

笠付鋼管杭の第二限界抵抗力に関する基礎的検討

(株)技研製作所 正会員 ○尾川 七瀬
 // 非会員 岡田 浩一
 // 正会員 石原 行博

1. はじめに

鋼管杭の鉛直支持力を増大させる構造として、杭先端を拡大させたものや杭の途中に節を設けたもの等が知られている。技研製作所では、設置～撤去・復旧をより容易にできる基礎杭として、笠付鋼管杭（図-1）を開発した。笠付鋼管杭は、鋼管杭に笠部を剛結させた構造である。笠部は地表面に設置される。笠部の存在により基礎杭の鉛直支持力・水平支持力が増加することが期待される。本稿では、重力場の模型実験と数値解析の結果から、笠付鋼管杭の鉛直支持力増大のメカニズムについて考察する。

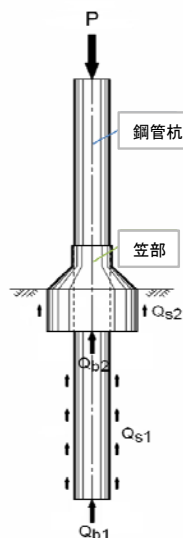


図 1 笠付鋼管杭

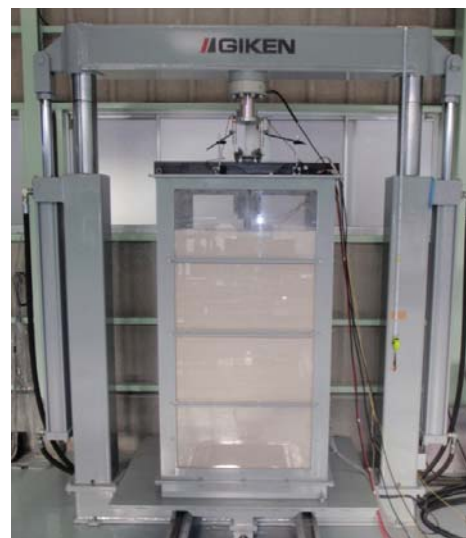


図 2 圧入試験装置

2. 模型実験

(1) 実験装置と地盤材料

実験には、図-2 に示す実験装置¹⁾を用いた。模型地盤は、気乾状態の珪砂6号を空中落下させ、深さ1.7mの四角柱型の土槽内に層厚1.4mとして作製した。試験は、1セット2試験（Ⅰ、Ⅱ）とし、再現性検討のため2セット（A、B）実施した。図-3 に試料の粒度分布を、表-1 に模型地盤の条件を示す。試験杭は、鋼管杭はφ35mm、長さ500mmの閉端構造で、先端に荷重計を設置して先端抵抗を計測した。笠部は、外径φ88mmの鋼製の閉端構造とし、ひずみゲージにより先端抵抗を計測した。

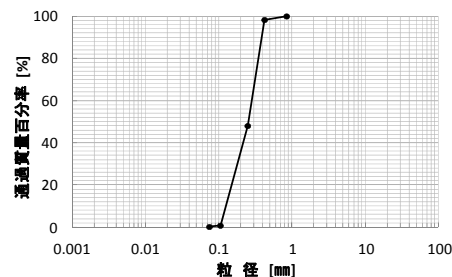


図 3 粒度分布（珪砂6号）

(2) 実験手順

試験の流れを図-4 に示す。試験Ⅰでは、①鋼管杭を圧入した後に鉛直荷重試験を実施し、引き続き、②笠部を圧入し笠部の鉛直荷重試験を実施した。試験Ⅱでは、鋼管杭、笠部の順に圧入し、治具を用いて両者を剛結した後に、鉛直荷重試験を実施した。鉛直荷重試験は、1サイクルの連続荷重とした。

表 1 模型土層条件

試験	試験杭	相対密度	平均N値
A-Ⅰ	① 鋼管杭	55.7	4.9
	② 笠部		
A-Ⅱ	③ 笠付鋼管杭	52.9	4.5
B-Ⅰ	① 鋼管杭	60.7	5.9
	② 笠部		
B-Ⅱ	③ 笠付鋼管杭	69.7	7.7

3. 数値解析

3次元FEM解析モデルを用いて、模型実験と同様の鉛直荷重試験を実施した。モデルのメッシュ図を図-5に、材料定数を表-2に示す。境界条件は、土層底面は固定、側面は深度軸方向を自由としたローラー固定とした。地盤要素は、半径50m、深さ50mの円形単一の砂層とし、構成則にはDuncan-Changを用いた。鋼管杭と笠部は閉端構造とし、地盤要素の弾性モデルを用いてモデル化した。鋼管杭は直径0.8m、笠部は直径2mとした。地盤と杭の間にはインターフェース要素を設け、大きなせん断変形を表現できるように変形係数を設定

