鉱山遺跡地内における落石対策の検討事例

川崎地質株式会社　○徳間　伸介

1. はじめに

新潟県佐渡市の相川金銀山遺跡地内において、平成 23 年に発生した落石災害を受け、落石対策の検討を行った。保全対象は県道である。落石発生源の状況把握には、現地踏査、及び、UAV によるレーザ測量と写真撮影を採用した。設計対象とする落石エネルギーが大きいため、対策工は落石防護補強土擁壁を採用した。補強土擁壁は、安定照査を行った上で、既往災害による崩積土上に設置した。当該地では鉱山遺跡地内であることや世界遺産への登録を目指していたことを踏まえて景観に配慮し、対策工には在来種を使用した植生工を追加した。

2. 落石対策検討箇所の概要

(1)相川金銀山の概要

落石対策の検討を行ったのは新潟県佐渡市の相川金銀山の敷地である。相川金銀山は江戸時代より金や銀の採掘が盛んに行われた鉱山で、地質は新第三紀中新世の凝灰岩を主体とする。金鉱床の形成に伴い、多数の金鉱脈が分布し、母岩の凝灰岩も鉱化変質により非常に硬質となっている。同鉱山では、鉱脈に沿って人力で金の採掘が行われ、特に規模の大きい「青盤脈」と呼ばれる最大幅 35m の鉱脈では、露天掘りにより山頂部から深部へと採掘が進められた結果、「道游の割戸」と呼ばれるＶ字状の割れ目が形成された。

今回、落石対策の検討を行った箇所は、道游の割戸から北東へ延長する人力掘削で形成された急崖に位置する。

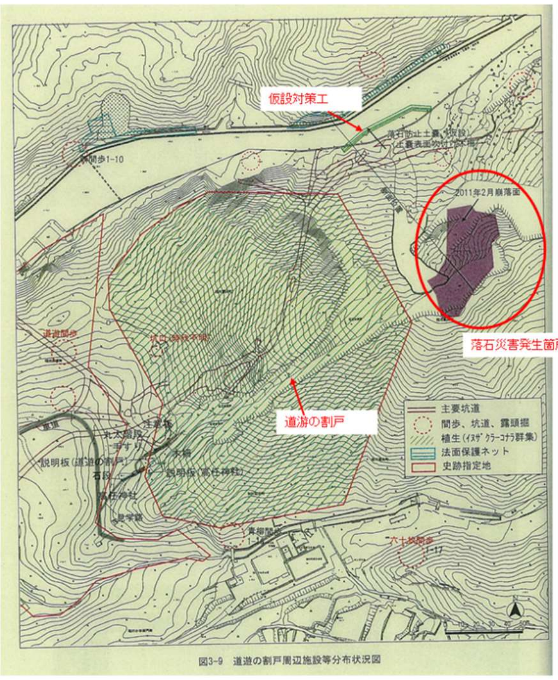

図-1 相川金銀山の概要図と落石発生箇所

(2)平成 23 年度に発生した落石災害

本検討箇所では平成23年に急崖地形の頂部より落石崩壊が発生しており、崩壊した岩塊や土砂は末端の県道まで到達した。本報告は、この災害を受けて対策工の検討を行ったものである。

図-2 平成 23 年に発生した落石災害の状況

(3)世界遺産への登録と対応

検討を行った平成28～29年は、相川金銀山の世界遺産への登録を推進するため、様々な取り組みが行われていた。その中で、本箇所においても、落石対策工は安全性だけでなく、景観性も考慮しながら検討を行うことが求められた。

3. 測量及び調査

(1)UAV を使用したレーザ測量と写真撮影

対策工の検討に際し、落石発生源や斜面末端部及び保全対象である県道の状況を把握するため、UAV を使用したレーザ測量と写真撮影を行った。レーザ測量成果により対策箇所の地形を三次元で表示した。

また、写真撮影により急崖頂部に位置する落石発生源の岩盤状況、亀裂開口状況、緩み状況を確認した。

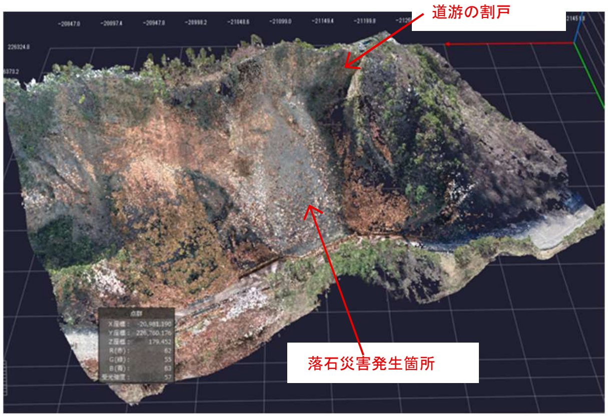

図-3 レーザ測量で得られた検討箇所の3次元画像

(2)地表踏査結果

安全に登行可能な範囲で、検討箇所の現地踏査を行った。検討箇所の地質は凝灰岩を主とし、層状の構造が

確認され、鉱化変質により非常に硬質である。また高角度の割れ目や破砕帯が多く見られ、割れ目の一部が開口しているため、落石の発生源となっている。

(3)設計用落石の設定

UAV による測量成果や現地踏査結果に基づき、対策工設計に資する設計用落石を設定した。現地で確認した浮石や転石の安定度評価により、急崖頂部に位置する開口亀裂により緩んでいる岩塊（大きさ2.6×1.7×1.6m）を設計用落石と設定した。

