

浸透力を用いた杭の相似模型実験法による押し込み・引き上げ支持力に与える載荷速度の影響

中央大学理工学部 正会員 國生剛治，原 忠
学生会員 ○原田朋史，石川和也，尾崎慎一郎

1. はじめに

従来，杭の模型実験を行うために遠心載荷装置が用いられてきた．遠心載荷装置は地盤の拘束圧を再現可能な反面、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¹⁾を適用し，杭の押し込み・引き上げ支持力に与える載荷速度の影響を検討する．

2. 実験方法

図-1 は実験装置の概略図を示す．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，それに下向きの浸透力を加える．内部にはシンプレックスチューブが杭周辺の間隙水圧を計測するために取り付けられている．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．杭の押し込み，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を用いて杭の据え付けを行う．杭は直径 10mm、長さ 250mm の真ちゅう製で，円筒セル底面と杭先端とは押し込み試験の際は 7cm 離し，引き上げ試験の際は 2.5cm 離して設置した．また杭上端部は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こし，水圧が一定になり圧密が終了するまで時間をおいてから，杭の実験にかかった．

表-1 に実験ケースを示す．case1～3 を押し込み試験，case4～6 を引き上げ試験とした．ここで $V(\text{mm/s})$ は押し込み・引き上げ速度， $Dr(\%)$ は圧密後の相対密度， $L(\text{mm})$ は圧密後の石粉の高さ， $\rho_{\text{sat}}(\text{g/cm}^3)$ は石粉の密度， $\rho_m(\text{g/cm}^3) (=i\rho_w + (\rho_{\text{sat}} - \rho_w))$ は模型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， $\rho_m = 58(\text{g/cm}^3)$ なので，実地盤が地表まで飽和し $\rho_{\text{sub}} = 1.0(\text{g/cm}^3)$ とすると長さの縮尺は $n = 58/1.0 = 58$ となり，杭長 $L = 14.5(\text{m})$ の試験に相当する．すべてのケースで杭の押し込み，引き上げ試験は変位を $\pm 4\text{cm}$ とした．また case6 では，図-2 に示すひずみゲージを有する杭を用い，断面荷重を測定した．

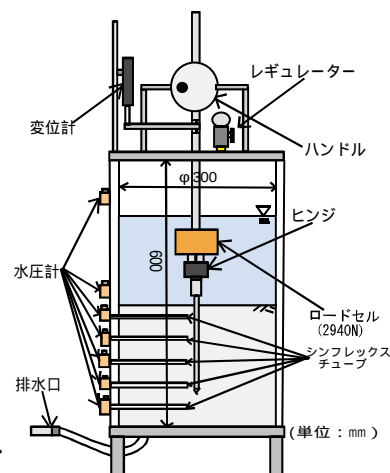


図-1 実験器具概要

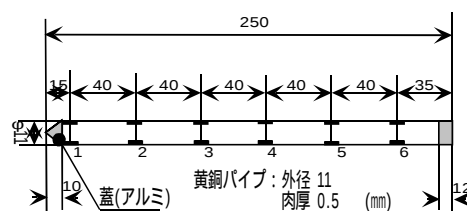


図-2 杭のひずみゲージ

表-1 実験ケース

case	1	2	3	4	5	6
$V(\text{mm/s})$	0.333	0.166	0.083	0.166	0.083	0.042
$Dr(\%)$	85	86	86	86	88	88
$L(\text{mm})$	264	262	263	263	260	260
$\rho_{\text{sat}}(\text{g/cm}^3)$	1.96	1.97	1.96	1.96	1.97	1.97
$\rho_m(\text{g/cm}^3)$	57.77	58.22	57.99	57.99	58.69	58.69
$T(\text{min})$	20	20	20	20	20	80
$k(\text{cm/s})$	1.2×10^{-4}	1.2×10^{-4}	1.2×10^{-4}	1.2×10^{-4}	1.1×10^{-4}	1.1×10^{-4}
ひずみゲージ	無	無	無	無	無	有

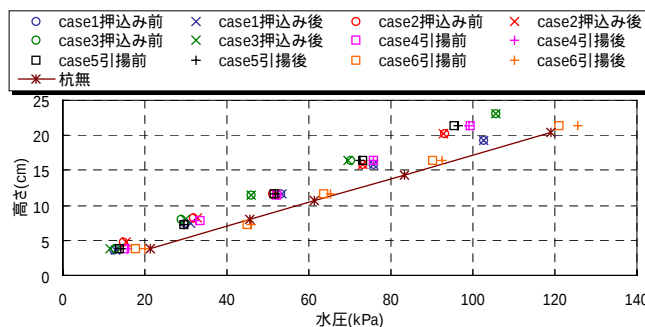


図-3 押し込み・引揚前後の高さと水圧の関係

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 は押し込み・引き上げ前後の模型地盤高さと間隙水圧の関係を示したものである。この図から、杭押し込み・引き上げ前後による間隙水圧勾配の大きな変化は見られず、水圧の線形性も損なわれていないので、模型地盤の有用性があることがわかる。case1～5の実験ケースにおいて、杭有の水圧分布は杭の無い地盤のみの実験¹⁾に比べて、各チャンネルにおいて小さい水圧を示した。しかし、圧密時間を80分と他ケースより長くしたcase6においては、杭無とほぼ同じ水圧を示した。これは、圧密時間を長くしたことにより土粒子の安定化し、このような結果をもたらしたものと考えられる。

