

県道静岡焼津線「浜当目トンネル」 対策検討会（第2回） 本編資料



斜面崩壊全景（R6.9.4撮影）

< 目次 >

1. 第1回検討会(令和6年7月24日)の振り返り
・・・P 2
2. 調査の進捗状況
・・・P 4
3. 今後の調査の進め方
・・・P26
4. トンネル変状発生メカニズムの究明に向けて
・・・P30

1. 第1回検討会(令和6年7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)に斜面崩落が発生
- R06/7/24に第一回検討会を開催し、今後の対応について討議した。

<議題>

- ・ 1：トンネル建設時における設計等について
- ・ 2：トンネル変状及び斜面崩壊の状況について
- ・ 3：発生メカニズムの推測と究明に向けた調査方法の検討について
- ・ 4：今後の進め方について

<討議内容>

内容		対応
1	深く大きな崩壊面に関する調査	
1)	尾根を越えた位置に調査ボーリング・斜面変動観測を検討する事。	<p><地質調査ボーリング>：地表面あるいはトンネル内から地面に径66mm及び86mmの穴をあけて、不攪乱の地質サンプル(ボーリングコア)を採取。</p> <p><孔内傾斜計>：垂直に設置されたボーリング孔内において、地中内部の変動状況を測定。</p> <p><地下水水位計>：ボーリング孔内に水圧式の水位計を設置し、斜面中の地下水面位置を測定。</p>
2	海側斜面の崩壊面に関する調査	
1)	斜面崩壊範囲等の推定として、画像解析が有効。	<変動ベクトルAI>：二時期の空中写真画像をAIで差分解析することによって地すべりあるいは崩壊斜面の変動量と変動方向を算出。
2)	トンネル内部から水平・斜めボーリング調査を検討する事。	<p><地質調査ボーリング>：地表面あるいはトンネル内から地面に径66mm及び86mmの穴をあけて、不攪乱の地質サンプル(ボーリングコア)を採取。</p> <p><パイプひずみ計>：水平・斜めに設置されたボーリング坑内において、地中内部の変動状況を測定。</p>
3)	空中電磁探査を検討する事。	<空中電磁探査>：ドローンを用いて空中から電気(電磁波)を地中に流し、電気の流れる抵抗値を測定することによって地中の岩盤性状を確認。
4)	地盤伸縮計による斜面変動観測を検討する事。	<地盤伸縮計>：不動地山と移動土塊の2点間距離を測定することで、地すべりあるいは崩壊斜面の変動状況を測定。
3	変状がない前後区間を含めた調査	
1)	崩壊箇所より広いエリアで観測を検討する事。	<p><傾斜計>：地表面の傾きを測定することによって、地すべりあるいは崩壊の有無を確認。</p> <p><時系列干渉SAR解析>：異なる時期に観測された衛星データ(ALOS-2_SARデータ)を用いて差分解析を行うことで、地表面の変動状況を把握。</p>
2)	点群データを活用しトンネル全体の動きを確認したらどうか。	<トンネル内点群データ取得>：非接触型レーダを搭載した車両を走行させることによって、トンネル内の3次元点群データおよび画像を採取し、トンネル内に発生した亀裂等変状を詳細に把握。
4	調査の安全に関すること	
1)	覆工亀裂及び斜面変動をリアルタイムに観測し安全に作業する必要がある。	<p><坑内亀裂自動観測>：トンネル内に発生した亀裂の拡大・収縮等変動状況を測定。</p> <p><トンネルひび割れ分布調査>：目視・打音等によって、トンネル内の亀裂等変状の有無・程度を調査。</p>
2)	覆工変位測量も有効である。	<トンネル内空変位測量>：測量によって、トンネル内の断面形状の変形の有無・程度を調査。
3)	一気にトンネルが崩れることは無いと考えられるため、トンネル内での作業(調査)は可能であると考えられる。	常時観測データのしきい値を設けつつ、トンネル内調査を実施する
4)	大雨での坑内作業に留意すること。	雨量にしきい値を設定し、大雨時には調査を中止する

1. 第1回検討会(令和6年7月24日)の振り返り

第1回検討会後に実施した調査位置



2. 調査結果_地表部の調査状況_時系列干渉SAR解析

- 結果：崩壊発生箇所において、隣接斜面と比較して累積変位が過年度(2014/9)より確認されていた。
崩壊発生箇所以外においては、斜面の変動はみられない。
- 考察：崩壊発生箇所以外の斜面は安定していると考えられる。



※2014/8以前及び2024/4以降のデータなし

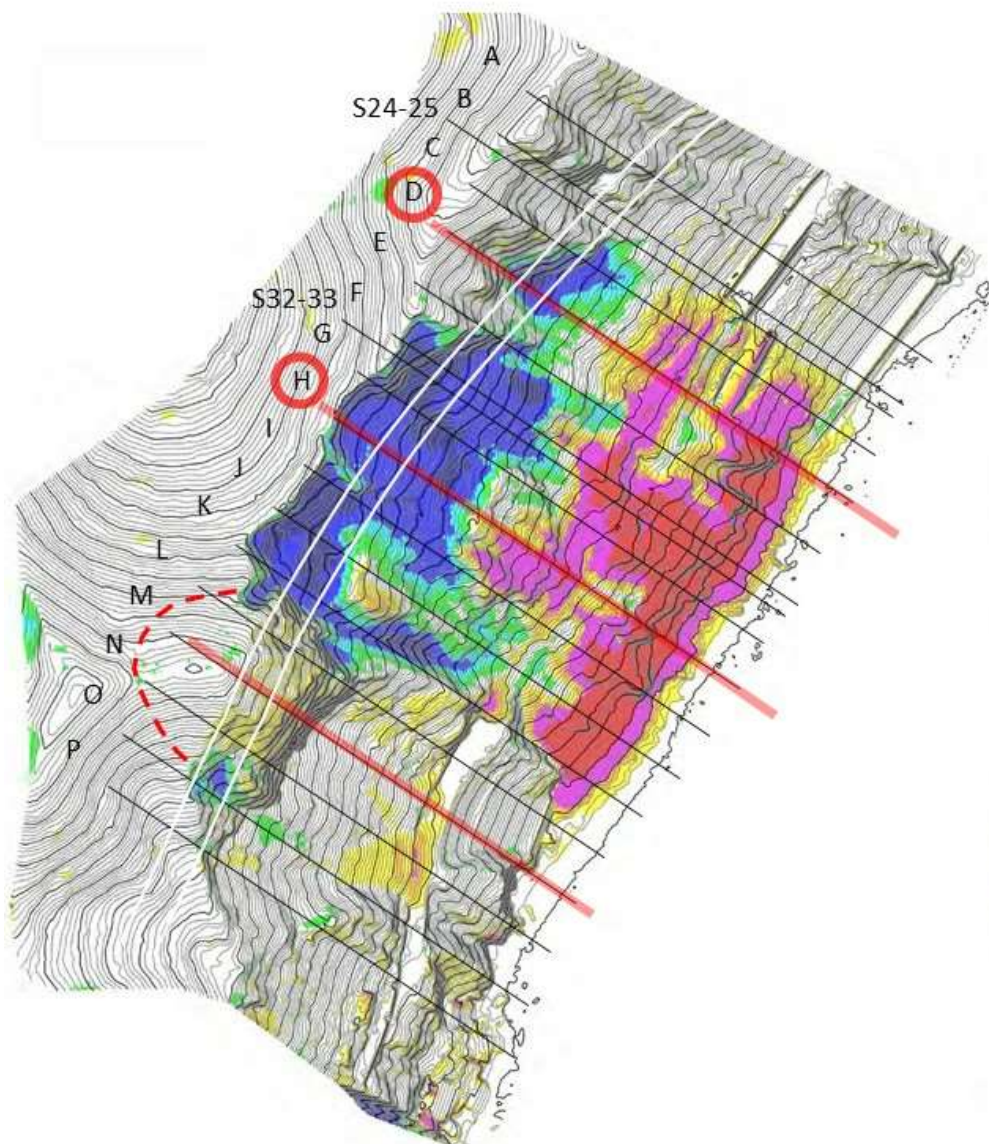


2. 調査結果_地表部の調査状況_点群データ差分解析(平面図)

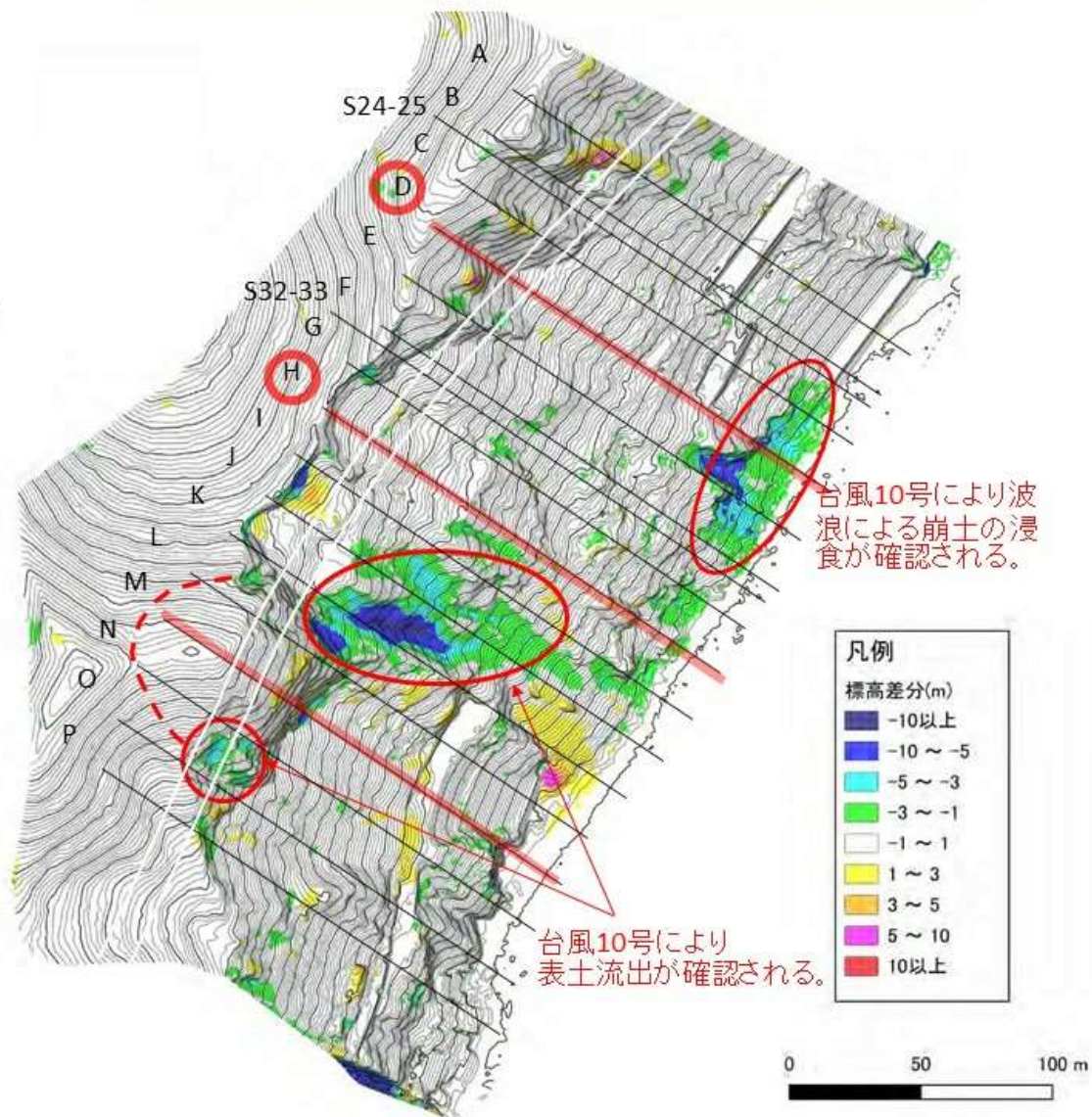
○結果：台風10号において、斜面内で表土流出が確認されたが、大きな地形変化は確認されなかった。

○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)

