（一）静岡焼津線・浜当目トンネルについて



静岡県交通基盤部建設経済局工事検査課・検査監 宮本 武

（一）静岡焼津線・浜当目トンネルについて

＜ 目 次 ＞

1. 発見・発災、これまでの振り返り ・・・P２
2. 調査・観測の状況について ・・・P15
3. トンネル変状のメカニズムについて ・・・P45
4. 交通開放に向けた対策について ・・・P53

1．発見・発災、これまでの振り返り



1．発見・発災、これまでの振り返り



R6.3.17：崩壊前

1．発見・発災、これまでの振り返り



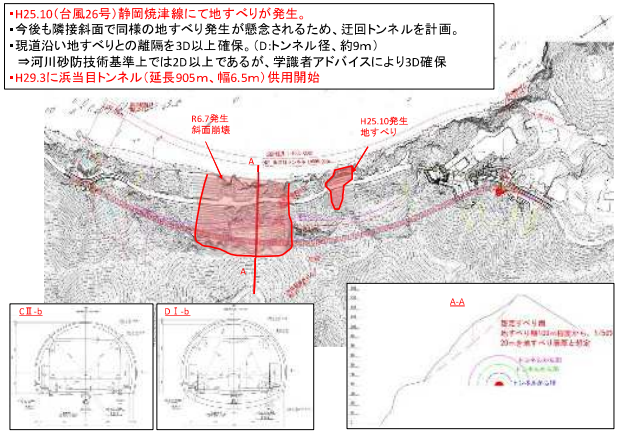
1．発見・発災、これまでの振り返り



県道静岡焼津線「浜当目トンネル」の建設概要

トンネル建設時における設計等について

- H25.10（台風26号）静岡焼津線にて地すべりが発生。
- 今後も隣接斜面で同様の地すべり発生が懸念されるため、迂回トンネルを計画。
- 現道沿い地すべりとの離隔を3D以上確保。（D:トンネル径、約9m）
  ⇒河川砂防技術基準上では2D以上であるが、学識者アドバイスにより3D確保
- H29.3に浜当目トンネル（延長905m、幅6.5m）供用開始



県道静岡焼津線「浜当目トンネル」変状と斜面崩壊の経緯

トンネル変状及び斜面崩壊の経緯について

＜浜当目トンネル変状発生及び緊急対応経緯＞

① 4月14日（日）の朝、道路利用者からのメール情報で浜当目トンネルのS32の海側側壁にうき・はく離、はく落が発生していると通報。
② 4月15日（月）、緊急措置として小規模業務業者（新井工業）により剥離部の取り落とし作業が実施された。
③ 4月16日（火）、島田土木事務所により吹付けの前期確認調査が実施され、目視監視による計測が続けられている（1回/日）。
④ 4月18日（木）、19日（金）に（株）長大で緊急点検（その1）、静岡県、施工総研による現地確認を実施。4/26に静岡県、施工総研、（株）長大で緊急点検結果の打合せを実施。変状部にFRPメッシュシートTを応急処置。
⑤ 4月19日にS24-25側側のうき・はく離を確認し、メッシュシートを施工した。
⑥ S32-S33側側のうき・はく離等（2.0m～2.8m）の側壁崩壊のための緊急対策工案（当て板工）を計画し、小規模工事で実施。
⑦ 5月8日（水）～5月10日（金）に（株）長大で緊急点検（その2）を実施。明確な変状が認められない残り区間の点検、ひび割れ深さ確認、データ蓄積型自動ひび割れ計キャト、まで実施。
⑧ 6月5日（木）、施工総研にて打合せ。変状特定のための今後の方針について協議。
⑨ 6月11日（火）、6月20日（木）に、現地で変状の進行を確認したため、応急措置を実施。
⑩ 海側斜面に崩壊発生（7月1日夜間の可能性あり）⇒ 7月2日に静岡市経由で通報
⑪ 7月8日（月）施工総研真下所長現場視察。
⑫ 7月9日（火）静岡大学今泉教授現場視察。



斜面崩壊全景（R6.7.3撮影）　4月26日　S32当て板工の状況　6月11日に天端のひび割れ（S-24）に対してメッシュシートを施工

令和6年4月14日（日）の朝、利用者からのメール情報
浜当目トンネルのS32の海側側壁に浮きやはく離、はく落が発生







県道静岡焼津線「浜当目トンネル」変状と斜面崩壊の経緯

2.トンネル変状及び斜面崩壊の状況について

<浜当目トンネル変状発生及び緊急対応経緯>

① 4月14日（日）の朝、利用者からのメール情報で浜当目トンネルのS32の海側舗装にうき・はく離、はく落が発生していると通報。

② 4月15日（月）、緊急措置として小規模業務業者（新井工業）により剥離部の切り落とし作業が実施された。

③ 4月16日（火）、島田土木事務所によりひび割れの初期値計測が実施され、日常監視による計測が続けられている（1回/日）。

④ 4月18日（木）、19日（金）に（株）共大で緊急点検（その1）、静岡県、施工能研、（株）共大で緊急点検結果の打合せを実施。変状箇所にFRPメッシュシート工を応急実施。

⑤ 4月19日にS24-25海側のうき・はく離を確認し、メッシュシートを施工した。

⑥ S32-S33海側のうき・はく離箇（2.0m～2.8m）の側溝落止のための緊急対策工案（当て板工）を計画し、小型機工事で実施。

⑦ 5月8日（火）～5月10日（金）に（株）共大で緊急点検（その2）を実施。明確な変状が認められない残り区間の点検、ひび割れ測点確認、データ管理区自動ひび割れ計マト、まで実施。

⑧ 6月5日（水）、施工能研にて打合せ。変状特定のための今後の方針について協議。

⑨ 6月11日（火）、6月20日（木）に、現地で変状の進行を確認したため、応急措置を実施。

⑩ 大唐海岸の斜面に崩壊発生（7月1日夜間の可能性あり）→ 7月2日に焼津市経由で通報（4枚の写真）

⑪ 7月8日（月）施工能研高下所長現場視察。

⑫ 7月9日（火）静岡大学今泉教授現場視察。



斜面崩壊全景（R6.7.3撮影）

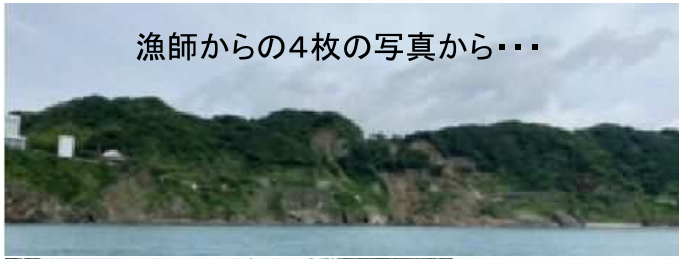


4月26日　S32当て板工の状況



6月11日に天端のひび割れ(S-24)に対してメッシュシートを施工

漁師からの4枚の写真から･･･





【経過】
7/2(火)9:25 焼津市土木管理課より受電
・旧道が崩壊しているようだ。(漁業関係者より通報)
7/2(火)11:52 焼津市土木管理課より写真受信

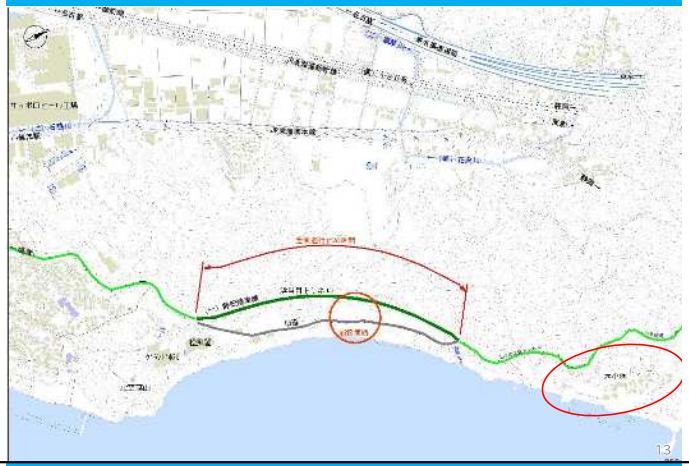
4枚の写真から位置を想定（7/2作成）



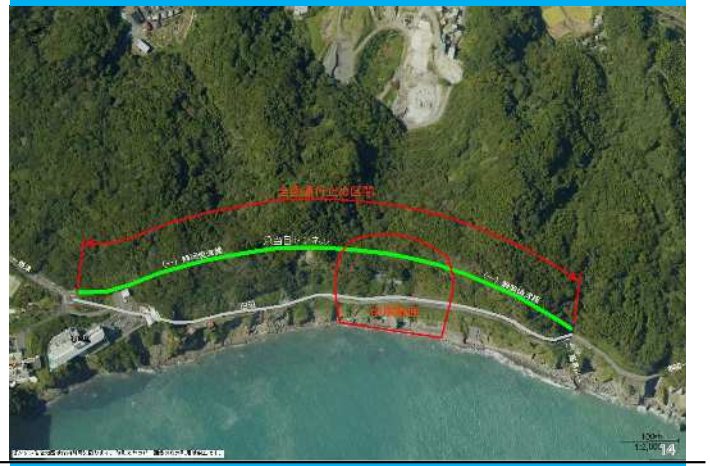
4枚の写真から位置を想定（7/2作成）



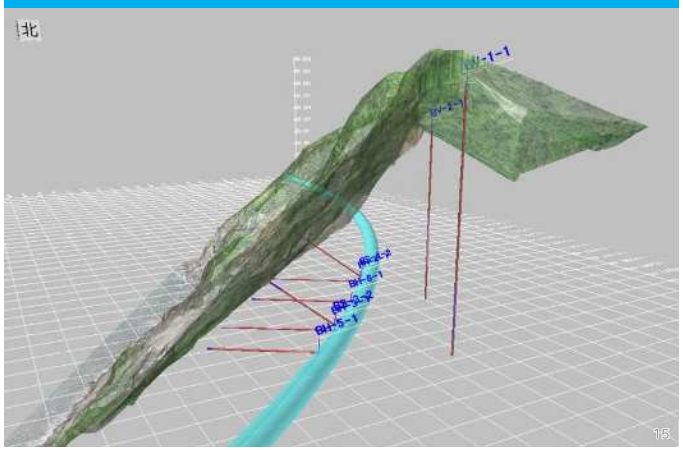
令和6年7月2日　20:45～当面の間



令和6年7月2日　20:45～当面の間



2. 調査・観測の状況について



2. 斜面崩壊の状況_(地すべり範囲の確定:第5回検討会)

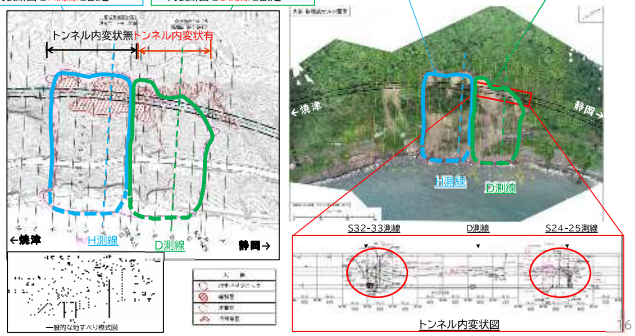
■ 斜面状況から、地すべりブロックとしては、地質構造等の弱面を起因として、土塊が一体となって剛体的に運動した【地すべりブロック】と、突発的に土塊(斜面の一部)が崩壊に近い状況で運動した【崩壊性地すべりブロック】の2つに分かれており、各ブロックを**地すべり範囲と特定**

頭部に馬蹄形上の滑落崖及び緩斜面を持つ地すべり地形（地すべりブロック）→代表断面をH測線と設定

頭部に滑落崖が確認される崩壊地形（崩壊性地すべりブロック）→代表断面をD測線と設定

表層が乱されていないことから地すべり変動と推定

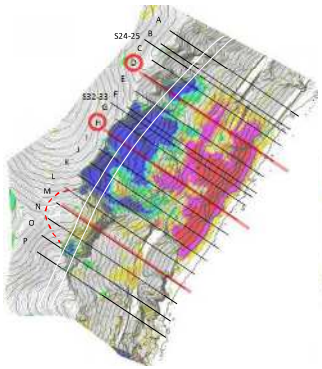
表層が乱されていることから崩壊性地すべりと推定



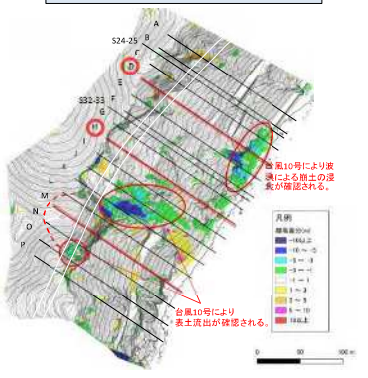
2. 地表部の調査状況_点群データ差分解析(平面図)

○結果：台風10号において、斜面内で表土流出が確認されたが、大きな地形変化は確認されなかった。
○考察：継続的な大きな地山の変動は発生していないと考えられる。

差分解析図(2021年と2024/9/4)



差分解析図(2024/7/3と2024/9/4)



※色分けは１ｍ単位での変化を表しており大きな変状を拾っている。

2. 地表部の調査状況_点群データ差分解析（平面図）

令和6年7月3日（撮影）　令和6年9月4日（撮影）



2. 地表部の調査状況_点群データ差分解析図

○結果：台風10号において、斜面内で表土流出が確認されたが、大きな地形変化は確認されなかった。
○考察：継続的な大きな地山の変動は発生していないと考えられる。

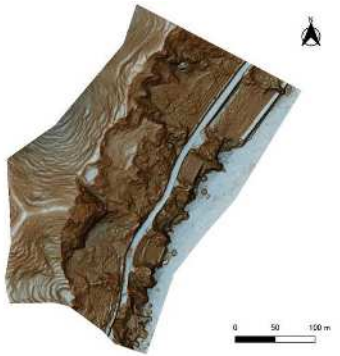
静岡県オープンデータ_2021年計測　2024年7月3日計測　2024年9月4日計測



崩壊前　崩壊後　台風10号通過後

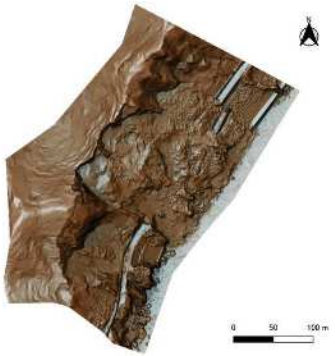
2. 地表部の調査状況_点群データ差分解析（平面図）

静岡県オープンデータ_2021年計測



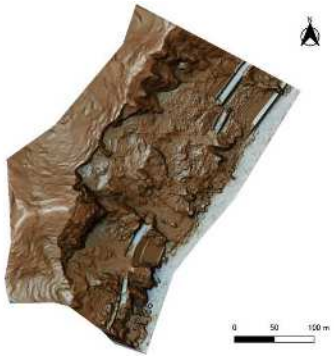
2. 地表部の調査状況_点群データ差分解析（平面図）

2024年7月3日計測



2. 地表部の調査状況_点群データ差分解析（平面図）

2024年9月4日計測



2. 地表部の調査状況_（海上からの写真）令和6年7月19日



2. 地表部の調査写真





2. 地すべり等の観測の状況について　観測結果の考察

■ トンネル前後区間含め、斜面に顕著な変状は観測されていないが、大雨時にすべり面に累積変動が確認された

＜観測状況＞※観測箇所については　観測箇所図　参照

観測項目	観測頻度	令和7年11月17日から令和8年7月9日までの状況
時系列干渉SAR解析	3-4回/年	ALOS-2は観測シナリオが変更となったためデータ取得不可。 今後はALOS-4（後継）のデータを用いた解析実施。
坑内亀裂変位（ひび割れ）観測	対策工事に伴い4月下旬から観測休止中	顕著な変状無し
トンネル内空変位観測	対策工事に伴い4月下旬から観測休止中	顕著な変状無し
地盤伸縮計	常時監視（S-1）	顕著な変状無し
地盤傾斜計	常時監視	顕著な変動無し
孔内傾斜計	1回/月	顕著な変動無し
地下水位計	1回/月	顕著な変動無し （降雨に伴う水位上昇が少ない）
パイプひずみ計	BH-4-1、2を除き、対策工事に伴い4月下旬から観測休止中	大雨時にすべり面に軽微な累積変動が確認された

期間		令和8年4月10日	令和8年6月2日～3日
雨量（mm）	連続	113	156
	時間最大	14	30

前回検討委員会（R7.11.17）以降の連続雨量100mm以上（中港観測所）を抽出

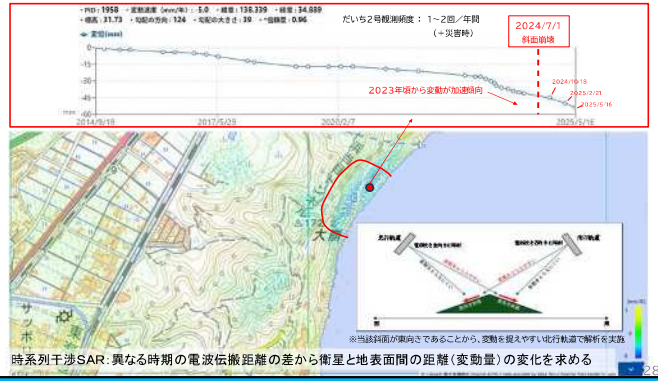
2. 観測の状況について



27

2. 地すべり等の観測の状況について　時系列干渉SAR解析

- 崩壊斜面は、2024年7月1日の崩壊発生以降、SAR衛星だいち2号（ALOS-2）の北行軌道により、3回観測されている
- 崩壊斜面では、継続的な変動傾向が確認されており、2023年頃から変動が加速傾向であった
- 隣接斜面では、顕著な変動傾向は確認されていない
- 令和8年3月にALOS-2の基本観測シナリオが変更となったことから、今後は、後継であるALOS-4による観測データを用いた解析を実施していく

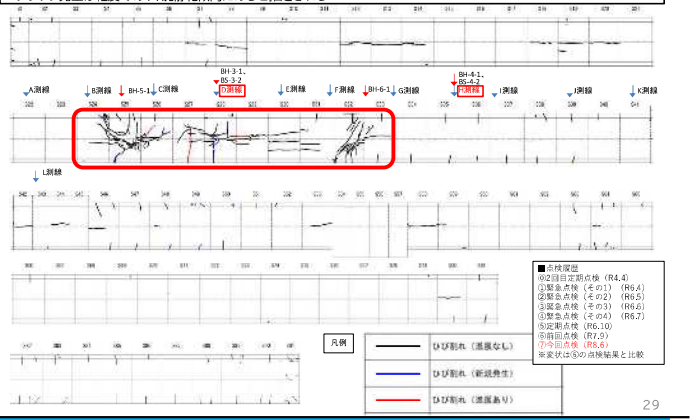


時系列干渉SAR：異なる時期の電波伝搬距離の差から衛星と地表面間の距離（変動量）の変化を求める

28

2. 地すべり等の観測の状況について　坑内亀裂変状分布調査

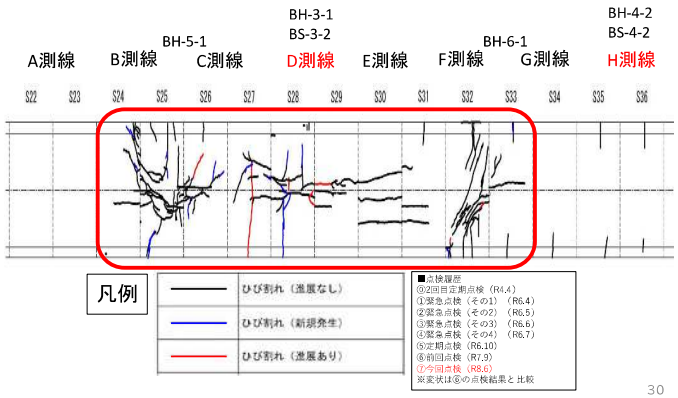
- 変状の進行性を確認するために、トンネル全線の点検（R8.6）を実施
- 前回点検（R7.9）の結果を比較
- クラック発生は軽度であり、沈静化傾向にあると推定される



29

2. 地すべり等の観測の状況について　坑内亀裂変状分布調査

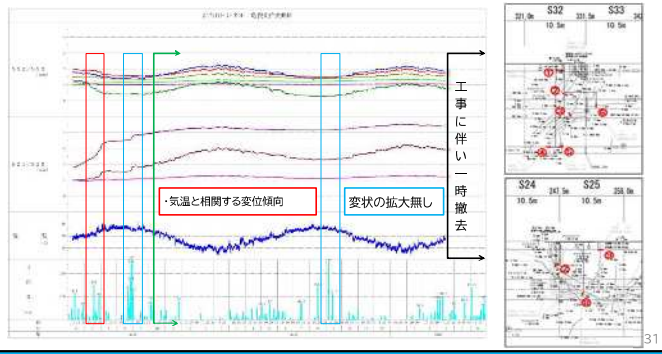
- 変状の進行性を確認するために、トンネル全線の点検（R8.6）を実施
- 前回点検（R7.9）の結果を比較
- クラック発生は軽度であり、沈静化傾向にあると推定される



30

2. 地すべり等の観測の状況について　坑内亀裂変位（ひび割れ）の観測結果

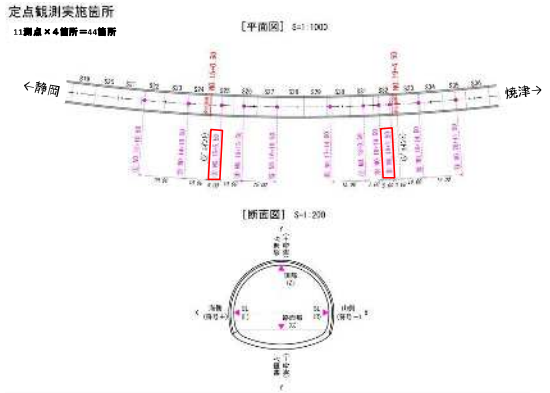
- 結果 ： これまで、トンネル坑内の亀裂変位（ひび割れ）は、異常なひび割れ等は発生していない
- 考察 ： (1)斜面崩落（□）：斜面崩落前後でひび割れ幅が0.1～0.2mm変動が生じており、斜面変動との関連性があると考えられる。
  (2)降雨　（□）：多量の降雨時にはひび割れの変動が確認されることから、降雨との関連性があると考えられるが、2025年9月上旬の247mmの降雨では変位は確認されていない。
  (3)温度変化（□）：10月10日以降は気温の変化によりコンクリートが膨張・収縮し、ひび割れ幅が変化したと推察されるため、斜面変動等によるものではないと考えられる。



