

地すべりの調査から設計 に係る業務内容の紹介

事前調査～対策工比較検討

応用地質株式会社

流域・砂防事業部 古宮 一典

- 1.自己紹介
- 2.今回紹介する地すべりの概要
- 3.事前調査
- 4.現地踏査
- 5.調査計画
- 6.ボーリング調査
- 7.応急対策
- 8.管理基準値
- 9.動態観測
- 10.地すべり機構
- 11.安定解析
- 12.対策工比較検討

- 平成30年8月 西日本豪雨 民家裏の斜面が崩壊
規模は不明
- 復旧は伏工と末端のコンクリート擁壁
- 令和2年5月 再び斜面の崩壊が発生 規模は、幅
15m×長さ10m（平面）、層厚2m程度
- 復旧は再度「伏工」となっていたが、背後にク
ラックもあり、現地調査により対策範囲を見直す
ことになっていた。

基本的に事前調査

- 既往資料収集整理
- 地形調査
- 周辺の地質
- 住民への聞き込み

既往資料収集・整理

- 地すべりの概要で述べたような検討経緯を時系列で整理

ポイント

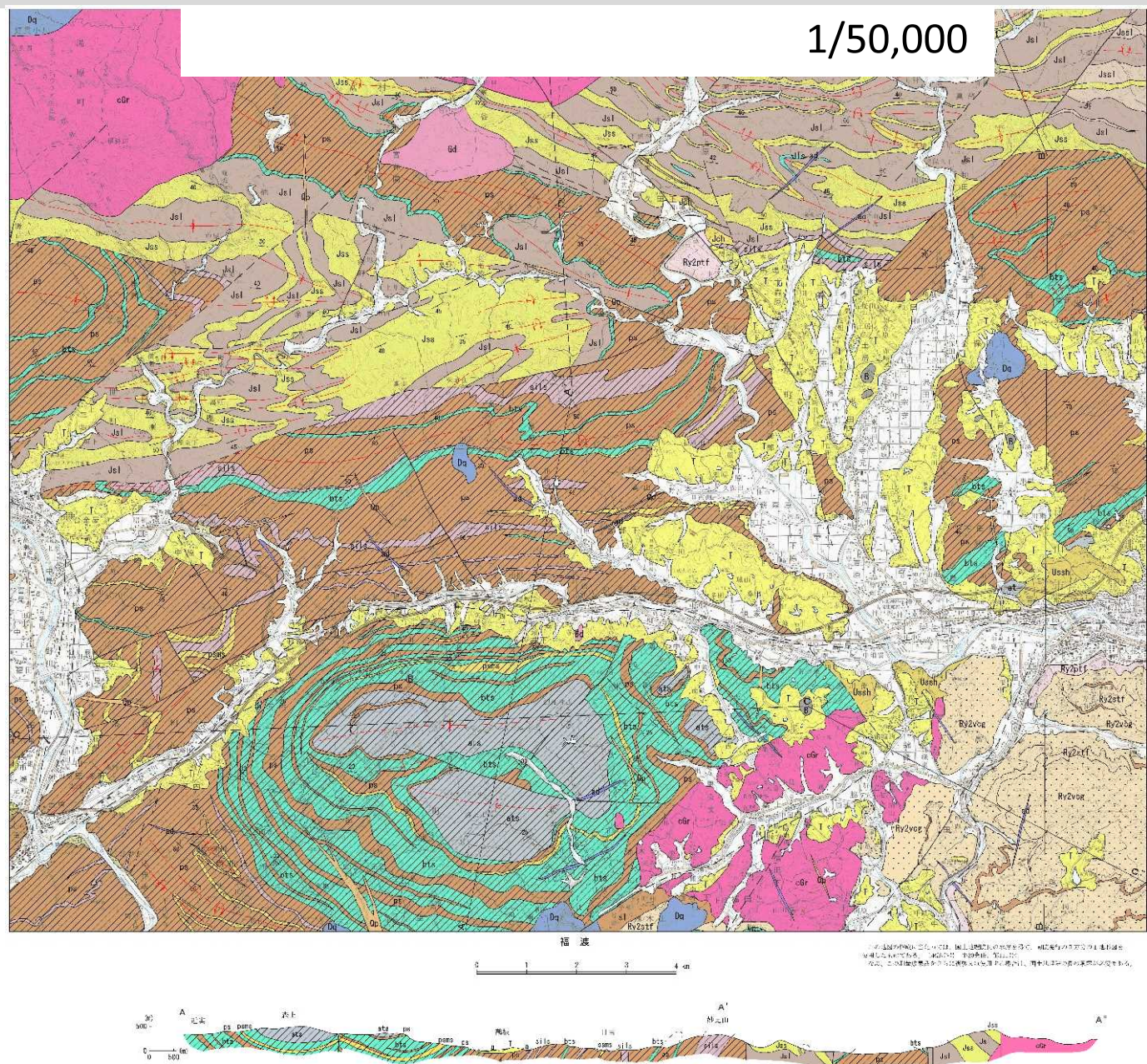
- 地すべり地帯では、県、国交省、農政局、林野庁など様々な機関で独自に地質調査や対策工事を行っていることがある。
- 現地調査の時に、ボーリング孔、対策工事の名盤などをチェックすると関係機関がわかることがある。

ポイント

- 空中写真判読は、技術者の技量が大きく影響。
- 最近では各機関でLPデータが取得されていることも多い。
- グラウンドデータを使えば「赤色立体図」（アジア航測）や「地上開度図」といった起伏図を作成できる。地すべり地形を読みやすい。
- 公益財団法人 日本測量調査技術協会 航空レーザ測量データポータルサイト
- 国土交通省の関係機関で取得しているLPデータ等

周辺の地質

- 基盤地質は、古生代石炭系の三郡変成岩類三郡変成岩類の泥質片岩
- 海洋プレート沈み込みによる付加体で低温高压型の変成作用を受ける。
- 片理面が発達し、剥がれやすい性質あり。



ポイント

- 産業総合研究所 地質図ナビ
- 岡山県内であれば

岡山大学名誉教授 光野 千春原図 西部技術コンサル
タント株式会社 岡山県地質図（5万分の1・岡山県
全域/21図幅）令和2年7月

※両者は、地質の時代に差異があるところもあるので注意

3.事前調査

・産総研 地質図ナビ 地質図



・産総研 地質図ナビ 地すべり分布図



- 表層崩壊の背後に地表に亀裂が認められる。
- 亀裂は断続的に続いており、馬蹄形に閉じる形状を呈する。
- 背後には明瞭な地すべり地形は認められないが、樹木の根曲りや、旧地すべりが隣接するなど、長期的には不安定化する懸念がある。
- 地質は三郡変成岩類の泥質片岩で、片理面が発達。
流れ盤構造
- 幅35m×長さ28m（平面）の地すべりブロックを想定

ポイント

- 現地踏査は、地形、地質、変状等を確認し、ブロックを設定する調査。事前調査の情報を基に、ブロックを確定する。
- 最初はよくわからないが、情報が集まってくると次第に予想できるようになる。見えないものが見えてくる。
- 踏査では、基盤地質の構造と地すべりの関係を考えながらルートマップを作成。踏査終了時には素因となる地質構造や断面図の形状がイメージできる。
- 一般的に、地すべりの規模が大きくなるほど地質構造との関係が大きくなる。
- 現地踏査は地すべりに限らず非常に重要な調査。口頭では伝えられないものがあり、訓練あるのみ。

ポイント

- ・調査計画は、地すべりブロックの規模と対策工を見据えて提案。深さは幅から推定。
- ・ボーリングは規模が小さくても上下2本。
- ・地下水観測孔は別孔が基本。
- ・重要な保全対象がある場合は、Web式常時モニタリング計測器の設置が有意

$L/W = 0.5 \sim 2.9$ (平均 1.24)

$L/D = 2.8 \sim 19.2$ (平均 7.39)

$W/D = 3.0 \sim 10.7$ (平均 6.08)

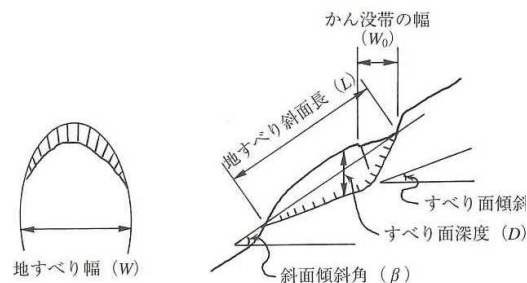


図 4.18 地すべり形状の名称

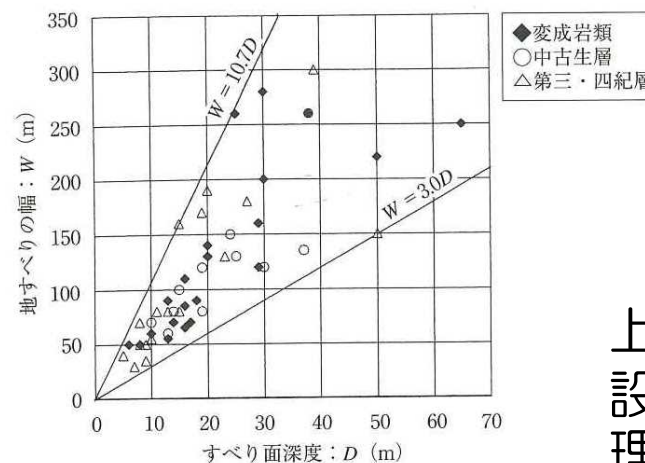
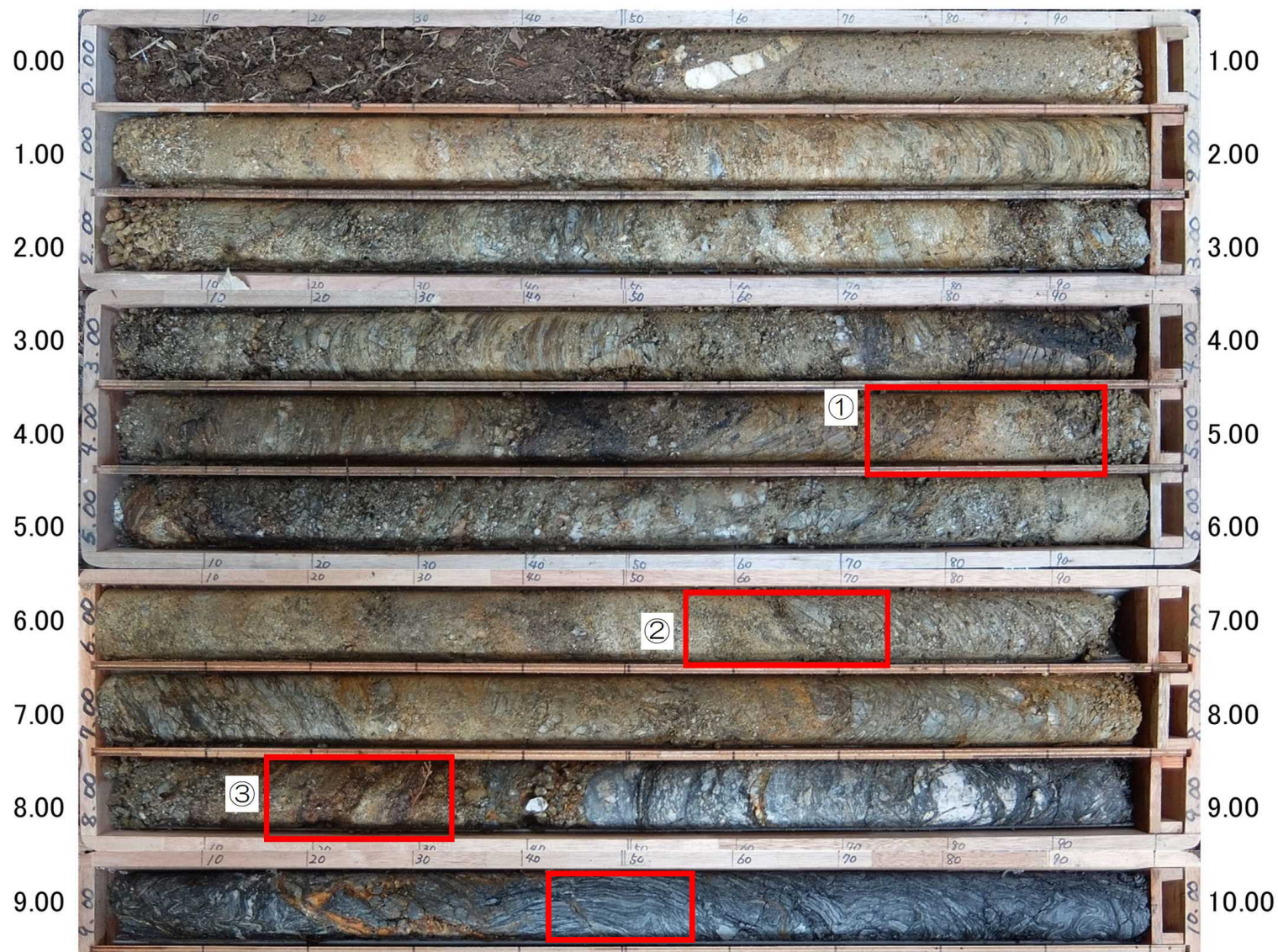


