

(株)大成建設 正会員 尾高 義夫  
東京工業大学工学部 正会員 日野 幹雄

### 1. はじめに

降雨一流出現象の解明のためにも、また合理的な流出モデルの開発のためにも浸透過程の研究は重要である。

最近、地下水面直上の毛管水帯中の非定常な水分移動に関する研究から、毛管水帯がハイドログラフに重要な役割を果たすことが指摘されている。また、このような研究に先立って、Horton・Hawkins (1965)<sup>3)</sup>は、毛管水帯の高さが異なる土壌間の水分移動に関して実験的研究を行っている。本報告は、不飽和浸透理論に基づく数値シミュレーションによってこのHortonとHawkinsの実験を再現し、土壌の毛管水帯の高さが水分移動にどのような形で関与しているかについて具体的に検討している。

### 2. 解析方法

Horton と Hawkins は、毛管上昇高の異なる粗粒子層と細粒子層が横に並列に相接している状態において、粗粒子層の上端部に降雨を与えると、水分が粗粒子層から細粒子層に流れ込む現象を実験的に示した。本解析は、Fig. 1に示すように、左側に砂、右側にローム、その境界面の一部が不透水板となっているような土層を対象とし、この実験をシミュレートする。

基礎方程式としては、(1)式のような二次元の不飽和浸透式を用いる。

$$C(\psi) \frac{\partial \psi}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left\{ K(\psi) \frac{\partial \psi}{\partial x} \right\} + \frac{\partial}{\partial z} \left\{ K(\psi) \left( \frac{\partial \psi}{\partial z} - 1 \right) \right\} \quad (1)$$

ここで、 $\psi$  : 圧力水頭、  
 $K(\psi)$  : 不飽和透水係数、  
 $C(\psi)$  : 比水分容量。

解析においては、側面と下面を不透水面とし、砂層の上部に飽和透水係数以下の強度の降雨を与えるように境界条件を設定する。一方、土壌物理条件式としては、谷(1982)<sup>4)</sup>によって提案されている式を用いる。

### 3. 解析結果

解析では、毛管上昇高の異なる砂1と砂2の2種類の砂を用いている。砂1、砂2およびロームの水分特性曲線および水分量と透水係数の関係がFig. 2に示されている。この図から分かるように毛管上昇高は、砂1、砂2、ロームの順で大きくなっていく。一方、解析の初期状態としては、水分が静置的平衡状態 (Static equilibrium condition) すなわち重力項と毛管負圧項が釣り合っている状態とし、砂1は砂2に比べて毛管上昇高が小さいため、比較的乾燥した状態となっている。降雨としては36 mm/hrを与えた場合の降雨開始5分後の水分移動fluxの分布を砂1と砂2についてそれぞれFig. 3 (Case 1) と4 (Case 2) に示してある。

Case 1 では、砂層の毛管上昇高が小さく上部は乾燥している ( $\psi$  が大きい) ため、透水係数  $K(\psi)$  が小さく、上方から供給された雨水を十分に保水したのち、降雨水は湿っているため透水係数の大きい右側のローム土層に移動し下方に伝播し、Wetting front を形成する。このようにして砂層の上部が湿潤すると、砂層とロー

