

第5回 令和6年能登半島地震 道路復旧技術検討委員会

1. トンネル詳細調査内容・結果

(1) 大谷トンネル

1) 被災状況

2) 調査結果

(2) 逢坂トンネル

1) 被災状況

2) 調査結果

令和7年2月6日

国土交通省 北陸地方整備局

1. トンネル詳細調査内容・結果

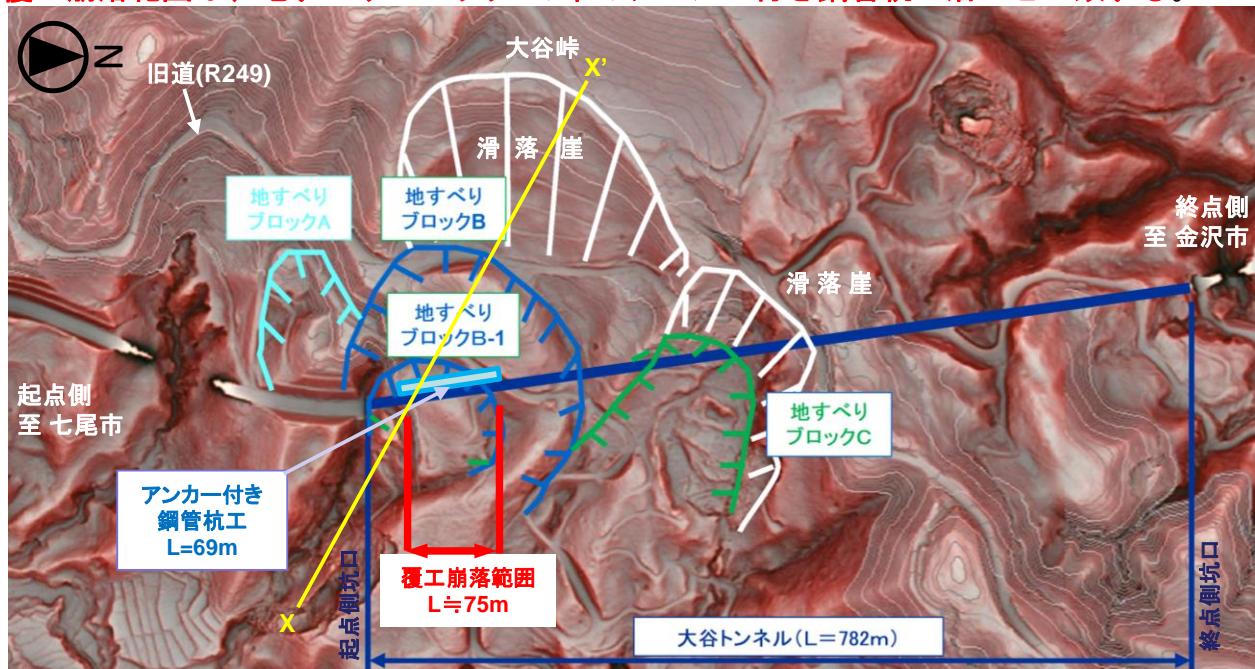
1) 被災状況（大谷トンネル）

○大谷トンネル全体の被災状況

被災箇所：トンネル損傷、既設の地すべり抑止杭損傷
 被災状況：起点側坑口から150m以内（50～140m）の範囲で覆工が崩落
 一部（起点側から70m付近）覆工が残存しているが、落下の危険性が高い。覆工崩落範囲ではH型鋼の座屈も確認された。
 起点側坑口付近の西側に位置する既設のアンカー付き抑止杭の損傷が確認された。
 崩壊機構：地すべりの発生に伴い、**地すべり土塊にトンネルが押し潰されるように変形したことにより、覆工コンクリートが崩落した**ものと推察される。

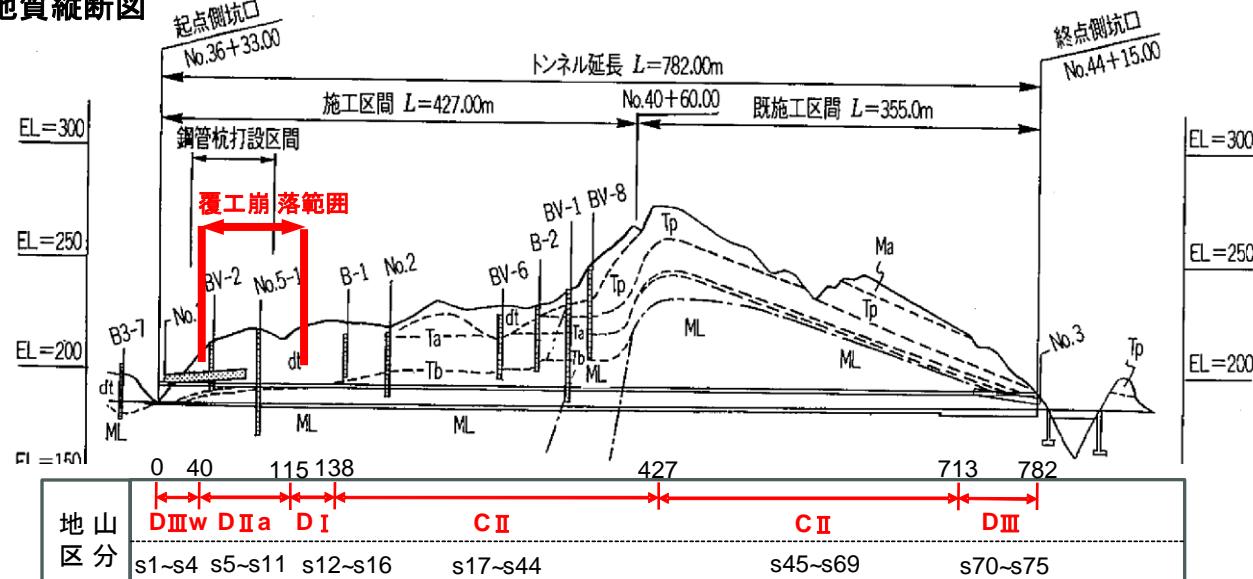
●平面図

大谷峠から起点側坑口斜面は、尾根部に遷急線が認められ、その遷急線から旧道までは滑落崖、旧道より下方は大きく3つの地すべり地形（ブロックA～ブロックC）が認められる。
覆工崩落範囲は、地すべりブロックBの中のアンカー付き鋼管杭工沿いと一致する。



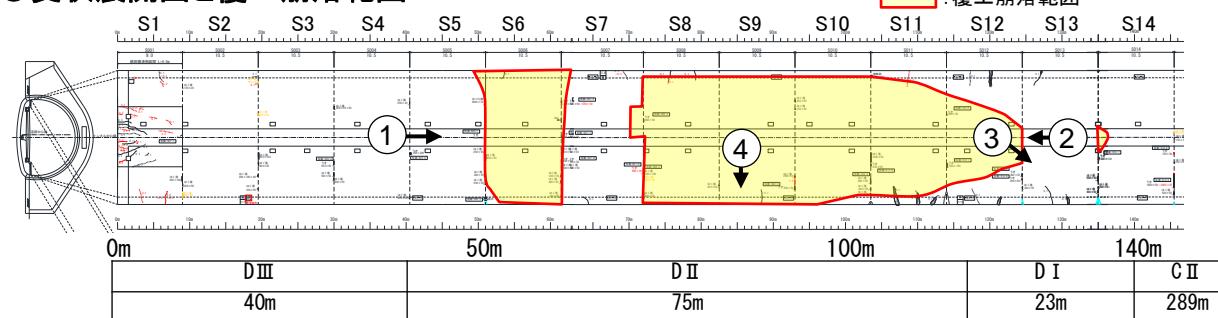
●変状状況

●地質縦断面図

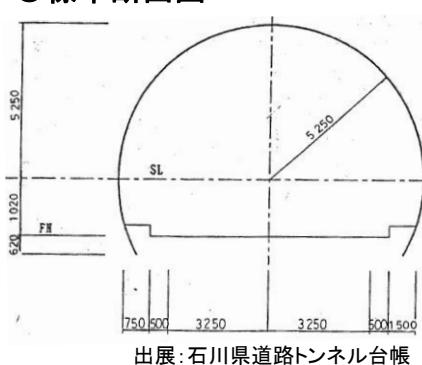


出展：トンネルと地下 1998年4月 能登半島の地すべり地帯をNATMで貫く一部加筆

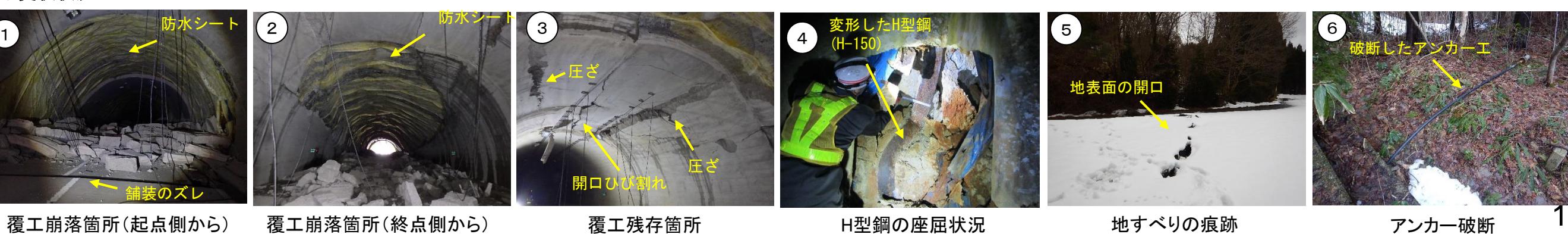
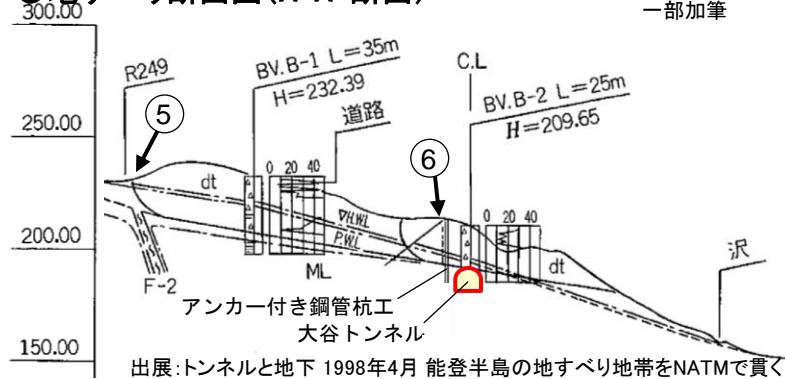
●変状展開図と覆工崩落範囲



