

Ⅲ-A417

三次元変形簡易解析プログラムによるパイルドラフト基礎の解析例

金沢大学工学部 学生員○岡田範彦
金沢大学工学部 正会員 松本樹典

1. はじめに

著者らは、模型砂地盤において、平面寸法及び杭本数を変えた模型パイル・ラフトの鉛直載荷実験を行っている¹⁾。本報告では、三次元変形簡易解析プログラム²⁾を用いて模型実験の解析を行い、小さな寸法のパイル・ラフトの実験結果に基づいて、大きな寸法のパイル・ラフトの荷重～沈下関係の予測を試みた。

2. 模型載荷実験概要

図1は、実験装置の概要である。アクリル製の容器に乾燥した豊浦標準砂を最大密度になるように敷き詰め、模型地盤とした。ラフト(フーチング)にはジュラルミン板、杭にはアルミ管を用いた(寸法、力学定数は、図1を参照)。なお、杭先端は閉端とした。ラフト上部の載荷荷重 P をロードセルで測定し、各杭の軸力、せん断力、軸ひずみゲージ及びせん断ゲージによる測定結果から算出した。ラフト上部の沈下量 w をダイヤルゲージで測定した。本実験では、杭全長を根入れした状態で地盤を作成し、ラフトが接地した状態から鉛直載荷を行った。図2に示すように、幅75mm×奥行き75mmのラフトの中心に杭を配置したパイル・ラフト基礎を1ユニットとする。ラフト基礎(1ユニット、4ユニット)、パイルドラフト基礎(1ユニット、4ユニット)の実験を行った。

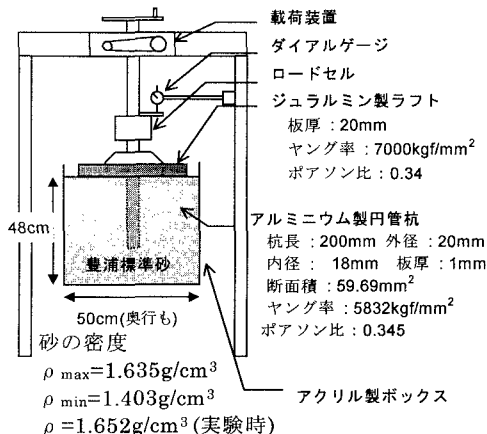


図1 実験装置概要

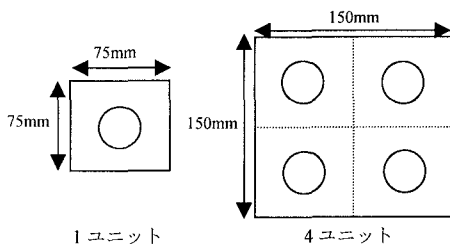


図2 模型パイルドラフト基礎の寸法

3. 解析手法及び条件

今回用いたプログラムは、ラフトを薄板要素、杭をばねの直列、地盤をラフト節点または杭節点に連結されたばねで表現したものである²⁾。図2はこのプログラムにおけるパイル・ラフト基礎をモデル化したものである。なお、このプログラムは半無限地盤を想定してばね定数の設定を行っている。

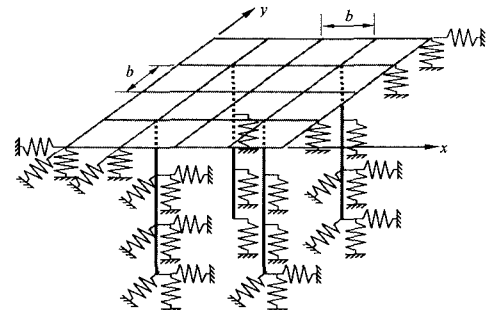


図3 模型パイル・ラフト基礎のモデル化²⁾

解析対象は、模型実験に対応させてラフト基礎(1ユニット、4ユニット)、パイルドラフト基礎(1ユニット、4ユニット)とする。また解析に用いる地盤の入力パラメータは、地盤とラフト間の摩擦係数、地盤支持応力 q_b 、杭先端抵抗 q_p 、地盤のポアソン比、地盤のヤング率、最大周面摩擦がある。地盤とラフト間の摩擦係数は0.36、地盤のポアソン比は0.2と仮定した。その他は以下に示す。

