

スカート・サクシヨン基礎の引抜き抵抗に及ぼす載荷速度の影響（その2：FEM 解析）

(株)大林組

正会員 ○伊藤政人 増井直樹 林秀郎

(株)大林組技術研究所

正会員 粕谷悠紀 山田祐樹 高橋真一

1. はじめに

スカート・サクシヨン基礎が引抜き荷重を受けた際の挙動は、排水条件に大きく影響を受け、荷重・載荷速度、透水係数、スカートの径・根入れ等々に依存する¹⁾。これは、引抜き荷重が作用した際に、頂版と地表面との間隙が広がろうとするが、スカート外側からこの間隙への水の流入が十分でないと、スカート内側に負の過剰間隙水圧（サクシヨン）が発生するためである（Fig.1）。本報は、（その1）で報告した載荷速度をパラメータとするスカート・サクシヨン基礎の引抜き模型実験に関して、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ものである。

2. 解析条件および解析ケース

解析に用いたメッシュ図を Fig.2 に示す。解析は軸対称モデルとし、モデル半径 R は、実験土層平面積と等価な円の半径とした。水理境界条件は、モデル下端および左右両端を非排水境界、スカート外側の地表面上部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に Drucker-Prager モデルを用い、入力定数は実験に使用した珪砂 6 号（ $Dr=40\%$ ）の室内試験結果から定めた。試験模型（頂版、スカート）および頂版下の水の要素は線形弾性材料とし、試験模型には塩ビの剛性、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。ただし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（平均 10cm）はモデル化した。解析ケースを Table 2 に示す。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（case-c0）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.3 に引抜き荷重 P と鉛直変位 z の関係を実験結果とともに示す（解析：赤実線、実験：青破線）。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、解析においても載荷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。Fig.4 に頂版下水要素の過剰間隙水圧 Δu と鉛直変位の関係を示す。 Δu と変位 z の関係においては実験結果と一部かい離する部分も見られるが、頂版が非排水条件の場合には負の Δu （＝サクシヨン）が発生し、載荷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一致している。

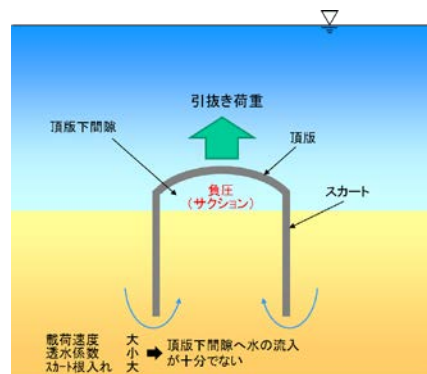


Fig.1 引抜き時のサクシヨン

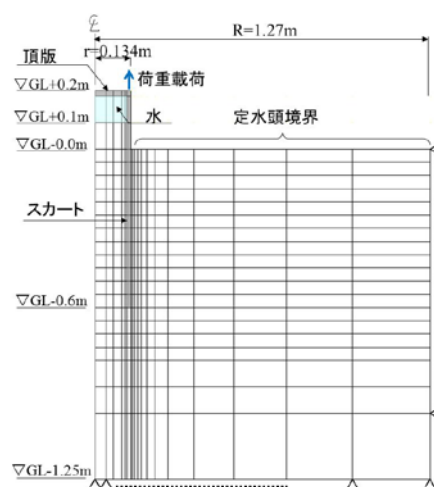


Fig.2 解析メッシュ

Table 1 入力定数

種別	記号	単位	値
地盤 (珪砂6号, $Dr=40\%$)	E	kN/m^2	2.17×10^5
	ν	—	0.3
	c	kN/m^2	0.0
	ϕ	°	31.9°
	γ'	kN/m^3	5.1
	k	cm/sec	3.2×10^{-2}
試験模型 (頂版、スカート)	E	kN/m^2	3.4×10^6
	ν	—	0.4
	k	cm/sec	1.0×10^{-8}
水 (頂版下)	E	kN/m^2	1.0×10^{-1}
	ν	—	0.49
	k	cm/sec	3.2×10^{-2}

Table 2 解析ケース

解析ケース	頂版排水条件	引抜き速度 v
case-c0	排水	1.5N/sec
case-c1	非排水	1.5N/sec
case-c2	非排水	15N/sec
case-c3	非排水	160N/sec
case-c4	非排水	3700N/sec

キーワード スカート・サクシヨン基礎、引抜き荷重、載荷速度、サクシヨン、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 03-5769-1860

