

初期強度発現性を改善したコンクリートのトンネル覆工コンクリートへの適用

戸田建設株式会社 正会員 ○澤村 淳美 正会員 土師 康一
正会員 三宅 拓也
太平洋マテリアル株式会社 正会員 竹下 永造 非会員 村手 三郎

1. はじめに

トンネル覆工コンクリートのセントル型枠脱型時期は、通常、コンクリート打込み後 12～20 時間で行われることが多く、脱型強度は、2～3N/mm²程度を目安としてゐる場合が多い¹⁾。このように、山岳トンネルでは施工サイクルを確保するため、早期脱型となり、とくに初期の強度発現が必要となることが多い。しかし、寒中施工時や、セメントの種類によっては、初期強度の発現が遅くなり、施工サイクルの確保が困難となる場合がある。この対策として、セメントの種類の変更、単位セメント量の増加、養生方法の工夫等により強度の発現を促しているのが現状である。そこで筆者らは、コンクリートの強度発現性の改善を目的として、早強型膨張材と硬化促進剤を用いたコンクリート配合を検討し^{2) 3) 4)}、今回、寒中施工時の低温環境におけるトンネル覆工コンクリートへの適用施工を実施した。本論では、低温環境下において、特別な養生を行わずに当該配合を適用した事例について、その詳細を述べる。

2. 適用概要

(1) 現場条件

今回適用現場は、沿線住民の生活を支える幹線道路のうち、急カーブ、急勾配に加え、冬期間の雪崩等の危険性から通行止めとなり、道路交通上の大きな障害となっている峠部を解消するための道路トンネル工事 (L=2,265m, A=50m³, 幅員=6.0m) である (写真-1 参照)。冬期は積雪もあり低温環境となるため、コンクリートの脱型強度確保のため標準施工時にはセントルの加温養生を行っている。しかし、今回適用時においては、加温養生等の特別な養生を行わずに検討配合による初期の強度発現性を確認した。

(2) 使用材料およびコンクリートの配合

表-1 に使用材料、表-2 にコンクリートの配合について示す。今回使用する配合 (No.2) は、現場配合 (No.1) である 27-18-25N を基本に早強型の膨張材を細骨材置換えて添加し、現着時に硬化促進剤をあと添加した配合である。

(3) 測定項目および測定方法

表-3 に試験項目および測定方法を示す。コンクリートの現場到着時の目標スランブは 18 cm、空気量は 4.5%とした。測定は、コンクリートの現着後、硬化促進剤を添加する前後のフレッシュ性状、添加後の経時変化、コンクリートの温度履歴、および若材齢強度の確認を行った。

表-1 使用材料

種類	記号	産地、物性等
水	W	地下水
セメント	N	普通ポルトランドセメント 密度 3.15g/cm3
混和材	EX	早強型石灰系膨張材 密度 3.19g/cm3
細骨材	S	下郷町大字落合字ジゴ坂産 表乾密度 2.62g/cm3
粗骨材	G	下郷町大字落合字ジゴ坂産 表乾密度 2.62g/cm3
混和剤	F-L	窒素系無機塩化合物 密度 1.35g/cm3
	SP	高性能AE減水剤標準形 (増粘剤一液型)

表-2 コンクリートの配合

配合名 27-18-25N		W/C	s/a	単位量 (kg/m ³)						F-L
		(%)	(%)	W	C	EX	S	G	SP	(kg)
No. 1	現場配合	51.0	46.0	170	333	-	817	962	2.20	-
No. 2	今回適用配合	51.0	46.0	170	333	20	802	962	2.20	10

表-3 測定項目および測定方法

試験項目	測定方法
フレッシュ性状	スランブ、空気量、コンクリート温度
経時変化	経時確認：現着、添加後0分、60分、90分
温度測定	コンクリートの温度履歴
若材齢強度	気中養生：材齢18時間、20時間、22時間
圧縮強度	標準養生：材齢7日、28日



写真-1 現場状況

キーワード 初期強度、脱型強度、トンネル覆工コンクリート、低温環境
連絡先 〒104-0032 東京都中央区八丁堀 2-8-5 戸田建設 (株) 本社土木技術部 TEL050-3818-6107

3. 適用試験結果および考察

(1) フレッシュ性状および経時保持性

表-4 にフレッシュ性状の結果、図-2 に硬化促進剤添加時を 0 分としたスランプの経時変化特性を示す。コンクリート性状としては、添加直後にスランプが 1.5 cm 伸び、また、添加後 60 分は所要の性能を満足していることがわかる。しかし、60 分を過ぎるとスランプの低下量が大きくなっている。このように、添加後一定の時間が経過すると同様の傾向がみられるため、事前に経時変化特性を確認する必要があると考える。

(2) 若材齢強度

今回適用現場では事前の解析により、 1.3N/mm^2 の脱型強度が必要であった。図-3 にトンネル坑内において気中養生した供試体の若材齢強度試験結果を示す。打設時の坑内温度は 11°C であり、その後の養生温度は平均 10°C 程度であった。今回適用配合を使用することで、このような低温環境下において、加温等の特別な養生を行わずに 19 時間程度で目標の 1.3N/mm^2 を得られることが確認できた。

