

## 液状化地盤における地盤変形を考慮した模型振動実験

独立行政法人土木研究所 正会員 ○小野 和行 田村 敬一  
 国土技術政策総合研究所 正会員 小林 寛  
 独立行政法人土木研究所 正会員 谷本 俊輔 鈴木 貴喜

### 1. はじめに

過去に経験した多くの震災事例から液状化地盤における杭基礎の被害が報告されているが、近年その中で、杭頭部以外の杭中間部・深部（液状化層と非液状化層との境界付近）においても被害が確認されている。これらの原因が、上部構造物の慣性力以外に地盤の液状化に伴う地盤変形によるものであることが種々の研究<sup>1)</sup>で報告されている。しかし、液状化時の地盤変形に関する影響については未解明な点が多く、定量的に評価するまでは至っていない。そこで本研究では地盤変形を考慮した振動台実験を行い、液状化地盤において地盤変形が杭基礎に及ぼす影響について検討を行った。

### 2. 実験概要

図 1 に実験模型の概要及び計測器配置を示す。実験は、独立行政法人土木研究所の大型振動台（長さ 8m × 幅 6m）の上に内寸長さ 1.5m × 幅 0.75m × 高さ 1.0m のアルミ製せん断土槽を設置し実施した。土槽内には地盤変形による土圧を精度よく計測するために、振動台上に設置した反力フレームに杭頭を固定、杭先端も土槽底面に固定した中実角鋼（50mm）を剛体杭模型として配置した。

計測項目は、せん断土槽のフレーム及び地盤の加速度、杭に作用する土圧、地盤の間隙水圧、せん断フレームの水平変位とした。地盤材料には豊浦砂を用い、上層地盤（液状化層）及び下層地盤（非液状化層）の 2 層地盤とし、相対密度は各々約 40,80% に設定した。実験毎に土槽底面から 30cm の位置に配置したパイプにより水を供給し、ボーリングを行い所定の相対密度になるように飽和地盤を作成した。また、加振波形は正弦波 8Hz・200gal（目標）とし、加振時間は 10 秒で前後 1 秒のテーパを設けた。

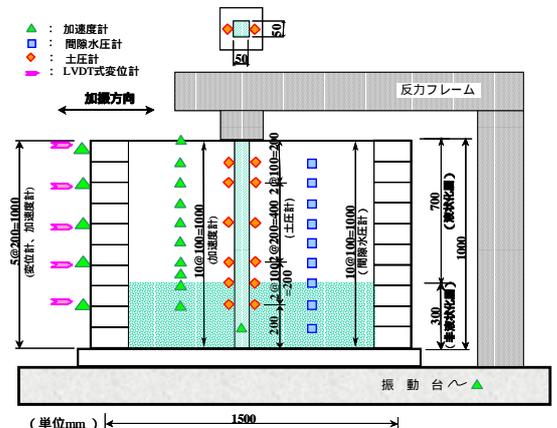


図 - 1 実験模型の概要及び計測器配置

### 3. 実験結果

図 2 に過剰間隙水圧比  $Lu$  の時刻歴を示す。これより過剰間隙水圧比は加振開始直後、一気に上昇し上層地盤 GL 0.2, 0.4, 0.6m では液状化していることが分かる。下層地盤 GL 0.7, 0.8m では、同様に  $Lu$  ( $Lu_{max}$  0.85 程度) の上昇が確認されるものの液状化までは至っていない。

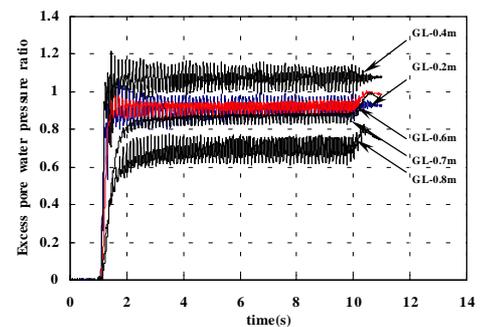


図 - 2 過剰間隙水圧比の時刻歴

図 3 に上層部 GL 0.2m、及び下層部 GL 0.6m における地盤反力の時刻歴を示す。ここで杭模型に作用する地盤反力は、杭の両面で計測した土圧の差である相対土圧に杭幅を乗じたものとした。GL 0.2m においては、加振開始直後では地盤反力は増加するが、その後  $Lu$  の上昇とともに減少し概ね一定振幅となる。これに対し GL 0.6m での地盤反力は  $Lu$  上昇時に若干の減少が見られるものの、その後は増加し概ね一定振幅となる。その値は GL 0.2m に比べ約 8 倍程度と大きく、有効上載圧の影響を受けているものと考えられる。

