

大規模崩落リスクのある斜面の維持管理方法の検討

東日本旅客鉄道(株) 正会員 ○熊谷 翔
 東日本旅客鉄道(株) 正会員 長谷川 優
 東日本旅客鉄道(株) 非会員 杉田 雅彦

1.はじめに

鉄道沿線に不安定な岩盤が存在し、進行のある亀裂がみられる斜面が存在する地区がある。降雨、凍結融解などにより徐々に不安定な状況に移行していると推察され、リスクの軽減を図っていく必要がある。本稿では、当該の斜面の調査や、斜面上方側の各岩盤崩壊危険箇所への検知センサー増設など効率的かつ効果的な落石・岩盤斜面の管理方法について検討した結果について報告する。

2.これまでの災害の特徴

当該斜面では 1964 (昭和 39) 年から 2004 (平成 16) 年までの 40 年間で、14 件の岩盤崩壊・大規模な落石が発生している。その発生要因は、融雪、地震、降雨に伴うものである。最大規模の崩壊は、1995 (平成 7) 年に新潟県北部地震に伴って発生した約 5,000 m³ の崩壊であり、約 234 t の岩塊が線路脇まで到達した。

(図 1) 当社ではこれら落石に対する対策として、落石検知装置、沿線カメラ、発生源カメラ、落石止柵を設置し、監視・詳細調査を実施し、ソフト・ハード両面の管理を行っている。尚、詳細調査により岩盤崩壊危険箇所を抽出し、過去の崩壊記録や不安定要素を基に重み付けを行い、優先度を付けて管理している。

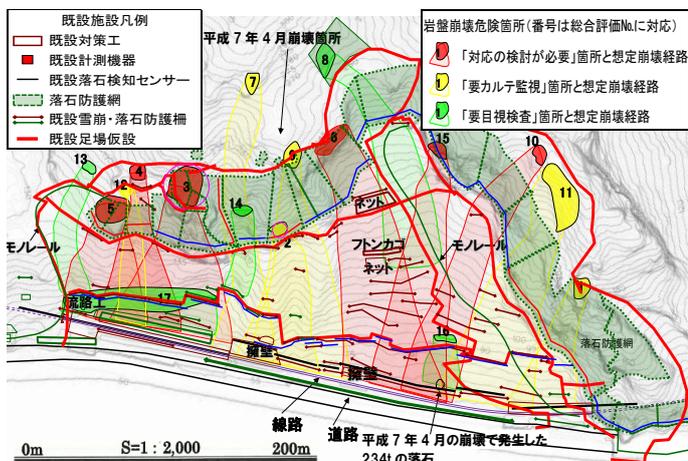


図 1 岩盤崩壊危険箇所と既往施設位置

3.新しい斜面管理方法の検討

3.1 ドローンレーザー測量

当該地区は全体的に急斜面となっており、人が登ることが困難な状況にあることから、これまで詳細な全体像把握が難しかった。そのため、詳細な地形データを取得し、今後の維持管理につなげていくことを目的としてドローンレーザー測量を実施した。

(1) 飛行ルート

レーザー測量の計測高度は離着陸地点から飛行状況の確認ができるだけ可能な高さ、対地 150m 未満とし、写真撮影のルート幅は約 100m とした。また、ドローンは DEM が作成できるよう、データラップを考慮しコースを計画・飛行させ、線路横断はドローン落下のリスクを考慮し線路上空を避ける飛行ルートとした。

(2) 成果

今回の測量結果を基に当該斜面の 3D モデルを作成した。これにより図 1 中で示す岩盤崩壊危険箇所 No.3 の左上部に今まで確認できていなかった新たな開口亀裂(深さ約 12m)を発見することができた(図 2)。

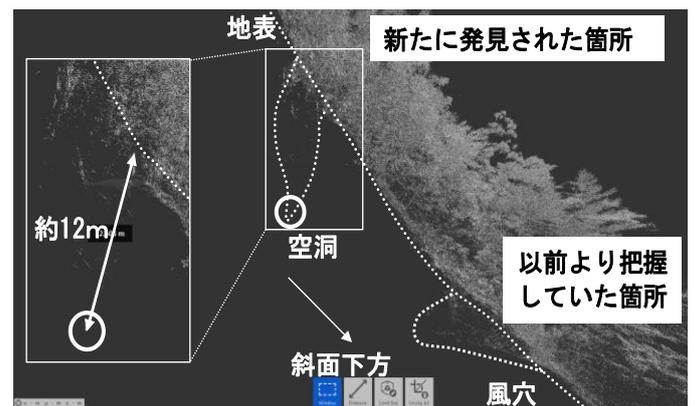


図 2 No.3 付近断面図

また、危険箇所 No.1 下部で、地上からは確認することができない剥離して落石防護網内に止まっている岩塊(1m×2m×4m)を発見することができた(図 3)。

キーワード：落石，ドローン，レーザー測量，検知装置 連絡先：東日本旅客鉄道株式会社
 新潟土木技術センター 新潟県新潟市中央区花園 1-1-4 電話：025-248-5262 FAX：025-244-5301

