



一般社団法人
斜面防災対策技術協会

第 28 回 斜面防災対策技術 フォーラム '26 in 徳島 －若い技術者のために－

講演集

令和 8 年 10 月 8 日

後援：国土交通省四国地方整備局

林野庁四国森林管理局

徳島県

公益社団法人日本地すべり学会

公益社団法人砂防学会

一般財団法人砂防・地すべり技術センター

一般財団法人砂防フロンティア整備推進機構



第 28 回

「斜面防災対策技術フォーラム'26」 in 徳島

総 目 次

◇参加者の皆様へ.....	(1)
◇会場案内図.....	(2)
◇行事内容.....	(3)
◇予定表.....	(4)
◇実行組織.....	(5)
◇技術発表座長・副座長一覧表.....	(6)
◇特別講演.....	(7)
◇技術発表目次と発表内容の概要及び質問事項.....	(19)
◇技術発表論文.....	(33)
A 会場(1-1～1-9).....	(35)
B 会場(2-1～2-9).....	(71)
C 会場(3-1～3-9).....	(109)
◇特別討論.....	(143)

参加者の皆様へ

1. 名札について

名札ケースを各受付に準備しております。ケース内に各自名刺を入れ、会場内では1日首に提げて下さい。そして、お帰りの際にケースは必ずご返却下さい。

◇紐の色分け◇

赤：技術発表会と意見交換会に参加の方

黒：技術発表会のみ参加の方

2. 技術発表会について

技術発表会場は、A・B・Cの3会場に分かれて行います。

技術発表の進行は、座長・副座長の指示に従って行って下さい。

技術発表時間は、質疑応答を含め1編20分です。

質疑応答される場合は、最初にご自身の所属と氏名を言ってから発言して下さい。

3. アンケートのお願い

講演集と一緒に参加者名簿、アンケート用紙をお渡し致します。

今後の参考とさせていただきますので、ぜひご記入を頂き、お帰りの際にアンケート回収箱に投函して下さい。

4. CPD（技術者継続教育）証明書の発行について

本フォーラムへの参加に伴うCPD又はCPDSは、建設コンサルタンツ協会又は全国土木施工管理技士会連合会認定プログラム「受講証明書・参加証明書」を発行致します。

CPDをご希望の方はフォーラム当日に総合受付まで。配布開始時間は16時以降からになります。**CPDSについてはフォーラム終了翌週以降に別途メール※PDF添付にてお送りさせていただきます。総合受付にCPDS希望者用の受付BOXを準備しておきますので、希望者の方はそちらに名刺を入れてください。**

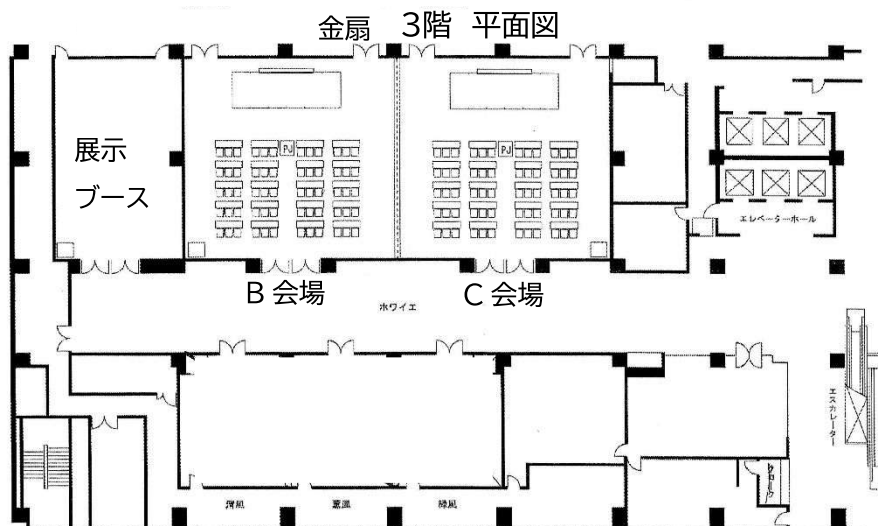
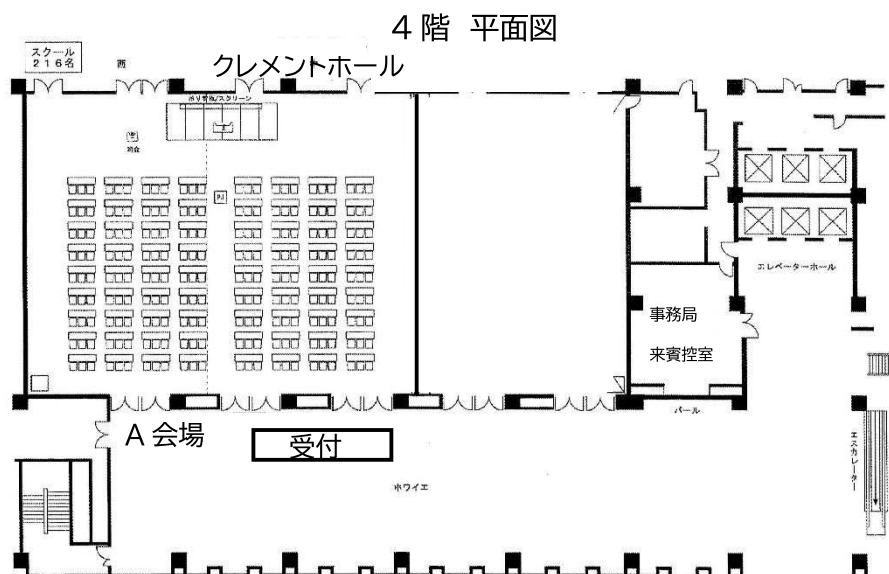
◇会場案内図: JR ホテルクレメント徳島 3階・4階

(4階)

- ①「クレメントホール(西・中)」
 - ・メイン会場(式典、特別講演、特別報告)及び技術発表会 A 会場
- ②「パール」
 - ・来賓控室および事務局・スタッフ控室

(3階)

- ③「金扇」※日中は2つに区切って使用
 - ・「金扇(西)」・技術発表会 B 会場
 - ・「金扇(東)」・技術発表会 C 会場
 - ・18時～意見交換会
- ④「ハーモニーホール」
 - ・展示ブース



◇行事案内

令和8年10月8日(木) JRホテルクレメント徳島3F・4F

内 容 ・ 時 間	会 場
◎開会挨拶 10:00~10:05 若林直樹 ((一社)斜面防災対策技術協会会長)	クレメントホール(西・中) 4F
◎来賓挨拶 10:05~10:20 國友 優 様 (国土交通省水管理・国土保全局砂防部長) 後藤田正純 様 (徳島県知事)	
◎特別講演Ⅰ 10:20~11:20 山崎新太郎 様 (京都大学防災研究所准教授) 演 題 「四国山地の地質と地すべり災害」	クレメントホール(西・中) 4F
◎技術発表会 11:30~16:00 ○A会場 A-1 地すべり調査 11:30~12:30 A-2 地すべり解析 13:50~14:50 A-3 地すべり対策 15:00~16:00 ○B会場 B-1 対策工事 11:30~12:30 B-2 維持管理 13:50~14:50 B-3 防災一般 15:00~16:00 ○C会場 C-1 対策設計 11:30~12:30 C-2 対策設計・DX 13:50~14:50 C-3 DX 15:00~16:00	クレメントホール(西・中) 4F 金扇(西) 3F 金扇(東) 3F
◎特別討論 16:10~17:10 相川裕司 氏ほか (斜面防災対策技術協会人材育成委員長) テーマ 「斜面防災業界における人材育成の課題」	クレメントホール(西・中) 4F
◎優秀発表者表彰 17:20~17:45	クレメントホール(西・中) 4F
◎閉会の辞 17:50~17:55 山本和彦 ((一社)斜面防災対策技術協会四国支部長)	クレメントホール(西・中) 4F
◎技術交流意見交換会 18:00~19:30	金扇 3F

令和8年10月9日(金)

◎現地見学会 善徳地すべり、三好ジオパーク、祖谷のかずら橋

◇予 定 表

令和8年10月8日(木) 総合受付：4Fホワイエ

会場	メイン会場・A会場 4Fクレメントホール（西・中）	B会場 3F金扇（西）	C会場 3F金扇（東）	展示ブース会場 3Fハーモニーホール	事務局 4Fパール
9:00					
9:30	受付 9:30～10:00			ブース設営 8:00～10:00	
10:00	開会・挨拶 10:00～10:20				来賓・講師控室
10:20	特別講演 「四国山地の地質と地すべり災害」 10:20～11:20				
11:20					
11:30	A-1 地すべり調査 論文No.1-1～1-3 (60分3編) 11:30～12:30	B-1 対策工事 論文No.2-1～2-3 (60分3編) 11:30～12:30	C-1 対策設計 論文No.3-1～3-3 (60分3編) 11:30～12:30	ブース展示	(事務局・スタッフ控室)
12:30					
				コアタイム 12:30～13:50	
13:50	A-2 地すべり解析 論文No.1-4～1-6 (60分3編) 13:50～14:50	B-2 維持管理 論文No.2-4～2-6 (60分3編) 13:50～14:50	C-2 対策設計・DX 論文No.3-4～3-6 (60分3編) 13:50～14:50		
14:50					
15:00	A-3 地すべり対策 論文No.1-7～1-9 (60分3編) 15:00～16:00	B-3 防災一般 論文No.2-7～2-9 (60分3編) 15:00～16:00	C-3 DX 論文No.3-7～3-9 (60分3編) 15:00～16:00	ブース展示	
16:00					
16:10	特別討論「斜面防災業界における人材育成の課題」 16:10～17:10				優秀発表者賞 選考委員会
17:10				ブース撤収 16:30～17:30	16:10～17:10
17:20	優秀発表者賞表彰式 17:20～17:45				
17:45					
17:50	閉会挨拶 17:50～17:55				
17:55					
18:00		技術交流意見交換会 18:00～19:30			
19:30					

◇実行組織



◇技術発表座長・副座長一覧表

発表区分	氏名		所属
A-1 地すべり調査	座 長	高木 靖司	青葉工業株式会社
	副座長	川田 巧	桜テクニカ株式会社
A-2 地すべり解析	座 長	田村 栄治	株式会社ナイバ
	副座長	岡田 弘	株式会社ナイバ
A-3 地すべり対策	座 長	淳山 寿久	青葉工業株式会社
	副座長	大堀 亮	青葉工業株式会社
B-1 対策工事	座 長	大石 洋平	株式会社雄新地質コンサルタント
	副座長	大石 徹	株式会社雄新地質コンサルタント
B-2 維持管理	座 長	福田 睦寿	国土防災技術株式会社
	副座長	稲葉 英昭	国土防災技術株式会社
B-3 防災一般	座 長	藤田 耕二	国土防災技術株式会社
	副座長	真弓 教史	国土防災技術株式会社
C-1 対策設計	座 長	長田 朋大	株式会社ナイバ
	副座長	小路 和弥	株式会社ナイバ
C-2 対策設計・DX	座 長	松尾 保明	株式会社四国トライ
	副座長	吉村 典宏	株式会社四国トライ
C-3 DX	座 長	前田 博志	株式会社エス・ビー・シー
	副座長	竹田 一貴	株式会社エス・ビー・シー

特別講演

<講師プロフィール>

やま さ き しん た ろ う

山崎新太郎氏

京都大学防災研究所准教授, 三好市にある附属
徳島地すべり観測所勤務.

愛媛県今治市出身, 理学博士, 専門は応用地質
学.



2009 年より日本学術振興会特別研究員, 2010 年より北見工業大学助教を経て 2018 年より現職.

地すべりの発生メカニズムの研究, フィールドは国内世界各国の山岳地域, 沿岸域も及ぶ. 地すべり学会関西支部では 2022 年以降毎年若手勉強会の講師を務める. 主要な役職としては日本応用地質学会理事, 日本地すべり学会編集委員・国際委員等. また, 四国内外の地すべり対策委員会にも関わる.

四国山地の地質と地すべり災害

京都大学防災研究所・徳島地すべり観測所

山崎 新太郎

1. 四国山地の地すべりと人々の関わり

四国山地は日本列島でも有数の地すべり地帯である。その大きな特徴は、日本列島の基盤を構成する比較的硬い付加体の岩石や、それらを起源とする変成岩の分布域で地すべりが多発する点にある。これらの岩石は、海底に堆積した砂や泥、海洋プレートを構成する火山岩類などに由来し、沈み込みに伴う変形や変成作用を経た後、隆起と侵食によって地表に現れたものである。この点は、日本海側に多い新第三紀層の泥岩・凝灰岩などを主体とする地すべりとの重要な相違点である。一方、四国の地すべり地形は山地の中軸部に多く分布するが、その密度には東西方向にも顕著な偏りがある（図-1）。四国山地中軸部の吉野川中流域は、地すべり地形の分布密度が特に高い地域である。同時に、傾斜地集落という特徴的な景観が広がり、四国の経済を支える重要なインフラが通過する地域でもある。まず、人々の生活と地すべりとの関わりから、四国山地の特徴を述べる。

前述した吉野川中流域をはじめとする四国山地では、河川から大きな比高をもつ山腹にも多数の集落が立地している（図-2）。一見すると居住に不向きな急斜面のように見えるが、その多くは地すべりによって傾斜がやや緩くなった場所を利用している。地すべりは岩盤を移動・変形させるとともに、斜面上に土砂を蓄積し、住居や耕作地として利用できる空間をつくり出してきた。山腹の集落は河川沿いの低地とは異なり、本川の洪水による直接的な浸水を避けやすいという立地上の利点もある。このように、地すべり地への居住は危険な場所への偶然の定着ではなく、山地の地形と資源を利用した土地選択として捉えることができる（殿谷・山崎，2022）。

土地選択を考える上で、地下水は重要である。四国山地では降雨が多い一方、降水の季節的な偏りがあるため、山腹で生活や農業を継続するには安定した水源が必要となる。地すべりに伴って岩盤に発達する亀裂や移動土塊内の空隙は、地下水の貯留・流動に関わり、斜面中腹に湧水をもたらす場合がある。こうした水文地質学的な特性が、人々の定住と集落の維持を支えてきたと考えられる。ただし、同じ地下水が豪雨時には斜面を不安定化させる要因にもなる。地すべり地の恵みと危険性は、別々の現象ではなく、同じ地質環境の異なる側面なのである。



図-1 四国の地すべり地形の分布（茶色）。山地の中軸部に多く分布し、東西方向にも密度の偏りがある。防災科学技術研究所「1:50,000 地すべり地形分布図」のデータに基づく。地すべり地形の存在は、現在の活動を直接示すものではない。

地すべり地上の暮らしは、長い歴史の中で地域独自の文化を生み出してきた。大歩危・祖谷地域では、急傾斜の畑で雑穀や茶などを栽培し、土壌流出を抑えながら耕地を維持する農業が発達した。この地域では地すべりは、災害の履歴であると同時に、生活文化の成立条件でもある。高知県大豊町の豊楽寺薬師堂は、こうした山間地域における文化の長い蓄積を示す例である（図-3）。文化庁の国指定文化財等データベースでは、平安後期、1151年頃の建築とされている。薬師堂は周囲の地すべり斜面とは異なる尾根上に立地しており、この比較的安定した地形条件が長期の保存に寄与した可能性がある。



図-2 吉野川中流部と地すべり地形を利用した集落群。高知県大豊町の梶ヶ森から北方を望む。河川から大きな比高をもつ山腹にも集落と耕作地が分布する。



図-3 高知県大豊町の国宝豊楽寺薬師堂。平安後期の建築であり、周囲の地すべり斜面とは異なる尾根上に立地する。尾根の安定性が建物の保存に寄与した可能性がある。

この自然と文化の関係を、地域の価値として共有する場がジオパークである。2024年に日本ジオパークに認定された三好ジオパークでは、大地の変動と集落、吉野川の関係が活動の主題となっている。地すべりを単に避けるべき危険として伝えるのではなく、恵みと危険の両面を理解し、どのように暮らしと景観を引き継ぐかを考えることに、ジオパーク活動の意義がある。

2. 災害と開発への影響

四国山地は、四国の各地域を隔てる地形的な障壁である一方、その峡谷は山地を横断する交通の通り道となってきた。土讃線や国道 32 号が特に険しい吉野川中流域の大歩危・小歩危峡谷を通過するのは、高標高部を避けて瀬戸内海側と太平洋側を結ぶ上で、吉野川沿いの経路が重要であったためである。

土讃線では開通後も災害が繰り返され、路線変更や防災施設の整備が重ねられてきた。三好市山城町の阿波川口駅～小歩危駅間では、1945 年の相次ぐ台風と 1946 年の昭和南海地震によって地すべりが活発化し、その後も路線の損壊と修復が繰り返された。図-4 は、当時の線路が斜面からの土砂や岩塊の移動によって被害を受けた状況を示している。この区間では 1950 年開通の山城谷トンネル（全長 2180 m）の建設によって地すべり地帯を避ける路線変更が行われた。さらには予防的措置として大歩危トンネル（1968 年開通、全長 4179 m）が建設された。これらの路線変更は、泥質片岩地帯の地すべり斜面を回避するために行われた（殿谷・山崎，2022）。一方で急斜面である大歩危・小歩危の砂質片岩区間は落石防護覆道が建設されている。鉄道では、持続的な地すべり変動によるわずかな軌道の変形も運行の安全に関わる。そのため、個々の変状への応急対応にとどまらず、トンネルによって地すべり斜面そのものを回避する抜本的な対策が選択されたと考えられる。

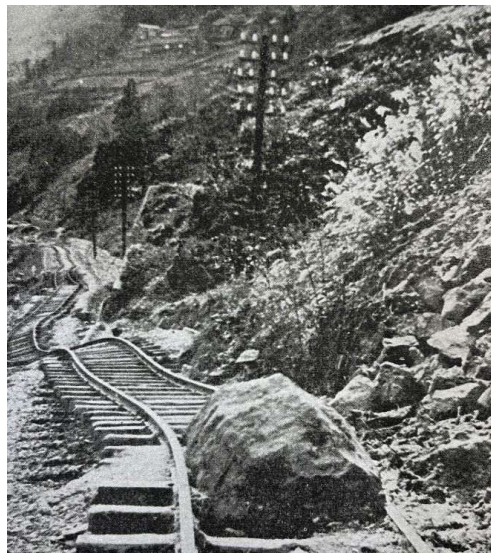


図-4 1945 年以降に断続的に発生した三好市山城町の地すべり災害による土讃線の被害。四国鉄道 75 年史編さん委員会編（1965）『四国鉄道 75 年史』から引用。

吉野川の河川管理にも、山地斜面の安定は深く関わっている。吉野川の水は流域内にとどまらず、香川用水などを通じて瀬戸内海側の生活・農業・工業を支えている。大規模な地すべりによる河道閉塞は、上流側の湛水と、閉塞部の決壊による下流側の洪水をもたらしうる。また、大量の土砂流入は濁水や取水への影響につながる。これらの影響が実際にどの範囲まで及ぶかは、移動土砂量、河川流量、閉塞部の形状や安定性によって異なるが、斜面災害を発生地だけの問題と考えることはできない。交通路と水資源を通じて結び付いた四国全体の課題として、地すべりを捉える必要がある。

3. 四国山地はなぜ地すべり災害が多いか？

四国山地の地すべりを地質学的に理解する出発点は、プレートの沈み込みと付加体の形成である。海洋プレートが沈み込む際には、海底の堆積物や岩石の一部が陸側に付け加わり、複雑な構造をもつ付加体が形成される。さらに、地下深部で高い圧力や熱の影響を受けた岩石は変成岩となる。四国山地に分布する三波川帯の結晶片岩や、秩父帯・四万十帯の付加体は、こうした過程を経て成立し、その後の隆起と侵食によって地表に現れたものである。現在の斜面は、長い地質時代の変形を経験した岩体から構成されている。さらにそこに周期的な大地震や台風や梅雨の大雨が加わり、地すべりが多発する環境が形成されている。

ただし、「付加体である」「結晶片岩である」という岩石・地質帯の区分だけでは、地すべりの集中を十分に説明できない。図-1 に示した分布には、同じ地質帯の中でも偏りが認められる。結晶片岩の地すべりでは、剥がれやすい片理面が斜面と同じ方向に傾斜する流れ盤が重要とされてきたが、大歩危地域南部では、片理面が緩傾斜あるいは斜面と逆向きであっても、地すべりが多発する場所がある。このことは、岩石の種類や片理の姿勢に加えて、それらに重ねられた変形構造を検討する必要があることを示している (Yamasaki, 2026)。

筆者は、近年野外地質調査、地形解析、岩石の微細構造観察を組み合わせ、大歩危地域南部で数 mm～数 m 規模の褶曲と、それに伴う劈開が高密度に発達する場所に地すべりが集中することを明らかにした。図-5 は、露頭、標本、顕微鏡の各スケールで確認される褶曲と劈開を示す。ここで重要なのは、地層や片理が曲がっていることだけではなく、その変形に伴って岩石の内部に多数の割れやすい面が形成されていることである。これらは重力による斜面変動よりも前に形成された構造であり、岩石に残された地殻変動の「古傷」と捉えることができる。

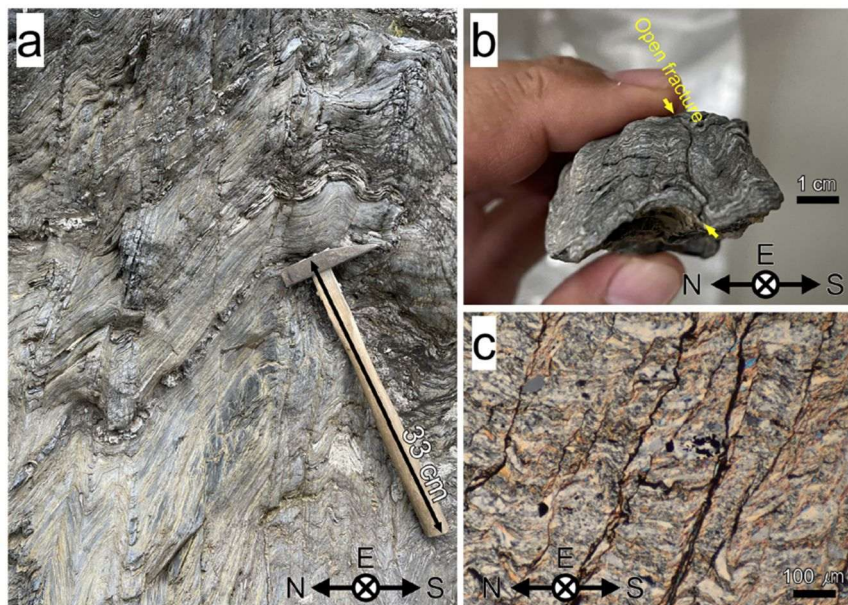


図-5 三波川変成コンプレックスの泥質片岩に発達する褶曲と急傾斜の劈開。a：露頭，b：標本，c：顕微鏡写真。図示した劈開は東西走向をもち、片理面と組み合わせると斜面の変形に関わる弱面を構成する。Yamasaki (2026) から引用。

このような後生変形による弱面は、風化や斜面の重力変形によって開口し、岩盤を分断するとともに、深部への水の通り道となりうる。褶曲によって傾斜した片理面と急傾斜の劈開面が組み合わせることで、岩盤内部に段階的につながる変形・浸透経路が形成されることが考えられる。豪雨時にその経路を通じて水が浸透すれば、地下水圧の上昇によって既存の弱面に沿う変動が促される。大歩危地域の研究は、岩石の微細な構造が、山体規模の地すべりの発生場を規制していることを示している。

図-6 に示す泥質片岩の地すべり地では、地表に大きな角礫が散在している。ただし、地表に角礫が散在することだけから、移動体全体を崩積土と判断することはできない。一方で片理と劈開という多方向の分離面が存在していれば、岩盤が地すべりによってブロック状に分断され角礫が散在するような状況となる。鉛直ボーリングでは、孔軸と高角度で交差する緩傾斜の片理面に比べ、孔軸に近い方向をもつ急傾斜の劈開面の分布を十分に把握できない場合がある。片理面に沿う地すべり起源のせん断帯が確認されても、それだけで岩盤全体の変形機構が説明できるとは限らない。片理面に沿うすべりと、劈開面による岩盤の分断・開口を組み合わせる必要がある。



図-6 巨角礫が地表面に散在する泥質片岩の地すべり。高知県仁淀川町の安居溪谷線沿い。大きな岩塊を残したまま岩盤が分断されている様子がみられる。

大歩危地域で明らかになった褶曲・劈開構造の役割は、四国山地のみならず他地域における地すべりの偏在を考える上でも有力な視点となる。今後は、地質帯ごとの変形履歴と弱面の発達状況を比較し、それらが地下水の流れや風化、斜面の変形とどのように結びつくかを検証することが重要である。筆者は微細構造の観察と広域的な地形・変動分布の解析を接続することで、地すべりが集中する場所を、その形成過程から説明する研究を進めていきたいと考えている。

4. 四国山地の社会変化と地すべり管理の未来

四国山地では人口減少と高齢化が進み、集落の維持が難しくなっている。かつて限界集落として論じられていた地域の中には、既に無住化や集落の消滅に向き合っている場所もある。図-7は、三好市西祖谷山村有瀬周辺の終戦直後と近年の空中写真を比較したものである。同じ範囲であっても、耕地として開けていた場所と樹林に覆われた場所の割合が大きく変化している。写真だけから人口や全ての土地利用を確定することはできないが、人々が山腹を利用し、管理してきた状況の変化を具体的に読み取ることができる。

この社会変化は、地すべりに対する「人的センサー」と「対応力」の両方に影響する。住民は、日常の移動や耕作を通じて、道路や石垣の変形、地割れ、湧水の変化などに接してきた。人が減り、生活の場として使われなくなった斜面では、そうした異変を発見し、行政や専門家に伝える機会も減少する。さらに、道路・通信施設の維持や地域の建設事業者などの体制が縮小すれば、異変が分かっても調査や応急対応に着手しにくくなる。監視の空白と対応の遅れが重なることが、人口減少下の地すべり管理で懸念される問題である。

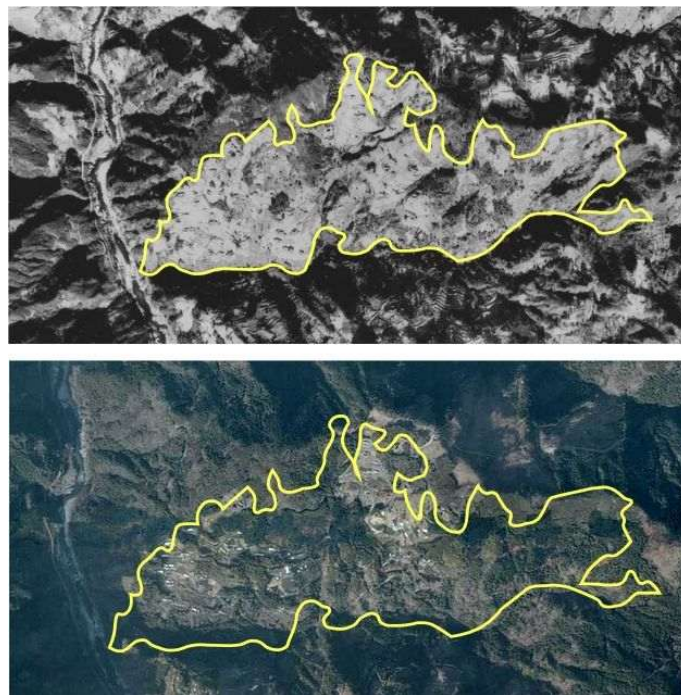


図-7 三好市西祖谷山村有瀬周辺における土地利用・植生の変化。上：終戦直後の米軍撮影空中写真，下：2019～2020年の国土地理院撮影空中写真。黄色線は比較する同じ範囲を示す。

人口が減れば、その場所で直接被災する人数が減少する可能性はある。しかし、それは地すべりによる社会全体のリスクが同じように低下することを意味しない。むしろ発見と対応が遅れることで、下流域や広域交通への影響が拡大するおそれがある。

地すべりを監視する広域的な手段として、衛星 SAR をはじめとするリモートセンシングが重要となる。筆者は、国土地理院が公表した干渉 SAR 時系列解析結果から、四国山地の斜面変動推定領域を抽出した（図-8、山崎，2025）。しかし、この結果は現地で活動が確定した地すべりの一覧ではない。この技術は現状、斜面の規模や方向によっては変動を捉えにくい。特に南北方向の動きには感度の制約があるため、地形から変動が想定されても明瞭な信号が現れない場合がある。そして、抽出された領域の一部には重力斜面変形との対応が不明なものも含まれる。現状では衛星による候補抽出を地形判読・地質調査・現地観測と照合することが、結果を防災に利用する上で不可欠である。一方で、観測の高頻度化と解析技術の向上により、変動過程の把握や異変の早期検出が進むことが期待される。ただし、観測方向に由来する制約は、観測頻度の増加だけでは解消されない。

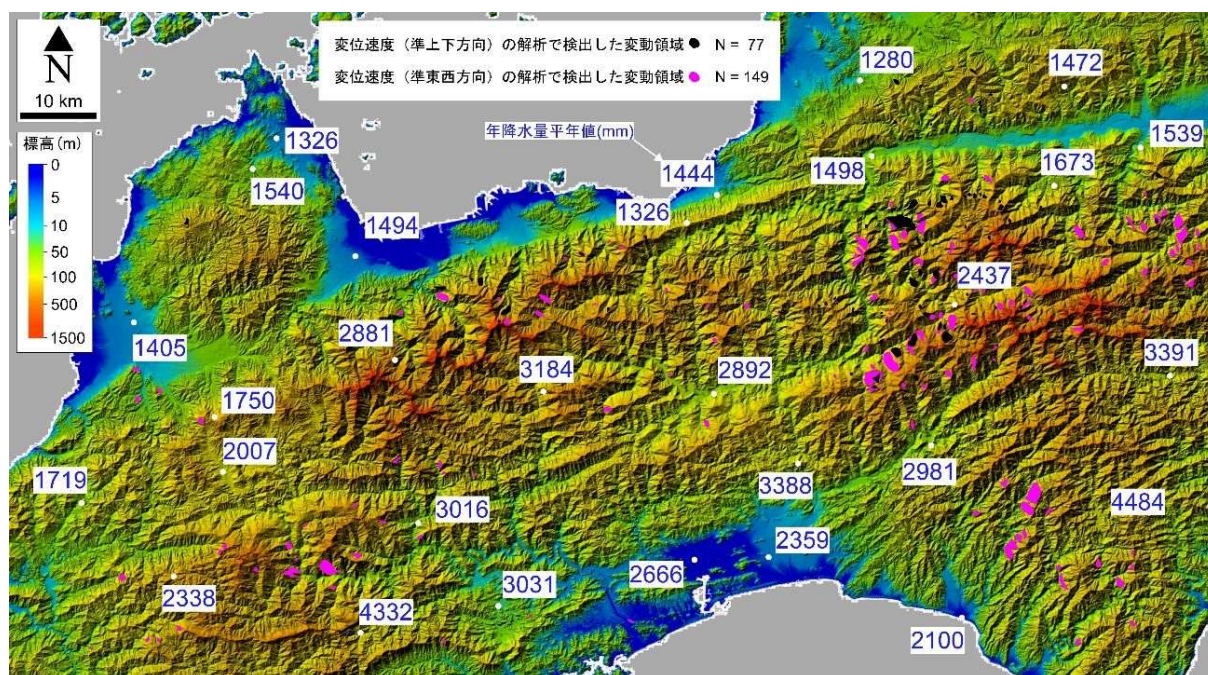


図-8 国土地理院の干渉 SAR 時系列解析結果から抽出した四国山地の斜面変動推定領域。山崎（2025）の図-4A から引用。青数字は気象庁の年平均降水量（mm）。使用データは ALOS-2/PALSAR-2 による 2014～2022 年の観測に基づき、2023 年に公表された解析結果である。色分けされた推定領域は、準上下・準東西方向の画像をそれぞれ判読したものであり、全てを独立した活動地すべりと数えるものではない。

到達困難な山岳地域の斜面を限られた人員で管理するという課題は、アジア各国の山岳地域とも共有する。人口動態や社会制度が四国と同一であるわけではないが、山腹の集落、重要な交通路、下流域への土砂災害の波及を一体として考える視点には共通性がある。2026 年 8 月 26 日にネパールで発生した大規模な斜面崩壊に伴う土石流・洪水災害では、河川沿いの集落や交通施設に大きな被害が生じた。この事例は、山岳地域の居住地の安全性を、河川との比高や洪水の到達範囲と、斜面自体の安定性という異なる観点から評価する必要性を示している。一方で地すべり地は一旦動き始めればそれが河道閉塞を起こすことで新たな洪水災害を生む可能性もある。隆起と侵食が続く山岳地域では、こうした斜面変動と土砂移動を長期的な管理の対象として捉える必要がある。また山岳地から都市部への大きな人口移動はアジア各国でも起きているが、下流の都市は上流山岳地の水源に支えられている。上流山岳地の地すべり管理は、下流の暮らしと水資源を守る上でも重要である。今後は、衛星による広域監視を現地観測と組み合わせ、異変の検出から現地確認、情報共有、必要な警戒・対応へつなぐ体制を整えることが求められる。

引用文献

殿谷梓・山崎新太郎（2022）：徳島県，大歩危・小歩危峡谷の開発と保護—三好ジオパーク構想地域の背景．地形，43（1），35–49.

山崎新太郎（2025）：国土地理院・干渉 SAR 時系列解析結果を用いた四国山地の斜面変動推定領域の抽出．日本地すべり学会誌，62（1），20–25. <https://doi.org/10.3313/jls.62.20>

Yamasaki, S. (2026): High-density fold–cleavage structures as a controlling factor of landslides: A case study in the southern Oboke area of the Shikoku Mountains, Japan. *Geomorphology*, 495, 110137. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2025.110137>

四国鉄道 75 年史編さん委員会編（1965）：四国鉄道 75 年史．日本国有鉄道四国支社.

技術発表目次と 発表内容の概要

◇技術発表目次

○印：発表者

A会場・4Fクレメントホール（西・中）

A-1 地すべり調査

- 1 - 1 11:30 ～ 11:50 段丘崖肩部での亀裂変状箇所における高効率省スペース・ボーリング掘削技術の導入事例
国土防災技術株式会社 ○ 橋 川 慧
- 1 - 2 11:50 ～ 12:10 山形県「鳴の谷地地すべり」における観測事例
日本工営株式会社 ○ 小 田 龍 平
山 田 知 寛
中 山 正 明
工 藤 唯 志
三 浦 エ リ カ
- 1 - 3 12:10 ～ 12:30 奥能登地域の地区別地形・地質特性と地盤リスクの対比
株式会社日さく ○ 小 塚 朋 子
石 川 恵 司
堺 田 佳 人
小 野 篤

12:30 ～ 13:50 < 昼 食 > （80分）

A-2 地すべり解析

- 1 - 4 13:50 ～ 14:10 御荷鋸帯における大規模地すべり発生機構の考察-徳島県東祖谷地域での事例-
国土防災技術株式会社 ○ 織 田 峻 綺
北 村 宏 太
藤 本 晃
中 本 真 平
橋 本 英 俊
- 1 - 5 14:10 ～ 14:30 房総半島南部に分布する第三紀泥岩地すべりの変動特性と臨界水位の検討事例
明治コンサルタント株式会社 ○ 鈴木友紀乃
坂 東 晃 紀
滝 口 潤
大 島 千 和
佐 藤 尚 弘
- 1 - 6 14:30 ～ 14:50 大規模地震により河道閉塞が生じる蓋然性が高い箇所の抽出
日本工営株式会社 ○ 中 村 佳 菜 絵
網 野 功 輔
早 川 智 也
法 利 祐 香
四国山地砂防事務所 平 澤 良 輔
向 山 正 純
蓮 居 洸 留
松 本 光 希

14:50 ～ 15:00 < 休 憩 > （10分）

A-3 地すべり対策

- 1 - 7 15:00 ～ 15:20 多点温度検層による地下水流動域の把握と地下水排除工への適用事例
奥山ボーリング株式会社 ○ 谷 口 健
菊 山 浩 喜
荻 田 茂
栗 山 大 助
芙蓉地質(株) 宮 崎 基 浩
- 1 - 8 15:20 ～ 15:40 御荷鋸帯における構造線近傍で発生した地すべりの調査・設計事例
株式会社ナイバ ○ 岡 田 弘
長 田 朋 大
- 1 - 9 15:40 ～ 16:00 能登半島地震で発生した新潟県糸魚川市の中野口地すべりの事例紹介
株式会社興和 ○ 奈 良 幸 明
大 塚 洋 之
志 太 智 春
柿 崎 研 人

B会場・3F金扇（西）

B-1

対策工事

- | | | | |
|-------|---------------|------------------------|---------------------------------|
| 2 - 1 | 11:30 ～ 11:50 | 大規模地すべり地帯における抑止杭工の施工事例 | 株式会社日さく ○ 後 藤 匠 |
| 2 - 2 | 11:50 ～ 12:10 | RCセグメント型集水井の施工事例紹介 | 株式会社日さく ○ 佐々木元気
(株)塩川組 戸谷有辰 |
| 2 - 3 | 12:10 ～ 12:30 | 集水井工事における変状対策事例 | 株式会社雄新地質コンサルタント ○ 泉 恵 一
古川和樹 |

12:30 ～ 13:50 < 昼 食 > (80分)

B-2

維持管理

- | | | | |
|-------|---------------|----------------------------|--|
| 2 - 4 | 13:50 ～ 14:10 | 国道220号の落石災害と今後の対策方針 | 日本地研株式会社 ○ 加 藤 一 輝
平 江 文 武
板 井 久 義 |
| 2 - 5 | 14:10 ～ 14:30 | 地すべり地における排水ボーリング工の補修計画について | 国土防災技術株式会社 ○ 長 岡 佑 樹
石 井 剛
小 淵 浩 永 |
| 2 - 6 | 14:30 ～ 14:50 | 大口径排水ボーリング更新による排水機能向上と施工課題 | 株式会社興和 ○ 石 橋 滉 大 |

14:50 ～ 15:00 < 休 憩 > (10分)

B-3

防災一般

- | | | | |
|-------|---------------|----------------------------------|--|
| 2 - 7 | 15:00 ～ 15:20 | 地域交通の維持に配慮した変動中の地すべりの対策事例 | 国土防災技術株式会社 ○ 大 島 理 夢
西 尾 克 人
河 西 正 人 |
| 2 - 8 | 15:20 ～ 15:40 | 島根半島泥岩地帯における地すべり被災の応急対応と対策工の施工事例 | 島建コンサルタント株式会社 ○ 竹 下 央 快
坂 田 聖 二 |
| 2 - 9 | 15:40 ～ 16:00 | 落石・斜面崩壊対策の調査・設計事例 | 明治コンサルタント株式会社 ○ 高 木 優 真 斗
重 田 浩 司
吉 田 瑠 偉
岡 崎 修 |

C会場・3F金扇（東）

C-1 対策設計

- 3 - 1 11:30 ～ 11:50 大規模盛土造成地における滑動崩落対策の設計事例
アルスコンサルタンツ株式会社 ○ 黒 田 隼 人
- 3 - 2 11:50 ～ 12:10 活動中の地すべりにおける施工安全性に配慮した設計事例
国土防災技術株式会社 ○ 石 塚 みづほ
平 あ お い
- 3 - 3 12:10 ～ 12:30 徳島県山間部における岩級区分を指標としたアンカー周面摩擦抵抗力の評価
ニタコンサルタント株式会社 ○ 辻 敦 矢
橋 本 昌 夫
中 島 昇

12:30 ～ 13:50 < 昼 食 > (80分)

C-2 対策設計・DX

- 3 - 4 13:50 ～ 14:10 斜面对策工事における削孔管理の省力化
ライト工業株式会社 ○ 滝 健 太 郎
- 3 - 5 14:10 ～ 14:30 干渉SAR解析による災害発生後の周辺斜面のリスク評価
日本工営株式会社 ○ 西 口 尚 希
- 3 - 6 14:30 ～ 14:50 山間奥地で発生した大規模崩壊の機構解析と対策工・施工計画の立案
国土防災技術株式会社 ○ 堀 川 舞 帆
荒 金 達 彦
大 森 風 生

14:50 ～ 15:00 < 休 憩 > (10分)

C-3 DX

- 3 - 7 15:00 ～ 15:20 2024年の長崎県における土砂災害の発生傾向と生成AIを活用したプログラムによる
土砂災害データ整理事例
株式会社エイト日本技術開発 ○ 龍 見 幸 祐
長崎県 甲 斐 田 知 希
- 3 - 8 15:20 ～ 15:40 WebGISとBIM/CIMを活用した地すべり防止施設の維持管理事例
日本工営株式会社 ○ 堀 場 汐 莉
草 谷 恭 行
山 口 裕 二
- 3 - 9 15:40 ～ 16:00 スマホ装着型GNSS測量機による3D点群を活用した災害対応初動の効率化
株式会社日さく ○ 黒 木 徹 也
山 家 信 悟
大 坂 泉
沼 澤 輝 久

◇発表内容の概要および質問事項

【A会場1】

発表区分		発表題目および内容（概要）	所属	発表者
A-1 地すべり調査	1-1	段丘崖肩部での亀裂変状箇所における高効率省スペース・ボーリング掘削技術の導入事例	国土防災技術株式会社	橋川 慧
		表層崩壊地内においての調査ボーリングは載荷重を極力排除しつつ短時間実施することが課題である。本技術はマシンの最小分解重量が48kgと軽量であり、独自の掘削機固定技術(スパイラルアンカー)により安全かつ迅速なボーリング作業が可能となった。また、機械式ボーリングと同等のツールズを使用することで、高品質のコア採取を実現し、JIS規格標準貫入試験も実施可能である。		
	質問事項	災害現場など、地盤が不安定な場所で軽量ボーリングを施工した事例があれば、ご教示ください。		
	1-2	山形県「鳴の谷地地すべり」における観測事例	日本工営株式会社	小田龍平
		鳴の谷地地すべりは、山形県南東部の蔵王山西麓に位置する。当該箇所は、平成元年に地すべり防止区域に指定され、地すべり対策事業が開始された。これまでに東側のA`Fブロックが概成とされ、西側のGブロックでは、令和3年に計画対策工事(地すべり対策工:集水井工7基・地表面排水工)が完了した。現在実施されている、対策工の効果判定を目的とした地すべり観測の事例について紹介する。		
	質問事項	集水井工や大口径排水ボーリングの洗浄工実施等について、洗浄の頻度等を検討された事例がありましたら、教えていただけますと幸いです。また、鉄バクテリアによる集水井の閉塞対策について、検討事例や対応方法を教えていただけますと幸いです。		
	1-3	奥能登地域の地区別地形・地質特性と地盤リスクの対比	株式会社日さく	小塚朋子
		令和6年能登半島地震および豪雨に見舞われた奥能登地域を対象に、地形地質特性と地盤リスクを対比・考察した。調査の結果、近隣でありながら全く異なる地盤の「個性」が災害変状を規定したことが判明した。外浦の段丘・変動域の基盤岩の脆弱性、三井地区の凝灰岩の軟弱性、町野川流域の大規模地すべり地形と急峻さ、金蔵の凝灰岩の脆弱性など、地域特有の地質構成が斜面崩壊等の要因となっており、今後の対策工検討に重要な知見を得た。		
	質問事項	道路被災の場合、現況復旧が原則ですが背後に地すべりがある場合、地すべりの活動を考慮して設計施工を考えますか。また、その場合、変位量等の観測に要する期間は工期の観点から認められるのでしょうか。		

【A会場2】

発表区分		発表題目および内容（概要）	所属	発表者
A-2 地すべり解析	1-4	御荷鉾帯における大規模地すべり発生機構の考察-徳島県東祖谷地域での事例-	国土防災技術株式会社	織田峻綺
		本地すべりの規模は斜面長950m、幅270mである。平成13年度より調査が開始され、以降は経年的に調査が行われている。本地すべりは地すべり多発地域として知られる御荷鉾緑色岩類のハイアロクラスタイト分布域に位置し、この地質特性が地すべり発生要因の一つであると考えられる。採取したコアは複数の深度で擦痕が確認されており、過去にも地すべり滑動があったと推察される。調査結果および文献より、本地すべりの変遷と発生機構について考察した。		
	質問事項	膨潤性粘土鉱物の含有により対策工の施工が困難だった事例、また施工計画を変更した事例があればご教示ください。		
	1-5	房総半島南部に分布する第三紀泥岩地すべりの変動特性と臨界水位の検討事例	明治コンサルタント株式会社	鈴木友紀乃
		第三紀泥岩地帯の地すべり地において、地中伸縮計及び地下水位計の観測を行い、地中伸縮計の変動量や変動形態、地下水位観測結果から地すべり変動機構を推定した。地中伸縮計は明瞭な地すべり変動が観測され、地下水位が一定以上となった際に変動が認められたことから、地すべりが滑動を開始する臨界水位を検討した事例を報告する。		
	質問事項	①本報告で用いた手法以外に臨界水位を求める方法があれば教えてください。 ②活発な地すべり地において地中伸縮計以外の有効な動態観測方法を教えてください。		
	1-6	大規模地震により河道閉塞が生じる蓋然性が高い箇所抽出	日本工営株式会社	中村佳菜絵
		仁淀川流域を対象に、大規模地震時に河道閉塞が生じる蓋然性の高い箇所を抽出した。対象は、過去の微地形判読により地すべり地形、深層崩壊地・跡地、深層崩壊土砂堆積物及び岩盤クリープ斜面と判読された斜面とした。抽出にあたっては、四国内及び全国の河道閉塞事例から得られた特徴から対象斜面を絞り込み、オベリスク式を用いて堰止め高さを推定して評価を行った。		
	質問事項	斜面面積50万m ² 以下や堰高さ15mの閾値設定について適用性の意見を頂きたい。 抽出した825箇所に優先順位付けを行う際に有効な指標があればご教示願いたい。		

【A会場3】

発表区分		発表題目および内容（概要）	所属	発表者
A-3 地すべり対策	1-7	多点温度検層による地下水流動域の把握と地下水排除工への適用事例	奥山ボーリング株式会社	谷口 健
		地すべり調査では、地盤構成や不動層把握のため、すべり面より一定の深い深度までボーリング調査を実施し、オールストレーナーで水位観測孔とすることが多い。この場合、孔内水位がすべり面以深に観測される例があり、本事例はこれに該当した。そのため、多点温度検層による地下水流動域調査を実施し、孔内水位以浅にも流動域を確認することが出来た。この結果を基に地下水排除工を計画・施工した。本発表ではその事例を報告する。		
	質問事項	今回の事例のように、孔内水位が想定すべり面以深で観測されている現場で、本来の地下水位を特定し、対策工に繋げた事例がありましたら教えてください。		
	1-8	御荷鉾帯における構造線近傍で発生した地すべりの調査・設計事例	株式会社ナイバ	岡田 弘
		本地すべりは、四国西部の三波川帯と御荷鉾帯の構造境界付近において発生した地すべりである。実施した3か所のボーリングのうち1箇所において、破碎質なコアが確認されており、対策工設計ではこの破碎帯の分布を把握することが重要であった。そこで既往の地質図幅等の文献を活用し、破碎帯分布の推定の精度を高め、施工段階のチェックボーリングで施工範囲における破碎帯の分布を確認することで対策工の品質を確保した事例について紹介する。		
	質問事項	「破碎帯は1本のボーリングでしか確認できず、平面・断面分布の把握には不十分でした。実態を把握するために、より効果的な調査方法がございましたらご教示ください。」		
	1-9	能登半島地震で発生した新潟県糸魚川市の中野口地すべりの事例紹介	株式会社興和	奈良 幸明
		新潟県糸魚川市の中野口地すべりは、能登半島地震により発生した地すべりである。被災箇所の隣接斜面では、過去にも台風による豪雨や、融雪により地すべりが発生しており、対策工が施工されていたが、その対策工の一部が被災した。本発表では、地震によって発生した地すべりの被災状況や、その後のボーリング調査、対策工の施工状況および、滑落崖の法面对策工施工中に発生した小規模な崩壊とその対応について紹介する。		
	質問事項	①地震で発生した地すべりの特徴があれば教えてください。 ②対策工の施工中に発生した問題と、その対処について教えてください。		

【B会場1】

発表区分		発表題目および内容（概要）	所属	発表者
B-1 対策工事	2-1	大規模地すべり地帯における抑止杭工の施工事例	株式会社日さく	後藤匠
		当該工事は、大規模地すべり地帯に位置する山形自動車道西川ICから月山IC区間の風明山トンネル西坑口において、地すべり対策工事として発注された工事である。地すべり対策工事のうち、弊社が請け負った抑止杭工は最大深度46.5mと長尺の設計となっており、本発表ではその施工事例について紹介する。		
	質問事項	大口径ボーリング孔における孔曲がり対策事例についてご教授ください。		
	2-2	RCセグメント型集水井の施工事例紹介	株式会社日さく	佐々木元気
		長野県下高井郡山ノ内町の夜間瀬川上流に位置する「落合地すべり防止区域」内において対策工事としてRCセグメントを用いた集水井工を施工した。本工法は鋼製刃口をジャッキにより沈設しながら掘削し、刃口内でRC製セグメントと呼ばれる部材を組み立て、井筒を構築する工法であり、鋼製刃口内で作業を行える点で安全面に優れた工法である。今回は本工法による施工事例を紹介する。		
	質問事項	集水井の出来形管理項目の一つに「偏心」がありますが、偏心管理は深度が深いほど困難になると考えます。偏心を抑えるためにどのような取り組みをしていますか。		
	2-3	集水井工事における変状対策事例	株式会社雄新地質 コンサルタント	泉恵一
		愛媛県伊予市中山町において地すべり抑制工として実施した集水井工事で、予想外の豪雨により井壁が崩壊し、集水井の解体・再施工が必要となった。再施工にあたり、規格値内の完成と掘削作業の安全確保のため地盤改良を検討・実施した。この事例について紹介する。		
	質問事項	集水井の施工において、井壁の崩壊等による沈下防止対策があればご教授ください。		

【B会場2】

発表区分		発表題目および内容（概要）	所属	発表者
B-2 維持管理	2-4	国道220号の落石災害と今後の対策方針	日本地研株式会社	加藤一輝
		国道220号の日南海岸沿いでは、砂岩泥岩互層中の厚さ数m～数十mの砂岩層に起因する急崖が各所で落石の供給源となり、道路防災上の課題となってきた。これまで防護工を主とした対策が進められてきたが、令和6年8月に日向灘で発生した震度6弱の地震では、未対策斜面または防護工のみ施工している斜面を中心に落石が生じ、一部では落石が道路へ到達した事例も確認されている。本発表では、地震発生時の対応状況と国道220号全体の被災状況を整理し、今後求められる落石対策のあり方について考察する。		
	質問事項	①植生で覆われた落石供給源（高所・急崖）の効率的で安全な監視、点検方法について教えてください。ドローンが使用されていますが、使用できる条件が限られてしまいます。 ②落石リスクに応じた対策優先度を決定する際、何を判断根拠とすればよいでしょうか。砂岩急崖の規模、保全対象の有無と位置関係、既設対策工の有無のほかには何かあるでしょうか。		
	2-5	地すべり地における排水ボーリング工の補修計画について	国土防災技術株式会社	長岡佑樹
		群馬県下仁田町に位置する地すべり地において、集水井の排水管が地すべり活動により変形し、排水機能が失われたことで、集水井が湛水していることが確認された。本内容では、排水機能が失われた排水ボーリング工に対し、すべり面との位置関係等を考慮して3次的に検討し、補修計画を立てた内容を発表する。		
	質問事項	奥郷地区と同様、排水ボーリングが変形したため、その後すべり面を貫く形で排水ボーリングの再計画や再施工を行った事例がありましたらご教授ください。		
	2-6	大口径排水ボーリング更新による排水機能向上と施工課題	株式会社興和	石橋晃大
		福島県西会津町滝坂地区は、日本でも有数の地すべり地帯であり国土交通省直轄工事として事業開始から30年にわたり、多数の集水井工や集排水ボーリング工が施工されてきた。近年では地すべり活動は収束に向かっており、維持修繕工事や更新工事も実施されている。本発表では、昨年度施工したST排水工法による排水ボーリングの更新工事について、身をもって経験した効果と課題について紹介する。		
	質問事項	地中で進行する物体の位置情報を確認する方法、進行の過程を描画する方法等があれば後学のために教えてください。		

