

矢板護岸と背後地盤の杭基礎の大型側方流動実験に関する遠心振動実験によるシミュレーション

独立行政法人 防災科学技術研究所 正会員 ○佐藤正義
(株)東京ソイルリサーチ 正会員 阿部秋男

1. まえがき

遠心振動実験は、地盤の応力とひずみの基本的な相似則を満足できているが、土粒子の粒径や地盤振動時のひずみ速度の相似則は満足できない等の問題や通常の遠心振動実験では想定する実物に対して数十分の1のモデル化が行われるため、モデル化において簡略化したモデルとならざるおえない部分がある。その実験結果として得られるものが、実際の地盤と構造物の地震時挙動をどの程度再現できるかをチェックすることは非常に重要であるが、地盤の地震時挙動に対する問題を取り扱った現象に対しては、検証が十分とは言えない。これまで、過去に例をみない大型のせん断土槽を用いた乾燥砂の実験、飽和砂の実験および乾燥砂を用いた杭基礎の実験を実物とみなし、これを縮小したモデルによる遠心振動実験を行い、実物の再現実験を行う場合の問題点を検討してきた。ここでは、その一環として実施した矢板護岸と背後地盤の杭基礎の大型側方流動実験に関する遠心振動実験によるシミュレーションについて報告する。

2. 振動実験の概要

(1) 大型側方流動実験

大型せん断土槽を用いた側方流動実験は、防災科学技術研究所（つくば）の振動台（サイズ：15m×14.5m、最大搭載質量：500 t）で行った。土槽の内寸法は長さ11.6m×幅3.1mであり、土槽の高さは最大6mが可能であるが今回は5m、地盤高さは4.5mとした。図1に大型せん断土槽実験の試験体および計器配置を示す。地盤材料は、霞ヶ浦近くの銚田で採取した川砂（ $\rho_{\max}=1.74\text{t/m}^3$, $\rho_{\min}=1.39\text{t/m}^3$, $D_{50}=0.27\text{mm}$, $U_c=3.4$, $F_c=3\%$ ）を自然乾燥状態の少し湿った状態で用い、地盤は砂をホッパーに入れ、高さ1mで水中に落下させて作製した。実験開始時における地盤の平均密度は相対密度 $D_r=45\%$ 、含水比は $w=11\%$ である。構造物は、長方形の鋼板を積み重ねた剛体（長さ1.8m×幅1.2m×高さ0.6m、重量10.5t）、杭本数は4本で鉄筋コンクリート杭（外径150mm、長さ4.5m、D6の主筋6本）である。杭の境界条件は、杭下端を土槽底板にピン結合し、杭頭は構造物に剛結しようとしたが固定度が甘いためピン結合に近い状態となった。護岸矢板は、LSP2型、長さ $l=3,600\text{mm}$ 、護岸高さ1300mmである。地盤内の加速度計と間隙水圧計は、地盤に設置した筒状の柔なプラスチックネットに取付けた。杭の曲げひずみを測定するため鉄筋の表面にひずみゲージを貼り、護岸矢板にも表面にひずみゲージを貼った。加振は、正弦波の繰り返し5波であるが前後に漸増・漸減が3波ずつあり、加振周波数4Hz、最大部分の加速度は約470galである（図2のAcc-Table）。実験開始前に地盤の特性を把握するため、常時微動測定が実施しており、その結果による地盤の固有振動数は5Hzであった。

(2) 遠心振動実験

遠心振動実験に用いたせん断土槽は、大型せん断土槽と相似な形状をしており、内寸法は長さ80cm×高さ41cm×幅23cmであり、図1に示す大型側方流動実験の試験体を縮尺比1/15でできるだけ精密にモデル化した。模型地盤の試料は大型振動実験と同一の砂を用い、地盤の作成方法も同一の方法とした。透水性の相似則を満足させるため、間隙流体には水の15倍の粘性（15cs）をもつシリコンオイルを用いた。基礎杭のモデル化では、大型実験に用いた鉄筋コンクリート杭をそのまま縮小したものを作成できなかったため、RC杭の初期の曲げ剛性に関する相似則を一致させた鉄パイプを用いた。

3. 実験結果の比較

図2に、フーチングおよび地盤の加速度、過剰間隙水圧、振動台入力波の時刻歴について遠心振動実験と大型振動実験の比較を示す。遠心振動実験の入力波形は、大型振動実験と当然波形の形状は一致しているが正弦波の加速度振幅は大型実験が約470ガルであるのに対し、遠心実験では約320ガルと30%程小さくなった。地盤液状化の遠心振動実験

キーワード 液状化，側方流動，護岸矢板，杭基礎，大型せん断土槽実験，遠心振動実験

連絡先 〒673-0515 兵庫県三木市志染町三津田西亀 1501-21 独立行政法人 防災科学技術研究所 兵庫耐震工学研究センター
Tel. 0794-85-8956、E-mail: m.sato@bosai.go.jp

では、目標とする入力加速度を精度良く再現することは難しいといえる。フーチングと地盤の加速度においては両実験ともに加振の3波目くらいで液状化にいたっており、両者の加速度応答が減少している傾向は概ね一致していると言える。過剰間隙水圧については、遠心実験の方がやや小さく水圧上昇過程において振動成分が発生している。図3は矢板護岸とフーチングの変位時刻歴の比較を示している。加振時間は約2～5秒であり、矢板護岸の変位には5秒以後も液状化に伴う側方流動により地盤の変形が継続して発生する現象を、大型実験のみならず遠心実験においてもある程度は再現出来ている。加振中の変位は、矢板護岸とフーチングともに遠心実験の方が大型実験よりも大きいですが、最終変位は両者とも一致している。