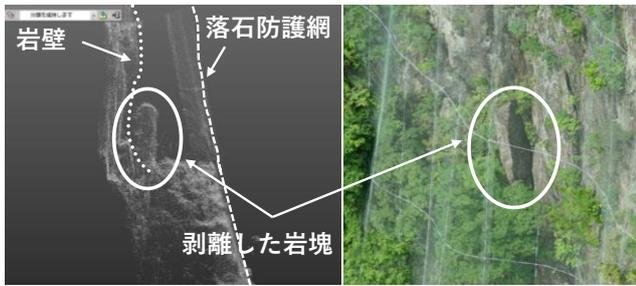


図3 起点方で新たに把握された剥離した岩塊の様子

3.2 検知線の設置について

(1) 既存の検知センサーの課題

既存の検知センサーは線路脇の落石止柵に設置されている。そのため、列車が当該箇所へ接近する前であれば、崩落岩塊を事前に検知することにより列車抑止可能であるが、列車通過時に崩落してきた岩塊との衝突は防止することができない状況にある。

(2) 検討方針

検知センサーについては、危険度が高く線路直上の急崖に位置するNo.3, 4周辺からの崩落岩塊を対象とし、岩塊の崩落を列車接近前にできるだけ早く検知することができる箇所への設置を検討した。また、現在設置され実績のある断線式センサーの設置を検討した。

(3) 検知センサー設置位置の検討

No. 3 岩塊についての落石シミュレーション（不連続変形法）を実施、その結果から検知センサーの設置位置について検討を行った。No. 3 岩塊での落石シミュレーション結果を図4に示す。尚、パラメータである衝突減衰係数に0.01～0.99の一様乱数を発生させ、200回の解析を実施している。

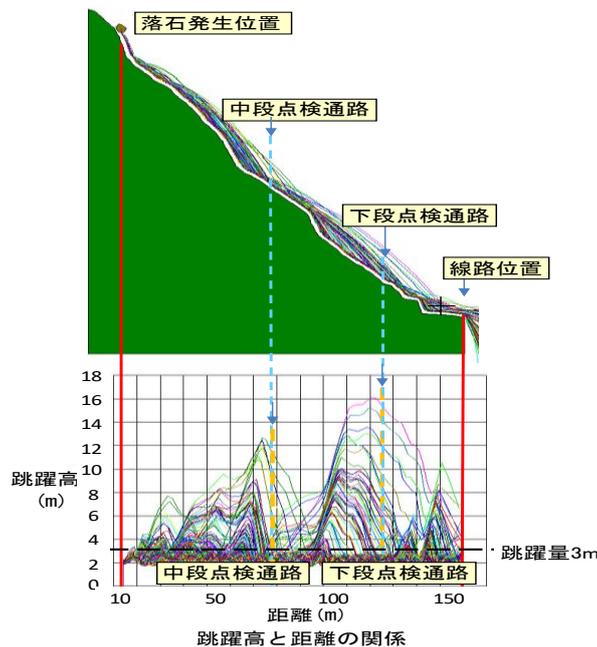


図4 跳躍高と距離の関係

現地踏査とシミュレーションの結果より、以下のことが分かった。

- ①センサー設置を容易に施工できる比較的緩い斜面は、中段点検通路付近と線路直上の下段点検通路付近である。
- ②跳躍高と発生位置からの距離の関係を見ると、中段点検通路付近では跳躍高が最大12m程度、90%以上が3m程度以下となるが、下段点検通路付近では、最大16m程度、3m以下となるものは80%程度となる。

以上より、検知センサーの設置位置候補としては落石発生源もしくは、比較的傾斜が緩く跳躍高さが概ね3m程度以下となる中段点検通路付近と考えた。次に、センサー設置位置候補の2箇所について比較検討した結果を表1に示す。以下の結果を考慮し、大規模な崩壊岩塊を線路到達の数秒前に把握でき、センサーによる崩落岩塊の捕捉性も高い落石発生源の危険岩体の表面に沿わせる形で敷設することとした。

表1 センサー設置位置比較表

	センサー設置位置	
	中段点検通路付近	落石発生源付近
センサー設置実績	○ (柵に敷設)	△ (岩塊に敷設)
崩落岩塊の捕捉性	△	○
コスト	△ (新規に柵の設置が必要)	○
事前検知余裕時間	約4.0秒	約8.4秒

今回2018年秋に岩塊No.3, 4に設置した検知センサーを当社の防災情報システムに接続し、2018年冬期に試験的に運用した。結果として今冬の運用では雪の影響や検知装置の誤作動等は確認されず、正常に運用することができた。

4. おわりに

恒久対策の計画・実施まで当面の間は、本地区全体の大局的な状況を把握する調査と、詳細な変化を捉える調査を継続して実施し、必要なソフト対策・運転規制を構築して維持管理し、安全な輸送を確保していく。