

### Ⅲ-42 液状化地盤における杭の水平地盤反力特性の特徴

中央コンサルタンツ（元・愛媛大学大学院） 正会員 ○ 込山 貴士  
愛媛大学工学部 フェロー 森 伸一郎

#### 1.はじめに

兵庫県南部地震では、埋立地などで大規模な液状化が発生し、多くの杭基礎構造物が被害を受けた。特に杭基礎の地中部分におけるひび割れや損傷などの被害が多く見られた。その原因として、地盤の液状化と側方流動によると考えられるが、液状化した地盤中の杭の水平地盤反力特性は未解明であり、その研究が必要である。本研究では、せん断土槽と振動台を用いた振動実験を行い、液状化地盤中における単杭の水平地盤反力特性について検討した。

#### 2.実験概要

模型実験は、飽和地盤に設置した先端固定、頭部自由の単杭の頭部にフーチングを載せて、正弦波で加振して液状化状態での杭の地盤反力特性を推定するものである。

図-1 に振動実験の概略を示す。せん断土槽のサイズは、長さ50 cm、幅20 cm、高さ42 cmである。模型杭は、外径2.1 cm、長さ50 cm(埋設長さ30 cm)、ヤング係数  $E=3.22 \times 10^6$  kPa の中空アクリルパイプを用いた。入力波は低周波の正弦波で5 Hz、加速度は  $50 \text{ cm/s}^2$  とし、10秒間加振した。模型地盤には、豊浦砂を用いて、水中落下法で相対密度40%程度の緩詰め地盤を作成した。地表面から高さ10 cmの杭頭部に重さ1 kgのステンレス製のフーチングを設置した。杭の曲げひずみを測定するために、ひずみゲージを杭の外側に1対2枚で貼付した。地表面から3.5 cm間隔で計10断面において測定した。

また、土槽底部の入力加速度、地盤内の中・表層地盤の応答加速度、フーチングの加速度を測定するために加速度計②を用いた。地盤内の間隙水圧を測定するため、間隙水圧計も用いた。測定項目は、ひずみゲージによる10断面での杭の曲げひずみ、加速度計による地盤内加速度3点、杭頭のフーチングの加速度1点、間隙水圧計による間隙水圧2点である。

杭の水平地盤反力の推定法<sup>1)</sup>を述べる。測定された杭の曲げひずみに杭材料の曲げ剛性(EI)を乗じて曲げモーメントに変換し、5次多項式で近似する。弾性梁の基本方程式に基づき、曲げモーメントを2回の微積分してそれぞれ水平地盤反力、水平変位を推定する。積分の境界条件として、杭先端固定条件から杭先端の変位と傾斜角を0とした。

#### 3.実験結果

図-2 に加速度、間隙水圧の時刻歴を示す。この図から、7.5 sあたりで液状化すると、深さ5 cmの加速度は入力波に比べ小さくなっている。フーチング加速度についても、地盤が液状化するとともに小さくなり、その後は定常的な振動状態となっている。間隙水圧は、実験の初期状態からの過剰な分を測定しているの、過剰間隙水圧としている。深さ20 cmでは、過剰間隙水圧の上昇が見られ、液状化し

