

組み合わせ荷重下のスパッドカン基礎の支持力特性

九州大学工学部 正会員 ○塚本良道 落合英俊 林重徳

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、レグの先端に付設されるスパッドカン（SPUDCAN）基礎の支持力および挙動安定性が問題化されてきている。I L J Uのオペレーションの特異な点は、作業開始前に海水の汲み上げによりプリロードを与え、スパッドカンを海底面に鉛直貫入させ、一般にプリロードの半分の自重の下で油田開発作業が開始されることにある。その後、スパッドカンは、風・波・潮流といった水平外力を受ける上部構造物を支えるため、複雑な組み合わせ荷重を受けることとなる。

この組み合わせ荷重を受けるスパッドカン基礎の支持力特性を表現する方法として、破壊曲面の導入が行われるが、ここでは密な砂地盤上のスパッドカン基礎の破壊曲面の形状の評価に関する遠心载荷模型実験結果を報告する。

2. 実験装置

ケンブリッジ大学のドラム型遠心载荷装置（直径2 m・高さ1 m）のドラム壁上に、相対密度78%の厚さ119 mmのレイトン・バザード（Leighton Buzzard 100/170 Sand）砂の供試体を作成し、遠心载荷中供試体を飽和させ、遠心加速度 $G_{\dots}$ （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、後述される模型実験を行った。

使用されたスパッドモデルは、平坦な底面の直径57.8 mmの図1に示すものである。スパッドモデルは、図2に示す1つの鉛直载荷器と2つの水平载荷器を有するシングルレグモデルに固定される。砂供試体に着陸したスパッドモデルに、鉛直载荷器により鉛直荷重 V を、また2つの水平载荷器により複雑な組み合わせ荷重（水平荷重 H 、モーメント M ）を発生させようとするものである。スパッドモデル内にはロードセルがあり、上述の荷重の測定が行われる。また、シングルレグモデルの適当な箇所にLVDT変位計が固定され、図3に示すスパッドモデルの変位を計算抽出した。以下に実験結果を示す。

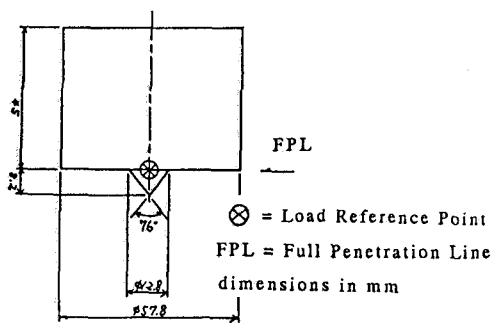


図1 スパッドモデル

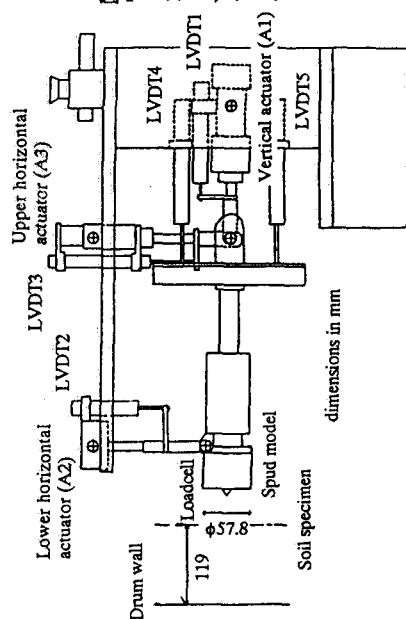


図2 シングルレグモデル

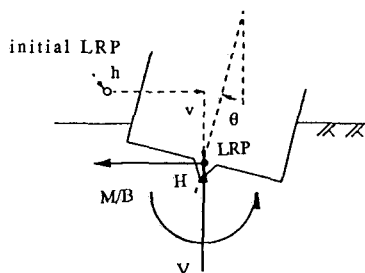


図3 荷重と変位の定義

3. 破壊曲面の導入

Dean¹⁾は、ゆるい飽和 Leighton Buzzard 砂上の同一スパッドモデルに対して、3次元荷重面 ($V, H, M/B$) で定義される、次式の破壊曲面を提案した。

$$\sqrt{\left(\frac{M}{BV_M}\right)^2 + \beta^2 \left(\frac{H}{V_M}\right)^2} = \alpha \frac{V}{V_M} \left(1 - \frac{V}{V_M}\right) \quad (1)$$

