

Pressure Infiltrrometer を用いた浸透特性値の測定方法に関する考察

岡山大学環境理工学部 正会員 竹下祐二

岡山大学大学院

Ali Mohammad Jafar

岡山大学大学院

学生員 ○白神真志

岡山大学環境理工学部

フェロー 河野伊一郎

1. はじめに

浸透における諸問題の解析を行う際、地盤の浸透特性を的確に把握することが必要不可欠である。地下水面下の浸透特性を求める試験法に関する研究や報告は多数なされているが、地下水面より上部の不飽和地盤の浸透特性を原位置において求める試験法については、確固たる手法が確立されていないのが実情である。したがって実務レベルにおいて実施できる迅速かつ簡便な測定法の開発が必要であると考えられる。すなわち、簡単な試験装置を用いて、計測が容易で安定したデータの得られる観測値から不飽和地盤の浸透特性値を算定できる試験法の確立が望まれている。そこで、本文では、簡便な試験法として Pressure Infiltrrometer 法（以後、P.I. 法と記す）に着目しその実用性について検討した。

2. P.I. 法¹⁾

Reynolds & Elrick によって提唱された P.I. 法は定常法であり、一次元の浸透流において、流入流量を測定することにより透水係数を算定する方法である。ここで求められる透水係数とは、原位置において地盤を浸潤状態（field-saturated 状態）にさせて、この状態での透水係数のことであり、 k_s と表される。試験装置は図-1 に示すリング部と定圧給水用のマリ奥特タンクで構成されている。装置全体を図-2 に示す。

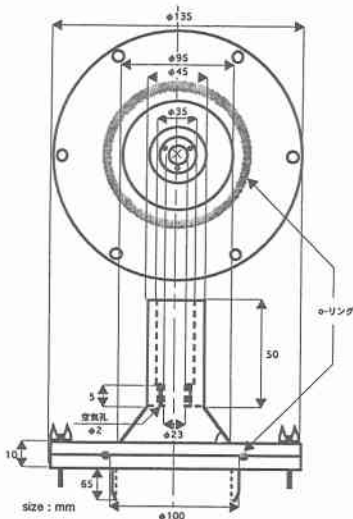


図-1 P.I. リング部

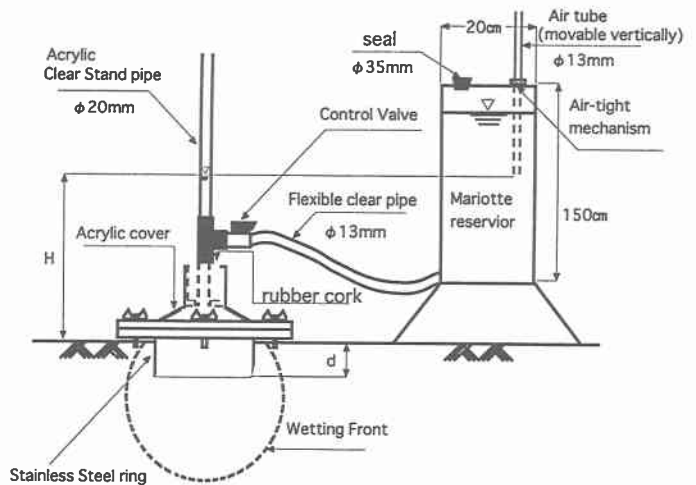


図-2 P.I. 装置全体図

3. 試験の手順

試験手順を以下に示す。

- (1) 試験対象地点に深さ 10～20 cm、直径 50 cm 程度の穴を掘る。
- (2) P.I. リングを土に打ち込み固定させる。
- (3) マリ奥特タンクを設置しリングとタンクとを $\phi 13$ mm の flexible clear pipe で連結し、定圧給水を行う。この際、装置内の空気の混入に注意する。
- (4) マリ奥特タンクの Air tube で定水頭 h_1 を決定し、流量が定常状態に至るまで放置する。
- (5) 定常状態になったら 2 分ごとに水頭 h 、タンクの水位を測定する。測定時間は約 20 分程度である。
- (6) 1 回目の測定終了後 Air tube で定水頭 h_2 を決定し、(5) の操作を行う。
- (7) 2 回目の測定が終われば試験終了であり、測定データを解析して透水係数 k_s を算出する。

4. 解析手法¹⁾

Reynolds & Elrick により提唱された解析式 (式 (1)) に基づいて解析を行う。

$$Q_s = \left(\frac{aH}{G} + \pi a^2 \right) K_{fs} + \left(\frac{a}{G} \right) \Phi_m \quad (1)$$

Q_s : 定常状態揚水 (cm^3/s)、 a : 実験装置下部の内半径 (cm)

H : 定水頭 (cm)、 G : 形状係数 $G=0.316 d/a+0.184$

d : 土中に埋まっているリングの深さ (cm)

k_{fs} : field-saturated 透水係数 (cm/s)、 Φ_m : 流動ポテンシャル

(a) 解法 1 (連立法)

式 (1) を用いて 2 つの定水頭 h_1 、 h_2 から 2 つの等式を作り連立させることにより k_{fs} を算出する。

(b) 解法 2 (Elrick による仮定値 α^* を用いる方法)

