

# 荒砥沢地すべりにおけるこれまでの取組と現状について

国土防災技術株式会社 ○海老根拓也  
東北森林管理局 宮城北部森林管理署 細田恭幸

## 1. はじめに

2008年6月14日、午前8時34分に岩手県内陸南部を震源とするM7.2の地震（2008年（平成20年）岩手・宮城内陸地震）が発生し、この地震で岩手県奥州市、宮城県栗原市では最大震度6強と強い揺れを記録した。荒砥沢地すべりは、この地震により誘起された日本最大級の地すべりである。本稿では、荒砥沢地すべりにおけるこれまでの取り組みや現状について紹介する。

## 2. 事業概要

### (1) 地すべりの規模・被災状況

荒砥沢地すべりは、斜面長約1,300m、幅約900m、滑落崖の高さは最大150mの規模を有する地すべりである。地すべりは、ほぼ水平なすべり面に沿って300mを超す長距離移動により、地すべり上部では陥没帯、リッジおよび裸地、側壁から末端部にかけては、沢の堰き止めによる湛水池が形成された。また、末端部東側では、対岸への衝突による約75mの隆起や下位地質の絞り出し（スクイーズ）が発生するなど、地すべりにより現地形は大きく変化し、新たな地形が創出された。

これらの事象は、末端部西側に位置する荒砥沢ダムへの土砂流入や市道馬場駒の湯線の寸断といった直接的被害だけではなく、地すべり地内では急崖の形成による崩壊・落石や不安定土砂の流出などの新たな土砂災害リスクが生み出された。



写真-1 荒砥沢地すべり全景（発災当時）

### (2) 事業の方針

荒砥沢地すべりの直下には荒砥沢ダムが、東側には地域の生活道であり観光道路でもある市道などの重要な保全対象が位置しているため、これらの安全を確保する必要がある。一方、あまりに大規模な変位や新たに創出された地形や裸地化による一次遷移は、地震や土砂災害を認識する原位置に残された貴重な環境であり、防災教育に資するべきとの議論もあった。事業主体である東北森林管理局は有識者を交えた検討会を重ねた結果、対策工は保全対象の安全を確保するための最小限に留め、保全

対象への影響が少ないエリアについては自然復旧に委ねて、モニタリングを主体として、異常発生時には速やかに対策を行う方針としている。

### (3) 対策工

荒砥沢地すべりのすべり面はほぼ水平であり、経験した同程度の地震動でも再活動の可能性が小さいとの予測に対して、地震動を加味した安定解析や不連続変形解析（DDA）などで検証しつつ、滑落崖上部の拡大崩壊による頭部載荷や湛水池の決壊などが地すべり下流側や周辺に与えるリスクを最小化するために、主に以下の対策が実施されている。

表-1 対策工と目的

対象	対策工	目的
地すべり全体	なし	—
滑落崖	滑落崖上部排土工	市道の安全確保 拡大崩壊発生による全体ブロック頭部への載荷防止
滑落崖上部陥没帯		
地すべり末端部	鋼管杭工、排土工、山腹工	末端部活動による全体ブロックの不安定化、ダム湖への土砂流出防止
湛水池	導水工	末端ブロックの不安定化、ダム湖への土砂流出防止
地表水	溪間工	地表水の速やかな排水

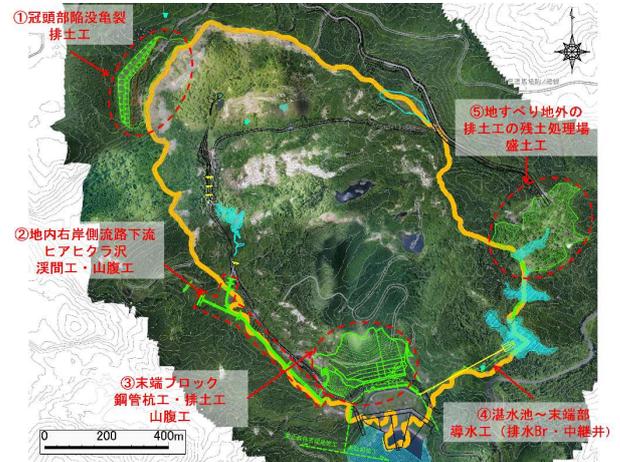


図-1 平面図

### (4) モニタリング項目

表-2に、モニタリングの対象、想定されるリスクおよび調査手法を示す。

表-2 モニタリング項目

対象	リスク	調査手法
地すべり（全体、末端部）	地すべり活動、市道の不安定化	パイプ式歪計、孔内傾斜計、地下水位、GNSS移動杭観測
滑落崖	落石、全体ブロック頭部への載荷	地上LP、監視カメラ、落石調査
滑落崖上部陥没帯	市道の不安定化、全体ブロック頭部への載荷、衝撃	航空LP、地表伸縮計、標識観測
湛水池	末端部の不安定化、土砂流出	地下水位計
植生遷移	地表侵食による土砂流出	UAVオルソ写真、プロット調査
地形変化	地すべり活動	航空LP

### 3. モニタリング内容

#### (1) 地すべり動態の監視

表-2に示した各種調査により地すべり動態を監視している。地すべり全体としては、観測を開始して以降、地すべり活動を捉えた変位は認められておらず、2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震では、栗原市栗駒で最大震度6弱の地震に見舞われたが、排土面の陥没拡大のほか、滑落崖付近で局所的な斜面変位は確認されたものの、地すべり活動は確認されていない。

#### (2) 滑落崖上部の陥没による地表変位の監視

岩手・宮城内陸地震の被災当初には滑落崖上部に陥没が、さらに直下の滑落崖では、約1か月で約5mのはらみ出しが生じたことから拡大崩壊が懸念され、2009～2010年（平成21～22年）に頭部排土工が施工された。その翌年、東北地方太平洋沖地震に見舞われ、陥没の進行や滑落崖の小崩落はみられたものの、2008年にみられた滑落崖のはらみ出しや滑落崖の拡大崩壊はみられず、排土工が奏功したものと考えられる。現在は、地表伸縮計や標識観測などにより変位の観測を行っているが、陥没や崩壊の拡大を示す変位は確認されていない。



写真-2 排土面に生じた陥没

#### (3) 地内崖面の崩落、落石の監視

滑落崖には、節理が発達した溶結凝灰岩が露出しており、落石が発生しやすいため、地震の発生後などには監視カメラによりモニタリングを行っている。東北地方太平洋沖地震では、滑落崖の小崩壊が見られたが、滑落崖直下の崖錐上に木本類が生育したことにより緩衝帯が形成され、2022年の落石到達範囲は2008年と比較して減少している。



図-2 落石調査結果

#### (4) 地形および植生遷移の監視

プロット調査では、調査開始以降、木本類の侵入種数や最大樹高が増加傾向にある。また、UAV オルソ写真による土地被覆状況調査では、落葉広葉樹などの生育が進み、裸地面が大きく減少している。

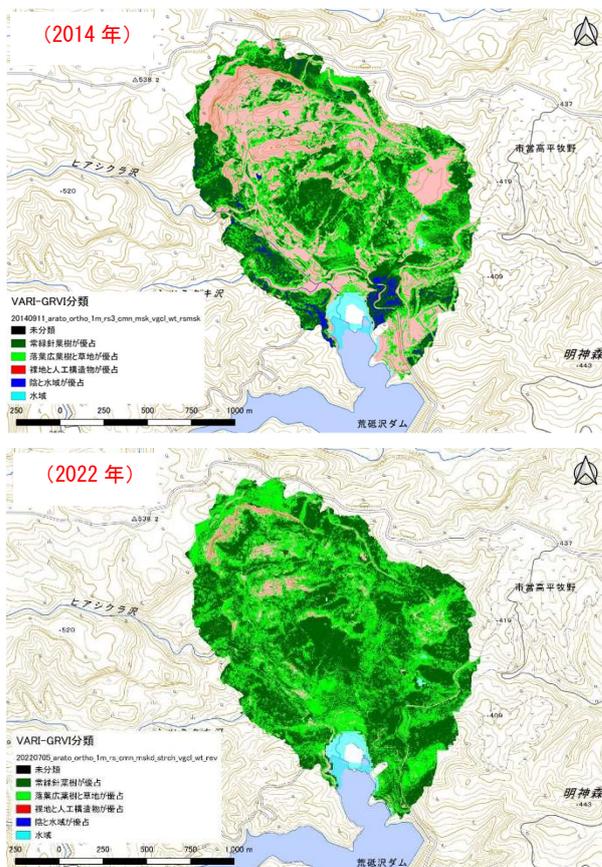


図-3 GRVI と VARI に基づく土地被覆分類図

### 4. まとめ

荒砥沢地すべりでは、地すべり全体ブロックの活動の可能性が低いことから、保全対象への影響が高いエリアに対しては最小限の対策を行い、影響が少ないエリアについては自然復旧に委ねつつモニタリングを行い、異常発生時には速やかに対策を行う方針である。モニタリング結果では、地すべり活動や拡大崩壊の兆候は確認されず、裸地については年々植生が回復しており、地すべりは安定的に推移している。また、現在では、地すべりの一部が栗駒山麓ジオパークの主要なジオサイトの一つとして活用されている<sup>2)</sup>。

荒砥沢地すべりは、発災当時から順応的管理を行ってきた。この取り組みが巨大地震で発災した大規模地すべりに対する地すべり防止事業の一例として参考になれば幸いである。

#### 《引用・参考文献》

- 1) 荒砥沢地すべり検討会資料（2022年11月）：東北森林管理局
- 2) 栗駒山麓ジオパーク（最終閲覧日2025年5月29日）  
<https://www.kuriharacity.jp/geopark/index.html>

# 諸塚層群分布域での地すべり調査・解析事例

基礎地盤コンサルタンツ株式会社 ○牟田原 健太郎, 山口 剛史, 田中 慎吾

## 1. 経緯

当該地は宮崎県の北部を流れる耳川流域斜面に位置する。周辺では平成 17 年の台風 14 号により大規模な地すべりや崩壊等が多発した地域であり、白亜系四万十累帯の諸塚層群（四万十帯北帯）の砂岩頁岩互層が流れ盤構造を呈する地質構造に規制された災害形態を有する地域である。

本事例は、斜面上の宅地の一部に亀裂等の変状が発生したことを契機とし、地すべり調査・解析を実施した事例について報告する。

## 2. 地すべりブロックの判読

当該地は、尾根斜面に形成された幅160m・長さ300m 程度の地すべりブロックと想定され、地すべりブロック頭部は比較的明瞭な凹状地形が判読できる（図-1）。地すべりブロック末端部は隣接する沢地形と接し、幅100m 前後の崩壊地形が認められ、崩壊地形背後には連続性のよい開口亀裂が一部確認された。

