

軟弱粘土中の摩擦群杭の支持力

九州産業大学工学部 正員○松尾 雄 治

1. はじめに 構造物の基礎杭は一般に単杭での使用は少なく群杭型式とする場合が多い。群杭の支持力は設置された杭と杭との相互干渉作用の程度によって異なり、それは群杭の杭間隔や根入れ深さ等の構成条件に影響される。群杭の支持力を算定する方法としては、群杭の低減係数を考えるConverse-Labarre式や杭と杭間の土を一つのブロック体基礎と仮定するTerzaghi式等が提案されているが、実規模載荷実験が容易でない現状もあり算定値と実測値との検証データが少なく、未解明の点も多いと言われる。本報は模型摩擦群杭を対象に群杭の構成条件を変えた載荷実験を行い、群杭の支持力特性について検討したものである。

2. 実験概要 実験地盤は有明粘土の含水比を約120%(>液性限界)に調整し、土槽(48×47×40cm)の深さ30cmまで単位体積重量($\gamma_t=1.3\text{gf/cm}^3$)が等しい状態に詰めた。地盤作成直後に所定本数の木杭(直径 $d=0.5\text{cm}$)を土槽対角線と平行に差込み設置した。群杭の構成条件は杭中心間隔(x)=4, 3, 2, 1cm、根入れ深さ(D_f)=5, 10, 15cm、杭本数=16~169($4^2\sim13^2$ 本の正方形配置)とした。実験した基礎のタイプは群杭頭部(地表面)に床版(アクリル板、厚さ0.5cm)を設置した群杭床版と杭を地表面より5cm突出させた自立群杭である。載荷試験は杭設置後3日以上養生をして、1mm/minの速度(非排水条件)で杭を貫入させた。地盤の強度は試験後にベーンせん断試験により粘着力(C_u)を確認した。

3. 実験結果と考察 今回は群杭床版と自立群杭ともに基礎幅(B)は12.5cmで、群杭の構成条件である杭間隔(杭本数)と根入れ深さの影響について検討した。載荷試験の結果より代表的な荷重~沈下曲線を図-1(自立群杭)、図-2(群杭床版)に示す。地盤強度のばらつきによる実験誤差を消去する意味で、

縦軸には試験時の測定荷重に修正係数(=全試験地盤から求めた平均粘着力/試験対象地盤の粘着力)を乗じた修正荷重を用いた。図より群杭床版と自立群杭のどちらも杭間隔が密になり杭本数が増えると荷重の増加が見られるが、杭間隔によっては荷重~沈下の曲線形状が異なることがわかる。群杭床版は杭間隔が変化しても曲線形状はほとんど変化しない。自立群杭は杭間隔が1cmの場合では群杭床版と比較して荷重がやや小さいものの曲線形状は同等と見なされる。しかし、杭間隔が大きくなると荷重の発現は群杭床版とは明らかに異なることがわかる。群杭床版は杭頭部の床版が杭間の土を拘束しているため杭とその間の土が一体となって荷重を支持する。一体となった基礎体が沈下すると共に土が押込まれて地盤の密度が徐々に高まるために荷重~沈下は緩やかな曲線を描き明確なピークは現れないものと考えられる。自立群杭は杭間隔が小さい時には杭と杭の干渉作用が大きく杭間の土をある程度拘束することができるため群杭床版とほぼ同様な支持機構を発現すると考えられるが、杭間隔が大きくなると杭の干渉作用が小さくなり杭間の土はほとんど拘束されず基礎の一体的な働きは期待できない。そのため杭は土との接触面での摩擦抵抗や杭先端部直下の先端抵抗での局所的な支持となり、比較的沈下の小さい時点で摩擦抵抗がピークに達した後は杭先端

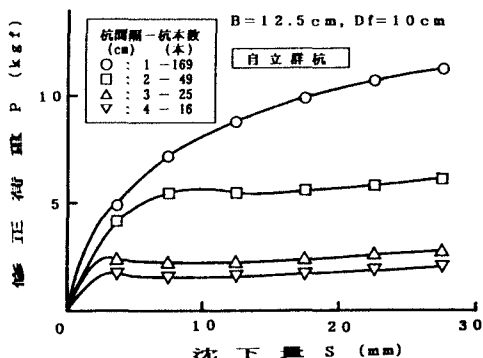


図-1 荷重~沈下曲線(自立群杭)

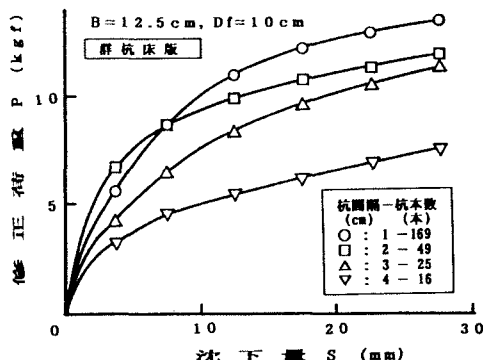


図-2 荷重~沈下曲線(群杭床版)