地盤支持応力 q_b は、1ユニットの平板載荷試験から得られた荷重～沈下関係(図4参照)における最大支持力 $P=110.2$ kgfを用いて、 $q_b=110.2/(7.5 \times 7.5)=1.96$ kgf/cm²と算出される。4ユニット時の地盤支持応力は、支持力係数が一定であるという観点から、地盤支持応力 q_b は B に比例するので、 $q_b=3.92$ kgf/cm²となる。

地盤のヤング率 E_s は、Whitman and Richartの近似式³⁾(地盤を半無限のものとして仮定している)により算出した。

$$w = \frac{P(1-\nu^2)}{\beta_z \sqrt{BL} \times E} \quad (1)$$

ここで、 P : 鉛直支持力 w : 沈下量

B : ラフト幅 L : ラフト奥行き

β_z は B 、 L に依存する係数であり、正方形ラフトの場合 $\beta_z=1.06$ である。1ユニットの平板載荷試験結果の線形域の荷重～沈下関係から $E_s=71.5$ kgf/cm²と算出される。

最大周面摩擦、及び杭先端抵抗は、1本杭パイルドラフト基礎(実験値)から得られた軸力分布(図6参照)より算出した。最大周面摩擦は、杭頭から杭先端部まで一様に与えるとして、 0.115 kgf/cm²となる。

杭先端抵抗は、杭先端の軸力を断面積で除することにより 17.6 kgf/cm²と算出される。本解析では、1本杭、4本杭ともに同様の最大周面摩擦を用いて解析を行った。

4. 解析結果

図4はラフト基礎(1ユニット、4ユニット)の鉛直荷重～沈下関係の解析値と実験値の比較である。図より、1ユニット、4ユニットのラフトともに最大支持力を含めて、解析結果は実験値と良く一致している。