図 4.21 地すべりの幅と深度の関係

上野将司「切土のり面の設計・施工のポイント」
理工図書, p.70

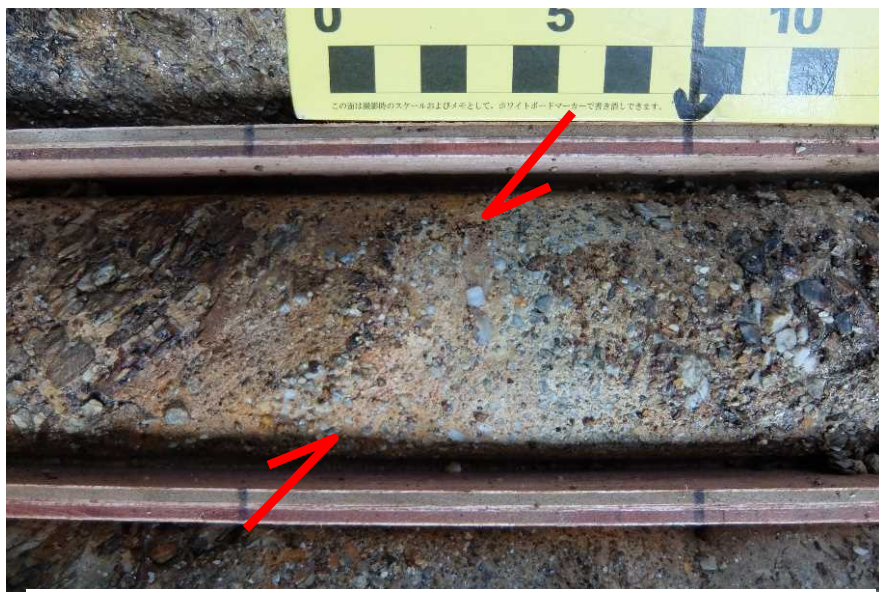
6.ボーリング調査

R02-1No.1 L=10m



拡大写真位置

6.ボーリング調査



①GL-4.80～4.90mの粘土層 非常に脆弱な粘土層。面構造は不明瞭



②GL-6.65m付近の粘土層 GL-5.90～6.65mは脆弱な粘土層が分布し、GL-6.65mは下端となる。40° の面構造が認められる。



③GL-8.25m付近の粘土層 20° 程度の面構造が認められる。



GL-9.5m付近 新鮮な泥質片岩

6.ボーリング調査



図 4.1.8 R02-No2 コア写真

拡大写真位置

6.ボーリング調査



①GL-4.05mの粘土層 脆弱な粘土層で20～30° の面構造が認められる。



②GL-5.20～5.25m付近の粘土層 非常に脆弱な粘土層で、指圧で容易に変形する。約20° の面構造が認められる。

ポイント

- 乱れの少ないコアを採取する（増粘剤やボトムビット等掘削ツールス工夫）。コアから得られる情報は多い。
- コア観察では、見て、触ってすべり面の感触を確認する。活動的なすべり面はかなり軟質。概ね指圧で容易に変形する。また、すべり面は多くの場合、粘土からシルトの細粒分よりなる。面構造が明瞭な場合は、線條痕が見えることもある
- ただし、コアだけですべり面を決めることは難しい。最終決定は観測で決める必要がある。

8.管理基準値

地すべりに関する指針や各機関における管理基準値

計測器種類	機関名又は研究者	0.01	0.1	1	10	100	1000	備考
地盤伸縮計	渡(1985)			警戒態勢/必要に応じて避難 1mm/day以上が5~10日継続	警戒態勢/必要に応じて避難 1cm/day以上が2日以上継続	緊急避難/地区内立ち入り 禁止 2~4mm/h以上		
	西嶋(1991)				警戒体制 5~10mm/日以上	避難体制 2~3mm/h以上		農水省技術検討委員会「緊急時に於ける地すべり対策」で発表分。延15年間の長野県下の地すべり調査・対策・施工結果のまとめ。
	道路土工のり面工・斜面安定工指針(平成11年1月)	変動a:継続観測必要 0.02~0.1mm/日 0.5~2mm/月以上(累積)	変動b:緩慢に運動 0.1~1mm/日 2~10mm/月以上(累積)	変動a:活発に運動 1mm/日以上 10mm/月以上(累積)				日変動量と累積変位量を合わせて変動ランクを考慮する。
	(財)高速道路調査会 昭和63年2月 維持管理段階の管理基準値		点検・要注意又は観測強化 10mm/30日以上	対策の検討 5~50mm/5日以上	警戒・応急対策・通行止め検討 10~100mm/1日以上	嚴重警戒・通行止め 100mm/1日以上		計測誤差を超えた計測値を「異常値」という。
	(財)高速道路調査会 昭和63年2月 施工段階の管理基準値		観測強化0.2mm以上/日 4日続いた場合	嚴重注意(警報機スイッチON) 1mm/日以上	造成工事中止(警報機作動中) 10mm/日以上	立入禁止 10mm/時以上		
	建設省河川局 総合土砂災害 対策委員会			注意 1mm/日以上	警戒 10mm/日以上	避難 2mm/時以上 を2時間継続		注意レベルは5日間の移動量の平均から求める。
孔内傾斜計 (挿入型)	(財)高速道路調査会 昭和63年2月 維持管理段階の管理基準値		点検・要注意又は観測強化 1mm以上/10日	対策の検討 5~50mm以上/5日				計測誤差を超えた計測値を「異常値」という。
	西嶋(1991)				警戒体制 5mm/日以上	避難体制 10mm/日以上		農水省技術検討委員会「緊急時に於ける地すべり対策」で発表分。延15年間の長野県下の地すべり調査・対策・施工結果のまとめ。

管理基準値

注意段階

1mm/24h

警報段階

10mm/24h

避難段階

2mm/h (2時間連続)
(48mm/日)

タイトル例:C-4 警報 2020/07/14 08:00:25



地すべりの機構を解明し、対策工の設計を行うために欠かせない動態観測。本調査では以下の4種類を実施

- ・ 孔内傾斜計
- ・ 地下水観測
- ・ 地表面伸縮計
- ・ 地盤傾斜計（クリノポール）

・ 孔内傾斜計 No1 すべり面GL-4.9m

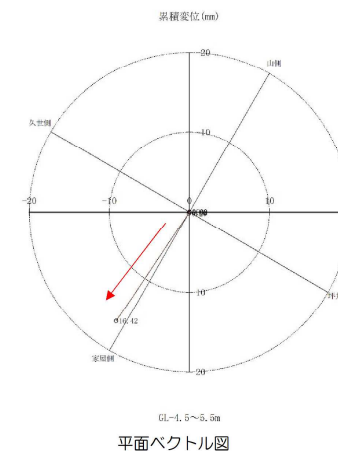
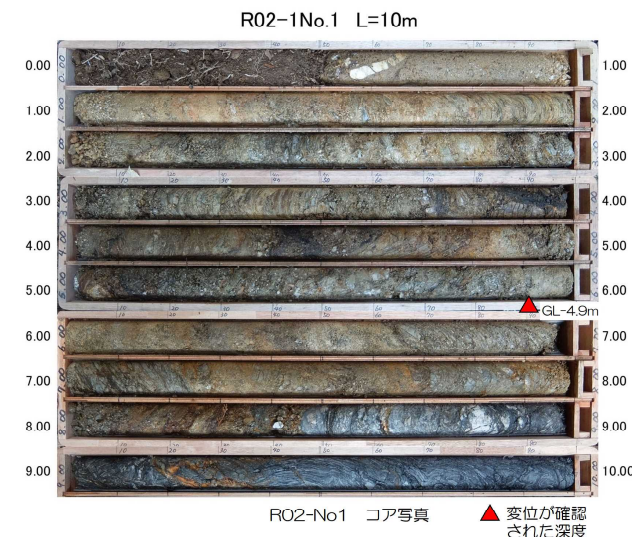
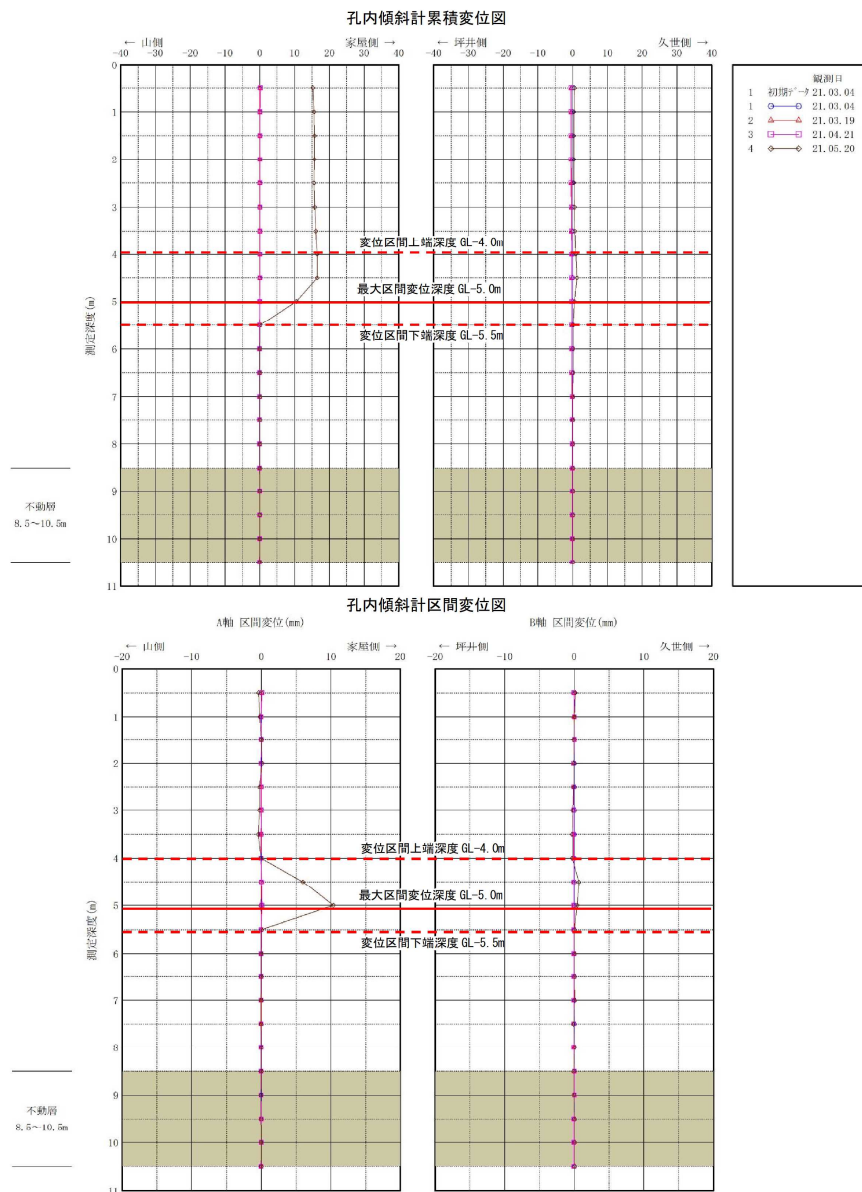
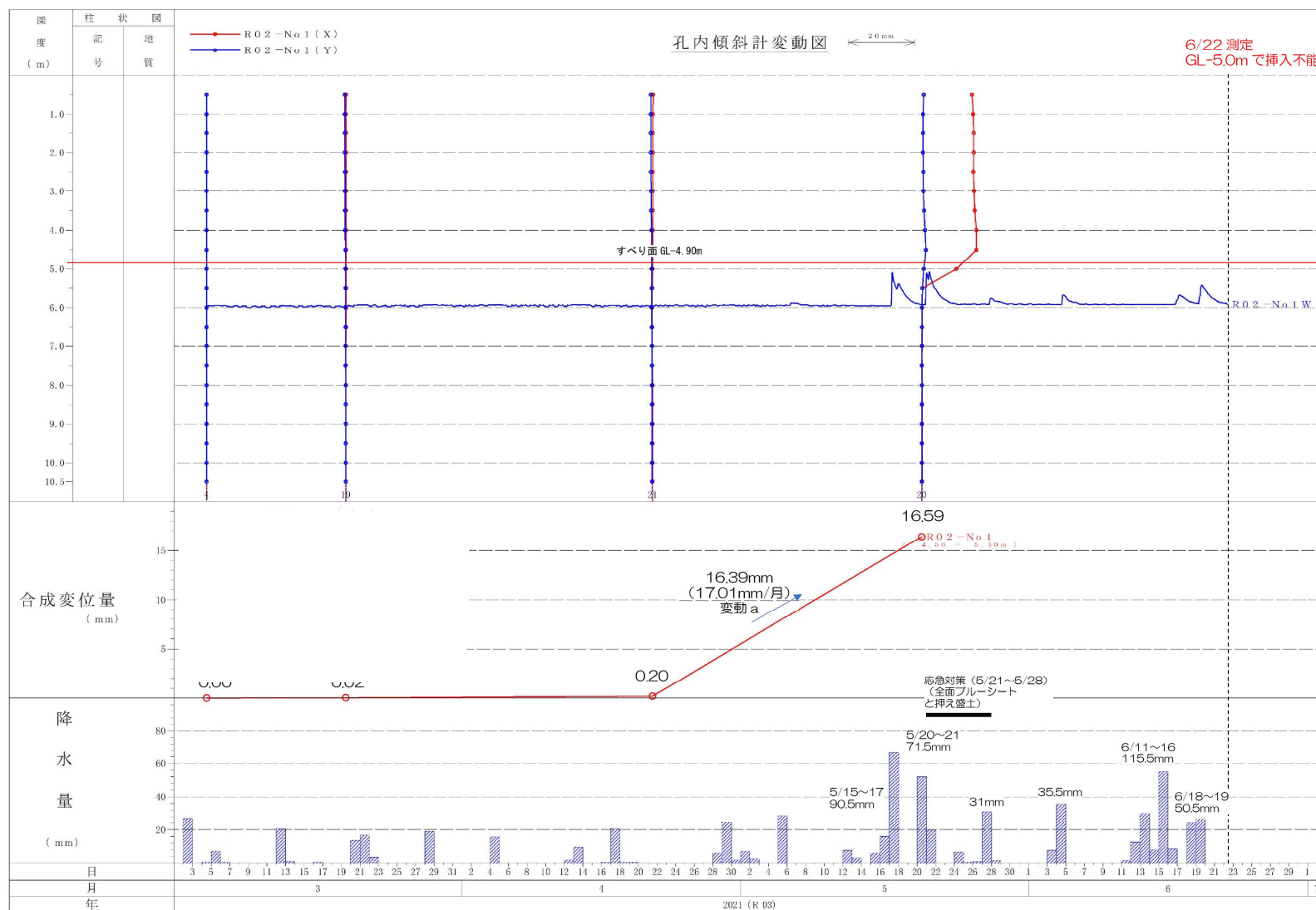