31

2. 地すべり等の観測の状況について　トンネル内定点観測結果

- 結果：トンネル内定点観測では、軽微な変動は確認されたが、顕著な変動は発生していない
- 考察：累積性がある変動は確認されていないことから、継続的な大きなトンネルの変動は発生していない

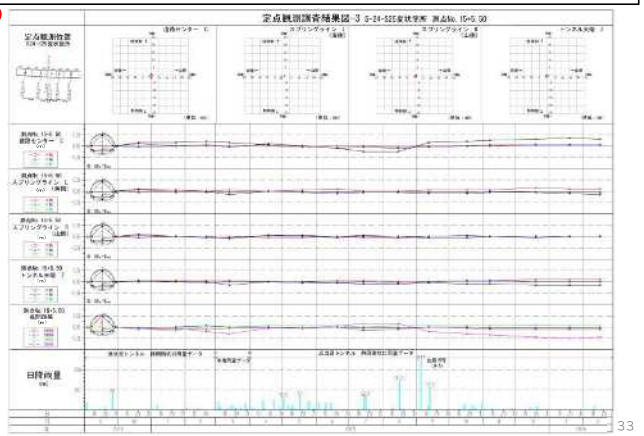


32

2. 地すべり等の観測の状況について　トンネル内定点観測結果（静岡側）

- 結果：トンネル内定点観測では、軽微な変動は確認されたが、顕著な変動は発生していない

③
D

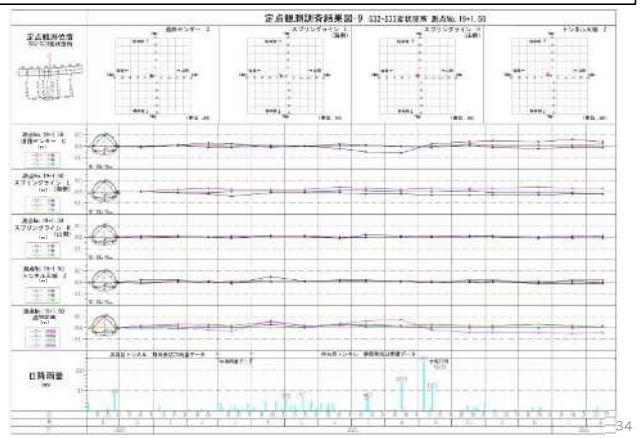


33

2. 地すべり等の観測の状況について　トンネル内定点観測結果（焼津側）

- 結果：トンネル内定点観測では、軽微な変動は確認されたが、顕著な変動は発生していない

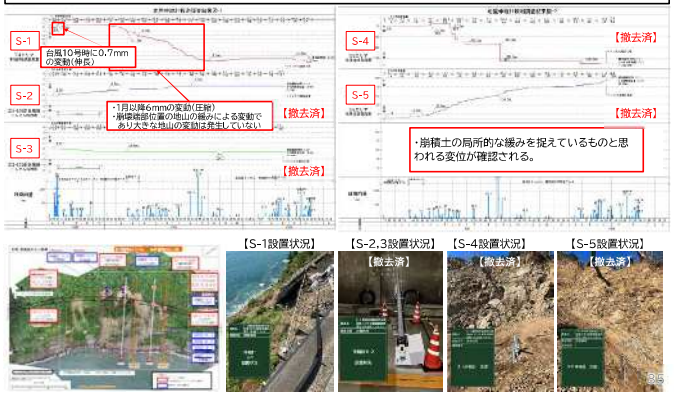
⑨
H



34

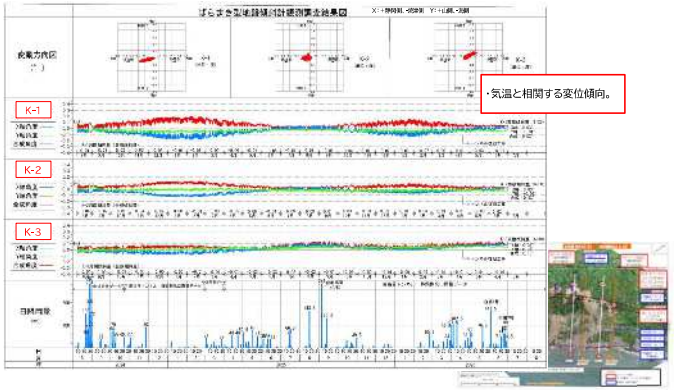
2. 地すべり等の観測の状況について　地盤伸縮計の観測結果

- 結果：崩壊地内は、地盤伸縮計（S-1）において台風10号時（R6.8.21～9.2）に一時的な変動が観測された
  頭部滑落崖の地盤伸縮計（S-4,5）は軽微な引張変動が観測された
  トンネル内伸縮計（S-2,S-3）の変動は確認されていない
- 考察：崩壊地内は継続的な大きな地山の変動は発生していない

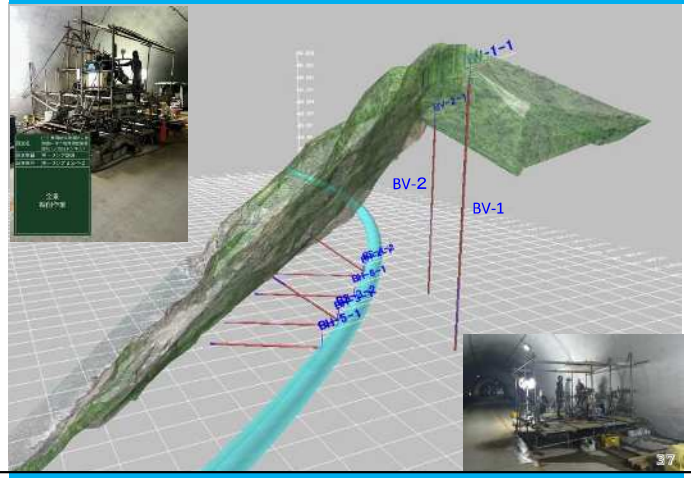


2. 地すべり等の観測の状況について　地盤傾斜計の観測結果

■ 結果：傾斜計(K-1,K-2,K-3)の変動は確認されていない
■ 考察：静岡市側の斜面については安定している

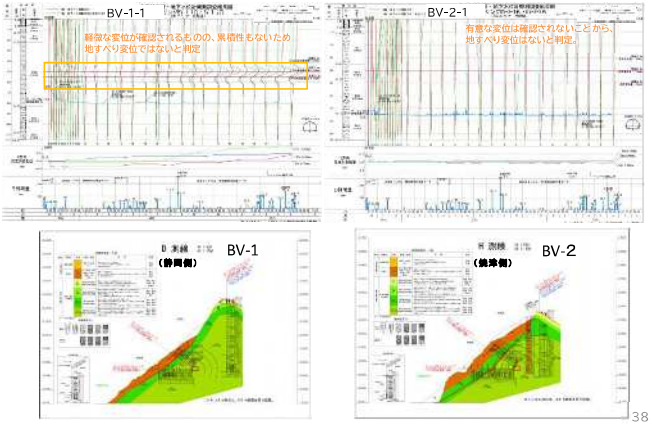


2. 地すべり等の観測の状況について　D測線・H測線(BV-1、BV-2)

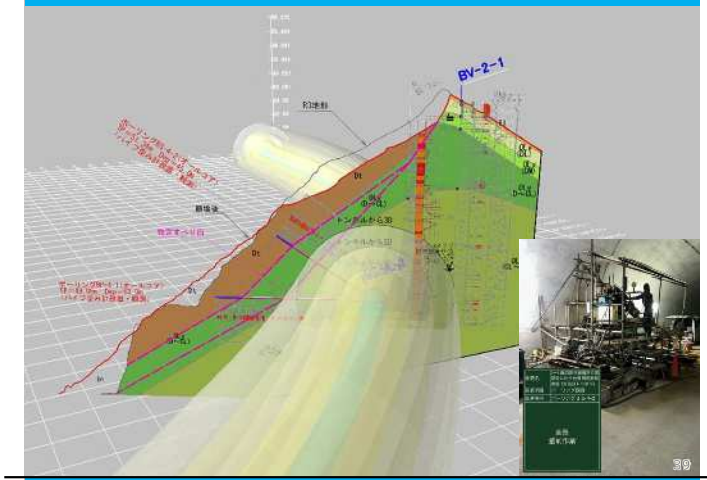


2. 地すべり等の観測の状況について　D測線・H測線　孔内傾斜計の観測結果

■ BV-1、BV-2：地すべり変位は確認されないことから、トンネルを貫くような広域的な地すべりは発生していない

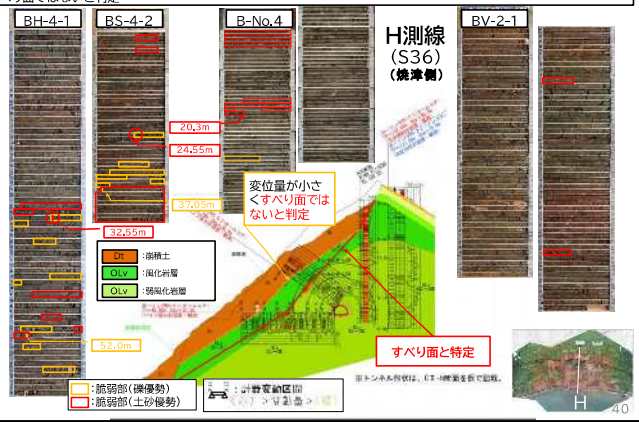


2. 地すべり等の観測の状況について　H測線　地すべり面の特定(焼津側)



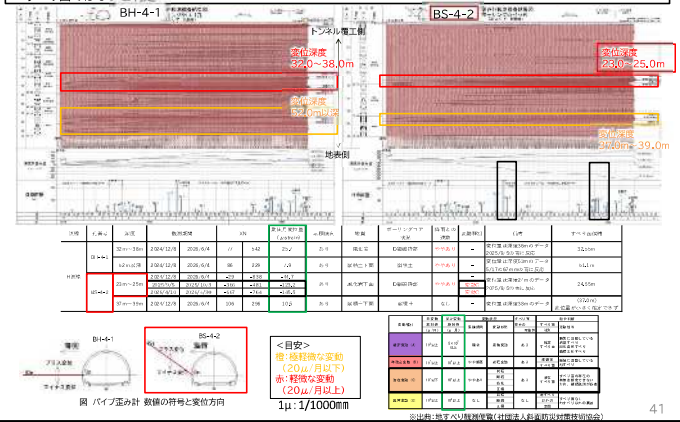
2. 地すべり等の観測の状況について　H測線　地すべり面の特定(焼津側)

■ 風化岩(OLv)下面付近で潜在変動が確認され、変動深度を地すべり面と特定
■ 崩積土(Dt)下面付近で極軽微な変動が確認されるが、変位量が小さく、ルーズな崩積土の変位の可能性が高いことからすべり面ではないと判定

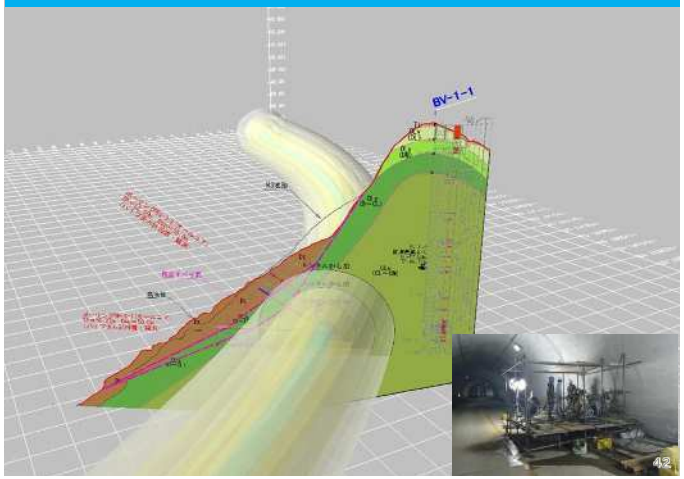


2. 地すべり等の観測の状況について　H測線　パイプ歪計の観測結果

■ 風化岩(OLv)下面付近で潜在変動が確認され、変動深度を地すべり面と特定
■ 崩積土(Dt)下面付近で極軽微な変動が確認されるが、変位量が小さく、ルーズな崩積土の変位の可能性が高いことからすべり面ではないと判定

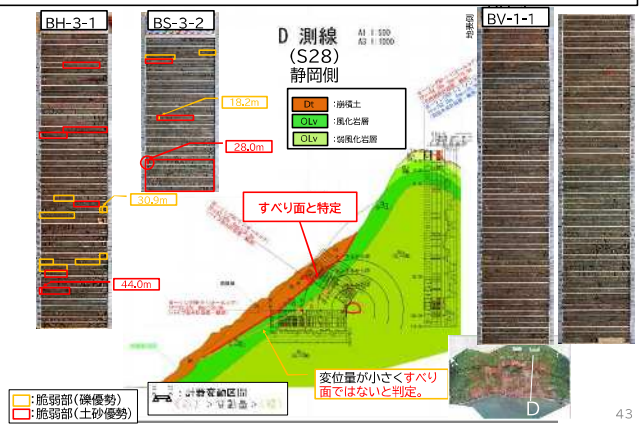


2. 地すべり等の観測の状況について　D測線　地すべり面の特定(静岡側)



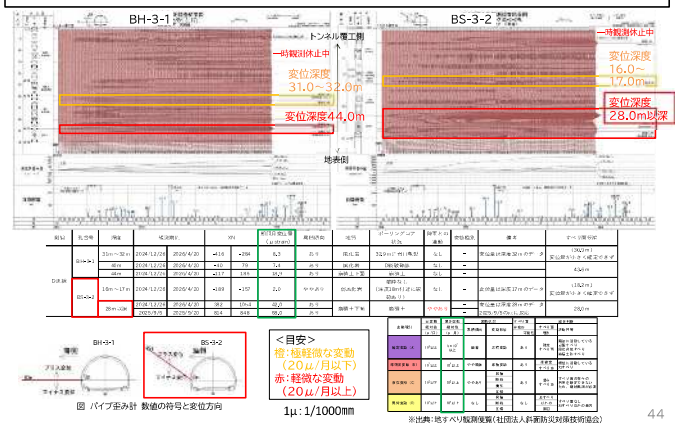
2. 地すべり等の観測の状況について　D測線　地すべり面の特定(静岡側)

■ 崩積土(Dt)下面付近で変動が確認されたことから、変動深度を地すべり面と特定
■ 風化岩(OLv)下面付近で極軽微な変動が確認されるが、変位量が小さいためすべり面ではないと判定



2. 地すべり等の観測の状況について　D測線　パイプ歪計の観測結果

■ 崩積土(Dt)下面付近で変動が確認されたことから、変動深度を地すべり面と特定
■ 風化岩(OLv)下面付近で極軽微な変動が確認されるが、変位量が小さいためすべり面ではないと判定



3. トンネル変状のメカニズムについて



3. 第6回検討会(令和8年7月9日)

■ 地すべり発生後、「浜当目トンネル対策検討会」はこれまで6回開催された ←第5回:トンネルの補強対策が決定
■ 「第5回検討会の振り返り」、「地すべり等の観測状況(観測結果の考察)」、「対策工事の進捗状況」、「交通開放時における安全管理(通行止め・解除の基準)」について議論した

令和6年4月14日、15日	道路利用者から浜当目TNに変状発生の通報、亀裂計測開始
令和6年7月2日	地すべり発生、トンネル被災、通行止め
令和6年7月24日	第1回 対策検討会 ・トンネル変状及び斜面崩壊状況の報告 ・変状原因の究明に向けた調査方針
令和6年12月24日	第2回 対策検討会 ・地すべり調査の進捗状況報告 ・変状原因の究明に向けた観測及び調査結果の分析方針
令和7年3月24日	第3回 対策検討会 ・観測データ、調査結果の中間報告 ・交通開放の対応方針(トンネル補強対策、通行規制基準)
令和7年7月24日	第4回 対策検討会 ・観測データの中間報告 ・トンネル補強対策(案)
令和7年11月17日	第5回 対策検討会 ・すべり面確定、トンネル変状メカニズム特定 ・トンネル補強対策の決定

<検討会>
施工技術総合研究所
所　長　真下　英人
技術参事　安井　成豊

静岡大学　学術院農学領域
教　授　今泉　文寿

静岡県交通基盤部・道路局長
静岡県島田土木事務所長

焼津市役所・建設部長他

3. 第5回検討会(令和7年11月17日)の振り返り

■ 第5回 対策検討会において、地すべり範囲・トンネル変状発生メカニズム・対策工法について、概ね妥当であると整理された
■ 交通開放に向けた監視方法(案)については、実施体制の細部について検討が必要

■ 第5回検討会概要　日時 ： 令和7年11月17日(月) 14時～
議事 ： (1)地すべり範囲について
(2)トンネルの変状発生メカニズムについて
(3)交通開放に向けた対策について

委員からの主な意見と対応状況:

委員からの主な意見		対応状況
(1)	地すべり範囲について	
1)	推定した地すべり範囲、地すべり面は妥当である	―
(2)	トンネルの変状発生メカニズムについて	
1)	トンネルの変状発生メカニズムについて、概ね妥当である	―
2)	坑内亀裂は新規に発生している箇所もあることから、継続監視が必要である	斜面変動観測結果の考察 P23～37
(3)	交通開放に向けた対策について	
1)	対策工法については妥当である	―
2)	鋼アーチ支保工は建築限界を考慮したH鋼規格の検討が必要である	交通開放に向けた対策工事進捗 P47～52
3)	目視点検ではクラックの状況を確認するため、徒歩で行うことが望ましい	監視体制及び管理基準値(案)の検討 P53～56
4)	長期的な監視を確実に実施できるような体制とすること	
5)	通行規制を実施した場合の通行規制の解除基準等についても整理が必要である	

3. 第5回検討会(令和7年11月17日)の振り返り　地すべり範囲

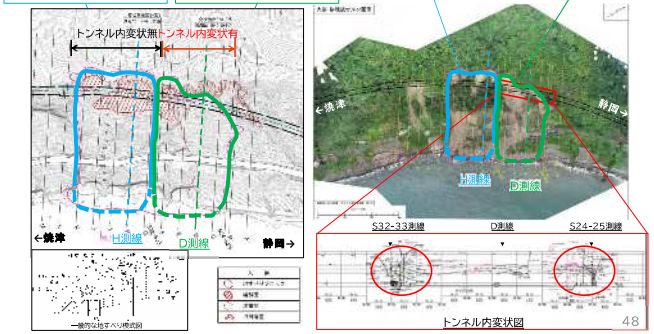
■ 斜面状況から、地すべりブロックとしては、地質構造等の弱面を起因として、土塊が一体となって剛体的に運動した【地すべりブロック】と、突発的に土塊(斜面の一部)が崩壊に近い状況で運動した【崩壊性地すべりブロック】の2つに分かれており、各ブロックを地すべり範囲と特定

頭部に馬蹄形上の滑落崖及び緩斜面を持つ地すべり地形(地すべりブロック)
→代表断面をH測線と設定

頭部に滑落崖が確認される崩壊跡地形(崩壊性地すべりブロック)
→代表断面をD測線と設定

表層が乱されていないことから地すべり変動と推定

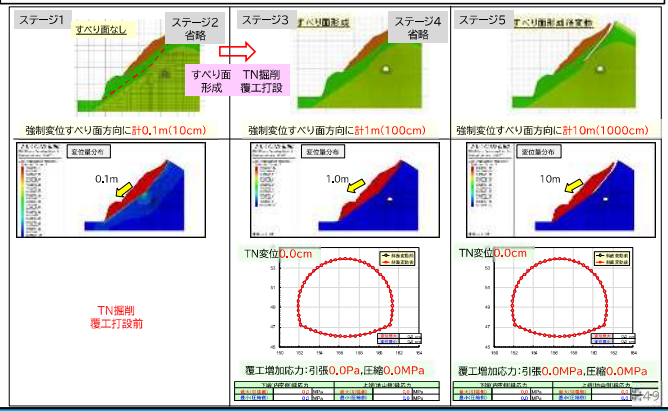
表層が乱されていることから崩壊性地すべりと推定



3. 第5回検討会(令和7年11月17日)の振り返り　2次元解析結果(焼津側)

■ 弾塑性モデルを用いた時系列的な解析検討を実施
■ H測線【地すべりブロック】では、斜面変動の影響(応力伝搬)がトンネルに伝わりにくい
■ 地すべり面形成後はトンネルへの影響は小さい

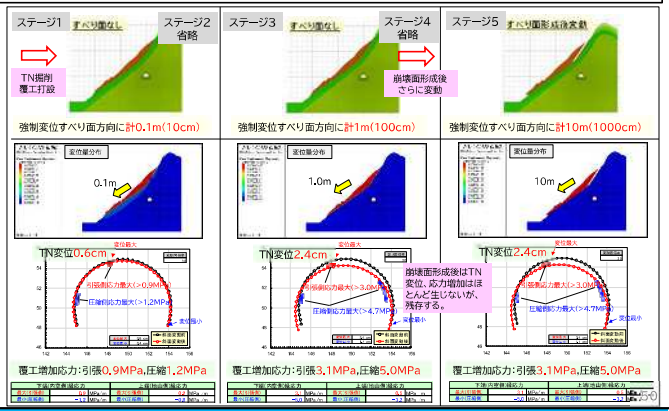
H測線



3. 第5回検討会(令和7年11月17日)の振り返り　2次元解析結果(静岡側)

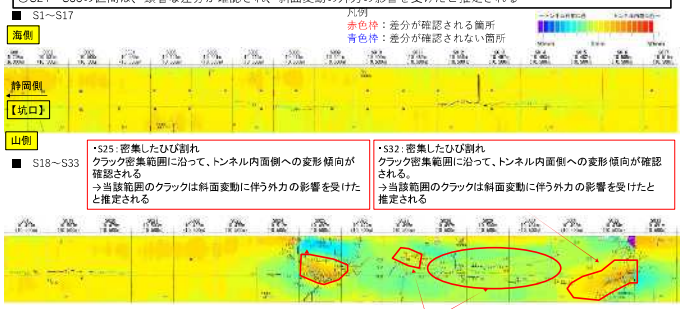
■ D測線【崩壊性地すべりブロック】では、斜面変動の影響(応力伝搬)がトンネルに伝わりやすい
■ 地すべり変動による応力が伝搬したことで、トンネル(覆工)が破損したものと推定
■ 地すべり面形成後はトンネルへの影響は小さい

