

提案する飽和透水試験器における供試体の飽和度の確認

東洋大学大学院 学生員 横山博司
東洋大学工学部 正会員 石田哲朗

1. はじめに

飽和透水試験を行う際に、まず押さえておきたい点は、供試体の飽和度である。現在、基準化されている飽和透水試験法での供試体の飽和度の確認は、試験後の供試体から試料を採取して含水比を計測し、飽和度を算出する。しかし、この方法は比較的透水性の大きい試料では、正確な飽和状態を確認することは困難である。通常、試験後の飽和度が低ければ再度、試験を実施して透水係数を確認する必要があると考えられる。また、供試体の飽和度を高める方法については、試験法に示されているが、様々な試料に対して目安となるものは少ない。そこで、本報では、これらの問題点を改善し、飽和透水係数をより明確にすることを目的として、提案した飽和透水試験器¹⁾によって試験を実施した結果について報告する。

2. 試験方法

本研究では、提案する試験器の構成から供試体の間隙圧係数 B 値を計測することが可能である。試験装置の概念図を図1に示す。計測方法は、図1に示したように供試体をチャンパー内に設置した後、真空ポンプによって吸引を行い、供試体に浸透水を浸透させ、供試体の飽和度を高めるのと同時にカラム受器内部を水で満たす。そして、チャンパー内に水を送り、チャンパー内の水位を供試体よりも高い位置にする。次に、試験器に間隙水圧計を取り付け、圧力 29.4kPa でチャンパーに空気圧を送り、その値を基準値として、そこから ± 9.8 kPa の加圧、または減圧を行い、上昇 B 値、下降 B 値を計測する。土質試験法では、明確に B 値と飽和領域の関係は示されていないが、一般的には、 B 値が 0.95~0.97 以上でほぼ飽和状態であると見なされている²⁾。

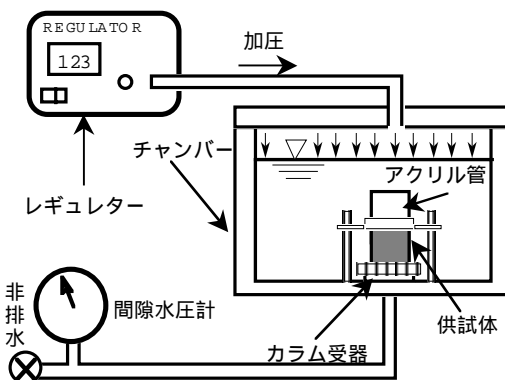


図1 試験装置概念図

3. 結果と考察

まず、比較的取り扱いが容易である標準砂に対して、間隙内の気体を二酸化炭素(CO₂)に置き換えた場合での効果について把握するために試験を実施した。試験は表1に示す条件でCO₂を通気させた後、供試体底面から浸透水を浸潤させた状態から、1~4時間真空吸引を継続して、それぞれの B 値を測定した。また、何度も真空吸引、ならびに吸水を行うと供試体内を乱してしまうと思われるため、各時間で同じ密度に締固めた供試体に代えて試験を実施した。間隙内の気体をCO₂に置き換えられない場合でも、同様の手順で試験を行った。これらの B 値の結果を表2, 3に示す。

表1 二酸化炭素通気条件

試料	圧力 (kPa)	通気時間 (min)
砂質土	49	30
粘性土	98	30

表中の吸引時間が0での B 値は、供試体に浸透水を浸潤させた状態で計測を行ったときの値である。両結果ともに計測された B 値は、浸透水を浸潤させた段階で 0.97 以上の値を示し、ほぼ飽和状態であることが分かる。CO₂を通気させることによる B 値の差異を比較すると、吸引による飽和度の変化が若干ではあるが、CO₂を通気させた方

表2 二酸化炭素を用いない B 値の結果 (標準砂 $\gamma_d=15.7$ kN/m³)

吸引時間 (hour)	0	1	2	3	4
上昇 B 値	0.9704	0.9746	0.9775	0.9740	0.9795
下降 B 値	0.9758	0.9745	0.9723	0.9729	0.9732

表3 二酸化炭素を用いた B 値の結果 (標準砂 $\gamma_d=15.7$ kN/m³)

吸引時間 (hour)	0	1	2	3	4
上昇 B 値	0.9723	0.9739	0.9814	0.9820	0.9762
下降 B 値	0.9749	0.9807	0.9736	0.9732	0.9749

Key Words : 室内試験, 飽和透水試験, 定水位・変水位透水試験

が得られた B 値は吸引が少ない時間で高い値になっていると思われる。

次に、これらの結果において、各吸引時間での透水係数について比較してみる。図2に示した透水係数は、定水位透水試験によって得られた結果である。図2より、間隙内の気体をCO₂に置き換えた結果と置き換えて

