

岩石崩壊とその対策事例

大 平 則 夫^{*1}
 伊 藤 哲 雄^{*2}
 藤ノ木 幸 夫^{*3}

1. はじめに

平成7年4月2日の新潟県北部地震の余震で、一般国道49号新潟県津川町～三川村間の道路上約150m地点の岩盤斜面が崩壊した。これにより斜面に設置してある落石防止柵等のJR線施設が大破ないし損傷を受け、最大7.5×4×3mの巨石がJR線と国道の直前まで到達した。落石の大半は国道と併走するJR線の山側で停止したため、人身事故には至らなかった。しかし、発生源斜面は崩壊しやすい状態で、さらに中間の斜面は防護施設が破壊されたため落石の走路が形成され、国道はきわめて危険な状態となった。このため、国道は斜面の監視しながら供用する片側交互通行とした。

通行規制解除に向けて、発生源斜面の所有者であるJRの復旧工事と、建設省が実施した発生源対策の岩接着工法により、6月29日に規制解除することができた。

本現場では、関係者と協議・調整を円滑に進めることで、技術的・経済的に優れた対策工を短期間に実施し通行規制を解除することができた。

今回採用した発生源対策は、自然環境及び景観の保全上から有効な工法であるとともに、これまでの道路近傍で防護工を設置する工法に比べ、廉価な対策工であることが特徴としてあげられる。

ここに、その概要とこの種の復旧対策のあり方について、報告するものである。

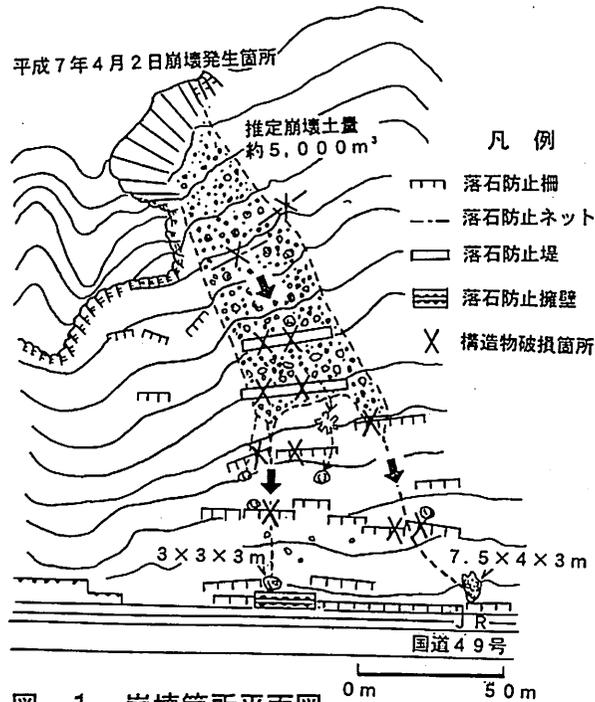


図-1 崩壊箇所平面図

*1 建設省北陸地方建設局新潟国道工事事務所調査課
 *2 (株)キタック 技術第1部
 *3 “ “ “

2. 崩壊状況

2.1 地形および地質

被災地は、急峻な山体が阿賀野川の両岸に迫り、V字溪谷を形成している。この溪谷は被災地の下流にあるダムにより貯水池となっており、国道とJR線はこの谷の右岸側の水際線に沿って併走している。図-2に示すように、山腹斜面の勾配は約40°、岩石崩壊の発生斜面は約80°の急勾配となっている。

急崖斜面の地質は、亀裂の発達した流紋岩の貫入岩からなる。亀裂は深部に発達する連続性の良好な亀裂と、貫入時の冷却・収縮により形成された水平方向に発達する柱状節理の有する不連続な浅い亀裂とからなる。

なお、今回の崩壊以前にも同箇所において、昭和60年、平成5年の2回の崩壊が発生しており、この崩壊により貫入岩体周縁部に発達する柱状節理部分が削剥された。今回の崩壊は、この削剥によりむき出しとなった岩体芯部を中心とした塊状部分が崩壊したものである。

