

保温パネルと湿潤養生マットを併用した 覆工コンクリート養生の適用

田中 亮一¹・上野 将史²・鈴木 透³・松本 洋⁴・宮原 宏史⁵

¹正会員 東亜建設工業株式会社 技術研究開発センター (〒230-0035 神奈川県横浜市鶴見区安善町1-3)
E-mail:ryo_tanaka@toa-const.co.jp

²正会員 東亜建設工業株式会社 土木事業本部技術部 (〒163-1031 東京都新宿区西新宿3-7-1)
E-mail:m_ueno@toa-const.co.jp

³国土交通省東北地方整備局 湯沢河川国道事務所 (〒012-0862 秋田県湯沢市関口字上寺沢64-2)
E-mail:suzuki-t82ae@mlit.go.jp

⁴大栄工機株式会社 製造管理部 (〒526-0842 滋賀県長浜市春近町90番地)
E-mail:daiei-co@minos.ocn.ne.jp

⁵正会員 マック株式会社 (〒272-0832 千葉県市川市曾谷8-16-3)
E-mail:miyahara.h@mac-net.co.jp

トンネルの覆工コンクリートは、打込み後の早期にセントル型枠を取り外すため、その後の養生がコンクリートの品質確保および耐久性向上には重要である。筆者らは、コンクリート表面の急冷防止と強度確保、緻密性の向上を同時に達成できる初期養生手法を開発し、冬期施工のトンネル工事に適用した。本稿では、開発した養生手法の概要を紹介するとともに、実工事への適用状況と、養生期間中の覆工コンクリート表面の温湿度の安定化効果、養生終了後の表層品質の向上効果について報告する。

Key Words : *insulated panel, curing mat, tunnel lining concrete*

1. はじめに

近年、コンクリート構造物の品質確保および耐久性向上が強く求められており、コンクリート打込み後の初期段階における養生の良否が、コンクリート表層部の品質に影響することは広く認識されている。トンネルの覆工コンクリートにおいても養生の重要性は同じであるが、標準的な施工ではコンクリートの打込み後15~20時間程度でセントル型枠を取り外すことが多く、近年までその後の養生はほとんど実施されていなかった。これは、トンネル坑内は坑口付近を除いて温度が安定しており、湿潤状態に保たれている¹⁾との認識からであるが、施工環境に配慮した坑内換気やトンネル貫通による通風の影響により、トンネル坑内の湿度低下は避けられないのが現状である。そのため、昨今、様々な覆工コンクリートの養生技術が開発され^{例えは2),3)}、実用化されている。

上述の標準的な施工を行った場合、型枠を取り外した直後の覆工コンクリートはセメントの水和反応が活発に進行している状態にあり、コンクリート内部の温度は高

くかつ強度は小さい。また、型枠取外し後は坑内環境の影響を受け、コンクリート表面の温度や湿度は急激に低下することとなる。これにより、収縮ひび割れの発生や表層組織のポーラス化が生じ、コンクリートの品質に大きく影響することが懸念されている。

そこで筆者らは、型枠を取り外した後の覆工コンクリート表面の急冷防止と強度の確保、また緻密性の向上を同時に達成できる初期養生手法を開発した。本稿では、開発した養生手法の概要を紹介するとともに、冬期施工のトンネル工事に適用した状況と、養生期間中の覆工コンクリート表面の温湿度および養生終了後の表層品質を確認した結果を報告する。

2. トンネルの概要

開発した養生手法を適用したトンネルの概要を表-1に、標準断面を図-1に示す。本トンネルは、東北地方の寒冷地に位置し、延長は396m (全38スパン) と施工時に比

表-1 トンネル概要

工事名	東北中央自動車道 村山トンネル工事
工事場所	山形県村山市大字名取～本飯田 地内
発注者	国土交通省東北地方整備局
工期	平成26年12月～平成28年6月
施工者	東亜建設工業株式会社
工事内容	掘削・支保・覆工 L=396m

