

未固結砂質土層における大断面浅層4連めがねトンネルの切羽安定対策

西日本高速道路(株)		田口 敬介
西日本高速道路(株)		水野 希典
大成建設(株)	正会員	白川 賢志
○大成建設(株)	正会員	大島 基義
大成建設(株)	正会員	小池 真史

1. はじめに

第二京阪道路は、併設する大阪北道路とともに一般国道1号のバイパスとして京都・大阪間を連結し、現道の交通混雑を緩和すると同時に近畿地方の広域幹線道路網の一端を担う道路である。本文は、人家が密集する丘陵部に位置し、浅層部をNATM工法で施工する大断面浅層4連めがねトンネルという、全国的にも例を見ない工法を採用した小路トンネル（仮称）の切羽安定対策について述べるものである。

2. 構造概要

トンネル掘削部は、地下水を有する未固結砂質土層が大部分を占め、土被りが最大で約10mと小さく、人家が近接していることから、図-1に示すような補助工法を採用している。地下水の遮断とトンネル掘削による周辺家屋への影響抑制を目的としてトンネル両側には地中連続壁を造成し、全線に渡りトンネル底盤部に粘性土層が分布し支持力不足が懸念されることから、導坑部には地上から深層混合方式による地盤改良を行っている。また、トンネル掘削時の切羽安定対策としては経済性を考慮し、土被りの小さい区間(0.5D程度)については鏡面までの地盤改良（地盤改良区間と称す）が、その他の箇所については注入式長尺鋼管先受工法（AGF区間と称す）が採用されている。

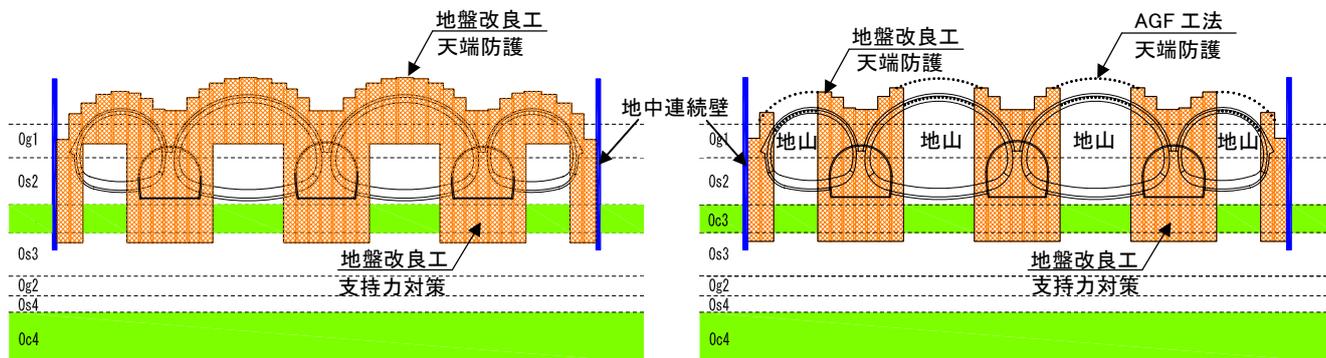


図-1 トンネル補助工法（左：地盤改良区間 右：AGF区間）

3. 切羽安定対策の比較検討

AGF区間は導坑箇所には支持力対策を目的とした地盤改良を行っているが、鏡面には未固結砂層の地山が残った状態となっている。隣接開削工区において露頭しているトンネル掘削部の地山を確認したところ切羽鏡面の不安定化が懸念されたため、切羽安定対策として地盤改良案、AGF工法+鏡ボルト案、薬液注入案の3案を比較検討した。地盤改良案は地盤改良区間と比較して土被りが大きく、削孔長、余剰発生土の産廃処分費が増えるため経済性に劣った。それに対しAGF工法+鏡ボルト案と薬液注入案は三次元解析における効果は同程度で、経済性においても大差がないという結果となったため、AGF区間初期段階において試験施工を実施し対策工を選定することにした。鏡ボルトの試験施工は最も安全側である1.2mピッチから開始し、鏡ボルト間隔をもう少し広くできると判断された場合は、1.5mピッチ、1.8mピッチと順次仕様を落としていくことにより必要本数を判断し、薬液注入の試験施工としては設計値と同程度の注入が可能であるか、また掘削時の地山状況を確認し安全に掘削可能かを判断することにした。

