

岩盤崩壊の前兆現象と崩壊後の調査事例

基礎地盤コンサルタンツ株式会社 ○望月浩司, 竹友暢和

1. はじめに

道路に隣接する急崖斜面で発生した岩盤崩壊への調査事例を紹介する。崩壊の前兆現象として2回の小規模な岩塊崩落が発生、状況確認後に応急対策（仮設防護柵設置）と調査の実施を提案したが、本対策を進める前に大規模崩壊が発生して長期通行止めとなった。

崩壊部背後に残った不安定岩塊に対し、地表踏査、ボーリング及びボアホールスキャナ、高密度弾性波探査を行い、不安定岩塊の範囲と緩みの状態を把握し、崩壊発生機構を想定して対策工設計への基礎資料とした。

2. 地形地質概要

崩壊が発生した斜面は、隆起準平原とされる高原状の山地が河川によって侵食されて形成したV字谷の左岸側の末端部をなすものである。崩壊箇所付近では高原面と河床との比高が約280mに達し、傾斜は約37°と急峻な斜面となっている。また、崩壊箇所周辺には古生代の夜久野岩類が分布しており、崩壊箇所にはそのうち変斑れい岩が分布している。変斑れい岩には所々亀裂が密集する部分がみられるものの概ね塊状・堅硬で、斜面内には急崖露頭が点在する状況であった。

3. 大規模崩壊とその前兆現象

大規模崩壊は道路に面した凸型の急崖斜面の先端部で発生した。大規模崩壊に先立ち、前兆現象と考えられる2回の小規模崩落が生じた。（図-1）

(1) 小規模崩落1回目（大規模崩壊の約8ヶ月前）

急崖肩部の吹付モルタル及び地山表層の風化岩盤1～2m³が崩落したが、前方に設置されたポケット式落石防護網工により捕捉された。崩落部分の下方、凸型急崖の底部に傾斜約45°の流れ盤亀裂が見られ、吹付けの浮きが確認されたため、モルタル及び岩盤の健全性を確認する地質調査が必要である旨、道路管理者に報告した。

(2) 小規模崩落2回目（大規模崩壊の約2週間前）

前回の崩落箇所下方と凸型急崖の側面で新たな小規模崩落が発生した。崩落はいずれも急崖底部の流れ盤亀裂付近で生じた。崩落の規模が約5～6m³と大きくなっており、下方に設置された落石防護網工では対応できない規模の崩落が発生する懸念があったため、H鋼による仮設防護柵の設置を道路管理者に提案、設置工事が行われた。

