

杭の支持力特性と沈下量との関係について

九州産業大学工学部 正員 松尾 雄 治

1. はじめに

近年、構造物荷重の増大や杭施工技術の向上などに伴い、基礎杭の大型化が図られるようになった。基礎杭の支持力特性の確認は、従来より実物杭の現地載荷試験を行う方法が最も一般的であるが、大型杭の実大試験は規模や経費の面でかなりの困難を伴うことが避けられない。そのため、特に大きな沈下量まで測定するような詳細な載荷試験データは極めて少なく、大型杭の支持力特性の検討については、これまでの統計的データから基準化された指標に頼っているのが現状である。

本報告は、比較的大きな沈下量を生じる範囲まで持続載荷を続けた模型杭の載荷試験結果より、杭の支持力特性と沈下量との関係について再検証することを目的として行った基礎実験に関するものである。

2. 実験概要

本実験では、砂地盤を対象とした模型杭の載荷試験を行った。実験地盤（直径300mm、高さ400mm）の試料には気乾状態の豊浦標準砂を用い、タンピング法（20層分割）により所定の相対密度になるように締固めた。模型杭はステンレス製鋼管（直径 $D=30\text{mm}$ 、全長 $L=400\text{mm}$ ）の平端杭で、地盤への初期根入れ長さは200mmである。今回は地盤条件を等方応力状態（側圧＝上載圧）とし、一定速度（ 0.1mm/min ）で杭を貫入させ、実験装置最大の貫入量（約100mm、杭直径の3倍強）まで載荷を続けた。杭は二重管構造で複数のロードセル設置により、杭に作用する全荷重と摩擦抵抗の各々を測定することができる。

3. 実験結果および考察

実験は砂地盤の相対密度 Dr を70, 80%、地盤の拘束圧 σ （側圧＝上載圧の等方応力状態）を1.0, 2.0, 3.0 kgf/cm^2 の3段階に設定した。今回の実験結果では、杭の先端荷重や周面摩擦力の違いは拘束圧にのみ依存していたが、これは相対密度が70%と80%ではほとんど地盤状態の差が生じていなかったためと考えられる。

(1) 杭先端荷重について

杭の沈下量については、基準の多くが沈下量(S)と杭直径(D)の比(S/D)を指標としていることから、ここでも S/D を用いて整理した。図-1、図-2に杭先端荷重と S/D の関係を示す。図のように先端荷重の限界値

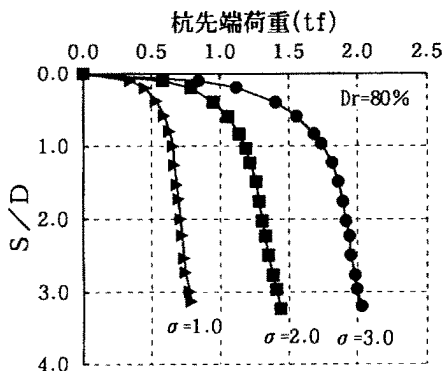


図-1 杭先端荷重～ S/D ($Dr=80\%$)

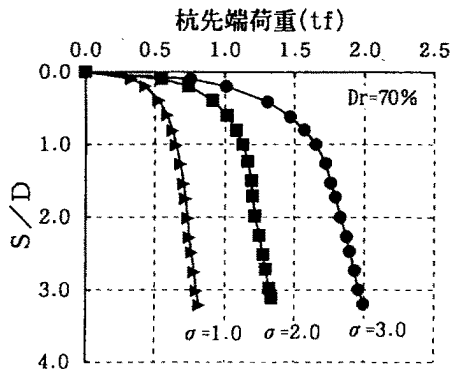


図-2 杭先端荷重～ S/D ($Dr=70\%$)

