

京都大学 防災研究所 正会員 岡 太郎・幣守 健（現・西武流通）

1. まえがき 丘陵地斜面の地層には亀裂・根腐れ・土壌中の小動物などによる多数のmacroporesが存在しており¹⁾、雨水流出現象に影響を及ぼしている²⁾。ここでは京都市西部谷田川流域における浸透能試験と macroporesの調査結果及び丘陵斜面域における雨水浸透のモデル化に関する基礎的検討結果について述べる。

2. 浸透能試験 竹林中の枯葉で一様に覆われた斜面域（斜面長1.2m、幅0.31m、勾配0.51）において、図1に示されている装置を用いて浸透能を測定した。本装置は、給水部・降雨発生部・雨水浸透部・計測記録部よりなり、自然に近い状態で浸透能が測定できるようになっている³⁾。図2に浸透能測定結果（Case A）を示してある。同図より、浸透量は降雨開始後急速に減少して10-15 分で約50mm/hの一定値（終期浸透能）に達することがわかる。試験区内の土壌が粘土であることを考慮すると、経過時間については一応肯定できるが、終期浸透能は過大であるといわざるを得ない。この原因を明らかにするため、試験終了後枯葉層を除去したところ根腐れによると思える大孔隙を見いだした。これらの大孔隙は腐葉土で詰まっていたがそれらを除去し深さを測定したところ50cm以上

に及ぶものもあった。これらの結果より、地表面に到達した雨水の一部は表層土に浸透するが大部分は大孔隙に浸透するものと考えてよさそうである。なお、この試験区にはこれらの他に亀裂などによる比較的小さいmacroporesが存在しているものと考えられるが、今回の調査では明確にできなかった。次に、大孔隙を周辺の表層土で埋めるとともに試験区表面を整地して裸地斜面を作り出し、再度浸透能試験を実施した。試験結果を図2（Case B）に併示してある。この試験結果より、macroporesが存在しない場合の終期浸透能は1.5mm/h、表層土の飽和透水係数は 10^{-5} cm/sのオーダーであることが明らかになる。最後に、試験区周辺のかなり広い区域について、根腐れに伴う大孔隙の平面的分布を調査したところ、その面積比は場所・測定領域の大きさにより異なるが、25%に達するところもある

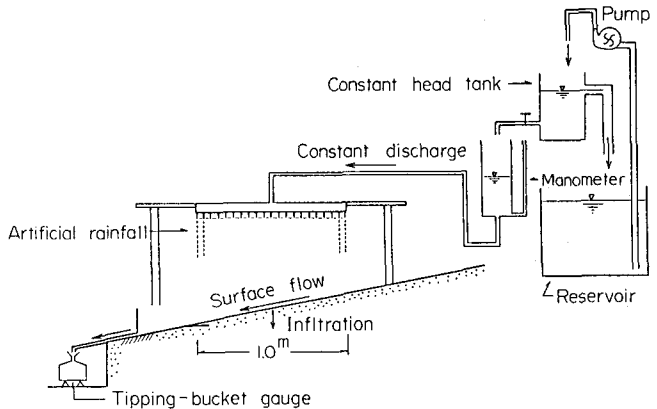


図1 浸透能測定装置

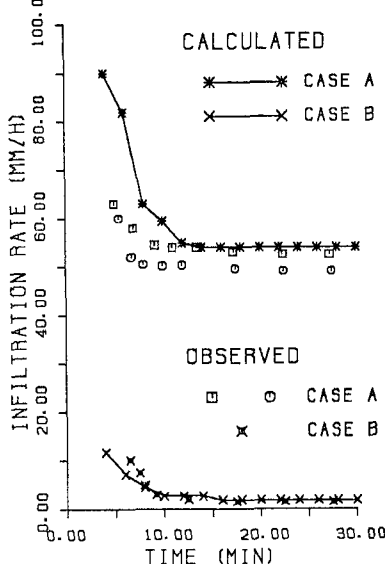


図2 浸透能測定結果

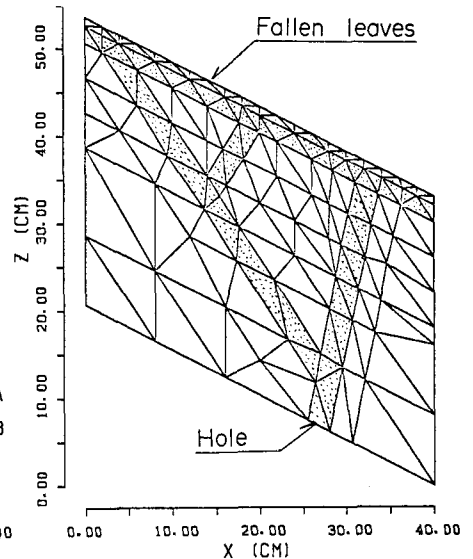


図3 解析領域と要素分割

ことなどが明らかになった。図3にmacro pores の鉛直分布の一例を示してある。

3. 雨水浸透のモデル化 macroporesの多くはパイプ状で存在するため、これらよりの浸透流は三次元的であるが、ここでは面積比が等しくなるようにmacroporesを配置するとともに、二次元流として取り扱う。また、大孔隙は空洞または全部もしくは一部が腐葉土で詰まった状態にあるが、大孔隙は枯葉堆積層と同質の腐葉土で充填されているものとみなす。以上のように単純化した解析領域において、枯葉堆積層・粘土層及び大孔隙中の雨水流動を一体として取り扱い、不飽和浸透流理論(1)式を適用して解析する。

