

多孔体における水分移動モデルの構築

愛媛大学 学生会員 ○春日翔平 正会員 氏家勲 正会員 岡崎慎一郎

1. はじめに

土木公共事業は、構造物とその設備の老朽化に伴う更新の必要性から、増加傾向にある情勢である。一方で、我が国における財政は非常に逼迫しており、事業に要する予算をできる限り縮減する必要がある。これらの背景から、効果的かつ効率的に補修や補強を行うためには、構造物の健全性を目視、あるいは、破壊・非破壊検査により精度良く評価するとともに、任意の時刻における構造物の構造性能や耐久性能の将来予測を適切に行わなければならない。そこで近年、数値モデルの開発に注目が集まっている。

本研究では、コンクリートに対し、空隙構造を基盤とするモデルを構築する。水分保持状態、液状水の移動や空隙構造について未だ不明確な点が多く存在しているため、本研究では、これらの妥当性を改めて検証し、空隙の連結性を考慮した数値モデルの開発を行う。

2. 空隙構造モデル、液状水移動モデル

水分移動、物質移動における解析には、コンクリート内の構造が大きく関係しており、解析を明確化するには内部構造を考慮に入れる必要がある。そのためコンクリート内の空隙構造に着目してモデルを検討する。

空隙構造モデルの代表的な例として、下村のモデルと丸山のモデルがあるが、本研究では、比較的単純で、片対数グラフで直線状となり取り扱いが容易である丸山のモデル¹⁾を用いて空隙構造モデルを作成する。

空隙の最小径から空隙径 r に存在する累積細孔量 $V(r)$ を丸山の研究に基づき、以下のように定義する。

$$V(r) = \phi \left\{ 1 - \frac{\ln(r/r_{\max})}{\ln(r_{\min}/r_{\max})} \right\} \quad (1)$$

ここで r_{\max} : 考慮する空隙径の最大値, r_{\min} : 考慮する空隙径の最小値. r_{\max} , r_{\min} は入力パラメータとする。

式(1)を用いて、液状水移動モデルについて検討する。透水係数 K_l は、以下のように表すことができる。

$$K_l = - \frac{\phi \rho_l}{16\mu} \frac{(r_s^2 - r_{\min}^2)}{\ln(r_{\min}/r_{\max})} \quad (2)$$

しかし、本モデルによる計算値は実験値を数オーダー過大評価するため、本研究では、従来のモデル式(2)の妥当性を検証し新たなモデルの提案を行う。

3. モデルの提案・比較

透水係数の算出に、本研究では図1の面心立方格子を用いて式(2)より計算を行い、算出された透水係数を図2の3次元のFEMにより算出された透水係数との比較を行う。しかし、比較を行うと従来の研究でも言われているように計算値は透水係数を過大評価した。

