

凝結促進剤を添加した中流動および高流動覆工コンクリートの各種性状について

鹿島建設 正会員 西岡 和則 正会員 坂井 吾郎 正会員 松本 修治
 BASF ジャパン 正会員 〇小山 広光 正会員 大野 誠彦

1. はじめに

近年の中流動覆工コンクリートの開発・普及¹⁾により、狭小かつ閉空間となる移動式型枠内における打込み・締固め作業が大幅に軽減され、トンネル覆工の品質向上が実現されている。この技術を更に発展させるためには、内部振動機による締固め作業を完全に不要とした高流動コンクリートの適用が有効であり、締固め作業の省略や材料分離抵抗性の向上による品質の安定化や施工の合理化などが期待される。

一方で、トンネル覆工に高流動コンクリートを用いた場合や、環境温度の低い冬期などににおける中流動覆工コンクリートの打込み時においては、型枠に作用する側圧の増大によるセントルの補強や、凝結の遅延および初期強度発現性低下による施工サイクルへの影響が懸念される。このような懸念に対し、コンクリートの初期の水和反応を促進する凝結促進剤の利用は有効であると考えられる。

本報では、まず中流動覆工コンクリートに凝結促進剤を添加した場合の強度発現性への影響について、次に高流動覆工コンクリート配合の選定および凝結促進剤を添加した場合の各種性状について報告する。

2. 中流動覆工コンクリートへの凝結促進剤の適用検討

中流動覆工コンクリートで施工する現場において、冬期の外気温の実績から、凝結の遅延および初期強度の低下による施工サイクルの遅延が懸念された。その対策として、早強ポルトランドセメントと凝結促進剤の使用を検討し、初期材齢の圧縮強度を確認した。表-1に確認試験に使用した配合および材料を、写真-1に凝結促進剤を添加した中流動覆工コンクリートのフレッシュ時の状態を示す。

図-1は、冬期のトンネル構内での気温を想定した、15℃環境における圧縮強度試験結果を示したものである。凝結促進剤の添加により無添加よりも強度発現性が向上し、脱型強度を2N/mm²とした場合、C×0.5%の使用で約2時間、C×1.0%の使用で約3時間、脱型時間を短縮できることが確認された。

3. 高流動覆工コンクリート配合の検討

表-2に使用材料を、表-3に各評価試験の目標値を示す。従来の一般的な覆工コンクリート配合(以下、従来配合と称す)

表-1 コンクリート配合および使用材料

W/C (%)	s/a (%)	スランプフロー (cm)	空気量 (%)	単位量 (kg/m ³)				SP (Cx%)	AC (Cx%)
				W	C	S	G		
51.5	50.0	35~50	4.5±1.5	175	330	871	888	1.40	0~1.5

C:早強ポルトランドセメント(密度 3.14g/cm³)
 S:山砂(表乾密度 2.56g/cm³) G:山砂利(表乾密度 2.61g/cm³)
 SP:高性能 AE 減水剤・増粘剤一液タイプ
 (ポリカルボン酸エーテル系化合物と増粘性高分子化合物の複合体)
 AC:C-S-H 系早強剤



写真-1 凝結促進剤を添加した中流動覆工コンクリート

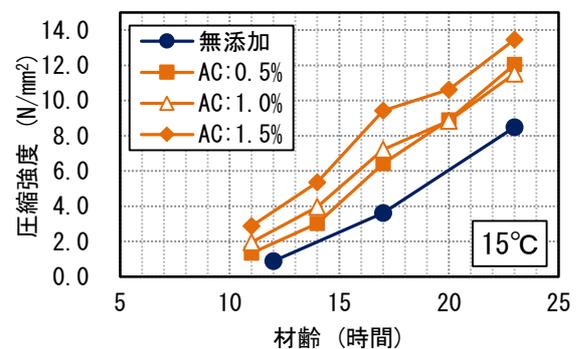


図-1 圧縮強度試験結果

表-2 使用材料

種類	記号	産地, 物性等
セメント	C	普通ポルトランドセメント(密度 3.16g/cm ³)
細骨材	S	大井川水系陸砂(表乾密度 2.59g/cm ³)
粗骨材	G	青梅産硬質砂岩碎石(密度 2.66g/cm ³ , 最大寸法 20mm)
混和剤	Ad	AE 減水剤 (リグニンスルホン酸化合物とポリカルボン酸エーテル系化合物の複合体)
	SP	高性能 AE 減水剤・増粘剤一液タイプ
	AC	C-S-H 系早強剤

表-3 各評価試験の目標値

配合名	目標値
従来配合	スランプ:18.0±2.5cm, 空気量:4.5±1.5%
高流動配合	スランプフロー:600±50mm, 空気量:4.5±1.5%
	50cm フロー時間:3~15 秒
	U 形充填高さ:300mm 以上(ランク 3) V ロート流下時間:7~20 秒

キーワード: トンネル, 覆工, 中流動コンクリート, 高流動コンクリート, 凝結促進剤, 初期強度
 連絡先 〒253-0071 神奈川県茅ヶ崎市萩園 2722 BASF ジャパン(株) 茅ヶ崎技術開発センター tel.0467-59-5182

