

名古屋大学大学院 学生会員 ○長瀬 修

名古屋大学工学部 正会員 高木 不折

1. まえがき

傾斜砂層内の側方流については、高柳、端野、松林らの研究があるが、実験的研究としては比較的限制された条件下でのものとなっている。本研究では、従来の実験とは異なる条件下での側方流の挙動をとりあげて実験的な検討を加え、数学モデル適用の可能性について考察を行なう。

2. 実験装置

砂層のモデルは、長さ6m（砂層の有効長564cm）、幅20cm、高さ35cmのアクリル製水路内に砂を20cmの厚さに水締め状態で敷きつめたものである。水路勾配 $i (= \tan \theta)$ は0.02, 0.04, 0.06, 0.08, 0.10に設定することができる。実験砂は、有効径 $D_{50} = 0.31\text{mm}$ 、透水係数 $k = 0.167\text{ cm/sec}$ 、有効間隙率26%のものを用いた。降雨発生装置は、塩化ビニール管に回転ノズルを25cm間隔に取りつけたもので、 20 mm/hr , 40 mm/hr の強度の雨をほぼ均等に発生することができる。流出量は、水路下流端で測定し、飽和水深は、水路底に30cm間隔で19ヶ所に取りつけられたマノメータ及び、圧力変換器（8ヶ所）によって測定した。

3. 基礎式及び実験パラメータ

傾斜透水層内の1次元飽和浸透流の基礎式は、Dupuitの仮定を用いて、連続式とDarcy則とから、次のように無次元化される¹⁾

$$\frac{\partial h'}{\partial t'} - \alpha \frac{\partial}{\partial x'} \left\{ h' \left(1 - \beta \frac{\partial h'}{\partial x'} \right) \right\} - 1 = 0 \quad \alpha = \frac{k i t_r}{L} \quad \beta = \frac{r t_r}{i L i} \quad \dots (1)$$

t' , x' , h' は t , x , h の無次元量で $t' = t/t_r$, $x' = x/L$, $h' = h'/h$ であり、ここで t_r : 水供給時間, L : 流域長, h : 水深, α : 有効間隙率, k : 透水係数, i : 勾配, r : 水供給強度である。

無次元量 α , β は流域特性を表わすパラメータであり、本実験装置で設定可能な α , β の存在範囲及び実験での α , β の値を図-1に示す。

4. 水面への水供給強度

模擬降雨によって供給された水は、湛水することなく浸透しているが、実際にどのような強度で飽和水面へ供給されているかは明確でない。そこで実験に対応する数値計算を行なうにあたり、本研究では、別に鉛直浸透実験を行ない推定することを試みた。その結果、 t の初期の時間的変動を無視すれば、 r は模擬降雨強度そのものを与え、 $\alpha = 0.1$ とすることとした。しかし計算において水供給強度 r を場所的に

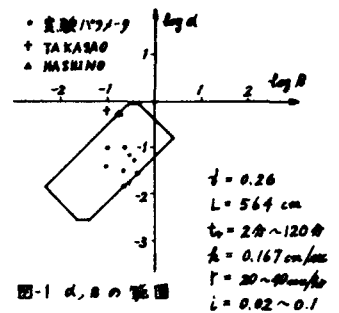


図-1 α , β の範囲

一定とすると、上昇時の水面形の上流部において実験結果（図-2）と大きな違いを生じた。実験においては、中上流部において水面がほぼ鉛直上方に上昇していくのに対し、計算では、水面が斜面に平行に一定の割合で上昇する。この違いは、砂層モデルでは毛管の影響範囲が30cm近くあるのに対し、砂層厚が20cmとかなり薄く、上流部、下流部の不飽和部での含水量の違いが無視できないことを示

している。すなわち飽和水面への水供給強度は、他のケースの実験結果と比較してみると、この実験のように降雨発生時間が比較的短い場合(22分)においては、場所的に異なっていると考えられる。そこでこのような点を改善するため、水供給強度を上流部においては $(\frac{d}{d})t = 0.38t$ として、場所的に供給強度を変えて計算を行なった。

5. 実験結果及び計算結果の考察

実験及び計算例として $\log \alpha = -1.52$, $\log \beta = -0.64$ ($i=0.02$, $t_r=22$ 分, $t=18.5$ mm/hr)における結果を示す。

a. 上昇時水面形(図-2) 実験結果は先に述べたように斜面方向への流出の影響は小さく、ほぼ鉛直上方に水面が上昇している。計算では、上流部での水供給強度を調整した結果、かなり実際に近い形となっている。

b. 低減時水面形(図-3) 水面は全体的に斜面に平行に低減し、計算も同様の傾向を示している。水面低下速度が実験の方がやや速いのは、水面低下後の不飽和部にかんがりの水量がとり残され、流出の遅れとなっていると考えられる。

c. ハイドログラフ(図-4) 流量増加時には、実験値の方が、ピーク値が大きめになっているが、これは下流端付近の砂層中の含水量が毛管力によりかなり飽和に近い状態にあることが影響していると考えられる。低減時の流量は、かなりよく適合している。

6. あとがき

砂層モデルを用いた流出実験においては、毛管帯の存在が無視できず、飽和水面の上昇、低減にかなり影響を及ぼす。また砂層厚、勾配などは、毛管帯の存在とあいま、水供給強度に影響を及ぼす要素である。すなわち、この実験及び計算の結果は、不飽和部での鉛直方向の水の動きの解明が大切な場合もあることを示している。

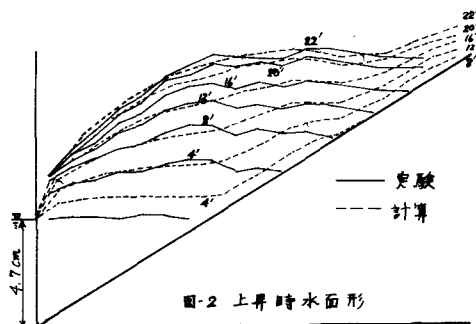


図-2 上昇時水面形

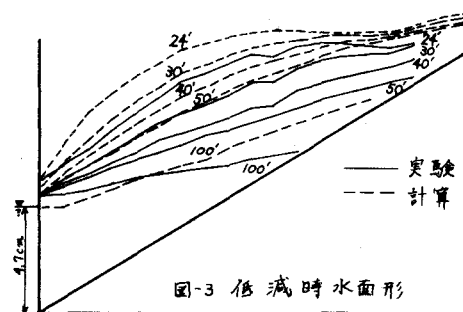


図-3 低減時水面形

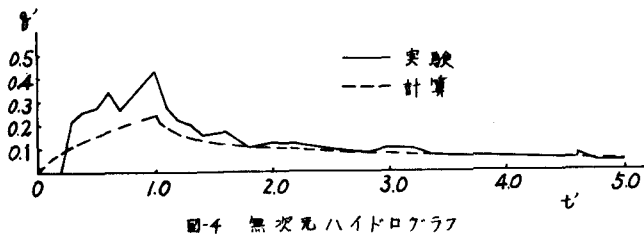


図-4 無次元ハイドログラフ

参考文献 1) 高木松林; 遅い中間流出、地下水流出の非線形性について; 土木学会論文報告集

第283号 1979年3月

2) 高木松林; 流域水の挙動に関する変分原理の実用化と問題点; 土木学会論文報告集

第274号 1978年6月