

高野地区地すべり対策事業概成に向けた取組 ～台地は動く，技術者も動く～

県北振興局建設部砂防防災課 ◎廣瀬 健太
〇溝口 響介

松浦市志佐町高野地区では，2019 年（令和元年）8 月豪雨により地すべりが大きく変動し，移動土塊の大半が流下した．これにより，大規模な滑落崖が形成され，下方には不動層と判断した風化玄武岩が広く露出した．対策工施工中の 2021 年（令和 3 年）8 月に再び記録的な豪雨を受け，風化玄武岩内の節理に過大な間隙水圧が作用して同層が崩壊し，施工中の対策工が被災した．

本稿では，2 度の被災を踏まえた崩壊機構の再評価，地下水対策を中心とした対策工の再設計及び施工中の課題への対応について，2026 年（令和 8 年）3 月の事業概成に至る経緯とともに報告する．

1. 事業地概要

高野地区地すべりは，松浦市役所の南東約 1.6km，不老山頂上部付近の市道不老山公園線に面した自然斜 5 面に位置する．

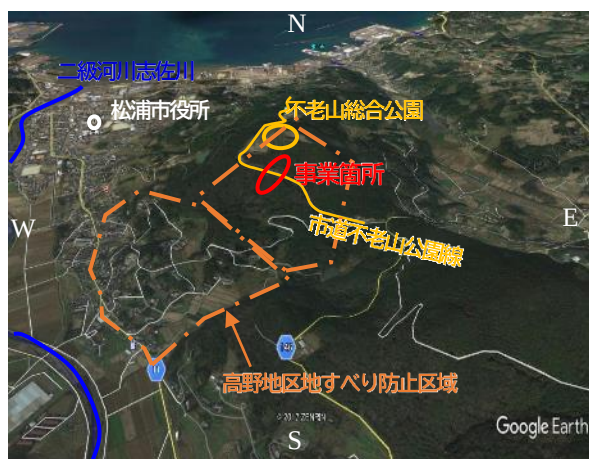


図1 事業地周辺の 3D 航空写真(Google Earth)

事業箇所上部にある不老山総合公園は，展望台，つつじ園，芝生広場，子供広場等整備されている．また，津波・高潮時の緊急避難場所に指定されており，地域 10 防災上重要な拠点となっている．

2. 事業経緯

高野地区では，2019 年（令和元年）8 月の秋雨前線 15 豪雨（最大24時間雨量318mm，最大時間雨量55.5mm）により地すべりが発生し，移動土塊の大半が市道下方を約150m流下した．この被災を受け，災害関連緊急地すべり対策事業に採択され，2020 年度（令和 2 年度）から対策工事に着手した．

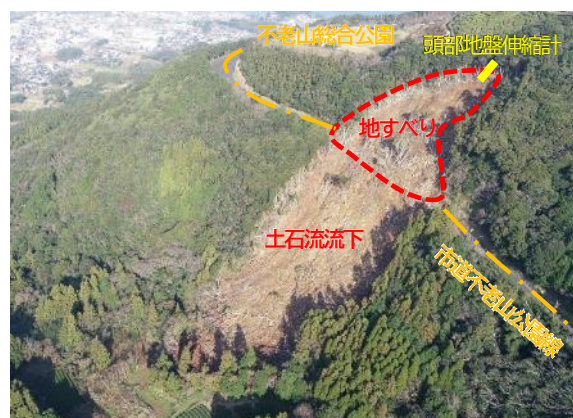


図2 2019 年（令和元年）発災直後の全景

しかし，施工中の（2021 年）令和 3 年 8 月に 2019 年（令和元年）被災時の約 1.7 倍となる 483mm の降雨を受け，不動層と判断していた風化玄武岩が崩壊し，その影響が上方の滑落崖まで波及した．



