

V-40

乾燥過程におけるモルタル内部の水分移動について

岩手大学 学生員 ○ 佐藤 剛
 岩手大学 学生員 萱場 正和
 岩手大学 正 員 藤原 忠司

1. まえがき

モルタル内部の水分移動を含水率分布の変化とみなし、雰囲気相対湿度 0% および 60% における乾燥過程での内部の含水率分布を実験的に求めることによって水分移動を明らかにしようとした。さらに、この実験値と非線形拡散方程式より得られた解析値とを比較して、本現象に対する拡散方程式の適用可能性を検討している。

2. 実験概要

モルタル供試体は、 $4 \times 4 \times 16$ cm の角柱とし、 4×4 cm の乾燥面を残して、他の5面をラップやパラフィン等によってコーティングすることで、内部の水分移動を一次元とした。この供試体を、温度20℃ の条件下で、湿度60% の恒温恒温室と、湿度 0% のデシケーター内で、所定の日数、一面乾燥させた後に表面から割裂して、含水率分布を測定した。セメントは早強セメント、細骨材は川砂を使用し、水セメント比を53% とした。

3. 実験結果

図-1 に測定結果を示す。含水率をそのまま使用するのでは、同じ飽水時でも、供試体により差が生じてしまうため、相対含水率 R (%) を用いる。

$$R = \Psi / \Psi_s \times 100 \quad (\Psi : \text{含水率}, \Psi_s : \text{飽水時の含水率})$$

雰囲気相対湿度 0% および 60% の双方の条件下とも、乾燥面付近での含水率曲線の勾配がきつい。中間から後方では、乾燥開始後56日たっても、高い含水率を示しており、内部での乾燥の進行は遅い結果となっている。また、60% の条件下に比べ、0% における乾燥の進行が表面付近においては速やかではあるが、全体的には、それほど差がない。これは、設定した湿度条件が極端に異なることを考慮すると、予期に反した結果と言えよう。

4. 拡散方程式の適用可能性の検討⁽¹⁾

本現象に対し、次のような一次元の基礎方程式をあてはめて考える。

$$\frac{\partial R}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D \frac{\partial R}{\partial x} \right) \quad (1)$$

R : 相対含水率, t : 乾燥日数, D : 拡散係数, x : 乾燥面からの距離

これを、次の初期条件と境界条件のもとで解く。

$$\text{初期条件 } R(x) = 100 \quad (2)$$

$$\text{境界条件 } \frac{\partial R}{\partial n} = \alpha_m (H_s - H_0) = 0 \quad (3)$$

n : 乾燥面の法線ベクトル, α_m : 表面係数 (3.5 cm/day),

H_s, H_0 : 乾燥表面および雰囲気相対湿度

式(3)で、 R と H の関係が必要であるために、測定により図-2 に示す乾燥過程における平衡含水率曲線を求めた。雰囲気相対湿度0%

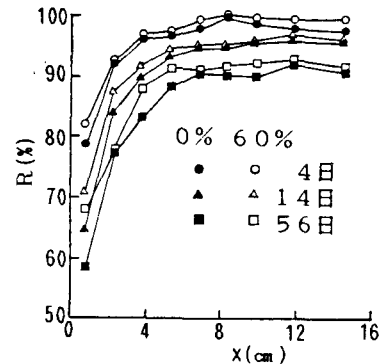


図-1 相対含水率分布 (実測値)

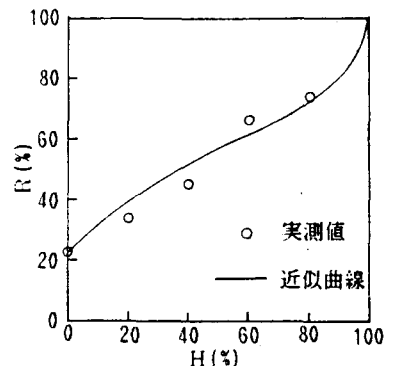


図-2 平衡含水率曲線

および 60%に対応するRは、それぞれ 22.8%, 61.0% となる。

次に拡散係数を求める。ボルツマン変換を応用して、次式の η に対する相対含水率Rの関係を求める。

$$\eta = x / 2 \sqrt{t} \dots\dots\dots (4)$$

図-3および図-4に示す通り、相対湿度 0% および 60%の場合ともにこの関係は、ほぼ一定の曲線に沿っている。拡散係数は、拡散方程式を変換した次式によって求めることができる。

$$D_{R=R_2} = 2 \left(\frac{d\eta}{dR} \right)_{R=R_2} \int_{R_1}^{100} \eta dR \dots\dots\dots (5)$$

