

（財）大阪土質試験所 正会員 平山 英喜

1. まえがき

杭の沈下のメカニズムを考慮した上で、せん断応力－せん断ひずみ（ $\tau-\gamma$ ）および杭先端応力－杭先端沈下量（ $q-z$ ）関係を双曲線モデルで仮定し、ミンドリン解を利用して単・群杭の非線形沈下解析を行う方法を提案した¹⁾²⁾。本稿は、この方法により、実際の単・群杭の載荷試験を解析した例について報告する。

2. 解析法の概要

ミンドリン解を利用する弾性理論法（簡易化 BEM）による杭の沈下解析法、特に荷重レベルの増大とともに土の挙動の非線形性に起因して生じる周辺地盤の誘導不均質性を考慮する方法については、単杭¹⁾および群杭²⁾の場合について、既に報告した。その要旨は、ミンドリン解が半無限等方均質体における弾性解であるために、双曲線型応力－ひずみモデルを用いた近似解析解で、ある荷重レベルにおける周辺地盤の平均剛性を求め、それを用いて増分法で非線形解析を行うものである。

本稿における群杭載荷試験は、後述するように正方形配列の9本群杭で杭頭を剛結したものであ

るが、文献2)で述べた一般の群杭に対する近似的解析法によるので、実質的に平均的挙動を示す等荷重条件での外周中央の杭（mid-side pile）に対して解析する³⁾。

3. 載荷試験とインプット定数

解析の対象とした載荷試験の概要を表-1に、解析の基本インプット定数⁷⁾を表-2に、まと

表-2 基本インプット定数

初期弾性係数	$E_i=1500 \cdot c_u$ ⁸⁾
極限摩擦抵抗	$\tau_{ult}=0.5 \cdot c_u$
極限先端抵抗	$q_{ult}=9 \cdot c_u$ ¹⁾
ポアソン比	$\nu=0.5$ ⁵⁾
単杭周辺の 仮想影響半径	$R=m \cdot r_0=3 \cdot (d/2)$ (すなわち $R_{fs}=0.5$)
基盤層	GL-18m, $E=30,000$ [kgf/cm ²]
杭の E_p	$E_{steel}=2.1 \times 10^6$ [kgf/cm ²] を、中空部を考慮して $E_p=2.84 \times 10^5$ [kgf/cm ²] に低減

表-3 粘土地盤中の打込み杭に対する
周面摩擦抵抗の既往の提案⁶⁾

	$\tau_{ult}=\alpha \cdot c_u$
API	$\alpha=1.0$ ($c_u \leq 25$ [kPa] = 0.255 [kgf/cm ²]) $\alpha=0.5$ ($c_u \geq 70$ [kPa] = 0.714 [kgf/cm ²]) 上記の間では線形変化
Semple & Rigden	$\alpha=1.0$ ($c_u \leq 35$ [kPa] = 0.357 [kgf/cm ²]) $\alpha=0.5$ ($c_u \geq 80$ [kPa] = 0.816 [kgf/cm ²]) 上記の間では線形変化、 $L/d > 50$ に適用

表-1 載荷試験のまとめ⁴⁾⁵⁾

杭種	◎先端閉塞鋼管杭 ◎根入れ深さ： $L=13$ m ◎外径： $d=273$ mm, 肉厚 $=9.3$ mm
本数	◎単杭：2本 ◎群杭： $3 \times 3=9$ 本, 杭中心間隔： $s=3d$
設置法	◎打込み ◎3mまでは、打設を正確にするため $\phi 200$ mmのプレボーリング
地盤	◎飽和過圧密粘土地盤 ◎ c_u [kgf/cm ²] $=0.54+0.074 \cdot z$ (深度 z は [m] 単位) ⁶⁾

めて示す。表-2の τ_{ult} は、表-3にまとめた粘土地盤中の打込み杭に対する周面摩擦抵抗の既往の提案を参考に、3mまでのプレボーリングを考慮して、全体に $\alpha=0.5$ とした。

