

Ⅲ - A136

裏込め盛土を有する砂地盤上の杭基礎構造物の地震時挙動における杭間隔の影響

東京工業大学工学部 正会員

高橋章浩

桑野二郎

竹村次朗

1.はじめに

偏載荷重が作用している飽和砂地盤において、地震時に液状化によって構造物が大きな被害を受けることがある。本研究では裏込め盛土による偏載荷重を受ける杭基礎構造物に液状化によって生じる地盤の残留変形が与える影響を調べることを目的としており、ここでは特に杭間隔に着目して行った遠心模型実験結果について紹介する。

2.実験概要

実験では試料として豊浦砂を用い、空中落下法によって相対密度約50%の砂層(液状化層)を作成した。間隙流体には振動、透水両現象に関する時間の相似則を一致させるため水の50倍の粘性抵抗を持つメチルセルロース水溶液を用いて、水面は盛土上面より上とした。実験システムを図1に示す。模型杭は外径10mm、肉厚0.2mmのステンレス製でEIは $14.3\text{N}\cdot\text{m}^2$ である。上部構造物模型は高さ60mm、奥行き148mm、幅は上部で24mm下部で40mmの逆T字型のアルミ製である。杭は奥行き方向に一系列に構造物へ剛結し、杭先端は容器底面に固定した。今回は杭間隔に着目して2ケース実験を行い、杭間隔(s)と杭径(d)の比(s/d)をそれぞれ2.5, 5.0とした。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、図2に示した平均加速度振幅約6G(実物スケールで約120gal)の100Hzの正弦波を図1に示す方向に40波入力して振動実験を実施した。

3.結果と考察

図3に地盤の残留変位ベクトルを示す。これらは容器全面のガラスと地盤の間に設置したそうめんを振動前後に写真撮影することによって得たもので、ベクトル長は実変位の2倍として示してある。どちらのケースでも、構造物背面と構造物直下の砂層の中程から上部にかけて変位が大きくなっている。

図4に杭周辺のP1, P2, P3, P5, P6, P7での過剰間隙水圧の時刻歴を示す。P1, P2, P6では最終的に過剰間隙水圧比にしてほぼ1となり液状化している。一方裏込め側杭周辺では、P5に着目すると有効上載圧の半分程度までしか上昇していないものの、全面側の同じ深さのP6ではほぼ同じ過剰間隙水圧で液状化しており、これより深い地点でも同様の結果となった。このように前面側ではほぼ完全に液状化しているものの、杭近傍の背面側地盤の過剰間隙水圧は前面側の有効上載圧に依存していることから、上載圧に比してそれほど大きな過剰間隙水圧は発生しない。また、杭頭付近のP3では過剰間隙水圧が大きく振動しており、杭の変位の大きな地盤上部に向かうに従って構造物の振動の影響が大きくなっていると考えられる。センサーを容器の奥行き中央の位置に設置したためs/d=2.5では加振方向に杭の延長上、s/d=5.0では杭間にセンサーが位置しており、P3でその影響がみられる。すなわちs/d=5.0では杭の振動によって正側に大きな振幅が生じ、振動終了後すぐに消散に転じているのに対し、s/d=2.5では逆に砂のダイレイションの影響を受け負側に大きな振幅が生じ、振動終了後も過剰間隙水圧が上昇している。

図5にレーザ変位計で測定した構造物上部に取り付けたターゲットの変位の時刻歴を示す。これは構造物杭、液状化、裏込め、遠心模型実験、砂地盤

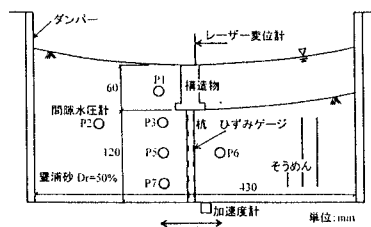


図1 実験システム

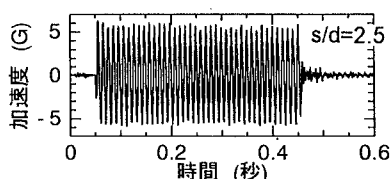


図2 入力波加速度の時刻歴

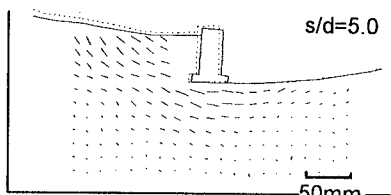
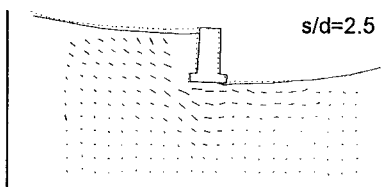


