

砂防専用軌道沿線における斜面崩壊等に対する 復旧工事の施工について

半田 歩夢¹・吉岡 伸恭¹・樫田 司紀²

¹立山砂防事務所 工務課 （〒930-1405 富山県中新川郡立山町芦峯寺ブナ坂61番地 ）

²立山砂防事務所 保全対策官 （〒930-1405 富山県中新川郡立山町芦峯寺ブナ坂61番地 ）

立山砂防工事専用軌道は、立山砂防事務所管内における工事資材や水谷平への作業員、物資、食料・生活用品等の輸送の一端を担っているが、斜面崩壊や落石などが相次いで発生しており、日々の運行管理や施設維持の必要性が高い。本稿では、軌道内で発生した被害に対して、実際に行った復旧工法及び再発防止策について報告する。

キーワード 立山砂防工事専用軌道、安全対策、資材輸送、斜面对策

1. はじめに

常願寺川流域は、1858年の安政の大地震による大鳶山、小鳶山の崩壊をはじめとした土砂災害が頻発している。土砂災害発生時の富山平野への被害を最小限に抑えるため、1906年に富山県が砂防事業に着手し、1926年に直轄砂防事業として引き継がれ、現在も工事が続いている。

中でも、立山カルデラ内における工事は、水谷平に仮設宿舎を設置し、6月初旬から10月下旬まで泊まり込みで工事を行う。そのため、工事資材や生活物資の運搬、人員の輸送に難が伴う。その補完として立山砂防工事専用軌道（以下、軌道）が作られ、立山砂防事務所のある千寿ヶ原より水谷出張所までの約18kmを1時間40分で結び、物資・資材・人員の輸送を行っている。

しかし、その一方で軌道は急峻な常願寺川の右岸側に設けられており、急勾配斜面を走行しているため、斜面崩壊や落石の被害を受けやすい（写真1）。また、冬季は積雪により閉鎖するにあたり、防護柵等の安全施設も撤去するため、軌道の点検及び維持修繕を行うことができず、毎年春先には雪崩等による軌道の損傷が散見されている。

そのため、軌道上で発生した損傷については、起こりうることを予測することは難しい。その代わりに、被害を受けた箇所については早急に復旧を行い、再び被害を受けないための対策を講じなければならない。

本稿では、近年発生した軌道の損傷被害に対して、実施した復旧工法及び再発防止策について報告する。



図1 軌道平面図及び本稿の対象箇所

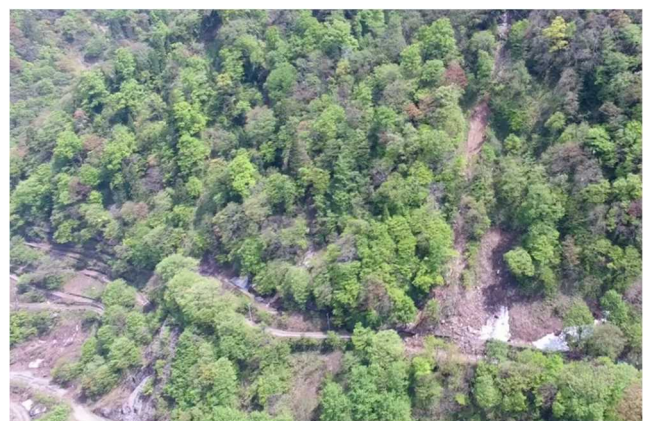


写真1 危険な急斜面の近くを通る軌道（妙寿）

2. 軌道上における斜面崩壊等による被害

(1) 剥離落石（R4発生）

令和4年度当初の事前現地調査においては、天鳥トン

ネル付近にて、岩盤が剥がれ落石被害が発生していた（写真2）。幸い軌条（レール）の損傷はなかったが、冬季期間に岩盤のひび割れ内の水分が凍結し、膨張したため剥離し落下したと考えられる（写真3）。

(2) 斜面崩壊（R5発生）

本年6月1日から2日にかけて累積100mm以上の大雨により、大谷地区の軌道敷山側斜面において幅約16m、長さ約20mの斜面崩壊が発生した（写真4）。



写真2 天鳥落石状況



写真3 剥離面



写真4 全景

滑落崖は、樹木根及び最大50cm程度の転石が露出しており、緩い土砂で若干水気を帯びていた（写真5）。また、崩落斜面下部には10cm～30cm程度の礫が多く、中には150cmの転石が堆積し、全体的に不安定な状態となっていた（写真6）。