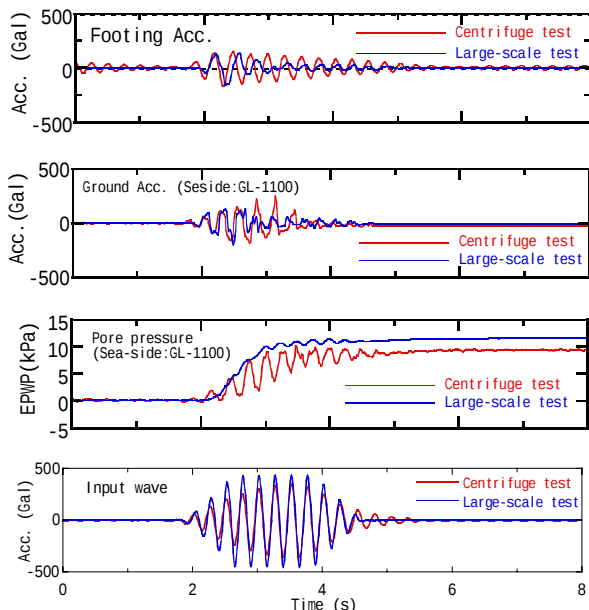


図2 フーチングおよび地盤加速度と過剰間隙水圧の比較

図4に矢板護岸側にある杭(Pile-A)の曲げひずみの深度分布の比較を示す。時刻2.4秒と2.6秒は加振初期の液状化していない状態であり、時刻5.0秒は地盤が完全に液状化して加振が終了し杭の曲げひずみが大きな値を示した時間である。時刻2.4秒と2.6秒において遠心実験と大型実験の曲げひずみ分布の形状はかなり異なっている。大型実験では杭頭がピンに近い挙動をしているのに対し、遠心実験では杭頭が剛結の挙動をしている。また、時刻5.0秒における分布もかなり異なっている。GL-2000mmにおいて大型実験は遠心実験に比較して非常に大きな値を示しているが、これは使用した杭の材質の

違いが現れたためと考えている。すなわち、大型実験はRC杭を用いたためコンクリートのクラックが発生したことによと考えられる。

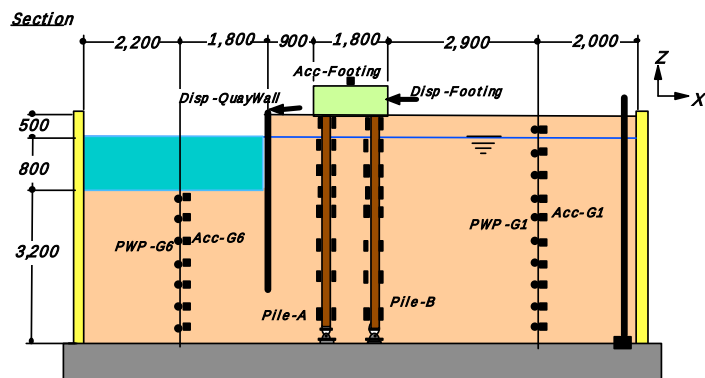


図1 大型せん断土槽による側方流動実験の試験体

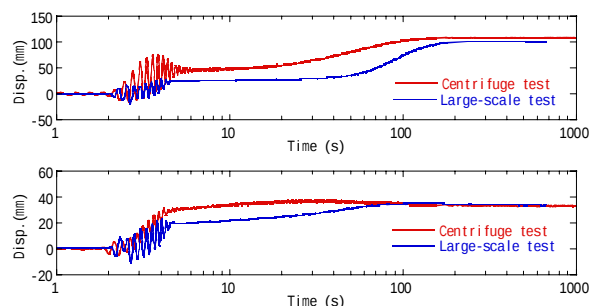


図3 矢板護岸とフーチングの変位時刻歴の比較

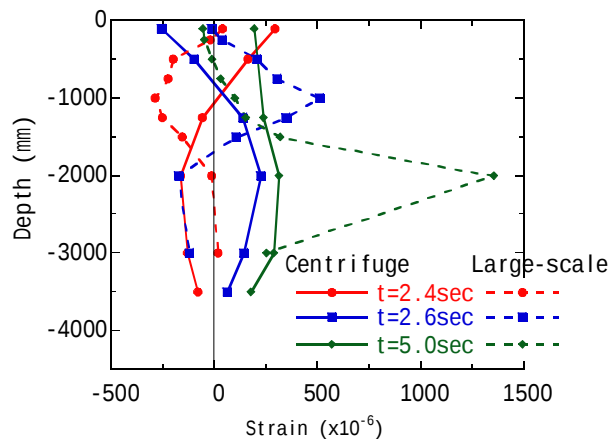


図4 矢板護岸側の杭の曲げひずみ深度分布の比較

4. まとめ

遠心振動実験で大型側方流動実験をどの程度再現できるかを検討した。その結果、液状化時の基礎のフーチングと地盤の加速度応答は概ね再現でき、地盤の変形が加振終了後も継続して発生する現象を、大型実験のみならず遠心実験においてもある程度は再現できたが、杭の曲げひずみにおいては、遠心実験モデル化の問題で再現出来なかった。