

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

中央大学 ○学生会員 大西 奈穂 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（例えば鉄道のホームドア基礎¹⁾等）。

群杭基礎の設計においては、杭間隔が密になるほど杭 1 本あたりの抵抗力が低下する影響（群杭効果）があるため、杭間隔を適切に設定するとともに設計において群杭効果を適切に考慮する必要がある。通常のスパイラル杭ではない円柱状の杭を群杭構造とする場合については、多くの研究^{例えば2)}があり、実務においても杭中心間隔を $2.5 \sim 3.0D$ (D : 杭径) 程度とするのが一般的となっている。

一方、スパイラル杭が採用されるような現場の多くは狭隘で基礎自体を設置できる範囲が限られていることから、スパイラル杭を用いる群杭構造の場合では上述した一般的な杭間隔よりも密にしても基礎全体としては合理的・経済的な設計が可能になると考えられる。しかしながら、スパイラル杭の群杭での水平載荷試験自体の実施例が少なく、群杭効果を定量的に検討した事例はない。

そこで、本研究では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として、杭中心間隔をパラメータとした 1 列群杭模型での水平載荷試験を実施した。

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 7 回転ねじったものであり、別途曲げ試験を行ったところ曲げ剛性 $EI = 2613.3 \text{ kN} \cdot \text{mm}^2$ であった。また、スパイラル杭と実験結果を比較するために、従来の円柱状の杭模型として、外径 20mm、板厚 2mm、 $EI = 14838 \text{ kN} \cdot \text{mm}^2$ のアクリル杭も用いた。

実験ケースは、杭間隔を主たるパラメータとした図-1 に示す杭配置とした。模型地盤は、乾燥豊浦標準砂を横 1000mm、奥行き 400mm の土槽の中に多重ふり落下法で相対密度 80% 程度となるように高さ 400mm まで投入して作成した。スパイラル杭は、土槽にすべての砂を投入し終えてから 1 本ずつ回転貫入し、アクリル杭は砂を半分投入した時点で貫入し、その後残り半分の砂を投入した。載荷装置は図-2 に示すように、各杭を地表面から 50mm の高さで連結し取り付けたワイヤーで一方向に載荷する構造とし、載荷荷重と載荷点の水平変位を計測した。

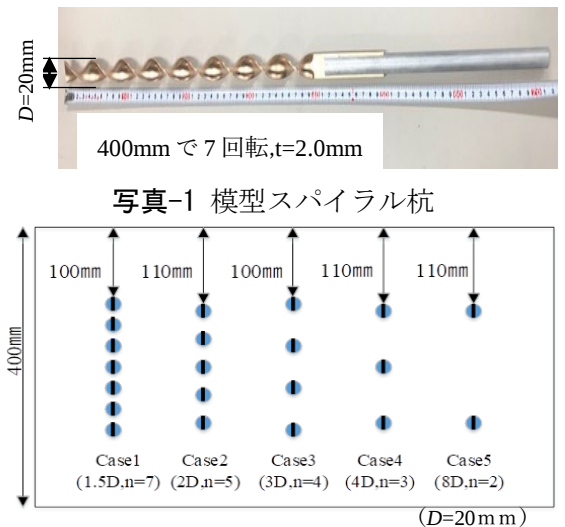


写真-1 模型スパイラル杭

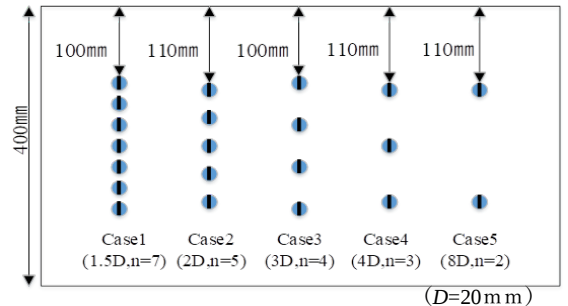


図-1 実験ケースの杭配置

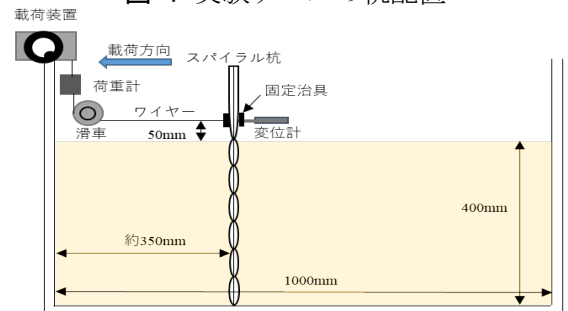


図-2 試験土槽および載荷装置の概要

キーワード スパイラル杭 水平載荷試験 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

3. 実験結果および考察

水平載荷試験の結果として、荷重～変位関係を図-3、図-4に示す。なお、これらの縦軸の荷重は全荷重を杭本数で除して1本あたりの荷重を示している。

図-3は、アクリル杭の荷重～変位関係である。杭中心間隔 $L=8D$ と $L=4D$ とでは減少幅が小さいものの、杭間隔が狭まっていくにつれて、群杭効果によって抵抗力が落ちていくことが分かる。また、図-4のスパイラル杭の荷重～変位関係についても、 $L=8D$ と $L=4D$ とではほとんど差がないが、杭間隔が狭まることで抵抗力が減少していく様子がみられる。

