

県道静岡焼津線「浜当日トンネル」

対策検討会（第4回）

本編資料



斜面崩壊全景 （R6.9.4撮影）

< 目 次 >

- | | |
|---------------------------|--------|
| 1. 第3回検討会（令和7年3月24日）の振り返り | ・・・P1 |
| 2. 観測の状況について | ・・・P2 |
| 3. 推定のメカニズムについて | ・・・P10 |
| 4. 交通開放に向けた対策の検討状況について | ・・・P16 |

1. 第3回検討会(令和7年3月24日)の振り返り

○トンネル変状発生概要：

- ・ R6/4/14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1回検討会、R06/12/24に第2回検討会、R07/3/24に第3回検討会を開催し、今後の対応について討議した。

<第3回検討会議事>

- (1) 観測の状況について
- (2) 数値解析の中間報告について
- (3) 想定メカニズムに基づく交通開放の対応方針について

<討議内容>

意見		対応
(1)	観測の状況について	
1)	現時点でのすべり面想定はおおむね妥当と思われるが、現時点での特定は困難であり、継続の変動観測が必要。	継続観測を実施する。
(2)	数値解析の中間報告について	
1)	4月頃にTN覆工に変状が発生してから7月の斜面崩壊発生までの過程で、どのように応力伝達が発生しているか、後時系列的な解析が必要。	時系列的な数値解析を実施する。
2)	変状が発生した区間と変状が発生していない区間との違いが数値解析によって明らかになればよい。	今後、検討を続ける。
3)	支保パターンが変わる境界では、インバートを考慮したケースも実施し違いを確認するとよい。	今後、検討を行う。
(3)	想定メカニズムに基づく交通開放の対応方針について	
1)	交通開放となると、他区間(特に静岡側の低土被り区間)の新規の斜面崩壊リスク考慮する必要があると考えられる。断面形状に大きな変化がないか(内空計測)など把握することが重要。	今後、他区間を含めた監視方法の検討を行う。
2)	干渉SARは広範囲に概略調査を実施して、斜面変動が想定される箇所については現地踏査等で詳細に調査することが良いと考える。	今後、対応について検討する。

2. 観測の状況について

○トンネル前後区間含め、斜面に大きな変状は観測されておらず、今後の継続観測が必要

<観測状況>

観測項目	実施日	現在までの状況
時系列干渉SAR解析	3-4回/年	隣接斜面を含めて顕著な変動なし
坑内亀裂観測	常時監視	顕著な変動無し
トンネル内空変位観測	常時監視	顕著な変動無し
地盤伸縮計	常時監視	頭部滑落崖直下において部分的な土塊の緩みは確認されるものの、他箇所では顕著な変状無し
地盤傾斜計	常時監視	顕著な変動無し
孔内傾斜計	常時監視	顕著な変動無し
地下水位計	常時監視	降雨に伴う地下水位上昇は軽微
パイプひずみ計	常時監視	顕著な変動無し

※観測箇所については「別紙 観測箇所図」参照

2. 観測の状況について_すべり面の検討_崩壊ブロック

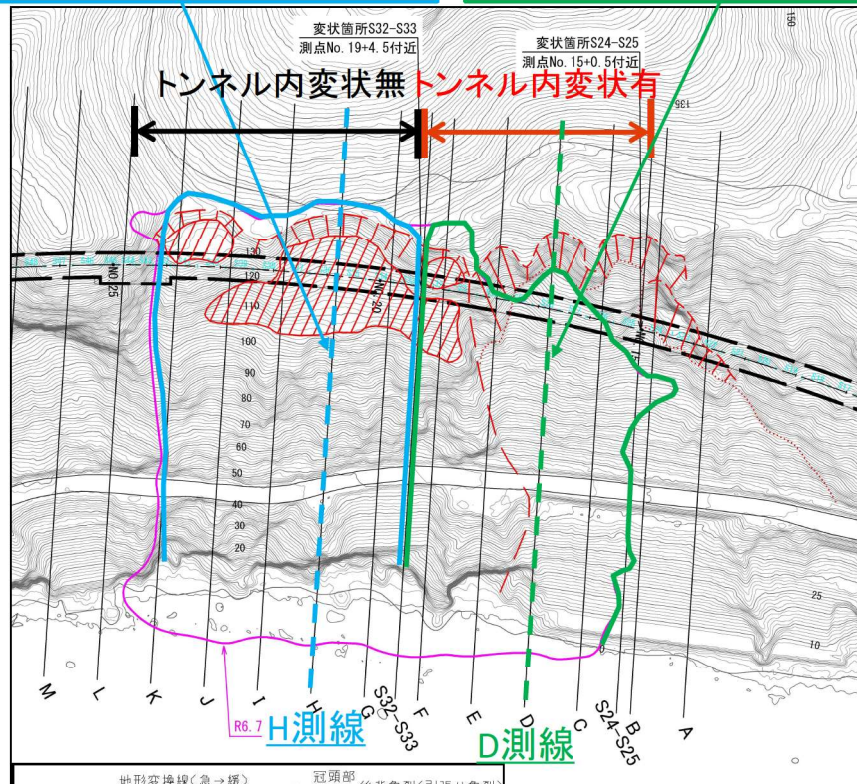
- 崩壊前の地形から、H測線付近に地すべり地形が確認され、地すべり活動履歴及び残存移動土塊の存在が推定される
- D測線付近地形は崩壊跡地形が確認されるものの、斜面内に残存移動土塊は確認されない。
- 崩壊後の斜面状況から、【地すべりブロック】と【崩壊ブロック】の2つに分かれていることが推定される。
- トンネル内の亀裂変状は【崩壊ブロック】の深部に集中する。

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

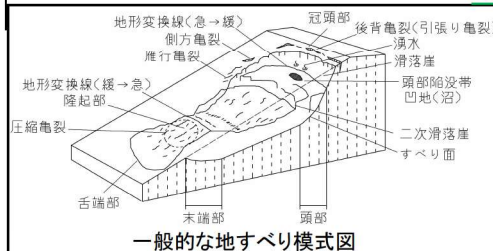
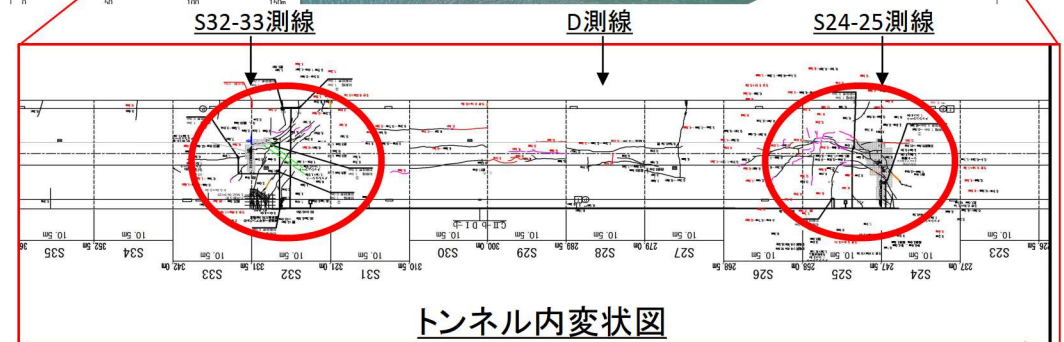
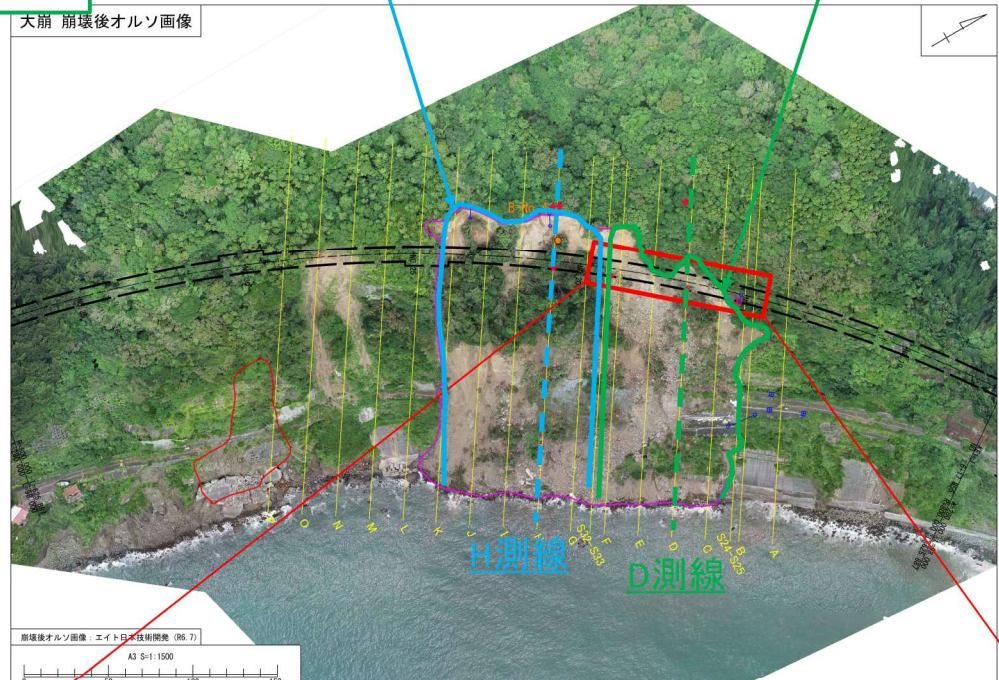
頭部に滑落崖が確認される崩壊跡地形
(崩壊ブロック)
→代表断面をD測線と設定

