

(VI-6) 亀裂性地山におけるトンネル坑口部の施工—付替国道 下谷トンネル新設工事—

五洋建設株式会社 技術研究所 正会員 後藤 克人
 同 同 正会員 徳永 豊
 同 南九州支店 正会員 村田 仁史
 同 同 藍澤 正直

1. はじめに

「付替国道 下谷トンネル新設工事」は、亀裂性の砂岩・粘板岩を基岩とした地山を貫く2車線道路トンネル工事である。このトンネルの施工に対しては、非常に亀裂が発達した地山のため、様々な問題点が懸念された。特に終点（出口）側坑口部では断層破碎作用を強く受け、さらに低土被りのため、切羽天端の崩落や地表面および道路沈下・斜面崩壊等の発生が予想された。そこで、起点（入口）側坑口部の施工経験を踏まえて、終点側坑口部の補助工法にウレタン注入式フォアポーリング・鏡ボルト・斜めボルト等を採用し、無事貫通に至った。本報文では、終点側坑口で施工した各種補助工法の効果について報告する。

2. 補助工法

本トンネルの当初設計時の地質縦断面図を図-1に示す。ポーリング調査結果では、1~3cmの岩片状コアが主体的であり、RQDもほとんどが0というように亀裂が非常に発達している。

2.1 起点側坑口部の補助工法 —AGF工法—

起点側坑口部では、切羽天端崩落防止等のため、長尺鋼管フォアパイリング（AGF工法）を採用した。しかし、亀裂は多いものの岩石そのものは非常に硬いため、くり粉の排出が困難等の理由から、削孔および鋼管打設時間が長くなった。このことから、岩石自体は硬いが亀裂が非常に発達している当該地山のような地質条件の場合は、AGF工法の適用および施工に関しては慎重な検討が必要と考えられる。

2.2 終点側坑口部の補助工法 —ウレタン注入式フォアポーリング・鏡ボルト・斜めボルト—

図-2に本トンネル終点側坑口部で採用した補助工法位置図を示す。

①ウレタン注入式フォアポーリング

終点側坑口部では、切羽天端の崩落防止等のための補助工法として、剛性を上げることよりも、亀裂間の見かけ上の引張強度を増加させることを最優先に考えて、ウレタン注入式フォアポーリングを採用した。これは、AGF工法やパイプルーフ工法のように剛性の高い鋼管ではないため、トンネル天端および地表面沈下に対する抑制効果は期待できないと考えられる。しかしウレタンを注入することによって、キーブロックが抜け落ちることによる切羽天端崩落や地表面までの抜け落ちおよび斜面崩壊を防止できるものと考えた。

ウレタン注入式フォアポーリングの施工区間は肌落ちもほとんどなく、安全に掘削することができた。

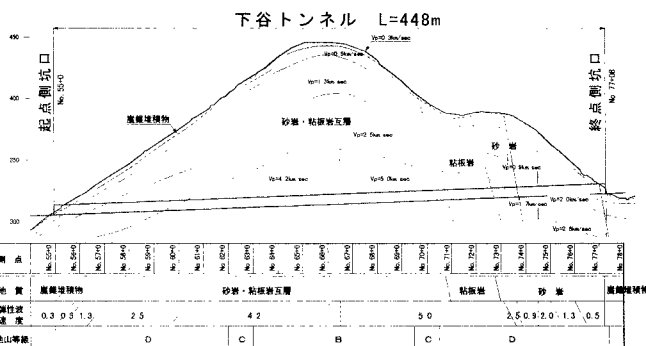


図-1 地質縦断面図

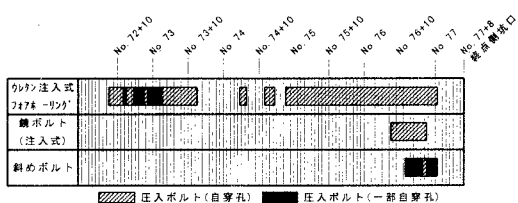


図-2 補助工法位置図(終点側坑口部)

