

岡山大学工学部 正会員 河野伊一郎

岡山大学工学部 ○ 正会員 西垣 誠

1. まえがき

地下水の挙動を定量的に把握するために不飽和領域内の浸透を考慮した有限要素法による非定常浸透解析を示した。¹⁾
この解析手法により実際の浸透問題を解析するには入力データとして不飽和土中の浸透を支配する透水係数—含水比—サクションの3つのファクターの関係を知る必要がある。すなわち、Fig.1に示す関係である。

本研究はこれらの関係を求めるための基礎的な研究として実験室内での不飽和領域の透水係数を求める手法を示すものである。

2. 不飽和領域の透水係数の決定法

水平一次元浸透の連続の式より

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial v}{\partial x} \quad (1)$$

ここで θ は、体積含水率、 v はダルシー流速、 t は時間、 x は距離である。

(1)式の両辺を x で積分すると、

$$\int \frac{\partial \theta}{\partial t} dx = v + C(t) \quad (2)$$

(2)式の積分定数 $C(t)$ を決定するために Fig.2 に示す境界条件を考える。 x_f の点では流れが生じていない $q = 0$ である境界条件を用いると、(2)式は

$$\int_{x_f}^{x_i} \frac{\partial \theta}{\partial t} dx = v = k(\psi) \frac{\partial \psi}{\partial x} \quad (3)$$

したがって

$$\frac{\partial}{\partial t} \int_{x_f}^{x_i} \theta dx = k(\psi) \frac{\partial \psi}{\partial x} \quad (4)$$

よって

$$k(\psi) = \frac{\frac{\partial}{\partial t} \int_{x_f}^{x_i} \theta dx}{\left(\frac{\partial \psi}{\partial x} \right)_{x=x_i}} \quad (5)$$

(5)式の分母の $\left(\frac{\partial \psi}{\partial x} \right)_{x=x_i}$ の値は、 x_i の近傍の2点での圧力水頭 ψ の値を計測することにより求められる。

(5)式の分子の値は

$$\frac{\left(\int_{x_f}^{x_i} \theta dx \right)_{t_{k+1}} - \left(\int_{x_f}^{x_i} \theta dx \right)_{t_k}}{t_{k+1} - t_k} \quad (6)$$

で求められる。

したがって、(5)式より各圧力水頭に対する不飽和領域の透水係数が求められる。

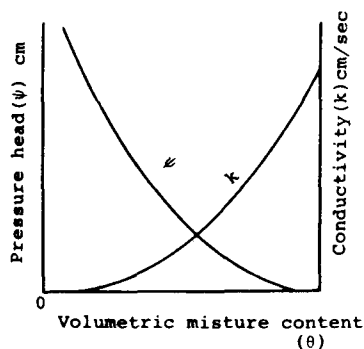


Fig.1 Unsaturation property of soil

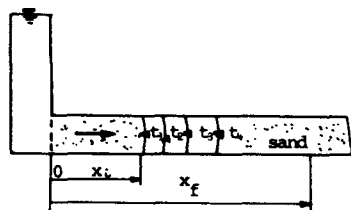


Fig.2 seepage in sand column

3. 実験装置および実験方法

実験は、Fig.3 に示すアクリル容器（ $70 \times 80 \times 600$ mm）に標準砂を乾燥密度（ $\gamma_d = 1.5 \text{ g/cm}^3$ ）に詰め、一端にマリOTT装置の給水口を土壌柱に接続して一定水压の給水を行う。

(a) 圧力水頭の測定

試料内の圧力水頭の測定には Fig.4 に示すように 5 か所に計測時間遅れを少なくする目的で、圧力変換器（測定範囲 $100 \text{ g/cm}^2 \sim +100 \text{ g/cm}^2$ ）を試料に直接設置した。また圧力変換器の先端にはセラミックディスク（Ceramic disc）を取り付け試料内の間隙水压（負の圧力水頭、正の圧力水頭）のみの測定を行った。

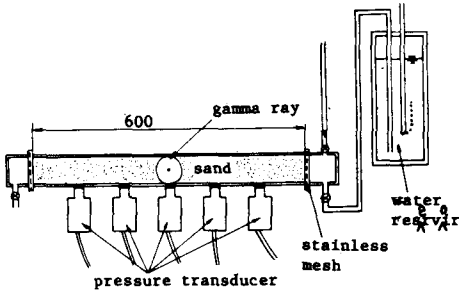


Fig.3 Experimental flow cell schematic relative positions of the gamma beam and pressure transducer

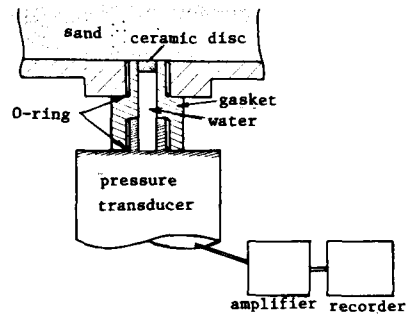


Fig.4 Pressure transducer assembly details

(b) 含水量変化の測定（ γ 線による含水量測定）

試料内の含水量変化の測定法は古くより色々な手法が提案されているが、含水量の経時的変化を測定するために γ 線密度換層法を用いる。 γ 線は物質を透過する能力を持つている。この特性を利用して物質の密度測定に γ 線はしばしば用いられている。一方、試料内に浸潤が進行することにより土粒子骨格間の空隙が土中水で充填されていく現象は、土の密度が浸潤によつて変化していくことである。すなわち、 γ 線の密度測定の実用範囲を拡張すると時々刻々の密度変化を測定することにより土中水の含水量が測定できる。

本研究では、Fig.5 に示す装置を用い、放射性同位元素として、低キユーリーの ^{60}Co （コバルト-60） $100\mu\text{Ci}$ を用いた。

Fig.6 に本実験で用いた土柱の体積含水比（ θ ）と G. M 管によつて測定した 10 秒間の透過 γ 線数の関係を示す。実験結果の詳細については当日発表する。

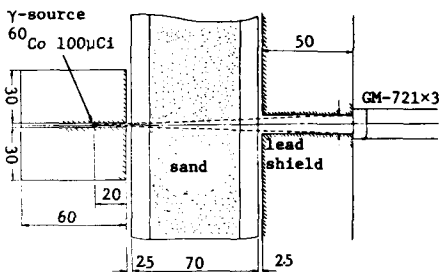


Fig.5 Schematic position of the gamma beam

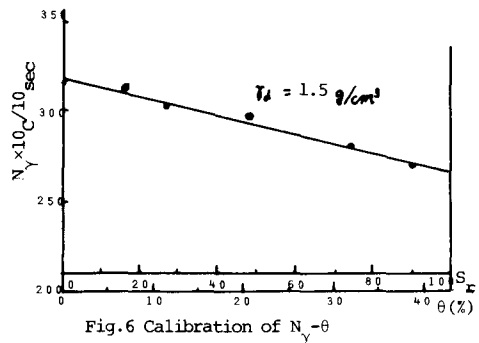


Fig.6 Calibration of $N_\gamma - \theta$

参考文献

- 1) 赤井, 大西, 西垣; 有限要素法による飽和-不飽和浸透流の解析, 土木学会論文報告集, 第 265 号, 1977, PP87-96