2.2 被災状況

発生源斜面は岩盤が露出するが、発生源の下方斜面は流紋岩の礫、岩塊に覆われた崖錐斜面である。これらの斜面はJRの保安林となっているため、JRの落石対策工があり、上部から鉄製堰堤（高さ2m、2列）、落石防止柵（高さ3m、3基）、そしてJR脇に落石防止擁壁が設置されていた。

以下にこれらの被災状況を述べる。

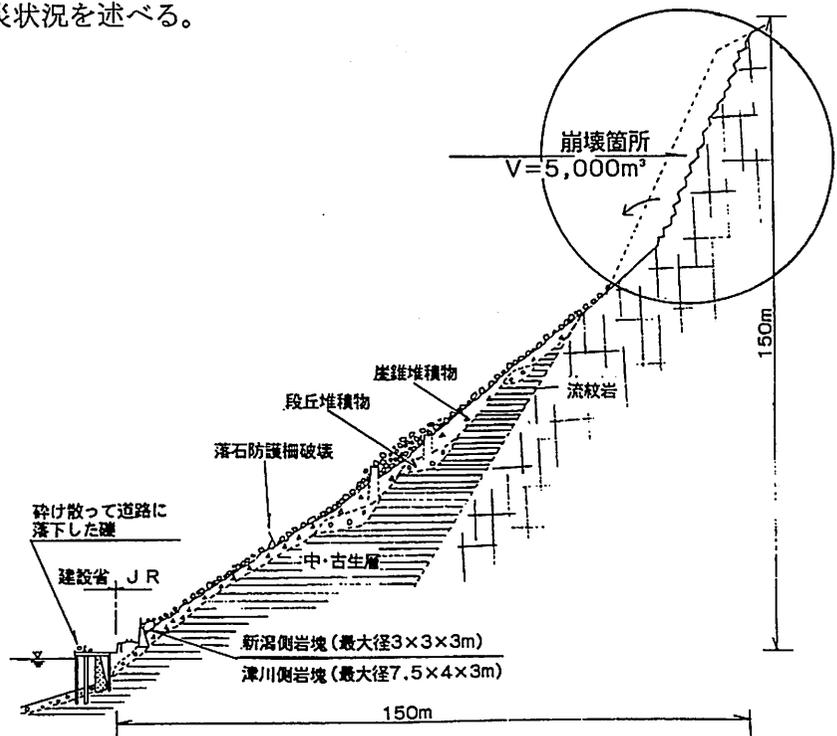


図-2 崩壊箇所断面図

(1) 発生源斜面

約5000㎡の岩石崩壊により、幅約30m、高さ40mの直壁斜面が形成された。側方、背後とも開口亀裂（最大幅50cm）で分離した岩塊が独立柱状となっており、今後再崩壊する危険性があった。

(2) 中間斜面

中間斜面上の第2堰堤までの100m区間で崩壊岩塊の大半が堆積した。2基の堰堤は大破ないし変形しながらも落石防止効果を発揮した。しかしながら、既に土砂に埋没し、効果を期待できない状態となった。堰堤を越えた落石は、2経路に分かれ、落下経路にあった3基の落石防止柵を破壊し、一方はJR擁壁に衝突し停止、もう一方は直前で停止した。

3. 崩壊発生原因

今回発生した岩石崩壊の直接的な誘因は新潟県北部地震によるものであるが、地質的な素因については次のように考えられる。

本崩壊箇所の中心部は周辺斜面に発達する柱状節理が過去の崩壊により削剥された部分であり、塊状を呈する岩体芯部がむきだしとなった部分である。この岩体芯部には連続性の良好な深い亀裂系が存在している。岩体表層部（柱状節理）の削剥により、応力解放の進行とともに凍結融解や降雨等で、深部に存在する開口亀裂の拡大や緩みを生じ、崩壊ブロックが徐々に谷側に傾斜し、地震による外力で崩壊が生じやすい状況であったと推定される。

なお、柱状節理の発達する岩盤斜面は、岩体周縁部であり脆弱化しているため、単体の落石は生じやすいものの、極めて長い間岩盤斜面を保持してきた安定斜面である。この取り残された柱状節理の発達する岩体の表層部分は、仮に崩壊が生じても、本地区で見ると、0.5～1.0mの四角柱～六角柱状の単体のものがバラバラと斜面直下に落下するものであり、発生形態から国道などの斜面下方への影響は小さいと考えられた。

