

東海大学 正員 赤石 勝
東海大学 正員 白子 博明

金沢工大 正員 外崎 明
東海大学 正員 福田 博樹

1. まえがき

三軸装置を用いた等方圧縮試験における間隙水圧の挙動は、Terzaghi-Frölich の解で十分近似できることが知られている¹⁾。Terzaghi-Frölich 解を用い、間隙水圧の測定値から求めた圧縮係数は、圧縮とともに大きく変化する。しかし、体積ひずみの経時変化から既知あるいは曲線擬定法で圧縮係数を求めると、圧縮圧力の大きさによりほぼ一定値を示すことが多い。この原因の一つとして二の報告では非ダルシー流れに着目した。排水水勾配における非ダルシー流れは、二次圧縮とも数度の関係があるといわれている²⁾。非ダルシー流れが圧縮中の間隙水圧の挙動ならびに圧縮係数の変化におよぼす影響について二の考察を試みた。

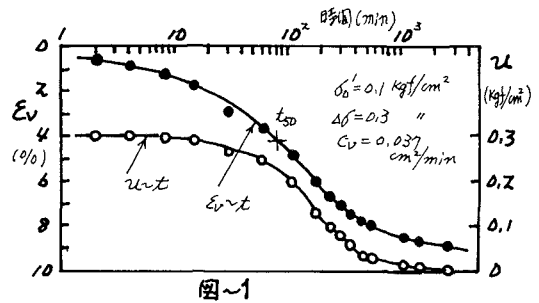
2. 試料および実験方法

試料……千葉県柏市で採取した粘土 ($G_s=2.64$, $w_L=99.6\%$, $w_p=40.8\%$, シリカ分 38.4% , 粘土分 14.6%) を用いた。

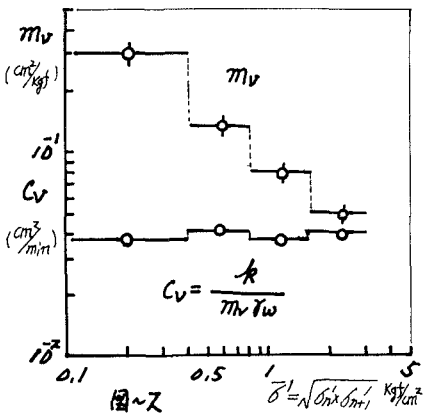
実験方法…… w_L 以上の含水比で十分に練り通した試料をモールドに詰め自立する程度に圧縮する。この試料を大型等方圧縮試験機に移し、 $\sigma'_0=0.1 \text{ kgf/cm}^2$ で等方圧縮する。等方圧縮を終了した試料から、直径 5 cm 、高さ 5 cm の圧縮試験用供試体を成形した。供試体を三軸室にセットし、等方圧縮圧力増分 $\Delta\sigma$ を $0.3, 0.4, 0.8, 1.6 \text{ kgf/cm}^2$ づつ 48 時間間隔毎に段階的に加圧を繰り返した。片面排水で上端からの排水量と底部の過剰間隙水圧の経時変化を測定した。

3. 実験結果と考察

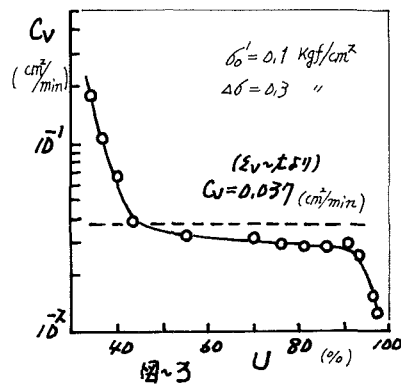
図～1 は、第1段階の $\Delta\sigma=0.3 \text{ kgf/cm}^2$ を加えて等方圧縮した時の体積ひずみと過剰間隙水圧 u の経時変化を示したものである。各段階毎の体積圧縮係数 m_v と圧縮係数 C_v (曲線擬定法による) を求めた結果が図～2 である。図～2 によれば、圧縮圧力の増加とともに m_v は減少するが、 C_v はほぼ一定値である。 σ'_0 の増加とともに m_v が減少しても、それと同じ割合で透水係数も減少するため、 C_v は σ'_0 によらずに



図～1



図～2



図～3

ほぼ一定になったものと考えられる。Terzaghi-Frölich 解によれば、傾斜体底部で測定した過剰間隙水圧 u の経時変化から式(1)によって C_v を求めることができる。

$$C_v = \frac{H^2}{3\pi} \left\{ \frac{1}{4} + \log_e \left(\frac{u_0}{u} \right) \right\} \quad \text{----- (1)}$$

ここに、 H は最大排水距離、 u_0 は初期過剰間隙水圧、 u は圧密時点である。

図~1 に示した $u \sim t$ 関係に式(1)を適用し、 C_v と圧密度 v との関係を示したのが図~3 である。図~3 によれば、圧密中の C_v の変化は1桁以上である。また各載荷段階毎の C_v の変化を δ' に対して示したのが図~4 である。体積 v 平均の経時変化から求めた C_v は、 u から求めた C_v の圧密終期値に相当するようである。これらの実験結果は、圧密理論に含まれる Darcy 則の妥当性に関する問題点を提示するものと思われる。

