

液状化土の流動特性に関する実験的研究

鹿島建設株式会社 正会員 高橋 裕治
 早稲田大学 フェロー会員 濱田 政則
 早稲田大学 学生会員 ○藤原 裕司

1. はじめに

著者らの研究グループでは、重力場と遠心载荷場の模型地盤の流動実験、および液状化土の中空ねじり試験¹⁾を行い、液状化土の流動特性を明らかにしてきた。これらによれば、液状化土は擬塑性流体の性質を示すこと、また、液状化層厚あるいは地盤の拘束圧の3/2乗に比例して粘性係数が増大することが明らかにされた。

本文では液状化層厚が100～180cmの模型地盤を用いて、重力場における流動実験を行い、既存の実験より得られた液状化土の流動特性を検証する。

2. 実験方法

図1に示すような、流動方向の長さ5.0m、加振方向の水平幅1.2m、高さ2.0mの土槽を用いた。

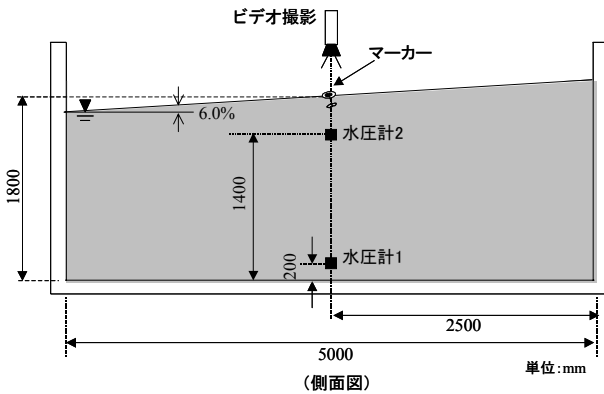


図1 模型地盤および計測器の配置の例 (UC180-1)

模型地盤は水中落下法により作成し、地表面に6%を目標とした勾配をつけた。模型地盤に用いた地盤材料は平均粒径0.32(mm)、均等係数1.7のサウジアラビア産の砂である。

模型地盤を流動方向と直角水平方向に最大加速度350Gal、周波数3Hzの正弦波で加振して液状化させ、模型地盤下方への流動を生じさせた。土槽中央部地表面に設置したマーカーの変位をビデオカメラによ

って撮影した。実験ケースの条件を表1に示す。

表1 中型土槽の実験ケースの一覧

実験ケース名	土槽中央部における地盤層厚(cm)	地表面勾配 (%)	相対密度 (%)	加速度 (Gal)
UC100-1	106	5.1	32	379
UC140-1	135	6.2	34	390
UC180-1	178	6.8	36	436
UC180-2	176	6.9	35	427

3. 液状化土の粘性係数の算定

図2, 3に実験で得られた地表面マーカーの変位と速度の時刻歴と水圧計の記録の例をそれぞれ示す。

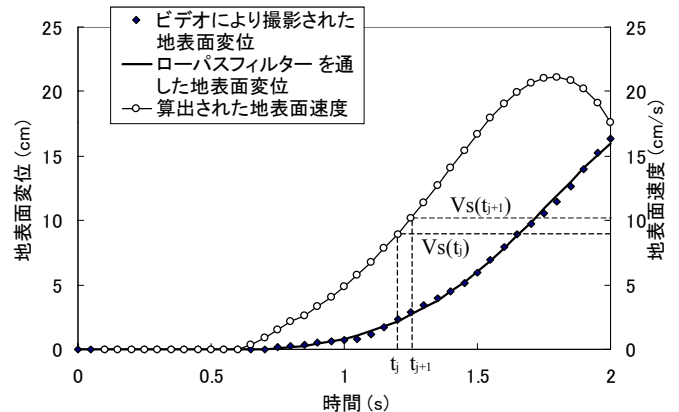


図2 地表面変位と速度の時刻歴の例 (UC180-1)

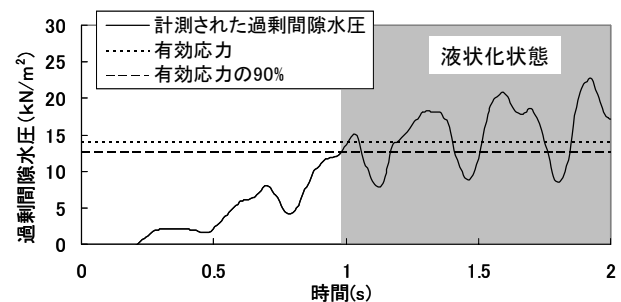


図3 過剰間隙水圧の時刻歴 (UC180-1 水圧計1：土槽中央 土槽底部から20cm)

変位記録に含まれる加振加速度成分および液状化土のスロッシングの影響を除去するため1Hzのロー

キーワード：液状化 側方流動 重力場 模型地盤実験 粘性係数

連絡先：〒169-0072 新宿区大久保 3-4-1 早稲田大学理工学部 濱田研究室 TEL 03(3208)0349

パスフィルターを通し、これを 0.2 s 間隔で直線近似し数値微分することにより地表面速度とした。底面から 200mm の位置にある水圧計 1 で計測された過剰間隙水圧が加振前の有効応力の 90% に達した時点に液状化状態とみなし、この時点から速度が最大値に達するまでの領域を対象に、液状化土の流動特性について検討した。

