

中央大学理工学部土木工学科 正会員 國生 剛治
 学生会員 原田 朋史 ○正能 富士子
 非会員 酒井 克浩

1. はじめに

従来、杭の模型実験を行うために遠心载荷装置が用いられてきた。しかし、遠心载荷装置は地盤の拘束圧を正確に再現可能な反面、特殊な装置ゆえに手軽に実験が行えないなどの問題を有している。本研究ではそれに代わり、浸透力を用いた重力場での簡便な相似模型実験方法を適用し、杭の引き上げ実験を行っている。引き上げ実験では杭の引き上げ支持力に与える载荷速度の影響を検討することを目的としている。今回は、浸透模型実験でセル圧を 150kPa に設定することにより、実物対応 18m ほどの長さの杭の引き上げ力と変位、さらにひずみゲージで計測した断面荷重の関係を調べた。

2. 実験方法

図-1 は実験装置の概略、図-2 はひずみゲージを有する杭の模型を示す。内径 300mm、高さ 600mm のアクリル製円筒セルの中に模型地盤を作製し、それにセル圧により下向きの浸透力を加える。内部にはシンフレックスチューブが杭周辺地盤の間隙水圧を計測するために取り付けられている¹⁾。また、杭上端部に取り付けられているロードセルで杭全体にかかる鉛直荷重を測定することができる。杭の引き上げは変位制御で行い、6 回転で 1mm 変位するハンドルを用いた。鉛直かつ一定の高さに設置されるようにリングと下げ振りを用いて杭の据え付けを行う。今回、すべての実験ケースにおいて円筒セル底面と杭先端とを 35mm 離して設置した。杭は直径 10mm、長さ 250mm の真ちゅう製で、上端部がヒンジ接合されていて、曲げを受けにくい構造になっている。杭の設置後に水を張り、地盤作成にかかる。地盤材料には実験時間を長くさせるために、砂より透水係数の小さなシルト粒径の非塑性石粉を用いた。地盤作成後に、実験装置上部に取り付けられたレギュレーターを用いて、150kPa のセル圧を加えた。その後、下部の排水口を開けて浸透圧密を起し、水圧が一定になり圧密が終了するまで 80 分ほど時間をおいてから、杭の実験にかかった。

表-1 に実験ケースを示す。すべてのケースでひずみゲージを有する杭を用いた。ここで $V(\text{mm/s})$ は引き上げ速度、 $Dr(\%)$ は圧密後の相対密度、 $L(\text{mm})$ は圧密後の模型地盤の高さ、 $\rho_{\text{sat}}(\text{g/cm}^3)$ は地盤の密度、 $\rho_m(\text{g/cm}^3)$ ($=i\rho_w+(\rho_{\text{sat}}-\rho_w)$) は地盤のみかけの密度²⁾、 $T(\text{min})$ は圧密時間、 $k(\text{cm/s})$ は透水係数を示している。表-1 より ρ_m 57(g/cm^3)なので、実地盤が地表まで飽和した砂地盤と仮定し $\rho_{\text{sub}}=0.8(\text{g/cm}^3)$ とすると長さの縮尺は $n=57/0.8=71$ となり、杭長 18(m)の実験に相当する。また、表-1 より L 270(mm)なので、同様に考えると実地盤では 19(m)の高さに相当する。すべての実験ケースで杭の引き上げ実験の最大変位は 40(mm)とした。

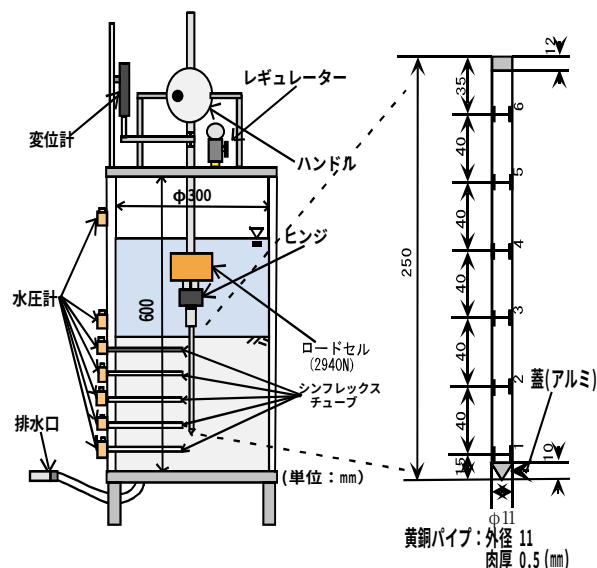


図-1 実験機概要

図-2 模型杭概略

表-1 実験ケース

case	1	2	3	4
$V(\text{mm/s})$	0.333	0.166	0.083	0.042
$Dr(\%)$	80.9	82.6	81.5	81.5
$L(\text{mm})$	269	266	268	268
$\rho_{\text{sat}}(\text{g/cm}^3)$	1.874	1.883	1.877	1.877
$\rho_m(\text{g/cm}^3)$	56.6	57.3	56.8	56.8
$T(\text{min})$	80	80	80	80
$k(\text{cm/s})$	4.0×10^{-5}	4.0×10^{-5}	4.0×10^{-5}	4.0×10^{-5}

キーワード 浸透力、動水勾配、模型実験、杭、相似則、透水係数

連絡先 中央大学理工学部土木工学科土質研究室 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 Tel03-3817-1799

3. 実験結果と考察

図-3は模型地盤高さと同隙水圧の関係を示したものである。引き上げ実験前と同隙水圧は、高さにほぼ比例して増加し理論値に近い。また、実験前と後で水圧分布に大きな違いがないことがわかる。