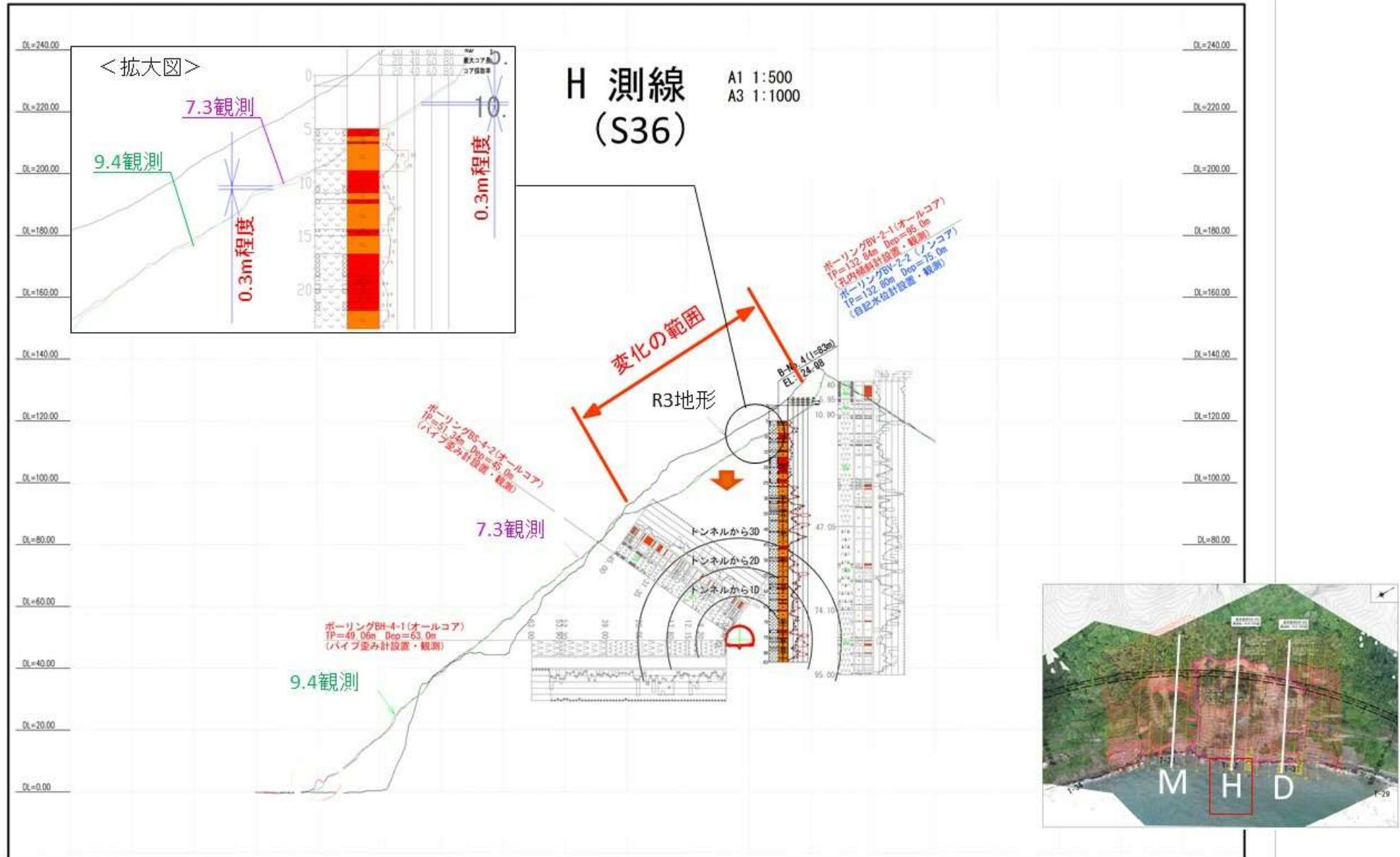


※色分けは1 m単位での変化を表しており大きな変状を拾っている。微細な変動については次からの断面図で説明する。

2. 調査結果_地表部の調査状況_点群データ差分解析(断面図)

H測線

- 結果：2024.7.3-2024.9.4の間に下記に示す斜面変動が確認された。
 - ・ H測線：崩壊斜面上部でわずかな変化(0.3m程度)を確認した。
 - ・ 斜面上方から中腹部にかけての変化は測線C~測線Kの範囲で確認された。
- 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。



○結果：2024.7.3-2024.9.4の間に下記に示す斜面変動が確認された。

M測線：上部斜面でわずかな変化（0.4-0.6m程度沈下及び0.1-0.3m程度水平移動）を確認した。

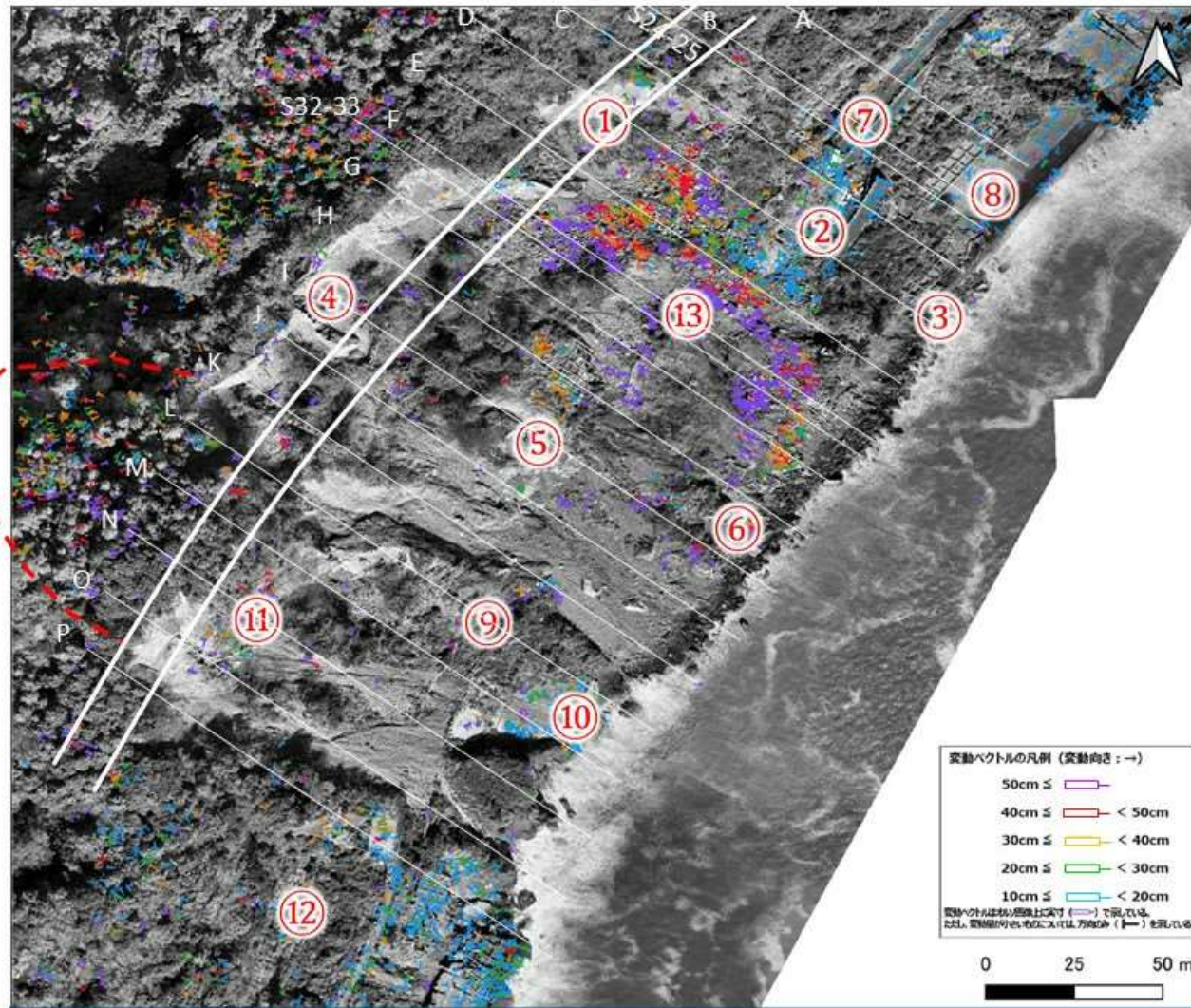
○考察：継続的な大きな地山の変動は発生していないと考えられる。



2. 調査結果_地表部の調査状況_変動ベクトルAI解析

2024/7/4と2024/11/21撮影画像を比較し、変動ベクトル図を作成した。

- 結果：隣接する周辺斜面（静岡側、焼津側、及び滑落崖背後斜面）の変動は確認されない。ただし、地すべり変状が確認される⑪においては海側への変動が確認された。地すべり（崩壊）地内では海側への変動が確認された。
- 考察：斜面崩壊後の斜面は、8月の台風10号の豪雨をはさんで、海側に向かってわずかずつではあるが移動していることが考えられるが、斜面全体で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。



《①-⑬周辺斜面状況》

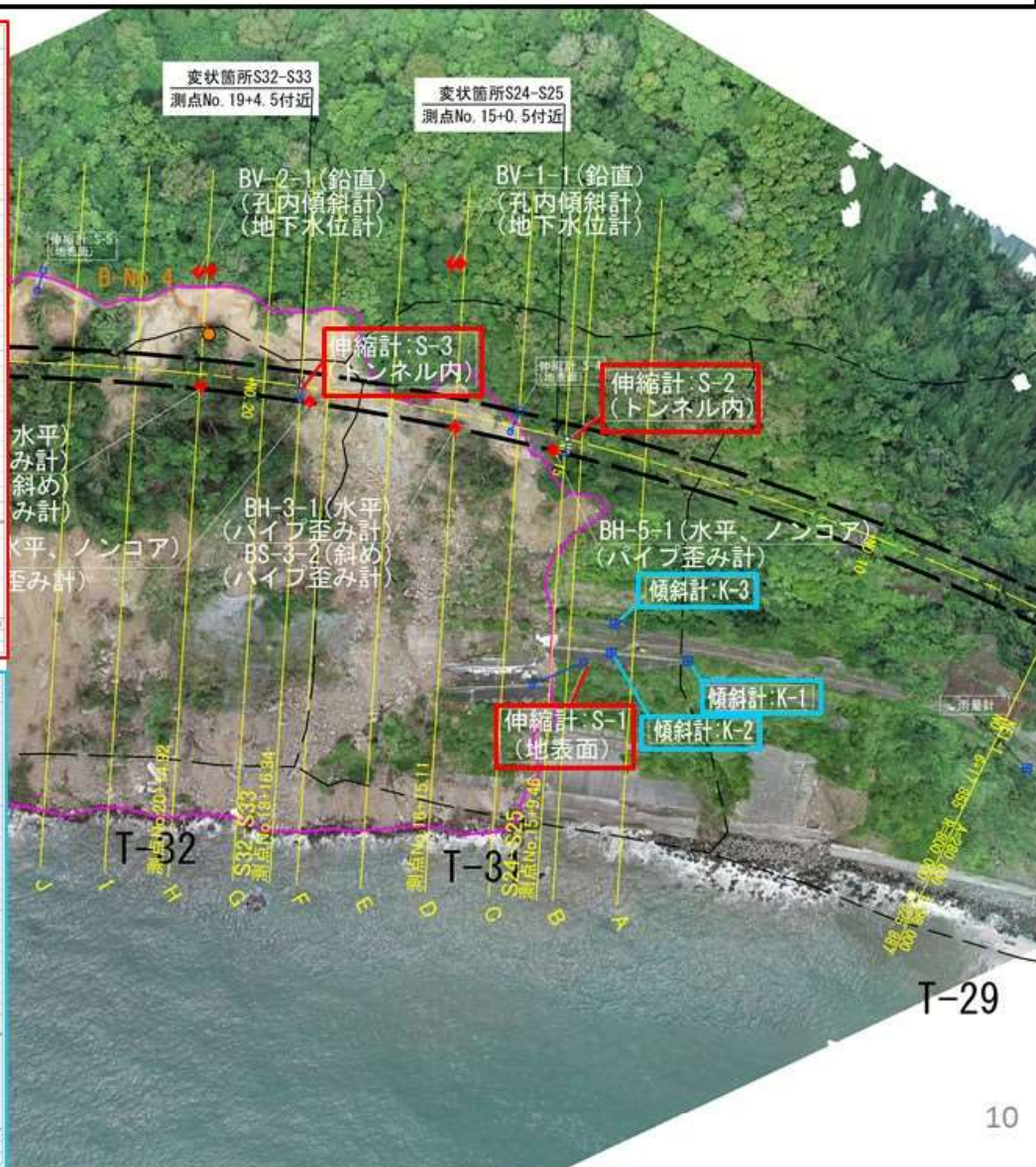
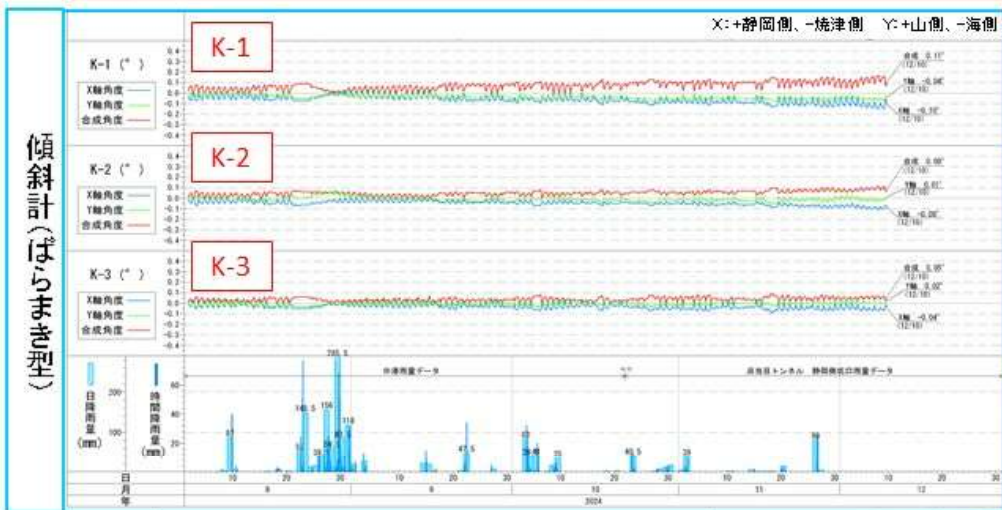
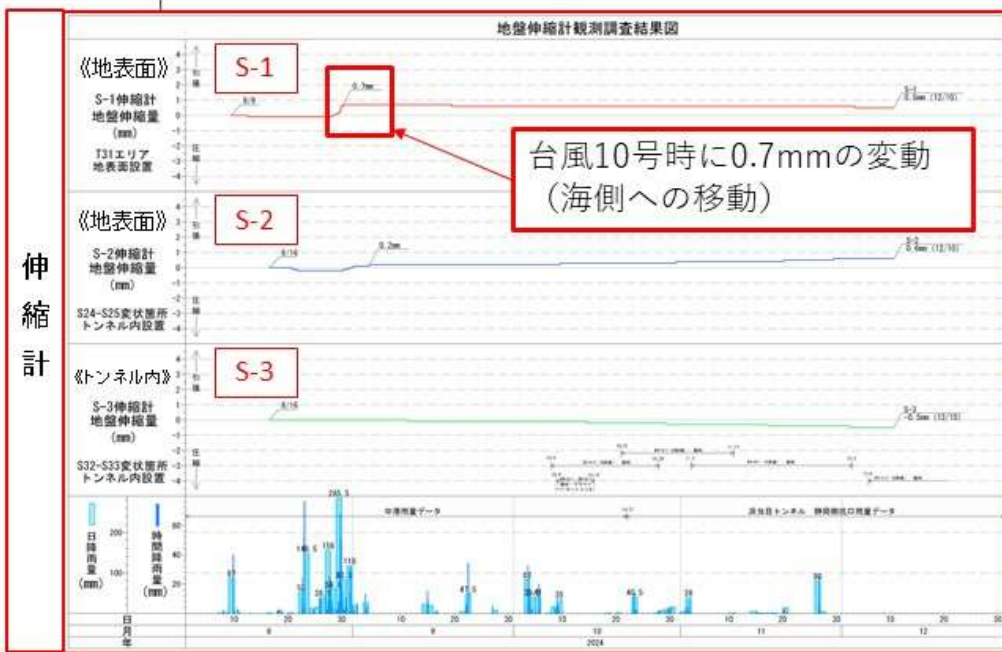
- ①：滑落崖の背後斜面の変動は確認されない。
- ②：崩落した道路は軽微な海側への変動が確認されるが、伸縮計より台風10号時以外の継続的な変動は確認されない。
- ③：顕著な変動は確認されない。
- ④：滑落崖の背後斜面の変動は確認されない。
- ⑤：顕著な変動は確認されない。
- ⑥：崩土のやや顕著な海側への変動が確認されるが、崩壊土砂の落下等と考えられる。
- ⑦：隣接斜面（静岡側）の変動は確認されない。
- ⑧：隣接斜面（静岡側）の変動は確認されない。
- ⑨：隣接斜面（焼津側）の変動は確認されない。
- ⑩：隣接斜面（焼津側）の変動は確認されない。
- ⑪：やや顕著な海側への変動が確認される。
- ⑫：顕著な変動は確認されない。
- ⑬：50cm程度の変動が確認される。断面図の差分解析ではわずかな変動（沈下）も確認される。

