

弾粘性レオロジーモデルによる二次圧密解析について

法政大学 学生会員 ○小笠原拓哉
 法政大学 学部生 藤村 涼子
 法政大学 正会員 草深 守人
 法政大学 正会員 橋本 保

1. はじめに

粘土の一次圧密については、これまで多くの理論的、実験的研究からほぼ統一的な解釈がなされている。一方、二次圧密については、全圧密量に比べ小さいことや圧密速度が遅いことからあまり研究が進まず、統一的な考え方は確立していない。しかし、施工技術の進歩や社会的要求から軟弱地盤上に構造物を建設する機会が増えている。軟弱地盤に構造物荷重が載荷されると、粘土中の間隙水の排水に伴う一次圧密完了後も長期にわたって沈下現象(二次圧密)が継続することとなる。このように、二次圧密による不等沈下の技術的克服が重要課題となっている。本文は、二次圧密の予測に必要な構成モデルに含まれる土質定数の評価方法についての一試みを述べたものである。

2. 圧密試験の概要

圧密試験試料は、含水比を種々調整した飽和粘土を所定の先行圧密圧力で圧密養生した試料を用いている。試料土は海生粘土、シルト、荒木田土の三種類であり、これらの試料に対し、段階載荷による圧密試験(長期圧密を含む)および定ひずみ速度載荷圧密試験を行った。また、段階載荷による圧密試験結果から弾粘性レオロジーモデル解析に必要な各種土質パラメータの評価方法を検討・提案した。さらに、提案する評価式に従う土質パラメータを用いて数値解析を実施し、解析値と試験結果との比較から弾粘性圧密モデルの表現性について考察した。

3. 圧密試験結果

間隙比 e と圧密圧力 p の関係を図1に、圧密降伏応力を表1に示す。段階載荷による圧密試験と定ひずみ速度載荷による圧密試験の結果は類似した $e - \log p$ 曲線を示しているが、両試料に対する圧密降伏応力は大きな差がみられた。二次圧密を支配する粘性項は粘性係数によって決定付けられるが、本文では、この粘性係数を長期圧密試験結果から間隙比の関数として直接決定する試みがなされた。図2はその結果を示したものであり、土質分類としては同じ粘性土に属していても、それらの成因によって粘性係数が大きく異なることを示している。同様に、図3によると一次圧密の進行速度を支配する透水係数と間隙比の関係にも粘土の種類による大きな違いがみられる。

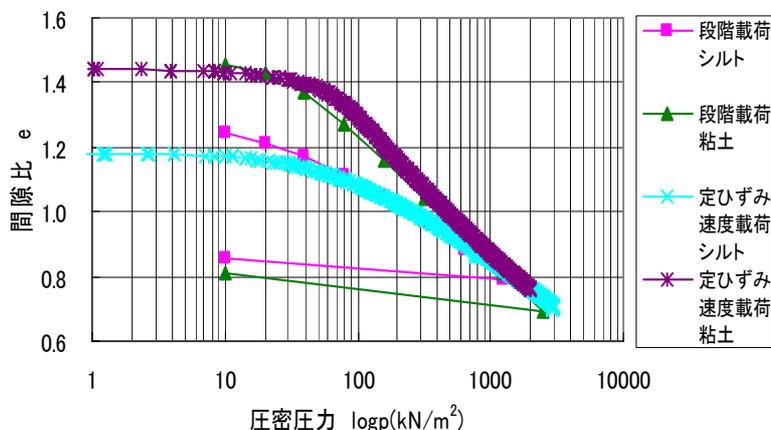


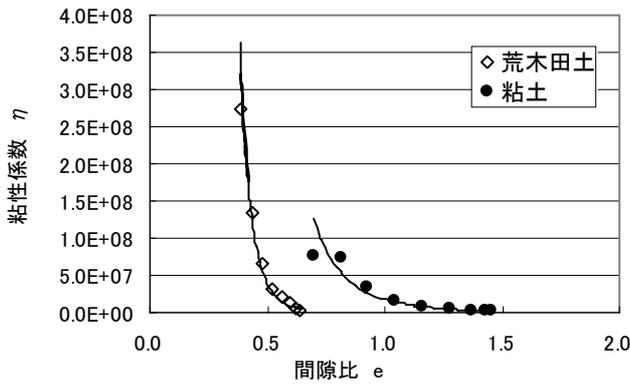
表1 圧密降伏応力

試験方法		試料	圧密降伏応力 P_c (kN/m ²)
段階載荷		シルト	46.0
		粘土	40.1
定ひずみ速度載荷		シルト	100.3
		粘土	63.0