キーワード：亀裂性、砂岩、粘板岩、ウレタン注入式フォアポーリング、断層破碎作用

連絡先：〒329-2746 栃木県那須郡西那須野町四区町1534-1 TEL:0287-39-2107 FAX:0287-39-2132

②鏡ボルト

終点側坑口部は、切羽の安定を考慮して核を残して掘削した。しかしNo. 76+00付近から、さらに亀裂が発達した地山となりリングカットの施工も困難となった。そこでウレタン注入式の鏡ボルトを採用した。注入材はウレタン系薬剤のシリカレジンを、ボルトは3mのFRPボルトを使用し、これによって切羽の安定を得た。

③斜めボルト

トンネル掘削に伴い、終点側坑口部付近において斜面崩壊を起こす可能性が懸念された。しかし、地表には既設道路があるが、近くに迂回路とすべき道路もなく、また隣工区が橋台構築のための作業をしており、施工ヤードの狭さから、坑外からの施工は不可能であった。そこで斜面崩壊対策として、トンネル坑内から、斜めボルト(3~5m)を施工した。これは、モルタル全面接着型で、打設角度は45度とした。その結果、斜面崩壊も発生することなく施工できた。

3. 計測結果

No. 76+14.55 地点での横断方向の地表面沈下状況を図-5に示す。またNo. 76+14.55 地点での切羽通過後の天端沈下および地表面沈下状況を図-6に示す。地表面沈下量はトンネルセンター直上で、切羽到達前で52.7mm、切羽到達後から貫通する間に17.7mmであった。天端沈下量は、切羽到達後から貫通する間に11.0mmであった。

図-5に示した地表面の沈下状況から、切羽到達までの沈下量が到達してからの沈下量よりも大きいことがわかる。これは当然ながらウレタン注入式フォアボーリングに先行変位の抑制効果が期待できなかったこと、および切羽通過後直ちに掘削が終了したことによるものと考えられる。

図-6より天端沈下量を見ると、上半下半とも掘削後すぐに沈下量が収束していることがわかる。これは補助工法によって亀裂性地山が一体化されたために弾性的挙動を示したものと推察される。またこの図から明らかに、最終変位量は天端沈下量よりも地表面沈下量の方が大きくなっている。この原因については斜面の影響が考えられるが明らかではない。

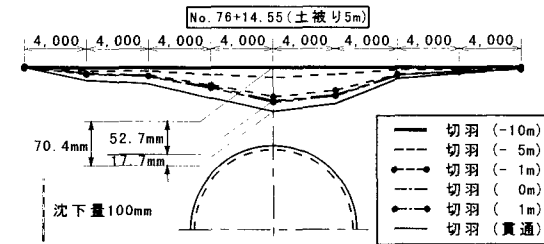


図-5 地表面沈下量計測結果

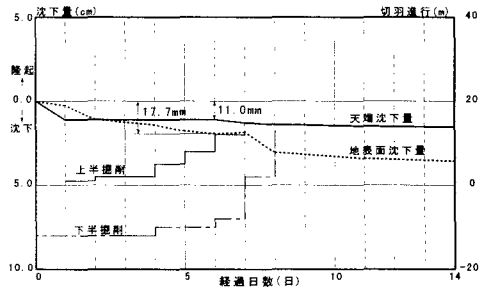


図-6 天端沈下量測定結果

4. おわりに

本トンネル終点側坑口部の補助工法としてウレタン注入式フォアボーリングを施工した。AGF工法と比較して剛性面では劣るものの、ウレタン系薬剤を注入することにより亀裂間での見かけ上の引張強度が向上し、切羽天端の崩落を抑制できたものと考えられる。地表面の先行沈下を抑制できない、また全体の沈下量に対する抑制効果が小さいという欠点はあるが、当該地山のような非常に亀裂は発達しているが岩石そのものは硬い粘板岩や砂岩等での切羽安定のための補助工法としては、ウレタン注入式フォアボーリングは有効であると考えられる。