

西日本工業大学 正員 安原一哉
九州大学工学部 同 山内豊聡

1. まえがき 粘性土の二次圧密は土の種類や地盤条件によつては構造物の沈下において大きな役割を果すことがあり、このような場合二次圧密による沈下を評価することが要求される。これらへの研究の多くはこの問題を解決しえなかつたが、最近の Bjerrum¹⁾による沈下解析の概念とスロビー²⁾の上場からのアプローチが有力視されている。筆者らも一軸的及び三軸的圧密試験結果に基づいて、圧密における非弾性効果(広義の二次圧密)を評価する方法を提案している。本文では、一軸的圧密試験(イトキ-ター試験)中の二次圧密に関する二、三の実験事実をもとにして、フルートの二次圧密を計算しうる簡便な方法を提案することとする。

2. 二次圧密に関する二、三の実験事実と二次圧密を評価する簡便法 一次圧密における二次圧密による ΔE_s は次式のように鉛直有効応力 σ_v と時間 t によつてきまると仮定する。 $E_s = f(\sigma_v, t)$ ----- (2.1)

これを全微分形で表わせば、次式となる。 $dE_s = (\partial E_s / \partial \sigma_v)_t d\sigma_v + (\partial E_s / \partial t)_{\sigma_v} dt$ ----- (2.2)

第一項は一次圧密終了後に一次圧密とともに進行する二次圧密、第二項は一次圧密終了後の二次圧密によるものと仮定することができ。これはちょうど Bjerrum (2) の Delayed Compression に相当すると思われる。通常の圧密試験結果から二次圧密による ΔE_s を読みとり圧密荷重 σ_v にプロットすると、1例として 図-2.2 が得られる。これからほぼ次式が成り立つと考えられる。 $E_s = dcs \log(\sigma_v / \sigma_{v0})$ ----- (2.3)

ここで、 σ_{v0} : 単位圧密圧力、 dcs : 直線勾配である。これから式(2.2)の右第一項を右の式で置換すると、

次式が得られる。 $(\partial E_s / \partial \sigma_v)_t = dcs (1 / \sigma_v)$ ----- (2.4)

一方、式(2.2)の右第二項を右の圧密試験結果を ΔE_s と時間 t の割合に整理し直すと 図-2.3 のようになる。これからわかるように二次圧密部分の勾配は全圧密部分の勾配に等しい。

このことから二次圧密部分の勾配を $dE_s / d \log t$ で表わし圧密荷重による変化の様子を示すと 図-2.4 となる。これから正規圧密部分において $dE_s / d \log t = K \sigma_v^n$ (K : 定数)が得られるので、結局第二項を右の式として次式が仮定されることとなる。

式(2.4), (2.5)を式(2.2)へ代入して二次圧密を評価する基礎式 $dE_s = dcs (d\sigma_v / \sigma_v) + K \sigma_v^n (dt / t)$ ----- (2.6) を得る。

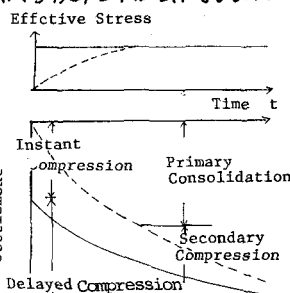


図-2.1 Bjerrumの概念と従来の概念の比較

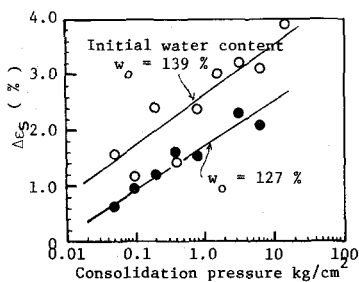


図-2.2 二次圧密による軸 ΔE_s ($G_s = 2.34$, $w_L = 153\%$, $I_p = 66$)

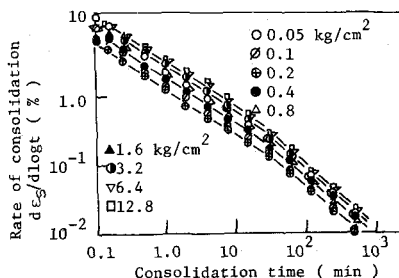


図-2.3 圧密試験における ΔE_s と時間

積分範囲を応力について $\sigma_{v0} \sim \sigma_{v0} + \Delta\sigma_{v0} (= \sigma_{v1})$, 時間について $t_{00} \sim t_{00}$ (二次圧密終了時の時間) とすると圧密過程における全セツミ E_s は

$$E_s = \alpha_{cs} \log (\sigma_{v1} / \sigma_{v0}) + K \sigma_{v1}^n \log (t_{00} / t_{100}) \text{ ---- (2.7)}$$

となる。右辺第一項は圧密中の有効応力を知らなければならぬので一次圧密の近似を用いる。図-2.5は全応力、有効応力、排水係数の関係を示すもので二つのレベルのレベル-方程式は、 $\Delta E(t) = \exp(-E/\eta) \int_0^t \frac{\Delta\sigma_{vo}}{\eta} \exp(Et/\eta) dt$ -- (2.8)

