
一般セッション | 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

[21-9-3-07] 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2 : 実験結果) Lateral Resistance of Pre-Bored Pile with Enlarged Shaft Part (Part2:Test Results)

*本間 裕介¹、小梅 慎平¹、宮坂 怜奈¹ (1. ジャパンパイル株式会社)

*YUSUKE HOMMA¹, SHIMPEI KOUME¹, REINA MIYASAKA¹ (1. JAPAN PILE CORPORATION)

キーワード : 杭の水平抵抗、水平載荷試験、繰返し荷重

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2：実験結果)

杭の水平抵抗 繰返し荷重 水平載荷試験

ジャパンパイル
同
同

○正会員 本間 裕介
正会員 小梅 慎平
正会員 宮坂 怜奈

1. はじめに

(その1)に引続き実験結果について報告する。

2. 荷重変形関係

水平荷重と水平変位の関係を実験ケースごとに図1に示す。Case2の横軸は杭変位 H_p1 および拡大杭周部変位 H_i1 、 H_i2 を表す。また、水平荷重と地表面(拡大杭周部)の鉛直変位 V_i1 の関係を図2に示す。

履歴ループは、各ケースとも逆S字型を帯びており、変形が大きくなるにしたがって、中央部でくびれたスリップ型の形状を呈して、履歴内荷重で地盤抵抗が発揮されていない様子が見える。この傾向はCase2でより顕著に伺える。

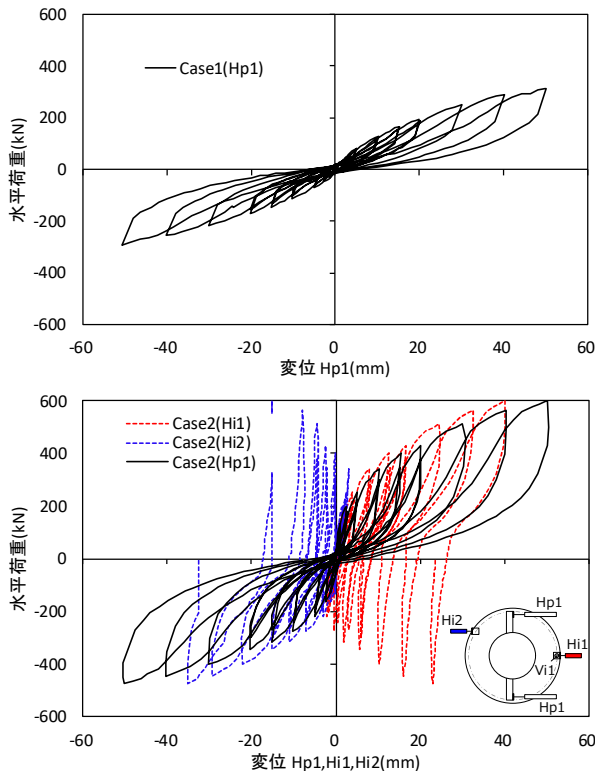


図1 荷重-水平変位関係

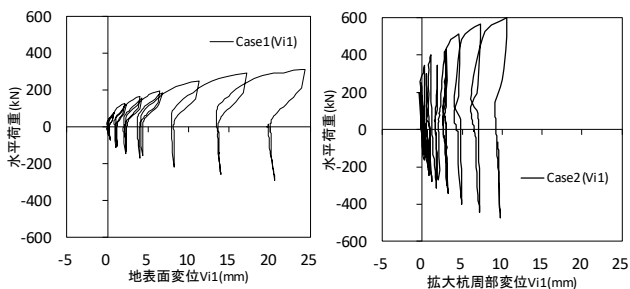


図2 荷重-鉛直変位関係

Case2の拡大杭周部の水平変位は、加力前面側では、杭の変位 H_p1 に追従するような挙動を示していることが確認できる。また、背面側も荷重200kNまでは追従している様子が伺えるが、その後、杭周部の損傷によって、背面側は取り残された挙動を示している。この挙動は、(その1)で示したひび割れ発生傾向とも対応している。鉛直変位 V_i1 に着目すると、両ケースとも加力に対して前面側が盛り上がる挙動を示していることが確認できる。

拡大杭周部は損傷するものの、最大荷重は、拡大杭周部の影響からCase1に対してCase2は正側で1.93倍、負側で1.62倍大きな値となっていることが確認できる。

