

低透水性物質の透水係数の測定方法に関する研究

岡山大学 正会員 西垣 誠
岡山大学 学生会員 ○多田 博光

1. はじめに

低透水性物質の透水係数を測定する際には、測定に長時間要することや流量が微量であるため測定精度に問題が生じること、またそれに乗じて水の蒸発という問題も生じる。そして粘性土は圧縮性が高いため、高水頭差をかけることで体積変化を起こしてしまうという問題も挙げられる。本研究は、これらの問題を解決し低透水性物質の透水係数を迅速、簡単かつ正確に測定する方法を確立することを目的として行われた。具体的には、Tan¹⁾、吉国²⁾らと同様に透水試験を圧密試験と併用して行い、透水試験はマリオットサイフォンを利用した定水位法を採用した。また同時に、提案する方法により低動水勾配域における浸透特性について調べ、粘性土のDarcy領域からの逸脱、すなわち非Darcy領域についての考察を行った。

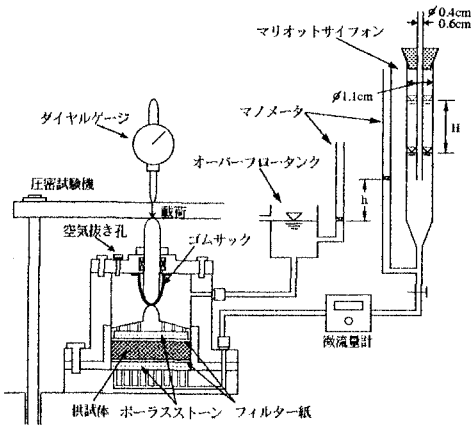
2. 実験方法と装置

本実験で用いた試料は、凝灰岩粉、標準砂、ベントナイトで、特に凝灰岩粉については、A（全量：2mm以下）、B（0.42mm以下）と2種類用意した。そして、表－1に示す配合で8種類の試料を作成した。

粘性土について透水試験を行う場合、高水頭差をかけることで試料の体積変化が生じる恐れがある。体積変化を生じると、供試体内部での水圧変化になんらかの影響を与えるとともに、間隙比が変化してしまうため正確な透水係数を得ることが出来ない。そこで、本研究では圧密試験によって得られる圧密曲線に着目した。圧密試験中に一度除荷し、再び載荷する。この場合、次の載荷段階までは間隙比はほとんど変化しない。つまり、応力の回復過程での変形は非常に小さいものであることを用いて、この間に透水係数を測定するものである。透水試験については、図－1に示すように、定水位透水試験において上流側に細いマリオットサイフォンをセットし、微少である流入量を直接マリオットサイフォン内の水面変動の読みにより計測した。マリオットサイフォンを用いることによって得られる利点を挙げると、1)微少である流入量を視覚によって直接計測できる。つまり、供試体への流入量を目視で評価することで精度も高いものが期待できる。2)ここでは細いマリオットサイフォンを使用するため、水面変動がはやく比較的計測時間が短い。3)通常の変水位、あるいは定水位透水試験において低透水性物質の透水係数を測定する際に問題とされる蒸発という点においても、マリオットサイフォン内は気密であるためこの点は無視できる。4)水頭差を自由に変えられる等である。今回、低動水勾配域における浸透特性についても調べるため、その水頭差も固定されたものが必要となる。これについては、上流側と下流側に同径のマノメータを設置し水頭差を計測した。定常確認は微流量計を用いて行った。

表－1 試料配合

試料	A (%)	B (%)	標準砂 (%)	ベントナイト (%)	比重
①	0	0	70	30	2.60
②	0	0	80	20	2.62
③	100	0	0	0	2.70
④	90	0	0	10	2.67
⑤	80	0	0	20	2.65
⑥	0	50	50	0	2.66
⑦	0	70	30	0	2.66
⑧	0	90	10	0	2.67



