

# 浸透力を用いた杭の相似模型実験法の開発（その1）

## ～実験装置と模型地盤の特性～

中央大学理工学部 正会員 國生 剛治 原 忠

学生会員 尾崎 慎一郎 石川 和也

### 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幾つかの欠点を有している。本研究ではそれに代わる方法として、浸透力を用いた重力場での模型実験装置を開発し、簡便に杭の相似模型実験を行うことを目標としている。

浸透模型実験は次の理論に基づいている<sup>1)</sup>。模型地盤に動水勾配  $i=h/L$  の水の流れがある時 ( $h$ :水頭), 単位体積当り  $i_w$  の浸透力 ( $w$  = 水の単位体積重量) が加わる。この時、みかけの単位体積重量 ( $m$ ) は  $m=i_w+(s_{sat}-w)$  となる。実地盤の単位体積重量 ( $\gamma$ ) と比較しその比を  $\lambda$  とすると  $\lambda = m/\gamma$  となる。地中深さ  $L$  の点の応力は  $\sigma = \gamma L$  で表わされることにより、模型地盤と実地盤の上載圧の応力の比を  $\lambda$  長さの比を  $L$  とすると、 $\lambda = \lambda L$  となる。ここで  $\lambda = 1$  と仮定しているの、 $\lambda$  は  $(L)^{-1}$  に等しくなる。

以上の理論に基づき、浸透力を利用して実際の地盤での応力条件を再現し、模型実験を行うこととした。本報ではまず杭を対象とした実験に先立ち、模型地盤のみについて浸透時の深度方向への間隙水圧分布を測定し、それから計算した有効応力分布の線形性を確かめることで本装置の有効性を確認する。

### 2. 実験装置概要

写真-1 に実験装置を、図-1 に実験装置の概略を示す。装置は内径 30cm、高さ 60cm のアクリル製円筒形セルであり、地盤内部の間隙水圧を測定するため装置下部より 5cm ピッチで 6 つの水圧計を配置しており、最深部が 6ch で水圧計上端を 1ch としている。これら先端部には、杭周辺の水圧を計測するために長さ 11.5cm のシフレックスチューブを取り付けている。また 1ch の上部に 0ch があり、空气中で直接セル圧を計測できるようにしている。最深部からは 55cm の位置にある。

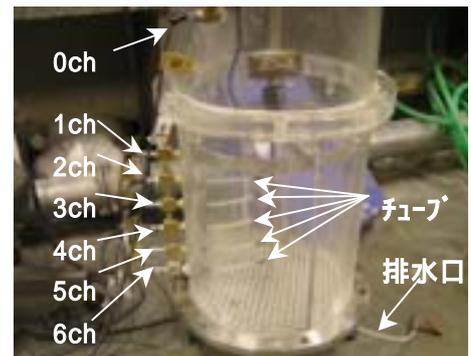


写真-1 実験装置外観

### 3. 試験資料の物理特性と実験概要

試験試料には浸透時間を出来る限り長くさせるために、シルト粒径で非塑性の石粉を用いた。表-1 に試料の物理特性を示す。

浸透流により石粉が流出しないよう、底面にろ紙を5枚敷いた。水をセル内に36cmの高さまで満たし、水中落下法により石粉を30cm堆積させた。その際、石粉を均等にまた塊状にならないように沈降させるために、底に穴の開いた台所用の三角コーナーを用いた。試料堆積後セルに蓋をし、レギュレーターを通じてセル圧150kPaをかける。

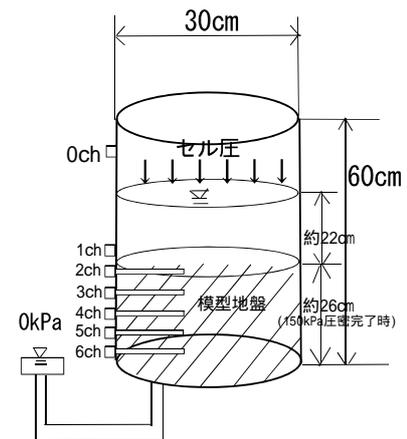


図-1 実験装置の概略図

試験ではまず底部の排水口のcockを開いて浸透流を生じさせ、浸透力により模型地盤を圧密させる。本研究では供試体の浸透破壊を防止するために、拘束圧は2段階に分けて加えた。第一段階で供試体を大きく圧密沈下させ、その後、圧密による沈下がなくなった時点より測定拘束圧ま

キーワード 杭, 模型実験, 浸透力, 間隙水圧, 有効応力

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 Tel:03-3817-1799

で増加させた。圧密終了までの時間は7分程度で、その時の模型地盤の相対密度は $Dr=83\sim 89\%$ の間の値であった。セル上部に貯留した水が模型地盤表面と同じ高さまで排出した時点で実験を終了としたが、コックの開放から約50分程度であり、圧密後の放置時間を除いても30分程度の実験時間が確保できる。

