

開水路実験における水位と水面勾配を用いた流量算出手法の精度検証

中央大学大学院
(株)水文環境学生員 ○井垣友孝
正会員 本永良樹中央大学大学院
中央大学理工学部学生員 高木宏郎
フェロー会員 山田正

1. はじめに

現在、日本において河川流量を算出する際には、事前に観測地点において水位と流量を観測し、それを基に水位-流量曲線（H-Q曲線）を作成している。その後は水位をこの水位-流量曲線にあてはめて流量を算出する。しかしながら、主に洪水時における水位と流量の観測値をプロットするとループを描くことがあり、一つの水位に対して流量が二価性を示すことがある。例えば、出水時では図-1のcaseAのように、洪水の上昇時と下降時の流量の差が約700[m³/s]となる場合がある。この流量は一つのダムが制御する流量に相当する。これは洪水による水位上昇時と下降時の水面勾配の違いに起因する。水位-流量曲線はそれらの水位と流量の観測値を一本の曲線で近似しているため、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る。これは水位-流量曲線から流量を算出する際の精度向上には無視できない。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、著者等は流量算出手法の精度向上を目的として研究を進めている。

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、連続式(1)とManningの平均流速公式(2)から流量・水面勾配と水深の関係について(3)式を導く。

$$Q = A \cdot V \quad (1) \quad V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}} \quad (2) \quad Q = \frac{1}{n} R(h)^{\frac{2}{3}} A(h) I^{\frac{1}{2}} \quad (3) \quad Q = K(h) I^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

ここに、Q:流量[m³/s]、A:断面積[m²]、V:平均流速[m/s]、n:Manningの粗度係数[s/m^{1/3}]、R:径深[m]、I:水面勾配である。また水深に比べて水路幅が十分に広い広幅断面水路とみなすとRとAは水位hの関数となる。ここで(3)式の $1/n \cdot R(h)^{\frac{2}{3}} A(h)$ をKとおくと、(4)式のようになる。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。山田ら¹⁾はこのKと水位の関係が一価性を有することを示し、水位-通水能曲線（H-K曲線）を作成した。さらに別に測定したIを用いてH-K曲線からQを一意的に導く方法を提案した。既存の研究では一次元性、二次元性を有する流れを対象として数値計算結果によりH-K曲線が有用性を示すことが証明されている。本研究では開水路実験により、実験スケールでのH-K曲線の有用性の検証を行なった。

3. 実験概要

実験に用いた開水路は、水路幅0.9m、全長15m、河床勾配1/10000である。ピーク流量、洪水継続時間が異なる洪水を想定し表-1に示す3ケースの実験を行った。図-2には実験で取得したデータの位置図である。水面勾配測定間隔距離L

を4mとし、上下流2断面で同時刻に水深H₁、H₃を計測し水面勾配を求めた。中央断面では水深H₂と流速を測定した。水深計測にはデジタル式ノギスを使用し10秒間隔で計測した。流速計測には3次元電磁流速計を使用し1

キーワード 流量 水面勾配 水位流量曲線 通水能

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

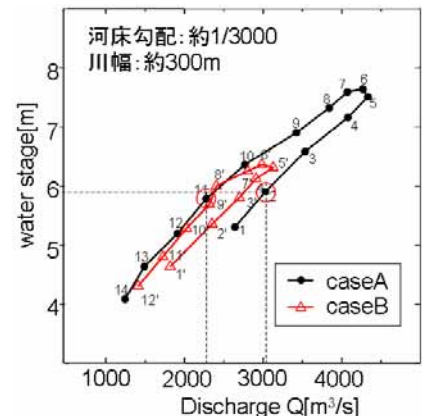


図-1 A河川の河口から44.5km地点における水位と流量の観測値 (川幅約300m、河床勾配約1/3000)

表-1

	ピーク流量 [l/s]	洪水継続時間 [s]
case1	20	360
case2	20	240
case3	35	360

秒間隔で計測した。

4. 実験結果と考察

図-3 は case2 の実験から得られた水面勾配の時系列と水位ハイドログラフである。水面勾配は前後 10 秒分のデータ(計 3 点)と、前後 20 秒分のデータ(計 5 点)を用い、移動平均を取った。これらをそれぞれ 3 点平均、5 点平均とする。水面勾配は洪水による水位上昇時に最大になり、下降時に最小となっている。図-4 は実験から得られた水位と流量の関係と H-Q 曲線である。流量は流速と断面積の積で求めた。実験による水位と流量の関係は 3 ケースともそれぞれ異なる反時計回りのループを描いている。図-5 は水位と通水能の関係と H-K 曲線である。通水能は実測の流量を 5 点平均した水面勾配で割って求めた。case3 の水位 6cm ~ 7.5cm の間を除き 3 ケースとも一価性の曲線を示している。図-6 は実験により得られた水位と流量の関係から作成した H-Q 曲線と水位と通水能の関係から作成した H-K 曲線を用いて算出した流量ハイドログラフである。H-Q 曲線から算出された流量は洪水による水位上昇期では実測流量より小さく、下降期では実測流量より大きいことがわかる。H-K 曲線から算出された流量は case1 の 180 秒から 300 秒の間以外、実測流量を再現していることがわかる。本実験は水路スケールであり、mm 単位の水位差を測定している。実河川においては水面勾配測定間隔距離を十分にとるため、水位差が大きくなると見込まれる。また、観測機器による水位の観測精度が上がるので水位差を精度よく測定でき、実河川での H-K 曲線を用いた流量算出が可能であると考えられる。