ϕ_m と k_{fs} と α^* との間には、以下の関係式が成り立つ。

$$\phi_m = k_{fs} / \alpha^* \quad (2)$$

式 (2) を式 (1) に代入すると式 (3) が導かれる

$$Q_s = \left(\frac{aH}{G} + \pi a^2 + \frac{a}{G\alpha^*} \right) K_{fs} \quad (3)$$

この式 (3) により k_{fs} が求められる。仮定値 α^* は、表-1 に示す値を用いる。

5. 試験結果

今回対象としたまさ土地盤の粒径加積曲線を図-3 に示す。また、P.I. 法による試験結果を表-2 に示し、今回の P.I. 法の妥当性を検討するために原位置より試料を採取し、現地と同等の $\gamma_d=1.452 (\text{g}/\text{cm}^3)$ にて締め固め、室内定水位透水試験を行い、その結果及び k の粒径分布から Hazen の式、Creager の式により算出された透水係数値を表-3 に示す。P.I. 法では、表-1 より $\alpha^*=0.36 (\text{cm}^{-1})$ を採用し、Hazen の式では $C_H=100 (1/\text{cm} \cdot \text{s})$ を採用した。次に、 α^* 値と透水係数 k_{fs} との関係を図-4 に示す。ここで、解析条件として表-2 の Case B 1 に相当する値として、 $H=32.4 (\text{cm})$ 、 $Q_s=16.93 (\text{cm}/\text{s})$ 、 $a=4.75 (\text{cm})$ 、 $d=6.5 (\text{cm})$ を用いた。

図-4 から今回の試験条件下では α^* 値の k_{fs} に与える影響はさほど大きくない。P.I. 法によって計測された k_{fs} の値は、表-2、表-3 より室内透水試験結果や粒径分布から推定された k 値とほぼ等しい値が得られている。今後の課題としては、さらにデータの蓄積と解析手法の検討を行い、今回試験を行ったまさ土地盤だけでなく、粘性土地盤などの各種の地盤状態に対しての適用性を検討する予定である。

表-2 P.I. 試験の結果

Case	定水頭(cm)		流量(cm^3/s)		$k_{fs} (\text{cm/s})$	
					解法1	解法2 ($\alpha^*=0.36$)
A1	h1	33.0	Q1	14.32	5.45E-02	4.13E-02
A2	h2	21.85	Q2	9.64		3.70E-02
B1	h1	32.4	Q1	16.93	6.42E-02	4.95E-02
B2	h2	20.3	Q2	10.94		4.40E-02

<参考文献>

1) David E.Elric and W.Daniel Reynolds “Infiltration from Constant-Head Well Permeameter and infiltrometers” ,SSSA Special Publication no.30.pp.1-21,1992.

表-1 α^* の仮定値¹⁾

α^* の値	浸透現象及び土質
$\alpha^*=0$	毛管現象のみによる流れ
$\alpha^*=1 (\text{m}^{-1})$	詰まった粘土と沈殿物
$\alpha^*=4 (\text{m}^{-1})$	無構造のきめの細かい土
$\alpha^*=12 (\text{m}^{-1})$	粘土で構成された土
$\alpha^*=36 (\text{m}^{-1})$	砂利の多いきめの粗い土
$\alpha^*=\infty (\text{m}^{-1})$	重力のみによる流れ

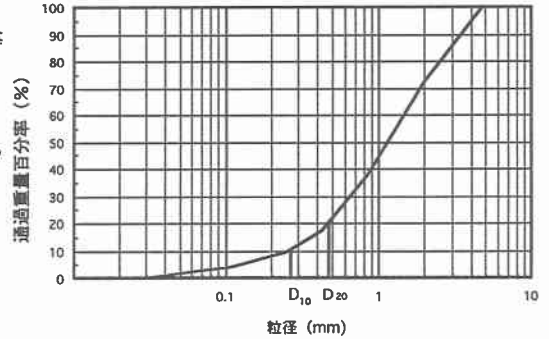


図-3 粒径加積曲線

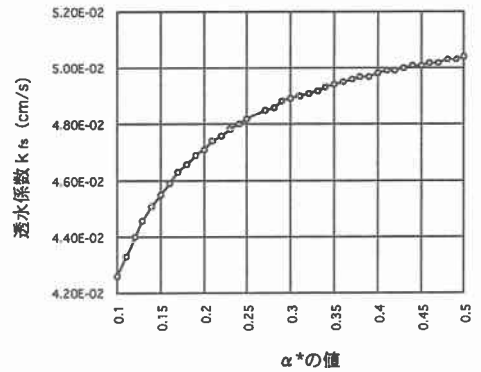


図-4 α^* と k_{fs} との関係

表-3 室内試験の結果

定水位透水試験	$\gamma_d (\text{g}/\text{cm}^3)$	$k (\text{cm/s})$
Hazen	1.452	4.09E-02
	D10 (cm)	k (cm/s)
	2.70E-02	7.29E-02
Creager	D20 (cm)	k (cm/s)
	4.80E-02	6.80E-02