

動的問題におけるマクロエレメント法の近似精度の検証

名古屋大学 (正)〇野中俊宏 (正)山田正太郎 (フェロ)野田利弘 (学)矢藤彰悟

1. はじめに

バーチカルドレーンの排水効果を近似的に水～土連成解析に取り入れる手法として、マクロエレメント法¹⁾²⁾と呼ばれる一種の均質化法がある。この手法は、これまで準静的問題に適用が限られてきたが、現在、著者らは、慣性力対応の水～土骨格連成有限変形解析コード **GEOASIA**³⁾に同手法を組み込むことにより、間隙水圧消散工法の液状化対策効果について解析的に把握することを試みている⁴⁾。本稿ではその研究の一環として、動的問題におけるマクロエレメント法の近似精度について確認したので報告する。

2. 解析条件

解析はドレーン一本とそのドレーンが改良を担当する地盤を対象に行った。改良の対象としたのは層厚 10m のゆるい砂地盤である。解析領域を水平方向にも細かくメッシュ分割したものを厳密モデル、水平方向にはメッシュ分割せず、マクロエレメント法を用いるものを近似モデルとする。それぞれのモデルの有限要素メッシュおよび境界条件を図 1 に示す。水平成層地盤にドレーンが 1.0m ピッチで正方形配置されている場合を想定して、側面には周期境界を課した。底面水平方向には粘性境界を用い、鉛直方向は固定条件とした。水理境界条件については、側面と底面を非排水境界とし、地表面は初期に水圧ゼロで、その後、水頭が一定に保たれる排水条件とした(上水が溜まる状態)。バーチカルドレーンは直径 0.1m、透水係数 $7.0 \times 10^2 \text{cm/sec}$ のスパイラルドレーン⁵⁾を想定した。厳密モデルにおいては、ドレーン部分を空洞とし、ドレーンとの接触部分を地表面と同じく水頭一定の排水境界とした。近似モデルにおいて用いたマクロエレメント法は著者らの提案するドレーンの水圧を未知数にするマクロエレメント法²⁾である。各種材料定数と初期値は文献⁴⁾に示す値と同じである。なお、近似モデルにおいては、上記の条件下では、解析領域の水平方向の大きさが解析結果に影響を与えることはない。厳密モデルと同じ解析領域に設定したのは、コンター図における比較のしやすさを考慮したためである。

入力地震動は、主要動の継続時間 120sec、最大加速度 180gal 程度の東海・東南海・南海三連動型地震を想定した地震波であり、水平方向の 2 方向に加振している。

3. 解析結果

図 2 に各モデルの過剰間隙水圧分布を示す。厳密モデルについては、ドレーンを含む鉛直断面の分布も示す。表面からの比較では、同様な傾向の分布になっていることが分かる。厳密モデルの内部はドレーン近傍で水圧が低くなっていることを確認することができる(近似モデルでは、地盤の水圧は同一高さにつしかなない)。図 3 に入力開始から 80 秒経過時

