

杭の押し広げによる地盤内応力変化と周面摩擦力改善効果

九州大学大学院 学○金川博幸 F 落合英俊 正 安福規之
正 大嶺 聖 正 中島通夫
ライト工業(株) 正 和田 弘

1. はじめに

杭周面摩擦力の発現メカニズムを把握する上で、杭貫入における地盤内の水平応力を知ることが重要なことである。また、杭貫入過程での地盤内の水平応力は経時的に変化し、杭先端部における水平応力は相対的に大きくなることが報告されている。そこで本研究では、まず場所打ち杭を想定した押し広げ問題を検討するために試作した2次元模型杭載荷実験装置の概略を紹介する。次いで、この実験装置を用いて杭の押し広げによる地盤内応力変化と周面摩擦力改善効果について検討を加える。

2. 実験概要

2.1 実験装置 図-1に、今回使用した2次元模型実験装置の概要を示す。土槽は、高さが900mm、横幅1000mm、奥行き95mmで内部の亚克力板を外部から鋼材で補強する構造となっている。土槽上部に設置された4個のエアシリンダーは、砂地盤上部にセットした載荷板に一定の土被り圧($\sigma_v=50\text{kPa}$)をかけるためのものである。また、装置内部の亚克力板表面には壁の摩擦を避けるために、グリースを塗り、メンブレンを張ることで土槽内の圧力状態を保っている。その圧力状態を確認するために土槽底辺部には、土圧計を設置している。図-2は、今回、地盤を押し広げるために使用した開閉可能な杭の概略図を示している。試作した杭の形状は平面状であり、地盤と杭は面的に接している。この図のa), b)は、杭内部の様子を表したものである。杭は長さ700mm、幅が95mmの表面を粗くした平面状のスチール製の模型杭($R_{\text{max}}=100\mu\text{m}$ (レーザー測定による))で、その内側部分には2本のスチール製の丸棒が溶接により固定されている(図-2a 中①)。また、杭内部には①と同じ径の2本のスチール製丸棒を同じく溶接により取り付けただ中心軸を設けている(図-2b)。図-2cは杭を正面から見たもので①と②が上下にうまく合わさるようにセットした様子を表している。図-2c 中の③を締めることにより中心軸が上方向に移動し、杭が開いて地盤を押し広げるという構造になっている。また、②の丸棒の径を大きくすることにより杭の変位を増やすことも可能である。杭内部に変位計を取り付けることで杭が地盤を水平方向に押し広げる変位量を計測している。

2.2 実験手順と実験方法 図-3は、杭と小型土圧計(直径6.5mm, PDA-500kPa, Tokyo Sokki Co., Ltd.)の位置関係および記号の説明を模式的に示したものである。杭表面には杭先端から鉛直上方140mm($h/r_0=4$, r_0 (杭幅/2)=35mm)の位置に小型土圧計を取り付けた。また、装置内地盤中には杭表面に取り付けられた小型土圧計と同じ高さの位置に杭中心から水平方向のそれぞれの距離70mm($r/r_0=2$), 140mm($r/r_0=4$), 210mm($r/r_0=6$), 280mm($r/r_0=8$)に小型土圧計を設置した。試験は上載圧を一

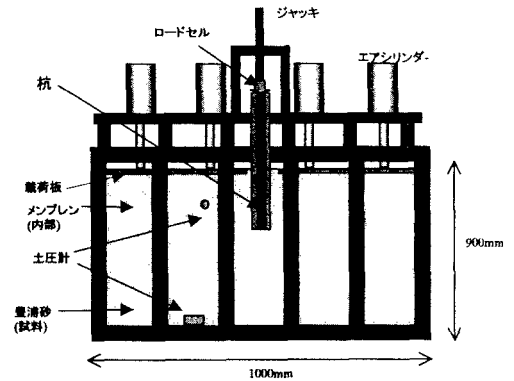
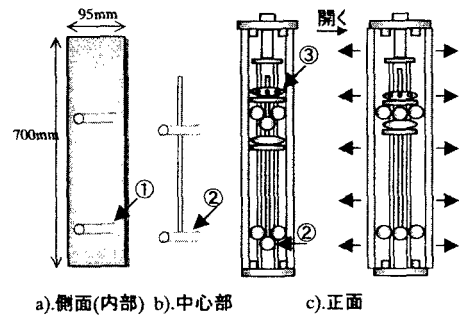


図-1 実験装置



a).側面(内部) b).中心部 c).正面

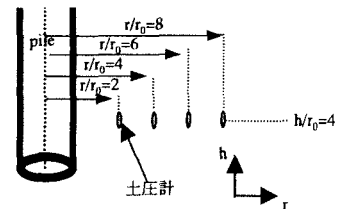


図-3 杭と土圧計の位置関係

定($\sigma_{v0}=50\text{kPa}$)に保った平面ひずみ条件の下で杭の押し広げ試験および載荷試験(貫入速度 $v=0.45\text{mm/min}$)を行った。地盤に対して杭を押し広げる過程での模型地盤内の水平応力変化の様子と杭に働く水平地盤反力の変化の様子を地盤内に設置した小型土圧計と杭の表面に取り付けた小型土圧計により測定した。その後 38 時間放置し、その時の模型地盤内の経時的な水平応力の緩和特性について調べた。また、38 時間放置の後の周面摩擦力特性についても調べた。試料には豊浦砂を用い、すべての実験で相対密度 75%とした。

