

## テーパ杭の鉛直支持力に関する研究

武蔵工業大学 工学 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

テーパ杭とは、杭径が杭頭から杭先端まで一様である通常のストレート杭とは異なり、杭径が杭頭から杭先端へと徐々に小さくなる杭である。また、杭頭から杭先端への角度変化をテーパ角と呼ぶ。テーパ杭は構造の特長から沈下が進むにつれて周面摩擦応力や、杭面に対する垂直応力を増加させることが期待されている。しかし、テーパ杭についてはまだ未解明な部分が多く、実用化に向けてその支持力特性を明らかにする必要がある。そこで本研究では、テーパ杭の有効性と支持力特性に着目し、遠心载荷装置を用いテーパ杭とストレート杭の鉛直载荷試験ならびに偏心载荷試験を行った。

### 2.実験概要

検討対象として、ローム様地盤における、テーパ杭とストレート杭の垂直载荷試験・偏心载荷試験をおこなった。図-1 に実験模型を示す。以下、実地盤換算値を用いる。実験ではこの 1/50 の縮尺模型を 50G の遠心加速場に置き、ペロフラムシリンダーを用い载荷した。実験ケースは、鉛直载荷試験としてストレート杭を case1、テーパ杭を case2 とした 2 ケースを、偏心载荷試験としてはストレート杭を case3、テーパ杭を case4 並びに case4 と同様、テーパ杭であるが、偏心载荷試験を行う前に一旦鉛直荷重  $P=1\text{MN}$  を与えた case5 の 5 ケースを行った。なおいずれのケースでも図-2 に示す様、ストレート杭とテーパ杭は等体積・等杭長である。鉛直载荷試験は基礎中心に集中荷重を与え、A 点にて変位量を計測した。偏心载荷試験では図-1 に示すように中心より 2500mm 離れた点に集中荷重を与え、A・B の 2 点の変位を計測した。

模型地盤は含水比  $w=75\%$  に調節した関東ロームを用い、圧縮圧力  $P_0=100\text{ kPa}$  で一次元的に圧縮した。模型地盤の強度  $q_u$  は一軸圧縮試験より  $39.8\text{ kPa}$  となった。模型杭は杭間隔を 3000mm とし、3 本設置した。杭頭部には、载荷板として厚さ 250mm、幅 9000mm、奥行き 3500mm の鋼材板を基礎として設けた。また、不等沈下を防ぐためにベアリングを四隅に設置した。杭は、圧縮終了後の模型地盤から杭長・杭径に相当する部分を掘削し、杭を設置した。なお、何れのケースでも、杭を設置する際には、杭周面に豊浦砂を付着させ、杭・地盤間に摩擦が生じやすいように作成した。

### 3.実験結果

#### 3-1.鉛直载荷試験

図-3 は荷重～変位量関係である。载荷初期においては、同一変位量における鉛直荷重は、テーパ杭に比べストレート杭の方が大きい。しかし、载荷変位量が大きくなるに連れ、テーパ杭の鉛直支持力はストレート杭のそれを上回る結果となった。

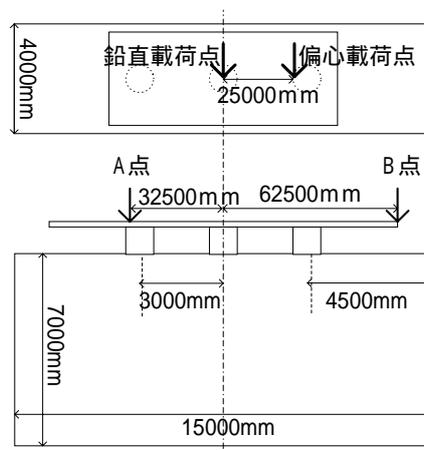


図-1 実験模型

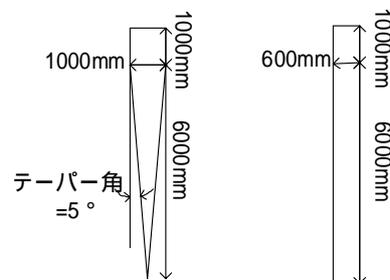


図-2 模型杭  
荷重(MN)

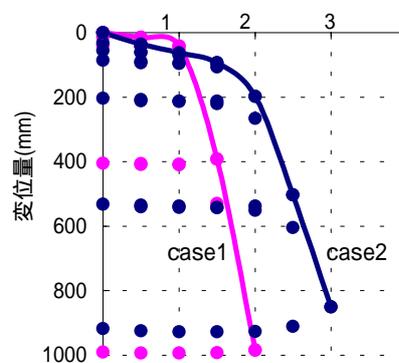


図-3 荷重～変位量関係

キーワード：テーパ杭、試験载荷、遠心模型実験

連絡先：武蔵工業大学 地盤環境工学研究室 TEL&FAX 03-5707-2202

図-4の  $\log P \sim \log S$  曲線は、X軸に沈下量対数、Y軸に荷重対数を示し、第一限界抵抗力を表している。図より第一限界抵抗力の荷重は、ストレート杭 1.0MN、テーパ杭 1.6MN となり、テーパ杭はストレート杭の 1.6 倍となった。また、それぞれの第一限界抵抗力となる変位量はストレート杭で約 40mm、テーパ杭では約 100mm となった。これより、テーパ杭は極限支持力を発揮するには、ストレート杭に比べ大きな沈下量が必要であると考えられる。

