

構造が発達した海成粘土の圧密特性に関する研究

佐賀大学 理工学部 学生会員 ○綿谷 光城
佐賀大学 理工学部 正会員 柴 錦春
佐賀大学 理工学部 正会員 三浦 哲彦

1.はじめに

一般の粘土は正規圧密領域において、 $e-\ln(p')$ (e : 間隙比、 p' : 圧密圧力) 関係は線形に近いが構造が発達した海成粘土では非線形性の度合いが強くなる。したがって、構造が発達した海成粘土に $e-\ln(p')$ 関係を線形と仮定して圧密計算などを行うのは適切ではない。本研究は、不攪乱有明粘土、および他の構造が発達した海成粘土の圧密特性を比較検討し、適切な e と p' の関係を導こうとするものである。

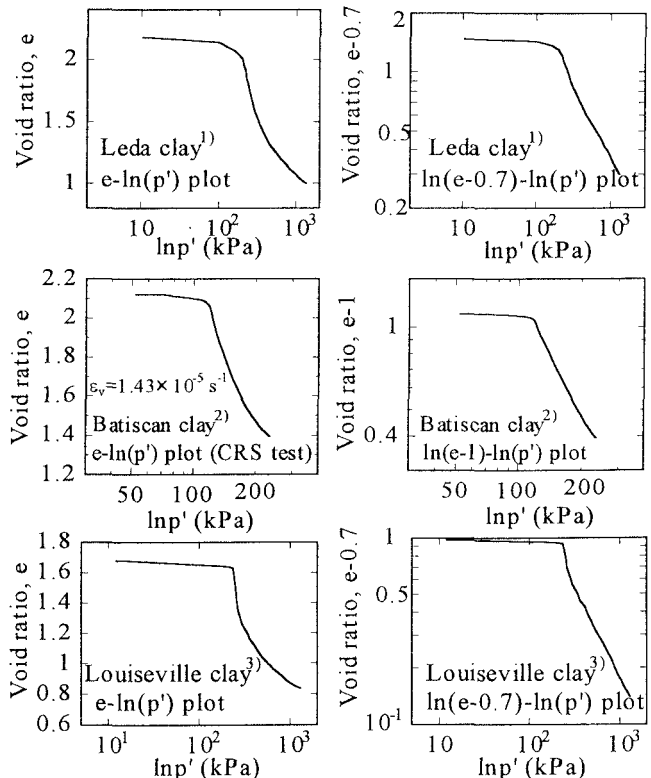
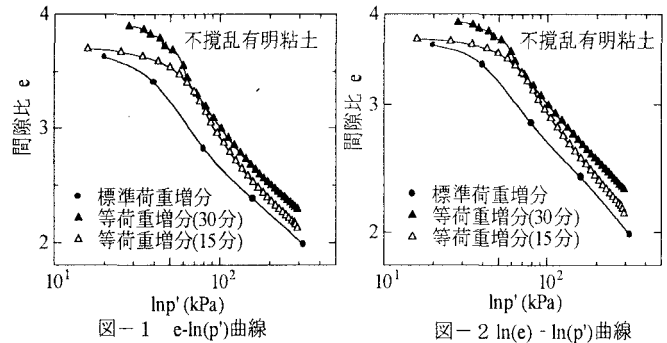
2.不攪乱有明粘土の圧密試験

用いた不攪乱有明粘土の物理的性質は $W_n = 136.9 \sim 161.9\%$ 、 $W_L = 112.4\%$ 、 $I_p = 63.7$ であった。間隙水圧が測定可能な圧密試験装置 (底面非排水) を用いて (1) 標準荷重増分圧密試験 (各荷重増分で 24 時間圧密) (2) 等荷重増分 $\Delta p = 10\text{kPa}$ の圧密試験 (各荷重増分で 30 分圧密、15 分圧密) を行い、沈下量と過剰間隙水圧を測定した。試験前に、供試体に脱気水を十分通水させ 200 kPa の背圧を負荷し、供試体の飽和度を高めた。

実験結果を $e-\ln(p')$ プロットで整理すると、図-1 のようになった。いずれの載荷パターンにおいても、 $e-\ln(p')$ 関係は非線形であることがわかる。 $\ln(e)-\ln(p')$ プロットをとると図-2 にみられるように正規圧密領域ではほぼ線形になることがわかった。これらの実験において、荷重速度の増加に伴って圧密降伏応力が増加したことが認められた。

3. $\ln(e+e_c)-\ln(p')$ 関係

有明粘土および他の構造が発達した海成粘土の圧密試験結果^{1)~3)}を総合的に検討した結果、鋭敏比 3 以上の海成粘土は正規圧密領域において、 $\ln(e+e_c)-\ln(p')$ (e_c は定数) は線形関係を示すことが明らかになった (図-3)。この線形関係を定式化するためには 2 つのパラメーター、定数 e_c と正規圧密



