

間隙圧係数 B 値と背圧から求めた飽和度に関する考察

東洋大学 正会員 石田 哲朗

1. はじめに

従来の透水試験器よりも簡便で、一度に5つの供試体の飽和透水試験を実施することができ、透水する段階、または透水した後でも、供試体はそのまま定水位透水試験、変水位透水試験を選択し直すことができる試験器を提案した¹⁾。試験を実施する際にはチャンバーに設置する供試体に外圧を与えて、試験器外部に設置した間隙水圧計により、所謂、間隙圧係数 B 値を計測し、供試体の飽和状態を確認できるものである。間隙水圧係数 B 値については、三軸試験の中で0.95～0.97以上(粘土では0.9以上)であれば、飽和状態であると見なされているが、明確に B 値と飽和度の関係が示されているわけではない²⁾。そこで本報では提案する飽和透水試験において得られた B 値がどの程度の飽和度であるかをボイル・シャルルの法則とヘンリーの法則³⁾を用いた方法から求め比較し、その関係を把握すると同時に透水性への影響について考察した。

2. 試験装置・試験方法と土質材料

提案している透水試験装置を図1に示す。チャンバー内の供試体寸法は、直径5.0 cm、高さ5.1 cmで体積は100 cm³である。最大5個の供試体を入れることができる。定水位透水試験時の水頭差は1.0 cm刻みで12.0 cmまでと、最大26.2 cmの水頭差を与えることが可能である。変水位透水試験時には最大50 kPaまでの加圧ができる。チャンバー内に供試体を設置するタイプであるために、二重管ビューレットを介在させることは容易であり、供試体内に背圧 ΔP を作用させたときに供試体内に流入した水量 ΔV を計測すれば、飽和度は次式から求められる³⁾。ここで、 H はヘンリー係数、 P_0 は大気圧、 V_v は供試体の間隙部分の体積である。

$$S_r = \frac{1}{1-H} - \frac{P_0 \Delta V}{\Delta P V_v} \quad (1)$$

実験には、図2に示した粒径分布を持つ珪砂、砕石と砂質粘土を用いた。測定手順は、供試体をセットし真空脱気を1時間行い、背圧(196.2 kPa)をかけて供試体内に流入した水量 ΔV を計測し、式(1)から飽和度を換算する。続いて、間隙圧係数 B 値(29.4 kPaを中心に ± 9.81 kPaの増減により上り、下り B 値を計測)を確認、透水試験と進む。同一の供試体に対して再度、真空脱気を1時間施し、同様に計測を繰り返す。これを3回、延べで3時間まで真空脱気した供試体の飽和度、 B 値、透水係数を求めた。透水試験は珪砂、砕石の供試体では定水位法を、砂質粘土

では変水位法を選択した。

3. 試験結果

図3に真空脱気時間を加算した供試体に対しての間隙水圧係数 B 値と飽和度の関係を示す。それぞれの試料が特徴のある挙動を示している。珪砂は B 値の変動は少ないが飽和度は真空脱気時間が増すにつ

