

特殊増粘剤を用いた低セメント量高流動コンクリートのトンネル覆工への適用検討

西日本高速道路(株) 中国支社 米子高速道路事務所 出口宗浩, 近藤諒学, 水野建人
(株)大林組 正会員○杉本匡章, 正会員 加藤直樹, 正会員 志渡澤義孝, 正会員 西浦秀明, 正会員 桜井邦昭

1. はじめに

トンネル覆工は、①閉鎖空間内での打込み・締固め作業が必要で作業員に苦渋作業を強いる、②打込み箇所が限定されるため、コンクリートの流動距離が長くなり材料分離や充填不良が生じやすい、③施工の良し悪しが作業員の技量に依存されやすい等の課題がある。

このため、西・中・東日本高速道路(株)では、型枠パイプレータなどによる補助的な振動締固めにより充填が可能な中流動覆工コンクリート(スランプフロー 42.5±7.5cm)を用いて施工することを標準化している¹⁾。

中流動覆工コンクリートは、従来の覆工コンクリート(スランプ 15cm 程度)に比べ、流動性や材料分離抵抗性が大幅に改善され、生産性の向上、施工時の不具合防止および品質向上に大きく貢献できている。しかし、型枠パイプレータの使用により大きな騒音作業となること、昨今では作業員不足が深刻化していることから、より作業環境を改善しつつ、少人数でトンネル覆工を施工できる材料技術が求められている。

そこで、今回、締固めが不要な高流動コンクリートを用いてトンネル覆工を施工することを目的に、室内試験による配合選定および各種の品質試験を行った。本稿ではこれらの結果について示す。

2. 高流動コンクリートの目標品質の設定

高流動コンクリートの配合選定にあたり、目標とした品質を他のコンクリートと合わせて表-1に示す。トンネル覆工は大半が無筋構造であることを踏まえ、コンクリート標準示方書や高流動コンクリート指針²⁾等を参考に、スランプフロー60±10cm、自己充填性はランク3とした。

表-1 各種のコンクリートの目標品質

種類	準拠標準	目標とする品質		
		従来の覆工コンクリート	中流動覆工コンクリート	高流動コンクリート
スランプ	JIS A 1101	15±2.5cm	21±2.5cm	—
スランプフロー	JIS A 1150	—	42.5±7.5cm	60±10cm
空気量	JIS A 1128	4.5±1.5%		
充填高さ(ランク3)	JSCE F-511	—	28cm以上	30cm以上
加振変形試験	JHS規格733	—	10±3cm以内	—
圧縮強度(初期)	JIS A 1108	脱型に必要な強度		
圧縮強度(28日)	JIS A 1108	設計基準強度以上		
フリーディング	JIS A 1123	—	—	できるだけ少ないこと

表-2 使用材料

種類	記号	物理的性質など
セメント	C	高炉セメントB種, 密度3.04g/cm ³
水	W	上水道水
細骨材	S1	加工砂, 表乾密度2.55g/cm ³
	S2	加工砂, 表乾密度2.56g/cm ³
粗骨材	G1	砕石2005, 表乾密度2.70g/cm ³
	G2	砕石2005, 表乾密度2.69g/cm ³
混和剤	WR	AE減水剤 *従来覆工で使用
	SP	高性能AE減水剤 *高流動で使用
	SPV	高性能AE減水剤(増粘剤一液タイプ) *中流動覆工で使用
	VMA	特殊増粘剤 *高流動で使用
非鋼繊維	PP	ポリプロピレン繊維, 密度0.91g/cm ³

3. 配合選定と各種の品質試験

使用材料を表-2、試験練りにより選定した配合を表-3に示す。高流動コンクリートでは単位セメント量の増加をできるだけ抑制する観点から、セルロースエーテルを主成分とした特殊増粘剤を用いた³⁾。また、本工事は全線で繊維補強コンクリートを適用することから、ポリプロピレン製の非鋼繊維を混入した。

試験結果を表-4に示す。細骨材に加工砂を用いてい

表-3 コンクリートの配合

コンクリート 種類	自己充 填性の レベル	目標 スランプ (cm)	目標 スランプ フロー (cm)	目標 空 気 量 (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)						減水剤		VMA (g/m ³)	PP (Vol%)
							W	C	S		G		種類	添加量 C × %		
									S1	S2	G1	G2				
従来の覆工コンクリート	—	15±2.5	—	4.5±1.5	57.0	47.8	175	307	414	416	478	476	WR	1.0	—	—
中流動覆工コンクリート	—	21±2.5	42.5±7.5	4.5±1.5	46.1	51.9	175	380	434	435	510	339	SPV	1.8	—	0.3
高流動コンクリート	ランク3	—	60±10	4.5±1.5	46.1	46.0	175	380	307	462	573	381	SP	1.4	60	0.3