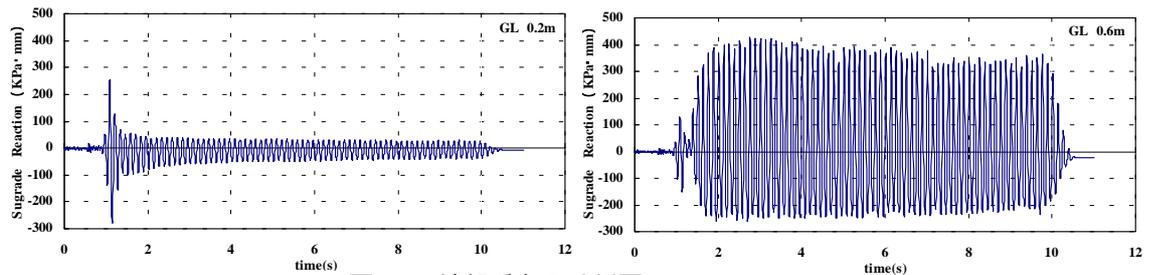


図 - 3 地盤反力の時刻歴 (GL 0.2, 0.6m)

キーワード：液状化地盤、地盤変形、地盤反力、剛体杭模型、2 層地盤

連絡先：〒305-8516 茨城県つくば市南原 1 6, TEL 0298-79-6771 FAX 0298-79-6735

図 4 に地盤反力 変位の履歴曲線を、過剰間隙水圧比  $Lu$  の上昇過程毎に示す。ここで地盤変位は、せん断フレームに設置したLVDT式変位計の計測値とした。GL 0.2,0.4mにおいては、 $0 < Lu < 0.4$  では地盤変位が小さいが、大きな地盤反力が発生している。地盤の剛性は $Lu=0.4$  を境に急激に減少するという結果が報告されている<sup>2)</sup>が、本実験においても $Lu < 0.4$  では地盤変位は増加する一方、地盤反力は減少するという同様の傾向を示している。さらに $Lu$  が上昇する過程で、履歴曲線は楕円形のループとなり地盤反力と地盤変位の間に位相差が生じていることが分かる。GL 0.2,0.4mにおいては、 $Lu > 0.4$  の完全液状化状態では、楕円形の履歴曲線を示しているものの、地盤反力と地盤変位の間には負の相関が確認できる。一方、上層部ほど顕著ではないが、GL 0.6mにおいても類似の傾向が確認できる。これらの結果より、地盤反力は完全液状化状態では地盤変位と負の相関を示し、その傾向は有効上載圧が小さいほど顕著となる。

図 5,6 のそれぞれに最大・最小地盤変位、及び地盤反力の深度分布を示す。地盤変位は、液状化進行とともに増加することが確認できる。一方、地盤反力については液状化層と非液状化層で顕著な違いが確認できる。 $0 < Lu < 0.4$  の場合、全深度概ね同程度の地盤反力が生じているが、 $Lu > 0.4$  の場合はGL 0.6m付近を境に液状化層の地盤反力は減少する一方、非液状化層では増加する傾向が見られる。特に液状化層と非液状化層の層境界GL 0.7m付近では、液状化の進行に伴い杭模型に作用する地盤反力は増加し、上層部が完全液状化状態になった場合に最大値を示すことが確認できる。