●標準断面図



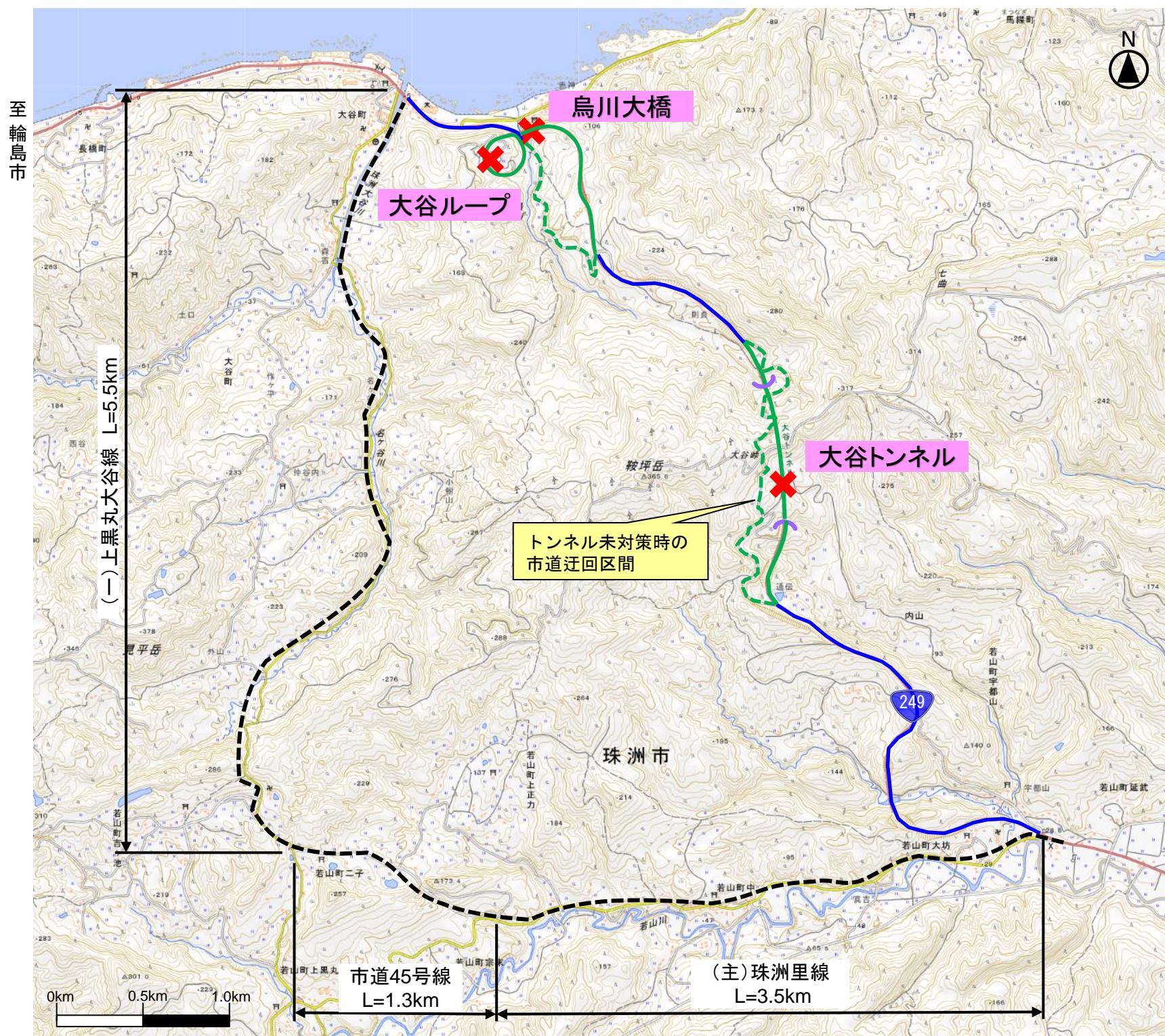
●地すべり断面図(X-X'断面)



1. トンネル詳細調査内容・結果

1) 被災状況 (大谷トンネル)

○大谷地区の迂回路は、県道（上黒丸大谷線、珠洲里線）、市道45号線を使用。



凡例

- 国道本線通行可能区間
- 国道本線通行止め区間
- - - 市道迂回路区間
- 現在の迂回路(県道)

至
珠
洲
市
街
地

1. トンネル詳細調査内容・結果

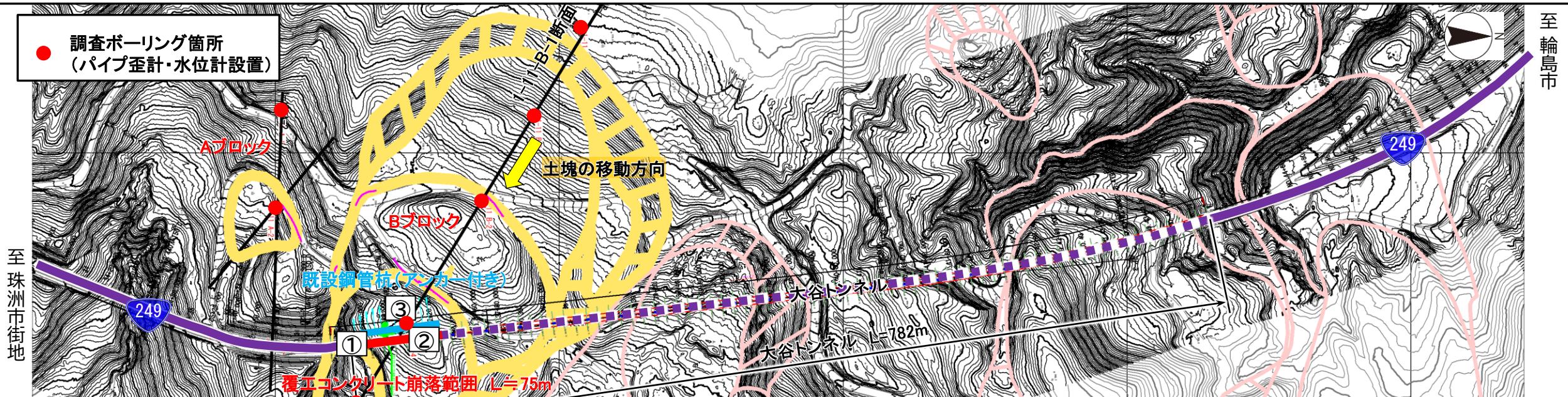
2) 調査結果①(大谷トンネル)

被災状況

- 起点側坑口から150m以内（50～140m）の範囲で覆工の崩落が見られた。また、覆工崩落範囲ではH型鋼の座屈も確認された。
- 地すべりの発生に伴い、地すべり土塊にトンネルが押し潰されるように変形したことにより、覆工コンクリートが崩落した。

調査・計測の考え方

- 地すべり調査（調査ボーリング、パイプ歪計設置・観測、水位計設置・観測、既設鋼管杭変状調査）
 - ⇒R6.6月の地震時に推定すべり面付近で微小な歪変動を確認したがその後累積変動なし。
- 既設鋼管杭変状調査（高周波衝撃弾性波調査法）【既設鋼管杭の仕様：490N/mm²、φ508.0、t=20mm、L=20.0m～33.5m】
 - ⇒既設のアンカー付き鋼管杭は、鋼管杭の損傷およびアンカーの破断を確認。
- トンネル変状調査（内空断面計測、近接目視点検、トンネル中心線測量）
 - ⇒覆工崩落箇所付近では一次支保の変形、舗装版の変状があったが、覆工崩落箇所以外の大半で大きな変状はない。
- R6.9月の大雨による地すべり変動、トンネル変状の進行なし



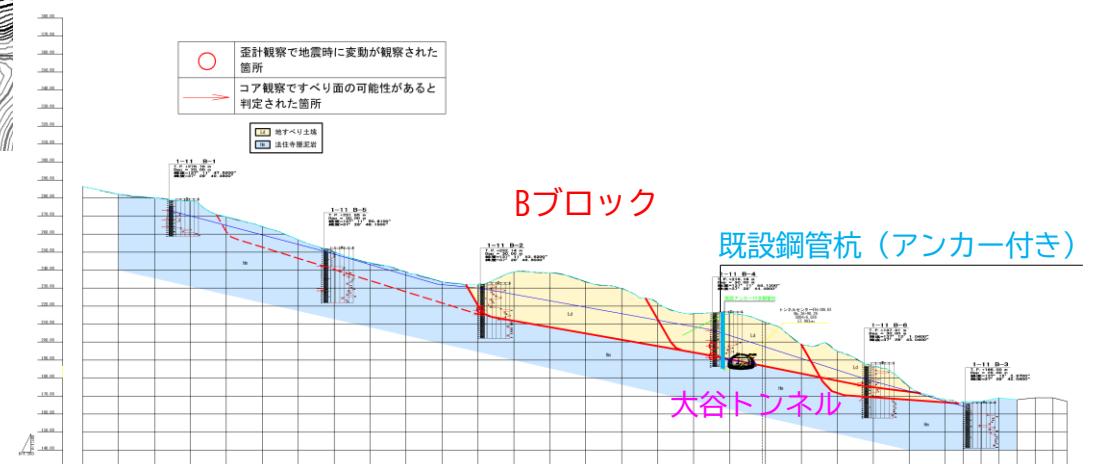
写真①
覆工コンクリートの崩落



写真②
アンカーの飛び出し変状



写真③
パイプ歪計・水位計観測状況



Bブロック地すべり断面図

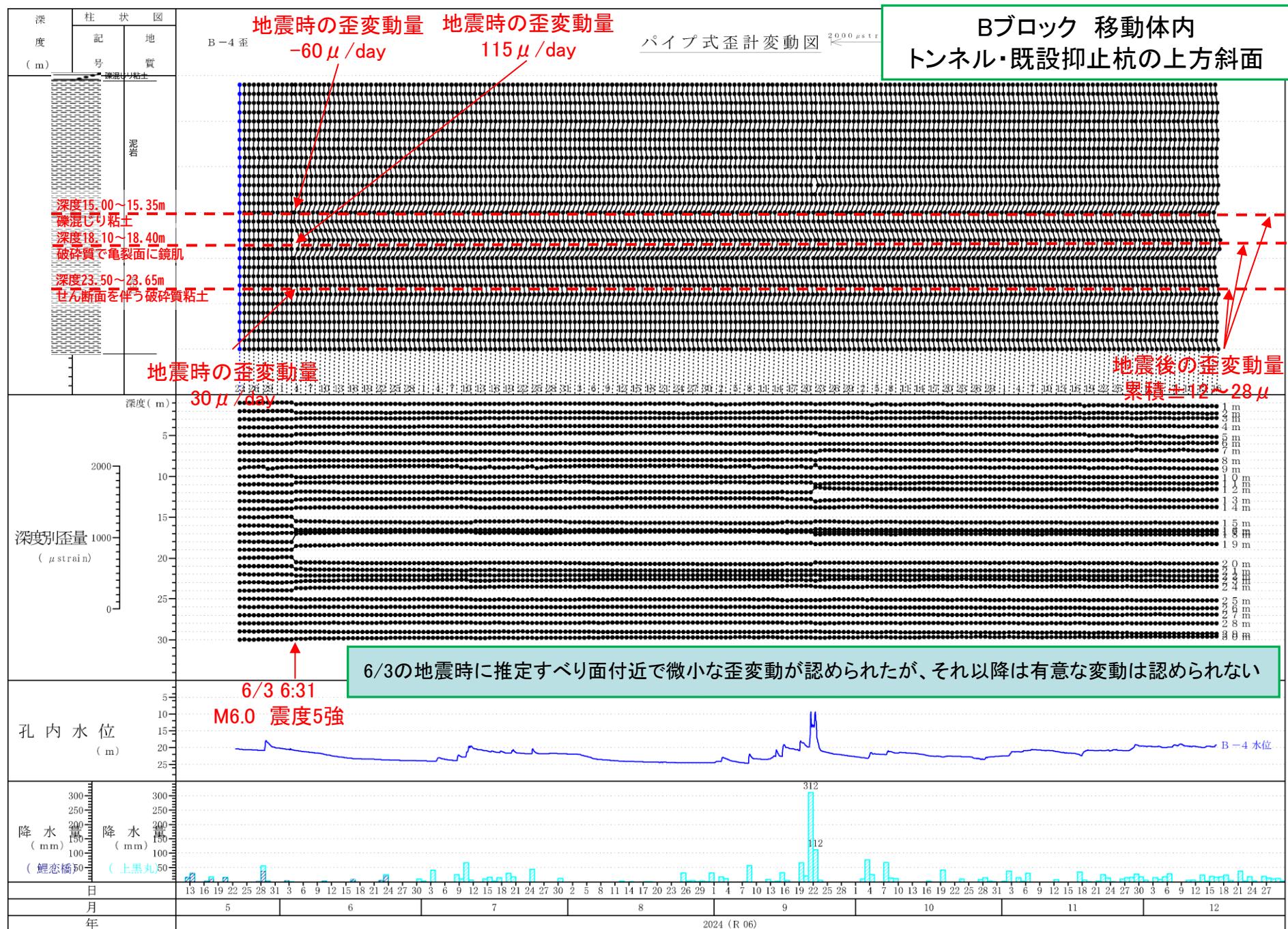
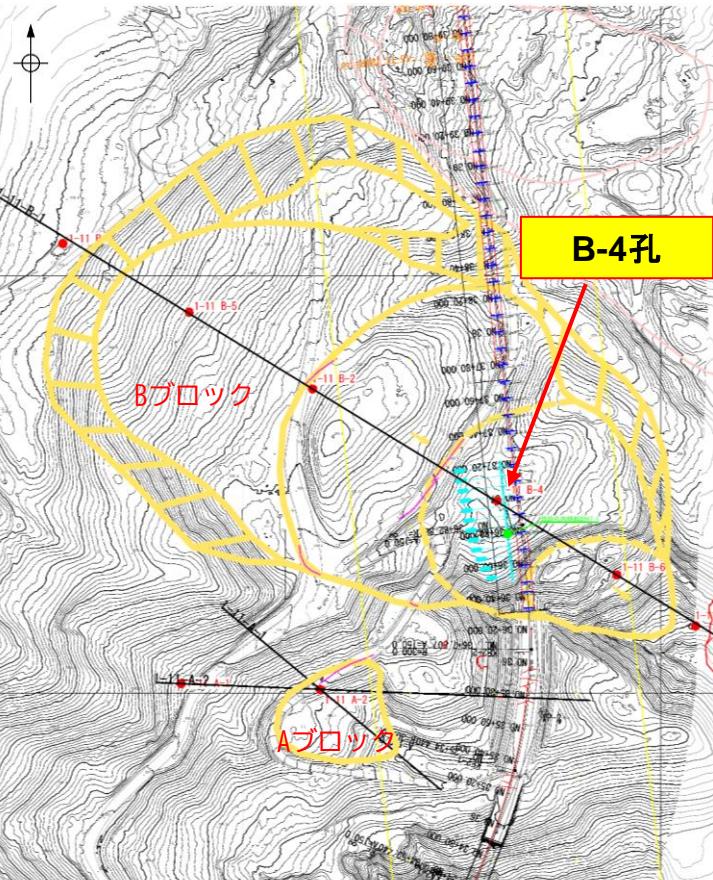
大雨後の被災状況、計測結果