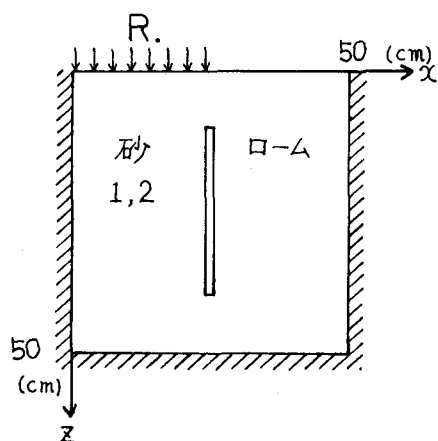


Fig. 1. 解析対象土層

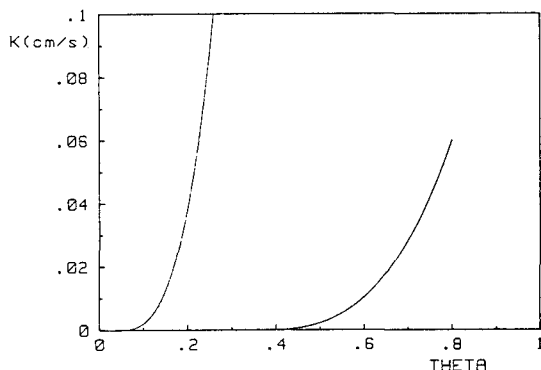
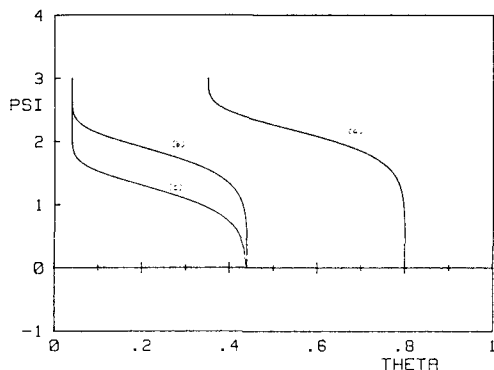


Fig. 2 土壌特性

ム層の境界付近で水平方向のポテンシャル勾配が生じ、ローム土層に流れ込んでいるのがわかる。ローム土層に流れ込むと、毛管上昇高が高くわずかな水分量の増大で下方に伝播しているのがわかる。

一方、Case 2では、Case 1に比べて砂層の毛管上昇高が大きく、上部が相対的に湿潤状態にあるため、透水係数が大きく、下方に早く水分を伝播する現象が明瞭に分かる。その結果、砂層の毛管負圧水頭もCase 1に比べて上昇する量が少なく、土層間の水平方向のポテンシャル勾配が小さくなって、ローム土層に流れ込むフラックスも小さくなっている。そのため水分はほとんど砂層を降下浸透していることがわかる。

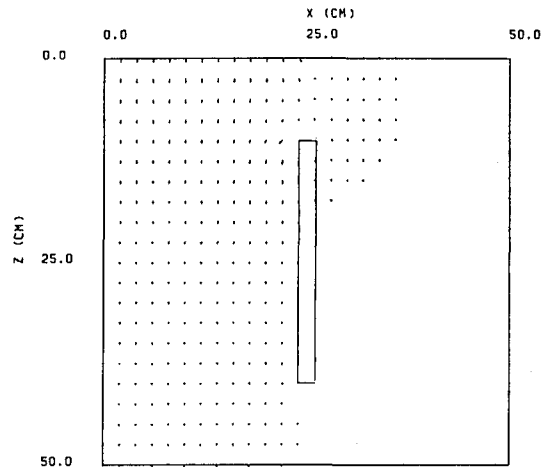
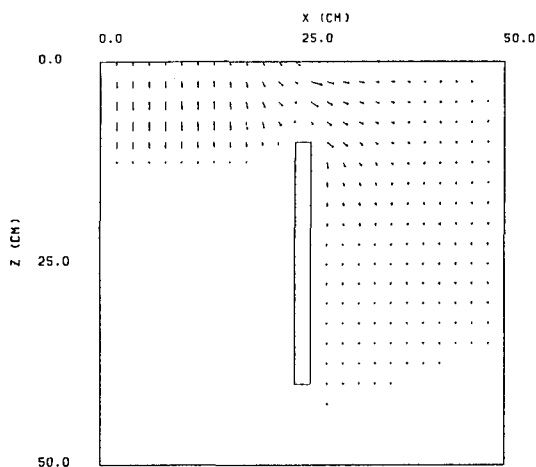


Fig. 3 Case 1 (毛管上昇高さの小さい砂層)

Fig. 4 Case 2 (毛管上昇高さの大きい砂層)

#### 参考文献

- 1) Gillham, R. W. (1984): The capillary fringe and its effect on water-table response, J. of Hydrology, vol. 67, 307.
- 2) 佐倉 保夫・谷口 真人 (1983): 土壌水の移動特性に関するカラムを用いた降雨浸透実験, 地理学評論, vol. 52, no. 2, 81-93.
- 3) Horton, J. H. & Hawkins, R. H. (1965): Flow path of rain from the soil surface to the water table, Soil Sci., vol. 100, 377-383.
- 4) 谷 誠 (1982): 一次元鉛直不飽和浸透によって生じる水面上昇の特性, 日本林学会誌, vol. 64, no. 11, 409-418.