

中間支持層上の複合基礎の荷重分担

その2：数値解析

(株)大林組 正会員 ○永禮 大 永井 秀樹
鈴木 直子 佐原 守

1. はじめに

基礎版下面と地盤を確実に密着させる意図で、杭と基礎版の両方に荷重分担を期待する基礎には、摩擦杭が採用される場合が多い。建築基礎構造設計指針では、このような基礎形式をパイルド・ラフト基礎と定義し、摩擦杭を採用とした場合の考え方が提示されている。

本論文では、N値30程度の中間支持層上に杭先端を設置した杭と直接基礎を併用した基礎形式を扱い、本論文では、以降この基礎を“複合基礎”と呼ぶ。まず、鉛直方向の荷重分担について、基礎幅10m、鉛直荷重200kN/m²の実構造物を対象モデルとした解析的検討を行った。ついで、水平方向の荷重分担について、前報(その1)において示した複合基礎(杭頭接合基礎、杭頭非接合基礎、スカート付基礎)の遠心実験結果と、解析結果を比較・検討した。

2. 鉛直方向の荷重分担

複合基礎の鉛直方向の荷重分担率について、表-1の条件で地盤～構造物の3次元全応力解析を行った。地盤と杭の間にインターフェイス要素を設け、摩擦応力度の最大値を設定した(図-1, 図-3)。地盤の非線形性には、図2に示すG~γ曲線の関係を組み入れた。

表-1 解析条件(ケース)

	基礎幅(m)	杭本数(本)	杭長(m)	総重量(kN/m)	重心高さ(m)
直接基礎		0	-	200	2.0
杭基礎	10.0	4	14.0		
複合基礎		2	14.0		

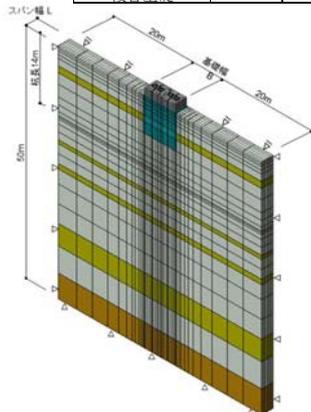


図-1 全体解析モデル

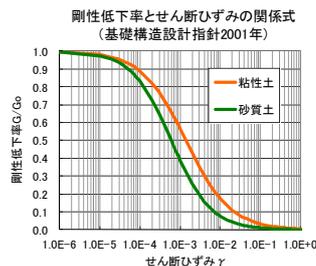


図-2 地盤構成則

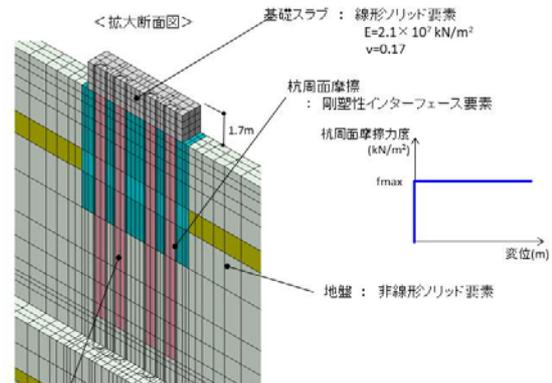
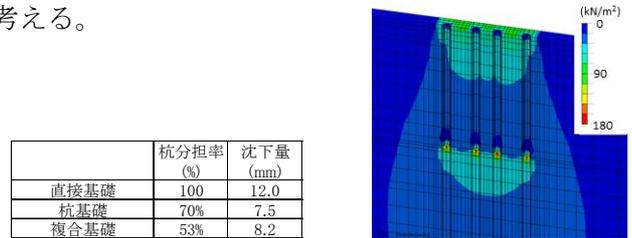


図-3 解析モデルの詳細

解析結果を図-4に示す。鉛直方向の荷重分担率は、杭基礎として設計された4本杭の場合に杭：基礎版下面で7：3であり、杭先端を中間支持層上に支持させていても、基礎版下面で一定荷重を分担していることが分かった。通常の杭基礎として設計されたケースでは、全体沈下量が7.5mmであり、複合基礎として設計されたケースでは、8.2mmとなった。杭本数が半分になったとしても沈下量は、0.7mm程度しか変わらない。これは、杭本数を減らしても、杭全体の周面摩擦力が鉛直荷重を上回っている為、沈下量の増加が小さく抑制されたものと考えられる。一方、周面摩擦力を鉛直荷重が上回った場合も、杭先端に支持力が期待できる為、緩やかな荷重～沈下曲線に留まり、急激な杭頭沈下の増加には至らないものとする。



	杭分担率(%)	沈下量(mm)
直接基礎	100	12.0
杭基礎	70%	7.5
複合基礎	53%	8.2

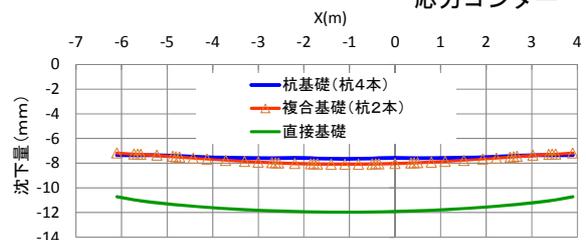


図-4 解析結果(鉛直方向)

