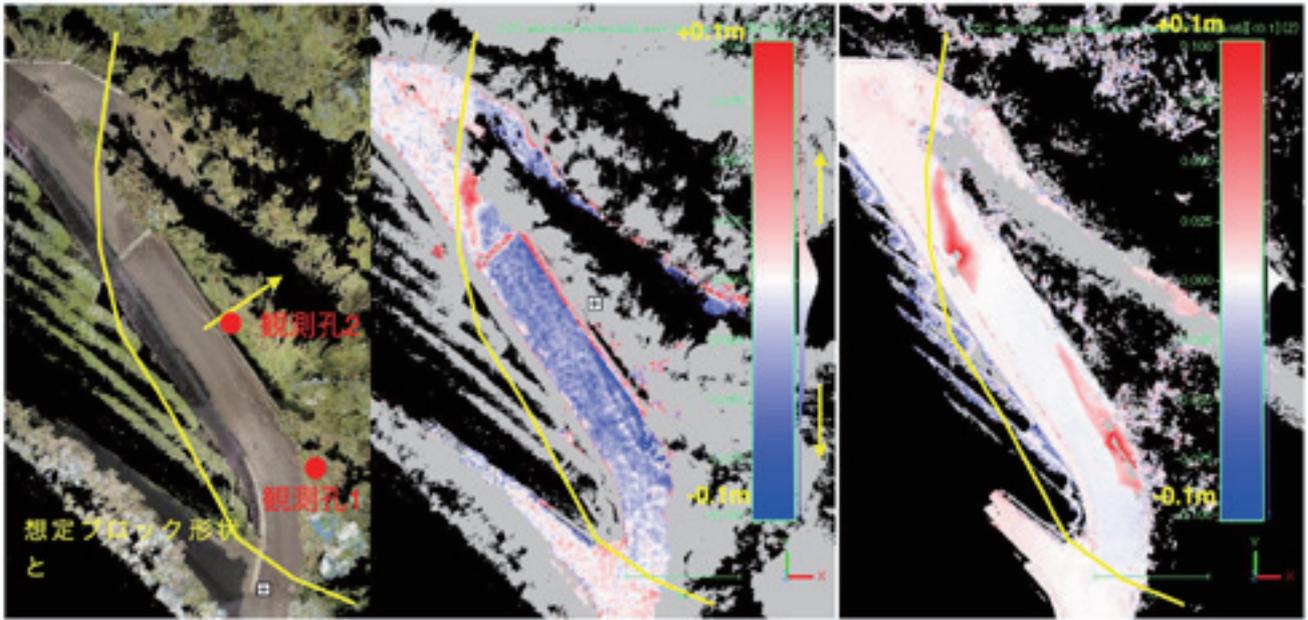
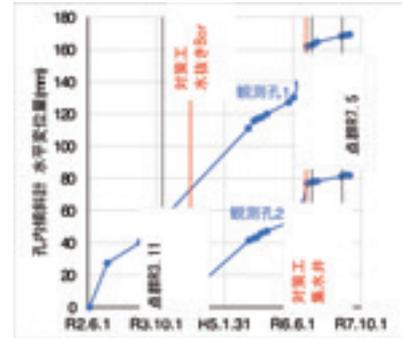


図-1 孔内傾斜計変位量1)

点群のRGB表示 (R7.5データ)

図-2 地すべり頭部の点群データ

2つの時期に作成された点群の比較による高さ変化

R3.11 (静岡県データ2) ~ R6.10 (弊社作成) R6.10 ~ R7.5 (弊社作成)

3 作成・利用方法

これまで使用した経験のある点群作成方法は、地上レーザー測量、UAV写真点群測量、手持ちカメラ写真によるフォトグラメトリである。表-1に示す手順で、それぞれ点群を作成・利用している。

表-1 各方法の点群作成手順概要

方法	地上レーザー測量	UAV写真点群測量	手持ちカメラ写真フォトグラメトリ
準拠する規定	地上レーザー測量システムを用いた三次元点群合成マニュアル (国土地理院)	作業規定の準則 第4編第4章	公的規定なし (写真点群測量の方法等を参照)
事前準備	計測計画を策定 (計測範囲、基準点配置、計測地点・計測ルート選定等) 基準点 (標定点及び検証点) を設置 (座標を設定)		
現地計測準備	基準点にターゲットを設置 計測点毎の点群を接続するためのターゲットを設置	基準点に対空標識を設置	基準点周りに特徴点となるものを追加
計測実施	各計測地点でレーザー測量を実施	UAVを計画ルートで飛行させながら空中写真を撮影	計測範囲を歩いて様々な角度から写真撮影を実施
点群データ作成	専用ソフトウェア (Leica Cyclone360) でPCに計測データを吸い出し ソフト上で各計測地点の点群データの相対位置合わせ (合成) を実施	撮影した写真をPCへ吸い出し フォトグラメトリソフトウェア (Agisoft Metashape Standard版) で写真から点群データを作成	
点群の座標合わせ	ソフト上で標定点座標を点群全体に適用	点群操作編集ソフトウェア (CloudCompare オープンソースライセンスGPLv2) に作成した点群データを読み込む CloudCompareで標定点座標を点群に適用	
グランドデータ作成	CloudCompareへ点群データ読み込み CloudCompareのCSF.Zmin抽出や手動選択削除などによりグランドデータを作成		
点群利用	微地形把握、地形断面作成、複数点群の比較による差分解析など		

1) 静岡県志太榛原農林事務所、地すべり対策松島2期事業、各年度調査委託報告書より作成

2) VIRTUAL SHIZUOKA 静岡県 中・西部 点群データ (<https://www.geospatial.jp/ckan/dataset/virtual-shizuoka-mw>)

海上ボーリングにおける業務効率化の提案

株式会社 建設コンサルタントセンター 橋本 勇真・山家 啓太

1 業務概要

清水港の折戸地区に建設されている折戸波除堤であるが、堤防の嵩上げの設計が行われおり、同設計に必要な土質試料を得る目的で、ボーリング調査等を行った。この業務内において、工程の問題の対応、コスト縮減の提案、また、品質向上として、湿潤密度試験の試験値の信頼度の向上などの提案を行った事例を紹介する。なお、本業務においては、海上ボーリングを2箇所(計121m)行った。

2 調査結果概要

本業務において2本のボーリング結果および過年度調査の結果より、工学的基盤層になり得る層は、Dc及びDg層の洪積層であると推定する。折戸側には三保半島の基盤となるAg1層が堆積しているが、同層は折戸堤防中間点くらいで消滅しており、堤防全体で考えると基盤層になるとは言い難い層であると言える。



写真-1 海上ボーリング作業状況

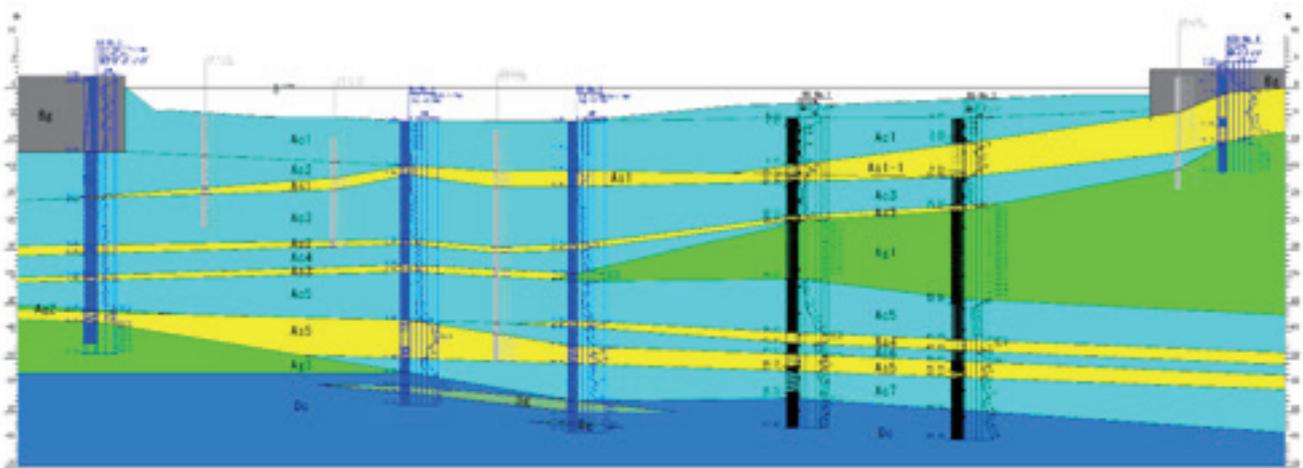


図-1 地層推定断面図

3 当該業務の問題点と対応

本業務においては、調査地点付近にケーソンが仮置きしてあり、その移設工事と当業務との期間が重なることから、作業着手の延期を依頼された。発注者を含めた関係者と密な協議を行い、位置を変更することにより工事との輻輳を避け、当初工期内で業務を完了させた。

4 コスト縮減の提案

海上ボーリングは通常のボーリングよりもコストがかかる。作業員の移動についても交通船を使うなど、多くの経費が掛かる。本業務においては、台船を堤防にできる限り近付けることにより、徒歩での入場を可能とし、交通船の削減を提案した。また、他業務との作業を、同時期に設定し、調整することにより、他業務の組立解体費用等を削減した。

5 土質定数の推定値について信頼度の向上

湿潤密度試験において、標準貫入試験試料による試験の誤差が大きいのではないかと考えたことから、ボーリング孔を使った密度検層を独自に行い、湿潤密度試験値の信頼度の向上を図った。

6 まとめ

地質調査業務に携わる者は、業務の効率化や品質の向上など、発注者に対し提案し実行しているものと考えているが、提案方法により評定点の向上にも繋がることから、今後も行っていきたいと考える。



図-2 台船運搬経路図

すべり面強度を直接計測した地すべり解析

日本エルダルト 株式会社 横山 賢治・大場 椋斗

1 はじめに

地すべり解析に用いられるすべり面強度は、室内試験等を行わない場合は地すべり層厚から粘着力を推定し、逆算にてせん断抵抗角を求める、いわゆる逆算法が各種技術基準に示されている1)2)。しかし、地すべり層厚から粘着力を推定する手法には必ずしも技術的な裏付けがあるわけではなく経験的に得られた値であることから、地すべり滑動を適切に評価できているとは言い難い。地すべりのすべり面強度を直接計測する方法として、すべり面試料を使用した室内試験が複数提案されている。本発表では、すべり面せん断試験を採用して計測したすべり面強度を用いた地すべり解析例を紹介する。

2 試験方法

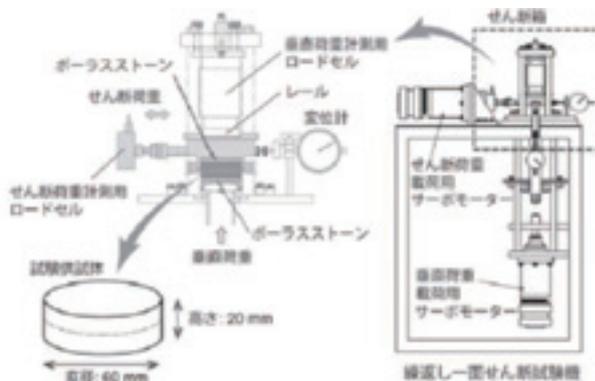
すべり面試料を使用して行う室内試験には本事例で紹介するすべり面せん断試験の他に、例えば三軸圧縮試験やリングせん断試験などが存在する。それぞれの試験には利点があるものの課題も存在している。

表2-1 すべり面試料を用いた室内試験

試験方法	利点	課題
三軸圧縮試験	ピーク強度、完全軟化強度が得られる	残留強度が得られない
リングせん断試験	無限大の変位が与えられ、残留強度が得られる	試験には一定量の試料が必要になる
すべり面せん断試験	残留強度が精度よく得られる	試料を不攪乱で採取する必要がある

本事例では、φ86mmのコアボーリングですべり面を含むコアを高品質で採取できたことから、すべり面せん断試験を採用した。すべり面せん断試験は、コアのせん断面をすべり面と一致させて繰り返しせん断することでせん断強度を直接計測する。

図2-1 すべり面せん断試験模式図3)



引用文献

- 1) 国土交通省(2008):地すべり防止技術指針
- 2) 農業土木学会(2004):土地改良事業計画設計基準[農地地すべり防止対策]
- 3) 柴崎達也(2021):土の残留強度試験.砂防学会誌, Vol.74, No.2, pp.44-48.

3 試験結果

試験は地すべり側部で実施した2つのコアを使用して実施した。



写真3-1 すべり面コア(上段:左側部 下段:右側部)

表3-1 すべり面せん断試験結果表

コア番号	7.3	$\phi(^{\circ})$
No.4(左測線)	c(kN/m ²)	19.1
No.5(右測線)	3.3	15.5

4 解析

試験結果を反映させた逆算値と層厚から推定した粘着力を使用した逆算値および試験値を使った順算結果を表4-1に示す。逆算は臨界水位時をFs=1.00とした。

表4-1 安定計算結果一覧

解析断面	試験値		層厚		順算
	左:c	右: ϕ	左:c	右: ϕ	
主測線1	3.83	15.5	13.0	11.32	0.986
主測線2	8.05	15.5	13.0	13.11	0.878
左測線	4.66	19.1	13.0	14.21	1.071
右測線	5.96	15.5	13.0	11.44	0.927

※赤文字が逆算値。順算は試験値を使用して算出した安全率。

試験値を採用した逆算では層厚からの推定値に比べ粘着力は30%~60%程度の値となった。また、順算による安全率は左測線を除いて1.00を下回っており試験値をそのまま採用することは実現象と合致しない結果であった。

5 まとめ

層厚から推定される粘着力と試験結果から算出した粘着力では大きな差が見られるものの、実測値に基づいた解析は推定値に比べより現実に即した結果であると言える。このことから、積極的な室内試験の活用が望まれる。

麻機遊水地における建設発生土の有効活用に向けた検討

静岡県静岡土木事務所 河川改良課 河村 健春

1 概要

静岡市の市街地を流れる二級河川巴川流域では、昭和49年の七夕豪雨により甚大な被害が発生したことを契機に総合治水対策が進められており、県は巴川本川の改修に加えて遊水地や放水路等の整備を行ってきている。また麻機遊水地においては、整備や維持管理に伴い多量の土砂が発生しており、建設発生土の処分の方法や費用に苦慮している。そこで今回改めて麻機遊水地における建設発生土の有効活用に向けて検討を行ったので紹介する。

2 麻機遊水地の土砂の特徴

麻機遊水地周辺は元来、浅畑沼(大沼)や小沼、武平淵といった沼地が散在していた低湿地帯で、昭和30年代後半からは土地改良事業などにより水田が整備されるような地域であり、遊水地及びその周りには粘性土が広く分布している。またこの粘性土は、高含水比・高細粒分含有率・高有機質分含有等の特徴があり、建設発生土としては粘土又は第4種建設発生土相当に該当するものである。

3 建設発生土の有効活用に向けた検討

遊水地の整備で発生する土砂については、周囲堤の盛土材として使用するなど、現場内での流用も進めているが、発生量に対して使用量がかなり少ないため、ほとんどを場外搬出しなければならない状況にある。このため他事業への流用を目指すために県内市町や他事業体を模索したところ、市町防潮堤整備事業が第一候補として挙がり、当該事業での土砂流用の可否を検討及び判断するため、①良質土との混合、②土質改良材による改良について配合試験を行った。

《防潮堤整備事業土砂受入条件》

原則第2種以上(第3種でコーン指数500kN/m²以上は要相談)、最大粒径300mm以下、pH=4.0~8.3配合試験では、良質土としては巴川中流域の発生土を、土質改良材としては石灰系改良材及び無機吸水系改良材をそれぞれ選定した。配合試験の結果、無機吸水系改良材による土質改良が受入条件を満たす結果ではあったが、現地で試験施工を行ったところ、十分なトラフィカビリティの確保が難しいことが明らかとなったため、当該防潮堤工事での土砂流用を取り止める結果となった。

4 結びに

今回は防潮堤工事での土砂流用が叶わない結果であったが、建設中の麻機遊水地第2-1工区、将来計画に位置付けられている第2-2工区の建設費抑制のため、発生土対策は急務となっている。今回の検討以外にも、良質土としての国土交通省富士砂防事務所の発生土(スコリア)との混合や、今回採用した以外の土質改良材による改良など、建設発生土の有効活用に向けた検討を今後も継続していく。



図1 麻機遊水地全景

	含水率 (%)	液性 (%)	塑性 (%)	一軸圧縮強度 (kN/m ²)	液状化係数 (%)	コーン指数 (kN/m ²)	工学的分類
第1工区	121.4	4.34	12.50	83.16	10以下	16.90	GH 有機質粘土 (高有機質性)
市街地土	33.4	0.00	27.16	72.84	15	(準液状)	有機質粘土 (高有機質性)

表1 発生土の物性試験・一軸圧縮試験・コーン指数試験

	第1	第2	第3	第4
改良・混合	改良・混合なし	改良材混合	改良材混合+土砂混合	土砂混合のみ
土質改良材	なし	無機吸水系改良材	石灰系改良材+良質土	良質土 (利達山)
配合割合	泥土	3種 (改良土)	3種 (改良土)	泥土
土質改良	416kN/m ²	327kN/m ² (養生7日)	464kN/m ² (養生7日)	476kN/m ²
最大粒径	4.75mm	4.75mm	75mm	75mm
液状化係数	非試験	非試験	非試験	非試験
コーン指数	6.93	8.3	13.3	-
配合割合	*	○	*	*

表2 土砂混合・土質改良検討結果比較

微動アレイ探査による地下構造の推定について

株式会社ジーベック 日野 太貴

1 はじめに

地盤は、常に人が感じられないくらいの微小な振動(常時微動)により揺れている。微動アレイ探査は、常時微動に含まれる表面波成分を利用して地下のS波速度構造を推定する探査方法であり、支持層・基盤層の概略的な把握に活用されている。本探査は表面波探査のように起振する必要がないため、現場作業は比較的簡便である。また、表面波探査の探査深度が10~15m程度であるのに対し、微動アレイ探査ではアレイサイズ(データロガーの配置範囲)に依存し、アレイサイズのおおよそ1/3~1/2程度までの深度について推定可能とされている。本発表では、微動アレイ探査結果と既存ボーリング調査結果を比較し、深部の地層に対する微動アレイ探査の有効性について検討する。



写真-1 微動アレイ探査用データロガー(応用地質(株)製:McSEIS-AT)



写真-2 微動アレイ探査状況(リニア(直線)配置)

2 探査・解析結果実例

本調査対象地は袋井市に位置し、丘陵地を切土盛土により平坦に造成している。分布する地層は、小笠山丘陵を形成する第四紀洪積層と丘陵地を切土し発生した土砂による盛土である。この谷埋め盛土部で実施した既存ボーリング結果では、基盤となる洪積層の深さが最大15m程度であった。本探査は、盛土層に埋没している洪積層の分布状況の把握を目的として、切土部と谷埋め盛土部を通過するような測線を設定し測定を行った。アレイサイズは69mで、推定可能な探査深度は約30mである。探査結果より得られたS波速度構造図より、盛土層に相当する領域は相対的に速度が遅い赤~橙色($V_s=150\sim 250\text{m/s}$)、洪積層に相当する領域は相対的に速度が速い緑~青色($V_s=300\text{m/s}$ 以上)に区分された。このS波速度構造図と推定地質断面図を比較した結果(図-1)、洪積層の分布及び形状が概ね一致した。

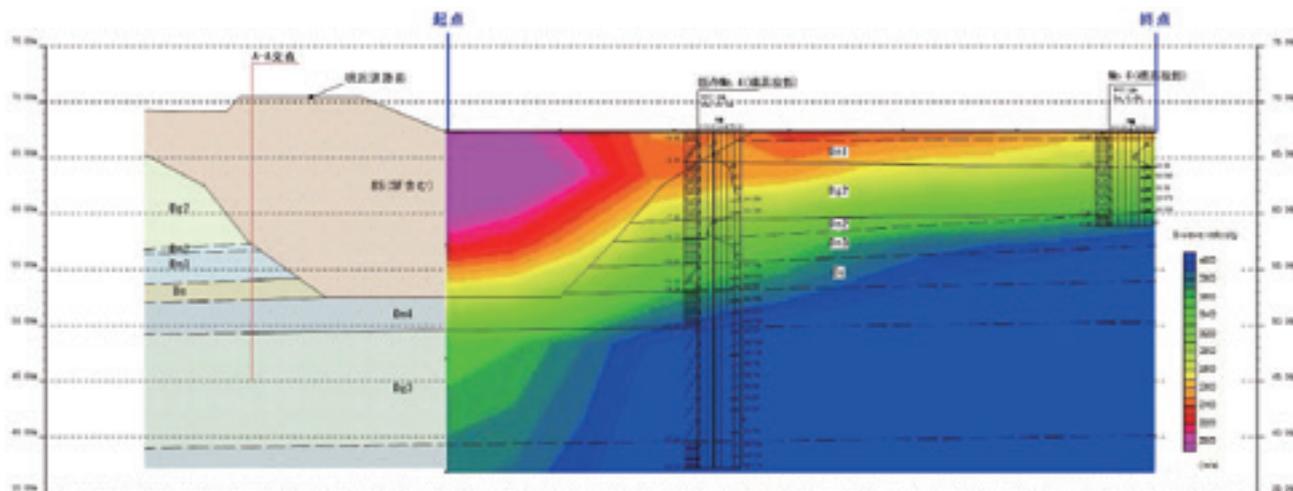


図-1 S波速度構造図および推定地質断面図

3 まとめ

本現場では、微動アレイ探査により、表面波探査では把握が困難な深部の洪積層の分布及び形状を捉えることができた。また、洪積層とその発生土を用いた盛土のように土質が類似している場合であっても、両層の強度差が明確であれば、速度差が生じ地層境界を捉えることが可能であることもわかった。一方で、微動アレイ探査は地表面が平坦であることが望ましいため、傾斜地での適用性や解析精度の確保は今後の課題である。

地球史からみた静岡の自然災害

ふじのくに地球環境史ミュージアム 教授 中西利典

特別講演

プロフィール

岐阜県出身

2003年 京都大学大学院理学研究科 博士(理学)取得
2003~2006年 産業技術総合研究所 特別研究員
2006~2007年 土木研究所 専門研究員、非常勤職員
2007~2010年 産業技術総合研究所 特別研究員
2010~2014年 韓国地質資源研究院 博士研究員
2014~2017年 福岡大学国際火山噴火史情報研究所 博士研究員
2017~2018年 京都大学地球熱学研究所 機関研究員
2018~2020年 日本原子力研究開発機構 特定課題推進員
2020年~ ふじのくに地球環境史ミュージアム 准教授→教授