図3 2021 年（令和 3 年）崩壊・崩落直後の状況

再被災後は，改めて地すべり対策事業として採択を受け，崩壊機構及び地下水供給経路を再検討し，横ボーリング工やグラウンドアンカー工（以下，「アンカ

一工」という。)等の対策を再構築した。その後、地すべり対策及び市道復旧工事を進め、2026年(令和8年)3月の工事完了をもって、事業が概成した。

本稿では、2度の被災を経験した高野地区地すべり5について、発災から事業概成までの経緯と、再被災を踏まえた対策工の再設計及び施工上の課題への対応について報告する。

3. 2019年(令和元年)豪雨による被災概要

10

高野地区は、難透水性の砂岩・頁岩上に、玄武岩がキャップロック状に分布する台地縁辺部に位置し、北松型地すべり多発する地域である。

今回の被災斜面は、その冠頭部に相当する(図4)。

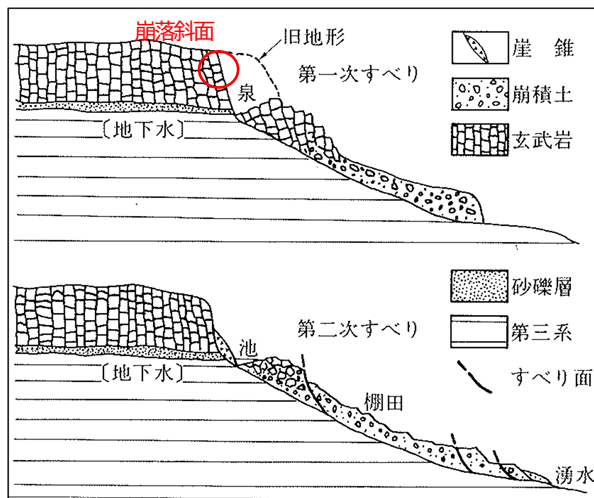


図4 北松型地すべり説明図¹⁾

15

地すべり頭部の地盤伸縮計では、降雨が強まった27日14時頃に変動が始まり、最大降雨を記録した12時から約2時間後に移動速度が増加していることがわかる。さらに、翌28日2時頃の強雨から約4時間後の6時50分頃に伸縮計が全量回帰しており、地すべり土塊が大きく崩壊したと推察される(図5)。

