

パイルド・ラフト基礎に関する大型模型実験
(その8: 比較実験のシミュレーション解析)

正会員○内山不二男*1 同 高濱 勉*1
同 矢島 淳二*2 同 金子 治*3
同 古賀 靖広*4 同 土屋 勉*5

パイルド・ラフト 大型模型実験 ハイブリッドモデル
シミュレーション 有限要素法

1. はじめに

設計においてパイルド・ラフト基礎を扱うためには、杭+ラフトに地盤ばねを取り付けたハイブリッドモデルが実用的である。筆者等は、今回新たに実規模の建物基礎を対象とし、設計変更や条件変更等に容易に対処可能なハイブリッドモデルによるパイルド・ラフト基礎設計用プログラムを開発した。本報では、それを用いて前報(その1,5~7)¹⁾において示した大型土槽を用いたパイルド・ラフト基礎と直接基礎の比較実験のシミュレーション解析を実施し、実験結果および3次元有限要素法(FEM)による解析との比較によりプログラムの検証を行うとともに、実務設計への適用性について検討した。

2. 解析方法

(1)ハイブリッドモデル

解析モデルは図1に示すように、ラフトをシェル要素、杭を梁要素とし、各節点に負担面積に応じた地盤ばねを取り付け、杭-杭間、杭-ラフト間、ラフト-ラフト間の相互作用をMindlin解に基づいて評価³⁾した。

シミュレーション解析は鉛直載荷時の比較実験を対象とし、解析モデルでは通り芯を250mm間隔に設けた。上載荷重は、砂質土地盤では39.2kN、粘性土地盤では26.6kNとし、通り芯上の節点に負担面積分として与えた。ラフトは1000×1000mm、厚さ220mm、 $E=2.5 \times 10^7 \text{ kN/m}^2$ 、杭はφ76.3mmの鋼管杭とし、厚さ2.8mm、長さ2500mm、 $E=2.05 \times 10^8 \text{ kN/m}^2$ である。

実用性向上の可能性(モデルの簡略化、計算時間の短

縮)を検討するため、ラフト分割数を通り芯間にて5分割=50mmピッチ(400要素)とした場合と、2分割=125mmピッチ(64要素)とした場合の2ケース(R1,R2)、さらに杭の深度方向分割数(地盤ばね配置ピッチ)を250mmピッチ=10分割とした場合と、1.0m, 1.0m, 0.5mの3分割(砂質土地盤)あるいは0.5, 1.0, 0.5, 0.5mの4分割(粘性土地盤)とした場合の2ケース(P1,P2)について比較を行った。図2に解析ケースおよび地盤定数を示す。

(2)3次元有限要素法(FEM)

FEMによる解析モデルを図3に示す。地盤は3.6m幅、深さは実験土槽と同様に砂質土地盤では5m、粘性土地盤では6mとし、側方はすべてローラー境界とした。ラフトおよび杭のモデル化は、前報(その4)²⁾と同様である。要素はすべて弾性部材とし、上載荷重は各節点に等分布荷重として与えた。