専門は第四紀地質学、活構造学、放射性炭素年代測定など

主な分担執筆は「うつりゆく駿河湾」、「最新地学事典」、「全地球史(図録)」、「島嶼環境史学への招待」など

一般社団法人 静岡県地質調査業協会

事務局

〒420-0937 静岡市葵区唐瀬1丁目17番34号 TEL.054-247-3316 FAX.054-246-9481

会長 松浦 好樹 (株)ジーベック 代表取締役

国土交通大臣登録	代表者	住所・電話・FAX
(株)富士和	土屋 靖司	〒422-8055 静岡市駿河区寿町12番43号 TEL.054-287-7070 FAX.054-287-3930
(株)ジーベック	松浦 好樹	〒420-0937 静岡市葵区唐瀬1丁目17番34号 TEL.054-246-7741 FAX.054-246-9481
日本エルダルト(株)	浅川 実	〒420-0068 静岡市葵区田町5丁目61番地 TEL.054-254-4571 FAX.054-221-0501
(株)建設コンサルタントセンター	中嶋 規人	〒424-0064 静岡市清水区長崎新田123番地 TEL.054-345-2155 FAX.054-348-2585
(株)グランドリサーチ	小暮 充範	〒421-0113 静岡市駿河区下川原5丁目4番5号 TEL.054-259-0939 FAX.054-258-8740
東洋地研(株)	山本 貢司	〒410-0001 沼津市足高551番地の5 TEL.055-921-4888 FAX.055-921-4898
土屋産業(株)	土屋 国彦	〒410-0888 沼津市末広町274番地 TEL.055-963-0590 FAX.055-963-0757
(株)東海建設コンサルタント	齋 秀之	〒410-0811 沼津市中瀬町5番1号 TEL.055-931-0625 FAX.055-932-7170
(株)中野地質	中野 雄介	〒425-0036 焼津市西小川2丁目5番地の17 TEL.054-627-1395 FAX.054-626-0699
静岡コンサルタント(株)	二村 繁晴	〒411-0804 三島市多呂128番地 TEL.055-977-8080 FAX.055-977-8731
(株)東日	芹澤 秀樹	〒410-0022 沼津市大岡2240番地の16 TEL.055-921-8053 FAX.055-924-8122
(株)フジヤマ	藤山 義修	〒430-0946 浜松市中央区元城町216番地の19 TEL.053-454-5892 FAX.053-455-4619
(株)ランドテクト	岡野 有紗	〒424-0038 静岡市清水区西久保1丁目5番16号 TEL.054-363-3270 FAX.054-363-2663
不二総合コンサルタント(株)	牧田 敏明	〒433-8112 浜松市中央区初生町889番地の2 TEL.053-439-6111 FAX.053-439-6129
昭和設計(株)	荒山 晃	〒420-0006 静岡市葵区若松町41番地の1 TEL.054-252-1820 FAX.054-252-1840

www.s-geo.com

GE FORUM 2025

一般社団法人 静岡県地質調査業協会
TEL.054-247-3316 FAX.054-246-9481
info@s-geo.com
www.s-geo.com

静岡理科大学M20ビル
静岡市葵区御幸町20番地

会場のご案内



- 当日、駐車場はありませんので公共交通機関をご利用ください。

発表当日の資料は11月7日頃から
協会HPに掲載します

三次元点群データの 作成・利用方法の紹介

株式会社 富士和 青島孝幸

目次

- ◇ 三次元点群データとは、触るようになったきっかけ など
- ◇ 事例紹介
- ◇ 点群作成方法の種類、原理、特徴など
- ◇ 弊社での具体的な点群データ作成・利用の手順

三次元点群データとは？

◇ 三次元点群データ

- ・ 物体の形状や地形を、(三次元座標を持つ)多数の点の集合として表したもの
- ・ 本稿では、地形の三次元点群データを扱う

◇ 点群データの利用

- ・ 地形の確認 (点が密であれば微地形も確認可能)
- ・ 地形変化の確認 (崩壊・地すべり・人工地形改変など)
崩壊の範囲・深さ、崩壊土量の算出なども可能
- ・ 平面図(等高線)、断面図の作成
- ・ 関係者への説明 (視覚で捉えられるので、理解を得やすい)

点群を触るようになったきっかけ

- ◇ 業務で偶々、UAV写真点群測量を実施することになった
 - 「点群」というものの存在は知っていたが、触ってみて実感したことが多い
- ◇ 静岡県が、全県分の点群データを公開している
 - ・ VIRTUAL SHIZUOKA 静岡県点群データを CC BY/ObDLデュアルライセンスとして公開
([https://www.geospatial.jp/ckan/organization/shizuokapref/...](https://www.geospatial.jp/ckan/organization/shizuokapref/))
 - ・ 中・西部、富士山および静岡東部、富士山南東部・伊豆東部、富士山南東部・伊豆全域、伊豆西部、北部(南アルプス) に分かれている

⇒自分たちでも扱えるかも？

事例紹介

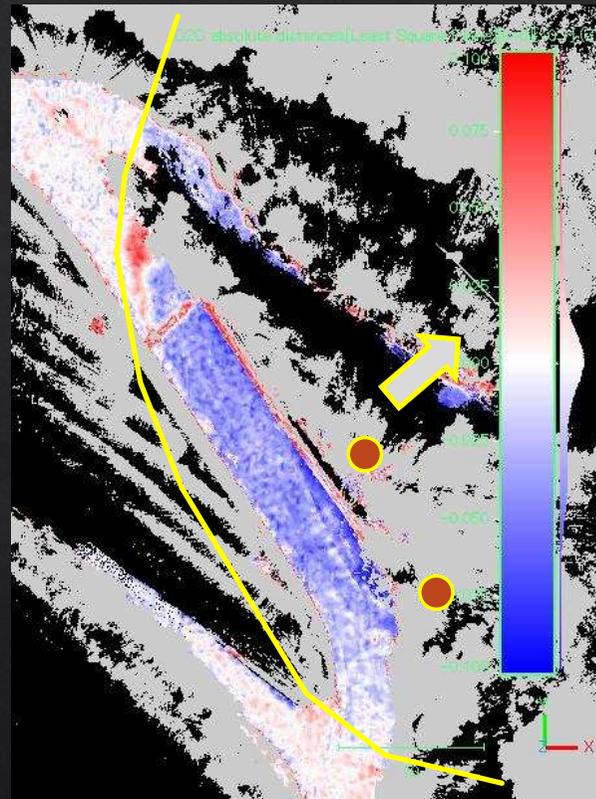
- ◇ 静岡県志太榛原農林事務所所管の農地地すべり「松島地区」
- ◇ ブロック頭部を道路が横断しており、道路の沈下が目に見えて分かる。
- ◇ 比較的大きな移動量(20~40mm/年)を示していた → 地すべり対策により移動量は減少。
- ◇ いくつかの時期に取得した点群の差分解析により、道路面の沈下程度を平面的に確認した。



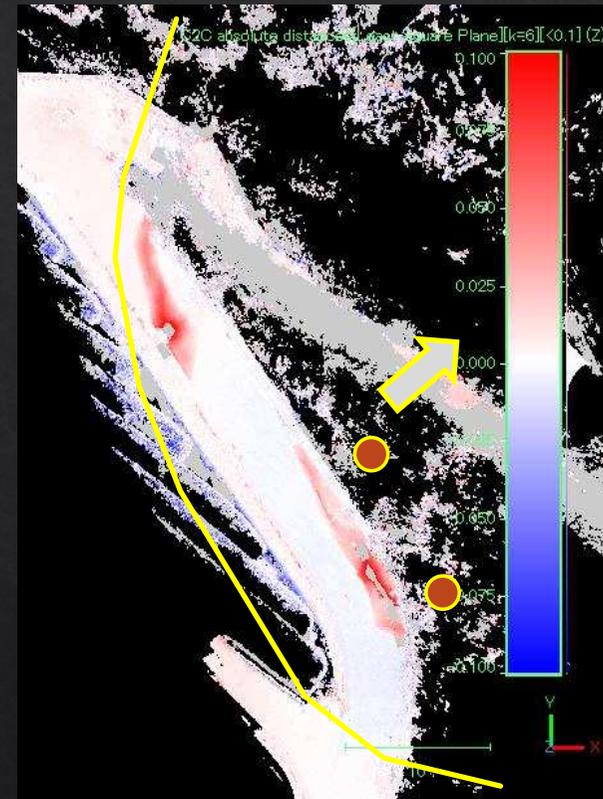
事例紹介



点群のRGB表示
(R7.5データ)



R3.11~R6.10
高さ変化量



R6.10~R7.5
高さ変化量

● 観測孔



ブロック
境界と
移動方向

+0.1m

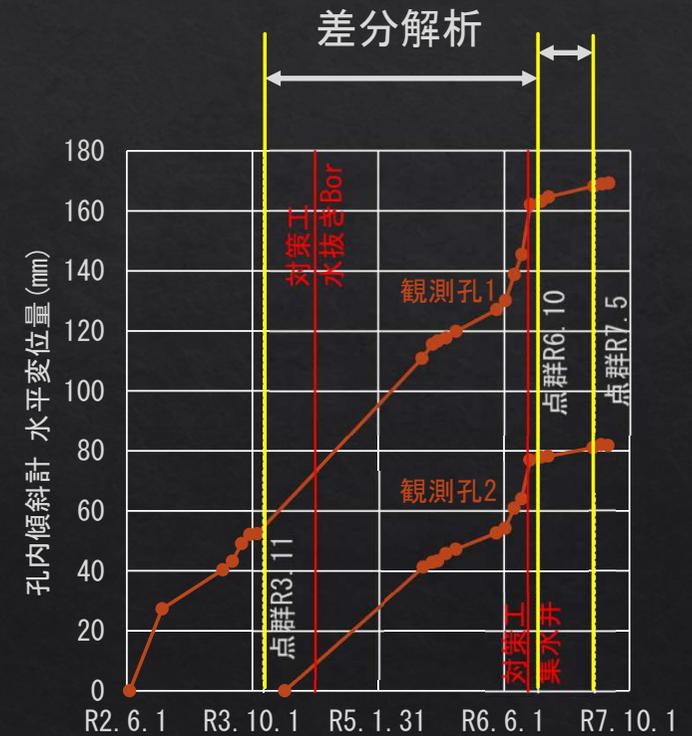
±0m

-0.1m

高さ変化量の
スケールと
ヒストグラム

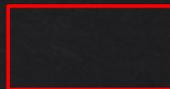
事例紹介

- ◆ 右図は、観測孔における孔内傾斜計水平変位量。
- ◆ 複数時期に取得した点群の差分解析による沈下と孔内傾斜計変位量は傾向として一致している。
- ◆ 点群を用いることで、平面的な移動状況を確認できる。



点群作成方法の種類

機器運搬手段 計測手段	地上で		空中から	
	固定式	車or人	UAV	航空機
レーザ測量	地上レーザ測量	(LidarSLAM)	UAVレーザ測量	航空レーザ測量
両者併用	—	車載写真 レーザ測量	—	—
写真点群測量 (フォトグラメトリ)	—	(地上写真測量)	UAV 写真点群測量	—

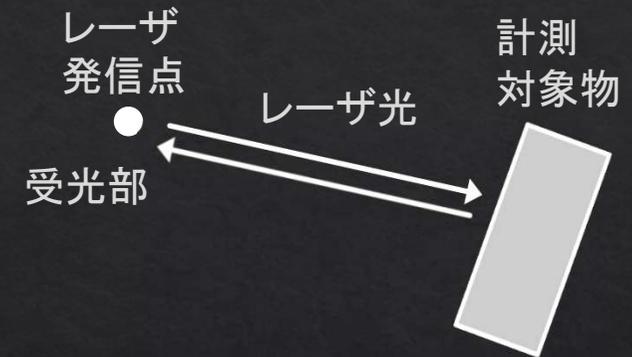


……弊社で利用したことがある方法

※名称は作業規定の準則によるが、()内は準則規定以外のもの

レーザー測量の計測原理

- ◇ 以下の情報により計測対象物の位置を特定
 - ・ レーザ発信点座標
 - ・ レーザ発射方向
 - ・ 発信～受光時間による測距
- ◇ レーザ発射方向を随時回転させながら、全周の点を計測していく
- ◇ 発振点及び発射方向は、各々の計測方法で、異なる方法により確定(推定)する



レーザ測量の計測原理

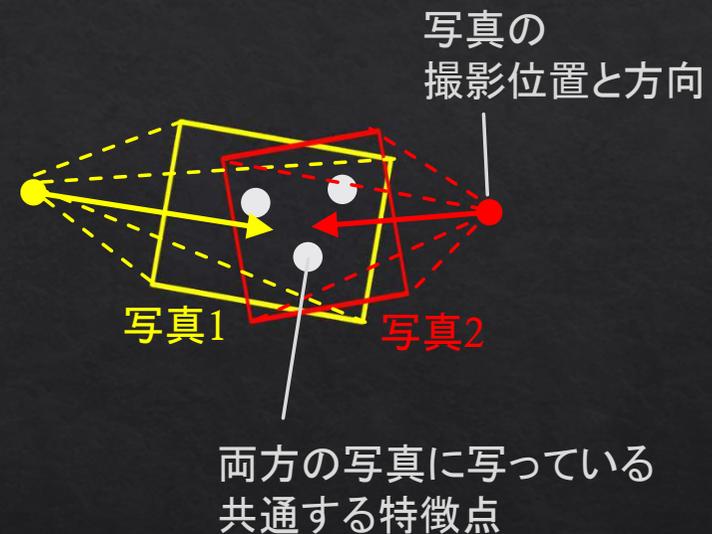
レーザ 発信器	<ul style="list-style-type: none">・レーザ発信器+ミラー等のレーザ偏光器を組み合わせ、発射方向を随時変化させながら、測距記録及び自身を基準とした相対発射方向の記録を採る装置
地上レーザ 測量	<ul style="list-style-type: none">・機器を設置した固定1点からの相対位置(発射方向+距離)を、全周に対して記録、という作業を複数の地点で実施・複数地点から得た各点群を、同じ点が重なるように合成 (ここまでは相対位置)・全体の座標は、座標既知点(標定点)に置いたターゲットにより設定
UAVレーザ/ 航空レーザ 測量	<ul style="list-style-type: none">・GNSS測量でリアルタイムに航空機の位置座標を計測・IMU(慣性航法装置)により航空機の姿勢を計測・GNSS/IMUを組み合わせ、レーザ発信器の位置座標と姿勢を特定・レーザ発信器の発射方向と測距を合わせて、計測地点座標を特定 (絶対座標)
LidarSLAM	<ul style="list-style-type: none">・機器を人などが持ち移動しながら、随時全周の点の相対位置を記録・IMUにより機器の姿勢を記録・取得した点群の特徴点を検出し、IMUデータを加えて、機器の相対位置を特定・全体の座標は、座標既知点(標定点)に置いたターゲット等により設定

※特徴点: 点群の角などの、周囲の点と容易に区別できる点

写真点群測量(フォトグラメトリ)の原理

- ◇ 撮影した各写真について、特徴点を抽出する
- ◇ 写真間で共通する特徴点を複数見出し、その位置関係より当該写真の相対的な撮影位置及び方向を特定する(SfM)
 - ・ レンズの歪み等のパラメータを同時に推定する
 - ・ この時点で特徴点のみの粗な点群が生成される
- ◇ 各写真の全ピクセルについて、撮影位置からの距離を算出し、この情報を基に高密度の点群データを作成する (MVS、同じ点を撮影した複数写真のデータから点の推定精度が計算できる)

※スケールは算出できない(写真位置等が相似であれば同様に成立する)ため、基準点等によるスケールあわせが必要



※特徴点:ピクセルの色の境界など、周囲の点と容易に区別できる点

レーザ測量の特徴

- ◇ レーザが届けば(反射波が得られれば)計測可能、死角になるような場所は計測不可
- ◇ 計測時点でスケージングはできている
UAV/航空レーザ測量では計測データで座標まで設定される
- ◇ 写真点群測量よりは、草地等の植生であっても適用できる可能性がある
- ◇ レーザでは色情報を取得できないので、別途カメラが内蔵されていて色情報を補完するシステムが多い（写真点群測量と比べて色情報が弱い）
- ◇ レーザ測量機、UAV・航空機+GNSS/IMU、それらの機器とセットになった解析ソフトウェアといったものが必要であり、初期費用が高額になりやすい
- ◇ 地上レーザは、地表面へのレーザ入射角が小さくなりやすく、カタログスペックより計測できる範囲は小さくなる（建物などの垂直面は捉えやすい）
- ◇ 地上レーザでは、地点毎の点群を重ねるためには、別途マーカなどがあつた方が良い
- ◇ 計測距離が大きくなるほど、計測できる点密度が低くなる

写真点群測量の特徴

- ◇ 点群の色を写真から取得できる
写真からテクスチャデータを作成可能
- ◇ 最低限、カメラと解析ソフトウェアがあれば実施可能であり、初期費用が安価
(UAVの場合も、レーザ用と比べて装備が少ないため、より安価な製品でも可)
解析ソフトウェアは無料のOSS(オープンソースソフトウェア)も利用可能
- ◇ 解析を行うコンピュータは、規模に応じて一定の能力が要求される
(フォトグラメトリは計算量が多い、計算能力と計算にかかる時間とのトレードオフ)
- ◇ 精度を求める場合、写真の撮影方法には工夫が必要 (特に地上点群測量では)
- ◇ レーザ測量と比べて草地等での適用性は低い
(同じ点を複数の画角で捉える必要があるため)
- ◇ 写真点群にはスケールがないため、別途のスケージングが必要

計測位置(地上で・空中から)の違い

地上で

- ◇ 立木があっても地表データが得られやすい (幹・枝の間をレーザや視線が通るのなら)
- ◇ 局所的に詳細なデータを得ることも可能
- ◇ 測量面積に応じて計測時間がかかる
- ◇ UAVや航空機が必要ない分、機器が安価

空中から

- ◇ より広範囲の測量を素早く行える
- ◇ 上空視界がない部分は適用困難
- ◇ UAVや航空機が必要

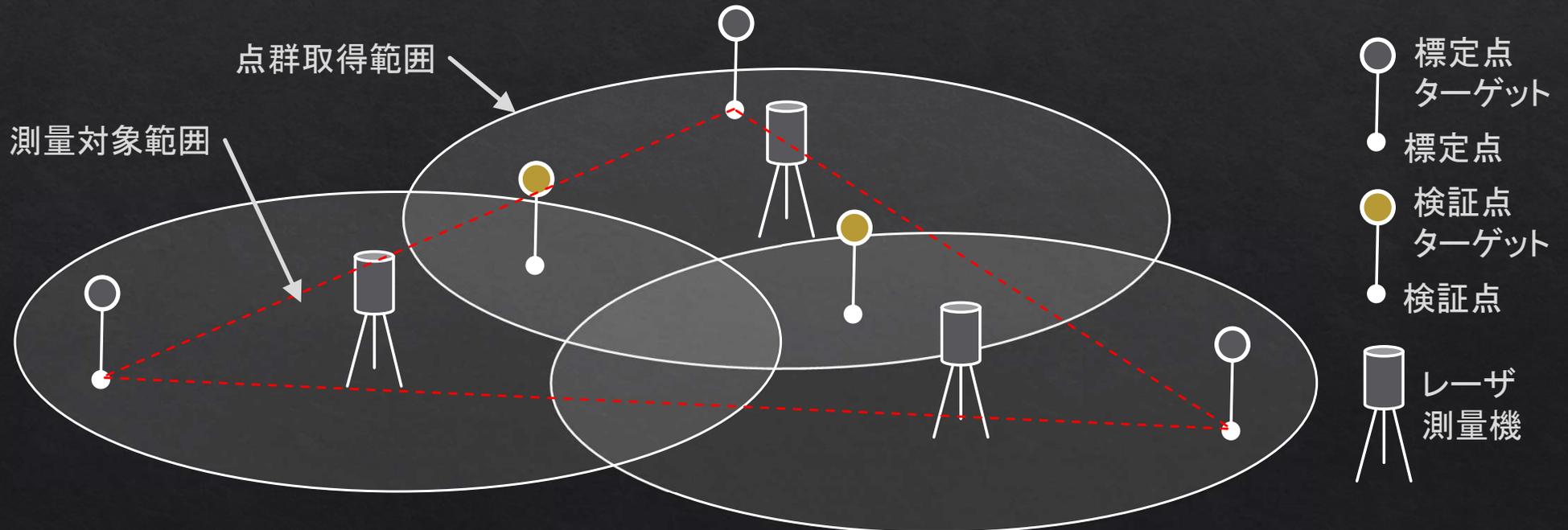
各方法の実施手順概要

方法	地上レーザー測量	UAV写真点群測量	手持ちカメラ写真点群測量
準拠する規定	地上レーザ測量システムを用いた三次元点群合成マニュアル(国土地理院)	作業規定の準則 第4編第4章	公的規定なし (写真点群測量の方法等を参照)
事前準備	計測計画を策定(計測範囲、基準点配置、計測地点・計測ルート選定等) 基準点(標定点及び検証点)を設置(座標を設定)		
現地計測準備	基準点にターゲットを設置	基準点に対空標識を設置	基準点周りに特徴点となるものを追加
	計測点毎の点群を合成するためのターゲットを設置	必要に応じて全体に特徴点となるものを追加	
計測実施	各計測地点でレーザー測量を実施	UAVを計画ルートで飛行させながら空中写真を撮影	計測範囲を歩いて様々な角度から写真撮影を実施
点群データ作成	専用ソフトウェアでPCに計測データを吸い出し ソフト上で各計測地点の点群データの相対位置合わせ実施	撮影した写真をPCへ吸い出し フォトグラメトリソフトウェアで写真から点群データを作成	
	ソフト上で標定点座標を点群全体に適用	点群表示編集ソフトウェアに作成した点群データを読み込む ソフトで標定点座標を点群に適用	
グランドデータ作成	点群表示編集ソフトウェアへ点群データ読み込み ソフトの機能でグランドデータを作成		
点群利用	微地形把握、地形断面作成、複数点群の比較による変動解析(差分解析)、等に利用		

地上レーザ測量の実施方法

◇ 地上レーザ測量システムを用いた三次元点群合成マニュアル

- ・座標不定地点からレーザ測量機で点群を計測し、各地点の点群が整合的に重なるように合成、合成点群に標定点で座標を与え、検証点にて合成精度を確認する、という方法。



※作業規定の準則 第4編第2章にも規定があるが、こちらは座標確定地点からレーザ測量機で点群を計測し、各計測で点群座標を確定させ、それを単純に足し合わせて作成する方法。

地上レーザ測量の実施方法

◇ 弊社使用機材

レーザ測量機
操作用タブレット



レーザ測量機スペック

機器	Leica BLK360 G1
レーザ	
スキャン範囲	水平360° / 鉛直300°
測定範囲	0.6~60m
測距精度	4mm@10m / 7mm@20m
点密度	最大5mm@10m
カメラ	
撮影範囲	水平360° / 鉛直300°
画素数	15M

レーザターゲット



白黒
ターゲット



球形
ターゲット

地上レーザー測量の実施方法

◇ 計測計画

- ・計測範囲はどこまでか
 - ・標定点の設置位置はどこがいいか
 - ・検証点の設置位置はどこがいいか
 - ・レーザー測量機の計測地点はどこがいいか
- } ・計測地点から標定点・検証点の見通しがあるか
・レーザーが届くか
・計測点群の重なりは十分か

◇ 基準点(標定点・検証点)設置

- ・杭や金属標を設置
- ・GNSS/TS等で座標/標高を与える (この作業は点群計測と前後しても良い)
 - ※グローバルな座標値を与えた方が、後の利用にとって良い
 - 微地形を確認するといった目的では、座標がなくて良い、ということもある

地上レーザ測量の実施方法

◇ 現地計測準備

- ・標定点/検証点にターゲットを設置(ターゲット設置高を記録)
- ・補助ターゲットを設置

補助ターゲット:

各計測地点の点群を合成する段階において、ソフトウェア上での合成作業を容易にするために、補助的に設置するターゲット。補助ターゲットに座標は設定しない。

地形を対象とした計測の場合、合成の際にソフトウェアが識別できる目標物が少ないことが多く、自動的な位置合わせに失敗することが多かった。このため、隣接する計測地点から共通して見通せるターゲットを3点確保することにより、ターゲットを利用した相対位置合わせが確実にできるようにして、後段の作業を楽にしたもの。

※正規のターゲット製品はかなり高額なため、安価な代用品を使用している。

地上レーザ測量の実施方法

◇ 現地計測

- ・計測地点にレーザ測量機をセットし、計測を実施する。
- ・順次、地点を移動しながら計測を繰り返す。
- ・必要に応じて、補助ターゲットを移動させる。
- ・白黒ターゲットを利用する場合は、レーザ測量機に正対させて計測する。
- ・レーザ測量機の計測は、全周のカメラ写真撮影→レーザ測距の順で進む。
- ・点の色は写真から与えられるが、写真撮影とレーザ測距のタイミングが違うので、移動物があると点の色がおかしくなる。計測者等はできるだけ映り込まないようにする。
- ・タブレットで計測をした範囲等を確認できるので、適宜計画と齟齬がないか確認する。
- ・夏期作業では、制御に使用しているタブレットが容易に発熱して停止してしまうので、日射を避ける、クーラーBOXを用意する、などが必要。

地上レーザ測量の実施方法

◇ 点群データ作成

- ・専用ソフトウェアで実施する。(弊社利用:Leica Cyclone Register 360)
- ・計測データを機器固有のデータ形式で保持していると思われ、機種・メーカーを問わず汎用的に利用できるようなソフトウェアはおそらく存在しないのではないかと推測する。
- ・計測データをソフトウェアで取り込む。
- ・各ターゲットの識別/ラベリングを行う。
(自動識別機能もあるが、精度はあまり高くない。人による確認・修正が必要。)
- ・ソフトウェアアルゴリズムによって、各計測地点の点群を合成する(位置合わせを行う)。

