

電波流速計による都市河川の洪水観測に基づく水位流量曲線の作成の試み

名城大学理工学部 学生員 植村陽一朗・打田佳紀
名城大学理工学部 正会員 原田守博

1. 背景と目的

河川における水位と流量は河川の計画や管理において重要かつ基礎的なデータである。河川水位は水位観測所により連続的に観測され、河川流量は水位観測所毎に設定された水位流量曲線（以下 $H-Q$ 曲線）を用いて観測水位を流量に変換することで連続的な流量の把握が行われる。国の管理する一級河川では低水位から高水位までの様々な水位で流量観測が実施され、豊富なデータを用いて $H-Q$ 曲線が整備されている。しかし、県や市が管理する中小河川では流量観測が行われておらず、 $H-Q$ 曲線は定められていないケースが多い。

中小河川で流量観測が難しい理由として、流域が小さいことに加え、市街地の拡大や排水施設の整備によって降雨に対する出水が速くなり、浮子などを用いる一般的な流量観測が間に合わないことが挙げられる。そうした流出応答の速い都市河川の洪水観測手法としては、隔測型流速計の活用や動画解析がある。本研究では名古屋市の都市河川・山崎川を対象に、電波流速計を用いた洪水観測を行い、 $H-Q$ 曲線の作成を試みる。

2. 山崎川流域の概要

対象とする山崎川の流域を図-1 に示す。山崎川は名古屋市千種区の猫ヶ洞池を水源とし、名古屋港に注ぐ二級河川である。河川延長は 12.4km、流域面積 26.6km²、土地利用は 97%が市街地である。名古屋市によって管理され、図-1 に示す瑞穂地点に水位観測所が設けられている。現在は $H-Q$ 曲線が設定されていないため、観測水位から流量を評価することはできない。



図-1 山崎川流域

3. 瑞穂水位観測所付近での洪水観測

3.1 流速と水深の現地観測

観測水位データを活用するための $H-Q$ 曲線の作成をめざして、水位観測所の直上流の瑞穂橋で流量観測を行なった。水位観測所と瑞穂橋との位置関係を図-2 に示す。流速観測には流水に触れない非接触型かつ可搬型の電波流速計（横河電子機器製）を、水深の観測には超音波水位計（本多電子製）を使用した。2017 年 8 月に実施された観測結果の一例を図-3 に示す。図中の雨量は近くの市瑞穂土木事務所のデータであり、降雨に対し速やかに水位が上昇し、降雨と水位のピークの時間差は 20 分足らずと素早い流出応答が見られている。



図-2 水位観測所と流量観測地点の位置関係

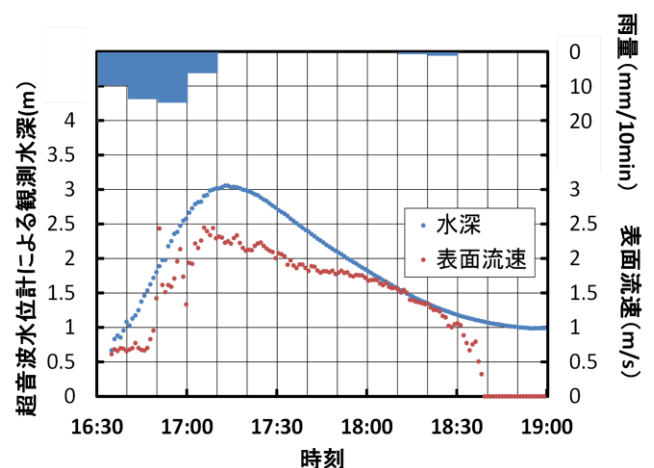


図-3 現地観測結果の例 (2017 年 8 月 11 日)

