

不飽和砂質土の透水・透気係数の測定

信州大学大学院 学生員 ○榎本 雅夫
 信州大学工学部 正 員 阿部 廣史
 信州大学工学部 正 員 川上 浩

1. はじめに 不飽和土において、浸透特性とサクシジョンの間には密接な関係があり、不飽和地盤での浸透問題を取り扱う上で不飽和透水・透気係数を求めることは重要である。ここでは、試作した透水・透気試験装置を用いて、不攪乱砂質土の透水・透気係数の測定を行った。求められた不飽和透水係数、透気係数と水分量の間には、水分保持特性に対応した特徴的な関係が認められたのでここに報告する。

2. 試験装置の特徴 この試験装置は、同一の供試体で飽和透水、不飽和透水・透気試験を一連のものとして実施するために試作したものであり、同時に試験時の水分保持特性も求める。また、供試体の上下端面で直接、間隙水圧・間隙空気圧を測定することにより、セラミックディスクの透水性の影響を考慮せずに、不飽和透水係数を求めることを可能にした。

試験装置の概要を図-1に示し、以下にこの装置の特徴を示す。1)キャップとベDESTALには、排水・排気制御部分とは別に、間隙水圧、間隙空気圧の測定部を設けている、2)差圧計を用いて供試体上下面の間隙水圧、間隙空気圧の差圧を各々測定している、3)電子天秤(1mg感度)を2台用いて透水システムを閉じた回路にし、吸水・排水状態を正確に把握できる、4)低容量(5cc/min)の空気流量計を用い、低いヘッド差での不飽和透気試験が可能、5)キャップとベDESTALへの配管は、各々が二本一組になっており、配管内の脱気・脱水が容易に行える。

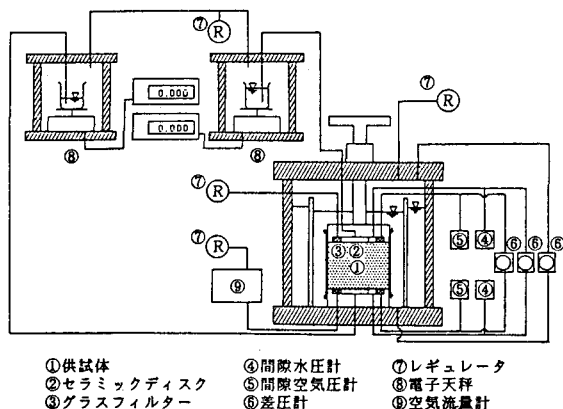


図-1 試作した透水・透気試験装置

表-1 試料の性状

試料No.	5S-1	5'-1	5D-1
砂分 (%)	89.9	82.9	80.4
シルト分 (%)	6.1	12.1	13.6
粘土分 (%)	4.0	5.0	6.0
比重	2.65	2.70	2.70

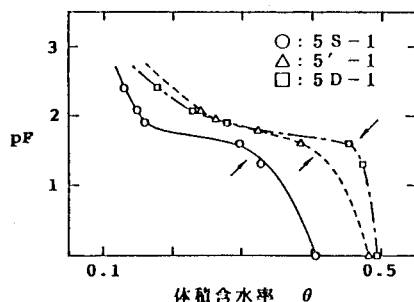


図-2 試験時の水分保持特性

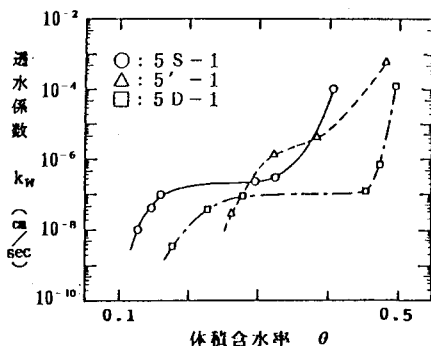


図-3 不飽和透水係数の測定結果

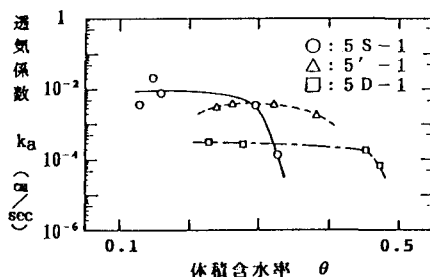


図-4 不飽和透気係数の測定結果

透水係数は、電子天秤にわずかな水頭差を与えて、上部の吸水量と下部の排水量が等しくなった状態での流量と上下面のサクシジョンの差圧により、直接求めうる。透気係数も同一の状態では、上下面に微小な空気圧差を付加して、その流量を空気流量計を用いて測定することにより求められる。