※白黒ターゲット・球形ターゲットの特性

- ・一般的には、白黒ターゲットの方が精度が高いとされる。
- ・白黒ターゲットは、計測時に正対させる必要があり、一手間ある。
また、ターゲットの大きさに対して距離が離れると、ターゲット中心が識別しにくくなる。
- ・球形ターゲットは、全周から同様に計測できるため、計測時の手間が少ない。
一方で、識別したターゲット位置が合っているのか否かを判断しにくい。

地上レーザ測量の実施方法

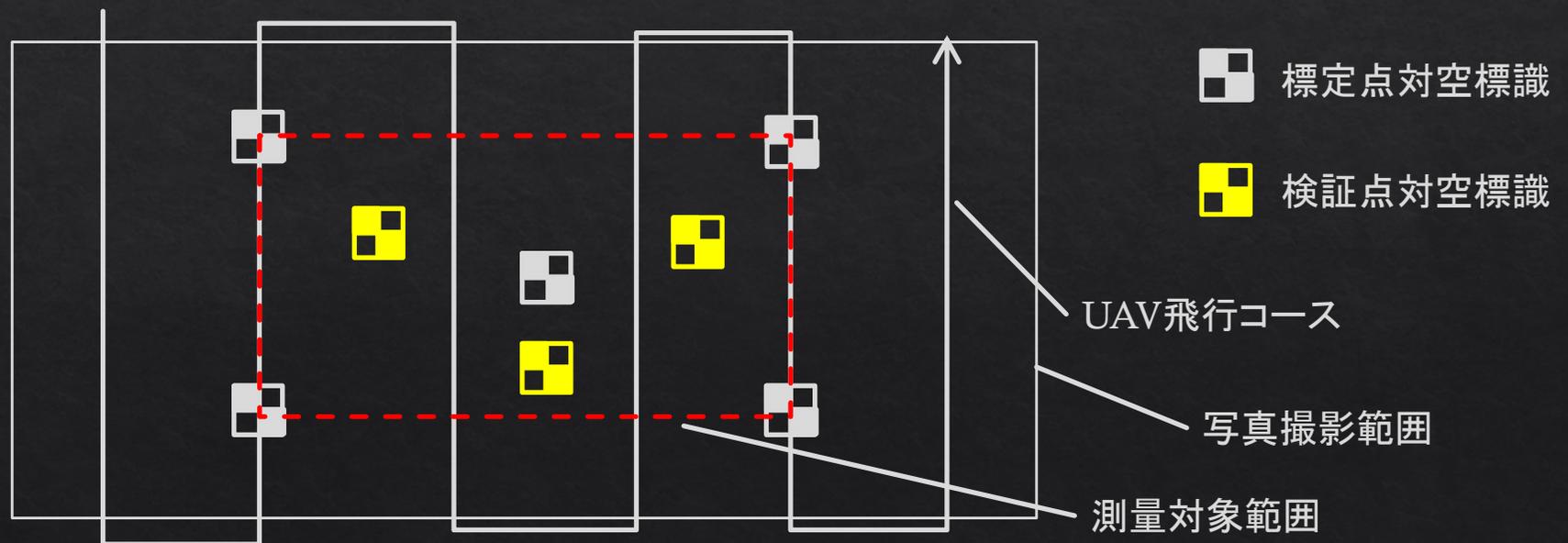
◇ 点群の座標合わせ

- ・ソフトウェアに標定点座標(標高はターゲット高さを加算)を取り込み、標定点ターゲットにその座標を適用し、点群全体に座標を設定する。
 - ※この作業前は、ソフトウェア内部的に相対的な座標が与えられている。
- ・計測誤差や合成誤差により、計測したターゲット位置と標定点座標は完全には一致しないので、最小二乗的な適用がなされる。
 - この誤差が適切な範囲内に収まっているのか確認する。
- ・合わせて、検証点ターゲット座標と検証点の座標との誤差が、適切な範囲内に収まっているのか確認する。
- ・これらの確認により、計測～合成の作業が正しく行われたことが証明される。

UAV写真点群測量の実施方法

◇ 作業規定の準則 第4編第4章

- ・空中から一定の密度で地上を見下ろす写真を撮り、それらを基に点群を構成する方法。



UAV写真点群測量の実施方法

◇ 弊社使用機材

UAV, 着陸パッド,
コントローラ, 対空標識



機器スペック

機器	DJI Mavic 3 Pro
重量	958g
最大飛行時間	約40分
カメラ	
視野角	84°
画素数	20M
焦点距離 (35mmカメラ換算)	24mm
開放F値	2.8

UAV写真点群測量の実施方法

◇ 計測計画

- ・計測範囲はどこまでか
 - ・標定点の設置位置はどこがいいか
 - ・検証点の設置位置はどこがいいか
 - ・UAVの飛行コース/高度はどうするか
- ・標定点/検証点は上空視界が確保できるか
 - ・対空標識を設置できる箇所か
 - ・搭載カメラの1画素当たりの実寸法は適切か
 - ・写真の重なりは十分か

※場合によっては、事前にテスト飛行を行って確認する

◇ 基準点(標定点・検証点)設置

- ・杭や金属標を設置
- ・GNSS/TS等で座標/標高を与える

UAV写真点群測量の実施方法

◇ 現地計測準備

- ・UAVの飛行計画の届出等必要な手続きを行う
- ・標定点/検証点に対空標識を設置

◇ 現地計測

- ・UAVの飛行ルートを設定
- ・飛行ルートに沿って写真を撮影しながら飛行させる
- ・日向/日陰のコントラストが大きいと写真の白飛びが発生するので、曇りの方が好ましい
- ・風が強いと飛行姿勢が安定しないので、機体の能力を把握しておく
- ・地盤に正対した写真だけではなく、斜め方向の写真を混ぜると点群の精度を確保しやすい
- ・写真はJPEGではなく、RAWでの保存を推奨

UAV写真点群測量の実施方法

◇ 点群データ作成

- ・フォトグラメトリソフトで実施する。(弊社利用: Agisoft Metashape Standard版)
※色々なソフトウェアがある。無料で利用できるものもある。(Colmap, Meshroomなど)
- ・PCに写真を取り込む。RAW(.dng) 又はロスレスTIFFが良い。
JPEGは点群作成においてノイズを生じる可能性がある。
- ・ボケた写真は精度を低下させるので、チェックして必要に応じて取り除く。
(Metashapeには写真品質を数値で評価する仕組みがある。)
- ・SfMによるカメラパラメータ/写真撮影位置・方向の推定、及び粗な点群を作成する。
- ・粗な点群の精度を点検し、精度の低い点は取り除く処理を行う。
- ・MVSにより密な点群を作成する。
- ・必要に応じてモデル(メッシュ)やテクスチャを生成する。

UAV写真点群測量の実施方法

◇ 点群の座標合わせ

- ・作成した点群データを、点群表示編集ソフトに読み込む。(弊社利用:CloudCompare)
- ※CloudCompare:GNU General Public License (GPL) 2.0のもとで配布されており、商用利用や教育目的を含むあらゆる目的で自由に使用できるオープンソースソフトウェア。
- ・CloudCompare上で標定点対空標識の座標を読み取る。
- ・CloudCompareに標定点座標を読み込む。
- ・両者の位置合わせ処理により、点群に座標を設定する。
- ・位置合わせ後の対空標識座標と検証点座標との誤差が、適当な範囲内に収まっているのか確認する。
- ・合わせて、検証点对空標識の座標を読み取り、それらと検証点座標との誤差が、適当な範囲内に収まっているのか確認する。
- ・これらの確認により、計測～合成の作業が正しく行われたことが証明される。

手持ちカメラ写真点群測量の実施方法

- ◇ 原理的にはUAV写真点群測量と同じ、写真の撮影方法が異なる
- ◇ 使用機材：ほとんどデジタルカメラのみ

	OLYMPUS TG-6	RICHO GR IIIx
外観		
センサー	1/2.33インチ	APS-C
画素数	12M	24M
焦点距離 (35mmカメラ換算)	25~100mm (ズーム1~4倍)	40mm (単焦点レンズ)
開放F値	W2.0~T4.9	2.8

手持ちカメラ写真点群測量の実施方法

◇ 実施方法

- ・基本的にはUAV写真点群測量と同じ
- ・人が移動できる範囲からの写真しか撮影できない。写真1枚でカバーできる範囲がUAVと比べてかなり狭いので、広い範囲には向かない。
- ・全体を均一な密度で撮影するのは困難で、測定の精度管理という点では難がある。
- ・標定点/検証点に特別なターゲットを置かなくても、直接写真に撮って識別することも可能。
- ・(右写真のように)白飛びの有無を確認しながら撮影できるので、コントラストがある場面でも、写真品質を制御しながら撮影することも可能。



白飛び範囲が赤く表示されている

CloudCompareで出来ること

CloudCompare: GNU General Public License (GPL) 2.0のもとで配布されている点群表示・編集用のオープンソースソフトウェアで、商用利用や教育目的を含むあらゆる目的で自由に使用できる

- ◇ 標定点への位置合わせ(座標設定)
 - ◇ グラウンドデータの作成
(CSF Filter、ノイズフィルター、SORフィルター、グリッド内最低点抽出、目視による手動除去)
 - ◇ メッシュデータ作成
 - ◇ 地形確認
 - ◇ 等高線データ作成
 - ◇ 断面データ作成
 - ◇ 異なる時期の点群同士の差分解析
- などなど、様々なことが可能

ソフトウェア操作の実演

- ◇ Metashapeによるフォトグラメトリ
- ◇ CloudCompareによる
 - ・ 地形確認
 - ・ 差分解析

点群処理に使用するコンピュータ等の環境

- ◇ 点群ファイルはサイズが大きくなりがち(GB単位)。
 - ・ 大きなファイルをメモリ上に読み込む必要があるため、メモリ容量が絶対的に必要。
 - ・ 実際の点群処理においては、点数を減らしたファイルで扱うことも多いが、作成後の生データを一度は開く必要がある。
 - ・ メモリ64GBでも不足するケースがあった。
- ◇ CloudCompareで点群の表示だけでなく、編集処理を行う場合は、多コアCPU+一定の能力を持つGPU(Graphics Processing Unit)が必要。
- ◇ 写真点群を作成する場合は、CPUパワーに加えて、特定の処理を加速するため、追加のグラフィックカード(dGPU)を搭載することがほぼ必須。
 - ・ CPUのみの処理では、処理時間が大幅に長くなる。
 - ・ プログレードGPUである必要はないが、VRAM(Video Memory)はある程度必要。
- ◇ 写真・点群データの保存のため、大容量ストレージが必要。
 - ・ 一般的なPCのストレージ(~2TB SSD)は、簡単に埋まる。

以上で発表を終わります。
ご清聴ありがとうございました。

海上ボーリングにおける業務効率化等の提案

～業務の効率化と品質の向上～

株式会社 建設コンサルタントセンター 橋本 勇真

目次

- 1.業務概要
- 2.調査結果概要
- 3.当該業務の問題点と対応
- 4.コスト縮減の提案
- 5.土質定数の推定値について信頼度の向上
- 6.まとめ

1.業務概要

業務件名：令和6年度〔第35-W2504-01号〕清水港海岸津波・高潮危機管理対策に伴う地質調査業務委託（折戸堤防）

業務箇所：静岡市清水区折戸地先

発注者：静岡県清水港管理局

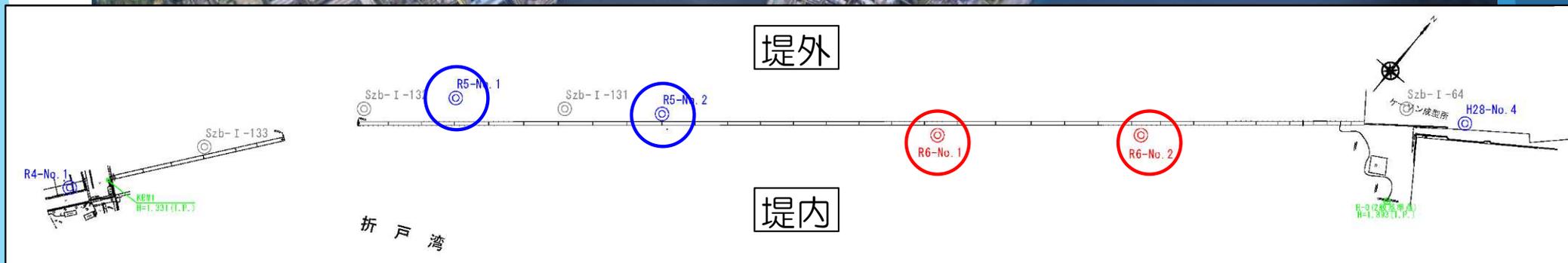
工期：令和6年6月11日～令和6年11月29日

業務数量：海上ボーリング N=2箇所（L=121m）
標準貫入試験、プレッシャーメータ試験、土質試験、PS検層

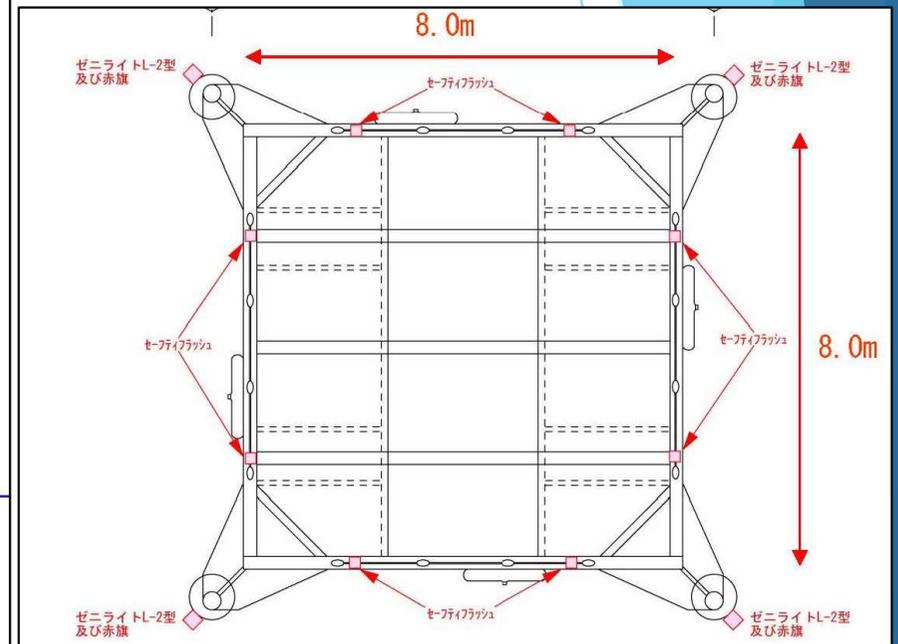
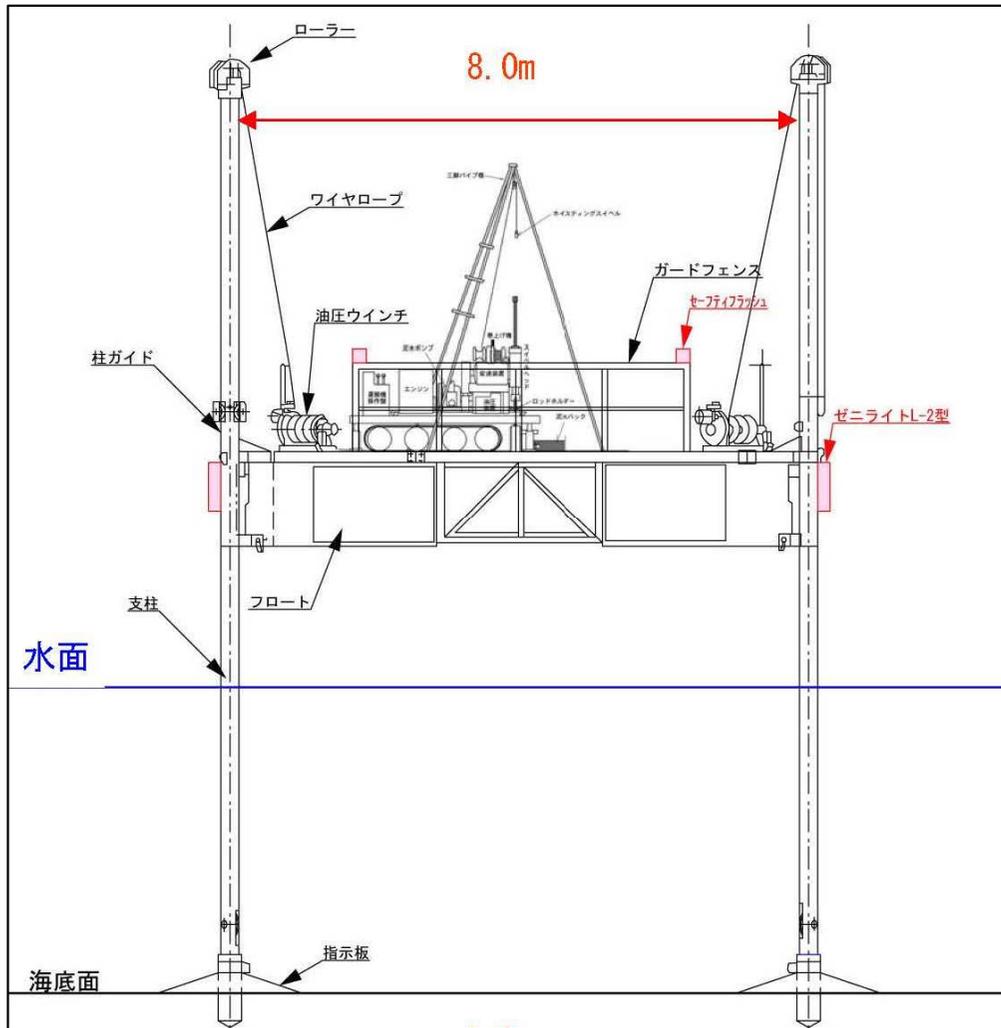
業務目的：折戸波除堤は、静岡県第4次地震被害想定を踏まえて検討すると、必要な堤防高が確保されておらず、嵩上げの計画がされている。その設計に必要な土質性状の把握が目的となる。



R5-No.2
R5-No.1
R6-No.2
R6-No.1



[海上ボーリングについて]



調査位置測量



台船運搬（陸上）



台船組立



台船運搬（海上へ）



台船運搬（海上）



曳航状況



曳航状況

台船設置



スパッド台船
設置完了

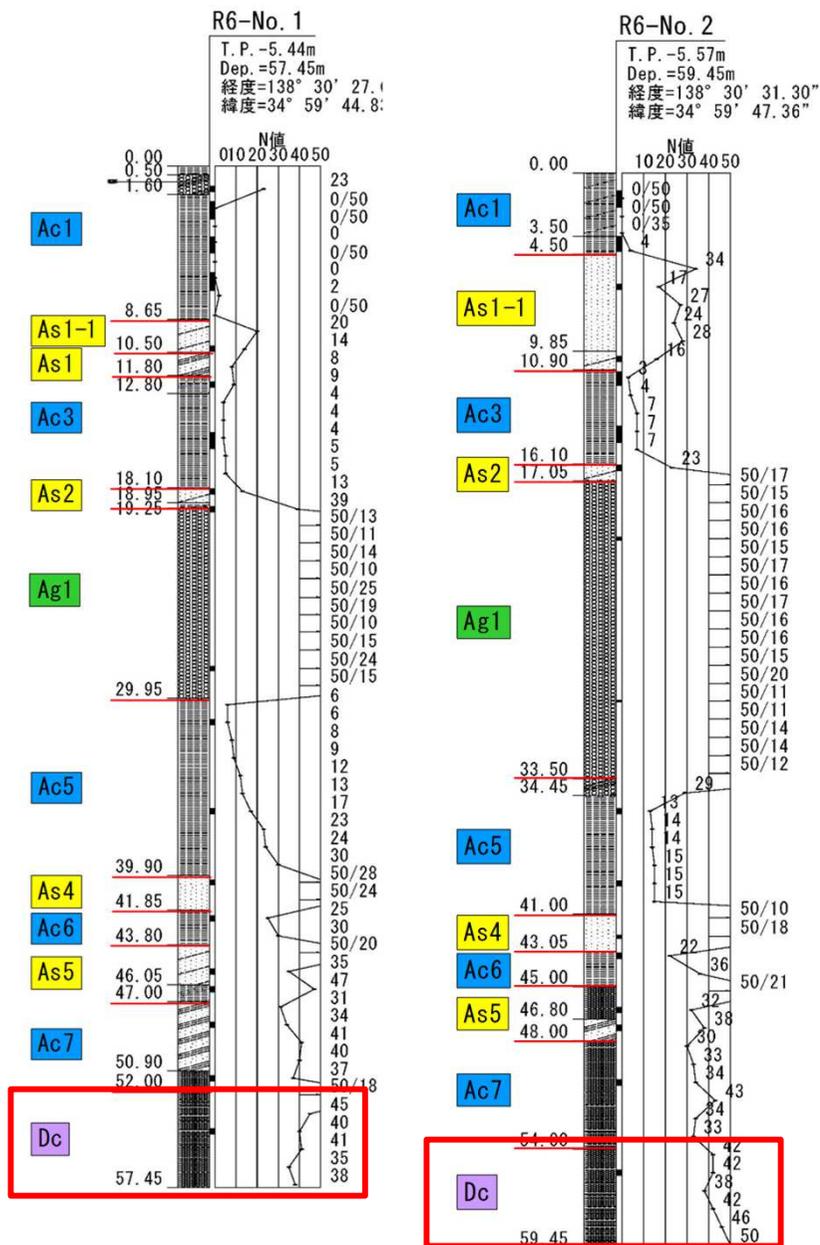
ボーリング作業



ボーリング作業中

2. 調査結果概要

[簡易柱状図]



[地層層序表]

時代	地層名	地層記号	土質名
第四紀 完新世	沖積粘性土層(1)	Ac1	シルト
	沖積粘性土層(1)-1	As1-1	砂・シルト混じり砂
	沖積粘性土層(1)	As1	シルト質砂
	沖積粘性土層(3)	Ac3	シルト・砂質シルト
	沖積砂質土層(2)	As2	シルト混じり砂
	沖積粘性土層(4)	Ac4	シルト
	沖積砂質土層(3)	As3	シルト混じり砂
	沖積礫質土層(1)	Ag1	砂礫
	沖積粘性土層(5)	Ac5	シルト
	沖積砂質土層(4)	As4	砂
	沖積粘性土層(6)	Ac6	シルト
	沖積砂質土層(5)	As5	シルト質砂
	沖積粘性土層(7)	Ac7	固結粘土
	第四紀 更新世	洪積礫質土層	Dg
洪積粘性土層		Dc	固結粘土

[地層推定断面図]

