

## スパイラル杭の引抜き抵抗における群杭効果に関する模型実験

中央大学 学生会員 ○木梨 優太 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。

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力に及ぼす群杭効果に着目した検討事例は少ない。

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本あたりの引抜き抵抗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

本実験で用いた土槽模型写真を**写真-1**に示す。模型地盤は、乾燥豊浦砂を横 1000mm、奥行き 198mm の土層の中に、多重ふるいを用いた空中落下法で相対密度約 75% 程度となるように高さ 400mm まで投入して作成した。

本実験で用いたスパイラル杭模型写真を**写真-2**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7回転ねじったものである。

群杭はスパイラル杭模型 2 本とし、スパイラル杭模型の幅を  $D(=20\text{mm})$  として、2 本の杭中心間隔  $L=1.5D, 2D, 4D, 6D, 8D$  の 5 ケースの支持力を比較した。2 本の杭模型を所定の位置に深さ 386mm まで打設した後に、地表面より上に突出している平板部を剛な板で挟み込むことで、杭頭部を固定するフーチングを模擬した。引抜きは、**写真-3**のように、模型フーチングの中心部にワイヤーを取り付け、載荷装置で模型フーチングごと引抜いた。載荷装置側にロードセルを、模型フーチング側にレーザー変位計をそれぞれ設置し、ケース毎の荷重変位関係を測定した。

なお、スパイラル杭に軸方向力が作用すると、杭自体がスパイラル形状に沿って回転しようとする力が発生する。杭本数が十分に多い群杭であれば、それぞれの力がフーチング内部で相殺され、フーチング自体が回転するような挙動は生じない。しかしながら、本実験のように2本程度の少ない群杭の場合には、この回転しようとする力が抑えきれず、模型フーチングごと回転してしまう。そこで、回転拘束用のアルミフレームを、模型フーチングを前後から挟み込むように土層長手方向に配置した。アルミフレームには摩擦低減テープを貼付し、拘束によって引抜き抵抗力に影響が出ないようにした。

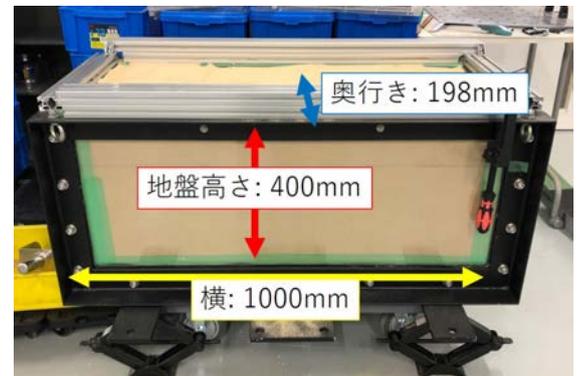


写真-1 模型土槽写真

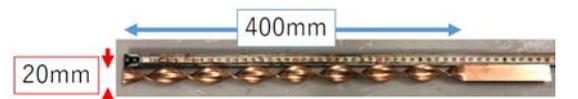


写真-2 スパイラル杭模型写真



写真-3 載荷装置写真

キーワード スパイラル杭, 豊浦砂, 鉛直引抜き, 群杭効果

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

また、スパイラル杭の引抜き抵抗は杭打設の精度の影響を大きく受けるため、打設時には写真-4のような打設治具を用いた。この打設治具によってスパイラル杭模型は高さ方向に3点で拘束されるため、杭の傾斜および水平方向のブレを抑えた精度の高い打設が可能である。また打設治具下端部にはスパイラルのピッチを保持するプレートを取り付けており、スパイラルのピッチ通り回転貫入させて打設している。さらに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。



写真-4 杭打設治具

3. 実験結果及び考察

得られた荷重変位関係の例を杭中心間隔ごとに図-1 にまとめて示す。なお、本実験では、杭中心間隔毎に複数回の実験を実施しているが、ここではピーク荷重がその平均値に最も近いケースの結果のみを示している。また、縦軸の荷重の値は、計測された2本分の荷重を2で除して、杭1本あたりの数値としている。図-1 より、杭間隔によらずスパイラル杭の引抜き抵抗は、変位が4~8mm程度でピーク荷重(以下、最大引抜き抵抗力  $P_{max}$ ) を示した後に、大幅に荷重低下する挙動を示すことがわかる。

