

地震荷重を受ける杭基礎構造物の簡易動的解析
(その4: 自由地盤の線形応答解析と多層地盤におけるパイルド・ラフト基礎の挙動)

正会員 ○園田 隆一*
正会員 Kitiyodom Pastsakorn**
正会員 松本 樹典***

地盤震動 線形応答解析 多層地盤
パイルド・ラフト 動的 変形解析

1. はじめに

その3では、簡易三次元動的変形解析プログラム D-PRAB を用いて地震荷重を受ける単層地盤におけるパイルド・ラフト基礎の動的線形解析を行い、その適用性を検討した。その際、杭各節点に作用させる外力を計算するために用いる地盤各層の応答変位および応答速度は FLAC3D を用いた自由地盤の線形応答解析より求めていた。そこで、FLAC3D を用いなくてもよいように D-PRAB に差分法を用いた地盤震動解析機能を追加した。

本報告では、まず D-PRAB の地盤震動解析ルーチンの確認のため、FLAC3D と D-PRAB を用いて多層自由地盤の線形応答解析を行った。次に FLAC3D と D-PRAB を用いて多層地盤におけるパイルド・ラフト基礎の動的線形解析を行い、両者の解析結果を比較することにより、多層地盤におけるパイルド・ラフト基礎への D-PRAB の適用性を検討する。

2. 自由地盤の線形応答検証解析

2.1 D-PRAB における自由地盤の応答解析手法

差分法を用いた地盤震動解析では、水平多層地盤の基礎盤に水平地震動が入力された場合における単位面積の土柱を解析モデルとしている。地盤の質量に伴う慣性力とせん断ひずみに依存したせん断力およびせん断ひずみ速度に依存した減衰力と外力の釣り合い運動方程式を差分法を用いて解くことにより、地盤各層の応答波形を求める。

2.2 解析条件

図1に解析に用いた地盤モデルおよび地盤諸元を示す。地震基礎での入力正弦波加速度を図2および式(1)に示す。

2.3 解析結果

図3に地表面(GL-0m)およびGL-20mにおけるFLAC3DとD-PRABにより計算された自由地盤での応答加速度時刻歴を示す。両者の計算による応答加速度波形はいずれの位置においても大変よい一致を示している。