【B会場3】

【会場】

発表区分		発表題目および内容（概要）	所属	発表者
B-3 防災一般	2-7	地域交通の維持に配慮した変動中の地すべり対策事例	国土防災技術株式会社	大島理夢
		県道(第2次緊急輸送道路)沿いに発生した地すべり災害について、道路を供用しつつ地すべり調査・対策を行った事例を紹介する。		
	質問事項	恒久対策へ移行する判断や恒久対策後の監視体制を縮小・解除するタイミングについて、どのように考えるべきでしょうか。		
	2-8	島根半島泥岩地帯における地すべり被災の応急対応と対策工の施工事例	島建コンサルタント株式会社	竹下央快
		令和3年7月豪雨で発生した地すべりに対する応急対策の策定と押え盛土工を施工した事例を紹介する。現場は地すべりが頻発する島根半島の泥岩地帯に位置し、人家を巻き込んだ農用地ため池直上で発生した幅25m、深さ6mの地すべりを主体としたものである。現場制約のため、応急対策は地表面変位観測による監視体制強化とし、対策工の施工に当たっては、床掘時の安定性検討や管理基準値として孔内水位を設定することで安全に施工を行うことができた。		
	質問事項	応急対策として求められる安全性はどの程度であり、その判断基準や考え方についてご教示いただきたい。		
	2-9	落石・斜面崩壊対策の調・設計事例	明治コンサルタント株式会社	高木優真斗
		本発表の調査地点は、平成2年にコンクリート吹付が施工された山腹斜面である。施工後36年が経過し老朽化が進行したため、斜面岩盤の風化状況を把握した上で、安定勾配で切土を行い、斜面の緑化を図る対策工の検討を行った。岩盤ボーリング調査は水平・垂直の2孔を行い、複雑な地質を整理し、岩盤評価を実施した。対策工の検討では岩盤の安定勾配や対策工法の施工性などを重視し検討を行った。		
	質問事項	鹿のみに関わらず、植生工の食害対策の事例を教えてくださいたく存じます。		

【C会場1】

発表区分		発表題目および内容（概要）	所属	発表者
C-1 対策設計	3-1	大規模盛土造成地における滑動崩落対策の設計事例	アルスコンサルタンツ株式会社	黒田隼人
		令和6年1月1日に発生した能登半島地震により、石川県金沢市内の大規模盛土造成地範囲で家屋の損壊、道路の亀裂、擁壁の傾倒、側溝幅の減少等の変状が多数確認された。崩壊機構解析の結果、盛土と地山の境界を不連続面とする地すべりの変形によるものと判断した。測量・地質調査・解析結果を基に、大規模盛土造成地における滑動崩落対策の設計を実施した。本発表は、集水井工、集水・排水ボーリング工、押さえ盛土工の設計事例紹介である。		
	質問事項	盛土造成地の滑動崩落対策の類似事例がありましたら教えてください。 集水井工を設計する際の留意点について教えてください。		
	3-2	活動中の地すべりににおける施工安全性に配慮した設計事例	国土防災技術株式会社	石塚みづほ
		令和7年4月、人家直下の斜面で地すべりが発生した。3か月間の累積移動量が+65?に達するなど、地すべり活動の活発化が確認される状況において、近接する保全対象の被災を防止し、かつ施工の安全性を確保した対策工の検討が求められた。本発表では、応急対策として地すべり地外からのボーリング暗渠工や無人掘削機による排土工、恒久対策として無足場削孔機によるグラウンドアンカー工等を採用した事例について報告する。		
	質問事項	無足場アンカーの適用性について、施工面でのご意見等があればご教授ください。 （無足場アンカーには、①ロープ足場と吊り下げた削孔機で行う方法と、②移動足場を吊り下げる方法（＝今回採用案）があるかと思いますが、各適用性等ご意見があればご教授ください。）		
	3-3	徳島県山間部における岩級区分を指標としたアンカー周面摩擦抵抗力の評価	ニタコンサルタン株式会社	辻敦矢
		アンカー工の詳細設計では、アンカー基本調査試験で得られる周面摩擦抵抗値(τ 値)を基に定着長等を決定する。一方、試験における最大荷重の設定には、硬軟や風化程度のみで区分された一般値が用いられる場合が多い。そのため、推定値と実測値に乖離が生じ、試験初期に引き抜けて有効なデータが得られない事例も見られる。本稿では徳島県山間部を対象に、当該事例や岩級区分と τ 値との関係を整理・比較した結果について報告する。		
	質問事項	本稿では三波川帯の変成岩のデータが多いですが、CL級岩盤の τ 値のばらつきには、岩種や亀裂、片理の発達状況などが影響していると考えられますか。		

【C会場2】

【会場2】

発表区分		発表題目および内容（概要）	所属	発表者
C-2 対策設計・DX	3-4	斜面对策工事における削孔管理の省力化	ライト工業株式会社	滝健太郎
		本稿では急傾斜地の崩壊対策工事における鉄筋挿入工に、ICT削孔管理システムを適用した事例を示す。従来の削孔管理は手作業による計測・記録が多く、現場技術者の負担が大きかった。ICT削孔管理システムはアンカーや鉄筋挿入工等の削孔工における出来形計測(削孔角度・削孔長等)のリアルタイム計測や、帳票データ化機能により、現場の管理業務の負担軽減を図るものである。		
	質問事項	①鉄筋挿入の水平方向の削孔角度はどのように管理すべきでしょうか。		
	3-5	干渉SAR解析による災害発生後の周辺斜面のリスク評価	日本工営株式会社	西口尚希
		令和7年7月に埼玉県秩父市大滝地内の国道140号線で最大2m×1m×2mの落石が発生し、全面通行止めとなった。落石発生源における岩盤のはらみ出し等の予兆の有無の確認および、落石災害が発生した周辺斜面の災害リスクを把握する目的で干渉SAR解析を実施した。干渉SAR解析の結果を地盤伸縮計の変動ランクを準用して評価した結果、複数の変動の可能性のある箇所が確認された。本発表では、干渉SAR解析結果の評価方法および評価結果について事例紹介する。		
	質問事項	干渉SAR解析を用いた斜面変動計測には、地盤伸縮計の変動種別のような公的な評価基準は無いと認識しています。干渉SAR等の新技術を用いて評価基準を独自に設定する際に留意すべき点をご教示ください。		
3-6	山間奥地で発生した大規模崩壊の機構解析と対策工・施工計画の立案	国土防災技術株式会社	堀川舞帆	
	令和4年9月の台風15号により、静岡県葵区山間奥地において大規模な崩壊が発生した。また、崩壊のほかに地すべり性の段差亀裂も確認され、崩壊地を包括する地すべりブロックの存在が示唆されたことから、地すべりの活動度と崩壊との関係の解明を目的とし、現地踏査・ボーリング調査・地下水調査・地すべり動態観測及びUAVレーザ測量による点群データ取得・経年データとの差分解析を行った。本発表では、これらの調査結果や崩壊の発生機構、それを踏まえた応急・恒久対策工、山間奥地における施工計画の立案について紹介する。			
質問事項	アクセスが困難な対象地における施工事例がありましたら、機材の運搬方法や施工方法等、留意した点について教えていただきたいです。			

【C会場3】

発表区分		発表題目および内容（概要）	所属	発表者
C-3 DX	3-7	2024年の長崎県における土砂災害の発生傾向と生成AIを活用したプログラムによる土砂災害データ整理事例	株式会社エイト日本技術開発	龍見幸祐
		長崎県における土砂災害発生危険基準線(CL)を検討するための基礎資料として、2024年に長崎県で発生した土砂災害と土砂災害警戒情報の発表履歴を整理した業務事例を紹介する。業務では、土砂災害報告資料より災害の発生位置、発生要因、発生時期等を整理するとともに、土砂災害警戒情報の発表回数を月別に整理の上、過去の災害データとの比較を踏まえた2024年の災害発生傾向を考察した。また、災害報告資料の整理では、生成AIを用いてPythonコードを作成し作業の負担軽減を図ったため、その手法を紹介する。		
	質問事項	生成AIを業務に活用する機会が増えているかと思いますが、活用する際の留意点や、斜面防災事業における活用事例について教えていただければ幸いです		
	3-8	WebGISとBIM/CIMを活用した地すべり防止施設の維持管理事例	日本工営株式会社	堀場汐莉
		滝坂地すべりは国内最大級の規模を有し、現在、多数の地すべり防止施設の維持管理段階にある。直轄事業終了後の福島県への事業移管を見据え、データの一元管理と情報可視化を目的に、WebGISを活用した維持管理CIMシステムを構築した。本稿では、定期点検等への当システムの適用結果を通じ、実運用上の成果と課題を報告する。		
	質問事項	施設点検における作業効率化・安全性確保・成果の品質向上の観点から、他地区で実施されている取り組みがございましたら、ご教示いただけますと幸いです。		
	3-9	スマホ装着型GNSS測量機による3D点群を活用した災害対応初動の効率化	株式会社日さく	黒木徹也
		斜面災害の対策計画提案において、3D点群を活用したBIM/CIM関連技術は、現地を視察していない発注者や専門外の関係者との合意形成に有効である。本発表では、比較的小規模な災害現場において簡易型RTK-GNSS機器で迅速に3D点群を作成し、効率よく計画を策定し、関係者間で早期合意を図った事例を報告する。本事例では、対策計画モデルを重ね合わせて視覚化することで、細部条件の確認や施工可否に関する協議を円滑に行うことができた。		
	質問事項	それぞれの現場の特性(被災地の面積、急傾斜地等)に合わせて測量手法等の使い分けをしている事例がありましたら、ご教示お願いいたします。		

技術発表論文

A 会 場

J Rホテルクレメント徳島
4 階
クレメントホール（西・中）

段丘崖肩部での亀裂変状箇所における 高効率省スペース・ボーリング掘削技術導入事例

国土防災技術(株) ○橋川 慧

1. はじめに

北関東地方の河岸段丘遷急線肩部に沿って生じている約 350m の延長を有する開口亀裂の発生原因を解明するために実施した地質調査について報告する。

このような亀裂変状が発生している場合、調査ボーリングは法肩部で実施するのが一般的であるが、上載荷重による崩壊の助長が懸念される。よって、ボーリングマシンの軽量性、設置の容易性が求められる。本報告ではこれらの課題を考慮した「高効率省スペース・ボーリング掘削技術」（以後軽量ボーリング工法と略する）の実施事例を紹介する。

2. 調査地概要

調査対象地は河岸段丘の遷急線肩部に位置する。段丘崖は高さ約 15m、傾斜約 40 度で、スギ林内に竹が繁茂している。既往のボーリング調査および、簡易動的コーン貫入試験より、段丘礫層上に層厚約 10m のローム層（軽石層を含む）が堆積し、N 値は 2～3 程度と軟質である事が確認されている。

亀裂は遷急線肩部の道路上に延び、変動により転落防止柵は谷側に傾倒している。その東側には住宅地が広がっており、亀裂の一部は家屋基礎部に達している。開口亀裂はほぼ鉛直に形成され、最大深さは約 4m、幅は最大 15cm 程となる。観測計器は、亀裂変動を地表面伸縮計および定点観測、段丘崖斜面の変形については表層傾斜計で実施している。これまでの観測では、亀裂の変動は降雨、地震との呼応性がみられないものの、断続的な開口と縮みの繰り返しと亀裂の伸長が継続していることが確認されている。一方、段丘崖においては表層傾斜計を斜面上部から下部にかけて 3 基×6 測線設置しているが、顕著な変動は観測されていない。

道路面には複数の亀裂が生じており、非常に不安定な状態にある。今後亀裂変状が進展することにより、家屋の傾倒や道路の崩壊が想定されることから、発生機構を解明した上で抜本的な対策を早急に行うことが求められている。

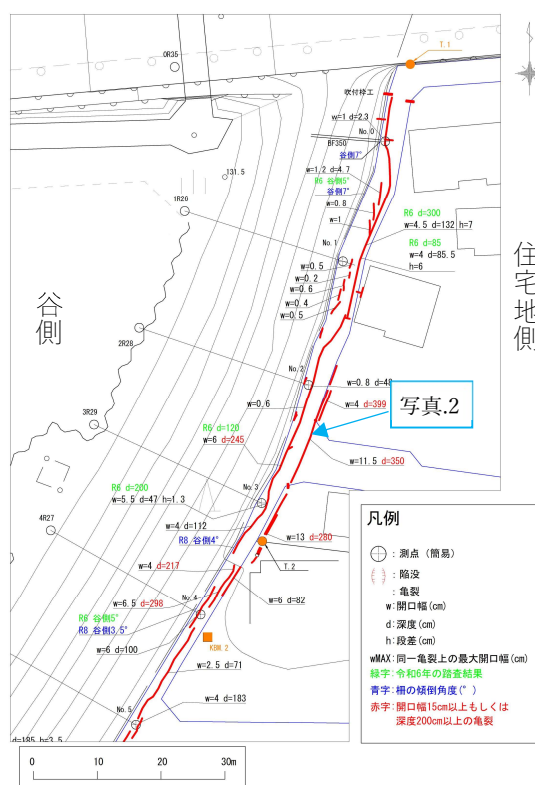


図.1 現況平面図(全体の 1/4)

亀裂は断続的に 1～2 列で生じている

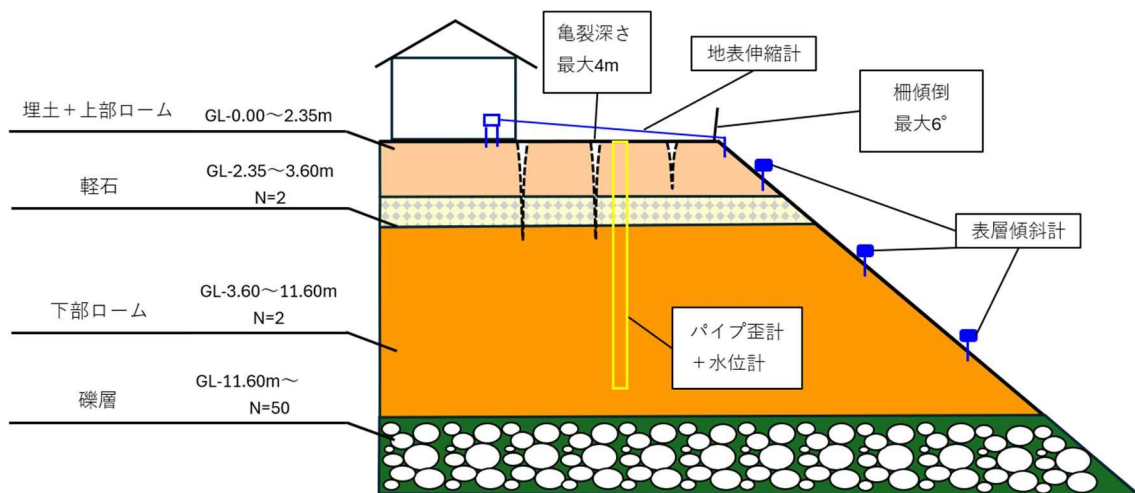


図. 2 模式横断面図



写真. 1 亀裂発生状況



写真. 2 亀裂近接状況

主要な亀裂の周囲に副次的な小亀裂を伴う (北側基点より約 180m 地点)
 主要な亀裂は幅 10~15cm, 深さ最大 4m (北側基点より約 50m 地点)

3. ボーリング調査を行う上での課題・問題点

亀裂発生機構の解明のためボーリング調査を行った。ボーリング調査は亀裂発生箇所近傍の法肩部で実施することが必要であったため、以下のような課題に対して対応策を検討した。

- 不安定な亀裂近傍での掘削となるため、機材の頭部載荷による崩壊助長の防止。
 (マシン重量)
- 亀裂変状が進行して地盤崩壊の兆候が確認された場合の迅速なマシン撤去体制及び、気象条件を考慮した短期の工程計画の策定。(設置/運搬)
- N 値 2~3 の軟質なローム、軽石層の高品位な採取。(コア品質)
- 住宅密集地での作業であることから排気ガス、騒音等環境への配慮。(環境負荷)

その結果、(表. 1) のような機能を有する軽量ボーリング工法を採用した。

表.1 工法比較一覧表

項目	機械式 ボーリング	打撃式簡易 ボーリング (エンジン式)	軽量ボーリング 工法
マシン重量	× 約300kg	△ 約180kg	○ 約85kg
設置/運搬	× 重機・足場要	○ 容易	○ 容易
コア品質	○ 高品質	△ 品質劣化	○ 高品質
環境負荷 (排気ガス)	× 排気ガス有	× 排気ガス有	○ 小
(騒音)	× 大	× 大	○ 小

4. ボーリングマシン概要

本工法は、電動モーターによりツールズに回転を与え、ハンドフィード式給圧機により推進力を与えることで、機械式ボーリングと同様の掘削方式を採用している。らせん状のスパイラルアンカー（図.3）を地中に貫入させることで掘削機が自立し、掘削時の反力を得られるため足場が不要となる。¹⁾今回はアスファルト舗装箇所での掘削であった為スパイラルアンカーは使用せず、台板とボルト、アンカーボルトを用いて固定した。また、分解した際の最大重量は48kgと人肩運搬が可能（写真.3）であるため、モノレール設備や特装車も不要となり、仮設は最小限で済む仕様となっている。



写真.3 人肩運搬状況



写真.4 掘削作業状況

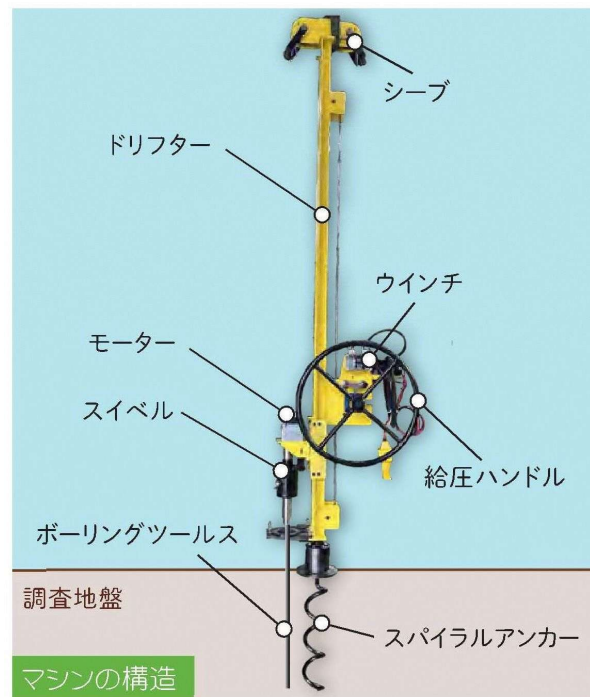


図.3 軽量ボーリングマシン構造図

5. 調査結果

N 値が低いローム層に対して、予定深度までトラブルなく完了し、採取率 100%かつ、軽石層の硬軟状況が乱されていない高品質なコアが採取された。



写真.5 ボーリングコア写真

6. 軽量ボーリング工法による課題解決効果

軽量ボーリング工法の採用により、従来の機械式ボーリングでは搬入から撤去まで約 1.5 日を要すると想定されていた工程

が、準備工および撤去工の短縮によって 1 日で完了した（表.2）。また、撤去工の短縮により速やかな避難が可能となり、既設の伸縮計データを携帯端末で確認することで、作業中の安全管理

を行うことができた。さらに、掘削地点は住居から数メートルと近接しており、周辺環境への配慮が重要であったが、本ボーリングマシンは電動モーターを動力源としているため、騒音や排気ガスを抑えた施工が可能となった。

表.2 施工時間比較表

項目	軽量ボーリング	機械式ボーリング
搬入	2.0時間	4.0時間
掘削	4.5時間	3.5時間
撤去	1.0時間	3.0時間

7. まとめ

軽量性および短時間施工が求められる現場において軽量ボーリング工法を採用した事により課題を解決した上で高品質なボーリングコアの採取が可能となった。今後は近年多発する斜面災害等迅速な対応が求められる現場での実績および足場仮設の困難な狭小地での実績を増やしていきたい。

【質問事項】

災害現場など、地盤が不安定な場所で軽量ボーリングを施工した事例があれば、ご教示ください。

〈参考文献および引用文献〉

1)羽根田宗将・柴崎達也・氏家亨(2025):開発した軽量ボーリングマシンによる狭小空間での地質調査事例, 全地連技術フォーラム 2025 山形, FE19

山形県「鳴の谷地地すべり」における観測事例

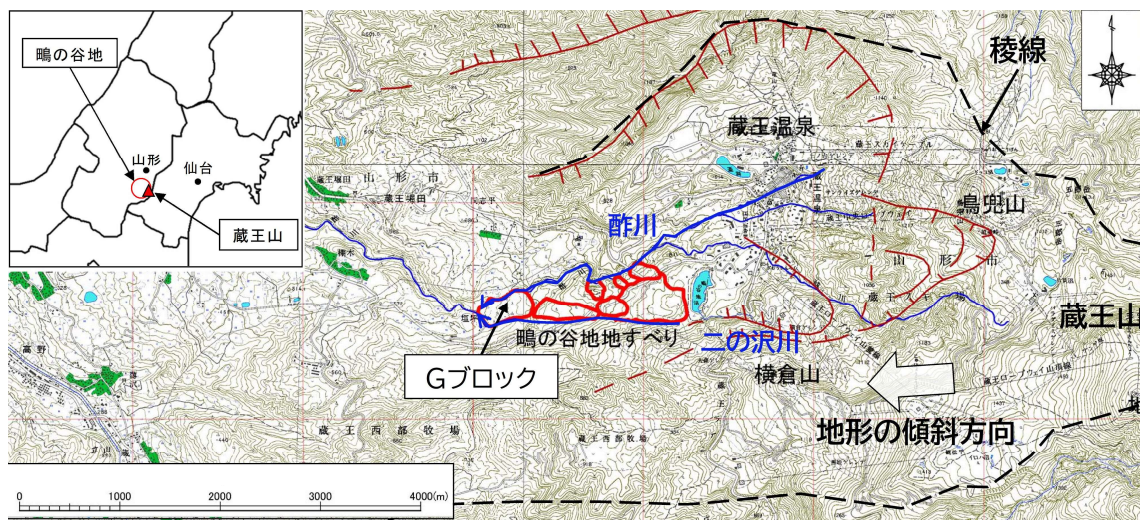
日本工営(株) ○小田龍平、山田知寛、中山正明、工藤唯志、三浦エリカ

1. はじめに

鳴の谷地地すべりは山形県南東部の上山市蔵王山麓に位置する。1989年に地すべり防止区域に指定され、対策事業が開始された。本発表では、鳴の谷地地すべり防止区域 G ブロックの集水井で生じたダムアップに伴う地すべりの地下水位上昇と、排水不良箇所の洗浄による地すべり地内全体の地下水位低下の観測事例について報告する。

2. 地すべり対策事業の概要

鳴の谷地地すべり防止区域は A～G ブロックに区分され、1989 年から対策工事が進められてきた。現在までに東側の A～F ブロックは概成判断がなされた。本発表の対象である G ブロックを図.1 に示す。G ブロックでは 2004 年から事業が開始され、2021 年に地すべり対策工（横ボーリング工 1 基、集水井工 7 基、地表面排水工 L=800 m）が完了した。現在は地すべり概成に向けて「鳴の谷地地すべり概成協議会」が開催され、対策工の効果判定を目的とする観測・解析が継続されている。



出典：国土地理院発行 1:50,000 地形図「山形，上山」

図.1 鳴の谷地地すべり分布と周辺の地形状況（1：50,000）

3. 地形地質概要

鳴の谷地地すべりは、蔵王山西側斜面の谷部に位置する。G ブロックは北側を酢川、南側を二の沢川に挟まれている。酢川は蔵王から湧出する強酸性（pH=1.3）の河川水が西へ流下する河川である。G ブロック内の地下水も pH 4.0 程度の酸性を示し、地下水排除工ではスライムの付着がたびたび確認される。周辺の基盤地質は凝灰角礫岩と砂岩・泥岩互層からなる。その上位には、約 4 万年前以前の火山活動に伴う山体崩壊を起源とする岩屑流堆積物が分布する。この堆積物には変質した岩塊や流れ山などが含まれる。すべり面は岩屑流堆積物の最下面に形成され、河床標高より低い位置に存

在する（図.2）。

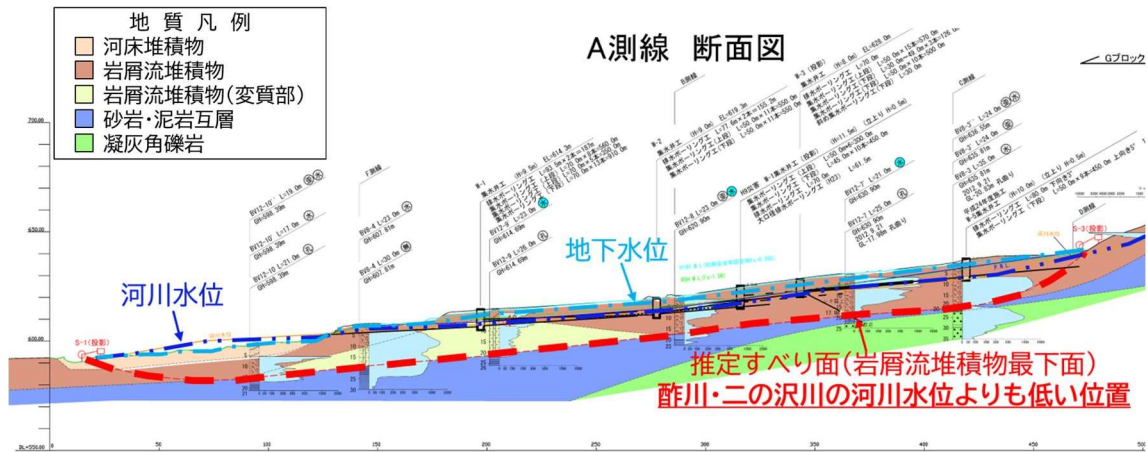


図.2 Gブロック A 測線断面図（1：1,000）

4. 地すべり観測体制

地すべりの動態は、地盤伸縮計 2 基、孔内伸縮計 2 基、孔内傾斜計 1 孔、地下水位計 10 基による計器観測のほか、3 級基準点測量 3 点および移動杭観測 4 点により把握している（図.3）。

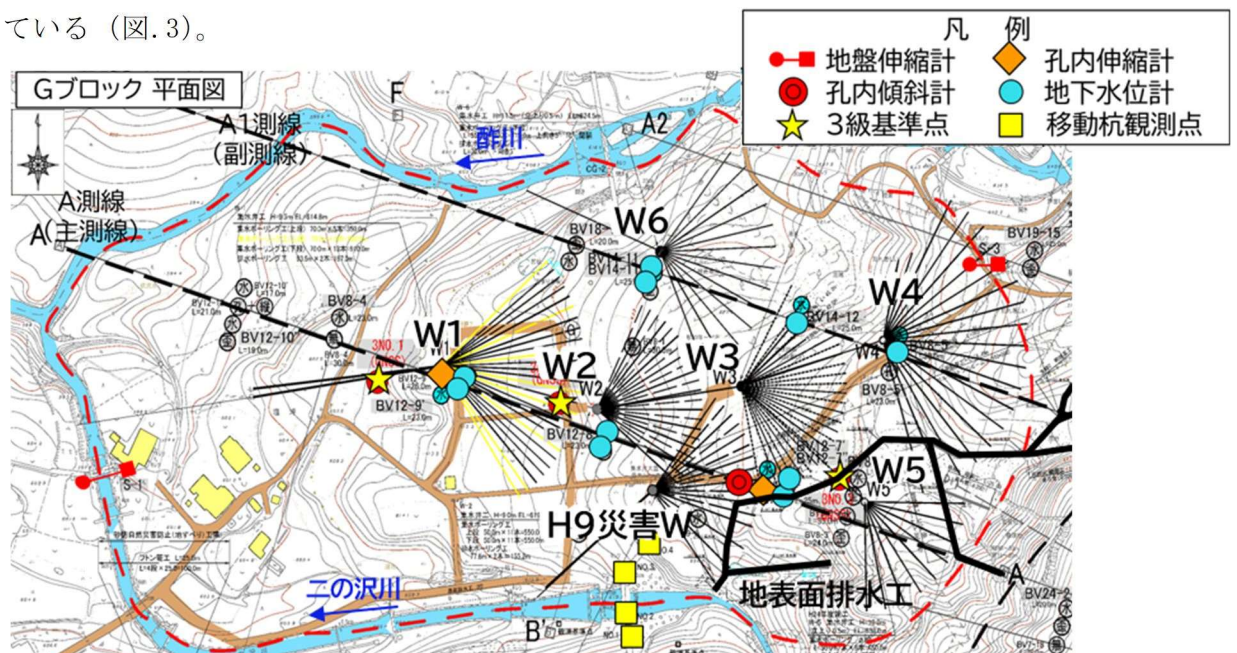


図.3 Gブロック観測位置平面図（1：2,000）

5. 地すべり変動の評価

地すべり対策工事の進展に伴い、各計器および動態観測で得られた年間変動量は減少した（図.4）。2004 年には最大約 71.0 mm/年であったが、2025 年には最大約 4.0 mm/年まで減少した。特に集水井工の完成に伴って変動量が低下し、6 基目が完成した 2018 年頃には最大 5.0 mm/年となった。

以上から、地すべり対策工の効果により、地すべり滑動は沈静化していると評価した。

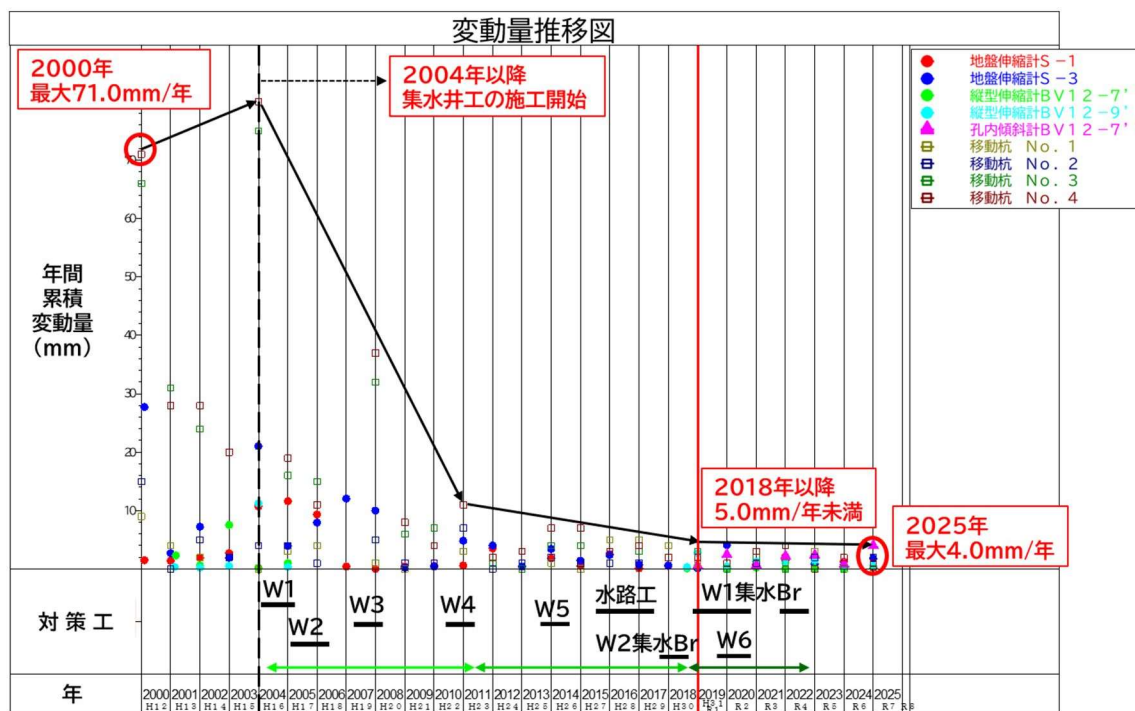


図. 1 変動量推移図

6. 地下水位観測結果と集水井のダムアップ事象

地すべり滑動は、対策工の効果により沈静化した。一方、集水井では、施工後2～3年程度で排水ボーリングにスライム（鉄バクテリアにより生成）が集積し、閉塞する事象が確認されている。閉塞した集水井では、井内水位が天端まで上昇するダムアップが発生した（写真. 1a、写真. 1b）。

令和6年の積雪期から融雪期にかけて、地すべり末端部の地下水位計BV12-9で水位上昇傾向が確認された（図. 5）。その約15日後に地すべり中腹部のBV12-8で地下水位が上昇し、さらに約120日後には地すべり頭部でも基底水位が上昇した。したがって、斜面下方から上方へ向かって基底水位の上昇が伝播したことが確認された。

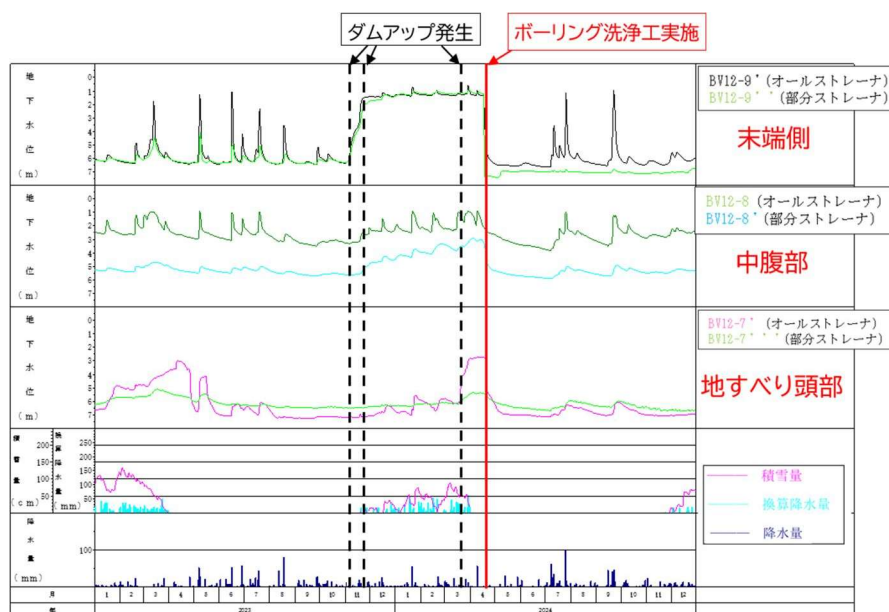


図. 2 地下水位観測結果

融雪後の現地踏査では、排水ボーリングが大口径化されていない複数の集水井において、地下水位上昇した箇所周辺でダムアップの発生が確認され、一部で天蓋からの越水とスライムの流出が確認された。井内水のポンプアップおよび排水ボーリングの洗浄工は速やかに実施され、ダムアップが解消された結果、地下水位の基底水位の低下も確認された。



写真. 1a 集水井 W2 からの越流状況



写真. 1b 集水井 W3 からの越流状況

7. 今後の方針

①地下水モニタリングの継続

今後も、地すべり対策工の効果判定を目的とした地下水モニタリングを継続することが必要である。地下水位の変動状況を確認し、基底水位の上昇傾向が認められる場合は、排水ボーリング洗浄工を実施し、地下水排除機能を確保することが重要である。

②大口径排水ボーリング追加および集水井の維持管理

繰り返しダムアップが生じることで、斜面中の基底水位の上昇が地すべりを再滑動させる誘因となることを踏まえ、大口径排水ボーリングの追加が必要である。また、今後、集水井の排水機能の低下有無を確認するため、排水量モニタリングや施設点検を定期的に行い、維持管理していくことが必要である。

8. まとめ

- ・地すべり対策工（地下水排除工および地表面排水工）の効果により、地下水位の低下、変動量の減少が確認され、近年は地すべり変動が沈静化傾向にある
- ・一方で、地下水位は恒常的に高く、集排水ボーリングのスライム集積による閉塞が時折発生することから、ボーリング孔内洗浄は閉塞の状況によって不定期で実施して維持管理している。
- ・今後は、対策工の維持管理のため、地下水モニタリングを継続し、閉塞の発生頻度等から洗浄工の実施時期の目安等を整理し、維持管理サイクルを検討していきたい。

【質問事項】

集水井工や大口径排水ボーリングの洗浄工実施等について、洗浄の頻度等を検討された事例がありましたら、教えていただくと幸いです。また、鉄バクテリアによる集水井の閉塞対策について、検討事例や対応方法を教えていただくと幸いです。

奥能登地域の地区別地形・地質特性と 地盤リスクの対比

(株) 日さく ○小塚朋子, 石川恵司, 堺田佳人, 小野 篤

1. はじめに

2024 年(令和 6 年)に発生した能登半島地震およびその後の奥能登豪雨は、能登半島全域に甚大な斜面災害をもたらした。筆者らは災害対応の地質調査として、奥能登地域において道路災害および砂防堰堤工を対象とした調査を複数個所で実施した。本発表では、業務成果に基づき、奥能登地域の主要な斜面崩壊地における地形・地質特性と、それに伴う固有の地盤リスクを対比・整理し、斜面防災および迅速な災害復旧における今後の課題を報告する。

2. 地区別地形・地質概要

本調査では、輪島市および能登町の斜面内において、総計で調査ボーリング 149 本、サウンディング試験 63 本を実施した。本報告では、これらのうち比較的規模の大きい斜面崩壊が発生した代表的な 6 地区(A～F 地区)を対象とする(図. 1)。

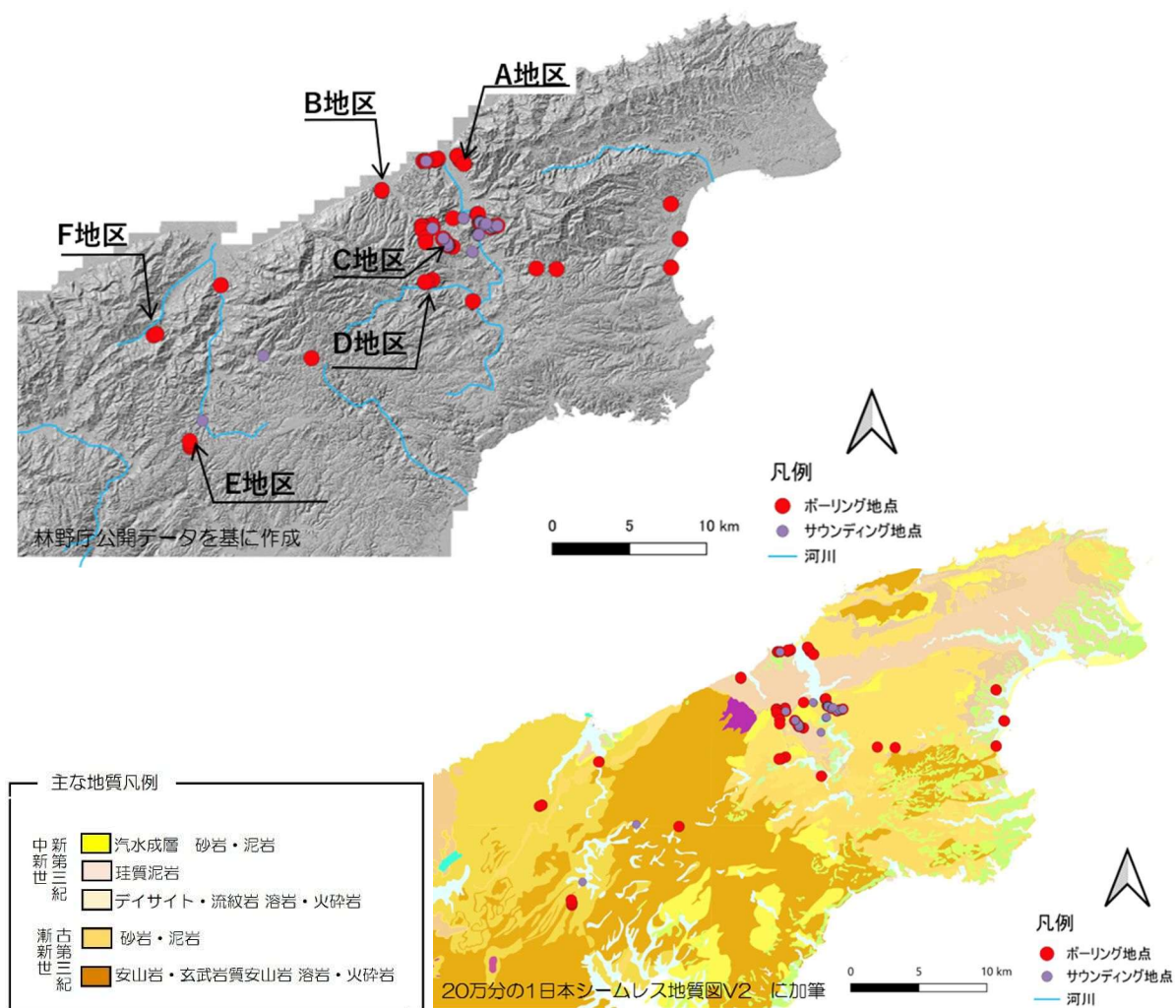


図. 1 調査位置図と地質図

各地区のボーリング調査、および地表踏査によって得られた地形・地質特徴を以下に整理する(表. 1)。

表. 1 地区ごとの特徴

地区	主な地質	周辺地形	現地状況	対象施設	特 徴
A地区	軽石質凝灰岩 流紋岩	山麓(遷緩線)	急峻な沢 巨礫の転石多数	砂防堰堤	岩盤ごとの強度特性の不均質性
B地区	珪質泥岩	稜線直下斜面	表層法面の崩壊	道路	スレーキング特性が顕著
C地区	軽石質凝灰岩	地すべり	表層崩壊	道路	風化岩のN値が非常に低い 水浸軟化性が高い
D地区	火山礫凝灰岩 凝灰質泥岩	斜面、溪流	表層崩壊	道路	局所的な弱部が不規則に点在
E地区	凝灰岩 凝灰質砂岩	稜線直下斜面	切土法面の表層崩壊 路面沈下	道路	局所的な弱部が不規則に点在
F地区	砂岩泥岩互層	不安定山腹斜面	谷壁の表層崩壊	砂防堰堤	左右岸で支持力特性が不均一

3. 想定されるリスク

[A地区] 巨礫再移動および不連続な衝撃荷重リスク

急峻な河床勾配により、豪雨時に土石流が再発する危険性が極めて高い。崩壊に伴い供給された火山性の巨礫(写真. 1)が再移動した場合、堰堤本体や仮設構造物に甚大な直接衝突荷重(変形・破壊リスク)を及ぼすため、設計荷重の算定には不確実性を考慮する必要がある。また、岩種が沢の兩岸で異なるため長期的な支持力にも留意が必要である。



写真. 1 軽石質凝灰岩の転石と崩壊斜面

[B地区] 風化・スレーキングによる法面保護機能の喪失リスク

珪質泥岩は乾湿の繰り返しによるスレーキング特性が強く、露出した切土法面が急速に風化・細粒化する。風化部は著しく強度が低下するため、施工後に剥離や表層崩壊が多発し、長期的には法面保護工(吹付工や鉄筋挿入工)の背面空洞化や抑止機能の完全な喪失を招く懸念がある(写真. 2・3)。



写真. 2 被災した法面保護工



写真. 3 スレーキングした珪質泥岩

[C 地区] 水浸軟化および既往地すべりの再活性化リスク

軽石質凝灰岩は風化や水浸軟化によって N 値が 10～20 と極めて低い(写真. 4)。さらに当該地は地すべり分布域内に位置しているため、道路新設・拡幅に伴うわずかな切土・盛土のバランス変化や排水環境の変動が、既存の地すべりブロックの活動を誘発、または表層崩壊を急拡大させるリスクが懸念される。



写真. 4 風化凝灰岩の露頭

[D 地区] 局所的弱部起因の支持層判定誤りリスク

火山礫凝灰岩のボーリングコアは一見すると硬質(N 値 50 以上)に見えるが、局所的かつ不規則に N 値 10 程度の凝灰質泥岩などの弱部が介在している(写真. 5)。本調査ではこの弱部を確認したため、確実な支持層判定を優先し、近傍の調査孔においては当初予定深度の 3 倍ほど掘削長を延長した。



写真. 5 ボーリングコア写真(一部抜粋)



写真. 6 弱部が確認された斜面

[E 地区] 支持層の急傾斜に伴う施工トラブル

軟質な凝灰岩・凝灰質砂岩(層厚 10～20m, N 値 10 程度)の直下に、 N 値 50 以上の支持層相当の岩盤が急激に出現する。この支持層上面の起伏(傾斜)が急であるため、杭基礎の設計において杭長が想定外に増減するリスクや、施工時の根入れ管理におけるトラブルが懸念される。



写真. 7 表層崩壊斜面



写真. 8 ボーリングコア写真(一部抜粋)

[F 地区] 構造的弱面（断層・地すべり面）に沿う大規模変位リスク

砂岩泥岩互層は、地質構造によって滑り面が形成されやすい性質を持つ。左岸・右岸で異なる地質が確認されているため(図. 2)，左右での強度差による堰堤の軸ずれや、ひび割れが生じるリスクが懸念される。地震や豪雨の動的・静的な水圧上昇に伴い、これらの構造的弱面を境とした地すべりが発生し、砂防堰堤の機能停止を引き起こすリスクを警戒する必要がある。

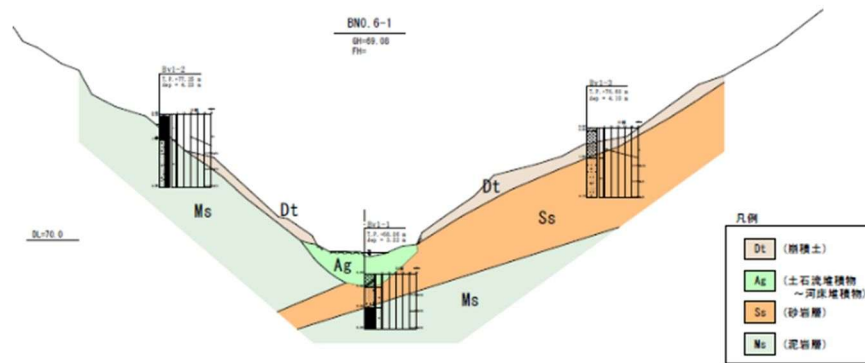


図. 2 推定地層横断図 (no scale)

4. まとめ

奥能登地区では地震および豪雨によって多数の表層崩壊が発生した。表層崩壊は異なる地質区分でも確認されており、ボーリング調査によってそれぞれの地盤リスクが検討された。本調査事例(A～F 地区)における奥能登地域の地盤リスクを整理すると、2つに大別される。①凝灰岩類(A, C, D, E 地区)では一見硬質であっても、局所的弱部の介在や水浸軟化が顕著である。②砂岩および泥岩系(B, F 地区)では、乾湿の繰り返しによるスレーキングや支持層の不連続性が認められた。

5. 今後の課題

今回の事例のような複数地区における災害地での対応は、「迅速性」と「地質特性に対応する確実性」の両立が課題となる。短期間で膨大な調査を行う際、一律の掘止め基準(N値 50 を 5m 連続等)の適用は効率化に有効である。しかし、土地特有の地質リスクに応じた柔軟な掘止め基準の運用により、支持層未達リスクや過剰掘削による工程遅延を防止することが重要であり、今後の課題と考えられる。

【質問事項】

道路被災の場合、現況復旧が原則ですが背後に地すべりがある場合、地すべりの活動を考慮して設計施工を考えますか。また、その場合、変位量等の観測に要する期間は工期の観点から認められるのでしょうか。

御荷鉾帯における大規模地すべり発生機構の考察

—徳島県東祖谷地域での事例—

国土防災技術(株) ○織田峻綺, 北村宏太, 藤本晃, 中本真平, 橋本英俊

1. はじめに

四国の地すべりは中央構造線から仏像構造線の間の三波川帯, 御荷鉾帯に主に分布している。中でも御荷鉾帯は四国においてその面積の 22.4%を地すべりが占めており, 地すべり規模も比較的大きい傾向にある¹⁾ (図. 1)。

徳島県三好市東祖谷地域の西山地すべりは御荷鉾緑色岩類帯に属する斜面長 950m, 幅 270m の大規模地すべりである。1999 (H11) 年に地すべり下流の溪間工で変状が発生したこと

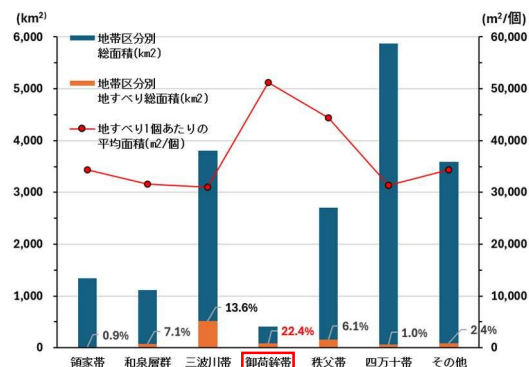


図. 1 四国の地帯区別 地すべり面積率および規模(山田ら(2019)¹⁾のデータから作成)

2. 地形・地質概要

調査地は吉野川水系一級河川祖谷川の上流部にあたる。標高 1,450m 付近を地すべり頭部, 標高 1,100m 付近を末端とする北向き斜面であり, 斜面上部は 40~50° の急崖, 中腹から下部は 15~20° の緩斜面を形成する。地すべりブロック右側壁~末端部には溪流が接しており(写真. 1), 溪流の流下水によって末端部は顕著に侵食

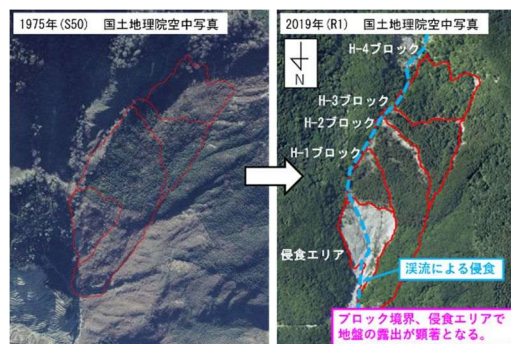


写真. 1 地すべりの変遷状況

作用を受けている。付近には同じく御荷鉾緑色岩類に属する蔭地すべり²⁾が位置する。

調査地周辺の地質は北から三波川帯, 御荷鉾緑色岩類帯, 秩父帯となる(図. 2)。地質の走向はほぼ東西方向, 傾斜は基本的に南傾斜を呈し, 西山地すべりに対して受盤構造となる。緑色岩類は主にハイアロクラスタイトや塊状の玄武岩溶岩, 凝灰岩からなり, 枕状溶岩・ピロープレッチャ・斑れい岩・チャートを含む³⁾。

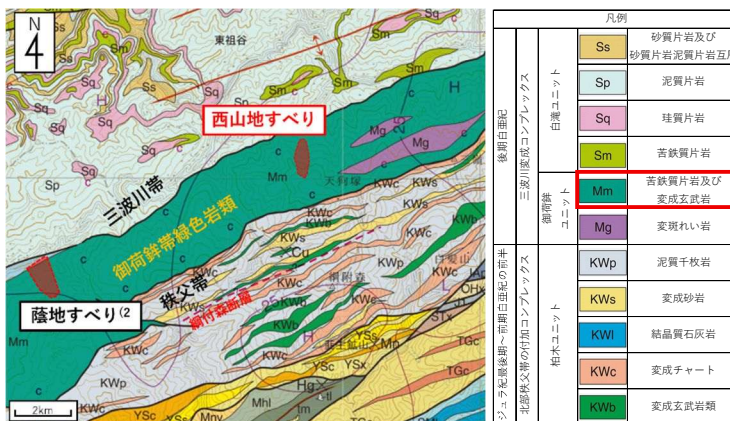


図. 2 西山地すべり周辺の地質図

(1/50,000 地質図「高知(第2版)」に加筆)

3. 地すべり調査結果および考察

3.1. 地すべり発生に係る地質的素因

現地踏査および既往ボーリング調査結果より地質図を作成した(図. 3)。調査地では主にハイアロクラスタイトが分布しており、次いで玄武岩質凝灰岩、チャートが確認された。ハイアロクラスタイトは地すべりブロック中腹より下方(H-1, 2 ブロック)に多く分布する傾向にあった。鈴木(1998)⁴⁾は御荷銓緑色岩類の中でも特に風化、粘土化しやすいことからピローブレッチャやハイアロクラスタイト分布域での地すべりが圧倒的に多いとしている。

地すべりブロックの右側壁上方の露頭では N34E-70NW の走向傾斜を持つ断層が確認された(F2 断層)。地質平面図では地すべりブロック右側壁を境に地質分布のずれが確認されること、地形判読では右側壁に沿う形でリニアメントが見られることから F2 断層が地すべりブロック右側壁を規制していると考えられる。

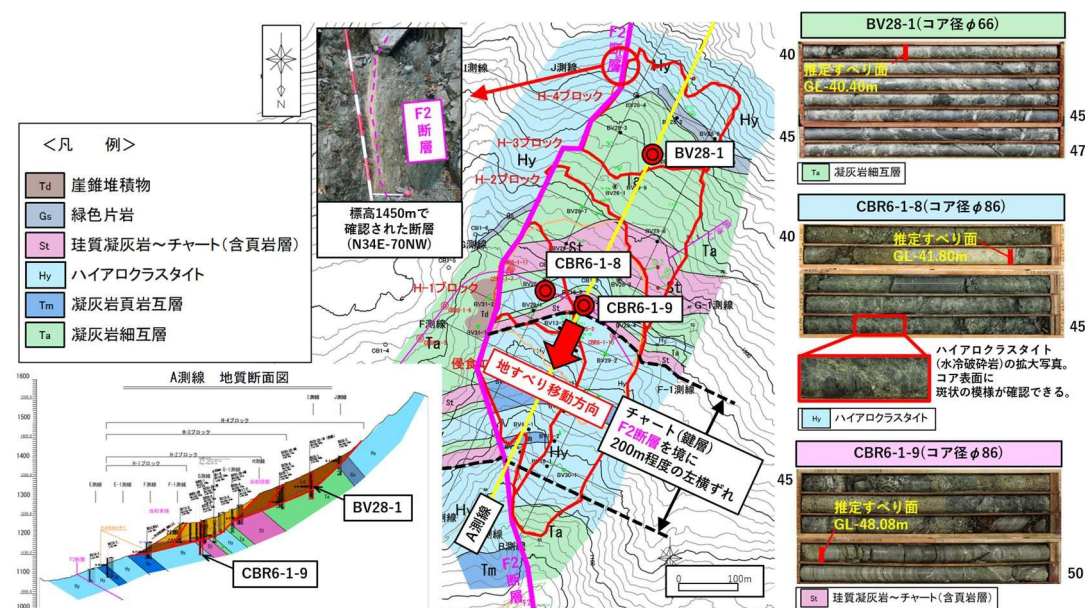


図. 3 地質平面図(地すべり地内は基岩の岩相を用いて描画)および地質縦断面図(A 測線)

