

静的圧密理論に基づいた繰返し圧密モデル

九州大学 正〇梅崎健夫 正 落合英俊
正 林 重徳 学 畑 成年

1. まえがき

繰返し圧密とは周期的荷重のもとでの圧密現象であり¹⁾、粘土層内部では一様に圧縮および膨潤が生じているのではなく、それぞれが混在した状態にある²⁾。本研究は、繰返し圧密における粘土要素の圧縮と膨潤を静的圧密理論に基づいて評価し、これらを重ね合わせることで繰返し圧密の表現を試みるものである。

本文は、提案した繰返し一次元圧密モデル³⁾の適合性を層別計測型圧密試験機を用いた室内試験²⁾の結果と比較することにより検討し、繰返し圧密を評価する際に考慮すべき特性を明らかにした。

2. 提案モデルの概要

繰返し圧密を静的圧密の重ね合わせとして表現するうえで、間隙水圧挙動と粘土骨格の構成関係にそれぞれ次の仮定を用いた。①粘土層内の全ての要素において载荷および除荷の瞬間の間隙水圧の変化量は、载荷応力の変化量に等しく(図-1(b)において $\Delta u_{L0}/\Delta\sigma = \Delta u_{U0}/\Delta\sigma = 1$)、排水面の間隙水圧は瞬時にゼロになる。②粘土骨格の構成関係を、要素が正規圧密状態か過圧密状態かによって区別し、それぞれ、静的圧密試験における粘土層内部の要素の $\Delta e \sim \log(\Delta\sigma/\sigma)$ 関係(図-5における一点鎖線)の勾配 m_v 、および標準圧密試験における膨潤指数 c_e を用いる。現段階において、計算に用いるパラメータは、すべて静的圧密試験より求めたものであり、提案モデルには特別な繰返し効果は導入していない。提案モデルおよび計算手法の詳細は文献3)を参照されたい。

3. 繰返し一次元圧密挙動の予測

3.1 解析条件

解析の対象は松田ら²⁾によって実施された繰返し圧密試験である。解析条件を列記すると、载荷波形：矩形波(载荷時間と除荷時間が等しい)、载荷周期： $T=1000\text{sec}$ 、初期応力： $\sigma_0=1.0\text{kgf/cm}^2$ 、繰返し応力： $\Delta\sigma=1.0\text{kgf/cm}^2$ 、粘土層厚： $H=10\text{cm}$ 、片面排水である。解析においては、層厚を20分割($\Delta Z=5\text{mm}$)し、計算の時間増分を $\Delta t=1\text{sec}$ とした。

3.2 提案モデルの適合性

(1)沈下ひずみ・時間関係：図-2は、層全体としての沈下ひずみ・時間関係を解析値と実測値とで比較したものである。解析値は、 $t=1000\text{min}$ (繰返し回数 $N=60$)までは実測値と良く一致しているが、その後、過大な沈下量を予測している。このことは、 $t=1000\text{min}$ 以降において、解析値が排水面に近い $Z/H=0.2$ および $Z/H=0.4$ の各層の沈下を過大に予測しているためである。以下、2. で述べた仮定の検証を行い、考慮すべき特性について考察する。

(2)载荷応力の変化による間隙水圧挙動：提案モデルにおいては、 $\Delta u_{L0}/\Delta\sigma = \Delta u_{U0}/\Delta\sigma = 1$ と仮定して

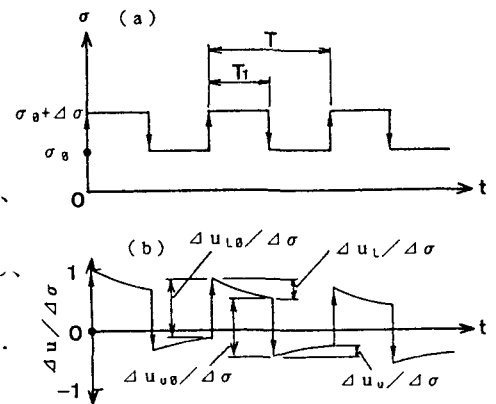


図-1 载荷応力と間隙水圧の関係(模式図)

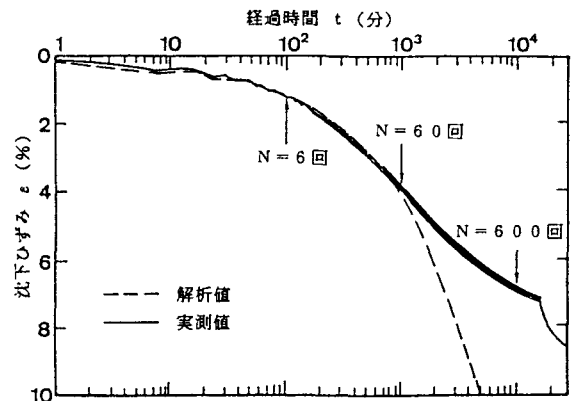


図-2 沈下ひずみ・時間関係(全層)

いるのに対して、図-3に示すように、実測値は、ほぼ $\Delta u_L / \Delta \sigma = \Delta u_U / \Delta \sigma$ であるが、繰返し回数の増加とともにその値は減少する。善ら⁴⁾は波浪荷重を受ける海底地盤の水圧変動を伝達係数を導入して評価している。