崩壊斜面の千寿ヶ原側の約10mの区間は落石防護柵が軌道敷の山側に設置されており、これにより崩壊土砂等の流出は抑えられていたが、水谷側の落石防護柵の設置されていない部分においては、軌道敷まで土砂及び転石（最大径80cm程度）が流出し、軌条の変形を確認した。また、落石防護柵の上部では、3本の樹木が根ごと崩れ落ち防護柵にもたれかかって軌道敷の視界を塞いでいた（写真7）。



写真5 滑落崖の状況



写真6 崩落箇所下部の転石堆積状況



写真7 崩壊箇所下部の倒木

3. 実際に行った復旧工法・再発防止策

(1) 落石対策 (R4)

2. (1)の天鳥における剥離落石については、岩盤部分に多くの亀裂があり、さらなる剥離落石が発生する可能性があった。そのため、岩盤崩落や岩盤の亀裂を防ぎ、さらなる剥離崩落を防ぐためのコンクリート法覆工を検討した。しかし、高压電線や樹木が支障となり、6月の軌道上山までの期間での施工は困難であった。そこで、軌道を落石の影響のない範囲まで線形変更する事とした。

図2の緑色線(①)のように迂回させることが出来れば落石の影響はない。しかし、トンネル坑口にて軌条がS字を描くため、機関車に揺り戻しが発生し、脱線する恐れがある。

では、安全に機関車が運行出来るように迂回路を設置出来るか検討すると、表1の条件を満たす必要があった。トンネル内の軌条にはカント(勾配)が付いており、変更する事が出来ない。迂回させるための逆カーブに向かうには、最長機関車長さ1車分でカントを0(フラット)にし、更に揺り戻しと機関車連結部のねじれ解消のため最長機関車長さ1車分のフラット部、次カーブの逆カント(勾配)に併せるために、再度1車分必要となる。これらの条件を加味すると、図2の青線(②)の様に大きな迂回スペースが必要な事がわかった。

もう一つの条件として、同年に大谷周辺で発生した、大規模な雪崩の融雪が進まなかったため、この場所を臨時始発点としなくてはならず、機関車への資材積み込み等を行うために、機関車停車スペースとして側線の設置が必要であり、分岐(ポイント切替)を設置する必要がある。分岐の設置はフラットで且つ直線部分に設ける必要があり、図2の青線上で設置するには、コロナ禍に伴い、車の分乗が求められたことにより盛土増設された駐車スペースを完全に潰さなくてはならない。また、分岐器は特別受注生産品で納期が2ヵ月近くかかり、6月の軌道上山に間に合わない。幸い廃線となっていた旧天鳥スイッチバックへ向かう分岐があったため、これを活用出来るように線形を考慮すると、結果として、赤線(③)のように①～④区間を活用し、最大2.6m谷側へ線形変更するのが限界であることがわかった。

表1 線形変更図 青線の工点

①まで	トンネル内で変更することのできない基準(30R カント52mm)
①～②間	カントを0(ゼロ)にするための擦り付け区間(機関車最長寸法3540mm必要)
②～③間	機関車の制動を抑えるフラット区間
③～④間	逆カーブへの擦り付け区間
④～⑤間	逆カーブ(7R カント44mm 最小弧長=機関車最長寸法3540mm)
⑤～⑥間	カントを0(ゼロ)にするための擦り付け区間(機関車最長寸法3540mm必要)
⑥～⑦間	機関車の制動を抑えるフラット区間
⑦～⑧間	カーブへの擦り付け区間

