

水面勾配を考慮した水位流量曲線に関する一考察

首都大学東京大学院 都市環境科学研究科 学生員 ○大塚 理人
 東京都 土木技術支援・人材育成センター 正会員 高崎 忠勝
 首都大学東京大学院 都市環境科学研究科 正会員 河村 明
 首都大学東京大学院 都市環境科学研究科 正会員 天口 英雄

1. はじめに

水位データから河川流量を計算する際には、水位流量曲線を用いて連続的なデータを得ることができる。水位流量曲線としては2次式が多く用いられている。2次式の水位流量曲線は、流量観測によって得られた観測値の範囲内で用いることを標準としており、観測値の範囲を超えて適用する場合にはマンニングの平均流速公式（以下、マンニング式）等を活用し断面形状を加味した水理学的な水位流量曲線を作成することが望ましいとされている¹⁾。また、洪水時には水面勾配の急変により非定常効果が大きくなり、水位流量関係が単純な一価関数とならない場合があり、その場合、水面勾配を考慮することが好ましいとされる。著者らは、マンニング式を活用し河川断面形状および水面勾配を考慮した水位流量曲線を作成することで、都市中小河川の流下能力や治水安全度の評価を行ってきており、高水時においても適切な流量の計算が可能であることを示した²⁾。マンニング式を用いた曲線を作成する際には、河川の粗度係数の値を適切に設定する必要がある。コンクリート護岸で整備された中小河川の粗度係数は、低水時には河床材料の影響を強く受けることから、高水時と低水時で異なる値となる場合がある。水位の変化に伴う粗度係数の特性を把握することは、河川流量を適切に把握するうえで重要であると考えられる。本研究では都市中小河川を対象とし、高水流量観測データを用いてマンニング式から粗度係数を逆算し、その特性について検討を行った。

2. 対象地点および対象イベント

本研究では東京都の区部に位置する中小河川善福寺川を対象とする。善福寺川は杉並区の善福寺池に源を持ち、同区内で神田川に注ぐ延長約10.5kmを有する荒川水系の一级河川である。検討地点は図-1に示す松見橋地点および西田端橋地点とした。対象地点の河川断面形状を図-2に示す。松見橋は矩形の単断面、西田端橋は複断面であり、両地点ともにコンクリート護岸で整備されている。図-1に示すように対象地点の付近には東京都水防災総合情報システムの水位観測所が位置している³⁾。また、対象地点では表-1に示したイベントでそれぞれ高水流量観測調査を実施しており、増水時の実測流量データが存在している。対象イベント中の観測最大流量は、松見橋 11m³/s、西田端橋 42m³/s 程度である。都市中小河川の高水流量観測においては、実施の判断を強雨が観測される前に行う必要があることから大きな流量を観測することは困難であるが、西田端橋では比較的大きな流量を観測できている。本研究では、表-1の高水流量観測を実施した計7イベントを対象とした。

3. 粗度係数の検討

(1) 検討手法

各対象地点の流量観測の実測値を用い、式(1)で表されるマンニング式より粗度係数を計算し、これを逆算粗度係数とする。マンニング式より求めた逆算粗度係数は、実測の粗度係数に近いとされている⁴⁾。

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{1}{n} I^{1/2} AR^{2/3} \quad (1)$$

ここに、V: 平均流速(m/s), Q: 流量(m³/s), n: 粗度係数, A: 流積(m²),

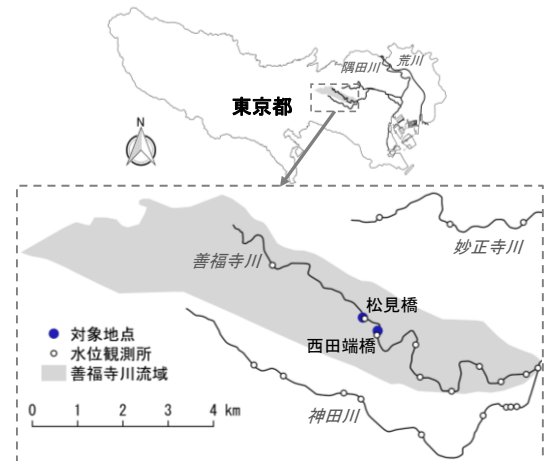


図-1 対象地点

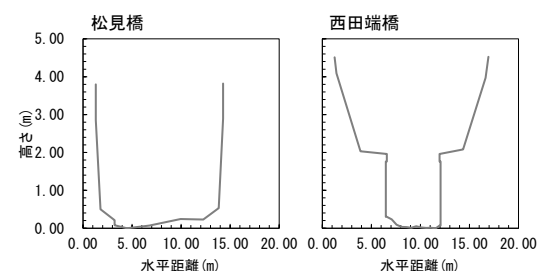


図-2 対象地点の河川断面

表-1 流量観測イベント

地点	対象イベント	観測回数	観測最大流量 (m ³ /s)
松見橋	2008/11/27~11/28	19	11.390
	2008/12/9~12/10	13	7.750
	2009/1/21~1/22	16	0.410
西田端橋	2014/10/6	11	41.857
	2014/10/13~10/14	21	26.721
	2014/11/25~11/26	8	0.951
	2014/12/11	6	0.373

キーワード 水位流量曲線, マンニングの平均流速公式, 粗度係数, 都市中小河川

連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 首都大学東京 E-mail : otsuka-masato@ed.tmu.ac.jp

R : 径深(m), I : 水面勾配. 径深および流積は, 横断測量により得られた対象地点の河川断面形状より水位に対応する値を算出することができる. 水面勾配は, 図-1 に示す対象地点のそれぞれ上下流側に隣接する2つの水位観測所の水位データを用い, 水位差を観測地点間の河道延長で除した値とした.

