

先端および中間部に拡径部を有する杭の支持力特性に関する遠心模型実験

(その1 実験概要・中間拡径部の支持力特性)

正会員○金子 治*1 今村眞一郎*2
同 宮田勝利*3 同 戸田 哲雄*4
同 飯田 努*5 同 田中 昌史*6

杭基礎 支持力 引抜き抵抗

1. 目的

建築物の耐震安全性確保や長寿命化のためには基礎構造の支持性能が確保されることが必要である。場所打ち杭では先端部を拡大して大きな鉛直支持力を得る拡底杭が多く用いられているが、中間部にも拡径部を設けることで、より小さい軸径、短い杭長で支持力を確保し、かつ抵抗機構を分散して地盤特性の不確実性のリスクを分散できる工法も開発、実用化されている¹⁾。

この工法では、拡径傾斜部における荷重伝播機構を考慮して押し込み支持力や引抜き抵抗を評価した上で、地盤特性に応じて適切に拡径部を配置することが重要である。そこで、縮小模型により実大規模の応力状態を再現できる遠心載荷装置を用いて、拡径部の形状や配置間隔が支持力特性に及ぼす影響について検討するための鉛直載荷試験を行った。

その1では実験全体の概要と直杭・拡底杭との比較により中間拡径部の支持力特性を評価した結果を示す。

2. 実験概要

本実験は遠心加速度はすべて50G(相似比1:50)で実施したが、以下では模型スケールで示す。

杭はアルミ合金製で中空($E=72\text{MN/m}^2, t=2\text{mm}$)の内側にひずみゲージを20-50mmピッチで添付し、表面は周面抵抗確保のため豊浦砂を貼り付けて表面粗さ76~106 μm を確保した。中間拡径部の傾斜角は拡底杭と共通の施工機械を用いることを想定して上側は12度、下側はスライム処理等を考慮して45度とした。実験土槽は直径600mm高さ750mmの鋼製で、豊浦砂(乾燥砂)を用いて空中落下法により相対密度90~94%の地盤を作製した。

載荷は0.01mm/secの変位制御で、最大荷重は変位が拡径部の1/2(22mm)または載荷能力に達するまでとした。

図1、表1に試験ケースを示す。先端および中間を拡径したCASE3を基本とし、CASE1(直杭)・CASE2(拡底杭)と比較した中間拡径部の効果、CASE4,5では拡径部の間隔比の影響、CASE7,8では拡径比の影響を検討した。

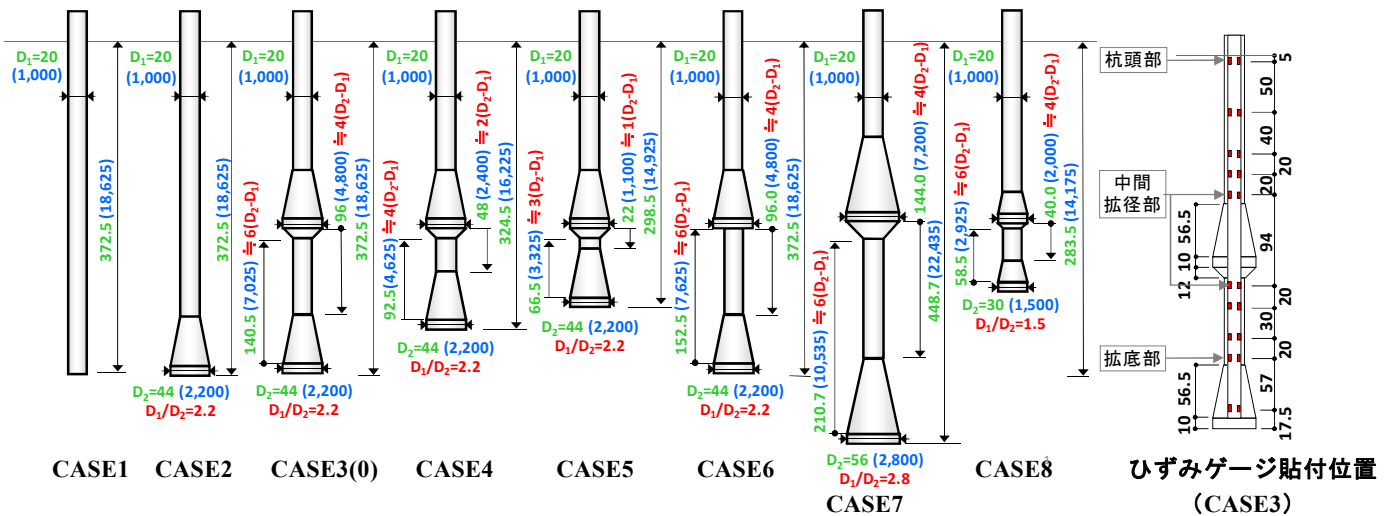


図1 試験体一覧 (単位:mm ()はプロトタイプ)

