

セメント硬化体の脱着吸着等温線に及ぼす温度の影響

茨城大学工学部 正会員 舟川 勲
茨城大学工学部 正会員 沼尾達弥

1. はじめに

セメント硬化体のような多くの細孔を有する材料においては、脱着吸着等温線はセメント硬化体中の水分移動解析のための基礎的性質として重要である。一般に、この等温線は乾燥課程と湿潤課程では異なる経路となるヒステリシスを示すと共に、環境条件や配合要因、乾湿過程の違いにより変化すると考えられている。

本研究では、セメント硬化体中の水分移動に関する実験結果を基に、脱着吸着等温線および透湿係数に及ぼす温度の影響について考察を行った。

2. 実験概要

本研究では、脱着吸着等温線および透湿係数に及ぼす温度の影響を考察するため、実験の環境温度を 20、70 の 2 種類とした。

2.1 供試体および配合

供試体は、供試体内部が外部環境と比較的短期間のうちに湿度平衡状態となるなどの理由から、厚さ約 1mm、長さ約 100mm、外径 20mm の薄肉円筒型のモルタル供試体を使用した。供試体は水中養生（20）を行い、材齢 4 週間後で実験に用いた。使用材料は、セメントとして普通ポルトランドセメント（密度 3.15 g/cm³）を、細骨材として豊浦標準砂（密度 2.60 g/cm³）を用いた。配合は W/C=40%、s/a=0.4 とした。

2.2 実験方法

1) 脱着吸着等温線の測定

乾燥湿潤の移行過程を図 1 に示す。この図に示す様に、各種の飽和塩を用いて飽和状態から順次乾燥させていく脱着過程と、その後、逆に湿潤させていく吸着過程について、供試体の重量変化がなくなる湿度平衡状態（各段階毎に 400 時間程度）まで、その湿度環境下に置き供試体の重量を測定した。環境湿度と含水量の関係（脱着吸着等温線）を求め、その曲線の勾配により、含水容量を算出した。なお、ここでは、初期の含水量を 100%として整理した。

2) 透湿係数

透湿実験概要を図 2 に示す。供試体内外に種類の異なる飽和塩を配置することで供試体内外に湿度差（湿度勾配）を発生させ、供試体や治具を含めた重量を測定することで飽和塩の重量変化を求め、供試体壁の厚さのばらつきも考慮して透湿係数を算出した。

3. 実験結果

3.1 温度と配合の影響

水分特性曲線の結果を図 3 に示す。20 では、脱着曲線はほぼ線形を示し、吸着等温線は、穏やかな楕円を描く結果となっている。しかし、70 の環境下においては、80~100%R.H.の範囲において 20 との違いが見られ、結果に急激な減少や

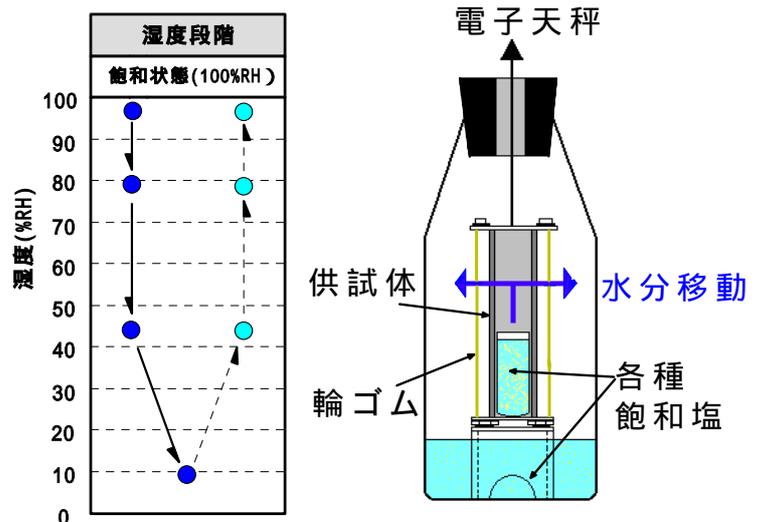


図 1 乾燥湿潤の過程

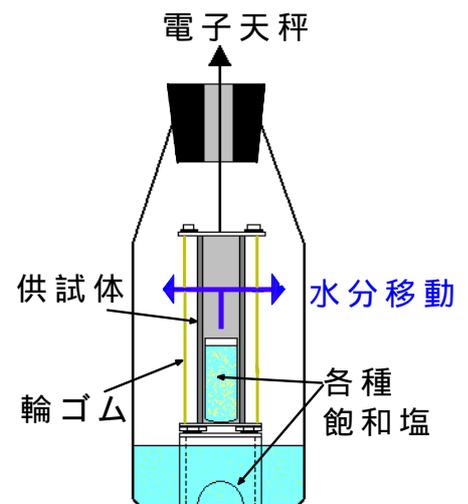


図 2 透湿実験概要

キーワード セメント硬化体, 脱着吸着等温曲線, 温度

連絡先 〒316-8511 茨城県日立市中成沢町 4-12-1 茨城大学工学部都市システム工学科 Tel: 0294-38-5168

増加が示されている。また、80%RH 以下では、ほぼ同じ線形を示し、同じ経路により脱着吸着を繰り返すことが示されている。また、脱着時の水分の逸散量も 20 に比べ多いことが示されている。

相対湿度と透湿係数の結果を図 4 に示す。いずれの温度においても高湿度域で急激な変化を示し、中湿度域ではほぼ一定となる傾向を示している。なお、20 では、低湿度で透湿係数の上昇が見られた。また、70 の場合においてはその値が 20 に比べ大きな

