

セメント硬化体中の水分移動および水分逸散に関する研究

茨城大学 大学院 学生会員 ○佐藤 伸行
茨城大学 工学部 正会員 沼尾 達弥
茨城大学 工学部 正会員 舟川 勲
茨城大学 工学部 正会員 木村 亨

1. はじめに

セメント硬化体は微細な細孔を有する多孔質材料であり、その細孔内に存在する水分は硬化体内部の相対湿度の変化に伴って移動し、乾燥により硬化体表面から逸散する。これまでにセメント硬化体中の水分挙動に関する研究は、乾燥収縮やクリープのメカニズムを解明するため国内外を問わず数多く報告されている。しかし、その水分挙動が配合、環境の温度、相対湿度、乾燥湿潤過程の違いなど、多くの要因により影響を受ける複雑な現象であるため、常温環境下でさえその現象を正確に捉えられていない。そこで、本研究では、供試体の水セメント比（以下 W/C と略す）および実験環境の温度、相対湿度を変化させ、セメント硬化体中の水分挙動に与える影響について詳細に検討した。

2. 実験概要

2.1 実験要因とその水準

実験要因とその水準を表 1 に示す。W/C を 3 水準、環境温度を 2 水準設け、水分移動および逸散について各 8 水準の相対湿度に変化させて実験を行った。なお、実験環境の相対湿度を変化させる方法として飽和させた無機塩を利用し、湿度の調整をおこなった。

2.2 供試体概要

実験で用いる供試体は、軸対称回転体で水分移動方向が一方方向であること、また短期間のうちに供試体内部が外部環境と湿度平衡状態になることなどの理由から、厚さ約 1mm、長さ約 100mm、外径約 20mm の薄肉円筒型供試体とした。また、骨材等の影響を排除するためセメントペーストを使用した。なお、養生方法は標準水中養生 28 日とした。

2.3 水分移動実験（実験 1）の概要

温度一定の環境におけるセメント硬化体の水分移動について、材料中の単位湿度勾配あたりの水分移動速度（透湿係数）として表す。実験装置を図 1 に示す。

供試体および内部に配置した飽和させた無機塩の経時重量変化を測定し、その変化量をもとに透湿係数を算出した。

2.4 水分逸散実験（実験 2）の概要

温度一定の環境におけるセメント硬化体の水分逸散について、相対湿度と材料の平衡含水量の関係（脱着吸着等温線）として表す。実験装置を図 2 に示す。目標相対湿度における供試体の経時重量変化を測定し、重量変化が平衡状態となった時の重量から平衡含水量を算出し、次の相対湿度に移行して測定を繰り返した。

表 1 実験要因と水準

要因	水準
水セメント比	30%, 35%, 40%
環境温度	20℃, 30℃
実験1: 平均相対湿度※ (透湿係数)	95%, 90%, 80%, 70%, 50%, 40%, 30%, 20%
実験2: 相対湿度※ (脱着吸着等温線)	97%, 85%, 75%, 59%, 43%, 33%, 23%, 9%

※環境温度により数値が前後する

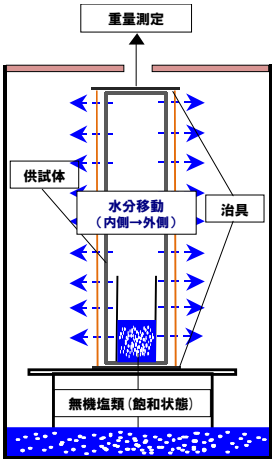


図 1 水分移動実験装置

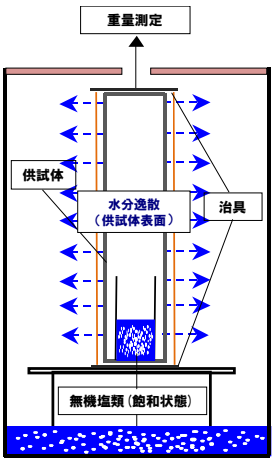


図 2 水分逸散実験装置

3. 実験結果および考察

3.1 水分移動実験の結果

3.1.1 水分移動量と経過時間および透湿係数

水分移動量と経過時間の関係（20℃, W/C=40%, 平均

キーワード 透湿係数, 水分逸散, 乾燥収縮, 相対湿度

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

相対湿度 95.5%, 乾燥過程) を図 3 に示す。なお, 平均相対湿度は供試体内外の相対湿度の平均値とした。乾燥過程の水分移動と経過時間の関係には, ①供試体内外の相対湿度が変化し直後は, 供試体表面からの水分逸散が卓越し水分移動が大きく, 次に②供試体内部の水分移動により, その勾配が決まると考えられる範囲の 2 つの傾向が示された。この透湿係数と平均相対湿度の関係, ①の場合を図 4, ②の場合を図 5 (乾燥過程) に示す。

3.1.2 透湿係数に及ぼす乾燥湿潤過程の影響

20℃における透湿係数と平均相対湿度の関係を図 5 に示す。水セメント比が大きいほど, 透湿係数が大きくなる傾向が見られ, また, 乾燥過程と湿潤過程の透湿係数では, その履歴も異なる傾向が見られた。この結果から乾燥過程, 湿潤過程において水分移動形態が変化することが考えられる。

