

セメント水和物を配合した裏込め注入材の諸性状について

住友大阪セメント 正会員 ○金井 謙介
蛇見 眞悟
正会員 榊原 弘幸

1. まえがき

シールド工法において、テールボイドの充填に使用される裏込め注入材料には、高流動性、低ブリーディング性、強度発現性等の性能が求められる。これら条件を満たす材料として、セメントを主材としたミルク（A液）と水ガラス（B液）を併用した2液性注入材料が多用されている。A液には、ブリーディングを抑制し、配管内の閉塞を防止する目的でベントナイトが配合されるのが一般的である。しかしながら、ベントナイトはセメントと同時に添加・混練した場合、A液が著しくブリーディングを起こす。このため、施工現場におけるA液の混練は、ベントナイトを混練水で十分に膨潤させた後にセメントを投入する、いわゆる“二段混練”を行うのが通常であり、必要原材料をすべてプレミックスした施工性の高い材料の開発が望まれている。本研究では、ベントナイトを使用しないブリーディング抑制の一施策として、セメントを水和させて作製したセメント水和物粉末に着目し、ベントナイトを使用しないA液材料のプレミックス化について検討を行ったので以下に報告する。

2. 試験の概要

2.1 セメント水和物の製造

セメント水和物の製造フローを図-1に示す。80の温水160kgに早強ポルトランドセメント（HC）40kgを添加したスラリーを、振動ミルにて3時間湿式粉碎・水和反応させた後、高速デカンターにて脱水ケーキを得た。ケーキは連続式間接加熱乾燥機にて3%_{WB}以下の含水率となるように乾燥した後、空気分級機にて解砕し、表-1に示す物性値を持つセメント水和物粉末を得た。

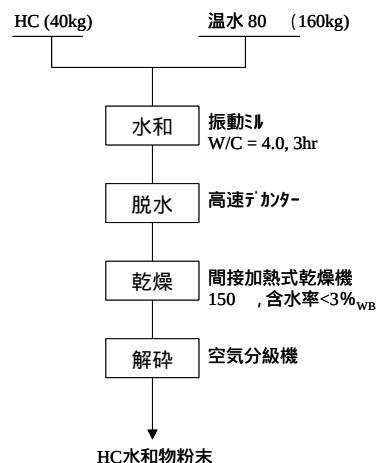


図-1 HC水和物の製造フロー

2.2 裏込め注入材の試験方法

使用材料を表-2に、裏込め注入材の配合を表-3に示す。B-0配合のA液は、混練水とベントナイトを先練りし、十分に分散させた後にセメント及び遅延剤を添加し、再混練して作製した。HC水和物粉末を添加した配合はプレミックス品とした。得られたA液について、単一円筒型粘度計による粘度の経時変化、ブリーディング率の測定を行った。また、A液をB液と混合しゲルタイム、および圧縮強度を測定した。

表-1 HC水和物粉末の物性

強熱減量 (wt%)	密度 (g/cm ³)	平均粒子径 (μm)	BET比表面積値 (m ² /g)
18.9	2.15	2.91	105

表-2 使用材料

材料	記号	仕様等
A液	固化材	C 住友大阪セメント社製 普通PC
	助材	B 株式会社 穂高印ベントナイト
		H HC水和物
	遅延剤	Gu グルコン酸ナトリウム
		Cl クエン酸ナトリウム
		Su サッカース
混練水	W	水道水
	B液	3号水ガラス75vol%溶液

表-3 裏込め注入材料の配合

配合名	A液の単位量 (kg/m ³)						B液 (L/m ³)
	C	B	H	Gu	Cl	Su	
B-0	90	---	---	1.0	---	---	885
H100-Gu	---	100	0.5~3.0	---	---	---	874
H100-Cl	---	100	---	0.5~3.0	---	---	874
H90-S	---	90	---	---	---	1.5	879
H100-S	---	100	---	---	---	0.5~3.0	874

キーワード：シールド工法，裏込め注入，セメント水和物

連絡先：〒274-8601 千葉県船橋市豊富町 585 住友大阪セメント TEL047-457-0184 FAX047-457-7871

3．結果及び考察

3-1．ブリーディング

図-2 に遅延剤添加率とブリーディング率の関係を示す．HC 水和物粉末を配合した A 液のブリーディング率は，遅延剤の種類によって差異があり，ペントナイト配合で一般に使用されるグルコン酸ナトリウム（G）の添加によって，ブリーディング率の増加がみられた．試験に使用した遅延剤の中では，サッカロース（S）が良好な結果を示した．また，ペントナイト配合（B-0）のブリーディング率は9%であり，この程度のブリーディング率であれば使用に問題ない範囲であると考えられる．

3-2．A 液粘度

練り上がり直後から，24 時間までの A 液粘度の経時変化を測定した．試験結果を図-3 に示す．遅延剤としてサッカロースを 0.6% 添加した場合，24 時間後においても，B-0 同等の粘度を示した．また，HC 水和物粉末を使用した A 液の練り上がり直後の粘度は $0.8 \text{ dPa}\cdot\text{s}$ 程度であり，B-0 配合（ $17 \text{ dPa}\cdot\text{s}$ ）より著しく低い値を示した．

