

吸水・乾燥により同定したセメントペースト硬化体の空隙量と透気性状の関係に関する研究

名古屋工業大学大学院

学生会員

○落合 昂雄

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

多孔体内部の微細な空隙構造には、相対湿度に応じて水分が凝縮することが知られている。水分が凝縮および逸散する実際の直径は、毛細管凝縮理論により求めることができると考えられている。

本研究では、吸水および乾燥による質量変化から求めた空隙量と透気性状との関係について検討を行った。

2. 実験概要

2. 1 使用材料・配合

セメントは普通ポルトランドセメント(O)を使用し、混和材として高炉スラグ微粉末(B)を内割で45%置換した。供試体はセメントペースト硬化体とし、水結合材比(W/B)を30%、45%、60%の3水準としてセメントペーストを30×60×15 mmの型枠を用いて作製した。供試体は打設した翌日に脱枠し、材齢2年9カ月まで気中養生(A)、水中養生(W)を行った。本稿での水中養生を行った供試体に関しては、普通ポルトランドセメントを使用した供試体の試験結果について示す。また本研究では、供試体の識別をOW30のように結合材種類、養生条件、W/Bの順に記号で表す。

2. 2 透気試験

透気試験の供試体は、上記の試料を割裂し、湿式の研磨機を用いて約30×20×15 mmの直方体に整形し、アセトン中で超音波洗浄を行った。その後、恒温恒湿槽(20℃、R.H.60%)内で試料質量が安定するまで静置し、透気面以外の4面にエポキシを塗布した。そして供試体の周囲にエポキシ樹脂を流し込み、供試体を中心とした直径50 mm、厚さ約15 mmの円盤状に加工した。透気試験は負荷圧力を0.2～0.6 MPaの範囲で行い、試験体内部を透過した空気の流量が定常となった後、水上置換法により透過量を求めた。

また、本実験において使用した供試体はR.H.60%において長期にわたる乾燥を受けている。

2. 3 吸水・乾燥による空隙量の測定

2. 3. 1 湿度環境と空隙径の関係

空隙中における水分の凝縮および逸散は、熱力学的に求められるKelvin式に従うと考えられている。相対湿度とその相対湿度下において水分が凝縮する空隙径の対応関係を表-1に示す。しかし、固体表面は吸着層で覆われており、また小さな空隙は単分子あるいは数分子の厚さの吸着層で満たされることを考慮すると、Kelvin式で得られる空隙径は過小に算出されることが考えられる。吸着を考慮した修正B.E.T.理論¹⁾より算出した空隙径も表-1に併せて示した。

2. 3. 2 吸水・乾燥による空隙量の測定

表-1に示すようにR.H.60%では9.5 nm以下、R.H.80%では21.5 nm以下の空隙は水分が凝縮する。本研究では、この相対湿度と水分の凝縮する空隙径の関係から空隙量の測定を行った。

試料は、透気試験を行った供試体を1辺5 mm程度の立方体に砕き、前処理としてアセトン浸漬後に20℃、R.H.60%に調湿した恒温恒湿槽内に5日間静置した。吸水前の試料質量と、20℃の静水圧下において24時間吸水させた後の試料質量を測定することを吸水過程とした。そして乾燥過程では、24時間吸水させた直後の試料を使用し、20℃、R.H.80%に調湿した恒温恒湿槽内において乾燥させ、乾燥前後での試

表 - 1 水分が凝縮する空隙径(直径)

相対湿度(%)	空隙径(nm)	
	Kelvin式	修正B.E.T.理論
100	∞	∞
80	10.0	21.5
60	4.4	9.5

キーワード 透気係数, 吸水, 空隙量

連絡先 〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町 名古屋工業大学大学院 TEL052-732-3834

表 - 2 吸水量・乾燥量から求めた空隙量

	吸水により求めた 空隙量(9.5nm以上) ml/ml	乾燥により求めた 空隙量(21.5nm以上) ml/ml
OA30	0.150	0.106
OA45	0.200	0.135
OA60	0.228	0.155
BA30	0.153	0.101
BA45	0.218	0.153
BA60	0.275	0.244
OW30	0.079	0.038
OW45	0.170	0.111
OW60	0.237	0.162