また含有鉱物同定のため推定すべり面付近のボーリングコアを用いて X 線回折試験を実施した(一例: CBR6-1-8: GL-41.80m, CBR6-1-9: 48.08m)。主要鉱物は緑泥石と角閃石類であり、微量～少量であるが膨潤性粘土鉱物であるスメクタイトも検出された(表. 1)。蔭地すべりをはじめとする御荷銓緑色岩類分布域で地すべりが多い理由として緑色岩に含まれるスメクタイトなどの膨潤性粘土鉱物の存在が指摘されており⁵⁾、これはスメクタイトを含む場合、せん断強度および残留せん断強度が著しく低下することに起因すると考えられる。

以上より本調査地の地すべり発生に係る地質的素因は、断層による地すべりブロック右側壁の規制、ハイアロクラスタイト等の緑色岩に含有される膨潤性粘土鉱物と考えられる。

表. 1 XRD 試験結果 すべり面深度の構成鉱物

孔番号	深度 (GL-m)	スメクタイト (S)	緑泥石 (C)	イライト (I)	雲母粘土鉱物 (M)	角閃石類 (A)	長石類 (F)	ドロマイト (D)
CBR6-1-8	41.80	(+)	+++	-	-	++	-	++
CBR6-1-9	48.08	+	+++	(+)	++	+++	-	-

※含有量の目安: +++多量、++中量、+少量、(+)微量、-未検出

3.2. 地すべり地内の地下水分布状況

地下水位観測孔が十分に整備され、大雨の履歴を有する 2020 (R2) 年の地下水位観測データを用いて地すべり地内の地下水分布状況を整理した。各観測孔の 2020 (R2) 年度観測最高水位と推定すべり面との標高差(≒すべり面間隙水圧)を配色図化して平面図に投影することで、すべり面間隙水圧が高いエリアを推定した(図. 4)。H-1, 2 ブロックですべり面間隙水圧が高い傾向が見られ、このエリアの観測孔(一例: BV30-29-1W)は降雨量に関わらず常に地下水位が高い位置に形成される傾向にあった。H-1, 2 ブロックは地すべり上部と比較してすべり面

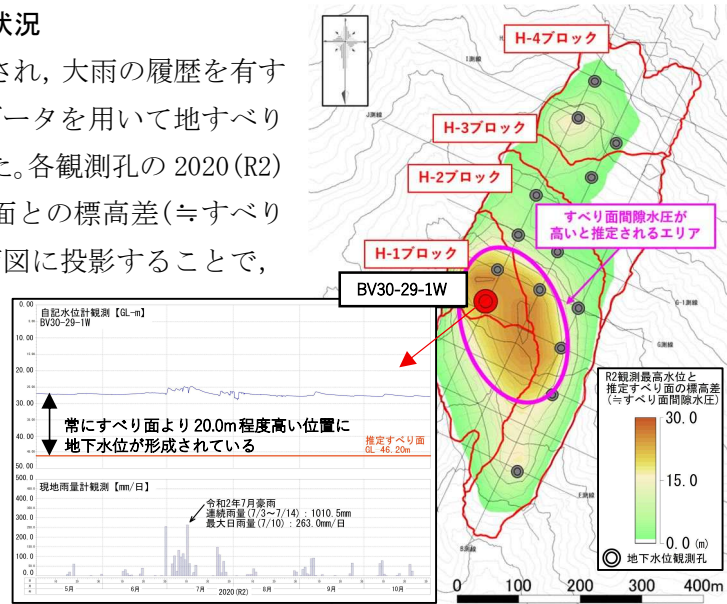


図. 4 すべり面間隙水圧 配色図および

地下水位経時変化図 (BV30-29-1W, 2020 (R2) /5/1～10/31)

および斜面傾斜が緩やかであるため、地下水が滞留しやすいと考えられる。また、すべり面間隙水圧が高いエリアはハイアロクラスタイト分布域と概ね一致した。このエリアではハイアロクラスタイトが長期的に地下水と接触する状況にあると考えられ、風化・粘土化がより促進されている可能性がある。

3.3. 地すべり変遷過程と滑動順序の検討

H-1, 2 ブロックに位置するボーリング孔 4 孔のコア観察において、現在の推定すべり面上部で擦痕や鏡肌が確認された。これらの深度では現在変動が見られないことから初生すべりのすべり面であると考えられる。縦横断形状より考えられる初生すべりの規模および移動方向を図. 5 に示す。F-1 測線で確認された初生すべりの形状は右側壁から左側壁にかけて 4° 程傾斜していた。地形傾斜を加味すると最大傾斜方向は N20W 方向であった

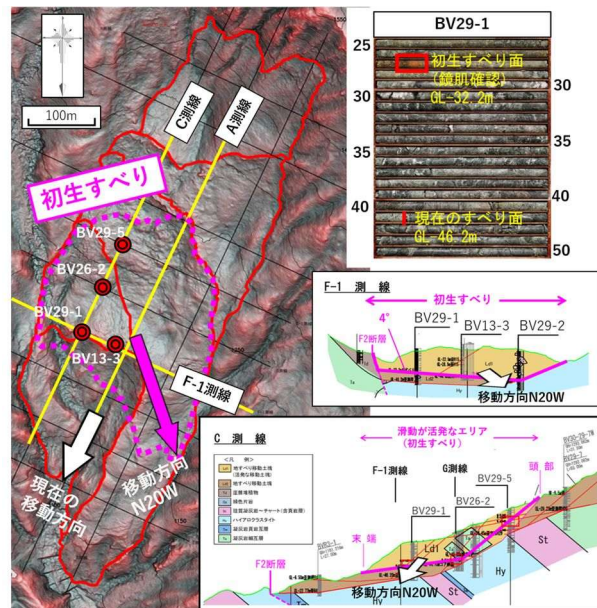


図. 5 初生すべりの規模および移動方向

と考えられ、これは現在の地すべり移動方向と異なる。本調査地ではこの初生すべりが最初に滑動し、その後上下方へ地すべりが拡大していったと考えられる(図. 6)。

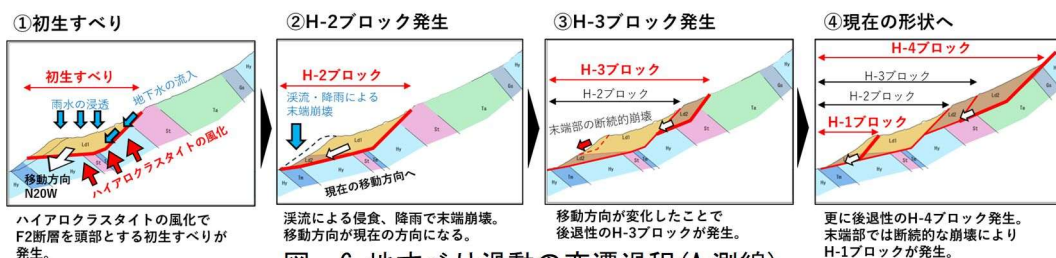


図. 6 地すべり滑動の変遷過程 (A 測線)

初生すべりの推定範囲はハイアロクラスタイト分布域かつすべり面間隙水圧の高いエリアとなり、現在も初生すべりを含むH-1, 2ブロックで活発な滑動が確認される(図. 7)。また地中伸縮計による地すべり動態観測においてH-1, 2ブロックが先に滑動し、その後H-3, 4ブロックへ変動が波及する傾向が見られることから(図. 8), 本地すべりは図. 6 に示すような後退性地すべりであると推察される。

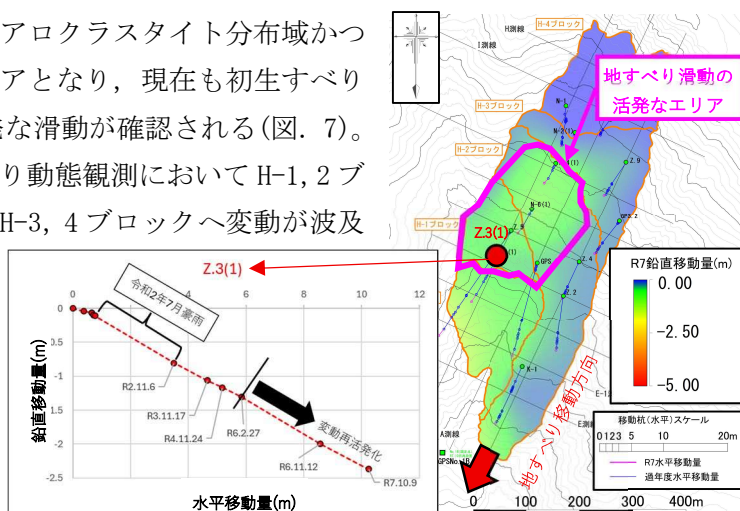


図. 7 移動杭観測結果平面図(R6/11-R7/10の差分)とZ.3(1)測点の経年観測結果

4. 対策工の選定と今後の展望

本調査地は活発な地すべり滑動を示していることから集水井工や抑止工といった地すべり地内での抜本的対策が困難である。そのため、すべり面深部に排水トンネル工を施工し、そこからの建上げボーリングにより地すべり地内の地下水を排除する工法が適切であると考えられる。また、近年地すべり滑動の再活発化が確認されていること(図. 7)から今後も継続的な監視を行う必要があると考える。

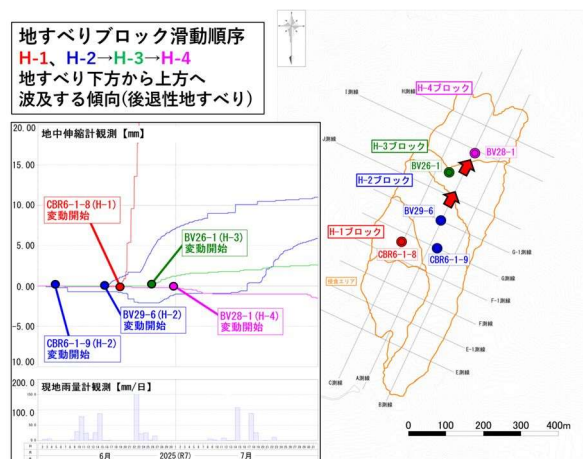


図. 8 地中伸縮計経時変化図 一例(R7/6-R7/7)

5. あとがき

本業務の実施に際して、四国森林管理局、徳島森林管理署をはじめとする関係者各位の皆様には貴重な御助言・御指導を頂きました。この場をお借りして御礼申し上げます。

【質問事項】

「膨潤性粘土鉱物の含有により対策工の施工が困難だった事例、また施工計画を変更した事例があればご教示ください」

<参考・引用文献>

- 1) 山田政典ら：四国の付加体地すべりの分布・規模とすべり面を規制する要素との関係，日本応用地質学会中国四国支部，2019
- 2) 夕部雅丈ら：御荷鉾緑色岩類の大規模地すべり―蔭地すべりの変遷過程―，日本地すべり学会誌第37巻第4号，日本地すべり学会，2001
- 3) 日本の地質『四国地方』編集委員会：日本の地質8 四国地方，共立出版(株)，1991
- 4) 鈴木堯士：四国はどのようにしてできたか―地質学的・地球物理学的考察―，(株)南の風社，1998
- 5) 宮原正明ら：四国中央部の三波川帯，御荷鉾帯及び秩父帯に産する粘土鉱物について，日本地すべり学会誌第42巻第3号，日本地すべり学会，2005

房総半島南部に分布する第三紀泥岩地すべりの 変動特性と臨界水位の検討事例

明治コンサルタント(株) ○鈴木友紀乃, 坂東晃紀
滝口潤, 大島千和, 佐藤尚弘

1. はじめに

検討対象は令和5年頃から再滑動を開始した地すべりブロックで、最大 10mm/月の変動が記録された。この変動には、降雨に伴い地下水位が一定以上を超えると開始する特徴があったことから、“臨界水位”を把握できると考えた。そこで、本報告では地すべり変動量と地下水位を整理した上で臨界水位を求め、地下水位と安全率の関係を検討した事例を紹介する。

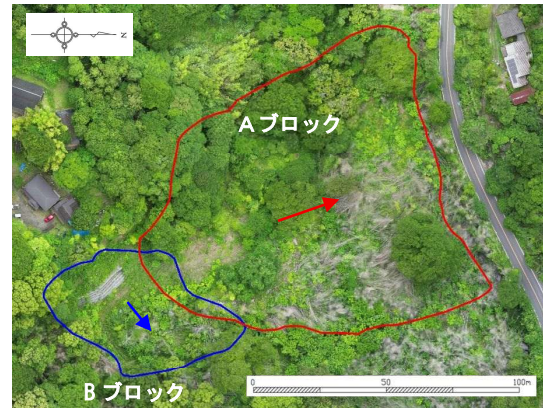


図.1 対象地のオルソ空中写真

2. 対象地すべり地の概要

対象ブロックは大きくA, Bブロックの2つに区分され、ブロック内には複数の滑落崖や段差亀裂が形成されている(図.1, 図.2)。Aブロックは北方向に移動し、東流する河川に押し出している。Bブロックは、Aブロックの南側に分布し、北東方向に移動している。Aブロック頭部とBブロック左側部は交差しており、双方のブロックが変動するたびに互いに切り合い、地表面には複雑な亀裂が形成されている。

地質は新第三紀保田層群の泥岩や砂岩を基盤とする。これらは、断層活動により破碎作用を受け風化・劣化しやすい特徴を有し、ボーリングコアは風化により一部岩片混じり粘土様を示す(図.3)。地下水位は浅く、ブロック内には湧水や湿地が認められる。

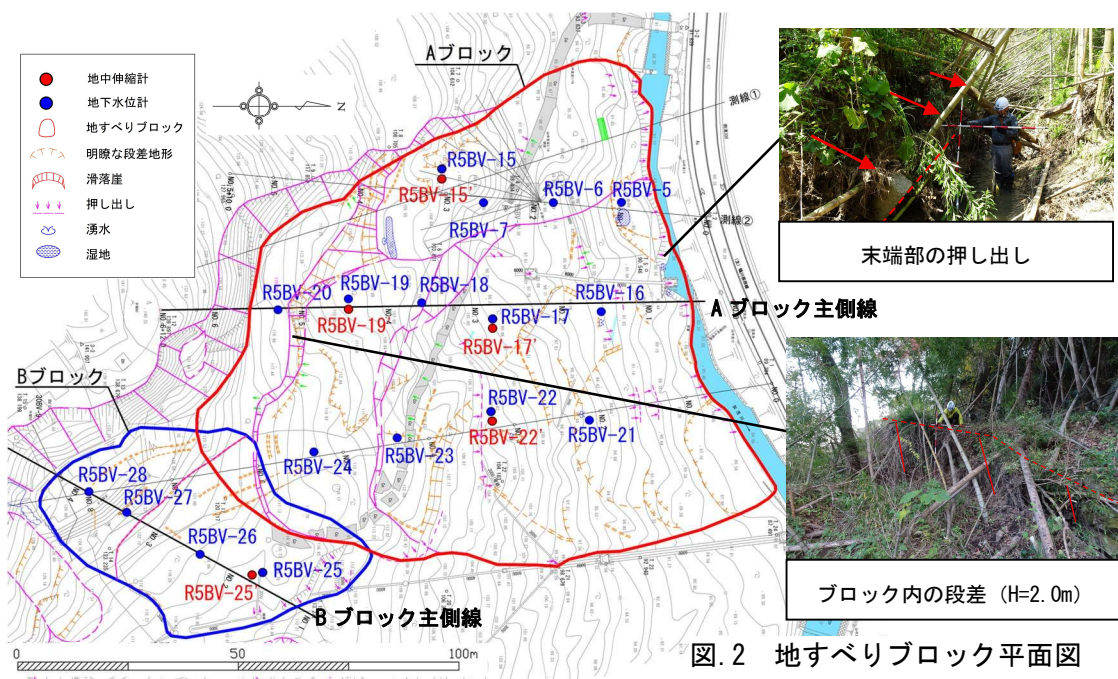
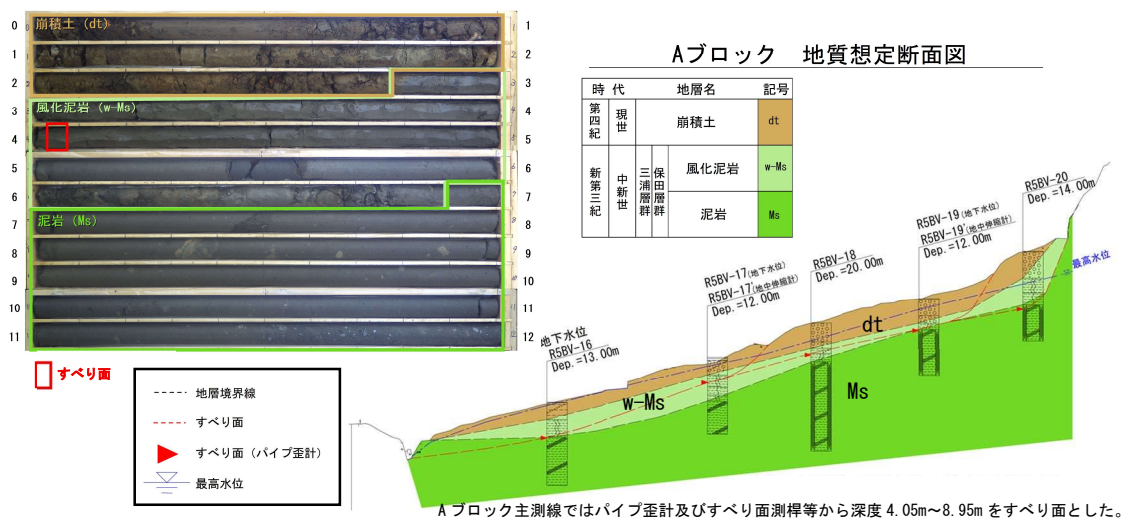


図.2 地すべりブロック平面図



3. 動態観測結果

対象ブロックは変動量が大きいため、パイプ歪計では早期に断線し計測ができなかったことから、代表箇所5箇所に地中伸縮計を設置して観測を行った。観測箇所を図2に示す。

地中伸縮計と地下水位の観測グラフを図.4に示す。いずれの箇所も降雨に伴う地下水位の上昇時に、引張り方向の変動が認められる。変動量としては、Aブロックでは変動A：確定変動(10mm以上/月)相当、Bブロックでは変動B：準確定変動(2~10mm/月)である。

地中伸縮計観測開始直後の9月下旬~10月上旬にかけて、圧縮方向の変動が認められる。これは地すべり活動により地盤が沈下し、圧縮方向の変動が記録されたものと推測した。

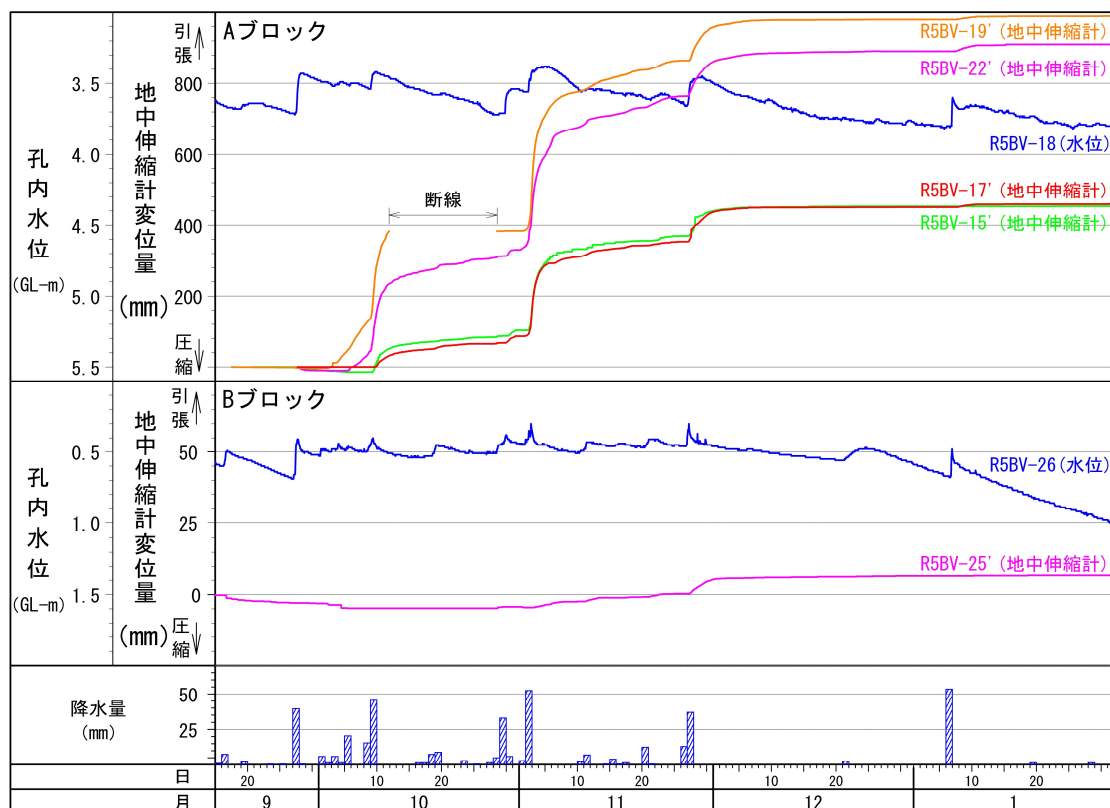


図.4 地中伸縮計及び地下水位観測グラフ

注：Aブロック、Bブロックの変位量は異なるスケールで表示している。

4. 臨界水位の検討

4.1 検討方法

臨界水位は、地すべりが活動を開始する地下水位であり、その時の安全率が $F_s=1.0$ の臨界状態である。臨界水位の検討に用いたデータは地中伸縮計データと降雨に対する応答性が良い地下水位観測データを使用した。

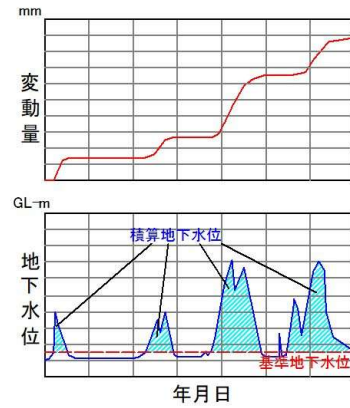
臨界水位の検討フローを図.5 に示す。解析は、地中伸縮計による累積変動量と積算地下水位を用いて行った¹⁾。積算地下水位は、ある任意の地下水位（基準地下水位）を設定し、解析の対象となる期間中に基準地下水位よりも上昇したときの上昇分の地下水位量を積分したものである。基準地下水位を 10cm 刻みで上下させて、積算地下水位と変動量の相関図を作成し、相関係数が最も高い水位を臨界水位と考える。

4.2 検討結果

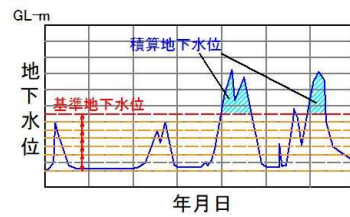
検討の結果、地中伸縮計の変動量と積算地下水位の相関係数の最大値は 0.83~0.99 を示した。代表して各ブロックで最も高い相関係数を示したものを図.6 に示す。

Aブロックの R5BV-19' では、積算地下水位と変動量の相関が最も高い基準地下水位は GL-3.60m でこれを臨界水位と設定した。Bブロックの R5BV-25' においても同様に、相関が最も高い基準地下水位 GL-0.50m を臨界水位と設定した。どちらも基底水位からの上昇量は約 0.20m である。

①基準地下水位を設定し、基準地下水位よりも上昇したときの積算地下水位を算出する。



②基準地下水位を10cm刻みで上下させて、積算地下水位を算出する。



③積算地下水位と変動量の相関図を作成。相関係数が最も高い水位が臨界水位。

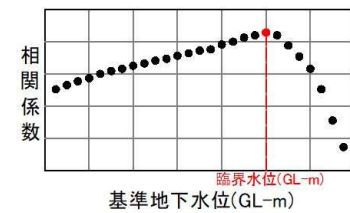
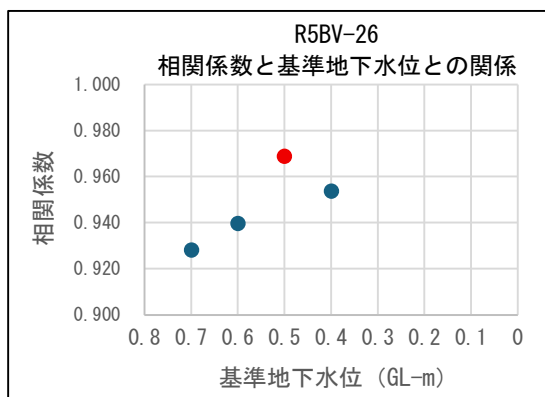
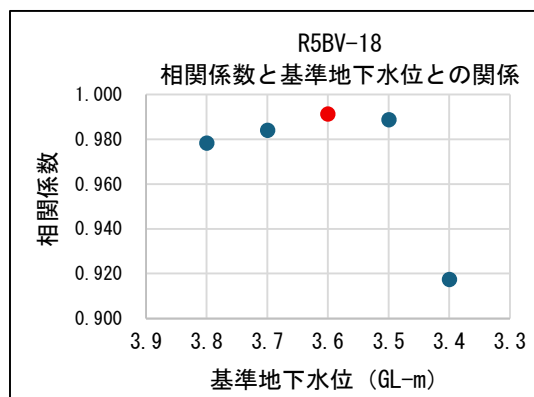


図.5 臨界水位検討フロー



ブロック	地中伸縮計	地下水位				備考
	観測孔	観測孔	変動開始時地下水位 (臨界水位 GL-m)	基底水位からの上昇量 (m)	相関係数	
Aブロック	R5BV-19'	R5BV-18	3.60	0.18	0.988	
Bブロック	R5BV-25'	R5BV-26	0.50	0.19	0.969	

図.6 臨界水位検討結果

5. 安定解析

上記で求めた臨界水位の状態を初期安全率 $F_s=1.0$ とし、地下水位変動による安全率の変化を求めた (図. 7)。臨界水位より地下水位が上昇すると安全率が低下し、安全率が $F_s=1.0$ を下回ると地中伸縮計の変動が認められている。最高水位を記録した 9 月下旬には安全率は $F_s=0.97$ 程度まで低下している。

地中伸縮計の変動量増加と安全率の低下には相関が認められ、安全率が $F_s=0.98$ まで低下した 11 月上旬は地中伸縮計の変動量が大きく、安全率がわずかに $F_s=1.00$ を下回った 11 月下旬は変動量が小さい。

12 月以降の渇水期は、降水量が少なく地下水位が上昇しにくい (臨界水位を超えにくい) ため、安全率が右肩上がりとなっている。

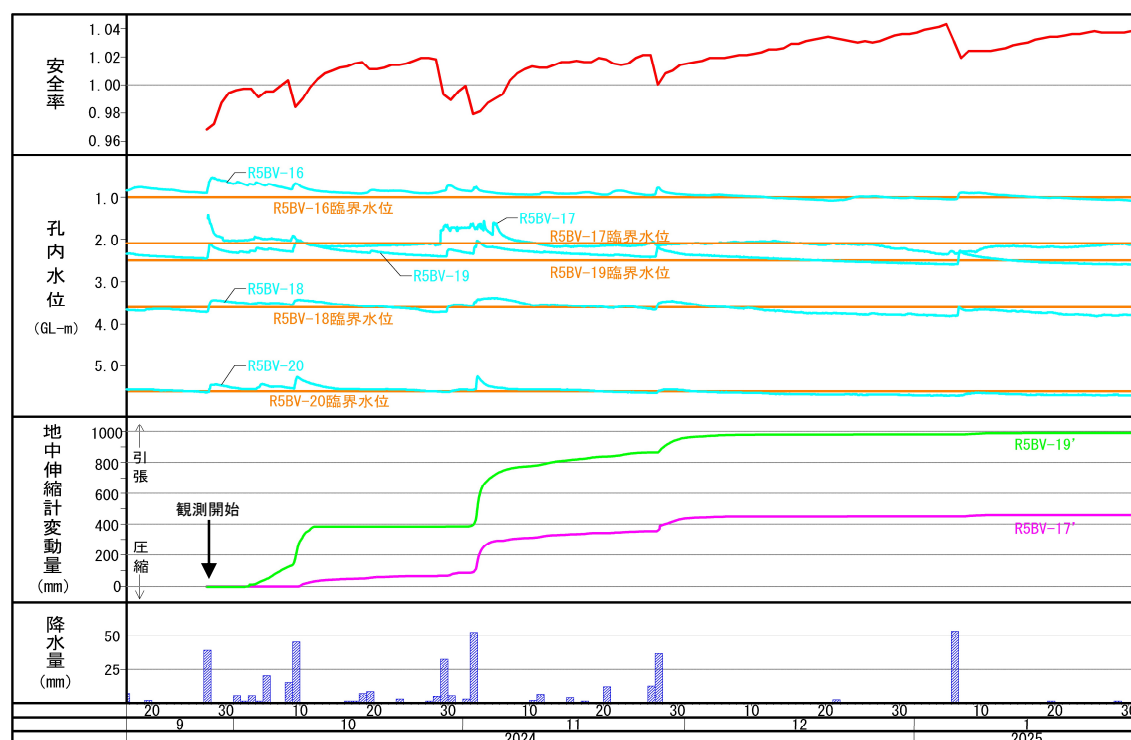


図. 7 安全率と孔内水位及び地中伸縮計変動量の関係

6. まとめ

本報告は、地すべり動態観測によって臨界水位を明確に把握することができた好事例である。各孔で設定した臨界水位に基づいて算出した安全率の変化と地中伸縮計の変動との関係も調和的である。今後、これらの情報を活用することで、対策工を検討する上で妥当性の高い必要抑止力を設定することが可能である。また、今回の検討によって地下水位－地すべり変動量－安全率の関係が明確になったことから、対策工を実施するまでの安全管理や、対策工実施後の効果判定にも有効である。

【質問事項】

- ① 本報告で用いた手法以外に臨界水位を求める方法があれば教えてください。
- ② 活発な地すべり地において地中伸縮計以外の有効な動態観測方法を教えてください。

<参考文献及び引用文献>

- 1) 斜面防災対策技術協会：地すべり観測便覧，284p，2012.

大規模地震により河道閉塞が生じる

蓋然性が高い箇所の抽出

日本工営(株) ○中村佳菜絵, 網野功輔, 早川智也, 法利祐香
四国山地砂防事務所 平澤良輔, 向山正純, 蓮居洸留, 松本光希

1. はじめに

南海トラフ地震のような大規模地震時には、深層崩壊に起因する河道閉塞（天然ダム）が同時多発的に発生する可能性がある。しかし、沿岸部では津波対応が優先されるため、山間部における河道閉塞の発見や対応が遅れ、二次災害の拡大リスクが高まる。そのため、河道閉塞の発生が想定される箇所を事前に把握し、防災上の重点箇所として整理しておくことが重要である。

本検討は仁淀川流域を対象に、深層崩壊危険斜面データおよび河床勾配、谷壁形状、河道閉塞高を検討して河道閉塞発生箇所を抽出し、事前防災データベースを構築した。

河道閉塞発生箇所の抽出は、過去の深層崩壊事例を整理し、既往の微地形判読図を用いて深層崩壊が発生する可能性のある斜面を抽出した。GIS を用いて河道近傍の斜面を対象に崩壊土量および想定河道閉塞高を算定し、河道閉塞が発生する蓋然性の高い箇所を選定した。検討フローを図 1 に示す。

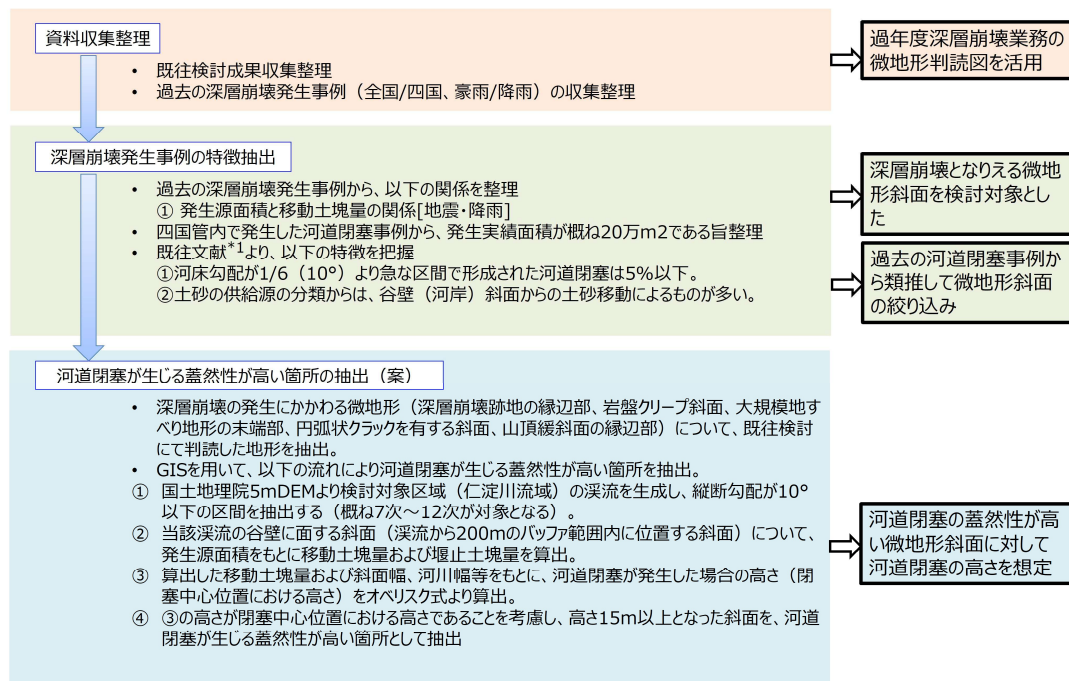


図 1 検討フロー

2. 深層崩壊の発生する恐れのある斜面の抽出

本検討では、既往業務（H20-21 四国西部深層崩壊危険箇所調査業務、平成 24 年度四国南部深層崩壊跡地調査業務、平成 25 年度四国山地深層崩壊調査業務）を活用した。

既往業務では、深層崩壊跡地の縁辺部、岩盤クリープ斜面、大規模地すべり地形の末端部等、深層崩壊の発生が懸念される微地形が空中写真判読により抽出され、本検討では抽出斜面すべてを対象として、深層崩壊の発生する恐れのある斜面の抽出を行った。

3. 河道閉塞に関わる深層崩壊発生事例の特徴抽出

過去の河道閉塞事例および「深層崩壊に起因する大規模土砂災害被害想定手法」¹⁾から河道閉塞は河床勾配が $1/6$ (10°) より緩勾配で土砂が堆積しやすく、深層崩壊は谷壁からの発生が多いことが確認されている。したがって、河道閉塞の発生条件を「河床勾配 $1/6$ (10°) 以下」かつ「谷壁に形成された斜面」と設定した。

4. 河道閉塞が生じる蓋然性が高い箇所の抽出

既往業務で抽出された斜面を対象に谷壁に面する斜面を選定した。また、各斜面について既往資料の特徴とオベリスクの式から河道閉塞高を算出した。

5. 大規模地震により河道閉塞が生じる蓋然性が高い箇所の抽出

河道閉塞が生じる蓋然性が高い箇所は、既往斜面面積 50 万 m^2 以下かつ堰高さ 15 m 以上となる斜面として抽出した結果、仁淀川流域において 825 箇所が抽出された（図. 2）。抽出箇所は流域中～上流部の急峻な谷壁に多く分布する結果となった。なお、地震の震度を考慮した抽出は場所や数に偏りが発生するため、南海トラフ地震による絞り込みは行わなかった。

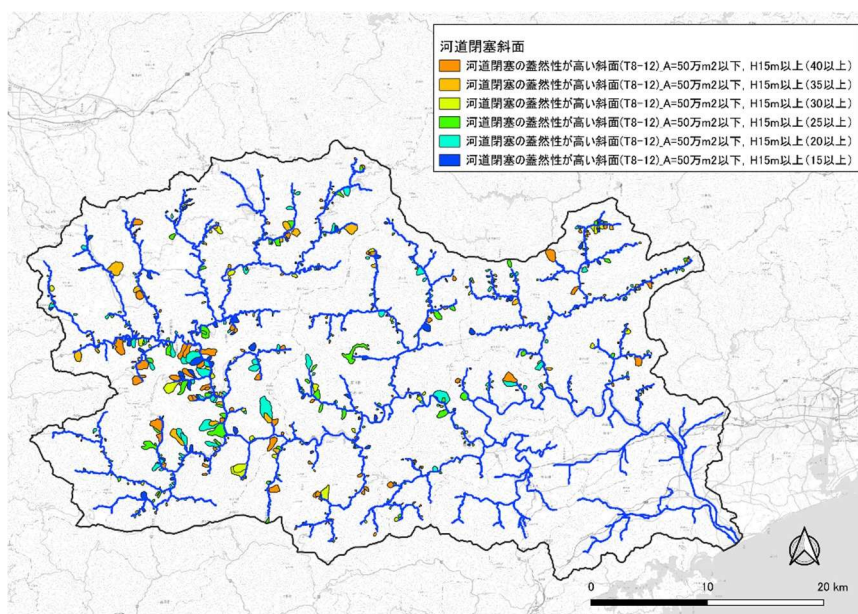


図. 2 河道閉塞の蓋然性が高い斜面（河道閉塞の想定高さ別）

6. まとめ

過年度に抽出された深層崩壊危険斜面を基に、深層崩壊の特徴と GIS 解析を行い、大規模地震時に河道閉塞が生じる蓋然性の高い箇所として仁淀川流域で河道閉塞の高さを算定し、その結果をデータベース化した。今後は、過去の河道閉塞事例を用いた本手法の再現性検証、他流域・他地域への適用性の検証を進め、南海トラフ地震に備えた四国地方の事前防災・警戒避難体制に寄与する。

【質問事項】

「斜面面積 50 万 m^2 以下や堰高さ 15 m の閾値設定について適用性の意見を頂きたい。」

「抽出した 825 箇所に優先順位付けを行う際に有効な指標があればご教示願いたい。」

<参考文献及び引用文献>

- 1) 国土交通省国土技術政策総合研究所：深層崩壊に起因する大規模土砂災害被害想定手法，平成 29 年 8 月

多点温度検層による地下水流動域の把握と

地下水排除工への適用事例

奥山ボーリング(株) ○谷口 健, 菊山 浩喜, 荻田 茂, 栗山 大助
芙蓉地質(株) 宮崎 基浩

1. はじめに

地すべり調査では, 地盤構成の把握や確実な不動層把握のため, すべり面より一定の深い深度までボーリング調査を実施し, オールストレーナーで水位観測孔として利用する場合もある。この場合, 孔内水位が複合水位となり, すべり面以深に観測される例があり, 本事例はこれに該当した。一般的な塩水を使用した比抵抗検層法で孔内水位以浅の地下水流動状況を把握することは不可能である。このことから, 当地すべり地の地下水流動状況を適切に把握し, 地下水排除工を検討するため, 多点温度検層を実施した。その結果, すべり面以浅にも地下水流動域が検出され, この結果に基づき, 検出された地下水流動域を対象として地下水排除工を試行した。本発表では, これら一連の取り組みについて報告する。

2. 現地概要

対象地は秋田県北部に位置し, 新第三紀中新世の大滝層に属するデイサイトが分布する山間地域である。地すべり規模は幅約 45m, 長さ約 35m であり, 令和 6 年 7 月 24~25 日の梅雨前線豪雨により被災した。令和 7 年 8 月 8 日には地表伸縮計で, 524.7mm/日を観測するなど, 豪雨時・積雪期・融雪期に断続的に活発な活動を示す地すべりである。すべり面形状は調査ボーリング等により概ね把握されている。しかし, 地すべり地内 (BV-1 孔, BV-2 孔) の孔内水位は豪雨時・積雪期・融雪期でも想定すべり面深度より低い位置にあり, 通常の水位観測では地すべり活動に影響する地下水挙動を十分に把握できていない可能性が示唆された(図. 2)。

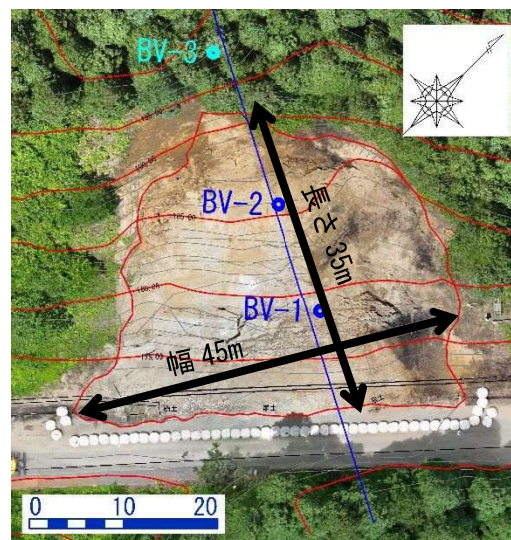


図. 1 調査位置平面図

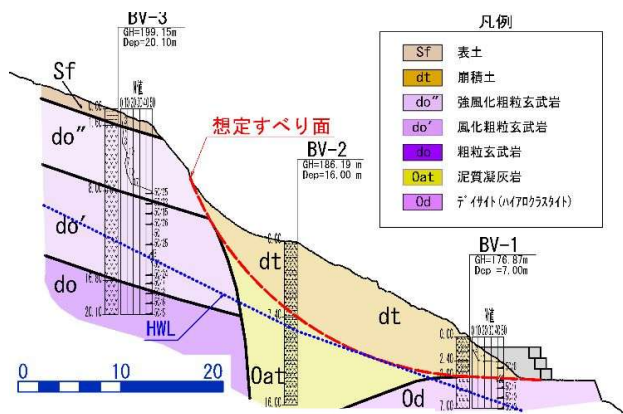


図. 2 地質断面

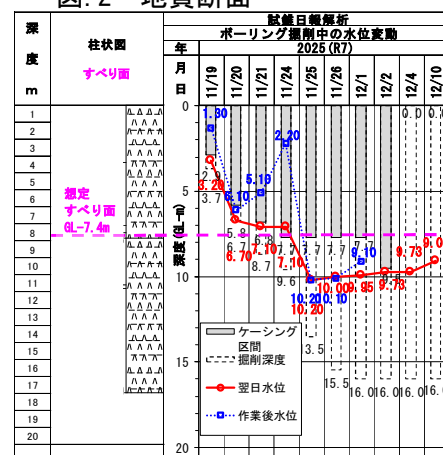


図. 3 試錐日報解析図 (BV-2 孔)

BV-2 孔では、GL-9.6m 以深掘進後、孔内水位が想定すべり面深度 (GL-7.4m) 以深に観測され、その後も想定すべり面以深を推移した (図. 3)。

3. 多点温度検層概要

多点温度検層は、温水を孔内に投入して孔内水および孔内水位以浅の空気を加温した後、孔内温度の回復過程を経時的に測定し、地下水流動層を検出する手法である。昇温させられた孔内温度は流入した地下水によって変化させられ、乱される前の温度に回復しようとする¹⁾。この現象を利用して孔内水位以浅も含め、孔内全区間について温度回復の状態から地下水流動層を推定することが可能である。測定は、温度センサを 50 cm 間隔で配置し、深度方向の温度分布を同時に取得する。測定時にセンサを上下させ 10cm 間隔で測定を行い、深度-温度曲線および深度-温度復元率曲線から地下水流動層を判定する。多点温度検層の実施状況を示した (写真. 1a～写真. 1c)。



写真. 1a 湯沸かし (50～60℃)



写真. 1b 使用機材



写真. 1c 測定状況

比抵抗検層法との比較 (表. 1) にあるように、当現場では孔内水位がすべり面以深に位置していたため、比抵抗検層法では把握が困難な孔内水位以浅の地下水流動状況を確認する必要があり、多点温度検層を実施した。

表. 1 地下水検層法比較

項目	通常の地下水検層 比抵抗検層法	多点 温度 検層
トレーサ	塩水	温水
測定対象	電気伝導度 or 比抵抗	温度
測定可能 範囲	孔内水位 以深	孔内全体

4. 多点温度検層結果概要

多点温度検層結果の代表例として BV-2 孔の検層結果を図. 4 に示した。多点温度検層により各孔で表. 2、図. 5 に示すような地下水流動層が検出された。なお、孔内水位以深では測定 30 分後の温度復元率 60% 以上、孔内水位以浅では温度復元率 80% 以上を地下水流動層検出の目安とした。地すべり地内の 2 孔 (BV-1

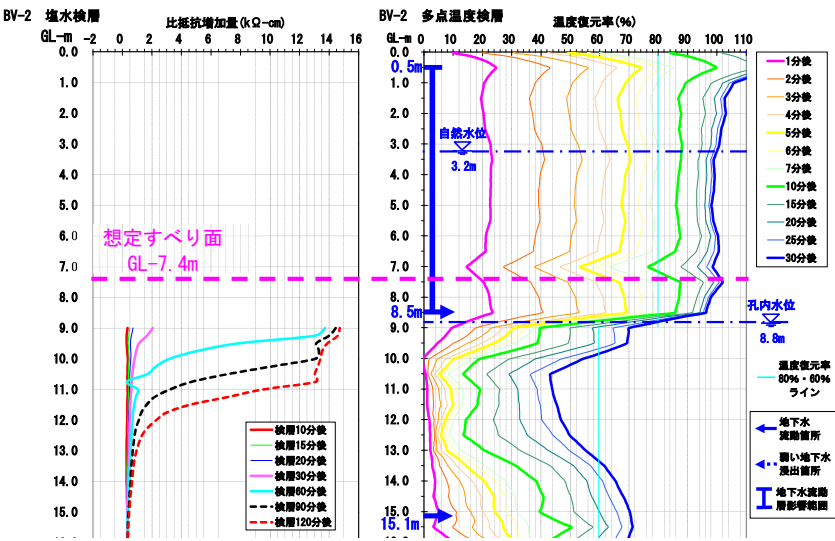


図. 4 地下水検層結果比較図 (BV-2 孔)

左：比抵抗検層結果 右：多点温度検層結果

※多点温度検層結果の解釈は参考文献²⁾による

孔, BV-2 孔)では, いずれもすべり面以浅に地下水流動層が検出され, 移動体内に広く分布する可能性が示唆された。なお, 地すべりブロック外の BV-3 孔においても孔内水位以浅に地下水流動層が確認された。

5. 多点温度検層結果の検証

(1) 孔内カメラによる検証

BV-1 孔, BV-2 孔へ孔内カメラを挿入し, ストレーナーから孔内への湧水深度を確認した。多点温度検層により流動層として検出されている区間で水滴程度の湧水が認められた。ここでは代表例として, BV-2 孔の孔内カメラ (GL-8. 4m) での確認結果を示した (写真. 2)。

(2) 地下水排除工による検証

多点温度 検層で検出された流動層を対象として, 試行的に横ボーリング工を施工した。横ボーリング工は, 機動性に優れた簡易削孔システムを用いて 2 箇所で施工した (写真. 3)。横ボーリング Y-1 は, BV-1 孔の GL-3. 1m の位置を, 横ボーリング Y-2 は, BV-2 孔の GL-8. 0m の位置を通るような計画とした。これらの横

表. 2 多点温度検層結果一覧

孔名	位置	地下水流動層深度 (GL-m)	備 考
BV-1	末端部	0. 5~4. 5	すべり面以浅を含む
BV-2	中腹部	0. 5~8. 5, 15. 1	すべり面以浅を含む
BV-3	ブロック外	5. 3, 18. 5	孔内水位以浅を含む

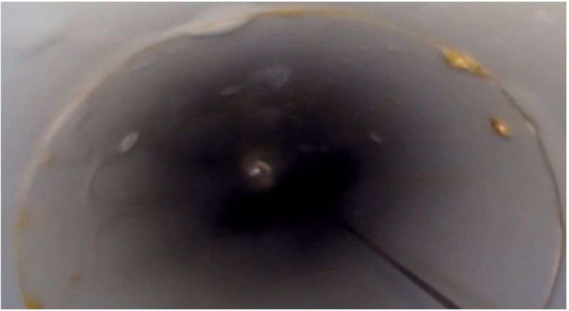


写真. 2 孔内確認 (BV-2 孔) GL-8. 4m 付近

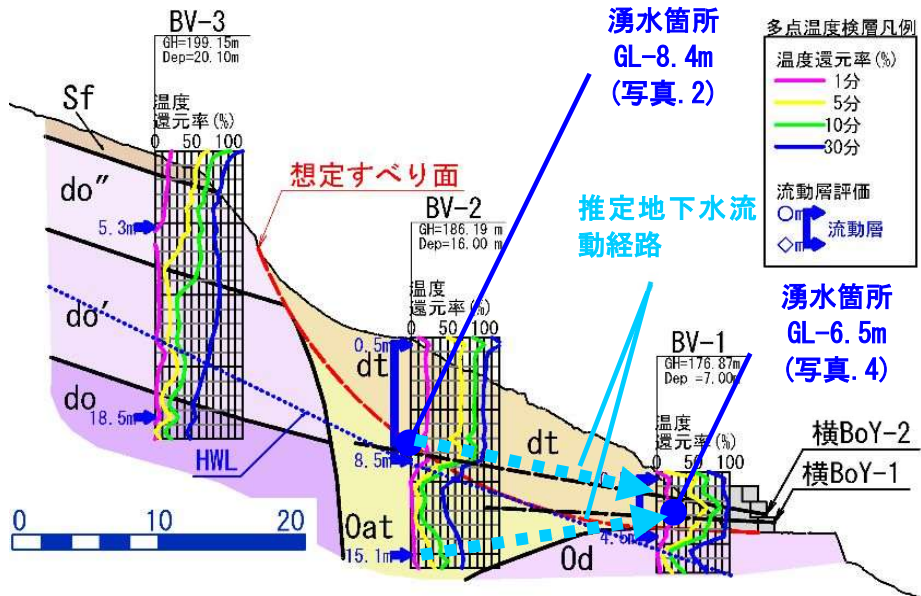


図. 5 地下水流動層解析断面図

深度は, 各孔で検出された地下水流動区間の下部に相当する。その結果, 好天時でも合計 1. 4L/min, 雨天時で合計 2. 1L/min の排水が認められ, 地下水流動経路の存在が裏付けられた。さらに, 横ボーリングでの孔内カメラ調査では, 横ボーリング Y-1 で, 孔口から 6. 5m 付近に多量の湧水箇所が確認された (写真. 4)。鉛直方向では BV-1 孔付近の GL-3. 18m に位置し, 多点温度検層により検出された地下水流動層の深度と概ね一致する結果となった。

また, 各孔の孔内水位, 横ボーリングからの排水量, 水質 (pH, Ec, 水温) などの無降雨時と降雨時の変化を比較すると, BV-2 孔 (GL-15. 1m 付近) の流動層と横ボーリング Y-1 の排水, BV-2 孔 (GL-8. 5m 以浅) の流動層と横ボーリング Y-2 の排水がそれぞれ類似傾向を示しており, 浅層と深層の異なる流動経路が推定される (図. 5)。

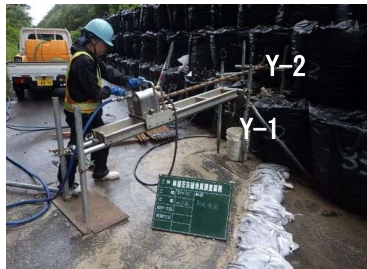


写真.3 簡易削孔機による削孔状況



写真.4 横ボーリング Y-1 6.5m 付近

6. まとめ

地すべり地の地下水流動機構解明には、地すべり地内および背後地(地下水涵養域)を含めた地下水流動層の分布・連続性の把握が重要である。多点温度検層は、孔内全体の温度を上昇させ、50cm 間隔の多点温度センサにより深度方向に 10 cm 間隔で測定することで、抵抗検層法では困難な孔内水位で浅の流動層や、薄い流動層・流速の遅い流動層を検出できる有効な手法である。

本事例で、多点温度検層の結果を孔内カメラによる湧水確認や横ボーリングの排水状況と照合した結果、各調査結果は概ね整合し、推定結果の妥当性が確認された。このことから、多点温度検層は地下水排除工の計画立案に有効な基礎資料を得る調査手法と考える。

今後の課題として、多点温度検層結果により検出した各地点の地下水流動層の連続性を孔内水位観測、水質分析・地質調査結果と組み合わせて評価することで、背後地から地すべり地内への地下水供給経路や移動土塊内・基盤岩内の流動特性をより詳細に把握できると考える。特に地下水排除工の施工後においても継続的な検討を行うことが重要である。工事効果の判定では、従来実施される排水量や孔内水位の測定だけでなく、多点温度検層結果などを含めた総合的な検討を行うことで、地すべり活動に影響する地下水を的確に排除できているか、といったより詳細な分析が可能になると考えられる。また、当地すべりのような断続的な活動性を示す地すべりでは、活動時と停止時で地下水流動状況が異なる可能性がある。特に融雪期や豪雨時には、平常時には認められない供給経路や一時的流動層が形成され、地すべり活動の誘因となる可能性がある。そのため、平常時に加え融雪期・降雨時にも多点温度検層や水質分析等を実施し、結果を比較検討することも今後の課題である。

謝辞

本発表を行うにあたり、大館市より貴重な資料・データの提供を頂きました。また、自然地下水研究所の理学博士竹内篤雄氏には有益なご助言をいただきました。ここに深謝の意を表します。

【質問事項】

「今回の事例のように、孔内水位が想定すべり面以深で観測されている現場で、本来の地下水位を特定し、対策工に繋げた事例がありましたら教えてください。」

〈参考文献〉

- 1) 竹内篤雄 (1996 年) 温度測定による流動地下水調査法, 古今書院.
- 2) 竹内篤雄 (2017 年) 自然地下水調査法-日本国内 863 箇所の地下水温-, 近未来社.

