

トンネル裏込め充填用可塑性注入材の軽量化に関する検討

株式会社大林組 正会員 ○橋爪 正博
 株式会社大林組 正会員 松野 徹
 株式会社大林組 正会員 三浦 律彦
 株式会社大林組 正会員 青木 茂

1. はじめに

検討対象としたトンネル裏込め充填材は、近年使用実績を重ねつつある1液性の可塑性注入材¹⁾(標準タイプと呼ぶ)である。標準タイプの密度は 1.4g/cm^3 程度であるが、覆工コンクリートの厚さが部分的に薄く弱い箇所では、より軽量の充填材(軽量タイプ)が求められる場合もある。そこで1液性の可塑性注入材の軽量化を目的として、多量の空気泡を練混ぜ時に起泡させる方法について検討を行った。検討においては、室内及び実機による材料性能試験と長距離圧送実験および模擬型枠充填実験を行い、裏込め充填材としての性能、品質を確認した。

2. 製造方法と使用材料

表-1に注入材(標準タイプ)の配合例を、表-2に使用材料を示す。標準タイプは、生コンクリート工場で製造しトラックミキサー車で運搬してきたモルタルに、現場で製造した特殊増粘材スラリーおよび遅延剤を投入し、混合・攪拌することにより製造する。これに対し、軽量タイプは特殊増粘材スラリー製造時に起泡剤を添加するもので、スラリーの練混ぜと同時に気泡を混入させるものである。

なお、起泡剤の主成分はアルキルサルフェート系の界面活性剤である。

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
起泡剤	界面活性剤

表-3 材料物性値

項目	標準タイプ	軽量タイプ
密度	1.40 ~1.56	1.12 (空気量20%)
強度	1~7N/mm ²	0.5~2N/mm ²
JHS フロー値	130±25 mm	130±25 mm

表-1 標準タイプ配合例

密度 (g/cm ³)	注入材 1m ³ 当り	
	モルタル C/S=1	特殊増粘材 スラリー
1.40	0.25m ³	0.75m ³

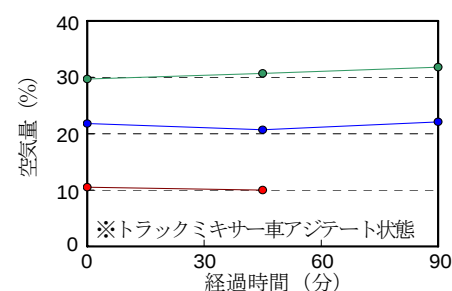


図-1 空気量経時変化

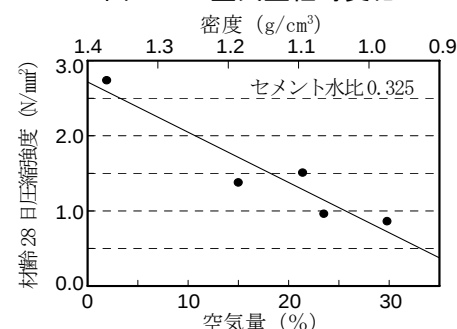


図-2 空気量(密度)と圧縮強度

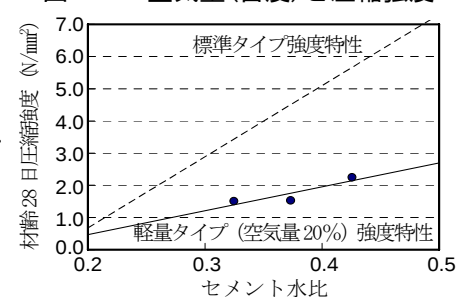


図-3 セメント水比と圧縮強度

3. 物性値および材料特性

(1) 材料物性値

表-3に標準タイプと軽量タイプの材料物性値を示す。

(2) 品質安定性

図-1に空気量の経時変化を示す。90分経過後も空気量は安定している。なお、フロー値の経時変化も遅延剤量の調整により安定し、標準タイプ同様の流動性保持特性が確認できた。φ30cm×H100cm試験体での収縮沈下量(空気量20%の場合)も標準タイプ同様約1.0%である。これらから空気泡混入の影響は認められず、軽量タイプの品質安定性が確認された。

(3) 強度特性

図-2に空気量(密度)と圧縮強度の関係を示す。図-3に空気量20%時のセメント水比と圧縮強度の関係を示す。空気量と圧縮強度には相関関係があり、空気量の増加(密度の減少)に応じて圧縮強度は低下する。

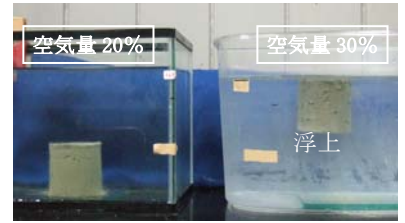
キーワード トンネル裏込め充填材、軽量化、水中分離抵抗性、長距離圧送性

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南2-15-2 品川インターシティB棟 TEL 03-5769-1319

