

塑性の違う低透水性シルトを挟んだ液状化砂地盤の水膜の時間的発達

中央大学理工学部 学生会員 樺澤 和宏
中央大学理工学部 正会員 國生 剛治
中央大学理工学部 学生会員 野中 のぞみ
中央大学理工学部 学生会員 松下 良子

1. はじめに

実際の地盤は、成層構造からなっているのが通例である。地盤が液状化すると土粒子は沈降し、余剰間隙水は地表に向かい上昇する。その途中に、透水性の低い層があるとその直下に水膜を生成すると考えられる¹⁾。この水膜現象（WFE；Water Film Effect）が地震時の液状化に伴う側方流動に大きな影響を与えるものと考えられる。そこで我々はこれまでに、模型地盤の間に低透水層を挟み込み、振動台実験により地盤を液状化させ、この不均一模型地盤における水膜現象が側方流動メカニズムに及ぼす影響を明らかにしてきた²⁾。今回は、低透水層に塑性材料（カオリナイト：IP=23）と非塑性材料（石粉：IP=0）を用いた時、そして比較のために低透水層を挟まない場合の各caseにおける流動モードと水膜の時間的発達の比較・検討を行った。

2. 実験概要

内寸800×500×400mmの透明アクリル製土槽に細砂を水中落下法により、ゆる詰めで堆積させて、傾斜した地盤を作成する。その間に低透水層を円弧状に挟み込み、模型地盤を斜面と直角方向に一定振幅で3波振動し流動させる。また、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に実験で用いた細砂の物理特性、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

図-3に移動量の代表点、図-4に移動量の時刻歴、そして図-5にcase1とcase2における水膜の時間的発達の様子を示す。

移動量の代表点は図-3に示すように低透水層の直上、直下の位置にあたる点である。図-4を見ると、各caseとも振動開始後に移動量が急激に増えるが、振動終了に伴い移動量の増加が収まりかける。そしてcase3は、2.5秒付近で移動が止まるのに対し、case1, case2は低透水層より上部だけが再び動き出す。また低透水層より下部に注目すると、case1は全く動かないのに対しcase2, case3では振動終了まで流動している。変形の連続性については、低透水層を挟まない場合は低透水層の直上・直下で連続した動きを示し、低透水層がある場合はある時刻を境に不連続な動きをする。また、低透水層が非塑性材料の場合に比べて塑性材料の場合の方が下部へ地盤の変形が伝わりにくいようである。

図-5の水膜の時間的発達に注目すると、case1では振動開始後約2.5秒で水膜を円弧下端部に点々と確認することができ

キーワード：液状化・側方流動・透水性・水膜現象・振動台実験

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

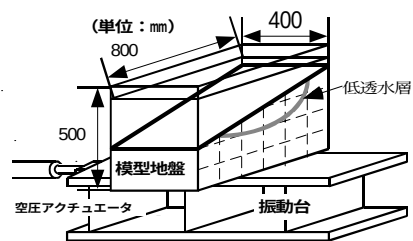


図-1 実験装置

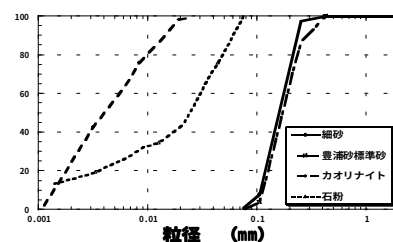


図-2 粒径加積曲線

表-1 細砂の物理特性

	細砂	豊浦標準砂
土粒子密度 (g/cm^3)	2.718	2.640
最大密度 (g/cm^3)	1.589	1.645
最小密度 (g/cm^3)	1.224	1.335

表-2 実験条件

	case1	case2	case3
低透水層	カオリナイト	石粉	なし
相対密度 (%)	27	25	35
最大加速度 (gal)	250	250	250
斜面勾配 (%)	24	25	25