3.実験結果と考察

3.1 杭の押し広げによる水平応力の変化と緩和特性

図-4 は、杭の押し広げ過程での杭に働く水平地盤反力および模型地盤内のそれぞれの距離における水平応力変化の様子を示すものである。初期の水平応力 σ_{h0} は 24.4kPa である。横軸 d_r/d_0 は d_0 を基準とした水平方向への相対的な押し広げによる変位量を表している。 d_r は任意の杭の押し広げによる変位量、 d_0 は杭中心から杭表面までの距離($d_0=r_0$)を意味している。この図より杭の変位量が大きくなるにつれて杭がうける水平地盤反力が増加していることが分かる。また、模型地盤内のそれぞれの距離における水平応力についても杭の変位量が大きくなるにしたがって増加する傾向にある。この増加量は、杭からの距離が近いほど小さな変位量で大きくなることも分かる。図-5 は、杭が受ける水平地盤反力の増加量 $\Delta\sigma_{h(r=r_0)}$ に対する模型地盤内のそれぞれの位置での水平応力の増加量 $\Delta\sigma_{h(r=r)}$ の比と r/r_0 の関係を示している。これより杭近傍 $r/r_0=2$ 程度まで水平応力の増加による効果が顕著に表れている。図-6 は、杭を地盤に対して 0.75mm($d_r/d_0=1.02$)押し広げた後 38 時間の水平応力緩和過程である。縦軸の $\Delta\sigma_{h(r=r)}/\Delta\sigma_{h(r=r_0)}$ は応力緩和率を表しており、 $\Delta\sigma_{hi}$ は任意の時間での水平応力、 $\Delta\sigma_{h0}$ は杭の押しひろげ完了直後の水平応力を表している。この図より、杭からの距離が遠くなると水平応力の緩和率は大きくなる傾向が見うけられるが、いずれの位置においても初期の水平応力増加分に対して少なくとも 20%程度残留していることが分かる。

3.2 杭の押し広げによる周面摩擦力改善効果 図-7 は、杭を設置後そのままの状態($d_r/d_0=1$)で貫入させたものと杭を地盤に対して 0.75mm($d_r/d_0=1.02$)押し広げた後 38 時間経過後の周面摩擦力との比較である。この図より、杭の押し広げによる周面摩擦力の改善効果が見られる結果となった。

4.まとめ

- 1)、今回、新たに試作した模型実験装置から杭を地盤に対して水平方向に押し広げることによる水平応力の変化の様子とその後の緩和特性について概略を知ることができた。
- 2)、水平応力の増加としての押し広げの効果は $r/r_0=2$ 程度までの杭近傍で顕著であることが知れた。
- 3)、杭の押し広げによる周面摩擦力の改善効果が見られる結果となった。

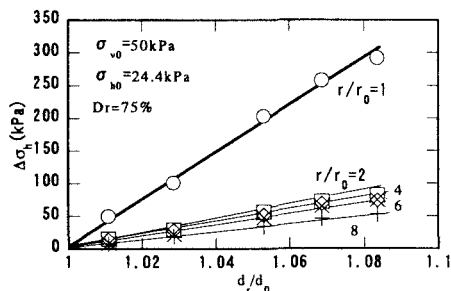


図-4 $\Delta\sigma_h$ - d_r/d_0 関係

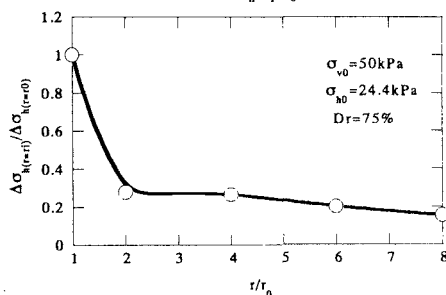


図-5 $\Delta\sigma_{h(r=r)}/\Delta\sigma_{h(r=r_0)}$ - r/r_0 関係

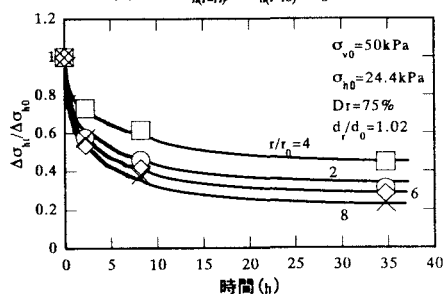


図-6 応力緩和率-時間関係

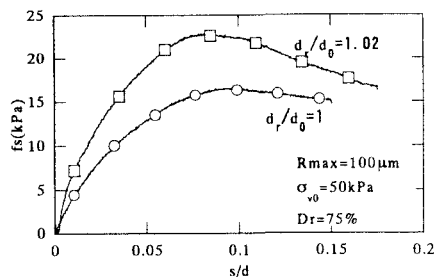


図-7 f_s - s/d 関係