

水位通水能曲線を用いた流量算定手法の実河川への適用についての研究

中央大学理工学部 学生員 ○井垣友孝 中央大学大学院 正会員 本永良樹
 中央大学大学院 学生員 Maritess Quimpo 中央大学理工学部 710-会員 山田正

1. はじめに

河川流量を算出する際には、流量を測定する地点において、先に水位と流量を観測し、それを基に水位-流量曲線（H-Q曲線）を作成する．その後はリアルタイムで測定する水位をこのH-Q 曲線にあてはめて流量を算出する．しかしながら、水位と流量の観測値をプロットしていくと図-1のようにループを描くことがある．その場合一つの水位に対して流量が二価性を示す．そのため、ある水位に対して得られる流量が実際と異なる場合があり、これは水位-流量曲線から流量を算出する際の精度を向上させるためには無視できない．山田ら¹⁾は水面勾配を考慮することで、水位から一意的に流量を算出できる手法を提案している．この手法の有用性はこれまでは一次元的解析でのみ示されてきた．

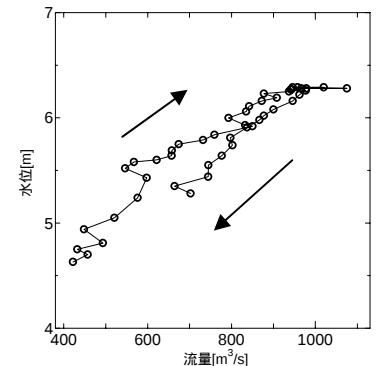


図-1 実際の流量と水位の観測値の関係の一例

2. 本研究の内容

HとQの関係が二価性を有するのは洪水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．この二価性に対処するため、山田ら¹⁾の提案した手法を以下に示す．まず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・水面勾配と水深の関係について(1)式を導く．

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

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]である．水面勾配は流下方向の2地点の水位差とその2地点間の距離から計算する．山田ら¹⁾はこの $Q/\sqrt{i}$ と水位の関係が一価性を有することを示し、この関係を先に求め、リアルタイムで測定した水位から $Q/\sqrt{i}$ を一意的に算出し、さらに別にリアルタイムで測定した水面勾配を用いて Q を一意的に導く方法を提案した．ここで(1)式の右边を K とおくと、

(2)式ようになる． K は通水能を意味する． K は水位の変化による n 、 R の変化を含む係数である．この通水能 K を用いて水位-通水能曲線（H-K曲線）を作成する．本研究では実際の河道に近い2次元性を有する複断面開水路、狭窄部を有する開水路（以下、狭窄部開水路と呼ぶ）を対象として、上流端に洪水ハイドログラフを与えた時の流れを二次元不定流計算により再現し、その結果からH-K曲線を作成することで2次元性を持つ河道でもH-K曲線が有用性を示すことを確認する．

3. 再現計算

複断面開水路、狭窄部開水路を対象として2次元不定流計算を行った．基礎式は連続の式と2次元不定流の基本式である．基礎式の離散化には変数を leap-frog 法で配置し、陽的に解いた．3-1. 水路形状 (a)複断面開水路：図-2に示すように両側に高水敷を有する形状とする．水路延長20km、水路幅500m、低水路幅400m、片高水敷幅50m、高水敷高さ6m、水路勾配1/1000とした．低水路粗度係数0.025、高水敷粗度係数0.04とした．(b)狭窄部開水路：狭窄部開水路の平面図を図-3に示す．水路延長20km、水路幅は500m、狭窄部の水路幅は300m、水路勾配1/10000、粗度係数は0.025である．3-2. 計算条件 上流端境界条件として複断面開水

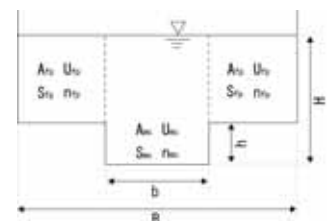


図-2 複断面横断形状

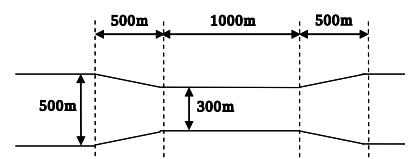


図-3 狭窄部平面図

キーワード 流量 水面勾配 水位流量曲線 水位通水能曲線

連絡先〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学 T E L 03-3817-1805 E-mail : igaki-tomotaka@civil.chuo-u.ac.jp

路には図-4, 狭窄部開水路には図-5 の流量ハイドログラフを与え, 下流端境界条件は水位一定とする. 側壁での条件はSlip条件とする. 初期条件は基底流量 $500[\text{m}^3/\text{s}]$ を与え, 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水路全域に一様に与えた.

4. 計算結果と考察

(a) 複断面開水路: 図-6 は複断面開水路の上流端から 10km 流下した地点における H と Q の関係である. 複断面開水路において H と Q はループを描き明確な二価性を示している. また上流端に与えた流量ハイドログラフごとに H と Q のループは異なっている. 図-7 は同地点における H - K 曲線であり, 上流端に与えた流量ハイドログラフに関わらず H - K 曲線は一意性を示す. これは水位勾配測定地点間隔距離を変えても変化しない. 矩形断面開水路流れの再現計算で得た結果とあわせると, 流下方向に断面が変化しない場合には水位勾配測定地点間隔距離に関わらず, 一意の H - K 曲線が得られることがわかった.