御荷鉾帯における構造線近傍で発生した 地すべりの調査・設計事例

(株) ナイバ ○岡田弘, 長田朋大

1. はじめに

四国西部の三波川帯／御荷鉾帯境界である清水構造線付近の御荷鉾帯において発生した地すべりについて調査および設計を行った。本発表では、調査の結果から破碎帯が地すべり土塊直下に分布することが判明し、厚い破碎帯が対策工の設計および施工に大きく影響することが懸念された事例について紹介する。

2. 地形地質概要

調査地は愛媛県内子町の山間部であり、近くを流下する小田川の左岸側斜面に位置する。調査地の斜面は、蛇行する小田川の攻撃斜面となる。調査箇所は、明瞭ではないものの、幅約 40m で頭部付近に遷急線を有する凸状の地すべり地形が認められる(図.1)¹⁾。地すべり地形の末端付近は小田川の攻撃斜面であり、河岸の削剥により上方斜面が不安定化しやすい場所である。

既存地質図²⁾によると、調査地周辺は、四国西部の三波川帯と御荷鉾帯の地質境界が東北東-西南西方向に延びており、北側には三波川帯の泥質片岩が、南側には御荷鉾帯の塩基性片岩が分布する。なお、調査設計箇所は南側の御荷鉾帯に属する(図.1, 図.3)²⁾。

3. 現地状況

調査地には、地すべりに起因すると考えられる、町道を横断する顕著な沈下を伴うクラック、道路谷側のブロック積み擁壁の開口・沈下・接続部のズレ、町道山側のコンクリート舗装面や石積みにクラックが確認された。その他、地すべり頭部地形と思われる遷急線を確認した。構造物に認められたクラックの多くは開

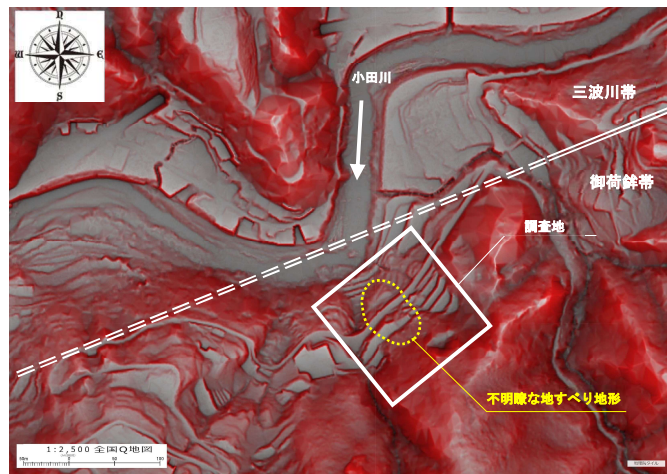


図.1 調査地周辺の地形と地質概要

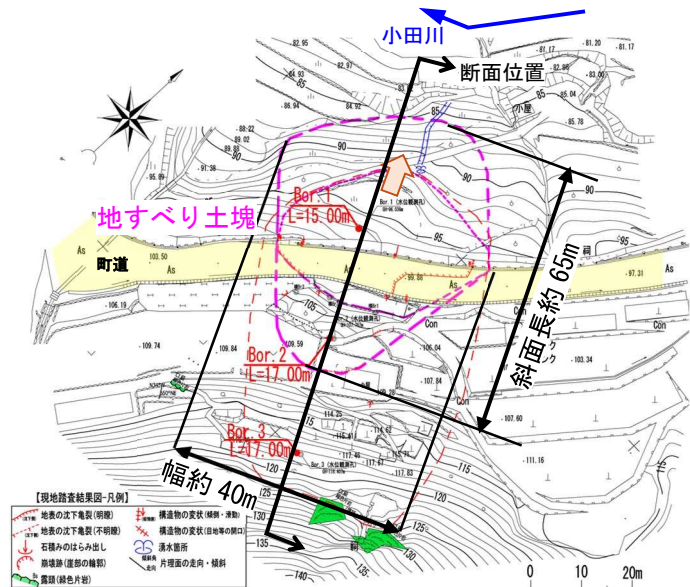


図.2 現地踏査から推定した地すべり土塊

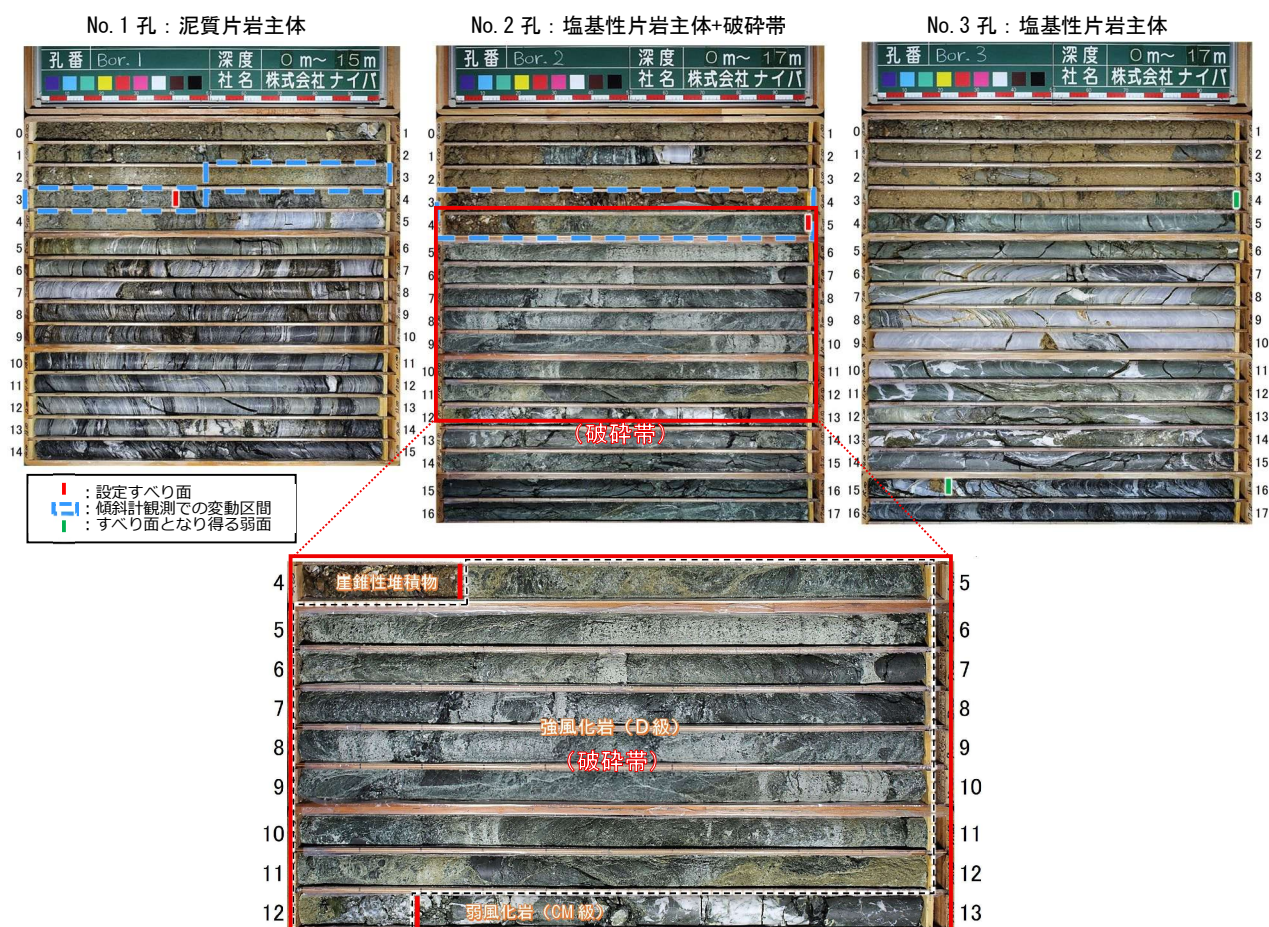
口幅 3～5mm 程度の軽微なものである一方で、変状が大きい箇所は破断面の角が取れていることから、時間をかけて変状が進行したことがうかがえた。以上のから、町道を含む幅 44m、斜面長 65m 規模の緩慢な地すべり性変動が発生していると推察された（図.2）。

上記を踏まえて、想定される地すべり土塊の中央部付近（No.1 孔）と頭部付近（No.2 孔）、地すべり土塊上方（No.3 孔）の 3 箇所で調査ボーリングを行い、それぞれで孔内傾斜計観測孔と水位観測孔を設置して変動観測を行った。

4. 調査・観測結果

調査ボーリングの結果、表層から崖錐堆積物、塩基性片岩／泥質片岩および石灰質片岩の互層が確認された。中でも No.2 孔では深度 4.3～12.2m 間に鉛直方向の厚さ 8m 程度の粘土質なコアからなる破碎帯が確認された（写真.1）。破碎帯は他のボーリングコアには確認されず、その分布を推定することが困難であった。

また、変動観測および地下水観測の結果、No.1 孔では深度 2.5～3.5m 区間（土砂／岩境界の土砂側）で変動 a（累積変位値：10mm 以上／月）～変動 c（累積変位値：0.5～2mm／月）の変位が確認され、最高水位は深度 1.5m 付近であった。No.2 孔では、深度 3～5m 区間（土砂／岩境界の岩盤側）で変動 c～変動 c 未満（累積変位値：0.5mm 未満／月）の変位が確認され、最高水位は深度 4.3m 付近であった。No.3 孔では変位は確認されず、最高水位は深度 3.3m 付近であった。



5. 破碎帯の評価

調査・観測の結果から、地すべりは、幅 44m、斜面長 65m、すべり面深度 3.4～5.0m、すべり面勾配約 25 度と評価した。本地すべりの対策工は地形的な制約と地元住民の土地利用状況、および施工費の観点からアンカー工が有力であったため、アンカー体の定着地盤を検討する上で破碎帯の姿勢が特に重要であった。

破碎帯を評価するにあたり、①ボーリングコアと②先行研究^{2) 3)}の2点に着目した。①コア観察の結果、破碎帯を挟んで谷側（北側）は泥質片岩主体で、山側（南側）は塩基性片岩主体と岩種が異なり、地質構造が連続しない（写真.1）。また、破碎帯は1本のボーリングにしか確認されていないことから高角度に分布することが推察される。②先行研究で、調査地には三波川帯と御荷鉾帯の境界である清水構造線が近傍に位置し、うつむき山アンチフォームの影響により破碎帯は高角度に分布するとされている（図.3）。以上の2点からボーリングコアで確認された破碎帯は清水構造線そのもの、もしくはそれに付随する同系統の破碎帯であると推定した。この観点を基に、当地すべり地で確認された破碎帯の分布は、清水構造線の走向傾斜（N70° E, 50～60° N 程度）を採用した（図.4）。なお、破碎帯の幅は安全側に配慮して想定される最大となるように設定した。

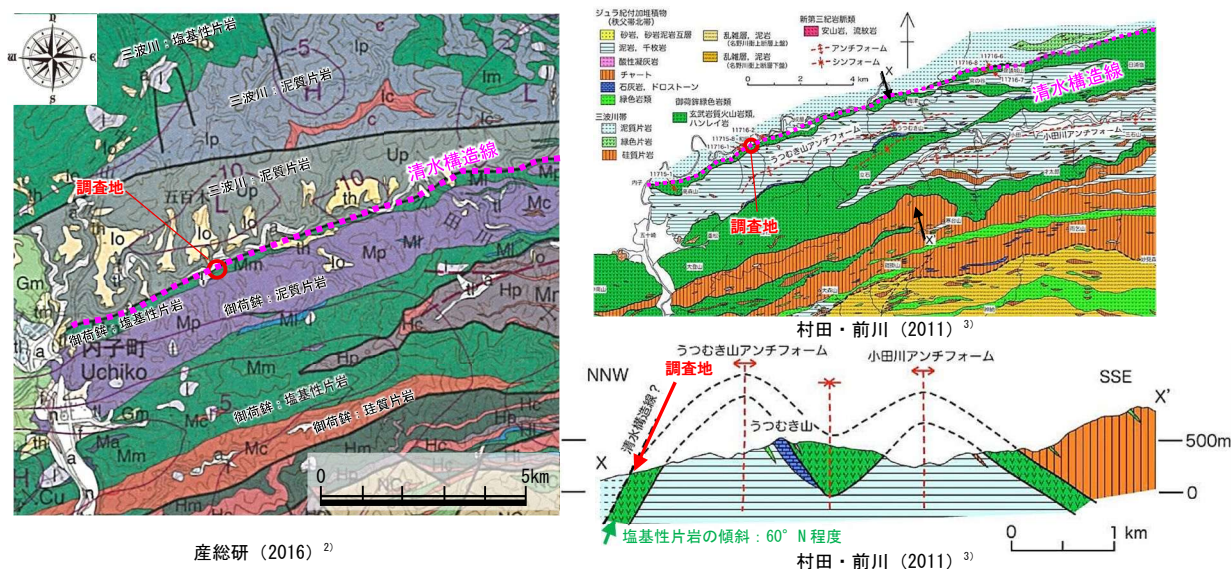


図.3 調査地周辺の地質図および断面図（文献 2, 3 に加筆）

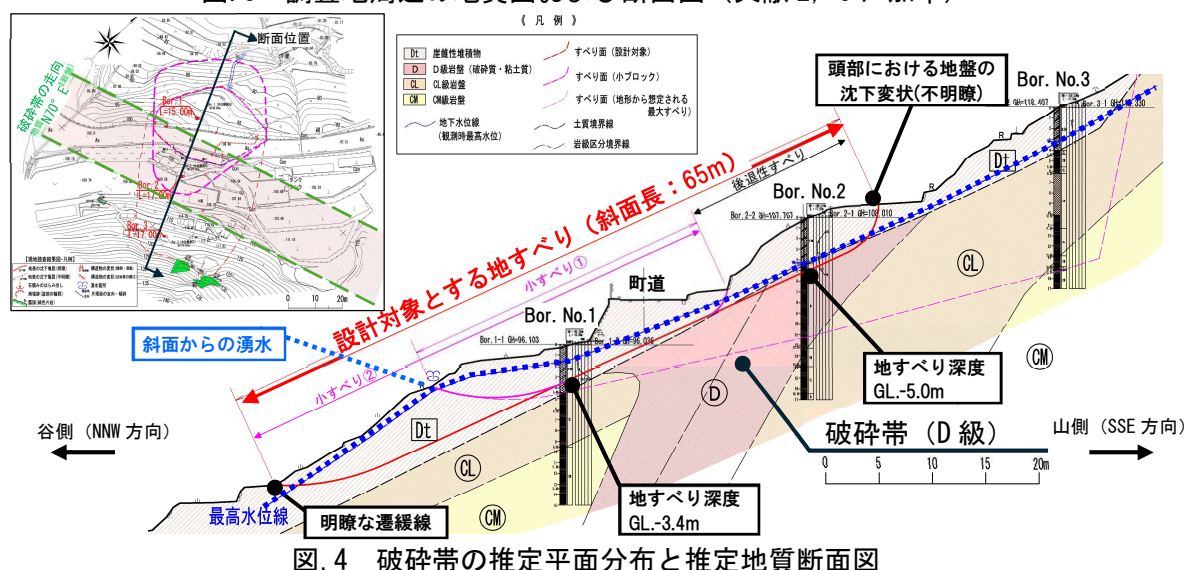


図.4 破碎帯の推定平面分布と推定地質断面図

6. 対策工設計と破砕帯の把握（チェックボーリングの実施）

対策工の目的は町道の保全を主としているため、抑止工としてのアンカー工を地すべり土塊の中腹に位置する町道下の擁壁部に受圧板とともに設置し、水抜きボーリングを併用する計画とした（図.5）。アンカー体の定着位置は、破砕帯を貫いた堅岩とした。ただし、破砕帯の分布については、先行研究から推定したものの、不確実性を含むため、破砕帯の分布を把握するために工事段階でチェックボーリングを実施するものとした。

実施した2本チェックボーリングでは、想定と概ね一致した深度に破砕帯が分布することを確認することができ、破砕帯を避けた箇所にアンカー体を定着させることができた。

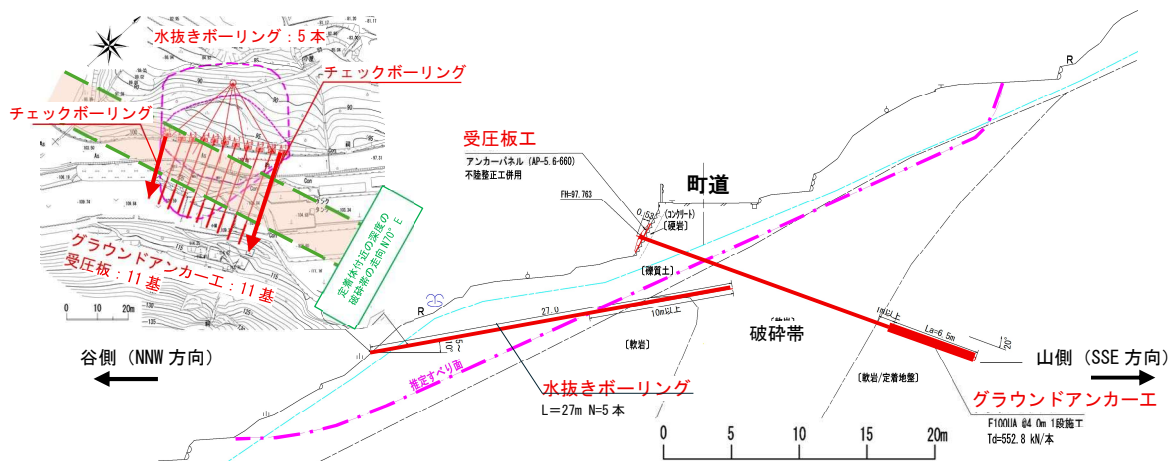


図.5 対策工計画平面図および標準断面図

7. まとめ

本発表では、構造線近傍で発生した地すべりの調査・設計事例を紹介した。調査で土塊が破砕帯直上に位置することが判明し、対策工設計において、地質特性が大きく影響するケースであった。そこで、破砕帯の分布を把握するために先行研究から破砕帯の走向・傾斜を推定するとともにチェックボーリングを行った。その結果、調査で推定した破砕帯分布と実態が概ね一致することが確認でき、対策工の品質確保につなげることができた。

8. 謝辞

今回の発表にあたり、本発表にご理解いただいた発注者の内子町役場建設デザイン課の皆様をはじめとして、ご助言、ご指導いただいた関係者の皆様にご場をお借りしてお礼申し上げます。

【質問事項】

「破砕帯は1本のボーリングでしか確認できず、平面・断面分布の把握には不十分でした。実態を把握するために、より効果的な調査方法がございましたらご教示ください。」

＜参考文献及び引用文献＞

- 1) 全国Q地図 (<https://qchizu.jp/maps/>) 参照：2026年6月20日時点
- 2) 産業技術総合研究所：20万分の1地質図幅「松山（第2版）」、2016年
- 3) 村田明広，前川寛和：四国西部，内子-小田地域の御荷鉾緑色岩類の地質構造，2011年，徳島大学総合科学部自然科学研究，第25巻4号29-38頁

能登半島地震で発生した 新潟県糸魚川市の中野口地すべりの事例紹介

(株)興和 ○奈良幸明, 大塚洋之, 志太智春, 柿崎研人

1. はじめに

本発表では、令和6年能登半島地震に起因し、新潟県糸魚川市で発生した中野口地すべりを紹介する。中野口地すべりは、新潟県糸魚川市、二級河川能生川の右岸側に位置する中野口地すべり防止区域内で令和6年1月1日に発生した。被災地は能登半島地震の震央から直線距離で約80kmの場所に位置し、近傍の震度観測点「能生」では震度5強を観測した。

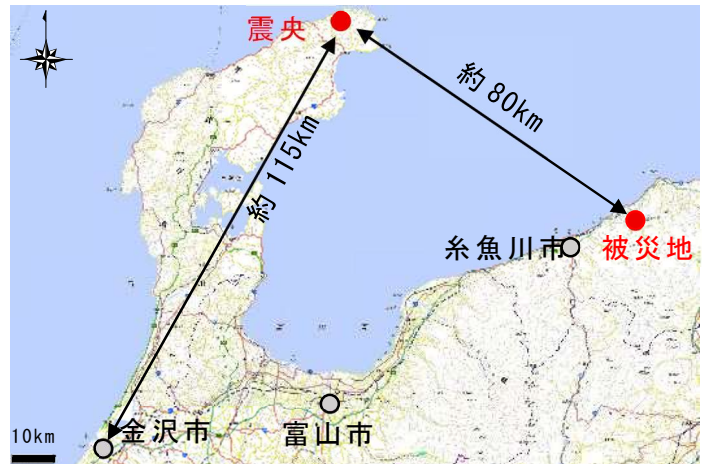


図.1 地すべり発生箇所¹⁾
(国土地理院地形図に加筆)

2. 地すべりの概要

地すべりは長さ約180m、幅約80mの馬蹄形を呈し、上部ブロックと下部ブロックに区分される。上部ブロック滑落崖は高さ約20mで泥岩が露出し、下部ブロック滑落崖は高さ10mで崩積土が露出する。ブロック末端部では、泥濘化した土砂が流下し、多数の倒木が確認された。今回発生した地すべりブロックを「R6 災関ブロック」と呼称する。当地は繰り返し地すべりが発生しており、R6 災関ブロックの背後には、古いすべりの滑落崖が存在し、左側部には平成25年と和2年に活動した地すべりブロック(R2 災関ブロック)が隣接している。R6 災関ブロックに対する調査ボーリングは上部・下部ブロックで1箇所ずつ、滑落崖の背後斜面で1箇所の計3箇所で実施した。



写真.1 中野口地すべり全景写真

3. 地形・地質概要

中野口地すべり周辺は、新第三紀の堆積岩類が分布し、地すべり発生箇所には、中新世の塊状泥岩を主体とする「中ノ俣泥岩部層」が分布する。周辺の走向傾斜は南北～北西-南東走向，東～北東傾斜であり，被災箇所は受け盤構造を呈する。また，西部には背斜軸が存在している。

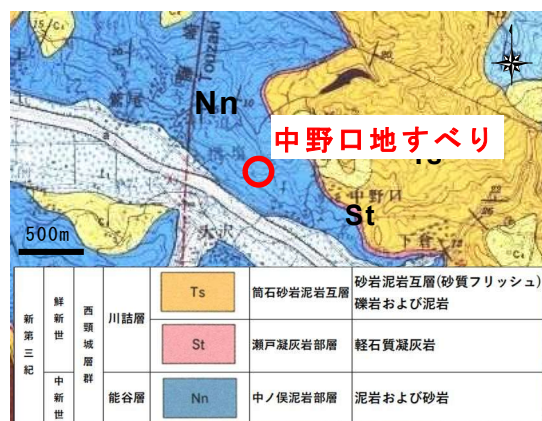


図.2 地すべり発生箇所の地質²⁾
(5万分の1地質図幅「高田西部」に加筆)

4. 地すべり発生時の気象条件

地すべり発生前は融雪が進行し，令和5年12月22日に78cmあった積雪深が，令和6年1月1日には0cmとなった。また，地震前日の12月31日には44.5mm/日の降雨があった。融雪と降雨により，隣接するR2災関ブロックでは，地下水位の上昇が確認されており，このことからR6災関ブロック内の地下水位も上昇していたものと想定される。

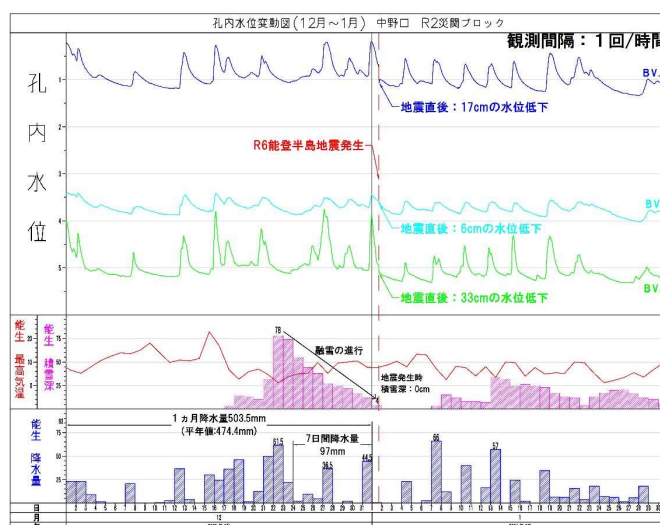


図.3 孔内水位変動図(隣接ブロック)³⁾

5. 対策工について

対策工は地下水の排除を目的とし，集水井を1基，横孔ボーリング孔を5群施工した。滑落崖の風化・浸食防止を目的とし，上部ブロックでは簡易法枠工と植生工を併用，下部ブロックでは斜面整形と植生工を併用して施工した。また，土砂流出防止を目的として，上部・下部ブロックの末端に大型フトンカゴを施工した。現在，対策工はすべて施工が完了している。

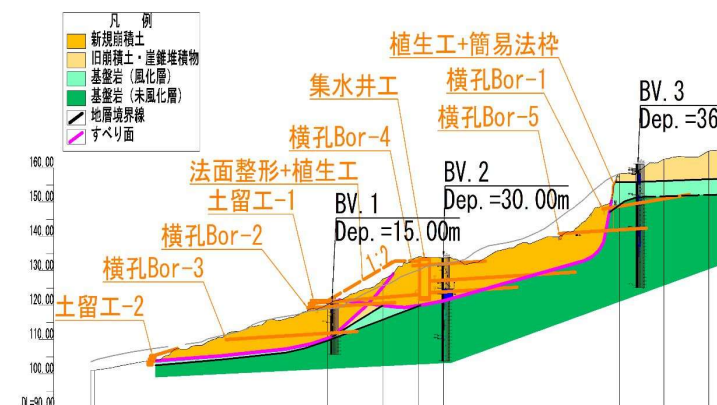


図.4 対策工断面図

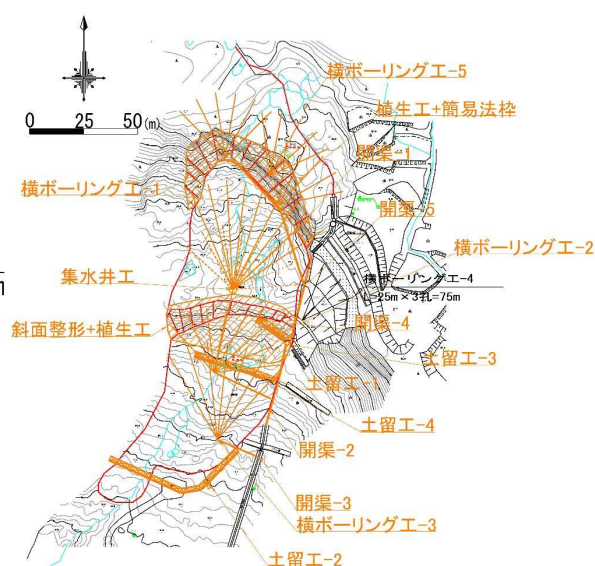


図.5 対策工平面図

6. 地下水位観測結果

R6災関ブロックの各観測孔において、地下水排除工の施工後、地下水位の明瞭な低下が確認された。BV.1では横孔ボーリング工により約9～10m、BV.2では集水井工により約2m、BV.3では横孔ボーリング工により約2～3mの地下水位の低下が観測された。

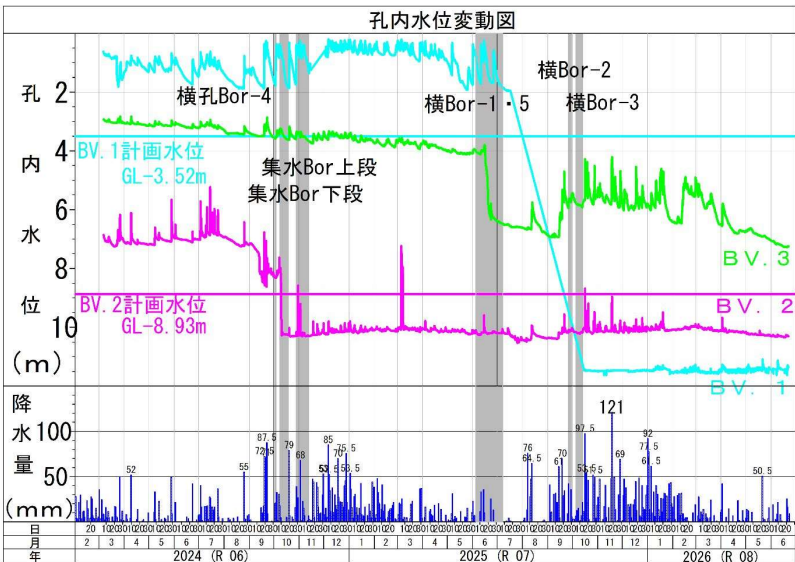


図. 6 孔内水位変動図

7. パイプ歪計観測結果

パイプ歪計の観測では、地すべりブロック内のBV.1とBV.2では変動は観測されなかったが、ブロック滑落崖背後斜面のBV.3では、深度5～6mのX方向で、 $100\mu\text{S}/\text{月}$ 以下の累積傾向のある変動が認められていた。しかし、横孔ボーリング工の施工後、地下水位は低下し累積変動は収束した。2025年6月には深度5mで $311\mu\text{S}/\text{月}$ 、深度6mで $847\mu\text{S}/\text{月}$ の変動が観測されたが、横孔ボーリング工の施工と同時期のため、この変動は施工の影響によるものと考えられる。

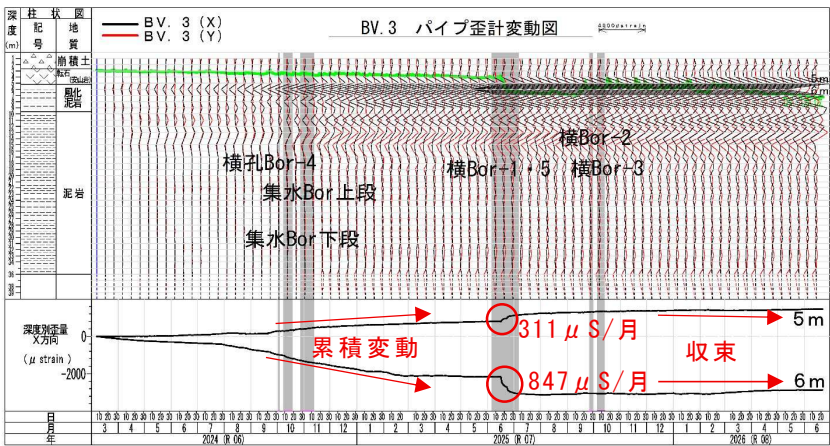


図. 7 パイプ歪計変動図

8. 安定計算結果

目標安全率は、保全対象に人家があることから $pFs=1.200$ に設定した。初期安全率は、ブロック内部のパイプ歪計観測で変動が認められなかったことから、 $Fs=1.000$ に設定した。地下水排除工の効果により、令和7年度の安全率は、上部ブロックおよび下部ブロック共に向上した。

表. 1 安全率の遷移

ブロック名	初期安全率	目標安全率	R7	
			施工前	施工後
上部ブロック	1.000	1.200	1.062	1.157
下部ブロック	1.000	1.200	0.982	1.538

9. 簡易法枠施工中の崩壊について

当地の泥岩は風化しやすい特徴を持ち、地すべり発生当初、露岩していた頭部滑落崖は、簡易法枠の施工中に、2度の表層崩壊が発生した。1度目の崩壊前には降雨はなく、2度目の崩壊時には28.5mm/日の降雨が認められた。2回とも同一箇所での崩壊であり、上部斜面からの流入水や地下水の影響により崩壊部周辺の風化が進行していた可能性が考えられる。



写真.2 崩壊(1度目)



写真.3 崩壊(2度目)

10. まとめ

今回発生した中野口地すべりでは、地下水排除工による明瞭な地下水位低下が確認された。それに伴い、パイプ歪計の変動も収束し、背後斜面の安定化も確認されている。一方、風化しやすい泥岩の影響により、簡易法枠の施工中に表層崩壊が発生した。このような事象を通じ、地下水排除工などの抑制工だけではなく、浸食防止を目的とした対策もまた重要であることを再認識した。

11. あとがき

本稿執筆に際し、新潟県糸魚川地域振興局地域整備部からは、写真や地形図、観測データの提供など多大なご協力、ご指導を賜りました。厚く御礼申し上げます。

12. 質問事項

- ① 地震で発生した地すべりの特徴があれば教えてください。
- ② 対策工の施工中に発生した問題と、その対処について教えてください。

<参考文献および引用文献>

- 1) 国土地理院地形図 <https://maps.gsi.go.jp/>
- 2) 赤羽貞幸，加藤碩一(1989):5万分の1地質図幅「高田西部」
- 3) 気象庁アメダス：観測地点「能生」
<https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/>

B 会 場

J Rホテルクレメント徳島

3 階

金扇（西）

大規模地すべり地帯における抑止杭工の施工事例

(株)日さく ○後藤 匠

1. はじめに

本工事の施工箇所を含む山形自動車道の当該地区は、道路計画段階から沿線に多数の地すべりが指摘されており、建設当時より数多くの対策工が実施されてきた地域である。

平成8年度にはトンネル坑口上部において地すべりが発生したため、それ以降も各種観測や調査および対策工が実施されている。それらの効果により地すべり挙動は年々減少しつつあるが、平成29年度の融雪期にトンネル変状の増加が確認されたことから、新たな対策工事として、集水井工、抑止杭工、横ボーリング工が計画された。

弊社では地すべり対策工事のうち抑止杭工を1次下請けとして請負い、本発表ではその施工事例について紹介する。

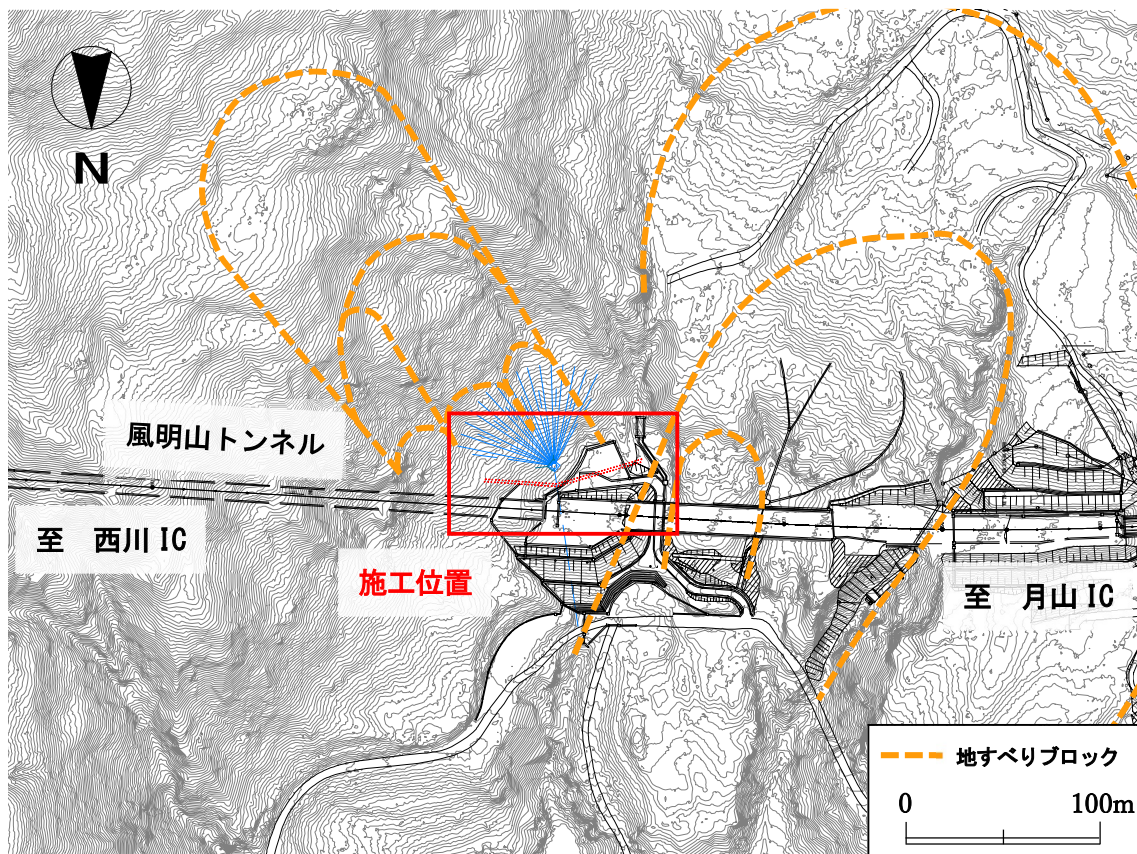


図.1 地すべり地帯平面図

2. 工事概要

本工事における抑止杭工は、SM570 ϕ 500mm $\times$ 18mm のネジ継手鋼管杭を千鳥配置で100本施工する仕様である。鋼管杭は最大杭長46.5mと長尺で、鋼管杭7本継ぎの場合においては重量が10tを超える仕様となっている。

長尺な鋼管杭に対して杭間隔が小さく、孔曲がりによる隣接杭の干渉等の施工リスクが考えられる。また、施工箇所が一部傾斜地でありクレーンヤードとの距離が離れているため、仮設、施工方法の選定が課題となった。

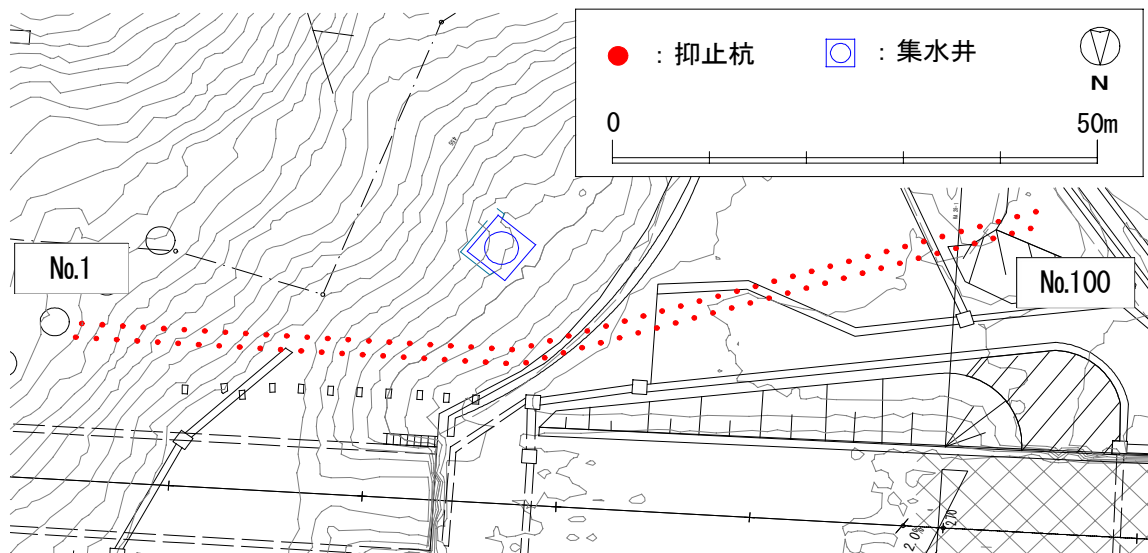


図.2 抑止杭工平面図

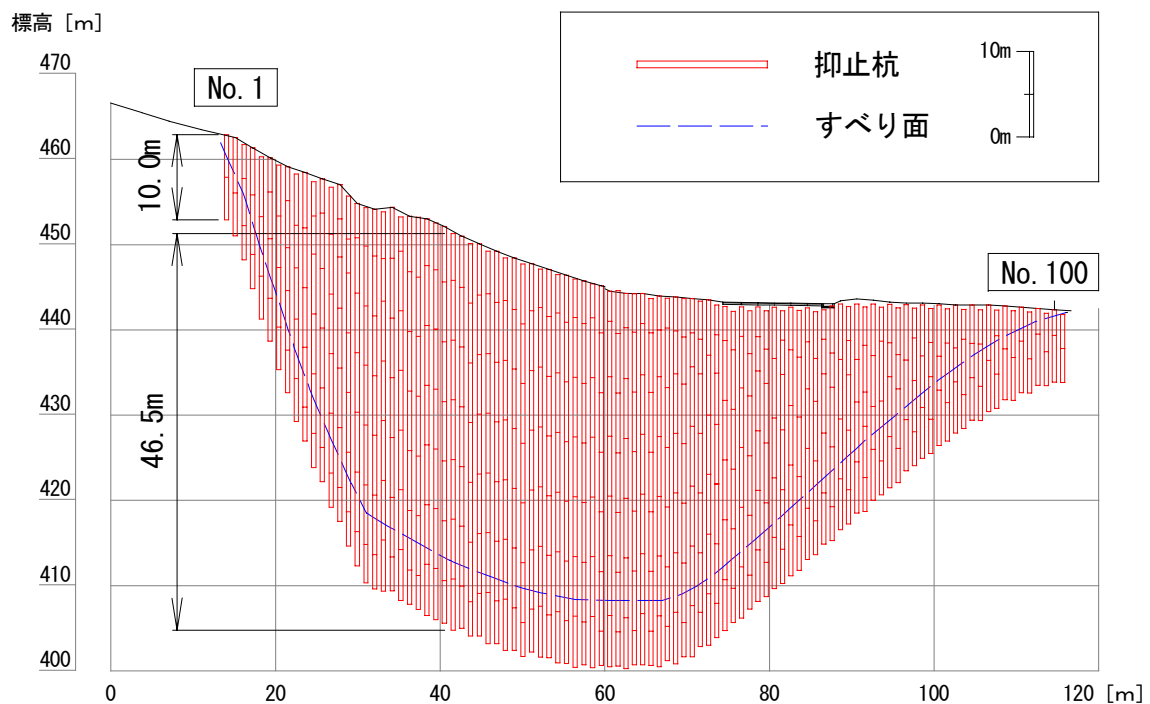


図.3 杭配置横断面図

3. 施工方法

本工事では、現場条件および削孔深度に合わせ次の3通りの施工方法を選定した。

①システム作業構台+大口径ボーリング工

ラフテレーンクレーンの作業半径外が大半を占める傾斜地では、部材が軽量で人力運搬が可能かつ所定の強度も確保できるシステム作業構台を使用した。

最上段は補助クレーンとして4.9t 吊クローラクレーンを使用した。



写真.1 システム作業構台+大口径ボーリング工

②山留作業構台+大口径ボーリング工

施工箇所が平坦かつラフテレーンクレーンにて作業構台材料の荷振りが可能な施工範囲は、高強度の山留材(YH200)を用いた作業構台を使用した。

削孔深度が 20m 以深の箇所は削孔中に孔壁の崩壊および湧水の発生が予測されるため、泥水式の大口径ボーリング工による削孔とした。

システム作業構台と比較して、本工事における山留作業構台は設置撤去に要する期間が少なく、全体工期の短縮へと繋がった。

③ダウンザホールハンマー工法(A 工法)

施工箇所が平坦で大型削孔機の設置が可能かつ削孔深度が 20m 以浅の箇所は、工期短縮を目的としてダウンザホールハンマー工法による削孔を行った。

ダウンザホールハンマー工法施工箇所は、55t クローラクレーンおよび杭打機を据付けるため、バックホウによる整地の後、敷鉄板を敷設することで養生を行った。また、排土した削孔スライムが飛散し高速道路の走行車両と接触するリスクが考えられるため、オーガスクリーンによる排土を行うことで削孔スライムの飛散予防措置とした。



写真. 2 山留作業構台+大口径ボーリング工



写真. 3 ダウンザホールハンマー工法 (A 工法)

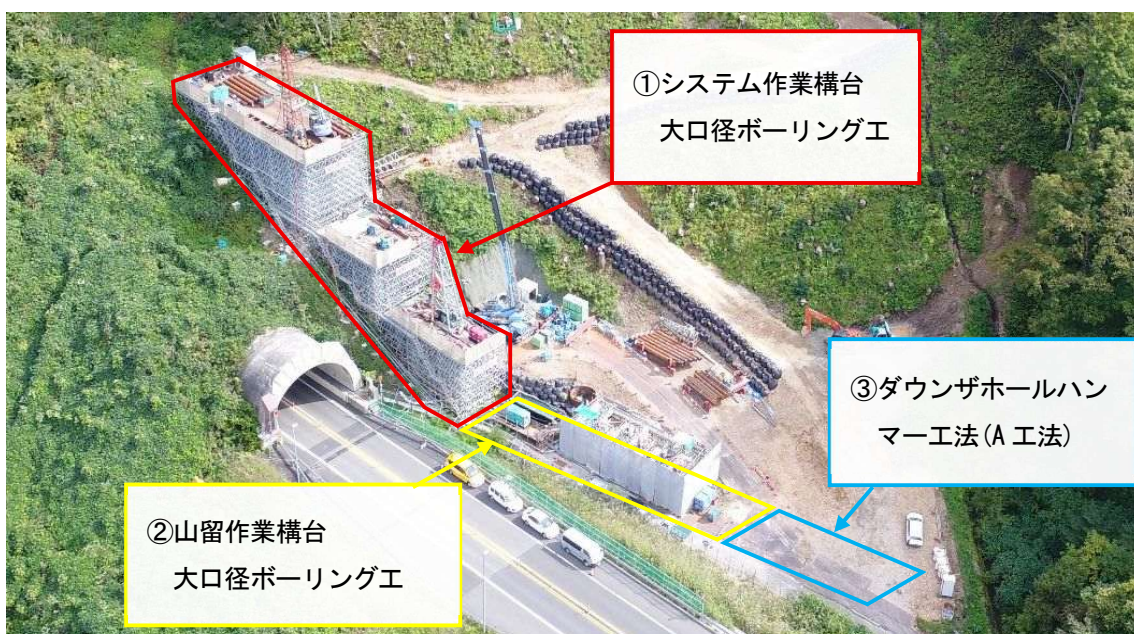


写真. 4 現場全景 (施工方法概略)

4. 発生したトラブルとその対応

既設集水井に近接した位置を削孔中、削孔泥水の全量逸泥が発生した。集水井内の集水ボーリング孔から逸泥した泥水の流出が確認されたため、集水ボーリング孔をキャップにて止水し、その後抑止杭削孔箇所からモルタルを注入しセメンチングによる地中亀裂の閉塞を図った。後の抑止杭削孔では、逸泥防止剤も添加のうえ削孔を実施したが、同深度において再度全量逸泥が発生した。また、集水ボーリングの他、集水井ライナープレートおよび近隣の地表集水ボーリングからの泥水流出が見られたため、キャップによる止水だけでは限界があると判断した。

広範囲への逸泥が確認されたことから、予想される地中の複数の亀裂や空隙からなる流路を閉塞する抜本的対策として、発注者と協議のうえ薬液注入工の施工が決定された。薬液注入工は、全量逸泥発生地点と近接する削孔箇所 10 孔を対象として懸濁型の薬液を注入するもので、薬液注入深度は全量逸泥発生深度の GL-22m 付近を含む GL-16m から GL-30m とした。

薬液注入工施工後、抑止杭削孔を再開したところ逸泥は発生せず、引き続き抑止杭工打設を継続した。



写真. 5 削孔泥水流出状況(集水井)



写真. 6 削孔泥水流出状況(地表)

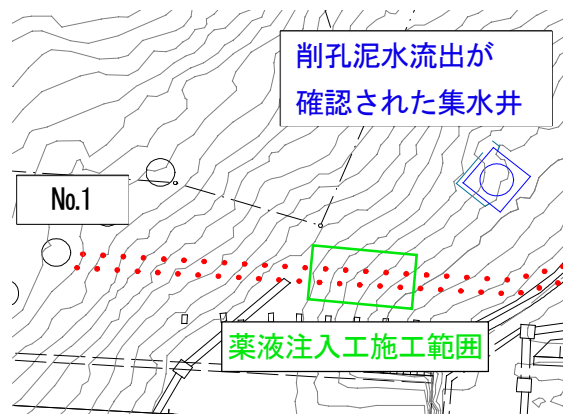


図. 4 薬液注入工概要

5. まとめ

本工事は、現場条件に合わせた施工方法を計画施工した。大口径ボーリング工における長尺削孔という特殊条件下において、逸泥等トラブルもあったが、結果として無事竣工を迎える事が出来た。最後に、本発表についてご承諾・ご協力を賜りました元請の株式会社竹中土木東北支店様はじめ関係各位に謝意を申し上げます。

【質問事項】

「大口径ボーリング工における孔曲がり対策事例についてご教授ください」

<参考文献及び引用文献>

大林正和ら(2008)山形自動車道 中の沢地区に接する地すべり地帯で実施した航空レーザー計測の効果について

RC セグメント型集水井の施工事例紹介

(株) 日さく

○佐々木元気

(株) 塩川組

戸谷有辰

1. はじめに

地下水排除工として施工される集水井の構造形式には、一般的にライナープレートやRCセグメントが用いられている。ライナープレート型集水井は特に広く採用され実績も多いが、活動中の地すべりで過大な土圧が作用する場合、材料強度や耐久性の面から施工および維持管理には注意が必要な場合がある。一方、RCセグメント型集水井は、材料強度や耐久性が高く、切羽では鋼製刃口を用いた掘削となるため、深度30m以上の集水井や活動中の地すべり、地下水位が高くボーリングの恐れのある現場等において安全で有効な工法である。当社は近年、RCセグメント型集水井の施工実績が増加しており、本発表ではその具体的な施工事例を紹介する。

2. 施工地の概要

本発表の集水井施工地である「落合地すべり防止区域」は、長野県下高井郡山ノ内町の夜間瀬川上流、上信越高原国立公園内に位置する(図.1)。周囲は標高2,000m級の火山群に取り囲まれており、その規模は長さ約2.5km、幅1.3km、すべり面深さ10～64m、区域面積約292haにおよび、長野県内最大となっている。

当地域では、平成2年に活動が活発化したことから集水井工の施工が開始され、A～Dブロックにおいて、令和元年までには43基もの集水井やその他の対策工を施工済みであったが、令和2年4月の融雪期には大雪の影響もあり、当時未対策であったEブロック末端部の崩落があり、新たに集水井5基が計画された。崩落地付近での施工や想定すべり面30m超であることを踏まえ、恒久対策として集水井5基のいずれもRCセグメント型で発注された。

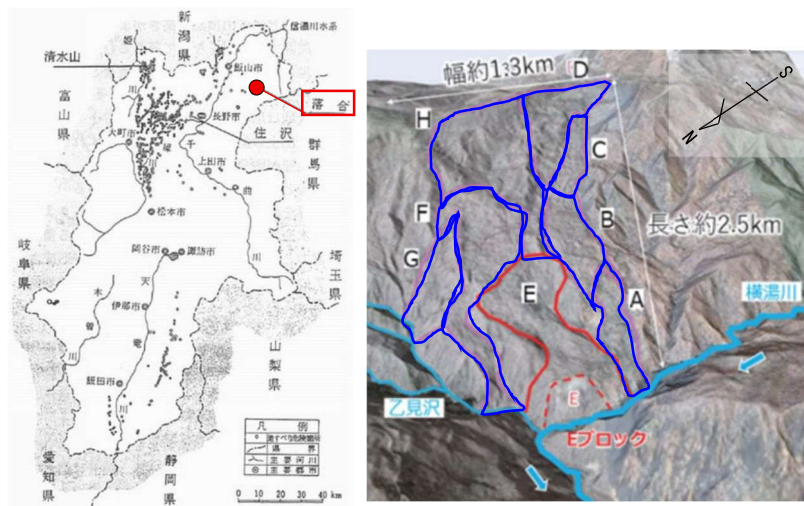


図.1 落合地すべり防止区域位置図およびブロック区分図

引用：(一社)斜面防災対策技術協会ホームページ 斜面防災技術

3. 施工概要

3.1 集水井の情報

- ・集水井名：WE-1(Eブロック 1号井)

