

令和6年度 第3回 国道169号 下北山村上池原地区 防災対策検討委員会

日時：令和6年6月26日（水）18：00～

場所：奈良国道事務所4階第一会議室（対面、オンライン会議併用）

議 事 次 第

1. 開会

2. 議事
 - （1）地質調査結果
 - （2）本格復旧案の検討
 - （3）質疑・意見交換

3. その他

配付資料

資料1：地質調査結果・本格復旧案の検討

国道 1 6 9 号下北山村 災害復旧権限代行

①地質調査結果

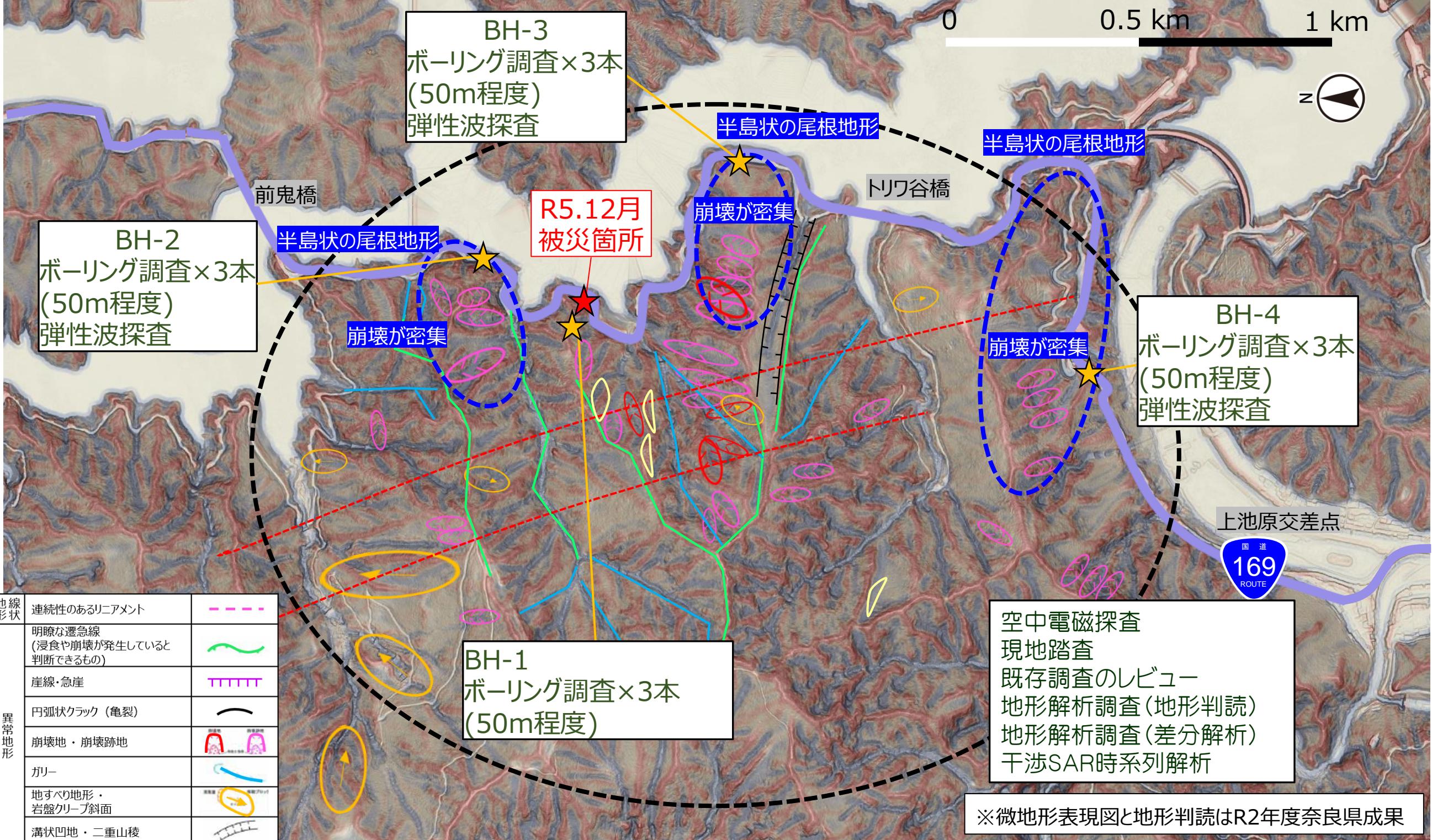
②本格復旧案の検討

①地質調查結果

被災箇所および被災箇所周辺の調査箇所

調査箇所及び調査内容

ボーリング	12本	現地踏査	1箇所	地形解析調査(差分解析)	1箇所
弾性波探査	3箇所	既存調査のレビュー	1箇所	干渉SAR時系列解析	1箇所
空中電磁探査	1箇所	地形解析調査(地形判読)	1箇所		



地線形状	連続性のあるリニアメント	---
異常地形	明瞭な遷急線 (浸食や崩壊が発生していると判断できるもの)	~~~~~
	崖線・急崖	TTTTTT
	円弧状クラック(亀裂)	—
	崩壊地・崩壊跡地	▲▲▲
	ガリ	→
	地すべり地形・岩盤クレープ斜面	→
堆積物	溝状凹地・二重山稜	—
	扇状地・沖積地・土石流錐・土石流段丘	▲▲

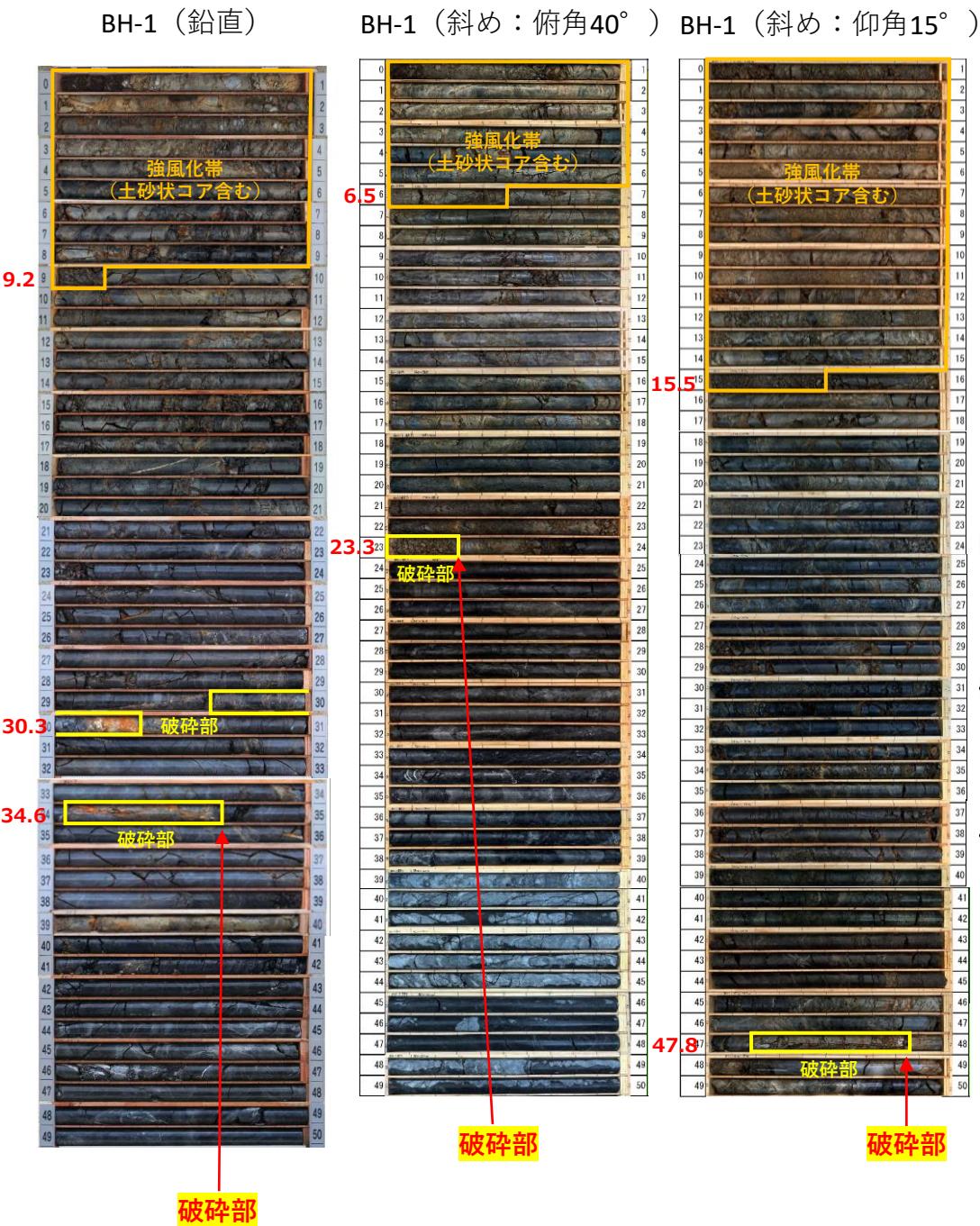
※微地形表現図と地形判読はR2年度奈良県成果

地質調査結果 (BH-1)

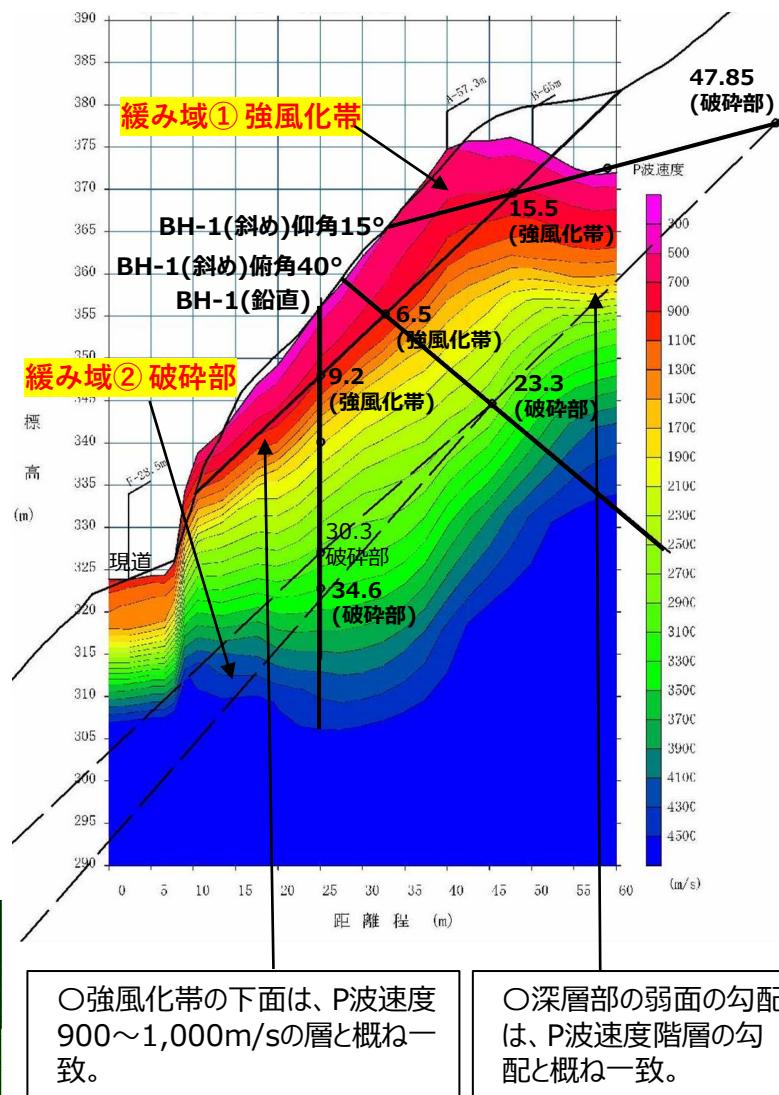
■ ボーリング調査・弾性波探査 (BH-1地点)

- 地表から深度9~15m付近まで著しい強風化帯が分布しているため、層厚15m程度の緩み域 (= 緩み域①) を確認。
- 深度30m付近において、破碎部の存在が判明したため、破碎部の深い側の位置で弱面を形成し、層厚30m程度の緩み域 (= 緩み域②) を確認。

