

二次圧密係数と圧密時間の関係

東海大学大学院 学生会員 ○吉富 隆弘
 新日本開発工業(株) 正会員 赤石 勝
 (株)オオバ 正会員 飯沼 孝一
 東海大学 正会員 杉山 太宏

1. 緒言

地盤工学用語辞典には、二次圧密係数は圧密時間の進行とともに徐々に小さくなると記述されている¹⁾。しかし、著者らがこれまでに行った実験では、長期圧密試験で二次圧密係数が小さくなる挙動を把握できていない。粘土自身の特性か、実験室や装置の不具合かは明らかでない。軟弱地盤の長期沈下の観測結果によれば、長期沈下速度が顕著に減少したという報告がある²⁾。沈下管理には、地盤沈下の収束時期や沈下速度の将来予測が重要であり、室内圧密試験の圧密沈下挙動と実際の軟弱地盤の長期沈下挙動の関係を明らかにする必要がある。

この報告では、圧密時間とともに二次圧密係数 α が減少するという既往の研究結果を利用した α と時間係数 T_v の関係ならびに二次圧密に起因すると考えられる実際地盤の長期沈下速度の減少について検討した。実際地盤の長期沈下速度の推定に室内圧密試験の $\alpha \sim T_v$ 関係が役立つかどうかを明確にすることがこの研究の最終目標である。

2. 二次圧密モデル

一次元圧密量時間関係を片対数紙上にプロットすると、多くの粘性土の圧密量(ひずみ量)と時間の対数には直線関係が認められ、その勾配が二次圧密係数 α である。この報告では二次圧密量 ε_s の増加とともに α が減少する粘土の二次圧密速度 $\dot{\varepsilon}_s$ を式(1)で表す³⁾。そして、一次圧密終了後のある圧密時間 t_f における二次圧密量 ε_{sf} を仮定し、 α と $\dot{\varepsilon}_{sf} = \alpha/t_f$ を求めれば、式(2)から二次圧密の初期速度 $\dot{\varepsilon}_i$ が計算できる。

$$\dot{\varepsilon}_s = \dot{\varepsilon}_i \exp(-\varepsilon_s / \alpha) \quad (1)$$

$$\dot{\varepsilon}_i = \dot{\varepsilon}_{sf} \exp(\varepsilon_{sf} / \alpha) \quad (2)$$

式(1)の α を一定値とすれば、圧密量と時間の対数は

直線関係となる。 α が圧密時間とともに減少する粘土では、実験結果や現場観測結果に基づきその挙動を式(1)に反映させる必要がある。この論文では、式(3)を提案する。

$$\alpha / \alpha_0 = 1 / (a * \frac{\varepsilon_s}{\varepsilon_{sf}} + b) \quad (3)$$

ここに、 α_0 は ε_i 決定時の α で a と b は定数である。

3. 実験結果と考察

3.1 収束型二次圧密係数に関する既往の研究

図1と図2は、それぞれ赤井・佐野⁴⁾と今井ら⁵⁾の室内長期圧密試験結果である。片対数紙上にプロットされた両図の圧密量時間曲線は非線形で、1000(min)以降の沈下速度は圧密時間とともに減少する。図1の赤井・佐野の三軸 K_0 圧密試験では、ほぼ沈下量の最終値に到達している。この粘土では、二次圧密中に K_0 値が増加することで、 α が減少した可能性が指摘されている。図2の今井らの分割型圧密試験でも、室内圧密試験の二次圧密係数は、圧密時間とともに顕著に減少しており、最大排水距離の異なる供試体の圧密量は、最終的に全て同じ大きさとなって、Suklje のアイソタックメソッドが成立している⁶⁾。排水距離がある程度以上大きくなると室内圧密試験で観察されるクリープ的な二次圧密挙動、すなわち、時間の対数目盛上でほぼ無限に継続するような二次圧密沈下は無いようである。

3.2 荷重増分比の異なる長期圧密試験の二次圧密係数

二次圧密中に二次圧密係数 α が著しい減少を示す例として、Leroueil らの研究⁷⁾もよく知られている。図3に示したカナダの Batiscan 粘土は、荷重増分比 $\Delta\sigma/\sigma_0$ の増加とともに α が著しく減少する。 $\Delta\sigma/\sigma_0$ が1に近くなると、式(1)の α を一定とした図の実線の計算では実測値との差が大きくなる。荷重増分 44(kPa)以下の $t_f=10^5$ (min)、56(kPa)以上の $t_f=3.3*10^3$ (min)とした計算結

キーワード 時間係数, 長期沈下, 二次圧密係数

連絡先 〒259-1292 神奈川県平塚市北金目 4-1-1 東海大学大学院 TEL : 0463-58-1211 E-mail : yoshidomi.tk@gmail.com

