

まき土地盤への降雨浸透

広島大学工学部 正員 網子寿夫
中電技術コンサルタント 同 伊藤勇人

I まえがき

従来から斜面への降雨の浸透は、その初期には鉛直下方に、不飽和の状態、湿潤線(wetting front)が、進むことが知られている。この場合、浸透流は不飽和浸透で、Darcyの法則に従わない。つまり土の透水性が、含水比の関数となり、かなり複雑になる。本報告は、攪乱まき土の浸透現象に重点を置き、実験室内で、その浸透時と、その際に生じる間げき空気圧の挙動を調べたものである。

II 試料および実験方法

実験に使用した、まき土の粒径加積曲線を図1に示す。均性係数は33.8で比重は2.65である。実験装置は、図2のような、内径29cm、高さが150cmの透明アクリル円筒に、10cm間隔で、電極、および間げき空気圧測定用の孔を取りつけてあるものを使用し、降雨は、ノズルによって散水した。まず上記のまき土を、規定の含水比になるように、よく混ぜ、 $\rho_d = 1.6 \text{ g/cm}^3$ になるように、一層10cmの間隔で詰めた。含水量の測定は、電気抵抗式水分計を使用し、間げき空気圧は、内径4mmのチューブの先端を、金網でおおったものを、試料内に、口を下方にして押し、それをU字管マンオメータに導いて測定した。次に、wetting front および湛水状況については、側面からの観察により求めた。ただし含水比が高くなると、wetting frontの境界部が肉眼では、見極めが出来にくくなるので、電極の抵抗値より推定した。最後に、実験条件としては、下端の空気孔の開閉、初期含水比、降雨強度をパラメータとして、表1のような場合について行ない、ノズルから雨水を供給し始めた時点を経験原点として実験を開始した。

III 実験結果および計算値との比較

浸透現象においては、一般にwetting frontの進行状況が、指標の1つとしてよく用いられる。図3は、各ケースについてのその進行状況を示したものである。この図から、下端の空気孔の開閉により、wetting frontの速度に差が生じ、開放状態では、雨水の浸透はかなり速く進む事が分る。一方、同じような降雨強度のもとでは

初期含水比が高くなるにつれて、wetting frontも同様に速く進行することが伺える。次に湛水状況と間げき空気圧の関係について、代表的なものを図4に示す。この図を見ると、上端面が、湛水しているか、いないかによって、その挙動に差があることが分る。つまり湛水が生じ始める付近から急激に、間げき空気圧は上昇し、湛水が

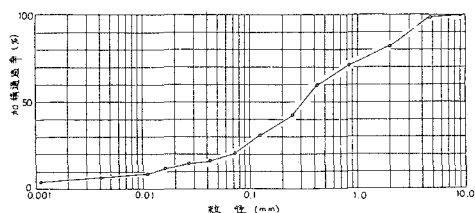
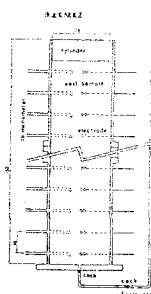


図-1



実験条件

case	w_i	I	空気孔
1	5	39.97	閉
2	5	43.2	閉
3	8	53.6	閉
4	0	30.2	閉
5	5	46.7	閉

w_i : 初期含水比(%)

I : 降雨強度(mm/hr)