D測線



3. トンネルの変状発生メカニズムについて_トンネル内宮点群データの差分解析

○トンネル全線における内空変位を確認するため、点群データの差分解析を実施(R4変状前とR7変状後を比較)
○S1～S23の区間は、顕著な差分は確認されない
○S24～S33の区間は、顕著な差分が確認され、斜面変動の外力の影響を受けたと推定される



3. トンネルの変状発生メカニズムについて_覆工裏側での健全性検証

○　覆工コンクリート背面の支保工及びインバートには著しい変状は確認されず、構造的な欠陥は発生していない



4. 交通開放に向けた対策について



4. 交通開放に向けた対策について_想定メカニズムに基づく補修方針

○対策工案として、支保材による保持対策（鋼アーチ支保工）、覆工内面の補強対策、覆工改築対策の比較検討を実施
○比較の結果、下記理由により**支保材による保持対策（鋼アーチ支保工）**とする
・施工性、経済性共に他案より優位であり、早期の交通開放が可能である
・支保工間よりクラック等の変状進行性などの監視が目視等で可能である

	①	②	③
対策の分類	支保材による保持対策	覆工内面の補強対策	覆工改築対策
対策工	鋼アーチ支保工	PCL工法	覆工張り替え
対策効果	地山崩壊等生じされる覆工に鋼アーチ支保工を設置	地山崩壊等生じされる覆工にPCL線を設置	地山崩壊等生じされる覆工を張り替え
対策概要	覆工背面による崩壊荷下に対応する 覆工に鋼アーチ支保工を設置する	覆工背面による崩壊荷下に対応する 覆工にPCL線を設置する	地山崩壊等生じ現れた覆工の断面復旧
工法			
道路交通機能	対策施工後も通行機能を確保可	対策中に限り通行機能を確保可	施工性の観点機能を確保する
配慮の施策性	補修施工できる（支保工間）	補修施工できない	補修施工できない
施工性	支保工間で施工が可能である	覆工面が施されるため、不要	覆工面が施されるため、不要
工法性	鋼アーチ支保工の設置（施工の設定であり、施工性が高い）	PCL線の設置（PCL線の設置、多くの作業工が必要であり、覆工上面が狭い、覆工上に特殊を要する	地山覆工のはつり作業から覆工の補修まで必要であるため、覆工上に広く、施工に特殊を要する
経済性	鋼アーチ支保工の設置（施工が容易であり、経済性が高い）	注）費用例： PCL線（覆工内のはつりは発生しない） 補強覆工があるが、PCL線が覆工上面の平均をためる	注）費用例： 地山覆工のコンクリートのはつり作業と覆工コンクリートの補修が必要であり、経済性として中位となる
評価	施工性、経済性が高い 支保工間から補修施工できるため、変状の進行を監視できる。	施工性、経済性が低い 覆工の平面であり、PCL線を設置できるため、変状の進行を監視できない。	施工性に施工性、経済性が低い 覆工上面まで覆工張り替えが、変状の進行を監視できない。

4.交通開放に向けた対策工法

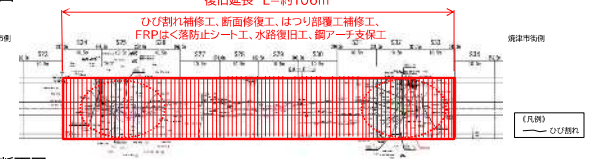
○　対策工：鋼アーチ支保工は、脚部の足付とH鋼の組立であるため、開放までの期間が短い
覆工表面の亀裂変位計の観測を引き続き、実施できる（再設置や一部撤去の可能性あり）

対策工法	対策工（案） 鋼アーチ支保工
	
	・斜面崩壊よるトンネル覆工の変状により、覆工のはく落等を防止するために、内面補強として鋼アーチ支保工を設置 ・既設の亀裂計観測を継続しながら交通開放が可能 ・鋼製部材のため、圧縮・引張に強い ・施工期間が短く、交通開放が早期に実現できる ・鋼アーチ支保工の設置と脚部の固定が主であり、経済性が良い

4. 対策工事の進捗状況について 対策工法

■ これまでの検討内容を踏まえ、対策工事の詳細設計を実施。令和7年12月24日に災害査定を受け認められた

■平面図



■標準断面図



4. 対策工事の進捗状況について

■ 令和8年6月末までに、ひび割れ補修工、はく落対策工、はつり部補修工、水路復旧工が終了
■ 鋼アーチ支保工は、4月下旬から製作開始、7月当初から設置開始、8月下旬に設置が完了

■ 工事概要　工事名 ：（一）静岡焼津線7年道路災害復旧工事7年災害定第43号（浜当目トンネル復旧工）
箇　所 ：焼津市浜当目地内
工　期 ：令和8年2月18日 ～ 8月31日
受注者 ：株式会社 橋本組
延　長 ：L＝106.2m

8月31日 午後2時 通行止め 解　除

工事内容		2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月
準備工		計画 / 実績						
ひび割れ対策工	ひび割れ補修工 断面修復工							
覆工補修工	はつり部覆工補修工							
はく落対策工	ＦＲＰはく落 防止シート							
附帯施設復旧工	路側水路復旧工							
補強支保工	鋼アーチ材製作 （工場）							
	鋼アーチ支保工設置							

4. 対策工事における各工種の進捗状況について

■ 令和8年6月末までに、ひび割れ補修工、はく落対策工、はつり部補修工、水路復旧工が終了
■ 鋼アーチ支保工は、4月下旬から製作開始、7月当初から設置開始、8月下旬に設置が完了

ひび割れ補修工	はく落対策工（FRPはく落防止シート）	はつり部補修工
着手前	着手前	着手前
		
完 了	完 了	完 了
		

4. 対策工事における各工種の進捗状況について

■ 令和8年6月末までに、ひび割れ補修工、はく落対策工、はつり部補修工、水路復旧工が終了
■ 鋼アーチ支保工は、4月下旬から製作開始、7月当初から設置開始、8月下旬に設置が完了

路側水路復旧工	鋼アーチ支保工
作業状況	作業状況　＜材料運搬＞　＜トンネルエレクターによる設置＞
	
完 了	＜トンネルエレクターによる設置＞　＜仮組設置＞
	

4. 交通開放時における安全管理について 通行止め基準

■ 交通開放にあたり、監視項目と「通行止め準備基準」、「通行止め基準」を設定
■ 「通行止め準備基準」が確認された場合、通行止めに必要な事前の準備や観測体制の強化等を実施
■ 「通行止め基準」が確認された場合、速やかに通行止めを実施

■ 交通開放時の監視体制

対象	監視項目	観測箇所	通行止め【準備】基準※2,3	通行止め基準※3	備　考
自然現象	雨　量	駿河区 用宗 焼津市 中港	連続雨量80mm超過	連続雨量100mm超過	・用宗または中港のいずれかで基準を超過した場合 ・事前通行規制区間※1の雨量規制基準に準ずる ・連続雨量：2mm/時間が2時間連続するとリセット
	地　震	駿河区 用宗 焼津市 石津	－	震度4以上	・用宗または石津のいずれかで基準を超過した場合 ・道路パトロール実施要領（静岡県）に準ずる
	南海トラフ地震臨時情報	－	「巨大地震注意」の発表	「巨大地震警戒」の発表	気象庁発表
トンネル外	孔内傾斜計	斜面上部2箇所	－	－	1回/月程度の観測データ収集を継続するが、リアルタイムの管理は出来ないため参考値とする
	地下水位計	斜面上部2箇所	－	－	斜面変動の相関性が低いため参考値とする
	伸縮計	斜面1箇所	10mm以上/日	2mm以上/時間が2時間継続 または　4mm以上/時間	準備基準　：地すべり対策事業の手引きの警戒基準 通行止め基準：地すべり対策事業の手引きの避難基準
	傾斜計	斜面3箇所	－	－	温度による日変化が大きいため参考値とする
トンネル内	パイプ歪計	坑内6箇所	10^{-6}strain以上/日 （100μstrain以上/日）	2×10^{-3}strain以上/日 （2,000μstrain以上/日）	準備基準　：地すべり観測便覧の警戒基準 通行止め基準：地すべり観測便覧の避難基準
	亀裂変位計	坑内9箇所	0.04mm以上/時間 または　0.13mm以上/日	0.09mm以上/時間 または　0.17mm以上/日	準備基準　：崩壊発生以降の最大変化量 通行止め基準：崩壊発生時を含む全期間の最大変化量 （静岡型の変状発生区間外も含む）
	支保工ひずみ計	2断面	σs(応力)=110N以上/mm^2	σs(応力)=140N以上/mm^2	S24～S25/S32～S33で各1断面 準備基準　：通行止め基準の約80% 通行止め基準：長期許容応力度を超過
全般	時系列干渉SAR	大崩海岸	－	－	静岡側を含めた周辺斜面の変状について継続監視
	目視点検	3回/月	－	トンネル・斜面・路面等に変状が確認された場合、現地調査等を踏まえ、総合的に判断する	徒歩による点検
	大崩総点検	1回/年	－		
	その他	随時	－		

※1 県道駿河焼津線（静岡市駿河区石部～焼津市浜当目L=5.1km）の雨量による事前通行止基準は、「連続雨量100mm」（用宗又は中瀬雨量計）「連続雨量80mm」で通行注意
※2 通行止めに必要な事前の準備や観測体制の強化等を実施　※3 基準については、必要に応じて雨量及び観測計器の実績等により見直しを実施する

4. 交通開放時における安全管理について 通行止め解除基準

■ 監視項目ごとに「通行止め解除基準」を設定
■ 通行止め解除にあたっては、監視項目ごとに適切な措置を講ずることとし、必要に応じて有識者への意見聴取等を行う

■ 通行止めの解除基準

＜雨量による通行止＞

対象	監視項目	観測箇所	通行止め解除基準	備考
自然現象	雨　量	駿河区 用宗 焼津市 中港	・雨量2mm/h以下が2h以上連続※1 （連続雨量が200mmを超えた場合は、上記後24h通行止を継続[重点監視]） ・その後、道路パトロールを実施し、異常が確認されない場合	注）解除前に観測計器の観測値が通行止基準に達していないことを確認する

※1 ただし、その後に大雨が予想されていない場合

＜地震による通行止＞

対象	監視項目	観測箇所	通行止め解除基準	備考
自然現象	地　震	－	道路パトロールを実施し、異常が確認されない場合	注）道路パトロール開始前に、周辺の地震被害が無いことを確認する
	南海トラフ地震臨時情報	－	「調査終了」の発表（気象庁発表）	

＜観測計器による通行止＞

対象	監視項目	観測箇所	通行止め解除基準	備考
トンネル内	パイプ歪計	坑内6箇所	・観測値が通行止基準を下回っていることを確認してから調査を実施 ・検討会等の有識者に助言を求めるほか、必要に応じて検討会を開催する ・有識者等の意見を踏まえ、対策が必要な場合は対策工事を実施	
	亀裂変位計	坑内9箇所		
	支保工ひずみ計	2断面	・支保工ひずみ計については、観測値が24時間以上増加していないことを確認	

＜異常による通行止＞

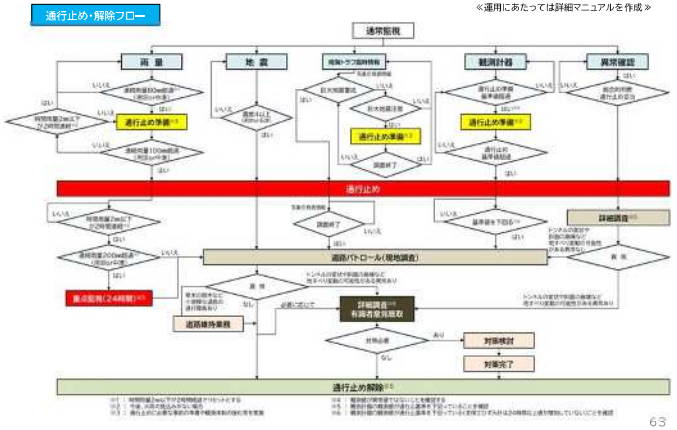
対象	監視項目	観測箇所	通行止め解除基準	備考
全般	目視点検	3回/月	＜有識者の助言を受けない場合＞ ・道路パトロールを実施し、異常が確認されない場合 ＜有識者の助言を受ける場合＞ ・検討会等の有識者に助言を求めるほか、必要に応じて検討会を開催する ・有識者等の意見を踏まえ、対策が必要な場合は対策工事を実施	
	大崩総点検	1回/年		
	その他	随時		