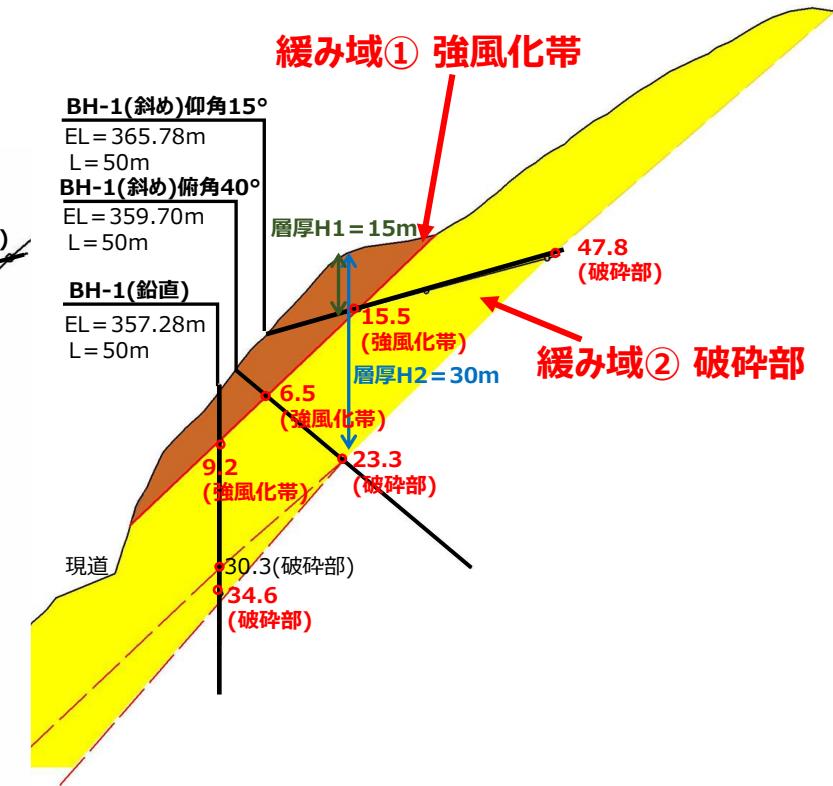
【ボーリング調査】



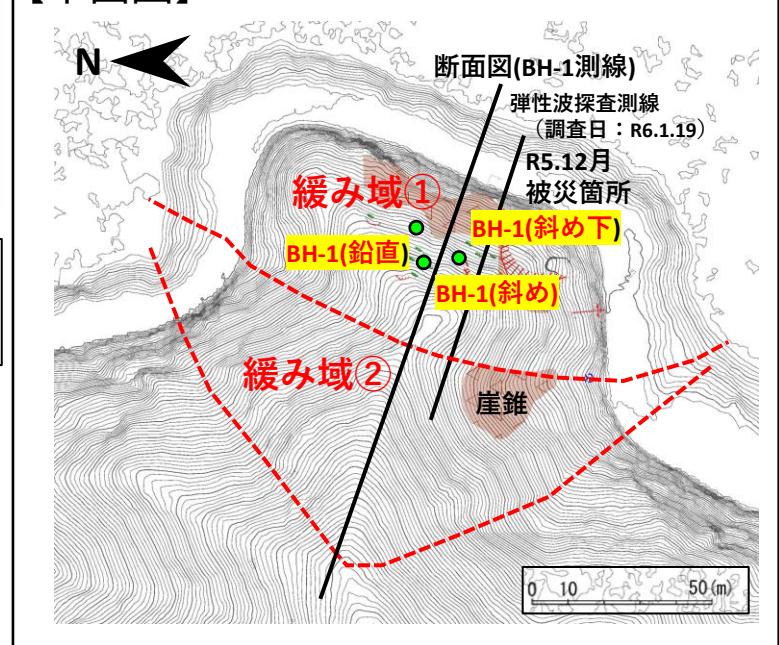
【弾性波探査】



【横断面図】



【平面図】

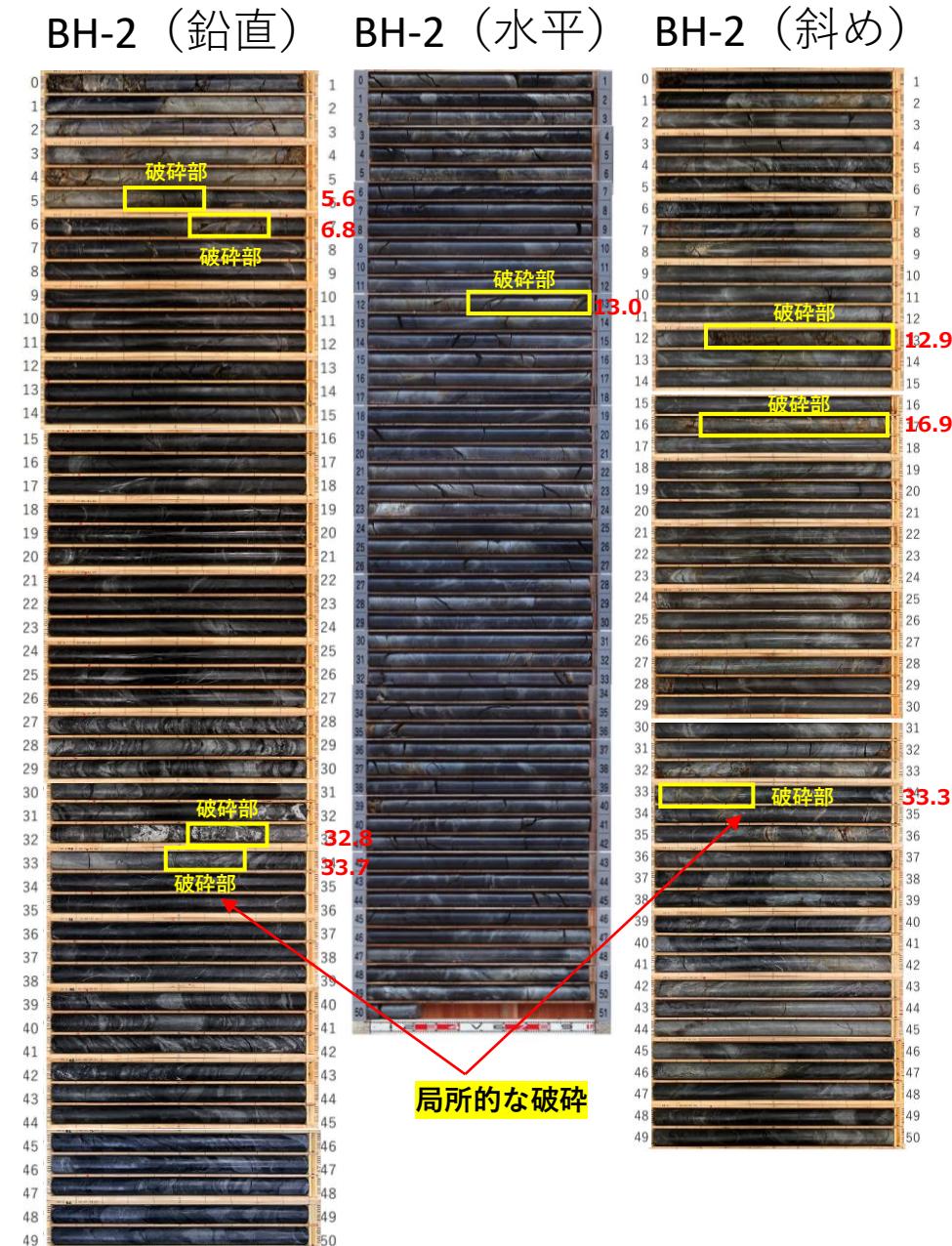


地質調査結果 (BH-2)

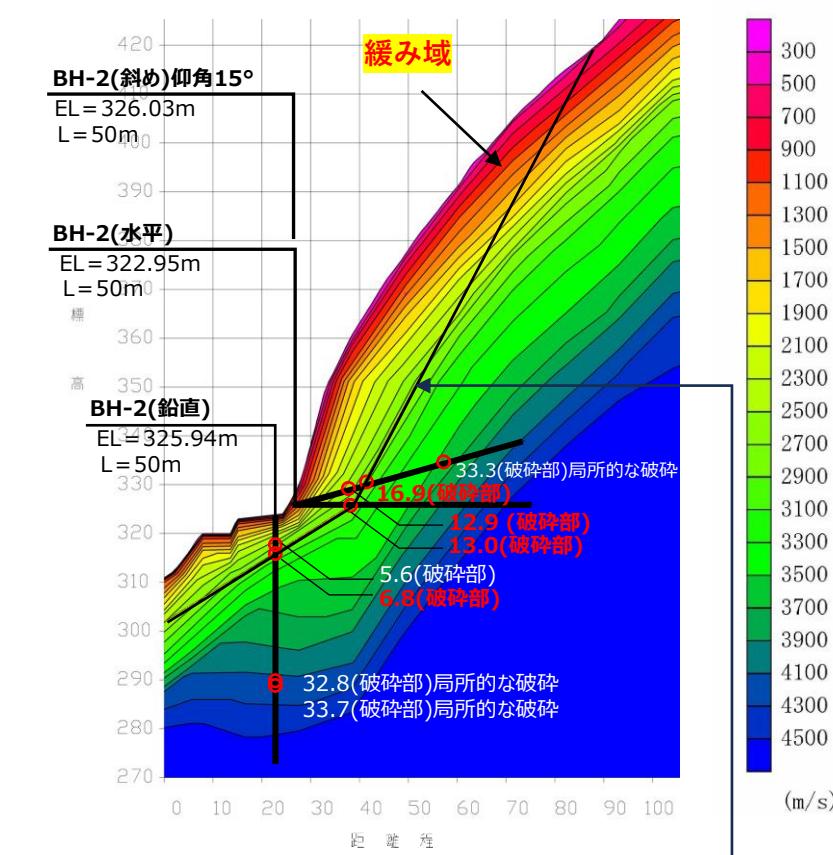
■ ボーリング調査・弾性波探査 (BH-2地点)

- **深度5~13m付近**において、**破碎部**の存在が判明したため、破碎部の深い側の位置で弱面を形成し、**層厚30m程度の緩み域**を確認。
 - なお、BH-2 (鉛直) 及びBH-2 (斜め) の**深度33m付近**において、**破碎部**の存在が判明したが、BH-2 (水平) では**同様の破碎部が確認出来なかった**。
- また、**弾性波探査においてもBH-2(鉛直)とBH-2(斜め)のP波速度が異なっていることから、破碎部の傾向が確認出来なかったため、層厚30m程度よりも深い位置の破碎部は局所的なものである。**

【ボーリング調査】

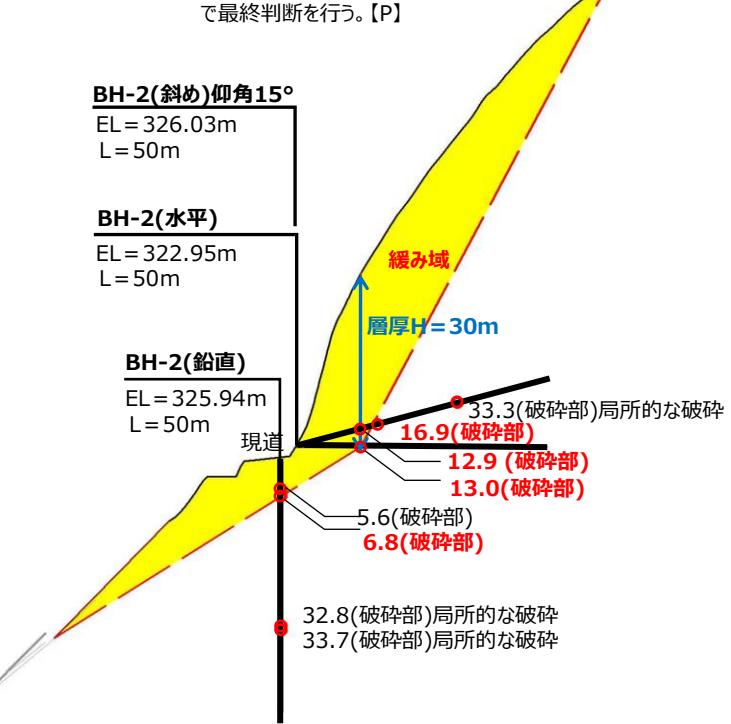


【弾性波探査】

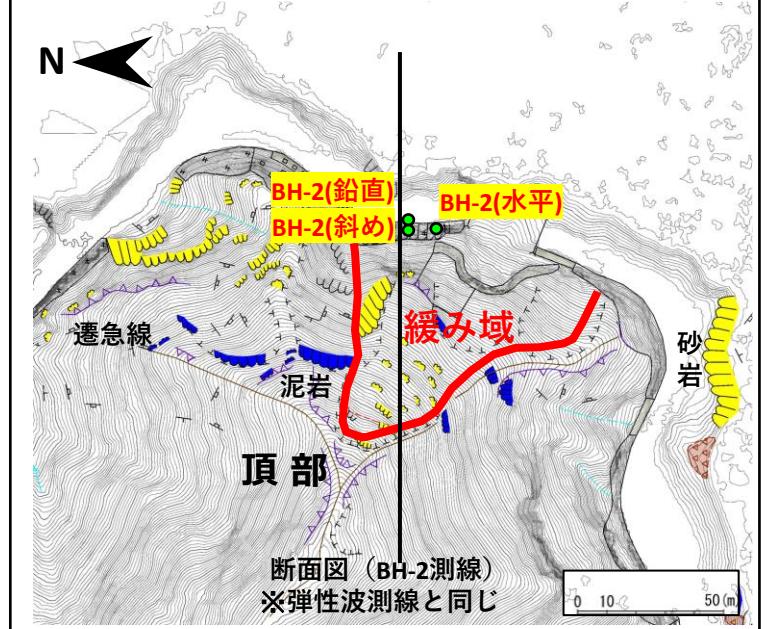


○ 深層部の弱面の勾配は、P波速度階層の勾配と概ね一致。

【横断図】



【平面図】



地質調査結果 (BH-3)

