

トンネル覆工コンクリートへの収縮低減型混和剤の適用効果

(株)竹中土木 正会員 ○吉田 邦勝 同 安藤慎一郎 松田 隆文 西尾 泰三
 (株)竹中工務店 正会員 三井 健郎 井上 和政
 竹本油脂(株) 正会員 木之下光男 同 齊藤 和秀 稲垣 順司

1. 目 的

表 2-1 目標性能

トンネルにおける二次覆工コンクリートは、巻厚が薄く、側壁からアーチ下部までを検査窓からの順打ち、クラウン部を吹上げ打設方式とし、養生時間 12～20 時間程度¹⁾で打設翌日には脱型する施工サイクルを特徴としている。

筆者らはコンクリートの品質やコストが改めて問われる昨今、収縮低減型コンクリート混和剤(以下、SR という)を用いた低収縮コンクリートの検討を進めている。この度、実トンネルの覆工コンクリートに SR を適用する機会を得たので、実測した収縮低減効果について報告する。

2. 実験概要

2.1 目標性能

本検討に用いた低収縮コンクリートの目標性能は、表 2-1 に示す通り、特記仕様書に基づき現行配合と同等以上のフレッシュ性状、硬化物性に加え、ひび割れ抑制のために必要な値として収縮低減率 10～15%の確保とした。

2.2 実施工適用コンクリート配合の試験練り

(1)収縮低減型混和剤(SR)の概要

使用した SR は減水成分と収縮低減成分の性能を兼ね備えたハイブリッド混和剤である。高性能 AE 減水剤の減水成分として実用化されているポリカルボン酸系ポリマーに、ポリエーテル誘導体から成る収縮低減成分を加え一液化している²⁾。

(2)使用材料とコンクリート配合および試験方法

試験練りの使用材料を表 2-2 に、検討したコンクリート配合を表 2-3 に示す。試験は表 2-4 に示す通りに行った。なお低収縮配合では SR の収縮低減成分量を変化させ、ワーカビリティ及び収縮低減効果の確認を行った。

(3)試験結果

試験練りの結果をまとめて図 2-1 に示す。フレッシュ性状については①スランブおよび②空気量(注水後 60 分)、硬化物性については③圧縮強度(材齢 18hr(脱型強度)、4W(設計基準強度))および④乾燥収縮量(乾燥材齢 4W)を、⑤コスト評価を加えて総合評価を行った。乾燥収縮量については材齢 26W での 10～15%低減を目標としているため、材齢 4W 時点での判断では 20%以上の低減(実績より設定)とした。その結果、本試験施工で用いる低収縮コンクリートの配合は「SR 改②」、或いは「SR 改③」が適当と判断されたが、コスト検討を加え「SR 改②」配合を選定するものとした。

性能項目		単 位	目標性能
コンクリートのタイプ		普通・低収縮	
フレッシュ性状	スランブ	cm	15.0±2.5
	空気量	%	4.5±1.5
	塩化物イオン量	kg/m ³	0.30 以下
硬化物性	設計基準強度	N/mm ²	18.0
	強度管理材齢	日	28
	18hr 脱型強度	N/mm ²	3.0
	収縮低減率*	%	10～15

但し、*低収縮配合のみ(乾燥材齢 26W)

表 2-2 使用材料

項目	略号	仕様
セメント	C	高炉セメント B 種 S 社製 密度 3.02g/cm ³
フライアッシュ	FA	フライアッシュ II 種 密度 2.33g/cm ³
細骨材	S	表乾密度 2.59g/cm ³ 混合質量比 S1:S2=3:7 S1:海砂(熊本県八代市産) S2:海砂(佐賀県唐津市産)
粗骨材	G	表乾密度 2.63 g/cm ³ 混合質量比 G1:G2=6:4 G1:碎石(熊本県芦北町産) G2:碎石(熊本県芦北町産)
混和剤	Ad	Ad1:AE 減水剤(SV) F 社製 Ad2:収縮低減型混和剤(SR) T 社製