20

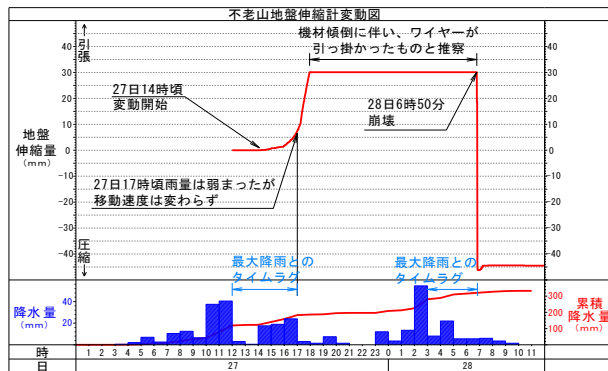


図5 地すべり頭部地盤伸縮計変動図

このように、降雨のピーク、斜面変動の加速及び土塊の崩壊には数時間の時間差が認められた。この結果は、降雨終了後も斜面変動が継続する可能性を示して

25

いる。

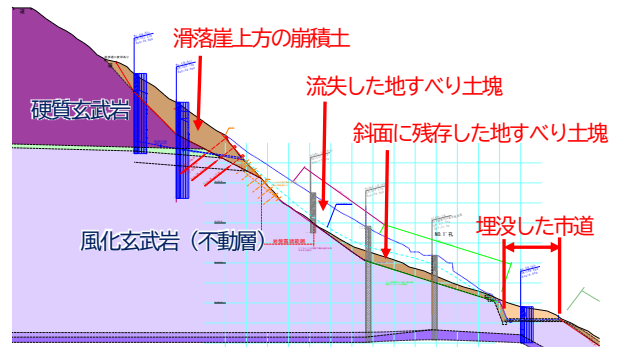


図6 2019年(令和元年)発災後の断面図

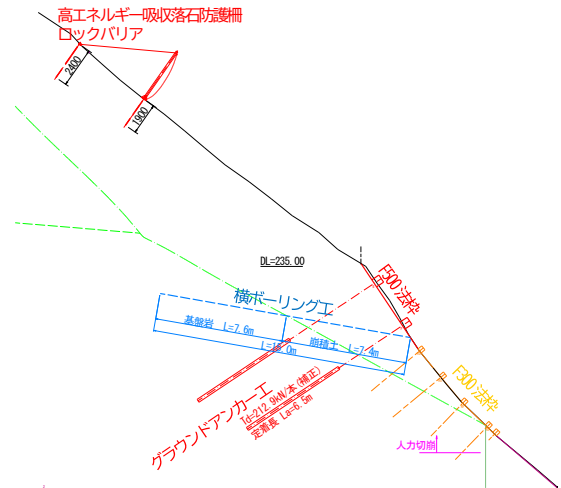


図7 2019年(令和元年)対策工断面図(滑落崖部)

30 発災後は、滑落崖上方に残存する崩積土の崩落防止と、さらに上方に分布する転石群の落石防止を主眼として対策工を実施した。

4. 2021年(令和3年)豪雨による崩壊・崩落

35

2021年(令和3年)8月14日から8月15日にかけて、記録的な豪雨となり、8月における松浦地域の降水量は、平年(222.3mm)の約5.4倍となる1,209.5mmを観測した。

40 この豪雨により、対策工施工中の法面で幅約30m、長さ約40mの範囲で崩壊・崩落が発生した。

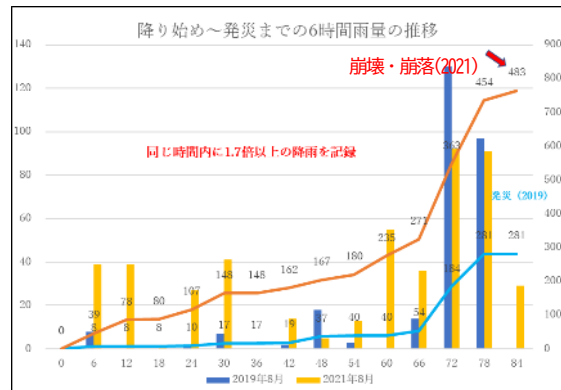


図8 2019年(令和元年)と2021年(令和3年)の降雨量

最寄りの県管理雨量観測所である高野橋観測所について、2019 年（令和元年）及び 2021 年（令和 3 年）の被災時の降雨状況を図 8 に示す。降り始めから発災まではいずれも概ね 80 時間であったが、その間の累積雨量は 2019 年（令和元年）の 281mm に対し、2021 年（令和 3 年）は 483mm と約 1.7 倍に達した。

5. 2021 年（令和 3 年）の崩壊・崩落機構

- 10 2021 年（令和 3 年）の再被災は、豪雨に伴う地下水供給量の増加により、風化玄武岩内の節理面に過大な間隙水圧が作用したことが主因と考えられる。

当地の玄武岩には透水性の高い傾斜した柱状節理が分布し、後背斜面からの地下水流路となっていた（図 15 9）。豪雨時には、地下水供給層が既設の湧水処理能力を上回り、モルタル吹付背面及び風化玄武岩内に地下水が浸入・貯留した。



図 9 滑落崖上端に分布する玄武岩崩積土

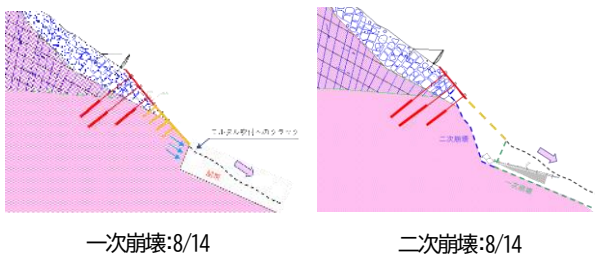


図 10 崩落模式図(一次崩壊から二次崩壊)

