

モルタルの吸水過程における水分移動に関する基礎的研究

東京理科大学大学院 学生会員 ○千葉 俊也  
 東京理科大学 正会員 加藤 佳孝

1. はじめに

コンクリート構造物の耐久性にはコンクリート中の水分状態が密接に関係していることが知られている。そのため、コンクリート構造物の劣化現象を適切に予測するためには、コンクリート中の水分移動特性を把握することが極めて重要であると考えられる。本研究は、セメント硬化体の吸水過程の水分移動のメカニズムを把握することを目的とした。様々な初期飽和度から吸水実験を行い、実験結果から飽和度に依存した拡散係数を算出し、この拡散係数を用いて1次元の水分移動解析を行うことでコンクリート中の水分移動現象を実験的、解析的に検討した。

2. 実験概要

(1) 供試体概要

表1に作製したモルタル供試体の配合を示す。本研究は、吸水機構の基礎的な検討であるため、一般的なコンクリートの配合を参考に、水セメント比を50%、S/Cを2.3とした。供試体の形状は、4×4×16cmの角柱である。打設後材齢1日で脱型を行い、91日以上の中養生を行なった。養生後、エポキシ樹脂を塗布し、1.0-1.5cm間隔で、精密切断機を用いて供試体を切断した。その後、一次元の水分移動を実現するために、切断した各要素を重ね合わせ、吸水面を除く4面にアルミテープを巻いた。

(2) 飽和度調節

0%-92%の範囲で、初期飽和度を12種類調節した。

(3) 吸水実験

図1に示すように、吸水面を直接水に触れさせた。その後、所定の日数で供試体を取り出し、その時点の質量( $m_1$ )を測定する。さらに同一供試体の飽水時の質量( $m_2$ )および絶乾時の質量( $m_3$ )を測定し、式(1)を用いて飽和度( $R$ )を算出する。

$$R = \frac{m_1 - m_3}{m_2 - m_3} \times 100(\%) \quad (1)$$

表1 示方配合

W/C (%)	S/C	単位量(kg/m <sup>3</sup> )		
		W	C	S
50	2.3	194	588	1353

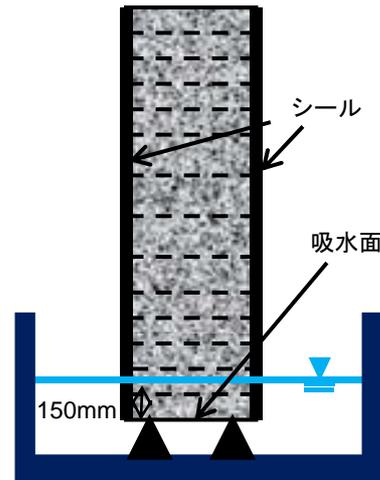


図1 吸水試験

3. 解析理論

飽和度の差を駆動力とした水分移動の基礎方程式は、式(2)で表現される<sup>1)</sup>。

$$\frac{\partial R}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left( D(R) \frac{\partial R}{\partial x} \right) \quad (2)$$

ここに、 $t$ :吸水期間(day),  $x$ :吸水面からの距離(cm),  $D(R)$ :拡散係数(cm<sup>2</sup>/day)である。秋田ら<sup>1)</sup>の手法に準じて式(3)に示す変数 $\eta$ を導入してボルツマン変換すると式(4)を得る。

$$\eta = \frac{x}{2\sqrt{t}} \quad (3)$$

$$D_{R=R_2} = -2 \cdot \left( \frac{d\eta}{dR} \right)_{R=R_2} \cdot \int_{R_i}^{R_2} \eta dR \quad (4)$$

ここに、 $R_2$ :吸水試験後の飽和度(%),  $R_i$ :初期の飽和度(% )である。

これらの式(1)~(4)を用いて、飽和度依存の拡散係数を算出することで水分移動解析を行う。

キーワード 水分移動, 非線形, 拡散係数, 初期飽和度, 吸水

連絡先 〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641 TEL04-7124-1501

4. 実験結果および考察

(1) 拡散係数の算出

実験結果の例として、初期飽和度を0%、76%の1、14日間の吸水試験結果を図2に示す。吸水1日で飽和度は急激に上昇するが、その後、吸水を14日間行っても吸水1日の飽和度分布と比べて変化は小さい。初期飽和度が76%の供試体は、初期飽和度0%と比較すると、不飽和状態になる位置が吸水面よりも離れており、初期飽和度が吸水に影響を及ぼすことがわかる。変数 $\eta$ と飽和度の関係から近似曲線を導いた結果を図3に示す。さらに、この近似式と式(4)を用いて、飽和度に依存する拡散係数を算出した結果を図4に示す。飽和度と拡散係数の関係は、吸水日数や初期飽和度に関わらず同じになると考えられるが、高飽和度領域に違いがある。これは、拡散係数を算出する際に、図3に示した高飽和度部分での近似式が影響を及ぼしたと考えられる。本研究では、吸水1日が最短の測定期間であったが、より精度の高い拡散係数を算出するためには、短期間の飽和度の変化を計測する必要があると考えられる。

