

基礎の引揚可視化実験とその数値解析

防衛大学校 正 ○野々山栄人
防衛大学校 正 宮田 喜壽
海上・港湾・航空技術研究所 正 高野 大樹

1. はじめに

これまでに逆 T 型基礎の引揚支持力の内部変形メカニズム解明と、その効果を考慮した支持力評価式の確立を目的に、透明土を用いた可視化実験 (図 1) が実施された¹⁾。本研究では、有限要素法を用いて、可視化実験で得られた引揚支持力と観測された変位場の再現を試みた。本文ではその概要を報告する。

2. 数値解析の概要と再現解析の対象

複雑な土の力学挙動を再現するために数多くの構成モデルが提案されている。本研究では、1)線形弾性 (LE) モデル、2)非線形弾性 (N-LE) モデル、3)古典的な弾塑性構成モデルである関連流れ則に基づく Drucker-Prager (D-P) モデル、4)応力-ひずみ-ダイレイタンス特性をうまく表現できる下負荷面 (Subloading) モデル²⁾を用いて、逆 T 型基礎の引揚実験 (図 1) の再現解析を行った。各構成モデルで用いる材料パラメータについては、透明粒子 ($\rho_s=2.214\text{g/cm}^3$, $D_{50}=1.0\text{mm}$, $e_{\max}=1.018$, $e_{\min}=0.707$) を用いて実施した排水三軸圧縮試験結果³⁾ (相対密度: 40, 80%の 2 種類, 拘束圧: 50, 75, 100kPa) を再現することにより決定した。一例として、下負荷面モデルを用いて行った三軸試験の再現結果を図 2 に示す。次に、得られた材料パラメータを用いて逆 T 型基礎の引揚実験の解析を行った。密度が異なる 2 種類の地盤に対し、基礎の設置深さ (基礎設置深さ D と基礎の直径 B との比 D/B : 2, 4 の 2 ケース) を変化させた実験について軸対称条件で有限要素解析を実施した。透明土の材料パラメータは三軸試験の再現計算で決定した値を基本とし、模型地盤の応力条件を考慮して修正した。初期応力は、鉛直応力は土被り圧、水平方向はそれに静止土圧係数をかけたものとした。 $D/B=2$ のケースにおける解析モデル (四角形要素: 609 節点, 560 要素) と境界条件を図 3 に示す。

3. 結果と考察

透明土を用いた三軸試験結果を再現計算した結果 (図 2) より、合理的に材料パラメータを決定することができた。引揚量 3mm における可視化実験および解析で得られた基礎の引揚支持力と D/B の関係を図 4 に示す。計算で得られた引揚支持力については、弾性モデルや D-P モデルでは過大にする傾向にあり、ダイレイタンスの拘束圧依存性を考慮できる下負荷面モデルでは、実験値と概ね一致した。また、可視化実験で観察された変位場および解析で得られた変位場の例を図 5, 6 に示す。図中には可視化実験に最も適したすべり線モデル (角度 $\theta=\phi/2$ の直線と仮定, ϕ : 内部摩擦角)¹⁾を併せて示している。引揚支持力が実験値に近い下負荷面モデルでは、密な地盤の方が緩い地盤より変形が卓越する傾向や浅層部の変形が生じていないという結果を表現できたが、密度に関わらず $\theta=\phi/2$ が変形の境界線になるという傾向は再現するまでには至らなかった。

4. まとめ

三軸試験の再現計算より求めた材料パラメータを用いて、浅い基礎・深い基礎における地盤内の変形挙動を解析した。

参考文献: 1) 野々山栄人, 宮田喜壽, 高野大樹: 円形基礎の引揚抵抗力に関する基礎的研究, 土木学会第 73 回年次学術講演会, 講演概要集 (CD-ROM), III-434, 867-868, 2018., 2) Hashiguchi, K. *Elastoplasticity Theory, second Edition, Lecture Notes in Applied and Computational Mechanics 69*, Springer, 2014., 3) 奥山優, 山本圭祐, 野々山栄人, 宮田喜壽, 高野大樹, Bathurst R.J.: 透明土を用いた基礎の支持力実験に関する基礎的検討, 第 44 回土木学会関東支部技術研究発表会, 講演概要集 (CD-ROM), III-18, 2017.

謝辞: 本研究は科学研究費補助金 (17K14726) による助成を受け実施したものであり、ここに謝意を表します。

キーワード 基礎, 引揚抵抗力, 可視化

連絡先 〒239-8686 横須賀市走水 1-10-20 防衛大学校 TEL046-841-3810

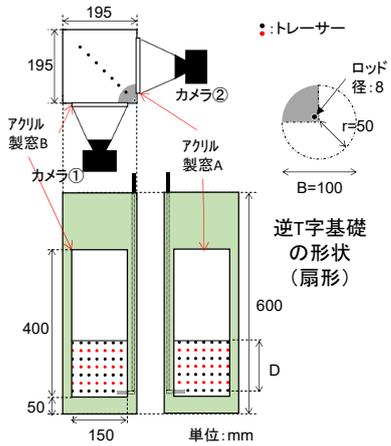


図1 透明土を用いた模型実験の概要

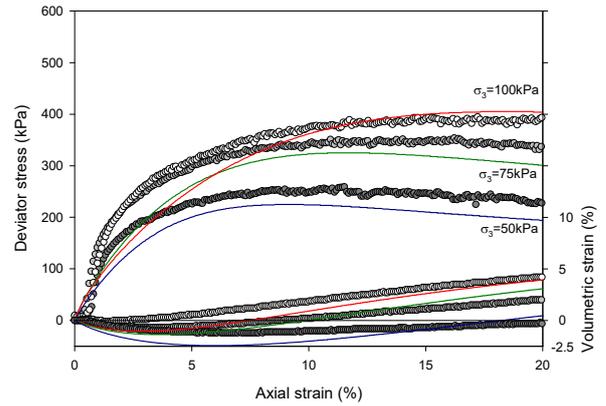


図2 透明土の排水三軸試験結果と解析 (Dr=40%)