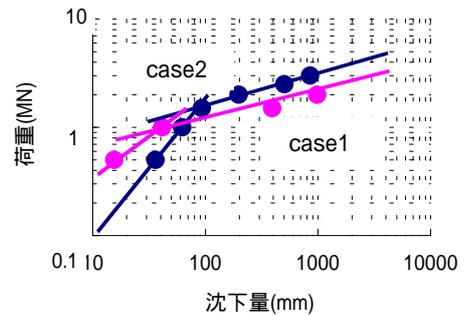


図-4 第一限界抵抗力

図-5は、X軸にストレート杭の沈下量  $S_s$  を杭径  $D_s$  で除した値を、Y軸にはテーパ杭の荷重  $P_t$  をストレート荷重  $P_s$  で除した値を示している。 $S_s/D_s$  において 0.1(沈下量 10%)までは  $P_t/P_s$  が 1 を割っており、この時点まではストレート杭の方が沈下抑制効果は高いと言える。しかし、 $S_s/D_s=0.1$  以降では荷重比が 1.5~1.6 となった。これは、Rybnikov<sup>1)</sup>の現場実験に対応する結果となった。

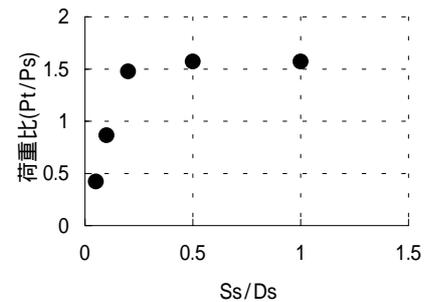


図-5 荷重比

写真-1に実験終了後の杭周囲の観察を示す。ストレート杭の場合、杭周囲には周面地盤が付着せず、杭先端の地盤が締め固められていた。テーパ杭では、杭周囲に周面地盤が付着しており、杭と周面地盤が一体化し挙動する結果となった。よって、ストレート杭は杭と地盤間で、テーパ杭では地盤内で滑りが発生したとかがえられる。また、テーパ杭には周辺地盤の締め固め効果、及び群杭効果が期待できると思われる。



写真-1 (右,テーパ杭 左,ストレート杭)

### 3-2.偏心荷重試験

図-6に荷重～変位量関係を示す。いずれのケースにおいても、A点よりB点の変位量の方が大きくなった。ストレート杭はテーパ杭に比べ同一荷重における変位量は少ない。また、一旦鉛直荷重を受けたテーパ杭 (case3) はストレート杭(case1)、打設直後に偏心荷重を受けたテーパ杭(case2)に同一荷重における変位量は少ない。これは、case3 は一旦基礎中心に荷重した後に荷重を行っているためと考えられる。

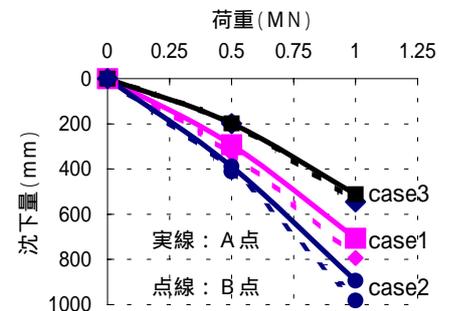


図-6 荷重～変位量関係

図-7はA点、B点の変位量より求められた基礎の回転角である。case1は偏心荷重  $P=0.5, 1.0MN$  に対し回転角  $=0.66^\circ, 1.33^\circ$  となり、case2は  $=0.92^\circ, 1.45^\circ$ 、case3では  $0.06^\circ, 1.07^\circ$  となった。これは、case3の場合、一旦鉛直荷重を受けていることより、周辺地盤が締め固められ、杭周囲が過圧密の様な状態にあると考えられる。この結果より、この様に荷重過程を考慮することにより、偏心荷重に対する基礎の回転を低減することができると考えられる。

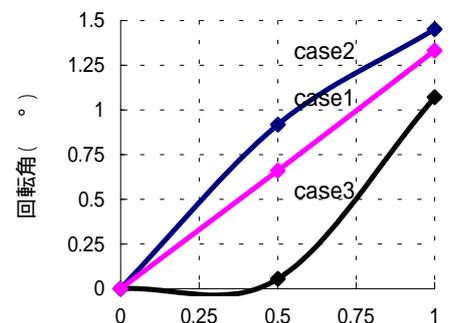


図-7 回転角

### 4.まとめ

鉛直荷重試験より、テーパ杭の鉛直支持力は、ストレート杭のその 1.5 倍以上となった。また、ストレート杭とテーパ杭の沈下挙動・周辺地盤に対する影響の違いが見られた。

偏心荷重試験より、テーパ杭はストレート杭に比べ回転に対する抵抗性は低い。しかし、荷重過程によってはテーパ杭の回転抵抗力はストレート杭のそれを上回ると考えられる。

(参考文献) 1) A.M.Rybnikov : Experimental Investigations of Bearing Capacity of Bored Cast In Place Tapered Piles, ASCE