

ジオセルで補強された埋設管の浮き上がり抵抗力について (その3)

Uplift resistance of buried pipe with geocell-reinforcement (No. 3)

○永谷太志* 池端瑠香* 伊藤修二** 園田悠介* 澤田 豊*

Taishi NAGATANI, Ruka IKEBATA, Shuji ITO, Yusuke SONODA, Yutaka SAWADA

1. はじめに

農業用管水路は地震による液状化で大きな浮力を受け、地表面まで管体が浮上する可能性があるが、コストや工期を考慮して浅く埋設することが求められる。本研究では、著者らが提案する浮上対策工法を用いた埋設管を対象として浮上を再現した押し上げ実験を実施した。さらに、既往研究で提案された地中構造物の浮上抵抗力予測式と比較を行うことで、その適用性を検討した¹⁾²⁾。

2. 実験概要

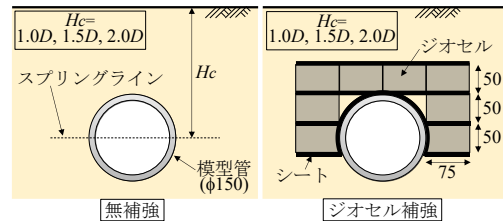
地盤材料およびジオセルの中詰め材は6・7混合珪砂を使用し、相対密度80%の密な地盤を作製した。計算で用いた珪砂のパラメータを

Table 1 計算に用いたパラメータ

Parameters used in the calculations

パラメータ	値
γ (単位体積重量)(kN/m ³)	15
$\phi_{ps,p}$ (平面ひずみ状態のピーク内部摩擦角)(°)	47.93
ϕ_{crit} (残留内部摩擦角)(°)	33.98
c (見かけの粘着力)(kN/m ²)	1.16

Table 1 に示す。模型管は外径 150 mm、奥行き 442 mm のアルミ管を用いた。本実験は、模型管を鉛直方向に 2 mm/min で約 40 mm 押し上げて管の浮上を再現した。ジオセルを構成する材料は、縮尺 1/4 の相似則に基づき、軟質塩化ビニルシートを使用した。実験ケースは Fig. 2 に示すように管のみを設置した無補強のケースとジオセルで補強したケースであり、地表面からスプリングラインまでの距離 H_c を 1.0D, 1.5D, 2.0D とした計 6 ケース行った。実験で用いたシートはジオテキスタイルを模擬している。

Fig. 2 実験ケース
Experimental cases

3. 浮上抵抗力予測式

White et al. (2008)は、管浮上時にせん断面が鉛直方向からダイラタンシー角 ψ (°) 傾いていると仮定して管の浮上抵抗力予測式を提案した¹⁾。また、Ismail et al. (2021)は土被りが浅い場合、つまり低拘束圧下では見かけの粘着力が抵抗力に与える影響が大きいとして、White et al. (2008)が提案した予測式に粘着力 $2cH_c$ を加えた式(1)が実験結果とよく一致することを報告した²⁾。

$$\frac{R_p}{L} = \gamma \left(H_c D + F_{up} H_c^2 - \frac{\pi D^2}{8} \right) + 2cH_c \quad (1)$$

ここで、 R_p はピーク抵抗力、 L は管の長さ、 γ は土の単位体積重量、 H_c は地表面からスプリングラインまでの距離、 D は管径、 F_{up} は地盤抵抗係数、 c は珪砂の見かけの粘着力である。

4. 実験結果と予測値の比較

*神戸大学大学院農学研究科 Graduate School of Agricultural Science, Kobe University **前田工織株式会社 MAEDAKOSEN CO., LTD. キーワード：埋設管, 模型実験, ジオセル

本報では Fig. 3 に示す浮上量と抵抗力の関係から得られたピーク抵抗力(実験値)を、式(1)から求めたピーク抵抗力(予測値)と比較する。また、Fig. 4 に示すピーク時における地盤の移動速度分布から、 ψ は無補強時においていずれの土被りでもおおよそ 18° であることが確認でき、この値を用いて予測式を算出した。ここでは代表して $H_c=1.5D$ の結果を示す。

1) 無補強の場合

Fig. 5 で管のみを設置した無補強時におけるピーク抵抗力の実験値と予測値を比較した。図に示すように、粘着力を考慮することで実験値と予測値がおおむね一致し、式(1)が本実験結果に適用可能であることがわかった。

