

底面揚水式直接基礎の支持力増強効果に関する遠心模型実験

鹿島建設(株) 技術研究所 正会員 ○岡本 道孝
正会員 笹倉 剛
正会員 畔柳 幹雄

1. 底面揚水式直接基礎

全応力が不変の条件で地盤内にサクション圧を作用させた場合、有効拘束圧の増加によって地盤の強度も増加する。図-1 に示すように水浸状態の基礎底面から揚水したとき、地盤内に人工的な浸透流が形成され、この浸透流によって基礎直下、あるいはその近傍の地盤内で間隙水圧の減少が生じ、この領域においては水圧減少分と等しいだけの有効応力の増加を期待することができる。ここで検討する基礎は、人工的に形成した浸透流の効果によって、地盤強度(鉛直支持力、滑動抵抗、転倒抵抗)の増強を図るもの¹⁾で、本報ではその基本的な効果を検証するために実施した遠心模型実験の結果について述べる。

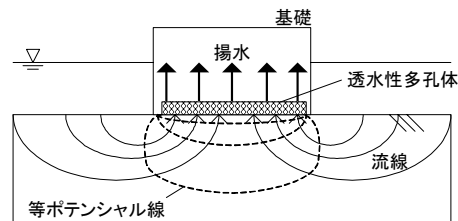


図-1 底面揚水式直接基礎の概念¹⁾

2. 遠心模型実験

試験装置の概要を図-2 に示す。試験では、 $\phi 700\text{mm}$, $h300\text{mm}$ の円形土槽を使用した。模型地盤は豊浦砂を用いた空中落下法によって、相対密度 85%, 厚さ 200mm を目標として作製した。模型基礎は $\phi 80\text{mm}$ の円形で、内部下方に設けた圧力室には、地盤に付与する負圧を計測するための水圧計を設置した。模型基礎底面はポーラスメタル製($k=6.9 \times 10^{-5}\text{m/sec}$)で、圧力室に連結させた電動ポンプを用いて、圧力室内に負圧を作用させ、ポーラスメタルを通して地盤から揚水を行った。また基礎にスカート状の遮水シートを取り付け、浸透流の発生領域を基礎直下から外側に拡大させて試験を行った。模型基礎内上部には3成分(鉛直荷重、水平荷重、モーメント)ロードセルを設置し、载荷試験時に基礎直下面中央に作用する荷重を観測した。模型基礎は载荷フレームにヒンジ結合されており、载荷試験にはこのフレームに接続された3基の油圧ジャッキを用いた。試験装置の組み立て完了後、地表面の水深が50mm となるまで土槽底面から水を供給して地盤を飽和させた後に、50G の遠心加速度場において载荷試験を実施した。試験では基礎内に作用させる負圧、浸透流の発生領域の広さを制御するための遮水シート径をパラメータとし、表-1 に示すケースを実施した。

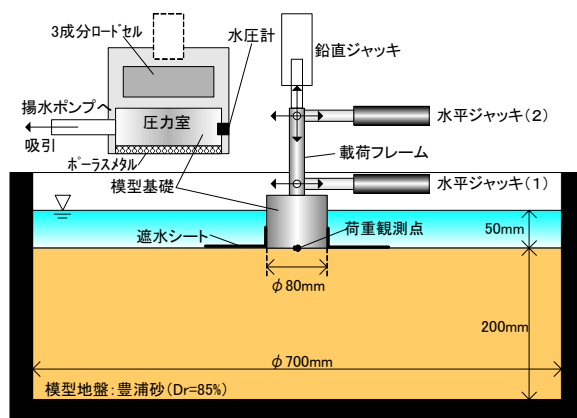


図-2 遠心模型実験装置の模式図

表-1 遠心模型実験 試験ケース

	付与負圧 Δu	遮水シート径
Case1	-37.6 kPa	320 mm
Case2	-20.2 kPa	320 mm
Case3	-49.7 kPa	160 mm
Case4	0.0 kPa	0 mm

3. 実験結果

図-3 に载荷試験中の基礎内水圧変化の一例を示す。今回実施した試験では、付与負圧が载荷中に減少するという結果が得られたが、この原因として载荷による土粒子再配列に伴う基礎地盤の透水性の変化が考えられる。なお表-1 に示した付与負圧は、試験過程全体で観測された水圧の平均値である。図-4 に試験結果の一例として、Case1 の試験から得られた鉛直荷重(p)と基礎径(D)によって正規化した沈下量(v/D)の関係を示す。なお沈下量は、ここには荷重一定のままでの沈下の進行や沈下量一定条件での鉛直荷重の減少などの挙動が示

キーワード 直接基礎, 砂質地盤, 支持力, 遠心模型実験, サクション

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 0424-89-7067

されているが、それぞれ上載圧一定下での水平載荷試験や鉛直変位一定での SIDESWIPE 試験²⁾などを行ったためである。複合荷重を受ける直接基礎の支持力降伏曲面に関して為された Tan³⁾ の検討は、地盤を単純に鉛直載荷した際に得られる処女載荷曲線は、荷重履歴の影響を全く受けないということを前提としている。今回実施した一連の試験では、前述のように一つの試験において様々な荷重履歴を地盤に与えたが、ここでは Tan の検討手法に倣い、図-4 に示すように鉛直荷重～鉛直変位関係のうち、処女載荷曲線に達していると推定される部分(図-4 中赤線部)を選定し、これを多項式近似して、図-4 に示した破線のように処女載荷曲線の推定を行った。処女載荷曲線を比較した結果を図-5 に、本試験から得られた地盤反力係数と極限支持力を表-2 に示す。なお表-2 に示した地盤反力係数とは載荷初期に得られる荷重～沈下関係の再急勾配を、極限支持力とは試験から得られた最大支持力値を指している。

