

【土の透水係数の求め方】

(1) 原位置透水試験と室内透水試験

地盤内の透水性, すなわち係数を求める方法は大きく分けて以下の2つある。

- ・原位置透水試験 (現場揚水試験)
- ・室内透水試験

前者は, 原位置にて対象とする地盤内の透水係数を直接求めるものであり, 後者は現場で採取してきた土を, 室内で再構成 (原位置と同じ密度に締め固め) して求める。ダルシー流れとは土の中を平均的に流れるものと仮定するとしていたが, 実際の水の流れは「流れやすい場所, 経路」を選択的に流れてゆくのので, 透水性を求めるために対象とする領域を大きくとればとるほど, 求められる透水係数は大きくなる傾向がある。そのため, 原位置で計測する透水係数の方が, 改めて室内で計測する透水係数よりも, 小さい場合が多い。しかし, 原位置の地盤は不均質であり, かつ, その不均質さを完全に把握することには限界があるので, 計測された透水係数がどこまで信頼性があるのかも不明な点も多い。一方, 室内透水試験においては, 計測精度は高いものの, 上記のように実際の地盤内よりも小さめの透水係数を与えていることを知っておく必要がある。

ここでは, 室内透水係数について説明する。原位置透水試験については, 土中の水理の最後の「井戸」の理論の中で説明する。

(2) 室内透水試験の種類

室内で透水係数を求めるための試験には以下のものがある。

・定水位透水試験	礫質土, 砂質土	k 大	$10^{-1} \sim 10^{-3}(\text{cm/s})$	} 室内透水試験
・変水位透水試験	シルト質土, 粘性土	k 小	$10^{-3} \sim 10^{-7}(\text{cm/s})$	
(・圧密試験)	粘性土	k (極)小	$10^{-6} \sim 10^{-9}(\text{cm/s})$	

上の試験から順に, 対象とする土の透水性が大きいものに適用される。通常は室内透水試験と言えば, 定水位透水試験と変水位透水試験の2つのこと言う。圧密試験については, 「土中の水理」の次の「土の圧縮特性」で学ぶ。圧密試験では変水位透水試験でも透水係数が得られないような透水性の小さな地盤材料 (例えば, 均質な粘土) の透水係数を求めることができるが, あくまで土の圧縮性を計測する試験で副次的に得られるものであり, 得られる透水係数の計測誤差も比較的大きいことに注意する。

(3) 定水位透水試験

定水位透水試験では, 右のような試験機を使うが, 比較的透水性の高い土を対象とするため, 水位が常に一定となるように, 左側のパイプの水はオーバーフローさせておく必要がある。土中を通過して右側のパイプから溢れだしてきた水は, メスシリンダーによってその量を計測する。

以下に定水位透水試験により透水係数 k を求める手順について説明する。

土中の動水勾配 i は $i = h/L$ であるので, 流速 v は

$$v = ki = k \frac{h}{L} \quad (1)$$

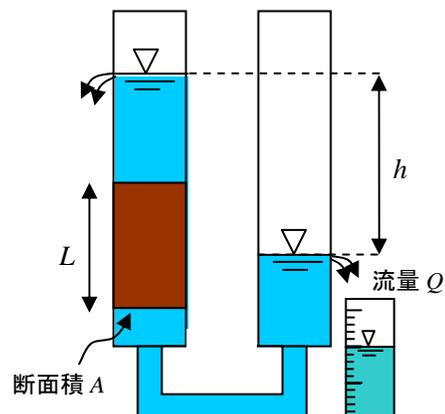


図3 定水位透水試験

となる。したがって、時間 t の間に土中を通過する水の流量 Q は、土柱の断面積 A を用いて以下のように表すことができる。

$$Q = v \cdot A \cdot t = k \frac{h}{L} \cdot A \cdot t \quad (2)$$

以上より、流量 Q がメスシリンダーによって計測できる量であれば、この土の透水係数 k は

$$k = \frac{QL}{hAt} \quad (3)$$

となる。これは、透水性が高いために、 Q が計測できることが前提となっている。

(4) 定水位透水試験

透水性が低いために、流量 Q が計測できない（どれだけ長く計測しても、ほとんど流量が増えない）ような土の透水係数を求める試験である。

左側のパイプでのオーバーフローはやめて、その代わりに細いスタンドパイプを用いる。

微小時間 dt の間に土を通過する流量 dQ は、式(1)を参考にして以下のようになる。

$$dQ = v \cdot A \cdot dt = k \frac{h}{L} \cdot A \cdot dt \quad (4)$$

一方、同じ微小時間 dt の間にスタンドパイプ内を低下する水の量は、スタンドパイプの断面積 a を用いて、

$$-a \cdot dh \quad (5)$$

となる。マイナス符号が付いているのは、 dt との整合性からであり、以下の関係を見れば明らかである。

$$\text{初期状態} \quad t = t_1, \quad h = h_1$$

$$\text{微小時間後} \quad t = t_2 = t_1 + dt, \quad h = h_2 = h_1 - dh$$

連続条件（連続式）より、式(4)と式(5)を等値すれば、次式の微分方程式が得られる。

$$-a \cdot dh = k \frac{hA}{L} \cdot dt \quad \rightarrow \quad -a \cdot \frac{dh}{h} = k \frac{A}{L} \cdot dt \quad (6)$$

両辺を積分して、 $t = t_1$ の時 $h = h_1$ 、 $t = t_2$ の時 $h = h_2$ という条件を使用すると、以下のようになる。

$$-\int_{h_1}^{h_2} a \cdot \frac{dh}{h} = \int_{t_1}^{t_2} k \frac{A}{L} \cdot dt \quad (7)$$

$$-a \ln \frac{h_2}{h_1} = \frac{kA}{L} (t_2 - t_1) \quad (8)$$

したがって、透水係数 k は

$$k = \frac{aL}{A(t_2 - t_1)} \ln \frac{h_1}{h_2} = \frac{2.303aL}{A(t_2 - t_1)} \log_{10} \frac{h_1}{h_2} \quad (9)$$

となる。

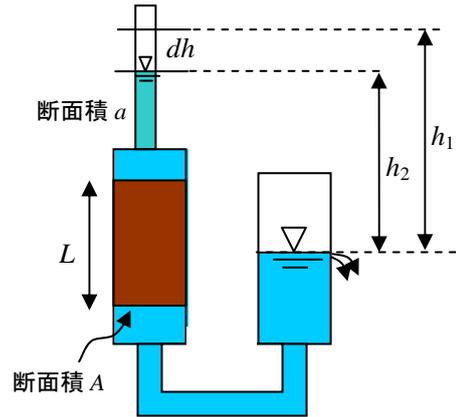


図4 変水位透水試験