

斜面一河道系流域の洪水到達時間（続）

神戸大学工学部 正員 神田 徹
 神戸大学工学部 正員 神吉 和夫
 川崎製鉄 正員 吉岡 泰邦
 神戸大学大学院 学生員 ○田中 俊行

1. まえがき

本研究では、図1に示すような河道とその両側に斜面をもつ流域を対象として、降雨の非定常性がピーク流出特性、すなわち洪水到達時間およびピーク流出量に及ぼす影響について検討する。また、この流域を対象とした洪水到達時間推定法を提案し、その妥当性を調べる。

2. 洪水到達時間と平均降雨強度の関係

図2に示す三角波形降雨に対して、河道下流端($x=L$)でのピーク流出量 Q_p の発生時刻 T_{2p} とその特性曲線の斜面上流端($x=0$)での出発時刻 t_{1t} の時間間隔を洪水到達時間 T_t と定義する。

$$T_t \equiv T_{2p} - t_{1t} \quad (1)$$

T_t と T_t 時間内の平均降雨強度 $R_{m.p}$ の関係を数値計算によって求め、プロットしたものが図3である。なお、斜面流、河道流に対する基礎式： $h = k q^p$ 、 $W = K Q^P$ の定数 p 、 k 、 P 、 K の値は $p=0.6$ 、 $P=0.7$ 、 $k=1.25$ 、 $K=1.0$ とし、流域面積 A 、斜面長と河道長の比 b/L はHackの法則に従うものとして、 $A=1\text{km}^2$ に対して $b/L=0.25$ 、 $A=10\text{km}^2$ に対して $b/L=0.15$ 、 $A=100\text{km}^2$ に対して $b/L=0.10$ とした。図中の実線は、定常降雨($R_{m.p}$ に等しい一定降雨強度 r_o)に対する洪水到達時間 $T_{t.o}$ ～降雨強度 r_o 関係を示す。この実線とプロットされた点との差が、降雨の非定常性の影響である。

3. 降雨の非定常性の影響

降雨の非定常性が洪水到達時間およびピーク流出量に及ぼす影響を定量評価するために、次の指標をとり定常降雨との差を調べる。

$$E_t = (T_t - T_{t.o}) / T_{t.o} \quad (2)$$

$$E_o = (Q_p - Q_{p.o}) / Q_{p.o} \quad (3)$$

ここに、 $Q_{p.o}$ は定常降雨の場合のピーク流出量($=2r_o bL$)。

t_r に対する T_{c1} 、 T_{c2} の比をそれぞれ $M = T_{c1}/t_r$ 、

$N = T_{c2}/t_r$ と表わすとき、このパラメータ M と E_t 、 E_o の関係を図4に示す。この図より、 E_t 、 E_o ともに M が増加すると増大し、流域形状(A 、 b/L)や降雨波形(t_r 、 r_p)にほとんど無関係に M のみに関係することがわかる。そこで、一定の A 、 b/L において、 t_r と r_p に対する M の値を示したものが図5である。 M が0.3以下となる降雨波形(t_r と r_p の組合わせ)は実際によく観測されるが、その降雨に対して E_t は5～6%であるからこの差はほぼ無視でき、定常降雨の場合と等しい洪水到達時間を与える。また、ピーク流出量に関しては、 E_o は10%強の差があり降雨の非定常性の影響は無視できないが、 M が0.2以下の波形では数%となり、 Q_p は定常降雨の場合のピーク流出量 $Q_{p.o}$ を近似することができる。

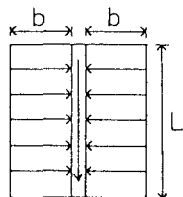


図1 斜面一河道流域

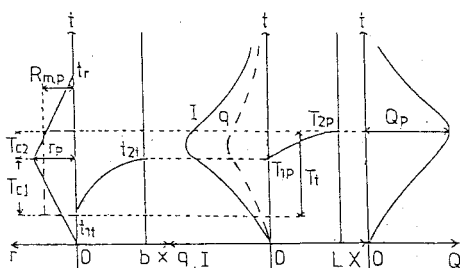
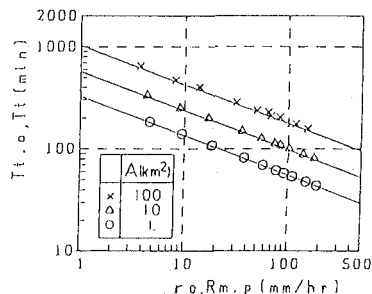


図2 洪水到達時間の定義

(p=0.6, P=0.7)