4. 対策工の考え方

対策工については、落石の発生源対策を基本と考えた。なお、崩壊斜面はJR用地内であったが、安定的に国道を供用するうえで発生源対策が必要であるとの判断から、国道管理者側とJR側双方の協議により決定したものである。

なお、発生源対策に対し、国道際での洞門工などの防護工を考えると、落下エネルギーが大きいため、非現実的な規模のものとなり、著しく高価（15百万/m）なものとなる。また、短期間での施工は困難である。

発生源対策は①岩塊の排除、②岩塊の根固め・固定・接着処理が考えられる。この

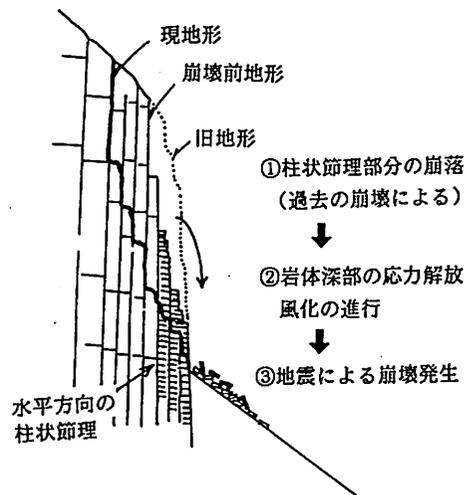


図-3 想定崩壊メカニズム

うち①の岩塊の排除については、本斜面の地質特性から、深部にも連続性の良い亀裂系の存在すること、また施工性などから不適である。これに対し②の斜面に岩塊を固定する方法として、①ロックボルト、アンカー工 ②ワイヤー掛け工 ③根固め工、接着工があげられる。このうち、本地区に最適な工法として、施工性、工期、経済性、さらに自然景観の保全などの点から最も秀れた工法として、③のうちの岩接着工法を採用したものである。

岩接着工法は亀裂内をポリマーモルタルという特殊なモルタルを低圧で注入し、亀裂を閉塞充填し、亀裂内で凍結融解する水の侵入を防止するということ、また、岩塊相互の連結により、重心を背後へ移動することで、力学上の安定性を改善しようというものである。

この工法の特徴（利点）は、人力施工で設備が軽微であること、短期間で施工が可能なこと、自然景観の保全に秀れていることなどがあげられる。また、人力施工であり亀裂状況を確認しながら施工するため、小岩塊から大岩塊まで斜面状況に応じた施工が可能である。さらに、施工実績も増えつつあり、地震時の安定性については、阪神大震災で確認されており、信頼性も高い。

5. おわりに

岩石崩壊対策として、亀裂の多い岩盤斜面に約800㎡のポリマーモルタルを注入し、最大幅50cmの大亀裂から0.2cmの小亀裂の接着処理を実施した。大きな亀裂には現地発生石材を混入させ表面に石材を露出させるなど、経費節減をはかるとともに峡谷美を誇る当地区の自然景観を損なわないよう配慮した。

本工法は、斜面の地形、外観を変えることなく実施できるため、景観保護の点から、あるいは経済性の点で優れた工法であると考えられる。今後特に、自然環境の保全が必要な地区、あるいは道路近傍で防護工を設けると落石の落下エネルギーが著しく大きくなる場合などに、採用を検討するに値する工法であると考えている。

なお、この工法の導入が困難な点として、対策工の効果を定量的に評価することが難しく、設計手法が確立されていないこと、また危険な斜面での施工となることから、施工時の安全確保が必要であり、そのためには特殊な技術者の確保が必要となること、などがあげられる。

今後これらの問題点をさらに検討し、工法の普及を図っていく必要があると考えている。

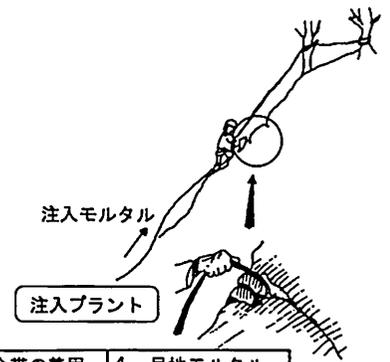


図-4 岩接着工法説明図