

スカートサクシオン基礎の引抜き抵抗に関する実海域実験（その3：繰返し引抜き結果）

(株)大林組 正会員 ○山本 彰 粕谷悠紀 松田 隆

(株)大林組 正会員 伊藤政人 増井直樹 林 秀郎

1. はじめに

著者らは、繰返し载荷により引抜き抵抗は低下するものの、繰返し回数の違いが引抜き抵抗に与える影響は比較的小さいことを確認した¹⁾。また、非排水条件で単調引抜きの場合には受働サクシオンが発生するものの、暴風時の波浪などによる繰返し荷重によって、スカート内に過剰間隙水圧が蓄積されると受働サクシオンは消失し、サクシオンによる引抜き抵抗力は低下するという報告がある²⁾。本報告（その3）では、実海域において実物大模型を用いた繰返し引抜き実験結果について述べる。

2. 繰返し引抜き実験概要

試験体は、スカート1 (D1.8m, H4.6m, L3.6m) を用いた^{前報³⁾}。Table 1 に実験ケースを示す。実験パラメータは、頂版排水条件および荷重振幅とした。Case1-c0 と Case1-c1 は、Fig.1 に示すように、2 台の交通船 (3.8t 級、速度 11 ノット) の航跡波によってクレーン台船を上下方向に振幅させ、繰返し引抜き载荷を実施したケースであり、実験時の荷重振幅は $\pm 10 \sim 25 \text{ kN}$ 、波の周期はおおむね 3～4 秒、繰返し回数は 100 回程度であった。なお、実験時における 5 段階の計画荷重（荷重振幅の平均値）の調整には、油圧ジャッキ^{前報⁴⁾}を使用した。一方、Case1-c2 は、油圧ジャッキを用いて 5 段階の計画荷重ごとに繰返し载荷を実施したケースであり、実験時の荷重振幅は $\pm 25 \sim 45 \text{ kN}$ 、繰返し回数は 4 回とした。なお、ジャッキの引抜き速度は、中速モードの 2.0～2.5mm/sec で行った。実験時の座標 (x, y, z) は、防波堤に設置したトータルステーションと 360° プリズムを用いて計測した^{前報⁴⁾}。なお、繰返し引抜き試験は、Case1-c0, Case1-c1, Case1-c2 の順で実施した。

3. 繰返し引抜き実験結果

Fig.2 に引抜き荷重 P ・引抜き変位 z の経時変化を示す。図中には各段階における計画荷重を併記した。Case1-c0 は、 $80 \pm 15 \text{ kN}$ の繰返し载荷中の 9 時 18 分前後に他の大型船の通行と交通船の往来が重なり、繰返し荷重が想定以上の最大 130 kN 程度発生し、 0.05 m 程度の引抜き変位が生じた。その後、 $100 \pm 15 \text{ kN}$ の繰返し载荷により累積的に 0.15 m 程度の引抜き変位を生じた。Case1-c1 は、 $100 \pm 20 \text{ kN}$ の繰返し载荷時まではほとんど引抜き変位は発生せず、 $120 \pm 20 \text{ kN}$ の繰返し载荷時に累積的に 0.03 m の引抜き変位を生じた。この結果より、Case1-c1 は Case1-c0 と比べて繰返し载荷によって生じる引抜き変位が小さく、大きな繰返し引抜き抵抗を有していることが確認できた。Case1-c2 では、 $85 \pm 40 \text{ kN}$ の繰返し载荷までは弾力的な挙動を示しているが、 $125 \pm 40 \text{ kN}$ の繰返し载荷で 0.05 m 程度引抜き変位が生じ、 $170 \pm 40 \text{ kN}$ の繰返し载荷で 0.4 m 程度引抜き変位が生じる結果となった。

Fig.3 に頂版付近のサクシオン P_s ・引抜き変位 z の経時変化を示す。Case1-c0 は、スカートに引抜き変位が生じててもサクシオンはほとんど発生していない。Case1-c1 は、計画荷重の増大によって引抜き変位が生じ始めるとサクシオンも発生し、繰返し载荷条件下でもサクシオンは消失することなく維持される結果となった。Case1-c2 では、油

