

水膜現象が斜面下流部の境界条件が異なる地盤での側方流動に及ぼす影響

中央大学 正会員 國生 剛治

学生会員 清水 愛子 樺澤 和宏 駒村 和宏

1. はじめに

過去の地震の被害例には、地盤の液状化に伴う側方流動によるものが多く報告されている。実地盤は、粒径の異なる成層構造からなっているのが通例である。地盤が地震によって液状化し、その後液状化から回復する際に間隙の再配分によって排水された余剰間隙水が透水性の低い層の直下に捕捉され、水の膜を生成すると考えられる。この現象を水膜現象（Water film effect）と呼び、せん断抵抗力がゼロもしくは極めて低い面が形成され、地盤の側方流動に大きな影響を与えるものと考えられる¹⁾。今回は、斜面地盤に斜面と平行に低透水シームを挟み込んだ実験において、斜面下流側の土槽壁面による拘束条件の違いが水膜による側方流動に及ぼす影響について検討した。

2. 実験概要

内寸法 1100 × 600 × 800mm の透明アクリル製土槽に細砂を水中落下法により、緩つめで堆積させ、傾斜した地盤を作製した。その間に約 4mm の低透水シーム(非塑性材料)を斜面と平行に斜面から 100mm の深さに挟み込み、この模型地盤を土槽短辺方向に 3Hz, 3 波の正弦波で振動し、地盤を液状化させて流動を観察した。流動の様子を把握するために土槽内壁に貼り付けた 100 × 100mm のマーカーの動きをビデオカメラで撮影し、実験を行った。図-1 に実験装置の概略図を、図-2 に実験で用いた試料の粒径加積曲線を、表-1 に各実験条件を示す。ここで case3 は流動方向の壁面による拘束を軽減するために斜面下流側の上層部は図-1 に示す実線のようにになっている。実験で用いた細砂の土粒子密度は 2.742g/cm³、最大密度は 1.558g/cm³、最小密度は 1.216g/cm³ である。細砂の透水係数は 2.5×10^{-3} cm/s、非塑性材料は 2.0×10^{-4} cm/s である。

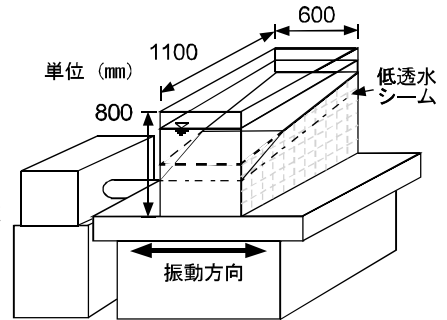


図-1 実験装置の概略図

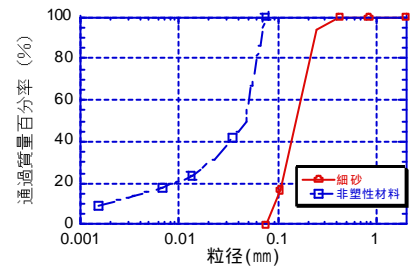


図-2 粒径加積曲線

3. 結果と考察

まず、図-3 の流動の様子について注目する。低透水シームがない case1 では液状化による流動が主に振動中に生じ、振動終了後も多少は流動してマーカーが連続的に変形する。一方、シームがある case2, 3 では振動中は液状化によって流動し、振動終了後は水膜が生成されシームより上層が下層と切り離され、再び流動する。そのためシームを境に流動の不連続性が生ずる。次に、case2 と case3 で比べると、case3 では斜面下流側の低透水シームより上部の砂の層が欠けているため土槽壁面による拘束の影響が小さい。そのため case3 の方が流動が大きく、不連続性も著しい。そして、case2 では斜面下流の方はあまり流動せず、不連続性もほとんどないが、case3 では斜面下流の方でも不連続性が見られる。次に、図-4 の移動量の時刻歴に注目する。測定した代表点の位置と間隙水圧計の位置は図-5 に示す。低透水シームがない case1 では、振動終了後に際立った流動はないが、シームがある case2, 3 では振動

表-1 実験条件

	case1	case2	case3
低透水シーム	なし	非塑性材料	
流動方向の壁面拘束の影響	あり		なし
相対密度 (%)	28	25	27
最大加速度 (gal)	290	290	280
斜面勾配 (%)	24	23	24

キーワード：液状化 水膜 振動台実験 側方流動 間隙水圧

連絡先：〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部土質研究室 03-3817-1799

終了後にシームより上部が水膜により流動しているのが見てとれる．case2 と case3 を比較すると，case3 の斜面下流側の壁面拘束の影響が少ない方が流動が大きい．またビデオカメラの映像から，case2 では水膜による流動は斜面下流側から圧縮されるように流動をしているのが見てとれた．これは移動量の時刻歴からも振動終了後の流動がシームより上部の3点で，すべて傾きが違うことからわかる．それに比べ case3 では，水膜による流動時に，始めは上層がほぼ一体となって流動するが斜面下流側に壁があるため，土がたまった時点から圧縮されるように流動が起こる．これは case3 の移動量の時刻歴において振動から約11秒後までは傾きはほぼ同じだが，それ以降は異なっていることからわかる．一方，case3 の上流側の点()は流動量が後半の伸びが小さく，上流側に残った土塊との間の主働抵抗の影響が表れているものと考えられる．