- 20 これにより、節理面の間隙水圧が上昇して風化玄武岩が一次崩壊し、下方の支持を失った硬質玄武岩が二次崩落した（図 10）。崩壊は F300 法枠及び鉄筋挿入工の想定深度を超え、上方の F500 法枠及びアンカー工背面まで波及した。施工者の目撃証言も、この崩壊順序
- 25 と整合している。

したがって、本現象は新たなすべり面を形成した地すべりではなく、2019 年（令和元年）発災時のすべり面より下位の「不動層」と判断していた風化玄武岩内で発生した節理性岩盤の崩壊と評価した。

- 30 崩壊・崩落の主な要因及び施工条件は、以下の 3 点である。

a) 記録的な豪雨

2019 年（令和元年）災害時の約 1.7 倍の降雨により、玄武岩台地からの地下水供給量が著しく増加した。

35 b) 地下水流路の変化

地下水がモルタル吹付背面及び風化玄武岩内に流入し、節理面に過大な間隙水圧が作用した。また、アンカー注入材が局所的に水みちを閉塞した可能性もある。

c) 対策工が未完成であったこと

- 40 対策工は未完成であったが、アンカー工の緊張が完了していた区間では法面が一定期間保持され、二次崩壊に対する抑止効果が認められた。

6. 2021 年（令和 3 年）崩壊・崩落後の対策設計

45

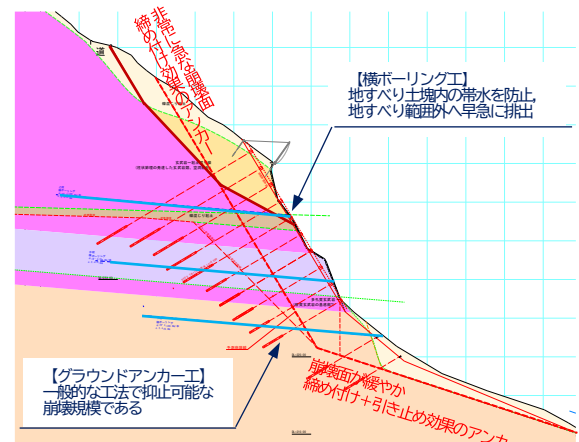


図 11 2021 年（令和 3 年）対策工断面図

再被災後は、地下水排除による抑制工として横ボーリング工、滑落崖及び上方斜面を一体的に安定させる抑止工としてドアンカー工を計画した。アンカー工の

50 反力体には、滑落崖部で現場吹付法枠工（F400）、下方の緩傾斜部については、既製品受圧板を採用した。

対策工の設計では、風化玄武岩内の不明瞭な水みちと高密度な亀裂を考慮し、地下水排除工及び抑止工を一般的な配置よりも高密度化した。

55 a) 横ボーリング工

横ボーリング工は、後背斜面から供給される多量の地下水を確実に捕捉するため、一般的な孔先端間隔 5 ～10m²⁹⁾に対し、約 2.5m で配置した。

- また、再被災は明瞭なすべり面を伴わない崩壊であったことから、すべり面を基準とした根入れ長ではなく、想定する崩壊範囲を基準として掘進長を設定した。同規模の崩壊が生じても、その背後へ 10m 以上到達するよう、1 孔当たりの掘進長を 30m とした。

これにより、局所的かつ不明瞭な水みちを補足し、

65 風化玄武岩内の地下水圧を低減する計画とした。

b) アンカー工

風化玄武岩内には亀裂が多く、アンカー間隔を広くすると、その間で小規模なくさび状崩壊が生じるおそれがあった。このため、経済性を優先してアンカー15本当りの設計荷重を大きくするのではなく、荷重を抑えて本数を増やし、設置間隔を2.5m以下とした。

また、アンカー注入材が亀裂や近接する横ボーリング孔へ漏出すると、地下水の流路を閉塞し、排水機能を低下させるおそれがある。これは、再被災時の既存10アンカーの状態からも確認されていた。このため、定着部と自由長部の双方に漏出防止用パッカーを設置した。

