

Ⅲ－B21

水平载荷を受けるパイルドラフト基礎のFEM解析例

金沢大学大学院 学生会員 山田 博志
金沢大学工学部 正会員 松本 樹典

1. はじめに

本報告では、水平载荷を受けるパイルドラフト基礎の変形挙動に着目し、平面ひずみ条件FEM解析を実施した。

2. 解析条件

本解析では、ラフト寸法を幅7.5m×奥行き8.5mとし、杭の配列が2×2本の格子配列のパイルドラフト基礎を解析対象とした。平面ひずみ条件解析を実施するために、図1のように2本の杭を奥行き8.5mの平板に置き換えた。ラフトと杭の材料はコンクリートを想定している。表1に解析に用いたパラメータをまとめた。地盤のヤング率はラフトの1/100とした。また、杭を平板に置き換えているため、杭2本と1枚の平板の曲げ剛性が一致するように、平板のヤング率を低減した。

図2は、本解析で用いた地盤とパイルドラフトの有限要素メッシュ図である。地盤深さは68m、地盤幅は97.5mである。地盤は均一弾性体と仮定し、側面および底面の変位条件は完全固定とした。ラフト底面および杭周面にはジョイント要素が配してあり、ラフト底面の摩擦係数 μ は0.5と仮定した。また、杭側面の摩擦係数 μ は0、初期水平応力は45kPaである。杭周面摩擦 f_s を50kPaと仮定した（粘着成分のみを有すると仮定した）。解析では、この f_s に杭と平板杭の表面積比を乗じた値を平板杭の周面摩擦とした。

本報告では、ラフト基礎および4本杭パイルドラフト基礎の解析を行った。なお、図3以降の荷重には全て奥行き8.5mを乗じてある。

$$\left[\begin{array}{l} \text{周面摩擦の換算} \\ f_s = 50 \times \frac{628}{170} = 18.5 \text{ kPa} \end{array} \right]$$

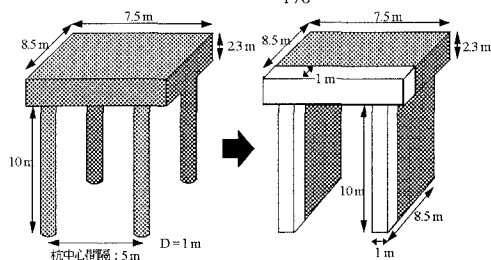
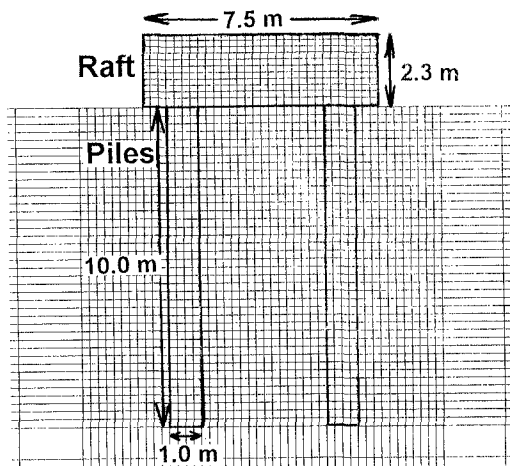


図1 解析対象の形状

表1 ラフト、杭および地盤のパラメータ

	ラフト	平板杭	地盤
ヤング率, E (MPa)	22000	3049	220
ポアソン比, ν	0.20	0.20	0.15
周面摩擦, f_s (kPa)	---	18.5	---

図2 地盤とパイルドラフトの有限要素メッシュ
(基礎周辺拡大図)

3. 解析結果

図3は、ラフト基礎に鉛直荷重15.9MNを与えた後に水平方向に载荷した時の水平抵抗力～水平変位関係である。7.5mのラフト幅に対して、わずか25mmの変位量で水平抵抗力はピークに達している。

図4は、鉛直・水平载荷時のラフト上面の変位量分布を表している。鉛直载荷時のパイルドラフト基礎の沈下量はラフト基礎よりも3割程度低減されている。なお、鉛直载荷時のラフト底面の鉛直荷重分担率は約30%である。また、水平载荷時のラフトの不同沈下もパイルドラフト基礎ではかなり抑制される。

図5は、杭水平抵抗力（杭頭せん断力）～水平変位関係である。水平変位に対して、前方杭の水平抵抗力は増加し続けている。しかし、後方杭はある程度増加すると変化しなくなる。後方杭の背面と地盤が剥離が生じた事がこの要因の一つである。