図-4はcase1～4の引き上げ力と変位の関係を示したものである。この図から、引き上げ速度が速いほど荷重の最大値が大きな変位で現れている。しかし、最終的には引き上げ速度に関係なく一定の引き上げ力に漸近する曲線を描いた。

図-5はcase3でひずみゲージを有する杭により求めた断面荷重と変位の関係である。この図から、杭の上部にいくほど、荷重が大きくなる傾向が見られる。また、すべてのチャンネルで引き上げ開始から変位15(mm)までに断面力がほぼピークに達していることがわかる。これらの傾向はcase1, 2でも確認できた。

図-6はcase4において求めた断面荷重と変位の関係である。この図から、case4もcase1～3と同様に、杭の上部にいくほど荷重が大きくなる傾向が見られる。またcase1～4のいずれの場合にも変位が増加すると共にピークの現れる位置が杭の上部に移動する傾向が見られた。

図-7はcase4における深さ方向の杭軸力の分布を4段階の引き上げ変位において示している。この図から、杭上部ほど断面荷重が大きいこと、また、変位5.0mmと変位10.0mmを比較すると杭上部にいくほど断面荷重が大きく、それ以上の変位ではほぼ同じ値となっていることがわかる。つまり、杭上部にいくほど断面荷重のピークが大きな変位で現れ、また変位10mmまでに杭の全ての場所でピークに達していることがわかる。

4. まとめ

- ① 引き上げ速度が速いほど、引き上げ荷重の最大値が大きな変位で現れ、今回の引き上げ速度の範囲では引き上げ支持力は一定値に収束する傾向が見られた。
- ② 杭の上部にいくほど断面荷重が大きく、また荷重がピークに達する時の変位が大きくなる傾向が見られた。

<参考文献>1) 國生, 原ら: 浸透力を用いた杭の相似模型実験装置の開発 (その1, 2), 第31回土木学会関東支部技術研究発表会 2) 帯刀, 島崎ら: 浸透力を利用した杭載荷実験, 第12回土質工学研究発表会, pp683～686, 1997

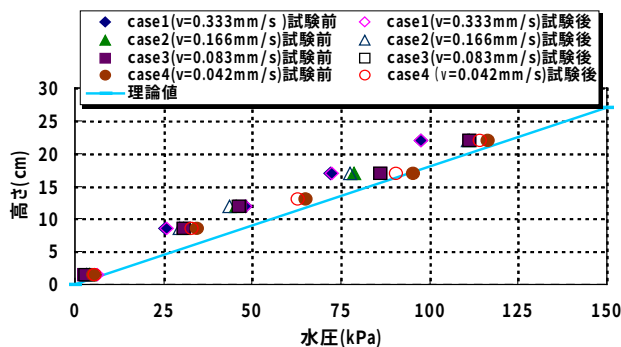


図-3 模型地盤高さと同隙水圧の関係

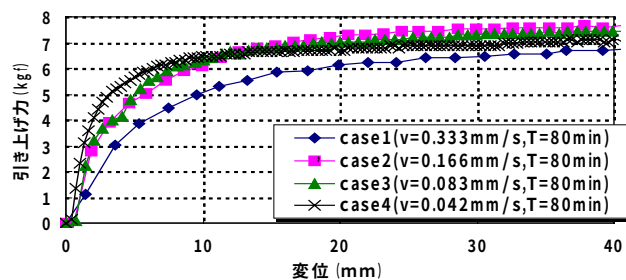


図-4 case1～4における変位と引き上げ力の関係

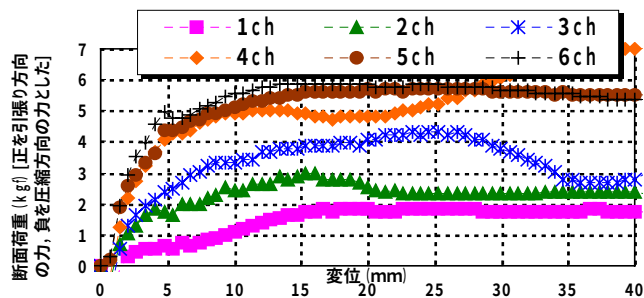


図-5 case3(v=0.083mm/s)における変位と断面荷重の関係

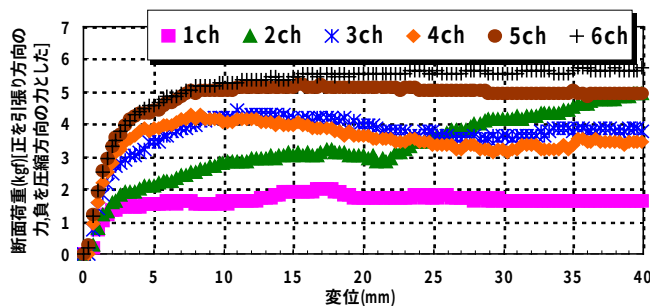


図-6 case4(v=0.042mm/s)における変位と断面荷重の関係

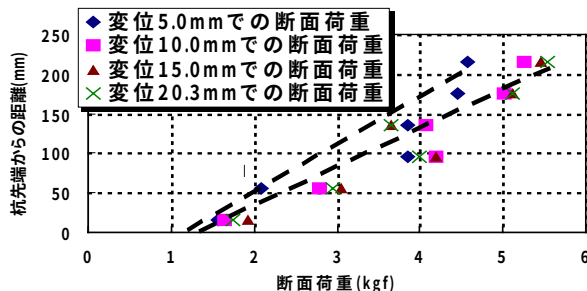


図-7 case4(v=0.042mm/s)における深さ方向の断面荷重の比較