

県道静岡焼津線「浜当日トンネル」

対策検討会（第3回）

本編資料



斜面崩壊全景（R6.9.4撮影）

< 目次 >	
1.第2回検討会(令和6年12月24日)の振り返り	・・・P 2
2.地質調査の状況	・・・P 4
3.観測の状況	・・・P 8
4.数値解析の中間報告	・・・P 20
5.想定メカニズムに基づく交通開放の対応方針	
・交通開放に向けたロードマップ	
・想定メカニズム	
・対策工の検討	
・監視通行規制等の検討	
	・・・P 22

1. 第2回検討会(令和6年12月24日)の振り返り

- トンネル変状発生概要：
 - ・ R06/4/14に道路利用者より浜当目TNに変状発生通報の連絡あり
 - ・ 緊急措置として4/15に剥離部の叩き落とし、その後、亀裂計測を開始
 - ・ 亀裂変状が拡大し緊急対策工（当て板工）を実施する中、7/1(想定)に斜面崩壊が発生
- R06/7/24に第一回検討会、R06/12/24に第二回検討会を開催し、今後の対応について討議した。

<第二回検討会議事>

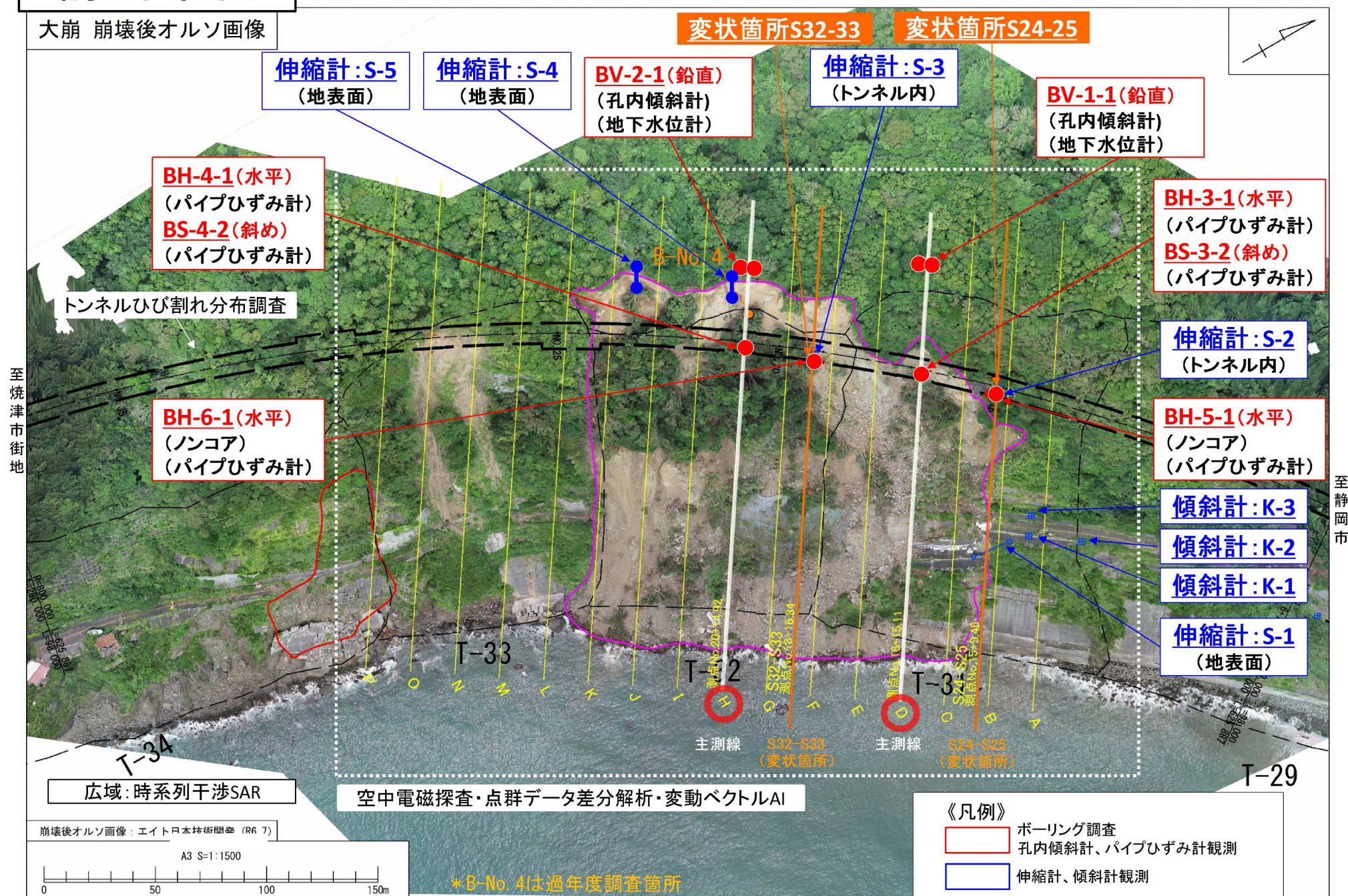
- 1) ボーリング調査等現地調査の進捗について
- 2) 今後の調査の進め方

<討議内容>

意見		対応
(1)	ボーリング調査等の現地調査の進捗について	
1)	崩壊前にトンネルに変状が発生していることから、崩壊に至っていない段階で、地山が変動して変状が発生していると思われる	斜面崩壊とトンネル変状の関係を定性的に評価するために、数値解析を実施中である
2)	降雨時にパイプひずみ計等に動きがあれば地下水位が関係している可能性がある	継続観測によって、データの蓄積を実施中
3)	斜面の変化については、引き続き観測を行う必要がある	
4)	緩み領域と風化岩層、弱風化岩層との位置関係が明確に区別され、崩壊が風化岩層で留まっていることが分かれば、今後新たに崩壊が発生する可能性は小さいと言えるかもしれない	パイプ歪計による継続観測を実施し、斜面変動と地質区分の関係を明らかにする
5)	点群データ差分解析とAIベクトル解析の結果との整合性を確認する必要がある	今後もAIベクトル解析を継続し、点群データ差分との整合性を確認する
6)	衛星データによる解析にて、崩壊部以外の範囲についても過去に崩壊した斜面変動とその後の動きなどに着目して解析することも重要である	今後も干渉SARによる広域の斜面変動監視を継続する
(2)	今後の進め方について	
1)	将来のことも考え、新たな崩壊を事前に検知できる方法も検討した方が良い	変状の拡大及び新規崩壊発生検知を目的として変状モニタリングを実施予定である
2)	降雨と変状の相関性が判明すれば、メカニズムの対策につながる可能性がある	継続観測によってデータの蓄積を行い、メカニズム解明を行う
3)	早期に今後の対応等について検討を進めるためには、すべり面が特定されなくても、既存データを用いて数値解析による発生メカニズムの検討を行うことも考えてはどうか。検討を進める中で計測データ等によって想定した条件が変わればその都度修正していけばいい	斜面崩壊とトンネル変状の関係を定性的に評価するために、数値解析を実施中である

1. 第2回検討会(令和6年12月24日)の振り返り

調査位置図

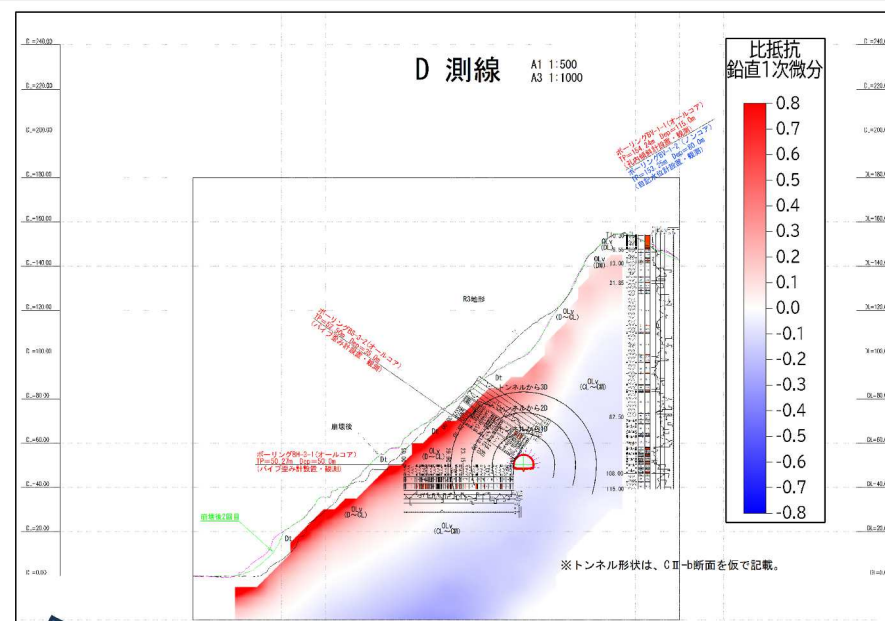
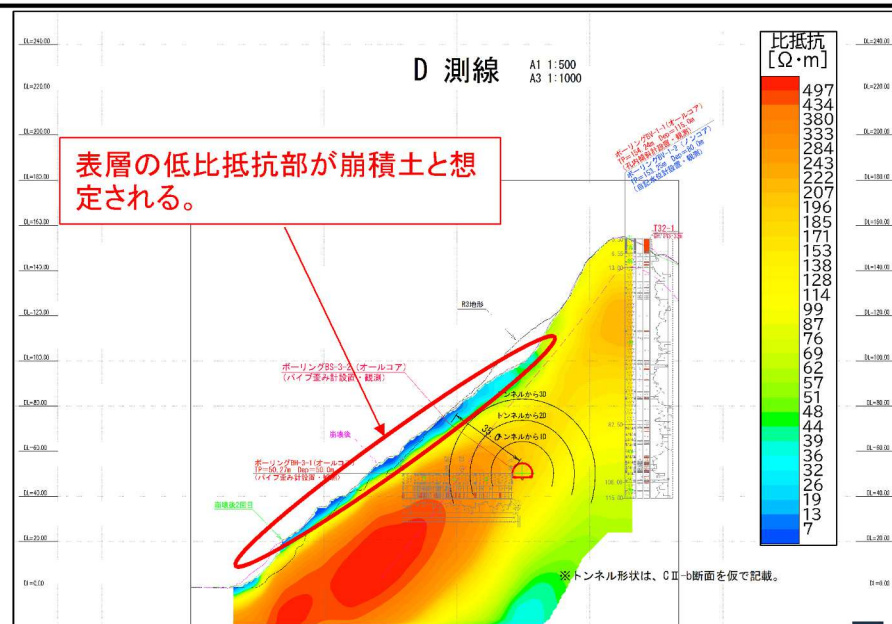


