

受け盤構造を有した斜面で発生した崩壊の発生機構と対策事例

国土防災技術株式会社 澤部 孝一郎

1. はじめに

青森県西部の溪流に面した北東向き斜面において、令和4年8月9日に202.5mm¹⁾を記録した大雨に伴い、斜面長約50m×幅約40mの崩壊が発生した(図-1)。

本事例は、崩壊斜面の復旧を図るべく実施したボーリング調査、ボアホールカメラ調査および対策工の事例について報告する。

2. 調査地概要

(1) 地形

調査地周辺は、開析が進行した標高150m程度の小起伏が発達する丘陵地性の山地に属する。

今回の崩壊では、崩壊土砂(推定土砂量約6,000m³)が斜面下方の溪流に向かって舌状に流出し、その一部は溪流に沿って、少なくとも120m程度流下した。この崩壊土砂によって溪床は埋没し、上流側には長さ約21m×幅約6mの湛水池が出現した。なお、崩壊土砂の長軸(=推定崩壊方向)は概ねN56°Eであり、大局的な斜面の最大傾斜方向(概ねN31°E)に対して25°斜交する。

滑落崖は1:1.0前後の急崖をなし、頭部は最大比高約15mで標高105m付近に形成されており、頭部から崩壊土砂を取り囲むように両側壁が発達する。なお、左側壁は最大比高約4mであるが、右側壁は最大比高約11mに達することから、左側壁に比べ右側壁の比高が極端に高い。

滑落崖頭部の上方斜面には、比高2m以下の谷向き低崖を伴う不規則な段差地形が分布する。

(2) 地質

新第三系鮮新統の珪質泥岩が分布する。崩壊地外における地層の走向傾斜(図-2の非変形域)は概ねN10°~50°W50°~60°SW(極N22°W50°SW)であり、大局的に見れば対象斜面(最大傾斜方向は概ねN31°E)に対して受け盤構造であるものの、やや斜交する。一方、滑落崖に露出する岩盤は、開口割れ目が発達するとともに、その姿勢はN39°W32°SWの緩傾斜していることから、崩壊以前より対象斜面ではトップリング(岩盤クリープ)が発生していたことが想定された。

3. 調査結果

(1) ボーリング調査

BV-1(L=6.0m)およびBV-2(L=7.0m)での調査結果より対象斜面では上位より破碎珪質泥岩(トップリングした地層)、風化珪質泥岩、珪質泥岩が流れ盤状に分布していることが明らかになった。このうち、最大約3.5mの層厚を有した破碎珪質泥岩は無数の亀裂が発達し、N値6程度で非常に脆弱である。風化珪質泥岩は特に層理面