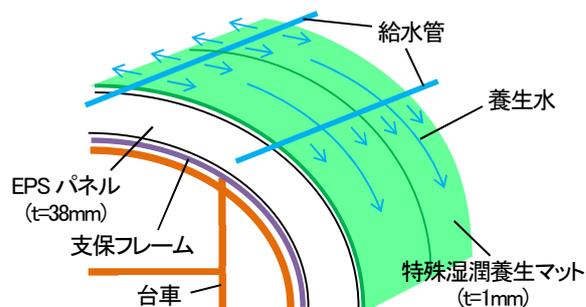


図-2 開発した養生手法の概要

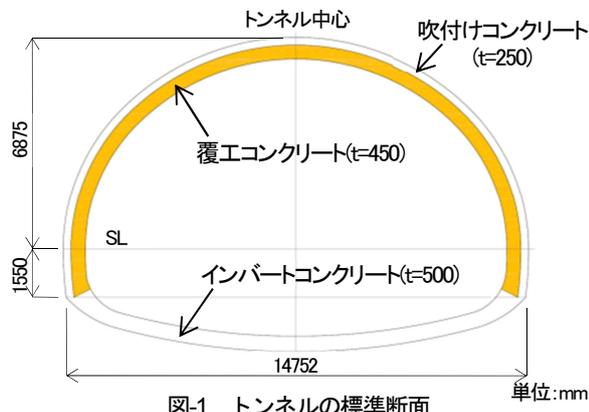


図-1 トンネルの標準断面

較的外気の影響を受けやすい環境下にあった。加えて、工程の関係上、覆工コンクリートの施工時期はトンネル貫通後の12月～4月の冬期が主であった。そのため、本工事においては、覆工コンクリートのコンクリート温度の急冷や乾燥に配慮した対策が必要となり、本養生手法を適用した。

3. 開発した養生手法の概要

覆工コンクリートの初期養生における課題は、型枠取外し後のコンクリート表面の急冷と、強度発現やコンクリートの緻密化に必要な養生水の不足である。以下に課題解決のための着眼点を3つ示す。

- 1) 型枠取外し後のできるだけ早いタイミングで養生を開始できるシステムであること
- 2) 養生期間中の坑内温度（外気温）の変化に対して、覆工コンクリート表面の温度が安定であること（特に冬期施工においては保温性の高い養生環境を維持できること）
- 3) コンクリートの確実な強度発現および緻密化を図るため、覆工コンクリート全面を湿潤な状態に保てること（特に天端付近において乾燥しないようにすること）

上記着眼点を考慮し、開発した養生手法の概要を図-2に、施工手順を図-3に、施工状況を図-4に示す。本養生手法は、EPSパネル（ビーズ法ポリスチレンフォームパネル）と特殊湿潤養生マット⁴⁾を組み合わせた養生技術で

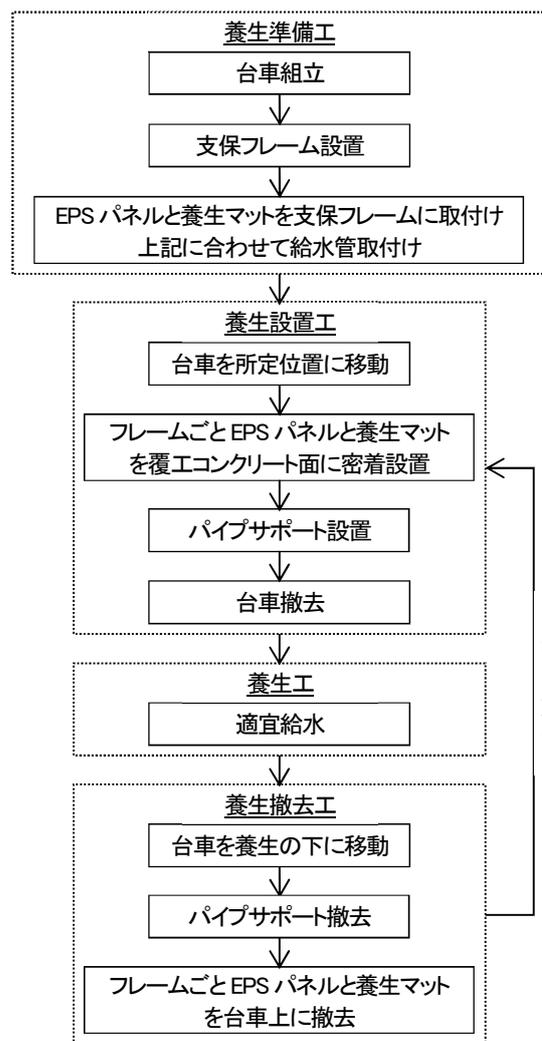


図-3 施工手順

あり、EPSパネル（厚み38mm）により保温性を確保し、特殊湿潤養生マット（電子線グラフト重合技術により保水性加工が施された不織布と水分逸散防止用フィルムで構成）により覆工コンクリート表面の湿潤状態を保つものである。

