

テーパークの水平繰返し載荷模型実験

東京都市大学 学生会員 ○山崎 佑馬 正会員 末政 直晃, 正会員 伊藤 和也, 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

我が国の洋上風力発電設備は、港湾法の改正や一般海域の占用期間が最長 30 年間まで可能となったことから、多くの実験が実施されている¹⁾²⁾。洋上風力発電では、波浪や風などの外力が杭に長期間に渡り繰返し作用する。そこで、本報告では繰返し水平力に対する杭の水平抵抗を明らかにするために、ストレート杭とテーパークの模型杭を用いて水平単調載荷及び水平繰返し載荷試験を実施した結果について述べる。

2. 実験概要と実験方法

写真-1 に模型杭を示す。模型杭には、杭長 600mm、杭径 60mm、肉厚 0.6mm のストレート杭及び、杭径 60mm、杭長 450mm を有するストレート部と下部に杭長 150mm と角度 2°を有するテーパーク部からなる肉厚 0.6mm のテーパーク杭を用いた。なお、杭内外面には粗度を考慮してサンドブラスト加工が施されている。**写真-2** に水平載荷装置を示す。本研究で用いた水平載荷装置は、アクチュエーターであるハーモニックドライブ、載荷ユニット、ロードセルから構成されている。ハーモニックドライブは、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縁切アダプターを動かされる。模型杭の杭頭には、全長 350mm、杭径 59.7mm、重量 27N の治具を接合している。載荷ユニットはベアリングによって鉛直方向の摩擦がかからない仕組みとなっている。また、杭の浮き上がりを防ぐために、杭上部に鉄板を設置し、約 200N の初期鉛直荷重を与えた後鉄板を固定して実験を実施した。**写真-3** にその浮き上がり防止の治具を示す。

実験土槽には直径 550mm、高さ 546mm のステンレス製の土槽を用いた。模型地盤は相対密度が約 60%となるように空中落下法にて作製した。模型地盤の作製後、地盤の強度特性を確認するために小型コーン貫入試験を実施した。その後、模型杭を貫入速度 0.5mm/s にて深度 450mm まで貫入させた。貫入終了後、**写真-2** の装置を取り付け、載荷速度 0.5mm/s、60mm の変位制御にて水平単調載荷試験を実施した。また、載荷位置は地表面から 300mm の位置である。計測項目としてはロードセルから水平荷重を、2 つのレーザー変位計から水平変位をそれぞれ計測した。事前に実施した水平単調載荷試験から地表面での水平変位が約 35mm(載荷点で 60mm)の時の水平荷重を最大水平荷重 P_{max} (ストレート杭：596N、テーパーク杭：487N)として、新たに模型地盤を作製し載荷速度 0.5mm/s、それぞれ $1/2P_{max}$ 、 $1/4P_{max}$ 、 $1/8P_{max}$ の最大荷重を付与する水平繰返し載荷試験を実施した。載荷方法はまず初めに**写真-2** の正方向に載荷させ、各制御荷重に到達後折り返し、負方向に変位させ制御荷重に到達後折り返す手順を繰返す交番載荷である。