2. 地質調査の状況_D測線

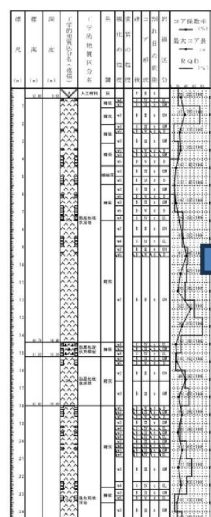
○結果：空中電磁探査結果より、表層の崩積土層、緩み層が想定された。

空中電磁探査結果と、調査ボーリング結果を合わせて、地質断面図を更新した。

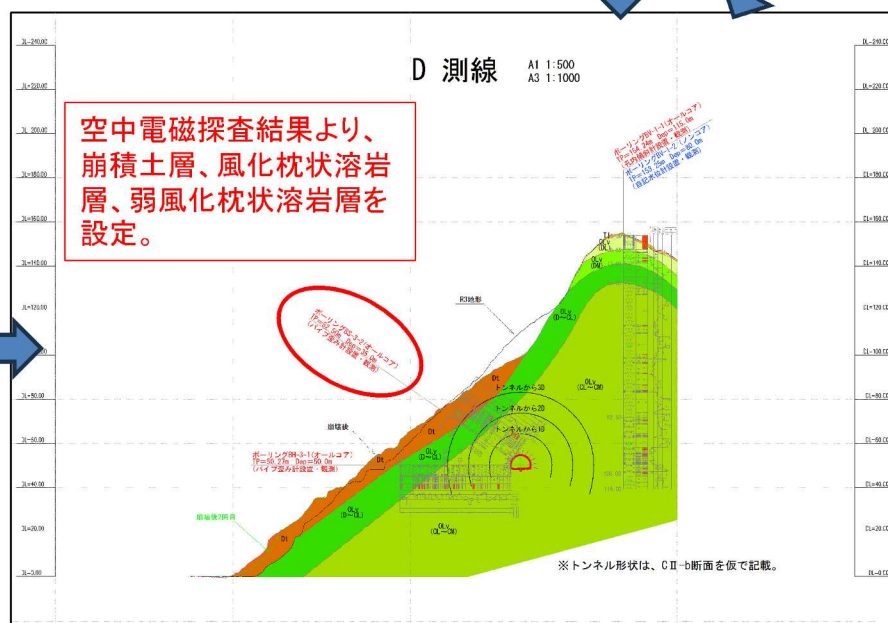
空中電磁探査結果



ボーリング
調査結果



調査ボーリング結果

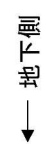


地質断面図 凡例

時代	地層名	記号	層相・岩相	記事	色調
第四紀完新世	崖堆積物	T1	礫混じり砂質シルト	全体に軟らかいシルトである。 φ=5~30mmほどの角礫~亜角を混入している。 木根の混入がある。	黒褐 暗褐
	崩積土	Dt	シルト混じり礫 礫混じり粘土 礫混じり砂 転石	崩落した土砂である。 礫や大きな転石を主体としているが、粘土や砂も多く挟んでいるため、軟質な箇所も多い。	暗灰 暗紫 暗緑
新第三紀中新世	高草山層群 大崩累層	OLv (DL)	極風化枕状溶岩 極風化凝灰角礫岩	礫混じり粘土状~粘土質砂礫状コアで採取される。 岩内部まで風化が進行し、岩構造が不明瞭な箇所がある。 コアは容易に潰すことができるほど軟質である。	暗褐、暗灰 黒褐、褐 暗褐灰
		OLv (DM)	強風化枕状溶岩 強風化凝灰角礫岩	礫状~短柱状コアや硬いコアで採取される。 風化が進んでいるため、容易に潰すことができるものが多い。 岩構造は残存している。 キレツを認識できる箇所はあるが、キレツ面も風化している。	暗灰、黒褐 暗褐、黒灰 褐灰
		OLv (D~CL)	風化枕状溶岩 風化凝灰角礫岩	礫状~短柱状~棒状コアを主体に採取される。 岩片は硬質なものが主体であるが、軟質化して礫混じり粘土状や礫混じり砂状となる箇所も多い。 開口したキレツは多く、キレツ面に粘土を挟んでいる箇所もある。	暗灰、黒褐 赤褐、暗紫 暗緑、褐灰
		OLv (CL~CM)	弱風化枕状溶岩 弱風化凝灰角礫岩	硬質な短柱状~棒状コアを主体に採取される。 開口したキレツや細かなキレツは認められ、キレツに沿って軟質化している箇所や礫混じり粘土状や礫混じり砂状コアとして採取される箇所もある。	暗灰、暗褐 暗紫、暗緑 黒褐、灰褐

※ () 内は岩級区分

○BS-3-2結果、及び空中電磁探査の結果から地質断面図を見直した
○風化岩層の中で確認されるボーリングコア脆弱部を結んだすべり面を設定

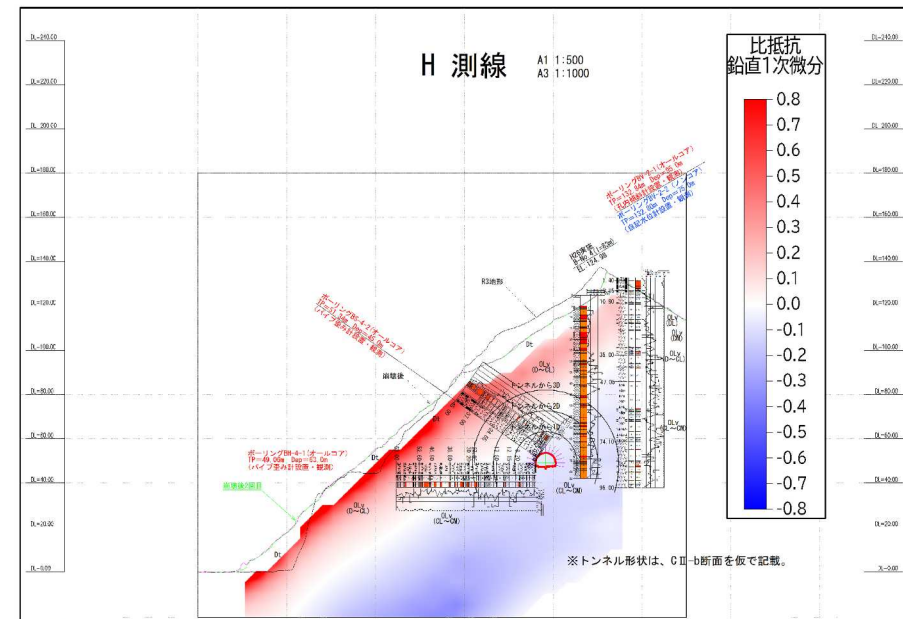
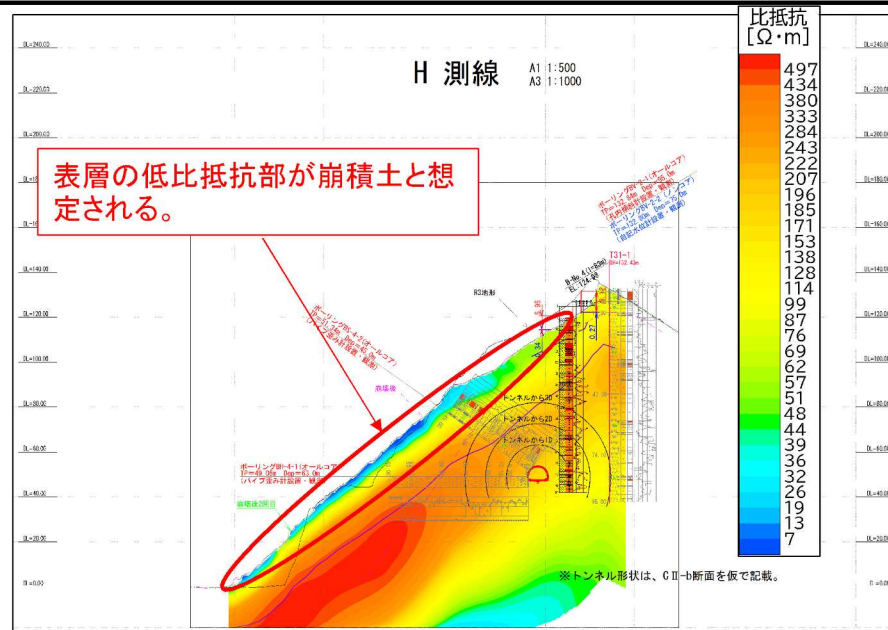


2. 地質調査の状況_H測線

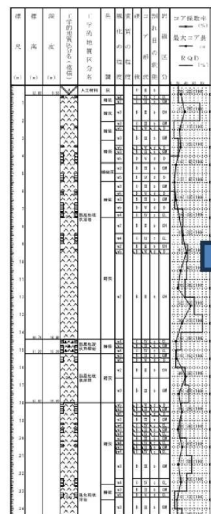
○結果：空中電磁探査結果より、表層の崩積土層、緩み層が想定された。

空中電磁探査結果と、調査ボーリング結果を合わせて、地質断面図を作成した。

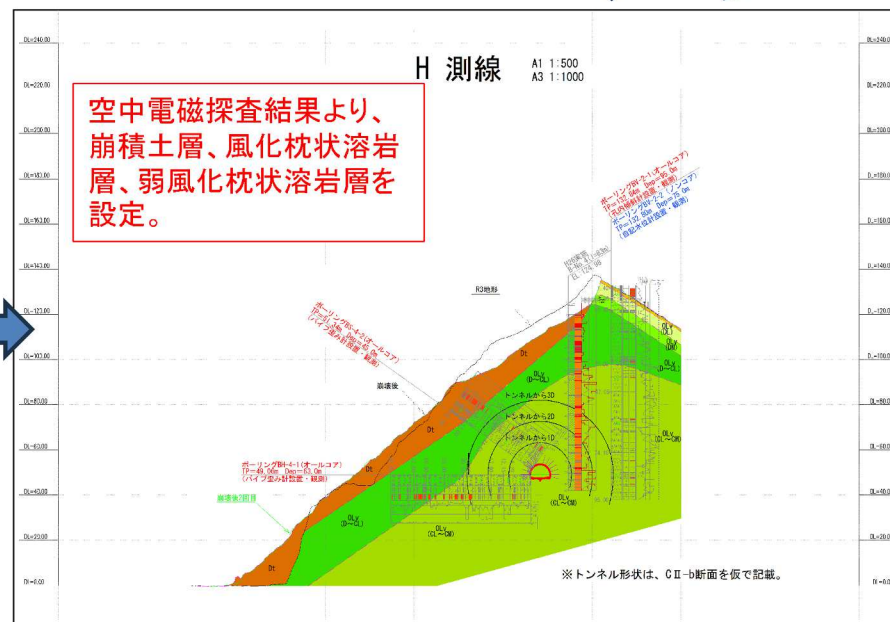
空中電磁探査結果



ボーリング
調査結果



調査ボーリング結果



地質断面図 凡例

時代	地層名	記号	層相・岩相	記事	色調
第四紀完新世	崖堆積物	TI	礫混じり砂質シルト	全体に軟らかいシルトである。 φ=5~30mmほどの角礫~亜角を混入している。 木根の混入がある。	黒褐 暗褐
	崩積土	DL	シルト混じり礫 礫混じり粘土 礫混じり砂 礫石	崩落した土砂である。 礫や大きな転石を主体としているが、粘土や砂も多く挟んでいるため、軟質な箇所も多い。	暗灰 暗紫 暗緑
新第三紀中新世	高草山層群 大崩累層	OLv (DL)	礫混じり粘土状 極風化凝灰角礫岩	礫混じり粘土状~粘土質砂礫コアで採取される。 岩内部まで風化が進行し、岩構造が不明瞭な箇所がある。 コアは容易に潰すことができるほど軟質である。	暗褐、暗灰 黒褐、褐 暗褐灰
		OLv (DM)	強風化枕状溶岩 強風化凝灰角礫岩	礫状~短柱状コアや硬いコアと軟らかいコアで採取される。 風化が進んでいるため、容易に潰すことができるものが多い。 岩構造は残存している。 キレツを認識できる箇所はあるが、キレツ面も風化している。	暗灰、黒褐 暗褐、黒灰 褐灰
		OLv (D~CL)	風化枕状溶岩 風化凝灰角礫岩	礫状~短柱状~棒状コアを主体に採取される。 岩片は硬質なものが主体であるが、軟質化して礫混じり粘土状や礫混じり砂状となる箇所も多い。 開口したキレツは多く、キレツ面に粘土を挟んでいる箇所もある。	暗灰、黒褐 赤褐、暗紫 暗緑、褐灰
		OLv (OL~CM)	弱風化枕状溶岩 弱風化凝灰角礫岩	硬質な短柱状~棒状コアを主体に採取される。 開口したキレツや細かなキレツは認められ、キレツに沿って軟質化している箇所や礫混じり粘土状や礫混じり砂状コアとして採取される箇所もある。	暗灰、暗褐 暗紫、暗緑 黒褐、灰褐

