

液体系急硬材を使用した 2 液型超微粒子セメント注入材の開発

太平洋マテリアル(株) 非会員 羽根井 誉久
(株)カテックス 正会員 ○岩本 昭仁, 足立 忠彦
岡山大学 正会員 小松 満, 高橋 啓介

1. はじめに

セメント系注入材は地盤改良や止水を目的として広く使用されており、従来からのセメントミルクの硬化時間（ゲルタイム）を調整可能にした 2 液型注入材¹⁾や、地山への浸透性向上を図るための超微粒子セメント²⁾等が開発されている。しかし、従来の 2 液型セメント注入材は粉体系急硬材を使用するものが主流となっており、この粉体系急硬材の粒径が大きいため、砂層や粘性土などの難浸透性地山では地山への浸透が不十分で期待された効果が得られにくいという難点があった。そこで、液体系急硬材を超微粒子セメントと組み合わせることにより、高い浸透性が得られる「トンネル補助工法用注入材」を開発した。本報告は、従来の粉体系急硬材を使用した注入材と液体系急硬材を使用した注入材の浸透性の比較を行った結果について述べる。

2. 試験概要

(1) 使用材料および配合

試験に使用した超微粒子セメントは平均粒径が約 4μm であり、カルシウムアルミネートを主成分とした従来の粉体系急硬材およびコロイダルシリカを主成分とした液体系急硬材を組み合わせることにより注入材を作成した。表-1 に試験に使用した注入材の 1m³あたりの標準配合を示す。なお、液体系急硬材を用いた配合を注入材①、粉体系急硬材を用いた配合を注入材②と称する。

(2) 試験方法

表-2 に試験項目と試験方法を示す。ゲルタイムは注入材①については瞬結（数秒）から中結(数分)まで設定可能であるため、5 秒、1 分、5 分の 3 点にて確認し、注入材②については中結の 5 分に設定し、カップ倒立法により測定した。粘性は注入材①および②の A 液、B 液、A+B 混合液について B 型粘度計を用いて測定した。圧縮強度は JIS A 1216 に準拠し、材齢：1 および 7 日で試験を行った。浸透性試験は直径 φ54×高さ 100mm の砂層供試体（5 号、6 号珪砂、豊浦珪砂）に対し、注入材①、注入材②をそれぞれ 200ml 流し込み、浸透に要した時間と浸透した長さを測定した。浸透性試験方法を図-1 に示す。

表-1 各注入材の標準配合

	A 液(500L)		B 液(500L)	
注入材①	超微粒子セメント	300kg	液体急硬材	200kg
	分散剤	3.0kg	調整剤	3～15kg
	水	398kg	水	321kg
注入材②	超微粒子セメント	300kg	粉体急硬材	200kg
	分散剤	6.0kg	調整剤	0.4～2.0kg
	水	395kg	水	431kg

表-2 試験項目と試験方法

試験項目	試験方法	備考
ゲルタイム	カップ倒立法	ゲルタイム 注入材①:5 秒,1 分,5 分 注入材②:5 分
粘性	B 型粘度計	注入材①,②の A 液, B 液, A+B 混合
圧縮強度	ホモゲル	JIS A 1216 材齢:1 日,7 日
浸透性	自然流下浸透	砂の種類:5 号,6 号珪砂,豊浦珪砂

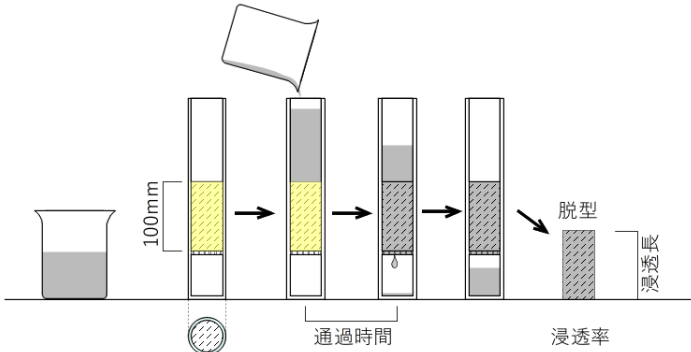


図-1 浸透性試験方法

キーワード 液体急硬材, 2液型セメント系注入材, 補助工法, 低粘土, 高浸透, ゲルタイム
連絡先 〒460-8331 名古屋市中区上前津 1 丁目 3 番 3 号 (株)カテックス TEL : 052-331-8821

3. 試験結果

(1) ゲルタイム

ゲルタイムの試験結果を表-3に示す。注入材①は調整剤の添加により、5秒から7分までのゲルタイム調整が可能であった。注入材②はゲルタイムを5分以下にすることは不可能であった。このことから注入材①は施工条件や目的に適したゲルタイムを設定でき、例えば、地山内で生じる注入材の逸走を抑制できるものと考えられる。

