

## II-308

### 水面勾配を考慮することによる水位-流量曲線の二価性の補正について

中央大学理工学部 正員 大原 憲明 中央大学理工学部 正員 志村 光一  
中央大学大学院 学生員 松木 浩志 中央大学理工学部 正員 山田 正

#### 1. はじめに

著者らは物理的観点に立脚した洪水予測システムの構築を目指し研究を行っている。本研究ではそのシステムで用いられている不定流解析を用いて、洪水波の特性について検討を加える。水位観測所では水位から流量に換算する際、その観測地点ごとの水位-流量曲線が広く用いられている。しかし、一般に水位-流量曲線は二価性を持つことが知られており、流量への換算の精度を向上させるためには無視することはできない。利根川を対象とした不定流計算の結果を用い、一意的に水位から流量を求める方法について検討を加えた。

#### 2. 計算手法

(1)式、(2)式は不定流の基本式であるサン・ヴェナンの式であり、水位計算点と流量計算点を交互に配置するスタッガート法で差分化し、陰解法6点アボットスキームによって解いている。

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q \quad (1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial \left( \alpha \frac{Q^2}{A} \right)}{\partial x} + gA \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{n^2 g Q |Q|}{AR^{4/3}} = 0 \quad (2)$$

#### 3. 計算条件

図-1は計算に用いた河道網の図であり、建設省関東地方建設局の管内図に掲載されている河川（52河川）を選び、河道最上流は1/40万の地形図上で河川が認識できるところまでを解析対象とした。なお河床横断形状は主要河川においては実測のものを用いた。解析に用いた河道網の粗度係数として上流端および横流入の流入流量、下流端の潮位変動の配置を図-1に示した。図-2は上流端の境界条件として用いた流出高のハイドログラフと、下流端の境界条件として用いた潮位の時系列を示す上流端条件には単位面積あたり全て同一のハイドログラフ(Γ分布形)を用い、これを各支川の持つ流域面積倍したものを上流端条件としている。

#### 4. 水位-流量関係の特性

図-3は栗橋(河口から130km)における水深ハイドログラフであり、こうして得られた不定流計算結果をもとに以下の検討を行う。図-4.5はそれぞれ八斗島(河口から181km)、栗橋(河口から130km)における、水深-流量曲線である。図-5の栗橋のものに注目すると同一水深(12m)においても水位の上昇時と下降時には流量が2350(m<sup>3</sup>/s)(全体の約17%)も異なっている。この二価性を示す原因は図-6のように洪水波による水位の上昇時と下降時の水面勾配の違いに起因する。しかし、上流(八斗島)においては水面変動に対して河床勾配が大きいため、その効果が水深-流量関係には及ばない。逆に河床勾配が小さくなる中流域以下では二価

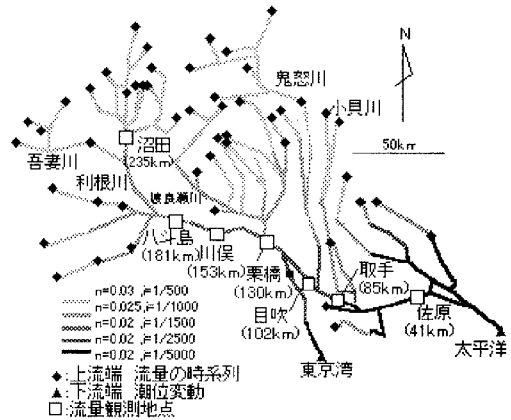


図-1 河道網と各河川に配置した河床勾配と基準河床粗度

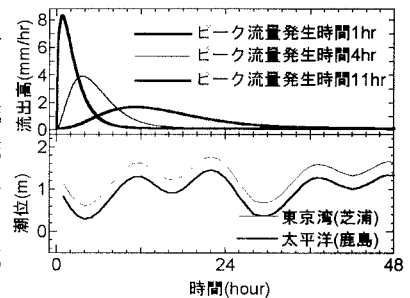


図-2 上流端及び下流端の境界条件として用いられた流量と潮位の時系列

キーワード：水位-流量曲線、水面勾配、洪水波、大規模河道網、不定流解析

連絡先（〒112-8551東京都文京区春日1-13-27・TEL 03-3817-1805・FAX 03-3817-1803）

性が顕著にあらわれ、水位から流量を算定する際この影響を無視することはできない。さらに栗橋の水深-流量曲線は水深10m前後で大きく傾きを変えているのがわかる。これは水深10m付近で高水敷に水面が達したものと考えられ、二次曲線で近似するだけでは表現しきれない。

