

I L J U 構造物の波載荷にともなう極限状態

九州大学工学部 正会員 ○塚本良道

R. G. James, Cambridge University A. N. Schofield

1. はじめに

北海油田開発とともに、インデペンデント・レグ(独立脚式)ジャッキアップ(I L J U)と呼ばれる移動式作業用プラットフォームが頻繁に利用され、また大水深地域での利用が増大するにつれて、ジャッキアップ構造物の風・波・潮流といった横荷重を受ける際の支持力および挙動安定性が問題化されてきている。

この横荷重を受けるジャッキアップ構造物の挙動安定性を調べるため、密な砂地盤上のジャッキアップ構造物について遠心載荷模型実験が行われたが、ここでは特に、横荷重にともなう構造物の挙動の極限状態の実験的評価に関して報告を行うものである。

2. 横荷重にともなう構造物の挙動の極限状態

波・風・潮流という横荷重にともなうジャッキアップ構造物の挙動に関する極限状態には、図1に示すように、リフトオフ(lift-off)とスライディング(sliding)という2つのものが考えられる。リフトオフは、構造物を支える片側のレグが横荷重により沈下を被るのに対して、もう片方の側のレグは地盤から離陸するという、構造物全体の回転挙動にともなう極限状態と捉えることができる。スライディングは、横荷重の構造物への作用により、弾性たわみ変形を起こしている横荷重が作用する側のレグにおいて、鉛直荷重 V が減少し水平荷重 H が増加することにより H/V が著しく増加し、スパッドカン基礎が地盤からの抵抗力を失ない、永久変位を起こす現象である。

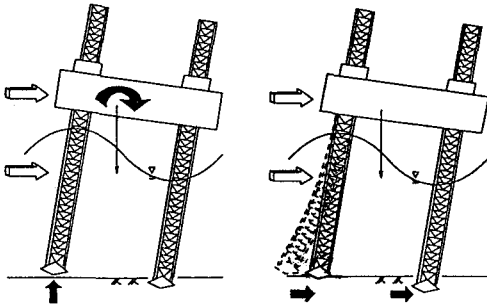


図1 横荷重にともなうジャッキアップの極限状態

3. 実験装置・モデルの概略

ケンブリッジ大学のドラム型遠心載荷装置(直径2 m・高さ1 m)のドラム壁上に、相対密度78%の厚さ11.9 mmのレイトン・バザード(Leighton Buzzard 100/170 Sand)砂の供試体を作成し、遠心載荷中供試体を飽和させ、遠心加速度 $G_{0.05}$ (半径1 mのドラム壁において定義される遠心加速度)において、模型実験を行った。

スリーレグジャッキアップモデルは、剛なハルモデルと3本のレグモデルから形成される。レグ1とレグ2・3間の距離は186 mmで、横荷重載荷点からスパッドモデルの先端までは354.4 mmの長さが与えられ、レグモデルは $EI = 0.234 \times 10^6$ (kNm²)を有する弾性体と仮定される。

スリーレグジャッキアップモデルは、飽和砂供試体への着陸後ジャッキアップモデル全体に4.2 kNのプリロードを与えた後、2.1 kNまで除荷を行う。その後、レグ1方向そしてレグ2・3方向に横荷重載荷が行われた。スパッドモデルは、図2に示す中心にチップをもつ直径57.8 mmで、平坦な底面のもの、13°の傾斜角をもつ円錐型の底面のものを用いた。

ジャッキアップモデルに作用する荷重の測定は、3つのスパッドモデル内の(鉛直荷重 P 、水平荷重 Q 、モーメント M)を測定可能なロードセルにより行われた。ただし、(P , Q)はスパッドモデルの底面に対し垂直平行に定義される荷重である。また、ジャッキアップモデルに作用する横荷重を H_{NET} とする。