3-3．ゲルタイム

図-4 に B 液添加量とゲルタイムの関係を示す．水ガラス系 2 液性裏込め材のゲルタイムは，限定範囲への注入，地下水による希釈防止等の理由から A, B 液混合後はできるだけ早期に可塑させる必要があり，その時間は約 3 秒から 20 秒以下とされている¹⁾．HC 水和物粉末を用いた裏込め材料のゲルタイムは 8～18 秒程度で，B-0 に比較して若干速い傾向にあった．

3-4．圧縮強度

図-5，6 に裏込め注入材量の圧縮強度を示す．HC 水和物粉末を使用した裏込め注入材の可塑 1 時間後の圧縮強度は B-0 とほぼ同等であったが，材齢が経つにつれて B-0 より低くなる傾向にあった．これは，セメント水和物粉末にポゾラン活性がないこと，ブリーディング抑制機構の相違が要因と考えられる．

4．まとめ

HC 水和物粉末を用いた裏込め注入材 A 液用プレミックス品は，2 段混練が必要なペントナイト配合と比較して強度発現性には劣るが，A 液の初期粘度に優れた特性を示した．この結果はセメント水和物のブリーディング抑制機構がペントナイトと異なることが要因と考えられる．今後は，環境負荷

低減の面から，セメント水和物原料として生コンスラッジ等の汚泥系産業廃棄物に着目し，製造，施工，性能，コスト面において裏込め注入材料に再利用が可能か検討の余地があると考えられる．

（参考文献）

1) 可塑状グラウト協会・シールド注入部会：シールドトンネル化可塑状裏込め注入工法技術マニュアル，平成 10 年度

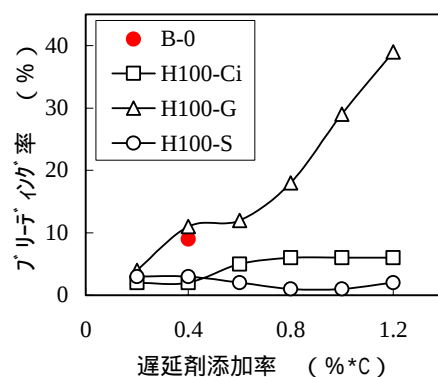


図-2 遅延剤添加率と A 液のブリーディング

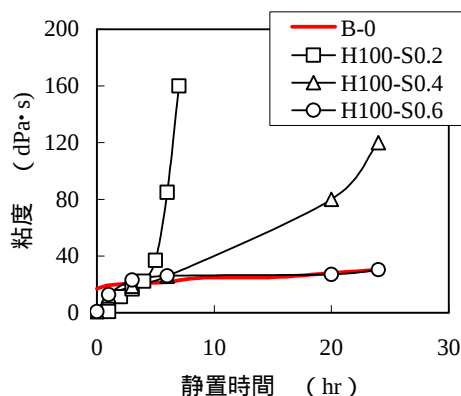


図-3 A 液静置時間と粘度の関係

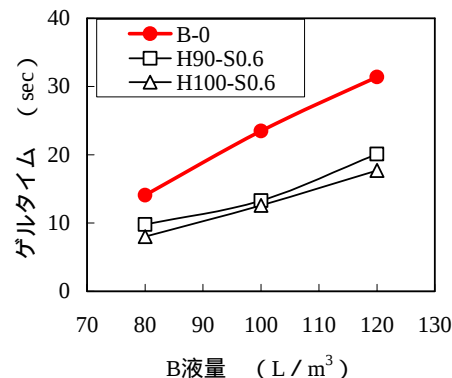


図-4 B 液量とゲルタイムの関係

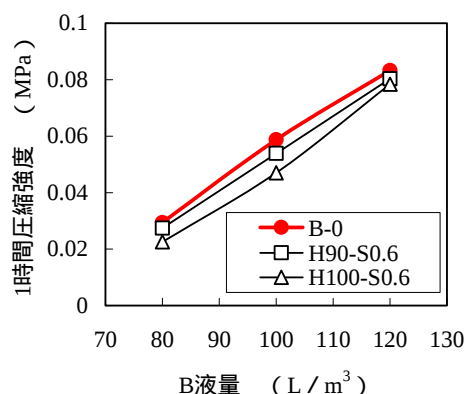


図-5 B 液量と 1 時間圧縮強度の関係

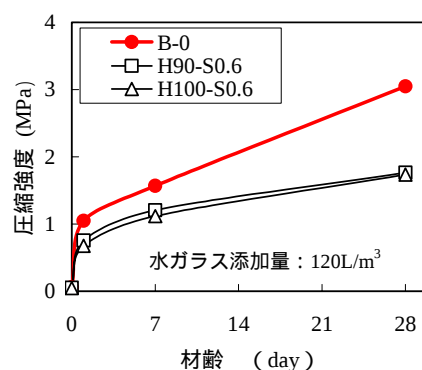


図-6 圧縮強度