#### 4. 実験結果と考察

図-2に初期からセル圧を第一段階で150kPaに上げ、第二段階で200kPaまで加えた時の各測点における間隙水圧の経時変化の測定結果を示す。図-3には図-2のうち最初の120秒の間隙水圧の変化を示す。地盤底部に近いchほど当然ながらセル圧に対する水圧低下量は大きい。また、第二段階では圧密による水圧変化の時間遅れはほとんど起きていないことが分かる。

図-4にセル圧を段階的に変化させた場合の圧密終了後の間隙水圧分布を示す。図中の縦軸は各測点のチューブ先端の高さを表している。この高さの測定は実験終了後に模型地盤を掘り起こして行っている。図中の基準線は、地盤表面での圧力が0chの実測値と等しいと考えて、原点と結んだものである。これよりセル圧が50kPa~200kPaにおける分布はいずれも基準線にほぼのっており、深度方向に対して比例関係になっていることがわかる。これより、模型地盤の上部より下部まで均等に浸透力が作用していることがいえる。

図-5に模型地盤の有効応力分布を示す。結果は水圧分布同様、有効応力分布もセル圧が50kPa~200kPaまで線形性が見られるものとなった。本実験より得られた有効応力の実測値はいずれの拘束圧の範囲においてほぼ深度に比例しており、模型地盤全体に浸透力が均等に作用していると考えられる。以上の実験データから、本実験装置を用いた模型実験の有効性を確認することができた。今回の条件で再現したい地盤の密度を

$(\sigma_{sat} - u_w) = 1.0g/cm^3$  とすると、 $\sigma' = 58/1.0 = 58$  であり、約26cmの模型地盤で約15mの实地盤を再現したことになる。

#### 5. まとめ

新たに開発した浸透模型実験装置を用いて、以下の基本的な特性が明らかになった。

- ・ 模型地盤は圧密終了後安定し、水圧は時間の経過によらず安定した。また、石粉を使って30分程度の杭の載荷実験を行えることがわかった。
- ・ 間隙水圧分布・有効応力分布はセル圧が50kPa~200kPaの範囲内において、それぞれに対し深度方向に線形性を有しており、相似模型実験が可能であることがわかった。

#### <参考文献>

- 1) 帯刀清臣 島崎和司 高野昭信 岸田英明: 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, PP.683~686, 1977

表-1 石粉の物理特性

土粒子密度( $g/cm^3$ )	最小密度( $g/cm^3$ )	最大密度( $g/cm^3$ )
2.64	0.911	1.583

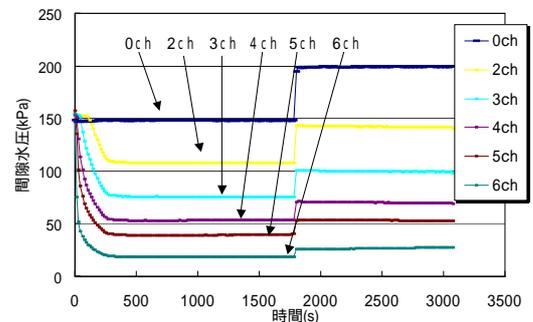


図-2 間隙水圧の経時変化

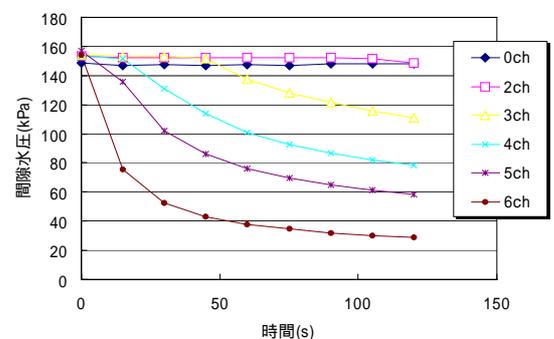


図-3 試験開始時の間隙水圧の経時変化

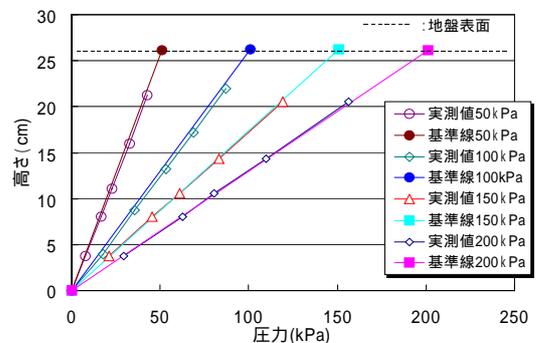


図-4 間隙水圧分布図

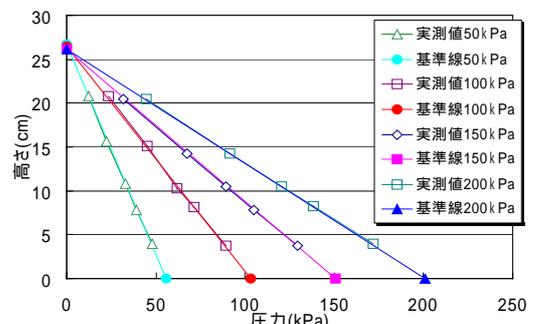


図-5 有効応力分布