

上越線のトンネル坑口落石対策（その２：対策工概要）

東日本旅客鉄道株式会社 高崎支社 高崎土木技術センター〇 正会員 堀米政弘
 東日本旅客鉄道株式会社 高崎支社 設備部設備土木課 正会員 宮島和彦
 ジェイアール東日本コンサルタンツ(株) メンテナンス事業部 正会員 岩村里美

1. はじめに

「上越線のトンネル坑口落石対策（その１：斜面の状況）」では、上越線津久田駅～岩本駅間の棚下トンネル坑口上方にある急崖斜面の状況について報告した。ここでは、当該斜面の安全性の向上を目的に実施した斜面对策工の概要について報告することとする。

2. 対策工概要

対象箇所は「その１」で述べたとおり上越線津久田駅～岩本駅間にある棚下トンネルの坑口上部の斜面である。

この斜面の想定される崩壊形態は、壁面（母岩）とほぼ並行する割れ目によって大規模な板状に剥離した岩塊（14m×8m×2m）が、将来トップリングの形で剥離し、崩落に至ることが想定されたため、このような挙動に対する対策検討を行うとともにこの結果を受け、対策を行った。対策工の設計条件としては、

- ・斜面高さ : 20m
- ・斜面勾配 : 80°
- ・地盤条件 : 安山岩

とし、また、危険と判定されている規模の大きい浮石に対する補強設計の基本としては、以下の事項について十分配慮した上で最適な工法・手順を考えた。

- ・崩落に結びつきそうな岩体の規模、亀裂の発生状況および分離状況
- ・崩落に結びつきそうな岩体の頂部、底部、側部の状況
- ・急崖斜面（浮石左右にある地山、母岩）との接合状況
- ・崖（地山、母岩）の強度
- ・湧水
- ・層理・節理による不連続面の発生状況

これらの条件を適切に分析し、具体的な工法として「ボンドで固着した後、ロックボルトで緊結・固定する方法」を採用することとした。

なお、上記対策工に加えて、危険岩体およびその周辺に対して、岩盤の風化防止、雨水等の地山への浸透による浸食や崩壊の発生防止・緩和、小規模な落石防止等を目的とした対策工として、コンクリート吹付工を併用することも必要と判断した。

3. 設計概要

以下に設計の基本的な考え方を示す。

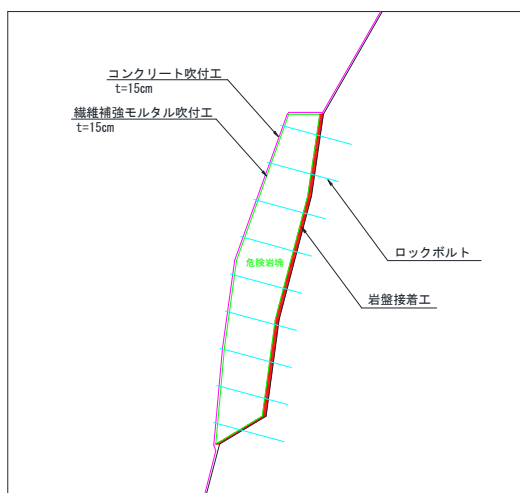


図1 ロックボルト+吹付工+岩盤接着工の概念図

①対象とする規模の大きい浮石の破壊形態は、開口亀裂面での滑り破壊と想定する。

②工法として「ボンドで接着+ロックボルトによる緊結」としているが、ボンド接着はあくまでもロックボルト施工中の安全性を確保するためとし、施工後の長期の安全性照査ではロックボルトの抵抗で持たせる。

③上記の浮石以外の急崖面については、上述したとおりコンクリート吹付工により安全性を担保することとした。

具体的には、現状において浮石と母岩は滑り面で極限釣合い状態にあると考え、安全率 1.0 の状態で円弧滑り法（スライス法）によって逆算的に浮石と母岩との間に発揮される摩擦角 ϕ および粘着力度 C を算定し、次に、補強後の長期に亘る安全性を担保するために安全率 1.3 を考慮し¹⁾、このときに不足する抵抗力をロックボルトで補完するという考えのもと、設計を行った。

なお、補強材（ロックボルト）の引抜きに対する安全率およびせん断に対する安全率は長期の状態では 2.0 を確保した²⁾。

キーワード：落石、浮石、落石対策、トンネル坑口、ロックボルト、極限釣合い法、円弧滑り法

連絡先〒370-0052 高崎市旭町 190 番地 J R 東日本(株) 高崎土木技術センター 027-324-6594

施工中の安全性の確保では多くの事項に配慮した。それらの内、主なものを以下に挙げる。

- ①上部からの落石、転石 ⇒ 仮設落石防護柵の設置
- ②危険岩体の仮固定による安全性の確保 ⇒ ロックボルト作業の前にボンド接着と吹付けコンクリートの施工
- ③ボンド施工時に浮石が分離する ⇒ ボンドは段階的に流し込み、固化、流し込み、固化というように段階的に下方から少しずつ固着させていった。
- ④ロックボルト用の穿孔作業によって浮石が不安定化 ⇒ 削岩機（人力施工）を用いることで、地山（母岩）側の穿孔時の反力が浮石に発生しないよう配慮した。



写真1 施工箇所の全体風景



写真2 ボンドによる接着工程



写真3 コンクリート吹き付け状況



写真4 ロックボルト施工写真

4. 東北地方太平洋沖地震による影響

対策工事の全工程（浮石の固定、コンクリートの吹き付け、ロックボルト施工、ロックボルトの引抜き試験）が完了したのが平成23年3月4日であったが、その直後の3月11日に東北地方で巨大地震が発生した。この地震によって当該箇所近傍では観測記録として12.0kine（観測地：上越新幹線新渋川変電所）の値の揺れが観測された。当該対策箇所についても大きな地震力が作用したと推定されるが、地震後の点検では変状等の発生はなく、無傷であることが確認された。対策が奏功したのか、あるいは初めから安全性を担保していたのかは正しくはわからないが、未曾有とまで形容された地震の影響の大きさは当該地でも大きかったことは推して知るべしであり、地震発生直後から安全に運行可能な状況を得られていることで関係者一同胸を撫で下ろしているところである。



写真5 工事完了状況



写真6 地震により対策箇所の一連の急崖斜面から発生した落石

参考文献

- 1) JR 東日本：東京100km圏降雨防災強化対策工事マニュアル、平成16年10月
- 2) 日本道路協会：切土工・斜面安定工指針、平成21年6月