-般セッション|6.地盤と構造物(動的問題を含む) 杭基礎③ 2020年7月21日(火)13:20~14:50 第9

[21-9-3-06] 杭頭付近にソイルセメント拡大杭周部を有する埋込み杭の水平 抵抗(その1:実験概要および杭頭周囲の地盤変状) Lateral Resistance of Pre-Bored Pile with Enlarged Shaft Part (Part1:Test Outline and Subsurface cracks around pile head)

*小梅 慎平¹、本間 裕介¹、宮坂 怜奈¹ (1. ジャパンパイル株式会社) *Shimpei Koume¹, Yusuke Homma¹, Reina Miyasaka¹ (1. JAPAN PILE CORPORATION) キーワード:杭の水平抵抗、繰返し荷重、水平載荷試験 Lateral resistance of pile, Horizontal load test of pile, Cyclic load

埋込み杭は、先端支持力を高めるために、先端部に軸部より拡大された根固め部を有することが多いが、近年は 施工トラブルのリスクを避けるために、杭全長にわたり根固め部と同じ拡大径のソイルセメント杭周部を造成し た杭もある。このような杭の場合、杭頭付近にも、杭径に対して拡大されたソイルセメント(拡大杭周部)が存在す るため、杭の水平抵抗も向上するものと考えられる。しかしながら、拡大杭周部による向上効果や地震時繰返し 水平荷重による大変形を受けた際の拡大杭周部の損傷が与える影響など、検証された事例は少ない。そこで、拡 大杭周部を有する杭に対して、大変形を伴う正負交番繰返し水平加力実験を行い検証した。

杭頭付近にソイルセメント拡大杭周部を有する埋込み杭の水平抵抗 (その1:実験概要および杭頭周囲の地盤変状)

杭の水平抵抗 繰返し荷重 水平載荷試験

ジャパンパイル	○正 会 員	小梅	慎平
同	正 会 員	本間	裕介
同	正 会 員	宮坂	怜奈

1. はじめに

埋込み杭とは、セメントミルクを注入し掘削・攪拌を行いながら造成されたソイルセメント柱の中に施工された 杭である。埋込み杭は、先端支持力を高めるために、先端部に軸部より拡大された根固め部を有することが多い が、近年は施工トラブルのリスクを避けるために、杭全 長にわたり根固め部と同じ拡大径のソイルセメント杭周 部を造成した杭もある¹⁾。このような杭の場合、杭頭付 近にも、杭径に対して拡大されたソイルセメント(拡大杭 周部)が存在するため、杭の水平抵抗も向上するものと考 えられる。しかしながら、拡大杭周部による向上効果や 地震時繰返し水平荷重による大変形を受けた際の拡大杭 周部の損傷が与える影響など、検証された事例は少ない。 そこで、拡大杭周部を有する杭に対して、大変形を伴う 正負交番繰返し水平加力実験Aを行い検証した。

また、埋込み杭の場合は、水平変位が大きくなる杭頭 付近では、地震後に杭とソイルセメントが分離するため、 水平抵抗が有効でなくなる範囲が生じることが指摘され ている²⁾。そこで、実験 A 終了後に、分離した隙間に砕 砂を充填することで、杭の水平抵抗の回復がどの程度見 込めるかについても別途検証したので報告する。

2. 実験地盤および実験ケース

実験地盤の土質柱状図および試験杭姿図を図1に示す。 また、実験ケースを表1に示す。実験地盤は、表層0.4m が砕石やガラの混入する埋土であったが、それ以深は粘 土主体の地盤で構成されている。試験杭は杭径450mm、 杭長13m(根入れ長12.5m)の鋼管杭を用いた。Case1は 一般的な杭周部(通常掘削径=杭径+50mm)を設けた仕様 であり、Case2はCase1より2倍大きな拡大杭周部を全 長に渡り設けた仕様とした。表中()内で示す杭周部の外 径 D_c は、実測した周長より逆算して求めた値である。ま た、圧縮試験結果から得られた杭周部の圧縮強度 q_u と弾 性係数 E_c を表1に示す。Case1は、施工中に杭孔からオ ーバーフローしたソイルセメントを採取して制作した供 試体を用いたが、Case2 は実験終了後に損傷が少ない箇

表1 試験体仕様およひ圧縮強度										
	杭径	板厚	根入れ長	杭周部のソイルセメント						
No	D	t	L	外径 D _c	拡大比	圧縮強度	弾性係数			
	(mm)	(mm)	(m)	(mm)	$\rm D_c$ / (D+50)	$q_u(N/mm^2)$	$E_c(N/mm^2)$			
Case1	450 9	12.5	500	1.00	2.15^{*1}	835^{*1}				
			(638)	(1.28)						
Case2	450 9	12.5	1000	2.00	$2.50^{\ast 2}$	1218^{*2}				
			(1121)	(2.24)						
*1 施工時に杭孔から採取したオーバーフロー供試体による圧縮試験結果										
*9 加力実験終了後 コアボーリングにて採取した供試体に上る圧縮試験結果										