- ・施工方法：B工法(バックホウ掘削・クレーン排土)
- ・径：φ3.5m
- ・深さ：21.6m(GL-0～21.6m，次年度増掘計画有り，最終34.0m)
- ・排水ボーリング：L=56m 1本(連結)
- ・集水ボーリング：L=50m 25本(TL=1,250m)



写真.1 WE-1 全景および内部状況

3.2 施工における特殊性

施工地である山ノ内町落合地区は豪雪地帯に指定されており，降雪期を除いた施工可能期間は4月下旬～11月上旬の実質6ヶ月程度に限られている。しかし，Eブロック集水井は5基のいずれも深さ30mを超える設計であり，単一年度での完工は困難である。

そのため，施工を浅部と深部の2カ年に分け，発注されている。本発表は集水井浅部(図.2の赤色部)を施工，緑色部は次年度分)の施工を対象としている。

4. RC セグメント型集水井の施工

4.1 施工フロー

図.3に概略施工フローを示す。以下，集水井工に関する各工程について説明する。

4.2 集水井掘削工法

本工事はバックホウ掘削，クレーン排土の「B工法」が採用されている。特に集水井内部は低酸素状態や有毒ガスの滞留が懸念されるため，常時送風機の運転やガス検知器による坑内状況モニタリングを行った上で，坑内では排出ガスのない電動バックホウを用いて掘削した。

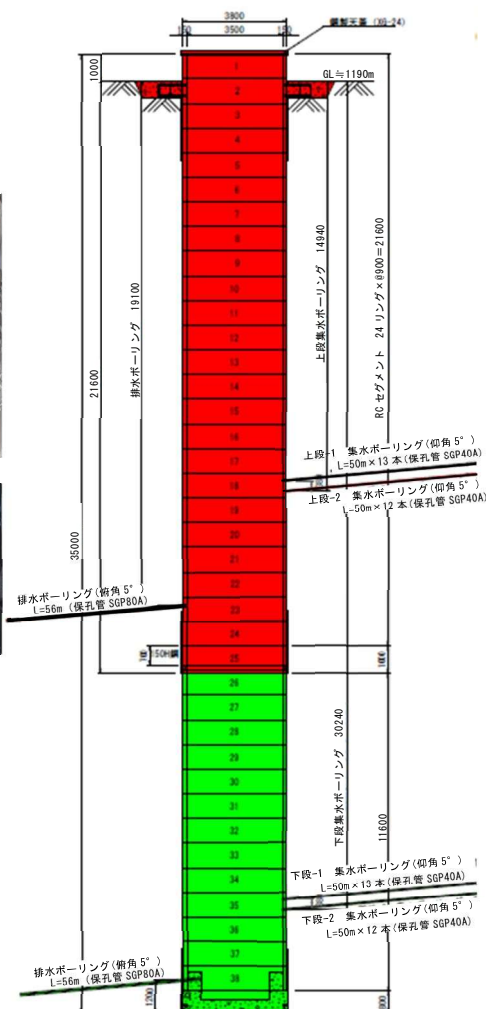


図.2 WE-1 構造図

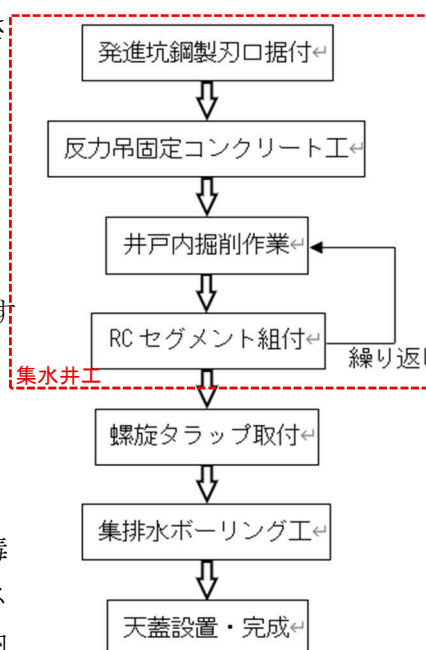


図.3 概略施工フロー図



(a) 電動バックホウ



(b) クローラークレーン



(c) マルチガス検知器

写真. 2 集水井工に用いた主要機材

4.3 集水井工における各工程の解説

① 発進坑鋼製刃口据付

鋼製刃口は直径 3.8m、高さ 2.3m であるため、半月状に 2 分割した状態で搬入し、現場にて溶接し、施工位置に据え付けた。

その後、刃口内面に発進坑 RC セグメントを 2 リング 組み付け、刃口外周を埋め戻した。本工事は湿地内での施工であり、刃口設置前のオープンカット時に地層からの湧水により、表層が崩壊し易い状態であったため、刃口設置から外周部埋戻しまでを迅速に行う必要があった。



写真. 3 刃口搬入・据付・外周埋戻し状況

② 反力吊固定コンクリート工

発進坑 RC セグメントをドリルで穿孔し、SD 鉄筋を配筋した。この際、セグメント内部鉄筋への干渉を防ぐため、予め穿孔位置を図上で確認した上、施工した。



写真. 4 配筋状況

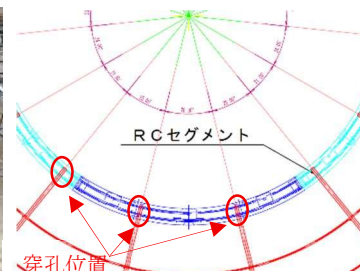


図. 4 穿孔位置検討図

③ 井戸内掘削作業

井内掘削は電動バックホウを用い、回転バケットで排土した。本施工地は地層中に転石が多く含まれるため、バックホウのアタッチメントをブレイカーに替え、転石を粉砕した後、坑外へ排出した。



写真. 5 井内掘削・転石粉砕・排土回転バケット

④ 掘削面写真・動画撮影

RC セグメントを1 リング組み付けるためには製品高さである 90cm 毎に掘削する。本工法は刃口内で一連の作業を行えるため、地層掘削面を全周にわたり観察できる。そのため本工事では刃口沈設の前に掘削面全周の写真撮影および動画撮影を実施し、その地質や地層からの湧水状況を確認し、より適切な集水ボーリング施工深度を発注者と協議できた。



写真. 6 掘削面撮影例

⑤ 刃口沈設・RC セグメント組付

高さ 90cm の掘削後、刃口内東西南北それぞれ 4 箇所を設置された 50t ジャッキで RC セグメントを反力とし、刃口を沈設する。井戸偏心を防ぐため、刃口が一様に垂直に下りようジャッキ位置で刃口下端深度をコンベックス等でこまめに測定しながら沈設する必要がある。



写真. 7 刃口沈設および RC セグメント組付状況

RC セグメントは専用金具で吊り、井内へ降下させる。この際、組付者はクレーンオペと無線を用いて、適切な位置へ RC セグメントを誘導する。接続部は緩みが無いように適切に締め付けるために、本工事では公共建築工事標準仕様書に倣い、締め付けトルク $150\text{N} \cdot \text{m}(\text{M}22)$ で 1 次締め付け後、マーキング、本締めを行った。

⑥ 次年度増掘を予定した切羽の処理

井戸底面は通常であれば、コンクリートによる貯水桝で仕上げられるが、本工事は次年度に増掘が予定されていたため、切羽には手を加えず、RC セグメントと刃口先端までのクリアランスは 6 本の H 型鋼(H-150×150×7×10)を均等に配置し、RC セグメント重量を刃口から、掘削底面全周に伝達する構造とした。



写真. 8 切羽の処理

5. まとめ

本工事の施工を通じて、鋼製刃口内で一連の作業を完結できることから切羽崩壊、ボーリング等に対する安全性の高さを実感したが、酸素濃度低下や有毒ガスの滞留は脅威である。今後も現場状況の変化に注意を払い、安全第一で工事に臨みたいと考えている。

【質問事項】

- 「集水井の出来形管理項目の一つに「偏心」がありますが、偏心管理は深度が深いほど困難になると考えます。偏心を抑えるためにどのような取り組みをしていますか。」

集水井工事における変状対策事例

(株) 雄新地質コンサルタント ○泉 恵一, 古川 和樹

1. はじめに

本事例は、愛媛県伊予市中山町において地すべり対策工事として、集水井（ $\phi 3.5\text{m}$, $H=15.5\text{m}$ ）を施工したものである。集水井の位置としては、2つの地すべりブロックから別々の水脈の地下水を効率的に集水でき、地形的に安定しているブロックの中腹付近を選定した。集水井施工途中に、災害雨量に匹敵する降雨（2025年6月10日77.5mm, 連続雨量6月9日～11日137mm中山観測所データ）があり、施工位置の地山が脆弱な土質であることと重なって井壁の崩壊が生じ、主に東西方向が大きく変状（東側70mm沈下, 西側210mm沈下）した。掘削作業の安全確保と規格値内の完成には、やり直しが必要であり、その対応策として、地盤改良を検討した。



写真.1 変状状況

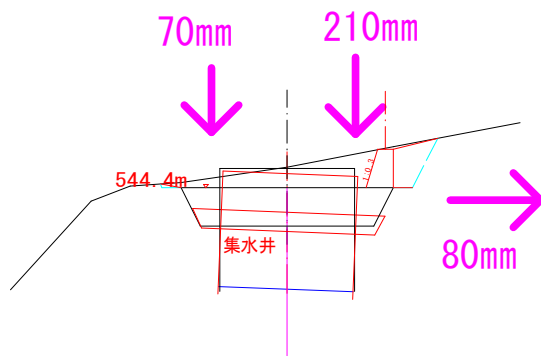


図.1 変状図

2. 地すべり概要

集水井施工位置の地すべりブロックは、農地が広がる斜面勾配 10° 程度の緩斜面にみられる幅30m, 長さ25m, 深さ3.7mの地すべりブロック（図.2）である。地すべり西側頭部には県道を横断するクラックが認められ、地すべり末端部の急斜面には地すべりの押し出しに伴った表層崩壊が発生している。地すべりブロック内の地下水位は降雨時には5m程度の水位上昇が生じ、雨量に対し敏感に反応する。

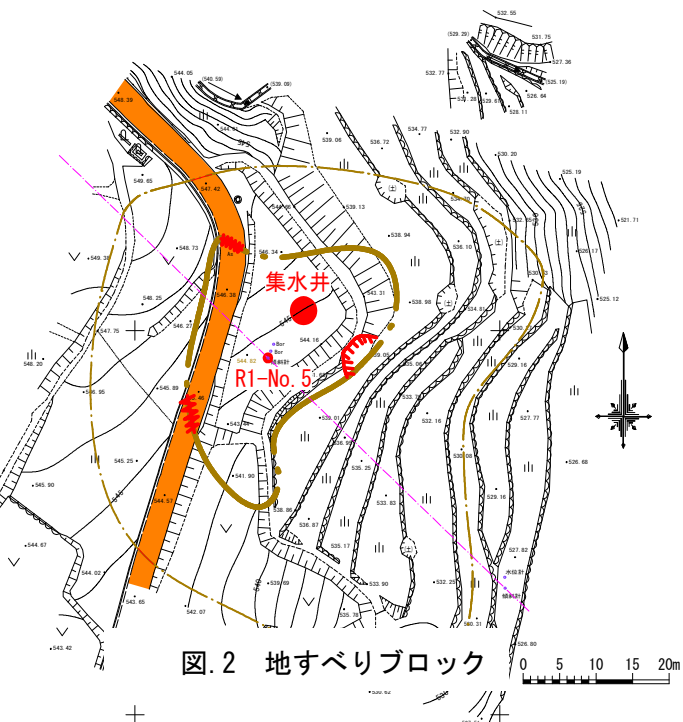


図.2 地すべりブロック

3. 土質

隣接するボーリング孔（R1-No. 5）のコア写真及び簡易柱状図を図. 3 に示す。地表～GL-8.0m 程度までは、粘土分を多く含む礫質土であり、礫は軟質な風化礫が主体である。N 値は 10 以下のスコップで掘削できる程の緩い地盤である。GL-8.0m～18.0m 程度までは、粘土分を含む砂礫層であり、礫は軟質化した風化礫と新鮮色を残す中硬質な礫が混在する。GL-18.0m 程度以深は、基岩の緑色片岩であり、新鮮色を呈し概ね硬質な岩質だが、亀裂が多く割れ目沿いに褐色化している。片理面の傾斜は 10° ～ 20° 程度である。

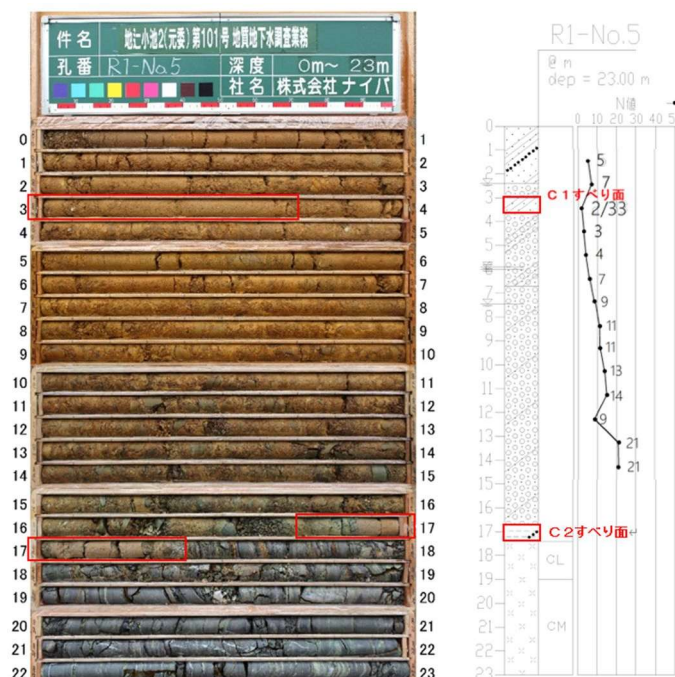


図. 3 コア写真及び簡易柱状図

4. 崩壊の経緯

令和 7 年 6 月 9 日午前、GL-3.0m まで掘削しライナープレート設置を行うが崩壊の兆候は見られなかった。9 日午後～11 日午前の間は降雨のため作業を見送り、雨が止んだ 11 日午後から作業を開始した。しかしながら、GL-3.0m～3.5m を掘削しても掘削面が崩れるため、作業を中止した。12 日午前には現地で集水井の傾きを確認するとともに、安全面を考慮してクレーン等の機材撤去を行った。13 日午前には現地で監督員に集水井の変状を確認してもらうとともに、現場の安全確認や変位量の観測を行った。集水井の偏心量を観測したところ、偏心量は大きくこのまま掘進して作業を進めることは困難と判断したため、ライナープレートの撤去及び埋戻作業を行った。

集水井変状発生後、孔内傾斜計観測を行った結果、GL-17.4m の変位は僅かに認められるものの、GL-3.7m の変位は確認されなかった。変状発生時期は連続した降雨により浅い地下水位が 3m 程度上昇し GL-2m 程度に確認された。よって、今回の崩壊は地下水位の上昇に伴って脆弱土層の崩壊が発生し、集水井に変状が発生したものと考えられる。



写真. 2 ライナープレート撤去



写真. 3 取壊し状況

5. 対策工の検討と実施

対策工としては、集水井施工箇所周辺の土の強度および止水性を改良する（既往ボーリング R1-No.5 の N 値 10 以下の深度 8m まで）工法を検討することにより安全に掘削出来ると考えた。仮設工法比較検討の結果、安定性、仮設条件が優位で集水井掘削時の安全性が確保できる最適な工法である薬液注入工を採用した。

薬液注入工は、二重管ストレーナ工法（単相式）の溶液型を選定した。この工法は水ガラス系主剤を用いた地盤改良工法の一つで、一般的に瞬結型の硬化剤を用いて注入し、注入予定範囲外に薬液が逸脱しにくい特徴を有する工法であり、注入形態は浸透注入となる。なお、施工位置は図. 4 に示すとおり、集水井施工位置を囲むように、36 本の施工を計画した。

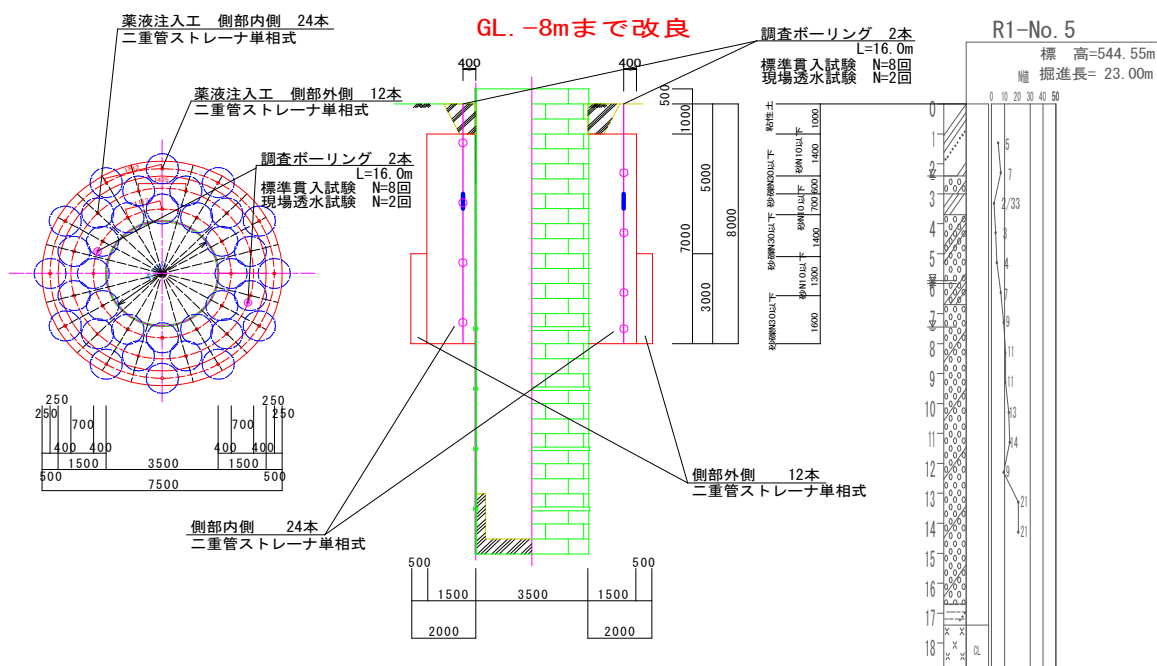


図. 4 薬液注入工構造図

外側から順番に施工して、内側の施工に移り進めていくと、薬液の充填に伴う地盤の隆起及び地割れが発生した。（写真. 4 及び写真. 5）このまま注入を続けると地山を崩壊させる危険があるので、一旦作業を中断し、チェックボーリングにより薬液注入効果を確認した。強度に関しては、N 値はあまり変化がなかったが、透水性は低下していることが確認できた。また、コア採取により固化した薬剤も確認できたため、薬液の充填は完了したものとなし、谷側（東側）の 6 本の施工は取りやめ、30 本の施工で地盤改良を終了した。



写真. 4 地盤の隆起



写真. 5 地割れ

6. 集水井の再掘削

集水井の再掘削は慎重に実施した。最初の掘削で崩壊が起きた深度（GL-3.0m 付近）では、崩壊防止のためライナープレートと掘削面との隙間にモルタルを注入し、裏込めを実施しながら掘削したところ、薬液注入の効果もあり、改良を実施した GL-8.0m までは湧水もなく、順調に掘削することができた。GL-9.0m 付近からは、多少の湧水はあったものの、大きな崩壊はなく作業を進め、GL-13.0m 付近でもう 1 度モルタルによる裏込め作業を行い、延長 15.0m の集水井の掘削を完了させた。また、心配していた集水井の基準高及び偏心量についても、規格値内におさめて竣工することができた。

土質展開図				深度 m	層厚 m	標高 m	柱状図	土質名	色調	記事	備考	進捗状況		標尺 m		
N	E	S	W									掘削日	作業時間			
0.0						544.40									0.0	
1.0												1/23床掘			1.0	
2.0										1/30	モルタル	1/30	8h		2.0	
3.0												1/31	4h		3.0	
4.0										2/2	モルタル	2/2	8h		4.0	
5.0												2/3	8h		5.0	
6.0												2/4	8h		6.0	
7.0												2/5	8h		7.0	
8.0												2/6	8h		8.0	
9.0												2/7	8h		9.0	
10.0												2/9	8h		10.0	
11.0												2/10	8h		11.0	
12.0												2/12	8h		12.0	
13.0												2/13	8h		13.0	
14.0												2/14	8h		14.0	
15.0												2/16	モルタル	2/16	4h	15.0
													2/17	8h		14.0
													2/18	8h		14.0
													2/19	4h		15.0

図.5 土質展開図

7. まとめ

工事にトラブルはつきものであり、今回の崩壊にも悩まされたが、作業員の安全を第一に対策を検討し、問題を解決していったことがとてもいい経験になったと感じる。

また、集水井工事の地盤改良としてはめずらしい薬液注入工法の実施は、安全管理及び品質管理の選択肢を広げる貴重な経験になった。

8. あとがき

今回の工事で大きな崩壊が起きたのが作業時間外であったので、重大な災害にはならなかったが、工事中に異常を知らせるような安全設備を現場に設置するなど、作業員の安全を確保する対策の重要性を感じた。また、現場条件について、今回の現場で言えば、施工地盤がとても緩いことや、降雨により地下水が上昇し易く、しばらく下がらないことなどを、しっかり把握した上で安全対策を行うことが大事と感じた。

最後になりましたが、愛媛県中予地方局農林水産振興部農村整備第一課の皆様には、本工事の遂行に際して多大なるご厚意とご配慮を頂きました。ここに記してお礼申し上げます。

【質問事項】

「集水井の施工において、井壁の崩壊等による沈下防止対策があればご教授ください。」

国道 220 号の落石災害と今後の対策方針

日本地研(株) 平江文武, 板井久義, ○加藤一輝

1. はじめに

国道 220 号の日南海岸沿いでは、砂岩泥岩互層中の厚さ数 m～数十 m の砂岩層に起因する急崖が各所で落石の供給源となり、道路防災上の課題となってきた。これまで防護工を主とした対策が進められてきたが、令和 6 年 8 月に日向灘で発生した震度 6 弱の地震では、未対策斜面または防護工のみ施工している斜面を中心に落石が生じ、一部では落石が道路へ到達した事例も確認されている。

本発表では、地震発生時の対応状況と国道 220 号全体の被災状況を整理し、今後求められる落石対策のあり方について考察する。

2. 地形地質

宮崎市南部から日南市にかけての国道 220 号の日南海岸地域には、砂岩・泥岩互層を主体とする新第三紀の海生堆積物が広く分布し、宮崎層群と呼ばれている(図. 2)。また、これらは全体的に海側(東側)へ傾斜していることが知られている。

日南海岸沿いの砂岩泥岩互層中には厚さ数 m から十数 m の厚層砂岩が介在しており、これらの層が斜面上部に位置する場合は急崖を成し、下位の泥岩部がスレーキングや風化作用で浸食されることで、オーバーハングといった特徴的な地形が斜面上に形成され、落石の供給源となっている(図. 1)。

亀裂が多く発達する砂岩急崖では、集中豪雨や地震等の誘因によって、落石が発生する事例が国道 220 号沿線で複数確認されており、落石が道路面まで到達し、一時全面通行止めとなった事例も確認されている。

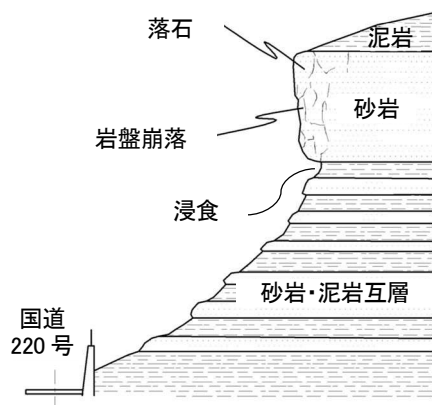


図.1 砂岩厚層分布域における災害²⁾



図.2 日南海岸の地質図^{3),4)}

3. 日南海岸全体の地震後の状況

以下に地震後の日南海岸全体における落石発生箇所と未発生箇所の状況について整理し、対策工の効果について検討する。

(1) 落石未発生箇所

38.0kp 以外の区間においても、日南海岸沿いでロープ伏工やロープ掛け工が施工されている 24.3kp(小内海地区)、26.5kp(鶯巣地区)、27.0kp(鶯巣地区)の計3箇所では、地震後に新たな落石は確認されていない。



写真1 24.3kp 落石未発生箇所(左:地震発生前、右:地震発生後)^{1),2)}

(2) 落石発生箇所

国道 220 号における未対策斜面または防護工のみを施工済みの斜面では、地震後に4箇所
で落石が発生している。その中でも 39.4kp の斜面では落石防護網はほぼ全壊、落石防護柵も
傾倒する被害が生じた。



写真2 39.4kp 落石発生箇所(左:地震発生前、右:地震発生後)^{1),2)}

これらの状況から、落石予防工が施工済みの箇所では落石が未発生であり、落石予防工が未
施工の箇所では落石が発生し、一部箇所では落石が道路まで到達していることを確認した。

以上より、落石予防工によって岩盤亀裂の開口が抑制されていたことが、落石の発生を低
減したと推察する。同様の地質構造を有し、巨大な落石の発生が懸念される国道 220 号の落
石対策においては、落石予防工が有効であると考えられる。

次頁に国道 220 号 38.0kp における対策検討事例を紹介する。

4. 38.0kp における対策検討事例

(1) 災害の経緯

対象箇所は、令和6年8月8日の地震(震度6弱)で落石が発生した国道220号38.0kpの斜面で、落石発生源は道路上から高さ100mの位置にある砂岩急崖である。

地震発生により急崖をなす砂岩が緩み、既存のり面を下って供用道路上への落石(H=2.5m×W=4.0m)となった。なお落石発生により既存のり面(法枠や落石防護網)や供用道路施設が損傷した。

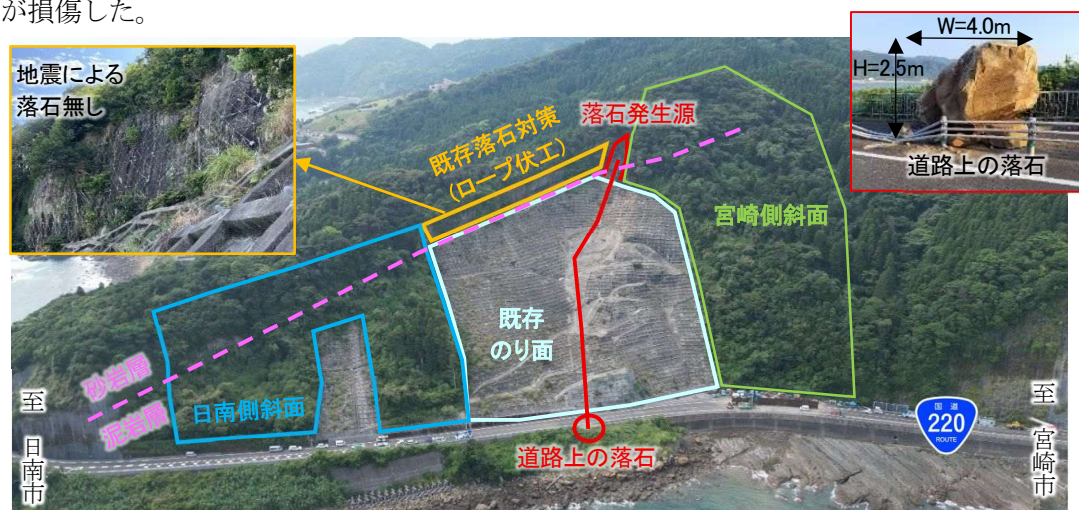


写真3 被災斜面の全景(R6.8.18撮影)¹⁾

(2) 対策工の検討

現地踏査を行い、現地状況にあった対策を計画した。道路の早期開放を目的とした「仮復旧」、道路の全面開放を目的とした「本復旧」、開放後の将来的な落石防止を目的とした「予防措置」を検討した。

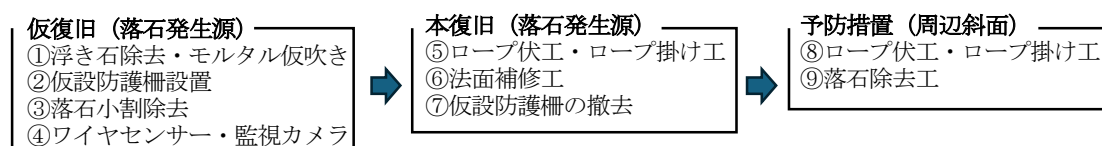


図3 対策フロー

5. 落石リスクがある箇所の抽出および対策案

【落石リスクがある箇所の抽出】

近年、国道220号では地震や集中豪雨を誘因とした落石が頻繁している。幸い道路に到達したのは、地震直後の落石だけではあるが、南海トラフ地震や豪雨災害に備え、未然に防ぐことが望まれるため、以下の方法で落石リスクが高い箇所を抽出した。

- ①赤色立体図での地形判読
⇒急崖と道路の近接箇所を抽出
- ②ドローンおよび目視での現地確認
⇒砂岩急崖と近接箇所の状況確認



写真4 砂岩急崖が道路に面した例

【対策案】

前述した通り、ロープ伏工施工済み範囲では落石が発生していないことから、対象地ではロープ伏工が落石対策に有効であると考え。しかし、ロープ伏工はワイヤーのピッチが広いいため、小さい落石が抜け落ちる可能性がある(写真.5)。このため、ロープ伏工に細かな網目のメッシュネットを併用する工法が有効と考えられる。

さらに、国道 220 号の未対策斜面では、地震発生後の豪雨時に表層崩壊が発生したものの、既設の落石防護柵が土砂を捕捉し、道路への流出を防いだ事例が確認されている。

以上より、予防工と防護工を併用することで、落石の発生抑制に加え、ロープ伏工から抜け落ちる小規模な落石や表層崩壊にも対応でき、より高い安全性が確保できると考えられる。



写真.5 ロープ伏工のみで捕捉できない小落石¹⁾

6. 今後の課題

- ・事例収集による落石予防工の信頼性の補足

国道 220 号は斜面と隣接するため、落石および崩壊土砂の両方に対応する目的で、落石防護工が優先して採用されてきた。そのため、落石予防工の施工事例は少ないが、予防工が施工されている箇所では地震時の落石が発生していないため、落石予防工は有効であるとの判断に至った。今後は施工箇所の情報収集を行い、信頼性について検証していきたい。

- ・落石危険箇所および対策工の点検・監視の効率化

落石供給源となる砂岩急崖は標高の高い場所であることが多いため、対策工の点検や危険箇所の監視が困難である。したがって、急崖部に植生が繁茂していない場合には、ドローンを用いて点検を行うなどコストおよび安全面からどう効率化していくかを検討することが重要であると考え。

7. おわりに

最後に、本稿執筆にあたり写真などをご提供いただき、貴重なご助言とご協力を頂いた宮崎河川国道事務所の皆様に感謝申し上げます。

【質問事項】

- ①植生で覆われた落石供給源（高所・急崖）の効率的で安全な監視、点検方法について教えてください。ドローンが使用されていますが、使用できる条件が限られてしまいます。
- ②落石リスクに応じた対策優先度を決定する際、何を判断根拠とすればよいでしょうか。
砂岩急崖の規模、保全対象の有無と位置関係、既設対策工の有無のほかには何かあるでしょうか。

(引用・参考文献)

- 1) 令和 5・6 年度国道 220 号道路防災点検・測量設計外業務 報告書, 国土交通省 九州地方整備局 宮崎河川国道事務所
- 2) 令和 6・7 年度国道 220 号道路防災点検・測量設計外業務 報告書, 国土交通省 九州地方整備局 宮崎河川国道事務所
- 3) 5 万分の 1 地質図幅説明書 日向青島 鹿児島 (15) 第 84 号, 産総研 地質調査総合センター
- 4) 5 万分の 1 地質図幅説明書 飫肥 鹿児島 (15) 第 91 号, 産総研 地質調査総合センター

地すべり地における排水ボーリング工 の補修計画について

国土防災技術（株） ○長岡佑樹 石井剛 小淵浩永

1. はじめに

当地すべりは、「巢郷地すべり」と呼ばれ、群馬県甘楽郡下仁田町西野牧に位置し、昭和 38 年度に地すべり防止区域に指定された地すべりである。図. 1 のとおり地すべりは大きく上部ブロックと下部ブロックに二分され、上部ブロックはさらに A ブロック～I-1 ブロックの 4 つの小ブロックに、下部ブロックは I-2 ブロック～II-4 ブロックの 5 つの小ブロックに区分される。上部ブロックのすべり面は井戸沢層の泥岩上面に分布し、深度は 30～60m 程度と比較的深い一方、下部ブロックのすべり面は崩積土内に分布し、深度は 5～8m 程度と比較的浅い。

対策工事は昭和 44 年度から平成 20 年度にかけ進められ、上部ブロックには 1 基の集水井工（No. 1 集水井）と排水トンネルが、下部ブロックには 3 基の集水井工や杭工が施工された（図. 1）。平成 20 年度には、地すべりの小康化、地下水位の低下が認められたことから概成判断が下された。

しかし、令和 7 年度の施設点検時、I-1 ブロックに施工されている No. 1 集水井の集水ボーリングおよび排水ボーリングの変形が確認された。集水ボーリングの変形が線状に連続していることや、排水ボーリングが押しつぶされるように変形していたことから、地すべり活動により変形したものと推定された。なお、No. 1 集水井工は、排水ボーリングの排水機能を失ったことから湛水していた。No. 1 集水井工は、平成 11 年度当時、活動的であった下部ブロックに流入する地下水の遮断を目的に施工されたため、排水機能の喪失は下部ブロックの再滑動を誘発するおそれがある。実際に、現在 I-1 ブロック下方には湿地が確認されてい

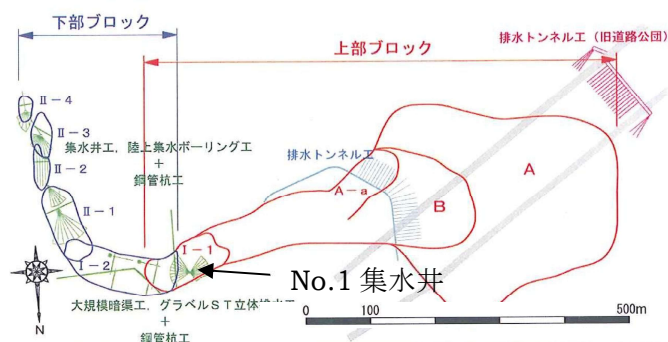


図. 1 巢郷地すべりのブロック模式図

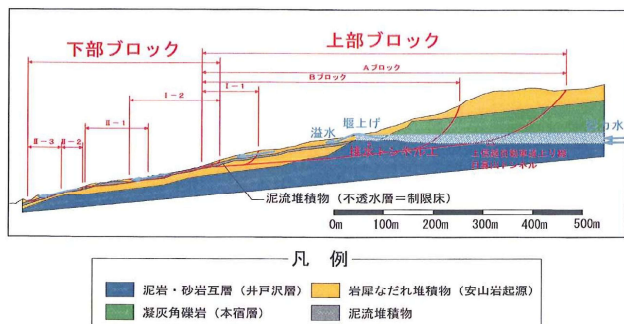


図. 2 巢郷地すべりの模式断面図

るほか、気象庁による近年の短時間豪雨の増加傾向¹⁾を踏まえると、新たに排水ボーリングを配置し排水機能を復旧する必要がある。以上、本発表では、排水ボーリングの配置計画に当たっての課題と対応策および今後の課題について報告する。

2. 排水ボーリングの配置における課題の抽出

地すべり活動による変形を防止しつつ新たな排水ボーリングを計画するため、以下の課題を抽出した。

- (1) すべり面形状を精度高く把握すること
- (2) 現状の地すべり活動度を推定すること

(1) の課題に対しては、既往のパイプ歪計観測や測桿調査結果、並びに本調査において測桿調査を実施して対応した。また、(2) の課題に対しては、「4. 今後の課題」として後述する。なお、測桿調査とは、調査孔に小径の鉄管を挿入し、孔の曲がり具合や深度を直接的に調査する手法である。

3. 課題への対応

(1) すべり面形状の把握

図.2 に示すように、No.1 集水井排水ボーリングは、既往調査により想定されていた「浅層すべり (図.2 赤色ハッチ部)」と「深層すべり (図.2 緑色線)」の間を縫うように施工されていたにもかかわらず変形したことから、排水ボーリングを変形させたすべり面を推定する必要がある。そこで、No.1 集水井点検時の調査結果 (集・排水ボーリングの変形位置、既設調査孔の測桿調査) および排水トンネルが変形していなかったことから、3D モデルにより図.3 に示す「R8 想定すべり面 (紫色ハッチ部)」を表現した。この結果、最大深度は過年度想定していた「深層すべり」より深いことが判明した。

新たな排水ボーリングの配置について、作成した 3D モデルにより検討した結果、すべり面深度および現地の地形条件²⁾を踏まえ、新設排水ボーリングは、排水距離が最も短くなる I-1 ブロック内を横断する既設排水トンネルに導く計画とし、経済性に配慮した。ただしこの場合は、新設排水ボーリングと「R8 想定すべり面」が交差することとなるため、現状の地すべり活動度を把握することが重要となる。

(2) 現状の地すべり活動度の推定

当地区は前述のとおり上部ブロックと下部ブロックに分けられる。平成 10 年代においては、上部ブロックは緩慢な滑動にとどまり、下部ブロックが活発であった。また、下部ブロッ

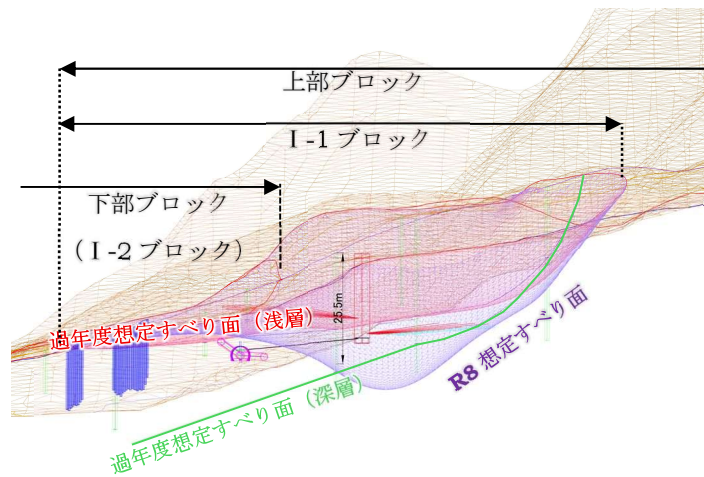


図.3 すべり面の 3D モデル

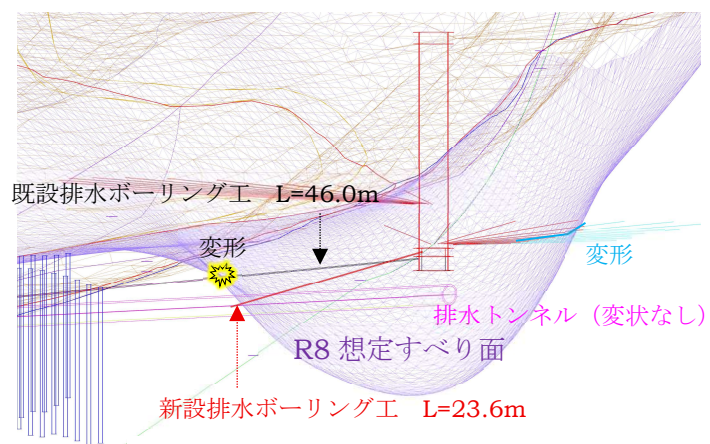


図.4 排水ボーリング工計画モデル

クの動きに対して、上部ブロックは連動していないことが判明したため、地すべり事業は下部ブロックを主体に実施された。そのため、平成 10 年代における上部ブロックの地すべり動態観測は、既設の調査孔の中でも一部でのみ実施していた。

I-1 ブロック内では、パイプ歪計 1 孔と地表伸縮計 1 基による動態観測が実施されていたため、表. 1 にそれらの経年観測結果を示す。過年度の観測結果によると、平成 10 年代後半では、いずれの観測機器も潜在変動相当の変動のため、上部ブロックの地すべり活動は緩慢であることがわかる。しかし、パイプ歪計において、深層すべりに該当する GL-25.5m では、平成 12 年度の確定変動相当の変動後、測定不能 (S.O=スケールオーバー) となったため、平成 10 年代後半の深層すべりの変動は不明である。また、変形が確認された排水ボーリングとの位置関係を見ると、深層すべりにより変形した可能性が高いため、今後深層すべりに対応した調査が必要となる。

表. 1 I-1 ブロック内の観測機器における経年変動量

観測機器	番号	設置箇所	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	備考
伸縮計	S-2 (mm)	I-1ブロック 頭部	0.9	9.0	4.3	0.0	7.6	1.5	0.3	-0.2	1.8	0.2	-0.2	5.4	
歪計	BV-11-8 (GL-17.5m)	I-1ブロック	-	-	-46	-133	-142	-184	-176	-8	-33	-121	110	-	
	浅層すべり (μstrain)		-	-	-2865	-5391	S.O	S.O	S.O	S.O	S.O	S.O	-	S.O＝スケールオーバー 測定不能を示す	
	BV-11-8 (GL-25.5m)		-	-	-2865	-5391	S.O	S.O	S.O	S.O	S.O	S.O	-		
深層すべり (μstrain)			-	-	-2865	-5391	S.O	S.O	S.O	S.O	S.O	S.O	-		
各年6月～10月（観測期間）の合計降水量（mm）			473	1061	1283	996	1114	917	713	906	697	915	1212	831	
I-1ブロック対策工年表					No.1 集水井	大規模 暗渠工	ST排水 工								H14年からは、下部ブロック の対策工が進む

表. 2 地表伸縮計変動種別一覧表³⁾

表. 3 パイプ歪計変動種別一覧表⁴⁾

変動種別	日変位量 (mm/日)	月間変位量 (mm/月)	一定方向へ の累積傾向	変動形態	総合判定	変動種別	日変動 絶対値 (μ/日)	累積変動 絶対値 (μ/月)	変動形態		すべり面存在の 可能性	総合判定
									累積傾向	変動形態		
緊急変動	2×10 ¹ 以上	5×10 ² 以上	非常に顕著	引張が一般的 泥流型	崩壊型 泥流型	確定変動	100以上	5000以上	顕 著	累積 変動	確 定	確定すべり面
確定変動	1×10 ⁰ 以上	1×10 ¹ 以上	顕著	引張および圧縮	表層すべり 深層すべり	準確定変動	100以上	1000以上	や や 顕 著	累積 変動	準 確 定	準確定すべり面
準確定変動	1×10 ⁻¹ 以上	2×10 ⁰ 以上	やや顕著	引張・圧縮および断続変動	粘土すべり 崖すべり	潜在変動	100未満	100以上	ややあり	累積 断続 擾乱 回帰	潜 在	潜在すべり面
潜在変動	2×10 ⁻² 以上	5×10 ⁻¹ 以上	ややあり	引張および圧縮	粘土すべり 崖すべり	異常変動	100以上	1000以上	な し	断続 擾乱 回帰	異 常	地すべり以外 の要因

4. 今後の課題

当地すべりは平成 20 年度に概成と判断されているため、現在の地すべり活動は小康化していると推測されるが、集・排水ボーリングの変形や、概成から約 20 年経過していることを考慮すると、排水ボーリングを新設した場合に再度変形に至る可能性は否めない。

以上より、新たに調査孔を設け地中移動量を観測し、地すべりの活動度を確認する必要がある。図. 4 に新設調査孔のイメージ図を示す。調査孔の深度は今回新たに設定した想定すべり面を 5m 程度貫く深度に設定したが、I-1 ブロック末端の調査孔深度については、過年度の深層すべりに対応した深度とした。これらの調査孔は、現在の地中移動量の把握だけでなく、排水ボーリング工の施工時にも観測を実施することで、施工時の安全管理に役立てることができる。また、現況地形や排水トンネル工を把握するための現地測量も必要となる。

これらの課題を解決するために必要な調査数量を算出し、今後の調査計画とした。

今回, 3D モデルを作成して検討したことにより, 集水井と排水トンネルを結ぶ排水ボーリングの位置関係を詳細に把握することができた。また, 最短の新設排水ボーリングを速やかに計画できた他, 各種調査結果, 地すべりによる施設の変形位置からすべり面形を推定できた。この成果は, 今後の業務においても効果的に活用できると考えられる。

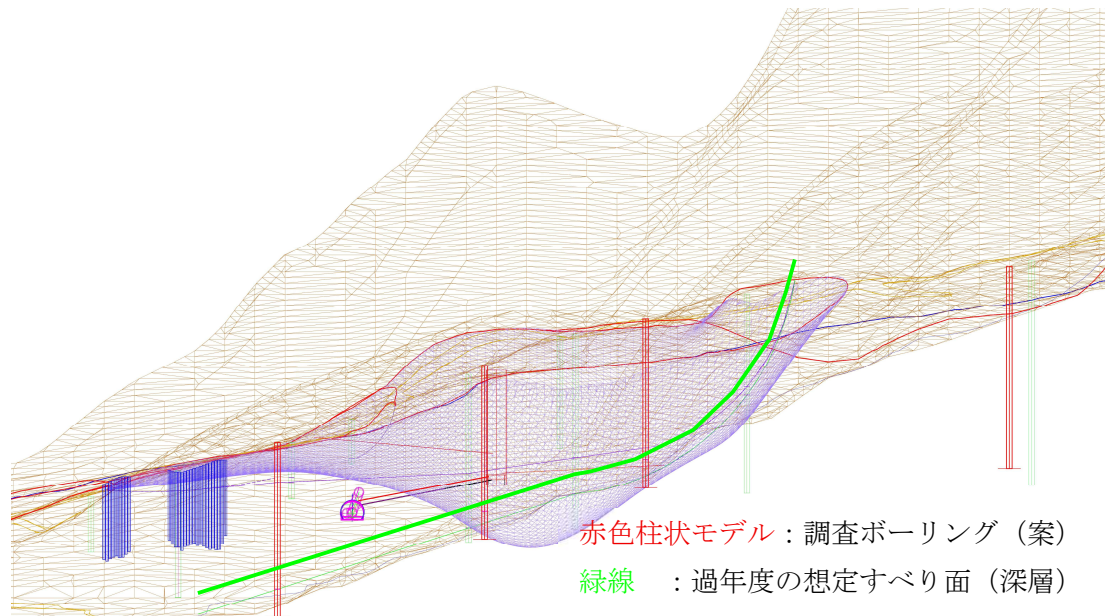


図.5 調査孔イメージ図

5. 謝辞

本調査を行うにあたり,群馬県富岡森林事務所をはじめとした関係各位には,貴重な御助言・ご指導をいただきました。この場をお借りして御礼申し上げます。

6. 質問事項

①巢郷地区と同様,排水ボーリングが変形したため,その後すべり面を貫く形で排水ボーリングの再計画や再施工を行った事例がありましたらご教授ください。

【参考文献および使用データ】

- 1) 気象庁ホームページ : 大雨や猛暑日など (極端現象) のこれまでの変化
https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/extreme/extreme_p.html
- 2) . 現地形は, 基盤地図情報ダウンロードサービスの 5mDEM を用いて作成
<https://service.gsi.go.jp/kiban/app/map/?search=dem#9/36.29028305053049/138.70915934526465>
- 3) 斜面防災対策技術協会・地すべり観測便覧編集委員会 (2012) 「地すべり観測便覧」
p. 334
- 4) 斜面防災対策技術協会・地すべり観測便覧編集委員会 (2012) 「地すべり観測便覧」
p. 337

大口径排水ボーリング更新による排水機能向上 と施工課題

○(株)興和 石橋 滉大

1. はじめに

福島県耶麻郡西会津町にある滝坂地区は、南北 2.1 km、東西 1.3 kmという日本最大規模の地すべり地帯である。この滝坂地すべりは、平成 8 年から福島県より国の直轄事業に移行して 30 年になる今現在においても、地すべり対策・維持修繕工事が継続して行われている。

本発表では、維持修繕工事として行った、既設排水ボーリングを大口径排水ボーリングに更新する工事を経験したことを紹介する。

2. 工事概要

- ・ 工事名：滝坂地すべり対策施設修繕他その 3 工事
- ・ 発注者：国土交通省 北陸地方整備局 阿賀野川河川事務所
- ・ 施工場所：福島県耶麻郡西会津町新郷大字豊洲地先
- ・ 施工内容：大口径排水ボーリング工 N=3 本
既設構造物撤去工 N=3 基 基底版側壁コンクリート打設 N=3 基

写真.1 滝坂地区地すべり概要¹⁾

3. 大口径排水ボーリング工（ST 集排水工法）の施工手順

今回施工した大口径排水ボーリング工（以降 ST 集排水工法とする）は、地すべりの誘因となる地下水が集中して多量に賦存する箇所にて、径 300 mm～600 mmの排水管にて効率的に地下水を排除する工法である。特徴としては、掘削時の孔曲がりの監視や方向修正が可能であり、より正確に掘削を行うことが出来ること、排水管の布設は、圧入式鋼管挿入方式にて行うため、孔壁崩壊等を抑制することが出来ること等がある。

下記の手順で ST 集排水工法の施工を行う。

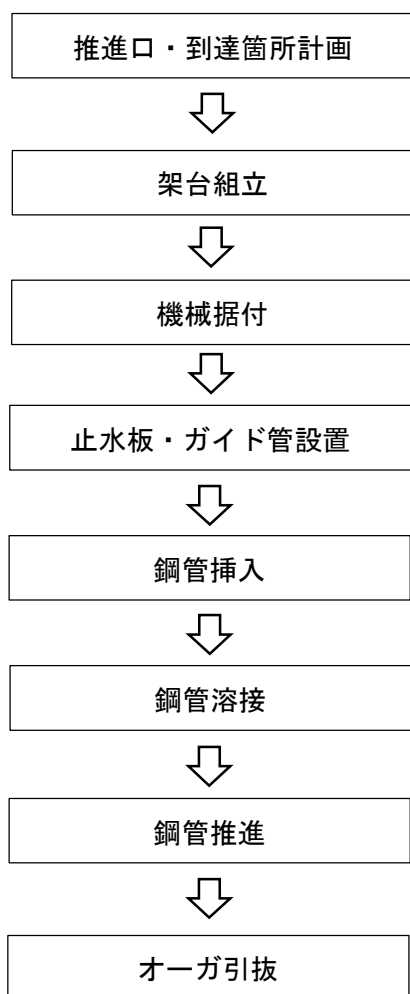


写真. 2 ガイド管挿入状況



写真. 3 鋼管推進状況

4. ST 集排水工法を施工することで感じた効果と課題

本工事は、計 3 本の既設排水ボーリングを、大口径の ST 集排水工法へ更新する工事であり 3 本すべてが集水井内での施工であった。更新工事の施工を通じて感じる事が出来た ST 集排水工法の効果や、今後の施工において解決したい課題について述べたい。

4.1 ST 集排水工法の施工で実感した効果

効果：排水管閉塞の解消と効率の良い排水の実現

既設の排水ボーリングは概ね、呼び径にして 80mm～100 mm のものが多い。ライナープレート集水井においては、エキスパンドメタル製の蓋を採用しているため、経年による土砂の流入や腐敗した枝葉により管内が閉塞しているものもしばし見受けられた。

ST 集排水工法による更新では、通水断面が呼び径にして 300mm で既設排水管と比較して格段に断面が大きいことから、閉塞に心配は極めて少ない。施工後のライフサイクルコストの低減や品質面における効果が期待できると感じた。

また、排水の呼び径が 100mm から 300mm となったことで、流路断面は 9 倍となり、排水不良による湛水の抑制になる。地すべり地帯においては、より多くに地下水を効率良く地すべり範囲外へ排水する必要がある、湛水の抑制は地下水位の上昇を抑える効果もあり、総合的に効果を実感した。



写真. 4 既設排水管 (φ100 mm)



写真. 5 施工完了 (φ300 mm)

4.2 ST 集排水工法の施工において解決したい課題

課題：推進方向確認時の課題

鋼管の推進作業の際は、推進機後方に設置したトランシットにて、スクリーオーガの先端に取り付けたターゲットが発する LED の光源を頼りに先端の位置を確認する必要がある。

しかし、ターゲットの光源のある推進先端は地中で、ほぼ一定の環境下であるのに対し、視準するトランシットのある集水井内は、安全管理上送風機による外気との循環を行うため、環境が安定しない。ここで発生する温度差により、鋼管内に霧が発生しターゲットが視準しづらくなった。

