

(Ⅲ-20) 液状化によって生じる流動地盤中の 杭に作用する流動力の実験的研究

鹿島建設(株) 正会員 浜田 友康
建設省土木研究所 正会員 常田 賢一
建設省土木研究所 正会員 松本 秀應

1. まえがき

液状化に起因する地盤流動により、新潟地震等では建築物等の杭基礎に大きな変形、破壊を生じた事が確認されている。ここでは流動地盤中の杭の耐震設計法を検討することを目的とし、模型振動台実験¹⁾により、液状化地盤から杭が受ける流動力(流動土圧)の発生特性について検討する。

2. 実験の方法

実験に用いた模型地盤は斜面長8m、斜面勾配5%で、液状化層厚は35cm一定となるように浅間山砂(平均粒径0.25mm程度)を用い水中落下法により作製している(図-1)。また傾斜した液状化層とするために、模型地盤の山側に給水装置を、谷側には排水装置を設け、地下水位を地表面に保つようにしている。

杭は、塩ビパイプ(VP16:外径22mm、肉厚3mm)を使用した単杭模型で、杭頭は自由とし、杭下端は液状化層の下にある非液状化層(層厚190mm)を貫き土槽底版に固定している。

模型地盤の加振は、それぞれ所定の加速度による2Hzの正弦波で20秒間行っている。その加速度は40galから60gal, 80gal, 100gal, 125gal...と段階的に大きくしており、各加振の間には放置期間をとり過剰間隙水圧の消散を確認して次の加振を開始している。

この内、本文では地盤流動を生じた加速度125galの加振時の実験結果について報告する。

3. 実験の結果

3.1 地盤と杭の水平変位

図-2に地盤(D-6)と杭の地表面レベルでの水平変位の経時変化を示す。なお、杭の変位は杭に取り付けた深度方向8カ所のひずみゲージの値から算出しているが、深部のひずみゲージ(B-1~B-4)の値については加振開始後7秒以降部分的にデータが収録できていないため、浅部B-5のひずみゲージの値からデータを補間して推定している。地盤、杭共に加振開始後5秒頃から変位が増加し始めるが、地盤に比較して杭の変位は小さくなっている。また加振開始後11~12秒頃からは、地盤の各加振周期ごとの平均的な変位速度が小さくなっているものの変位は増加し続けるのに対し、杭の変位は减小傾向に転じている。

図-3に、同じく地盤と杭の地表面レベルでの水平変位を、各加振周期ごとに山側と谷側へそれぞれ最大となる変位値で比較して示す。変形が谷側に向かって進む際には杭に比較して地盤の増分変位が大きく、杭の回りを地盤がすり抜ける様な変形をしている。逆に、変形が山側に向かって戻る際には、地盤と杭の増分変形量はほぼ同一、すなわち地盤と杭が一体となって変形する傾向にある。

図-4に、地盤と杭の地表面レベルでの相対変位速度の経時変化を示す。山側から谷側に向かって変形が進む際の相対変位速度は、加振開始後9~13秒の間におおむね140mm/secから30mm/secへ減小しており、加振開始後11秒では80mm/sec程度となっている。

3.2 過剰間隙水圧の経時変化

図-5に過剰間隙水圧(Δu)の経時変化を示す。地盤が流動を開始する加振開始後5秒では、GL-5cmでの過剰間隙水圧比 $R_u(=\Delta u/\sigma'_{v0})$ は1.0に達しているが、GL-15cm以深では $R_u=0.6\sim 0.7$ 程度となっている。GL-15cm以深の過剰間隙水圧は以降の加振で増加し、加振開始後6~7秒で $R_u=0.8\sim 0.9$ 程度に達した後一定となっている。なお、過剰間隙水圧は地盤の水平変位が山側から谷側に向かって最大となる際に急激に低下している。

3.3 杭に作用する流動土圧

図-6にひずみゲージの値から算出した杭に作用する流動土圧の等時刻深度分布を示す。なお、時刻は各加振周期中では谷向き水平変位最大時を選定し、流動開始直後($T=5.15$ 秒)、谷向きの最大変位発生時刻($T=11.69$ 秒)、および加振終了前(18.11秒)について示している。土圧は、地表付近では地盤が杭を谷側に押す方向に、またGL-22~30cm以深では杭の変形を地盤が支持する方向に作用している。谷側に押す方向の流動土圧は、GL-7.5cmで加振開始後約11秒に最大となり、0.6kgf/cm程度となっている。

4. まとめ

今回の実験結果より、斜面勾配5%の液状化地盤では加速度125gal、過剰間隙水圧比 $R_u=0.6\sim 1.0$ 程度で地盤流動が開始していることがわかった。