○Bブロック：大雨による有意な地すべり変動は認められなかった。

○Aブロック：大雨により表層部に歪変動が認められたがその後累積性はなし（位置的に大谷トンネルの変状には関与していないブロック）。

考察

○大谷トンネルに変状を与えたBブロックは大雨による有意な地すべり変動は認められなかった。



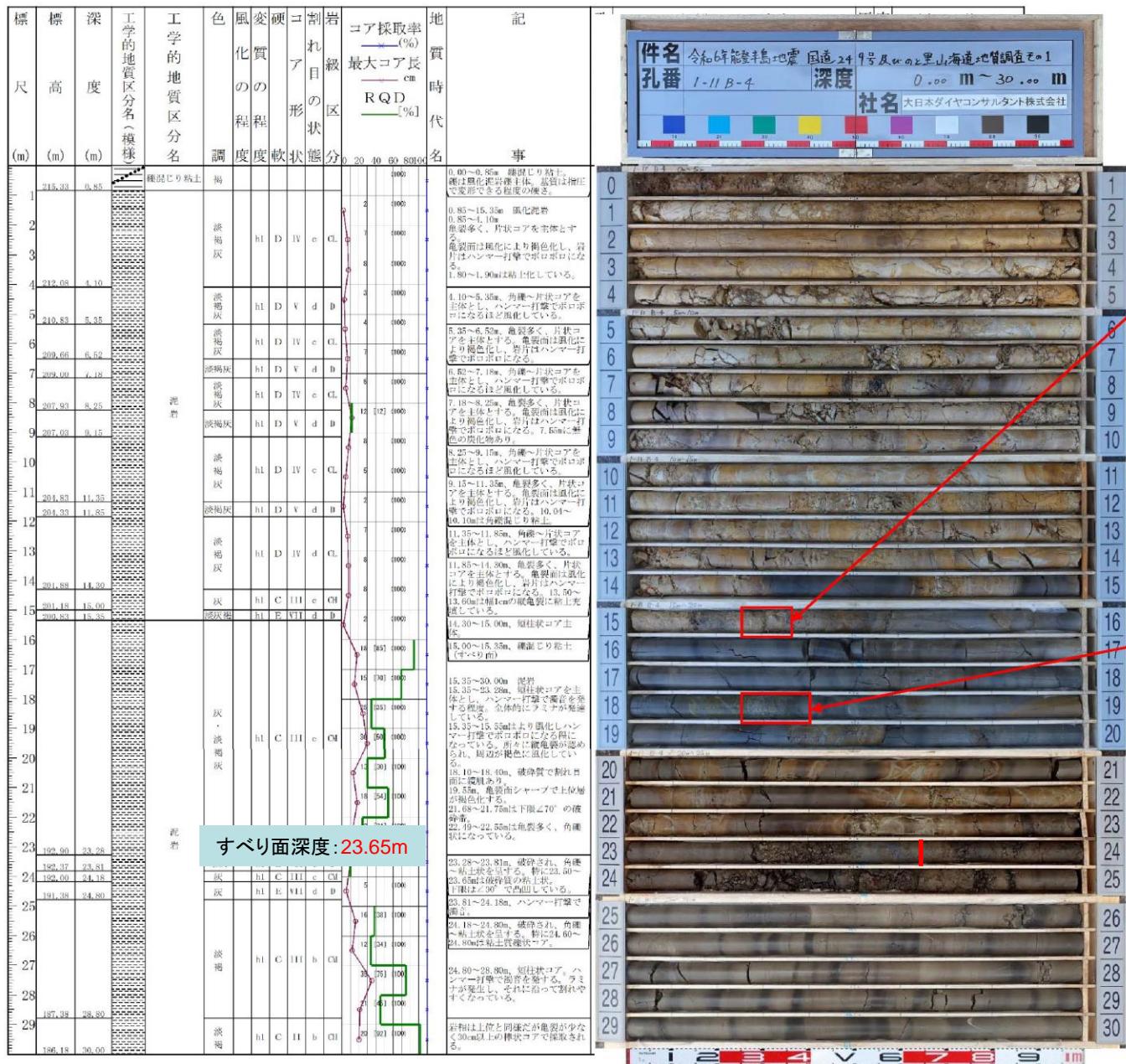
※ B-4孔のコア写真、柱状図は次頁に示す

1. 被災トンネルの調査結果と復旧方針 (大谷トンネル、逢坂トンネル)

2) 調査結果③(大谷トンネル)

○【ボーリング結果】 泥岩中に複数のせん断面や鏡肌を伴う粘土層が確認された。
 ○【パイプ歪計観測】R6.6の地震時にボーリングコアで確認した粘土層付近でパイプ歪計に微小な歪変動が認められた。
 これらの事象と既設抑止杭の変状深度、大谷トンネルとの位置関係から、**深度23.65mをすべり面であると評価した。**

ボーリング名	1-11 B-4	調査位置	1-11上区	北緯	37° 28' 44.48"
発注機関	国土交通省 北陸地方整備局		調査期間	東経 137° 11' 58.13"	
調査業者名	大日本ダイヤコンサルタント株式会社 電話 076-415-7800	主任技師	坂下学	現場代理人	牧野彰人
コア	7	鑑定者	牧野彰人	ボーリング責任者	坂下学
孔口標高	T.P. 216.18m	角	180° 上下 90°	方位	北 270° 西 180° 南 90° 東
総削孔長	30.00m	地盤勾配	鉛直 90°	使用機種	ポンプ



B-4 孔 深度 15.35m 付近のコア
礫混じり粘土を挟在



B-4 孔 深度 18.40m 付近のコア
鏡肌を有する

【Bブロック】 B-4 孔
 <ボーリング結果概要>
 既設抑止杭の山側、分離小丘状地形の山側で実施
 ・厚さ0.85mの崖錐堆積物と泥岩が分布
 ・泥岩の上部は風化している(風化厚さは約14m)
 ・深度15.00m~15.35mに礫混じり粘土を挟む(明瞭な色調境界)
 ・深度18.10~18.40m付近は破碎質で鏡肌あり。
 ・深度23.50~23.65mは破碎質で粘土状
 ・深度24.60~24.80mは破碎質で粘土状

R6.6の地震時に微小な歪変動

1-11 B-4号孔 コア 深度 0.00~ 30.00 m

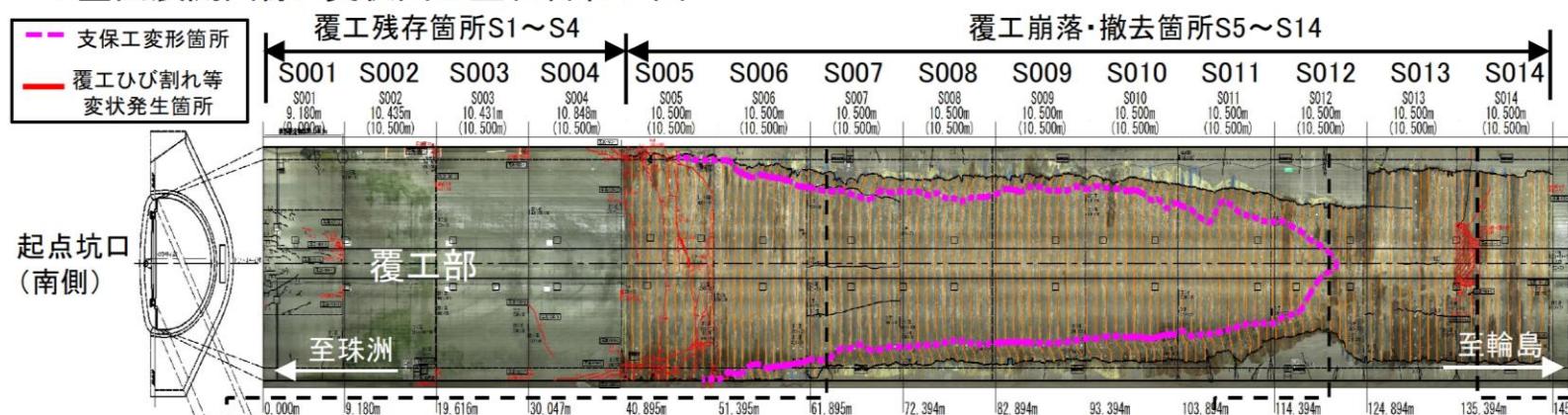
1. トンネル詳細調査内容・結果

2) 調査結果④(大谷トンネル)

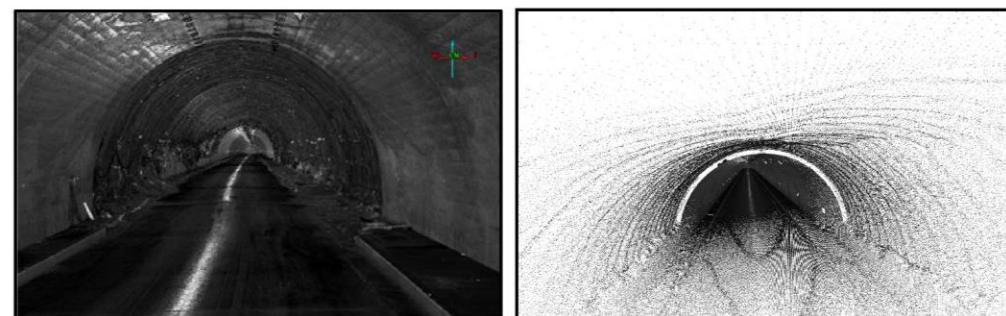
一次支保の変状状況 (連続壁面画像、点群データより)

- S5～S12にかけ、側壁下部より天端部分へ、吹付けコンクリートの破壊、H鋼の変状が上方に向かっていいる。
(壁面画像のピンク線)
- L側はS5+2～3mより、R側はS5+8～9mより変状が始まっており、地すべり影響が横断方向でなく、やや起点方向に向かっていいることがわかる。
(H鋼屈曲：50cm程度)
- 断面の変形も左側は側壁～肩部より内空側へ押し出し、右側は側壁～肩部に地山側へ移動 (S7、S12) している。
(移動量 (H鋼屈曲)：最大50cm程度)
- H鋼変状付近の吹付けコンクリートも変状
(L側は、ロックボルト周辺は地山側に付着し、そのほかはH鋼の変状と同様に内空側へ押し出す傾向がみられた)

