地すべり調査業務における地すべり移動方向の重要性

不二総合コンサルタント株式会社 静岡支店 設計部設計課
久田 智也

不二総合コンサルタント株式会社

1. 概要

1. 概要

1.1 業務概要

・浜松市浜名区都田町地内で発生した地すべり災害の復旧事業

・地表地質踏査を実施するも地すべり移動方向の推定が困難であった

・孔内傾斜計を用いた地すべり観測により、すべり面深度と地すべり移動方向を特定

・適切な抑止工(アンカー工)の配置が可能となった

1. 概要

1.2 災害概要

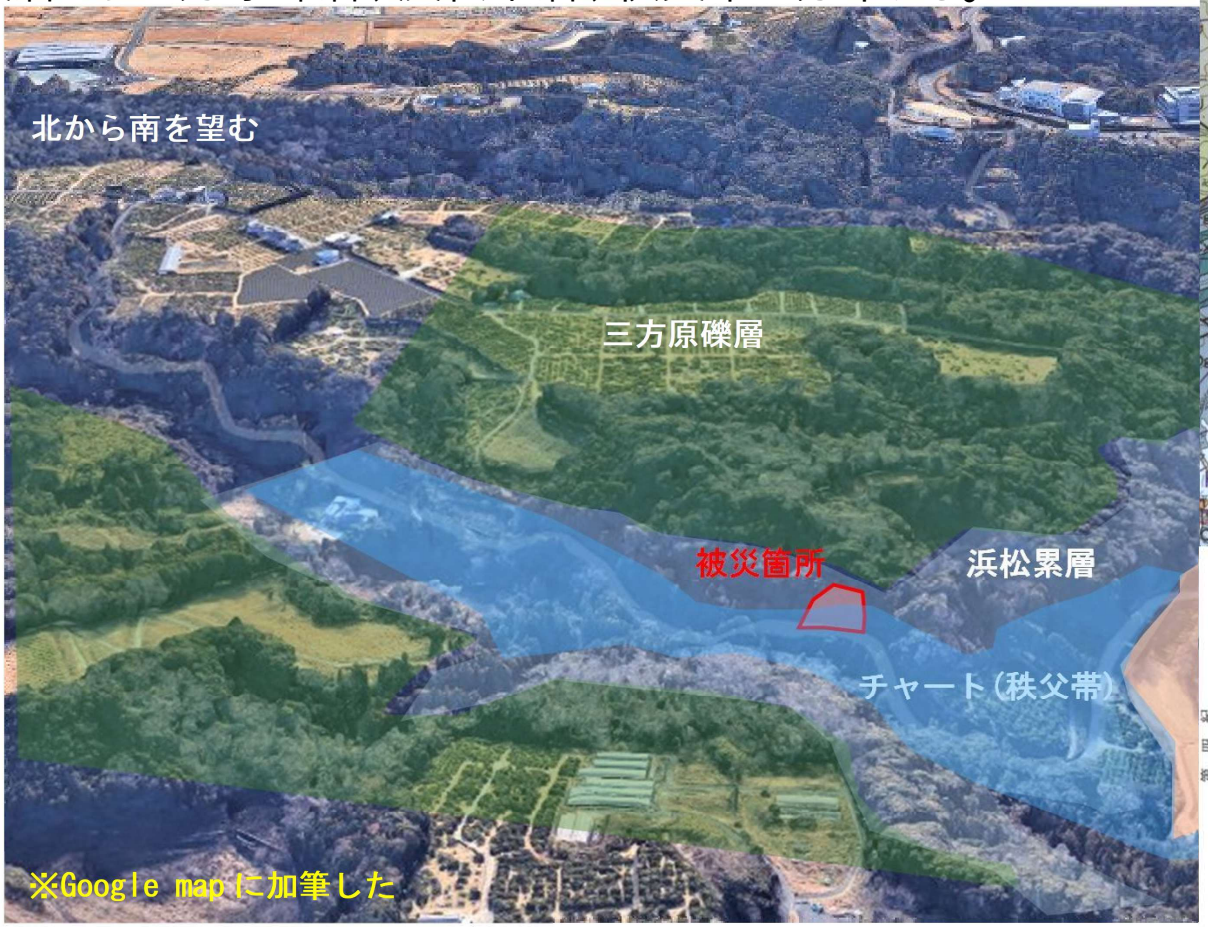


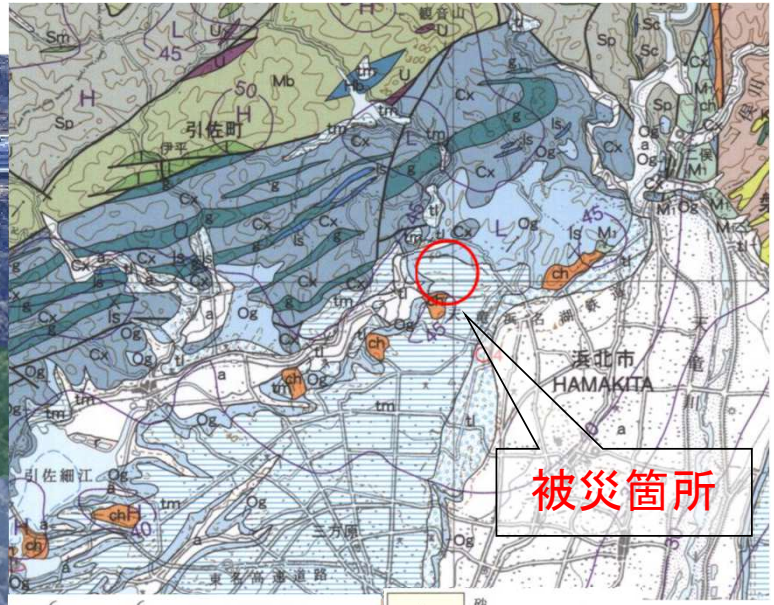
不二総合コンサルタント株式会社

1. 概要

1.3 地形地質概要

被災箇所周辺は台地であり、被災箇所は台地が河川侵食により傾斜35°程度のやや急峻な地形を呈す。
表層から三方原礫層、浜松累層、秩父帯が分布する。







不二総合コンサルタント株式会社

2. 被災状況

2. 被災状況

2.1 全景



頭部
滑落崖(H=1.6m)

東側部
開口亀裂(深さ0.6m)

西側部
表層崩壊

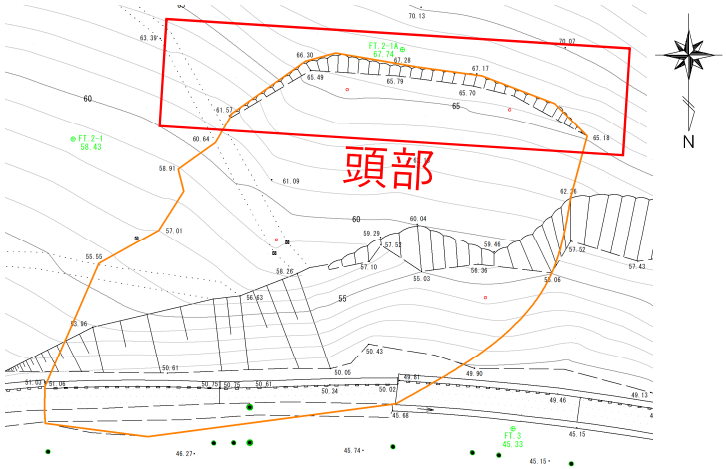
末端部
擁壁変状、舗装隆起

2. 被災状況　　2.2 頭部





▲半固結層の露出
◀滑落崖の様相



明確な滑落崖が延長30m程形成
滑落崖の高さは1.5m内外で茶灰色の土壌化した半固結層が露出
滑落崖は西側で段差が小さくなる

不二総合コンサルタント株式会社

2. 被災状況

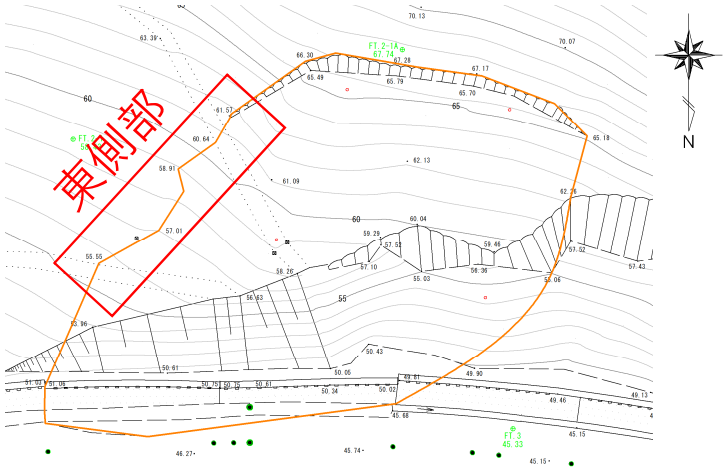
2.3 東側部







▲側方亀裂状況



明瞭な側方亀裂を確認

亀裂の延長は約12m、開口幅は5cm～10cm、深さ最大60cm

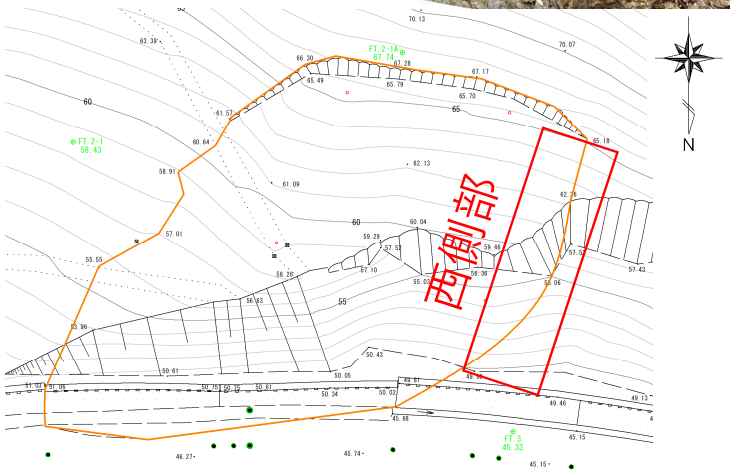
不二総合コンサルタント株式会社

2. 被災状況　　2.4 西側部





▲表層崩壊状況



表層崩壊の痕跡を確認

地すべり滑動と同時に表層崩壊が発生と推測(露出部の新鮮さ)

地すべりの押出しによる崩壊と推測

不二総合コンサルタント株式会社

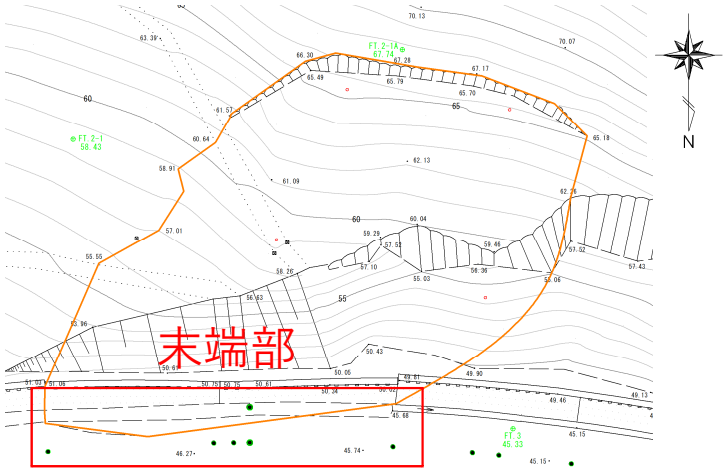
2. 被災状況

2.5 末端部









▲末端部変状状況

ブロック積擁壁

中央に孕み出しとそれに伴う亀裂を確認
端部は前倒れ(最大20cm)

舗装

受働破壊による舗装の隆起を確認(最大40cm)

不二総合コンサルタント株式会社

3. 調査体制

3. 調査体制

3.1 解析測線の設定

主測線の設定根拠

①斜面傾斜方向

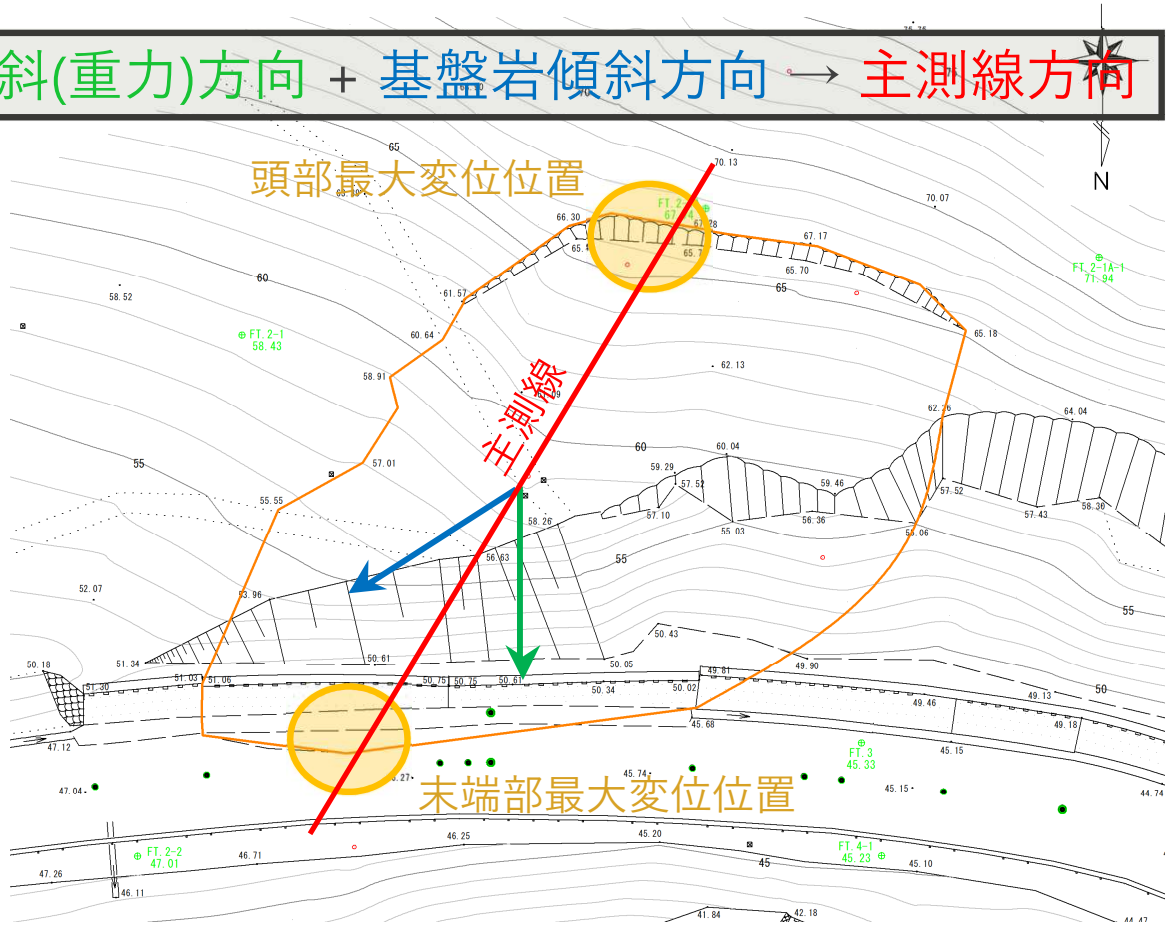
上方は北北東方向の傾斜で、
下方は北方向

②基盤岩の傾斜方向

基盤岩の砂岩は北東方向の傾斜



斜面傾斜(重力)方向 ＋ 基盤岩傾斜方向 ⟶ 主測線方向



設定した主測線方向は頭部と末端部の最大変位位置と一致

3. 調査体制

3.1 解析測線の設定

補助測線の設定根拠

西側は斜面崩壊に伴い下部の土塊を喪失

⇩

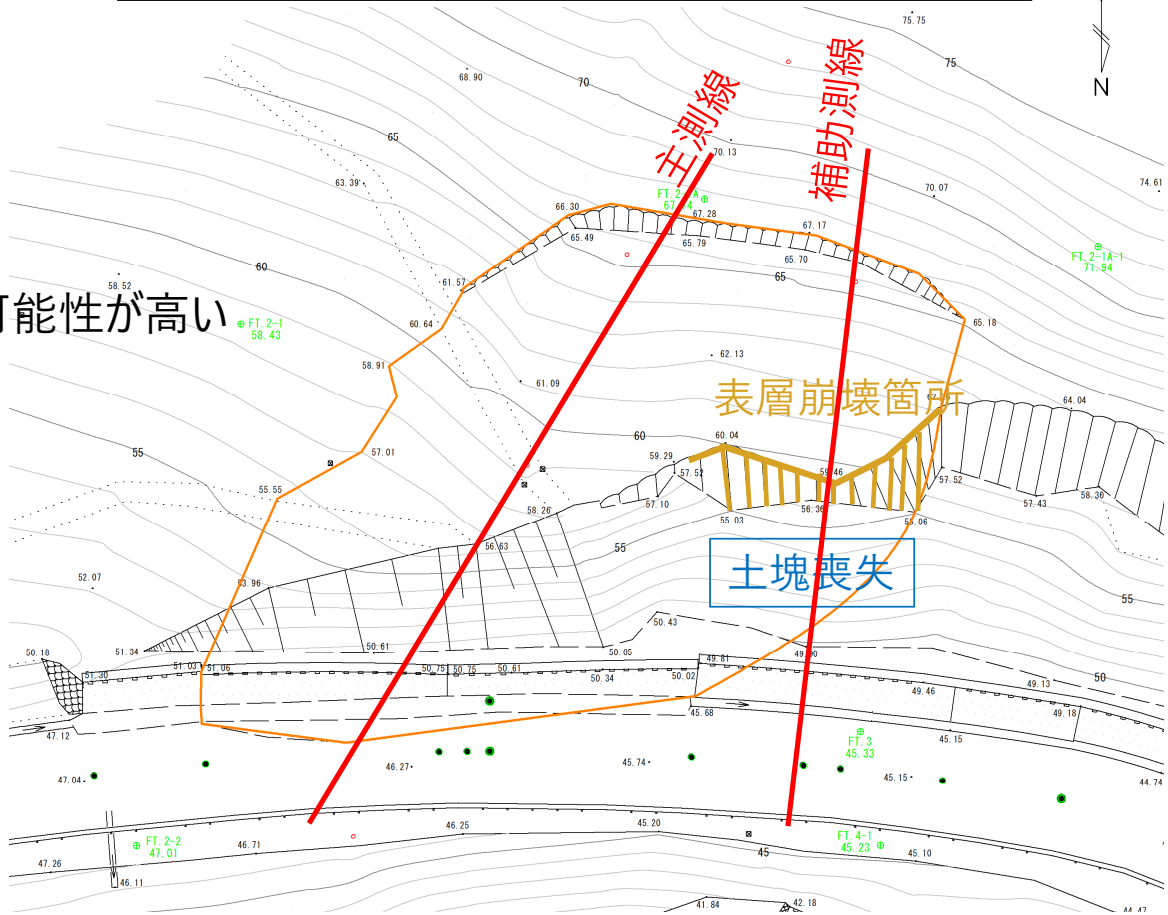
斜面傾斜(重力)方向の影響が顕著

⇩

主測線と異なり斜面傾斜方向に移動する可能性が高い

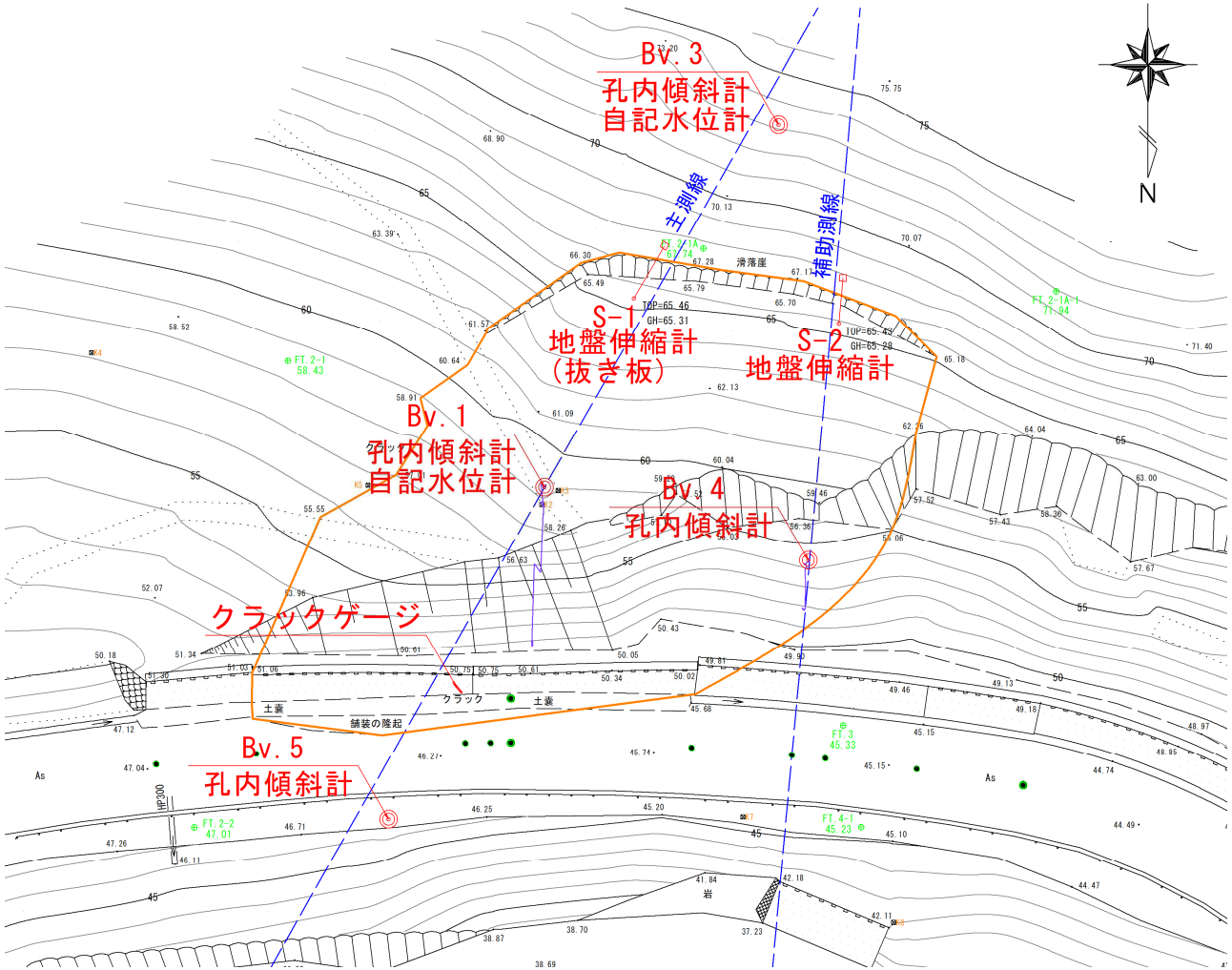


補助測線目的：解析における主測線の補完



3. 調査体制

3.2 観測機器の設置

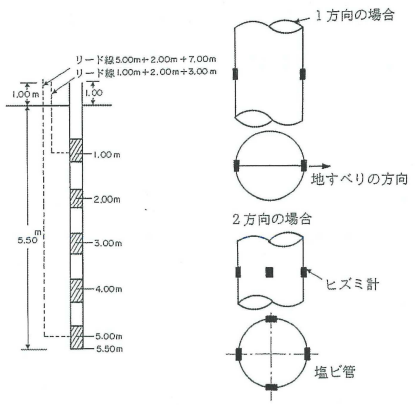
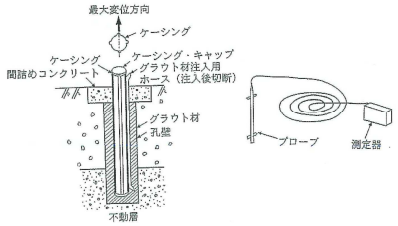


・オールコアボーリング 4本
　①L=15.00m(Bv.1)
　②L=15.00m(Bv.3)
　③L=15.00m(Bv.4)
　④L=10.00m(Bv.5)
・標準貫入試験 1本
　①N=15回(Bv.1)
・孔内傾斜計 4箇所
　①(Bv.1) ②(Bv.3)
　③(Bv.4) ④(Bv.5)
・水位計 2台
　①(Bv.1) ②(Bv.3)
・伸縮計 2台
　①S-1　②S-2
・クラックゲージ 1本
　①擁壁変状中央

不二総合コンサルタント株式会社

3. 調査体制

3.2 観測機器の設置

	パイプ歪計	孔内傾斜計
概略図		
データの連続性	リアルタイムで連続計測可能	連続観測は不可
すべり面把握	すべり面が複数ある場合も観測可能	変形が大きい場合は下層の観測不可
運動方向把握	1方向の場合は運動方向は把握不可	2方向から運動方向を把握できる
移動量把握	不可	定量的に把握可能
耐用年数	短い	長い

4. 調査結果

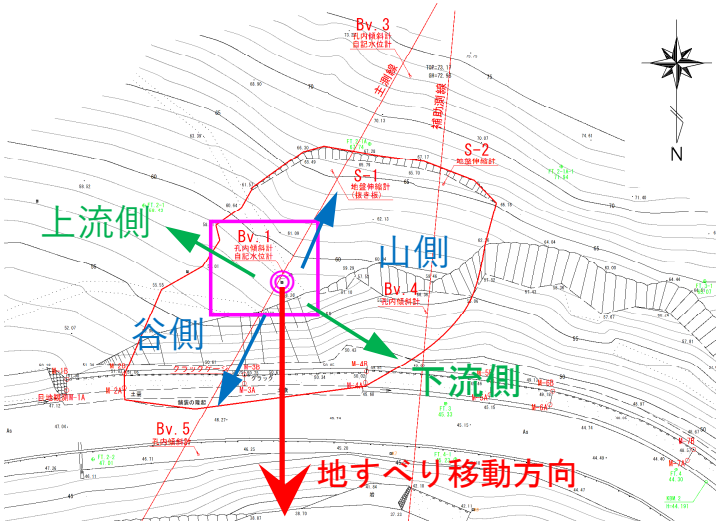
4. 調査結果

4.1 Bv.1調査結果

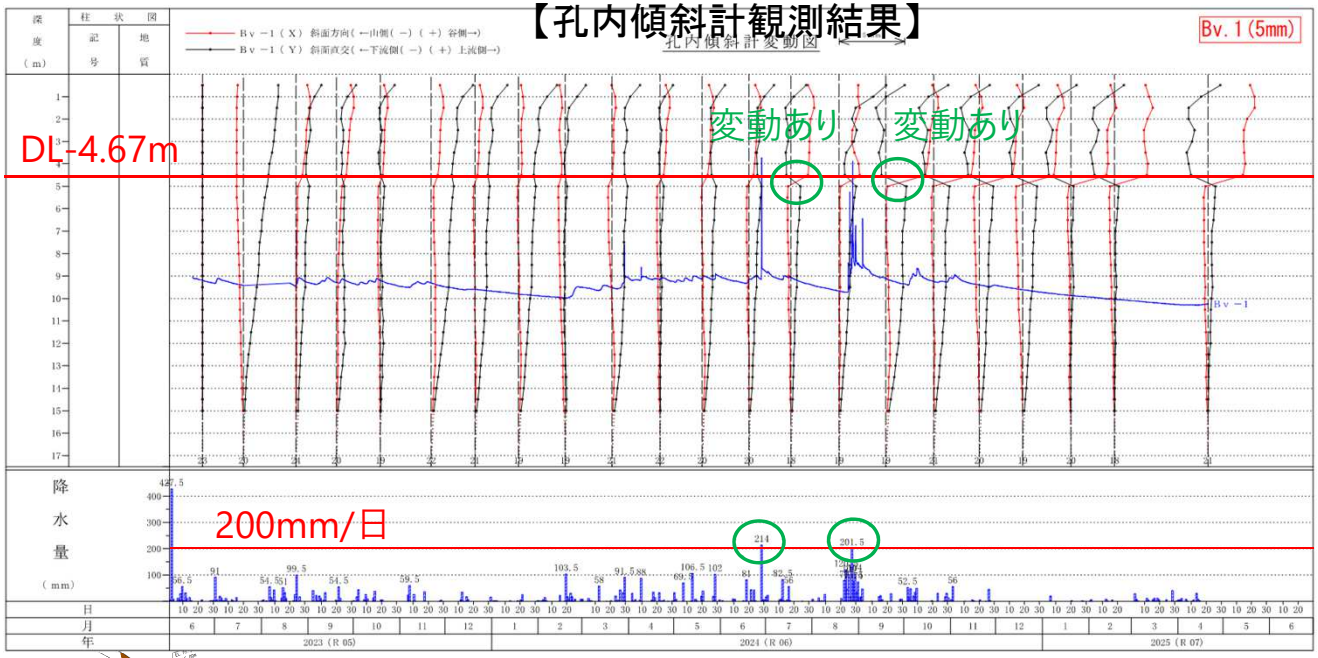
200mm/日程度の降雨後に
微小な地すべり滑動を確認

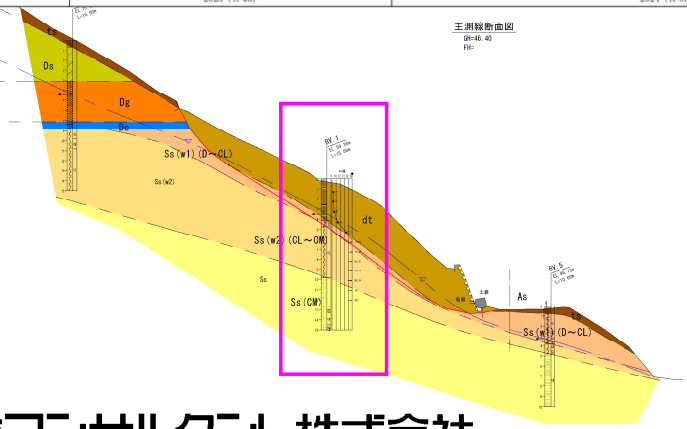
すべり面深度はDL-4.67m

地すべり移動方向は北方向



【孔内傾斜計観測結果】



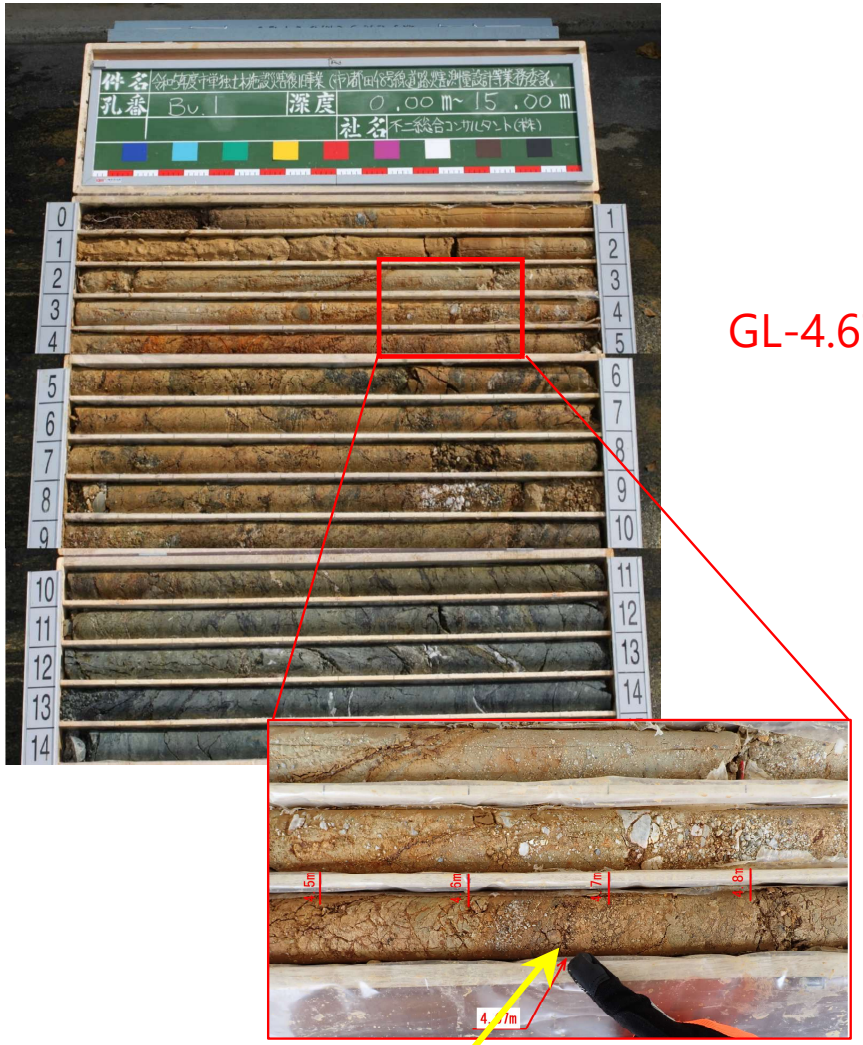


地質凡例

地層名		記号	層　相
表層土		t	細礫混じりシルト。
崩積土		dt	十砂化した移動土塊。所々に礫を伴う。
鴨江層	砂層	Ds	砂層。わずかに礫を混入する。乱れはみられない。
	礫層	Dg	φ2~25cmの円礫を多量に混入し、半固結する。乱れはみられない。
	シルト層	Dc	やや固結したシルト。下部ではわずかに凹ますことができる。
秩父帯	強風化砂岩	Ss(w1)	岩芯まで褐色に変色し、軟質化する砂岩。
	風化砂岩	Ss(w1)	褐色変色するが、岩芯は硬さが残る砂岩。
	砂岩	Ss	新鮮色を示し、岩片は非常に硬質な砂岩。