図3 地盤の残留変位ベクトル

天端から上30mmの地点の変位である。どちらも振動開始時の変位の増加割合は大きく、振動とともに徐々にその割合は小さくなっていく。また、杭間隔が大きい方でより大きな残留変位が生じている。図6に s/d と構造物天端の残留変位の関係を示す。杭間隔の増加、すなわち杭本数が少なくなると構造物の変位も大きくなっていく。図7に振動後の杭近傍地盤の残留水平変位と杭に対する相対残留水平変位を示す。地盤の残留変位は $s/d=5.0$ の方が地盤上部において大きくなっているが、相対変位については若干のばらつきはあるものの、その差異は小さく、分布形状はほぼ同じとなっている。

図8に振動終了時に杭に生じていた曲げモーメントの深さ方向分布を示す。どちらのケースでも杭先端付近でもっとも大きくなっており、その値は $s/d=5.0$ の方が大きい。この値は裏込め土圧の影響を強く受けたものとなっている。その影響を取り除くため、裏込めが全域液状化したと仮定して求めた裏込め土圧による曲げモーメント成分を差し引いたものを図9に示す。このように曲げモーメントの深さ方向分布は両者でほぼ一致した。今回実験を行った $s/d=2.5, 5.0$ の範囲では地盤の変位によって生じる杭に作用する荷重に対する杭間隔の影響はほとんどないといえる。

参考文献 高橋ら、地震時の砂地盤の側方流動と構造物の応答が杭基礎に与える影響、土木学会第51回年次学術講演会、III-A, pp286-287

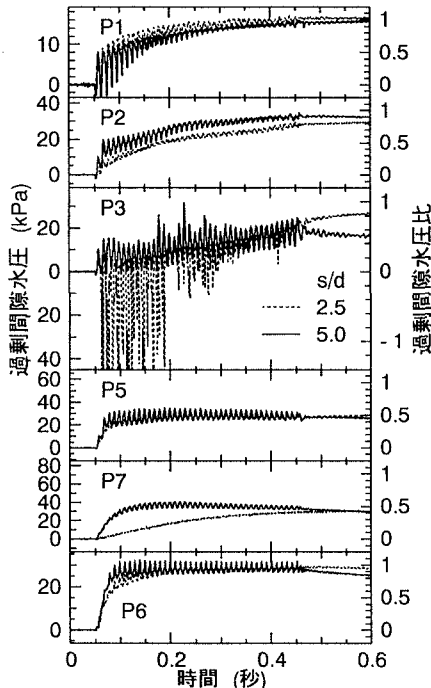


図4 過剰間隙水圧の時刻歴

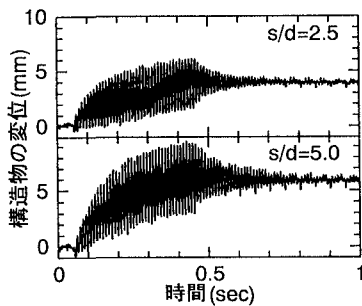


図5 構造物変位の時刻歴

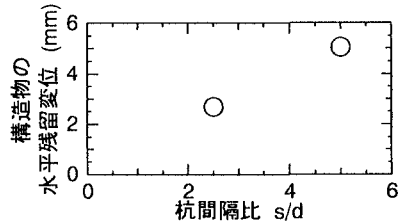


図6 構造物変位と杭間隔比の関係

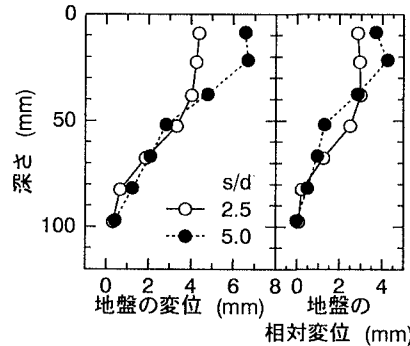


図7 地盤の残留変位と杭との相対残留変位

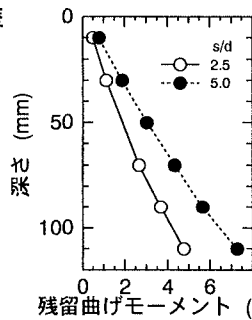


図8 残留曲げモーメント分布

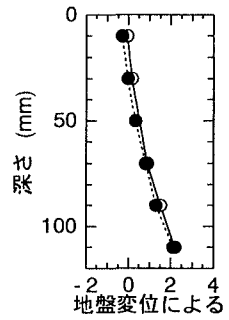


図9 地盤変位による残留曲げモーメント分布