表1 試験ケース ()はプロトタイプ, 単位:mm

CASE	形状	拡大径 : D_2	拡径比	杭長 [地表から]	拡径部の間隔 L : 間隔比 $L/(D_2-D_1)$	
					引抜き載荷	押し込み載荷
0	多段杭(半割)	44 (2,200)	2.2	372.5 ⁵ (18,625)	140.5 (7,025) : 5.9	
1	直杭	—	—	372.5 ⁵ (18,625)	—	
2	拡底杭	44 (2,200)	2.2	372.5 ⁵ (18,625)	—	—
3(基本)	多段杭	44 (2,200)	2.2	372.5 ⁵ (18,625)	140.5 (7,025) : 5.9	96.0 (4,800) : 4.0
4	多段杭	44 (2,200)	2.2	324.5 ⁵ (16,225)	92.5 (4,625) : 3.9	48.0 (2,400) : 2.0
5	多段杭	44 (2,200)	2.2	298.5 ⁵ (14,925)	66.5 (3,325) : 2.8	22.0 (1,100) : 0.9
6	多段杭(下なし)	44 (2,200)	2.2	372.5 ⁵ (18,625)	152.5 (7,625) : 6.4	96.0 (4,800) : 4.0
7	多段杭	56 (2,800)	2.8	448.7 ⁷ (22,435)	210.7 (10,535) : 5.9	144.0 (7,200) : 4.0
8	多段杭	30 (1,500)	1.5	283.5 ⁵ (14,175)	58.5 (2,925) : 5.9	40.0 (2,000) : 4.0

* 杭軸径(D_1) 20mm (1,000mm)

Centrifuge Model Tests for Bearing Capacity of Piles with Enlarged Base and Intermediate Node, Part1 Outline and Effects of Enlarged Node

KANEKO Osamu, IMAMURA Shinichiro, MIYATA Katsutoshi, TODA Tetsuo, IIDA Tsutomu and TANAKA Masafumi

3. 試験結果 (CASE1, 2, 3)

(1)引抜き載荷

図2に試験によって得られた①杭頭荷重と杭頭変位 δ を拡大径 D_2 (CASE2,3)または軸径 D_1 (CASE1)で正規化した δ/D との関係の比較,②CASE2,3の杭頭部・中間拡径部・拡底部(先端拡径部)の負担軸力と δ/D との関係,③ $\delta/D=0.05,0.1,0.2$ における軸力分布の比較をそれぞれ示す。

引抜き載荷では,①に示すように中間拡径部を有するCASE3は $\delta/D=0.1\sim 0.2$ 付近までは荷重・剛性が增大するが,変位が大きくなるとCASE2(拡底杭)との差は小さくなった。また,②に示すように $\delta/D=0.05\sim 0.1$ 以降は,中間拡径部の軸力は頭打ちに,拡底部の負担軸力は中間拡径部がない方が大きくなり,それぞれ異なる挙動を示していた。一方,③に示す軸力分布では中間拡径部の直上で逆向きの摩擦力となっていたが,拡径部が引き抜かれて上に移動することに伴い下側にできる空隙に地盤が移動するなど,周辺地盤が中間拡径部と連動することで生じたものと考えられる。

(2)押し込み載荷

図3に図2と同じ形で押し込み載荷時の試験結果を示す。押し込み方向の載荷に対しては引抜き載荷とは異なり, $\delta/D=0.2$ 以上の大変位まで拡底部と中間拡径部はほぼ同様な挙動を示していた。②に示すようにCASE2とCASE3の拡底部の軸力と δ/D の関係はほぼ一致しており,CASE3の間隔比があれば拡底部の押し込み支持力は中間拡径部の影響を受けないと判断される。③の軸力分布では中間拡径部直下の周面摩擦力は他の部分よりも大きく,拡径

部直上では先端・中間部ともに負の摩擦力が働いており,引抜き載荷と同様に拡径部と連動した周辺地盤の動きの影響があると考えられる。

(3)中間拡径部を有する杭の支持力特性

表2に $\delta/D=0.1$ 時の軸力 N を拡径部の支圧面積 A_p あるいは拡径部の周面積 A_f で除した負担荷重度と,これをさらに上載圧 σ_v で正規化した値を示すが,引抜き載荷では中間拡径部と拡底部の差,拡底部同士の差が押し込み載荷に比べて大きくなっていった。

以上の結果からは,載荷方向により中間拡径部が杭全体の支持力特性に及ぼす影響が異なることが示唆されるが,これは本実験で用いた杭は中間拡径部上下の角度が異なることもあり,動く方向により拡径部が周辺地盤に与える影響が異なるためと考えられる。

