

吸湿過程における粗骨材の体積変化挙動に関する研究

名古屋工業大学大学院 学生会員 矢野 智也 名古屋工業大学大学院 学生会員 小幡 雄一郎
 名古屋工業大学 上田 仁 名古屋工業大学 鶴飼 貴史
 名古屋工業大学大学院 正会員 吉田 亮 名古屋工業大学大学院 フェロー 梅原 秀哲

1. はじめに

コンクリートの乾燥収縮に粗骨材自体の乾燥収縮が大きく影響することが懸念されており、粗骨材自体の乾燥収縮メカニズムを把握することは、コンクリートの品質管理上極めて有益であると考えられる。粗骨材自体の体積変化についての研究は古くからなされており、粗骨材内部の表面エネルギー変化が体積変化の主な駆動力である可能性が高いことや、粗骨材内部表面積によって体積変化を関数化できることが成果として得られている^{1), 2)}。これら既往の研究より、粗骨材自体の体積変化は骨材内部の空隙構造と密接に関連していると考えられる。そこで、本研究では、骨材自体の体積変化は骨材実質への水分子の吸脱着によって生じるものと考え、粗骨材の吸湿実験を行った。

2. 実験概要

(1) 実験条件

実験のパラメータとしては、粗骨材種、相対湿度とした。表1に粗骨材種とその諸物性を示す。表2に相対湿度と Kelvin 式により求めた、水分子で埋まる最大空隙径を示す。

骨材種	表乾密度	吸水率
軽量骨材	1.37	11.2
砂岩	2.61	1.5
石灰岩	2.69	0.4

相対湿度 (%)	最大空隙径 (nm)
15	1.2
44	2.7
66	5.3
81	10.5

(2) 供試体作製方法

写真1に示すように、粗骨材を数個、エポキシ樹脂を用いて連結させて棒状供試体を作製した。連結前に骨材表面の微粒分を水洗いにより取り除き、アセトンに1日浸漬させた後、空气中で1日放置し、乾燥炉で絶乾状態にした。連結後は実験開始まで、

写真1 棒状供試体



温度 20℃、湿度 7% の状態で 2 日間保管した。供試体は各実験条件に対して 3 体作製した。

(3) 体積変化測定方法

体積変化測定方法としては、コンタクトゲージ方法を用い、長さ変化を測定した。ゲージ長は 100mm とした。チップは各試験条件に対して、1 体には 4 面に、残りの 2 体には各面が直角に交わる 2 面に貼り付けた。

3. 実験結果および考察

一般に吸湿現象は、内部空隙の骨材実質部表面に水蒸気が層状に吸着し、相対湿度が高くなるほど層が厚くなり、小さな空隙から水分子で満たされると考えられている。本研究の考察においてもこの理論を用いた。また、砂岩 RH81% は膨張によって供試体が破損したため吸湿期間 21 日までの測定値を用いて、以下の検討を行った。

(1) 相対湿度と長さ変化率の関係

図1に長さ変化率を示す。骨材種の違いによる長さ変化率の差が確認された。また、一般に言われるように、長さ変化率は砂岩が大きく、軽量骨材および石灰岩は小さいことも確認された。相対湿度の違いによる長さ変化の影響は、軽量骨材、砂岩は相対湿度が高くなるほど長さ変化率も大きくなっているが、石灰岩では相対湿度の違いによる長さ変化率の差はみられなかった。

(2) 骨材空隙の飽和度と長さ変化の関係

吸湿実験と同条件で保管し、2 日間水中浸漬させた棒状供試体（以下、飽和供試体と呼ぶ）が完全に吸水していると考え、質量変化および長さ変化について、前述の吸湿供試体と飽和供試体の比較を行った。飽和供試体と吸湿期間 42 日時点の各相対湿度の質量変化率比、長さ変化率比をそれぞれ表 2.3 に示す。軽量骨材は他の 2 種と比較して質量変化率比が小さい。長さ変化率比をみると、軽量骨材が最も大きな値を示しており、質量変化率比に対して長さ変化率比がかなり大きな値を示した。軽量骨材は他の

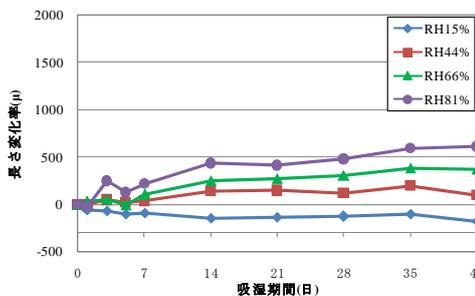


図1 長さ変化率 (軽量骨材)

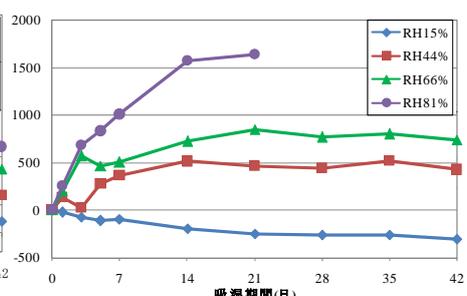


図2 長さ変化率 (砂岩)