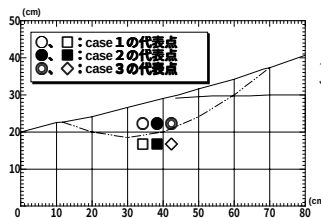


図-3 移動量の代表点

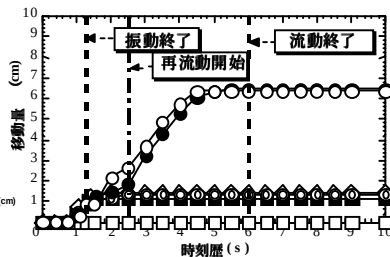


図-4 移動量の時刻歴

た。この時刻は、図-4を見ると全体的に収まりかけた移動量の増加が、再びシルト層より上部の移動量が増加し始める時刻である。このことから、この時刻付近で水膜現象の影響で上部と下部が切り離されたものと考えられる。そして、時間の経過と共に水膜が成長していく。これに比べcase2では、case1より1秒くらい遅れてわずかにだが、水膜を確認することができた。しかし、図-4を見るとやはり再流動を始める時刻は約2.5秒でcase1と同時刻である。また、図-4から2.5秒付近で上部の移動量が増加するのに対して下部の移動量が停止するので、やはりcase2においても2.5秒付近で水膜現象の影響を受けたものと思われる。ただ、何らかの理由でビデオ画像からの水膜の確認がしにくい。そして時間の経過と共にcase1では水膜が成長していくが、case2では水膜の広がる範囲も塑性材料のcase1の場合と比べて小さい。このように、水膜が確認される時間やその発達度合にはシルト層の粘性の違いによる差が観察されるものの、図-4に示すように水膜より上の土の移動量の時刻歴には大きな差異はない。

またビデオを観察することにより、各caseにおいて水膜の生成される場所が異なることが判明した。case1では低透水層の直下に生成されたのに対し、case2では低透水層の間に生成された。1次元砂層での水膜生成実験³⁾から分かるように、水膜は上部と下部の高透水層の水圧差により低透水層が上部に押し上げられることにより生じる。低透水層が非塑性の場合、水膜は低透水層の下端にできるとは限らず、中間にできる場合もある。これは非塑性シルト層の中でも過剰間隙水圧が上昇し、液状化が起きているためと思われる。本実験でも同様の理由により、case1では粘着力により低透水層が液状化を起こしにくく低透水層直下に水膜が生成され、case2の非塑性シルト場合には水膜が層の間に生成されたと考えられる。

4. まとめ

- ・低透水層が塑性と非塑性の場合で水膜の時間的発達に差があるが、移動量の時刻歴から低透水層が塑性でも非塑性でも上下の地盤が切り離される時刻はほぼ同じである。
- ・低透水層の性質によって、水膜の生成される位置や地盤の変形の範囲が異なる。

<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. 2)國生, 故島, 中野, 野中: 液状化地盤の流動メカニズムに与える水膜現象の影響に関する模型実験, 地震時の地盤、土構造物の流動性と永久変形に関するシンポジウム発表論文集, pp313-316, 1998. 3)國生, 故島, 澤野: 液状化砂層の層構造と水膜の生成メカニズム, 土木学会第54回年次学術講演会, 第III部門, pp238-239,1999.

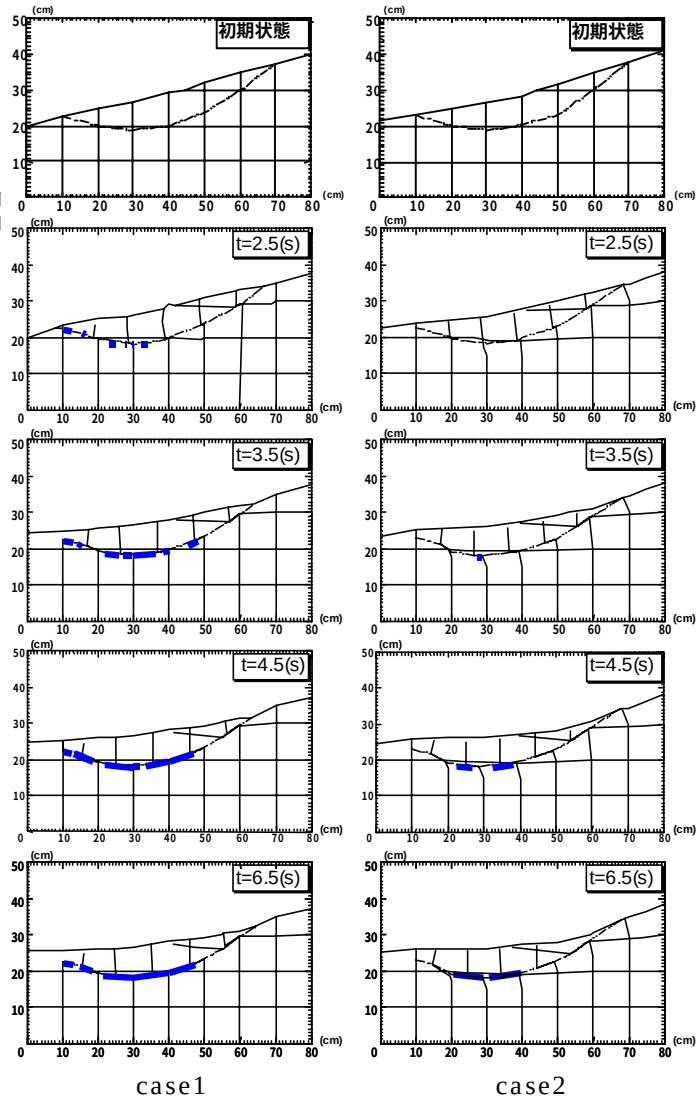


図-5 水膜の時間的発達