## 3. 地すべりの動態状況

地すべりブロックの頭部2箇所、側方1箇所の半自動式地盤伸縮計観測結果を図-2に示す。一部、不動点の滑動によるものと想定される圧縮変位(S-3)が認められるが、断続的・継続的な引張変位(S-1、S-2)が確認され、「変動 A（10mm 以上/月）」または「変動 B（2~10mm/月）」に分類される比較的顕著な地表変位が確認された。

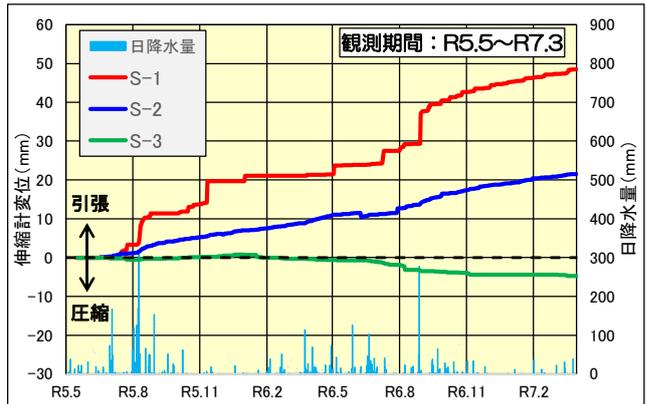


図-2 地盤伸縮計観測結果<sup>1)</sup>

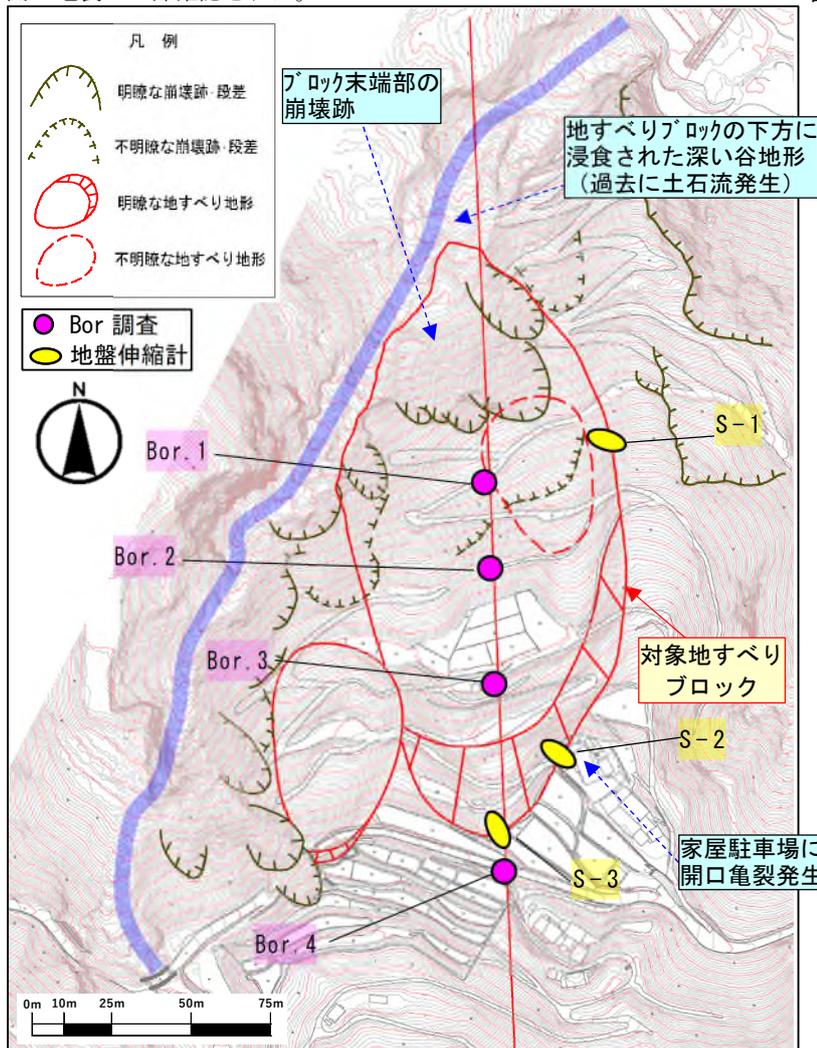


図-1 地すべり地形判読結果 (non scale)



写真-1 調査地の全景 (土石流発生時)



写真-2 家屋駐車場に発生した開口亀裂

#### 4. 地すべり機構の推定

地すべり主測線における想定地質断面図を図-3に示す。表層には概ね地形に沿って崩積土が厚く堆積することが確認された。また、基盤岩は見掛け傾斜10°程度の層理面を呈する砂岩・頁岩からなる。地形に並行するように岩盤中に破碎質なゾーンの形成が認められ、地形判読やコア観察結果等を踏まえると、この破碎質なゾーンがすべり面を形成しているものと想定される。なお、地すべりブロック外にも破碎質なゾーンが確認されるが、地すべりブロック内と比較するとやや破碎程度が弱いことが確認された。

地表変位は降雨時に一部顕著な引張変位が観測されるが、降雨に関わらず変位は累積する傾向も確認される。ボーリング掘進時に明瞭な地下水位分布は認められないことや現地状況等を踏まえると、地すべりブロック末端付近の崩壊の進行に伴い、地すべり滑動が生じているものと推察される。なお、地すべりブロック末端の崩壊は、降雨による進行もあるが、地すべりブロック末端を規制する深い谷地形で過去に土石流の発生も確認されており、土石流等河川浸食による崩壊・地すべりの進行も想定される。

#### 5. まとめ

地形判読や現地踏査、ボーリング・観測結果から当該地すべりブロックに対する地すべり機構を推察した。当該地すべりについては概略調査段階であり、今後、地中変位観測等を含めた詳細調査が進められる予定である。

ただし、崩壊地形や小ブロック、近隣の地すべりは大局的な地質構造（層理面）と調和的な滑動方向が想定されるのに対し、当該地すべりについては地質構造に斜交

するやや不調和な滑動方向が想定される（図-4）こと等、地すべり規模・機構を明らかにする上で課題が残る。

今後の調査結果に注視し、想定したすべり面形状・地すべり機構の妥当性確認や見直しを行い、精度の高い調査・解析に繋げることが望ましい。

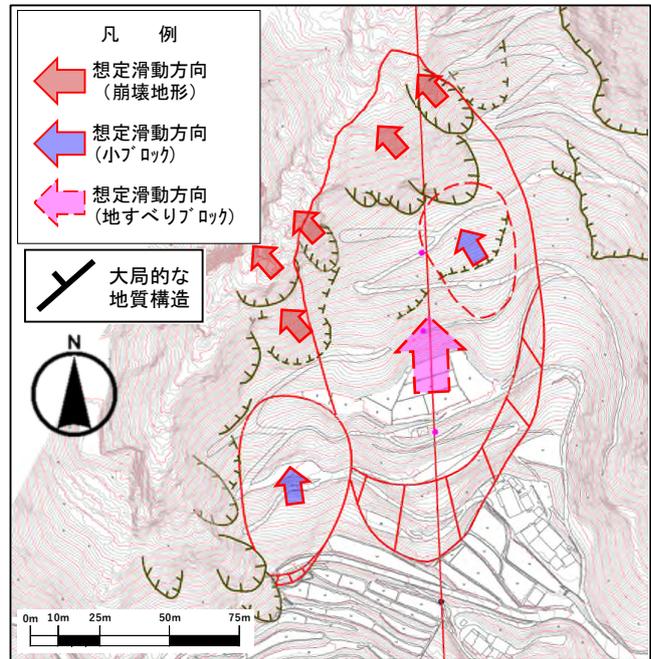


図-4 地すべり滑動方向の推定 (non scale)

#### 《引用・参考文献》

- 1) 気象庁アメダス：観測地点「諸塚」（最終閲覧日 2025. 4. 30），  
<https://www.jma.go.jp/jma/index.html>.

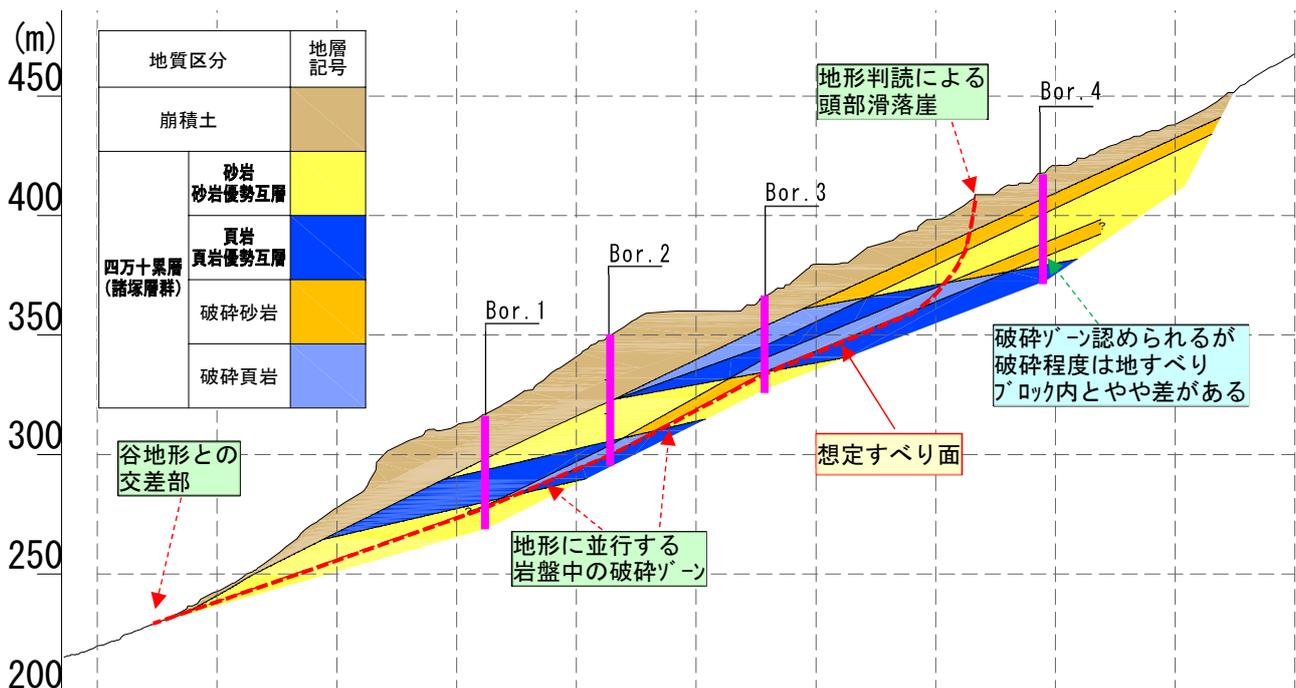


図-3 想定地質断面図（地すべりブロック主測線）(non scale)