3. 多層地盤におけるパイルド・ラフト基礎の動的線形比較解析

3.1 解析条件

図4に解析モデル、解析手順および杭基礎の材料諸元

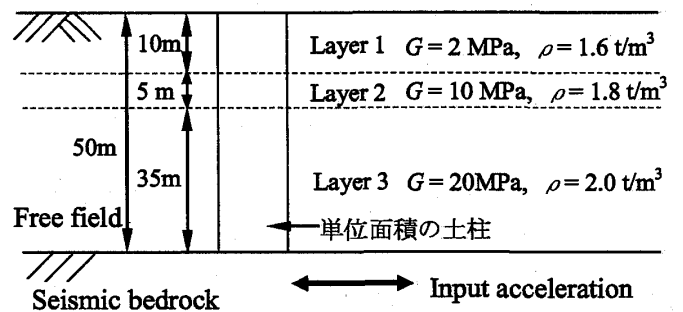


図1 解析地盤モデルおよび地盤諸元

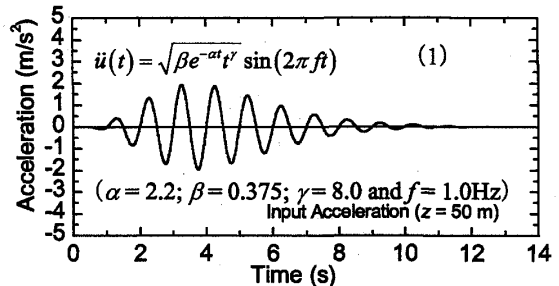
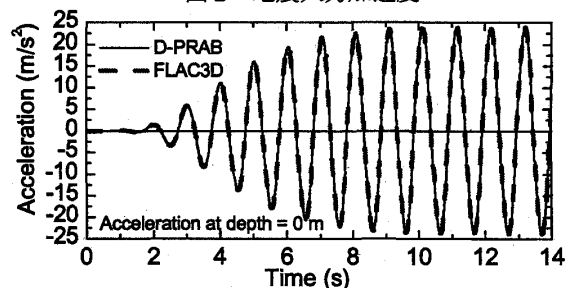
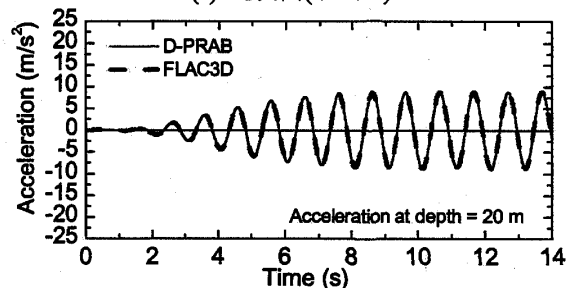


図2 地震入力加速度



(a) 地表面(GL-0m)



(b) GL-20m

図3 自由地盤の応答加速度時刻歴

を示す。地盤諸元は図1と同じとした。4本杭パイルド・ラフト基礎を解析対象とし、杭とラフト各節点に時刻歴強制外力を作用させた。時刻歴強制外力は、D-PRABによる自由地盤の線形応答解析より得られた地盤各層の応答変位および応答速度から求めた。なお、詳細な解析手法については、その3を参照されたい。

FLAC3Dによる計算では、杭を梁要素、ラフトをシェル要素でモデル化した。モデル地盤側面の境界条件は、反射波が発生しないように設定した。

3.2 解析結果および解析結果の考察

図5に杭頭での応答水平変位時刻歴を示す。D-PRABとFLAC3Dによる解析結果はよく一致している。図6に、時刻 $t = 5.535$ sにおける杭の水平変位、曲げモーメント、鉛直変位、軸力分布を示す。水平変位と多層地盤各層の境界部近傍を除く曲げモーメントについてはD-PRABとFLAC3Dによる解析結果はよく一致している。D-PRABによる鉛直変位、軸力の解析結果は、FLAC3Dの解析結果と比較して小さな値を示す。また、図6(d)からわかるように、軸力分布の形状についてもD-PRABとFLAC3Dの解析結果は異なっている。

鉛直挙動におけるD-PRABとFLAC3Dの解析結果の差は、D-PRABの解析においては、ラフト—地盤—杭、杭—地盤—杭、ラフト—地盤—ラフトの動的相互作用を考慮していないことによるものである。均一地盤の場合(その3)では、この影響があまり大きく出ていないが、本解析の地盤モデルのように表層地盤(Layer 1)のせん断剛性が、他地盤(Layers 2,3)と比較して相対的に小さい場合は、慣性力に伴う転倒モーメントによるラフトおよび杭軸力に対する動的相互作用の影響は無視できないことがわかる。

4. 結論

D-PRABに差分法を用いた自由地盤震動解析機能を追加し、計算結果の妥当性を検証した。

FLAC3DとD-PRABを用いて多層地盤におけるパイルド・ラフト基礎の動的線形解析を行い、多層地盤におけるパイルド・ラフト基礎へのD-PRABの適用性を検討した。多層地盤では、水平変位と多層地盤各層の境界部分を除く杭曲げモーメントについてはD-PRABとFLAC3Dによる解析結果はよく一致した。D-PRABによる杭鉛直変位、軸力の解析結果は、FLAC3Dの解析結果と比較して小さな値を示す。したがって、多層地盤において表層地盤のせん断剛性が他地層と比較して相対的に小さい場合においては、ラフト—地盤—杭、杭—地盤—杭、ラフト—地盤—ラフトの動的相互作用を考慮する必要がある。

参考文献 1) Kitiyodom P, 園田 隆一, 松本 樹典(2005).地震荷重を受ける杭基礎構造物の簡易動的解析(その3:パイルドラフト), 日本建築学会大会学術講演梗概集.