いない結果では、ほぼ等しいオーダーで透水係数が得られている。また、それぞれの結果で、吸引時間を増やしても透水係数に変化は見られず、一定の値で計測された。

先述した標準砂の B 値の結果から、間隙内の気体をCO₂に置き換えた方が若干の差ではあるが、飽和度が促進されると思われる。そこで、珪砂、関東ローム、不攪乱粘土についても表1に示した条件でCO₂を通気させた後、同様の手順で試験を行った。これらの B 値の結果を表4に示す。また、それぞれ B 値を測定した時に透水試験を行った結果は、図3に示してある。珪砂、関東ロームの結果をみるとやはり、浸透水を浸潤させた段階で上昇、下降 B 値は0.97以上の値を示している。浸潤後の真空吸引の効果は、吸引2時間まで上昇 B 値は増加した。下降 B 値については、殆ど変化が見られなかった。また、図3に示した透水係数の試験結果も、各時間で殆ど差異はないことが分かる。

次に、不攪乱粘土の結果について述べる。計測を開始する浸潤段階では、カラム受器内に気泡が残っていたためか、チャンバーに圧力を加えても水圧計の読みに殆ど変化がなく B 値を測定することができなかった。試験器は、真空吸引を行うことで、供試体間隙中とカラム受器内の気泡を吸い出す。そして、チャンバー内を大気圧に戻すことによって供試体の間隙内とカラム受器内が水で満たされる。この試験手順を考えると、通気性のよくない試料に対しての試験では、真空吸引が必要になってくると考えられる。表4の結果から1時間の吸引で上昇 B 値は0.98以上になり、飽和に近い状態であることが分かる。これほどよい結果が短時間に得られたのは、試料をサンプリングした位置が地下水面下であったため、初期の状態ではほぼ飽和状態にあったことが考えられる。実際、供試体作製時に採取した試料から含水比を測定し、飽和度を算出すると S_r=96%程であった。図3の変水位透水試験を実施した結果では、各時間で計測された B 値に殆ど変化は見られなかったが、透水係数は約1オーダーの差が生じている。この原因は、供試体が不攪乱試料であり、測定した各時間で供試体を代えているため、供試体の密度に違いがあり、このような差異が生じていると判断している。

4. まとめ

二酸化炭素を通気し、真空吸引を継続することで、若干 B 値は増加する傾向が見られた。しかし、透水係数に大きな差異はなく、ほぼ一定の値で計測されている。これらの結果から、砂質土、粘性土ともに二酸化炭素を表1の条件で通気させた後、約2時間の真空吸引を行えば、供試体を可能な限り飽和状態に近づけて透水試験を行えると考える。

参考文献

- 1)横山博司,石田哲朗:新しい飽和透水試験器の提案,第57回年次学術講演会講演概要集, -755, pp.1509-1510, 2002.
- 2)土質試験法編集委員会:土質試験の方法と解説,地盤工学会, p.365, 1990.

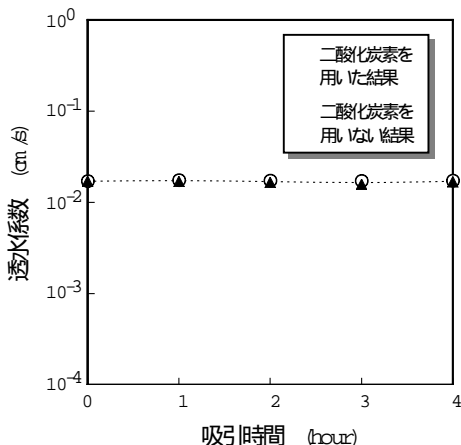


図2 透水係数と吸引時間の関係 (標準砂 $\gamma_s=15.4 \text{ kN/m}^3$)

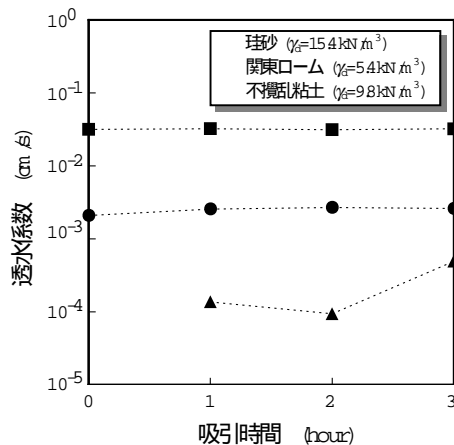


図3 透水係数と吸引時間の関係

表4 B 値の計測結果

試料名		浸潤状態	1時間吸引	2時間吸引	3時間吸引
珪砂 $\gamma_s=15.4 \text{ kN/m}^3$	上昇 B 値	0.9739	0.9775	0.9801	0.9798
	下降 B 値	0.9749	0.9749	0.9739	0.9768
関東ローム $\gamma_s=5.4 \text{ kN/m}^3$	上昇 B 値	0.9740	0.9751	0.9788	0.9749
	下降 B 値	0.9739	0.9787	0.9733	0.9732
不攪乱粘土 $\gamma_s=9.8 \text{ kN/m}^3$	上昇 B 値	—	0.9811	0.9816	0.9801
	下降 B 値	—	0.9733	0.9723	0.9742