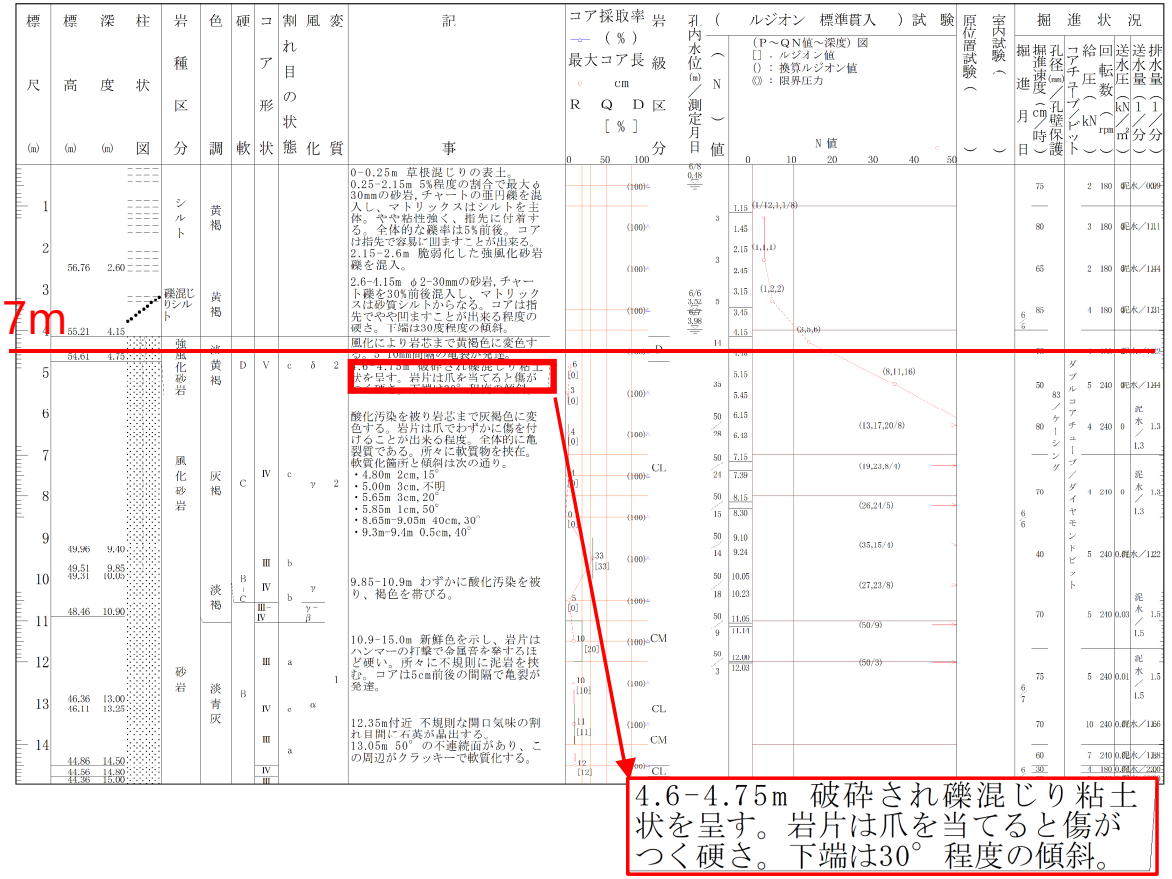
4. 調査結果

4.1 Bv.1調査結果



すべり面GL-4.67m

GL-4.67m



4.6-4.75m 破砕され礫混じり粘土状を呈す。岩片は爪を当てると傷がつく硬さ。下端は30°程度の傾斜。

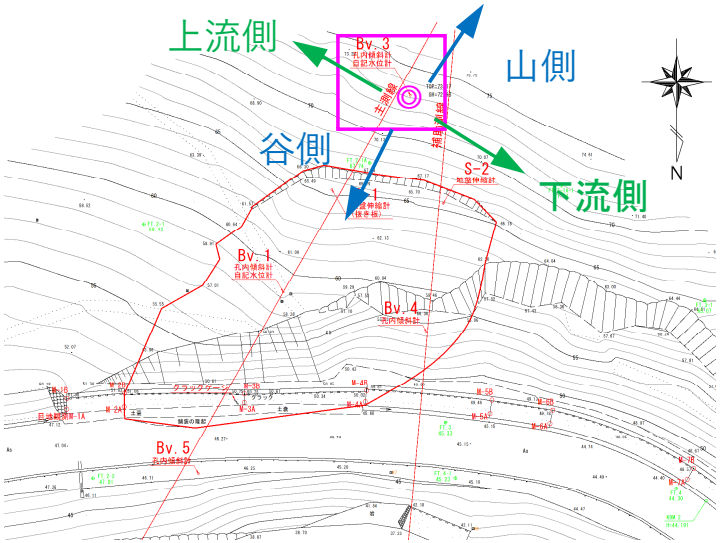
すべり想定深度	コアによる判定		動態観測による判定(孔内傾斜計)		すべり判定	
GL-m	状況	評価	状況	評価	状況	評価
4.67m	強風化砂岩破砕部	△	変位あり	○	破砕部	○

不二総合コンサルタント株式会社

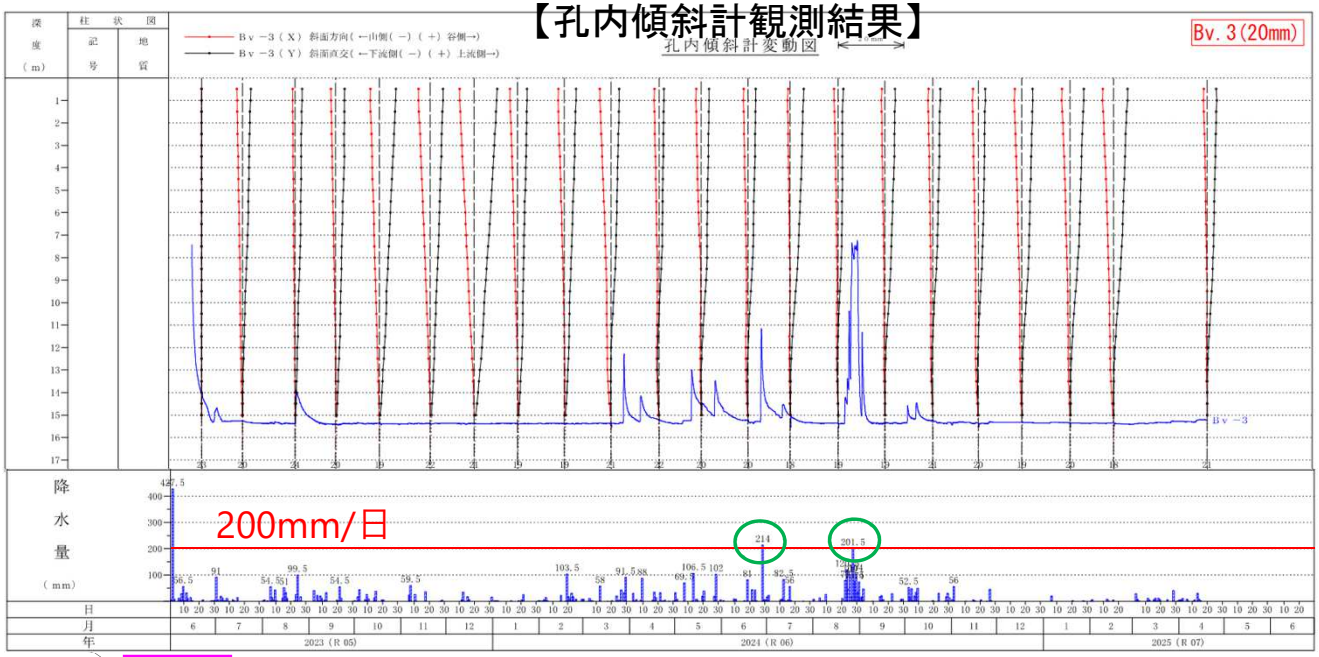
4. 調査結果

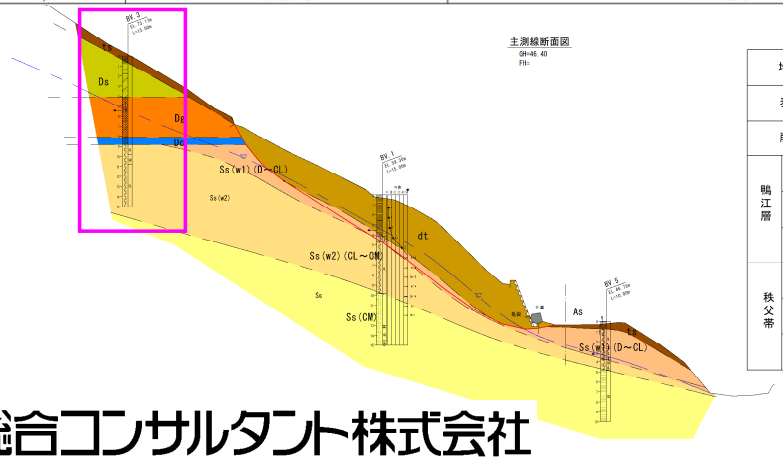
4.2 Bv.3調査結果

地すべり滑動は確認しない



【孔内傾斜計観測結果】



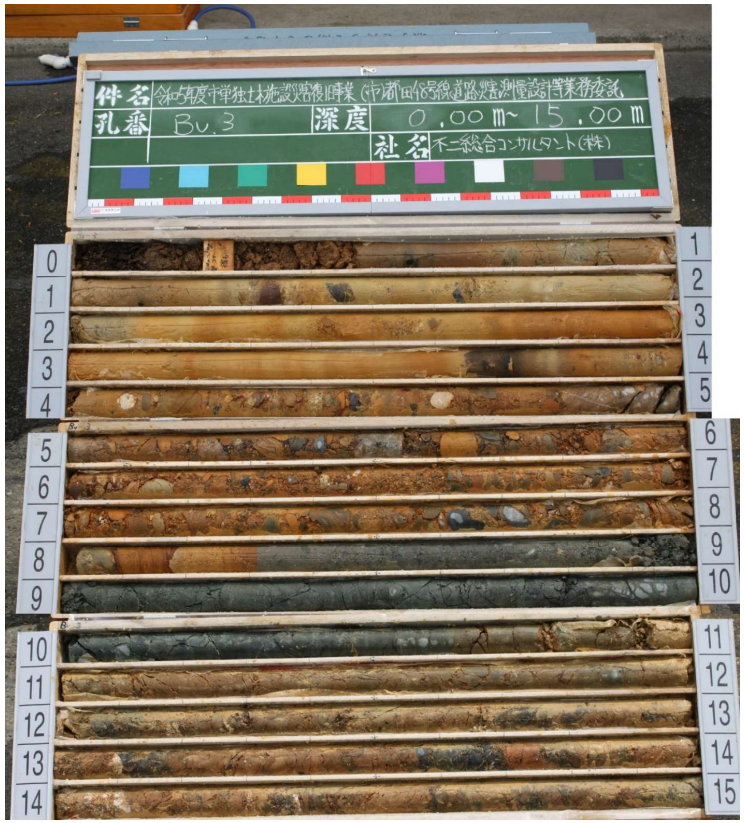


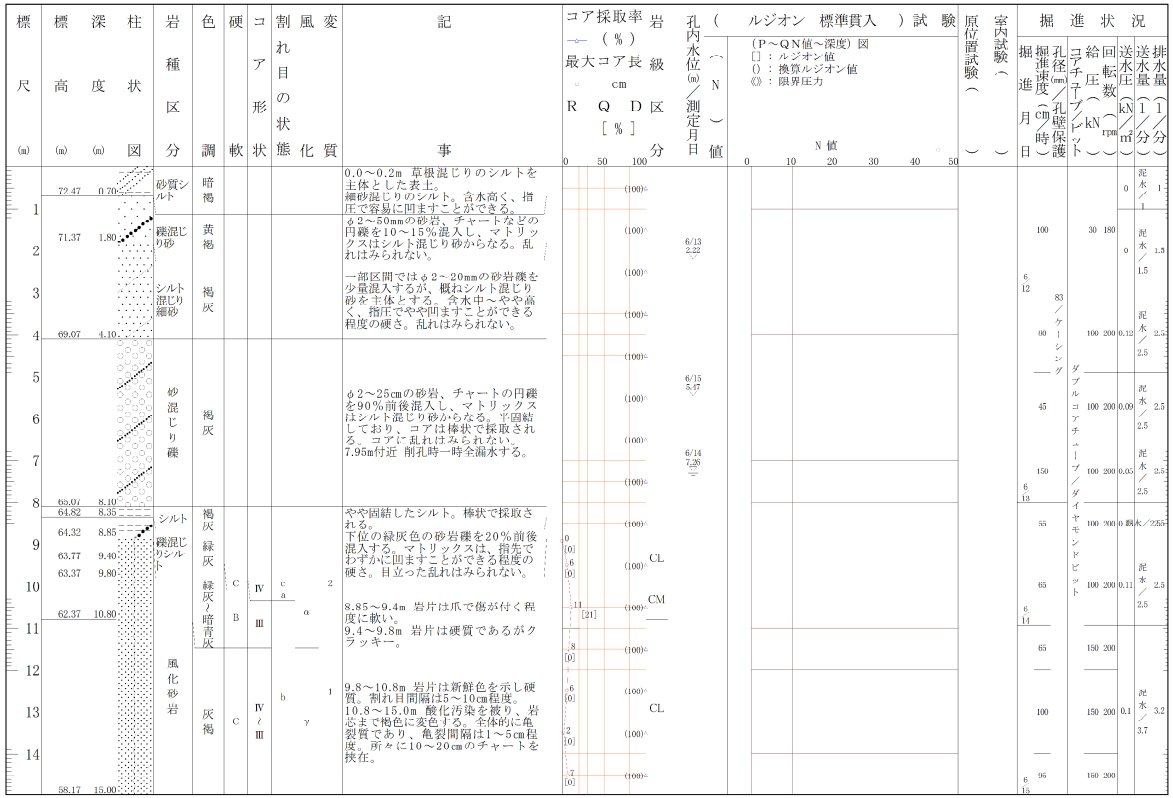
地質凡例

地層名		記号	層　相
表層土		t	細礫混じりシルト。
崩積土		dt	十砂化した移動土塊。所々に礫を伴う。
鴨江層	砂層	Ds	砂層。わずかに礫を混入する。乱れはみられない。
	礫層	Dg	φ2～25cmの円礫を多量に混入し、半固結する。乱れはみられない。
	シルト層	Dc	やや固結したシルト。下部ではわずかに凹ますことができる。
秩父帯	強風化砂岩	Ss(w1)	岩芯まで褐色に変色し、軟質化する砂岩。
	風化砂岩	Ss(w1)	褐色変色するが、岩芯は硬さが残る砂岩。
	砂岩	Ss	新鮮色を示し、岩片は非常に硬質な砂岩。

4. 調査結果

4.2 Bv.3調査結果





すべり面なし

すべり想定深度	コアによる判定		動態観測による判定(孔内傾斜計)		すべり判定	
GL-m	状況	評価	状況	評価	状況	評価
—	破砕面無し	×	変位なし	×	なし	×

不二総合コンサルタント株式会社

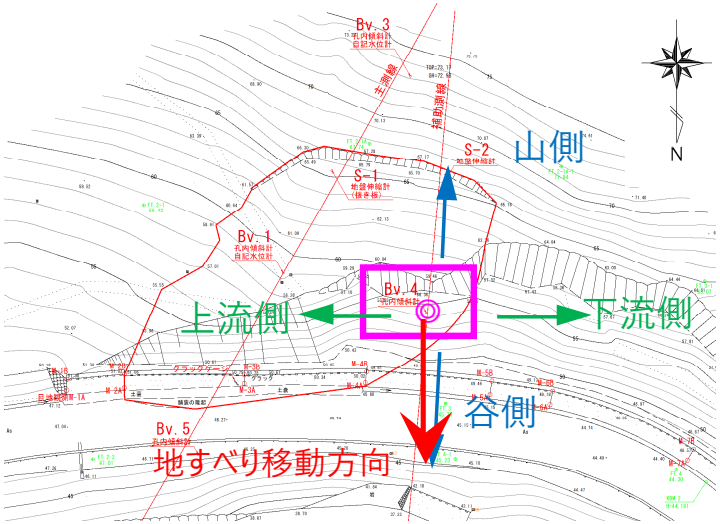
4. 調査結果

4.3 Bv.4調査結果

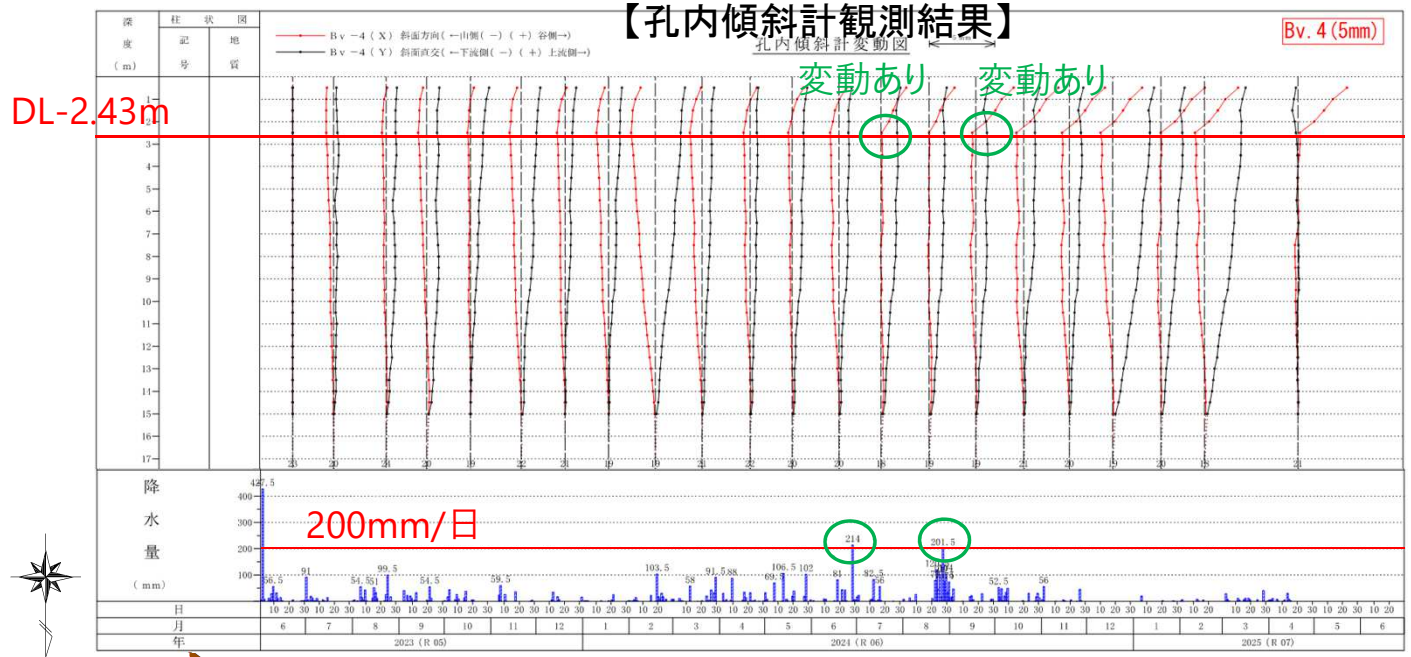
200mm/日程度の降雨後に
微小な地すべり滑動を確認

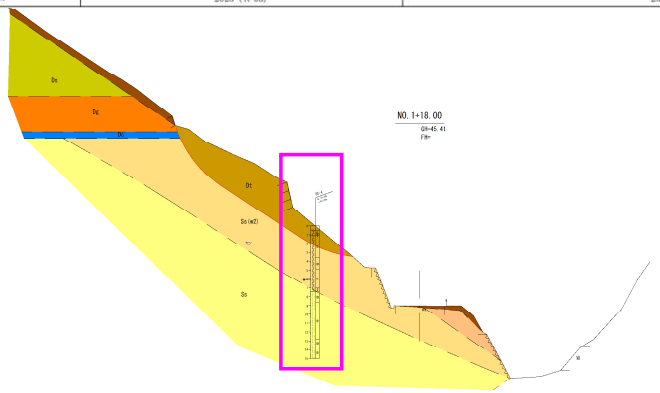
すべり面深度はDL-2.43m

地すべり移動方向は北方向



【孔内傾斜計観測結果】





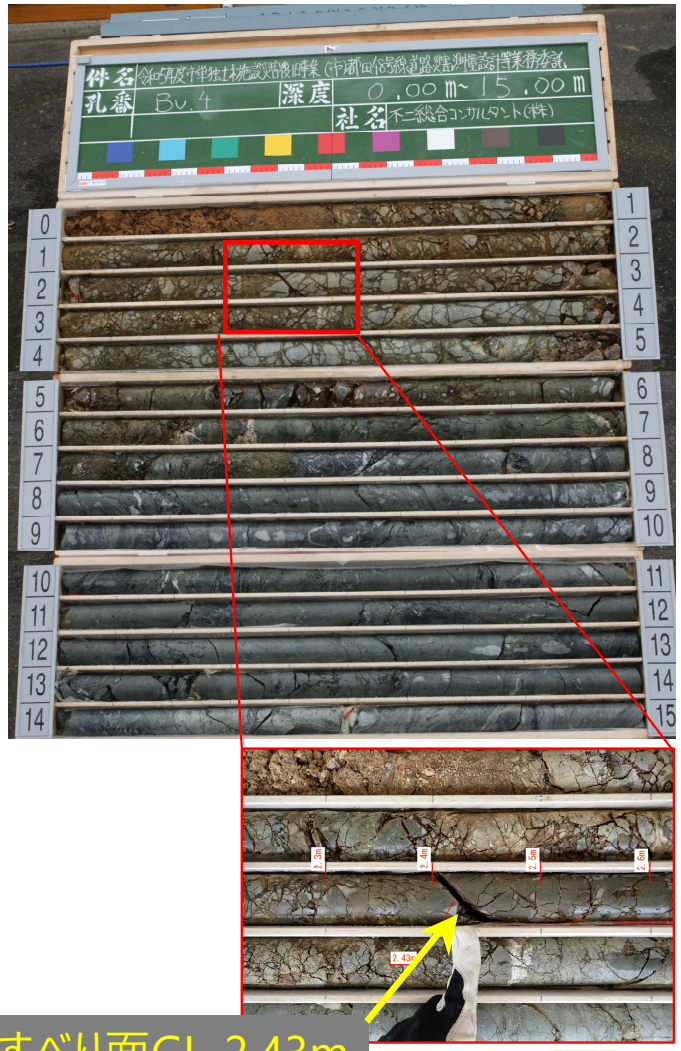
地質凡例

地層名		記号	層　相
表層土		t	細礫混じりシルト。
崩積土		dt	十砂化した移動土塊。所々に礫を伴う。
鴨江層	砂層	Ds	砂層。わずかに礫を混入する。乱れはみられない。
	礫層	Dg	φ2～25cmの円礫を多量に混入し、半固結する。乱れはみられない。
	シルト層	Dc	やや固結したシルト。下部ではわずかに凹ますことができる。
秩父帯	強風化砂岩	Ss(w1)	岩芯まで褐色に変色し、軟質化する砂岩。
	風化砂岩	Ss(w1)	褐色変色するが、岩芯は硬さが残る砂岩。
	砂岩	Ss	新鮮色を示し、岩片は非常に硬質な砂岩。

不二総合コンサルタント株式会社

4. 調査結果

4.4 Bv.4調査結果



すべり面GL-2.43m



すべり想定深度	コアによる判定		動態観測による判定(孔内傾斜計)		すべり判定	
GL-m	状況	評価	状況	評価	状況	評価
2.43m	強風化砂岩破砕部	○	変位あり	○	破砕部	○

