

2次元積層体モデルによるテーパー付き杭の鉛直支持力特性

九州大学大学院 学○北林弘明 F 落合英俊 正 安福規之
正 大嶺 聖 正 中島通夫
九州共立大学 正 前田良刀

1. はじめに

杭の鉛直支持力は先端支持力と周面摩擦力の和として求められる。ところが、先端支持力が発揮されるまでには大きな相対変位を必要とする。このため、実務設計における許容変位の範囲内では周面摩擦力が支持力の主要部分となっている。一方、テーパー付き杭はその構造的な特徴から、周面摩擦力を増加させることができる。しかし、その支持力発現メカニズムについての検討は十分になされているとは言い難い。本研究の目的は、効率の良く周面摩擦力を増加させることのできるテーパー付き杭の支持力特性を明らかにすることである。具体的には、2次元アルミ棒積層体モデル地盤を用い、テーパー杭のテーパー角と支持力発現特性の関連性について検討した。

2. 載荷試験の概要

載荷試験は今回新たに作製した支持力試験装置¹⁾を用いて行った。図1に示すように横幅 $W=60\text{cm}$ 、深さ $H=50\text{cm}$ 、奥行き $L=5\text{cm}$ の2次元の土層に、土粒子を模したアルミ棒を積層して試験地盤としている。模型杭は地上への突き出し長 $h=10\text{cm}$ 、根入れ長 $D_f=15\text{cm}$ で、テーパー角 β は $\beta=0, 5, 10, 15^\circ$ の4種類であり、杭先端の幅を $D_0=3\text{cm}$ で一定としている。ここで、杭の先端支持力 R_a と周面摩擦力 R_f を区分できるように杭先端にロードセルを設置している。またアルミ棒は径 1.6mm と 3mm を3対2の割合で混合しており、単位体積重量 $\gamma_a=19.7\text{kN/m}^3$ 、安息角 $\phi=20^\circ$ である。荷重の載荷は貫入速度 1mm/min で、スクリージャッキを用いた変位制御方式としている。

上載圧の載荷方法は、アルミ棒積層体上部にメンブレンを敷き、その上に直径 5cm の真鍮棒を積層することによって載荷した。載荷荷重は応力で 1kPa および 2kPa とした。

3. テーパー付き杭の支持力特性

杭の基本的な支持力特性を調べるため、初めに上載圧無しの実験を行った。その鉛直応力-沈下曲線を図2に示す。なお、沈下量は杭の変位 δ_v/D_0 で正規化している。これより、 $\beta=0^\circ$ の時は比較の変形の小さい初期段階において支持力の発現があり、その後は一定に収束して

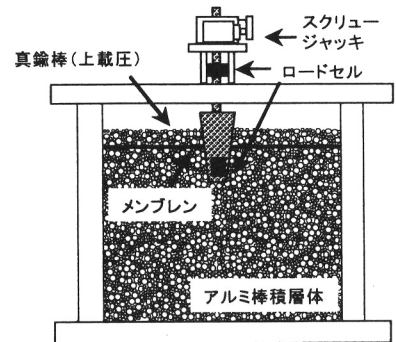


図1. 杭の支持力試験装置図

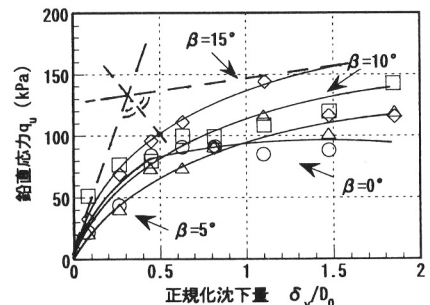


図2. 杭の鉛直応力-沈下曲線

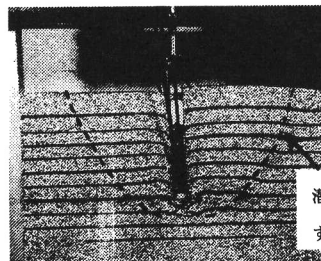


写真1-a. アルミ棒地盤の破壊状況
($\beta=0^\circ$, 上載圧なし)

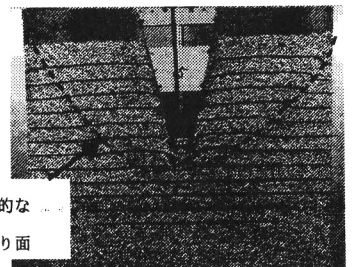


写真1-b. アルミ棒地盤の破壊状況
($\beta=15^\circ$, 上載圧なし)