(b) 狭窄部開水路: 図-8 は狭窄部開水路の上流端から 10km 流下した地点, 狭窄部中央における H と Q の関係である. 複断面開水路の場合と同じく狭窄部開水路においても H と Q の関係はループして二価性を示している. また上流端に与えた流量ハイドログラフごとに H と Q のループは異なっている. 図-9 は同地点における H - K 曲線であり, 上流端に与えた流量ハイドログラフに関わらず H - K 曲線は一定である. また水面勾配測定地点間隔距離をそれぞれ 1km, 2km, 3km と変化させると狭窄部中央部においては H - K 曲線の勾配が緩くなる傾向が見られた.

5. まとめ

本研究により得られた知見を以下にまとめる.

(1) 複断面開水路, 狭窄部開水路などの二次元性の強い流れ場においても, H - Q 曲線に明確な二価性が見られる場合でも, H - K 曲線は一価性を示す.

(2) 同一水路でも与える洪水ハイドログラフの形状によって H - Q 曲線は変化するが, H - K 曲線は一つの開水路については一つの曲線が定まる. (3) 開水路断面が流下方向に一樣な場合には, H - K 曲線は水位勾配測定地点間隔によらず一定である. (4) 開水路断面が流下方向に変化する場合には, 水位勾配測定地点間隔によって H - K 曲線の勾配が異なる.

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, 土木学会年次学術講演会講演概要集第2部, 54巻, pp.618-619.

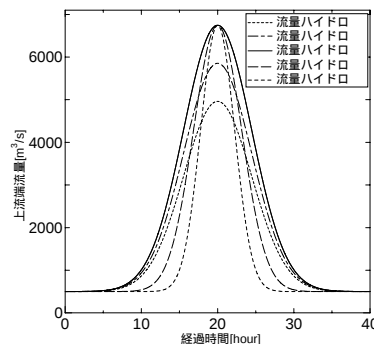


図-4 複断面開水路上流端に与えた流量ハイドログラフ

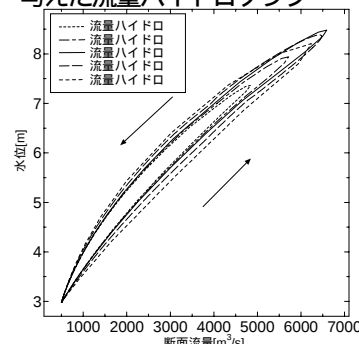


図-6 各ハイドロを与えたときの複断面開水路流下方向 10km 地点における H と Q の関係

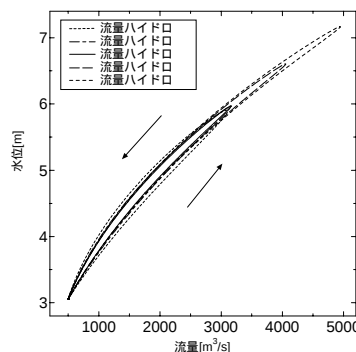


図-8 各ハイドロを与えたときの狭窄部開水路流下方向 10km 地点における H と Q の関係

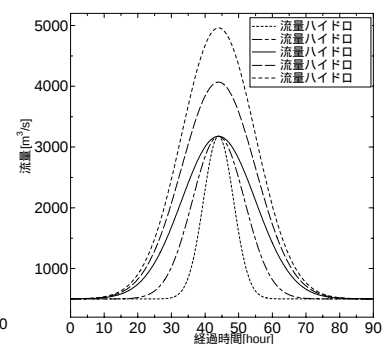


図-5 狭窄部開水路上流端に与えた流量ハイドログラフ

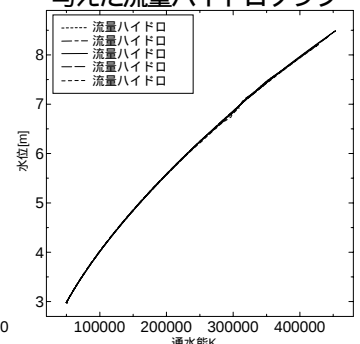


図-7 各ハイドロを与えたときの複断面開水路流下方向 10km 地点における H と K の関係

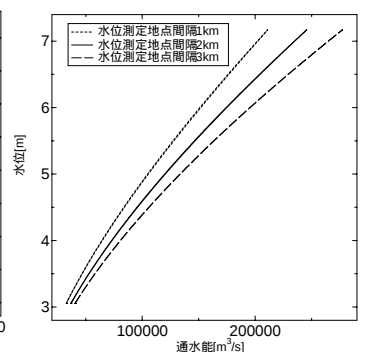


図-9 狭窄部開水路流下方向 10km 地点における水面勾配測定間隔を変えたときの H と K の関係