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) 開水路実験において、水位と流量の関係が二価性を描くのにに対し、水位と通水能の関係は一価性を描くことを示した。
- (2) H-K 曲線を用いることにより一意的に流量を算出する事が可能である事を示し、H-K 曲線の有用性を示すことができた。

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、土木学会年次学術講演会講演概要集第2部、54巻、pp.618-619

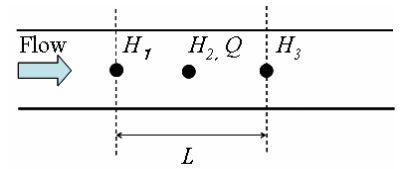


図-2 実験で取得したデータの位置図

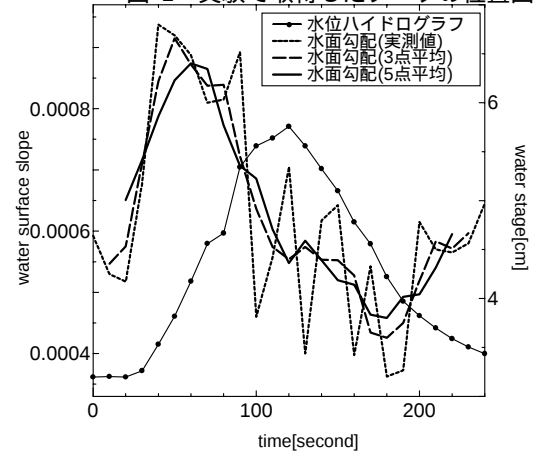


図-3 水面勾配の時系列(実験値)

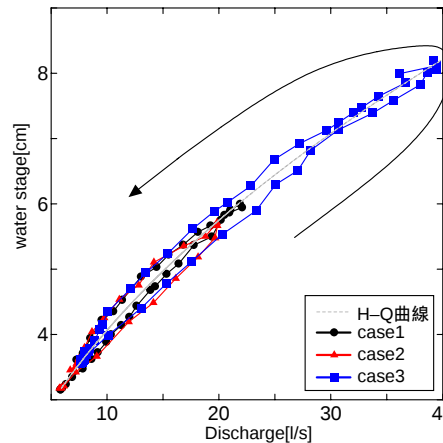


図-4 水位と流量の関係(実験値)

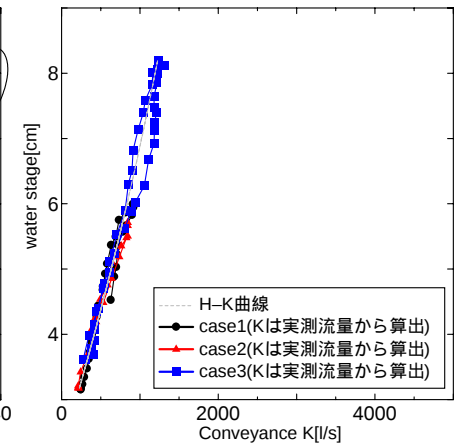


図-5 水位と通水能の関係(実験値)

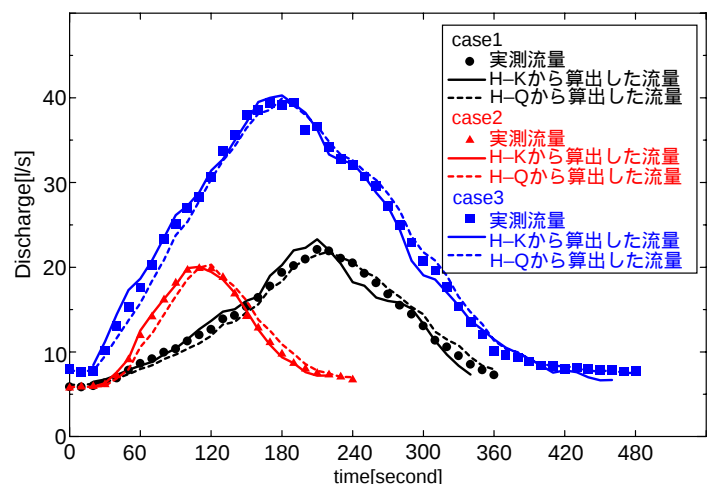


図-6 実測流量と算出流量ハイドログラフ