

地盤変形を考慮した砂中の杭の先端支持力特性

九州大学工学部 学○久原 昌利 正 落合 英俊
九州大学工学部 正 安福 則之 学 坂井 孝司

1. はじめに

斜面上の杭基礎や斜杭、また側方流動中の杭などのような場合、その支持力特性は水平地盤のものとは異なり、地盤内の応力の影響を受けていることが考えられる。

本研究では、このような地盤変形を想定し、せん断変形を考慮できる杭の載荷装置を用いることにより、模型地盤にせん断変形を与えた上で模型杭載荷試験を行い、その時の杭の先端支持力に着目してその特性を実験的に検討する。また、杭先端周辺の破壊状況を観察することにより、地盤変形が杭の先端支持力特性に及ぼす影響について考察する。

2. 実験概要

実験で用いた模型杭載荷装置¹⁾は、厚さ 2cm のアルミ製せん断箱要素を 20 枚重ねて、各要素間でベアリングプレートにより摩擦を除くことのできる直接せん断装置である。また用いた試料は、気乾状態の豊浦砂($G_s=2.640$, $e_{max}=0.986$, $e_{min}=0.607$)である。模型杭は杭径 3cm の表面がなめらかなステンレス製の平坦杭である。供試体は $30 \times 30 \times 40$ cm の直方体で、側方を厚さ 1mm のメンブレンで拘束している。模型地盤の作成は、多重ふるいを用いた空中落下法より行い相対密度が 80% となるように調整した。特に、杭先端付近での砂の挙動を把握するため、色砂を 5mm 間隔で水平に敷き詰めた。

本実験において初期応力状態は、上載圧 $\sigma'_v=1\text{kgf/cm}^2$ の条件を与えた。その後一面せん断型の地盤変位を模型地盤に与え、模型杭載荷試験を行った。地盤変位を生じさせた位置は、杭貫入前の杭先端面と、そこから 2cm、4cm 下方に離れた面である。なお 2cm、4cm は構造上の問題から決定している。せん断力は水平応力を応力制御法により $\tau_h/\sigma'_v=0.3$ (一定) となるまで与えた。ついで、水平変位が落ちついた後、水平応力を保ちながら模型杭載荷試験を行った。模型杭の載荷はひずみ制御方式(沈下速度 $0.2\%/min$) で沈下量が杭径に達するまで続けた。また、模型杭載荷試験を行った後、供試体下方から水をゆっくりと注入し、サクシオンにより供試体を自立させ、ストレートエッジにより供試体をせん断方向と平行に中央部まで切り取り、その断面を観察した。なお比較のため同じ条件で地盤変位を与えていない模型杭載荷試験も行った。

3. 実験結果および考察

3.1 先端支持力と正規化沈下量の関係

図-1 は先端支持力度 q_p と、沈下量 S を杭径 D で正規化した沈下量 S/D との関係を示している。図は地盤変位を与えていない模型杭載荷試験(以下(a)と記す)と、地盤変位の位置が杭先端から下方に 0cm、2cm、4cm 離れた面(以下それぞれ(b),(c),(d)と記す)での結果を比較して示してある。これを見ると(b)、(c)、(d)、(a)の順で常に先端支持力度 q_p は大きい値をとっている。よってせん断面が杭先端の面にある時の先端支持力が最も大きく、杭先端から地盤変位の位置が下方に離れるほど小さい値をとっていることがわかり、またせん断面の位置が杭の先端支持力に影響を及ぼしていると判断できる。さらに、いずれの試験も杭の先端支持力は沈下量の増加に従って非線形的に増加しており、明確なピークを示していないことから破壊が局所的であるとわかる。図-2 は(b),(c),(d)それぞれの先端支持力度 q_p を地盤変位を与えてない場合の先端支持力度 q_{p0} で正規化した量を q_p/q_{p0} とし、その値とせん断面の位置との関係

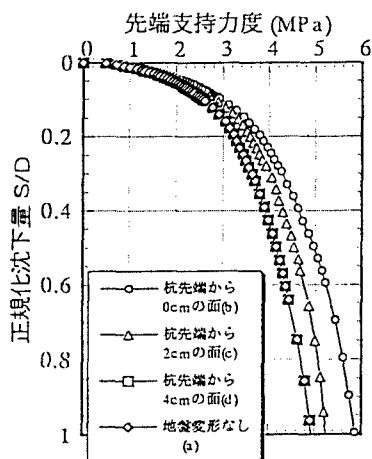


図-1 先端支持力度と正規化沈下量との関係

を示したのである。また $S/D=0.1$ 、 0.5 、 1.0 のときの q_p/q_{p0} をそれぞれ示している。この図において $q_p/q_{p0}=1.0$ というのは2つの支持力値が一致していることを意味する。いずれの試験の場合も q_p/q_{p0} は 1.0 を上回り、 q_{p0} より大きくなっている。またせん断面の杭先端面からの距離が離れるほど、また正規化沈下量が大きくなるほど (b), (c), (d) それぞれの先端支持力 q_p は q_{p0} に近づき地盤変位の影響が少なくなっていることがわかる。

