

地すべり地帯におけるトンネルの安定対策工

戸田建設(株)	正会員	○ 奥	博志
戸田建設(株)	正会員	大原	宏敬
戸田建設(株)	正会員	内藤	将史

1.はじめに

本工事は、長崎市茂木地区海岸線の県道路線において、過去に土砂崩れによる通行止めが繰り返し発生していたために、安全性向上や通行の時間短縮を目的として山岳トンネルを築造するものである。

掘削終点側の古期崩積土（地すべりブロック）直下の掘削において、切羽に出現していた泥質片岩・緑色片岩互層の風化が著しく、AGFをはじめとする種々の掘削補助工法を組み合わせた施工を余儀なくされていた。

さらに、掘削終点側坑口から 50m 程度手前において、大雨による浸透水の影響で、切羽の崩落・トンネル上部の陥没が発生した。そのため、これまでの切羽の崩落対策に加えて、その後の掘削を安定して行うための崩積土対策および小土被り対策が重要な課題となった。

本稿では、地表面への影響低減およびトンネル施工の安全性確保を目的とした切羽崩落・地表面陥没から貫通までの終点側坑口部における掘削補助工法等の対策工の検討内容と施工実績について報告する。

2.切羽崩落・トンネル上部陥没の要因

地質的な崩落要因は、切羽に出現している泥質片岩・緑色片岩互層の風化が進行するとともに、流れ盤を呈していること、また、トンネル上部に礫質土を主体とする自立性の悪い古期崩積土が堆積していることである。加えて、日降雨量 132 mmの浸透水の影響により土塊重量の増大や間隙水圧を増加させ、せん断強度が低下することで、トンネル掘削による緩みの影響が地表面まで及んだものと推定される。(写真-1 参照)

3.検討課題

トンネル上部・崩落箇所、崩落部後方から崩落箇所までの地山が緩んでいると考えられる箇所、トンネル掘削における No. 15 付近の土被り 3m地点を境界とした区間①、区間②の 4 区間に分けて、以下の 3 項目を踏まえた対策を検討した (図-1 参照)。

- ・トンネル上部および切羽後方のトンネル周囲の地山補強方法
- ・トンネル再掘削時の補助工法
- ・小土被り区間における補助工法



写真-1 切羽崩落状況

4.対策工

4.1 切羽崩落・陥没上部の対策工

トンネル崩落上部は、自立性の悪い古期崩積土で構成され、切羽崩落・陥没によって、さらに緩んだ状態にあることから、地山強度の向上を図る必要があった。

一方、現地はびわ畑の一部であり、搬入路の幅員が 2m程度と狭く、コンパクトな機械で且つ転石や礫層なども削孔可能な工法を採用する必要があり、薬液注入工法（二重管ストレーナ単相式）を選定した。

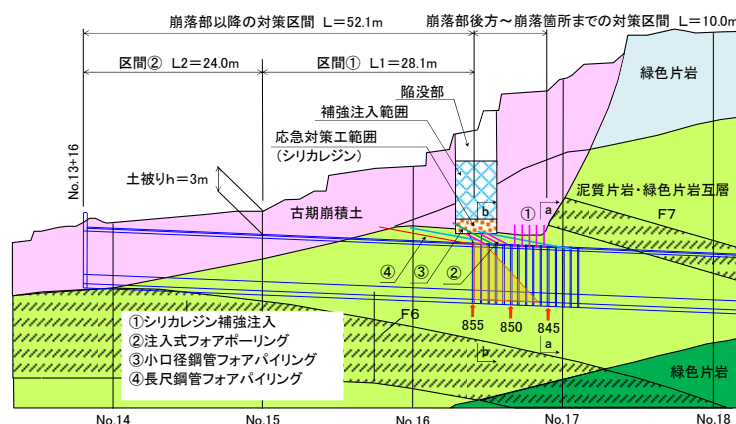


図-1 対策工概要図

キーワード トンネル, 地すべり対策, トンネル坑口, 垂直縫地工

連絡先 〒839-1415 福岡県うきは市浮羽町妹川 3156-3 合瀬耳納トンネル工事 TEL : 0943-77-3881

4.2 崩落部後方から崩落箇所までの対策工

切羽の崩落・トンネル上部の陥没に至った直後は、更なる崩落の進行を防止するために、応急対策工を実施した。崩落箇所にて 20m³ 程度の押え盛土を行い、押え盛土の上に金網を設置し、コンクリートを吹き付けた。その後、切羽崩落部上部の地山補強対策として、小口径 AGF 鋼管を利用してシリカレジンの注入を行った。

また、トンネル周囲の地山が緩んだ状態にあると考えられたため、トンネル再掘削に向けて、切羽後方 (1D 内) の補強注入工として、長さ 3m の注入ボルトを打設してシリカレジンを注入を行い、周囲の地山補強を行った。さらに、注入式フォアポーリングと長さ 6.5m の小口径 AGF を追加施工し、崩落部の天端防護を行うとともに、鏡吹付け及び崩落土砂の撤去を行った。

