

杭の先端形状に着目した砂地盤の先端支持力特性

九州大学工学部 学○馬場崎 宗之助
九州大学大学院 工学研究科 落合 英俊 正 安福 規之
九州大学大学院 工学研究科 正 大嶺 聖 学 金川 博幸

1. はじめに

砂地盤における場所打ち杭の先端支持力が発揮されるまでには打ち込み杭と比較して大きな沈下量を有する。これは、場所打ち杭は施工によって地盤が緩められていること、打ち込み杭のような応力履歴を受けていないことなどが要因としてあげられる。特に破碎性地盤では十分な支持力発揮のためには相対的に大きな沈下量を必要とする¹⁾。本研究は、杭先端の荷重－沈下関係の改善に有効な杭の先端形状について実験的に検討を行ったものである。具体的には先端部分の異なる杭を用いて貫入試験を行い、杭先端の荷重－沈下関係の変化を調べた。また、先端部分の形状の違いが杭先端地盤の局所変形とその破壊メカニズムに及ぼす影響について考察を加えた。

2. 実験概要

2.1 実験装置と実験方法

図-1 は今回使用した模型杭実験装置を示している。土層は高さ 400mm、直径 300mm とし、模型杭は直径 30mm、設置高さ 200mm のスチール製のものを使用した。この実験装置は模型杭の载荷が下方から上方へ行われる構造になっている。これは、あらかじめセットされた杭を含むモールド内に模型地盤を作成するため、杭の偏心や杭周囲の地盤の乱れを防ぐことができ、均質な模型地盤の作成が可能である。また、三軸圧縮試験機の機構と同様に模型地盤の鉛直応力（土かぶり圧）と水平応力（側方土圧）をそれぞれ独立に载荷することができる。今回は初期応力状態を土かぶり圧、側方土圧ともに 100kPa としセル内を定圧に保った条件のもとで载荷試験を行った。試料には豊浦標準砂を用いてタンピングにより $Dr=85\%$ の供試体を作成して、貫入速度 0.18mm/min で所定の 30mm ($S/D=1.0$) まで貫入させた。

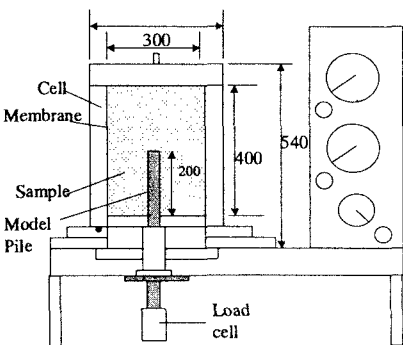


図 1. 実験装置模式図（単位：mm）

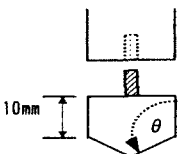


図 2. 先端形状模式図

2.2 杭の先端形状

図-2 及び表-1 は今回の実験に用いた模型杭の先端形状をまとめたものである。この杭は先端部が取り外し可能になっており図に示すように杭の側面から杭の底面までの角度を θ として、 θ を表 1 に示すように変化させた杭を作成して実験を行った。また、先端の形状がフラット ($\theta=90^\circ$) である場合を基準として、フラットである場合より外側に角度をつけたものをプラス、内側に角度をつけたものをマイナスとして α を用いて表 1 に表した。杭先端部は杭軸部と同じスチール製のものを用いた。杭先端部分の粗さは $R_{max}=0.01\text{mm}$ として、スムーズな状態にある。

表 1. 模型杭の先端形状詳細図（単位：度）

フラット形状	三角形状	逆三角形状
$\alpha=0$	$\alpha=10, 20, 30, 45$	$\alpha=-20, -30$

$(\theta = 90 + \alpha)$

3. 実験結果および考察

杭先端応力と正規化沈下量 (S/D) の関係を図-3 に示している。図-3 (a) は $S/D=0 \sim 1.0$ までの場合であり、(b) は $S/D=0 \sim 0.25$ までの場合の実験結果である。図-4 は角度別先端応力の比較図である。図の縦軸の q_α はそれぞれの角度における杭先端応力、 q_0 は $\alpha=0^\circ$ における杭先端応力を表しており、 q_α/q_0

