

先端形状を変えた模型杭の大型土槽を用いた鉛直載荷実験

東京大学 フェロー会員 ○後藤 茂 学生会員 青山翔吾
 東京大学 学生会員 劉 邦安 Renzo Ayala
 東京大学 フェロー会員 東畑 郁生

1. 目的 筆者らは群杭挙動の実証的研究の一環として大型土槽を用いた模型杭の鉛直載荷実験をおこなっており、本文は模型杭の先端形状を変化させた場合の鉛直載荷挙動を検討したものである。これまでの研究^{1)~5)}により、群杭状態での鉛直載荷では杭間地盤は杭間距離の影響を受けて変形状態が変化するが、杭直下の地盤は杭間距離によらず一様にコーン状の高圧縮領域が生成されること等が明らかになった。今回は杭先端をコーン状にした場合と平坦および開端状態にした場合の単杭載荷をおこない、支持力特性や地盤変形および載荷に伴う鉛直土圧等を検討したので報告する。

2. 実験装置 図-1に実験に使用した大型土槽の概要を示す。土槽の寸法は幅 1600mm、奥行き 1600mm であり、模型地盤の深さは 1200mm である。また、模型地盤の地表面にエアバッグを配置して最大 200kPa までの上載圧を作用させることができる。土槽の上部には電動サーボモーターを用いた杭の載荷装置が装着しており、変位制御の載荷をおこなうことができる。最大載荷荷重は 500N である。

模型杭は外径 40mm、肉厚 4mm のアルミニウム円筒であり、今回は図-2に示すコーン状の底を下端に装着した。コーンの高さは 0.5D (D は杭の直径)、1.0D、1.5D の 3 種類である。また、これまでの研究と同様の平坦な底を装着した杭と底を装着しない開端状態の杭も実験をおこなった。各杭の載荷位置は中心間で 200mm 以上離れた。

模型地盤は乾燥状態の 5 号硅砂を用い、層厚 15cm 毎に人力で締固めながら造成した。模型地盤の相対密度は 90% 程度である。杭の初期根入れ深さは 850mm であり、根入れ深さで深の地盤を造成した時点で杭を設置し、それより上の地盤も同様に締固めながら造成した。初期杭下端以深の地盤には色砂層を設置し、実験終了後に掘削して地盤の変形状態を観察した。また、土槽の底面および側面にはタクトイルセンサを配置し、杭載荷に伴う土圧の変化を計測した。実験装置およびタクトイルセンサの詳細については参考文献^{1)~5)}を参照されたい。実験は、上載圧を 50、100、150、200kPa と段階的にあげていき、各上載圧において杭を 1 本ずつ貫入させた。各上載圧とも貫入速度は 2 mm/min、貫入量は 30 mm である。途中、10mm 毎に荷重の増加を停止してタクトイルセンサの計測をおこなった。

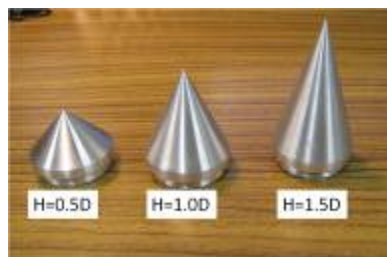


図-2 コーン状下端底

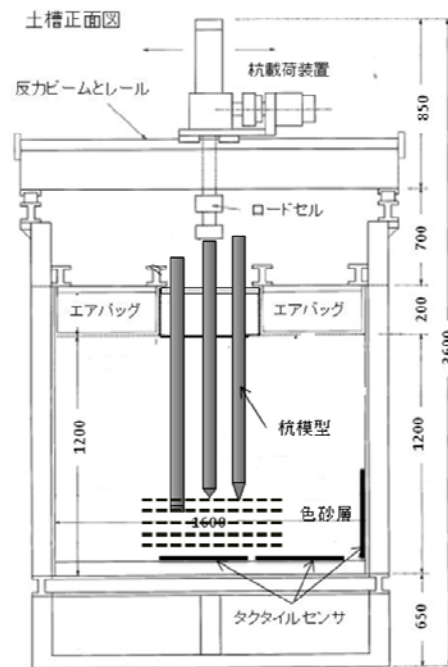


図-1 実験土槽の概要

3. 実験結果と考察 図-3に各模型杭の杭頭荷重と沈下量の関係を示す。実験初期である 50kPa の場合は開端杭の荷重・沈下曲線が特異な形状を示しているが、貫入の進展とともに曲線形状が変化し、実験後期の上載圧 200kPa では荷重値は多少小さいものの、荷重・沈下曲線の形状は他の杭に類似している。これは開端杭が閉塞さ