定着部パッカーは、設計段階の注入試験で施工性を確認し、施工時の基本試験において所要の周面摩擦抵抗が得られることを確認した。これにより、アンカーの定着性能を確保しながら、横ボーリング工による地下水排除機能を維持する設計とした。

7. 施工時の課題と対応

20 前章で述べた設計に基づき施工に着手したが、施工中に新たな湧水、落石及び法面変状等が確認されたため、現地条件に応じて施工内容及び施工方法を見直した。

25 a) 切土勾配の変更対応



図12 崩壊斜面掘削状況

(左上: クライム工法による掘削状況、右上: 節理が発達した玄武岩の崩落、右下: 崩落した玄武岩浮石、左下: 落石による機材の破損)

滑落崖は、1:0.6 勾配にて切土整形を行う計画としており、吊り下げ式のバックホウによるクライム工法で施工した。しかし、岩塊の節理・亀裂が予想以上に発達しており、人頭大から直径1.0m程度の浮石の崩落が相次いだ。

このため、自立が保てる任意勾配にて掘削整形を行ったうえで、後述する繊維入りモルタル吹付によって安定を確保することとした。

35 併せて、当初設計のアンカー工配置や法枠の再検討

も実施した。

b) 法枠内の処理

現場吹付法枠(F400)の枠内は、湧水の排出を阻害しないよう、植生基材吹付を計画していた。

40 しかし、降雨のたびに落石が頻発し、ラス金網の設置時に作業員の安全を確保できないことから、落石抑制を目的として繊維入りモルタル吹付に変更した。

また、湧水処理については、主要な地下水供給経路として特定された硬質玄武岩層と、その下位に分布する礫混じり粘土層との境界付近に多数の水抜きパイプを設置することで対応した。

その結果、落石が抑制され、法枠工の施工が可能となった。また、降雨後に水抜きパイプからの排水を確認し、地下水排除機能が確保されていることを確認した。50 た。

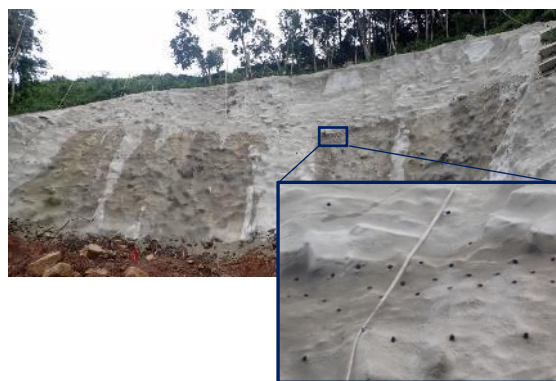


図13 繊維入りモルタル吹付後の状況(降雨後)

c) 応急横ボーリングの追加

法面掘削後、恒久対策の完了まで出水期を含む長期間を要することから、施工中の斜面安定を確保するため、55 応急横ボーリングを先行施工した。

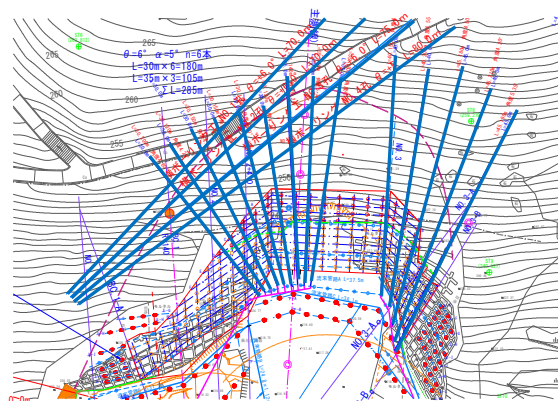


図14 応急横ボーリング位置図

施工時の上下作業を避けるため、斜面右翼側方から主要な地下水供給経路である硬質玄武岩層と礫混じり粘土層との境界付近に4孔、風化玄武岩内に5孔を計画した。左翼部では、モルタル吹付完了後に法面直下から施工可能となったため、施工者と協議のうえ、施

