

テーパ杭の支持力特性に関する研究

武蔵工業大学 学 佐々木隆光 正 末政 直晃
 (株)ジオデザイン 正 橋爪 秀夫 正 中村 和之

1.はじめに

杭の鉛直方向に対する極限支持力は、杭先端の抵抗力と杭周面の摩擦抵抗力の和から成り立っており、それは実用的見地から沈下量が杭径の10%に相当する荷重とされている。通常のスレート杭の場合、周面摩擦抵抗は初期の水平方向静止土圧に影響を受け、その最大値は沈下量が杭径の1~2%でピーク強度に達する。一方、先端の抵抗力の発現には大きな沈下量を必要とする。よって極限支持力を発揮するまでに必要な沈下量を考えると、許容支持力以下においては支持荷重の70~80%を周面摩擦抵抗が負担している。

そこで、周辺摩擦力を効率よく増加させる方法として、杭頭から杭先端へと徐々に杭径が小さくなるテーパ杭が考えられた。これは、構造的特徴から、沈下に応じて杭周面に加わる垂直応力が増加すると考えられる。しかし、その支持力特性はいまだ未解明である。

よって、本研究では、テーパ杭が杭の周面摩擦力を増加させるメカニズムを把握することを目的とし、加圧土槽を用いたテーパ杭の鉛直載荷試験を行った。

2.実験概要

実験で用いた模型杭を図-1に示す。スレート杭は二重管式になっており、杭先端支持力と杭周面摩擦が外部に取り付けたロードセルにより計測できる。テーパ杭体内には深さ方向3箇所(S・M・T)にロードセルが埋設されている。このロードセルは2方向タイプのものであり、杭周面に作用する直応力とせん断応力を計測することが出来る。また、杭の周面には摩擦力を発生させるため布ヤスリ(#120)をあらかじめ付着させた。

図-2に実験模型を示す。模型地盤は、内径330mm、高さ550mmの加圧土槽に、相対密度が80%になるように気乾状態の豊浦砂を空中落下法により作製した。なお、模型杭は地盤作製中に所定の高さで一旦表面を平坦に整形し設置した。また、その根入れ長さは350mmとした。

このように作製した地盤に載荷装置・ロードセルを取り付け、所定の上載圧・側圧まで加圧し、載荷試験を行った。試験は変位制御であり、一定の載荷速度0.04mm/secで載荷を行った。

また、実験はテーパ角度による周面摩擦力の発現の違いに着目し、テーパ角0度、2.5度、5度の3ケース行った。なお、すべての実験において境界条件として、上載圧を100kPa、側方圧を50kPaとした。

3.実験結果

図-3に全ケースにおける全荷重(周面摩擦力+先端支持力)と沈下量の関係を示す。初期の立ち上がりに注目すると、テーパ角が0度であるスレート杭が最も高い勾配を示し、次いで2.5度、5度の順となった。また、スレート杭は沈下初期時に明確な降伏点を示し、その後ほぼ一定の荷重となった。一方、テーパ角を有する杭は沈下に伴い荷重が緩やかに増加し、2.5度のテーパ杭においては沈下量が2cmより大きくなると、その全荷重がスレート杭の荷重より大きくなった。

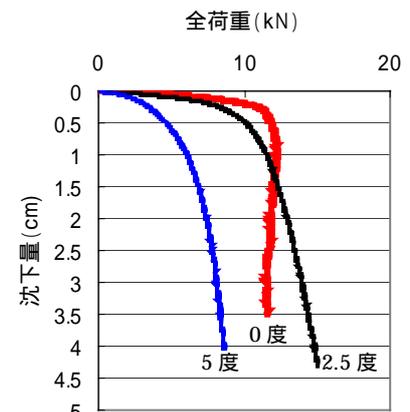
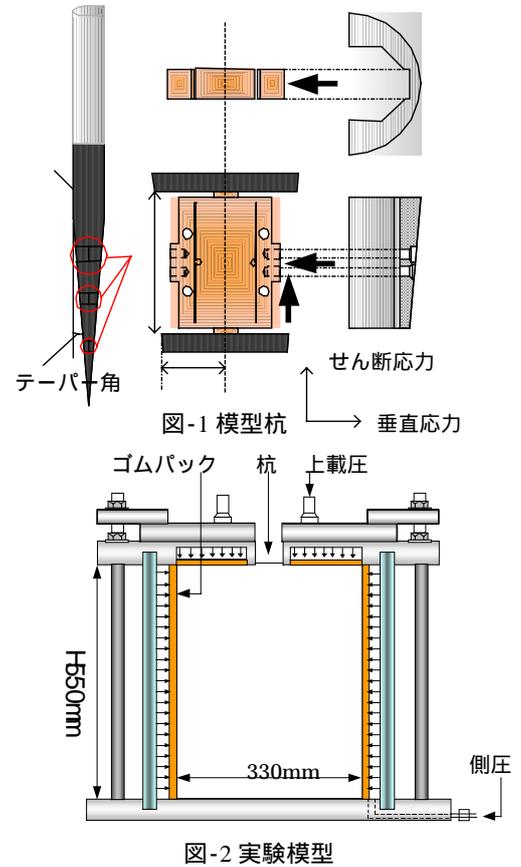
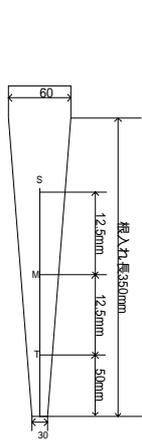


図-3 全応力～沈下量関係

キーワード：杭基礎 鉛直載荷試験 加圧土層

連絡先：武蔵工業大学 地盤環境工学研究室 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 TEL & FAX03-5707-2202