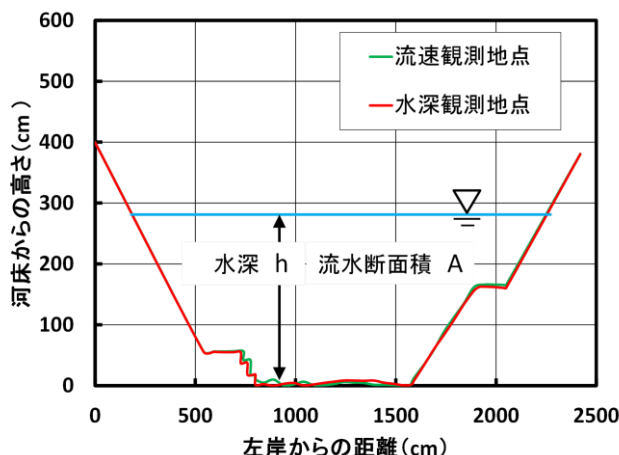


図-4 観測地点における河道の横断面形状

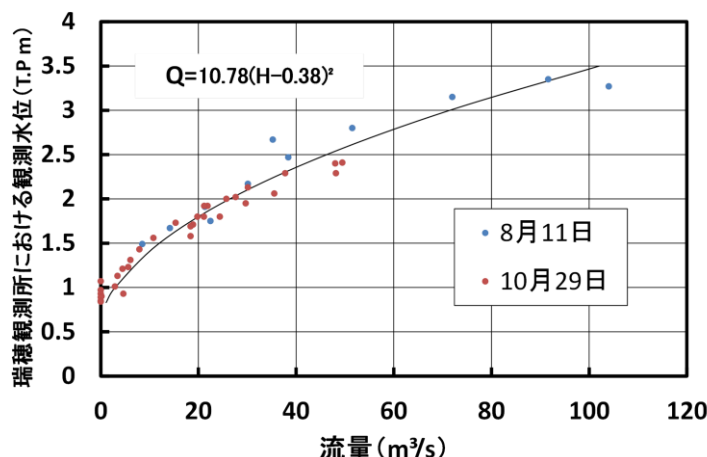


図-5 推定された山崎川・瑞穂地点の水位流量曲線

3.2 河川横断測量

流量の評価に必要な河道断面を把握するため河川測量を行った。図-4は水深観測地点と流速観測地点の二断面で得られた河道の横断面形を示したもので、二か所の横断面はほぼ一致していることが確認できる。この図をもとに、任意の水深 h における河道の流水断面積 $A(h)$ の関係を求めた。なお、河床の縦断勾配 I については、対象区間が河道整備の終了した区間であるので、河川整備計画¹⁾に記載された値を使用した。

4. 水位流量曲線の作成

4.1 表面流速から断面平均流速への変換

電波流速計により計測される値は河川の表面流速であるから、断面での平均流速に変換する必要がある。いま、開水路における粗面上の乱流を考えると、表面流速 u_s と水深 h の関係は次式で与えられる²⁾。

$$\frac{u_s}{u^*} = 8.5 + 5.75 \log_{10} \frac{h}{k_s} \quad (1) \quad \text{ここに、} u^* = \sqrt{ghI} : \text{摩擦速度, } I : \text{河床勾配, } k_s : \text{相当粗度である。}$$

現地観測で得られた u_s と h の測定値を用いて k_s を逆算すると、河床粗度を代表する k_s 値は 0.7~1.5m の範囲で変動し、平均的には 1m 程度とみられる。一方、水深 h_i の断面での平均流速 u_m は、式(2)に k_s 値を代入することで得られる。対象区間は図-4のように端正な河道形状をもち、樹木等の流れの障害物もないことから、河道の横断方向の速度変化は小さいと考えられることから、河道流量 Q は式(3)で評価することができる。

$$u_m(h_i) = u^*(h_i) \cdot \left\{ 6.0 + 5.75 \log_{10} \frac{h_i}{k_s} \right\} \quad (2) \quad Q = A(h_i) \cdot u_m(h_i) \quad (3)$$

4.2 水位流量曲線の作成

中央断面で観測された各時刻での表面流速 u_s と水深 h を用い、式(1)により相当粗度 k_s を、式(2)により断面平均流速 u_m を求め、水深 h に対する流水断面積 $A(h)$ を乗じることで河道流量 Q を求めた。図-5は、2017年8月と10月に実施された現地観測データに基づき、流量 $Q(t)$ と瑞穂水位観測所の観測水位 $H(t)$ との関係を散布図に示したものである。データプロットに対して回帰された H - Q 曲線は良く適合しており、観測された水位変動範囲での H - Q 曲線として一定の精度をもつものと考えられる。

5. おわりに

本研究では、山崎川を対象として電波流速計を用いた流量観測により、水位流量曲線を推定した。今回は流量が 100m³/s 程度までのデータを得て H - Q 曲線を求めたが、河川計画に応じた管理を行うには、より大きな出水に対応する必要がある。したがって、今後も引き続きより高水位の洪水観測を継続する必要がある。

参考文献

- 1) 名古屋市：二級河川山崎川水系 河川整備計画，平成 26 年 3 月。
- 2) たとえば，細井正延・杉山錦雄：水理学，pp.193-194，コロナ社，1997。