# すべり面付近における水位変化の確認調査事例

大地コンサルタント株式会社 ○久米 花枝, 秋山 道生

## 1. はじめに

地すべりの安定性の評価や対策工を検討する上ですべり面に作用する水圧は大きな要素の一つであり、この水圧は地下水位で代用されることが多く、観測結果に基づく地下水位が地すべり解析において重要となる。しかし、全深度にストレーナ加工を施し地下水位を観測すると、複数の帯水層が存在した場合それらの合成水位となり、一概には正確な地下水位を観測しているとはいえない。よって、目的の水位を絞った（部分ストレーナ）観測が望ましいとされており、すべり面に作用する水圧をより正確に得るためには、すべり面付近の水位変化の確認が必要である。本稿では、地すべり調査地で実施したボーリング孔1孔の掘削時に、連続的に湧水圧試験等を実施し、すべり面付近で概ね 1m 間隔の水位変化を確認した事例を報告する。

## 2. 調査地概要および調査背景

本調査地は北海道にあるダム貯水池の右岸側に位置し、過年度より地すべりを対象とした調査（ボーリング調査、観測孔設置等）が行われている（図-1）。

地質は新第三紀中新世の変質安山岩（上部溶岩：Au、下部溶岩：A1）と、これらの基盤岩（上端は旧表土）を被覆して第四紀更新世の凝灰岩（Tw）が山地斜面部に厚く分布している（図-2）。

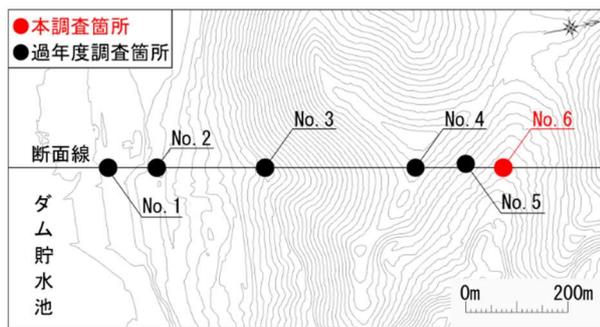
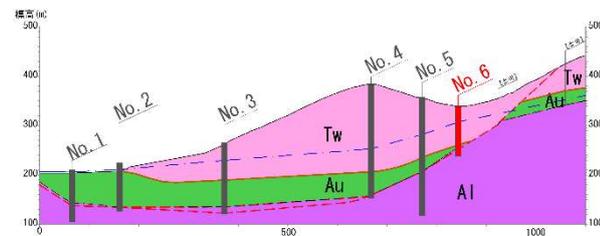


図-1 調査位置平面図



地質凡例

地質時代	地質	記号	
第四紀	更新世	凝灰岩	Tw
新第三紀	中新世	変質安山岩	上部溶岩 Au
		下部溶岩	A1

--- 想定すべり面  
 --- 旧表土  
 --- 地下水位

図-2 地質断面図

過年度調査でボーリング掘削時水位に比べ観測水位が低い結果となり、設置済みの全深度ストレーナの観測孔ではすべり面に作用する水位を正確に把握できていない可能性があった。よって本調査では、地下水位の上昇が想定されていた旧表土境界部やすべり面付近で掘削時の水位変化を確認した。

## 3. 調査方法

ボーリングはφ86mm の高品質オールコアを1孔100m、同孔を用いて原位置試験を実施した。旧表土やすべり面の分布が想定される深度69m から地下水検層を、深度70m から孔内湧水圧試験を実施した。試験概要を表-1に、現場作業の流れを図-3に示す。

表-1 原位置試験概要

試験	目的	計	試験区間
地下水検層 (自然水位法)	地下水流動層の把握	7回	孔壁状態により不定期(2~9m)
湧水圧試験	平衡水位及び透水係数を求める	22回	概ね 1m

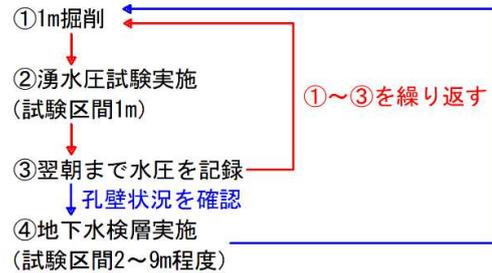


図-3 現場作業の流れ(深度69m から)

湧水圧試験の平衡水位（以下、平衡水位と記す）は、掘削などの人為的な水位変動の影響を除くために翌朝水位（パッカーを膨らませた状態のロッド内水位）を採用した。確実な水位を確認するため、翌朝までの変化を確認できるようにデータロガーを用いて水位を確認し、接触式水位計で数値の補正を行った。

## 4. 調査結果

各試験結果および観測孔設置図を図-4に示す。

### (1) 想定すべり面および孔内水位

地質境界としてコア状況により旧表土(GL-77.80m)と、3つのすべり面(①GL-83.55m、②GL-85.95m、③GL-86.75m)が想定された（以下、重要境界と記す）。想定すべり面は角度0~60°程度で上部溶岩(Au)と下部溶岩(A1)の地質境界や、下部溶岩(A1)内のすべり破断面であった。

掘削翌朝の孔内水位を図-4に示す。GL-32.5m程度で一度安定し、旧表土直上から被圧水が確認された。

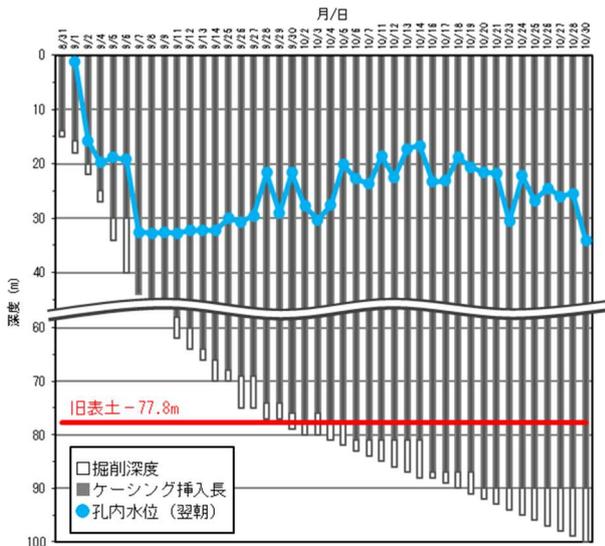


図-4 掘削翌朝の孔内水位

(2) 地下水検層

重要境界付近は確定流動層から準確定流動層に区分<sup>2)</sup>され、すべり面付近での地下水の流動が確認された。湧水圧試験結果と合わせて図-5に示す。

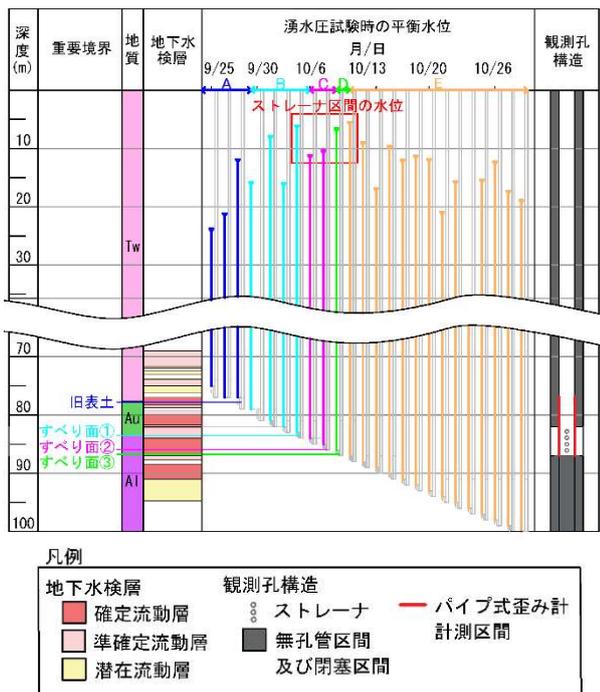


図-5 地下水位の変動および観測孔設置図

(2) 湧水圧試験

湧水圧試験の平衡水位を図-5に示し、重要境界ごとに色を変え、A～Eに区間を分けた。

A) 掘削開始から旧表土 (図-5 青色)

旧表土に近づくとともに上昇傾向を示した。

B) 旧表土からすべり面① (図-5 水色)

旧表土を抜いた直後、平衡水位は低下するが、すべり面①の掘削前で上昇する。

C) すべり面①からすべり面② (図-5 桃色)

すべり面①を抜いた後、一度低下しすべり面②の掘削前でやや上昇する。

D) すべり面②からすべり面③ (図-5 黄緑色)

すべり面②を掘削後、上昇した。この時の上昇幅 (3.77m) は重要境界の中で最大であった。

E) すべり面③から掘削終了 (図-5 褐色)

すべり面③を掘削後、上昇した。この時の水位が、測定の中で最も高い (浅い) 水位 (GL-5.91m) であり掘削を進めると緩やかに低下した。

表-2に重要境界の掘削前後の平衡水位、透水係数の変化量を示す。透水係数は、いずれも低い～中位<sup>3)</sup>であり、旧表土掘削後で $4.48E-04m/s$ と最も大きく、想定すべり面の中ではすべり面③のみで掘削後に大きくなった。

表-2 重要境界の項目別結果 (□本調査最高水位)

重要境界 (深度m)	平衡水位 (Gl-m)		透水係数 (m/s)	
	掘削前 掘削後	変化量	掘削前 掘削後	変化量
旧表土 (GL-77.80)	12.38 16.25	3.87m低下	$3.16E-05$ $4.48E-04$	+4.2.E-04
すべり面① (GL-83.55)	6.55 11.07	4.52m低下	$2.69E-04$ $1.55E-04$	-1.1.E-04
すべり面② (GL-85.95)	10.84 7.07	3.77m上昇	$7.33E-05$ $5.29E-05$	-2.0.E-05
すべり面③ (GL-86.75)	7.07 5.91	1.16m上昇	$5.29E-05$ $9.71E-05$	+4.4.E-05

5. おわりに

本調査では、原位置試験を短い試験区間で実施したことで、近い深度で存在した想定すべり面の掘削前後や、すべり面付近の被圧水位の変化を詳細に確認することができた。すべり面は想定であり、3つのすべり面を含む区間にパイプ式歪計を設置 (図-5) し、今後計測結果により再度すべり面が判定される。掘削後の水位が最も高く、透水係数も大きくなったすべり面③直下の水位が、すべりに与える影響が最も高い状態にあると考え、すべり面③直下の水位と、3つの想定すべり面を含む深度82～87mの5m区間に水位観測孔のストレーナ区間を設定した (図-5)。

《引用・参考文献》

- 1) 石田孝司、杉本宏之、武士俊也、高川智、二木重博、宇都忠和 (2012) : 善徳地すべりにおける高密度ステップ孔内試験結果と地下水観測結果との比較について、日本地すべり学会誌49巻6号 p341-347
- 2) 藤原明敏 (1999) : 地すべり調査と解析—実例に基づく調査・解析法—改訂版、p107
- 3) 地盤調査の方法と解説 (2013) : 公益社団法人地盤工学会、p488

