

温度制御噴霧式覆工コンクリート養生工法によるひび割れ抑制について

(株) 鴻池組 大阪本店 大槻 文彦 齋藤 泰信
(株) 鴻池組 大阪本店 森山 祐三 正会員○為石 昌宏

1. 概要

山岳トンネルにおける覆工コンクリートは、通常打設完了後、コンクリートの自立強度に達する 15～18 時間で脱型するため、初期の養生不足に伴う強度発現の低下や乾燥収縮の増加が懸念されることから、最近では、様々な方式の湿潤養生技術が実施されるケースが増えている。当社においても、温度制御噴霧式覆工コンクリート養生工法（以下、本養生システム）を開発し、複数の現場において適用した¹⁾。これまでの実施工による知見から、温度制御能力を向上させた本養生システムを、四国横断自動車道影野トンネル北工事（L=1,200m）において適用したので、ここに報告をする。

2. 本養生システムについて

2.1 システム概要

本養生システムは、覆工セトル後方に 3 スパン相当の移動式養生台車を連結し、コンクリートを一定期間（標準で 7 日間）、湿潤状態に養生できるように工夫した工法である（図-1）。養生台車には遮水シートおよび端部締め切り用の空気充填膜が取り付けられており、覆工コンクリートとの間に 30～60cm 程度の密閉された養生空間を確保することができる。この養生空間に粒形 45～60 μ m の霧を専用ノズルより噴霧し、湿度 90%以上の湿潤状態をつくることにより、水和反応を促し緻密なコンクリートを形成することができる。また、温度感知センサーと噴霧水の温度制御システムにより養生空間の温度を制御し最適な養生状態を保持することが可能である（写真-1）。

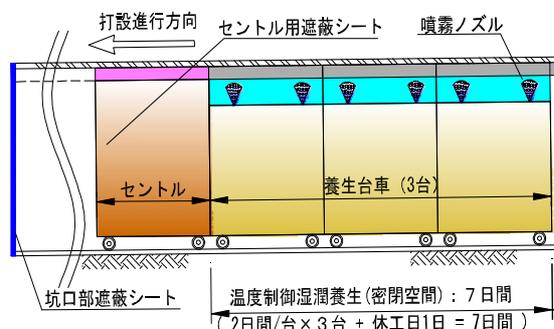


図-1 養生システム概要



写真-1 養生システム構成図

2.2 改良点

当初、本養生システムは、冷たい沢水等を噴霧する際に発生する恐れのある温度ひび割れ（内部拘束）の抑制や冬期の強度発現を促すことを主目的に、加温制御していた。しかし、夏期に打設した覆工コンクリートは、発生する温度応力が大きいため、覆工コンクリートが円周方向に引っ張れることによりクラウン部に縦断方向のひび割れを生じるケースやインバート区間において側壁部に鉛直方向のひび割れを生じるケースがあった。

そこで、これら外部拘束による温度ひび割れを抑制するため、5℃～40℃までの水を噴霧することが可能な冷水供給装置を搭載し、かつ噴霧ノズルの数を増加し温度制御機能の強化を図った。この改良により、コンクリート養生空間を事前の温度応力解析結果をもとに算出した最適な温度に制御することが可能となり、温度応力に伴うひび割れを抑制することが可能となった。

3. 施工結果

3.1 事前解析結果

図-2に支保パターンDI（施工時期：夏期）について、温度応力解析を実施した結果（最小ひび割れ指数のキーワード 覆工コンクリート、湿潤養生、噴霧、ひび割れ

連絡先 〒530-8517 大阪市北区梅田 3-4-5（毎日インテシオ）(株) 鴻池組 土木技術部 TEL 06-6343-3290

ンター)を示す。噴霧養生水の温度制御を実施しない場合の最小ひび割れ指数は、クラウン部で 1.74、側壁部で 1.09 となり、ひび割れを生じる可能性が大きいと考えられた。一方、冷水を噴霧する温度制御を実施した場合、温度応力が低減され、ひび割れ指数が向上する。ひび割れ指数は、クラウン部で 2.21、側壁部では 1.46 となり、ひび割れ発生確率が 75%から 30%へ低減した。

3.2 噴霧養生状況

図-3 に養生開始時からの養生空間の温度と湿度の計測結果を示す。噴霧養生時の打設翌日、覆工セントルを移動し養生台車を設置した状況では、水和熱の影響により、養生空間の温度は設定温度 (28℃) より 10℃程度高い傾向にあるが、その後、冷却水を噴霧することにより、20 時間経過は概ね設定温度の±5℃以内に制御可能なことを確認した。また、湿度についても、概ね 95%程度と高い恒湿状態であり、養生空間が湿潤状態にあることを確認した。

