

洋上風力のためのテーパモノパイルの模型実験

東京都市大学 学生会員 ○山崎 佑馬

東京都市大学 正会員 末政 直晃, 伊藤 和也, 田中 剛

りんかい日産建設株式会社 正会員 新谷 聡, 元水 佑介, 坂本 易隆

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.その中でも日本の風土の特徴を生かし,立地面積を確保することが可能な洋上風力発電が注目されている¹⁾.その一方で2016年の港湾法の改正により供用後の基礎杭の完全撤去が義務付けられ,課題となっている.また,施設の大型化に伴いCO₂排出量の増大が懸念されている.そこで,本研究では,洋上風力発電のさらなる大型化を見越して,杭の完全撤去および低コスト化することで,CO₂排出量削減が期待されるテーパモノパイル杭の開発を目的としている²⁾³⁾.本報告では,杭の内外側面に作用する土圧の計測を目的とした模型実験を実施した結果について述べる.

2. 実験概要

図-1に模型杭を示す.模型杭には,杭径60mm,杭長300mmを有するストレート部と下部に杭長150mmと角度2°を有するテーパ部からなる肉厚5mmの鋼製のものを用いた.この杭の内外面には,下端から60,120,180mmの位置に直径6mmの小型土圧計が埋め込まれている.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号を空中落下にて土槽内に投下し,相対密度がそれぞれ40,80%となるように作製した.作製後には地盤の強度特性を把握するためにコーン貫入試験を実施した.写真-1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350mmまでコーン貫入試験を行った.写真-2に実験状況を示す.模型杭の貫入実験は,貫入速度30mm/minにて貫入深度350mmまで鉛直貫入し,その深度にて1分間保持したのちに同速度で引抜きを行った.計測項目は,杭頭部に設置したロードセルにより得られる鉛直荷重・引抜荷重,模型杭に設置した土圧計および杭頭内部にレーザ式変位計を設け貫入・引抜き時の杭内部に侵入する管内土の高さを計測した.

3. 実験結果

図-2,3に相対密度40%と80%の模型地盤に対して行った鉛直載荷・引抜実験の貫入量と管内土の関係を示す.本研究では,鉛直載荷実験時に模型杭内に地盤変位が生じなくなった場合を閉塞と定義している.また,図中に示す点線で示した管内土理論値の値は,管内に侵入する砂の密度が変化しないものと仮定し,各貫入量に対応する管内の体積を求め,貫入量との関係から管内土高さを算出したものである.図-2,3より,それぞれのケースにおいて,鉛直荷重は貫入量に対して放物線的に増加することがわかる.最大鉛直荷重に着目すると,相対密度の

キーワード;テーパ杭 閉塞 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



図-1.模型杭



写真-1.コーン貫入試験機



写真-2.実験状況

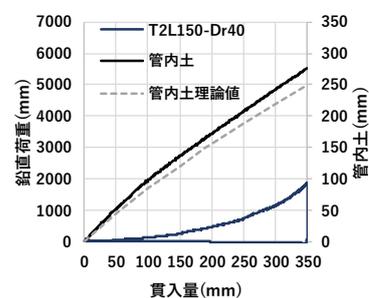


図-2.貫入量と管内土の関係(Dr40%)

増加に伴い大きくなっていることがわかる。また、管内土に関しては相対密度 40% の場合は、理論値との差が小さいのに対して相対密度 80% は理論値よりも実測値が大きいことがわかる。これは、砂の管内への侵入時には杭内摩擦により管内土表面の中央部が隆起するが、その隆起量とダイレイタンスによる膨張量が密度によって異なるためと考えられる。今回の実験条件下では、どちらのケースともに管内土の完全な閉塞は見られなかった。

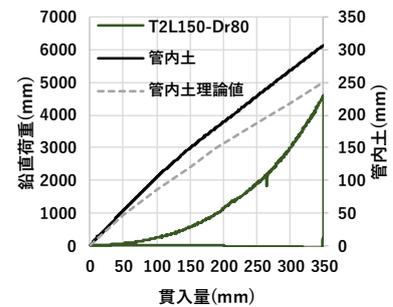


図-3.貫入量と管内土の関係(Dr80%)

