

無機系材料を用いた1液性可塑状のトンネル裏込め注入工法の開発

(株)大林組 正会員 青木 茂^{*1} 新村 亮^{*1} 田中将希^{*1}
 (財)鉄道総合技術研究所 正会員 小西真治^{*2} 小島芳之^{*2} 佐藤 豊^{*2}

1. はじめに

トンネルの補修では、覆工コンクリート背面に空隙がある場合に注入材料を充填することで、覆工に局部的に不均等な荷重がかかることを防ぎ、覆工コンクリートの変状と地山の安定を確保する必要がある。トンネル覆工の背面空隙や地下空洞などの裏込めに従来用いられてきた発泡モルタルは、流動性が高い反面、地山や目地への漏洩や、水に対する分離抵抗性が危惧される。また、湧水下で使用できるものとして、有機系発泡材料があるが、経済性の面から、最近では、水に希釈されにくく、圧送を停止すると自立する特性があり、所定の範囲に限定的に注入可能な可塑状グラウトの使用が増えている。

可塑状グラウトは粘性が高くポンプ圧送が困難なため、長距離でも圧送できるようにセメント系材料と可塑材を別々にポンプ圧送し、圧送管先端で混合する2液方式が多く採用されているが、設備にかかるコスト面で課題があった。今回開発した裏込め注入工法は、全材料を練り混ぜた1液性の可塑状グラウトを1台のポンプで圧送する低価格をめざした裏込め注入工法である。本稿ではこの工法の基礎的な特徴について述べる。

2. 特徴

以下に本工法の特徴を示す。

(1) 製造方法

本工法で使用する注入材は、コンクリート工場で製造しトラックアジテータ車で運搬してきたモルタルに、特殊増粘材スラリーを投入し、混合・攪拌することにより製造する。材料が少なく、製造機械が小規模ですみ、高価な材料や特殊機械も使用しない。また、坑内での充填材製造工程が不要となり、制約された時間内に充填作業時間を長くとることができる。

(2) 注入方法

1液性で長時間の圧送が可能なため、通常のもルタルポンプで注入作業が可能である。

(3) 高信頼性

1液性のため、注入材の品質確認が容易である。

(4) 可塑性

加圧や振動により流動する性質を有し、限定注入が可能である。水中分離抵抗性があり、覆工のひび割れや目地からの材料漏洩が少ない。

(5) 多機能性

セメント量・特殊増粘材量・遅延剤量を増減させることにより、流動性保持時間・設計基準強度・水中分離抵抗性の調整が可能であり、配合の自由度が高い。

施工関連設備の配置と施工個所の設定が容易に調整でき、工程など施工条件の変化にも柔軟に対応可能である。

3. 配合および使用材料

表-1に配合例を、表-2に使用材料を示す。

ここでは、水中分離抵抗性の程度により、2タイプの配合例を示す。設計基準強度が異なるのは、水中タイプにおいて水中分離抵抗性を高めるために、セメント量を増加させることによるものである。

特殊増粘材は無機系材料であり、遅延剤はソイルセメント用超遅延剤である。

表-1 注入材の配合

タイプ	湧水の有無	標準比重	設計基準強度	注入材 1m ³ 当り	
				モルタル	特殊増粘材スラリー
水中	有り	1.40	3.0	1:1 0.25 m ³	0.75 m ³
一般	無し	1.55	2.0	1:3 0.40 m ³	0.60 m ³

強度：N/mm²、1:1・1:4 はセメントと砂の質量比

表-2 使用材料

	種類
セメント	高炉セメントB種
骨材	細骨材
特殊増粘材	無機系
遅延剤	ソイルセメント用

キーワード：空洞充填、裏込め注入、可塑状グラウト、コストダウン

^{*1} : 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティB棟 TEL 03-5769-1324 FAX 03-5769-1979

^{*2} : 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 TEL042-573-7266 FAX 042-573-7248

4. 物性値および材料特性

(1) 物性値

表 - 3 に注入材の主な物性値を示す。

表 - 3 注入材の物性値

項目	規格	物性値
モルタルフロー	JIS R 5201	160 ~ 220 mm
圧縮強度 (28 日)	JIS A 1107	1 ~ 7 N/mm ²
ブリーディング	JSCE F 532	0.2 %未満
六価クロム溶出量	JIS K 0102	0.01 PPM 未満

土壤環境基準：0.05 PPM 以下

(2) 可塑性

写真 - 1 は、モルタルフロー試験時の性状を示している。フローコーンの引抜き後（写真：左）の注入材は自立しているが、振動（写真：右 振動15回後）を与えることにより注入材は流動する。



