

## 豊浜トンネル崩落事故後の応急復旧

Temporary Restoration of the Toyohama Tunnel after a Large Scale Rock-fall

西川 純一 (にしかわ じゅんいち)

北海道開発局開発土木研究所構造部土質基礎研究室 室長

佐藤 昌志 (さとう まさし)

北海道開発局開発土木研究所構造部構造研究室 室長

## 1. はじめに

1996年2月10日午前8時10分頃、一般国道229号の北海道古平町豊浜トンネル古平側坑口付近(図-1)で大規模な岩盤崩落が発生した。この崩落により、トンネルとその巻出し部が破壊され、通行中のバス1台と乗用車1台が被災し、20名が亡くなった。同時に乗用車1台が落石に遭い1名が負傷した。本事故後、原因究明のために学識経験者からなる「豊浜トンネル崩落事故調査委員会」が設置され、調査、検討がなされ報告書にまとめられた<sup>1)</sup>。また、通行止めになった区間の復旧に関する技術的検討のために、学識経験者からなる「豊浜トンネル復旧工法技術委員会」が設けられ、その結果が報告書として出されている<sup>2)</sup>。小文ではこの両委員会の報告書をもとに、通行止め区間の応急復旧の経緯を紹介するものである。

## 2. 崩落事故の概要

一般国道229号は北海道の日本海沿岸を通る路線であり、多くは新第三紀の安山岩質の水冷火砕岩(ハイアロクラストイト、水冷破砕岩の呼称を用いる場合もある)の急崖斜面沿いを通過している。そのため、トンネル、覆道が多い路線となっている。豊浜トンネル(延長1086m)は積丹半島の東側、余市町と古平町にまたがっている。海岸側を通過していた旧トンネルの断面が小さく、内部にカーブがあるため危険であったことから、1984年11月に新たに造られたものである。

発生した岩盤崩落の規模は、最大高さ約70m、最大幅約50m、最大厚さ約13m、体積約11000m<sup>3</sup>である。崩落により古平側のトンネル部約26m、巻出し部約18mの計約44mの区間が破壊された(口絵写真-16)。

崩落箇所とその周辺の斜面は安山岩質の水冷火砕岩からなっており、四つのユニットに区分されている(図-2)。ユニットIは含角礫成層火砕岩で、明りょうな成層構造を示すことから再堆積性のものと考えられている。ユニットIIは水冷破砕溶岩を主とした火砕岩である。崩落面に向かって右方(古平側)に安山岩岩脈があり、火砕岩中のフォアセット層理による供給方向から、このユニットのフィダーダイクの一つと考えられている。ユニットIIIは含角礫成層火砕岩で、岩相はユニットIに類似している。上部と下部に細区分され、下部では上方に向かって粗粒化傾向を示し、上部には成層構造が発達して

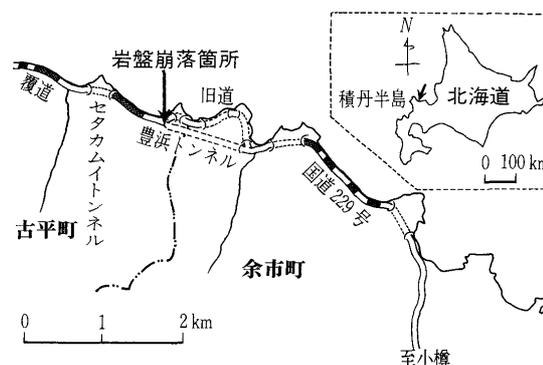


図-1 豊浜トンネルの位置

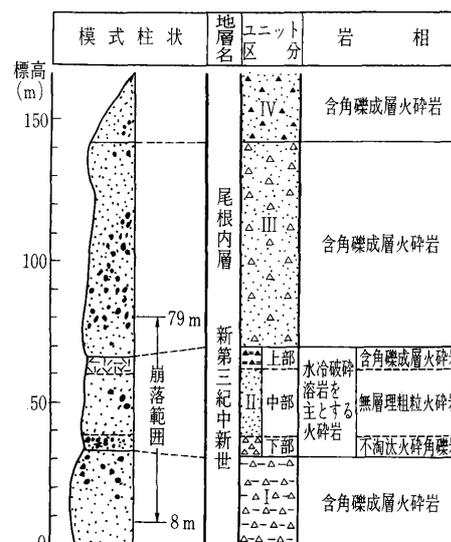


図-2 崩落箇所周辺の地質模式柱状

いる。ユニットIVは含角礫成層火砕岩で最下部に凝灰岩を伴っている。崩落した範囲は下位のユニットI、IIが多くを占めている。各ユニットの境界面は余市側および海側に傾斜しているため、斜面に向かって見掛け上、左方に10°~20°程度傾斜しており、右方ほど下位のユニットが見られる(図-3)。