図－1 実験装置

3. 実験結果および考察

図-2に各試料の透水係数と間隙比の関係を示す。各試料とも多少のばらつきはあるものの透水係数と間隙比はほぼ直線関係にあり、間隙比の減少にともない透水係数も平行して減少していることが分かる。特にベントナイトを多く含む試料①、②、④、⑤は、間隙比の減少に対する透水係数の減少の割合が大きいことが分かる。また、ベントナイトを含む試料では、その配合にかかわらず同程度の透水係数を得た。また、微流量計を用いても透水係数の測定を行ったが、マリOTTサイフォンを用いた結果とほぼ同じ値を得ることができた。

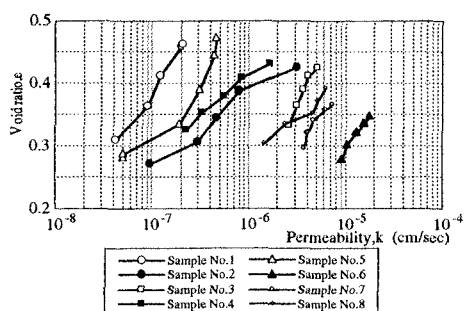


図-2 透水係数と間隙比の関係

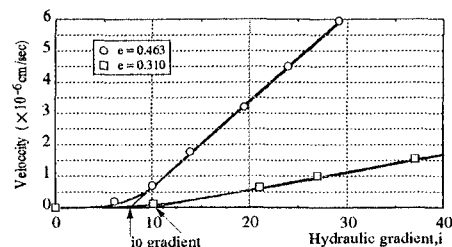


図-3 動水勾配と流速の関係

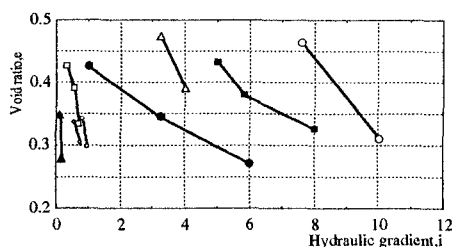


図-4 i_0 gradient と間隙比の関係

図-3は、試料①の動水勾配と流速の関係を示したものである。動水勾配が10以下になると徐々に傾き、すなわち透水係数が小さくなり、ついには流速が0となる。この流速が0となる動水勾配をthreshold gradientというが、ここでは図-3の矢印で示した i_0 gradientに着目した。その i_0 gradientと間隙比の関係を示したものが図-4である。透水係数が低い試料ほど i_0 gradientは高い動水勾配で現れ、間隙比が小さくなると、更に高い動水勾配で現れることが分かる。このように、粘性土等の低透水性物質においては、その間隙比が、透水係数、非Darcy領域に多大な影響を及ぼすことが分かる。よって、その透水性を評価する際、どの間隙比に対応したものであるかを随時把握しておかなければならない。また、透水係数が 10^{-8} (cm/sec)のオーダーの試料については、透水試験を行うにあたり、Darcy領域に従う下限の動水勾配に対して十分な配慮が必要であるといえる。

4. おわりに

今回提案した方法、装置により低透水性物質の透水係数を精度高く測定することができた。しかし、透水係数が 10^{-7} (cm/sec)以下になると、精密な微流量計を用いて測定したほうが測定時間のうえで有利であることがいえる。また、定常状態に至る時間が長いことは今後の課題として挙げられる。また今回変水位透水試験において流出側にも流入側と同径のスタンドパイプをたて、2パイプ変水位透水試験なるものを試みたが、両パイプの水面変動量が一致しない結果を得た。この流入量と流出量が一致しない現象は、変水位法では非定常状態で透水係数を測定していることを示している。つまり、貯留性の高い粘性土の透水性を評価するのに変水位法は不適であり、今回提案したような定常確認の後試験を開始できる定水位法が有効であることがいえる。また、変水位法では動水勾配が刻々と変化しているため非Darcy領域の確認が困難であるが、この点においても今回提案したマリOTTサイフォンを利用した定水位法は有効であるといえる。

<参考文献>

- 1) S.A.Tan : A simple automatic falling head permeameter, Soils and Foundations, Vol. 29, No. 1, pp. 161~164, 1989.
- 2) 吉国洋・中ノ堂裕文・戸田祐二・三本竹徹也 : 透水試験を併用した圧密試験法, 第24回土質工学研究発表会, pp. 427~428, 1989.