

モデル斜面からの流出について (1)

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 儀満和紀

1. まえがき 山腹斜面における流出現象のモデル化を行なうことを目的とした基礎的な研究として、著者らは完全飽和流となるHele-Shaw モデルを用いた研究を継続中である。その一部についてはすでに発表した¹⁾が、この報告は実験装置を改良し、さらに詳細な流出実験を行なって、降雨供給時ならびに降雨終了後の流量減衰時の現象について、実験結果と解析結果を比較検討したものである。

2. 基礎的考察 一定降雨によって定常化した時の流動の基礎方程式および貯留量を斜面長および平均透水係数で無次元化した量を用いて表わすとそれぞれ(1)式、(2)式のように表わされる。^{1), 2)}

$$H \frac{dH}{dX} - 2\alpha H + RX = 0 \quad (1)$$

$\alpha = 0$ のとき

$\alpha \neq 0$ のとき

$$S = \frac{H_d}{2} + \frac{H_d^2 + R}{2\sqrt{R}} \arcsin\left(\frac{R}{\sqrt{R(H_d^2 + R)}}\right), \quad S = \frac{1}{4\alpha} (R + H_d^2 - H_u^2) \quad (2)$$

ただし、H: 水深、X: 距離、 2α : 斜面勾配、R: 降雨強度
 S: 貯留量、添字の d: 下流端、u: 上流端である。

一方、定常時における Q と S の関係は(2)式のように近似できるから²⁾、非定常時においてもこの関係が成立すると仮定すると、非定常時における Q の時間変化は(4)式のように表わされる。

$$S = \delta_1 Q^{\delta_2} \quad (3) \quad \frac{dQ}{dT} = \frac{R - Q}{\delta_1 \delta_2 Q^{\delta_2 - 1}} \quad (4)$$

ただし δ_1, δ_2 は係数である。したがって(2)式において $R = Q$ とおいて δ_1, δ_2 を求め、(4)式を差分式にして計算を行えば Q の時間変化を求めることができる。また、上流端水深が切れから後の移流時の現象における移流効果は有効斜面長を用いて表わすことも一方法である。有効斜面長 L_e についてはこの時期における貯留量も定常時における全斜面長の貯留量と等しいと仮定し、さらに水深分布形の一般的性状を考慮すると²⁾、 ΔT 時間の貯留量変化 ΔS に対する移流距離 ΔL を用いて近似的に(5)式のように表わされる。

$$L_e = 1 - \sum \Delta L = 1 - \sum \left\{ \Delta S / (\alpha - \sqrt{\alpha^2 - Q}) \right\} \quad (5)$$

3. 実験装置および実験方法 図1に実験装置の概略を示す。流出装置の約4m上方に設置した固定タンクに貯めたグリセリン液 ($\nu \approx 200 \text{ cSt}$) をオーバーフロータンクおよび流量調整

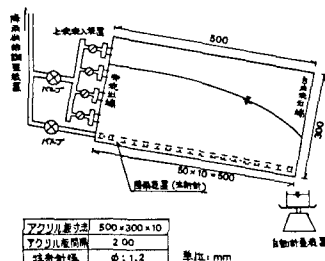


図1 実験装置の概略

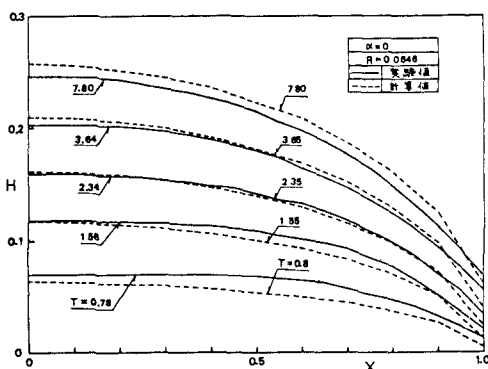


図2 水深分布の時間変化 (降雨供給時)

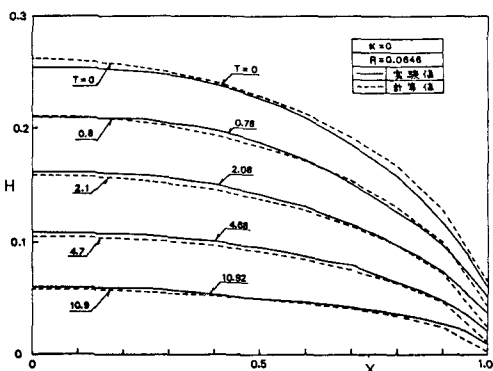


図3 水深分布の時間変化 (流量減衰時)