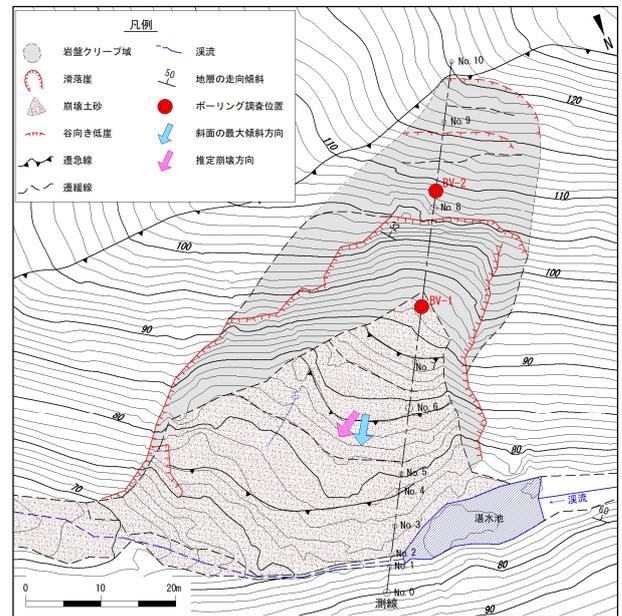


図-1 調査地の平面図

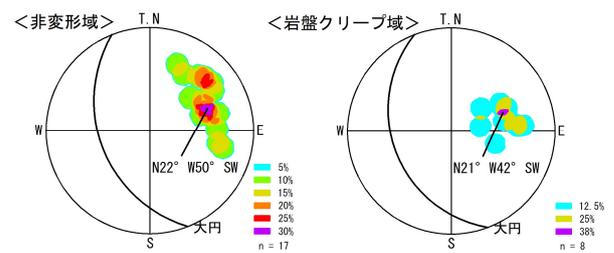


図-2 層理面のカウンターダイアグラム

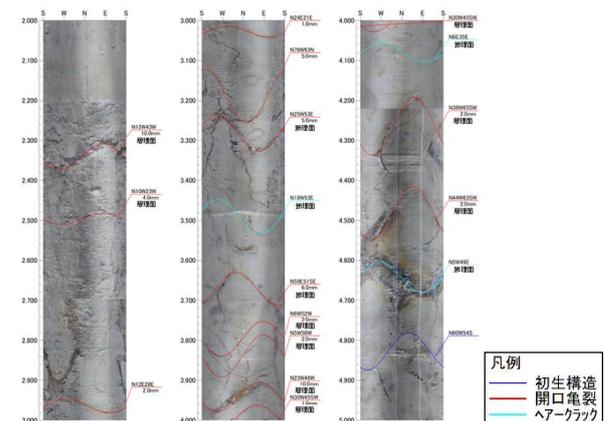


写真-1 BV-2の孔壁展開画像(GL-2.0~5.0m区間)

に沿って風化が認められているものの、破碎珪質泥岩よりも固結度は高い。最下位の珪質泥岩は新鮮でありN値50程度である。

(2) ボアホールカメラ調査

BV-1では、GL-3.0~5.5mは一定の傾きで割れ目数が増加するが、GL-2.5~3.0mにおいて増加量が大きくなるほか、累積開口量も大幅に増加する。また、層理面の見掛けの傾斜はGL-3.0~6.0mでは50°~60°であるもの

の、それより浅層部では傾斜が緩くなる。

BV-2 では、一定の傾きで割れ目数が増加するが、GL-3.8~4.0m において増加量が大きくなり、同深度付近では、累積開口量も大幅に増加する。また、層理面の見掛けの傾斜はGL-4.2~6.0mでは45°~65°であるものの、それより浅層部では傾斜が緩くなる。(写真-1)。

4. 崩壊機構

(1) トップリング(岩盤クリープ)とその範囲

調査結果から BV-1 では GL-3.0m 以浅、BV-2 では GL-4.2m 以浅でトップリングに伴う岩盤クリープが生じており、非変形域の地層と比べ概ね 10°~30° の範囲で緩傾斜している(図-2 の岩盤クリープ域)。これら調査孔でのトップリング底面の不連続面を結んだ延長線上には、滑落崖背後に発達する段差地形が位置し、不連続面と段差地形(遷緩点)が自然な形状で結ばれる(図-3)。そのトップリングの規模は、最大層厚 3.5m、斜面長約 42m となる。

残存する岩盤クリープ域は滑落崖下端から滑落崖背後にも広がっており、その上端は標高約 120m 付近に分布する谷向き低崖までと推定される。さらに、右側壁背後の不安定土塊や左側壁の標高約 80~約 103m の痩せ尾根も岩盤クリープ域内に位置していると推定される。

