

シート養生が工場製品の品質に与える影響に関する一考察

鹿島建設(株) 正会員 ○濱田那津子 中谷俊晴 芦澤良一 渡邊賢三 坂井吾郎
 国立研究開発法人土木研究所 寒地土木研究所 正会員 遠藤裕丈
 東京大学大学院工学系研究科 フェロー会員 石田哲也

1. はじめに

工場製品は、単位水量の少ないコンクリートを用い、工場内の管理された設備および環境のもとで製造されるため、一般的な場所打ちコンクリートに比べて高い耐久性と安定した品質が期待できる。しかし、脱型時の温湿度差の制御は行われておらず、特に冬期においては蒸気養生によって加温・加湿された工場製品と外気との温度差や湿度差によって、脱型時に急激な温度低下や乾燥が生じることから、セメントの水和反応に必要な水分が逸散しコンクリート表層部の耐久性が低下している可能性がある¹⁾。

筆者らは、場所打ちコンクリートを対象として、図-1に示すように、予め型枠内面に高撥水性シート（以下、シートと称する）を貼付し、コンクリートを打ち込み、脱型時には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養生技術（以下、シート養生と称する）を開発している。シート養生により工場製品においても急激な乾燥を防ぐことができ、コンクリート表層部の耐久性向上につながると考えられる。

そこで、本論文では冬期にシート養生の有無を要因として工場製品を作製し、シート養生がコンクリートの表層品質に与える影響を評価した。

2. 実験概要

試験体は図-2に示すような壁高欄用部材とし、北海道のプレキャスト工場において1月に作製した。2体の壁高欄用部材を同日に作製し、一方にのみシート養生を適用し、もう一方はシート養生を適用しなかった。また、コンクリート表面と養生槽内に温度計を設置し、製造過程における温度を経時的に測定した。使用材料を表-1に、コンクリートの配合を表-2に示す。蒸気養生として、20℃で2時間の前養生を行った後に30℃/hで昇温し、35℃で4時間保持し、そのあと自然放冷させた。材齢19時間で脱型した後、材齢48時間まで試験体を工場内で保管し、屋外に移動した。なお、工場内の外気温は2℃程度であった。

3. 実験結果

写真-1に脱型直後の工場製品の状況を示す。シート養生なしのケースは湯気が出ているのに対し、シート養生ありのケースは、シートで覆われているため湯気がまったく確認されなかつ

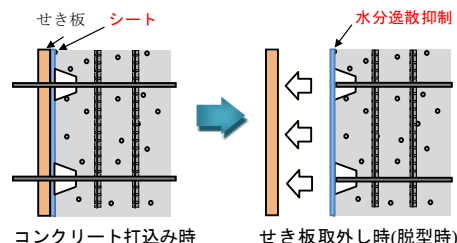


図-1 シート養生

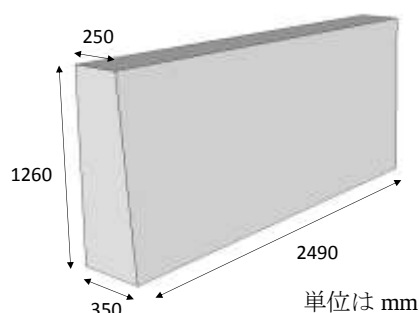


図-2 作製した試験体概要

表-1 使用材料

材 料	記号	摘 要
水	W	地下水
セメント	C	普通ポルトランドセメント 密度 3.16 (g/cm ³)
膨張材	Ex	エトリンガイト系、密度 2.95 (g/cm ³)
細骨材	S	川砂、密度 2.72 (g/cm ³)
粗骨材	G	川砂利、密度 2.77 (g/cm ³)
高性能減水剤	SP	ポリカルボキシル酸エーテル系化合物
空気調整剤	AE	陰イオン界面活性剤

表-2 コンクリートの配合

W/ (C+Ex) (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)						
		W	C	Ex	S	G	SP	AE*
33.0	38.5	154	437	30	673	1095	1.87	2A

※ (C+Ex) × 0.001% = 1A



写真-1 試験体脱型状況

キーワード 工場製品、プレキャストコンクリート、熱可塑性樹脂シート、蒸気養生

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 042-489-8030

た。図-3 にコンクリート打込み後から材齢 108 時間までの工場製品の表面温度を示す。シート養生を実施した表面の温度はシート養生なしのケースと比べ、脱型直後から 3℃程度高く、この温度差は材齢 72 時間まで持続した。これは、シート養生により水分の逸散を抑制することで、気化熱による温度低下を抑えたこと、さらに、厚さ 0.2mm の薄いシートではあるものの一定の保温効果が得られたことによると考えられる。