# 既対策地区の構造を参考に対策を検討した層厚 50m の地すべり

明治コンサルタント株式会社 ○柳下 恵一, 関場 清隆

## 1. はじめに

調査地は、多数の地すべりブロックよりなる地すべり防止区域内の1ブロック (Bブロック) である。このBブロックでは、末端部で溪岸の浸食・崩壊が進んでおり、地すべりの不安定化が懸念された。このブロックの調査・対策工計画においては、地質構造や地下水状況に類似点の多い隣接ブロック (Aブロック) の対策工施工実績が大変参考となった。その経緯を紹介する。

## 2. 地形地質概要

調査地は、新潟県中越地方の山間地にあり、河川の源頭部においてボトルネック状の特徴的な斜面形態を採る地すべり地である (図-1)。地質は、新生代新第三紀鮮新世の塊状泥岩層や砂岩泥岩互層からなる。このうち、泥岩は風化に対する抵抗性が弱く、乾湿繰り返しによるスレーキングが発生しやすい。これら基盤岩の大局的な地質構造は、背斜構造 (尾根の南東側に背斜軸がある) に規制され、走向傾斜は N30~40° E 30~40° W の単傾斜構造となっている。したがって、北西方向に開いた当地すべり斜面は顕著な流れ盤構造を形成している。

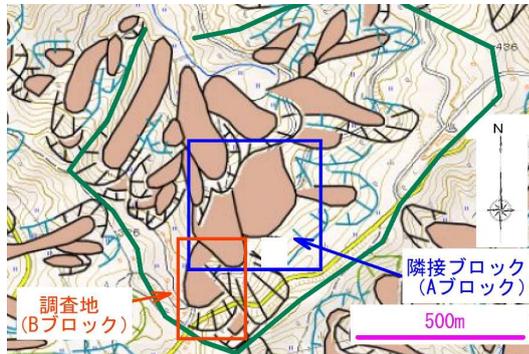


図-1 地すべり地形分布図<sup>1)</sup>

## 3. 調査結果

このBブロックに対し、調査ボーリング4孔、動態観測 (水位・歪・孔内傾斜計) を行った。調査平面図を図-2に示す。地質構造は、地質図幅および隣接するAブロックの既往調査結果断面図等から、Bブロックは地層の勾配が 35° 程度の流れ盤の地すべりであると判断した。また、最大層厚は 50m に達する (図-3)。地下水は、地すべりブロックのほぼ全域に存在している。地すべり頭部 (BV-1) では地下水はやや少ないが、地すべり上部 (BV-2) の 36m 以深には大量の被圧地下水が存在し、それが中部 (BV-3)、下部 (BV-4) へと続いている。なお、BV-1 のパイプ式歪計観測、BV-3 の孔内傾斜計観測から、観測期間内の地すべり活動は確認されていない。

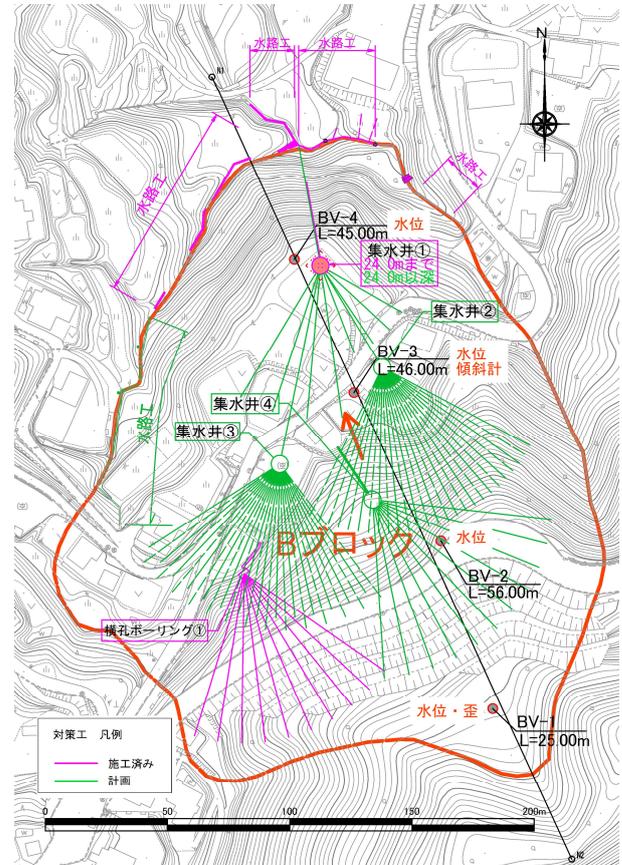


図-2 Bブロック平面図

## 4. 対策工計画

調査結果から、地すべり活動防止には地下水排除工と、末端部の溪岸保護のための水路工の組み合わせが有効と考えられた。現状で地すべり活動は休止していることから初期安全率  $F_s=1.00$ 、保全対象に人家があるため目標安全率  $P.F_s=1.20$  とした。

しかし、地下水排除工で目標安全率を達成する場合、必要水位低下高は 8.5m と算出され、これは一般的に集水井により期待できるとされている地下水位低下高 5m を超える。また、地すべりの規模が大きいため、抑止工全般は費用面から現実的ではない。

そこで、平成初期に調査が行われた隣接のAブロックの調査内容を検討した。BブロックとAブロックが地質的・構造的に類似していること (塊状泥岩や砂岩泥岩互層よりなる層厚 50m 程度の流れ盤構造の地すべりであること、ブロック内の地下水賦存量が多いこと) と、既存施設 (主に集水井工、横孔ボーリング工) の実績から、Bブロックでも平均 10m 以上の地下水位低下が見込めると判断し (図-4)、対策工を計画した (図-2 および図-3)。

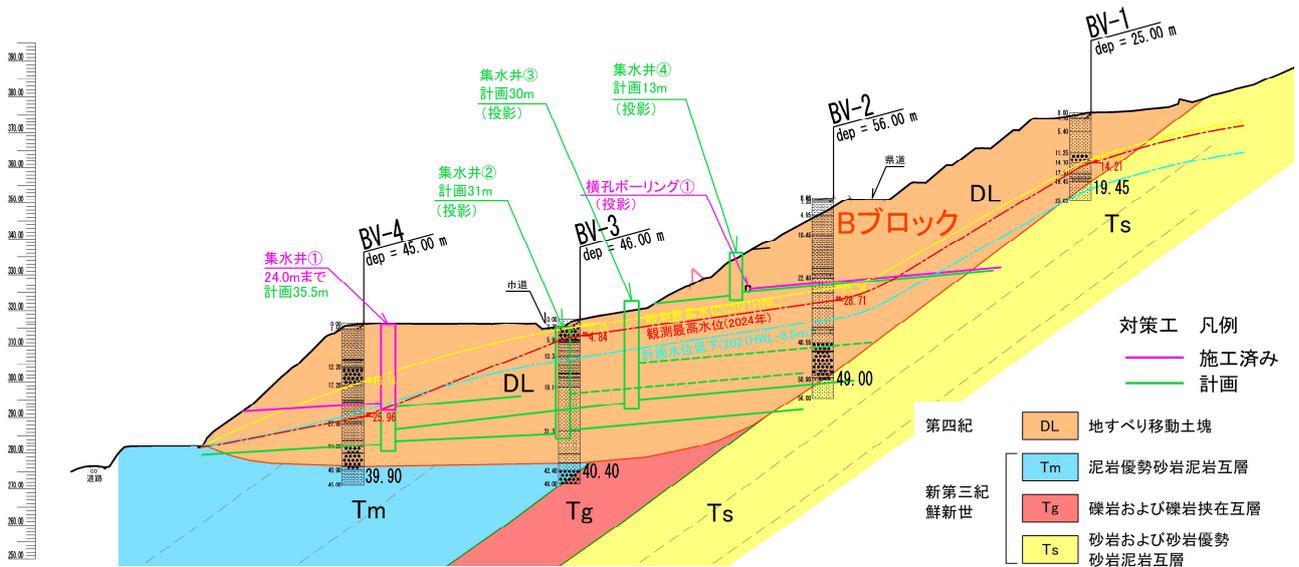


図-3 Bブロック断面図

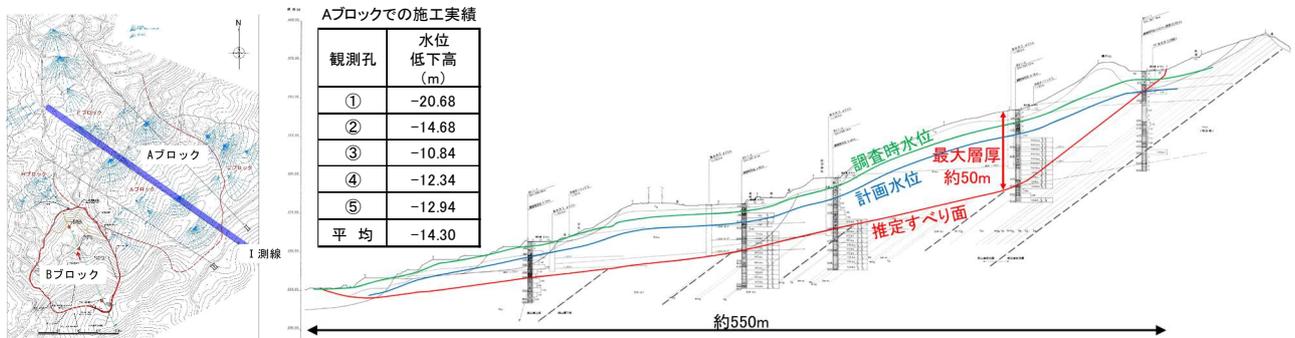


図-4 Aブロック平面図、断面図 (I 測線)、対策工施工実績

### 5. 水位および安全率の推移

対策工のうち、現在までに横孔ボーリング1群、水路工の6割程度、集水井工1基(途中まで。および仮の排水ボーリング1本)が施工された。この集水井の主目的は中継井ではあるが、この施工により、観測孔4孔のうちBV-1を除く3孔で水位の低下傾向が認められた(図-5)。ただし融雪期のデータがまだ得られていないので、年間最高水位に対する効果は不明瞭である。安全率の推移を表-1に示す。対策工の施工が進むことにより、更なる水位の低下および安全率の上昇が期待できる。

表-1 安全率の推移

年度	安全率 $F_s$		目標安全率 P.Fs	必要抑止力 Pr (kN/m)	
	HWL	LWL		HWL	LWL
2021	1.000	1.172	1.20	9404	1335
2022	1.030	1.180		7986	918
2023	1.044	1.187		7336	624
2024 ※集水井工①施工後の水位を使用	1.107	1.227		4364	0
計画 2021HWLから水位8.5m低下	1.208			0	

