

凝灰岩層における鏡面 F I T 工法のシフト長延伸化

所属 鹿島建設(株) 東北支店 正会員 ○水島 宣勝
鹿島建設(株) 東北支店 正会員 國谷 光弘
鹿島建設(株) 東北支店 正会員 佐藤 公彦

F I T 工法(FRP Injection Tube Method)は、グラスファイバー製の注入用管をトンネル掘削鏡面に打ち込み、管内部より周辺地山に注入を行う事により鏡面の安定を図る工法である。標準の1シフト長は12.5mであるが、これを約1.5倍に延伸し、施工性・安全性・効率性を高める事が出来たのでその実績を紹介する。

1. 工事概要

大茂内第一トンネル(仮称、秋田県大館市)は、新潟市を起点として青森市に至る日本海沿岸東北自動車道(延長440km)の一部として建設される延長1,823mの道路トンネルである。

本トンネル掘削時に出現した凝灰岩は、軟質で地山強度が低く、内空変位が大きく生じたため、補助ベンチ付き全断面掘削の NATM 工法に合わせてウィングリブ・フットパイル・吹付けインバートによる補助工法を実施しながらトンネルを施工した。また、掘削鏡面の自立性の確保が出来ないため、これを補強する工法の一つである F I T 工法を途中から実施しながらトンネルの掘削を行った。

2. 地質状況

本トンネル周辺の地質は、新第三紀中新世女川階に形成された籠谷層とこれに貫入した石英安山岩を基盤岩とし、籠谷層は泥岩と凝灰岩を伴う石英安山岩溶岩から構成される。本題の凝灰岩は溶岩熱あるいは熱水によって変質した周辺層であり、特に激しい変質を受けてソープストーン化した区間も存在した。

表-1に凝灰岩の土質試験結果を示す通りに、一軸圧縮強さが低く、スレーキング率が高いという特徴を持ち、粘土鉱物による膨圧が発生する可能性を示唆しており、施工中の支保変状や鏡面崩落が予測された。

表-1 土質試験結果一覧表(凝灰岩)

密度	1.98 g/cm ³
含水比	20%
一軸圧縮強さ	12.3 N/mm ²
吸水膨張率	1.19%
塑性指数	80.60%
膨張性粘土鉱物	スメクタイト
膨張性粘土鉱物量	65 meq/100g
浸水崩壊度	D
スレーキング率	100%

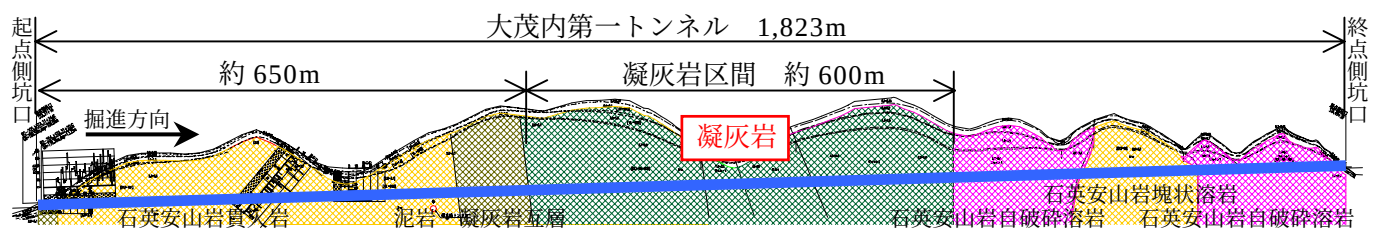


図-1 大茂内第一トンネル 地質縦断面図

3. トンネル切羽鏡面の状況

トンネル掘進550m付近から鏡面に凝灰岩が出現し始め、600m付近から凝灰岩一色となった(写真1)。これ以降の区間において、膨圧によるはらみ出しが発生し最大内空変位は130mmとなったため、吹付けコンクリートにより早期にインバートを閉合しながら掘進を行った。

また、鏡面においては鏡吹付けコンクリートによる鏡面補強を行っていたが、鏡面の崩落(写真2)が発生するに至り、さらなる鏡面補強対策の実施が必要となった為、比較検討および試験施工を実施しF I T工法を採用するに至った。なお、注入材料は早期強度が確保出来、浸透・割烈注入が可能なシリカレジンを採用した。