3.3 ひび割れ状況

本トンネルのひび割れ状況について、剥落等の原因に繋がる恐れのあるクラウン部のひび割れに着目し、当社施工の近隣トンネル(本養生システム未実施)と比較した結果を表-1 に示す。両トンネルには、支保パターンや具体的な施工状況について違いはあるものの、クラウン部のひび割れの発生については、近隣トンネルの 1/4 と大幅に減少する結果を得ることができた。

3.4 ミストファン養生

本養生システムは、7 日間温度制御を実施しながら、確実な湿潤養生を実施するものであるが、さらに、長期間(材齢 28 日程度)湿潤養生を実施する手法として、写真-2 に示す移動式の噴霧発生装置「ミストファン」(噴霧量 60 /min)を設置し、坑内の湿度の変化を測定した(図-4)。遮風シートにより坑内の通気を抑制した環境下において(風速 0.1~0.2m/s)、ミストファン設置位置より約 100m離れた位置で湿度を計測した結果、噴霧開始後約 4 時間経過した後、90~95%の湿度となり、湿度が持続することを確認した。このことより、坑内の風速が 0.2m/s 以下の状況においては、多数のスパンを一度に湿潤養生を実施することが可能と判った。

4. まとめ

本養生システムにおいて、養生温度をコントロールすることにより、ひび割れの発生を抑制することができることを確認した。今後も、本システムの熟成を図り、更に高品質な覆工コンクリートの構築に勤めていきたい。

参考文献 1)後藤裕一、山田浩幸、小山起男ほか:高品質、高耐久性を確保する覆工コンクリートの新しい養生方法の現場適用,土木学会第 63 回年次学術講演会講演概要, 6-311, pp.621-622, 2008 年 9 月

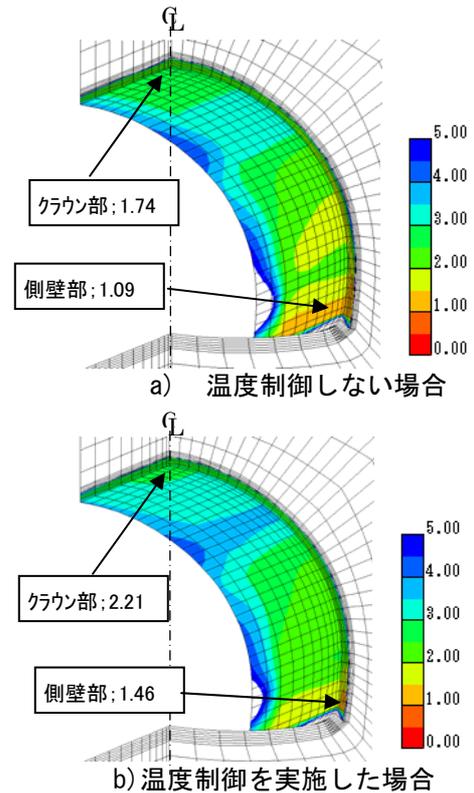


図-2 最小ひび割れ指数の分布

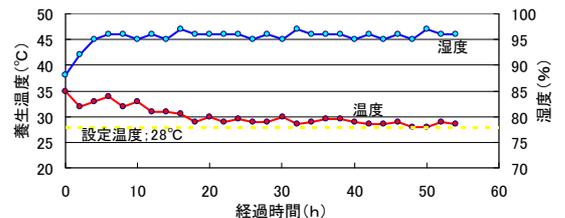


図-3 養生温度計測結果

表-1 クラウン部のひび割れ数

	影野トンネル	Aトンネル
A) 施工延長	1200m	920m
B)クラウン部のひび割れ(0.2mm以上)発生箇所	2*	6
発生頻度 B/A (箇所/m)	0.0016	0.0065

*全て拡幅部との境界から発生したひび割れ

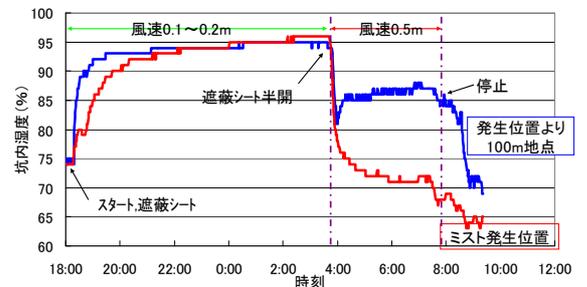


図-4 ミストファン湿度計測結果



写真-2 ミストファン養生実施状況