4. 解析によるコンクリートの物性予測

4.1 解析条件

シート養生による水分の逸散を抑制する効果がコンクリートの水和度および空隙構造に与える影響を評価するため解析を実施した。解析にはセメントの水和反応、空隙構造の形成、水分移動・保持などミクロな材料応答を熱力学的知見に基づきモデル化した物質平衡・移動解析システム²⁾ (DuCOM) を用いた。

コンクリートの発熱および熱移動は、セメント種類および配合から求めた。なお、膨張材はセメントと同一の発熱特性を示すと仮定し、シートの保温性の影響は考慮していない。コンクリート表層と外気における境界条件を表-3 に示す。シート養生は 91 日実施し、蒸気養生後から材齢 91 日まで、コンクリートと外気の水分移動はないものとした。また、シート養生なしのケースは蒸気養生後から外気とコンクリートにおいて水分の移動が生じるものとした。解析は材齢 7 年まで実施した。

4.2 解析結果

解析によって得られた材齢 7 年時点での水和度および毛細管空隙量を図-4 および図-5 に示す。なお、解析によって得られたコンクリート温度は実測値と概ね一致していた。図に示すようにシート養生なしのケースは、表面から 50mm 程度までの領域において水和度の低下と毛細管空隙量の増大が生じる結果となった。一方、シート養生を実施したケースでは、表面と内部で、水和度と毛細管空隙量は変わらない結果であった。これは、表層の水分が逸散しないことにより、セメントの水和反応を確実に進行し、毛細管空隙量が低減したためと考えられる。

5. まとめ

(1) シート養生により、工場製品の脱型直後に湯気が発生せず、水分の逸散を抑制することが確認された。また、気化熱による温度低下も見られなかった。

(2) シート養生を適用することで表層 50 mm 程度の範囲においても水和反応が確実に進行し、毛細管空隙量が低減することが解析により確認された。

参考文献

- 1) 中谷ら、製造時期の違いがプレキャストコンクリート部材の諸物性に及ぼす影響、第 73 回年次学術講演会 V-489, 2018.8
- 2) 前川ら、Multi-scale Modeling of Concrete Performance, Journal of Advanced Concrete Technology vol.1 No.2 p91-126, 2003.7
- 3) 気象庁『過去の気象データ・ダウンロード』: <https://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/index.php#!table>, 2019 年 3 月確認

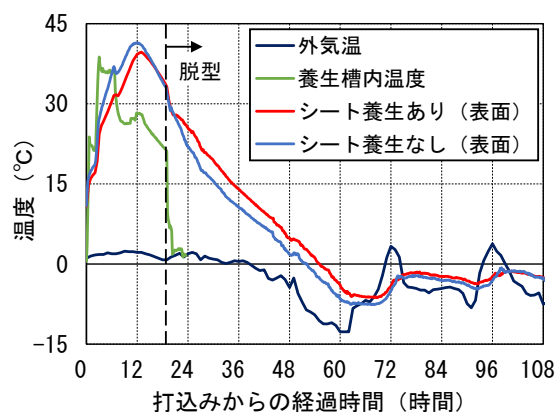


図-3 試験体の表面温度と外気温

表-3 境界条件

ケース名	養生条件					
	蒸気養生中		材齢 91 日まで		91 日以降	
	温度	湿度	温度	湿度	温度	湿度
リファレンス	蒸気養生槽内の実測	100%	※			
シート養生 (91 日)	※	※	※	考慮しない	※	※

※気象庁データ（札幌）5 年分の平均³⁾

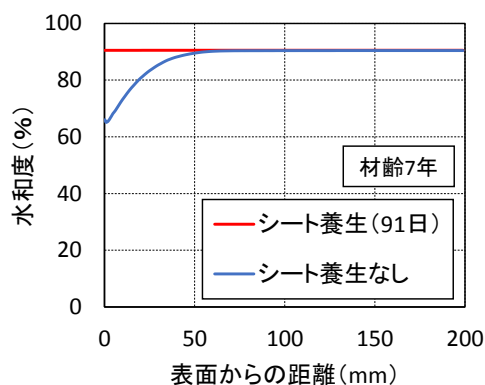


図-4 解析によって求められた水和度

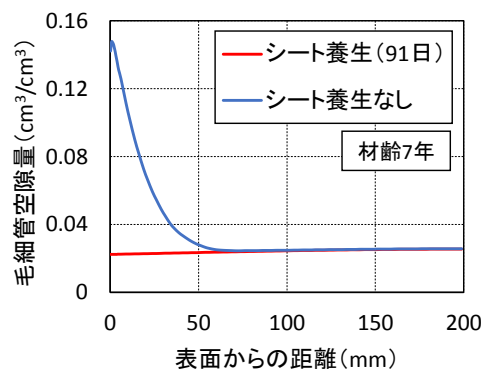


図-5 解析によって求められた毛細管空隙量