崩落原因は、岩盤に内在する不連続な亀裂が、地形・地質の生成過程とその後の環境変化によって生じた岩石の特性、地下水の影響および自重・地下水圧・氷結圧等によって進展し、互いに連続することによって発生したものとされている。また、崩落箇所の斜面は無層理の粗粒火砕岩が主体で、顕在化した亀裂が少なく、岩盤深部に亀裂が進展し、かつ亀裂間隔が広いために、規模の大きい崩落になったと考えられている。

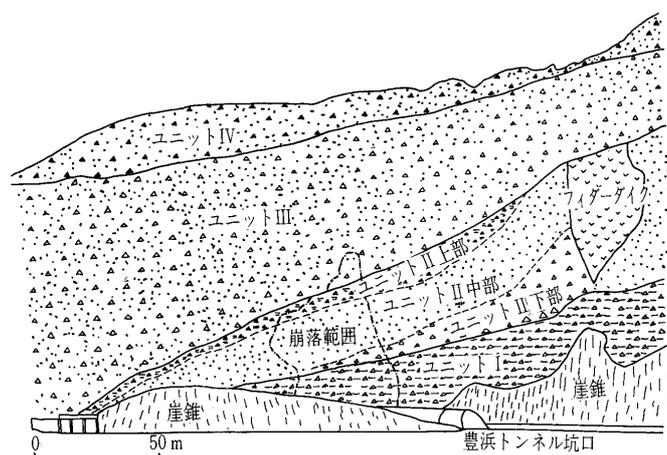


図-3 崩落箇所周辺の正面からみた地質概略図

### 3. 旧国道による迂回路の暫定供用

豊浜トンネルが通行不能になったことにより、半島の先端側の古平町、積丹町の沿線住民は小樽方面との行き来が極端に不便になった。そこで、豊浜トンネルが完成する前まで国道として使われていた旧道を暫定的に迂回路(図-1)として利用することが考えられた。ただし、旧道のトンネルの断面が小さく、トンネル内にカーブがあることから片側交互の通行とすることとした。また、トンネル内には海食洞をそのまま利用している箇所があるため、小落石の可能性を考慮し、防護工が設けられた。さらに、斜面に沿った長さ約230 m区間があり、雪崩、落石に対応するため、布団籠が積まれた。供用に際しては、24時間体制の定期的な巡回、交通誘導員と雪崩監視員(冬期)の24時間配置などが行われた。こうして、事故10日後の1996年2月19日から信号機による片側交互通行で迂回路の供用が開始された。

