

III-A 252 サクションを利用した海洋構造物基礎の支持力増強方法の検討

鹿島 技術研究所 正会員 笹 倉 剛

1. はじめに

海洋構造物の安定性を考える場合、鉛直荷重のみならず風力、波力及び潮力などに起因する水平荷重及びモーメント荷重の複合荷重下での基礎の安定性評価が重要な課題となる。本報では海底砂地盤上の基礎の支持力増強策として、基礎底面からの排水機能を有する新しい基礎形式を提案した。本法は、人工的に基礎底面から海底地下水を排水することにより地盤内に生じるサクシオンを、積極的に利用して支持力増強を図るものである。提案手法の効果の確認は縮小模型基礎を用いたドラム型遠心模型実験により行い、弾性挙動を示す上述の複合荷重領域の変化に着目して結果の整理を行った。

2. 基本原理

水浸状態にある基礎の底面から排水を行った場合、基礎底面と地盤表面間の水頭差により浸透流が生じる。これにより基礎下部地盤中には負の過剰間隙水圧が発生し、図-1に示すように相応分の増加有効応力の等ポテンシャル線が形成される。すなわち、本提案手法は基礎地盤からの排水による地盤の有効拘束圧の増加に伴う砂のせん断抵抗の増加を利用して支持力の改善を図るもので、その基本原理は Schofield<sup>1)</sup>により海底アンカー構造物として提案されたものと同一である。

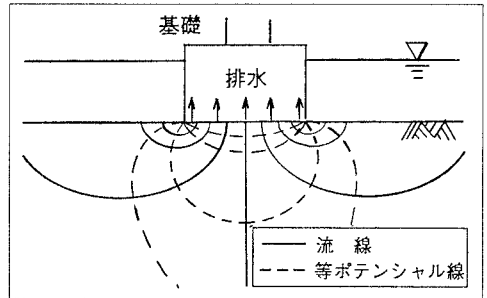


図-1 基本原理の説明図

3. 実験方法

模型地盤は Leighton Buzzard 砂 (BS 100 /170)を用いて、図-2に示す様にドラム内の中央チャンネル内に相対密度が50%、層厚が10.5cm になるように作成した。基礎模型は直径  $B=76.7\text{mm}$  の円形で、内部にロードセルを配置した。また、基礎地盤からの集水のためその底面にはポラスメタルを採用し、側面には排水用チューブを接続できる構造とした。排水用チューブの他端は下部チャンネルに設置したスタンドパイプに接続し、その高さを制御することにより生じる中央チャンネル内水位との水位差を利用して排水が行われるようにした。さらに、浸透流路長を長くして有効応力の増加範囲を広くするため、同図に示す様な不透水性のシート（水平スカーフ）を基礎模型の側面に接続し、これにより基礎周辺地盤の表面を覆った。

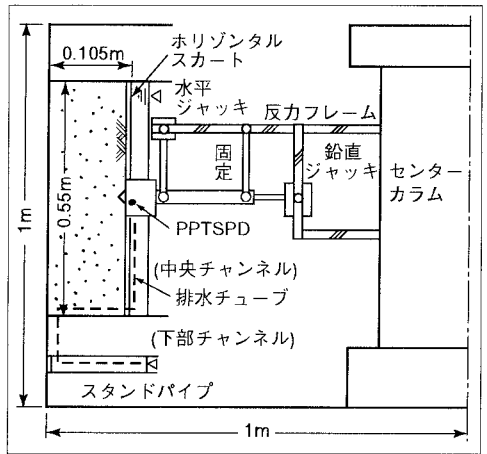


図-2 実験装置の概要

サクシオン圧は基礎模型内に設置した間隙水圧計 (PPTSPD) のモニター値により制御した。また、模型基礎への載荷は図-2に示す様に地盤表面に対し直角方向に1本、水平方向に1本の油圧ジャッキを制御することにより行った。実験では所定の遠心加速度場 (150g) において地盤の飽和終了後に、サクシオン圧及び鉛直荷重を一定の値に制御した状態で、水平ジャッキを用いて降伏点を確認するまで載荷を行った。

4. 実験結果

一例として見掛けのサクシオン圧 40kPa に対する実験結果を図-3に示す。図中の単位は全てプロトタイプ換算の値を用い、モーメント荷重の計測結果はここでは省略した。図-3(c)に示した  $H-h$  関係において、各載荷に対する弾性変形部分と塑性変形部分の接線の交点座標から求めた降伏点を同図中に併記した。

ここで、Dean ら<sup>2)</sup>の提案による降伏曲面方程式は以下のように表現される。

$$\frac{C}{V_{REF}} = \sqrt{\left(\frac{M}{BV_{REF}}\right)^2 + \beta^2 \left(\frac{H}{V_{REF}}\right)^2} \quad (1)$$

$$\frac{C}{V_{REF}} = \alpha \frac{V}{V_{REF}} \left(1 - \frac{V}{V_{REF}}\right) \quad (2)$$

