

モデル斜面からの流出について (10)

広島大学工学部 正員 金丸昭治
 広島大学工学部 正員 三島隆明
 広島大学大学院 ○ 学生員 上田隆博
 島根県 市川 淳

1. はじめに：雨水の浸透、あるいは流出現象は、一般に不飽和流動現象であるが、流動領域をある程度分割して取り扱えば、飽和流として取り扱うことが可能であると考えられる。本研究ではこのような観点に注目して数値解析した結果と屋内雨水流出実験結果とを比較し、その妥当性について検討したものである。

2. 実験装置および実験方法：斜面長14.05m、斜面幅30.0m、深さ0.65m、斜面勾配1/6のプラスチック製水路に真砂土を層厚0.40m、平均空隙率40.7%に充填したモデル斜面に人工降雨を降らせた。実験方法については文献(1)参照。なお、斜面内の真砂土の不飽和透水係数分布は図1に示すとおりである。

3. 基礎方程式および数値計算式：雨水の流動がDarcy則に従う飽和流とすると、一般に運動方程式は、(1)式、および、(2)式のように表される。

$$m_i \frac{\partial h_i}{\partial t} + \frac{\partial q_i}{\partial x} = r_i(t) \cos \theta \quad (1)$$

$$q_i = k_i h_i \left(\sin \theta - \cos \theta \frac{\partial h_i}{\partial x} \right) \quad (2)$$

m ：空隙率 k ：透水係数 q ：単位幅流量 r ：降雨強度
 θ ：傾斜角 t ：時間 x ：距離 l ：斜面長 n ：領域率
 ただし、添字の*i*は斜面を鉛直に分割した直方体の領域を表す。

これらの式を(3)式に示す無次元量を用いて表すと(4)式のようにになる。

$$T = \frac{k_1 t \cos \theta}{m l_1}, \quad H_i = \frac{h_i}{l_1}$$

$$X = \frac{x}{l_1}, \quad Q_i = \frac{q_i}{k_1 l_1 \cos \theta}$$

$$\alpha = \frac{\tan \theta}{2}, \quad R_i(T) = \frac{h_i(t)}{k_1}$$

..... (3)

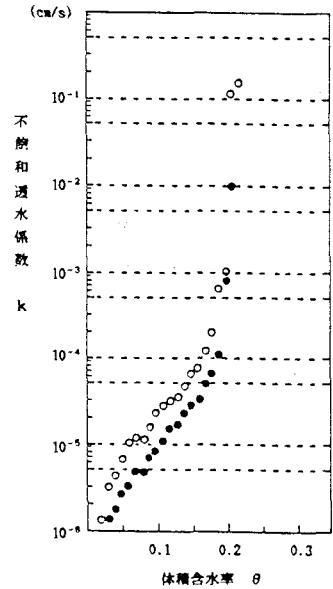
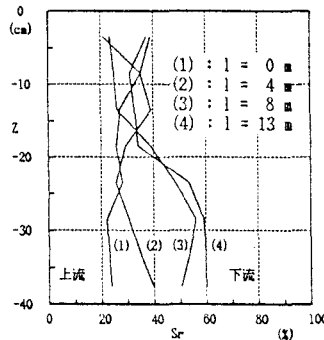
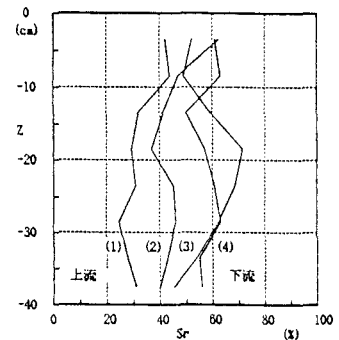


