

細粒土地盤における地震時の水膜現象について

中央大学理工学部 正会員 國生剛治

学生会員 ○高橋哲也 平賀有輝

1. はじめに

現在確認されている海底地滑りは、そのほとんどが有史以前に沿岸から隔たった沖合で起きたものであり、水中音波探査機を用いた調査研究の進展とともに、その多くの痕跡が発見されるようになった。海底地滑りの起こる斜面は、必ずしも急斜面であるとは限らず、緩斜面、場合によっては 1° 以下でも地滑りが起こることがある。その中には比較的最近、沖合もしくは海岸近くの陸地を含んで起きたものもある。それらは海底ケーブル、人口の多い海岸線、海洋構造物などを破壊したり、津波を引き起こしたりした。海の沿岸域や沖合の利用、開発が進んだ昨今では、海底地滑りを防災対策上考慮することが必要となる場合が考えられる。

沖合の海底地盤は主にシルトや粘土などの細粒土から成っているのが一般的であり、音響探査の記録から多数の反射面が読み取れることから、海底地盤は成層構造を成していると考えられている。地盤が液状化から回復する際、相対的に透水性の低い層が途中に存在する場合、その直下に含水比の大きなゾーンを作り、せん断抵抗が低くなる面を形成する可能性がある。我々はこの現象を水膜現象(WFE: Water Film Effect)と呼び、筆者らは砂地盤での水膜現象が液状化地盤での側方流動に重要な影響を及ぼすことを明らかにしてきた¹⁾。今回は、シルトや粘土の細粒土からなる地盤でも水膜現象と類似な現象が起こりうるのかについて円筒土槽を用いた基礎的実験を行った。

2. 実験概要

図-1に示す高さ 110.0cm、内径 13.0cmの透明なアクリル製の円筒型土槽に、試料を水中落下させ、約 1m の飽和した緩詰めの模型地盤を作製した。この円筒土槽にバネを用いた打撃機によって土槽に打撃力を加え、地盤全体を液状化させた。この時の過剰間隙水圧を土槽壁面に取り付けた水圧計で計測し、低透水シム直下の様子と地表面、下部層上端の沈下量をデジタルビデオカメラで撮影した。図-2は今回の実験に用いた石粉($I_p=0$)、カオリン粘土($I_p=23$)の粒径加積曲線である。各試料の透水係数は石粉が 2×10^{-4} cm/s、カオリン粘土が 2×10^{-5} cm/s である。また各試料の土粒子密度は石粉が 2.719 g/cm³、カオリン粘土が 2.729 g/cm³ である。表-1は実験条件を示している。case1～case2は石粉にカオリン粘土を挟んだ3層系地盤であり、case3は下部に石粉、上部にカオリン粘土を用いた2層系地盤である。case1～case3の実験条件の違いはカオリン粘土層の厚さ、打撃回数である。

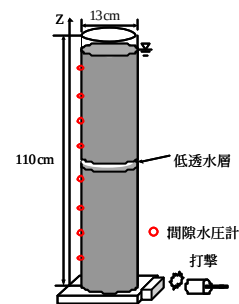


図-1 実験装置図

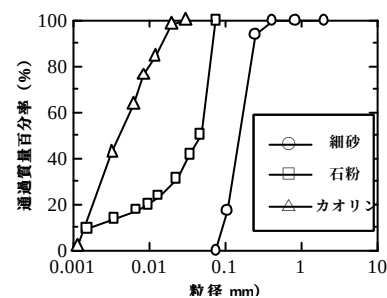


図-2 粒径加積曲線

3. 結果と考察

今回の実験の結果、case2とcase3の実験条件において水膜を確認することができた。水膜の厚さはいずれのケースにおいても最大時で 1mm 程度と非常に薄いものであった。また case2とcase3は打撃回数が5回、約10秒おきに連続的に打撃したものであり、これは case1に比べて地盤からの余剰間隙水の供給量を増やす目的で行ったものである。しかし、いずれのケースにおいても地盤全体の沈下量が 1.5mm ほどと非常に微小であったこと

表-1 実験条件

		下部層	中間層	上部層	打撃回数
Case1	試料	石粉	カオリン	石粉	1
	層厚(cm)	47.0	1.2	37.9	
	間隙比	1.014	3.416	0.941	
	乾燥密度(g/cm ³)	1.350	0.618	1.401	
Case2	試料	石粉	カオリン	石粉	5
	層厚(cm)	53.5	4.8	37.3	
	間隙比	0.911	2.549	0.973	
	乾燥密度(g/cm ³)	1.423	0.769	1.378	
Case3	試料	石粉	—	カオリン	5
	層厚(cm)	62.2	—	30	
	間隙比	0.911	—	0.558	
	乾燥密度(g/cm ³)	1.423	—	1.752	