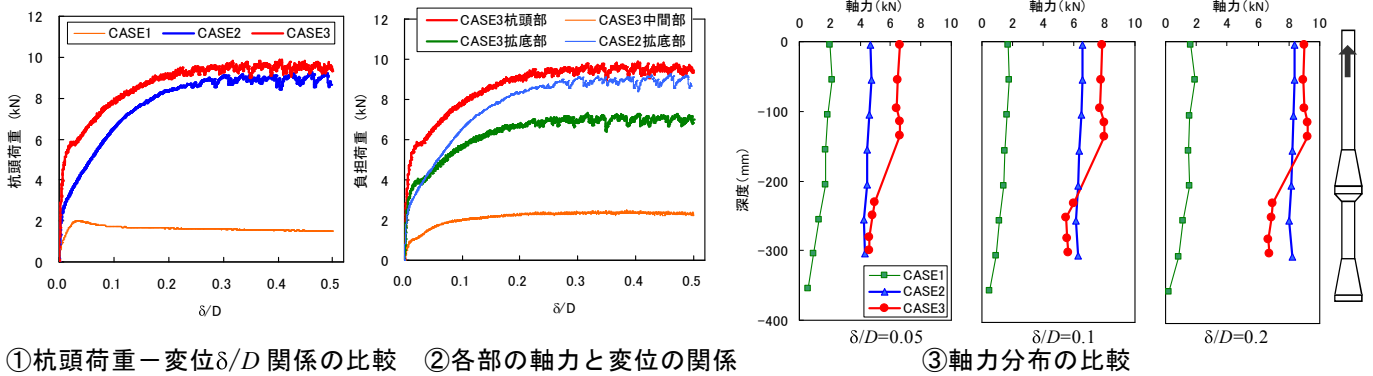
4. まとめ

遠心載荷装置を用いて先端および中間部に拡径部を有する杭の鉛直載荷試験を行い,それぞれの荷重負担について把握するとともに,拡径部と周辺地盤が連動することで杭全体の支持力特性に影響することを確認した。

表2 $\delta/D=0.1$ における負担荷重度

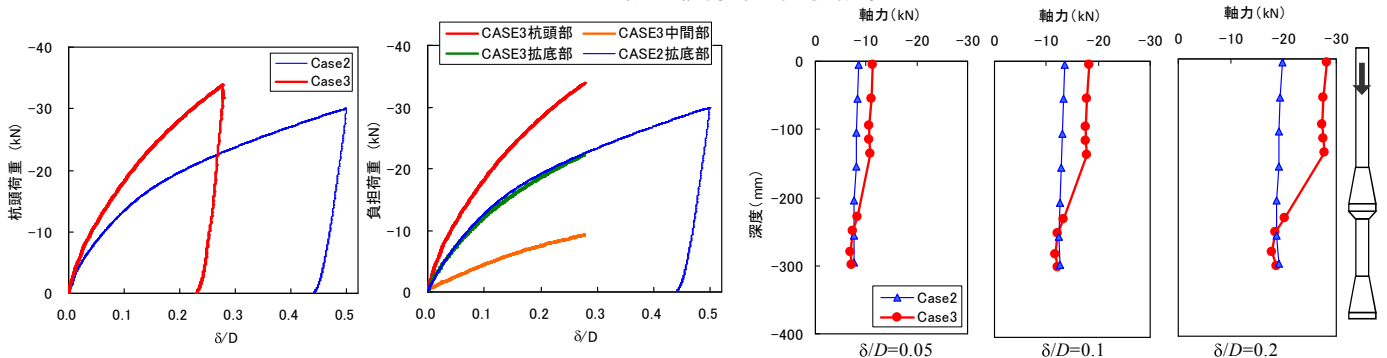
	引抜き載荷			押し込み載荷		
	拡底部(先端拡径部)		中間拡径部	拡底部(先端拡径部)		中間拡径部
	CASE2	CASE3	CASE3	CASE2	CASE3	CASE3
N/A_p (kN/m ²)	5,206	4,650	1,674	8,365	8,063	3,705
$(N/A_p)/\sigma_v$	18.0	16.0	10.5	28.1	27.1	22.1
N/A_f (kN/m ²)	874	781	281			
$(N/A_f)/\sigma_v$	3.57	3.19	2.45			

参考文献1)平井・山下,最近の場所打ちコンクリート杭工法,基礎工2010年11月号,20-24



①杭頭荷重-変位 δ/D 関係の比較 ②各部の軸力と変位の関係 ③軸力分布の比較

図2 引抜き載荷時の試験結果



①杭頭荷重-変位 δ/D 関係の比較 ②各部の軸力と変位の関係 ③軸力分布の比較

図3 押し込み載荷時の試験結果

- | | | | |
|---------------|------------|---|--------------------------------------|
| *1 戸田建設(株) | *2 西松建設(株) | *1 TODA Corporation | *2 NISHIMATSU Construction Co., Ltd. |
| *3 三井住友建設(株) | *4 大豊建設(株) | *3 Sumitomo Mitsui Construction Co., Ltd. | *4 DAIHO Corporation |
| *5 ジャパンパイル(株) | *6 大洋基礎(株) | *5 JAPAN PILE Corporation | *6 TAIYO Foundation Co., Ltd. |