

覆工コンクリートの簡易で効果的な養生工法の開発

国土交通省九州地方整備局 岩熊 真一
三井住友建設（株） 正会員 斯波 明宏 伊藤 洋
三井住友建設（株） 正会員 ○中込 正貴 坂本 慶太

1. はじめに

一般には、トンネル内は温度が安定しており、湿潤状態に保たれているとされ、トンネルの覆工コンクリートに付加的な養生が行われていなかった。しかし、トンネル内は、坑内換気や貫通後の通風等の影響により、かならずしも若材齢時の覆工コンクリートにとって良好な環境にはなっていない。このため、近年においては、覆工コンクリートの養生が明り構造物と同様に重要視され、種々の養生方法が開発されている。しかしながら、アーチ状コンクリートの下面が養生対象で、工事車両等の通行断面を確保するという構造的な特徴から、これらの養生工法には、鋼製架台等の大掛かりな設備を必要とするものが多く、工事原価の圧迫につながっていた。

筆者らは、この課題を解決すべく経済的かつ効果的な養生工法を考案し、宮崎 10 号北川第二トンネル新設工事(国土交通省九州地方整備局発注)においてトンネル全線に適用するとともにその効果を確認した。

2. 養生工法の概要

考案した養生工法は、覆工コンクリート表面に接着剤を噴霧し、梱包用の兼備なポリエチレン製気泡緩衝材を養生シートとして貼り付ける保水養生である。接着剤には、養生シート撤去後の乾燥収縮を考慮してポリマー系被膜養生剤を使用し、接着力を強化するため増粘剤（水溶性セルロースエーテル）を添加した。

覆工コンクリート表面に気泡緩衝材等の養生シートを貼り付ける養生工法は、過去にも考案されてはいるが、アーチ状のトンネル壁面に効率的に貼り付ける方法がなかった。例えば人力によりロール状のシートを壁面に添って転がして展開しながら貼り付ける方法があるが、転がす方向が定まり難いことから、皺の発生や隣接するシートとのラップの確保が難しい等の問題があった。また、トンネル周方向にシートを展開して貼る方法では、シートの自重により施工中に剥がれやすいため、作業中にはシートを下から支えておく必要があり、作業人員が多くなるという問題があった。このため、当該工事では、セントル(移動式型枠)の足場に設置可能なシート仮受けフレームとシートを壁面に押し当てるローラー等からなる簡易な貼設装置を開発した。これにより、トンネル周方向に展開した幅 1.2m の養生シートを、セントルを移動しながら 1 列ずつ迅速かつ効率的に密着した状態で貼り付けることが可能となった。



写真-1 シート貼付け状況

3. 養生効果の確認方法

養生効果を確認するにあたり、当該工事では、覆工コンクリートを模擬した試験体 (0.6m×0.6m×0.4m) を 2 体製作した。試験体は、実施工と同配合のコンクリートを使用し (表-1 参照)、翌日に型枠の一部を取り外した。その内の 1 体は、型枠を取り外した面を露出させたまま、残りの 1 体は、型枠を取り外した面に養生シートを密着させてトンネル内で 3 週間にわたり養生を実施した。

表-1 使用したコンクリート配合

呼び強度 (N/mm ²)	スランブ (cm)	粗骨材 最大寸法 (mm)	水結合材比 W/(C+F2) (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量(kg/m ³)							
					水 W	セメント C	混和材		細骨材		粗骨材 G	混和剤 A
							繊維 F1	膨張材 F2	砂 S1	砕砂 S2		
24	15	20	51	47.8	173	320	2.73	20	674	169	945	1.70

キーワード 山岳トンネル、覆工コンクリート、養生

連絡先 〒812-0036 福岡市博多区上呉服町 10 番 1 号 三井住友建設（株）九州支店 TEL092-282-1306

養生期間中には、内部（表面から 2cm の深さ）の温度と水分を測定し、養生完了後には、表面透気係数試験、表面水分測定を実施した後、コアを採取して圧縮強度試験、促進中性化試験（JIS A 1153 に準拠）および吸水試験（JSCE K 571 に準拠）を実施した。表面透気係数試験には、トレント法に基づいた試験機を使用した。透気係数は、土木学会構造物表面のコンクリート品質と耐久性能検証システム研究小委員会（355 委員会）の評価グレードによると、 $0.1 \times 10^{-16} \sim 1.0 \times 10^{-16} \text{m}^2$ が「一般」と分類されるが、これより大きくなるにつれ「劣」「極劣」と評価が下がり、小さくなるにつれ「良」「優」と評価が上がる。