土槽中央部の地盤の動きを図 4 に示すような 1 次元の粘性流体の流れとすれば、時間 t_j, t_{j+1} における地表面の速度 $V_s(t_j), V_s(t_{j+1})$ に関して式(1)のような関係が成り立つ。

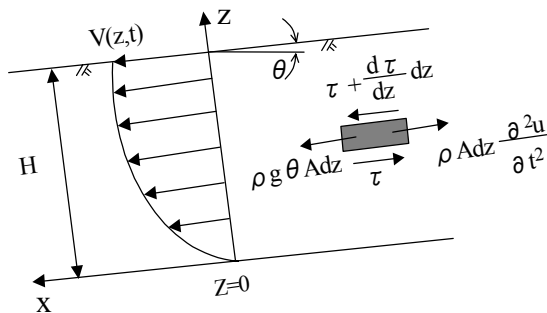


図4 1次元の粘性流体の流れ

$$V_s(t_{j+1}) = V_s(t_j) \cdot \exp\left\{-\left(\frac{\pi}{2H}\right)^2 \frac{\mu}{\rho} (t_{j+1} - t_j)\right\} + 16 \frac{H^2}{\pi^3} \cdot \frac{\rho g}{\mu} \theta \cdot \left[1 - \exp\left\{-\left(\frac{\pi}{2H}\right)^2 \frac{\mu}{\rho} (t_{j+1} - t_j)\right\}\right] \quad (1)$$

ここに z は深さ、 μ は粘性係数、 ρ, θ, g はそれぞれ液状化土の密度、地表面勾配および重力加速度である。

実験によって得られた t_j, t_{j+1} のそれぞれの時刻の地表面速度 $V_s(t_j), V_s(t_{j+1})$ を用い、上式より $t_j \sim t_{j+1}$ 間の粘性係数 μ を算定する。このようにして求めた粘性係数とせん断ひずみ速度との関係を図 5 に示す。

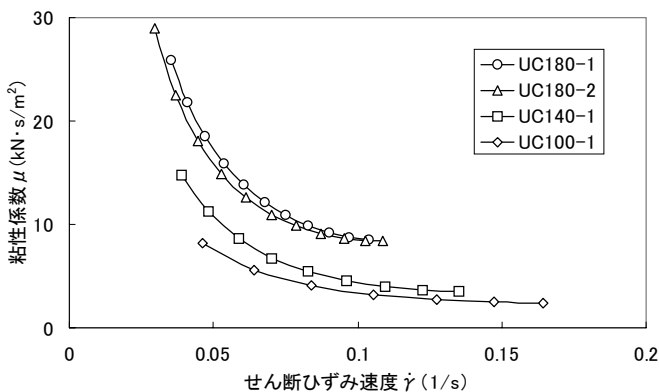


図5 粘性係数とせん断ひずみ速度の関係

図5に示すように、液状化土の粘性係数はせん断ひずみ速度の増大に伴い減少しており、液状化土が非線型的な性質を有する擬塑性流体であることが分かる。また実験によって得られた粘性係数は模型地盤の層厚の増大とともに増加していることが分かる。

ここで図5に示した粘性係数とせん断ひずみ速度をそれぞれ

$$\frac{\mu}{\rho \sqrt{g} H^{3/2}} \quad \frac{\dot{\gamma} \sqrt{H}}{\sqrt{g}}$$

と無次元化し、両者の関係を図示すれば図6となる。

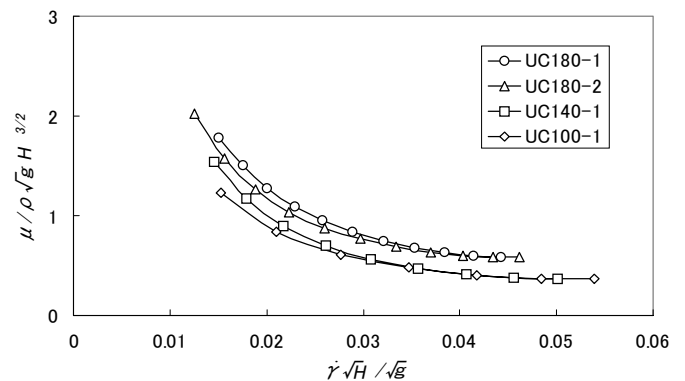


図6 無次元化された粘性係数と

せん断ひずみ速度の関係

図6の縦軸および横軸の ρ, g, H はそれぞれ液状化土の密度、重力加速度および液状化層厚である。図6によれば、液状化層厚がそれぞれ異なる実験によって得られた無次元化された粘性係数は、模型地盤層厚が100cm, 140cmに関しては、ほぼ同一の曲線上にプロットされ、横軸に示す無次元化されたせん断ひずみ速度が同じであれば粘性係数が層厚の3/2乗に比例して増大することを示している。模型地盤層厚が180cmの場合に関しては、模型地盤の層厚に対して土槽の幅が十分でないことによる2次元効果の影響が出たものと考えられる。

参考文献

濱田政則、島村一訓：液状化土の流動特性に関する研究、第2回構造物の破壊過程解明に基づく地震防災性向上に関するシンポジウム論文集、p 261-266, 2001