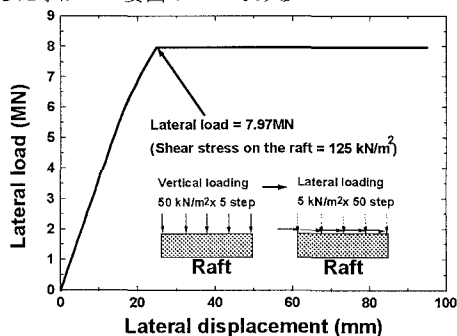


図3 ラフト基礎の水平抵抗力～水平変位関係

キーワード：パイルドラフト・水平荷重・杭・べた基礎・有限要素法

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 fax:076-234-4632

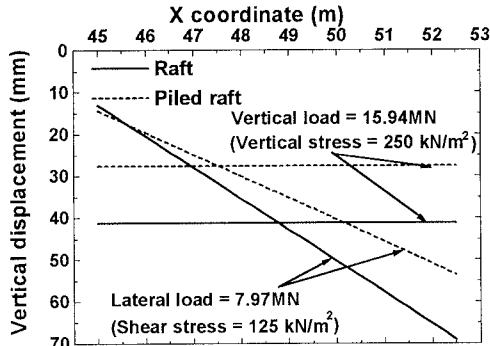


図4 鉛直・水平载荷時のラフト上面の変位量分布

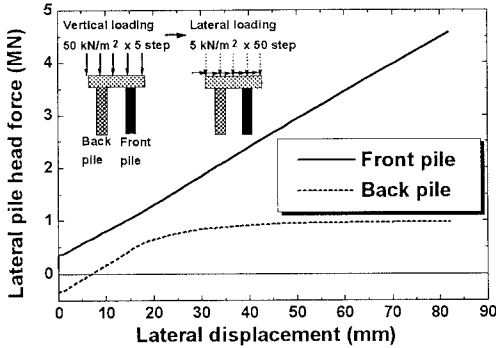


図5 杭水平抵抗力～水平変位関係

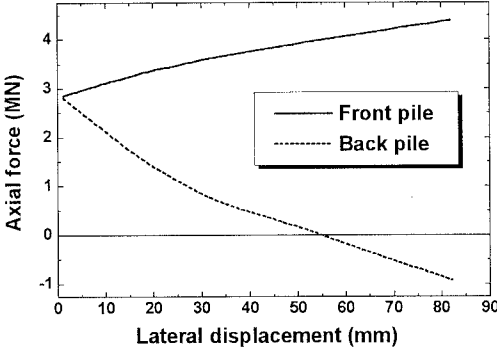


図6 杭頭軸力～水平変位関係

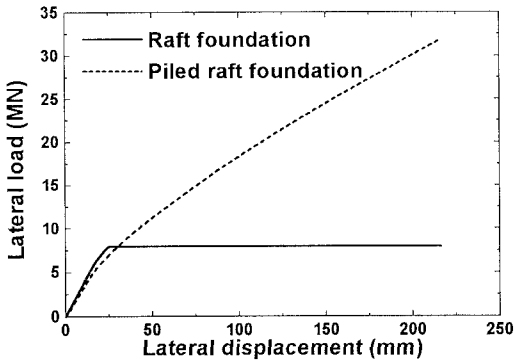


図7 ラフト基礎およびパイルドラフト基礎の水平抵抗力～水平変位関係

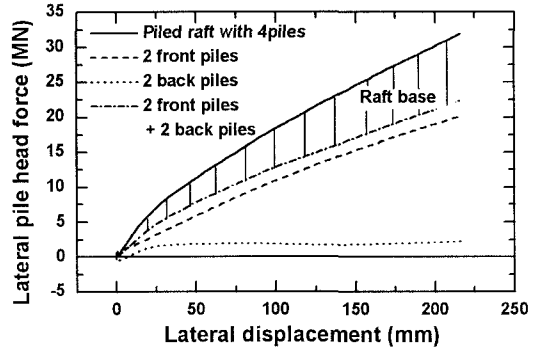


図8 パイルドラフト基礎・前方杭および後方杭の水平抵抗力～水平変位関係

図6は、杭頭軸力～水平変位関係である。水平変位が増加するにつれて、前方杭の軸力が増加し、後方杭の軸力は減少していく。また、水平変位量が55mm以降で、後方杭の軸力は負の値となった。このことから、前方杭には押込み力、後方杭には引抜き力が生じる事がわかる。

図7は、ラフト基礎およびパイルドラフト基礎の水平抵抗力～水平変位関係である。水平変位が初期の段階では、両者の挙動に差はほとんど見られない。しかし、水平変位が増加すると、ラフト基礎の抵抗力が頭打ちになるのに対し、パイルドラフト基礎の抵抗力は増加しつづける結果が得られた。

図8は、パイルドラフト基礎・前方杭および後方杭の水平抵抗力～水平変位関係である。ハッチしている部分は、パイルドラフト基礎の水平抵抗力から4本の杭の水平抵抗力の和を差し引いたもの、つまり、ラフト底面で受持つ水平抵抗力である。水平変位量に関わらず、ラフト底面摩擦で基礎全体の水平抵抗力の約30%を分担している。

4. 結論

今回のFEM解析から以下のような知見が得られた。

- 1) パイルドラフト基礎は鉛直载荷に伴うラフトの変位抑制効果大きい。また、水平载荷時の不同沈下抑制も見られる。
- 2) 後方杭よりも前方杭に大きな軸力および水平抵抗力が発生する。
- 3) パイルドラフト基礎は、水平载荷により杭が破壊したとしても、ラフト底面における水平摩擦抵抗力が期待出来る。

今回の計算結果の傾向は、模型水平载荷実験¹⁾の傾向とも良く合致している。しかし、今回はあくまで平面ひずみ条件解析であり、杭間の地盤のすり抜け等、地盤の破壊は考慮していない。今後、3次元解析を試みる予定である。

参考文献

- 1) 北口、松本、山田(1998)：パイルドラフト基礎の水平抵抗力の発生機構に関する基礎的実験、第33回地盤工学研究発表会（投稿中）。