※ () 内は岩級区分

- 空中電磁探査の結果から地質断面図を見直した
- 風化岩層の中で確認されるボーリングコア脆弱部を結んだすべり面を設定



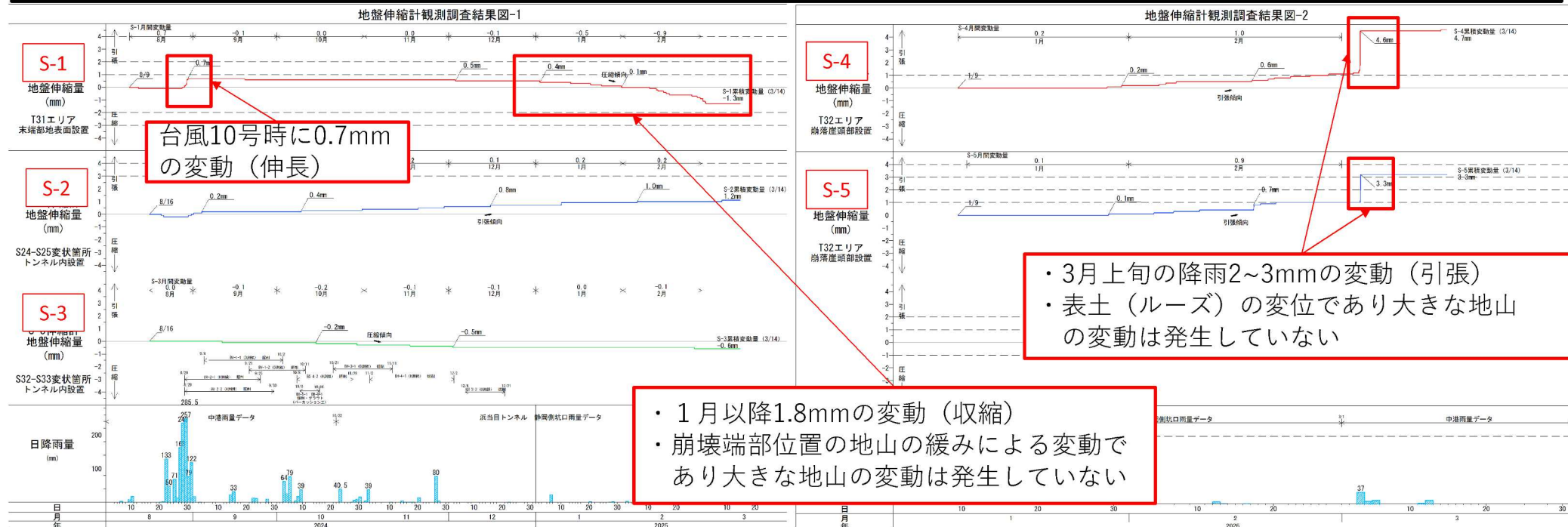
3. 観測の状況_地表部の調査状況 地盤伸縮計

○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。

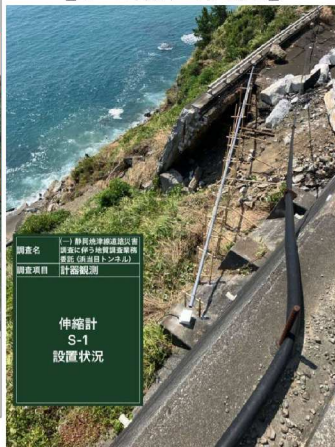
頭部滑落崖の地盤伸縮計 (S-4,5) は軽微な引張変動が観測された。

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。



【S-1設置状況】



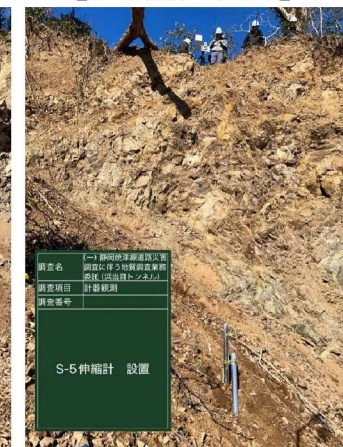
【S-2,3設置状況】



【S-4設置状況】



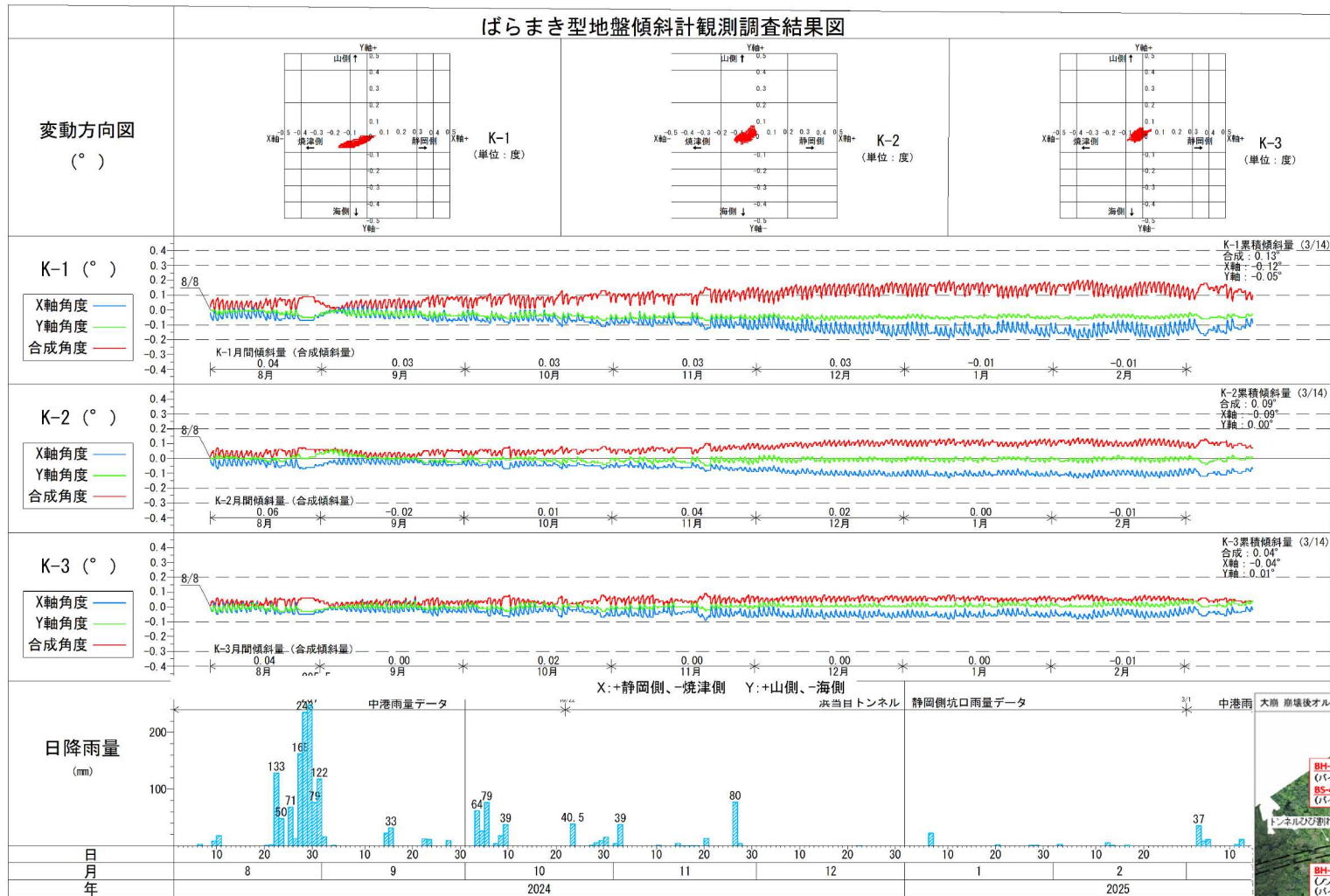
【S-5設置状況】



3. 観測の状況_地表部の調査状況_地盤傾斜計

○結果：傾斜計(K-1,K-2,K-3)の変動は確認されていない。

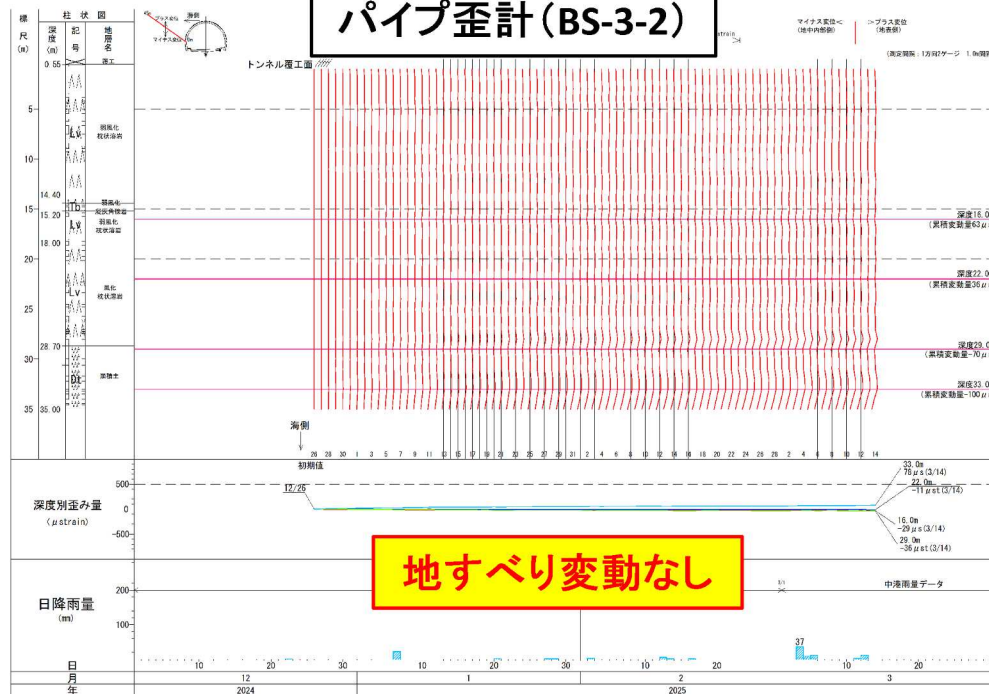
○考察：現在安定している。



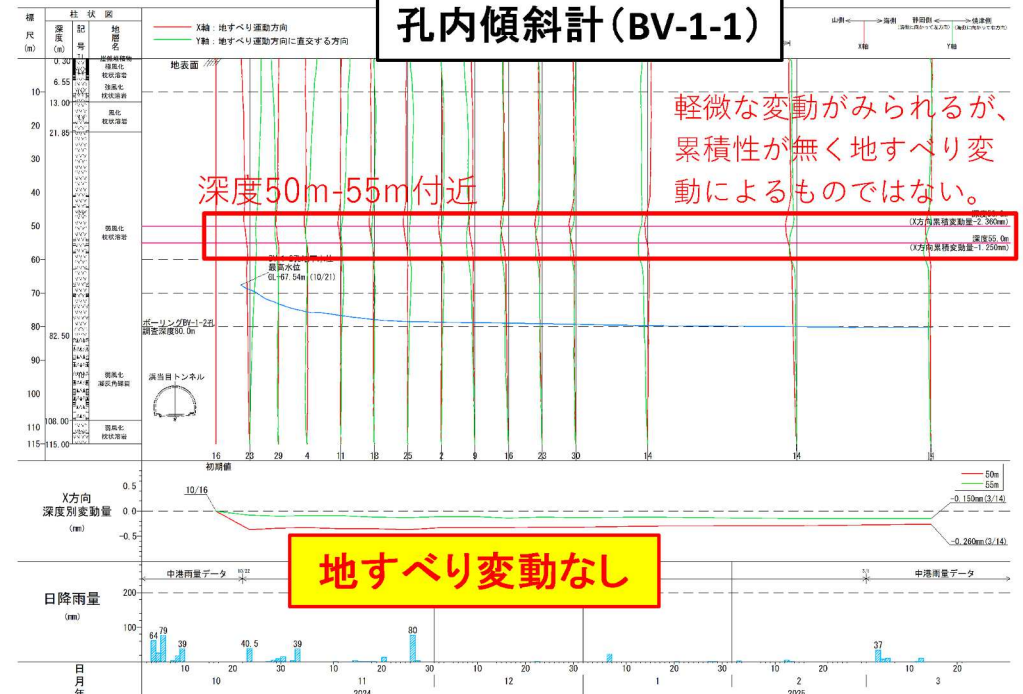
3. 観測の状況_地すべり変動観測

D測線

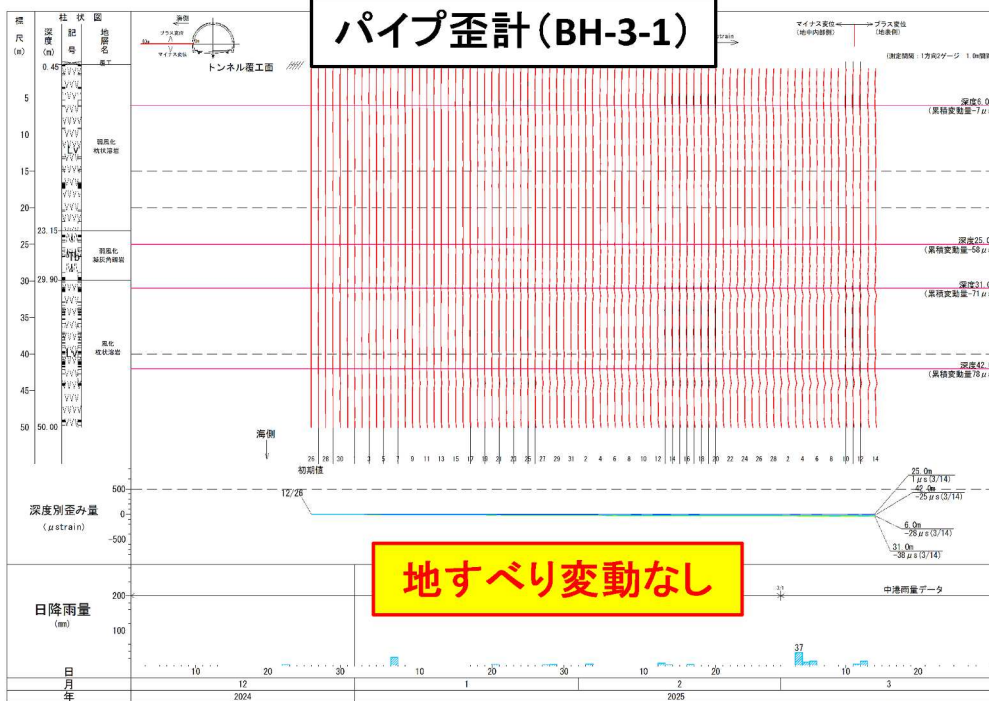
パイプ歪計(BS-3-2)



