

トンネル覆工コンクリートの高品質化に関する基礎的実験

戸田建設(株) 正会員 田中 徹
 戸田建設(株) 正会員 川畑佑樹

1. はじめに

トンネル工事における覆工コンクリートの流動性・充填性向上に伴う高品質化を目的として、スランプフローの範囲を 35~50cm とした覆工コンクリートの開発・実用化が進められている^{1), 2), 3)}。

筆者らは、コンクリートの流動性・充填性向上に加え、特にクラウン部におけるブリーディングの発生を抑えることで均一性を確保し、より高品質な繊維補強覆工コンクリートの開発を実施している。

本文ではブリーディングの発生を抑えた繊維補強コンクリートのフレッシュ性状やひび割れ抵抗性に関する性能確認試験の結果について報告する。

2. 配合とフレッシュ性状

2.1 配合の種類

表-1 に要求性能、表-2 に使用材料、表-3 に試験に使用したコンクリートの配合を示す。

配合番号 にはブリーディングの発生抑制を目的に増粘剤を添加した繊維補強コンクリートの配合を示す。

配合番号 と は比較用であり、配合番号 は一般に使用されるスランプ 15cm の繊維補強コンクリート、配合番号 は配合番号 に増粘剤を添加する前の配合である。

2.2 フレッシュ性状

表-4 に各配合のフレッシュ性能試験結果を示す。スランプフローは要求性能の上限値 (500mm) に近い値であるが、材料分離は認められなかった。充填性試験 (U型容器・流動障害無し) では、充填高さ 340mm であり、要求性能 280mm 以上を十分に満足した。しかし、配合番号 のスランプフローと比較した場合、配合番号 のスランプフローが 5cm 程度大きいにも関わらず充填高さは同等である。これは増粘剤を添加することで塑性粘度および降伏値が上昇し、充填高さが低下していると考えられる。

表-1 要求性能

項目	試験方法	要求性能
圧縮強度	JIS A 1108	材齢 28 日 30N/mm ²
スランプフロー	JIS A 1150	350~500mm
空気量	JIS A 1128	4.5±1.5%
充填性	JSCE F 511	280mm 以上(障害無)
材料分離抵抗性	JIS A 1123	ブリーディング率 0%
剥落防止性能	JSCE G 552	曲げ靱性係数 1.4N/mm ² 以上・繊維量 0.3vol%
ひび割れ抵抗性	JIS A 1129 JIS A 1151	配合番号 (表-3参照) と同等であること

表-2 使用材料一覧

使用材料	種類・品名	密度
セメント(C)	普通ポルトランドセメント	3.16
混和材(FA)	フライアッシュ 種: 磯子産	2.25
細骨材(S)	陸砂 (70%): 神栖産	2.60
	砕砂 (30%): 佐野産	2.67
粗骨材(G)	碎石 G _{max} =20mm: 石岡産	2.67
増粘剤	セルローズ系増粘剤	
混和剤	ポリカルボン酸系高性能 AE 減水剤	
繊維(外割)	ポリプロピレン繊維 48mm	0.91

表-3 試験配合一覧

配合番号	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (Kg/m ³)						増粘剤 (WX%)	高性能AE 減水剤 (CX%)	繊維 混入率 (VOL%)
			W	C	FA	S1	S2	G			
	50.0	49.6	175	350	-	609	261	901	-	0.50	0.3
	45.0	54.0	158	270	80	664	296	830	-	0.95	0.3
	45.0	54.0	158	270	80	664	296	830	0.12	1.35	0.3

表-4 フレッシュ性能試験結果

配合番号	スランプ (cm)	スランプフロー (mm)	空気量 (%)	コンクリート温度 ()
	14.5	-	4.6	18.0
	23.5	450×430	5.1	18.5
	23.0	490×485	4.6	18.0

配合番号	充填高さ(U型容器) (mm)	材料分離抵抗性 ブリーディング率 (%)
	345	2.67
	340	0

キーワード 繊維補強覆工コンクリート, 充填性, ブリーディング, 乾燥収縮ひび割れ

連絡先 〒104-8388 東京都中央区京橋 1-7-1 戸田建設(株)土木本部環境ソリューション部 TEL 03-3535-6299

図-1にブリーディング試験結果を示す。増粘剤を単位水量の0.12%添加することで、ブリーディングの発生を抑えることが可能となった。また、実大模型型枠(高さ1.5×延長4.0×厚さ0.3m)に打設し、ブリーディングが発生しないことを確認した。

