

## 球引き上げ法による液状化土の粘性計測

東海大学大学院 ○ 山岡 尊則  
 東海大学海洋学部 正会員 湯浅 明  
 東海大学海洋学部 正会員 川上哲太郎  
 東海大学海洋学部 正会員 濱田 政則

### 1. はじめに

著者らはこれまで、液状化地盤の側方流動とその地中構築物に与える影響について、事例解析や模型実験を含む系統的な研究を行ってきた。<sup>1)</sup> その結果、地盤の側方流動は液状化土を流体としてモデル化することによりシュミレーション可能であり、側方流動予測のための有力な数値解析手法になるものとの結論に達した。<sup>2)</sup>

そこで本研究では、液状化土を粘性流体と仮定し、その物性の一つである粘性係数を求めることを目的として、液状化土中で引き上げられる球への作用外力より粘性係数を求める「球引き上げ法」の実験を行った。本報告では、液状化土の粘性係数を定量的に明らかにするとともに、粘性係数に与える地盤の相対密度・加振加速度などの影響について検討を行った結果を示す。

### 2. 実験方法および実験条件

実験装置は図-1に示すように、円形土槽内に投入した飽和砂（豊浦標準砂）を、加振により液状化させた後、予め土層内に設置した球を等速度で引き上げる時に得られる荷重を測定するシステムである。液状化土の粘性係数は、測定した荷重から次式より算出する。

$$F = 3 \pi \eta d v \quad \text{----- (1)}$$

ここに、Fは球の作用外力、dは球径、vは引き上げ速度、 $\eta$ は粘性係数を表す。(1)式は、ナビエ・ストークス（粘性流体）の方程式より誘導される定常流れにある球が流体より受ける作用力を示すストークスの抵抗法則である。

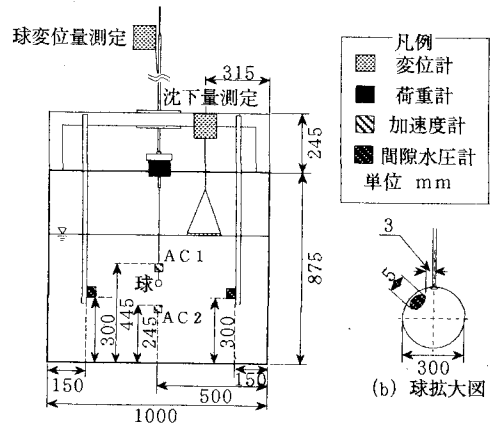
実験条件によっては球周りの液状化状態が回復し、真の流体的抵抗を測定できないことが明らかにされており、<sup>3)</sup> 今回は球周りの液状化状態が回復しないような実験条件を表-1のように設定した。

尚、実地盤において、地震中あるいは地震後まで側方流動が継続しているか否かは、現在の所、明らかにされていない。そこで、実験条件に加振中及び加振停止後に球引き上げを行うケースを加えた。

### 3. 実験結果および考察

図-2 (a) から図-2 (d) に計測結果の一例を示す。図-2 (c) 中の破線は有効上載圧を示す。間隙水圧が有効上載圧に達していることより、飽和砂は完全液状化状態にあることが確認できる。図-2 (a),(b)より、球への作用外力と球の移動速度の経時変化は相似形である。この現象は、(1)式に示される作用外力と引き上げ速度の関係を満足している。

図-3から図-5に球への作用外力より求めた粘性係数を示す。図-3は粘性係数と初期相対密度の関係、同様に図-4は加振加速度との関係、図-5は引き上げ速度との関係を示す。図-3と図-5中には加振を行



(a) 円形土槽側面図

図-1 実験装置の概要

表-1 実験ケース

実験条件 実験ケース	球径 (cm)	引き上げ速度 (cm/s)	加振加速度 (gal)	初期相対密度 (%)	備考
引き上げ速度 の影響	3	0.4~1.5	200	20	注1)
		0.4~1.5	—	20	
相対密度の影響	3	1.5	200	10~50	注1)
		1.5	—	10~50	
加振加速度の影響	3	1.5	80~450	20	

注1) 実験ケースは、入力加速度100gaにて液状化させた後、加振を停止した状態で球を引き上げた。

った状態での実験結果と、液状化を確認後加振を停止した状態での結果を記す。図-3より、液状化土の粘性係数は、加振状態と加振停止状態で比較すると後者の方が全体的に大きな値になっており、初期相対密度が増加すると粘性係数も大きくなること分かる。しかし、加振加速度の大きさによる粘性係数の顕著な変化はない(図-4参照)。これらの結果は、液状化土中の土粒子の密度及び運動が粘性係数に影響を及ぼすことを示している。図-5より、球の引き上げ速度が粘性係数に及ぼす影響は、引き上げ速度が大きいと粘性係数は小さくなる傾向を示す。

