

V-41

乾燥過程におけるコンクリート内部の水分移動に及ぼす温度の影響

岩手大学 学生員 ○ 萱場 正和
 岩手大学 正 員 藤原 忠司
 東北工業大学 正 員 秋田 宏

1. まえがき

本研究では、乾燥過程におけるコンクリート中の水分移動に及ぼす温度の影響を実験的に明らかにし、さらに、本現象に非線形拡散方程式を適用して、解析値と実験値とを比較した。

2. 実験概要

供試体は 10x10x30cm の角柱とし、乾燥を一面(10x10cm)だけから許した。このコンクリートの含水率分布を割裂法⁽¹⁾によって測定した。乾燥は、打設後 28日間 水中養生してから恒温恒湿室で行い、相対湿度は 60% として、温度を 10、20、30℃ の3段階に設定した。セメントには普通ポルトランドセメントを用い、水セメント比は 52% としている。

3. 実験結果

乾燥 28日目 において、温度の影響を比較したのが図-1である。高温であるほど全体的に相対含水率（式(1)参照）が低く水分移動が速やかであると考えられる。

4. 解析理論

①水分移動の基礎方程式

含水率分布をそのまま用いると、同じ飽水時でも供試体により差が生じて不便であるため、相対含水率Rを用いる。

$$R = \psi / \psi_s \times 100 (\%) \quad \text{----- (1)}$$

ここで、 ψ :含水率、 ψ_s :飽水時の含水率

コンクリート中の水分移動を拡散現象としてとらえ、気・液水分をまとめて扱い、圧力が一定の場合に限れば、拡散方向を1次元と考えた場合の基礎方程式は次のようになる。

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

ここで、t:時間(day)、D:拡散係数(cm^2/day)、x:乾燥面からの距離(cm)

飽水状態からの乾燥であるため、初期条件および境界条件を次のようにした

$$R(x) = 100 \quad \text{----- (3)}$$

$$\frac{\partial R}{\partial n} + \alpha_m (H_s - H_a) = 0 \quad \text{----- (4)}$$

ここで、n:乾燥面の放線ベクトル、 α_m :水分伝達率(3.9cm/day)、 H_s 、 H_a :乾燥表面および雰囲気相対湿度

②平衡含水率

式(4)における水分伝達の項が、相対湿度で表わされているため、相対含水率と相対湿度の関係が必要である。この関係は平衡含水率曲線として知られ、配合によって異なる。W/C=30%~100%の範囲でこれを求めた実験から、本実験の W/C=52% の場合を推定したのが、図-2の近似曲線である。

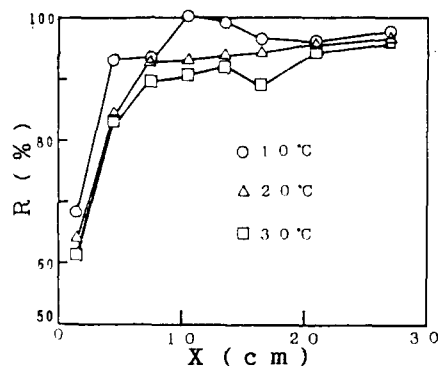


図-1 温度の影響（28日目）

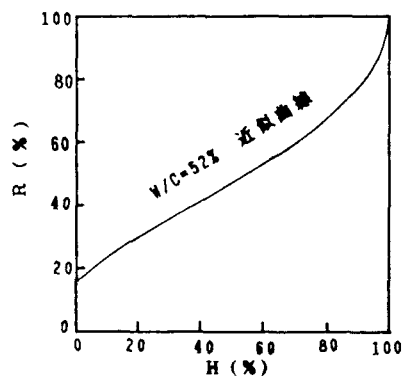


図-2 平衡含水率曲線

③ 拡散係数

式 (5) に示すボルツマン変換を適用し、式 (2) の拡散方程式から、任意の相対含水率 (R_2) に対する拡散係数を求める式を導けば、式 (6) のようになる。

$$\eta = X / 2\sqrt{t} \quad \text{----- (5)}$$

$$D_{R=R_2} = 2 \left(\frac{d\eta}{dR} \right)_{R=R_2} \cdot \int_{R_2}^{100} \eta \, dR \quad \text{----- (6)}$$