(3) コンクリート温度

セントル型枠に設置した温度センサーの測定結果(左肩部)を図-4 に示す。加温養生を行っていない今回適用配合は、標準施工時の加温養生を行った現場配合と比べて、コンクリート温度が、打設～15 時間程度まで高くなることが確認できる。早強型膨張材と硬化促進剤を添加することにより水和反応が促進され、水和発熱によりコンクリート温度が上昇したものと考えられる。このことから、標準施工時の加温養生を行った場合より、特別な養生を行わない今回適用配合の方が、初期強度の発現が向上することが確認できた。

4. まとめ

今回適用試験により下記の知見が得られた。

- 1) 早強性膨張材と硬化促進剤を添加した今回適用配合において、打設可能なフレッシュ性状および経時保持性を確保することができた。
- 2) 10°C 程度の低温環境下において、早強型膨張材と硬化促進剤を添加した今回適用配合は、特別な養生を行うことなく、加温養生を行った通常の現場配合より初期強度の発現性が向上した。

<参考文献>

- 1) 土木学会：トンネル標準示方書，共通編/山岳工法編，2016
- 2) 竹下ら：低温環境における覆工コンクリートの初期強度向上に関する基礎的研究，第 74 回土木学会年次学術講演会，2019
- 3) 土師ら：膨張材を用いた二次覆工コンクリートの初期強度発現に関する実験的検討，第 74 回土木学会年次学術講演会，2019
- 4) 澤村ら：初期強度発現性を改善したコンクリートのシールド二次覆工への適用，第 74 回土木学会年次学術講演会，2019

表-4 フレッシュ性状の試験結果

配合名	項目	現着	添加後		
			0分	60分	90分
No. 2 今回適用 配合	SL (cm)	18.5	20.0	18.0	14.5
	Air (%)	5.3	5.7	5.3	4.5
	CT ($^\circ\text{C}$)	12	12	14	14
	AT ($^\circ\text{C}$)	11	11	11	11

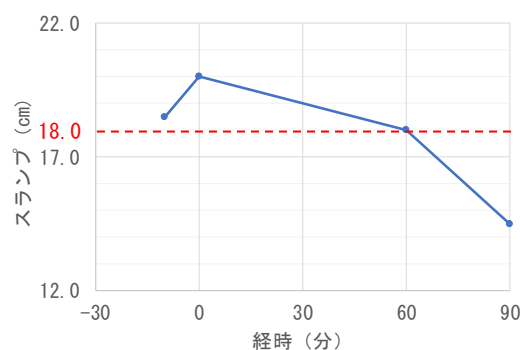


図-2 スランプの経時変化特性

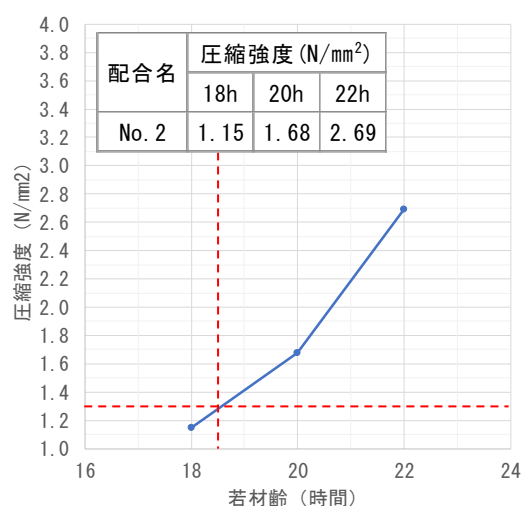


図-3 若材齢強度試験の結果

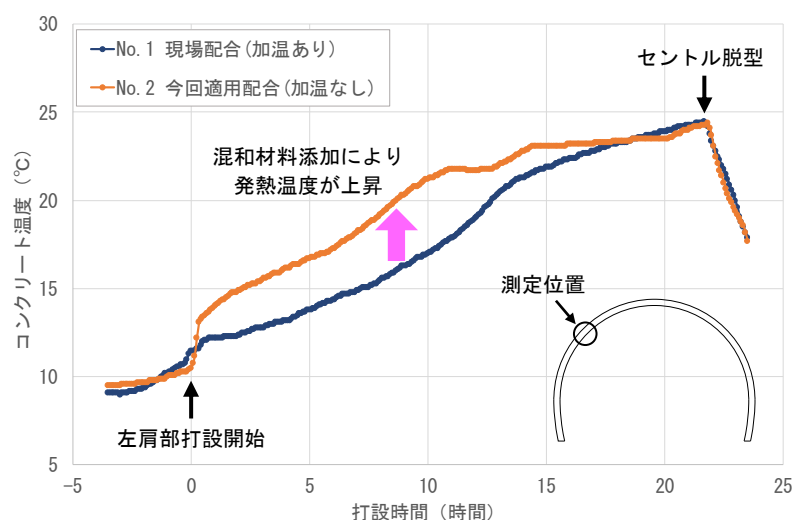


図-4 コンクリート温度履歴(左肩部)