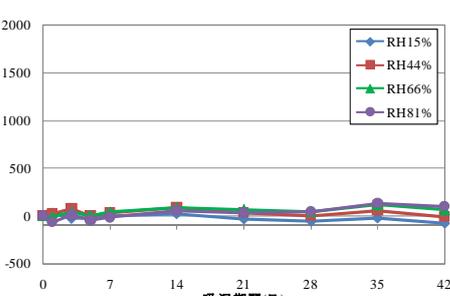


図3 長さ変化率 (石灰岩)

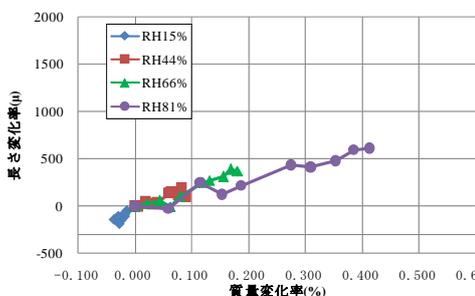


図4 長さ変化率と質量変化率の
関係 (軽量骨材)

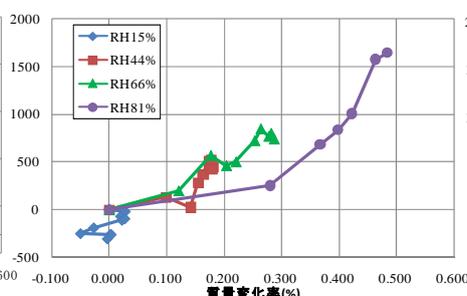


図5 長さ変化率と質量変化率の
関係 (砂岩)

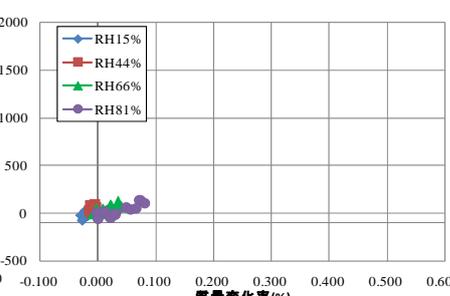


図6 長さ変化率と質量変化率
の関係 (石灰岩)

表3 質量変化率比

骨材種	質量変化率比			
	RH15%	RH44%	RH66%	RH81%
軽量骨材	-0.003	0.008	0.016	0.037
砂岩	-0.002	0.119	0.191	0.344
石灰岩	-0.069	-0.004	0.100	0.203

表4 長さ変化率比

骨材種	長さ変化率比			
	RH15%	RH44%	RH66%	RH81%
軽量骨材	-0.389	0.212	0.798	0.925
砂岩	-0.095	0.131	0.228	0.505
石灰岩	-0.167	-0.017	0.155	0.245

天然骨材に比べると粗大な空隙が多く、体積変化に影響を及ぼすような固相表面への吸着水量は、0.037程度の質量変化率比でしかないと考える。次節において各骨材において、相対湿度の変化に対応する質量変化率および長さ変化率の関係を相互比較し、骨材の体積変化の特性について検討する。

(3) 長さ変化率と質量変化率の関係

図2に長さ変化率と質量変化率の関係を示す。軽量骨材は質量変化率が大きいのにに対して、長さ変化率はあまり大きくはない。砂岩は質量変化率、長さ変化率ともに大きな値を示し、石灰岩はともに小さな値を示した。このように、それぞれ特有の挙動を示していることがわかる。軽量骨材、石灰岩はどの相対湿度も1本の直線状に載るのに対し、砂岩のRH81%は2本の直線で表わされている。吸湿初期では質量変化が大きいのにに対して、長さ変化率は小さい。その後は他の相対湿度と同じ傾きを示している。換言すれば、RH81%の吸湿初期では、長さ変化に寄与の少ない質量増加を示唆している。この挙動は、水分子が高密度に存在するRH81%環境下では、吸湿初期に試料表面近傍の5~10nm程度の空隙にお

いて水分子が凝縮し、その空隙の奥に水分子の進行を妨げた結果、質量増加が先行したと考えている。時間経過とともに奥に水分子が入り、1日後には他の相対湿度と同様な長さ変化および質量変化の関係を示している。水が凝縮する空隙構造については、ガス吸着試験などの分析を行い、上の仮説を検証していく。

4. まとめ

- i) 天然骨材に比べ大きな空隙を内包する軽量骨材では、体積変化に影響を及ぼすような固相表面への吸着水量は、質量変化率比(飽和度)で見ると、他の骨材に比べ極僅かである。
- ii) 砂岩では、RH81%の高湿度環境下の吸湿開始後1日までに、長さ変化に関与の少ない質量増加が観察された。

参考文献:

- 1) 後藤幸正, 藤原忠司: コンクリートの乾燥収縮に及ぼす骨材の影響, 土木学会論文報告集, 第286号, 1979.
- 2) 今本啓一, 石井寿美江, 荒井正直: 各種骨材を用いたコンクリートの乾燥収縮特性と骨材比表面積の影響, 日本建築学会構造系論文集, No.606, 2006.