の小部分のみでの支持となるために荷重はほとんど増加しなくなるものと考えられる。

荷重～沈下曲線をもとに各々の降伏荷重を推定し、杭の本数と降伏荷重の関係について図-3、4を示す。明確な降伏値が見られない曲線については曲線の最終変局点（曲線からほぼ直線へと変化する最終点）の荷重値を採用した。杭間隔が密になり杭本数が増すと降伏荷重も増加するが、その関係は群杭床版と自立群杭では異なることがわかる。Converse-Labarreは群杭は杭と杭との干渉作用によって杭1本当たりの支持力が低下することを示し、Terzaghiは群杭と杭間の土を一体基礎と仮定することを提案しているが、どちらについても群杭の干渉作用が発現する杭間隔を考えておかねばならない。自立群杭の杭間隔が4～2cmでは、杭本数と荷重がほぼ比例関係にあることから群杭の干渉作用が発現していないことがわかる。群杭床版は杭頭の床版の影響で一体基礎としての効果が生じやすく、杭間隔3cm程度から杭本数と荷重は比例しないことがわかった。また、図の関係より群杭の干渉作用が発現してくると杭間隔や杭本数をそれ以上に増しても降伏荷重は増加しなくなる収束値があることが推測される。

杭の根入れ深さと降伏荷重の関係を示す。図-5、6を見るとあまり根入れの効果が見られない。杭の根入れ深さは杭の摩擦抵抗に影響を与えるが、摩擦抵抗は比較的小さな沈下時にピークに達し、その後はほとんど変化しないことが荷重～沈下関係より確認されている。群杭基礎の降伏荷重は沈下がかなり大きな点で生じることから大半を先端抵抗に依存する値であると考えられ、図の関係もこのことを証明していると言える。また、2つの図の関係から、床版の効果＝群杭床版－自立群杭が導かれることになる。図中で明らかに実験誤差と思われるものを除き床版の効果について検討すると、床版部分のみに作用する支持力は、どの結果においても約0.023kgf/cm²と一定値を示すことがわかった。

4. まとめ

以上のことをまとめると次のようになる。

(1) 自立群杭と群杭床版の荷重～沈下関係は、群杭の破壊形態の違いから異なる傾向を示すが、自立群杭でも杭間隔が密になれば杭の干渉作用が大きく群杭床版とほぼ同様な傾向を示す。(2) 群杭の干渉作用の発現は自立群杭では杭間隔、群杭床版では床版により影響される。(3) 群杭の降伏荷重は、摩擦抵抗が収束した後に発現するので杭の根入れ深さには影響を受けない。

今後さらに群杭の構成条件等に関する詳細な検討を行い、実用的な関係を導く必要があると考えている。

(謝 辞) 本研究は昨年 6月23日に他界されました故石堂稔教授の御指導のもとに進めていたものです。故人に感謝すると共に心より御冥福を御祈り申し上げます。また、多岐にわたり御指導頂いた本学宮川邦彦教授ならびに実験やデータ整理に協力頂いた石堂研究室の卒研生諸君に謝意を表します。

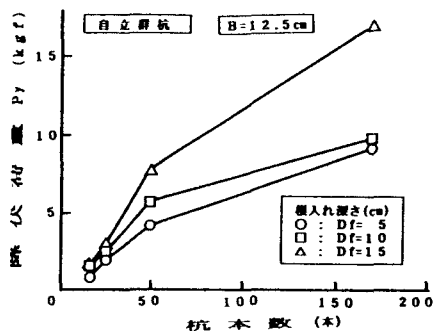


図-3 杭本数の効果(自立群杭)

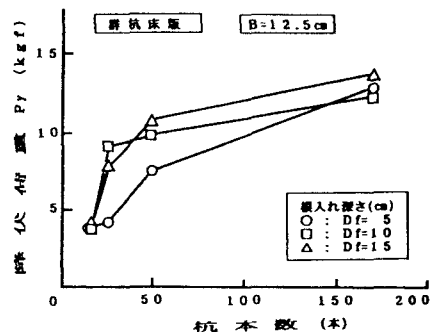


図-4 杭本数の効果(群杭床版)

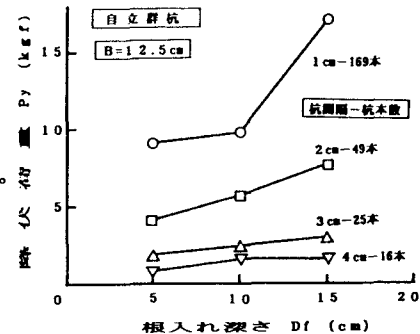


図-5 根入れ深さの効果(自立群杭)

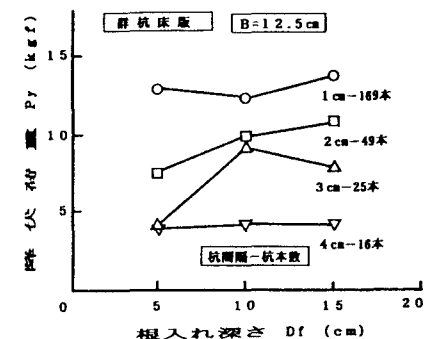


図-6 根入れ深さの効果(群杭床版)