

### 覆工コンクリートのアクティブ湿潤・加温養生システムの効果

(株)奥村組 正会員 ○柴田 匡善 正会員 齋藤 隆弘 星野 直則  
正会員 平塚 文敬 正会員 黒武者 貴幸 松岡 大輔

#### 1. はじめに

覆工コンクリートの養生においては、材齢初期におけるコンクリート表面の湿潤状態の維持が最も重要であるが、トンネル貫通後の通風等による冷却により十分に養生効果が得られないことが懸念されるため、湿潤と同時に養生温度を確保することが望ましい。筆者らはコンクリート表面を湿潤状態にするとともに、トンネルの坑内環境に応じ初期養生に最適な温度を保持することのできる養生装置の開発を行い、古里第一トンネル（三重県紀北町）において適用した。実構造物で効果を確認したので、その結果について報告する。

#### 2. 養生方法および試験項目

##### 2.1 養生方法

セントル脱型直後の覆工コンクリート表面に養生台車を用いて、湿潤・加温マット（写真-1）を密着させ、覆工表面および打設前の防水シートにあらかじめ熱電対を取り付け、コンクリート表面に湿度センサを設置して自動制御することで給水と加温を実施した。養生台車は全長 37.5m(3 スパン分)となり、覆工コンクリート打設後、セントル移動に伴い台車も移動させる。覆工コンクリートは2日に1回の打設のため、週3回の移動となる。このため3スパン分の延長があれば、材齢7日までの養生が可能になる。

コンクリート内部温度の変化に表面温度を同調させ、コンクリート内部と表面の温度差を3℃以内に自動で維持、制御した。表面湿度は常時85%以上になるよう、給水の開始と停止を自動で制御した。

##### 2.2 試験項目

試験項目を表-1に、測定箇所を図-1に示す。試験は坑内に冷気の入りやすいトンネル貫通後の12月に実施した。試験箇所はトンネル断面のSLより下部と天端付近で実施した。実構造物において養生中・養生後に試験を実施するとともに、養生する供試体としない供試体を作成（寸法：25cm×70cm×70cm、写真-2）し、データを比較した。なお供試体については養生面で試験を実施した。コンクリートには下部拘束によるひび割れを予防するため膨張材を混和した。配合を表-2に示す。



写真-1 養生マット



写真-2 比較供試体 養生状況

表-1 試験内容

試験項目	試験材齢	備考
テストハンマー試験	51日	
長さ変化試験	51日まで	ホイットモア改良型マルチレングスひずみ計
弾性波伝搬速度測定	51日	
透気係数試験	51日	トレント法による
圧縮強度試験	28日	標準養生
コンクリート温度	7日まで	表面・内部
コンクリート湿度	7日まで	表面

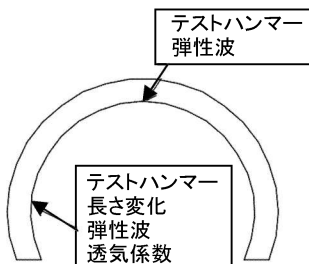


図-1 測定箇所

表-2 配合、使用材料

Gmax (mm)	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )						
			水	セメント	膨張材	細骨材	粗骨材	混和剤	繊維
25	54.0	44.1	171	297	20	768	988	3.17	0.91

セメント：高炉B種（密度3.04） 膨張材：（密度3.16） 細骨材：川砂（密度2.56）

粗骨材：川砂利（密度2.60） 混和材：AE減水剤標準型I種 繊維：非鋼繊維補強材（密度0.91）

キーワード トンネル覆工, 湿潤加温養生, ひずみ, 強度, 透気係数

連絡先 〒108-8381 東京都港区芝 5-6-1 TEL 03-5427-8260

### 3. 試験結果

#### 3.1 温度・湿度履歴

図-2 にコンクリート表面と内部および外部の温度変化、表面と外部の湿度変化を示す。コンクリート表面と内部の温度差は 3℃以内に保ちながら低下し、徐々に坑内温度に近づいている。このことからコンクリートの初期養生に十分な水分量が保持され、コンクリートの内外温度差が生じていないことがわかる。また養生中は外部の湿度が変動しても、表面湿度は 90%以上に保たれている。

