

短距離トンネルにおける覆工コンクリートの脱枠時期および 養生手法の違いが表層品質に与える影響

西武建設株式会社 正会員 ○村上順菜, 辻田陽一郎, 二村憲太郎
芝浦工業大学 正会員 伊代田岳史

1. 目的

トンネルの覆工コンクリートは、施工サイクルを確保するため、打設から 20 時間前後で脱枠されるのが一般的である。トンネル標準示方書（山岳工法）では、貫通前のトンネルは坑内の温湿度が安定し湿潤状態に保たれるため、脱枠後の付加的な養生については規定されていない。ただし、貫通後の打設については、外気の通風を遮断し養生に適した坑内環境を確保するように規定している。また、覆工コンクリートの官積算で、トンネル延長を問わず一般的なコンクリート構造物のように養生費用が明確に計上されていない。特に延長の短いトンネルの場合、高価な養生設備を導入するとイニシャルコストの占める割合が高いため、費用対効果が低く原価を大きく圧迫する。

本研究では、施工上、貫通後の打設となり通風の影響を受ける短距離トンネルにおいて、汎用的かつ低コストで実施可能な覆工コンクリートの養生手法として通風遮断に加えビニール養生、ミスト養生を採用し、これらが表層品質に与える相違を定量的に評価するため、実現場において表面吸水試験（SWAT）、透気試験（トレント法）を用いて比較検討した。

2. 実験概要

2.1 現場概要

延長約 200m の道路トンネルにおいて、曲線部を有していることから延長の短い 6.0(m/BL)のセントル台車を使用し、貫通後に覆工コンクリート（27-15-20BB）を秋～冬期にかけて打設した。施工サイクルはセントルダウンから打設まで 1 日でおこなう方法を採用した（図-1）。なお、覆工コンクリート打設期間中は両坑口において簡易な通風遮断（写真-1）、セン

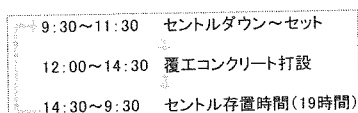


図-1 施工サイクル



写真-1
通風遮断
状況

トル台車両端部にブルーシートをそれぞれ設け、坑内環境の確保を図った。

2.2 養生手法

通風遮断に追加して、ビニール養生、ミスト養生を各 5BL ずつ連続して配置した。

(1) ビニール養生

セントル脱枠後約 3 時間が経過した時点で、ビニール（ポリフィルム： $t=0.2\text{mm}$ ）を固定した。養生期間は材齢 20 日までとした。

(2) ミスト養生

2t ダンプトラックの荷台に 3 軸ミスト機（噴霧量約 6L/min, 到達距離 15~20m）（写真-2）、ポンプ、水タンク、発電機を搭載した養生設備を設けた。噴霧時間は、朝（6:00~7:00）、夕（15:00~16:00）とし、坑内中央部に配置した。養生期間は材齢 2~10 日までとした。

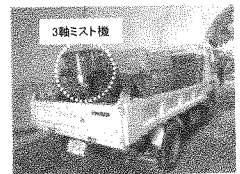


写真-2
ミスト養生設備

(3) 通風遮断のみ

ビニール養生、ミスト養生の効果をより定量的に把握するため、同様に 5BL 連続した区間で、供試体（1.0m×1.0m×30cm）を各 BL 打設日に作成し、セントルダウン時刻に脱型後、通風遮断のみの環境で養生した。

2.3 表層品質評価手法

(1) 水分計

材齢 3, 7, 14, 28 日（いずれも 12:00）において、ハンディタイプの高周波水分計（測定範囲 0~12%）を用いてすべての BL および供試体のコンクリート表面を計測した。

(2) 表面吸水試験（SWAT）、透気試験（トレント法）

表面吸水試験、透気試験を同 BL（各 BL が材齢 56~74 日となる日）で覆工コンクリートとインバートの継目より高さ 50cm の箇所、各養生において 2BL（2 箇所）実施した。

キーワード トンネル、覆工コンクリート、養生、SWAT、トレント法

連絡先 〒359-8550 埼玉県所沢市くすのき台 1-11-2 西武建設株式会社 TEL 04-2926-3421 E-mail a-murakami@seibu-const.co.jp

3. 実験結果

3.1 水分量

水分計の測定結果を図-2に示す。材齢3日では水分量にばらつきがみられるが、材齢7、14日では高い順にビニール養生、ミスト養生、通風遮断のみとなった。さらに、各養生終了後に水分の減少が見られ材齢28日目にはいずれも同程度の値へと収束した。

3.2 表面吸水試験 (SWAT), 透気試験 (トレント法)