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斜面崩壊と推定



大崩 崩壊後オルソ画像

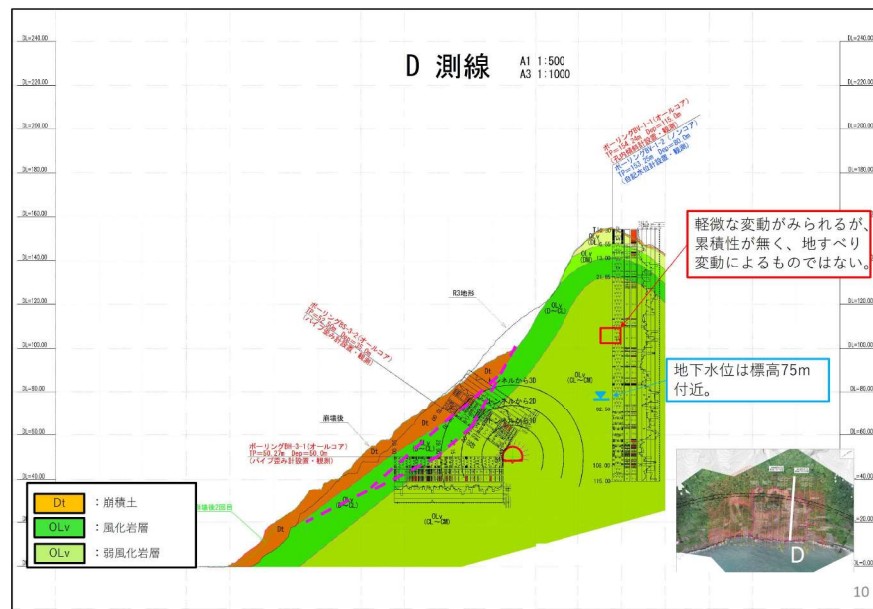


凡 例	
	地すべりブロック
	緩斜面
	崖錐地
	旧滑落崖

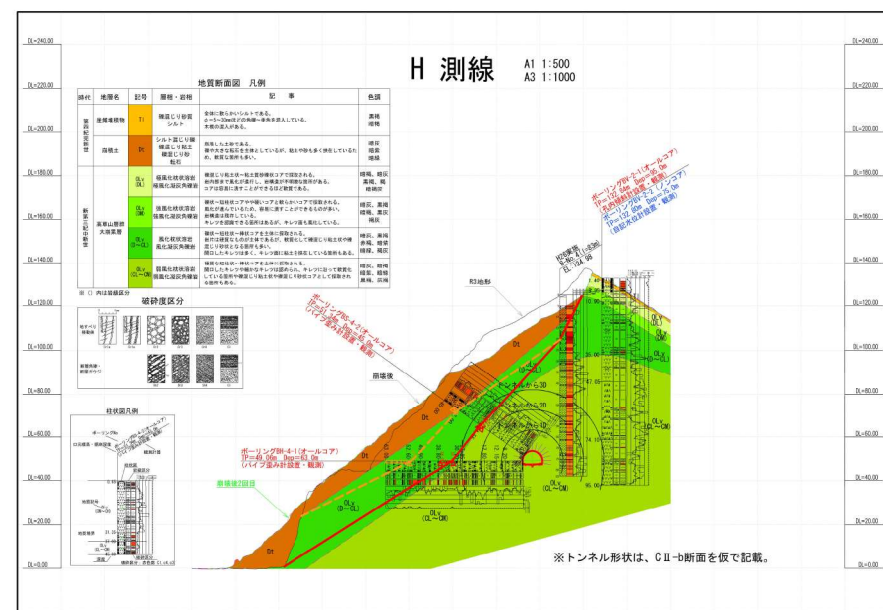
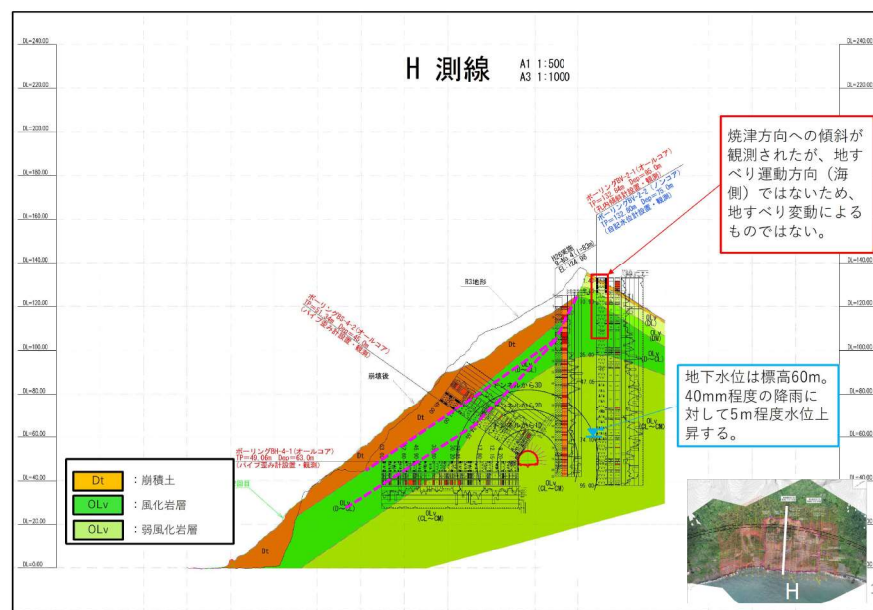
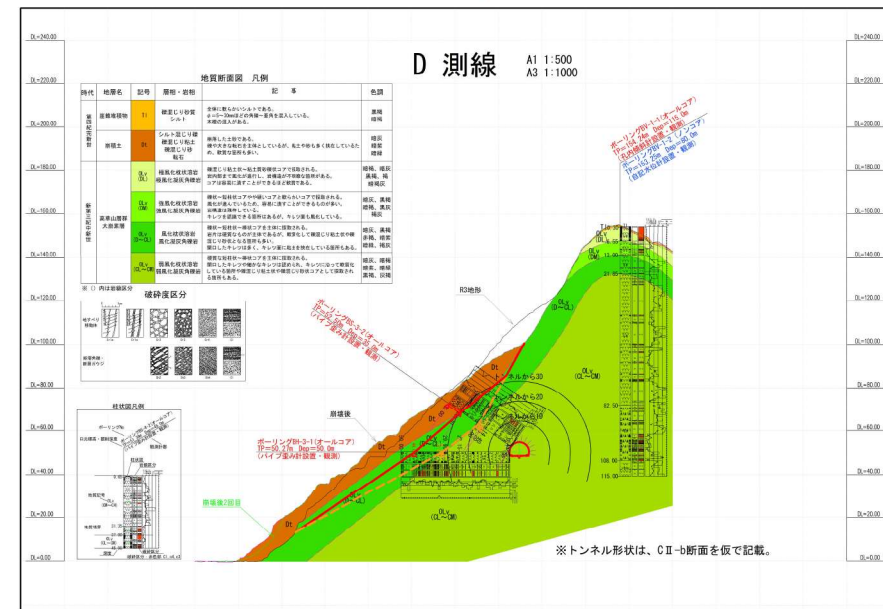
2. 観測の状況について_すべり面の検討_観測状況からの考察

○ボーリングコアに加え、ボーリング孔内のパイプ歪み計の観測状況を考慮し、すべり面を推定

第3回委員会時点



今回

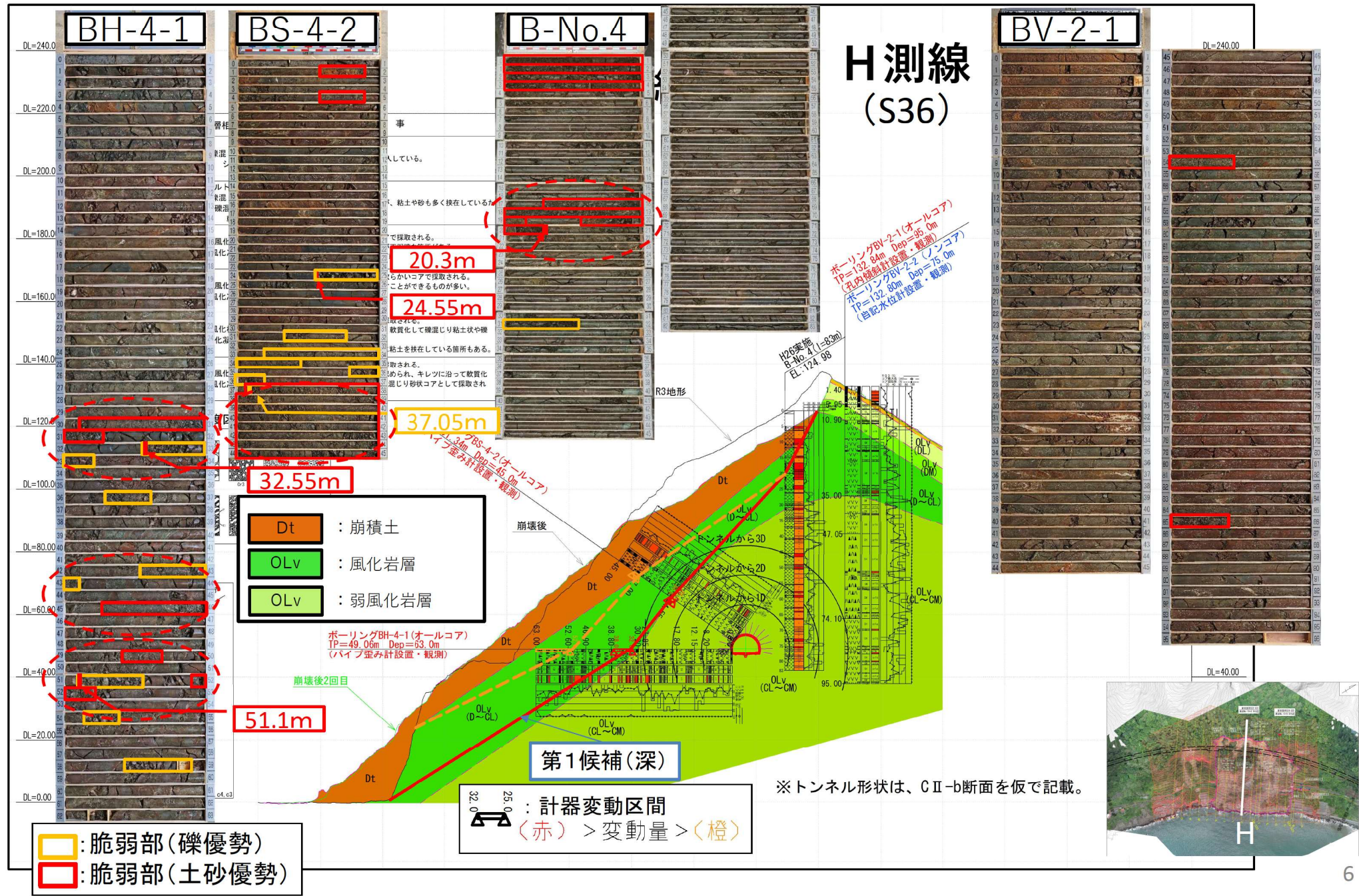


○風化岩下面付近で極軽微な変動が確認されるが、変位量が小さくすべり面と判定できない。
→今後の継続観測が必要

[illegible]