図-2

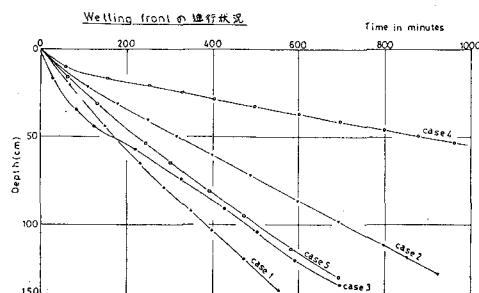


図-3

生じてからの値は、ほぼ一定の値をとる。この場合、図中には載せていないが、その圧力は深さ方向に対して、ほぼ一様分布を示す。一方透水がなくなり始めると、一挙に、カラム全体の間げき空気圧は0になる。この消散過程については、*wetting front* がかなり深く進行すると、かなり複雑になるのではないと思われる。図5は、各ケースについての、135 cm地点での、間げき空気圧の時間的変化を表わしたものであり、この図によると、下端の空気孔が開放してある場合には、わずかしが発生しないが、一方閉じた状態では、15 ~ 30 cm程度の間げき空気圧が発生する。この際、本実験では、初期含水比が高い場合は、低い場合と比較して、その空気圧が高く出る結果が得られた。図6は、浸透中の含水量の分布について、実測値と、Richards の浸透方程式を差分化して解いた計算値と比較したものである。Richards の浸透方程式は、

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = (D \frac{\partial \theta}{\partial z}) - \frac{\partial K}{\partial z} \quad \theta: \text{体積含水率} (=nS_r) \\ z: \text{鉛直下方への座標軸}$$

D : Diffusivity K : Hydraulic conductivity

で与えられるが、上式の K 、 D は θ の関数となり、これを実験的にもとめることはむずかしい。今回試みとして、 D についてはR.R. Bruch, A. Kluteの方法により、 K についてはGardnerの方法により求め、これらの結果から上式を、解いてみた。なお、図中における実測値は、電気抵抗式水分計によりもとめたもので、地表面付近で含水量が下っており、精度の面で問題があるように思われる。

IV おわりに

以上の事を総合して考えてみると、事前降雨により、斜面がかなりの湿潤状態にあれば、サクションは非常に低い状態にあること、*wetting front* は乾いた状態と比べて速く進行すること、間げき空気圧は、初期含水比が高い場合と低い場合では、高い場合の方が、間げき空気圧も高くなる事を考えれば、事前降雨が多い程、斜面は、かなり不安定状態になっており、わずかの降雨でも災害のひきかぬになり得ると考えられる。これらの事は、当研究室で発表した、限界雨量曲線の理論的な裏づけの1つになると思われる。

最後に、本研究は、その一部は文部省自然科学研究費の援助を受けたものであり、ここに謝意を表します。

V 参考文献

細子、門田、吉田、中ノ堂：マサ土斜面崩壊の予測と危険ヶ所の類型化に関する基礎的研究：自然災害研究 1976
石原安雄ほか：雨水の鉛直浸透に関する実験的研究：京大防災研究所年報第9号、1966

Bruch, R.R, Klute, A: The measurement of Soil moisture diffusivity, Soil. Sci. Soc. Am. Proc vol 20
Gardner, R.R: Calculation of capillary conductivity from Pressure Plate outflow data, " vol 20

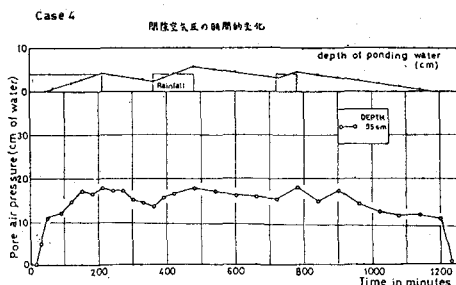


図-4

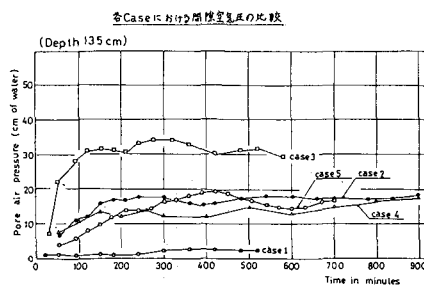


図-5

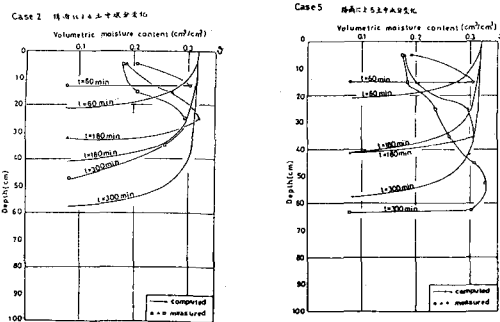


図-6