

地盤における構造物貫入過程の再現解析及び最適化

課題責任者

野村 瞬

東京海洋大学 学術研究院・海洋資源エネルギー学部門

著者

野村 瞬^{*1}

^{*1} 東京海洋大学 学術研究院・海洋資源エネルギー学部門

キーワード：DEM, シミュレーション, 杭, 洋上風力, 着床式基礎

1. 研究背景

近年、洋上における風力発電施設や大型観測設備の需要拡大に伴い、海底地盤上における構造物施工技術の重要性が増してきている。しかしながら、高深度の海洋地盤における大型の基礎構造物は施工実績が少なく、経験則に基づく知見が蓄積されていない。

上記の課題を解決には、数値解析と模型実験の有機的な融合による貫入過程の精緻な再現とそれによって蓄えられた知見に基づく施工最適化が重要となる。

研究者の所属する研究グループでは、数値解析の解となる模型実験について、屈折率整合法による地盤内可視化手法により、地盤に構造物が貫入される際の地盤内部の直接観測を実施してきた。

本研究では離散要素法による大規模解析により、模型試験で得られた変位-ひずみ場を精緻に再現するとともに、実験で測定が難しい時空間的な内部応力分布（有効応力・間隙水圧・応力鎖）等の状態変数の把握に挑戦する。その上で、構造物の先端の形状や貫入手法（振動・回転）の違いが貫入性能に与える影響を数値解析側から評価し、海洋での構造物の施工管理に資する有益な情報の獲得を目指している。

2. 地盤上における基礎構築手法のための実験によるアプローチ

研究グループでは、屈折率マッチング技術を用いた透明地盤モデルにおいて、杭の先端形状及び回転速度を変化させた模型基礎の載荷実験を実施し、貫入過程における地盤の直接観測を行っている（図1）。また、杭貫入過程における軸の回転効果の影響を定量化するため、複数の回転速度で円形基礎を貫入した際の地盤内の鉛直断面と水平断面を観測した。観測された画像の解析を通して、変位増分の分布を観測し、平面ひずみ状態を仮定して最大せん断ひずみ増分の分布及び体積ひずみ増分の分布について解析した。得られた結果を杭頭荷重の変化と比較することで、基礎の回転が地盤内に及ぼす影響を考察することに成功している¹⁾（図2）。

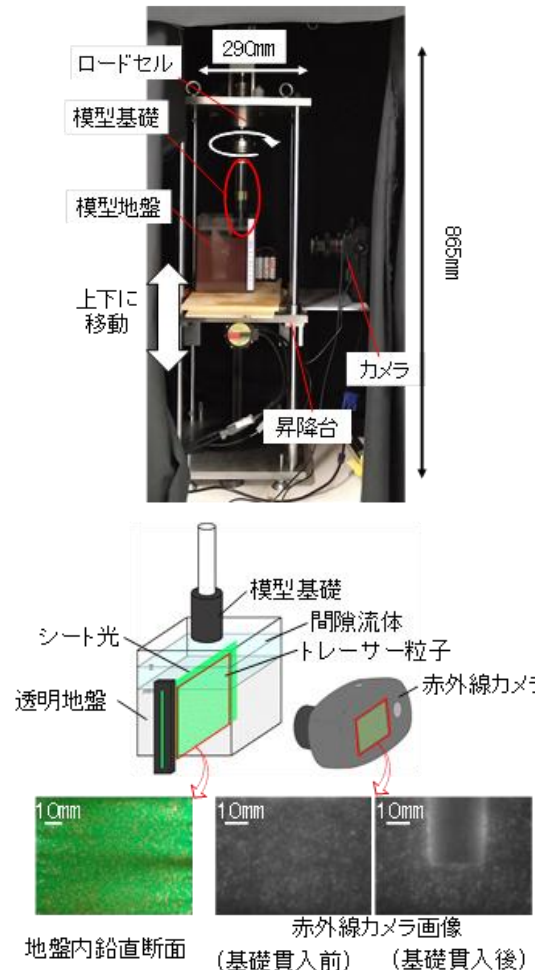


図1 実験装置（上）と可視化手法の概要（下）

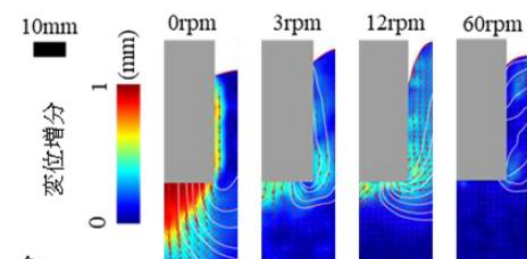


図2 実験結果の一例（中央における変位増分）

3. 離散要素法による実験の再現解析

本研究では、計算機能の発展に伴う計算規模の拡大、解像度および計算精度の向上により、近年地盤工学の分野で活用が進んでいる離散要素法（以下、DEM）を用いて、既存の模型基礎の貫入挙動をシミュレーションする。そして、その結果を実験結果と比較することで、DEMが実地盤における現象に適用可能であるかを検討する。これにより、実地盤における現象の理解の深化に資することを本研究の目的とする。具体的には、模型基礎の回転による影響を明らかにするために数値シミュレーションを実施した²⁾。