テーパ角 2.5 度

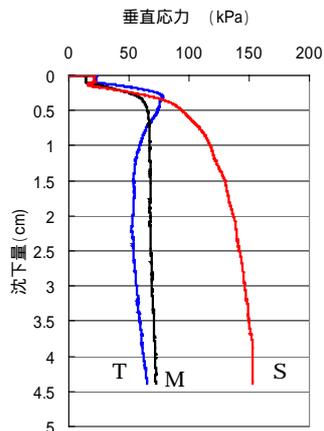


図-4 垂直応力～沈下量関係

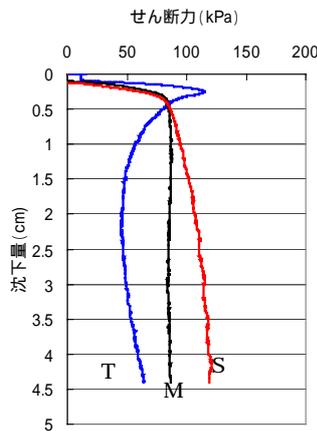


図-5 せん断応力～沈下量関係

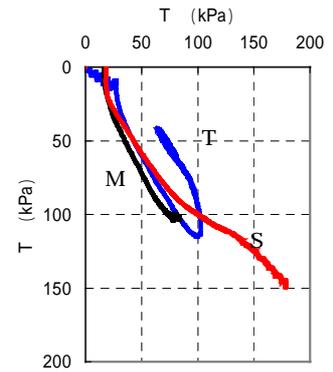
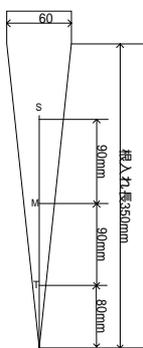


図-6 垂直応力～せん断応力



テーパ角 5 度

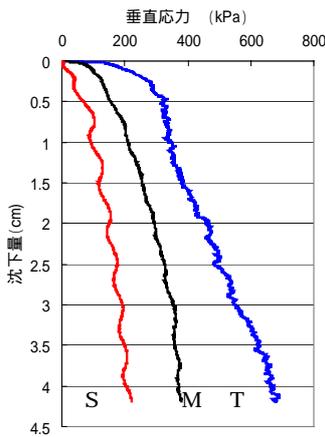


図-7 垂直応力～沈下量関係

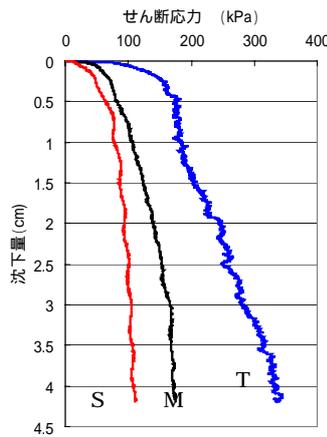


図-8 せん断応力～沈下量関係

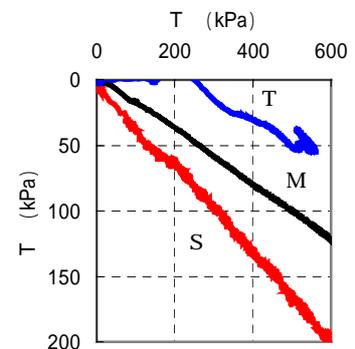


図-9 垂直応力～せん断応力

図-4 は、テーパ角が 2.5 度であるケースの受圧面の垂直応力と沈下量の関係を示したものである。図中の S、M、T はそれぞれ測定位置を示している。初期状態において垂直応力が側圧より小さい値となったのは、地盤準備の段階において杭を固定せず加圧したため杭が抜け上がったためである。

しかしながら垂直応力は沈下に伴い大きくなり、わずかの沈下量で側方圧(50kPa)を超えた。これは、ストレート杭の周面摩擦抵抗より大きくなることを示している。この事は、図-5 のせん断力と沈下量の関係より確認できる。

垂直応力とせん断力との関係をプロットしたものを図-6 に示す。両者はほぼ線形関係にあり、45 度線付近にあると仮定してもさほどの誤差はない。また、杭先端付近の曲線は降伏後一旦低下するのに対し、杭頭付近では常に増加する傾向を示している。この理由として杭先端の影響が考えられるが明らかではない。

図-7 は、テーパ角が 5 度であるケースの受圧面の垂直応力と沈下量の関係を示したものである。5 度のテーパ杭の場合、垂直応力は 2.5 度に比べ大きな値を示すといえる。また、沈下に対する垂直応力の増加割合は、杭先端に近づくほど大きくなっている。

この時のせん断力と沈下の関係を図-8 に示す。せん断と沈下量の関係はテーパ角 2.5 度の場合と同様、垂直応力～沈下量に対応する形状になった。また、垂直応力とせん断力の関係を図-9 に示す。杭先端付近の結果を除くと比較的よい線形になり、その傾きはテーパ角が 2.5 度の場合より小さく、約 30 度となった。これは組み合わせ荷重下の支持力問題に見られる相互作用と考えられる。

4.まとめ

加圧土槽を用いたテーパ杭の鉛直載荷試験を行った結果をまとめると、

- 1)全荷重はストレート杭の場合、一定の値に収束するのに対し、テーパ杭はそれが増加する傾向にある。
- 2)周面にかかる垂直応力は、テーパ角や杭の長さなどの幾何条件によって変化する。
- 3)周面摩擦力は沈下に伴い増加する傾向にある。
- 4)せん断応力と垂直応力はほぼ線形にあるといえ、テーパ角によって変化の割合は決まる。