

スカート・サクシヨン基礎の引抜き抵抗に関する実海域実験（その4：FEM解析）

(株)大林組

正会員 ○松田 隆 伊藤政人 粕谷悠紀

(株)大林組

正会員 増井直樹 林 秀郎 山本 彰

1. はじめに

引抜き速度に応じてスカート・サクシヨン基礎の引抜き抵抗が増加する現象を砂地盤においても検証するため、実海域において実物大模型を用いた実験を行った。ここでは（その2）で報告した引抜き実験結果に関して、土/水連成 FEM によるシミュレーション解析を行った結果について報告する。

2. 解析条件および解析ケース

解析に用いたメッシュ図（スカート1）を Fig. 1 に示す。解析は軸対称モデルとし、モデル半径 R およびモデル下端は 12m とした。水理境界条件は、モデル下端および左端を非排水境界、スカート外側の地表面上部およびモデル右端を定水頭境界とした。地盤の構成モデルは、地盤の非線形性を考慮できるよう Drucker-Prager モデルを用いた。地盤の入力定数のうち、内部摩擦角 ϕ は現地採取試料を再構成して実施した三軸圧縮試験 (CD) 結果から、透水係数 k は 20% 粒径 D_{20} を用いた Creager の推定方法から定めた。剛性 E は N 値¹⁾ から V_s を介して推定した $G_0 (V_s = 80N^{0.333}, G_0 = \rho V_s^2/g)$ を、 $G/G_0 \sim \gamma$ 関係においてせん断ひずみ γ を 1%（スカート近傍では大きなせん断ひずみが発生しているため）として低減させた値から求めた。試験体および頂版下の水の要素は線形弾性材料とし、試験体には鋼材の剛性、水要素には十分に無視できる小さい剛性を設定した。

Table 1 に入力定数一覧表を示す。

初期応力は、 $\gamma'd$ (d :地表面からの深さ) で与え、貫入による応力状態の変化（スカート周囲の応力増加やスカート内部の貫入時サクシヨンによる応力低下など）は考慮していない。貫入時のサクシヨンによるスカート内部土の盛り上がり量は 0.5m とした。Table 2 に解析ケースを示す。解析パラメータは実験同様、頂版の排水条件と引抜き速度である。頂版からの排水を許容したケース (case1-0C, 2-0C) では、頂版要素を設置せずスカート内部土の上部を定水頭境界とした。

3. 解析結果

Fig. 2 にスカート 1 (D1.8m×L3.6m) の解析結果（上段：引抜き荷重 P —鉛直変位 z ，下段：頂版下水要素の過剰間隙水圧 Δu —鉛直変位 z ）を実験結果とともに示し（解析：赤線，実験：青線），Fig. 3 にスカート 2 (D2.3m×L2.0m) の解析結果を同様に示す。解析における荷重変位関係は、すべてのケースにおいて実験結果とおおむねよい対応を示しており、解析においても引抜き速度が大きくなるにつれ引抜き抵抗が増加する結果を得た。 Δu と z の関係においては、大きい引抜き速度では解析結果の Δu は実験結果よりもやや大きくなる傾向があるが、引抜き速度の増加とともに発生する Δu の値が増加するという傾向はよく一致している。

Fig. 4 に鉛直変位 $z=56\text{mm}$ (Fig.2 に矢印) 時の case1-0C ($v=0.3\text{mm/sec}$) と case1-3C ($v=9\text{mm/sec}$) の Δu 分布を示す。引抜き速度が小さいケース (case1-0C) では、サクシヨンはほとんど発生していないが、速度が大きいケース (case1-3C)

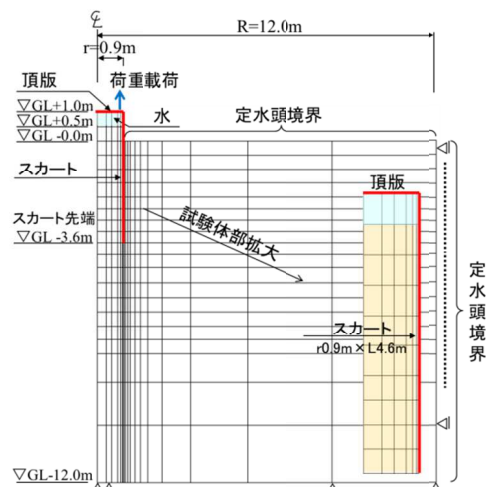


Fig. 1 解析メッシュ

Table 1 入力定数

種別	記号	単位	値
地盤	E	kN/m ²	$2.16 \sim 4.48 \times 10^3$
	ν	—	0.3
	ϕ	°	36.6°
	γ'	kN/m ³	8.0
	k	m/sec	1.6×10^{-4}
試験体 (頂版、スカート)	E	kN/m ²	2.0×10^8
	ν	—	0.4
	k	m/sec	1.0×10^{-10}
水 (頂版下)	E	kN/m ²	1.0×10^{-1}
	ν	—	0.49
	k	m/sec	1.6×10^{-4}