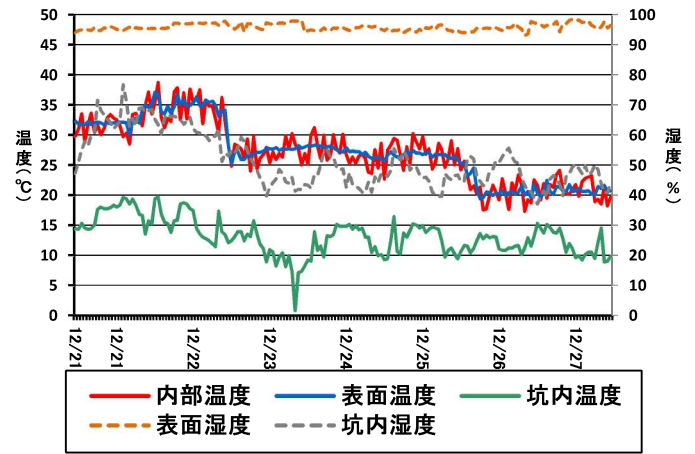


図-2 覆工 内部、表面、外部の温度湿度履歴

#### 3.2 強度特性・透気係数試験

図-3 に材齢 51 日におけるテストハンマー試験結果、図-4 に弾性波速度測定結果、図-5 に透気係数測定結果を示す。養生を実施していない供試体と比較して、養生を実施したケースでは、供試体・実構造物ともに強度(反発度、弾性波速度)が向上し、コンクリート表面が緻密化していることがわかる。

特に 実構造物の側壁部では、25%の強度向上、供試体では 9%の弾性波速度の向上が見られた。透気係数試験においては、養生を実施したいずれのケースでも大幅な低減効果が見られた。供試体では無養生のケースに対して 20%まで透気係数が低減している。実構造物の側壁部では低減効果が 40%にとどまっているが、これは実構造物と供試体の型枠性状の違いによる表面粗度の違い等の影響を受けていると考えられる。

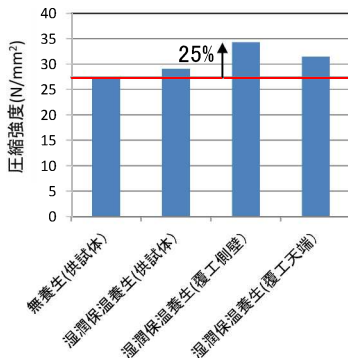


図-3 テストハンマ試験結果

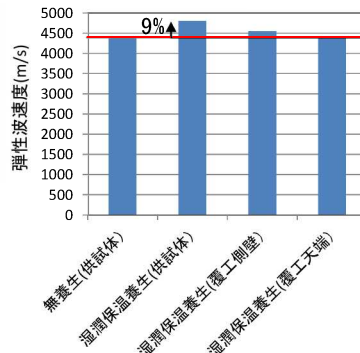


図-4 弾性波速度測定結果

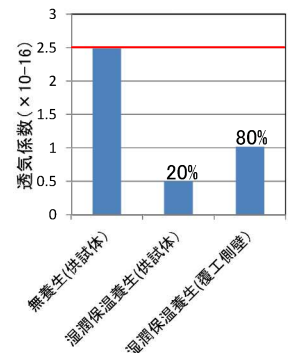


図-5 透気係数試験結果

#### 3.3 長さ変化履歴

図-6 に材齢 51 日までのコンクリート表面の長さ変化履歴を示す。脱型後にチップを貼り付けチップ間の距離を手動で計測した。無養生の供試体と比較すると、養生を実施した供試体、実構造物ともに収縮ひずみが 50%以下に低減している。養生を実施した実構造物では材齢 3 日まで膨張傾向を示してから収縮を開始している。養生を実施していない供試体では、この膨張傾向は見られず、膨張材の膨張効果が適切に機能するためにも湿潤養生が必要であることがわかる。なお、実構造物と養生を実施した供試体のひずみはほぼ一致しており、本検討における供試体の挙動は、実構造物の挙動を反映していると考えられる。

### 4 まとめ

本養生システムの実構造物における温度調整効果と養生効果を検証した。湿潤加温養生の実施によりコンクリートの内外温度差の低減効果が得られること、コンクリート表面の緻密性が向上し、乾燥収縮の低減を図ることができ、養生終了後の効果も持続することを確認した。

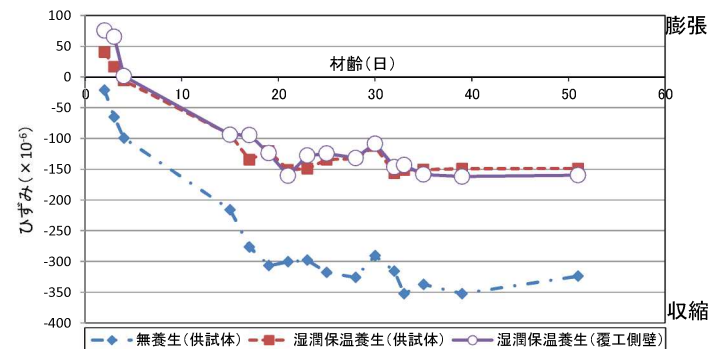


図-6 長さ変化履歴