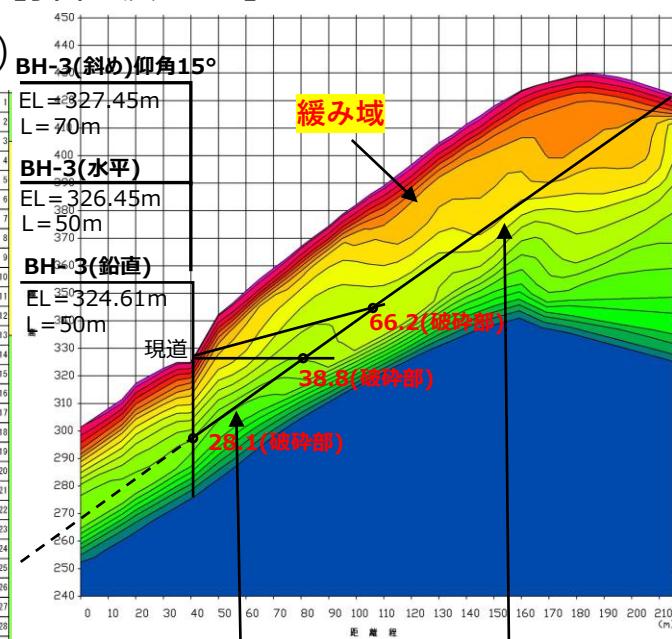
■ ボーリング調査・弾性波探査 (BH-3地点)

○ 深度40m付近において、**破碎部**の存在が判明したため、破碎部の深い側の位置で弱面を形成し、**層厚40m程度の緩み域**を確認。

【ボーリング調査】

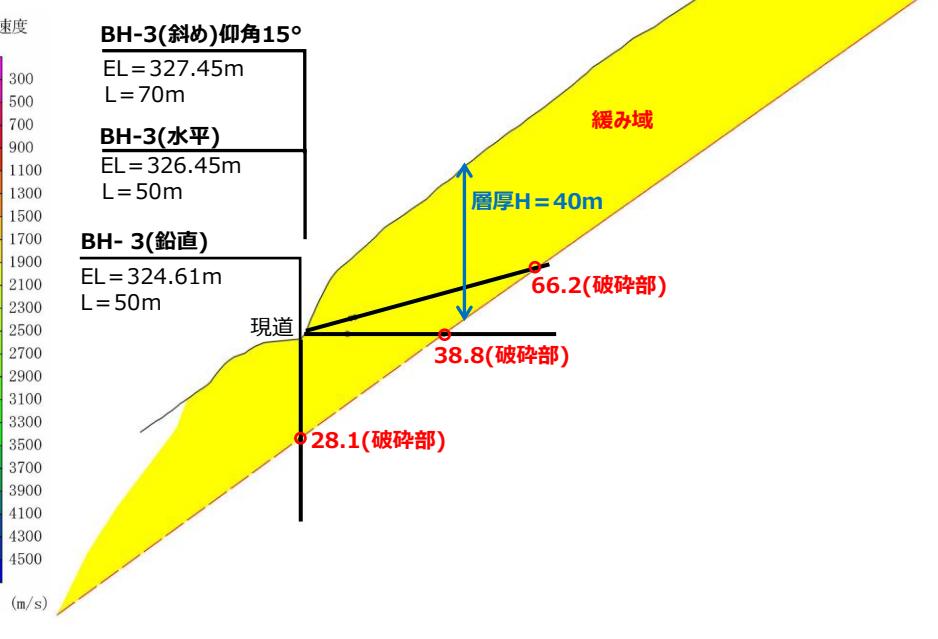


【弾性波探査】

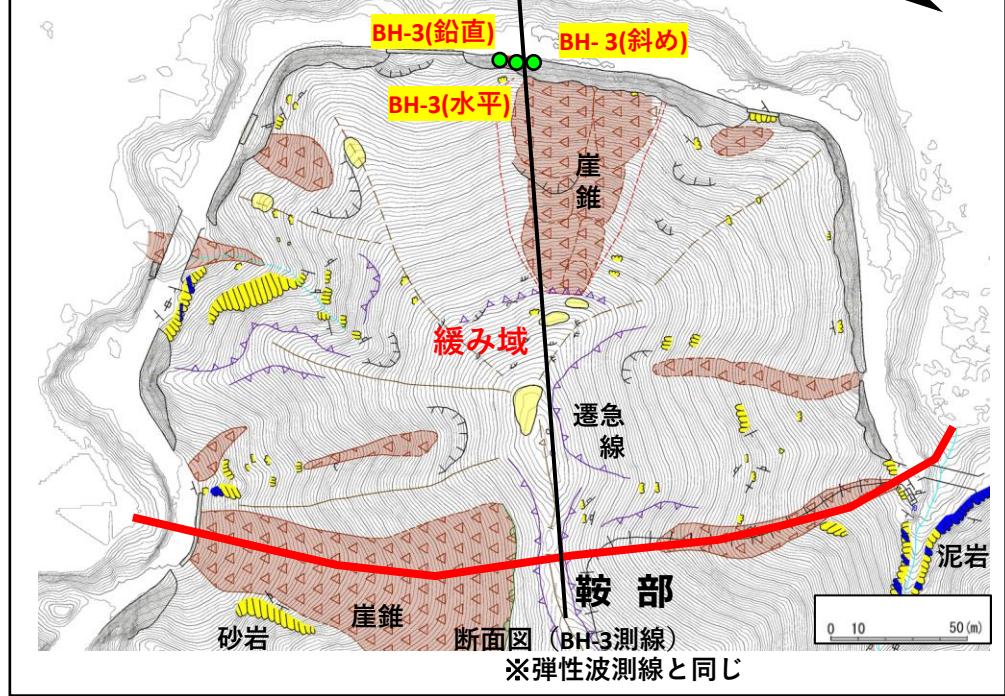


○ 深層部の弱面の勾配は、P波速度階層の勾配と概ね一致。

【断面図】



【平面図】



地質調査結果 (BH-4)

■ ボーリング調査・弾性波探査 (BH-4地点)

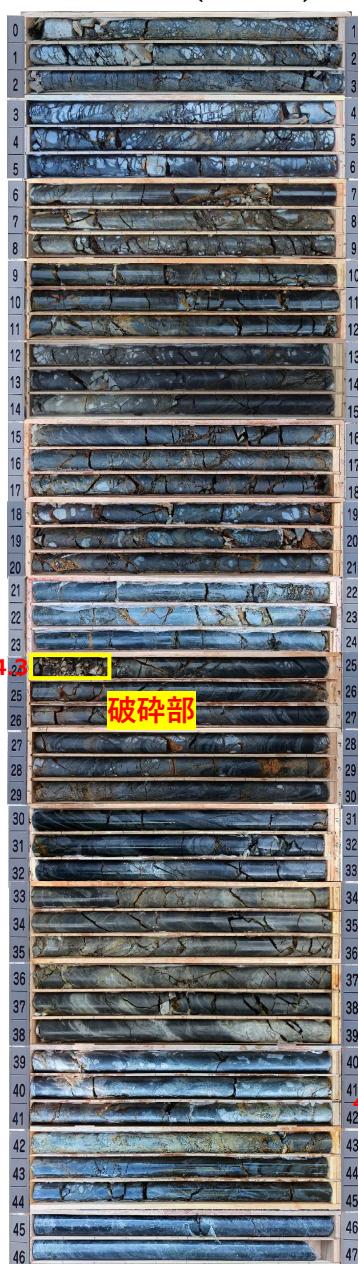
○ 深度9m~41m程度付近において、**破碎部**の存在が判明したため、破碎部の深い側の位置で弱面を形成し、**層厚25m程度の緩み域**を確認。

【ボーリング調査】

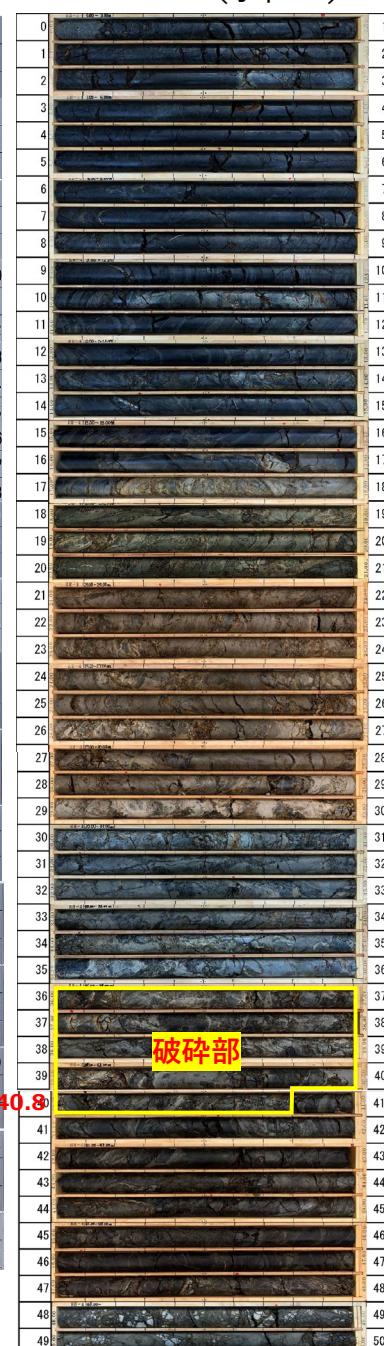
BH-4 (鉛直)



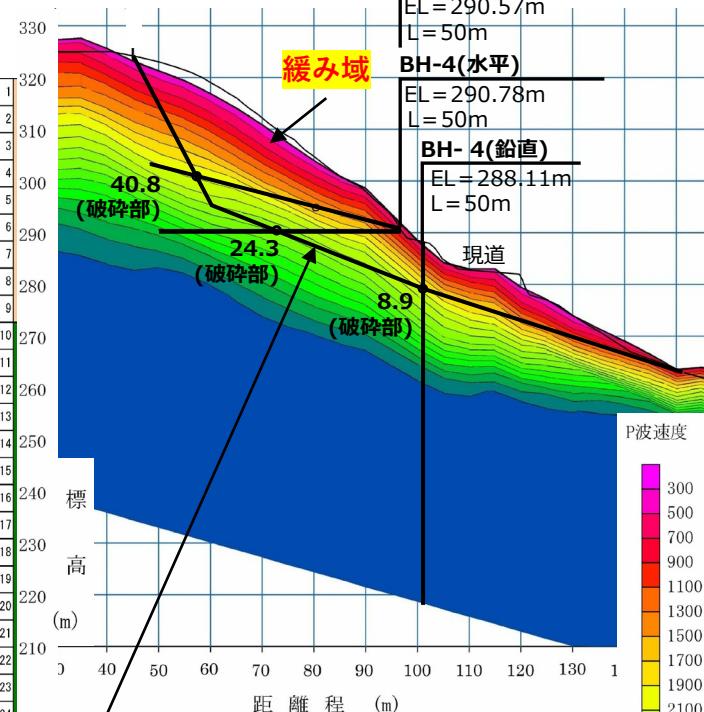
BH-4 (水平)



BH-4 (斜め)