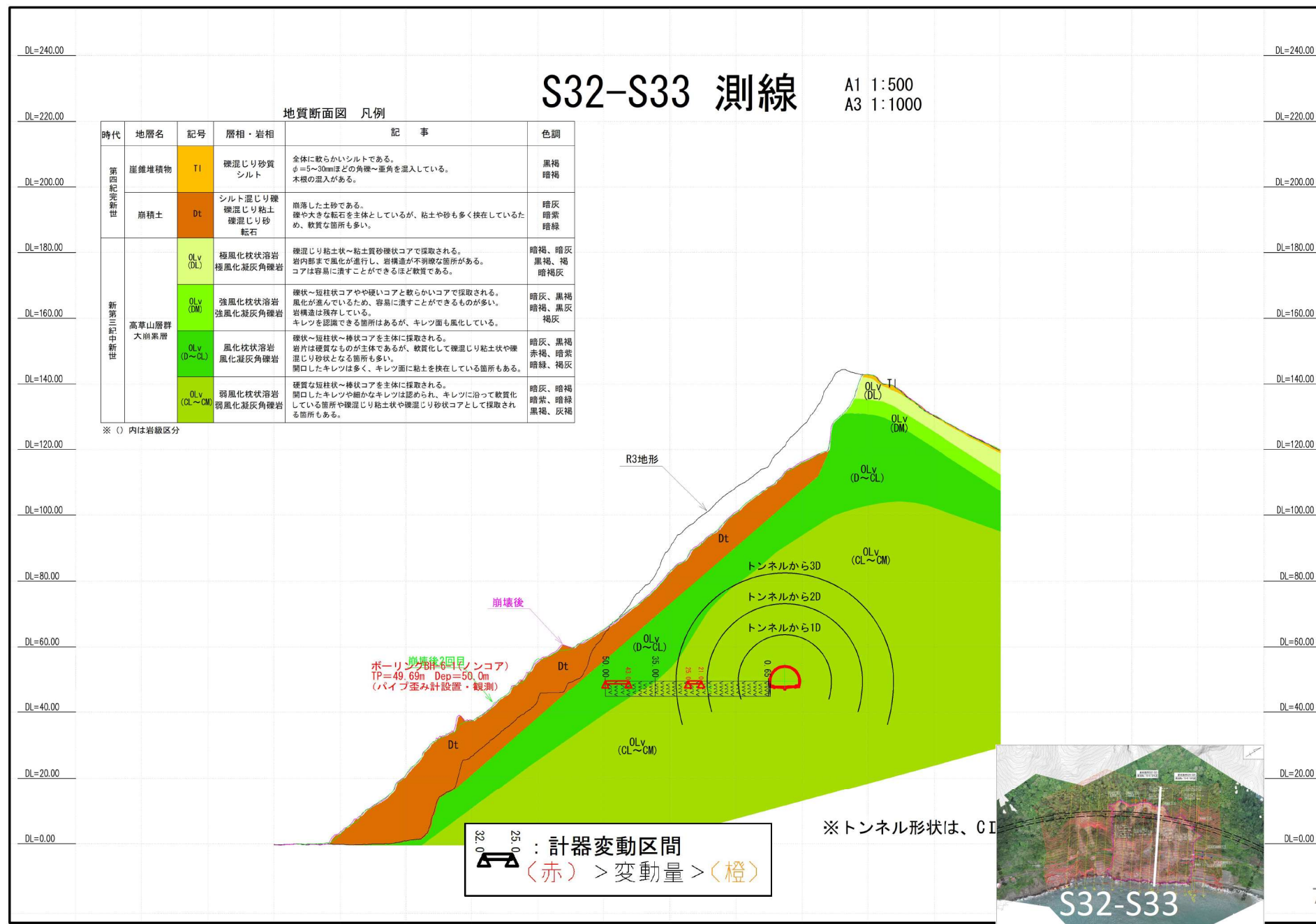
2. 観測の状況について_すべり面の検討_地すべりブロック主測線(H測線)

- 崩積土下面付近で極軽微な変動が確認される。ルーズな崩積土の変位の可能性あり。
- 風化岩下面付近で軽微な変動が確認され、ボーリングコア脆弱部を結んだすべり面を設定



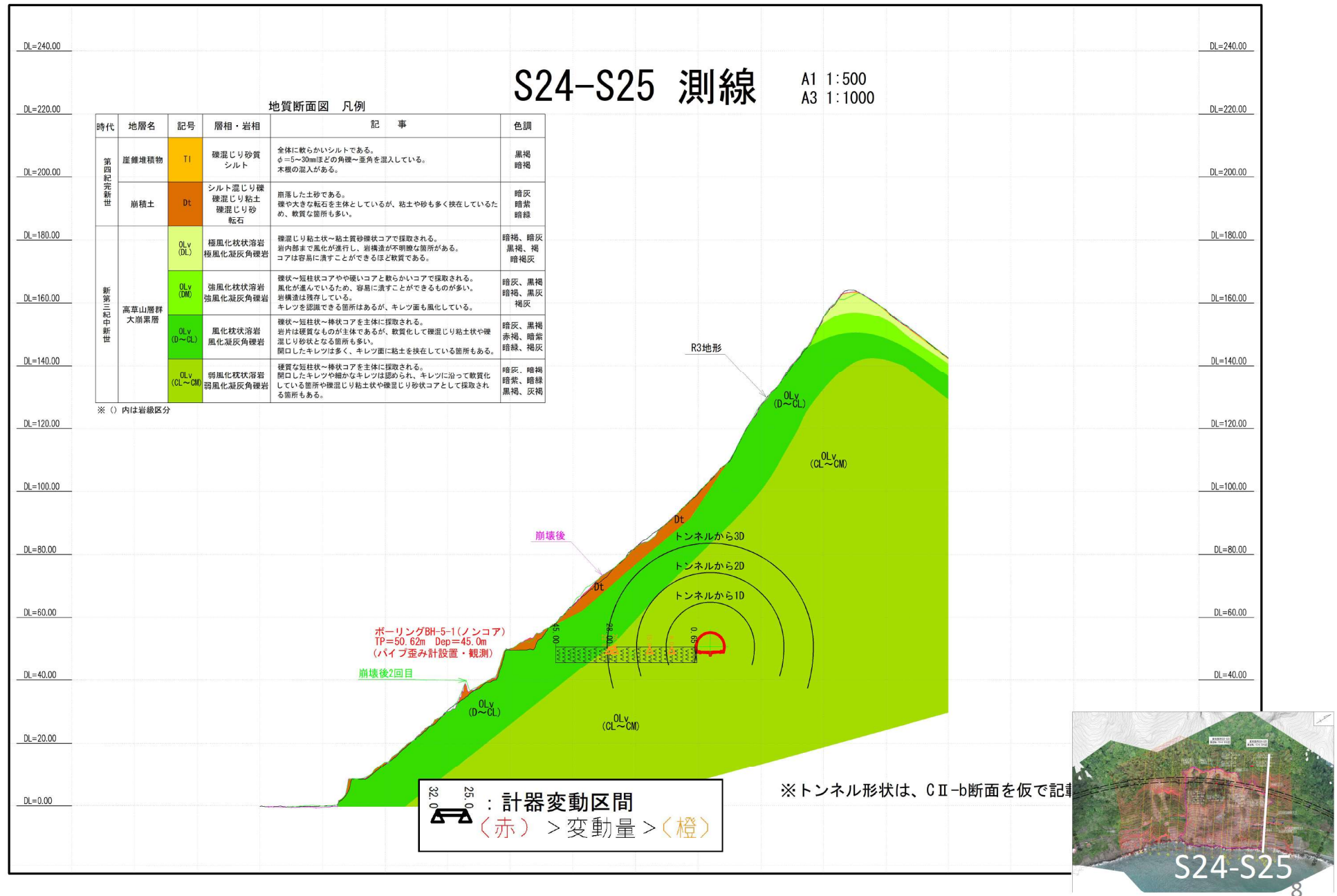
2. 観測の状況について_すべり面の検討_変状箇所①(S32-S33測線)

○深度21.0m～25.0m及び、深度43m以深に軽微な変位が確認された。



2. 観測の状況について_すべり面の検討_変状箇所②(S24-S25測線)