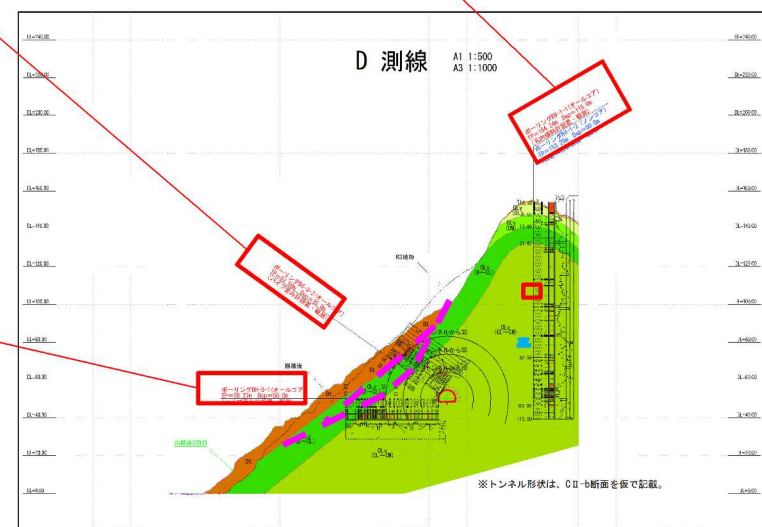
孔内傾斜計(BV-1-1)



パイプ歪計(BH-3-1)



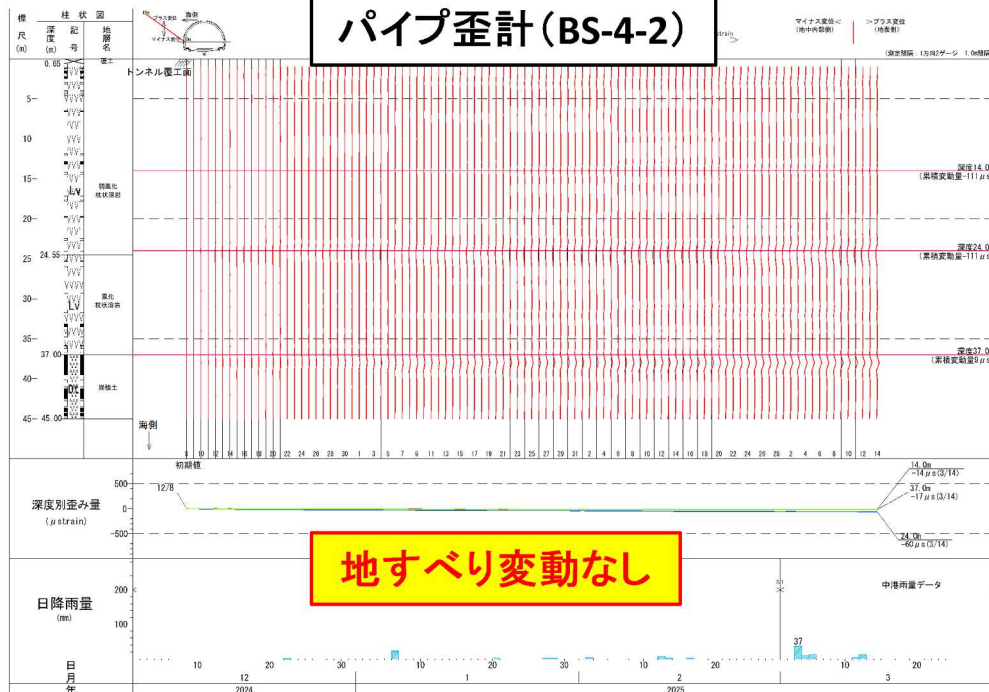
D 測線



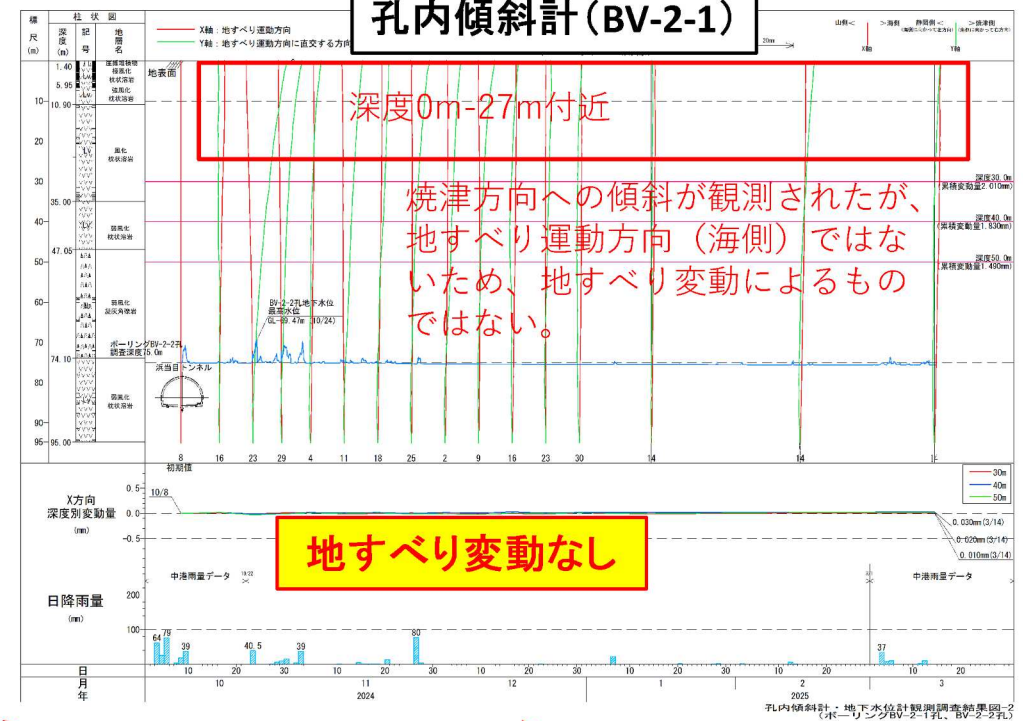
3. 観測の状況_地すべり変動観測

H測線

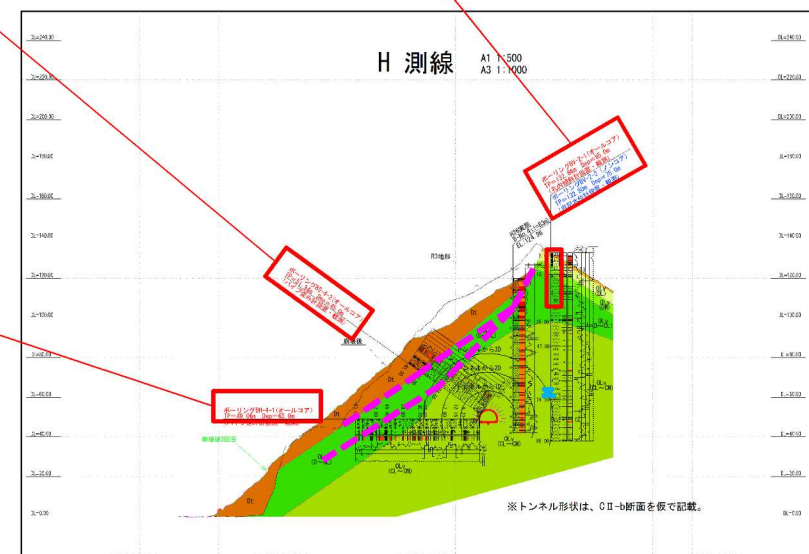
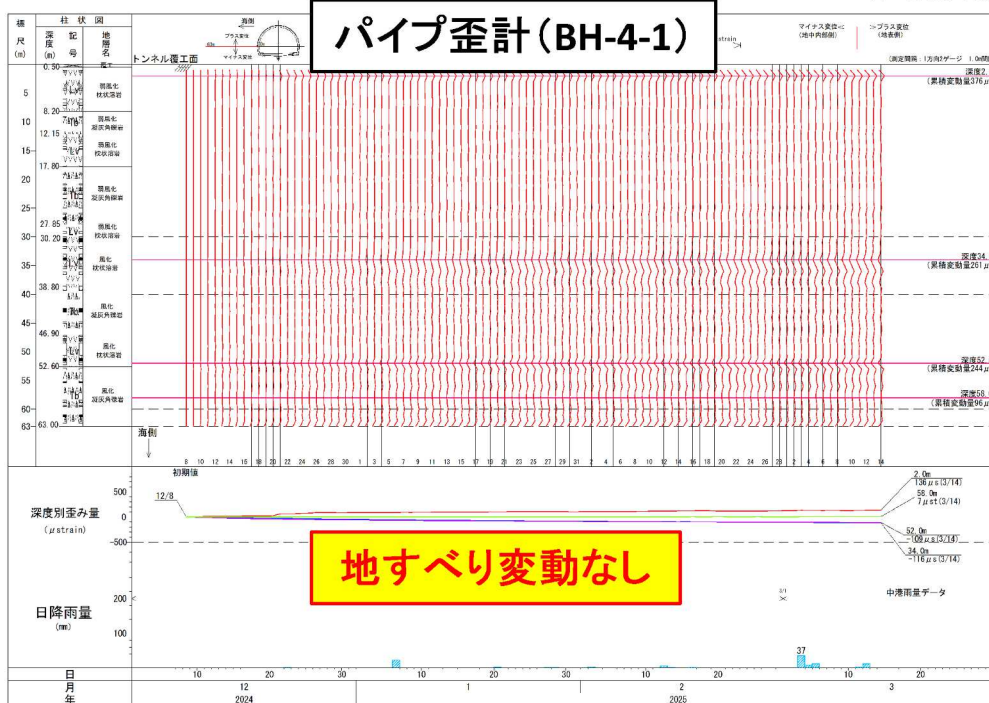
パイプ歪計(BS-4-2)



孔内傾斜計(BV-2-1)



パイプ歪計(BH-4-1)

