

上部構造物を考慮したパイルド・ラフトの簡易三次元変形解析

正会員 ○Kitiyodom Pastsakorn*
正会員 松本 樹典**パイルド・ラフト 変形解析 上部構造
相互作用 三次元 杭

1. はじめに

従来の設計では、上部構造物の設計と下部（杭基礎）構造物の設計は、実際的には、分離して行われている場合が多い。下部構造物の設計では、上部構造物から伝達する荷重だけを考慮する方法が一般である。しかし、実際両者（上部構造と下部構造）の剛性は、お互いの変形挙動に影響し合うため、別々に設計するのではなく上下部構造物一体設計を行うことが好ましい。

上部構造物も考慮できる静的荷重を受けるパイルド・ラフト基礎の解析ツールとして簡易三次元変形解析プログラムPRABが開発された¹⁾²⁾³⁾。本報では、PRABを用いた比較解析により、設計に上部構造物を考慮することの重要性を示す。

2. 解析手法

簡易解析プログラム PRAB は、鉛直・水平およびモーメント荷重を受けるパイルド・ラフトの変形および荷重分担を計算することが可能である。図1はPRABにおけるパイルド・ラフト基礎のモデル化の概要を示したものである。ラフトは薄板要素、杭は梁要素、地盤はラフト節点あるいは杭節点に連結された3本のばねで表現する。相互作用はMindlinの解に基づいて求められる。解析手法の詳細については、Kitiyodom & Matsumoto (2002, 2003)を参照されたい。PRABでは、弾・完全塑性を含む非線形地盤ばねを用いることで、ラフト底面地盤の支持力破壊、ラフト底面のすべり現象、ラフト底面と地盤表面の剥離、杭先端地盤の破壊、杭周面のすべり現象も考慮できる。

また、Kitiyodomら(2007)では、上部構造物を考慮できるようにプログラムを拡張した。上部構造物を梁要素でモデル化する。上部構造物—パイルド・ラフトの全体の变形および荷重分担は次式を解くことによって求める。

$$[C + K_r + K_p + K_s]\{w\} = \{F\}, [C] = [A]^{-1} \quad (1)$$

ここで、 $[K_r]$ と $[K_p]$ と $[K_s]$ は、ラフトと杭と上部構造物の剛性マトリクスである。 $\{w\}$ は上下部構造の変位ベクトルである。 $[C]$ は $[A]$ の逆行列であり、 $[A]$ の対角要素は地盤ばね、 $[A]$ の非対角要素は相互作用係数である。 $\{F\}$ は外力ベクトルである。

3. 解析条件

本報では、図2のようなコンクリート製上部構造物—パイルド・ラフト基礎一体構造物を解析対象とした。辺長14 m、厚さ1 mの正方形ラフトに直径0.5 m、長さ10 mの杭を6本配置した。また、上部構造物は辺長0.5 mの正方形断面の柱と梁で成り立つ長さ10 m、幅4 m、高さ3 mの建物である。材料定数はコンクリートのヤング率を $E_c =$

38.4 GN/m²、ポアソン比を $\nu_c = 0.16$ とした。地盤のヤング率 $E_s = 56.9$ MN/m²、ポアソン比を $\nu_s = 0.3$ と仮定した。

解析では、上部構造物を考慮した一体解析1ケースと上部構造物をモデル化していない場合の解析3ケースを実施した。上部構造物を考慮した場合の解析(CASE 1)において、隅角部の柱の上端には100 kN、中間部の柱の上端には200 kNの水平力を1ステップで載荷した。一方、上部構造物をモデル化していない場合の解析では、上部構造物から伝達する荷重を直下の杭頭に載荷した。上部から伝達する荷重を水平荷重のみでモデル化するCASE 2と荷重点の高さの影響を考慮して水平荷重とモーメント荷重でモデル化するCASE 3で解析を実施した。CASE 4では、上部構造のみの解析で得られた柱の下端部の反力を杭頭に作用する外力として下部のみの解析を実施した。