青色：沖積粘性土

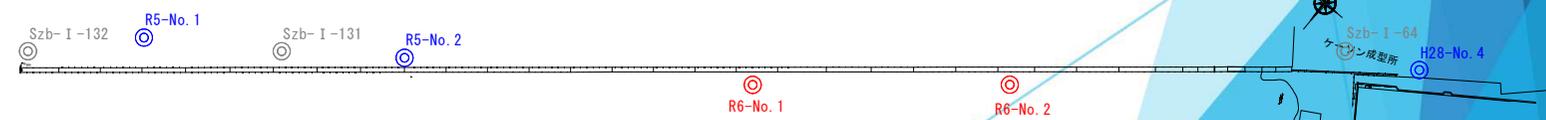
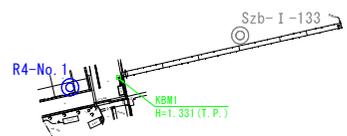
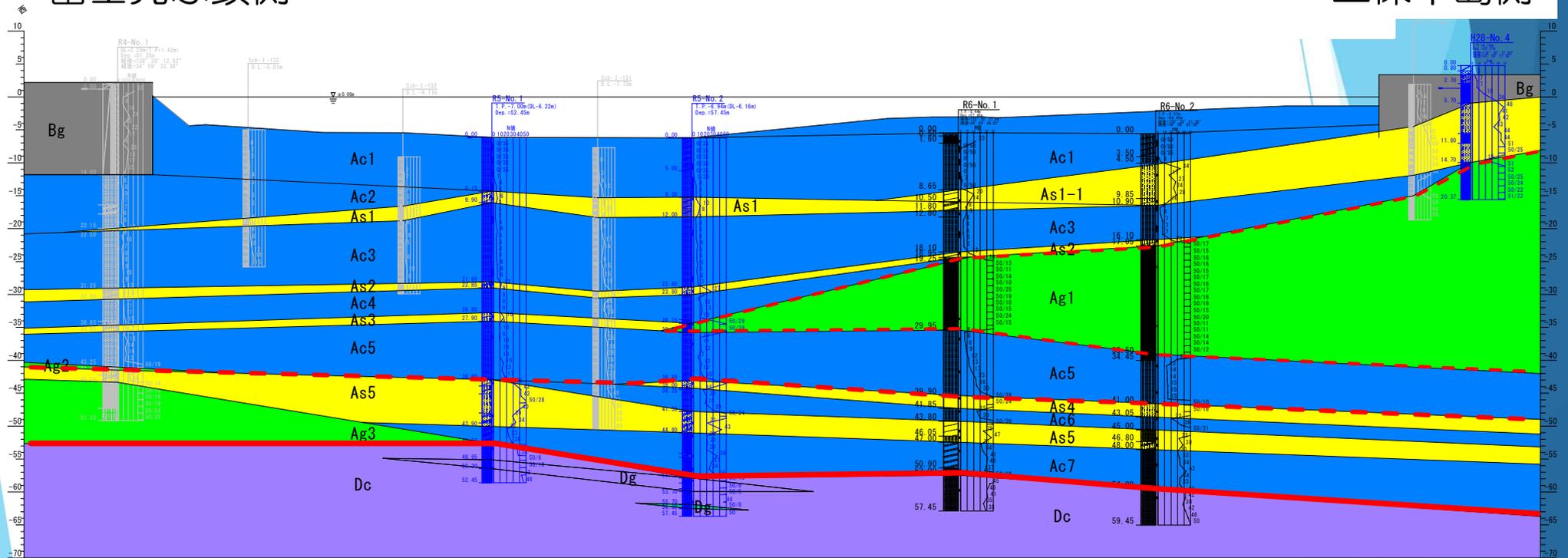
黄色：沖積砂質土

緑色：沖積礫質土

紫色：洪積粘性土

富士見心頭側

三保半島側

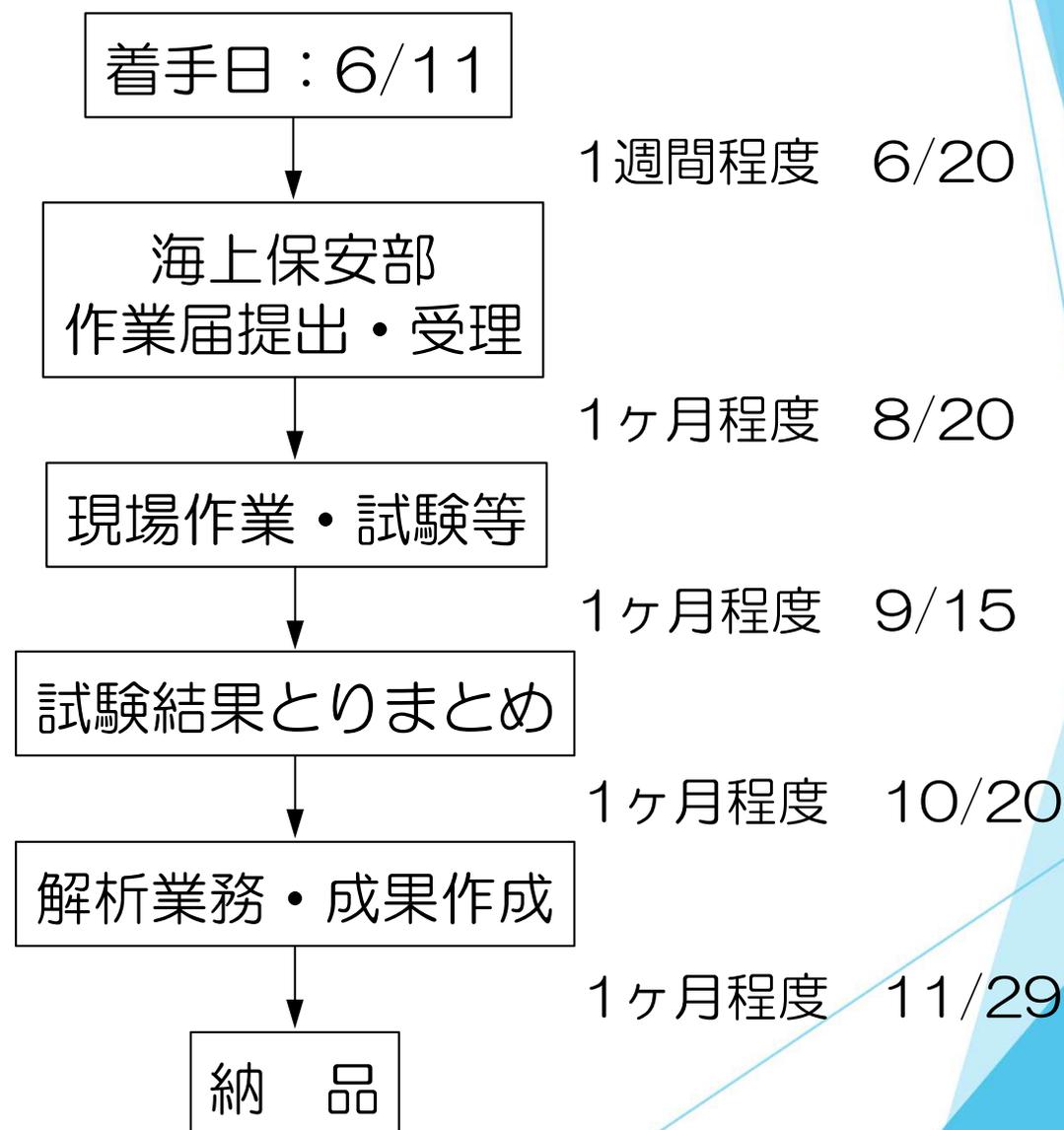


折戸湾

3.当該業務の問題点と対応

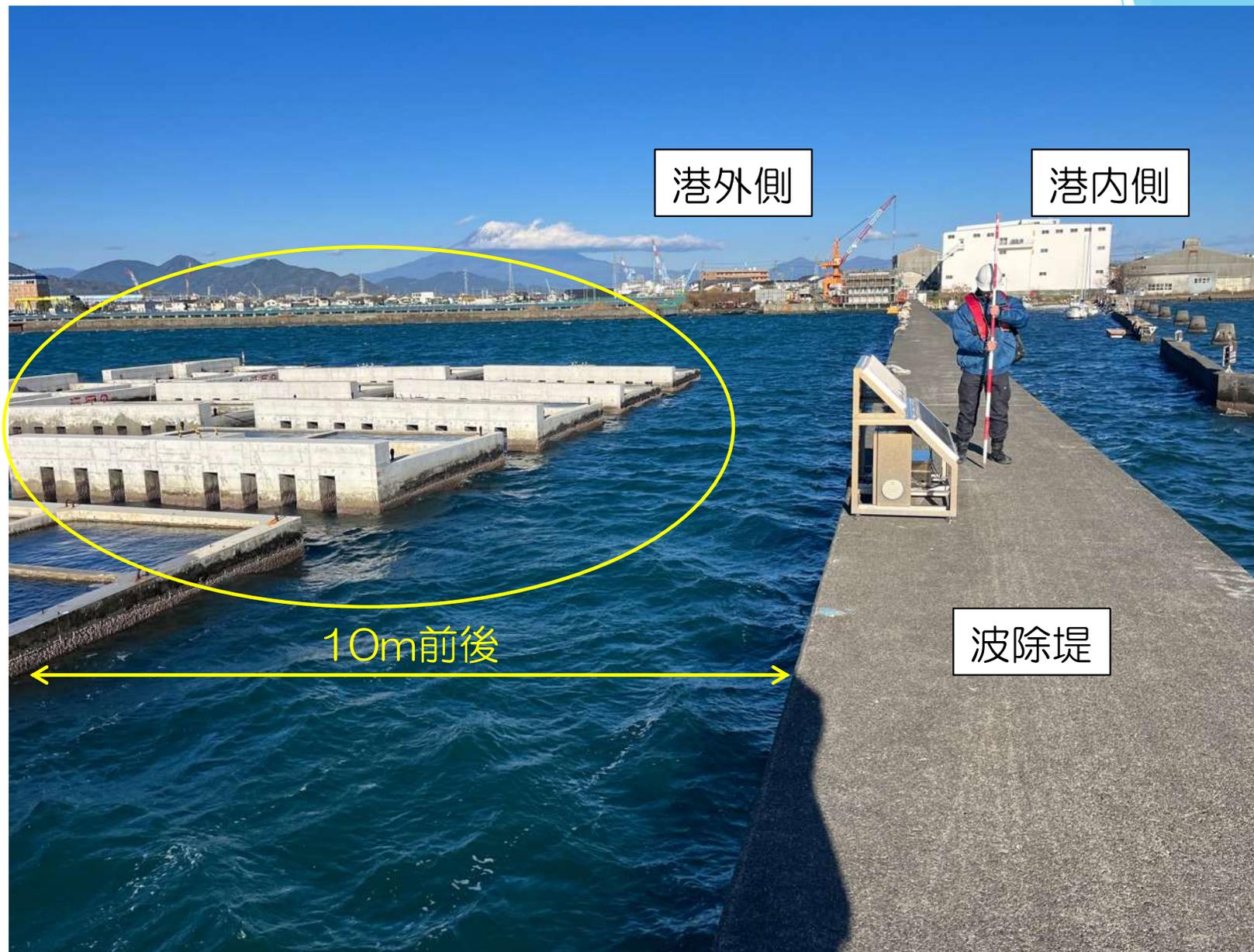
[当該業務上の問題点]

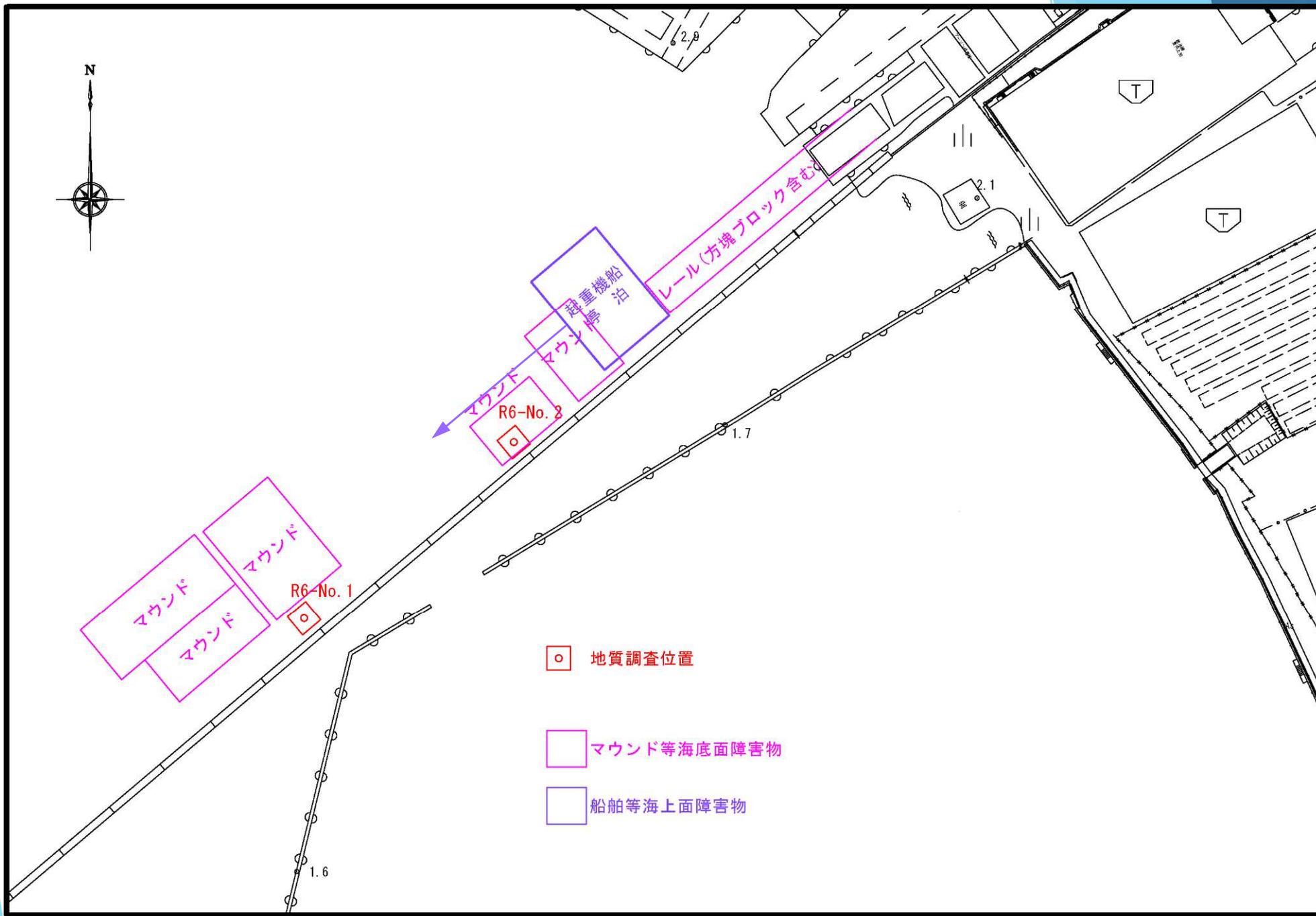
- ・着手が遅れることにより、工期が延びる可能性がある

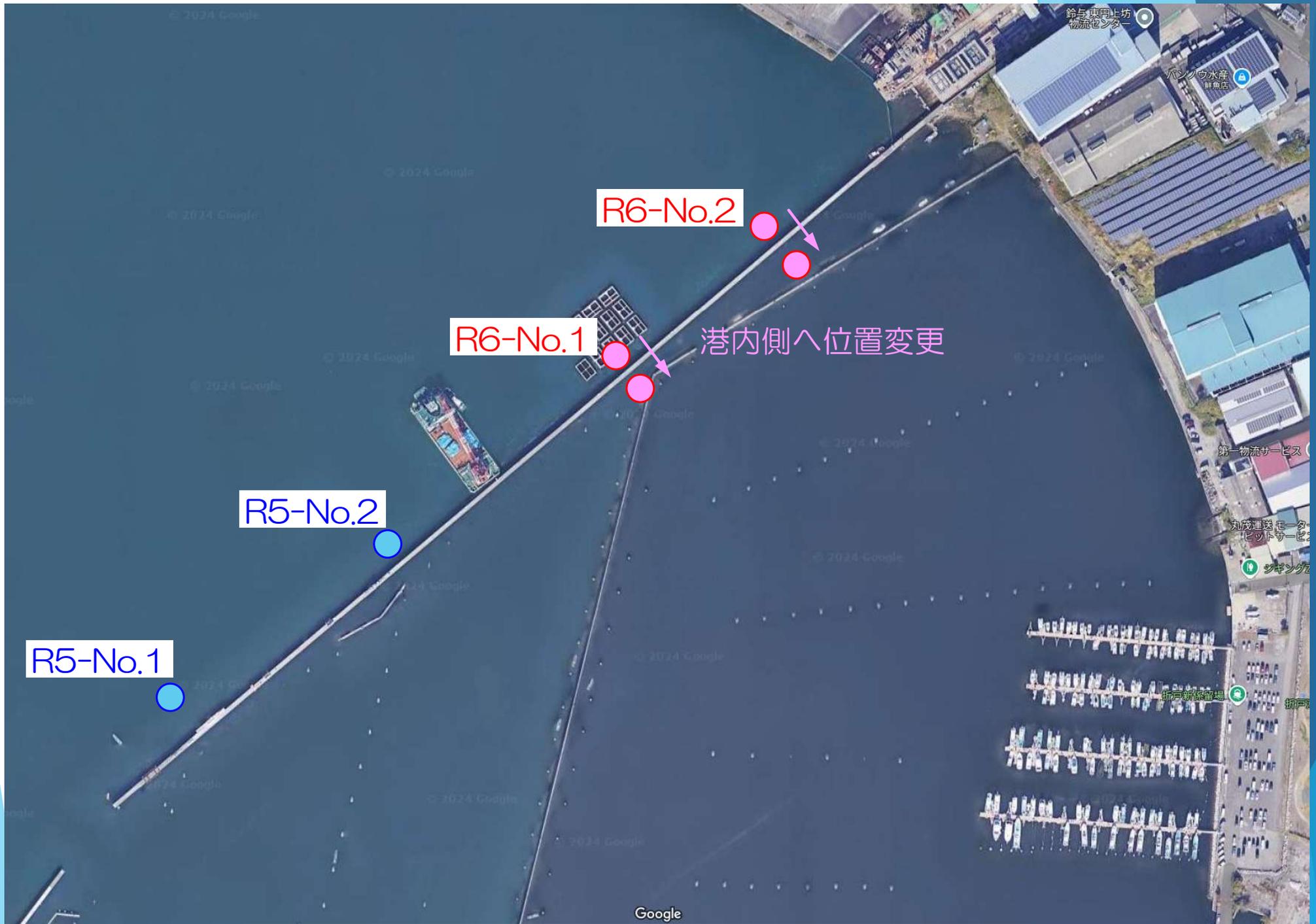


[当該業務上の問題点]

- ・ 調査地点付近でケーソン移設工事が9月から行われる







4.コスト削減の提案

海上ボーリングは通常のボーリングよりもコストがかかる。

通常の足場に比べ、海上であるのでスパッド台船や鋼製檣などの高額となる仮設工の使用、また、それらを設置した箇所への作業員の移動に、交通船を使用することになり、経費は大きく加算される。本業務においては、調査地点を折戸堤防に寄せることにより、折戸堤防上からの徒歩による入退場を可能とした。その結果、交通船の費用を削減し、コスト削減に繋がった。

通常手段（交通船利用）



提案（堤防上徒歩入退場）



また、堤防から台船へ移動する際、転落等の事故を防止するため、手すり付きの渡り通路を設置した。



足場設置



この交通船を変更することにより、間接調査費で大幅なコスト縮減に繋がった。

他業務との連携





[当初計画]

スパッド台船運搬 (基地から)	R6折戸堤防地質調査	
スパッド台船組立 (折戸野積場)	R6折戸堤防地質調査	ラフテレーンクレーン
		曳航
スパッド台船設置 R6-No. 1	R6折戸堤防地質調査	
		曳航
スパッド台船設置 R6-No. 2	R6折戸堤防地質調査	
		曳航
スパッド台船解体 (折戸野積場)	R6折戸堤防地質調査	ラフテレーンクレーン
スパッド台船運搬 (基地へ)	R6折戸堤防地質調査	
スパッド台船運搬 (基地から)	R6折戸栈橋地質調査	
スパッド台船組立 (折戸野積場)	R6折戸栈橋地質調査	ラフテレーンクレーン50t
		曳航
スパッド台船設置 R6-No. 1	R6折戸栈橋地質調査	
		曳航
スパッド台船解体 (折戸野積場)	R6折戸栈橋地質調査	ラフテレーンクレーン50t
スパッド台船運搬 (基地へ)	R6折戸栈橋地質調査	

スパッド台船運搬 (基地から)	R6折戸栈橋地質調査
スパッド台船組立 (折戸野積場)	R6折戸栈橋地質調査
	ラフテレーンクレーン50t
	曳航
スパッド台船設置 R6-No. 1	R6折戸栈橋地質調査
	曳航
スパッド台船解体 (折戸野積場)	R6折戸栈橋地質調査
	ラフテレーンクレーン50t
スパッド台船運搬 (基地へ)	R6折戸栈橋地質調査

折戸堤防と合わせて約5,200千円のコスト縮減

5.土質定数の推定値について信頼度の向上

土質定数は、土質試験値、原位置試験値、N値からの推定、文献等の一般値などから決めて、提案する。その決め方については、現状のコアの状態、過年度の数值なども考慮して決めていくが、基本的には土質試験値や原位置試験値を優先して決めていく。

室内土質試験

土粒子の密度試験
土の湿潤密度試験
土の含水比試験
土の粒度試験（沈降分析）
土の液性限界試験
土の塑性限界試験

土の一軸圧縮試験
土の圧密試験

原位置試験

標準貫入試験
プレッシャーメータ試験

物理検層

PS検層

単位体積重量・・・湿潤密度試験

せん断抵抗角・・・N値からの推定式、粘性土は0

粘着力・・・一軸の $q_u/2$ 、N値からの推定式、砂質土は0

変形係数・・・プレッシャーメータ試験、一軸

湿潤密度試験

単位体積重量は、層の性状を知るための必要な物性値であり、基本的には湿潤密度試験により求められる。湿潤密度試験の誤差を少なくするには、乱れの少ない試料採取（サンプリング）により採取した試料で行うことが望ましい。

しかしながら、砂層や砂礫層においてはサンプリングの実施が困難であり、標準貫入試験の試料により行われることが多い。

サンプリングによる試料での試験状況



サンプリングで採取された試料をライナーから抜き出し、一定の寸法に整形し、ノギスにて直径、高さを測定する。

測定した重量から体積を割って湿潤密度を算出する。

標準貫入による試料での試験状況



土の湿潤密度試験

標準貫入試験で使用するサンプルに「P管」と呼ばれる円筒状の器具を装着し、採取する。

P管は真鍮製であり、通常の湿潤密度試験のようにノギスで寸法を測定する。（内径と高さ）

重量を測った後、試料を抜き、洗い流した後、P管の重量を測定し、全体重量から差し引くことで、湿潤密度が求められる。



密度検層



密度検層
ゾンデ挿入前

密度検層とは、 γ 線の散乱現象を利用して地層の密度を測定する方法である。

測定孔の孔内状況（地下水の有無、保護管の有無、種類）の如何を問わず測定可能である。なお、同検層は、放射性物質を用いるため取扱いには十分な注意が必要である。

測定値は、仕上がり孔径に左右されるため、孔径の変化を知る必要がある。そのため、裸孔の場合は孔径検層（キャリパー検層）も同時に行うことが必須条件となる。

キャリパー検層



キャリパー検層
ゾンデ挿入前

キャリパー検層は、孔径変化を深度方向に連続的かつ直接的に測定する方法である。機械式のアームを孔壁に接触させて孔径を調べる。

同検層は、掘削孔の内径を知るために用い、密度検層などの補正に用いるために測定する。

湿潤密度試験値と一般値の比較結果（過年度調査）

単位：kN/m³

地層記号	地層名		代表N値	試験値	港湾基準	道路橋示方書	過年度調査
Ac1	沖積粘性土層(1)	粘性土	0	16.612	12	14	-
As1	沖積砂質土層(1)	砂質土	5	18.440	16	17	-
Ac3	沖積粘性土層(3)	粘性土	4	17.959	13	14	14
As2	沖積砂質土層(2)	砂質土	19	18.726	17	18	15
Ac4	沖積粘性土層(4)	粘性土	10	18.266	15	16	15
As3	沖積砂質土層(3)	砂質土	16	18.388	17	18	18
Ag2	沖積礫質土層(2)	礫質土	50	20.251	-	20	-
Ac5	沖積粘性土層(5)	粘性土	12	17.391	15	16	15
As4	沖積砂質土層(4)	砂質土	31	19.051	19	19	16
Ac6	沖積粘性土層(6)	粘性土	23	18.542	16	18	-
Dg	洪積礫質土層	礫質土	50	21.100	-	20	-
Dc	洪積粘性土層	粘性土	45	20.379	20	18	-