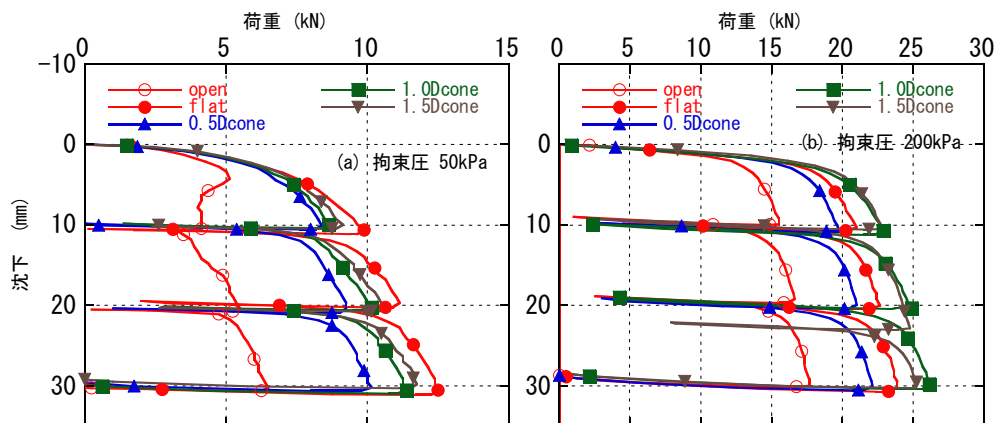


図-3 下端形状が異なる杭の荷重・沈下関係の例

キーワード 杭, 模型実験, 地盤内圧力分布, 地盤変形

連絡先 〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1 東京大学社会基盤学専攻 土質・地盤研究室 TEL 03-5841-6123

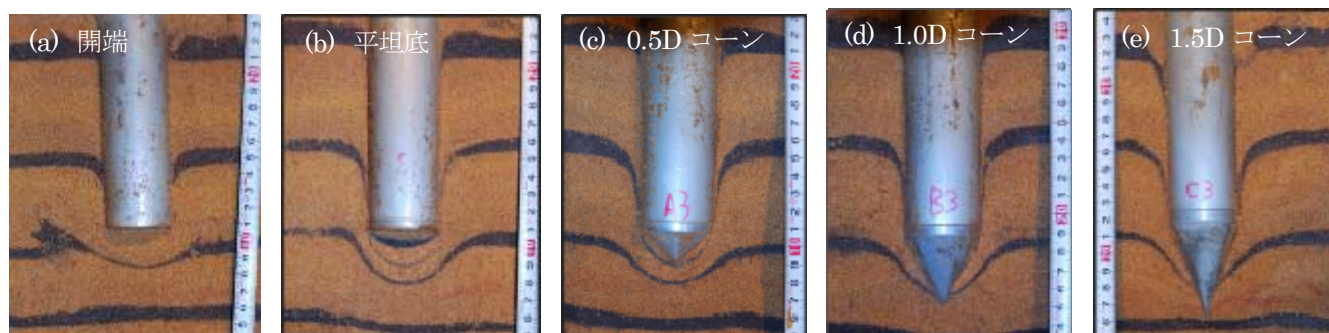


図-4 模型杭下端付近の色砂層の変形状況

れる経過に対応していると思われる。一方、閉端杭では、杭端部の形状の相違により荷重・沈下曲線に多少の相違が見られるが、閉端か開端の相違ほどは明確ではない。

図-4に実験後の杭下端周辺の色砂の変形状態を示す。実験では杭下端が上から3番目の色砂層付近に来るまで載荷しており、平坦な底の杭では通過した色砂層は杭直下に押されるように変形しているが、開端杭では第1層および第2層の色砂層を杭内部に取り込むように杭が貫入している。また、コーン状の杭ではコーン高さ0.5Dでは平坦杭と同様に杭に押しやられるように色砂層が下に丸みを帯びて変形していたが、1.0Dや1.5Dの杭では通過した色砂層はコーンの表面に密着した状態になっており、杭の貫入によるコーン状の高圧縮領域は形成されていなかった。図-5(a)は開端杭下端付近を切開して内部の砂を観察したものであり、通過した第2層の色砂層が視認できる。但し、杭は色砂層第2層の下端から約35mmまで貫入しているのに対し、杭体内の砂では第2層下端から杭下端までは約15mmしかなかった。図-5(b)に杭内部の砂の密度分布を示すが、下端に近づくにつれ密度が急激に高くなり、杭下端付近では相対密度で初期の倍近い値になっていた。