表 2-3 検討コンクリートの配合

配合 No. *	設計 基準 強度	G _{max} (mm)	W/C (%)	S/a (%)	単位量(kg/m ³)							
					水 W	粉体量 B		細 骨材 S	粗 骨材 G	Ad1 (SV)	Ad2 (SR) 収縮低減成分	
						セメ ント C	フライア ッシュ FA					
1	21	40	57.0	44.0	176	309	40	728	1004	3.71	—	
2			53.7	44.8	160	298	39	787	994	—	1.5	
3										—	—	2.0
4										—	—	2.5
特 記	18	—	60 以下	—	—	270 以上	—	—	—	—	—	

*No.1: 現行配合, No.2～4: 低収縮配合 SR 改①, SR 改②, SR 改③

表 2-4 試験項目一覧

分類	試験項目	試験方法	試験時期		
			練直後	注水後(分)	
フレッシュ性状	スランブ	JISA 1101	静置後, 人力攪拌	○	○
	空気量	JISA 1128		○	○
	コンクリート温度	温度計		○	○
	単位容積質量	JISA 1116		○	○
硬化物性	圧縮強度	JISA 1108	18hr, 1・4W	—	—
	乾燥収縮量 □15, □10cm	JISA 1129	材齢 1, 2, 3, 4, 8, 13, 26W	—	○

キーワード 低収縮コンクリート, 収縮低減型混和剤, トンネル覆工, ひずみ実測

連絡先 〒270-1395 千葉県印西市大塚 1-5-1 竹中技術研究所 建設技術研究部 材料部門 TEL0476-47-1700 FAX0476-47-3080

2.3 実施工での計測実験

(1)概 要

実施工での計測実験は、熊本県発注：国道 389 号地域連携推進改築（下田南 2 号トンネル）工事(延長=772m，施工場所：天草市天草町下田南)にて行った．図 2-2 に坑口部の状況を示す．

計測実験は、覆工コンクリート全 74 ブロックのうち、No.45・46 の 2 ブロック(C I 支保パターン)を対象に行った．No.45 は現行配合(08/9/30 打設)，No.46 は試験練りにて選定した低収縮配合 SR 改②(同 10/01 打設)であり，実施工に際して採取した試料の品質は両配合とも前述の試験練り時と同等であった．またコンクリートひずみの計測位置は図 2-3 に示す通りとし，クラウン・アーチの巻厚方向 3 点(①岩着，②中央，③表面)に埋込みひずみ計等を設置した(表 2-5 参照)．埋込みひずみ計位置の防水シート表面には充填感知センサを設置してコンクリートの充填を確認している．なお計測頻度は打設後 1 ヶ月：1 時間毎，2～3 か月：3 時間毎，4 ヶ月以降：6 時間毎とし，計測予定期間は工事完了まで(09/9/30)を予定した．

(2)計測結果

打設後約 5 ヶ月間の計測結果を表 2-6、図 2-4 に示す．覆工コンクリートひずみは，現行配合：54～236 μ に対して低収縮配合 SR 改②：71～171 μ であった．収縮低減効果は，巻厚深度方向で若干異なり①岩着(20.4%)>③表面(15.0%)>②中央(13.1%)の順となっている．適用した SR 改②配合の試験練りでの結果は 20%程度の低減率であったが，実施工でもほぼ同等の効果であることを確認できた．全体的には SR 使用によって均質な収縮ひずみ低減を確認できており，覆工表面へのひび割れ発生も観察されていない(09/04/07 時点)．

3. おわりに

以上，SR の収縮低減成分の添加量を変化させることでワーカビリティの確保とともに一定の収縮低減効果を確認できた．今後とも調査を継続し低収縮コンクリートの検討を進める予定である．

〔参考文献〕

- 1)土木学会；山岳トンネル覆工の現状と対策，pp58
- 2)木之下ほか；ハイブリッド高性能AE減水剤を用いた耐久性改善コンクリートの性質，土木学会第 63 回年次講演会，5-243，pp485-486