密度検層値と湿潤密度試験値との比較結果

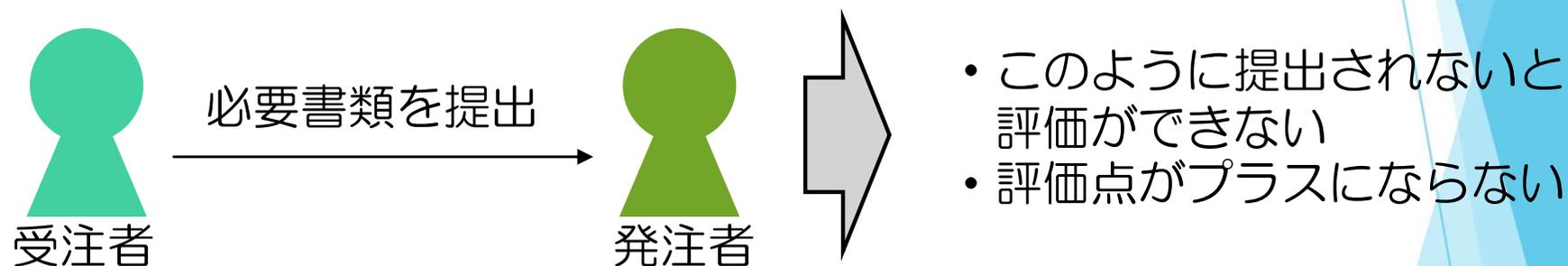
単位：kN/m³

地層記号	地層名		代表N値	試験値	密度検層値	港湾基準	設計要領	提案値
Ac1	沖積粘性土層 (1)	シルト	0	16.636	16.366	12	-	16
As1-1	沖積粘性土層 (1)-1	砂・シルト混じり砂	26	18.613	18.620	18	-	18
As1	沖積粘性土層 (1)	シルト質砂	5	18.440	18.620	18	-	18
Ac3	沖積粘性土層 (3)	シルト・砂質シルト	4	17.589	17.983	14	-	17
As2	沖積砂質土層 (2)	シルト混じり砂	14	18.234	18.326	18	-	18
Ac4	沖積粘性土層 (4)	シルト	7	18.266	-	14	-	18
As3	沖積砂質土層 (3)	シルト混じり砂	16	18.388	-	18	-	18
Ag1	沖積礫質土層 (1)	砂礫	50	19.997	20.286	-	21	19
Ac5	沖積粘性土層 (5)	シルト	10	18.418	18.424	16	-	18
As4	沖積砂質土層 (4)	砂	50	20.086	19.600	20	-	20
Ac6	沖積粘性土層 (6)	シルト	20	18.778	19.306	16	-	18
As5	沖積砂質土層 (5)	シルト質砂	35	19.387	19.600	20	-	19
Ac7	沖積粘性土層 (7)	固結粘土	27	18.849	19.404	16	-	18
Dg	洪積礫質土層	砂礫	50	21.100	-	-	21	21
Dc	洪積粘性土層	固結粘土	40	19.857	18.424	20	-	19

6.まとめ

本業務において、位置変更、交通船使用の減少、湿潤密度試験のデータの信頼性向上など、いくつかの提案を挙げ、承諾を得て実施

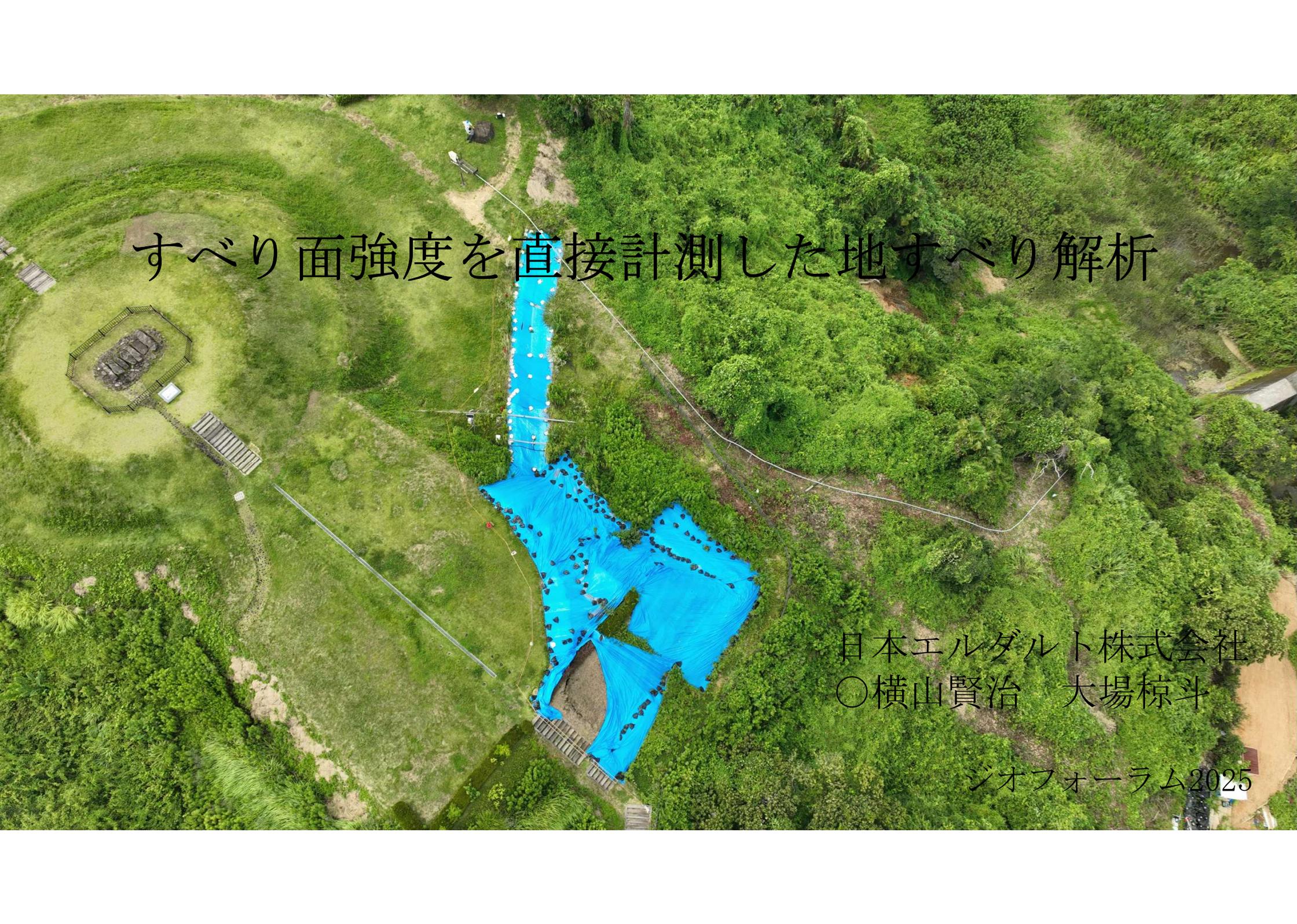
- 位置変更及び交通船 → 協議書にて提出
 - 密度検層の実施 → 変更業務計画書にて提出
- 発注者へ文面にして提案を提出している



工事においては、創意工夫の様式もあるので、提出しやすいが、委託についてはまだ整備されていない状況にある。よって、その項目の部分において、実施した内容等を記述することになるが、様式が無い分、こちらからのアピールが必要となる。原稿打合せ時や納品時だけでなく、都度アピールをしていく。

ご清聴ありがとうございました



An aerial photograph of a landslide site. A large area of the slope is covered with a bright blue tarp, which is secured with numerous black weights. The tarp follows the path of the landslide failure. The surrounding area is lush green with trees and grass. In the upper left, there is a fenced-in area with some structures. A white line, possibly a survey line or a cable, runs across the slope. The overall scene is a natural, outdoor setting with a focus on the geological investigation.

すべり面強度を直接計測した地すべり解析

日本エルダルト株式会社
○横山賢治 大場椋斗

ジオフォーラム2025

すべり面の強度特性 (c , ϕ) の計測には時間と費用がかかる

すべり面はどこだ？
破砕箇所は全部怪しい！

結晶片岩の地すべりコア
コアではすべり面判定は難しく、
すべり面試料の品質確保も困難。



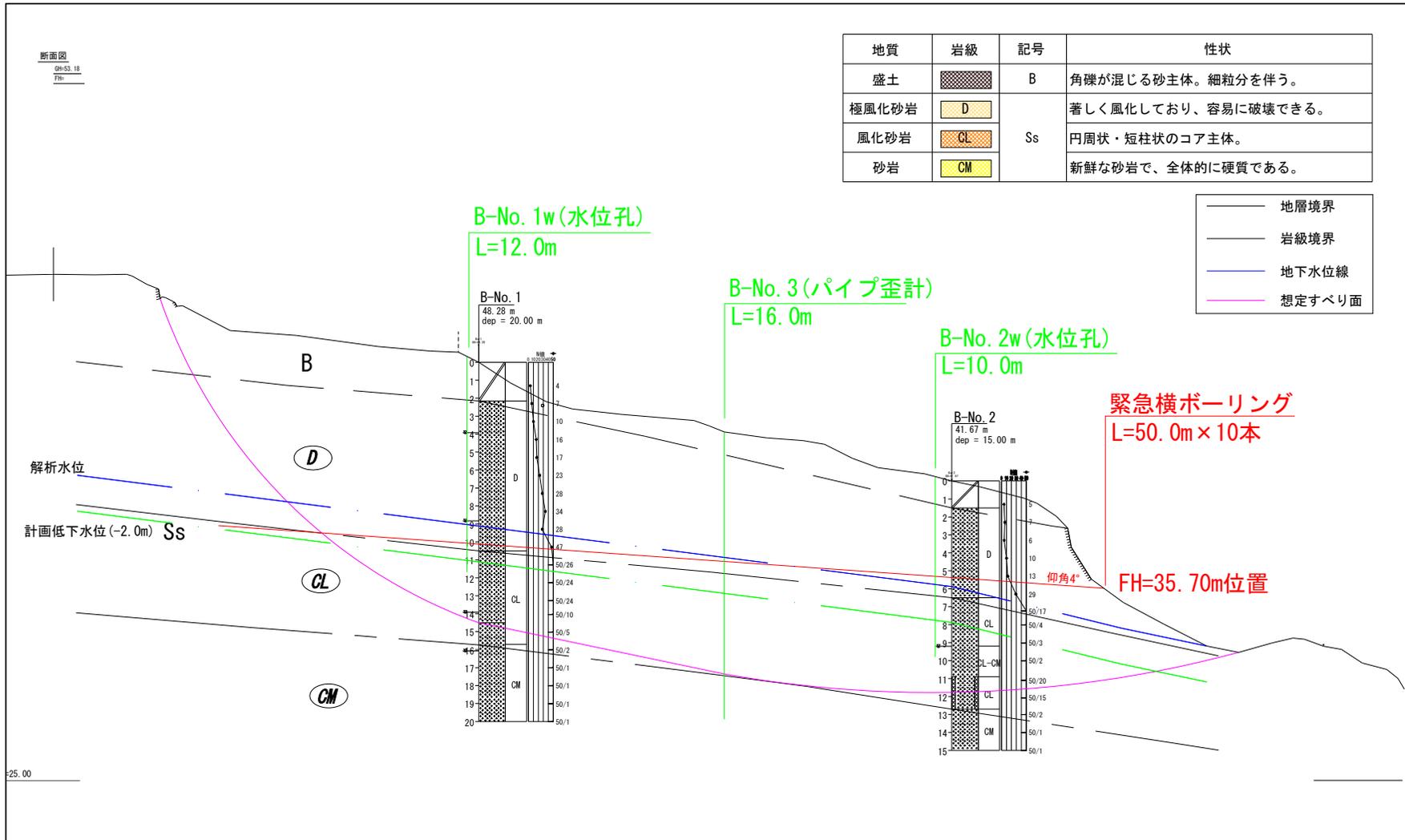
技術指針では逆算による手法が示されている

しかし、層厚から c を推定して ϕ を逆算により求める手法は経験的に得られた手法であり、技術的根拠は乏しい。

→地すべり滑動を適切に評価できているとは言い難い。

1. はじめに
2. 試験方法
3. 試験結果
4. 解析
5. まとめ

地すべり概要

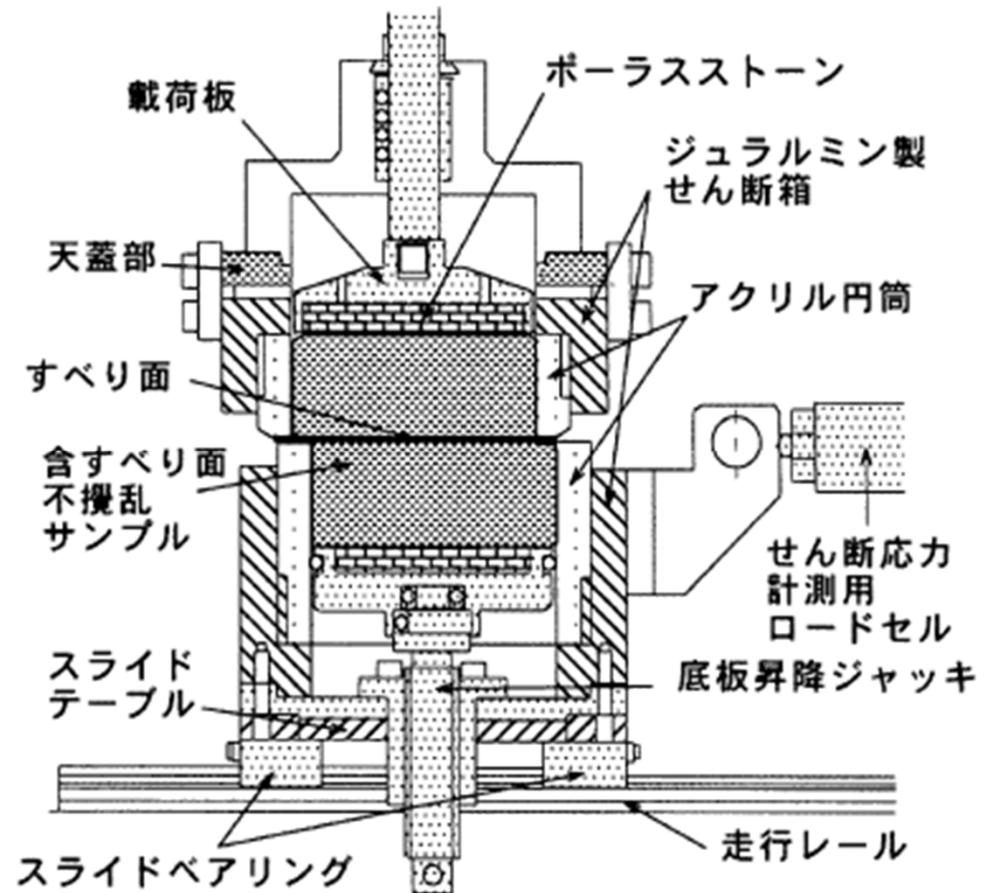
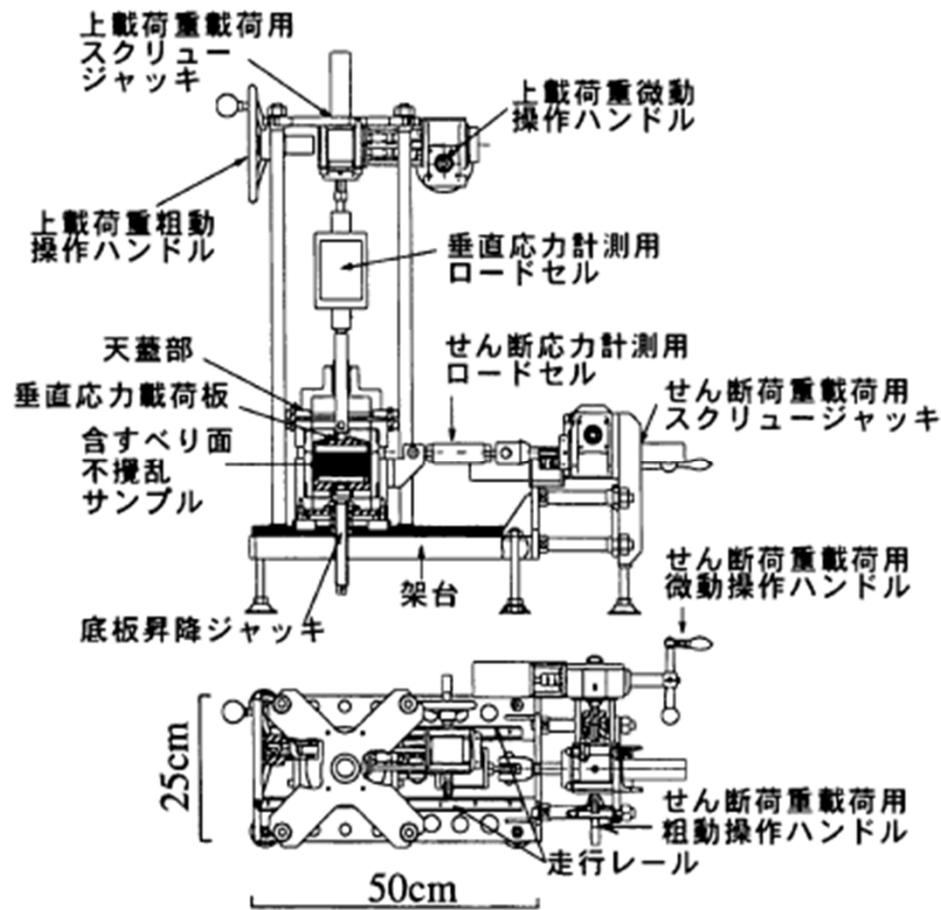


試験方法：すべり面せん断試験を採用

すべり面試験料を用いた試験はいくつか提案されている

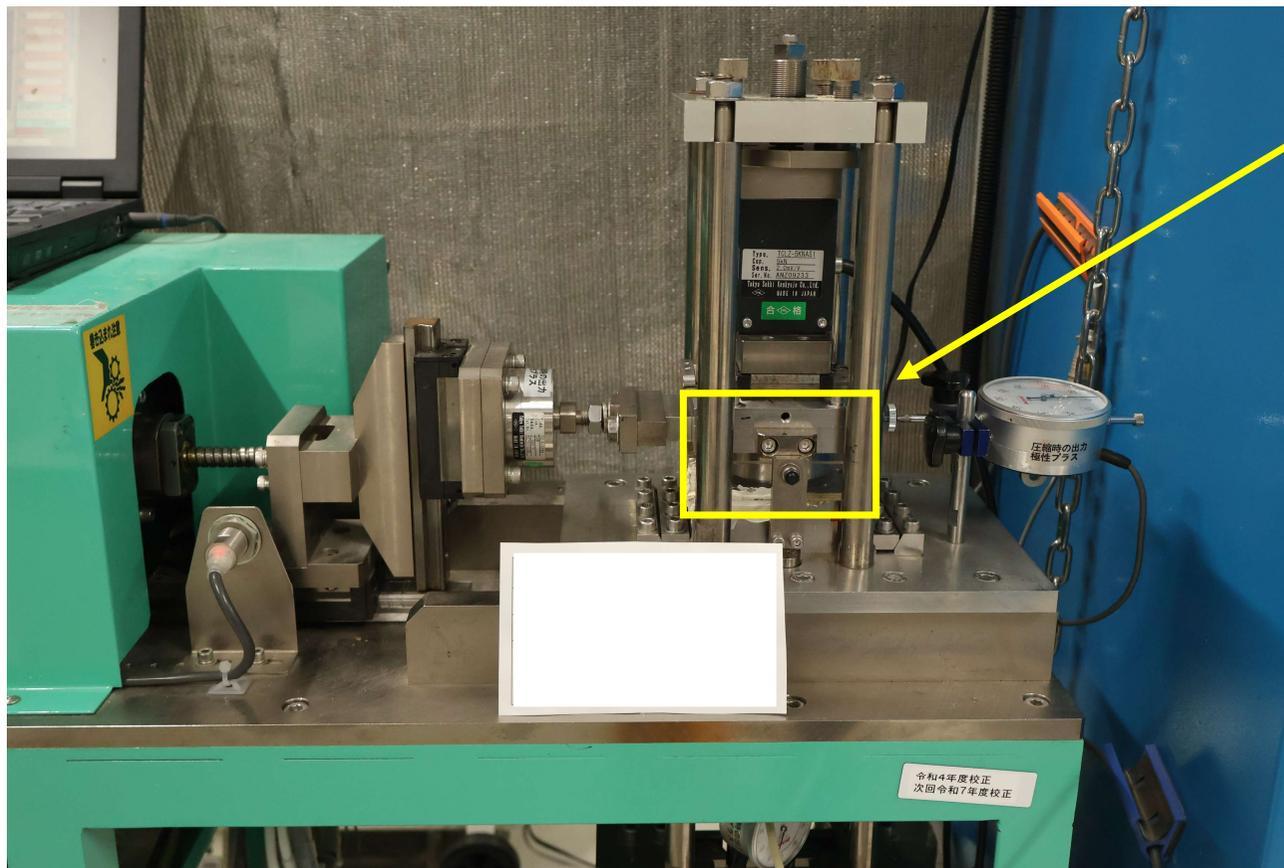
試験方法	利点	課題
三軸圧縮試験	ピーク強度、完全軟化強度が得られる	残量強度が得られない
リングせん断試験	無限大の変位を与えられ残留強度が得られる	一定量以上の試験料が必要
すべり面せん断試験	残留強度が精度よく得られる	不攪乱試験料が必要

すべり面せん断試験とは？



出典：眞弓ほか:すべり面せん断試験によるすべり面せん断強度評価,日本地すべり学会誌,Vol.40,No.4,p.16

すべり面せん断試験とは？



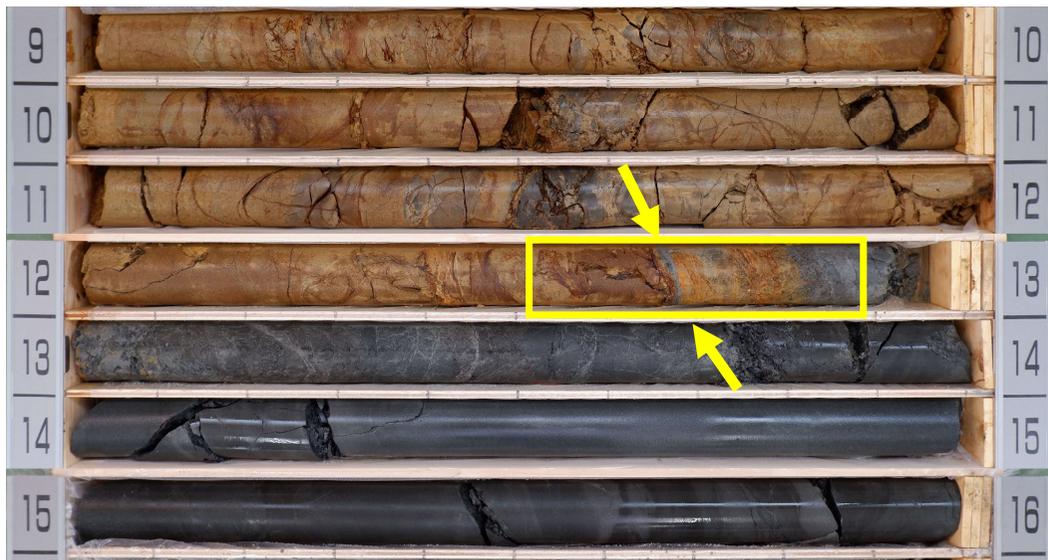
ここに試料をセットして
垂直応力を加えながらせん断
させる

試験状況



成形試料

試験に使用した試料：φ86mmで採取したコアを使用

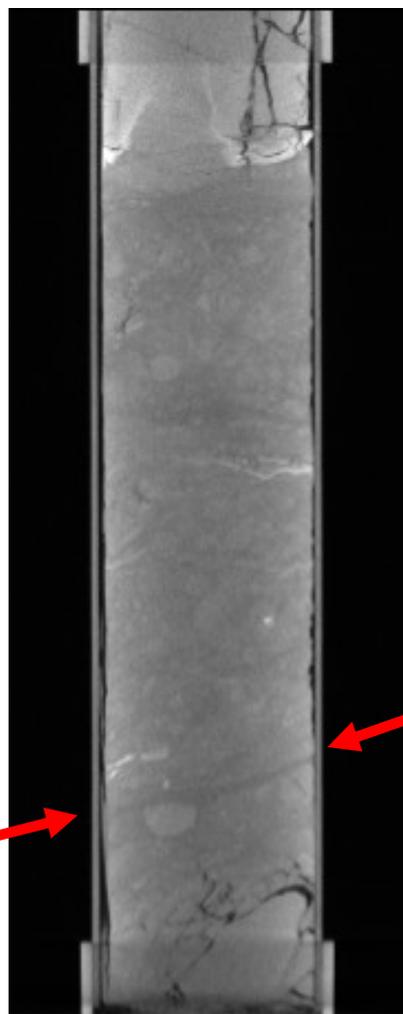


No. 4コア

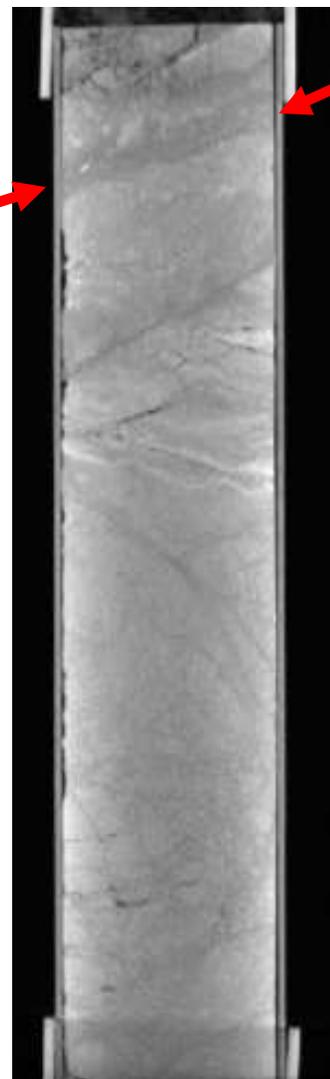


No. 5コア

試験に使用した試料：コアのCT画像



No. 4コア



No. 5コア

試験結果

試料番号	粘着力 c (kN/m ²)	せん断抵抗角 ϕ (°)
No. 4	7.3	19.1
No. 5	3.3	15.5



No. 4試料



No. 5試料

解析：層厚から粘着力を設定する場合

試験を行わない場合の地盤定数は、「層厚＝粘着力(kN/m²)」※としてせん断抵抗角を逆算で算出する逆計算が一般的。

※c=25kN/m²を上限とする

本事例では、4つの解析断面で安定計算を行った。

表 c=層厚から算出したせん断抵抗角一覧

R4主測線	R6主測線	左測線	右測線
c=13.0kN/m ²	c=13.0kN/m ²	c=13.0kN/m ²	c=13.0kN/m ²
φ=11.32°	φ=13.11°	φ=14.21°	φ=11.44°