※水平方向のみの変動を示し、垂直変位は含んでいない。

※①-⑬は植生等の局所の変位を発生させる可能性のある箇所を除き、道路・法枠等構造物、露頭を選定。

2. 調査結果_地表部の調査状況_地盤伸縮計・地盤傾斜計

- 結果：崩壊地内は、地盤伸縮計(S-1)において台風10号時に一時的な変動が観測された。
崩壊地以外は、傾斜計(K-1,K-2,K-3)及びトンネル内伸縮計(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と考えられる。また、崩壊地以外は現在安定していると考えられる。



2. 調査結果_調査ボーリング D測線

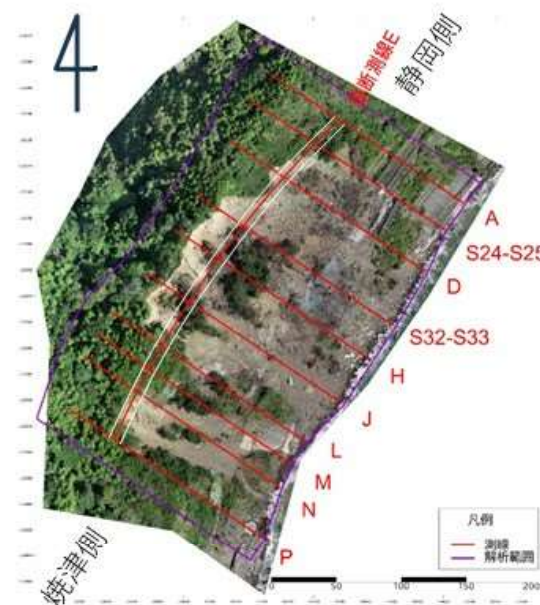
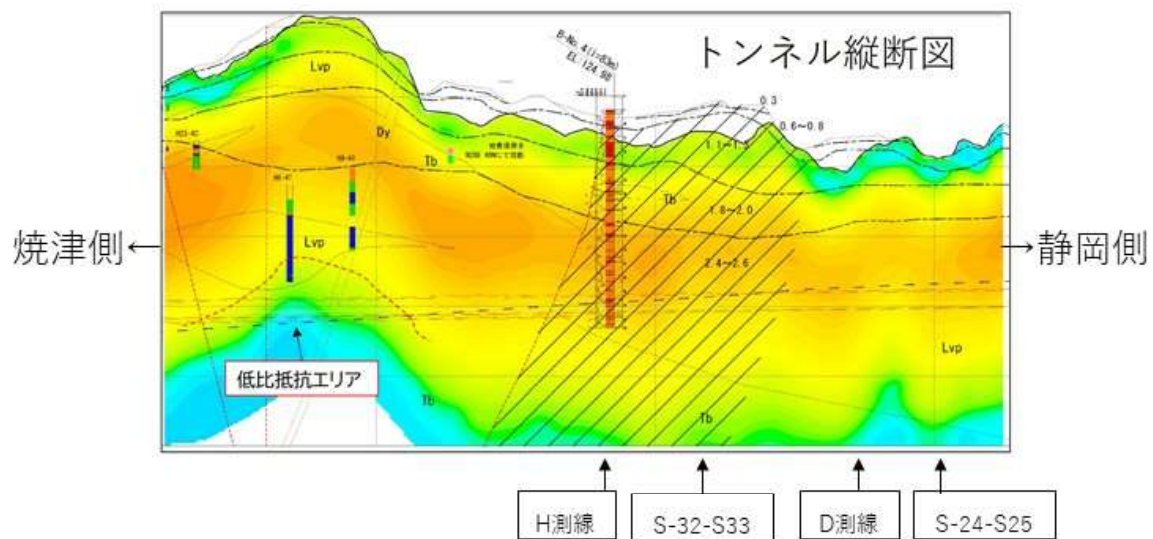
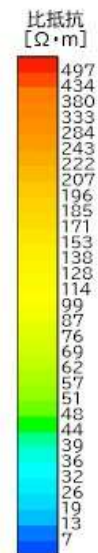
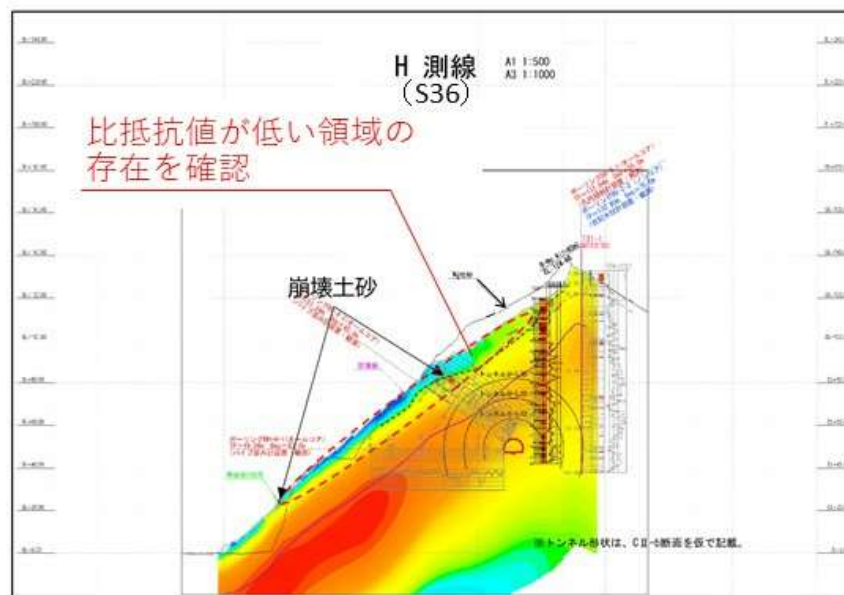
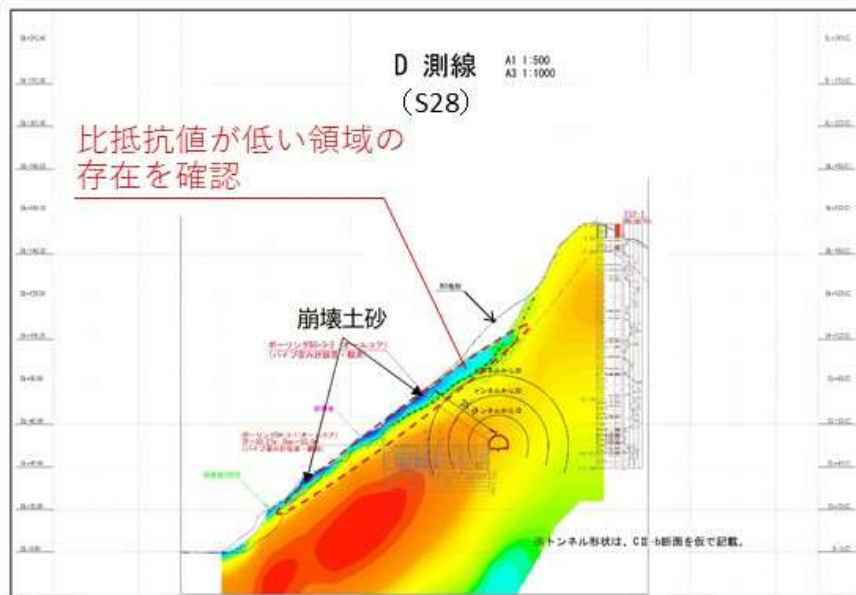
- 結果：ボーリングコアの地盤状況により、風化岩層の中でまとまった脆弱部の分布を確認した。
- 考察：この脆弱部がすべり面の可能性があると考えられる⇒ボーリングコア脆弱部を結んだすべり面を設定



2. 調査結果_空中電磁探査(データ)

