

無機系高強度高耐久性注入材の研究開発

ショーボンド建設株式会社

正会員

○山崎 大輔

株式会社グラテクセンターシモダ

正会員

吉島 聖

有限会社シモダ技術研究所

下田 一雄

1. はじめに

地中構造物の空洞等に充填する注入材は、構造上高強度・高耐久性が要求される場合、一液性のコンクリート、またはモルタルが使用されている。しかし、地中構造物内部あるいは背面のような締固め作業が難しい箇所では、充填性と限定注入性を両立させることは難しい。

そこで、東京湾横断道路（アクアライン）のシールドトンネルにも採用されている二液性比例混合の耐久性に優れた可塑状裏込め材の基本技術を応用し、構造物の補修・補強を目的とした二液性等量混合の高強度高耐久性注入材を開発した。本稿では、この注入材の化学的ならびに物理的性質の実験結果を報告する。

2. 注入材の概要

本研究で開発した注入材は2種類あり、それぞれ異なる性質を示す。

①ゲルタイムを有し早期強度発現性に優れる高強度高耐久性注入材（CH-1）

早期強度発現性に優れた高強度の注入材である。促進剤を使用することでゲルタイムを調整することが可能であり、3時間で4N/mm²の早期強度発現性を有する。また、材齢28日では30N/mm²とコンクリートに匹敵する強度を有する。

②可塑状注入材(CH-2)

耐水部への注入に適した可塑状注入材であり、材齢28日では18N/mm²以上の強度が得られる。

3. 実験概要

表-1 配合表

実験に用いた材料は、固化剤としてセメントおよびスラグ微粉末、促進剤として消石灰、助剤として特殊ケイ酸ナトリウム、粘着剤として粘土鉱物粉末を用いた。CH-1 および CH-2 の配合を表-1 に、フレッシュ性状を表-2 に示す。なお、配合表中の Base 配合は、東京湾横断道路のトンネルに採用された配合である。各種実験には4×4×16cmの供試体（固結体）を用いた。

配合	A液（500ℓ）				B液（500ℓ）			
	固化剤A (kg)	促進剤 (kg)	粘着剤 (kg)	水 (ℓ)	固化剤B (kg)	助剤 (kg)	粘着剤 (kg)	水 (ℓ)
CH-1	375	0～37.5	－	377	375	100	－	271
CH-2	250	－	5	416	250	75	20	331
Base	A液（920ℓ）				B液（80ℓ）			
	固化剤+促進剤 (kg)		粘着剤 (kg)	水 (ℓ)	助剤 (ℓ)			
	300		60	793	80			

表-2 フレッシュ性状

3. 1. 早期強度発現性

湿潤状態における早期強度発現性を評価するため、打設後、試験体を湿空養生して1時間おきにJIS R 5201に準拠して一軸圧縮強度を測定した。

配合	A液			B液			A+B液		
	可使時間	フリーズンク [※] 1H後	流動性 (テーパーフロー)	可使時間	フリーズンク [※] 1H後	流動性 (テーパーフロー)	ゲル化時間	フリーズンク [※] 1H後	可塑状 保持時間
CH-1	5時間	5%以下	54cm	1日以上	5%以下	63cm	10-60秒	0%	20秒
CH-2	6時間	5%以下	50cm	1日以上	5%以下	48cm	5-30秒	0%	約20分

※テーパーフローは、JIS A 313による。

3. 2. 長期強度の安定性

水中での長期的な強度安定性（耐久性）を評価するため、打設後、清水および海水（人工）中に敷き詰めた砂の中に供試体を埋没させ、所定時間ごとにJIS R 5201に準拠して一軸圧縮強度を測定した。

キーワード 空洞充填，高強度，高耐久性，注入材

連絡先 〒103-0015 東京都中央区日本橋箱崎町7番8号 ショーボンド建設株式会社 TEL03-6861-8101

3. 3. アルカリ成分の溶脱

長期耐久性に影響をおよぼす水中でのアルカリ成分の溶脱を評価するため、試験体を 10 倍の容積の養生水に浸漬して pH を測定し、その都度、養生水を取り換えた。なお、比較用試験体として CB (1m³ あたりセメント 400kg, ベントナイト 75kg, 水 845ℓ) を用いた。

4. 実験結果と考察

4. 1. フレッシュ性状

注入材 CH-1・2 は、表-2 に示すように、混合前は流動性が良く圧送性に富んでいる。また、ゲル化時間を有しているため、細部充填から限定注入まで対応可能である。