なお、本事例では臨界水位が判明しているため、臨界水位時をFs=1.00として計算している。

解析：試験値を用いた逆算

層厚から推定される粘着力に比べ格段に小さい！

試験結果では粘着力とせん断抵抗角が得られているが、ここではせん断抵抗角を固定して粘着力を逆算で算出した。

表 試験値 ϕ を用いた粘着力

R4主測線	R6主測線	左測線	右測線
$c=3.83\text{kN/m}^2$	$c=8.05\text{kN/m}^2$	$c=4.66\text{kN/m}^2$	$c=5.96\text{kN/m}^2$
$\phi=15.5^\circ$	$\phi=15.5^\circ$	$\phi=19.1^\circ$	$\phi=15.5^\circ$

表 c =層厚から算出したせん断抵抗角一覧

R4主測線	R6主測線	左測線	右測線
$c=13.0\text{kN/m}^2$	$c=13.0\text{kN/m}^2$	$c=13.0\text{kN/m}^2$	$c=13.0\text{kN/m}^2$
$\phi=11.32^\circ$	$\phi=13.11^\circ$	$\phi=14.21^\circ$	$\phi=11.44^\circ$

解析：試験値を用いた順算

粘着力とせん断抵抗角の両方を用いた順算

計算測線	順算Fs	γt	c	ϕ
		kN/m ³	kN/m ²	°
R4主測線	0.986	18	3.3	15.5
R6解析測線	0.878	18	3.3	15.5
左測線	1.071	18	7.3	19.1
右測線	0.927	18	3.3	15.5

試験は左右測線のみのため、主測線と解析測線では小さい値を採用して計算している。

臨界水位状態での順算では、安全率が1.00を下回る測線が多く、実現象と合致しない。

解析：試験値を用いる利点

層厚=cで推定される粘着力は、 ϕ 固定の逆計算でも、試験値のcのみに着目しても、相当小さな値となる。

すなわち、層厚から推定している粘着力は過大値である可能性が高い。

これはせん断抵抗角が小さく算出されることを示しているため、設計上は安全側の計算となるが、過大な対策工を選定している可能性がある。

解析：各条件における安全率対比

条件		R4主測線	R6主測線	左測線	右測線
c=層厚の逆算	使用したc	13.00	13.00	13.00	13.00
	逆算結果(ϕ)	11.32	13.11	14.21	11.44
	対策工効果安全率	1.232	1.218	1.122	1.177
試験値c固定の逆算	使用したc	3.30	3.30	7.30	3.30
	逆算結果(ϕ)	15.70	17.70	17.70	16.80
	対策工効果安全率	1.253	1.280	1.209	1.288
試験値 ϕ 固定の逆算	逆算結果(c)	3.83	8.05	4.66	5.96
	使用した ϕ	15.50	15.50	19.10	15.10
	対策工効果安全率	1.280	1.251	1.231	1.237

対策工はいずれも排土+集水井を仮定している

本事例による試算効果

当初の解析(主測線のみ)では、抑制工での目標安全率到達ができなかったため、抑止工(杭工)を検討していた。しかし、費用が大きくなったことから副測線および室内試験を用いた解析の必要性を指摘され、実施したところ抑制工での目標安全率到達が可能と試算された。



これにより対策工費用を大幅に圧縮することが可能となった。試験値の取り扱いには十分な検討が必要であるが、 c =層厚から設定する値よりもより実現象に近い解析ができるため有用性は高いと考えられる。

まとめ

各指針、基準書には「試験を行っていない場合」に限り c =層厚からの推定を表にして提示している。

しかし、本事例のように c =層厚の値に比べ試験値は相当小さな値となることがある。

試験実施には条件があるものの、積極的な試験の実施が望まれる。

麻機遊水地における 建設発生土の有効活用に向けた検討

令和7年11月14日

静岡県静岡土木事務所 河川改良課
主任 河村 健春

本日の発表内容（目次）

- 検討の背景
- 検討概要
- 有効活用先の検討
- 土質改良の検討
- おわりに

■ 検討の背景

■ 検討概要

■ 有効活用先の検討

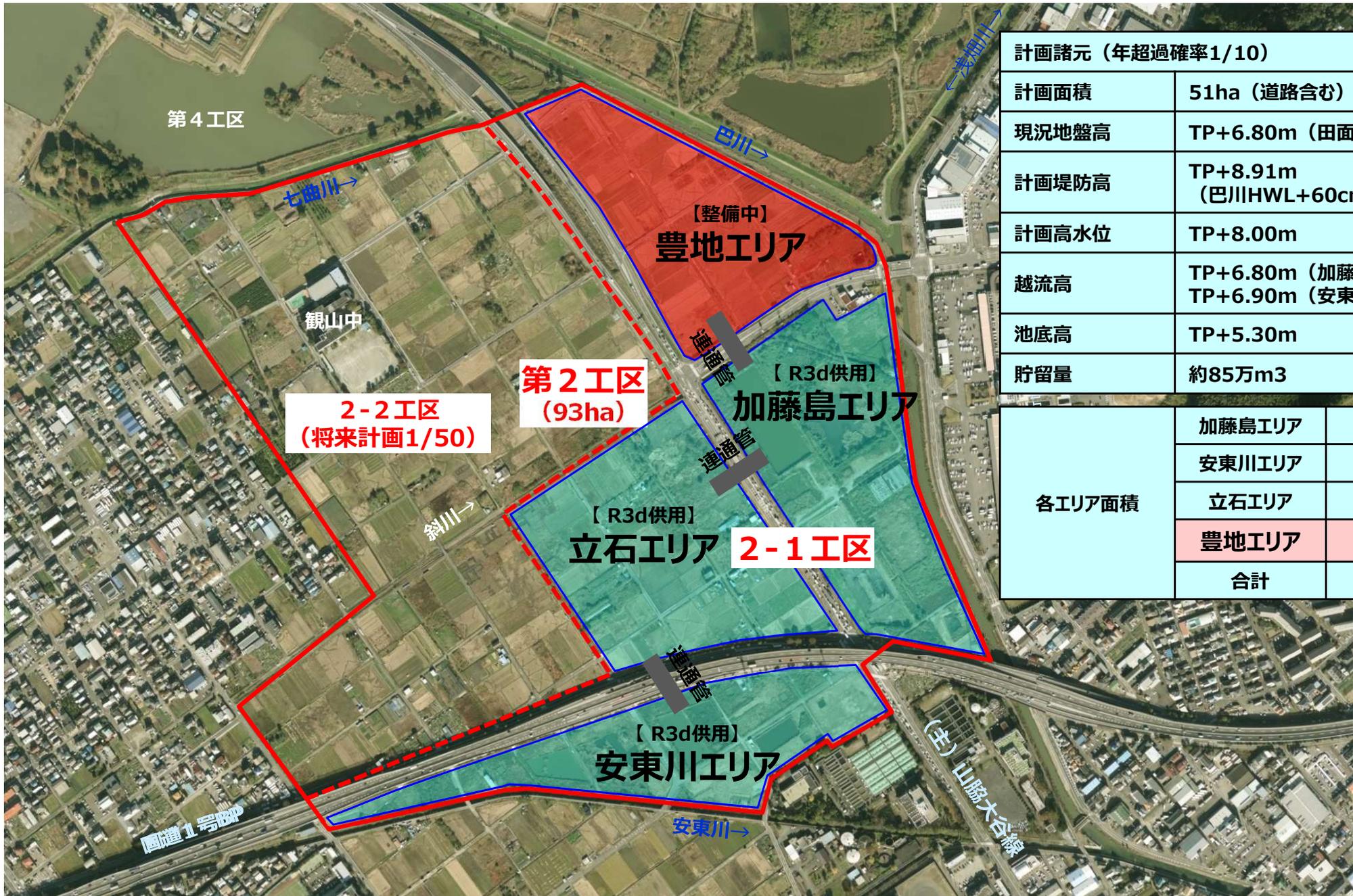
■ 土質改良の検討

■ おわりに

- 二級河川巴川上流域に整備中の麻機遊水地（全体計画約200ha）



・ 第2工区豊地エリア整備に伴う建設発生土（約5万m³）の処理が必要。



計画諸元（年超過確率1/10）	
計画面積	51ha（道路含む）
現況地盤高	TP+6.80m（田面高）
計画堤防高	TP+8.91m （巴川HWL+60cm）
計画高水位	TP+8.00m
越流高	TP+6.80m（加藤島エリア） TP+6.90m（安東川エリア）
池底高	TP+5.30m
貯留量	約85万m ³
各エリア面積	加藤島エリア 11.0ha
	安東川エリア 7.8ha
	立石エリア 9.8ha
	豊地エリア 9.1ha
	合計 37.7ha

- 第1工区越流堤背後の堆積土砂除去に伴う建設発生土（約0.6万m³）の処理が必要



- 遊水地の土砂は高含水比・高細粒分含有率・高有機質分含有量で、建設発生土区分は“泥土”あるいは、“第4種建設発生土”相当

表 建設発生土の物性試験・一軸圧縮試験・コーン指数試験結果

	含水比 (%)	礫分 (%)	砂分 (%)	細粒分 (%)	一軸圧縮強度 (kN/m ²)	強熱減量 (%)	コーン指数 (kN/m ²)	工学的分類
		(75mm-2mm)	(2mm-75μ)	(-75μ)				
第1工区	121.4	4.34	12.50	83.16	10以下	16.99	41	OH 有機質粘土 (高液性限界)
豊地エリア	33.4	0.00	27.16	72.84	15	(未実施)	(未実施)	OL 有機質粘土 (低液性限界)
豊地エリア (別途調査)	37.4	0.8	49.7	49.5	(未実施)	4.7	17.4	SF 細粒分質砂



写真 掘削土性状 (第1工区掘削・整地・仮置き状況)

- 遊水地の土砂は高含水比・高細粒分含有率・高有機質分含有量で、建設発生土区分は“泥土”あるいは、“第4種建設発生土”相当

表 土質区分基準（第4種建設発生土及び泥土）

区分	細区分	コーン指数 (kN/m ²)	土質材料の工学的分類		含水比 (%)
			大分類	中分類 土質[記号]	
第4種建設発生土 (粘性土及びこれに準ずるもの (第3種発生土を除く))	第4a種	200以上	砂質土	細粒分まじり砂[SF]	—
	第4b種		粘性土	シルト[M],粘土[C]	40~80%程度
			火山灰質粘性土	火山灰質粘性土[V]	—
			有機質土	有機質土[O]	40~80%程度
	第4種改良土		人工材料	改良土[I]	—
泥土	泥土a	200未満	砂質土	細粒分まじり砂[SF]	—
	泥土b		粘性土	シルト[M],粘土[C]	80%程度以上
			火山灰質粘性土	火山灰質粘性土[V]	—
			有機質土	有機質土[O]	80%程度以上
	泥土c		高有機質土	高有機質土[Pt]	—

- 泥土は直接処分が困難
- 受入れ可能な処分場が少なく、受け入れ可能な処分場も受け入れ量が少ない。
- 盛土条例の影響もあり、改良土の受け入れが可能な処分場も少ない。

表 第1工区建設発生土受け入れ先ヒアリング結果（R6.5時点）

処分場	泥土の受入れ可否	受入可能量 (m3)	処分費
A社	可	100m3/月	21,000円/m3
B社	否 改良土（第3種相当）可	— 100~150m3/月	— 16,000円/m3
C社	否 改良土も否	—	—
D社	否 改良土も否	—	—
E社	可	20m3/日	9,000円/m3

表 第2工区建設発生土処分費ヒアリング結果

処分場	建設発生土区分	処分費
F社	第4種	12,000円/m3
	第4種草混り	17,000円/m3

- 検討の背景

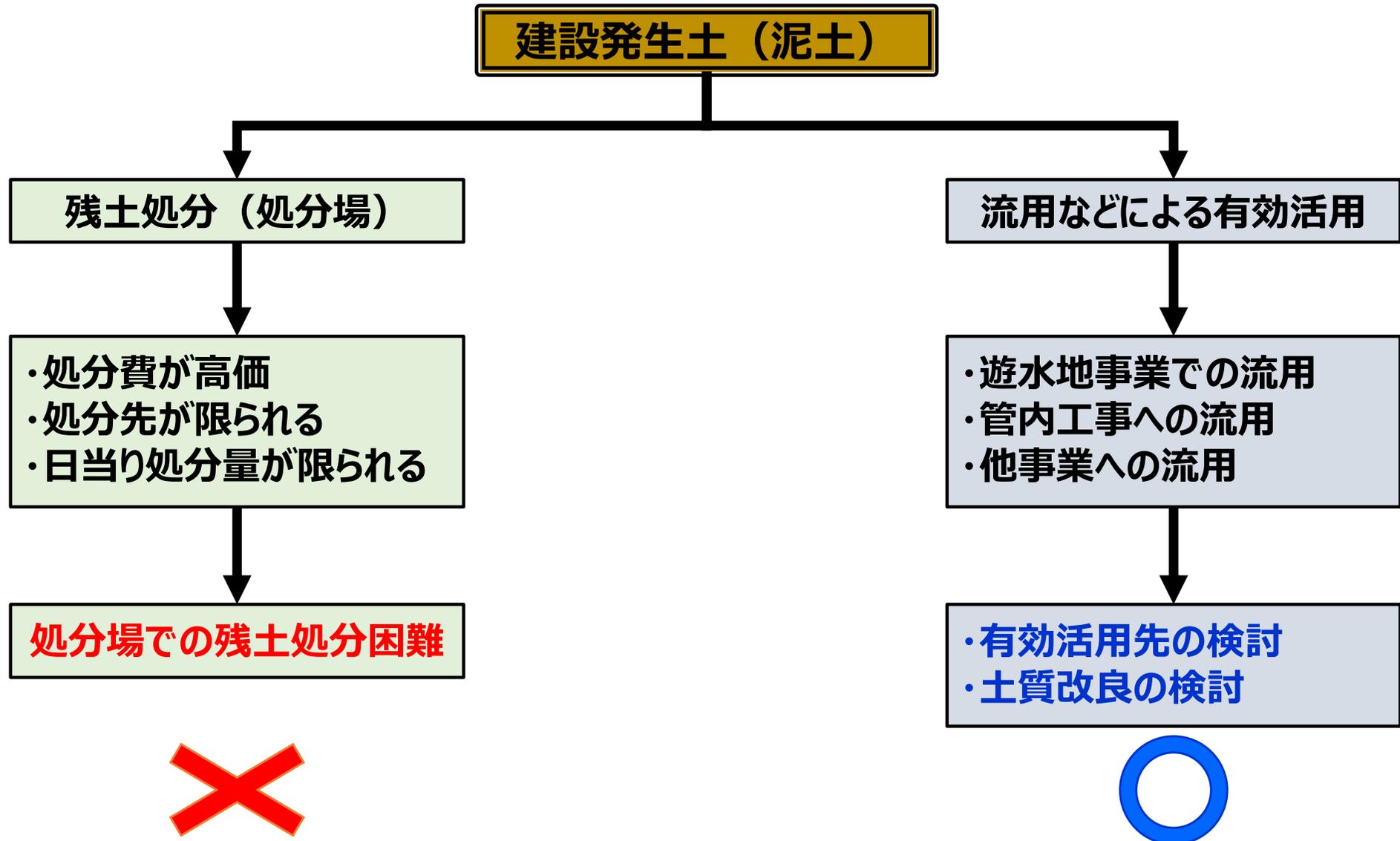
- 検討概要

- 有効活用先の検討

- 土質改良の検討

- おわりに

- 麻機遊水地で発生する建設発生土（泥土）の処分は高価かつ、処分に長期間を要する。
- 土質改良等による性状変更を含めた有効活用の検討が必須。



- 検討の背景
- 検討概要
- 有効活用先の検討
- 土質改良の検討
- おわりに

有効活用先の検討

- 建設発生土マッチングシステムの利用。（富士山静岡空港ほか）
- 管内他事業主体とのマッチング。（県内畑総事業）
- 管外他事業主体とのマッチング。（県内市町防潮堤工事）

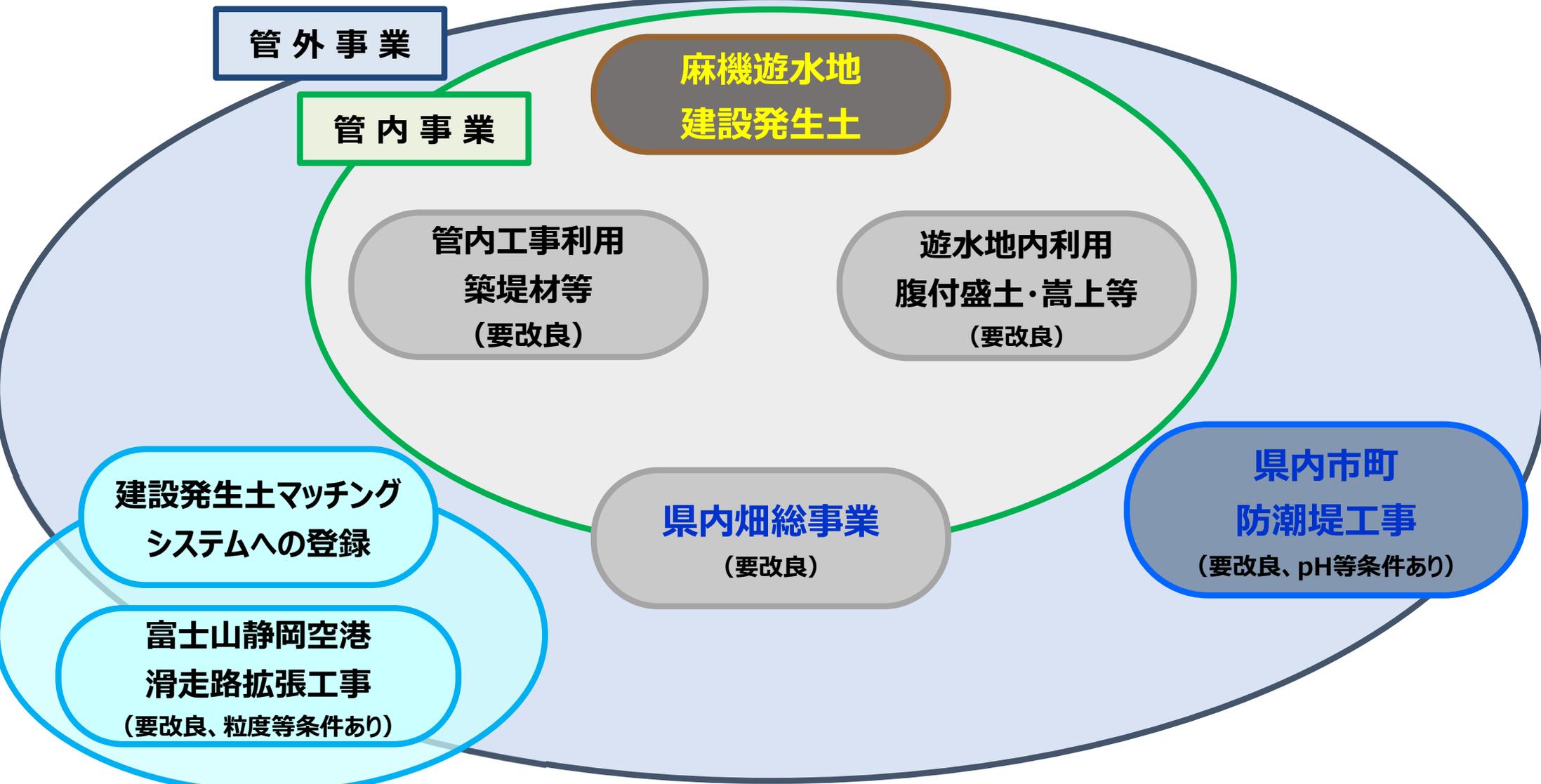


図 有効活用先検討イメージ

表 県内市町防潮堤工事 受入れ条件

条件項目	条件詳細
建設発生土の 土質区分	原則第2種以上。ただし、第3種（ コーン指数500kN/m²以上 ）は要相談
最大粒径	300mm以下
有害物質	土壌汚染対策法に基づく土壌溶出量・含有量基準及びダイオキシン類対策特別措置法第7条の規定に基づく環境基準及び静岡県盛土等の規制に関する条例に基づく土砂基準を満たすもの。
土壌酸度	pH=4.0～8.3の範囲内

