

トンネル覆工コンクリートにおける各種養生方法の併用による品質向上効果

鹿島建設(株) 正会員 ○竹市篤史 長尾雄一 松本修治

1. はじめに

従来、トンネル覆工コンクリートは、坑内温度がほぼ一定で湿度が高いことから、特別な養生は必要ないとされてきた¹⁾。しかし、トンネル施工環境の改善を目的とした換気設備の充実により、屋外と同様に季節変動する場合が報告されている¹⁾。一方で、経済性などの理由で、コンクリートの打込み完了から18時間程度での早期脱型が行われている。そのため、近年における覆工コンクリートは、脱型時間を延長するツインアーチフォーム工法²⁾（以降、TAFと記す）、脱型後の給水養生を可能とする浸水養生システム³⁾（以降、浸水と記す）、脱型後に覆工表面にポリエチレン製の気泡緩衝シートを張り付ける工法⁴⁾（以降、MTPと記す）などの養生を行うことで品質向上が図られている。本稿では、それらの養生方法を複数併用した場合の品質向上効果を確認するために行った室内実験の結果について報告する。

2. 実験概要

本実験では、φ100×h200mm の試験体を各ケース 6 本ずつ製作し、現場で施工される各種養生方法における養生条件を室内で再現した。

表－1 に使用材料、表－2 にコンクリートの配合を示す。使用材料は、市中のレディーミクストコンクリート工場が保有するものを用いた。コンクリートの配合は、単位水量を 175 kg/m³、単位セメント量を 340 kg/m³ と標準的な範囲となる中流動覆工コンクリート⁵⁾ の配合とし、目標スランプフローを 350～500mm、目標空気を 4.5±1.5 %とした。

表－3 に実験ケースを示す。実験ケースは、全 8 ケースとした。リファレンスである水中養生の「標準」に加え、試験体を合成樹脂フィルムで梱包する「湿潤」、型枠存置期間を 66 時間とする「TAF」、脱型後、材齢 7 日まで水中で養生する「浸水」、脱型後に気泡緩衝シートを張り付ける「MTP」、さらには、「TAF」と「浸水」、「TAF」と「MTP」、「TAF」と「浸水」と「MTP」について評価した。なお、脱型後に施す養生は、実施工のサイクルを考慮して、室内実験では8時間後に開始することとした。なお、

表－1 使用材料

材料名	記号	摘要
水	W	水道水
セメント	C	普通ポルトランドセメント、密度：3.16g/cm ³
細骨材	S1	石灰砕砂、密度:2.67g/cm ³ 容積比率 40%
	S2	川砂、密度: 2.57g/cm ³ 容積比率 60%
粗骨材	G	2005 石灰砕石、表乾密度:2.70g/cm ³
混和剤	Ad1	増粘剤含有型高性能 AE 減水剤（主成分：ポリカルボン酸系化合物）
	Ad2	AE 剤（主成分：樹脂酸塩系界面活性剤）

表－2 コンクリートの配合

W/C	s/a	Gvol	単位量(kg/m ³)					Ad1	Ad2
			W	C	S1	S2	G		
(%)	(%)	(ℓ/m ³)						(%)	(A※)
51.5	50.0	336	175	340	359	518	908	1.5	0.5

※ 1A=C*0.001%

表－3 実験ケース

No.	ケース名	室内実験での養生方法
1	標準	材齢 28 日まで温度を 20±2℃に保った水中で養生（JIS A 1132）
2	湿潤	材齢 18 時間脱型→8 時間後、材齢 7 日まで湿潤養生→材齢 28 日まで 20℃、60%RH 環境
3	TAF	材齢 66 時間脱型→材齢 28 日まで 20℃、60%RH 環境
4	浸水	材齢 18 時間脱型→8 時間後、材齢 7 日まで水中 →材齢 28 日まで 20℃、60%RH 環境
5	MTP	材齢 18 時間脱型→8 時間後、材齢 28 日まで MTP 貼付け、20℃、60%RH 環境
6	TAF+浸水	材齢 66 時間脱型→8 時間後、材齢 7 日まで水中→材齢 28 日まで 20℃、60%RH 環境
7	TAF+MTP	材齢 66 時間脱型→8 時間後、材齢 28 日まで MTP 貼付け、20℃、60%RH 環境
8	TAF+浸水+MTP	材齢 66 時で脱型→8 時間後、材齢 7 日まで水中→材齢 28 日まで MTP 貼付け、20℃、60%RH 環境

キーワード 覆工コンクリート、養生、透気係数、圧縮強度

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-485-1111

全てのケースで、材齢 28 日において、表層品質の指標となる透気係数⁶⁾ (Torrent 法) を測定し比較・評価した。

3. 実験結果

図-1 に透気係数の測定結果を示す。水中養生となる「標準」は、透気係数が 0.01 以下で品質評価は「優」となった。それに対し、試験体を合成樹脂フィルムで梱包した「湿潤」は、透気係数が 1 以上の「劣」、気泡緩衝シートを張り付けた「MTP」は透気係数が 0.1~1 の「一般」、脱型時間を 66 時間に延長する「TAF」と材齢 7 日まで水中養生とした「浸水」は、透気係数が 0.1~0.01 の「良」であった。また、2 つ以上の養生方法を組み合わせた「TAF」+浸水と「TAF」+「浸水」+「MTP」は、水中養生である「標準」と同様に、透気係数が 0.01 以下の「優」となった。これは、「TAF」により脱型時間を延長することで材齢初期の表層品質の低下を抑制したのちに材齢 7 日まで浸水させることで十分な水分をコンクリート内部に保持・供給させられたことの効果と考えられた。「TAF」+「浸水」+MTP においては、さらに材齢 28 日まで「MTP」により水分逸散を抑制することができるものと考えられ、確実に効果を発揮できるものと考えられる。

