

広島大学工学部 正会員 ○佐々木 康
 広島大学大学院 学生会員 宇高 薫
 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 宮本 康司

1)はじめに

液状化する危険性のある地盤に構造物を建設する場合、地震によって大きな沈下が生じることがある。盛土の沈下量は、盛土自体の変形による沈下、液状化層の塑性流動的な変形による沈下、並びに過剰間隙水圧の消散に伴う圧密沈下から構成される。盛土自体の変形を無視した場合の地盤液状化に伴う沈下量が液状化層厚と液状化層の相対密度に支配される¹⁾。ここでは、実験事実として得られるこのような現象を沈下速度に注目し、過剰間隙水圧の継続時間との関係から吟味し、そのメカニズムの解明を試みる。

2)実験方法

図-1のような小型土槽に豊浦標準砂を水で飽和させた単層の模型地盤を作成し、その地盤上に塩化ビニル製の模型盛土を静かに設置して模型実験を行った。詳細は別報¹⁾に記した。初期液状化層厚は6、

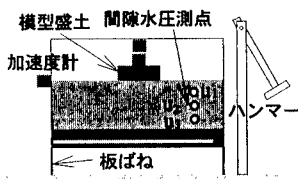


図-1 液状化現象再現装置

8, 10, 12, 及び 14cm に変化させた。なお初期液状化層厚 14cm のうち 3 ケースは、高速ビデオカメラを用いて撮影し、録画映像から模型盛土沈下量の時刻歴を求めた(表-1)。

3)盛土の沈下速度

初期液状化層厚 14cm での模型盛土沈下量の時刻歴を図-2 に示す。この図から、沈下は比較的短い時間、すなわち 0.1 秒程度で 3 ケースとも変形の大部分を終え、その後急速に沈下が終わることがわかる。相対密度が大きくなると、最終沈下量が小さくなることも読みとれる。また、相対密度が異なるケースでも、曲線の立ち上がりや沈下に抑制された後の勾配は類似している。

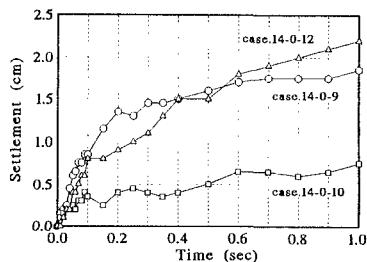


図-2 時間的な模型盛土の沈下

表-1 3 ケースの地盤状態

case No.	初期液状化層厚	相対密度
14-0-9	14cm	27.9%
14-0-10	14cm	42.9%
14-0-12	14cm	27.6%

4)高間隙水圧比継続時間

急速に沈下が終了する原因は、地盤内の間隙水圧が高い層の厚さとその時間的な継続と考えられる。図-3 は過剰間隙水圧比の時刻歴の例である。各実験ケースにおいて加振後に高い値を持続する明確な期間が表れる。そこでこの期間を高間隙水圧比継続時間と定義する。また、各実験ケースにおいて最も浅い深さ(初期液状化層厚の 1/4 深さ)で計測した高間隙水圧比継続時間と、模型盛土の最終沈下量との関係を整理してみると図-4 が得られる。この図から、高間隙水圧比継続時間が長いほど最終的な沈下量が大いこ

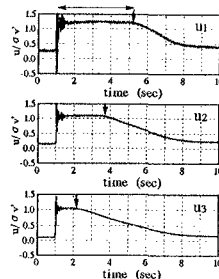


図-3 過剰間隙水圧比時刻歴

キーワード：液状化層厚、高間隙水圧比継続時間、模型実験、地盤の変形

とが分かる。

5) 盛土沈下速度の解析解

図-5に基づき盛土の沈下挙動を表現する数値モデルを考える²⁾。模型が沈み込むことによって、その流体が図にあるようなくさび型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bの区間の上面で最大速度を持つものとする。ただし、 ρ_1, ρ_2 は模型、流体の密度、 δ_1 : 模型の沈下量、 δ_2 : 流体の盛りり量、b: 盛りり幅、u: 境界幅での流体の水平速度、v: 境界幅での流体の鉛直速度である。模型の寸法は半断面幅をB、高さをH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-5のように流れるものと仮定すると、運動方程式は沈下量 δ_1 に関して(1)式で表せる。

$$\ddot{\delta}_1 + 2c\dot{\delta}_1 + \omega_0^2\delta_1 - \frac{H\rho_1}{H\rho_1 + B\rho_2} \cdot g = 0 \dots (1)$$

