

広島大学 工学部 正員 三島隆明
 広島大学 工学部 正員 金丸昭治

1. まえがき 定常降雨による単純斜面内の飽和水面形状なら、^①に貯留量に関する理論的な検討結果についてはすでに発表した^①が、この報告は以下に述べるような Hele-Shaw モデルを用いた流出実験を行なって、定常時ならびに流量減衰時の現象を実験的に検討するとともに理論解などと比較検討したものである。

2. 基礎的考察 単純斜面内の流動は Darcy 則に従うもの^②と考えるが、Hele-Shaw モデルにおける流れもポテンシャル流となり、両者の間には、一般に(1)式のような関係があることは広く知られていることである。^③したがって、いずれの場合も一定降雨によって定常化した時の流動の基礎方程式、貯留量式ならびに降雨終了後の減衰時の流出式はそれぞれ(2)式から(4)式の各式で表わされることになる。(2)式の具体的な解などについては参考文献①を参照)

$$k = \frac{ga^2}{12\nu} \quad (1) \quad H \frac{dH}{dx} - 2\alpha H + R = 0 \quad (2)$$

$$\alpha = 0 \text{ の時} \quad \alpha \neq 0 \text{ の時}$$

$$S = \frac{H_1}{2} + \frac{H_1^2 + R}{2\sqrt{R}} \arcsin \left(\frac{R}{\sqrt{R(H_1^2 + R)}} \right), \quad S = \frac{1}{4\alpha} (R + H_1^2 - H_0^2) \quad (3)$$

$$Q_1 = - \frac{dS}{dT} \quad (4) \quad \text{ただし, } X = x/l, H = h/l, R = r/l, \alpha = i/2, Q = q/kL, S = s/ml^2,$$

$T = kt/ml$ であり、 k は透水係数、 g は重力加速度、 α は隙間角、 ν は動粘性係数、 l, x は上流端原点の斜面長さおよび距離、 h は斜面直角上オに測った水深、 i は斜面こう配、 m は有効空隙率、 r は降雨強度、 t は時間、 q, S は単位幅の流量および貯留量、添字の 0, 1 は上流端および下流端を表わす。

3. 実験方法 実験装置の概略は図1に示すとおりであり、流出装置の上オ約4mの高さに設置したタンクに貯めたグリセリン液($\nu \approx 0.4 \sim 1.5 \text{ cm}^2/\text{sec}$)を流量調節用の可動型ヘッドタンクを介して注射針を一列に配置した降雨供給装置に導流して生ずる降雨を2枚のガラス板を用いて作成した自由流出下流端および非流出上流端を有する模型斜面に滴下させて実験を行なった。(寸法などは図中に示すとおりである。)上流端流入装置は実際の k 値を測定して、測定粘度(オストワルド粘度計使用)と(1)式から算出した k 値を修正するためのものである。流量の測定はメスシリンダ(測定容量10~50cc)を使用し、水深分布の時間変化の測定は写真撮影をして読取った。

4. 実験結果および考察 全実験について、粘度から算出した

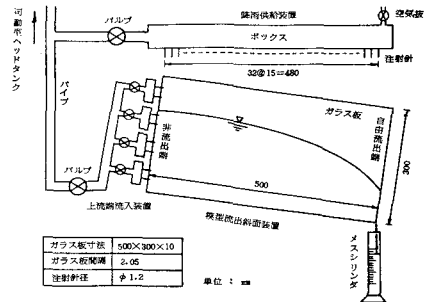


図1 実験装置の概略

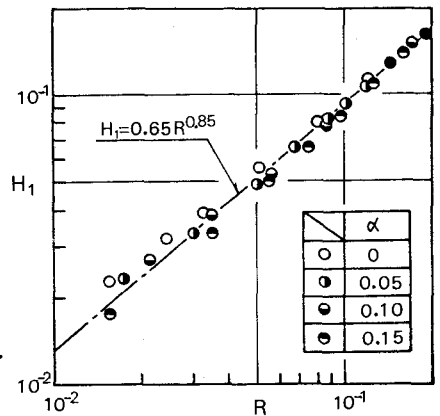


図2 降雨強度と下流端水深の関係(定常時)

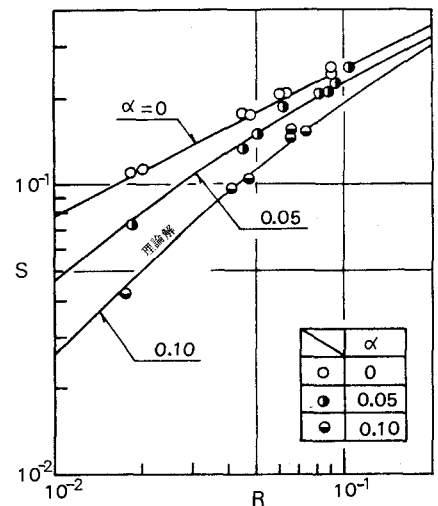


図3 降雨強度と貯留量の関係(定常時)

