

砂の相対密度と先端部傾斜角の違いに着目した、拡底杭の引抜き抵抗について

九州大学大学院
(株)コトブキ産業

正 〇姜 正求
F 安福 規之
正 石藏 良平
非 才田 洋介

1. はじめに

場所打ちコンクリート拡底杭（以下、拡底杭）は、杭先端径を頭部径より拡大させ、先端支持力を増大させる工法である。引抜き抵抗力の算出については、杭の重さ、地盤の破壊面と破壊面内の土の重さなどのパラメータを考慮して様々な計算手法が提案されている。しかし、多様な地盤条件と拡底杭の先端部の形状（先端部の直径、先端部の傾斜角など）によって引抜き支持力は大きく変化し、現状では十分な精度で引抜き抵抗力を算出するには至っていない。したがって、ここでは、引抜き抵抗力の適切な算定法を提示することを目標として、まず、砂地盤の相対密度と拡底杭の先端部傾斜角の関係を模型実験により調べたので、その結果を報告する。

2. 実験概要

図1に実験装置を示す。実験装置は、模型地盤用土槽と載荷装置で構成されている。高さ500mm、直径750mmの鋼製の円形土槽を制作した。また、土槽の内部は壁と土の間の摩擦を最小化するためにテフロンコーティングされている。載荷装置はスクリージャッキを用いた装置で、最大荷重能力は10kNである。載荷速度はコントローラを用いて調節することができ、実験は4mm/minで行った。

図2は、模型杭を示す。模型杭は円筒形であり、杭の先端部の傾斜角は0°、12°、18°である。3種類の模型杭は、頭部径30mm、先端径は48mm、及び杭長360mmの鋼製である。なお、杭頭部には載荷装置のロッドと接続できるように20mmの円形部を有する。

表1に模型地盤で使用した砂の物性値を示す。模型地盤は気乾状態の熊本珪砂(k7)を利用して5種類の相対密度で作製した。模型地盤の作製方法に関しては、相対密度40%の場合、空中落下法を用いて、残りの4ケースは、相対密度に対応する一層あたり4cm分の試料を投入し、ゴムハンマーを用いて締固めを行う。これを所定の高さになるまで繰り返して模型地盤を作製した。

表2に各ケースの地盤条件を示す。全15ケースは、杭の根入れ深さ160mmで模型実験を行った。

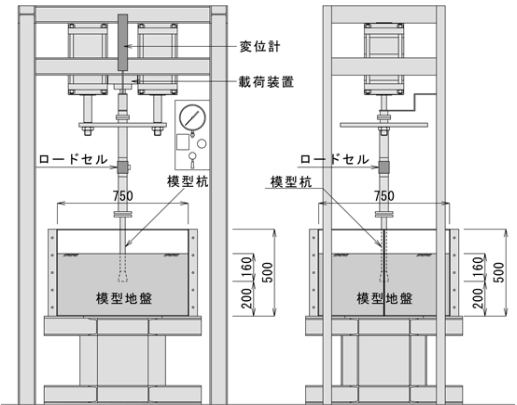


図1 実験装置

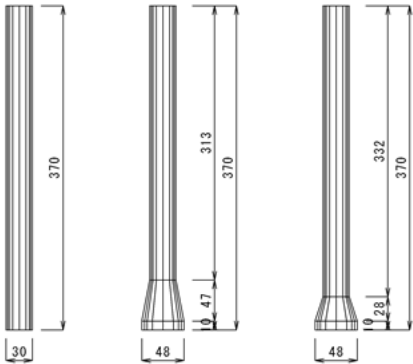


図2 模型杭形状と寸法

表1 模型地盤試料の物性値

項目	数値
密度	2.630 g/cm ³
最小密度	1.197 g/cm ³
最大密度	1.571 g/cm ³
平均粒径	0.15 mm
内部摩擦角	42° (Dr = 80%)