▼壁面展開画像と変状図の重ね合わせ図



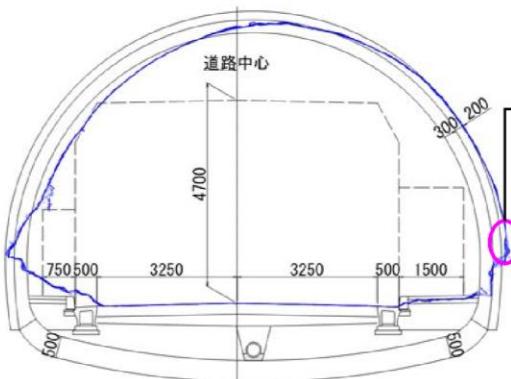
▼覆工崩落個所の内空断面変形状況(三次元点群データ)



▲S003→終点側の点群データ

▲S012付近の点群データ

▼S007支保工の変形【R6.8.14】



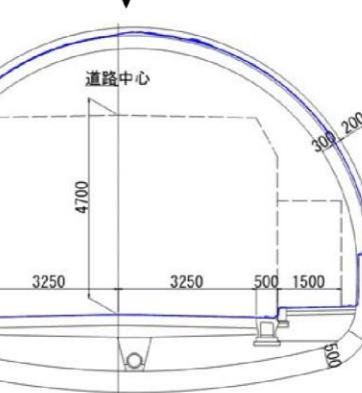
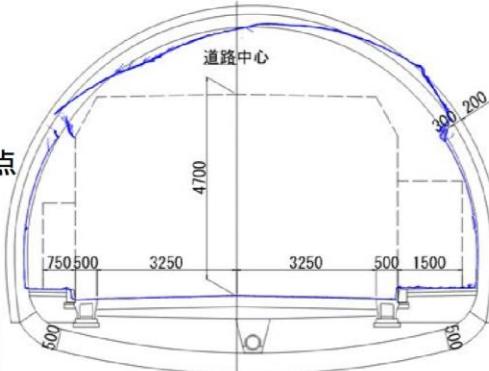
▲S007設計断面(DII-a)、
点群データの重ね合わせ



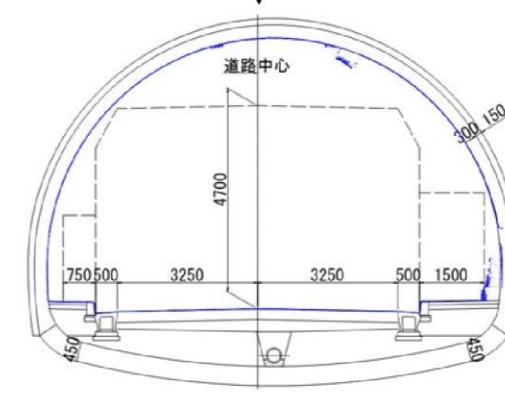
▼S012→終点
側撮影
【R6.8.14】



▲S012設計断面(DII-a)、
点群データの重ね合わせ



▲S014設計断面(DII-a)、
点群データの重ね合わせ



▲S015設計断面(DI)、
点群データの重ね合わせ

1. トンネル詳細調査内容・結果

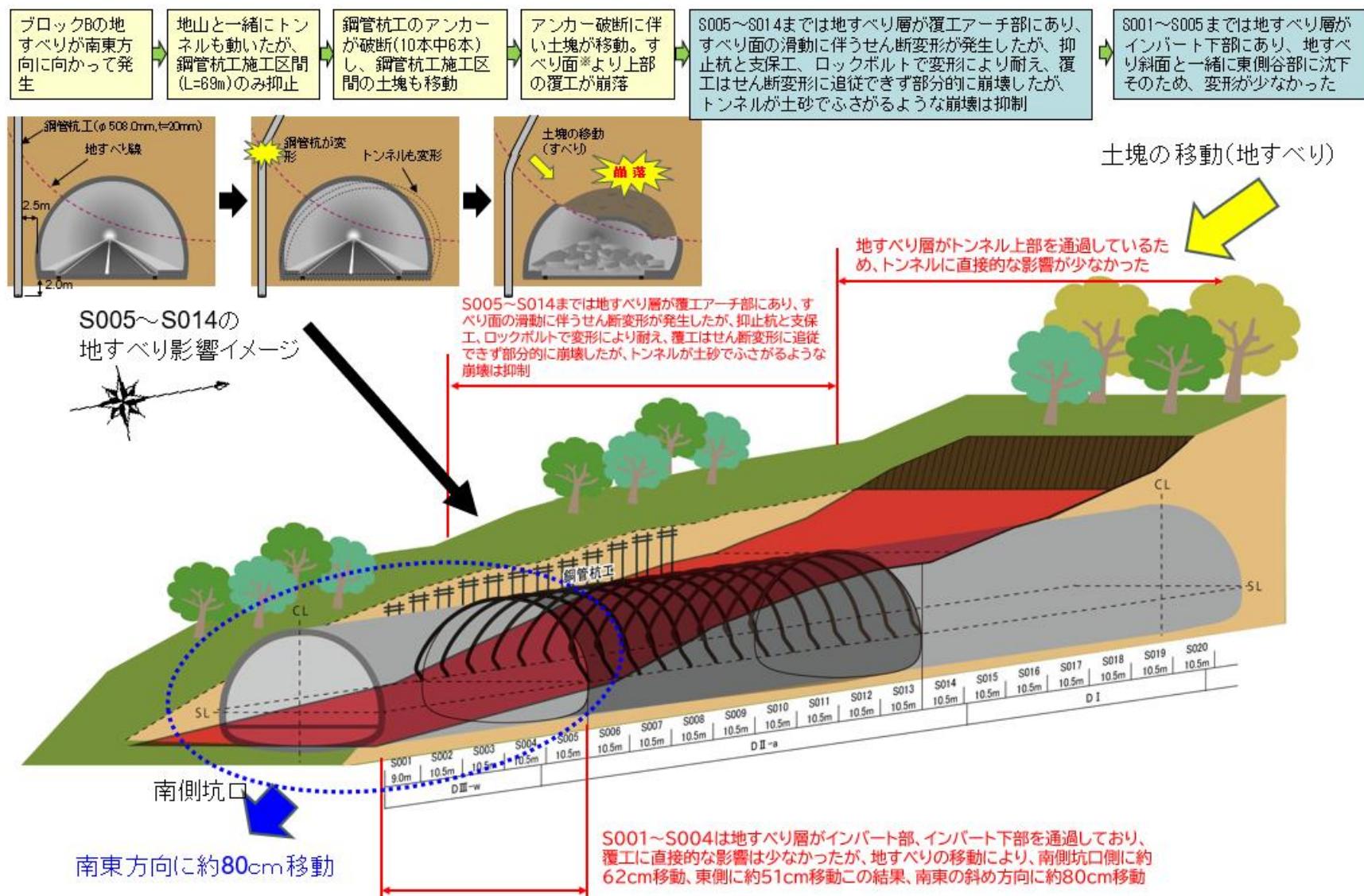
2) 調査結果(大谷トンネル)

変状メカニズムの考察

- 地すべりが南東方向に向かって発生。既設鋼管杭工のアンカー破断に伴い地すべり土塊が移動。
- S005～S014区間で地すべり層が覆工アーチ部を通過しており、せん断変形に追従できず部分的に覆工が崩落。
- S001～S004区間は地すべり層がインバート下部を通過しており、地すべり土塊と一緒に移動したため、覆工表面に直接的な影響は見られないが、今後インバートの状態を確認する予定であり、インバートの状態を踏まえてトンネルの健全性について再評価する予定である。

評価結果

- 崩落箇所以外は、大きな変状はない。(ただし、インバートの調査は、埋設送電線に関する協議中で、完了後実施予定)
- 地すべり面の分布範囲にトンネル変状が発生しており、トンネル変状原因は、地すべり (Bブロック) の変動が主要因と想定。
- 現時点で地すべり変動は認められておらず、地すべり対策工実施及び覆工崩落箇所S005～S014の補修補強 (今後の検討) が、適切に実施できれば既設トンネルの活用は可能

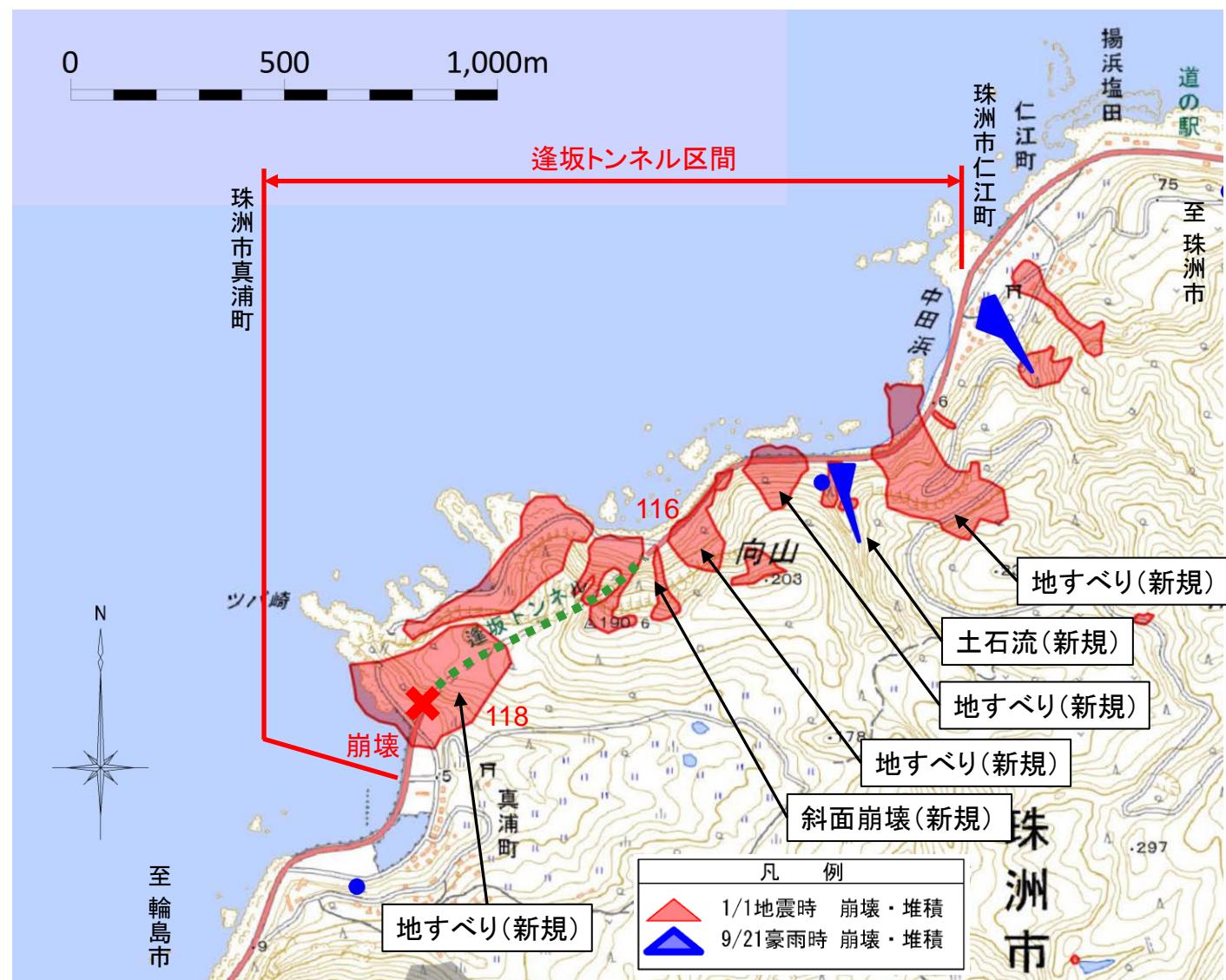


1. トンネル詳細調査内容・結果

1) 被災状況(逢坂トンネル)

○逢坂トンネル全体の被災状況

被災箇所：逢坂トンネル坑口斜面地すべり、トンネル損傷
 被災状況：地震により輪島側坑口上部の斜面に地すべりが発生しトンネル坑口が完全に閉塞
 トンネルは坑門工が崩壊したものの、閉塞部の覆工には大きな損傷なし
 トンネル中間部などを主として覆工には新たなひび割れ発生や既存ひび割れの進展、段差、はく落が発生。その他、舗装コンクリートの隆起、側溝の破損などが発生
 現在の状況：海側に工事用道路を整備し、R6.12.27より緊急車両等の通行を確保
 地すべり部は頭部排土を施工中
 トンネルの被災調査は実施済み



