

III-411

杭基礎の大変形時の設計法に関する研究（その2）

首都高速道路公団 正会員 山崎 達朗
 首都高速道路公団 正会員 飯古 道則
 (株)建設技術研究所 正会員 五瀬 伸吾

1. はじめに

杭基礎が大変形時にどのような挙動を示すかを定量的に把握するために筆者らは、実規模に相当する群杭基礎（ $\phi 318$ の9本の鋼管杭）を設置し、1 G（G：重力の加速度）相当以上の水平荷重を載荷し、一連の研究を行っている。^{1) 2) 3)} その結果、微小変形時には各杭はフーチングからの水平力を等しく受け持っているが、変形が進むに従って前列の杭に大きな水平力が作用することがわかった。この過程を再現するためラーメンモデルを用いた弾塑性解析を行った結果について報告する。

2. 荷重と変位の関係

図1は荷重と変位の関係をシミュレートしたもので、縦軸は載荷水平荷重、横軸は杭頭水平変位である。水平荷重200tfは自重相当の鉛直荷重が200tfであることから1 Gに相当する。降伏荷重は153tf付近である。図中の α_p は、地盤の受働土圧係数に乘じる係数で、土圧の3次元的影響を考慮したものである。 α_k は、単杭に関する水平地盤反力係数に乘じる係数で、水平地盤反力係数は道路橋示方書下部構造編で与えられる式を用いた。この時の前列、中列、後列の水平地盤反力係数は等しいとし、各列の受働土圧の大きさの比を1:0.63:0.36とした。

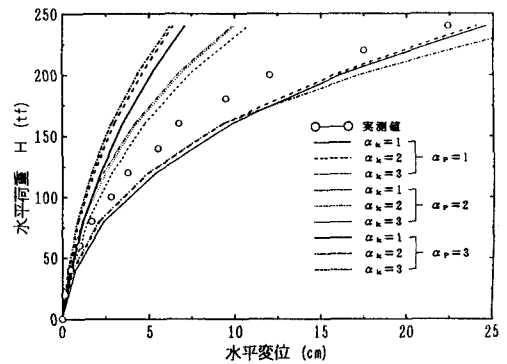
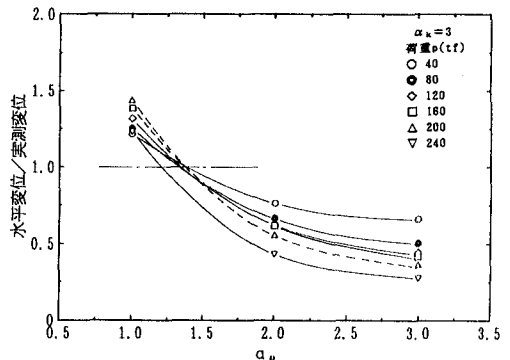


図1 荷重と変位との関係

この比は降伏荷重にはほぼ相当する水平荷重160tf時の杭頭せん断力の比である。なお鉛直方向のばね定数 K_v は単杭の鉛直載荷試験における降伏時の $K_v = 20500 \text{ tf/m}$ になるように杭体の断面積を換算した。図からラーメンによる弾塑性解析を用いた場合、水平変位推定上は水平地盤反力係数の感度が非常に小さく、受働土圧係数の影響が α_p の小さいところで大きいことが判る。さらに実測値を最も近似するのは α_p が1～2の範囲であることが推測される。

図2は、実測の荷重と変位との関係を最も近似する α_p 、 α_k を求めるためにプロットしたものである。縦軸は、計算水平変位を実測変位で除した値、横軸には α_p を取り、 $\alpha_k = 3$ である。これから水平荷重が1 G相当（200tf）までの範囲では、 $\alpha_p = 1.36$ の場合に計算値と実測値がほぼ1:1に対応することがわかる。

