

Ⅲ-463

杭の水平繰返し載荷挙動に及ぼす載荷速度の影響

東京工業大学 学生員 ○高橋 章浩 東京工業大学 学生員 山内 公介
東京工業大学 正 員 廣岡 明彦 東京工業大学 正 員 竹村 次朗

1. はじめに 杭に動的な水平荷重が作用する場合と、静的な水平荷重が作用する場合とでは、杭の挙動が異なることはよく知られている。本報告では、載荷速度と試料の違いによる杭の水平載荷における挙動の違いを調べることを目的とし、遠心模型実験装置を用いて杭の繰返し水平載荷試験を行った。

2. 実験条件 実験に用いた試料は川崎粘土に砕砂と豊浦標準砂を混合し作成した塑性指数が10の中間土M10と豊浦標準砂であり、その特性は表1に示すとおりである。今回行った実験では、飽和砂地盤のケースについては空中ポアリングによって相対密度約50%の地盤を作成し、振動現象と透水現象での時間の相似則を一致させるため間隙流体として水の50倍の粘性抵抗をもつメチルセルローズ水溶液を用いた。また中間土M10地盤は正規圧密地盤とし、50g場にて表面荷重9.8kPaで遠心圧密を行うことによって地盤を作成した。実験に用いた模型杭は外径10mm肉厚0.2mmのステンレス製、上部

豊浦標準砂		中間土 M10	
比重	2.64	比重 Gs	2.672
D50 (mm)	0.19	液性限界 Wp	27.4
D10 (mm)	0.14	塑性指数 Ip	9.9
D30 (mm)	0.16	砂分 (%)	61.7
均等係数 Uc	1.56	シルト分 (%)	22.0
曲率係数 Uc'	0.95	粘土分 (%)	16.3
最大間隙比 e _{max}	0.973	e _{0 at 98kPa}	0.610
最小間隙比 e _{min}	0.609	圧縮指数 Cc	0.160

表1 試料の特性

No.	試料	載荷速度(Hz)
1	飽和砂	急速(20)
2	飽和砂	緩速(0.2)
3	M10	急速(20)
4	M10	緩速(0.2)

表2 実験条件

のアルミ製であり、これに35mm間隔で奥行き方向に4本の杭が一行に剛結されている。杭先端は締め固めた砂層内に位置し、また載荷点の曲げモーメントが0となる様にした。図1に示した実験システムを構築し50gの遠心加速度場にて表2に示した条件の下、油圧ジャッキを用いて荷重制御方式により振幅約60Nの正弦波荷重を与えることにより繰返し載荷試験を実施した。

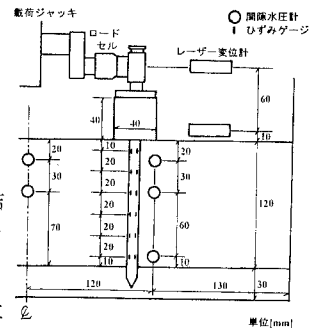


図1 実験システム

3. 実験結果と考察 図2にそれぞれのケースの1,10,20サイクル

目の載荷点での荷重～変位ループを示す。荷重は杭1本あたりの値で壁側に押す方向を正としており、変位は壁側に向かう方向を正としている。飽和砂の緩速載荷試験を除くすべての実験ケースで繰返し載荷が進むにつれてループの傾きが小さくなり、変位振幅の増大が観察される。この傾向が最も顕著なM10の緩速載荷では、加えてループの面積が繰返し回数とともに大きくなり、1サイクルあたりの損失エネルギーが増大している。図3は1サイクル中の最大振幅となる2点を結んだ直線の傾き $\Delta P / \Delta y_{max}$ の繰返し載荷に伴う変

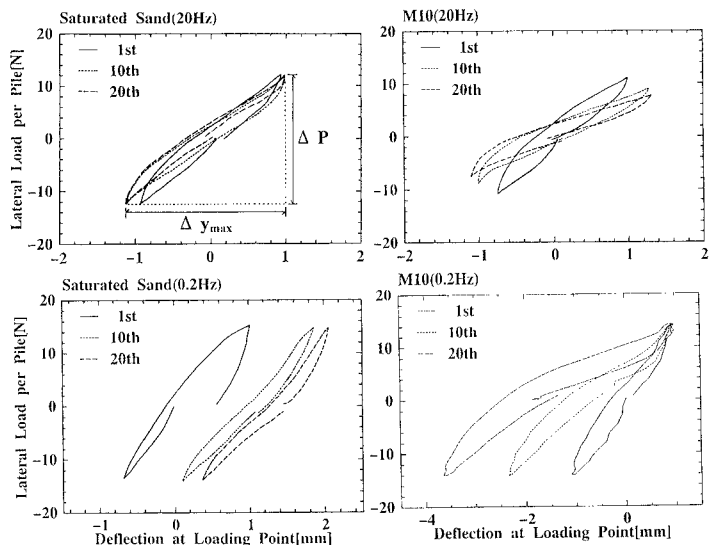


図2 荷重～変位ループ

化を全ケースについて表したものである。これより飽和砂のケースの載荷速度による違いをみると、緩速載荷のケースでは載荷初期から載荷終了まで $\Delta P/\Delta y_{\max}$ がほとんど変化しないが、急速載荷のケースでは載荷初期に $\Delta P/\Delta y_{\max}$ が急激に減少し、後半ではほぼ一定になっている。このような挙動を示すのは急速載荷のケースではほぼ非排水状態の下で繰返し載荷されるために杭近傍の地盤で過剰間隙水圧が発生し蓄積されるので地盤剛性が低下するのに対し、緩速載荷では載荷速度が小さいため繰返し載荷により過剰間隙水圧が発生してもそれが蓄積されることなく消散していくことが原因であると考えられる。一方 M10 のケース

