

トンネル覆工コンクリートひび割れ防止対策について

奈良 聡*
Satoshi Nara

高橋 一幸**
Kazuyuki Takahashi

1. はじめに

近年、コンクリートの品質確保についてはマスメディアでも社会問題として取り上げており、その品質管理は重要項目に挙げられる。とりわけコンクリートに発生するひび割れは、品質管理上のみならず、出来栄の面においてもマイナス要因である。

若材齢のコンクリートは引張強度が極めて小さく、内部・外部の拘束力に対する抵抗力はないに等しい。土木学会のコンクリート標準示方書では、それらの応力に抵抗できる強度に達する期間まで、養生を行うように記述している。当現場ではトンネル覆工コンクリート脱型後の若材齢強度が発現するまでの養生期間に着目し、コンクリートに急激な乾燥や温度変化が生じないような養生システムを計画し、実施したので紹介する。

2. 覆工コンクリート養生概念

コンクリートの若材齢における急激な乾燥は、強度発現が遅れるばかりでなく、表面ひび割れの原因ともなる。また、一般にセメントの水和反応は養生温度が高いほど早い。当現場では、これらのことを考慮し、温水を用いた散水養生を採用した。養生期間を1週間と設定し、コンクリート打設後の30m区間を養生区間と定めた。この養生区間には養生用の台車を用い、台車外周にシート等を張ることによって、温室フレームを構築し、コンクリート面が外気から隔離された状態を作らせた。

3. 温水散水式覆工コンクリート養生システム

養生区間はセントルの移動に伴って移動しなくてはならないため、養生台車を用いることとした。台車は飯山トンネルのトンネルバルーン台車を転用し、台車延長を30mに延ばすとともに、外周にシートと屋根を張り、さらに散水用の配管を取り付ける改造を行った。油だきボイラ式温水器により温められた温水を3m³の貯湯タンクに入れ、ポンプを用いて散水ノズルに圧送する。温水器は温度調節が可能なタイプとし、散水ポンプは連続

運転と間欠運転（1分単位でのタイマー制御）が可能のように制御盤を設けて、養生状況を確認しながら適正な養生を行えるようにした。温水器から圧送ポンプまでをユニット化し、4tトラックに搭載することで移動可能設備とした。散水ノズルは広角ノズルを用いて1つのノズルで広範囲に散水できるようにした。図-1に養生システム概要、写真-1、2に養生状況を示す。

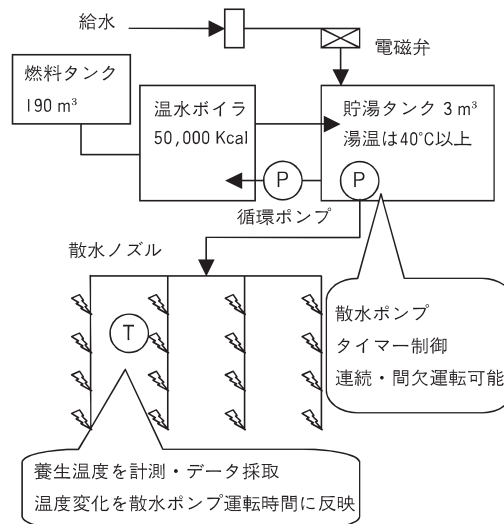


図-1 覆工コンクリート養生システム概要



写真-1 後方より見た覆工コンクリート養生台車

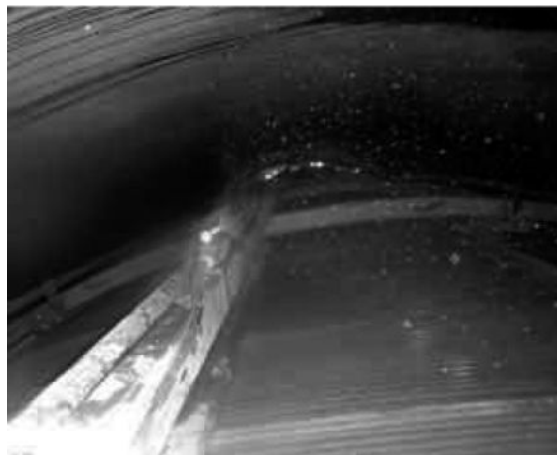


写真-2 温水噴霧状況

* 北陸（支）北幹黒部（出）

**北陸（支）大内（出）

4. 養生実績と課題

(1) 養生温度

冬季の坑内温度が 10°C 以下となることから、覆工コンクリート内部温度との温度差は $30\sim 40^{\circ}\text{C}$ になることが予想されていた。温水散水による養生温度の設定は初期強度のみを考えれば、養生温度が高いほうが有利だが、長期的な強度の発現は養生温度が低い方が有利だと報告されている。ここではコンクリート内部温度差、強度の発現性、燃料コストを総合的に考慮して、養生温度を 25°C に設定した。温水の温度は 40°C として養生温度が 25°C になるように温水散水時間のインターバルを実測しながら調整した。