4. 交通開放時における安全管理について 観測計器位置



4. 交通開放時における安全管理について 通行止め・解除フローチャート

○監視項目ごとに「通行止め及び解除のフローチャート」を設定する。



63



【重要】工事検査課からのお知らせ



2. 調査・観測の状況について



枕状溶岩



枕状溶岩



微動アレイ探査による工学的基盤面の推定

株式会社ジーベック　遠矢 尋

・はじめに

地質図や地形図の確認

周辺のボーリングデータ

既往の地質調査報告書

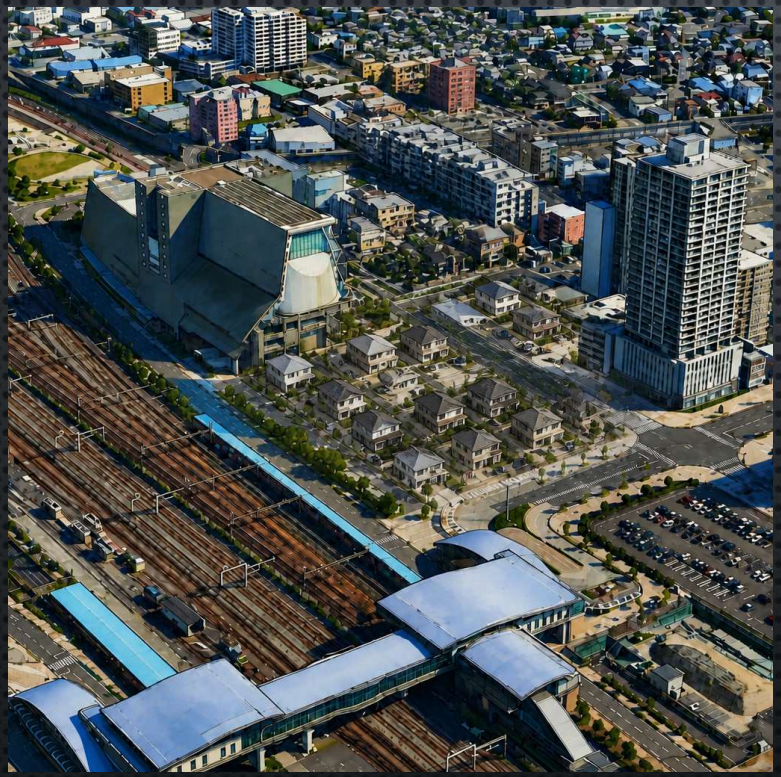
「既存資料の収集」



Gemini Flashにて生成

・ボーリング計画

グランシップ西側に戸建て住宅やオフィスビルを建築しようとした場合・・・





支持層の確認が必要！

・ボーリング計画

≪調査計画≫

調査場所はどのような地盤なのか

支持層の深さはどのくらいなのか

調査深度はどのくらいにするか

対象構造物において、どのような試験（原位置試験・室内土質試験)が必要なのか

ボーリング機械の大きさ（掘削能力など）や必要な道具類の選定

搬入・搬出方法はどうするか

etc・・・

・周辺ボーリングデータの収集

①発注者より提供される

発注者が周辺ボーリング
データを自ら収集したもの

無いことが多い

②国土地盤情報センター

国土交通省、静岡県や市町
村で登録している柱状図

一般公開されている

③自社のデータベース

過去に実施した全ての
ボーリング柱状図

データ数が充実している

・周辺ボーリングデータの収集

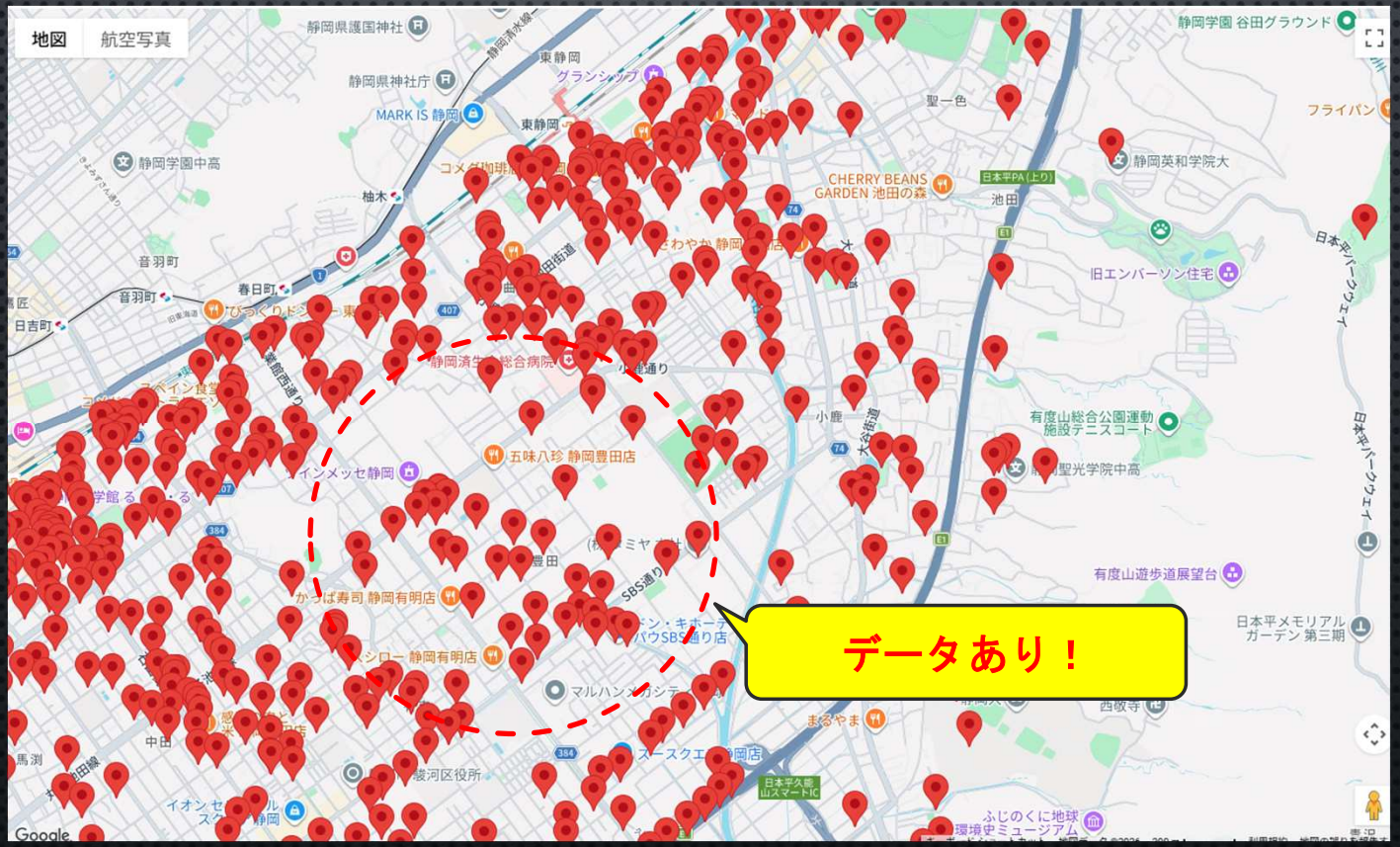
★国土地盤情報センターの柱状図データベース



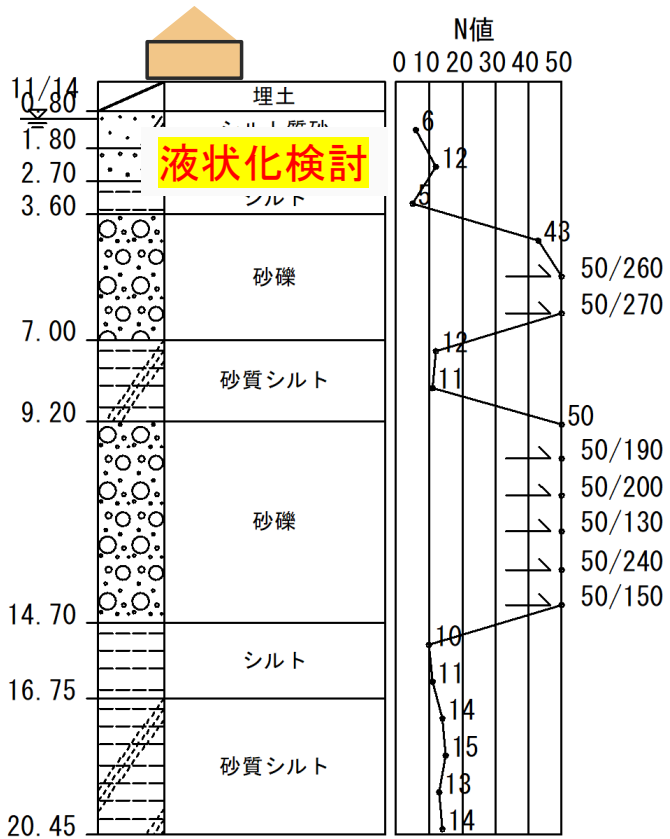
https://openweb.ngic.or.jp/viewer/

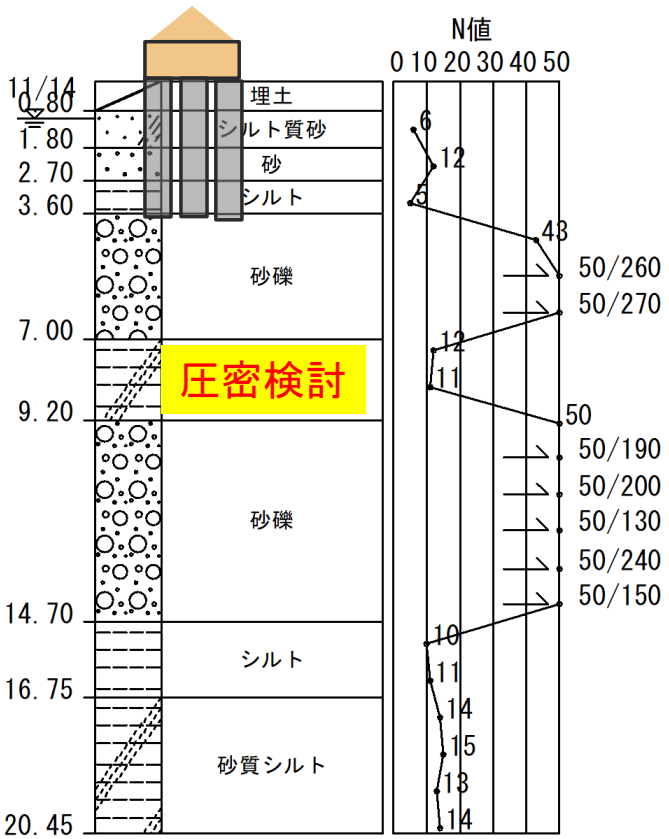
・周辺ボーリングデータの収集

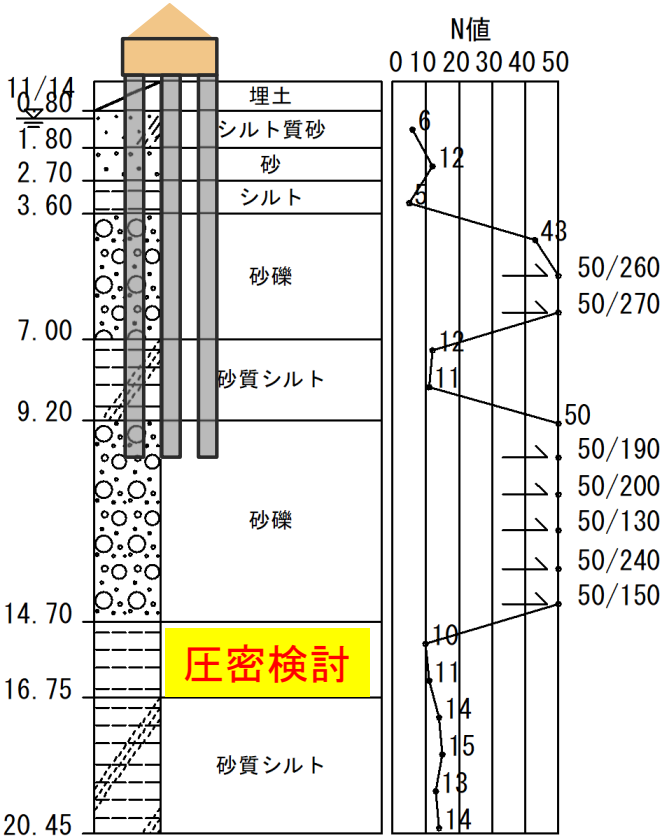
★自社のデータベース



・周辺のボーリングデータ







・周辺ボーリングデータの収集

グランシップ西側に地上40階建てのタワーマンションを建築しようとすると・・・



支持層の確認に加えて、工学的基盤の確認を行う物件になる！

・建築地質調査の背景と工学的基盤の重要性

★工学的基盤の定義（土木・建築）

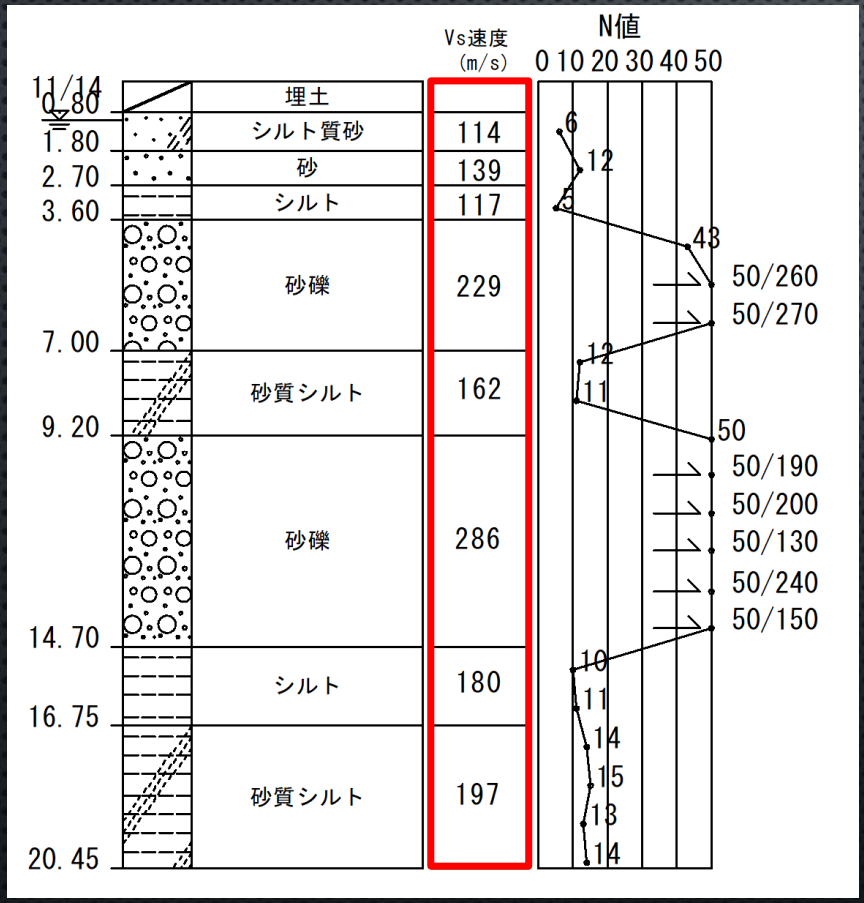
建築基準法により地震応答解析が必要な建物
原則：高さ60m以上（マンションの場合概ね19～20階以上）の建築物や、免震構造、制振構造を有する建築物

【建築構造物】

- **せん断波速度が400m/s以上の土層**
- **層厚概ね5m以上、下位に軟弱層（vs＜400m/s）が無いこと**

・建築地質調査の背景と工学的基盤の重要性

★既存データ活用の限界



N値からの推定式

○砂質土（1≦N≦50）の場合

$Vs=80N^{1/3}$

○粘性土（1≦N≦25）の場合

$Vs=100N^{1/3}$

（道路橋示方書・同解説　2017.11 P69 3.6.2）

土木

$Vs=68.79N^{0.171}\cdot H^{0.199}\cdot Y_g\cdot S_T$

（建築物の構造関係技術基準解説書　2025.6　P515　7.9.ケ））

建築

N値50を有していてもVs≧400を満足していない！

地上5階建てのオフィスビルや木造2階建ての戸建て住宅では十分な内容であるため、工学的基盤が確認できていない・・・。

・物理探査手法の比較選定

探査手法	利点・特徴	課題・限界
弾性波探査	地層境界を比較的明瞭に判断できる	地盤のP波構造で区分するため、 S波速度との相関がない
表面波探査	S波速度から基盤面を推定できる	探査深度が10～20mにとどまり、 深部探査には不十分
電気探査	地盤の性質変化から基盤位置を推定可	比抵抗値による区分のため、 S波速度との相関がない
微動アレイ探査	深部のS波構造を探査可能・ 起振不要（最適）	人通りや車通りの影響を受けやすい （夜間測定等で対応）
常時微動測定	卓越周期から基盤面の深さを 概略推定可	S波構造の直接把握は困難 （補足検証として有効）

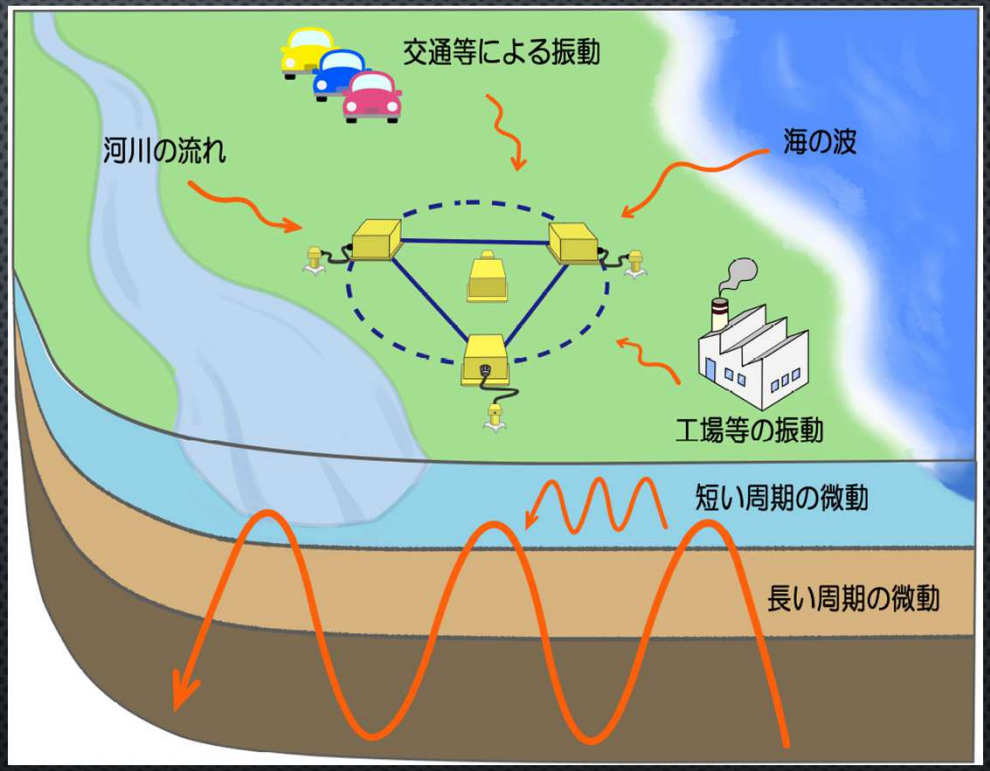
・物理探査手法の比較選定

★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
  ・工学的基盤の概略を把握

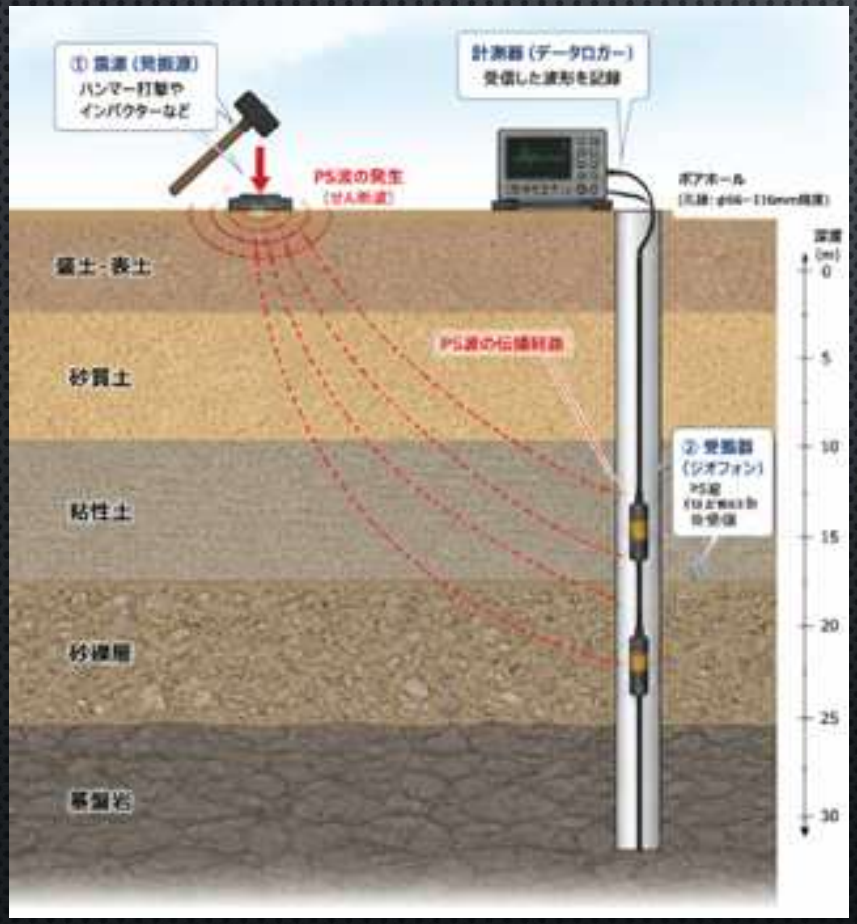


微動アレイ探査用データロガー
(応用地質(株)製：McSEIS-AT)



・物理探査手法の比較選定

PS検層

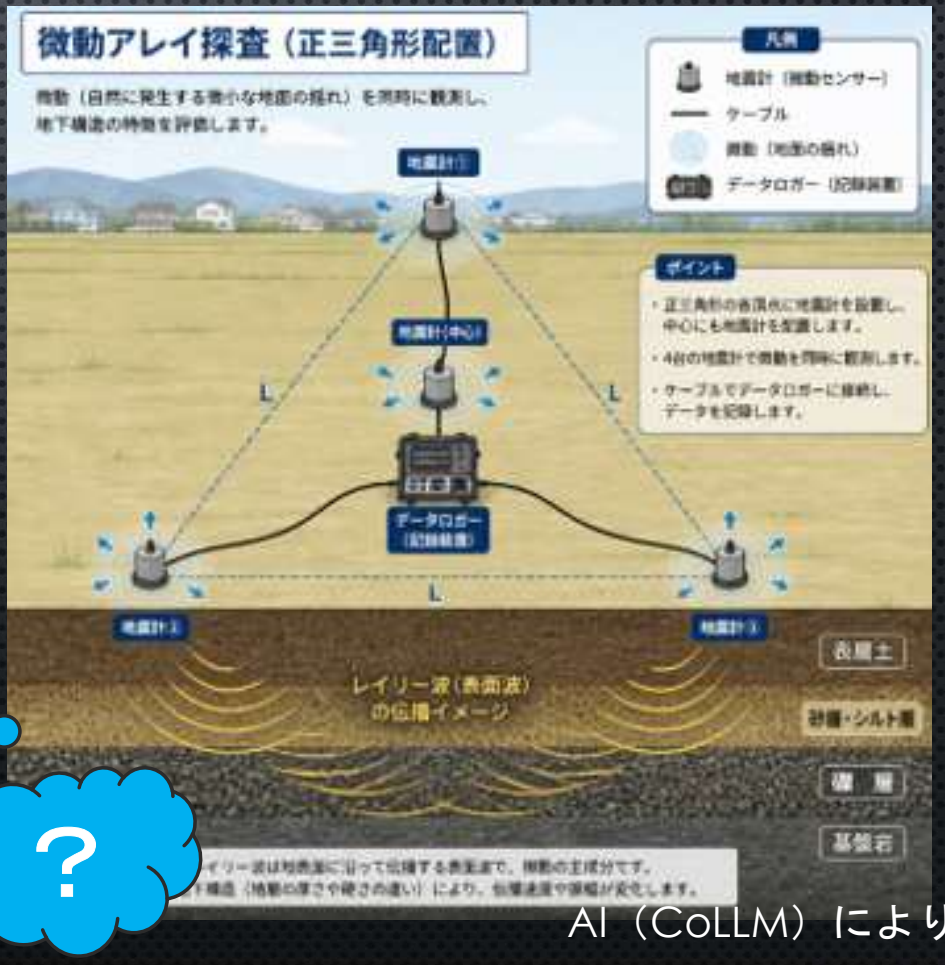


=

or

=

微動アレイ探査



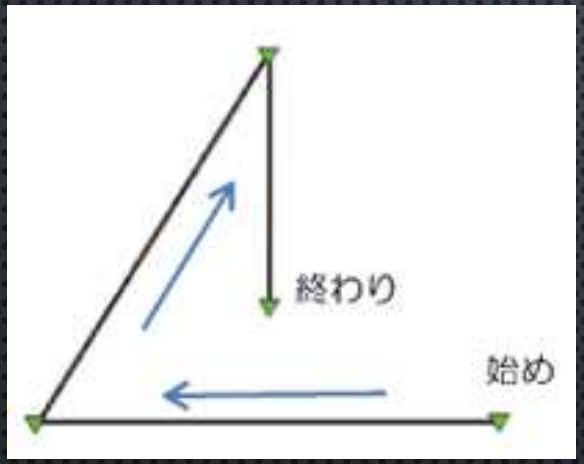
?