一方、同一空気量ではセメント水比の増加に対して圧縮強度が増加する。これより施工条件に応じて、密度（空気量）・セメント水比を適切に選定することで、強度の設定ができるものとする。

(4) 水中分離抵抗性

写真－1 に水中でJHSフロー試験の容器を引き上げた状況を示す。空気量を30%混入した場合（密度 0.97 g/cm^3 ）でも水中にて分離せず懸濁も生じていない。なお、水のpHと透過率は90分経過後まで測定を行ったが、変化は認められなかった。



写真－1 水中分離抵抗性試験

4. 長距離圧送実験・模擬型枠充填実験

実験は3B配管を使用した500mのポンプ圧送及び模擬型枠への充填実験とし、圧送量は $5 \text{ m}^3/\text{h}$ (80 l/min) 前後とした。圧送は60分間の循環圧送後、30分間停止し再圧送を行った。写真－2 に圧送配管状況を示す。



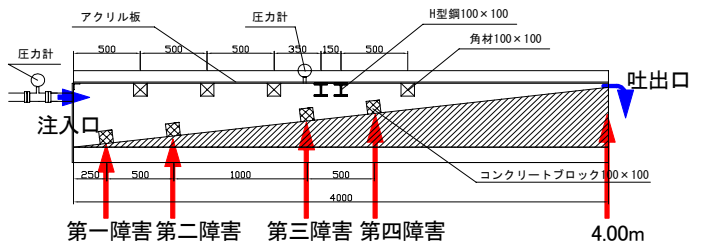
写真－2 圧送配管状況

(1) 長距離圧送性能

表－4 に空気量20%での500m圧送実験結果を示す。これより空気量は500m圧送後もほとんど変化しないことが確認される。フロー値は500m圧送後でやや大きくなる傾向にあるが、規格値内 ($130 \pm 25 \text{ mm}$) にある。ポンプ圧送圧は、圧送距離に比例して増加し、配管100m当りの圧力損失は 0.64 MPa である。標準タイプ500m圧送実験での圧力損失 $0.69 \sim 0.81 \text{ MPa}$ (フロー値 105 mm)¹⁾ と比較すると、圧力損失はほぼ同等である。これらから空気泡混入によるポンプ圧送性への影響はなく、軽量タイプは長距離圧送性も良好であることが確認された。

表－4 500m圧送実験結果（空気量20%）

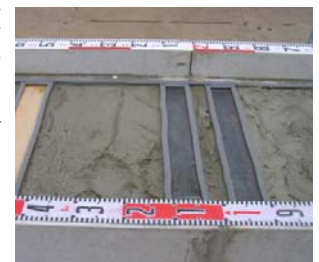
測定項目	圧送前	圧送距離			循環 圧送時	再 圧送時
		180m	340m	500m		
経過時間	0:00	0:14	0:25	0:37	1:00	1:30
空気量	21.8%	—	—	21.3%	—	—
フロー値	123mm	—	—	140mm	—	—
圧送圧	0.0MPa	1.2MPa	2.2MPa	3.2MPa	3.4MPa	3.4MPa
元圧筒先	—	—	—	—	0.4MPa	0.2MPa



図－4 模擬充填型枠

(2) 充填性能

図－4 に充填実験で用いた模擬型枠を示す。充填実験は注入材が先端吐出口より流出した時点で終了とした。注入材は、まず水平を保ちながら上昇し、第三～第四障害通過にかけて注入側から徐々に上部の障害物間に充填されはじめ、4m 到達時には上部の障害物間は100%充填された。写真－3 はH型鋼が連続する箇所の充填状況であるが、H型鋼内部にも確実に充填されていることが確認できる。なお充填時、注入口及び2m位置に設けた圧力計の上昇は認められなかった。



写真－3 充填状況

5. まとめ

1 液性の可塑性注入材の軽量化を目的として、室内及び実機試験を実施した。その結果、軽量タイプの材料性能や裏込め充填材としての施工性能等について判った事項を以下に示す。

- ① 1 液性可塑性注入材標準タイプに起泡剤を添加することにより、安定した空気量を確実に混入することができ、流動性、水中分離抵抗性において標準タイプと同等の材料性能のあることが確認された。
- ② 起泡剤が混入した軽量タイプでも500mの長距離圧送が可能であり、圧送後も材料性能は維持され、ポンプ圧送圧も空気泡混入による影響は認められなかった。
- ③ 模擬型枠への注入において、標準タイプと同様に高い充填性が確認された。

参考文献

- 1) 田中将希・新村 亮・青木 茂・仲家順次：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，土木建設技術シンポジウム2003