値となっている。これらの結果から 70 程度の加熱においても、脱着吸着等温線や透湿係数に対する温度の影響は非常に大きく、温度変化を伴う場合にはより複雑な現象となることを示している。

4. 脱着吸着等温線の推定

脱着吸着等温線は、吸着の理論的な考察から色々なモデルが提案されている。一般的に多孔質材料の相対湿度と含水量の関係は、吸着および毛細管凝縮現象との関係で議論されている。吸着は、分子の形で吸着物質に保たれる物理吸着と原子の形で保たれる化学吸着とに分けられる。水分の移動を取り扱う場合、物理吸着のみを対象とするのが一般的である。吸着は、細孔表面での引力による気体分子の重なり合いとして、Brumauer-Emmett-Telle (BET 法) によって定量的な取扱いがなされている。

本研究では、実験結果を表す為に様々な式の適用を試みたが、20 と 70 の場合を統一して表現できるものがなかったために、極めて実験式的ではあるが、次式(1)によって表されるものとした。

$$w = (1-h) \left\{ 1 - \left[A + (1-A) \left[1 + \left(\frac{h}{1-B} \right)^2 \right]^{-1} \right] \right\} + h \left\{ C + (1-C) \left[1 + \left(\frac{1-h}{1-D} \right)^2 \right]^{-1} \right\} \quad (1)$$

ここで、w：含水量，h：相対湿度，A,B,C,D：材料パラメータ

式(1)を用いて水分特性曲線を推定した結果を図-5 に示す。その結果、この推定式で実験結果を表現できることが示されている。また、この結果から求められた材料パラメータ値を表 1 に示す。

表 1 材料パラメータ

パラメータ	20	70
A	0.33	0.68
B	0.96	0.96
C	0.99	0.52
D	0.93	0.93

5. まとめ

脱着吸着等温線や透湿係数に対する温度の影響は非常に大きいことが示された。

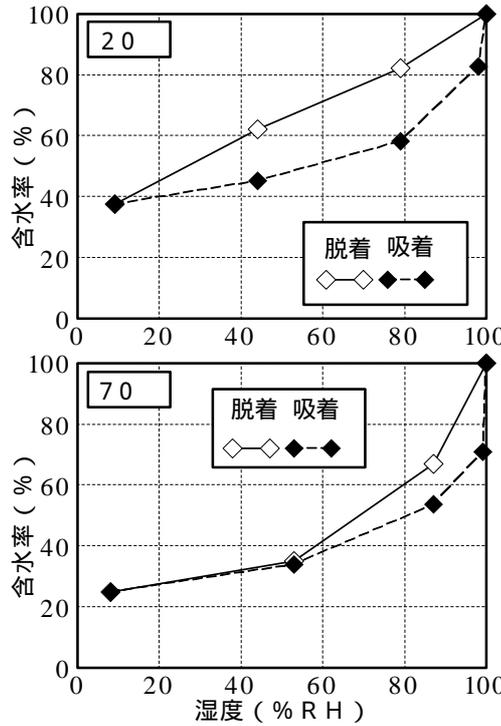


図 3 脱着吸着等温線

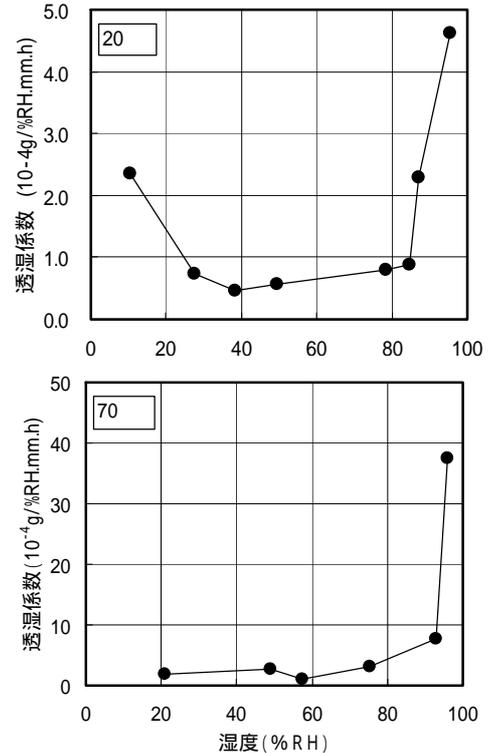


図 4 相対湿度と透湿係数の関係

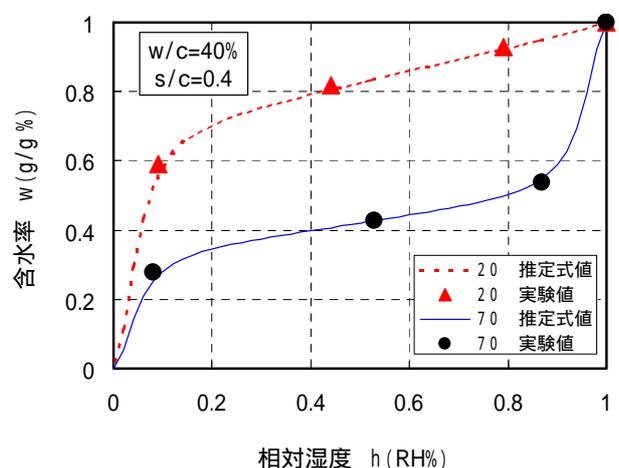


図 5 実験値と推定式値の比較