

作用する温度がコンクリートの透気性と空隙変化に与える影響

太平洋マテリアル

正会員

○杉野

雄亮

同

正会員

青野

利彦

同

正会員

谷辺

徹

群馬大学

前田

祐貴

同

正会員

小澤

満津雄

1. はじめに

RC 構造におけるコンクリートかぶりの役割のひとつは、内部の鉄筋を腐食因子から守ること（バリア性能）である。このバリア性能は耐久性の観点から重要である。この性能は物質侵入抵抗性として表され、これまでにコンクリートの空隙構造との関係について様々な検討がされている¹⁾。一方、コンクリートは作用する温度により空隙構造が変化するため、温度の影響を検討することは重要である。本研究では、作用温度がコンクリートの物質侵入抵抗性と空隙構造に及ぼす影響を評価することを目的とした。作用する温度の上限値は 500℃ 程度とした。加えて、表面含浸材塗布によるバリア性能の改善効果も検討した。コンクリートの空隙状態の評価は、透気性と細孔径および細孔量を用いて行った。

2. 実験概要

実験フローを図 1 に示す。本研究では、次の手順で検討を進めた。すなわち、①加熱試験、②含浸材（塗布の有無）、③透気測定、④細孔径測定を実施した。表 1 にコンクリートの配合を示す。水セメント比は 32%とした。供試体の寸法は 150×150×150mm とし、28 日間水中養生を行った。加熱には電気炉を使用し、供試体の全面加熱とした。加熱条件は、昇温勾配 1℃/min にて最高温度 135, 230, 330, 530℃ まで昇温し、最高温度を保持した。供試体中心部の温度が 105, 200, 300, 500℃ に到達してから 2 時間その温度を保持後、徐冷した。図 2 に一例として加熱条件 330℃ の温度履歴を示す。加熱終了後、供試体の型枠面 1 面を残して、5 面にエポキシ樹脂を塗布した。その後、開口面 1 面に表面含浸材を塗布した。塗布供試体は 135, 230, 330℃ 加熱の供試体とした。含浸材は 2 種類とし、けい酸リチウム系表面含浸材（以下、含浸材 A）およびけい酸塩系とシラン系の併用型（以下、含浸材 B）とした。含浸材 A は 14 日間の気中養生とした。含浸材 B はけい酸塩系を塗布して 7 日間気中養生後、シラン系を塗布して 7 日間気中養生した。塗布量はそれぞれ 450g/m² とした。含浸材の養生後、Torrent 法により透気係数を測定した。次に 10%の塩水に 7 日間浸漬した。塩水浸漬後、浸漬面から深さ 10mm の範囲から細孔径測定用試料を採取した。細孔径は水銀圧入法により測定し、積算総細孔容積が全体の 50%となるときの細孔径を算出した（以下、50%vol 細孔径）。また、加熱温度の異なるコンクリートの 50%vol 細孔径を比較し、微細・粗大側の細孔の影響程度として評価した。

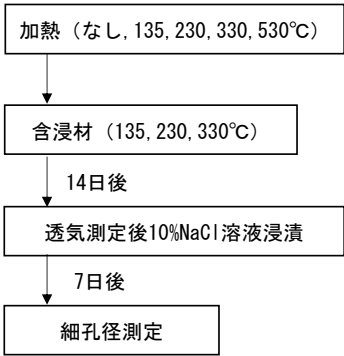


図 1 実験フロー

表 1 コンクリートの配合

W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)					
		W	C	S1	S2	G	A
32	51.9	170	532	589	253	858	6.92

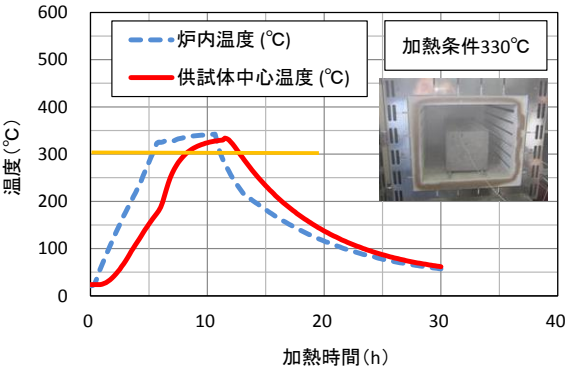


図 2 加熱条件 330℃の温度履歴

キーワード 透気係数, 細孔径分布, 細孔容積, けい酸塩系表面含浸材, シラン系表面含浸材, 加熱
連絡先 〒285-0802 千葉県佐倉市大作 2-4-2 太平洋マテリアル（株）開発研究所 TEL 043-498-3921

加熱条件 330℃のときの積算細孔容積と 50%vol 細孔径の算出方法を図3に示す。図より、積算細孔容積は 0.076ml/g であり、50%vol 細孔径は 0.514 μm となる。なお、塩水浸漬試験の結果は別報に譲る。