図-4 は case1～3 の押し込み力と変位の関係を示したものである。押し込み速度に関係なく、変位が増すにつれて、ある一定の値に漸近していることがわかる。変位35mm付近から、押し込み力が再上昇しているが、杭先端が円筒セル底面に近くなることによる影響と考えられる。これらのデータについて、双曲線近似により求めたカーブと変位 $\rightarrow \infty$ での漸近値をRmaxとして図-4に示した。この結果から、押し込み速度が極限支持力に与える影響は、今回の速度の範囲ではほとんどなく、従来の知見³⁾と整合している。

図-5 は case4～6 の引き上げ力と変位の関係を示したものである。変位30mm程度までの範囲では、case4～6は、ある一定の値に漸近する傾向を描いた。この図から、引き上げ速度が速いほど荷重は大きくなる傾向が見られる。Case4以外の実験では、変位40mm付近で再び荷重が再上昇しており、引き上げ試験では大きな変位になると地盤が不安定になりやすいものと考えられる。

図-6 は case6 の杭全体にかかる力とひずみゲージによって求めた断面荷重を変位に対してプロットしたものである。引き上げ開始から、変位5mm程度で下部の下部の断面力はピークに達し、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ことがわかる。

図-7 は深さ方向の杭軸力の分布を2段階の引き上げ変位において示している。この図から、変位が大きいほど地盤のせん断抵抗が大きくなるため、杭先端に近いほど断面荷重は小さくなることわかる。

4. まとめ

- ・ 極めて単純な浸透模型実験により、杭の載荷実験が可能であることが確認できた。
- ・ 杭の押し込み試験において、押し込み力は今回の押し込み速度の範囲でほぼ一定値に収束する。
- ・ 杭の引き上げ試験において、引き上げ速度が速いほど引き上げ力が大きくなり、杭に作用する断面荷重にも変化が見られた。

<参考文献>1) 國生，原ら：浸透力を用いた杭の相似模型実験法装置の開発（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，pp683～686，1977 3) 山本稜威夫：杭の先端支持力，土と基礎，pp.87～92，1980

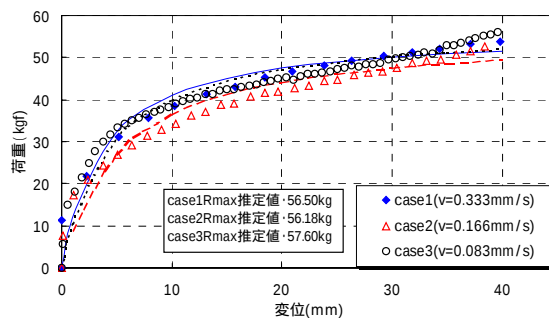


図-4 押し込み力と変位の関係

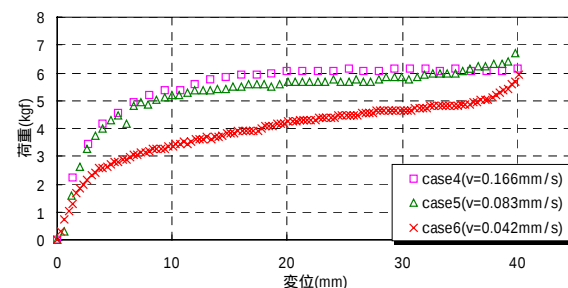


図-5 引揚力と変位の関係

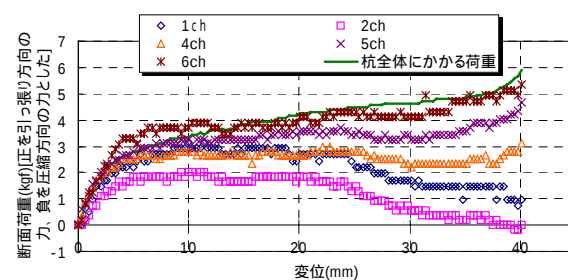


図-6 case6における断面荷重と引揚力の比較

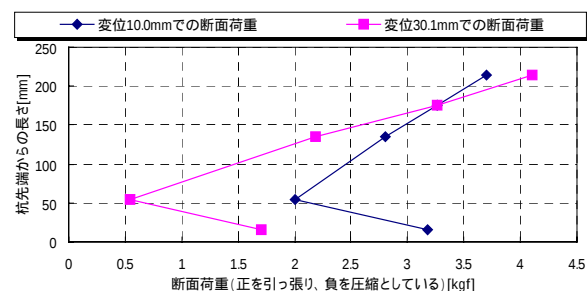


図-7 case6における深さ方向の断面荷重の比較