キーワード 高流動コンクリート, トンネル覆工, 特殊増粘剤, 生産性向上

連絡先 〒689-4431 鳥取県日野郡江府町大字佐川字砂田 1002-1 (株)大林組 江府トンネル工事事務所 TEL 0859-72-3320



写真-1 各種コンクリートのスランプ（フロー）試験状況

表-4 フレッシュ時の品質試験結果

コンクリート種類	繊維投入の別	スランプ (cm)	スランプフロー (cm)	加振変形試験		充填高さ (cm)	空気量 (%)
				加振後フロー	変形量		
従来の覆工	ベース	14.0	—	—	—	—	5.8
中流動覆工コンクリート	ベース	23.0	56.3	—	—	—	4.2
	繊維投入直後	23.0	45.0	53.5	8.5	33.3	5.9
高流動コンクリート	ベース	—	63.5	—	—	—	3.5
	繊維投入直後	—	60.5	—	—	34.2	3.8
	繊維投入20分後	—	52.5	—	—	33.0	3.2

る影響等により、中流動覆工コンクリートでは、施工管理要領に示される最低セメント量 340kg/m^3 よりも 40kg/m^3 増量させないと所要の品質が確保できなかった。高流動コンクリートは、特殊増粘剤を用いることで中流動覆工コンクリートと同じセメント量のまま、目標とする高い流動性と自己充填性が確保できた。写真-1 に示すように、ペースト分の浮き上がりや、骨材や非鋼繊維の偏在は認められず、良好な状態であった。また、繊維投入の20分後にも同一の試験を行ったところ、所要の流動性と自己充填性を保持できていた。

ブリーディング試験結果を図-1 に示す。中流動覆工コンクリートは、単位セメント量が増加した影響もあり、従来の覆工に比べてブリーディングが半減した。高流動コンクリートは、特殊増粘剤の効果により、ブリーディング率が1%まで低減され、施工時に材料分離や背面空洞が生じにくい配合であることを確認した。

圧縮強度試験結果を図-2 に示す。中流動覆工コンクリートは、使用した混和剤の添加量が多い影響等により、材齢初期での強度発現性がやや小さい結果であった。一方、高流動コンクリートは、脱型時に必要な強度(約 1.5N/mm^2)を16時間で確保できており、従来通りのサイクルで施工できることが確認できた。材齢28日の圧縮強度は、中流動覆工コンクリートと同様に、設計基準強度(24N/mm^2)を十分に満足できていた。

4. まとめ

覆工作業のさらなる生産性向上を目的とし、締固め

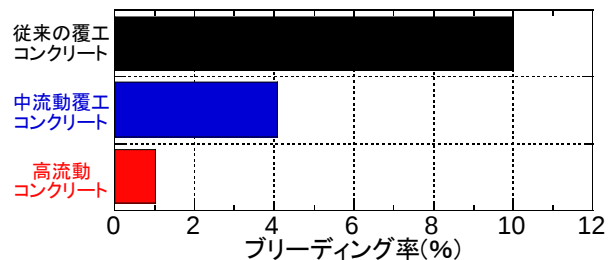


図-1 ブリーディング試験結果

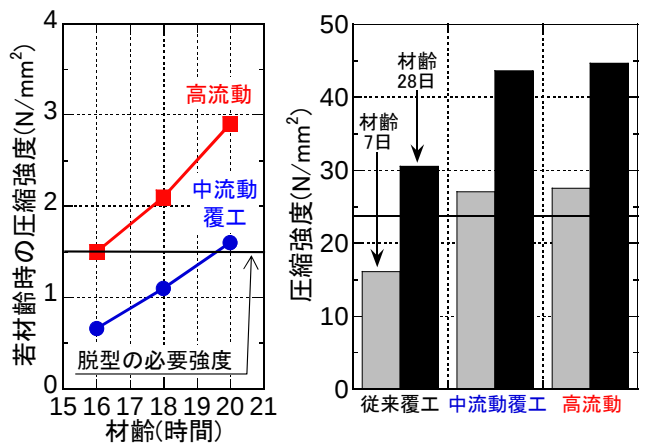


図-2 圧縮強度試験結果

が不要な高流動コンクリートの覆工への適用に向けて室内試験を行った。得られた知見を以下に示す。

- (1) 特殊増粘剤と高性能 AE 減水剤を用いることで、中流動覆工コンクリートと同じセメント量のまま、自己充填性を有する高流動コンクリートが得られる。
- (2) この高流動コンクリートは、ブリーディングが少なく材料分離抵抗性に優れる。また、初期の強度発現性も良好であり、従来通りのサイクルで施工できる。

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，2017.7
- 2) 土木学会：高流動コンクリートの配合設計・施工指針 [2012年版]，コンクリートライブラリー136，pp.86-92，2012.6
- 3) 桜井邦昭他：新規の特殊増粘剤を用いた低セメント量の高流動コンクリートの開発，土木学会第73回年次学術講演会，V-413，pp.825-826，2018.8