(3) 大規模崩壊

仮設防護柵の設置後、詳細な調査を待たずに大規模崩壊が発生した。急崖底部の流れ盤亀裂をすべり面として凸型の急崖が長さ約20m（約1000m³）にわたり崩壊した。

発生前にまとまった雨や地震はなく、直接的な誘因は不明である。幸いにも人的被害は無かったが、仮設防護柵は倒壊して道路は土石で完全に埋没した。

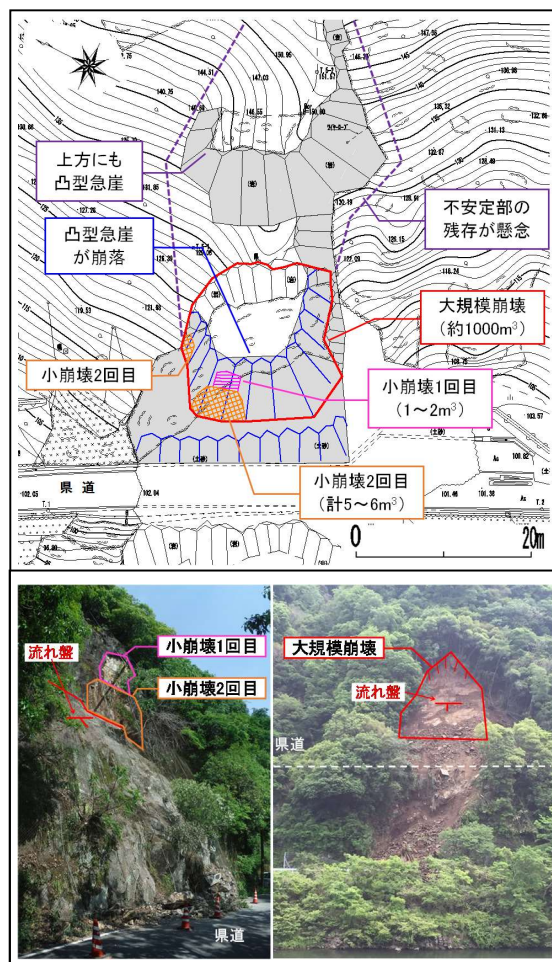


図-1 崩壊発生状況

4. 地質調査と対策工法の検討

崩壊部の背後に残存する可能性のある不安定領域の状態とその範囲を確認するため、地表踏査、ボーリング及びボアホールスキャナ、高密度弾性波探査を行った。調査及び対策工の検討結果を以下に示す。（図-2、3）

(1) 不連続面の分布状況

走向傾斜の傾向から、斜面に分布する不連続面をA～Cの3系統に分類した。（写真-1）

- ①系統A・・・道路に対して流れ盤となる亀裂（すべり面）
連続性が良く、滑落崖背後にも連続する。
- ②系統B・・・道路に概ね平行な高角度亀裂（滑落崖）
崩壊範囲の背後にも複数列確認される。
- ③系統C・・・道路に概ね直交する高角度亀裂
凸型急崖の両側面をなす。両側に続く岩盤は既に失われており、凸型急崖を拘束するものが無い状態である。

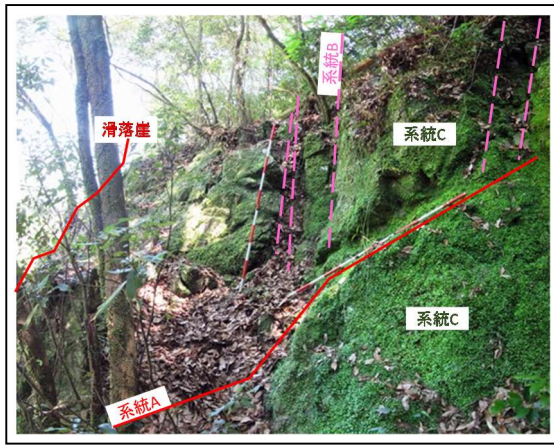


写真-1 不安定領域の不連続面分布状況

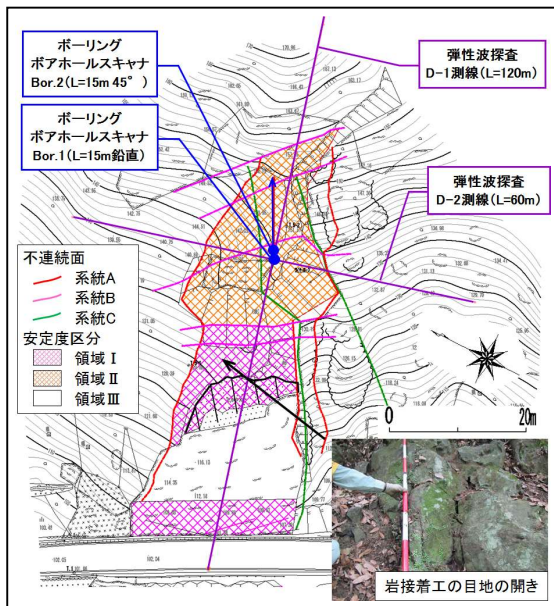


図-2 調査結果図(平面図)