Lateral Resistance of Pre-Bored Pile with Enlarged Shaft Part (Part1:Test Outline and Subsurface cracks around pile head)



図2 加力装置図

所でコアボーリングを行い採取した供試体を用いた。杭 周部の $q_u \ge E_c$ は、文献³⁾で示される $E_c=400\sim600 q_u \ge$ 近い関係が得られていることが確認できる。ひずみを測 定した位置(G1~G10)を図1に示す。

3. 加力装置および加力方法

加力装置図を図 2 に示す。各ケースとも杭径 1000mm の鋼管杭 2 本を反力杭に用いて、押引き複動ジャッキに て正負交番繰返し水平荷重を作用させた。なお、加力装

> KOUME Shimpei, HOMMA Yusuke and MIYASAKA Reina(Japan Pile Corporation)

置の都合上、反力杭付近の地盤面は、実験地盤面より 500mm 低くなっているが、試験杭の影響範囲である杭 径 450mm の 5 倍にあたる 2250mm⁴)は確保できている。 変位計取付け位置を図 3 に示す。加力点は実験地盤面 +250mm とし、杭の水平変位は、加力点 $(H_p2 \times 2)$ および 実験地盤面+100mm $(H_p1 \times 2)$ の 2 断面で測定した。また、 Case2 については、前面側と背面側で拡大杭周部変位の 測定も行った。正加力に対して前面側は加力軸上で杭か ら 200mm 離れた点の水平変位 H_i1 および鉛直変位 V_i1 、 背面側は装置の関係上、加力軸より 250mm、杭より 200mm 離れた点の水平変位 H_i2 とした。Case1 では地 表面変位として鉛直変位 V_i1 のみ測定した。

加力サイクルを図 4 に示す。杭変位 H_{p1} の平均値を用 いて変位制御で連続的に加力した。変位振幅は、± 1.0mm の準備加力後、±2.5,5,10,15,20,30,40 まで振幅 を漸増させた後、最終的には杭径の 10%以上の±50mm まで加力した(実験 A)。なお、±2.5~20mm のみ各振幅 2 回ずつ実施した。その後、大地震後の地震に対する地 盤抵抗の回復効果を検証するために、杭と周辺部のソイ ルセメントとの隙間に砕砂を自由落下方式で充填し、再 度、中規模地震を想定した変位振幅±20mm を 2 回行っ ている(実験 B)。



4. 杭頭周囲の地盤変状

各ケースについて、変位振幅±15mm 時および±50mm 時における杭頭周囲の地盤変状のスケッチを図 5 にそれ ぞれ示す。図中の実線模様は隆起部を表現している。

15mm 時に着目すると、Case1 は杭側面から加力軸に 対して約 90 度方向にひび割れ①-1 が発生し、その後、 約 45 度方向にもひび割れ②-1 が進展した。一方、Case2 は加力に対して背面側の拡大杭周部に沿って地盤のひび 割れ①-2 が進展し始めた後、杭周部にもひび割れ②-2 が 発生し始めた。その後、大変形に至るまでの間、加力背 面の地盤ひび割れ①-2 の進展はあまり無く、拡大杭周部 の損傷(最大ひび割れ幅 40mm)が進み、さらに前面側の 地盤のひび割れ・隆起が激しくなる傾向が確認できた。 大変形時の地盤ひび割れの範囲は Case1 より Case2 の 方が大きく、Case2 は杭の影響範囲とされる 2250mm を 超える範囲まで伸びるひび割れも多数確認できた。 振幅 50mm 終了時に杭と杭周部との隙間は 40mm 程度 生じており、また、深さ方向の長さは、Case1 で 1500mm 程度、Case2 で 1000mm 程度であった。すべ ての実験終了後に実験地盤面より 500mm 掘削し、杭周 部の損傷を調べた結果、横に走る曲げひび割れも多数確 認できたが、両ケースとも掘削に伴って杭周部が崩壊す るような現象は発生しなかった。

5. まとめ

拡大杭周部の有無で、杭頭周囲で発生する地盤ひび割れの傾向が異なり、通常掘削径に対して2倍の拡大杭周部 を有する場合、ひび割れの発生範囲は、杭径Dから定まる影響範囲5D以上に及んでいた。また、変位振幅 50mmの大変形後には、杭と杭周部との間に隙間40mm、 深さ1000~1500mm程度の空隙が生じていた。

参考文献 1)小梅慎平: MAGNUM 工法, 基礎工 Vol.47, No.11, 2019, pp.96:97 2) 北浦光章他: 実大プレボーリング杭の大変形挙動後の支持力特性, 土木学会論文集 C, Vol.70, No.1, 106:124, 2014 3)斉藤聰: 深層混合処理工法による改良土の調査と工 学的性質, 基礎工 Vol.13, No.2, 1985, pp.108:114 4)地盤工学会: 杭の水平載荷試験 方法・同解説,2010

