

長尺先受け工への動的グラウチング工法の適用

株式会社鴻池組 名古屋支店 前沢トンネル工事事務所 永田常雄
株式会社鴻池組 土木事業本部 技術部 ○正会員 宇田隆彦 福井正規

1. はじめに

近年山岳トンネルでは、急速施工・大断面施工により、切羽や周辺地山の安定化対策として長尺先受け工を採用することが多い。長尺先受け工の注入材は地山状況と施工目的および周辺環境に応じて選択され、セメント系が採用される場合も少なくない。筆者らは、注入圧力に5~10Hz程度の脈動を与えることによりグラウト材の見かけ粘度を低下させ、目詰まりを抑制して、グラウトの流動性・浸透性の向上を図る岩盤注入工法、いわゆる動的グラウチング工法^{1),2),3)}に着目し、セメント系注入材を用いた長尺先受け工法への適用を試みた。図-1に動的グラウチング工法による目詰まり抑制効果の概念を示す。

本稿では、長尺先受け工へ適用する際のシステム概要、注入材、およびトンネル切羽で実施した試験施工の結果について報告する。

2. 予備試験

急硬材入り注入材のゲルタイムによる影響や、鋼管先端での脈動の伝達状況を確認するため、模擬鋼管を用いて予備試験を行った。鋼管の先端には圧力検出装置を取り付け、脈動の伝達状況を確認した。予備試験の状況を写真-1に示す。

2-1 注入材

配合の選定にあたっては、実際の長尺先受け工への適用を考慮し、早期に掘削再開できる強度発現性と逸走抑制性能を有した注入材を選定する必要がある。このため圧縮強度 2.0N/mm^2 (24h)以上、かつゲルタイム調整が可能な中結タイプ1.5ショット方式の注入材を選定した。予備試験に使用したセメント系注入材の配合を表-1に示す。なお、予備試験時のゲルタイムは約5分であったため、鋼管先端で閉塞傾向を示した。

2-2 注入システム

図-2に注入システムの概要を示す。動的グラウチング工法では、圧送経路に組み込んだダンブナー内のゴムチューブをグラウトパルサーのピストンで高速開閉させ、脈動を発生させる(写真-2)。

硬化による配管閉塞を避けるため、混合前のA液とB液を別々に脈動させた。また、混合時に互いに脈動を打ち消さないように、2つのダンブナーを連動させて脈動の同期化を行った。脈動の振動数は7Hz、振幅は注入圧力 $\pm 0.5\text{MPa}$ に設定した。

予備試験の結果、2液を合流させて注入する場合においても、鋼管先端まで圧力振動を伝達できることが確認された。

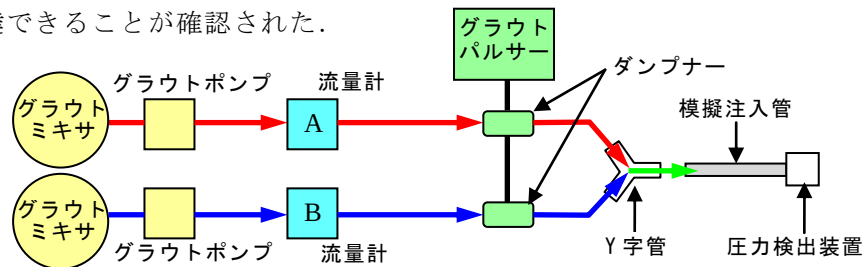


図-2 注入システム

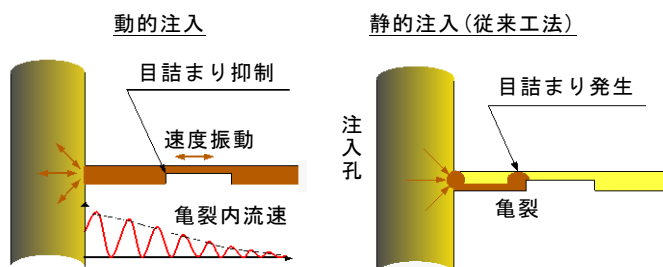
図-1 目詰まり抑制効果の概念³⁾

写真-1 予備試験状況

表-1 注入材の配合（予備試験時）水温：20℃

A液(kg/200L)			B液(kg/200L)		
急硬材 スーパーハード	調整剤 ハードセッター	水	超微粒子セメント アロフィクスMC	混和剤 マイティー150	水
80	0.8	172.4	120	1.2	159.2



写真-2 グラウトパルサー

キーワード 山岳トンネル、長尺先受け工、セメント系注入材、動的グラウチング工法

連絡先 〒136-8880 東京都江東区南砂2丁目7番5号 (株)鴻池組土木事業本部技術部 TEL:03-5617-7790

3. 試験施工

試験施工は、NEXCO 中日本 中部横断自動車道 前沢トンネル工事の上半切羽面で実施した。

3-1 試験概要

(1) 試験位置と鋼管の配置

STA.37+53 (坑口から 31m) の上半切羽面に鋼管を 2m 間隔で 4 本打設した。地山は、亀裂の多い和田島砂岩層シルト岩挟在層の風化岩から成り、切羽右肩部は土被りが小さいため、この付近を避けて静的・動的注入孔を交互に配置した。

(2) 注入材

配合を表-2 に示す。注入材は注入方式毎に着色剤で色分けした(動的注入：赤，静的注入：黄)。水温に合わせて調整剤の量を加減し、ゲルタイムを 10 分程度に調整した(実測値：動的 9 分 41 秒，静的 9 分 34 秒)。

(3) 鋼管とリーク対策

小口径長尺鋼管(φ89.1, t=5.5, L=13.5m, 1 m 毎にスリット入り)を使用した。鋼管口元から約 1 m にはシリカレジンを注入し、バルクヘッドを形成してリークを防止した(図-4)。

