

V-2

毛管水移動を主としたモルタル中の水分移動解析

東北工業大学 正会員 秋田 宏

岩手大学 正会員 藤原忠司

東北工業大学 正会員 小嶋三男

1. まえがき

コンクリート中の水分移動について知ることは、乾燥収縮のみならず塩害等の予測をするためにも必要である。水分移動の解析には、これまで非線形の拡散方程式が用いられ、乾燥過程については良好な結果が得られてきた。しかしながら、吸水過程に同法を適用する場合には、拡散係数を含水率に応じて変えるばかりでなく、吸水面からの距離によっても変える必要がある。このことは、同法の欠点であるばかりでなく、水分移動を拡散現象と見なすことにも疑問を抱かせる。

一方、コンクリート中の水分移動に、毛管水移動が何らかの役割を果たしていることはすでに知られているが、毛管水移動を主にして解析した例は見あたらない。本稿は、毛管水移動を主にして解析した結果を実験結果と比較し、同法の妥当性を検討したもので、実験には取り扱いの容易なモルタルを用いた。

2. 実験概要

モルタルの配合は、水セメント比53%、細骨材容積率53%であり、早強ポルトランドセメントを用い、養生期間を7日とした。供試体は、4×4×16cmの角柱で、4×4cmの乾燥面ひとつを残し、ラップとパラフィンでシールした。温度20℃、相対湿度60%の雰囲気中で乾燥させ、所定の時期に15mm間隔に割裂し、直後の質量と炉乾燥後の質量差から含水率分布を求めた。乾燥にともなう水分移動を、含水率の変化として捉えるわけである。

3. 解析

解析に用いた仮定および解析の手順は次のようである。

(1) モルタルの細孔分布関数 ϕ を図-1のように仮定する。これは、内川ら¹⁾の実験結果、下村ら²⁾の式に基づいている。

(2) 同一半径の細孔が連なって、同一半径、円形断面のまっすぐな毛管を形成するものと仮定する。現実の曲がりくねった毛管と、仮定したまっすぐな毛管との差を、形状係数で処理する。各半径の毛管と細孔の体積が一致しなければならないので、毛管分布も図-1に一致する。

(3) 飽水状態からの乾燥では、最初すべてのメニスカスが乾燥面にあると仮定する。また、メニスカス前面の相対湿度を100%、蒸発による境界層の厚さを3mmと仮定する。

(4) 毛管どうしの相互作用、すなわち細い毛管が太い毛管から水を奪う作用を考慮する。メニスカスの最小接触角を79°とし、90°から79°までの変動も考慮する。すなわち、最初メニスカスは平面（接触角90°）であり、蒸発による水分減少を他の毛管から奪って補うが、次第に接触角が減少し79°に達すると乾燥面から後退し始める。

(5) 図-1の範囲を毛管半径の変域として25分割し、25本の毛管の相互作用を解析する。用いた物性値は表-1である。逐次積分はクラנק・ニコルソン法により、時間きざみを1秒から始め200ステップごとに1秒ずつ長くした。

4. 結果および考察

図-2は、各毛管のメニスカスの位置を模式的に表わしたものである。図-3は、飽水状態を100%とする相対含水率の分布として表わしたもので、図-2との違いは毛管分布関数を重みとして掛けただけである。この両者と図-1を比較してみると、細孔分布が含水率分布あるいはメニスカス分布に影響していることが知られる。また、実験値と解析値もほぼ対応している。

5. まとめ

- 1) 毛管水移動を主体にした解析手法は、基本的に妥当なものと思われる。
- 2) 乾燥過程の解析結果に細孔分布の影響が見られた。
- 3) 逐次積分の時間きざみを小さくする必要がある。
- 4) 乾燥過程ばかりでなく、吸水過程とも関連させ、さらに諸々の仮定を吟味する必要がある。

参考文献

- 1) 内川・他：X線CT、水銀圧入法及び気体吸着法によるコンクリート硬化体の空隙径分布の測定、セメント技術年報, Vol.42, pp.208-211, 1988.
- 2) 下村・他：細孔容積分布密度関数に基づくコンクリートの乾燥収縮モデル、コンクリート工学年次論文報告集, Vol.15, No.1, pp.435-440, 1993.

表-1 物理定数

水の表面張力	7.275×10^{-6} N/m
水の粘性係数	1.01×10^{-3} N·s/m ²
水蒸気の拡散係数	2.94×10^{-5} m ² /s
飽和水蒸気密度	1.731×10^{-2} kg/m ³

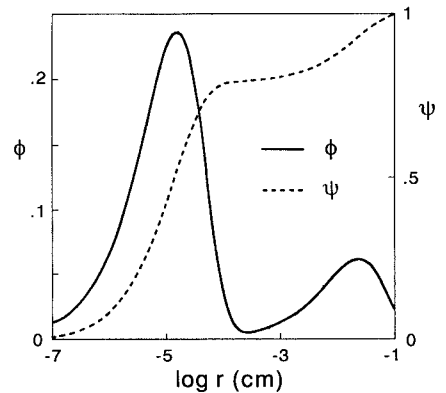


図-1 細孔分布関数

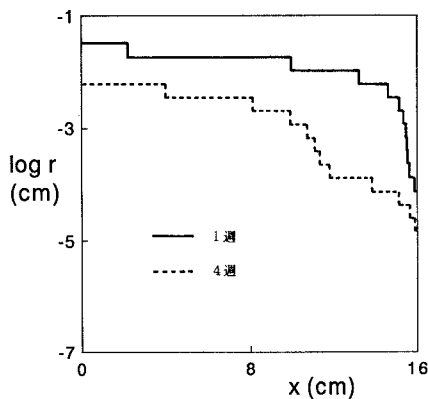


図-2 メニスカスの位置

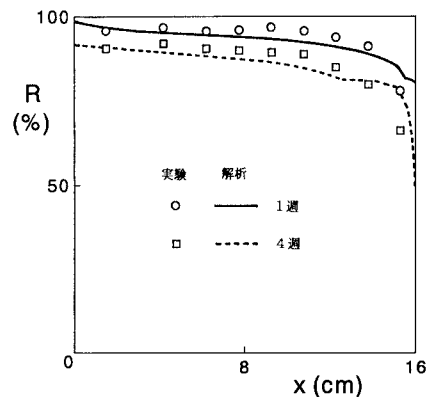


図-3 相対含水率分布