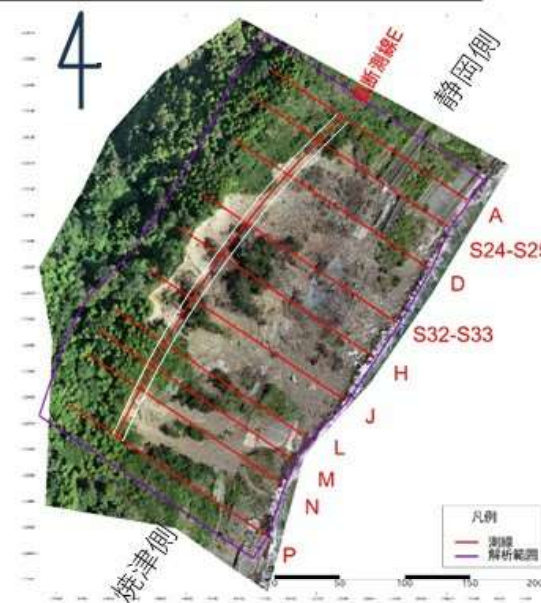
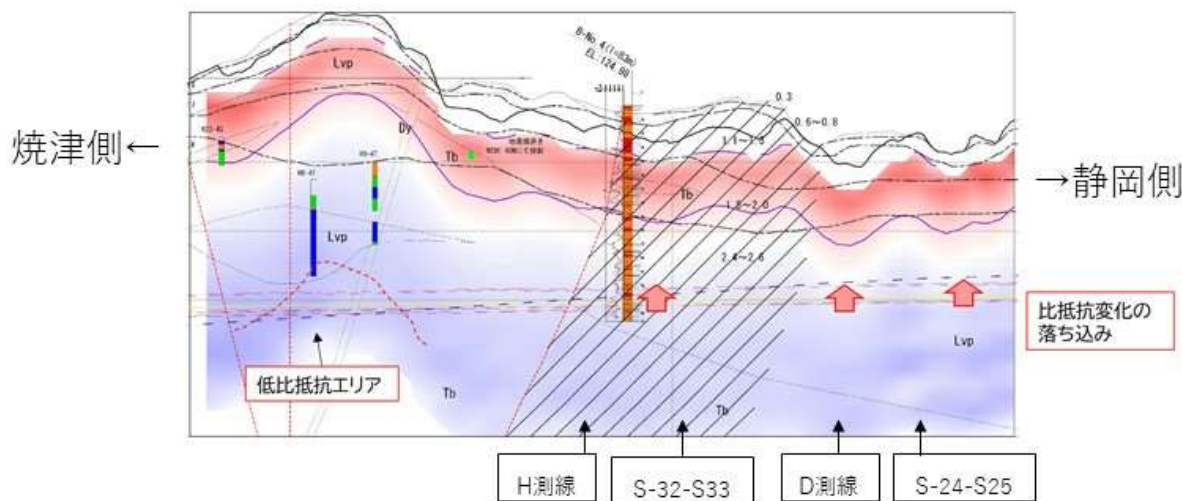
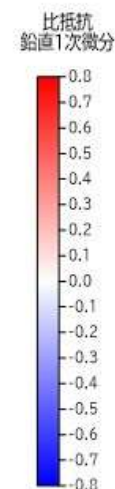
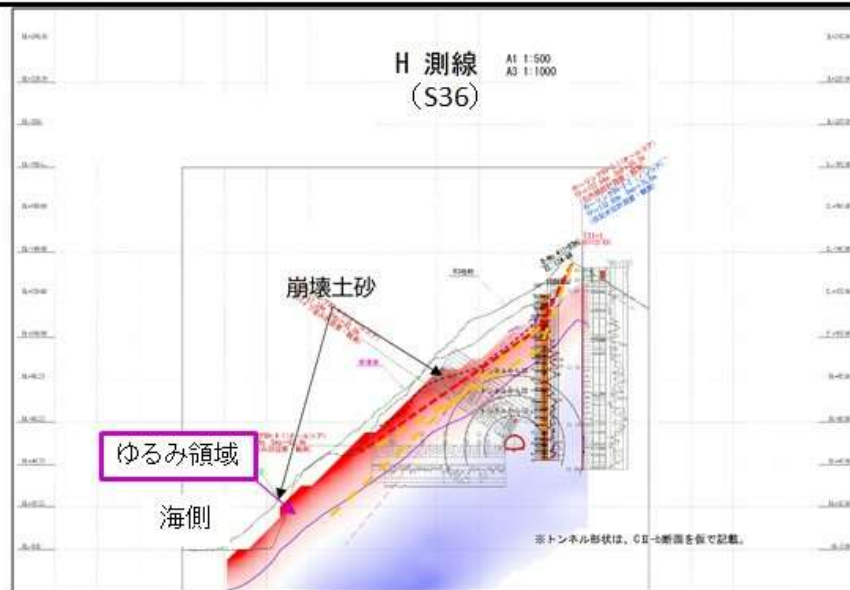
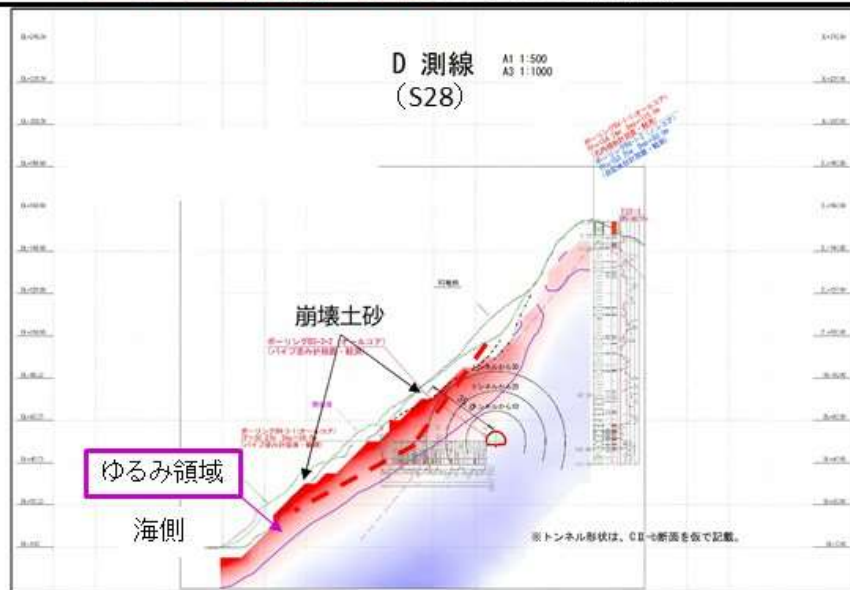
《空中電磁探査のデータ》

斜面表層部において風化岩層等の比抵抗値が低い領域の存在が確認された⇒次頁に緩み領域を推定



2. 調査結果_空中電磁探査

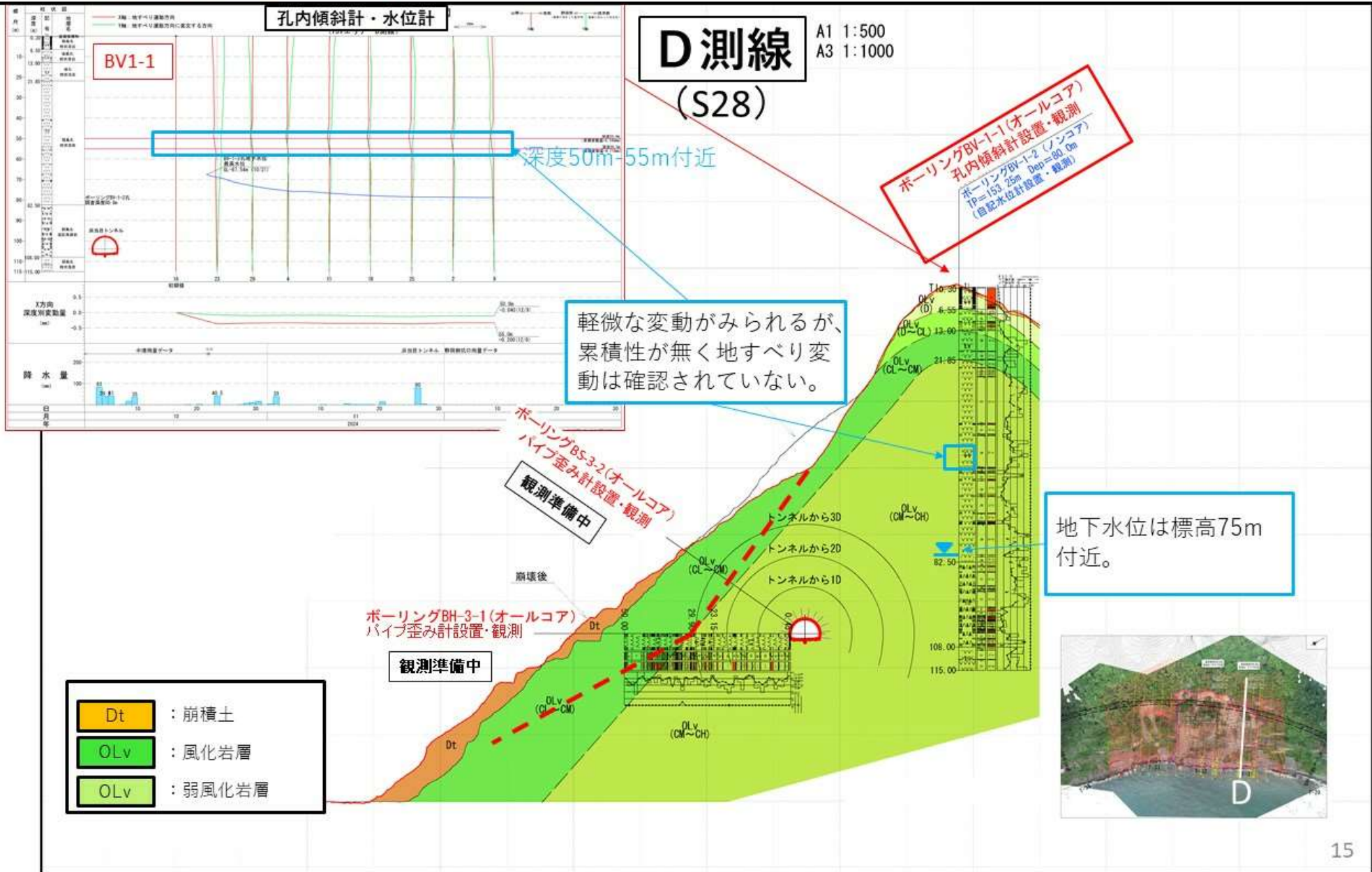
- 結果：空中電磁探査及びボーリング結果を用いて、ゆるみ領域を設定した結果、D測線及びH測線ではトンネルより海側にゆるみ領域が存在する結果となった。
- 考察：設定したゆるみ領域と地すべり面の位置関係から、ゆるみ領域内にすべり面が存在しており、すべり面はトンネルよりも海側にあると考えられる。



2. 調査結果_地すべり変動観測

D測線

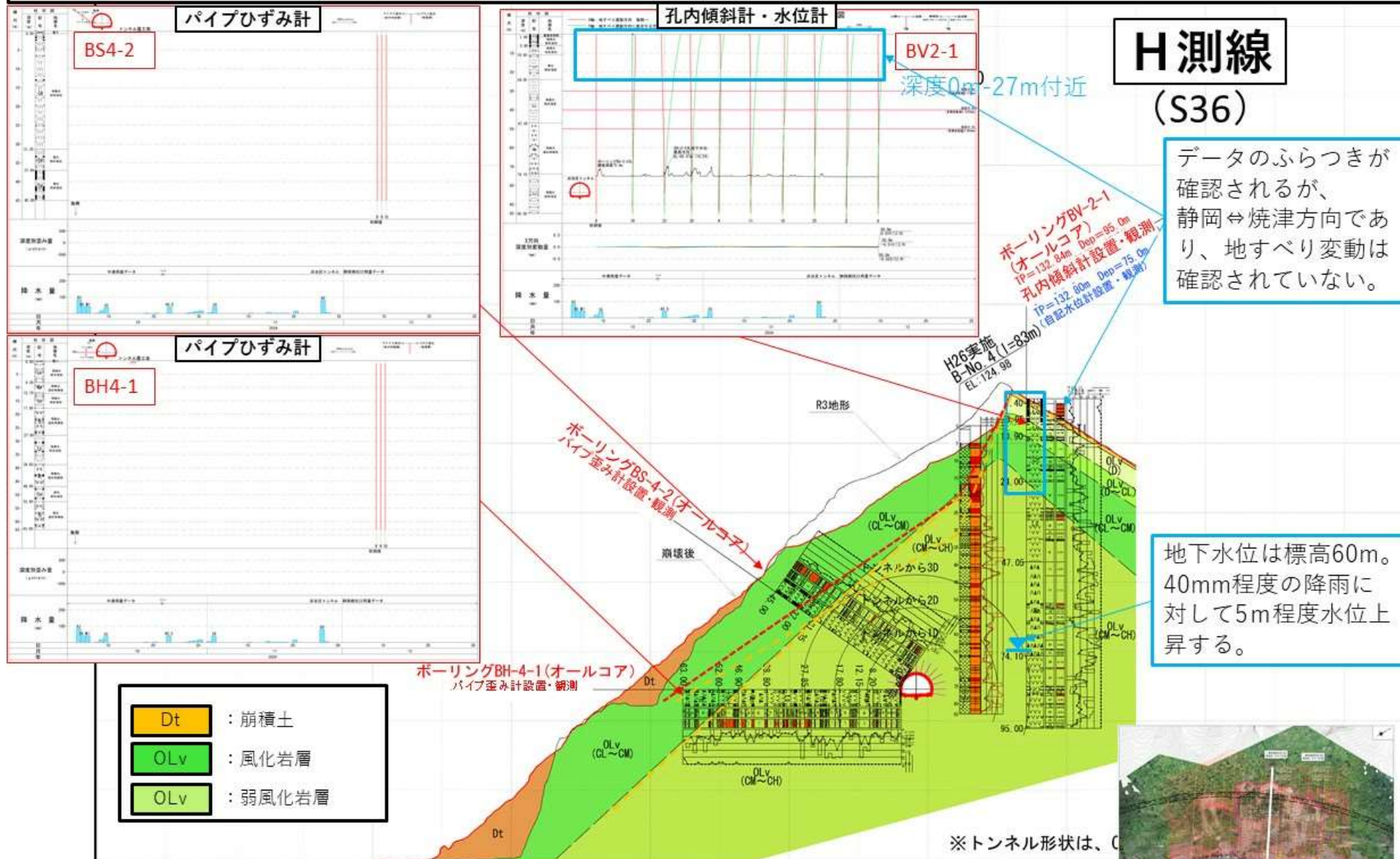
- 結果：孔内傾斜計による観測では、累積性のある斜面変動は確認されていない。
- 考察：設定したすべり面位置も含め、累積性がある地すべり変動は確認されていないことから、継続的な大きな地山の変動は発生していないと考えられるが、観測期間内にまとまった雨がなかったことから観測を継続する。