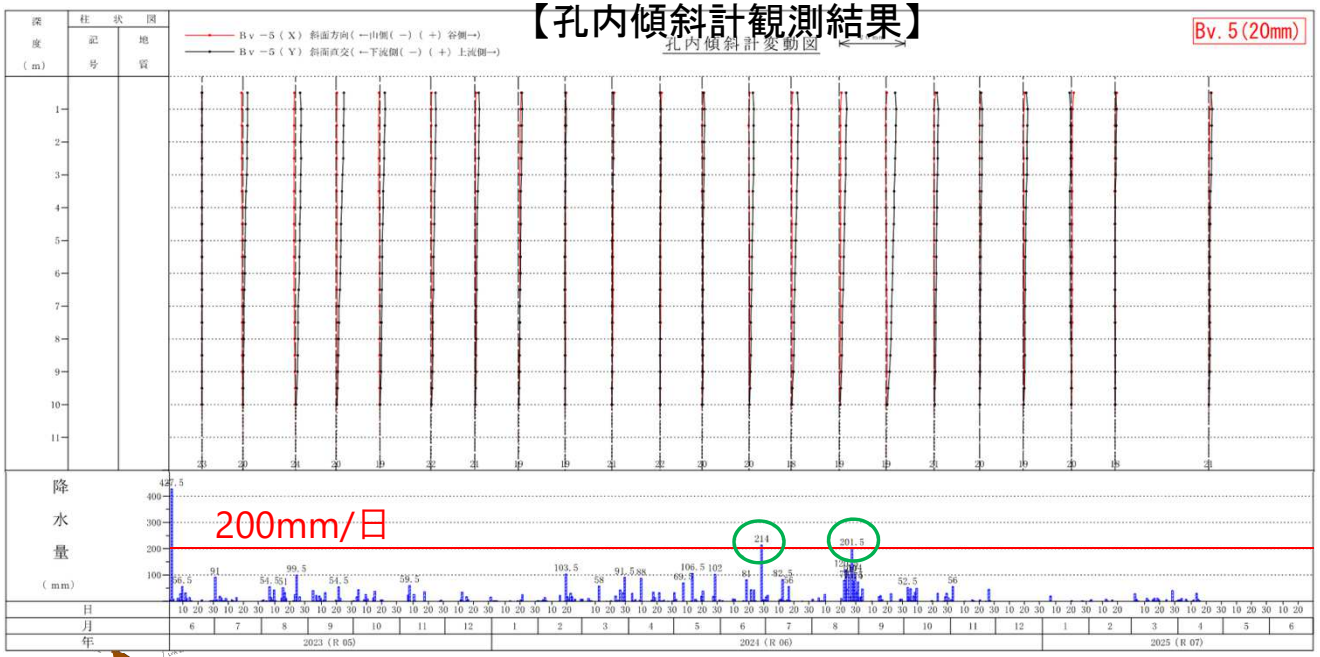
不二総合コンサルタント株式会社

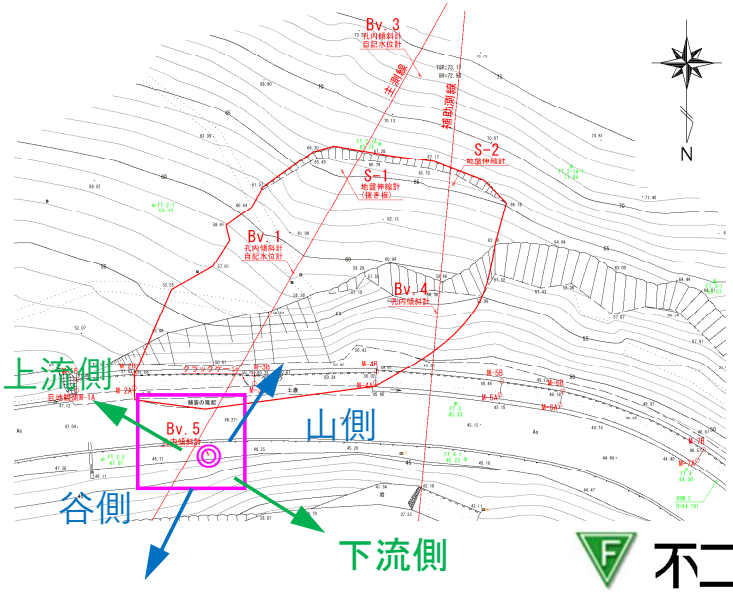
4. 調査結果

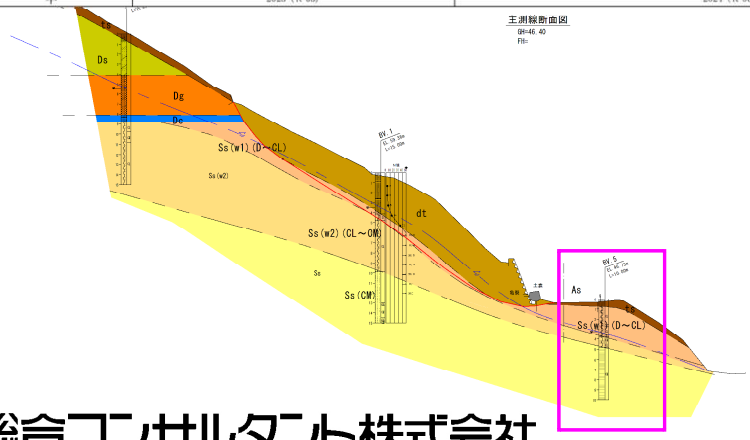
4.4 Bv.5調査結果

地すべり滑動は確認しない

【孔内傾斜計観測結果】







地質凡例

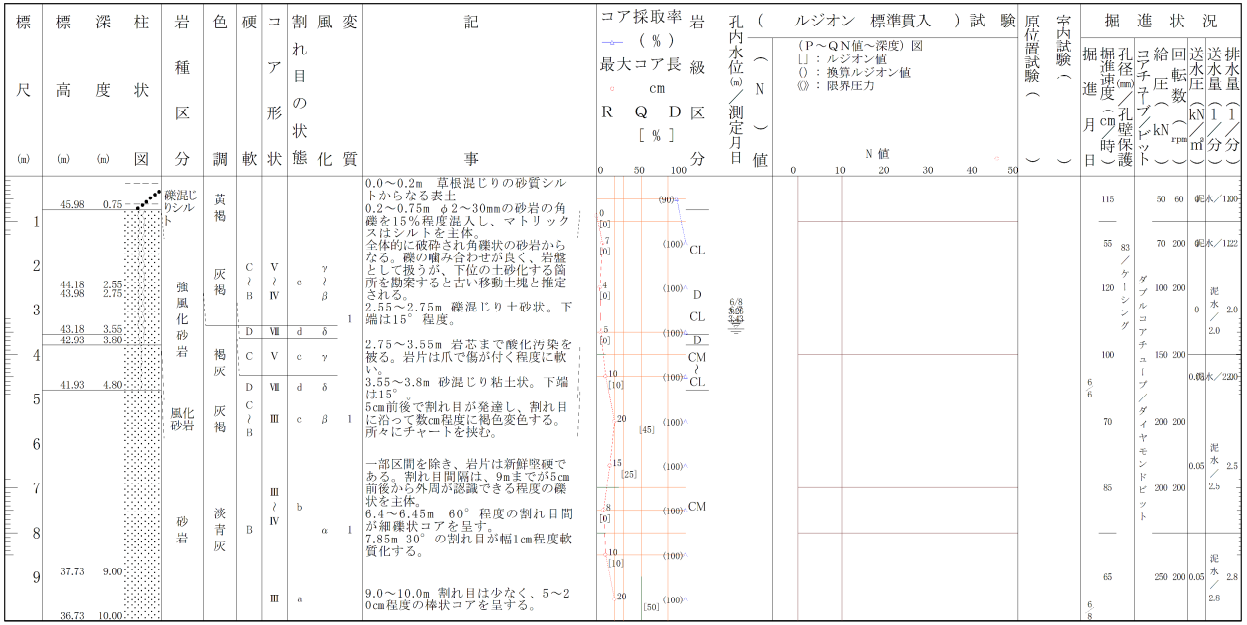
地層名		記号	層　相
表層土		t	細礫混じりシルト。
崩積土		dt	土砂化した移動土塊。所々に礫を伴う。
鴨江層	砂層	Ds	砂層。わずかに礫を混入する。乱れはみられない。
	礫層	Dg	φ2～25cmの円礫を多量に混入し、半固結する。乱れはみられない。
	シルト層	Dc	やや固結したシルト。下部ではわずかに凹ますことができる。
秩父帯	強風化砂岩	Ss(w1)	岩芯まで褐色に変色し、軟質化する砂岩。
	風化砂岩	Ss(w1)	褐色変色するが、岩芯は硬さが残る砂岩。
	砂岩	Ss	新鮮色を示し、岩片は非常に硬質な砂岩。

不二総合コンサルタント株式会社

4. 調査結果

4.4 Bv.5調査結果





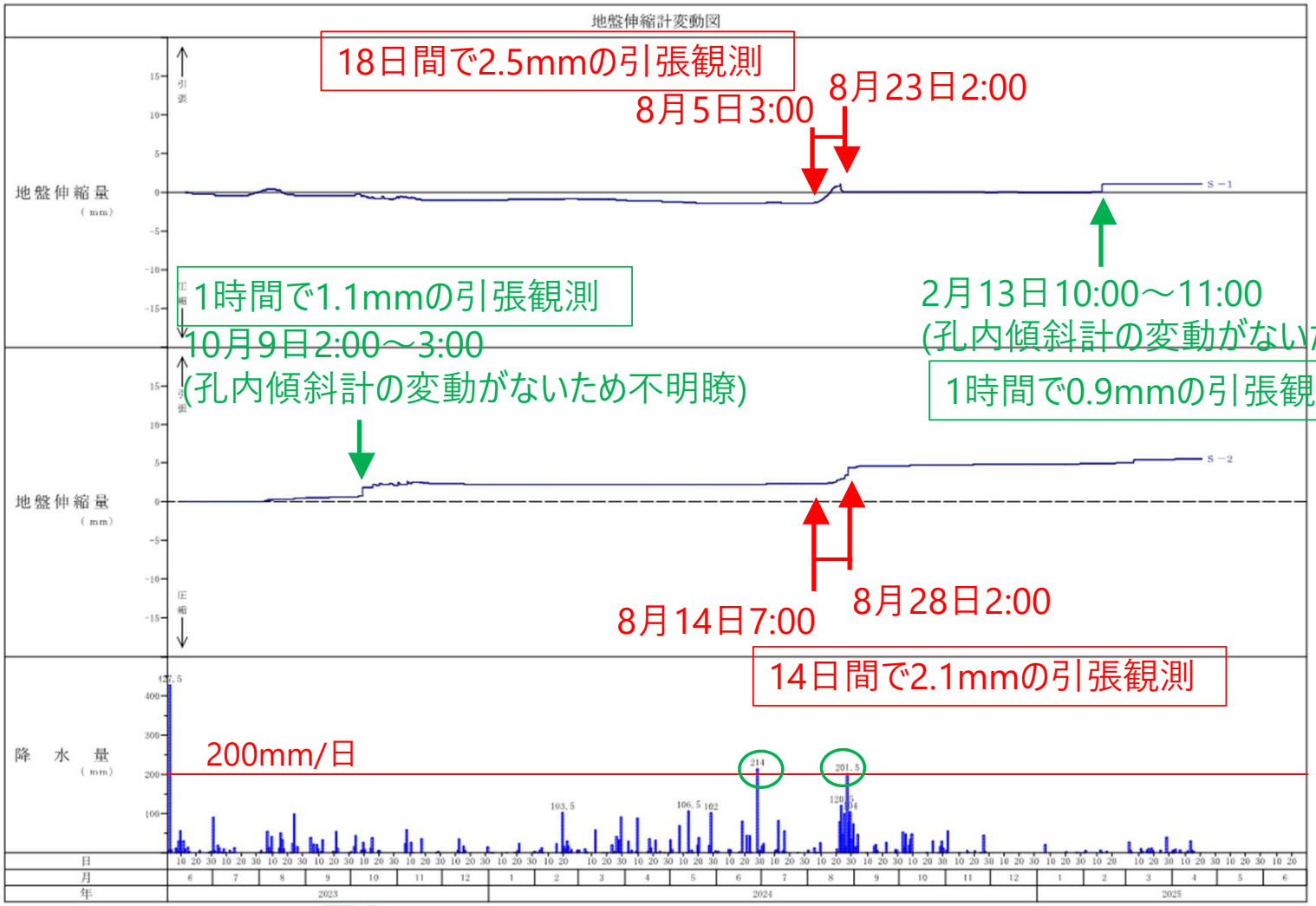
すべり面なし

すべり想定深度	コアによる判定		動態観測による判定(孔内傾斜計)		すべり判定	
GL-m	状況	評価	状況	評価	状況	評価
—	破砕面無し	×	変位なし	×	なし	×

不二総合コンサルタント株式会社

4. 調査結果

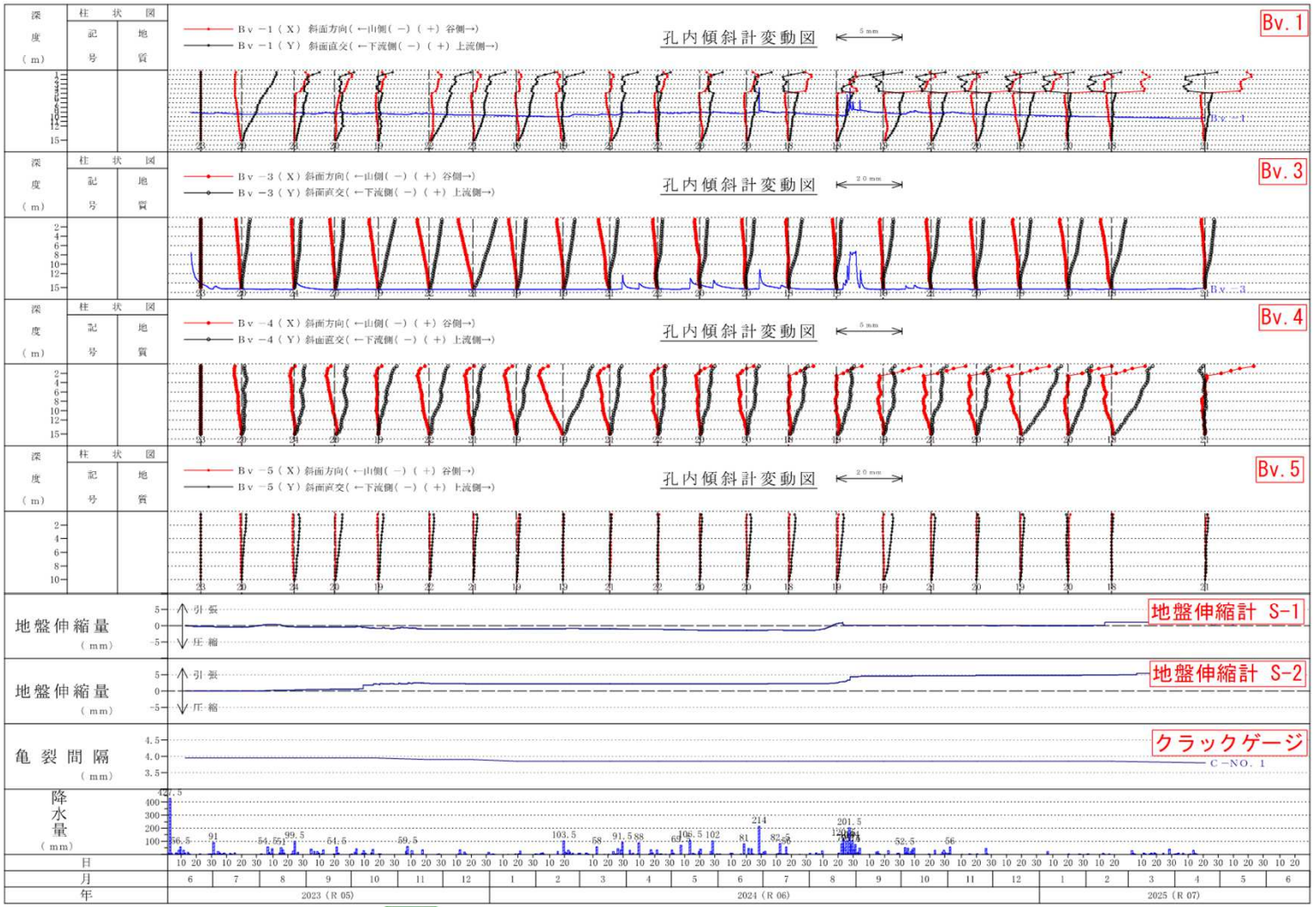
4.5 地盤伸縮計観測結果



不二総合コンサルタント株式会社

4. 調査結果

4.6 観測結果まとめ



※孔内傾斜計変動図のスケール
Bv.1,Bv.4：5mm
Bv.3,Bv.5：20mm

不二総合コンサルタント株式会社

5. 機構解析

5. 機構解析

5.1 地すべり発生メカニズム

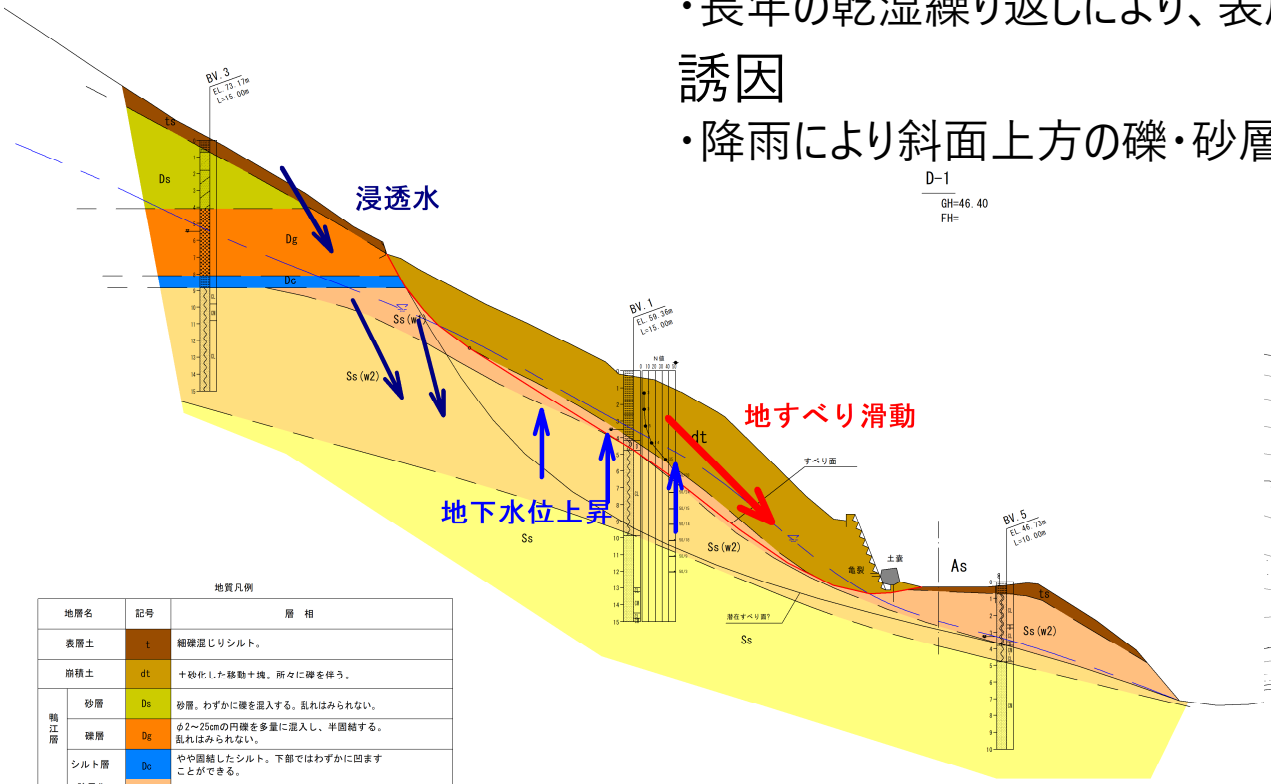
素因

・過去から地すべりを繰り返し、すべり面が形成済みであること。

・長年の乾湿繰り返しにより、表層が脆弱化していること。

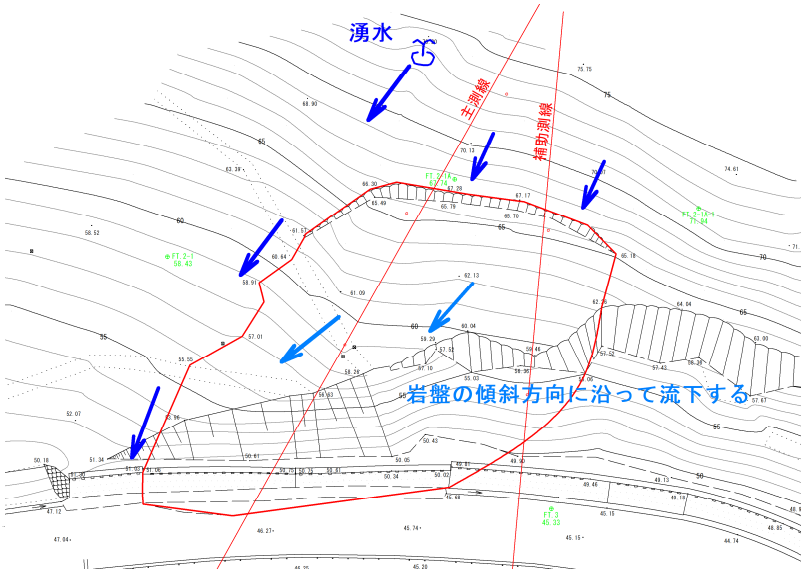
誘因

・降雨により斜面上方の礫・砂層から大量の浸透水が供給されたこと。



地質凡例

地層名		記号	層　相
表層土		t	細礫混じりシルト。
崩積土		dt	十砂化した移動土塊。所々に礫を伴う。
鞘江層	砂層	Ds	砂層。わずかに礫を混入する。乱れはみられない。
	礫層	Dg	φ2～25cmの円礫を多量に混入し、半固結する。乱れはみられない。
	シルト層	Dc	やや固結したシルト。下部ではわずかに凹ますことができる。
秩父帯	強風化砂岩	Ss(w1)	岩芯まで褐色に変色し、軟質化する砂岩。
	風化砂岩	Ss(w1)	褐色変色するが、岩芯は硬さが残る砂岩。
	砂岩	Ss	新鮮色を示し、岩片は非常に硬質な砂岩。