現場では、コンプレッサーで送風することで、霧を拡散させてからターゲットの確認を行う事で問題は解決した。この作業を行う事により確認作業の度に 30 分弱の時間を要することとなり、工程が遅延するという課題が残った。

また、排水延長が長くなればなるほど、ターゲットの光源は遠くなり、次第に、ぼやけてしまう。今回最長であった 77.5m は視認できたが、これ以上長くなると諸先輩方の経験上かなり厳しいとの事で、ターゲットの視準方法について課題に感じた。



写真.6 ターゲット設置状況



写真.7 ターゲット確認状況

5. まとめ

今回、維持修繕工事として ST 集排水工法の施工に携わることに恵まれ、同工法のような大口径への更新工事は、実に有効な手段であると身をもって感じる事が出来た。また、その反面で課題となる点も浮き彫りとなり、我々若手管理者もこの課題に真摯に向き合っていく必要があると感じた。

6. あとがき

最後になりましたが本発表を行うに当たり、多大なるご理解とご協力を賜った国土交通省北陸地方整備局阿賀野川河川事務所をはじめ、協力業者、諸先輩方の皆様には、貴重なご助言・ご指導をいただきました。この場を借りて御礼申し上げます。

【質問事項】

「地中で進行する物体の位置情報を確認する方法、進行の過程を描画する方法等があれば後学のために教えてください。」

〈参考文献及び引用文献〉

- ¹⁾ 国土交通省 北陸地方整備局 阿賀野川河川事務所ホームページ：地すべり対策事業→滝坂地すべり

地域交通の維持に配慮した変動中の地すべり対策事例

国土防災技術㈱ ○大島理夢, 西尾克人, 河西正人

1. はじめに

主要地方道市川三郷身延線は、山梨県の西八代郡市川三郷町と南巨摩郡身延町を結ぶ、沿線地域の生活交通および災害時の緊急輸送を担う重要な路線であり、第二次緊急輸送道路に指定されている。

令和7年9月、同路線沿いの擁壁のひび割れや、斜面における亀裂・陥没等の明瞭な変状が確認された。これらの変状は地すべり性変動に起因するものと判断され、その後も継続的な変動を示したことから、道路利用者の安全確保が課題となった。

一方で、本路線の全面通行止めを行った場合には、地域の交通や住民生活などに大きな影響を及ぼすことが懸念され、地すべり変動が継続する状況下においても、交通の安全を確保しつつ県道の供用を維持することが求められた。このため、迅速な調査により変動状況を的確に把握し、観測結果および解析結果に基づいて安全性を判断したうえで、交通管理や応急対策を的確に進めることが必要とされた。

本稿では、変動中の地すべりに対して実施した調査・観測、監視体制の構築や簡易的な押え盛土工等の初期対応、ならびに迂回路、押え盛土工、横ボーリング工等の応急対策とその効果について報告する。

2. 対象地すべりの概要

対象地すべりは、斜面長50m、幅40m、最大層厚6mの規模を有し、末端部に県道が位置する。対象箇所の地質は、新第三紀の西八代層群常葉層勝坂泥岩部層に属し、ボーリング調査の結果、対象斜面には砂岩泥岩互層の分布が確認された。

当該箇所の基岩は風化・浸食を受けやすい新第三紀の堆積岩であり、泥岩を含む互層構造はすべり面形成に関与しやすい。また、斜面傾斜方向と地層傾斜方向が概ね一致する流れ盤構造を呈することから、本箇所は地質的に地すべりを生じやすい素因を有している。

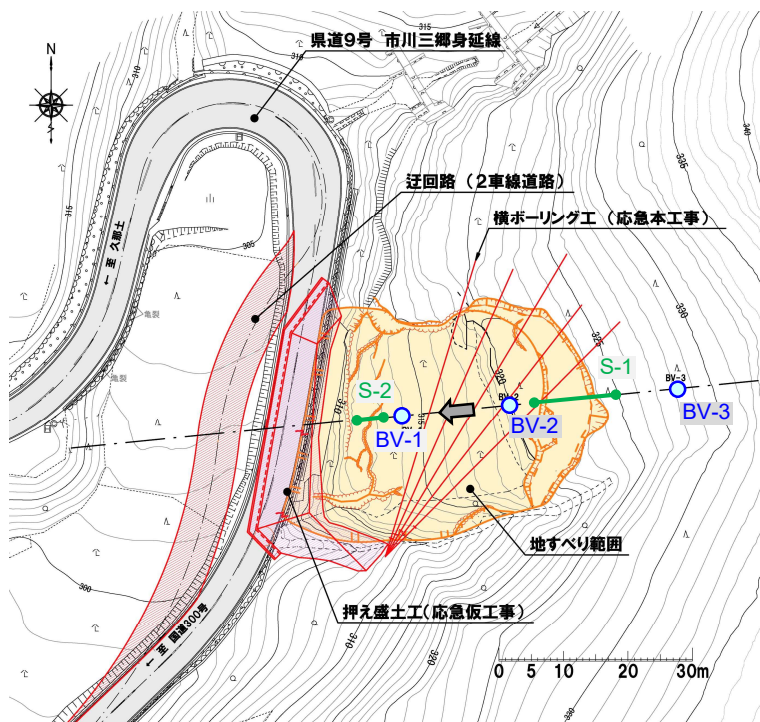


図.1 平面図

3. 初期対応

地すべり変状の確認後、県道への影響を考慮し、速やかに監視体制の構築と初期の応急対策を実施した。

監視体制の構築については、現地確認後ただちに、頭部滑落崖および末端部の圧縮亀裂に地盤伸縮計を設置し自動観測を開始した。観測データは専用ホームページ上で帳票・グラフとして共有し、監視カメラ映像と併せて、関係者が24時間、最新の変位量およびのり面・県道の状況を確認できる体制とした。また、変位量が管理基準に達した場合には警報メールが自動配信されるとともに、県道上およびのり面内に設置した警報機・回転灯により道路利用者や現場関係者に異常を周知する体制を整えた。



図.2 監視体制の概念図

初期の応急対策については、押し出しが顕著な道路擁壁前面にコンクリートブロックと大型土のうによる簡易的な押え盛土を施工し、地すべりの安定度向上を図った。

4. 道路供用維持のへの対応

主要地方道市川三郷身延線は第二次緊急輸送道路であり、当該区間の交通量は約4,300台/日¹⁾である。このため、全面通行止めや長期的な交通規制は、沿線地域の交通、住民生活、災害時の緊急輸送に大きな影響を及ぼすことが懸念された。そこで、交通の安全を確保したうえで県道の供用を維持しつつ地すべり対策を進めるため、監視体制、交通規制、迂回路整備を組み合わせた対策を講じた。

監視体制としては、地盤伸縮計により変位量を観測し、ホームページ上で地すべり変動の進行状況をリアルタイムに把握した。また危険を示す指標として「時間2mm以上を2時間継続」または「1時間4mm以上」²⁾の管理基準を設定した。これにより変位が管理基準を超過する異常時には速やかに交通規制や避難誘導等の対応が可能となる体制を構築した。

交通規制については、当初、現道2車線を片側1車線の交互通行とし、24時間体制で交通誘導員を配置したが、地すべり変動が長期に継続する場合、交通誘導員の常時配置が必要となり、費用面での負担が大きい。また、変動の進行時には通行車両や交通誘導員の安全確保にも課題が残る。このため、現道谷側に双方向通行の迂回路を計画・施工し、道路利用者の安全性向上と地域交通への影響低減を図るとともに、地すべり末端部における押え盛土の施工範囲を確保した。これにより、交通の安全を確保した県道供用の維持と地すべり対策の両方について円滑に取り組むことができた。

5. 応急工事

5.1 応急対策工

地すべり変動の抑制を目的として、押え盛土の拡張と横ボーリング工を実施した。押え盛土は、迂回路設置に伴い本線のスペースを最大限活用し、初期対応で施工した大型土のうとあわせて安定解析上の安全率を約5%向上させる計画とした。また、すべり面に影響する水位は観測されなかったが、降雨時に地すべり変位の加速が明瞭であることから、降雨に伴う浸透水が地すべり変動に大きく関与していると判断した。このため、地下水排除を目的として横ボーリング工を実施した。施工は、変動中の地すべりであることを考慮し、安全性を確保しやすい地すべりブロック側方からの削孔配置とした。

5.2 応急工事の施工効果

図.3に、降雨量、地すべり変位量および応急対策工の施工時期を示す。押え盛土および横ボーリング工の施工前後における降雨時の変位応答を比較すると、対策工の進捗に伴い、降雨に対する変位量の低下と、変位の小康化までに要する時間の短縮（図.4）が認められた。

押え盛土施工直後の4月2日の降雨では、雨量が比較的少量であったにもかかわらず、地すべり変位量は大きく、変位の小康化までに長時間を要している。このことから、当該時点では押え盛土による抑制効果は十分に

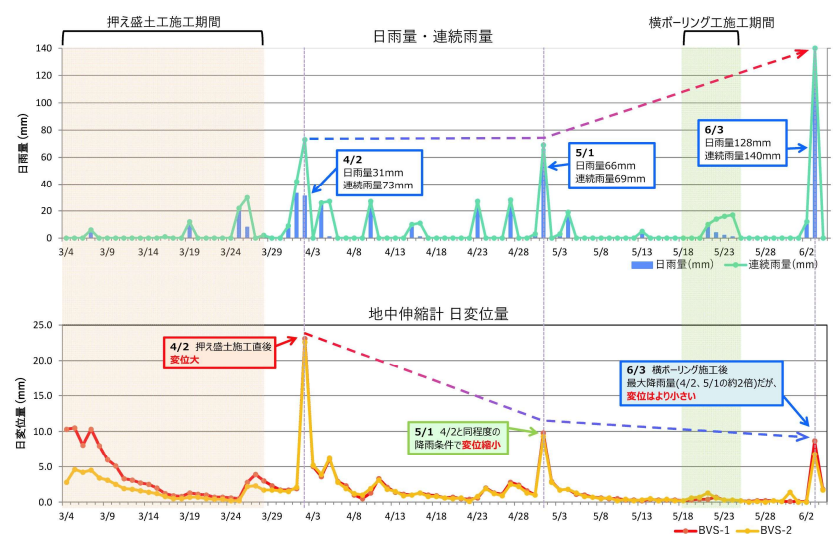


図.3 地中伸縮計変位量と降雨状況

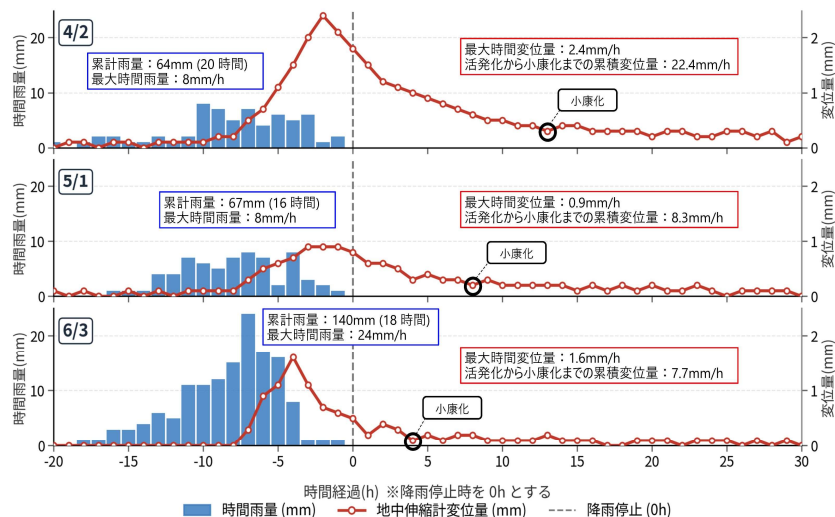


図.4 降雨時の雨量と変位量の時間推移

一方、5月1日の降雨では、4月2日と同程度の雨量条件であったにもかかわらず、変位量は明確に低下し、変位の小康化までの時間も短縮された。これは、押え盛土により地すべり末端部の土塊が徐々に圧密され、末端部の拘束効果および抵抗力が時間の経過とともに

に増加したためと考えられる。すなわち、押え盛土による抑制効果は施工直後に即時的に発現するものではなく、地すべり土塊の圧密・安定化の進行に伴い、段階的に発揮され始めたものと考えられる。

さらに、横ボーリング工施工後の6月3日の降雨は、累積雨量および時間雨量のいずれも4月2日、5月1日の約2倍程度となる強い降雨であった。それにもかかわらず、地すべり変位量は大きく抑制され、変位の小康化までの時間も短縮された。この結果から、押え盛土による末端部の安定化効果に加え、横ボーリング工による地下水排除効果が発現し、降雨時の滑動加速が抑制されたものと判断される。また6月3日の降雨時には、横ボーリング孔からの排水が確認されており、降雨時に発生する地下水または浸透水を排除することで、地すべり変動の低減に寄与したものと判断される。

6. まとめ

本事例では、変動中の地すべりに対して、全体的な計画を踏まえ、監視体制の構築や押え盛土などの初期対応、観測結果に基づく交通管理、迂回路の整備等を迅速に実施するとともに押え盛土の拡張および横ボーリング工の応急工事までを段階的に実施してきた。

応急工事の施工後には降雨時における地すべり変位量の低下と、変位の小康化までに要する時間の短縮が確認されており、押え盛土工による末端部の安定化効果と、横ボーリング工による地下水排除効果が、降雨時の地すべり変動加速の抑制に大きく寄与したと考えられる。

これらの一連の対策により、地すべり変動の抑制と道路交通の確保を図ることができ、道路利用者の安全性を高めながら、地域交通への影響を低減することができた。

7. おわりに

今回の事例では、地すべり変動が継続する中で県道の供用を維持する必要があり、道路管理者、調査・設計担当者、施工者、交通管理関係者が観測情報を共有しながら、迅速に対応方針を判断することが求められた。

一方で、地すべりは降雨や地下水条件により再活動する可能性があるため、応急対策後も継続的な観測、恒久対策、維持管理が重要である。今後は、道路施設の本復旧を進めていくが、観測結果を踏まえた安定性評価を継続し、当該県道のさらなる安全性向上を図っていく必要がある。

最後に、本対応にあたり、調査、観測、設計および施工についてご指導、ご協力いただいた山梨県峡南建設事務所および関係各位に深く感謝申し上げます。

【質問事項】

恒久対策へ移行する判断や恒久対策後の監視体制を縮小・解除するタイミングについて、どのように考えるべきでしょうか。

<参考文献及び引用文献>

- 1) 国土交通省 全国道路・街路交通情勢調査（平成27年度）
- 2) 全国治水砂防協会 「地すべり対策事業の手引き 平成11年版」

島根半島泥岩地帯における地すべり被災の 応急対応と対策工の施工事例

島建コンサルタント(株) ○竹下央快, 坂田聖二

1. はじめに

島根県北東部に位置する島根半島は、泥岩を主体とする地質が広く分布し、地すべり防止区域が多数存在する地すべり多発地域である。本業務対象地区も島根半島に属し(図. 1)、同様の地質特性を有している。

令和3年7月は島根県東部を中心に400mmを超える大雨が降り、平野部は浸水被害、山間部は護岸決壊などの多くの被害が発生した¹⁾。対象地区でも同様に大雨に見舞われ、島根県の雨量観測所では最大時間雨量56mm/h(令和3年7月12日11時 上大島観測所)を記録し、山林や宅地に被害が発生している。この被災を受けて現地踏査および各種調査が実施され、その結果、対象地区一帯で複数の地すべり被災履歴が確認されたことから、新たに地すべり防止区域に指定された。

本発表では、対象地区内で最も緊急性の高い箇所で行った応急対策、調査・設計および対策工の施工事例について紹介する。



図. 1 位置図²⁾

2. 地区概要および被災状況

2.1 地区概要

対象地区の地形は、山地間を開析した河川の南北性の開析谷により、尾根地形の山腹部が浸食され、主に東西性の急斜面が河川近くに分布している。これらの急斜面の背後には東西性の緩斜面が多く見られ、土塊の押し出し、滑落崖等の変状が多数見られる。

地質は、新第三紀中新世の成相寺層に属する黒色泥岩、シルト岩および頁岩(Jm)、並びに同層の流紋岩溶岩・火砕岩(Jr)、流紋岩火砕岩(Jp)の分布域(図. 2)である。これらの基盤岩を覆って、山腹凹地や緩斜面部では泥岩～火砕岩(凝灰岩)起源の崖錐堆積物(崩積土)、周辺部の沖積低地で氾濫原堆積物など、第四紀の未固結堆積物が分布している。成相寺層の黒色泥岩およびシルト岩は、黒色・暗褐色を呈する海成層で、下部に凝灰岩層を挟み、さらに低所には流紋岩溶岩が分布している。凝灰岩は、いわゆるグリーントフと呼ばれ緑色変質が進んでおり、膨潤性の高い粘土鉱物を多く含むため地すべりを引き起こしやすい主要な素因となっている³⁾。

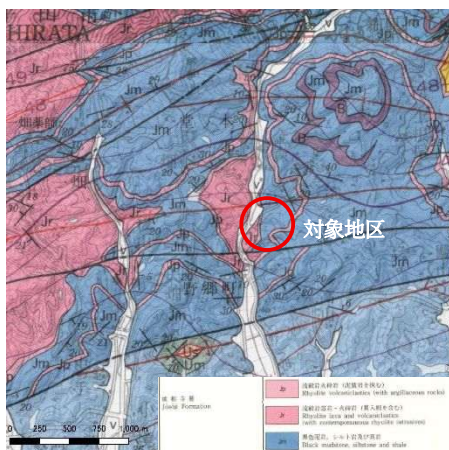


図. 2 対象地区地質図⁴⁾

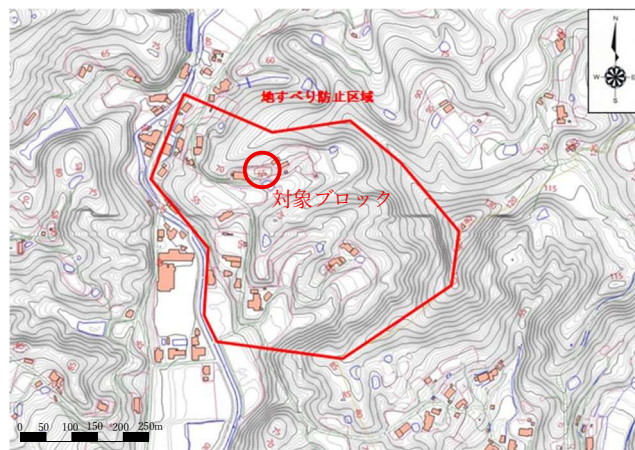


図. 3 対象地区地形図

2.2 被災状況

令和3年7月に発生した豪雨により、対象地区では多くの地すべり被害が見られた。特に対象ブロックでは宅地前面にて30～60cm程度の沈下(写真.1(a))が確認されるとともに、擁壁に押し出しおよび亀裂(写真.1(b))が生じており、斜面変動の進行が懸念される状況であった。最も被害が大きかったのは宅地前面であるが、後背地にも地すべり被災履歴が確認されている。地すべりブロックは斜面長約80m、幅約40mの範囲であった(図.4)。

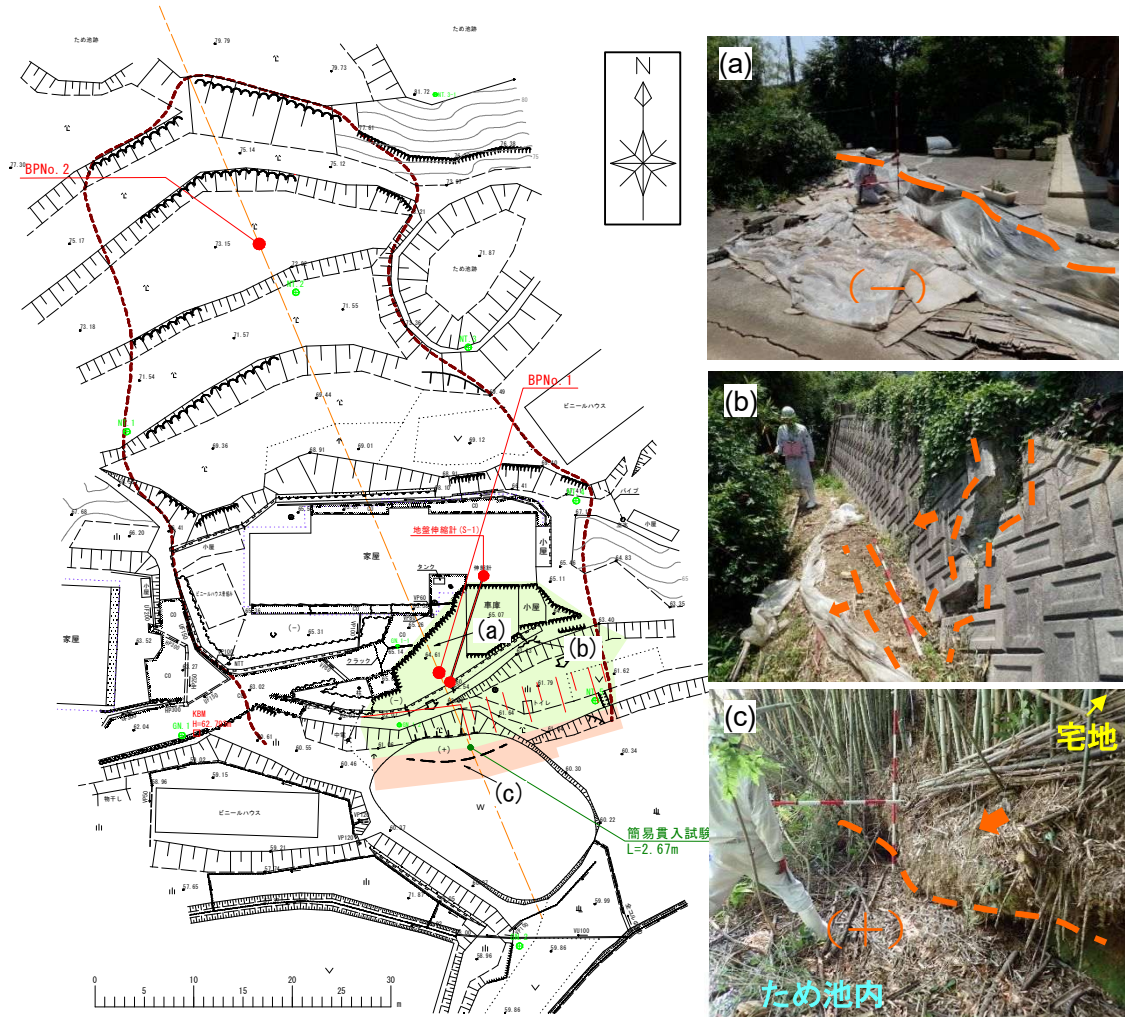


図.4 被災平面図

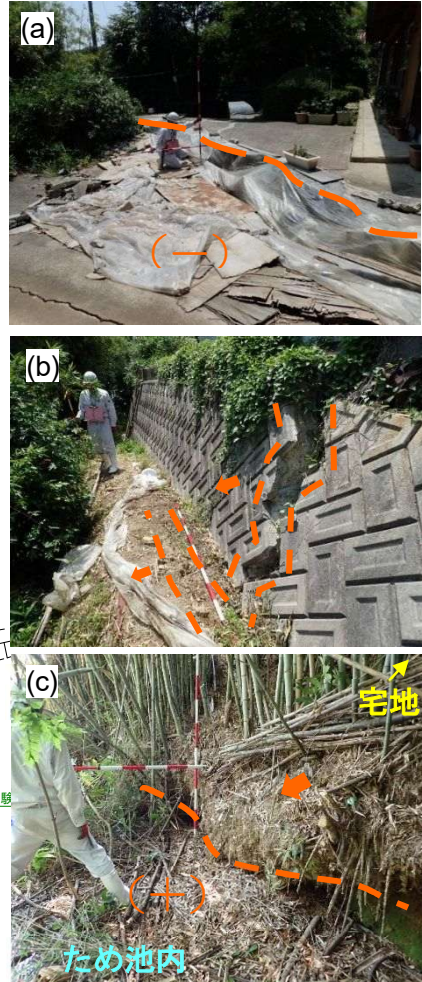


写真.1 被災状況写真

(a) 宅地前の沈下

(b) 擁壁の変状 (c) ため池の変状

3. 被災後の対応

3.1 応急対策案の検討

地すべりブロックは人家を巻き込んでおり、さらに変状が進行した場合には人的被害につながるため、早急な応急対策が必要であった。現地踏査の結果、ため池末端部で土塊の押し出しとため池底部の隆起(写真.1(c))が確認された。この状況から、ため池底部を末端とするすべり(図.5)が想定された。

この場合、宅地直下の擁壁付近や

斜面に押しえ盛土を施工すること(図5.(1))は、地すべりの積載荷重を増加させ、すべりを助長させるおそれがあった。したがって、すべり末端であるため池底部から押しえ盛土を構築する必要があったが、そのためにはため池の排水やため池底部の軟弱な基礎地盤を改

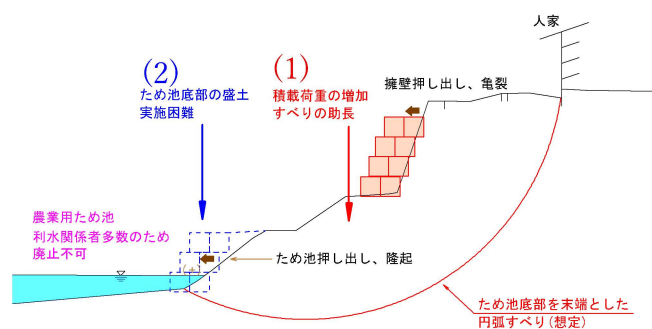


図.5 初期段階の応急対策案

良した上で盛土を施工しなければならない(図.5(2))。しかし、ため池所有者や多数の利水関係者との調整・承諾が必要となり、施工期間や施工費が恒久対策と同程度となると想定された。そのため、押さえ盛土工を応急対策として早期に実施することは困難と判断した。

そこで次善の策として、地盤伸縮計による変状監視を中心とした対策を実施した。地盤伸縮計による監視体制を構築するとともに、避難基準を設定し、現場にパトランプを設置することで、異常時には住民へ速やかに周知し、避難を促す体制を整えた。さらに、地表面をブルーシートで養生し、降雨時の雨水の流入及び地下水への浸透を抑制した。

このように、押さえ盛土工の早期施工が困難であったことから、変状監視及び避難体制の構築を主体とした対策へ切り替え、恒久対策を実施するまでの安全確保を図った。

4. 対策工の設計および施工

4.1 詳細調査と地すべり機構

応急対応後、地すべり機構の把握および恒久対策工の検討を目的として詳細調査を実施した。調査では、ボーリング調査、標準貫入試験および地下水調査、各種観測等を実施し、地質構成や地下水状況の把握を行った。

調査の結果、対象地は風化した凝灰岩を主体とする地質で構成されており、地下水の浸透・流入に伴う間隙水圧の上昇が地すべり発生の一因であると推定された。

また、歪計によるすべり面の深度や地表変状の分布状況、ボーリング調査結果等を総合的に評価した結果、対象ブロックの地すべり範囲および想定すべり面を設定した。

4.2 対策工の選定

対策工の選定にあたっては、必要抑止力、施工性、経済性および維持管理性を考慮し、複数案を比較した。その結果、対象地の地形・地質条件および現場条件に適すると判断された横ボーリング工+押さえ盛土工を採用した(図.6)。

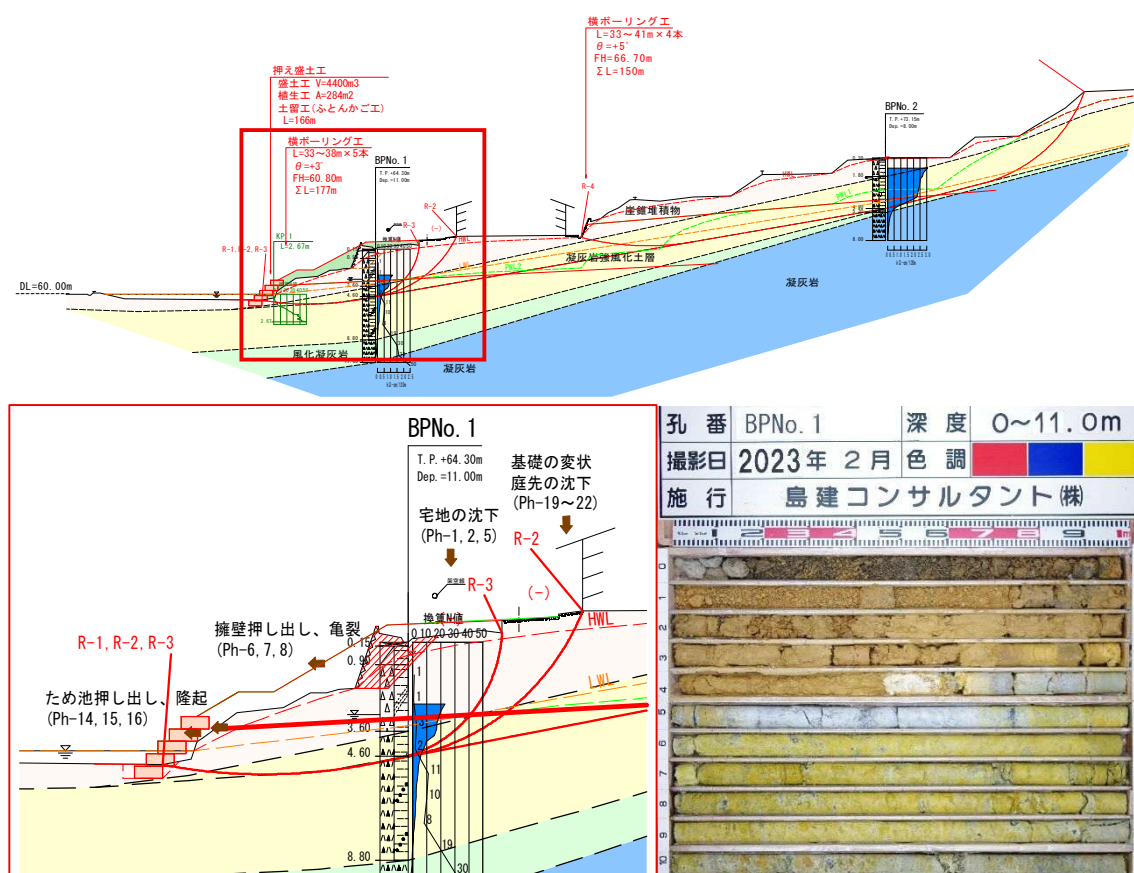


図.6 地質断面図と採用した対策工横断面図

対策工の施工にあたって検討した事項を以下に記す(図. 7)。

-
- 床掘時・施工後 安定性照査 (No.1 断面)**
- 床掘時**
 $F_s = 1.071$
- 施工後**
 $F_s > 1.200$
- 上段ボーリングエ**
L=38~41m×4本
 $\phi = \phi$
FH=66, 50m
 $Z L = 156m$
- 下段ボーリングエ**
L=27~43m×6本
 $\phi = \phi$
FH=60, 90m
 $Z L = 244m$
- 埋入壁工**
壁土工 V=440m3
締合工 A=39m3
土留工 (ふとんかご工)
L=162m
- 図例:**
E/FI 3M
赤丸コアボーリング
黒丸 1 (30分)
LI/FI 3M ノンコアボーリング
緑丸 1 (30分)
標準貫入試験 1箇所
- 工事内容:**
マシナ地厚約 60m
基礎移動のため池への仮設排水
MAEI 30
掘削 1.0m以上
掘削した地盤及び崩れた地盤の露出
切切り施工
基礎部は切切り施工を行い地山との関係性を良くする

図.7 対策工平面図と仮設計画図

豪雨により被災した地すべりブロックに対し、現地踏査結果および現地条件を踏まえて伸縮計による監視観測を実施した。これにより、地すべり変動状況を継続的に把握しながら詳細調査および対策工の検討を進めることができた。

対策工の施工にあたっては、施工段階ごとの安定解析を実施し、床掘り時の安全性を念頭に置いた施工計画を策定した。また、地表変位量および地下水位について管理基準値を独自に設定し、継続的な監視を行うことで施工中の安全を管理でき、無事に施工を完了した。

本事例では、被災後の監視体制の構築および施工時の安全管理の重要性を改めて認識する良い機会となった。

・応急対策として求められる安全性はどの程度であり,その判断基準や考え方についてご教示いただきたい。

1) 島根県ホームページ：過去の主な災害 令和3年7月,8月大雨
2) 島根県ホームページ：島根県 の場所
3) 島根の地すべり 1990：島根県
4) 5万分の1地質図幅「今市地域の地質：地質調査所 1991」

落石・斜面崩壊対策の調査・設計事例

明治コンサルタント(株) ○高木優真斗, 重田浩司, 吉田瑠偉, 岡崎修

1.はじめに

本事例の調査地は厚岸郡厚岸町内に位置する、落石対策のため平成2年にコンクリート吹付工や軽量法枠工、土留め工が施工された山腹斜面である。現場位置図を図.1に、調査地の全景を写真.1に示す。

当該斜面では、令和7年2月にコンクリート吹付工の一部が剝離し、保安林外への落石が確認された。コンクリート吹付工の剝離部分を写真.2に、発生した落石の状況を写真.3に示す。吹付工は施工後35年経過していることもあり、根本的な対策工の更新が必要と考えられたため、対策工の更新を目的とした地質調査および対策工設計を実施した。

当該調査および設計を進めるにあたり、調査の目的や地域の特徴に起因する問題に対応することがあった。本（国土地理院地図¹⁾より抜粋・加筆）発表では、それらの問題に対応した事例を紹介する。



図.1 調査位置図



写真.1 調査地全景(ドローン撮影)



写真.2 吹付工の剝離(令和7年3月)



写真.3 落石発生状況(令和7年2月)

2.問題と対応

2.1 調査目的と結果整理

本調査の目的は、「落石対策のため、落石発生の素因となるコンクリート吹付工背後の地山のゆるみ具合とその範囲を調査し、適切な対策工を提案すること」である。このため、地山のゆるみを調査するために必要なボーリング調査を計画・実施した。コア写真および調査平面図を図.2に示す。

調査結果として重要となるのは、落石発生の素因となる地山表層部のゆるんだ強風化岩である。このため、調査結果を風化区分毎に整理し、土砂状となり崩壊しやすい強風化部までをゆるみの範囲とした。風化区分で整理した調査結果を表.1に示す。

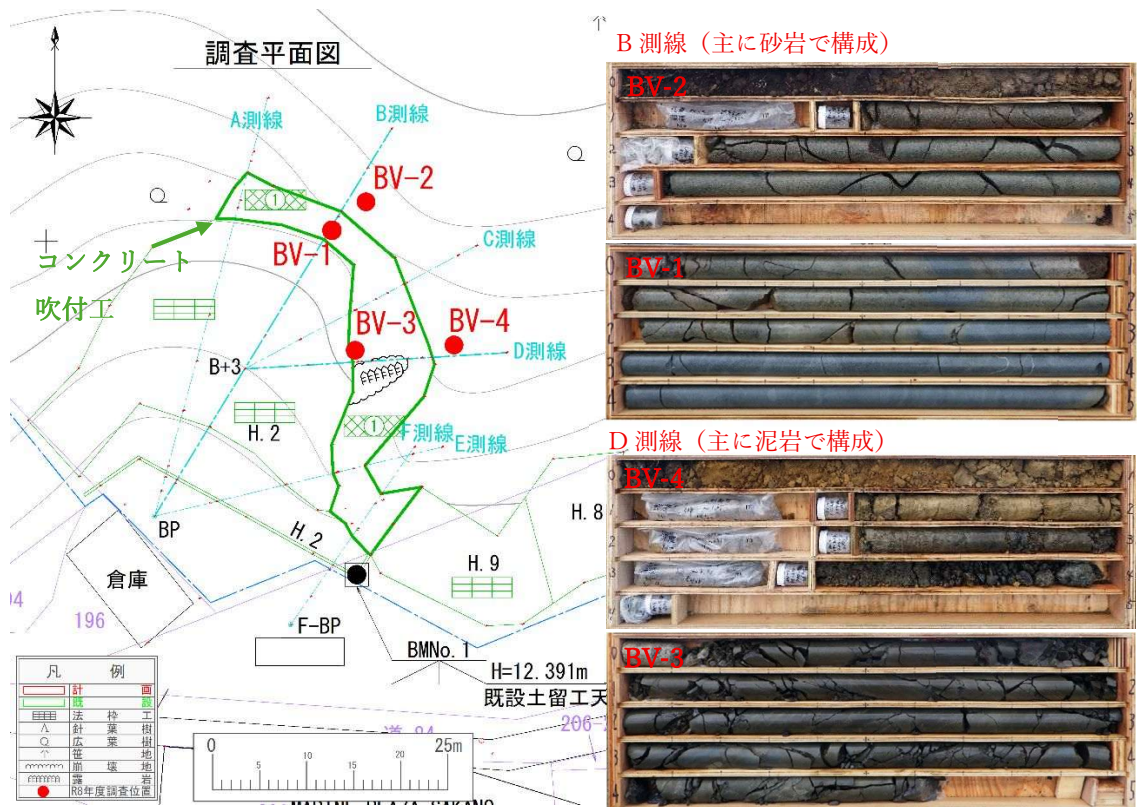


図.2 コア写真および調査平面図

このように、地質調査結果を風化区分毎で整理し、落石発生
の素因となる「地山表層のゆるみ範囲」を強風化部までと
したことで、対策工設計に必要な情報を簡潔かつわかりやす
く整理することができた。

なお、本調査では図.2 に示すように、水平離隔距離 20m
程度の測線毎において砂岩主体の箇所と泥岩主体の箇所にわ
かれるなど、短い区間においても地質の連続性が確認できな
かった。ボーリング調査中には逸水や湧水がみられ、コアに
は裂隙水によると思われる著しい酸化の痕跡が確認された箇
所もあった。このため設計では、局所的なゆるみや凍上に面
的に対応でき、排水工も施工しやすい対策工が必要と考え、
法枠工を選定した。

表.1 風化区分での整理結果

地質時代	地層名	風化区分	記号	地質・土質
第四紀	更新世	崖錐堆積物	-	礫混じりシルト質砂
白亜紀	根室層群	強風化部	N4(w4)	砂岩
				泥岩
		風化部	N4(w3)	砂岩
				泥岩
				礫岩 泥岩砂岩互層
		弱風化部	N4(w2)	砂岩
		新鮮部	N4(w1)	砂岩

2.2 生息する鹿と植生工の食害対策

本業務では地質調査の結果より、法枠工を選定・設計した。

法枠工の設計に付随し、暗渠工・植生工を実施することになったが、植生工の「食害に弱い」という特徴が問題となった。

現場にも近い釧路市は「霧の街」と呼ばれ、霧の発生率が日本一である。周辺地域にあたる厚岸町も同様に非常に霧が発生しやすい気候であり、この気候を生かして非常に多くの牧草が育まれている。

一方で、厚岸町の周辺地域では牧草を餌とする鹿が多く生息している。現地調査中にも

写真.4 に示すように鹿が確認された。エネルギー・環境・地質研究所のデータ²⁾によると、2020年時点における釧路総合振興局管内の鹿個体数は16.4万頭程度とされている。北海道全域での鹿個体数は約70万頭と推定されているため、周辺地域のみで全道中2割強の鹿が生息していると考えられる。また、本州において鹿生息数が特に多いとされる長野県、兵庫県では、県全体の推定鹿個体数はそれぞれ22万頭³⁾、16万頭⁴⁾程度とされている。調査地の周辺地域は全国的に見ても鹿が非常に多く生息しているといえる。



写真.4 調査地付近にみられる鹿

このため厚岸町での植生工は特に食害対策が重要であるが、鹿の生息数が非常に多いため対策工にかかる負荷も大きく、抜本的な対策は困難である。

周辺地域における食害対策工事の実績では、鹿の踏み荒らしおよび食害対策に客土注入マットの施工事例があった。調査地周辺で施工されている客土注入マットの状況を写真.5に示す。またマットの近接写真を写真.6に示す



写真.5 周辺地域に敷設された客土注入マット



写真.6 客土注入マット近接写真

客土注入マットは踏み荒らしに対して特に有効であるが、敷設されたマットには劣化・消耗した様子も見られ、穴が開き土砂が流出している箇所も確認された。

設計では食害対策について発注者と協議し、試験的に、法枠工に金網を被せるように敷設することで植生を保護する対策を提案し、鹿の食害リスク低下を図った。対策工の模式図を図.3に示す。

なお、各メーカーより鹿対策の製品はあるが、今回は試験的な取り組みとして、一般的な法枠工事で使用する材料で対応する



図.3 試験的に実施した食害対策工模式図

方針とした。

今後の対策効果も検証していきたい。

3.まとめ

今回の業務では、現地状況や調査目的、地域特性などを考慮し、柔軟に対応することで、資料作成および対策工設計において適切な提案ができた。

今後も情報の収集に努め、要求内容を的確に把握し、様々な課題に対応できるよう精進したい。

【質問事項】

「鹿のみに関わらず、植生工の食害対策の事例を教えてくださいたく存じます。」

<参考文献及び引用文献>

¹⁾地理院地図/GSI Maps | 国土地理院：<https://maps.gsi.go.jp/>

²⁾北海道庁ホームページ 令和5年度エゾシカ対策有識者会議：

資料5 令和4年度(2022年度)資源管理モデル地域におけるエゾシカ関連データの解析

³⁾長野県公式ホームページ 第二種特定鳥獣管理計画（第6期ニホンジカ管理）：

第二種特定鳥獣管理計画（第6期ニホンジカ管理）計画書 本文

⁴⁾氷上回廊 インタビュー：

兵庫県森林動物研究センター「藤木 大介」

C 会 場

J Rホテルクレメント徳島
3 階
金扇（東）

大規模盛土造成地における滑動崩落対策の設計事例

アルスコンサルタンツ(株) ○黒田 隼人

1. はじめに

令和6年1月1日に発生した能登半島地震により、石川県金沢市内の大規模盛土造成地で家屋の損壊、道路の亀裂、擁壁の傾倒、側溝幅の減少等の変状が多数確認された。

本発表では、測量・地質調査・解析結果を基に実施した大規模盛土造成地における滑動崩落対策の設計事例を紹介する。

2. 現地状況

業務地は丘陵地に位置しており、この丘陵は主として新第三紀・第四紀の堆積岩類からなり、高度200m以下の低平である。業務地周辺に分布する地質は大桑層である。大桑層は金沢市周辺に広く分布する地層で、細粒・中粒の均質な砂層からなる。

また、業務地は谷埋め型の大規模盛土造成地であり、谷埋め型は谷や沢を埋めたため盛土内に水の浸入を受けやすい特徴がある。また、盛土末端部には既設擁壁がある。

現地踏査結果より、舗装の亀裂、擁壁の傾倒、側溝幅の減少等の変状は大規模盛土造成地上の施設に多く確認された。また、盛土頭部の上部斜面には水路工が確認されなかったため、沢の水が盛土頭部付近から盛土内へ浸入していると考えられる。



写真.1 業務地全景

3. 調査結果

業務地の地質情報を把握することを目的に計2箇所でボーリング調査を実施した。

また、地下水状況を把握するために、調査ボーリング孔を利用して地下水検層、地下水位観測も実施した。

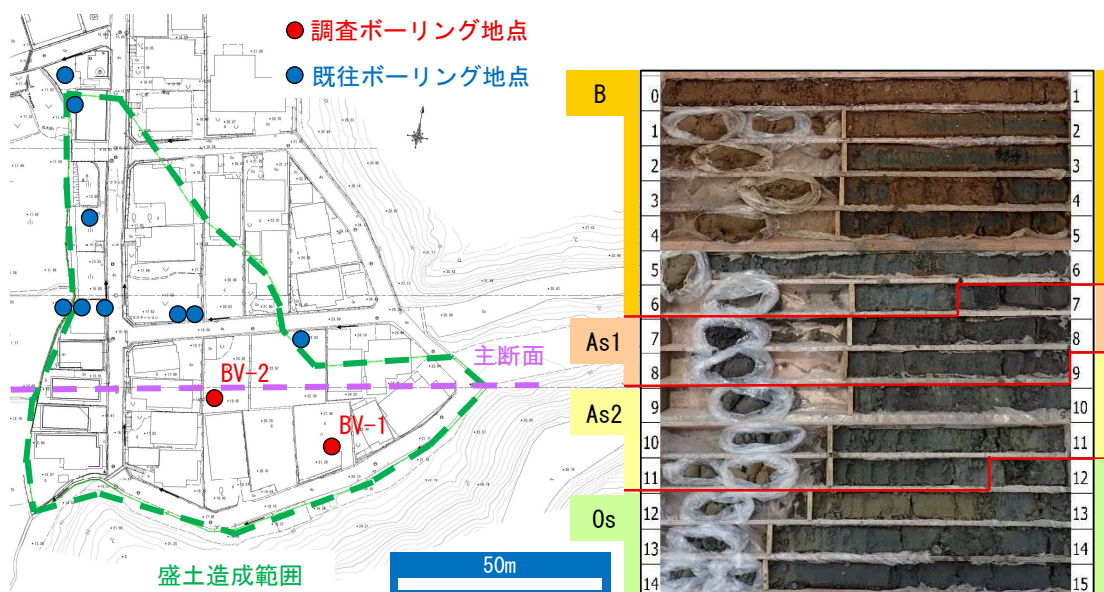


図.1 調査位置 平面図

写真.2 BV-2 コア写真

ボーリング調査の結果、業務地の地質は上位を盛土層 (B 層)、中位を沖積堆積物 (砂層) (As1 層, As2 層)、下位を大桑層 (砂岩層) (Os) で構成されることが判明した。

地下水検層の結果、盛土層 (B 層) 内に地下水流動が確認された。

地下水位観測は 2025 年 3 月 27 日から 2025 年 10 月 31 日の約 7 か月間実施しており、最高水位 (H. W. L) は BV-1 で GL-0. 816m, BV-2 で GL-0. 222m という結果となった。また、地下水位観測の結果、沢からの水が供給され比較的高い地下水位を維持していること、降雨に対する地下水位変動は敏感であることが確認された。

4. 崩壊機構

現地状況及び調査結果を基に判断した崩壊機構を以下に示す。

- ・崩壊機構

- ・崩壊の素因

- 地形的要素：谷埋め型の大規模盛土造成地であるため、盛土内に水の浸入を受けやすい。

- 地質的要素：斜面上位を盛土層、中位を沖積堆積物 (砂層)、下位に大桑層 (砂岩層) が分布している。

- ・崩壊の誘因

- 大規模地震動 (令和 6 年能登半島地震)

- ・崩壊機構

- 大規模地震時に盛土と地山の境界を不連続面とする地すべりの変形が発生

大規模地震時に盛土と地山の境界を不連続面とする地すべり的変形が発生

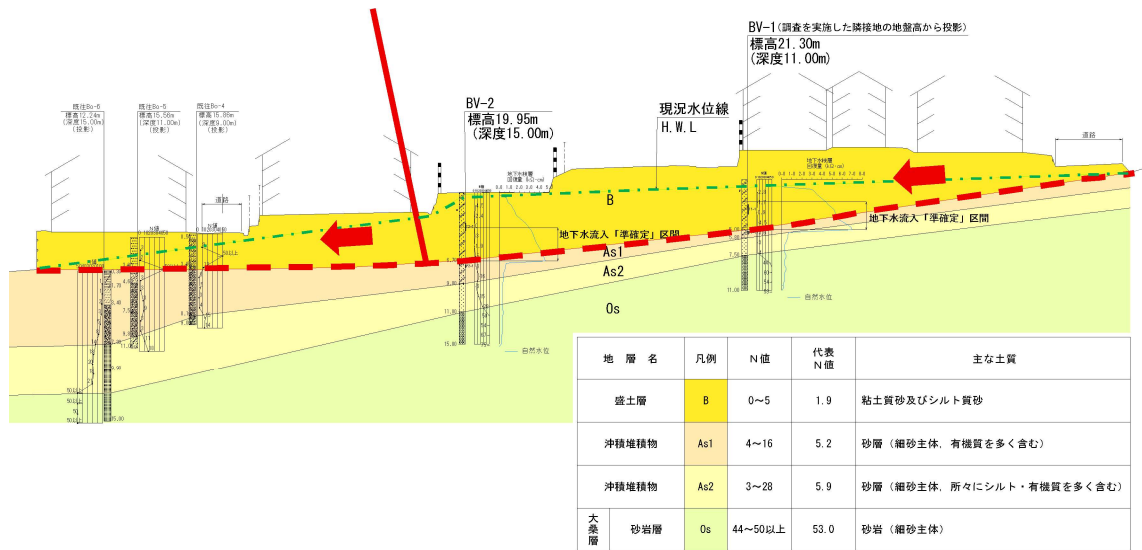


図.2 崩壊機構説明図（主断面）

5. 安定計算、対策工の選定

調査結果、各要領等を参考にした結果、本業務では安全率を下記の通り設定した。

- ・初期安全率 $F_s=1.0$ （常時）
- ・計画安全率 $p.F_s=1.5$ （常時）

経済性・施工性等から対策工を選定し、図.2の断面形状で安定計算を実施した結果、対策工と安全率は下記の通りとなった。

- ・集水井工（地下水排除）のみ 安全率 $F_s=1.141$
- ・集水井工＋押さえ盛土工 安全率 $F_s=1.506$ ←計画安全率 0.K.