2. 調査結果_地すべり変動観測

H測線

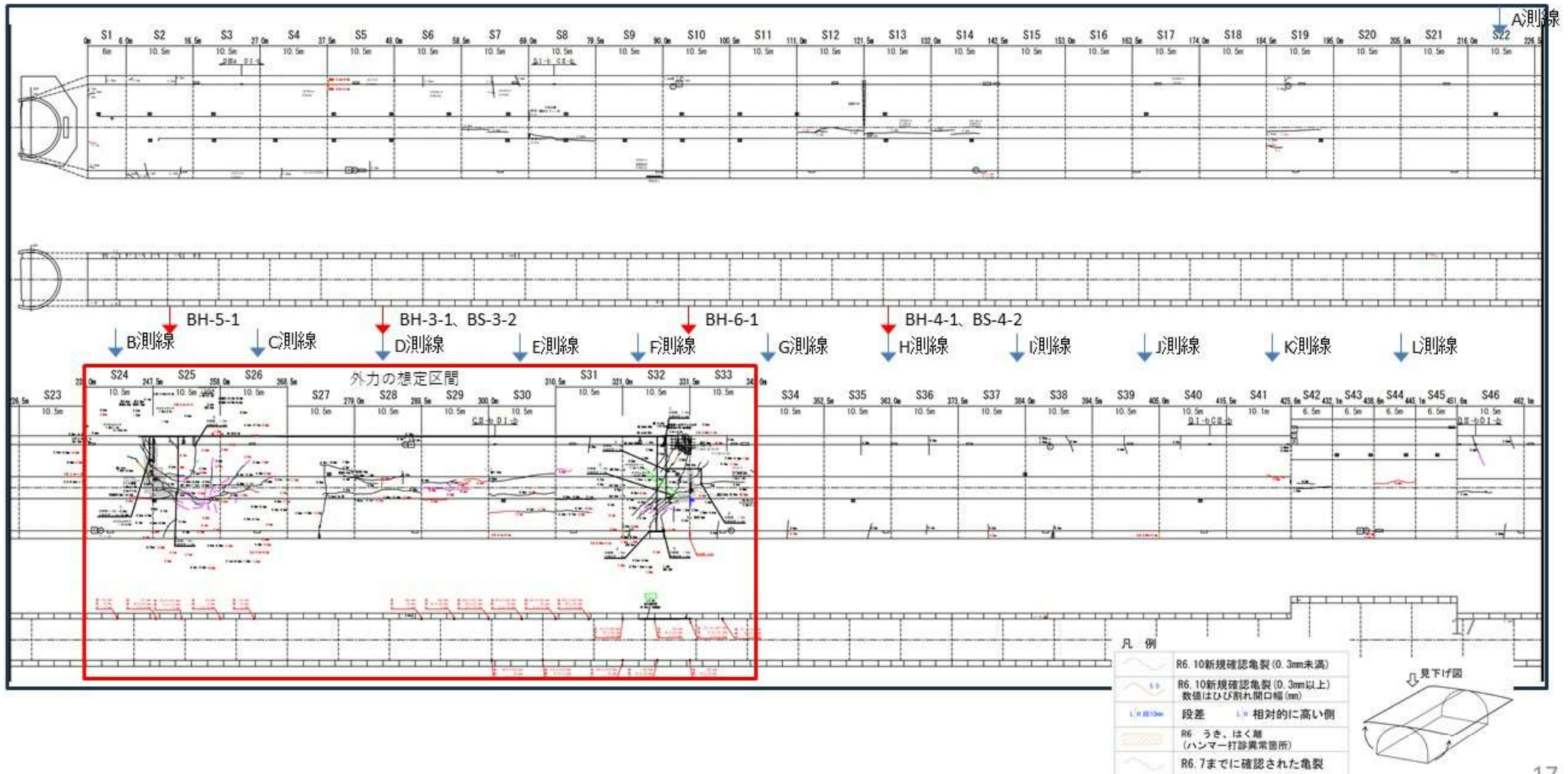
- 結果：孔内傾斜計による観測では、累積性のある斜面変動は確認されていない。
- 考察：設定したすべり面位置も含め、累積性がある地すべり変動は確認されていないことから、継続的な大きな地山の変動は発生していないと考えられるが、観測期間内にまとまった雨がなかったことから観測を継続する。



- Dt : 崩積土
- OLv : 風化岩層
- OLv : 弱風化岩層

2. 調査結果_浜当目トンネルひび割れ分布(前回R6.7⇒今回R6.10)(S1~S46区間)

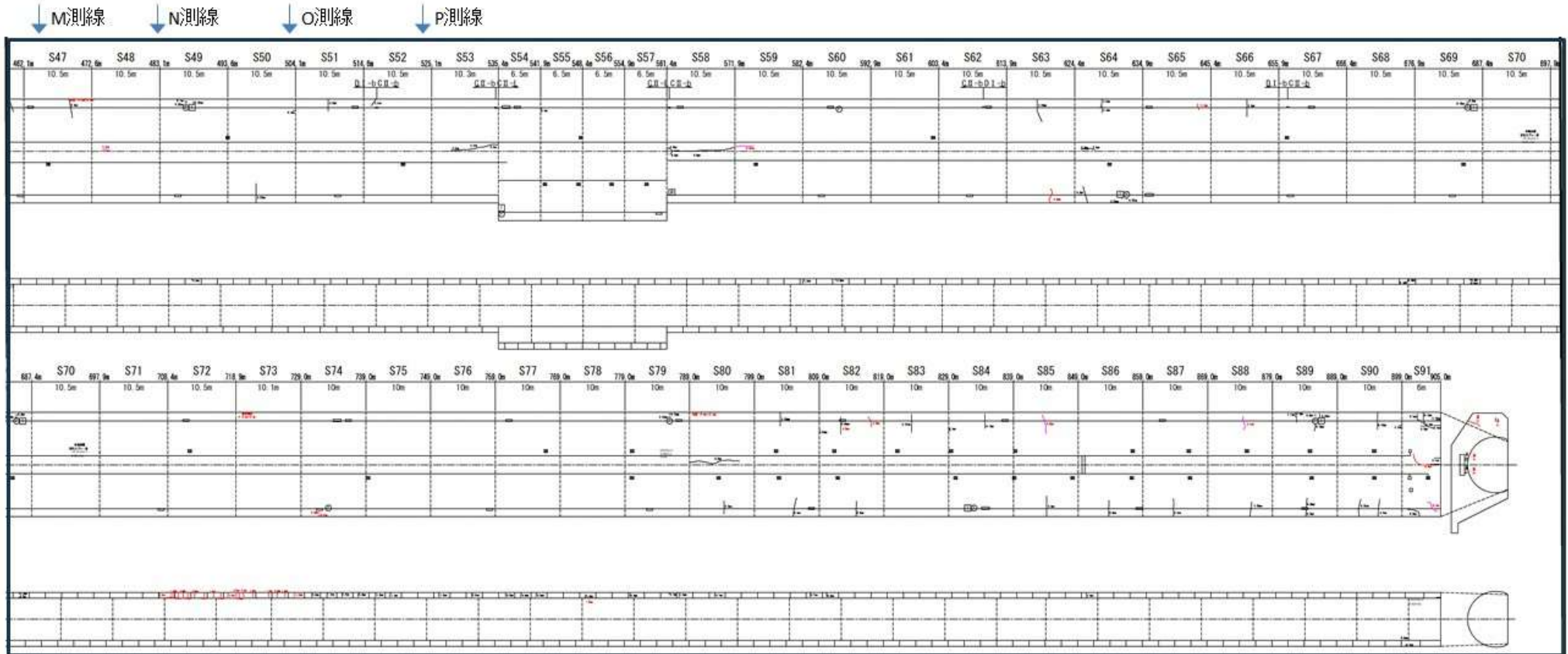
- 結果・S1~S23 : 点検から大きな変状や進行は認められない
- ・S24~S33 : 外力による影響が想定される区間である
本点検において、変状が確認されており、ひび割れも開口傾向にある
- ・S34~S46 : 点検から大きな変状や進行は認められない
- 考察 : S1~S46の内、S1~S23及びS34~S46はひび割れの発生はないことから、斜面変動によるトンネルへの影響区間はS24~S33であると考えられる。



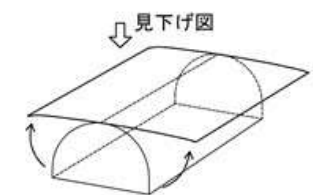
2. 調査結果_浜当目トンネルひび割れ分布(前回R6.7⇒今回R6.10)(S47~S91区間)

○結果：S47~S91区間では、前回の点検から変状や進行は認められない

○考察：S47~S91区間はひび割れの発生はないことから、斜面変動によるトンネルへの影響はないと考えられる。



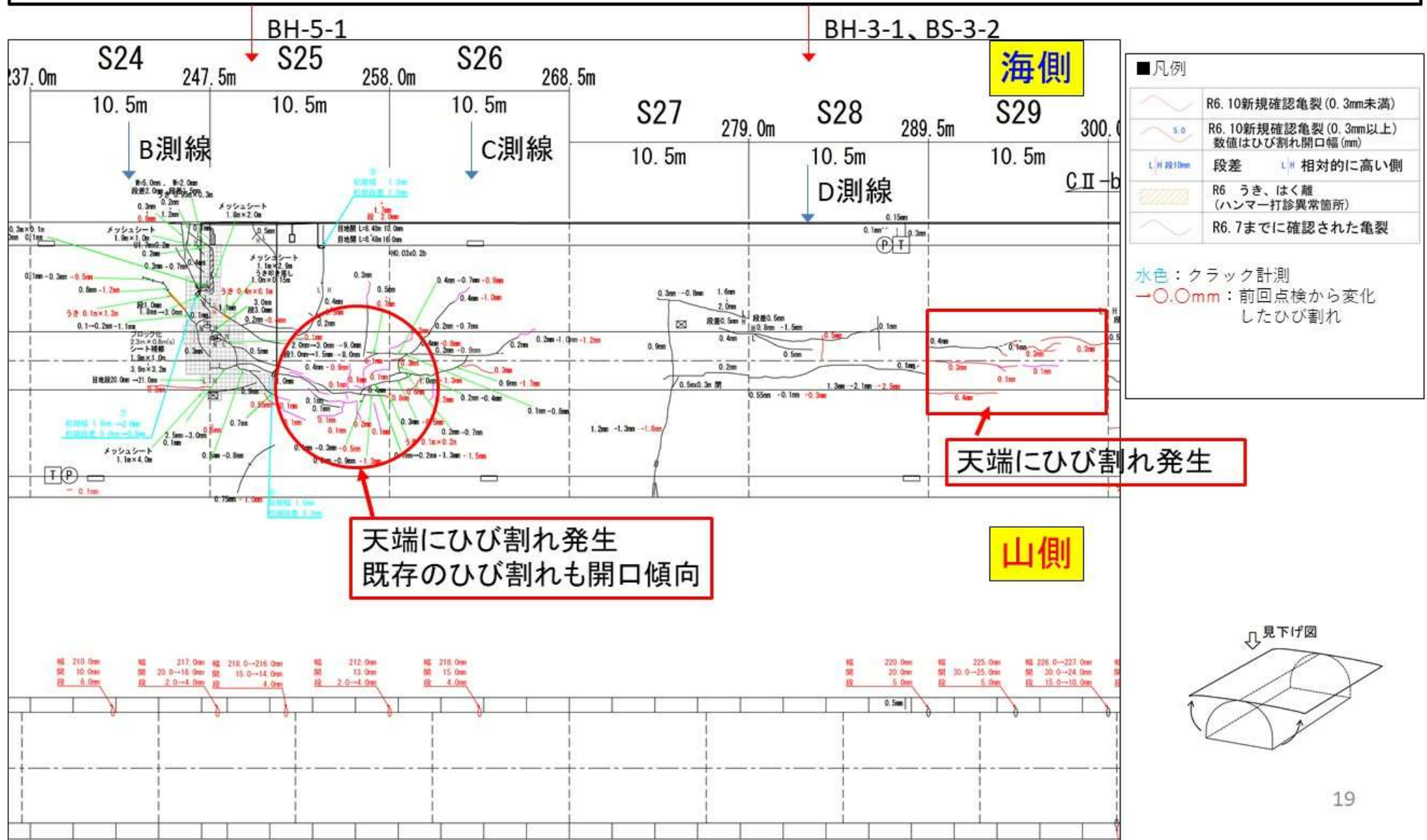
	R6.10新規確認亀裂(0.3mm未満)
	R6.10新規確認亀裂(0.3mm以上) 数値はひび割れ開口幅(mm)
	段差 L/H 相対的に高い側
	R6 うき、はく離 (ハンマー打診異常箇所)
	R6.7までに確認された亀裂