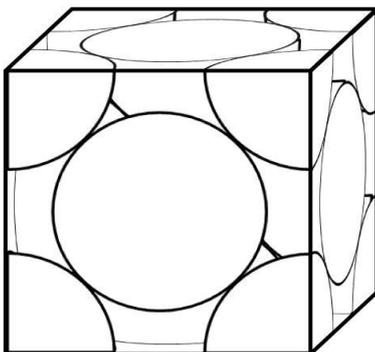


図1 面心立方格子

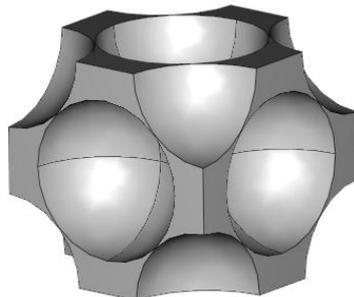


図2 FEM 解析

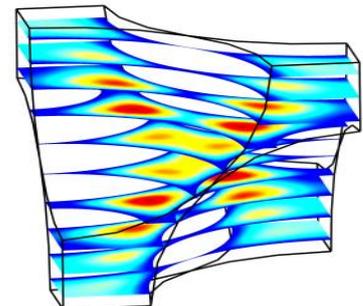


図3 1/8 モデルの流れ

キーワード：空隙構造, 水分移動

連絡先：〒790-8577 愛媛県松山市文京町3番 愛媛大学工学部 089-927-9819

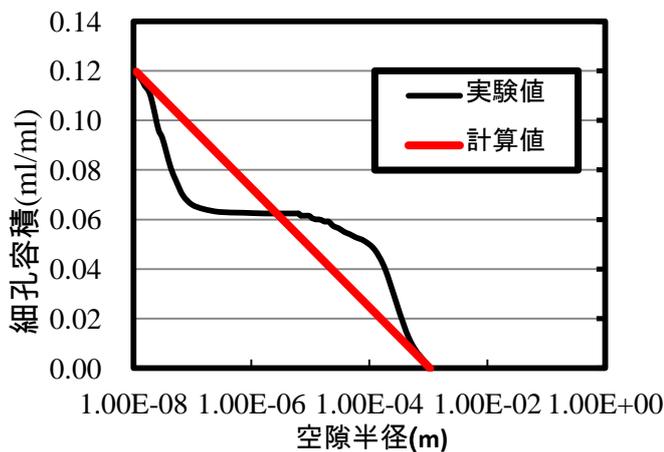


図4 実験値と提案モデルの計算値の関係

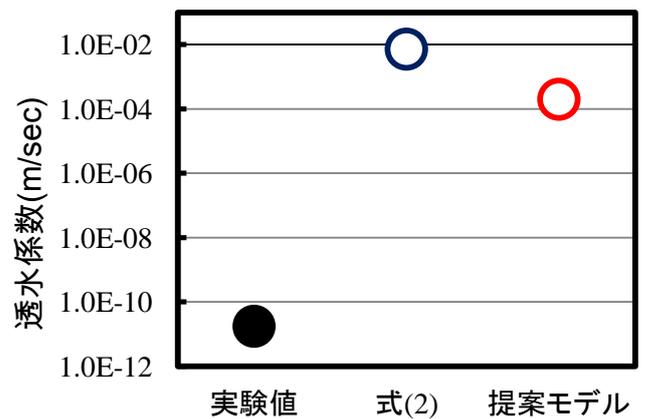


図5 透水係数の比較

そこで本研究では水の流れについて着目する。図3より水は空隙全体ではなく空隙の一部を流れていることがわかる。図3の結果から本研究では、面心立方格子の結果とFEMの結果より空隙半径を比較し補正を行い、そのモデルを6分の1モデルとして提案する。

図4に水銀ポロシメータの実験値と提案モデルの計算値の関係を示す。図4の結果から透水係数を算出すると従来の結果と同じように提案モデルでも実験値との差が生じた。その結果を図5に示す。透水係数が大きく離れた理由として空隙の連結性のない空気泡を含んでいるためであると考えられる。そのため毛細管空隙に着目し透水係数を算出すると図6の結果となった。図6の結果からも分かるように空隙の連結性を考慮することで本研究の提案モデルは従来のモデルに比べ実験値に近い値を示すことができ、提案モデルの妥当性を検証することができたと言える。

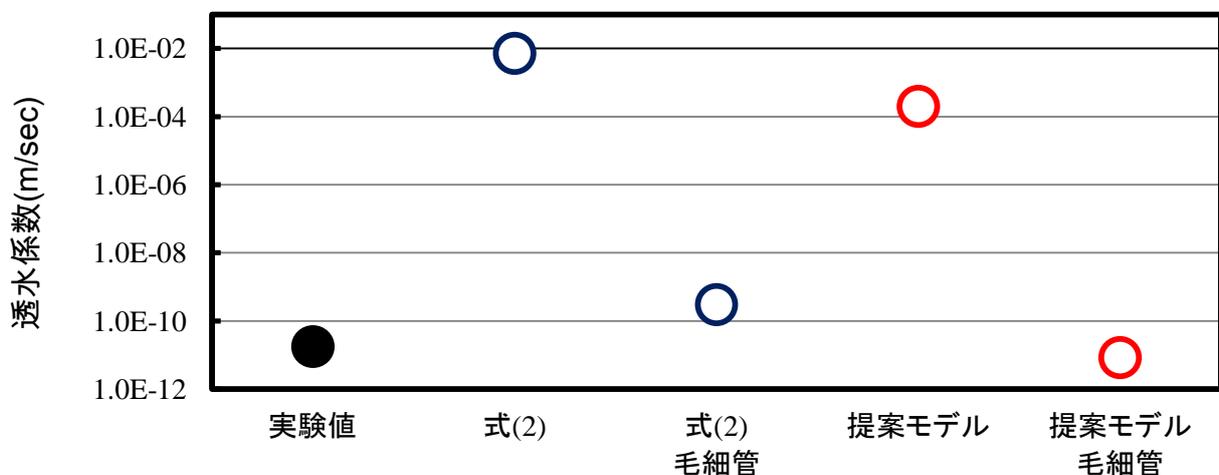


図6 空隙の連結性を考慮に入れたモデルの比較

5. まとめ

本研究では、透水係数に着目し研究を進めたところ、FEMによる結果から空隙半径を補正しモデルの提案を行い、従来のモデルとの比較した結果、提案モデルの方が従来のモデルよりも実験値に近い値を示すことができ、提案モデルの妥当性を検証できたと言える。また、空隙は連結性を考慮することが大切であることも分かった。

6. 参考文献

1) 丸山一平, 野口貴文, 松下哲郎: 水和反応モデル(CCBM)によるポルトランドセメントを用いたコンクリートの断熱温度上昇予測, 日本建築学会構造系論文集, 第600号, pp.1-8, 2006-2