

杭基礎に作用する側方流動の外力特性に関する実験

早稲田大学 学生会員 ○花田 賢師 張 至鎬
 大林組技術研究所 正会員 樋口 俊一 松田 隆
 早稲田大学 フェロー会員 濱田 政則

1. はじめに

液状化地盤の側方流動は、杭基礎など地下構築物に大きな被害を及ぼしてきた。著者らは液状化地盤の側方流動に対する耐震設計法のための基礎的知見を得るため、側方流動地盤から杭基礎に加わる流動外力特性を遠心載荷場における模型実験により検討した。本報告では、単杭と複数杭を用いた実験により流動方向に対する杭の配置が外力に与える影響を明らかにするとともに、液状化層上部に存在する非液状化層が杭に及ぼす影響について検討した。

2. 実験の方法と条件

実験に用いた土槽は、内寸法が縦・横 100cm、高さ 37.5cm の剛土槽である。実験ケースを表-1 に示す。

case1,2 は液状化層のみ、case3 では非液状化層が液状化層上部に存在する。模型地盤は空中落下法で作成し、模型地盤作成後、地下水位が土槽底部から 20cm になるよう注水した。目標の相対密度はいずれも 40%としたが、表-1 に示すようにケースによっては大きな相対密度となった。模型地盤に用いた地盤材料は、液状化層には珪砂 8 号（比重 2.65，最大間隙比 1.40，最小間隙比 0.71，平均粒径 0.062mm）を、非液状化層には珪砂 6 号（比重 2.65，最大間隙比 1.13，最小間隙比 0.74，平均粒径 0.3mm）を用いた。入力波形は正弦波で、遠心場での振動数、波数および振幅は表-1 に示す通りで、遠心加速度は 30 G である。

図-1 に模型地盤の概要を示す。地盤中には、図-1(a)、(b)に示す位置に水圧計を設置し、地表面変位の時刻歴を

測定するためにレーザー変位計を 2 箇所に設置した。模型杭は、図-1(c)に示すようにステンレス製の中空パイプ（外径 20mm，肉厚 0.5mm）であり、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-1(a)に示すように単杭（Pile-N）および複数杭（Pile-C，S，W）を設置し、複数杭の配置間隔は 2.5D（D：杭径）とした。模型地盤を流動方向と直角水平方向に加振して液状化させ、模型地盤下方への流動を生じさせた。

3. 実験結果および考察

3. 1 計測値の時刻歴

図-2，3 に液状化層のみの実験で得られた時刻歴を示す。同図には、上から、地表面より最も深い位置に設置した水圧計（P4，図-1(b)）、単杭（Pile-N）の基部での曲げモーメント、レーザー変位計より計測された地表面流動変位（H2，図-1(a)）および H2 の地表面流動変位を微分して求めた流動速度を示している。これらの図の横軸では加振開始を 0 とした時間であり、水圧、曲げモーメントとも遠心載荷場での値で表示している。図-2，3 によれば、完全液状化までは、曲げモーメント、変位と速度はいずれも増大しているが、その後、変位は増加しているのに対し、速度と曲げモーメントは一定または減少していることがわかる。これは速度に依存した流動外力が杭に作用したためと考えられる。

表-1 実験ケースのまとめ

	遠心加速度 G	液状化層厚 (cm)	非液状化層厚 (cm)	相対密度* (%)	地表面傾斜 (%)	入力加速度
Case1	30	20	-	40 (-)	10	300×30Gal 60Hz10波
Case2	30	20	-	47 (-)	10	400×30Gal 60Hz20波
Case3	30	20	7.0	58 (91)	10	500×30Gal 60Hz30波

* 1 : () 内は非液状化層の相対密度

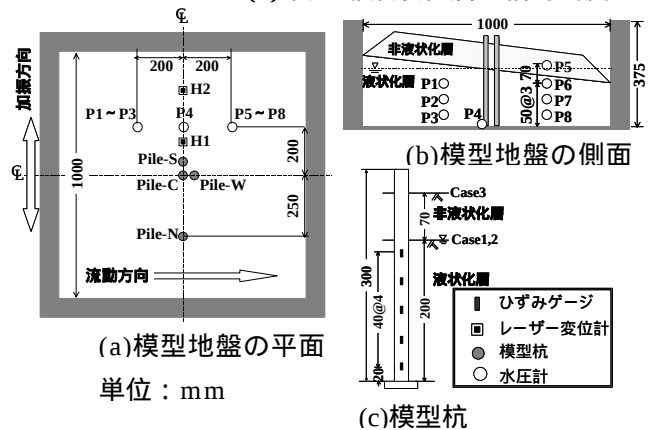


図-1 模型地盤の概要

キーワード 液状化，側方流動，杭基礎，流動外力

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 早稲田大学 社会環境工学科 濱田研究室 TEL 03-3208-0349

図-4に、非液状化層の実験で得られた時刻歴を示す。同図によれば、図-2, 3に示した液状化層のみの実験とは異なる傾向を表している。模型杭（Pile-C）基部での曲げモーメントは、地表面変位の増大とともに大きくなっており、ほぼ相似形になっている。このことは、変位に依存した流動外力が杭に作用したためと考えられる。また、曲げモーメントの最大値を液状化層のみの実験（case1, 2）と非液状化層の実験（case3）とで比較すると、前者が約 $10\text{N}\cdot\text{m}$ に対して後者が約 $50\text{N}\cdot\text{m}$ の値を示していることから、非液状化層からの外力の影響が大きいことを示している。