- 検討の背景
- 検討概要
- 有効活用先の検討
- 土質改良の検討
- おわりに

- 有効活用先候補の示す受入れ条件のクリアに向けた検討が必須。
- 土質改良材による改良、良質土との土砂混合の検討。
- 施工性・経済性を含めた総合検討を実施。

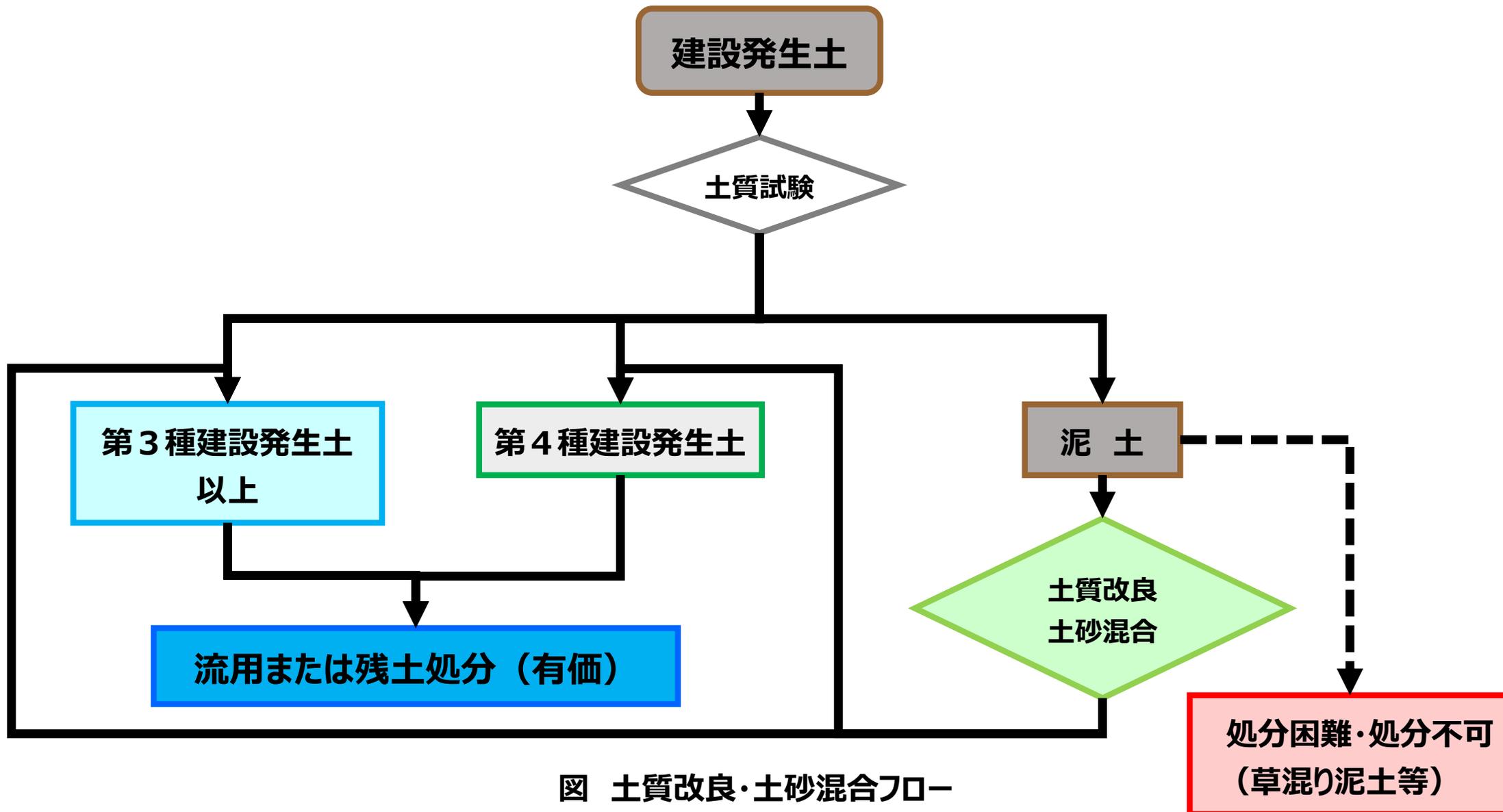


図 土質改良・土砂混合フロー

土質改良の検討～土質改良の検討～

- ・セメント系、石灰系改良材はpHが高くなるため、使用不可。
- ・中性域の改良が可能な改良材の使用を検討。
- ・無機吸水系改良材による改良でpH8.3以下かつ第3種建設発生土相当（コーン指数500以上）が可能である結果が得られた。

表 土質改良・土砂混合検討結果比較表

		案1		案2		案3		案4	
改良・混合		改良・混合なし		改良材添加		改良材添加+土砂混合		土砂混合のみ	
土質改良材		なし		無機吸水系改良材		石灰系改良材+良質土		良質土（5割混合）	
残土処分区分		泥土		3種（改質土）		3種（改良土）		泥土	
受入れ 条件	土質 ^{※1} （コーン指数）	41KN/m2	-	527KN/m2 （養生7日）	○	464KN/m2 （養生28日）	×	47KN/m2	×
	最大粒径 ^{※2}	4.75mm	○	4.75mm	○	75mm	○	75mm	○
	有害物質 ^{※3}	未調査	-	未調査	-	未調査	-	未調査	-
	土壌酸度 ^{※4}	6.93	○	8.3	○	11.1	×	-	-
総合評価		×		○		×		×	

- 発生土の性状が悪く、混合による強度の上昇が見込めない結果となった。
- 高い含水比を下げる効果が少ないことが強度上昇につながらない結果となった。
- 当該発生土に含まれる、草根等を事前に除去する方法がないため、土砂混合前の曝気、事前改良などが必要となる。

表 土質改良・土砂混合検討結果比較表

		案1		案2		案3		案4	
改良・混合		改良・混合なし		改良材添加		改良材添加+土砂混合		土砂混合のみ	
土質改良材		なし		無機吸水系改良材		石灰系改良材+良質土		良質土（5割混合）	
残土処分区分		泥土		3種（改質土）		3種（改良土）		泥土	
受入れ 条件	土質 ^{※1} （コーン指数）	41KN/m2	-	527KN/m2 （養生7日）	○	464KN/m2 （養生28日）	×	47KN/m2	×
	最大粒径 ^{※2}	4.75mm	○	4.75mm	○	75mm	○	75mm	○
	有害物質 ^{※3}	未調査	-	未調査	-	未調査	-	未調査	-
	土壌酸度 ^{※4}	6.93	○	8.3	○	11.1	×	-	-
総合評価		×		○		×		×	

土質改良の検討～総合検討～

- ・ 無機吸水系改良材による土質改良が経済的かつ施工性に優れる結果となった。
- ・ 改良後の残土処分（有価）に比較しても安価となった。

表 流用総合検討比較表（1工区発生土5,800m³当り）

	発生土処分			流用
	改良・混合なし	土質改良	良質土混合	土質改良
残土処分区分 改良土区分	泥土	3種（改質土）	泥土	3種（改質土）
経済性	(86,257,600 円) (1.31)	87,214,600 円 1.33	(143,941,500 円) (2.19)	65,621,200 円 1.00
施工性 (改良)	改良・混合なし -	63m³/日 ○	75m ³ /日 ×	63m³/日 ○
施工性 (運搬・処分)	20 m ³ /日 ○	10 m³/日 △	20 m ³ /日 ○	8.8m³/日・台 △
処分	草混じりの場合処分不可 ×	11000 円/m³ ○	草混じりの場合処分不可 ×	
性状	泥土 ×	3種（改質土） ○	泥土 ×	3種（改質土） ○
総合評価	×	△	×	○

※良質土混合のみ良質土分土量が増加するため、8,700m³(発生土1に対して良質土0.5混合)当りの費用

表 経済比較表（1工区発生土1 m³当り：参考値）

直接工事費（参考） （m ³ 当り）	(14,872 円) (1.31)	15,037 円 1.33	(16,545 円) (1.46)	11,314 円 1.00
----------------------------------	----------------------	--------------------------------	----------------------	--------------------------------

※「改良・混合なし」及び「良質土混合」は草根の除去が難しいため処分不可となる見込みだが、参考値として草の混入がないものとした場合の過程で経済性を算出している。

- 検討の背景
- 検討概要
- 有効活用先の検討
- 土質改良の検討
- おわりに

- 総合検討結果に基づき、試験施工を実施した。
- 改良後の草根除去が当初想定より困難で施工性が悪かった。
- 改良土について、走行試験や防潮堤工事での試験施工を行ったところ、走行性が悪く、受け入れについて合意に至ることができなかった。



写真 土質改良工試験施工・ダンプトラック走行試験状況（第1工区掘削土）

- 令和7年度については、土砂の流用先が確保できなかったため、やむを得ず有価処分にて対応中。
- 将来計画である麻機遊水地2-2工区については、次期河川整備計画への位置づけについて検討中だが、最大で40万m³程度の土砂が発生する見込みとなっている。
(築堤工への流用分約10万m³を含む)
- 将来の事業費軽減や安定した工事実施のためにも、引き続き発生土の処理方法について検討を進めていく必要がある。

表 麻機遊水地における建設発生土の発生見込み量（参考）

発生箇所	発生量(m ³) (見込み)	処理方法等 (見込み)	流用先 (見込み)	搬出予定年度 (見込み)
豊地エリア	50,000	土質改良 または良質土混合	県内市町防潮堤工事 県内畑総事業	R6~R7
第1工区	6,000	土質改良	県内市町防潮堤工事 県内畑総事業	R6~R7
第3工区 (発生土仮置き等)	20,000	改良不要 (3種または4種)	災害復旧工事等 工事用道路・腹付盛土	R6~R7
合計	76,000			
麻機遊水地 2-2工区	約400,000 (築堤工への 流用分含む)			将来計画

- 令和5年度の静岡土木事務所における建設発生土は約17.9万m³
(河道掘削工事・災害復旧工事・災害対策工事)
- 可能な範囲での工事間流用により有効利用率80%は達成。
(ただし、実態は搬出先工事等が少なく、市内中間処理場を経由した市外最終処分場での処分が主たる利用先)

静岡土木事務所における建設発生土の有効活用

- 安倍川水系における河道掘削工事等による発生土は原則として同一流砂系の海岸侵食対策への流用(清水海岸養浜事業)
- スtockヤードを活用した建設発生土の管内工事利用の促進。
- 興津川水系等における河道掘削工事等による発生土は同一流砂系の海岸侵食対策(直轄海岸事業)への有効活用検討を進める。
- 今後も大量の建設発生土が見込まれる麻機遊水地整備においては、積極的な有効活用利用方法検討による有効利用率上昇を目指す。

An aerial photograph showing a town nestled in a valley. A wide river flows through the upper left portion of the image. The town is densely packed with buildings, interspersed with green fields and several ponds. A highway and railway lines cross the town. In the background, there are rolling hills and mountains under a clear sky.

麻機遊水地には多くの動植物が生息しています。
皆様もぜひ一度足を運んでみてください。

ご清聴ありがとうございました

以下のページは参考資料

表 県内畑総事業 受入れ条件

条件項目	条件詳細
建設発生土の土質区分	原則第3種以上。
有害物質	土壌汚染対策法に基づく土壌溶出量・含有量基準及びダイオキシン類対策特別措置法第7条の規定に基づく環境基準及び静岡県盛土等の規制に関する条例に基づく土砂基準を満たすもの。
その他	<ul style="list-style-type: none"> ・木片等の異物混入が極力ない土 ・土壌酸度については、別途土地改良区との調整が必要。 (強アルカリ性の土質改良は受け入れられない可能性が高い)
受入れ可能時期(見込み)	令和7年度以降。(工事用道路整備が完了後)
受入れ土量	全体約25万m ³

試験結果

- 土質改良材（無機吸水系）添加後、7日養生で含水比は約半分に低下、コーン指数は400kN/m²以上（第3種建設発生土相当）

表 建設発生土の物性試験・一軸圧縮試験・コーン指数試験結果

	含水比 (%)	礫分(%)	砂分(%)	細粒分(%)	コーン指数 (kN/m ²)	土壌酸度 pH
		(75mm- 2mm)	(2mm- 75μ)	(-75μ)		
発生土	121.4	4.34	12.50	83.16	41	6.93
改質土	66.5	粒度の変化なし			527	8.3

※改質土の試験値は改良材添加後7日養生時の値
 ※土壌酸度pHのみ30日後の値。7日後で8.6。



写真 土質改良状況（掘削後仮置き・土質改良・仮置き養生状況）

- 1工区での試験施工時に使用した材料は「無機吸水系土質改良材」
- 使用製品は「FTマッドキラー」を使用

- 紙のリサイクル過程で生じる、ペーパースラッジ灰を基材とした土質改良材。
- 無機多孔質で、吸水効果を主体とする物理的な改良材。

【メリット】

- 粘性土・砂質土・腐植土等すべての土質に対応
- セメント系・石灰系固化材と比較してpHが低く、周辺環境への影響が少ない
- 安定処理とは異なるため、繰り返し利用可能
- 処理土に分類され、追添加による強度増加や別途固化材の添加による安定処理も可能

静岡県リサイクル認定製品
県内使用実績多数（土木・農林など）

【適用事例】

- 河川や湖沼の浚渫土処理、地盤改良処理（表層混合）、災害堆積土砂の分別処理

【処理土の利用事例】

- 河川堤防築堤材料としての利用
- 農地嵩上のための盛土材（基盤土）としての利用

表3-1 土質区分基準

区分 (国土交通省令) ⁽¹⁾	細区分 ^{(2), (3), (4)}	コーン 指数 qc ⁽⁵⁾ (kN/m ²)	土質材料の工学的分類 ^{(6), (7)}		備考 ⁽⁸⁾	
			大分類	中分類 土質 {記号}	含水比 (地山) w _s (%)	掘削 方法
第1種建設発生土 (砂、礫及びこれらに準ずるもの)	第1種	-	礫質土	礫 {G} 砂礫 {GS}	-	*排水に考慮するが、降水、浸出地下水等により含水比が増加すると予想される場合は、1ランク下の土質区分とする。 *水中掘削等による場合は、2ランク下の土質区分とする。
			砂質土	砂 {S} 礫質砂 {SG}		
	第1種改良土 ⁽⁹⁾	人工材料	改良土 {I}	-		
第2種建設発生土 (砂質土、礫質土及びこれらに準ずるもの)	第2 a種	800 以上	礫質土	細粒分まじり礫 {GF}	-	
	第2 b種		砂質土	細粒分まじり砂 {SF}	-	
	第2種改良土		人工材料	改良土 {I}	-	
第3種建設発生土 (通常の施工性が確保される粘性土及びこれに準ずるもの)	第3 a種	400 以上	砂質土	細粒分まじり砂 {SF}	-	
	第3 b種		粘性土	シルト {M}、粘土 {C}	40%程度	
			火山灰質粘性土	火山灰質粘性土 {V}	-	
第3種改良土	人工材料	改良土 {I}	-			
第4種建設発生土 (粘性土及びこれに準ずるもの (第3種発生土を除く))	第4 a種	200 以上	砂質土	細粒分まじり砂 {SF}	-	
	第4 b種		粘性土	シルト {M}、粘土 {C}	40~80%程度	
			火山灰質粘性土	火山灰質粘性土 {V}	-	
			有機質土	有機質土 {O}	40~80%程度	
第4種改良土	人工材料	改良土 {I}	-			
泥土 ^{(1), (9)}	泥土 a	200 未満	砂質土	細粒分まじり砂 {SF}	-	
	泥土 b		粘性土	シルト {M}、粘土 {C}	80%程度以上	
			火山灰質粘性土	火山灰質粘性土 {V}	-	
			有機質土	有機質土 {O}	80%程度以上	
泥土 c	高有機質土	高有機質土 {Pt}	-			

表 土質改良・土砂混合検討結果比較表

		案1		案2		案3		案4	
改良・混合		改良・混合なし		改良材添加		改良材添加+土砂混合		土砂混合のみ	
添加材料	材料名	なし		FTマッドキラー		ソリッドライム		なし	
	添加量			50kg/m3		70kg/m3			
混合材	材料名	なし		なし		良質土混合		良質土混合	
	採取地					巴川中流浚渫土 (北脇新田)		巴川中流浚渫土 (北脇新田)	
	配合量					5割		5割	
残土処分区分		泥土		3種(改質土)		3種(改良土)		泥土	
受入れ条件	土質 ^{※1} (コーン指数)	41KN/m2	-	527KN/m2 (養生7日)	○	464KN/m2 (養生28日)	×	47KN/m2	×
	最大粒径 ^{※2}	4.75mm	○	4.75mm	○	75mm	○	75mm	○
	有害物質 ^{※3}	未調査	-	未調査	-	未調査	-	未調査	-
	土壌酸度 ^{※4}	6.93	○	8.3	○	11.1	×	-	-
総合評価		×		○		×		×	

※1：原則第2種以上。ただし、第3種（コーン指数500kN/m2以上）は要相談

※2：最大粒径300mm以下

※3：土壌汚染対策法に基づく土壌溶出量・含有量基準及びダイオキシン類対策特別措置法第7条の規定に基づく環境基準及び静岡県盛土等の規制に関する条例に基づく土砂基準を満たすもの。

※4：pH=4.0～8.3の範囲内

表 土質改良・土砂混合検討結果比較表

		案1		案2		案3		案4	
改良・混合		改良・混合なし		改良材添加		改良材添加+土砂混合		土砂混合のみ	
添加材料	材料名	なし		FTマッドキラー		ソリッドライム		なし	
	添加量			50kg/m3		70kg/m3			
混合材	材料名	なし		なし		良質土混合		良質土混合	
	採取地					巴川中流浚渫土 (北脇新田)		巴川中流浚渫土 (北脇新田)	
	配合量					5割		5割	
残土処分区分		泥土		3種(改質土)		3種(改良土)		泥土	
受入れ条件	土質 ^{※1} (コーン指数)	41KN/m2	-	527KN/m2 (養生7日)	○	464KN/m2 (養生28日)	×	47KN/m2	×
	最大粒径 ^{※2}	4.75mm	○	4.75mm	○	75mm	○	75mm	○
	有害物質 ^{※3}	未調査	-	未調査	-	未調査	-	未調査	-
	土壌酸度 ^{※4}	6.93	○	8.3	○	11.1	×	-	-
総合評価		×		○		×		×	

※1：原則第2種以上。ただし、第3種（コーン指数500kN/m2以上）は要相談

※2：最大粒径300mm以下

※3：土壌汚染対策法に基づく土壌溶出量・含有量基準及びダイオキシン類対策特別措置法第7条の規定に基づく環境基準及び静岡県盛土等の規制に関する条例に基づく土砂基準を満たすもの。

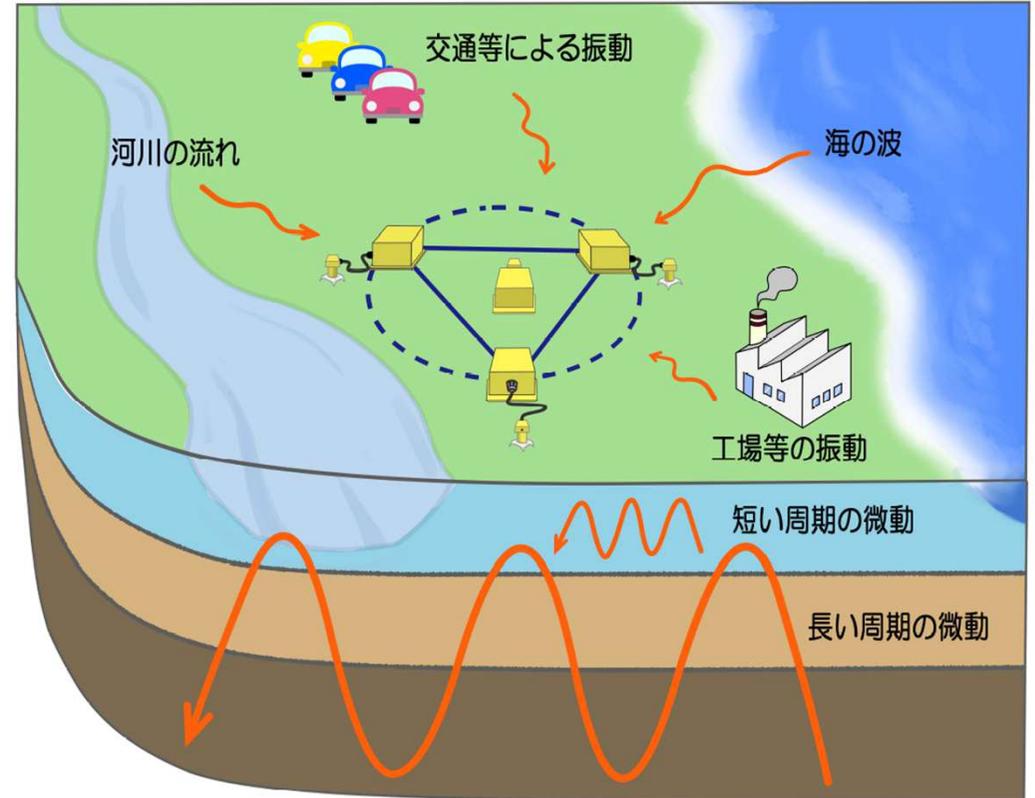
※4：pH=4.0～8.3の範囲内

微動アレイ探査による 地下構造の推定について

株式会社 ジーベック浜松支社 日野太貴

微動アレイ探査とは

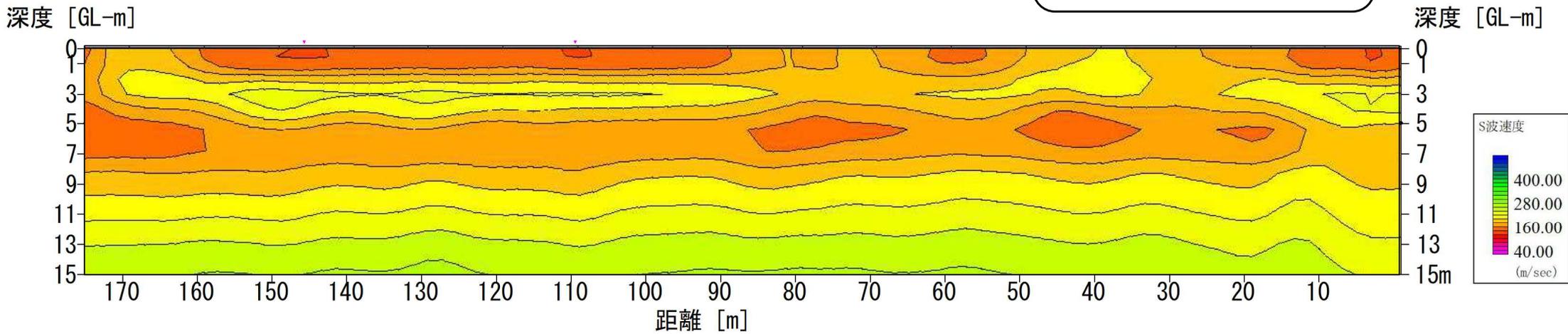
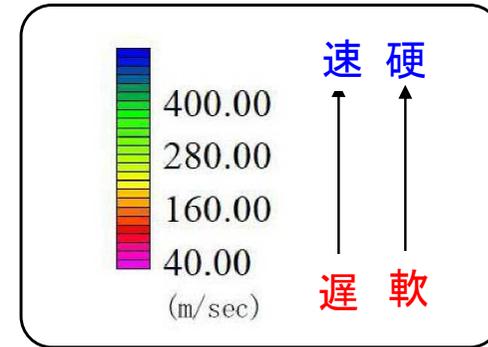
- 地盤の硬軟や層厚を“非破壊”で把握できる探査方法
- 風・波浪・交通などによる“常時微動”を利用
- 常時微動に含まれる表面波からS波速度構造を推定
- S波速度構造から地盤の硬軟・層境界・支持層の概略を把握



微動アレイ探査用データロガー
(応用地質(株)製: McSEIS-AT)