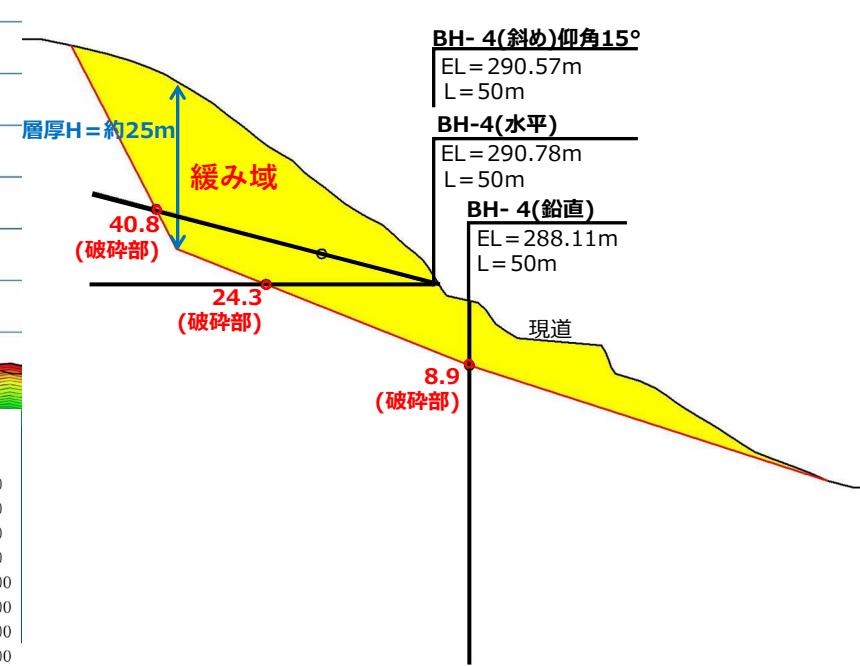


【弾性波探査】

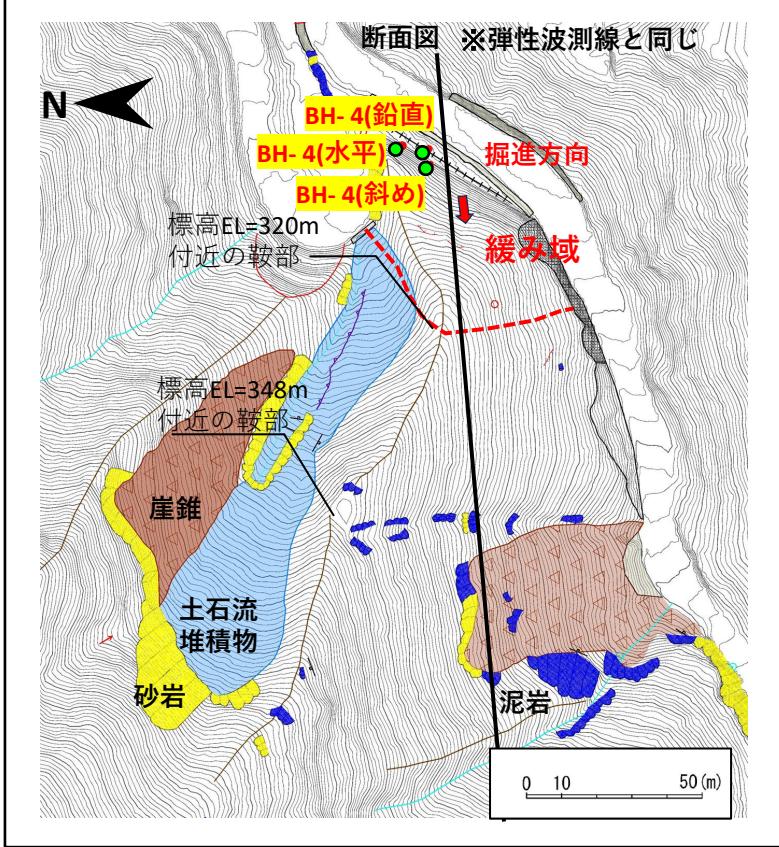


○ 深層部の弱面の勾配は、P波速度階層の勾配と概ね一致。

【断面図】



【平面図】

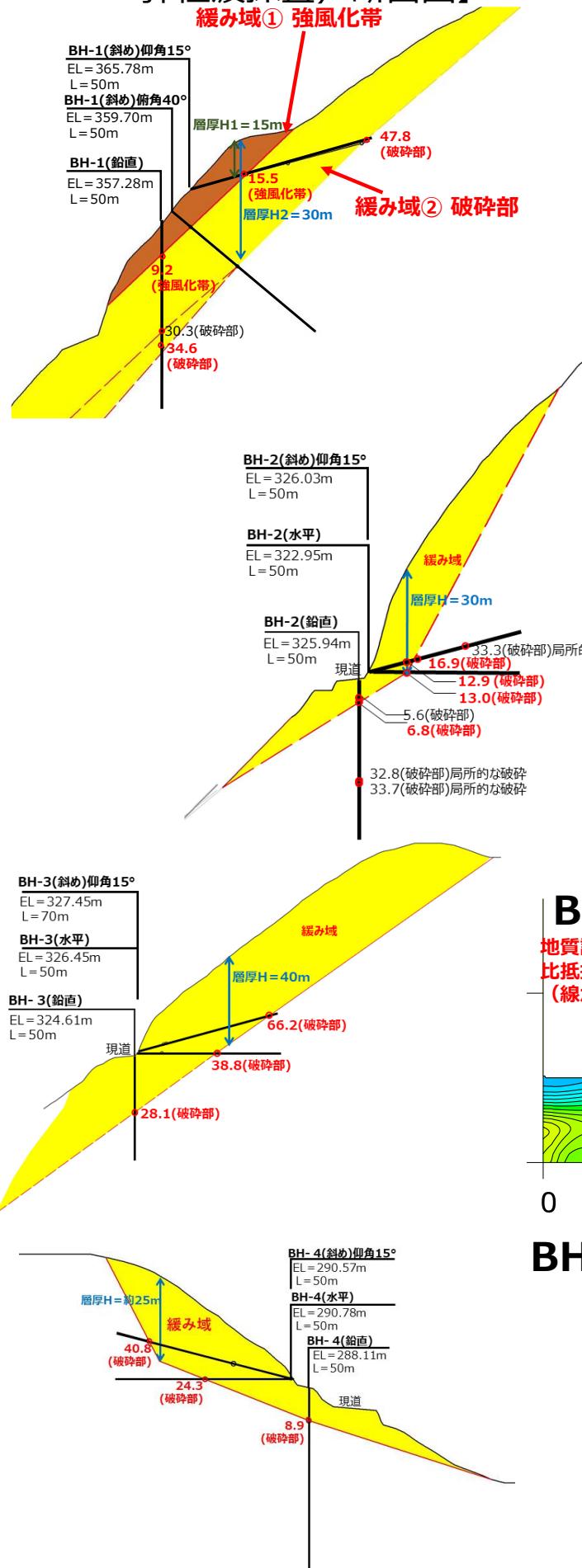


空中電磁探査

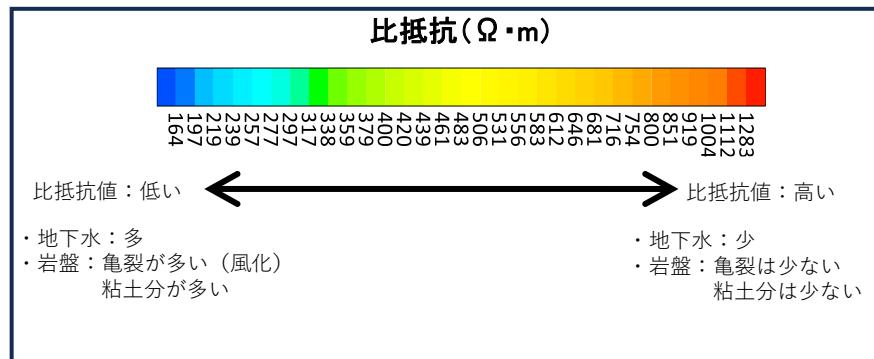
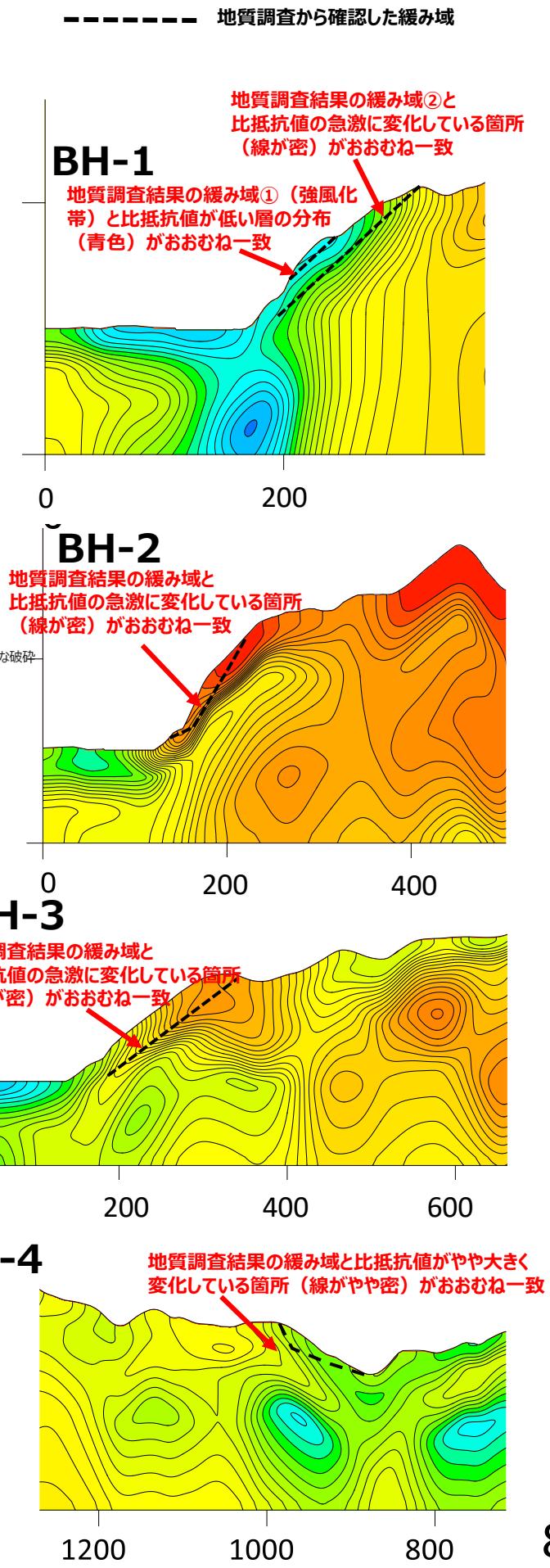
空中電磁探査

- 空中電磁探査は、地下の地質、地下水等の分布状況が把握できるため、**広域的な地質状況を確認し、BH-1～4の調査結果の妥当性を含めた総合的な検証**を行う。
- 平面的な比抵抗分布を確認した結果、**BH-1周辺では、周囲と比較して比抵抗値が著しく低い**ことを確認した（寒色の範囲が卓越）。
⇒BH-1では、地下水が確認されていないため、**風化が進行している**可能性がある。
- 横断的な比抵抗分布を確認した結果、**BH-1～4の地質調査結果（ボーリング調査・弾性波探査）による緩み域と一致**することを確認した。
⇒BH-1～4の**地質調査結果の妥当性**を確認した。

