

II-59

2 段貯留型モデルによる洪水流出解析

群馬高専 正員 山本好克

1. はじめに

洪水流出計算法の1つである貯留関数法は、流出現象の非線形性を比較的単純な構造式で表現されており、計算も簡便かつ迅速にできるが、実際に1対象流域での種々の洪水流出を解析してみると、モデルが有している各係数が洪水ごとに異なって値となる。このうち、一次流出率と飽和雨量はともかくとして、貯留関数の係数と遅滞時間は、モデルの構造上1対象流域では定数となるべき性質のもので、異なった値をとることは不都合であり、ひいては、洪水予測やモデルの総合化を計る上で問題となる。また、1000km²以上の大流域を対象とする場合には、流域や河道を分割して計算が行われるため¹⁾、係数の決定方法や計算時間が問題となる。

ここでは、先に²⁾、利根川水系神流川流域渡瀬地点（流域面積 373.6km²）の洪水流出解析を通してその有用性を確かめた“ずれ時間を導入した2段貯留型モデル”を、大流域である利根川水系烏川流域岩鼻地点（流域面積 1188km²）および那珂川水系那珂川流域野口地点（流域面積 2181km²）の実測洪水流出の解析に適用し、上述の貯留関数法の問題点の改良の可能性およびモデルの有用性について検討する。

2. 2段貯留型モデルの基本式および流出解析法

“ずれ時間を導入した2段貯留型モデル”の基本式は、河道における洪水流の水理学的運動すなわち不定流の基礎方程式から導いた式を基本型とし、それを貯留量と流出量との2価性構造を表現するために2段としたものであり²⁾、次式で表される。

$$\text{連続方程式} \quad \frac{dS_i}{dt} = I_i - Q_i \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{運動方程式} \quad S_i = k_i Q_i^{1-p} \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここで、 i ：段数（上段を1、下段を2とする。）、 I ：貯留域への上流からの流入量（上段の貯留域に対しては有効雨量、下段のそれに対しては上段の貯留域からの流出量を表わす。）、 Q ：貯留域からの流出量（上段の貯留域からは下段への流入量、下段の貯留域からは直接流出量を表わす。）、 k ； m ：貯留域の下流への流出に関する定数である。さらに定数として、下段貯留域から流出した流出量を一定区間流下するに要する時間 T （ずれ時間）が必要となる。

2段貯留型モデルの基本式（1）、（2）を用いて、迅速かつ実用的な流出計算を行なうためには、上下2段とも共通な定数 k 、 p を用い、基本式から導かれる次式の常微分方程式を、各段ごとに Runge-Kutta 法を用いて解けばよいことになる。

$$\frac{dQ}{dt} = \frac{1}{kp} (\bar{I} - Q) Q^{1-p} \quad \dots\dots\dots (3)$$

ここで、貯留域上段への $\bar{I}$ は、時間内の平均有効雨量を、下段へは上段からの流出量 Q の時間内平均値を $\bar{I}$ とする。こうして得られた下段からのハイドログラフを一定時間 T だけずらしたものが求められるハイドログラフとなる。この際、各定数は、それらが流域個有の特性によって決まるものとしているが、それには特性の異なる多くの流域での流出解析を行い、それらの相互関連から捉える必要がある。現段階では各流域について試行的に決定することになる。

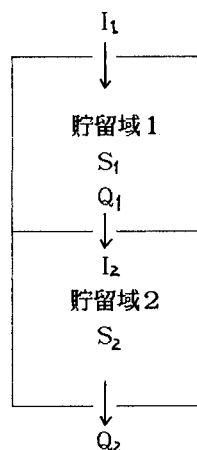


図-1 モデルの概念図

3. 実流域への適用例

洪水流出計算においては、有効雨量すなわち流出率の決定が問題となり、種々の算定法が提案されている。

ここでの解析では、定数 k 、 p および流出率 f を同時に試行して決定することにする。すなわち、図-2に示すように、洪水流出解析区間を、降雨の始めから片対数上での実測ハイドログラフ低減部第2折曲線までとし、その区間での実測と計算ハイドログラフとの適合性が最適となる定数 k 、 p および f を試行して決定する。なおこの際、有効雨量は一定比損失雨量法を用いて算定し、また、最適な適合性の指標としては、実測値と計算値の相対誤差の平方和の最小値とする。

