

二層粘土地盤の圧密実験

近畿大学理工学部 正員 中野 坦

興亜開発株式会社 正員 O 北岡 幸雄

1. まえがき

圧密沈下の解析法は、とかくの批判をうけながらも、やはりテルザーギの圧密理論に基づく算定法が最も普遍化しているように思われる。いま、二次圧密が無視できるものと仮定すれば、理論に基づく予測と実測値との誤差の主因は、圧密条件の相違（多次元圧密、異質粘土の成層地盤）によるものであろう。もし、仮定通りに均質な粘土層が鉛直流れの一次元圧密を起こすならば、テルザーギ理論で十分に追跡できるはずである。すなわち、鉛直流れの一次元圧密における沈下の予測は、標準圧密試験の結果を単に相似率によって拡張するだけであるから、そこに誤差が起こるとすれば、それはベースとなる標準圧密試験の結果に含まれる誤差に起因するのである。圧密の過程で生じる粘土自体の m_v , k 等の変化からもたらされるテルザーギ理論との食い違いは、間隙水圧の分布（等時曲線）において見られるのであって、沈下の予測に影響を及ぼすものではない。そして理論と実際とのズレが問題とされるのは、主に沈下に関してであろう。

ここでは、現場での沈下予測において誤差の要因となるであろうと思われるものの中から、特に粘土層の不均一性に焦点をあて、標準圧密試験の結果に基づく慣用解析法によって、二層地盤の圧密沈下を予想することの可能性を検討する。

2. 二層地盤の圧密理論

いま、図-1に示すように、圧密特性を異にする二つの層から成る粘土層が、上、底面で排水良好な砂層と接しているとす。このような粘土層の圧密沈下を予測する場合、それぞれの層を代表する試料について標準圧密試験を行い、第1粘土層について、 c_{v1} , m_{v1} , k_1 , 第2粘土層について、 c_{v2} , m_{v2} , k_2 , を得たとする。ここに、 c_v : 圧密係数, m_v : 体積圧縮係数, k : 透水係数である。

このような二層地盤の圧密問題については、古くはグレイ（1945）の理論解があり、また、クリスティー（1966）は差分方程式による数値解法を提案している。この両者の解は、いずれも第1と第2の粘土層の接合面での連続性から、次の境界条件が成立つとしている。

$$Z = H_1 : \quad k_1 \left(-\frac{\partial u}{\partial z} \right)_1 = k_2 \left(-\frac{\partial u}{\partial z} \right)_2$$

ところで、 k_1 , k_2 はそれぞれ第1及び第2粘土層の透水係数の平均値であって、いずれも、初期値 k_i から k_f まで変化する。それゆえ、厳密なことをいえば、時々刻々と変化する境界条件のもとでの解を必要とする。しかし、近似解での数値計算では、 k_1 と k_2 との比（ $=N_k$ ）が一定という形で取扱われるので、このことによって生じる誤差はあまり大ではないと思われる。（以下、この解を理論解と呼ぶ）

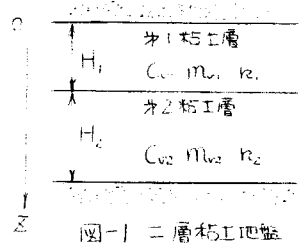


図-1 二層粘土地盤

3. 実験装置と方法

今回の実験に用いられた圧密試験装置を図-2に示す。圧密箱は内径30cm、高さ40cmの円筒形モールドで、シリコングリースを内壁に塗って周面摩擦の影響を極少にし得る。底面からの高さ6.3cm、14.3cm、22.3cmの各位置に土圧計と間隙水圧計とを対にして取付け、実験中の側方圧力 σ_3 と間隙水圧 u とが測定可能である。実験に用いた粘土試料は、市販のカオリンとベントナイトとを混合したもので、ベントナイトの添加重量比を、5%、10%として二種の粘土を作り、これらによって先行載荷 1 Kg/cm^2 の下で二層地盤をモールド中に形成させる。実験は、準備された二層粘土に増加圧力 $\Delta p = 1\text{ Kg/cm}^2$ を載せ、両面排水によって生じる圧密沈下をダイヤルゲージによって測定した。これとは別に、2個のモールドを用いて個別的に 0.5 Kg/cm^2 の先行載荷を行った試料について、標準圧密試験により両粘土の圧密特性を決定した。(表-1参照)

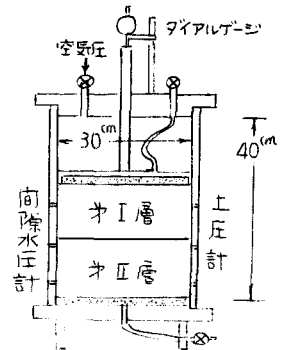


図-2 圧密装置

4. 実験結果の解析

実験において観測された沈下の経時変化と表-1に示した標準圧密試験結果に基づく理論解とを比較したところ、沈下量において約1割程度、実測値の方が大であり、また、圧密時間では約3割程度、実測値の方が速く終息するという結果が得られた。

	$c_v (\text{cm}^2/\text{min})$	$m_v (\text{kg/cm}^2)$	$k (\text{cm/min})$
オI層	6.32×10^{-2}	321×10^{-2}	203×10^{-5}
オII層	4.64×10^{-2}	278×10^{-2}	130×10^{-5}

表-1 標準圧密試験結果

次に、不均質地盤の圧密沈下予測で慣用されている解析法、すなわち、不均質地盤を代表する圧密係数を定め、テルザーギ理論に基づいて解析する方法との比較を行った。ここに、層を代表する圧密係数の決定法としては、次のようなものがある(土質工学ハンドブックp146)。

A法: c_v を平均する方法 B法: $1/c_v$ を平均する方法 C法: m_v と k のそれぞれの平均値から c_v を求める法 D法: m_v と $1/k$ のそれぞれの平均値から c_v を求める法

E法: 各層の c_v の代りに任意に選んだ基準の c_{v0} を用い、一方、各層厚をそれぞれ $\sqrt{c_{v0}/c_v}$ 倍して加えあわせた一様な粘土層を考える法。なお、これらの解析に用いられた圧密諸係数は、表-1のものではなく、理論解に基づいて逆算して得た値を使用した。にもかかわらず、計算結果は図-3に示すように、90%圧密に要する時間で、負側で最大27%(A法)、正側で最大75%(B法)の誤差を生じた。

5. む す び

標準圧密試験によって得られた m_v 、 c_v 値と、実験結果より逆算されたそれらとの間に予想以上に大きな誤差が生じた。しかも、周面摩擦の影響をより大きく受けられると思われる大型モールドの方が、 m_v が大きく、かつ c_v が小さいという意外な結果が得られた。

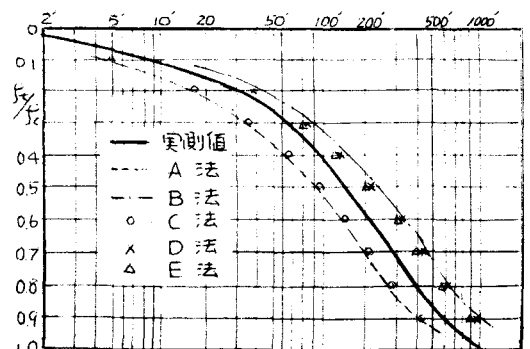


図-3 $P_2/P_1 - \log t$ 曲線