式(5)を計算するために、Rと η の関係を次の双曲線で表示した。

$$R = 100 \{ 1 + f - a / (\eta + b)^2 \} \dots\dots\dots (6)$$

ここで、a, b, f は定数で、 $\eta = \eta_1$ でR=100%となること、 $\eta = 0$ で雰囲気相対湿度に対応する相対含水率になること、実測値と関数値の差の2乗を最小にすることの3条件から定まる。

式(6)の結果をD₁ すなわち、R=100%でのDに対する比で表せば、図-5のようになり、次の近似曲線で表示できる。

$$D / D_1 = 1 / \{ c (1 - R / 100) + 1 \}^{1.4} \dots\dots\dots (7)$$

表-1に相対湿度 0% および 60%における諸係数を示す。

表-1 係数等

	a	b	f	η_1	c	D ₁
0% 乾燥	0.041	0.23	0.0028	3.6	37	4.74
60% 乾燥	0.054	0.37	0.0036	3.5	32	4.65

図-6および図-7は実測値と解析値との比較で、数値解析はコントロールボリューム法により、時間積分を完全陰解法で、時間きざみを6分とした。両湿度条件とも、解析値は、乾燥表面近くで実測値とよく一致し、離れるにしたがって若干のズレがみられるが、ほぼ対応している。したがって、本現象に対する拡散方程式の適用は可能であると考えられる。

5. あとがき

拡散方程式による解析から得られた拡散係数D₁は、雰囲気相対湿度が、0%および 60%と極端に異なるにもかかわらず、ほとんど差がなく、モルタル内部の水分移動速度に雰囲気湿度が及ぼす影響は、極めて小さいと言う結果を得た。

終わりに、本研究遂行に際し、御指導を賜った、東北工業大学秋田宏先生に深甚の謝意を表します。

<参考文献>

(1) 秋田、藤原、尾坂：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 第420号1990.8

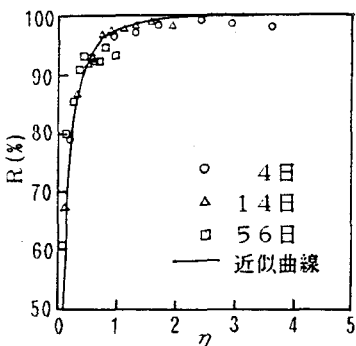


図-3 R- η 関係(0% 乾燥)

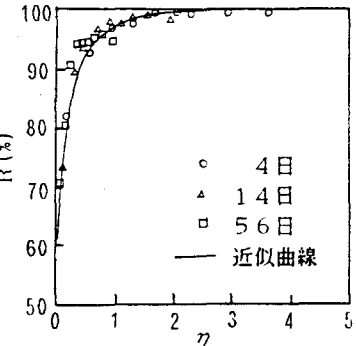


図-4 R- η 関係(60%乾燥)

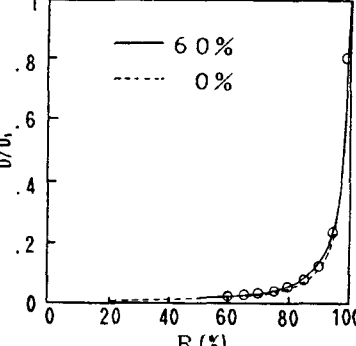


図-5 D-R関係

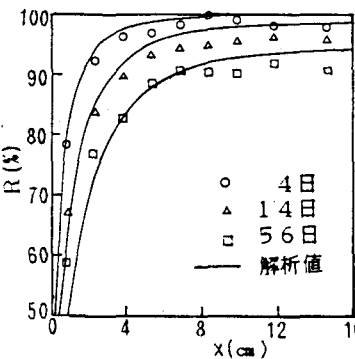


図-6 相対含水率分布(0% 乾燥)

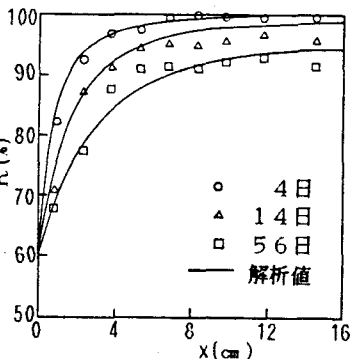


図-7 相対含水率分布(60%乾燥)