

増粘効果を有する高性能 AE 減水剤を使用した中流動覆工コンクリートの初期強度発現性

BASF ジャパン(株) 正会員 ○小山 広光
 BASF ジャパン(株) 正会員 本田 亮
 BASF ジャパン(株) 正会員 松倉 隼人
 BASF ジャパン(株) 村手 三郎

1. はじめに

山岳トンネルの覆工コンクリートにおいて、品質向上や作業性改善を目的に中流動覆工コンクリート¹⁾の適用が広まっている。これまでは石炭灰や石粉を使用した粉体系中流動覆工コンクリートが主に使用されてきたが、最近では増粘剤が一液となった高性能 AE 減水剤 (増粘剤一液タイプ) を使用した増粘剤系中流動覆工コンクリートが開発され²⁾、適用実績が増えている。トンネル覆工の施工においては、覆工コンクリートの初期強度発現性は施工サイクルに影響を及ぼす要因であり、その特性を把握する必要がある。

本報では、増粘剤一液タイプの高性能 AE 減水剤を使用した増粘剤系中流動覆工コンクリートの初期強度発現性について検討した。

2. 試験概要

表-1に使用材料を、表-2にコンクリート配合を示す。トンネル覆工で一般的に使用される配合 (目標スランプ15.0cm, 目標空気量4.5%, 以下, 従来配合と称す) のコンクリートを対比に, 粉体系および増粘剤系の中流動覆工コンクリート (目標スランプフロー35~50cm, 目標空気量4.5%) について各種試験を行い, その性状を確認した。粉体系中流動覆工コンクリートはフライアッシュを使用した配合 (以下, 粉体系FAと称す) と石灰石微粉末を使用した配合 (以下, 粉体系LSと称す) に高性能 AE 減水剤 (SP) を使用した。増粘剤一液タイプの高性能 AE 減水剤を使用した増粘剤系中流動覆工コンクリートは, 普通セメントおよび高炉セメント B 種を用い (以下, 増粘剤系N, 増粘剤系BBと称す), セメント量による影響を確認するため単位セメント量を300, 320, 350kg/m³と設定した (配合名は表-2を参照)。

試験は, スランプ, スランプフロー, 空気量, および凝結時間を確認した。中流動覆工コンクリートにおいては, 加振変形試験およびU形充填試験 (何れも NEXCO 試験法 733-2008) を併せて実施し, 加振後のスランプフローの広がりを 10±3cm, U形充填高さが 280mm 以上を目標値とした。また, 圧縮強度は脱型時間を考慮した材齢 16, 20, 24 時間

表-1 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)
		高炉セメント B 種(密度 3.04g/cm ³)
混和材	FA	フライアッシュ II 種(密度 2.20 g/cm ³)
	LS	石灰石微粉末(密度 2.70g/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	青梅産硬質砂岩砕石(密度 2.66g/cm ³ , 最大寸法 20mm)
増粘剤	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(ポリカルボン酸エーテル系化合物)
	VSP	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)

表-2 コンクリート配合

配合名	W/C (%)	W/P (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)					混和剤
				W	C	FA/LS	S	G	
従来配合	56.7	56.7	48.0	170	300	-	857	955	Ad
粉体系 FA	63.0	48.6	49.2	170	270	80	844	898	SP
粉体系 LS	63.0	48.6	49.2	170	270	80	860	898	
増粘剤系 N300	56.7	56.7	51.0	170	300	-	912	898	VSP
増粘剤系 N320	53.1	53.1	50.6	170	320	-	896	898	
増粘剤系 N350	48.6	48.6	49.9	170	350	-	870	898	
増粘剤系 BB300	56.7	56.7	50.7	170	300(BB)	-	901	898	
増粘剤系 BB320	53.1	53.1	50.3	170	320(BB)	-	886	898	
増粘剤系 BB350	48.6	48.6	49.6	170	350(BB)	-	860	898	

表-3 フレッシュ試験結果

配合名	混和剤		スランプ (cm)	スランプフロー(cm)		U形 充填高さ (mm)	空気量 (%)
	種類	使用量 (P×%)		加振前	加振後の広がり		
従来配合	Ad	0.75	15.0	-	-	-	4.3
粉体系 FA	SP	0.75	23.0	46.0	9.0	322	4.6
粉体系 LS		0.70	22.5	44.5	10.5	324	4.8
増粘剤系 N300	VSP	0.90	22.5	44.0	10.5	331	4.9
増粘剤系 N320		0.95	23.0	45.0	11.0	328	5.2
増粘剤系 N350		1.00	21.5	44.5	11.0	332	5.0
増粘剤系 BB300		0.70	23.0	44.5	10.5	330	5.2
増粘剤系 BB320		0.80	23.0	46.5	10.0	333	5.1
増粘剤系 BB350		0.90	22.5	46.0	10.5	329	5.0

において、環境温度 20℃およびトンネル坑内での環境温度を想定した環境温度 15℃, 25℃の条件で確認した。

3. 試験結果

表-3にコンクリートのフレッシュ試験結果を示す。今回の試験で使用した中流動覆工コンクリートのフレッシュ性状は、何れの配合においても目標値を満足することを確認した。

