

繰返し荷重による杭ごとの挙動の把握

東京都市大学 学生会員 ○山崎 佑馬 正会員 末政 直晃 正会員 田中 剛
 りんかい日産建設株式会社 正会員 新谷 聡 正会員 元水 佑介 正会員 坂本 易隆

1. はじめに

近年、地球温暖化の影響により、再生可能エネルギーの需要が高まっている。その中でも、日本の地形の特性を生かせる洋上風力発電が期待されている。港湾法の改正により、洋上風力発電設備の基礎杭の完全撤去が義務付けられ、課題となっている。そこで、基礎構造としての機能は維持し、占有期間終了後の撤去の際に、杭の形状から引抜き抵抗が低減されるテーパー杭¹⁾²⁾に着目した。一連の研究からストレート杭とテーパー杭の模型実験において、テーパー杭の引抜き時の優位性は確認できている。しかし、水平方向に繰返し荷重を杭に作用させた場合、杭がどのような挙動を示すかについては明らかになっていない。実際に洋上に杭を施工する際には、波浪や風、地震力などの水平力が杭に作用する。そこで本研究では、水平繰返し荷重試験を行い、杭に繰返し荷重を作用させた際の挙動を明らかにすることを目的としている。本報告では、水平単調荷重試験を実施し、試験結果の最大水平荷重を P_{max} (ストレート杭 381N, テーパー杭 320N)として、 $1/2P_{max}$ (ストレート杭 191N, テーパー杭 160N)の荷重制御にて実施したストレート杭とテーパー杭の水平繰返し荷重試験の実験結果について報告する。

2. 実験概要

写真-1 に水平荷重装置を示す。本研究での実験装置はアクチュエーターであるハーモニックドライブ、縁切アダプター、荷重ユニットから構成されている。ハーモニックドライブと縁切アダプターは、ボールねじを介して接続されているため、ハーモニックドライブが回転することによってボールねじの押し引きをコントロールしている。また、荷重ユニットはベアリングによって鉛直方向の摩擦が作用しない仕組みとなっている。実験時には、専用ソフトで制御の設定を行っている。その仕様では、荷重速度 0.1~2mm/s, 水平変位(圧縮・引張)1~100mm, 荷重(圧縮・引張)1~2000N, 繰返し回数 1~10000 回の制御が可能となっている。

写真-2 に模型杭を示す。模型杭には、杭長 600mm, 杭径 60mm, 肉厚 0.6mm のストレート杭と同杭径, 同杭長でテーパ角 2° テーパー長 300mm のテーパー杭を用いた。また、杭内外面には、粗度を考慮したサンドブラスト加工が施されている。模型地盤にはステンレス製の土槽を用いた。模型地盤の作製は、空中落下法にて相対密度が約 60%となるように作製した。模型地盤の作製後、地盤の強度特性を確認するためにコーン貫入試験

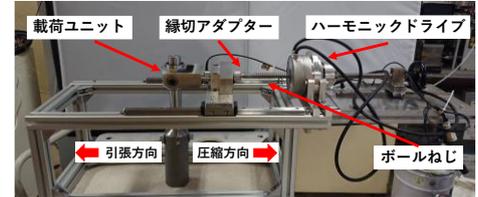


写真-1. 水平荷重装置

ストレート杭 テーパー杭(2°)



写真-2. 模型杭



写真-3. コーン貫入試験機

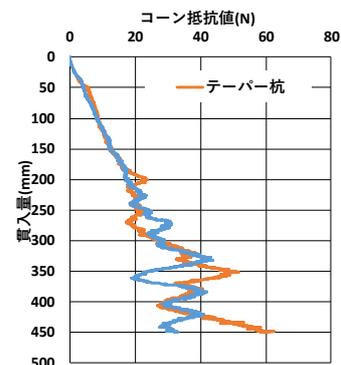


図-1. コーン貫入試験の結果

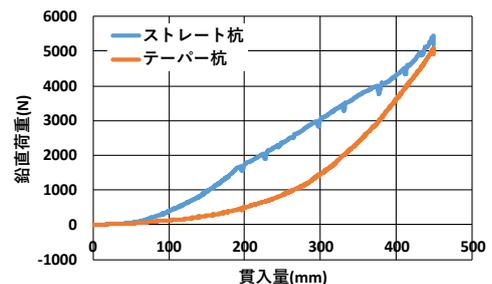


図-2. 貫入実験の結果

キーワード
 連絡先

テーパー杭 荷重変位曲線 押し引き効果
 〒158-8557 東京都世田谷区1丁目28-1 TEL 03-5707-2211

を実施した。写真-3 に使用したコーン貫入試験機を示す。コーン貫入試験機の寸法は直径 6mm，長さ 490mm であり，貫入速度 30mm/min にて深度 450mm までコーン貫入試験を実施した。その後，貫入速度 30mm/min にて深度 450mm まで鉛直貫入試験を実施した。その際に杭内の閉塞状況を確認するためにレーザー変位計を杭頭内部に設置し貫入時の管内土高さを計測した。貫入終了後，水平载荷装置を設置し 1/2Pmax の荷重制御にて水平繰返し载荷試験を実施した。