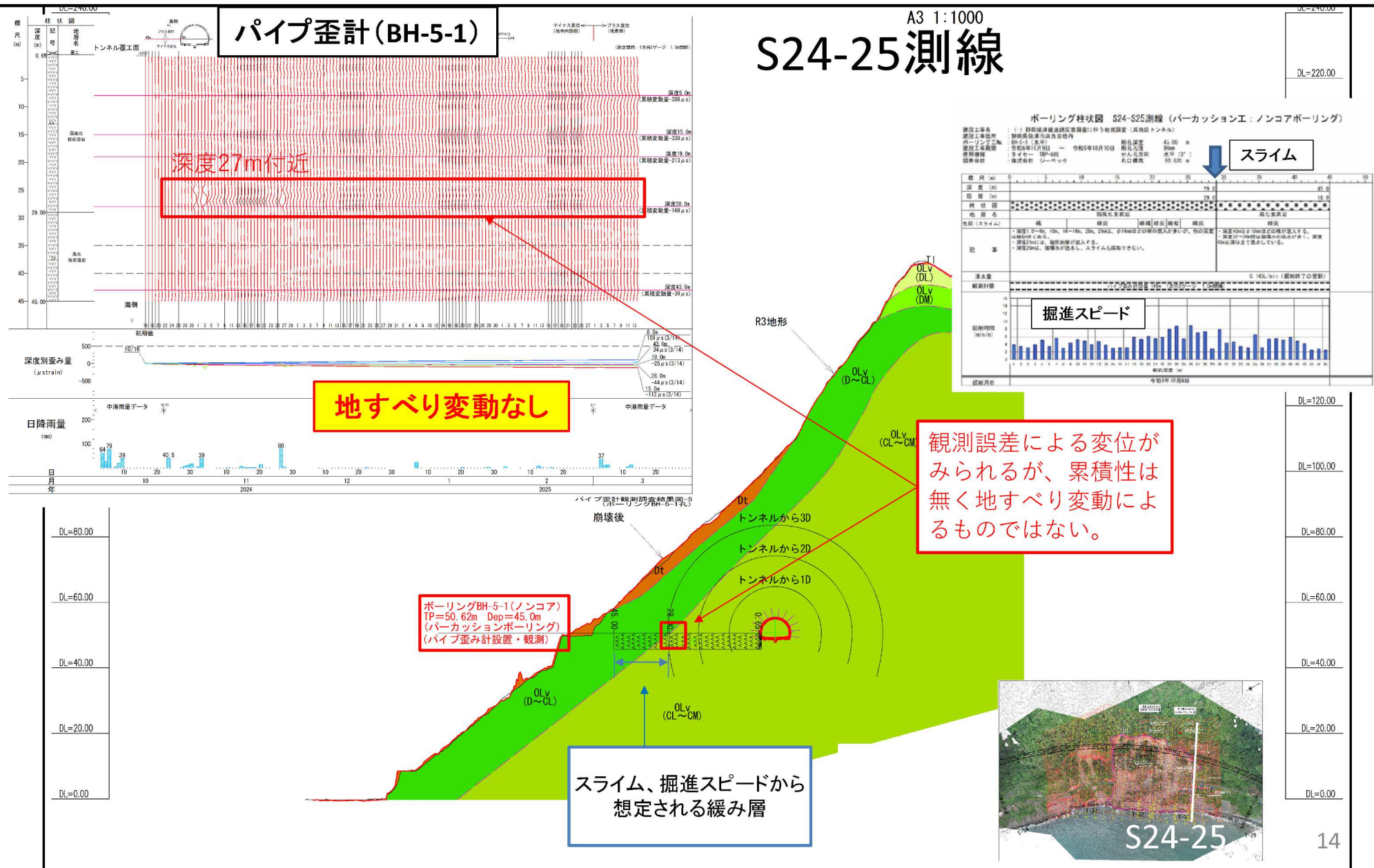


3. 観測の状況_ひび割れ箇所の変状調査_ひずみ計

S24-S25 測線

○結果：現時点で、累積性のある斜面変動は確認されていない。

○考察：現時点で、孔内計器観測による地すべり変動は確認されていないことから、継続的な大きな地山の
変動は発生していない。

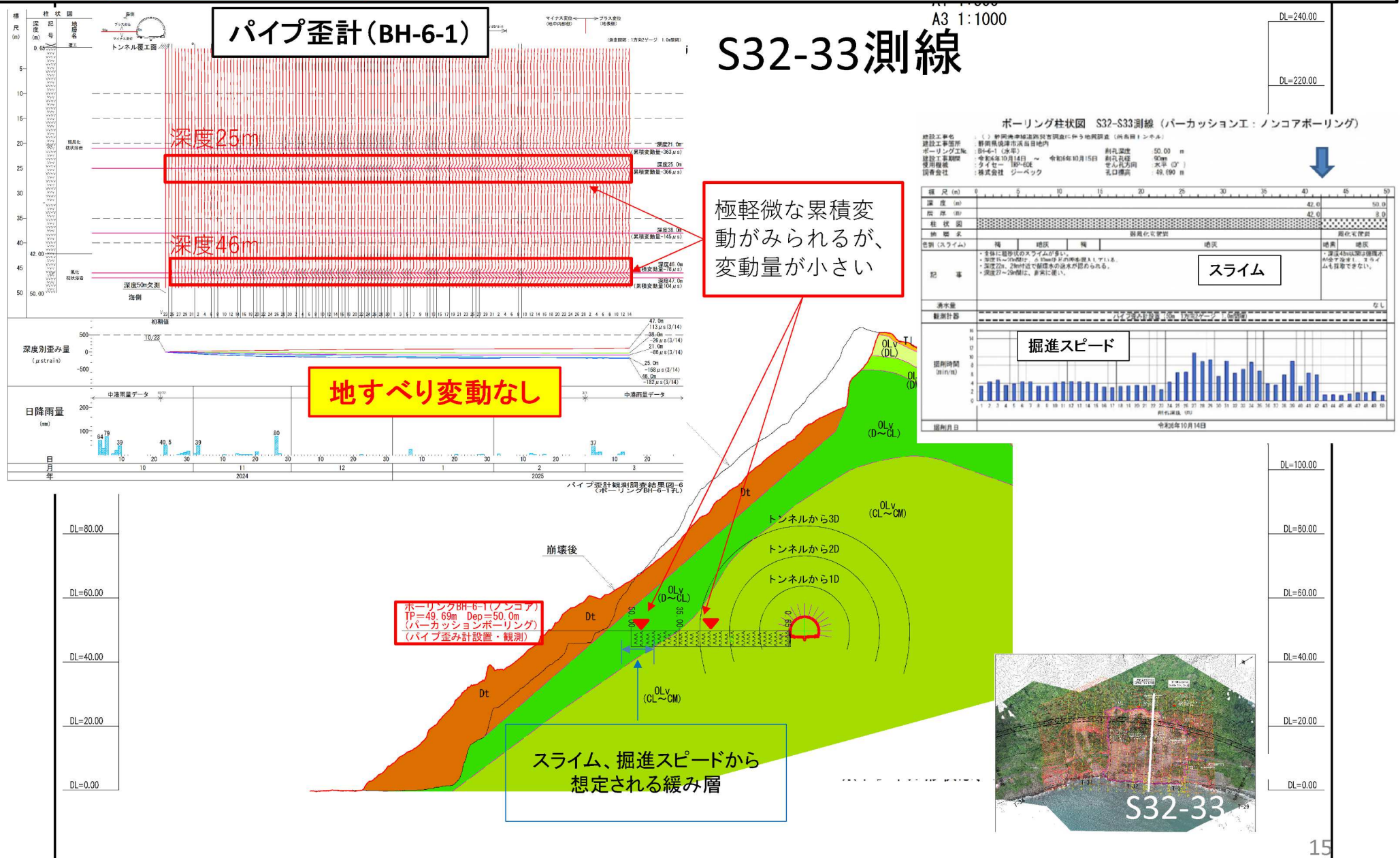


3. 観測の状況_ひび割れ箇所の変状調査_ひずみ計

S32-S33 測線

○結果：現時点で、累積性のある斜面変動は確認されていない。

○考察：現時点で、現時点で、孔内計器観測による地すべり変動は確認されていないことから、継続的な大きな地山の
変動は発生していない。



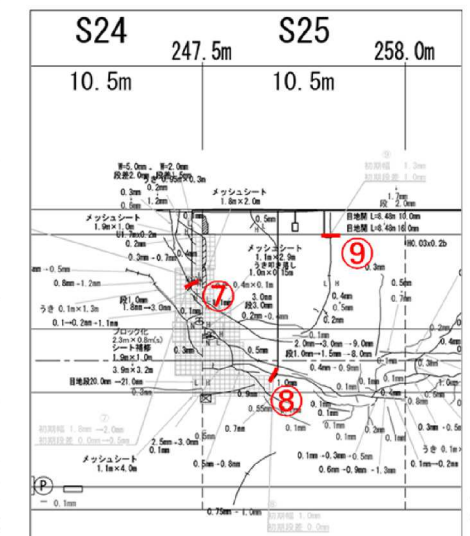
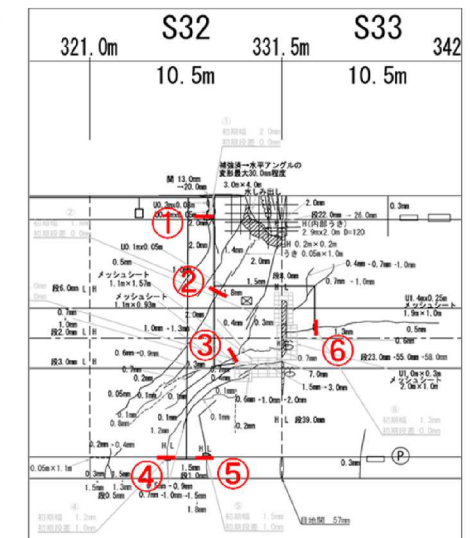
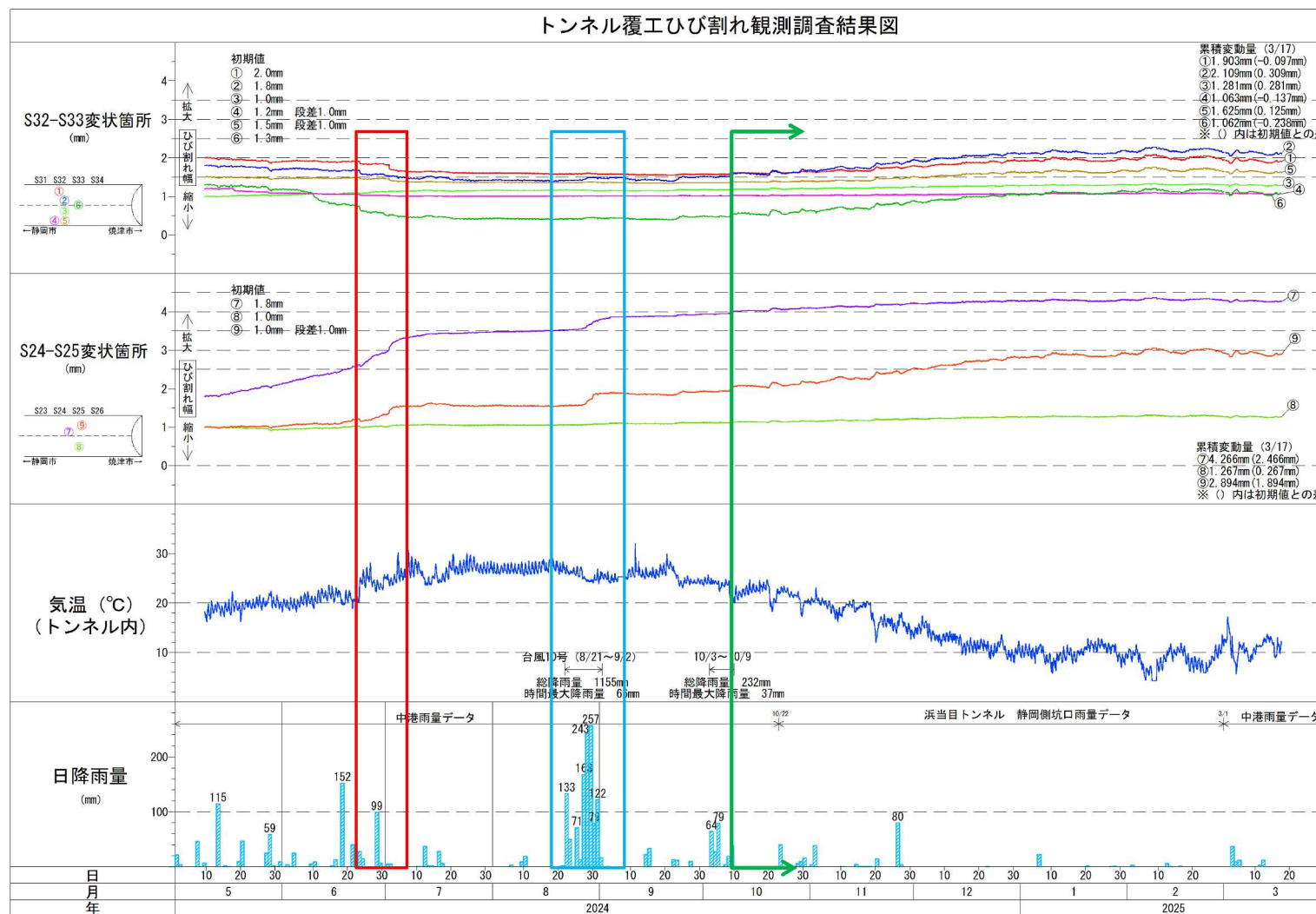
3. 観測の状況_浜当目トンネルひび割れ計測

○結果：浜当目トンネルのひび割れ計測結果は、前回検討会（R6.12.24）からは異常なひび割れの変動は発生していない。

○考察：(1)斜面崩壊（□）：斜面崩壊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、10月10日以降はまとまった雨がなかったことから観測を継続して関連性を確認していく。

(3)温度変化（↗）：10月10日以降は気温変化によりコンクリートが収縮しひび割れ幅が開口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。



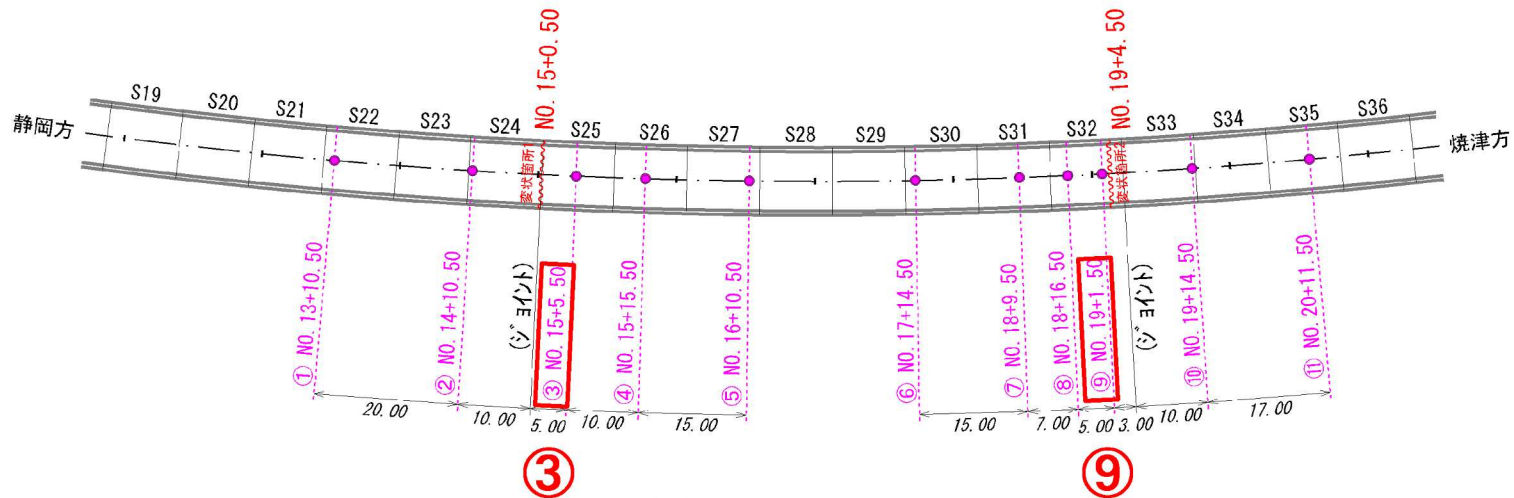
3. 観測の状況_トンネル内定点観測

- 結果：トンネル内定点観測（11/29、12/20、1/23、2/20）では、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が、観測期間内にまとまった雨がなかったことから観測を継続する。

