

通水能の概念及び通水能を用いた流量算出手法の提案

中央大学大学院 学生員 高木宏郎
 中央大学大学院 学生員 Quimpo Maritess

中央大学大学院 正会員 本永良樹
 中央大学大学院 正会員 石崎勝義
 中央大学理工学部 フェロー会員 山田正

1. はじめに

河川流量の算出方法として、水位 流量曲線(H-Q 曲線)を用いる方法がある。一例として、河口から約 45.5km 地点での実測の水位と流量の関係を図 1 に示す。図 1 のように水位と流量の関係は、1 つの出水に対して二価性を持つ場合がある。流量は、この関係に対し回帰的に導出される 1 本の H-Q 曲線から算出されるため、同じ水位に対して実際とは異なる流量をとる場合がある。このことは水位から流量への換算精度を向上させる上で無視できない。また、caseA の出水と caseB の出水のように、出水毎に異なるループを描く。水位と流量の関係は、洪水波の水位上昇時と下降時の水面勾配の違いから二価性を持つ事が一般的に知られている。山田ら⁽¹⁾は二価性を解消するために、水面勾配を考慮した手法を提案している。この手法は河川の流れを局所的に等流と仮定し、Manning の平均流速公式と連続の式から流量・エネルギー勾配と水深の関係について導いた(1)式に示すパラメータを利用する方法を示した。

$$\frac{Q}{\sqrt{i}} = \frac{1}{n} R^{2/3} A \quad (1)$$

$$Q = K \cdot i^{1/2} \quad (2)$$

ここに、 Q :流量[m³/s], i :水面勾配, n :Manning の粗度係数[s・m^{-1/3}], R :径深[m], A :断面積[m²]とする。水面勾配は流下方向への 2 地点の水位差とその 2 地点の距離から計算する。この Q/\sqrt{i} と水深の関係が一価性を有する事と、水位と同時に水面勾配を測定する事で、流量を一意的に算出できる事を示した。(1)式を用いた場合、Manning の平均流速公式と連続の式から、流量と水面勾配の関係は(2)式の形で表せる。本論文において、この K を新たに通水能と定義する。 K は、水深の変化による n, R の変化も含む。

近年、河川情報の公開が進む中で、提供される流量データの精度に関する要求が高まっている。このような背景を踏まえ、これまで河川流量の算出に用いられてきた H-Q 曲線に代わり、通水能 K を用いて水位 通水能曲線 (H-K 曲線) を作成し、水位及び水面勾配を測定して、そのデータと H-K 曲線から(2)式を用いて、リアルタイムに河川流量を算出する新しい手法を提案する。これは H-Q 曲線を用いる手法で見られる 2 価性を解消し、水位から流量を一意的に算出できる。また、測定するデータ数が水面勾配を測定する事で増えるため、データ数が増えたことで必然的に水位から流量への換算精度も高まる。

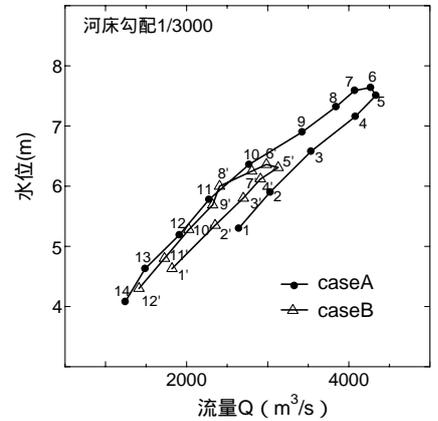


図 - 1 実際の水位流量の関係の一例
 A 地点(河口から 45.5km)の観測値

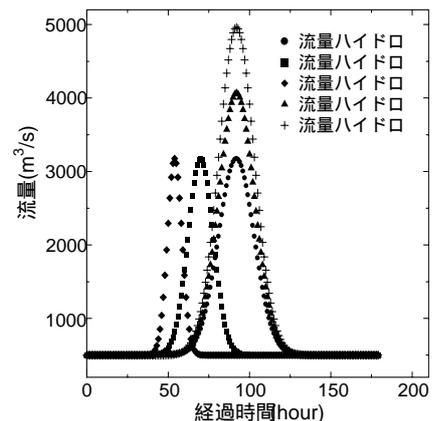


図 - 2 上流端境界条件として用いた流量の時系列

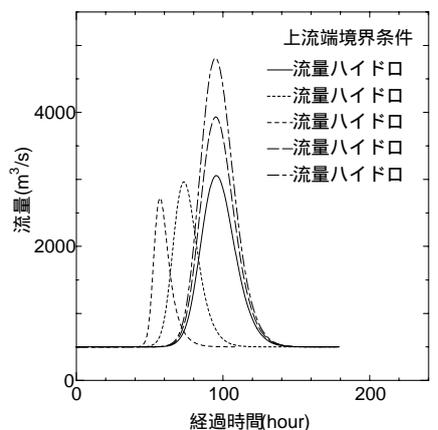


図 - 3 上流端から 25km 地点における流量ハイドログラフの計算結果

キーワード 流量, 通水能, 水位流量曲線, 水位勾配

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13 27 TEL 03-3817-7409 E-mail: yamada@civil.chuo-u.ac.jp