$$C(\psi) \frac{\partial \psi}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left\{ K_x(\psi) \frac{\partial \psi}{\partial x} \right\} + \frac{\partial}{\partial z} \left\{ K_z(\psi) \left(\frac{\partial \psi}{\partial z} + 1 \right) \right\} \dots (1)$$

ここで、 ψ : 圧力、 $K(\psi)$: 透水係数、 $C(\psi)$: 比水分容量。なお、実際には、丘陵地斜面表層部を図3のように要素分割するとともに、(1)式をガラーキン法を用いて離散化しNeumanが提案した手法により計算を進めた。図4に解析で用いた土壌特性を示してある。ここで試料Aは枯葉堆積層の土壌(砂土)、試料Bは粘土(Yolo light clay)である。計算結果より降雨開始 5分後の流速ベクトル、

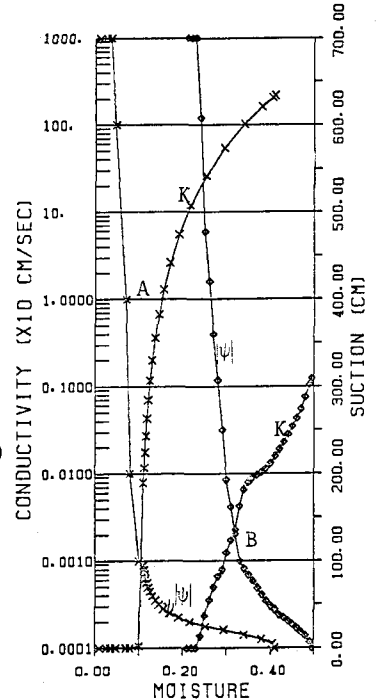


図4 土壌水分特性

圧力分布を図5に示す。図2には浸透能曲線を併示してある。ここで、図5についてみると、地表面に到達したのち、枯葉層に浸入した雨水は粘土層へ若干浸透するが大部分は枯葉層中を流動し、大孔隙が存在するところではほとんどがそれに流入する。また大孔隙中は速い速度で流下するが、粘土層へも一部浸入することなどが明らかになる。また図2より、浸透能試験結果と計算結果がかなり良く一致しているのが認められる。したがって、ここで提示した単純化モデルはmacroporesが存在する丘陵斜面域の雨水浸透過程をかなりうまく表わすことができると言えそうである。最後に、ここでの調査対象領域は数年前までは竹の子栽培用竹林であったが、宅地造成のため買収され現在放置された状態にある。したがって、利用されている竹林と比較して根腐れに伴う大孔隙がかなり多く発生しているということも考えられる。

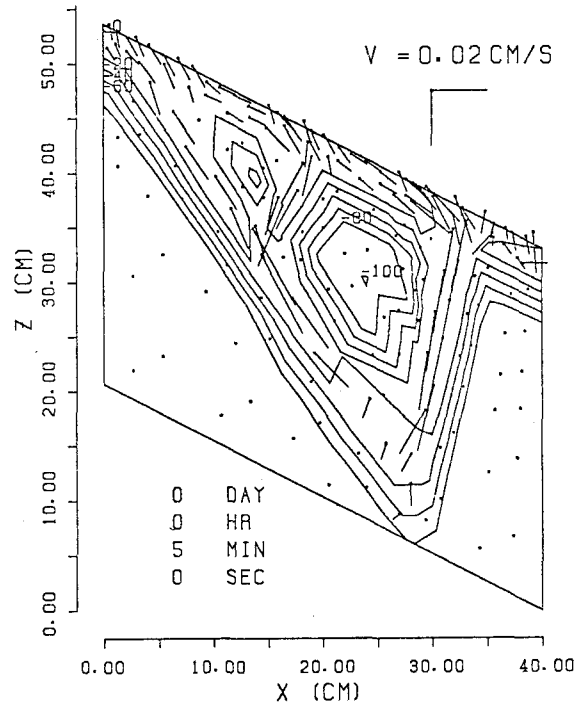


図5 流速ベクトルと圧力分布

参考文献 1) Beven, K. and P. Germann, W.R.R.,

vol.18, pp.1311-1325, 1982. 2) 岡・角屋、京大防災研年報、第18号B; PP.469-482, 1975. 3) 岡・角屋・野口、京大防災研年報、第23号B-2; PP.227-238, 1980. 4) Neuman, S.P., Proc., A.S.C.E., vol.99, HY-12, pp.2233-2250, 1973.