スカートサクション基礎の引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)

(株)大林組	正会員	○伊藤政人	増井直樹	林	秀郎
(株)大林組	正会員	粕谷悠紀	山田祐樹	高橋	衝真一

1. はじめに

スカートサクション基礎が急激な引抜き荷重を受けた際,スカート 内側に負の過剰間隙水圧(サクション)が発生し引抜抵抗が増加する. この現象は透水性の低い粘性土地盤では Reverse bearing capacity とし て従来から知られているが¹⁾,比較的透水性の高い砂地盤においても この効果を検証するため,室内実験²⁾に引続き,実海域において実物 大模型を用いた実験を行った.本報告(その1)では,実験概要およ びスカートの貫入結果について報告する.

2. 実験概要

試験体はスカート径 D/スカート長 H (貫入深さ L=H-1.0)の異な る 2 体 (スカート1: D1.8m, H4.6m, L3.6m, スカート 2: D2.3m, H3.0m, L2.0m)を用いた (Fig. 1, Photo 1). 当該海域の水深は約 12m, 海底地盤は N 値 10~30 程度の砂地盤である (Fig. 2). 実験は,台船 上のクレーンにより試験体を海中に吊りおろし,自重貫入後サクショ ンポンプによりスカート内から排水しスカート内の水圧を下げるこ とによって所定の深さまで貫入させた.その後一定時間放置したのち 引抜実験を行った (Fig. 3). 実験パラメータは頂版の排水条件および 引抜速度である (Table 1). なお,各ケースにおける貫入位置は中心 間隔 2.5D 以上とした.主な計測項目は,スカート内外の間隙水圧, スカート内およびスカート先端の土圧,スカート周面摩擦力,試験体 の傾斜角および鉛直変位,試験体ひずみ,クレーン引抜き荷重である. Photo 2 に実験状況を示す.

3. 貫入結果

Fig. 4 に貫入深度-時間関係を示す. 貫入に要した時間はおおむね スカート1で20min,スカート2では15min程度であり,平均貫入速 度は0.09m/minであった(case2-3のみ予定深度より0.6m深く貫入). case1-2 は途中で貫入が進まなくなったが,一度クレーンにより引抜 き再貫入を繰り返すことで所定の深さまで貫入させることができた.

Fig.5に貫入深度-貫入抵抗関係を示す.貫入抵抗の実測値 R_mは貫入力と等しいものとし,(1)式により求めた.また図中には(2)式で示される既往貫入抵抗予測式³⁾による値 R_pも同時に示してある.予測式において,第1項,第2項,第3項はそれぞれスカート外側の周面抵抗,スカート内側の周面抵抗,支持力公式から定まるスカートの先端抵抗を表している.予測値の計算に用いたサクション量sはスカートの内部土の浸透破壊から定まる限界サクションとした.予測値には,貫入中にスカート内部地盤が緩くなることによってスカート内外の



Fig.1 試験体および計器配置図



Photo 1 試験体



Table 1 実験ケース

実験ケース	スカート	頂版 排水条件	引抜き速度 (mm/sec)		載荷方法	
case1-0	スカート1 (D1.8×L3.6)	排水	緩速	0.35	ジャッキ	
case1-1		非排水	緩速	0.3	ジャッキ	
case1-2			中速	2.5	ジャッキ	
case1-3			急速	9	クレーン	
case1-4			最急速	25	クレーン	
case2-0	スカート2 (D2.3 × L2.0)	排水	緩速	0.25	ジャッキ	
case2-1		非排水	緩速	0.45	ジャッキ	
case2-2			中速	2.5	ジャッキ	
case2-3			急速	7	クレーン	

キーワード スカート・サクション基礎,貫入抵抗,サクション,揚水量

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

透水係数比 k_f (= k_i/k_o , $k_i > k_o$) が変化した場合の値を示している.実測値は、おおよそ $k_f = 1 \sim 5$ とした予測値とおお むね対応しており、既往予測式によって貫入抵抗を予測可能であることがわかった.

$$\begin{aligned} R_m &= W + s \times \frac{\pi}{4} \mathsf{D}_i^2 \tag{1} \\ \mathrm{R}_p &= (\gamma' + as/h) \, Z_o^2 \left(exp\left(\frac{h}{Z_o}\right) - 1 - \left(\frac{h}{Z_o}\right) \right) (K \tan \delta)_o (\pi D_o) \\ &+ \left(\gamma' - \frac{(1-a)s}{h} \right) Z_i^2 \left(exp\left(\frac{h}{Z_i}\right) - 1 - \left(\frac{h}{Z_i}\right) \right) (K \tan \delta)_i (\pi D_i) \\ &+ \left(\left(\gamma' - \frac{(1-a)s}{h} \right) Z_i \left(exp\left(\frac{h}{Z_i}\right) - 1 \right) N_q + \gamma' t N_\gamma \right) (\pi D t) \end{aligned}$$

ここに、W:スカート水中重量、S:サクション (=スカート 内外水圧差)、 D_i 、 D_o 、D:スカート内径、外径、平均径、 γ' : 水中単位体積重、 $Z_o = D_o (1-m^2) / 4/(K \tan \delta)_o$ 、 $Z_i = D_i / 4/(K \tan \delta)_i$ 、 $a: 動水勾配係数、h: 貫入深度、K:静止土圧係数、\delta:壁面摩$ $擦角、<math>N_a$ 、N、:支持力係数、t:スカート厚、m:影響係数

Fig.6 にスカート2 (case2-0) での貫入中の揚水量を示 す.貫入中の揚水量の実測値は、0.4~0.7m³/min であり、 浸透流解析で予測した地盤からの流入量とスカート内の 海水を排水する流量との合計 0.58 m³/min とほぼ合致し た.

Fig.7 にスカート1 (case1-4) での貫入中の傾斜角を示 す.貫入中の傾斜角はおおよそ x 方向 0.5° y 方向 1°と サクション貫入中にはほぼ変化せず、修正・制御はでき ていない.多室型のスカートサクションの傾斜制御は, 各室内のサクション量を変えることによって可能であり 実績もあるが⁴⁾,今回のような単室型の場合の傾斜制御 には課題が残されている.

4. まとめ

引抜き速度をパラメータとしたスカートサクション基礎の実海域における模型実験について、その概要と貫入結果を示した.貫入抵抗および揚水量の実測値は、事前の予測結果とよい対応を示し、既往の予測手法の妥当性を検証した.一方単室型の貫入中の傾斜制御方法については課題が残されている.

【参考文献】

 ISO19901-4 Petroleum and natural gas industries – offshore structures – Part4 Geotechnical and foundation design considerations
約谷ら:スカート・サクション基礎の引抜き抵抗に及ぼす載 荷速度の影響(その1:大型土槽実験),第70回土木学会全国 大会年次学術講演会,2014.

 3) G.T. Houlsby et al. : Design procedures for installation of suction caissons in sand, Proceedings of the Institution of Civil Engineers
Geotechnical Engineering 158, pp135–144, 2005.

4) 廣長ら:スカート基礎を有する防衝工の施工(その2:姿勢)
制御),第57回土木学会全国大会年次学術講演会,2001.





Fig.4 貫入深度一時間



