

### 1g 場と遠心場における液状化地盤の応答特性

(株)大林組技術研究所 正会員 樋口俊一  
 正会員 佐藤 清  
 正会員 松田 隆

#### 1. はじめに

地盤の非線形応答特性に関する実験的再現手法として、遠心実験は比較的明瞭な相似則が存在するため、1g 場での振動台実験より有利である。本研究では、その相似則の定量的な検証に関して、大型振動台実験結果を一つの実物として、それに対応する遠心実験を比較することによって検討を行った。本報は、飽和地盤における液状化現象に関する検討結果を述べる。

#### 2. 実験の概要

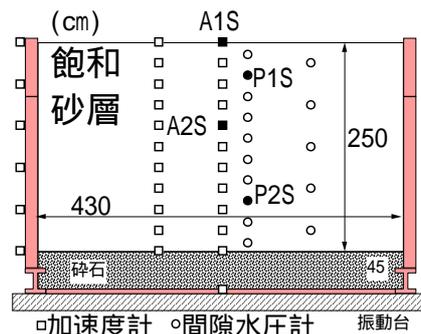
本研究では1g場の大型振動台実験と、遠心重力10g(98m/s<sup>2</sup>)場における遠心振動実験を実施した。1g場実験で用いた地盤は、図-1(a)に示す深さ2.95m、長さ4.3m、幅3.0mのせん断土槽内に作製し、そのうち上層2.5mを飽和砂層(6号珪砂:D<sub>50</sub>=0.22mm, Gs=2.64, Dr=50%)で下層0.45mが碎石による支持層である。これに対応する遠心模型地盤として、遠心重力10gにおいて1:1に対応する縮尺1/10の地盤を遠心実験用せん断土槽内に作製し、回転半径7.00mの遠心実験装置に搭載して振動実験を実施した(図-1(b))。遠心模型実験においては、主に液状化現象に対する地盤の透水性の影響について比較・検討するため、表-1に示すように、間隙流体に粘性流体(10csシリコンオイル)を用いた場合、間隙流体に水を用いるが、粒径の小さな砂(8号珪砂:D<sub>50</sub>=0.06mm, Gs=2.65, Dr=40%)で液状化地盤を作製し透水係数を小さくした場合について比較実験を実施した。なお、粒径(D<sub>20</sub>)より推定した8号珪砂の透水係数は6号珪砂のおよそ1/40である。

入力地震動には兵庫県南部地震におけるポ-トタイプD波を用いたが、最大加速度振幅は200cm/s<sup>2</sup>とした。遠心実験においては相似則に従い、加振振幅を10倍に、加振時間を1/10とした。図-2にそれぞれ振動台上で実測された加振波形の加速度応答スペクトルを示す。遠心振動台では制御振動数及び振動変位の限界から、周期T=0.4秒(10g場での振動数換算25Hz)以上での長周期成分が1g振動台と比較して小さい。なお、本報では遠心実験で計測された加速度等の物理量はすべて1g場に換算して議論することとする。

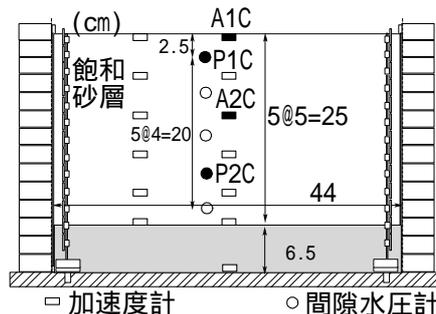
模型地盤内部には液状化時の地盤の応答性状を把握するため、図-1に示すように加速度センサーと間隙水圧計を設置した。以下、実験結果の考察では図中にて黒く塗りつぶした代表的な計測点の応答を中心に述べる。

表-1 遠心模型実験ケース

ケース	1	2	3
液状化層	6号珪砂, Dr=50%	6号珪砂, Dr=50%	8号珪砂, Dr=40%
間隙流体	水	シリコンオイル 10cs	水



(a) 1g大型振動台模型



(b) 10g遠心模型

図-1 液状化地盤模型

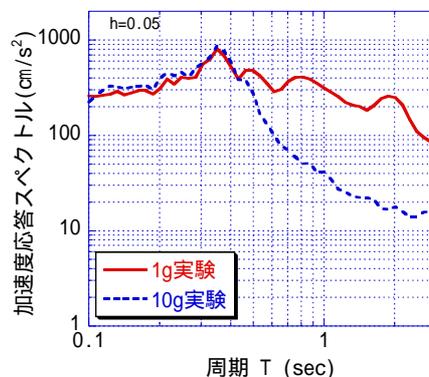


図-2 入力地震動の加速度応答スペクトル

Keywords: 振動台実験, 遠心模型実験, 液状化, 地震応答, 相似則

連絡先: (株)大林組技術研究所土木耐震構造研究室 郵便番号 204-0011 東京都清瀬市下清戸 4-640

Tel.0424-95-0947, Fax.0424-95-0909, e-mail higuchis@tri.obayashi.co.jp

### 3. 実験結果

#### (1) 地盤の間隙水圧応答

図-3に各遠心実験ケースの地盤内過剰間隙水圧比(P2C)と1g振動台実験の地盤内過剰間隙水圧比(P2S)の経時変化を比較した。見掛けの透水係数が大きいケース1では過剰間隙水圧が蓄積せず、地盤は液状化状態にならなかった。間隙流体の粘性係数を調整して透水係数の相似を満足させたケース2と、砂の粒径を小さくして透水条件を近づけたケース3では地盤内の過剰間隙水圧比がほぼ1.0に達し、地盤が液状化状態になった。ケース2,3ともに間隙水圧の蓄積過程において、遠心実験は1g実験と比較してt=4秒付近で一旦上昇速度が鈍るが、これは図-2で議論した遠心振動台の加振波形の長周期成分が1g振動台よりも小さいことに起因するものと考えられる。ケース2において水圧の消散の開始は10g実験の方が早く消散に要する時間も短くなっている。一方ケース3では遠心実験での水圧消散は非常に遅い。これは8号硅砂の透水係数が相似則で決まる値より小さいことと、細粒分含有率が比較的大きい(FC=15%)ことに起因するものと考えられる。

