

トンネル工事における覆工コンクリートの生産性向上技術に関する検討

佐藤工業 正会員 中谷 幸一^{*1}佐藤工業 正会員 宇野洋志城^{*1}東海大学 学生員 佐々木 駿^{*2}東海大学 正会員 伊達 重之^{*2}

1. はじめに

コンクリート施工を伴う建設現場では、コンクリートの高品質化およびその耐久性向上に加え、生産性向上も求められる。具体的には施工サイクルの短縮（作業効率を求める現場や二次製品工場などでとくに要求度が高い）、早期における強度発現（時間制限や工期短縮などの多様な要求に対応する）などが挙げられる。

一方、トンネル工事における覆工コンクリートの脱型強度は一般に圧縮強度で $2\sim 3\text{N/mm}^2$ 程度が目安とされている¹⁾。通常の脱型材齢は16～20時間程度となり、打設は2日に1回ペースで行われている場合が多い。

また、今回対象としたトンネル工事では、工期の遅れが許されないことから2日に1回打設の施工サイクルを短縮する可能性があったので、筆者らは事前に覆工コンクリートの急速施工を実現するための検討を行ってきた²⁾。

本報告は、これまでの研究成果の覆工コンクリートの強度発現を早めることによって若材齢でセントルを外し、施工サイクルの短縮を図る生産性向上技術に関する検討と、適用した結果について述べるものである。

2. 適用条件

覆工コンクリートの強度発現を早めるためには、従来までは水セメント比を必要以上に小さくしたり、養生温度を高めたり、早強セメントを用いたコンクリートを使用するなどの方法が多く認められた。一方、それでは強度発現を早めることはできるものの、最終的に過剰な強度発現が得られる（過剰な強度設計）、長期的に耐久性が損なわれる（粗い細孔構造）などの可能性が指摘される。

そこで本報告では、早期に強度発現が得られ、かつ耐久性に及ぼす影響の少ない材料を用いた覆工コンクリートの施工を検討した。

3. 使用配合

覆工コンクリート用配合は標準配合（24-15-BB）をベースに水セメント比を変えず、主成分をカルシウムシリケート水和物（C-S-H）のナノ粒子とする種結晶を導入してセメントの水和反応を促進させる新しいコンセプトの早強剤を使用した早強配合とした。示方配合を表-1に示す。この早強剤はコンクリート二次製品工場で製造サイ

表-1 示方配合

種類	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)						
			W	C	S1	S2	G	Ad1	Ad2
早強配合	55	42.4	160	291 ^{*1}	617	154	1089	1.46	11.64
標準配合	55	42.0	160	296 ^{*2}	607	152	1089	2.96	—

ただし、セメント（C）^{*1}：普通ポルトランドセメント、^{*2}：高炉セメントB種

細骨材（S1）：川砂（京都府由良川水系産）

細骨材（S2）：砕砂（京都府京丹後市網野産）

粗骨材（G）：碎石（京都府亀岡市網野産）

混和剤（Ad1）：AE減水剤（主成分はリグニンスルホン酸塩とオキシカルボン酸塩）

混和剤（Ad2）：C-S-H系早強剤（主成分はカルシウムシリケート水和物）

キーワード 覆工，生産性，耐久性，早強剤，透気係数

連絡先 ^{*1} 〒243-0123 神奈川県厚木市森の里青山14-10 TEL：046-270-3091 FAX：046-270-3093

^{*2} 〒259-1292 神奈川県平塚市北金目4-1-1 TEL：0463-58-1211 FAX：0463-50-2045

クルを短縮するために導入された実績はあるが、レディーミクストコンクリートへは未適用の製品である。試験練りの結果を表-2に示す。標準配合コンクリートと比較して若材齢で所要の強度発現が得られ、長期的にも過剰な強度発現とはならない。