AI（CoLLM）により生成

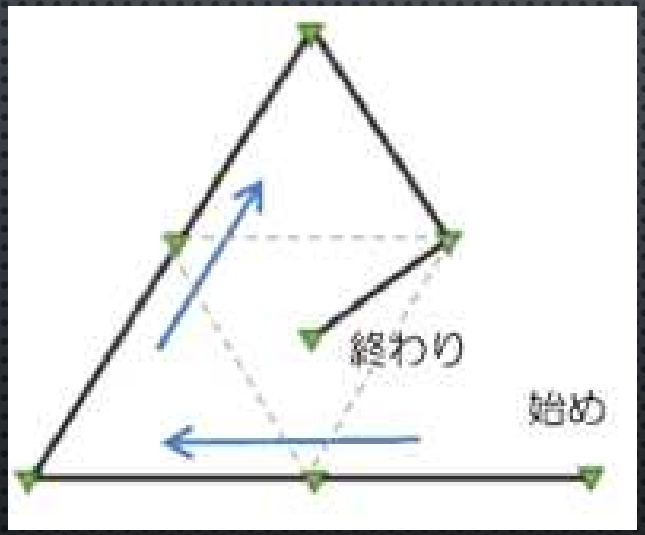
・微動アレイ探査のアレイ形状と特徴

（配置・配列）

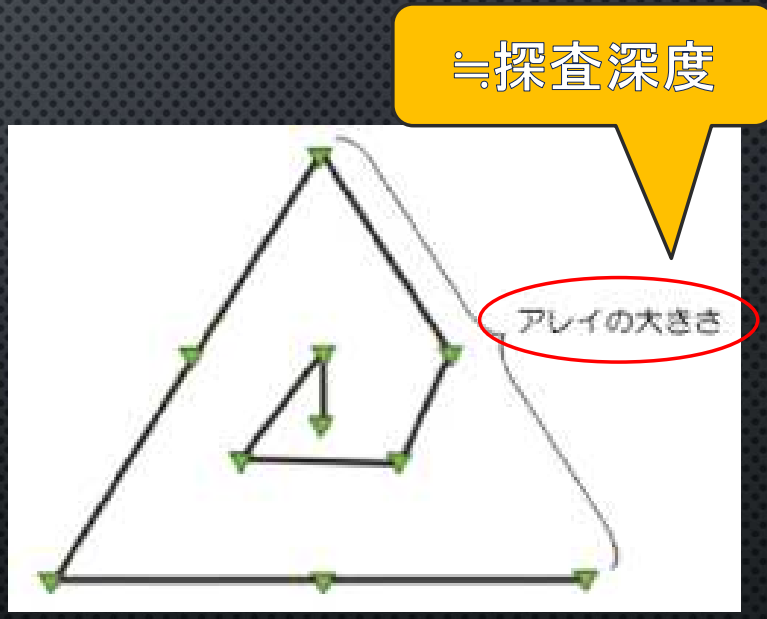
≪正三角形配置≫



地震計4個



地震計7個



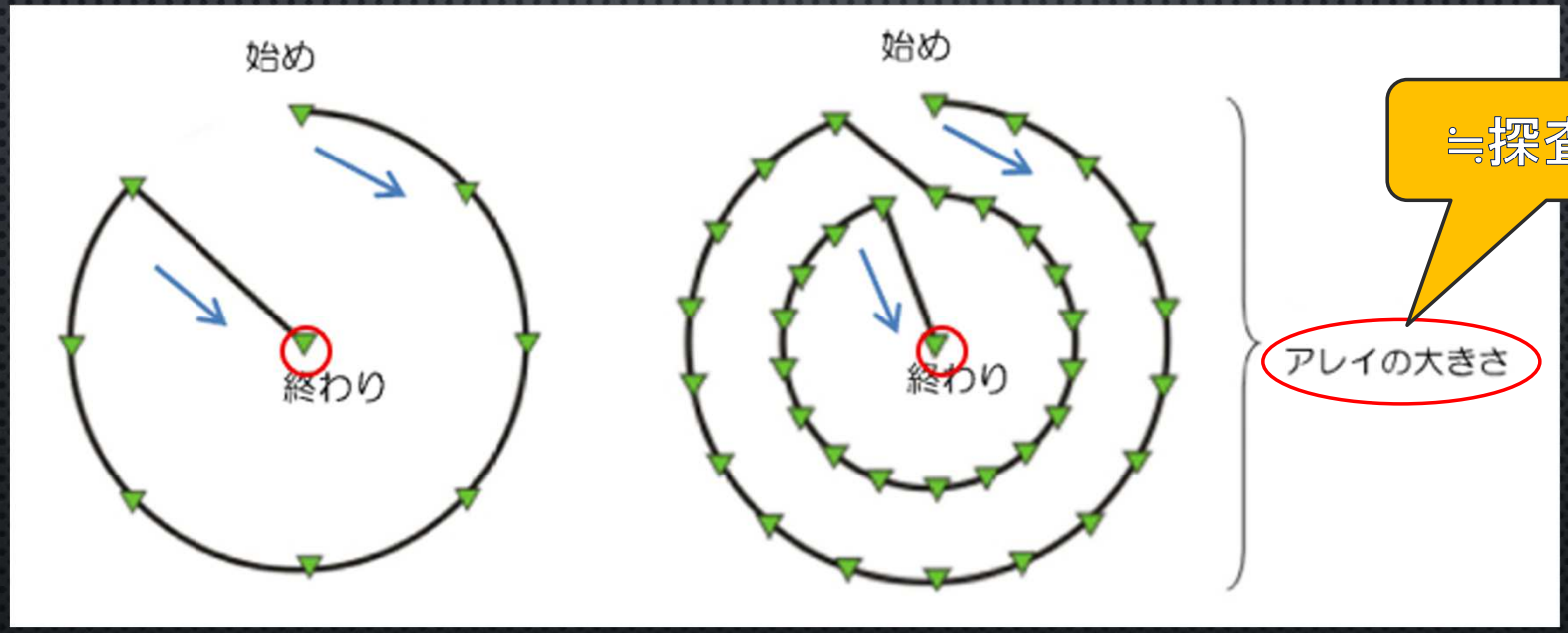
地震計10個

精度

悪 ⟷ 良

・微動アレイ探査のアレイ形状と特徴

≪円形配置≫

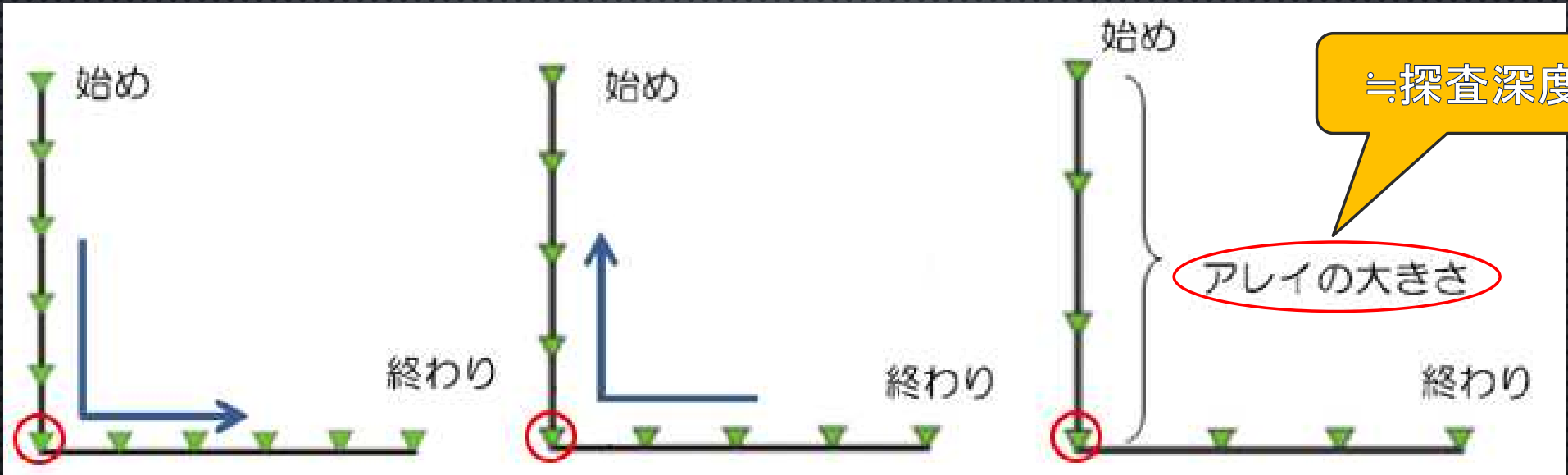


精度

悪 ⟷ 良

・微動アレイ探査のアレイ形状と特徴

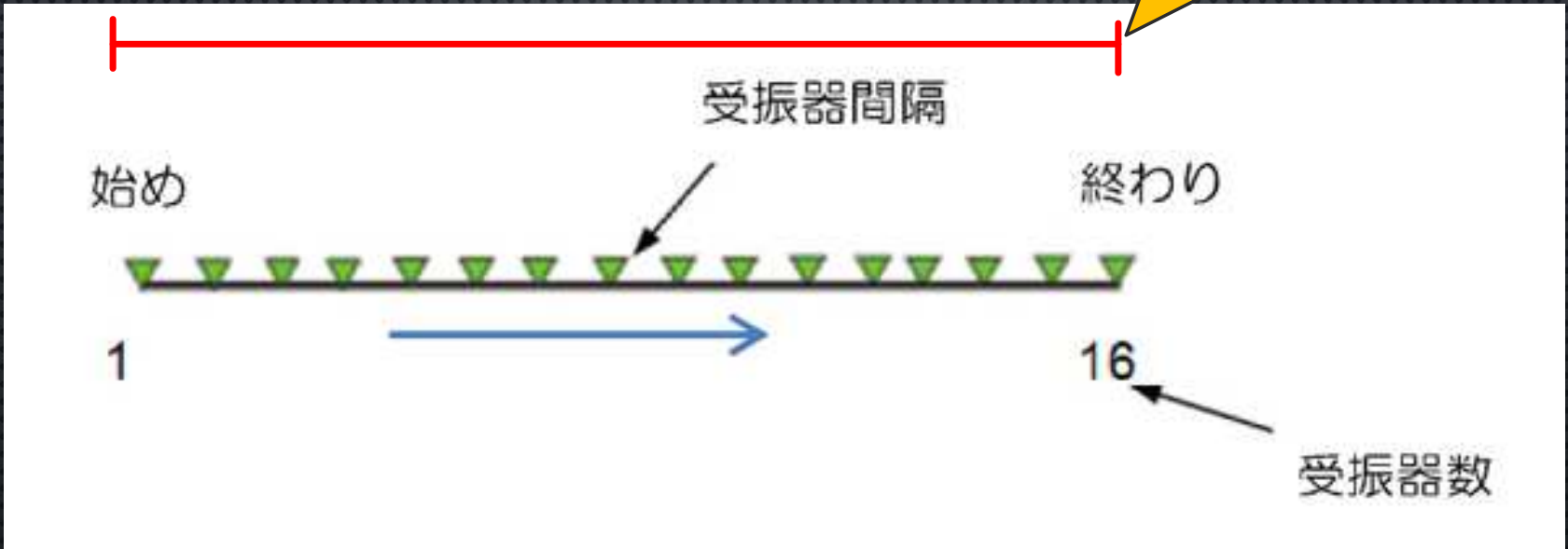
≪L形配置≫



・微動アレイ探査のアレイ形状と特徴

≪直線配置≫

探査深度≒測線長の1/2程度



表面波と併用すると、浅部の速度層が解析可能！

・現場適用事例

対象敷地・測定環境

【敷地条件】

・規模：約 60m × 90m の長方形更地(平坦地)

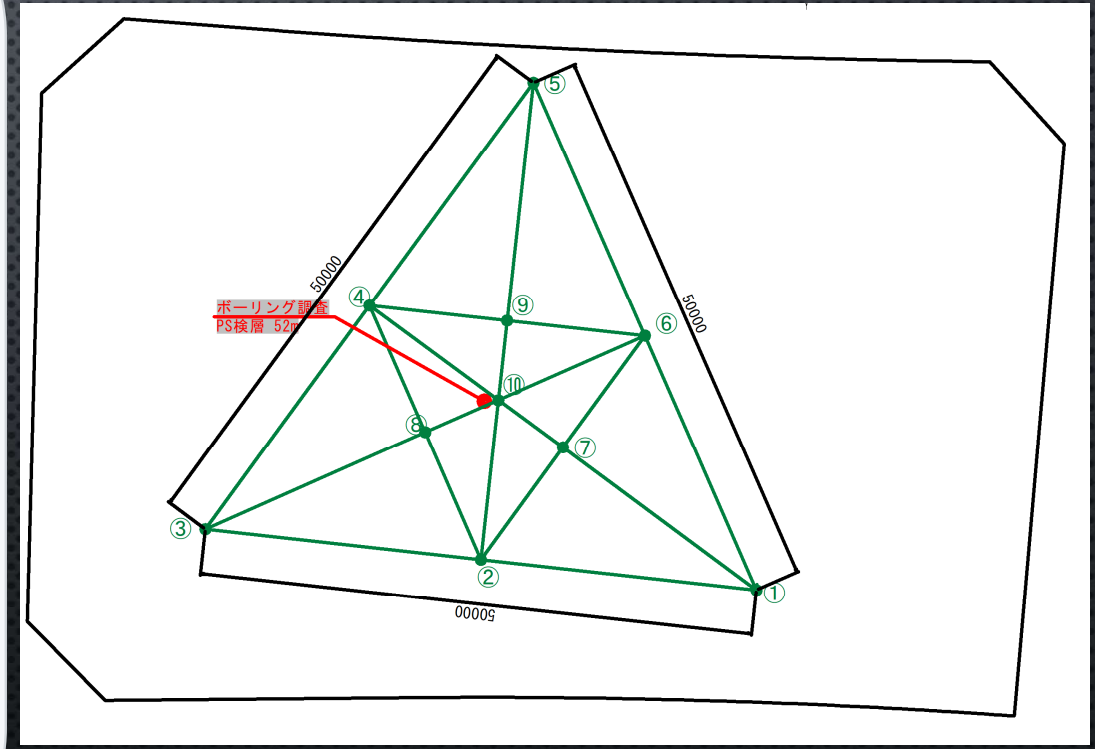
・周辺環境：東側 幹線道路(4車線)、西側 JR線

・課題：日中は交通振動が激しく、測定環境としては極めて厳しい

【アレイ設定】

・1辺 50m の正三角形(10点トライアングル配置)