4. 試験結果

コンクリート内部の水分量と温度の測定結果をそれぞれ図-1、図-2、表面透気係数試験、表面水分測定、採取コアによる促進中性化試験および吸水試験の結果を表-2 に示す。

コンクリート内部の水分量測定では、養生を実施した場合の水分変化率の減少が、養生を実施しなかった場合よりも緩やかであり、最終的には 3～4 倍程度の保湿効果があることが確認できた。このことから、当該養生工法が高い保湿性を長期間維持できることを確認できた。

温度測定では、養生を実施した場合、コンクリート内部の温度が、養生を実施しない場合に比べて若干高い傾向にあるが、ひび割れ発生の原因となる脱型直後の急激な温度低下を抑制する効果が確認できた。

採取コアからは、圧縮強度試験では明確な差が現れなかったものの、表面透気係数試験では、養生を実施した場合の透気係数が、養生を実施しなかった場合の約 20% となり、透気性の大幅な向上が確認できた。また、透気係数と密接に関連のある促進中性化試験では、養生した場合の中性化深さが、養生しなかった場合の約 39% となり、中性化抵抗性の向上が確認できた。吸水率試験でも、養生を実施した場合の吸水率が、養生しなかった場合の約 57% となり、耐塩害・耐凍害性の向上が期待できるものと考えられる。これらの結果は、当該養生工法によりコンクリート表面の緻密化が図られたためと考えられる。

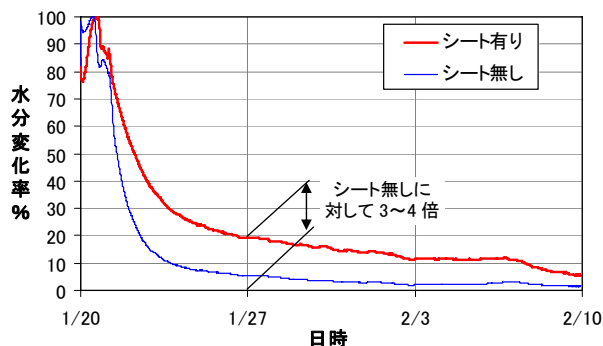


図-1 コンクリート内の水分量測定結果

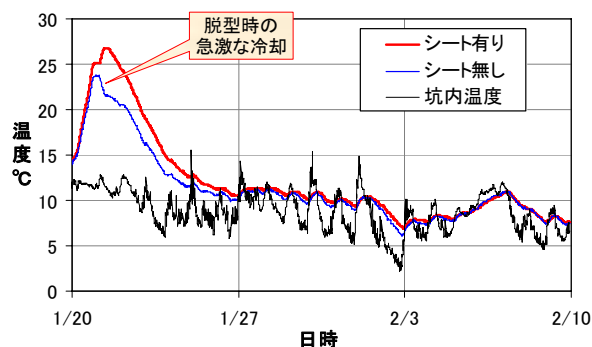


図-2 コンクリート内の温度測定結果

表-2 表面透気係数試験、表面水分測定、促進中性化試験および吸水率試験の結果

	表面透気係数 ($\times 10^{-16} \text{m}^2$)	透気性グレード	表面水分量 (%)	中性化深さ (mm)	吸水率 (%)
養生あり	0.354	一般	7.3	2.2	0.93
養生なし	1.698	劣	4.6	5.7	1.62

5. おわりに

一般にコンクリートの水和反応に必要な水分を積極的に供給する給水養生等と比べ、被膜養生剤や養生シートによりコンクリート表面からの水分の逸散を防止する保水養生は、養生効果が低いとされている。しかし、各種試験結果からは、今回考案した保水養生でも十分な養生効果が確認できた。特に、コンクリート表面の緻密性の指標となる透気係数、中性化深さおよび吸水率の各項目において大きな改善が見られた。打設翌日に脱型され、材齢初期にコンクリート表面が乾燥作用を受ける覆工コンクリートにおいては、この養生工法が耐久性向上に寄与すると考える。また、この養生工法を導入した当該工事では、ひび割れゼロ（幅 0.3mm 以上かつ長さ 0.5m 以上のひび割れゼロ）を目指して覆工コンクリートの施工を進めてきたが、平成 24 年 3 月末の時点で上記に該当するひび割れは確認されていない。トンネル延長が長く大掛かりな養生設備の導入が難しい工事においては、今回考案した保水養生が簡易で効果的な養生工法であると考えられる。