フローコーン引抜き後（自立状態） 15回振動後（流動状態）

写真 - 1 注入材の可塑性

(3) 水中不分離性

図 - 1 に水中不分離性試験の結果を示す。

この試験では 20cm × 36cm × 29cm の水槽の底面上で、注入材を詰めた 8cm × h8cm のフローコーンを引き上げ、光の透過率、pH の経時変化を測定した。なお、グラフ内の初期とは、注入開始前の水道水の値を示している。スペースパックでは濁度、pH ともほとんど変化が見られない。

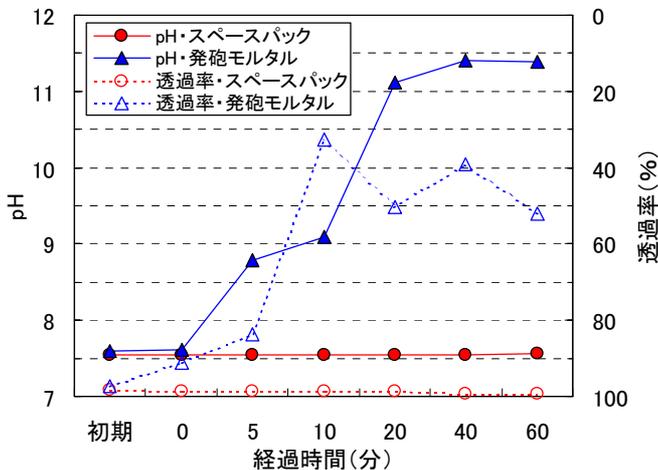


図 - 1 水中不分離性試験結果

(4) 強度特性

設計基準強度により水セメント比を決定する。図 - 2 に配合種類毎のセメント水比と圧縮強度の関係を示す。水セメント比を適切に選定することにより、強度を自由に設定できる。

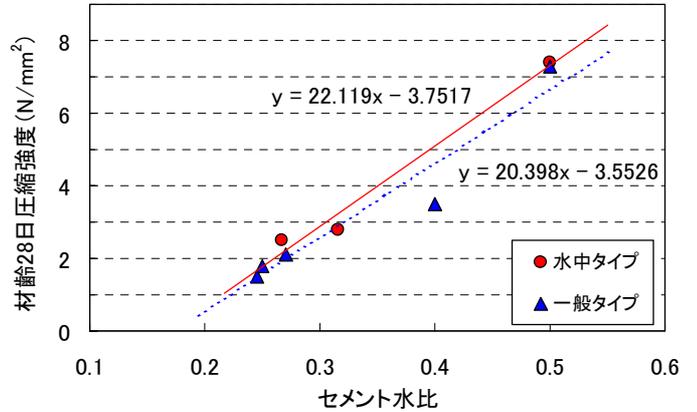


図 - 2 セメント水比と圧縮強度の関係

(5) 流動性保持特性

流動性保持時間により遅延剤量を決定する。図 - 3 に遅延剤量を変化させた場合のモルタルフローの経時変化を示す。遅延剤の添加率を調整することにより最大 8 時間まで流動性を保持することができる。

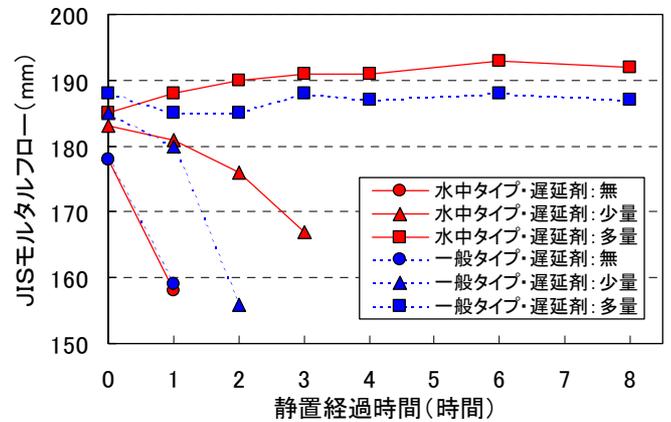


図 - 3 流動性の経時変化の一例（温度：20℃）

5. おわりに

当該工法は、トンネル覆工コンクリートの背面空隙部などへの裏込め注入（限定注入）や、水中または湧水のある空洞部への注入などの様々な工事への適用が考えられる。トンネルのリニューアル工事に採用することで、構造物の耐久性・安定性の向上が図れるものと期待される。

【参考文献】スペースパック工法 設計・施工マニュアル，スペースパック研究会編，2002.3