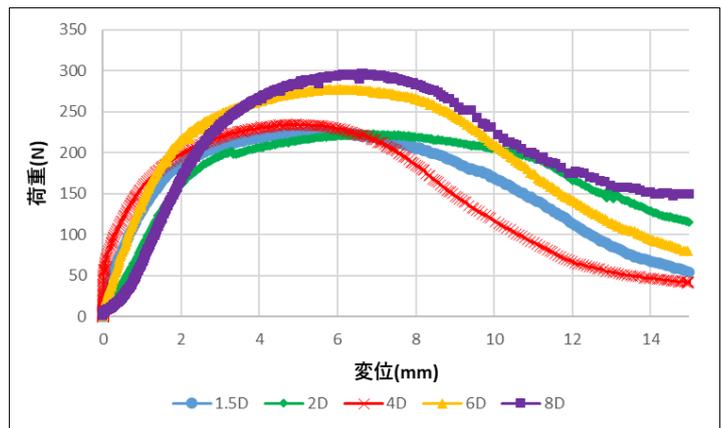


図-1 各杭間隔での荷重変位関係の例

全ケースの杭中心間隔  $L/D$  と最大引抜き抵抗力  $P_{max}$  の関係を図-2 に示す。ここで杭中心間隔が同じ複数回の実験結果に対して、最大引抜き抵抗力の平均値と標準偏差を求めた結果も、図-2 中に赤実線(平均値)および赤破線(平均値±標準偏差)で示した。図-2 から杭中心間隔が狭くなるほど群杭効果によって最大引抜き抵抗力が低下する傾向が確認できる。ただし、杭中心間隔  $L/D$  が4以下となると、その低下傾向は小さくなり、 $L/D=1.5$  は  $L/D=2.0$  と同等か若干増加するような傾向を示した。これは杭の打設によって杭周辺の地盤が締め固められており、杭間隔が近い場合、その締め固められた地盤による影響が大きくなるからと考えられる。

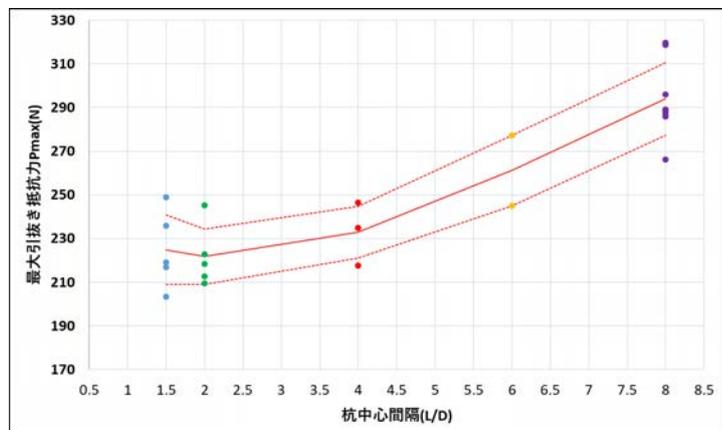


図-2 各データの最大引抜き抵抗力分布

4. まとめ

杭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、杭間隔が小さくなるほど引抜き抵抗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。通常の杭の設計では杭中心間隔は  $L > 2.5D$  程度とするのが一般的である。これは、より過密な杭配置とする場合の群杭効果を考慮した設計法が未確立であることのほか、群杭効果の影響で1本あたりの抵抗力が低下することで結果的に不合理な設計になると考えられるためである。しかしながら、スパイラル杭の場合には  $L < 2.5D$  となるような過密配置としても群杭効果の低減は一定の値に留まる傾向が確認でき、狭隘箇所など特殊な設計条件において過密配置した群杭として活用できる可能性が示唆された。

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.