や極限値を明確に確認できないため、基準に従い、 $\log P - \log S$ 法で限界荷重を推定すると、いずれの曲線においても S/D が0.8程度でその値を生じることがわかった。先端荷重は S/D が1.0以後ほぼ直線的な増加を示すが、これは地盤が杭の貫入によって締固められ、密度が増大する影響によるものと考えられる。したがって、実用的な極限状態は $S/D=1.0$ のときと判断してもよいものとする。建築基礎構造設計指針では、 $S/D=0.1$ のときの荷重を基準支持力として実用上の極限荷重としているが、本実験の結果においては、 $S/D=0.1$ のときの荷重は $S/D=1.0$ のときのそれと比較してかなり小さい値となることがわかった。ただし、基準とする S/D の設定には杭径や杭種が影響するので、具体的な検討には更にデータを収集する必要があると言える。

(2) 杭周面摩擦力について

図-3、図-4に杭の周面摩擦力と S/D の関係を示す。図のように周面摩擦力は S/D が0.02~0.05未満で明確なピークを生じており、その後低下傾向へ移行し、 $S/D=0.2$ 程度でほぼ残留抵抗の発現状態を示している。また、拘束圧が大きいほど周面摩擦力のピークと残留抵抗の差が大きいことがわかる。この残留抵抗は杭と地盤が相対変位を生じている（今回の載荷試験が沈下を強制的に継続させている）ために発現していると考えられるため、沈下が収束すれば周面摩擦力もほとんど生じなくなると予想される。このことは、本実験のような砂地盤の場合、周面摩擦力は杭が沈下を生じているときのみに期待できることを意味するが、沈下が収束したときの周面摩擦力の考え方については今回の実験結果だけでは確認できず、今後実験方法を変更して検討したいと考えている。

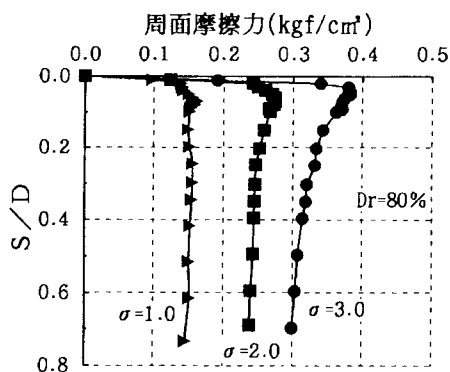


図-3 周面摩擦力～ S/D ($Dr=80\%$)

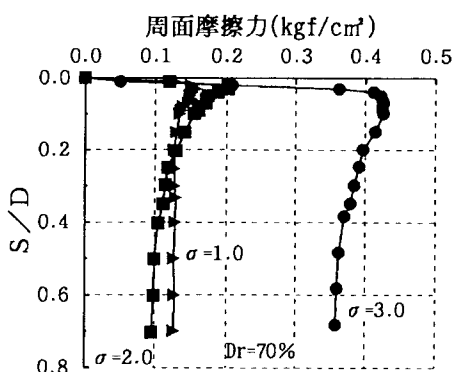


図-4 周面摩擦力～ S/D ($Dr=70\%$)

4. まとめ

今回の実験結果を以下に要約する。

- (1) 杭の先端抵抗の限界値や極限値は明確に現れなかった。杭の貫入により先端地盤は密度が増大するので、実用的には $S/D=1.0$ のときを極限荷重と判断することができる。基準支持力となる $S/D=0.1$ のときの荷重は、 $S/D=1.0$ のときのそれと比較してかなり小さい値となった。
- (2) 杭の周面摩擦力は沈下量が極めて小さい時点でピークに達し、その後徐々に残留抵抗まで低下する。また、拘束圧が大きいほど周面摩擦力のピークと残留抵抗の差は大きい。

今後、持続荷重が作用する場合の杭の先端抵抗と周面摩擦力の経時変化等について検証したい。

- [参考文献] (1)土質工学会編：土質工学会基準「杭の鉛直載荷試験方法・同解説」p.79-p.89 1993
 (2)土質工学会編：「基礎設計における基準の背景と使い方」p.45-p.52 1994
 (3)日本建築学会編：「建築基礎構造設計指針」p.215-p.241 1990 ほか