

振動台実験による液状化砂地盤の水膜を伴った流動現象と間隙水圧

中央大学理工学部 正会員 國生 剛治 学生会員 樺澤 和宏
 学生会員 小菅 達矢 学生会員 吉岡 佳吾

1. はじめに

過去に報告された地震被害例の中には、地盤の液状化に伴う側方流動によるものが多くある。その中には、側方流動が地震時ばかりでなく、地震終了後に起こった例もある。通常、地盤は成層構造を反映した様々な透水係数を持つ層の重なり合いできている。このような地盤では液状化時に上昇する間隙水が透水性の低い層に捕捉され、その直下に水膜が生成されると考えられる。この水膜がせん断抵抗ゼロの面を形成し、流動に影響を与えていると考えられる¹⁾。筆者らは以前より、小型振動台実験によりこの現象の再現を試みてきた。

今回は模型のサイズを大きくした模型実験により、ゆる詰めめの飽和斜面地盤に塑性のシルトシームを円弧状に挟んだ模型地盤を作成し、振動台実験を行った。そして、シルトシームを挟まない場合と比較し、液状化砂地盤の側方流動に及ぼす水膜の影響を密に計測した間隙水圧計の記録などから検討した。

2. 実験概要

図-1 に示すように内寸法 1100×800×600 mmの透明のアクリル製矩形土槽に細砂を水中落下させ、飽和したゆる詰めめの模型地盤を作成する。このとき低透水シームを円弧状に挟み込む。低透水シームには、塑性粘土としてカオリン(Ip=23)を用いる。一方、これと比較するために低透水シームを挟み込まない模型地盤も同様に作成する。この模型地盤を振動台によって斜面方向と直角方向に 3 Hz の波を 3 波与える。流動の様子を把握するために土槽内壁に 100×100 mmの格子状にマーカーを貼り付け、デジタルビデオカメラで撮影する。さらに、間隙水圧計により間隙水圧の時間的变化を測定する。図-1 に実験装置の概略図、図-2 に実験で用いた試料の粒径加積曲線、表-1 に細砂の物理特性、表-2 に各実験条件を示す。なお、比較のため豊浦標準砂のデータを載せた。

3. 実験結果と考察

流動の様子を図-3 に、移動量の時刻歴を図-4 に、移動量の代表点と間隙水圧計の位置を図-5 に、間隙水圧の時刻歴を図-6 に示す。

図-3 より、振動終了時以降では、実験 2 はシルトシームを境に不連続な流動が生じているのに対し、実験 1 ではほとんど流動は見られない。

図-4 の代表点の移動量を見ても、実験 1 では振動終了後すぐに流動が停止するのに対し、実験 2 では振動終了時以降も流動が継続される。

図-6 は間隙水圧の時刻歴を示しており、図中の一点鎖線は振動終了時における断面変形を考慮して算出した理論上の有効鉛直応力である。なお、実験 1 の間隙水圧計は計測に失敗した。実験 1 は実験 2 に比べて間隙水圧の逸散にかかる時間は短い、振動終了時以降もしばらく間隙水圧が保たれていることがわかる。それにもかかわらず振動終了時以降はほとんど流動が見られない。つまり、模型での透水距離の短さが実験 1 で振動終了後に流動が生じない原因となっているわけではないことがわかる。実験 2 に見られる振動終了時以降の流動はシルトシームにより生成された水膜の影響によるものであると考えることができ

キーワード：液状化・側方流動・水膜・シルトシーム

連絡先:〒112-8551 文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部土木工学科 TEL03-3817-1799 FAX03-3817-1803

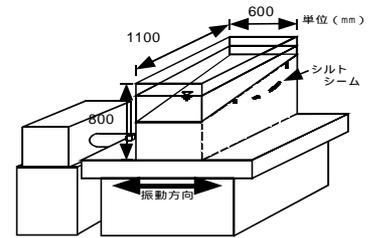


図-1 実験装置の概略図

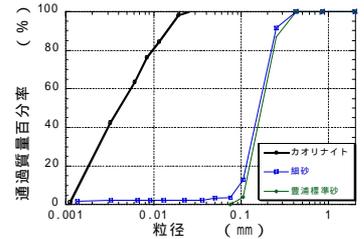


図-2 粒径加積曲線

表-1 細砂試料の物理特性

土粒子密度(g/cm ³)	2.742
最大密度(g/cm ³)	1.558
最小密度(g/cm ³)	1.216

表-2 実験条件

実験	1	2
低透水シーム	なし	カオリン
相対密度(%)	34.6	22.1
斜面勾配(%)	24.2	24.2
最大加速度(gal)	370	250

る。実験 2 のシルトシームより下の水圧は、実験 1 に比べてはるかに長時間高いレベルの一定値を保ち、なかにはゆるやかな上昇傾向を示すものもある。シルトシームにより間隙水の上方への逸散が遮断された効果が反映されているものと考えられる。振動終了後に円弧状の土塊が流動する 5 ~ 11 秒の区間に、