キーワード 笠付鋼管杭、第二限界抵抗力、模型実験、数値解析、地盤内応力

連絡先 〒781-5195 高知県高知市布師田 3948 番地 1 TEL 088-803-1256

した。載荷時は杭頭に強制変位を与えた。

4. 結果および考察

表-3 に、模型実験で確認された第二限界抵抗力と、第二限界抵抗力発揮時の先端抵抗と周面抵抗を示す。笠付鋼管杭の第二限界抵抗力は、鋼管杭と笠部それぞれの第二限界抵抗力の和よりも大きくなっている。特に、笠付鋼管杭の周面抵抗が笠のない場合に比べて大きく増大している。図-6 に、解析で得られた第二限界抵抗力発揮時の有効応力の分布を示した（青から緑、赤に向かって応力が高くなる）。笠付鋼管杭の鋼管杭周面部の周辺の地盤の応力増加が確認できる。笠付鋼管杭の周面抵抗の増加は、笠部の底面で載荷された荷重により鋼管杭周面部周辺の地盤内応力が増加したことが原因であると考えられる。

そこで、笠部の底面の載荷重から地盤内応力の増加（ $\Delta\sigma'$ ）を Boussinesq の解を用いて求め、既存の設計式（①道路土工、②UWA-05）の中で $\Delta\sigma'$ を加味して第二限界抵抗力を算出することを試みた。結果を図-7 に示す。UWA-05 法により実験結果をよく表現できていることが確認された。

5. まとめ

乾燥砂の模型実験では笠付鋼管杭の第二限界抵抗力は笠部と鋼管杭それぞれの第二限界抵抗力の和よりも大きくなった。特に周面抵抗の増大効果が顕著で、これは笠部底面の載荷重による地盤内応力の増加が原因と考えられる。

参考文献

1) 尾川他（2011），模型地盤を用いた圧入の基礎実験—実験装置の概要と模型地盤の作製手順—，平成 23 年度土木学会四国支部技術研究発表会

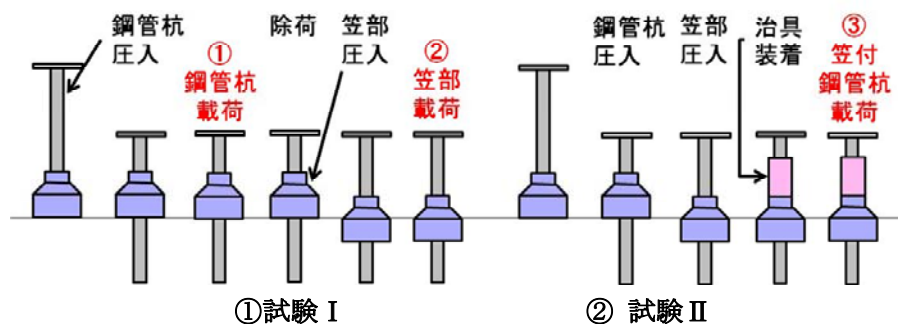


図 4 模型実験の手順

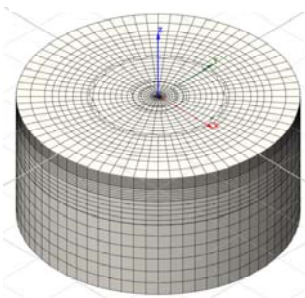


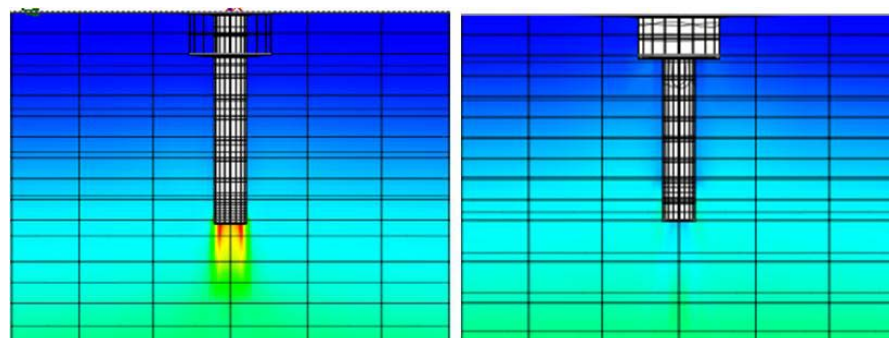
図 5 解析モデル

表 2 解析モデルの材料定数

		地盤	躯体
弾性係数	kN/m ²	2.13.E+04	2.06.E+08
ポアソン比		0.333	0.29
単位体積重量	kN/m ³	13.6	76
粘着力	kN/m ²	0.2	-
静止土圧係数		0.5	-
初期載荷係数		237.6191	-
初期剛性指数		1	-
破壊比		1	-

表 3 第二限界抵抗力（模型実験結果）

載荷試験対象	杭頭変位 mm	杭頭荷重 kN	先端抵抗		周面抵抗	
			鋼管杭 kN	笠部 kN	鋼管杭 kN	笠部 kN
① 鋼管杭	3.5	0.51	0.44	-	0.07	-
② 笠部	3.5	0.72	-	0.54	-	0.18
①+② 鋼管杭+笠部	3.5	1.23	0.44	0.54	0.25	
③ 笠付鋼管杭	3.5	1.29	0.39	0.45	0.44	



① 鋼管杭

② 笠付鋼管杭

図 6 第二限界抵抗力発揮時の有効応力分布



図 7 第二限界抵抗力の比較