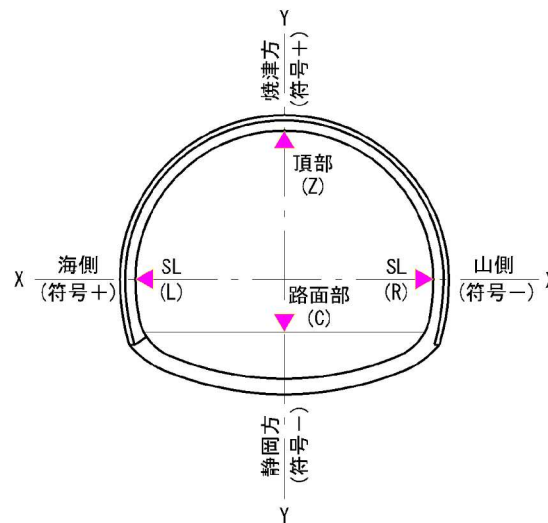
定点観測実施箇所

11箇所×4箇所=44箇所

[平面図] S=1:1000



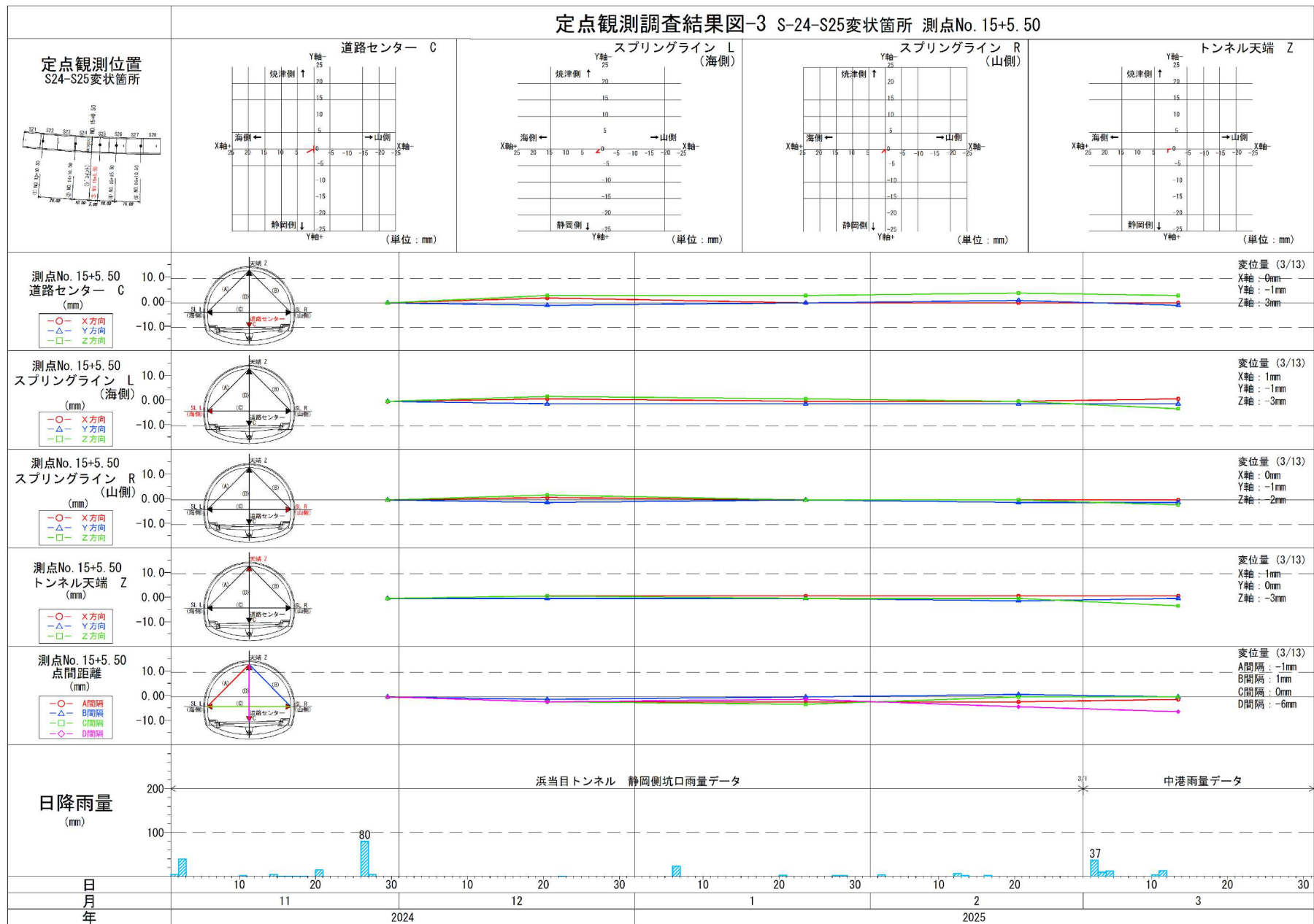
[断面図] S=1:200



3. 観測の状況_トンネル内定点観測

○結果：顕著な変動は発生していない。

③

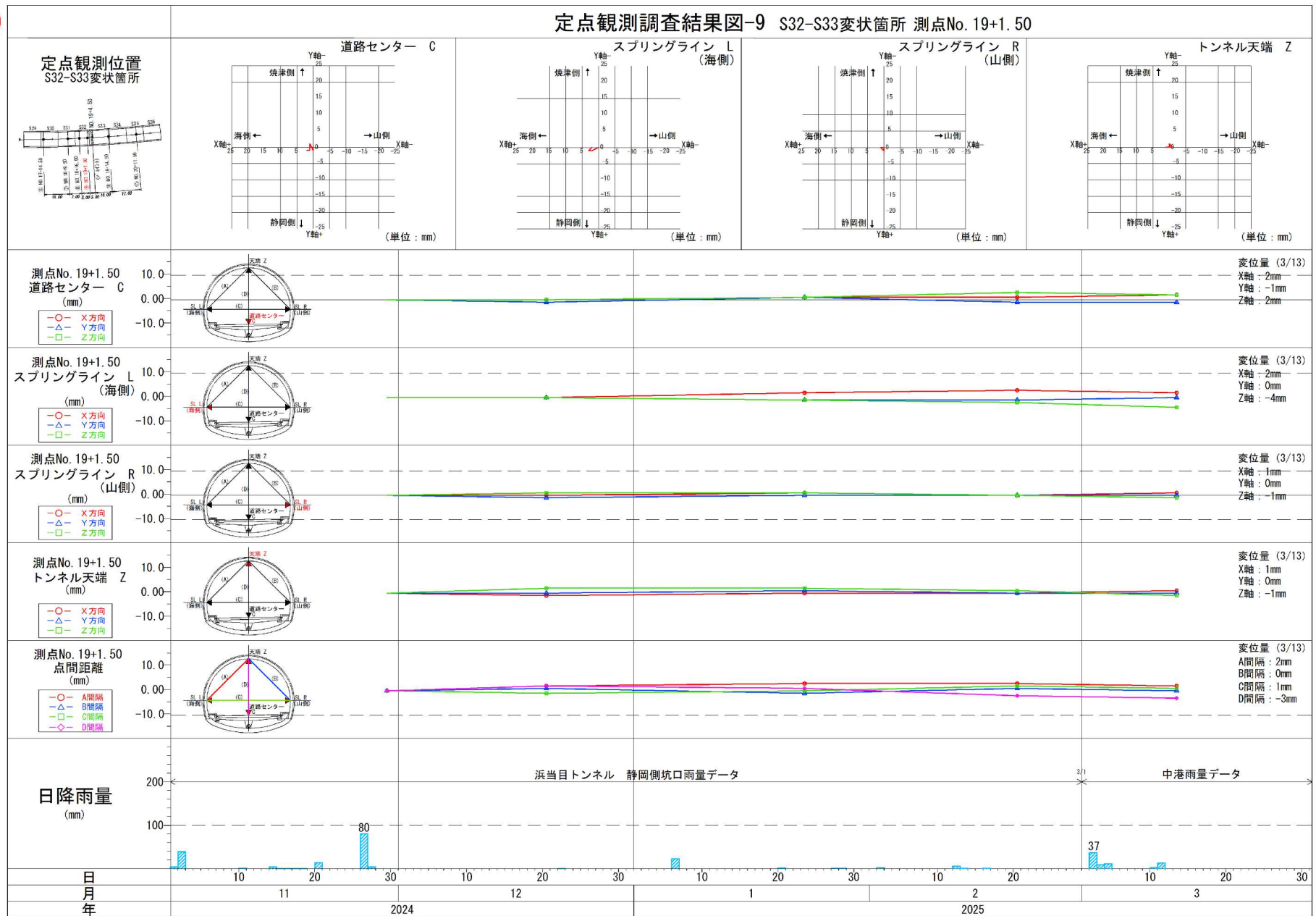


3. 観測の状況_トンネル内定点観測

○結果：顕著な変動は発生していない。

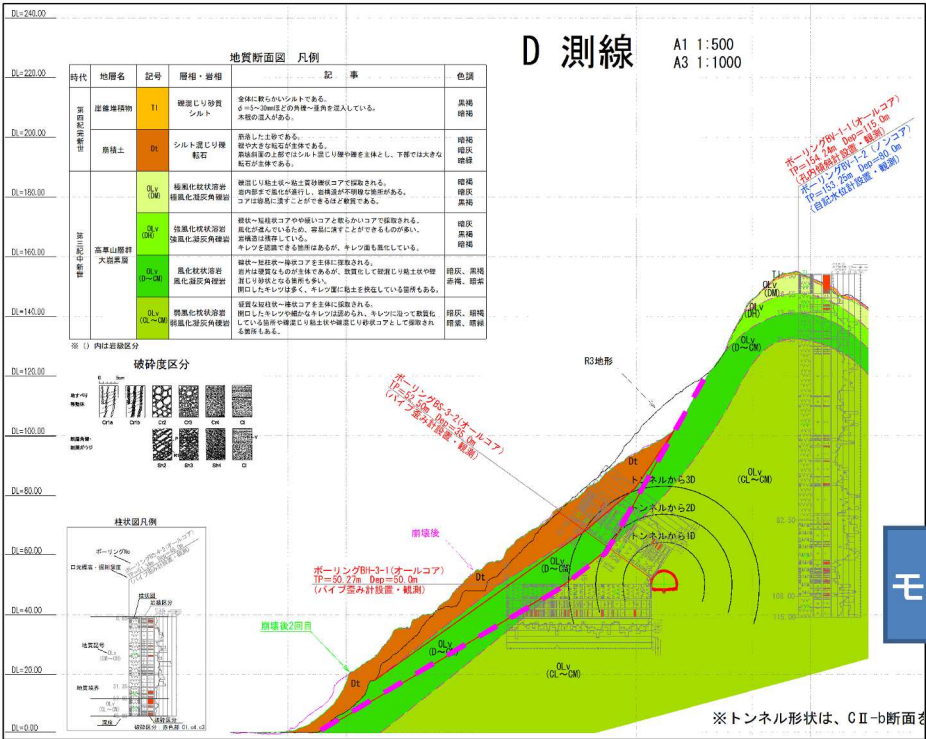
⑨

定点観測調査結果図-9 S32-S33変状箇所 測点No. 19+1.50



4. 数値解析の中間報告

- 斜面崩壊の影響によりトンネルに変状が発生したと想定されることから、「数値解析手法」を用いてトンネル変状発生メカニズムを明らかにする
- 今回は想定すべり面を用いて崩壊斜面とトンネル変状の関係を定性的に評価
- 降雨後に、特定したすべり面との整合性を確認する



＜解析モデル＞
・地山は弾性体としてモデル化

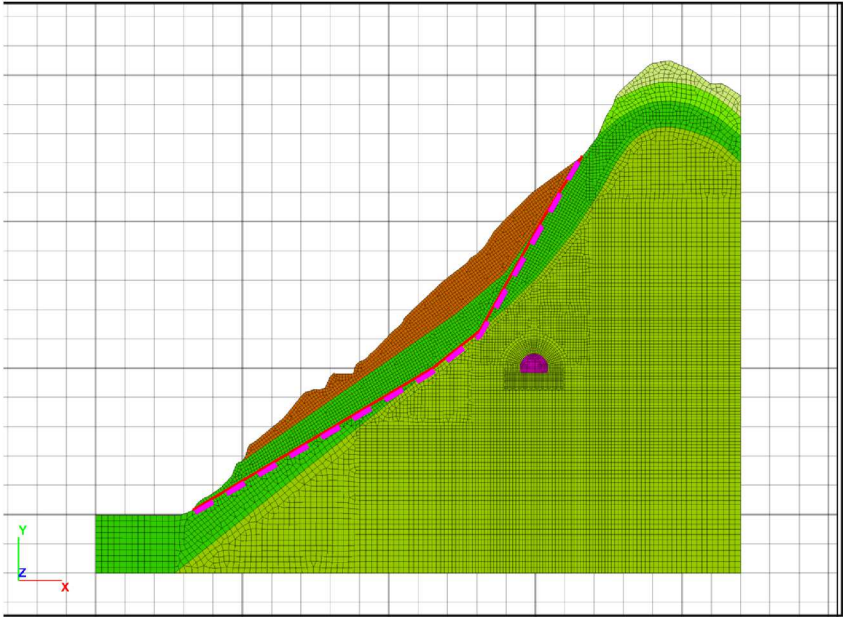


図 解析モデル

パラメータ	入力条件
すべり面	仮設定(想定すべり面)
土塊の変動量	現地を再現
土質物性値	原位置試験結果
測線	D測線(H測線実施中)

