

打設方法及び地盤条件がスパイラル杭の引抜き抵抗に及ぼす影響に関する模型実験

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. はじめに

図-1 に示すような幅 100mm 程度の平鋼にねじり加工を施したスパイラル杭は、人力での回転貫入による打設が可能であり、駅構内などの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活用が期待されている。このような狭隘な現場条件での施工が必要な小規模構造物の例として、既設の盛土式ホーム上に設置されるホームドア基礎があり、図-2 のように擁壁部を避けた位置に杭を打設する構造となる場合が多い。このようなホームドア基礎には、列車通過時の圧力変動や風圧のほか群衆推力等の水平力が作用すると、図-2 に示すように杭には引抜き力が作用することとなり、この引抜き力が設計上の決定ケースとなる場合がある。そのため、スパイラル杭の引抜き抵抗を適切に評価することが、合理的な設計を行う上で重要となる。しかしながら、既往研究では杭の打設方法や打設場所の地盤条件の違いが杭の引抜き抵抗に及ぼす影響に関する体系的な検討は少ないのが現状である。

そこで本実験では、実施工を模擬した 2 種類の打設方法と、乾燥地盤と湿潤地盤の 2 種類の地盤条件を組合わせた計 4 ケースの引抜き実験を行い、これらを比較した。

2. 実験概要

地盤作製の簡易性を考慮して、乾燥地盤と湿潤地盤で別の土槽を使用した。

乾燥地盤は、乾燥豊浦砂を多重ふるいによる空中落下法で相対密度 D_r が約 90%程度となるように、高さ 400mm まで投入して作製した。

湿潤地盤は、地盤作製前に含水比 $w=10\%$ に調整した約 8.5kg の不飽和豊浦砂を高さ 25mm ずつ撒きだして金コテで押し固める工程を 16 回繰り返すことで、乾燥地盤と同じく 400mm の地盤を作製した。一層ごとに重量と地盤体積から飽和度 S_r を求めたが、おおむね $S_r=30\%$ で安定した。また、各層の相対密度 D_r は平均して 31%程度であった。実験終了後に土槽深さ約 15cm に設置したテンションメータで計測したサクシオン圧は、おおむね 4kPa であった。実験後に地盤を掘削し、掘削高さ H_c を計測したが、400mm 全長が自立したことから、少なくとも見かけの粘着力は $c = \frac{H_c \gamma \sqrt{K_A}}{2}$ 以上になると推測される。一般的な盛土式ホームは不飽和状態であり、この湿潤地盤はホームドア基礎として十分に締め固められた地盤を模擬していると考えている。

使用したスパイラル杭模型を図-3 に示す。幅 20mm、板厚 2mm のリン青銅製平板を、スパイラル部 400mm で 4 回転ねじったものである。単杭での引抜きは杭の回転を生じるため、杭中心間隔を杭径の 8 倍 (160mm) と十分に離れた状態で打設し、図-4 のように杭の上端を挟み込んだフーチングごとリニアガイドを介して引抜きを行った。



図-1 スパイラル杭

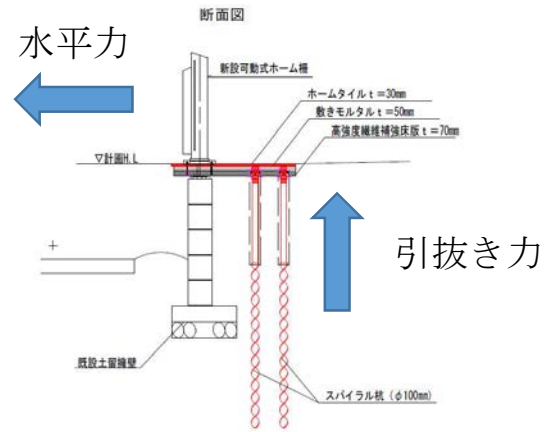


図-2 スパイラル杭を用いたホームドア基礎構造に作用する引抜き力 1)に加筆



図-3 スパイラル杭模型

キーワード スパイラル杭, 引抜き抵抗, 豊浦砂, サクシオン, 不飽和砂

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

杭の打設は治具を用いて打設時の地盤の乱れの有無を再現し、実験は表-1 に示す 4 ケースを行った。ここでは、既往研究²⁾に倣って杭の打設時の回転数が杭のねじり回数 (=4 回) を超えることを過回転と表記した。なお、いずれのケースにおいても杭の打設は回転力のみで行い、押し込み力は与えないこととした。打設方法の詳細に関しては既発表の論文³⁾を参考にされたい。