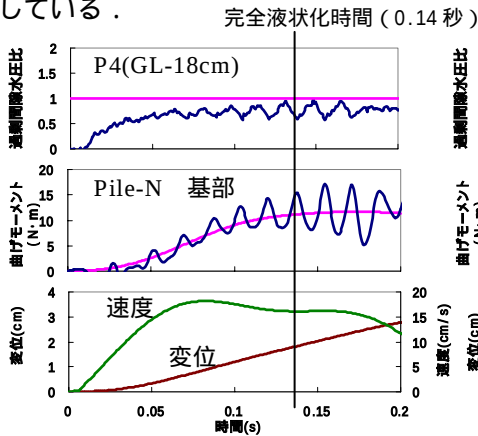


図-2 case1の時刻歴

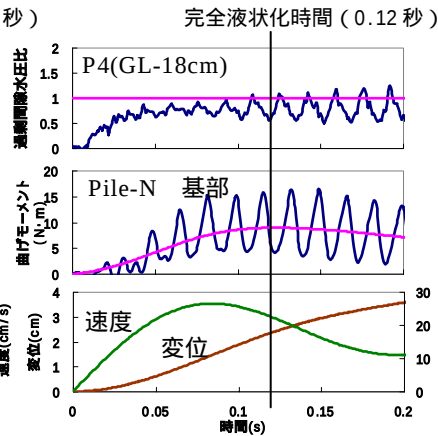


図-3 case2の時刻歴

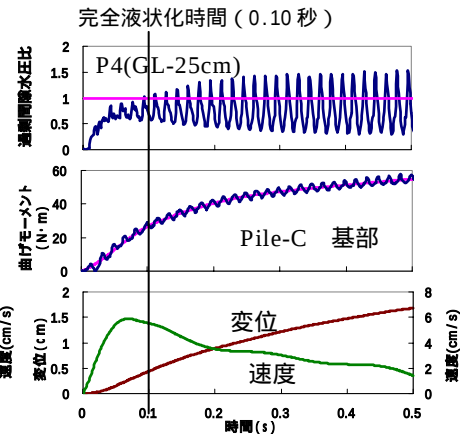


図-4 case3の時刻歴

3. 2 杭の配置条件が流動外力に及ぼす影響

各実験ケースでの単杭（Pile-N）および複数杭（Pile-C, S, W）の最大曲げモーメント分布を図-5に示す。液状化層のみの実験 case1, 2 では、流動方向の下流側に設置された Pile-W の曲げモーメントが最も小さく、単杭（Pile-N）が最も大きい値を示している。また、複数杭で上流側に設置された Pile-C, S はほぼ等しい。液状化状態の地盤を流体とみなせば、杭には地盤流動速度に依存した流動外力が作用すると考えられる。このとき、単杭と複数杭周辺の地盤での流動速度は、杭の配置条件の影響を受けて異なるため、より流れやすい条件である単杭には複数杭よりも大きな流動外力が作用すると考えられる。一方、図-5の case3 の非液状化層がある場合の実験結果によれば、流動方向に対して上流側の同じ位置に配置された単杭（Pile-N）および複数杭（Pile-C, S, W）には、ほぼ同程度の流動外力が作用する。このことは、case3 では非液状化層から地盤変位に起因な外力が卓越し、ほぼ同程度の地盤変位が入力されたためと考えられる。

4. まとめ

模型杭の配置が流動外力に及ぼす影響は、液状化層のみの実験では、単杭には複数杭よりも大きな流動外力が作用し、非液状化層が存在する場合にはほぼ同程度の流動外力が杭に作用することが明らかにされた。また、液状化層のみの実験では、杭の曲げモーメントは地盤流動速度に相似形であり、非液状化層が存在する場合には、杭の曲げモーメントは地盤流動変位に相似形であることが示された。

5. 参考文献

1) 濱田政則, 張至鎬, 樋口俊一, 栗田誠, 平尾淳, 松田隆: 側方流動が杭基礎に及ぼす流動外力特性に関する実験的研究, 第4回構造物の破壊過程解明に基づく地震防災性向上に関するシンポジウム論文集 pp.253-258

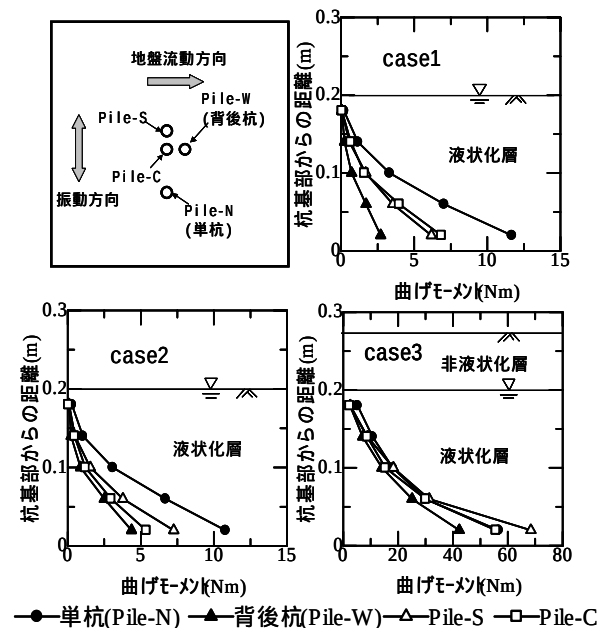


図-5 最大曲げモーメントの深度分布