Table 2 解析ケース

解析ケース	スカート	頂版排水条件	引抜き速度 v (mm/sec)
case1-0C	スカート1 (D1.8×L3.6)	排水	0.35
case1-1C		非排水	0.3
case1-2C			2.5
case1-3C			9
case1-4C			25
case2-0C	スカート2 (D2.3×L2.0)	排水	0.25
case2-1C		非排水	0.45
case2-2C			2.5
case2-3C			7

キーワード スカート・サクシヨン基礎，引抜き速度，サクシヨン，引抜き抵抗，FEM 解析

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティ B 棟 (株) 大林組 TEL 03-5769-1006

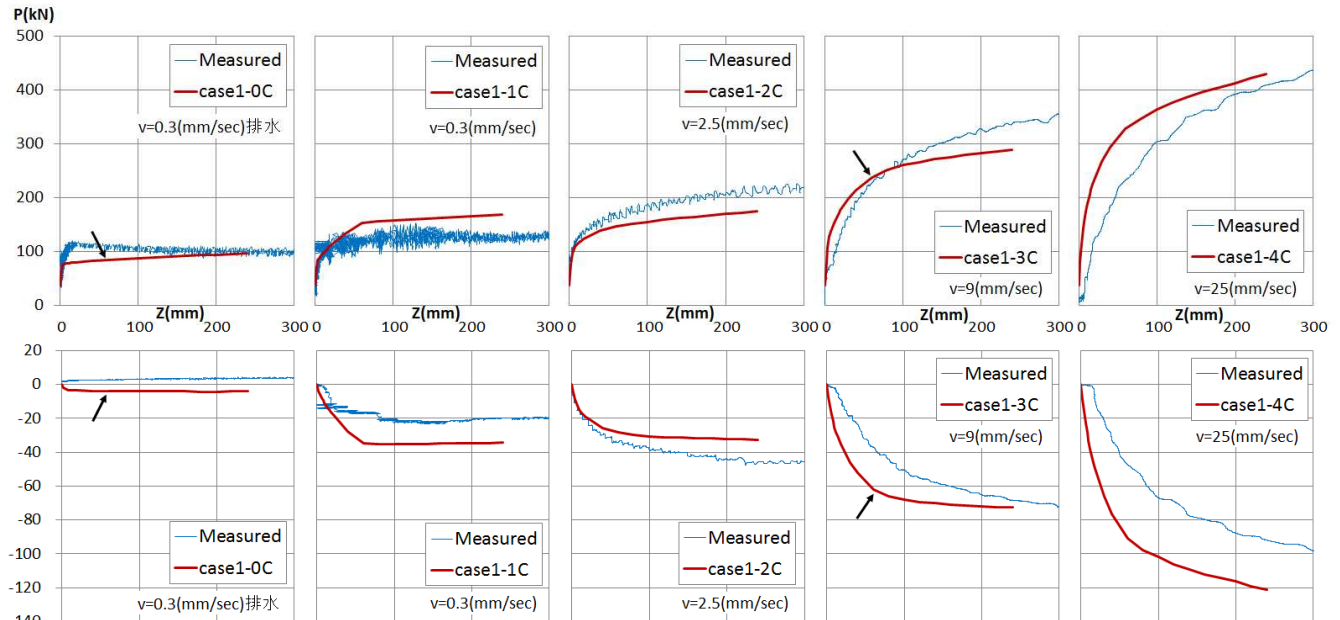


Fig. 2 スカート 1 の解析結果 (上段: 引抜き荷重, 下段: 頂版下サクシオン)