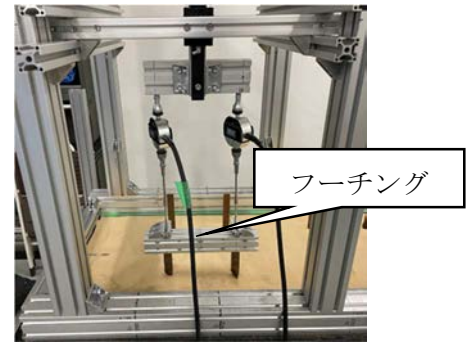


図-4 引抜き装置

表-1 実験ケース

ケース名	地盤	過回転
A-D	乾燥	無
B-D	乾燥	有
A-W	不飽和砂	無
B-W	不飽和砂	有

3. 実験結果および考察

得られた荷重-変位関係を図-5 と図-6 に示す。図中青線は過回転を与えずスパイラル杭のピッチ通りに打設し、地盤の乱れを最小限に抑えたケースを示しており、一方図中赤線は過回転させながら地盤をかき乱して杭を打設したケースを示している。

過回転無しの青線に着目すると、湿潤状態では乾燥状態に対して引抜き抵抗が増加している傾向がみられる。これは、杭の引抜き抵抗は杭と地盤の間の周面摩擦力によって発現するが、湿潤状態では地盤中のサクシオンによって見かけ上の粘着力が得られ、摩擦力が向上しているからと考えられる。

一方、過回転ありの赤線に着目すると、湿潤状態では乾燥状態に対して引抜き抵抗が減少している傾向がみられる。これは、乾燥状態では過回転により杭周辺地盤に乱れを生じさせても砂粒子が移動・沈降することで杭周辺の空隙が充填されると考えられるのに対して、湿潤状態ではサクシ

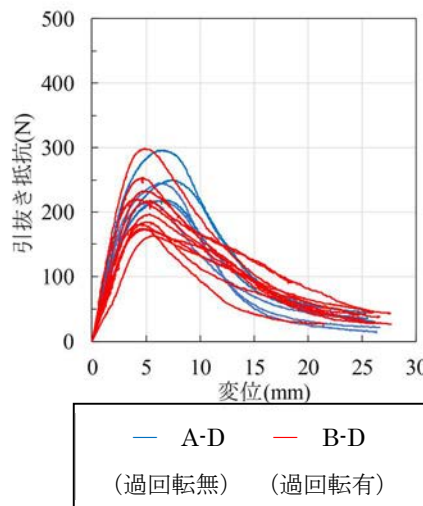


図-5 荷重-変位関係 (乾燥)

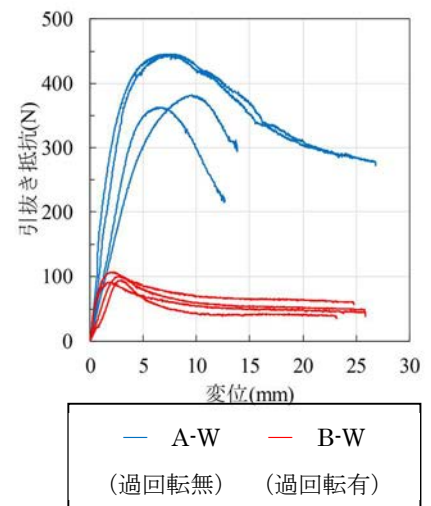


図-6 荷重-変位関係 (湿潤)

オンにより地盤の自立性を有するため、過回転により生じた杭と地盤の間の空隙が充填されずに残ってしまい、周面摩擦力が大幅に減少したことが原因と考えられる。

4. おわりに

打設方法と地盤条件によって、スパイラル杭の引抜き抵抗は大きく影響を受けることが示唆された。実施工では一般的に過回転で群杭の打設となることから、今後は杭中心間隔を近づけた条件での実験を行っていく。

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, 令和元年度土木学会全国大会第 74 回年次講演会, VI-851, 2019.
- 2) 佐藤宇紘, 原田剛男, 岩佐直人, 林悟史, 大谷順: スパイラルパイル施工時の回転条件が鉛直支持力に与える影響に関する基礎的検討, 地盤工学ジャーナル, Vol.10, No.2, pp. 253-265, 2015.
- 3) 木梨優太, 西岡英俊: 施工精度がスパイラル杭の引抜き抵抗に及ぼす影響に関する模型実験, 2022 年度応用力学論文集 (掲載予定)