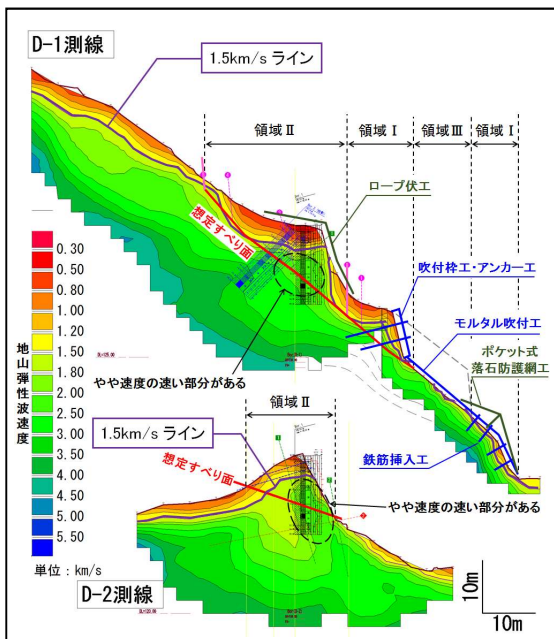


図-3 調査結果図(断面図)

(2) 斜面の安定状態

不連続面の分布位置と地山弾性波速度の傾向から、斜面の安定状態をⅠ～Ⅲに区分し、その分布範囲を特定した。想定すべり面となる流れ盤亀裂より浅い部分は

$V_p=1.5\text{km/s}$ 以下程度の地山弾性波速度となった。

①領域Ⅰ（不安定）

大規模崩壊の滑落崖のすぐ背後の領域で、地表踏査にて既存岩接着工の目地の開き等、地山の緩みが確認できる。地山弾性波速度は 1.5km/s 以下程度である。背後は地山弾性波速度が相対的に速く、系統Bの高角度亀裂で縁切れている。すでに岩盤の緩みが生じており、今後崩壊する可能性が高い領域と判定した。

②領域Ⅱ（やや不安定）

地表踏査では系統Aの流れ盤亀裂が連続するのを確認できるが、ボーリング調査では流れ盤亀裂が確認できたのは2孔のうち1孔のみであった。地山弾性波速度も前方の領域Ⅰに比べて相対的に早い傾向である。背後は地山弾性波速度が相対的に速く、系統Bの高角度亀裂で縁切れている。崩壊する可能性は領域Ⅰに比べて低いものの、今後の劣化の進行等により不安定化する懸念は残ると考えられる。

③領域Ⅲ（安定）

崩壊により不安定部が無くなり、地山弾性波速度 $V_p=1.5\text{km/s}$ 以上の安定的な岩盤が露出している。

(3) 対策工

地質調査結果をもとに、領域Ⅰ・Ⅱは今後崩壊に至る可能性を有していると判断し、対策工を検討した。不安定領域の規模や経済性を考慮し、崩壊部背後の斜面に対して法枠工とアンカー工、県道脇の斜面で鉄筋挿入工による崩壊抑止を計画した。また、落石対策としてロープ伏工とポケット式落石防護網工を計画した。現在はこれらの対策工が施工され、斜面は安定している。

5. 今後の課題

岩盤崩壊の場合は非常に短期間で崩壊に至る事例が多く¹⁾、前兆現象から将来発生する崩壊の時期や規模を予測することは非常に困難である。2回目の小崩壊で崩壊が進行する懸念を持ち、仮設防護柵を設置するに至ったが、予想をはるかに超える規模の崩壊が2週間という短時間で発生してしまった。

人的被害に繋がらなかったものの、今回の対応を振り返ると、防災ドクター等の有識者への相談と、変状の監視・警戒体制（計測装置・警報装置の設置等）の構築ができていれば、状況変化や危険性がより明確化されることでより安全側の判断ができ、対策に向けたスピードも増すことで、人的被害に及ぶリスクをさらに軽減できた可能性があったと考えられる。

《引用・参考文献》

- 1) 社団法人土木学会 HP: CD 版実務者の手引き 岩盤崩壊の考え方 現状と将来展望。
<http://rock-jsce.org/slope/html/covers.html>
(2019.6.7確認)