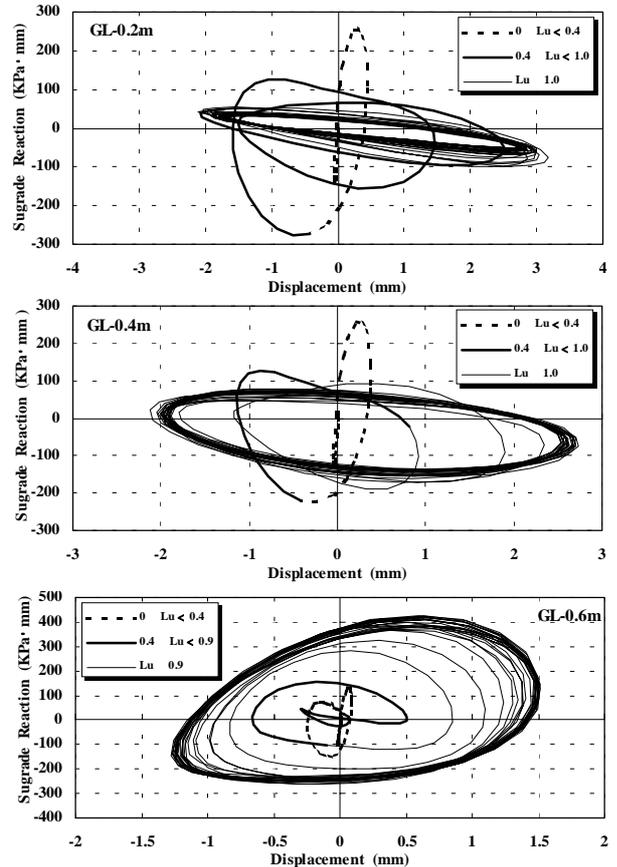


図 - 4 地盤反力 変位の履歴曲線 (GL 0.2,0.4,0.6m)

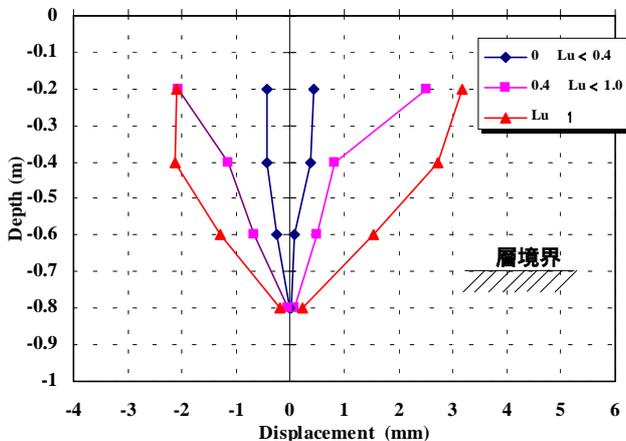


図 - 5 最大・最小地盤変位分布図

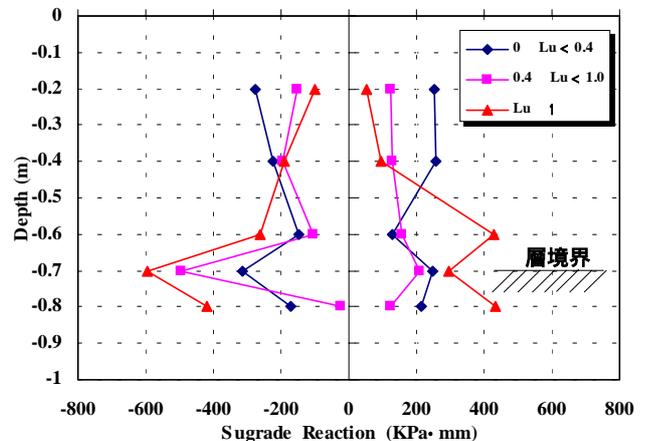


図 - 6 最大・最小地盤反力分布図

#### 4. まとめ

液状化地盤における地盤変形を考慮した振動台実験を行い、過剰間隙水圧と地盤反力 変位関係、及び地盤反力の深度分布状況等を確認し、以下の知見を得た。

- 1) 地盤反力は、過剰間隙水圧比 $Lu=0.4$  付近を境に $Lu$  の上昇に伴い急激に減少し、その傾向は有効上載圧が小さいほど顕著である。
- 2) 完全液状化後は、地盤反力と地盤変位は負の相関を示し、その傾向は有効上載圧が小さいほど顕著である。
- 3) 液状化層と非液状化層境界付近では、液状化の進行とともに大きな地盤反力が生じる。

【参考文献】1)例えば、鈴木,安達：液状化地盤における杭の地盤反力に関する実験的検討，第36回地盤工学研究発表会講演論文集，2001年6月 2)田村,東,小林,森光,佐藤：液状化による水平地盤反力の低減に関する実験的研究，土木研究所資料 第3697号，2000年2月