ここで、 B はモデル基礎の直径、 V_M は現貨入量に対する鉛直支持力、 α と β はそれぞれ $\alpha=0.35$ 、 $\beta=0.625$ と定義されている。ここで、(V, H)面における破壊曲面の形状は砂供試体の密度に大きくは依存しないという報告⁽²⁾をもとに、(1)式の密な砂に対しての妥当性の検討を以下に行う。

4. 実験結果

4. 1) 楕円型荷重経路

この荷重経路は、鉛直荷重 V 一定の下で2つの水平載荷器を操作することにより、2次元荷重面 ($H, M/B$) における破壊曲面の形状を検証しようというものである。図4は、適切な荷重経路を実験結果から抽出しており、(1)式による破壊曲面と比較している。

4. 2) サイドスワイプ (Sideswipe) 法

この荷重経路は、Tan⁽³⁾により以前試行されたもので、本実験シリーズにおいても活用された。これは、鉛直載荷器によりスパッドモデルが鉛直変位を起こさぬよう固定し、2つの水平載荷器を操作しスパッドモデルに組み合わせ荷重を発生させ増加させていくと、鉛直荷重 V は減少を開始し、荷重経路は破壊曲面に沿い移動していくというものである。つまり、次式により組み合わせ荷重 C を定義すると、図5に示すように、この荷重経路により2次元荷重面 (C, V) における破壊曲面の形状を検証できるというものである。

$$C = \sqrt{\left(\frac{M}{B}\right)^2 + (BH)^2} \quad (2)$$

5. まとめ

ドラム型遠心載荷装置により、スパッドカン基礎の密な砂地盤に対する、組み合わせ荷重 ($V, H, M/B$) 下における破壊曲面の形状の検証を行った。

【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) Nova, R and Montrasio, L. (1991) "Settlements of shallow foundations on sand", Geotechnique, Vol.41, No.2, pp.243-256

(3) Tan, F. S. C. (1990) "Centrifuge and Theoretical Modelling of Conical Footings on Sand", Ph. D. Thesis, Cambridge University

(4) Tsukamoto, Y. (1994) "Drum Centrifuge Tests of Three-Leg Jack-Ups on Sand", Ph. D. Thesis, Cambridge University, in preparation

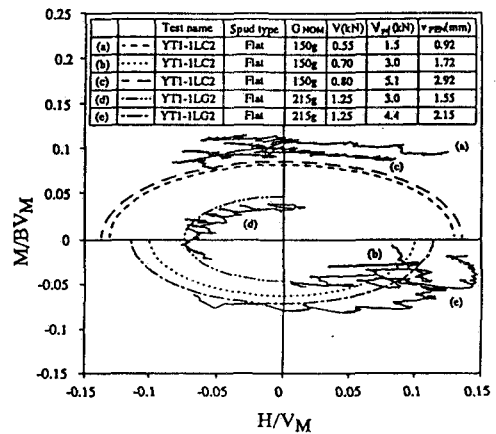


図4 楕円型荷重経路

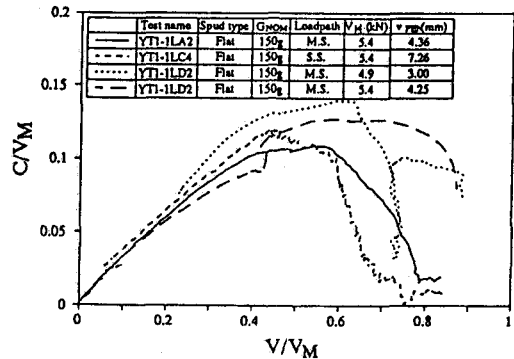


図5 サイドスワイプ法