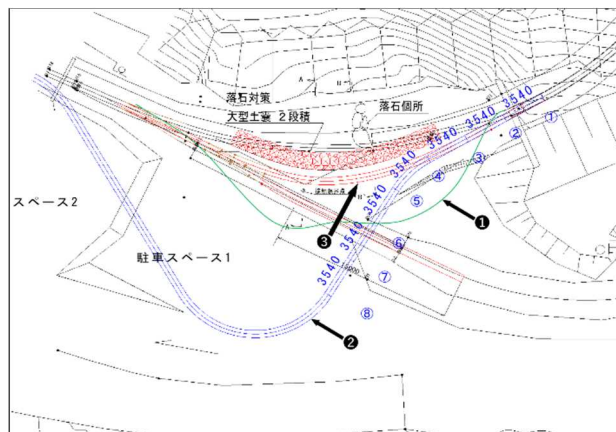


図2 線形変更図

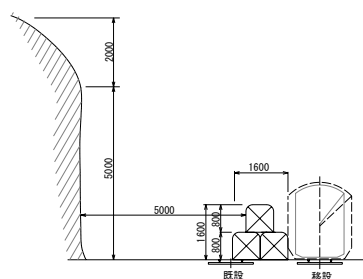


図3 断面図

そのため、限界まで軌道を移設するとともに、さらなる安全対策を兼ね、図3のように大型土留を設置してポケット式落石対策を行うこととした。

(2) 斜面崩壊への対応 (R5)

2. (2)の大谷における斜面崩壊では、軌道の被害は軌条の損傷にとどまり、当初は軌条2本の交換、及び斜面の崩土撤去により運転が再開できると考えられた。しかし、崩落斜面を放置した場合、拡大崩落や不安定土塊による再発の可能性があり、安全管理上問題があると考えた。そこで、該当箇所の斜面对策を行った後に軌道復旧をさせることとした。

崩壊斜面全体を見ると、上部の滑落崖と下部の崩壊土砂が堆積している箇所に分けられる。作業の安全性を考慮すると、上部の滑落崖部分を安定化した後に下部の堆積土砂を取り除く必要があると考えた。そこで、応急対策の方針として上部の不安定な滑落崖部分の法面整形及び樹木を除去し、吹付工として重金属等の溶出のおそれの少なく透水性があり、色調が褐色で土の色に近く自然景観にも調和するECOバインド工を選定した(写真9)。また、下部は排土工及び植生シートによる法面保護工とした。その上、軌道敷上部水谷側の落石防護柵の設置されていない部分については簡易落石防護柵(L=8m)を設置することとした(写真10)。

施工に当たっては上部の吹付を行うまでは崩壊の危険性が高いため、通常の雨量中止基準より厳しくし降雨時は作業しないこととし、作業の際は落石監視員を配置することとした。また、軌道敷の山側の地中には埋設管（光ケーブル）、谷側には送電線が配管されており、養生する必要があった。山側の埋設管の上には、排土した土砂を仮置きするため鉄板で養生し、谷側の送電線は土のうで養生し、さらにその山側を大型土のうで防護することとした（写真11）。



写真9 上部復旧状況（ECOバインド吹付後）



写真10 下部崩土除去後の状況



写真11 養生方法



写真12 応急対策の全景

上部の吹付工が完了し下部の樹木の除去及び排土を完了すると下部斜面の状況は基盤が無く緩い土砂が堆積している状態となった。このまま植生シートを設置しても斜面の安定を図ることはできないので、上部斜面と同様のECOバインド工による吹付へと変更した（写真12）。

以上の軌道安全策を講じた上で、損傷した軌条の交換を行った上で、約1ヶ月ぶりに軌道の運行を再開させた。

4. まとめ

立山砂防工事専用軌道では、度々損傷等の被害が発生し、軌道の運行に支障が生じている。その復旧については、発生するたび迅速に対応する状況が続いている。

軌道の維持管理は、18kmにも及んで幅広い対策が必要になるために、ピンポイントによる対策が難しい。また、全線区間すべての斜面对策を行えば軌道の安全は確実に確保することができるが、それを行うには相当な時間がかかるため、現実的ではない。そのため、軌道維持において重要なことは、「発生してからいかに迅速かつ安全に対応できるか」である。

よって、工法の工夫は最優先事項である。春先に確認される損傷については、融雪後の4月から軌道上山までの2ヶ月の間に損傷を治しきること、及び運行時には軌道を止める期間を最小限にすることを最優先に考えなければならない。その一方で、最低限の安全を確保することも極めて重要である。

軌道を管理するにあたっては、「絶対に安全ということはない」との認識を持ち、常に緊張感をもって取り組まなければならないといえる。

謝辞：本稿執筆にあたり、ご指導頂いた立山砂防事務所各位に心より感謝申し上げます。また、施工者である富山地鉄建設（株）及びダイチ（株）各位にも貴重なご意見を承りましたこと、この場を借りて感謝申し上げます。