○極軽微な変位が確認されるものの、変位量が小さくすべり面としては判別不能
→斜面変動の初期状態の可能性もあり、今後も継続観測が必要

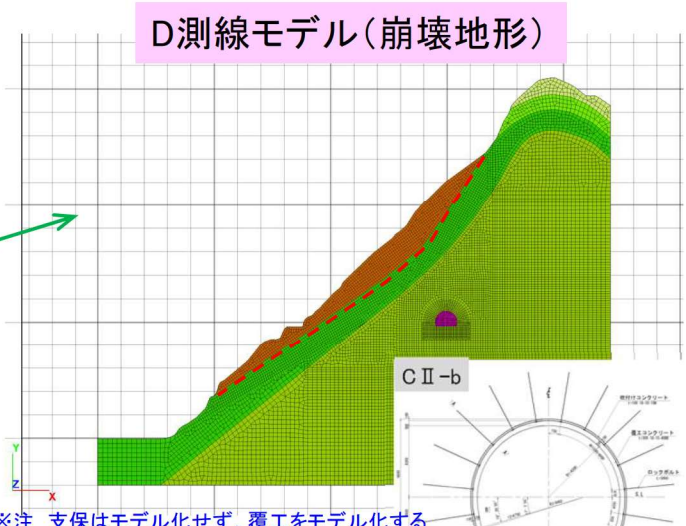
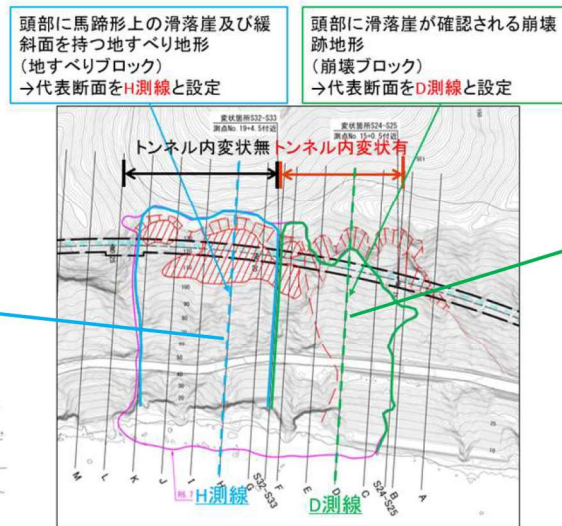
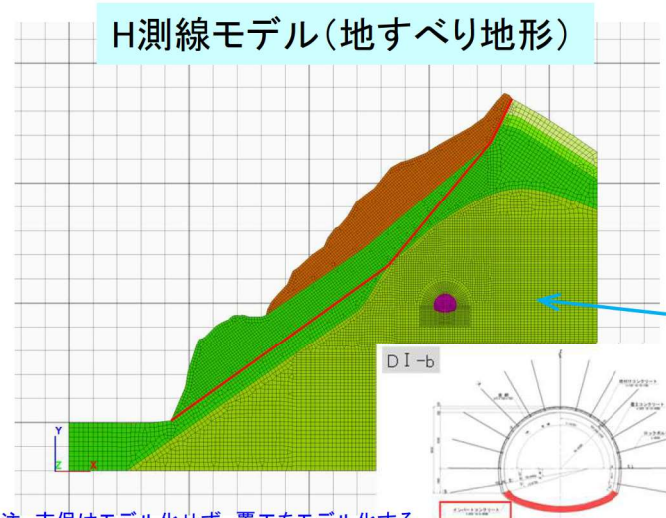
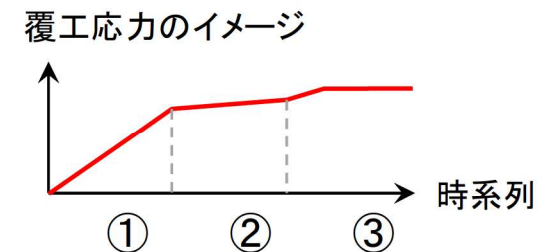
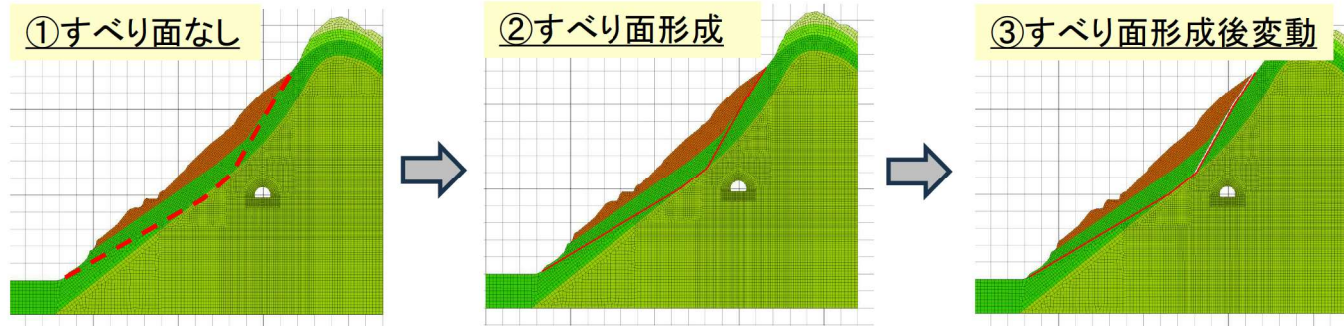


3. 推定のメカニズムについて_数値解析

- 中間報告では、斜面変動による応力がトンネルに伝播する可能性が示唆
- 弾塑性モデルを用いた時系列的な解析検討を実施し、トンネル覆工に生じた変状との関係性を明らかにする
- 地すべりと崩壊が生じた各ブロックの代表断面でそれぞれ解析し、トンネル変状箇所との関係性を明らかにする
- 支保パターンを考慮したケースも実施し、違いを確認する

時系列を考慮した解析検討

⇒地山モデルや明確なすべり面(ジョイント=インターフェース)の有無の検討を行い、すべり面形成前の状態から形成後までの状態を一連の解析として実施することで、時系列を考慮する。



※注 支保はモデル化せず、覆工をモデル化する

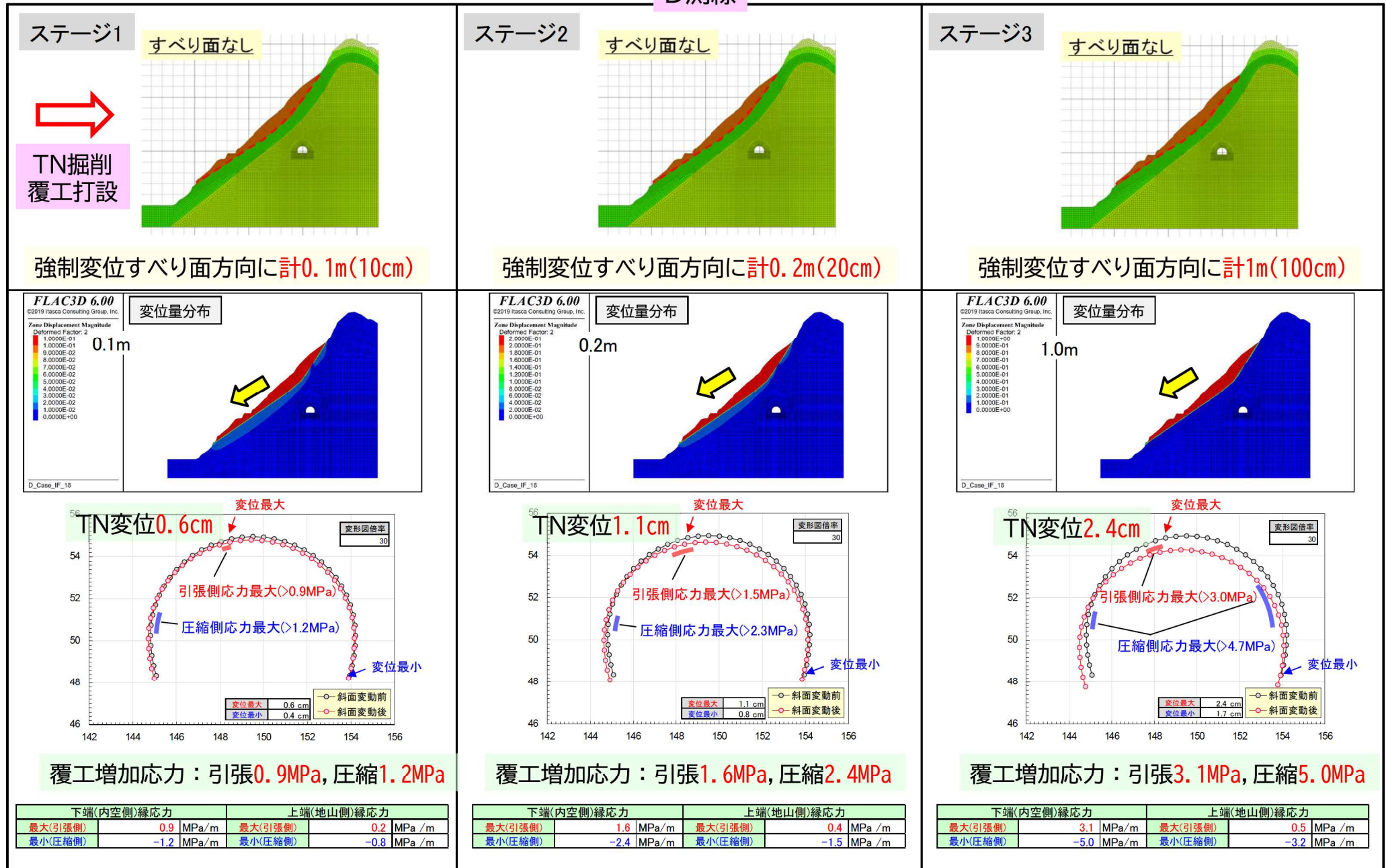
※注 支保はモデル化せず、覆工をモデル化する

3. 推定のメカニズムについて_崩壊ブロック主測線(D測線)数値解析

時系列を考慮した解析検討

⇒すべり面形成前の状態から形成後までの状態を一連の解析として実施することで、時系列を考慮

D測線



3. 推定のメカニズムについて_崩壊ブロック主測線(D測線)数値解析

時系列を考慮した解析検討

⇒すべり面形成前の状態から形成後までの状態を一連の解析として実施することで、時系列を考慮

D測線

ステージ4

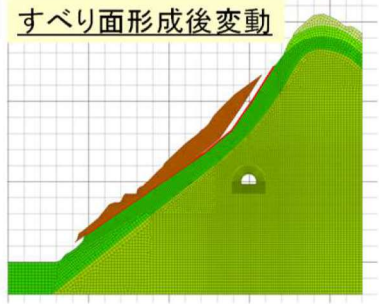
すべり面形成



強制変位すべり面方向に計2m(200cm)

