

不飽和地盤における原位置定水位透水試験方法に関する考察

岡山大学環境理工学部

正会員 竹下祐二

岡山大学大学院

学生会員 ○山下正博

新潟大学農学部

正会員 森井俊宏

鳥取大学乾燥地研究センター

正会員 井上光弘

1. はじめに

不飽和地盤において、降雨や灌漑にともなう土壌中の水の動きを予測する際、透水係数が重要な役割を担う。湛水条件下で浸潤が起こると間隙中に多量の空気泡が閉じ込められ、土壌は完全な飽和状態にはならない¹⁾。ここでは、この条件下における透水係数を現場飽和透水係数 K_s と呼ぶ。不飽和地盤における透水性を評価する際には、 K_s を用いるほうが、完全飽和透水係数 K_0 よりも实际的である。この K_s を計測するための方法として、本研究では、Well Permeameter法(以下WP法と記す)、Pressure Infiltrometer法(以下PI法)、Tension Infiltrometer法(以下TI法)に着目した。それぞれの試験法の特徴や現場での適用性について検討した。

2. 原位置透水試験法

WP法はオーガー孔内に一定水位の湛水を維持し、土中に浸透する定常流量を測定する。地表面の植生に影響されず、斜面でも試験可能であるが、孔の掘削できない固結地盤や、孔の自立しない軟弱地盤には不適切である。図1に概念図を示す。 K_s は次式より求められる。

$$K_{fs} = \frac{\alpha^* C Q_s}{2\pi H(\alpha^* H + 1) + C\alpha^* \pi a^2} \quad (1)$$

ただし、 Q_s ：定常注水流量(cm^3/s)、 H ：孔内水位(cm)、 a ：孔の半径(cm)、 C ：無次元の形状係数²⁾。また α^* は土壌の組織や構造によって決まるパラメータであり、岡山大学内砂質土地盤では $\alpha^* = 0.12\text{cm}^{-1}$ を、砂丘砂地盤では $\alpha^* = 0.06\text{cm}^{-1}$ を使用した¹⁾。

PI法は単一リング内に一定水頭を与え、その時に生じる定常浸潤量を測定する。軟弱地盤にも適用できるが斜面やリングの打設できない固結地盤では計測困難である。図2に概念図を示す。 K_s は次式より求められる。

$$K_{fs} = \frac{\alpha^* G Q_s}{a\alpha^* H + a + G\alpha^* \pi a^2} \quad (2)$$

ただし、 G は形状係数であり、 $G = 0.316 \cdot d/a + 0.184$ により求められる¹⁾。

TI法は負圧で給水を行い、浸潤ディスクから土中に浸透する定常流量を測定する。本研究で使用したディスクの透水係数は $2.0 \times 10^{-2}\text{cm/s}$ 程度である。軟弱地盤や固結した地盤でも不かく乱状態で計測できるが、地表面に植生がある場合や斜面などでは適用できない。図3に概念図を示す。バブルタワーは浸透水圧を制御するマリオットサイフォン式の装置である。 K_s は次式より、 $\ln Q$ を給水圧に対してプロットした図の切片から求められる。

$$\ln Q_s = \ln \left[\left(\frac{a}{G_d \alpha} + \pi a^2 \right) K_{fs} \right] + \alpha \psi_0 \quad (3)$$

$$\alpha = \frac{\ln(Q_{s1}/Q_{s2})}{(\psi_1 - \psi_2)} \quad (4)$$

ここに、 G_d は形状係数であり、本研究では $G_d = 0.25$ である³⁾。

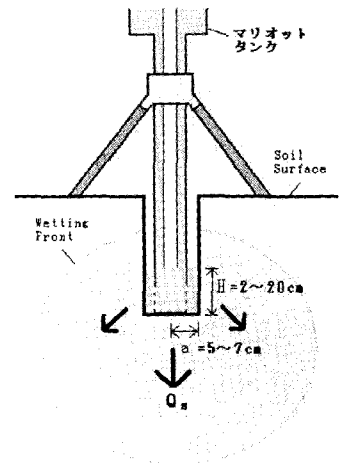


図1 WP法概念図

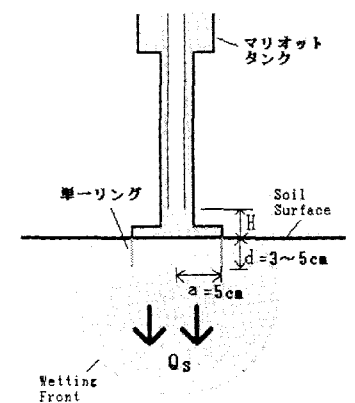


図2 PI法概念図

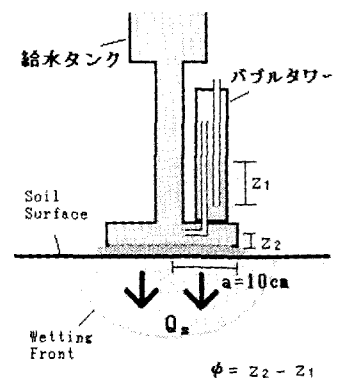


図3 TI法概念図

3. 砂質土地盤における K_s の計測

(1) 岡山大学内砂質土地盤における計測

岡山大学内砂質土地盤の8地点において原位置透水試験を実施した。結果を図4に示す。TI法での K_s は、平均値でWP法の1/2程度、PI法の1/7程度の小さい値となっている。これはTI法が負圧による浸潤であるのに対し、WP法やPI法では、湛水による静水圧で浸潤させる。その地盤へのインパクトの違いが K_s の差となるのではないかと考えられる。