キーワード プラント施設, 複合基礎, FEM解析, 液状化

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南2-15-2 品川インターシティB棟 TEL 03-5769-1307 FAX 03-5769-1972

3. 水平方向の荷重分担

遠心実験を実施した3ケース(ケース①:一般的な杭頭接合基礎, ケース②:杭と基礎版を接合しない杭頭非接合基礎, ケース③:基礎版周囲にキッカーを追加したスカート付き杭頭非接合基礎)に対して, 水平方向の荷重分担率について解析的検討を行った。鉛直方向の荷重分担率は, 遠心実験の載荷実験の初期の荷重分担率から, 大凡同様の分担率を再現するために, 杭先端付近の地盤剛性を調整した。その後, 静的水平荷重を漸増させた解析を実施した(最大荷重: 4,500kN=建物荷重 22,500kN×0.2)。

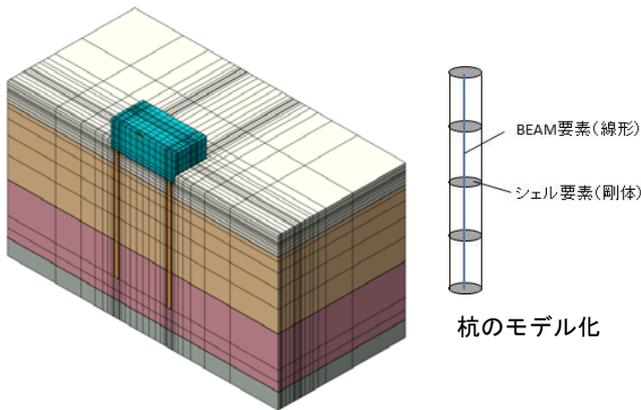


図-5 解析モデル

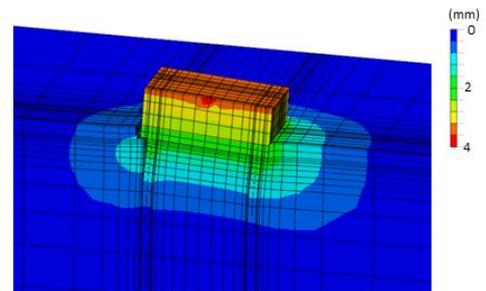
図-5に示すように, 地盤を非線形ソリッド要素としてモデル化し, 水平方向の地盤の非線形性も, 鉛直方向と同様に図-2に示すG~ γ 曲線とした。杭を梁要素, シェル要素およびソリッド要素を組合せたハイブリッドモデルとした。基礎版は等価な曲げ剛性の弾性ソリッド要素とし, 土嚢を線形ソリッド要素とした。杭周面摩擦, 基礎版底面および基礎版外周には, 剛塑性のインターフェイス要素を設け, 基礎版底面の摩擦係数を0.6とした。

解析結果を図-6に示す。杭の水平荷重分担率は, 杭頭接合基礎(ケース①)において20%程度であり, 杭頭非接合(ケース②, ③)において3%以下となった。杭頭非接合の場合に, 杭はほとんど水平せん断力を負担しない解析結果を得た。

ケース①については, 水平方向の地盤の非線形性に, G~ γ 曲線による剛性低下を見込むことで, 地盤の液状化が発生する前の応答震度 $k_H=0.07$ までは, 水平方向の荷重分担が解析結果と遠心実験結果と概ね一致した。ケース②, ③については, 水平方向の荷重分担の解析結果が, 遠心実験結果よりも小さい

値を示した。解析結果の中に, 土嚢による表層地盤の拘束効果が反映されていない事が, 一因と考えられる。

地盤の液状化発生後は, ケース①において, 遠心実験では, 全せん断力はあまり増加しないものの, 杭の荷重分担率が急激に大きくなり, 解析結果とは大きく異なる実験結果を得ている。ケース②および③においても同様の傾向である。



変形コンター

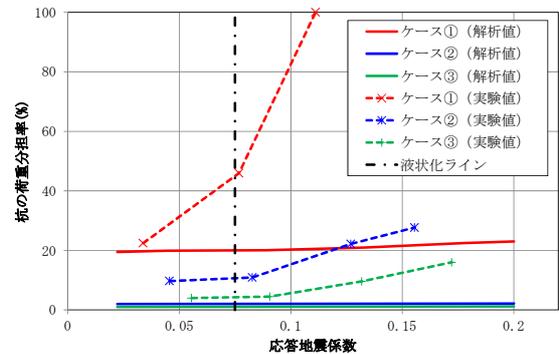


図-6 解析結果(水平方向)

4. まとめ

3次元全応力解析を用いて, 地盤および杭の相互作用を適切にモデル化し, 複合基礎の様々なケースについて鉛直ならびに水平方向の荷重分担率を求めることができた。水平方向の荷重分担率については, 解析結果と実験結果を比較することで, 水平方向(せん断方向)の非線形性の検証を行うことができた。

5. 今後の課題

今後, 液状化後の地盤と杭との相互作用を評価し, 杭および構造物の変形を適切に再現可能な動的有効応力解析の実施を予定している。

杭頭非接合基礎では土嚢を併用している。土嚢の設置により, 基礎版下面の表層地盤の水平移動を拘束する効果を期待している。今後, 遠心実験結果で把握した拘束効果を反映可能な数値解析手法の開発を予定している。