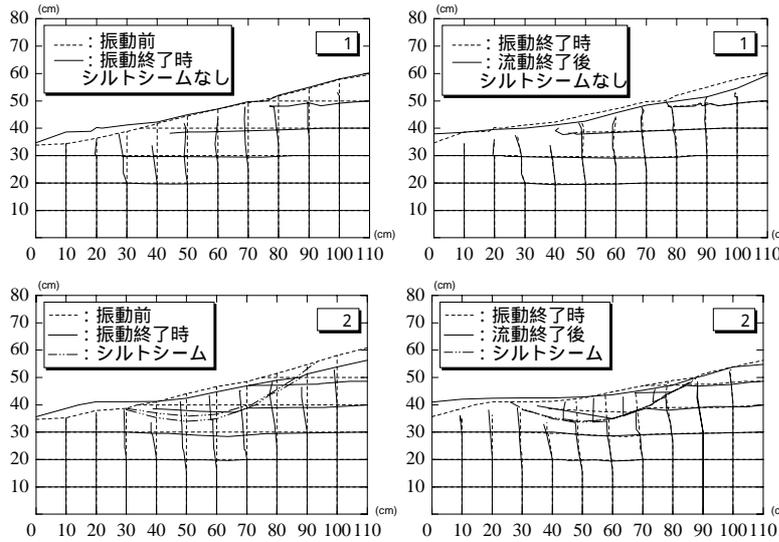


図-3 流動の様子

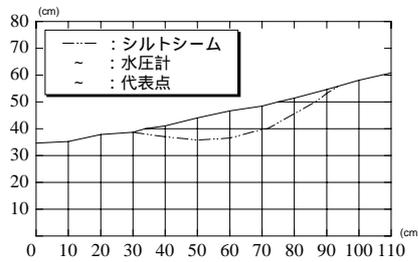


図-5 代表点と水圧計の位置

これらの水圧計の値はほぼ高い一定値を保持していることがわかる。そしてこの間、水膜が連続的に生成されているものと思われる。実験 1 と 2 で共通的にいえることは、斜面の上流側での水圧計 ~ の値が理論鉛直応力を下まわるのに対し、下流側の ~ の値はほぼ理論値にまで上昇していることである。これは一部で例外が見られるものの、上流側では流動ひずみが大きく、正のダイレイタンスが発生するためと思われる。

4. まとめ

- ・シルトシームを挟んだ場合、その下部では挟まない場合に比べて間隙水圧の逸散にかかる時間が長くなる。
- ・シルトシームを挟まない場合、振動終了時からしばらくは水圧が低減しないにもかかわらずほとんど流動しないのに対し、シルトシームを挟んだ場合は振動終了時に降も流動が継続する。
- ・シルトシームを挟んだ場合、その下の過剰間隙水圧が高い一定値を保つ間に流動が生じており、その間、水膜が連続的に生成されているものと考えられる。

<参考文献> 1) Kokusho, T : Water film in liquefied sand and its effect on lateral spread, Journal of GE., ASCE vol.125, No.10, pp817-826, 1999

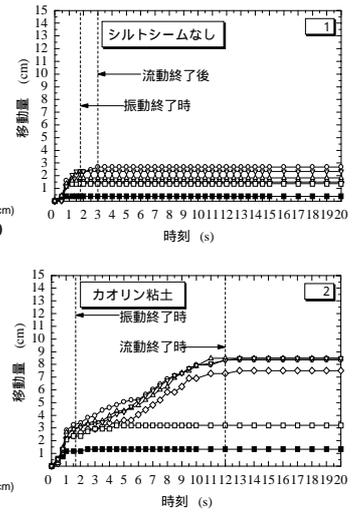


図-4 移動量の時刻歴

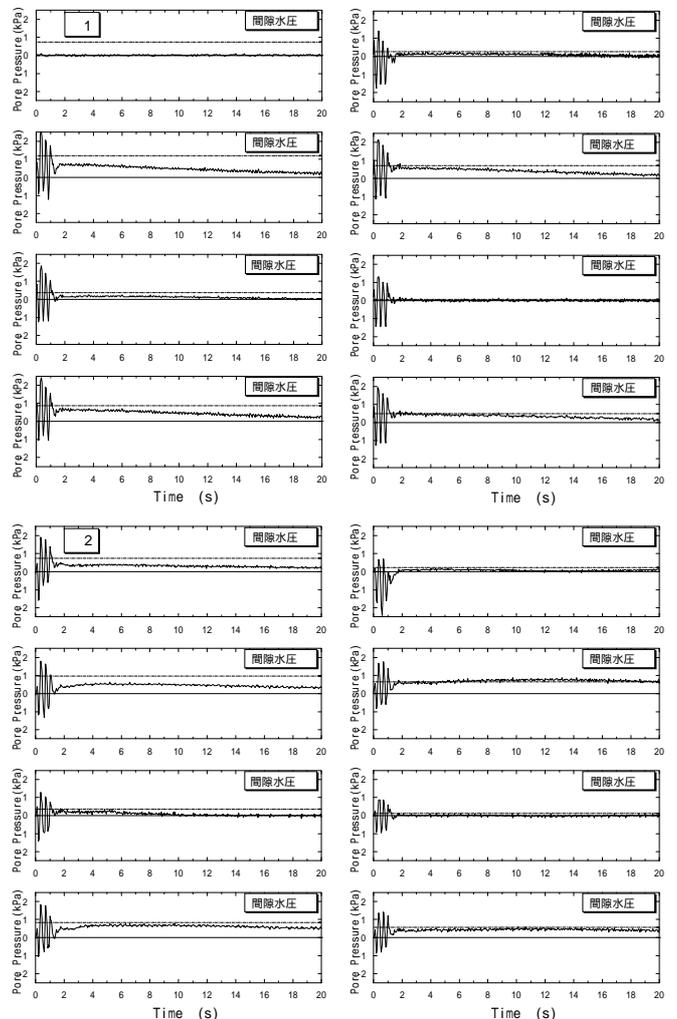


図-6 間隙水圧の時刻歴