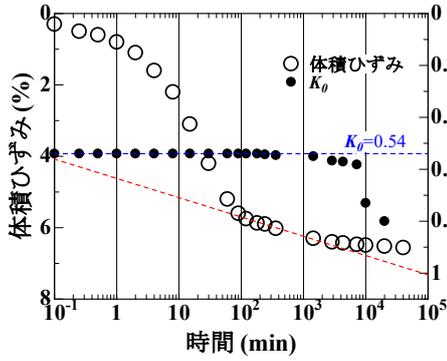


図1 赤井・佐野の結果⁴⁾

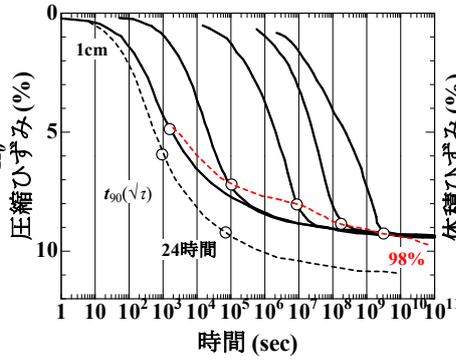


図2 今井らの結果⁵⁾

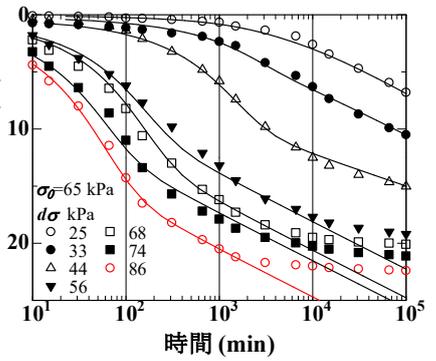


図3 Leroueilらの結果⁷⁾

果であるが，図中赤線で示した荷重増分 86(kPa)の t_f 以降の計算結果を実測値に近づけるため， α の減少を式(3)で考慮する．その計算結果が図4である．赤線の計算で用いた土質定数は，体積圧縮係数 $m_v=2.64 \cdot 10^{-3}(1/kPa)$ ，圧密係数 $c_v=0.02(cm^2/min)$ ， $\alpha=0.018$ ，一次圧密比 $m_p/m_v=0.5$ ，最大排水距離 $H=1.5(cm)$ である． $t_f=3.3 \cdot 10^3(min)$ における $\varepsilon_{sf}=0.11$ で $\alpha_0=0.018$ とした．

図3の Batiscan 粘土の α は，圧密荷重増分 $\Delta\sigma$ が大きいと時間とともに著しく減少する．日本国内の粘土に関する実験では見られない傾向である．著者らの実験では， $\Delta\sigma$ が大きいと圧密量も大きくなり加圧板が少しでも傾斜するとその摩擦で沈下量が減少・停止することがあった．図3のような実験結果は，著者らには特殊な二次圧密挙動と感じられる．しかし，図4に破線で示す計算結果のように二次圧密係数の減少を考慮すれば， α が減少する圧密量時間曲線の再現は可能と考えられる．

3.3 二次圧密係数と時間係数の関係

以上の結果のように，粘土によっては二次圧密係数 α が圧密時間（あるいは時間係数 T_v ）の増加とともに減少する．図5は，図2および図3に示した既往の実験結果に対して α_0 を求め，実時間に替えて T_v を計算しまとめた結果である．図5のように， T_v の対数と二次圧密係数比 α/α_0 には線形関係が認められる．圧密量と時間関係を片対数紙上にプロットして最初に観察される二次圧密係数を α_0 ，その時間係数を T_{v0} としているが，この関係は実際地盤の長期沈下速度の予測に利用できる可能性がある．

4. 結言

二次圧密係数が減少傾向の実験結果および観測結果

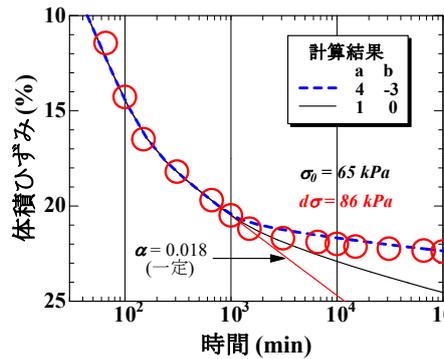


図4 α/α_0 を用いた圧密量計算

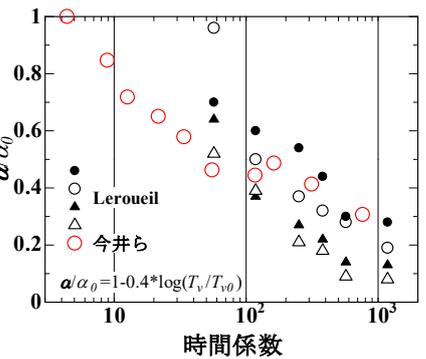


図5 $\alpha/\alpha_0 \cdot T_v$ 関係

に対し，二次圧密係数の減少度を考慮した二次圧密モデルを適用した計算から以下の2点が得られた．

- (1) α/α_0 の仮定により二次圧密係数が時間経過とともに減少する圧密曲線を再現できる可能性がある．
- (2) α/α_0 を時間係数 T_v の対数軸上にプロットすると減少傾向の線形関係を示した．

参考文献

- 1) 地盤工学会：地盤工学用語辞典，7章 土の圧縮と圧密，p.162, 2006.
- 2) 熊本直樹，土田孝，福原和顕，來山尚義：広島湾における観測値に基づいた埋立地の長期沈下特性に関する研究，地盤工学ジャーナル，Vol.12, No.1, pp.65-78, 2017.
- 3) 白子博明，杉山太宏，外崎明，赤石勝：一次圧密中に発生する二次圧密の推定，土木学会論文集 C, Vol.64, No.3, pp.565-570, 2008.
- 4) 赤井浩一，佐野郁夫：二次圧密における粘性土の状態変化，土木学会論文集，No. 364, pp. 123-131, 1985.
- 5) Imai, G., Tanaka, Y. and Saegusa, H.: One-dimensional consolidation modeling based on the isotach law for normally consolidated clays, soils and foundations, Vol.43, No.4, pp.173-188, 2003.
- 6) Suklje, L.: The analysis of the consolidation process by the Isotaches method, Proc.4th ICSMFE, pp.200-206, 1957.
- 7) Leroueil, S., Kabbaj, M., Tavenas, F. and Bouchard, R.: Stress-strain-strain rate relation for the compressibility of sensitive clays, Geotechnique, Vol.35, No.2, pp.159-180, 1985.