

大阪大学工学部 正員 室田 明

大阪大学大学院 学生員 〇原 幸男

1. まえがき 従来、流出解析法は、降雨を流域平均雨量として扱ってきたが、流域面積のそれほど大きくない山地河川等において、降雨強度が大きく、且つ、雨域が数km×10数kmという局地性のある降雨が、河川に沿って移動する場合、河道におけるハイドログラフには、兩者において、どの程度の差が生じるのであろうか。

本研究は、降雨の移動を考慮した時、時間的・空間的に変化する流域から河道への流出が、河道におけるハイドログラフに、いかに影響するのを実験的に調べようとするもので、本研究室における降雨シミュレーター装置を用い、降雨の移動方向、移動速度、並びに、流域形状の変化に伴う流出波形状の変化が、ハイドログラフに及ぼす影響を調べようとしたものである。

2. 実験

実験(A) 河道内伝播特性 : 本実験に用いた降雨シミュレーター装置の概略を示すと、Fig 1の通りである。実験は、河道上流部に降雨発生装置を固定し、降雨を発生させ、その時の流域からの流出量によって洪水波を発生させる。本位の測定は、Table 1に示す各地点で行ない、サーボ水位計を用いる。

実験条件: 河床勾配 $S_b = 1/500$, 下流堰上げ高 $H = 8 \text{ cm}$.

実験ケース: Table 2に示す通りで、ここに、横流入量とは、河道に入る横流入の単位時間当りの総量であり、降雨発生装置によって降雨強度を変化させることにより、流入量を変えることができ。

実験(B) 流域モデルの設定 : 実験(C)においては、流域をFig 2に示す様な単位流域に分割している。そこで、流域モデルの設定においては、この単位流域に種々の形のモデルを設け、各々について流出波形状を求め、最適と思われるモデルを選ぶことにした。実験方法は、この単位流域上に、降雨強度(84mm/hr)一定の降雨を発生させ、流域下流端からの流出を水槽に受け、水位上昇量を流量に変換して、時間-流出量曲線を求める。

実験(C) 降雨移動時の流出が河道のハイドログラフに及ぼす影響 : 実験装置はFig 3に示す通りで、実験条件は、実験(A)と同じであるが、流域は、実験(B)において決定されたモデルで構成されている。

降雨域4m×4mの降雨発生装置を、降雨強度($\gamma = 84 \text{ mm/hr}$)一定にし、河道方向に速度 U で移動させ、Fig 3に示すS1, S2, S3の3地点で、サーボ水位計により水位を測定した。

実験パラメーターは次の通りであり、Table 3に実験ケースを示した。: 降雨移動方向、正、負(河道流下方向を正とする。)

流域のモデル; S型, F型(実験(B)により得られたもので、詳しくは結果の所で述べる。)

降雨移動速度; $U_1 = 2 \text{ cm/s}$, $U_2 = 3 \text{ cm/s}$

$U_3 = 4 \text{ cm/s}$, $U_4 = 6 \text{ cm/s}$, $U_5 = 8 \text{ cm/s}$

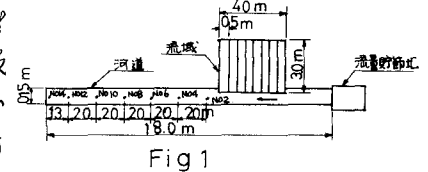


Fig 1

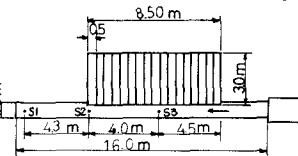


Fig 3

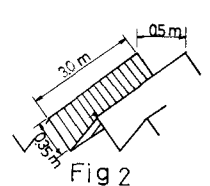


Fig 2

	no.2	no.4	no.6	no.8	no.10	no.12	no.14
Exp1~2	6.7	8.7	10.7	12.7	14.7	16.7	18.0

Table 1 上流端から各地点までの距離 (m)