Table 1 繰返し引抜き実験ケース

ケース	スカート	頂版排水条件	载荷方法	荷重振幅	備考
Case1-c0	スカート1 (D1.8*L3.6)	排水	航跡波による波荷重	$\pm 10 \sim 25 \text{ kN}$	
Case1-c1		非排水			
Case1-c2			油圧ジャッキ	$\pm 25 \sim 45 \text{ kN}$	中速 (2.5mm/sec)

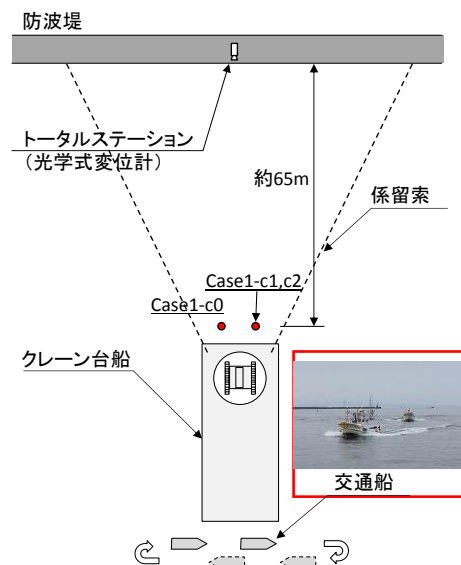
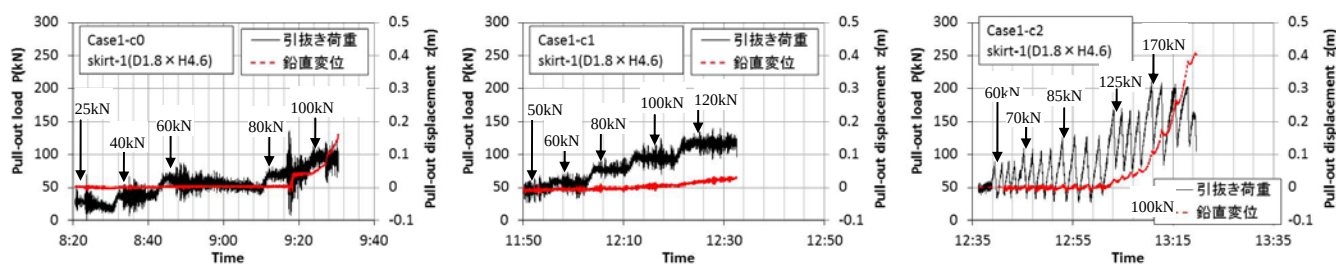
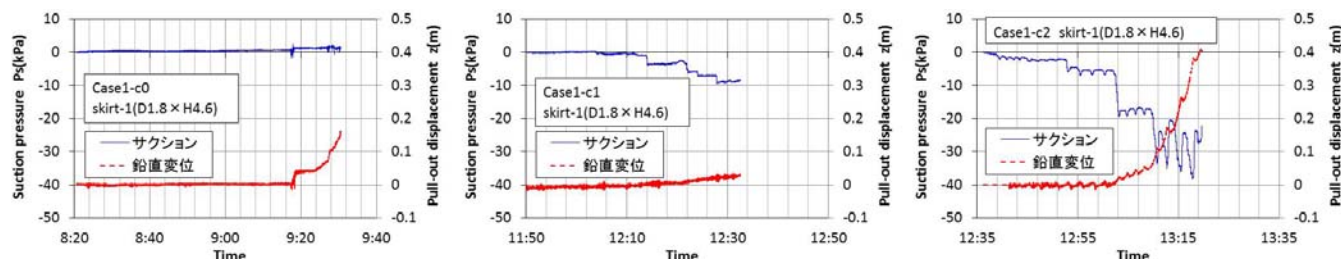