図-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。縦軸の群杭効果 e は、杭中心間隔 $L=8D$ では群杭効果がない単杭と同一と考えて、玉置らの定義²⁾を参考として杭1本あたりの荷重を等しくしたときの $L=8D$ の変位に対するその他 $4D, 3D, 2D, 1.5D$ の変位との比としている。今回はスパイラル杭では14N、アクリル杭では40Nをそれぞれ載荷した時点で評価した。また、図-5には玉置ら²⁾の杭頭自由の場合の杭間隔と群杭効果の関係式も実線で図示し、実験結果についても玉置らの関係式に倣って累乗関数での近似式を示した。

図-5より、アクリル杭の結果はこの玉置ら²⁾の関係式に近い値となっていることが分かる。また、スパイラル杭はアクリル杭よりも群杭効果 e の値が大きくなっているだけでなく、近似式の指数の値(=両対数軸グラフ上の近似直線の傾き)がアクリル杭より小さい値となっていることから杭間隔が群杭効果に及ぼす影響が相対的に小さいことが分かる。

4. まとめ

スパイラル杭の1列群杭モデルの水平載荷試験により群杭効果について検討した結果、群杭効果の値自体はスパイラル杭の方が円柱状のアクリル杭と比べて若干大きくなることを確認できた。すなわち、スパイラル杭の場合には、従来の円柱杭よりも杭間隔を密にしても効率よく杭の水平抵抗を期待できる可能性があることが確認された。

今後は、試験を追加することで結果の信頼性を高めるとともに、複数列の群杭での水平載荷試験など、より実際の施工に近い実験を実施しスパイラル杭の群杭効果についてさらに詳しく特性とその発現メカニズムを明らかにする。

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) 玉置脩, 三橋晃司, 今井常雄: 水平抵抗における群杭効果の研究, 土木学会論文報告集, Vol. 192, pp79-89, 1971.

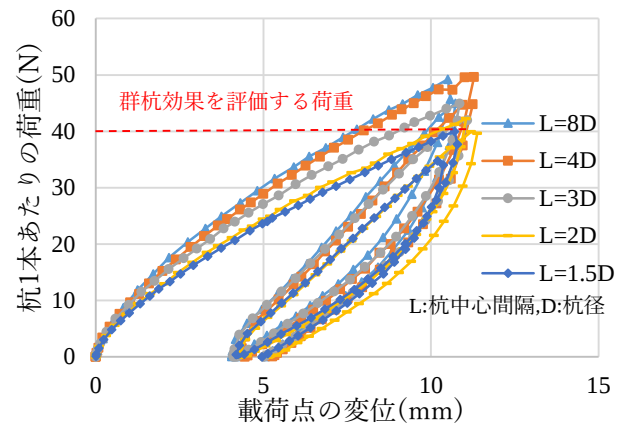


図-3 アクリル杭の荷重～変位関係

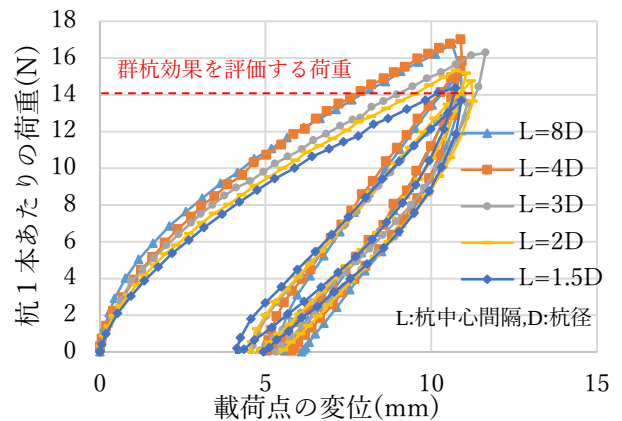


図-4 スパイラル杭の荷重～変位関係

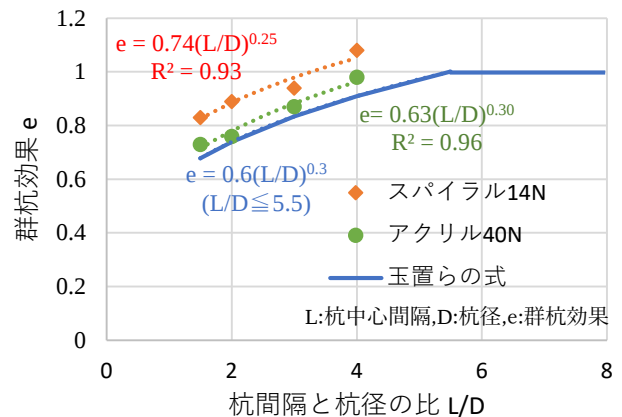


図-5 杭間隔と群杭効果