

## スパイラル群杭の杭頭ばね定数・残留支持力に関する模型引抜き実験

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

## 1. はじめに

スパイラル杭は平鋼にねじり加工を施して作成される杭である。この杭は、荷重や回転力を与えることにより、人力で打設が可能である。また、打設時に掘削作業、廃土処理が必要ないため、経済的であり、作業工程も削減できる。このため、狭隘で重機が入らない現場条件での小規模構造物の基礎として、スパイラル杭を多数かつ過密に打設した群杭基礎の適用が期待されている。

一般に、群杭として杭を配置する場合、杭中心間隔によっては別途群杭効果を考慮する必要がある。スパイラル杭の群杭効果に関しては、大西・西岡<sup>1)</sup>が水平抵抗の群杭効果について実験的研究を実施しているが、スパイラル杭の引抜き抵抗に及ぼす群杭効果に着目した検討事例は少ない。

例えば、ホームドアの基礎としてスパイラル杭を打設する場合、図-1.1 のようにホームドアに線路側への風圧がかかると、杭に引抜き力が作用する場合がある。このような背景から、本研究では最も基礎的な群杭として2本群杭を想定し、2本のスパイラル杭の杭中心間隔をパラメータとして、鉛直引抜き時の杭1本あたりの杭頭ばね定数、残留支持力にどのような変化を及ぼすかを模型実験により調べた。

## 2. 実験概要

本実験で用いたスパイラル杭模型写真を図-2.1 に、実験で用いた土槽模型写真を図-2.2 示す。群杭はスパイラル杭模型の幅を杭径  $D(=20\text{mm})$ 、杭中心間隔  $L$  として、 $L/D=1.5, 2, 3, 4, 6, 8$  の6ケースの抵抗力を比較した。さらに、 $L/D=8$  より杭中心間隔が大きくなる場合の抵抗力を算出するために、単杭引抜き試験も実施した。図-2.3 は群杭配置図、図-2.4 は単杭配置図である。詳細は参考文献3)を参照にされたい。

また、施工誤差および地盤作成誤差に起因したばらつきの影響を平均化できるように、同一の杭中心間隔の実験を複数回実施した。

## 3. 実験結果

得られたデータのうち  $L/D=1.5, 4, 8$  の荷重-変位関係を図-3.1 に示した。施工の最後からフーチング設置までの間に、先行して若干の引っ張り力を杭に与えてしまったり、逆に杭を若干押し込んでしまったりする影響を完全に排除することができないため、それらの影響がおおむね収束する20Nの引抜き力が作用した時点での変位をゼロとなるように補正した。なお、引抜き抵抗は、ロードセルで計測された荷重を2で割って、1本あたりの引抜き抵抗の値としている。

なお、いくつかのケースでほぼ垂直（または原点指向）で低下しているが、これらは2本の群杭の一方のみが荷重低下してフーチングが大きく傾斜した場合に、引抜きが

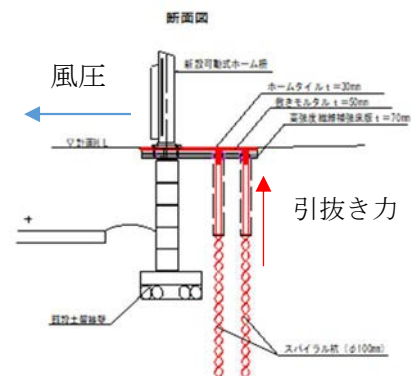


図-1.1 スパイラル杭と高強度繊維補強床板を用いた基礎構造の例<sup>2)</sup>



図-2.1 スパイラル杭模型写真

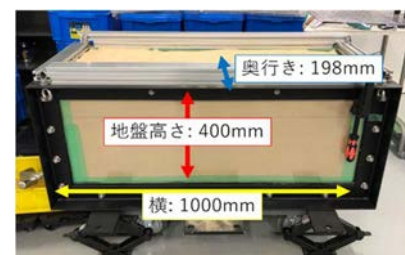


図-2.2 土槽模型写真

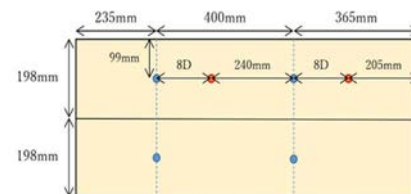


図-2.3 群杭配置図( $L/D=8$ )

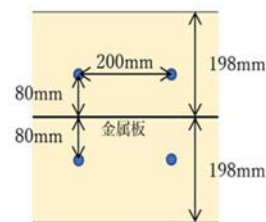


図-2.4 単杭配置図

キーワード スパイラル杭、鉛直引抜き、群杭効果、杭頭ばね定数、残留支持力

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

起こらず引き続き地盤中にとどまり、荷重低下しなかった方の杭である。これらの荷重-変位関係から、杭中心間隔によらずスパイラル杭の引抜き抵抗力は、変位が 4~8mm 程度で最大引抜き抵抗力を示した後に、大幅に荷重低下する挙動を示すことが分かる。