3. 実験結果

図-1 にコーン貫入試験の結果を示す。テーパ杭とストレート杭それぞれの実験での，コーン抵抗値が同程度であると判断できる。図-2 に貫入実験の結果を示す。貫入量 300mm 付近からテーパ杭の鉛直荷重が急激に増加している。これは，テーパ部分が全て地中に貫入され，テーパ部分に作用する拘束圧が増加するためと考えられる。図-3 に水平単調载荷試験の結果を示す。同一地表面変位におけるストレート杭の水平荷重はテーパ杭のそれと比較して大きいことがわかる。これは，ストレート杭の投影面積がテーパ杭のそれと比較して大きいためと考えられる。図-4，図-5 に水平繰返し载荷試験の地表面変位と水平荷重の関係を示す。初期载荷方向側(写真-1 の圧縮方向側)に地表面変位が増加していることがわかる。また，図-3 と比較すると，繰返し载荷を行うことによって，同一水平荷重において地表面変位が増加していることが分かる。図-6 にサイクル数 10 回までの地表面変位と水平荷重の関係を示す。テーパ杭の地表面変位はストレート杭の地表面変位と比較して载荷初期において小さく，サイクル数が増加するに連れて大きくなっていることがわかる。この原因としては，テーパ杭は貫入時に周辺地盤を締め固めながら貫入しているため，载荷初期において水平荷重に対する抵抗性が高いためと考えられる。図-7 にサイクル数と地表面変位の関係を示す。サイクル数 40 回付近からテーパ杭の地表面変位が急激に増加していることが分かる。この原因としては，テーパ杭の形状と鉛直荷重が作用していない状況から，テーパ杭が水平方向に繰返し载荷させると徐々に上方に浮き上がるため，地面からの反力が小さくなるためと考えられる。

4. まとめ

本報告から以下の知見が得られた。

- (1) 杭に繰返し荷重を作用させることで地表面変位が増加する
- (2) テーパ杭はストレート杭と比較して初期剛性が高い

5. 参考文献

1) 新谷ら「テーパを有するモノパイルの基礎的研究(その1 鉛直载荷, 水平载荷実験)」, 2019 土木学会全国大会第 74 回年次学術講演会
 2) 新谷ら「テーパ型基礎杭とストレート杭の性能比較(その1 押し込み抵抗力)」, 2020 土木学会全国大会第 75 回年次学術講演会

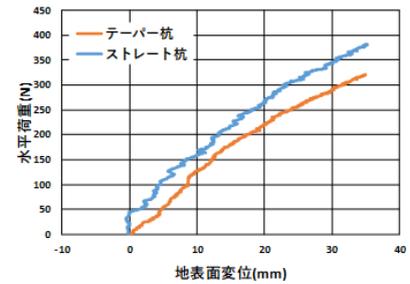


図-3. 水平単調载荷試験の結果

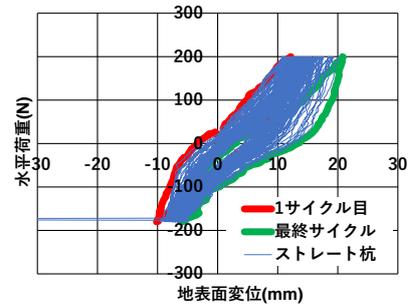


図-4. 地表面変位と水平荷重の関係

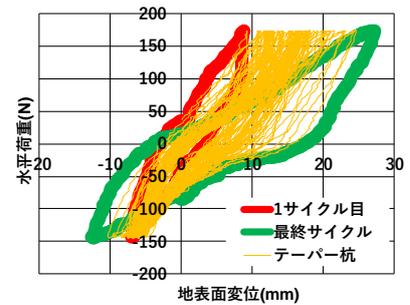


図-5. 地表面変位と水平荷重の関係

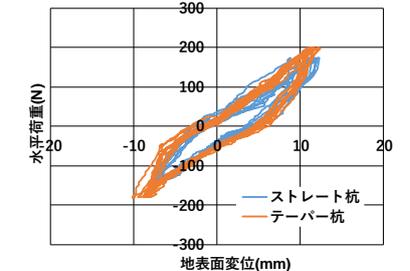


図-6. サイクル数 10 回までの地表面変位と水平荷重の関係

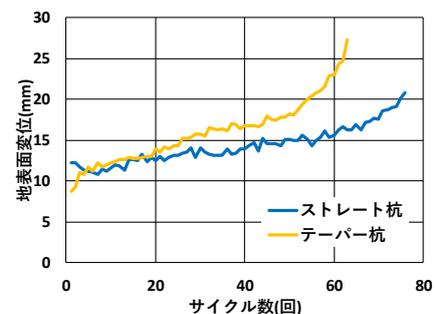


図-7. サイクル数と地表面変位の関係