(2) 解析結果と実験結果の比較

得られた拡散係数を用いて、吸水過程の飽和度の経時変化を計算した結果を図5に示す。その結果、吸水面近傍の高飽和度領域から内部に向かうと急激に飽和度が減少する様子を、解析では表現しきれていない。これは、毛管水現象によって急速に水分が吸水されている可能性があり、セメント硬化体中の水分移動解析を行う際は、非線形拡散方程式に毛管水現象を考慮する必要があると考えられる。

5. まとめ

- 1) 初期飽和度が高いほど、飽和した領域が吸水面から内部にまで達する。
- 2) 水分移動解析の精度向上のためには、拡散方程式に毛管水現象を考慮する必要がある。

参考文献

- 1) 秋田宏, 藤原忠司, 尾坂芳夫: モルタルの乾燥・吸湿・吸水過程における水分移動, 土木学会論文集, Vol.13, No.420, 1990.8

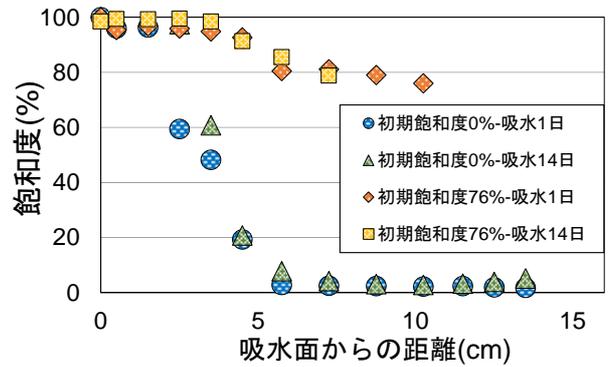


図2 吸水試験結果

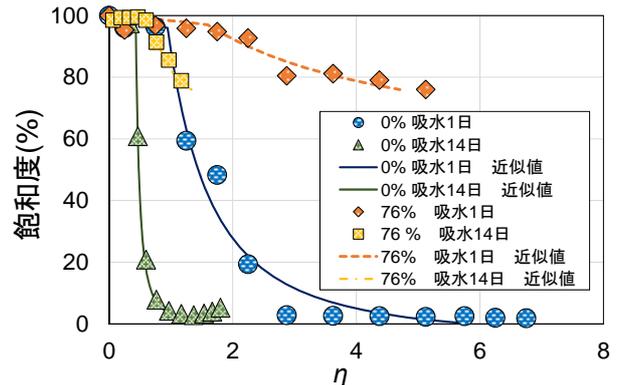


図3 飽和度と  $\eta$  の関係

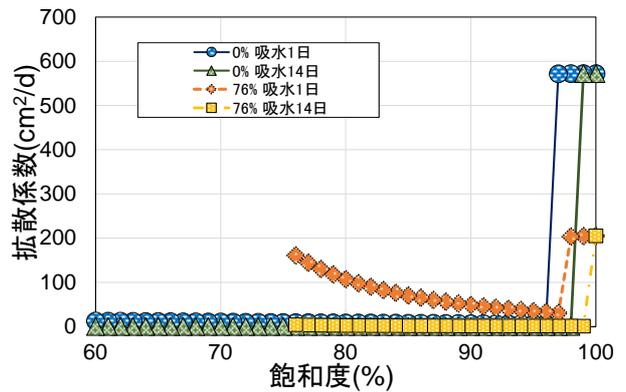


図4 飽和度と拡散係数の関係

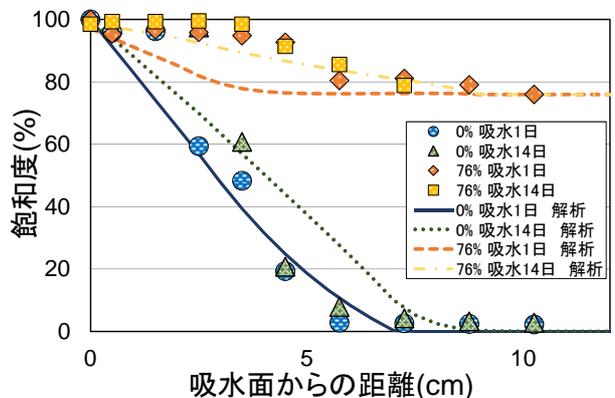


図5 実験結果と解析結果の比較