

液状化地盤上の盛土の沈下特性

広島大学工学部	正会員	佐々木 康
広島大学受託研究員	正会員	大林 淳
広島大学大学院	学生会員	重山 忠成
広島大学工学部	学生会員	○小方 義昭

1.はじめに 地震時の地盤液状化による盛土の被害程度を表す沈下量の予測法は地震後の観察記録などからの経験則に基づくものは存在するが、沈下のプロセスを考慮した推定法は未だ確立されていない。

そこで本研究では液状化層厚、相対密度及び模型盛土の重量を変えることにより、液状化現象再現装置を用いた実験を行い、模型盛土の沈下と過剰間隙水圧の時刻歴を計測し、沈下プロセスを検討する。

2.実験方法 本研究の目的としては液状化地盤の変形のみに着目しているため、図1に示す水槽内の底にフィルター層を置き、その上に緩い飽和砂層（液状化層）を作成する。そして、その地盤表面に模型盛土（剛体盛土）を載せ、ハンマーで上部水槽を加振することにより地盤を瞬間的に液状化させて盛土を沈下させる。また、液状化層の地盤材料として豊浦砂を使用した。

計測項目として、模型盛土の沈下量を上部水槽に貼り付けたOHPシートに実験前後の盛土の上面4点をスケッチし、最終沈下量(S)を求める。また盛土上部にレーザー変位計を設置し、沈下時刻歴を測定する。さらに地表面から目標とする液状化層厚の約1/4、2/4、3/4深さに間隙水圧計を設置し、過剰間隙水圧(δu)を測定する。実験は液状化層厚 H(10、14、20、24 cm)、相対密度 Dr、模型盛土の重量(Heavy、Middle、Light)、及び盛土の設置方法を変えて行った。

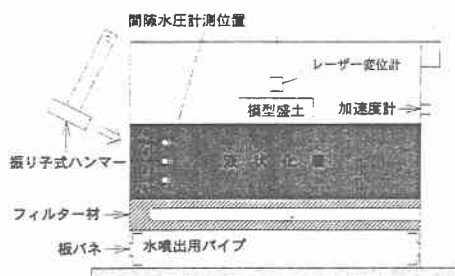


図1 液状化現象再現装置（上部水槽）

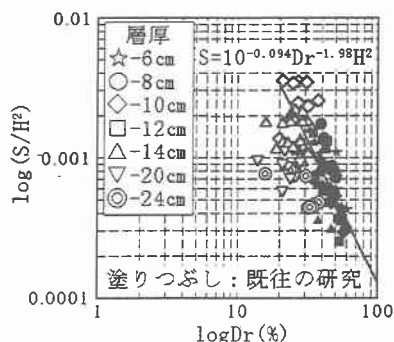


図2 $S/H^2 - Dr$

3.盛土の沈下量及び沈下プロセス 図2に既往の研究¹⁾と本研究で得られた盛土の沈下量、液状化層厚、相対密度の関係を示す。ここで、既往の研究では式(1)の近似式が得られていて、液状化層厚、相対密度はそれぞれ約2乗に比例、反比例する。

$$S = 10^{-0.094} \cdot Dr^{-1.98} \cdot H^2 \quad \text{式(1)}$$

図3に実験で得られた模型盛土の沈下時刻歴の例を示す。この図が示すように模型盛土は振動的挙動をして、なおかつその振幅が次第に減衰を伴いながら沈下するものと、振動的挙動を示さないものが認められた。振動する場合は4~6秒以内で振動が減衰してしまう。この時間

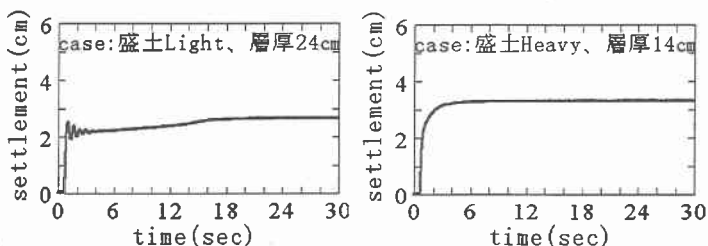


図3 模型盛土の沈下時刻歴

は図4に示す高間隙水圧継続時間より短い。振動しない場合でも大部分の沈下はこの時間より短い。このことから、完全液状化を示す領域にも物性の異なる状態が存在すると思われる。図5に液状化層厚別の、図6に模型盛土の重量別の振動発生割合を示す。これより液状化層厚が大きく、模型盛土重量が小さいほど振動