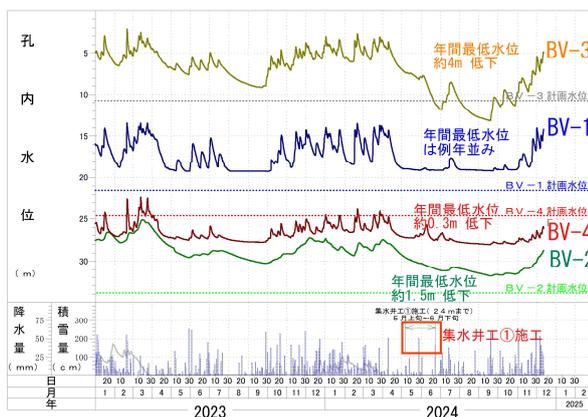


図-5 孔内水位変動図<sup>2)</sup>

### 《引用・参考文献》

- 防災科学技術研究所: 1:50,000 地すべり地形分布図 デジタルアーカイブ (に加筆)、(最終閲覧日 2025年5月20日)  
[https://dil-opac.bosai.go.jp/publication/nied\\_tech\\_note/landslidemap/index.html](https://dil-opac.bosai.go.jp/publication/nied_tech_note/landslidemap/index.html)
- 気象庁アメダス: (最終閲覧日 2025年5月20日)、  
<https://www.data.jma.go.jp/stats/etrn/index>

# 御荷鉾緑色岩類分布域で施工中に発生した崩壊・地すべりの事例

株式会社 タニガキ建工 ○谷垣 勝久, 田和 照大, 谷垣 嘉基, 高尾 遼太

## 1. はじめに

御荷鉾緑色岩類分布域で道路工事の施工中に法面崩壊や地すべりが数例発生した。この法面崩壊や地すべりに伴い、工事の施工を一時的に中断し、調査ボーリングや地表伸縮計・パイプ歪計・自記水位計観測等の地すべり観測、機構解析・安定解析や鉄筋挿入などによる法面対策の設計見直しを行った。三波川帯（御荷鉾緑色岩類分布域）の地質に属すこの法面崩壊・地すべりにおける調査観測・法面補強対策の事例を数例報告する。

## 2. 和歌山県北部の御荷鉾緑色岩類

西南日本を内帯と外帯に区分し、領家帯の南側を通る中央構造線は、和歌山県北部において和泉山脈の南麓を東西方向に延びている。そしてこの中央構造線の南側には、主に結晶片岩類からなる三波川帯が分布している。

この三波川帯の南エリアは御荷鉾緑色岩類と呼ばれ、中生代の海洋地殻起源の変成岩からなる地質体である。また、主に玄武岩質の火山岩が変成を受けた緑色岩からなり、枕状溶岩やハイアロクラスタイト（火山砕屑岩）などが含まれている。これらはかつての海洋プレートの上面に形成され、後にプレートの沈み込みに伴い付加体として大陸縁辺に取り込まれたと考えられる。

このエリアの御荷鉾緑色岩類は、苦鉄質片岩（または塩基性片岩）・泥質片岩・珪質片岩を主として構成され、他に石灰質片岩・砂質片岩などを挟む。また、蛇紋岩・斑い岩などの貫入岩類も一部に認められる。蛇紋岩は見た目は新鮮に見えても実は目に見えない微細な亀裂等が無数に発達していることが多い。しかも、吸水・膨張しやすい粘土鉱物（スメクタイト等）を含むことがある。

以下の図-1に、御荷鉾緑色岩類の分布域を示す。

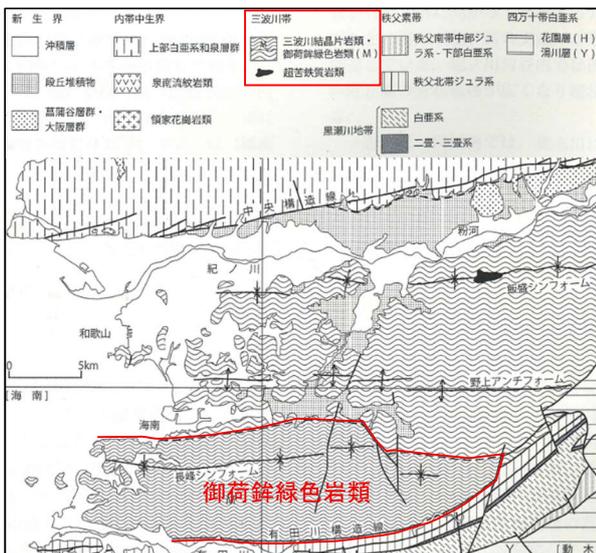


図-1 【粉河】地域及び隣接地域の地質概略図<sup>1)</sup>

## 3. 法面崩壊・地すべりの事例(1)

御荷鉾緑色岩類分布域で法面施工中に表層崩壊が発生した。表層崩壊の発生は仮設切土補強部の床掘りが概ね終了し、降雨のあった翌日の未明である。床掘り時には、湧水は認められず、法枠に変状などは確認されていない。崩壊幅は28m程度であり、滑落崖は3~4m程度である。

災害のメカニズムは、補強土壁工の床掘り施工中に、雨水により緩んだ法枠背面土砂が流出し、法枠の自重により法枠が屈曲、変形後に崩壊が発生したと推察される。



写真-1 法枠工の被災状況全景（事例その1）

一般的な堆積岩の山地では、風化帯の層厚は尾根部で厚く、沢部では薄くなっていることが多いが、業務地で調査ボーリングを実施したところ、沢部の方が風化帯が厚いことが判明した。これは、尾根部に硬質な蛇紋岩の岩体がブロックで分布していたと推定される。

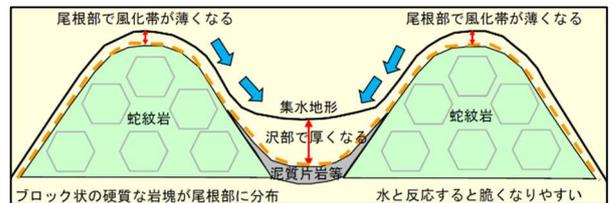


図-2 特殊な蛇紋岩の山地の場合の地盤特性図

業務地では、施工延長に比べ、調査ボーリング本数が十分でなかったことが問題であったと考えられる。

崩壊上方で調査を行ったところ、斜面堆積物が上方で10mと非常に厚いことが判明した。下図の鉄筋挿入工と法枠工の対策工を実施し、施工が無事に完了した。

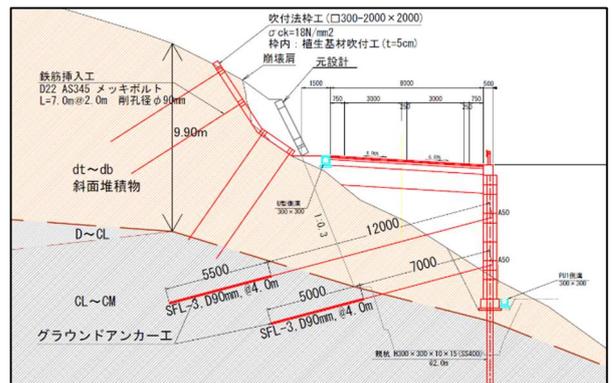


図-3 元設計と再検討後の標準断面図(事例その1)

#### 4. 法面崩壊・地すべりの事例(2)

業務地では、道路の山側に法面工が計画されていた。法面工の施工箇所は薄い「崖錐堆積物」と、DL～DM級の風化岩が分布すると推定されており、1:0.3の切土勾配で、法枠工及び鉄筋挿入工(L=2.00m)が計画されていた。

法面施工時には、安全に配慮し、上部の法枠工と鉄筋挿入工を先行して施工する「逆巻き施工」を採用した。上部法面を切土し、上部法枠工と鉄筋挿入工の施工後に下部の切土を実施したが、法戻まで切土を終えた日に、応力解放による地盤の緩みで、上部法枠工や上方斜面に亀裂などの変状が多数発生した。そのため、応急対策として、変状直後に、法面末端部に押え盛土を施工した。

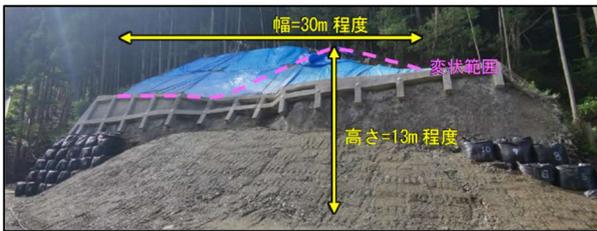


写真-2 法枠工の被災状況全景 (事例その2)

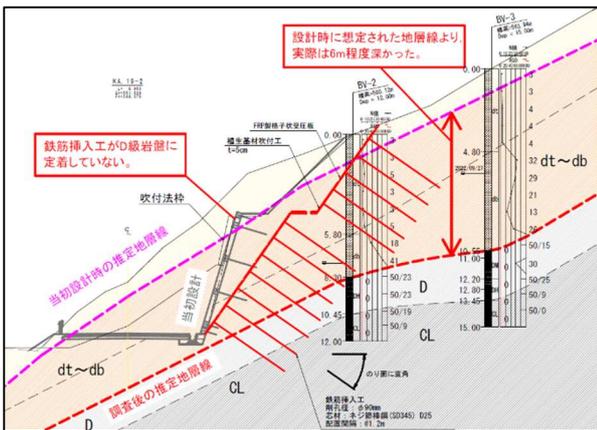


図-4 元設計と再検討後の標準断面図 (事例その2)

変状の後に調査ボーリングを実施すると、「崩積土」が当初推定よりも一部で厚く、その下層にはD (CL)級の「岩屑堆積物（緩んだ風化岩）」が分布して、「崩積土」と「岩屑堆積物」で形成された斜面堆積物が、8.3m～10.5mの層厚でかなり厚く分布していることが判明した。

調査ボーリング実施後に法面工の再検討を実施した。当初設計の「鉄筋挿入工+吹付法枠工」から、逆巻きで施工が可能な「鉄筋挿入工+格子状受圧板」で【7分切土】の設計に法面对策を変更した。この変更で新たな変状が発生することなく、本工区の施工が無事に完了した。

#### 5. 法面崩壊・地すべりの事例(3)

「補強土植生法枠工」での法面補強対策が完了した後、斜面末端において補強土壁工の施工のための基礎掘削を開始し、基礎コンクリートを打設していたが、掘削部で小崩壊、法面工の小段部でもクラックなどが発生した。その後もクラックの進行し、亀裂（小段部約50cm 滑落）の拡大が見られたため、掘削箇所を埋め戻した。



写真-3 法枠工の被災状況全景 (事例その3)

崩壊後に調査ボーリングを行うと崩積土や岩屑堆積物（岩盤が斜面クリープで移動して地山岩盤から分離したものが斜面全体で厚く分布していることが判明した。当初推定よりも定着地盤が深い位置にあり、鉄筋挿入工(L=2～3.0m)が定着地盤に定着してないことが判明した。