(4) 注入システムと注入管理

注入システムは、予備試験時と同様とし、グラウトバルサ以外は車載式とした。1 本当たりの計画注入量は 562 L/本とし、注入速度は 20L/分とした。規定注入圧力は 2.0MPa とし、計画注入量を超えても圧力が上昇しない場合(初期圧+0.5MPa 以下)は、計画注入量の 2 倍を上限として注入量を増量した。

3-2 試験結果

(1) 注入時間と注入量，注入圧力

表-3 に注入結果を示す。4 孔とも規定の圧力に達せず、計画注入量の 2 倍まで注入した。注入完了時の圧力は動的注入孔の方がやや高いものの、注入方式による注入時間や注入量，注入圧力に明確な差はみられなかった。

(2) 注入状況

動的グラウチング工法を用いた場合でも、配管閉塞等のトラブルはなく、安定した注入が可能であることが確認できた。写真-3 に注入完了直後の状況を示す。動的グラウチング工法を用いた No.1 孔と No.3 孔では、静的注入では見られなかった鏡吹付けコンクリートからの注入材の漏出がみられた。これは脈動による浸透性の向上により注入材が地山の微細な亀裂間に入り込み、さらに、目詰まり抑制効果を発揮した結果と考えられる。

(3) 注入材分布の目視確認結果

トンネル掘削時に鏡面に現れる注入材の分布を目視確認した。静的注入を用いた No.2 孔と No.4 孔では、注入材吐出位置(打設深度約 6m)以降は注入材を確認できなかった。一方、動的グラウチング工法を用いた No.1 孔と No.3 孔では、打設深度 11m まで鋼管の周囲や数 m 離れた地山中に脈状の赤い固化体が確認できた(写真-4)。

4. おわりに

今回の試験を通じて、動的グラウチング工法がゲルタイム 10 分程度のセメント系注入材を使用する長尺先受け工にも適用可能であることを確認できた。今後は、静的注入では注入が困難な地質での比較や、注入設備のコンパクト化等の改良に取り組み、実際の施工に適用していきたいと考える。

参考文献

- 1) 平，他：長尺模擬岩盤亀裂への動的注入試験，土木学会第 51 回年次学術講演会講演概要集，pp.640-641，1996。
- 2) 内田，他：ダム基礎グラウチングにおける動的注入工法の開発，大ダム，Vol.44，No.177，pp.108-115，2001。
- 3) 平，他：動的グラウチング工法のダム基礎グラウチングへの適用 (2)，鴻池組技術研究報告，pp.39-42，2003。

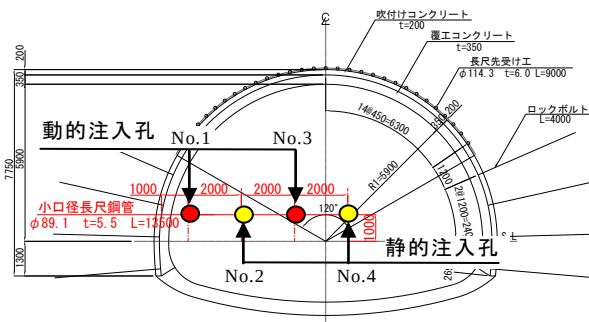


図-3 試験位置 (STA.37+53)

表-2 注入材の配合 (試験施工時) 水温：7℃

A液 (kg/200L)			B液 (kg/200L)			
急硬材 スーパー ハード	調整剤 ハード セッター	水	超微粒子 セメント アロフィ クスMC	混和剤 MC ヘルパー	着色剤 (顔料)	水
80	0.6	172.5	120	2.4	3.6	158.1

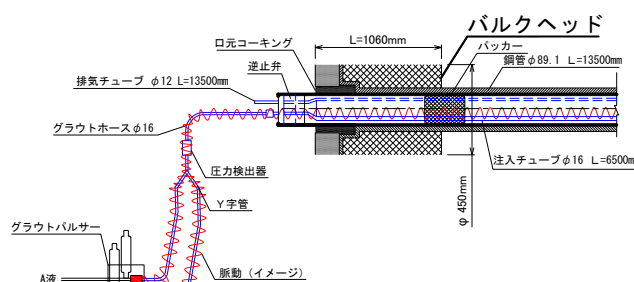


図-4 鋼管とバルクヘッド

表-3 注入結果

注入 方式	周波数 (Hz)	注入 順序	孔番号	注入時間 (分)	注入量 (L)	注入初期 圧力(MPa)	注入完了 圧力(MPa)
静的	-	1	No.4	57	1,124	0.21	0.67
		2	No.2	58	1,124	0.30	0.39
動的	7	3	No.3	63	1,124	0.42	0.99
		4	No.1	54	1,124	0.30	0.73

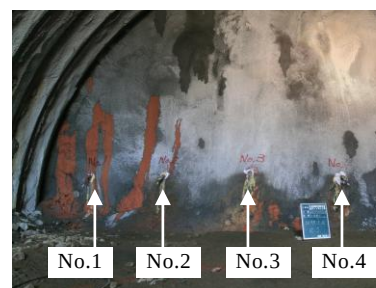


写真-3 注入完了状況

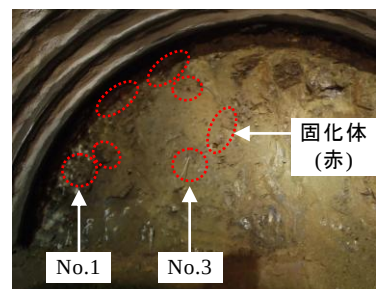


写真-4 効果確認 (STA.37+64)
(打設深度 11m)