

空気の圧縮を伴う非定常鉛直浸透

神戸大学工学部 正員 田 中 茂
 全 上 学生員 ○ハ 東正司夫
 神戸工業高校 正員 楠 弘 毅

1 緒言

土中への水の浸透に関する研究は、かなりよくおこなわれてきているが、一般に地表面に湛水を生ずる場合がよくとりあつかわれている。ここでは地表面に湛水が生じない場合、すなわち弱雨浸透の場合をとりあげて、理論的、実験的に解析してみた。弱雨浸透では、地中にあつた間隙空気が水と容易に交換されると一般に考えられているが、地中深くゆくに従つて土中の間隙空気は、圧縮される場合が多く、かつその空気圧の上昇によつて地下水帯の上方に存在する毛管水帯の水がしぼり出され、重力水に変化することが実験データよりも明確となつた。

2 理論的考察

詳細な導き方、考え方は前報（空気の圧縮を伴う互層への雨水の浸透，第22回土木学会学術講演会Ⅱ 9-1-9-4，1967）に述べてあるので、ここでは弱雨の場合の要点だけを述べる。

A 上層粗粒土、下層細粒土の場合（上層厚さ L_1 、下層厚さ $L - L_1$ の場合）

この場合は、降雨強度が上層の浸透能よりも小さいから、地面上に水が溜まらない。上層土内では間隙空気圧は生ぜず不飽和浸透が起つている。湿潤前線が上層内にあるときは、(図1を参照)

湿潤前線の位置(z)と時間(t)の関係は、

$$t = \frac{\pi_1 S}{K_{i, \text{unsat}}} \left(z - h_t \ln \frac{z + h_t}{h_t} \right)$$

但し、 $h_t = h_{c1} - h_{w1}$

いて

h_{c1} : 前線に作用する Soil Suction

h_{w1} : 浸潤にともなふ圧力ポテンシャルの損失を水頭で表わしたもの(湿潤領域における)。

$$\text{又 } \left(\frac{dQ}{dt} \right)_i = K_{i, \text{unsat}} \left(1 + \frac{h_t}{z} \right)$$

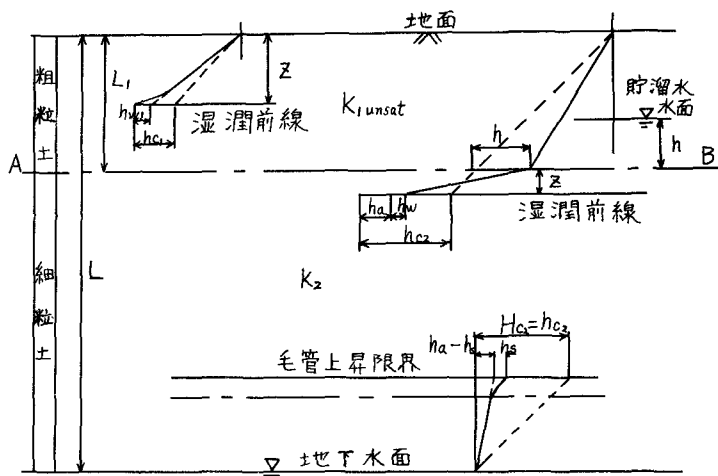


図-1 ポテンシャル関係図

次に湿潤前線が第二層に到達した瞬間を $t=0$ にとれば、 $t=t$ において境界面に流入する流量 $(\frac{dQ}{dt})_1$ は、

$$(\frac{dQ}{dt})_1 = K_{1\text{unsat}} (1 - \frac{h}{L_1}) \quad \text{こゝで } h: \text{境界面上の貯留水高}$$

境界面から流出する量 $(\frac{dQ}{dt})_2$ は、

$$(\frac{dQ}{dt})_2 = K_2 \frac{z + h + hc_2 - h_a - h_w}{z} \quad \text{こゝで } h_a: \text{下層土内での間隙空気圧}$$

(z) と (t) との関係は次の様になる。

$$t = \frac{n_2 S}{K_2} (z - h_t \ln \frac{z + h_t}{h_t})$$

$$\text{こゝで } h_t = h + hc_2 - h_a - h_w$$

下層の間隙空気圧 h_a によって生じる毛管水帯の下方への運動は、地下水面を基準にとると、毛管水帯の位置 (z) と時間 (t) との関係は、

$$t = \frac{n_2 S}{K_2} \left\{ Hc_2 - z + (hc_2 - h_a + h_s) \ln \frac{h_a - h_s}{z - (hc_2 - h_a + h_s)} \right\}$$

$$\text{又 } (\frac{dQ}{dt}) = K_2 \left(1 - \frac{Hc_2 - h_a + h_s}{z} \right) \text{ である。}$$

B. 上層細粒土、下層粗粒土の場合、(境界面上に貯留が生じない場合)

第一層内では A の場合と同様の式が成り立つ。

第二層内では、湿潤前線の位置 (z) と時間 (t) の関係は次式で与えられる。

$$t = \frac{n_2 S}{K_{2\text{unsat}}} (z - h_t \ln \frac{z + h_t}{h_t})$$

こゝで

$$h_t = hc_2 - h_w - hc'_2$$

境界面に流入する流量は、

$$\text{又 } (\frac{dQ}{dt})_1 = K_{1\text{unsat}} (1 + \frac{hc'_2}{L_1})$$

hc'_2 : 境界面で上層、下層の含水率の相違でその面に作用する Soil Suction.

