後添加型特殊混和剤を用いた中流動覆工コンクリートの施工実績

鹿島建設　三田坂トンネル JV 工事事務所　正会員　井戸　歩
三重県　伊賀建設事務所　冨田　朋史
鹿島建設　技術研究所　正会員　○佐藤　崇洋　坂井　吾郎　尾口　佳丈
BASF ジャパン　正会員　本田　亮

1. はじめに

近年，トンネル覆工コンクリートにおける品質の向上や作業性の改善を目的に，中流動覆工コンクリートが開発され [1)]，適用実績を伸ばしつつある．中流動コンクリートには，石灰石微粉末等の混和材を添加する粉体系と，高性能 AE 減水剤と増粘剤を一液にした混和剤を使用した増粘剤系中流動コンクリート [2)] がある．著者らは，これらの技術を応用し，スランプ 15cm のコンクリートに，前述の混和剤をベースに開発した増粘成分を含有する流動化剤（以下，特殊混和剤）を現場で後添加することによって，中流動覆工コンクリートを製造することを検討した [3)]．本稿では，この技術を山岳トンネルの実工事の鉄筋補強区間に適用した結果を報告する．

2. 使用材料および配合

使用材料を**表－１**に，ベースコンクリートの配合を**表－２**に示す．配合は，現地のレディーミクストコンクリート工場にて実績のあるスランプ 15cm の配合をベースとし，中流動コンクリートとしてのフレッシュ性状を確保するために細骨材率を 50.0%に設定した．

表－１　使用材料

使用材料	記号	摘要
水	W	上水道水
セメント	C	高炉セメントＢ種，密度：3.04g/cm^3
細骨材	S	服部川水産系川砂，表乾密度：2.60g/cm^3，吸水率：1.68%，粗粒率：2.80
粗骨材	G	服部川水産系川砂利 25，表乾密度：2.65g/cm^3，吸水率：1.31%，実績率：62.5
膨張材	EX	膨張材，密度：3.16g/cm^3
混和剤	SP	高性能 AE 減水剤（ポリカルボン酸エーテル系化合物）
後添加混和剤	VSP	特殊混和剤（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　ベースコンクリート配合

W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m^3)					
		W	C	EX	S	G	SP (%)
51.5	50.0	170	310	20	880	897	0.6

3. 特殊混和剤投入概要

特殊混和剤は、プランジャーポンプにより圧送し，アジテータ車のホッパー部からノズルで投入し，投入後 120 秒間高速撹拌した．投入量は流量計で管理し、印字記録できる仕様とした．特殊混和剤の添加量は，ベースコンクリートのスランプを確認した上で，後添加後のスランプおよびスランプフローが所定の範囲に入るように調整した．なお，フレッシュ性状の試験項目，試験方法および中流動覆工コンクリートの要求性能 [1)] を**表－３**に示す．

表－３　配合選定時の試験項目，試験方法および要求性能

試験項目	試験方法	規格値
スランプ試験	JIS A 1101 に準拠	21±2.5(cm)
スランプフロー試験	JIS A 1150 に準拠	35～50(cm)
加振変形試験	NEXCO 試験法 733-2008 に準拠	10±3(cm) (10 秒加振後のｽﾗﾝﾌﾟﾌﾛｰの広がり)
U 形充填性試験	NEXCO 試験法 733-2008 に準拠	280mm 以上

4. 品質管理試験結果

ベースコンクリートおよび特殊混和剤添加後の中流動コンクリートの性状を**写真－１**に示す．スランプフロー先端部において粗骨材の分離は

写真－１　コンクリートのフレッシュ性状

キーワード　トンネル，中流動コンクリート，流動化剤，後添加，増粘剤
連絡先　〒182−0036　東京都調布市飛田給 2−19−1　鹿島建設株式会社　技術研究所　TEL042−489−8008