4. 解析結果

表-2に示した基本インプット定数による解析結果を図-1に示す。この図から分かるように、計算結果は群杭効果(群杭の相互作用により同じ平均荷重のもとで単杭よりも沈下量が増加する現象)も含めて、実測値⁵⁾⁹⁾とかなり良い対応を示している。

さらに、 $E_i=2000 \cdot c_u$ とし、極限先端荷重 $q_{ult} \cdot A$ を実測値⁵⁾による単杭(18.2[tf])と群杭(15.0[tf])の平均値16.6[tf]から逆算して $q_{ult}=18.9 \cdot c_u$ とした、修正インプット定数による計算結果を図-2に示す。この図から極限荷重は少し大き目である(すなわち、実測値からはプレボーリングした上部層で小さく、平均値は $\alpha=0.47$ で $\alpha=0.5$ による周面摩擦抵抗は少し大き目である⁵⁾)、計算値と実測値はほとんど一致することが分かる。

参考文献

- 1) 平山・山下(1990): "単杭の沈下解析における荷重伝達法と簡易化境界要素法の比較", 第25回土質工学研究発表会
- 2) 平山(1990): "土の非線形特性を考慮した群杭沈下解析法", 同上
- 3) Randolph, M. F. (1985): "Settlement of pile groups", Lecture 4 in Modern Methods in the Design of Pile Foundations, Univ. of Sydney, School of Civ. & Min. Eng.
- 4) O'Neill, M. W. et al. (1982): "Installation of pile group in overconsolidated clay", Proc. ASCE, Vol. 108, No. GT11, pp. 1369-1386
- 5) O'Neill, M. W. et al. (1982): "Load transfer mechanisms in piles and pile groups", Proc. ASCE, Vol. 108, No. GT12, pp. 1605-1623
- 6) Poulos, H. G. (1989): "Pile behaviour -theory and application", Geotech., Vol. 39, No. 3, pp. 365-415

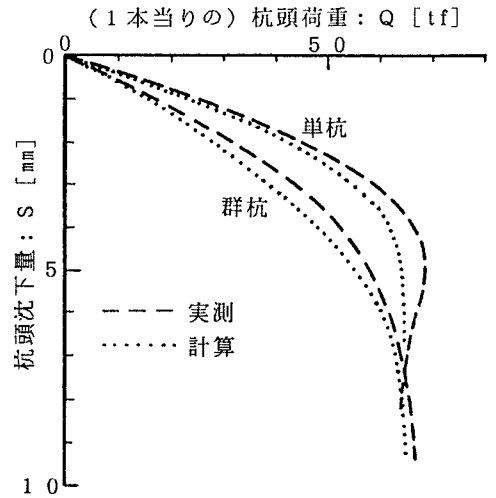


図-1 基本インプット定数による解析結果
(表-2 参照)

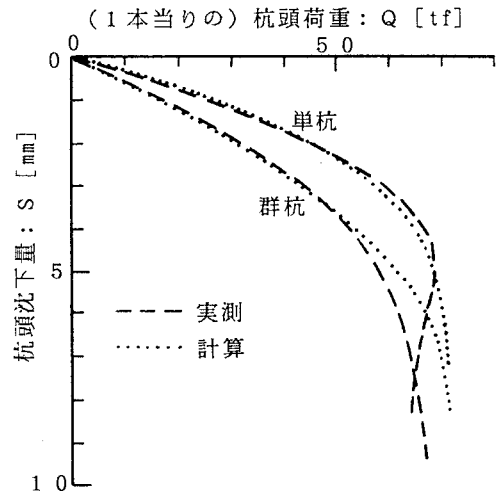


図-2 修正インプット定数による解析結果
($E_i=2000 \cdot c_u$, $q_{ult}=18.9 \cdot c_u$)

- 7) 平山(1990): "杭の沈下解析法と構成式", 土と基礎, Vol. 38, No. 7
- 8) 平山・上紺屋(1990): "杭の沈下解析に用いる地盤の力学定数推定法", 第25回土質工学研究発表会
- 9) Chow, Y. K. (1986): "Analysis of vertically loaded pile groups", Int. J. Num. & Ana. Methods in Geomech., Vol. 10, pp. 59-72