K を流れへの抵抗と考え、水面勾配 i を重力の影響と考えれば、(2)式は Manning の平均流速公式と同様に考えられる。

本研究では矩形断面水路を対象に、上流端に洪水ハイドログラフを与えた時の流れの変動を 1 次元不定流計算を用いて再現し、その結果から H-K 曲線を作成して、河道における H-K 曲線を用いて流量を算出する手法の有用性について検証する。

2. 研究内容

矩形断面開水路流れについて一次元不定流計算を行い、その結果から H-K 曲線を作成する。水路条件は、水路延長 50km、水路勾配 1/10000、水路幅 500m、河床粗度係数 0.03 とする。

a. 計算の基礎式・計算手法

基礎式は連続の式(4)式と 1 次元の運動方程式(5)式である。(4)式、(5)式を水位計算点と流量計算点を交互に配置するスタガード法で差分化し、陰解放 6 点アボットスキームによって解いている。

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \tag{4}$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial \left(\alpha \frac{Q^2}{A} \right)}{\partial x} + gA \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{n^2 g Q |Q|}{AR^{4/3}} = 0 \tag{5}$$

Q :流量[m³/s], A :通水面積[m²], R :径深[m], α :流速分布形状による補正係数 (=1) h :水位[m], n :Manning の粗度係数[s・m^{-1/3}]

b. 計算条件

上流端境界条件として図 2 のような複数の流量ハイドログラフを与える。下流端境界条件は水位一定とする。全てのハイドログラフの基底流量は 500m³/s とし、この流量に対して Manning の平均流速公式から逆算できる水深と流速を初期条件として水路全域に一様に与えた。

3. 計算結果

矩形断面開水路の上流端に各流量ハイドログラフを与えた際の上流端から 25km 流下した地点における流量及び水位ハイドログラフの計算結果を、それぞれ図 3,4 に示す。図 5 は図 3,4 から作成した水位と流量の関係である。本計算においてそれらの関係は明確な二価性を示している。また上流端に与えたそれぞれの流量ハイドログラフに対して、水位と流量の関係は異なる反時計回りのループを描く。図 6 は水位と K の関係である。水位勾配測定地点間距離は、1km,2km,3km の場合で行った。上流端に与えた流量ハイドログラフに関わらず水位と K の関係は一価性を示す。この傾向は水位勾配測定地点の間隔距離を変えても変化しない。また、水位と K の関係は、上流端境界条件によらず、同一の曲線上に乗る。

4. まとめ

水位と通水能 K の関係は、洪水ハイドログラフの形状に関わらず一価性を示し、かつ単一の曲線で表せる。また矩形断面水路の場合は、得られる H-K 曲線は、水面勾配の測定間隔距離によって変化しない。このことから、H-K 曲線を用いることで、一意的に流量が算出できる事を示した。

参考文献

1)大原憲明, 志村光一, 松木浩志, 山田正(1999): 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 (土木学会年次講演会講演概容集第 2 部, 54 巻, pp.618-619)

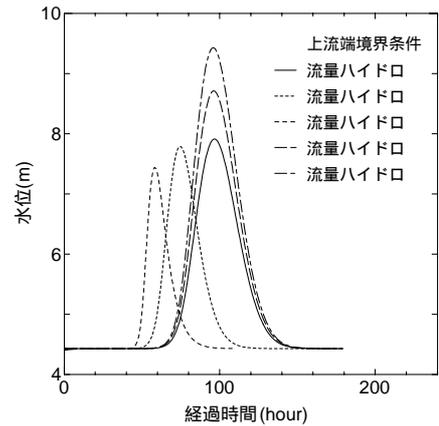


図 - 4 上流端から 25km 地点における水位ハイドログラフの計算結果

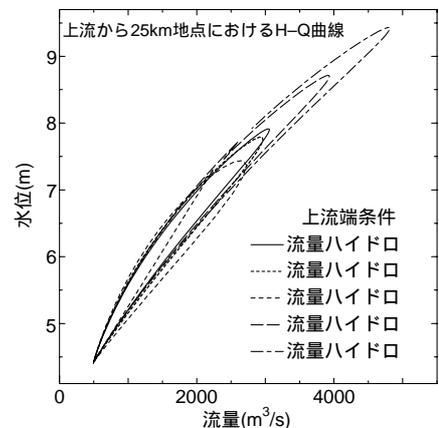


図 - 5 上流端から 25km 地点における H-Q 曲線

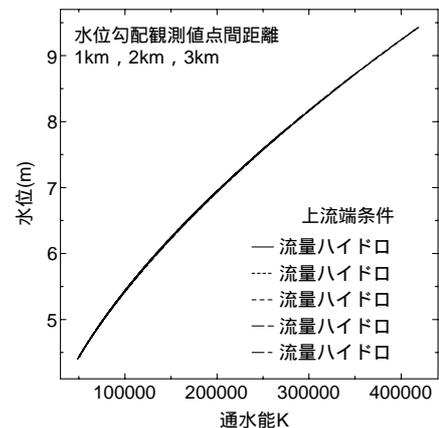


図 6 上流端から 25km 地点における H-K 曲線