

スパイラル杭の水平ばね定数の群杭効果に関する模型実験

中央大学 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列群杭モデル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 $D = 20 \text{ mm}$ 、肉厚2mm、 $EI = 14838 \text{ kN} \cdot \text{mm}^2$ の亚克力パイプ（以下、亚克力杭）も用いて同様の実験を実施した。

実験ケースは、杭間隔 L と杭径 D の比を主たるパラメータとした図-1に示す杭配置とした。なお、スパイラル杭では杭幅を D とした。また、本実験では結果の信頼性を高める為に、亚克力杭とスパイラル杭ともに全ケース3回ずつ実験を実施した。

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るい落下法で相対密度80%程度となるように高さ400mmまで投入して作成した。杭の施工方法については、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本ずつ全根入れ長 $l = 400 \text{ mm}$ を回転貫入し、亚克力杭は砂を200mm投入した時点で150mmまで貫入し、その後残り半分の砂を投入した。

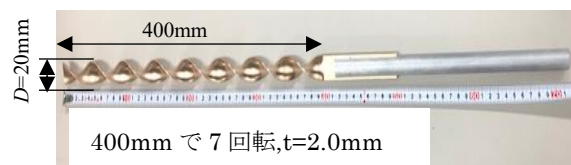


写真-1 模型スパイラル杭

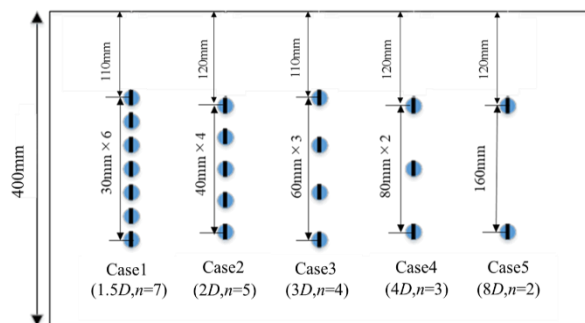


図-1 実験ケースの杭配置（横方向の杭間隔）

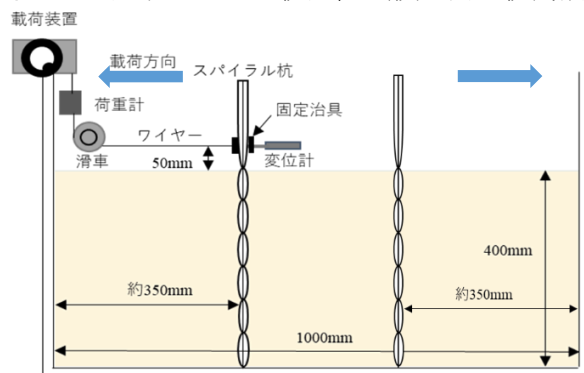


図-2 試験土槽および載荷装置の概要

キーワード 群杭効果 水平載荷試験 杭の水平抵抗

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

荷重装置は図-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荷重する構造とし、1 地盤につき 2 ケースずつ荷重荷重と荷重点の水平変位を計測した。なお、本論文では荷重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。

3. 実験結果および考察

水平荷重試験の結果として、杭 1 本あたりの荷重荷重と荷重点の水平変位の関係を図-3、図-4 に示す。

図-3 はアクリル杭の荷重～変位関係である。試験毎に多少異なるものの、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様子が見られる。

一方で、図-4 のスパイラル杭の荷重～変位関係を見ると、杭中心間隔 $L=1.5D$ で実施した実験から得た 1 本あたりの抵抗力が、 $L=8D$ で得た抵抗力を上回るなど、杭間隔が狭まっても抵抗力が低下しない結果となることもあった。