3. 実験結果

キーワード；テーパーク 水平繰返し載荷 洋上風力

連絡先；〒158-8557 東京都世田谷区 1 丁目 28-1 TEL 03-5707-2211

ストレート杭 テーパーク杭



写真-1. 模型杭



写真-2. 水平載荷装置



写真-3. 浮き上がり防止の治具

図-1 に水平単調載荷試験の実験結果を示す。実験結果を示す際に用いた杭頭変位は、水平繰返し載荷試験時にレーザー変位計を2カ所設置し、2つのレーザー変位計の読み値と、設置高さの関係から地表面における杭の変位を算出したものである。また、テーパ杭の水平抵抗は、水平変位 30mm に到達するまでストレート杭のそれと比較して同程度であることがわかる。この実験結果より地表面での水平変位が約 35mm の時の水平荷重を最大水平荷重 P_{max} として水平繰返し載荷試験を実施した。なお紙面の都合上、 $1/2P_{max}$ の荷重制御にて実施したストレート杭及びテーパ杭の水平繰返し載荷試験の実験結果を示す。図-2 にストレート杭の水平繰返し載荷試験の実験結果を示す。載荷を続けることによって写真-2 の正方向側に変位が増加していることがわかる。このことから、杭に繰返し水平力を作用させると杭の水平抵抗が低減することがわかる。図-3 にテーパ杭の水平繰返し載荷試験の実験結果を示す。テーパ杭についても図-2 と同様に写真-2 の正方向側に変位が増加していることがわかる。図-2 と比較すると、載荷初期において、テーパ杭の杭頭変位はストレート杭のそれと比較して小さいことがわかる。そのため、載荷初期におけるテーパ杭の水平抵抗は、ストレート杭のそれと比較して大きいと考えられる。このことから、テーパ杭の水平抵抗はストレート杭と同程度であると考えられる。図-4 にサイクル数と杭頭変位の関係を示す。また、このグラフは正方向に変位が増加していることから、各サイクルの最大変位とその変位におけるサイクル数をプロットしたグラフである。全ての実験ケースにおいて、載荷初期でのテーパ杭の杭頭変位はストレート杭のそれと比較して小さいため、テーパ杭の水平抵抗はストレート杭と同程度であると考えられる。 $1/2P_{max}$ の荷重制御での実験ケースに着目すると、実験終了時のサイクル数はストレート杭が 369 回であるのに対して、テーパ杭は 328 回であったことから、テーパ杭の水平繰返し載荷試験時の水平抵抗は、ストレート杭と同程度であると考えられる。

4. まとめ

本実験結果から以下の知見が得られた。

- (1) 本実験の条件では、載荷初期においてテーパ杭の水平抵抗はストレート杭のそれと比較して大きい
- (2) 本実験の条件では、実験終了時のサイクル数からテーパ杭の水平抵抗は、ストレート杭のそれと比較して同程度である

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 鉛直載荷，水平載荷実験）」，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

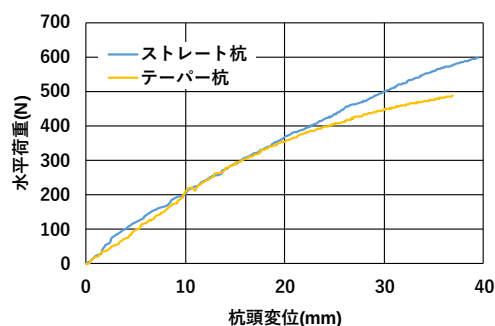


図-1. 水平単調載荷試験の結果

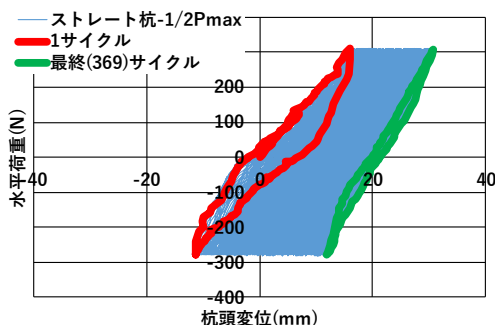


図-2. 水平繰返し載荷試験の結果

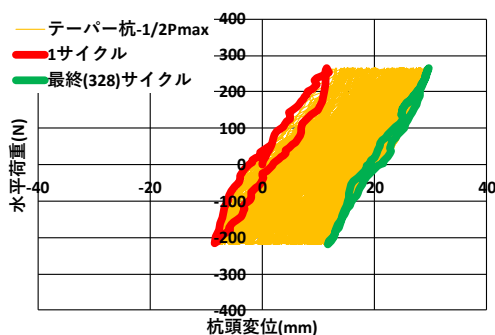


図-3. 水平繰返し載荷試験の結果

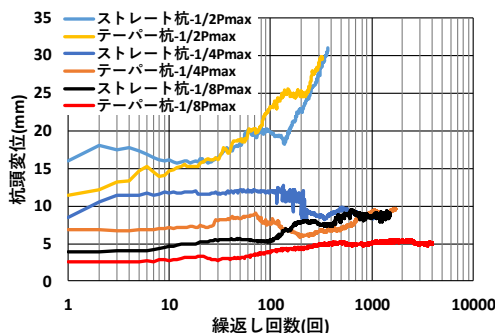


図-4. サイクル数と杭頭変位の関係