の発生確率が高い傾向がある。

次に振動を伴う沈下の振動振幅の対数減衰率を液状化層厚、模型盛土重量で整理したものを表1に示す。表1から対数減衰率は液状化層厚、盛土荷重が小さくなるにつれ小さくなる。

ここで図7に粘性流体中を沈下する模型盛土のモデルを考える。この図で層厚 h は模型の沈下に伴い、模型地盤が流体的に流動する速度の大きい領域の最深位置を示すものである。 h は初期地盤層厚 h_0 より小さいものとし、模型が沈み込むことによってその流体が図のようなくさび形の境界外で速度が無視し得るものであるとし、模型との接触面及び区間 b の上面で最大速度を持つとする。流体はくさび形の流動速度の卓越した境界内で図7のように流れるとすると、力の釣り合いから運動方程式が以下のように表される。

$$\ddot{\delta}_1 + 2c\dot{\delta}_1 + \omega_0^2\delta_1 - \frac{H\rho_1}{H\rho_1 + B\rho_2} \cdot g = 0 \quad \text{式(2)}$$

$$\text{ただし、} \omega_0^2 = \frac{2\rho_2 \cdot g}{H\rho_1 + B\rho_2}, 2c = \frac{\eta}{H\rho_1 + B\rho_2}$$

(ρ_1 : 模型密度、 ρ_2 : 流体密度、 δ_1 : 模型の沈下量、 δ_2 : 流体の盛り上がり量、 B : 模型の半断面幅、 H : 模型高さ、 u 、 v : 境界幅での水平、鉛直速度、 η : 粘性係数)

式(2)から得られる振動解の対数減衰率が実測から得られた対数減衰率と等しいとして粘性係数を逆算すると $\eta=30\sim 50(P)$ となり、水の粘性係数の約3000~5000倍となる。

4.結論 (1)液状化した地盤の層厚が厚く、また相対密度が小さいほど盛土の沈下量は大きくなる。(2)沈下量の大部分は過剰間隙水圧比が1に近い状態にある時間よりもさらに短い時間内で生じる。(3)液状化状態が継続している間の沈下の最中に、条件により振動的挙動が認められる場合と認められない場合があった。(4)模型沈下時の振動的挙動は液状化層厚が大きく、模型重量が小さいほど発生する。(5)液状化した地盤は粘性流体としてとらえることができる。

参考文献 1)佐々木康他：地盤液状化に伴う盛土の変形量、土木学会中国支部研究発表会概要集、1997；2)佐々木康他：液状化の継続時間を考慮した盛土の被害予測手法に関する研究、土木学会中国支部研究発表会概要集、1997

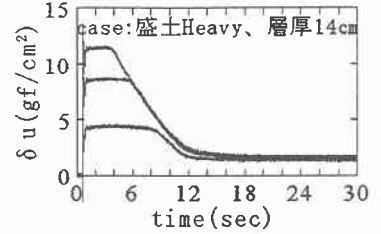


図4 過剰間隙水圧時刻歴

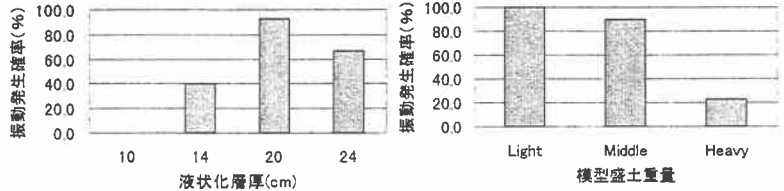


図5 振動発生確率 - 液状化層厚 図6 振動発生確率 - 模型盛土重量

表1 対数減衰率

液状化層厚(cm)	対数減衰率	模型盛土重量	対数減衰率
14	0.5654	Heavy	0.6684
20	0.6212	Middle	0.6569
24	0.6033	Light	0.5256

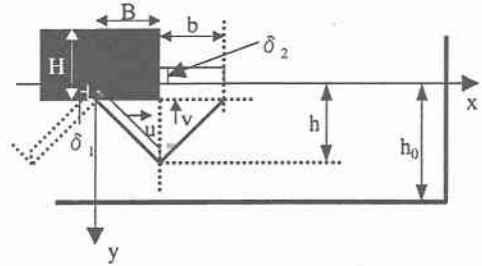


図7 模型の運動モデル