(2) 粘性

各注入材のA液、B液の粘性試験結果を表-4に、A+B混合液の粘度経時変化を図-2に示す。液体系急硬剤を使用することでB液の粘度が低くなっていることから、注入材①は混合液の粘度も低くなっている。また、注入材①は混合後の粘度上昇が緩やかであり、混合後120秒までは粘度上昇がない。これらの特徴により粉体系急硬材を配合した注入材②より浸透性に優れるものと考えられる。

(3) 圧縮強度

圧縮強度試験結果を表-5に示す。注入材①、②の圧縮強度に大きな相違は認められなかった。

(4) 浸透性

浸透長の比較を図-3、浸透状況を写真-1に示す。注入材①は注入材②より同程度か浸透長が長く、また、各砂層で試験器具の底面まで浸透していることが確認された。

4. まとめ

今回実施した試験結果より、液体系急硬剤を使用した2液型超微粒子セメント注入材の特性について、従来の粉体系と比較することで得られた知見を以下に列挙する。

- ① 注入材の粘度が低く、また、混合後の粘度上昇が緩やかであることから、浸透性の向上が期待できる。
- ② 実際に砂層への浸透試験結果から、浸透性に優れていることが確認できた。
- ③ 施工条件や目的に適したゲルタイムに設定できることから、地山内における注入材の逸走を抑制できる可能性が示唆された。
- ④ 圧縮強度の相違は認められなかった。

今後は、砂層の条件（飽和度、乾燥密度等）を変化させることで、より詳細な浸透性の評価を実施する予定である。

【参考文献】1) 秋田勝次, 井浦智実, 朝倉俊弘: セメント水ガラス注入材の凝固時間の制御に関する研究, 土木学会論文集 F1 (トンネル工学), Vol.66, No.1, pp.69-78, 2010. 2) 小泉悠, 田中俊行, 竹内仁哉, 金沢智彦, 西垣誠: 極超微粒子セメント注入材による砂質土地盤への注入工法の開発, 材料, Vol.61, No.1, pp.52-57, 2012.

表-3 ゲルタイム試験結果

	目標値	5 秒	1 分	5 分
注入材①	調整剤添加率	1.0%	2.4%	3.6%
	ゲルタイム	4 秒	59 秒	7 分
注入材②	調整剤添加率	—	—	0.2%
	ゲルタイム	—	—	5 分 33 秒

表-4 A 液および B 液の粘度 (単位 : mPa/s)

	A 液	B 液
注入材①	20	3
注入材②	13	50

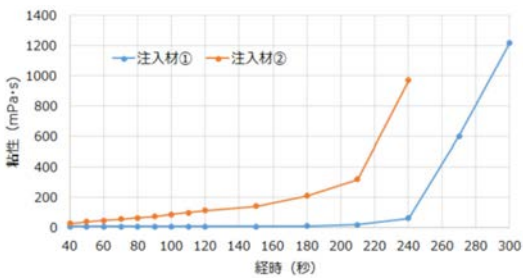


図-2 A+B 混合液の粘度経時変化

表-5 ホモゲル圧縮強度 (単位 : N/mm²)

	1 日		7 日	
注入材①	1.6	平均 1.7	4.7	平均 4.5
	1.6		4.2	
	1.8		4.5	
注入材②	2.2	平均 2.0	3.8	平均 4.0
	2.1		4.2	
	1.8		4.1	

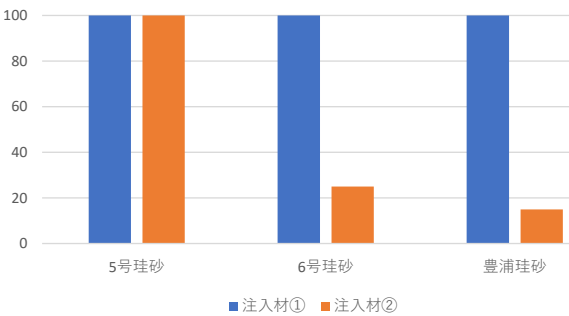


図-3 浸透長の比較 (縦軸 : 高さ mm)

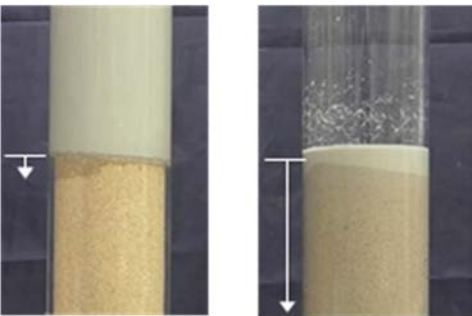


写真-1 試験状況 (左 : 粉体系, 右 : 液体系)