図-6はタクトイルセンサで計測した土槽底板深さでの杭下部の土圧分布であり、杭中心を通る直線上の分布として表現してある。平坦底および1Dコーンの杭では最大圧力の生じた位置は両者とも杭直下であるが、平坦底杭では杭周縁部にあたる位置で局部的な土圧の低下が生じていた。一方、開端杭では全体に圧が低く、杭中心よりも杭周縁部にあたる位置の圧力が高くなっていた。これは杭内部に取り込まれた色砂層の変形が上に凸型であったことと対応していると考えられる。

4. 結論 杭下端に平坦および3種類の高さのコーン形状の底を装着した閉端杭と底を装着しない開端杭の載荷実験をおこない、以下の知見を得た。

- ① 開端杭の荷重沈下曲線は実験初期に他とは異なる特異な形を示すが、載荷の進展にともない曲線形状が変化し、実験後半では他の杭に類似した荷重沈下曲線の形状になった。
- ② 実験後の杭下端周辺の地盤変形では平坦底および0.5Dコーンの杭は通過した色砂層を下へ押しやるように杭が貫入していたが、1.0Dコーンと1.5Dコーンの杭では色砂層を突き抜けるように貫入していた。
- ③ 杭下方の土圧分布では、閉端杭は平坦底およびコーン状底でも杭中心部に高圧力領域が生じていたのに対し、開端杭では杭周縁部の圧力が高くなっていた。

謝辞 本研究は地盤工学会関東支部「群杭挙動の実証的研究委員会」の活動の一環として行われた。また、実験ではジャパンパイル株式会社社会長藪内貞夫博士に多大なご支援をいただきました。ここに感謝の意を表します。

参考文献 1)後藤他(2011):群杭の鉛直支持機構に関する土槽実験(その1),第46回地盤工学研究発表会,2)瀧田他(2011):群杭の鉛直支持機構に関する土槽実験(その2),第46回地盤工学研究発表会,3)青山他(2011):タクトイルセンサーおよび地盤断面観察による群杭支持機構の検討,第66回土木学会年次講演会,4)後藤他(2012):土槽実験における大型模型杭の鉛直載荷時の挙動,第47回地盤工学研究発表会,5)青山他(2012):土槽実験における群杭模型の鉛直支持機構に及ぼす杭間距離の影響,第47回地盤工学研究発表会

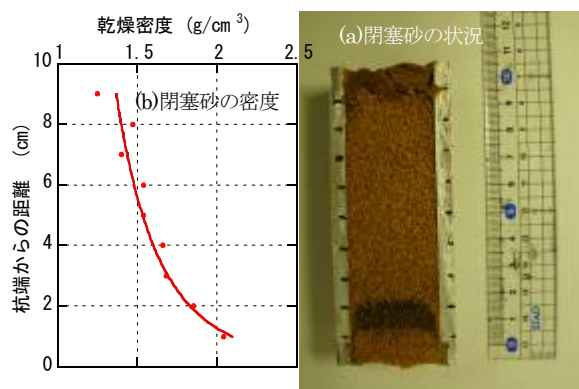


図-5 開端杭内部の砂の状況と度分布

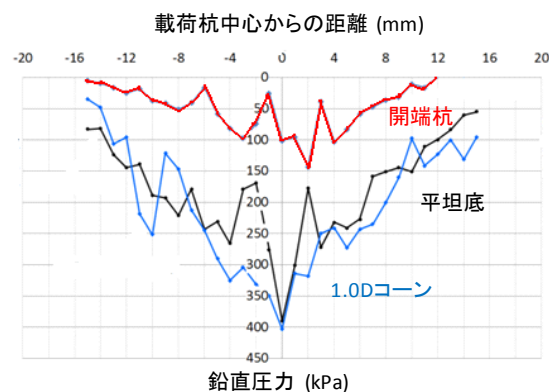


図-6 杭下方の土圧分布