

不動建設(株) 正〇三 子朗弘,

京大防災研 正 柴田 徹又, 日建設計(株) 正村 上秀平

要旨 群杭の室内模型実験を行い、杭頭水平荷重と変位量の関係、荷重分担率および群杭の水平抵抗の軽減率について考察した。また土の非線形性を考慮した3次元有限要素法を用いて、模型実験に対応する解析を行い、実験結果との比較検討をした。解析解は実験値のすべてを説明できるとは限らないが、この報告でとり上げた範囲の特性については、ほぼ満足すべき結果を得た。

1. 実験方法 実験は、砂土槽内に埋込まれた模型の単杭や群杭の頭部に、水平変位を与える方式である。すなわち杭頭の拘束条件はヒンジとし、杭頭変位量は自動的に 0.1 mm/min の速度で、剛な鋼板を介して各杭に伝達される。模型杭はアクリル樹脂系の円柱棒で、直径 3.0 cm 、杭長 38.0 cm 、弾性係数 $3.44 \times 10^4\text{ kg/cm}^2$ (数回の曲げ試験により求めた平均値)である。杭の根入れ長 28.5 cm (杭径の9.5倍)、杭頭の地表部の高さ 9.5 cm 、杭間隔はすべて 7.5 cm (杭径の2.5倍)とした。模型地盤は、径 45 cm の円筒セル内に乾燥した豊浦砂を投入し、単位体積重量が 1.49 g/cm^3 (間隙比 0.78)となるように、3層に分けて突固めて作製した。その際に杭は所定の位置にセットされた状態となっている。杭の空中部分にはひずみゲージを貼り、曲げひずみ量を測定して杭に発生するせん断力を求め、それをもとにして各杭の荷重分担率を算出した。実験を行った群杭の構成を図-1に示す。図中の P は載荷した水平荷重を、 P_i ($i=1\sim 6$)は各杭が分担する水平荷重の大きさを表わしている。

2. 有限要素解析 土の非線形な応力ひずみ関係を、双曲線近似して定式化したDuncan-Changの関係をベースとして、3次元有限要素解析を行った。解析は単杭と3本直列杭とについて行い、模型実験の条件に対応させるため、モデル地盤として $45.0 \times 45.0 \times 31.0\text{ cm}$ の直方体を要素分割した。杭要素は、模型杭と等価な曲げ剛性を有する $3.0 \times 3.0 \times 38.0\text{ cm}$ の四角柱に置換し、ポアソン比は 0.45 とした。また各杭頭部は、両端ピンの梁材で連結した。

これまでに種々の3次元要素が開発されてきたが、それらは多くの要素における曲げ特性に妥当性を欠く事が指摘される。従って本解析では、曲げ特性を改良するためにE.L.Wilson²⁾によって修正された8節稜六面体要素を用いた。この改良は、変形の適合条件をおかす原因となる余分の自由度を要素内に導入することになるが、結果としては優れた曲げ特性を有する要素となる。修正された8節稜六面体要素の位置は、全体座標系と局部座標系によって定義され、これら2つの座標系の関係は、補間関数を介して与えられることになる。なお計算に必要な合計9個の土質定数は、豊浦砂を用いた三軸圧縮試験より決定した。

3. 実験結果と解析 群杭1本当りの水平荷重 P/n (ただし n は杭本数)と杭頭変位量の関係が、単杭の結果とともに図-2に示されている。この図によると、従来のいわれているように、同一本数の直列杭と並列杭と比較した場合、同じ変位量に対する水平抵抗は並列杭の方が大きい。また並列杭と直列杭のそれぞれについてみると、杭本数の増加に伴って1本当りの水平抵抗は小さくなる傾向がある。そしてその傾向は、直列杭よりも並列杭の顕著である。

図-3(a)は3本直列杭に対する荷重分担率 P_i/P (P_i については図-1参照)と水平荷重 P との関係を示すが、これによると実測値に対して計算結果はほぼ妥当な分担率を与えている。また3本直列杭以外の群杭の実

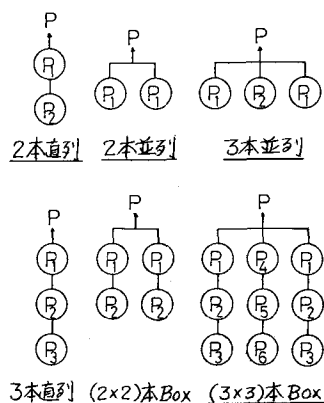


図-1 模型群杭の種類

験結果(図-3(b))も合わせて共通にいえるのは、水平荷重が増加しても各杭の荷重分担率にあまり変化がないことである。

図-4は、水平抵抗の軽減率と杭頭変位量との関係を示している。この軽減率は同一変位量に対するもので、

(群杭の水平抵抗)/(単杭の水平抵抗)×(群杭の本数)
として求めた。図において、杭頭変位量が増えると軽減率は僅かに減るようであるが大差はない。一方図中の計算値はオーダーとしては実測値に合っているが、右下りの傾向が強調され置えているように見える。図-5は単杭に水平荷重(9kg)が作用したときの杭と地盤の変形状態を、計算結果より部分的に示し出して描いたものである。要素分割の粗いので細かい議論はできないが、杭前面地盤の圧縮と盛り、側方への流動状況がみられる。

参考文献: 1) Duncan, J.M. and Chang, C.Y.; Jour. S.M.F.E., ASCE, Vol. 96, No.