により与えられる。全応力 $\Delta\sigma_{vo}$ は一定と見て $\Delta E(t) = \Delta\sigma_{vo} \{1 - \exp(-Et/\eta)\} / E$ (2.9)

となる。従って、 $\Delta\sigma_{vo} = \Delta\sigma_{v0} \{1 - \exp(-Et/\eta)\}$ ---- (2.10)

山口より第一-次圧密理論式の近似解は、次式で与えられる。

$$\Delta E(t) = \Delta\sigma_{v0} \{1 - \exp(-\pi^2 C_v / 4H^2) t\} / E \text{ ---- (2.11)}$$

より、レベル-定数は $E/\eta = \pi^2 C_v / 4H^2$ により計算されることに従って、有効応力の経時変化が知られることになる。これを式 (2.6) に代入すると次式となる。

$$E_s(t) = \alpha_{cs} [1 + (\Delta\sigma_{v0} / \sigma_{v0}) \{1 - \exp(-Et/\eta)\}] + K \sigma_{v1}^n \log (t_{00} / t_{100}) \text{ (2.12)}$$

3. 適用例 基本式に基づいて 図-3.1 に示すような地盤の沈下計算を行ってみると 図-3.2 のようになる。圧密係数 C_v は通常の圧密試験結果から $C_v = 2.0 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{min}$ を用いた。圧密試験による 2cm の供試体の沈下は計算結果と一致せず、実際の沈下は過大表面することになる。この傾向は細砂によるスウェール現象に関する実験結果や、山口らによる非線形弾性論の立場からの結果とも一致しており、Suklje の

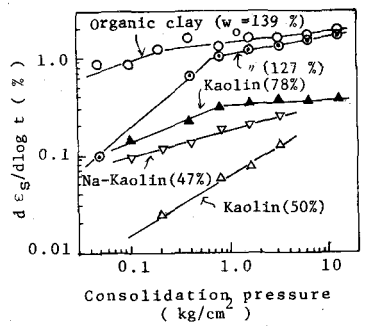


図-2.4 圧密二次圧密関係

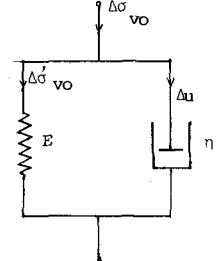


図-2.5 フック・モデル

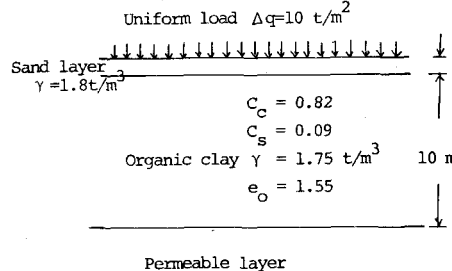


図-3.1 計算に用いたモデル地盤

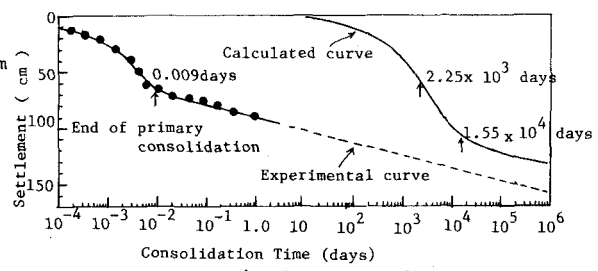


図-3.2 1-kg-試験結果と計算曲線の比較

いわゆる Isotaches 法は有力な方法になり得ないことを示している。特に、図からわかるように一次圧密については実際の沈下は室内試験による予測よりも大きくなり一次圧密中の二次圧密による影響が表われたと考えられる。

4. おわりに 一軸的圧密試験結果における二次圧密に関する二、三の実験事実をもとにして得られた二次圧密を評価する基礎式を提案しその適用例を示した。その基礎式 (2.7) と (2.12) の特徴は層厚に無関係に成り立つことであり二次圧密に関するスウェール現象を良く説明しうることである。現在フィールドの計測データを集めており、その解析によって本法の適用性をより詳細検討した後別報で報告したいと考えている。

引用文献 1) Barrum, L. (1967); Engineering Geology Of Norwegian Normally-consolidated Marine Clays as Related to Settlements of Buildings, 7th Rankine Lecture, Geotechnique, Vol. 17, pp. 81-118.
 2) 山口・島田原 (1975); 飽和粘土の一次圧密におけるレベル-の相類似性 - 相似則 -, 第6回土壌力学講演, pp. 129-130.
 3) 安原・山内 (1975); 飽和粘土の二次圧密における非弾性効果について, 同上, pp. 133-134.
 4) 安原; 線形粘弾性体としての飽和粘土の圧密挙動, 土基礎 (投稿中)
 5) 山口 (1969); 土質力学, 技報堂, pp. 130 および pp. 119.
 6) Aboshi, H. (1973); An Experimental Investigation on the Similitude in the Consolidation of a Soft Clay Including the Secondary Creep Settlement, Proc. 8th ICSMFE, Vol. 4, No. 3, pp. 88.