

VI-132

斜面安定対策（偏土圧）を兼ねた切羽安定対策（垂直縫地工法）

日本道路公団 川北眞嗣 真柄 鎮 小林康範
 鴻池・日特JV 尾寄師成 ○正会員 河竹俊守

1. はじめに

本トンネルは、愛知県一宮市から富山県小矢部市まで、中部地方を南北に貫く東海北陸自動車道（延長185km）の内、岐阜県の山間部に位置する延長1055mのNATMによる山岳トンネルである。

掘削終点側坑口よりL=125m区間において土被りが、1D（H=12m）に満たない部分が連続し、地山等高線とトンネルの軸線が平行となる偏圧地形を呈していた。その中でも特に、沢部（sta.12+00～sta.12+50）では、最低土被り4.5m（sta.12+20付近）となっており、地表面には小規模地滑り（斜面崩壊）跡も存在していたため、上部斜面の安定性も懸念された。また、直下には主要国道158号線が通り、集落も存在しており、一度地滑り等の崩壊災害が起ると、重大災害を引き起こす危険性があった。（図一1参照）

上記の地形条件に加えて冬期施工（年間降雪量H=6.2m、過去4年平均）となったため、地表面点検も困難といった悪条件も重なった。

2. 補助工法選定

今回の施工条件のもとで考えられる一般的な補助工法を、表一1に目的別に列挙する。

土被りの小さい土砂状の地山における、トンネル掘削時の切羽安定に有効な補助工法と、偏土圧及び斜面安定の両面に有効な補助工法について検討した結果、その両面において有効と考えられる工法としてウレタン注入工法（岩盤固結工法）・薬液注入工法・垂直縫地ボルト工法を選定し、表一2のとおり比較検討した。

表一1 目的別補助工法

切羽安定に対して有効なもの
パイプグループ工法
注入式長尺フォアパイル工法（AGF工法）
ウレタン圧入式フォアパイル工法（PUIF工法）
ウレタン注入工法（岩盤固結工法）
垂直縫地ボルト工法
薬液注入工法
偏土圧・斜面安定に対して有効なもの
ウレタン注入工法（岩盤固結工法）
薬液注入工法
アンカー工法
抑止杭
垂直縫地ボルト工法

表一2 補助工法比較検討表

対策工	①ウレタン注入工法（坑内） （岩盤固結工法）	②薬液注入工法（坑内）	③垂直縫地ボルト工法（坑外）
概 要	・坑内より、大鋼付近にL=3m, 1mの注入管を打設し、ウレタンを注入する事で、ウレタン改良体による地山固結改良をする。	・坑内より、大鋼付近を中心とするU字系の薬液を注入し、地山を固結改良する。	・地表面よりボーリングを行い、ウレタンを注入した後、縫地ボルト（D32（S355））を挿入することにより、地山の縫付けおよび吊下げ効果を図る。
結 構 図			
結 構 性	ウレタンの注入材に比べて粒子が細かく流動性が高い。注入の確実性は高いが先行変位は止められない。限定された範囲を確実に固結改良でき改良ゾーンの強度、効果の確実性も高く突進も多い。	破砕帯や湧水箇所では、注入の確実性に懸念があり十分な改良効果が望めない。均一な地山改良ができれば、切羽の自立性の向上、ウレタン地山の崩落、崩壊防止に効果がある。	すべり土壌を多く含む帯状で層状なものであり、すべりの方向性に左右されず効果がある。斜面による先行変位防止もあり、切羽安定にも有効である。
施 工 性	掘削時に取り込める。特別な機械を必要としない。	地表面からの作業は可能であるが、掘削延長が長くなる。坑内の施工の場合、掘削時には取り込めない。	施工時に斜面となり工事用進入路及び足場が必要となる。
経 済 性	注入範囲は薬液注入工法に比べて少なく済むが、材料が高価で経済的には不利。	注入範囲が広範囲となり注入量も多くなことから経済性は劣る。	多くの杭を削孔、注入により施工する必要はあるが、他の2工法に比べて安価。
工 期	掘削時に取り込める。工期的に若干の遅れが出る程度である。	注入作業に時間がかかり掘削時に取り込めない。	事前に施工できるが掘削時には影響を受けやすい。
総合評価	△	×	○

沢部に到達した時点で坑内より対策をしていたのでは、作業能率が悪く、経済的にも大がかりなものになってしまう。また、滑りの兆候がみられても、沢部の施工

時期が冬期（降雪時期）となる事を考えると二次対策の施工が困難である。したがって、事前に施工可能であり、斜面安定に最も信頼性の高い垂直縫地ボルト工法（図一1・2に示す）を採用した。

3. 垂直縫地ボルト工の設計手法

垂直縫地ボルト工法は、過去の数々の施工実績により、その効果は定性的に認められているが、その設計法は確立されていないのが現状である。今回は土被りの最も少ないsta.12+20における想定すべり線（弾