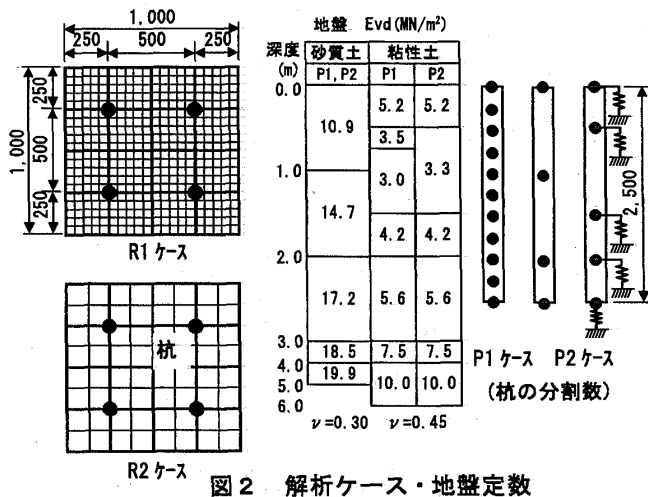


図2 解析ケース・地盤定数

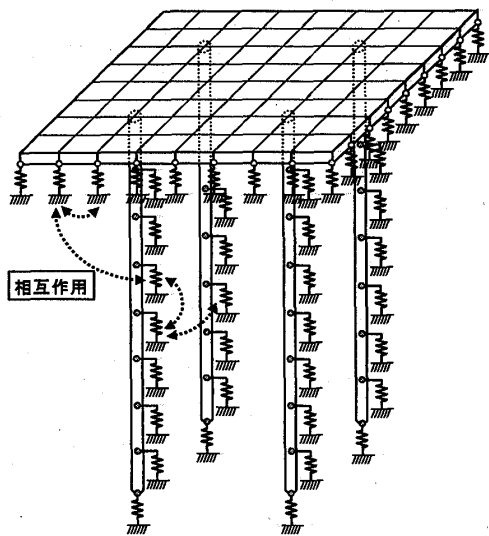


図1 ハイブリッドモデル概念図

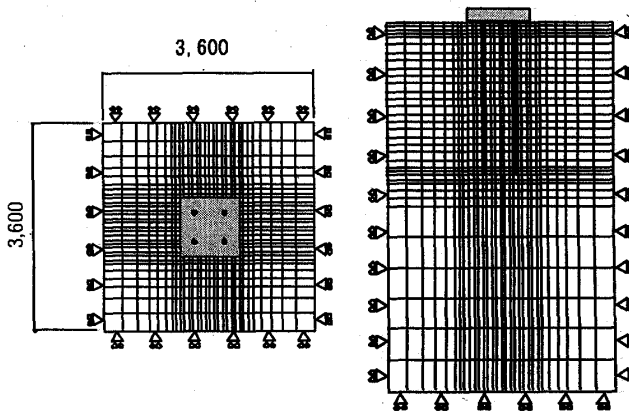


図3 FEMモデル

Large Scale Model Tests of Piled Raft Foundations (Part 8: Simulation Analysis of Comparative Loading Tests)

UCHIYAMA Fujio, TAKAHAMA Tsutomu, YAJIMA Junji, KANEKO Osamu, KOGA Yasuhiro, TSUCHIYA Tsutomu

3. 解析結果

解析結果と実験結果の比較を、荷重-沈下関係について図4に、杭の軸力分布について図5に、杭の荷重分担率について図6に示す。ハイブリッドモデルは、沈下量については実験結果およびFEMと比較してやや小さい結果であった。杭の荷重分担率については、FEMと同様に実験結果を概ねシミュレートできていた。杭の軸力分布についてはFEMと傾向が異なっていた。これは、FEMでは杭先端以深の地盤層序を詳細に考慮できるが、本報のハイブリッドモデルでは均一層に置換していること、さらにFEMは実験土槽境界を考慮しているがハイブリッドモデルでは水平方向に無限境界としていることが挙げられる。

ラフト分割数の違いによる影響および杭の深度方向分割数の違いによる影響については、沈下量による比較では差異がないことが確認できた。

以上、ハイブリッドモデルにより実験結果を概ねシミュレートできており、パイルド・ラフト基礎の設計に適用可能であることが確認した。さらに、ラフトや杭の分割数を縮減させても結果に与える影響が小さいことから、実用性の向上が可能であることを確認した。

なお、今回は相互作用をすべて考慮したハイブリッドモデルを用いたが、設計用プログラムとしての合理化のため以下の機能を付加し、今後はその適用性を検討して行く予定である。

- ・杭に取り付く地盤ばねは、載荷試験結果に基づく近傍ばねを用いて同一杭間の深度方向の相互作用効果を評価し、かつ地盤の非線形性を考慮できるようにする。
- ・地盤の層序が複雑でない場合には、集約地盤節点の概念⁴⁾を導入して相互作用を評価する。

4. まとめ

新たに開発したハイブリッドモデルによる解析プログラムを用いて比較実験のシミュレーション解析を実施し、以下を確認した。

- ・ハイブリッドモデルの解析結果は、比較実験結果やFEMと概ね対応しており、パイルド・ラフト基礎の設計に適用できることが確認できた。
- ・地盤ばねの集約=ラフトや杭の分割を適切に行うことで、精度を確保しつつ実用性の向上が可能である。