式 (6) を計算するには、 R と η の関係が必要となる。20°C の場合の関係は、図-3 のようになり、実験値は次の近似曲線で表示できる。

$$R = 100 \{1 + f - a / (\eta + b)^2\} \quad \text{----- (7)}$$

ここで、 a, b, f は定数であり、 $R = 100\%$ となる η すなわち η_1 、雰囲気の相対湿度に対応する $\eta = 0$ での相対含水率、実験値と関数値の差の2乗を最小にするものの3条件から定まる。これらの値は解析の対象とした温度3種類について表-1 のようになる。

表-1 係数等

温度	a	b	f	η_1	日数	D_1	c
10°C	0.11	0.48	0.0091	3.0	2.5	3.7	1.7
20°C	0.24	0.71	0.0140	3.5	1.8	5.3	1.2
30°C	0.31	0.80	0.0130	4.0	1.4	7.1	1.2

20°C において、式 (6) の計算結果を D_1 すなわち $R = 100\%$ での D に対する比で表わせば、図-4 のようになり、次式で近似できる。

$$D / D_1 = 1 / \{c(1 - R/100) + 1\}^{1.4} \quad \text{----- (8)}$$

ここで、 c は定数であり、 D_1 および最奥の点の相対含水率が 100% から下がり始める乾燥日数とともに表-1 に示してある。

④ 数値解析

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。20°C においての計算結果は図-5 であり、計算値は乾燥面付近で実験値よりも若干大きい傾向にあるが、全体として良く対応していることは、手法の妥当性を示しているものと考えられる。

⑤ 温度の影響

表-1 に示した D_1 と温度との関係を示したのが図-6 で

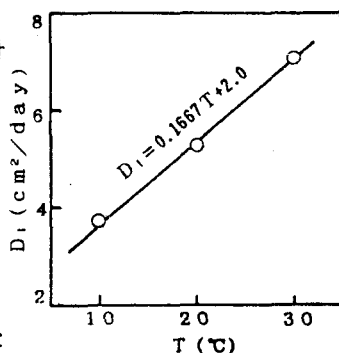


図-6 D_1 の変化

ある。温度による D_1 の違いは比較的大きく、温度が水分移動に大きく関わると言える。

〔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, 第420号, 1990.8 PP.61~69

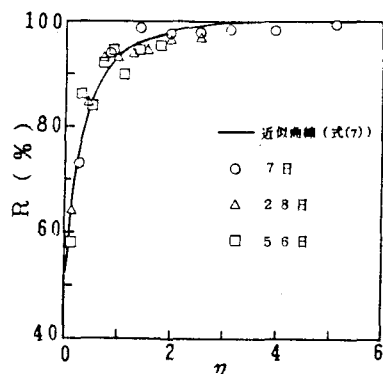


図-3 $R-\eta$ 関係(20°C)

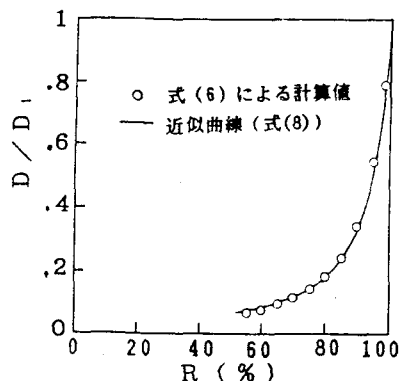


図-4 $D-R$ 関係(20°C)

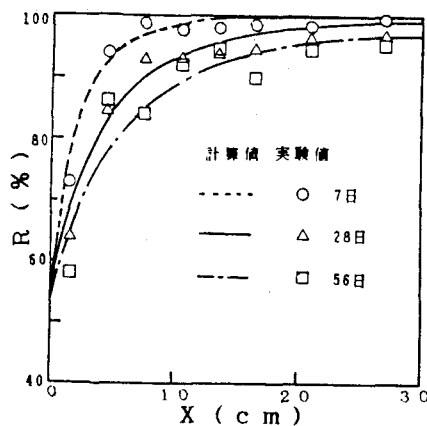


図-5 相対含水率分布(20°C)