

粘土中の摩擦群杭の支持力について

九州産業大学 工学部 正員 松尾 雄治
 同 上 正員 石堂 稔
 同 上 正員 濱村 信久

1. はじめに 一般に杭は単杭としての使用は少なく、数本を基礎の下に設置(群杭)する場合が多い。群杭支持力の推定については、(1) 杭間隔が粗: 単杭の支持力×本数、(2) 単杭の支持力×本数×低減係数(コンパース・ハール)、(3) 杭間隔が密な群杭床版: 杭と杭間の土を一つのブロックとし、先端抵抗+周面抵抗、等の方法が提案されているが、群杭の支持機構について未解明の点も多いと言われている。本報は摩擦群杭の支持力機構に関する基礎研究として、室内模型群杭の載荷実験を行った結果について報告する。

2. 実験概要 有明粘土(土粒子密度 $\rho_s=2.60 \text{ g/cm}^3$, 液性限界 $W_L=88\%$, 塑性指数 $I_p=55$)の含水比を約120%に調整し、実験土槽(鋼製, $48 \times 47 \times 40 \text{ cm}$)の深さ30cmまで詰め、木杭(直径 $d=0.5 \text{ cm}$)と床版(アクリル板, 厚さ0.5cm)を土槽対角線に平行設置した。杭間隔(x)=3, 2, 1cm, 根入れ深さ(D_f)=5, 10, 15cm, 杭本数は4~49($2^2 \sim 7^2$)本として、杭設置2日間(養生)以上経過後に1mm/minの速度で載荷試験を行った。地盤強度は載荷試験後にベーンせん断試験により確認した。

3. 試験結果と考察 載荷試験のS~P曲線を図-1(群杭床版)、図-2(自立群杭)に示す。群杭床版は沈下とともに荷重が緩やかに増加し図中では荷重の上限が不明瞭であり、上限付近に達する沈下量も大きい(約8mm)ことがわかる。自立群杭の杭間隔3cmのケースでは沈下の初期から荷重が急に増加し2mm程度で上限に達しており、杭間隔1cmのケースでは比較的群杭床版タイプに近似した傾向を示す。一般に群杭をブロックと仮定することのできる杭間隔(x)は $x \leq 1.5\sqrt{r \cdot D_f}$ (r : 杭半径, D_f : 根入れ深さ)であり、1cmはこの条件を満たしていることから、群杭作用が生じており杭間の土が床版のあるものと同様な挙動を示しているものと考えられる。群杭作用(ブロック効果)が生じる場合は、杭間の土はある程度拘束された状態にあるため、群杭の支持力には摩擦抵抗の他に床版抵抗も影響するものと思われる。

S~P曲線を基に上限荷重(P_u)を推定する。 P_u は $\log S \sim \log P$ 法および差分法により得られた値の小さい値を採用した。摩擦群杭が杭周面摩擦力のみで支持されれば、計算上の極限荷重(P_c)は地盤の粘着力が全ての杭にそのまま伝達されると仮定して、 $P_c = \Sigma \text{杭の周面積} \times \text{粘着力}$ で求まる。図-3に P_c と実測値(P_u)の関係を示す。原点付近では比較的相関しているが、ばらつきが大きく明らかに実測値が小さいこ

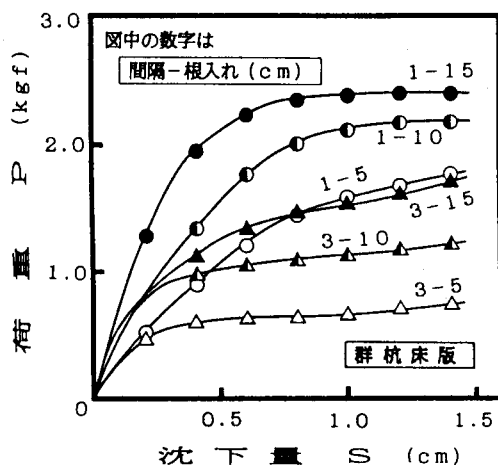


図-1 沈下量~荷重曲線(群杭床版)

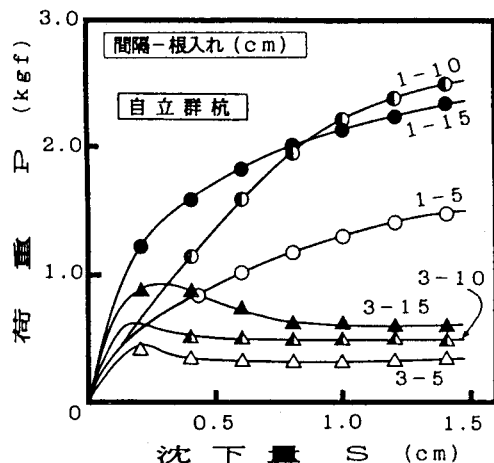


図-2 沈下量~荷重曲線(自立群杭)