図 4.3.2 R02-No1 孔内傾斜計観測結果図

・ 孔内傾斜計 No1 5月の雨で16mm、6月挿入不能



小型挿入式傾斜計

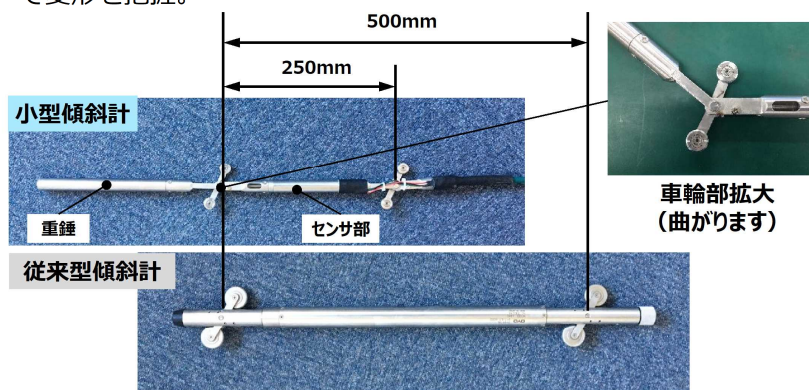
観測不能となった孔内傾斜計観測孔を長寿命化します

製品コンセプト

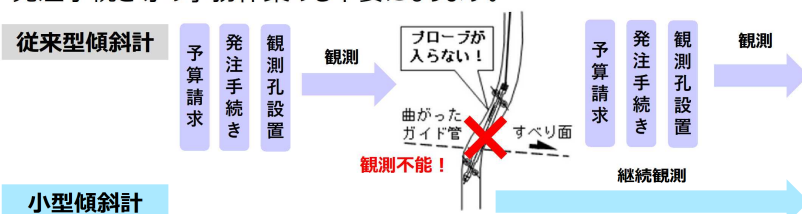
挿入式傾斜計を小型化し、ガイド管の変形が進み従来型の挿入式傾斜計が入らなくなった孔も継続観測可能にします。

特徴

- ①挿入性：センサ部分を細く（Φ18mm）、センサ部を短く（約250mm）挿入性が向上。
- ②連続性：車輪間隔が短く（250mm）、従来の倍の深度分解能で変形を把握。



観測不能孔の継続観測による観測孔再設置のコスト縮減と、予算請求や発注手続き等の事務作業も不要になります。



OYO

Copyright © 2022 OYO Corporation. All rights reserved

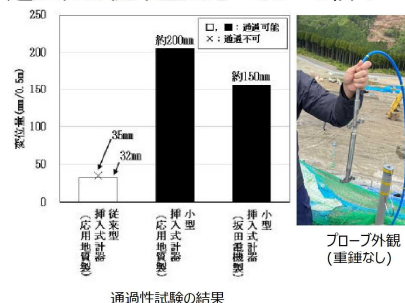
<https://www.oyo.co.jp/>

小型挿入式傾斜計とは

当社参画 国立研究開発法人土木研究所共同研究「長期観測を可能にする地中変位観測技術の開発 - 孔内傾斜計の小型・軽量化」の研究成果による開発品

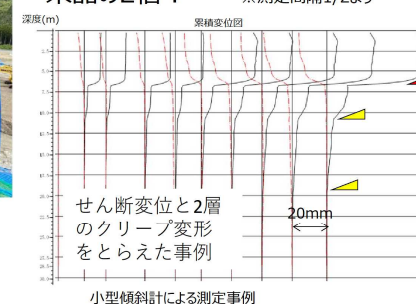
どれくらいの変位まで図れるのか

通過性は従来型と比べて5～6倍！



精度は

精度は従来品と同等、分解能※は従来品の2倍！ ※測定間隔1/2より



その他のメリットは

プローブは6割軽量化！軽量ケーブル ※により一式では4割軽量化 ※開発中
小型挿入式計器と従来型の仕様

項目	小型	従来型（同社製）
長さ	360mm	660mm
直径	φ20mm	φ30mm
車輪間隔	250mm	500mm
質量	0.7kg	1.7kg
測定成分	2軸（A軸、B軸）	2軸（A軸、B軸）
測定範囲	±20度	±30度
分解能	10秒以下	10秒以下
計測器一式質量	7.5kg	8.5kg

共同研究報告書 P13より引用

費用は

設計業務等標準積算基準書（青本）を参考にしてお見積もりします。

注）1方向または2方向で0.5～1.0m間隔、深度50mの場合に適用し、これを超える場合には別途計上する。

→ 小型挿入式孔内傾斜計の測定間隔は従来品と比較し半分なので、深度25mまでは適用
→ すべり面深度が既知で、かつすべり面の変位量がわかればよい場合は、すべり面周辺のみの測定として効率化することも可能。

