

## 水-土連成FEM解析手法における動水勾配の空間離散化

u-p定式化における有限体積法に基づく連続式の離散化形式の精度向上

宇野 浩樹\*<sup>1</sup>・池上 浩樹\*<sup>1</sup>

## Spatial Discretization of Hydraulic Gradient for Soil-Water Coupled FEM Analysis Method

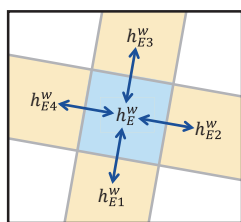
Improvement in Accuracy of Discretized Form of Continuity Equation Based on Finite Volume Method for the u-p Formulation

Hiroki UNO and Hiroki Ikegami

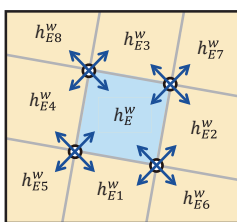
## ○ 2次元メッシュにおける設定例

 $h_E^w$  : 要素における水頭     $\longleftrightarrow$  動水勾配ベクトル

&lt;従来手法&gt;



&lt;提案手法&gt;



&lt;考慮される周辺の要素数&gt;

従来手法 : 4要素     $\longrightarrow$     提案手法 : 8要素

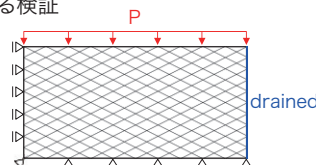
➡ 提案手法によって空間分解能が向上

より適切な動水勾配ベクトルの設定

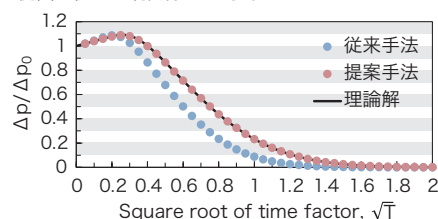
## ○ 2次元圧密解析による検証

&lt;解析モデル&gt;

- ・ 幅0.5m×高さ0.25m
- ・ 上載圧P=100kPa
- ・ 線形弾性モデル



&lt;左側面近傍の過剰間隙水圧時刻歴&gt;



➡ 提案手法による数値解は理論解とよく一致している

提案手法の妥当性確認

## 研究の目的

建設工事や地震動などに伴う飽和地盤の挙動は、Biotの飽和多孔質体理論に基づく支配方程式で記述されます。支配方程式に対するいくつかの定式化のうち、本研究では、土骨格変位 $u$ と間隙水圧 $p$ を未知数とし、飽和土のつり合い式と連続式を保存式とするu-p定式化に着目しました。既往の研究によると、連続式の空間離散化に有限体積法(以下、FVM)を適用する場合、要素境界面上の動水勾配ベクトルは、当該の境界面に隣接する要素間の水頭差を要素重心間の距離で除すことで表現されますが、メッシュ分割方法によっては解析精度が低下するという課題が指摘されています。本研究では、飽和地盤に対する挙動評価の精度向上を目的に、より適切な動水勾配ベクトルの設定手法とそれを考慮したFVMによる連続式の離散化形式について検討し、提案しました。

## 技術の特長

従来手法における解析精度は、正解の動水勾配ベクトルの方向と要素重心間の方向が常に一致するとは限らず、両者の乖離の度合いに大きく影響されます。提案手法のポイントは、有限要素法で離散化した間隙水のつり合い式に基づいて動水勾配ベクトルを節点で規定していることにあり、実際に解析する連続式の離散化形式では、その値を用いて要素から流出する間隙水の流量を表現します。本手法によって、解析モデル内の動水勾配ベクトルの空間分解能が飛躍的に向上するとともに、要素境界面上における各ベクトルの方向の客観性が高まることでメッシュ依存性が低減し、解析精度が大幅に改善します。

## 主な結論と今後の展開

提案手法の妥当性は、等方・等質な飽和弾性地盤モデルを用いて、準静的な2次元圧密解析のベンチマークであるMandel問題を対象に検証しました。その結果、従来手法の数値解は、メッシュ分割方法によっては、理論解との乖離が生じましたが、そのようなケースでも提案手法の数値解は理論解とよく一致することが確認されました。このことから、本手法は高い実用性を有すると言えます。今後は、提案手法を液状化などの動的解析手法や不飽和地盤の浸透-変形連成解析手法に導入し、適用性を検討する予定です。

\*1 技術センター 社会基盤技術研究部 地盤研究室