非ダルシー流れが一次元圧密沈下速度に及ぼす影響

東海大学大学院 学生会員 ○村上 文都 東海大学大学院 正会員 本間 重雄

1. はじめに

標準圧密試験から得られた圧密定数を用いて実地盤の最終圧密沈下量や厚圧密沈下速度を予測する際、理論による予測と実地盤における沈下挙動とがかなり相違する原因の一つとして、圧密中の間隙水の排水における非ダルシー流れの影響がかねてなり、下限動水勾配といわれる値 ic を超えるまでは間隙水の流動速度は極めて小さいため、圧密後期に現れる低動水勾配下での間隙水の排水が圧密沈下速度に少なからず影響を及ぼすことが考えられる.本研究は、圧密試験で圧密された粘土について変水位型透水試験および定水位(定加圧)型透水試験を実施し、低動水勾配域における透水特性の変化を確認するとともに、それが現位置粘土地盤の圧密沈下速度に及ぼす影響について検討したものである.

2. 実験概要

実験装置は、標準圧密試験の圧密試験容器の下部排水コックに、透水試験用のスタンドパイプ(内径 2mm)と三重管ビュレット(内径 2mm)を連結したもので、その構成を図-1に示す。スタンドパイプは低動水勾配の透水係数測定に用い、圧密容器水浸箱にも同径のガラス管を立てて毛管上昇によるスタンドパイプ水位の補正を行った。二重管ビュレットは高動水勾配の測定用で、ビュレット上端から圧力調整器によって設定された空気圧をビュレット内の水面に加圧することにより、高い動水勾配下での透水試験を行えるようにしたものである。

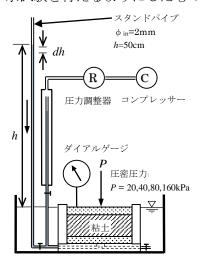


図-1 実験装置

試料には美術工芸 用に市販されている彫塑粘土を用れた. 物理試験の結果、 土粒子の密度 ρ s = 2.56 g/cm³, 自然索 性限界 w_L = 58.2%、 性限界 w_L = 58.2%、 塑性限界 w_p = 18.7%、 粒度は 75 μ m 通過率 100%、5 μ m 以下 (粘土分)含有 77.5%であった.

3. 圧密粘土の透水特性

図-2 は実験から得られた粘土内の動水勾配 ⅰと平 均流速vの関係を示したものである.(a)は動水勾配が 25 以下の低動水勾配域を, (b)は測定範囲全体を示し ている. **図-2 (b)**によると, 粘土内の動水勾配と平均 流速の関係は、いずれの圧密圧力に対しても直線関 係を示しダルシーの法則が成立している. それぞれ の直線の勾配, すなわち透水係数 k は, 圧密圧力の増 加につれて規則的に減少している. 図-2 (b)の各直線 は原点をわずかに外れた点に収束しているように見 えるが、それを拡大してみたのが(a)である. 図-2 (a) を見ると, v-i 関係は圧密圧力ごとに異なった動水勾 配のところで流速が変化している. この vi の線形 関係から外れる点より小さな動水勾配では、明らか に粘土の透水性が低下していることになる. この点 の動水勾配を限界動水勾配 i_c とすると, i_c の大きさ は6.5~13であり、圧密圧力の増加につれて増大する 傾向がみられる.

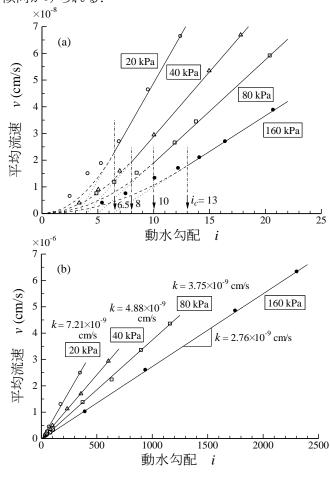
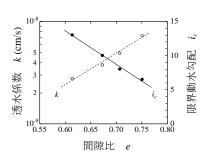


図-2 流速と限界動水勾配の関係

図-3 は浸透現象と関連する土の状態量である間隙比eと透水係数kおよび限界動水勾配 i_c の関係を示したものである.ここでの透水係数kは、v-iの線形性が成立する範囲の値である.図-3より、圧密によって粘土の間隙比が減少すると透水係数は対数的に減少し、限界動水勾配は逆に拡大していくことが見てとれる.