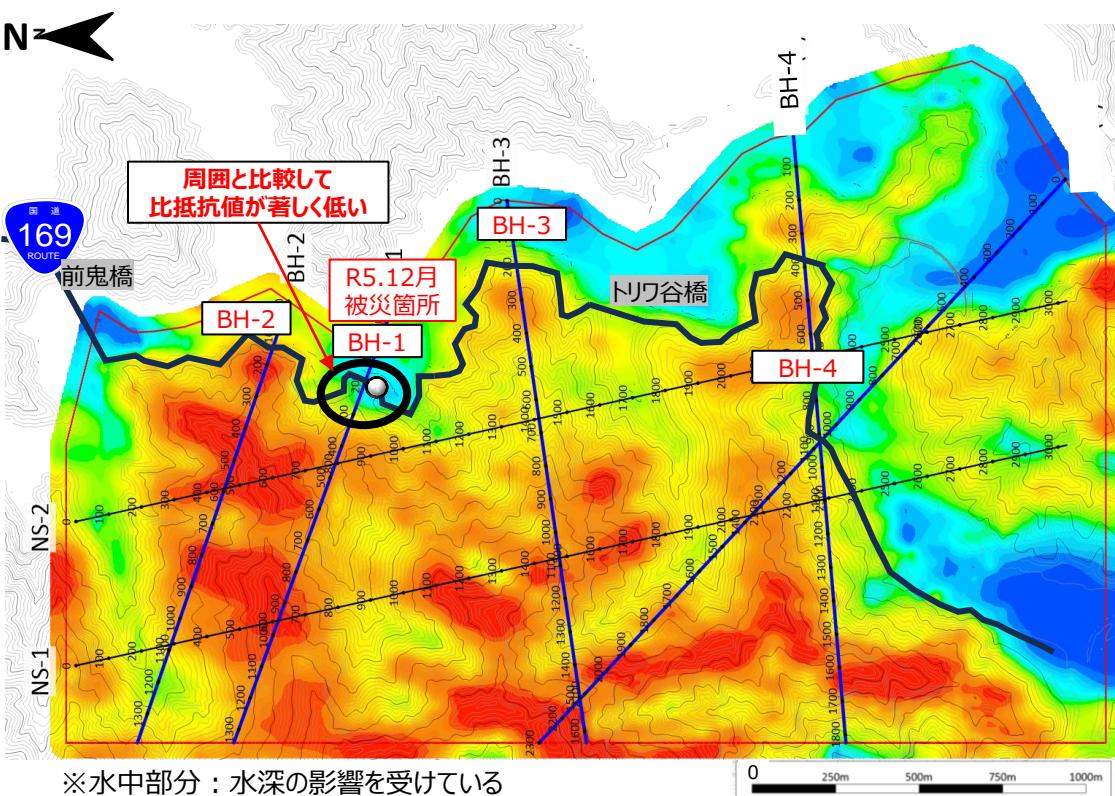
【地質調査（ボーリング調査・弾性波探査）断面図】



【空中電磁探査断面図】



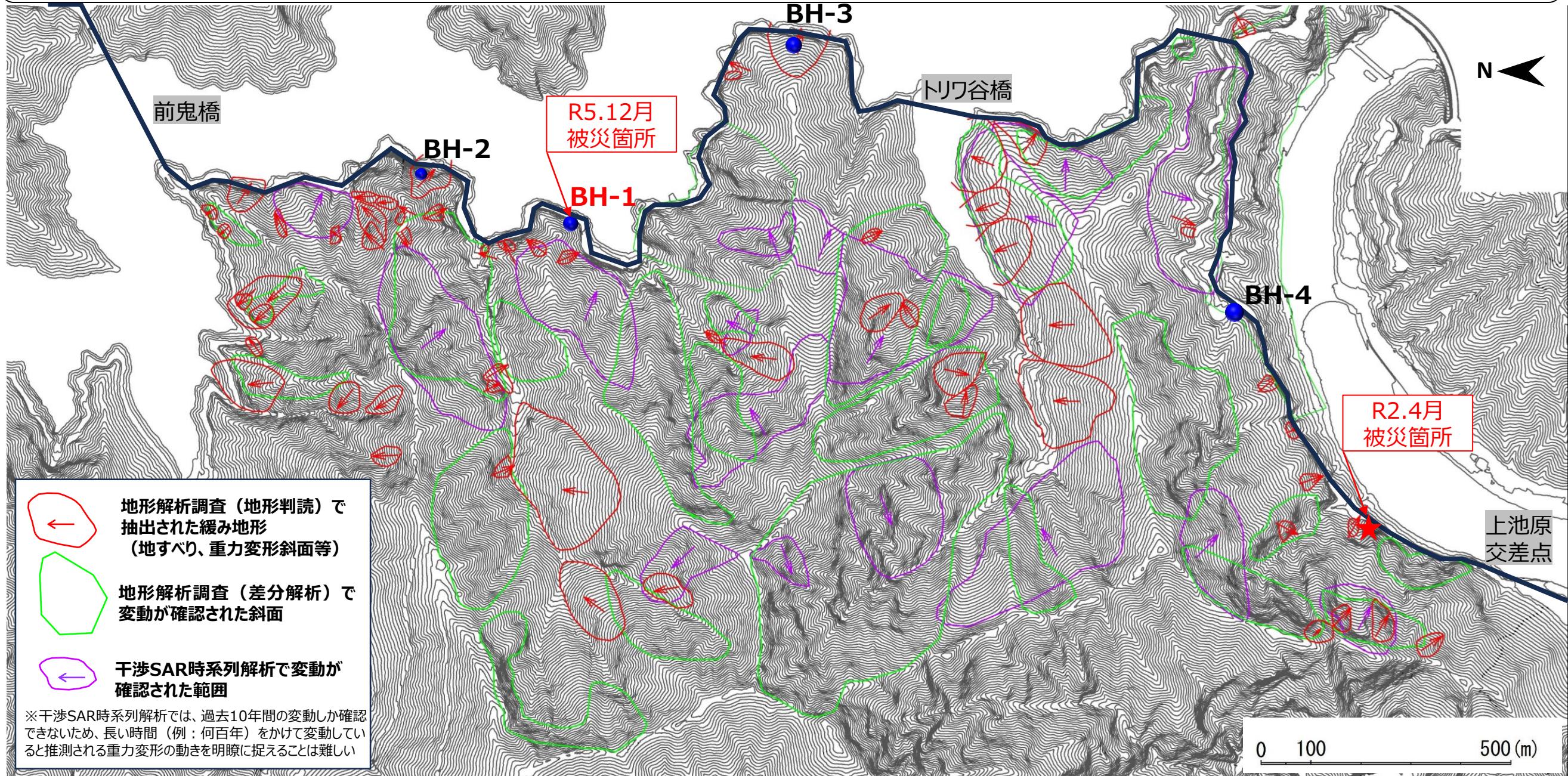
【平面図】



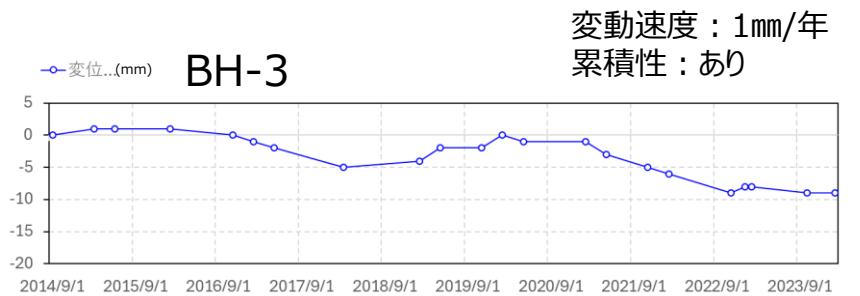
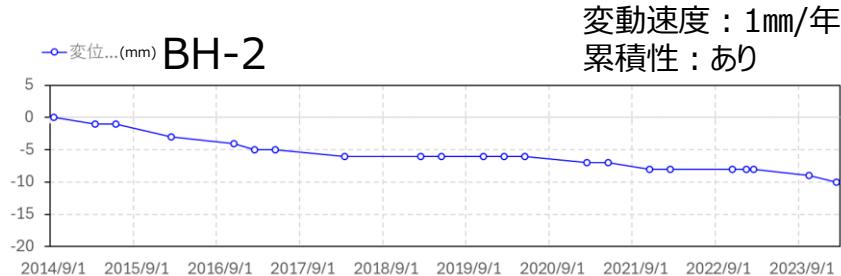
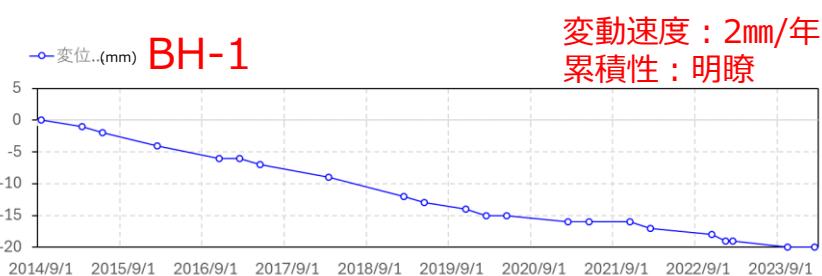
※水中部分：水深の影響を受けている
⇒湖面下の詳細な地形情報がないため、未補正

机上調査まとめ

- 「地形解析調査（地形判読）」、「地形解析調査（差分解析）」、「干渉SAR時系列解析」で、**斜面変動（危険箇所）**が多数抽出された。
- 干渉SAR時系列解析による**BH-1の変動量**は、他の調査箇所と比べて**2 mm/年と大きく、累積性が明瞭**である。また、**BH-2～3の変動量**は、**1 mm/年であり、累積性**がある。
- 過去の被災履歴を確認したところ、上池原交差点の北側において、**令和2年4月に大規模な法面崩土が発生**。



■干渉SAR時系列解析（BH-1～BH-3） ※BH-4は南向き斜面で解析困難



調査結果まとめ

- 被災箇所（BH-1）は、**浅層(15m)に強風化帯**が判明し、干渉SAR時系列解析で**変動量は2mm/年**と大きく、重力性変形による緩みが進行していることから、**崩壊危険度が最も高い斜面**である。
また、凸状尾根全体の**層厚30m程度の深層に緩み域**が判明し、**深層崩壊の危険性**があるとともに、当該**緩み域**と干渉SAR時系列解析で確認した**斜面変動の範囲が接している**ため、**一体の土塊として取り扱う必要**がある。
以上より、**浅層の強風化帯の対策が必要**であり、浅層の対策による**深層の緩み域への影響**が懸念されるため、**併せて対策を検討する必要**がある。
- 調査箇所（BH-2～4）においても、**緩み域（層厚25～40m）**が判明したため、**深層崩壊の危険性**がある。
調査箇所（BH-2～3）は、干渉SAR時系列解析で**変動量は1mm/年で累積性**が、調査箇所（BH-4）は地形解析（差分解析）で変動がそれぞれ確認されているが、**直ちに崩壊する危険性が低く、対策の必要性は無い**が、変動が進行すればBH-1と同様に崩落の危険性が高まるため、**継続的な監視を行っていく必要**がある。
- 今回実施した現地踏査や新たな地形データによる地形判読、差分解析及び干渉SAR時系列解析、過去の被災履歴の確認結果により、**国道169号全線にわたり地すべりや重力性変形に伴う緩み地形が存在**することが判明した。

BH-1

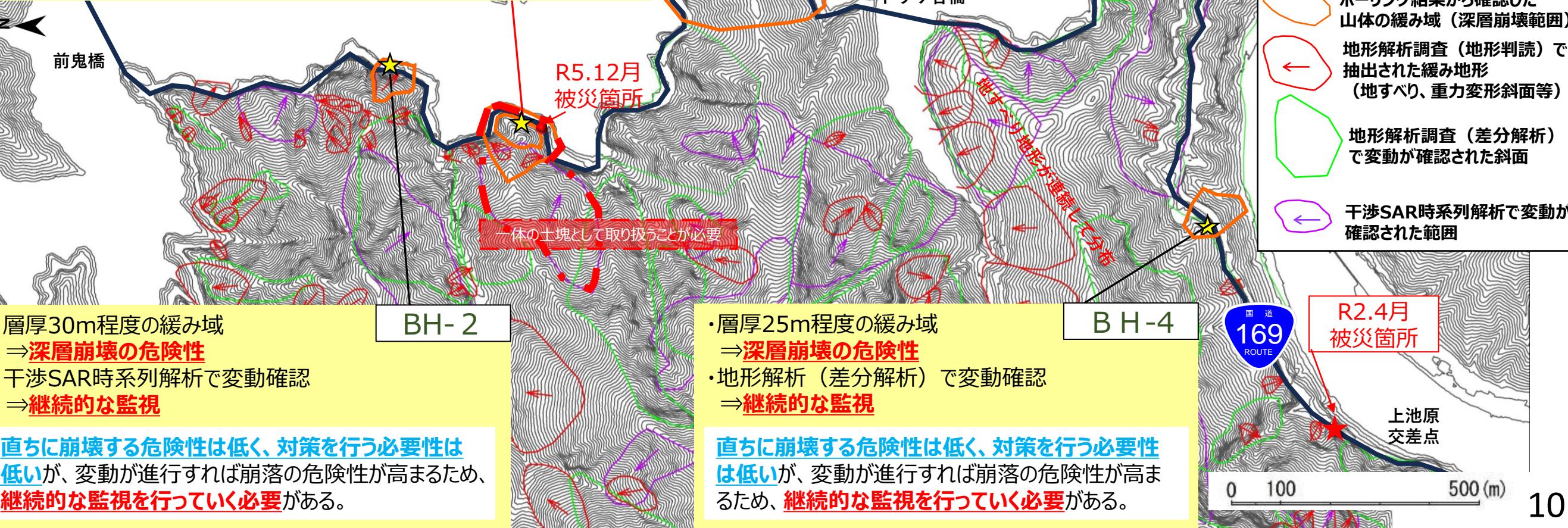
- ・浅層（15m）は強風化帯
干渉SAR時系列解析で変動量が2mm/年
⇒**崩落危険度が最も高い斜面**
- ・層厚30m程度の深層に緩み域 ⇒**深層崩壊の危険性**
- ・緩み域と斜面変動の範囲が接する ⇒**一体の土塊として取り扱う**