可塑状保持時間は、CH-2 が 20 分であるのに対して、CH-1 が 20 秒と極端に短い。これは、ケイ酸ナトリウムの濃度、固化剤に対する割合¹⁾、さらに固化剤量の違い²⁾によるものであり、早期強度発現性に関係している。

4. 2. 早期強度発現性

早期強度発現性の結果を図-1 に示す。CH-1 は 3 時間で 4.2N/mm² (CH-2 は 1.5N/mm²) を示している。ケイ酸ナトリウムがスラグの潜在水硬性反応を刺激し、強度発現性が向上することが知られている¹⁾。前述のように、スラグ-セメント-ケイ酸ナトリウム-水を最適混合比率としたことで、Base 配合に比べ、より早い強度の立ち上がり、より高い強度が得られている。

4. 3. 長期の強度安定性

長期強度の測定結果を図-2 に示す。清水と海水ともに 2 年養生時点で CH-1 が約 31N/mm²、CH-2 が約 23N/mm² と弱材齢での強度に対してほぼ差異は見られず、高強度を保持している。

Base 配合が約 9N/mm² で 10 年間強度の低下が見られず安定していることから、より富配合で高強度である注入材 CH-1・2 は、同程度以上の耐久性を有しているものと考えられる。

4. 4. アルカリ成分の溶脱

pH の測定結果を図-3 に示す。固結体からのアルカリ成分の溶脱による pH の変化をみると、注入材 CH-1 は、CB より溶脱が少なく、かつ溶脱の減少が著しく早期に水質基準値 (pH8.6 以下) に達している。強アルカリ成分であるケイ酸ナトリウムを含まない CB よりも含んだ CH-1 の方が溶脱が少ないのは、ケイ酸ナトリウムとスラグの反応によりアルカリ成分が消費されている、もしくは固結体内に取り込まれているものと推測される。

5. まとめ

以上で述べたように注入材 CH-1 および CH-2 は、充填性に優れ、高強度と高耐久性を備えていることから、地中構造物の補修・補強に使用可能と考えている。

<参考文献>

- 1) 三木五三郎, 斎藤孝夫, 他: 裏込め注入工法の設計と施工, 山海堂
- 2) 加藤和夫, 下田一雄, 他: 耐久性裏込め材 (水ガラス系) の開発研究 (その 2), 土木学会第 48 回年次学術講演会講演概要集, pp. 130~131, 1993

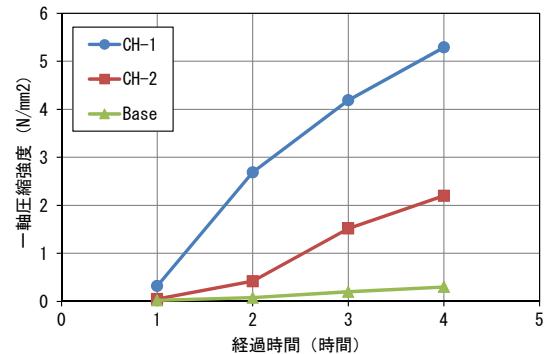


図-1 早期強度発現性

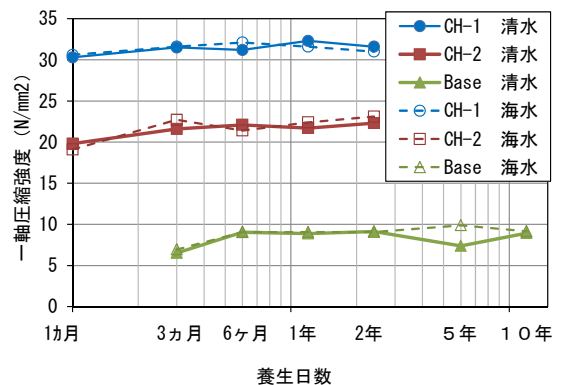


図-2 長期強度測定結果

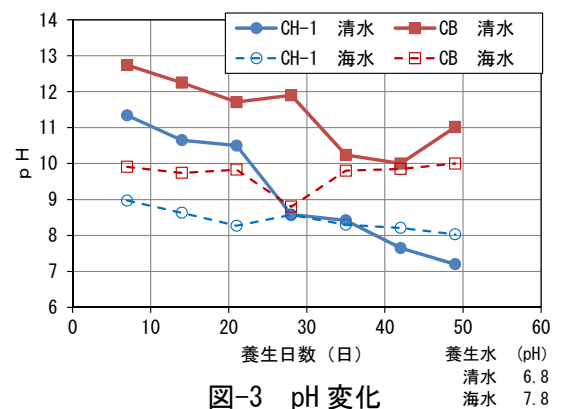


図-3 pH 変化

養生水 (pH)
清水 6.8
海水 7.8