

神戸大学工学部 正員 田中 茂
全上 学生員 Oハ末 正司夫
神戸工業高校 正員 楠 弘毅

1 緒言

透水係数を異にする二層をとり、透水係数の大きい土層がその小さい層の上についている場合と、その逆の場合とをとり扱った。このような土層に降雨が浸透する問題をとりあげて論ずる。上のような土層に強雨や弱雨が浸透する問題を以前に田中が土粒子間隙空気が圧縮せられることを考慮に入れて理論的にとり扱ったが未発表であるのでこの機会に論じ、しかる後に、いろいろな種類の土について浸透の実験を行い、間隙空気が圧縮される状態、浸透水の貯溜が行われる状態などを明らかにしたことを述べる。次に理論と実験との適合性を検討した。また、不飽和浸透の様相を明らかにし、その時の Soil suction と空気の圧縮の実状を求めた。

2 理論的考察

A 上層粗粒土、下層細粒土の場合に強雨の降る時の浸透(上層厚さ L_1 、下層厚さ $L-L_1$ の場合)

地表面に一定水深 h_0 があり、
粒子間隙ににあった空気が極めて
容易に逃げず、Wetting frontの下部
の空気が圧縮されるときを考える。

Wetting frontが上層土内にある
時は(図-1を参照)

$0 \leq z \leq L_1$ の範囲で、 $d\phi/dz$
を流れのポテンシャル勾配とする
と、
$$\frac{d\phi}{dz} = 1 + \frac{h_c}{z} \quad (1)$$

ここは

$$h_c = h_0 + h_{c1} - h_{a1} - h_{w1} \quad (2)$$

ただし

h_{c1} : 上層内におけるWetting frontの前縁で含水率の異なることにより生ずる吸引力を水頭で表わしたもの。

h_{a1} : 間隙空気圧を水頭で表わしたもの。

h_{w1} : 湿潤領域における浸潤にもとづく圧力ポテンシャルの損失を水頭で表わしたもの。

h_0 : 地表面上の湛水深。

Darcyの法則より $(\frac{dQ}{dt})_1$ を単位面積当りの流量即ち平均流速とすると、

$$\left(\frac{dQ}{dt}\right)_1 = k_1 \frac{d\phi}{dz} \quad (3)$$

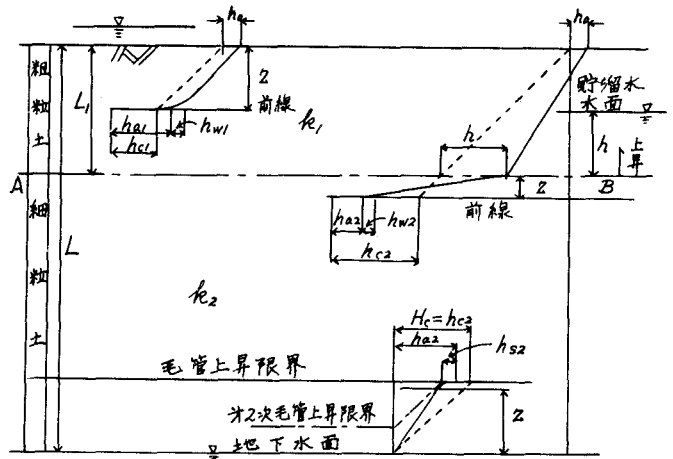


図-1

いま, n_1 : 上層土の空隙率

S : 浸潤後の飽和度 S_2 から浸潤直前のそれ S_1 を引いた値とすると,

$$\frac{dz}{dt} = k_1 \left(1 + \frac{h_t}{z} \right) \frac{1}{n_1 S} \quad (4)$$

これより

$$t = \frac{n_1 S}{k_1} \left(-h_t \log \frac{z+h_t}{h_t} + z \right) \quad (5)$$

次に Wetting front が上下両層の境界面 A B を通つて下層に進入した時は, 新しく面 A B から鉛直下向きに z 軸をとり, front がこの面に到達した瞬間から時間を測るものとする,

$t=0$:

断面 A B の単位面積当りこれに流入する流量は,

$$\left(\frac{dQ}{dt} \right)_1 = k_1 \left(1 + \frac{h_0}{L_1} \right) \quad (6)$$

一方, 同じ面から第二層へ流出する単位面積当りの流量は,

$$\left(\frac{dQ}{dt} \right)_2 = \infty \quad (7)$$

次に $t=t$:

この時は,
$$\left(\frac{dQ}{dt} \right)_1 = k_1 \frac{h_0 + L_1 - h}{L_1} = k_1 \left(1 - \frac{h - h_0}{L_1} \right) \quad (8)$$

$$\left(\frac{dQ}{dt} \right)_2 = k_1 \left(1 + \frac{h + h_{c2} - h_{a2} - h_{w2}}{z} \right) \quad (9)$$

ここに

h : 境界面上に貯留された水深

h_{c2}, h_{a2}, h_{w2} : それぞれ h_{c1}, h_{a1}, h_{w1} に対応する下層の値.

k_2 は k_1 に比して小さい。(8) 式の値が (9) 式のそれよりは大きいのが普通であるから h は次第に大きくなり, 両者の値が一致するまで増加して, フリにある値になるが, z が増加するにつれて (9) 式の値が減少するが故に, (8) 式の値はこの値に追従して少しずつ小さくなるために, h の値も少しずつ時間とともに増加することになる。Wetting front が下方の毛管水帯に追いつき第二層の土の飽和度がほぼ均一になり, $\left(\frac{dQ}{dt} \right)_2$ の値が一定となると, $\left(\frac{dQ}{dt} \right)_1$ の値もこれと等しい値で一定となり, h は一定となり貯留水面は一定の高さを保つ。