また、本解析では杭周面のすべり破壊、ラフト底面のすべり破壊、および、地表面との剥離を考慮しない弾性計算である。

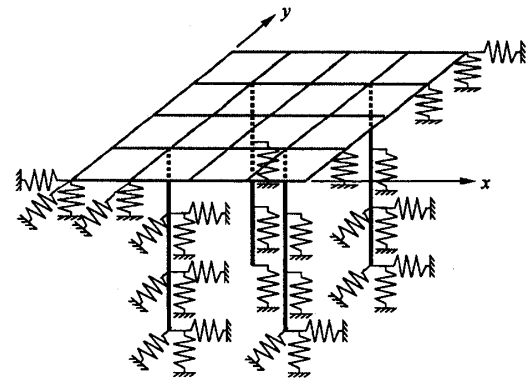


図1 パイルド・ラフトの解析モデル

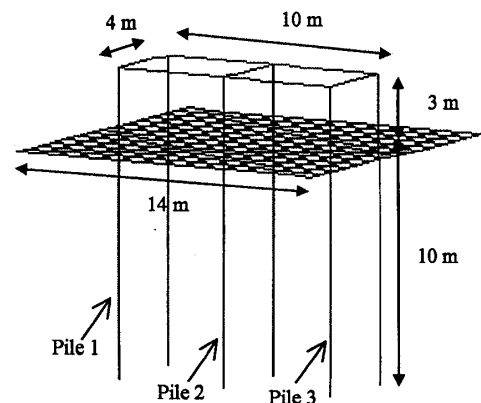


図2 解析対象

3. 解析結果

図3は水平力を受ける上部構造物—パイルド・ラフト—体構造物 (CASE 1) の変形図を示す。図で示す変形量は計算結果を1000倍して表示している。水平荷重しか受けていないにもかかわらず上部工およびラフトのロックングモーシヨンが生じていることが分かる。

図4, 5は, それぞれ杭の鉛直変位, 軸力分布を示す。上部構造物および荷重点の高さの影響を考慮していないCASE 2の計算結果は他のケースの結果を過小評価する。

図6~8と図9~11は, 隅角部の杭と中間部の杭の水平変位, せん断力, 曲げモーメント分布を示す。杭の水平変位に関しては, いずれのケースにおいても, 同様な結果が得られる。上部構造物および荷重点の影響を考慮していないCASE 2の計算結果は杭頭付近でせん断力および曲げモーメントを過大評価する。荷重点の高さの影響を考慮したCASE 3の計算結果は杭頭付近でせん断力お

よび曲げモーメントを過小評価する。CASE 4の計算結果は, 下部構造物の挙動に関しては, 上下部一体解析であるCASE 1と同様な結果が得られる。

参考文献

- 1) Kitiyodom P & Matsumoto T (2002). A simplified method for piled raft and pile group foundations with batter piles. *Int. Jour. for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics*, 26, 1349-1369.
- 2) Kitiyodom P & Matsumoto T (2003). A simplified analysis method for piled raft foundations in non-homogeneous soils. *Int. Jour. for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics*, 27, 85-109.
- 3) Kitiyodom P, 松本 樹典, 泉 周作 (2007). 上部構造物—パイルド・ラフト基礎—一体解析プログラムの開発, 第42回地盤工学研究発表会講演集 (投稿中).

