

線膨張係数の異なる骨材材料を持つモルタルの高温作用による界面損傷の検討

埼玉大学大学院

学生会員

○大久保拓馬

埼玉大学大学院

正会員

浅本晋吾

埼玉大学大学院

正会員

湯口綾介

1. はじめに

近年、工期短縮、品質向上の観点から、プレキャストコンクリート部材の土木構造物への活用が見込まれている。プレキャストコンクリートでは、早期強度発現のために 65℃を最高温度として材齢初期に高温が作用する。既往の研究によると、コンクリートへの高温作用は、常温養生に比べ弾性係数の低下をもたらし、セメントペーストと骨材の線膨張係数の違いによる界面損傷が要因と考えられている。本研究では、線膨張係数の異なる材料を骨材として用い、高温作用による界面の状態変化に着目し、温度作用によるモルタルの動弾性係数、静弾性係数の比較検討と、蛍光エポキシ樹脂含浸法によるペーストと骨材界面の損傷の観察を行った。

2. 実験概要

セメントは普通ポルトランドセメント、骨材として、線膨張係数が異なる粒径2mmのアルミナ・ガラスビーズ・鉛、および川砂を使用し、水セメント比は30%、骨材体積率は40%のモルタルを用いた。供試体はすべてΦ50×100mmの円柱である。養生初期の温度履歴は図-1のように、前養生を20℃で2時間行い、異なる3つの温度履歴を設定し、いずれも封緘状態で温度を作用させた。蒸気養生と65℃一定養生では、積算温度が等しくなるようにした。上記温度を作用後、材齢1日で脱型し、その後は所定の材齢まで、20℃で封緘養生とした。

動弾性係数は、一次共鳴振動数を材齢 1, 7, 28 日で計測することで求め、3 体平均で算出した。圧縮試験は、材齢 28 日に行い、静弾性係数、圧縮強度は、3 体の平均とした。

各初期温度の履歴の違いによる界面状態を把握するため、材齢 3 日で、蛍光エポキシ樹脂を各供試体に含浸させた。円柱供試体をコンクリートカッターで下部から 1cm の位置で円盤に切断し、切断面に生じたコンクリートカッターによる損傷を平面研磨機で研磨した。切断した円盤供試体は、温度 20℃恒温槽に 1 日入れ乾燥させた。乾燥後、図-2 に示すように、円盤供試体をまとめて蛍光エポキシ樹脂に浸した状態で、デシケータを低真空にし、蛍光エポキシ樹脂を注入した。樹脂硬化後、表面を研磨し、研磨面にブラックライトによる紫外線を照射し、定位置に配置したデジタルカメラで各供試体の表面を観察した。

3. 実験結果

(1) 動弾性係数

図-3, 4 に、セメントペーストより線膨張係数が低いアルミナと高い鉛を骨材に用いたときの動弾性係数の経時変化を示す。ガラスビーズ、川砂の場合は、概ねアルミナと同様の傾向を示した。アルミナを用いた場合、高温の作用を受けると、材齢 1 日では 20℃一定養生より水和が進行しているため動弾性係数が小さいが、材

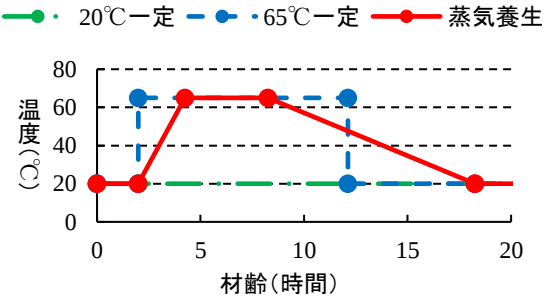


図-1 養生初期の温度履歴

表-1 骨材の物性

	アルミナ	ガラスビーズ	鉛
ヤング率(Gpa)	280	72	16
密度(g/cm3)	3.7	2.49	11.37
線膨張係数(/℃)	8.0×10^{-6}	9.8×10^{-6}	29.1×10^{-6}

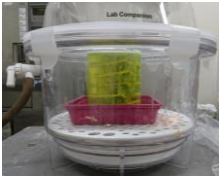


図-2 蛍光エポキシ樹脂の含浸

キーワード 線膨張係数, 初期高温作用, 弾性係数, 界面損傷

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

齢 7, 28 日では, 動弾性係数が 20℃一定養生より小さくなった. これは, アルミナの線膨張係数は $8.0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ とセメントペーストより若干小さく, 硬化が進んだ温度降下時にアルミナがセメントペーストの収縮を拘束し, ひび割れを引き起こし, 動弾性係数が低下したと推察できる. 一方, 鉛の線膨張係数 $29.1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ とセメントペーストよりかなり大きく, 温度降下時に骨材はセメントペーストより収縮し骨材界面に大きな剥離をもたらし, 材齢 1 日でも水和の進行より剥離の影響が大きく, 動弾性係数を低下させたと推察できる.