DEMによる大規模並列計算を行うことが可能なソフトウェアDEPTH-2.1³⁾を用い、数値解析を進めている(図3)。

現在までに、杭頭荷重の増加傾向(図4)、回転圧入時の変位分布(図5)等の計算結果が、模型実験の結果と調和的であることが確認されており、計算精度に加え再現性の程度について検証を進めている。

謝辞

本研究は令和6年度地球シミュレータ公募課題に基づく支援(採択番号1-24021)により実施された。

文献

- 1) 藤方陸人、野村瞬、谷和夫：透明地盤を利用した基礎の回転による効果が地盤内に与える影響の評価，第58回地盤工学研究発表会、2023.
- 2) 清水舞雛、野村瞬、谷和夫、西浦泰介：杭の貫入引抜の最適化を目的としたDEMによるシミュレーションの適用性，第59回地盤工学研究発表会、2024.
- 3) DEPTH,
<https://www.jamstec.go.jp/namr/project06.html>

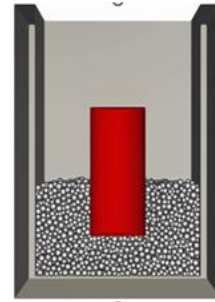


図3 DEMによる貫入の試行計算の模式図

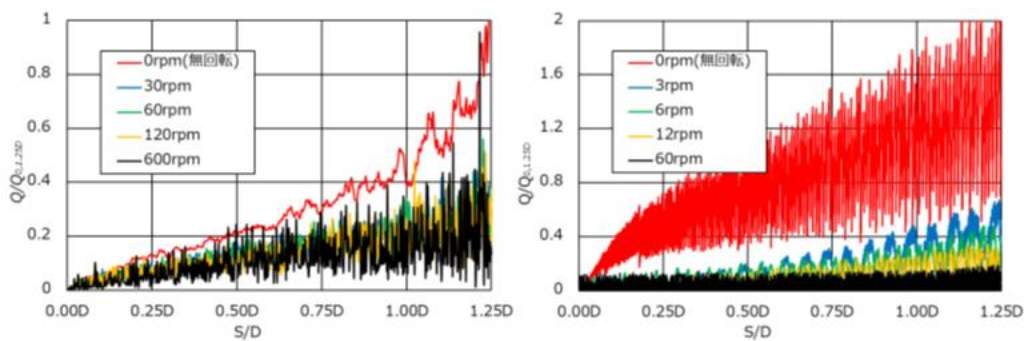


図4 荷重-変位分布の比較例(左：DEM、右：模型実験)

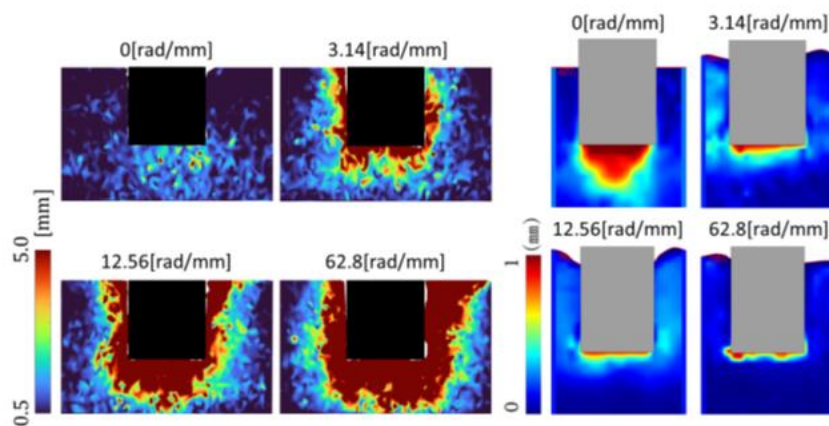


図5 各回転速度における中央断面の変位分布(左：DEM(0.8D 貫入)、右：模型実験(1.0D 貫入))