珠洲側坑口
坑口は大きな損傷なし



トンネル内
ひび割れ、漏水、舗装や側溝の損傷



輪島側坑口
地すべりにより坑口が閉塞



輪島側坑口内部
地すべり崩土が坑内に流入



珠洲側坑口斜面
崖面が大きく崩壊



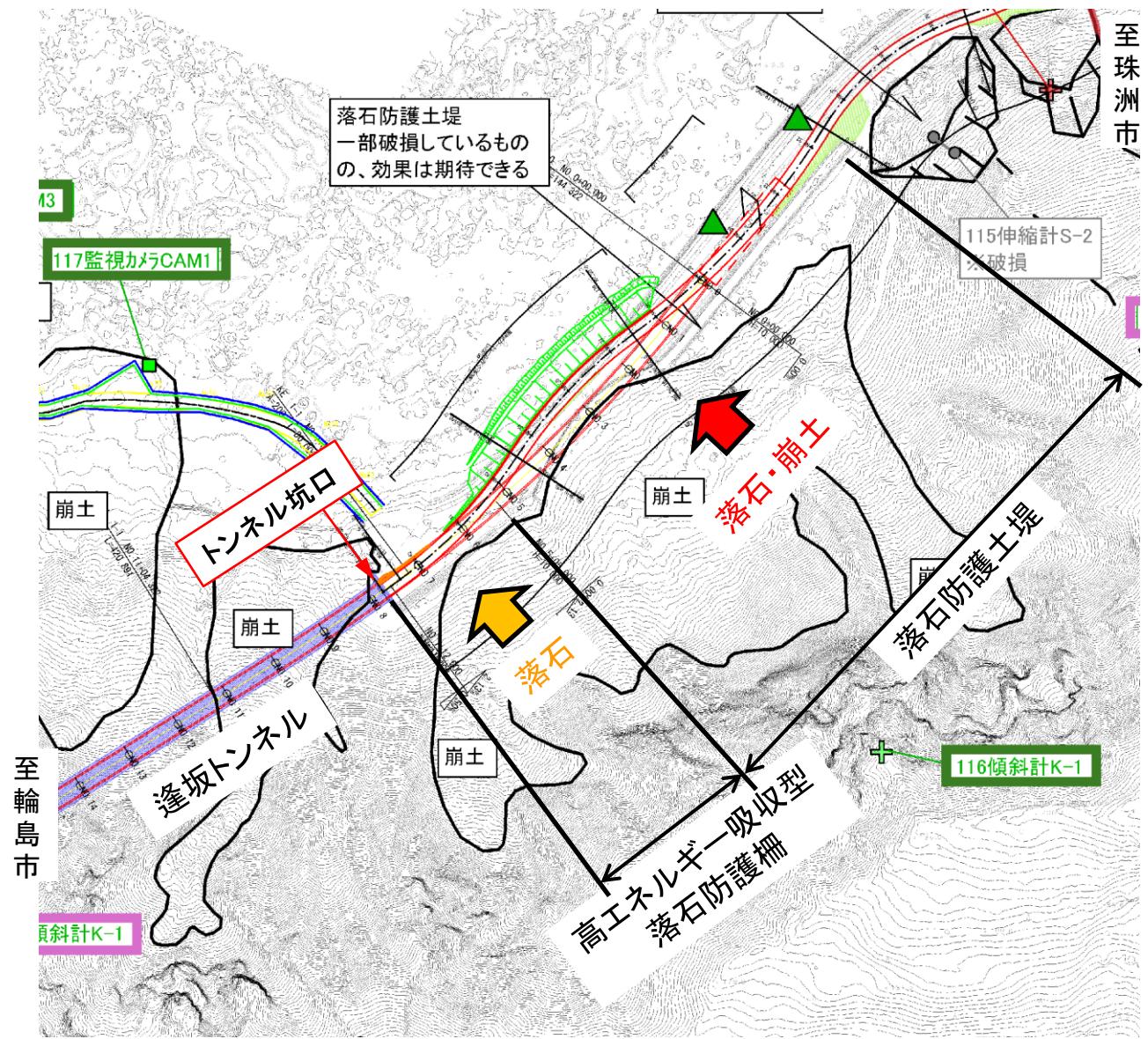
輪島側坑口斜面
地すべりにより通行止め

1. トンネル詳細調査内容・結果

2) 調査結果①(116斜面)

逢坂トンネル珠洲側坑口斜面：斜面崩壊（落石・岩盤崩壊）

- 坑口明かり部には、比高約200mの崖が迫っており、既設対策として、高エネルギー吸収型落石防護柵及び落石防護土堤が設置されていた。
- 高エネルギー吸収型落石防護柵は、多量の落石から道路を防護したものの、すべて破壊され、落石の一部は道路まで到達した。
- 落石防護土堤は多量の落石・崩土から道路を防護したものの、約7m道路へと押し出した。
- 崖には、現在も大小様々な浮石や不安定岩体が存在する。

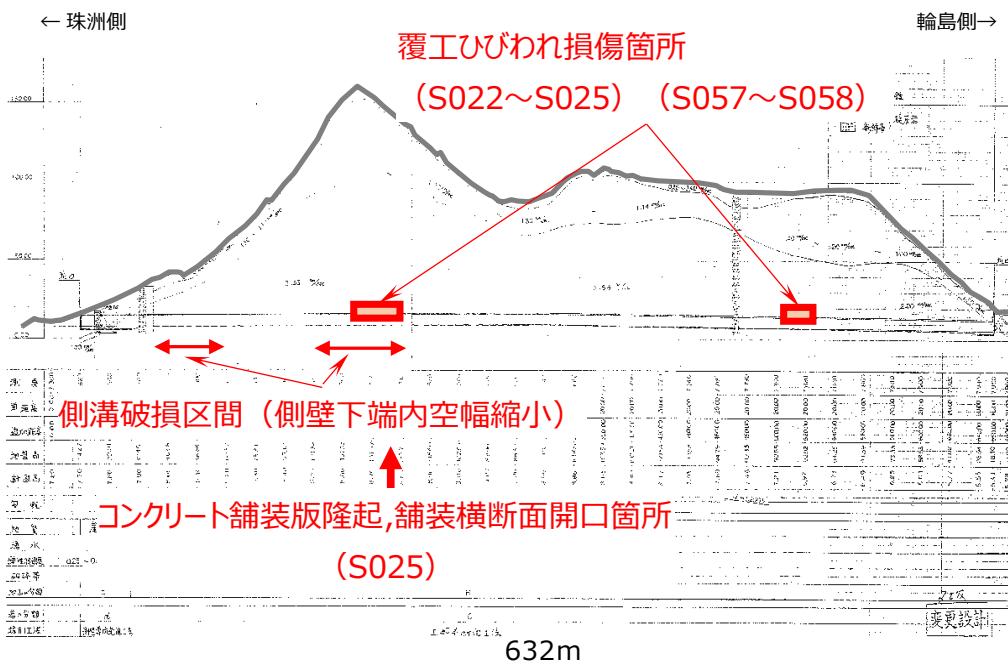


1. トンネル詳細調査内容・結果

2) 調査結果②(逢坂トンネル)

逢坂トンネル本体：覆工、舗装版損傷

- 覆工巻厚背面空洞調査…… 巻厚不足や背面空洞(施工時に発生)は局所的(S070のみ)であり、トンネル健全性が損なわれるレベルのものではない。※ 施工時に裏込注入工が施工されていた可能性が高い(設計図書より)。
- インバート設置区間調査…… インバートは、両坑口部のみ施工されており、R6能登半島地震により覆工損傷が見られる区間(覆工スパンS022~S025、S057~S058)にはインバートが設置されていない。
- コンクリート舗装版下面調査… コンクリート舗装版(S025付近)のみが隆起した状態で、舗装版が路盤から5~9cmせり上がった状態となっており、路盤隆起ではなく、覆工側壁が内空側へ変形したことにより舗装版がせり上がったものと想定される。
- トンネル変形状態把握…… (3次元計測) 側溝の破損区間は、覆工側壁位置における内空幅の縮小区間(側壁押し出し変形発生区間)と整合している。2024年3月と2024年8月の調査において、覆工変形の進行性は確認されなかった。

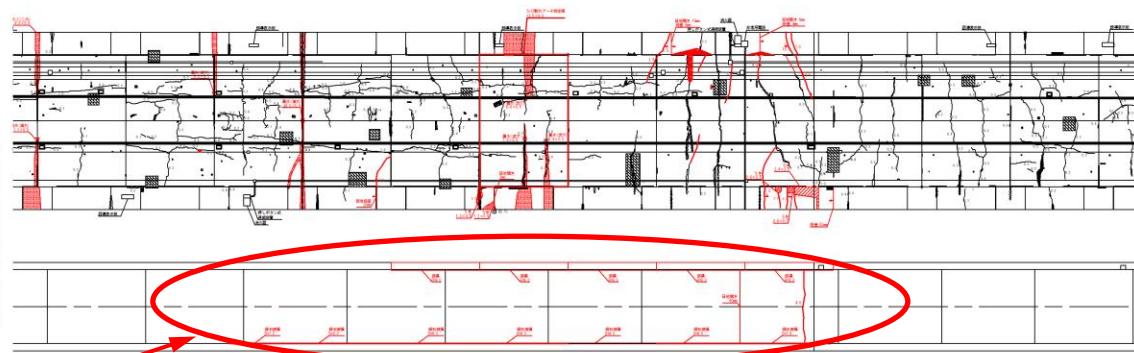
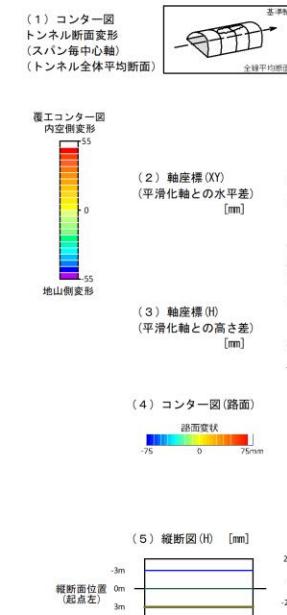


支保パターン	E種	B1種	B2種
延長	42.5 m	576.4 m	13.1 m
覆工スパン	PS~S05	S06~S70	S71~PE
覆工巻厚	60 cm	45 cm	45 cm
インバート巻厚	50 cm	(インバート無し)	40 cm
掘削工法	側壁導坑 先進工法	上部半断面工法	

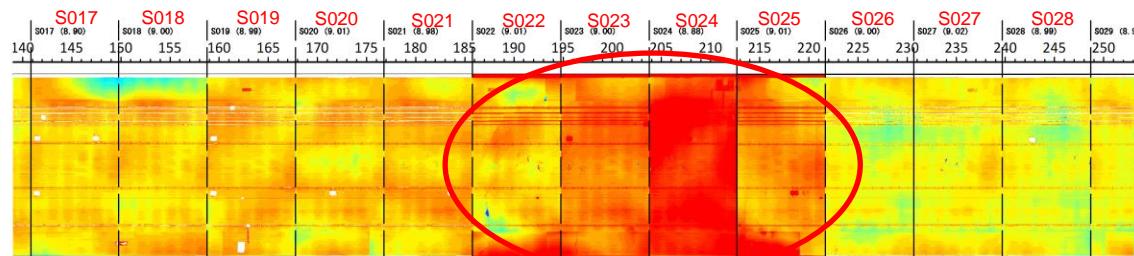
注) 延長は、トンネル点検調査における覆工スパン長と、今回の電磁波レーダー探査結果によるインバート設置範囲の測定結果から算出したものである。

トンネル名	逢坂隧道	計画年度	R6年度
延長	632m		

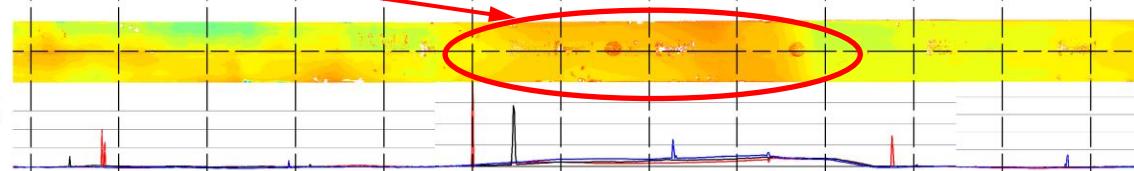
変形モードコンター図 (2回目)