4. 実施工

今回、工期の遅れに関する問題が取り除かれたこともあり、実施工では通常の施工サイクルを変えずに材齢 20 時間程度での脱型作業が行われた。あえて急速施工を行わなかった理由は、材齢 10 時間での脱型作業は夜間作業になるために別の作業班が必要になるからである。さらに、早期脱型の実現は明白なので、むしろ脱型時強度が十分あれば耐久性向上にどの程度寄与するのか把握することを優先したからである。そのために作業班は先入観のない状態で通常どおりの施工を行った。

硬化後の品質評価試験には、非破壊で行える透気試験（トレント法：写真-1）を選択した。透気試験結果から透気係数を求めることで、コンクリートの緻密さを定量的に評価することができると考えたからである。隣接する覆工コンクリート（早強配合 BL と標準配合 BL の材齢は 2 日異なる）の透気試験で評価した結果を表-3に示す。標準配合コンクリートと比較して透気係数の平均値が小さく、細孔構造が緻密で耐久性向上に寄与する可能性の高いことが予想される。

5. おわりに

本技術は、コンクリート工事（トンネル工事）の生産性向上を追求する研究において、トンネル工事に着目して覆工コンクリートの早期脱型、施工サイクルの短縮を目指したものである。今回のように通常の施工サイクルで適用した場合には、標準配合のコンクリートを使用した場合よりも脱型時に必要十分な強度が発現していることから、脱型後の耐久性向上が期待できることも明らかとなった。今後はさらに生産性向上と耐久性向上の両立を図るべく研究を進める次第である。

謝辞

本検討を行うにあたり、BASF ジャパンの方々から賜った貴重なご意見、ご協力に対し、ここに深く感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 土木学会：トンネル標準示方書〔山岳工法〕・同解説，pp.173，2006
- 2) 志賀暢，三坂岳広，宇野洋志城，下村匠：トンネル用覆工コンクリートの初期強度発現に関する一考察，土木学会第69回年次学術講演会講演概要集第VI部門，pp.111-112，2014.9

表-2 試験練り結果

種類	圧縮強度 (N/mm ²)				
	材齢 10hr	材齢 11hr	材齢 19hr	材齢 7 日	材齢 28 日
早強配合	2.90	3.47	—	31.6 ^{*1}	40.9 ^{*1}
標準配合	—	—	2.73	17.8 ^{*1}	28.6 ^{*1}

*1：材齢 24 時間で脱型以後，標準養生

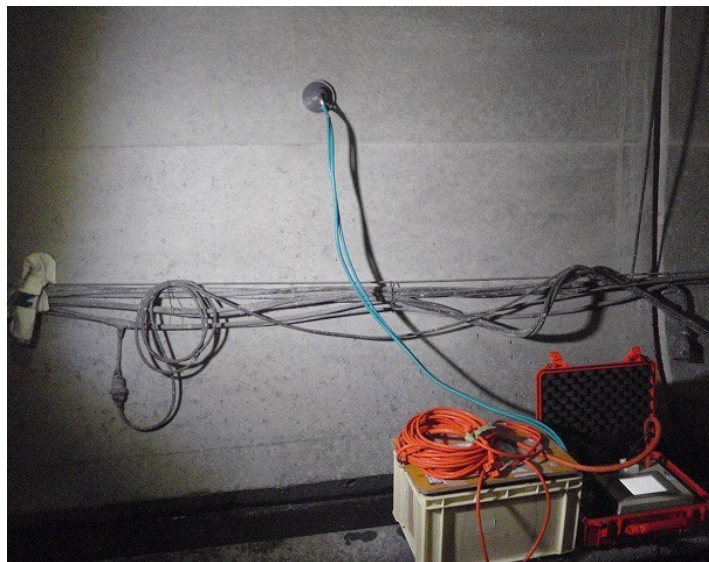


写真-1 透気試験実施状況

表-3 硬化後試験結果

種類	圧縮強度 (N/mm ²)	透気係数 (×10 ⁻¹⁶ m ²)	
		各測定値	平均値
早強配合	35.8 (材齢31日)	0.40	0.32
		0.32	
		0.24	
標準配合	31.4 (材齢29日)	1.30	0.96
		0.82	
		0.76	