図-1 真砂土の不飽和透水係数



(a) $r=20\text{mm/h}$



(b) $r=40\text{mm/h}$

図-2 代表断面における降雨終了時($t=3\text{h}$)の飽和度分布

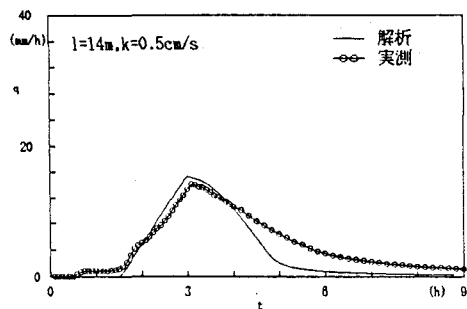
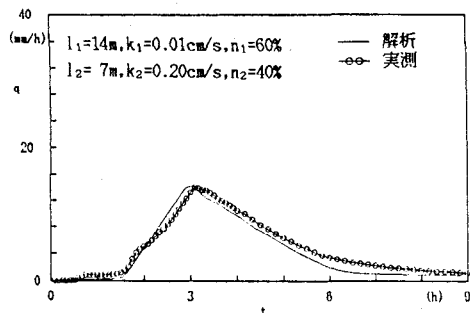
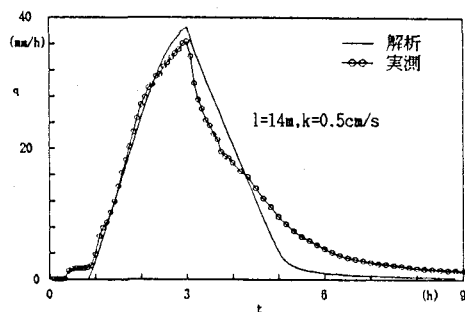
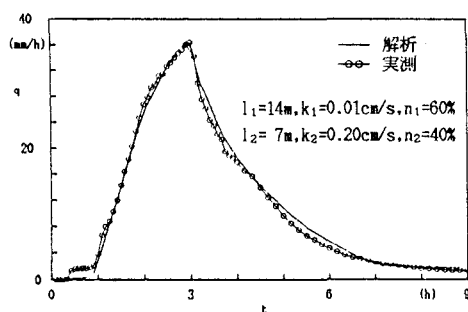
(a) $r=20\text{mm/h}$ (a) $r=20\text{mm/h}$ (b) $r=40\text{mm/h}$ (b) $r=40\text{mm/h}$

図-3 単一層とした場合の
実測・計算ハイドログラフの比較

図-4 二領域分割した場合の
実測・計算ハイドログラフの比較

$$\frac{\partial H_i}{\partial T} + (2\alpha - \frac{\partial H_i}{\partial X}) \frac{\partial H_i}{\partial X} - H_i \frac{\partial^2 H_i}{\partial X^2} = R_i(T) \quad (4)$$

この(4)式は、移流拡散方程式であり、線形化して計算が安定収束するように ΔX 、 ΔT を適当に選定して数値解析をすることになる。なお、この数値計算においては、 $\Delta X=1/20$ 、 $\Delta T=1/100$ を取って計算することにした。

4. 考察結果：図2は、雨水流出実験より得られた代表4断面($l=0\text{m}, 4\text{m}, 8\text{m}, 13\text{m}$)における飽和度分布(S_r)を示したものである。図より $S_r=40\%$ 付近を境に、また場所的には下流より7m付近を境にして2領域に分けることができるようである。図3は、従来行なわれているように形状的長さである $l=14\text{m}$ における代表透水係数等を用いて試算した結果と実測結果とを比較したものであり、全般的な変化傾向は把握されているものの、特に流量減衰期に関して、その変化特性を十分に表していないようである。図4は、前述したように、斜面内を2領域($l_1=14\text{m}, k_1=0.01\text{cm/s}, n_1=60\%$, $l_2=7\text{m}, k_2=0.2\text{cm/s}, n_2=40\%$)の飽和流動であると仮定し、図1の不飽和透水係数分布を参考にして試算し、鉛直方向の浸透の時間遅れの補正をおこなった結果を示したものである。いずれの降雨強度の流出に対しても、充分な同定結果が得られた。

5. あとがき：今後、さらに詳細な実験を行って飽和度の変化を明確にするとともに、表面への移行をも含む現象について検討する必要がある。なお、詳細については、講演時にのべる。

参考文献 1) 金丸, 三島, 堀川, 松尾：第40回中四講演概要集 p 98-99