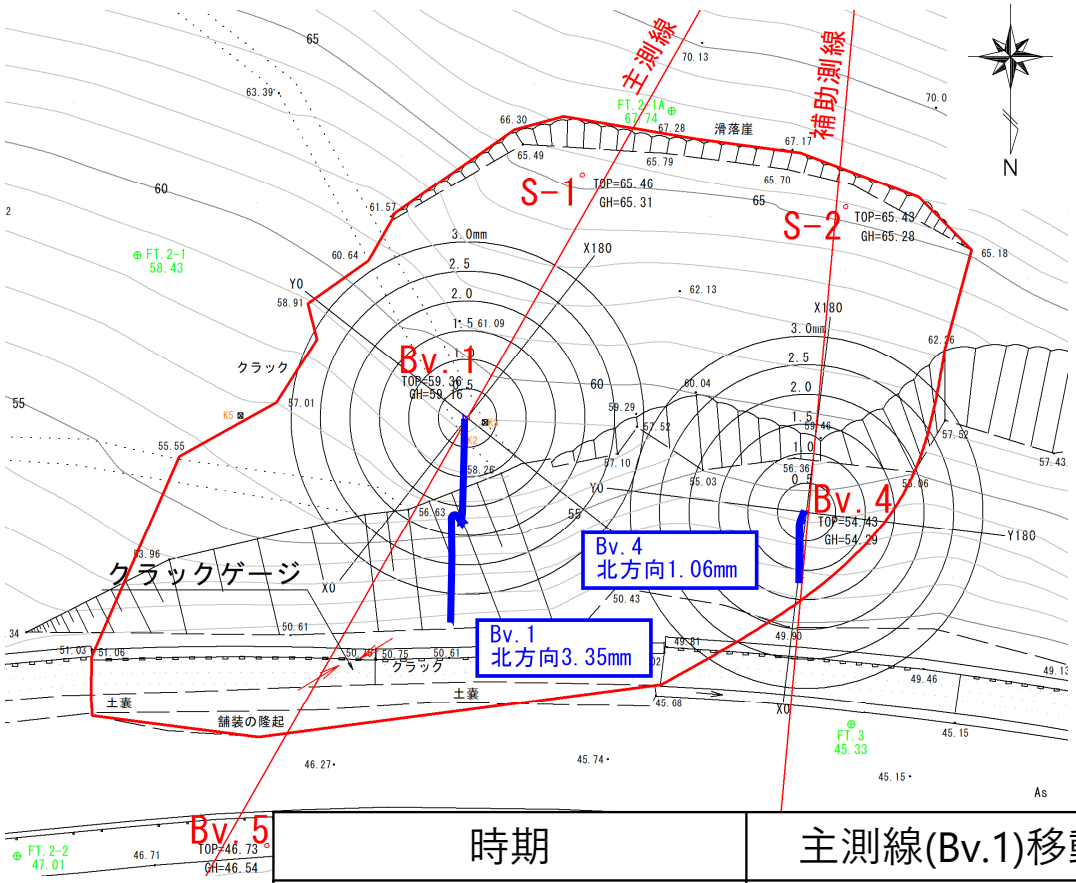
凡例

→ 地表水

→ 地下水

不二総合コンサルタント株式会社

5. 機構解析　　5.2 地すべり移動方向



孔内傾斜計観測の結果

主測線　(Bv.1)：北方向3.35mm

補助測線(Bv.4)：北方向1.06mm

地すべり移動方向＝斜面傾斜方向
≠岩盤傾斜方向

地すべり移動方向は
岩盤の傾斜方向に影響されない※

時期	主測線(Bv.1)移動方向	補助測線(Bv.4)移動方向
2024年6月～7月	N2°W	N0°E
2024年8月～9月	N2°W	N2°W

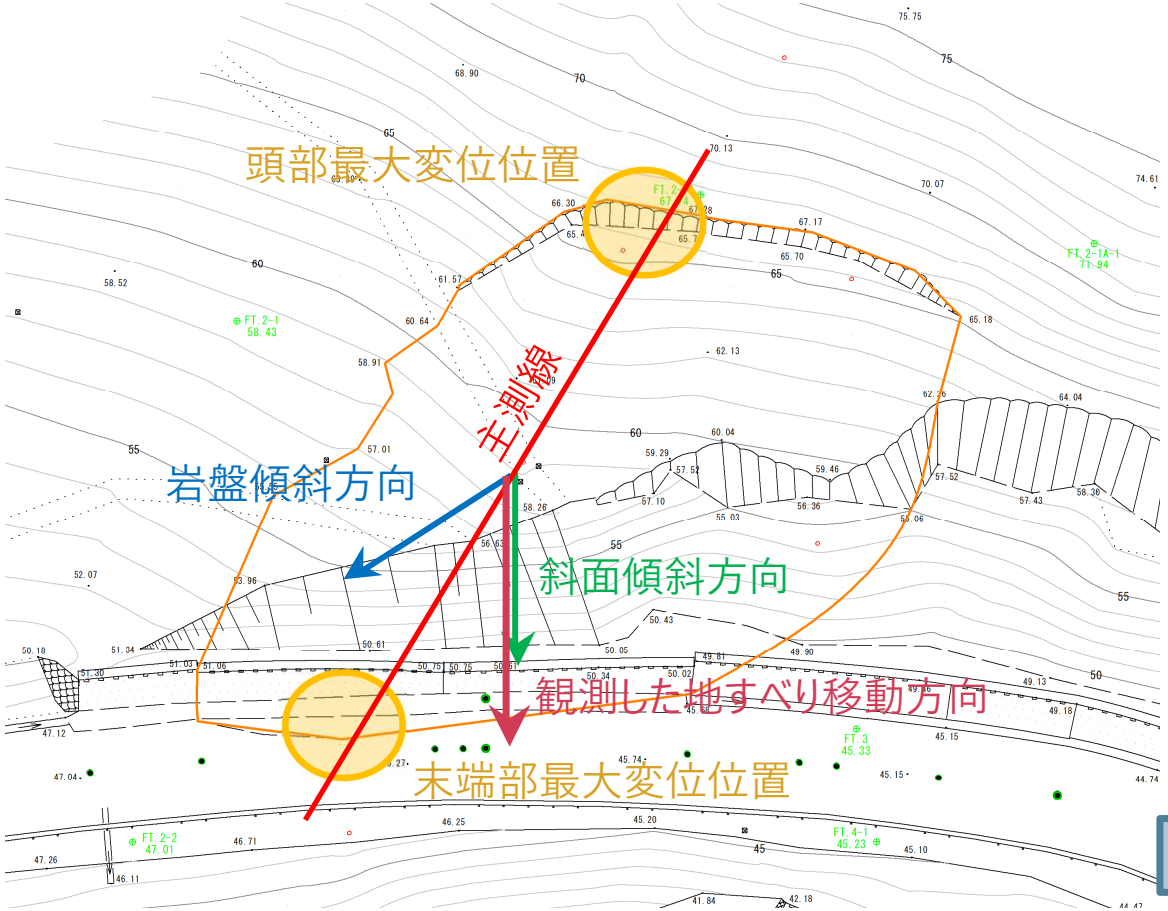
不二総合コンサルタント株式会社

※当該地すべりの場合

6. 考察

6. 考察

6.1 地すべり移動方向推定の難しさ



地表地質踏査より
①最大変位位置
②斜面傾斜方向
③岩盤傾斜方向
から地すべりの移動方向を推定した

観測された地すべり移動方向は
この推定と異なり斜面傾斜方向と一致した

理由…
すべり面付近の岩盤が風化し
土砂化していたこと等

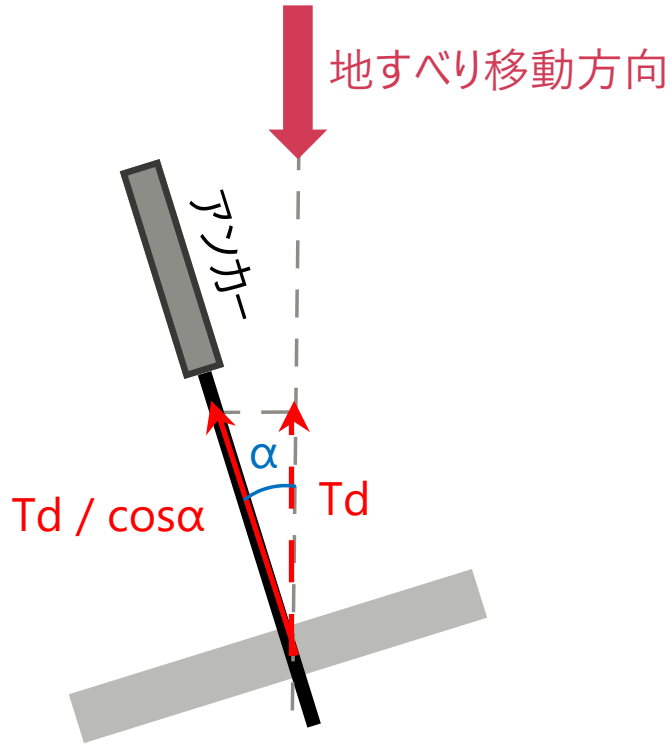
主測線設定時(踏査時)では推定が困難

6. 考察

6.2 地すべり移動方向観測の重要性

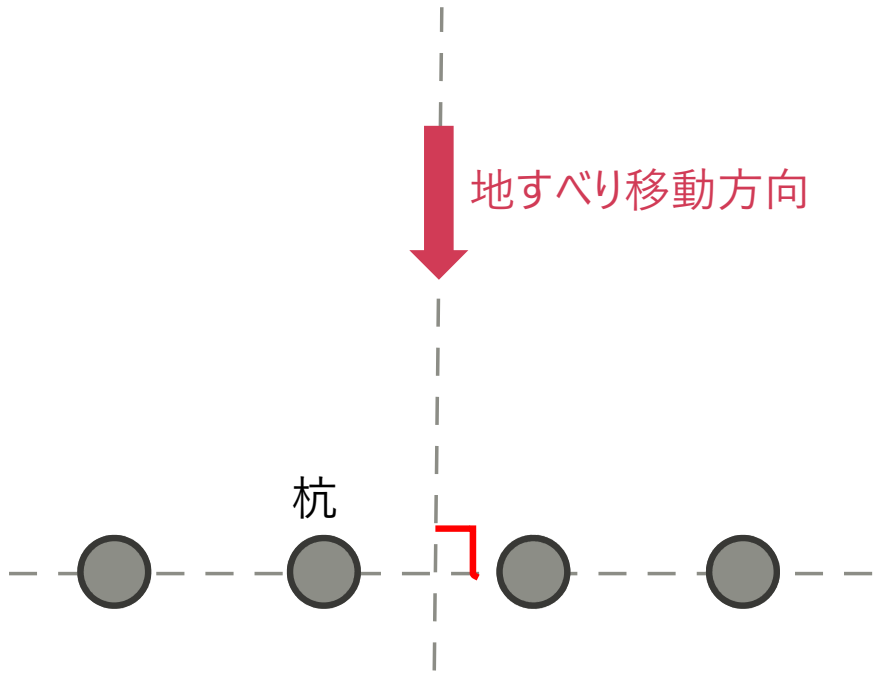
地すべり移動方向は地すべり抑止工の設計に大きく影響する

アンカー工



水平角(α)分設計アンカー力を加算

杭工



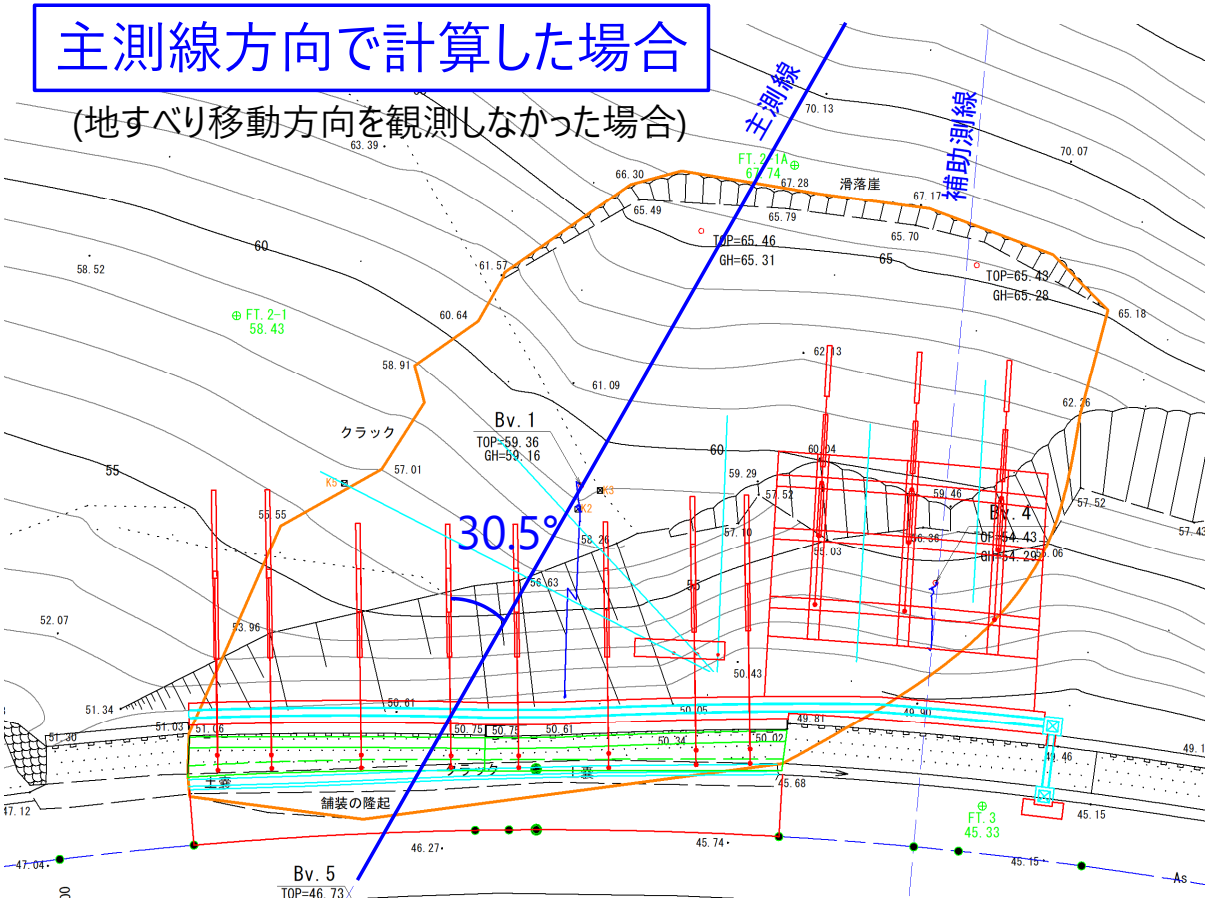
原則杭の配列は地すべり移動方向に直角

6. 考察　　6.2 地すべり移動方向観測の重要性

本業務地の場合　　対策工：アンカー工

主測線方向で計算した場合

(地すべり移動方向を観測しなかった場合)



必要アンカー力　　角度補正

185.8[kN/本] / cos30.5°

設計アンカー力

＝215.6 [kN/本]

アンカー打設方向はブロック積に直角としている

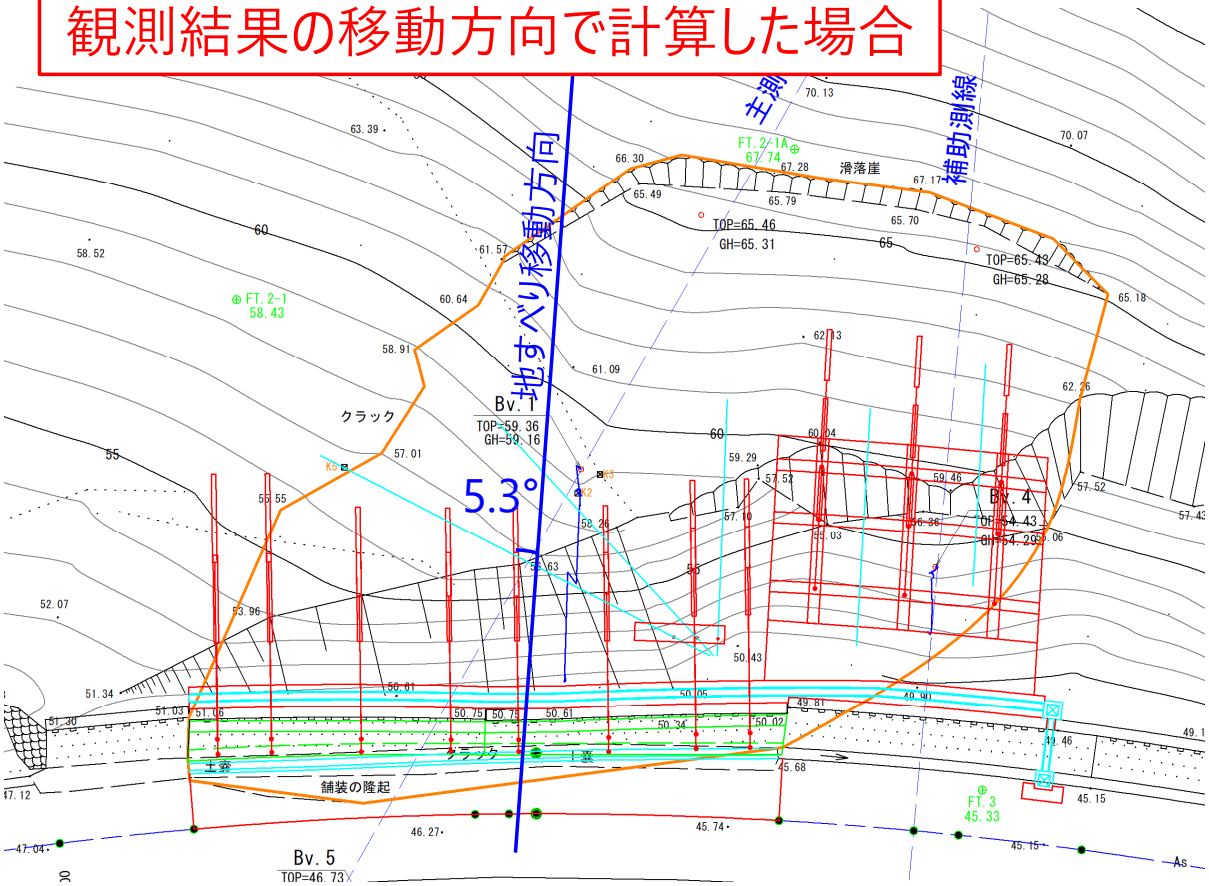
地すべり移動方向とアンカー打設方向の差は25°が最大値であるが、説明の便宜上30.5°としている

不二総合コンサルタント株式会社

6. 考察　　6.2 地すべり移動方向観測の重要性

本業務地の場合　　対策工：アンカー工

観測結果の移動方向で計算した場合



必要アンカー力　　角度補正

185.8[kN/本] / cos5.3°

設計アンカー力

＝186.6 [kN/本]

アンカー打設方向はブロック積に直角としている

不二総合コンサルタント株式会社

6. 考察　　6.2 地すべり移動方向観測の重要性

本業務地の場合　　対策工：アンカー工

主測線方向で計算した場合

(地すべり移動方向を観測しなかった場合)

必要アンカー力　　角度補正

185.8[kN/本] / cos30.5°

設計アンカー力

＝215.6 [kN/本]

観測結果の移動方向で計算した場合

必要アンカー力　　角度補正

185.8[kN/本] / cos5.3°

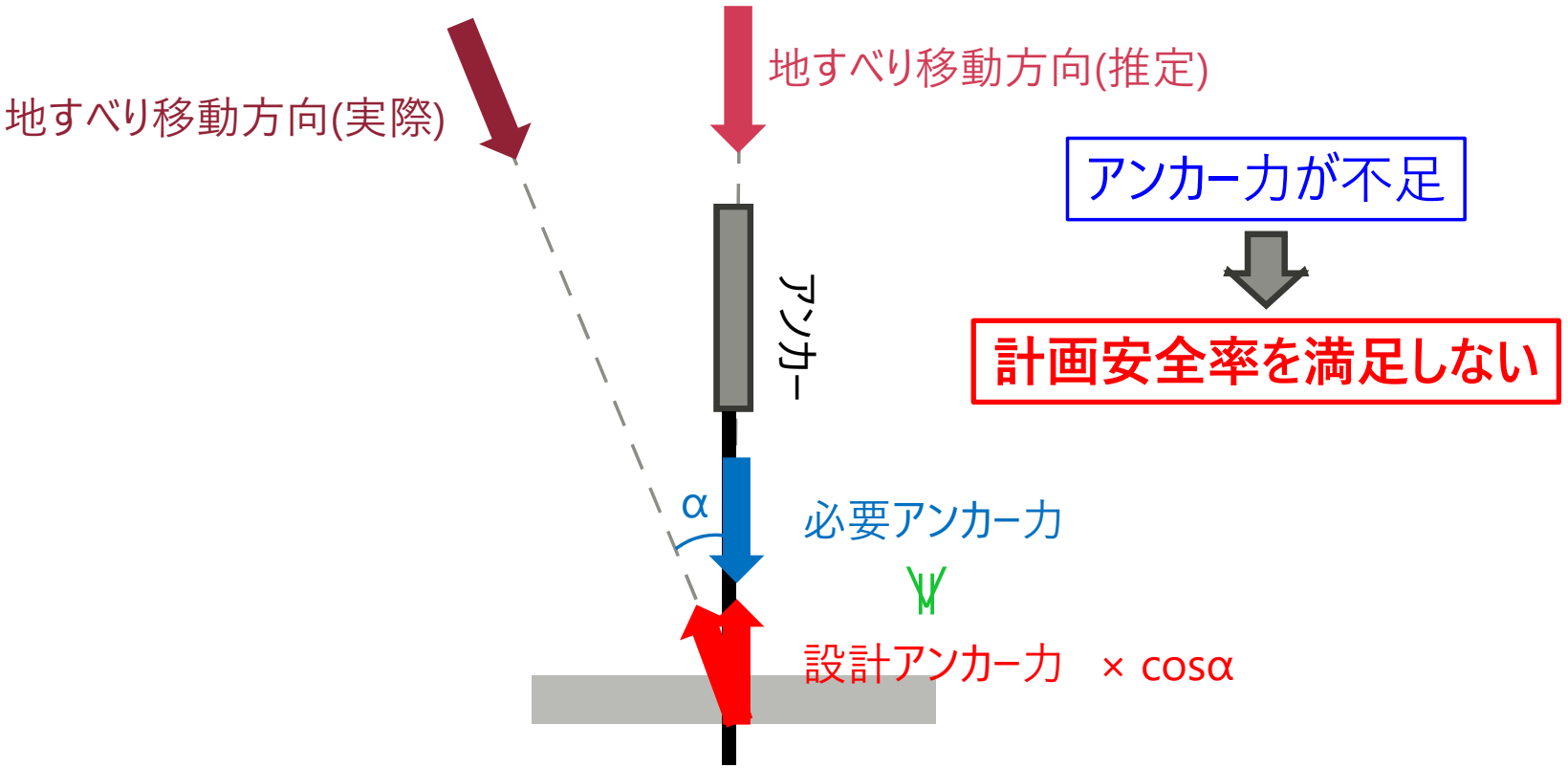
設計アンカー力

＝186.6 [kN/本]

アンカーの規格を最小限に抑え、工事費を削減した

6. 考察　　6.2 地すべり移動方向観測の重要性

考えられるリスク　　対策工：アンカー工



7. まとめ

7. まとめ

・地すべり災害に対して現地踏査を実施し、地すべり移動方向を推定し、観測を行った。

・観測の結果、地すべり移動方向は推定と異なる方向であった。

・地すべり移動方向の特定から、より経済的な工法の選定ができた。

・現場状況から地すべり移動方向の推定が困難な場合は孔内傾斜計を用いた
地すべり移動方向の観測を推奨する。



ジオフォーラム2026
2026.11.6

熱赤外線映像法による
吹付法面老朽化調査の事例紹介

(株)東日　空間情報調査部
馬場 美邑

目次

1. 経緯と業務目的

2. 調査方法の選定

3. 調査内容

4. 調査結果

5. 健全度と対応レベルの総合評価

6. 対策工の提案



50 年の実績から夢ある 100 年へ
総合建設コンサルタント
株式会社 東日

1.経緯と業務目的

(国)136号西伊豆町仁科
R2.4.11(第1崩壊)



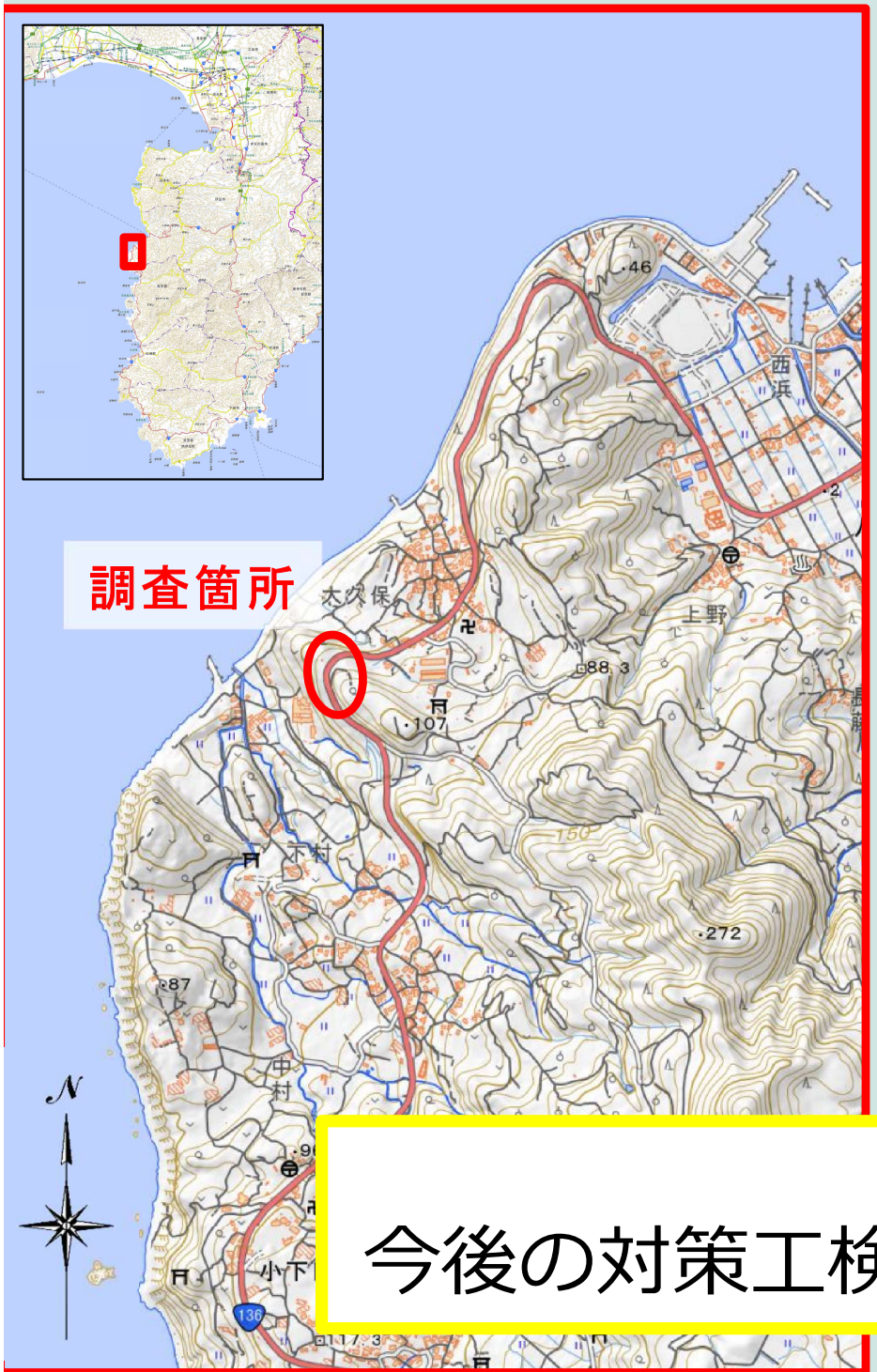


(国)136号西伊豆町仁科
R2.7.2(第2崩壊)



提供：沼津土木事務所 修善寺支所

1.経緯と業務目的



・道路防災点検箇所
　亀裂や転石が確認されている
　施工から45年→老朽化懸念



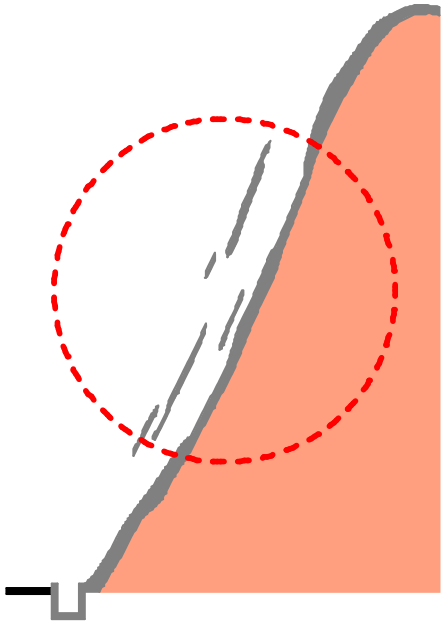
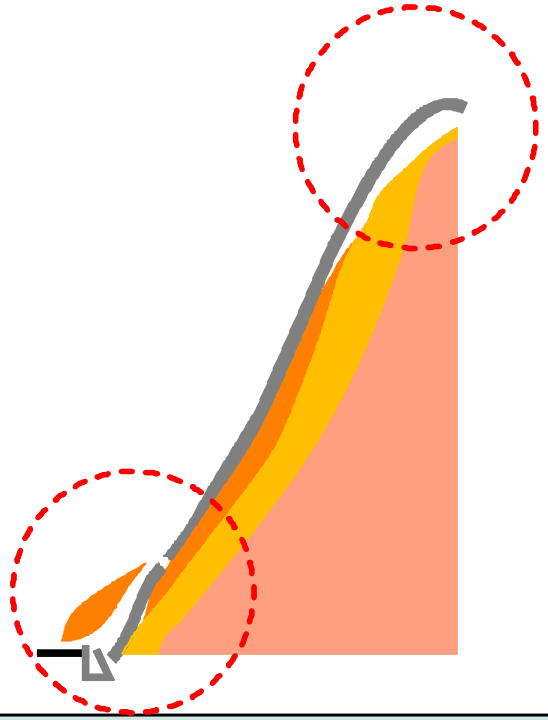
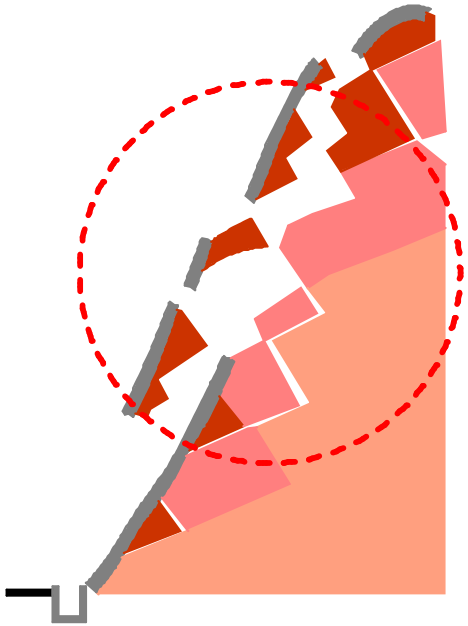


R4道路防災点検

目的
今後の対策工検討のためのデータを得る

2.調査方法の選定

①劣化原因・機構の想定

【1】 吹付自体の劣化	【2】 吹付と地山の 密着性の低下	【3】 風化による 地山強度の低下
		

②適した調査方法を選定

2.調査方法の選定

吹付法面の劣化原因・機構の想定

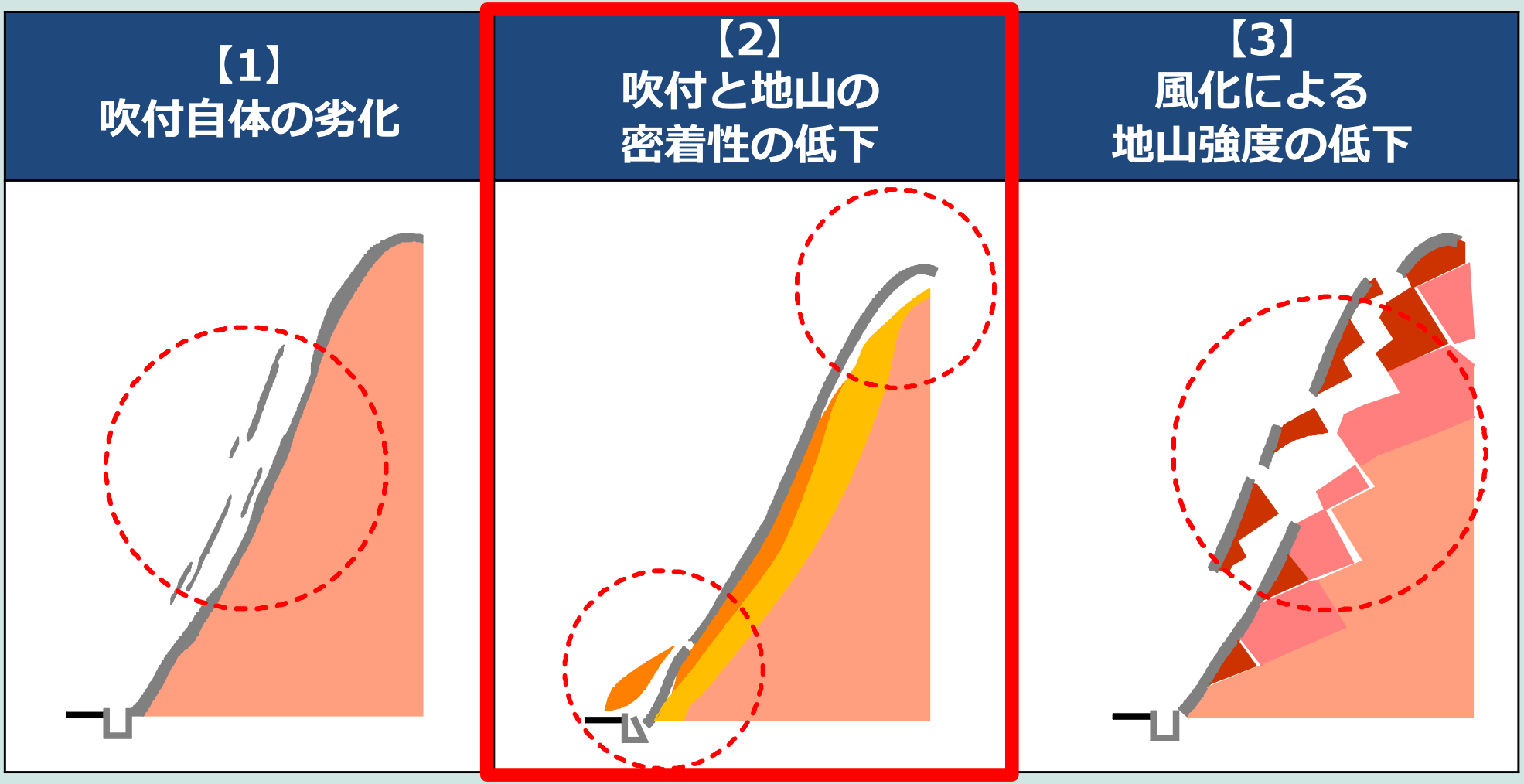






2.調査方法の選定

吹付法面の劣化原因・機構の想定



吹付背面で地山土砂化・空洞化？

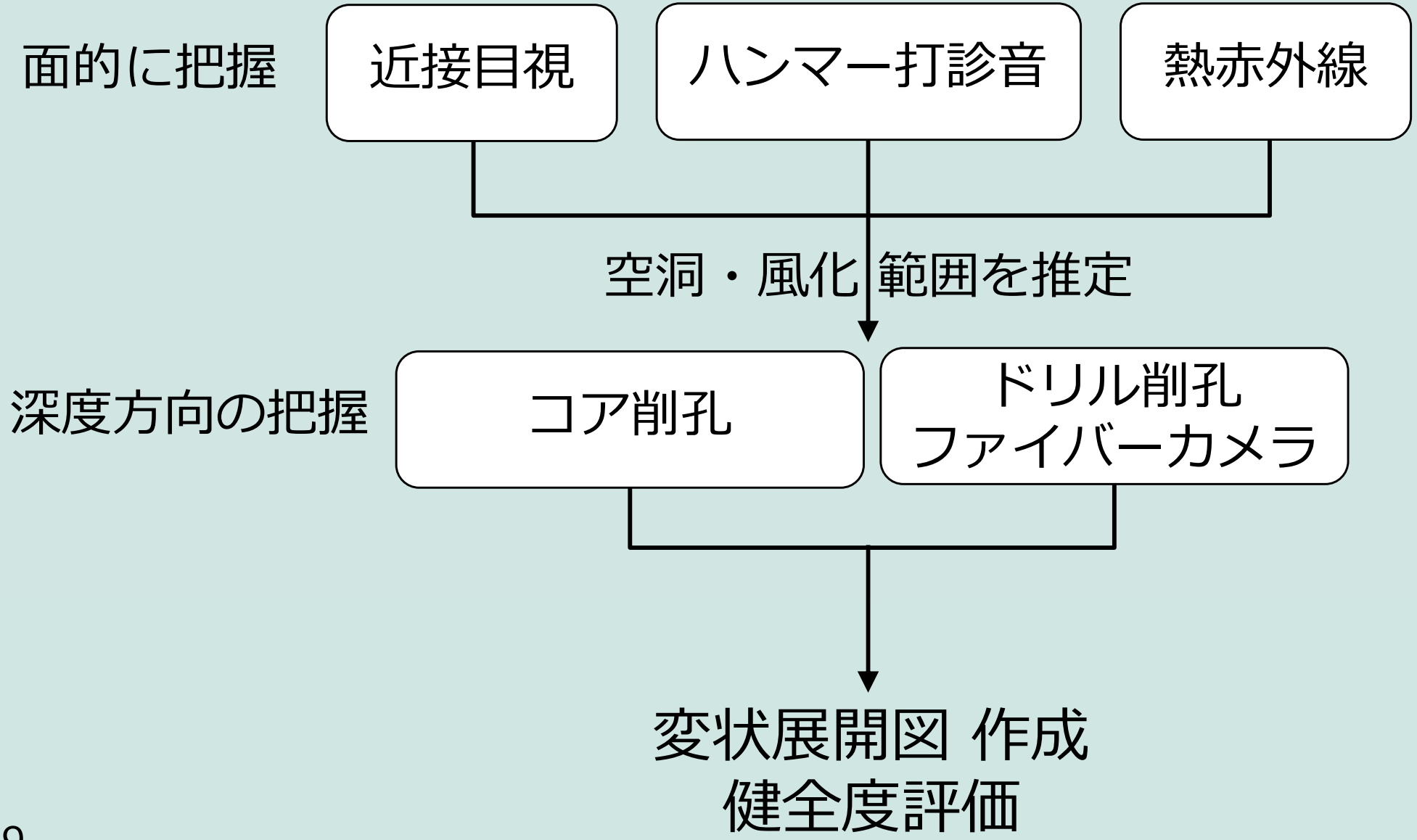
2.調査方法の選定

現象	方法	目的
【1】 吹付自体の劣化	目視観察	劣化範囲、深さ
	ハンマ打診法	吹付の浮き・表面剥離の範囲
	コア採取・ﾌｪﾉｰﾙﾌﾀﾚｲﾝ溶液噴霧	中性化の進行深さ
	コア採取・一軸圧縮試験	吹付の一軸圧縮強度、内部欠陥の有無
	超音波探傷法	ひび割れ深さ
【2】 吹付と地山の 密着性の低下	熱赤外線映像法	背面空洞や、吹付と地山の境界部の 風化範囲、湧水位置
	ハンマ打診法、地中レーダー法 弾性波法（打音法、振動法）	背面空洞範囲
	部分破壊を伴う手法 （穿孔、コア採取、剥ぎ取り）	背面空洞の範囲・厚さ・風化の深さ
【3】 風化による 地山強度の低下	調査ボーリング	風化の深さ、状態 割れ目の分布・風化状態
	調査ボーリング ボアホールスキャナ観察	風化の深さ、状態 割れ目の分布・風化・開口状態(緩み深度)
	削孔検層	風化の深さ、状態
	物理探査 （屈折法弾性波探査・表面波探査など）	風化の範囲、深度 岩盤の緩み範囲・深さ