3. 各物理量分布

変位、曲げモーメント、地盤反力について、変位 $H_p1=10(1), 20(1), 30, 40, 50\text{mm}$ 時における深度分布を図3に比較して示す。(1)は振幅1回目を意味する。曲げモーメント分布は、各断面 $G1\sim G10$ で得られたひずみより求めた曲率に曲げ剛性 EI を乗じて求めた。曲げ剛性 EI は、突出部を片持ち梁と見立てて、水平荷重×突出長より求めた地表面位置の曲げモーメント M_{G1} と、地表面に位置する断面 $G1$ の曲率 ϕ_{G1} から $EI=M_{G1}/\phi_{G1}$ の関係を利用して求めた値を用いた。各物理量分布は、文献1)で提案された方法により算出を行っている。

地盤反力分布に着目すると、表層付近で地盤反力の発生が小さいCase1に対して、Case2は表層付近から地盤抵抗が発揮されていることが確認できる。

4. 地盤反力係数

深度2.0m以浅の4深度における地盤反力と変位の関係を図4に示す。地盤抵抗を表す傾きは、水平変位の増加に伴って減少し、特にCase1の表層は減少度合いが大きいことが確認できる。表層付近の深度0.5m、1.0mにおける地盤反力係数と変位の関係を図5に示す。同図には、文献2)に記載の指針式で算出した値を■でプロットしている。また、各ケースの変位10mm時の地盤反力係数を

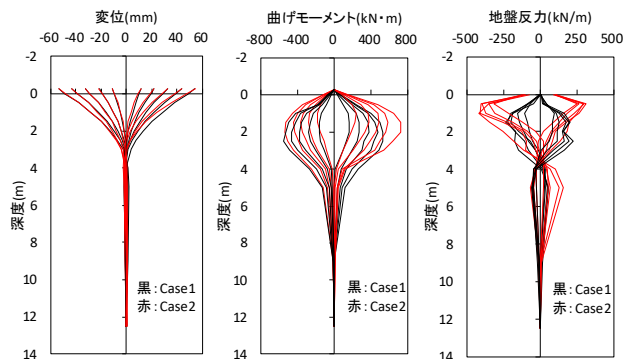


図3 各物理量分布

Lateral Resistance of Pre-Bored Pile with Enlarged Shaft Part
(Part2: Test Results)

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

表 1 に示す。Case1 の深度 1.0m は指針式より若干大きい、深度 0.5m は指針式の値にほぼ等しい値であった。一方、Case2 は Case1 より深度 0.5m で約 5 倍、深度 1.0m で約 2 倍大きく、深度 1.0m 以浅の地盤反力係数の平均値では 3 倍以上大きな値が得られている。本実験では、2 倍大きな杭周部を有することで、表層付近の地盤反力係数が 3 倍以上向上する結果となった。

5. 繰返し水平荷重の影響

実験 A より、繰返し荷重を受けながら大変形に至ると、杭と杭周部との間に隙間が生じ、履歴内荷重で地盤抵抗が発揮されない傾向³⁾が再確認できた。そこで、実験的なアプローチとして、隙間に砕砂を充填させた場合、地盤抵抗がどの程度回復するかどうかを検証した。充填は、1ℓ カップに図 6 に示す砕砂を満し、加力点高さから隙間に自由落下させて行った。表層付近まで充填後、突き棒にて表層を満遍なく 300 回程度突き、再度充填した結果、充填量は Case1 で 0.050m³、Case2 で 0.026m³となった。空隙体積に等しい量であったが、空隙内の地下水以深にも自由落下で充填したこと、充填後の加力中に砕砂が徐々に空隙内に落ち込んでいったことから、締め具合は非常に緩い状態であったと推察される。

変位振幅 20、50mm および充填後の振幅 20mm 時の履歴ループを図 7 に示す。各ケースとも振幅 50mm 時の 20mm に達した際の荷重は 20mm 時のループで到達した荷重を大きく下回っており、特に Case2 で顕著である。しかしながら、砕砂充填後は、振幅 50mm 時より地盤抵抗が向上しており、Case1 では充填前の 20mm ループと同程度まで改善されていることが確認できる。また、中央でくびれた形状ではなく、紡錘型に近い形状を呈していることも確認できる。

深度 1.5m 以浅の 3 深度について、各振幅で 20mm 到達時における地盤反力を比較した図を図 8 に示す。振幅 50mm 時の 20mm 到達時(Stage4)には、地盤反力がゼロとなる深度もあり、ほぼ 50%以下まで低下していることが確認できる。一方、充填後の Case1 は充填前の 20mm 時まで概ね改善しており、Case2 でも充填前と同程度まで回復している深度も見受けられる。Case2 については、拡大杭周部に複雑に伸びる亀裂内に砕砂の充填がうまくできていないことが原因と考えられる。また、充填後の 1 回目(Stage5)と 2 回目(Stage6)を比較すると、深度 0.5m の地盤反力が低下し、それ以深の地盤反力が改善する現象が確認できる。これは繰返しによって表層付近の砕砂が深度方向に落ち込んだためと推察される。この現象が履歴ループを紡錘型へ導いたものと推察される。