表2 各ケース

傾斜角	相対密度	根入れ長	根入れ幅比
(°)	(%)	(mm)	
0	40, 60, 75, 85, 95	160	3. 33D
12			
18			

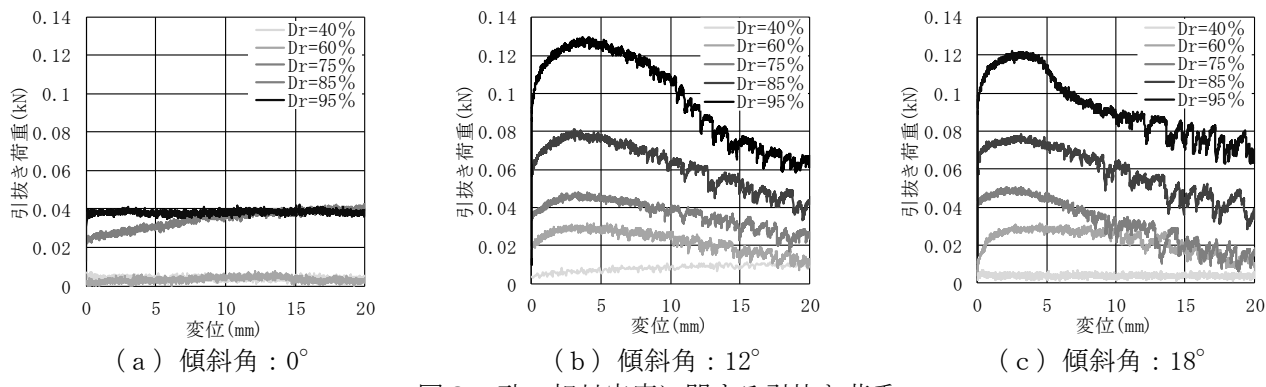


図3 砂の相対密度に関する引抜き荷重

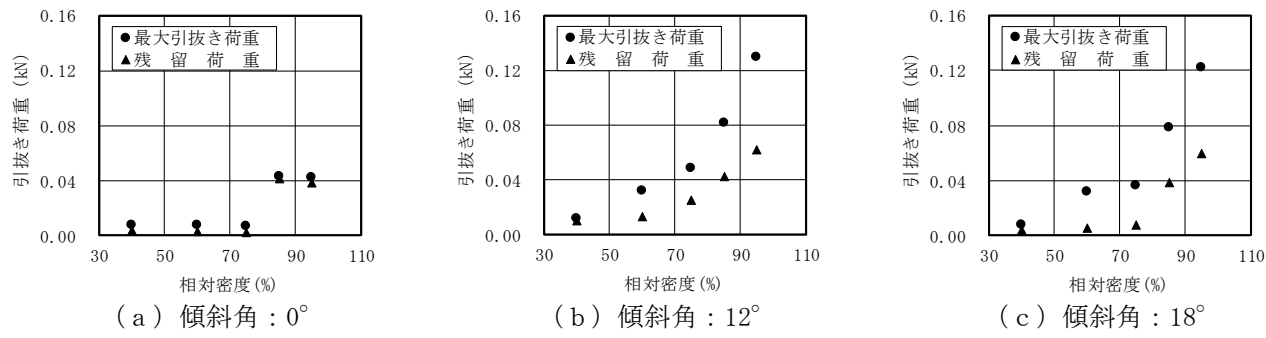


図4 相対密度に関する最大引抜き荷重と残留荷重を比較

3. 試験結果および考察

図3は、砂の相対密度に関する引抜き荷重を示す。実験結果、ストレート杭の相対密度に関する実験結果で、引抜き荷重が非常に低く測定されたため相対密度の影響を確認することが難しかった。しかし、12°と18°の拡底杭の結果では明確な砂の相対密度に対する引抜き荷重の影響が確認された。また、先端部傾斜角12°、相対密度95%の条件で最大引抜き荷重が確認されており、先端部傾斜角12°、相対密度40%の実験結果より約10倍高い結果となった。

図4は、相対密度に関する最大引抜き荷重と残留荷重を比較した図である。その結果で、全ケースで相対密度の増加に応じて最大引抜き荷重と残留荷重が増加する傾向が確認された。特に、相対密度75%以上の場合、拡底杭は最大引抜き荷重と残留荷重の差が顕著に増加した。

図5は、砂の相対密度に関する先端部傾斜角と最大引抜き荷重の関係を示す。相対密度40%の場合、ストレート杭と拡底杭の最大引抜き荷重の差が非常に小さく、相対密度60%と75%の場合、拡底杭の最大引抜き荷重がストレート杭より高い結果が確認された。しかし、相対密度85%と95%の場合、12°の拡底杭の最大引抜き荷重が18°の結果より少し高い結果が確認された。

4. まとめ

本文では、砂の相対密度に関する拡底杭の先端角の引抜き荷重の影響を確認した。その結果で、砂の相対密度40%の場合、拡底杭による引抜抵抗力の改善効果は確認されず、相対密度75%より大きくなるとその改善効果は顕著に増加した。また、高い相対密度(85%, 95%)では、先端角12°の拡底杭が18°より高い最大引抜き荷重を示した。

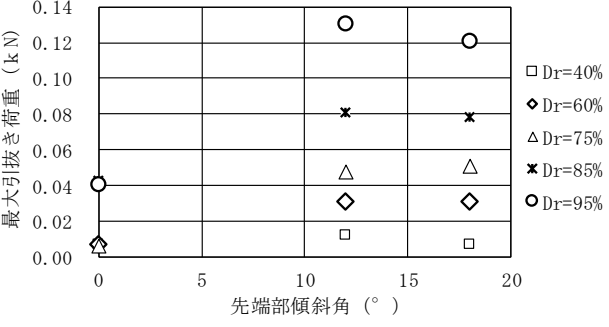


図5 相対密度に関する先端部傾斜角と最大引抜き荷重の関係

<参考文献>1) B. C. Chattopadhyay and P. J. Pise : Uplift Capacity of Piles in Sand, Journal of Geotechnical Engineering, Volume112, Issue 9(1986), 2) 平井 芳雄, 若井 修一, 青木 雅路: 砂質土地盤における拡底杭の引抜き抵抗に関する遠心力模型実験, 日本建築学会構造系論文集, 74 巻, 643 号(2009)