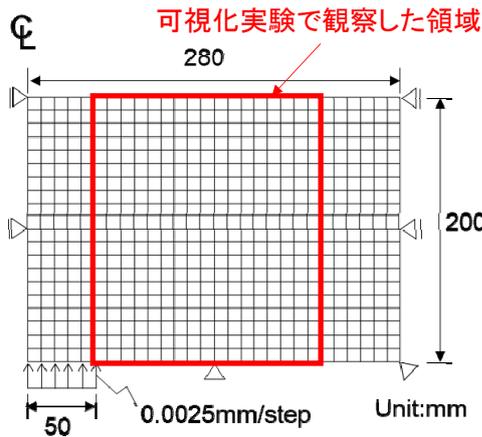


図3 解析モデルと境界条件 (D/B=2)

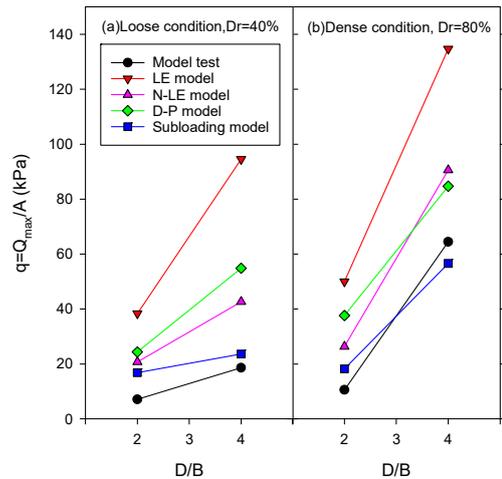


図4 引揚抵抗力と D/B の関係, 引揚量 3mm

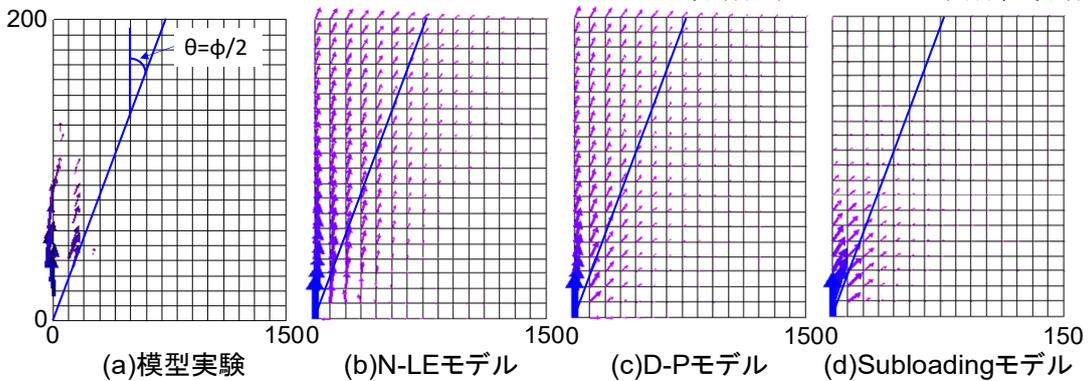


図5 実験で観察された変位場と計算された変位場 (D/B=2, 緩い地盤, $\phi=41^\circ$), 引揚量 3mm

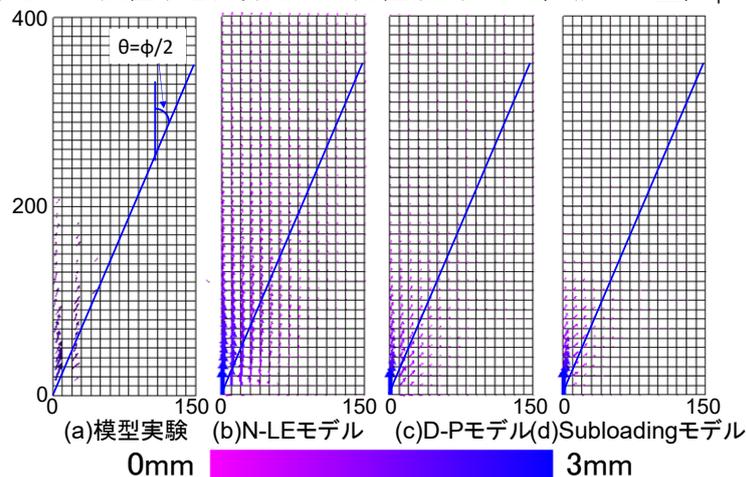


図6 実験で観察された変位場と計算された変位場 (D/B=4, 密な地盤, $\phi=46^\circ$), 引揚量 3mm