

液状化後に発生する時間遅れを伴った流動変形の再現実験

日本大学 学生会員 ○土屋貴一 非会員 長山祐樹

日本大学 正会員 仙頭紀明

1. はじめに

液状化後の流動による被害では、時間遅れを伴った落橋や建物の倒壊、護岸の移動などがある。様々な室内実験により、このような流動現象の再現が試みられたが、振動が終了すると流動変形は停止し、再現例は一部の試験に限られている。そこで本研究では、地表面付近に透水性の低い難透水層が存在する条件下で発生する地盤内の間隙の再配分に着目した。さらに豊田らが提案した緩い砂の応力ひずみ関係の相似則¹⁾²⁾を考慮した実験を実施することで、液状化後に発生する時間遅れを伴った流動変形を再現することを目的とする。

2. 実験概要

地盤モデルは、剛土槽(幅 600 mm×高さ 495 mm×奥行 200 mm)内に作製した(図-1)。地盤材料には東北珪砂 6 号(土粒子密度 2.65g/cm³, $e_{\max}=0.844$, $e_{\min}=0.574$, $F_c=0\%$, $D_{50}=0.3\text{mm}$, $U_c=2.31$)を用いた。含水比を 2%に調整し、湿潤締固め法により、傾斜角 14°の斜面を作製し、斜面上流天端位置まで脱気水を流し、相対密度-20%の超緩詰めめの飽和地盤を作製した¹⁾²⁾。実験ケースを表-1 に示す。ケース 1 は難透水層無し、ケース 2, 3 は難透水層有りの条件とした。難透水層は地表面下 50mm に敷設した。難透水層はビニールシート(ポリエチレン製・幅 600mm, 奥行 200mm, 厚さ 0.015mm)を使用し、砂を表面に塗布するとともに、通水により飽和させるために直径 2mm の穴を 30 個設けた。また地盤内の間隙水圧は図-1 に示す位置で計測した。間隙水圧計(センシズ製:HWT-8V0-020KP-05-100)は容量が 20kPa の超小型のものを使用した。さらに地盤変位を目視及びガラスビーズ(直径 10mm)を用いて測定した。目視による観測には土槽側面に黒色ターゲット(10mm×10mm×10mm)及び乾麺を設けた。ケース 3 ではさらにガラスビーズを地盤内(奥行方向の中央位置)に 32 個配置し、加振前後の移動量から地盤の残留変位を測定した。また、加振波は正弦波 2Hz, 最大加速度 100gal で加振した。波数はケース1, 2 で 4 波, ケース 3 で 2 波入力した。

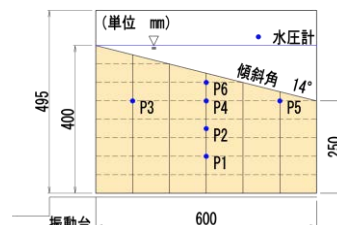
3. 実験結果と考察

写真-1 にケース 1 における振動終了後の変形状況を示す。写真には振動終了時(加振から 4 秒後)の地盤の変形状況を白破線で示した。写真より、振動終了後には地盤は変形していないことがわかる。次に写真-2 にケース 2 の状況を示す。難透水層が存在することでケース 1 よりも大きな流動変形が発生した。ただし加振により地表面がほぼ水平になったために、振動終了後の

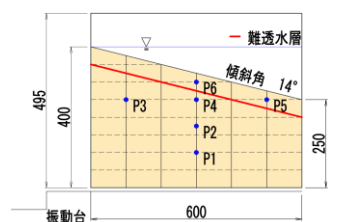
時間遅れを伴った変形は発生しなかった。ケース 1 の過剰間隙水圧の等時曲線を図-2 に示す。図より、ごく浅い位置のみが初期有効上載圧に達していることで液状化していることがわかる。このことから比較的変位が小さかったものと

キーワード 液状化 流動現象 振動台実験

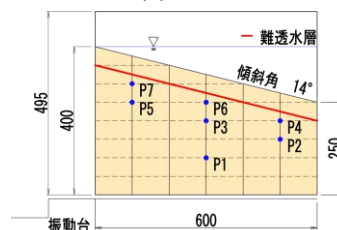
連絡先 〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原 1, 電話 024-956-8710



(a) ケース 1



(b) ケース 2

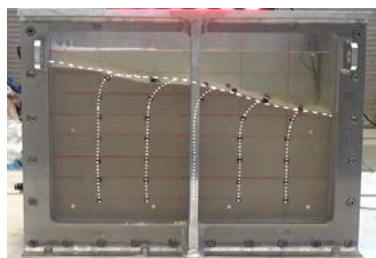
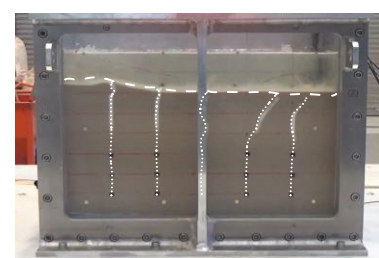


(c) ケース 3

図-1 地盤モデル

表-1 実験ケース

ケース	難透水層	波数
1	無	4
2	有	
3		2

写真-1 振動終了後の変形
(ケース 1 破線:振動終了時)写真-2 振動終了後の変形
(ケース 2 破線:振動終了時)

考えられる。ケース2の結果を図-3に示す。振動開始から2秒後に難透水層直下で液状化状態となり、その後は初期有効上載圧を超える過剰間隙水圧が計測され、高い被圧状態となっていることがわかった。以上のことから、地盤の被圧状態の違いで流動変形に大きな差が生じたものと考えられる。