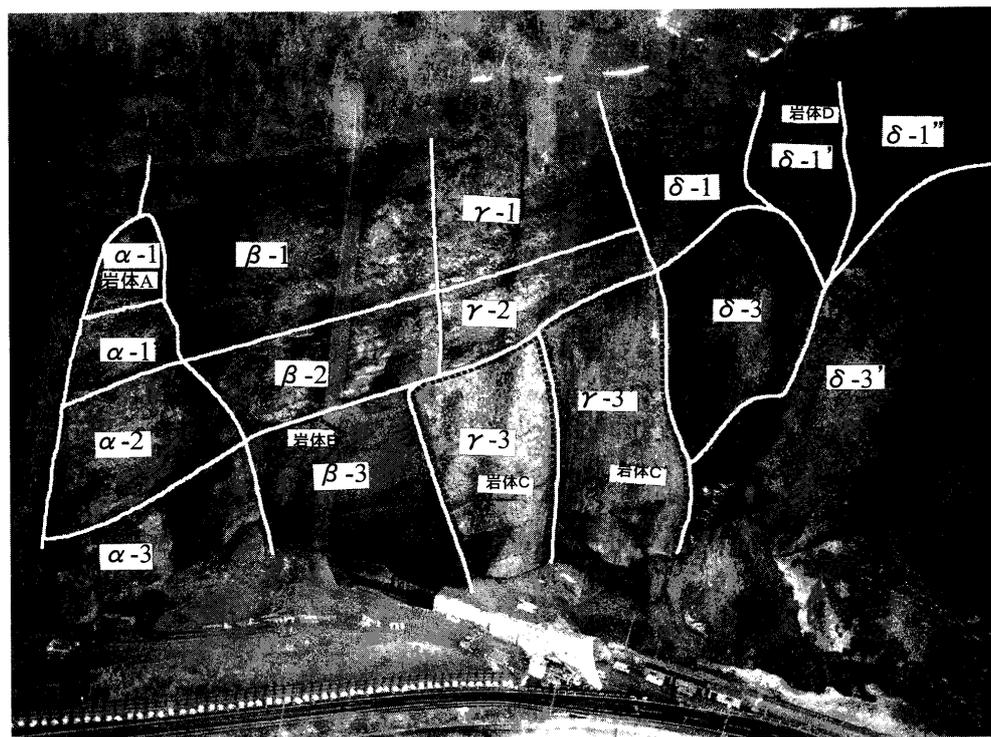


図-4 崩落・落石を検討した岩体・ゾーン

### 4. 応急復旧による現道の供用

一般国道229号は、積丹半島地域の生活道路としての機能を持っており、旧国道を利用した片側交通通行の迂回路供用という事態は、地域の経済活動、日常生活に様々な影響を与えていた。そのため応急復旧による2車線交通の早期確保が求められていた。

応急復旧は、現地の地形上の制約から、現道に必要な防災対策を施して行うしかなく、「豊浜トンネル復旧工法技術委員会」において、「豊浜トンネル崩落事故調査委員会」の現道の安全性に関する評価をふまえて工法の検討がなされた。

#### 4.1 現道の安全性の検討

現道を再度利用するにあたって、豊浜トンネル古平側坑口付近の斜面が、現道斜面として安全性検討の対象とされた。

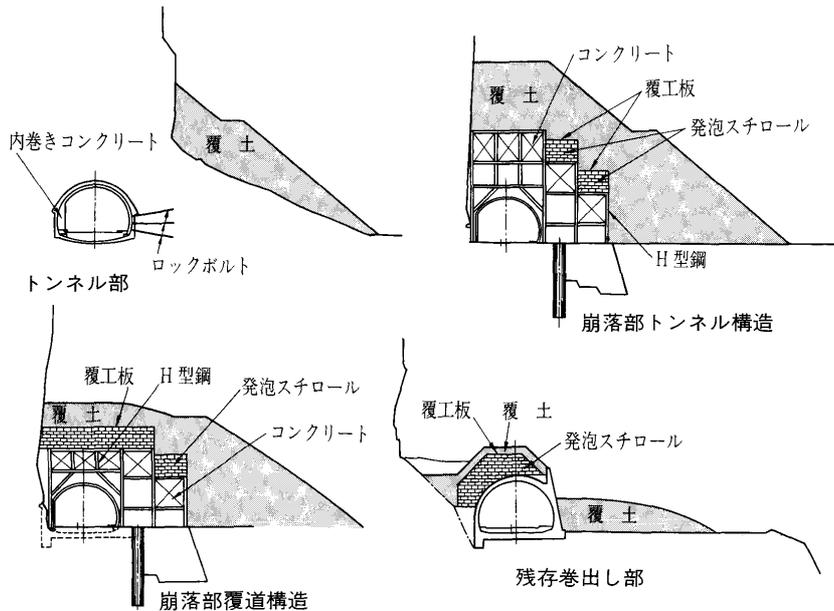
まず、今回のような大規模な崩落が再び発生する可能性が検討された。検討の要点は、岩盤の背面に隠された亀裂の存在である。現地踏査で観察された亀裂、ポアホールカメラで観察された亀裂は連続性に乏しく、崩落壁面の背後に連続して顕在化する現象は認められなかった。このような亀裂性状から斜面の安定性を評価することは困難であるが、亀裂が不連続であり、ある程度の岩盤強度が期待でき、大きなオーバーハングを伴っていないことから、少なくとも数年スケールの時間オーダーでは、大規模な崩落の可能性は少ないと考えられた。

次いで、現道の斜面には明りょうな開口亀裂が認められる箇所がいくつかあり、やや規模の大きい岩体A、B、C、C'、Dの崩落が懸念された(図-4)。岩体A、Bは壁面にほぼ平行な開口亀裂があり、崩落が想定された。岩体Cは崩落面沿いに局所的に開口亀裂が認められる

が、斜面末端のオーバーハングはなく、数年内の崩落可能性は少ないと判断された。この岩体Cから古平側へ続く岩体C'は、小規模な岩盤崩落跡が認められるが、斜面末端には崖錐が存在し、岩体の基部は安定しているので、やはり数年スケールの時間オーダーでは崩落の危険性はないと判断された。岩体Dでは古平側に壁面に平行な亀裂が局所的に認められたが、岩体の基部が堅固と見られるので、数年の内に不安定化する可能性は低いと判断された。

現道斜面には小規模な剝離性崩落の形跡が比較的多い。この斜面を地形と崩落

## 事例報告



図一五 応急復旧の断面

の際の現道への影響度から四つに区分した上で、さらに細区分して(図一四), 落石および崩壊の履歴が判読され安定性が評価された。その結果,  $\alpha$ ,  $\beta$  ゾーンでは, 時期は特定できないが比較的最近崩落した剝離跡が多く, 表層の剝離性崩落が発生する可能性が指摘された。また,  $\beta$  ゾーンの最上部,  $\gamma$  ゾーンの上部に礫の浮出しの著しい箇所が認められ, 落石の可能性が懸念された。