ドリル削孔、
ファイバーカメラ観察

出典：「吹付のり面 診断・補修補強の手引き」平成25年9月(のり面診断・補修補強研究会)

3.調査内容　調査の流れ


面的に把握
近接目視
ハンマー打診音
熱赤外線
空洞・風化 範囲を推定
深度方向の把握
コア削孔
ドリル削孔
ファイバーカメラ
変状展開図 作成
健全度評価

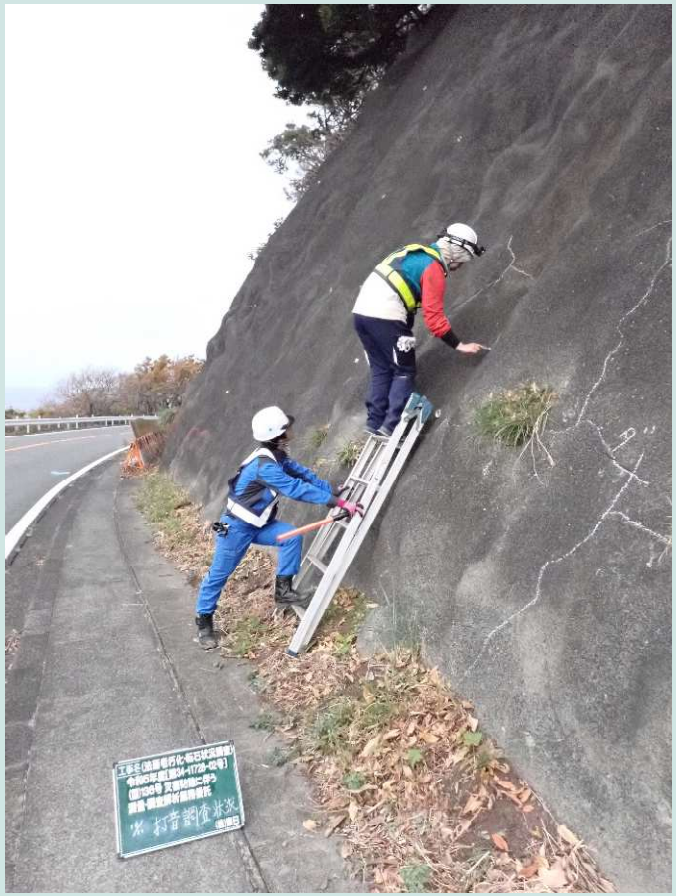
3.調査内容

近接目視

変形判定（亀裂）・・・開口クラックや押出し、浮き上がりを観察
変質判定（劣化）・・・モルタル吹付けの剥離を観察

打診音調査

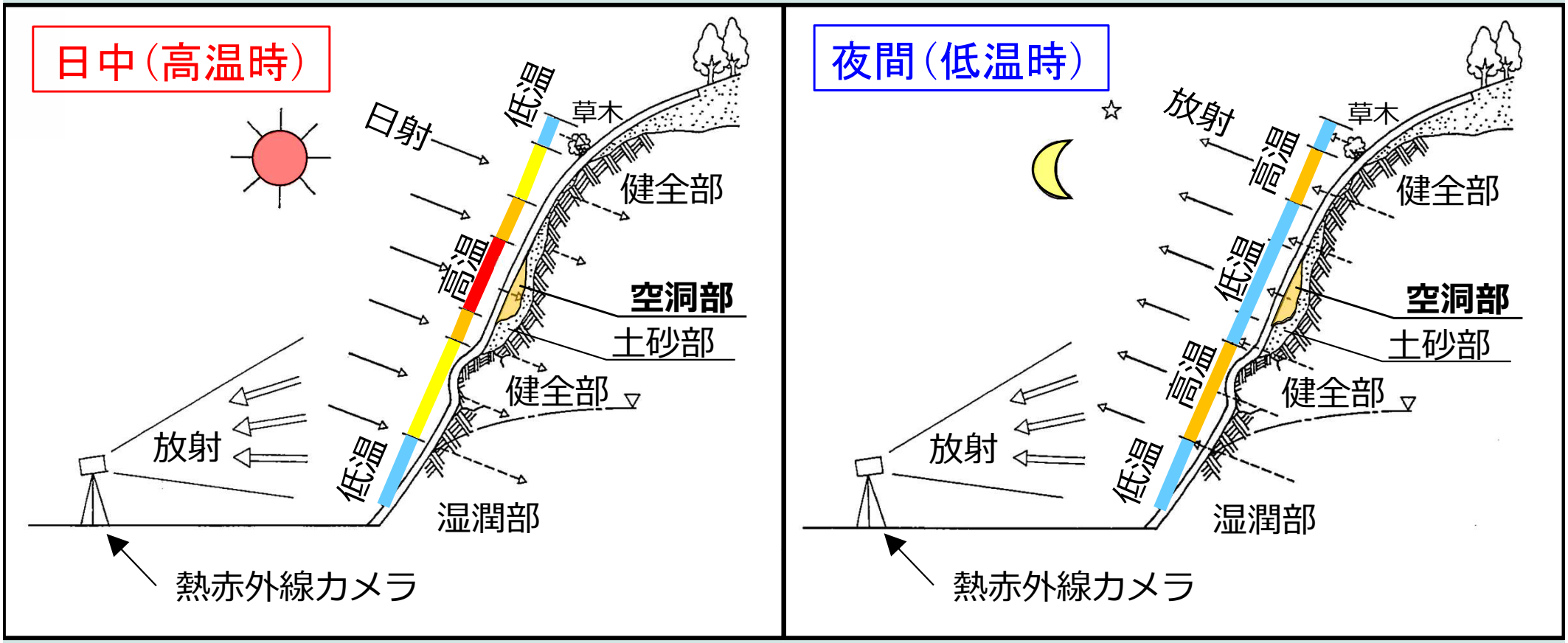
打診音判定・・・・・・背面地山の風化、空洞化、吹付け厚さの不足を判定





3.調査内容

熱赤外線映像法



吹付背面の性状	表面温度		2時刻の温度差
	日中(高温時)	夜間(低温時)	
空洞部	特に高い	低い	**特に大きい**
土砂部	高い	低い	**大きい**
湿潤部	特に低い	低い	特に小さい
健全部	やや低い	高い	小さい

出典：「熱赤外線映像法による吹付のり面老朽化診断マニュアル」平成8年1月(建設省 土木研究所)

3.調査内容

コア削孔・ドリル削孔、ファイバーカメラ観察

空洞・風化部と推定される箇所
＋
健全部と推定される箇所
↓
近接目視・打診音調査、熱赤外線映像と対比



コア削孔



採取コア

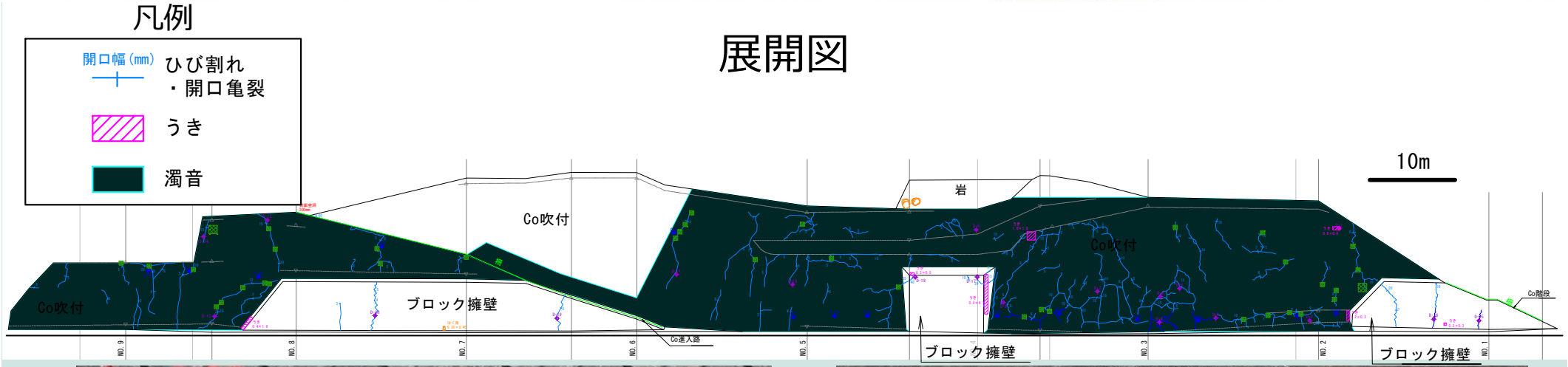


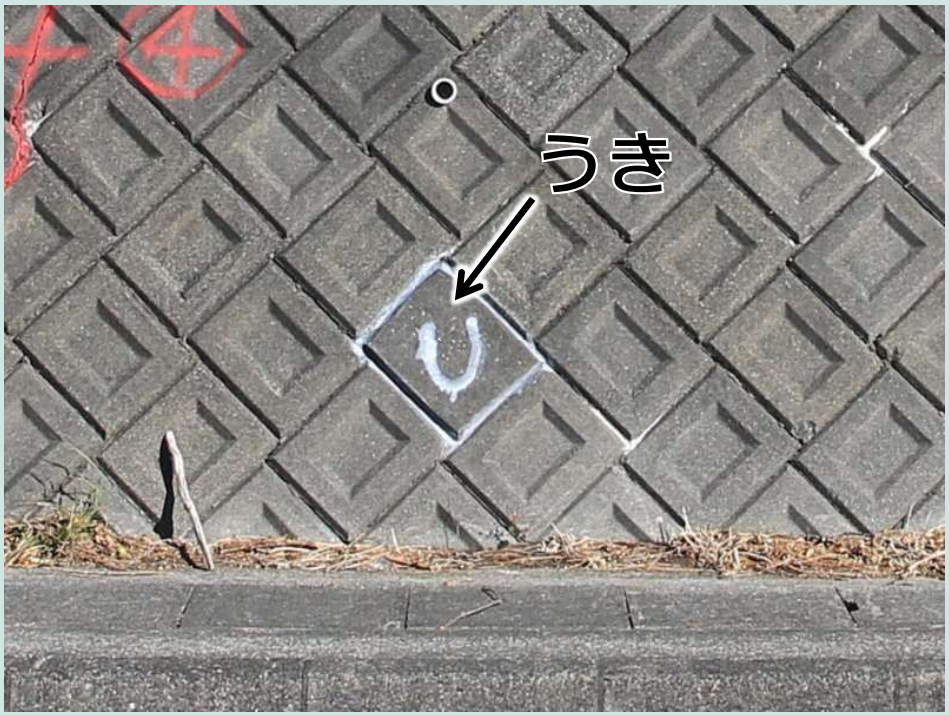


ファイバーカメラ観察

4.調査結果　近接目視・打診音調査

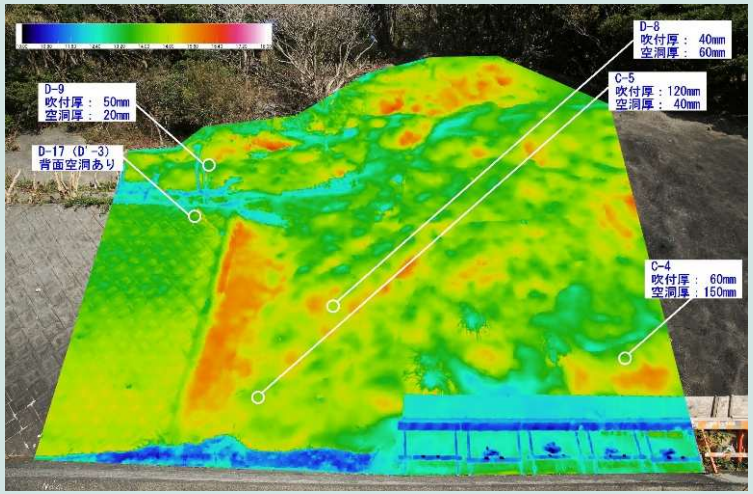






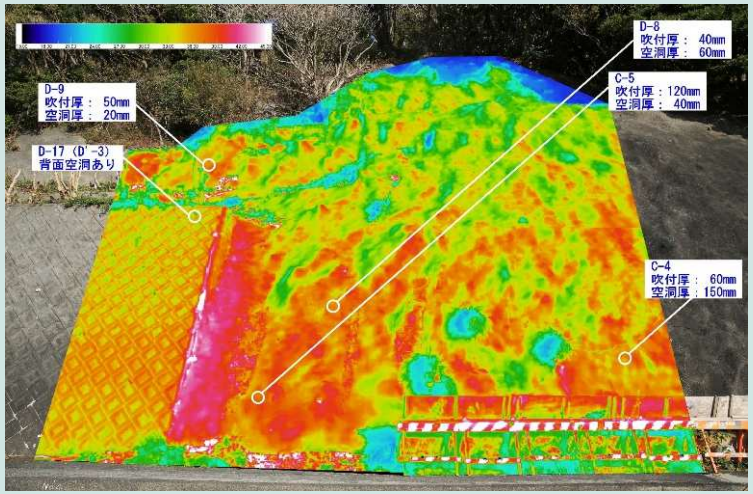


4.調査結果　熱赤外線映像法



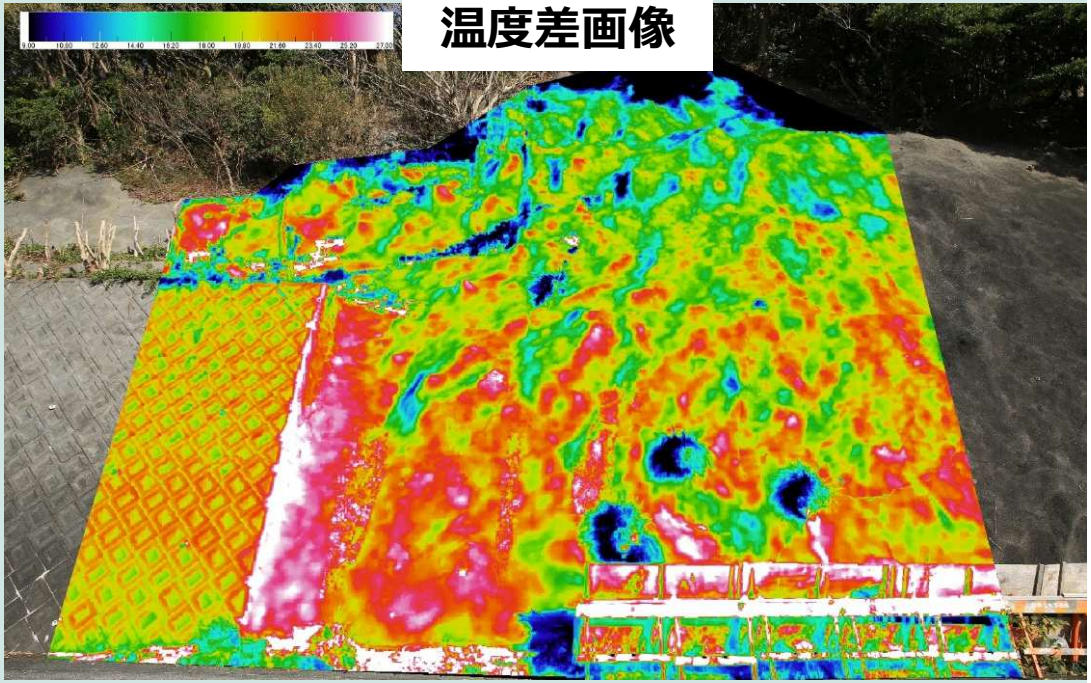
低温時撮影画像

＋

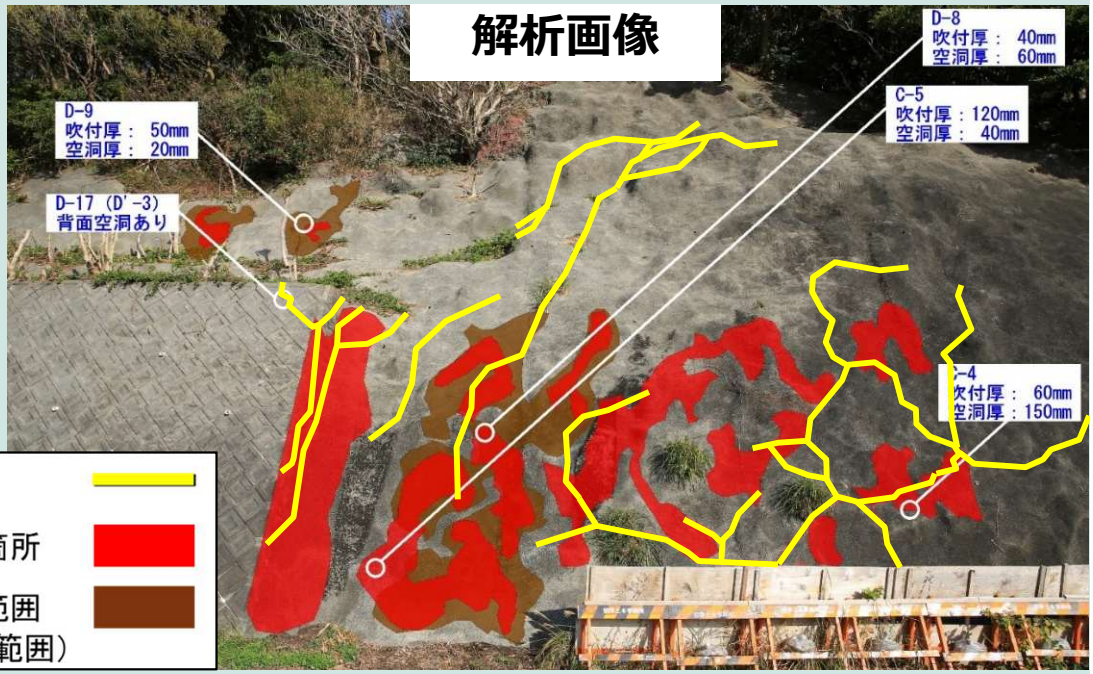


高温時撮影画像

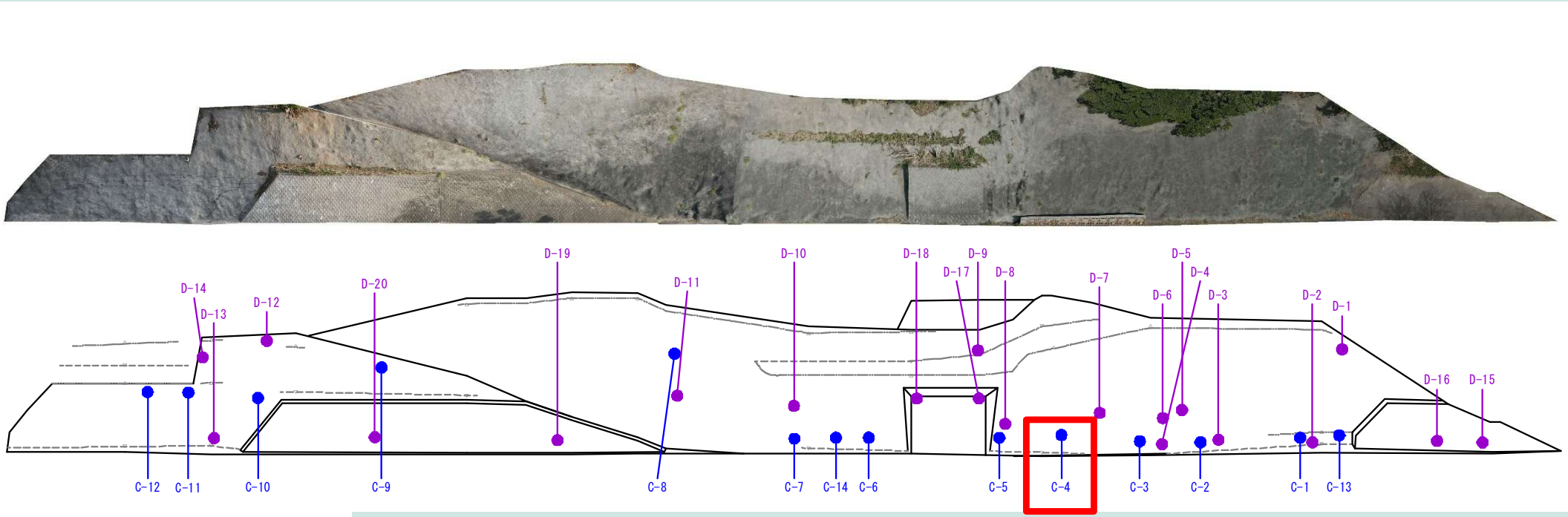
温度差画像



解析画像

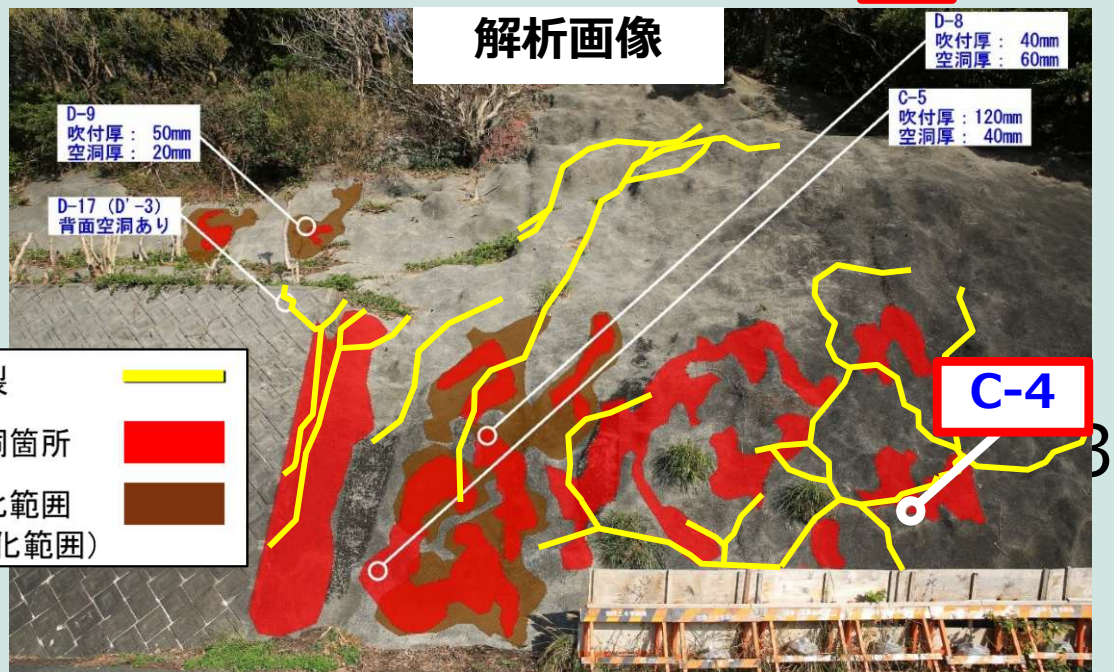


4.調査結果
コア採取・ドリル削孔・ファイバーカメラ観察



凡　例

- コア採取位置
- ドリル削孔位置



34箇所）

4.調査結果
コア採取・ドリル削孔・ファイバーカメラ観察

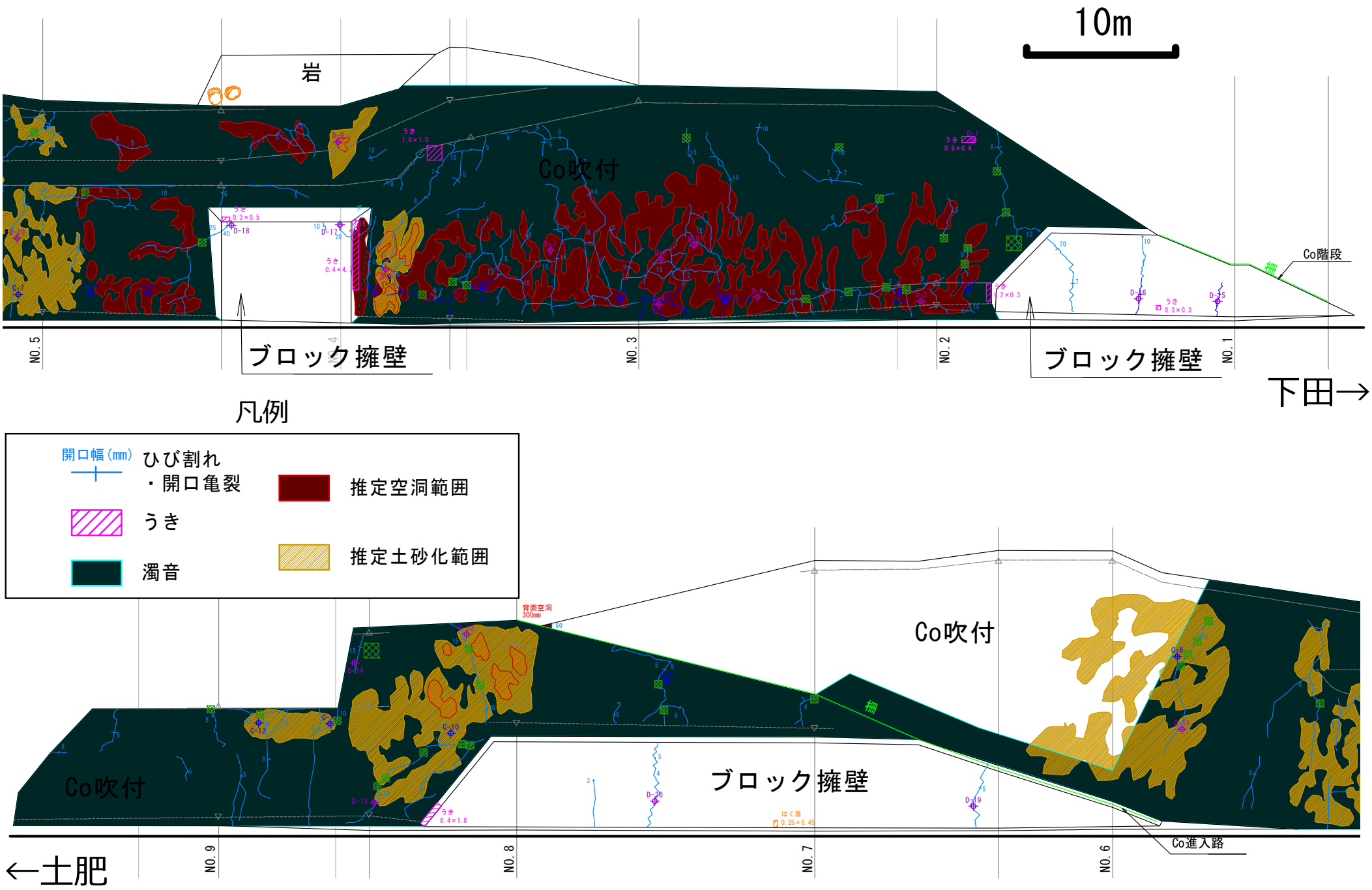
小下田　法面調査			コア写真・その他状態		地山の観察		模式図
C-4							
吹付厚	(mm)	60	モルタルの状態	良好	岩質	安山岩	
空洞厚	(mm)	150	空洞の有無	不良：空洞あり	色調	暗灰	
地山	(mm)	230	密　着　性	不良：風化が進行	記載	最大コア長5cm～径1cmの礫状で採取。風化し、一部は土砂状。	
	(mm)		地 山 状 態	やや不良：亀裂あり			
削孔長	(mm)	440	ラスの状況	良好			
					岩盤等級	CL～CM	吹付部は健全であるが背面地山には亀裂があり、空洞が確認された。