Case1 と Case2 は付与負圧の大小が地盤の支持力に及ぼす影響を比較することを目的としたケースである。微量ではあるが、付与負圧の拡大によって、極限支持力、地盤反力係数が改善する傾向を伺うことができる。一方、Case3 は Case1 に対し、遮水シート径が地盤の支持力に及ぼす影響を比較したケースである。Case3 の付与負圧のほうが大きくなっているものの、Case1 の地盤反力係数、極限支持力が Case3 のそれを上回っており、今回得られた結果の範囲では、浸透流の形成される領域の大きさのほうが付与負圧の大小よりも、支持力に対して影響が大きいと結論できる。また通常の形式の基礎を想定した Case4 の試験結果と Case1 の結果を比較した場合、地盤に負圧を作用させることで、地盤反力係数が 14%、極限支持力が 17% 向上するという結果となった。

4. まとめと今後の課題

底面揚水式直接基礎の支持力増強効果を確認することを目的として実施した遠心模型実験の結果のうち、地盤反力係数、極限支持力に着目して検討を行った。その結果、地盤に負圧を付与することによって、地盤反力係数、支持力を向上させることが可能であることが確認できた。今後、試験結果を詳細に整理することで試験結果の再現性を確認すると同時に、複合荷重（滑動抵抗、転倒抵抗）に関して実施した試験結果についても検討を行い、人工浸透流による地盤への負圧付与が基礎の支持特性に及ぼす影響について詳細に検討していく予定である。

参考文献

1) 笹倉剛, 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, 土木学会第 51 回年次学術講演会論文概要集 III-A, pp.504-505, 1997, 2) C.M.Martin & G.T.Houlsby, Combined loading of spudcan foundations on clay: laboratory tests, Geotechnique, vol.50, No.4, pp.325-338, 2000, 3) F.S.C.Tan, Centrifuge and theoretical modelling of conical footings on sand, PhD Thesis of Cambridge Univ., 1990,

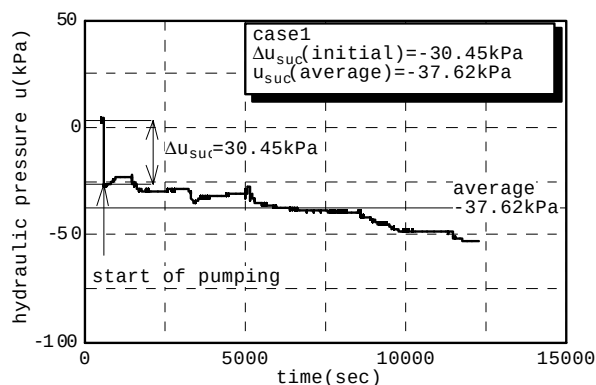


図-3 基礎内水圧の経時変化例(Case1)

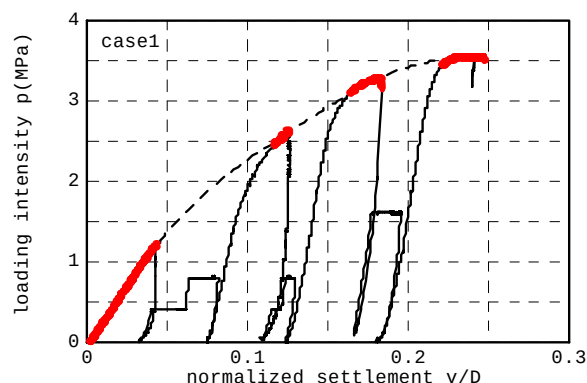


図-4 荷重～沈下関係の試験結果例(Case1)

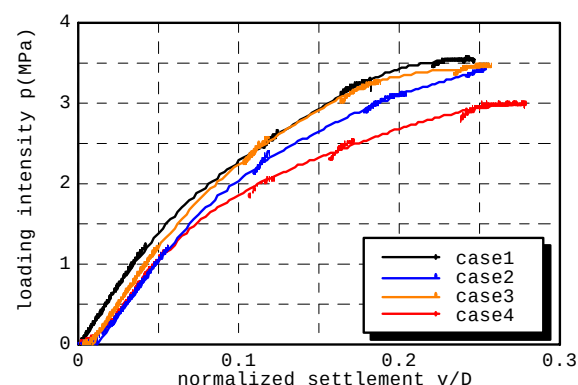


図-5 荷重～沈下関係の比較

表-2 地盤反力係数、極限支持力（試験結果）

	地盤反力係数 k_v (MN/m ²)	極限支持力 p_{max} (MPa)
Case1	30.2	3.54
Case2	29.4	3.46
Case3	27.1	3.42
Case4	26.6	3.01