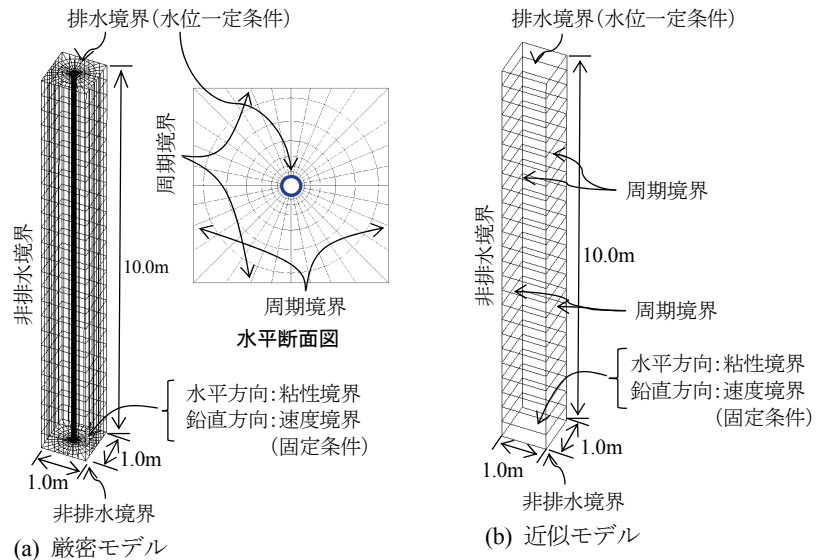


図 1 有限要素メッシュと境界条件

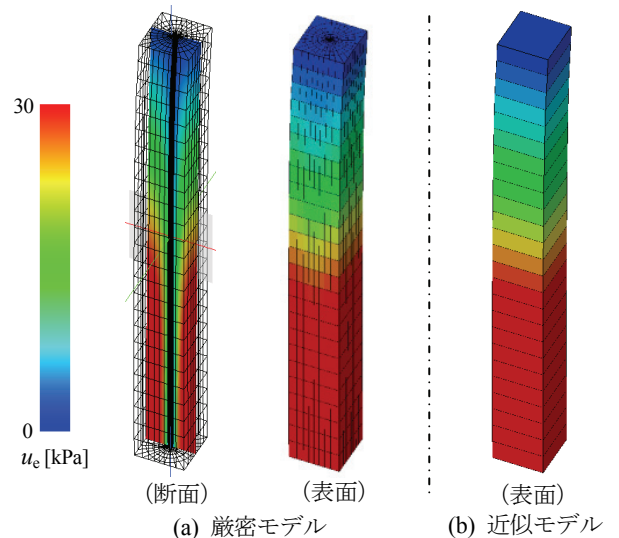


図 2 過剰間隙水圧分布 (40 秒経過時点)

点での過剰間隙水圧の当時曲線を示す。近似モデルにおける地盤の水圧は、厳密モデルにおけるドレーンから 0.4m 離れた地点の水圧分布とほぼ同じ分布を示している。図 4 に時間-過剰間隙水圧比関係を示す。厳密モデルでは地盤から 0.4m 離れた地点の値を示している。継時変化を追ってみても、近似モデルの過剰間隙水圧は、厳密モデルのこの位置での値とほぼ同じであることが分かる。なお、両モデルとも、過剰間隙水圧比は加振開始からしばらくの間は上昇するが、0.8 程度で上昇が止まり、液状化には達していない。(同地盤を対策なしで計算すると、過剰間隙水圧比は 0.95 を超える。)

上記では、本解析条件下において、近似モデルが厳密モデルのドレーンから 0.4m 程度離れた位置の水圧変動をよく近似できていることが分かった。次に変形挙動が上手く近似できているか調べる。図 5 に時間-沈下関係を示す。厳密モデルでは、地表面はほぼ水平に沈下している。近似モデルは、

これらの沈下曲線とほぼ同じカーブを描いている。図 6 に地表面および基盤面の加速度の時間変化を、図 7 に基盤面に対する地表面の相対変位の時間変化を示す。厳密モデルの応答はドレーンに接する節点の値である(地表面の他の節点でもほぼ同じを示す)。厳密モデルと近似モデルではほぼ同じ応答を示していることが分かる。

4. まとめ

本稿では、間隙水圧消散工法を対象に、動的問題においてもマクロエレメント法が十分な近似精度を示すことを確認した。なお、文献⁴⁾には同工法による盛土直下地盤の改良効果について示した計算例を示しているので参照されたい。

参考文献

- 1) 関口ら(1986): 局部荷重を受けるパーティカル・ドレーン打設地盤の変形解析, 第 31 回土質工学会シンポジウム発表論文集, pp.111-116.
- 2) 山田ら(2013): ドレーン内の水圧を未知数にとるマクロエレメント法によるウェルレジスタンス現象の再現, 第 48 回地盤工学研究発表会講演概要集, pp. 991-992.
- 3) Noda, et al.(2008): Soil-water coupled finite deformation analysis based on a rate-type equation of motion incorporating the SYS Cam-slay model, *S&F*, Vol. 45, No. 6, pp. 771-790.
- 4) 矢藤ら(2014): マクロエレメント法を用いた水-土骨格連成有限変形解析による間隙水圧消散工法の液状化対策効果予測シミュレーション, 第 49 回地盤工学研究発表会講演概要集.
- 5) DEPP 工法研究会(2011): DEPP 工法技術資料.