〔キーワード〕 切羽安定・斜面安定・垂直縫地工法

〔連絡先〕 岐阜県大野郡荘川村大字黒谷字下島232 鴻池・日特JV Tel 05769-2-3261 Fax 05769-2-2534

性波速度が 1km/sec 以下の層内にて発生すると設定）に対して安定検討を行い、その仕様を決定した。

〔垂直縫地ボルトの設計方針〕

1) 必要ボルトの径及び本数

ボルト径は最も施工実績の多いD 32を採用した。必要ボルト数はせん断力から決定し1断面当たり12本、奥行き1.5mとした。

2) 配置について

上記本数を、トンネルセンターから極力分散させるため、横断方向のピッチを2mとし、山側、谷側へそれぞれ6本ずつ配置（トンネル外側には、それぞれ

3本ずつ配置）した。なおこれまでの施工実績では $1.5\text{ m} \times 1.5\text{ m}$ (2.25 m^2) $\sim$ $2.0\text{ m} \times 2.0\text{ m}$ (4.0 m^2) が主体であり、 $1.5\text{ m} \times 2.0\text{ m}$ (3.0 m^2) は中間的なものである。

3) 削孔径・根入れ長について

削孔径は、二重管式の最小径とされている $\phi 90\text{ mm}$ を採用した。

根入れ長は想定緩み領域（主働崩壊線）から2mとし最深でS.L.までとした。またトンネル掘削断面内については、経済性を考え、切羽の安定性は核残しにて対処するものとし2mとした。

4) 計測工について

垂直縫地ボルトの効果、施工時の安全性を把握するために、図-2に示すとおり、ボルトの軸力測定、及び多段式傾斜計による地中

変位量測定を行った。なお、積雪深2m以上、傾斜角約40度の法面での地山挙動や地表面沈下の計測は困難であるため、国道脇の計測小屋まで約200m計測線を延長し、パソコンにてデーターを蓄積する自動計測方式をとった。

4. 施工時の状況

本区間の施工は、掘削パターンDⅢ（先受けロックボルトD 25, $L=3.0\text{ m}@600$ 、鋼製支保工H-200）にて上半先進工法で行った。

掘削時の地山状況は、調査ボーリングの結果通り石英閃緑岩と石英斑岩（微文象花崗岩）の強風化層であった。特に sta.12+20 付近の天端～両肩にかけては、土砂層が存在しており、鏡面にも多数粘土が介在し、肌落ちが頻繁に見られる状況にあった。しかしながら、核残し・一次吹付コンクリート・鏡吹付コンクリートにて充分対処できた。以上より、垂直縫地ボルトによって斜面全体を均等に補強することができ、地滑り・斜面崩壊の防止、トンネル掘削による緩みの抑制、切羽の自立性の向上が確保されたものと判断される。しかし、垂直縫地ボルトの横断方向のピッチが2mということもあり所々ボルト間の中抜け現象が確認され、当地山におけるボルトピッチは2m程度が限界であった。

本文作成時は、下半掘削中であり、後日最終計測結果を併せて報告する予定である

【参考文献】 「トンネルライブラリー第5号 山岳トンネルの補助工法」

平成6年3月刊 土木学会

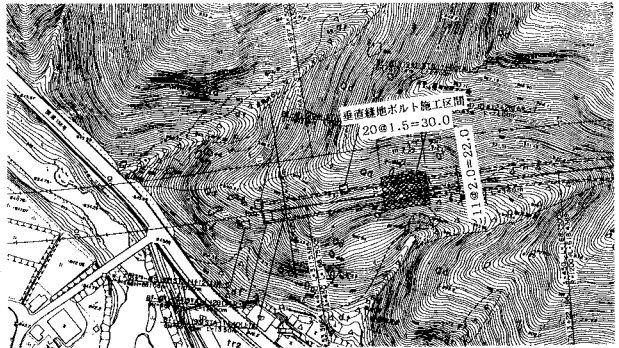


図-1 施工範囲平面図

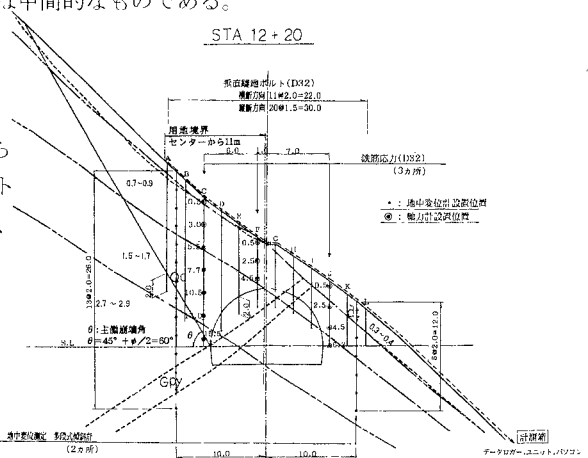


図-2 垂直縫地ボルト工・計測工横断面図