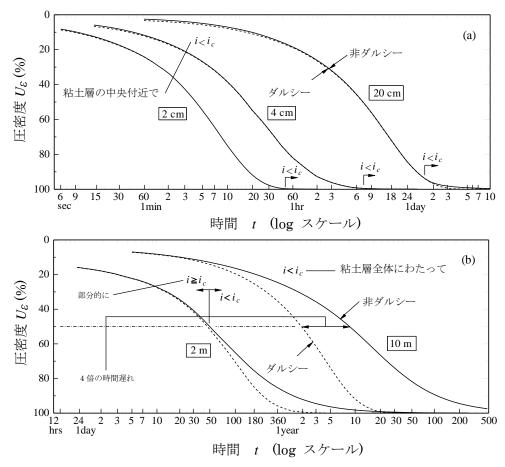


図-4 非ダルシー流れが圧密沈下速度に及ぼす影響

図-3 透水係数と限界動水勾配の変化

4. 非 Darcy 流れが圧密沈下速度に及ぼす影響

室内の標準圧密試験では, 各圧密圧力により粘土 内の間隙水は非常に大きな動水勾配のもとで排水 されるため非ダルシー流れの影響は結果に現れな いが、原位置の層厚が大きい粘土層では相当小さ な動水勾配のもとで圧密が進行するため、圧密後期 の圧密沈下速度にかなりの影響が出ることが予測 される 3). このため、実験で得られた限界動水勾配 を一次元圧密方程式に取り込んだ差分計算を行い, $(i_c$ 以下の v-i 関係を v= ai^2 の 2 次曲線で近似 $[a=k/2i_c]$), 粘土層厚の増大に伴って圧密中に発 現する低動水勾配がどの程度時間-圧密量曲線に 影響を及ぼすのかを調べた. 図-4 は層厚を標準圧密 試験の2倍,10倍,100倍,500倍に変えて計算した 圧密沈下速度の結果である. 図によると, 層厚 20 cm (10倍)までは非 Darcy 流れの影響はごくわずか であるが、層厚 2m 以上では圧密速度にかなりの差 がみられる. 図中の矢印は低動水勾配が発現する時 間を示しており、それらは層厚が増すにつれて次第

に早期に現れ、層厚 10 m (500 倍)では全期間が低動水勾配下で圧密が進行する結果となる. 以上の結果から、非 Darcy 流れが一次元圧密沈下速度に及ぼす影響は、標準圧密試験のような薄い供試体では見極めることができず、原位置の数メートルの厚さの粘土層に対しては顕著に現れることが明らかになった.

5. まとめ

本研究の結果から、低動水勾配における非ダルシー流れは粘土層厚が増大するにつれ圧密沈下速度に大きく影響を及ぼすことが確認できた。今後は、粘土骨格変形における粘土圧縮の影響も取り込んだ研究を進める予定である。

【参考文献】

1) 吉国洋・桑重和昭: 飽和粘土の低動水勾配域における透水特性,第 14 回土質工学研究発表会講演集,pp.213-217 (1979), pp.159-162 (1982). 2) 土と基礎: 沈下予測の実際 (小特集), Vol.41, No.2, pp.1-28 (1993). 3) 今井五郎: 飽和土の一次元圧密,わかりやすい土質力学原論 (第 1 回 改訂版),地盤工学会,pp.187-239 (1992).