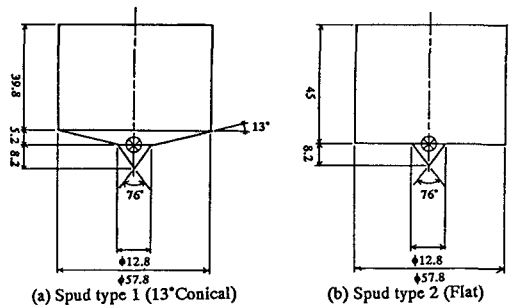


図2 スパッドモデル

4. 横荷重にともなう極限状態の実験的評価

上記のスリーレグジャッキアップモデルに対して遠心载荷模型実験をし、横荷重にともなう極限状態の実験的評価を行った。特に、スライディングに対して明瞭な実験結果を得たので報告する。ジャッキアップモデルは、横荷重がレグ1方向に作用したときと、レグ23方向に作用したときとで異なる挙動を示すが、横荷重がレグ23方向に作用したとき、レグ1においてスライディングが観察された。図3(a)(b)は、 $G_{nom} = 256g$ における、図2に示すスパッドタイプ1および2を使用したときの、実験結果を示している。図中、 h_{TIP1} はレグ1下のスパッドモデルのチップ先端における水平変位である。スパッドタイプ1では、垂直荷重 P_1 が0.2kN以下まで減少し、 $Q_1 = -0.09kN$ 、 $Q_1/P_1 = -0.4$ となり、 H_{NET}/W (W : 構造物に作用する鉛直荷重) が16.5%に達したとき、 h_{TIP1} の Q_1 の増加をともなわない急激な変化が観察された。スパッドタイプ2では、垂直荷重 P_1 が0.2kNまで減少し、 $Q_1 = -0.07kN$ 、 $Q_1/P_1 = -0.25$ となり、 H_{NET}/W (W : 構造物に作用する鉛直荷重) が15~17%に達したとき、 h_{TIP1} の Q_1 の増加をともなわない変化が観察された。つまり両スパッドモデルに対して、ほぼ同一の作用荷重比 H_{NET}/W においてスライディングという極限状態が発生することを示唆している。また、レグ荷重比 Q_1/P_1 の比較を行うと、円錐型のスパッドタイプ1の方が大きな値においてスライディングが発生していることより、より水平抵抗を有することを示唆している。

5. まとめ

波・風・潮流などの横荷重をうけるスリーレグジャッキアップ構造物の挙動安定性を調べるため、密な飽和砂の供試体をドラム型遠心载荷装置に作成し、模型実験を行った。ここではとくに、横荷重の作用にともなうジャッキアップ構造物の挙動の極限状態の実験的評価について報告を行った。レグのスライディングという極限状態が、横荷重をレグ23方向に作用させたとき、レグ1において明瞭に永久変位が生じているのが観察された。使用された円錐型と平坦型のスパッドモデルにおいて、ほぼ同じ作用荷重比 H_{NET}/W においてスライディングが発生したが、レグ荷重比 Q_1/P_1 の

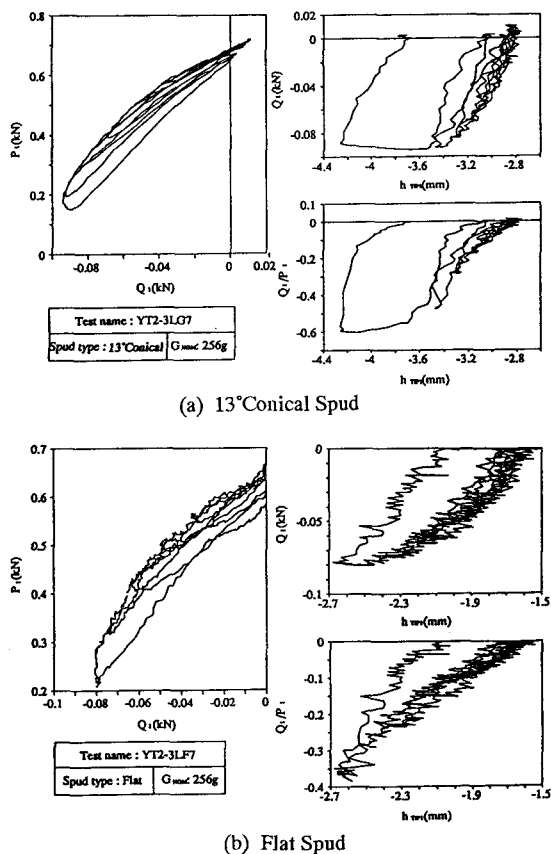


図3 スライディングの極限状態に関する実験結果

比較により、円錐型のスパッドモデルのほうが平坦な底面のスパッドモデルに対して、水平抵抗を有することが示唆された。

【参考文献】

- (1) Dean, E. T. R., James, R. G., Schofield, A. N., Tan, F. S. C. and Tsukamoto, Y. (1992) "The bearing capacity of conical footings on sand in relation to the behaviour of spudcan footings of jackups", Proc. Wroth Memorial Symposium, pp. 140-161
- (2) Tsukamoto, Y. (1994) "Drum Centrifuge Tests of Three-Leg Jack-Ups on Sand", Ph.D. Thesis, Cambridge University, in preparation