浅層の強風化帯の対策が必要であり、浅層の対策による**深層の緩み域への影響**が懸念されるため、**併せて対策を検討する必要**がある。

BH-3

- ・層厚40m程度の緩み域 ⇒**深層崩壊の危険性**
- ・干渉SAR時系列解析で変動確認 ⇒**継続的な監視**

直ちに崩壊する危険性は低く、対策を行う必要性は低いが、変動が進行すれば崩落の危険性が高まるため、**継続的な監視を行っていく必要**がある。



BH-2

- ・層厚30m程度の緩み域 ⇒**深層崩壊の危険性**
- ・干渉SAR時系列解析で変動確認 ⇒**継続的な監視**

直ちに崩壊する危険性は低く、対策を行う必要性は低いが、変動が進行すれば崩落の危険性が高まるため、**継続的な監視を行っていく必要**がある。

BH-4

- ・層厚25m程度の緩み域 ⇒**深層崩壊の危険性**
- ・地形解析（差分解析）で変動確認 ⇒**継続的な監視**

直ちに崩壊する危険性は低く、対策を行う必要性は低いが、変動が進行すれば崩落の危険性が高まるため、**継続的な監視を行っていく必要**がある。

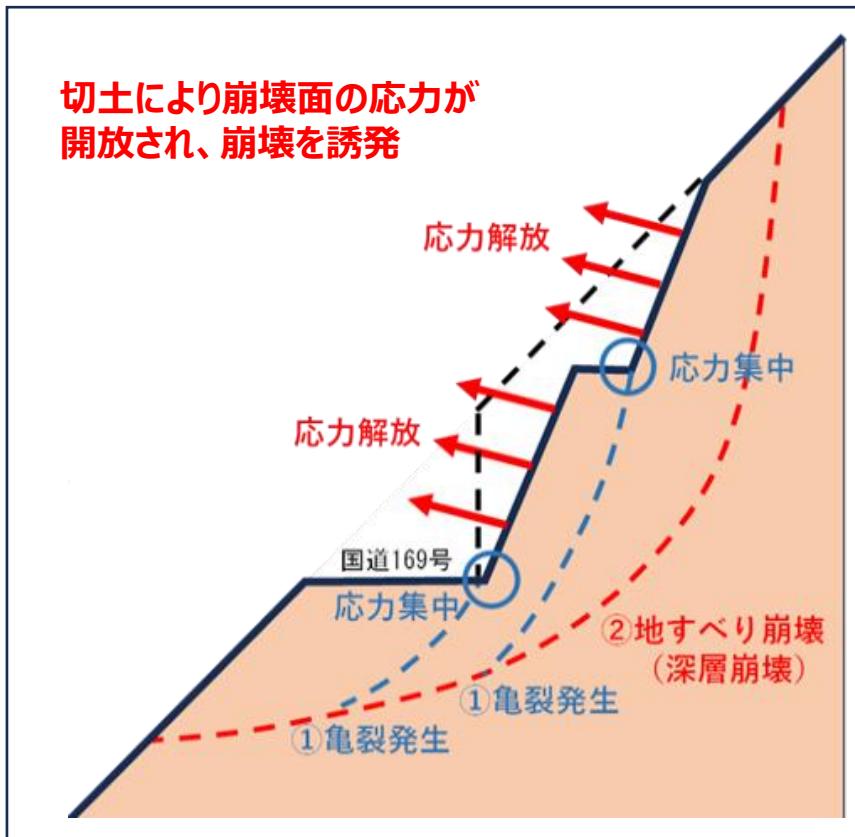
② 本格復旧案の検討

本格復旧案の検討に向けた配慮事項

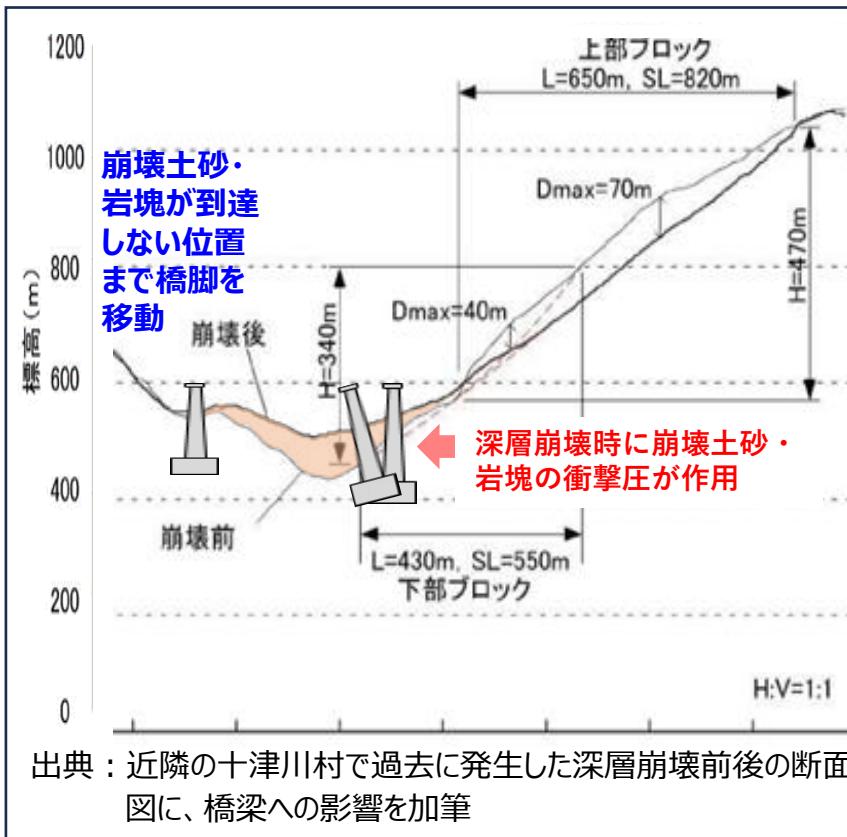
- ・被災斜面は経年劣化により自立性を失った状態にあり、継続的に劣化が進行しているため、安全面、維持管理面から原位置復旧は望ましくなく、別線による本格復旧が現実的と考えられる。
- ・本格復旧案（原位置復旧、別線）を検討する上での配慮事項は以下の通り。

本格復旧案	配慮事項
原位置復旧	・ 深層崩壊ブロックに切り取りや振動 を与えると、 崩壊面の応力が開放し、崩壊を誘発する恐れ がある。（図-1）
別線 （ダム湖側）	・ダム湖側への別線については、橋梁での対応が考えるが、 深層崩壊が発生 した場合、 崩壊土砂や岩塊の衝撃圧が橋梁に作用 するため、 既往実績を参考 に、 橋梁位置を検討 する必要がある。（図-2）
別線 （山側）	・山側への別線については、斜面が急峻であるため、トンネルでの対応が考えられるが、 坑口位置は、深層崩壊を含む崩壊の危険性のある不安定な斜面を避ける 必要がある。 ・ 深層崩壊が発生 した場合、 崩壊土砂や岩塊の移動によりトンネルが変形 する恐れがあるため、 深層崩壊ブロックの想定滑り面からトンネル掘削径の2倍以上の離隔を確保 する必要がある。（図-3）

【図-1 応力開放のイメージ】



【図-2 橋脚への影響イメージ】



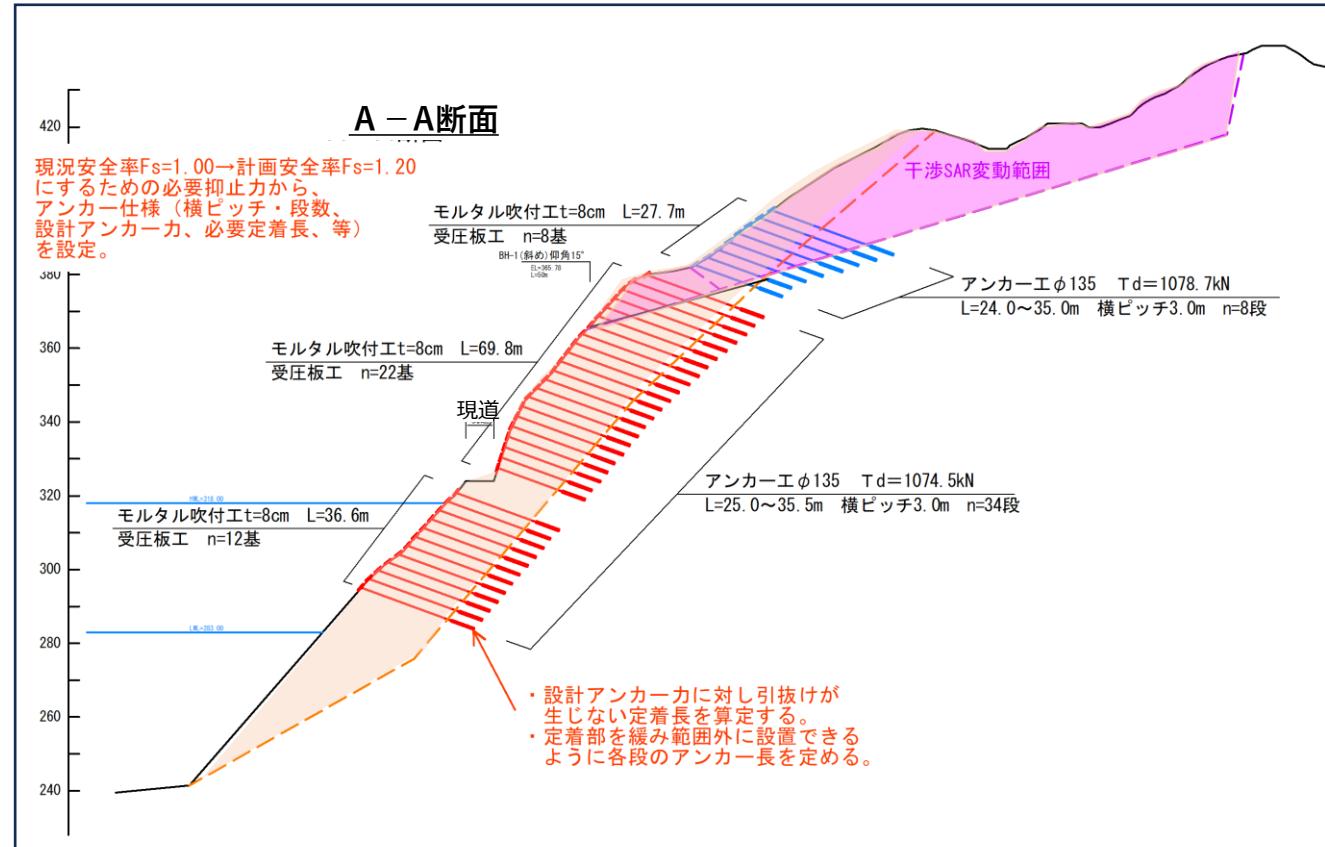
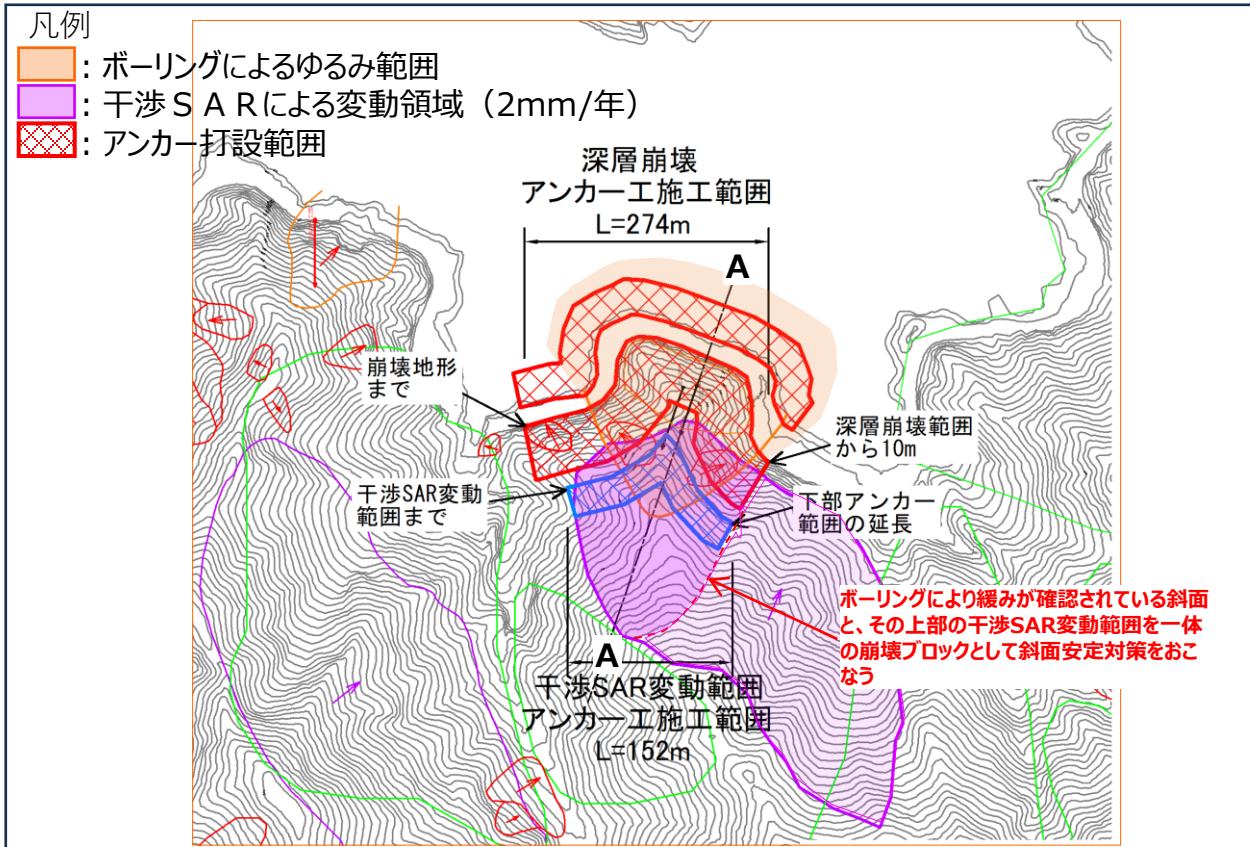
【図-3 トンネルへの影響イメージ】



第1案：原位置復旧（アンカー工）

■概要

- 深層崩壊ブロックの切り取りによる**応力開放を生じさせず**、**施工振動を最小限に抑制**するため、**アンカー工**により原位置復旧をおこなう。
アンカー施工面積：約33,000m²



施工の難易度

- △**多数のアンカーを密集**して設置するため、**隣接アンカーとの離隔確保**等、**高度な施工管理**が必要となる。
- ▲**ダム湖の湛水面下での施工**となるため、施工は**水位低下時**に行う必要がある。**天候に左右**されるため、**適切な工程確保が課題**となる。
- △**凹凸の激しい急崖斜面**のため、受圧板調整コンクリートの**型枠設置**、打設時の**形状保持に高度な品質管理**が必要となる。

施工安全性

- ▲**大型の削孔機により打撃振動**を与えるため、亀裂が広がり、中小規模の**崩落を誘発**する恐れがある。
- ▲**直高50m超で急斜面に設置された作業足場は構造的に不安定**なため、**強風時、地震時に安定性**を損なう恐れがある。

維持管理

- ▲**ダム湖のHWL以下でのアンカー設置**となるため、点検・補修は**水位低下期間**に限られる。
- ▲アンカー長が長いため（最大35m以上）、**再緊張の必要性が生じた場合、工事費が高価**となる。