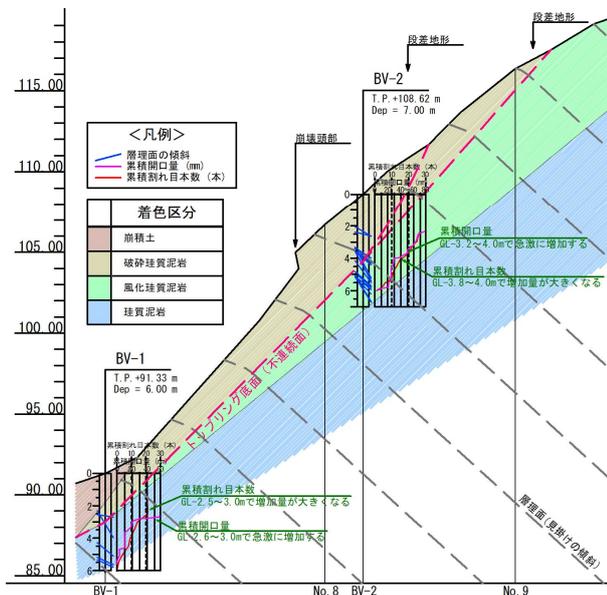


図-3 推定地質断面図

(2) 崩壊のメカニズム

現地踏査およびボアホールカメラ調査結果から、非変形域および岩盤クリープ域の地層の走向は N21°~22° W を示し、推定崩壊方向(N56° E)に調和的な値(概ね直交方向)であることから、対象の崩壊は、地質構造に規制されて発生したものと推定される。また、左側壁に比べ右側壁の比高が極端に高くなっている地形的特徴も、崩壊方向が斜面の最大傾斜方向とやや斜交した地質構造に規制されていることを示す。

以上より、対象地の崩壊は、崩壊前に溪床部から標高

約 120m の谷向き低崖までの範囲でトップリングが生じていた岩盤クリープ域内に、記録的な大雨による過剰な地下水が供給されて発生したものであり、その崩壊方向は地層のトップリング方向と推定される。

5. 対策工

対象斜面には不安定な岩盤クリープ域が残存しており、これらの領域を含めた対策を講じ、斜面の安定化を図る方針として、以下を検討した(図-4)。

①不安定領域の除去:岩盤クリープ域を除去するには、広範囲の切土工が必要で、大量の残土が発生することから、不採用とした。

②構造物による斜面安定度の向上:岩盤クリープ域で想定される最大規模のすべりに対して、抑止工を検討し、鉄筋挿入工併用吹付砕工を採用した。

③崩壊土砂の安定化:崩壊土砂に対して移動防止、侵食防止および植生の早期導入を目的として、土留工を主体とする山腹工を計画した。

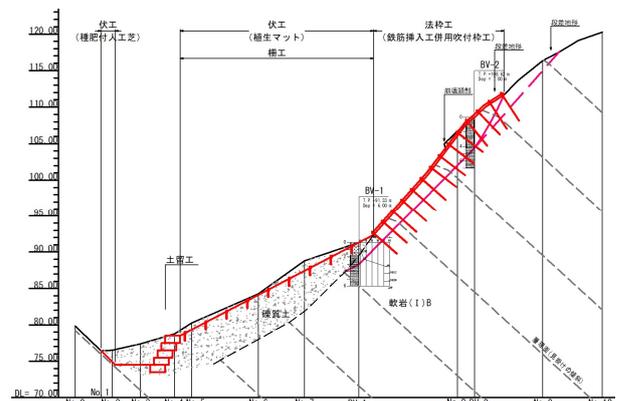


図-4 対策工断面図

6. おわりに

斜面に潜在するトップリングに対して、ボーリング調査とボアホールカメラ調査を組み合わせることで、トップリングの規模や範囲を詳細に把握することができた。層理面等の規則性のある面構造が発達する地層でのトップリングに対しては、特にボアホールカメラ調査を実施することは非常に有効と考える。

なお、今回、ボアホールカメラ調査を提案できたのは、初動の現地踏査で、非変形域よりも緩傾斜した岩盤や微小な段差地形の存在からトップリング現象を想定できたことである。したがって、地質構造が高角度な受け盤構造を有した斜面では、トップリングが潜在している可能性を留意し、現地踏査を実施することが必要と考える。

《引用・参考文献》

- 1) 気象庁アメダス:観測地点「鯉ヶ沢」(最終閲覧日 2025. 4. 24), <https://www.jma.go.jp/jma/index.html>.