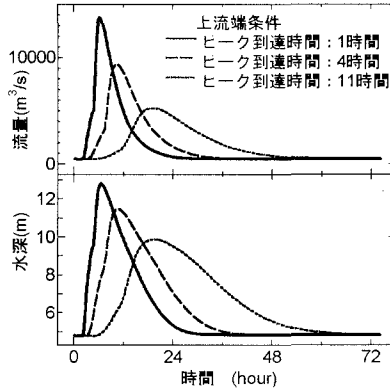


図-3 栗橋における流量と水深の時系列

また、さらに下流に向かい河口に近づく、潮汐の影響のため水深-流量曲線は反時計回りのループを描く。水面勾配だけでなく流速を測定しないかぎり感潮域において水深流量関係から流量を推定することが困難であると考えられる。

#### 5. 水面勾配を考慮した水深-流量関係

水深-流量曲線が二価性をしめす中流域(栗橋)において流量を算定するためには、水面勾配を測定し考慮すればよいものと考えられる。河川を矩形断面と近似し局所的に等流を仮定し、Manningの式から流量・エネルギー勾配と水深の関係を導いたものが(3)式である。

$$\frac{Q}{\sqrt{i}} = \frac{1}{n} B h^{5/3} \quad (3)$$

$Q$ : 流量,  $i$ : 水面勾配  
 $n$ : 河床粗度,  $B$ : 川幅  
 $h$ : 水深

この関係をもとに、水深と流量・水面勾配の関係を描いたのが図-7であり、これは図-5の水深-流量曲線に対応している。なお水面勾配は2地点の水位の差とその距離から計算することができる。この図より洪水の規模によらず一価の関係が見出すことができる。この関係から水面勾配を測定しそれを考慮することにより、水深から一意的に流量を算定することができる。

#### 6. まとめ

本来ならば実測データを用いて検討を行うべきであったが、観測により洪水時の流量や水面勾配の真の値を得ることは困難であるため、本研究では不定流の計算結果を用いた。その結果水面勾配による水深-流量曲線の二価性は、水面勾配を考慮することにより補正することができることが確認できた。

1) 河床勾配が小さくなる下流域にいくほど、水深-流量曲線はより顕著な二価性を持つ。2) 水面勾配を考慮することにより、水深から一意的に流量を算定することができる。3) 河床形状によっては一つの二次曲線で回帰するだけでは不十分な場合も考えられることが確認できた。

**参考文献** : 1) 水文・水資源学会編: 水文・水資源ハンドブック, 朝倉書店, pp.67-69, 1997. 2) 山田正, 池永均, 大原憲明, 松木浩志, 志村光一: 第4回河道の水利と河川環境に関するシンポジウム論文集, 1998.

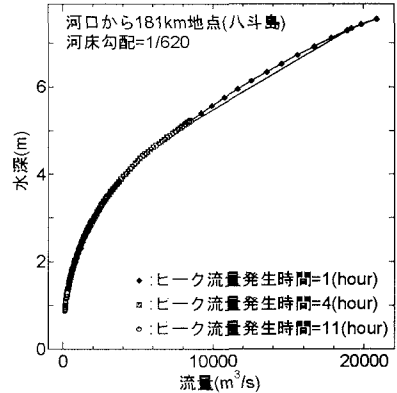


図-4 八斗島における水深流量曲線

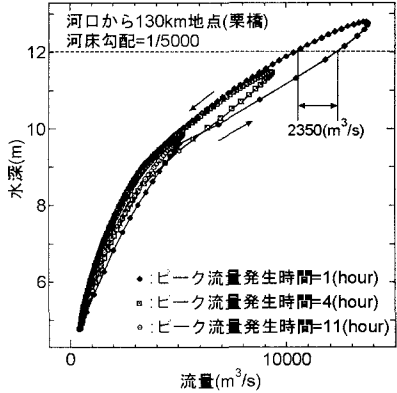


図-5 栗橋における水深-流量曲線

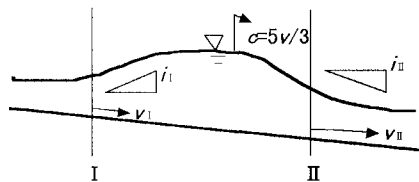


図-6 洪水波の模式図

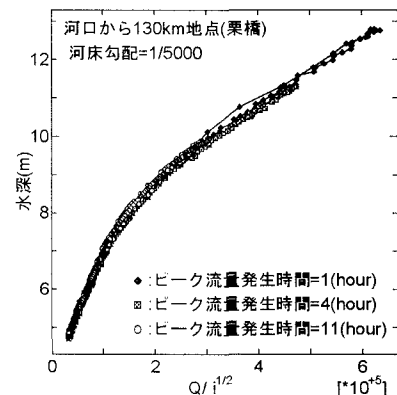


図-7 栗橋における水深水面勾配と流量の関係