ステージ5

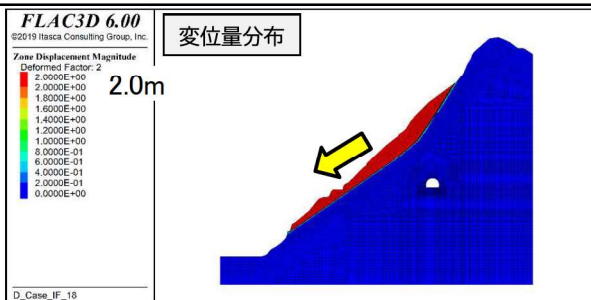
すべり面形成後変動



強制変位すべり面方向に計10m(1000cm)

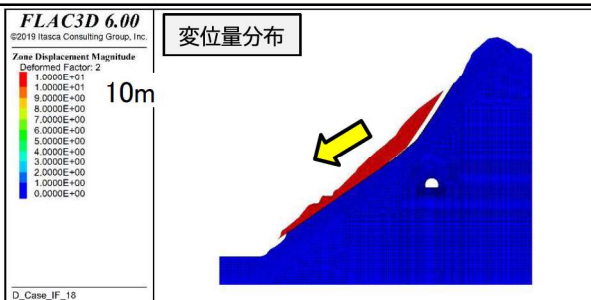
FLAC3D 6.00

変位量分布

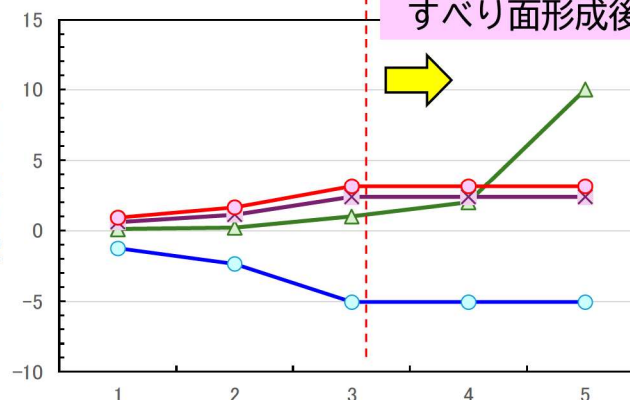


FLAC3D 6.00

変位量分布



変位 m,cm
縁応力 MPa



すべり面形成後

▲ 斜面変位 (m)
 × TN変位 (cm)
 ● 縁応力最大 (引張側) (MPa)
 ○ 縁応力最小 (圧縮側) (MPa)

曲げモーメント

Shell Mx Resultant

Deformed Factor: 2

Surface-X = (1,0,0)

3.0356E+01

3.0000E+04

2.5000E+04

2.0000E+04

1.5000E+04

1.0000E+04

5.0000E+03

0.0000E+00

-5.0000E+03

-1.0000E+04

-1.5000E+04

-2.0000E+04

-2.5000E+04

-3.0000E+04

-3.4491E+04

N・m

D_Case_IF_18

軸力

Shell Nx Resultant

Deformed Factor: 2

Surface-X = (1,0,0)

4.4583E+05

4.0000E+05

3.0000E+05

2.0000E+05

1.0000E+05

0.0000E+00

-1.0000E+05

-2.0000E+05

-3.0000E+05

-4.0000E+05

-5.0000E+05

-6.0000E+05

-7.0000E+05

-8.0000E+05

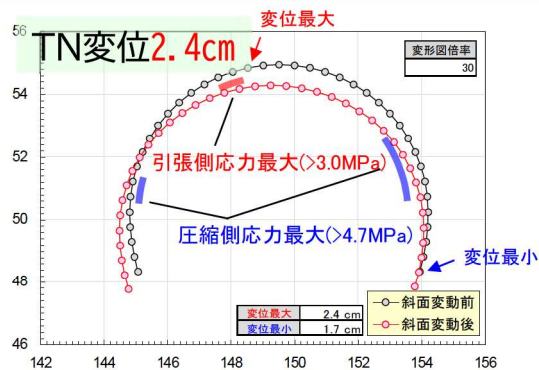
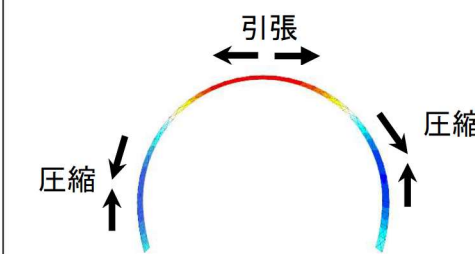
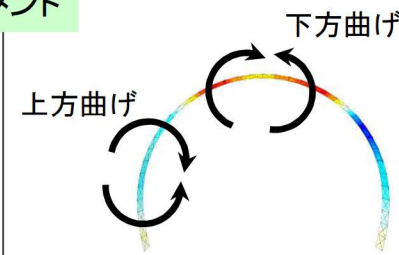
-9.0000E+05

-1.0000E+06

-1.1076E+06

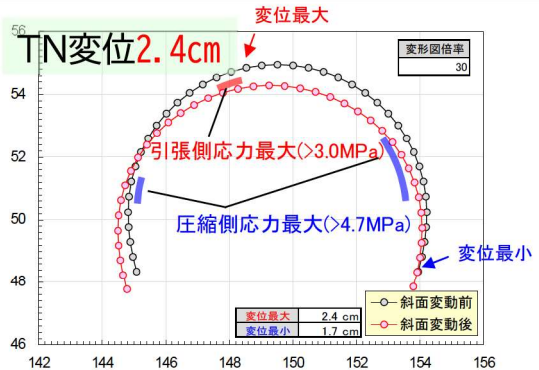
N

D_Case_IF_18



覆工増加応力：引張3.1MPa, 圧縮5.0MPa

下端(内空側)縁応力		上端(地山側)縁応力	
最大(引張側)	3.1 MPa/m	最大(引張側)	0.5 MPa / m
最小(圧縮側)	-5.0 MPa/m	最小(圧縮側)	-3.2 MPa / m



覆工増加応力：引張3.1MPa, 圧縮5.0MPa

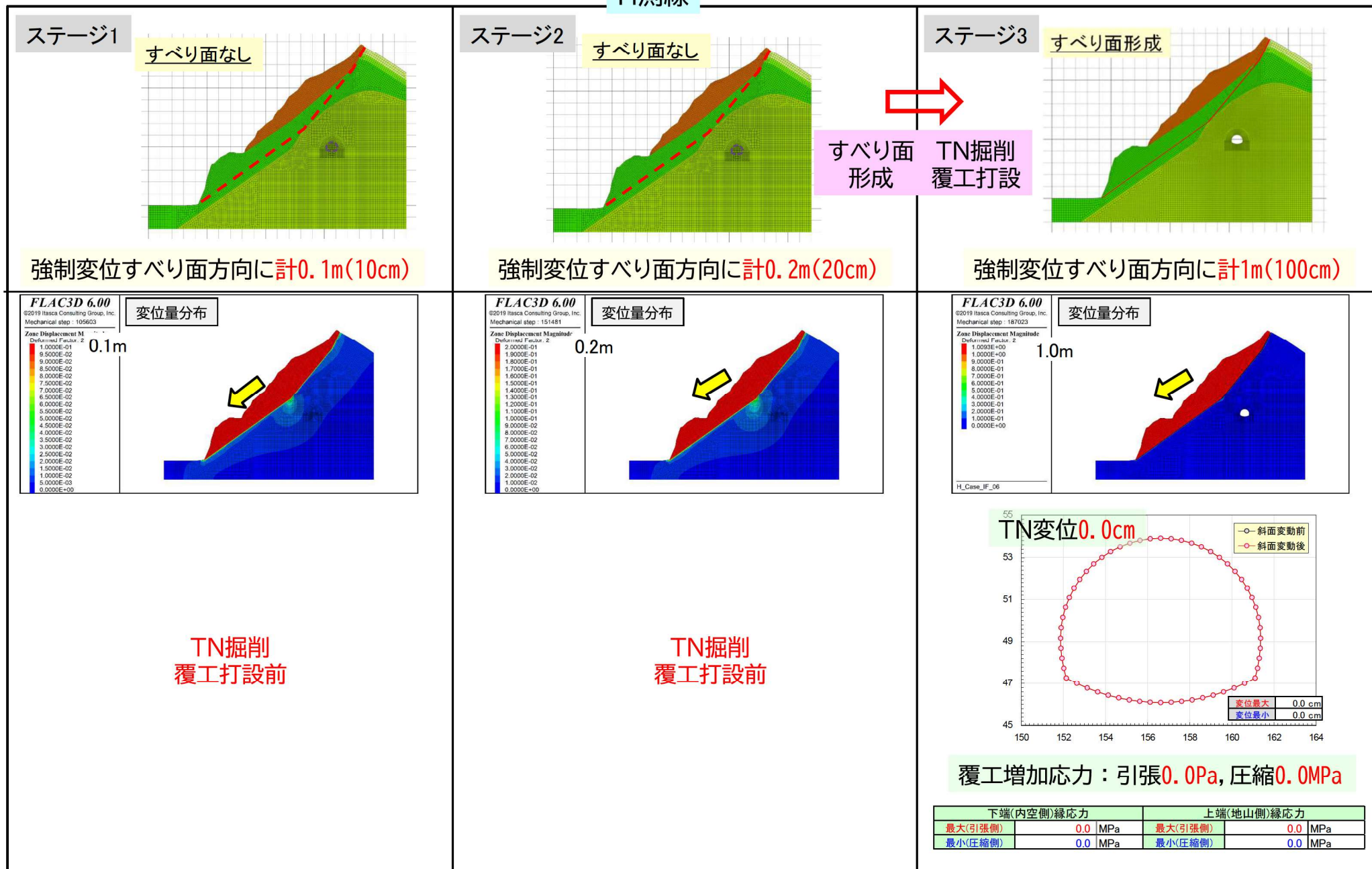
下端(内空側)縁応力		上端(地山側)縁応力	
最大(引張側)	3.1 MPa/m	最大(引張側)	0.5 MPa / m
最小(圧縮側)	-5.0 MPa/m	最小(圧縮側)	-3.2 MPa / m

