

降雨シミュレーターを用いた流出の基礎的実験(第2報)

神戸大学工学部 正会員 神田 徹
大阪大学大学院 学生員 佐橋義仁

1. まえがき

従来、流出現象の非定常挙動を解明する上で、特に、飽和浸透流の水面形に注目して研究が行なわれている。筆者等は、実験室内で降雨シミュレーターを用いて流出実験を行い、前報では降雨遮断後の中間流出低減部の特性について報告した¹⁾。本報告は、上記の飽和浸透流水面形解析法に関して実験的検証を行った結果、中間流出の挙動および表面流発生についていくつかの問題が生じたので、これらの問題について実験的に考察したものである。

2. 実験装置および方法

降雨シミュレーターは前報で紹介したので省略するが、流域モデルは高さ30cm、幅8cm長さ3mおよび4mの水槽に土砂を敷いたものである。流域構成土砂層は、 $d_{50}=0.64\text{mm}$ ($d_{10}=0.32\text{mm}$)、透水係数 0.26cm/sec の粗砂を用い一層流域を設定した。降雨は空間的に一様で、時間的分布は矩形分布とした。降雨強度はすべて 100mm/hr 以下である。流出量は流域下流端で測定し、飽和水深はマンメーターで斜面方向20cm間隔で10分毎に測定した。

3. 実験結果および考察

1) 伝播速度

伝播速度 C を $k_0 r$ ($i = \sin \theta$, r :有効空隙率)とすると、中間流のみの場合

$$t_c = L/C \quad \text{--- ①}$$

表面流が生起する場合

$$t_c = x_0/C \quad \text{--- ②}$$

で流域下流端流量が定常に達することが実験の結果確認された(図1参照)。

ここに L :流域長, x_0 :上流端より表面流生起点までの距離、(図2参照)。

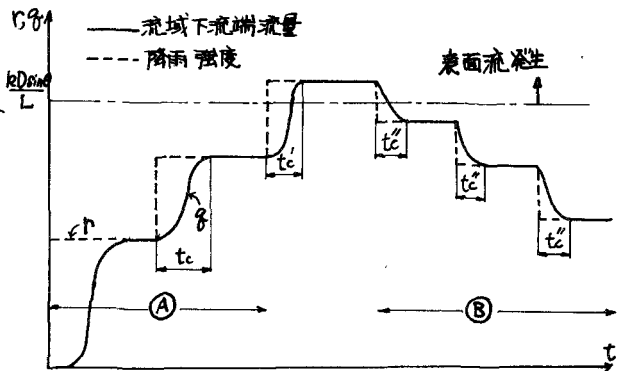


図1, ハイエットグラフ(r), ハイドログラフ(q)

2) 飽和浸透流水面形

流域上に落下した降雨はすべて流域内に浸透し、底面に沿って飽和水深を形成し、底面勾配、降雨強度により、定常状態で図2a, bの様な水面形を形成する。また、

$$x_0 r = k D \sin \theta \quad \text{--- ③}$$

を満足する時、 $x \geq x_0$ で表面流が生起した(図2c参照)。上流側半分に降雨のある場合(図1.d) 区間1では底面に平行に等流状態で流れている。

飽和水深は、図1④部で、流量増加の止まる後も変化を続けている。この部分は中間

流のみで表面流は生起していないが、仮想表面流生起点 $x_0' = kD \sin \theta_p$ ($x_0' > L$) を考えると、 $t = x_0'$ まで水位は変化を続けるのではないかとと思われるが、実証の段階に至っていない。降雨強度低減部(③部)では、下流端流量、飽和水深共にほぼ同時刻 t_0 で定常となり $t_0 < x_0'$ であるが、 t_0 が何に関係しているかは明らかではない。また図1からも明らかのように、降雨強度の変化は流域下流端流量に急速に現われ、特に図1dに示す降雨分布の場合、降雨分布下流端より2m下流の流域下流端に1~2分後に影響が表われている。このことは上流での水深変化が急速に流域全体の水面形の変化を来し、流量の変化をひき起していることから、流出現象に拡散効果が内在することを示している。

次に定常時の水面形を放物線形と仮定²⁾、実験観測の結果から境界条件として次の関係を用いる。

$$\left. \begin{aligned} x &= x_0 \quad (x = x_0') \quad \text{で} \quad h = D \\ x &= x_0 \quad (x = x_0') \quad \text{で} \quad \frac{\partial h}{\partial x} = 0 \\ x &= 0 \quad \text{で} \quad \frac{\partial h}{\partial x} = \tan \theta \end{aligned} \right\} \text{④}$$

これらの境界条件を用いて解いた解は、図2cの状態では観測値と一致するが、aの状態では一致せず現在検討中である。

3) 観測水位について

マノメーターで観測された水深 h は、 $xr = k(\sin \theta - \frac{\partial h}{\partial x})h$ を満足する h より若干大きな値を示し、同様に⑤で計算された x_0 は、実測の x_0 より大きな値を示す。このことは細砂 ($d_{50} = 0.25 \text{ mm}$, $d_e = 0.16 \text{ mm}$) の実験で顕著に現われた現象で、毛管力等によるものと考えられ、マノメーターによる観測水深 h を用いるならば、浸透流速が平均的には減速させられていると考えることができる。即ち

$$q = u(h - ah) = (u - au)h \quad \text{————— ⑤}$$

となる。毛管力による水分上昇は、粗砂で 9cm、細砂で 15cm 位であり、図2dに斜線で示す部分が毛管力上昇部分である。

4. あとがき

本実験のような一層モデルにおいてもハイドログラフ低減部が明確な折線の本で近似でき、飽和水深の有無とあいまって状態Ⅰ、Ⅱ、Ⅲが仮定でき、各状態で流れの特性が異なると考えられる。また細砂において、毛管力による水位上昇が表面流生起に影響すると思われる、今後検討してゆくつもりである。

最後に、本実験に協力していただいた現清水建設清水文夫氏に感謝の意を表します。

参考文献 1) 室田, 神田, 佐橋: 降雨シミュレーターを用いた流出の基礎的実験; 第27回年次学術講演会講演概要集, 昭和47年10月

2) たとえば金丸, 三島: 降雨終了後の流出について; 第26回年次学術講演会昭和46

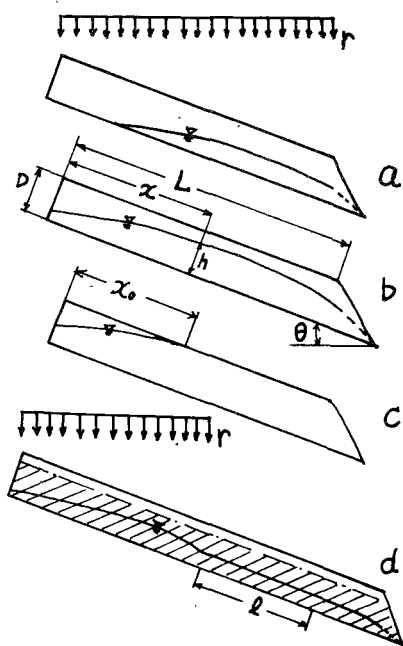


図2, 飽和浸透流水面形