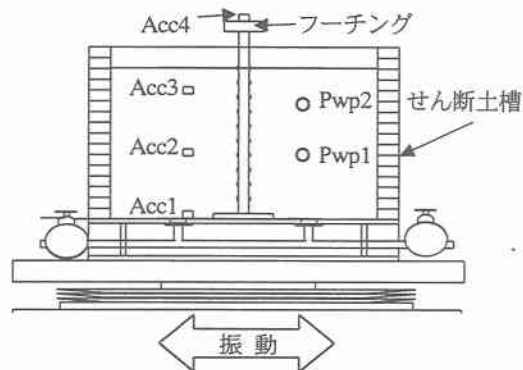


図-1 振動実験に用いた実験装置

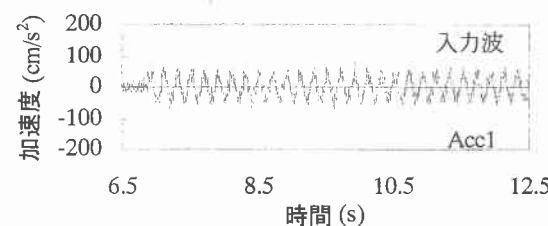
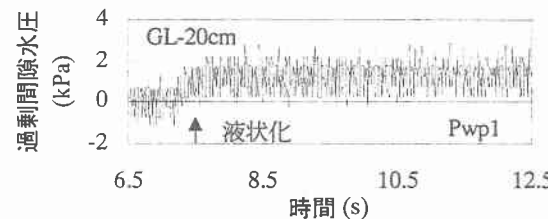
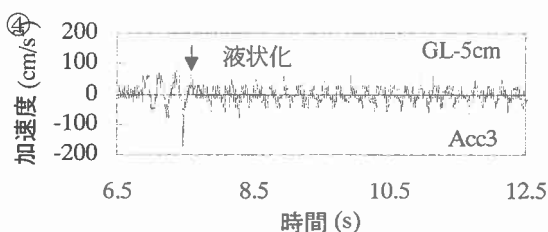
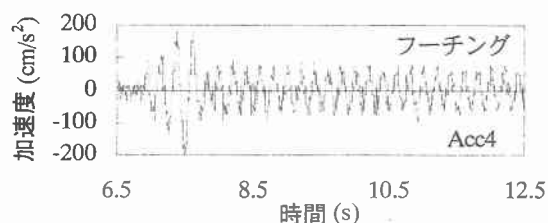