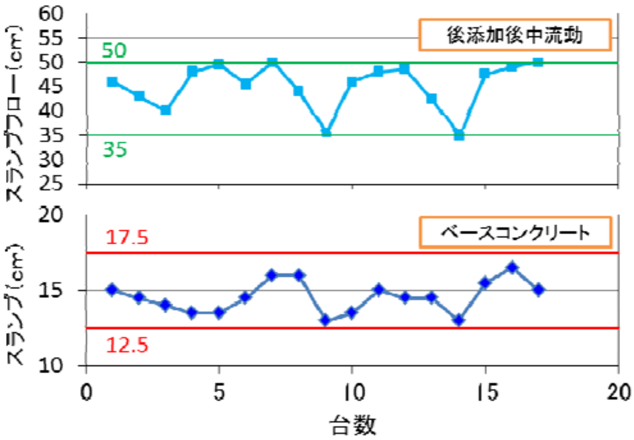
認められず，十分な流動性，材料分離抵抗性を有していることが確認された．

フレッシュコンクリートの試験については，日常の管理試験項目であるスランプおよびスランプフローに加えて，データの取得を目的に，現場にて加振変形試験およびU形充填性試験を実施した．試験結果を**表－４**に示す．実施工レベルにおいても，所定の品質のベースコンクリートに対して適切な量の混和剤を後添加すれば，配合選定時に企図したフレッシュ性状を満足することが確認できた．

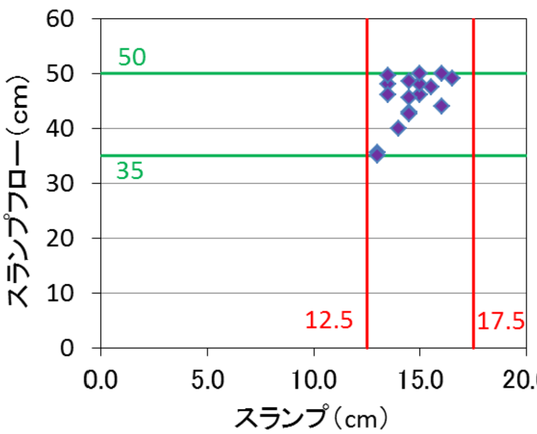
次に別の施工日において，ベースコンクリートのスランプ試験および特殊混和剤添加後のスランプフロー試験を全数実施した結果を**図－１**に，そのスランプとスランプフローの関係図を**図－２**に示す．ベースコンクリートのスランプが 15±2.5cm の範囲であれば，特殊混和剤添加後のスランプフローが 35～50cm の規格値を満足することを確認した．また，ベースコンクリートのスランプが大きいほど特殊混和剤添加後のスランプフローが大きくなる傾向を示すことも確認された．なお，特殊混和剤の添加量は 1～7 台目が 0.75kg/m^3，8～17 台目は 0.625kg/m^3 とした．

表－４　試験結果

台数	ベース	後添加	後添加中流動コンクリート					
	スランプ (cm)	混和剤投入量 (kg/m^3)	スランプ (cm)	空気量 (%)	スランプフロー (cm)			U形充填高さ (mm)
					加振前	加振後	差	
1	15.0	0.75	23.5	5.5	49.5	57.5	8.0	327
5	16.5	0.50	23.5	5.2	46.5	56.5	10.0	333
10	17.5	0.50	23.5	3.8	49.5	58.5	9.0	340
15	17.0	0.50	22.5	5.5	44.0	55.0	11.0	290



図－１　試験結果



図－２　スランプ-スランプフロー関係図

写真－２　坑門工出来形

5. まとめ

今回の施工では坑門工および 1～4BL の鉄筋補強区間において合計 360m^3 打設し，ベースコンクリートのスランプが 15±2.5cm の範囲内であれば，現場で特殊混和剤を後添加することで，中流動覆工コンクリートに求められる要求性能 [1] を満足し，材料分離のない中流動覆工コンクリートが製造可能であることを確認した．

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，2011.7

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

3) 佐藤崇洋，坂井吾郎，近藤啓二，尾口佳丈，作榮二郎：後添加型特殊混和剤を用いた覆工用中流動コンクリートのフレッシュ性状評価，土木学会第 68 回年次学術講演会，V-566，pp.1131-1132，2013