3.1.3 透湿係数に及ぼす環境温度の影響

20℃および 30℃の乾燥過程における, W/C=30% 供試体の透湿係数と平均相対湿度の関係を図 6 に示す。同じ水セメント比でも 30℃における透湿係数は, 20℃と比較して約 2 倍上昇する傾向が見られ, 温度による影響があることが明らかとなった。

3.2 水分逸散実験の結果

20℃の乾燥過程における水分逸散量/表乾重量の比と相対湿度の関係を図 7 に示す。相対湿度 75%RH から 35%RH の間において勾配が大きくなる傾向を示した。この範囲において, セメント硬化体内部の水分移動形態が変化し, 水分逸散が顕著になると考えられる。

4. 結論

本研究により, 以下の事が明らかとなった。

- ① 乾燥過程におけるセメント硬化体中の水分移動では, 表面での逸散を考慮する必要がある。
- ② 透湿係数の履歴は, 乾燥過程と湿潤過程で異なる。
- ③ 透湿係数は環境温度の影響を受ける。
- ④ 水分逸散は相対湿度 75%RH から 35%RH の間において顕著になる。

参考文献

舟川勲, 沼尾達弥: セメント硬化体中の水分移動に及ぼす温度の影響, 土木学会第 62 回学術講演概要集, V, pp.1105-1106, 2007.9

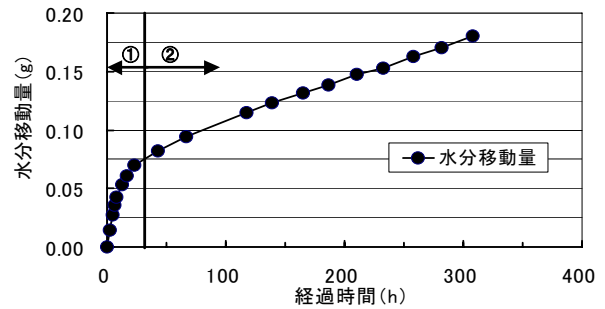


図 3 水分移動量と経過時間の関係

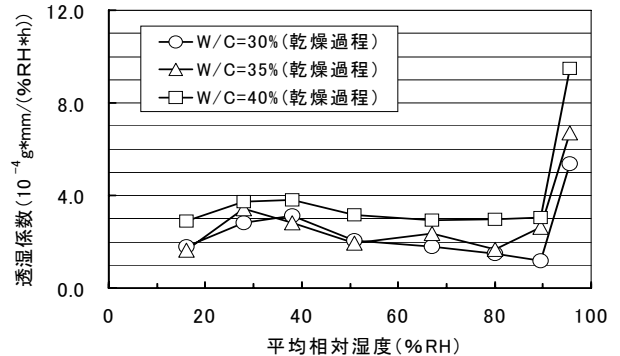


図 4 透湿係数と平均相対湿度 (範囲①)

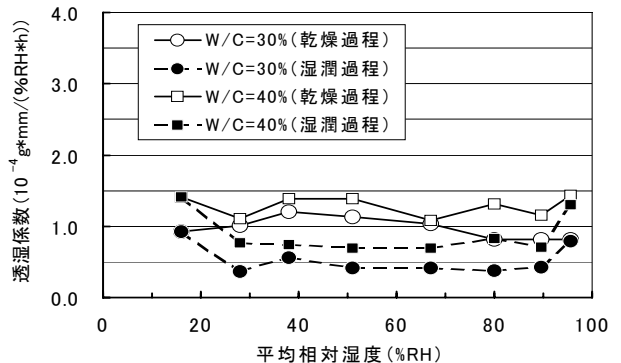


図 5 透湿係数と平均相対湿度 (範囲②)

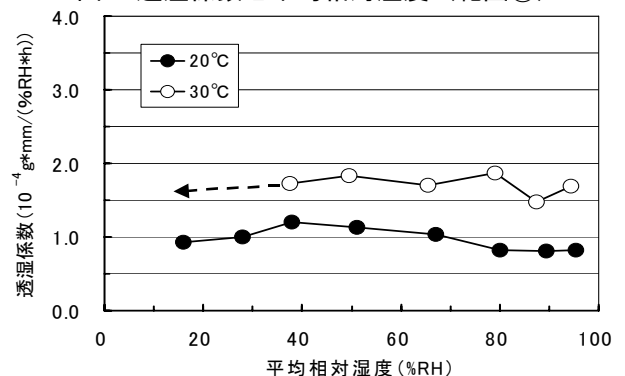


図 6 透湿係数と環境温度 (W/C=30%, 乾燥過程)

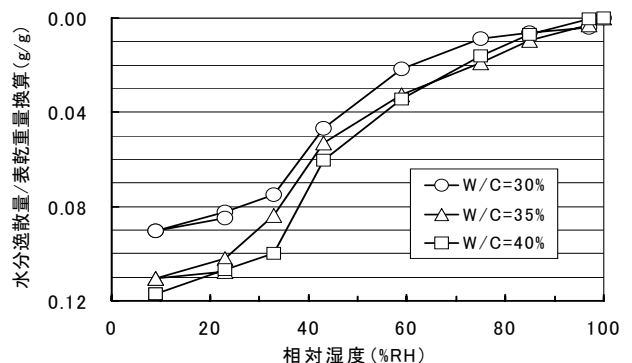


図 7 水分逸散量/表乾重量と相対湿度の関係