II-36　斜面・河道流域の洪水到達時間推定法

神戸大学工学部　正　員　神吉　和夫
神戸大学工学部　正　員　神田　徹
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

図1に示す斜面と河道からなる流域モデルを対象として洪水到達時間推定法を提案し，数値シミュレーションや実測資料を用いてその妥当性について検討した．

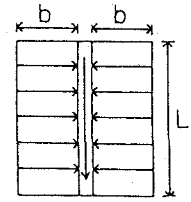

図1　斜面・河道流域

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Kinematic wave法によって求め，プロットしたものが図3である．ここに，斜面流，河道流に対する基礎式：$h=kq^p$，$W=KQ^P$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=1，10，100km²に対してそれぞれb/L=0.25，0.15，0.10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．また，降雨の非定常性が洪水到達時間及びピーク流出量に及ぼす影響は，流域面積（A），流域形状（b/L）や降雨波形（t_r，r_P）に殆ど無関係にパラメータM（$=T_{c1}/t_r$）のみに関係する．[1)]

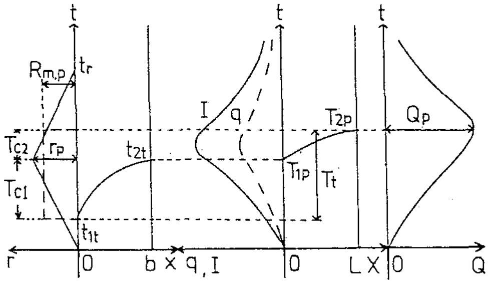

図2　洪水到達時間の定義

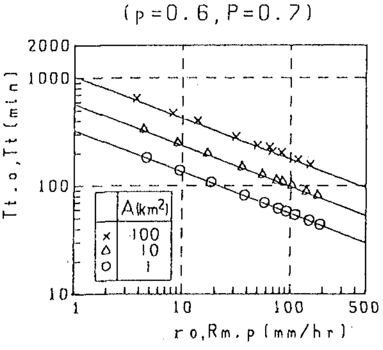

図3　T_t～$R_{m.p}$の関係

3．洪水到達時間の推定法

T_tをパラメータM，N（$=T_{c2}/t_r$）を用いて表わせば，

$$T_t = (1 + T_{c1}/T_{c2})\,T_{c2} = (1 + M/N)\,T_{c2} \quad (2)$$

ここで，M/Nが定数として与えられれば，ハイエ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4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～m/n（ここに，$m=T_1/t_r$，$n=T_2/t_r$）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5である．ここで，$(M/N)_{0.1}$，$(M/N)_{0.4}$はそれぞれ，M=0.1，M=0.4のときのM/N値，$(M/N)_{mean}$はM=0.1～0.4に対するM/Nの平均値である．よって，式（2）と図5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$Q_P=AR_{m.p}$より逆算する．

上述のようなT_t～$R_{m.p}$関係の推定法についての検証を行う．基礎式から数値計算によって求めたT_t～$R_{m.p}$関係との比較を図6に示す．このT_t～$R_{m.p}$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$\hat{T}_t$～$\hat{R}_{m.p}$と理論値T_t～$R_{m.p}$はほぼ一致するといえる．また，定常降雨の場合の$T_{t.o}$～r_o関係との比較を図7に示す．この図においても，推定値$\hat{T}_t$～$\hat{R}_{m.p}$関係と$T_{t.o}$～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．

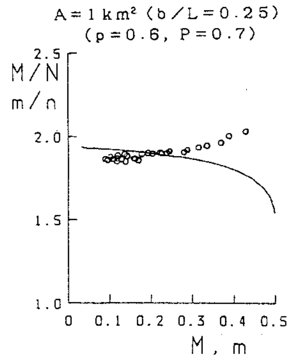

図4　M～M／Nの関係

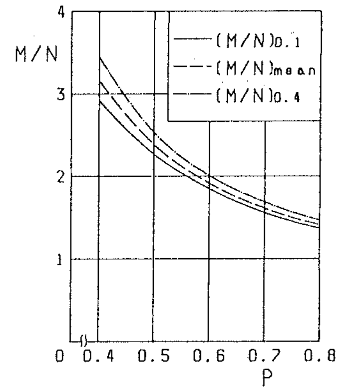

図5　p～M／Nの関係

4．実河川流域への適用結果

この推定法を実河川流域へ適用し，得られたT_t～$R_{m.p}$関係を図8に示す．対象とした流域はすべて山林地流域であり，一つ，あるいは複数の斜面について平均して求めた斜面長b，斜面勾配θを表1-(1)に示す．

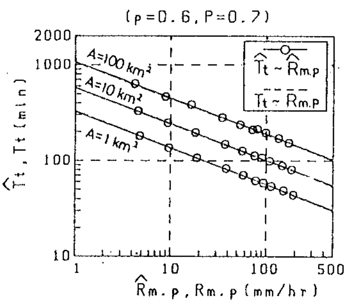

図6　理論値との比較

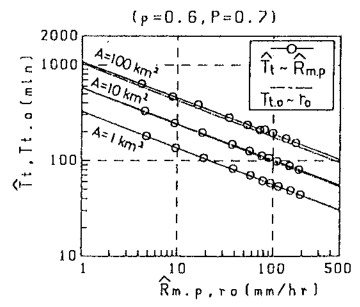

図7　定常降雨との比較

図中の実線は次式による回帰直線である．

$$T_t = C' R_{m.p}^{\alpha} \quad (3)$$

ここに，C'，αは回帰係数

この回帰式から求めた斜面流定数k，pと等価粗度係数Nの値を表1-(2)に示す．流域面積がほぼ等しい別所，南大沢流域について，別所流域の方が洪水到達時間が長い．このことは，別所流域では山林地・水田の割合が多く荒れ地が少ないので，k，N値はこの地表状態をよく表わしていると考えられる．一方，笹間川流域は，流域面積が上述の2流域より約10倍大きいのにもかかわらず洪水到達時間は短い．それは，p値および斜面勾配が大きいことに関係していると思われる．このように回帰直線から求めたk，N値は各流域の流出特性をよく表わしていると考えられる．したがって，上述の方法による洪水到達時間の推定は妥当な結果を与えているといえよう．

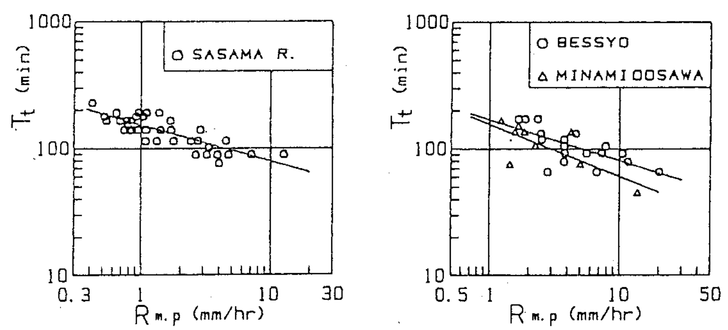

図8　実河川流域への適用結果

表1　斜面流定数

（1）

流域名	A(km²)	b(km)	θ(°)
笹間川	9.16	0.82	20.2
別所	1.123	0.43	5.7
南大沢	0.968	0.30	8.1

（2）

k	p	N
1.004	0.715	0.591
1.232	0.675	0.429
0.563	0.574	0.138

参考文献　1）神田・神吉・吉岡・田中：斜面-河道系流域の洪水到達時間（続），関西支部年講，1989.