

名古屋大学 正員 〇松林 亨一郎

名古屋大学 学生員 西川 恭生

まえがき 山地流域の比較的早い流出成分は一般にA層内の飽和浸透流であると言われている。ところが深層風化の進んだ花崗岩いわゆる「マサ」の地域においてはA層より下の層の果たす役割も無視しえないように思われる。本報告はこの点を念頭におき、1層(A層なし)と2層(A層あり)の2種類の模型実験を行ない、A層および下層の流出機構を明らかにすることを目的としている。ただし、実験が十分進んでいないので、ここでは模型の相似律を中心に述べ、予備実験の流出特性を簡単に述べる。

1. 浸透流模型の相似律

流出現象あるいは浸透現象の相似律に関する研究は少ない。本研究に関するものだけを取り上げれば、下島は流域の「いずみ模型」は不可能であると述べている。又吉田は水位境界条件をもつ定常浸透流を念頭におき、幾何学的相似および $k_y/k_s \sim$ マトリックポテンシアル 関係の相似を指摘している。(k_s , k_u : 飽和・不飽和透水係数) ところが、ここで扱う現象は降雨のある非定常現象であり、降雨強度 r , 継続時間 t_r についても考えねばならない。まず r について、例えば定常浸透を考えると、 $r = k_u(\theta)$ (θ : 含水率) の関係があり、又表面流出の発生規準が $r > f_c$ (f_c : 最終浸透能 $\equiv k_s$) で与えられる事等から、 r/k_u or r/k_s を模型と実物で等しくする必要がある。 t_r は流達時間との相対関係で決めなければならない。例として、飽和浸透流で斜面最上流端に降った雨による擾乱が下流端に達するに要する時間(流達時間 t_d)だけ降雨が続く現象を模型と実物で生じさせるには $t_r/t_d = k_i t_r / r d$ (今の例では1)を両者で一致させる必要がある。(著者が示した無次元量 α に等しい)

2. 実験への応用

以上の考察に基づき模型実験の諸条件を考える。実物として著者らが観測を始めている庄内川の左支流小里川の兼平試験流域(岐阜県)を参考にした。まず模型の幾何形状は観測点近くの斜面とほぼ相似であり相似比は $l_m/l_p \equiv 1/70$ である。透水係数に関してはA層は浸透能試験を実施しその値を参考にした。下層については、近くで建設中の防災ダムのために測定された値(湧水圧測定)と採土場内で掘られていない所で行った浸透能試験による値を参考にした。これらの値と実験に用いた砂の透水係数の値を表-1 に示す。

表-1 透水係数

	実物	模型
A層	0.013	1.0
下層	5×10^{-4} [*] 4×10^{-3}	0.17

*) 湧水圧測定 (単位 cm/sec)

次に降雨特性について例として 50 mm/日の降雨が1日間一様に降る場合を考えると、先に述べた相似律から $r_m = (k_m/k_p) r_p \equiv 1.5$ mm/分 となる。 t_r については、 $t_{rm} = (l_m/l_p)(k_p/k_m)(r_m/r_p)(i_p/i_m) t_{rp}$, ここで幾何学的相似より $(i_m/i_p) = 1$, r に関して r_p の値が分からないが、マサ土であり r_m とあまり差がないと考え $(r_m/r_p) \equiv 1$ とすれば、 $t_{rm} \equiv 27$ sec となる。

この様に模型が小さく透水係数が大きな実験では t_{rm} が非常に小さくなり実験が難しいのでまず予備実験では $r_m = 1.5$ mm/分, $t_{rm} = 20$ 分 とした。

3. 実験例とその観察

実験装置の概要は図-1に示すとおりであり、A層のない1層の場合である。実験では下流端での流量と抵抗線式アループにより砂層内の含水率分布を測定した。実験結果として図-2はハイドログラフ、図-3はそれぞれ時刻 $t=0$ 分(初期), $t=20$ 分(降雨終了時), $t=90$ 分(流出末期)の含水率分布を示したものである。降雨, 流出量, 貯留量より計算する水収支 $dS/dt = R - Q$ については, 後で述べるように不飽和水分移動がかなり不連続的に生ずるため S を単に $\sum$ (i 点の含水率) $\cdot$ (アールプの支配体積) で計算すると誤差が多い。しかし, 状態がほぼ似ている $t=0 \sim t=90$ 分の間で計算すると, $\sum R = 11100 \text{ cm}^3$, $\sum Q = 6450 \text{ cm}^3$, $S(90) - S(0) = 4236 \text{ cm}^3$ であり誤差は 114 cm^3 と収収はほぼ合っている。