図-2 加速度、間隙水圧の時刻歴

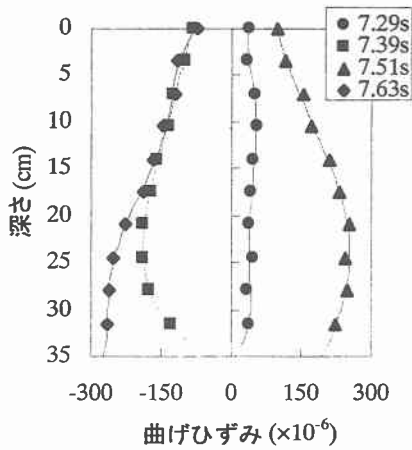


図-3 曲げひずみと近似曲線

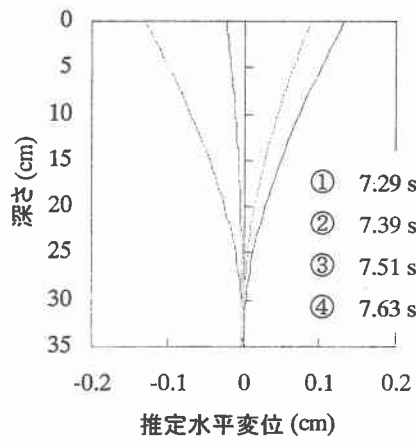


図-4 推定された水平変位

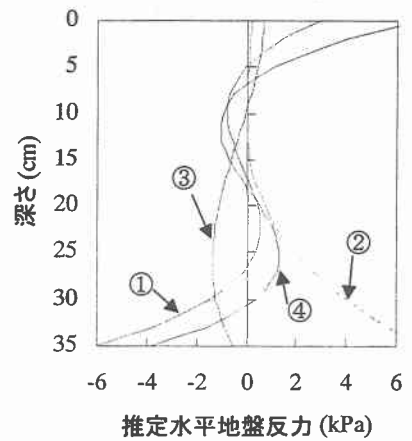


図-5 推定された水平地盤反力

ているのが確認できる。

また、図-2 の波の山である 7.29, 7.51 s, 谷である 7.39, 7.63 s について深さ方向のひずみ分布から水平地盤反力と水平変位の推定を行った。図-3 に曲げひずみと近似曲線を示す。この図から、ひずみの最大値は深さ 25 cm 付近に現れていることがわかる。図-4 に推定された水平変位を示す。この図から、杭の深さ 30 cm 程度の深部まで変位していることがわかる。地盤が液状化し、横方向の支持力が期待できないためと思われる。図-5 に推定された水平地盤反力を示す。測定点の両端部を除く推定の適用範囲とした部分を見ると、地盤反力には大きな変化が見られない。

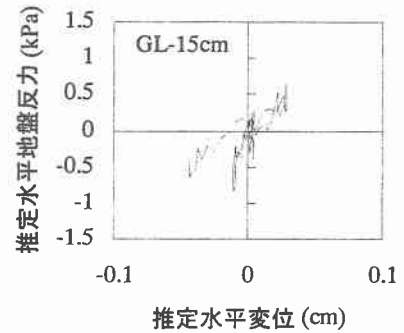
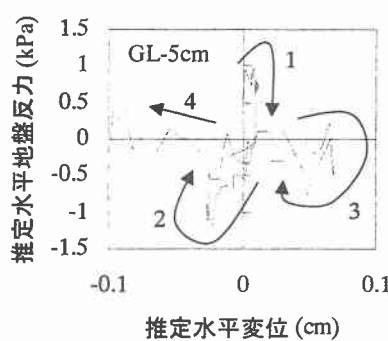
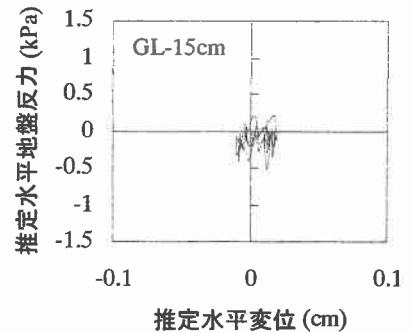
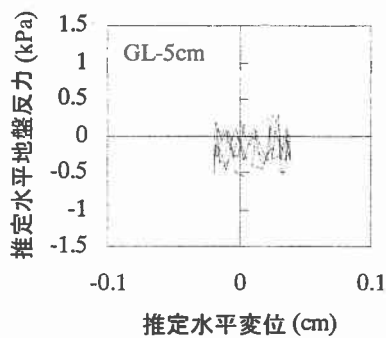


図-6 液状化時(7.2~7.5 s)の深さ 5, 15 cm の水平地盤反力-変位関係



地盤が液状化をおこす時と、図-7 液状化後の定常状態(12.0~12.5 s)の深さ 5, 15 cm の水平地盤反力-変位関係 液状化後の定常状態における 2

つの p-y 関係を細かく見ることにする。図-6 に液状化時(7.2 ~ 7.5 s)の深さ 5, 15 cm の水平地盤反力-変位関係を示す。この図から、液状化状態になるとそれまでの地盤反力に関する剛性を急激に失い、地盤反力はほぼゼロとなり変位は大きくなることわかる。図-7 に液状化後の定常状態(12.0 ~ 12.5 s)の深さ 5, 15 cm の水平地盤反力-変位関係を示す。この図から、定常状態においては、地盤反力、変位ともに微小となることわかる。

#### 4. 結論

液状化地盤中における単杭の動的な振動実験を行い、水平地盤反力-変位関係の推定を行った。その結果、液状化した後、杭の曲げひずみは小さくなり、定常な揺れとなる。推定された p-y 関係から、液状化状態に移行するとき地盤反力はほぼゼロとなり、変位は大きくなることわかった。

参考文献 1) 森伸一郎, 込山貴士: 杭の地盤反力-変位関係の推定と推定方法の検証, 土木学会第 55 回年次学術講演会概要集, III, CD-ROM, 2000.9