

応答変位法における群杭の地盤抵抗に関する検討

(財) 鉄道総合技術研究所 正会員 畠中 仁
同上 室野剛隆、棚村史郎

1. はじめに

著者らは、これまで模型杭（単杭/群杭）を用いた地盤変位载荷試験を行い¹⁾、地盤変位が作用する場合の地盤抵抗について検討を行ってきた。本論文では地盤変位が作用する場合の地盤抵抗について、単杭に引き続き²⁾群杭の場合について検討を行った。

2. 载荷試験から得られた p - y 関係

2.1 杭頭载荷試験から得られた p - y 関係

载荷試験の詳細は文献 1) に詳しい。また曲げモーメント～たわみは文献 2) と同様の方法により算出した。

杭頭载荷により得られた杭 1 の $p(z) \sim y$ 関係を図 1 に示す。単杭の杭頭载荷試験²⁾と同様に $p(z) \sim y$ 関係は非線形化により双曲線状の特性を有し、深さとともに地盤反力係数およびその上限値が大きくなっている。

2.2 地盤载荷試験から得られた p - y 関係

地盤変位载荷の場合は地盤変位量の算定精度が問題となるが、実験で計測した地盤変位は精度が高くなかった。そこで、地盤変位を以下の 2 つの既知点を通る余弦分布として仮定した。まず土槽下端の地盤変位はゼロである。また、地盤反力 $p(z)$ がゼロとなる点で杭と地盤の相対変位がゼロであるから地盤変位=杭のたわみ値となる。この 2 点での地盤変位量が既知量と考え、次式で地盤変位分布を求めた。

$$\delta(z) = a_g \cdot \cos(\pi z / 2H) \quad (1)$$

ここに、 H は深さ、 a_g は地表面変位である。図-2 は地盤変位载荷の場合の $p(z) \sim y$ 関係である。なお、 y は杭と地盤の相対変位量である。地盤変位の算定結果の精度に依存して、 $p(z) \sim y$ 関係が乱れている部分もあるが、定性的には杭頭载荷の場合と同じ特徴が見られる。しかし、定量的には地盤変位が作用したときの方が地盤抵抗が低減される傾向になっている。単杭地盤载荷試験結果にも同様の傾向が見られた。

3. シミュレーション解析

骨組みモデルを用いて静的解析を行った。

3.1 杭頭载荷モデル

杭頭载荷モデルに用いた地盤ばね定数 (δ_y, K_0) は図 1 の $p \sim y$ 関係を双曲線モデルでフッティングすることにより算定した。双曲線フィットの結果を図 3 に示すがよくフィットできている。群杭の地盤抵抗の分担率を考慮して水平地盤反力の上限値を杭 2=0.9×杭 1、杭 3=0.7×杭 1 とする。これら地盤ばねを用いシミュレーションした結果を図 3 に示す。曲げモーメント、せん断力、地盤反力、杭のたわみとも良好に実験値を再現できた。

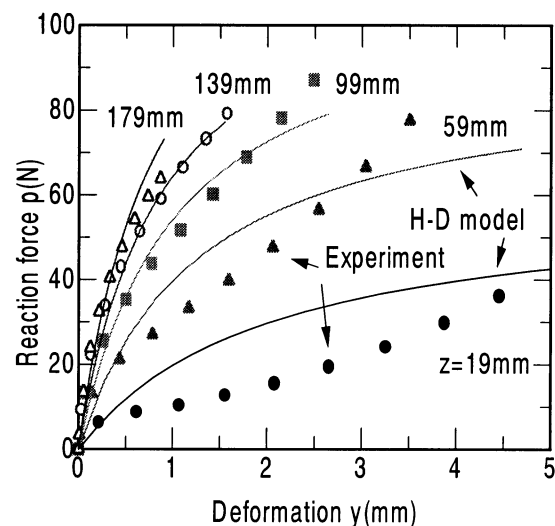


図 1 杭頭载荷試験の $p \sim y$ 関係

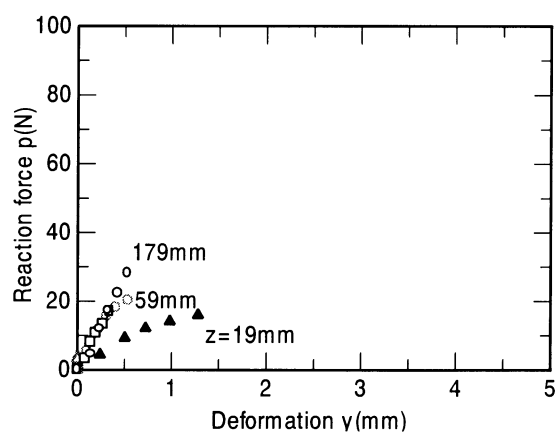
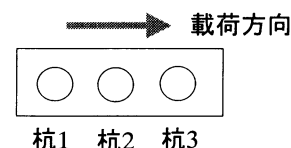