設計業務等標準積算基準書 国土交通大臣官房技術調査課 監修 令和3年度版 2-2-36を参考

当社は現在2機で計測サービスを展開中です。まずはお気軽にご相談ください。小型傾斜計の製品化はお客様のニーズを踏まえて現在検討中です。

上記サービスに加えて、設置型孔内傾斜計による連続観測、解析や対策工設計、CIMモデルなど、ご予算に合わせた効果的なソリューションをご提案します。

応用地質株式会社

www.oyo.co.jp

計測システム事業部

〒305-0841 つくば市御幸が丘43
電話 029-851-5078/FAX 029-851-7290

流域・砂防事業部

〒331-8688 埼玉県さいたま市北区土呂町2-61-5
電話 048-652-4975/FAX 048-652-4017

・地下水観測 No1 降雨連動 1m程度上昇 5月最高水位

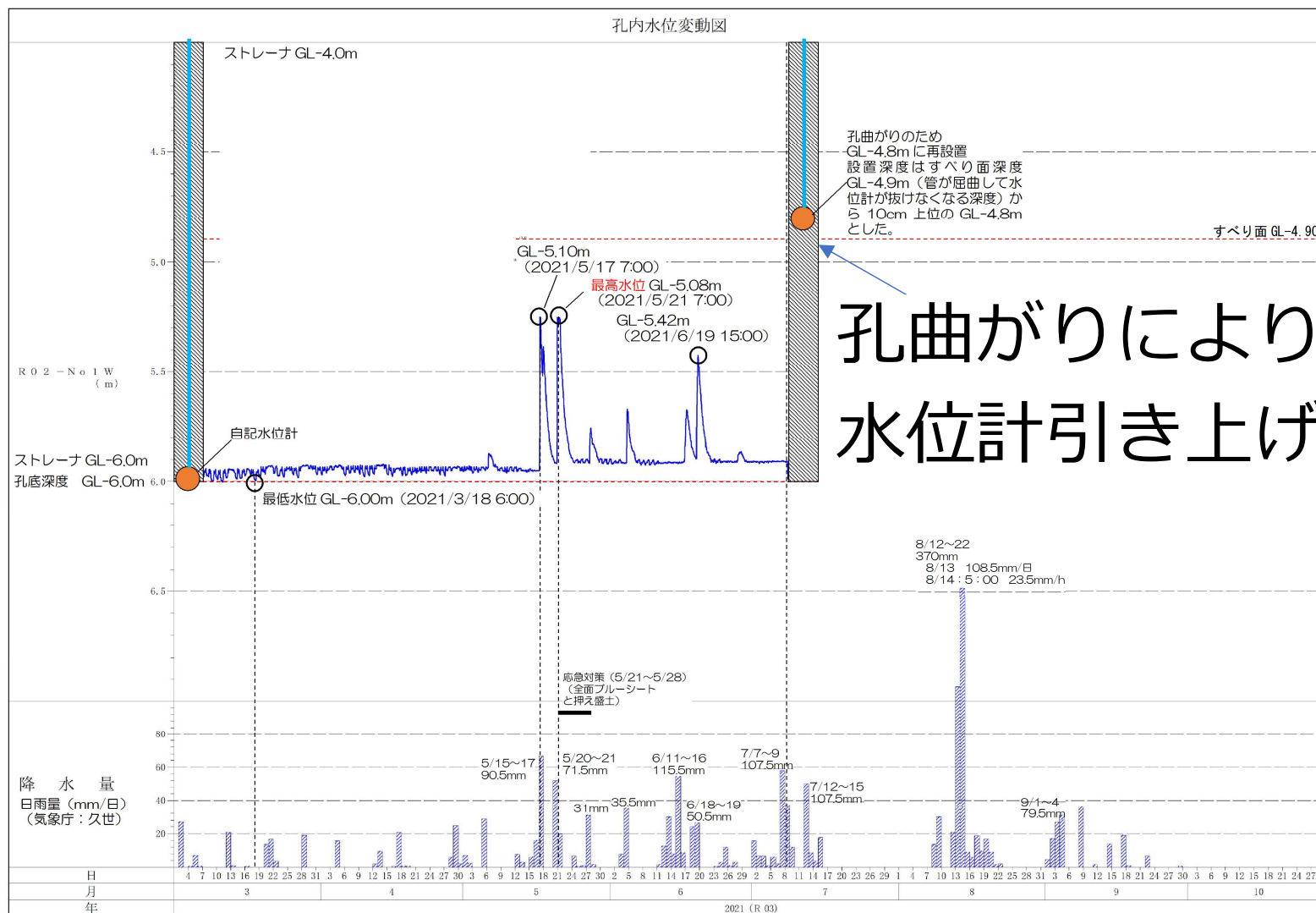


図 4.4.2 R02-No1W 地下水位変動図

・地下水観測 No2 降雨連動 1m程度上昇 6月最高水位

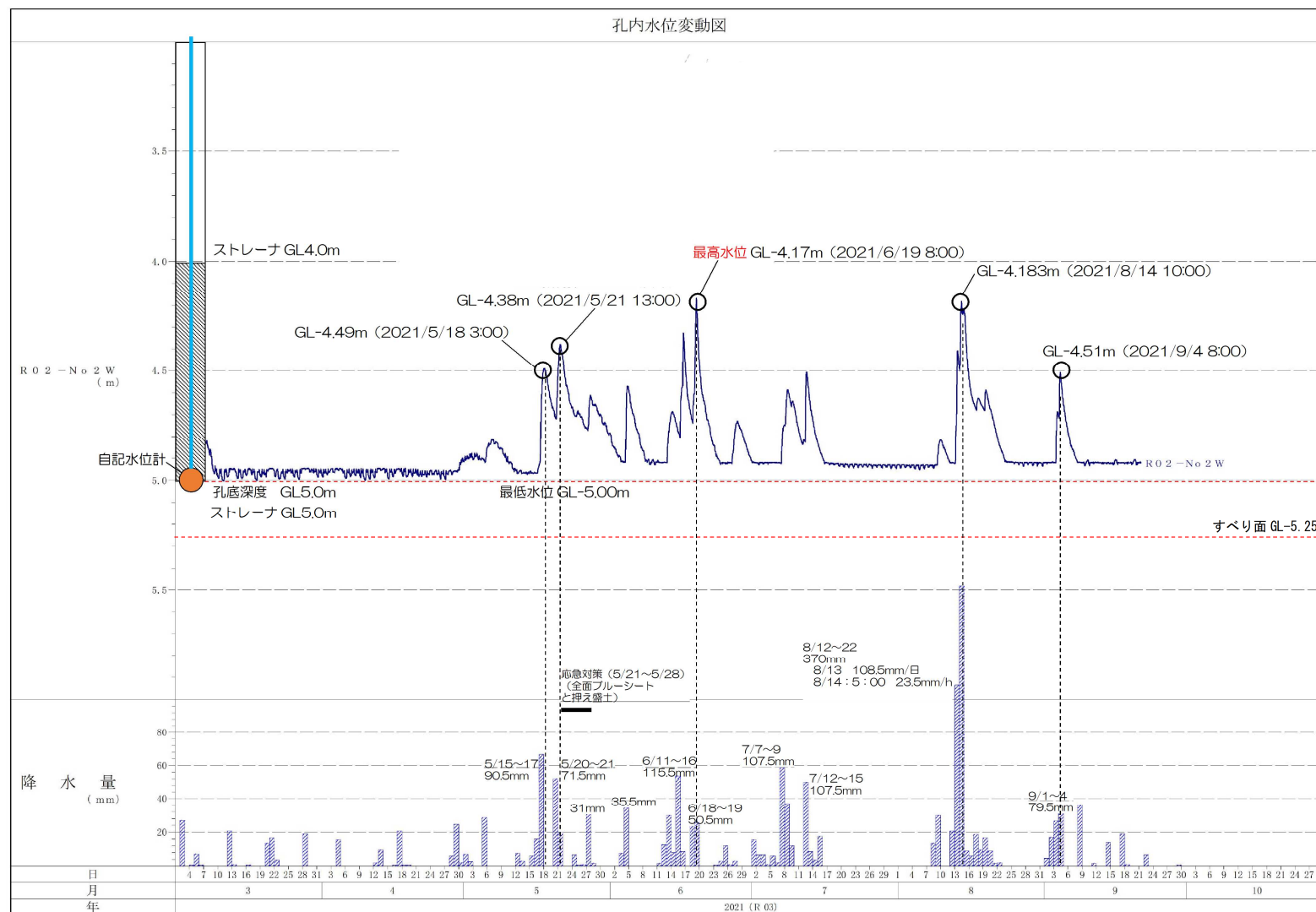


図 4.4.3 R02-No2W 地下水変動図

・ 地表面伸縮計 6月雨 降雨時4mm程度の動き

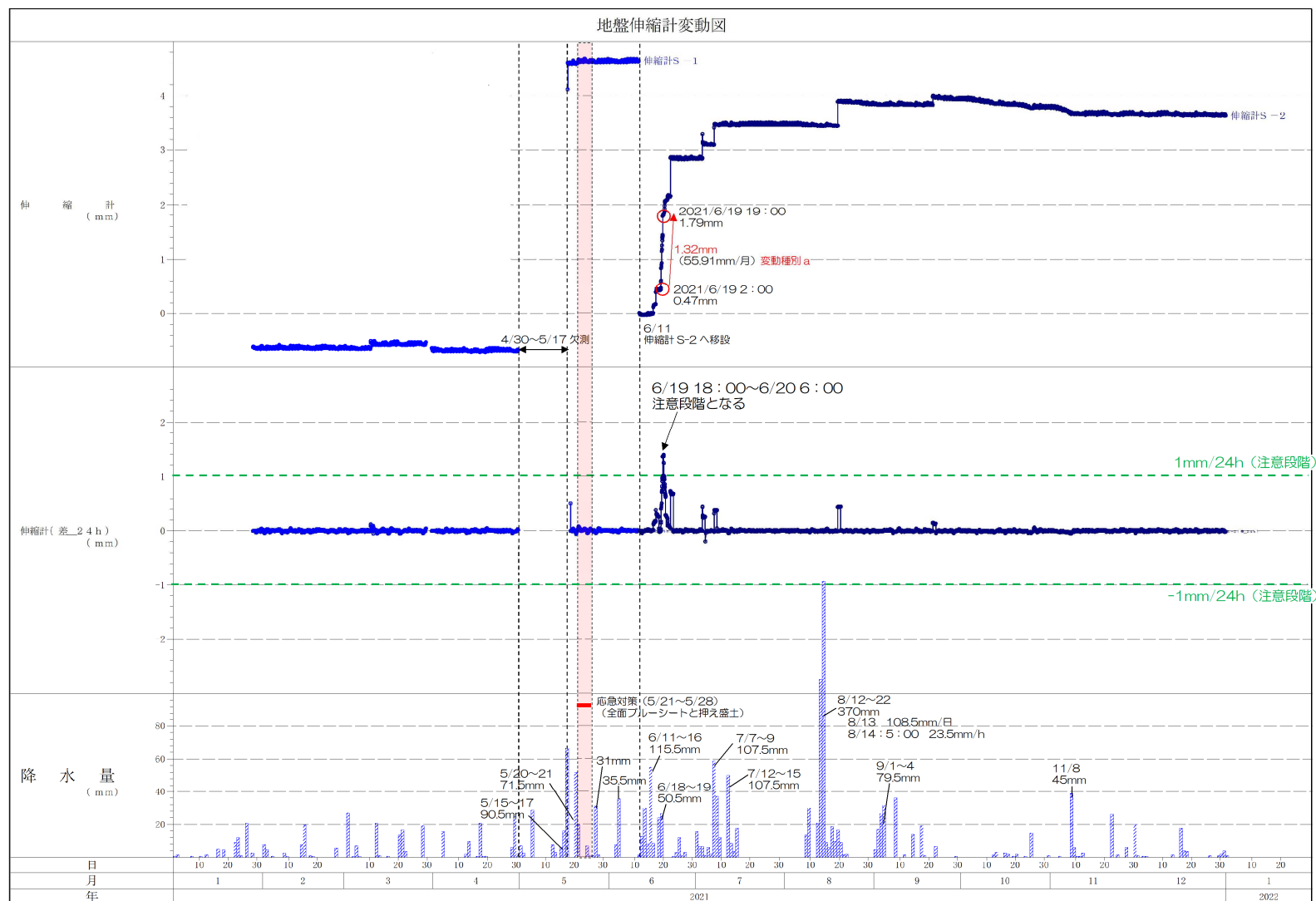


図 4.6.2 伸縮計 S-1、S-2 変動図 (S-2 は S-1 の移設後の番号)

・地盤傾斜計（クリノポール）

地すべりの前兆を検出・予測、災害多発時代に欠かせないアイテム

災害から命と社会と国を守ります。

地盤のわずかな変位を検知することができるので、表層崩壊の早期検知が可能になります。また、多点に設置することで、地盤の多面的な動態観測も可能です。これにより、地すべりの常時監視が行え、迅速な避難勧告の目安となり、命と生活を守ることに貢献いたします。

表層傾斜計 クリノポール ハザードマッピングセンサ

1. 0.001°の高分解能

地盤の挙動を早期検知し、さらに多点設置でより多面的な動態観測が可能となり、専門家の対応を強力支援！

2. 簡単な設置

孔を開けて機器を差し込むだけ。設置のために必要な治具もわずか。短時間で設置ができます。

3. 精緻な傾斜データの取得が可能

先端のセンサ部を1m埋没することで温度などの影響を受けずに地盤の変動を正確に測定し、取得できます！

4. しきい値に対応して警報メールを発信

クラウドサービスとの連携で設定したしきい値を超えると警報を発信するので、災害対策に役立ちます。

さらに！ 専用のリチウム電池で最大5年間稼働、コストパフォーマンスにも優れています！

用途は
さまざま

地すべりの
動態観測

河川堤防の
維持管理に

盛り土の
管理に

ため池堤防
の維持管理に

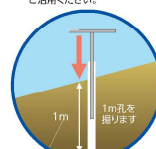
高速道路・鉄道の
法面の安全維持

雨量計・水位計
との併用

ご相談
ください

品質の高い安定した
データ取得を
可能にする
1mの貫入部

設置は簡単です！
裏表紙に記載のQRコードも
ご活用ください。



設置後、起動スイッチを押すすぐに稼働！

クラウドとつなげて通信が行える通信部
起動状態ランプ確認小窓
起動スイッチ（裏側）

遠隔通信で設定変更、 バージョンアップも可能！

FOTA (Firmware On The Air) 機能搭載でセキュリティ対策や機能追加もサーバーから遠隔で行えます。また、測定間隔の変更や状態確認などをサーバーから遠隔コントロールする双方向通信を採用！しかもクラウドとの接続でデータ容量の心配をすることなく、多点設置、長期使用が容易に行えます。

OYOクラウドシステムの活用により、いつでもデータ閲覧、操作のしやすい管理画面「ダッシュボード」から、さまざまなデータを閲覧！CSV形式でのダウンロードもできます！



さらに！ 広く普及しているLTE回線利用で
設置場所も広域かつメンテナンスもラクラク！

・地盤傾斜計（クリノポール）C-1 地すべり頭部に設置

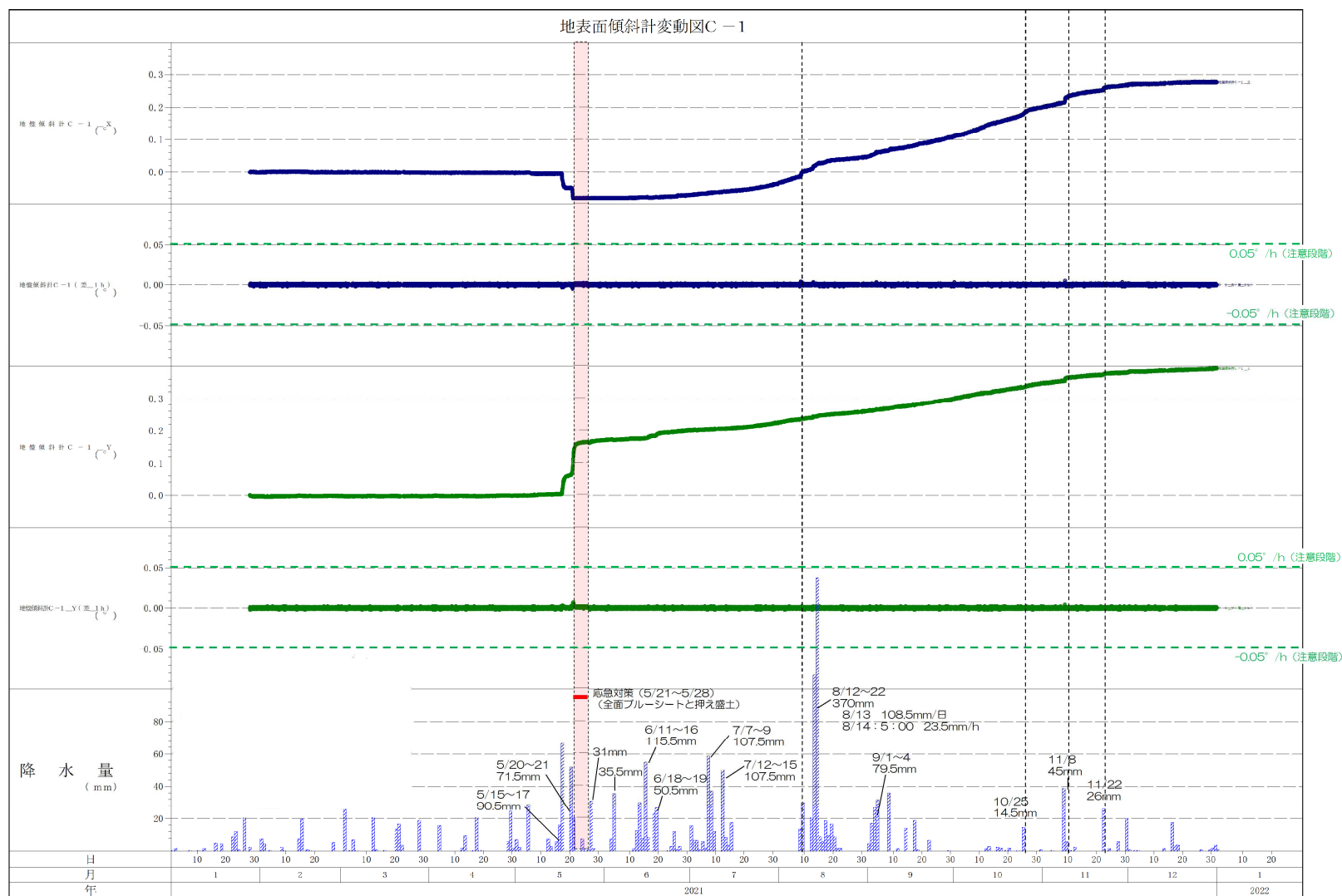


図 4.5.2 地盤傾斜計 C-1 変動図

・地盤傾斜計（クリノポール）C-2 地すべり側部設置



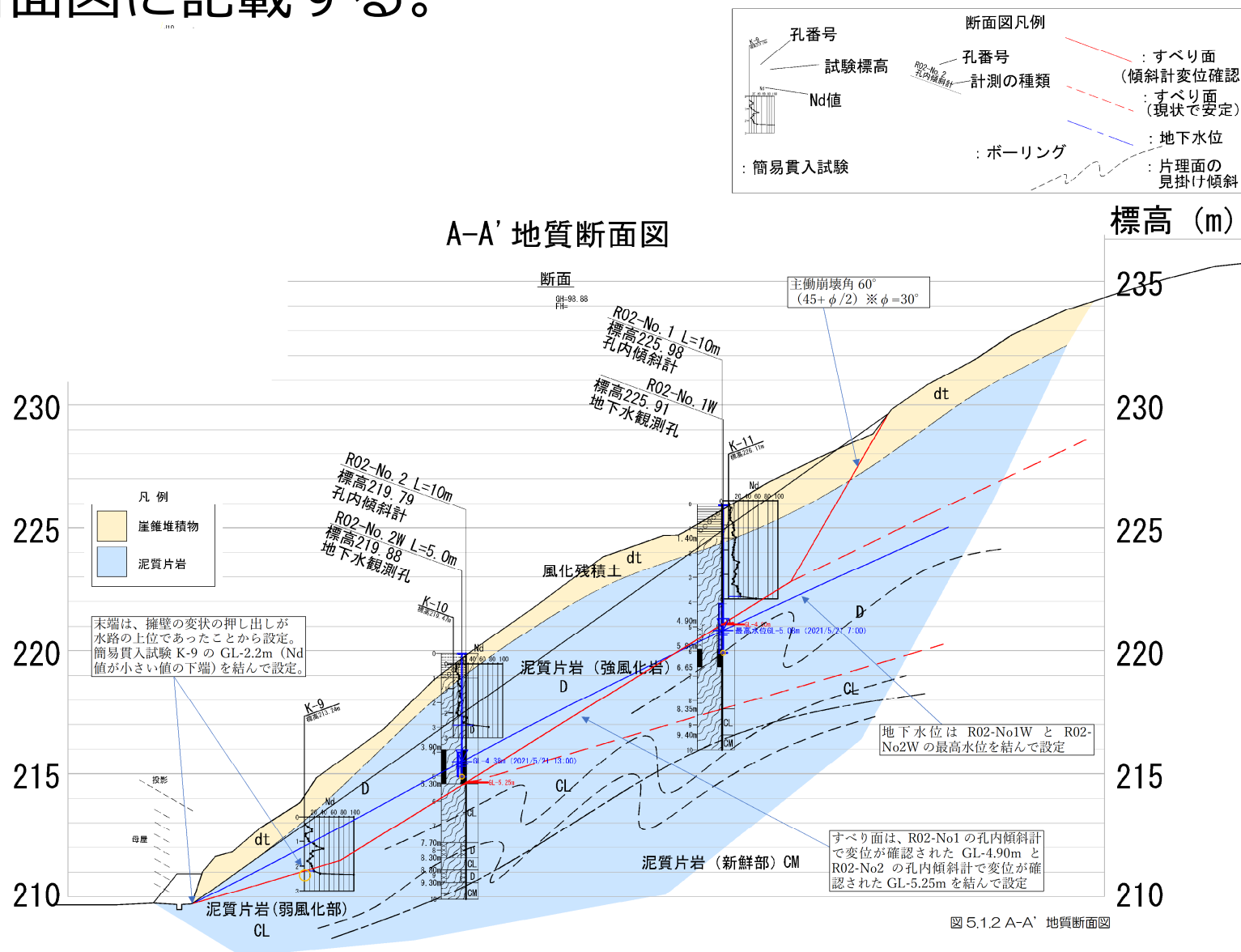
図 4.5.4 地盤傾斜計 C-2 変動図

ポイント

- 孔内傾斜計は、累積変位、区間変位、平面ベクトル、経時変化の4種類のグラフを整理。コアとの合わせてすべりを面設定。
- 地下水位の結果は、ストレーナ区間、水位計の位置、すべり面などを併記する。
- 伸縮計は今でも災害時の主流計測器。現在はWeb式などのタイプも普及しており、警報装置もセットできる。停電や電池切れ、動物の接触などに注意。
- 地盤傾斜計クリノポールは地盤の傾斜角度を測定しているので、管理基準値の設定が難しい。精度は高いので動きの有無を把握するツールとしては使用できる

