

飽和粘土の繰返し一次元圧密解析について

佐賀大学 理工学部 学○福田 隆雄
" " 正 坂井 晃

1. まえがき 佐賀平野などの、軟弱な沖積粘土が厚く堆積している地盤沈下地帯では、地下水の季節的変動や交通荷重などの変動荷重による地盤沈下が問題となっている。その沈下特性は、静的な荷重によって生じる沈下特性とは異なることが知られており、このような繰返し圧密変動を明らかにするための理論的研究やケーススタディーが行われている。本研究では、一次元の繰返し圧密挙動について、Terzaghiの一次元圧密方程式を使用した有限要素法による一次元圧密解析を行い、実測値と比較検討した。

2. 解析理論と解析手法

本研究は、Terzaghiの一次元圧密方程式 $\partial u / \partial t = k / (m_v \gamma_w) \cdot \partial^2 u / \partial z^2 = C_v \cdot \partial^2 u / \partial z^2$ を基本に用いたもので、載荷荷重として繰返し荷重が作用したときの沈下量を算出する。ただし、体積圧縮係数は、有効応力と間隙比の関数 $m_v = 0.434 C_c / (1+e) \cdot \sigma'$ を用いた。本研究では、載荷時の体積圧縮係数を m_v 、除荷時の体積圧縮係数を m_{vs} 、同様に載荷時の圧密係数を C_v 、除荷時の圧密係数を C_{vs} とする。過圧密状態における圧密定数は、除荷時の圧密定数に従うものとする。本解析は有限要素法を使用した繰返し一次元圧密解析を行った。ただし、2次圧密は考慮していない。

3. 解析モデルと解析条件

(1) 解析モデル 本解析では、層別計測型圧密試験装置¹⁾ (20mmの分割供試体を5個直列に連結した層厚100mmの5層供試体，上部排水条件) による粘土の繰返し圧密試験の実測値と対比するために、図-1に示すように、厚さ10cmを合計32要素に分割したモデルで行った。

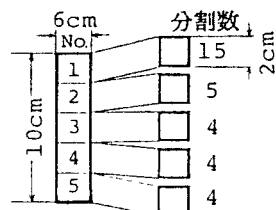


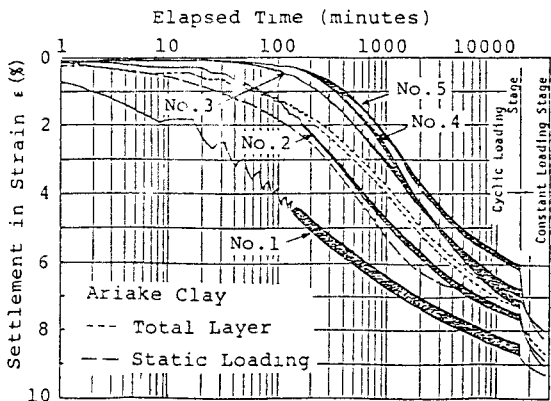
図-1 解析モデル

(2) 解析条件 解析条件は表-1に示す。繰返し荷重は矩形波である。透水係数は、載荷時と除荷時の値が等しいとして、載荷時・除荷時の体積圧縮係数の比 m_{vs}/m_v 、載荷・除荷時の圧密係数の比 C_{vs}/C_v を設定した。また、本研究は、解析プログラムの精度上実測値との比較を3000分までとした。

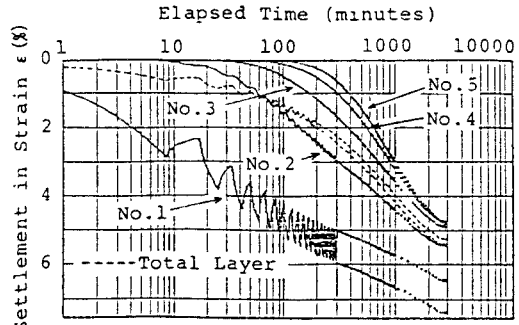
表-1 解析条件

圧縮指数	C_c	0.88
圧密係数	C_v	0.048 cm ² /min
初期間隙比	e_0	2.1
初期応力	σ_0	1.0 kgf/cm ²
繰返し載荷荷重	$\Delta \sigma$	1.0 kgf/cm ²
周期	T	1000 sec
m_{vs}/m_v		0.3
C_{vs}/C_v		3.33
計算時間刻み		10 sec