キーワード 4連めがねトンネル, 低土被り, 住宅密集地, 鏡補強, 薬液注入

連絡先 大阪府寝屋川市太秦桜が丘34番14号 大成・間・福田JV TEL072-820-1721 FAX072-820-1722

4. 切羽安定対策工の仕様

(1) 注入式長尺鏡ボルト

打設長は AGF 工法と同じく 12.5m (掘進長 9m) とし、ボルト材には掘削時に容易に切断、分別が可能な鋼管タイプ (STK400, $\Phi 76.3$, $t=5.2$) を採用した。また注入材としてはボルト材を定着させるとともに、周辺地山への浸透注入が期待できる急硬材+超微粒子セメントを用いた。

(2) 薬液注入

瞬結材 (一次材) によるパッカー効果と緩結材 (二次材) による浸透効果が図れ、かつ削孔・注入が 1 工程で可能な「二重管ストレーナ複相式」を採用した。注入材としては地盤への浸透性が高く、地下水汚染等環境に対する影響がない水ガラス系溶液型 (無機系) を用いた。なお、注入量に関しては天端防護として重要なアーチ部をハードゾーン、地山の緩み及び肌落ち抑制を目的とした鏡面をソフトゾーンと区分し、ソフトゾーンの注入量はハードゾーンの 70% とした。

5. 試験施工結果

試験施工結果を表-1 に示す。鏡ボルトは 1.8m ピッチでも十分切羽の安定性は確保可能であり、薬液注入も切羽全体に注入材が浸透しており切羽の自立性は非常に良好であった。また計測結果も地表面沈下、トンネル天端沈下共に大差なく安全に掘削可能であったが、吹付けコンクリートの付着に関しては AGF+鏡ボルト区間では吹付け圧や吹付け自重で剥離等が確認されたのに対し、薬液注入区間では注入による内圧効果や地山の粘着力増加により吹付けの付着が非常に良好であった。

これらの試験施工により両工法共に AGF 区間の切羽安定対策として適用可能と判断されたため、各工法の特徴を活かし、トンネル直上に生活道路がある範囲や沖積粘土層がトンネル天端付近に分布する範囲に対しては施工実績が多く、あらゆる地質に対応可能な AGF+鏡ボルトを、それ以外の範囲に対してはトンネル掘削より先行して対策可能で、上半切羽を止めることなく連続して掘削できる薬液注入を採用した。これらの補助工法を採用することにより、大きなトラブルもなく順調に掘削は進捗しており、低土被りの砂質土地盤に対する水ガラス系溶液型の薬液注入は効果的であることが確認できた。



写真-1 AGF区間切羽状況

表-1 試験施工結果

対策案		AGF工法+鏡ボルト 案	薬液注入 案
補強仕様	天端防護	AGF工法 ($\phi 114.3$ $t=6$ mm) 注入材: シリカレジン 126kg/本	薬液注入 (ハードゾーン) 注入材: 水ガラス系溶液型 100%注入
	鏡補強	長尺鋼管鏡ボルト ($\phi 76.3$ $t=5.2$ mm) 注入材: 急硬混和材+超微粒子セメント	薬液注入 (ソフトゾーン) 注入材: 水ガラス系溶液型 70%注入
補強仕様図			
天端の安定性		AGFの効果で天端の安定性は確保できている。ただし各ソフトの後半では支保工と鋼管の間隔が大きくなるため、部分的な小崩落が若干見られる。	薬注の効果で天端の安定性は確保できている。一次吹付けの付着も良好。
鏡面の安定性		大きなすべりや崩落等は発生しないが、地山の粘着力が小さく、鏡吹付け撤去時や鋼管切断時には小崩壊が発生する。	薬液注入の効果で鏡面の安定は良好である。掘削時の肌落ち等は少ない。
吹付けの付着		吹付けの自重で地山表面と共に吹付けが剥がれ、天端の砂質土層は吹付け圧および吹付け自重でえぐられる箇所がある。	注入による効果で吹付けの付着は良好。