・敷地中央にてボーリング調査および PS検層を実施



・現場適用事例

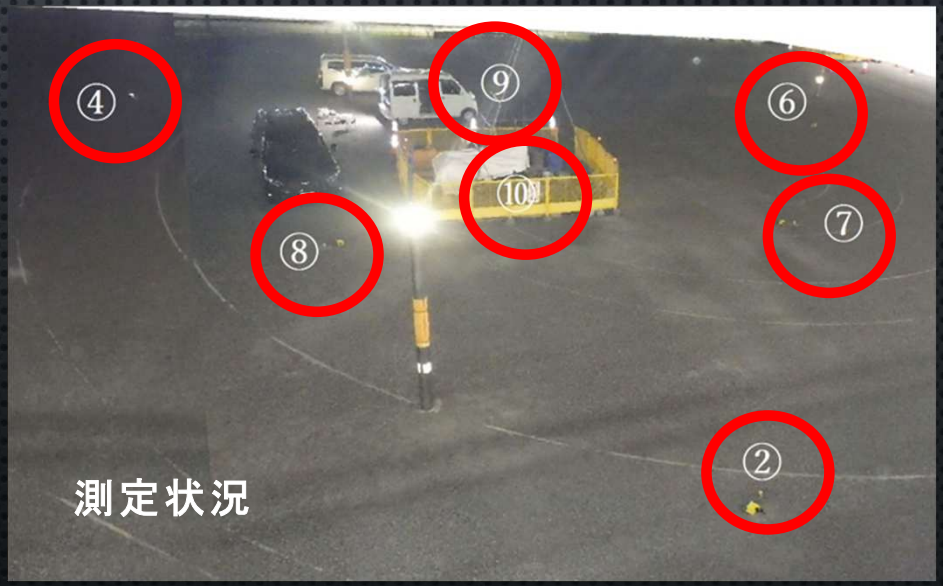
◎測定条件

・時間帯：交通振動の少ない深夜時間帯に実施

・ハドルテスト（機器感度揃え）を経て約50分間測定







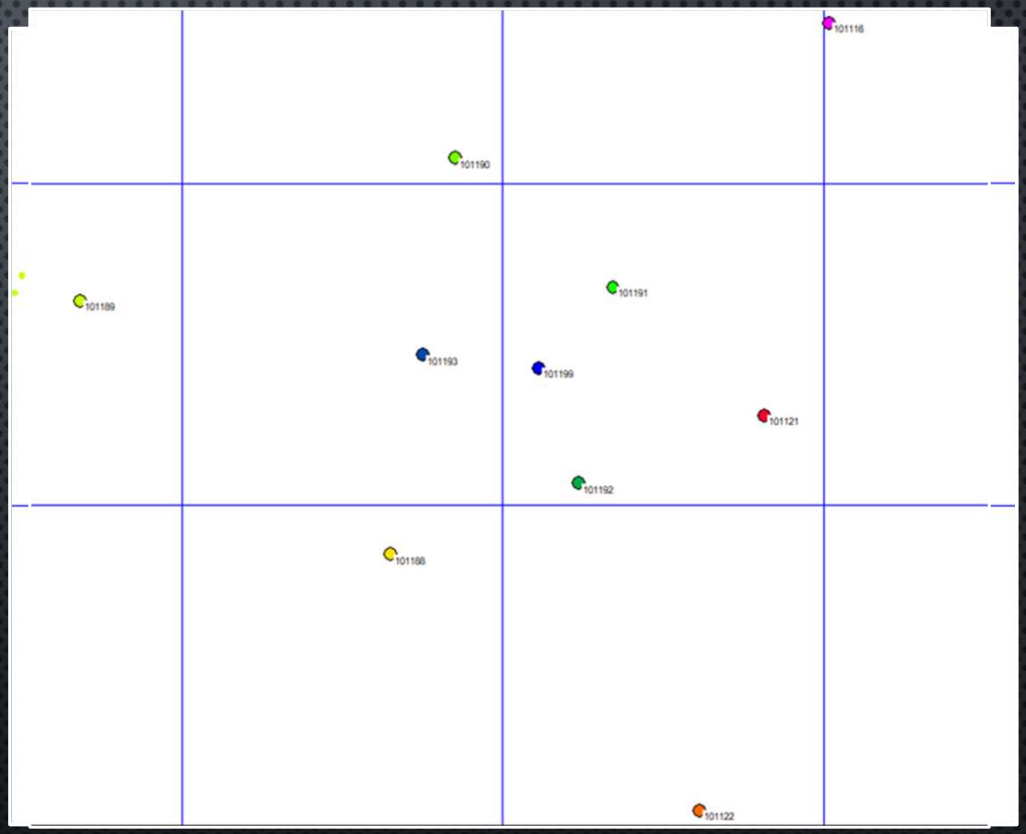
・現場適用事例

◎位置管理

・データロガー内臓GPSは単独測位のため誤差（数m～数十m）が生じる

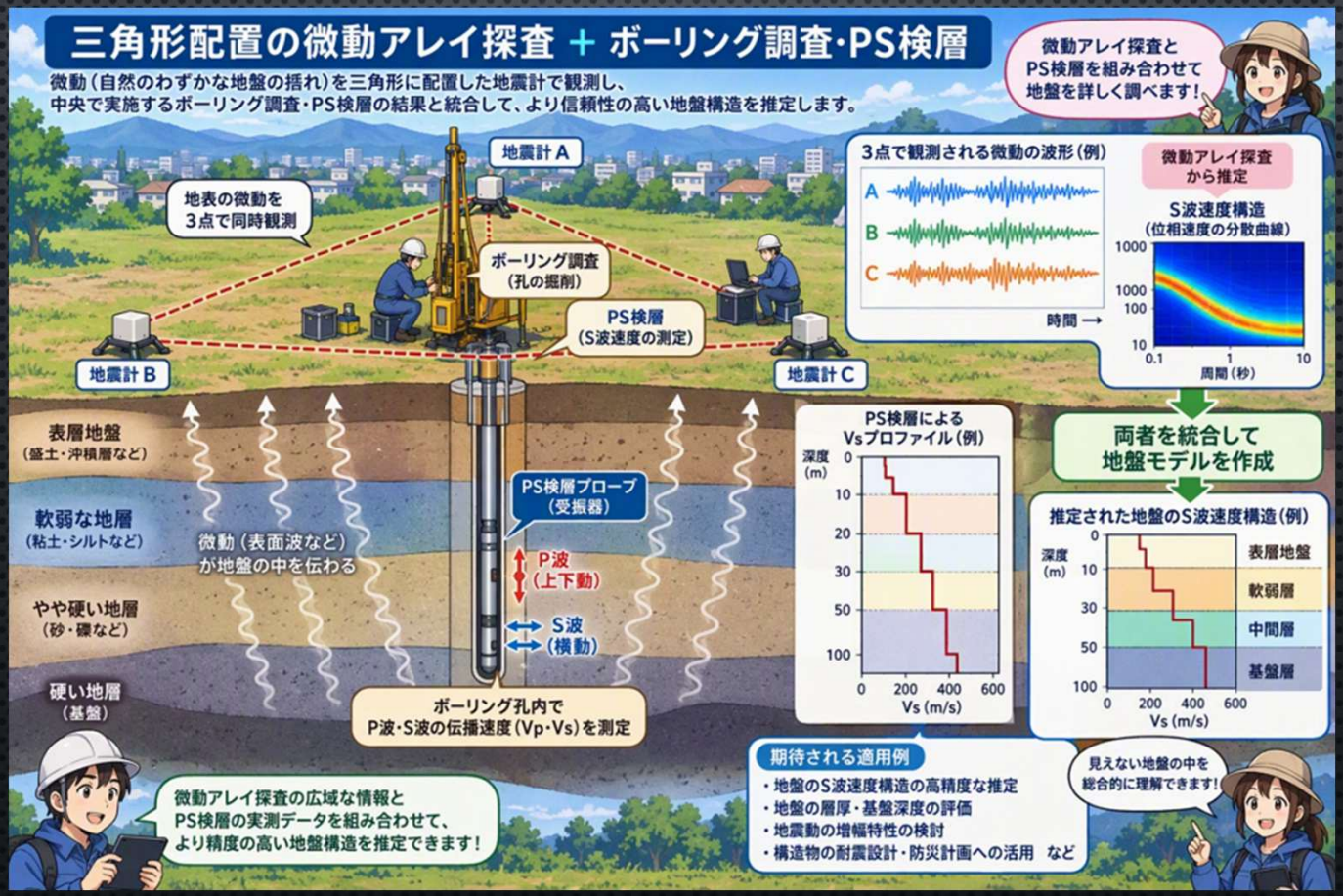
・事前にVRS測量機器により座標管理した位置に正確に設置

・解析時には高精度X・Y座標を直接入力



・現場適用事例

◎測定の全体イメージ



・解析プロセスと分散曲線の抽出

◎解析の流れ

①微動の波形データ：計測した波形から抽出

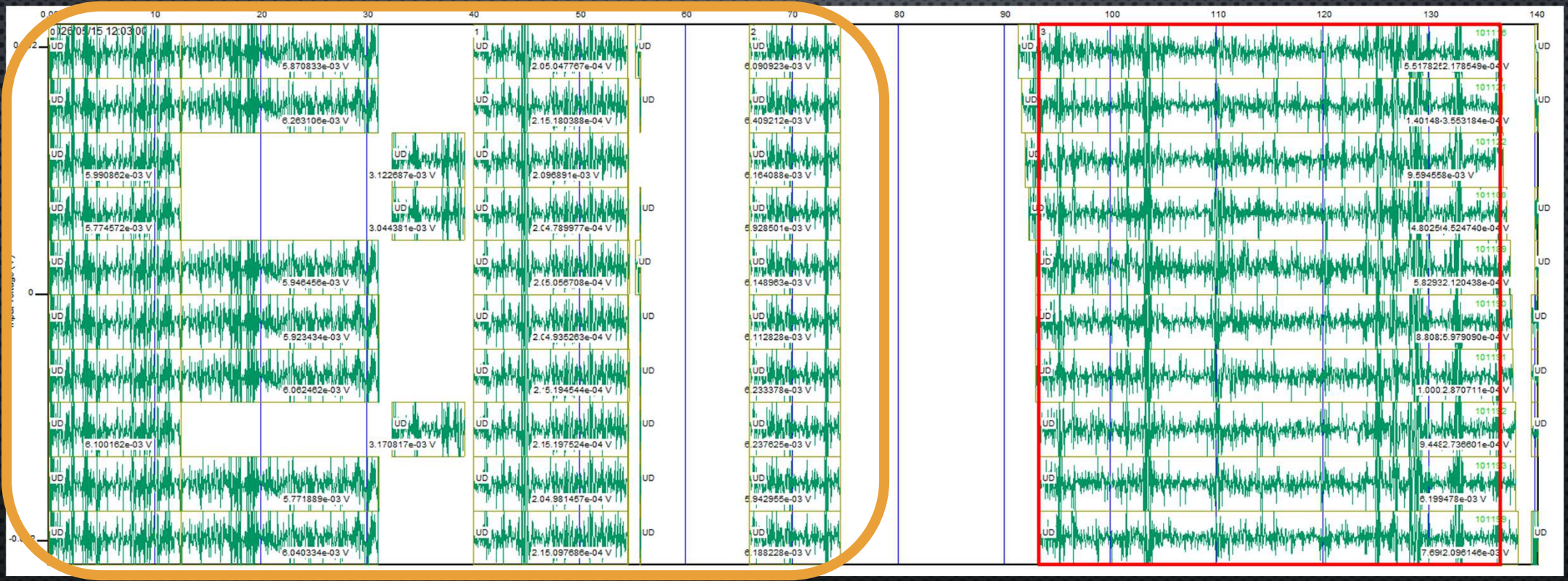
②SPAC解析：計測点間の相関から位相速度を求める

③位相速度分散曲線：周波数と位相速度の関係を整理する

④S波速度構造の推定：理論曲線との比較・逆解析によって地盤モデルを推定する

・解析プロセスと分散曲線の抽出

◎波形データ

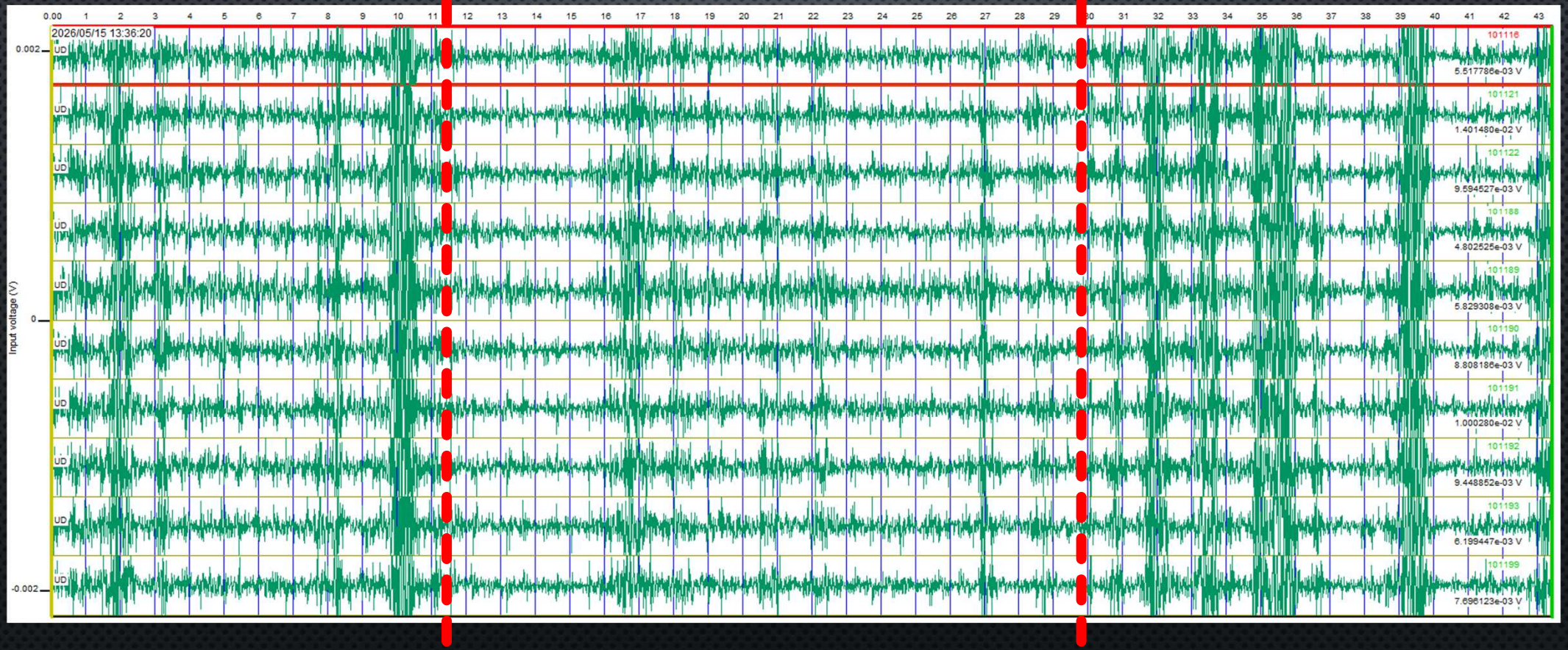


ハドルテスト

実測データ

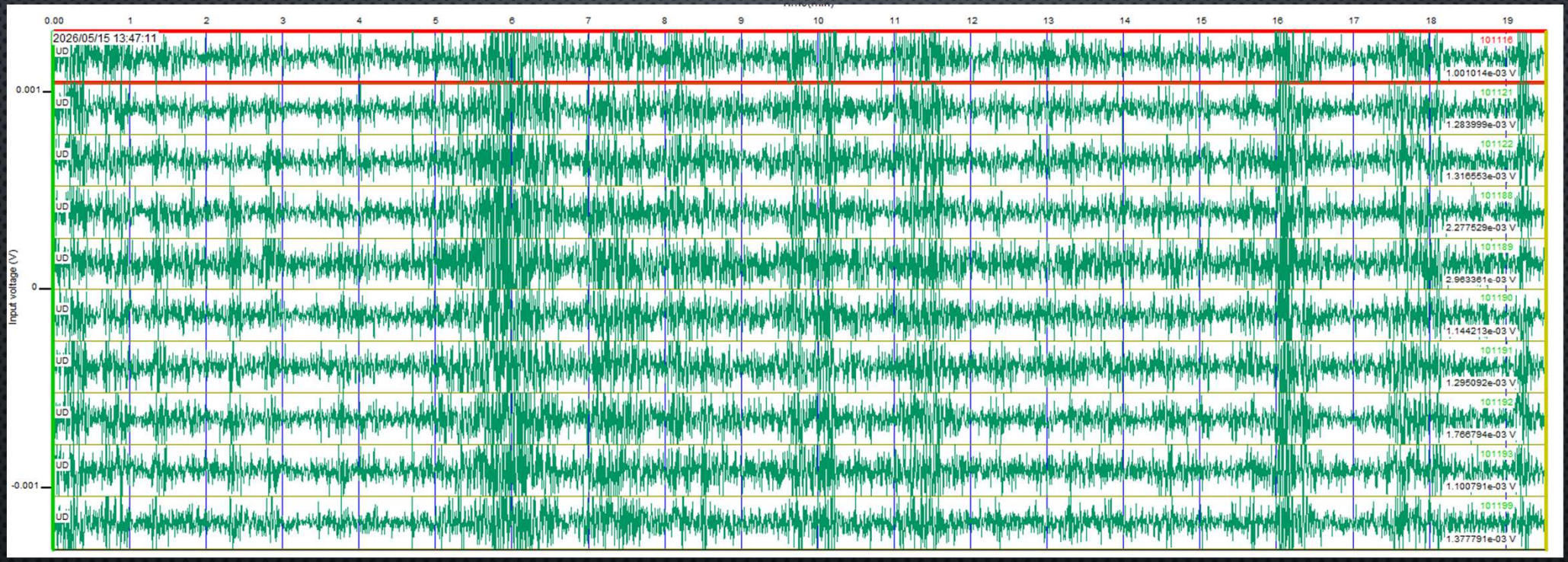
・解析プロセスと分散曲線の抽出

◎波形データ



・解析プロセスと分散曲線の抽出

◎波形データ



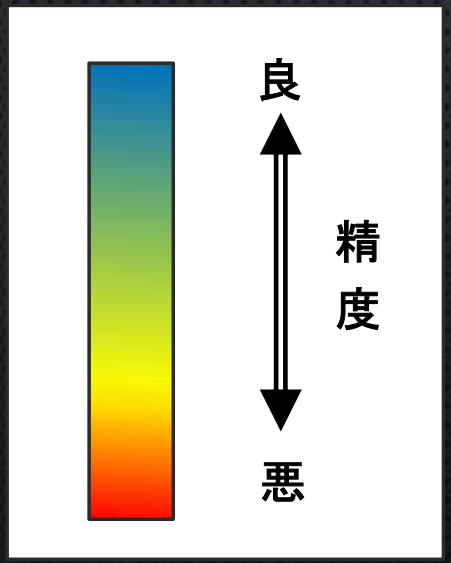
反省点・・・データが約20分程度しか採用できなかった

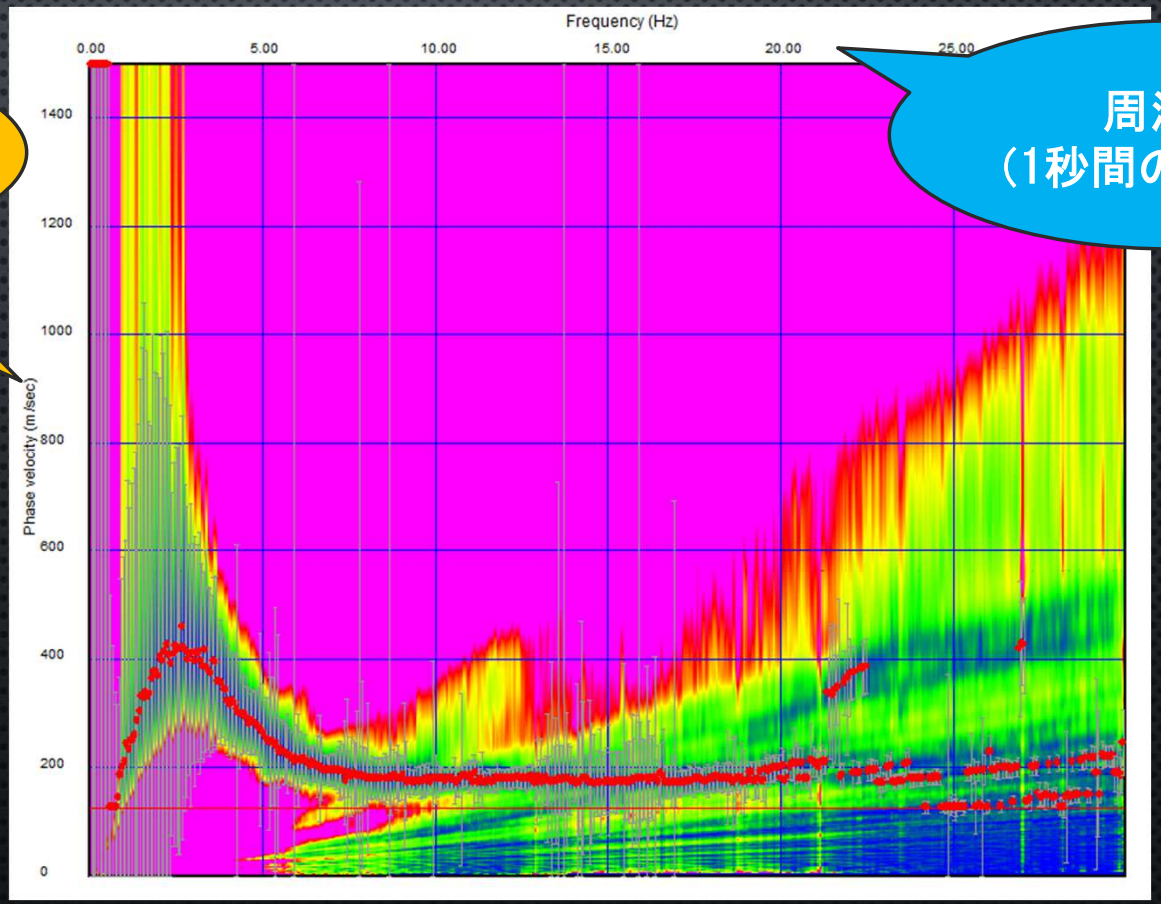
・解析プロセスと分散曲線の抽出

◎位相速度解析図（SPAC法）

⇐地盤を伝わる表面波の「周波数ごとの伝わる速さ」を求めた図

位相速度
（波が伝わるスピード）

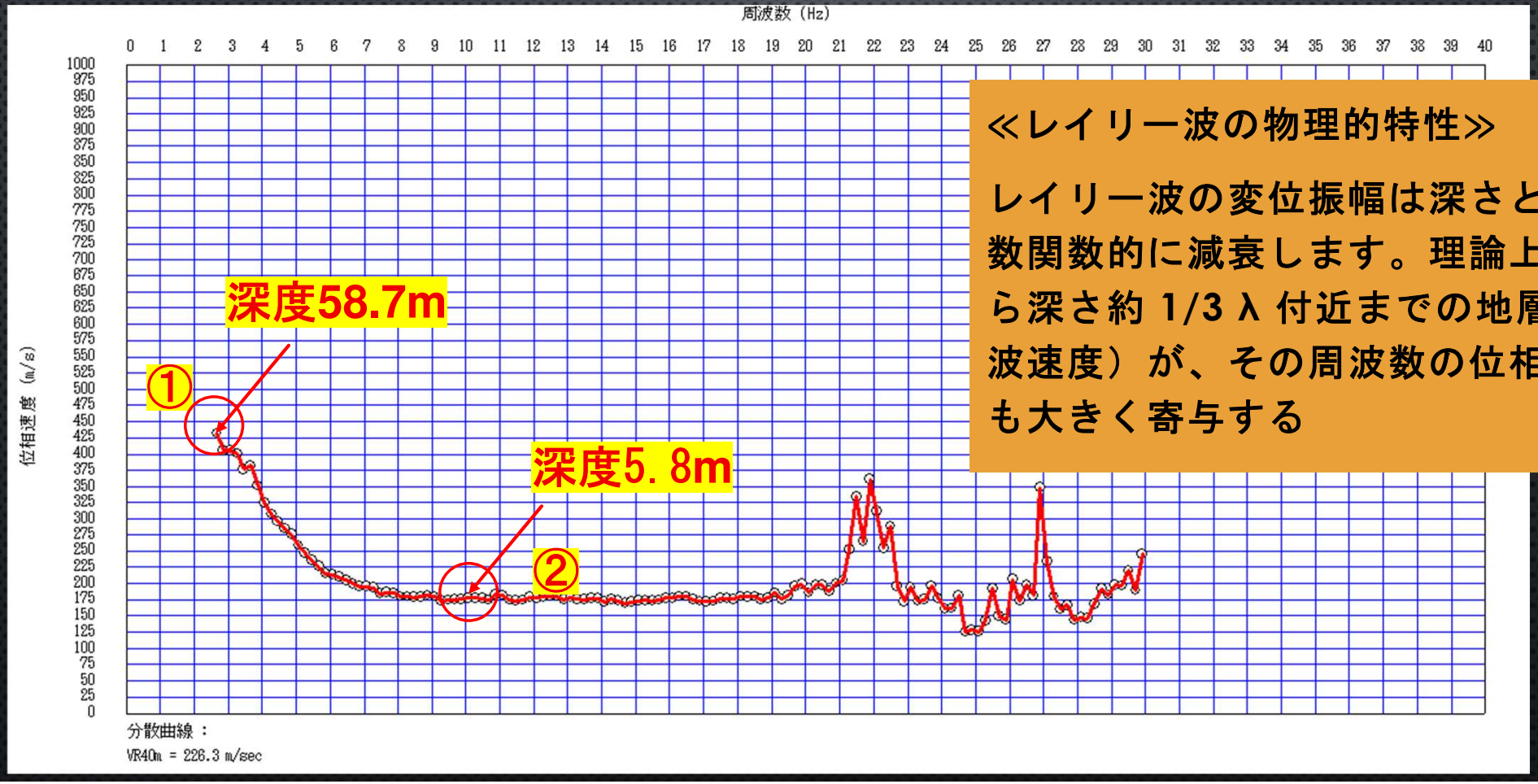




周波数
（1秒間の振動数）

・解析プロセスと分散曲線の抽出

◎分散曲線

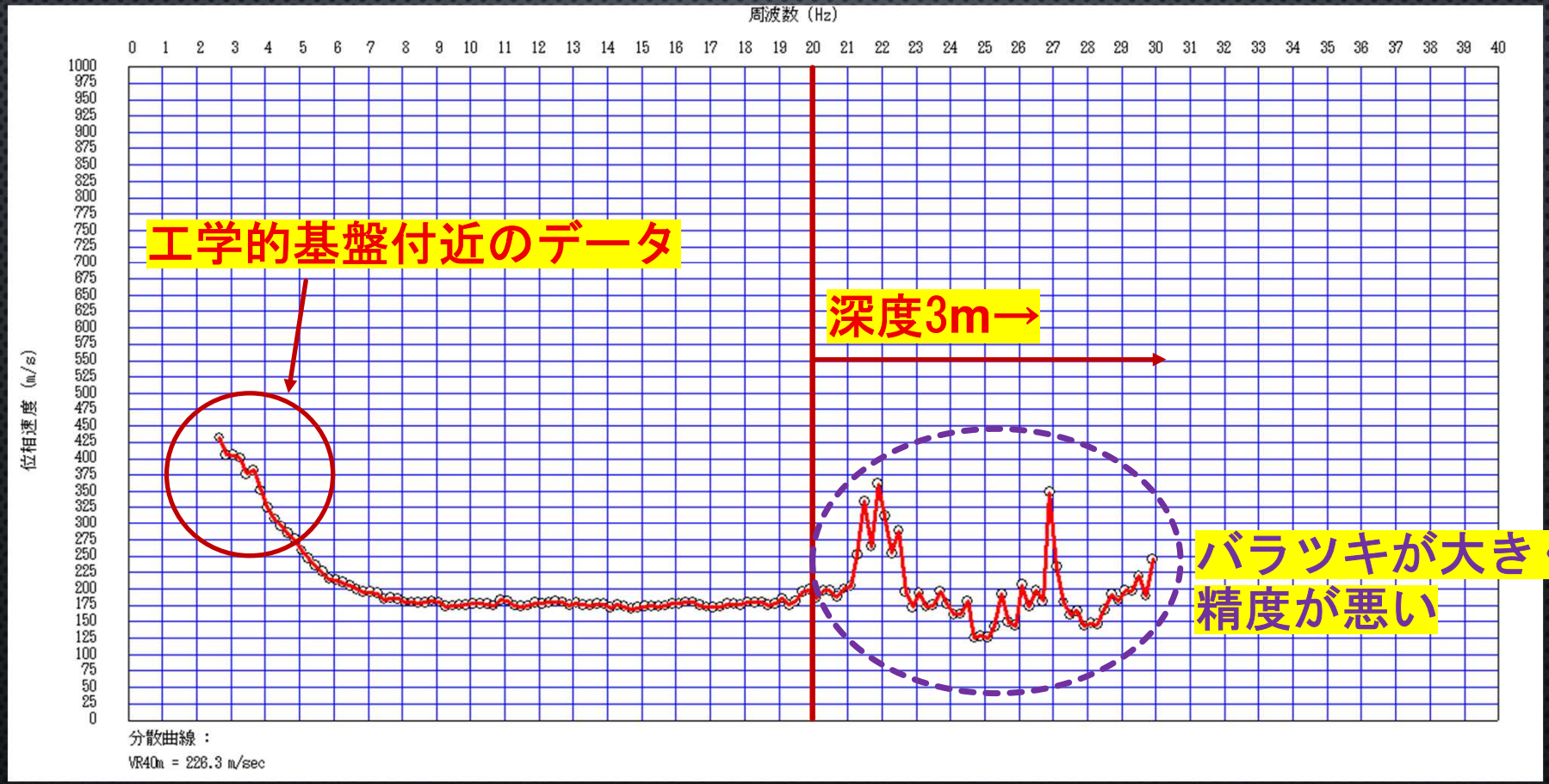


≪レイリー波の物理的特性≫

レイリー波の変位振幅は深さとともに指数関数的に減衰します。理論上、地表から深さ約 1/3 λ 付近までの地層の剛性（S 波速度）が、その周波数の位相速度に最も大きく寄与する

