

早期に脱型されるコンクリートへの特殊シートを用いた長期湿潤養生技術

東日本高速道路(株) 佐藤龍利 櫻井和人 佐々木忍 高間孝一郎
鹿島建設(株) 正会員 ○中谷俊晴 光山恵生 芦澤良一 渡邊賢三
東京大学 工学系研究科 フェロー会員 石田哲也

1. はじめに

道路用シールドトンネルの内部構築のコンクリート工事において、早期に脱型することが可能であればセントル台車の稼働率が上がり、現場の生産性を向上させることができる。ただし、その場合は、脱型後に湿潤養生を継続するための方法が別途必要であることや、セントル台車移設後に養生作業用の新たな足場が必要になること等の課題がある。そこで筆者らは、シールドトンネル内の側壁の構築において、型枠に予め熱可塑性樹脂シート（以下、特殊シートと称する）を貼り付けておき、脱型後はコンクリート側に特殊シートを残置させる養生技術（以下、シート養生と称する）¹⁾を適用することで、品質確保と生産性向上の両立を図るものとした。本報では、シート養生の工法の概要を紹介すると共に、表層品質の向上効果を非破壊試験によって評価した結果について報告する。

2. 対象とした構造物

直径約 16m、延長約 9km のシールドトンネル内に、セントル台車を用いて構築される側壁コンクリート（高さ 1.86m）を対象とした。セントル台車は、打込み 2 日後に脱型し、次ブロックに移設される。コンクリートの使用材料を表-1 に、配合を表-2 に示す。セメントには普通ポルトランドセメントを使用し、水セメント比は 59.3%とした。

3. シート養生の方法

図-1 にシート養生の方法を示す。予め型枠に特殊シートを貼り付け、コンクリートを打ち込み、脱型時には特殊シートのみをコンクリート側に残すことで、コンクリート表面を一度も外気に曝すことなく、水分の逸散を抑制できるものである。これにより、早期の脱型でも、後工程を必要とせずにコンクリートの養生を継続することができる。

特殊シートの貼付け作業は、一日の施工サイクルを考慮すると、1 ブロック（延長 16m）当たり「2 人で 3 時間」以内に完了することが求められた。一方で、作業は幅 800mm 程度の狭隘な空間で行われるため、事前の検討では「2 人で 4 時間」程度と試算された。そこで、図-2 に示す、専用のシート貼付け装置を作製し、適用した。本装置は、特殊シートを把持する機能、横移動できる機能および直角に切断できる機能を有している。これにより、上述した目標の作業時間に対し、「2 人で 1 時間」で作業を完了することが可能となった。

4. 非破壊試験の概要

図-3 に非破壊試験の測定概要を示す。検討ケースは、特殊シートによる養生日数を 28 日、91 日の 2 ケースとした。表層品質の評価の手法として、表面気泡面積率の測定（A4 サイズの OHP シートで表面気泡を転写）¹⁾と表層透気試験（以下、Torrent と称する）²⁾を実施した。1 ケース当たり

表-1 使用材料

材 料	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 3.16 g/cm ³
細骨材	S	混合砂,表乾密度 2.61 g/cm ³ F.M.2.61
粗骨材	G	碎石,表乾密度 2.70 g/cm ³ 実積率 63.8%
AE 減水剤	Ad	リグニンスルホン酸塩と オキシカルボン酸塩

表-2 コンクリートの配合

W/C (%)	スランプ (cm)	Air (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)				
				W	C	S	G	Ad
59.3	8.0	4.5	43.0	160	270	799	1094	2.70

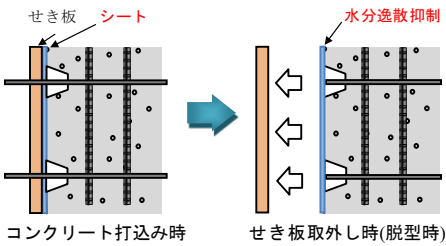


図-1 シート養生の方法

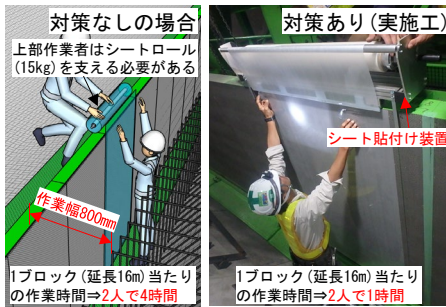


図-2 シートの貼付け方法

キーワード：透気係数、吸水速度、表面気泡、熱可塑性樹脂シート、養生、早期脱型

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 042-489-6736

の測定数は、測定高さを上・中・下それぞれ2点ずつ（合計6点/ケース）とした。Torrent は、コンクリートの含水率に影響を受けることが知られており、含水率が5.5%未満であれば、有効な測定が可能とされている²⁾。そこで、特殊シートの撤去後、試験日（材齢122日）までコンクリート表面を外気に曝し、試験実施前にコンクリート水分計によって含水率が5.5%未満であることを確認して測定を行った。

5. 非破壊試験の測定結果

図-4 に表面気泡面積率の測定結果を示す。表面気泡面積率は、特殊シートを用いることにより、平均で0.10%（0.03～0.31%）となり、既報¹⁾の特殊シートなし（合板7日養生）の平均0.34%に比べて小さくなった。特殊シートの適用により、全体的に表面気泡が少ない均質な表層のコンクリート構造物を構築できた。