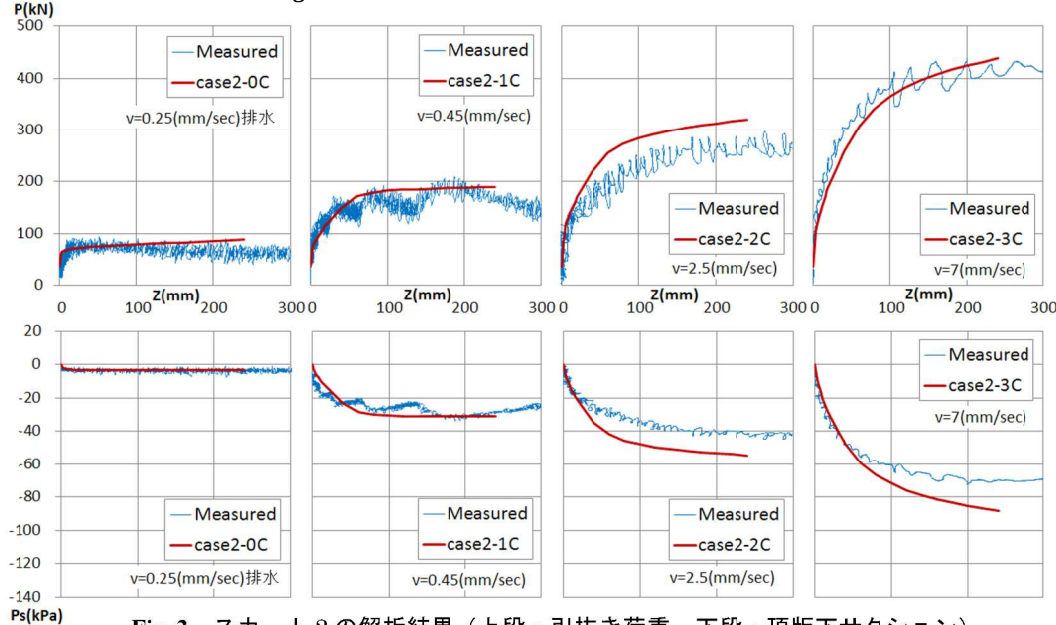


Fig. 3 スカート 2 の解析結果 (上段: 引抜き荷重, 下段: 頂版下サクシオン)

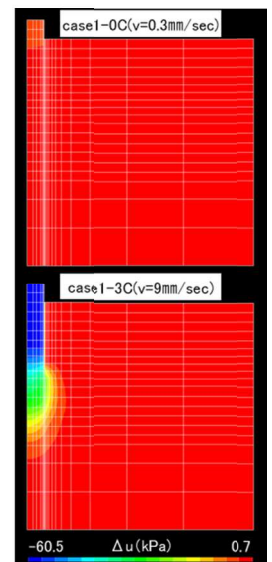
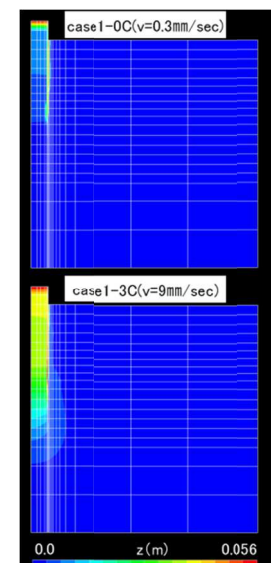
Fig. 4 Δu 分布

Fig. 5 z 分布

では, スカート内にサクシオンが大きく発生している. Fig. 5 に同じ変位時の z 分布を示す. 引き抜き速度が小さいケース(case1-0C)では, 変位が大きい部分は頂版およびスカート部分に限定されているのに対し, 速度が大きいケース(case1-3C)では, スカート内部全体に変位が大きい範囲が広がっている. このことは, 引き抜き速度が大きくなると, 発生したサクシオンによりスカート内部土が頂版およびスカートと一緒に持ち上げられることを示しており, これが引き抜き抵抗の増加をもたらすものと考えられる. このことは, 砂地盤においても大きな引き抜き速度下では粘土地盤と同様なメカニズムで Reverse bearing capacity を考慮できることを強く示唆するものである.

4. まとめ

引き抜き速度をパラメータとしたスカート・サクシオン基礎の実海域実験についてシミュレーション解析を行った. その結果, 引き抜き速度と引き抜き荷重および発生サクシオンの関係において, 解析結果は実験結果とおおむね一致し, サクシオンによる引き抜き抵抗の増加のメカニズムについて明らかにした.

【参考文献】1)伊藤ら: スカートサクシオン基礎の引き抜き抵抗に関する実海域実験 (その 1: 概要および貫入結果) 土木学会第 71 回年次学術講演会概要集 (投稿中)