

## ひずみゲージを取り付けた模型杭の水平抵抗評価

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, 非会員 元水 佑介 非会員 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<sup>1)2)</sup>。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り返し作用する。そこで、本報告では水平力に対する杭の水平抵抗を明らかにするために、ひずみゲージを取り付けたストレート杭とテーパ杭の模型杭を用いて水平単調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その下部に長さ 150mm と角度 2°を有するテーパ部からなる肉厚 0.6mm のテーパ杭を用いた。ひずみゲージの設置位置は、ストレート杭、テーパ杭ともに載荷方向側と載荷方向の 180 度反対側に対になるように取り付けた。設置高さはストレート杭が下端から 100mm, 200mm, 300mm, 400mm であり、テーパ杭は 30mm, 120mm, 200mm, 300mm, 400mm である。写真-2 に水平載荷装置を示す。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、杭頭の治具の上部にローラーを接合し実験前に約 200N の初期鉛直荷重を与え、鉄板を固定したうえで実験を実施した。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。載荷方向は写真-2 の正方向である。また、載荷位置は地表面から 300mm の位置である。計測項目としてはひずみに加えて、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。

## 3. 実験結果

図-1 に水平単調載荷試験の実験結果を示す。水平変位 40mm まで、テーパ杭の水平荷重はストレート杭より大きいことが分かる。これは、貫入時にテーパ杭が周辺地盤を締め固める押広げ効果が起因していると考えられる。また、テーパ杭はストレート杭と比較して小変形に対する抵抗力が大きいと考えられる。

テーパ杭 ストレート杭



写真-1. 模型杭

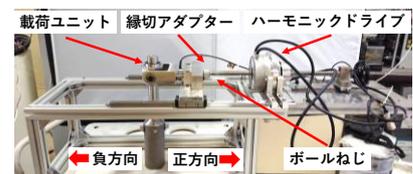


写真-2. 水平載荷装置

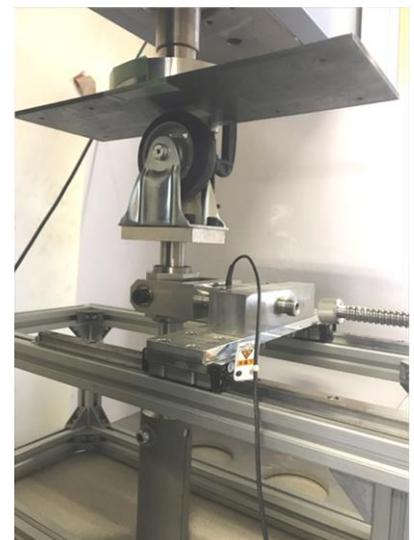


写真-3. 浮き上がり防止の治具

キーワード ; テーパー杭 ひずみゲージ 水平抵抗

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

図-2 にストレート杭のひずみの測定結果を示す。ひずみの各計測点は、写真-2 の正方向側の下端から FS1, FS2, FS3, FS4, 負方向側の下端から BS1, BS2, BS3, BS4 となっている。載荷方向側の下端のひずみ値の変化量が小さいことから、杭下端での変形量は小さいと考えられる。またこのことから、杭が周辺地盤から受ける土圧の分布は三角形分布となり、杭の中央付近で最も大きい力を受けていると考えられる。図-3 にテーパ杭のひずみの測定結果を示す。ひずみの各計測点は、写真-2 の正方向側の下端から、FT1, FT2, FT3, FT4, FT5, 負方向側が下端から、BT1, BT2, BT3, BT4, BT5 となっている。テーパ杭についても図-2 と同様に杭の中央付近でひずみ値が最大となる傾向が見られた。また、テーパ杭の最下端でのひずみ値は載荷方向とその逆の方向ともに微小であることがわかる。このことから、テーパ杭の貫入時の押広げ効果によって周辺地盤が締め固められたため、変形量が小さくなったと考えられる。テーパ杭とストレート杭の FT2 及び FS2 のひずみ値を比較すると、同程度であることが分かる。このことから、本実験条件下では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 にストレート杭の曲げモーメントの分布を示す。また、図-5 にテーパ杭の曲げモーメントの分布を示す。曲げモーメントは次式<sup>3)</sup>より算出された。