(3)間隙水の吸排水による間隙水圧挙動：図-4は、1サイクル中の载荷過程および除荷過程における間隙水圧の変化量（図-1(b)における $\Delta u_L / \Delta \sigma$ および $\Delta u_U / \Delta \sigma$ ）と繰返し回数の関係である。解析値、実測値ともに、ほぼ $\Delta u_L / \Delta \sigma = \Delta u_U / \Delta \sigma$ である。提案モデルは、透水係数を間隙比の関数として用いており、 $Z/H=0.2$ および 0.4 の層の沈下を過大に予測しているため、この部分の層の透水係数を著しく小さく評価している。このことが $Z/H=0.4$ 以深の層の間隙水圧挙動を表現できない要因の一つである。

(4)粘土骨格の応力・ひずみ関係：载荷過程における $\Delta e \sim \log(\Delta \sigma / \sigma)$ 関係を図-5に示す。実測値は、排水面の層を除いて各層とも一定の応力・ひずみ関係を示している。このことは、静的圧密においても認められるが、繰返し圧密の応力・ひずみ関係は静的圧密のそれと同じではない。一方、解析値は、各層毎に異なる関係を示している。また、いずれの層においても間隙水圧は完全に消散することなく、各層毎にある一定の有効応力に収束する傾向にある。

4. まとめ

静的圧密理論に基づいた繰返し圧密モデルにより繰返し一次元圧密挙動の予測を行った。実測値との比較は必ずしも満足できるものではなく、特に、間隙水圧特性の評価が十分でない。また、分割した要素の厚さ ΔZ および計算の時間増分 Δt の数値計算上の問題も大きいと思われる。しかしながら、実験的に繰返し圧密特性を把握し、指摘した間隙水圧特性などを導入することにより提案モデルの適合性を高められるものと考えられる。

謝辞 室内実験および解析は、土の繰返し圧密研究委員会の活動として実施されたものである。室内試験の貴重なデータを提供頂いた山口大学・松田博先生に深く感謝します。

【参考文献】1)吉國：繰返し応力を受ける地盤の変形に関するシン

ポジウム発表論文集, 1990. 2)松田ら：第25回土質工学研究発表会講演集, pp. 391-394, 1990. 3)佐藤ら：第25回土質工学研究発表会講演集, pp. 387-390, 1990. 4)善ら：土と基礎, Vol. 37, No. 6, pp. 63-68, 1989.

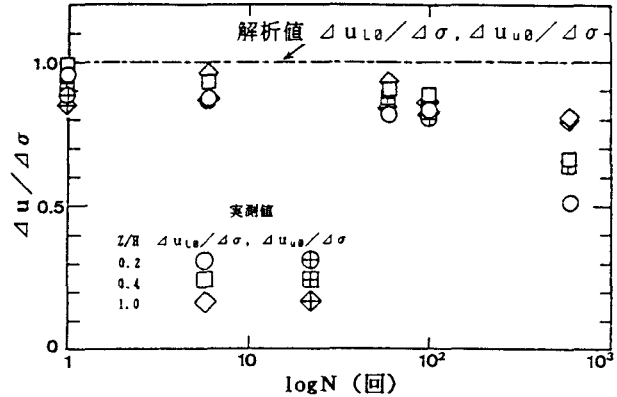


図-3 $\Delta u_L / \Delta \sigma$ および $\Delta u_U / \Delta \sigma \sim N$ 関係
(実測値は载荷応力の変化後 $t=0.33$ minから $t=8.33$ minの変化量)

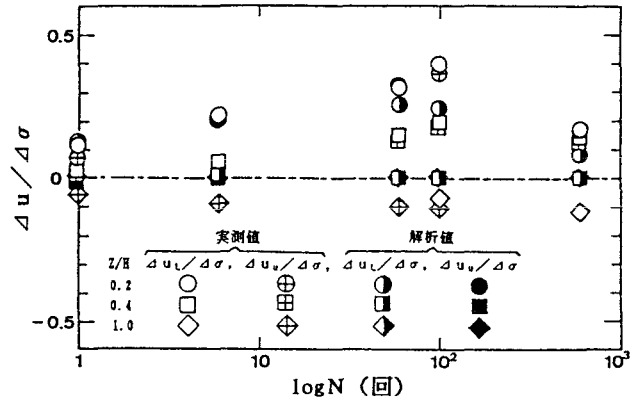


図-4 $\Delta u_L / \Delta \sigma$ および $\Delta u_U / \Delta \sigma \sim N$ 関係
(実測値は载荷応力の変化後 $t=0.33$ minから $t=8.33$ minの変化量)

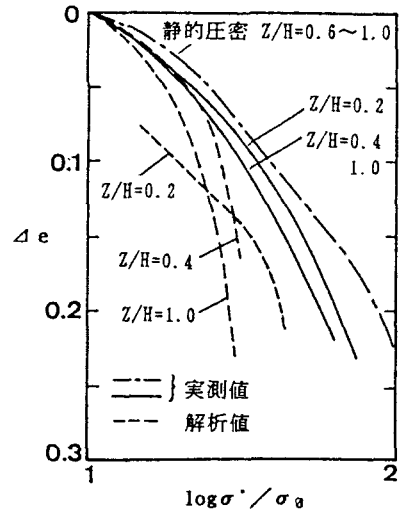


図-5 $\Delta e \sim \log \sigma' / \sigma_0$ 関係