実験NO	基底流量	横流入量	横流入時間
Exp 1	0.2 $\frac{1}{s}$	0.2 $\frac{1}{s}$	150 sec
Exp 2	0.2 $\frac{1}{s}$	0.4 $\frac{1}{s}$	150 sec

Table 2

実験NO	流域モデル	方向	移動速度	実験NO	流域モデル	方向	移動速度
Exp1~5	S	正	$U_1 \sim U_5$	Exp11~15	F	正	$U_1 \sim U_5$
Exp6~10	S	負	$U_1 \sim U_5$	Exp16~20	F	負	$U_1 \sim U_5$

Table 3

3. 実験結果と考察

実験(A): Fig 4は、水位ピークの走時曲線を示したものである。一様断面水路における、連続方程式と運動方程式とから成る特性方程式は、(1), (2)のようになる。

$$\frac{dx}{dt} = u \pm C \quad (1) \quad , \quad \frac{d}{dt}(u \pm 2aC) = gS_0 \left(1 - \frac{S_f}{S_0}\right) \quad (2)$$

ここで、 C :伝播速度、 S_0 :河床勾配、 S_f :摩擦勾配、ところが、本実験装置では、装置の制約上、河道部が下流堤の影響内に入ってしまうので、この場合、 $u \ll C$ 、 $S_f \ll S_0$ となり、結局、(1), (2)式は、(3), (4)式となる。

$$\frac{dx}{dt} = \pm C \quad (3) \quad , \quad \frac{dC}{dt} = \pm \frac{gS_0}{2a} \quad (4)$$

これを解けば、 $h = S_0 x + \text{const}$ となり、 $\frac{dx}{dt} = C$ の上では水位は一定であり、洪水波は変形することなく長波の伝播速度と等しい速度で移行することになる。Fig 4における実験値でも、この領域内では、ほぼ一定の速度で移行しており、 $C = \sqrt{gh}$ と1/2理論値に合うようである。

実験(B): 流域場を実験室内にシミュレートするにあたり、相似則の点から、少々難しい面が多い。そこで、本実験では、流域からの流出に大きな影響を及ぼすと思われる、流域勾配・流域粗度等のパラメータ変化と直接に論せず、流域をブロック・ボックス的に考え、河道への流出波形に着目してモデルを検討することとし、その結果、合理的な流出ハイドログラフの低減部を再現するのに、多孔質が合成繊維のマットと使用したモデルが最適であった。これをモデルS型と1/2。モデルF型は、液状鉄板上に直接、降雨を発生させた時のものである。Fig 5は、実験(C)における速度 U へ U に対する単位流域からの流出ハイドログラフである。

実験(C): 移動速度の変化に伴うハイドログラフへの影響を示すとFig 6(a), (b)となる。降雨の流出への応答が早いF型では、各速度とも水位ピークに差が生じていないが、速度が速い場合、かなり急激な水位変化がみられる。それに対しS型の場合、水位変化は、各々、それぞれ異なる曲線を描いているが、水位ピーク量にかなりの差が生じていることが判る。又、流域の降雨→流出への応答の違いが、ハイドログラフに及ぼす影響は大きいことが判る。特に、移動速度が速い場合、ピーク水位、ピーク水位生起時間に、その傾向が顕著になっている。次に、Fig 7に、降雨移動方向の変化に伴う水位変化の一例を示したが、あまり顕著な差は生じていない。これは、降雨移動速度に比べ、洪水波の伝播速度が、はるかに速いからということと、堤の射撃効果による水位上昇が、水位測定地点まで及んでいるからと思われる。さらに、各測定地点の水位変化を示すと、Fig 8のようになる。これも、先程の理由のため、各地点とも、それ程の差を生じていない。全体的にみると、河道部が堤によって複雑に影響を受けている為、水位測定のみで、降雨移動の影響を論ずるは不十分であると思われる。今後、モデルの検討・測定方法の改善により、より良い実験を行っていきたい。