(2) 覆工コンクリート温度測定

温水散水養生の効果を確認するため、覆工コンクリートの温度測定を行った。測点はトンネル天端部で、コンクリート表面から 0 cm （表面）、 2 cm 、 12.5 cm 、 25 cm の4点についてコンクリート温度を測定した。その結果を図-2に示す。これによれば、坑内温度が 10°C 前後であるのに対し、コンクリート表面温度は養生終了まで概ね 25°C が保たれ、さらに表面からコンクリート内部 25 cm までの温度差が小さく保たれることが分かる。

図-3は温水散水養生の有無による相違を比較した図である。これによれば、養生なしの場合には、コンクリート表面温度が打設後から約10日間で直線的に坑内温度に近づいていくのに対し、養生ありの場合には1週間の養生後もゆっくりと坑内温度に向かって温度低下していることが分かる。

(3) 養生システムの課題

当養生システムは、試験施工的な面においては概ね良好な結果を得られたが、トンネルバルーン台車を転用・改造によって使用したこともあり、養生区間の密閉性と空間（覆工コンクリート表面と台車外周までの距離）、温水製造のコストの面において課題が残った。

密閉性の悪さは、養生温度の低下を招き、特にスプリングラインより下部では顕著に現れた。また、養生空間の不適切さもあり、冬季において灯油の使用量は 200 L/日 以上となった。

温水の散水については、当初、噴霧用ノズルを計画したが、現場の給水設備による水には不純物が多く混入しており、ノズルの目詰まりが懸念されたため、今回の散水用ノズルを採用した。

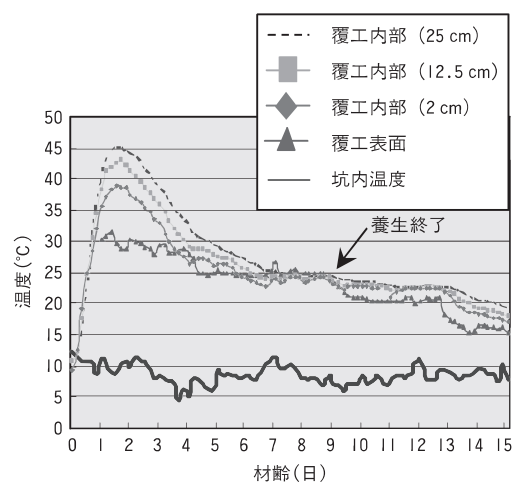


図-2 温度測定結果

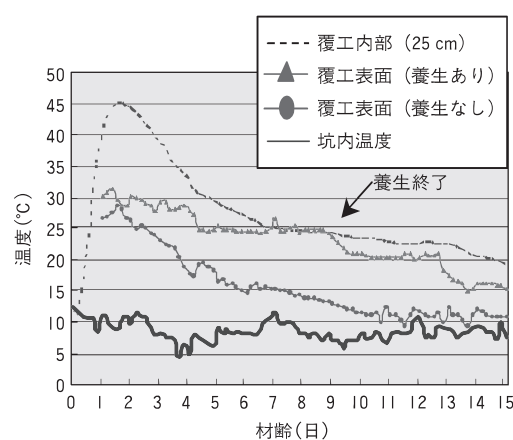


図-3 表面温度比較（養生ありとなし）

5. おわりに

覆工コンクリートは、山岳トンネルにおいて、最もその品質や外観が問われる構造物であり、発注者も覆工コンクリートの養生に注目してきている。当社が開発し、実用化しているトンネルバルーン工法は、コンクリート表面の保温・保湿に大きな効果を上げている。一方、当システムは温水を散水することで、コンクリート温度・湿度の養生環境を改善するという発想を基に計画した。今回の施工で、温水噴霧式養生システムにはいくつかの課題もあることがわかったが、コンクリート内部温度差が少ないなど養生環境の面でメリットが確認できた。

今後このシステムに改善を加え、トンネル覆工コンクリートの養生方法の新たな一工法として確立させていく所存である。