# テーパー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）

りんかい日産建設株式会社　正会員　○新谷　　聡
東京都市大学　正会員　末政　直晃　正会員　伊藤　和也　正会員　田中　剛

## 1．はじめに

近年，化石燃料や原子力エネルギーの代替として再生可能エネルギーが注目されている．その中でも洋上風力発電は， 2016 年の港湾法改正や昨年秋の臨時国会で成立した再エネ海域利用法により，大型の洋上風力発電施設の普及が見込まれている．その一方で，港湾区域内の水域等の占用期間が定められていることから，原状回復を含めた事業計画が求められている．現在，国内外で施工されている洋上風力発電施設の基礎は，モノパイル式基礎が最も多く採用されている．しかしながら，国内において杭径 2m を超える杭の完全撤去の実績はない．さらに設備の大型化に伴い，施工費や $CO_2$ 排出量の増大も懸念されている．そこで，本研究では，基礎杭の完全撤去および事業の低コスト化および，$CO_2$ 排出量の削減を考慮し，杭径が杭先端に向けて徐々に小さくなるテーパーモノパイルに着目した．本報告では，テーパー杭とストレート杭を用いた鉛直貫入･引抜きおよび水平載荷実験を実施した結果について述べる．

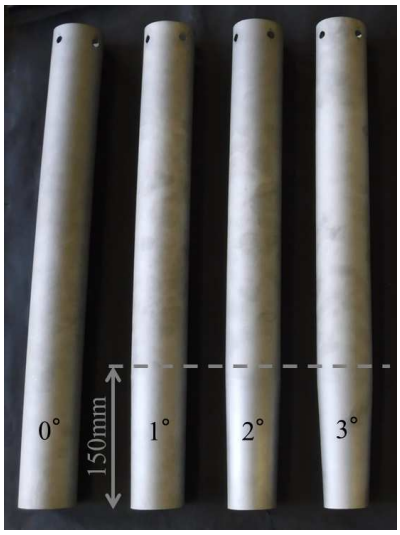


写真 1　模型杭

写真 2　鉛直載荷実験状況

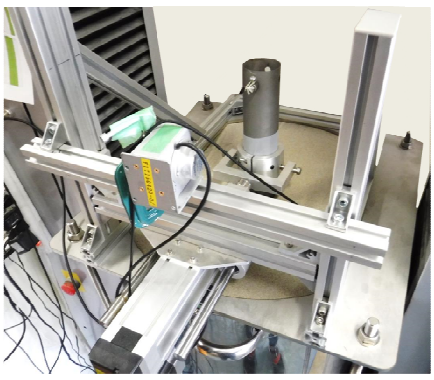

写真 3　水平載荷実験状況

## 2. 実験概要

**写真 1** に本実験で使用した模型杭を示す．模型杭の諸元として，杭頭での直径が 60mm，肉厚は 0.6mm であり，杭長は 600mm である．模型杭の形状として，ストレート杭（テーパー角 0°）およびテーパー角度が異なる 3 種類のテーパー杭(テーパー角 1°，2°，3°)を用いた．テーパー長は 150mm であり，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．模型地盤は直径 550mm，高さ 546mm のステンレス製の土槽に珪砂 6 号を相対密度が約 80%となるよう空中落下にて作製した．**写真 2** に鉛直載荷および引抜実験状況を示す．鉛直載荷実験および引抜実験においては，載荷装置を用いて模型杭を 30mm/min の速度で 350mm まで鉛直貫入し，1 分間保持したのちに 30mm/min の速度で引抜きを行った．**写真 3** に水平載荷実験状況を示す．水平載荷実験においては，鉛直載荷実験と同様に模型杭を 30mm/min の速度で 350mm まで鉛直貫入した後に水平載荷速度 0.2mm/Sec にて地表面変位が 250mm に達するまで単調水平載荷を実施した．

## 3. 鉛直載荷および引抜実験結果

**図 1** に鉛直載荷時の実験結果を示す．ストレート杭と各テーパー杭を比較すると，テーパー角が最も小さいテーパー角 1°の最大鉛直荷重と ストレート杭の最大鉛直荷重は概ね一致した．テーパー角 2°および 3°については，ストレート杭の最大鉛直荷重のおよそ 2 割程度小さい結果となった．また，ストレート杭については，鉛直変位量が 150mm から

キーワード　洋上風力，テーパー杭，支持力特性，水平抵抗
連絡先　〒105-0014 東京都港区芝 2-3-8(臨海ビル)　　TEL 03(5476)1705

© Japan Society of Civil Engineers

170mm 間で杭先端が閉塞したため鉛直荷重が一定値となった．**図 2** に引抜き時の実験結果を示す．ここで示す鉛直荷重は，圧縮を正，引張を負としているため引抜き時は負の値での計測がされている．テーパー角で比較するとテーパー角が大きくなるほど最大引抜力が小さくなる傾向が得られた．また，テーパー角 1° の引抜き力はストレート杭よりも高い値を示しているが，ストレート杭に比べ引抜き量に対する引抜き力の低下が著しく高いことが見て取れる．この理由として，テーパーを有する杭は，ストレート杭に比べ引抜き量に対して作用する応力が早くに減少するためであると考えられる．