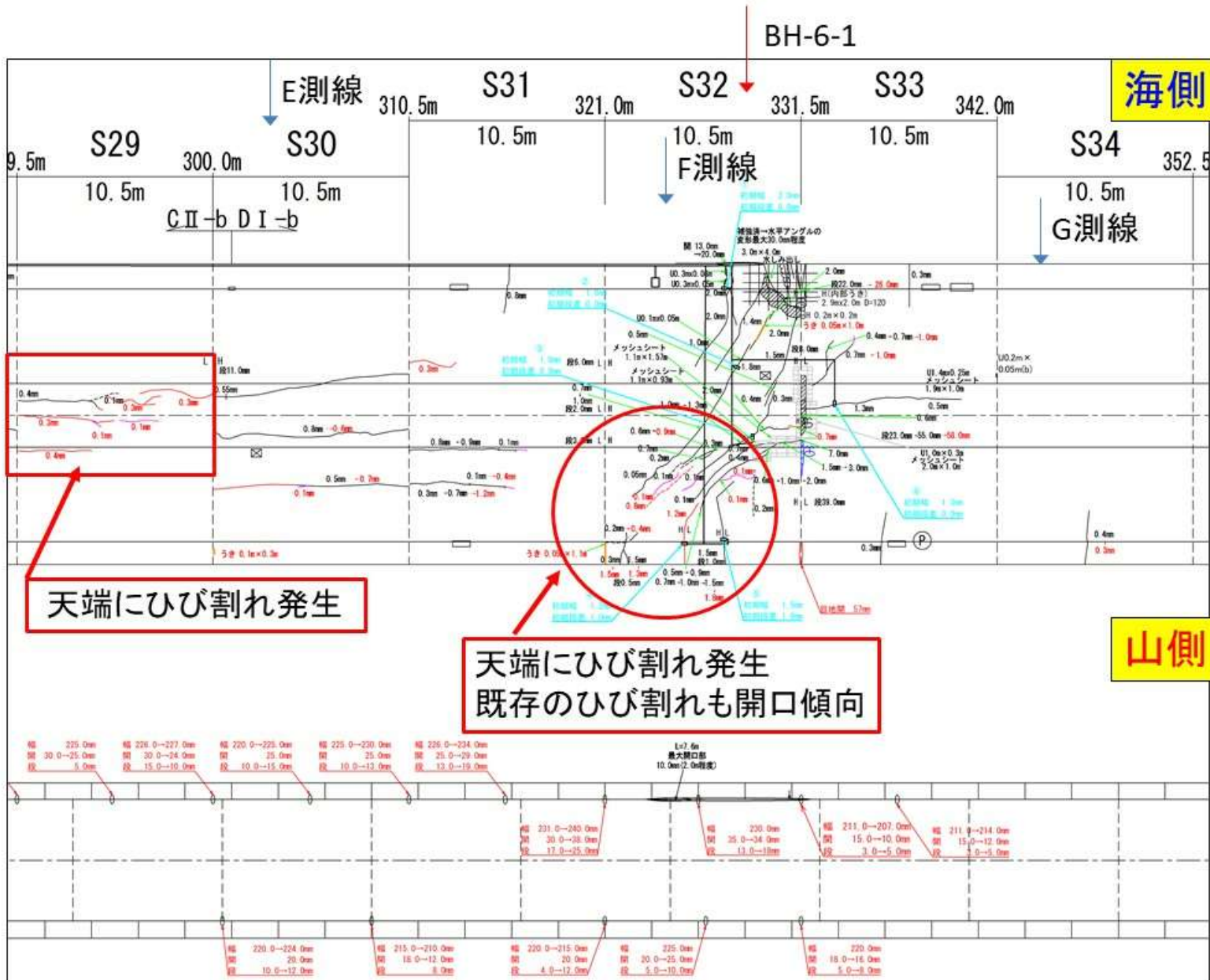
2. 調査結果_浜当目トンネルひび割れ分布(前回R6.7⇒今回R6.10) S24~S33区間)

○結果：ひび割れが発生している区間は、S24~S33で発生していることを確認した。

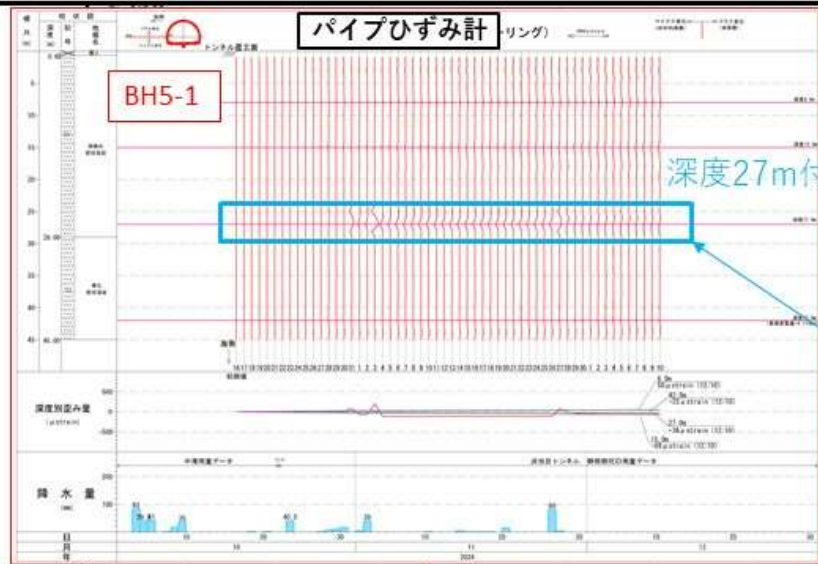
○考察：トンネル全体 (S1~S91) の内、S1~S23及びS34~S91はひび割れの発生はないことから、斜面変動によるトンネルへの影響区間はS24~S33であると考えられる。



2. 調査結果_浜当目トンネルひび割れ分布(前回R6.7⇒今回R6.10) S24~S33区間)



- 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と考えられる。

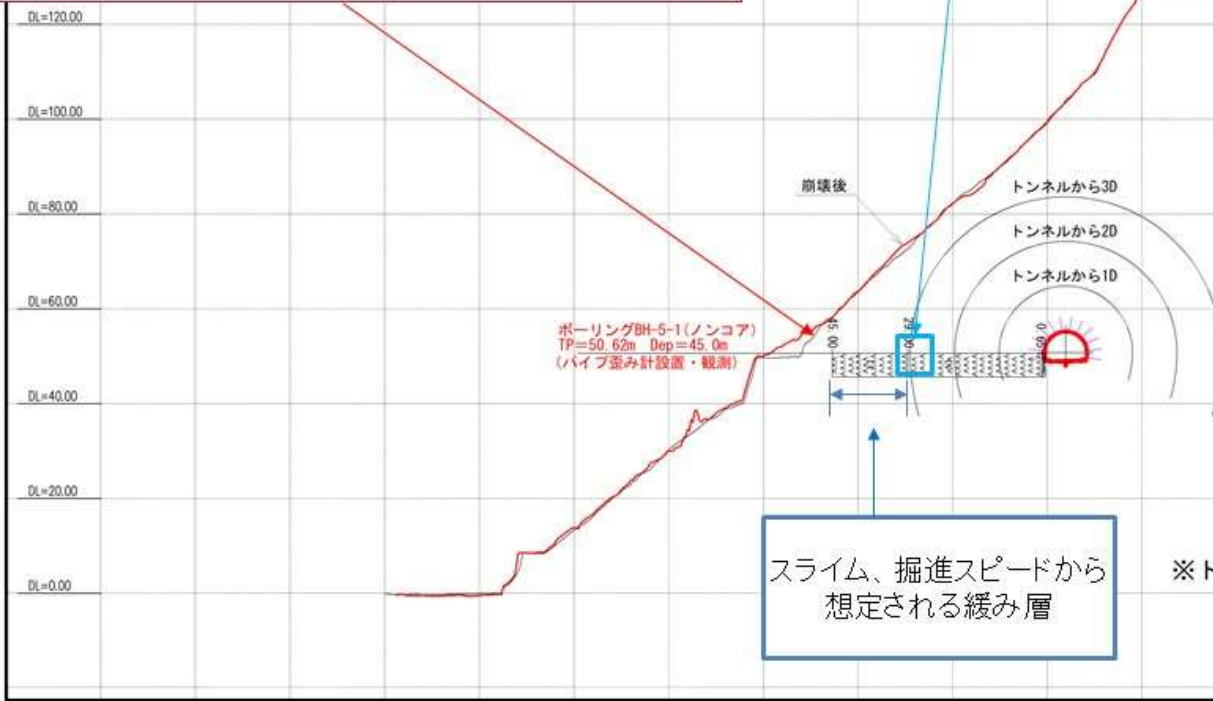


S24-S25 測線

A1 1:500
A3 1:1000



データのふらつきがみられるが、累積性が無く地すべり変動とは確認されていない。



スライム、掘進スピードから想定される緩み層

※トンネル形状は、



2. 調査結果_浜当目トンネルひび割れ計測

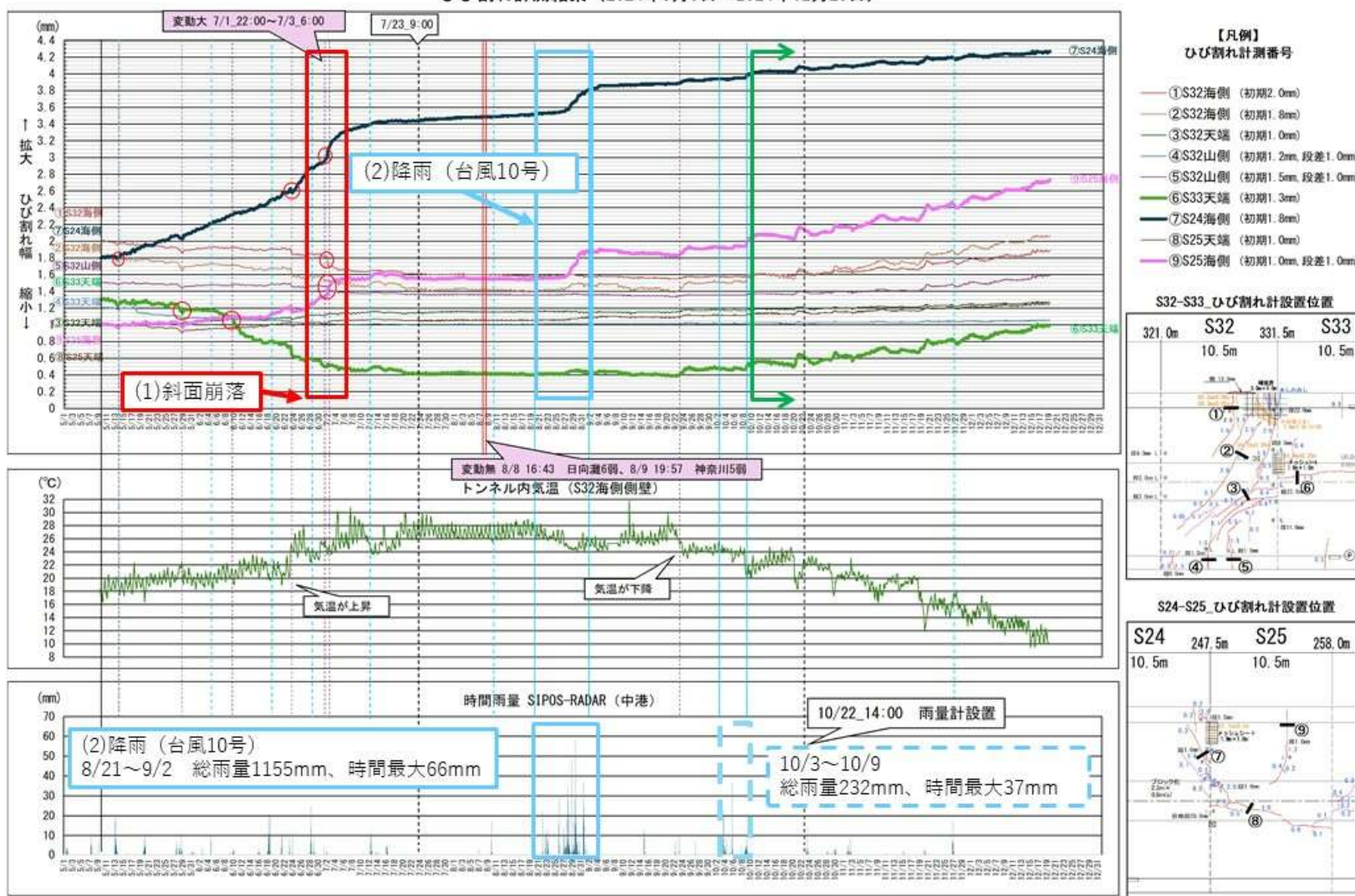
○結果：浜当目トンネルのひび割れ計測では、3つの事象を観測しており、観測箇所でのひび割れは最大で4 mm程度。