料質量を測定した。また、試料のかさ体積はアルキメデス法によって測定を行った。

3. 実験結果および考察

表 - 2 に吸水量・乾燥量によって得た空隙量の測定結果を示す。調湿を行った試料を用いて吸水および乾燥を行うことで、吸水では 9.5 nm 以上の空隙量を、乾燥では乾燥過程において開放された 21.5 nm 以上の空隙量を表すと考えている。

図 - 1 に透気係数を示す。普通ポルトランドセメントを使用した供試体では、W/B および養生条件による特徴を透気係数から確認することができる。また、高炉スラグ微粉末を混和した供試体では、W/B = 30%において透気係数が無混和よりも大きい。これは、高炉スラグ微粉末の混和によりセメント量が減少し、気中養生を行ったことで水和反応が阻害された影響と考えられる。

図 - 2 に気中養生の供試体における各空隙量と透気係数の関係を、図 - 3 に水中養生の供試体における各空隙量と透気係数の関係を示す。決定係数は 0.70~0.80 程度であり、図 - 2、図 - 3 とともに相関を確認することができるが、図 - 2 に示す気中養生の供試体と比較して図 - 3 に示す水中養生の供試体では相関が低いことがわかる。本稿での水中養生の供試体は、普通ポルトランドセメントを用いた供試体のみであり、対象とする供試体数が少ないこと、また試料ごとのばらつきなどが影響したと考えている。

透気係数と吸水・乾燥により求めた空隙量との間に高い相関が得られた。また、吸水と乾燥によって求められたそれぞれの空隙量の間には差が見られていない。

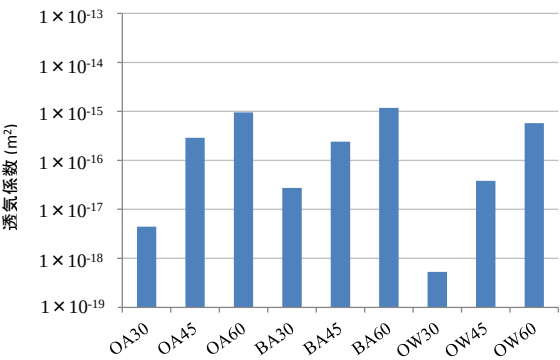


図 - 1 透気係数の比較

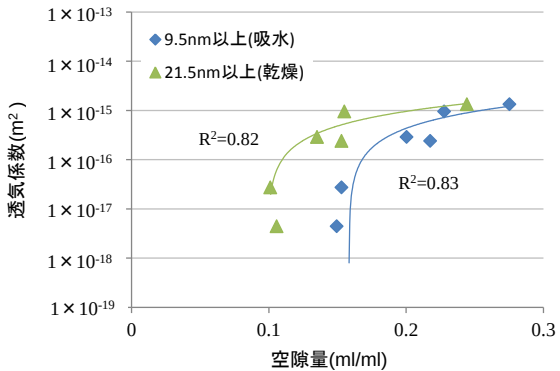


図 - 2 空隙量と透気係数の関係(気中養生)

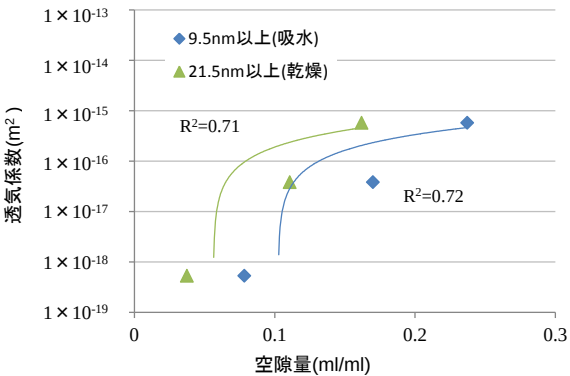


図 - 3 空隙量と透気係数の関係(水中養生)

今後、吸水前後の試料を静置する相対湿度環境を段階的に設定して空隙構造を詳細に検証し、透気性状との関係を精査する。

4. まとめ

吸水・乾燥量により求めた空隙量と、透気係数の間には、高い相関関係があることを確認することができた。

参考文献：1) Koich Maekawa, etc：MODELLING OF CONCRETE PERFORMANCE, E & FN SPON, p77, 1999