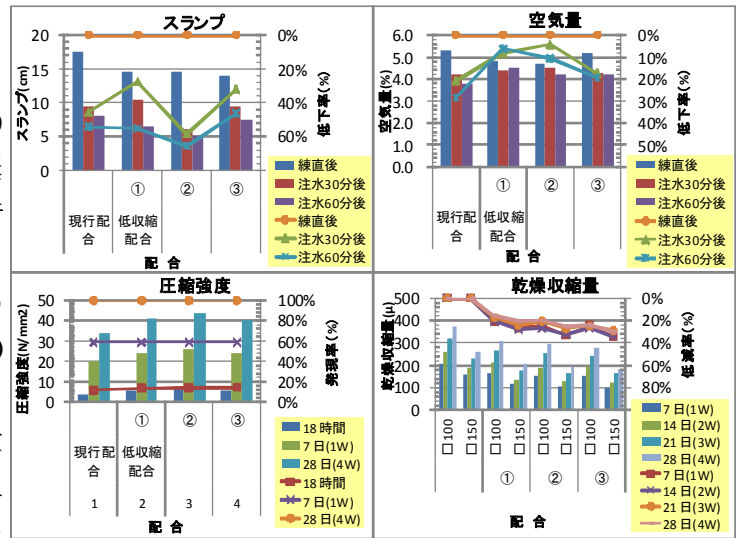


図 2-1 試験練り結果まとめ



図 2-2 下田南 2 号トンネル

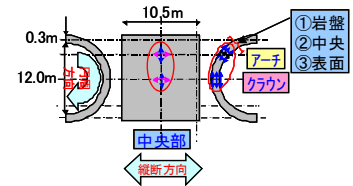


図 2-3 実施工計測装置設置位置

表 2-5 計測器設置

項目	位置	数量	摘要
埋込み型ひずみ計	①②	20	自動計測
ひずみゲージ	③	8	
無応力計	②	2	
コンクリート表面温度計	③	4	
温湿度計	③	1	
コンクリート充填感知センサ	①	18	手動
風速計	③	1	

表 2-6 計測ひずみ比較

巻厚位置	現行配合 (平均)	低収縮配合 (平均)	収縮低減率 (%)
① 岩着	135～186 (161)	122～133 (128)	20.4
② 中央	116～236 (176)	135～171 (153)	13.1
③ 表面	54～159 (107)	71～111 (91)	15.0

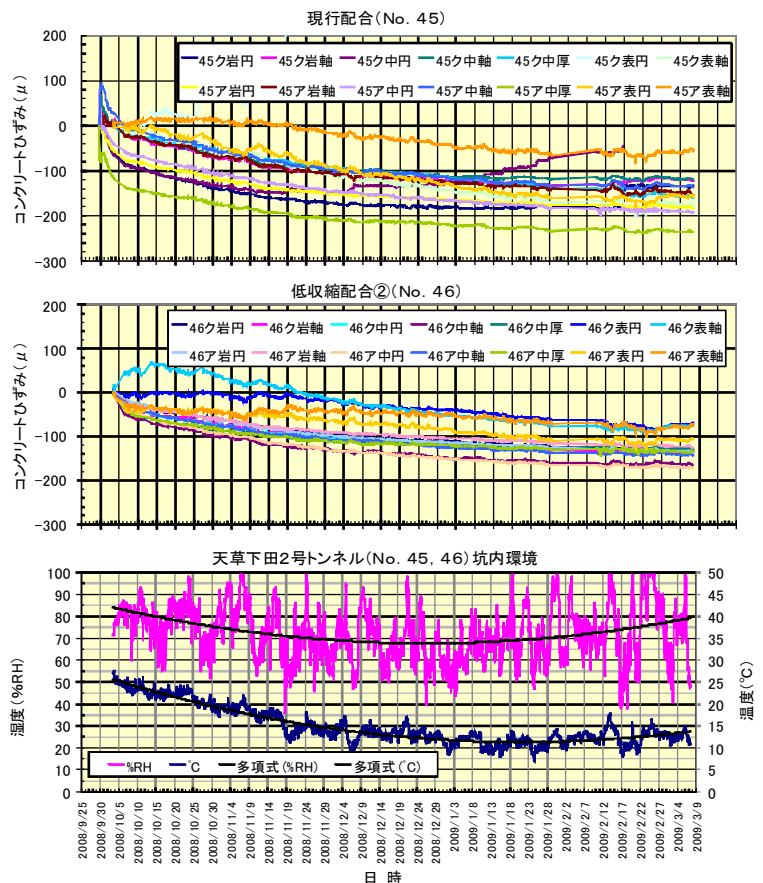


図 2-4 実施工計測結果