

# モルタル供試体の吸水による水分移動予測に関する基礎的研究

東京理科大学 学生員 ○池田 伊輝

東京理科大学 正会員 加藤 佳孝

東京理科大学 学生員 千葉 俊也

## 1. はじめに

本研究は、精度良くモルタル供試体の吸水挙動を把握する実験手法について検討し、初期飽和度を変化させたモルタル供試体を用いて、初期飽和度が吸水挙動に及ぼす影響を実験的に検討した。液状水の移動の駆動力を毛管張力として考え、Washburn式を用いて水分移動解析をし、モルタル中の液状水の移動を把握することを目的としている。

## 2. 吸水試験方法の検討

吸水試験では、吸水後に供試体を割裂し、各供試体片の飽和度を測定する方法<sup>1)</sup>が一般的であり、乾燥・吸湿験のように切断した供試体を一体化し、飽和度分布を経時的に測定している研究はほとんどないが、経時的に飽和度分布を測定するためには、この方法が簡便である。そこで本研究では、いくつかのパターンで吸水試験方法について検討した。検討ケースを図1に示す。(a)、(b)は切断面の影響について、(c)、(d)はシール方法について、(e)は切断しない場合の水分の移動について検討した。(b)、(c)は、養生テープとエポキシ樹脂の間に毛管張力による液状水の移動を懸念して、養生テープが直接水に浸からないように工夫した。吸水日数3日の飽和度分布を図2に示す。(a)、(b)、(c)、(d)は吸水が2cm程度と秋田<sup>2)</sup>の吸水試験結果である5cm程度と比べ低い結果となった。切断面が液状水の移動に大きく影響を与えたことが考えられる。以上の結果から、本研究では、切断する方法ではなく供試体高さを変えた供試体を用いてデータを収集する。

## 3. 吸水試験

### 3.1 供試体概要

供試体の形状は、4×4×16cmの角柱供試体とし、打設後材齢1日で脱型した。試験中の水和反応の影響を極力排除するため、91日以上の中水養生後、高さ16cmの供試体を1, 3, 6, 8, 16cmの高さに切断し、吸水面を除く5面にエポキシ樹脂を塗布した。その後、室温20℃環境で吸水試験を行った。初期飽和度 $R_0$ の調整は、エポキシ樹脂を塗布する前に、表乾状態の供試体を吸水面とその対面を防湿性のテープでシールした状態で乾燥させ、できる限り飽和度分布が一様になる

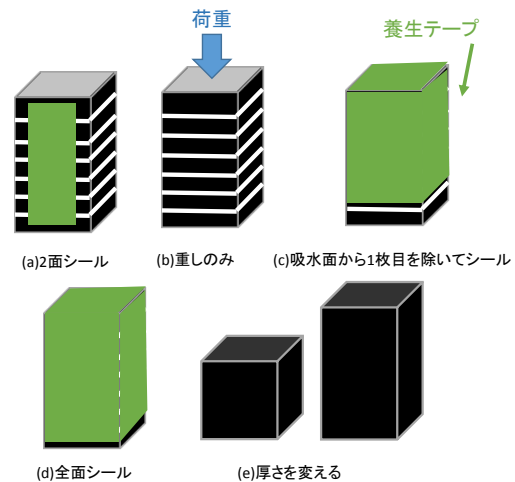


図1 吸水試験方法の検討

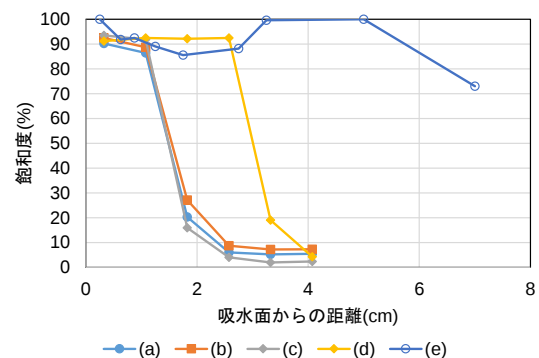


図2 飽和度分布

ように調整した。

### 3.2 吸水試験

吸水面を直接水に接触させて吸水試験を行った。空隙率を測定するため、飽水状態、絶乾状態の質量を求めた。飽水時の質量は24時間真空飽水させた後の質量とし、絶乾時の質量は105℃乾燥炉で3日間静置させた後の質量とした。なお、飽水時、絶乾時ともに質量変化が無くなることを確認している。初期飽和

キーワード：水分移動、初期飽和度、液状水、Washburn 式

連絡先：〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641 東京理科大学 TEL：04-7124-1501（内線 4054）

度を考慮した平均浸潤深さを式(1)に示す.

$$Z'_i = \frac{m_1 - m_2}{\varepsilon \cdot (1 - R'/100) \cdot A} \quad \text{式(1)}$$

ここで  $Z'_i$ : 初初期飽和度を考慮した供試体の平均浸潤高さ(m),  $R'$ : 初期飽和度(%),  $\varepsilon$ : 供試体の空隙率(%),  $A$ : 吸水面の断面積( $\text{cm}^2$ ),  $m_1$ : 実験時のコンクリートの質量(g),  $m_2$ : 絶乾状態のコンクリートの質量(g)