・覆工スパンS019~S025(起点側坑口から160m~220m付近)では、側壁の内空側への押し出しにもなる側溝破損(変形)が発生している。



・覆工スパンS022~S025(起点側坑口から190m~220m付近)では能登半島地震以前よりひび割れが多く発生していたが、R6年能登半島地震により新たなひび割れの発生や既存ひび割れの進行などが多く見られた。
 ・この区間では、天端部から側壁にかけて覆工が内側に変形している傾向(赤色コンター)が見られ、ひび割れの発生状況とも整合しているため、R6年能登半島地震により覆工が変形し、ひび割れが発生したものと考えられる。
 ・また、路面隆起や舗装横断面目の開口、側溝の変形なども確認されており、路面の変形モード解析結果とも整合する。

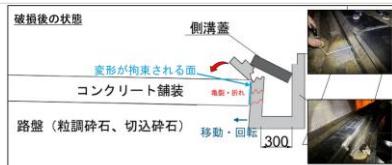
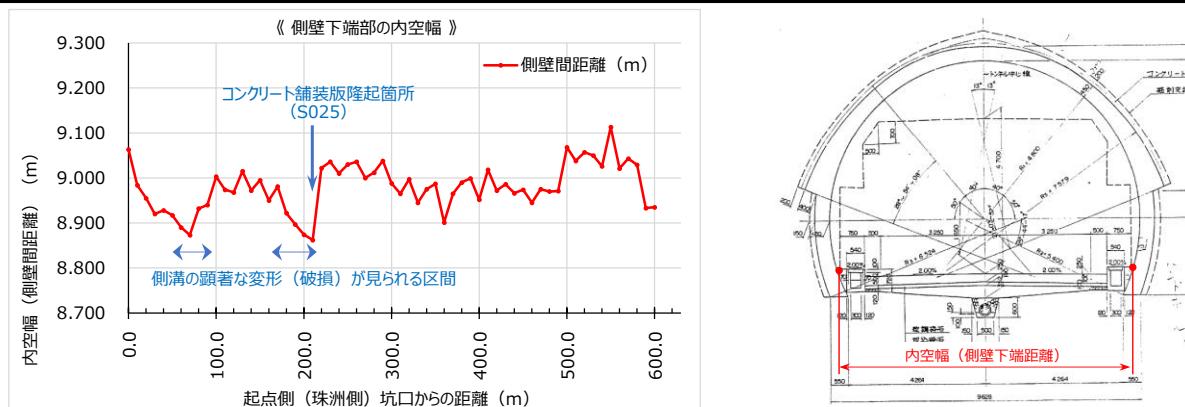


1. トンネル詳細調査内容・結果

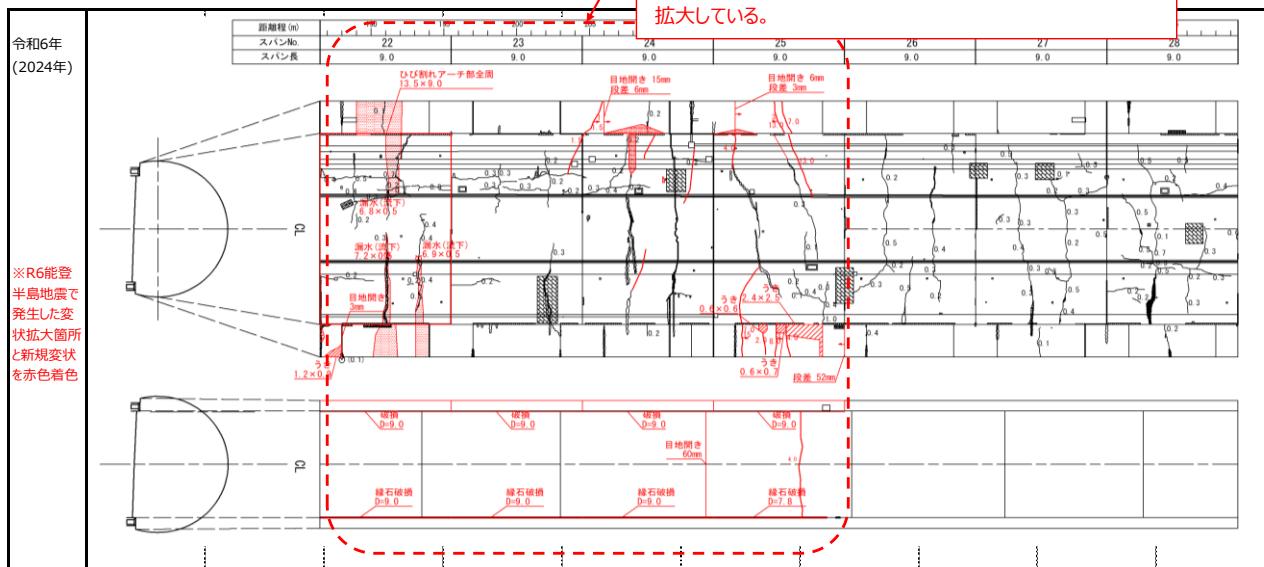
2) 調査結果②(逢坂トンネル)

○震災による側溝変形が顕著な区間と路面隆起が見られた区間が整合している。路面隆起が顕著な箇所のコンクリート舗装版は路盤から浮いた状態であることが確認され、この区間では3次元計測結果からトンネル覆工の内空側への変形（側壁脚部の内空幅縮小）も確認された。

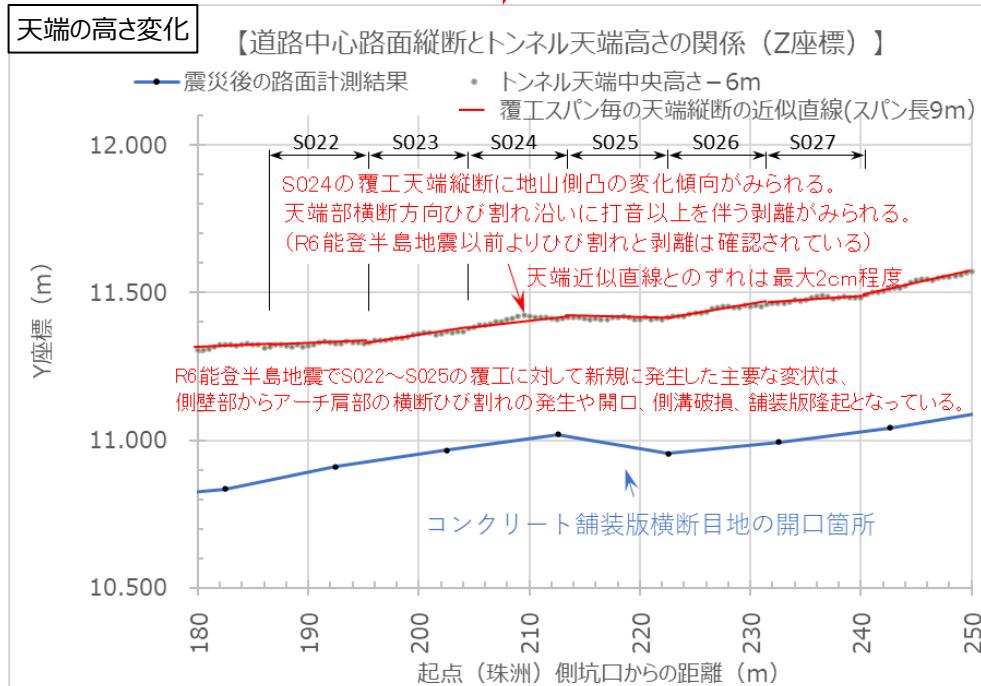
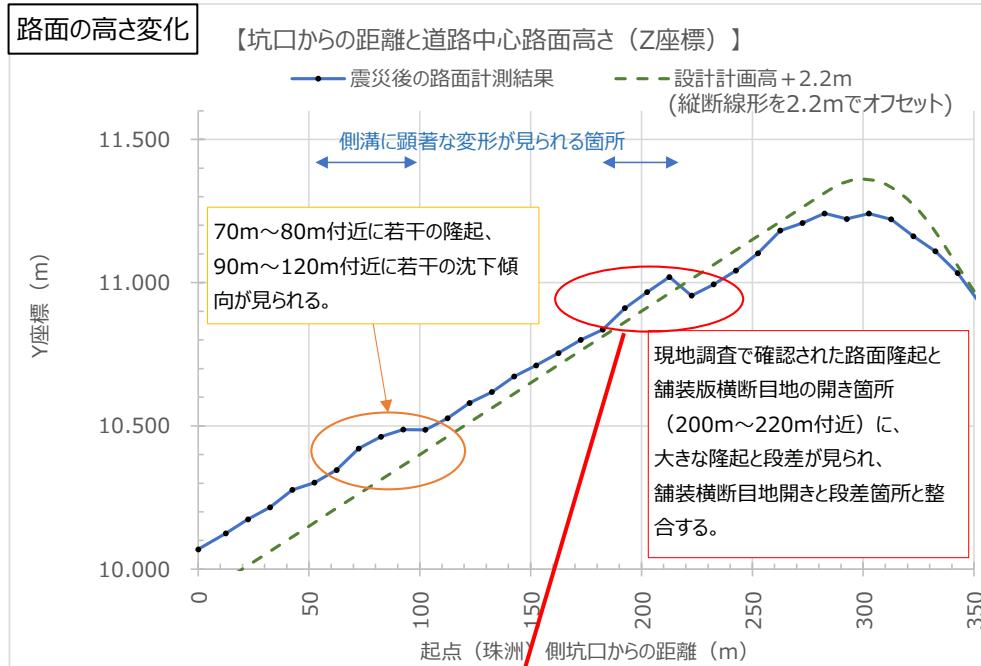
○路面の隆起量に対して、覆工天端の隆起量は少なく、覆工目地にて変形を吸収しているものと推察されるが、コンクリート舗装版の隆起箇所隣接するS024では覆工スパン内に縦断的な変形（上に凸）がみられるため、この部分では覆工外側に開口ひび割れが発生している可能性がある。



・覆工スパンS022～S025では、R3点検時に幅0.3～0.5mmひび割れが、最大幅7mm程度まで拡大し、さらに新規ひび割れの発生も見られる。（ひび割れは、H28点検時にも多数みられている）
 ・側溝破損は、過去の点検記録（H28、R3）よりも規模と範囲が拡大している。



