

V-225

セメント硬化体中の水分移動解析の一手法

東北工業大学 正員 ○ 秋田 宏
岩手大学 " 藤原忠司
東北大学 " 尾坂芳夫

コンクリートやモルタルのようなセメント硬化体中の水分移動について知ることは、乾燥収縮だけでなく塩害やアルカリ骨材反応を問題とする場合にも重要となる。乾燥や吸水にともなうセメント硬化体中の含水量分布を知るためには、非線形の拡散方程式を解けば良いことが知られている。その際、相対湿度または含水量を解析の対象とするが、両者の関係（ソープション関係）がわかれば、いずれを対象としても等価であると思われる。

セメント硬化体中の吸着水分は、その近傍の空隙の水蒸気圧に平衡しているため、含水量と相対湿度には一定の対応関係がある。図-1は、Powersらがセメントペーストについて、また原田らがコンクリートについて、実験的に求めたソープション関係である。2つの結果はかなりかけ離れているが、実際の解析から原田らの結果が、著者らの実験結果と良く対応することがわかった。

相対湿度を対象として解く場合には、境界条件として表面の相対湿度を雰囲気中に等しくすれば良い。含水量に関して解く場合には、図-1のソープション関係で雰囲気の相対湿度に対応する含水量を、表面での値とすれば良い。たとえば、相対湿度60%ならば、Powersらによれば含水量は70%程度であり、原田らによれば32%程度である。しかるに、相対湿度60%で乾燥させたコンクリート供試体では、表面付近の平均含水量が50%程度まで低下しているのが認められた。含水量は表面から内部へ進むに従い急速に増加するので、Powersらの値では著者らの実験結果を説明できない。したがって、以下の解析には原田らの値を用いる。

Bazantらは³⁾、相対湿度に関して非線形の拡散方程式を無次元化して解く手法を提案している。1次元の場合にそれを含水量に関して表わせば、

$$\frac{\partial W}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(c \frac{\partial W}{\partial x} \right) \quad \dots \dots (1)$$

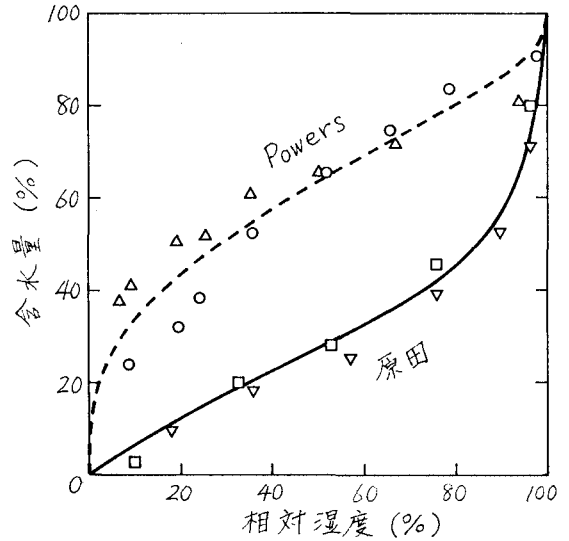


図-1

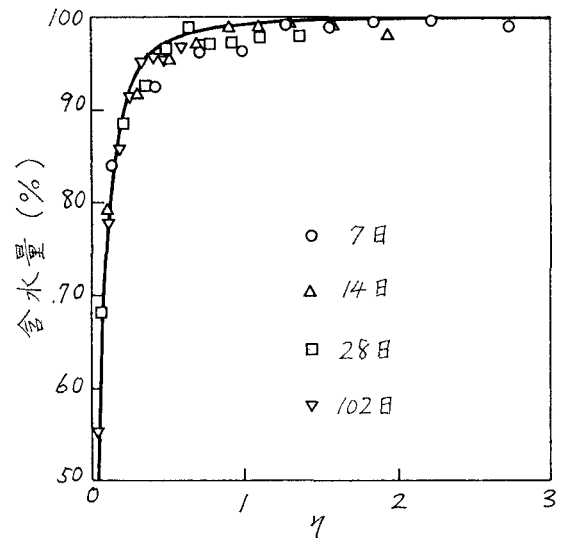


図-2

となる。ここで、 C (拡散係数) の W (含水量) に対する変化を知る必要があるが、Bazantらは明確な説明を与えていない。阪田らはボルツマン変換に基づき⁴⁾、実験による含水量分布をべき関数で近似し、 C の変化を計算により求めている。著者らは、同様な手法で双曲線を用いることにより、良好な近似が得られることを確かめた。すなわち、