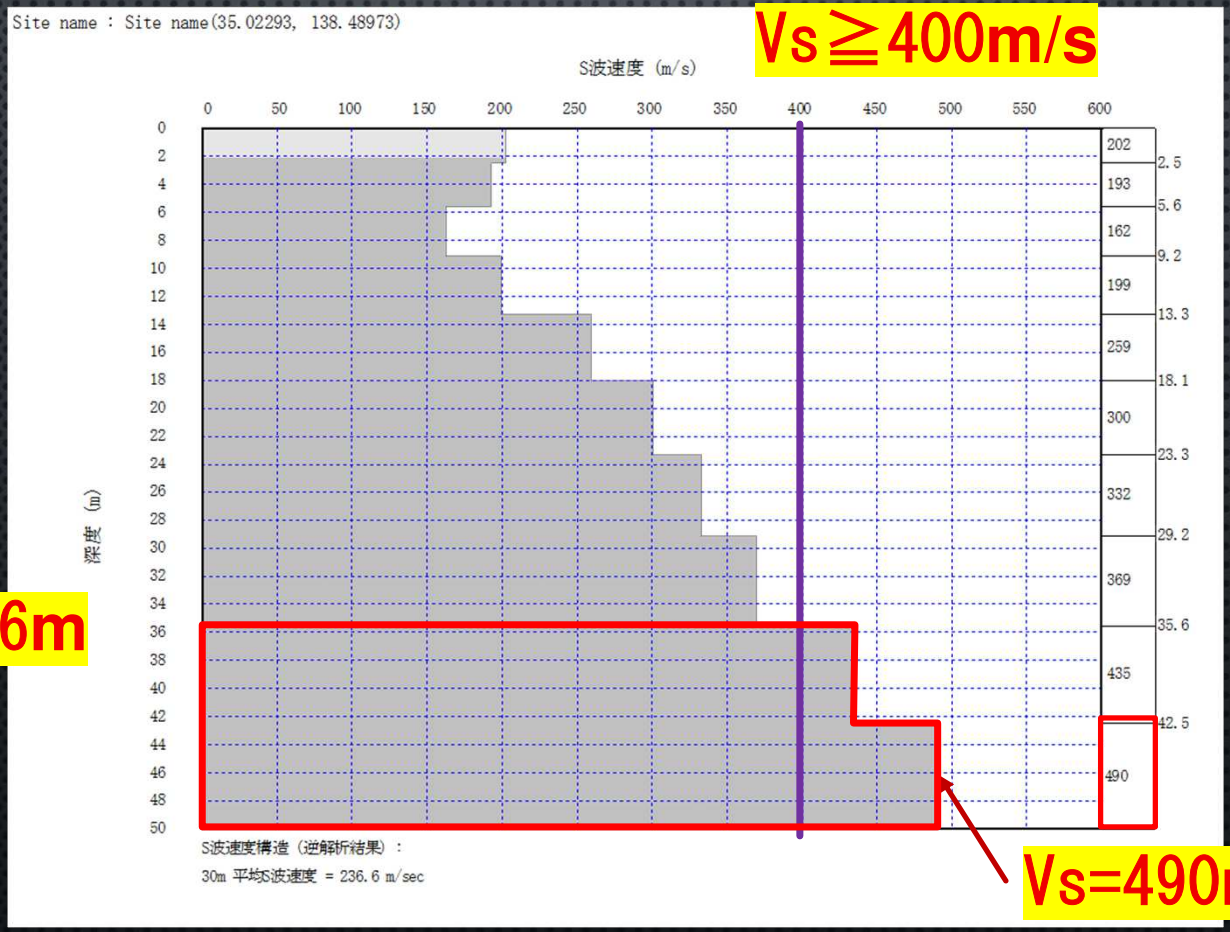
・解析プロセスと分散曲線の抽出

◎分散曲線



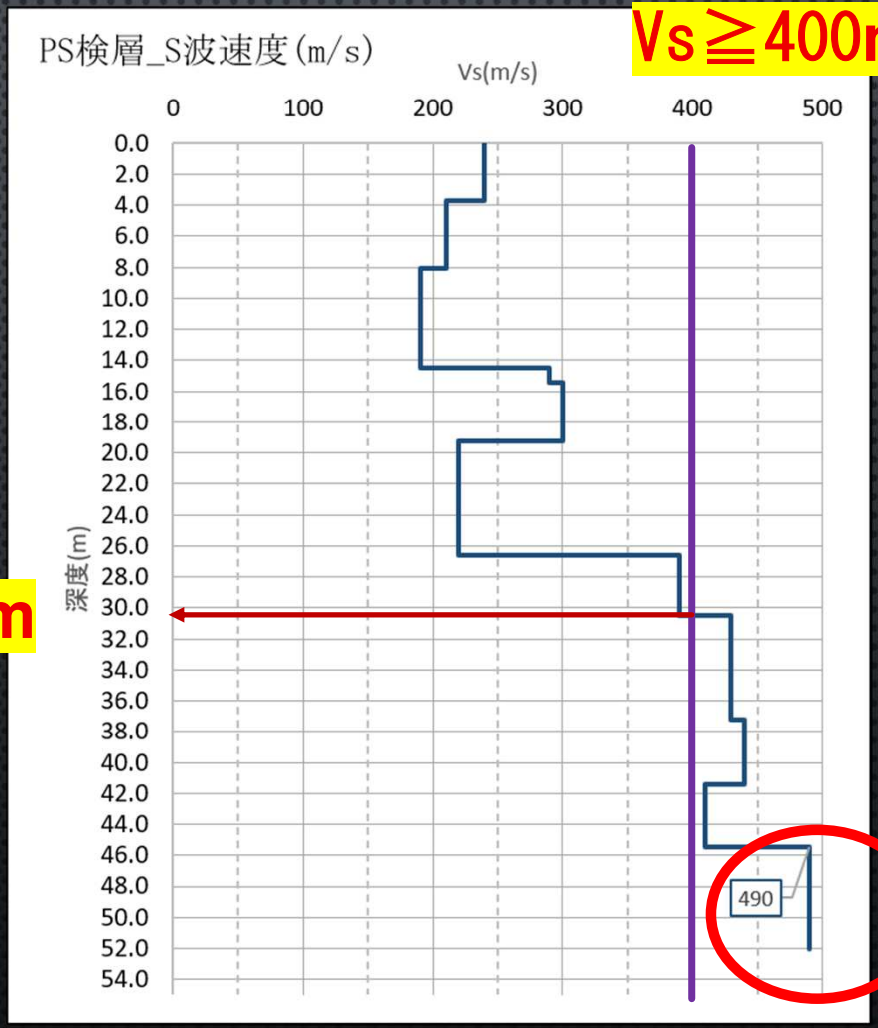
・解析プロセスと分散曲線の抽出

◎地盤モデルの推定



・解析プロセスと分散曲線の抽出

◎PS検層結果



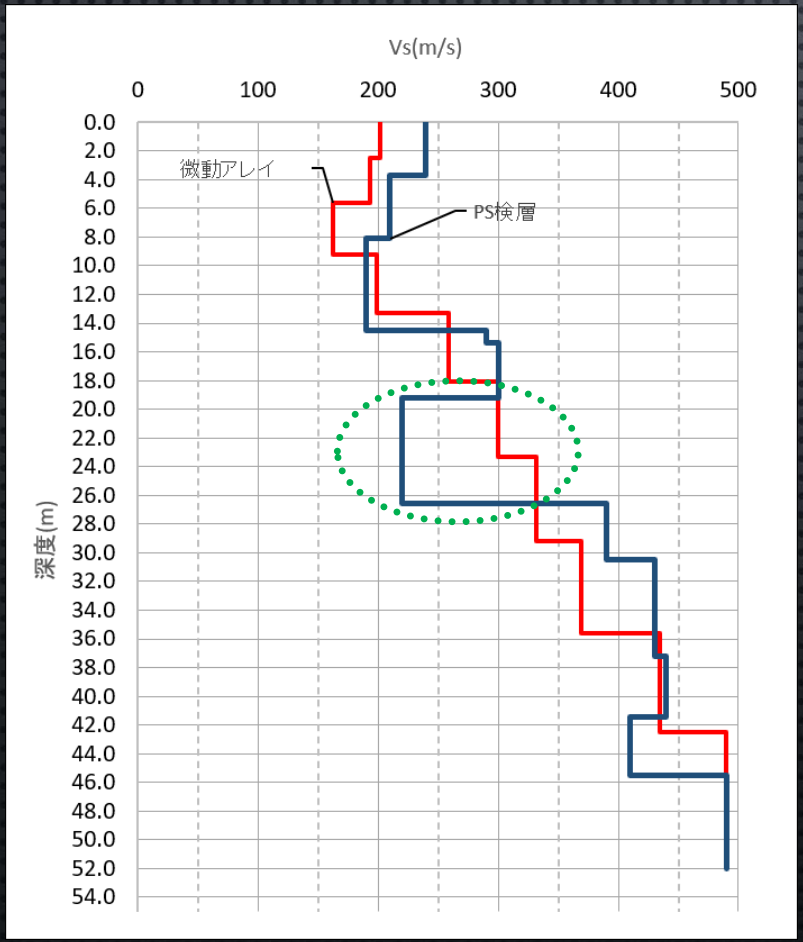
Vs≧400m/s

深度30.5m

Vs=490m/s

・結果比較：微動アレイ探査と他試験との比較

◎解析結果の比較



解析結果の比較データ

【微動アレイ探査（逆解析）】

- 工学的基盤（Vs ≥ 400m/s）：深度 35.6 m 以深
- 最深部（Vs = 490m/s）：深度 42.5 m 以深

【PS検層（実測値）】

- 工学的基盤（Vs ≥ 400m/s）：深度 30.5 m 以深
- 最深部（Vs = 490m/s）：一致

【差の評価】

- 工学的基盤（Vs ≥ 400m/s）深度の差：約 5m

・現場適用事例その2

★L型配置で測定した事例

ハドルテスト





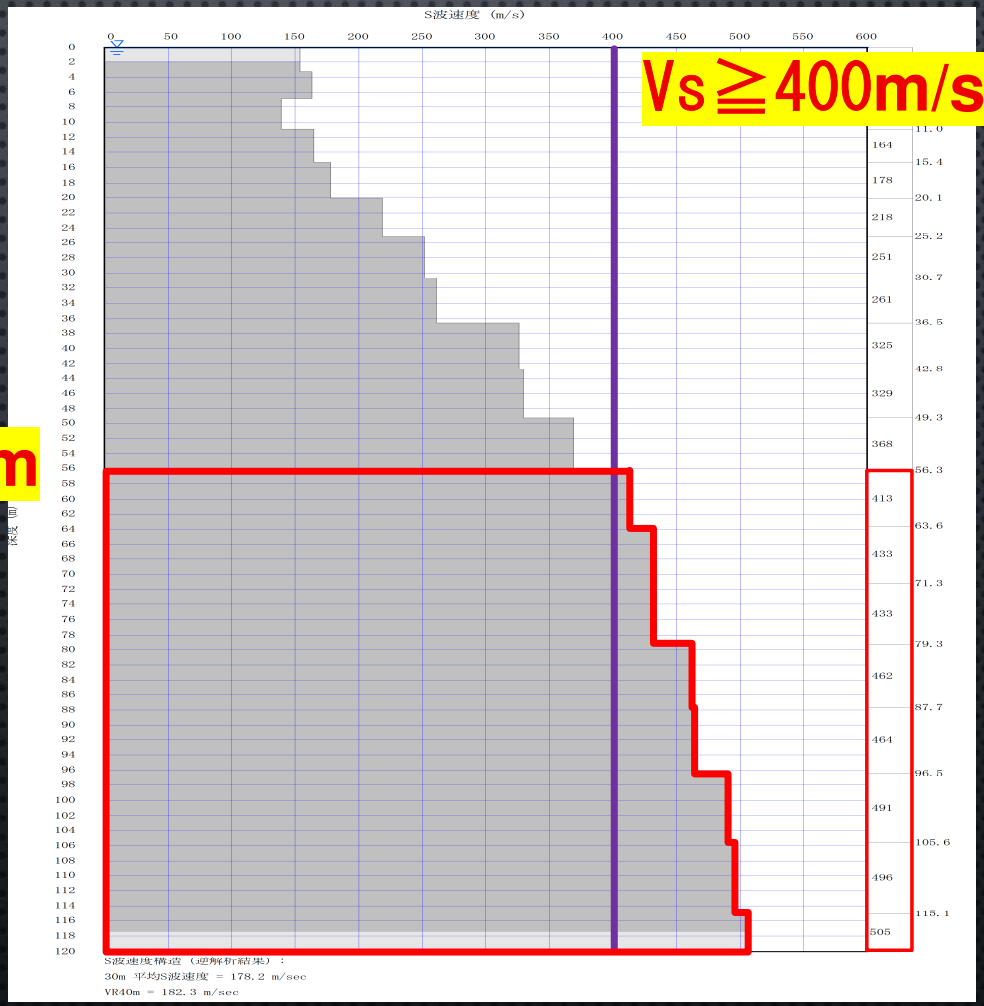
測定状況



・現場適用事例その2

◎地盤モデルの推定

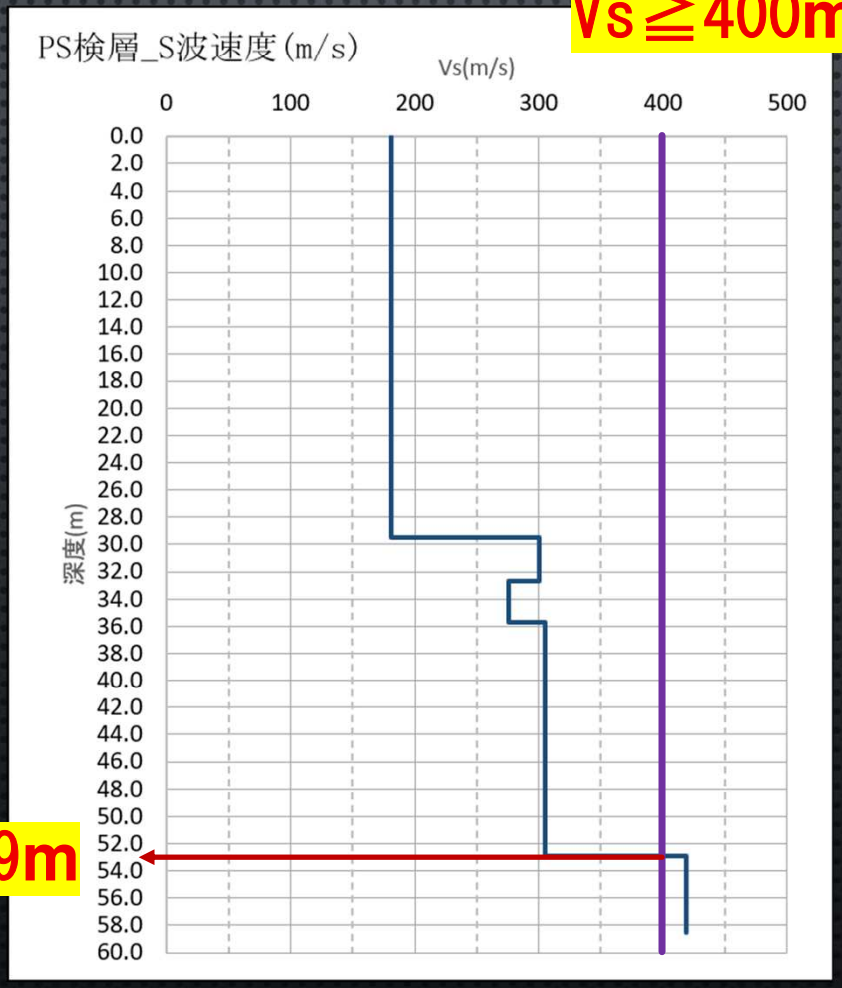
深度56.3m



・現場適用事例その2

◎PS検層結果

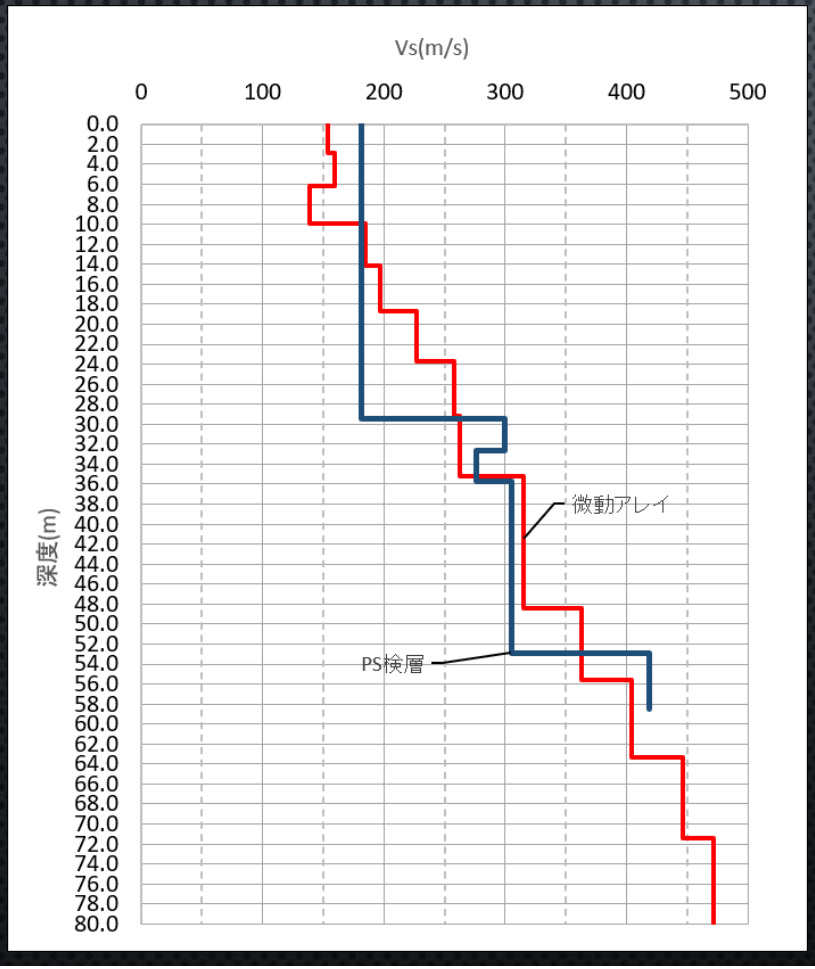
Vs≧400m/s



深度52.9m

・現場適用事例その2

◎解析結果の比較



解析結果の比較データ

【微動アレイ探査（逆解析）】

・工学的基盤（Vs ≥ 400m/s）：深度 56.3 m 以深

【PS検層（実測値）】

・工学的基盤（Vs ≥ 400m/s）：深度 52.9 m 以深

【差の評価】

・工学的基盤（Vs ≥ 400m/s）深度の差：約 3 m

・まとめ

・工学的基盤（建築Ｖｓ≧400m/s）まで確認している既存ボーリング調査デ
は少

・微 速度層 上層）
で差 に大き

・微 所では どを
する る。測 ない
こと）





・周辺データの無い土地では、工学的基盤の深さを把握し、ボーリング調査の計画をするための情報を収集する目的としては微動アレイ探査は有効

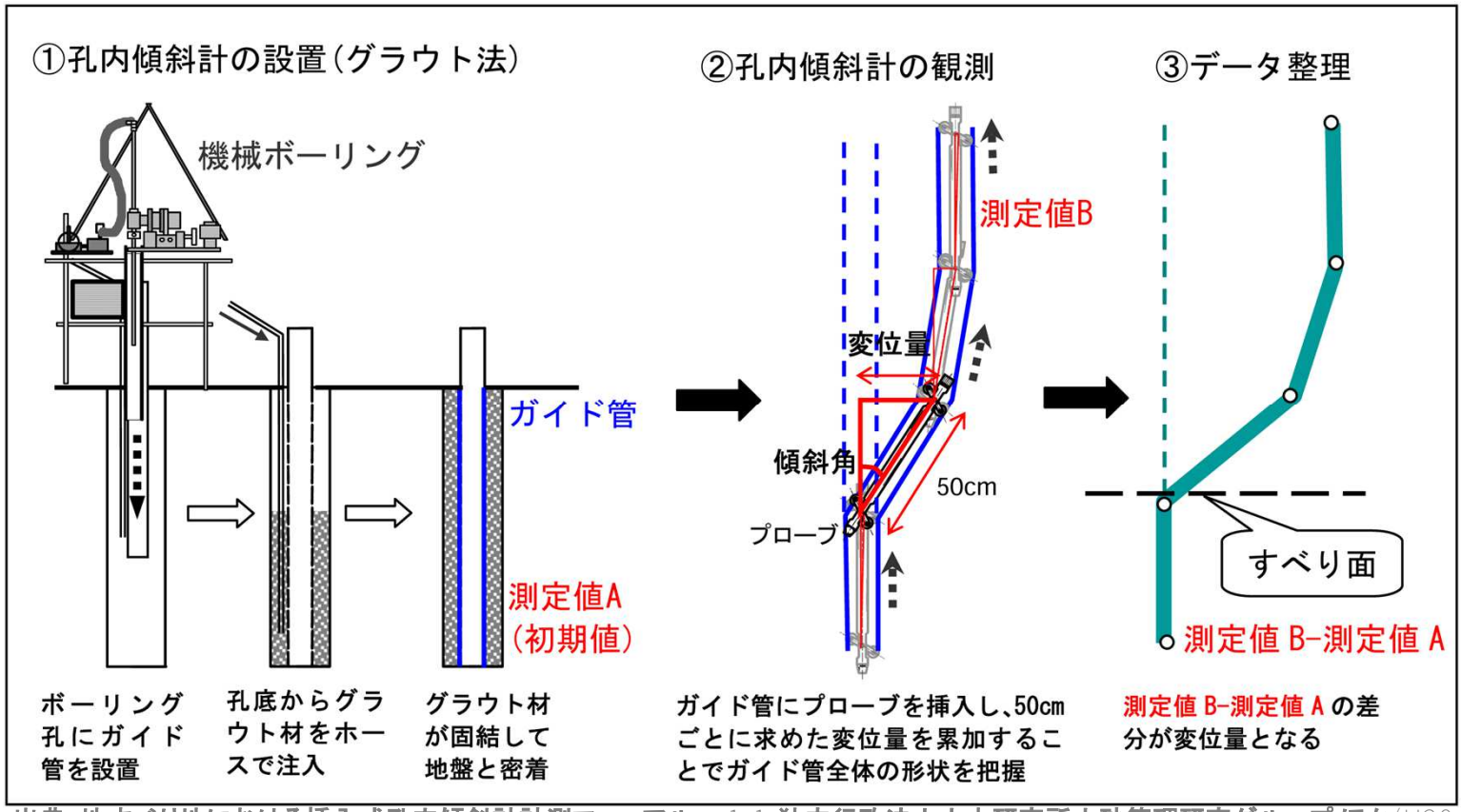
ご清聴ありがとうございました

ジオフォーラム 2026

孔内傾斜計 測定器交換時の補正方法について

日本エルダルト株式会社　　大場 椋斗

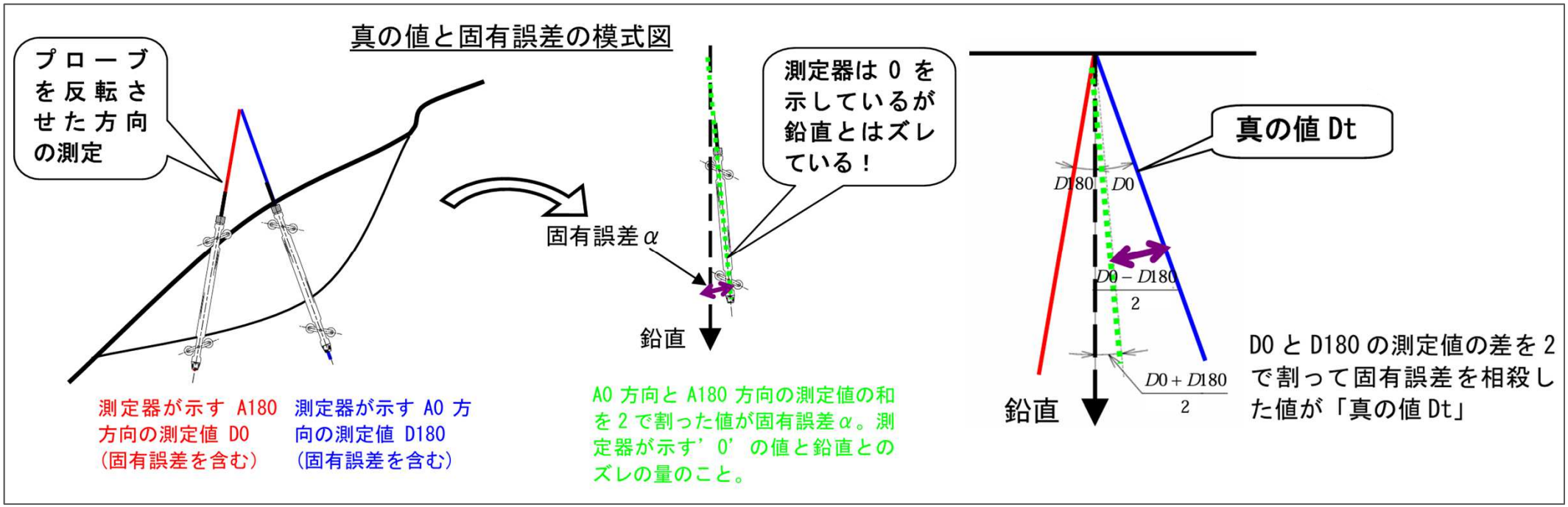
孔内傾斜計観測の仕組み



出典：地すべり地における挿入式孔内傾斜計計測マニュアル,p.1-1,独立行政法人土木研究所土砂管理研究グループ ほか(H20.11)

傾斜計観測：すべり面深度と変位**量**を特定することが可能

孔内傾斜計観測の仕組み



出典：地すべり地における挿入式孔内傾斜計計測マニュアル，p.1-10，独立行政法人土木研究所土砂管理研究グループ ほか(H20.11)，一部改

〔式 1〕 $\cdots \dfrac{D0}{2} - \dfrac{D180}{2} = \dfrac{(Dt+\alpha)-(-Dt+\alpha)}{2} = \dfrac{2Dt}{2} = Dt$ ［真の値 Dt］

ここで、D0：正の読み値　D180：反転方向の読み値

Dt：真の値　　α：固有誤差

極めて精密な計測と「測定値に含まれる3つの誤差」

1×10^3mm単位のわずかな動きを捉えるため、**測定器の特性**や現場**測定**のバラつきが影響する

① 機器固有の誤差

機器のクセ（決まったズレ）

センサー感度のわずかな個体差により、まったく同じ場所を測っても機器間で表示される値が異なってしまう誤差。

② 人による誤差

その場のバラつき（偶然のズレ）

測定器を降ろす速さの違いや、ケーブルを止める位置のわずかなズレ、測定時の手ブレによる誤差。

③ 環境による誤差

その場のバラつき（自然の影響）

主に温度変化により生じる誤差。
※ 測定時、孔内温度になじませるため、プローブを孔底部で保持させるが、それでも完全に相殺されるとは限らない。

実測例：補正傾斜量比較表

傾斜量比較表（同時期・同一孔・同一測定器）

深度 [m]	補正傾斜量 X [mm]			補正傾斜量 Y [mm]		
	測定1回目	測定2回目	|差|	測定1回目	測定2回目	|差|
0.5	0.53	0.52	0.01	-0.22	-0.23	0.01
1.0	0.64	0.62	0.02	-0.16	-0.19	0.03
1.5	0.64	0.61	0.03	-0.19	-0.19	0.03
2.0	0.65	0.62	0.03	-0.38	-0.38	0.03
2.5	0.57	0.54	0.03	-0.47	-0.48	0.01
3.0	0.39	0.39	0.00	-0.51	-0.50	0.01
3.5	0.22	0.20	0.02	-0.43	-0.44	0.01
4.0	0.07	0.04	0.03	-0.45	-0.45	0.00
4.5	0.10	0.08	0.02	-0.40	-0.39	0.01
5.0	0.00	-0.02	0.01	-0.12	-0.10	0.02
5.5	-0.21	-0.21	0.01	0.04	0.04	0.00
6.0	-0.3	-0.29	0.01	0.16	0.17	0.01
6.5	-0.29	-0.29	0.00	0.34	0.34	0.00
7.0	-0.21	-0.23	0.02	0.51	0.52	0.01
7.5	-0.16	-0.16	0.00	0.53	0.52	0.01
8.0	-0.21	-0.22	0.01	0.44	0.44	0.00
8.5	-0.29	-0.29	0.00	0.43	-0.44	0.01