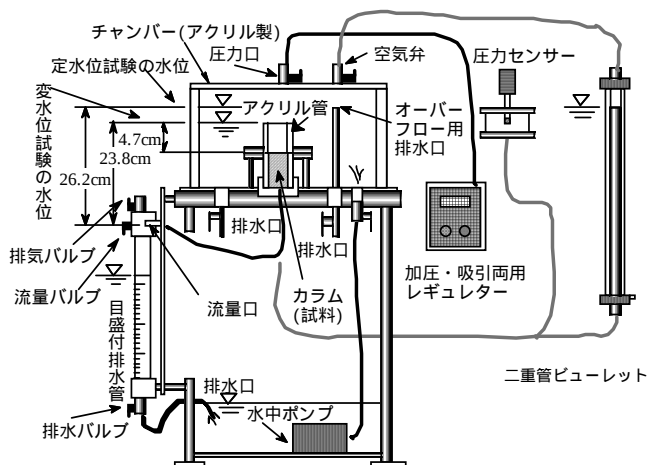


図1 透水試験装置

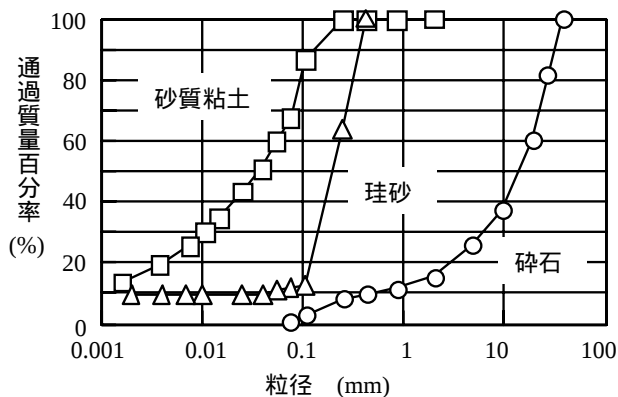


図2 土質材料の粒度分布

キーワード 飽和透水試験、飽和度、間隙圧係数、背圧、ボイル・シャルルとヘンリーの法則

連絡先 〒350-8585 埼玉県川越市鯨井 2100 東洋大学工学部環境建設学科 TEL/FAX:049-239-1409

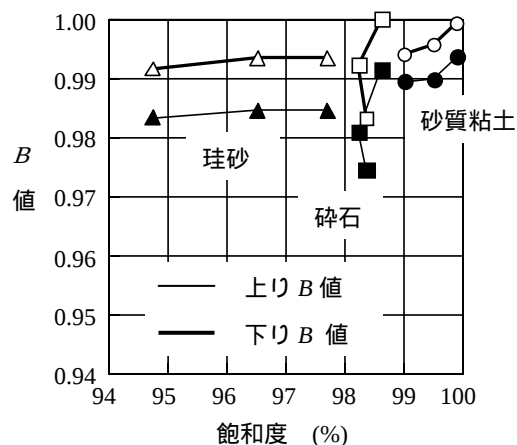


図3 B値と飽和度の関係

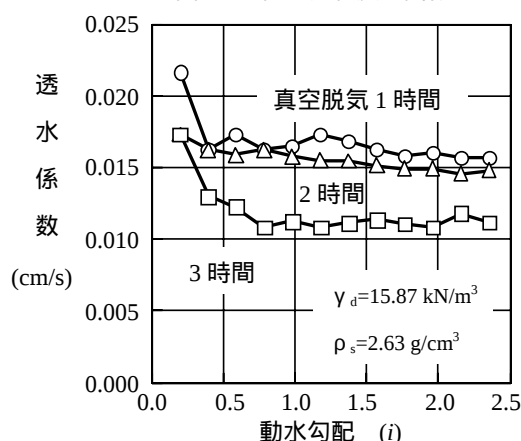


図4 珪砂の透水係数と動水勾配の関係

れて増加する。砕石は逆に B 値は増加するが飽和度の変動は少ない。砂質粘土は脱気時間が増すと B 値も飽和度も増加している。 B 値と飽和度に相関関係が見られればと思ったが、土質材料によってその関係は異なると考えられる。図4には珪砂の供試体に対して、真空脱気→背圧→ B 値の計測を終了した段階ごとに行った透水試験の結果を示す。横軸は 1.0 cm 間隔で変化させた水頭差を動水勾配で表している。飽和度を高くする操作ならびに、その確認作業を繰り返すごとに供試体の透水性が低下していく状況が見受けられる。図5の砕石も同様な傾向が見られる。砕石の透水性を得るには特に動水勾配は小さくとる必要がある⁴⁾。結果から、その減少傾向は図中に破線で示したように、動水勾配で 1.0~1.5 の範囲で変化する異なる二つの勾配に沿って直線的に低下することがわかる。なお、ここでの結果のレイノルズ数は全て層流域にある。図6の砂質粘土の結果は繰り返し実験を行ったようには見えないが、結果に変化がなく重複しているために一つの線分で示されている。他の供試体と異なり、動水勾配が大きくなると透水性は増加する結果を得た。

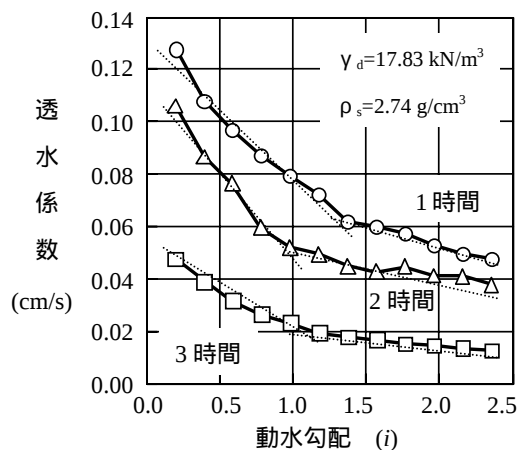


図5 砕石の透水係数と動水勾配の関係

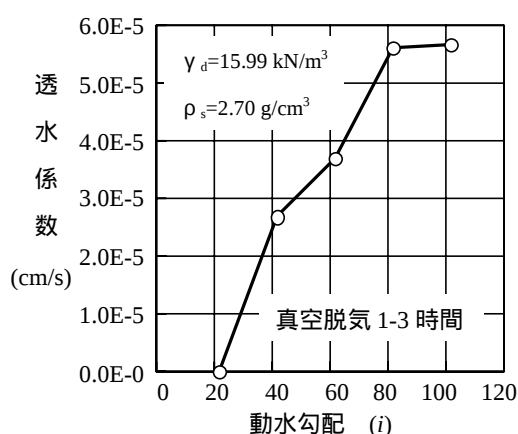


図6 砂質粘土の透水係数と動水勾配の関係

4. まとめ

間隙水圧係数 B 値と飽和度の関係は土質材料により異なり一様な相関関係にはないが、透水試験の場合は前述した三軸試験の B 値よりも高い 0.98 以上は確保したい。真空脱気を繰り返すと飽和度は増す。しかし、ここでの作業を重ねると、透水性の大きな土質材料では透水性が低下する傾向にある。これまでの結果¹⁾も踏まえて考察すれば、3時間程度の脱気では供試体内の土粒子の構造骨格に変化を大きく与えるとは考えられず、背圧(196.2 kPa)による影響と判断した方がよい。背圧を加えることは供試体内に毛管張力が存在すれば、それを消滅し飽和させると思われるが、砂質土では過度の背圧を加えることによって土粒子の構造骨格を乱し間隙分布を減少させ透水性を低下させたと思われる。

参考文献 1) 石田哲朗・横山博司: 改良型透水試験器による飽和土の透水試験, 地下水学会誌, 第46巻, 第1号, pp.23-35, 2004. 2) 土質工学会編: 土質試験の方法と解説, 土質工学会, pp.271-288, 1990. 3) 河野伊一郎・西垣誠: 室内透水試験法に関する 2、3 の考察, 土質工学会論文報告集, Vol.22, No.4, pp. 181-190, 1982. 4) 松尾新一郎・木暮敬二: 砕石の透水性に関する実験, 土と基礎, Vol.18, No.2, pp.5-10, 1970.