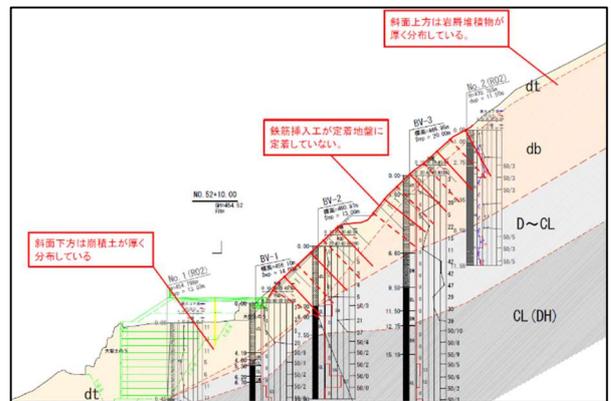


図-5 元設計と再検討後の標準断面図 (事例その3)

変形した「補強土植生法枠工」の法面をそのまま抑え込み、崩壊を抑止するには柔軟な構造物が適している。そのため、対策工として高強度ネット工法を用いた。

この法面補強対策で、本工区の施工が無事に完了した。

#### 6. まとめ・教訓

以上の事例等から、下記のことを教訓としてまとめる。

- ① 御荷鉾緑色岩類分布域では施工延長に応じた十分な本数の調査ボーリングを行うことが望ましい。
- ② 蛇紋岩は尾根部に硬質な岩体として分布し、尾根部よりも脆弱な沢部の方が風化帯が厚いことが多い。
- ③ 法枠工での「逆巻き施工」は、法枠自重により法枠が変形後に崩壊が発生する場合があるので避ける。
- ④ 斜面クリープ等で緩んだ風化岩や、乱れた風化岩を「岩屑堆積物」として取り扱うことは有用である。
- ⑤ 法面工で鉄筋挿入工を施工する場合には、しっかりと定着地盤に十分挿入することが望ましい。
- ⑥ 変形法面をそのまま抑え込み、崩壊を抑止するには高強度ネット工法等の柔軟な構造物が適している。

#### 《引用・参考文献》

- 1) 産総研 地質調査総合センター 牧本博, 宮田隆夫, 水野清秀, 寒川旭: 粉河地域の地質 pp.4, 2004.5.

# 年代測定と微地形表現図を用いた地すべりの地形発達史の考察

株式会社ウエスコ ○渡部 海, 伊達 裕樹, 三谷 康博, 佐藤 葉月

## 1. はじめに

令和5年8月豪雨により鳥取市南部の佐治川沿いの山間地において、多数の斜面崩壊が発生し、下方の道路及び河川に土砂が流出した。調査地周辺は、国立研究開発法人防災科学研究所の地すべり地形分布図によると、河川沿いに多数の地すべり地形が判読されている(図-1)。

本事例では、LPデータを活用した地形判読、地表踏査、ボーリング調査結果及び放射性炭素年代測定結果より、調査地周辺の地形発達史を考察した結果を報告する。

## 2. 調査地概要

本調査地は鳥取県南部に位置し、対象となる斜面には集落及び道路がある。調査地の地形は、調査地を含む広域が浸食によって急峻なV字谷を発達し、壮年期の地形を呈している。

前述の地すべり地形分布図によると、調査地南側の地域では大規模な地すべり地形が判読されているが、調査地北部では地すべり地形は判読されていない。20万分の1シームレス地質図によると、調査地周辺は泥質片岩を主体とする変成岩類の分布域となる(図-1)。



図-1 調査地周辺の陰影起伏図<sup>1)</sup>  
(傾斜量図と地すべり地形分布図を表示)

## 3. 調査結果

### (1) LP データを利用した地形判読

前述の地すべり地形分布図では、幅約150m 未満の地すべり地形は判読対象外となっていることから、詳細な地形的特徴を判読できる微地形強調図を作成した(図-2)。

地形判読により、調査地北部の斜面において小規模な地すべり地形を抽出した。地すべり地形は4ブロックが想定され、斜面背後には段丘面が形成されている。また、令和5年8月豪雨の被災斜面周辺では、遷急線が連続しており、地形的な素因が認められる。



図-2 微地形強調図による地形判読結果図

### (2) 地表踏査結果

地形判読によって机上抽出した地すべりブロック周辺では、泥質片岩から泥質片岩からなる露頭を確認した。また、現地で地すべり地形の特徴でもある、尾根地形の連続性や遷急線、遷緩線等の地形が見られ、机上抽出した地すべりブロックは妥当であると判断した。対岸の令和5年8月豪雨により被災した斜面周辺では、斜面上部に平坦地が拡がり、河成段丘面となる。また、斜面中の旧崖錐堆積層では腐食した倒木の埋没を確認した。

### (3) ボーリング調査結果

ボーリング調査は崩壊斜面2箇所のうち、滑落崖背後でそれぞれ1箇所ずつ行った。確認された地層は、上位より段丘堆積層1(礫質土層1): tr-g1, 段丘堆積層2(粘性土層): tr-c, 段丘堆積層3(礫質土層2): tr-g2, 古期崩積土層: o-dt, 泥質片岩層(固結状): Bsch となる(図-3)。

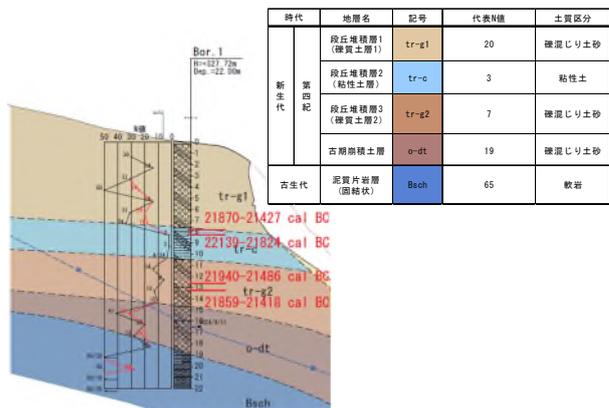


図-3 推定地質断面図

(4) 放射性炭素年代測定結果

ボーリング調査により採取された木片を使用し、放射性炭素年代測定を行った。測定結果より、tr-c層およびtr-g2層の木片が堆積した年代は、約2.1~2.2万年前であること(図-4)。この時期はウルム氷期最盛期にあたる。

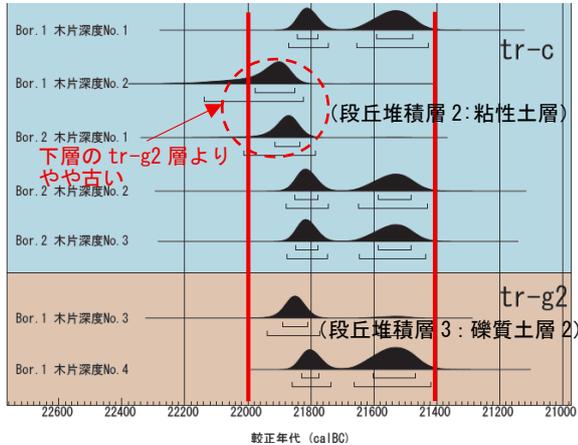


図-4 暦年較正結果一覧図

4. 考察

(1) 地形プロセスの考察

軟らかい粘性土主体のtr-c層が堆積した事と、tr-g2層がtr-c層と同時期に堆積した事は、下流域で地すべりによる天然ダムが形成され、河道閉塞が生じたためと推察する。また、河川の両岸には標高320~335mに平坦面が形成されていることから、この程度の高さの天然ダムが下流断面の位置に形成されたと想定する(図-5)。

(2) 本調査地周辺の地形発達史

本調査地周辺の開析過程を浸食ステージ①~③のように推察する(図-6)。浸食ステージ①では、河川浸食により広い谷が形成された。浸食ステージ②では、下流断面に示す地すべりにより河道閉塞が生じ、上流側で砂礫や粘性土が堆積した。浸食ステージ③では、天然ダム決壊

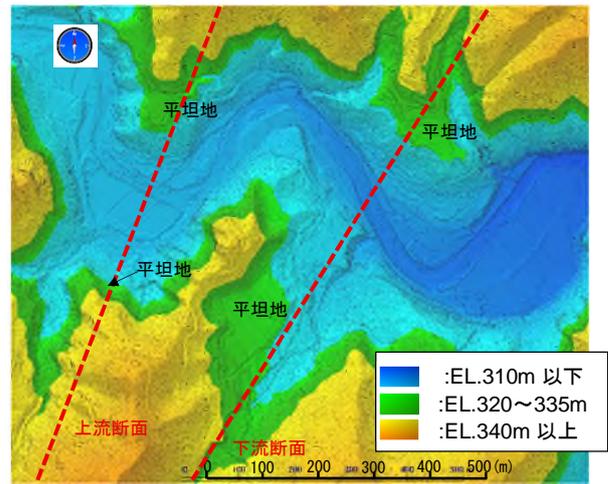


図-5 調査地周辺の標高段彩図

後の下刻により、流心部が浸食されると同時に下流断面側部で小規模地すべり地形が形成されたと推察する。

5. おわりに

本事例では、微地形強調図を作成して調査地周辺の地形判読を行い、小規模な地すべり地形を抽出した。さらに、年代測定結果より隣接する地すべりの発生時期を間接的に推察できたことは、周辺の地すべり形成史研究の一指標になりうると考える。今後も、地形発達史の考察のため、年代測定を有意に活用していきたい。

6. 謝辞

本事例報告にあたり、本業務に携わり発表の機会を設けて頂いた鳥取県の関係各位に感謝する次第である。

《引用・参考文献》

- 1) 国立研究開発法人産業技術総合研究所 地質調査総合センター：「地質図 Navi」,  
<https://gbank.gsj.jp/geonavi/geonavi.php>