いく。一方、 $\beta=5, 10, 15^\circ$ と増加させた場合、支持力の初期勾配は $\beta=0^\circ$ の結果と同程度であるが、その後は支持力が増大し、支持力改善効果が見うけられる。また、アルミ棒地盤の破壊状況を視覚的に判断するため、その様子を写真 1-a、1-b に示す。写真 1-a、1-b は $\beta=0^\circ$ および 15° 、正規化沈下量 δ_v/D_0 が共に 1.5、上載圧無し時の様子である。この写真から、すべり線の広がり方がテーパー角による支持力改善効果をもたらしたと考えられる。

4. テーパー角による支持力改善の検討

4.1. テーパー角と先端支持力の関係

テーパー角 β の効果を、以下に示す先端支持力比によって検討した。

$$\text{先端支持力比} = \frac{\text{各}\beta\text{における先端支持力 } R_d}{\text{テーパー角}\beta=0^\circ\text{の時の先端支持力 } R_d(\beta=0^\circ)}$$

ここで、各 β における先端支持力 R_d は、図 2 に示すように直線と曲線の交点を先端支持力として評価した。なお、比較のため上載圧を 1kPa、2kPa で载荷した場合の先端支持力比も示すことにする。その結果が図 3 である。この結果より、先端支持力比はテーパー角 β の増加に関係なく、いずれの場合もほぼ一定と言える。上載圧を载荷した場合も同様のことが言える。

4.2. テーパー角と周面摩擦力の関係

周面摩擦力 P_r の発現過程を検討するため、荷重-沈下曲線を図 4 に示す。この結果より、テーパー角 β を増加させた時の周面摩擦力は $\beta=0^\circ$ の時に比べ、大きく増加していることが分かる。また、支持力の初期勾配も増加しており、支持力の発現が $\beta=0^\circ$ と比べて早期に現れることが分かる。また、周面摩擦力 R_r を先端支持力同様、周面摩擦力比 $R_r/R_r(\beta=0^\circ)$ によって検討した。その結果を図 5 に示す。この結果より、 $\beta=15^\circ$ の時の周面摩擦力比は $\beta=0^\circ$ の時に比べ、およそ 1.5 倍に増加していることが分かる。上載圧を载荷した場合も同様のことが言える。以上のことから、テーパー角は周面摩擦力の増加には大きく寄与することが推察される。

5. まとめ

テーパー形状を有する杭の鉛直支持力特性を明らかにするため、アルミ棒積層体モデル地盤を作製し、鉛直载荷実験を行った。得られた結果をまとめると以下のようになる。

- 1) 先端支持力比はテーパー角の増加に関係なく、ほぼ一定である。
- 2) 周面摩擦力比はテーパー角の増加に伴って増加する傾向にあり、支持力特性の改善に寄与する。

なお、今後は本研究を踏まえ、周面摩擦力のメカニズムについて理論的検討を行う予定である。

参考文献

- 1) 中島・落合・前田・安福：組み合わせ荷重とテーパー角の制御を可能にした模型杭の二次元支持力模型実験装置の試作とその適用，土木学会西部支部研究発表会講演概要集，2001.3.（投稿中）

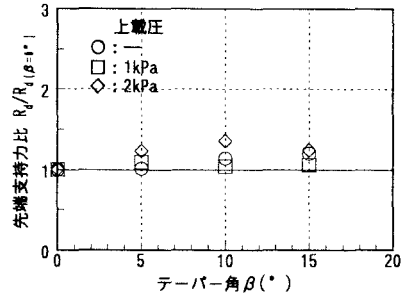


図3. 先端支持力とテーパー角の関係

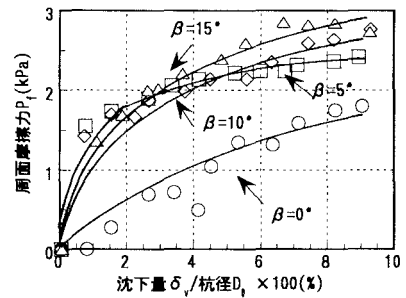


図4. 周面摩擦力 - 沈下曲線

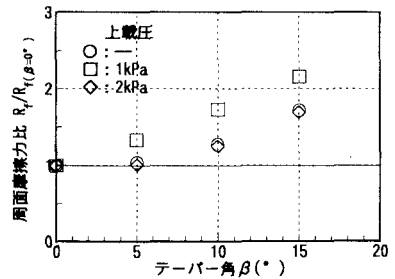


図5. 周面摩擦力とテーパー角の関係