6. 設計計画

対策工毎の設計計画を以下に示す。

①集水井工

- ・盛土内に地下水が流入する前に排除するとともに盛土内の地下水位を低下させる。
- ・集水ボーリングは帯水層を貫く位置とする。
- ・集水ボーリングの長さは盛土層を 5m～10m 貫入する長さとする。
- ・施工深度が浅いため、埋設管等への影響を避けるため、集水ボーリングの仰角を 3 度とし、集水ボーリング吐口と排水ボーリング呑口の高低差を 30cm とする。
- ・集水井からの恒常的な排水は、排水ボーリングからの自然排水とする。
- ・流末水路工へ接続可能な位置とするために、排水ボーリングの俯角を 3 度とする。

②押さえ盛土工

- ・宅地造成盛土の末端に盛土を行うことにより、宅地造成盛土の滑動力に抵抗する力を増加させ安定を図る。
- ・押さえ盛土は良質な材料を使用するものとし一般的な砂とする。

- ・安定計算結果より、押さえ盛土の形状は天端幅 5.0m、法面勾配 1:1.8 とする。
- ・法尻施設は、間隙水圧が上昇しないように透水性が高く、かつフレキシブルな構造を有するふとんかご工とする。

③地盤改良工

押さえ盛土工の支持層は緩い砂質土（As1 層）であるため、押さえ盛土によるすべりの安定照査を実施した。押さえ盛土のすべり計算を実施したところ、目標安全率を下回る結果となり、押さえ盛土直下の地盤改良が必要となった。地盤改良範囲付近の既往ボーリング調査結果を確認したところ、GL-3.4m まで軟弱粘土質砂が確認されていた。ここでは層厚の不均質さ等を考慮して、GL-4.0m まで地盤改良（中層混合処理工）をするものとした。

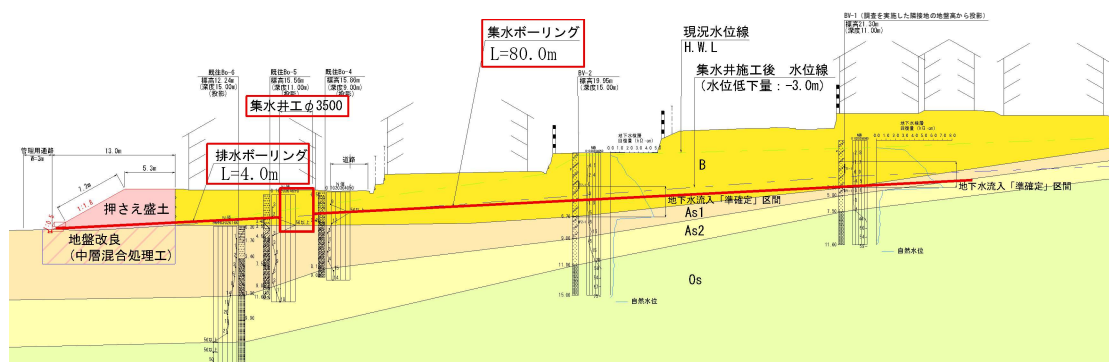


図.3 対策工配置図（主断面）

7. まとめ

本業務は宅地造成盛土の滑動崩落対策業務ということもあり、地元関係者に特に配慮しながら調査・設計を実施する必要があった。また、設計条件が厳しく、集水井工を浅い深度にしか配置できないことから、集水・排水ボーリングの配置検討を何度も重ねた。

本業務を通じて、対策工法を考える際は現地状況・条件をしっかりと把握することの重要性、関係者と綿密に協議を実施することの重要性を再認識できた。本業務での経験を生かし、今後も自己研鑽に努めていきたい。

8. 謝辞

本業務を実施するにあたり業務発注者をはじめとし、関係者各位の皆様には貴重な御助言・御指導を頂きました。この場をお借りして御礼申し上げます。

【質問事項】

「盛土造成地の滑動崩落対策の類似事例がありましたら教えてください。」

「集水井工を設計する際の留意点について教えてください。」

活動中の地すべりにおける 施工安全性に配慮した設計事例

国土防災技術（株） ○平あおい，石塚みづほ

1. はじめに

活発な活動が観測されている地すべりにおいては、対策工を適切に計画し保全対象の被災防止を図るとともに、施工時の安全性を確保することも重要な課題の一つとなる。

本発表では、人家に近接する活動中の地すべりにおいて、応急対策として地すべり地外から施工するボーリング暗渠工および無人掘削機による排土工を、また恒久対策として移動足場によるグラウンドアンカー工等を計画し、保全対象の被災防止に加えて施工時の安全性確保にも配慮した事例について報告する。

2. 対象地の概要

2. 1 地すべりの状況

対象となる地すべりは溪流右岸斜面に位置し、地すべりの規模は幅約 30 m、長さ約 40 m である（図.1）。令和 6 年 10 月 19 日に地すべり上部に幅約 10 cm、長さ約 13 m の亀裂が発生し、その後、令和 7 年 4 月 2 日には当該亀裂を頭部として崩壊が発生した。この崩壊により、家屋の一部が斜面下方へ落下する被害が生じた（図.2）。

地表伸縮計等による観測では、崩壊発生前において日変位量は最大 98 mm に達し、累積変位量は 2,040 mm（99 日間）となった。さらに崩壊発生後においても累積変位量 65 mm（105 日間）が計測されているほか、地すべり頭部では新たな引っ張り亀裂が確認されるなど、現在も活発な地すべり活動が継続している。

2. 2 地質状況

地質平面図を図.3 に、地質縦断図を図.4 に示す。対象斜面一帯においては、基盤岩である「風化頁岩（Ssh）」の上位に、「段丘堆積物（Tr）」および「関東ローム層（Lm）」が分布している。

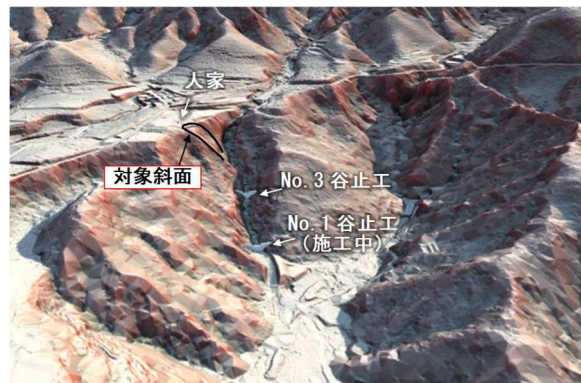


図.1 対象地位置図



図.2 地すべり全景

ただし、地すべりブロック内 (BV-1) における「段丘堆積物 (Tr)」は、地すべりブロック外 (BV-2, BV-5) と比較して標準貫入試験による N 値が著しく低く、相対的に脆弱である。この N 値の低下は、断層活動や地すべり滑動に伴う破碎作用により地盤のゆるみが生じたことに起因すると推定される。以上のことから、当該地すべりブロック内の「段丘堆積物 (Tr)」については、地すべり地外に分布する同層とは区別し、「崩積土 (dt)」として再分類した。

また、基盤岩である「風化頁岩 (Ssh)」は斜面下部において確認されるが、部分的に土砂化が進行するなど風化が著しく、脆弱な状態にある。さらに、地下水位は概ね GL-20m 付近で推移しており、降雨時には上昇傾向を示す。「風化頁岩 (Ssh)」およびすべり面が地下水位以下に位置することから、地下水位の上昇に伴い地すべり滑動が活発化する可能性が高い。

以上のことから、本斜面は地すべりや侵食、崩壊が発生しやすい地質特性を有していると判断される。

2. 3 地すべり機構解析

当該地すべりは、地すべりが発生しやすい地形、風化やゆるみがすすんだ脆弱な地質、地下水の賦存を素因とし、降雨によるブロック末端部の土砂流出および地下水位の上昇を誘因として発生したと推定される (図. 4)。

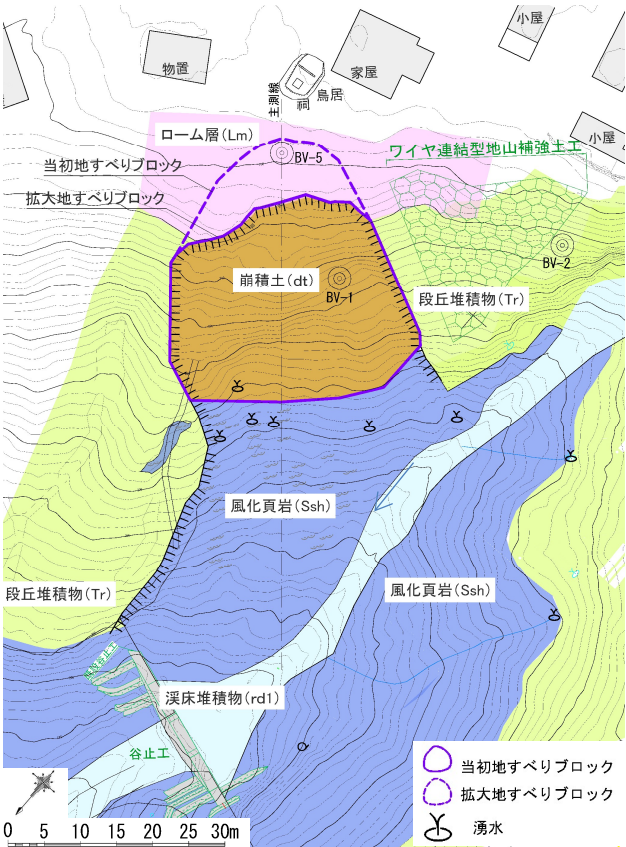


図. 3 地質平面図

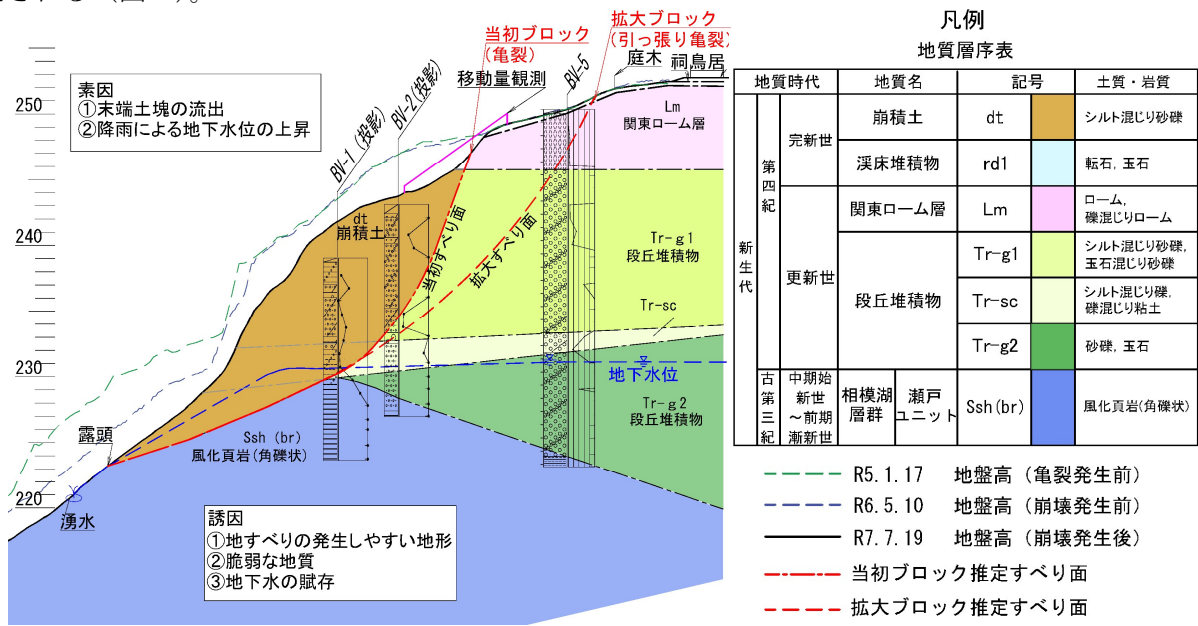


図. 4 地質縦断図と崩壊発生機構

3. 対策工の設計

地すべり活動が活発であるため、対策工の設計にあたっては、地すべり直上部に位置する家屋等の保全対象の被災防止に加え、施工時の安全確保も重要な課題となった。そこで、応急対策により地すべり地内への立ち入りを要しない工法を採用し、仮設時の目標安全率 $PFs=1.05$ を早期に確保した後、地すべり地内において恒久対策に着手する方針とした。

具体的な対策工法は以下のとおりである。

3. 1 応急対策

地すべり地内への作業員の立ち入りを要しない工法として、地外から施工可能な水抜きボーリング暗渠工および無人掘削機による排土工を採用した。

ボーリング暗渠工の効果については不確実性があるため、安全側に配慮してその効果は考慮せず、排土工のみで仮設安全率 $PFs=1.05$ を確保する計画とした。

また、排土工の施工範囲は、直上部の家屋等および隣接斜面に施工済みのワイヤ連結型地山補強土工に影響を及ぼさない範囲とした。

3. 2 恒久対策

グラウンドアンカー工により、目標安全率 $PFs=1.20$ を確保する計画とした。

アンカー工の施工方法としては、施工時の安全性向上を図るため、人力による足場組立作業を要しない移動足場工法による施工方法を採用した。

写真1に、移動足場工法によるアンカー施工のイメージを示す。本工法は、吊り下げ式8脚走行型移動足場に搭載した削孔機によりアンカーを施工するもので、移動足場の規模は $4 \times 3\text{m}$ 、最大積載荷重は 3t である。このため、 3t クラスの二重管掘削用パーカッションドリルの搭載が可能であり、通常の足場と同様にアンカー施工を行うことができる。表1に、移動足場工法によるアンカー施工と通常の足場を架設して施工する標準工法との経済性比較結果を示す。当該地区においては、移動足場工法は、標準工法で必要となる 3t モノレールの架設を要しないことから、経済性においても優位性が確認された。また、グラウンドアンカー工の受圧構造についても、同様に 3t モノレールを要しない法枠工（ $500\text{--}3000\text{--}3000$ ）を採用した。

なお、応急対策として設置したボーリング暗渠工は斜面を横断しているため、グラウンドアンカー工の施工により破損する可能性が高い。このため、グラウンドアンカー工の施工後に、斜面正面からボーリング暗渠工を再施工する計画とした。加えて、上記工法の他に、家屋直下の急勾配切土箇所鉄筋挿入工や切土小段部に水路工等を計画した。

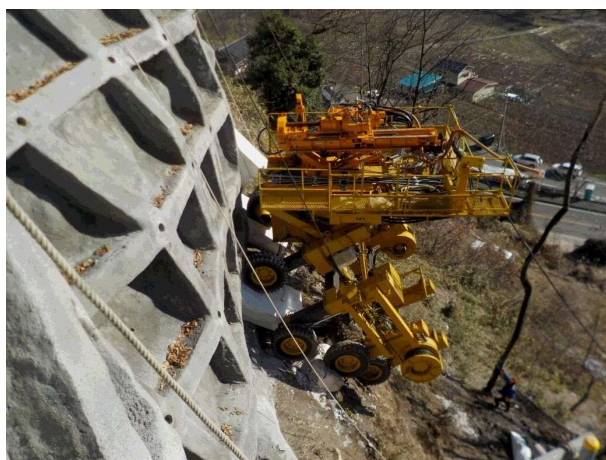


写真. 1 移動足場工法の施工例

表. 1 アンカー工の施工方法経済性比較表

施工方法	経済性 ($L=17\text{m/本}$, 30本あたり) 直工費(千円)		
	アンカー工	3tモノレール	計
案1 標準工法 (足場設置による)	26,000	20,000	46,000
案2(採用案) 移動足場工法 (無人掘削機による)	27,500	3,000	30,500
			150%
			100%

図.5 に対策工計画平面図, 図.6 に対策工計画縦断面図, 図.7 に施工フロー図を示す。

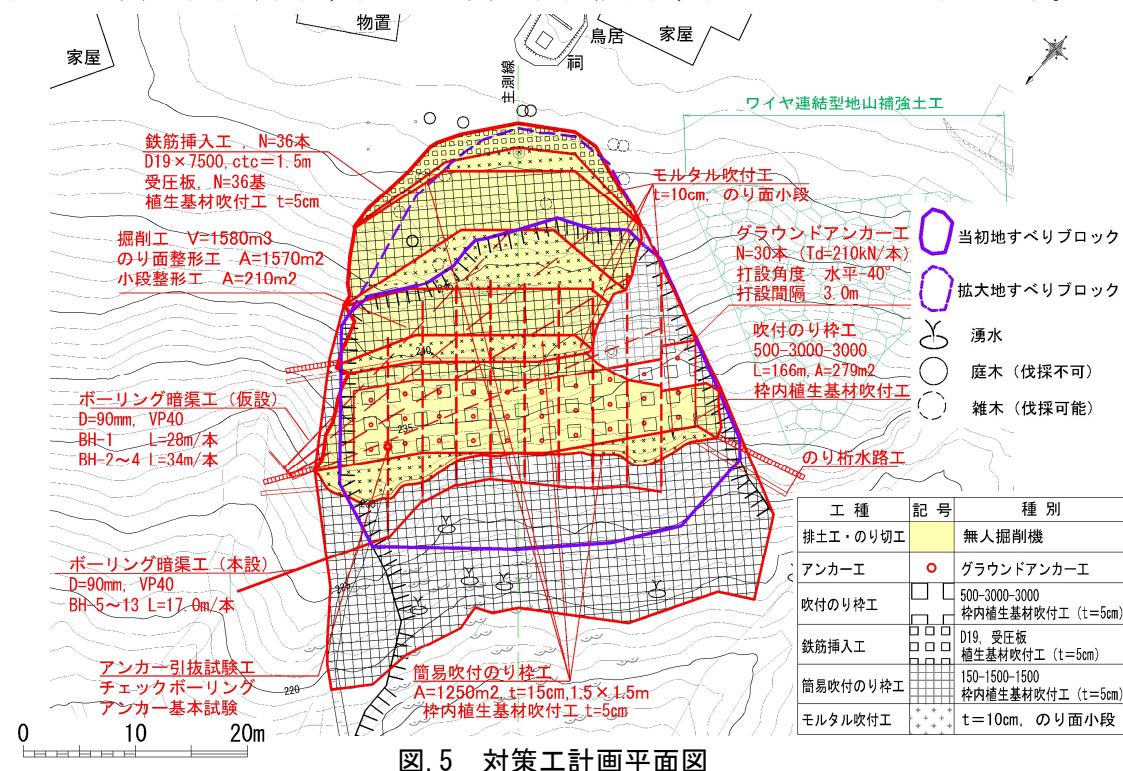


図.5 対策工計画平面図

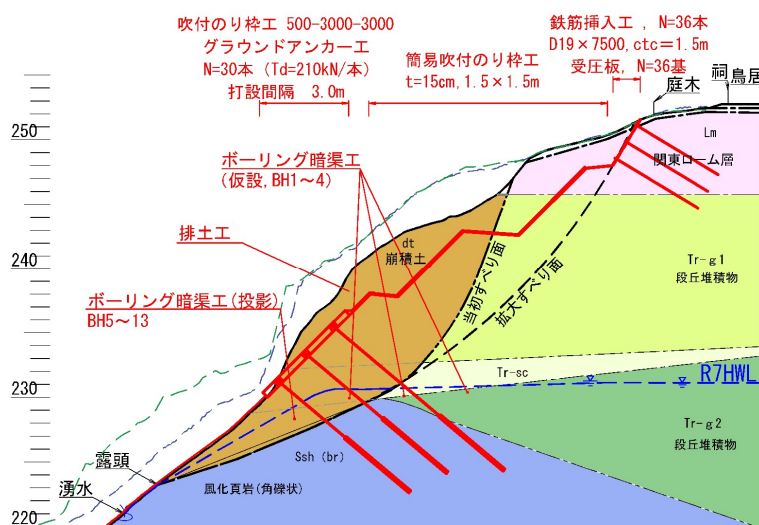


図.6 対策工計画縦断面図

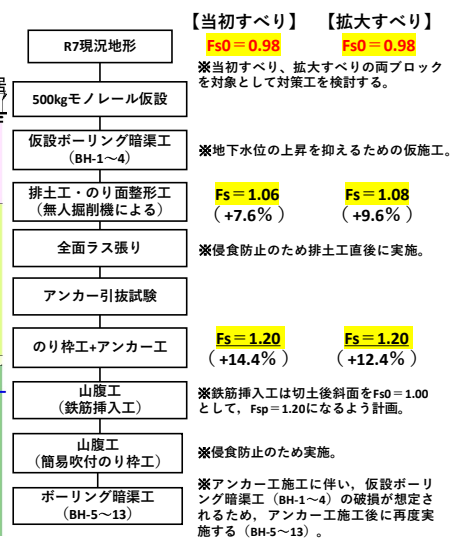


図.7 施工フロー図

4. 今後の課題

以上、地すべり地外からのポーリング暗渠工、無人掘削機による排土工、ならびに移動足場工法によるアンカー工等を採用し、施工時の安全性確保に配慮した設計事例について報告した。今後は、現在進められている対策工事において、実際の施工状況を確認し、設計内容に問題がないか検証を行うとともに、施工に関する知識の習得にも努めていきたい。

【質問事項】

無足場アンカーの適用性について、施工面でのご意見等があればご教授ください。

(無足場アンカーには、①ロープ足場と吊り下げた削孔機で行う方法と、②移動足場を吊り下げる方法(=今回採用案)があるかと思いますが、各適用性等ご意見があればご教授ください。)

徳島県山間部における岩級区分を指標とした

アンカー周面摩擦抵抗力の評価

ニタコンサルタント(株) ○辻敦矢, 橋本昌夫, 中島昇

1. はじめに

アンカー工の詳細設計では、アンカー基本調査試験によって得られる周面摩擦抵抗 (τ) 値を基に、必要抑止力に応じたアンカー規模および定着長を決定する。この試験の最大荷重の計画にあたっては、下表に示す一般値から τ 値が想定される場合が多い。しかし、これらの一般値は 1975 年以前の古い試験データに基づいている¹⁾ うえ、適用区分も岩盤の硬軟や風化の程度といった大まかな分類に限られている。その結果、想定した τ 値と実測値との間に乖離が生じ、現場における手戻りなどが問題となることがある。このような背景から、本稿では徳島県山間部で近年実施された調査試験データを収集し、実測された τ 値と地質的指標との相関について検討した。

具体的には、一般的な岩盤評価指標である「岩級区分」に着目し、 τ 値と各岩級区分ならびにその混在状況との関係性を整理した。これらの結果をもとに、実態に即したアンカー基本調査試験等に適用可能な τ 値の提案を試みた。

表.1 アンカーの周面摩擦抵抗²⁾

地 盤 の 種 類			摩擦抵抗 (MN/m ²)
岩 盤	硬 軟 風 化 土 岩 丹 岩		1.50~2.50
			1.00~1.50
			0.60~1.00
			0.60~1.20
砂 礫	N 値	10	0.10~0.20
		20	0.17~0.25
		30	0.25~0.35
		40	0.35~0.45
		50	0.45~0.70
砂	N 値	10	0.10~0.14
		20	0.18~0.22
		30	0.23~0.27
		40	0.29~0.35
		50	0.30~0.40
粘 性 土			1.0c (c は粘着力)

注1) 加圧注入アンカーに対するデータを統計的に整理したものである。

注2) 本解説表については、本解説を十分に理解のうえ、取扱いに注意する必要がある。

注3) 蛇紋岩・第三紀泥岩・凝灰岩等の場合は、岩質区分から示される最小値よりも更に小さい摩擦抵抗しか得られない場合がある (付録 6-5 参照)。

2. 試験事例と乖離の要因

本事例は、地すべりブロック末端の切土を伴う道路改良において計画された、アンカー工の試験事例である。試験は、換算 N 値 90 程度を示す破砕された D 級岩盤を対象に実施した。試験区間のコア写真を写真-1 に、試験孔の孔径や使用材料を図-1 に示す。試験方法は、「グラウンドアンカー設計・施工基準、同解説 (2012)」に準拠した。なお、後述する弊社で得



写真.1 試験区間コア写真

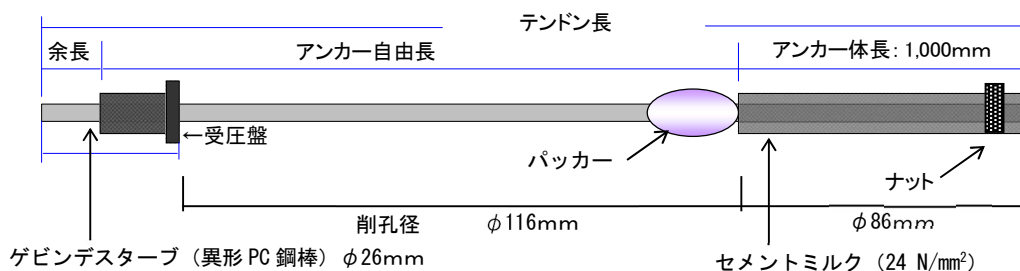


図.1 アンカー基本調査試験模式構造図

られた試験データは、すべて同様の試験方法によって得られた値である。

試験の結果、周面摩擦抵抗値は $\tau = 0.48$ (MN/m²) で、一般的な風化岩の最低値として想定していた $\tau = 0.6$ (MN/m²) とは乖離していた。ただし、引き抜けは10段階サイクルの4サイクル目鉄筋伸び量の適切さ等から有用なデータを判断している。

この乖離の要因として、先に示した一般値の一覧表が、岩盤性状により定性的に区分されたものであり、注釈にもあるように最小値より更に小さい周面摩擦しか得られない場合もあることが挙げられる。また、同一覧表が1975年以前の古いデータに基づいており、その後の削孔技術の進歩に伴って試験区間のコア採取状況や孔壁状況が当時と大きく変化してきたことも、要因の一つとして考えられる。

3. 一般値に示された岩盤の種類と岩級区分の整理

整理には、弊社において2006年以降に得られた、比較的新しい52箇所の試験データを用いた。徳島県は全国有数の地すべり地帯であり、アンカーの設計に用いる周面摩擦抵抗 (τ) 値を設定することを目的として、基本調査試験を実施することが多い。そのため、これら52データのうち38箇所は、地すべりが多発する三波川帯に位置している。図.2に試験箇所と地質の関係を示す。

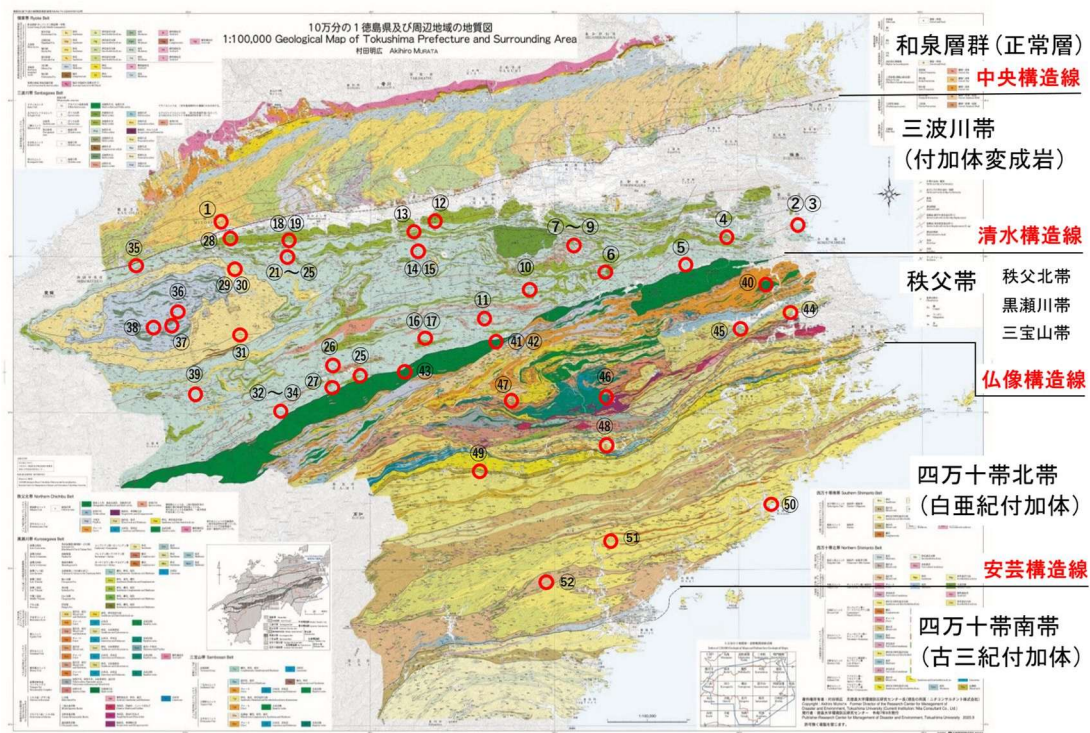


図.2 10万分の1徳島県及び周辺地域の地質図³⁾に加筆

図.3 に試験孔のコア写真や柱状図で確認した岩級区分と、既往の一覧表に示された「岩盤の種類」とを比較して示す。これらを見ると、風化岩はD級岩盤35%、CL級岩盤55%とD~CL級岩盤を主体とするものの、CM級岩盤も含んでいる。軟岩はCL級岩盤48%、CM級岩盤48%とCL~CM級岩盤が大部分を占める一方で、D級岩盤もわずかに含む。硬岩はCL~CM級で構成されている。このように、風化岩や軟岩には、分布に偏りはみられるものの、Dか

ら CM 級までのすべての岩盤が含まれ、幅広い分布を示す。加えて、既往の一覧表における風化岩の最低値 ($\tau=0.6\text{MN/m}^2$) を下回るデータが 8 箇所存在している。これらの結果から、既存の一覧表のみを用いて τ 値を推定する場合、技術者の経験に基づく判断に依存する部分が大きいと考えられる。

4. 地質的指標と τ 値との比較

本稿では、地質的指標として岩盤用柱状図に一般的に記載される岩級区分に着目し、 τ 値との関係を整理・比較した。具体的には、アンカー基本調査試験の試験区間 (1m) において、最小 5cm 単位で岩級を区分し、その構成割合を算出した。その上で、試験区間内で 50%以上を占める岩級を代表区分とし、試験対象を D 級、CL 級、CM 級の 3 種類の岩盤に分類した。この岩盤の分類基準と各分類のデータ数を表.2 に示す。

分類別に整理した τ 値を表.3 および図.4 に示す。D 級岩盤で得られた τ 値は、平均値 0.68MN/m^2 、中央値 0.67MN/m^2 、第 1～第 3 四分位数は $0.55\sim0.81\text{MN/m}^2$ であり、一般値に示された風化岩 ($0.60\sim1.00\text{MN/m}^2$) の下限付近に分布する。CL 級岩盤では、第 1～第 3 四分位数は $0.74\sim1.22\text{MN/m}^2$ で、一般値に示された風化岩～軟岩の範囲 ($0.60\sim1.50\text{MN/m}^2$) に分布する。平均値は 0.98MN/m^2 、中央値 0.89MN/m^2 で、いずれも一般値に示された軟岩の下限値 (1.0MN/m^2) を下回った。CM 級岩盤では、平均値 1.15MN/m^2 、中央値 1.08MN/m^2 、第 1～第 3 四分位数は $1.04\sim1.33\text{MN/m}^2$ であり、一般値に示された軟岩 ($1.00\sim1.50\text{MN/m}^2$) の下限付近に分布する。

ここで、CL 級岩盤は相対的に τ 値が広い範囲を示し、ばらつきが大きく、岩級も D 級～CM 級を含む幅広い構成であることを考慮し、構成割合と τ 値との関係を再整理して表.4 および図.5 に示す。データ数が乏しく、明確な判断は難しいが、D～CL 級では、第 1～第 3 四分位数は $0.74\sim0.97\text{MN/m}^2$ であり、風化岩の範囲に分布する。また、CL～CM 級では、第 1～第 3 四分位数は $0.89\sim1.22\text{MN/m}^2$ 、平均値 1.07MN/m^2 、中央値 1.04MN/m^2 で、軟岩の下限付近に分布する。CL 級のみで構成された τ 値

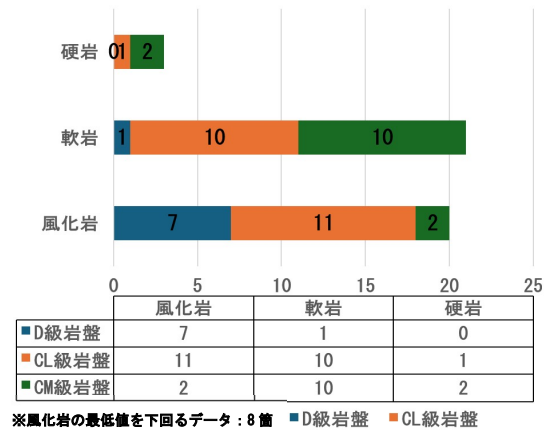


図.3 一般値の岩盤の種類と岩級区分の関係

表.2 試験区間の分類とデータ数

分類	分類の詳細	小計 (個)	計 (個)
D級岩盤	D級のみ	10	14
	D級主体 (D>50%)	4	
CL級岩盤	CL級主体 (D≤50%)	6	24
	CL級のみ	11	
	CL級主体 (CM≤50%)	7	
CM級岩盤	CM級主体 (CM>50%)	7	14
	CM級のみ	7	

表.3 区分ごとの τ 値

分類	周面摩擦抵抗値 (τ 値) 単位: MN/m^2			
	平均値	中央値	第1～第3四分位数	最小値～最大値
D級岩盤	0.68	0.67	0.55 ~ 0.81	0.44 ~ 1.04
CL級岩盤	0.98	0.89	0.74 ~ 1.22	0.56 ~ 1.52
CM級岩盤	1.15	1.08	1.04 ~ 1.33	0.73 ~ 1.56

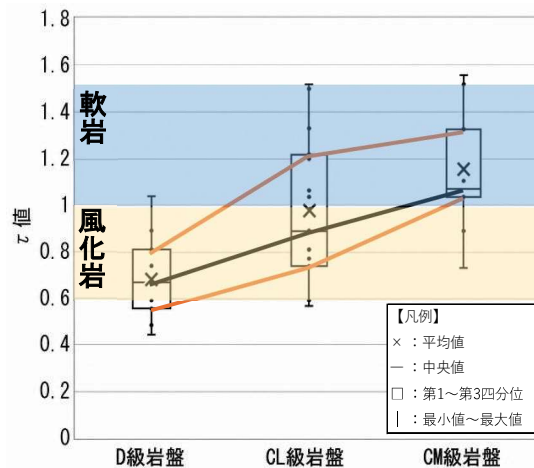


図.4 区分と τ 値の関係

は、第1～第3四分位数は0.74～1.33MN/m²と分布範囲が広く、ばらつきが大きい。一方で、平均値は1.00MN/m²、中央値は0.89MN/m²であり、D～CL級とCL～CM級の中間的な値を示した。

5. まとめ

本稿では、徳島県の山間部で得られた周面摩擦抵抗(τ)値を、岩級区分の構成割合に基づいた分類で整理した。その結果、一般値において風化岩に分類される岩盤はD級およびCL級岩盤に多く、軟岩に分類される岩盤はCL級およびCM級岩盤に多く分布する傾向が確認された。また、風化岩および軟岩のいずれにも複数の岩級が含まれることから、既往の一般値のみではτ値の設定に曖昧さが生じる可能性がある。本検討に基づき、第1～第3四分位数の小数点第2位以下を切り捨て、岩級分類に応じたτ値の提案範囲として以下に示す。

- ① D級岩盤主体層を対象とする場合：0.5～0.8 MN/m²
- ② CL級岩盤主体層を対象とする場合：0.7～1.2 MN/m²
- ③ CM級岩盤主体層を対象とする場合：1.0～1.3 MN/m²

これらの提案値は、既存の一般値と整合しつつも、設定幅を一般値より狭く限定できていることから、徳島県三波川帯における今後のアンカー基本調査試験の計画や予備設計において実用性の高い指標になると考えられる。

一方で、今後の課題も残されている。第一に、本検討で使用したデータ数はまだ十分とは言えず、対象地域も概ね徳島県の三波川帯に限られている点である。第二に、CL級主体の岩盤は他の分類と比較してτ値のばらつきが大きく、特にCL級単独で構成される岩盤においてその傾向が著しい点である。今後は、さらなるデータの蓄積によって提案値の精度向上を図るとともに、CL級岩盤におけるばらつきの要因究明を進める予定である。

【質問事項】

「本稿では三波川帯の変成岩のデータが多いですが、CL級岩盤のτ値のばらつきには、岩種や亀裂、片理の発達状況などが影響していると考えられますか。」

《引用・参考文献》

- 1) 地すべり対策技術の現状と今後のあり方に関する調査研究 平成28年度報告書（平成29年6月）：公益社団法人森林保全・管理技術研究所，pp. 23.
- 2) グラウンドアンカー設計・施工基準，同解説（2012）：公益社団法人地盤工学会，pp. 78.
- 3) 村田明広（2025）：10万分の1徳島県及び周辺地域の地質図，徳島大学環境防災研究センター．

表.4 細分類した CL 級岩盤の τ 値

分類	周面摩擦抵抗値（τ 値） 単位：MN/m ²			
	平均値	中央値	第1～第3四分位数	最小値～最大値
D～CL級	0.85	0.76	0.74 ～ 0.97	0.74 ～ 1.20
CL級	1.00	0.89	0.74 ～ 1.33	0.56 ～ 1.52
CL～CM級	1.07	1.04	0.89 ～ 1.22	0.89 ～ 1.33

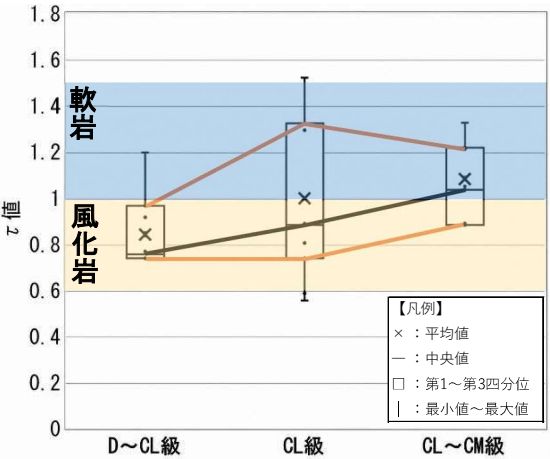


図.5 細分類した CL 級岩盤とτ 値の関係

斜面对策工事における削孔管理の省力化

ライト工業(株) 西日本支社 滝 健太郎

1. 背景と目的

建設業界では人手不足や高齢化が進行しており、施工管理の効率化と省力化が重要な課題となっている。このような背景から、現場における生産性向上を図るため ICT 技術の活用が求められているが、特に斜面对策工（のり面工）における作業は、一般土木と比較して、機械化・自動化が遅れているのが現状である。本報告は、上記の ICT 技術の活用を念頭に斜面对策工事における鉄筋挿入工の削孔管理の省力化を目的として、ICT 削孔管理システムを導入した事例についてまとめたものである。

2. 従来の削孔管理の課題

鉄筋挿入工においては、削孔長および削孔角度が出来形管理の主要項目であり、全箇所での確認と記録が必要となる（写真.1）。従来は施工管理者が削孔機の設置から完了まで常時立ち会い、角度や深度の確認、記録作業、写真撮影を行っていた。そのため作業拘束時間が長く、施工管理者の業務を圧迫する大きな要因となっていた。

3. ICT削孔管理システムの概要

ICT削孔管理システムは、削孔長および削孔角度を削孔機に設置されたセンサーで自動計測できる。システムの概要図を図.1に示す。削孔長はレーザー計測によりドリフターの移動量との差分からリアルタイムで算出され、削孔角度は機械本体に搭載された傾斜計により管理される。計測データは無線で管理装置（PCB）に送信され、タブレット端末でも同様の画面を確認・操作できるため、オペレーター自身が手元で数値を把握可能である。これまで、グラウンドアンカーなどの現場管理で活用されており、ベースマシンは足場上で施工するスキッドタイプであった。本事例では、林間内で斜面を補強する工事であったことから、写真.2にある無足場削孔機においてこのシステムを採用している。

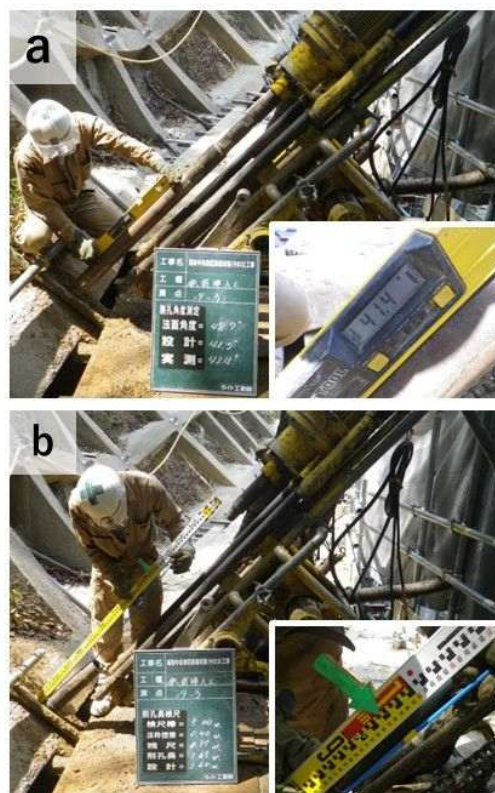


写真.1 従来の施工管理写真例

（a：削孔角度の確認状況，b：削孔長の確認状況）

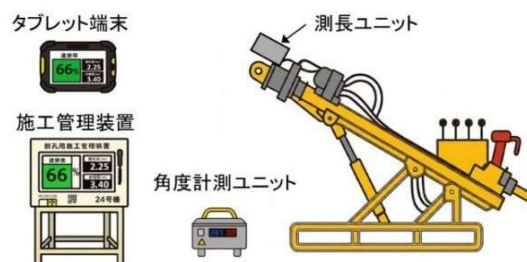


図.1 ICT 削孔管理システムの構成図



写真.2 無足場削孔機における ICT 削孔管理システムの活用状況
(a: 削孔機全景, b: オペレーターの操作状況, c: タブレットモニター)

4. 現場での運用と特徴

導入したシステムでは、削孔時のデータが自動的に記録されるとともに、削孔機の据付完了時および削孔完了時の画面がスクリーンショットとして保存される。この画面を出来形写真の代替とすることで、従来必要であった出来形写真の撮影作業を省略することが可能となった。また、記録されたデータは帳票として自動出力されるため、事務処理に要する時間も短縮される。

5. 導入による効果

従来は削孔作業中に施工管理者が常時付き添う必要があったが、本システムの導入により記録作業が自動化された。これにより施工管理者の作業時間に余裕が生まれ、業務効率が向上した。この事例では3機の

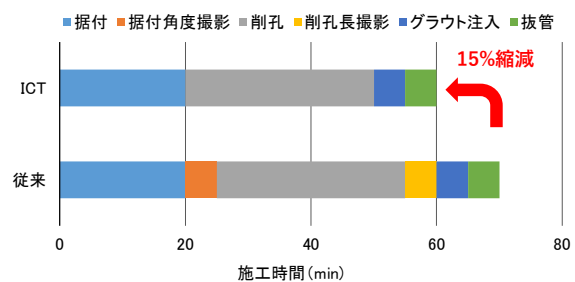


図.2 鉄筋挿入工 1 本当たりの施工サイクル

削孔機を用いて施工した。従来は各機械に1名、合計3名の施工管理者が必要であったが、本システムの導入により施工管理者の負担が削減され、1名で3機の施工管理が可能となった。さらに、出来形写真の撮影作業による作業の中断が無くなったことにより鉄筋挿入工 1 本当たりの施工時間は15%程度縮減された (図.2)。

また、急傾斜地において現地での出来形管理作業が減少したことで、作業の安全性も向上した。加えて、削孔長や削孔角度がリアルタイムで可視化されることで、オペレーターや作業員の品質意識が高まり、出来形精度の向上にも寄与した。

6. まとめ

ICT削孔管理システムの導入により、施工管理における記録作業や写真管理、帳票整理の省力化が実現された。さらに、省人化だけでなく安全性や品質の向上にも効果が確認され同種工事への積極的な適用が期待される。

【質問事項】①鉄筋挿入の水平方向の削孔角度はどのように管理すべきでしょうか。

干渉 SAR 解析による災害発生後の周辺斜面のリスク評価

日本工営(株) ○西口尚希

1. はじめに

令和7年7月12日の未明に埼玉県秩父市大滝地内の国道140号線で落石が発生し、全面通行止めとなった(図.1)。道路で停止した落石の大きさは、最大で2.0m×1.0m×2.0mの規模であった(図.2)。本報告では、落石災害が発生した箇所の周辺斜面の災害リスクを把握する目的で干渉 SAR 時系列解析を行った事例を紹介する。また、電子基準点観測データとの比較により干渉 SAR 時系列解析の精度検証を行った結果を報告する。



図.1 落石発生箇所及び電子基準点の位置図



図.2 落石発生時の状況(埼玉県提供)

2. 調査地の概要

本箇所は、奥秩父山地の甲武信ヶ岳(2,475m)を源流とする荒川の左岸に位置する。荒川による侵食により深いV字谷が形成され、急峻な地形を呈しており、落石や岩盤崩落等が多く発生している。調査地周辺の地質は主に、中生代の後期ジュラ紀～前期白亜紀の浦山層群御前山ユニットの混在岩及び砂岩頁岩互層からなり、片理や節理が発達している(図.3)。

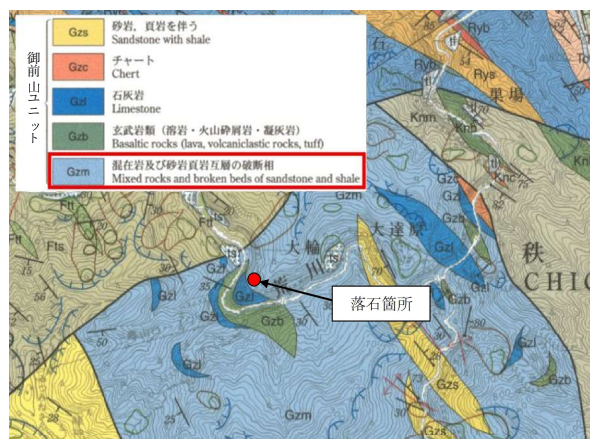


図.3 調査地周辺の地質図¹⁾

3. 方法

本報告の検討フローを図.4に示す。

はじめに、干渉 SAR 時系列解析を行い、衛星視線方向の変動量を計測した。干渉 SAR 時系列解析とは、複数時期の SAR 観測データの位相差を統計処理することで広範囲の地表面変動量を把握できるリモートセンシング技術である。本検討では宇宙

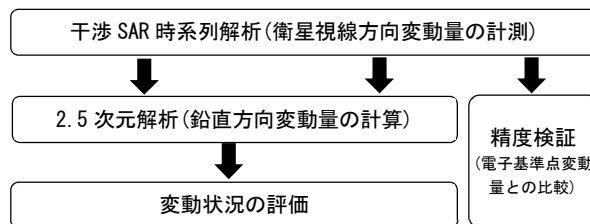


図.4 検討フロー

航空研究開発機構 JAXA が運用する ALOS-2 により取得されたアセンディング軌道（衛星が南から北に飛行し東向き斜め下方向を観測）及びディセンディング軌道（衛星が北から南に飛行し西向き斜め下方向を観測）の SAR 観測データを使用した（表. 1）。なお、干渉 SAR 時系列解析で得られる変動のベクトルは衛星と地表面を結ぶ衛星視線方向である。

表. 1 使用した SAR データ一覧

衛星 軌道	ALOS-2				
	アセンディング		ディセンディング		
観測日	2014/12/12	2019/12/6	2014/10/9	2016/12/15	2020/9/17
	2015/4/17	2020/3/13	2015/5/7	2017/4/6	2021/4/1
	2015/5/15	2020/6/19	2015/5/21	2017/7/13	2021/9/16
	2015/7/10	2021/3/12	2015/6/4	2017/9/21	2022/3/31
	2015/7/24	2021/6/18	2015/6/18	2017/12/14	2022/9/15
	2016/4/1	2021/12/17	2015/7/2	2018/4/5	2023/3/30
	2016/7/8	2022/3/11	2015/7/16	2018/7/12	2023/6/22
	2016/12/9	2022/12/16	2015/8/27	2018/9/20	2023/9/14
	2017/3/17	2023/3/24	2015/10/22	2018/12/13	2023/12/7
	2017/6/23	2024/8/23	2016/1/14	2019/4/4	2024/3/28
	2018/4/13	2025/3/7	2016/4/21	2019/9/19	2024/9/12
	2019/6/21		2016/7/14	2019/12/12	2025/3/27
	2019/10/11		2016/9/22	2020/4/2	

次に、アセンディングおよびディセンディングの両軌道の干渉 SAR 時系列解析で得られた衛星視線方向変動量を用いて 2.5 次元解析と呼ばれるベクトル演算を行い、鉛直方向変動量を算出した（図. 5）。得られた鉛直方向変動量を用いて、「道路土工・切土工・斜面安定工指針, 平成 21 年, 日本道路協会」³⁾における地盤伸縮計の変動ランクを参考に表. 2 に示す区分の通り、変動の程度を評価した。

さらに、本検討に使用した干渉 SAR 時系列解析結果の妥当性の確認のため、干渉 SAR 時系列解析で得られた変動量と電子基準点 (GEONET) の日々の座標値から得た変動量を比較し、精度検証を行った。検証にはディセンディング軌道の SAR データを使用した。電子基準点の変動量を真値とし、二乗平均平方根誤差 (RMSE) を算出した。なお、電子基準点の変動量は衛星視線方向の変動量に変換の上、干渉 SAR 時系列解析により得られた変動量と比較した。検証に使用した電子基準点は「埼玉大滝」であり、「秩父」を固定局（不動点）とした（図. 1）。

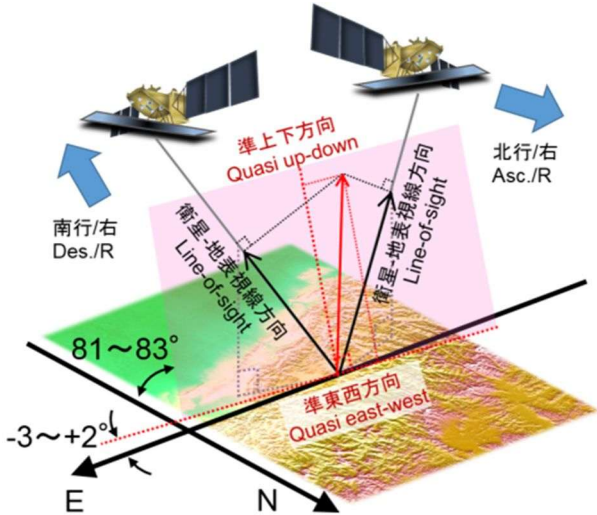


図. 5 2.5 次元解析の概念図 ²⁾

表. 2 干渉 SAR 解析結果の評価基準（案）

変動ランク	月平均変動速度 (mm/月)	年平均変動速度 (mm/年)
変動 A	10.0 以上	120.0 以上
変動 B	2.0 以上 10.0 未満	24.0 以上 120.0 未満
変動 C	0.5 以上 2.0 未満	6.0 以上 24.0 未満
変動 C 未満	0.5 未満	6.0 未満

「道路土工・切土工・斜面安定工指針」³⁾を参考に作成

4. 結果

4.1 精度検証

電子基準点(埼玉大滝)と同地点における干渉 SAR 時系列解析による計測値の全体的な変動トレンドは整合する傾向がみられた。RMSE は 12.2mm (図.6) であり, 2014 年 9 月から 2015 年 6 月までの計 6 ペアの ALOS-2 二時期差分干渉 SAR 解析値と GNSS 計測値の比較による精度検証結果 (RMSE : 15.1mm)⁴⁾ よりも干渉 SAR 時系列解析の方がやや精度が高いことが確認された。これは, 干渉 SAR 時系列解析は統計処理の過程で低精度な観測データを除外する処理を行っているため精度が向上したものと考えられる。

以上より, 干渉 SAR 時系列解析は 0.1mm オーダーの変位を計測する伸縮計観測のような精緻な変動監視には適さないものの, 比較的移動量が大きい場合や変動範囲を明確にした場合には有用な技術であると考えられる。

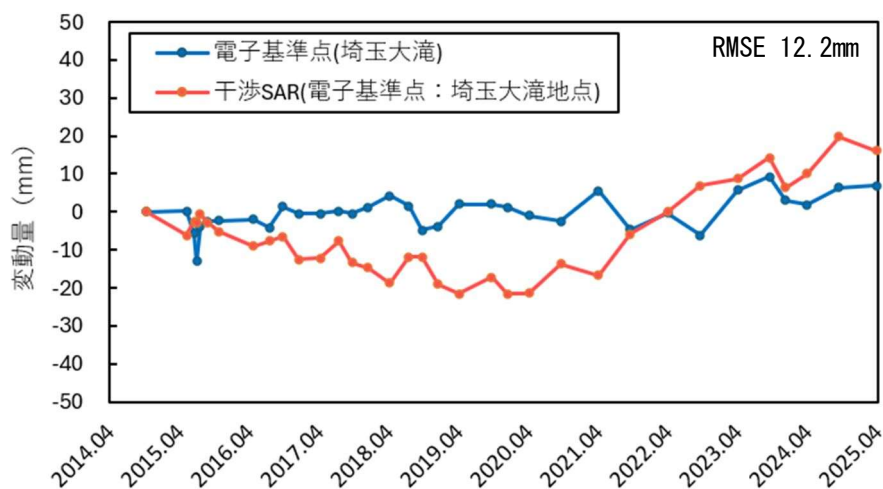


図.6 電子基準点と干渉 SAR の変動量の比較

4.2 変動状況の評価

干渉 SAR 解析結果の 2.5 次元解析 (図.7) の結果, 複数箇所において変動 C (6mm/年以上 24mm/年未満) が確認された。これら箇所のうち国道 140 号の道路通行に影響する可能性がある荒川左岸側の箇所は図.8 に示す箇所①～⑤の 5 地点であった。なお, 斜面変動は頭部の沈下変動と, 末端部の隆起変動がみられる場合があるが, 抵抗体となる末端部よりも引張応力が卓越する頭部の方が変動量が大きくなると判断し, 変動ランクによる評価は沈下変動のみを対象とした。

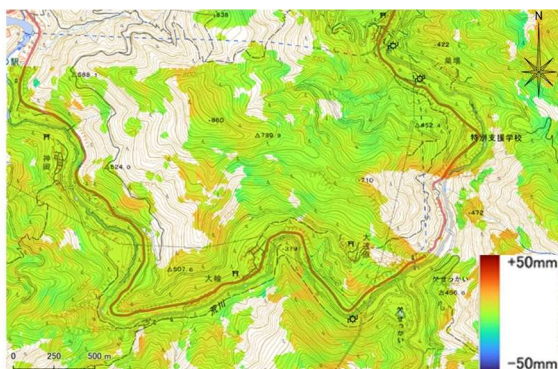


図.7 2.5 次元解析結果平面図(単位:mm/年)

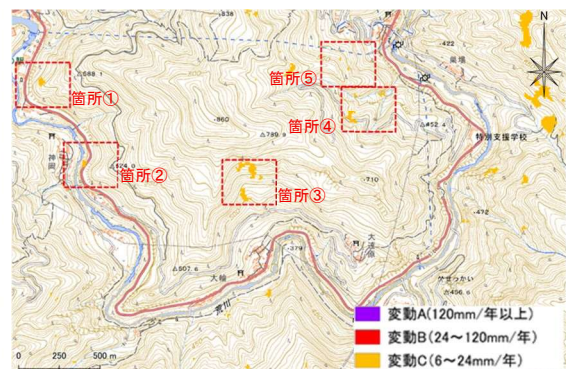


図.8 変動ランク平面図

現地確認を行った結果、図.8 の箇所②において張出歩道の沈下が確認され、干渉 SAR 解析結果と調和的であることが確認された（写真.1）。なお、その他の変動確認箇所については現地確認を実施していないため、今後の課題として検証を進める必要がある。



写真.1 箇所②の張出歩道周辺の沈下状況（左：全景，右：沈下部拡大）

5. まとめ

落石災害が発生した箇所の周辺において干渉 SAR 時系列解析を行い、広域の地表面変動量を把握した。この結果、複数箇所において変動 C ($6\text{mm}/\text{年}$ 以上 $24\text{mm}/\text{年}$ 未満) が確認され、そのうち 1 箇所において張出歩道が沈下していることを現地で確認した。

干渉 SAR 時系列解析は広範囲の地表面変動を現地計測よりも容易に把握できるため、変動が発生している可能性のある箇所の一次スクリーニング等に積極的に活用したいと考えている。

6. 謝辞

埼玉県秩父県土整備事務所には、本業務を行うにあたり貴重なご助言、ご指導を頂きました。また、落石発生直後の写真を提供して頂くとともに、本発表についてご快諾を頂きました。この場をお借りして御礼申し上げます。

【質問事項】

干渉 SAR 解析を用いた斜面変動計測には、地盤伸縮計の変動種別のような公的な評価基準は無いと認識しています。干渉 SAR 等の新技術を用いて評価基準を独自に設定する際に留意すべき点をご教示ください。

<参考文献及び引用文献>

- 1) 5 万分の 1 地質図幅 三峰 (2010), 産総研地質総合センター
- 2) 国土地理院ホームページ : https://www.gsi.go.jp/uchusokuchi/sar_3d.html
- 3) 道路土工-切土工・斜面安定工指針 (2009), 日本道路協会
- 4) Detection and accuracy of landslide movement by InSAR analysis using PALSAR-2 data (2017), Nishiguchi, T., Tsuchiya, S. & Imaizumi, F.