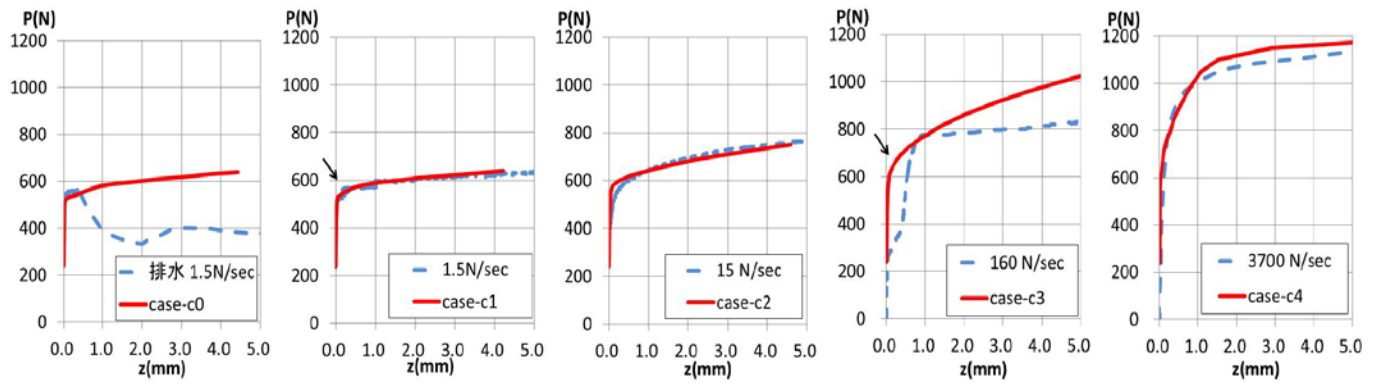


Fig.3 引抜き荷重－鉛直変位関係

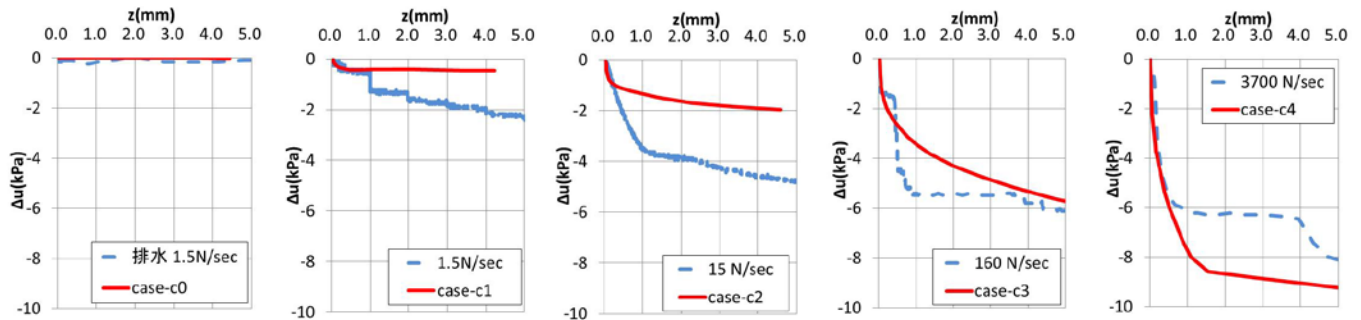


Fig.4 頂版下サクシヨン圧－鉛直変位関係

Fig.5 に鉛直変位 $z=0.12\text{mm}$ (およその降伏変位 : Fig.3 に矢印で図示) 時の case-c1($v=1.5\text{N/sec}$) と case-c3($v=160\text{N/sec}$) のサクシヨン圧分布を示す。载荷速度が小さいケース(case-c1)では、サクシヨンの発生範囲は小さいが、载荷速度が大きいケース(case-c3)では、スカート内にサクシヨンが大きく発生している。Fig.6 に同じ変位時の鉛直変位分布を示す。载荷速度が小さいケース(case-c1)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、载荷速度が大きいケース(case-c3)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、载荷速度が大きくなると、発生したサクシヨ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、これが引抜き抵抗の増加をもたらすものと考えられる。

4. まとめ

载荷速度をパラメータとしたスカート・サクシヨン基礎の引抜き模型実験についてシミュレーション解析を行った。その結果、载荷速度と引抜き荷重および発生サクシヨン圧の関係において、解析結果は実験結果とおおむね一致した。これにより地盤の非線形性を考慮した土／水連成 FEM を用いることで、スカート・サクシヨン基礎の引抜き挙動を再現できることが確認できた。

[参考文献] 1) Martin Achmus et al.; Numerical Simulation of the Tensile Resistance of Suction Buckets in Sand, Journal of Ocean and Wind Energy, Vol. 1, No. 4, November 2014, pp. 231–239

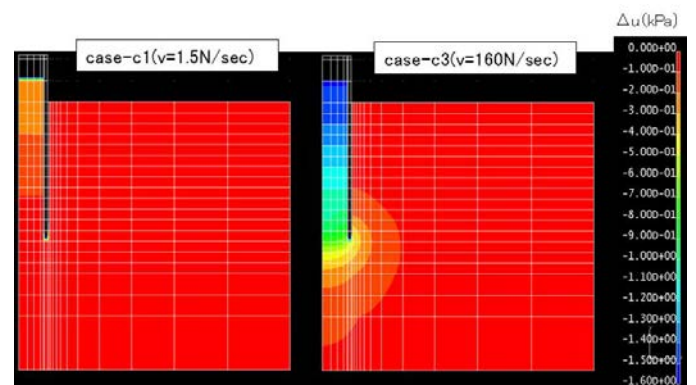


Fig.5 サクシヨン圧分布

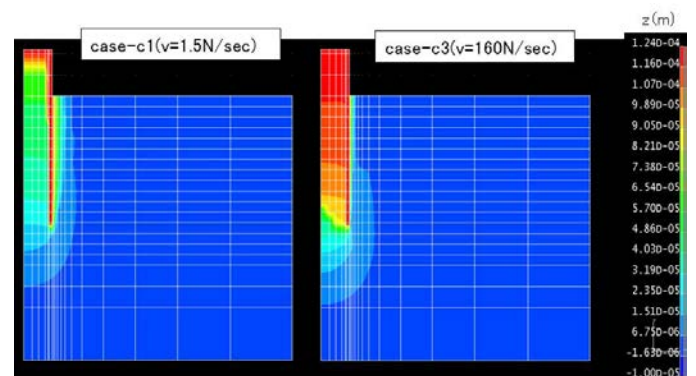


Fig.6 鉛直変位分布