ファイバー画像

調査孔内画像（掘削方向）		表層付近（横方向）
①	②	③
		

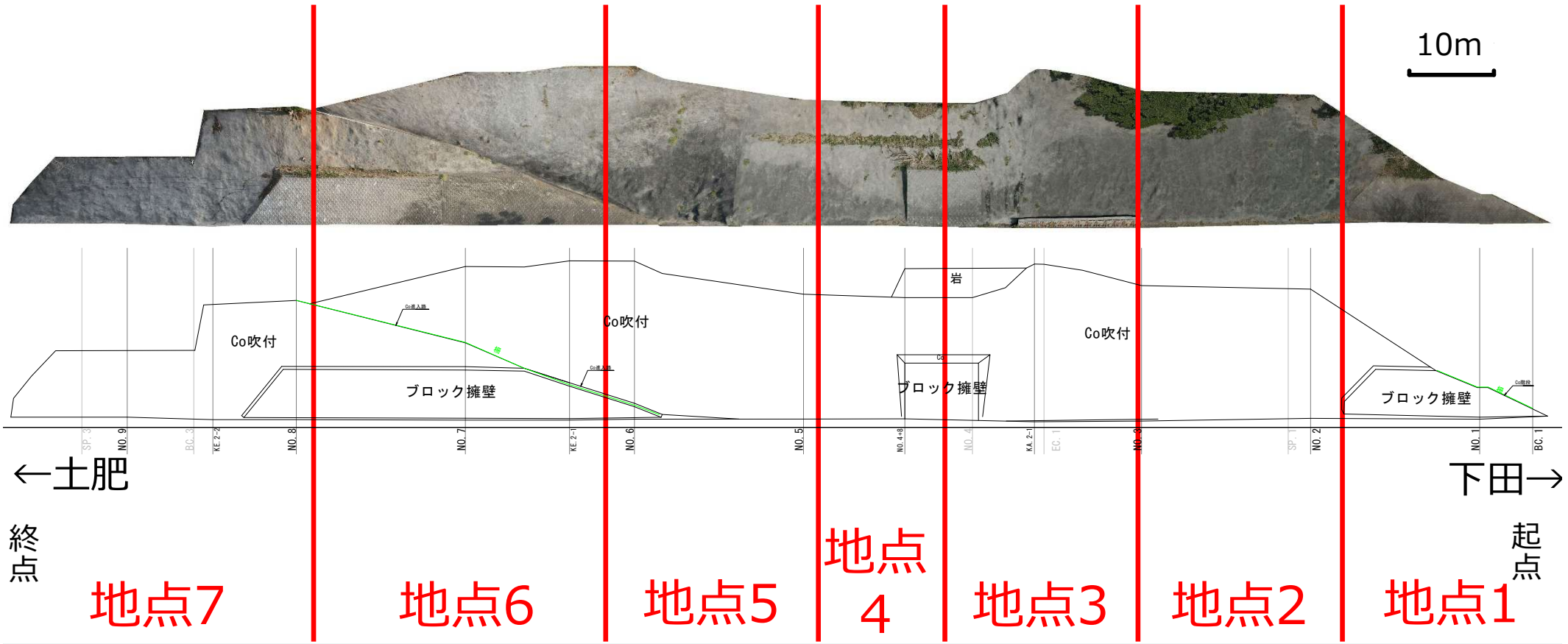
4.調査結果

変状展開図


10m
岩
Co吹付
Co階段
ブロック擁壁
ブロック擁壁
NO.5
NO.3
NO.2
NO.1
下田→
凡例
開口幅(mm)
ひび割れ
・開口亀裂
うき
濁音
推定空洞範囲
推定土砂化範囲
背面空洞
300mm
Co吹付
Co吹付
ブロック擁壁
Co進入路
NO.9
NO.8
NO.7
NO.6
←土肥

5.健全度と対応レベルの総合評価

７地点に分割し、地点ごとに評価 → 法面全体の評価



5.健全度と対応レベルの総合評価

評価基準

1) 健全性の評価

「吹付のり面診断・補修補強の手引き」

→現状の劣化過程段階を評価

2) 劣化診断および対応レベルの判定

「斜面対策工維持管理実施要領 –点検・詳細調査編-」

→今後の対応を判定

5.健全度と対応レベルの総合評価

1) 健全性の評価

着目点＼健全度		A （健全）	B (軽微な低下)	C (低下)	D （著しく低下）	E （危険）
吹付自体の劣化	ひび割れ	目視でようやく確認できる程度の微細ひび割れ	微細ひび割れが進展し、相互に連結	ひび割れがのり面全体へ展開し、相互に連結 吹付表面に多角形模様が形成	ひび割れが大きく開口	吹付が大きくめくれあがり、剥落する危険性がある
	表面剥離	-	2～3cm以下の厚さで劣化・剥離 ハンマにて容易に剥落	2～3cm以上の厚さで劣化・剥離 劣化・剥離が多層にわたる	ひし形金網・鋼材の露出・腐食、あるいは地山露出	-
吹付と地山の密着性の低下	滑動	変状なし	のり肩、のり尻などに密着した水平ひび割れ	のり肩に水平ひび割れが発生 側溝の変形、末端部に、軽微なはらみ、せり出しが発生	のり肩の水平連続開口ひび割れに段差・ずれを伴う 側溝の部分破壊が発生	円弧・馬蹄形のひび割れ、一連のブロック形状のひび割れ のり尻部に座屈破壊、側溝破壊
	背面空洞	変状なし	背面空洞存在の可能性ありと判定 土砂流出跡が確認される	空洞の存在確認 空洞周辺に閉じたひび割れ	空洞の存在確認 空洞周囲に開口ひび割れ、滑動などの変位	空洞に剥落などが生じており、一部地山が露出

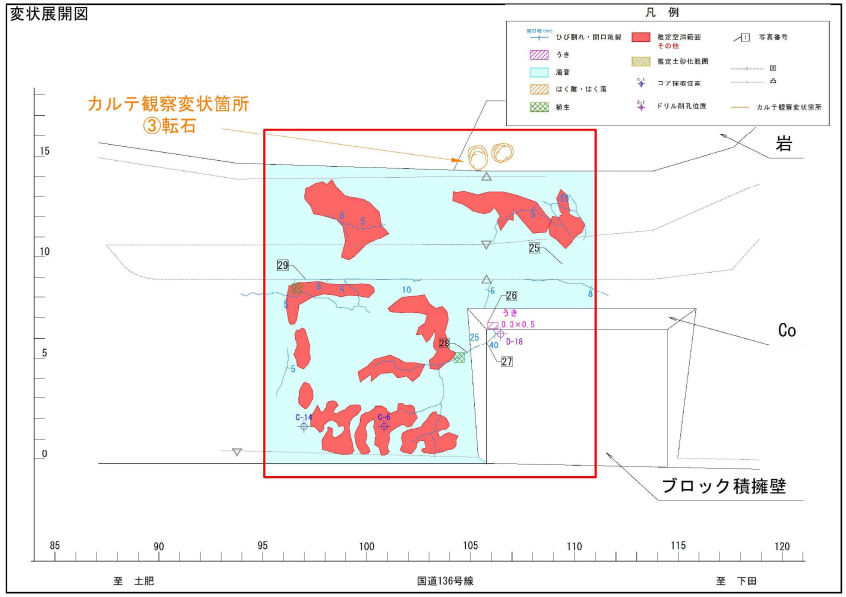
5.健全度と対応レベルの総合評価

1) 健全性の評価

劣化原因・機構に応じた健全性評価　調査票

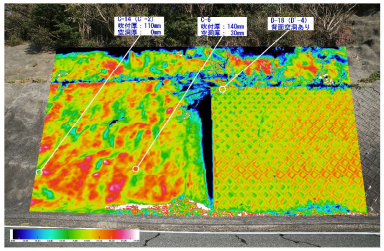
【地点4】

変状展開図

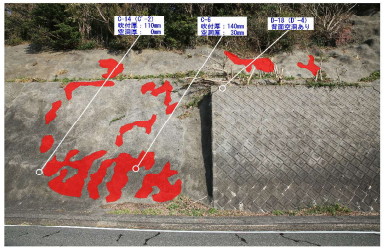


熱赤外線調査

◆温度差画像



◆解析画像



熱赤外線調査において、吹付部では温度差を明瞭に示したため、推定空洞範囲を抽出した。擁壁部では明らかな変状が認められるものの温度差を示さず、部材厚の影響と思われる。
削孔調査では推定空洞範囲において空洞が認められ、健全部では密着していることが確認された。箇推定空洞範囲の広がりと発生している変状を鑑みると、吹付部及び背面地山は劣化が進行していると考えられる。

熱赤外線　調査年月日		2023年12月11日	調査者	島田彩	天候	晴れ
近接点検・掘削　調査年月日		2024年1月9日	調査者	島田彩	天候	晴れ
箇所	調査項目	変状規模	吹付自体の劣化に関する健全性評価区分		吹付と地山の密着性の低下に関する健全性評価区分	
			ひび割れ	表面劣化・剥離	滑動	背面空洞
25	ひび割れ	W=10.0mm	C	-	-	B
26	うき	0.3m×0.5m	-	C	-	D
27	ひび割れ	W=40.0mm	C	-	-	E
28	ひび割れ	W=25.0mm	C	-	-	B
29	ひび割れ	W=8.0mm	C	-	-	B
C-6	-	-	-	-	-	D
C-14	-	-	-	-	-	A
D-18	-	-	-	-	-	D
		健全度	C	C	-	E

特記事項
・水抜き孔に劣化・損傷等の変状は認められなかった。
・近接点検では調査範囲全域で濁音がしている。

5.健全度と対応レベルの総合評価

1) 健全性の評価

劣化原因・機構に応じた健全性評価　調査票

【地点4】

項目ごとの健全度判定

健全性評価項目	健全度	代表写真
ひび割れ	C	写真27-1 
表面劣化・剥離	C	写真26-1 
滑動	-	該当なし
背面空洞	E	C-6 

詳細調査結果

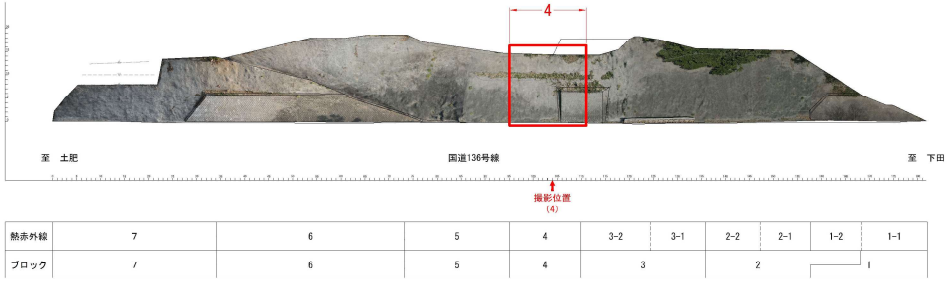
調査手法	近接点検	熱赤外線調査
調査年月日	2024年1月9日	2023年12月11日
調査結果概要	開口幅の大きいひび割れ、うき、植生が確認された。また、調査範囲の吹付部では全域において濁音があり、削孔調査では背面空洞が認められた。擁壁部では落下の危険のある変状がある。	吹付部では温度差を明瞭に示した。推定空洞範囲を抽出し、削孔調査では背面空洞が確認された。
健全性総合評価	E	
開口幅の大きいひび割れが広範囲で確認されたが、進行は確認されなかった。 うきはブロック擁壁の天端にあり、開口ひび割れの影響を受けており、はく離しかけている。高所にあるため落下等による第三者被害も懸念される。擁壁の変位を伴っているこの開口ひび割れは背面空洞もあり、不安定な状況にある。近接点検では吹付部の全域において濁音がしている。熱赤外線調査では推定空洞範囲を示し、削孔調査では背面空洞が確認された。孔内には亀裂・木根があり、風化が進行し密着性は不良であることから安全性は低下していると考えられる。		

総合評価

健全度	性能の保持状態（健全性）	
	風化・浸食防止性能	安全性能
A （健全）	変状がない、あっても、保護工としての性能低下は見られない。	変状がない、あっても、のり面の安定性に問題が無い。
B （軽微な低下）	保護工としての性能の低下が生じているが、軽微な段階である。	変状は現れていないが、のり面の不安定化に至る兆候が存在（伏在）する。
C （低下）	保護工としての性能が低下しており、放置すると地山の風化・浸食が進む可能性がある。	地山の風化、吹付と地山の密着性の低下に起因する変状が現れており、のり面の安定性が低下している。
D （著しく低下）	保護工としての性能が著しく低下しており、地山の風化・浸食が生じている。	地山の風化、吹付と地山の密着性の低下に起因する変状が進行し、のり面の安定性が著しく低下している。
E （危険）	（完全に失われている。）＊	のり面の安定性が損なわれており、危険な状態にある（剥落、滑落、表層崩壊が発生する恐れがある）。

＊風化・浸食防止機能が失われてもすぐに危険な状態となるわけではないが、その状態を放置することにより安全性能が失われ危険となる。

調査範囲・撮影位置



5.健全度と対応レベルの総合評価

1) 健全性の評価

地点	対象構造物	健全性の評価「吹付のり面診断・補修補強の手引き」		
		項目ごとの健全度		健全度
1	ブロック積擁壁	ひび割れ	C	C 低下
		表面劣化・剥離	B	
		滑動	-	
		背面空洞	C	
2	吹付	ひび割れ	C	D 著しく低下
		表面劣化・剥離	C	
		滑動	-	
		背面空洞	D	
3	吹付 ブロック積擁壁	ひび割れ	C	D 著しく低下
		表面劣化・剥離	C	
		滑動	-	
		背面空洞	D	
4	吹付 ブロック積擁壁	ひび割れ	C	E 危険
		表面劣化・剥離	C	
		滑動	-	
		背面空洞	E	
5	吹付	ひび割れ	C	C 低下
		表面劣化・剥離	-	
		滑動	-	
		背面空洞	C	
6	吹付 ブロック積擁壁	ひび割れ	C	D 著しく低下
		表面劣化・剥離	B	
		滑動	-	
		背面空洞	D	
7	吹付 ブロック積擁壁	ひび割れ	C	D 著しく低下
		表面劣化・剥離	B	
		滑動	-	
		背面空洞	D	

のり面全体

D 著しく低下

5.健全度と対応レベルの総合評価

評価基準

1) 健全性の評価

「吹付のり面診断・補修補強の手引き」

→現状の劣化過程段階を評価

2) 劣化診断および対応レベルの判定

「斜面対策工維持管理実施要領 –点検・詳細調査編-」

→今後の対応を判定

5.健全度と対応レベルの総合評価

2) 劣化診断および対応レベルの判定

近接目視・打診音調査結果

①変状レベル判定

変状レベル	変状の程度
1	軽微 ↓ 大
2	
3	

②変状範囲の割合から劣化診断

劣化診断レベル	劣化診断
a	・変状レベル**2**の分布範囲が10%未満 ・すべての箇所が変状レベル**1**
b	・変状レベル**3**が1箇所以上かつ対象面積の10%未満 ・変状レベル**2**の分布範囲が10%～30%
c	・変状レベル**3**の分布範囲が10%以上 ・変状レベル**2**の分布範囲が30%以上

要因毎（「損傷・変形、土砂流出」と「変質・腐食」）に区分して判定・診断

熱赤外線調査結果

劣化診断レベル	劣化診断
a	・空洞と推定される範囲が10%未満
b	・空洞と推定される範囲が10～30%程度
c	・空洞と推定される範囲が30%以上

5.健全度と対応レベルの総合評価

2) 劣化診断および対応レベルの判定

対応レベル	判定目安	対応
I **対策検討**	・劣化診断レベル **c** が1つ以上 ・第三者への被害の可能性がある	・必要な改修工事や応急対策措置について検討 ・必要に応じて詳細調査を実施
II **要詳細調査**	・劣化診断レベル **b** が1つ以上で、背面空洞化が疑われる、または、変質の程度やひび割れの深さを調べる必要がある場合	・必要な詳細調査を実施 ・定期点検の時期と頻度及び詳細調査の必要性を検討
III **経過観察**	・劣化診断レベル **b** が1つ以上で対応レベル**II**に該当しない場合	・異常個所の経過観察 ・定期点検の時期と頻度及び詳細調査の必要性を検討
IV **記録保管**	・劣化診断レベルがすべて **a** ・劣化損傷が認められない	・定期点検を継続

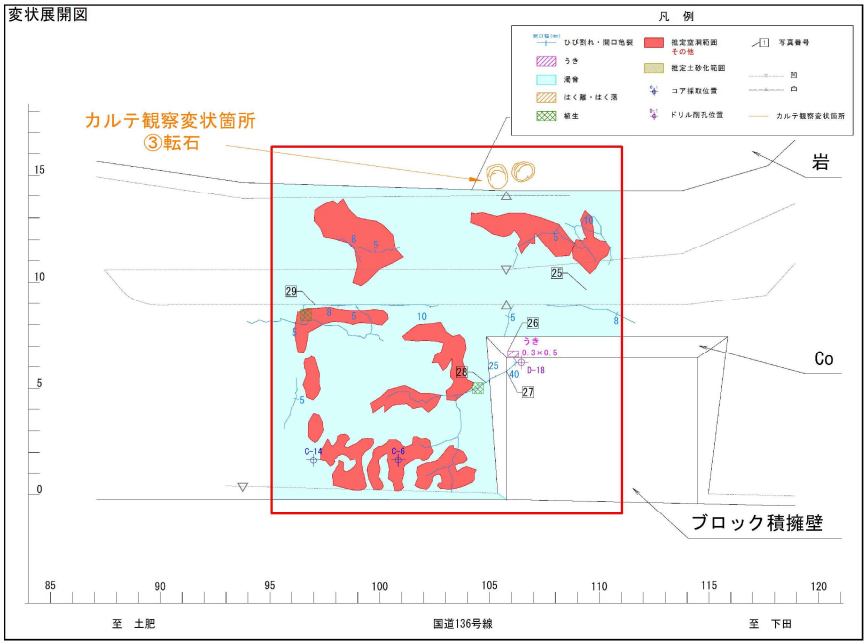
5.健全度と対応レベルの総合評価

2) 劣化診断および対応レベルの判定

吹付工の詳細調査及び劣化診断　調査票

【地点4】

変状展開図



	熱赤外線　調査年月日	2023年12月11日	調査者	島田彩	天候	晴れ
	近接点検・掘削　調査年月日	2024年1月9日	調査者	島田彩	天候	晴れ

調査手法	箇所	劣化・損傷の状況 / 調査項目	吹付本体・基礎工		
			損傷変形	土砂流出	変質腐食
近接点検	25	ひび割れ	2	1	2
	26	うき	2	1	2
	27	ひび割れ	3	1	3
	28	ひび割れ	2	1	2
	29	ひび割れ	2	1	2
劣化診断		変状範囲の割合(%)	30%以上		30%以上
		変状レベル	c		c

◆ひび割れ　写真27-1



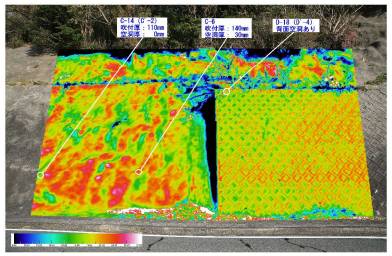
◆うき　写真26-1



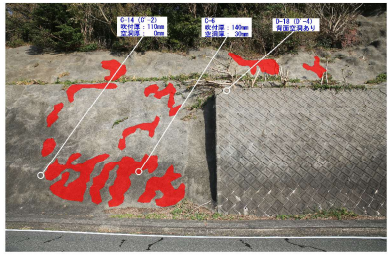
◆孔内状況　C-6



調査手法	
熱赤外線調査	◆温度差画像



◆解析画像



熱赤外線調査において、吹付部では温度差を明瞭に示したため、推定空洞範囲を抽出した。擁壁部では明らかな変状が認められるものの温度差を示さず、部材厚の影響と思われる。
削孔調査では推定空洞範囲において空洞が認められ、健全部では密着していることが確認された。箇推定空洞範囲の広がりと発生している変状を鑑みると、吹付部及び背面地山は劣化が進行していると考えられる。

劣化診断
c

調査手法	箇所	部材厚(mm)	部材断面	空洞厚(mm)	背面空洞	背面地山
コア削孔・ドリル削孔・ファイバーカメラ	C-6	140	健全	30	あり	亀裂あり
	C-14	110	健全	0	無し	亀裂あり
	D-18	-	健全	-	あり	木根あり
	吹付部は健全であるが背面地山には亀裂・木根があり、推定空洞箇所では空洞が確認された。 擁壁部は掘削を進めても硬質なものには当たらず、背面空洞が確認された。背面地山は礫状であり、掘削先端では孔壁の崩壊によって閉塞が認められた。					

特記事項

・水抜き孔に劣化・損傷等の変状は認められなかった。
・近接点検では調査範囲全域で濁音がしている。
・変状範囲は変状を包括する面積を範囲とした。

5.健全度と対応レベルの総合評価

2) 劣化診断および対応レベルの判定

吹付工の詳細調査及び劣化診断　調査票

【地点4】

詳細調査結果

調査手法	近接点検		熱赤外線調査
調査年月日	2024年1月9日		2023年12月11日
調査結果概要	開口幅の大きいひび割れ、うき、植生が確認された。また、調査範囲の吹付部では全域において濁音があり、削孔調査では背面空洞が認められた。擁壁部では落下の危険のある変状がある。		吹付部では温度差を明瞭に示した。推定空洞範囲を抽出し、削孔調査では背面空洞が確認された。
劣化診断	施設区分 / 劣化・損傷	吹付本体 基礎工	c
	損傷変形 土砂流出	c	
	変質・腐食	c	
総合判定	I		I
総合判定	I		

開口幅の大きいひび割れが広範囲で確認されたが、進行は確認されなかった。うきはブロック擁壁の天端にあり、開口ひび割れの影響を受けており、はく離しかけている。高所にあるため落下等による第三者被害も懸念される。擁壁の変位を伴っているこの開口ひび割れは背面空洞もあり、不安定な状況にある。近接点検では吹付部の全域において濁音がしている。熱赤外線調査では推定空洞範囲を示し、削孔調査では背面空洞が確認された。孔内には亀裂・木根があり、風化が進行し密着性は不良であることから安全性は低下していると考えられる。このことから、総合的には対策を検討することが望ましい。

総合判定

総合判定	Ⅰ	対策検討	摘要	吹付本体・基礎工及び熱赤外線調査において、劣化診断レベルがc評価であり、第三者への被害の可能性もあるため総合判定をⅠとする。
	Ⅱ	要詳細調査		
	Ⅲ	経過観察		
	Ⅳ	記録保管		



5.健全度と対応レベルの総合評価

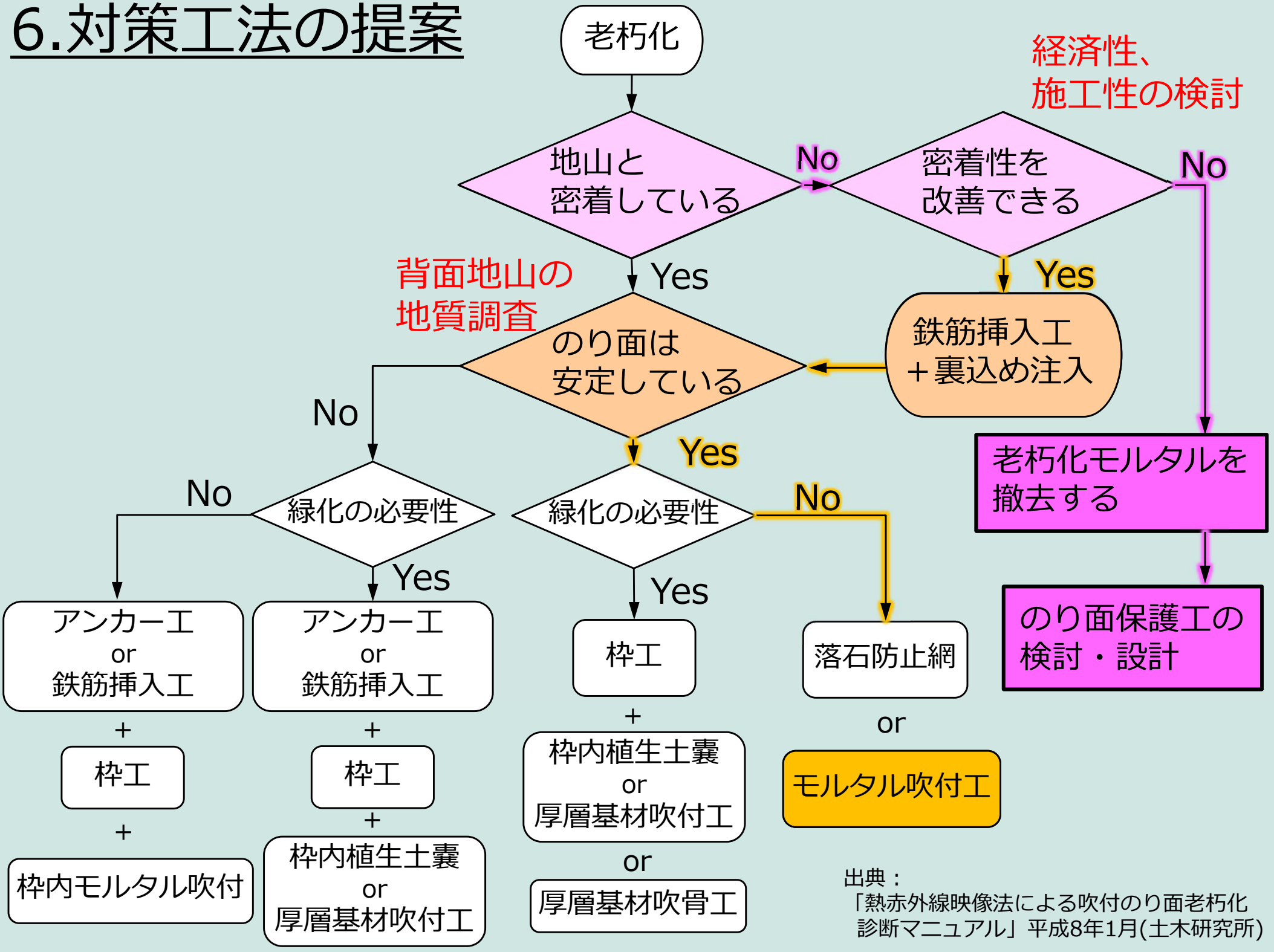
2) 劣化診断および対応レベルの判定

地点	対象構造物	劣化診断及び対応レベル「斜面対策工維持管理実施要領 -点検・詳細調査編-」			
		劣化診断		対応レベル	
1	ブロック積擁壁	損傷変形・土砂流出	b	II	**II 要詳細調査**
		変質・腐食	b		
		熱赤外線	b	II	
2	吹付	損傷変形・土砂流出	c	I	**I 対策検討**
		変質・腐食	c		
		熱赤外線	c	I	
3	吹付ブロック積擁壁	損傷変形・土砂流出	c	I	**I 対策検討**
		変質・腐食	c		
		熱赤外線	c	I	
4	吹付ブロック積擁壁	損傷変形・土砂流出	c	I	**I 対策検討**
		変質・腐食	c		
		熱赤外線	c	I	
5	吹付	損傷変形・土砂流出	c	I	**I 対策検討**
		変質・腐食	c		
		熱赤外線	c	I	
6	吹付ブロック積擁壁	損傷変形・土砂流出	c	I	**I 対策検討**
		変質・腐食	c		
		熱赤外線	a～c	IV～I	
7	吹付ブロック積擁壁	損傷変形・土砂流出	b	I	**I 対策検討**
		変質・腐食	c		
		熱赤外線	b～c	II～I	