Fig.1 交通船の往来配置図

Fig.2 引抜き荷重 P ・引抜き変位 z の経時変化Fig.3 頂版付近のサクシオン P_s ・引抜き変位 z の経時変化

圧ジャッキによる計画荷重の増大に伴いサクシオンも急増する傾向がみられた。また、荷重振幅が比較的大きいため、計画荷重が大きくなるとサクシオンも大きく変動する傾向がみられた。

Fig.4 に引抜き荷重 P ー引抜き変位 z の関係を示す。図中には降伏荷重も併記した。降伏荷重は、 $\log P$ - $\log z$ 曲線の折れ点から求めた。繰返し載荷時の降伏荷重は、頂版の排水条件が異なる Case1-c0 と Case1-c1 を比較すると、サクシオンが発生した Case1-c1 はサクシオンが発生しない Case1-c0 に比べて約 40% 大きくなった。また、頂版非排水条件の繰返し最大荷重は約 210kN であり、頂版排水条件における静的最大荷重 (約 110kN) は大きく上回るものの、頂版非排水条件における静的最大荷重 (約 235kN) は下回る結果となり^{前報 4)}、室内模型実験と同様な傾向がみられた¹⁾。なお、頂版非排水条件でもスカートは累積的に引抜かれ、残留変位はほとんど発生しなかった。

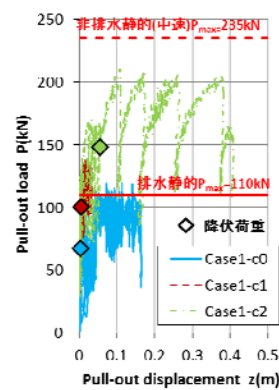
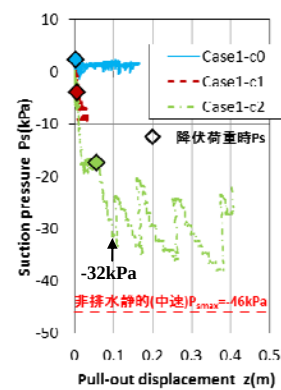
Fig.4 引抜き荷重
ー引抜き変位Fig.5 頂版付近のサク
シオンー引抜き変位

Fig.5 に頂版付近のサクシオン P_s ー引抜き変位 z の関係を示す。Case1-c2 に着目すると、Fig.4、Fig.5 からスカートの引抜きに伴うサクシオンと繰返し引抜き抵抗の変化は相関性が高いことから、繰返し載荷下においてもサクシオンの発生が引抜き抵抗の増大に大きく寄与すると考えられる。また、繰返し最大荷重時におけるサクシオンは約 -32kPa となり、頂版非排水条件における静的最大荷重時 (中速) のサクシオン約 -46kPa に比べて約 70% であった。

4. まとめ

頂版排水条件および荷重振幅の違いによる、スカートサクシオン基礎の繰返し引抜き抵抗を把握するため、実海域での繰返し引抜き実験を実施した。その結果、頂版非排水条件の繰返し最大荷重は、頂版排水条件における静的最大荷重を大きく上回るものの、頂版非排水条件における静的最大荷重 (中速) を下回る結果となり、室内模型実験と同様な傾向を示した。また、荷重振幅の平均値の増大によって引抜き変位が生じ始めるとサクシオンも発生し、繰返し載荷条件下でもサクシオンは消散することなく維持できることが確認された。

[参考文献] 1) 粕谷悠紀ら：スカート・サクシオン基礎の繰返し引抜き抵抗に関する実験的検討，第 51 回地盤工学研究発表会 (投稿中)，2016.9.

2) Mark Randolph et al.; Caisson foundation in sand, Offshore Foundation Systems 406, Civil and Resource Engineering, London, 2015, pp.84-93. 3) 伊藤政人ら，4) 粕谷悠紀ら：スカートサクシオ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，その 2：引抜き実験結果) 土木学会第 71 回年次学術講演会概要集 (投稿中)，2016.9.