(2) 静弾性係数及び圧縮強度

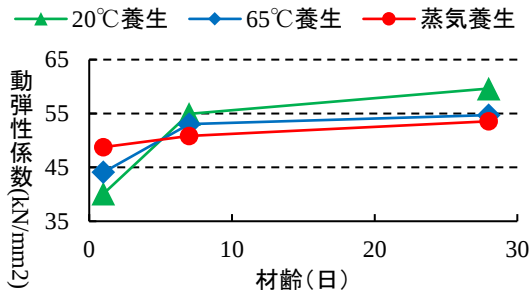


図-3 アルミナモルタル動弾性係数経年変化

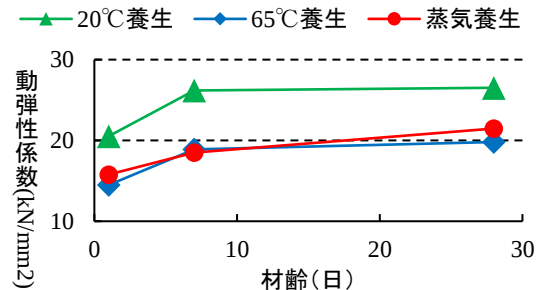


図-4 鉛モルタル動弾性係数経年変化

図-5, 6 に, 材齢に 28 日における各供試体の静弾性係数及び圧縮強度の結果を示す. アルミナ, ガラスビーズ, 砂を用いた場合, 高温作用によって静弾性係数はわずかに低下し, 剛性の低い鉛を用いると, 応力がセメントペーストを中心に作用したため, 高温作用によって静弾性係数は低下しなかったと推察される. 本実験条件では, 界面損傷が小さく, 静弾性係数には顕著に表れなかったことが考えられるが, 実験誤差の可能性もあり, 再度検討が必要と認識している. 圧縮強度は, いずれの供試体も高温作用を受けると, 20℃一定養生に比べ低下する傾向があり, 線膨張係数にさほど違いのないアルミナ・ガラスビーズ・砂モルタルは 15%程度低下し, セメントペーストと線膨張係数の相違が大きく剛性の低い鉛モルタルは 33%強度が低下した.

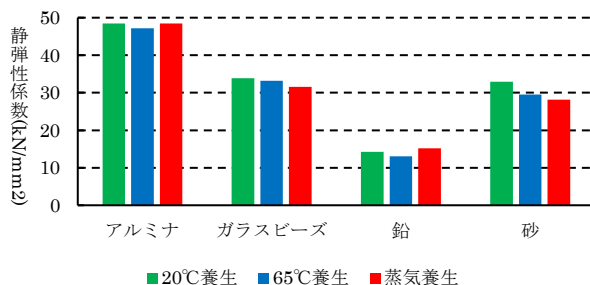


図-5 材齢 28 日静弾性係数

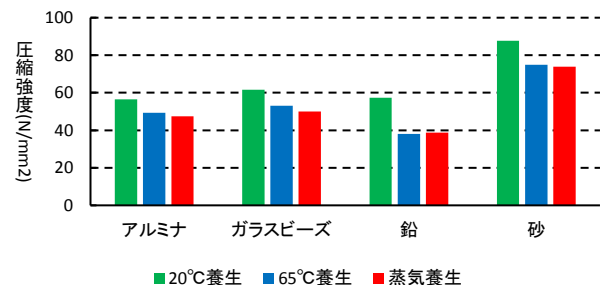


図-6 材齢 28 日圧縮強度

(3) 蛍光エポキシ樹脂含浸面

図-7 にアルミナモルタル, 図-8 に鉛モルタルの 20℃一定養生, 65℃一定養生の蛍光写真を, より界面損傷を明確にするため, word でモノクロ加工したものを示す. 65℃一定と蒸気養生は同様の傾向を示した. セメントペーストの線膨張係数より小さいアルミナは, セメントペーストの収縮を拘束し骨材間にひび割れを生じさせ, セメントペーストの線膨張係数より大きい鉛は, 初期高温後の温度降下時にセメントペーストより大きく収縮し骨材界面に剥離が生じたと推察できる.

4. 結論

セメントペーストと線膨張係数が大きく異なる材料を骨材に用いたモルタルの養生初期に高温を作用させると, モルタル内部に損傷が生じ, 動弾性係数, 圧縮強度を低下させる可能性がある.

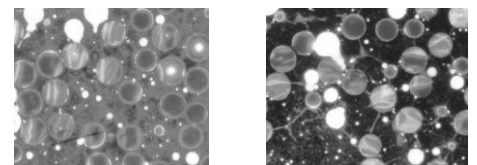


図-7 アルミナモルタル蛍光エポキシ樹脂含浸断面図(左: 20℃, 右: 65℃)

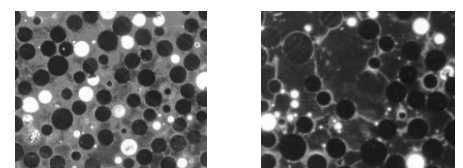


図-8 鉛モルタル蛍光エポキシ樹脂含浸断面図(左: 20℃, 右: 65℃)