(2) 均質な砂丘砂地盤における実験

均質な砂丘砂地盤の6地点においてPI法とTI法の試験を行った。TI法による計測結果を図5に示す。またTI法とPI法の計測結果を比較し図6に示す。PI法の K_s のほうがTI法の K_s より大きくなっている。これは岡山大学内砂質土地盤における結果と一致しており、この傾向が地盤の不均質性によるものではないことがわかる。また、これらの結果から、砂丘砂地盤における透水係数と圧力水頭の関係は図7のように考えられる。透水係数は負圧から0に近づくにつれ大きくなり、0を超えて正圧になるとほぼ一定になると考えられる。

4. おわりに

各試験法の計測結果は、WP法、PI法に比べてTI法では少し小さくなることが分かった。これは地盤に与えるインパクトの違いによると考えられる。WP法では孔内の湛水による K_s を評価し、PI法では地表面から数cm挿入した浸潤リング内の湛水による K_s を評価している。どちらも地盤に正の水圧をかけ、浸潤を生じさせるのに対し、TI法では、地表面からの負圧浸潤時における K_s を評価している。実際の現場へ適用する際には、各装置の浸潤の特徴を踏まえ、設計目的に応じて各試験法の中から最適な試験法を選び、また、地盤条件によって使い分ければ、簡便かつ迅速に、地盤の K_s を計測することができる。

[参考文献]

- 1) 森井,井上,竹下:プレッシャーインフィルトロメータ法を用いた土の原位置透水試験法,農業土木学会論文集,204, pp.149-158, 1999.
- 2) Martin R.Carter Editor: Soil sampling and methods of analysis, pp823, 1993.
- 3) W.D.Reynolds and D.E.Elrick: Determination of hydraulic conductivity using a tension infiltrometer, soil science of america journal,55-3,pp.633-639,1991.

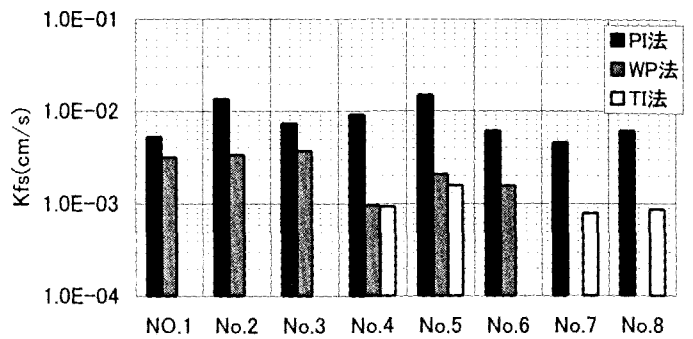


図4 岡山大学内地盤における計測結果

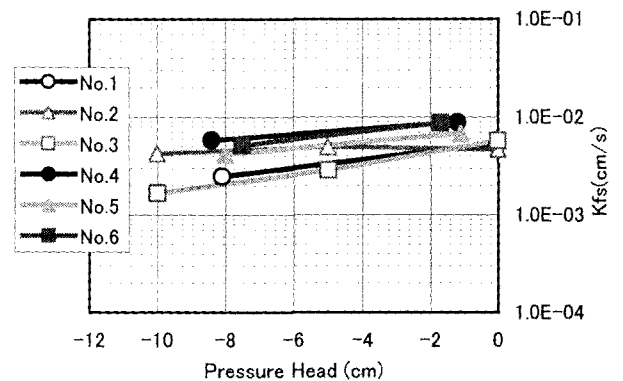


図5 TI法による計測結果(均質な砂丘砂地盤)

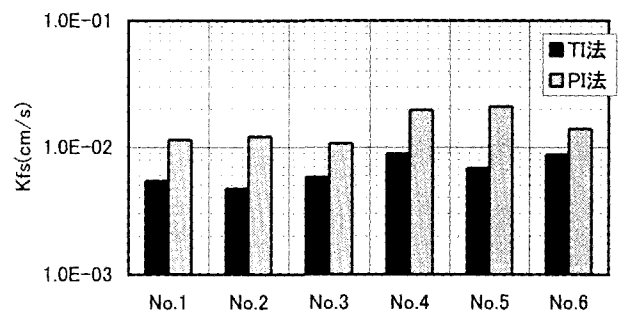


図6 TI法とPI法の比較(均質な砂丘砂地盤)

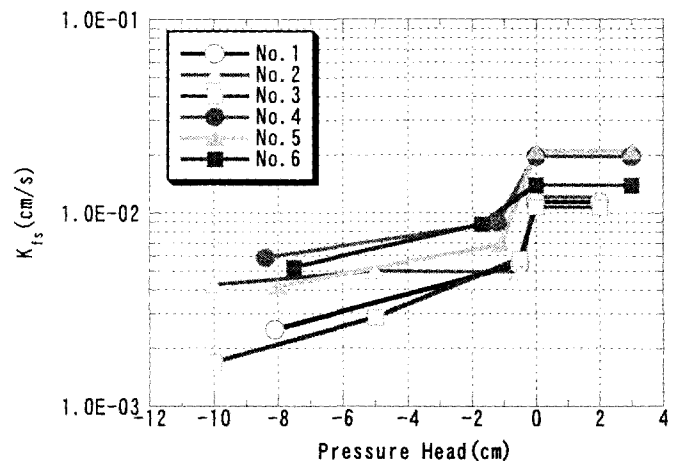


図7 透水係数と圧力水頭の関係