図3 $T_t \sim R_{m.p}$ の関係

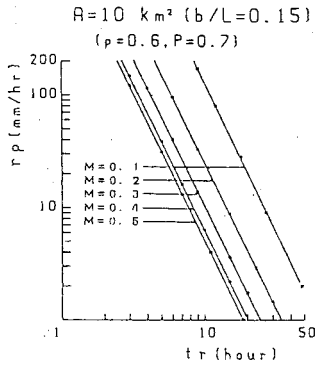


図4 $t_r \sim r_p$ の関係

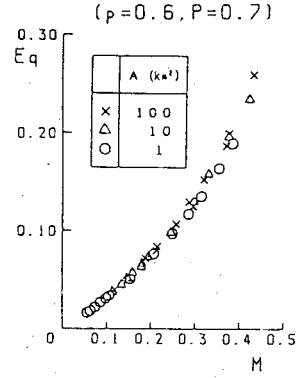
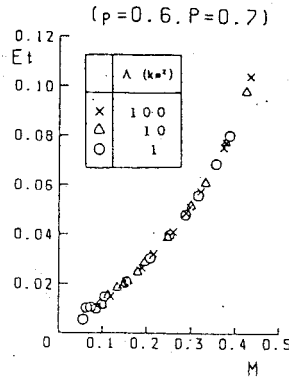


図5 $M \sim E_t, E_o$ の関係

3. 洪水到達時間の推定法

T_t をパラメータ M, N を用いて表わせば、

$$T_t = (1 + M/N) T_{c2} \quad (4)$$

ここで、 M/N が定数として与えられれば、ハイトグラフとハイドログラフのピーク時間間隔 T_{c2} の定数倍として T_t を求めることができる。 M と M/N の関係を示したものが、図6である。図中の実線は、河道を含まない斜面のみの流域における $p = 0.6$ のときの $m \sim m/n$ の関係である。この図より、 M に対して M/N はほぼ一定値をとるといえる。そこで、各 p 値に対して M/N の値を図示したのが図7である。ここで、

$(M/N)_{0.1}$ は $M = 0.1$ のときの M/N 値、

$(M/N)_{0.4}$ は $M = 0.4$ のときの M/N 値、

$(M/N)_{mean}$ は $M = 0.1, 0.2, 0.3, 0.4$ に対する M/N の平均値である。よって、式(4)と図

7より T_t を推定することができる。

また、 $R_{m,p}$ は水平分離法によって

算出した直接流出量 $Q_p = A R_{m,p}$ より

逆算する。

上述のような $T_t \sim R_{m,p}$ 関係の

推定法について検証を行う。図8

に、基礎式から数値計算によって求めた $T_t \sim R_{m,p}$ 関係との比較を示す。この $T_t \sim R_{m,p}$ の関係は厳密には

一直線上には並ばないので、その回帰直線を示す。この図より、推定値 $\hat{T}_t \sim \hat{R}_{m,p}$ と理論値 $T_t \sim R_{m,p}$ は

ほぼ一致するといえる。また、図9に定常降雨の場合の $T_{t,o} \sim r_o$ 関係との比較を示す。この図においても、推

定値 $\hat{T}_{t,o} \sim \hat{r}_o$ 関係と $T_{t,o} \sim r_o$ 関係はほぼ一致するといえる。これらの結果から、上述の方法で推定した

洪水到達時間～降雨強度関係は定常降雨の場合の両者の関係を実用上十分の精度で推定することができる。

参考文献：1) 神田・神吉・元木沢・黒沢：斜面－河道系流域の洪水到達時間 第43回年次学術講演会, 1988.

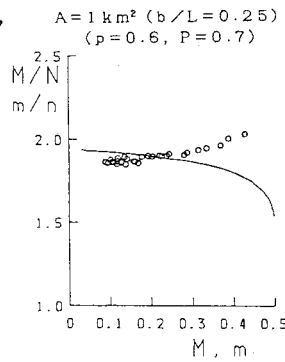


図6 $M \sim M/N$ の関係

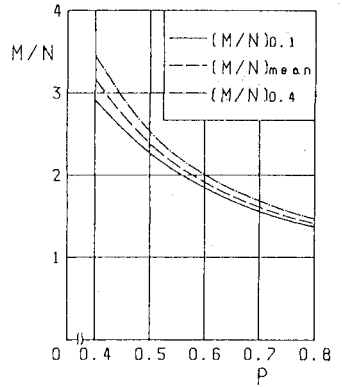


図7 $p \sim M/N$ の関係

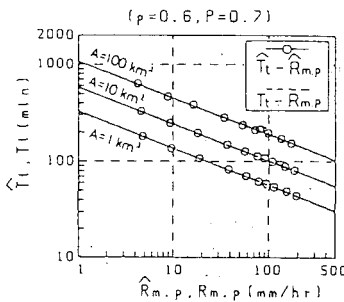


図8 理論値との比較

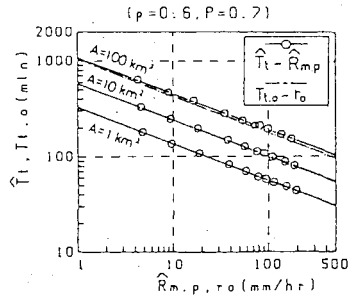


図9 定常降雨との比較