

液状化による流動が杭基礎に及ぼす影響に関する模型振動実験

五洋建設(株) 正会員 田村 保
正会員○吉田 誠

1. はじめに

1995年兵庫県南部地震では、液状化による側方流動により地盤が大変形し、地中構造物が大きな被害を受けた。近年、兵庫県南部地震のようなレベル2地震動に対して、構造物を損傷させないという従来の設計法には限界があることから、構造物の非線型性を考慮した性能設計法が近い将来導入されようとしている。

本研究は、杭基礎の模型振動実験を行うことにより、液状化による側方流動が杭基礎に与える影響に関するメカニズムを明らかにし、杭基礎に関する性能照査手法を開発することを目的としている。

2. 実験概要

本実験に用いた土槽は、長さ2m、幅1m、高さ1mの箱形の剛土槽である。その土槽を長手方向に沿ってまたぐように門型ラーメン構造の鋼角柱を設置し、その鋼角柱水平部材の下面に模型杭3本を土槽内にぶら下げた状態で剛結合した。模型杭はそれぞれ直径が32、48、76mm、肉厚が3.5mm、4.0mm、4.5mmで長さが1.33mの硬質塩化ビニル管（ヤング率 $E=3.25 \times 10^9 \text{N/m}^2$ ）を用いた。土槽内に相馬珪砂（5号）を水中落下法により投入して層厚0.9mの飽和地盤を作製した。地盤の相対密度は約30%である。土槽および地盤内に加速度計、水圧計、変位計をそれぞれ所定の位置に設置した。また杭に作用する外力を測定するためひずみゲージを模型杭の表面に接着した。図-1に実験模型図および計測機器配置図を示す。また表-1に計測機器の計測内容を示す。本実験では、地盤を液状化させるために流動直角方向（図-1の紙面左右方向）に加振波として5Hz、130波、100Galの正弦波を用い、地盤が液状化しているのを確認した後に側方流動を発生させるため流動方向（図-1の紙面直角方向）に加振波として0.5Hz、12波、60Galの正弦波を用いた。表-2に加振条件を示す。

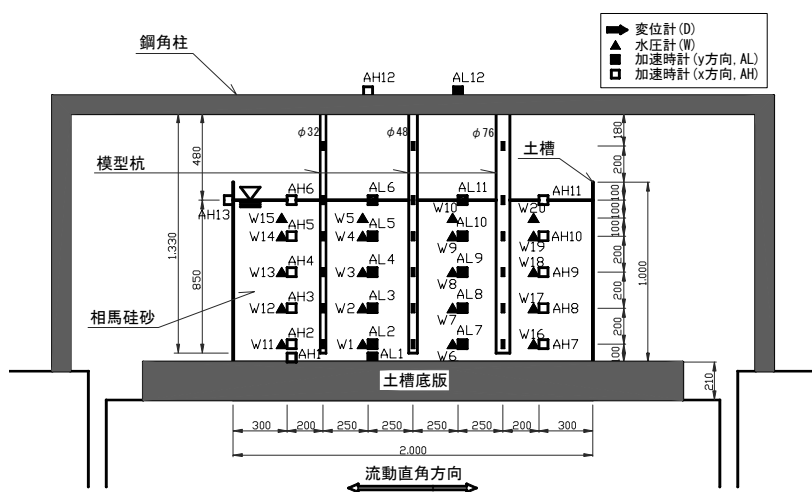


図-1 実験模型図及び計測機器配置図

表-1 計測機器の計測内容

センサ名	計測内容
加速度計	・入力加速度(x、y方向、各1個) ・地盤内部応答加速度(x、y方向、各5個×2列) ・土槽応答加速度(y方向、1個)
間隙水圧計	・杭近傍地盤内部過剰間隙水圧(5個×2列) ・杭遠方地盤内部過剰間隙水圧(5個×2列)
ひずみ計	・杭のひずみ(6個×3本分)
変位計	・土槽上下部水平応答変位(y方向、各1個)

注)x方向とは土槽長手方向(流動直角方向)、y方向とは土槽短手方向(流動方向)