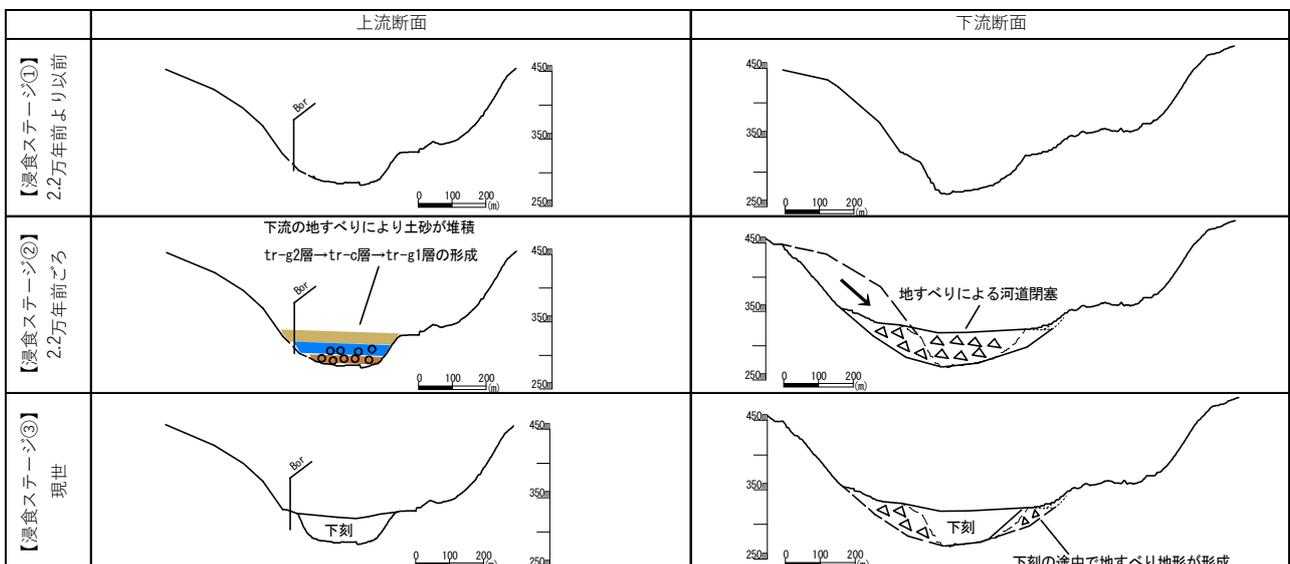


図-6 調査地周辺の地形発達史

# ダム貯水池地すべりにおけるボーリング調査事例

国際航業株式会社 ○岡寄 颯太, 古明地 海杜, 渡子 直記, 田中 貴人

## 1. はじめに

本発表は、ダム上流域の貯水池地すべりにおけるボーリング調査の事例を報告するものである。業務では、微地形表現図による地形判読、高品質ボーリング調査、現場透水試験およびポアホールカメラ観測・解析を組み合わせ、地すべり土塊の性状や地すべり面の検討を行った。その結果、当初想定されていたすべり面より浅い深度に想定すべり面が確認され、地形状況および既往の調査結果から複数のすべり面構造が推定された。

## 2. 地形・地質概要

調査地は北西から南東に向かって緩やかに流下している一級河川の中流域に位置し、かつては宅地や農地として利用されていたが、現在は山地や荒地となっている。調査地には大小様々な地すべり性の崩壊跡が認められ、地すべり防止区域や土砂災害警戒区域に指定されている。



図-1 調査地域の地質図<sup>1)</sup>

調査地の地質は、古生代～中生代の泥質片岩・砂質片岩、苦鉄質片岩が基盤岩を構成する(図-1)。基盤岩の地質帯は、地域全体としては東西方向に分布する傾向を示すが、調査地周辺の片理面は北東-南西方向に走向し、南東方向に概ね50～70°程度の傾斜を示す。

## 3. 調査内容および結果

本業務では微地形表現による地形判読、地すべり地内の3地点(L-42-2, -4, -6)で高品質ボーリング調査、現場透水試験、ポアホールカメラ観測・解析を実施した。次にそれぞれの調査結果を示す。

### (1) 微地形表現図による地形判読

既往業務による成果平面図を本業務で作成した微地形表現図に重ね合わせ、地形判読を実施した(図-2)。微地形表現図による判読から微小な段差地形が地すべり地内に複数認められ、複数のブロックに区分できる。

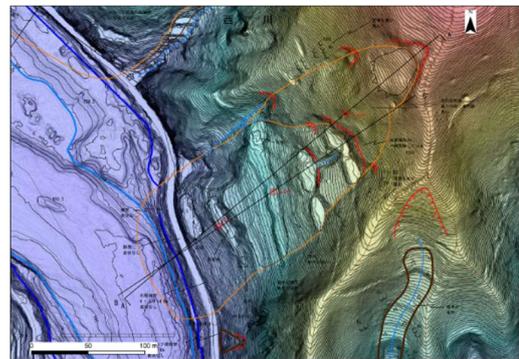
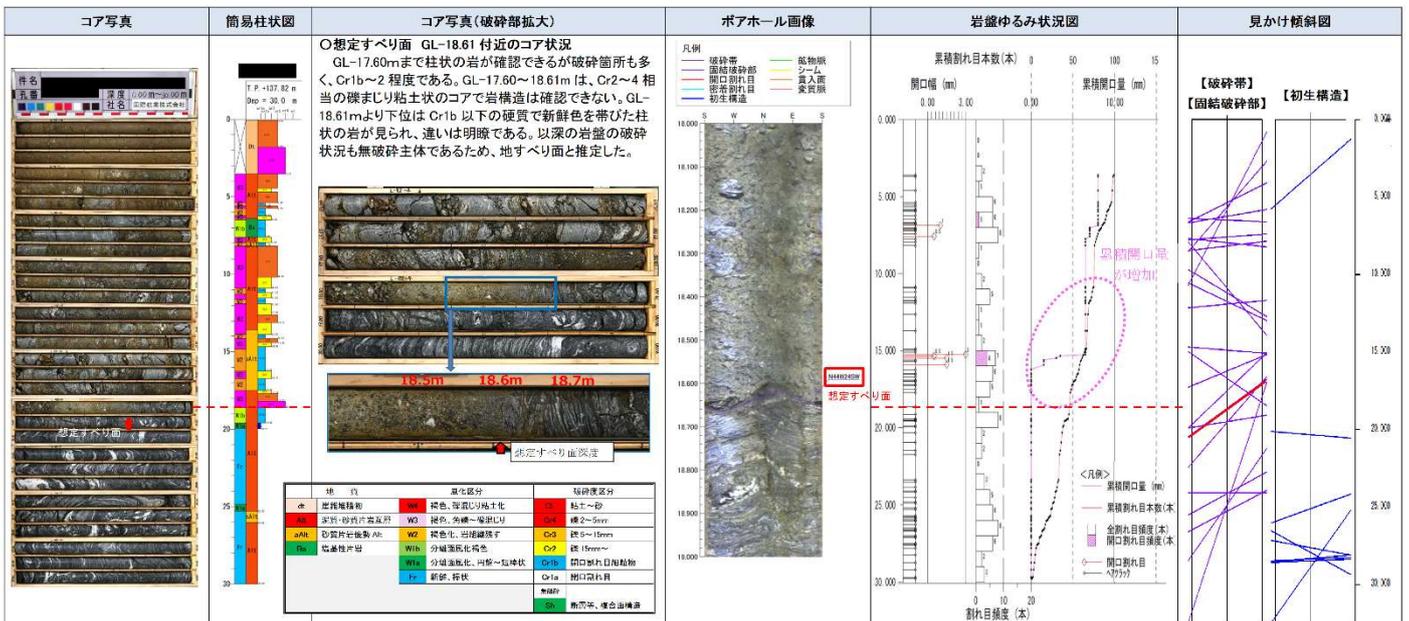


図-2 調査地域の微地形表現図

### (2) 高品質ボーリング調査

調査箇所はいずれも上部から順に細粒分混じり砂礫(崖錐堆積物)、泥質・砂質片岩互層(破碎度: Cr2~4)、泥質砂質片岩互層(無破碎~Cr1)と同様の傾向を示した。破碎部と無破碎部の境界は明瞭であり、ポアホールカメラ

表-1 L-42-4孔のボーリング調査とポアホール結果解析図



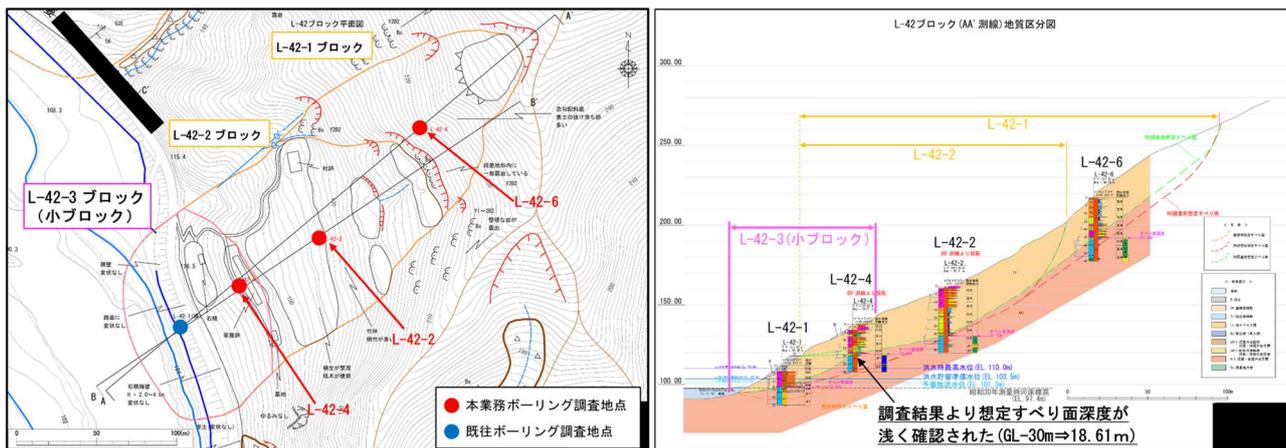


図-3 調査地の平面図および地すべり断面図

ラ観測結果による破砕状況なども踏まえ、地すべり面深度について想定した(表-1, 表-2)。その結果、L-42-4孔は、調査前の想定すべり面深度(GL-30m)より約12m浅い深度(GL-18.61m)で破砕部が確認された。

表-2 すべり面の想定とその根拠

地点	掘進全長 (m)	想定すべり面深度 (m)	想定すべり面の根拠
L-42-2	42.00	31.33	・GL-31.33mより上位はCr4相当の礫まじり粘土のコアを挟み、下位は無破砕の新鮮色を帯びた硬質な岩が確認できる。以深は破砕度の低い岩が続く。
L-42-4	30.00	18.61	・GL-18.61mより上位はCr2~4相当の礫まじり粘土のコアで岩構造は確認できない。下位はCr1b以下の硬質で新鮮色を帯びた岩が見られ、違いは明瞭である。以深の岩盤の破砕状況は無破砕主体である。
L-42-6	40.00	25.36	・GL-25.36mより上位はCr3相当の礫まじり土砂状のコアで、下位はCr1b以下の硬質な柱状の岩と違いが確認できる。下位はより新鮮色を帯びており、Fr主体。以深の岩盤の破砕状況は無破砕主体であり、硬質な岩の構造が続く。

### (3) 現場透水試験

想定すべり面より浅部の透水係数は $10^{-4} \sim 10^{-8}(\text{m/s})$ オーダーとばらつきが見られた。これは、破砕し土砂化した部分と岩塊部の混じる不均質な地質構造や破砕部への粘土分の混入割合などが影響していると考えられる。想定すべり面より深部の透水係数は $10^{-5} \sim 10^{-8}(\text{m/s})$ オーダーであり、浅部と明瞭な差は認められなかった。