10.地すべり機構

すべり面、最高水位、地質状況、岩級区分など、設計に必要な情報を断面図に記載する。



10.地すべり機構

観測結果は出来るだけ1枚にとりまとめ、それぞれの計測器の変動の関係を明らかにする。

当該地すべりは、雨の影響を強く受けて活動している。

5月の押え盛土以降、動きが収まる。

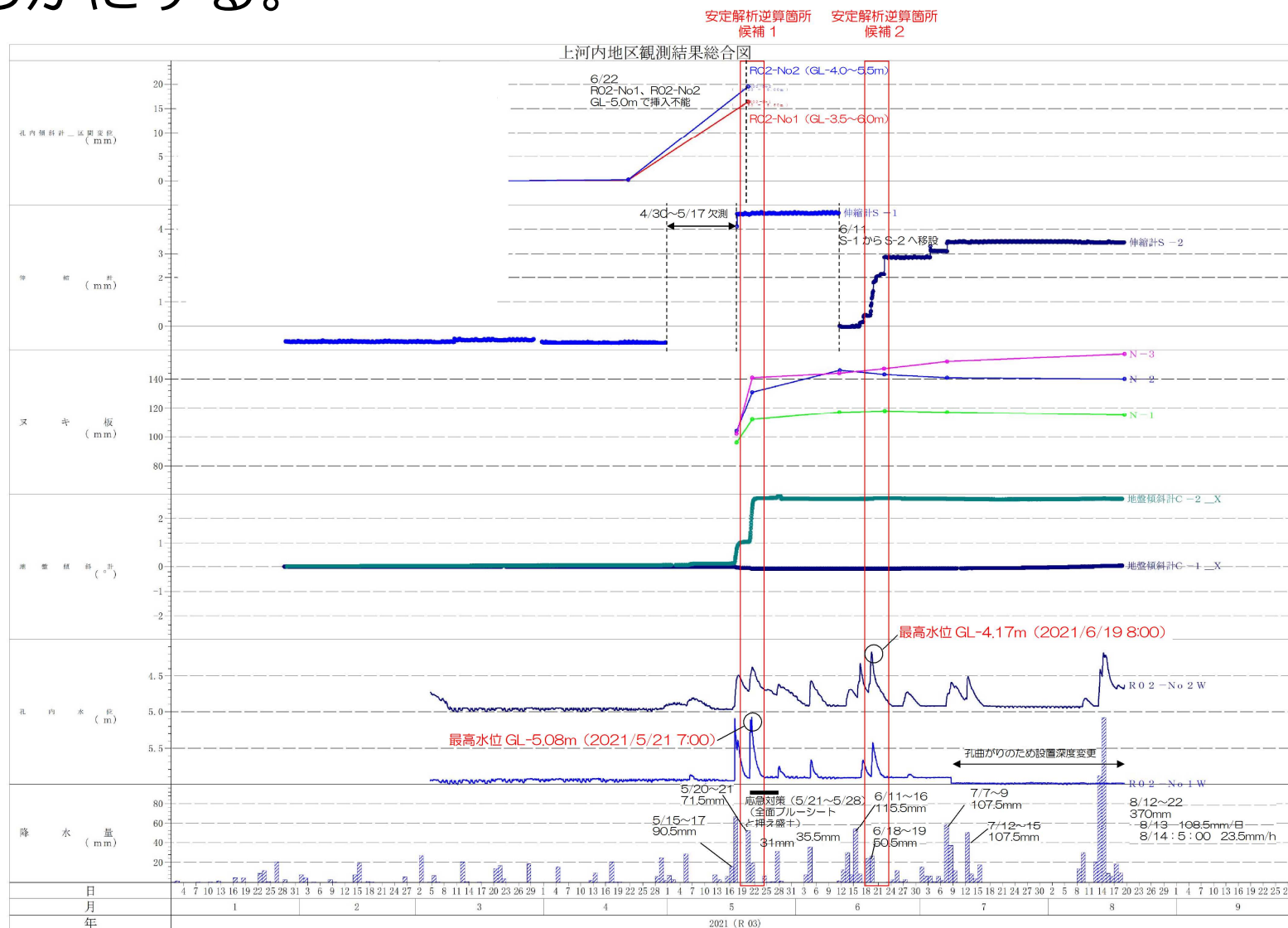


図 5.2.1 上河内地区観測結果総合図

10.地すべり機構

安定解析逆算箇所 候補1 5月の雨

5/17 地下
水位No1W
が上昇して
からクリノ
ポールC-1
が活動

5/21 同様の
動きが認められる。

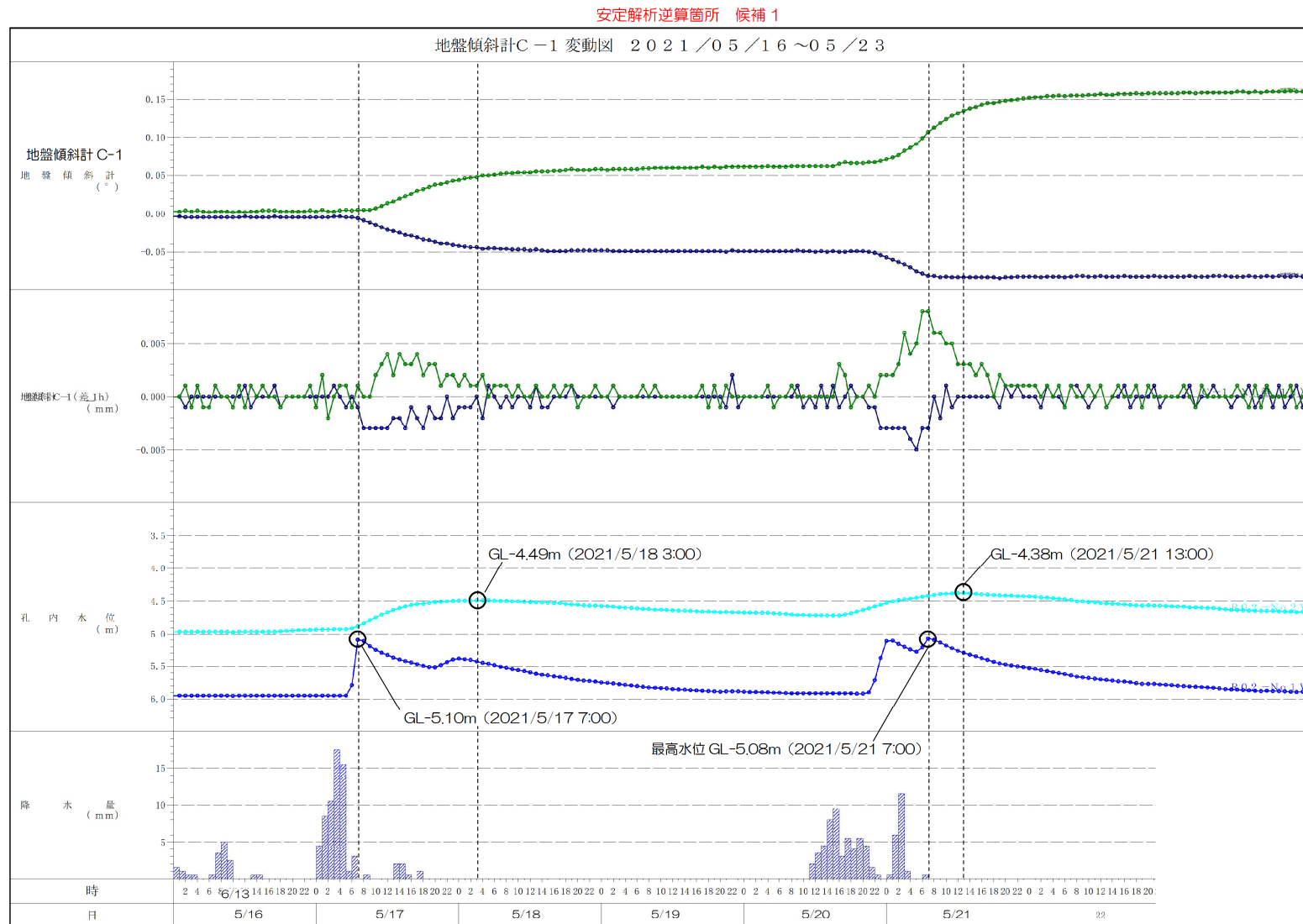


図 5.2.2 2021/5/16~23 降雨に伴う変動状況 (詳細図)

