

過密多数配置条件での小径スパイラル杭の水平抵抗力の群杭効果の評価

中央大学大学院 学生会員 ○大西 奈穂 中央大学 学生会員 山村 菜月
 中央大学大学院 学生会員 木梨 優太 中央大学 正会員 西岡 英俊

1. 研究背景

スパイラル杭は平鋼板をねじり加工した小規模な杭で、人力（必要に応じて電動工具を補助的に使用）による回転貫入で施工が可能という特徴がある。この特徴から、重機使用が困難な現場条件における小規模構造物（例えば鉄道のホームドア基礎¹⁾等の建設において、スパイラル杭を多数打設した群杭基礎の適用が期待されている。通常の円柱状の杭を群杭構造とする場合については、実務においては、施工上・設計上の観点から杭中心間隔の最小値を $2.5D$ (D : 杭径) 程度とするのが一般的となっている。そのため、地盤条件が軟弱で抵抗力が不足する場合には、杭本数増または杭径拡大に伴い、フーチングの寸法も地上設備等の配置に必要な最小寸法よりも拡幅する必要があった (図-1(a))。しかし、ホームドア基礎等の狭隘な現場では、図-1(b)のように杭中心間隔を $2.5D$ よりも狭くして（密に配置して）杭本数を増やす（または杭径を大きくする）方が、基礎全体としては合理的・経済的な設計が出来る可能性がある。しかし、そのような設計を行うためには、スパイラル杭の群杭効果、特に従来の円柱状の杭でも検討・設計事例が少ない過密多数配置条件での群杭効果について十分に把握する必要がある。そこで本研究では、水平載荷試験を実施しスパイラル杭の群杭効果の特性を把握する。また、スパイラル杭は回転貫入時の杭頭のブレや過回転が抵抗力の発現に影響を及ぼす可能性がある為、群杭効果と併せて、施工時の乱れが及ぼす影響についても検討する。

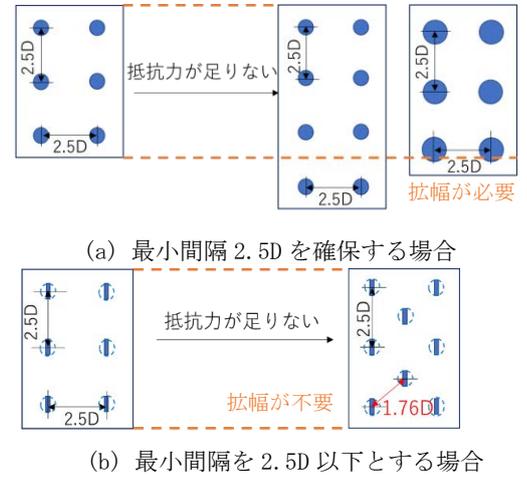


図-1 抵抗力が不足する場合の対応イメージ

2. 実験概要

本研究で用いたスパイラル杭の模型を写真-1に示す。スパイラル部はリン青銅製で幅 20mm、板厚 2mm、長さ 400mm の平板を 4 回転ねじったものである。なお、単杭の載荷試験結果から βl (β : 杭の特性値, l : 根入れ長) を算出すると $\beta l = 6$ となり、一般に半無限長の杭と扱える条件である $\beta l > 3$ を満足する設定となっている。



写真-1 模型スパイラル杭

スパイラル杭は文献 2)と同様に、施工時の乱れの影響を考察するために、Case1 (ブレ・過回転無) と Case2 (ブレ・過回転有) の 2 種類の方法で施工した。

模型地盤と載荷装置も文献 2)と同様に、乾燥豊浦標準砂を用いて、土槽の中に多重ふるいを用いた空中落下法で相対密度 90%程度となるように投入して地盤を作成し、杭を地表面から 50mm の高さで連結し載荷装置によって一方向に押して載荷する構造とした。

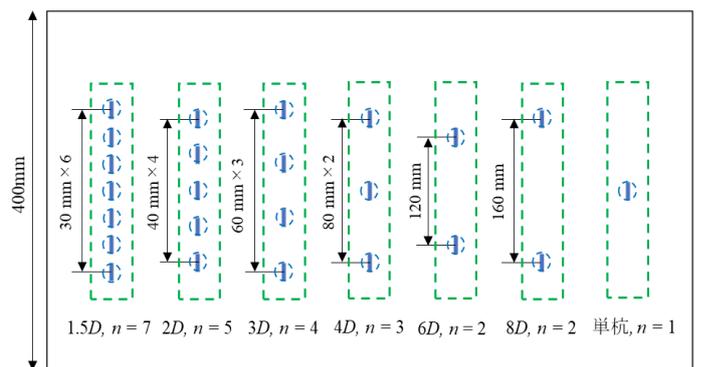


図-2 実験ケースの杭配置

実験ケースは、杭間隔 L と杭幅 D の比を主たるパラメータとした図-2に示す一列群杭の杭配置とした。なお、同一幅のフーチング内に杭を打設することを想定して、 L/D に応じて杭本数 n も増加させた (文献 2)では杭本数は 2 本で一定)。Case1 及び Case2 の施工方法ともに各杭配置で 5 回ずつの実験を実施した。