#### (2) 地盤の加速度応答

図-4に遠心実験における地盤の応答特性を比較するため、振動台入力に対する地盤各部の最大応答加速度の比を示した。地盤が液状化したケース2,3はほぼ同様の応答を示しているのに対し、地盤が液状化しなかったケース1では表層付近の応答が比較的大きい。

図-5に各遠心実験ケースでの地表面加速度波形(A1C)と1g大型振動台実験における地表面加速度波形(A1S)を比較する。ケース1では地盤が液状化していないため、全時刻において遠心実験で大きな加速度応答が見られる。一方、ケース2,3の応答加速度は、地盤の液状化に伴い振幅が減少する。また、過剰間隙水圧比の経時変化から地盤が完全に液状化したと考えられるt=5秒以降の応答波形は1g実験と遠心実験でほぼ一致しており、加速度応答の相似性が確認できる。ただし、1g実験ではパルス的な加速度が生じており、その要因として地盤自体が軟化に伴いロッキング状態となり、側壁に衝撃的な振動を与えた影響が考えられる。

### 4. まとめ

飽和地盤における液状化現象に関し、大型振動台実験結果を一つの実物として、それに対応する遠心実験を比較し、相似則の定量的な検証を行った。その結果、透水性に関する相似則を満足した場合、地盤の加速度応答について相似性が再現できることがわかった。ただし、間隙水圧の消散過程については1g実験と遠心実験は一致しなかった。この点の相違に付いては、先に述べた1g実験でのロッキング振動の影響も考えられるため、より短い周期の入力地震動による検討を実施する予定である。

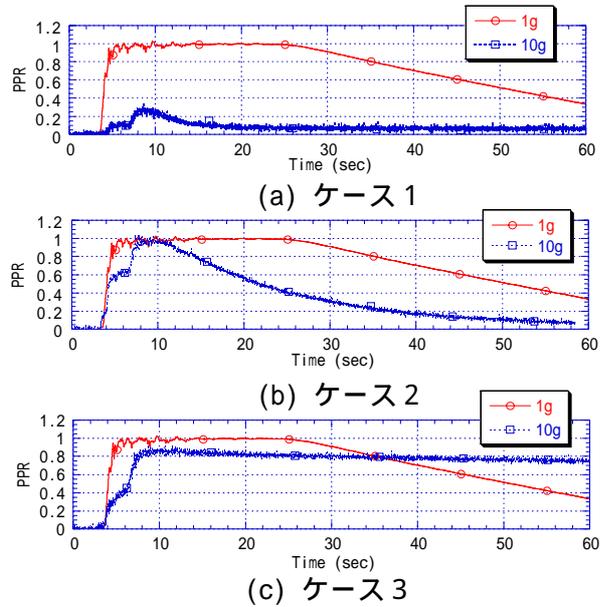


図-3 各遠心実験(10g)ケースの地盤内過剰間隙水圧比(P2C)と1g振動台実験の地盤内過剰間隙水圧比(P2S)の経時変化の比較

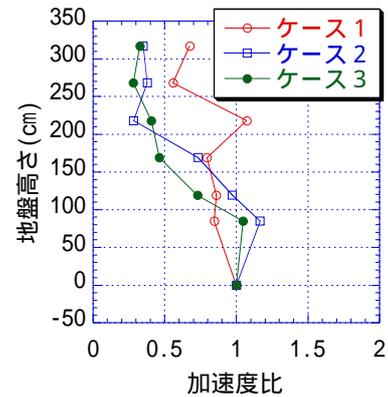


図-4 遠心実験での地盤の最大応答加速度比

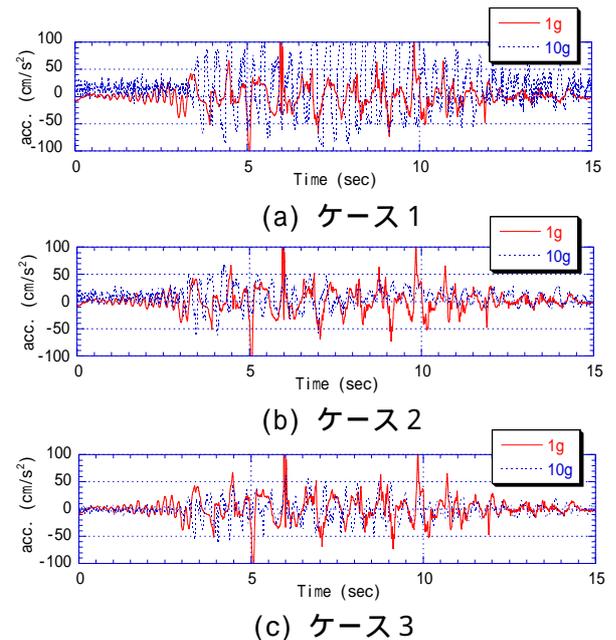


図-5 各遠心実験(10g)ケースの地表面加速度(A1C)と1g振動台実験の地表面加速度(A1S)の波形比較