ただし、 $V$ :鉛直荷重、 $H$ :水平荷重、 $M/B$ :モーメント荷重、 $C$ :複合荷重、 $\alpha, \beta$ :降伏曲面形状を規定する無次元量である。また、 $V_{REF}$ は複合荷重により生じた鉛直沈下量と同量の沈下を生じさせるために必要な鉛直荷重と定義され、降伏曲面の大きさを示すインデックスである。

図-3に示した各降伏点での  $V, H$  及び  $M/B$  を、 $V_{REF}$ により無次元化して、(1)式を用いて  $C/V_{REF}$  と  $V/V_{REF}$  の関係に整理した結果を図-4に示す。(1)式中の  $\beta$ には、同種の砂地盤に対する支持力実験データから Deanら<sup>2)</sup>が提案した0.625を用いた。また、図中にはサクシオン圧 0kPa 及び 20kPa に対する実験結果も併記した。これより同一サクシオン圧に対する降伏点を連ねることにより得られ、その内側では弾性挙動を示す降伏曲面は、サクシオン圧の増加とともに  $C/V_{REF}$  軸方向に拡大することがわかる。

この傾向を定量的に評価するため、各サクシオン圧に対する降伏曲面を(2)式により、 $\alpha$ をパラメータとした最小自乗法を用いて、実験により求めた降伏点群にフィットさせた結果を図-4に併せて示す。これより例えば  $V/V_{REF}=0.5$  の場合、サクシオン圧 0kPa 及び 40kPa に対してそれぞれ  $V_{REF}$  の 6.8% 以下及び 8.9% 以下の複合荷重  $C$  に対しては地盤は弾性挙動を示すことがわかる。したがって、この場合弾性挙動を示す複合荷重領域は、40kPa の見掛けのサクシオンにより約 30% 拡大することになる。

### 5. おわりに

本報では海洋構造物基礎の支持力がサクシオンにより増強されることを、砂地盤を対象として遠心模型実験により検証した。本手法は原理的には風化岩、巨礫及び硬質粘性土などから成る海底地盤に対しても、また仮設あるいは永久構造物を問わず適用の可能性があり、実用化に向けての諸検討が今後の課題と考えられる。最後に本研究はケンブリッジ大学において Schofield 教授の指導の下で行われたことを記し、同教授への謝意を表します。

### 参考文献

- 1) Schofield, A. N., "Suction anchors could eliminate pile driving", *Offshore Services*, 1974. 3, pp37-38.
- 2) Dean, E. T. R., James, R. G., Schofield, A. N., Tan, F. S. C. and Tsukamoto, Y., "The bearing capacity of conical footings on sand in relation to the behaviour of spudcan footings of jackups", *Predictive Soil Mechanics, Proc. Wroth Memorial Symposium*, 1993, pp140-161.

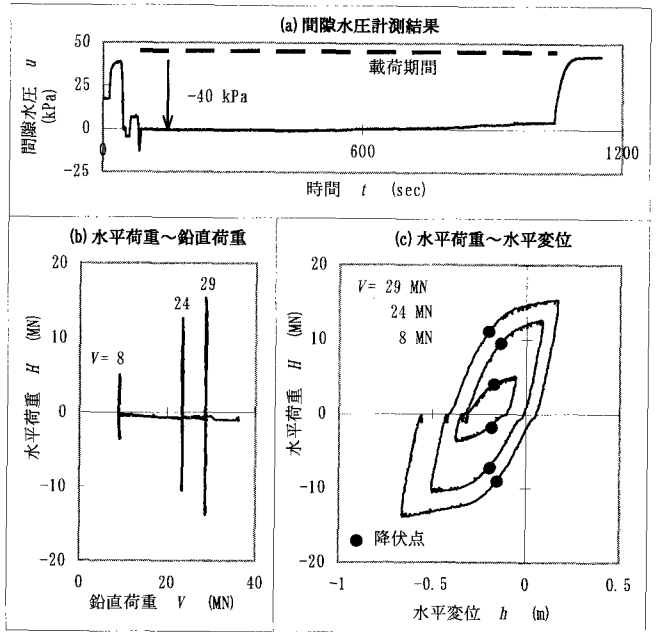


図-3 実験結果の一例

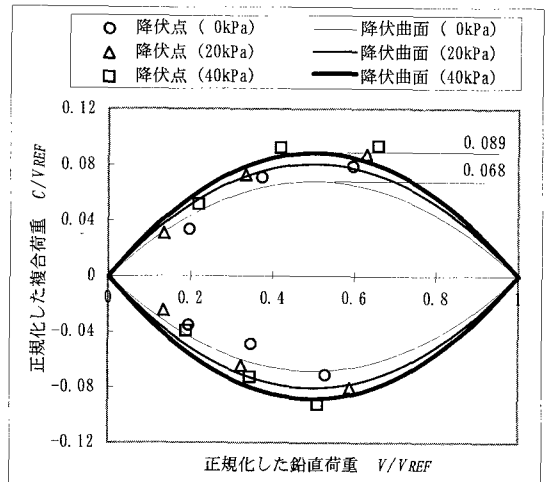


図-4 無次元荷重平面における降伏点及び降伏曲面