(2) 検討結果

図-3および表-2に両地点における逆算粗度係数と水位の検討結果を示す. 図-3 a)は松見橋における水位と逆算粗度係数の関係を示している. 逆算粗度係数の値は 0.03~0.09 程度の間でばらつきが確認される. コンクリート護岸の計画上の粗度係数は 0.0225 であるため⁵⁾, これらの逆算粗度係数は計画上の値の 1.2~4 倍程度に相当する. また, 水位が大きくなると粗度係数の値が小さくなる傾向も確認された. 図-3 b)は西田端橋における水位と逆算粗度係数の関係を示している. 図および表-2 より, 低水時には逆算粗度係数の値は 0.05~0.28 程度であり, 値とそのばらつきは非常に大きくなっている. 一方で, 水深が 2m 程度を超えた範囲では, 逆算粗度係数の値は概ね一定となっている. 水深2mを超えた範囲の逆算粗度係数の平均値は 0.032 (標準偏差 0.002) となった. 低水時に逆算粗度係数の値とそのばらつきが大きくなった要因として, 低水時に観測された流量は河床材料や植生等の影響を強く受けたためと考えられる.

4. 水位流量曲線の比較

高水時に逆算粗度係数の値が一定となった西田端橋について, マニング式と2次式の水位流量曲線をそれぞれ実測値と比較する. 図-4に, 対象イベントの中で最も大きな流量が観測された10月6日のイベントについて, 流量観測の実測値とそれぞれの式による水位流量曲線を示す. 図中には各実測値の観測された時刻を併記している. マニング式の粗度係数は図-3 a)の高水時の平均値 0.032 で一定としている. 図より, 水深が2mを超える範囲では2つの曲線は概ね一致し, それぞれ実測値を良好に再現している. 一方で, 水深が2m以下の範囲においては, マニング式は2次式と比較し, 流量を過大に評価している傾向がある. よって, マニング式を用いて水位流量曲線を作成する際には, 低水時と高水時で粗度係数の値を更新することや, 低水時には2次式の曲線式を採用する等, 曲線を分離して作成する必要があると考えられる.

5. むすび

本研究では, 東京都の都市中小河川を対象とし, 過去の高水流量観測イベントについてマニングの平均流速公式を用いて粗度係数を逆算し, その特性について検討を行った. 検討の結果, 逆算粗度係数は高水時には概ね一定の値となるものの, 低水時には河床材料や植生等の影響を受けて値とそのばらつきが大きくなる傾向にあることが示された. よって, マニング式を用いて水位流量曲線の作成を行う際には, 低水時と高水時で曲線を分離して作成することが好ましいと示唆された. また, 高水流量観測で大きな流量を観測できていない松見橋では, 一定となる逆算粗度係数が得られなかったことから, 高水流量観測調査においては一定規模以上の流量を観測することが望まれる.

参考文献

- 1) 国土交通省 水管理・国土保全局: 国土交通省河川砂防技術基準調査編, 2014.
- 2) 大塚理人, 高崎忠勝, 河村明, 天口英雄: 水面勾配を考慮した水位流量曲線による東京都中小河川の治水安全度の検討, 第24回地球環境シンポジウム講演集, pp.83-88, 2016.
- 3) 東京都建設局河川部防災課: 平成28年度東京都水防計画, 2016.
- 4) 河川研究室: 河床粗度係数の算定方法について, 開発土木研究所月報 No.533, 1997.
- 5) 東京都建設局: 東京の中小河川, 1985.

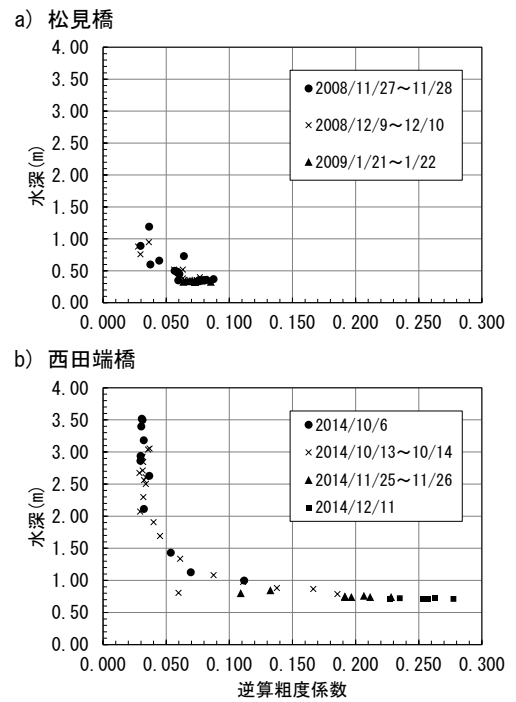


図-3 水位と逆算粗度係数の関係

表-2 逆算粗度係数の特性

	平均値	標準偏差	最大値	最小値
松見橋	0.066	0.015	0.088	0.028
西田端橋	0.103	0.084	0.277	0.029

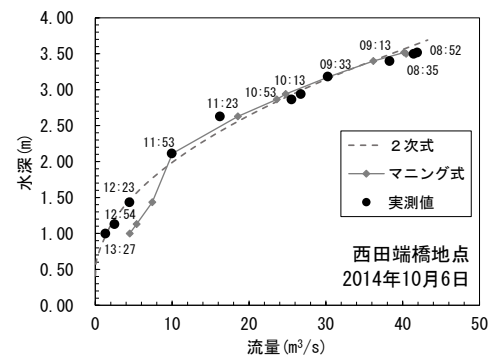


図-4 水位流量曲線の比較