2) ジオセル補強の場合

Fig. 6 でジオセル補強したケースにおけるピーク抵抗力の実験値と予測値を比較した。予測値は管に被さるジオセルの全幅 $d(=2D)$ が抵抗力に寄与すると仮定し、式(1)を式(2)に示すように変換して算出した。

$$\frac{R_p}{L} = \gamma(H_c d + F_{up} H_c^2 - S) + 2cH_c \quad (2)$$

ここで、 S は模型管の断面積であり、式(2)は Fig. 6 に示すように管相当分の土荷重を除けば実質的に直径 $2D$ のアンカープレートのピーク抵抗力予測式を表している。実験値は式(2)から求めた予測値と概ね一致し、その精度は誤差 10%以内であった。そのため、管側部のジオセルは管の浮上に対するアンカーとしての機能を果たし、浮上に対する抵抗領域が拡大したと考えられる。実際に、Fig. 4 に示すようにジオセル補強時は無補強時と比較して明確に地盤の移動範囲が拡大していることがわかる。

5. まとめ

本研究では、管浮上対策として施工性に優れたジオセルで補強した管を対象に押上げ実験を実施し、既往研究で提案された地中構造物の浮上抵抗力予測式と比較することで、その適用性を評価した。その結果、無補強時の管の抵抗力について、実験値と予測値が概ね一致した。また、ジオセルの全幅が抵抗に寄与すると仮定した場合、抵抗力の実験値は予測値と概ね一致し、既往研究の式で当工法の浮上抵抗力を予測可能であることがわかった。

謝辞：本研究の一部は JSPS 科研費 JP20H00441 の助成を受けた。

参考文献：1) White, D.J., Cheuk, C.Y., Bolton, M.D. (2008) : The uplift resistance of pipes and plate anchors buried in sand, *Geotechnique*, **58** (10), 771-779.

2) Ismail, S., Sadek, S., Najjar, S.S., Mabsout, M. (2021) : Numerical finite element modelling of soil resistance against upheaval buckling of buried submarine pipelines, *Applied Ocean Research*, **106** (8).

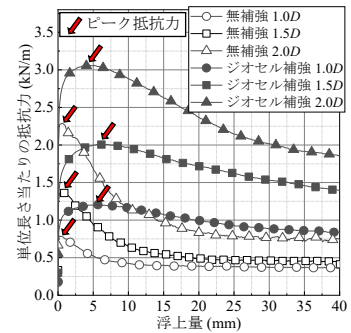


Fig. 3 浮上量と抵抗力の関係
Uplift displacement and resistance

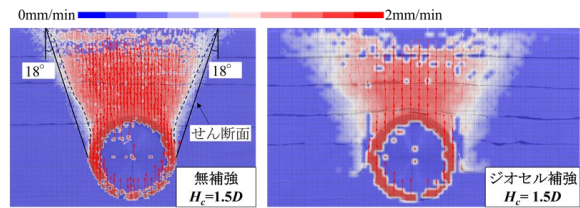


Fig. 4 ピーク時の地盤の移動速度分布
Distribution of ground movement velocity at peak

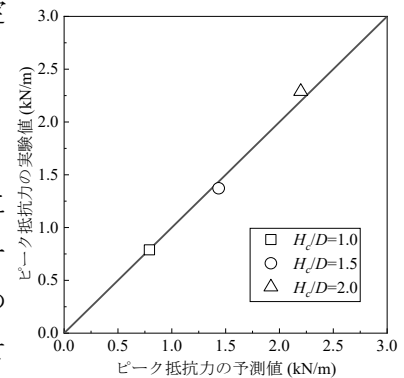


Fig. 5 実験値と予測値(無補強)
Experimental and prediction values (unreinforced)

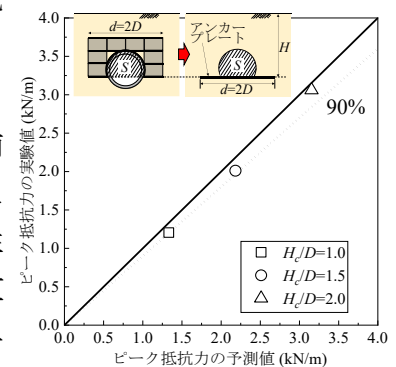


Fig. 6 実験値と予測値
(ジオセル補強)
Experimental and prediction values (geocell reinforced)