

特建設企画コンサルタント 正員 ○白子 博明
 東海大学土木工学科 正員 赤石 勝
 東海大学土木工学科 正員 稲田 悟穂

1. まえがき

有限要素法で多次元圧入解析を行う場合、飽和粘土の透水係数を知る必要がある。簡単なため標準圧入試験から間接的に求められる透水係数が利用されることが多いが解析に必要なその他の定数値と同じ程度の精度があるのか、また試料の乱れをせん断変形によるものと解釈すれば、多次元圧入解析ではせん断変形(乱れ)による圧縮性や透水特性に関する定数の変化をいかに評価したらよいかなど、不明な点もかなりあると思われる。

この報告は、異方圧入粘土の透水特性を調べる初歩的段階として標準圧入ならびに、等方圧入試験から間接的に得られる透水係数と直接透水試験から得られた透水係数とを比較するとともに、非ダルシー流れが圧入挙動におよぼす影響について検討を加えたものである。

2. 試料および実験方法

2.1 試料 実験に用いた試料は千葉県柏市の沖積地盤より採取したものであり、物理的性質はTable~1に示すとおりである。

Table ~ 1

G_s	$W_L(\%)$	$W_p(\%)$	clay(%)	Silt(%)	Sand(%)	Lig(%)
2.68	70.4	27.5	60.5	34.7	4.8	10.1

2.2 実験方法 (1)標準圧入試験機による実験。練り返し試料を標準圧入試験機に詰め $p_0=0.49\text{kg/cm}^2$ で24時間圧入し、リング高さに合わせて試料上端をカットした後、再び24時間圧入する。その後、24時間間隔で圧入試験を行うとともに、各段階の荷重を載荷する前に変水位透水試験を実施した。

(2)三軸試験機による実験。練り返し試料をモールドに詰め自立する程度に圧入した後、この試料を三軸室に移し、 $\sigma_0=0.1\text{kg/cm}^2$ で等方圧入する。等方圧入を終了した試料から、直径5cm、高さ5cmの圧入試験用供試体を成形した。供試体を三軸室にセットし、等方圧入圧力増分 $\Delta\sigma$ を0.3, 0.4, 0.8, 1.6 kg/cm^2 づつ48時間間隔毎に段階的に加え圧入した。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。等方圧入試験でも $\Delta\sigma$ 載荷前に変水位透水試験を実施した。

3. 実験結果と考察

(1)直接・間接的に得られる透水係数。Fig-1a)は標準圧入試験から得られた各載荷段階における体積圧縮係数 m_v と圧入係数 C_v を求めたものである。圧入圧力の増加とともに m_v は減少するが C_v はほぼ一定である。 m_v の減少と同じ割合で透水係数 k_c も減少するため圧入圧力によらず C_v は一定になったものと考えられる。圧入試験から間接的に求めた透水係数 k_c と透水試験から直接求めた透水係数 k_p を比較したのがFig-1b)である。

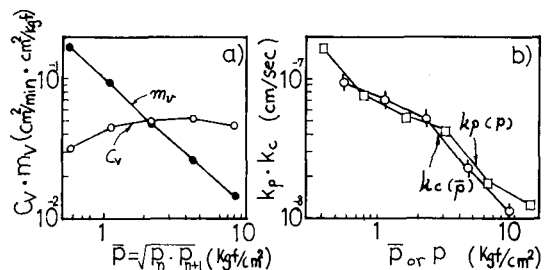


Fig ~ 1

各圧入圧力段階で k_c と k_p はかなりよく一致している。

Fig-2 は等方圧入試験結果をFig-1と同じように図示したものである。透水係数の差が少し大きいFig-1に類似した傾向が何れもある。しかし、Fig-1b)とFig-2b)の透水係数 k_c と k_p を比較すると等方圧入試験料の k_p の方が大きい値である。練り返し試料であつても圧入時の応力状態によって異なった骨格構造が形成され透水係数の差に

(2) 等方圧縮中の圧縮係数 C_v 。 Terzaghi-Fröhlich 解¹⁾によれば、等方圧縮試験中供試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。体積ひずみから m を求めれば間接的に圧縮中の透水係数を求めることもできる。

ここに、 H は最大排水距離、 u_0 は初期過剰間隙水圧
は圧入時間である。

式(1)を用いて各圧縮段階における C_v と圧縮度 σ との関係を示したのがFig. 3である。体積ひずみの経時変化から求めた圧縮係数 C_v より大きな値が得られ、圧縮中 C_v が大きく変化している。Fig. 2(a)に示した C_v 値は圧縮圧力の大きさによらず一定という結果と異なり圧縮中は、 λ と m の減少割合が異なるようである。

(3) 非ダルシー流れ。Fig-3 に示した左表中の C_v 値の変動の原因として体積ひずみのクリープ特性や非ダルシー流れの影響などが考えられるが、ここでは後者について検討する。

Fig. 4 は $q_1 = 0.64 \text{ cm}^2$ で在露された試料の透水試験から流速 v と動水勾配 i との関係を示したものである。これを動水勾配ではダルシー則²⁾からのズレが観測される。そこで在露時の非ダルシー流れに関する吉岡²⁾らの研究を参考にして Fig. 5 に示す v と i の関係とそれに対応する次の左邊方程式を用いて等方在露時の間隙水圧挙動について検討することにする。

$$(C) \quad v = k \left(\frac{I}{I_0} \right)^n \dots \frac{\partial u}{\partial x} = \frac{k \cdot n}{m_{IV} (\gamma_{w, I_0})^n} \left(\frac{\partial u}{\partial z} \right)^{n-1} \left(\frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right)$$

Fig-2, 4 に示した実験結果と吉田らの研究を参考にして Fig-6 中に示すように計算定数を決めた。Fig-3 に示した等方圧密度 $\rho = 0.4 \text{ g/cm}^3$ の間隙水圧の測定値と式(1)を用いて求めた C_v を式(4), (5), (6) を用いて計算した結果から求めた C_v を比較したのが Fig-6 である。式(4), (5)では、 C_v はほぼ一定である。式(6)では、圧密度約 50% では計算に用いた C_v と近い値になるが、その前後でかなり変化している。

しかし実測値と比較するとその変化は小さい。実測値に合わせるためには、 n を大きくするからを小さく修正しなければならぬようである。しかし、そのような修正は体積ひずみ-時間関係の実測値と計算のズレを拡大してしまう。したがって Fig-3 に示すような圧縮中の C の値の大きな変動は非ダルシ流れよりむしろ体積ひずみのフープ特性によるものと思われる。

5. あとがき 室内試験から圧密解析に必要な透水係数を評価する場合の問題について検討してみた。非ダルシー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。11月1日「飽和土の圧密試験」第4回研究会

