

モデル斜面からの流出について (7)

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 金本 喬

1. まえがき 山腹斜面をモデル化した砂斜面のような空隙の小さい層からの流出では、毛管水帯からの流出が少なからず影響を与えるために、層厚のちがいによって流出性状が異なってくるものと考えられる¹⁾。しかし、毛管水の一般的な流動性状などについては、いまだ明確ではない。そこで、この報告では、これらの事項について実験を行なった事柄について述べる。

2. 実験方法

(i) 実験 I 自由流出端を有するこう配可変の透明アクリライト製水路(幅 6 cm, 高さ 40 cm, 長さ 200 cm)に河砂 ($d_{50}=0.06$ cm) を層厚 30 cm に詰めた斜面(斜面 A とよぶことにする)を、こう配が $\tan\theta = 1/6$, および $1/2$ になるようにセットし、降雨として水道水を注射針(内径 1.2 mm)によって上方より滴下させ、降雨強度を $r=100\text{ mm/hr}$ にして、実験を行なった。なお、下流端流量、圧力分布および飽和度は、自動流量記録計(秤量 30 kg, 感量 1 g)圧力変換器(容量 98 kPa)および電気伝導度計を使用して測定した。飽和度分布については、あらかじめ抵抗値と飽和度の関係および圧力値と飽和度の関係をキャリブレーションして求めた校正曲線を用いて調べた。

(ii) 実験 II (壁面の影響度を調べる実験) (i)と同様な水路の壁面に水路にセットした試料砂と同じ砂粒を接着した斜面(斜面 B とよぶことにする)および前述の滑らかな水路の斜面を用い、こう配は $\tan\theta = 1/6$ に固定して、 $r=40\text{ mm/hr}$, 60 mm/hr の 2 種類変化させて流出実験を行なった。なお、いずれの実験も、本実験に入る前に十分な慣らしの予備流出実験を行なった。

3. 実験結果および考察

(i) 斜面 A における流出の一般性状 実験 I によるハイドログラフを示した図-1 からわかるように、斜面こう配の比較的大きい場合 ($\tan\theta = 1/2$) が斜面こう配の小さいもの ($\tan\theta = 1/6$) より定常到達時間がはやく、また、流量減衰期についてみると、初期には、

$\tan\theta = 1/2$ の流量が $\tan\theta = 1/6$ の流量に比べて大きい、時間 $t=1(\text{hr})$ 以後では、この傾向が逆転する。一方、図-2 は比較のために示したもので、斜面長に比べて十分な層厚をもった斜面からの流出の例である²⁾。図-1 および図-2 の流出を比較してみてもわかるように、両者の流出の傾向はまったく逆の関係を示している。その理由を明らかにするために、それぞれの水面分布を $\tan\theta = 1/6$ の場合について比較してみたものが図-3 である。なお、 $\tan\theta = 1/2$ の場合にも分布性状は同様な傾向であった。(a) 図からわかるように、層厚が大きいときには、

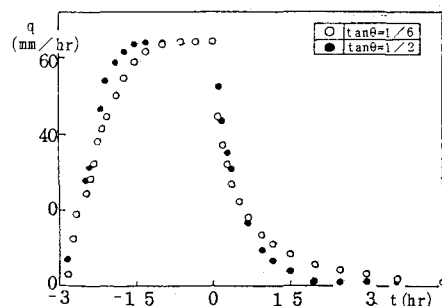


図-1 流出変化 (1)

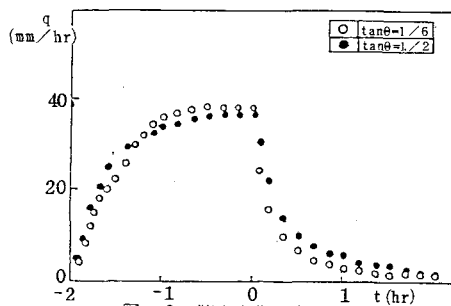
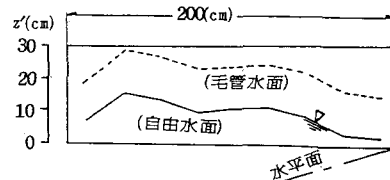
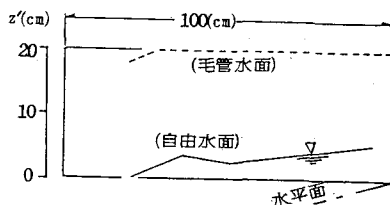


図-2 流出変化 (2)



(a) 毛管水面が層内にある場合



(b) 毛管水面が層表面にでる場合

図-3 水面分布

$\tan\theta = 1/6$ および $1/2$ の場合とも有効な毛管水領域の上限面が層内にあつたために、 $\tan\theta = 1/2$ の流出のほうが定常降雨時の有効貯留量が小さくなる。したがって流量減衰期初期には動水こう配が大きくなる $\tan\theta = 1/2$ の方が多く流出するが、有効な総貯留量が小さいために、ある時間で $\tan\theta = 1/6$ のほうの流量が大きくなり、有効な総貯留量の多い $\tan\theta = 1/6$ の方が流出量も多くなる。一方層厚が小さいときには、毛管水が層厚に達する部分ができるために、定常降雨時の貯留量はほぼ等しくなるが、流出終了時には毛管水が下流端部で毛管水上昇分だけ堰き上げられた形で水平に分布して流出が停止するので、 $\tan\theta = 1/2$ の場合の方が斜面内に残留する量が少なくなり、流出量、流出時間とともに大きくなる。