4. 落石対策工の工法選定

(1)落石エネルギー

上述した設計用落石で斜面末端部まで到達した場合の落石エネルギーは、4588kJ と非常に大きい。

(2)対策工の比較検討

非常に大きい落石エネルギーやその他の現地条件に対応できる対策工として、1案）落石防護補強土擁壁、2案）落石防護柵、3案）ロックシェッドの3工法で比較検討を行った。その結果、経済性・景観性・施工性・維持管理性に優れる、1案）落石防護補強土擁壁が選定された。

5 落石防護補強土擁壁の構造検討

(1)基礎部の対策

当該地には平成23年の落石災害で堆積した崩積土が斜面末端部まで分布していた。選定された落石防護補強土擁壁も斜面末端部に設置するため崩積土の扱いを考慮する必要があった。検討の結果、崩積土自体を掘削すると末端の掘削となり、その上方斜面が不安定化するため掘削はせず、崩積土の直上に落石防護補強土擁壁を設置することとした。設置に際しては事前に安定解析を行い、緩い土砂の強度条件で安全率Fs=1.538が得られ、一般的な道路土工の計画安全率1.20を満たすことを確認した。

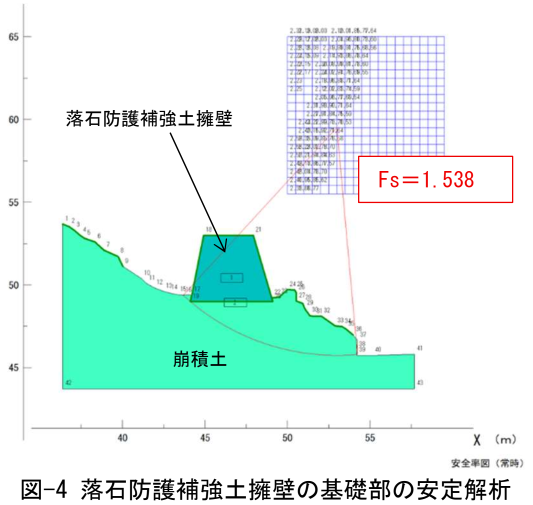

図-4 落石防護補強土擁壁の基礎部の安定解析

また、崩積土の末端は、仮設対策として大型土のうとその前面の岩塊敷設により県道を保護していたが、長期的には降雨等により大型土のうの劣化や破損のリスクがあり、不安定化すると背後に設置する落石防護補強土擁壁へも影響が懸念された。そこで、仮設対策（大型土のう+岩塊敷設）の表面に、恒久的な劣化・浸食防止対策として長繊維補強土吹付工による法面保護を追加した。

6.景観の検討

(1)イメージパースの作成

採用された落石防護補強土擁壁について、相川金銀山の世界遺産登録を念頭に景観の検討を行った。補強土擁壁の外観について、①植生と②現地間伐材の2ケースでイメージパースを作成し、有識者委員会にて景観検討が行われ、①植生の案が採用された。

図-5 落石防護補強土擁壁のイメージパース

(2)景観に考慮した形状の変更

当初、落石防護補強土擁壁の構造は直線形で端部において台形断面が残ることから、有識者委員会による景観検討が行われ、起点側の端部をスロープ状に、終点側端部を山側に巻き込むことで、景観的に圧迫感を与えない形状に修正設計した。

(3)植栽の検討

対策工の表面は景観対策として植生を施すこととなったが、使用する植物種は、地元有識者の助言を踏まえ、外来種ではなく当該地に生息する在来種を選定した。

具体的には、落石防護補強土擁壁の壁面と長繊維補強土吹付工の表面には、佐渡市の原植生を勘案し、ススキ・ヨモギ・イタドリ・ヤマハギ・メドハギの5種の種子を吹き付けることとした。

また、落石防護補強土擁壁の足元を隠し、景観性を保つ目的で、擁壁前面に中低木を植栽した。植栽の樹種は、常緑樹であるヒメアオキ・マサキ・キャラボク・イチイ・イヌツゲと、落葉樹であるウツギの混植とした。常緑樹と落葉樹を混在させることで、周辺環境との調和を図るものとした。

7.施工後の状況

現在、当該地の落石対策工は施工後数年が経過し、機能が保持されている。また、景観に配慮して施工された植生工は、植生が繁茂し始めて周辺環境との調和が徐々にとれている状況にある。