上述の一つ目の着眼点に関して、移動式の台車を用いることでEPSパネルと特殊湿潤養生マットの設置・撤去を円滑に行える施工システムを構築し、養生開始時の施工スピードの向上を図った。養生中は台車を撤去するため、支保フレームの剛性とパイプサポートの支えにより、



図4 施工状況

EPSパネルと特殊湿潤養生マットを覆工コンクリート表面に密着させる構造とした。図-5に本工事での養生状況を示す。本工事においては、おおむね良好な養生を実施できたことを確認した。

二つ目の着眼点に対しては、図-2に示すとおり、特殊湿潤養生マットの外側（トンネル内空側）にEPSパネルを敷き並べることで、坑内温度（外気温）の変化の影響を緩和させ、覆工コンクリート表面の温度の安定化を図った。なお、本工事は冬期施工であったため、特殊湿潤養生マットへの給水により覆工コンクリート表面が急冷するのを防ぐ目的で、温水を養生水として用いた。

三つ目の着眼点に対しては、特殊湿潤養生マットの優れた保水性により、給水後の鉛直方向の含水量分布を均一化し（養生水が下方に落下する現象を抑制）、また少ない回数給水で長期間湿潤状態を維持した。なお、本工事では覆工天端部および肩付近の3箇所図-4(d)に示す孔あき給水管を配置し、適宜給水を行うことで覆工コンクリート表面の湿潤状態を保持した。



図-5 養生状況

4. 養生効果確認結果

(1) 覆工コンクリート表面の温湿度

本養生手法の適用により、養生期間中の覆工コンクリート表面の温湿度が安定しているかを確認した。温湿度計測を行ったスパンの養生条件を表-2に示す。本工事における養生期間は7日以上を基本としており、約40リッ

トルの養生水（水温40℃）を12時間に1回の頻度で給水した。なお、温湿度の計測は、覆工コンクリート表面の一番乾きやすいと考えられた天端部で行い、養生開始から終了まで行った。

図-6に温湿度の計測結果を示す。養生期間中の湿度はおおむね90%以上であったことから、天端部における覆工コンクリート表面の湿潤状態は保持されていたと考えられる。また、養生終了直後の温湿度が急激に坑内環境に近づいたことから、本養生手法によって十分な保温効果と湿潤状態の保持が得られていたことが確認された。

(2) 覆工コンクリートの表層品質

覆工コンクリートの表層品質の向上効果を確認するため、反発度試験（JIS A 1155に準拠）および透気試験（トレント法）を行った。試験ケースを表-3に示す。試験No.1～3は開発した養生手法を適用した箇所、試験No.4はセントル型枠取り外した後に養生を行わなかった箇所（養生実施箇所の一部設けた）、試験No.5は坑口より20m以内の区間で、特記仕様書に準じてコンクリート打設後に型枠を7日以上存置した箇所とした。なお、試験No.1～4のセントル型枠は打設翌日に取り外し、試験No.1～3は直ちに開発した養生手法を適用した。試験実施位置は、地盤からの高さ約1.5mの側壁部とし、反発度試験は1カ所あたり20点、透気試験は1カ所あたり4～5点の測定結果を平均した値を試験結果とした。

反発度試験の結果を図-7に示す。試験No.2および3（本養生手法）の反発度は、試験No.4（無養生）および試験No.5（型枠存置）に比べて若干大きかった。また、同じ覆工スパンである試験No.3と試験No.4を比較すると、試験No.3の方が大きかった。このことから、給水をとまなう本養生手法の適用により、覆工コンクリートの表層は緻密化したため、表層強度は向上したと考えられる。

透気試験の結果を図-8に示す。試験No.1～3（本養生手法）の透気係数は、試験No.4（無養生）に比べて小さく、試験No.5（型枠存置）とほぼ同程度であった。また、同じ覆工スパンである試験No.3と試験No.4を比較すると、試験No.3の方が小さかった。このことから、本養生手法の適用によって覆工コンクリート表層は緻密化し、品質確保に貢献できたものと考えられる。

5. おわりに

トンネルの覆工コンクリートは、経年劣化により不具合が生じると第三者被害を招く恐れが高いため、建設時におけるコンクリートの品質確保は重要な要求事項である。初期養生は、コンクリートの品質確保および長期耐久性の向上に及ぼす施工段階における重要な工程であり、