$$M=EI \times k, \quad k=(\varepsilon_+ - \varepsilon_-)/D \dots (1)$$

ここで、 $k$ ：曲率(1/m),  $\varepsilon_+$ ,  $\varepsilon_-$ ：曲げひずみ,  $EI$ ：杭の曲げ剛性(kN m<sup>2</sup>),  $D$ ：杭の外径(m)である。ここでは、代表値として水平変位 20mm, 40mm, 60mm における曲げモーメントを算出した。グラフより、ひずみゲージの設置高さ 300mm における曲げモーメントが最も大きいことが分かる。また、テーパ杭の曲げモーメントは同一高さのストレート杭のそれと比較して、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、テーパ杭の水平抵抗はストレート杭と比較して同程度である
- (2) テーパ杭は貫入時の押広げ効果により、周辺地盤を締め固めるため、微小変形に対する抵抗力が大きい

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
- 3) 柏ら「繰返し水平載荷実験における羽根付き鋼管杭の水平抵抗評価」, 2018 日本建築学会技術報告集第 24 巻第 56 号, p99-104

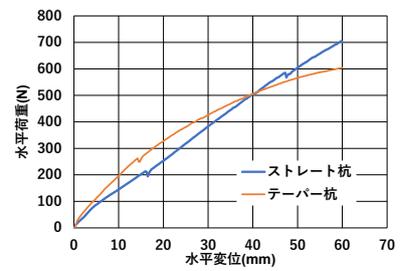


図-1. 水平単調載荷試験の結果

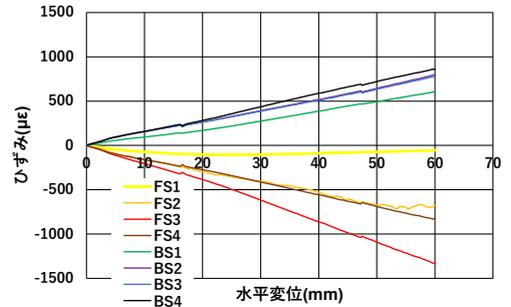


図-2. ストレート杭のひずみ計測結果

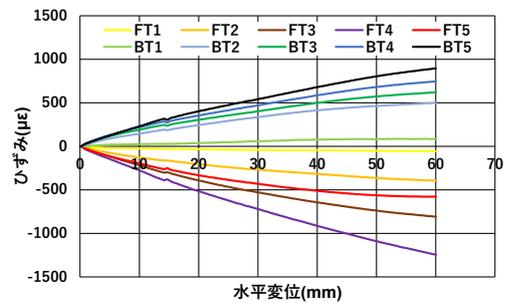


図-3. テーパ杭のひずみ計測結果

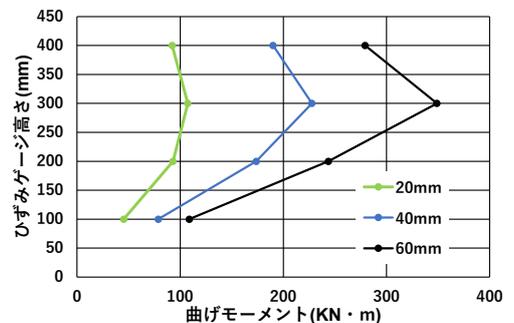


図-4. ストレート杭の曲げモーメント

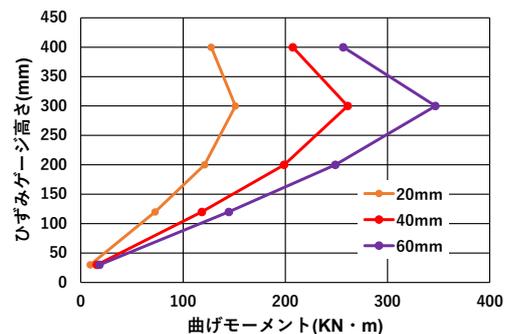


図-5. テーパ杭の曲げモーメント