写真1 凝灰岩出現状況

4. FIT工法のシフト長延伸化

標準の1シフト長は 12.5m（先頭管一本、中間管 2 本、端末管 1 本）、で次のシフトとのラップ長 3.5m を必要とする。このため、トンネルの実掘削長は 9.0m となり、FITの施工延長のうち約 28%がラップロスとなる。この比率を下げ、切羽鏡面での作業時間短縮・安全性の向上を実現するために、シフト長延伸化技術の開発を行った。シフト長の延伸は中間管の本数を段階的に増やす事により行い、シフト長 L=15.5m、18.5m、21.5m の3ケースを実施した。標準のFITシステムを図-2 に示す。



写真 2 崩落状況

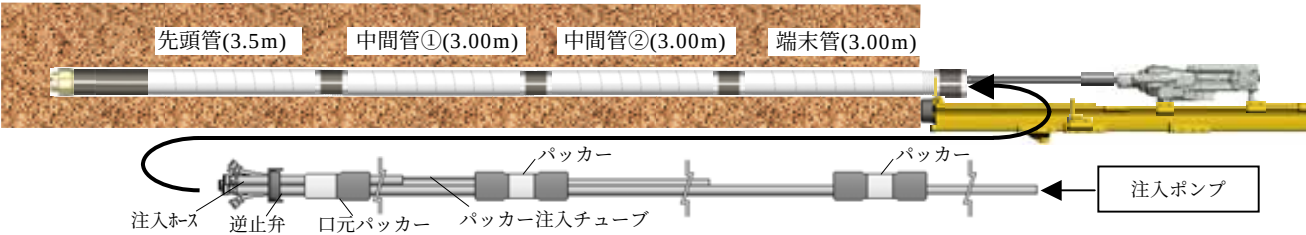


図-2 FITシステム（標準1シフト）

シフト長延伸化に伴うメリットと問題点は以下の通りである。

- a) シフト長延伸によるメリット
 - ①次のシフトとのラップ回数が少なくなることにより、ラップ長分のロスが削減される。
 - ②1シフト当たりの切羽作業時間は延びるが、FITの施工回数が少ないため、危険を伴う作業時間が短縮でき、安全性及び効率性が向上する。
- b) シフト長延伸の為の問題点
 - ①孔時にFIT部材にかかる軸力負担が大きくなり試行中に14本が折損した。（管折損）
 - ②孔曲がりが大きくなり、先端部での位置ずれが大きくなった。（切羽外への逸脱）
 - ③また、注入チューブも長くなる為、地山に注入されるまえに固化する現象が発生した。（管内閉塞）

5. 問題の解決と施工結果

管の折損は主にFIT管の強度限界によるものが大きいですが、孔曲がり大きい場合や削孔時のくり粉が十分に排出されない場合により多く発生したため、削孔速度を低下させると共に削孔水量を増やして是正した。

また、地山に十分な注入を行う為に、注入材（シリカレジン）のゲルタイムを長くし、注入速度を早め、注入管のパッカー位置を分担長さが均等になるように調整した。

表-2 に各ケースの施工結果を示す。

表-2 FIT 施工結果表

シフト長	施工シフト数	ロス率	作業時間比率 (掘削1m当)	注入状態
L=12.5m（標準）	2	28%	1.00	良好
L=15.5m	7	22%	0.88	良好
L=18.5m	14	19%	0.80	良好
L=21.5m	3	16%	0.75	L=19m以奥に注入出来ないケース有り

以上に示すように L=21.5m のケースでは不具合が発生したが、L=18.5m までのケースでは施工可能である事が確認できた。延伸化により、施工総延長 366m を 26シフト（15シフト減）で施工し施工性が高まったと共に作業時間は 17%短縮となり、標準シフト長と同等の効果を確保しながら危険作業の削減が実現出来た。

今後は従来の汎用資機材のままで、削孔精度の向上と注入材のゲルタイム調整により、さらなる延伸化が可能であり、FIT管の部材強度の上昇が実現できれば、より一層の施工性向上・延伸化等が望めると考えている。