【謝辞】本実験は「鋼管杭を併用する直接基礎(パイルド・ラフト基礎)工法の設計用支持力に関する共同研究」の一部として 建築研究所と共同で実施したものである。

【参考文献】

- 1) 伊勢本他, 「パイルド・ラフト基礎に関する大型模型実験(その1), (その5-7)」, 2006年度日本建築学会大会(投稿中)
- 2) 古賀他, 「同題(その4)」, 2006年度日本建築学会大会(投稿中)
- 3) 土屋他, 「水平力を受けるパイルドラフトの変形性状および水平変位の略算法」, 第22回情報システム利用技術シンポジウム1999
- 4) 関口・土屋他, 「パイルド・ラフト解析における相互作用評価手法」, 2006年度日本建築学会大会(投稿中)

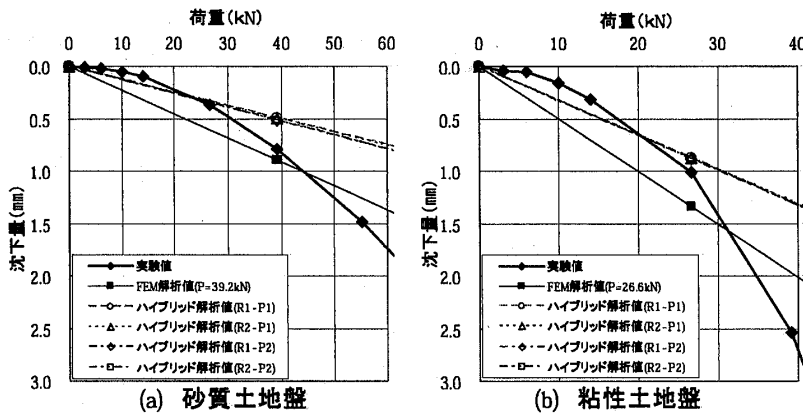


図4 荷重-沈下関係

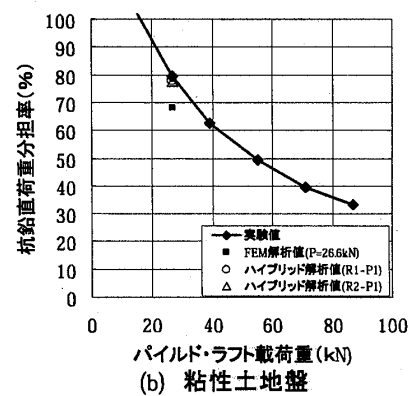
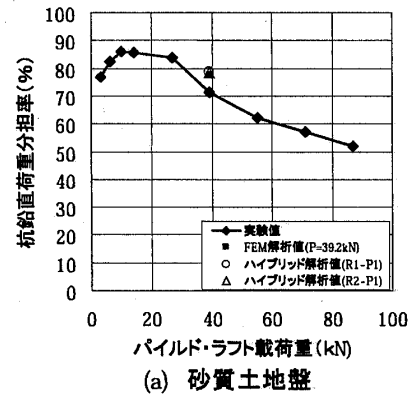


図6 杭の荷重分担率

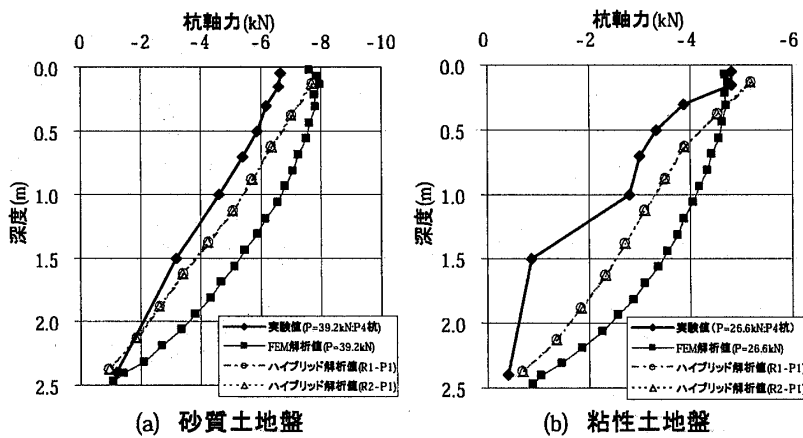


図5 杭の軸力分布

*1 構造計画研究所 *2 東急建設
*3 戸田建設 *4 飛鳥建設
*5 室蘭工業大学

*1 Kozo Keikaku Engineering Inc. *2 Tokyu Construction Co.,Ltd.
*3 Toda Corporation *4 Tobishima Corporation
*5 Muroran Institute of Technology