3. 透水・透気試験結果 試料は不攪乱の砂質土でありその性状は表-1に示す。透水・透気試験時の水分保持特性曲線を図-2に示し、図-2でプロットした点での透水・透気係数をそれぞれ図-3、図-4に示す。不飽和透水係数は水分保持特性曲線と対称な形状を示しており、透水係数は水分保持特性と密接な関係があることが認められる。また、水分保持特性曲線は、細粒分の含有量の影響を受けており透水係数にもこの影響が反映されているものと思われる。図-2の矢印付近が供試体の空気侵入値を示しているが、これに対応して、透気係数も急激に上昇している。しかし、空気侵入値を越えるサクシジョンの範囲では、透気係数はほぼ一定となっている。この範囲では、この様な微小な圧力差での透気試験では水分状態にあまり影響を受けないものと考えられる。

4. サクシジョン上昇時の吸水・排水状態 この試験では、図-5 上下面にわずかの水頭差の間隙水圧を与えた状態で、任意のサクシジョンになるよう空気圧を供試体に付加している。この時の供試体上下端面の単位時間当たりの流量を図-5に示す。ここでは、上面は吸水、下面は排水の流量を正としている。Step1では、流量の変化はほとんどなく、また上下流量もほぼ等しいことから定常状態であるといえる。また、Step2でもサクシジョンによる排水のため初めは上下で流量が異なるが、その差は小さく比較的早く定常状態に落ち着く。このときの上下端面での流量の違いは、サクシジョンの増加により供試体から排水が生じるために起こっている。これに対して、Step3では、500 分程度まで上下面に排水が生じ、定常状態に比べて流量は大きく異なっている。このようにサクシジョンがある程度大きく、流量が極端に多くなっている非定常状態では、浸透特性を推定することは難しいと思われる。

5. 透水係数の推定値との対比 透水試験時に直接求めた水分保持特性曲線を図-6に示す。これより Van Genuchten の不飽和透水推定式を適用して求めた結果を実験結果とともに図-7に示す。図-7の各々の点は、図-6の同じ飽和度の点と対応している。ここでは、推定値と実験値の一致は見られず、特に高い飽和度の部分での相違が大きいことが特徴である。

6. まとめ ここでは、セラミックディスクの透水特性を考慮せずに透水性を評価できる、試作した試験装置を用い、不攪乱砂質土の不飽和透水・透気試験の測定結果を示した。比透水係数-飽和度の関係が推定値と異なることについては、さらに検討を進めたい。

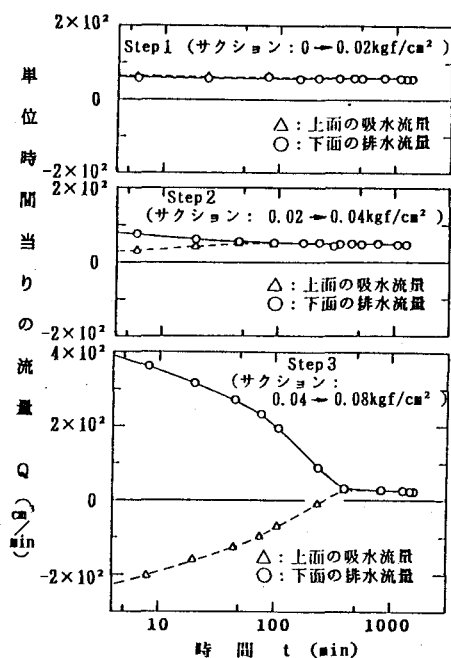


図-5 サクシジョンによる吸水・排水流量

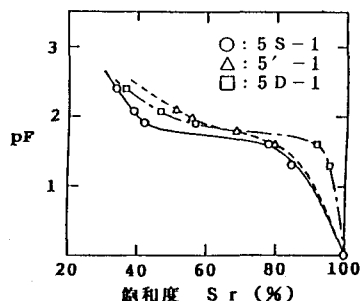


図-6 試験時の水分保持特性

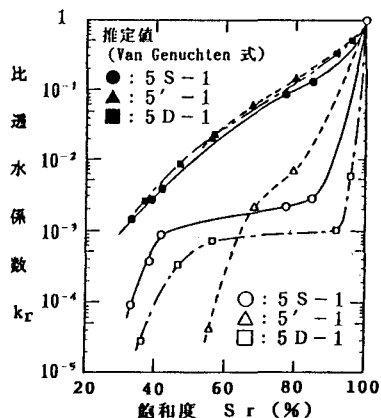


図-7 推定値と実験値の比較