4. 解析結果および考察 解析結果を、層別計測型圧密試験装置による粘土の繰返し圧密試験の実測値¹⁾と比較する。図-2(a)(b)は各層の軸ひず



(a) 実測値¹⁾



(b) 解析値

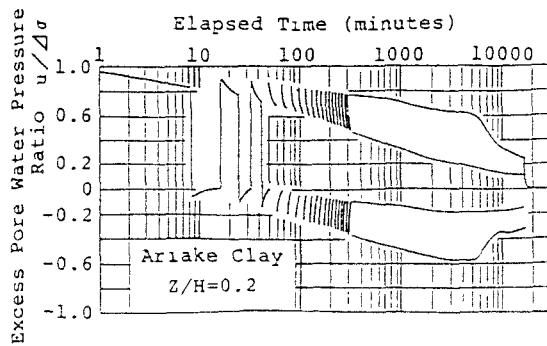
図-2 時間-軸ひずみ関係

みを時系列で表したものである。下部に位置する層の沈下は、初期の段階において解析値が実測値より幾分小さい値を示しているが、全般的な沈下傾向は両者よく一致している。解析によって得られた全層平均の軸ひずみは、実測値とほぼ同一の値を示している。また第1層目における軸ひずみの各1サイクル内の変動量については、解析値が実測値の2倍近く変動している。この原因としては、 $mvs/mv=0.3$ と設定しているため、 mvs が大きく、従って除荷時の軸ひずみの戻りが大きくなったと考えられる。さらに、 mvs/mv を小さく設定して解析を行った結果、軸ひずみの各1サイクル内の変動量は小さくなるが、 Cvs が大きくなることで、初期に沈下が進み、早い段階で沈下が落ち着くことが認められた。

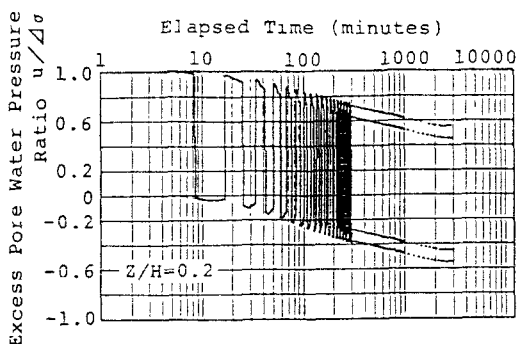
図-3(a)(b)は、時系列で表した過剰間隙水圧比である(深さ位置 $Z/H=0.2$)。解析値は実測値よりも消散の開始が若干遅れる傾向があり、載荷時・除荷時の各半サイクル内での過剰間隙水圧の変動量が小さいことが認められる。過剰間隙水圧の消散遅れの原因としては、載荷時・除荷時の透水係数を等しくしているため、 Cvs が小さい値となり、そのために、過圧密状態時および除荷時での過剰間隙水圧の消散速度が小さくなることが考えられる。これにより、載荷時・除荷時各半サイクル内での過剰間隙水圧の変動量が小さくなり、実測値のような変動が表現しにくいことが挙げられる。 Cvs/Cv を大きく設定した場合には、載荷時・除荷時の各半サイクル内での過剰間隙水圧の変動量が大きくなることが認められた。次に、60サイクル目(経過時間 1000 分時点)における過剰間隙水圧比の深さ方向の分布を示したのが、図-4である。上部自由表面より、深さ位置 $Z/H=0.2$ までの間の実測値が得られていないため、これらの深さでの解析値と実測値との正確な比較はできないが、載荷時・除荷時とも、解析値は実測値に比べて過剰間隙水圧の消散が遅れており、特に、載荷開始後 20 秒および除荷開始後 20 秒では、実測値でみられるような消散は、表現されていない。さらに、最深位置における過剰間隙水圧の変動傾向は、解析結果では得られていない。

5. あとがき 本解析では静的圧密時の圧密定数を基本に使用したが、今後は、繰返し一次元圧密時の体積圧縮係数などの圧密定数を各種実験により求め、この定数を用いた解析を行う必要がある。

参考文献 1) 松田博他：層別計測にもとづく粘土の繰返し圧密機構に関する研究，第25回土質工学研究発表会，PP.391~394，1990。



(a) 実測値¹⁾



(b) 解析値

図-3 時間-過剰間隙水圧比関係

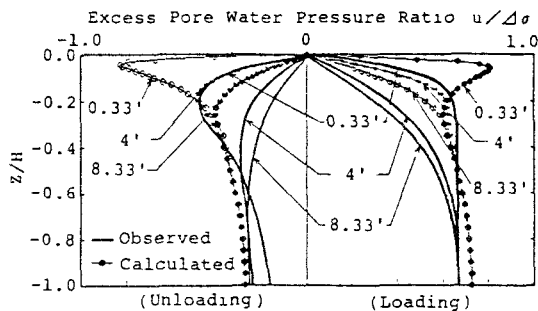


図-4 過剰間隙水圧比分布(60サイクル目)