安定解析逆算箇所 候補2 6月の雨

安定解析逆算箇所 候補2

6/16 降雨
後、伸縮計
とC-3,C-5が
増加。少し
遅れて地下
水位も上昇

6/19 6/16
と同様の動
きあり。

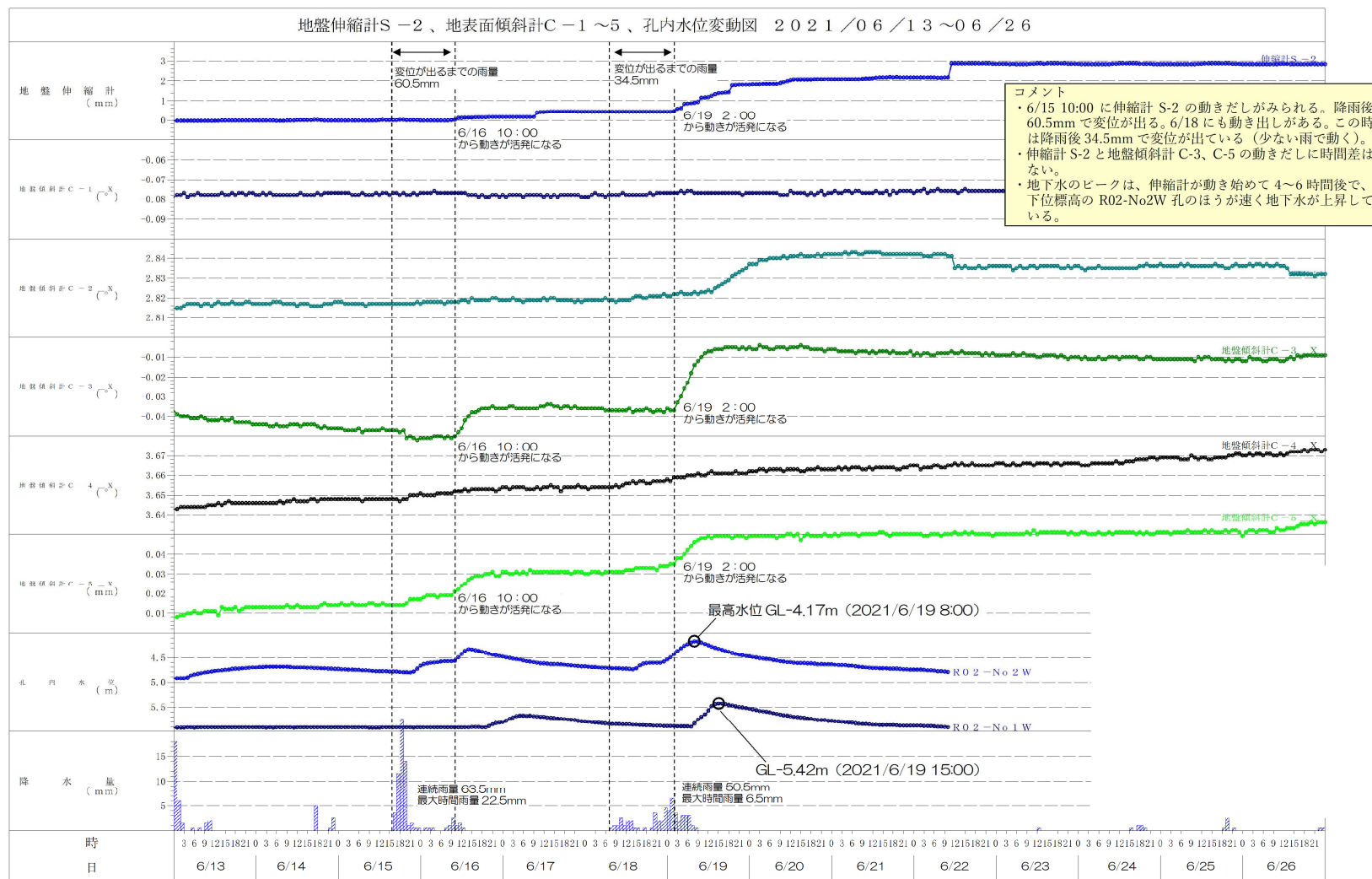
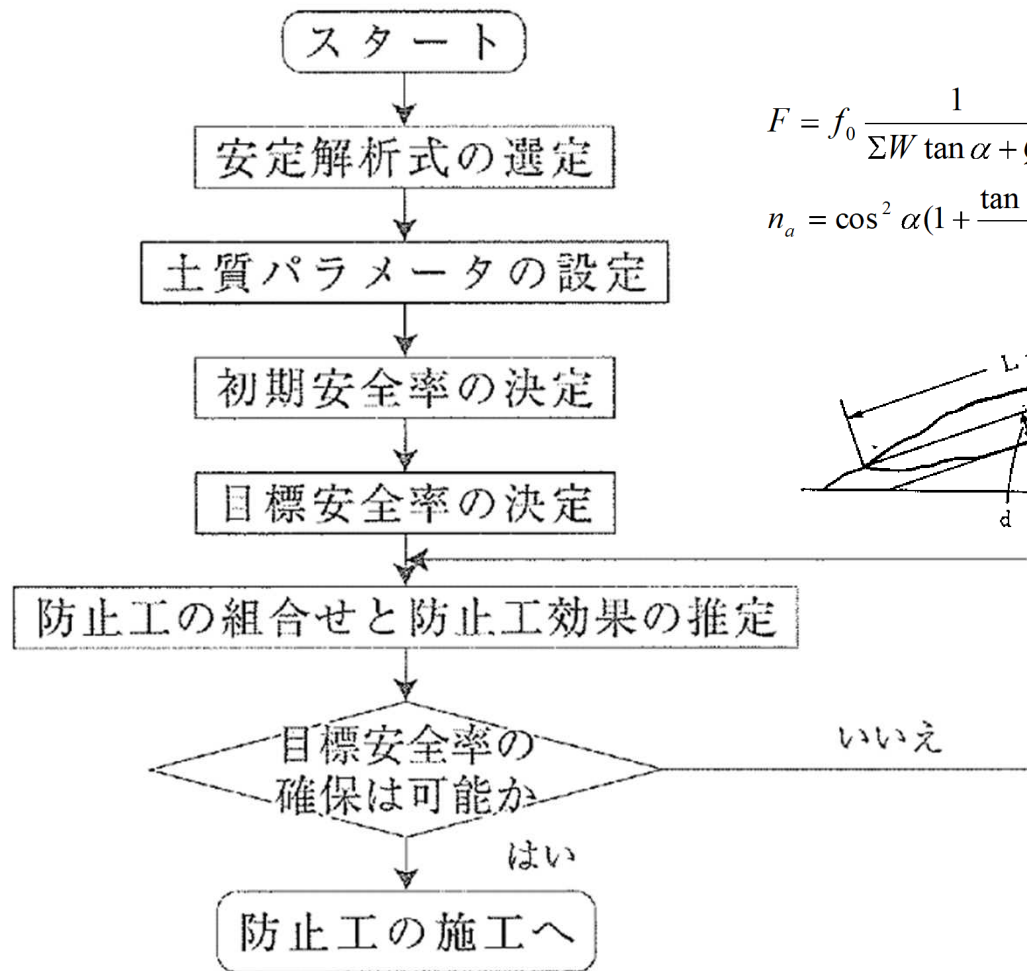


図 5.2.3 2021/6/13～26 降雨に伴う変動状況（詳細図）

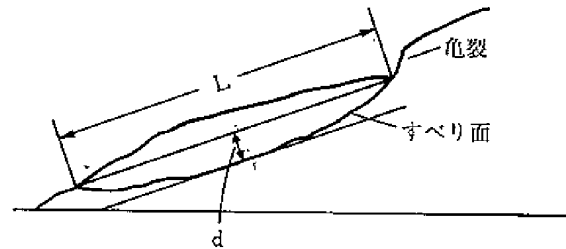
ポイント

- 地すべり機構解析では、各種調査から素因と誘因整理する。
- 動態観測結果は、ブロック毎に1枚に整理し、ブロックの滑動状況がわかるようにする。
- 必要に応じて1時間毎のデータを整理し、動き出しのタイミングと地下水位の関係など、詳細を把握する。



$$F = f_0 \frac{1}{\sum W \tan \alpha + Q} \sum \left\{ \frac{c'b + (W - ub) \tan \phi'}{n_a} \right\}$$

$$n_a = \cos^2 \alpha \left(1 + \frac{\tan \phi' \tan \alpha}{F} \right)$$



f_0 : 修正係数 $f_0 \approx (50d/L)^{1/33.6}$
 ただし、 $d=0$ で $f_0=1$
 Q : 作用する水平外力
 α : すべり面傾斜角
 c' : 粘着力
 b : スライスの幅
 u : 平均間隙水圧
 ϕ' : せん断抵抗角
 W : 各スライスの重量
 L : 舌端部と冠頭クラックの最深部の点を結ん

安定解析の式「簡易ヤンプ」
治山技術基準

同じ c 、 ϕ で計算すると、河川砂防技術基準で用いるFellenius法よりも安全率は大きくなり、抑止力は小さくなる傾向にある。

図2-9 安定解析の流れ

土質定数 c 、 ϕ は、土質試験を行って決めることになっている。しかし、実際のところ、小規模な地すべりにおいて、土質試験を行う事例は少なく、ほとんどが、 c か ϕ のどちらかを先に設定して、残りを算出する逆算法をとっている。右図に示す、ピーク、完全軟化、残留の関係より、すべり面粘土の ϕ は残留強度に近いと考えられる。

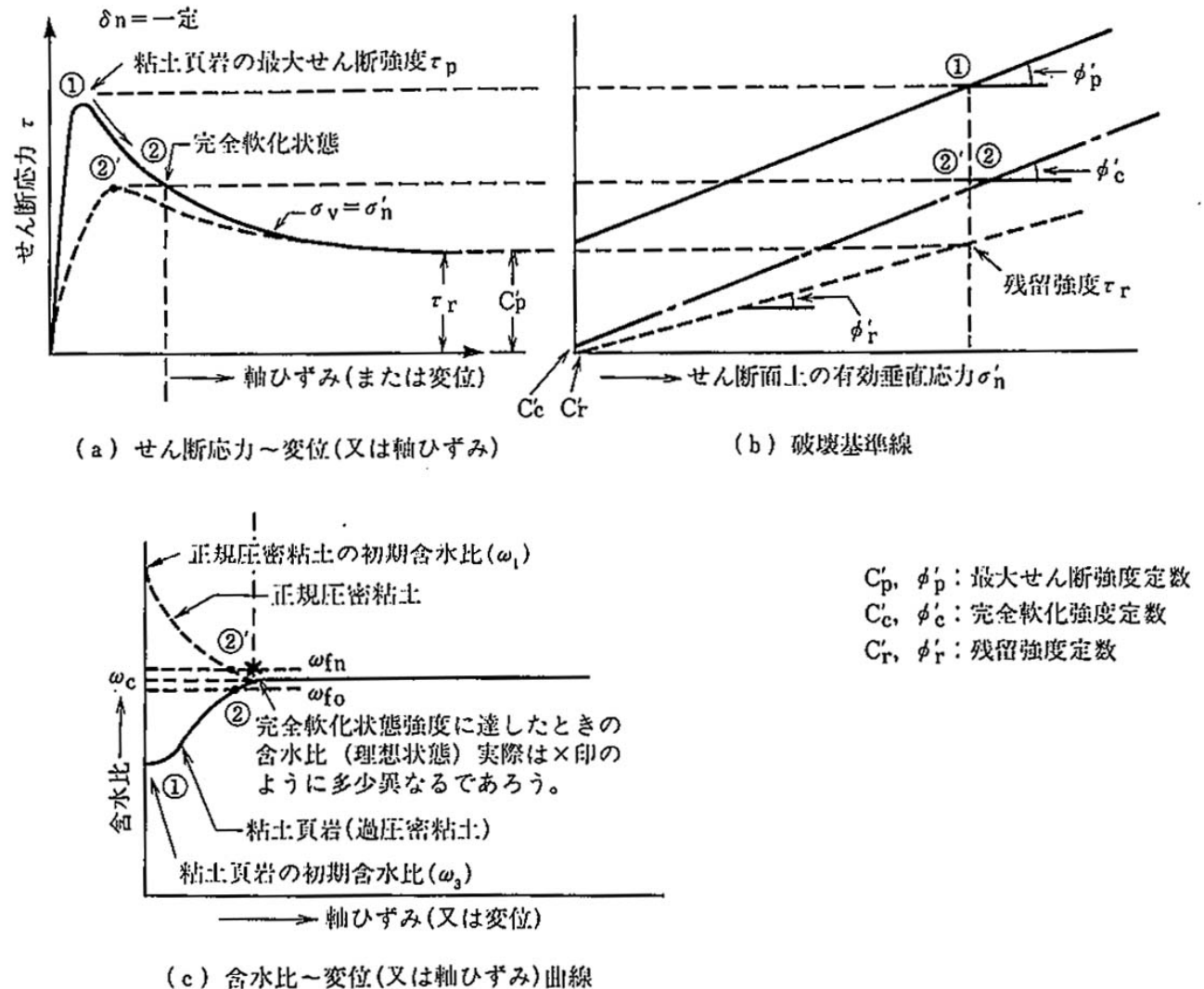


図-3.3.7 頁岩または過圧密粘土のせん断特性
土木学会「軟岩の調査・試験の指針(案)-1991年版」 p46

斜面 $30^{\circ}\sim 40^{\circ}$ の風化岩地すべりでは、そのせん断強度は文献値1と3の間に入っており、文献値3は残留強度とも考えられる。そこで、 $c-\tan\phi$ の関係も考慮して、 ϕ を文献値3の 28° に設定し、 $C-\tan\phi$ の一次関係式より、 c を算出。

結果(C 、 ϕ)=(3.64kN/m^2 、 $\phi=28^{\circ}$)

表 4.3.1 勾配別のすべり面の強度特性 (全岩種)

すべり面 勾配	事例数	すべり面強度			備考
		上限値	下限値	中間値	
$0\sim <10^{\circ}$	11	$C=0.8\text{tf/m}^2$ $\phi=21^{\circ}$	$C=0\text{tf/m}^2$ $\phi=5^{\circ}$	$C=0.4\text{tf/m}^2$ $\phi=16^{\circ}$	バラツキが大きい
$10\sim 20^{\circ}$	20	$C=1.7\text{tf/m}^2$ $\phi=22^{\circ}$	$C=0\text{tf/m}^2$ $\phi=16^{\circ}$	$C=0.2\text{tf/m}^2$ $\phi=23^{\circ}$	
$20\sim <30^{\circ}$	19	$C=1.2\text{tf/m}^2$ $\phi=27^{\circ}$	$C=0\text{tf/m}^2$ $\phi=22^{\circ}$	$C=1.1\text{tf/m}^2$ $\phi=23^{\circ}$	
$30\sim 40^{\circ}$	13	$C=1.2\text{tf/m}^2$ $\phi=31^{\circ}$	$C=0\text{tf/m}^2$ $\phi=28^{\circ}$	$C=0.5\text{tf/m}^2$ $\phi=29^{\circ}$	

文献値1

文献値2

文献値2

地すべり地形の安定度評価に関する研究
報告書：財団法人高速道路調査会P129

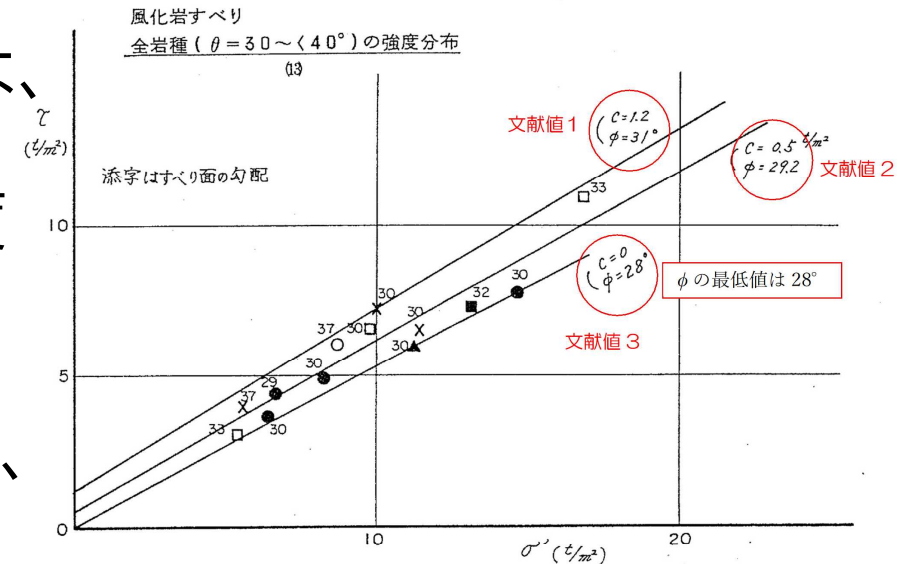


図 4.3.3 斜面の勾配が $30^{\circ}\sim 40^{\circ}$ の風化岩地すべりの τ (せん断力) - σ' (上載荷重) の関係図

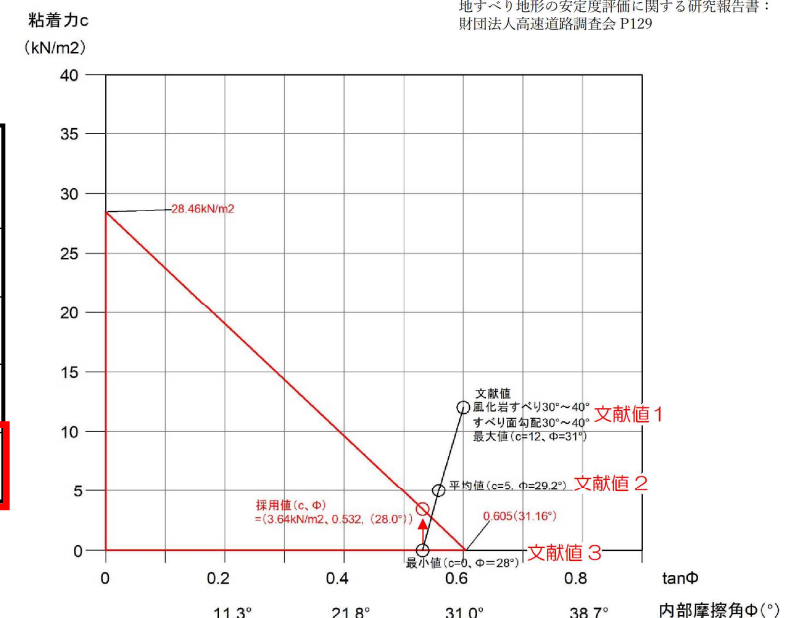


図 4.3.4 $c-\tan\phi$ 図 (本業務の逆計算におけるものと文献値のプロット)