S波速度構造とは

- S波速度が速いほど地盤が硬く、遅いほど地盤は軟らかい



微動アレイ探査と表面波探査の比較

1. 起振方法

- 表面波探査…カケヤ等で人工的に起振
- 微動アレイ探査…常時微動を利用

微動アレイ探査は表面波探査と比較して
⇒作業負担が軽減される



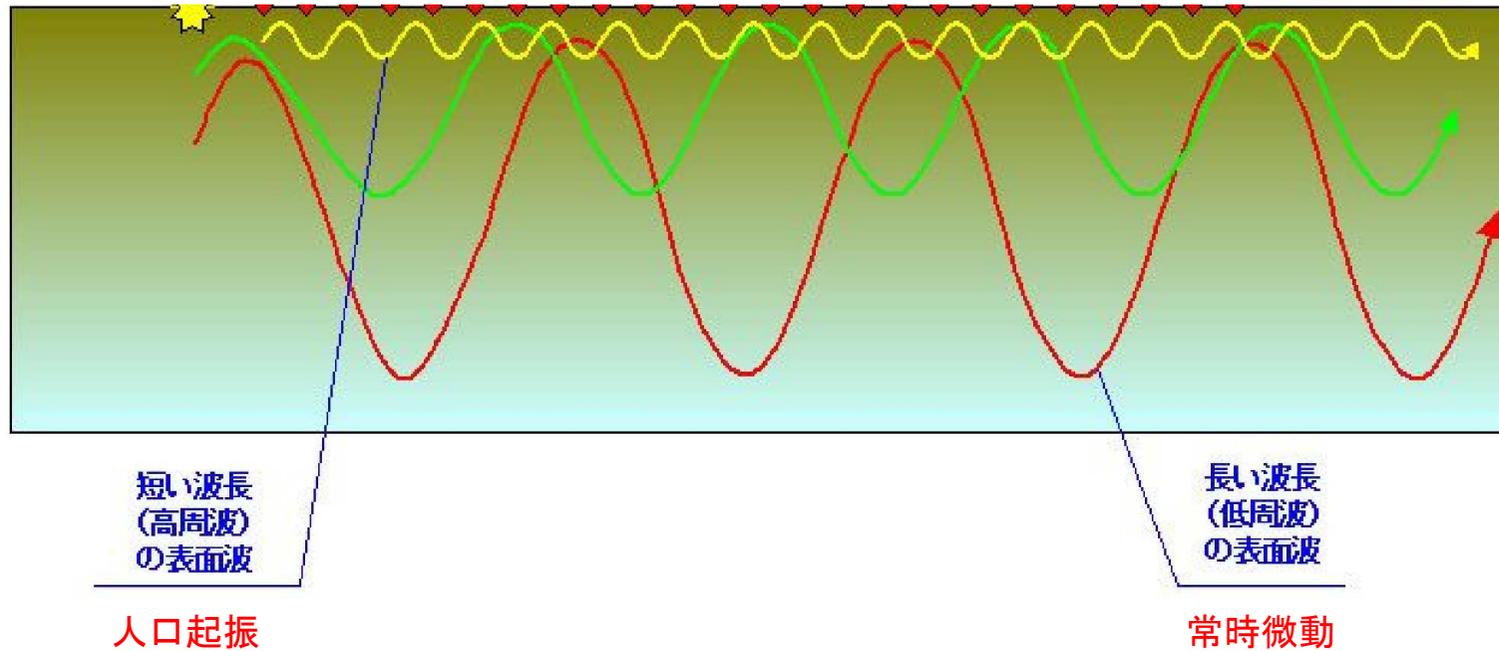
微動アレイ探査



表面波探査

微動アレイ探査と表面波探査の比較

2. 探査深度



- 人口起振は短い波長→浅い深度を反映
- 自然の振動は長い波長→深い深度を反映

微動アレイ探査と表面波探査の比較

2. 探査深度

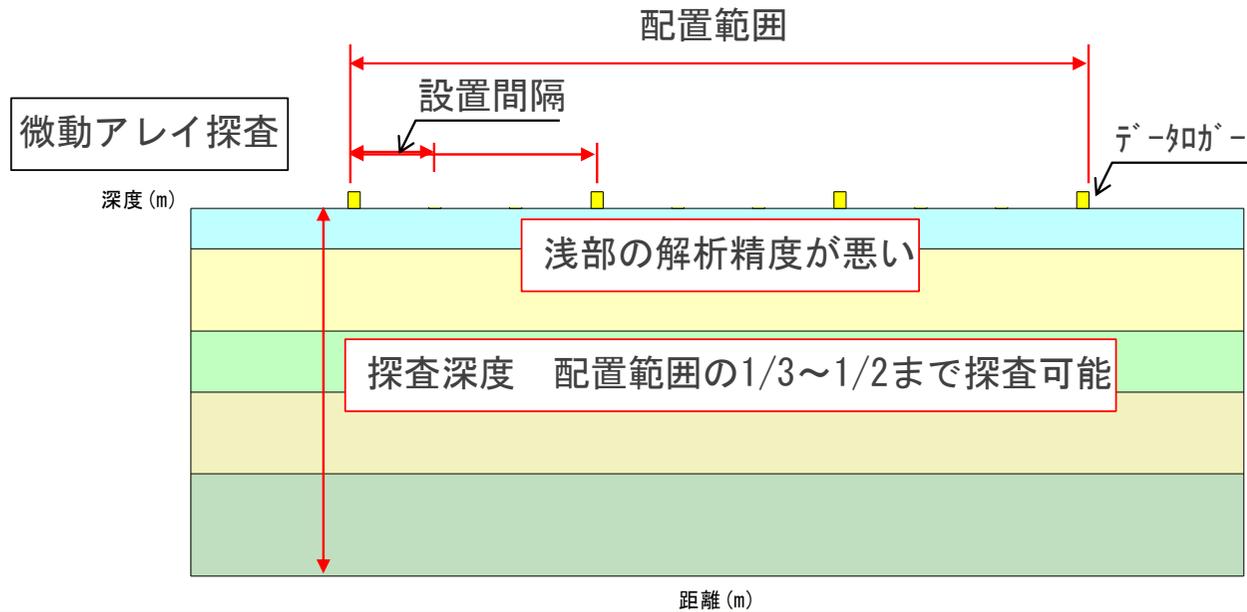
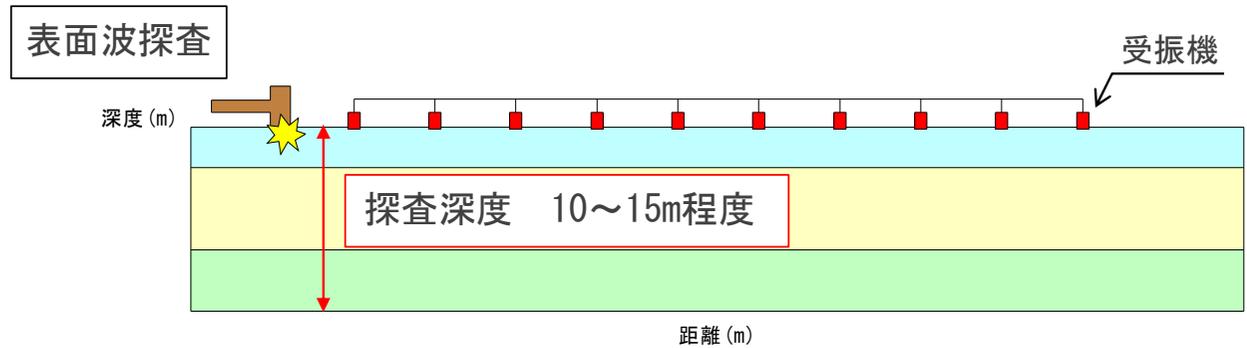
■ 表面波探査…探査深度10～15m程度

■ 微動アレイ探査…配置範囲に依存

例：配置範囲100mの場合、
探査深度50m程度

ただし、データロガーの設置間隔が
広がるほど、浅部の解析精度が悪く
なる

⇒ 表面波探査は浅部の解析精度が
高く、微動アレイ探査は深部の
解析精度が高い



微動アレイ探査の特徴のまとめ

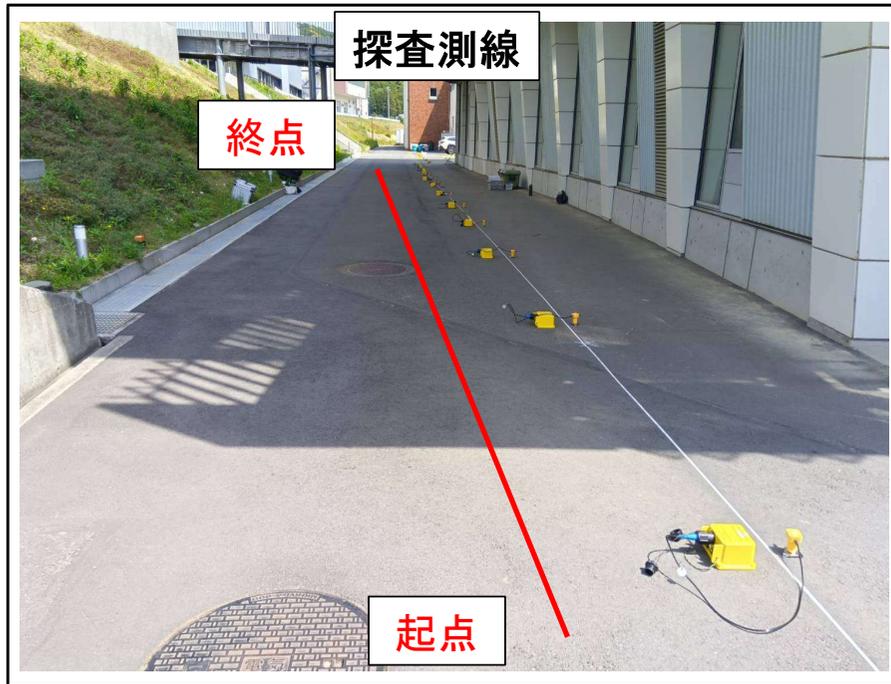
- 非破壊で地盤の硬軟・層厚を概略的に把握
- 配置範囲に応じて、深部構造まで推定可能
- 設置だけで測定でき、作業負担が軽い

2. 調査実例

実際の探査実例を検証し、
深部の地層に対する微動アレイ探査の有効性を検討する。

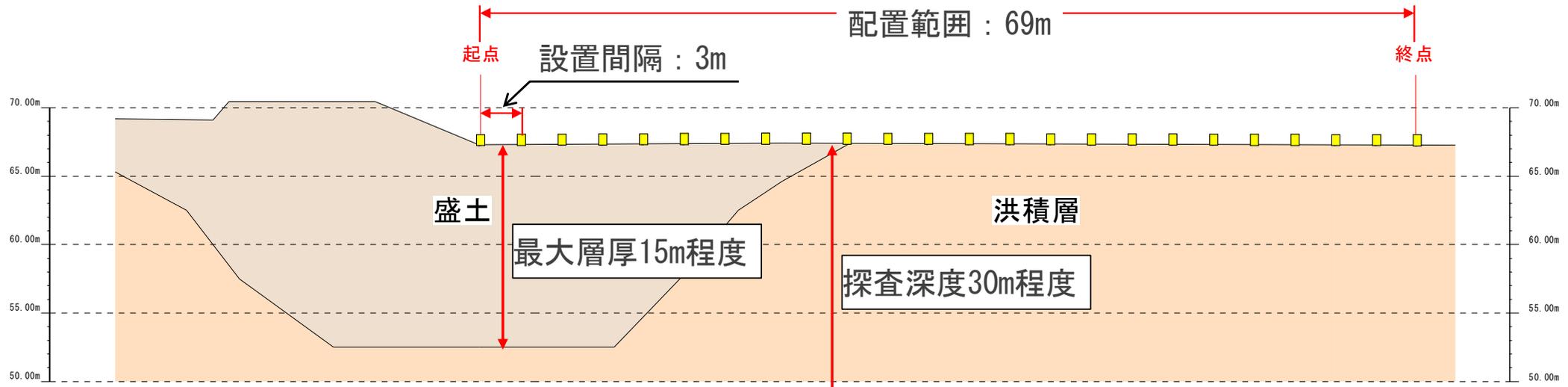
調査場所の概要

- 調査地は丘陵地を造成した平坦地
- 周囲に開析谷が発達し、起伏に富む地形
- 盛土と洪積層が混在する地層構成

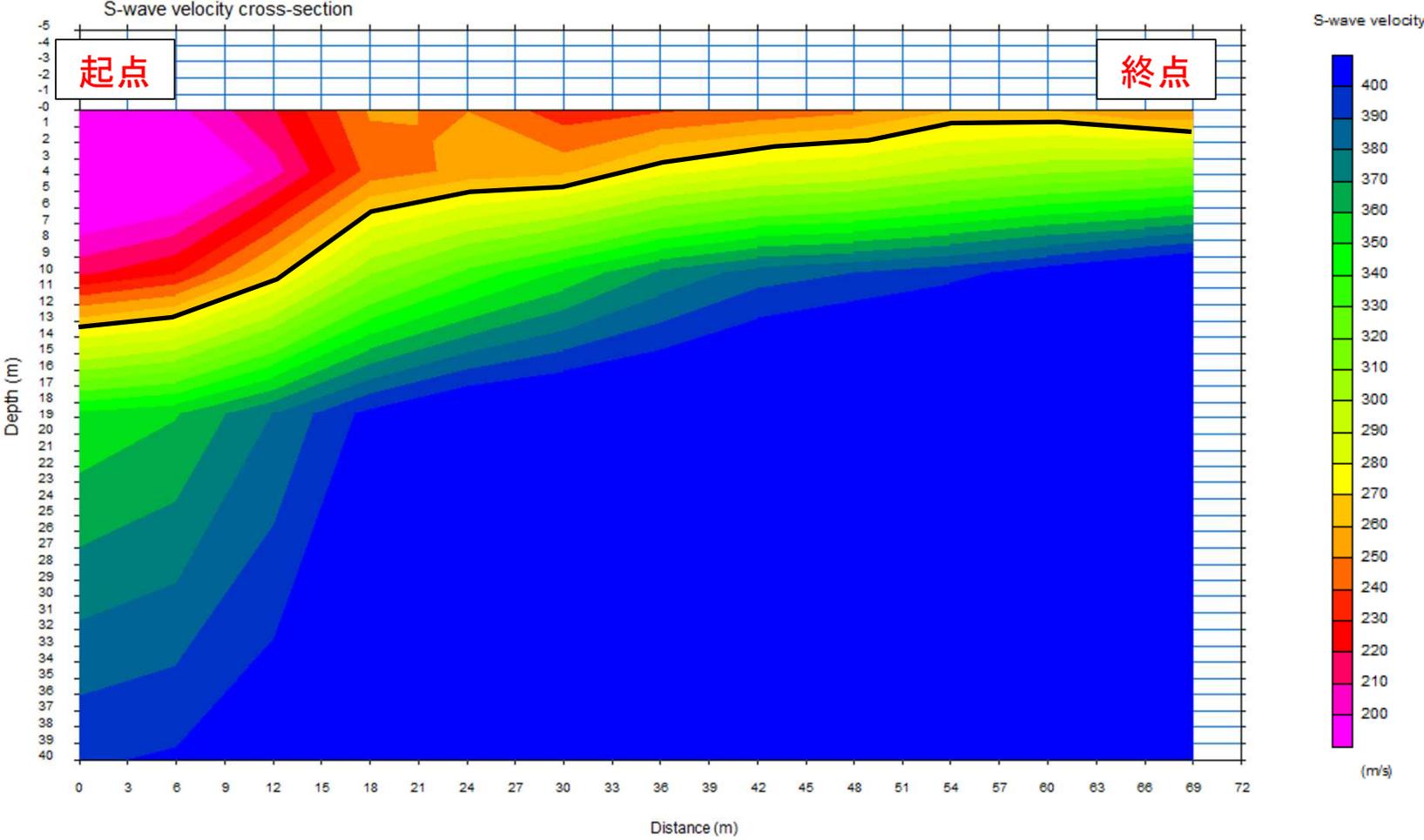


微動アレイ探査の目的・設定条件

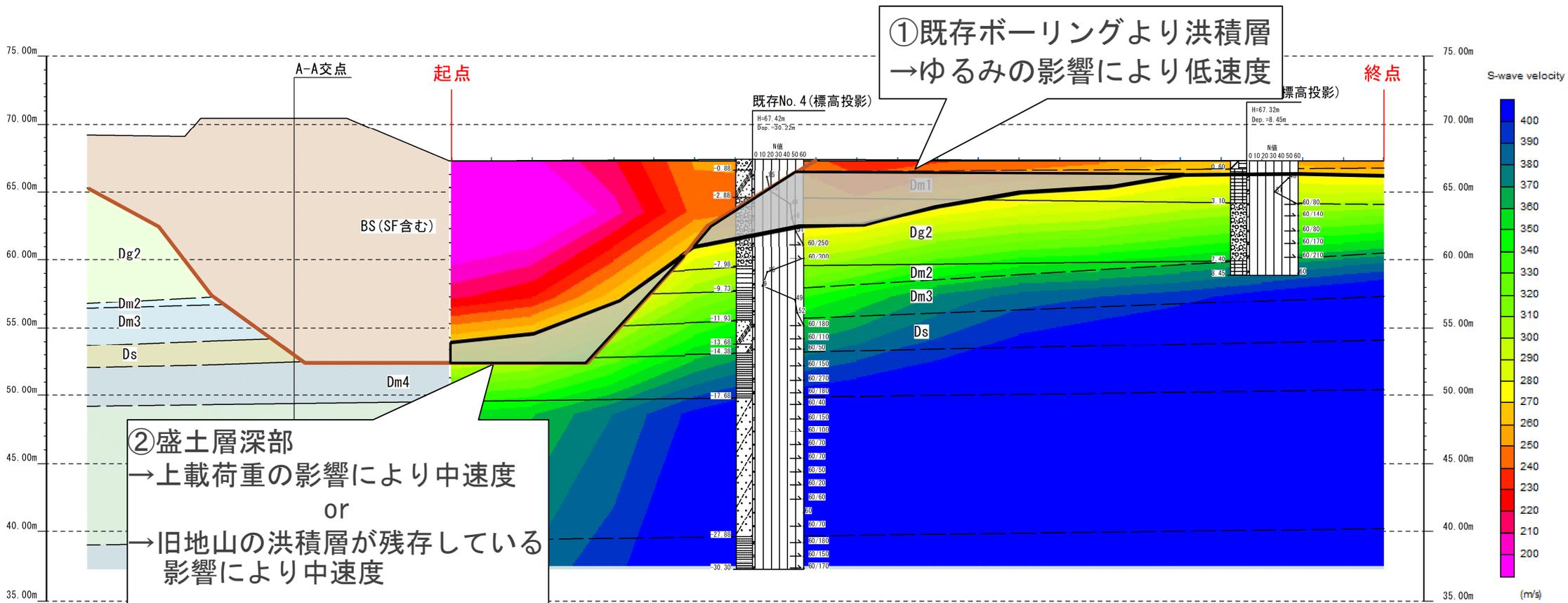
- 目的：盛土層に埋没している洪積層の分布状況を把握



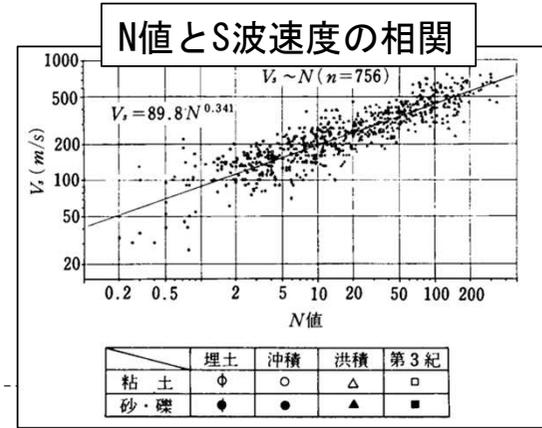
微動アレイ探査の結果



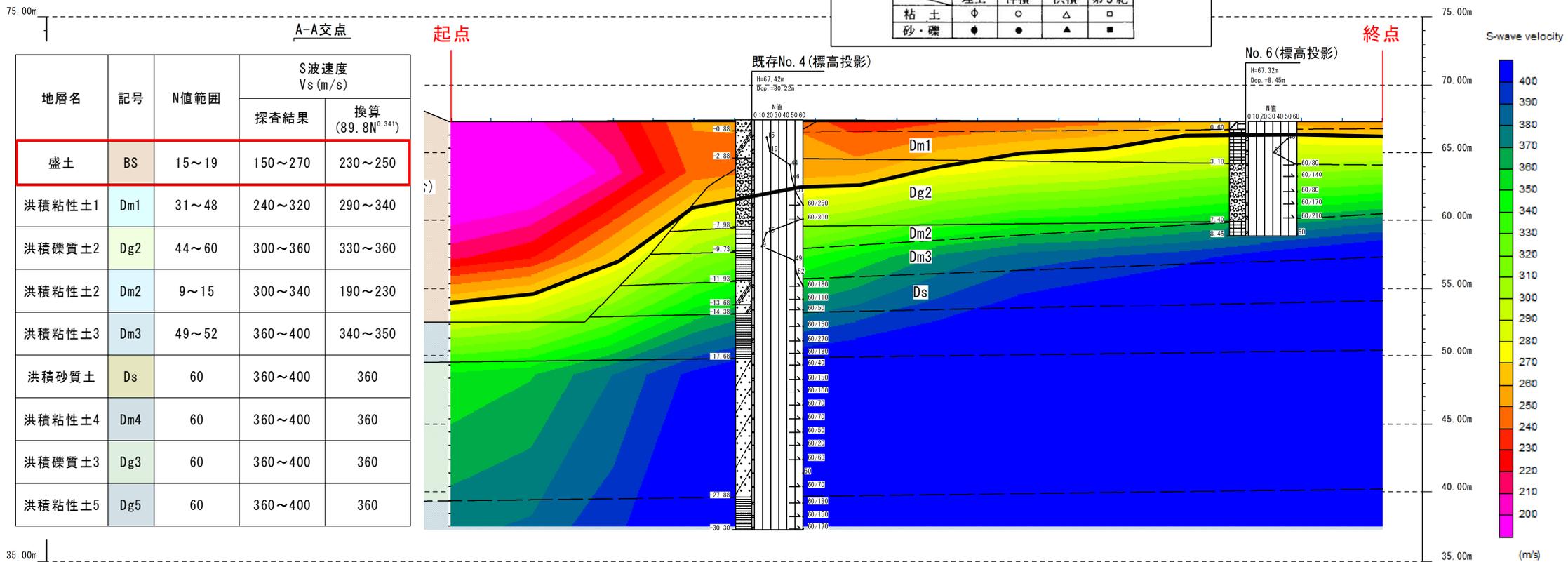
既存ボーリング結果との比較



既存ボーリング結果との比較



「建設・防災技術者のための
物理探査」 森北出版(株)



3. まとめ

■微動アレイ探査の有効性

既存ボーリングから推定された地盤構造と同様の傾向を確認できた

→表面波探査では把握が困難な深部（洪積層）の分布や傾斜を捉えることが可能。

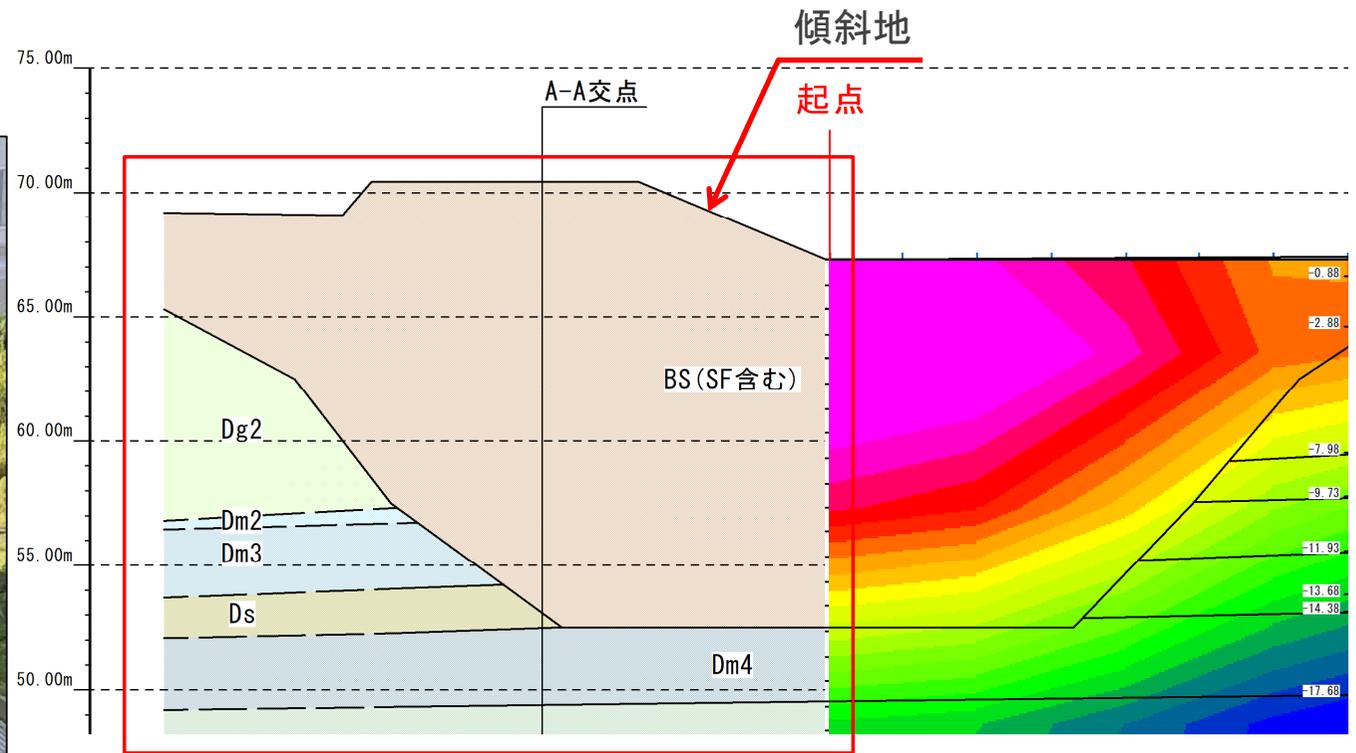
■適用性の確認

土質が類似する場合でも、強度差があれば速度差として識別できる。

→造成地の地盤構造を非破壊で評価できる有効な手法。

4. 今後の課題

- 現状、傾斜地での探査事例は少なく、解析方法や精度の確立が課題。



ご清聴ありがとうございました