図1 段階載荷・定ひずみ速度載荷圧密試験の $e - \log p$ 曲線

キーワード 粘性土, 二次圧密, 弾粘性モデル, 圧密特性

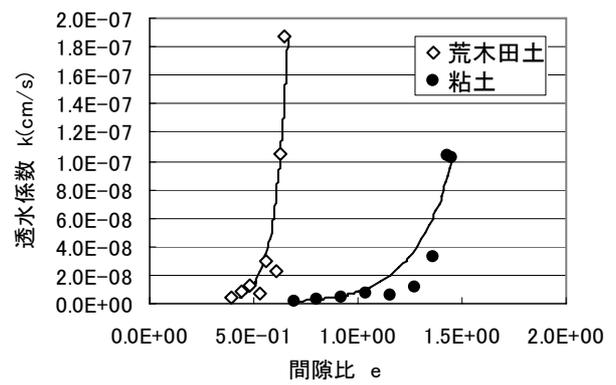
連絡先 〒184-0002 東京都小金井市梶野町 3-7-2 法政大学大学院工学研究科建設工学専攻 TEL:042-387-6291



粘土 : $\eta = 1.73 \times 10^7 e^{-5.50}$

荒木田土 : $\eta = 1.14 \times 10^5 e^{-8.43}$

図2 粘性係数と間隙比の関係 $\eta(e)$



粘土 : $\log k = 2.35e - 10.4$

荒木田土 : $\log k = 7.04e - 11.4$

図3 透水係数と間隙比の関係 $k(e)$

4. 実験値と解析値の比較

図4は、間隙比 e と時間 t の関係を実験値と解析結果で比較したものである。上記で概要を述べた材料パラメータを用いた圧密解析結果と実験値の $e-t$ 曲線は定性的には類似しているものの定量的な説明は不十分である。また、解析結果は実験値に比べ一次圧密の進行が緩慢である。

今回の解析では透水係数 k を Terzaghi の圧密支配方程式で定義されている圧密係数 $c_v = k/(m_v \gamma_w)$ に従って圧密試験結果から評価している。しかし、この方法による透水係数の評価は信頼性の面から疑問視されてきた。したがって、今後は異なる複数の圧力で圧密した試料に対する透水試験から直接 $k-e$ 関係を決定して行く必要があると考える。さらに、解析結果は実験値に比べ二次圧密の進行速度が遅いことから、粘性係数 $\eta(e)$ の測定方法とその評価方法についても再検討する必要があると考える。さらに、二次圧密係数のうち C_β はこれまで段階載荷試験の圧密曲線の傾きに等しいとしてきたが、本文では図2に示したように粘性係数を直接長期載荷試験から求めた。これらのことについても、さらに理論面や試験方法等から見直す必要がある。

5. あとがき

本文では、段階載荷による短期・長期の圧密試験から圧密計算に必要な各種材料定数に着目し、これまでに提案されてきた評価方法の妥当性について検討し、疑問点についてはその解決策としての試案を示した。さらに、本研究で実施した二種類の粘性土に対する圧密試験結果と弾粘性モデルを用いた解析結果との比較を行うことにより、一次圧密から二次圧密過程までの圧密現象を定性的に表現できることを示した。しかしながら、計算値は試験値を定量的に表現できるまでには至っておらず、材料定数の評価方法や圧密モデルについてさらに検討することが必要である。特に、理論面では弾粘性モデルから弾粘塑性モデルへの発展の必要性、材料定数の評価については、圧密の進行に伴う透水係数の変化を表す間隙比と透水係数の関係式、および粘性係数の直接的な試験方法とその評価方法についての検討が重要と考える。

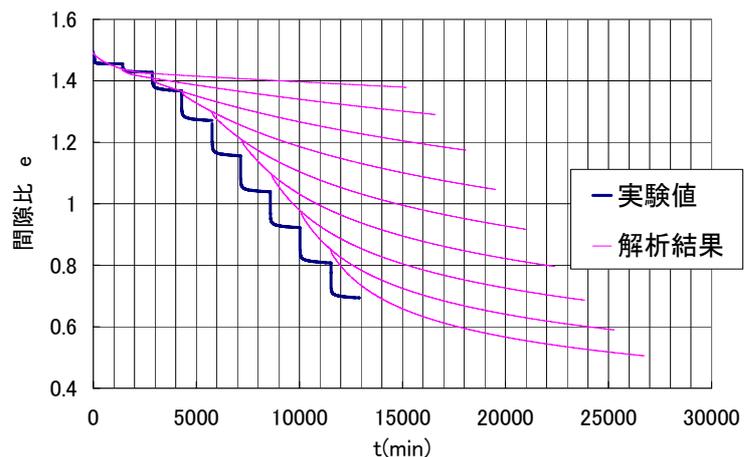


図4 $e-t$ 曲線の実験値と解析結果の比較(粘土)

参考文献：森脇武夫：弾粘性圧密理論を用いた圧密沈下予測，圧密沈下予測の新しい考え方と手法講習会講演資料，地盤工学会，pp. 97-116， 2003.