

膨張材を用いた高流動コンクリートのトンネル2次覆工への適用に関する研究

株式会社大林組 正会員 安田 敏夫 大浦 道哉 青木 茂
 磯崎 正哉 赤井 知司

1. はじめに

トンネル2次覆工コンクリートの標準的な覆工厚さは、施工性や耐力を考慮し30cmである。しかし、近年、新支保材料の採用により、支保の軽減、および施工の急速化を図る試みが見られる。2次覆工においても従来より強度が高いコンクリートを採用し、覆工の薄肉化（厚さ20cm）を図る試みが行なわれた。ただし、覆工厚20cmでは、締固めが十分にできず、充てん不足が懸念されたため、高流動コンクリートの使用を検討した。

しかし、覆工コンクリートの薄肉化により背面の地山からの拘束が大きくなること、および粉体量の増加による乾燥等による収縮が大きくなることより収縮によるひび割れが懸念された。そこで、収縮ひび割れの対策を講ずる必要が生じる。

本論文では、トンネルの2次覆工に用いる高流動コンクリートの収縮低減対策について記す。

2. 構造の概要

今回対象としたトンネルの2次覆工は、コンクリートを従来より高強度化（ $f'_{28}=35\text{N/mm}^2$ ）することにより覆工厚を20cmとした。なお、2次覆工1打設の打設延長は10.5mとした。

3. コンクリートの配合

コンクリートの品質基準を表-1に示す。U型間隙通過性試験（JSCE-F 511）では、対象の2次覆工が無筋であることより‘障害なし’とした。型枠脱型時（15時間後）の圧縮強度は、事前解析を行ない 1N/mm^2 以上とした。

試験練りの結果、品質基準を満足した配合を表-2に示す。

表-1 コンクリートの品質基準

最大粗骨材寸法 (mm)	U型間隙通過性試験 (mm)	スランプフロー (mm)	空気量 (%)	V漏斗流下時間 (sec)	圧縮強度 (N/mm^2)	
					15時間	28日
20	300	650 ± 50	4.5 ± 1.5	7~13	1.0	35

表-2 配合表

W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m^3)					SP ($\text{P} \times \%$)
		W	C	LF	S	G	
50.4	49.2	175	347	216	745	822	1.5

C:普通ポルトランドセメント, LF:石灰石微粉末
 SP:高性能AE減水剤(ポリカルボン酸系), $\text{P}=\text{C}+\text{LF}$

4. 収縮抵抗性の検討

覆工厚が20cmであり、温度収縮、乾燥収縮、自己収縮等による収縮ひび割れの発生が懸念された。事前に収縮応力解析を行った結果、従来の覆工（ $f'_{28}=18\text{N/mm}^2$; 覆工厚30cm）に比べ、収縮によるひび割れの発生確率が高いことが判明した。よって、乾燥収縮低減剤、膨張材の使用を検討することにより収縮抵抗性を増大させることとした。膨張材は標準使用量（ 30kg/m^3 ）とし、乾燥収縮低減剤は単位粉体量の1.0%、1.5%の2配合について検討した。

収縮低減効果の評価として、長さ変化試験（JIS A 1129）とひび割れ抵抗性試験（JSTM C 8202）を実施した。実験結果を図-1~2（ただし、ひび割れ抵抗性試験結果には乾燥収縮低減剤 $\text{P} \times 1.0\%$ の結果を省く）に示す。