R値を修正するとともに、毛管力の影響として粘度に応じて2~4mm程度の水深補正を行なった。

4.1 定常時現象 図2は自由流出時のRと H_1 の関係を示したものであり、 H_1 は α に無関係にRに対して一義的に決まり、図中に示した式によって代表されるようである。ただRが更に小さくなると、 H_1 は一定値になる傾向がうかがわれた。図3はRとSの関係を示したものであり、(3)式で表わされた理論値(実線)と実験値はいずれの α においても良く一致してゐるといえよう。また図5における $T=0$ の水深分布は(2)式に基づく計算水深分布(実線)と実験分布を比較した一例になるが、上流端近傍における差が5%程度であることを考えれば、全体的には良く合っていると見てまよい。したがって、定常時現象は全体的に理論と良く一致してゐるといえる。

4.2 減衰時現象 図4はQとSの関係を示したものであるが、実線は $R=Q$ とにおいて(3)式に従つて算出したものであり、いずれの α の場合にも計算値と実験値は良好一致を示してゐるといえよう。図5は水深分布の減衰時変化と(2)式において $R=Q$ として定常計算した水深分布(実線)とを比較した一例であるが、いずれの時間においても両者は良好一致を示しており、他の α の場合も同様に良好であった。また図6は(4)式のSとして $R=Q$ とにおいて(3)式から算出したSを用いて前進差分的に算出した流量変化(実線)と実験値とを比較したものである。計算曲線については流量が減少し、 α が増すにしたがって双曲線形から指数曲線形への傾向が強くなるが、適合度については $\alpha=0$ の場合は極めて良好な一致を示しており、 α が増すと適合期間が短くなっている。このように実験値が計算曲線からはずれた時期は上流端で水深が切れる時期と一致しており、この時点以降については斜面長を含めた補正が必要となる。これらのことから、一般に、少くとも低凹配斜面の減衰時の現象は極めて緩慢な現象であり、その解析にあたっては定常時現象の解析結果の拡張が極めて有効な手段になるものと考えられる。

5. あとがき 実験自体が精密さを要求する実験であり十分な実験は行なえなかったが、上述の結果から、単位斜面からの流出は一般に双曲線形あるいは指数曲線形の変化期間を含む斜面固有の一本の流出曲線にしたがった流出をする傾向が極めて強いと考えられる。今後降雨装置を改良し、毛管力の影響などを精密に測定した精度の高い実験を行なうとともに複層斜面の現象などについても検討していく予定である。なお、詳細は講演時に述べる予定である。参考文献 1) 金丸・三高, 流域の保水量とその変化について(1), 第30回年譜, 2) Jacob Bear, Dynamics of Fluids in Porous Media, American Elsevier, pp 690~693, 1972

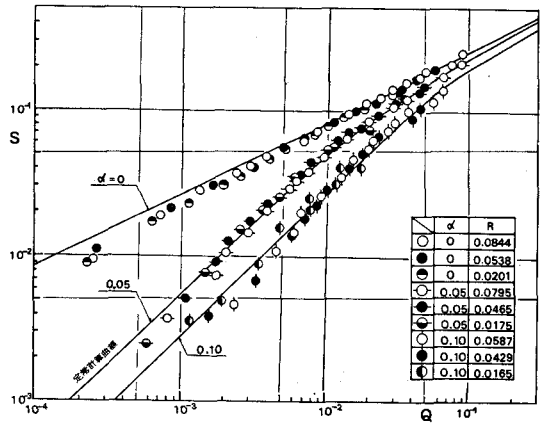


図4 流量と貯留量の関係(減衰時)

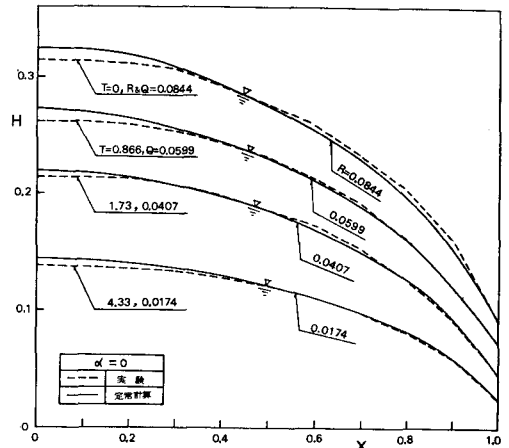


図5 水深分布の時間変化(減衰時)

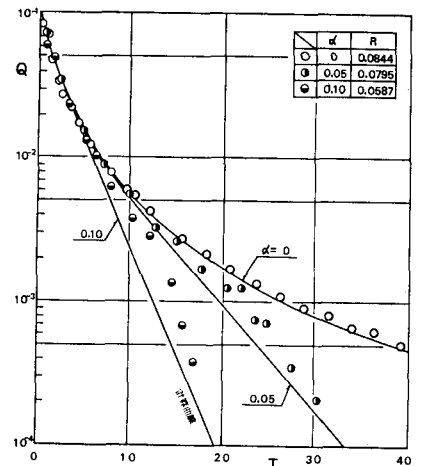


図6 流量の時間変化(減衰時)