装置を介して模型斜面(2枚の亚克力板使用)の下部に注射針を一行に配置した降雨供給装置より流出させて実験を行った。流量は自動流量測定装置(0.1gまで測定可能)を用い、現象に応じてセットした測定時間間隔($t=5\sim300\text{sec}$)で計測した。また、水深分布は断続的に撮影した写真から読み取った。

4. 実験結果および考察 実験の性質上(間隙の流れ)毛管上昇が発生するが、定常毛管上昇高を測定した結果約4mmであった。したがって、水深分布の比較にあたっては実測水深から4mm差引くことにした。

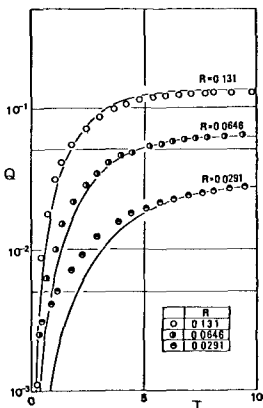


図4 流量の時間変化(降雨供給時)

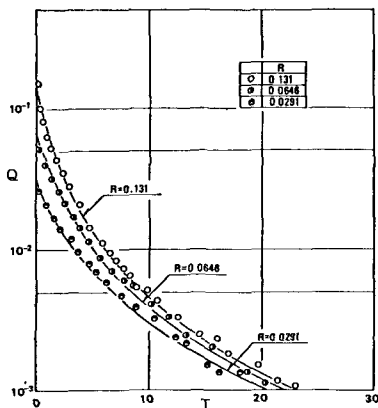


図5 流量の時間変化(流量減衰時)

4-1 $\alpha=0$ の場合 図2,図4は降雨供給時における水深分布および流量の時間変化について、実験値と計算値を比較したものである。水深分布については、初期において実験値の方が大きくはっているが、初期における降雨供給装置の不安定性を考慮すれば、全体的には良く一致していると言えよう。また流量変化については、降雨強度が小さい場合には降雨供給装置の不安定性の影響をうけて、流出が時間的に早くなるようである。このことは実験値の時間軸をずらせば両者が良く一致することからもわかる。

図3,図5は流量減衰時の水深分布および流量の関係を示しているが、両者とも全体的には良い一致を示している。また定常到達時間については、図3,図4からわかるように、相当の時間と要するようである。

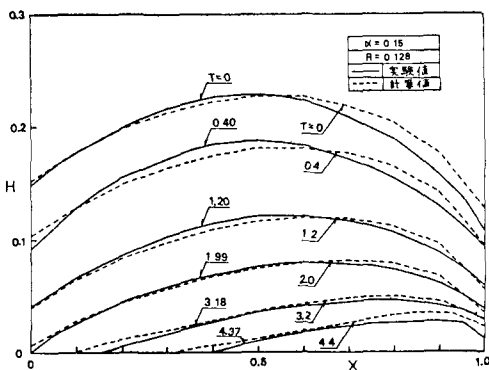


図6 水深分布の時間変化(流量減衰時)

4-2 $\alpha \neq 0$ の場合 代表例として $\alpha=0.15$ の場合の水深分布の時間変化を図6に示す。 $\alpha \neq 0$ の場合の特徴的な現象は、移流効果が卓越する時期の現象である。この時期における水深分布は(4)式によって求めたHの値を(5)式で割った値として表わされることになり、 $T=2.0$ 以降の水深分布はこのようにして求めたものである。図から明らかのように、計算水深分布は実験値と良く一致している。

また、前述したような解析方法に従えば流量変化は固有の α に対しては一本の代表流出曲線で表わされることにはなるが、図7は5種類の α ($=0\sim0.5$)についての代表流出曲線を示したものである。いずれの α についても全体的に両者は良く一致しており、 α が増すにつれて指数関数的な変化傾向が強くなるようである。

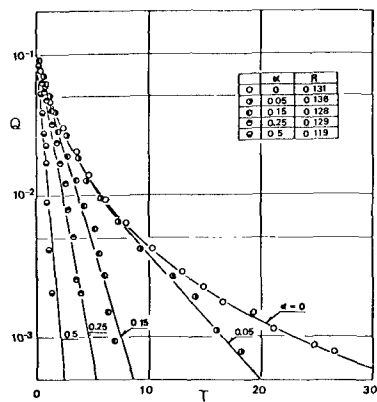


図7 流量の時間変化(流量減衰時)

5. あとがき 数例の斜面こう配についてではあるが、Hele-Shawモデル内の流れが2.で述べた解析方法によって良く表現されることを確認した。今後さらに実験装置を改良し、他のこう配における降雨供給時の現象および不飽和流出時の現象についても明らかにしていく予定である。

参考文献 1) 三島, 全丸, 流域の保水量とその変化について, 第31回年誌. 2) 金丸, 三島, 横山, 斜面内の飽和水面形状と貯留量, 第21回中国国年誌