図2 水平変位の近似度と α_p との関係

3. 地盤の塑性域と曲げモーメント

図3は水平荷重の増大に伴う塑性域の変化の計算値を示したものである。前列杭、中列杭、後列杭の順に塑性深さが深く、荷重の増大に伴って塑性域が

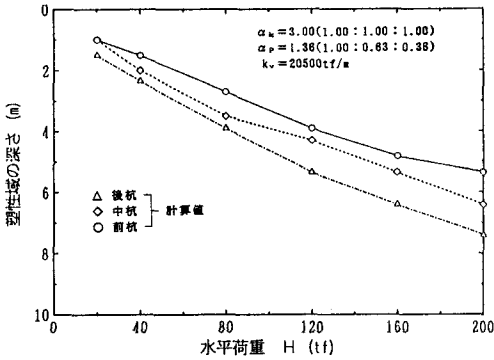


図3 水平荷重の増加による塑性域の変化

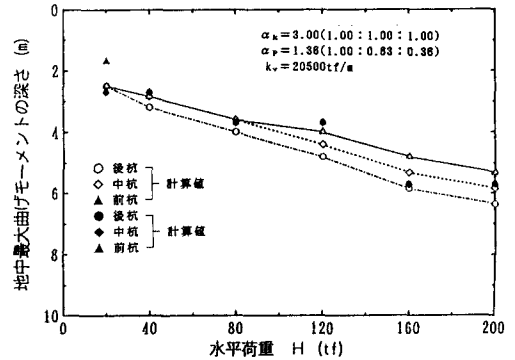


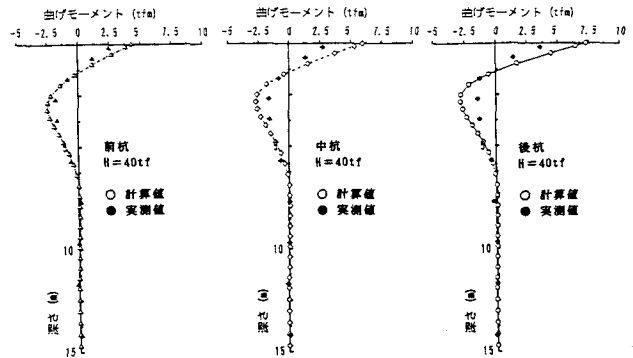
図4 水平荷重の増加による地中最大曲げモーメントの変化

順次発達していく傾向がわかる。

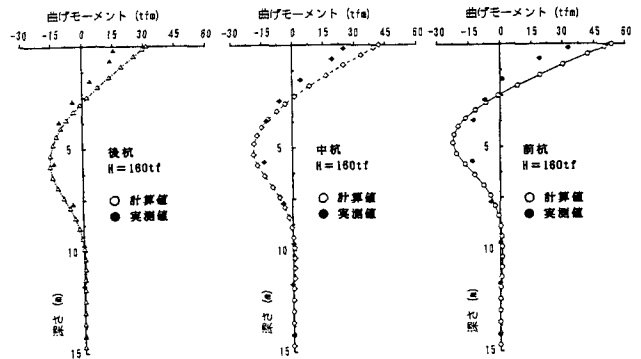
一方、図4は地中部の最大曲げモーメント深さと水平荷重との関係で塑性深さと同様な傾向が認められる。同図には最大曲げモーメントの実測値も示している。これから次のことが指摘できる。

- ①平均的な地中部最大曲げモーメントの深さはラーメンによる弾塑性解析によりほぼシミュレートできる。
- ②実測の地中部最大曲げモーメントの位置は各列共通である。
- ③計算上の塑性深さと地中部最大曲げモーメントの発生深さはほぼ対応する。これは Bromsの、地盤の塑性域=最大曲げモーメントの発生位置、という仮定を裏付けていることにもなる。

図5は、荷重40tf(0.2G相当)と160tf(降伏荷重付近で0.8G相当)の場合の杭体の曲げモーメントについて実測値と計算値の比を示したものである。これから微小変形時から大変形時まで同じような程度で、計算値は実測値を安全側によく推定していることがわかる。



(a) H=40tf (0.2G相当)



(b) H=160tf (0.8G相当)

図5 曲げモーメント分布の計算値と実測値との比較

4. おわりに

大変形時の群杭の挙動についてラーメン計算を用いた弾塑性解析によっておおよそシミュレートすることができた。今後はこれに杭間隔や杭列数などの影響を加味し、より普遍性をもたせる研究を進めていくつもりである。

【参考文献】

- 1) 小笠原, 飯古, 五瀬, 川口: 杭基礎の耐力に関する研究, 土木学会構造工学論文集, Vol. 37A, 1991. 3
- 2) 飯古, 関: 杭基礎の大変形時の設計法に関する研究, 土木学会年次学術講演会, 1991. 9
- 3) 関, 五瀬, 飯古: 杭の水平抵抗に関する実用的弾塑性法の提案, 第27回土質工学研究発表会発表予定