# 群杭に作用する流動外力に関する実験的研究 (その1 遠心載荷場における模型実験)

早稲田大学大学院 学生会員 藤澤惣 大澤修一 高橋祐幸 早稲田大学 フェロー会員 濱田政則

#### 1.はじめに

液状化地盤が水平方向に移動する現象,いわゆる側方流動により,杭基礎などの地下構築物は甚大な被害を受け てきた.液状化層の上部に非液状化層を有する地盤に設置した単杭による既往の研究<sup>1)</sup>では,地盤流動変位に起因 する外力が杭に卓越することが示されている.本研究では,郡杭模型を設置した遠心載荷場での実験をもとに,群 杭に作用する外力の特性を検討する.

# 2. 遠心載荷場における模型実験の概要

実験は 30Gの遠心載荷場において実施した.長さ 100cm, 奥行き 100cm, 高さ 37.5cmの剛土槽を用いている. 図-1 に 3 ×3の正方配列の杭を設置した模型地盤,各計測器の配置およ び模型杭の概要を示す.地盤層厚は,模型地盤中心において液 状化層 20cm, 非液状化層 7cm である、地盤は砂を空中から落 下させ,その後勾配が10%になるように地表面を整形した. また,上部の非液状化層が流動を妨げないように,端部を斜め にカットした,非液状化層には6号珪砂,液状化層には8号珪 砂を用い,相対密度はそれぞれ60%,90%とした.二酸化炭素 ガスによる脱気後,土槽中央の底面から 20cm までの地盤を水 により飽和させた 図-1に示すように杭間に水圧計を設置し, 地表面の 2 箇所でレーザー変位計により変位の時刻歴を測定 した.模型杭として,ステンレス製の中空パイプ(外径20mm, 肉厚 0.5mm,弾性係数 210kN/mm<sup>2</sup>)を用い,側方流動による 曲げひずみをパイプ内側に設置したひずみゲージより測定し た.図-2のように,杭および地表面標的を配置し,杭間隔は 2.5D(D:杭径)とした.また,流動直角方向に模型地盤を加振 したことにより、以下の検討では慣性力が杭の変形に与える影 響を無視することができる。

液状化層の杭間の過剰間隙 水圧,地表面変位・速度,流動 方向に対して,上流・中流・下 流の杭の曲げモーメントの時刻 歴を図-3に示す.曲げモーメン トは,図-1に示すような杭の基 部から2cmの位置で測定した曲 げひずみより算出した.



キーワード 側方流動,遠心模型実験,非液状化層,地盤流動変位,地盤流動速度

連絡先: 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 早稲田大学濱田研究室 TEL03-5286-3147 E-mail:jiroukai@ruri.waseda.jp

## 3. 杭に発生する曲げモーメントの考察

図-3より,杭に発生する曲げモーメントに関し,以下のことが示される.

- 1) 杭に発生する曲げモーメントは、上流・中流に位置する杭では 0.15 秒、下流に位置する杭では 0.2 秒付近まで は増大する.0.5 秒までは、下流側の杭では大きく減少するが、上流側の杭ではいったん減少するものの、その 後増加する.
- 2) 地盤の流動中は下流側の杭の曲げモーメントは上流側・中流側の杭の曲げモーメントよりも大きい.
- 3) 地盤の流動が終了した 0.5 秒以降, 各杭の曲げモーメントはほぼ一定の値を示している.
- 4) 各杭の曲げモーメントは地盤の流動が終了した 0.5 秒付近で再び増大する.

以下,上記の曲げモーメントの特性について考察する.

図-3(a)によると,過剰間隙水圧比は概ね1.0に達しており,液状化層は完全に液状化している.また,図-3(b)
(c)によると,地盤流動速度は流動開始から0.1秒付近まで増大しており,この間,各杭の曲げモーメントも増加している.これより,地盤流動中,各杭は液状化層の地盤流動速度に起因する外力の影響を受けていると考えられる.
しかしながら,杭の曲げモーメントと地盤流動速度が最大となる時刻には差が生じている.これは,地盤流動速度の減少後も地盤流動変位は増加していることから,地盤流動変位に起因する外力の影響であると考えられる.

杭の曲げモーメントが最大値を示した時刻以降,下流側の杭 の曲げモーメントが大きく減少する原因は,地盤 流動速度が減少するためであると考えられる.また,上流側の杭 の曲げモーメントが増加する原因は,地盤流動 速度が減少しているのに対し,地盤流動変位が増加するためであると考えられる.

以上により,地盤の流動中は,液状化層の地盤流動速度に起因する外力と非液状化層の地盤流動変位に起因する 外力の双方が各杭に作用し,杭の位置によって双方の影響の度合いは異なると考えられる.

2) 下流側の杭の曲げモーメントが大きくなる原因として, 下流側の地盤が大きく流動していることが挙げられる.図-2 に示した上流側の点 a,中流側の点 b,下流側の点 cにおいて 測定された変位と速度の時刻歴を図-4に示す.これによれば, 下流側の地盤の変位・速度が大きいことがわかる.

3) 図-3(b)によると,地盤の流動が終了した 0.5 秒以降は, 地盤流動速度はほぼ0,地盤流動変位も概ね一定の値を示して いる.これより,各杭は非液状化層の地盤流動変位による外力 の影響を受けていると考えられる.

4) 図-3(b)によると,0.5 秒付近では地盤流動速度はほぼ0, 地盤流動変位も概ね一定の値を示している.本実験では,杭の 上流側と下流側に段差が生じていた.これは,杭によって上流 側の流動が遮られたために,砂が堆積したためと考えられる. これより,0.5 秒付近では,地盤の流動変位と速度に起因する 外力ではなく,段差による土圧が杭に作用したと考えられる.



#### 4.まとめ

非液状化層を有する液状化地盤において,地盤流動中は,液状化層の地盤流動速度に起因する外力と非液状化層の地盤流動変位に起因する外力の双方,地盤流動の終了後は,上流側と下流側の段差による土圧と非液状化層の地 盤流動変位に起因する外力の双方が各杭に作用していると考えられる.

## 5. 参考文献

 1) 張至鎬,濱田政則:液状化地盤の流動が基礎杭に及ぼす外力特性に関する研究,土木学会論文集,第766号/ -68, pp191-201, 2004.7