ただし、 η を粘性係数(P)として $\alpha = c = \frac{1}{2} \frac{\eta}{H\rho_1 + B\rho_2}$ 、

$$\beta = \sqrt{\frac{\eta^2 - 8(H\rho_1 + B\rho_2) \cdot \rho_2 \cdot g}{4(H\rho_1 + B\rho_2)^2}}, \quad \gamma = \frac{H\rho_1}{2\rho_2} \text{ とおけば, (1)式の解は}$$

$$\delta_1 = -\frac{(\alpha + \beta) \cdot \gamma}{2\beta} \exp\{-(\alpha - \beta) \cdot t\} + \frac{(\alpha - \beta) \cdot \gamma}{2\beta} \exp\{-(\alpha + \beta) \cdot t\} + \gamma$$

…(2)

となる。図-2に示した沈下曲線の立ち上がり付近に注目し、その挙動を(2)式で表現できるように η を逆算してみる。すると、相対密度の低い case.14-0-9 (Dr=27.9%) 及び case.14-0-12 (Dr=27.6%) の実測値は、 η が1000~1500 P (100~150 Pa·s) のときの曲線に類似している。また、相対密度の高い case.14-0-10 (Dr=42.9%) の実測値は 2000~3000 P のときのものに近いことがわかる。しかし、これらの粘性係数は、水の粘性係数(0.01 P)に比べ非常に大きい。これは、基本式及び得られる解の式中に液状化層厚の時間的変化を取り入れていないためであると考えられる。

6) 結論

- (1) 初期液状化層厚が厚いほど、高過剰間隙水圧比の継続時間が長い。
- (2) 高過剰間隙水圧比継続時間が長くなれば、変形の継続時間は長くなる。
- (3) このため、液状化層厚が厚くなれば盛土の沈下量が大きくなる。
- (4) 沈下の生じる過程を説明するために、液状化層を粘性流体として扱うことが一つの方向と考えられるが、ここでの逆算値は現実的な粘性係数に比べて大きく、更なる検討が必要である。

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。

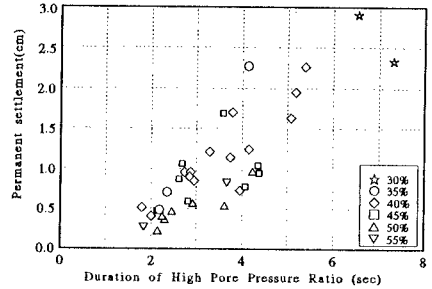


図-4 1/4 深さにおける高間隙水圧比継続時間と最終沈下量

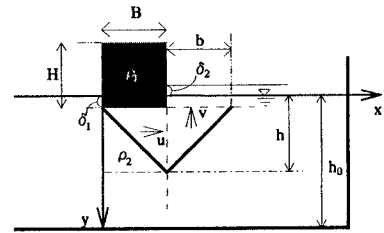


図-5 模型の運動

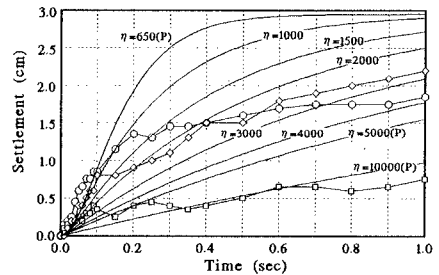


図-6 実験と解析解との比較