4. おわりに

液状化土の流体としての粘性係数は地盤の相対密度と比例関係にあり、その値は0.02~0.3 gfs/cm<sup>2</sup>程度であることが分かった。

今後は事例の数値解析により流体モデルの液状化土への適用性ととも、本実験により測定した粘性係数の妥当性について検討を行っていく予定である。

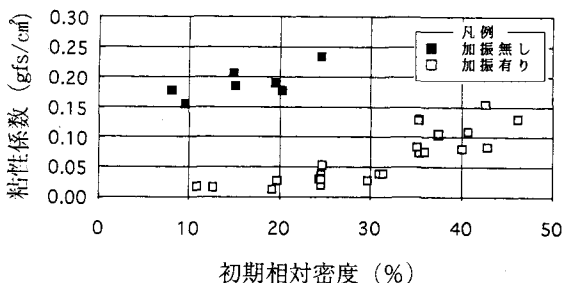


図-3 粘性係数と初期相対密度の関係  
実験条件: 球径3cm,引き上げ速度1.5cm/s, 加振加速度200gal

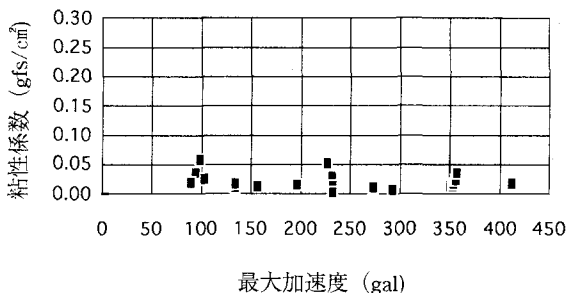


図-4 粘性係数と加振加速度の関係  
実験条件: 球径3cm,引き上げ速度1.5cm/s, 初期相対密度20%

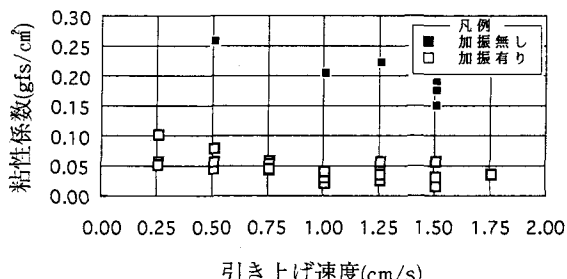


図-5 粘性係数と引き上げ速度の関係  
実験条件: 球径3cm,加振加速度200gal, 初期相対密度20%

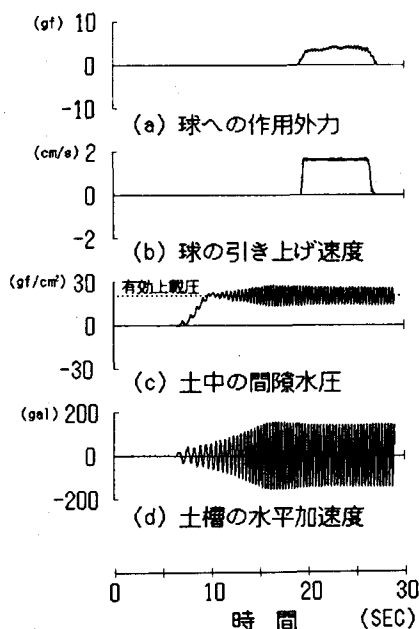


図-2 計測結果の一例  
実験条件: 球径3cm,引き上げ速度1.5cm/s, 加振加速度180gal,初期相対密度25%

参考文献

- 1) M.Hamada and T.D.O'Rourke,(1992),Case Studies of Liquefaction and Lifeline Performance During Past Earthquakes Volume1 Japanese Case Studies,Technical Report NCEER 92-0001,pp3-1~3-123.
- 2) Hamada,M.,O'rourke,T.D.,Yoshida,N.,(1993),Liquefaction-Induced Large Grand Displacement, Performance of Grand and Soil Structures during Earthquakes, 13th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering,pp93~107,New Deih.
- 3) 土居・佐藤・浜田・湯浅:液状化している砂の粘性係数に関する要素実験, 第48回年次学術講演会講演概要集第3部 pp418~419,1993