SM5, 1970.

2) Wilson, E.L., Taylor, R.L., Doherty, W.P. and Ghaboussi, J.; Proc. Office of Naval Res. Sympo., Univ. Illinois, 1971.

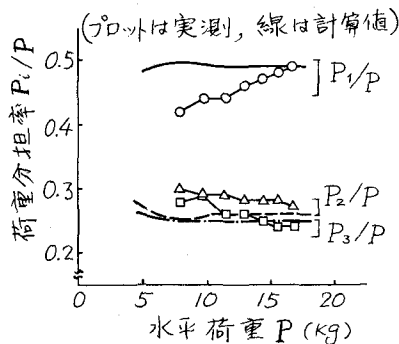


図-3(a) 荷重分担率~水平荷重関係
(3本直列杭の場合)

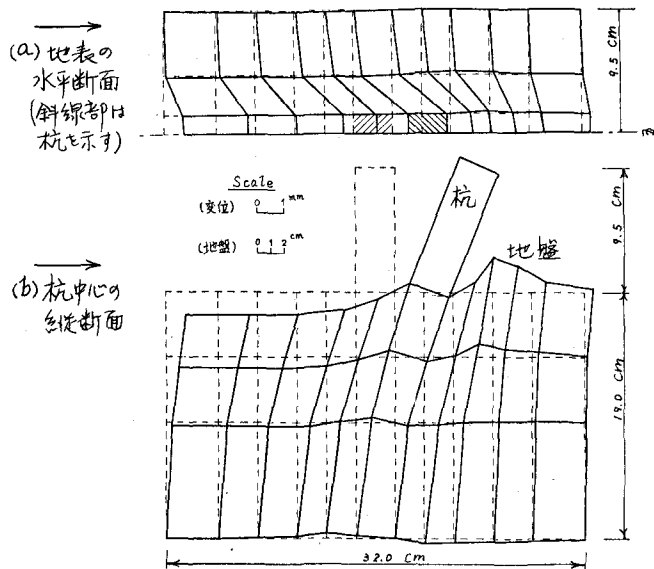


図-5 単杭と地盤の変形計算例(杭周辺の一部分をピックアップ)

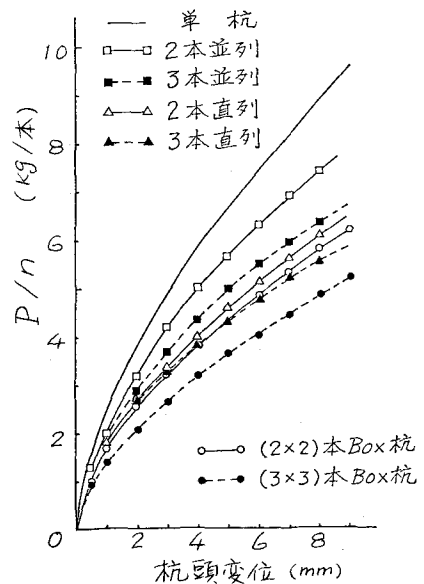


図-2 (水平荷重P)/(杭本数n)と杭頭変位の関係

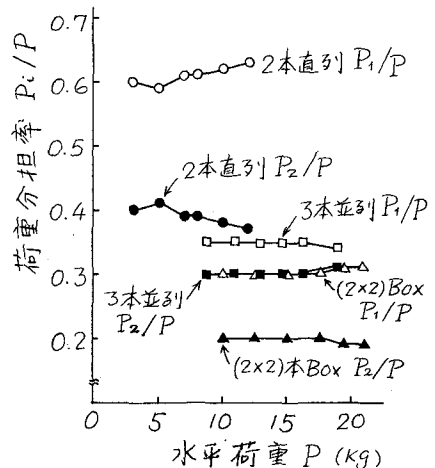


図-3(b) 荷重分担率~水平荷重関係

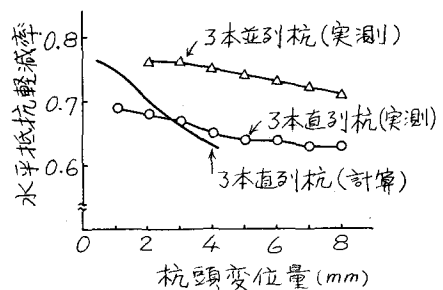


図-4 抵抗軽減率~杭頭変位の関係