※R6能登半島地震で発生した変状拡大箇所と新規変状を赤色着色



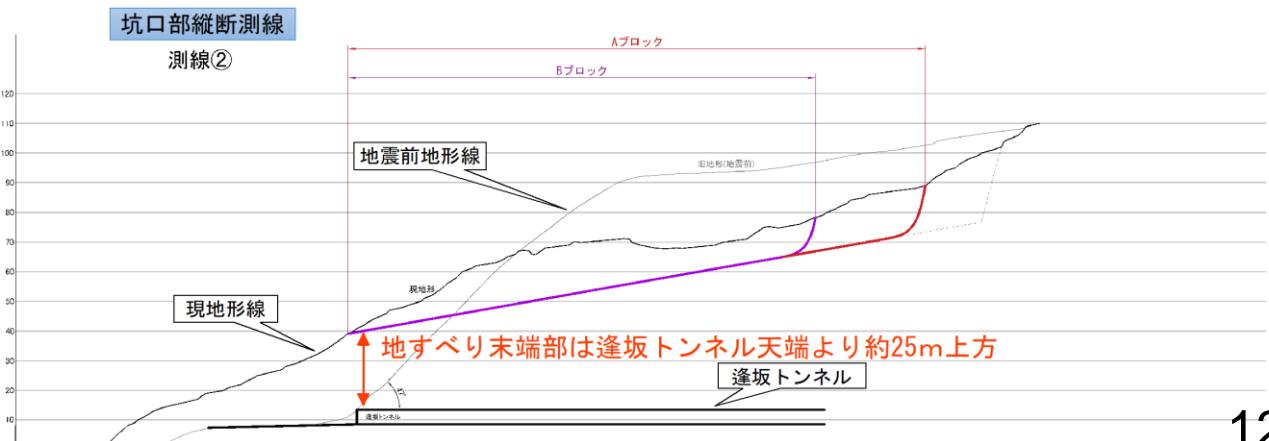
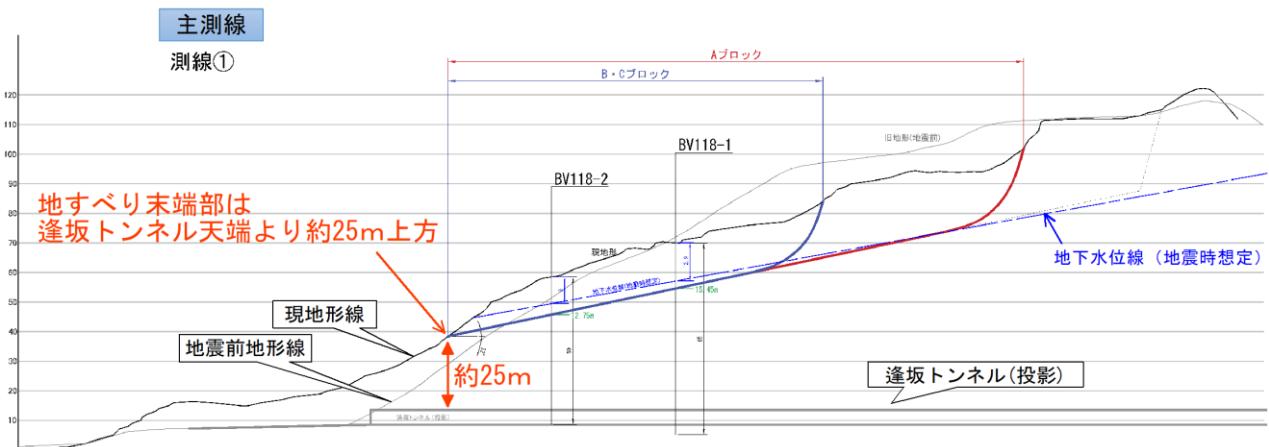
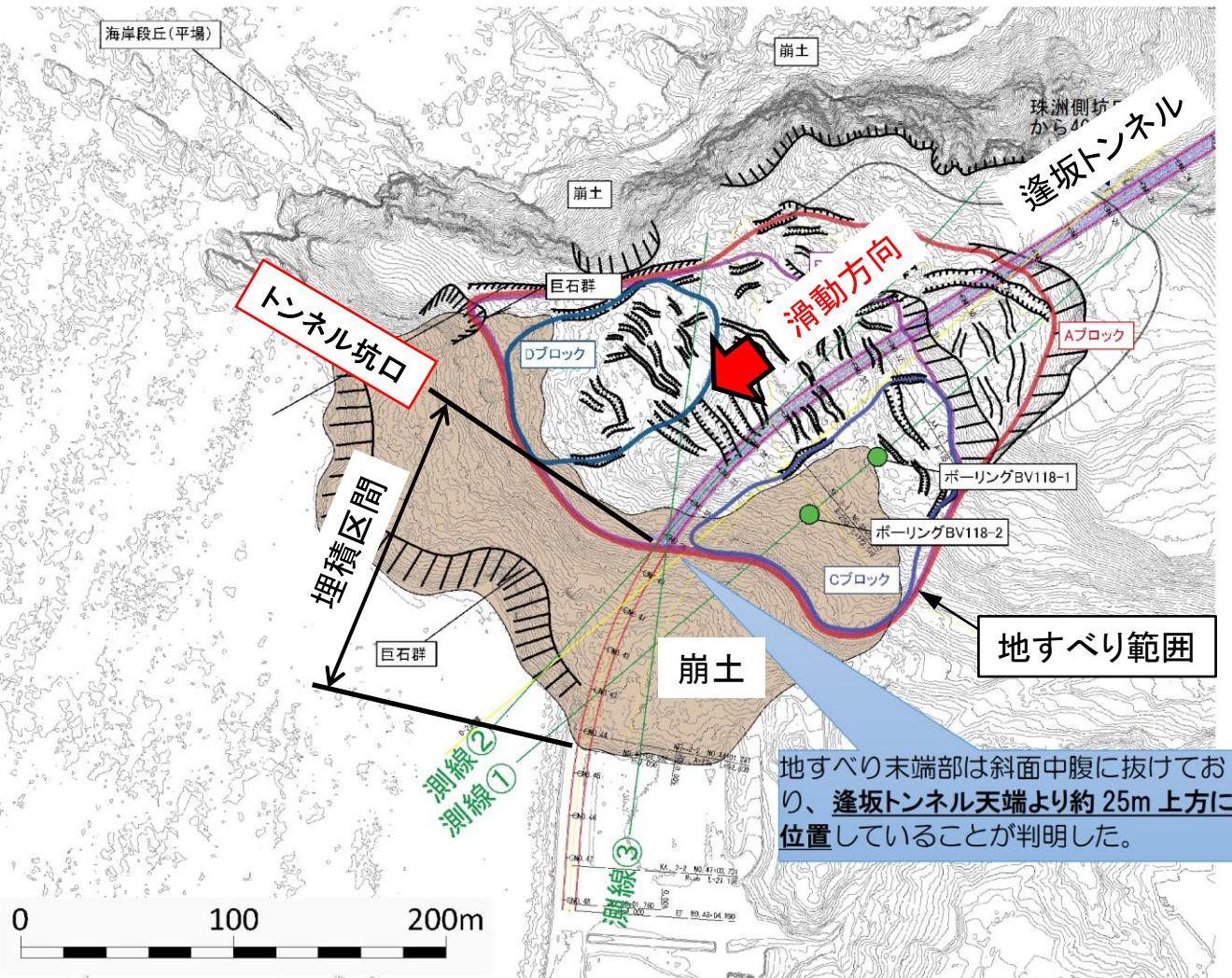
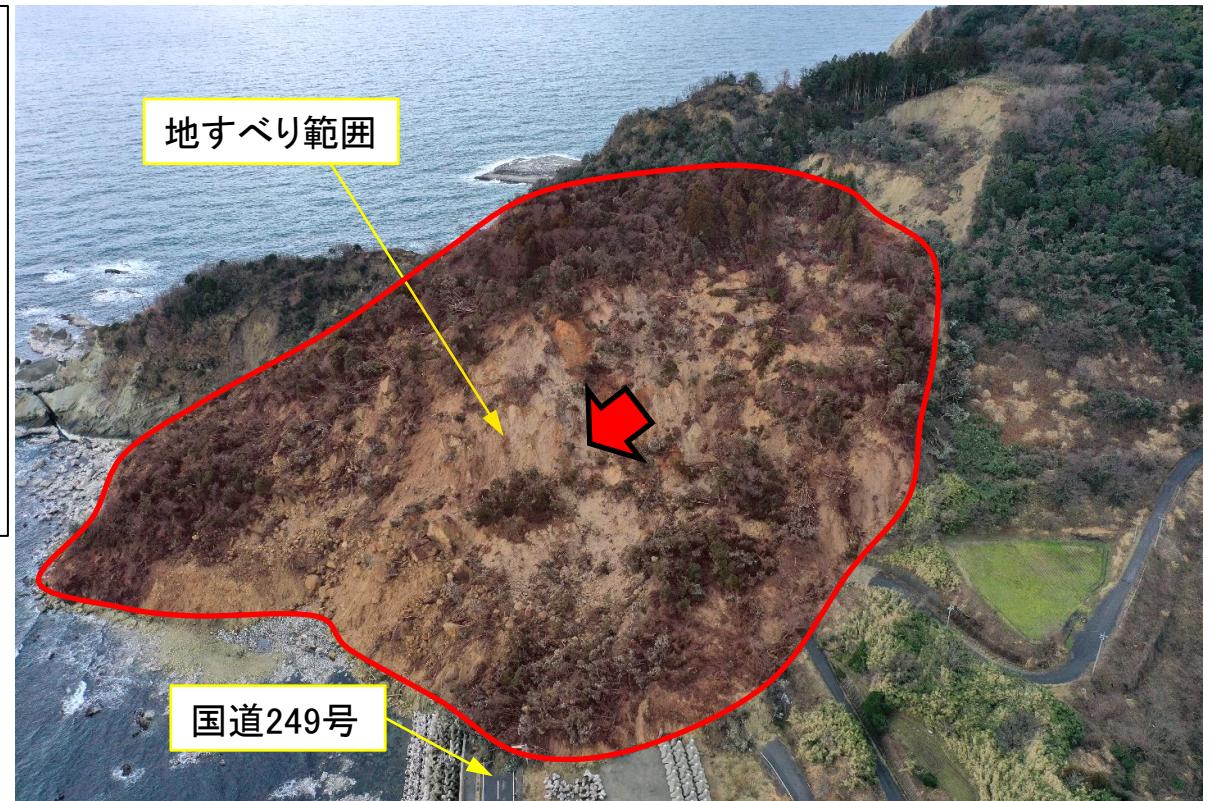
注1) 上図ではトンネル天端中央高さは、3次元計測点群より抽出した高さから路面高さと比較しやすいように6m下げた位置で示している（緑点）。
 注2) 覆工スパン毎の天端縦断の近似直線は、各スパンにおける天端覆工縦断変化を見やすくするために各覆工スパンにおける3次元計測点群より目合わせにて近似直線として示したものである（赤線）。
 注3) 路面高さは、約10m間隔（センターライン位置）で3次元計測点群より抽出したものである。

1. トンネル詳細調査内容・結果

2) 調査結果③(118斜面)

逢坂トンネル輪島側坑口斜面：地すべり

- 坑口斜面には、地すべり地形が抽出（防災科研の地すべり地形分布図）されていたが、対策はなされていなかった。
- 地震動により地すべりが大きく活動し、トンネル坑口明かり部を約100mに渡り閉塞した。
- 地すべり地内には、頭部滑落崖のほか、多数の線状の陥没帯が確認されており、地すべり範囲及び滑動方向は明瞭である。
- ボーリング調査の結果、**地すべり末端は坑口斜面中腹に抜けており、逢坂トンネル天端より約25m上方に位置していることが判明した。**
- 伸縮計・歪計による観測をR6.7より継続しているが、これまでに明瞭な変位は確認されおらず、9.21の大雨時にも変位は確認されなかった。