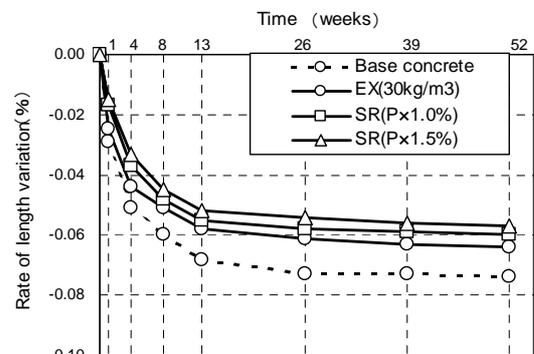


図-1 長さ変化試験結果

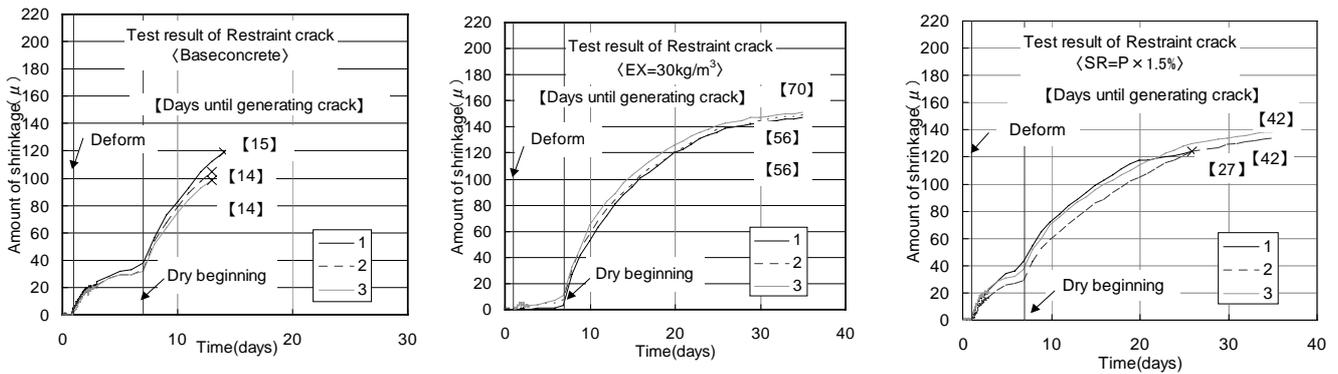


図 - 2 ひび割れ抵抗性試験結果

長さ変化試験においては、収縮低減剤を使用した配合が膨張材を使用した配合より若干ではあるが収縮量は少ない。しかし、ひび割れ抵抗性試験結果からは、例えば、材齢 30 日における収縮量は、膨張材を使用した配合が約 140 μ と大きいひび割れ発生時期は遅く、ひび割れ抵抗性に優れていると考えられる。

以上の結果より、膨張材を標準量 (30kg/m³) 使用することとした。

5. 施工による検証

5.1 概要

予め設けておいた施工区間において、選定した膨張性高流動コンクリートの膨張材の効果を検証することとした。膨張材の効果については、覆工内のコンクリート応力等を計測することにより評価することとした。ここでは、この施工結果について示す。

5.2 計測ポイント

膨張材の効果を評価するために、コンクリートの温度、有効応力を計測した。計測器は覆工 1 スパンの中央で SL より約 45° 上部の位置とした。また、計測は、トンネル周方向と軸方向とした。

5.3 計測結果

計測結果を図 - 3、4 に示す。

軸方向、周方向とも打設直後に約 1 N/mm² の圧縮応力が生じている。これは主に、アーチ構造において膨張材を使用することにより導入されたケミカルプレストレストと推定される。そして、温度降下に伴い引張応力が生じているが、1 ヶ月経過した時点での応力は、周方向-1.0N/mm²、軸方向-0.3N/mm²であり、いずれの応力も圧縮応力である。これは、打設時の膨張材による圧縮応力が、温度降下等により生じる引張応力を相殺したものと考えられる。また、ひび割れも発生していない。以上、この計測結果により、膨張材の効果を確認できたと考えられる。

6. 終わりに

本論文では、膨張材を用いた高流動コンクリートをトンネル 2 次覆工に適用する研究成果を示した。検証の結果、本コンクリートの収縮抵抗性が認められた。このことにより、対象トンネルにおいて、厚さ 20cm の 2 次覆工を延長約 2 Km 施工した。最初の打設から、1 年程度経っているが、現状では全てのスパンにおいて、ひび割れ等はなく、仕上がり面も良好であることを最後に記す。

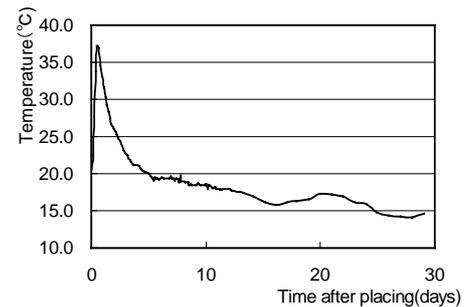


図 - 3 温度計測結果

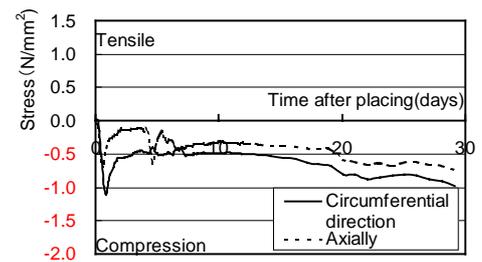


図 - 4 有効応力計測結果