3. 推定のメカニズムについて_地すべりブロック主測線(H測線)数値解析

時系列を考慮した解析検討

⇒すべり面形成前の状態から形成後までの状態を一連の解析として実施することで、時系列を考慮

H測線



3. 推定のメカニズムについて_地すべりブロック主測線(H測線)数値解析

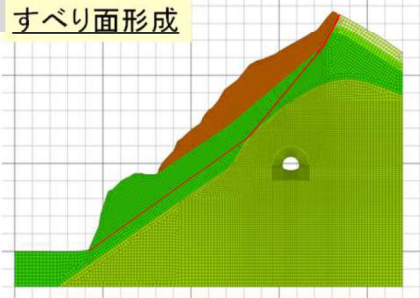
時系列を考慮した解析検討

⇒すべり面形成前の状態から形成後までの状態を一連の解析として実施することで、時系列を考慮

H測線

ステージ4

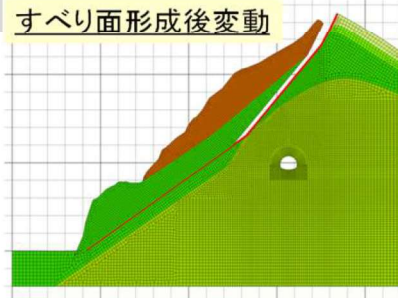
すべり面形成



強制変位すべり面方向に計2m(200cm)

ステージ5

すべり面形成後変動

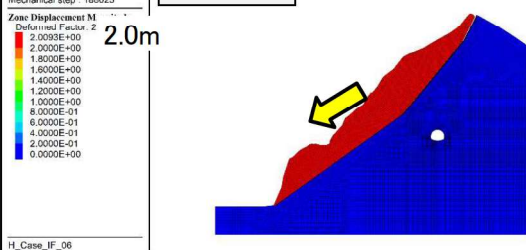


強制変位すべり面方向に計10m(1000cm)

変位 m,cm
縁応力 MPa

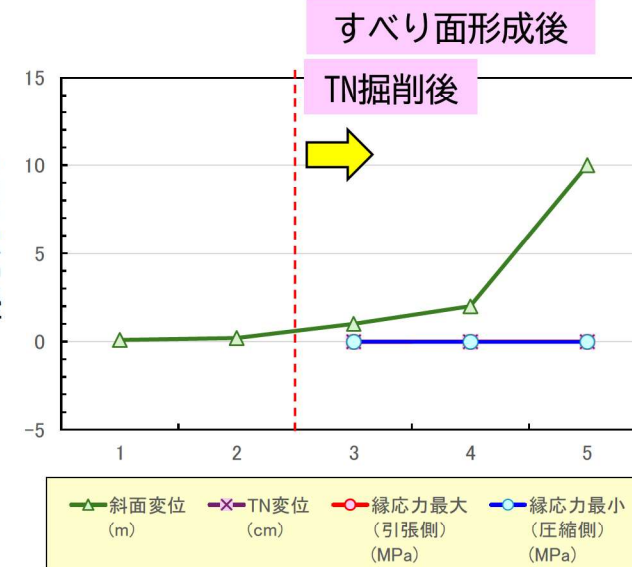
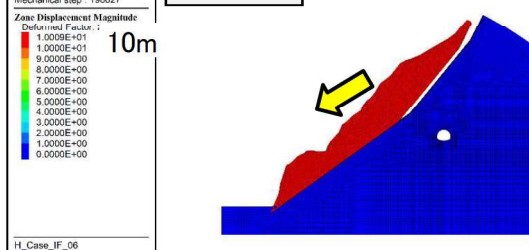
FLAC3D 6.00
©2019 Itasca Consulting Group, Inc.
Mechanical step : 186025

変位量分布



FLAC3D 6.00
©2019 Itasca Consulting Group, Inc.
Mechanical step : 196027

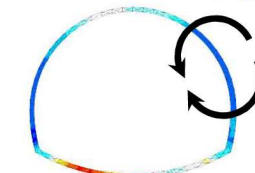
変位量分布



曲げモーメント

Shell Mx Resultant
Deformed Factor: 2
Surface-X = (1,0,0)
N・m

上方曲げ

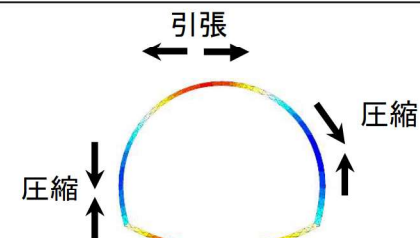


注：1N・m未満

H_Case_IF_06

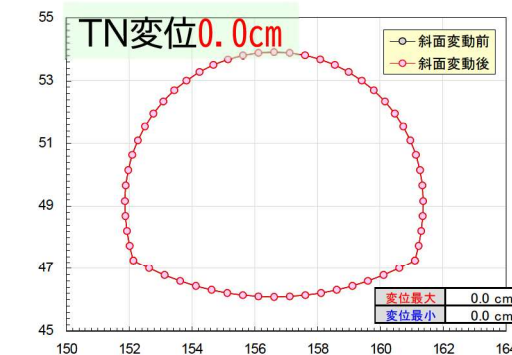
軸力

6.00
©2019 Itasca Consulting Group, Inc.
Mechanical step : 196027
Shell Nx Resultant
Deformed Factor: 2
Surface-X = (1,0,0)
N



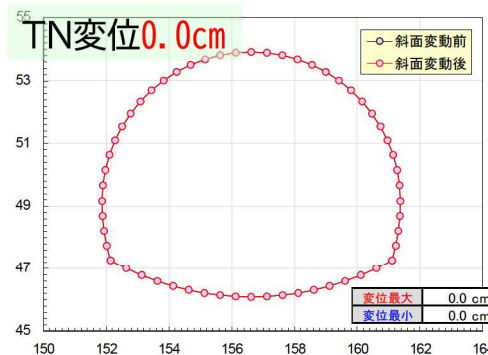
注：3N未満

H_Case_IF_06



覆工増加応力：引張0.0MPa, 圧縮0.0MPa

下端(内空側)縁応力		上端(地山側)縁応力	
最大(引張側)	0.0 MPa	最大(引張側)	0.0 MPa
最小(圧縮側)	0.0 MPa	最小(圧縮側)	0.0 MPa



覆工増加応力：引張0.0MPa, 圧縮0.0MPa

下端(内空側)縁応力		上端(地山側)縁応力	
最大(引張側)	0.0 MPa	最大(引張側)	0.0 MPa
最小(圧縮側)	0.0 MPa	最小(圧縮側)	0.0 MPa