次にケース3の振動終了時及び振動終了後の変形状況を写真-3に示す。(a)の振動終了時(加振から3秒後)と(b)の振動終了後変形状況の比較より、下流側の地盤が盛り上がり、地中変位も発生していることから、時間遅れを伴った流動変形を確認することができた。ケース3の過剰間隙水圧の等時曲線を図-4に示す。下流側の難透水層直下(P4)は初期有効上載圧を超えており、激しい液状化状態であったとともに、振動終了から約2秒間は高い被圧状態であることがわかる。また、目視では振動終了から約4秒間で地盤の流動変形を確認できた。次に地盤の残留変位を図-5に示す。図より難透水層直下の地盤は下流側で大きく変形していることがわかる。これは先述の下流側の高い被圧状態によるものと考えられる。なお、難透水層のシート自体が下流側に動いているため上流側(P5, P7)では過剰間隙水圧の上昇が抑えられ、変形も小さくなったものと考えられる。

4. まとめ

応力-ひずみ関係の相似則を考慮した超緩詰めめの飽和砂斜面の模型振動実験を行い、以下のことがわかった。

- 1)地盤内の難透水層の有無により、発生する過剰間隙水圧に大きな差が生じることがわかった。また、難透水層有りではその直下地盤が高い被圧状態となり、それに伴い流動変形も大きくなることがわかった。
- 2)難透水層有りで、入力波数が少ないケース3において加振終了後、約4秒間で斜面の下流側を中心に時間遅れを伴った流動変形が再現できた。以上より、難透水層の存在により地盤内の高い被圧状態が保たれかつ、地盤傾斜による駆動力が残存している場合に、時間遅れ破壊を再現できることがわかった。

参考文献

- 1)Toyota, H., Towhata, I., Imamura, S. and Kudo, K.: Shaking table tests on flow dynamics in liquefied slope, Japanese Geotechnical Society, Soils and foundations, Vol. 44, No.5, pp. 68-76, 2004.
- 2)豊田浩史, 東畑郁生, 石原研而:振動台による斜面の流動化実験, 第28回土質工学研究発表会, pp. 985-988, 1993.

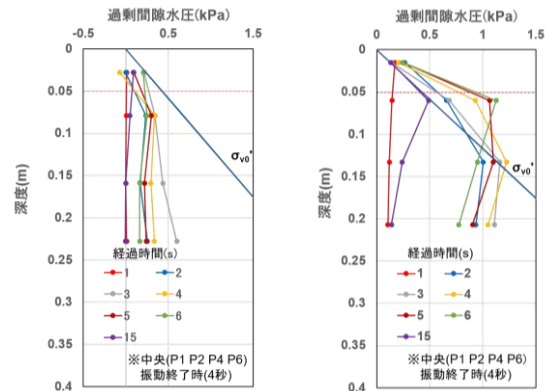
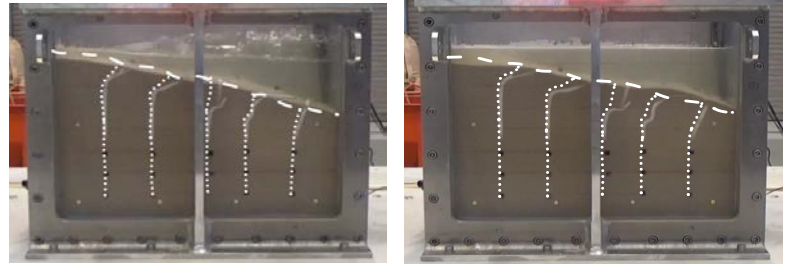


図-2 等時曲線(ケース1) 図-3 等時曲線(ケース2)



(a)振動終了時

(b)振動終了後の変形

(破線:振動開始時)

(破線:振動終了時)

写真-3 振動終了時と振動終了後の変形状況(ケース3)

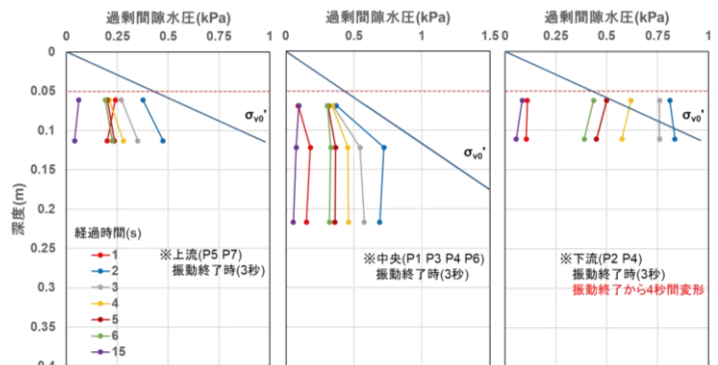


図-4 等時曲線(ケース3)

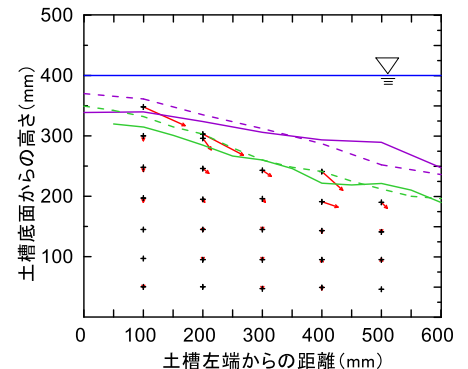


図-5 地盤の残留変位(ケース3)