

トンネル覆工コンクリートの養生材齢と表面硬化物性に関する考察

戸田建設(株) 正会員 ○田中 徹 同 柴田 靖
同 佐藤 晃 同 戸田一生

1. はじめに

山岳トンネル覆工コンクリートの施工において、型枠脱型後の養生は、セメントの水和反応促進や温度ひび割れの抑制、長期耐久性の向上など品質確保の上で重要な工程である。

筆者らは、山岳トンネル実現場内において、湿潤および保温養生の同時施工が可能な新しい養生マットを用い、養生期間がコンクリートの硬化物性に及ぼす影響把握を目的として各種試験を実施した。本稿ではその試験結果を報告する。

写真-1 に本試験に使用した養生マットの断面と外観、表-1 にマットの構成および材質を示す。養生マットは湿潤層 ($t=1.8\text{mm}$) と保温層 ($t=10\text{mm}$) を有し、湿潤層部の初期保水量は約 1440g/m^2 である。

2. 試験概要

2.1 試験体概要と養生条件

表-2 に試験体に使用したコンクリートの示方配合を示す。試験体は高さ $800\times$ 幅 $800\times$ 厚さ 300mm とし、養生する前面以外には断熱材を設置した(写真-2 参照)。

養生期間はコンクリート打設後材齢 3 日、5 日、7 日の 3 水準とし、脱型後無養生の試験体を比較用とした。養生はコンクリート打設後 24 時間で養生面のみ脱型し、その直後から開始した。養生終了後も試験体はトンネル坑内に材齢 28 日直前まで静置した。

2.2 試験方法

湿潤および保温効果を確認するために、養生期間中および材齢 28 日までの坑内温度と湿度、コンクリート表面の温度と湿度の経時変化を計測した。温度はボタン電池型の小型温度記録計、湿度は防水型ワイヤレス式湿度センサーを表面に設置して計測した。

また、材齢 28 日後にテストハンマー(シュミットハンマー RN 型 JIS A 1155 準拠)を用いた圧縮強度推定試験と表面透気係数試験(TORRENT 法)、および、試験体から採取したコアの圧縮強度試験(JIS A 1107 準拠)を実施した。

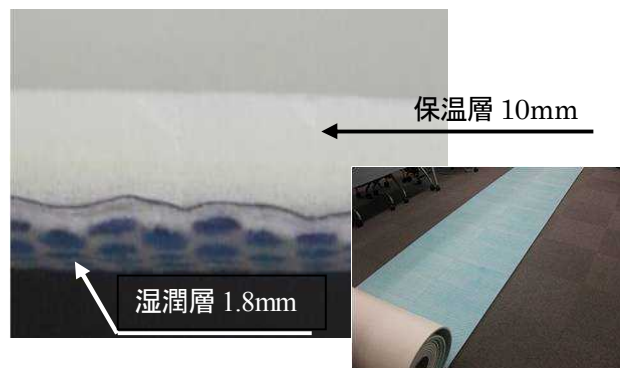


写真-1 養生マット断面と外観

表-1 養生マットの概要

部 材	材 質
湿潤層(1.8mm)	保水層:レーヨンアクリル(不織布) 被覆層:ポリエチレン(フィルム) 湿潤剤:水膨潤ウレタン(保水層に点在)
保温層(10mm)	発泡ポリエチレン

表-2 試験用コンクリート示方配合

W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m^3)				
		水	セメント	細骨材	粗骨材	混和剤
56.0	43.6	159	284	792	1035	2.84

【配合条件】
 設計基準強度=18N/mm² 粗骨材最大寸法=40mm
 セメントの種類=普通ポルトランドセメント
 スランプ=18±2.5cm 空気量=4.5±1.5%

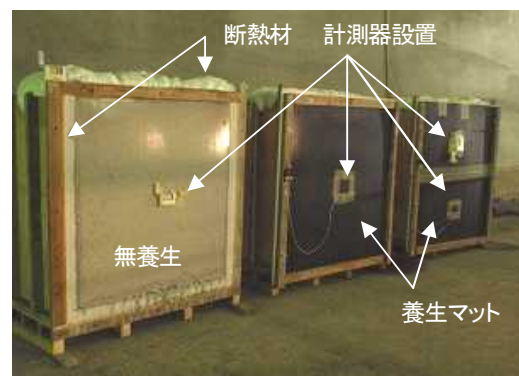


写真-2 トンネル坑内養生状況

キーワード: 山岳トンネル 覆工コンクリート 養生 コンクリート表面温度 透気試験

連絡先 戸田建設(株)環境ソリューション部 東京都中央区京橋 1-7-1 TEL03-3535-6299 FAX03-3535-1524

3. 試験結果

3.1 表面温度と湿度計測結果

図-1 にコンクリート表面の温度計測結果, 図-2 に湿度計測結果を示す。

無養生試験体の表面温度は, 脱型直後の 28℃から 60 分で 5~6℃急激に下がり, その後は材齢 4 日までに坑内温度と同等になった。材齢 3 日および 5 日まで養生した試験体では, 表面温度が養生開始後 36℃程度まで上昇し, 養生終了後は無養生試験体と同様に急激に下降した。材齢 7 日まで養生した試験体の表面温度は, 養生期間中に坑内温度と同等程度まで緩やかに下がり, 養生終了後も急激な変化は認められなかった。