に着目すると、載荷速度によらず載荷初期から載荷終了まで $\Delta P/\Delta y_{\max}$ が減少し続けている。これは図4に示す過剰間隙水圧比の経時変化からも分かるように、これらのケースはともに繰返し載荷中に過剰間隙水圧が蓄積され、このため地盤剛性が低下し続けているためと考えられる。また急速載荷に比べ緩速載荷の方がより単調に $\Delta P/\Delta y_{\max}$ が低下しているが、これは過剰間隙水圧が上がりきっておらず、単調に増加しているためであると考えられる。図5はそれぞれのケースの1,10,20 サイクル目での最大変位時に杭に生じた曲げモーメント分布を示している。曲げモーメントの最大値と最小値の差に着目すると、急速載荷では繰返し載荷回数の増加に伴い曲げモーメントが増大しているのに対し、緩速載荷ではほとんど変化していない。急速載荷のケースでは飽和砂の場合、繰返し回数が増加するにつれて全体的に曲げモーメントが増大しているのに対し、M10 では地盤下部付近の曲げモーメントは増大しているが上部ではほとんど変化していない。これは飽和砂では地盤下部まで杭周辺地盤の剛性が低下し、反力を発揮することができなくなるため杭全体の曲げモーメントが増大するのに対し、M10 では地盤上部の剛性が低下した結果、反力分布の形状が変化し、地盤下部付近の杭の曲げモーメントが増大するためである。緩速載荷の M10 のケースでは、これは急速載荷のケースと比べ地盤下部で過剰間隙水圧比の上昇が著しく、

変位量が多いことから杭先端を含め杭全体が変位したため、曲げモーメントの値自体が極端に小さくなったものと思われる。今回行ったような杭先端が固定されていない杭の水平載荷実験では、杭先端の挙動が杭全体の挙動に大きく影響を及ぼすため、杭先端がどのような拘束条件であるかということは、非常に重要なことである。今後杭先端を固定し、拘束条件を明確にしたものについても実験を行なう予定である。

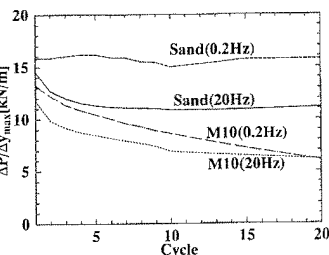
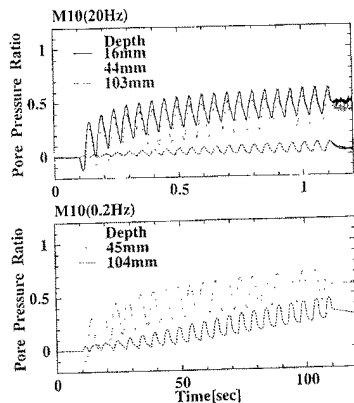


図3 $\Delta P/\Delta y_{\max}$ の変化



Pore Pressure Ratio Time Histories

図4 過剰間隙水圧比の経時変化

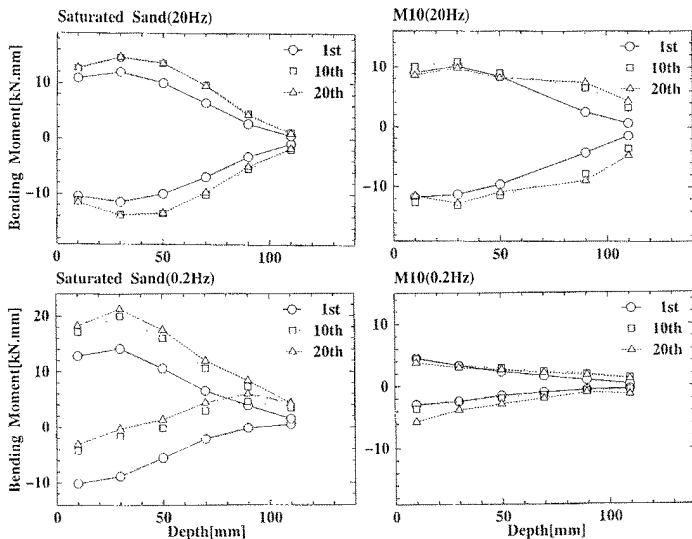


図5 最大変位時の杭の曲げモーメント

変位量が多いことから杭先端を含め杭全体が変位したため、曲げモーメントの値自体が極端に小さくなったものと思われる。今回行ったような杭先端が固定されていない杭の水平載荷実験では、杭先端の挙動が杭全体の挙動に大きく影響を及ぼすため、杭先端がどのような拘束条件であるかということは、非常に重要なことである。今後杭先端を固定し、拘束条件を明確にしたものについても実験を行なう予定である。