第二層土内での t と z との関係は前と同様にして,

$$t = \frac{n_2 S}{k_2} \left(-h_t \log \frac{z+h_t}{h_t} + z \right) \quad (10)$$

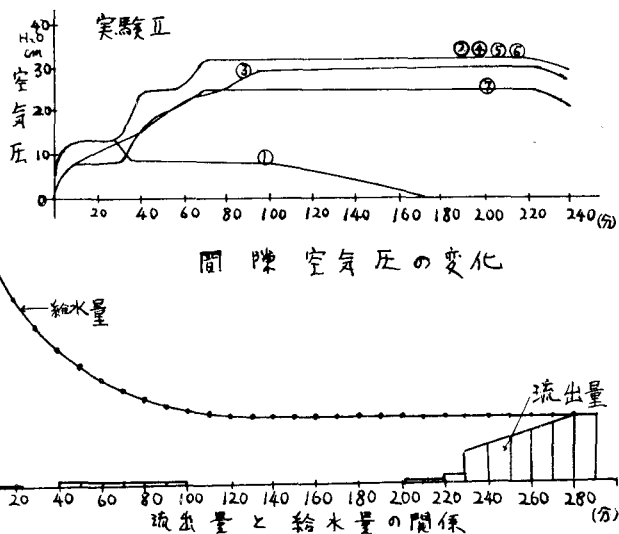
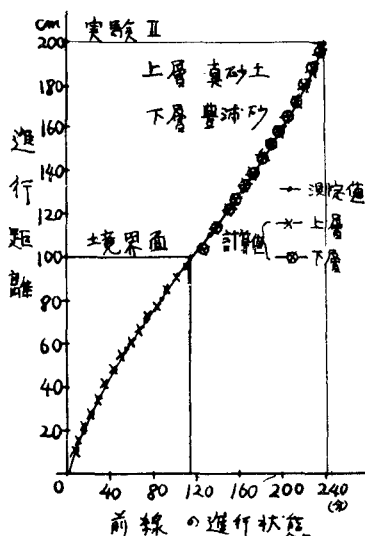
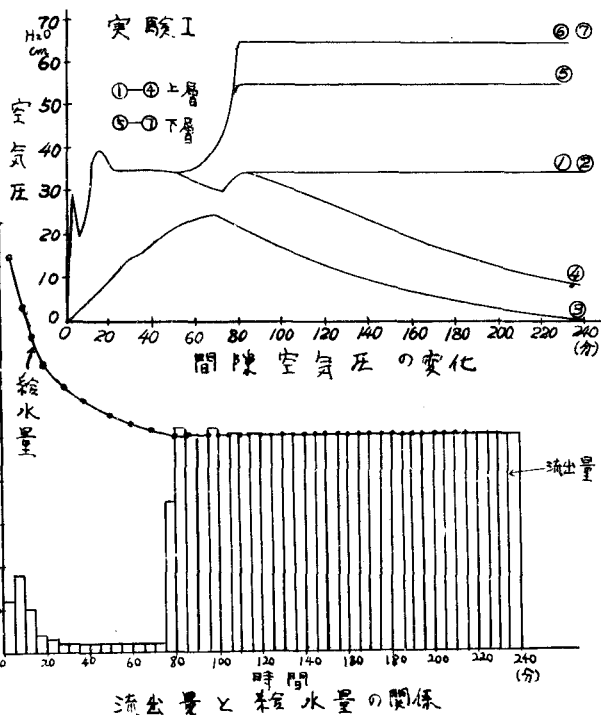
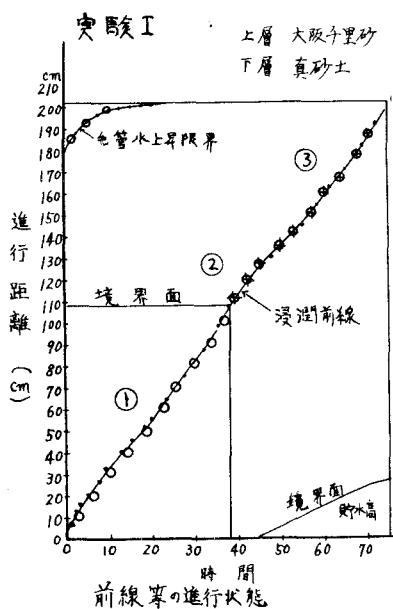
ただし,

$$h_t = h + h_{c2} - h_{a2} - h_{w2} \quad (11)$$

下層の下部の毛管水帯の下方への運動については次のようである。

図-1 のように $t=t$ のときの air front の位置を自由水面から高さ z とすれば

3 実験とその結果



前報(田中・飯田: 空気の圧縮を考慮した地中への浸透速度に関する研究, 第10回水理講演会講演集)に用いた実験装置を用いて実験を行った。二層土を対象としたので、長さ220cmの1/2のものを境界として上層土と下層土とに分け実験を行った。実験に使用した材料は第1回の実験として上層は砂(大阪千屋産)、下層は真砂土を行い、第2回の実験としては、上層-真砂土、下層-豊浦砂で行った。各々の実験その他行った実験について詳細は講演時に述べる。