

施工環境上の制約を受ける箇所における切土の防護設備の復旧対策について

西日本旅客鉄道株式会社 ○正会員 秦 慎宏
正会員 西脇 博也
白木 隆祐

1. はじめに

今回報告するトンネル坑口の両切土は不安定性が高く、様々な防護設備を設置しているが、経年や降雨の浸透等により、変状が発生している。当該切土では、2021 年 7 月豪雨により防護設備の変状が拡大し、不安定となったため施工環境に応じた対策を検討・実施した。本稿ではその復旧対策について報告する。

2. 被災概要

当該箇所は、過去から斜面崩壊を繰り返しており、図-1 に示すように、①土留壁 ($h=0\sim5\text{m}$ 1:0.3) の上方には、1983 年に②張コンクリート工 ($h=5\text{m}$ 1:1) を 1992 年に③格子枠工 ($h=3\sim5\text{m}$ 1:1) を施工している。また、切土のり肩には表面水を処理するため、上方から終点方向に向けて④のり肩排水こうを設置している。

2021 年 7 月豪雨による①～④の被災状況を以下に記す。

- ①土留壁：上部にき裂（幅 10mm、延長約 10m）と格子枠工が沈下したことにより 40mm の段違いが発生している。土留壁前面にはらみ出し等の変状は認められなかった。
- ②張コンクリート工：背面土砂の吸出しによる張コンクリートの沈下で、水平き裂が多数発生している。また、き裂下部の張コンクリートが背面に 60mm ズレている。
- ③格子枠工：格子枠工下端が土留め壁背面に 200mm 沈下している。しかし、格子枠工全体におけるき裂は見られなかった。
- ④のり肩排水こう：のり面工の沈下に伴い、のり肩歩道との間に 100mm の段差が生じ、のり肩排水こうには縁切れが見られた。

なお、上記の①③④は今回の豪雨で変状が発生し、②は豪雨前 40mm であったズレが 60mm に進行した。

3. 推定される変状発生メカニズム

格子枠工の背面地山の風化程度の把握を目的に簡易貫入試験とボーリング試験を行った。試験結果（図-2）より、Nd 値 13 以下を風化領域と設定し、格子枠工背面には深さ 3m の風化層が広がっていると判断した。これにより変状発生メカニズムは以下と推測される（図-3）。

- (1) のり肩排水こう内部の縁切れにより、のり面工背面に水が流入。
- (2) 今回の豪雨（最大時雨量 54mm の降雨）により風化した背面地山の土砂が流出し、空洞が拡大。
- (3) 空洞拡大に伴い、のり面工が自重により沈下し、張コンクリート工のき裂の拡大やその他変状が発生。
- (4) 沈下したのり面工が土留壁上端に外力を与え、き裂が発生。

キーワード 切土、鉄筋挿入工、のり面工

連絡先 〒732-0067 広島県広島市東区二葉の里 3 丁目 8 番 21 号 JR 西日本 広島土木技術センター TEL 082-261-3422

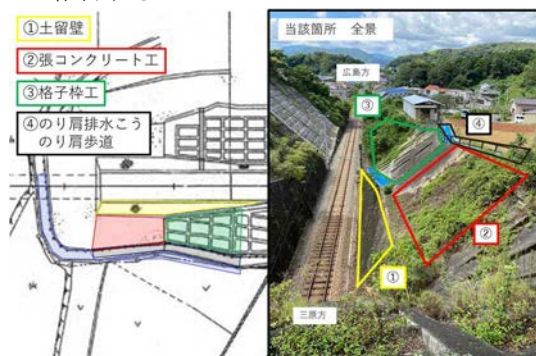


図-1 平面図および全景写真

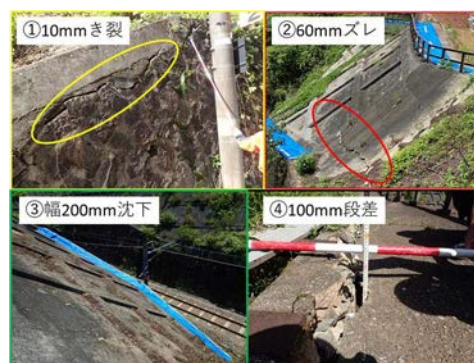


写真-1 変状概要

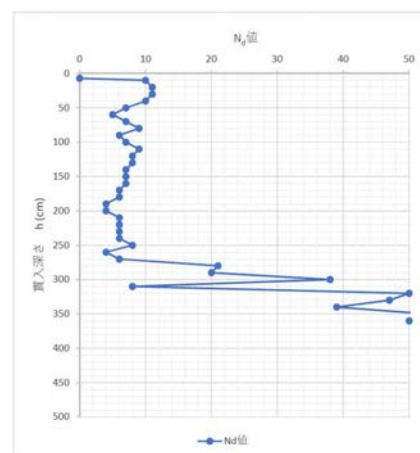


図-2 簡易貫入試験結果

4. 対策工

ソフト対策としては、一定の降雨量を記録した場合に、変状の進行性の確認（のり面工のき裂 10mm 以上、土留壁の傾斜角 10 度以上、土留壁からの土砂流出の有無）を行い、復旧完了までの安全性を確保した。