4.3 区間①での対策施工

切羽およびトンネル上部に古期崩積土が出現する区間の掘削においては、以下の対策について検討を行った (図-2 参照)。

1) 天端安定対策

AGF 先頭管端部付近から土砂が流入している状況が認められたため、坑壁と鋼管の離隔が小さく確実なラップ施工ができる 6m シフトの AGF 工法を選定した。また、シリカレジンの注入量を先行孔、後行孔ともに当初発注者より計上されていた計画量である 11.9 kg/m の注入量を 200% である 23.8 kg/m とした。

2) 鏡安定対策

風化の著しい泥質片岩・緑色片岩互層や古期崩積土においては、ともに緩みが生じて頻繁に肌落ちしている状態であったため、崩落前より実施していた長尺鏡補強工と鏡吹付を継続して行った。

3) 脚部安定対策

崩落前の計測結果では、下半施工完了時点で、管理レベルⅢ (42.0 mm) を超える坑内沈下量が観測されていた。そのため、上半施工時にレッグパイルを施工するとともに下半掘削の 2 基遅れにて吹付一次インバートによる早期閉合を行うことで、トンネル脚部の安定を図るものとした。

レッグパイルは、上半掘削後の一次吹付と支保工建込後に斜め下向きに AGF 鋼管を打設してシリカレジンを注入するが、支保工と AGF 鋼管とを鋼矢板を用いて溶接接続を行うなど、確実に反力を確保できるように工夫を行った。

4.4 区間②での対策施工

区間②では、土被りが 2.5m～3.0m と小さく、AGF 施工による注入を施すと地表面までの離隔が 1m 程度となるため、注入材の地表面へのリークが懸念された。

このため、小土被り箇所における注入効果を向上させるとともに安定したトンネル構造物を構築できる工夫として、地盤改良工法 (天端浅層改良+側部補強注入) と長尺鏡補強工を選定した (図-3 参照)。

5. おわりに

掘削終点側の地すべり地帯でのトンネル掘削において、脆弱な地質や小土被り等の様々な条件に対応する対策工を再検討して施工を行った。その結果、天端沈下・地表面沈下・傾斜計等、測定結果は、管理レベルⅠ～Ⅱ以内での変位量に抑制して施工することができ、安定したトンネル掘削を実現できた (図-4 参照)。

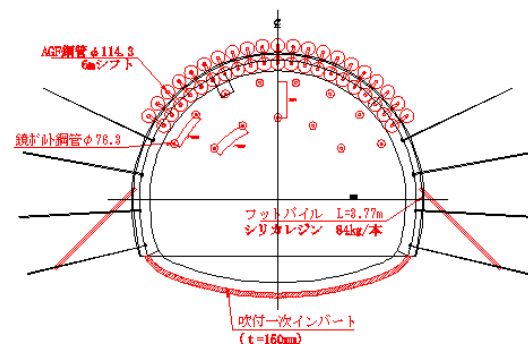


図-2 区間①対策工断面図

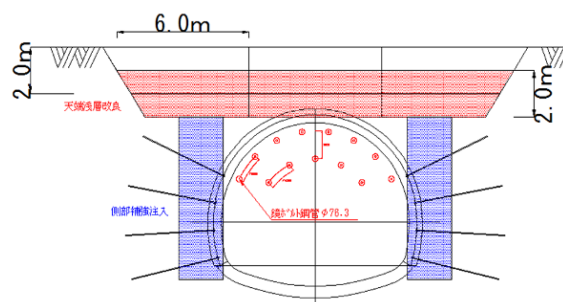


図-3 区間②対策工断面図

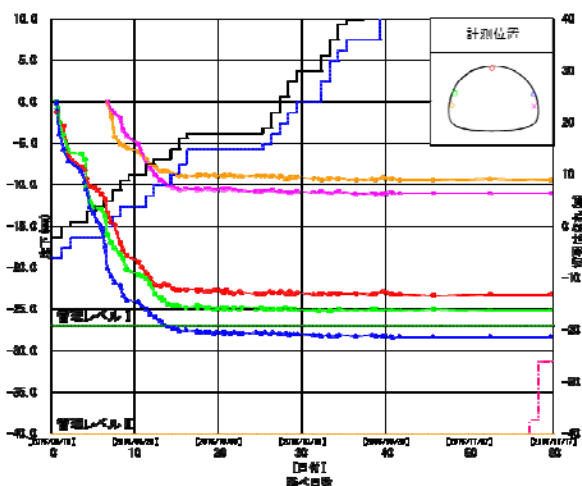


図-4 A 計測天端・側部沈下計測結果