⇒ 降雨後に確定

4. 数値解析の中間報告

○結果：トンネルとすべり面が離れているが、斜面変動による応力がトンネルに伝播する可能性があることが確認された
解析結果とトンネル変状との整合性を確認しながら、応力値等について今後詳細に解析を進めていく

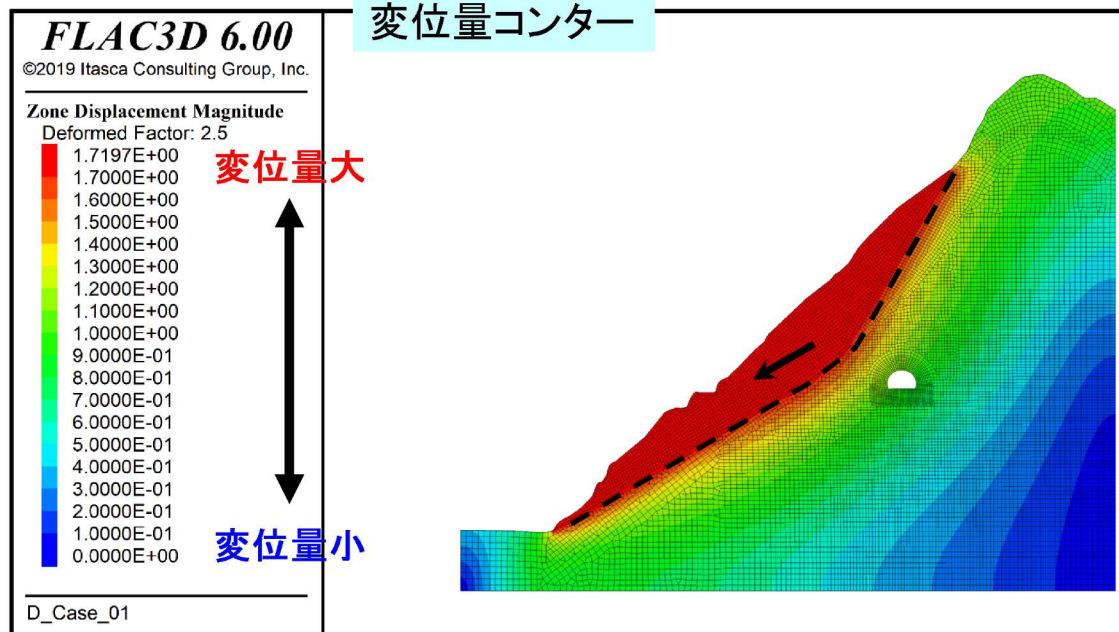
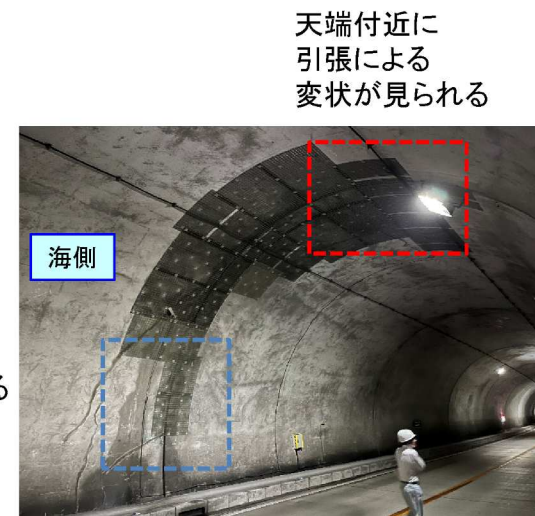


図 解析結果：変位置量コンター図



変状発生状況写真

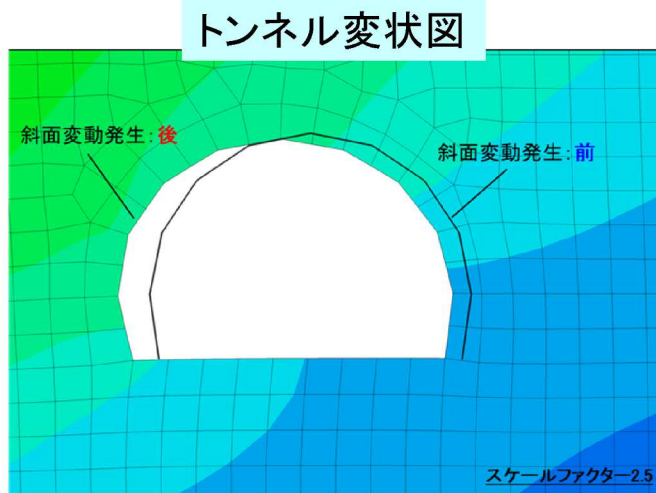
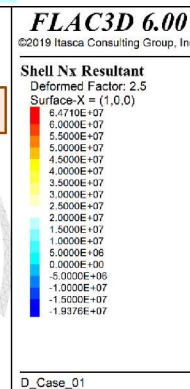
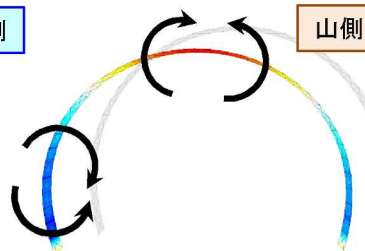
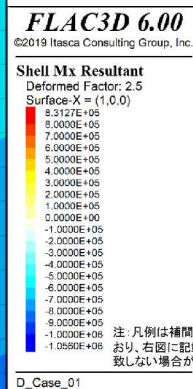
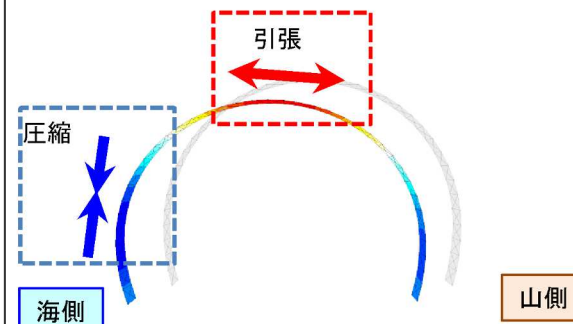


図 解析結果：変位置量コンター図トンネル周辺拡大

覆工曲げモーメント



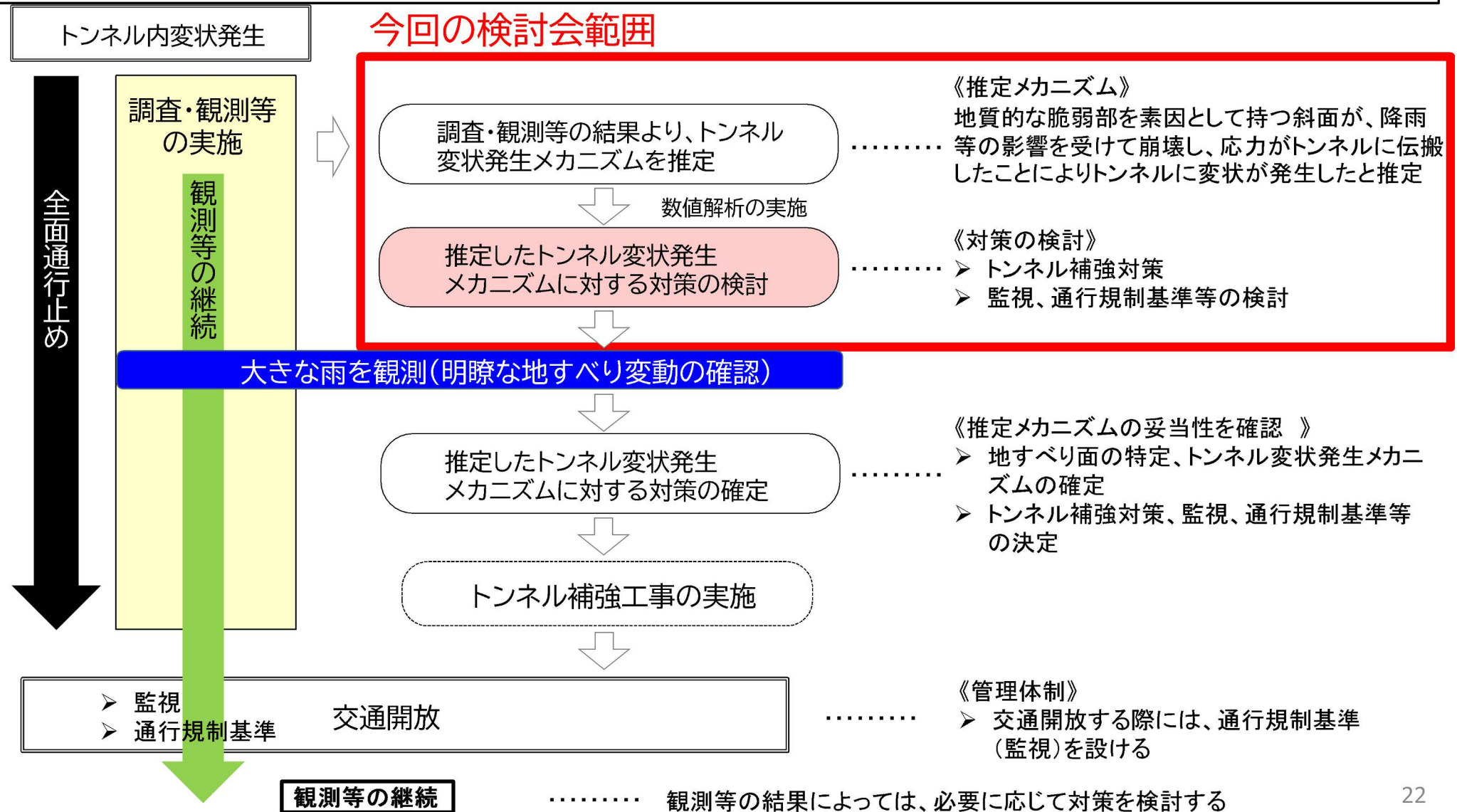
覆工軸力



伝播した応力と現地で発生したひび割れ等の変状の整合性を確認

5. 想定メカニズムに基づく交通開放の対応方針_交通開放に向けたロードマップ(案)

- 調査・観測等の結果より推定したトンネル変状メカニズムに対する対策工、監視及び通行規制基準等の検討を進める。
- 今後、まとまった降雨により明瞭な地すべり変動を確認し、推定したトンネル変状メカニズムの妥当性を確認する。
- トンネル変状メカニズム確定後、トンネル補強工事を実施し、交通開放を行う。なお、交通開放にあたっては、異常発生時に迅速に対応するため、監視（観測継続）、通行規制等の管理体制を定める。