(ii) 飽和度分布 毛管水領域の飽和度分布を調べたものが図-4であり、自由水面からの高さ z と飽和度 S_r との関係は、 $z < 7\text{cm}$ の領域ではほとんど飽和しており、 $z = 7 \sim 9\text{cm}$ の領域で急激に飽和度が低下し、 $z > 9\text{cm}$ の領域ではほぼ一定値になっていることがわかる。

(iii) 透水係数分布 斜面の保水能力などを具体的に評価していくためには透水係数が重要な要素になってくる。自由水流動領域の透水係数については、従来から行なわれているようにほぼ一定値になるが、図-4に示した不飽和領域においても、Darcy則が成り立つと考えて透水係数の分布形を求めると図-5の△印のようになり、その分布を指数関数で近似すると図中の式でよく表わされた。なお比較のために飽和状態を仮定したときの分布形を示すと、図-5の○印のようになる。

(iv) 壁面の影響度について モデル実験を行なう場合の一つの問題は壁面の影響度である。2.で述べた2種類の斜面について実験を行なったときのハイドログラフが図-6であり、定常降雨時の水深分布を示したものが図-7である。これらの図からわかることは、まず $r = 40\text{mm/hr}$ の場合については、斜面Aすなわち滑らかな水路の斜面のほうが斜面Bより定常到達時間がは早い。これは斜面Aの方が斜面Bの方よりも壁面と試料との間を水が流れやすいために自由水面の形成がされやすく、かつ自由水流動領域が小さくなるためと考えられる。一方、流量減衰期には、ほぼ $t = 1.0(\text{hr})$ を境にして、その前では斜面Aの流量が大きく、その後では斜面Aの流量が小さくなっている。これは、初期には自由水流動が主体となるため、斜面Aにおいては壁面部分が水さちになって、早い鉛直浸透あるいは斜面方面への流下がおこり、流動が斜面Bよりも早く終了するものと思われる。また、 $r = 60\text{mm/hr}$ の場合も減衰初期に同様な傾向がうかがえるが、斜面Aと斜面Bの間に顕著な差が表われないのは自由水流動が卓越しているためと思われる。

4. あとがき 斜面内、特に毛管水領域の飽和度分布および透水係数分布、壁面の影響など流出に関連する各要素の特性を明らかにしたが、今後、降雨規模あるいは斜面規模のちがひによって、これらの各要素がどのように影響してくるかを検討していく予定である。参考文献：1) 三浦 孝 35 回年講 2) 金丸三島 大西 33 日中四年講

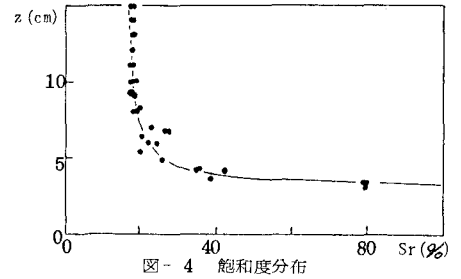


図-4 飽和度分布

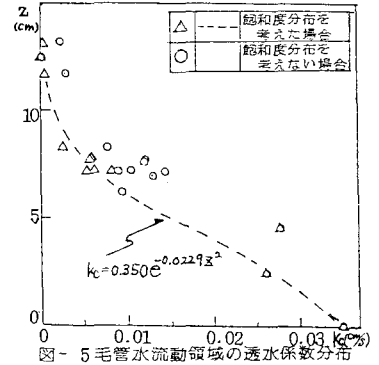


図-5 毛管水流動領域の透水係数分布

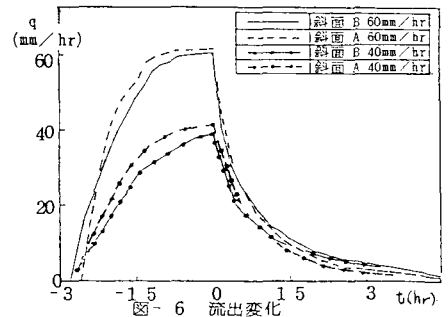


図-6 流出変化

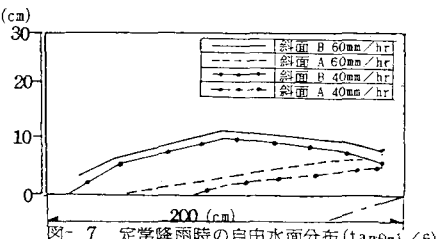


図-7 定常降雨時の自由水面分布 ($\tan\theta = 1/6$)