初期安全率の算出

安定解析逆算箇所

候補1

5月の雨 10ケース

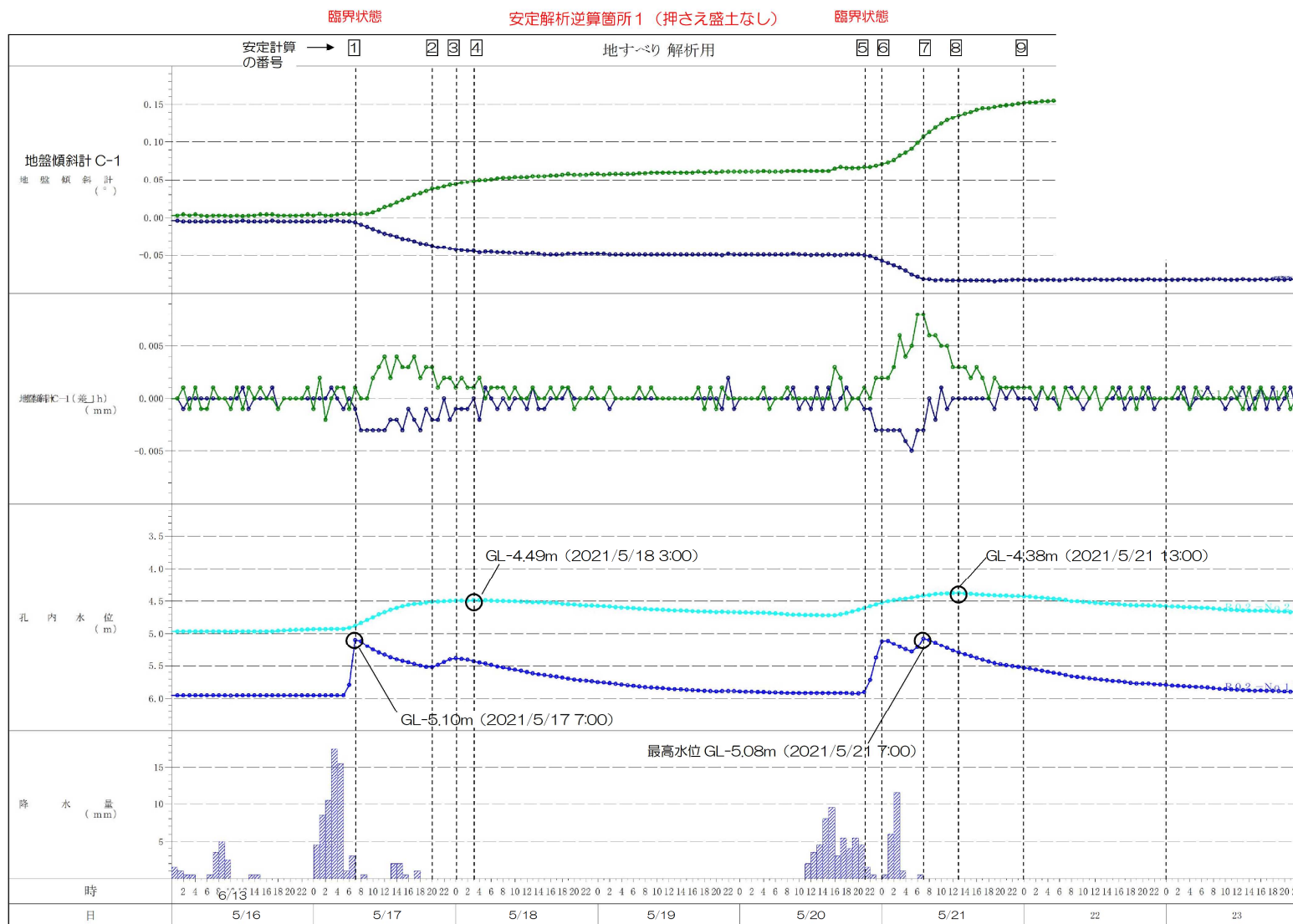


図 4.4.2 安定解析逆算箇所 1 (押さえ盛土なし)

初期安全率の算出 安定解析逆算箇所 候補2 6月の雨 ケース10ケース

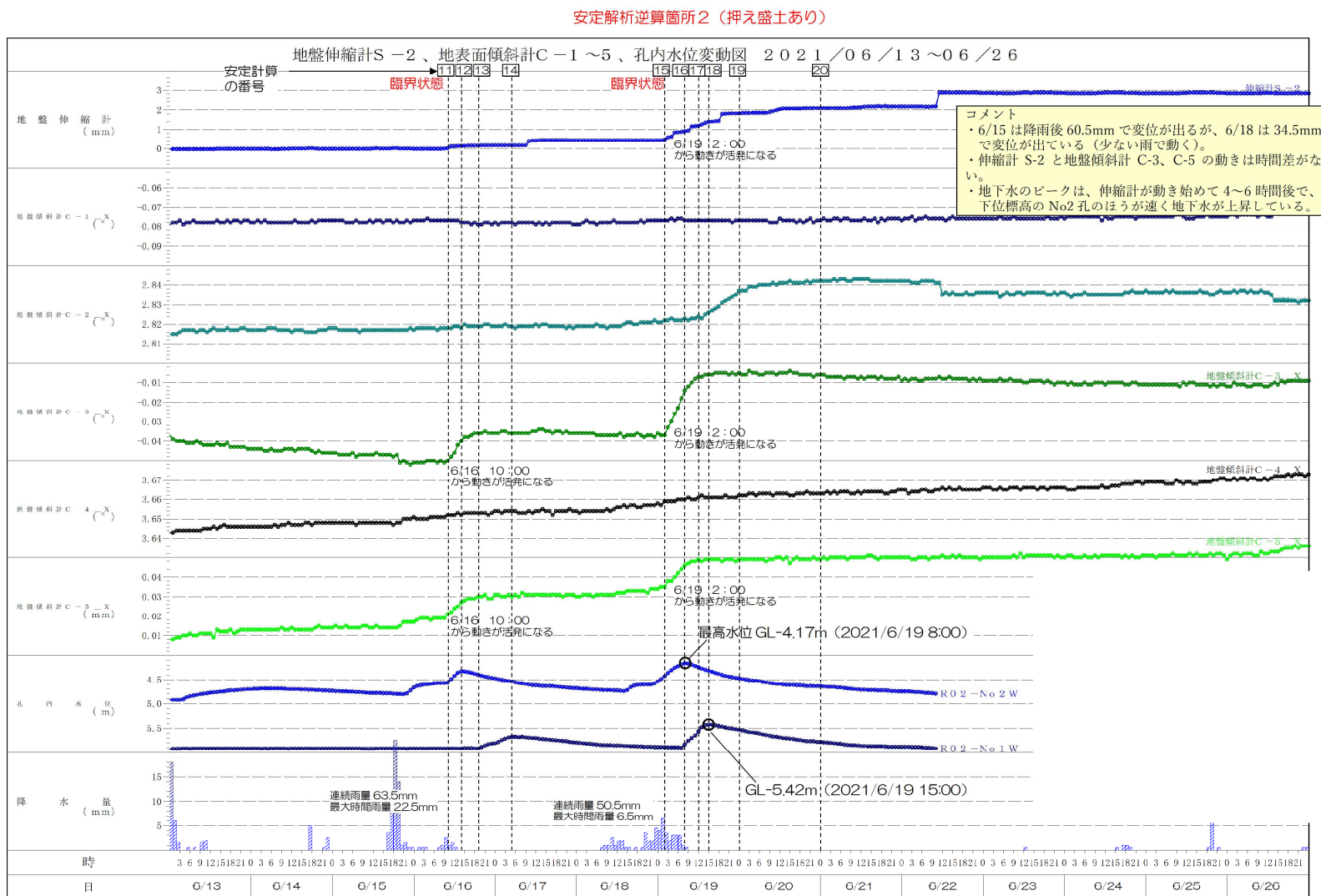


図 4.4.5 安定解析逆算箇所2 (押さえ盛土あり)

11.安定解析

初期安全率の算出

臨界状態における逆算結果一覧表

計算番号	観測日時	R02-No.1w	標高(m)	R02-No.2w	標高(m)	臨界Fs	c	φ	備考
		(GL-m)	225.91	(GL-m)	219.88		kN/m2	°	
1	2021/5/17 7:00	5.095	220.815	4.878	215.002	1.00	4.09	28	
5	2021/5/20 21:00	5.902	220.008	4.608	215.272	1.00	4.48	28	
11	2021/6/16 10:00	5.913	219.997	4.568	215.312	1.00	3.64	28	採用
15	2021/6/19 2:00	5.889	220.021	4.436	215.444	1.00	3.81	28	

初期安全率計算結果一覧表

計算番号	観測日時	R02-No.1w	標高(m)	備考	R02-No.2w	標高(m)	備考	c	φ	安全率	押さえ盛土撤去	備考
		(GL-m)	225.91		(GL-m)	219.88		kN/m2	°	Fs	Fs	
1	2021/5/17 7:00	5.095	220.815		4.878	215.002	逆算	4.09	28	0.985		
2	2021/5/17 20:00	5.519	220.391		4.516	215.364				0.965		
3	2021/5/18 0:00	5.385	220.525		4.496	215.384				0.963		
4	2021/5/18 3:00	5.428	220.482		4.491	215.389				0.963		
5	2021/5/20 21:00	5.902	220.008		4.608	215.272	逆算	4.48	28	0.972		
6	2021/5/21 0:00	5.117	220.793		4.525	215.355				0.961		
7	2021/5/21 7:00	5.077	220.833	最高水位	4.419	215.461				0.954		
8	2021/5/21 13:00	5.293	220.617		4.38	215.500				0.956		
9	2021/5/22 0:00	5.528	220.382		4.432	215.448				0.961		
10	2021/5/23 0:00	5.792	220.118		4.579	215.301				0.970		
11	2021/6/16 10:00	5.913	219.997		4.568	215.312	逆算採用	3.64	28	1.000	0.970	
12	2021/6/16 14:00	5.912	219.998		4.327	215.553				0.987	0.958	
13	2021/6/16 19:00	5.911	219.999		4.398	215.482				0.991	0.962	
14	2021/6/17 5:00	5.675	220.235		4.543	215.337				0.997	0.968	
15	2021/6/19 2:00	5.889	220.021		4.436	215.444	逆算	3.81	28	0.994	0.965	
16	2021/6/19 8:00	5.835	220.075		4.169	215.711	最高水位			0.979	0.950	初期安全率
17	2021/6/19 12:00	5.564	220.346		4.246	215.634				0.981	0.952	
18	2021/6/19 15:00	5.424	220.486		4.322	215.558				0.983	0.954	
19	2021/6/20 0:00	5.535	220.375		4.475	215.405				0.992	0.963	
20	2021/6/21 0:00	5.783	220.127		4.642	215.238				1.002	0.973	