4. 非Darcy流れと間隙水圧の挙動

圧密時の非Darcy流れに関する吉岡らの研究を参考にして図~5 に示す $v \sim t$ 関係にそれに対応する次の圧密方程式を用いて検討することにする。

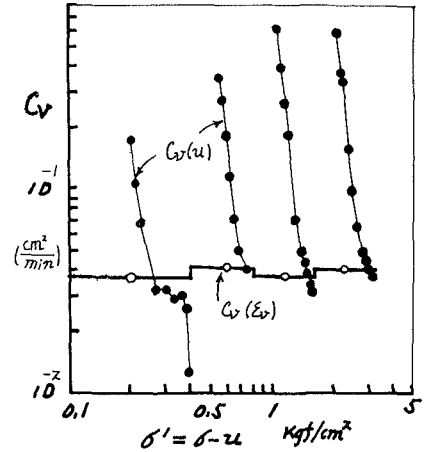
$$\begin{aligned} \text{(A)} \quad v &= v_0 \dots \frac{\partial u}{\partial t} = \frac{k}{m_v \gamma_w} \times \frac{\partial u}{\partial z^2} & \text{(B)} \quad v &= k(v - v_0(1 - e^{-\frac{v}{v_0}})) \dots \frac{\partial u}{\partial t} = \frac{k}{m_v \gamma_w} \left[1 - v_0 C \exp \left(-\frac{C}{v_0} \frac{\partial u}{\partial z^2} \right) \right] \frac{\partial u}{\partial z^2} \\ \text{(C)} \quad v &= k(v_0 / \gamma_w)^n \dots \frac{\partial u}{\partial t} = \frac{k \times n}{m_v (\gamma_w / v_0)^{n-1}} \times \left(\frac{\partial u}{\partial z^2} \right) \times \left(\frac{\partial v}{\partial z^2} \right) \end{aligned}$$

図~1 に示した実験結果から m_v と C_v を求め、 v_0 , n については吉岡らの研究成果を参考にして決定した。図~1 に示した実験と同じ条件で式(A)(B)(C)を解いた結果が図~6 である。式(A)による計算結果と比較し、式(C)では初期に圧密速度が大きく終期に圧密速度が小さくなり、式(B)では終期にのみ圧密速度が小さくなっている。これらの計算結果に式(1)を適用して圧密中の C_v の経時変化を求めたのが図~7 である。式(A), (B)では、 C_v はほぼ一定である。式(C)では、圧密度 50% 頃計算に用いた C_v 値に近い値になるが、その前後でかなり変化している。しかし、実験値と比較するとその変化は小さい。実験値に含めると、 n を大きくするが v_0 を小さく仮定しなければならぬ。そのような仮定は、 $v \sim t$ の実験値とのズレをさらに拡大してしまう。非Darcy流れとともに体積 v 平均のクレープ特性についても考慮する必要があると思われる。

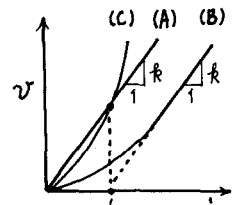
5. 及びがきと参考文献

資料は試験機から圧密データを詳細する場合の問題点の検討の一部である。非Darcy流れについては今後さらに実験的検討が必要と思われる。

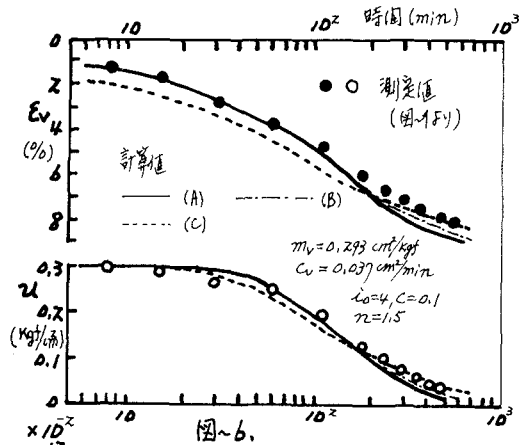
1) 新井他; "環境工学" 第90号, 2) 吉岡他; "環境工学" 第14号



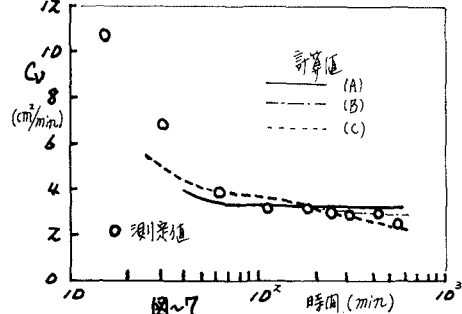
図~4.



図~5



図~6.



図~7