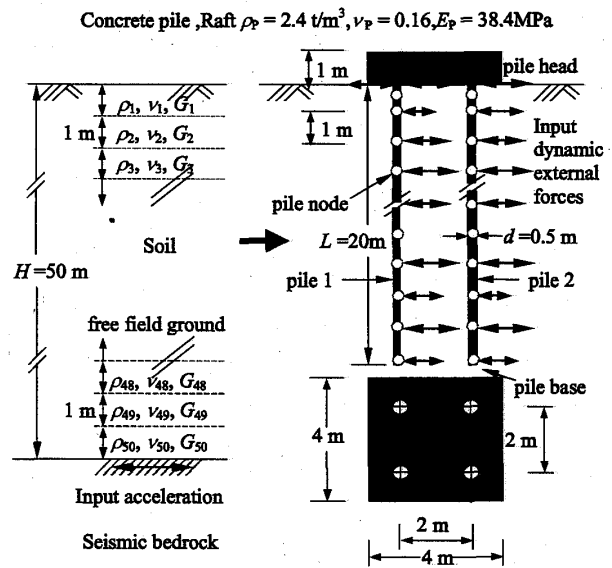


図4 解析モデル, 解析手順および杭基礎の材料諸元

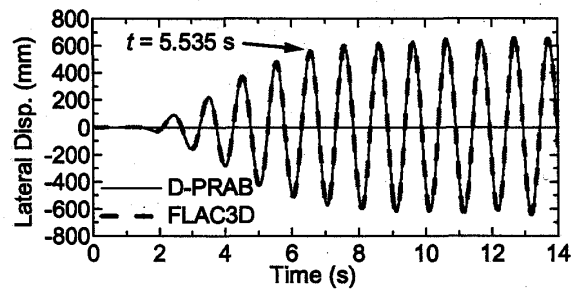


図5 応答水平変位時刻歴(杭頭 (GL=0m))

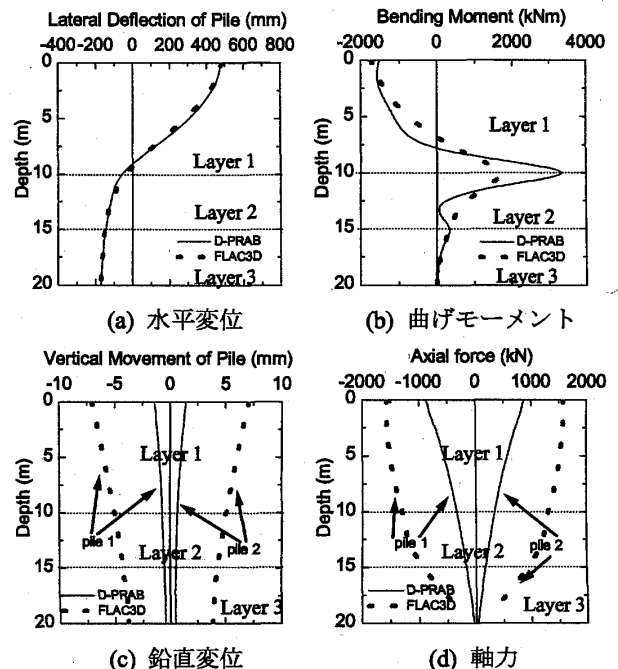


図6 $t = 5.535$ sにおける杭長さ方向の応答値

*金沢大学大学院 工修
 **金沢大学大学院 助手・工博
 ***金沢大学大学院 教授・工博

* Kanazawa University, M. Eng.
 **Research Associate, Kanazawa University, Dr. Eng.
 ***Professor, Kanazawa University, Dr. Eng.