○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、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) (□)：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。

ひび割れ計測結果 (2024年5月9日~2024年12月20日)

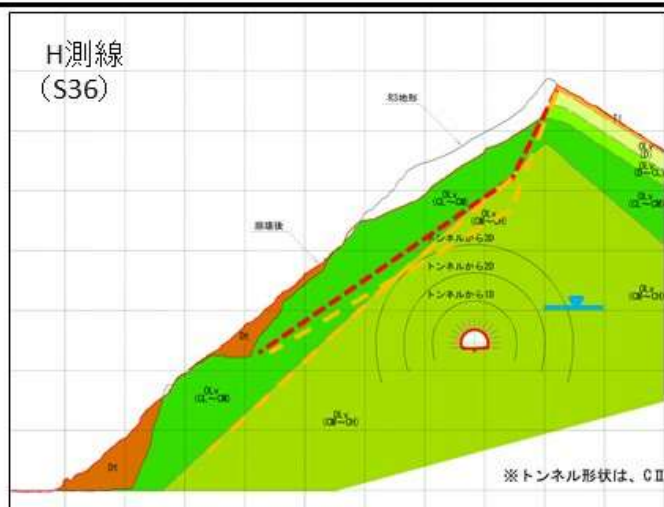


2. 調査結果_考察

トンネル変状発生メカニズムとしては、地質的な脆弱部を素因として持つ斜面が、降雨等の影響を受けて崩落し、応力がトンネルに伝搬したことによりトンネルに変状が発生したと推察される。

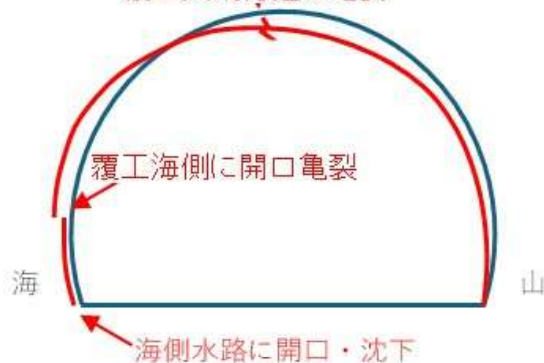
なお、崩落により乱された被災斜面では、雨水の浸透が容易となり、降雨の影響による地下水位の上昇・間隙水圧の増加等を起因して、地すべり面の運動が活発化することで、トンネルのひび割れに変動がみられたと推察される。

ただし、各観測結果では明瞭な地すべり変動が確認されていないことから、引き続き観測等を継続し、トンネル変状発生メカニズムを解明していく。

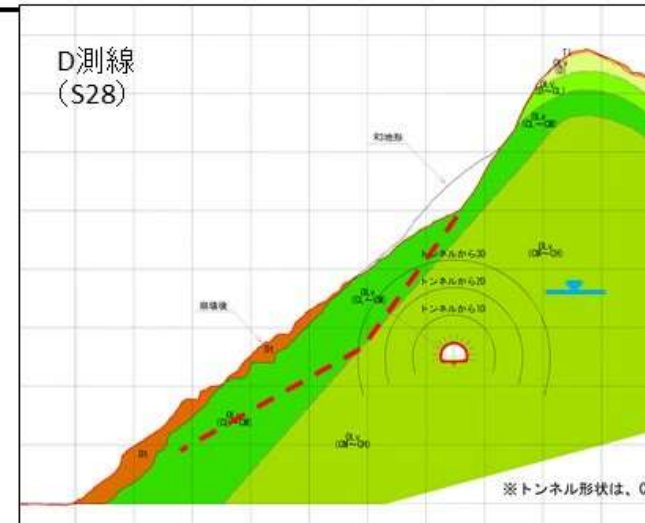
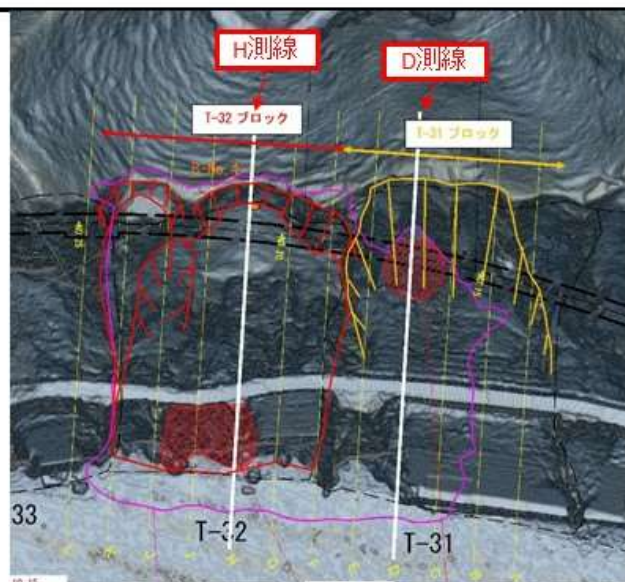


・すべり面とトンネルとの離隔が比較的遠く、斜面変動の影響が伝わりにくい。

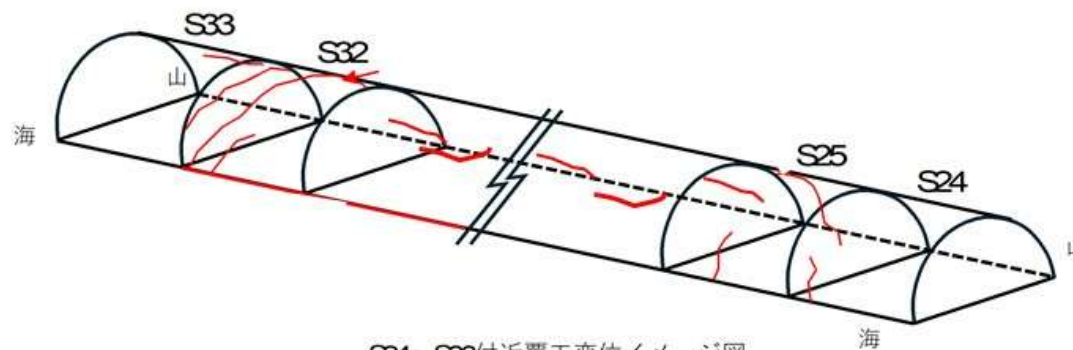
覆工天端付近に亀裂



S32付近覆工変位イメージ図



・すべり面とトンネルとの離隔が比較的近く、斜面変動の影響が伝わりやすい。

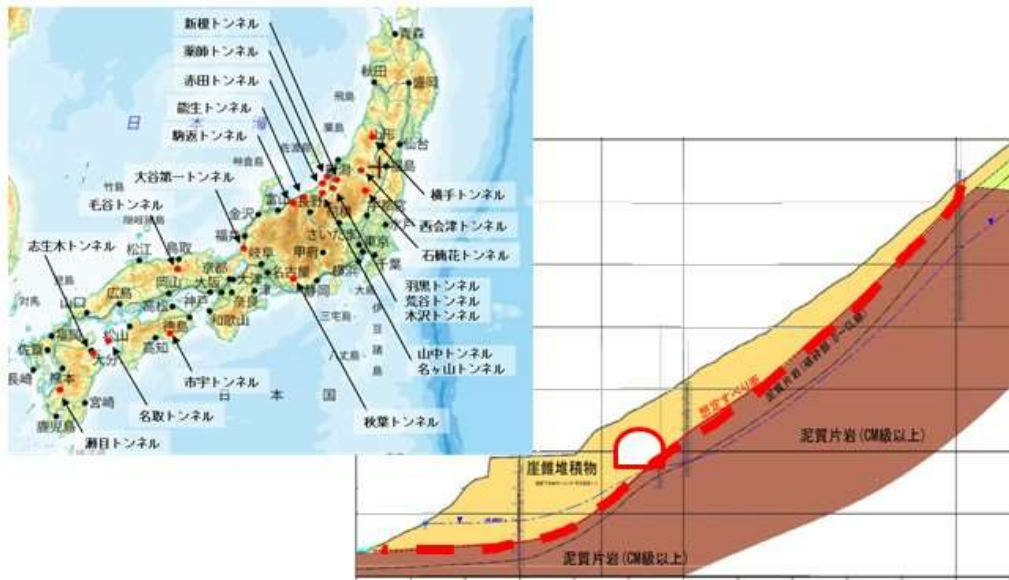


S24~S33付近覆工変位イメージ図

2. 調査結果_考察

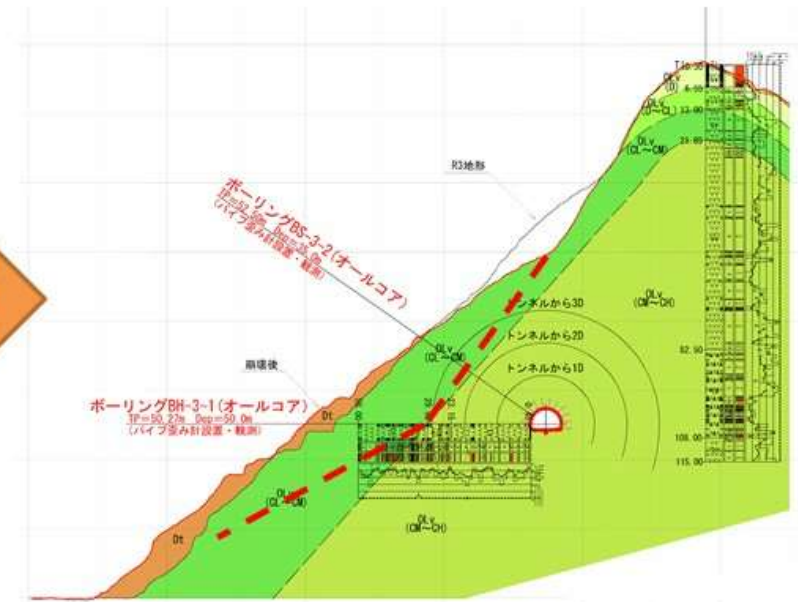
- すべり面がトンネルを貫いてはいないが、地すべりによるトンネル変状の発生メカニズムが確認できれば、他事例と比較しても特異なものであると考えられる。
- メカニズム解明に向けては、素因、誘因及び地すべりとの関連性などを特定する必要があることから、機器観測の継続と数値解析を行っていく。