表-2 加振条件

入力方向	波形	振動数	最大加速度
流動直角方向(X方向)	正弦波130波	5.0Hz	100Gal
流動方向(Y方向)	正弦波12波	0.5Hz	60Gal

Keyword 液状化, 杭基礎, 模型振動実験

連絡先: 〒329-2746 栃木県那須郡西那須野町四区町 1534-1 tel: 0287-39-2111 fax: 0287-39-2133

3. 実験結果及び考察

図-2にX方向入力加速度（流動直角方向）、Y方向入力加速度（流動方向）、過剰間隙水圧比、地盤加速度、地盤速度、地盤変位および著計32mmの杭頭曲げモーメントの時刻歴波形を示す。なお地盤速度は加速度計で測定された地盤加速度を積分したものであり、地盤変位は地盤速度を積分したものである。また杭の曲げモーメントはひずみゲージで測定されたひずみから算定したものである。なお図-2中の過剰間隙水圧比、地盤加速度、地盤速度および地盤変位については地盤下部（実線）と地盤上部（破線）の時刻歴波形を重ねて表示している。図-2のc)過剰間隙水圧比の時刻歴をみると、X方向の加振開始直後に値が1.0に近い値を示しており地盤が完全に液化化していることが分かる。一方g)杭頭（杭結合部付近）の曲げモーメントの時刻歴をみると、地盤加速度の時刻歴と相似形であり、杭に作用する外力は地盤加速度による影響が支配的であることが示唆される。

図-3に、図-2で曲げモーメントが最大の時（図-2中の一点鎖線、時刻8.5秒と26.5秒）の直径32mmの杭の曲げモーメント分布を示す。図-3をみると、杭頭（杭上部剛結合付近）の曲げモーメントと地盤中の曲げモーメントの正負が反対になっていることがわかる。先程の時刻歴の結果から杭頭部における曲げモーメントは地盤の加速度に依存していることが示唆されたが地盤内部における杭の曲げモーメントは逆に地盤の変位による影響が支配的なのではないかとと思われる。

4. まとめ

飽和地盤にある杭基礎について加振により地盤を液化化させさらに流動を発生させる模型振動実験を行った。その結果以下の知見が得られた。

- 1) 杭頭（杭結合部付近）の曲げモーメントの時刻歴をみると、地盤加速度の時刻歴と相似形であり、杭に作用する外力は地盤加速度による影響が支配的であることが示唆される。
- 2) 逆に地盤内部における杭の曲げモーメントは地盤の変位による影響が支配的なのではないかとと思われる。

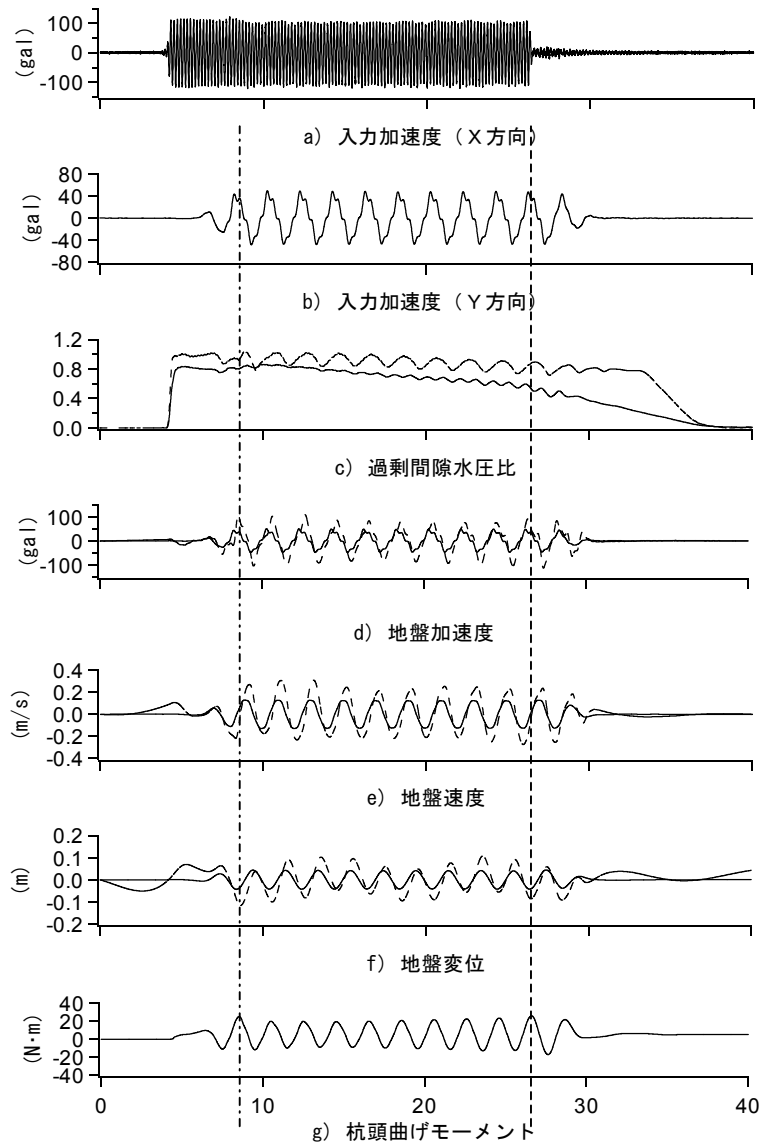


図-2 実験結果（時刻歴波形）