キーワード スパイラル杭, 群杭効果, 水平載荷試験

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部都市環境学科 基礎・地下構造研究室 TEL : 03-3817-1804

3. 実験結果

水平載荷試験の結果として、載荷点における荷重～変位関係を図-3に示す。縦軸は全荷重を杭本数で除して杭一本当たりの抵抗力としている。なお、これらのグラフは、各杭配置で5回分のデータを、変位0.5mmピッチで抵抗力を平均し、プロットしたものである。

図-3より、両ケースとも概ね変位1mm以降で、杭間隔によって荷重変位関係に差異が生じていることがわかる。また、Case1は図-3(a)より、杭間隔が狭くなるにつれて杭一本当たりの抵抗力が低下していく傾向が確認できる。一方で、Case2では図-3(b)より、杭間隔と杭一本当たりの抵抗力には明確な傾向は確認できない。

4. 群杭効果

図-4, 5に今回の実験で得られた杭間隔 L/D と群杭効果 e の関係を示す。本研究では、杭幅の10%に当たる2mm変位時の抵抗力で群杭効果を評価した。ここで、縦軸の値は、両ケースとも2mm変位時のそれぞれ群杭の抵抗力をCase1の単杭の抵抗力の平均値で除した値とした。よって、Case2については、縦軸は群杭効果 e と施工の乱れの影響による補正率 (α とする) の積に相当する。また、グラフには縦軸の値の平均値と標準偏差を求めた結果も、実線(平均値)および破線(平均値±標準偏差)で示している。

図-4よりCase1では、主に $L=2\sim 6D$ の範囲で、杭間隔が狭くなるほど群杭効果 e の平均値が低下し、標準偏差が大きくなっていく傾向が確認できる。文献2)の2本群杭の条件での検討では、群杭効果の平均値と杭間隔との明確な関係は確認されていなかったが、本実験では杭間隔が狭くなるほど杭本数も増加したことにより、特に両側を隣接杭に挟まれる杭では地中応力の重なりの影響が生じて、群杭効果が表れたものと考えられる。

一方、図-5よりCase2の $\alpha \cdot e$ の平均値は、杭間隔に対して大きくばらついているものの、近似式の指数の値はCase1に比べ小さく、杭間隔が及ぼす影響が相対的にCase1より小さいことがわかる。また、全体として文献2)の2本群杭の条件での検討では杭間隔によらず施工の乱れによる水平抵抗の低下傾向が確認されたが、本実験では杭間隔が小さくて杭本数が多い条件では施工の乱れによる低下傾向は小さい結果となった。これは、今回の実験では施工時の乱れをブレおよび過回転によって模擬したが、杭本数が多い条件では杭周辺地盤の締め固め効果が発揮されて、結果的に乱れによる低減効果が相殺された可能性がある。すなわち、施工の乱れの影響による補正率 α も杭間隔・杭本数に依存し、最終的な抵抗力を群杭効果 e と組み合わせた $\alpha \cdot e$ としては杭間隔の感度が小さくなったと考えられる。

5. まとめ

実験の結果、同一幅のフーチング内で杭を密に配置し杭本数を増やした場合、群杭効果の影響は生じるものの、地盤の締め固め効果によって、施工の乱れによる低減効果は相殺される可能性があることが分かった。これらの影響を考慮することで、スパイラル杭を用いた群杭基礎においてより合理的な設計が可能になると考えられる。

参考文献

- 1) 野中隆博, 津島史人, 前原聡, 西岡英俊, 大塚克也, 猪八重由之, 菅原哲也, 藤田昌幸: スパイラル杭と高強度繊維補強床版を用いたホームドア基礎構造の提案, 土木学会第74回年次講演会, VI-851, 2019.
- 2) 山村菜月, 西岡英俊, 大西奈穂, 木梨優太: 小径スパイラル杭の施工時の乱れを考慮した2本群杭模型の水平載荷実験, 土木学会第49回関東支部技術研究発表会, 2022.