表-4 コンクリート配合および試験結果

配合名	W/C (%)	s/a (%)	単体量(kg/m ³)				混和剤	スランブ (cm)	スランブフロー (mm)	空気量 (%)	50cm フロー (秒)	U形充填 (mm)	Vロート流下 (秒)
			W	C	S	G							
従来配合	56.7	46.0	170	300	818	992	Ad:Cx1.00%	20.0	-	5.8	-	-	-
高流動配合	51.5	51.2	175	340	888	873	SP:Cx1.40%	-	550	4.0	5.5	357	19.9

を対比に、高流動覆工コンクリート（以下、高流動配合と称す）について各種試験から配合を選定し、その特性を確認した。なお、高流動コンクリートは、増粘剤系高流動コンクリートのランク3の自己充填性²⁾を目標性能とした。現場での施工を想定して、凝結促進剤は練上りから30分後にコンクリートへ後添加することとし、添加効果が凝結時間、ブリーディング、および圧縮強度に及ぼす影響について確認した。

表-4に試験で選定したコンクリート配合および試験結果を示す。選定した高流動配合はランク3の目標値を何れも満足し、良好なワーカビリティを有しており、骨材の材料分離も認められな



写真-2 高流動覆工コンクリート

かった(写真-2)。図-2に高流動配合におけるスランブフローの経時変化を示す。凝結促進剤を添加後のスランブフローは、無添加に比べやや低下量が大きい傾向にあったが、大幅なワーカビリティの低下は確認されなかった。

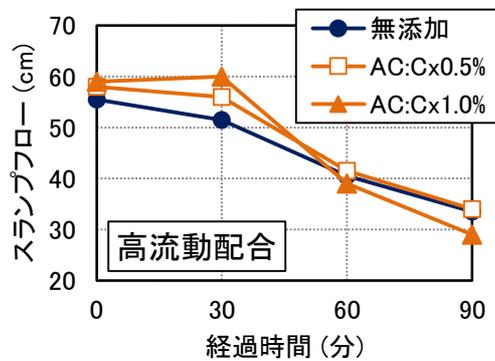


図-2 スランブフローの経時変化

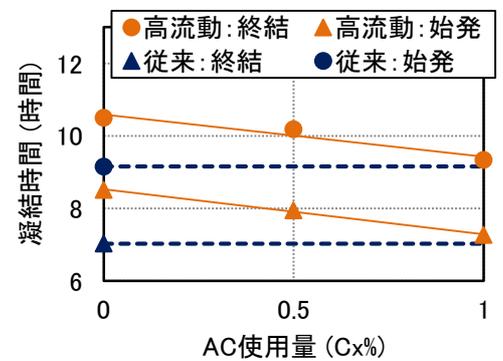


図-3 AC使用量と凝結時間の関係

図-3に高流動配合の凝結時間と凝結促進剤使用量の関係を示す。凝結促進剤使用量と凝結時間はほぼ線形の関係にあり、Cx1.0%の添加により従来配合と同程度の凝結時間となることを確認した。

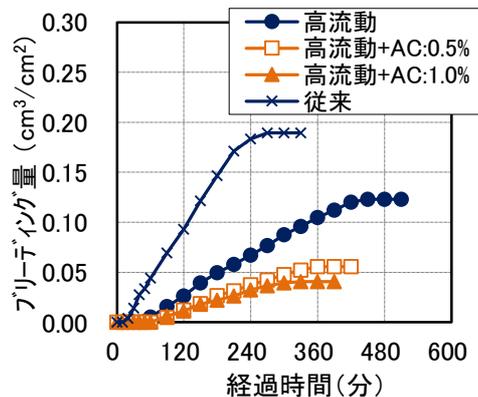


図-4 ブリーディング試験結果

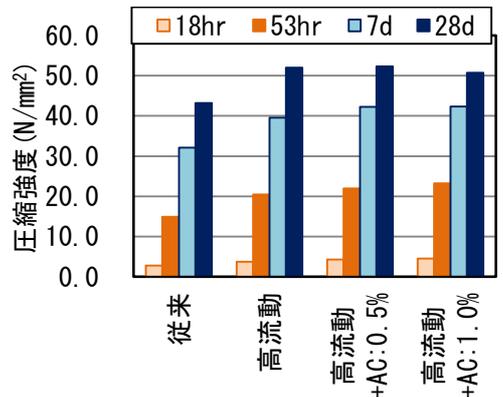


図-5 圧縮強度試験結果

図-4にブリーディング試験結果を示す。高流動配合は従来配合よりセメント量が多いためブリーディング量は少なく、凝結促進剤を添加することによって更に少なくなる傾向にあった。

図-5に圧縮強度試験結果を示す。高流動配合の材齢初期の圧縮強度は従来配合よりも高く、凝結促進剤の添加により更に高くなった。

4. まとめ

上記の結果から、中流動および高流動覆工コンクリートに凝結促進剤を添加することにより、覆工の更なる品質向上および施工の合理化が図れることが示唆された。

【参考文献】 1)東・中・西日本高速道路株式会社：トンネル施工管理要領，2013.7 2)土木学会：高流動コンクリートの配合設計・施工指針，2012.6