は q_0 を基準とした相対的な杭先端応力を意味している。図中では $S/D=0.05, 0.1$ 時の結果をまとめている。この図より、 $\alpha=0^\circ$ の場合と比較して杭先端部の角度を変化させることでいずれの貫入量においても杭先端応力の改善がみられる結果となった。今回の実験においては $\alpha=20^\circ, 30^\circ$ においては約 10% の改善効果が見られ、 $\alpha=45^\circ$ においては約 5% の改善効果が見られた。これから、支持力改善に最も有効な角度が存在することを示唆するが、杭先端部と地盤との間のすべりの影響を含めこれからの検討事項としたい。また、先端部分の形状を変化させることにより杭先端部分の地盤の状況がどのように異なるのかを調べるために、模型杭載荷試験を行った後に、供試体

上方から水をゆっくり注入して供試体を自立させ、ストレートエッジにより供試体中央部を鉛直方向に切り取りその断面を観察した

(写真 1、写真 2)。写真 1 は $\alpha=0^\circ$ の場合、写真 2 は $\alpha=20^\circ$ の場合における杭貫入後の杭先端部分の破壊状況である。これらを比較すると、杭先端部の応力球根の大き

さにはあまり違いが見られないが、 $\alpha=0^\circ$ の場合に比べて $\alpha=20^\circ$ の場合の方が応力球根の形状が杭と垂直方向にやや押し広げられていると考えられる。

4. まとめ

- 1) 杭先端部分に角度をつけることで、杭先端応力に改善効果が得られる結果となった。その割合は正規化沈下量 (S/D) = 0.05, 0.1 時では、最も割合の高い $\alpha=20^\circ$ においてフラット形状の杭と比較して約 10% の改善効果が得られた。
- 2) 杭先端部の破壊状況は先端部分の角度の違いによって明確な変化は見られないが、角度を付けたことにより地盤の破壊が杭と垂直方向に押し広げられていると考えられる。

参考文献：1) 安福ら：圧縮性を考慮した杭先端支持力の实用評価式とその適用。土と基礎。Vol.49 No.3, pp.12-15. 2001.3. 2) 金川ら：砂地盤における杭貫入に伴う経時的側方応力緩和特性。土木学会西部支部研究発表会。pp.438-439. 2001.3. 3) 清水ら：圧縮性を有する砂中の先端地盤の局所変形。土木学会第 52 回学術講演会。pp.10-11. 1997.9.

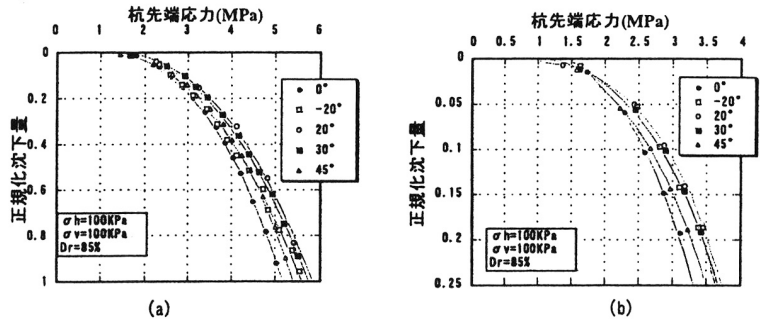


図 3. 杭先端応力 - 正規化沈下量関係

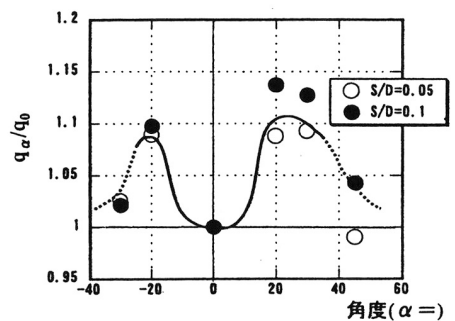


図 4. 角度別先端応力比較

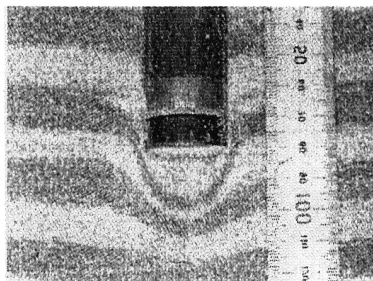


写真 1. ($\alpha=0^\circ$)

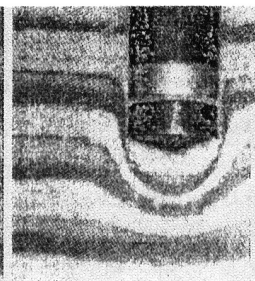


写真 2. ($\alpha=20^\circ$)

$\sigma_h = 100 \text{ kPa}$
 $\sigma_v = 100 \text{ kPa}$
 $Dr = 85\%$