3. 硬化後の性状確認試験結果

3.1 圧縮強度

表-5に初期材齢と28日における圧縮強度試験結果を示す。初期材齢では増粘剤を配合しない配合番号と比較して、小さな値となった。この原因として、増粘剤の添加に加え、高性能AE減水剤添加量の差異が挙げられる。配合番号の0.95%に対して、スランブフローを確保するために、1.35%(1.42倍)の高性能AE減水剤を添加している。これによって、凝結硬化速度が遅れ、初期材齢強度に影響していると考えられる。材齢28日においては、同等の値となっている。

3.2 ひび割れ抵抗性

表-6にJIS A 1151拘束されたコンクリートの乾燥収縮ひび割れ試験方法に準拠して実施した、材齢91日におけるひび割れ幅の計測結果(試験体各3体)を示す。この結果、各配合において全ての試験体に材齢91日までにひび割れが発生した。発生したひび割れのひび割れ幅は平均で0.2mm程度であり、大きな差異は認められず、ブリーディング発生抑制によるひび割れ発生抑制、および、発生したひび割れの幅を低減する効果は小さいと考えられる。

また、図-2にJIS A 1129-3コンクリートの長さ変化試験方法に準拠した試験結果(試験体各3体の平均)を示す。この結果、各配合において材齢91日における長さ変化率は 600×10^{-6} 前後であり、ブリーディングの発生を抑制した影響は認められなかった。

5. 試験結果のまとめ

以上の結果から、本試験の範囲において、以下の知見が得られた。

- ・増粘剤を適当量(本試験では $W \times 0.12\%$)添加することで、ブリーディングの発生を抑制することができる。
- ・増粘剤の添加と高性能AE減水剤の増大に伴って、初期材齢における圧縮強度の発現は小さくなるが、材齢28日ではその影響は小さい。
- ・増粘剤の添加が硬化後のひび割れ抵抗性に与える影響は小さい。

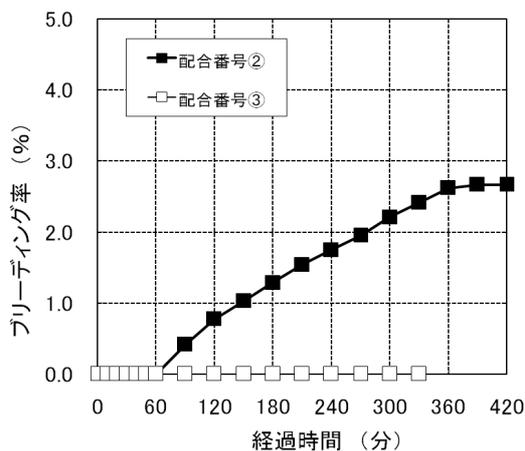


図-1 ブリーディング試験結果

表-5 圧縮強度試験結果

配合番号	初期圧縮強度(N/mm ²)			材齢28日(N/mm ²)
	16時間	20時間	24時間	
	1.76	2.86	5.31	40.3
	1.99	3.35	4.60	44.1
	0.83	2.41	3.53	42.2

表-6 暴露材齢91日ひび割れ幅(mm)

配合番号	試験体	試験体	試験体	平均
	0.21	0.23	0.19	0.21
	0.19	0.20	0.19	0.19
	0.14	0.16	0.19	0.16

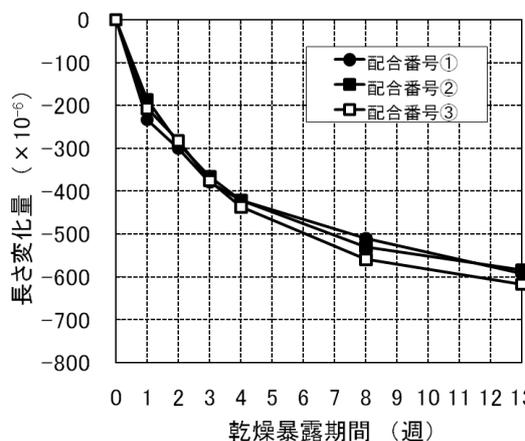


図-2 長さ変化試験結果

参考文献

- 1)土木学会第59回年次学術講演会(平成16年9月)「中流動覆工コンクリートの開発検討」馬場ら
- 2)土木学会第61回年次学術講演会(平成18年9月)「中流動覆工コンクリートの模擬型枠による施工性確認試験」馬場ら
- 3)トンネル施工管理要領(中流動覆工コンクリート編)(平成20年8月)東,中,西日本高速道路株式会社