図-5 には、荷重初期での群杭効果を評価するため、杭径の 1% (0.2mm) 変位した時点での杭間隔 L/D と群杭効果 e_K の関係を示す。この変位レベルは、設計実務上では概ね等価線形範囲として扱われるレベルである。そのため、以下では水平ばね定数 (図-3、図-4 に示す荷重変位関係の勾配) に着目して考察する。縦軸の群杭効果 e_K は $L=8D$ の 0.2mm 変位時の水平ばね定数の全 3 ケースの平均に対する、その他 $L=4D, 3D, 2D, 1.5D$ の水平ばね定数との比としている。

図-5 を見ると、アクリル杭のほうがスパイラル杭よりも群杭効果 e_K の値が大きいという結果を得た。特に、円柱状のアクリル杭は荷重初期の群杭効果の値が非常に大きかった。ただし、別途考察した杭径の 10% 以上変位した時³⁾ ではスパイラル杭のほうが群杭効果の値が大きくなり異なる傾向を得た。

また、決定係数 R^2 の値はアクリル杭、スパイラル杭ともに結果にばらつきがあり小さくなっている。

4. まとめ

スパイラル杭の 1 列群杭模型の水平荷重試験により群杭効果について検討した結果、荷重初期スパイラル杭は、通常の円柱状の杭よりも群杭効果の影響が大きく、初期の変位が比較的大きくなるという点を設計において十分に考慮する必要があることが分かった。

また、スパイラル杭の試験結果には大きなばらつきがあり、貫入時の僅かな条件の違いが抵抗力に大きく影響する可能性があることから、その施工にはよりいっそう注意する必要があると考えられる。

今後は、複数列の群杭での水平荷重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していく。

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.
- 3) 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

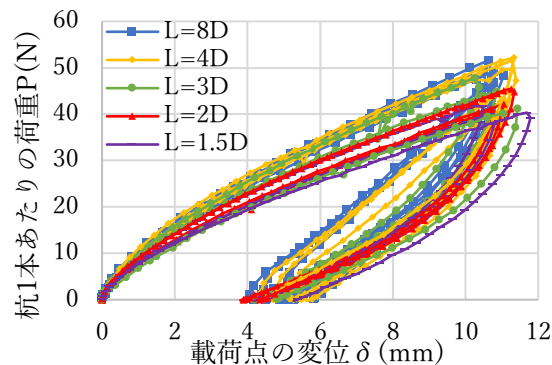


図-3 アクリル杭の荷重～変位関係

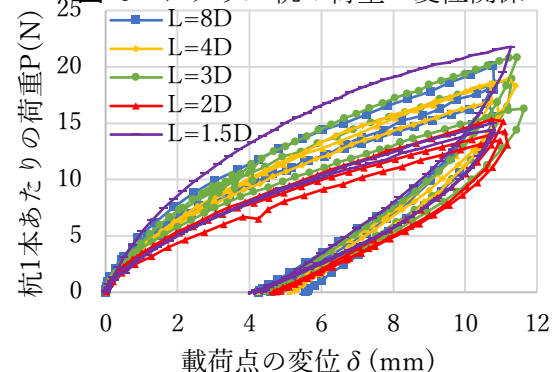


図-4 スパイラル杭の荷重～変位関係

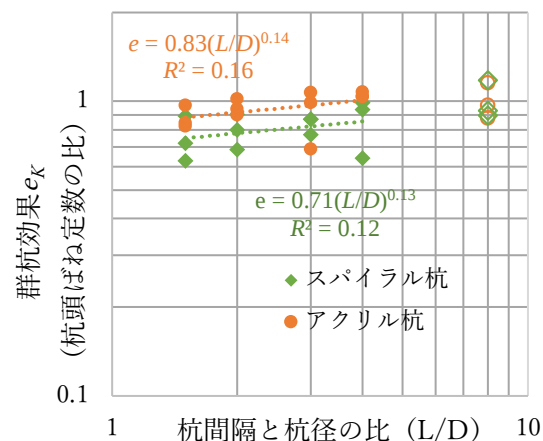


図-5 杭間隔と群杭効果 e_K の関係