キーワード：海底地滑り、水膜、動水勾配、透水性、浸透速度

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 Tel 03-3817-1799

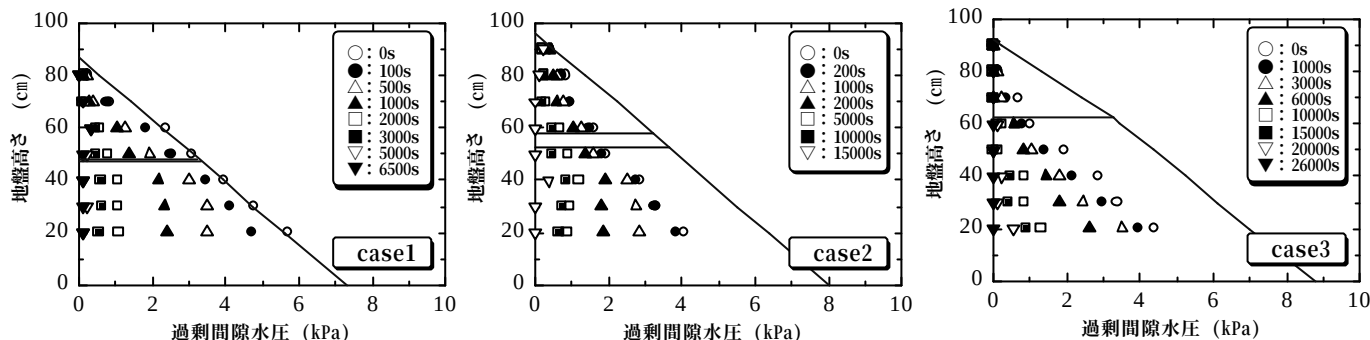


図-3 過剰間隙水圧の時刻歴

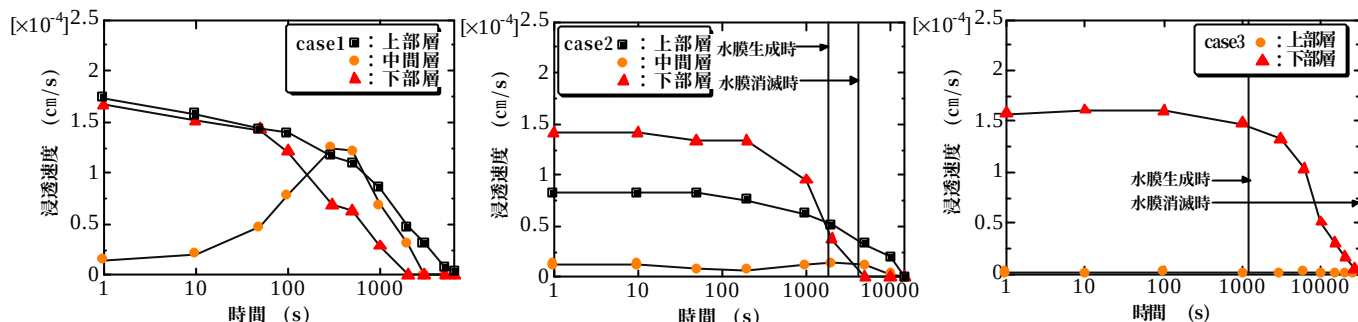


図-4 余剰間隙水の浸透速度時刻歴

から違いを見ることができなかった。

図-3は過剰間隙水圧の時刻歴を示している。図上の斜線は初期有効土被り圧を表している。まず case1では、打撃直後の0秒で過剰間隙水圧が初期有効土被り圧にほぼ等しくなっている。このことから、地盤は瞬間的に液状化したことがわかる。しかし、case2と case3は打撃直後の0秒で過剰間隙水圧が初期有効土被り圧にとどいていないことから地盤は完全には液状化していない。これは、case2と case3において石粉を再利用したために乾燥密度が新品の石粉に比べて大きくなってしまったためと考えられる。そして、過剰間隙水圧の時間変化に注目すると、case1では過剰間隙水圧が低透水シームである中間層を挟んで、不連続に消散していることがわかる。この水圧差により中間層は、求めた最大動水勾配で約6にさらされていた。それに比べて case2、case3では中間層を挟んで過剰間隙水圧がほとんど不連続にはなっていない。よって、case2では中間層の動水勾配が最大で約0.7、または case3では上部層の動水勾配が最大で約0.09でしかなかった。

図-4は各層の余剰間隙水の浸透速度時刻歴を示す。この浸透速度は動水勾配と透水係数から求めた値である。動水勾配は水圧計の値から、近似直線を引き、その近似線の層境界での水圧の値の差から求めた。まず case2であるが、下部層と中間層の浸透速度では、水膜が生成されるあたりまでは下部層の浸透速度が上回っている。しかし、その後中間層と下部層の浸透速度が逆転するため、徐々に水膜は消散していったと考えられる。また case3は、上部層の浸透速度が 10^{-6} cm/s のオーダーであるため、下部層と上部層の浸透速度が同程度になることによって水膜が消散したと考えられる。最後に case1であるが、中間層の厚さが1.2cmと最も薄いことから前述したように高い動水勾配にさらされたために、300秒あたりから中間層の浸透速度が case2、case3と比べて、上部層と下部層の浸透速度に近い値を取っている。このことから水膜は生成されなかったと思われる。これらのことから石粉とカオリン粘土のような透水係数の差が10倍ほどでしかない場合は、カオリン粘土層が厚いほうが水膜が長時間、存在する可能性がある。また今回は近似直線で求めた平均的な動水勾配であるから、今後はさらなる検討が必要である。

4. まとめ

- ・細粒土の地盤でも水膜が生成される可能性があり、今回の場合においては低透水層であるカオリン粘土層が厚いほど水膜が長い時間、維持するということが明らかになった。ただし今回用いた細粒土は非塑性であるため、今後は塑性のある細粒土についても検討していく予定である。

参考文献 1)Kokusho, T : Water film in liquefied sand and its effect on lateral spread, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE, Vol.125, No10, 817~826, 1999