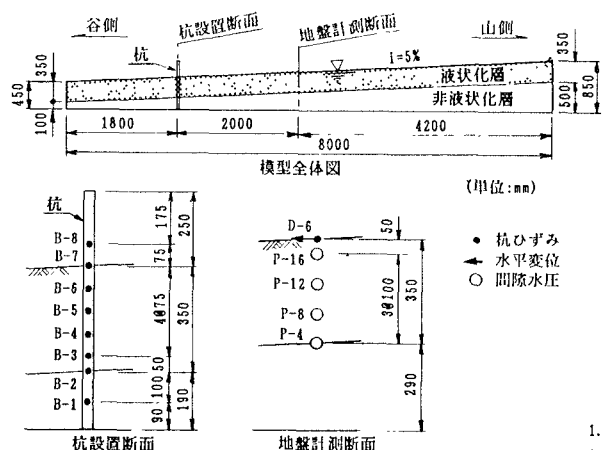


図-1 模型の概要

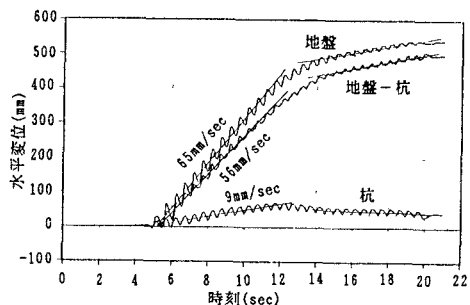


図-2 地盤と杭の地表面レベルでの水平変位の経時変化

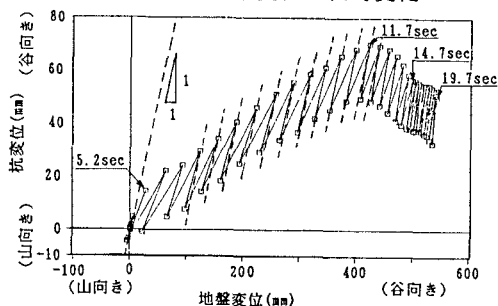


図-3 地盤と杭の地表面レベルでの水平変位の比較

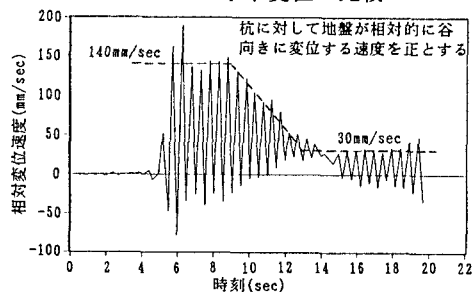


図-4 地盤と杭の地表面レベルでの相対水平変位速度の経時変化

また杭に対する流動力は、地盤が流動を開始する直前まではほとんど作用しておらず、地盤流動開始後杭の周囲を地盤がすり抜ける状態で漸増し、過剰間隙水圧比 $Ru=0.8\sim 1.0$ (ただし杭の周囲を地盤がすり抜ける瞬間にはこの値は小さくなる)、杭と地盤の相対変位速度が 80mm/sec 程度で 0.6kgf/cm 程度 (杭外径 22mm) の最大値に達した後、相対速度の減小と共に低下していくことがわかった。

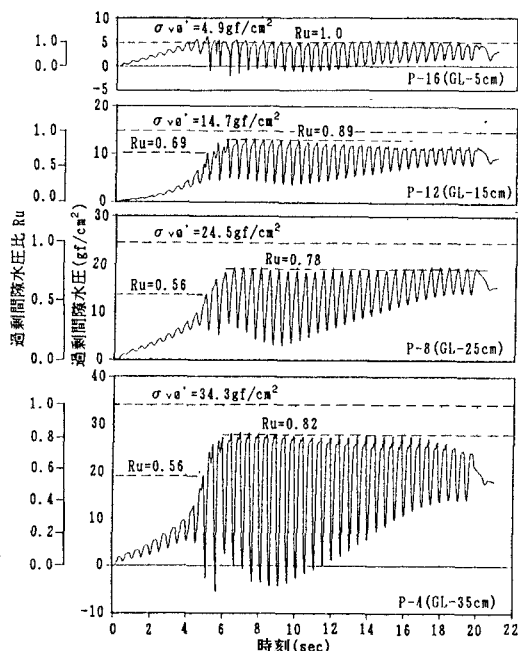


図-5 過剰間隙水圧比の経時変化

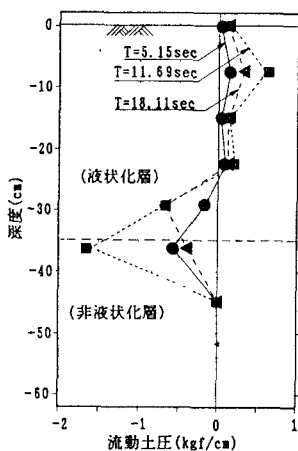


図-6 杭に作用する流動土圧の深度分布

参考文献

- 1) 松本, 常田, 佐谷: 液化に伴う地盤の流動特性に与える境界条件の影響の検討, 第21回地震工学研究発表会