

(III-76) 杭の水平抵抗に及ぼす杭形状・杭表面粗度の影響

国士館大学工学部 学 作田 敏
 日建設計中瀬土質研究所 正 片上典久
 日建設計中瀬土質研究所 正 片桐雅明

1. はじめに

杭の水平抵抗は、地盤条件・杭の条件によって大きく異なる。ここで、地盤条件とは構成している土層の力学的特性や地下水位などである。一方、杭の条件とは、杭の材質や杭の長短、施工方法などである。このような杭の水平抵抗を模型実験で精度よく求めるためには、地盤の応力状態を再現する必要がある、この意味で遠心模型実験は有用な手段である。一般に実物の杭をモデル化するにはその剛性(EI)を合わせる。しかしながら、その際、断面形状や杭表面の性状が副次的な影響要因として懸念される。本文では、同一剛性・同一水平投影面積を有する単一杭について、その形状並びに表面性状を変えて、遠心加速度場で水平載荷実験を行ったので報告する。

2. 模型杭と実験方法

実験で対象としたのは、 ϕ 500mm 長さ 15m の場所打ちコンクリート杭である。杭の長さは、長杭の挙動を示すように設定した。

この杭を 1/40 に縮小して水平載荷実験を行った。モデル化に際して留意した点は、剛性と水平投影断面積 ($12.2 \times 38\text{cm}$) とし、その形状を中空円形 (外径 $12.2 \times$ 内径 9.2mm) および矩形 ($12.2 \times 9\text{mm}$) の鋼製杭で、いずれも杭長は 38cm である。遠心加速度 $40g$ 場におけるこれら杭の曲げ剛性(EI)は $4.0 \times 10^{11} \text{kgf} \cdot \text{cm}^2$ である。

杭表面の処理は、金属面そのままを「滑」、金属面に豊浦砂を貼り付けた状態を「粗」とした。この時の杭と砂の摩擦角は、「粗」の場合 $\delta = 40^\circ$ 「滑」の場合 $\delta = 12^\circ$ であり、表面が「粗」の場合は、「滑」の約 3.3 倍の摩擦係数を有する。

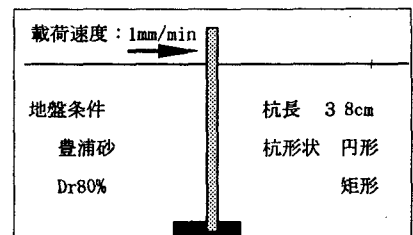


図-1 実験方法概念図

地盤に用いた試料は、気乾状態の豊浦砂 ($\rho_s = 2.652 \text{g/cm}^3$, $D_{50} = 0.178\text{mm}$, $U_c = 1.348$) である。地盤の作成は、杭を予め容器底面に固定しておき、相対密度が 80% となるように、空中落下法を用いて砂を降らせ、表面を成形して水平模型地盤を作製した。水平載荷試験は、杭頭自由の条件の下で載荷点を地表面から 12mm の位置とし、ここに 1mm/min の変位を与えた。

3. 実験結果と考察

表-1 に行った実験の条件を示す。各条件とも再現性を確認するため基本的に複数個の実験を行った。地盤の相対密度は、一部を除いて目標通りに調整されており、地盤条件による杭の水平抵抗の違いはほぼ無視できると考えられる。

表-1 実験条件

実験No.	断面形状	表面処理	相対密度Dr(%)
1	円形 $\phi 12.2$	粗	80.7
2	円形 $\phi 12.2$	粗	80.5
3	円形 $\phi 12.2$	滑	79.9
4	矩形 12.2×0.9	粗	80.0
5	矩形 12.2×0.9	粗	85.4
6	矩形 12.2×0.9	滑	80.7
7	矩形 12.2×0.9	滑	81.9

図-2に表面が「粗」状態の円形・矩形杭の水平抵抗－変位関係を示す。比較的小さな水平変位に対し、両者は同一の水平荷重－水平変位関係を示すが、変位が大きくなるに従い若干の差が生じており、水平変位が5cmのときには、約10%程の違いが認めれる。

図-3に「粗」および「滑」状態の円形杭の水平抵抗－変位関係を示す。表面の違いによる影響は、水平変位2.7cmを境に両者の水平抵抗－水平変位関係が逆転している。しかしながら、平均的には、同一挙動を示すものとみなし得る。

図-4に本実験で行った7つの水平載荷試験結果を全て示す。この図から、全ての曲線がほぼ同様の挙動が認められ、特記するような違いは認めがたい。

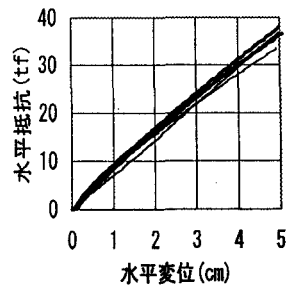
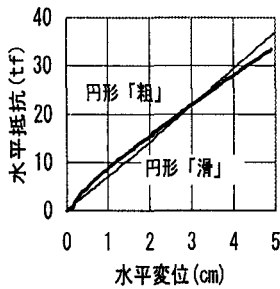
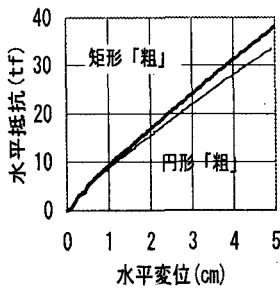


図-2 円形・矩形による影響 図-3 円形杭「粗」「滑」の影響 図-4 実験結果総括図

また、図-5に、道路橋の基準地盤反力係数を求める際の杭頭変位量1cmに着目した場合の杭の水平抵抗値と、地盤の受動抵抗が相対的に大きく動員される条件として、水平変位5cmの時の水平抵抗値を示す。

杭頭の水平変位量が1cm並びに5cmの杭頭の水平抵抗は、多少のばらつきは見られるものの、ほとんど一定値を示している。

以上の結果より、今回の実験条件である均一な砂地盤では、同一水平投影面積・同一剛性を有する異なる断面形状の杭の水平抵抗は、表面の性状に関わらずほぼ同じと見なせる。

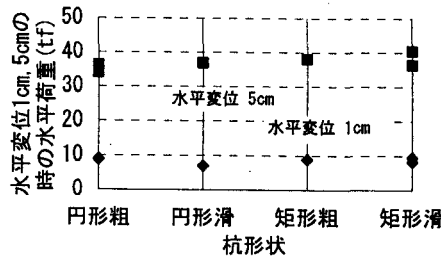


図-5 水平変位1cm、5cmの時の水平抵抗

4. まとめ

今回行った実験から以下の結論が導ける。
 地盤の変形特性が深度により依存するような実験条件の下では、杭の断面形状および杭表面の状態によらず、同じ剛性を有する杭であれば、地盤が発揮する水平抵抗は同じである。
 今後、剛性を変えた場合や短杭条件、さらに地盤条件の異なる条件の下で同様の検討を行う予定である。

《参考文献》

- 1) 土質工学会編(1983)：杭の水平載荷試験方法・同解説
- 2) 日本道路協会(1980)：道路橋示方書Ⅰ共通編、Ⅳ下部構造編