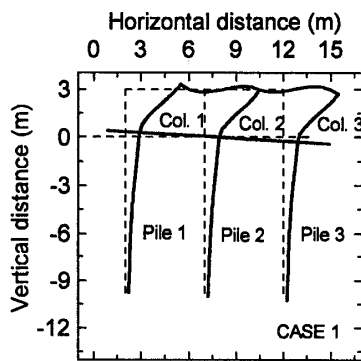


図3 上下部一体構造の変形図

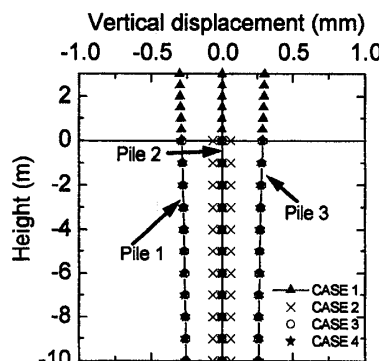


図4 杭の鉛直変位の比較

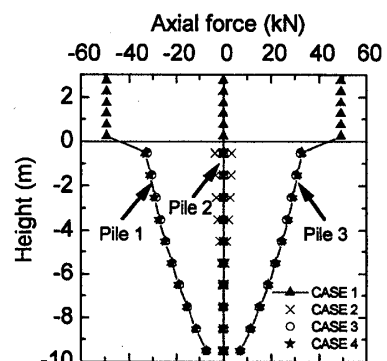


図5 杭の軸力の比較

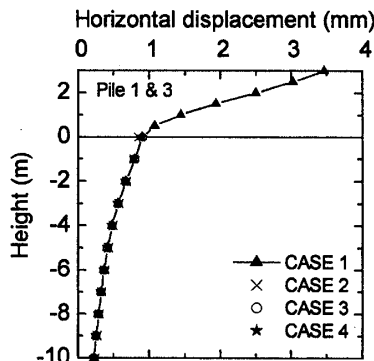


図6 隅角部の杭の水平変位

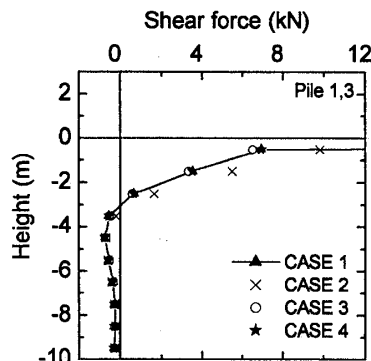


図7 隅角部の杭のせん断力

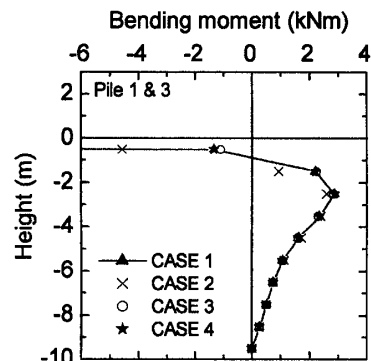


図8 隅角部の杭の曲げモーメント

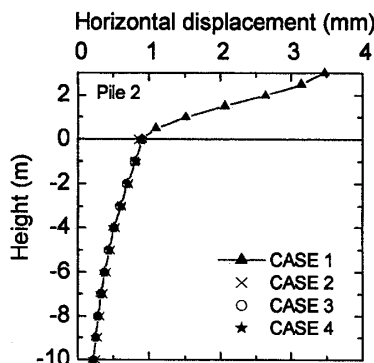


図9 中間部の杭の水平変位

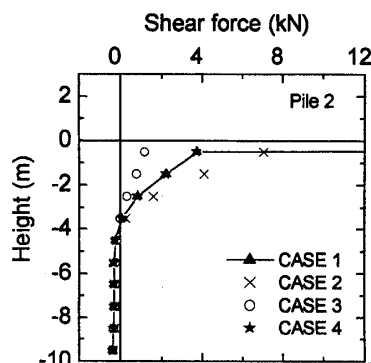


図10 中間部の杭のせん断力

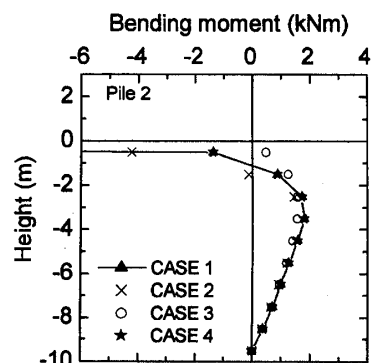


図11 中間部の杭の曲げモーメント

*金沢大学大学院 助教・工博
**金沢大学大学院 教授・工博

* Assistant Professor, Kanazawa University, Dr. Eng.
** Professor, Kanazawa University, Dr. Eng.