## 4.2 応急復旧の工法

応急復旧は, 押さえコンクリートにより地山を形成すると同時に, トンネル構造を形造ることによって行われることになった。この際, 小規模な剝落と落石に耐え得る構造にするとされた。小規模な剝落は, 前項の検討のうち, 現道に直接影響する  $\beta$  ゾーンからの  $5 \times 6$  m, 奥行き  $1.5$  m 程度の剝離を想定したもので,  $100$  tf 程度の推定重量である。落石は,  $\beta$ ,  $\gamma$  ゾーンにおける径  $2$  m 程度の安山岩礫の抜出しを想定したもので,  $10$  tf 程度の推定重量である。規模の大きな崩落が想定された岩体 A, B については岩切工, 岩体 C, C' については地中変位計測などにより対応するものとされた。

応急復旧の設計は, トンネル部, 崩落部, 残存巻出し部の 3 断面について検討された(図一五)。崩落箇所に隣接したトンネル部は, 覆工に一部欠損, クラックが認められたので, 内巻きコンクリートの施工が行われることになった。

崩落部のうち, 崩落斜面から延長約  $10$  m の範囲は, 押さえコンクリートにより地山を形成したトンネル構造とし, 内空からの厚さはトンネル掘削幅  $10$  m 程度確保することとされた。崩落部のトンネル構造以外の範囲は, 覆道構造となっている。この構造に対し, 想定した小規模剝落, 落石の解析(二次元弾性 FEM 解析, DEM による落石シミュレーション)が行われ, 問題がないことが確認された。また, 押さえコンクリート部を対象に地震応答解析がなされ, 岩盤とコンクリートの位相差による影響については問題がないと判断された。

残存巻出し部には,  $\gamma$  ゾーンからの重量  $10$  tf の落石が山側のポケットで跳躍後に作用,  $\beta$  ゾーンからの  $100$  tf の小規模剝落は 5 分の 1 程度に分割後に作用するものとして補強が検討された。その結果, 衝撃緩和のため発泡スチロールが使われることとなった。

以上の設計に基づき, 応急復旧工事が進められ, 事故後およそ 10 箇月後の 1996 年 12 月 11 日から供用が開始された。さらに, 覆土などの処理が行われ(口絵写真一七), 現況の形ができてあがっている(口絵写真一八)。

## 5. 本復旧工法の検討

「豊浜トンネル復旧工法技術委員会」は, 本復旧の工法検討を行っている。

この検討の一つは, 応急復旧された現道を, 大規模な岩盤崩落の可能性にも対応できるように応急復旧の押さえコンクリートをかさ上げし, さらに豊浜トンネルとセタカムイトンネルの間の明かり区間の斜面对策としての岩切工, 既設覆道の補強が検討された。この工法は, 大規模な押さえコンクリートの詳細検討が必要なことと, 現道交通を確保しながらの工事の難点も指摘されたため, 迂回ルートでの本復旧も検討された。迂回ルート案は, 豊浜トンネルとセタカムイトンネルを接続するバイパストンネルをつくる山側トンネル案と豊浜トンネル古平側坑口の海側に設けた新坑口から海上を橋梁で通過しセタカムイトンネル余市側坑口に接続する海上橋梁案の二つである。検討の結果, 迂回ルートとしては, 海上橋梁案は施工性に劣り, 波浪による冬期路面凍結, 塩害など問題が多く, 山側トンネル案を選択すべきとされた。

こうした検討を受けて, 北海道開発局は本復旧として山側トンネル案を採用し, 1997 年 11 月より新トンネルの建設が始まっている。

## 6. おわりに

豊浜トンネル崩落事故後の応急復旧の経緯を, 「豊浜トンネル崩落事故調査委員会」, 「豊浜トンネル復旧工法技術委員会」の報告書に基づいて紹介した。

旧道を利用した暫定供用が事故後 10 日目にできてきたのは, その後, 十分な検討の上で現道の応急復旧ができる条件をもたらしたとも考えられる。あらためて亡くなられた方々のご冥福を祈り, 本復旧の早期完成を願うものである。

## 参考文献

- 1) 豊浜トンネル崩落事故調査委員会: 豊浜トンネル事故調査報告書, 1996年9月。
- 2) 豊浜トンネル復旧工法技術委員会: 豊浜トンネル復旧工法報告書, 1996年12月。

(原稿受理 1998.3.16)

土と基礎, 46-7 (486)