

九州大学 工学部 正員 篠原謹爾

九州大学 工学部 正員 北島崇雄

九州大学 工学部 〇藤下幸三

1. まえがき

筑後川は、九州北部において、その洪水災害の与える影響の大きさとともに、利水の面からも重要な河川である。したがって、その洪水流出機構と洪水の性質は、充分に把握する必要がある。現在、流出解析法としては、流出系の内部機構をとくに問題にしない単位図法と流出系の内部機構を分析し雨水流を追跡する特性曲線法とに大別することができろ。本論文は、特性曲線法を洪水流出モデルとして、斜面の等価粗度係数、各支川が洪水にどのように関与し、どのような形で洪水流量を形成するかなどについて若干の検討をおこなったものである。

2. 特性曲線法の基本式

河道の流水の運動がManningの等流の運動に従うものとして(1)式を、連続式として(2)式を基本式としている。

$$A = K Q^P \quad \text{----- (1)} \quad \left| \begin{array}{l} \text{ただし、} A: \text{流水断面積 (m}^2\text{)}, t: \text{時間 (sec)} \\ X: \text{流路距離 (m)}, Q: \text{流路の流量 (m}^3\text{/sec)} \\ q: \text{流路の単位長さ当りの横流入量 (m}^3\text{/sec}\cdot\text{m)} \\ K, P: \text{各流路の特性値} \end{array} \right.$$

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial X} = q \quad \text{----- (2)}$$

(1)、(2)式より、 $X=0$ 、 $t=0$ より出発する特性曲線は、(3)、(4)式のようになり、この2式を追跡計算の基本式とする。

$$t = K Q^P / q \quad \text{----- (3)}$$

$$t = K X Q^{P-1} \quad \text{----- (4)}$$

ここで、斜面の場合は、(3)、(4)式において、 q を αr (α : mm/hr を m/sec にする換算係数、 r : 雨量、mm/hr) に、 Q を q (流路に沿う単位長さ当りの斜面上の流量、m³/sec) に置き換えればよい。ただし無降雨時では、 $t = P K X q^{P-1}$ を用いる。

3. 流域の矩形分割とその特性値

対象流域は、筑後川上流域(旧大山川水系)であって、流域面積510km²、流路延長約34kmである。流域の矩形分割とその特性値は、篠原・上田博士の論文(参考文献)を引用し、そのまゝ流出計算に用いた。すなわち、河道の特性値 K 、 P の決定は、流路断面図について、各々の A に対する $AR^{2/3}$ を求め、これより、 $A = k (AR^{2/3})^P$ の K 、 P を求める。Manning式より、 $AR^{2/3} = Q n / \sqrt{S}$ であるから、 $A = k (Q n / \sqrt{S})^P$ となる。したがって、 $K = k (n / \sqrt{S})^P$ 、 $P = P$ である。河道の粗度係数 n は、筑後川上流部数ヶ所で流量観測して得られた高水時の粗度係数を参照して、 $n = 0.40$ とすべての断面に用いる。各断面箇所の勾配 S は、実測縦断面図、および5万分の1地形図より求めたものである。等価流域斜面における特性値 K 、 P は、斜面の流下断面は矩形断面として、 $K = (N / \sqrt{S})^{0.6}$ 、 $P = 0.6$ である。斜面勾配 n は、各区分流域で、あまり差はないようであるから、それらの平均値 $1/10$ を各区分流域の斜面勾配とした。

4. 電算プログラムと演算結果

①電算プログラム；図-Iにフローチャート図を示す。与えるデータは、降雨と流量の実測資料、矩形流域の定数（流路長、矩形流域中）、それに、①)式の特性値 K 、 P の値である。斜面の粗度係数 N は仮定する。

斜面流量 q と河道流量 Q の計算は、基本的には、同一であるが、横流入量が異なるので、図-Iのように順序づけてあらわす。ここで問題となるのは、河道流量 Q の計算の場合に、横流入量としての斜面流量 q を、どのように取扱うかである。著者らは、降雨と同じように、単位時間毎に、 q -曲線を矩形化した。その際、各時刻の q の値は、Lagrange補間により求めた。任意の時刻の q の値を補間するに、その時刻の前々、ス〜3点を用いた。これで、流量計算に殆んど差しつかえのない程度のものが得られたが、精度の面で検討の余地があると考えられる。

②演算結果；流出係数 f は、変曲点分離の方法で、直接流出量と基盤流量とを分離したものであり、0.4~0.5であった。有効雨量の抽出は、一定量損失雨量法あるいは、 $\Sigma R \sim \Sigma R_e$ 曲線を利用する方法等を用いて算出すれば、hydrographの形状がより実測に近くなると思われるが、ここでは、一定量損失雨量法を用いた。以下、結果を記述する。

④ 等価粗度係数 N について

篠原・上田博士の論文において、 $N=1.5$ 程度が適当な値であるということであるが、2~3洪水の計算結果では、 $N \approx 0.4$ であった。しかし、hydrographの形状が計算と実測とで、適合度があまり良くないので、有効雨量の抽出方法に問題があるということが判った。今後は、上記論文のように、一定量損失雨量法を用いて計算を続けたい。

⑤ 各支川が洪水波形に及ぼす影響について

洪水波形の流下過程とどのような因子で定量的にあらわすかが問題である。著者らは、ある地点のhydrograph Q と任意の一矩形流域からの流出 Q_n がないとして計算した同地点のhydrograph Q^* とにより、その支川の洪水波形に及ぼす影響を検討した。すなわち、 $Q_n' = Q - Q^*$ と、 Q_n とを比較すると、流量増加期では、 Q_n' の方が大きく、流量減少期では、逆に Q_n の方が大きいという結果が得られた。このことは、特性曲線法が非線型解析であることによるものであるが、 Q_n と Q_n' の差により、その矩形流域が単に重ね合せが可能かどうかの判定が得られると思う。最下流地点に対して、全流域面積の $1/6$ である最上流の末端矩形流域を例にとると、Peak時刻のずれは、約1時間であり、Peak流量の誤差 $(Q_{np} - Q_{np}')/Q_{np}$ は、約7%であった。

5. あとがき

④等価粗度係数 N 、⑤各支川の洪水波形に及ぼす影響、について現在解析中であり、本文に書かなかった図表及び追加計算結果は、発表の時に報告する。

参考文献

篠原、上田：筑後川上流部の出水解析 第2報 九大応用力学研究所所報 第13号 昭和34年

図I フローチャート図