3.2 破壊形態

右の写真は沈下量が杭径 (3cm) に達する $S/D=1.0$ まで模型杭を貫入させたときの杭先端周辺地盤の様子を観察したものである。写真-1 は地盤変位を与えていない模型杭載荷試験で、写真-2 は $\tau_h/\sigma'_v=0.3$ (一定) の条件での一面せん断型の試験結果である。また写真-3 は写真-1 と 2 の試験の視覚的な違いをさらに明確にするために $\tau_h/\sigma'_v=0.5$ (一定) の条件で行った試験である。写真-2、3 のせん断面の位置は杭先端から 0cm 離れた面であり、水平応力は写真-2、3 のように向かって左の方向から与えている。また、このときの水平変位は写真-2 が 5.0mm で、写真-3 が 20.0mm であった。写真-1 に関しては杭先端付近の塑性域が杭先端を中心に円状に広がっていることがわかる。また写真-2 及び 3 では、主働さび面を考えると、写真-1 のくさびの底面の傾きを $\phi=45^\circ + \phi/2$ ($\phi=31^\circ$ とする) とするとき、そのくさびの先端 C が水平応力方向とは逆方向に写真-2 は約 0.1D (D : 杭径)、写真-3 は約 0.2D 平行に変位していることが確認できた。これより一面せん断型の試験と地盤変位を与えていない試験とでは杭先端周辺地盤の破壊形態に明確な違いがみられることがわかった。

4. まとめ

せん断面が異なる一面せん断型の模型杭載荷試験を行い、杭の先端支持力特性を実験的に比較した。得られた結果は次の通りである。

(1) 一面せん断試験型の杭の先端支持力は地盤変位を与えていない時よりも大きい値をとる。(2) せん断面の位置の違いが杭の先端支持力に影響を及ぼし、せん断面が杭先端の面に近いほど杭の先端支持力は大きい値をとり、杭先端の面から下方に離れるほど地盤変位を与えていない時の杭の先端支持力の値に近づく。(3) 一面せん断型の試験と地盤変位を与えていない試験とでは杭先端周辺地盤の破壊形態に明確な違いがみられる。

参考文献 1) 坂井ら：地盤変形の影響を考慮できる杭の載荷装置の開発、土木学会西部支部研究発表会講演概要集、1998 (投稿中)

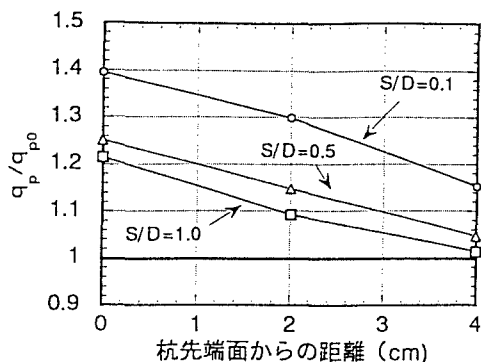


図-2 q_p/q_{p0} とせん断面の位置との関係

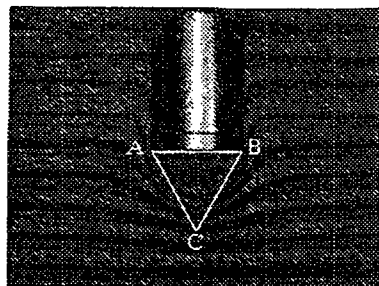


写真-1 地盤変位を与えていない試験の断面図

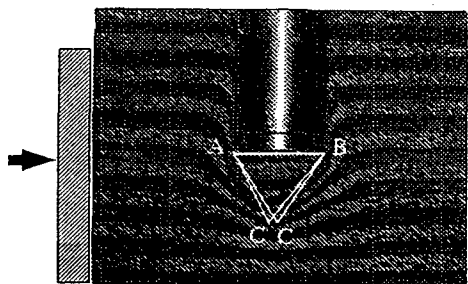


写真-2 地盤変位を与えた試験の断面図-1

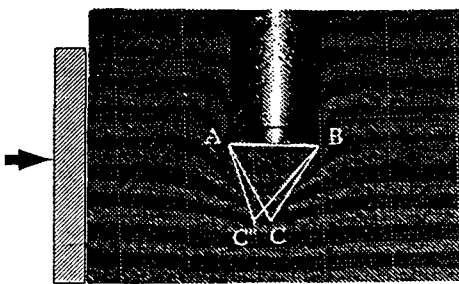


写真-3 地盤変位を与えた試験の断面図-2