○地すべりによりトンネルに変状が発生した事例



一般的に、地すべりによりトンネルに変状が発生した事例では、すべり面がトンネルを貫いている場合が多い。



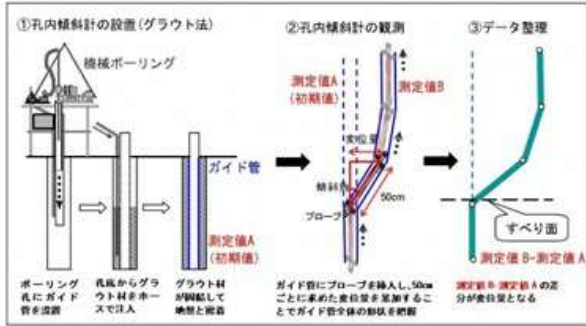
○浜当目トンネル調査結果からの推定



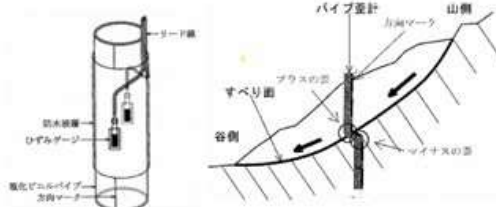

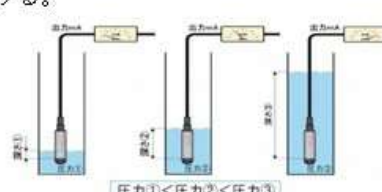

差異

ボーリングコアの観察や、掘削速度、空中電磁探査などの計測から、すべり面がトンネルを貫いていない可能性が高いと思われる。

3. 調査の今後の進め方

調査項目	調査内容	目的	結果	考察
<p>地質調査ボーリング</p>	<p>地表面あるいはトンネル内から地面に径66mm及び86mmの穴をあけて、不攪乱の地質サンプル(ボーリングコア)を採取する。</p>  <p>採取したボーリングコア</p> <p>一般社団法人斜面防災対策技術協会HPより</p>	<p>ボーリングコアの破碎・風化等の性状を確認することによって、地すべりの有無やすべり面の特定、および斜面の安定性を評価するための基礎資料とする。</p> <p>また、後述する孔内傾斜計・パイプひずみ計の設置を行う。</p>	<p>水冷破碎岩を含む枕状溶岩・凝灰角礫岩が確認され、全体的に重力による斜面変形に起因すると想定される亀裂の分布が深部まで確認される。</p> <p>また、<u>地表面に近いほど、亀裂の発達、礫・土砂等の脆弱部が多くなり、緩み層の存在が確認された。</u></p>	<p>コア観察からはすべり面の特定には至っていないものの、緩み層内部においてすべり面の存在が想定される。</p> <p><u>トンネル内部から実施したボーリングにおいて、明確に攪乱された試料は少なく、一定の土塊形状を保持した地すべり変動が想定される。</u></p> <p>今後の孔内計器観測(孔内傾斜計・パイプひずみ計)においてすべり面の特定が必要である。</p> <p>⇒実施中</p>
<p>斜面変動観測(計器観測)</p> <p>・地盤伸縮計</p>	<p>不動地山と移動土塊の2点間距離を測定することで、地すべりあるいは崩壊斜面の変動状況を測定する。</p>  <p>一般社団法人斜面防災対策技術協会HPより</p>	<p>観測された変動状況より、地すべりの安定性評価を行う基礎資料とする。また、変動状況の大小によって道路の通行止め等を行う際の判断材料となる。</p>	<p>台風10号の豪雨時にS-1(地表面)において軽微な変動が確認されたものの、<u>継続的な斜面変動は確認されていない。</u></p> <p>トンネル内のS-2,S-3においても<u>顕著な変動は確認されていない。</u></p>	<p>豪雨によって軽微ではあるが斜面変動が確認されたことから、<u>降雨によって斜面変動が発生する可能性がある。</u></p> <p>今後も引き続き継続観測を行い、斜面変動の監視が必要である。</p> <p>⇒観測を継続</p>
<p>斜面変動観測(計器観測)</p> <p>・孔内傾斜計</p>	<p>垂直に設置されたボーリング孔内において、地中内部の変動状況を測定する。</p>  <p>一般社団法人斜面防災対策技術協会HPより</p>		<p>部分的な観測データのふらつきはあるものの、現時点では<u>累積性のある斜面変動は確認されていない。</u></p>	<p>現時点では尾根を含む<u>大規模な斜面変動は確認されていない</u>(差分解析においても尾根部分の変動は確認されていない)。</p> <p>ただ、観測開始後豪雨を経験していないため、今後も引き続き継続観測を行う</p> <p>⇒観測を継続</p>

3. 調査の今後の進め方

調査項目	調査内容	目的	結果	考察
斜面変動観測 (計器観測) ・パイプひずみ計	垂直・水平・斜めに設置されたボーリング坑内において、地中内部の変動状況を測定する。  現場技術者のための地質調査技術マニュアルより	観測された変動状況より、地すべりの安定性評価を行う基礎資料とする。また、 <u>変動状況の大小によって道路の通行止め等を行う際の判断材料</u> となる。	部分的な観測データのふらつきはあるものの、現時点では <u>累積性のある斜面変動は確認されていない</u> 。	現時点で斜面変動を示す観測結果は出ていないものの、 <u>差分解析・変動ベクトルAI、地盤伸縮計の調査結果では、豪雨による斜面変動が示されている</u> 。 今後も引き続き継続観測を行うことによって、すべり面の特定が可能であると思われる。 ⇒観測を継続
斜面変動観測 (計器観測) ・傾斜計	地表面の傾きを測定することによって、地すべりあるいは崩壊の有無を確認する。  オサシテクスHPより		現時点では傾斜計設置斜面(崩壊地の静岡側隣接斜面)では <u>累積性のある斜面変動は確認されていない</u> 。	現時点では隣接斜面での斜面変動は確認されていない(差分解析においても隣接斜面の変動は確認されていない)。 ただ、観測開始後豪雨を経験しておらず、今後も引き続き継続観測を行い、斜面変動の有無の判定が必要である。 ⇒観測を継続
斜面変動観測 (計器観測) ・地下水位計	ボーリング孔内に水圧式の水位計を設置し、斜面中の地下水面位置を測定する。 	斜面中の地下水位を測定することで、地すべり発生及びトンネル内の亀裂発生メカニズムを解明するための基礎資料とする。	尾根部で実施したボーリング孔での <u>地下水位はトンネル路盤高より20-30m程度高い位置に確認される</u> 。	地下水位は調査ボーリングの結果判明した「緩み層」及び「緩み層内に存在が想定されるすべり面」より深い位置に分布することが想定される。今後、 <u>豪雨時の斜面変動と地下水位の関係を把握する必要がある</u> 。 また、 <u>豪雨時の地下水位上昇とトンネル亀裂変状との関係を解析する必要がある</u> 。 ⇒観測を継続
時系列干涉SAR解析	異なる時期に観測された衛星データ(ALOS-2_SARデータ)を用いて差分解析を行うことで、地表面の変動状況を把握する。 	地すべり・崩壊斜面及びその隣接斜面を含めて、過去からの斜面変動の有無を調べることで、今後災害が発生する可能性のある斜面を特定する基礎資料とする。	<u>R6.7に崩壊した斜面は過去より累積変位が発生していた可能性が示された。また、直近の1年で変動が加速していた可能性がある</u> 。	SAR画像の取得・更新が任意に行えないため、リアルタイム監視には向かないが、 <u>隣接斜面を含む路線の概略的な斜面変動有無をモニタリングするのに有効であると思われる</u> 。 ⇒データ収集を継続

3. 調査の今後の進め方

調査項目	調査内容	目的	結果	考察
斜面変動観測 (変動ベクトルAI)	二時期の空中写真画像をAIで差分解析することによって地すべりあるいは崩壊斜面の変動量と変動方向を算出する。  <p>・AIが新旧画像の特徴情報を認識(打点) ・新旧画像を重ね、特徴点間距離を測定・移動ベクトル(矢印)を算出</p>	崩壊した斜面を含めた隣接斜面の変動状況を調査することによって、変動の範囲及び不安定な斜面の有無を確認する。	崩壊斜面内部において海側への変位が確認された。 隣接斜面では焼津側の斜面上部の尾根部で発生している地すべりを除いては斜面変動は確認されない。	崩壊地内部において海側への変位が確認されたことは、差分解析結果とも整合がとれている。 ⇒観測を継続
空中電磁探査	ドローンを用いて空中から電気(電磁波)を地中に流し、電気の流れる抵抗値を測定することによって地中の岩盤性状を確認する。  <p>大日本コンサルタントHPより ネオサイエンスHPより</p>	地質調査ボーリング結果と組み合わせることで、地すべり移動土塊あるいは崩積土の三次元的な分布範囲を確認する。	地表面付近は比抵抗値が低く、深部に行くにつれて比抵抗値が高くなることが確認された。	地表面付近の低比抵抗値は崩土・崖錐を示していると想定される。崩土・崖錐の堆積は斜面中腹部～尾根にかけて10m程度、斜面下方～海面にかけては5m程度堆積することが想定される。 地表面から深部にかけて比抵抗値が高くなることは、地表面ほど脆弱部が多く緩みが進行していることを示唆している。 今後調査ボーリング結果と合わせて三次元的なすべり面分布の特定を行う。 ⇒解析を継続
坑内亀裂自動観測	トンネル内に発生した亀裂の拡大・収縮等変動状況を測定する。  <p>浜当日トンネル亀裂計設置状況</p>	亀裂の変動状況、及び各種斜面変動観測結果を解析することで、トンネル変状の発生メカニズムを解明する基礎資料とする。 また、トンネル内亀裂を監視することで、トンネル内作業時の安全管理を行う。	7/1の大規模斜面崩壊時、台風10号の豪雨時に亀裂の拡大が確認された。また、冬季の気温低下時に亀裂が変動(回帰・拡大)することが確認された。	7/1の大規模斜面崩壊時には、斜面変動の応力がトンネル覆工に影響を与えた可能性がある。 台風10号の豪雨時も斜面変動が影響した可能性もあるが、覆工背面で地下水水位が上昇した水圧が影響している可能性もある。 冬季の亀裂変動は気温との相関が良く、気温低下によるコンクリートの乾燥・収縮に起因するものと想定される。 現時点で孔内計測によるすべり面付近の観測データが不足しており、今後データの蓄積を行い、上記の仮説を解明する必要がある。 ⇒観測を継続

3. 調査の今後の進め方

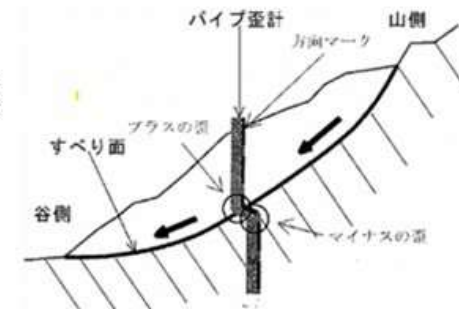
調査項目	調査内容	目的	結果	考察
トンネル変状調査	<p>目視・打音等によって、トンネル内の亀裂等変状の有無・程度を調査する。</p> 	トンネル内に発生した変状調査を行い、構造物としての健全度の評価を行う。	<p>S24～S33の区間で台風10号を挟むR6.7⇒R6.10の期間で亀裂の拡大・伸長・新規亀裂が確認された。</p> <p>S24～S33の区間以外の区間では新規亀裂の発生は確認されなかった。</p>	<p>現時点では斜面変動による応力の影響を受けている区間はS24～S33に限定されている。</p> <p>今後、定期的にトンネル変状調査を実施することにより、斜面変動による応力の影響範囲の拡大・新規斜面変動発生の前兆を捉える必要がある。</p> <p>⇒観測を継続</p>
トンネル内空変位測量	<p>測量によって、トンネル内の断面形状の変形の有無・程度を調査する。</p>  <p>銭高組HPより</p>	定期的にトンネル断面形状を測量することによって、また各種斜面変動観測結果を解析することで、トンネル変状の発生メカニズムを解明する基礎資料とする。	測量実施後、データ分析に向け結果とりまとめ中	<p>トンネル覆工の変形状況、変形範囲、降雨・斜面変動との相関を明らかにすることによって、数値解析の基礎資料となる。</p> <p>⇒分析を実施</p>
トンネル内点群データ取得	<p>非接触型レーザを搭載した車両を走行させることによって、トンネル内の3次元点群データおよび画像を採取し、トンネル内に発生した亀裂等変状を詳細に把握する。</p>  <p>ウォールナットHPより</p>	トンネル変状発生前のデータと差分解析することによって、斜面変動から影響を受けた範囲及び変動量を定量的に把握する。	今後実施予定	<p>トンネル内における各種調査を補完するために実施する予定</p> <p>トンネル覆工の変形状況、変形範囲を明らかにすることによって、数値解析の基礎資料となる。</p> <p>⇒今後実施予定</p>
数値解析	<p>有限要素法等の数値解析手法を用いて、発生している現象(トンネル変状)と想定される原因(地すべり・崩壊)の因果関係を確認する。</p>  <p>有限要素法解析事例 個別要素法解析事例</p>	想定される地すべり発生メカニズムを裏付ける根拠となる基礎資料とする。また、今後発生が想定される斜面変動がトンネルへ与える影響を推定する。	今後実施予定	<p>斜面変動による深部への応力伝搬の程度について解析を行う。解析条件としては、「すべり面とトンネルとの離隔(遠い・近い)」、「すべり面(あり・なし)による応力伝搬の差異」とする予定である。</p> <p>⇒今後実施予定</p>

4. トンネル変状発生メカニズムの究明に向けて

Step 1 - 1 : すべり面の特定

ボーリングコア観察において、風化岩層における斜面変動の影響による緩みや脆弱化が確認されたものの、明確なすべり面を確認できておらず、すべり面の特定には至っていない。

⇒ **パイプひずみ計等の必要な調査を継続し**、すべり面を特定する。

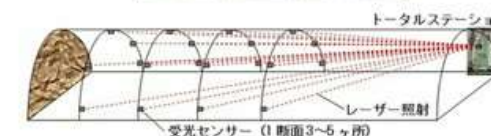
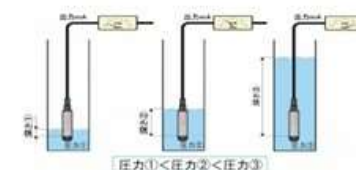


Step 1 - 2 : 地すべり発生の素因、誘因等の特定

観測計器からは地すべり変動は特定されておらず、素因や誘因等の特定には至っていない。

⇒ 引き続き、**継続的な観測**を行い、降雨等と斜面変動との関係性等を確認する。

地下水位計等による観測を継続し、地下水位とトンネル変状との相関性等を整理する。



Step 2 : 数値解析による発生メカニズムの解明

上記ステップ1-1及び1-2から得られる観測データ及び基礎データより、

地すべり変動がトンネルに与える影響を「数値解析手法」を用いて明らかにする。

また、地すべり変動の今後の発生の可能性やトンネルへの影響を推定する。

