II-114　遊水モデルによる洪水流出の解析

東京都立大学工学部　正会員　丸　井　信　雄

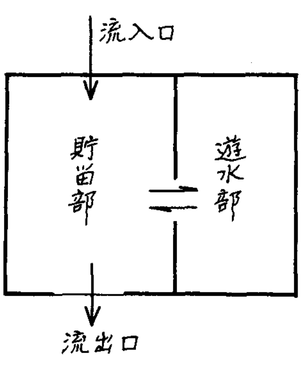
1. はしがき

河川における洪水流出を降雨から求めようとする解析法は種々あるが，どの河川にも適用できるという普遍的な方法は未だ無いようである。それは，いろいろな河川に適用できるようなものにしようとすると，一般に多くの因子あるいはパラメーターが必要になり，それらを個々の流域の特性と関係づけるにはその数が多すぎるからである。流出解析の方法には普遍性が要求されるので，そのためには流域の特性から決定されるパラメーターの数を2～3個におさえた方法が望ましいのである。

そこで，従来試みられている貯留関数法およびタンクモデル法を修正した"遊水モデル"とでも言うべき方法をここに提案する。

2. 遊水モデル

ここでいう遊水モデルは一つの貯水池が縦に二つに仕切られ，その一方の部分にだけ上流からの流入口と下流への流出口があり（これを貯留部と呼ぶ），他方の部分には底まであけられた仕切りのすき間から貯留部の水が水位差によって流入するようになっていて（これを遊水部と呼ぶ），遊水部の水は貯留部の水位が低くなったときに同じ仕切りのすき間を通して貯留部に流出するというものである（図－1）。また，上流からの貯留部への流入は貯留部の水位や貯留量には無関係であり，貯留部からの下流への流出は貯留部の水位あるいは貯留量だけによって決まるものとする。



図－1　遊水モデル

このようなモデルに対する水量の出入は水理学的に次のように表わされる。すなわち，

I：上流からの貯留部への流入量，

O：貯留部から下流への流出量，

S：貯留部の貯留量，

S'：遊水部の貯留量，

q：貯留部から遊水部への流量（遊水部から貯留部の方へ流れるときはこの値が負となる），

とし，時間をtで表わせば，貯留方程式（連続条件式）は

$$\frac{dS}{dt} = I - q - O \quad \cdots\cdots(2.1), \qquad \frac{dS'}{dt} = q \quad \cdots\cdots(2.2),$$

運動方程式は，貯留部から下流への流出に対し

$$S = a \cdot O^m \quad （貯留関数） \quad \cdots\cdots(2.3),$$

遊水部への流量に対し，水位差をh，通水断面積をAとして，

$$q = b\sqrt{h} \cdot A \quad \cdots\cdots(2.4)$$

とおくことができる。そこで，(2.4)式に対して，AおよびhはSとS'だけの関数であることを考

えて，近似式として

$$q = c(S - \beta S') \quad \cdots\cdots (2.5)$$

を与えると，(2.1)，(2.2)式を時刻 t から $t+\Delta t$ まで微小時間 Δt の間の区分積分を施こし，時刻 t および $t+\Delta t$ における量の文字にそれぞれ添字1および2を付けると，

$$S_2 - S_1 = \frac{I_1+I_2}{2}\Delta t - \frac{q_1+q_2}{2}\Delta t - \frac{O_1+O_2}{2}\Delta t \ , \quad S_2' - S_1' = \frac{q_1+q_2}{2}\Delta t,$$

上の関係から，(2.5)式を用いて，q_1，q_2 を消去し，時刻 t の時の値を知って時刻 $t+\Delta t$ の時の値を求めるための図式解法に都合がよいように整理すると，

$$\frac{1+(1+\beta)\gamma}{1+\beta\gamma}S_2 + \frac{O_2}{2}\Delta t = \frac{1-(1-\beta)\gamma}{1+\beta\gamma}S_1 - \frac{O_1}{2}\Delta t + \frac{I_1+I_2}{2}\Delta t + \frac{2\beta\gamma}{1+\beta\gamma}S_1' \ , \quad \cdots\cdots (2.6)$$

$$S_2' = \frac{1-\beta\gamma}{1+\beta\gamma}S_1' + \frac{\gamma}{1+\beta\gamma}(S_1+S_2) \quad \cdots\cdots (2.7)\ , \qquad \gamma = \frac{c \cdot \Delta t}{2} \quad \cdots\cdots (2.8)$$

となる。これらの式と貯留関数 $S = a \cdot O^m$ とから流出量 O_2 を逐次計算する。このモデルを規定する定数は a，m，c および β の4個である。

3. 流域への応用

この遊水モデルを流域に応用するに際しては，流域はこのような貯水池が直列に数個列なるものとし，流域への降雨は一体となって最上流端の貯水池への流入量となるものと考える。そして，上流の貯水池からの流出は直ちに次の貯水池への流入となり，最下流端の貯水池からの流出がその流域からの流出を与えることになるのである。貯留池を2個以上直列にして幾段にもするのはピーク流量の降雨からの遅れを表現するために必要であるので，一般に大きい流域に対してはこの段数を多くしなければならなくなる傾向がある。しかし，これを多くして n 段にもすると，前述のように一つの貯留池の定数が4個であるから，一般には一つの流域に対して合計 $4n$ 個のパラメーターが存在することになって，解析方法の普遍化のためには良くない。

パラメーターの数はできる限り少なくすることが望まれるので，この研究では種々検討の結果，$\beta = 1$，$m = 1/3$，$n = 3$ と固定することにし，流域の特性によって変わる量を a および c の2個とした。$\beta = 1$ とするのは遊水部の面積が貯留部と累等しいことを示すだけで，他に根拠はない。$m = 1/3$ とするのは2～3の検討の結果であって，C. F. Izzard の薄層流の考えの結論とも一致する。$n = 3$ とするのは，これより多くなると計算が厄介になるし，これより少ないとピーク流量の遅れを適確に表わしにくくなり，我が国の河川流域の大きさならこの程度で十分と見ている。

4. 適用例，その検討

この遊水モデルによる解析法を資料の整っている利根川特に神流川の実測に適用した。（図は紙面の都合で講演時に示す）また，他の方法とも2～3比較したが，貯留関数法に比べ増水初期と減水末期に著しい差違が現れて実測値によく適合することがわかった。特に降雨の初期損失をほとんど考えなくてよく，洪水期間中なら基底流量に対する配慮も不必要になることがこの方法の長所であろう。