図-4は, 含水率分布の時間変化を見た図である。図で横軸の高さはアループの高さと一致させている。この図からいずれも上から下へ1つの表が拡散効果を受けながら伝播すること, さらに浸透が各アループに到達した時刻(0印)を連ねると一直線上に乗り, 伝播速度も一定であることがわかる。またこの結果には, 浸透水が到達した時点で1時的に高い部分が生ずる。また, 同じ降雨中でありながら, 最上段のアループの含水率は0.1程度であるのに対し, それ以下では0.2程度の値を取るなど未解決の問題も残っている。

まとめ

本研究では次の点が明らかとなった。i) 降雨浸透流出模型の相似律として, 幾何形状, 透水性係数特性, r/k_s , k_{itr}/r_L の相似を考えればよい。ii) 鉛直浸透の前面は明瞭でありその速さは一定である。

なおA層をもつ2層砂層の実験結果, 1層との比較等については当日発表する。

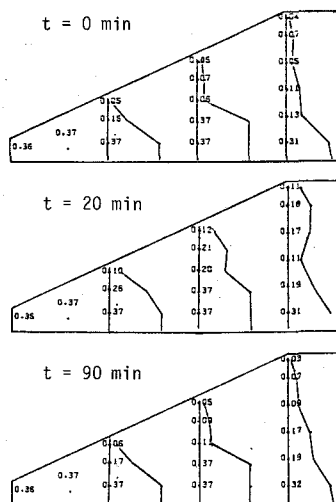


Fig. 3 Spatial distribution of moisture

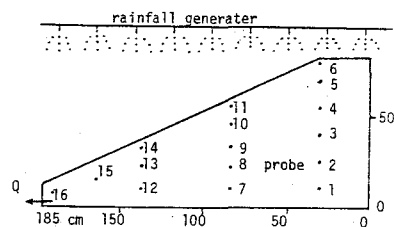


Fig. 1 Conceptual figure of apparatus

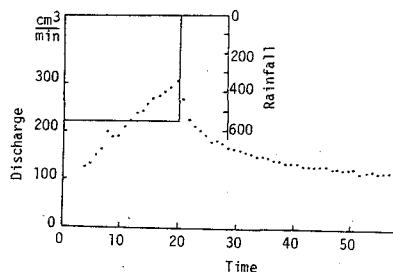


Fig. 2 Discharge hydrograph

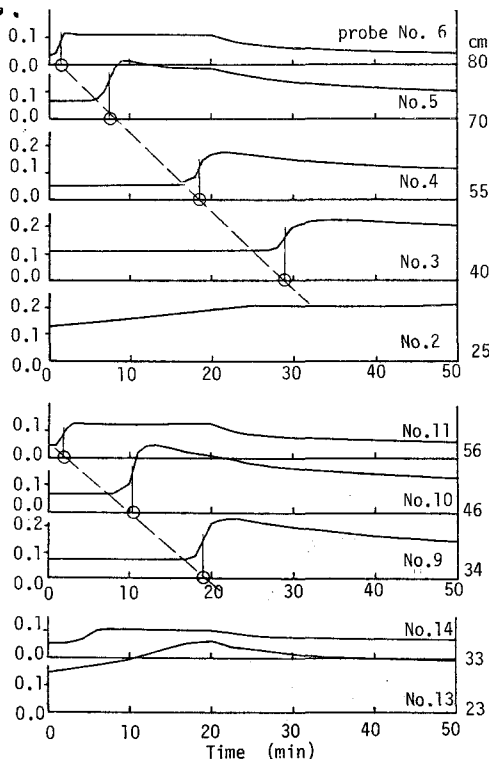


Fig. 4 Time variation of moisture