また、のり面工背面への水の流入防止を図るため、のり肩排水こう内部の縁切れ補修とブルーシート設置を行った。加えて、背面地山と密着力を失った張コンクリートを撤去した。

復旧工法を検討するにあたり、推定した風化層をもとにのり面の安定性の評価を行った結果、最小安全率が 1.0 を下回っており、風化層を撤去する必要があった。しかし、当箇所はトンネル坑口部の両切土かつ、大型重機が接続する道路が無い立地であり、風化層を含めた変状箇所の撤去を行うことが困難であることが課題であった。そのため、風化層と変状が生じている複数の防護設備を存置した状態での復旧対策とした。

復旧対策を以下の①～③に記す¹⁾。

- ① 土留壁：広範囲（線路延長約 30m）にわたるき裂であり、施工実績の多い土留壁を前面から抑えるバットレス工法を候補としたが、のり尻付近の排水こうに支障するため鉄筋挿入工を採用した。
- ② 張コンクリート工：表層崩壊防止のため、のり面整形工を検討したが、立地上困難なため、地山補強工法として鉄筋挿入工を採用した。加えて、表面侵食防止のため、モルタル吹付工を採用した。なお、背面に水が流入しないようのり肩排水こう内部の縁切れ補修を行った。
- ③ 格子砕工：格子砕工全体にき裂は発生していないが、沈下しているため、進行防止を目的に鉄筋挿入工を行うこととした。

上記対策の鉄筋挿入工の詳細設計については、地山の土質およびのり面勾配より、最小安全率が 1.2 以上となるように鉄筋挿入長 (4.0m, 4.5m) と配置間隔 (1.2m) を決定した(図-4) (図-5)。

5. おわりに

本稿では、施工環境上の制約を受ける箇所において、崩壊リスクの高まった防護設備への復旧対策を述べた。トンネル坑口など施工環境上制約を受ける箇所での防護設備等が崩壊した場合、復旧工事に膨大な工期とコストがかかり、列車の安全・安定輸送に支障をきたす可能性がある。そのため、変状が急進する前の軽微な変状段階（土留壁の目地切れや張コンクリートのズレ等）で、対策を行うことが肝要であると考ええる。

参考文献

- 1) (公財) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 土構造, 平成 19 年 1 月

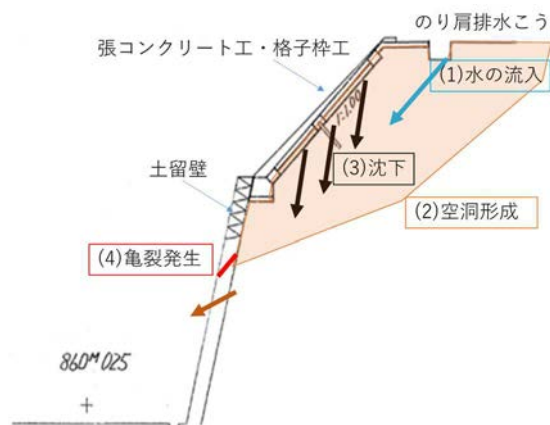


図-3 推察される変状発生メカニズム

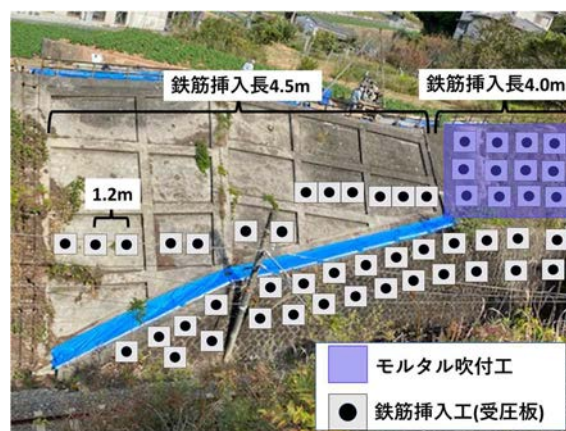


図-4 鉄筋挿入工 全体図



写真-2 全景写真（施工後）