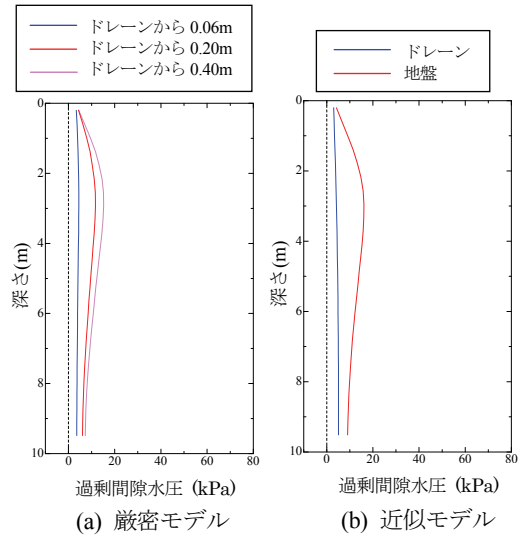


図 3 過剰間隙水圧の当時曲線 (80 秒経過時点)

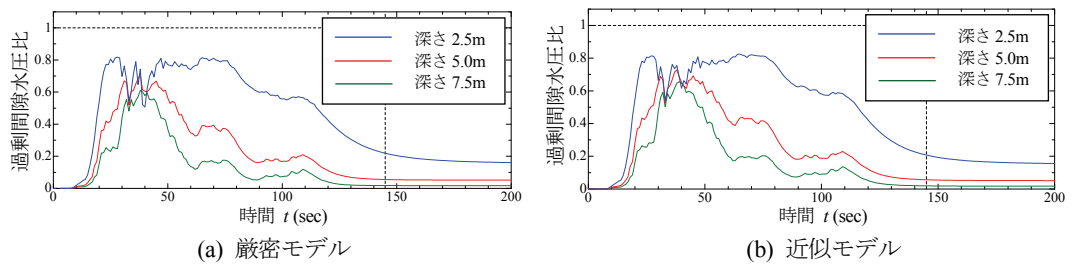


図 4 時間-過剰間隙水圧比関係

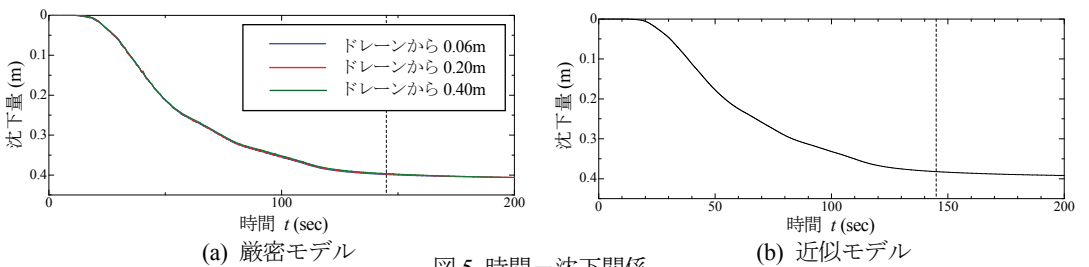


図 5 時間-沈下関係

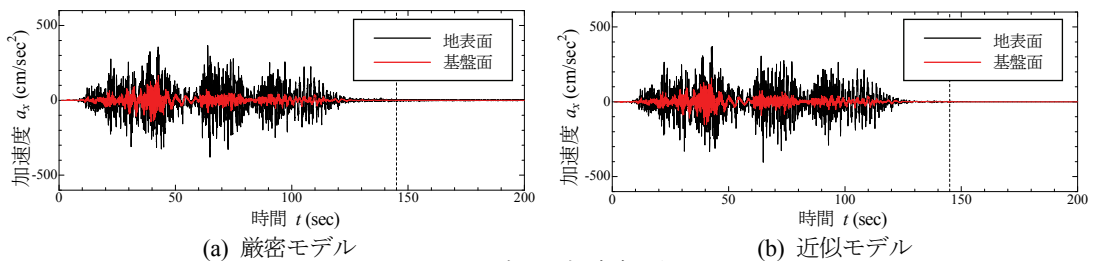


図 6 時間-加速度関係

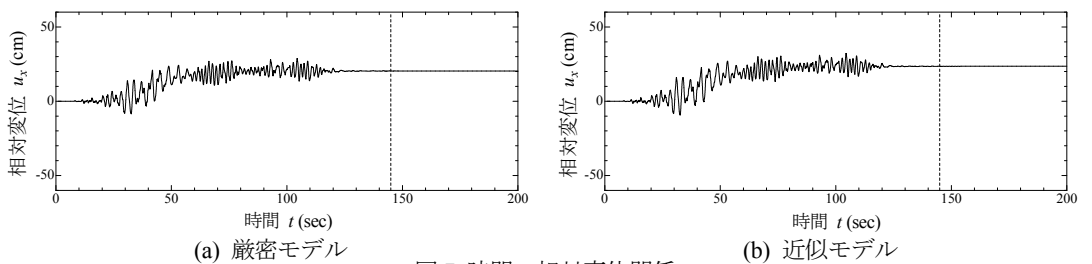


図 7 時間-相対変位関係