6. まとめ

繰返し大変形を受けた際、杭周部の損傷により、履歴内荷重時の地盤抵抗が発揮しづらい傾向にはあったが、大変形時においても、拡大杭周部を有した方が拡大杭周部無より水平荷重は増加しており、拡大杭周部による杭の水平抵抗の向上効果が確認できた。さらに、大地震後の地震に対する応急処置として、自由落下法によって砕砂の充填を行い、これにより大変形によって失った履歴内

荷重時の地盤抵抗の回復が見込めることを確認した。今回初歩的な自由落下による手段を採用したが、今後、杭頭周辺の構造まで考え、発展させた充填方法の構築が期待される。

参考文献 1)富永晃司他：杭頭自由および固定の単杭が終局状態に至るまでの水平挙動性状に関する理論と実験、構造工学論文 1991.3, pp.1-10 2)日本建築学会：建築基礎構造設計指針(2019.11)3)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

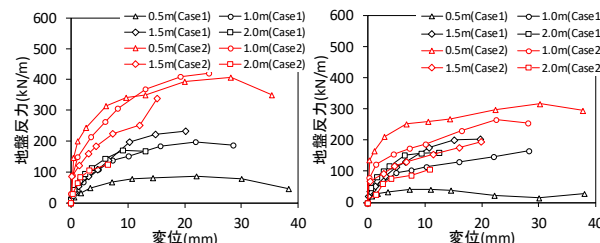


図 4 地盤反力-変位関係

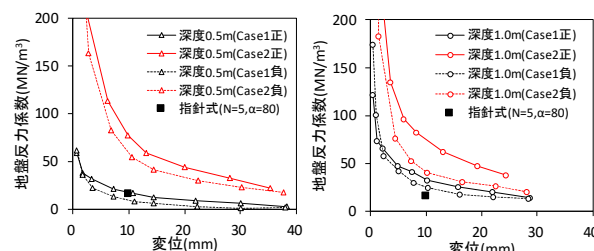


図 5 地盤反力係数-変位関係

表 1 地盤反力係数

深度 (m)	変位10mm時の水平地盤反力係数k ₉₀ (MN/m ³)					
	正加力時		負加力時			
	Case1	Case2	Case1 Case1	Case2 Case1	Case2 Case1	Case2 Case1
0.5	19.2	79.0	4.11	10.2	60.0	5.88
1.0	28.2	55.2	1.96	25.4	38.6	1.52
平均	-	-	3.04	-	-	3.70

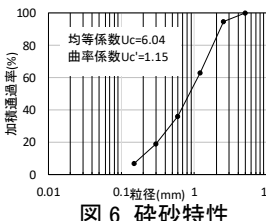


図 6 砕砂特性

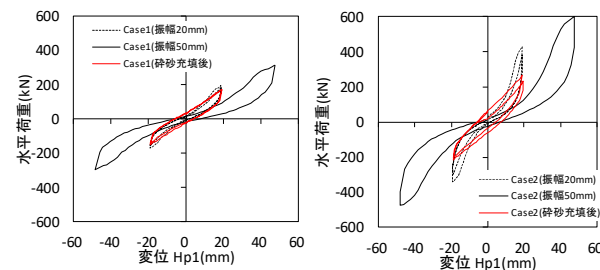


図 7 履歴ループの比較

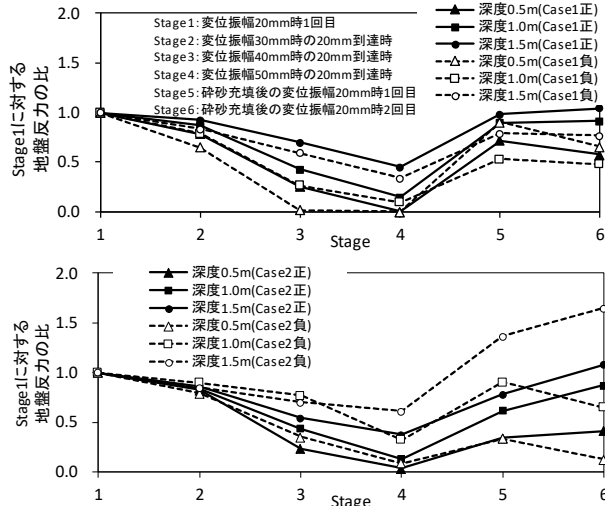


図 8 各振幅 20mm 到達時の地盤反力の比較