低透水シームより約5cm下に設置された間隙水圧計()の過剰間隙水圧の時刻歴について比較する．図中の実線と二点鎖線は振動終了時のシームまでと水圧計までの有効土被り圧の値を示す．case1 と case2, 3 を比べ，低透水シームがある case2, 3 の方が水膜生成により過剰間隙水圧は振動終了後再び上昇してから低下し，また余剰間隙水がすぐには排水されないため過剰間隙水圧の消散に時間がかかっている．case3 は case2 に比べ過剰間隙水圧のピーク値が低く，水圧計までの土被り圧の値まで水圧は上がっていないが，シームまでの土被り圧の値までは上がっている．なお，下流側では水圧計までの土被り圧の値まで水圧が上昇していた．これらについては，今後検討の余地がある．

4.まとめ

- ・低透水シームを挟んだ斜面地盤において，流動方向の壁面拘束の影響がないと流動は大きく，不連続性も高い．
- ・水膜による流動において流動方向の壁面拘束の影響がない場合には低透水シームより上部がほぼ一体となって流動し，壁面拘束の影響がある場合には圧縮するように流動する．

参考文献 1) Kokusho, T. (1999). "Water Film in Liquefied Sand and Its Effect on Lateral Spread.", J.Geotech.Engrg.,ASCE,125 (10),817-826

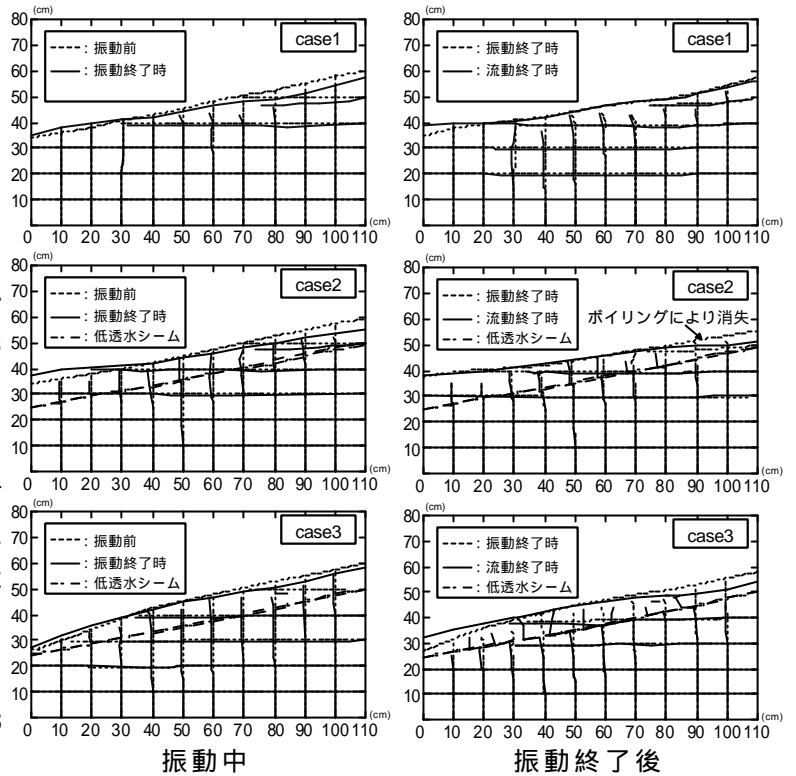


図-3 流動の様子

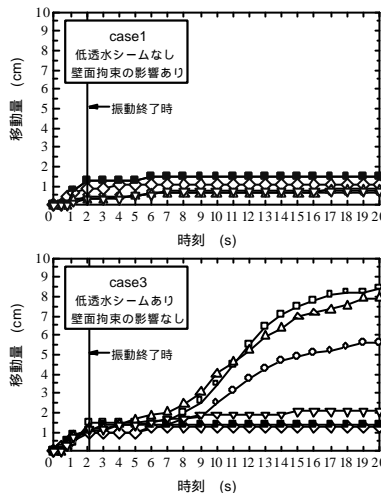


図-4 移動量の時刻歴

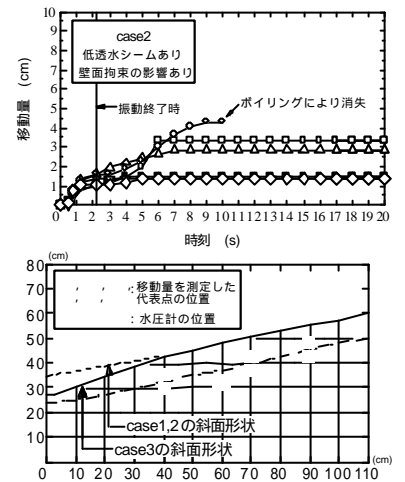


図-5 代表点の位置

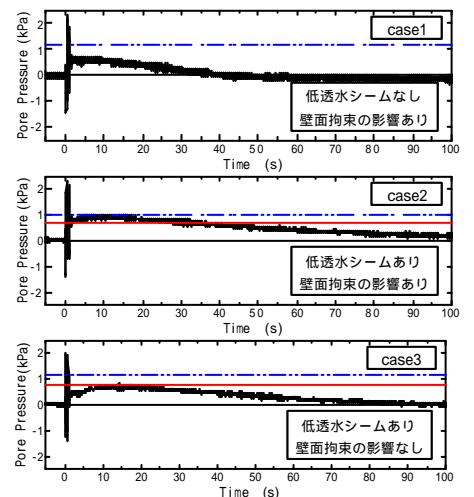


図-6 間隙水圧の時刻歴