図-2 に圧縮強度の試験結果を示す。材齢 28 日における圧縮強度は、水中養生となる「標準」で 51.3N/mm²であった。

それに対し、試験体を合成樹脂フィルムで梱包した「湿潤」

は 41.2N/mm², 脱型時間を 66 時間に延長する「TAF」は 41.4N/mm², 気泡緩衝シートを張り付ける「MTP」は 43.4N/mm²,

「TAF」+MTP は 43.7N/mm²と圧縮強度が低下する結果となった。これは、「湿潤」、「MTP」、「TAF」+「MTP」は、脱型後、養生を開始するまでの 8 時間の間に乾燥したことが影響していると考えられる。また、「TAF」は表層品質を確保するためには有効と考えられるものの、材齢 66 時間以降は無養生であるため、材齢 28 日時点での圧縮強度には効果が得られなかったものと考えられる。一方、材齢 7 日まで水中養生する「浸水」は 52.6N/mm², 「TAF」+「浸水」は 51.1N/mm², 「TAF」+「浸水」+「MTP」は 50.0N/mm²で、水中養生である「標準」と同程度であった。これは、給水により水分の逸散を抑制できたものと考えられる。

4. まとめ

トンネル覆工の施工条件では、材齢 28 日の圧縮強度は、材齢 7 日までの「浸水養生システム」だけで水中標準養生と同等になった。また、劣化因子の侵入を防ぐうえで重要となる表層品質(透気係数)は、「ツインアーチフォーム工法」と「浸水養生システム」を併用することで水中標準養生と同等の品質を得られることが分かった。さらに「気泡緩衝シートを張り付ける工法」を併用することは養生効果を確実に発揮させるのに有効と考えられる。

参考文献

- 1) 馬場弘二, 伊藤哲男, 城間博通, 宮野一也, 中島浩, 谷口裕史: 施工中のトンネル坑内環境と覆工コンクリートの湿度変化に関する研究, 土木学会論文集 No.742/VI-60, pp. 27-35, 2003.9
- 2) 西岡和則, 手塚康成, 坂井吾郎, 林大介, 松本修治: ツインアーチフォーム工法を用いた覆工コンクリートの長期耐久性向上効果に関する検討, 土木学会第 70 回年次学術講演会, VI-647, pp.1293-1294, 2015.
- 3) 古川幸則, 塩崎修男, 白井孝昌: シート吸引方式による覆工コンクリート浸水養生システムの開発, 土木学会第 65 回年次学術講演会, VI-017, pp.36-37, 2010.
- 4) 小林雅彦, 庄野昭, 森島敏之: 水分逸散抑制・保温養生用シート MTP の養生効果, 土木学会第 69 回年次学術講演会, V-361, 2014.
- 5) 株式会社高速道路総合研究所: NEXCO 中流動覆工コンクリート技術のまとめ, 株式会社高速道路総合研究所, 2011.12.
- 6) R.Torrent and G.Frenzer: A method for the rapid determination of the coefficient of permeability of the "covercrete", International Symposium Non-Destructive Testing in Civil Engineering(NDT-CE), pp.985-992, Sep.1995.

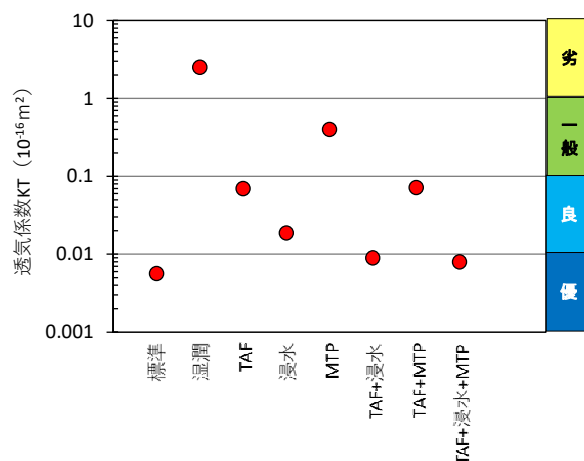


図-1 透気係数

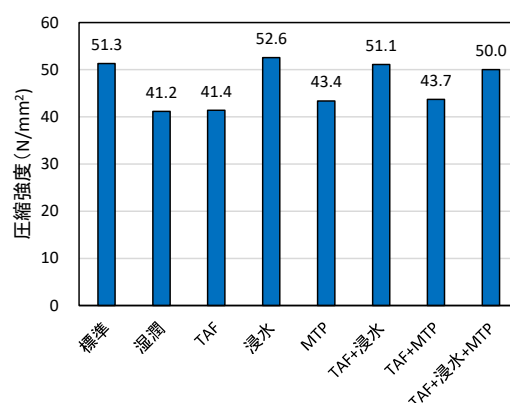


図-2 圧縮強度