

汎用三次元FEMに二相系支配方程式を導入した液状化解析手法

その1 支配方程式の定式化と液状化地盤の弾塑性構成モデル

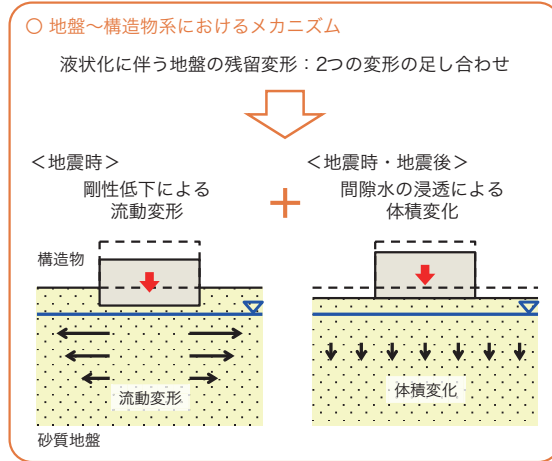


宇野 浩樹*1・船原 英樹*2・柴田 景太*2・岩井 創*2・鈴木 知晃*3・石田 貴之*3

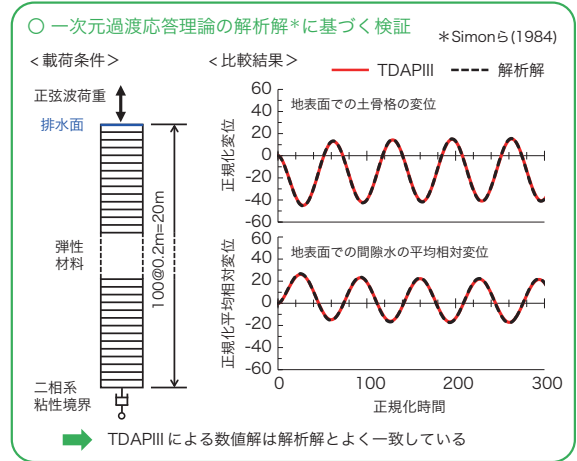
Liquefaction Analysis Method by Introducing Governing Equations of Two-Phase System into General-Purpose 3D-FEM

Part 1: Formulation of Governing Equations and Elasto-Plastic Constitutive Model of Liquefiable Soil

Hiroki UNO, Hideki FUNAHARA, Keita SHIBATA, Hajime IWAI, Tomoaki SUZUKI and Takayuki ISHIDA



液状化に伴う地盤変形のメカニズム



二相系支配方程式導入の妥当性検証

研究の目的

大規模地震時に予想される液状化被害に対し、効果的な対策工や合理的な基礎形式を検討するには、液状化地盤の変形を詳細に評価することが重要となります。液状化に伴う地盤変形は地震時の剛性低下による流動変形と地震時および地震後の間隙水の浸透による体積変化に起因して生じますが、これらのメカニズムは飽和土が土骨格と間隙水の二相の連続体で構成されると仮定した飽和多孔質体理論(例えば、Biot,1962)によって精緻に捉えられます。このことから、本研究では、要素ライブラリー等の実装が豊富な汎用三次元FEMプログラムTDAPIIIに飽和多孔質体理論に基づく二相系有効応力解析機能を導入することで、地震時および地震後の液状化地盤の変形がより厳密に評価できる解析ツールを開発しました。

Biot, M.A. : Mechanics of deformation and acoustic propagation in porous media, Journal of Applied Physics, Vol.33, No.4, pp.1482-1498, 1962.

技術の特長

二相系支配方程式の慣用の定式化については、未知数の異なるいくつかの形式が提案されていますが、本研究では「u-w定式化」を採用しました。u-w定式化は、土骨格の変位uと間隙水の平均相対変位wを未知数とし、地盤や地震動の特性に対して適用性が最も高い定式化です。さらに、砂質土の応力～ひずみ関係を表現するための構成則として三次元に拡張された「Stress-Densityモデル」を導入しました。本モデルは、微小ひずみ理論に基づく弾塑性構成モデルであり、状態指数によって同一種類の砂質土の拘束圧依存性と密度依存性が同じパラメータセットで再現されることに特長があります。同じ土層内の深度依存性が自動的に考慮されるため、深度ごとのパラメータ設定を必要としない構成則です。

主な結論と今後の展開

本報文中では、二相系弾性材料の解析解*に基づいて支配方程式導入のコード検証を行いました。また、Stress-Densityモデルを適用した土柱モデルによるシミュレーションを通じて液状化地盤の一般的な挙動と調和的な解析結果が得られることを確認し、液状化解析プログラムとしての基本的な機能の妥当性を検証しました。なお、別報では、既往の遠心模型実験の再現解析を行い、三次元的な透水の影響や液状化地盤と杭の相互作用について検討しています。今後は液状化に伴う構造物の沈下や浮上り、地盤の側方流動の問題に適用し、残留変位の再現性に着目したプログラムの検証を実施します。さらに、計算の高速化や大規模モデルに要する対応等、適用拡大に向けた取組みも行う予定です。

*Simon, B.R. et al. : An analytical solution for the transient response of saturated porous elastic solids, International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics, Vol.8, No.4, pp.381-398, 1984.

*1 技術センター 社会基盤技術研究部 地盤研究室
 *2 技術センター 都市基盤技術研究部 防災研究室
 *3 (株)アーク情報システム