のり面全体

I 対策検討

6.対策工法の提案

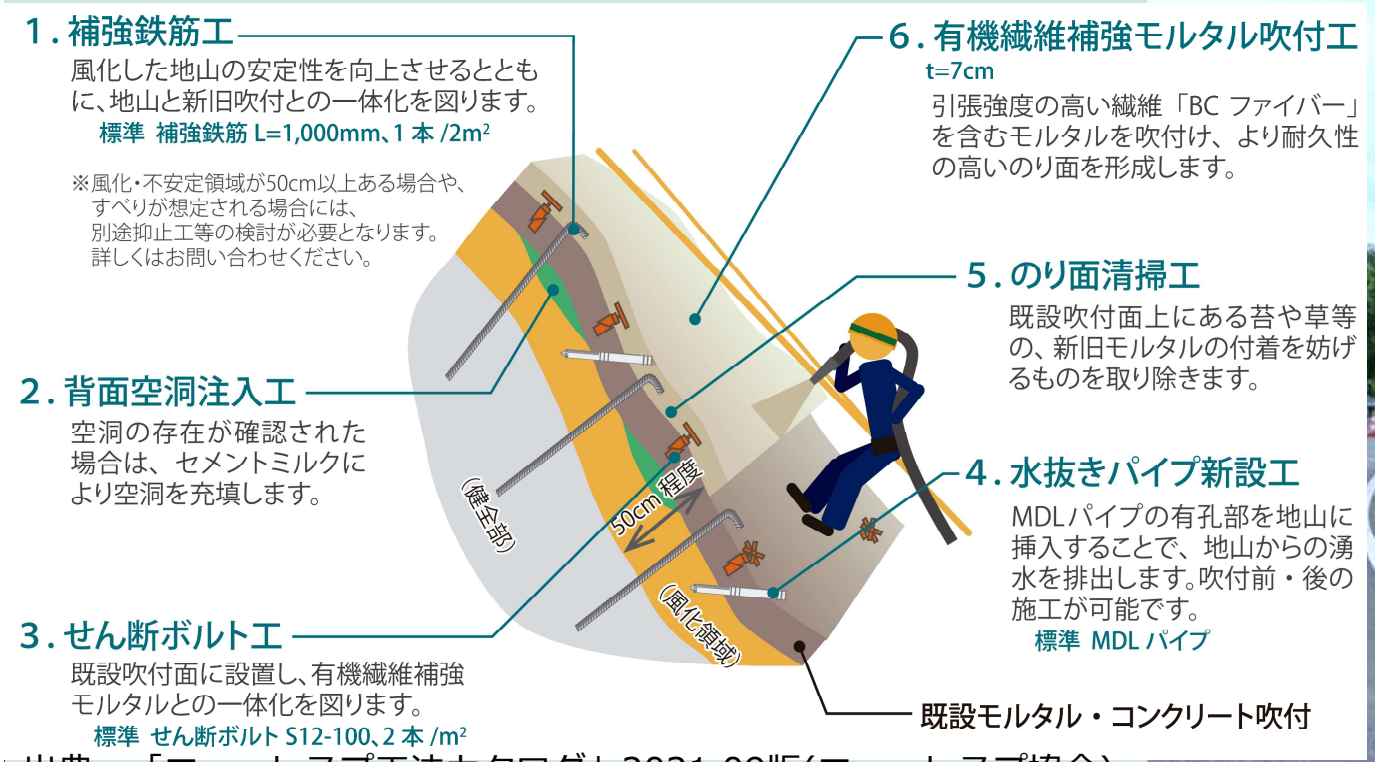


出典：
「熱赤外線映像法による吹付のり面老朽化診断マニュアル」平成8年1月(土木研究所)

6.対策工法の提案

- 昨年度から対策工事
- 既設吹付をはつり取らない工法

ニューレスプ工法の概要



出典：「ニューレスプ工法カタログ」2021.09版(ニューレスプ協会)



2026/07/03撮影

ご清聴ありがとうございました。



50年の実績から夢ある100年へ
総合建設コンサルタント
株式会社 東日

洪積台地で発生した崩壊斜面の土質定数の推定方法

We walk together.
昭和設計株式会社

昭和設計株式会社
水環境保全・地質防災部地質調査室
鈴木雄也

業務目的

牧之原台地東側の展望広場にて法面崩壊が生じた

崩壊の規模：幅約30m 高さ約12m



Google Earthを用いて作成

業務目的

牧之原台地東側の展望広場にて法面崩壊が生じた

植生が失われている



Google Earthを用いて作成

業務目的

牧之原台地東側の展望広場にて法面崩壊が生じた

崩壊崖　表土のオーバーハング　が確認される



業務目的

牧之原台地東側の展望広場にて法面崩壊が生じた

→法面対策工法の検討および設計に必要となる地盤状況を確認する

○調査数量

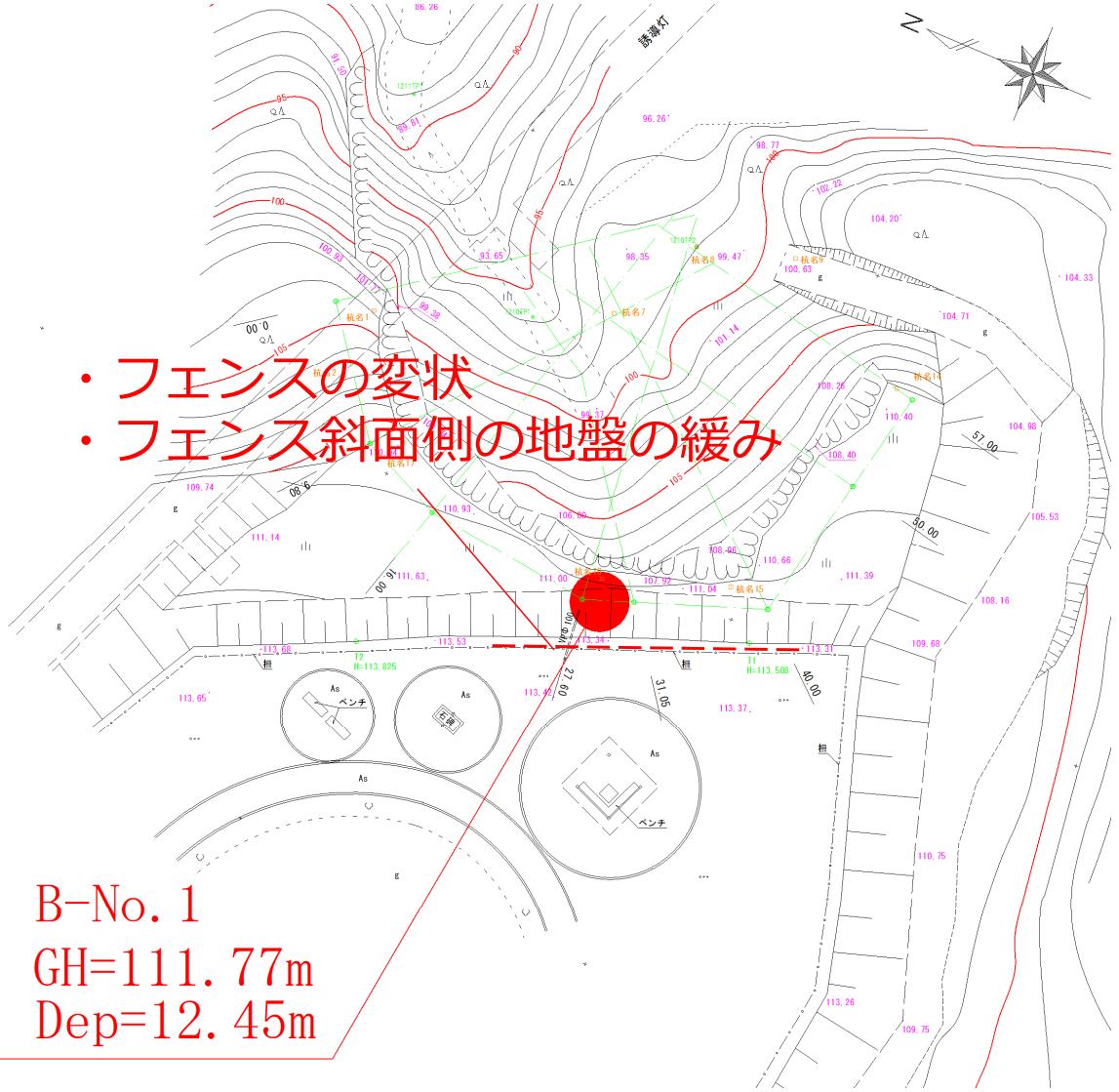
- 現地踏査
- 機械ボーリング12m×1箇所

○ボーリング位置

- 監督員、測量・設計業者との現地立会
- 測量平面図のコンター

↓

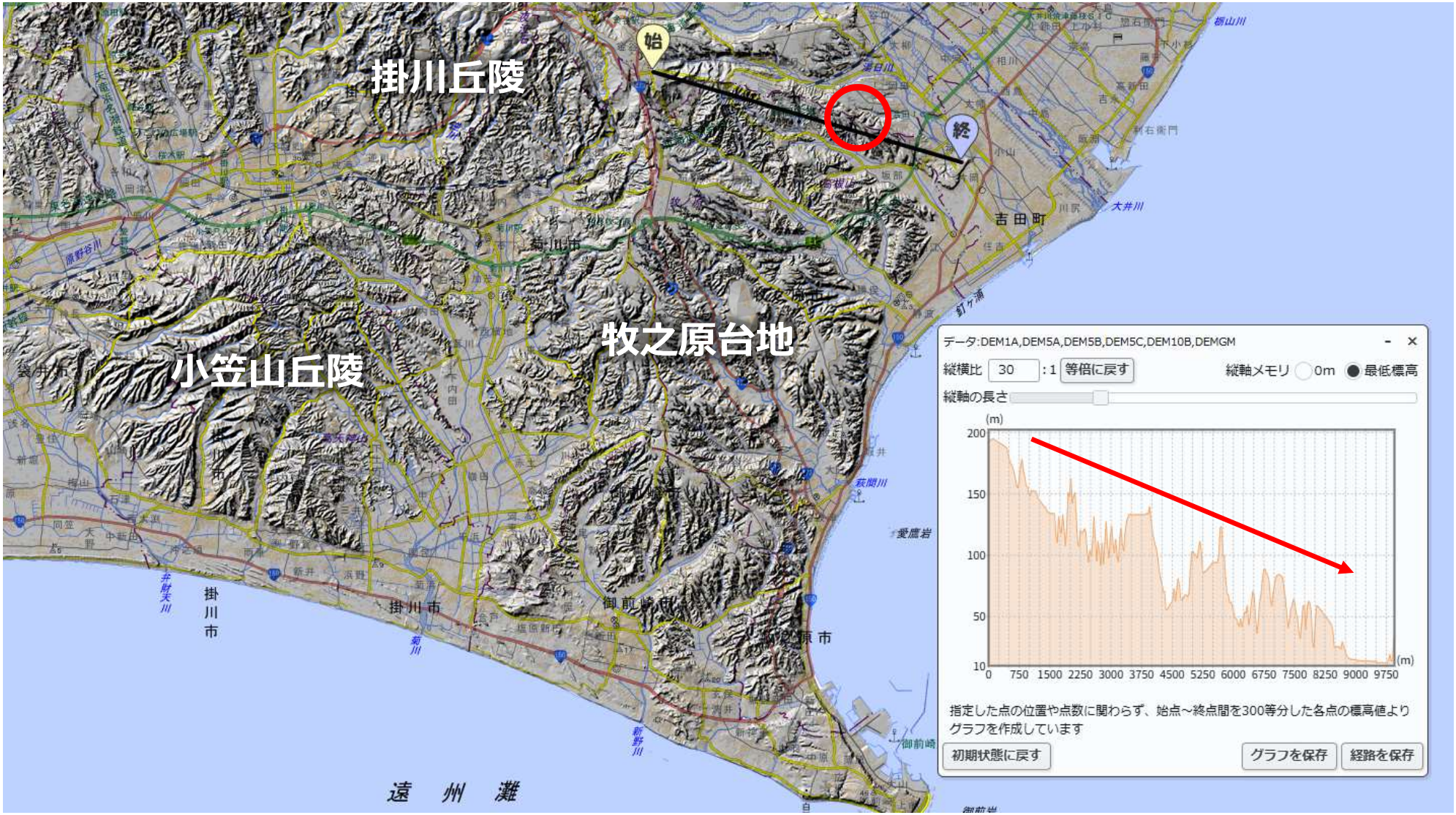
ボーリング位置と主断面を決定



調査地の地形地質概要

牧之原台地の坂部原面（坂部原丘陵）に位置する

調査地（坂部原面）は概ね東方向へ緩やかに傾斜している

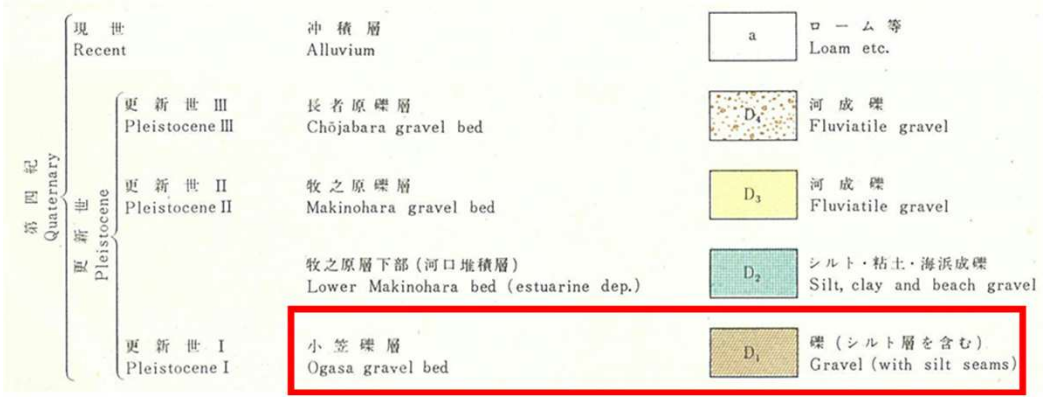


地理院地図電子国土WEBを用いて作成

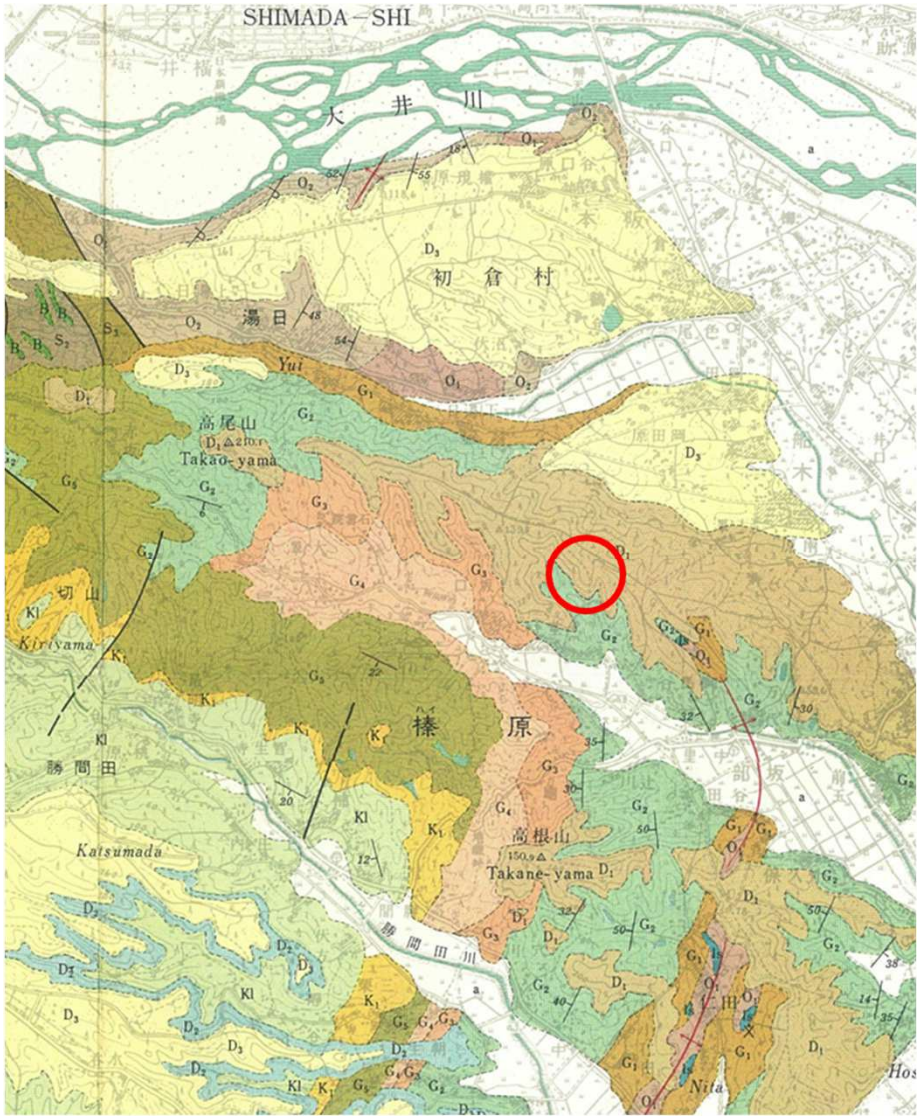
調査地の地形地質概要

調査地は小笠山礫層（坂部原礫層）が分布する

風化による粘土化作用が進行し、脆くなっていることが多い



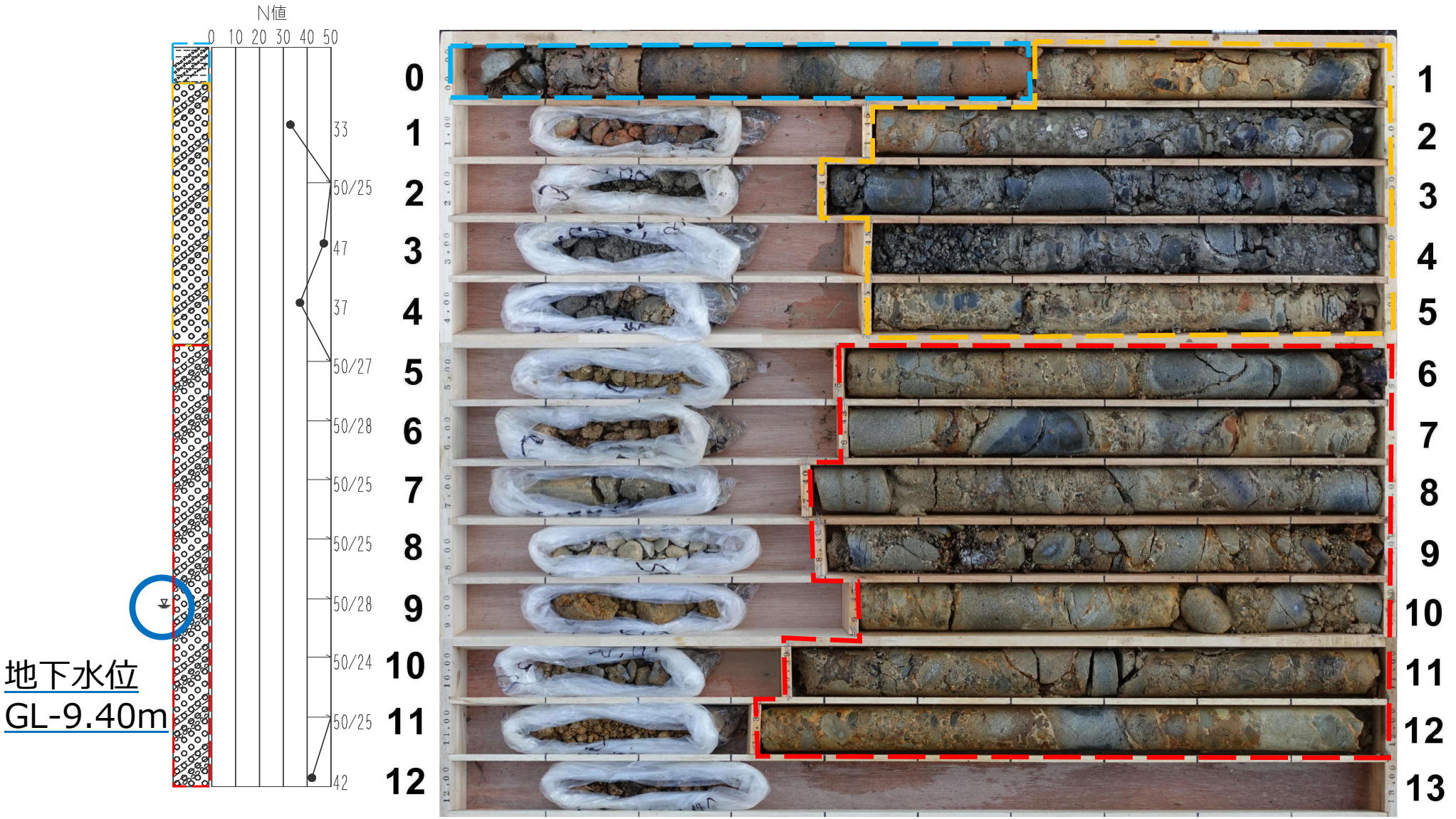
時代		層序区分	層厚	堆積面
第四紀	清水期（完新世）	沖積層	100m－	沖積平野面
	長者原期	色尾・長者原段丘群礫層	30m±	色尾・長者原面
	牧の原期	牧の原礫層（白羽相）（牧の原相）	50m－	牧の原面
		古谷泥層	15m±	
	小笠期	小笠山・坂部原礫層	50m±	坂部原面
新第三紀		新第三系（相良層群・掛川層群）		



