相対密度の違いが砂地盤中の拡底杭の引抜き挙動に与える影響について

九州大学大学院	Ĩ	○姜	正求	F	安福	規之
				正	石藏	良平
(株)コトブキ産業	IE	荒巻	真二	非	才田	洋介

<u>1.はじめに</u>

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だ けでなく、引抜き荷重も増大させる杭で、一般的な拡底杭の先端部傾斜角は12°以下に施工されている。現在、 拡底杭の支持力評価で先端支持力の算出方法は拡底部の先端直径を考慮するが、引抜き抵抗力は杭頭径だけを考 慮してストレート杭で計算される。本研究では、引抜き抵抗力の基礎的研究として、砂地盤を対象に拡底杭の拡 底部12°を基準に模型地盤の相対密度に注目した模型実験を実施したので、その結果について報告する。

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、測定装置で構成されている。模型土槽としては 円形断面と半円形断面の土槽を用いて実験を行った。円形 土槽での実験では引抜き荷重を確認し、半円形実験では、 土槽前面に厚さ10mmのアクリル版を設置し、模型杭周辺の 土の動き、せん断面が発生する形態を観察した。載荷装置 はスクリュージャッキを活用しており、載荷速度4mm/min の条件で行った。測定装置は、ロードセルと変位計を活用 しており、アクリル版前面に設置されたHDビデオカメラで 実験状況を撮影した。図2は模型杭の形状と寸法を示す。 模型杭は、円形と半円形実験を考慮して2つのタイプを用 意し、先端部傾斜角は12°とした。

表1に模型地盤に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)を用いて、5ケースの相対密 度で模型地盤を作成した。模型地盤の作成方法に関しては、 まず、相対密度40%のケースでは空中落下法を用いて模型地 盤を作成した。また、残りの4ケースは、各相対密度に対応 する一層あたり4cm分の試料を投入し、ゴムハンマーを利用 して締固めを行なう。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に実験条件を示す。本研究では、相対密度の影響を明 らかにするために、5ケースの相対密度の条件で実験を行っ た。また、予備実験で低い相対密度でアクリル版と半円形 杭の間に摩擦力が発生したために、円形と半円形に分けて 行った。

3. 試験結果および考察

図3に円形模型実験の引抜き荷重-変位結果を示す。実験

衣1 侯至地盈禹科の物性他			
項目	数值		
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%)		

長1 模型地盤試料の物性値



表2 実験ケース

ケース	傾斜角	根入	支持	相對密度
		れ長	層厚	伯利福度
	(°)	(mm)	(mm)	(%)
円形杭	19	160	910	40, 60, 75,
半円形杭	12	100	210	85,95



図3 円形模型実験の引抜き荷重-変位

表3 円形模型実験の最大引抜き荷重と変位

	相対密度					
	40%	60%	75%	85%	95%	
最大引抜き荷重 (kN)	0.0115	0.0315	0.0480	0.0812	0.1296	
変位 (mm)	15.79	3.97	3.16	3.02	3.69	



結果から先端角度が 12°の場合、引抜き荷重は、相対密度の増加とともに増加する。いずれの場合も最大の引き抜き荷重を示した後、引き抜き抵抗は変位とともに低下し、残留値に到る結果となっている。その傾向は、相対密度が大きい程顕著である。また、最大と最小の相対密度での結果を比較すると、最大引き抜き荷重は約 10 倍の違いがある結果となっている(表3)。

図4は相対密度の最大引抜き荷重と残留引抜き荷重を比較し た結果である。最大引抜き荷重と残留引抜き荷重は相対密度に よって増加することが確認されており、特に相対密度75%以上 で最大引抜き荷重が急激に増加することが確認された。

図5は相対密度の画像分析の結果である。相対密度40%、60%



(a) Dr=40%, $\delta = 10$ mm



(b) Dr=60%, δ=10mm
α':22°
α'':31°

(c) Dr=75%, δ =8mm



(d) Dr=85%, δ =8mm



(e) Dr=95%, δ =3mm

で破壊面が確認されていないが、75%以上の条件では破壊面が観察された。観察された破壊面は、相対密度が大きいほど杭の先端から発生する破壊角度も増加した。

杭先端の拡大した杭において、ゆるい砂地盤では引抜き時に影響する地盤の範囲が杭周辺である。密な砂地盤 では杭先端形状よりくさび効果が発生し、地盤の影響範囲は拡大し、引き抜き荷重が大きく増加した。

<u>4. まとめ</u>

砂地盤を対象に相対密度に対する拡底杭の引抜き実験を実施した。相対密度 95%で最も大きな引抜き荷重が確認されており、この結果は相対密度 40%の結果より 10 倍高い結果である。また、相対密度 75%以上の条件で最大引抜き荷重の増加幅は高まった。

<参考文献>

1) E.A.Dickin and C.F.Leung., "Performance of piles with enlarged bases subject to uplift forces": Canadian Geotechnical Journal, 1990, 27(5): 546-556

2) Jaw-Guei Lin, Shih-Yu Hsu, San-Shyan Lin, "The New Method to Evaluate the Uplift Capacity of Belled Piles in Sandy Soil" Journal of Marine Science and Technology, 2015, 23(4), 523 - 533