#### 4. 考察

得られた荷重-変位関係から、杭頭ばね定数および残留支持力を算出し、杭中心間隔ごとに比較した。

##### (1) 杭頭ばね定数 $K$

杭頭ばね定数は、杭を 1mm 引き抜くのに何 N の荷重が必要かを示す値である。ここでは最大引抜き抵抗力(以下  $P_{\max}$ )の 20%時点と 50%時点をつなげた直線の傾きを杭 1 本あたりの杭頭ばね定数として評価した。図-4.1 に杭中心間隔ごとの杭頭ばね定数の分布を示した。なお、杭中心間隔が同じ複数回の実験結果に対して、杭頭ばね定数の平均値と標準偏差を求めた結果を赤実線(平均値)および赤破線(平均値±標準偏差)で示した。また、単杭を  $L/D$  スケール上に表すのは困難なため、単杭の  $P_{\max}$  全データの平均値として、青破線で図中に示した。

図-4.1 より、多少のばらつきはあるものの、杭中心間隔に違いによるばね定数  $K$  の変化は見られなかった。つまり、ばね定数  $K$  は群杭効果の影響を受けず、杭中心間隔が小さくなくても、杭を一定量引き抜くのに必要な力は変化しないと考えられる。

##### (2) 残留支持力 $P_r$

荷重-変位関係において  $P_{\max}$  を示した後の 1 度目の荷重低下の最小値を残留支持力  $P_r$  とした。なお、フーチングが回転せずに  $P_{\max}$  の荷重低下が見られたデータのみを検討対象としており、特に  $L/D=8$  のケースと単杭のケースは検討対象とできるデータが得られなかった。

図-4.2 から、残留支持力  $P_r$  は杭中心間隔が狭くなるにつれて小さくなり、杭中心間隔  $L/D=2$  から  $L/D=3$  にかけて、最小の値を示すことが分かる。これは最大引抜き抵抗力  $P_{\max}$  の傾向<sup>3)</sup>と類似しており、群杭効果によって大きく影響されると考えられる。

#### 4. まとめ

杭中心間隔をパラメータとして、2 本のスパイラル杭群杭の鉛直引抜き実験を行ったところ、杭中心間隔が小さくなるほど残留支持力が低下する群杭効果が確認されたが、その低下はある一定の値に留まる可能性が確認できた。また、杭中心間隔が小さくなくても杭頭ばね定数はおおむね変わらないことも確認できた。

#### 参考文献

- 1) 大西奈穂, 西岡英俊: スパイラル杭の水平抵抗における群杭効果に関する基礎的研究, 第 55 回地盤工学研究発表会, 21-9-2-01, 2020.
- 2) 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.

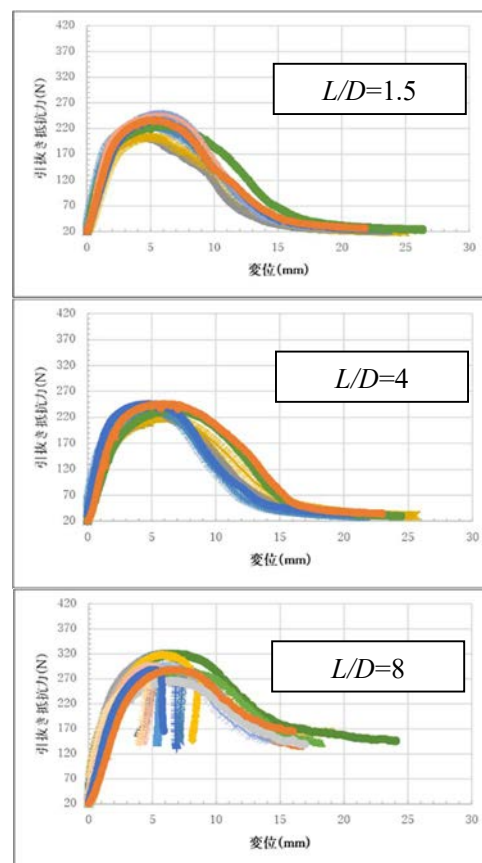


図-3.1 荷重-変位関係

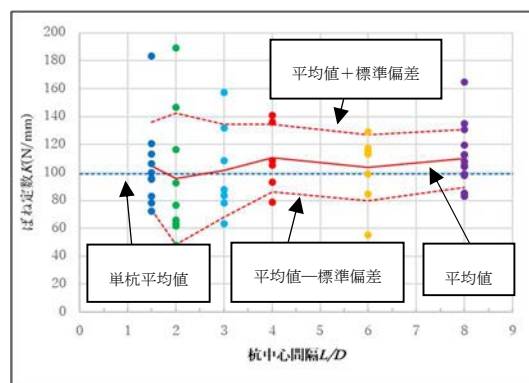


図-4.1 杭頭ばね定数  $K$  分布

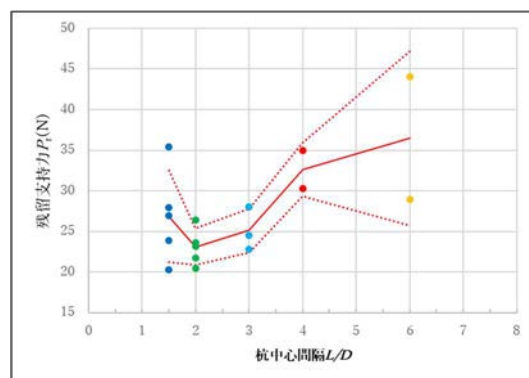


図-4.2 残留支持力  $P_r$  分布