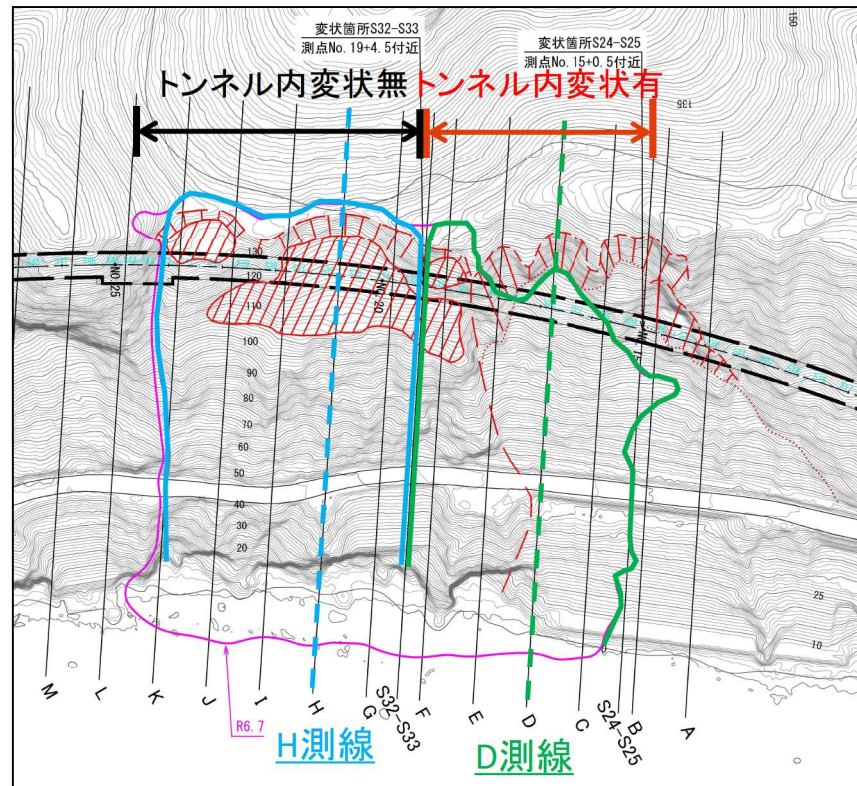
3. 推定のメカニズムについて_数値解析結果

○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。

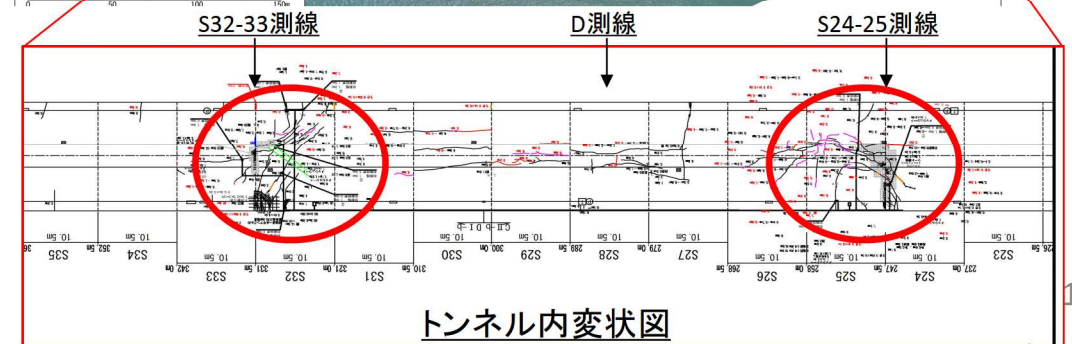
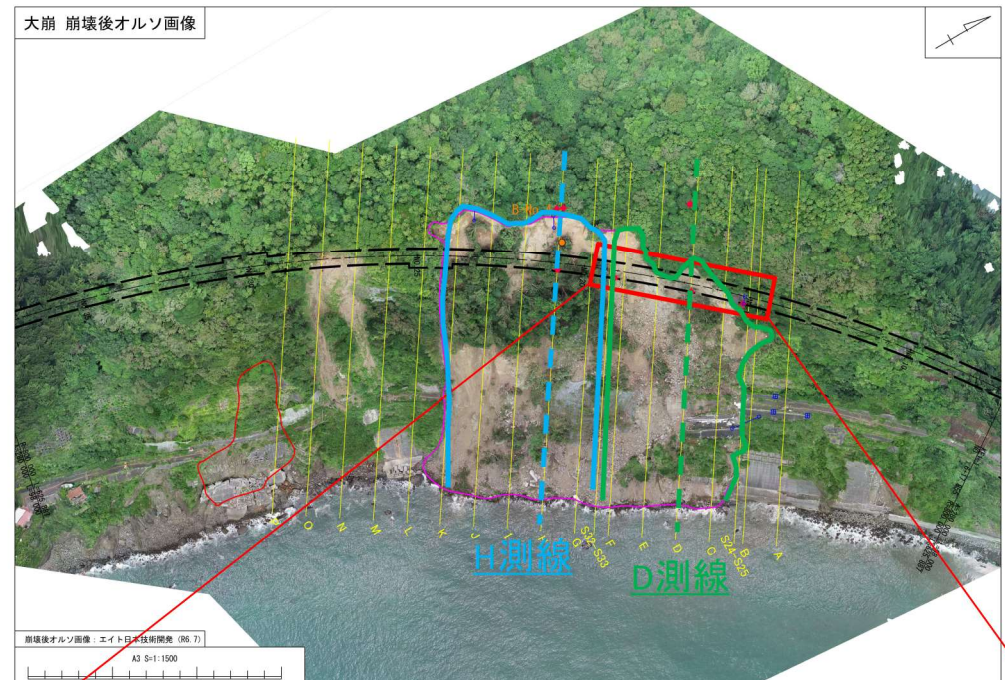
○D測線【崩壊ブロック】では、崩壊発生時の影響（応力伝搬）がトンネルに伝わりやすかった。

→ 【崩壊ブロック】が推定される区間でトンネルに亀裂変状が多く発生した。

○ただし、すべり面形成後の今後はH測線【地すべりブロック】、D測線【崩壊ブロック】共にトンネルへの影響は小さいものと推定される。



凡 例	
	地すべりブロック
	緩斜面
	崖錐地
	旧滑落崖

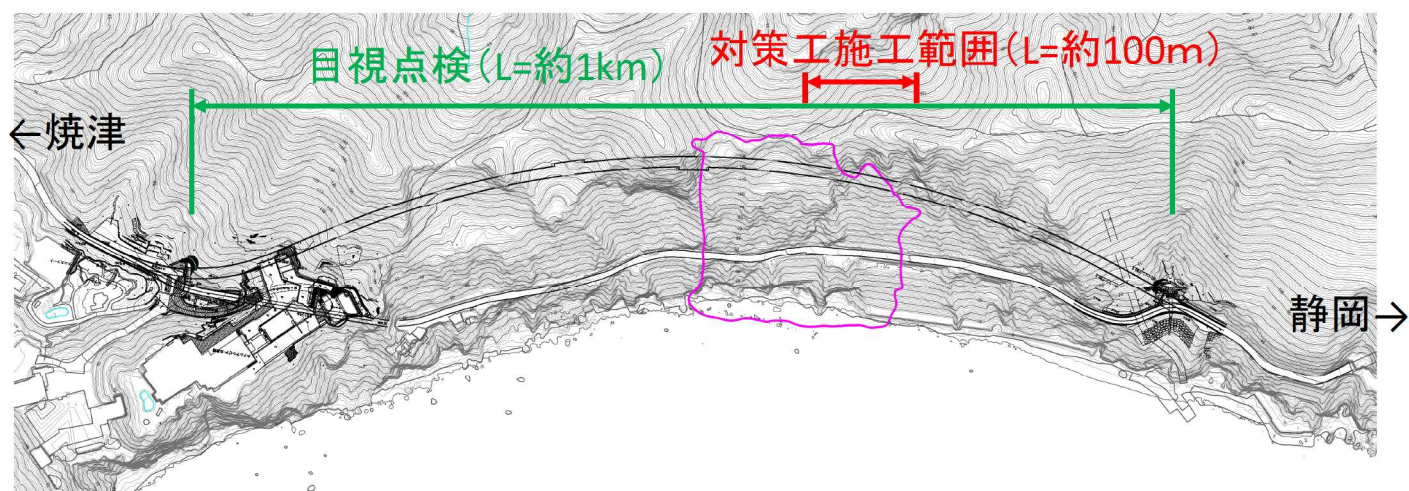


トンネル内変状図

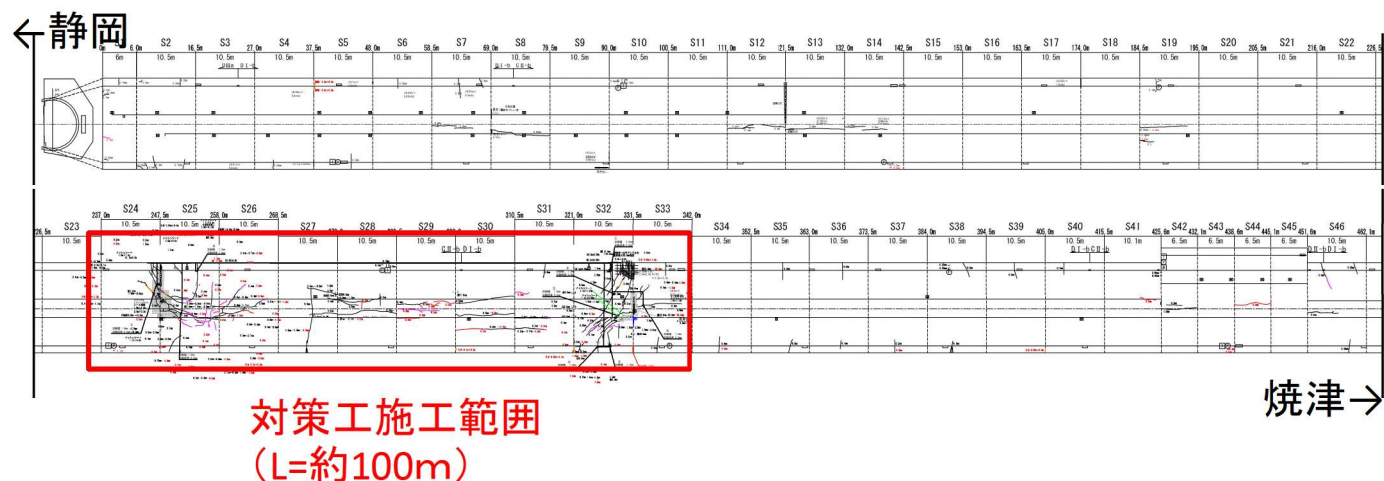
4.交通開放に向けた対策の検討状況について

- 数値解析により、崩壊発生箇所においては今後の斜面変動による応力がトンネルに伝播しないことが確認された
- トンネル変状箇所は応力変化がないと推定されることから、機能回復を目的とした復旧工法を検討する
- 今回崩壊斜面においてより深部での崩壊発生、あるいは隣接斜面での新規崩壊発生も否定できないため、トンネル変状発生を監視するために、トンネル全線で定期的な目視点検を継続する。

トンネル全線において、目視点検を実施
⇒変状発生時には即時通行止めを検討

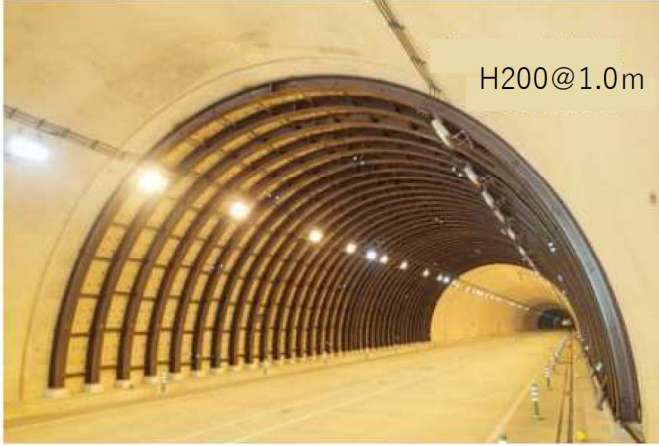


トンネル内においては、変状箇所にて対策を実施するとともに、継続的な監視を実施
⇒再度の変状発生時に即時通行止めを検討



4.交通開放に向けた対策の検討状況について_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
	 H200@1.0m ・斜面崩壊に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.交通開放に向けた対策の検討状況について_トンネル内