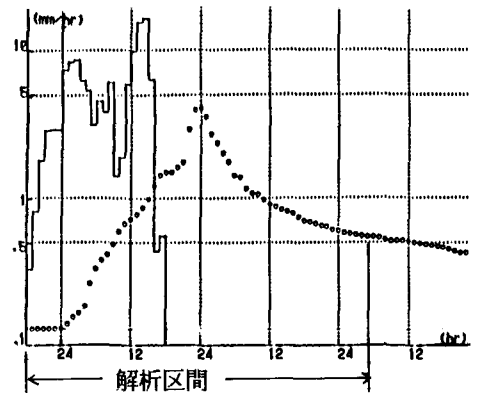


図-2 実測ハイドログラフの1例

図-3、4には、烏川流域および那珂川流域での洪水流出解析結果の1例を示してある。これらの図から実測値と計算値の良好な適合性が見い出される。また、他の実測洪水流出を解析してパラメータを試行した結果、流出率 f は別として、モデルの各定数の値は、各流域ごとに同一値を設定でき、烏川流域では、 $p = 0.3$ 、 $k = 32.0 \text{ mm}^{0.7} \cdot \text{hr}^{0.3}$ 、 $T = 2 \text{ hr}$ 、那珂川流域では、 $p = 0.3$ 、 $k = 22.0 \text{ mm}^{0.7} \cdot \text{hr}^{0.3}$ 、 $T = 6 \text{ hr}$ となる。

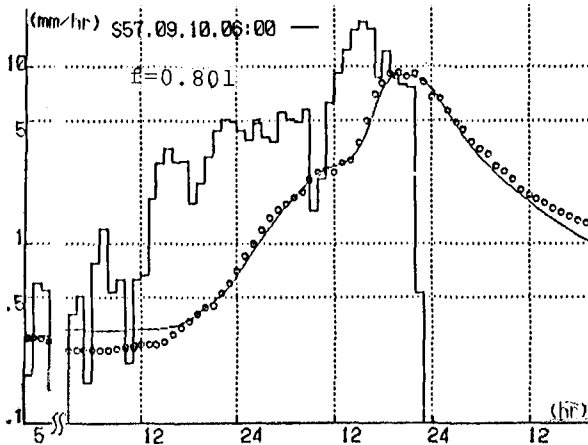


図-3 烏川流域洪水流出解析例

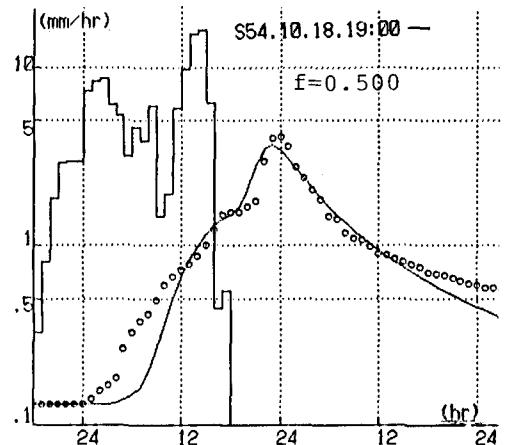


図-4 那珂川流域洪水流出解析例

4. おわりに

“ずれ時間を導入した2段貯留型モデル”を大流域の洪水流出解析に適用した結果、実測値と計算値との良好な適合性が見出されたと同時に、モデルの各定数が同一流域での異なった洪水流出においても同一値設定の可能性が見出され、単純なモデル基本式および簡便かつ迅速な計算法などを考え併せると、モデルの有用性および実用性が推量できた。なお、ここで用いた流出率決定方法については今後充分な検討を要するが、従来の算定法と比べ、人為的要因がやや解消された方法であろうと考えられる。

ここでのモデルの一層の有用性を検討するためには、種々の流域での多くの洪水流出を解析する必要がある、またこのことを通して、各定数と流域個有の特性値との関連性を捉え、実用的なモデルとして行きたい。

最後に、貴重な資料を提供して下さった建設省関東地建高崎工事事務局にお礼申し上げる次第です。

参考文献

- 1) 建設省水文研究会：流出計算例題集 2、昭和57年2月
- 2) 山本：貯留関数型洪水流出モデルの検討、第13回関東支部技術研究発表会、1986、3月