図 2 地盤载荷試験の $p \sim y$ 関係



3.2 地盤載荷モデル

地盤載荷モデルのシミュレーションは以下の2ケースについて行った。

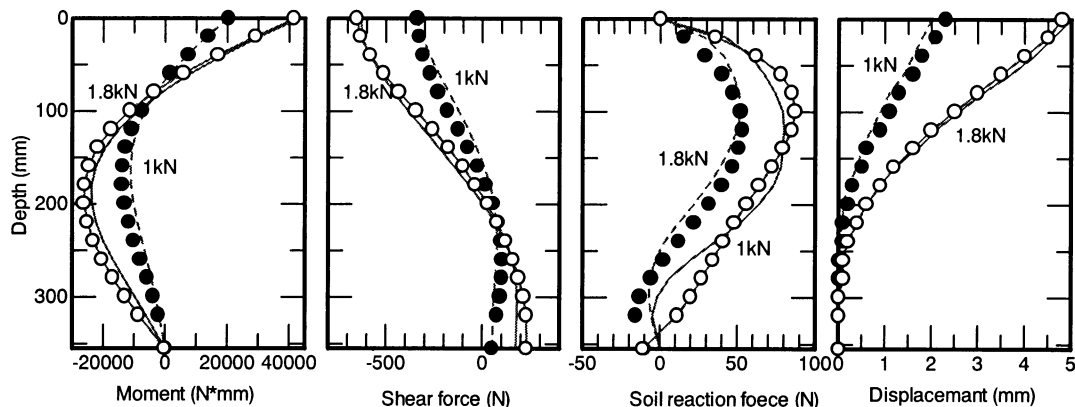


図3 杭頭載荷試験の解析結果（杭1）

case1	- 地盤載荷実験から算出した各杭の $p \sim y$ 関係から地盤ばね定数は次のように設定した。初期剛性 K_0 については杭頭載荷の場合の0.5倍とした。また群杭の地盤抵抗の分担率を考慮して地盤抵抗の上限値を杭1=1.0×、杭2=0.5×、杭3=0.4×とした。 - 載荷する地盤変位は杭1については2.2節で仮定した杭1の地盤変位を用いる。杭2、3については杭1の地盤変位をそれぞれ0.98倍、0.96倍したものを用いた。これは今回の実験で地盤全体は一樣に変形しておらず、せん断棒頂部の変位に対して杭位置付近の地盤変位は約80%に低下していることから杭間隔による地盤変形の距離低減を行ったものである。
case2	- 地盤ばね定数はcase1と同じとする。 - 載荷する地盤変位はcase1で用いた各杭の地盤変形に対して杭1×1.0、杭2×0.8、杭3×0.8により設定した。

シミュレーション結果を図4に示す。Case1は定量的にも定性的にも実験値と合致しないがcase2は比較的良好に再現できている。このことは、群杭の場合地盤反力が各杭に一樣に作用しない可能性があることを示唆している。なお、地盤抵抗の上限値についてパラメトリックに検討を行ったが、計算値に大きな違いが見られなかった。その結果については紙面の都合上割愛する。

4. おわりに

地盤変位が作用する場合には、地盤と杭との相互作用力に加えて、地盤自体のせん断ひずみの発生による非線形化により、杭頭載荷の場合の地盤抵抗よりも低減される可能性があることを明らかにした。今後は、地盤変形の測定精度の向上、 K_0 の設定方法、および、動実験による検証などが必要である。

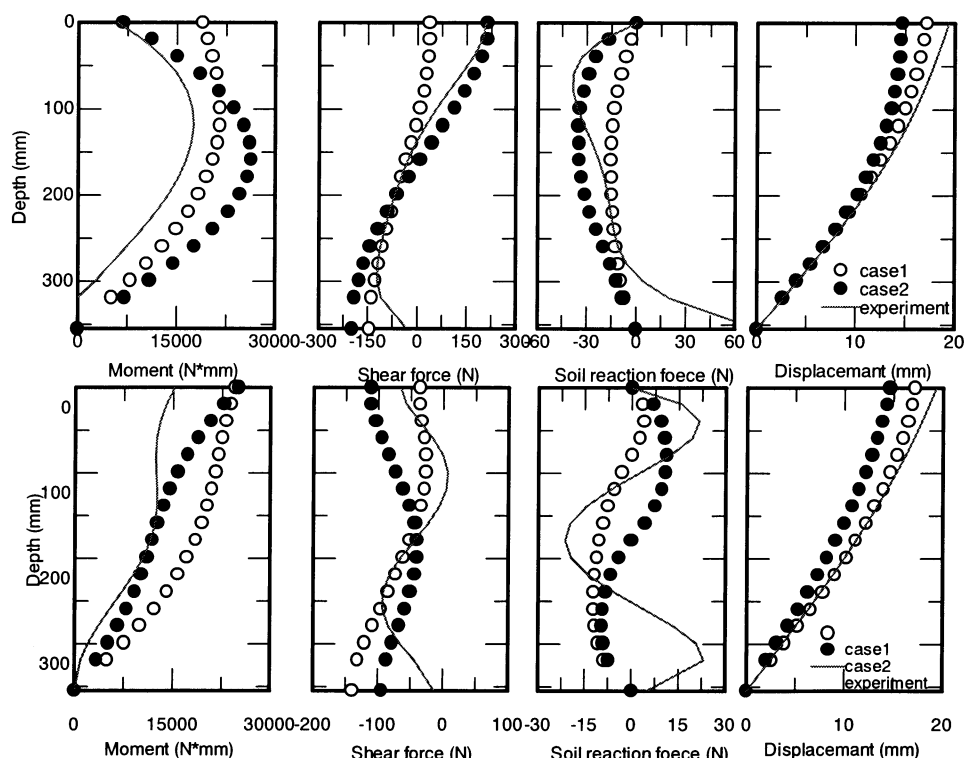


図4 地盤載荷試験の解析結果（上：杭1、下：杭3）

参考文献：1) (財) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準同解説－耐震設計－，2) 棚村，室野他：地盤変位を考慮した杭の載荷実験(その1)～(その3)，第55回土木学会年次学術講演会 CD-ROM，2000.9。