○対策工実施区間におけるの観測の目的と設置機器について以下に示す。

- ・亀裂変位計による観測

目的：斜面変動や降雨等の外力によるトンネルへの影響を、覆工コンクリートのクラック幅の変位として計測し、斜面崩壊などの異常を早期に把握する

設置箇所：継続9箇所

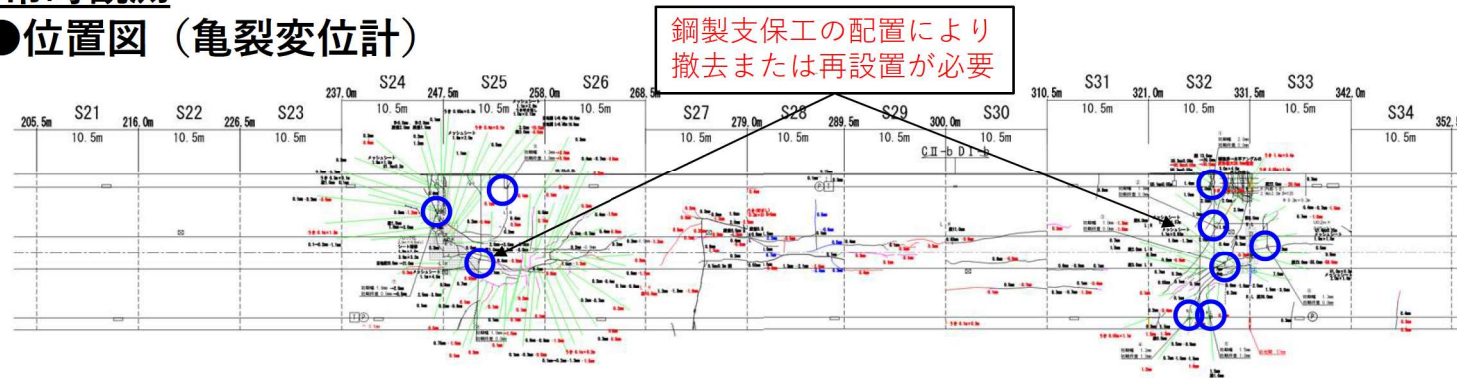
- ・鋼アーチ支保工の応力測定（ひずみゲージによる観測）

目的：覆工から伝達する外力の影響を鋼アーチ支保工のひずみ量を計測し、鋼製支保工の安全性を確認する

設置箇所：新規3箇所/基×2基（応急対策工の鋼アーチ支保工への発生応力の監視）

①常時観測

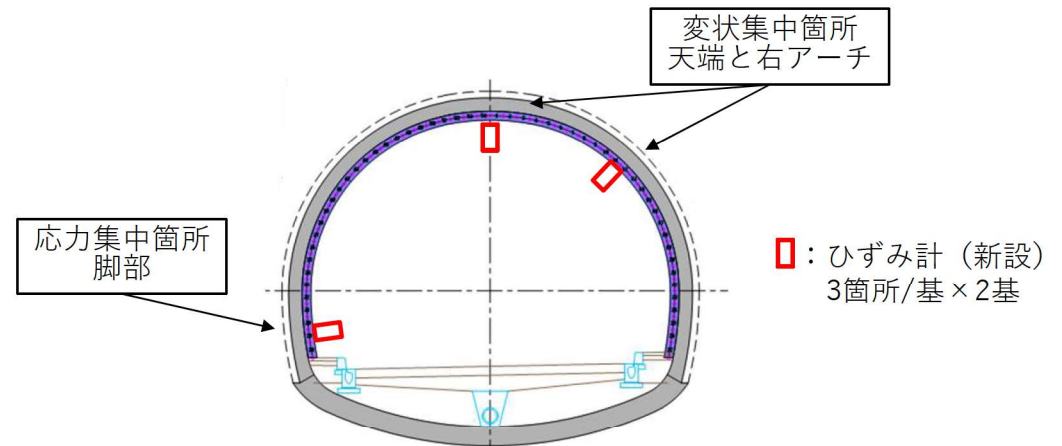
●位置図（亀裂変位計）



○：亀裂変位計（設置済）_9箇所

●設置位置（鋼アーチ支保工のひずみ計）

対象スパンは変状が集中しているS25とS32を対象とし、3箇所/基とする。



4.交通開放に向けた対策の検討状況について_監視、通行止め基準等の検討

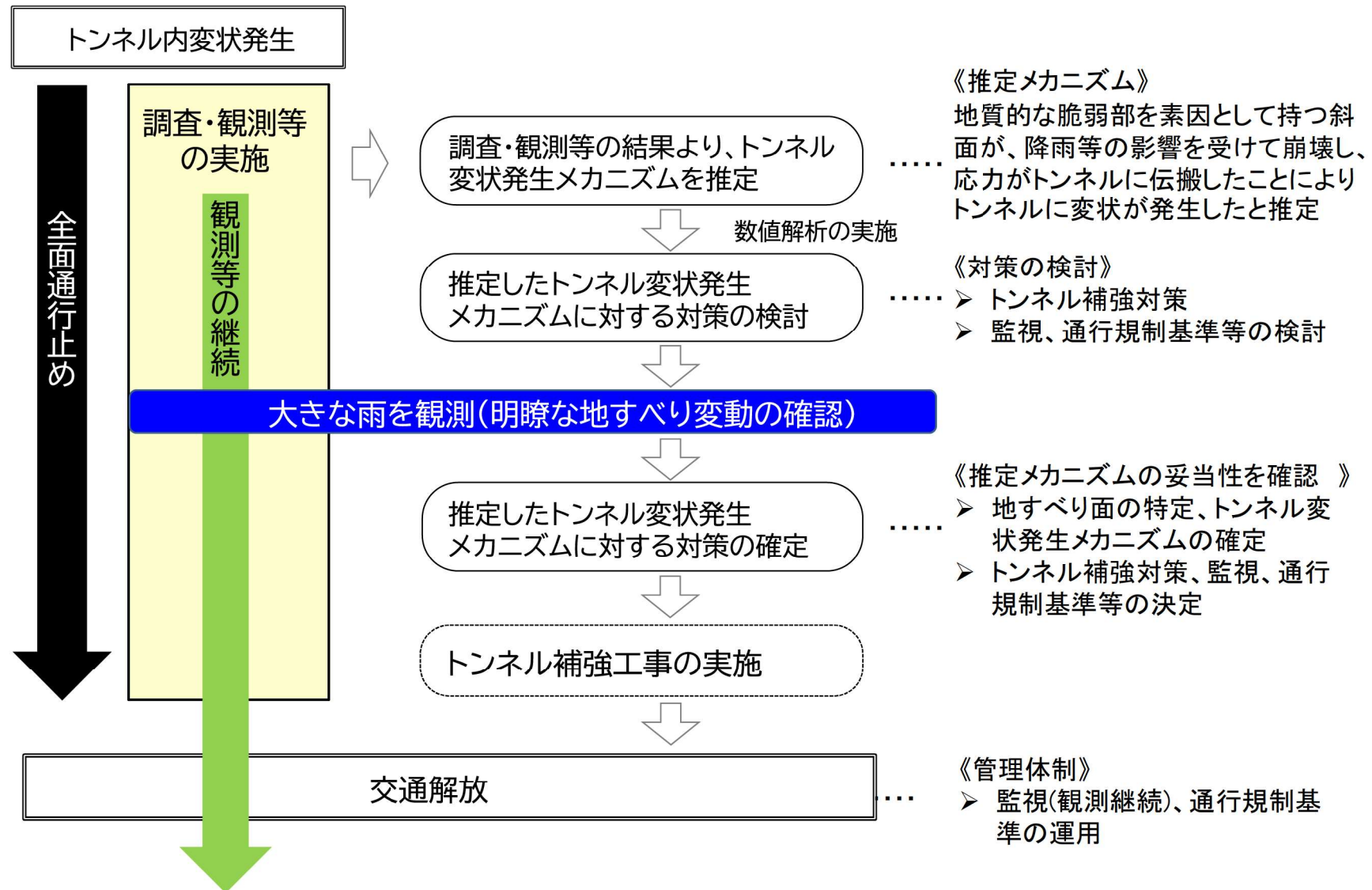
- 交通開放にあたり、監視項目と通行止め基準を設定する。
- 通行止め基準値の超過が確認された場合、臨時点検を実施する。

■ 交通開放時の監視計画（案）

監視対象	項目	計測箇所	通行止め基準値	備考
気象条件	降雨量	浜当目雨量計	20mm/時間 連続雨量100mm	実績値より設定
	地震時	焼津、駿河区	震度4以上	一般値
トンネル外	孔内傾斜計	斜面上部2箇所	—	1回/月程度の観測であるため、参考値とする
	坑内水位	斜面上部2箇所	—	地下水位と斜面変動の関係が不明
	伸縮計	斜面3箇所	2mm/時間以上を2時間連続 4mm/時間以上	一般値
	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	2×10^{-3} strain/日	一般値
	内空変位計	9断面	—	基準がないため、参考値とする
	亀裂変位計	坑内9箇所	0.04mm/時間、0.13mm/日	実績値より設定
	支保工ひずみ計	2断面	短期許容応力度を超過 (SS400の場合： $\sigma_s=210\text{N/mm}^2$)	S24～S25/S32～S33で各1断面
全般	時系列干渉SAR	大崩海岸	—	概略調査であるため、参考値とする
	目視点検	3回/月	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	1回/年		
	総合判断	変状、異常発生時	気象、観測結果、現地確認結果を総合的に判断する	

4.交通開放に向けた対策の検討状況について_ロードマップ

- 第3回検討会后、現在までまとまった降雨がなく、明瞭な地すべり変動が確認できていない
- 台風シーズンの降雨を待ちつつ、メカニズムの解明手法や工法検討を進めていく

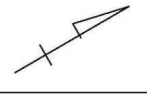


別紙 観測箇所図

大崩 崩壊後オルソ画像

変状箇所S32-33

変状箇所S24-25



伸縮計:S-5
(地表面)

伸縮計:S-4
(地表面)

BV-2-1(鉛直)
(孔内傾斜計)
(地下水位計)

伸縮計:S-3
(トンネル内)

BV-1-1(鉛直)
(孔内傾斜計)
(地下水位計)

BH-4-1(水平)
(パイプひずみ計)
BS-4-2(斜め)
(パイプひずみ計)

BH-3-1(水平)
(パイプひずみ計)
BS-3-2(斜め)
(パイプひずみ計)

トンネルひび割れ分布調査

伸縮計:S-2
(トンネル内)

BH-6-1(水平)
(ノンコア)
(パイプひずみ計)

BH-5-1(水平)
(ノンコア)
(パイプひずみ計)

傾斜計:K-3

傾斜計:K-2

傾斜計:K-1

伸縮計:S-1
(地表面)

至焼津市街地

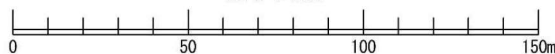
至静岡市

広域:時系列干渉SAR

空中電磁探査・点群データ差分解析・変動ベクトルAI

崩壊後オルソ画像:エイトロ★社提供/DAI

A3 S=1:1500



*B-No. 4は過年度調査箇所

《凡例》

- ボーリング調査
孔内傾斜計、パイプひずみ計観測
- 伸縮計、傾斜計観測