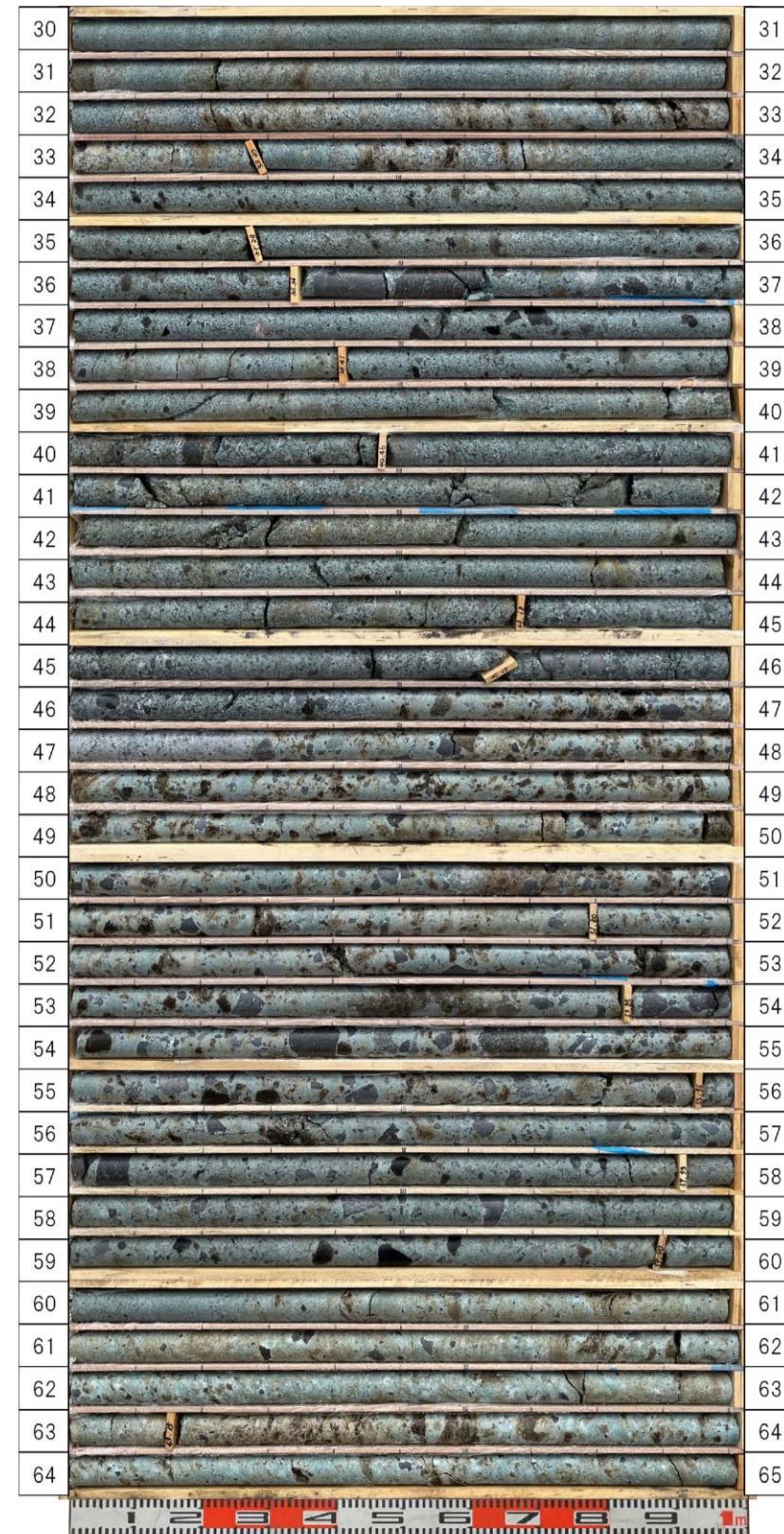
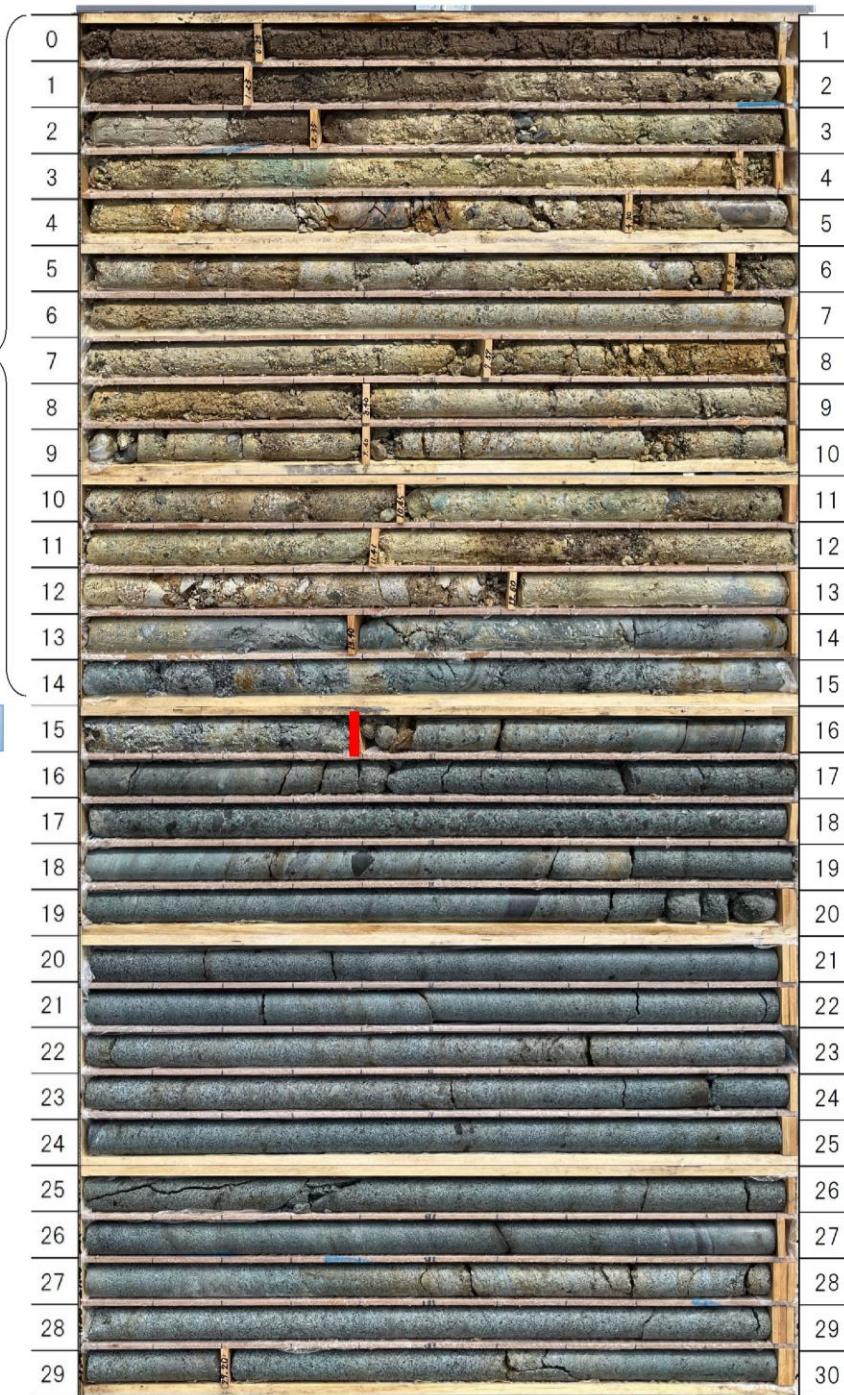


○【ボーリング結果】 深度15.45m付近を境に、上部は土砂、下部は新鮮な火山礫凝灰岩が分布することが確認された。また、境界部の火山礫凝灰岩には、傾斜約15°のシャープな面と鏡肌が確認された。以上より、**深度15.45mをすべり面であると評価した。**

【地すべり崩土】
 風化による酸化褐色化が著しいが、土砂化しているのは深度4m付近までで、**深度4mから15.45mまでは、一部棒状コアを含むシルト質砂礫である。**
 明瞭なすべり面粘土は確認されないが、**基盤岩との境界には傾斜約15°のシャープな面及び鏡肌が認められる。**
 深度13m以深は酸化褐色化が軽微となることから、このあたりに地下水面が形成されていた可能性がある。

すべり面深度：15.45m

【基盤岩】
 火山礫凝灰岩である。割れ目沿いに軽微な酸化褐色化が認められるものの、割れ目のほとんどない新鮮で硬質な岩盤である。部分的に凝灰岩を挟在し、その境界(層理面)は10~15°である。



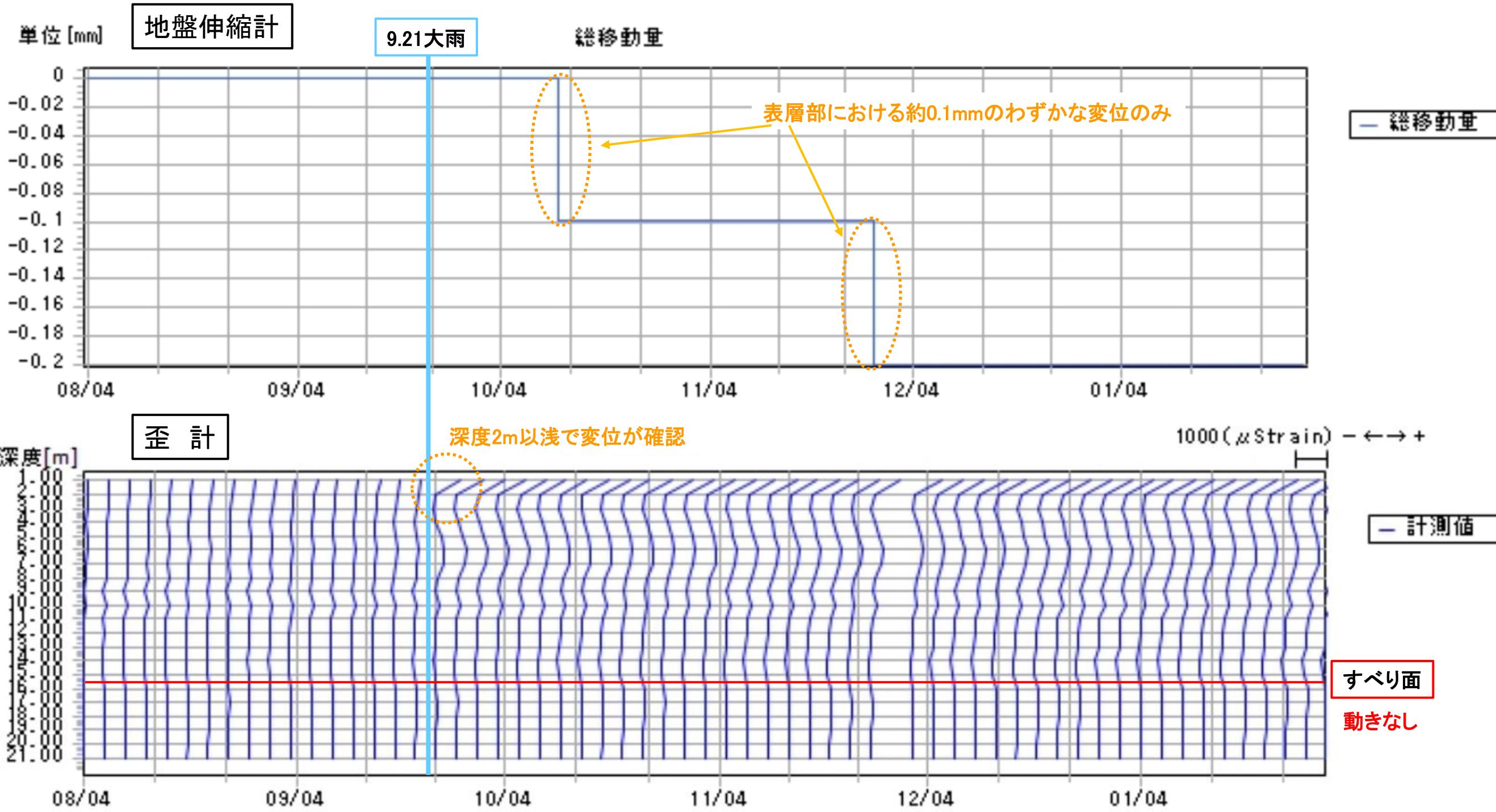
【逢坂トンネル位置】
 トンネル周辺の岩盤状況も極めて良好である。

【地すべり発生機構】
 当該斜面(118)では、火山礫凝灰岩に発達する層理面が海側に傾斜する**流れ盤構造**となっている。地震動による**滑動力の増加及び層理面のせん断力の低下**によって、**流れ盤地すべり**が発生したと考えられる。

1. トンネル詳細調査内容・結果

2) 調査結果③(118斜面)

○【観測結果】 滑落崖直下で計測を行っている地盤伸縮計は、8/4の設置以降、変位は観測されていない（表層部における約0.1mmのわずかな変位のみで、有意な地すべり変動は認められない）。また、ボーリング孔に設置した歪計も、8/4の設置以降、変位は観測されていない（9/21の大雨時に表層の変位が確認されたのみ）。



1. トンネル詳細調査内容・結果

2) 調査結果④(まとめ)

- トンネルの珠洲側坑口（116斜面）については、**大規模岩体の除去や落石防護土堤の復旧、トンネル坑口対策が必要**
- トンネルの輪島側坑口（118斜面）については、**崩落土砂の撤去、地すべり対策が必要。**
- トンネル本体については、**覆工および舗装版が損傷した箇所の対策を行うことにより既設トンネルの活用は可能。**



1. トンネル詳細調査内容・結果

3) 緊急復旧状況(逢坂トンネル) 1車線通行確保

- 逢坂トンネル輪島側坑口部の崩土撤去に時間を要することから、ツバ崎を迂回する旧道（絶景海道）付近を迂回する緊急復旧道路を整備
- 令和6年12月27日より、緊急車両及び地元住民のみ通行可能になった。

緊急復旧後の迂回路経路図



緊急復旧後の迂回路全景



標準断面図

