

繰返し一次元圧密における長期沈下について

佐賀大学 理工学部 正 坂井 晃

1. まえがき

飽和粘性土の繰返し圧密問題の一つとして、交通荷重、波浪、地下水位の季節的変動等の繰返し荷重による長期的沈下が挙げられる。短期的には繰返し圧密沈下が小さくても、長期的には静的二次圧密よりも大きな沈下が生じていくことが指摘されている。従来、繰返し圧密に対する理論や解析手法が種々提案されているが、筆者らも繰返し一次元圧密問題を対象に、テルツァーギの圧密理論を基本に圧密定数を変化させた解析を行ってきた¹⁾²⁾。しかし、このような解析モデルでは、繰返し荷重を受ける長期的な圧密沈下解析において、静的圧密の二次圧密に相当するような長期的な沈下を得ることができない。本研究は、長期的圧密沈下を考慮できるような圧密定数の設定法について解析的検討を加えた。

2. 解析概要

繰返し圧密に対する本解析手法は、テルツァーギの一次元圧密方程式を基本としたものであり、載荷時と除荷時の体積圧縮係数および圧密係数の比、 m_{vs}/m_v 、 c_{vs}/c_v を任意に設定することによって、繰返し一次元圧密時における沈下と過剰間隙水压を算出する。本解析では、層別計測型圧密試験装置³⁾(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一次元圧密試験を対象に、有限要素法を用いた繰返し一次元圧密解析(時間刻み10sec,要素数32)を行った。載荷荷重は、周期1000秒の矩形波である。ただし、体積圧縮係数は $m_v=0.434Cc/(1+e) \cdot \sigma'$ を使用し、透水係数は一定とした。

3. 長期的な沈下解析法と解析結果

図-1(a)(b)は、それぞれ層別計測型圧密試験装置および本解析モデルを用いた数値解析によって得られた全層平均の軸ひずみ(静的・繰返し)を比較したものである。ここに示した解析結果は、静的圧密沈下と繰返し圧密沈下(圧密定数比: $m_{vs}/m_v=0.02 \sim 0.3$, $c_{vs}/c_v=50.0 \sim 3.33$, $k_s/k_i=1.0$)である。 m_{vs}/m_v の値が大きいときは、除荷時の軸ひずみの戻りが大きくなるだけでなく、載荷時も過圧密領域に入ると c_{vs} が小さいために載荷周期が短くなるほど残留ひずみは静的圧密曲線より小さくなる²⁾。一方、 m_{vs}/m_v の値が小さくなると、除荷時の軸ひずみの戻りは小さく、載荷時も過圧密領域に入ると c_{vs} が大きくなるために静的圧密曲線よりも大きな沈下を示しているが、 m_v の値として静的圧密における定数を用いているために繰返し圧密沈下量は最終的には静的な一次圧密量を越えるには至っていない。

また、本解析モデルのように、テルツァーギの一次元圧密理論を基に載荷・除荷時の圧密定数比を任意に設定し、除荷時の圧密定数と過圧密時の圧密定数を等しいとする解析手法を用いた場合には、載荷時の大部分を過圧密領域が支配する1次圧密の後半部分において載荷時と除荷時の圧密定数が等しくなり、

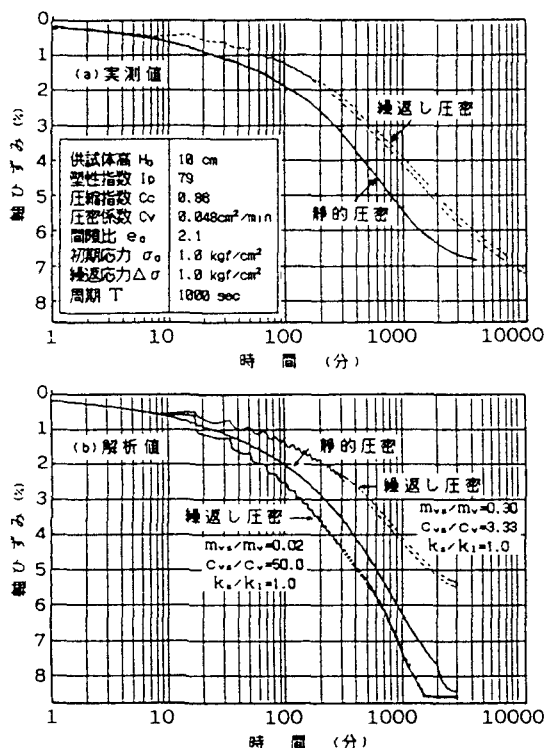


図-1 全層平均の軸ひずみ曲線(実測と解析)

