

スコリア層を有するトンネル坑口部の補助工法の検討

東急建設株式会社 正会員 ○川原 裕大 非会員 大野 秀樹
 中日本高速道路株式会社 正会員 原田 拓也 非会員 早野 智彦
 東急建設株式会社 正会員 前村 優仁 正会員 村田 和哉

1. はじめに

新東名高速道路湯触トンネル他1トンネル工事(NEXCO 中日本発注)の湯触トンネル西坑口(図 1)は、小土かぶり(上り線 6.3m, 下り線 3.0m)で上部に生活道路が近接することから、トンネル掘削時は天端・切羽の崩落、ならびに地表面の沈下に留意が必要であった。また、当該区間の地質は、トンネル上部に粘土分をほとんど含まない未固結な性状を示す「スコリア層」が分布し、より一層の慎重な対応が求められた。本稿は、スコリア層が分布する坑口部のトンネル掘削における補助工法選定について、試験施工をもとに行なった結果について報告するものである。

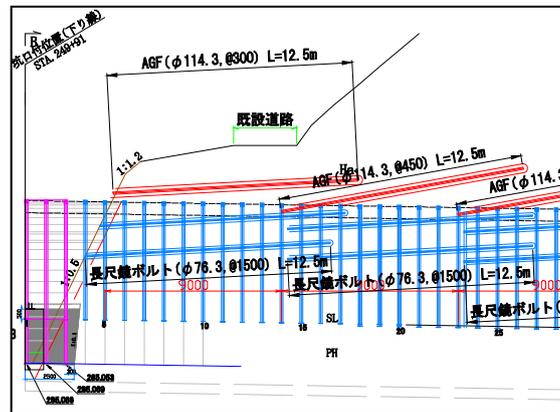


図 1 トンネル縦断図

2. 試験施工について

2.1 試験施工の目的

湯触トンネル西坑口部の補助工法は、当初設計で小口径長尺鋼管フォアパイリング(セメント系注入材)が適用されていた。

しかし、坑口付け切土掘削時の斜面にスコリアが確認され、追加で実施した地質調査ボーリングの結果からトンネル切羽上部に連続して分布することが判明した。トンネル掘削時の切羽に未固結なスコリア層が露呈した場合、先受け鋼管間からの抜け落ち、天端崩壊、地表面陥没が懸念されることから、①最適な注入材の選定、②注入材の最適な注入量の確認、③改良径に応じた鋼管打設間隔の見直しを目的として、試験施工を実施した。

2.2 試験方法

試験施工に用いた注入材は、セメント系(超微粒子セメント+急硬混和材:当初設計)、ウレタン系シリカレジ、およびウレタン系高浸透ウレタンの3種類とした。

試験体の作成方法は、バックホウで地山を掘削(幅0.7m×長さ3.5m×深さ1.4m)し、そこにスコリアを投入しながら深さ0.9mの位置に鋼管(φ114.3, 長さ3.0m)を配置した。この時に鋼管内にインサート管を事前に設置するとともに、鋼管周囲は不織布を巻いてボアホールを簡易的に形成させることとした。その後、掘削土で残り高さ0.5mの埋戻しを行い、転圧機械で締め固めたのちに注入を行った。

注入量は、当初設計を参考にスコリアの間隙率 $n=32\%$ として設定した(表 1)。注入後は12時間以上の養生を行い、バックホウで上部を掘削して改良体が見えたら人力掘削で改良体を取り出し、改良径を確認した。

2.3 試験結果

試験結果比較表を表 2 に示す。試験結果の評価項目は、①注入材の浸透性、②限定改良の可否、③逸走性の有無とし、スコリアに対してもっとも改良効果の高かった高浸透ウレタンを採用した。



