

初期の高温作用がコンクリートの骨材界面に与える損傷と材料特性に与える影響評価

埼玉大学 正会員 ○浅本 晋吾
 埼玉大学 正会員 湯口 綾介
 電力中央研究所 正会員 蔵重 勲
 愛媛大学 正会員 全 邦釘

1. はじめに

近年、プレキャストコンクリート部材の土木構造物への活用拡大が見込まれており、65℃を最大とする高温蒸気養生による強度発現促進で、工期短縮、品質の安定が期待されている。しかし、材齢初期の高温履歴は、セメントペーストと骨材の線膨張係数が大きく異なった場合、骨材界面に損傷をもたらす可能性がある。そこで、本研究では、材齢初期の高温作用がコンクリートの骨材界面における損傷の評価と、それがコンクリートの動弾性係数、透気係数、乾燥収縮といった材料物性に与える影響を、温度履歴、セメント種類によって比較検討を行うこととした。

2. 実験概要

表1 配合(kg/m³)

各実験には、100×100×400 (mm) の角柱供試体と、φ100×200 (mm) の円柱供試体を用いた。角柱供試体は乾燥収縮試験に使用し、円柱供試体は、動弾性係数計測、透気試験、蛍光エポキシ含浸試験に使用した。セメントは、普通ポルトランドセメント（以下 OPC）と高炉セメント B 種（以下 BB）の 2 種類を用いた。各コンクリートの配合を表-1 に示す。

セメント	W/C	水	セメント	細骨材	粗骨材	AE 剤	AE 減水剤	空気量	スラブ
OPC	0.5	175	350	831	959	0.021	875ml	5.3%	16 cm
BB	0.5	175	350	825	953	0.021	875ml	4.6%	19 cm

養生は、蒸気養生を模擬し、前養生を 20℃で 2 時間行い、15℃/hr で昇温し 65℃を 5 時間作用させたのち、4.5℃/hr で 20℃まで降温し、20℃を保った養生（以下、蒸気）、同様の前養生を施し 20℃から 10.5 時間 65℃に曝露し、20℃に戻した養生（以下、65℃）、20℃一定での養生（以下、20℃）の 3 パターンを材齢 1 日まですべて封緘で施した。65℃養生では、蒸気養生と積算温度を等しく設定し、温度の急激な変化による影響を検討した。材齢 1 日までの各養生終了後、材齢 1 日で脱型し、すべての供試体を飽和状態にするため、材齢 7 日まで 20℃で水中に浸漬した。その後、乾燥収縮試験に使用する角柱供試体は恒温恒湿室内（温度 20℃、湿度 60%）で乾燥させ、透気試験および蛍光エポキシ含浸試験に使用する円柱供試体は、実験を行う材齢までラップとアルミテープで封緘した。

蛍光エポキシ樹脂の含浸には、材齢 50 日まで封緘した円柱供試体を、コンクリートカッターにより厚さ 10mm に切断し、円盤供試体として使用した。含浸材には超低粘性エポキシ樹脂、蛍光塗料にはエポキシ樹脂用着色剤を用いた。真空ポンプを用い、円盤供試体に樹脂を含浸した後、表面を研磨し、ブラックライトを照射し、デジタルカメラで撮影した。動弾性係数計測試験には、円柱供試体を使用し、JIS A 1127 に従い、材齢 7 日と 50 日で動弾性係数の算定を行った。透気試験は、円柱供試体をコンクリートカッターで厚さ 40mm に切断し、供試体の空隙内部の水分を除去して試験を行うため、試験開始前に乾燥炉にて 50℃で 48 時間の乾燥を施した。加圧は 0.5MPa とし、透気が定常状態になるまで約 1 時間放置した後、1 分毎に透気量を 3 分間測定した。1 つの条件につき 3 体の円盤供試体を用い、その平均から透気係数を算出した。

3. 実験結果

(1) 蛍光エポキシ樹脂含浸試験

ブラックライトを照射して撮影した画像は、画像処理によって二値化を行い、蛍光エポキシ樹脂が含浸した面積の計算を行った（図 1）。樹脂含浸部分には、コンクリート内の気泡も含まれているが、いずれのコンクリートも空気量は同等であったことから、気泡量は同等として以下考察する。また、カッターによる端部損傷は除いた。画像処理によって得られた蛍光エポキシ樹脂の含浸面積を表 2 に示す。OPC 供試体では、作用温度の違いによって含浸

キーワード 初期高温作用、骨材界面、動弾性係数、透気係数、乾燥収縮

連絡先 〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保 255 埼玉大学大学院理工学研究科 TEL 048-858-3556

面積にさほど違いはないが、BB 供試体は、高温が作用した供試体に含浸した面積が、20℃養生のおよそ2倍となった。また、高温が作用した BB 供試体では、骨材周りに樹脂含浸が観察された。高炉セメントは、線膨張係数が大きくなることが報告されており、骨材との線膨張係数の相違が大きく、温度の昇温・降温時に骨材周辺のセメントペーストが損傷し、そこに樹脂が含浸したと考えられる。