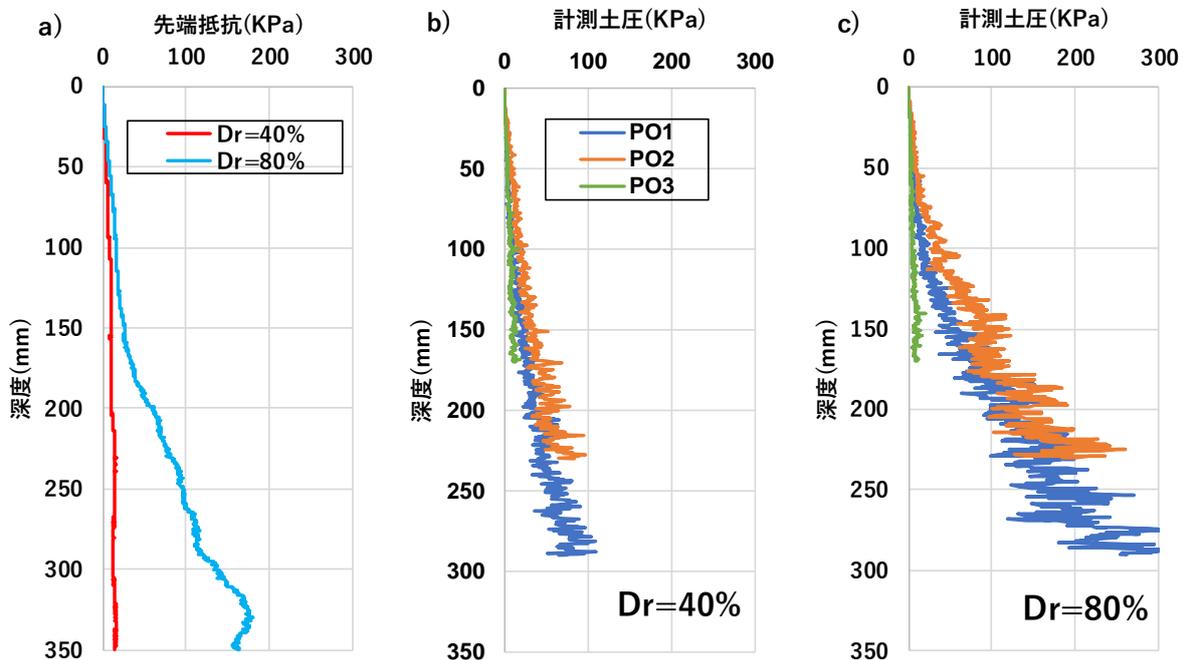


図-4.テーパ杭の外側で計測した土圧と土圧計震度の関係

図-4にCPT結果およびテーパ杭の外側で計測した土圧と土圧計深度の関係を示す。図b),c)については、各土圧計が地盤内に貫入された時点の深度を0mmとし、その時点から貫入終了時点まで計測された土圧の値をプロットしたグラフである。また、図a)はCPTの先端抵抗の分布図を示している。図左の先端抵抗の分布図より、テーパ杭の外側で計測された土圧は、貫入が進むにつれて増加することがわかる。その土圧の大きさは、どの深度においてもテーパ部の先端側のPO1よりもストレート部に近いPO2の方が高い土圧を示した。また、ストレート部に取り付けられたPO3は深度が大きくなることにより土圧は大きくなるが急激な土圧の変化は見られなかった。この要因として、テーパ杭は地盤を押し上げながら貫入するため、PO1よりPO2の方がより押し上げ量が大きいことから、拡張比が高いPO2の土圧が高くなったものと考えられる。ストレート部にあるPO3は最大拡張後の土圧を計測しているものの、除荷を受けたことによって相対的に小さな土圧が計測されたと思われる。一連の実験結果から、模型杭に土圧計を設置することにより杭の貫入時に作用する土圧の分布を確認できた。

謝辞

本研究は、環境省地球環境局「CO₂排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業」の委託事業により実施しております。関係者の皆様に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 洋上風力発電ナビ : <https://www.o-wp.net/>
- 2) 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
- 3) 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