工期：約6～7年

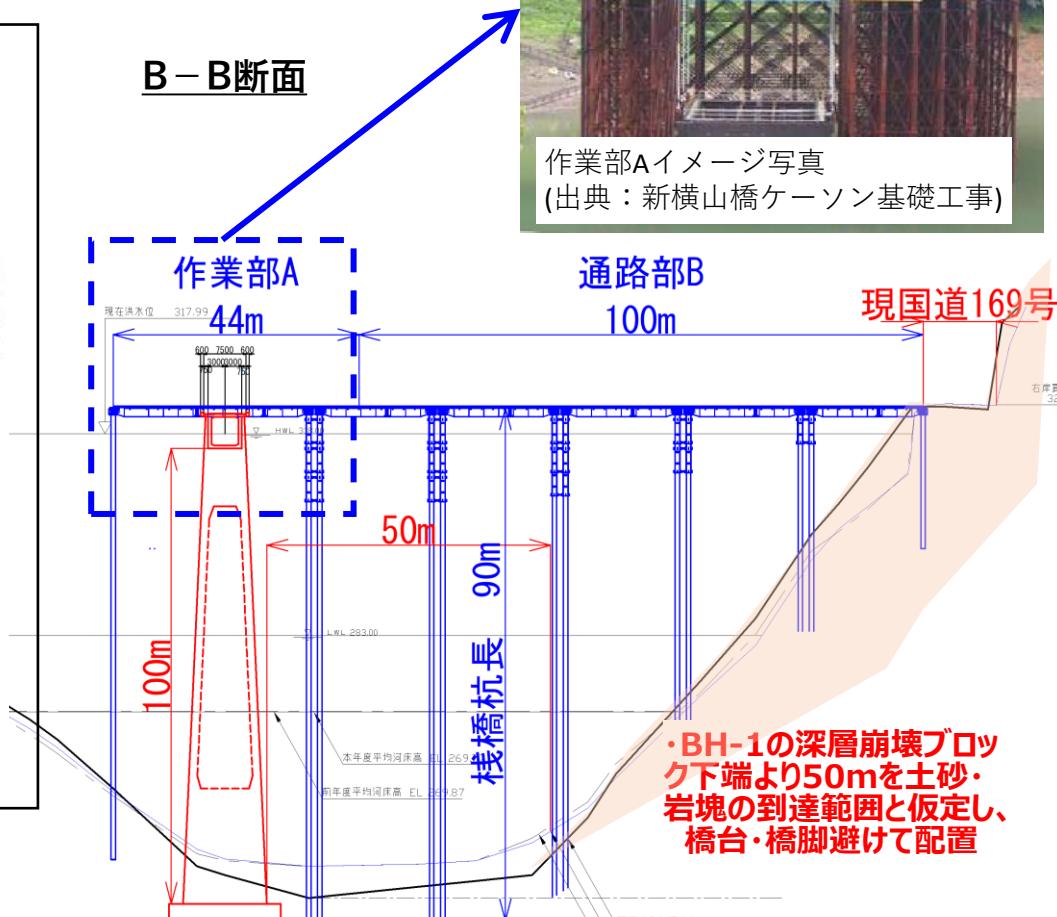
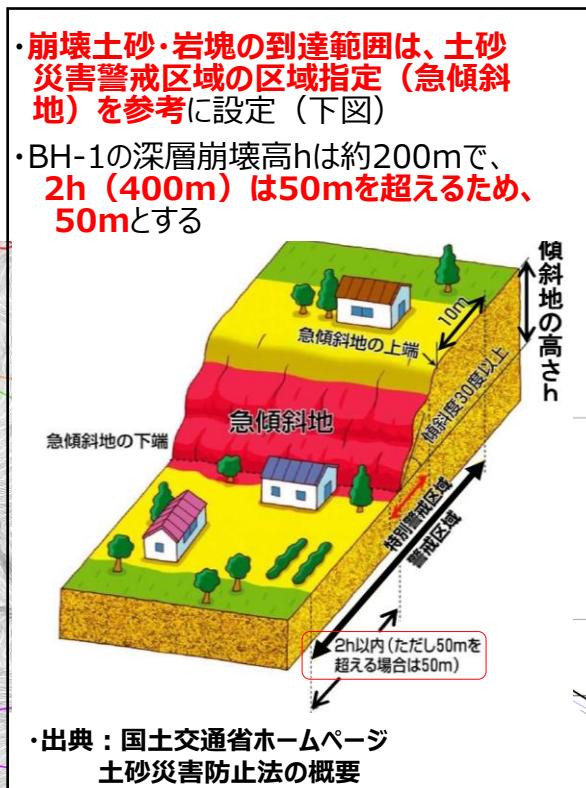
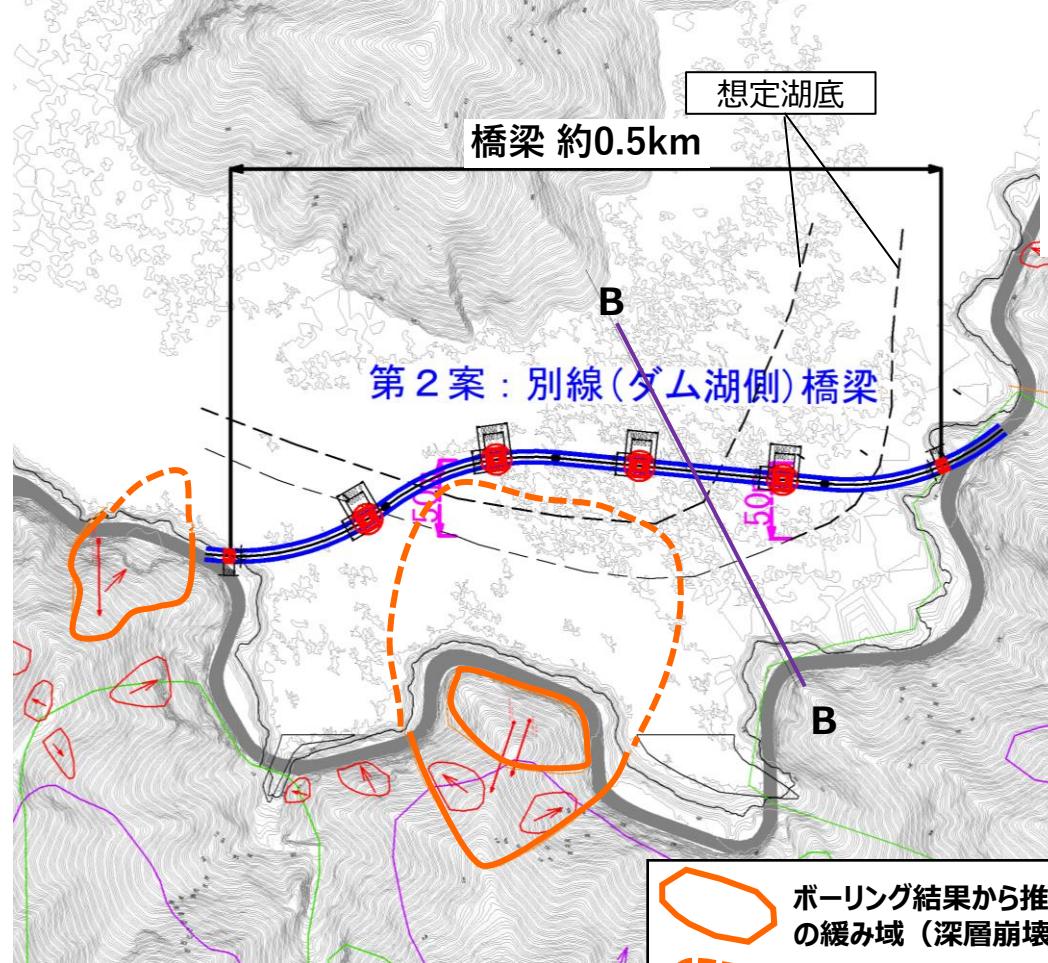
経済性：約220億円

○：問題なし △：配慮が必要 ▲：課題が有る

第2案：別線（ダム湖側）橋梁

■概要

○深層崩壊が発生しても、**崩壊ブロックの土砂・岩塊が到達しない崩壊ブロック下端から最小50m離れた位置**を橋梁で通過する。
橋梁延長：約0.5km



○ ボーリング結果から推察される山体の緩み域(深層崩壊範囲)
○ 崩壊時の影響範囲(推定)

○その他留意事項
注) 崩壊時に土砂・岩塊のダム湖が到達することにより発生する波動・波圧の影響に配慮する必要がある

施工の難易度

△**ダム湖内での施工**となることに加え、橋脚高も100m以上に及び、**仮締切(ケーソン等)も大規模**となるため、高度な施工管理が必要となる。

施工安全性

○深度の深いダム湖底でのケーソン施工となるが、**類似実績を参考とした作業員の安全管理計画に基づくことで施工は可能**である。

維持管理

▲**橋脚外面の点検**を実施する際には、**橋梁点検の知識を有する潜水士**による対応が必要となり、**作業員の確保と費用面**に課題がある。

工期：約4～5年

経済性：約280億円

○：問題なし △：配慮が必要 ▲：課題が有る

第3案：別線（山側）トンネル

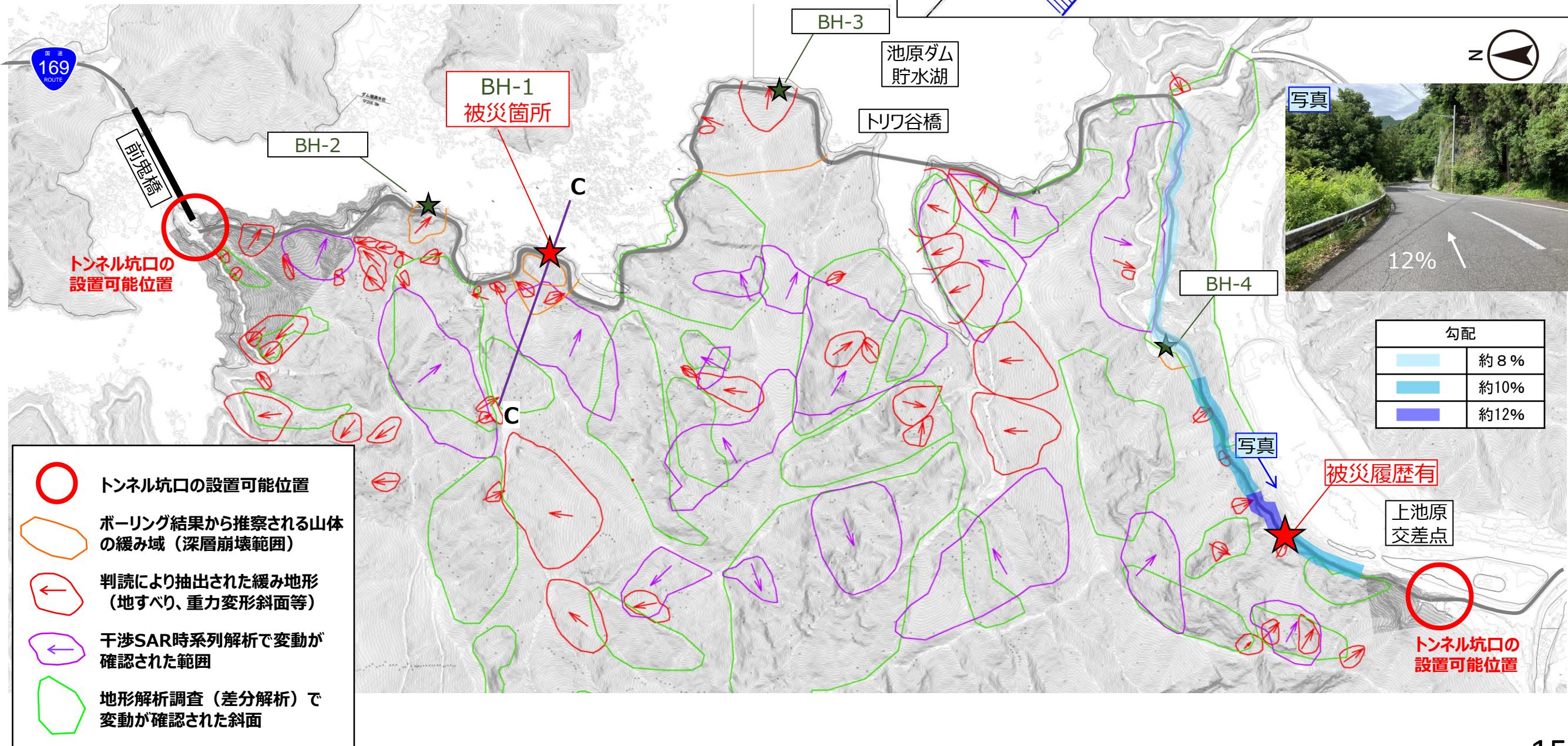
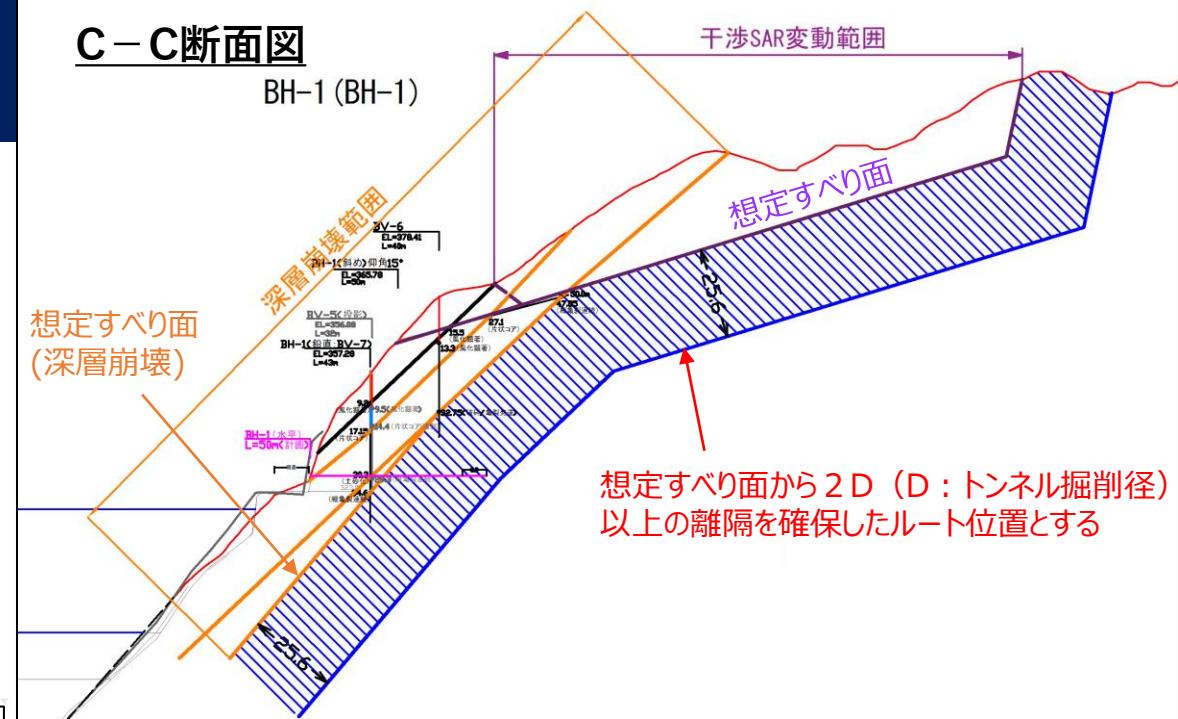
■コントロールポイント