境界面から流出する量は、

$$(\frac{dQ}{dt})_2 = K_{2\text{unsat}} (1 + \frac{hc_2 - h_w - hc'_2}{z})$$

hc_2 : 前線に作用する下層土の Soil Suction を水頭で表わしたもの。

この場合は、下層の間隙空気圧が上昇しないとして解いたが、実際では下層に行く程土壤の通気性が悪くなる故間隙空気圧 h_a が生じる、その場合 $h_t = hc_2 - h_w - hc'_2 - h_a$ を用いれば前式が成り立つ。

下層土での毛管水帯の運動に関しては、下層土の間隙空気圧が上昇した場合のみ、A の場合と同様な関係が成立する。

B の場合では上層下層いずれの領域においても、湿潤前線の進行状態は、fingering 現象を呈しながら進む。

3 実験とその結果

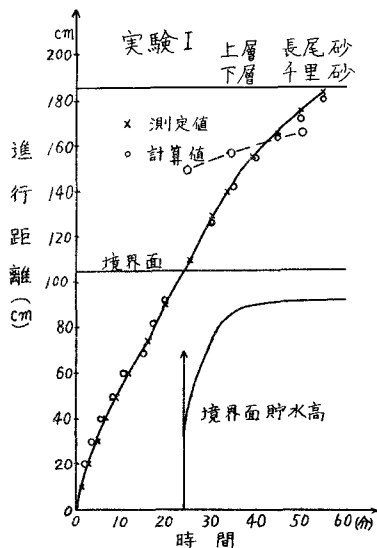


図-2 前線等の進行状態

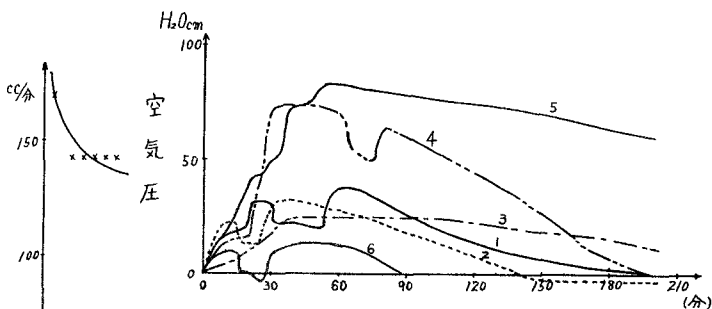


図-3 間隙空気圧の変化

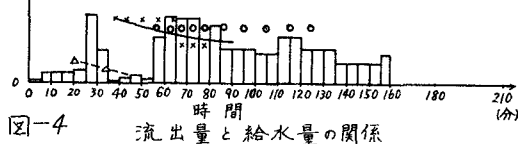


図-4 流出量と給水量の関係

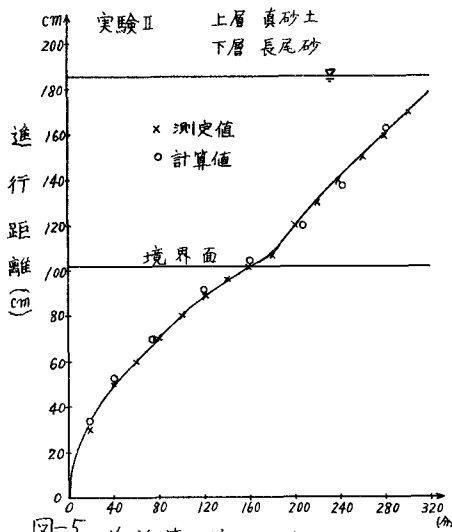


図-5 前線等の進行状態

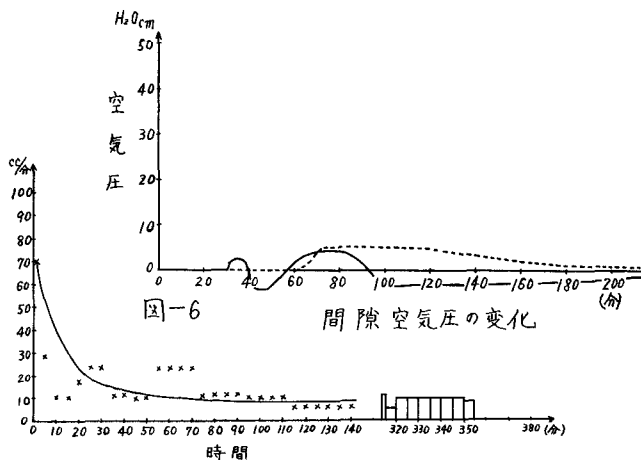


図-6 間隙空気圧の変化

図-7 流出量と給水量の関係

実験ⅠはAの場合(上層長尾砂、下層千里砂)、実験ⅡはBの場合(上層真砂土、下層長尾砂)である。何れの実験を通じて、間隙空気圧の浸透速度に与える重要性及び、その空気圧の上昇に起因して、毛管水帯の水がしぼり出され重力水になることが明確となった。その他色々な土質条件で弱雨実験を行ったが、それらに関しては、講演際に一部述べることにする。

参考文献; Tanaka, S., and others; Researchs on infiltration of rain water into stratified soil layers associated with pore air compression, No.10 Reports of the Construction Engr. Research Institute Fon. 1967 p.215~226.