山間奥地で発生した大規模崩壊の機構解析と 対策工・施工計画の立案

国土防災技術（株） ○堀川舞帆，荒金達彦，大森風生

1. はじめに

令和4年9月の台風15号に伴う記録的豪雨により、静岡県静岡市葵区の山間奥地において大規模な崩壊が発生した。崩壊土砂は土石流化して下流の温泉宿他に被害を及ぼし、裸地化した山腹は市内からの景観性を損ねたことから（写真. 1）、早急な対策が望まれていた。また、崩壊地の後背斜面では旧段差地形が認められ、崩壊地を包括する大規模地すべりの存在も示唆された。



写真. 1 市街地からの景観

本発表では、当大規模崩壊に対して、機構調査を基にした発生機構の解明、及び山間奥地における応急・恒久対策の検討・施工計画の立案を行った事例について紹介する。



図. 1 対象地位置

2. 対象地概要

2.1 位置

対象地は静岡市中心部より約15km北方の葵区油山地内で、一級河川安倍川右支流の油山川支流源頭部に位置する斜面長約350m、幅約200mの崩壊地である。

2.2 地形・地質

対象箇所周辺は多数の崩壊地形が認められる30～45°の急斜面で、対象の崩壊地は地すべり地形に包括され、後背斜面には古い滑落地形が数条認められる（写真. 2，図. 2）。



写真. 2 崩壊地後背斜面の滑落地形

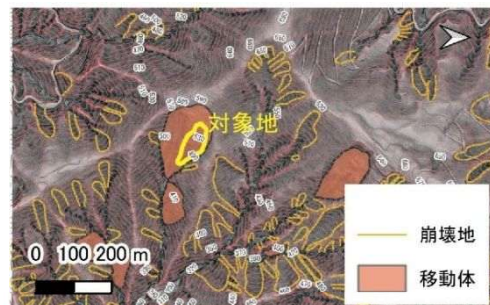


図. 2 対象箇所周辺の地形判読図

地質は、文献資料（5万分の1地質図幅「清水」（1990，杉山・下山））によれば、古第三系の瀬戸川層群の受け盤構造の泥岩・砂岩泥岩互層及び砂岩泥岩スランプ層が分布するとされ、現地においても受け盤の砂岩泥岩互層が認められる。

2.3 災害経緯

対象箇所における災害発生の原因となった2022（令和4）年9月23～24日の台風15号による集中豪雨では、降り始めより13時間で394mm、時間雨量で静岡市鍵穴観測所における経年最大である85mmを記録している（図. 3）。

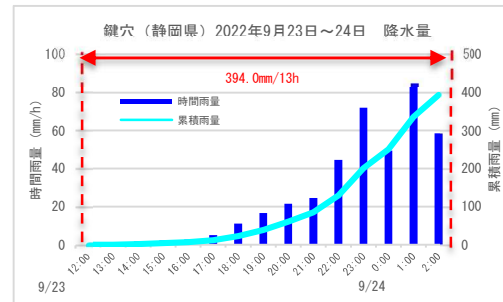


図. 3 災害発生時の降雨状況

3. 調査結果

3.1 地形調査

過去の空中写真から、崩壊地は発災直後から徐々に拡大しており、特に令和5年6月2日の記録的豪雨時（日雨量：429.5mm）に、急速に拡大が進行したことが判明した（図. 4）。その後も後方斜面に向かって崩壊が拡大していることが確認される。

また、2時期の点群データ（R6. 5. 24, R7. 8. 5）を用いて差分解析を実施した（図. 5）。その結果、地すべり性の変位は検出され



図. 4 崩壊地の変遷

なかったが、崩壊地内侵食による土砂流出に起因する土砂移動が検出され、令和6～7年の土砂流出量は約2,380m³と見積もられた。また、Virtual Shizuokaによる発災前のデータから微地形表現図を作成したところ、その後の崩壊拡大範囲において、崩壊前に多数の線状地形が確認された（図. 6）。



図. 5 差分解析結果（R7-R6）

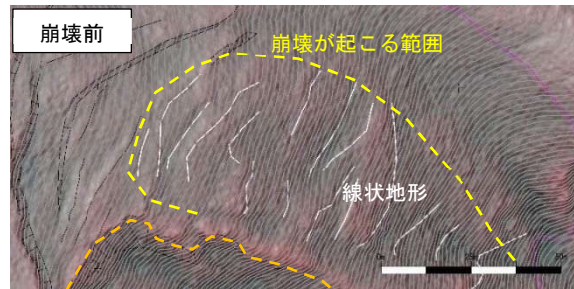


図. 6 拡大崩壊発生前に見られる線状地形

3.2 ボーリング調査

対象箇所で実施したボーリング調査（4孔）では、文献資料と同様に、砂岩や泥岩、およびこれらの混在岩の分布が確認された。いずれの孔も表層より5m程度は著しい風化を受けている。また、深部も含めたほとんどの区間で地すべり性の不規則な破碎が見られた。

3.3 地下水調査

いずれの観測孔も基底水位は孔底で、連続雨量が200mm近い豪雨であっても、水位の上昇はわずか1mほどである（図. 8に記載）。このような豪雨時には崩壊



図. 7 豪雨時の崩壊地内

地内から豊富な湧水が認められ、地表面を侵食している（図. 7）。また、調査ボーリング削孔中も有意な地下水帯は確認されなかった。

3.4 移動量調査

現地踏査により確認された地すべり地形の変動を監視する目的で、地表伸縮計（2基）、パイプ式歪計（4孔）で観測を行った。観測期間中、いずれの計器も降雨に応じた地すべり性の変動は確認されなかった（図. 8）。

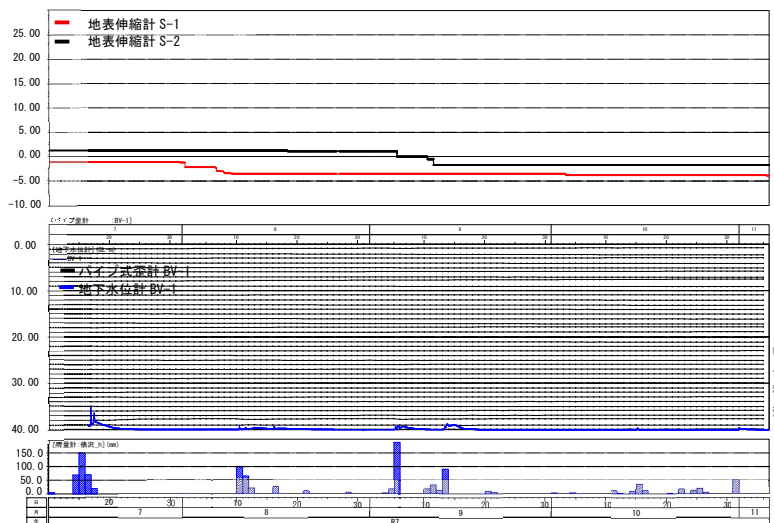


図. 8 地すべり動態観測結果

4. 機構解析

4.1 崩壊

調査結果及び災害経緯をもとに図. 10 に示すようにブロック区分を行った。その結果、過去に発生したと考えられる大規模な地すべりの範囲である「大規模地すべりブロック」、令和4、5年に崩壊した「崩壊ブロックA、B」、崩壊ブロックの後背部で今後崩壊が拡大する恐れのある「拡大域ブロック」、崩壊ブロックA・Bに挟まれて不安定な移動体を残存する「顕在性地すべりブロック」、約50年前の崩壊跡と推測される「旧崩壊ブロック」の6ブロックに区分された。また、崩壊発生機構及び今後想定される災害について、図. 9のように考察した。

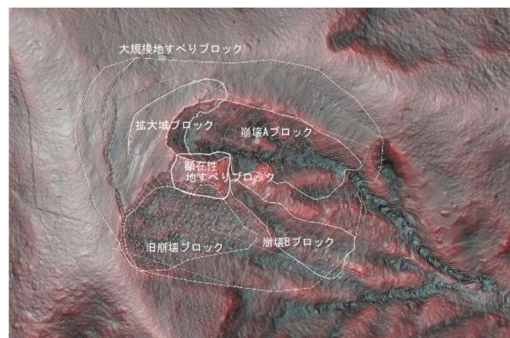


図. 10 ブロック区分

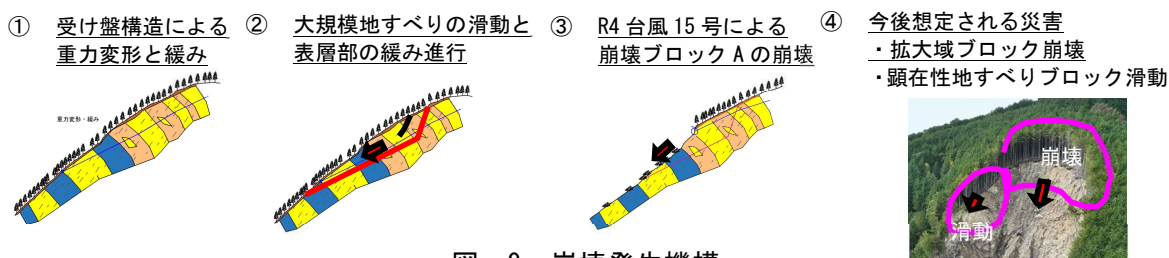


図. 9 崩壊発生機構

5. 対策工計画

崩壊機構より、対象箇所の対策は優先度順に、①侵食防止及び早期の景観回復を目的とした崩壊ブロック内の応急植生マット工→②今後豪雨時に拡大が想定される拡大ブロックへの地下水排除工→③拡大ブロック、顕在化ブロック抑止工→④崩壊地内への恒久対策（山腹工）として計画を立案した。

上記②の拡大ブロック対応の地下水排除工として、現状で安全とされる箇所よりボーリング暗渠工を計画した。ボーリング調査等では地下水帯が確認されなかったが、豪雨時に湧水が認められた風化帯を狙って拡大域ブロックの範囲にボーリング暗渠工を配置した。

6. 施工計画

対象箇所は山間奥地に位置し、施工機械等重量物の運搬は容易ではない。計画するボーリング暗渠工について、資機材の運搬方法と施工機械の比較検討を行った。運搬方法は、①モノレール（0.5t 積）②モノレール（3t 積）③ケーブルクレーン（2.9t 吊）④ヘリコプター、削孔方法は、①ロータリー式（5.5kW）②ロータリーパーカッション式（55kW）を比較し検討を行った（表. 1）。その結果、第1案の「モノレール運搬（0.5t 積）+ロータリーボーリングマシン（5.5kW）」が総合的に最も優れているため施工方法として決定した。

表. 1 施工工法比較一覧表

項 目	第1案 モノレール運搬（0.5t） ロータリーボーリングマシン	第2案 モノレール運搬（3.0t） ロータリーパーカッション	第3案 ケーブルクレーン（策道）運搬 ロータリーパーカッション	第4案 ヘリコプター運搬 ロータリーパーカッション
概 略 図				
施 工 性	○	△	△	◎
経 済 性	◎	△	△	○
環 境 への 影 響	◎	△	△	○
総 合 評 価	採用：○ 評価 8	評価 3	評価 3	評価 7

◎：3点、○：2点、△：1点

なお、今後計画されている抑止工では、ロータリーパーカッション等の大型の重機を用いて施工を行う可能性があるため、使用する機械の特性に応じて、運搬方法を再度検討する必要がある。

7. まとめ

本報告では、大規模崩壊の機構調査結果、推定する発生メカニズム、それらを考慮した対策の優先度等の全体計画及び山間奥地における施工計画について紹介した。現在は崩壊ブロックの応急植生マット工が完了し景観が復旧しつつある。復旧計画に基づけば、対策の完了までなお数年を要する見込みであり、対象地では豪雨時に崩壊が拡大していることや近年の気候変動による降雨増加を踏まえ、今後の斜面の状況や対策の効果について継続的なモニタリングが必要である。



写真. 3 植生マット施工状況

8. 謝辞

本調査において、静岡県中部農林事務所及び協力会社の皆様、地元関係者の皆様には多大なご協力をいただきました。この場を借りて御礼申し上げます。

【質問事項】

「アクセスが困難な対象地における施工事例がありましたら、機材の運搬方法や施工方法等、留意した点について教えていただきたいです。」

2024 年の長崎県における土砂災害の発生傾向と 生成 AI を活用したプログラムによる土砂災害データ 整理事例

(株)エイト日本技術開発 ○龍見 幸祐
長崎県 土木部 砂防課 砂防計画班 甲斐田 知希

1. はじめに

土砂災害警戒情報は、降雨による土砂災害発生の危険性が高まった際に発表され、住民の避難判断等に活用される重要な防災情報である。この発表基準となる土砂災害発生危険基準線（以下、CL という）は、過去の降雨や土砂災害発生記録を基に設定されるため、土砂災害データの整理や発生傾向の把握は、CL の設定・見直しにおける重要な資料となる。

本稿では、長崎県における CL 検討の基礎資料として、2024 年の土砂災害警戒情報の発表履歴および土砂災害の特徴を分析した結果を報告する。また、分析にあたっては生成 AI を活用して Python コードを作成し、データ整理作業の効率化を図ったため、その手法についても併せて紹介する。

2. データ 整理

分析にあたっては、長崎県における 2024 年の土砂災害報告資料および土砂災害警戒情報の発表履歴を整理した。このうち、土砂災害報告資料の整理では図. 1 に示す項目を一覧にした。この整理にあたり、これまで使用経験のなかった Python を用い、生成 AI によりコードを作成し、省力化を図った。具体的な手法として、様式が統一された災害報告資料から必要項目を抽出し、一覧表に転記するプログラムを作成した。これにより、手作業による転記作業を削減するとともに、人的ミスの低減を図った。なお、処理手順を細分化し段階的にコードを作成し、各段階で出力結果を確認するとともに、災害報告資料との照合を行い、抽出・転記結果を検証した。

災害番号		発生要因	
災害ID	発生時刻	発生時刻	発生時刻
CL 設定	発生時刻	発生時刻	発生時刻
対象災害	発生時刻	発生時刻	発生時刻
発生日時	年月日	発生時刻	発生時刻
	時刻(資料)	発生時刻	発生時刻
	時刻(確定)	発生時刻	発生時刻
	発生時刻の識別結果	発生時刻	発生時刻
発生場所	住所	発生時刻	発生時刻
	市	発生時刻	発生時刻
	区	発生時刻	発生時刻
	町	発生時刻	発生時刻
	村	発生時刻	発生時刻
	番	発生時刻	発生時刻
	緯度	発生時刻	発生時刻
	JGD2000	発生時刻	発生時刻
	経度	発生時刻	発生時刻
	JGD2000	発生時刻	発生時刻
	高度	発生時刻	発生時刻
	10進数	発生時刻	発生時刻
危険箇所	発生時刻	発生時刻	発生時刻
	発生時刻	発生時刻	発生時刻
	発生時刻	発生時刻	発生時刻
	発生時刻	発生時刻	発生時刻
	発生時刻	発生時刻	発生時刻
	発生時刻	発生時刻	発生時刻
	発生時刻	発生時刻	発生時刻
	発生時刻	発生時刻	発生時刻
	発生時刻	発生時刻	発生時刻
	発生時刻	発生時刻	発生時刻
	発生時刻	発生時刻	発生時刻
	発生時刻	発生時刻	発生時刻
関係法令等		発生時刻	

図. 1 災害報告資料からの抽出項目

3. 災害傾向・警戒等発表傾向

上記のデータ整理結果から、2024 年の長崎県における土砂災害警戒情報の発表状況および土砂災害の発生状況について、以下の特徴が確認された。

3. 1. 土砂災害警戒情報の発表状況

2024 年の土砂災害警戒情報は 13 回発表され、2019 年からの 6 年間で最も少なかった(図. 2)。また、2022 年～2024 年は、2019 年～2021 年に比べ発表回数が半分以下となって

いる（図. 2）。これは直近 3 年間における出水期の降水量がそれ以前に比べ少ないことが要因と考えられる。

3. 2. 災害発生状況

2024 年に発生した土砂災害は 62 件であり、すべてがけ崩れ（ごく軽微なもの含む）であった。このうち 93.5% が降雨を誘因とする土砂災害であり、1.6% が強風によるもの、残る 4.8% は原因不明であった。

以下では、土砂災害警戒情報の対象となる降雨を誘因とする土砂災害について、過去 5 年間の災害と比較した結果を示す。

2024 年の土砂災害は、6～7 月に全体の約 60% が集中して発生し、次いで 3 月が 8 件（14%）、11 月が 7 件（12%）であった。過去 5 年間と比較すると、2024 年は出水期以外の 3 月および 11 月にも比較的多く発生したものの、発生時期に大きな変化はみられなかった。なお、6～7 月の土砂災害は主に 6 月 17 日から 7 月 17 日にかけて集中して発生しており、梅雨前線に伴う降雨が主な要因であったと考えられる¹⁾（図. 3）。

また、2024 年の土砂災害は 88% が崩壊土砂量 50m³ 以下であり、被災状況も 93.1% が家屋被害を伴わず、一部損壊が 6.9% で、家屋の全壊・半壊や人的被害は確認されなかった。一方、過去 5 年間の土砂災害では 22% が崩壊土砂量 50m³ 以上であり、家屋全壊が 1.2%、半壊が 0.3%、人的被害を伴う災害も 1.2% あった。このような特徴から、2024 年は過去 5 年間と比較して小規模なげ崩れが主体であり、被害規模も小さい年であったと考えられる。

4. まとめ

長崎県では、2024 年の土砂災害警戒情報の発表頻度が過去 6 年間で最も少なく、土砂災害も小規模なげ崩れが主体であった。土砂災害のデータを整理し、CL の見直しに資する情報を蓄積することが重要である。また、生成 AI を用いた Python によるデータ整理は今回が初めての試行であったが、従来の手作業では 3～4 日程度を要すると想定されるところ、コード作成から処理まで 1 日足らずで実施できた。さらに、機械的なデータ転記によりミスを低減し、資料整理の効率化と精度向上が図られた。今後、活用により効率化が期待される。

【質問事項】

「生成 AI を業務に活用する機会が増えているかと思いますが、活用する際の留意点や、斜面防災事業における活用事例について教えていただければ幸いです。」

<参考文献および引用文献>

¹⁾ 昭和 26 年（1951 年）以降の梅雨入りと梅雨明け（確定値）、国土交通省 気象庁より

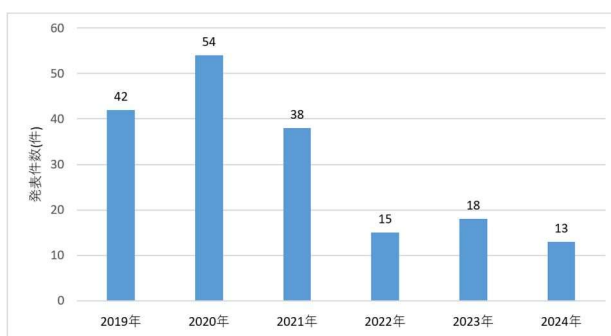


図. 2 年別土砂災害警戒情報発表件数

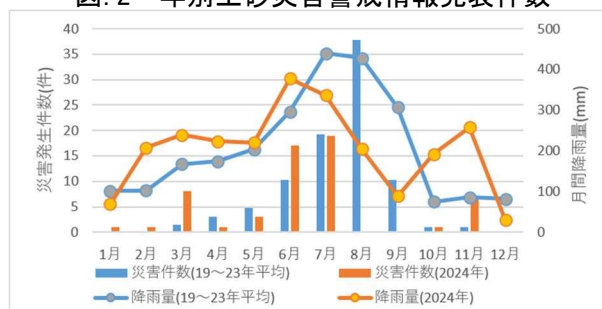


図. 3 月別土砂災害発生件数と月間降雨量
（降雨量は気象庁アメダス 18 箇所の平均を示す）

WebGIS と BIM/CIM を活用した地すべり防止施設の 維持管理事例

日本工営(株) ○堀場 汐莉, 草谷 恭行, 山口 裕二

1. はじめに

国土交通省では、社会経済情勢の変化や労働力人口の減少を背景に、デジタル技術の活用による業務プロセスの高度化が求められている。地すべり対策事業においては、地すべり防止施設に加え、現地調査成果や観測計器によるデータ、防止施設の維持管理情報など、長期にわたる膨大な情報を継続的に管理する必要がある。これらの情報は維持管理段階において重要性が増す一方、データの分散管理により過去履歴の把握や施設位置との対応付けが困難となるなど、効率的な維持管理の支障となっている。

このような背景を踏まえ、滝坂地すべりを対象として WebGIS および BIM/CIM を活用した維持管理 CIM システムを構築し、維持管理データの一元管理および可視化を図った。本稿では、実運用を通じて得られた有効性と課題について整理する。

2. 滝坂地すべりについて

滝坂地すべりは、南北約 2.1km、東西約 1.3km、面積約 150ha に及び、最も深い地すべり面深度は約 140m と推定される日本最大級の地すべりである。

本地区では、集水井工、排水トンネル工、地表水排除工など多数の地すべり防止施設が広範囲に配置されており、現在は定期点検および観測計器による動態監視を中心とした維持管理段階にある。事業の歴史は長く、定期点検や計器観測結果、調査ボーリングなど多様なデータが数多く管理されている。また、将来的には福島県への事業移管が予定されており、これら維持管理情報の適切な整理および関係者間での円滑な共有が求められている。

これまで、点検結果や図面は個別に管理されており、施設位置と点検情報の紐付けや維持管理履歴の連続的な把握が困難であり、移管時の情報引継ぎにも課題が残る。また、複雑な地形条件および地中に存在する維持管理対象の特性から、防止施設や観測孔を三次元モデルにより空間情報として可視化し、維持管理計画に反映することが求められる。

このような状況から、数ある多様なデータの一元管理および空間情報を基盤とした情報可視化の実現が必要とされている。

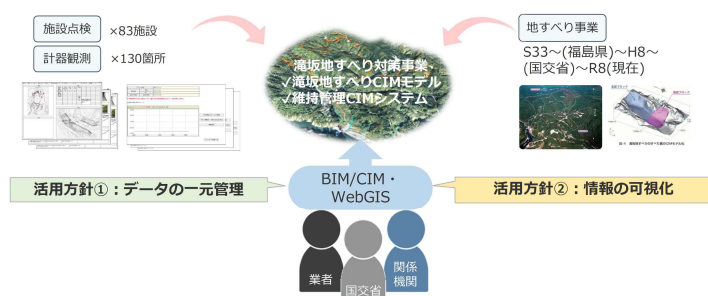


図. 2 滝坂地すべり対策事業における BIM/CIM 方針

3. 維持管理 CIM システム

(1) 維持管理 CIM システム概要

本システムはデータプラットフォーム（WebGIS）を活用し、地すべり防止施設の位置情報と各種維持管理データを収集、蓄積・分析、利活用を想定し、一体的に管理するものである。

(2) システム機能

本システムのイメージと機能を図. 3 および表. 1 に示す。

本システムでは、ArcGIS Online を選定し、Field Maps, Experience Builder, Survey123, Dashboards を用いて、ポータルサイト、現地調査機能、CIM 閲覧機能、点検帳票機能、ダッシュボード機能を実装した。

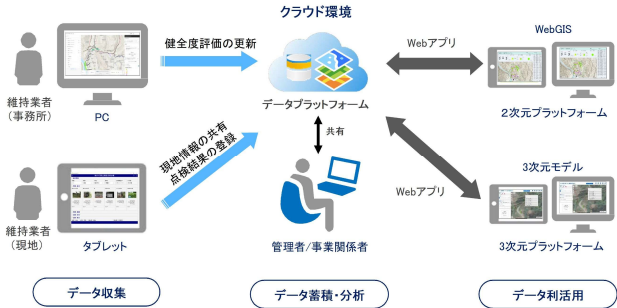


図. 3 維持管理 CIM システムイメージ

表. 1 維持管理 CIM システム機能概要

主用機能	維持管理CIMシステム・ArcGIS Online（※認証機能は全機能網羅）				
	ポータルサイト ExperienceBuilder	現地調査機能 Field Maps	CIM閲覧機能 ExperienceBuilder	点検帳票機能 Survey123	ダッシュボード機能 Dashboards
概要	維持管理CIMシステムの各機能について、一元的な集約を基本とするサイトページ	現地調査での活用を基本とする機能	CIMモデルや属性情報の閲覧を基本とする機能	長寿命化計画に関する点検での活用を基本とする機能	変状レベルや健全度評価等の施設情報を定量的に視覚化する機能
用途	・各主要機能へのアクセスリンク ・台帳の閲覧	・対策工位置、属性情報の閲覧 ・調査結果の登録、位置情報共有	・対策工位置、属性情報の閲覧 ・調査結果の登録、位置情報共有 ・簡易計測（地形断面、距離、面積）	・現地での点検結果の入力 ・帳票出力 ・点検結果等の履歴管理	・条件検索 ・集計
主機能	✓データ閲覧・検索機能	✓データ登録・閲覧機能	✓データ登録・閲覧・検索機能 ✓簡易計測機能	✓データ登録・出力・閲覧機能 ✓メール通知機能	✓データ閲覧・検索機能 ✓集計機能

事務所職員および作業員はPCやタブレットを通して、調査・点検結果をリアルタイムに確認可能となる。

地形の起伏や埋設状況、施設情報および形状を三次元空間上で表現することで、現場での情報の可視化が実現される。さらに、これらのデータはポータルサイトを通じて一元的にアクセス可能とした。施設ごとに三次元モデル、図面、過去点検記録および写真を紐付け、Web上で閲覧できる仕組みを構築し、施設位置の可視化、点検履歴および属性情報の参照、写真・図面の連携表示といった機能を実装した。これにより、利用者は地図上から対象施設を選択することで、関連情報を一括して確認できる構成とした。

4. 維持管理への適用

本試行は、滝坂地すべり地内の水路工を対象として地すべり防止施設の定期点検を実施し、実運用に即した点検フローの中でシステムの適用性および操作性の検証を行った。点検業務に精通した技術者と若手技術者、システム開発担当者が参加し、現地踏査から点検結果入力、データ共有に至る一連の作業を通じて、現場環境下での運用課題および業務改善効果の把握を目的とした。点検時の様子を写真. 1 に示す。



写真. 1 点検の様子

(1) 点検台帳機能

本機能は、現場からタブレット等を用いて点検結果を入力し、点検帳票の作成・出力が可能である。現場で入力した点検結果、現地写真、変状位置、健全度等のデータはサーバーに保存され、現場以外の事務職員も閲覧可能となる。使用時の入力画面例を図．4 に示す。



図．4 点検台帳機能 点検時入力画面

(2) 結果

点検台帳機能を活用した点検の結果、点検業務での実用性および情報共有の高度化に寄与することが確認された。現場での意見を踏まえ、従来点検と本点検の比較を表．2 に示す。

表．2 従来点検方法と点検台帳を活用した点検との比較

従来点検	項目・評価	点検台帳機能を用いた点検
複数の紙資料（台帳・図面・等）を持参	× 携行資料	○ タブレット端末1台で一元管理
過去データの検索に手間がかかる	× 情報検索性	○ 過去点検結果・写真等を即時確認可能
資料間の同時参照に時間を要する	× 情報の横断閲覧	○ 複数情報を同時に閲覧可能
記録と資料確認を個別に行う必要がある 整理・比較に時間を要する	△ 作業効率	○ 現地で記録・比較を同時に実施可能 変状の比較等が容易で効率向上
紛失や劣化に伴う情報損失のリスクがある 適切な管理が必要	× 情報管理	○ 端末管理が必要だが、 紙と比べて紛失する確率は低い
雨天時に紙の劣化・破損の恐れあり	× 耐久性	○ 防水端末等により影響を受けにくい
手書きで慣れており扱いやすい	○ 操作性	△ 入力・画面操作に慣れが必要であるが、 習熟すれば効率的に操作可能
記録時は立ち止まって作業することが前提 であり、安全性を確保しやすい	○ 安全性	△ 記録操作時は立ち止まって行うことで安全性を 確保可能であるが、歩行しながらの操作は危険
-	× 付加機能	◎ 自動計算（例：堆積率）による即時評価が可能
慣熟度は高いが非効率・リスクあり	△ 総合評価	○ 効率・精度向上に寄与するが操作面に課題

従来の点検方法では、紙媒体の点検台帳、平面図、過年度の点検結果等、複数の資料を携行する必要があり、過去データの検索や関連資料の横断的な確認に多くの手間を要する。紙資料の場合、膨大な資料を現場に持参して作業するため、紛失しやすく情報漏洩のリスクが高い。一方で、従来手法は長年の運用により記録操作に習熟しているとの意見が上がった。

点検台帳機能を活用した点検では、タブレット端末 1 台で過去の点検結果、写真、平面図、さらには必要な際に地すべり観測情報等の複数データを一元的に閲覧可能である。現場で前回点検時からの変状進行状況の把握が容易であり、点検の効率化および精度向上に寄与することが確認された。また、資料紛失に起因する情報漏洩リスクは低減される。

一方で、タブレット端末の歩行中の操作が安全上のリスクとなるほか、キーボード入力に不慣れな場合は負担となるとの意見が上がった。しかしながら、水路の土砂堆積高を入力することで堆積率を自動算出し、現場での健全度評価において迅速な判断が可能となるなど、デジタル化による新たな付加価値も確認された。

(3) 課題

本点検により、通信環境の不安定な区間におけるアプリケーションの動作不良やデータ登録の遅延が発生することが確認され、オフライン環境での運用方法の確立が課題となった。端末フリーズや通信障害に伴うデータ消失リスク、複数班作業時のデータ統合手順の未整理など、運用面における課題も明らかとなった。さらに、音声入力 of 精度不足や入力作業負荷、UI 表示の視認性など操作性に関する改善点も確認された。これらに対しては、通信環境のこまめな確認や一時保存の徹底、運用ルールの整備等により対応を図る必要がある。

表. 3 点検台帳機能における課題

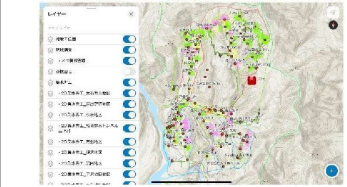
課題	意見
通信環境との関連システムの不具合	・通信不良環境でフリーズなど動作不安定・データ登録不可 ・通信障害・異常終了時に入力データ消失の懸念。一時保存運用の徹底が必要
データ処理・運用	・複数班での調査時にデータ統合が煩雑。データ統合手順の整理が必要 ex) 延長の長い水路点検において、起点側および終点側から複数班で調査を実施した際のタブレット端末で取得した点検データの統合方法
点検結果入力画面での操作性	・点検区間名の表示不足や自動反映不具合あり ・自由記述入力の負担が大きい。プルダウン形式等の入力支援機能の改善が必要 ・音声入力時に専門用語の認識精度が低い ・現地状況と入力仕様の不一致
その他	・タブレットの仕様により撮影倍率の制限があり、遠景撮影が困難
安全管理	・点検中の端末操作による事故リスク

5. まとめ

滝坂地すべりにおけるデータの一元管理・可視化の課題から、WebGIS および BIM/CIM を活用した維持管理 CIM システムを構築し、地すべり防止施設の定期点検に適用した。その結果、維持管理データの一元管理および可視化により、点検業務時の横断的な情報確認の効率化と情報共有の高度化が確認された。一方で、通信環境や操作性での課題も明らかとなり、実用化に向けてはシステム機能の改善と運用手法の整理が重要である。

今後は、機能の拡充・改善や運用マニュアルの整備を検討するとともに、他地区への展開を視野に入れた実証を継続する予定である。今回使用した点検台帳機能のほか、さらなる情報の一元化・可視化確立のため、表. 4 に示す各種維持管理 CIM システム機能の構築・実証を進めていく予定である。

表. 4 各種維持管理 CIM システム

【現地踏査機能】	【CIM閲覧機能】	【ダッシュボード機能】
		
✓ 現地踏査結果をリアルタイム共有	✓ 施設を三次元的に確認	✓ 施設健全度を把握

6. 謝辞

本研究開発にあたり、北陸地方整備局阿賀野川河川事務所には実業務においてシステム運用の検証をさせていただきました。この場を借りて心より御礼申し上げます。

【質問事項】

「施設点検における作業効率化・安全性確保・成果の品質向上の観点から、他地区で実施されている取り組みがございましたら、ご教示いただけますと幸いです。」

スマホ装着型 GNSS 測量機による 3D 点群を活用した 災害対応初動の効率化

(株)日さく ○黒木徹也, 山家信悟, 大坂泉, 沼澤輝久

1. はじめに -災害対応時の BIM/CIM 関連技術の活用-

国土交通省では、受発注者の省人化や生産性向上を目的として、直轄土木業務・工事に BIM/CIM を適用し、取り組むものとしている¹⁾。地すべり災害対応の BIM/CIM 活用に関しては、土木研究所が技術資料²⁾を公表し、それに基づき国土交通省がガイドライン³⁾を制定している。土木研究所技術資料は、発災直後の地すべり災害対応の BIM/CIM モデルの作成要件・目標を「外業、内業計 1 日程度の時間で・一般的な技術で・全体像が把握できる程度の概略精度で」としている。また同資料では、災害対応初動時の業務の迅速化・効率化に効果を発揮することが期待される技術指針も示されている。

本発表では、豪雨時に発生した小規模斜面災害による緊急現地踏査業務での、BIM/CIM 関連技術の活用による効率的な現況把握・施設計画検討および、関係者間の早期合意形成に成功した事例を紹介する。

2. 活用事例 -小規模災害におけるスマホ装着型 GNSS 測量機の活用-

2.1 機器の特徴

3D 点群測量技術は多様であり、LiDAR (UAV, 車載型等), SfM, SLAM (LiDAR, Visual), スマートフォン (外付け GNSS) 等がある (表. 1)。本事例では、スマートフォン (外付け GNSS) を用いて、写真測量による 3D 点群作成を行った。

スマートフォンでの 3D 測量の現場作業では、スマートフォンのカメラを対象物に向けながら、現場全体を写真撮影していく。障害物 (構造物・植生) があっても裏側に移動して撮影すれば良いため、UAV 測量よりも詳細な地表面形状を取得できる。スマートフォンベースのため手軽であり、小規模現場 (2,000 m² 程度未満) であれば数十分程度で撮影が完了する。これに外付けの GNSS 測量機を装着することで写真に位置情報が付与され、絶対座標入りの 3D 点群の作成が可能となる。導入・運用コストに関しても、それぞれ数十万円程度で抑えられる。

表. 1 3D 点群技術の一例

技術名	使用機材	精度	導入コスト	運用コスト
LiDAR (UAV, 車載型等)	LiDAR+GNSS測量機 (+UAV, 車両)	数 cm~5 cm程度 (飛行高度や センサー性能による)	数百万~数千万円 (LiDAR+GNSS+UAV)	数十万~数百万円 (解析ソフト: 買い切り or 年間ライセンス)
SfM	カメラ, ドローン	数 cm (カメラ性能や 評定点配置による)	数十万~数百万円 (カメラ, ドローン)	数十万~百万円程度 (解析ソフト: 買い切り or 年間ライセンス)
SLAM (LiDAR, Visual)	ハントスキャナー	数 cm~十数 cm (移動距離に応じて 誤差が累積)	数百万~千万円程度 (ハントスキャナー)	数十万~数百万円 (解析ソフト: 買い切り or 年間ライセンス)
スマホ + 外付けGNSS測量	スマホ + 外付けGNSS測量機	数 cm (GNSS受信環境による)	数十万円 (スマホ本体 + 外付けGNSS測量機)	数十万円 (測量アプリ, クラウドの 年間ライセンス)

2.2 本事例の災害概要

本発表では、令和7年9月上旬に新潟県上越市虫生岩戸地区で発生した、豪雨災害にかかる災害応援要請に基づく委託業務での活用事例を紹介する。本災害では、地区内の計4箇所(被災箇所①～④)で崩壊・地すべりが発生した(写真.1)。要請から4日後に現地踏査を行い資料整理したのち、3D測量を行った。その後、要請から2週間程度(発注者指示の待機期間を除く)で被災箇所2箇所の施設計画を検討し、この方針に関する三者協議を実施した。



写真.1 被災箇所③の空撮写真
(発注者提供の写真に加筆)

2.3 測量から3D点群作成までの流れ

3D測量に用いた機器は、スマートフォン、外付けGNSS測量機の2つを使用した(写真.2)。本事例ではiPhone 16 Proおよびレフィクシア株式会社製のRTK-GNSS測量機(性能：表.2)を使用した。

まず測量開始時に、上空視界が確保されている場所でGNSSの位置情報補正を行った。その後スマートフォンのカメラで現場全体を網羅的に写真撮影しながら移動した。写真はクラウドサービスにアップロードし解析処理を行った。

本事例で実施した方法は、大型機器の設置の必要がなく、数千㎡程度の規模の現場であれば数十分の移動で作業完了する。また、クラウドサービスの解析処理までの時間は数時間程度のため、現場作業から3D点群作成まで半日～1日程度で完了可能であり、省人化・効率化の観点から優位な手法であると言える。絶対精度は数cm程度、相対精度は数mm～数cm程度のため、災害の全体像把握には十分であると言える。



写真.2 使用機器一式(写真右上)
および作業風景(例)

表.2 使用機器の仕様

	性能
スマホカメラ (iPhone 16 Pro)	2,400万画素 焦点距離24 mm(35 mm判換算) ⇒解像度=約2.6 mm/pixel (被写体が10 m先の場合) ⇒相対精度(現場形状の精度)において重要
RTK-GNSS	測位精度：水平±2 cm, 鉛直±4 cm ("写真の位置情報"の精度。 携帯電話回線、みちびきを利用して補正) ⇒絶対精度(点群の位置情報)において重要

2.4 施設計画モデル作成への利用

処理後の 3D 点群モデルはクラウド上で閲覧できるほか、ダウンロードして 3D 測量・設計ソフト上で解析・設計に利用することができる。これにより、迅速な施設計画検討(図. 1)・簡易断面図作成(図. 2)が可能となる。

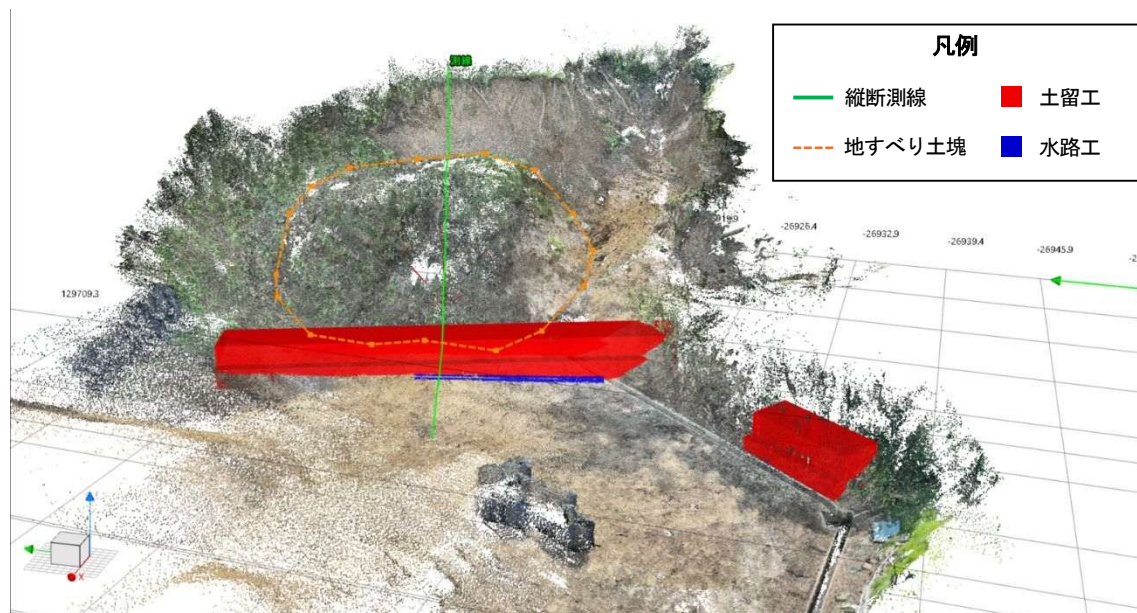


図. 1 3D 点群に重ね合わせた施設計画モデル(平面直角座標系 8 系)

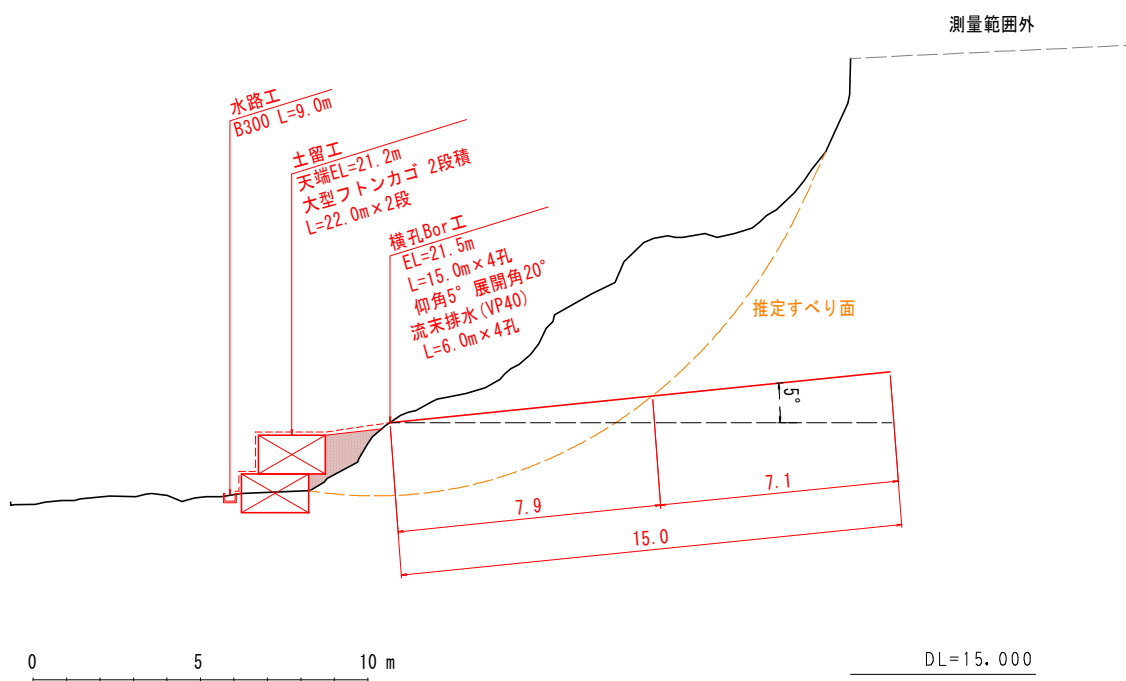


図. 2 3D 点群から作成した簡易縦断面図(測線：図. 1 に図示)
(スケール：図示)

2.5 関係者間の協議資料利用

現場状況と施設計画を一括で把握できることは、関係者間の協議においても直感的な説明・理解が容易となる点で非常に有用である。

本事例においては、作成した3D点群モデル・簡易縦断図を資料として、施設計画の方針に関する三者協議を行った。現場状況・施設計画を直感的に説明できたほか、地形条件を鑑みた工事実施可否(工事車両の出入り等)についても検討することができた。施設計画の方針に関する協議は、半日程度の協議1回のみで完了したため、災害対応における早期の計画修正・合意を図ることに成功した。

3. まとめ -本事例におけるBIM/CIM技術利用の効果-

本事例では、スマートフォンを用いた手軽な3D測量手法を用いることで「発災後の効率的かつ迅速な施設計画検討の開始」「早期の計画修正・合意」という成果を得た。

BIM/CIM技術を用いることは、直感的な現場状況の把握・施設計画の検討、迅速な合意形成等が得られるメリットがある一方で、その基礎となる各種3D測量手法は現場特性ごとに向き不向きがある(表.3)。従って、関連技術の導入・知識習得および、それらの比較検討を継続的に行うことが、災害対応を行う技術者に求められる資質であると考ええる。

表.3 各種3D点群測量技術の長所・短所

技術名	長所	短所
LiDAR (UAV, 車載型等)	・草木が多少繁茂していても地表面の計測ができる。 ・急傾斜地や災害現場など危険区域も安全に計測。	・導入、運用コストが高額。 ・障害物、植生に完全に覆われた地表面は計測不可。
SfM	・コストを抑えやすい。 ・UAVによる広域、高所の計測が得意。	・撮影環境(天候・光・影)に左右されやすい。 ・特徴のない壁面や水面、単一色の場所は苦手。 ・障害物、植生で覆われた地表面は計測不可。
SLAM (LiDAR, Visual)	・GNSS電波を用いずに自己位置推定しながら計測。 ・障害物の裏側まで計測可能。	・広域の現場計測には時間を要する。 ・特徴の少ない空間(長い直線廊下やトンネルなど)では自己位置を見失う。
スマホ + 外付けGNSS測量	・スマホベースのため、手軽で低コスト。 ・作業員1人で数分~数十分の計測で完了。 ・障害物の裏側まで計測可能。	・広範囲の現場計測には時間を要する。 ・GNSS電波や携帯電波が届かない場所では精度低下。

【質問事項】

それぞれの現場の特性(被災地の面積、急傾斜地等)に合わせて測量手法等の使い分けをしている事例がありましたら、ご教示お願いいたします。

〈引用文献〉

- ¹⁾国土交通省(令和8年3月):直轄土木業務・工事におけるBIM/CIM適用に関する実施方針
- ²⁾国立研究開発法人土木研究所(令和3年4月):地すべり災害対応のBIM/CIMモデルに関する技術資料
- ³⁾国土交通省(令和4年3月):BIM/CIM活用ガイドライン(案) 第3編 砂防及び地すべり対策編

特別討論

「斜面防災業界における人材育成の課題」

第 28 回斜面防災対策技術フォーラム'26 in 徳島『特別討論』内容

当フォーラムを所管する人材育成委員会を構成する 3 つの小委員会は、

○研修小委員会…支部研修・教育の支援、地すべり防止技術研修のカリキュラム作成・講師派遣

- ① 斜面防災対策技術向上のための研修会の企画
- ② 全国建設研修センターとの共催の「地すべり防止技術研修」に関することの対応 他

○フォーラム小委員会…若手技術者の技術研鑽・成長促進

- ① フォーラムの企画・運営に関すること

○建設キャリアアップシステム制度活用小委員会…技能者資格取得、処遇改善、工事業者会員増強

- ① 登録斜面防災基幹技能者講習会の立案実施
- ② 斜面防災技能者の能力評価基準の作成 他

以上のような目的で構成されており、それぞれ目標に向けて鋭意活動しています。

一方で、こうした研修・教育・資格取得といったことだけでは、現代の建設業界が抱える「人材確保・育成」に関する課題のすべてを解決することはできないと考えられます。

そこで、一般的に掲げられる「建設業界の人材育成の根本課題」の中から 3 題に絞り、登壇いただく 3 名のパネラー（理事）の方に、それぞれの課題解決策等に対するご意見と、課題に関する協会本部への要望などをお話いただき、会場の皆さんのご意見も交えながら、討論を進めさせていただきます。

建設業の人材育成を阻む 5 つの根本問題

人材育成が進まない背景には、建設業界が長年抱えてきた以下の課題があると言われています。

建設業の人材育成を阻む 5 つの根本課題

- ① 現場任せになりがちな旧態依然の教育体制
- ② 書類地獄に追われ育成に時間を使えない
- ③ 若手の価値観と合わないキャリアパスの不透明さ
- ④ 「見て覚えろ」が通用しないコミュニケーションの壁
- ⑤ 3K だけではない業界特有の労働環境と待遇

上記 5 つの根本課題の中から、次の 3 つを抽出し、それぞれについて討論していただきます。

①現場任せになりがちな旧態依然の教育体制

現場任せになりがちな教育体制は、若手の成長を妨げる原因になります。

企業として体系的な教育プログラムがなく、指導を現場に委ねているため、育成の質が安定しません。

③若手の価値観と合わないキャリアパスの不透明さ

若手の価値観と合わない不透明なキャリアパスは、早期離職につながります。

年功序列が根強く、数年後の自分の姿がはっきりしない旧来の仕組みは、モチベーションの低下を招くからです。

若手が求めるキャリアパス	従来の建設業のイメージ
明確な昇進ステップと公正な評価基準	年功序列で将来の展望が見えにくい
ワークライフバランスの尊重と実現	長時間労働や休日出勤が前提の働き方
スキルアップを実感できる教育制度	体系的な教育がなく成長が実感しにくい

このように、若手が仕事に求めるものと企業が提供できるものの間にズレが生じるケースは多いです。

社員が安心して長く働けるようにキャリアパスを提示し、将来の見通しを示す姿勢が求められます。

④「見て覚えろ」が通用しないコミュニケーションの壁

「見て覚えろ」という一方的な指導方法は作業の理解を妨げ、若手の不安や成長の遅れにつながります。

感覚的な指導ではなく、作業の目的や理由を言葉で丁寧に説明するコミュニケーションが必要です。
若手が納得しながら技術を習得できる環境を整えることで、自主的な成長を促せます。

建設業で人材育成が急務とされる 3 つの背景

建設業で人材育成が急務とされるのは、以下のような背景があります。

建設業で人材育成が急務とされる 3 つの背景

- ① 深刻化する人手不足と若年層の採用難
- ② 経験豊富な技術者の高齢化と 2025 年問題
- ③ 途絶えつつあるベテランからの技術継承

業界が直面する構造的な問題を理解することで、効果的な育成方法が見えてくると考えられます。

◎今回のテーマ内容は、次のサイトを参照。〔WAT CONSULTING 業界コラム〕

URL : <https://www.jp-wat.com/column/construction-news/training/construction-industry-human-resource-development/>

★特別討論が有意義なものとなるよう、会場の皆さんも各テーマに関するご意見や協会本部に対する要望等を事前に考えていただきますと幸いです。ご協力のほどをよろしくお願い致します。

(以 上)



一般社団法人斜面防災対策技術協会

協会本部

〒102-0093 東京都千代田区平河町 2-7-4 砂防会館別館 3 階
TEL 03-6272-6222 FAX 03-6272-6225

協会支部

- | | |
|-------|---|
| 北海道支部 | 〒060-0003 札幌市中央区北3条西 7-1 第1水産ビル 5 階
TEL 011-251-5766 FAX 011-251-5775 |
| 東北支部 | 〒983-0852 仙台市宮城野区榴岡 4-1-8 パルシティ仙台
TEL 022-257-1657 FAX 022-257-1615 |
| 関東支部 | 〒102-0093 東京都千代田区平河町 2-7-4 砂防会館別館 3 階
TEL 03-6272-6222 FAX 03-6272-6225 |
| 新潟支部 | 〒950-0965 新潟市中央区新光町 6-1 (興和ビル)
TEL 025-281-1510 FAX 025-281-1507 |
| 富山支部 | 〒930-0094 富山市安住町 3-14(富山県建設会館)
TEL 076-442-3775 FAX 076-431-4076 |
| 石川支部 | 〒920-0059 金沢市示野町西 7 番地
TEL 076-267-3244 FAX 076-267-3271 |
| 長野支部 | 〒380-0914 長野市稲葉 826-1(国土防災技術(株)長野支店)
TEL 026-221-2007 FAX 026-221-2007 |
| 静岡支部 | 〒422-8055 静岡市駿河区寿町 12-43((株)富士和内)
TEL 054-282-7323 FAX 054-287-3930 |
| 東海支部 | 〒465-0025 名古屋市名東区上社 2-148
(国土防災技術(株)名古屋支店内)
TEL 052-799-8101 FAX 052-799-8102 |
| 関西支部 | 〒570-0083 守口市京阪本通 1-3-7
(明治コンサルタント(株)大阪支店内)
TEL 06-7178-1659 FAX 06-7178-1692 |
| 中国支部 | 〒700-0823 岡山市北区丸の内 2-12-20(内山下ビル)
TEL 086-226-0670 FAX 086-201-0106 |
| 四国支部 | 〒761-8056 高松市上天神町 231-1(マリッチ F1-101)
TEL 087-899-5410 FAX 087-899-5411 |
| 九州支部 | 〒812-0013 福岡市博多区博多駅東 2-4-30(いわきビル)
TEL 092-471-7221 FAX 092-471-5786 |