誤差の内訳

② 人による誤差　＋　③ 環境による誤差

＝0.01mmオーダー

実測例：補正傾斜量比較表

傾斜量比較表（同時期・同一孔・同一測定器）

深度 [m]	補正傾斜量 X [mm]			補正傾斜量 Y [mm]		
	測定1回目	測定2回目	|差|	測定1回目	測定2回目	|差|
0.5	0.53	0.52	0.01	-0.22	-0.23	0.01
1.0	0.64	0.62	0.02	-0.16	-0.19	0.03
1.5	0.64	0.61	0.03	-0.19	-0.19	0.03
2.0	0.65	0.62	0.03	-0.38	-0.38	0.03
2.5	0.57	0.54	0.03	-0.47	-0.48	0.01
3.0	0.39	0.39	0.00	-0.51	-0.50	0.01
3.5	0.22	0.20	0.02	-0.43	-0.44	0.01
4.0	0.07	0.04	0.03	-0.45	-0.45	0.00
4.5	0.10	0.08	0.02	-0.40	-0.39	0.01
5.0	0.00	-0.02	0.01	-0.12	-0.10	0.02
5.5	-0.21	-0.21	0.01	0.04	0.04	0.00
6.0	-0.3	-0.29	0.01	0.16	0.17	0.01
6.5	-0.29	-0.29	0.00	0.34	0.34	0.00
7.0	-0.21	-0.23	0.02	0.51	0.52	0.01
7.5	-0.16	-0.16	0.00	0.53	0.52	0.01
8.0	-0.21	-0.22	0.01	0.44	0.44	0.00
8.5	-0.29	-0.29	0.00	0.43	-0.44	0.01

誤差の内訳

② 人による誤差　＋　③ 環境による誤差

＝0.01mmオーダー

傾斜量比較表（同時期・同一孔・異なる測定器）

深度 [m]	補正傾斜量 X [mm]			補正傾斜量 Y [mm]		
	プローブ②	プローブ③	|差|	プローブ②	プローブ③	|差|
0.5	5.32	5.67	0.35	-4.34	-3.68	0.66
1.0	5.50	5.83	0.33	-4.52	-3.86	0.66
1.5	5.22	5.64	0.42	-4.95	-4.26	0.69
2.0	4.95	5.33	0.38	-4.63	-4.02	0.61
2.5	4.83	5.14	0.31	-4.38	-3.87	0.51
3.0	3.38	3.65	0.27	-3.83	-3.4	0.43
3.5	2.54	2.83	0.29	-2.66	-2.36	0.3
4.0	2.26	2.42	0.16	-1.8	-1.49	0.31
4.5	1.92	2.09	0.17	-1.55	-1.28	0.27
5.0	2.17	2.27	0.1	-0.99	-0.66	0.33
5.5	1.71	1.87	0.16	-1.98	-1.76	0.22
6.0	1.03	1.46	0.43	-4.47	-4.26	0.21
6.5	0.68	1.12	0.44	-5.04	-4.8	0.24
7.0	0.44	0.82	0.38	-4.12	-3.9	0.22
7.5	0.85	1.21	0.36	-3.76	-3.5	0.26
8.0	0.75	1.12	0.37	-4.12	-3.93	0.19
8.5	0.00	0.42	0.42	-4.41	-4.24	0.17

誤差の内訳

① 機器間誤差 ＋ ② 人による誤差　＋　③ 環境による誤差

0.1mmオーダー　　0.01mmオーダー

観測の鉄則と「やむを得ない機器交換」

【原則】

同一**測定器**運用の原則

機器ごとの固有誤差（系統差）が時系列データに混入するのを避けるため、「初期値測定から最終観測まで同一のプローブを使用し続けること」が原則。

同一**測定**器を用いれば**機器間誤差**が相殺される

【現場の現実】

長期観測におけるジレンマ

観測期間は数年に及ぶケースも少なくない。
その間には以下の要因により、別個体への交換が不可避となる。

- 定期校正の実施：精度維持のためのメーカー校正出しに伴う一時代替
- 不意の機器故障：断線**等**による突発的な交換対応

交換前後のデータをいかに連続的・整合的に繋ぐか

第2部. 従来法補正手段の問題点

キャリブレーション（従来法）の仕組みと手順

交換前に、新旧測定器の同時測定により「オフセット定数」を算出し、以降の測定値に補正する手法

1

同日・同時測り比べ

機器交換時、同一孔に対して旧測定器（A）と新測定器（B）の両方で連続観測を実施。

2

深度別 差分Δの算出

各深度において、測定器Bの表示値と測定器Aの表示値の差分（Δ = B − A）を算出。

3

差分の定数加減算

交換後の全測定データに対し、算出した差分Δを補正値として加減算処理。

第2部. 従来法補正手段の問題点

キャリブレーション時に「人為・環境誤差」が固定混入する

交換前に、新旧測定器の同時測定により「オフセット定数」を算出し、以降の測定値に補正する手法

1

同日時・同一孔での測り比べ

機器交換時、同一孔に対して旧測定器（A）と新測定器（B）の両方で連続観測を実施。

2

深度別 差分Δの算出

各深度において、測定器Bの表示値と測定器Aの表示値の差分（Δ = B − A）を算出。

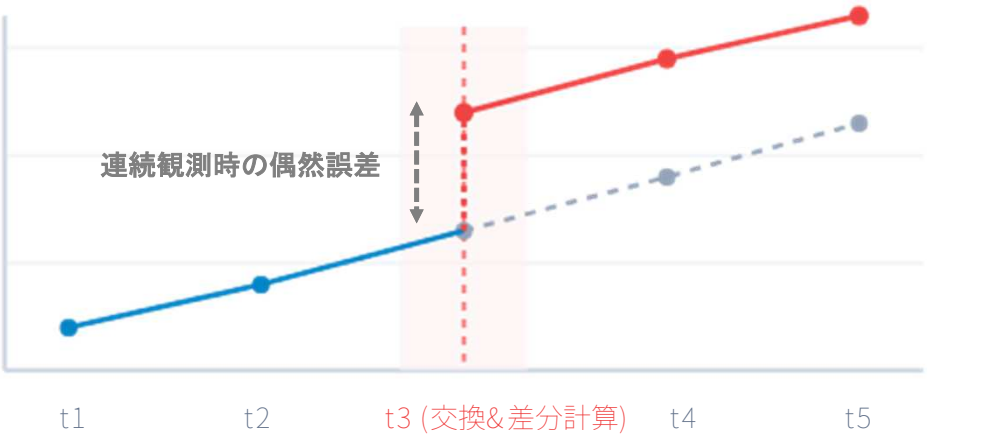
3

差分の定数加減算

交換後の全測定データに対し、算出した差分Δを補正値として加減算処理。

人為・環境による偶然誤差が必ず混入する。

時系列での変位推移（概念図）



差分法への着眼：アプローチ「上下深度**法**」の試行

【差分法の着想原点】

「2深度間の傾斜量差」への着眼

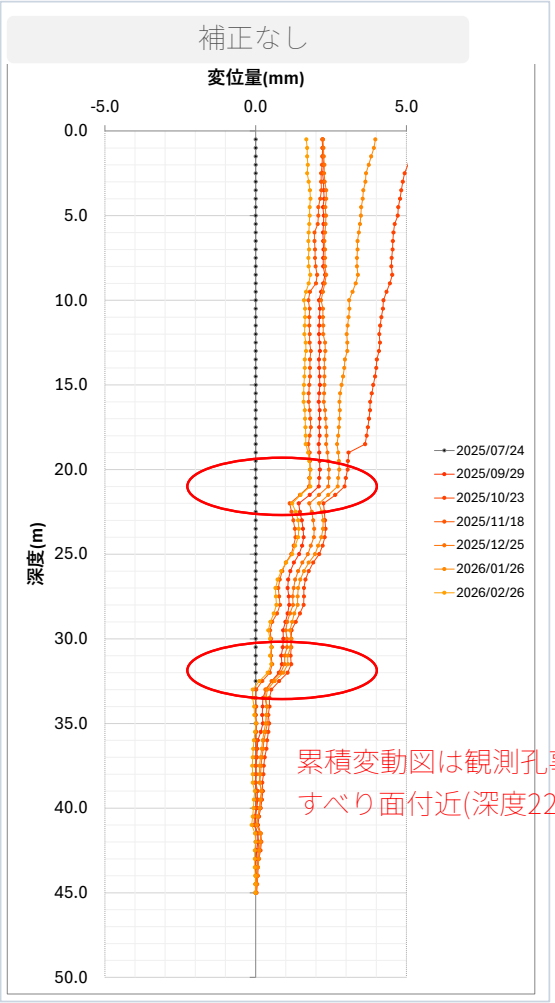
測定器間による絶対値のズレにとらわれず、
「2深度間の傾斜量の差」に着目したことが、差分法というアイデアに至った発想の原点である。

差分法(上下深度法)
…隣り合う上下の2深度間の差分をとる手法

深度 [m]	**測定値** X [mm]	
	測定値	差分値
0.5	1.63	0.68 (=1.63−0.95)
1.0	0.95	-0.28
1.5	1.23	-0.31
2.0	1.54	-0.28
2.5	1.82	0.61
3.0	1.21	0.32
3.5	0.89	-0.53
⋮	⋮	⋮
16.0	0.24	0.13
16.5	0.11	0.04
17.0	0.07	0.07

実データでの挙動比較：従来法 vs 差分法（上下深度間）

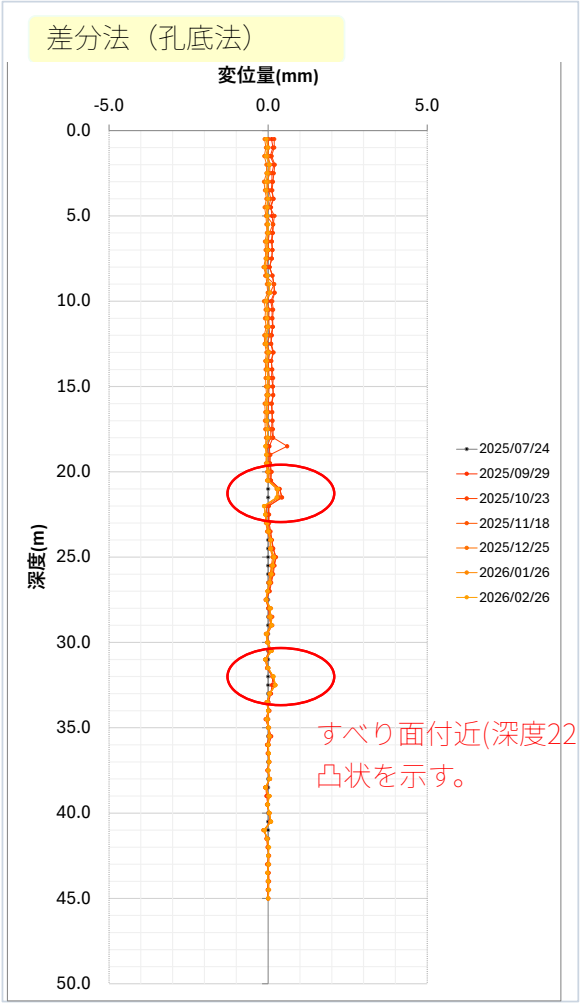
補正なし



斜面下方方向を正とする。

累積変動図は観測孔事態の実際のたわみ形状を示す。
すべり面付近(深度22m付近・32m付近)は、右方向へシフトする。

差分法（孔底法）



すべり面付近(深度22m付近・32m付近)は、
凸状を示す。

第3部. 解析法の検討

提案手法：アプローチ2「差分法（孔底法）」の確立

「不動層である孔底そのものを直接基準にする」という孔底法の着想へと繋る。

【本発表の提案】

孔底深度を直接基準とする差分処理

不動層である孔底の測定値を各深度の測定値から個別に引き算（$\Delta X = X_{深度} - X_{孔底}$）し、その値を用いて従来の**データ**解析を行う。

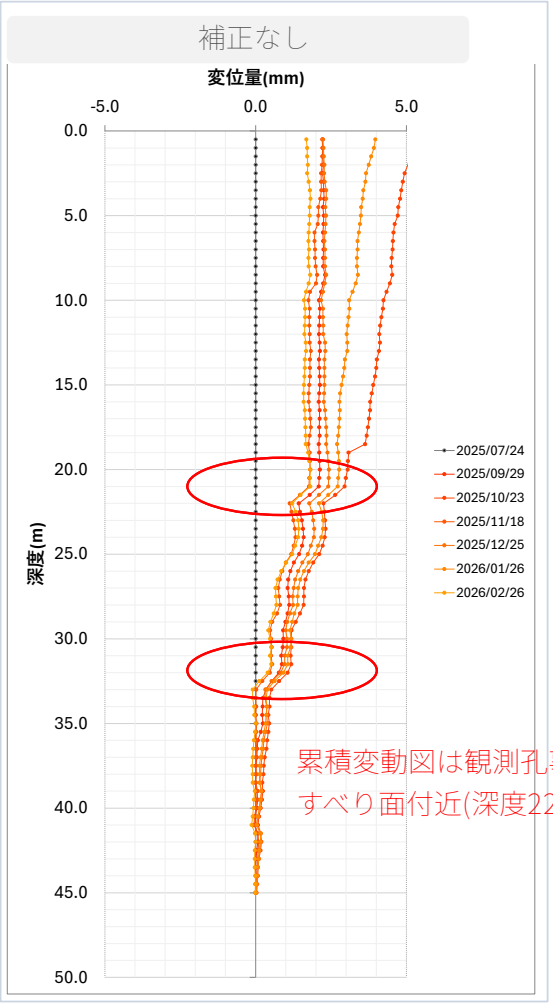
解析処理の流れ

1. 各深度の測定値 X_i および孔底測定値 X_{bot} を取得
2. 全深度で孔底差分値 $\Delta X_i = X_i - X_{bot}$ を算出
3. 得られた ΔX_i に対し従来のデータ処理を実施

深度 [m]	**測定値** X [mm]	
	測定値	差分値
0.5	1.63	1.56（＝1.63－0.07）
1.0	0.95	0.88
1.5	1.23	1.16
2.0	1.54	1.47
2.5	1.82	1.75
3.0	1.21	1.14
3.5	0.89	0.82
⋮	⋮	⋮
16.0	0.24	0.17
16.5	0.11	0.04
17.0(孔底)	0.07	0.00（＝0.07－0.07）

実データでの挙動比較：従来法 vs 差分法（**孔底法**）

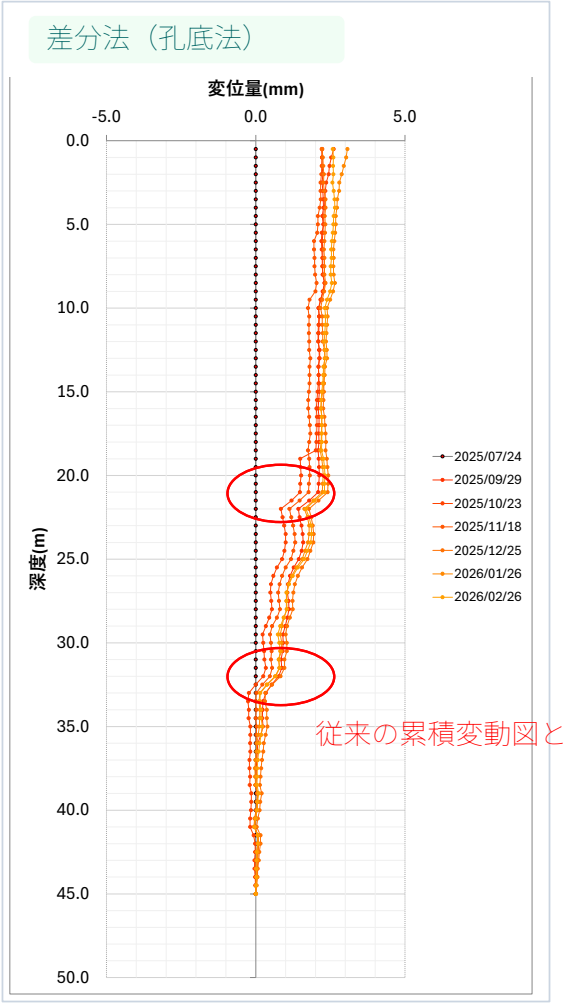
補正なし



斜面下方方向を正とする。

累積変動図は観測孔事態の実際のたわみ形状を示す。
すべり面付近(深度22m付近・32m付近)は、右方向へシフトする。

差分法（孔底法）



従来の累積変動図と似たような形状を示す。

第3部. 解析法の検討

差分法（孔底法）を採用する際の**留意**点

> 前提：「孔底が確実に不動地盤（基盤層）に達していること」
>
> 本手法は「孔底変位＝0」を基準値として各深度の差分を処理するため、すべり面が想定より深く、孔底そのものが滑動変位している場合は基準点そのものが狂ってしまいます。

> ボーリング掘進長と定着層の事前確認
>
> 孔底法を安全かつ正確に機能させるためには、観測孔設置時に「想定すべり面よりも深く(5m程度以上)、不動基盤層内へ確実に根入れされていること」をコア状況等で確認しておくことが不可欠です。

第3部. 解析法の検討

シミュレーション検証の条件設定

深度設定

深度0.5m～5.0m（0.5m間隔・計10深度）

すべり面（滑動層）仮定

深度1.5m～2.0m間のみに変位が発生（他は不動層）

機器交換と誤差付与

t3観測時に機器交換（系統定数）。各観測時にランダム誤差を付与。

表-1 サンプル真値データ（変位量 mm）

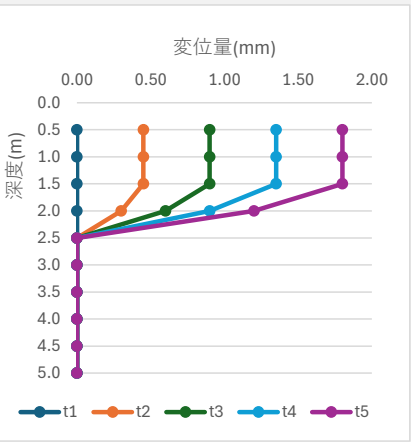
深度 (m)	t1	t2	t3 (交換)	t4	t5
1.5	0.00	0.15	0.30	0.45	0.60
2.0	0.00	0.30	0.60	0.90	1.20

※真値データに実測値相当のランダムノイズと機器間系統定数を合成して4手法を評価

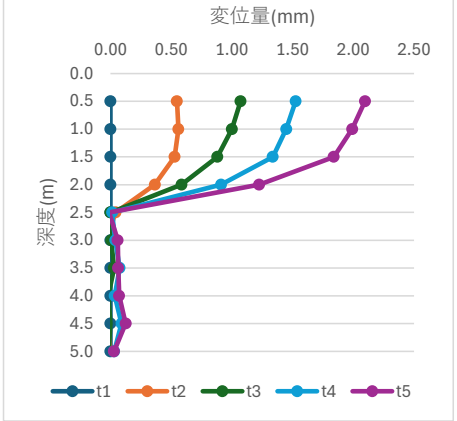
4つの解析手法による変動図の挙動比較(**例**)

※横軸: 変位量 / 縦軸: 深度

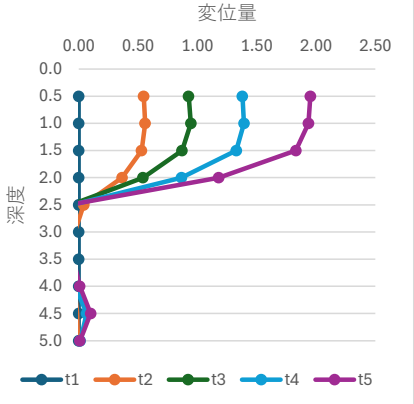
真値



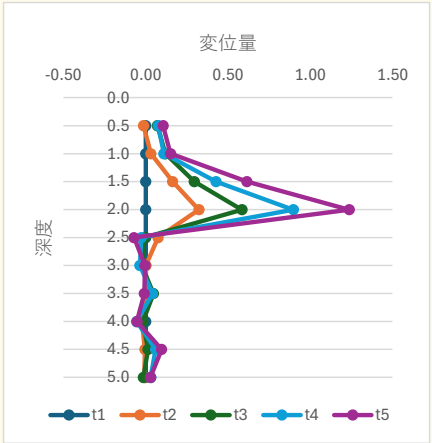
① キャリブレーションなし



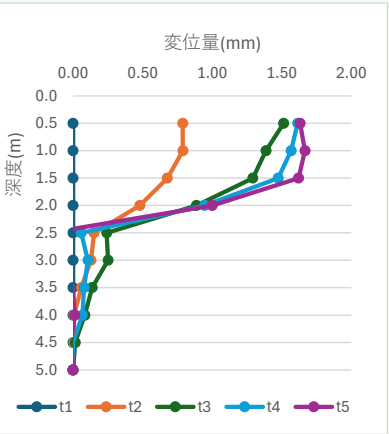
② 従来法（キャリブレーション）



③ 差分法（上下深度間）



④ 差分法（孔底法）



第3部. 解析法の検討

4つの解析手法 特性比較マトリクス

傾斜計観測の測定器交換時のデータ処理 手法一覧と適用性評価

解析手法	**機器間誤差の影響**	偶然誤差の**影響**	**すべり面深度の抽出**	**変位量の正確性**	総合判定
① 補正なし	× 完全に残存	○ 影響小	× 機器間誤差が加算	× 機器間誤差が加算	× 実用不可
② 従来法（キャリブレーション）	○ 相殺	△ 連続測定時の偶然誤差が加算	△ 誤差の程度による	△ 偶然誤差の影響を含む	○ 適用可 偶然誤差の影響を含む
③ 差分法（上下深度法）	○ 相殺	○ 影響小	○ 可能	× 正確ではない	△ トラブル時の手段
④ 差分法（孔底法）	○ 相殺	○ 影響小	○ 可能	× 正確ではない	

まとめと展望

孔内傾斜計観測は、同一機器が原則だが、万一の交換時も「差分法（孔底法）」でカバー可能

従来キャリブレーションの偶発誤差固定化を回避。**測定**器**交換**時でも滑動層判定を担保できる実用的な救済策。

適用**ケース①：故障・ブランク期間の変位定量化**

測定器が故障して間隔が空いても、交換後の新機器でブランク期間の変位量を数値化可能。

適用**ケース②：古い観測孔・過去データの再活用**

当時の測定器が現存しない**観測**孔でも、最新**測定器**で再開し過去データと接続・有効活用が可能。

ご清聴ありがとうございました

参考文献：独立行政法人土木研究所 (2010)『地すべり地における挿入式孔内傾斜計マニュアル』