3. 実験結果

加熱温度と細孔径分布を図4に示す。加熱温度が高いほど、0.05 μm 付近の細孔が減少し、0.02 μm 付近の細孔が増加することを確認した。既往の研究では 200~300℃ の加熱において 0.01~0.04 μm の細孔が増加しており²⁾、本研究も同様の傾向にあることがわかる。また、330℃ では 1~10 μm の細孔が増加し、530℃ では 10 μm 付近の細孔が増加した。図5に透気係数と 50%vol 細孔径の関係を示す。50%vol 細孔径は 135℃ で加熱したときに一旦減少し、以降は加熱温度の上昇にしたがって大きくなる。これを加熱条件毎に比較すると、135℃ の加熱では微細側の細孔の影響が大きく、135℃ より高い温度域では粗大側の細孔の影響が大きいと考えられる。一方、透気係数は加熱温度が高いほど大きくなり、加熱によるコンクリートの細孔状態の変化が透気性に影響したと考えられる。加熱したコンクリートに表面含浸材を塗布したときの透気係数と 50%vol 細孔径を図6に示す。135℃ の加熱では、含浸材を塗布しても 50%vol 細孔径および透気係数の変化は小さいことがわかる。一方、230, 330℃ の加熱では、含浸材塗付により 50%vol 細孔径が小さくなる傾向が認められるが、透気係数は変化しない。このとき、含浸材は細孔を一部充填するが、気体が透過する細孔部分は残っているものと推察される。これについては、今後含浸材の改質機構を踏まえた検討が必要であると考えられる。

4. まとめ

本研究で得られた知見を以下に示す。

- (1) 加熱温度が増加すると透気係数は大きくなる。一方、50%vol 細孔径は 135℃ の加熱前後で小さくなり、135℃ 以降は加熱温度上昇に従い大きくなる。
- (2) 表面含浸材を塗布すると、135℃ 加熱では 50%vol 細孔径の変化は小さいが、加熱温度 230, 330℃ では 50%vol 細孔径が小さくなる。一方、透気係数は変化しない。

参考文献

- 1) 山路徹, 内藤英晴, 羽瀧貴志, 末岡英二, 清宮理: 海洋環境における中流動コンクリートの長期耐久性に関する研究, 港湾空港技術研究所資料, No.1245, 2011.10
- 2) 一瀬賢一, 河辺伸二: 高温加熱を受けた高強度コンクリートの圧縮強度の推定, 日本建築学会構造系論文集, 第 561 号, pp.17-21, 2002.11

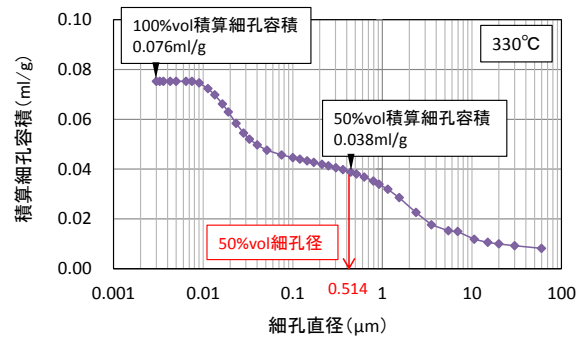


図3 50%vol 細孔径の算出方法 (330℃)

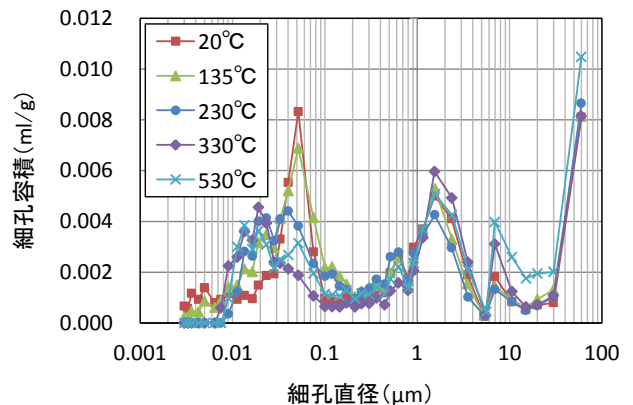


図4 加熱温度と細孔径分布

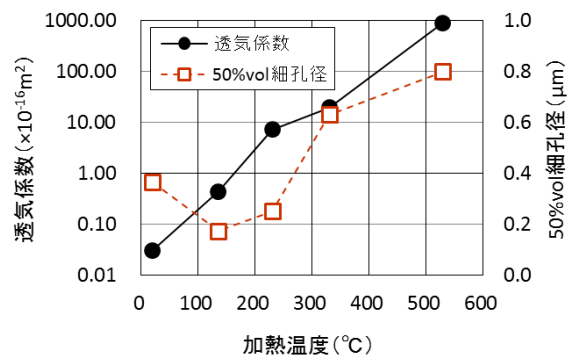


図5 透気係数と 50%vol 細孔径

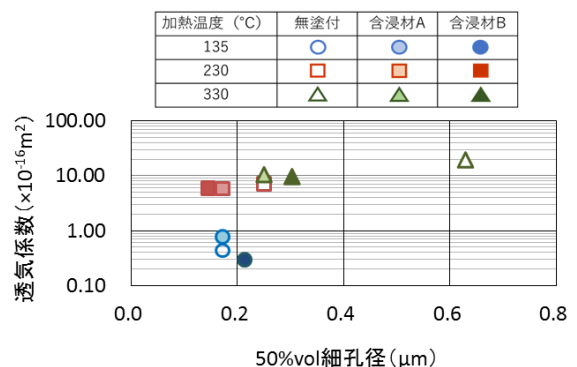


図6 表面含浸材の影響