キーワード: パイル・ラフト, 杭, 変形解析, 模型実験

連絡先: 〒920-8667 石川県金沢市小立野2-40-20 金沢大学工学部土木建設工学科 tel: 076-234-4625

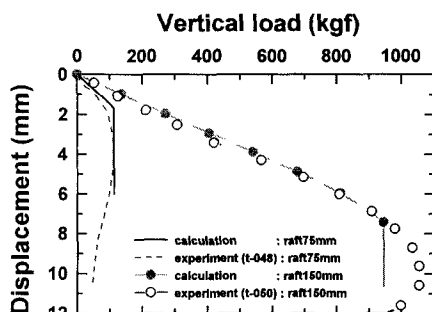


図4 ラフトの鉛直荷重～沈下関係比較

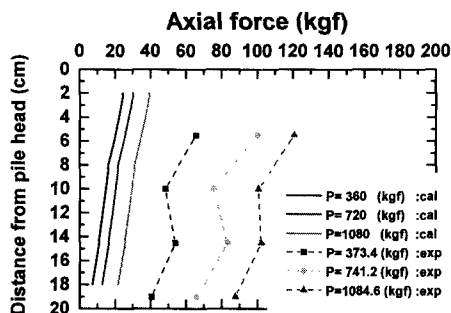


図8 4本杭パイルドラフトの軸力分布の比較

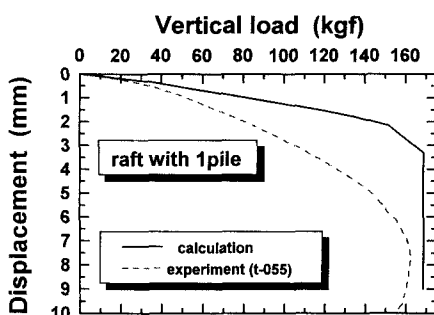


図5 1本杭パイルドラフトの鉛直荷重～沈下関係の比較

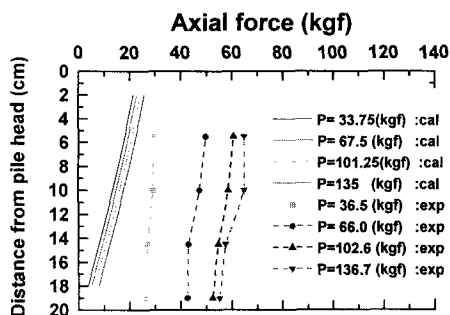


図6 1本杭パイルドラフトの軸力分布の比較

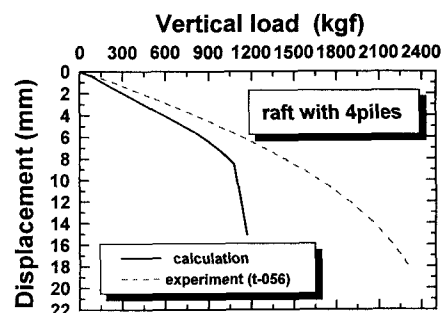


図7 4本杭パイルドラフトの鉛直荷重～沈下関係の比較

図5は、1本杭（1ユニット）パイルドラフト基礎の鉛直荷重～沈下関係の解析値と実験値を比較したものである。ごく初期の勾配及び最大支持力において、解析結果は実験値とほぼ一致している。しかし、それ以外では、沈下量に差が見られる。これは、1本杭パイルドラフトの模型実験の際に、ラフトが載荷途中で傾いてしまったために、同寸法のラフト基礎の実験結果と比べて1本杭パイルドラフト基礎の実験結果のほうが沈下量が大きくなってしまったためと考えられる。

図6は1本杭パイルドラフトの軸力分布の解析値と実験値の比較である。実験値と解析値の軸力分布の勾配はよく一致しているものの、解析値の軸力は、実験値よりもかなり小さい。今回の解析では、先端地盤のばね定数を半無限地盤を想定して設定している。この設定のまま、今回の模型実験のような、杭先端から先端地盤までの距離があまり離れていないケースの解析を行ったため、杭の先端支持力に影響が出たものと考えられる。しかし、ラフト基礎の解析結果では基礎から先端地盤までの距離が十分であったため、この影響がみられなかった。

図7、図8はそれぞれ、4本杭パイルドラフトの鉛直荷重～沈下関係、軸力分布の解析値と実験値を比較したものである。最大支持力においては、実験値と比較して約50%解析値のほうが小さいものの、解析値の最大支持力までの範囲では両者はほぼ一致している。図8では杭先端が前述のような影響を受けているため、実験値の軸力よりも解析値の軸力はかなり小さい値となっている。

5. おわりに

今回の結果から、小さいスケールの基礎から大きいスケールの基礎の荷重～沈下関係のある程度の精度で予測する可能性が見られた。ただし、今回の解析では、解析プログラムを半無限地盤を想定したばね定数の設定としており、模型実験地盤の条件との相違がある。今後は、基礎～地盤底面深度間の距離に伴う先端地盤のばね定数の設定法を考える必要がある。これらを踏まえて、研究を進めていく予定である。

参考文献

- 1) 山田, 松本, 福山(1999) : 砂地盤でのパイル・ラフト鉛直載荷試験における寸法効果, 第34回地盤工学研究発表会(投稿中)。
- 2) 松本, 山田(1998) : 薄板要素一杭ばね一地盤ばねモデルによるパイル・ラフトの鉛直変形解析プログラムの開発, 第53回土木年次学術講演会, 第3部, pp.42-43。
- 3) H.G.Poulos and E.H.Davis(1973) : ELASTIC SOLUTIONS FOR SOIL AND ROCK MECHANICS, JOHN WILEY & SONS, INC.