### (4) ボアホールカメラ観測・解析

ボアホールカメラ観測を実施し、「破砕帯」「固結破砕部」「開口割れ目」「密着割れ目」「初生構造」「鉱物脈」の6区分を抽出した。不連続面の傾斜はSW~S~SE方向の傾向が認められ、北方向の分布は少ない。

## 4. 考察

### (1) 地すべりブロック区分の考察

L-42-4孔の想定すべり面が調査前の想定より浅かったため、微地形表現図による判読から見られた複数の段差地形も踏まえ、既存の地すべりブロックの末端部を細分化した小ブロック(L-42-3ブロック)が存在する可能性を検討した。これは、河床の浸食による地下水位低下と脚部浸食が、末端部の小ブロックの二次すべりを誘発したと考えられる(図-3)。

### (2) 地すべり機構の考察

図-4にボアホールカメラ解析結果による基盤岩の片理面(初生構造)および破砕帯・固結破砕部の傾斜卓越方向を示す。地すべり主測線方向と走向方向が概ね一致しており、地すべりの側方を規制する構造として機能している可能性が考えられる。また、傾斜方向から土塊南東側のすべり面深度が、北西側に比べて深い可能性が考えられるため、横断測線の地質状況の把握が必要である。

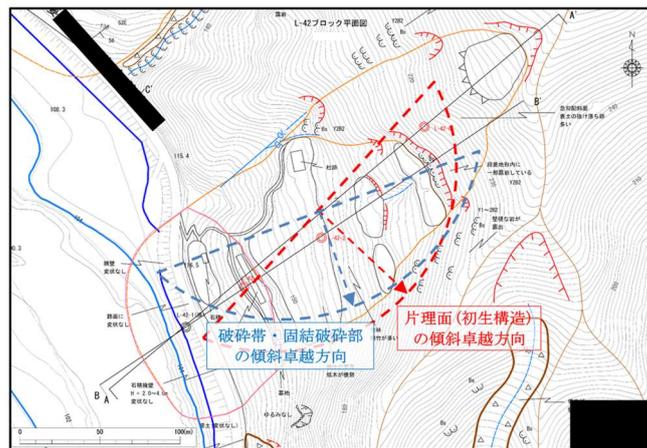


図-4 地すべり土塊と地質構造の関係

## 5. まとめ

L-42-4孔において、想定すべり面が当初より浅部に確認できたことからブロック区分の見直しを行い、末端部に2次すべりに由来する小ブロックがある可能性について示した。しかし、本業務ではすべり面の変動の有無やその活動性、地すべり面の3次元的広がり(横断測線方向)は確認できていない。今後の課題として、観測孔による継続的な変動状況の把握が不可欠である。さらに、地すべり解析の精度向上のため、すべり面形状や地下水把握のための追加地質調査も必要である。

### 《引用・参考文献》

- 1) 産業技術総合研究所(1996)(に加筆): 20万分の1地質図幅「高梁」.

# 地熱帯における泥流災害の発生機構

国土防災技術株式会社 ○内村 耕太郎, 大坪 俊介

## 1. はじめに

令和6年6月30日～7月1日にかけて、岩手県岩手郡雫石町葛根田地区周辺において総雨量150mm 超の豪雨が発生し、葛根田地区から乳頭山へ至る登山道の一部が寸断された。現地調査や周辺での地温観測結果及び気象状況等から、登山道の上部斜面に位置する自然噴気帯周辺で泥流が発生・流下した可能性が判明した。

ここでは、自然噴気帯周辺で発生した泥流災害について、調査結果や現況及び気象状況をもとに発生機構について考察し、取りまとめる。

## 2. 調査地概要

### (1) 葛根田地区概要

葛根田地区は地熱活動が活発な地熱帯となっており、周辺には温泉施設が開業しているほか、昭和53年より地熱発電所が稼働している（図-1）。また、当該地区は年間を通して降水量が多く、融雪や豪雨等による斜面崩壊や、河川の増水による道路崩落等の災害がたびたび発生している。



図-1 葛根田地区位置図<sup>1)</sup>

### (2) 地形・地質

葛根田地区周辺は第三系堆積岩類を基盤とし、第四系の火山噴出物がこれを覆って広く分布している。当該地区周辺の地質は活発な地熱活動の影響により強変質しており、脆弱な地質となっている。このため、噴気活動が活発化した場合や自然噴気箇所の変位等により、山腹崩壊や崩壊土砂の流下が発生し、斜面下部に位置する地熱発電所や県道において被害発生が懸念される。このことから、当該自然噴気帯周辺では、平成21年度よりボタン電池型温度記録計（以下温度記録計、図-2）による地温観測が継続的に行われている。



[直径]約17mm × [厚さ]約6mm、[重さ]約3.3g

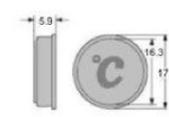


図-2 ボタン電池型温度記録計

## 3. 調査方法

### (1) 気象状況

泥流発生箇所最寄りの滝ノ上観測所<sup>2)</sup>の雨量データを用い、泥流発生前後の気象状況を比較した。

### (2) 泥流発生状況

温度記録計回収時に現況の写真撮影を行った。併せてUAVによる空撮を行い、自然噴気帯や熱水噴出箇所の分布状況を確認した。

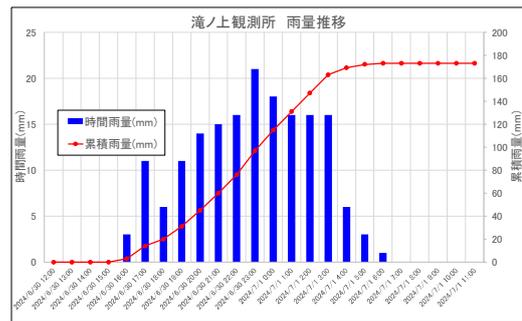
### (3) 地温観測

自然噴気帯周辺に温度記録計を設置し、泥流発生前後の地温状況を比較した（観測間隔は4時間に1回、観測温度は0.5度単位）。

## 4. 調査結果

### (1) 気象状況

令和6年6月30日～7月1日にかけて低気圧や前線が東北地方を通過しており、滝ノ上観測所では173mm/24hの豪雨を観測した（図-3）。



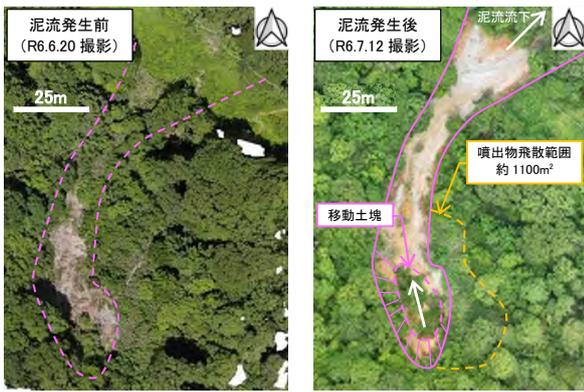


写真-2 泥流発生前後の状況(UAV空撮)

また、泥流発生箇所東側では、白色の噴出物が認められる(写真-3)。この噴出物は、泥流発生前の令和6年6月20日の現地調査において確認されていないことから、今回の泥流発生時に自然噴気帯から飛散したものと考えられる。飛散範囲は約1100m<sup>2</sup>であった。



写真-3 噴気帯周辺で確認された白色の噴出物

### (3) 地温観測結果

泥流発生後の令和6年7月3日に行った現場調査において、自然噴気帯付近に設置している温度記録計を回収し、泥流発生前後における地温の推移を確認した。図-4に、自然噴気帯付近における泥流発生前後の地温及び降水量のグラフを示す(それぞれ4時間ごとのデータ)。

地温観測の結果、6月30日の14時～22時にかけて4.0℃の地温低下が確認された。この地温低下はまとまった降雨が観測されたタイミングとほぼ同時であるため、雨水により地表が冷却され、地温低下として観測された可能性がある。また、温度記録計設置箇所付近では亀裂の発生が確認されている。泥流発生時に斜面が侵食され不安定化し、泥流発生箇所周辺の斜面に発生した亀裂が広がったことにより温度記録計が外気に触れ、地温の低下として観測された可能性がある。

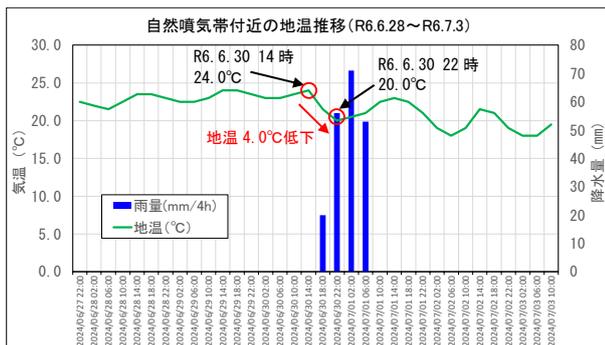


図-4 熱水噴出帯付近の地温・降水量の推移

## 5. 考察

### (1) 泥流発生タイミングの推定

各種観測結果を以下に整理する。

①6月30日16時～翌7月1日3時にかけて、滝ノ上観測所では総雨量173mmの豪雨を観測。

②泥流発生箇所付近設置の温度記録計では、6月30日14時～22時にかけて4.0℃の地温低下を観測。

以上のことから、豪雨開始と地温低下のタイミングがほぼ同時と考えることが出来るため、令和6年6月30日16時～22時の間に泥流が発生したと推定される。

### (2) 泥流発生機構の推定

推定される泥流発生機構について、以下に時系列ごとに整理する。

#### ①崩壊土砂(移動土塊)の流入

自然噴気帯の直上に上部斜面からの移動土塊が流入・堆積したことにより、噴気孔が閉塞された。これにより地中の水蒸気圧が上昇し、地中は高温高压の環境となっていたと考えられる。

#### ②小規模な水蒸気爆発の発生

自然噴気帯の東側斜面には白色の噴出物の飛散が確認されていることから、地中が高温高压の環境となったことにより小規模な水蒸気爆発の発生し、白色の噴出物が周囲に飛散したと考えられる。

#### ③泥流の発生・流下

豪雨により大量の地表水が供給されたことに加え、小規模な水蒸気爆発の衝撃や振動により自然噴気帯周辺の脆弱な地盤が泥濘化し、一気に泥流となり斜面を流下したと考えられる(写真-4)。



写真-4 泥流流下箇所

## 6. おわりに

日本国内には葛根田地区以外にも地熱地帯が多数存在するため、今後同様の泥流災害が発生する可能性がある。このことから、今後地熱地帯において調査や構造物・施設設計等を行う場合は、同様な災害の発生を念頭に置き業務を実行する必要がある。

### 《引用・参考文献》

- 1) 国土地理院地形図(に加筆),(最終閲覧日2025年6月2日), <https://maps.gsi.go.jp/#15>.
- 2) 水文水質データベース:観測地点「滝ノ上」(最終閲覧日2025年6月2日), <https://www1.river.go.jp/>.