過剰間隙水圧の変動が定常状態となって沈下も停止することになる。ここでは、長期的沈下を表現する方法として以下の方法について述べる。

(1) 繰返し載荷における体積圧縮係数比 m_{vs}/m_v の設定法

この方法は、長期的な繰返し圧密沈下量を算出するために、除荷時の体積圧縮係数と載荷時の過圧密状態の体積圧縮係数に異なった値を設定するものである。図-2(A)には、圧密定数の比として、除荷時には $m_{vs}/m_v = 0.30$ 、載荷時の過圧密状態においては $m_{vs}/m_v = 0.315$ を用いたときの全層平均の軸ひずみを示す。この図から分かるように、除荷時および載荷時の過圧密状態の m_{vs}/m_v の値が異なるかぎり、沈下は長期的にみて大きくなり続けることになり、収束していく傾向は得られない。一方、 m_{vs}/m_v の値を載荷回数の増加とともにその値を減少させる方法を用いた解析結果が、図-2(B)である。ここに、除荷時を $m_{vs}/m_v = 0.30 \cdot N^{-0.5}$ 、載荷時の過圧密状態を $m_{vs}/m_v = 0.315 \cdot N^{-0.5}$ とした。ただし、 N は載荷回数である。この設定方法は載荷回数が無限大になった時点において、除荷時と載荷時の過圧密状態の体積圧縮係数が等しくなり、沈下が停止することを意味している。長期的な繰返し圧密沈下を評価するこの方法は、静的な一次圧密沈下量を越して静的な場合の二次圧密に相当する長期的な沈下傾向を表現することが可能である。

(2) 過剰間隙水圧発生の減少傾向を考慮した解析

(1)に示した m_{vs}/m_v の設定により長期的沈下の予測は可能になるが、除荷時と載荷時の過圧密状態の圧密係数が等しくなるため過剰間隙水圧の変動は定常状態のままである。しかし、層別計測型圧密試験装置を用いた実測値では、過剰間隙水圧の発生量が減少している傾向が見られることから³⁾、この過剰間隙水圧の消散の表現も併せて予測するためには、沈下に影響しない過剰間隙水圧の消散を設定することが考えられる。図-3(a)(b)は、過剰間隙水圧の変動が定常状態に達した載荷回数 N' の後、載荷荷重によって発生する過剰間隙水圧 Δu_0 に対し沈下に影響しない過剰間隙水圧の消散量 Δu として $\Delta u = (1 - 0.999^{(N-N')}) \Delta u_0$ を設定したときの全層平均の軸ひずみと過剰間隙水圧比の変動量（深さ位置 $z/H=0.2$ ）を示している。この解析結果から、本方法を用いた場合には、実測値に見られるような長期的沈下と過剰間隙水圧比の変動量の減少傾向を表現することが可能である。

4. あとがき
 177-キの圧密方程式を基本にした繰返し圧密モデルは、繰返し載荷時における圧密定数の設定法もしくは過剰間隙水圧の変動量の取扱いも含めた本解析法によって、長期的な繰返し圧密沈下の表現が可能である。

参考文献 1) 福田・坂井: 飽和粘土の繰返し一次元圧密解析について, 土木学会西部支部研究発表会, 1991.
 2) 坂井・福田: 繰返し荷重を受ける飽和粘性土の一次元圧密解析, 第26回土質工学研究発表会, 1991.
 3) 松田他: 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, 1990

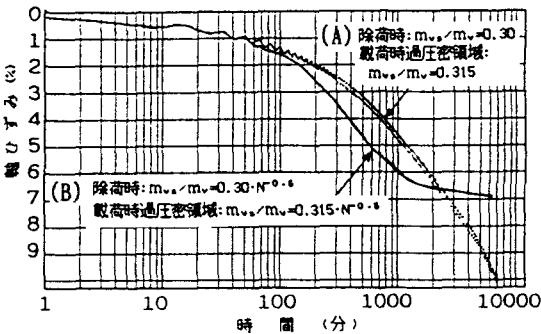


図-2 全層平均の軸ひずみ曲線 (m_{vs}/m_v 変化)

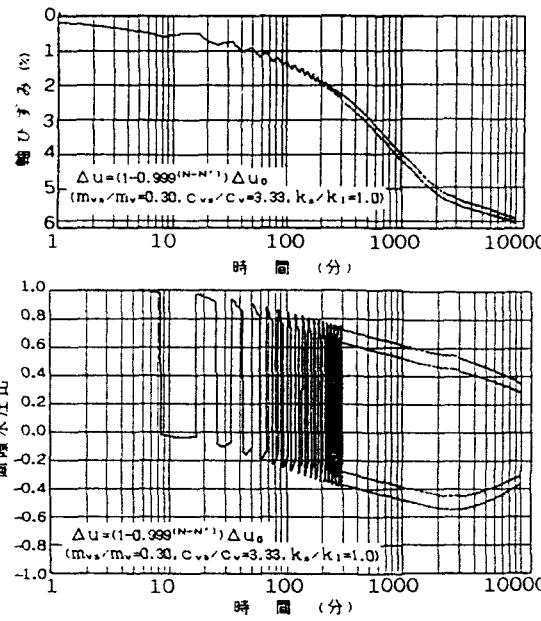


図-3 全層平均の軸ひずみ曲線および過剰間隙水圧比曲線 ($z/H=0.2$)