静岡の地学　（株）静岡教育出版社　S53.10　掛川地方地質図説　地質調査所　S38.3を用いて作成

調査ボーリング結果

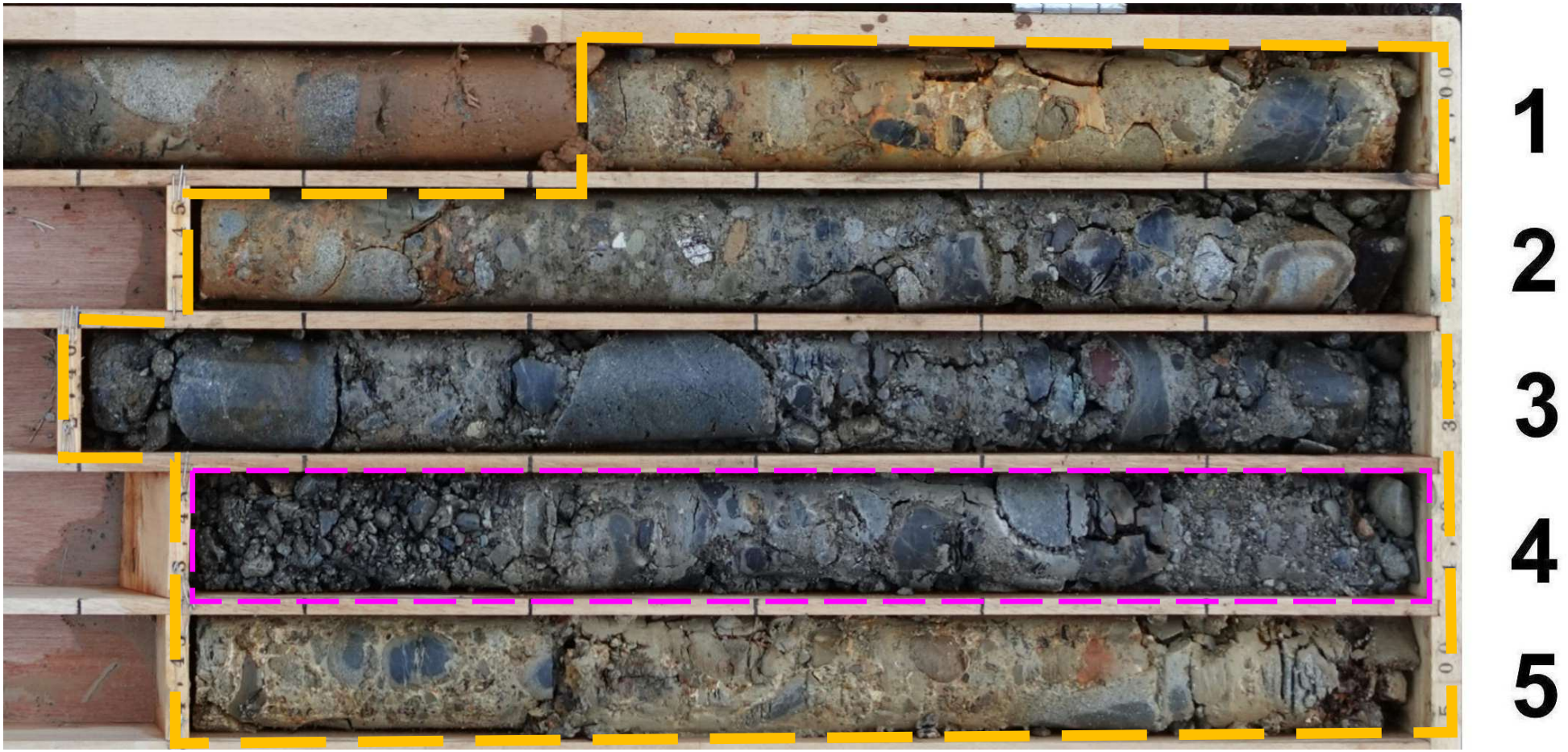
上層から 表土（Am） 砂礫層（Ag） 玉石層（Agb）が確認される



調査ボーリング結果

砂礫層（Ag）の暗灰色部の礫間充填物は

細粒分の乏しい細砂～粗砂からなり締まり具合が弱い

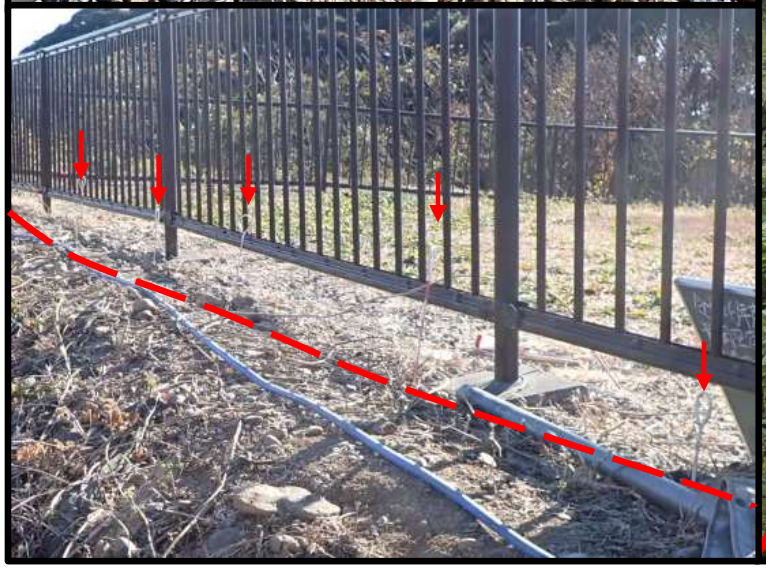


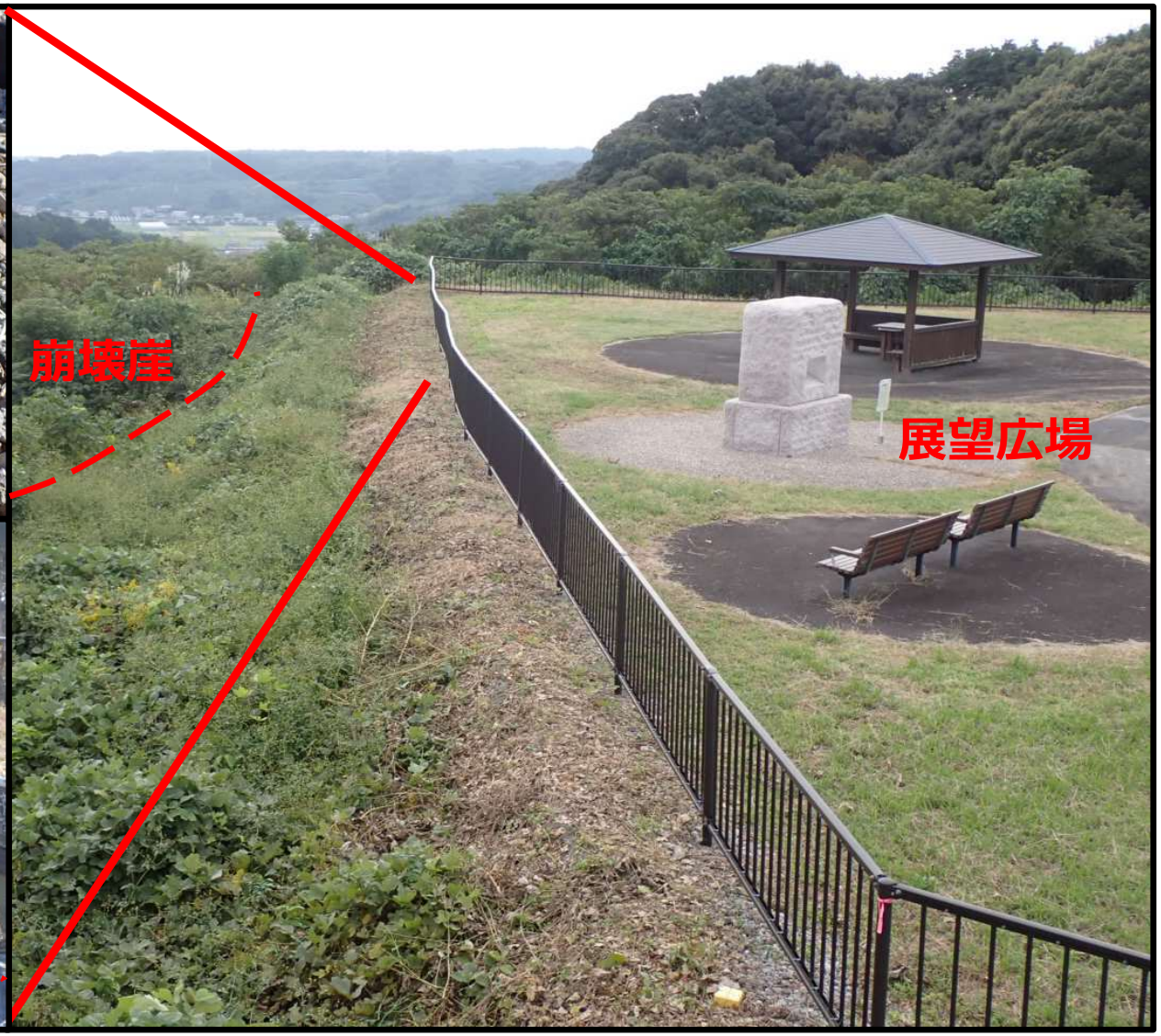
現地踏査　フェンスの傾き

フェンス頭部が斜面側に傾いている（フェンス基礎が9度の傾き）

地盤が緩くピンポールが最大30cm貫入







現地踏査　ボーリング直下

φ20～200mm程度の粗礫～玉石を多く点在、ハンマー打撃で崩れやすい

シダ類・コケ類がみられる







現地踏査　崩積土

斜面中腹～下部の緩傾斜部、締まり具合の緩い二次堆積物が堆積する

土層は礫混じりシルトからなる







地層推定断面図・地層状況

崩積土層（Dt）

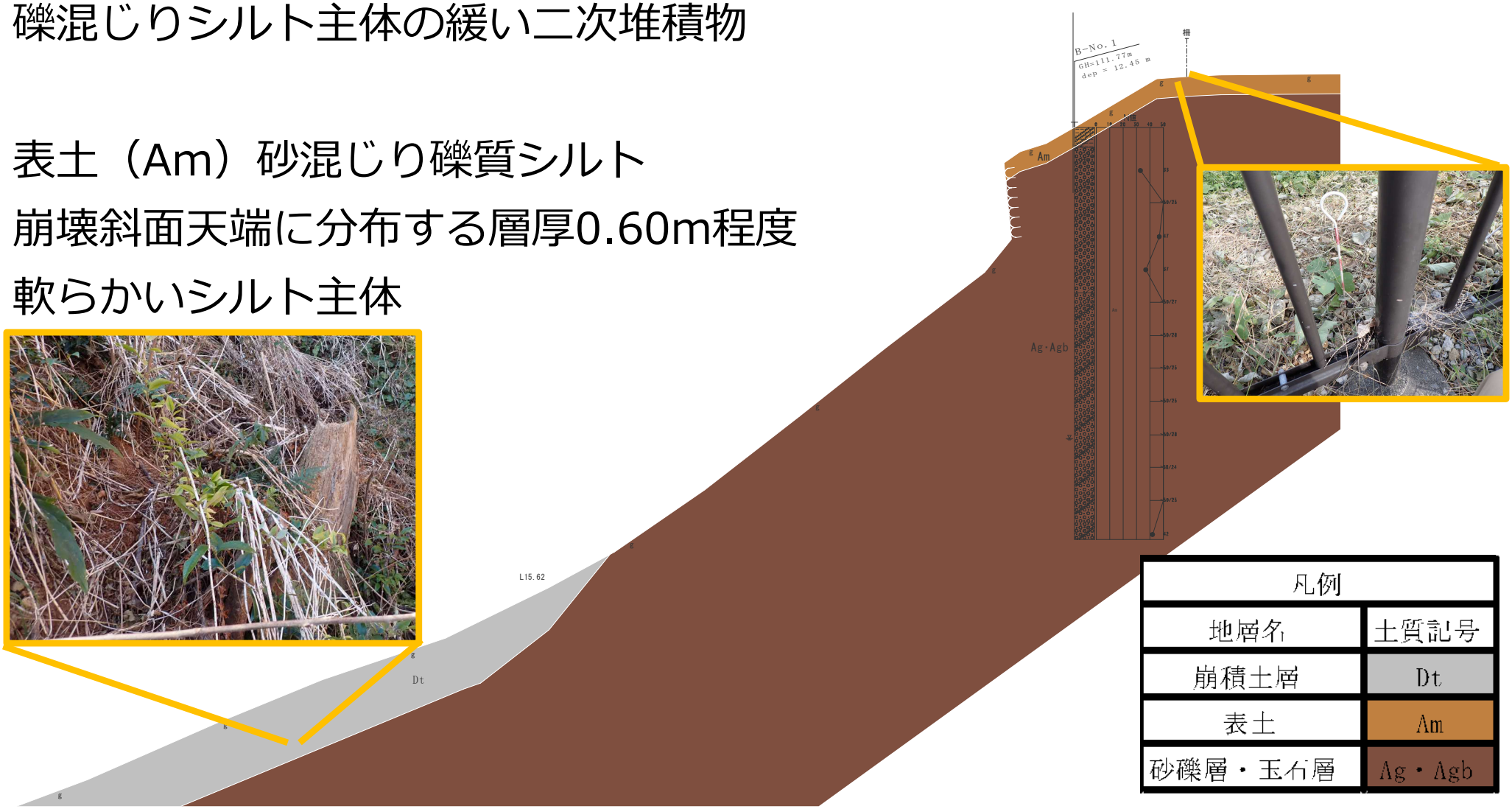
斜面中腹～下部を広く覆う

礫混じりシルト主体の緩い二次堆積物

表土（Am）砂混じり礫質シルト

崩壊斜面天端に分布する層厚0.60m程度

軟らかいシルト主体



地層推定断面図・地層状況

砂礫層（Ag）　シルト質砂礫～砂礫
表土下で層厚4.40m程度で分布
所々でシルト分に乏しく
締まり具合が弱い
ハンマー打撃で崩れやすい





玉石層（Agb）　玉石混じりシルト質砂礫
マトリックスもよく締まっており
相対密度「非常に密な」を示す
GL-9.40m付近、地下水位を確認

斜面崩壊の素因と誘因

〈素因〉

・坂部原面に位置する展望広場は全体的に東方向へ緩やかに傾斜し
　広場内の雨水が本斜面へ供給されやすい地形を有している
・経年的な表流水、伏流水による侵食、風化の進行で表層部が脆弱化している

〈誘因〉

・豪雨時、多量の表流水、伏流水が発生し、脆弱部で表層崩壊が起こる

＜繰り返し表層崩壊の発生＞

①表層崩壊により斜面内部の応力が解放され、平均せん断強度が低下する
②降雨によって、崩壊面等から層内の間隙へ雨水が流入し、強度が低下する
③雨水の流入によって、細粒分が流出し、新たな水みちが形成される
④表層部が脆弱化し、豪雨時に再び表層崩壊が起こる

斜面安定解析　強度定数(c,φ)の推定手順及び適用方法

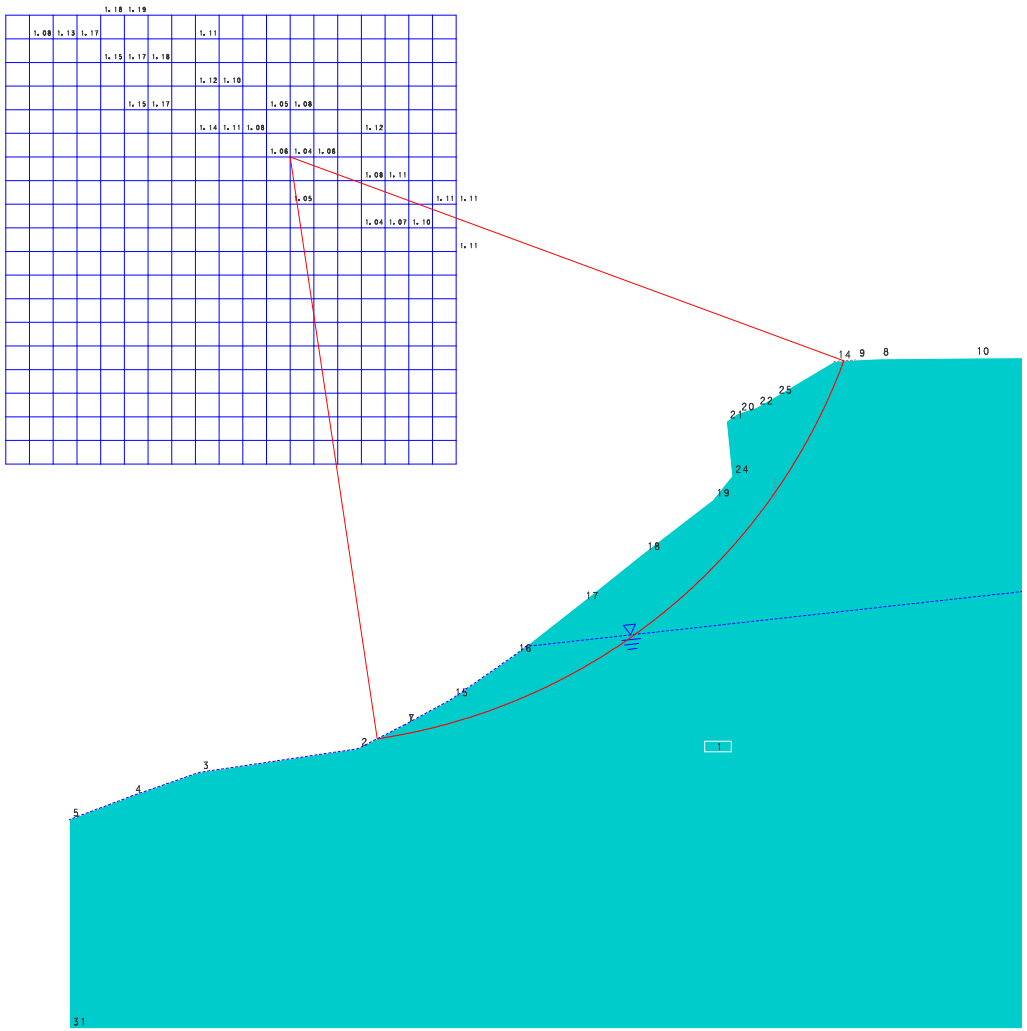
手順1）
フェンスの変状およびボーリングコアに緩みが生じているが
現況斜面に変状は生じていないことから
現況の安全率Fs=1.0として強度定数（c,φ）を推定する

手順2）
周辺の横断図から崩壊前の原地形を推定し
崩壊時の安全率Fs=0.98として
崩壊面の強度定数（c,φ）を推定する

手順3）
表流水、伏流水等により今後も同様の崩壊が生じると推測
手順2で推定した崩壊面の強度定数（c,φ）を現況断面に適用し
必要安全率Fs=1.2となるための最大抑止力を算出する

斜面安定解析　手順1）現況斜面

フェンスの変状およびボーリングコアに緩みが生じているが、
現況斜面に変状は生じていないことから
現況の安全率Fs=1.0として、強度定数（c,φ）を推定する

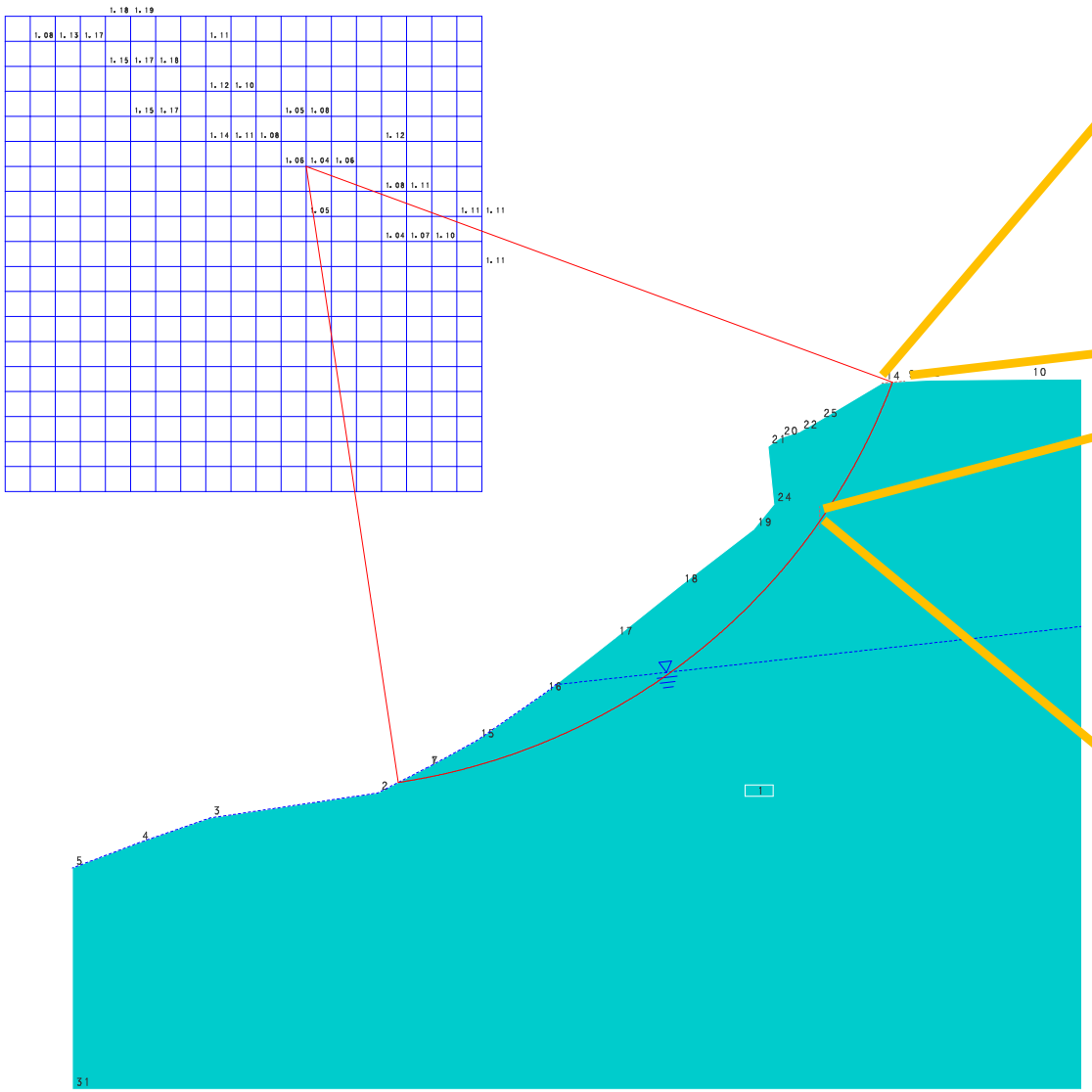


	粘着力 c (kN/m^2)	内部摩擦角 ϕ (°)
現況斜面	5	39

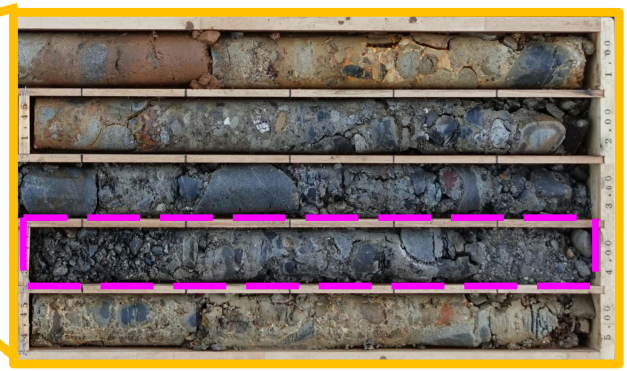
斜面安定解析　手順1）現況斜面

フェンス位置、ボーリング地点の脆弱部の深度を通るよう円弧の範囲を設定

斜面の平均勾配39度からφ=39°を固定し、cを算出する





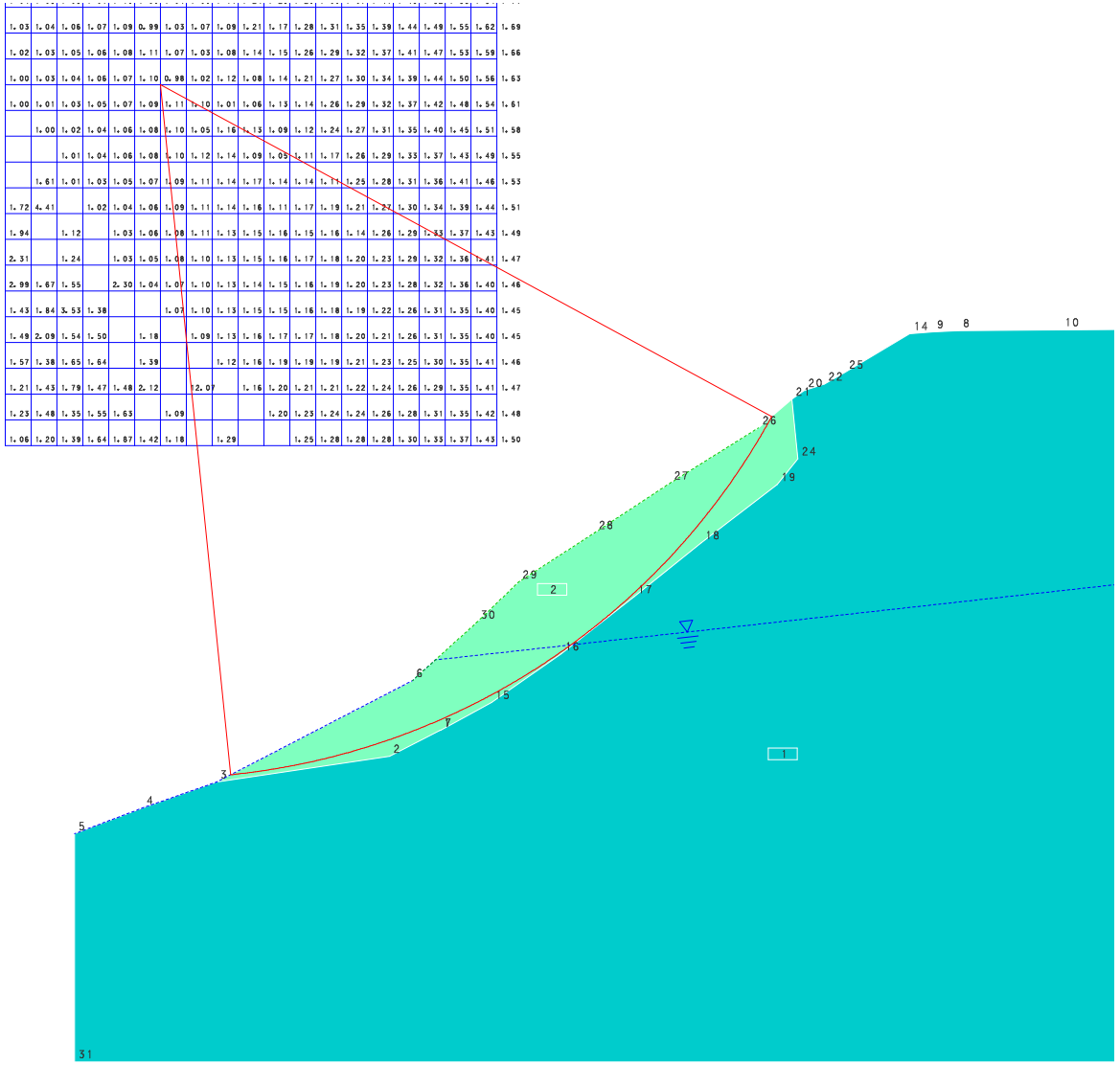


	粘着力 c (kN/m^2)	内部摩擦角 ϕ (°)
現況斜面	5	39

斜面安定解析　手順2）崩壊前推定原地形

周辺の横断図やコンターから崩壊前の原地形を推定し

崩壊時の安全率Fs=0.98として、崩壊面の強度定数（c,φ）を推定する



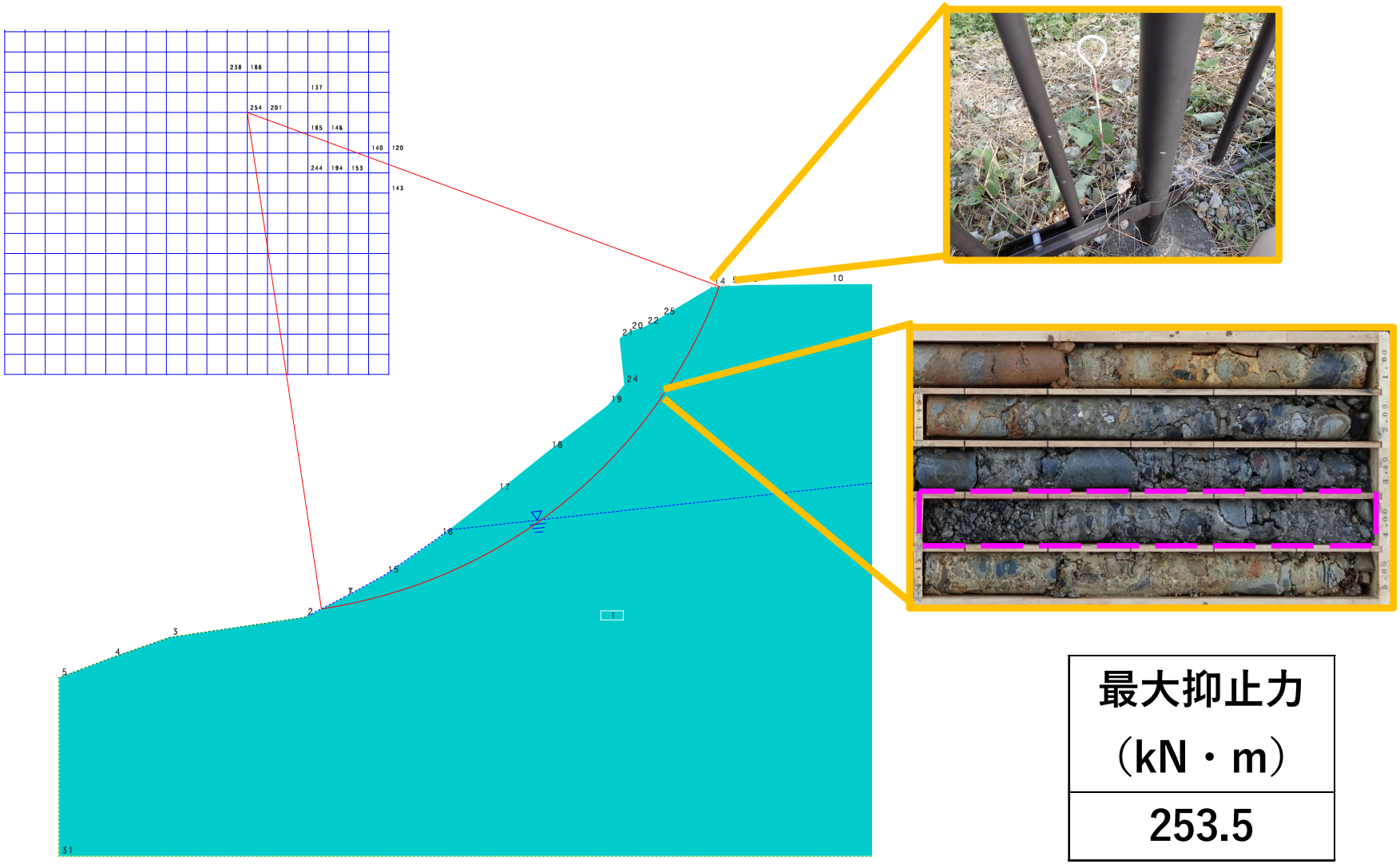
	粘着力 c (kN/m^2)	内部摩擦角 ϕ (°)
崩壊前原地形	0.8	37

斜面安定解析　手順3）最大抑止力の算出

表流水、伏流水等により今後も同様の崩壊が生じると推測

手順2で推定した崩壊面の強度定数（c=0.8kN/m^2,φ=37°）を適用

必要安全率Fs=1.2となるための最大抑止力を算出する



最大抑止力（kN・m）
253.5

斜面安定解析　不安定土塊ー安定領域境界

推定不安定土塊

＜範囲＞

手順3）で推定された円弧内

＜c,φの適用＞

手順2）で求めた

崩壊前推定原地形の強度定数を適用

安定領域不動土塊

＜範囲＞

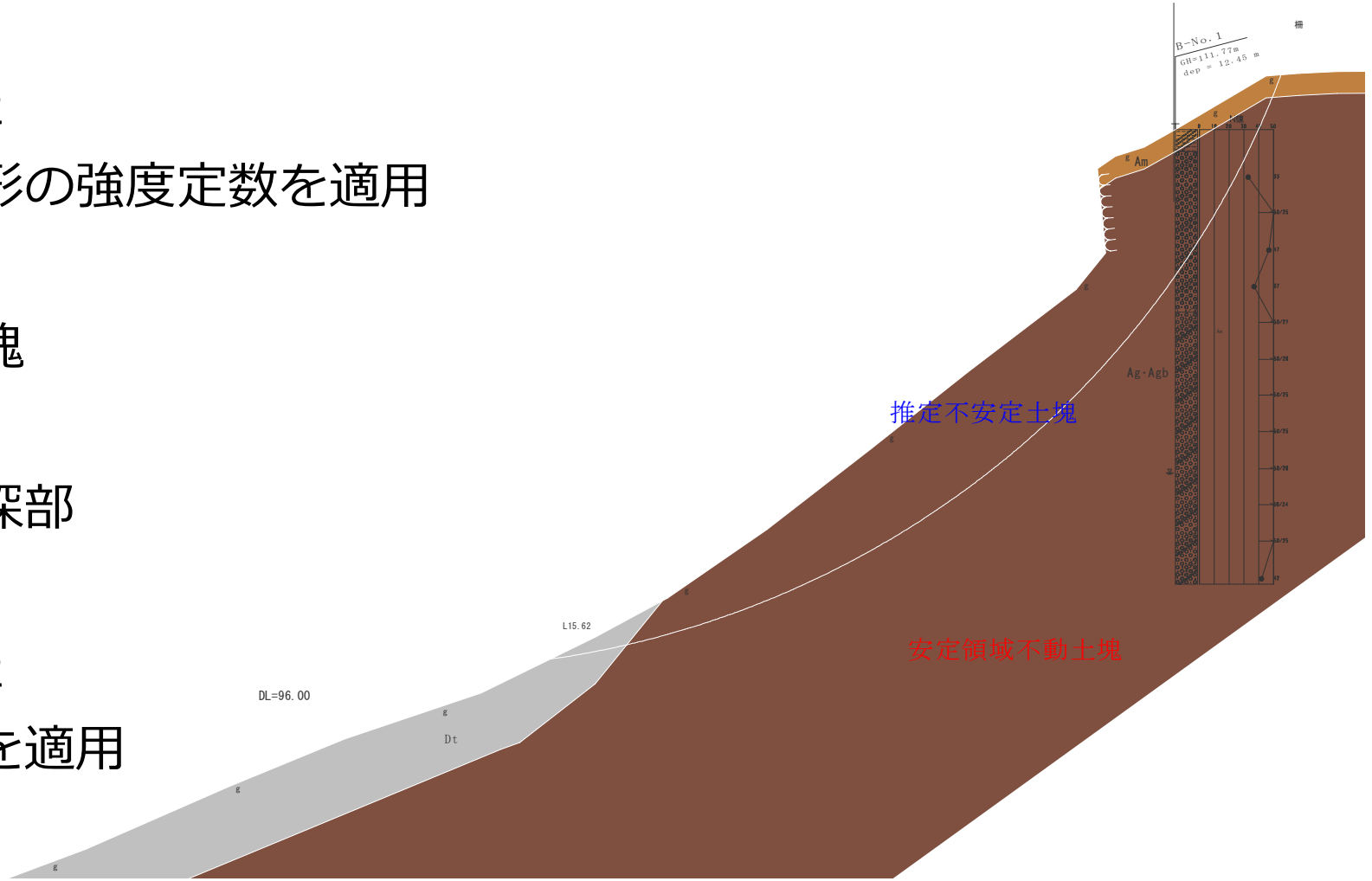
円弧すべりより深部

＜c,φの適用＞

手順1）で求めた

現況の強度定数を適用

	粘着力 c (kN/m^2)	内部摩擦角 ϕ (°)	備考
推定不安定土塊	0.8	37	崩壊前推定原地形から推定
安定領域不動土塊	5	39	現況から推定



まとめ

〈崩壊要因〉

牧之原台地東側の緩傾斜地形による雨水の集水により

砂礫内の細粒分が経年的に流出し、豪雨により崩壊が発生する

〈逆算による土質定数の設定〉

手順1）現況斜面をFs=1.0と仮定し、強度定数c=5kN/m^2、φ=39°を算出

手順2）崩壊前推定原地形をFs=0.98と仮定し、c=0.8kN/m^2、φ=37°を算出

手順3）必要安全率Fs=1.2となるための最大抑止力を算出

円弧内は今後も同様の崩壊が生じる不安定土塊とし、

崩壊前推定原地形の強度定数c=0.8kN/m^2 、φ=37°を適用

円弧より深部を安定領域不動土塊とし、

現況斜面の強度定数c=5kN/m^2 、φ=39°を適用