表面湿度は養生期間中 90%以上の湿度を維持することを確認した。しかし, 養生終了後は数時間で坑内湿度と同等まで下がる結果になった。

3.2 圧縮強度試験結果

表-3 にテストハンマーを用いた圧縮強度推定値とコアを用いた圧縮強度試験結果を示す。

テストハンマーを用いた圧縮強度推定試験の結果, 無養生の試験体と比較して, 養生期間が長いほど圧縮強度の推定値は高くなることを把握した。また, 材齢 7 日まで養生した試験体では, 無養生と比較して約 1.3 倍の圧縮強度が得られることを把握できた。

試験体から採取したコアの圧縮強度および静弾性係数は, 養生期間の違いによる明確な差異は認められなかった。この原因として湿潤, 保温養生による圧縮強度の増進は, コンクリート表面近傍に限られていることが考えられる。

3.3 透気係数試験結果

表-4 に表面透気係数試験結果を示す。試験データのバラツキは大きいものの, 材齢 7 日まで養生した場合の透気係数は無養生の半分以下の値となった。これは養生によってセメントの水和反応が促進され, コンクリート表面が緻密化しているためと考えられる。

4. 試験結果のまとめ

本試験の範囲で以下を把握することができた。

- ・打設後材齢 7 日まで養生することで, コンクリート温度を緩やかに坑内温度まで下降させ, 養生期間中の湿度は 90%以上維持することができる。
- ・養生によってコンクリート表面の強度を増進させ, 透気係数を小さくすることができる。この結果, 中性化速度低減等の耐久性向上が期待できる。

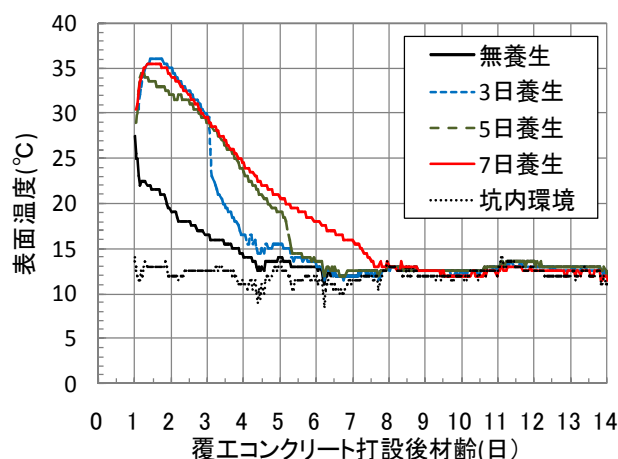


図-1 コンクリート表面温度の計測結果

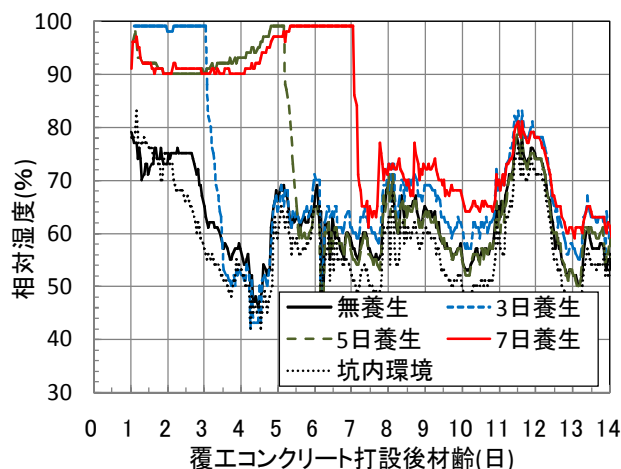


図-2 コンクリート表面湿度の計測結果

表-3 テストハンマーとコア圧縮強度試験結果

養生期間	無養生	3日	5日	7日
強度推定 (N/mm ²)	23.87 (2.59)	27.39 (3.00)	28.58 (3.50)	31.50 (5.27)
圧縮強度 (N/mm ²)	28.50 (0.88)	29.43 (1.81)	32.23 (1.61)	30.43 (0.37)
静弾性係数 (kN/mm ²)	28.66 (1.66)	28.49 (1.96)	27.42 (0.73)	27.37 (0.98)

下段: カッコ内は標準偏差を示す。

表-4 表面透気係数試験結果

養生期間	無養生	3日	5日	7日
透気係数 ($\times 10^{-16} \text{m}^2$)	2.089 (0.755)	3.049 (2.782)	1.275 (1.079)	0.849 (0.135)

下段: カッコ内は標準偏差を示す。

【参考文献】野々目ら「新開発の湿潤・保温養生マットによるコンクリートの保温養生効果について」土木学会第 64 回年次学術講演会 (平成 21 年 9 月)