### 3.3 Washburn 式による水分移動の検討

本研究では, モルタル供試体中の空隙を管径一定の鉛直管と仮定し, モルタル供試体への液状水の浸透は Washburn の法則に従うとした. Washburn 式を式(2)に示す<sup>2)</sup>.

$$L = k \sqrt{r \gamma \cos \theta / 2 \mu} \cdot \sqrt{t} \quad \text{式(2)}$$

ここで,  $r$ : 毛管半径(m),  $\gamma$ : 液体の表面張力(N/m),  $\theta$ : 接触角,  $\mu$ : 粘性係数( $\text{m}^2/\text{s}$ ),  $t$ : 吸水時間(t),  $k$ : 吸水速度係数(-)であり, 諸係数は既往の研究<sup>2)</sup>に準じて設定した. 吸水速度係数 $k$ は, 細孔組織の連結, 屈曲および飽和度等が吸水速度に与える特性を示す.

## 4. 実験結果および考察

### 4.1 Washburn式を用いた検討

初期飽和度0%で供試体長さが16cmの平均浸潤深さと吸水時間の平方根の関係, およびWashburn式の近似値を図3に示す. 実験結果を見ると, 吸水時間が約 $500\sqrt{s}$  (吸水日数3日) までは, 両者の関係が概ね線形であることからWashburn式が成り立つと仮定し, 吸水が72時間以内のデータを用いて近似させた. 近似によって求めた吸水速度係数 $k$ を表1に示す. Washburn式を用いた平均浸潤深さは, 毛管現象による水分移動のみを考えており, 吸水速度が停滞した後の水分移動は, 毛管張力とは異なる駆動力が働いていると考えられる.

### 4.2 初期飽和度による影響

図4に初期飽和度が平均浸潤深さの経時変化に与える影響, 図5に各W/Cの吸水速度係数 $k$ と飽和度の関係を示す. 図4, 図5より初期飽和度が0, 30, 60, 80%と高くなると, 平均浸潤深さ, 吸水速度係数 $k$ どちらも大きくなる結果が得られた. 初期飽和度を変化させたことで, 同じ時間吸水しても, 平均浸潤深さの大きさが変化した. また, 初期飽和度により吸水速度係数 $k$ が異なる結果となった.

## 5. まとめ

(1)切断した供試体を用いての吸水試験は, 試験方法として適さないことがわかった.

表 1 吸水速度係数  $k$

| W/C (%) | 40    | 50    | 60    |
|---------|-------|-------|-------|
| $k$     | 0.135 | 0.138 | 0.164 |

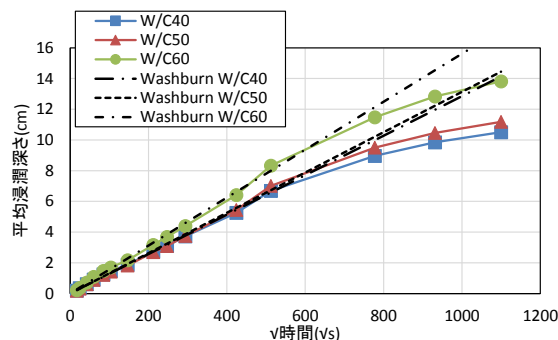


図 3 平均浸潤深さの経時変化

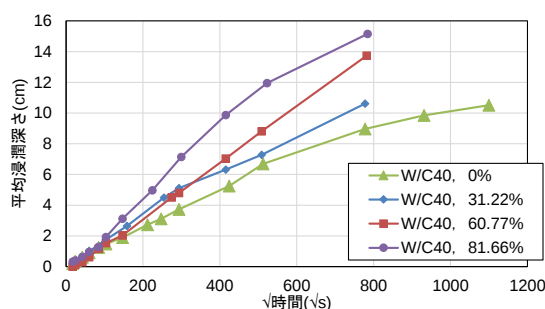


図 4 初期飽和度の変化と平均浸潤深さ

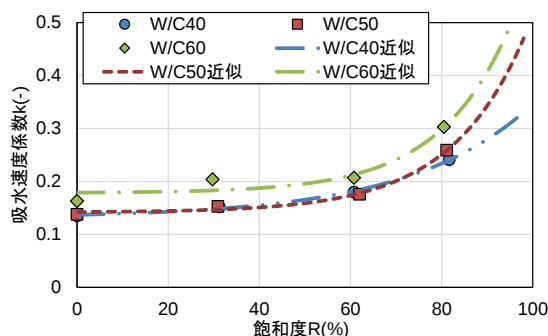


図 5 吸水速度係数  $k$  と飽和度の関係

(2)吸水初期についてはWashburn式が適用することができ, 平均浸潤深さ8cm程度までは毛管現象が支配的になることがわかった.

(3)初期飽和度の増加に伴い, 平均浸潤深さが大きくなり, 吸水速度係数 $k$ も大きくなる結果が得られた.

## 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.490, V-23, pp.101-110, 1994.5.
- 2) 中村兆治: コンクリート中の液状水挙動に与える物理的ならびに化学的性質の影響に関する検討, セメント・コンクリート論文集, Vol.66, p.444-451, 2012