

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, アンカー, 洋上風力, 着床式基礎 (5ワード程度)

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 (RI 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、構造物の形状や地盤条件が貫入性能やその後の支持力やアンカーの把注力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造物管理手法の実験的アプローチ

研究グループでは、RI 法を用いた透明地盤モデルにおいて、地盤内における構造物模型を用いた実験を複数実施し、地盤と構造物の相互作用の直接観測を行っている (図 1)。特に、構造物を回転貫入時における粒子の運動について解析し、回転を伴う排土効果により地盤への容易な貫入が可能であることを明らかにしている (図 2)¹⁾。また、貫入された構造物の安定性評価のため、貫入された構造物が引き抜きにより地盤内で展開し、引張荷重に対する牽引力を発揮する過程を併せて観察している (図 3)。

地盤中に設置された構造物は貫入後の引き抜きによって展開することが確認されている。特定の形状を構造物に付与することによって、設置や管理が容易である

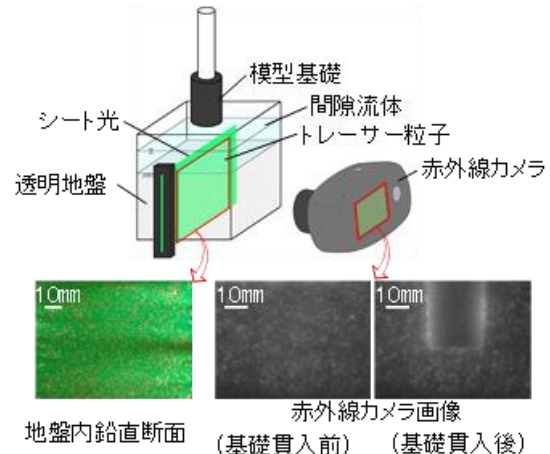


図 1 可視化手法の概要

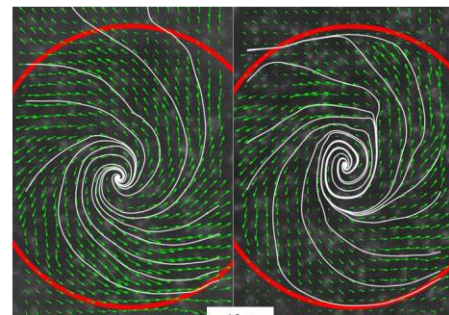


図 2 実験結果 (回転貫入による粒子運動)



①引き抜き前

①引き抜き直後



②引き抜き中

③引き抜き終了時

図 3 実験結果 (地盤内構造物の運動)

りながら耐久性に優れた基礎構造物の可能性を探っている。

3. 離散要素法による実験の再現解析

研究室で得られた現象を理論的に説明するために、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、既存の模型基礎の挙動の再現解析を進めている。数値解析によって得られた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検証を進めている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、数値解析を進めており(図3)。

現在までに、回転による排土効果(図4)が確認されており、実験結果との低量的な比較を進めている。また、実験と同様に構造物の引き抜きに伴い構造物が展開する様子(図3右、図5)も確認することができた。解析による引き抜き量と展開性の評価(図6)を進めている。解析結果は、模型実験の結果と調和的であることが確認されており、計算精度の検証に加え再現性の程度について確認を進めている。変位場における比較検証終了後には応力場における比較を進め、実験だけでは把握が難しい展開メカニズムの精緻なモデル化を進める予定である。

謝辞

本研究は令和7年度地球シミュレータ公募課題に基づく支援（採択番号1-25029）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>

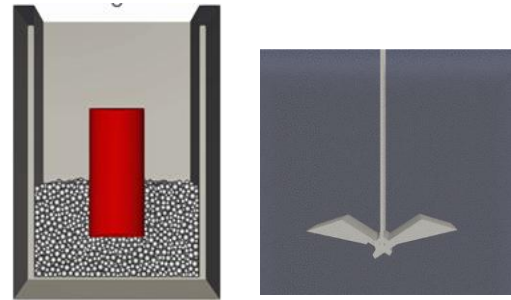


図3 DEMによる貫入の試行計算の模式図
回転貫入試験（左）、引き上げ試験（右）

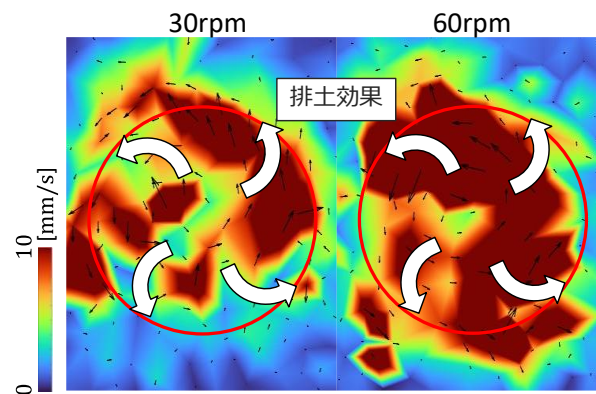


図4 荷重-変位分布の比較例(左：DEM、右：模型実験)

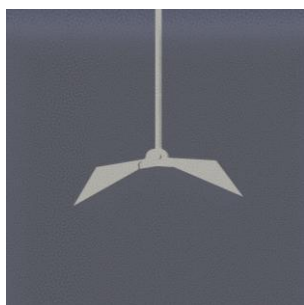


図5 引き抜き終了時の構造物の様子

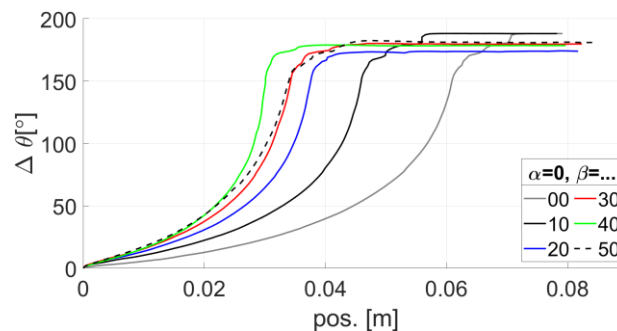


図6 引き抜き量と展開角度の関係