初期安全率の算出

安定解析逆算箇所 候補1 5月の雨 10ケース

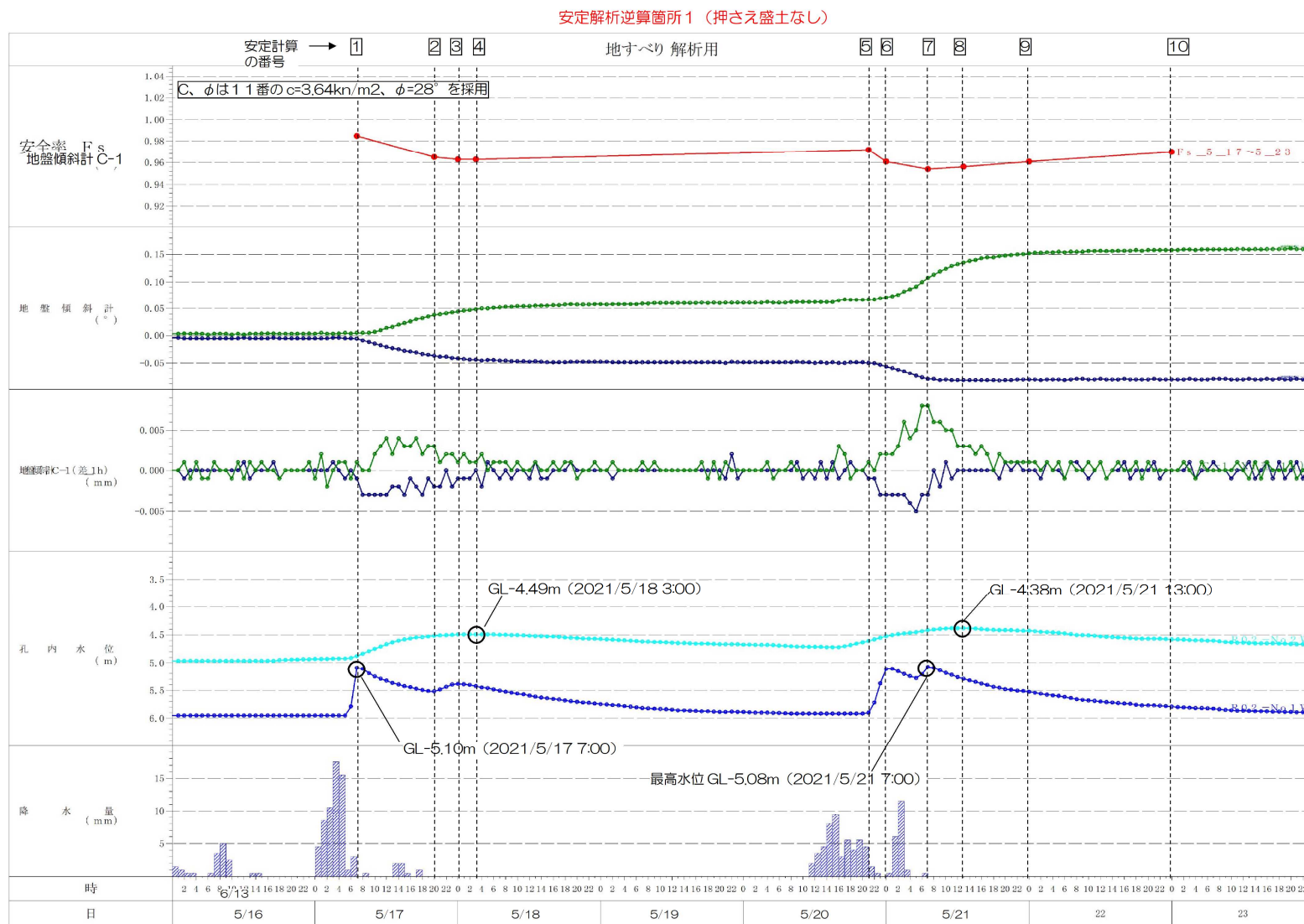


図 4.5.1 現状安全率の算出 (安定解析逆算箇所1 (押さえ盛土なし))

安定解析逆算箇所 候補2 6月の雨 ケース10ケース

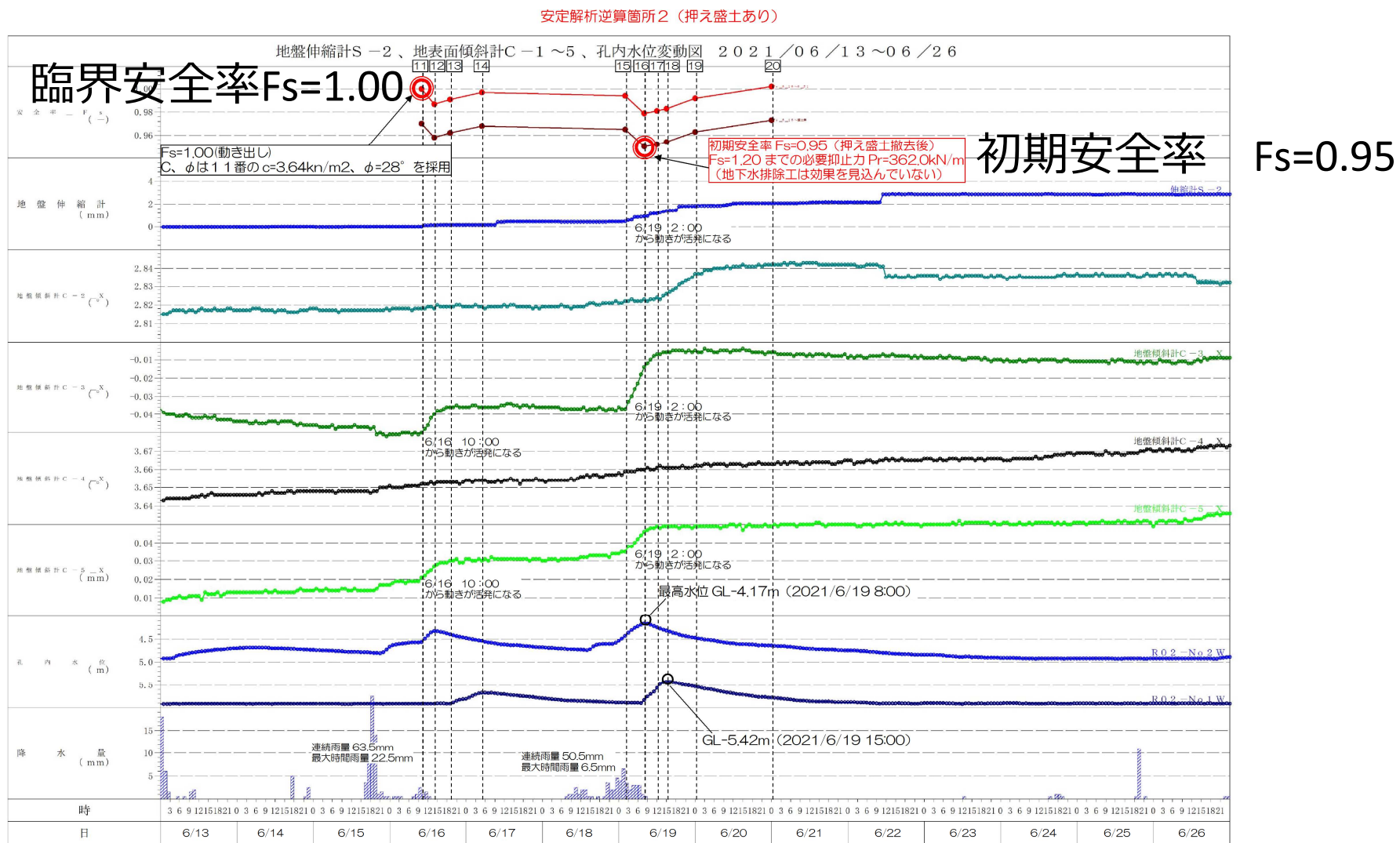


図 4.5.2 現状安全率の算出（安定解析逆算箇所 2（押さえ盛土あり））

必要抑止力と実際の工事における安全率の流れ

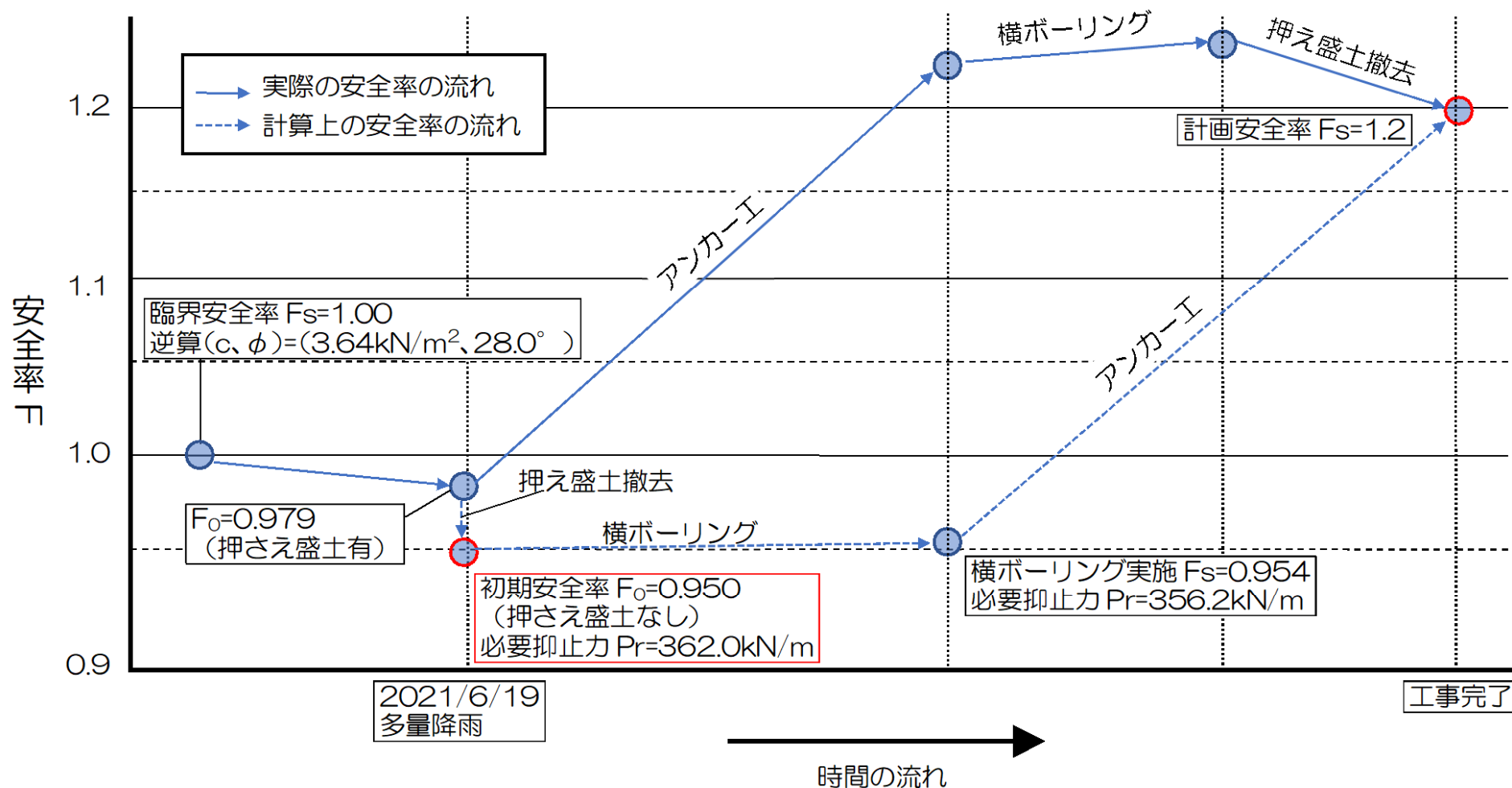


図.4.3.2 計算上の安全率の流れと実際の安全率の流れ

ポイント

- 安定解析は、技術基準書により用いる式が異なる。特に下記の2つは間違えないようにする。
 - 河川砂防技術基準 Fellenius法（最大層厚）
 - 道路土工 修正Fellenius法（平均層厚）
- 逆算 c 、 ϕ の精度は、変位計の動きだしの地下水位を用いると精度が向上する。
- 2孔以上の地下水観測孔がある場合は、地下水のピークがずれることもしばしばある。安全率が最も低くなるケースを見つけ出すためには、経時変化的な安全率の算出が望まれる。

12.対策工比較検討

地すべり対策の基本は、素因、誘因検討に基づき、抑制工により動きを鈍化させ、不足する安全率を抑止工により対応し、計画安全率にすると
いうものである。

当該地すべりでは、降雨により地下水位が上昇することで地すべりが活動すること明らかであることから、まずは地下水排除工を行い、残る対策を以下の工法で対応する場合を検討する。

- ・ 第1案 アンカー工
- ・ 第2案 杭工
- ・ 第3案 排土工

安全率 寄与区分	工 種		摘 要
直接寄与	地下水排除工	ボーリング暗きょ工	※
		集水井工	
		排水トンネル工	
		(ディープウェル)	※ 大口径ボーリングを鉛直方向に掘削し、地下水を水中ポンプ等で汲み上げることにより、地下水位の低下を図る工法。 応急的に地下水排除が可能。 トンネル排水工等と連結して自然排水することも可能。
	排土工		※
	押え盛土工		※
	杭工		
	シャフト工		
	アンカー工		
	地下水排除工	暗きょ工	浅い地すべりの場合に安全率に直接寄与するように設置することが可能。
間接寄与	地表水排除工	水路工	※
		流路工	※
		浸透防止工	※
	治山ダム工等		
	土留工等		
	ガス排除工		
	杭 工		※ 応急工事として木杭やH鋼などを打設する場合

注：摘要欄の※印は応急工事に採用されることが多い工種

ポイント

- 毎度おなじみの「アンカー工」「杭工」「排土工」
- 急な斜面は「アンカー」。下手に排土するより結局安くなる。
- 排土はたいてい背後に新たな切土法面ができる。切土法面の安定性について適切な評価が必要。
- 緩やかな斜面は「杭」、排水対策も有意。杭は前後の主働崩壊や受動破壊に注意。

地すべりの業務を遂行するには以下のように幅広い知識が必要です。今後も自己研鑽に励みたいと思います。

- 基盤地質の構造
- 第四紀の地形、地質、ステージ5e（約13万年前）以降の海水準や地殻変動、テフラ
- ボーリング調査～動態観測全般、データの評価
- 土の物理的な性質や、強度に関する土質試験や土質力学
- 安定解析や設計計算を理解できる数学

Thank you for listening