写真 1 供試体作成状況

表 1 試験施工時の注入量

注入材	注入量 ^{※1,2}	備考
超微粒子セメント	342L/本	当初設計
シリカレジ	33kg/本	-
高浸透ウレタン	40kg/本	-

※1 鋼管 3.0m 当たりの注入量

※2 偶数孔を想定し定量×2 倍を注入

キーワード スコリア, 超微粒子セメント, シリカレジ, 高浸透ウレタン, 補助工法

連絡先 〒150-8340 東京都渋谷区渋谷 1-16-14 東急建設株式会社 東日本土木支店土木部 Tel:03-5466-5017

表 2 試験結果比較表

改良体 出来形			
注入材	超微粒子セメント	シリカレジン	高浸透ウレタン
浸透性	改良径:232mm < 設計径:450mm • 改良径は設計対比 50%程度	改良径:229mm < 設計径:450mm • 改良径は超微粒子セメントと同程度	改良径:394mm < 設計径:450mm • 改良径は設計対比 90%程度で超微粒子セメント対比 170%程度 • 地山内発泡倍率は 2.9 倍程度であり、想定が発泡が確認
	△	△	○
限定改良	限定改良:不可 • 改良体は先端 1/3 程度に集中し、鋼管軸方向に偏りが大きい • 端末 2/3 程度は注入孔からそのまま下に伸びる改良体となり、全く無い区間も確認	限定改良:可 • 改良体は 3 次的に広がり、鋼管軸方向に比較的偏りが小さい • 浸透不十分で改良体が非常に小さい区間が確認。	限定改良:可 • 全体的に改良体の無い区間はなく、鋼管軸方向に偏りが小さい
	×	△	○
逸走性	逸走:あり • 注入量対比 80%程度の逸走が確認	逸走:なし	逸走:なし
	×	○	○
判定	不採用	不採用	採用

3. 試験結果に基づく補助工法の仕様決定

上述したように、注入材として高浸透ウレタンを採用した。しかし、偶数孔を想定した注入試験(定量×2 倍)において、設計改良径(450mm)を確保できなかった(図 2)。スコリアは流砂しやすく、鋼管間の改良が不十分な場合、隙間からすり鉢状に抜け落ちることが懸念される。そこで、鋼管間の確実な改良を通じ、抜け落ちによる天端崩落、地表面沈下を抑制するために、鋼管の打設ピッチを縮小することとした(@450mm→@300mm)。

打設ピッチの縮小に伴い、設計改良径、および注入量の見直しを行った。改良体をラップさせる方法(打設ピッチ@300mm, 改良径 450mm)は効果的であるが、注入量が過剰となりやすいことから、設計改良径 300mm として注入量を見直した。また、スコリアの間隙率を計測した結果、当初設計よりも間隙が大きいことが判明した(n=52%)。設計改良径 300mm, スコリアの間隙率 n=52%として、注入量を算出した結果、高浸透ウレタンの設計注入量は 199kg/本となった。図 3 に補助工法仕様図を示す。

4. おわりに

本稿では、スコリア層を有するトンネル坑口部の補助工法について、試験施工をもとに見直した。その結果、今回の施工条件で最も有効な補助工法の注入材は、高浸透ウレタンであることを確認した。また、試験施工結果より決定した補助工法を用いて、坑口掘削を実施した結果、スコリア層の十分な改良効果が得られ、切羽天端の崩落や、地表面の大きな変位を生じることなく、安全に施工ができた。

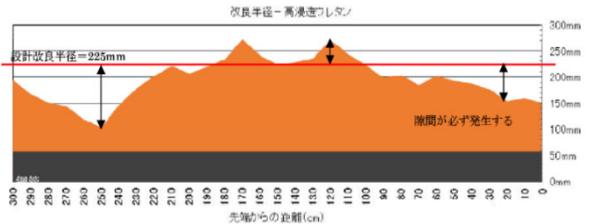
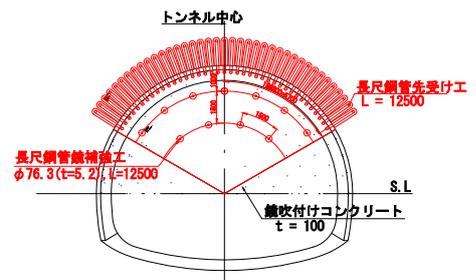


図 2 高浸透ウレタン改良半径



						(1シフト9.0m当たり)	
名称	形状寸法	規格	単位	数量	備 考		
長尺鋼管先受け工	φ114.3, t=6.0, L=12500	STK400	本	39			
鋼吹付けコンクリート	t=100	σ _{ok} =38N/mm ²	m ²	52,842			
注入材		高浸透ウレタン	kg	7,761	199kg/本		

図 3 補助工法仕様図



写真 2 補助工法施工状況