○トンネル坑口位置のコントロールポイント

- ・「ボーリング結果」、「地形判読」、「干渉SAR時系列解析」、「航空測量データ差分解析」の全てで緩み地形や斜面変動が確認された範囲にトンネル坑口を**設置しない**。
- ・**現道の急勾配区間（約8～12%）にはトンネル坑口を設置しない**。

○ルート位置のコントロールポイント

- ・**想定すべり面から2D（D:トンネル掘削径）以上の離隔を確保したルート位置とする**。（右C-C断面図）

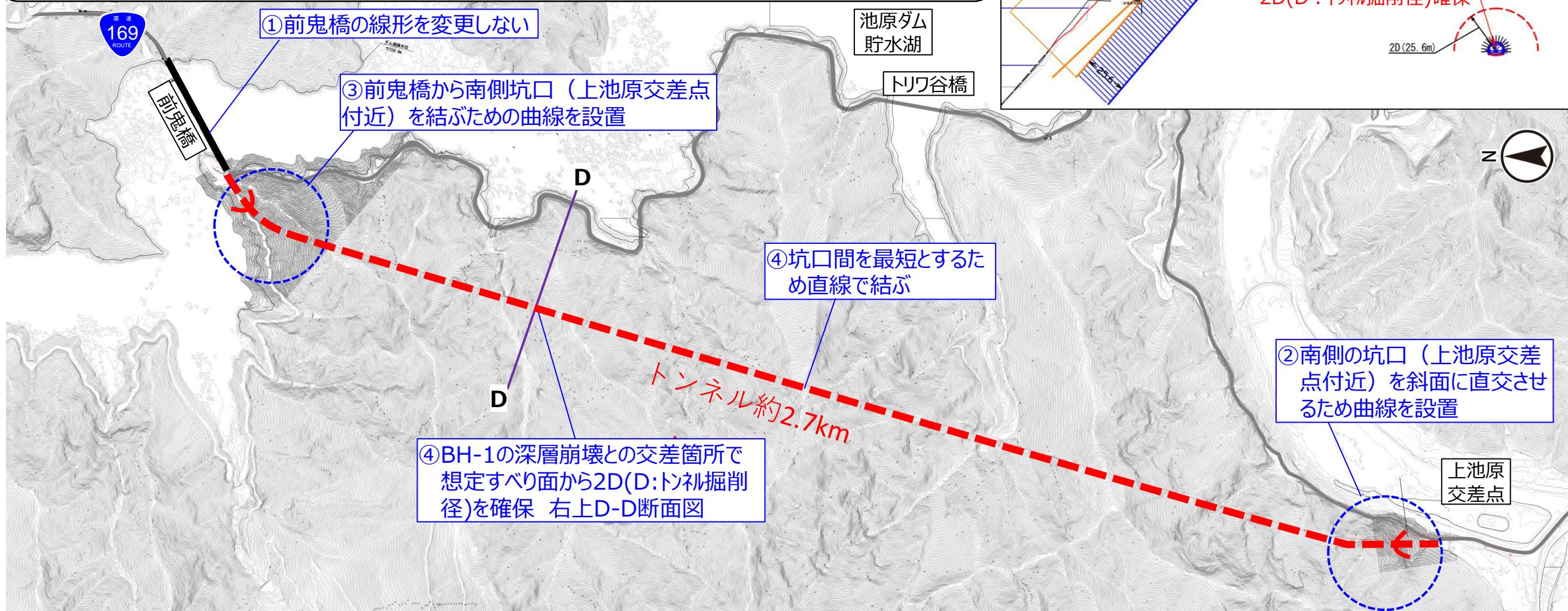
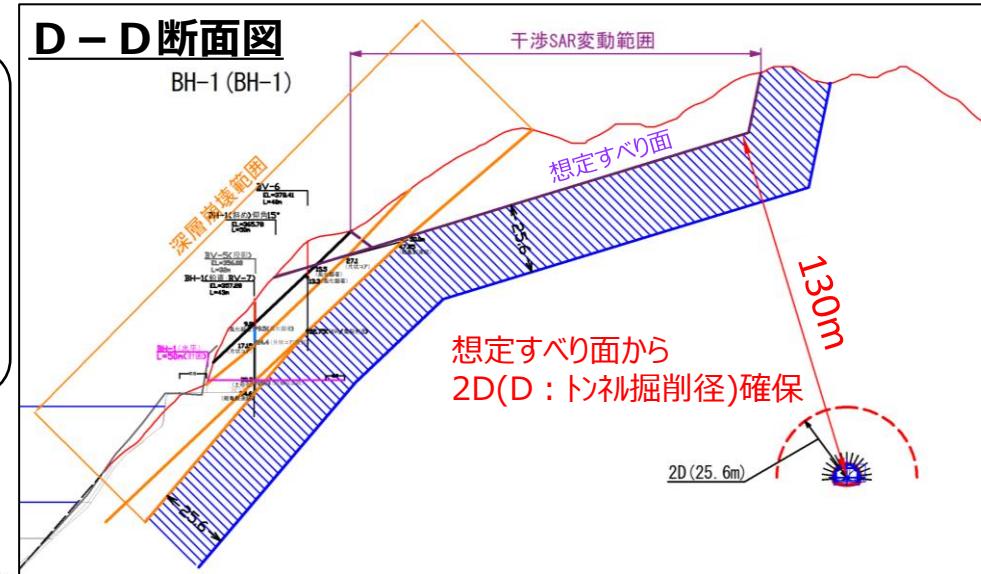


第3案：別線（山側）トンネル

■ 概要

○斜面の危険性が無いトンネル坑口位置で、深層崩壊が発生しても影響が及ばない離隔距離を確保した位置（山側）をトンネルで通過

- ①前鬼橋の線形を変更しない
- ②南側の坑口（上池原交差点付近）を斜面に直交させるため曲線を設置
- ③前鬼橋から南側坑口（上池原交差点付近）を結ぶための曲線を設置
- ④「①～③」より設定した坑口間を、BH-1の深層崩壊との交差箇所で想定すべり面から2D(D:トンネル掘削径)以上の離隔を確保し、かつ最短となる直線で結ぶ



施工の難易度

- 標準的な山岳トンネル工法（NATM）での施工が可能である。
- △深層崩壊直下での施工となるため、トンネル掘削に伴う崩壊ブロックの変動状況を計測管理し、崩壊ブロックに振動を与えない掘削を進める必要がある。

施工安全性

- 標準的な山岳トンネル工法（NATM）での施工が可能である。
- △深層崩壊直下での施工となるため、トンネル掘削に伴う崩壊ブロックの変動状況を計測管理し、崩壊ブロックの安定性を確認しながら掘削を進める必要がある。

維持管理

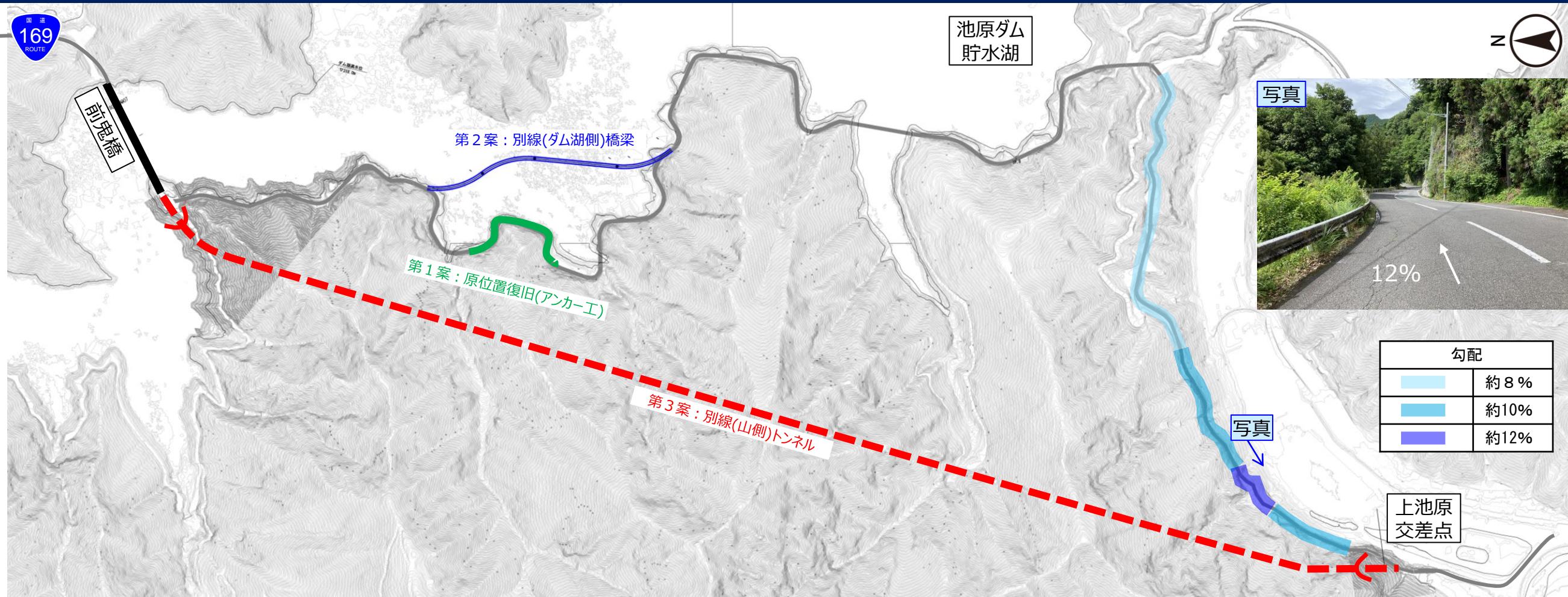
- 維持管理は一般的なトンネル定期点検となる。

工期：約4～5年

経済性：約180億円

○：問題なし △：配慮が必要 ▲：課題が有る

本格復旧の比較



	第1案：原位置復旧（アンカー工）	第2案：別線（ダム湖側）橋梁	第3案：別線（山側）トンネル
○：問題なし △：配慮が必要 ▲：課題がある			
施工の難易度	<p>深層崩壊ブロックの切り取りによる応力開放を生じさせず、施工振動を最小限に抑制するため、アンカー工により原位置復旧を行う アンカー施工面積：33,000m²</p> <p>△多数のアンカーを密集して設置するため、隣接アンカーとの離隔確保等、高度な施工管理が必要となる。 ▲ダムの湛水面下での施工となるため、施工は水位低下時に行う必要がある。天候に左右されるため、適切な工程確保が課題となる。</p> <p>△凹凸の激しい急崖斜面のため、受圧板調整コンクリートの型枠設置、打設時の形状保持に高度な品質管理が必要となる。</p>	<p>深層崩壊が発生しても崩壊ブロックの土砂・岩塊が到達しない崩壊ブロック下端から最小50m離れた位置を橋梁で通過 橋梁延長：約0.5km</p> <p>△ダム湖内での施工となることに加え、橋脚高も100m以上に及び、仮締切（ケーソン等）も大規模となるため、高度な施工管理が必要となる。</p>	<p>斜面の危険性が無いトンネル坑口位置で、深層崩壊が発生しても影響が及ばない離隔距離を確保した位置(山側)をトンネルで通過 トンネル延長：約2.7km</p> <p>○標準的な山岳トンネル工法（NATM）での施工が可能である。 △深層崩壊直下での施工となるため、トンネル掘削に伴う崩壊ブロックの変動状況を計測管理し、崩壊ブロックに振動を与えない掘削を進める必要がある。</p>
施工安全性	<p>▲大型の削孔機により打撃振動を与えるため、亀裂が広がり、中小規模の崩落を誘発する恐れがある。 ▲直高50m超で急斜面に設置された作業足場は構造的に不安定なため、強風時、地震時に安定性を損なう恐れがある。</p>	<p>○深度の深いダム湖底でのケーソン施工となるが、類似実績を参考とした作業員の安全管理計画に基づくことで施工は可能である。</p>	<p>○標準的な山岳トンネル工法（NATM）での施工が可能である。 △深層崩壊直下での施工となるため、トンネル掘削に伴う崩壊ブロックの変動状況を計測管理し、崩壊ブロックの安定性を確認しながら掘削を進める必要がある。</p>
維持管理	<p>▲ダム湖のHWL以下でのアンカー設置となるため、点検・補修は水位低下期間に限られる。 ▲アンカー長が長い（最大35m以上）、再緊張の必要性が生じた場合、工事費が高価となる。</p>	<p>▲橋脚外面の点検を実施する際には、橋梁点検の知識を有する潜水士による対応が必要となり、作業員の確保と費用面に課題がある。</p>	<p>○維持管理は一般的なトンネル定期点検となる。</p>
工期	約6～7年	約4～5年	約4～5年
経済性	約220億円	約280億円	約180億円
評価	<ul style="list-style-type: none"> 施工の難易度、施工の安全性、維持管理に課題がある。 工期については、最も長くなる。 経済性については、第3案に劣る。 	<ul style="list-style-type: none"> 維持管理に課題がある。 工期については、第3案と同等となる。 経済性については、最も劣る。 	<ul style="list-style-type: none"> 施工の難易度、施工の安全性、維持管理について問題なし 工期については、第2案と同等となる。 経済性については、最も優れる。