**図 3** に水平荷重と杭頭変位の関係を，**図 4** に杭径比と杭頭変位の関係をそれぞれ示す．ここで示す杭径比は，杭頭変位量を杭径で除した値である．水平載荷開始直後から約 12mm までの水平荷重については，テーパーを有する杭はストレート杭の水平荷重を上回る結果となった．杭頭変位量が 15mm を超えると全テーパー杭の水平荷重が減少し，直杭の水平荷重が上回る結果が得られた．杭径比 10%における各テーパー杭の水平荷重に着目するとテーパー角が大きくなるにつれて水平荷重が小さくなる傾向が見られた．この水平荷重の差は，テーパー杭の投影面積が起因していると考える．一連の水平載荷実験から，テーパーを有している杭は，鉛直貫入時に地盤を押拡げながら貫入するため，周辺地盤を締固め，杭と地盤の周面摩擦が高くなることからテーパー杭の水平荷重がストレート杭の水平荷重よりも高くなったと考えられる．

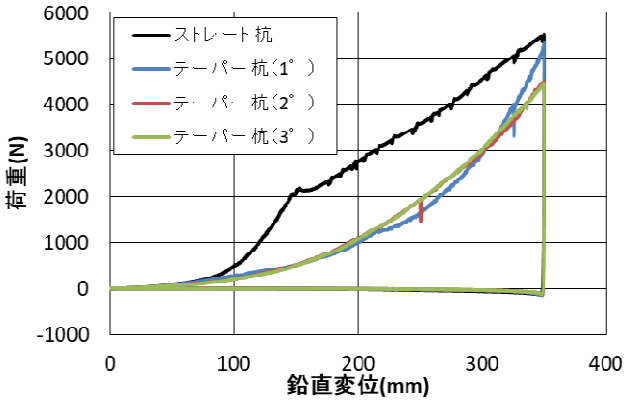


図 1　鉛直荷重—鉛直変位の関係

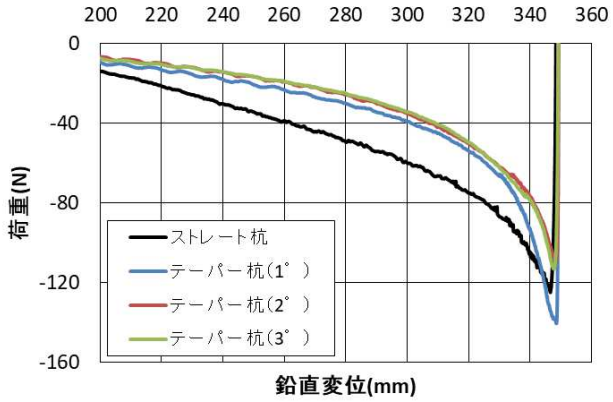


図 2　引抜き荷重—鉛直変位の関係

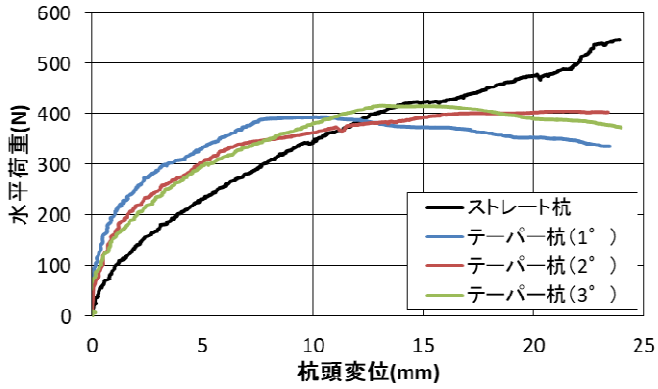


図 3　水平荷重—杭頭変位の関係

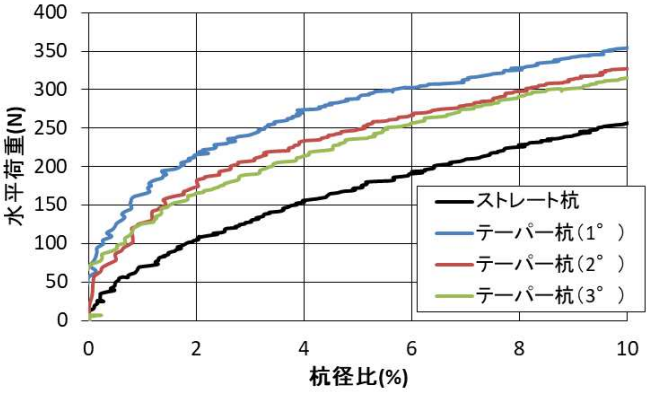


図 4　杭径比—杭頭変位の関係

## 4. まとめ

模型杭を用いた鉛直載荷実験および引抜き実験を実施し，以下の知見が得られた．

① テーパー角 1° の最大鉛直支持力は，直杭の最大鉛直支持力と概ね同等であった．
② 杭の引抜き力は，ストレート杭よりもテーパー杭の方が小さく，また，テーパー角が大きいほど引抜き力が小さくなる．

謝辞

本研究は，環境省地球環境局，「$CO_2$ 排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業」の委託事業に基づき実施しております．関係者の方々に感謝の意を表します．

参考文献 1)環境省，平成 22 年度　再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査報告書

© Japan Society of Civil Engineers