工位置を変更し、孔数を5孔から14孔に増加した。

その結果、斜面右翼側から最大 750/min、法面直下で最大 5.70/min の排水を確認した。特に、硬質玄武岩層と礫混じり粘土層との境界付近から多量の排水が得られ、想定した地下水供給経路と応急排水の有効性が確認された。



図 15 応急横ボーリング排水状況

d) 滑落崖下方の緩傾斜面の崩壊対策

現場吹付法枠工の施工及び崩壊土砂の除去後、また
10 まった降雨により、滑落崖下方の緩傾斜面に以下の変状が確認された。

- ① 風化玄武岩部におけるガリ浸食。
- ② 左翼部に残存する崩積土基底部からの湧水。
- ③ 斜面末端部における小規模な表層崩壊。
- 15 ④ 再崩壊前施工の現場吹付法枠の下方における洗堀。

当該緩傾斜面は、後続するアンカー工及び横ボーリング工の仮設足場基盤となるため、変状を放置した場合、施工中に足場が不安定化するおそれがあった。このため、仮設足場の設置に先立ち、法面保護工と湧水
20 対策を実施した。

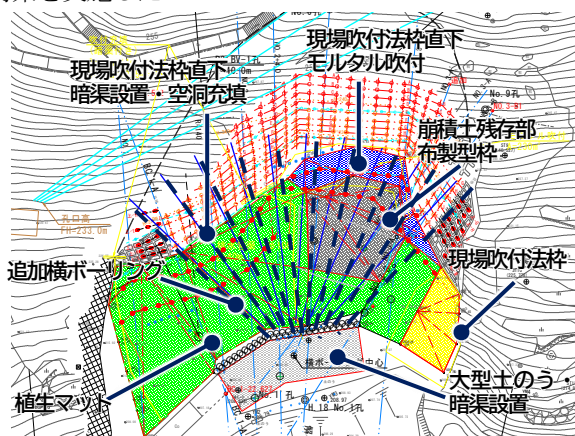


図 16 緩傾斜面部の対策工平面図

d-1) 法面保護対策

風化玄武岩部の浸食防止対策は、当初計画の植生基
材吹付から、湧水及び表面流水に対する耐久性に優れ
25 る植生マット工に変更した。

崩積土が残存し、湧水が確認された箇所には、早期

の表層崩壊防止を目的として、排水機能を有する布製型枠を設置した。また、左翼部の既設法枠下方には、現場吹付法枠 (F300) を追加した (図 16)。

30 d-2) 湧水対策

緩傾斜面の地下水排除を目的として、法尻部に排水暗渠を設置するとともに、風化玄武岩内に応急横ボーリングを追加した。(図 16)。

これらの対策により、浸食、表層崩壊及び湧水に対する安定性が向上し、後続工事に必要な仮設足場の安全な基盤を確保した。

e) 法面对策工における安全対策

緩傾斜面の安定化後、仮設足場を設置し、アンカー工及び横ボーリング工に着手した。しかし、施工にあ
40 たっては、次の条件から施工中の斜面安定が課題となった。

- ① 出水期を挟む工程であること。
- ② 切土形状の変更により、斜面下部に急勾配部が生じたこと。

45 ③ アンカー定着前の法枠荷重が斜面に作用していたこと。

このため、施工手順を見直すとともに、斜面及び仮設足場の変状監視を実施した。

e-1) 施工手順の見直し

50 当初は、斜面下方から仮設足場を構築しながら、横ボーリング工を先行し、その後、斜面上方から仮設足場を解体しながら、アンカー工を逆巻き施工する計画であった。この手順は、横ボーリング削孔によるアンカーの破断を防止しつつ、施工効率を確保するもので
55 あった。

しかし、出水期を含む施工中の斜面安定を優先し、急勾配となった斜面下段 4 段のアンカー工を先行施工する手順に変更した。なお、アンカーの損傷を防止するため、この範囲に配置する横ボーリング工は、アン
60 カー工に先行して施工した。

この変更により、施工ヤード狭小な現場において、足場工、アンカー工及び横ボーリング工が輻輳し、施工効率は低下したものの、斜面下部を早期に安定化し、施工中の崩壊リスクを低減した。