5. 想定メカニズムに基づく交通開放の対応方針_想定メカニズム

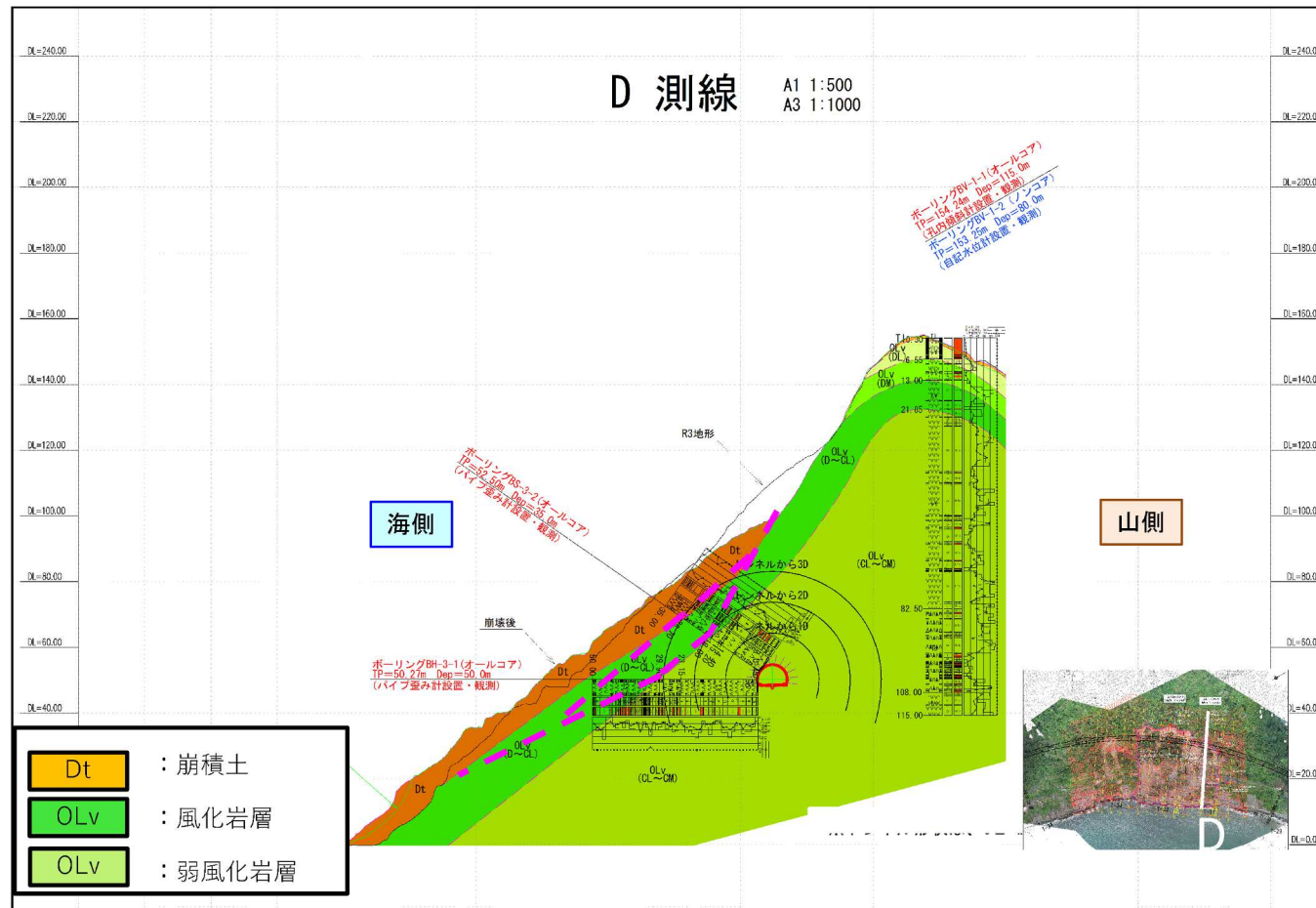
○地質ボーリング、孔内傾斜計及び空中電磁探査等の結果から、**想定されるすべり面は、トンネルよりも前面（海側）**に存在。（P4～P7）（すべり面の確定には、大きな雨を経験して明瞭な地すべり変動の確認は必要）

○数値解析により、**斜面変動による応力がトンネルに伝播**する可能性を確認。

また、この伝播した応力と**現地で発生したひび割れ等の変状との整合性**を確認。（P21）



○以上から、大きな雨を観測して明瞭な地すべり変動の確認は必要なものの、想定したメカニズムが数値解析上でも確からしいことが判明したため、**交通開放に向けた検討を実施**する。

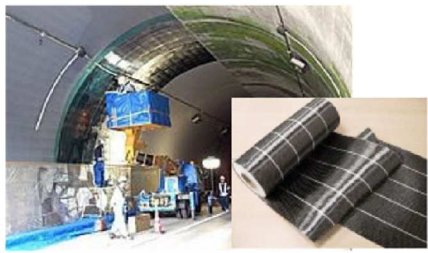
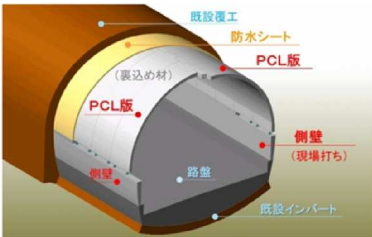


5. 想定メカニズムに基づく交通開放の対応方針_対策工の検討

○対策工は、トンネル覆工を補強する対策と覆工コンクリートのはく落を防止する対策を実施する。

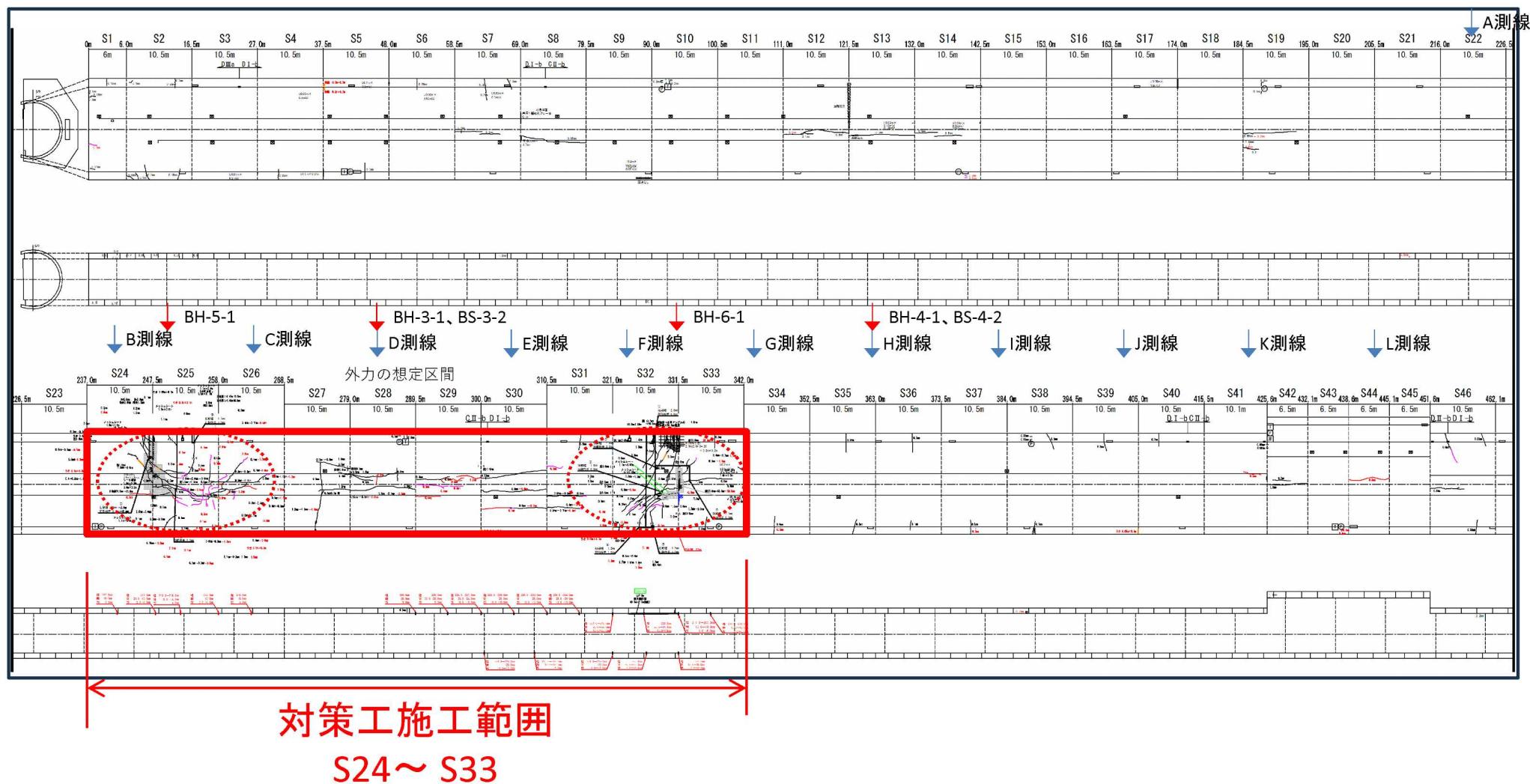
- ・トンネル覆工を補強する…**鋼アーチ支保工（補強セントル工）**
- ・覆工コンクリートのはく落を防止する…**金網ネット工**

- ・覆工コンクリートの耐力力を向上させるため、①内面補強工、②補強セントル工、③内巻補強工で概略比較を行った。
- ・鋼製であるため剛性が強く(安全性)、覆工コンクリートの変状を確認できる(監視等)対策工としては②鋼アーチ支保工が優位

覆工補強対策	①		②		③	
比較項目	内面補強工		補強セントル工		内巻補強工	
	繊維シート補強工		鋼Hアーチ支保工		PCL工法	
検討条件	□トンネルの変状原因として、斜面崩落が関係していると推定されているが、その規模や変位機構については現状では不確定である □ここでは、覆工の耐力力を向上させることを目的とし、暫定的にトンネル供用を再開するための補強対策を挙げる					
工法概要						
	・引張耐力に優れるシートを覆工コンクリート内面に接着することにより、覆工の耐力力を高める ・補強シートの種類は、炭素繊維やアラミド繊維があるが、トンネルの内面補強対策としては炭素繊維が多く用いられている ・補強厚さは1～2mm程度 ・コンクリート部材表面を平坦な状態にする必要がある ・足場用の作業台車を除き、大型重機が不要である		・土圧対策や大規模な変状等に用いられ、覆工コンクリートの補強等を目的に用いられる。支保工間のはく落防止のため、金網ネット工を施工する ・支保工自体はタイロッドで連結させて一体化を図る。また、アーチ部支保工下端部には縦断方向にH型鋼材を梁として設置する		・覆工コンクリート表面の劣化と覆工片のはく落を防止するとともに、覆工の耐力力を補強する ・内空断面に余裕がない場合、はつり落とし工が必要 ・裏込め注入工やロックボルト工等の併用の検討が必要 ・版の台座と側壁コンクリートは現場打ちで施工する ・部材厚：100～140mm ・部材幅：1.0m～1.5m	
道路幾何構造	薄層であり、建築限界への影響はない		◎	建築限界を精査する必要がある	○	建築限界を精査する必要がある
耐力力の向上	他工法と比べると剛性が低い（引張のみ抵抗）		×	剛性が高い	◎	剛性が高い
変状の視認性	確認できない		×	確認できる（支保工間）	○	確認できない
施工性	容易		◎	比較的容易	○	比較的容易
				～		～
評価	■道路構造、走行性 ・道路幾何構造（主に建築限界）に抵触しない点では、①繊維シート工が薄層であり、適当である ・②補強セントル工、③内巻補強工は、H鋼の厚さやPCL版の厚みによって、建築限界に抵触する可能性があるため、精査が必要である					
	■耐力力 ・①引張補強ができる ・②、③は引張力だけでなく、曲げやせん断、圧縮耐力を高めることができる ■変状の視認性 ・①、③は覆工コンクリート表面を覆うため、表面の変状を確認できない ・②は支保工間から変状を確認することができる 上記より②鋼アーチ支保工の適応性が高いと考えられる ・現在、圧壊している覆工コンクリート表面が確認されるため、引張耐力を高めるだけでなく、圧縮や曲げ、せん断耐力を高める必要があること ・覆工コンクリートの表面の変状を確認できる（支保工間） ・建築限界の精査は必要だが、2車線の確保は可能である					

5. 想定メカニズムに基づく交通開放の対応方針_対策工の検討

- 対策工は、外力によりひび割れ等の変状が集中している区間 **S24～S25**、**S32～S33** 及び、ひび割れの発生がある区間 **S26～S31** とする。



5. 想定メカニズムに基づく交通開放の対応方針_通行規制基準値等の検討

- 斜面崩壊およびトンネル変状範囲における監視項目と、通行規制基準を設定する。
 なお、不測の事態に備え、トンネル変状範囲だけではなくその前後の範囲についても監視を実施していく。

交通開放時の監視計画（案）

常時＝リアルタイムで観測したデータをサーバー上に蓄積しインターネットで確認可能
 異常値を観測した場合はメールで即時送信される

対象			監視項目	計測箇所	観測頻度	通行規制基準値
トンネル	気象条件		降雨量	浜当目雨量計	常時	20mm/時間 100mm/連続雨量
			地震時	地震 (焼津市又は静岡市)	常時	震度4以上
	計測	崩壊斜面	時系列干渉SAR	大崩海岸	2～3回/年程度	顕著な変化
			孔内傾斜計	斜面上部2箇所	1回/月	10mm以上/日の累積
			伸縮計	斜面3箇所	常時	2mm/時間以上を2時間連続 4mm/時間以上
			傾斜計	斜面3箇所	常時	10S以上/日の累積
		トンネル変状範囲	パイプ歪計	坑内6箇所	常時	2×10^{-3} strain/日
			内空変位計	9断面	1回/月	10mm以上/日
			亀裂変位計	坑内9箇所	常時	0.04mm/時間、0.13mm/日
			道路パトロール	坑内	2回/週程度(調整中)	構造物変状等が確認された場合
大崩海岸全域	全域		道路パトロール	大崩海岸全域	2回/週程度(調整中)	落石・崩壊の発生、路面亀裂、構造物変状等が確認された場合
			大崩総点検	大崩海岸全域	1回/年	全体斜面点検 地盤傾斜計等の観測 UAVによる斜面現況写真撮影
			総合判断	変状、異常発生時	事象が生じた際	気象、観測結果、現地確認結果を総合的に判断する