図-1に凝結時間を示す。増粘剤系Nの凝結時間は、従来配合と比較するとやや遅れる傾向にあり、粉体系FAより30分程度早く、粉体系LSより45分程度遅い結果であった。また、増粘剤系BBの凝結時間は、粉体系FAと同程度であった。

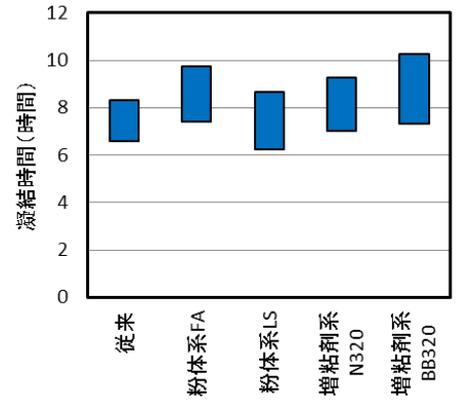


図-1 凝結試験結果

図-2に環境温度 20℃における圧縮強度試験結果を、図-3に環境温度 15℃および 25℃における粉体系FA, LSおよび増粘剤系N320, BB320の圧縮強度試験結果を示す。増粘剤系Nは、何れの環境温度の場合においても粉体系FAおよび粉体系LSに比べ初期強度発現性は高く、20℃において増粘剤系N300で従来配合と同程度の圧縮強度であった。また、増粘剤系BBは、20℃において増粘剤系BB350が粉体系FAと同程度、25℃において増粘剤系BB320が粉体系FA, LSと同程度の圧縮強度であり、強度発現性は粉体系LSおよびFAと同程度かやや低い傾向であった。

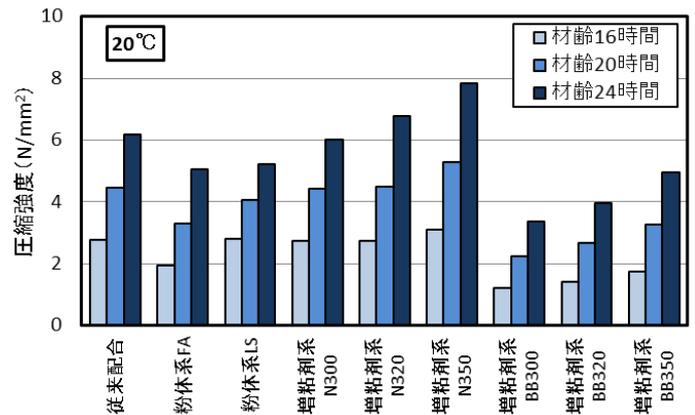


図-2 圧縮強度試験結果(環境温度 20℃)

図-4に環境温度 20℃の従来配合, 粉体系FA, LS, および増粘剤系NにおけるC/Wと圧縮強度の関係を示す。上述の配合において、材齢16, 20, 24時間の圧縮強度はC/Wと概ね相関性があり、覆工コンクリートの初期強度発現性は水セメント比の影響が大きいことが確認された。また、材齢が長いほど圧縮強度はC/Wとの相関性が高く、その影響が大きくなる傾向であった。

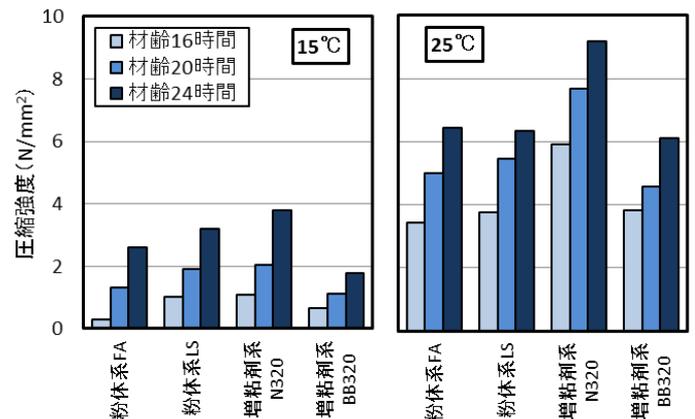


図-3 圧縮強度試験結果 (15℃・25℃環境)

4. まとめ

普通セメントを使用した増粘剤系中流動覆工コンクリートは、粉体系中流動覆工コンクリートより高い初期強度発現性を有することを確認した。また、高炉セメントB種を使用した増粘剤系中流動覆工コンクリートは、環境温度によって異なるが、粉体系中流動コンクリートと同程度、若しくはやや低い強度発現性であった。

【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) 安齋 勝, 坂井吾郎, 近藤啓二, 菅俣 匠, 増粘効果を有する高性能 AE 減水剤を用いた中流動コンクリートのトンネル覆工への適用に関する実験的検討, コンクリート工学年次論文集, 第 34 巻, pp. 1366~1371, 2012.7

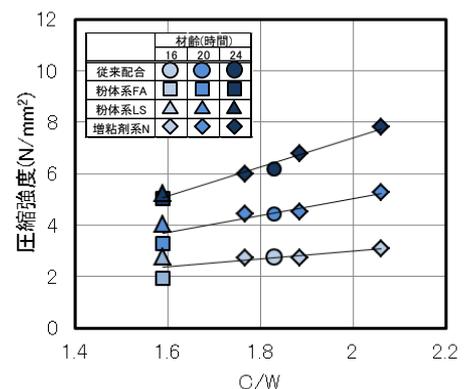


図-4 C/Wと強度の関係