表面吸水試験の測定結果を図-3に示す。ビニール養生は密、ミスト養生は密～普通、通風遮断のみは粗という評価になった。

透気試験の測定結果を表-1に示す。各養生のグレードはビニール養生3、ミスト養生3または4、通風遮断のみ4という結果となり、表面吸水試験同様、ビニール養生、ミスト養生、通風遮断のみの順で透気係数が高くなった。また、水分状態が大きく変わらないため、電気抵抗値による判定の補正は発生しなかった(図-4)。

表面吸水率と透気試験の関係を図-5に示す。二つの試験には比較的高い相関関係があることが分かった。

3.3 目視調査

表面吸水試験、透気試験の同一日に目視で各BLの調査を実施した。養生手法によって色が異なること無く、目視確認できるひび割れも発見しなかった。

4. まとめ

本研究において得られた、簡易養生が表層品質に与える影響を以下にまとめる。

- ①脱枠後の覆工コンクリートの養生は、表層部の品質(水分量、吸水抵抗性、透気抵抗性)に大きな影響を及ぼす。
- ②ビニール養生は表層部の品質向上に大きく寄与した。ミスト養生はビニール養生と比較するとその効果は小さく、養生湿度を上げる手法として用いるのが有効だと考えられる。
- ③外観上の差異は認められないが、養生手法によって表面吸水試験、透気試験結果は大きく異なった。

以上のように、ビニールのような簡易養生であっても、コンクリートの表層品質が確保されることが実構造物で確認できた。一方、坑口を通風遮断しミスト機を使用した養生環境の確保、改善のみでは、必ずしも所定の表面品質が得られないケースも確認

された。したがって、貫通後に施工するトンネルについては、コンクリート表面に対して、直接的におこなう養生方法が重要である。また、養生費用についても適切に設計価格へ反映する必要がある。

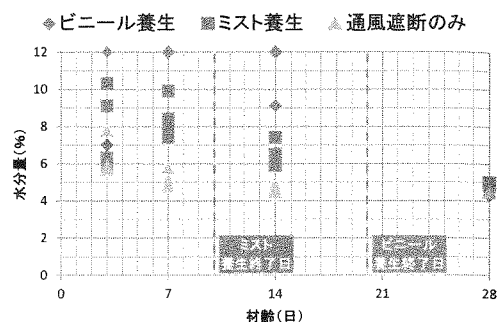


図-2 水分計測定結果

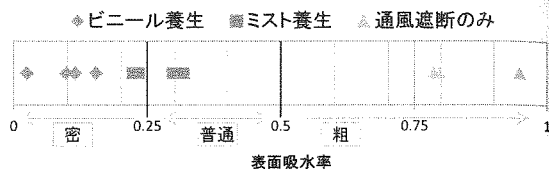


図-3 表面吸水試験結果

表-1 透気試験測定結果

手法	透気係数 kT ($\times 10^{-16} m^2$)	電気抵抗値 ρ ($k \Omega \cdot cm$)	グレード	判定
ビニール養生	0.87	37.4	3	normal
	0.58	35.8	3	normal
	0.64	34	3	normal
	0.26	46.4	3	normal
ミスト養生	1.3	45.9	4	bad
	1.1	44.2	4	bad
	0.21	35.2	3	normal
	0.76	37.6	3	normal
通風遮断のみ	4.2	78.9	4	bad
	3.3	69.5	4	bad
	7.6	86.4	4	bad
	5.4	72.6	4	bad

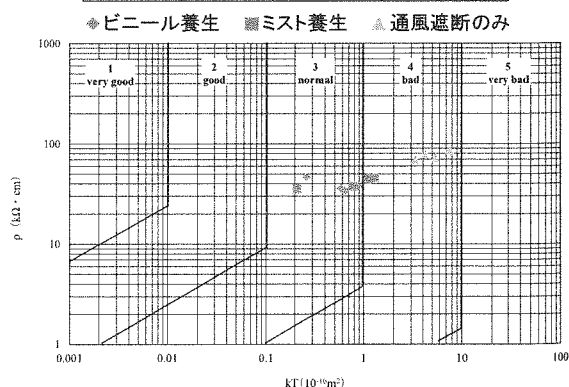


図-4 透気試験評価

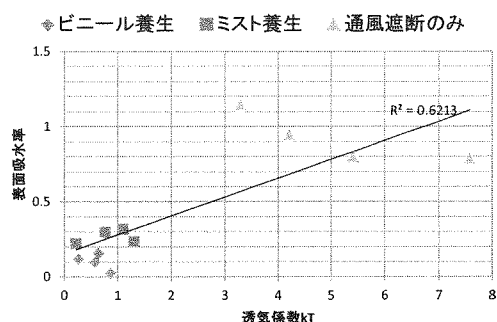


図-5 表面吸水率と透気係数の関係