とがわかる。一般に群杭では杭と杭の干渉により杭1本（例えば群杭の外周杭と内部杭）に作用する力が不均一なため、軽減する必要があると言われているおり、図-3の傾向からもこれらのことを確認できた。

群杭床版と自立群杭の相関について図-4を示す。粘着力（Cu）の違いによる誤差を消去するため、 P_u/C_u を用いて検討した。群杭床版がブロックを形成しているとすれば、1:1に近似しているものは自立群杭でもブロック効果が生じていると言える。図から杭間隔で見れば1cm、根入れ深さで見れば5cmのケースが対応が良い。したがって、杭間隔の密なものはブロックを形成し易く、間隔の広いものでも根入れの浅いものは比較的ブロックを形成し易いことがわかる。逆に自立群杭の杭間隔が粗および根入れが深いものは、ブロックを形成できず、群杭床版の値よりかなり小さくなる。

群杭床版がブロックを形成していると仮定し、図-5にブロック周面積と P_u/C_u の関係を示す。杭間隔および根入れ深さ毎に見ると全てのケースで比例していることがわかる。データが少なく明確なことは言えないが、直線勾配（比例定数）の大きいケースほどブロック効果を期待できると思われる。また、図中のブロック床版（○）は木杭の代わりに4枚の木板（床版と同幅3.5cm、根入れ深さ10cm）でブロック体（底版なし）を形成した模型の実験結果である。ブロック周面積140cm²の●（杭間隔1cm）と▲（杭間隔2cm）が比較できるが、杭間隔が密になればブロック体に近づく傾向を示している。

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S～P関係は異なる傾向を示す。しかし、自立群杭でも杭間隔が密になれば群杭床版と近似した傾向を示す。
- ② 群杭のブロック効果は杭間隔が密、根入れが浅いほど期待できる。

今後さらに多くの基礎実験を行いデータを収集したうえで検討を進める必要がある。

謝 辞 本研究を進めるにあたり実験およびデータ整理等に協力頂いた本学卒業研究生、阿志谷直輝君、安保昭宏君、武末稔君に感謝の意を表します。

- 参考文献** 1) 森田：差分法による杭の載荷試験結果判定法，第23回土質工学研究発表会講演集(1988)
2) トマス・イカー著、岸田訳：THE DESIGN OF PILED FOUNDATION, 2ND EDITION, 「杭基礎の設計」(1978)

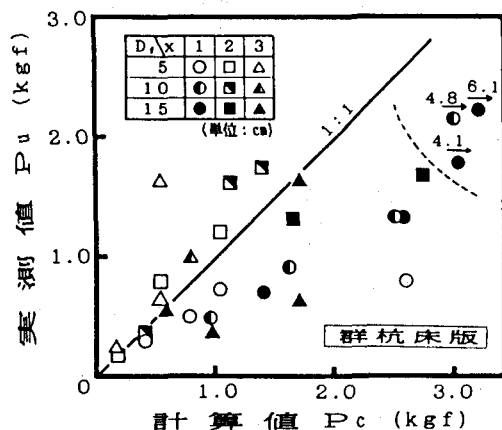


図-3 上限荷重の計算値と実測値（群杭床版）

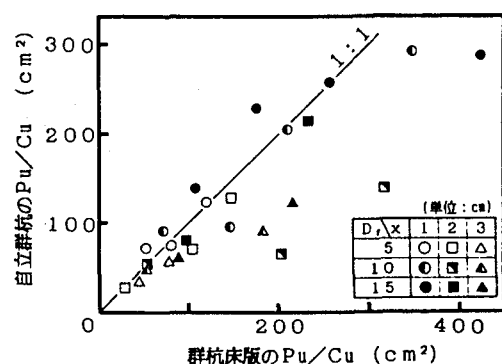


図-4 群杭床版と自立群杭の対比

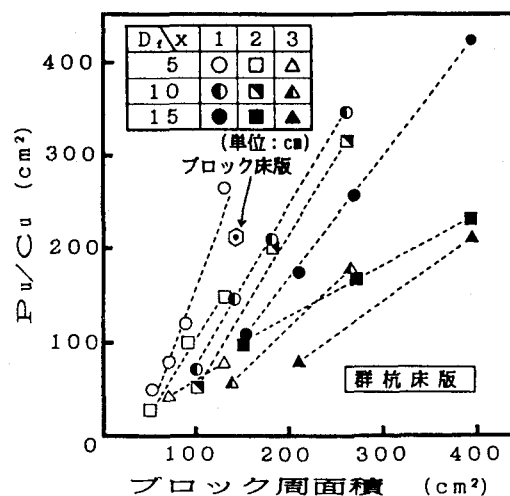


図-5 ブロック周面積～ P_u/C_u