$$\gamma = \frac{\chi}{2\sqrt{t}} \quad \dots\dots\dots (2)$$

に対して実測含水量をプロットし、最適な近似曲線を求めた結果が図-2である。この例は、 $4 \times 4 \times 16$ cmのモルタル供試体で5面をシールし、 4×4 cmの1面から乾燥させて1次元状態としたものである。配合は水、セメント、砂比で 1:1.9:4.7であり、実験条件は気温 20°C 、相対湿度 60%とした。

この近似曲線を用いて、任意の含水量における拡散係数は、

$$C = 2 \frac{d\gamma}{dW} \int_W^{W_0} \gamma dW \quad \dots\dots (3)$$

で求められ、 C_1 ($W=100\%$ での C) に対する比で表したのが図-3である。同図には、 $10 \times 10 \times 30$ cmのコンクリート供試体で、 20°C 、60%の実験による結果も示してあり、両者が近い値を与えていることもわかる。さらに同図には、Bazantらの用いた $C-H$ 曲線 (H は相対湿度) を $C-W$ 曲線に換算したものも示してあるが、著者らの結果とかなりかけ離れていることがわかる。

こうして得られた拡散係数を基に、拡散方程式(1)を解いて、含水量分布を求め実験値と対比させたのが図-4である。実験では割裂法により含水量を求めており、割裂厚さの平均値が得られるため、計算結果も平均値で表わしてある。実験値と計算値は良く一致しており、解析手法の妥当性を裏付けている。

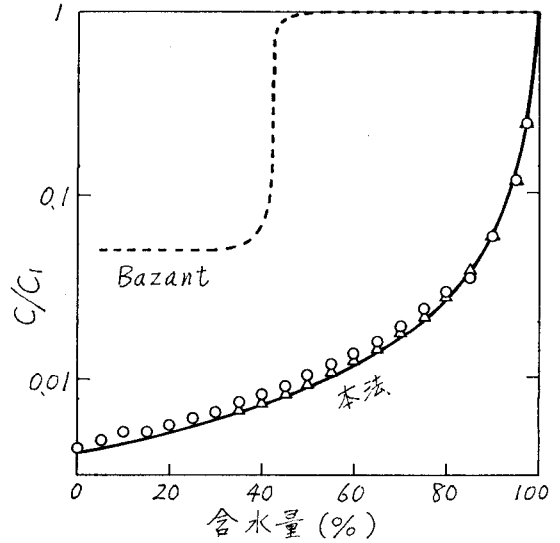


図-3

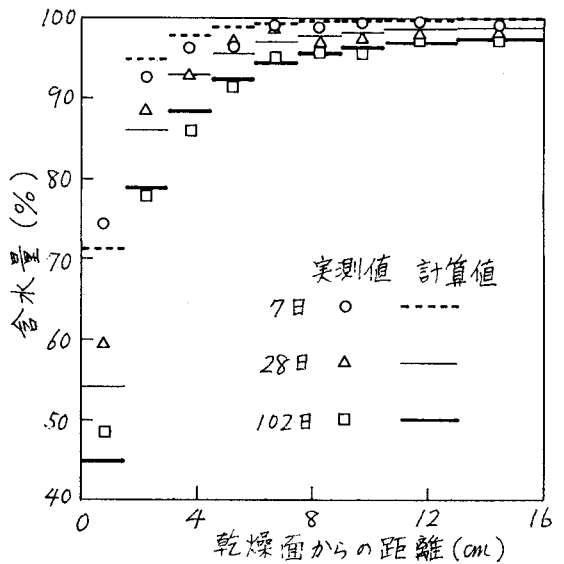


図-4

参考文献

- 1) Powers & Brownyard : J. ACI, Vol.18, No.2, pp.294-336, 1946.
- 2) 原田, 仕入, 椎名 : 日本建築学会論文報告集, No.103, p.39, 1964.

- 3) Bazant & Najjar : Materials & Structures, Vol.5, No.25, pp.3-20, 1972.
- 4) 阪田, 蔵本 : 土木学会論文報告集, No.316, pp.145-452, 1981.