含水率は、養生28日で4.3～4.9%および養生91日で4.8～5.2%となった。養生日数が長いほどコンクリートの含水率が大きくなり、シートによって水分の逸散が抑制されていることが確認された。

図-5 に Torrent の結果を示す。透気係数は養生日数が長いほど小さくなり、養生28日で $0.2 \times 10^{-16} \text{m}^2$ 程度、養生91日で $0.1 \times 10^{-16} \text{m}^2$ 程度となった。これは、シートによって水分の逸散が抑制されたことで水和が進み、表層が緻密化したためと推察される。なお、今回の測定では位置（上・中・下）によるばらつきは小さかった。

図-6 に東北地方整備局のコンクリート構造物の品質確保の手引き（案）²⁾から抜粋した W/C と透気係数の関係を示す。一般的に W/C が大きいほど透気係数も大きくなるが示されている。同図に、今回の結果を追記した。今回測定の対象としたコンクリートは W/C=59.3%であるにも関わらず、透気係数の相乗平均値（28日： $0.214 \times 10^{-16} \text{m}^2$ 、91日： $0.102 \times 10^{-16} \text{m}^2$ ）は W/C=52%に相当し、W/C が7%程度小さいコンクリートと同程度の透気係数であることが確認された（図中矢印 a）。特殊シートを用いた長期の湿潤養生によって、W/C を低減した場合と同程度に表層品質が向上したと考えられる。

6. まとめ

早期に脱型されるコンクリートに対し、特殊シートを用いた養生工法を適用した。シートの貼付け作業は、専用の貼付け装置を製作することにより、一日の施工サイクルに影響を及ぼすことなく作業を完了することができた。また、特殊シートの効果により、表面気泡面積率は1/3程度に低減された。さらに、透気係数は W/C を7%程度低減した場合と同程度まで小さくなり表層品質が向上していることを確認した。以上から、特殊シートを用いた養生工法の適用により、早期の脱型による生産性向上と養生効果による品質向上を両立できたものと考えられる。

参考文献

- 1) 藤岡ら；実規模試験体を用いた熱可塑性樹脂シートによる養生効果の検討，コンクリート工学年次論文集，vol.37，No.1，2015.7
- 2) 国土交通省 東北地方整備局；コンクリート構造物の品質確保の手引き（案）（橋脚，橋台，函渠，擁壁編），2019.3

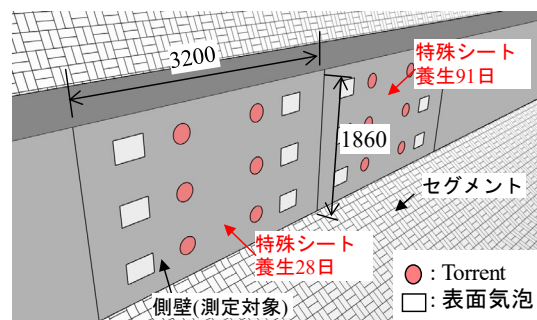


図-3 非破壊試験の測定概要

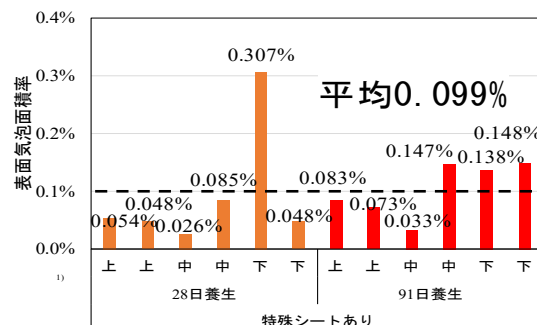


図-4 表面気泡面積率の測定結果

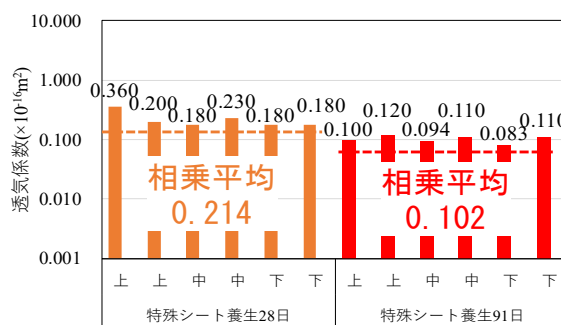


図-5 表層透気試験の結果

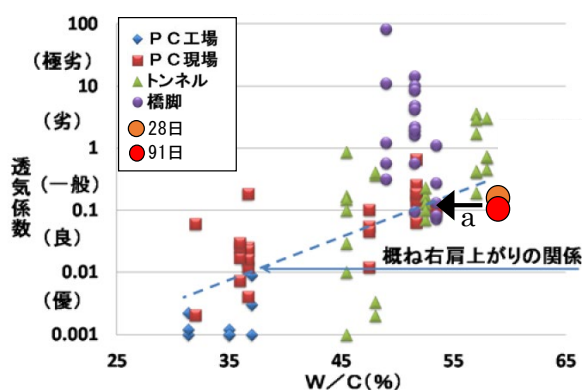


図-6 W/C と透気係数の関係²⁾