

二相系u-U定式化に基づく水-土連成有限要素解析の精度向上

間隙率の新たな空間離散化手法の提案と妥当性確認



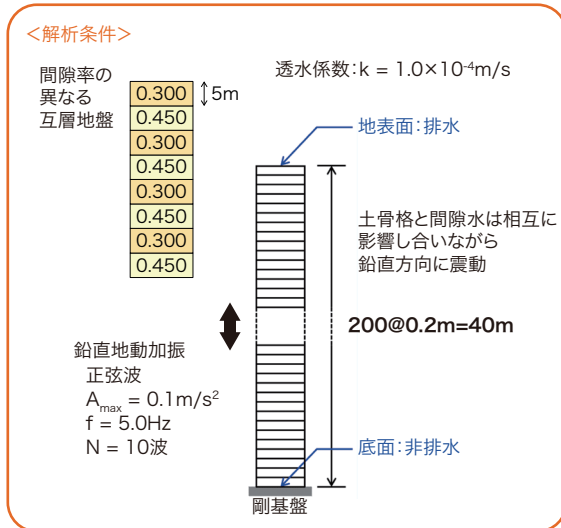
宇野 浩樹*1・船原 英樹*1



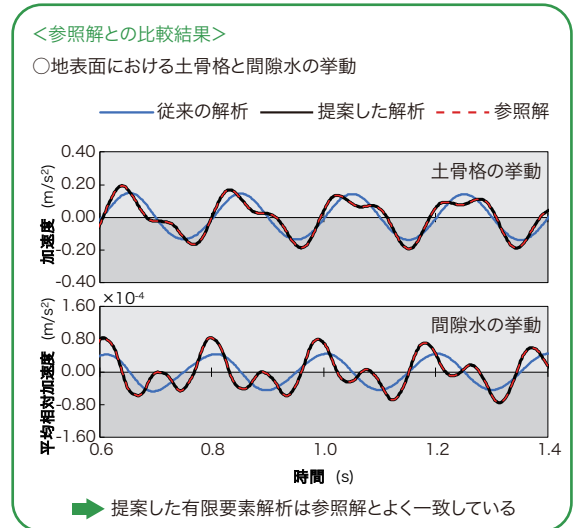
Improvement in Accuracy of a Soil-Water Coupled Finite Element Analysis Based on the u-U Formulation

Proposal of a New Method for the Space Discretization of Porosity and Its Validation

Hiroki UNO and Hideki FUNAHARA



1次元鉛直震動問題に関するケーススタディ



提案した有限要素解析の妥当性確認

研究の目的

圧密や液状化等の水-土連成問題に関する支配方程式は、Biotの飽和多孔質体理論によって導かれます。支配方程式に関するいくつかの定式化のうち、本研究では固相の変位 u と液相の変位 U を未知数とする u - U 定式化に着目しました。 u - U 定式化は、高周波成分を含む地震動や透水性の高い地盤に対して適用性が高いとされており、有限要素解析に広く用いられています。しかしながら、最近の研究により、地層の種類や密度の違い等のために解析モデルの要素間で間隙率が不連続な場合、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、その解決策として支配方程式の空間離散化の過程を修正した有限要素解析を提案するとともに、1次元問題に関するケーススタディを通じて妥当性を確認しました。

技術の特長

従来の有限要素解析における課題は、要素間の間隙率が不連続となる隣接面上で流量と間隙水圧の連続性が成り立たないことに起因します。本研究では、要素内の間隙率を節点に離散化するためのマトリックスとして「間隙率マトリックス」を定義し、有限要素法による支配方程式の離散化の過程で導入します。これにより、提案した u - U 定式化に基づく有限要素解析では、連立マトリックス方程式の各項の間隙率が隣接面を形成する節点での値で表現され、流量と間隙水圧の連続性が常に成り立ちます。そのため、間隙率の不連続面を含む解析モデルにおいて、解析精度と適用範囲が飛躍的に向上します。

主な結論と今後の展開

提案した解決策の妥当性は、間隙率の不連続面を含む解析モデルを用いて1次元問題に関するケーススタディを行い、検証しました。その結果、解決策による数値解は解析精度が向上して理論解あるいは参照解とよく一致し、解決策は実用上の有効性があることが確認されました。間隙率マトリックスは、飽和度で補正して構築することにより、不飽和の地盤モデルにも応用することができます。今後は、提案した有限要素解析を不飽和浸透-変形連成解析に拡張して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