表-2 養生条件

養生期間	セントル型枠取り外し後7日間
給水頻度（時間）	12時間に1回（30分間）
給水量	約40リットル/1回
水温	40℃

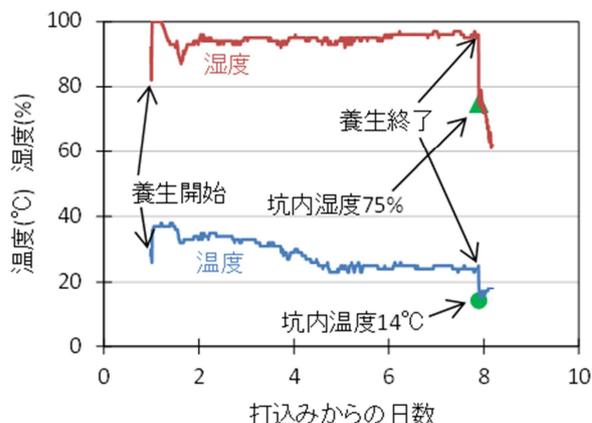


図-6 温度・湿度計測結果

表-3 表層品質確認試験ケース

試験No.	覆工スパン	打設日	養生方法	養生期間	試験材齢
1	SP12	2016.2.10	本養生手法	9日間	106日
2	SP35	2016.4.4	本養生手法	9日間	51日
3	SP36	2016.4.6	本養生手法	7日間	49日
4			無養生	—	
5	SP37	2016.4.8	型枠存置	8日間	47日

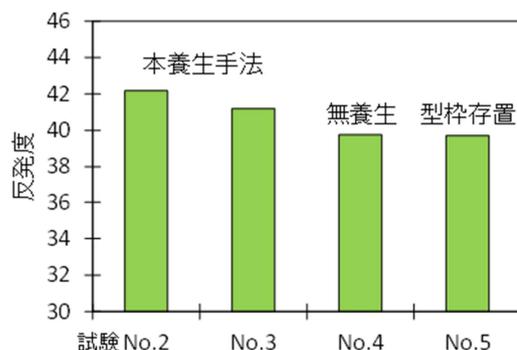


図-7 反発度試験結果

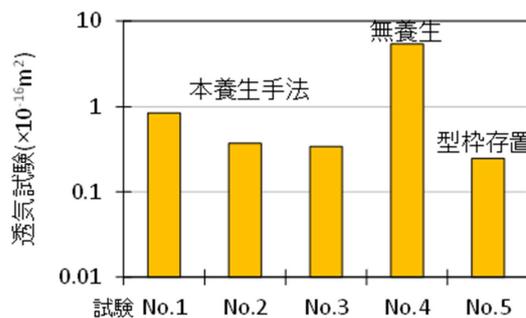


図-8 透気試験結果

十分に適切な養生の実施が求められる。本稿では、EPS パネルと特殊湿潤養生マットの併用による覆工コンクリートの養生手法を紹介し、現場適用によって得られた知見と、表層品質を確認した結果を示した。本報告を今後の同種工事の参考とし、トンネル覆工コンクリートの品質確保に貢献していきたいと考えている。

参考文献

- 1) 土木学会：2016 年制定トンネル標準示方書〔山岳工法編〕・同解説，pp.197-198，2016
- 2) 山田浩幸，後藤裕一，水町実，坂本全布：温度制御

- 噴霧式覆工コンクリート養生法の開発，トンネルと地下，Vol.39，No.4，pp.45-53，2008.
- 3) 田中徹，戸田一生，佐藤晃：山岳トンネル覆工コンクリート養生システムの開発，建設の施工企画，第727号，pp.16-20，2010.9.
 - 4) 田中亮一，堀本歴，福手勤，羽瀨貴士：確実な湿潤養生でコンクリート表層の品質を向上させる「モイスマット」の開発，セメント・コンクリート，No.804，pp.52-57，2014.2.

(2017. 8. 11 受付)

APPLICATION OF CURING METHOD COMBINED WITH INSULATED PANEL AND WET CURING MAT TO TUNNEL LINING CONCRETE

Ryoichi TANAKA, Masafumi UENO, Toru SUZUKI, Hiroshi MATSUMOTO
and Hirofumi MIYAHARA

Wet curing is very important to guarantee the quality and to improve the durability of the tunnel lining concrete, since the form is often removed immediately after placing of concrete. Therefore, the authors developed the curing method combined with the insulated panel and the water retentive curing mat. By using this curing method, it is expected that the prevention of getting rapidly cooled down, the achievement of strength and the improvement of denseness of concrete surface. In this paper, the outline of this curing method was introduced. And, the effects by applying this curing method was shown through the application to tunnel construction in winter.