

地盤凍結工法におけるシールド裏込め注入材に関する検討

清水建設(株)技術研究所

正会員 ○高橋圭一

清水建設(株)技術研究所

正会員 浦野真次

1. まえがき

シールド工法において、高水圧の働く場合や地下水の流入を防ぎたい場合、地盤凍結工法を採用して掘削を行うことがある。地盤が凍結されている場合、地山とシールドセグメントとの間は0～5℃程度の温度となるため、裏込め注入材の硬化に影響を及ぼし、掘進に必要な強度発現等を阻害する可能性が大きい。しかしながら、これまで地盤凍結工法に対応した裏込め注入材がないのが現状である。そこで凍土造成した地盤内で行うシールドトンネル工事において、掘削地盤とRCセグメントとの間に注入する裏込め材の検討を行った。

裏込め材の要求品質として、まずフレッシュ性状は、これまでの裏込め注入材と同様のポンプ圧送性を有し、可使用時間は2時間程度以上、および注入場所での充てん性である。硬化後の性状は、圧縮強度は掘進に必要な強度として材齢1日で1.5N/mm²以上、かつ材齢28日で15N/mm²以上であることを目標とした。本報では、セメントペーストを基本とした裏込め注入材を実験的に検討した結果について報告するものである。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合

使用材料を表-1に示す。セメントは早強ポルトランドセメントとし、流動性と材料分離抵抗性を確保することを目的として、高性能AE減水剤および増粘剤を使用した。また、低温環境下での強度確保を目的として、耐寒促進剤を使用した。

試験に供した配合の組合せを表-2に示す。実験シリーズ1では、水セメント比がフレッシュ性状に及ぼす影響を20±1℃に保った実験室内で検討した。実験シリーズ2では、耐寒促進剤がフレッシュ性状および圧縮強度に及ぼす影響を検討した。ただし、高性能AE減水剤に関しては、予備実験の結果から耐寒促進剤を混入すると流動性の低下が認められたことから、添加量を増加させた。圧縮試験用の試料は低温環境下(5℃)で採取し、所定の材齢まで低温環境下で養生を行った。

2.2 実験方法

容器20Lのホバート型ミキサを使用し、セメント、水に高性能AE減水剤、増粘剤および耐寒促進剤を入れたものを投入し60秒間練り混ぜ、掻き落とした後、さらに60秒間練り混ぜた。練混ぜ後の試料を直ちに試験した。フロー試験は、JIS R 5201に準じて0打フローを測定した。粘性の評価を行うため、漏斗流下時間についても実験を行った。本実験で使用した増粘剤を使用した場合、一般にグラウト材などで使用されるJ₁₄漏斗などでは数分程度の流下時間を要してしまうため、吐出口の大きな1/2V漏斗を使用した。これは、コンクリート標準示方書[規準編]「高流動コンクリートの漏斗を用いた流下試験方法(案)」に記載されているV漏斗の1/2サイズの漏斗である。圧縮強度は、JIS A 1108に準じて材齢1、28日で試験を行った。

3. 実験結果および考察

(1) 流動性

図-1にシリーズ1における水セメント比とフロー試験結果の関係を示す。フロー値は、同一の高性能AE減水剤

キーワード 裏込め材, 凍結地盤, シールドトンネル, 初期強度

連絡先 〒135-8530 東京都江東区越中島3-4-17 清水建設(株)技術研究所 TEL 03-3820-6975

表-1 使用材料

材料	種類	備考
セメント	早強	密度3.14g/cm ³ ,比表面積4550(cm ² /g)
混和剤	高性能AE減水剤	ポリカルボン酸系
	耐寒促進剤	亜硝酸塩系
	増粘剤	アルキルアリルスルホン酸塩系

表-2 配合の組合せ

実験シリーズ	W/C (%)	増粘剤 (W×%)	高性能AE減水剤 (C×%)	耐寒促進剤 (L/C100kg)
1	30	2.0	0.8	0
	35			
	40			
2	40	2.0	1.1	0.3
				0.5
				0.8

添加率では、水セメント比が大きいほど大きなフロー値が得られた。経過時間に伴うフローの低下は認められなかった。一方、図-2に示すように1/2V漏斗流下時間は、すべての水セメント比において増加し、粘性が増大する傾向が認められた。水セメント比30~35%では1/2V漏斗の流下時間が増加し、粘性の経過変化が非常に大きくなると考えられた。