(2) 動弾性係数

動弾性係数の計測結果を図2に示す。いずれのセメントも、材齢7、50日ともに、20℃養生に比べ、高温を作用させた供試体の動弾性係数は低下した。特に、高炉セメントを用いた供試体は、材齢50日で高温作用による動弾性係数の低下が大きい。これは、初期温度の温度作用で上記のように骨材界面に損傷が生じ、その後、封緘時に自己乾燥の大きい BB では、ペースト部分の収縮によって損傷が進展し、より大きな動弾性係数の低下をもたらしたと考えられる。OPC 供試体は、エポキシ樹脂含浸では骨材界面の損傷は明確に観察されなかったが、いずれの材齢でも動弾性係数の低下が見られたことから、OPC 供試体には、高温作用による骨材界面の損傷が多少なりとも生じていた可能性がある。いずれの供試体も65℃、蒸気養生での違いは小さく、昇温・降温速度の影響は、本実験条件では観察されなかったが、今後詳細に検討する必要があると認識している。

(3) 透気係数

異なる初期温度が作用したときの材齢50日での各供試体の透気係数を図3に示す。BB 供試体は、20℃養生に比べ、初期に高温作用を施した場合の透気係数が増加した。初期の高温と、その後の自己乾燥に伴う骨材界面の損傷が、空隙に連続性を与え、透気性を増加させたと考えられる。高温作用による界面の損傷が小さいと考えられる OPC の透気係数は、養生時の高温作用の影響は小さかった。

(4) 乾燥収縮

乾燥収縮ひずみの計測結果を図4、5に示す。OPC 供試体では、既往の研究と同様に、高温履歴を受けると乾燥収縮は低減したのに対し、BB 供試体では、高温履歴によって乾燥収縮が大きくなった。本研究では、乾燥収縮試験の前に供試体を水中浸漬しており、W/Cも0.5であり、材齢1日までの温度履歴の違いによる自己乾燥の影響は小さいと考えられる。BB では、高温履歴で発生した界面損傷で剛性が低下し乾燥収縮が増加し、OPC では、界面損傷による剛性低下は小さく、高温作用による C-S-H ゲルの構造変化がもたらす収縮低減の影響の方が大きくなったと推察されるが、今後はセメントペーストで、骨材界面の影響についてより詳細に検討する必要がある。

4. まとめ

高炉セメントを用いたコンクリートは、材齢初期に高温を作用させると、普通ポルトランドセメントを用いた場合に比べ、骨材界面に多くの損傷を生じた。界面損傷はコンクリートの動弾性係数の低下、透気係数及び乾燥収縮の増加をもたらすと推察したが、高温作用によるセメントペーストの組織変化の影響も含め、今後詳細に検討する。

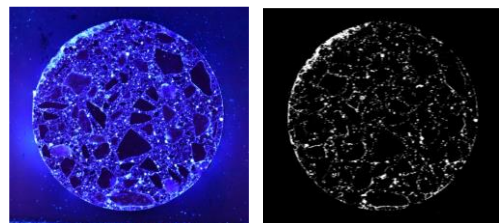


図1 蛍光エポキシ樹脂含浸後の画像
(左：ブラックライト照射時、右：二値化後)

表2 蛍光エポキシ樹脂の含浸面積 (mm²)

養生	20℃	65℃	蒸気
OPC	265	301	304
BB	315	714	738

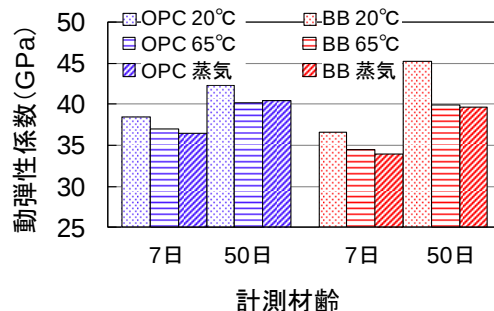


図2 材齢7、50日の動弾性係数

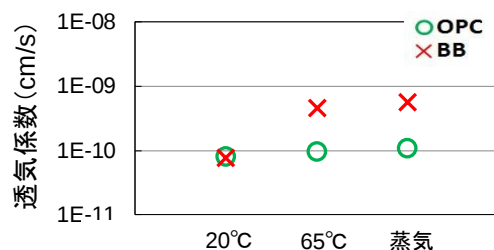


図3 異なる初期温度を与えたときの透気係数

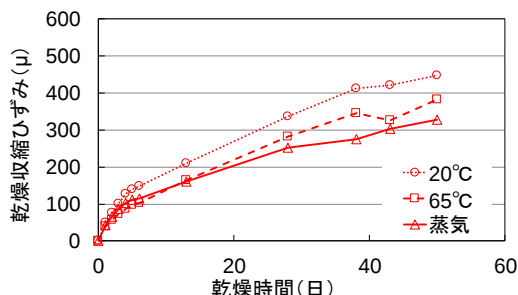


図4 材齢7日後のOPCの乾燥収縮ひずみ

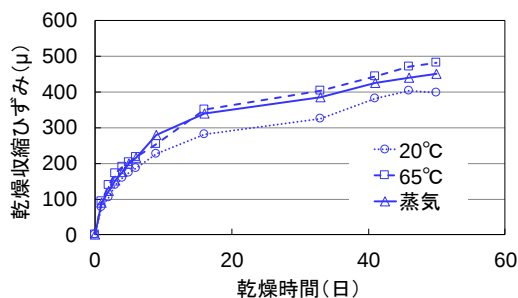


図5 材齢7日後のBBの乾燥収縮ひずみ