領域の曲線の傾き λ_1 が必要である。 $e-\ln(p')$ 曲線において、圧密圧力 p'_1, p'_2 に対応する間隙比を e_1, e_2 とし、 (p'_1, e_1) と (p'_2, e_2) の接線の傾きをそれぞれ λ_1, λ_2 とすると、

$$e_c = \frac{e_1 \lambda_2 - e_2 \lambda_1}{\lambda_1 - \lambda_2} \quad (1)$$

また、 $\ln(e+e_c)-\ln(p')$ 曲線が線形(傾き λ_1 は一定)、 $e-\ln(p')$ 曲線が非線形(傾き λ は e の変数)の状態では、 λ と λ_1 との関係は次の通りである。

$$\lambda = (e + e_c) \lambda_1 \quad (2)$$

$\ln(e+e_c)-\ln(p')$ の線形関係を用いると、1次元圧密の全体積ひずみ(ε_v)は

$$\varepsilon_v = \frac{e_0 + e_c}{1 + e_0} \left[1 - \left(\frac{p'}{p'_0} \right)^{-\lambda_1} \right] \quad (3)$$

ここで、 e_0 : 初期間隙比、 p' : 圧密圧力、 p'_0 : 圧密降伏応力を表す。

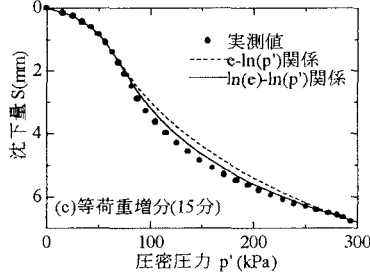
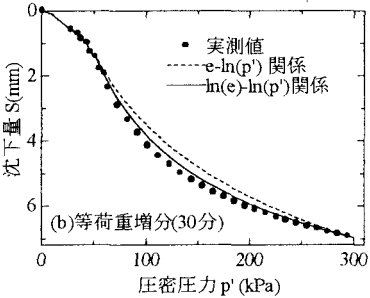
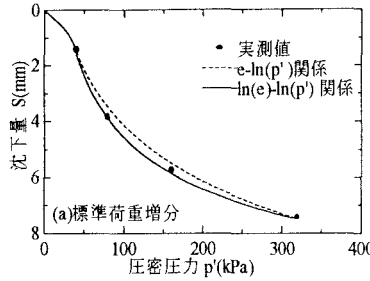


図-4 荷重-沈下量曲線

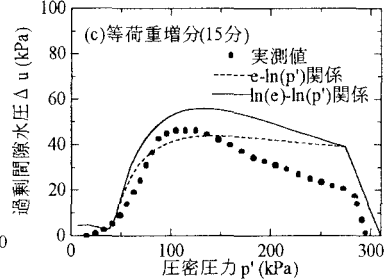
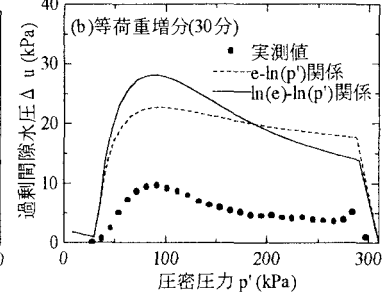
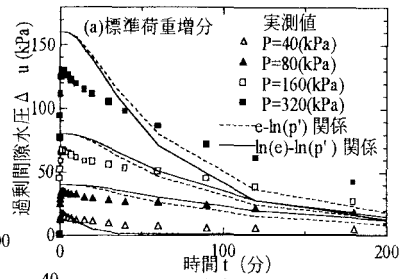


図-5 過剰間隙水圧の変化

4. 計算結果と実測値との比較

(1) 荷重-沈下量曲線

荷重-沈下量曲線の実測値と計算結果との比較を図-4に示す。沈下量計算は $e-\ln(p')$ 関係に基づく従来の計算法と、提案した線形 $\ln(e+e_c)-\ln(p')$ 関係を用いた式(3) ($e_c=0$)を比較した。これより、提案した方法は実測値を良くシミュレートできることがわかる。

(2) 過剰間隙水圧の変化

実測値と FEM 解析によりシミュレートした値との比較を図-5に示す。提案法の場合は、修正 Cam-clay モデル⁴⁾の硬化則に線形 $\ln(e+e_c)-\ln(p')$ 関係を導入し、計算を行った。等荷重増分の場合、全体として計算値は実測値より大きい。その原因の一つは、試料の飽和度を十分に高めることができなかったことが考えられる。測定した B 値(飽和度)は 90~95%であった。

5. 結論

- (1) 構造が発達した海成粘土において、線形 $\ln(e+e_c)-\ln(p')$ 関係を提案した。提案した関係を導入することによって、より適切に構造が発達した海成粘土の圧密特性をシミュレートできることを示した。
- (2) 提案した1次元圧密沈下計算式による計算結果は、実測値とよく一致することを示した。
- (3) シミュレートした過剰間隙水圧は、傾向としては線形 $\ln(e+e_c)-\ln(p')$ 関係を用いた方が、実測値の変化パターンを良く表すことができた。

参考文献

- 1) Quigly, R. M. et al. (1966). Canadian Geotechnical J., 3(2): 61-73.
- 2) Leroueil, S. et al. (1985). 2) Geotechnique, 35(2): 159-180.
- 3) Tanaka, H. et al. (1997). Geology and Investigation, Japan Geology Investigation Association, No. 1: 13-19.
- 4) Roscoe, K. H. et al. (1968). Engineering Plasticity, Cambridge University Press, 535-609