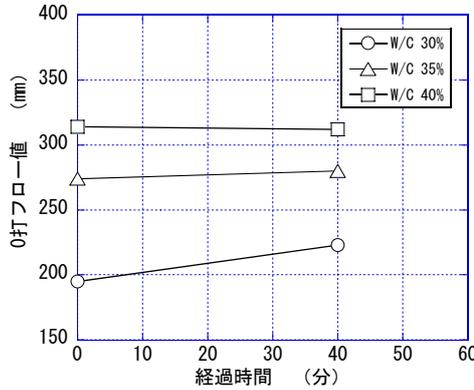


図-1 経過時間とフローの関係

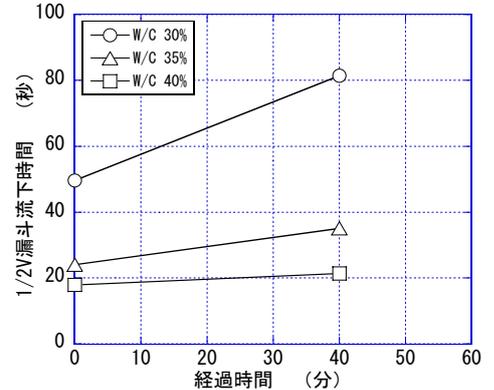


図-2 経過時間と1/2V漏斗流下時間の関係

裏込め材に要求されるフレッシュ性状は、充てん箇所の空隙の大きさなどによって異なるため、フロー値等に関する明確な要求性能はないが、本実験では暫定的な目標値としてフロー300~400mm、1/2V漏斗流下時間を20秒以下とした。

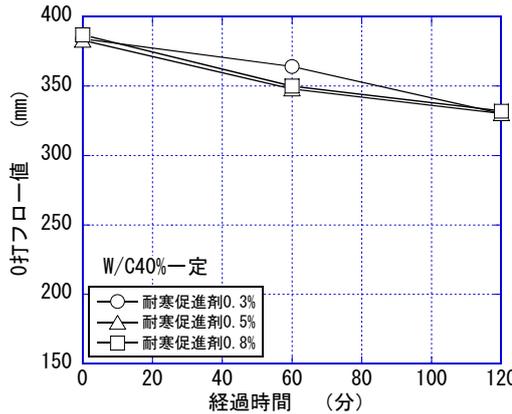


図-3 経過時間とフローの関係 (水セメント比40%)

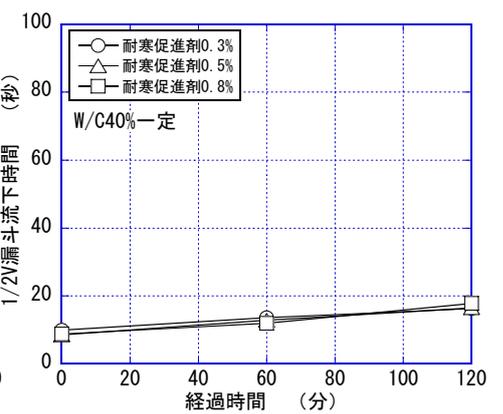


図-4 経過時間と1/2V漏斗流下時間の関係 (水セメント比40%)

した。フレッシュ性状の目標値と可使用時間を考慮し、経過時間に伴う粘性の増大を可能な限り抑制する目的で、水セメント比40%で耐寒促進剤を添加したシリーズ2について実験した。

図-3に水セメント比40%で耐寒促進剤を0.3%、0.5%および0.8%添加した場合の経過時間とフローとの関係を示す。すべての添加量において経過時間に伴いフローは低下する傾向になったが、2時間経過後もフローは300mm以上を保持していた。図-4に水セメント比40%で耐寒促進剤を0.3%、0.5%および0.8%添加した場合の経過時間と1/2V漏斗流下時間との関係を示す。すべての添加量において経過時間に伴い1/2V漏斗の流下時間も増大する傾向になったが、流下時間はすべて20秒以内となり耐寒促進剤を混入しても著しい粘性の増大は認められなかった。

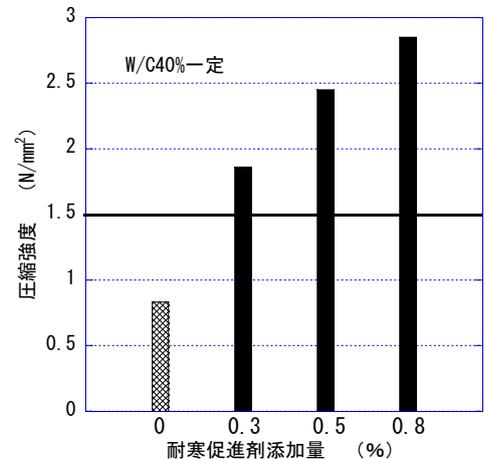


図-5 材齢1日の圧縮試験結果

(2) 圧縮強度

図-5に耐寒促進剤添加量と圧縮強度の関係を示す。水セメント比40%、耐寒促進剤0%では材齢1日で必要な圧縮強度に達していない。しかしながら、耐寒促進剤を混入することで1.5N/mm²以上の強度とすることができた。また、添加量を増加させると、圧縮強度も増加する結果となった。材齢28日に関しては、すべての配合で15N/mm²以上を確保できた。

4. まとめ

本実験の結果、セメントペーストを適用した裏込め材において、水セメント比を40%、高性能AE減水剤及び増粘剤を添加することにより良好な流動性を得ることができた。また耐寒促進剤を混入することで、低温環境下における材齢1日での圧縮強度1.5N/mm²以上を満足した。今後は、ポンプ圧送性及び充てん性の確認を行い、フレッシュ性状の目標値の妥当性の検討を行う予定である。