65

e-2) 斜面変状の監視

アンカー工の完了までの斜面変状を把握するため、法枠上部の 3 箇所にトータルステーションの観測点を設置し、降雨後に変位を確認した。

70 また、2021 年 (令和 3 年) の再被災時に、仮設足場の変状が崩壊の前兆として確認されたという施工者の経験も踏まえ、日常点検項目とした。

これにより、計測と目視点検を組み合わせた監視体制を構築し、斜面変状の早期把握と施工時の安全確保

を図った。

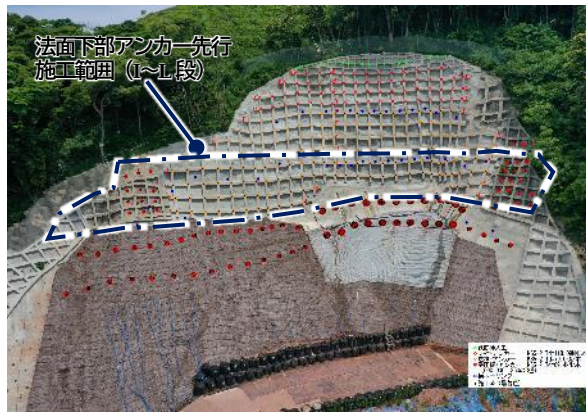


図17 アンカー工・横ボーリング配置イメージ



図18 法面对策工施工状況 (2024年(令和6年)11月)

これら、工事中の対策を行いながら、アンカー工、横ボーリング工の法面对策工を2025年(令和7年)3月に完了し、その後、市道の復旧工事を施工中の斜面のパイピング湧水による小崩壊等の発生、対策も伴いながら2026年(令和8年)3月に完成、市道及び不老山総合公園の供用再開することができ、事業概成に至った。

8. おわりに

2019年(令和元年)の地すべりでは、移動土塊が市道を超え、下方斜面を約150m流下した。また、地盤伸縮計の観測結果から、強雨の発生から斜面変動の加速及び土塊の崩落までには、数時間の時間差が認められた。これらの結果は、土塊の到達範囲を過小評価しないこと。降雨後も斜面変動が継続する可能性を考慮することが、二次災害の防止に重要であることを示している。

2021年(令和3年)の再被災は、対策工の施工途中に記録的な豪雨を受け、多量の地下水が風化玄武岩へ流入したことで発生したと考えられる。この教訓を踏まえ、再設計ではアンカー工及び横ボーリング工を高

密度に配置するとともに、パッカーによりアンカー注入材の漏出を防止し、地下水排除機能の確保を図った。

施工中も、湧水、落石及び法面変状に応じて、応急横ボーリング、切土形状、法面処理及び施工手順を見直した。特に、応急横ボーリングでは豪雨時に多量の排水が確認され、恒久対策の概成までの斜面安定に有効であった。



図19 工事完了時現地状況(2026年(令和8年)3月)

本事例から、地下水が斜面安定に大きく影響する現場では、標準的な配置を一律に適用するのではなく、地下水供給量や水みちの不確実性を踏まえて排水工を計画する必要がある。また、不動層と判断した風化玄武岩であっても、節理が発達する場合には、地下水圧により崩壊する可能性がある。

このため、地質区分だけではなく、節理の分布、降雨時の湧水挙動及び施工途中の斜面状態を継続的に確認することが重要である。

謝辞： 本事業に遂行にあたり、地すべり機構及び対策工の検討にご指導、ご助言をいただいた学識経験者、並びに厳しい現場条件の中で、設計、施工にご尽力いただいた関係者の方々に、ここに記して深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 山崎達夫：九州各地の地すべりについて、九州地質調査業協会、p.1-6、1966
- 2) 地すべり災害復旧技術研究会：災害復旧事業における地すべり対策の手引き、社団法人全国防災研究会、p55、2006
- 3) 一般社団法人全日本建設技術協会：令和5年災害手帳、p.497-499、2023

(Received September 30, 2026)