

可搬型電波流速計を用いた都市河川の洪水流量観測

名城大学理工学部 正会員 ○ 原田守博

名城大学理工学部 丹羽直人

名城大学理工学部 橋本和馬

1. はじめに

都市域における中小河川は、一般に流域面積が小さいうえ不浸透域が多く、雨水排水路網の整備により、降雨に対する出水応答がきわめて速い。加えて近年では局地的集中豪雨が頻発し、河川水位が急上昇する事例が報告されている。こうした状況に対し、基準地点で水位観測が実施されているものの、流速観測は殆ど行われていないため、水位 - 流量曲線が確立されていないままである。流速観測が不十分な原因として、出水が素早いために浮子による観測が難しいことや、洪水観測に適した流速計が無かったことが挙げられる¹⁾。そこで本研究では、最近開発された可搬型の電波式流速計を実河川に適用し、洪水流量の評価を試みた。

2. 可搬型電波流速計の精度検証

本研究で使用した電波流速計は横河電子機器(株)製 WJ-7661 である。実際の河川での使用に先立って、開水路において測定精度の検証を行った。初めに名城大学屋外水理実験場の可変勾配開水路(幅 0.6m)において電磁流速計との比較を行ったが、電波の照射範囲に対して水路幅が狭いためか、流れに対して過小な測定結果となった。そこで幅の広い水路として、(独)水資源機構・愛知用水の大高暗渠上流の開水路(幅 4.1m)を選定した(写真-1)。検証に用いる流速データとして、浮子に見立てたフロートの流下速度を測定した。得られた浮子の流下速度と電波流速計の測定値との比較を図-1 に示す。フロート自体に水中に潜りがちな傾向があるため若干のズレが認められるが、両者は良い対応を示しており、電波流速計の有効性が確認された。

3. 植田川における洪水観測

電波流速計を適用する実河川として、名古屋市天白区を流れる植田川・大坪人道橋地点(写真-2)を選定し、2012 年 9 月の台風 17 号による降雨を対象とした。河川水位の観測には、ロガー内蔵式水圧計(OYO 社製 S&DL mini, 測定範囲 5m)をコンクリートブロックの孔隙に挿入して河床に設置した。図-2 は観測された河川水位変動を降雨とともに示したものである。降雨量がさほど大きくないにも拘わらず、河川水位は速やかに上昇しており、都市河川の特徴が表れている。流速観測は、電波流速計を橋梁上に流れの流心に向けて俯角 26° で設置し、ピーク水位を挟んで約 80 分間実施した。測定された表面流速値を図-3 に示す。

4. 表面流速データに基づく全断面流量の評価

電波流速計で計測される表面流速をもとに河道全体での流量を推定することを考える。河床から高さ z における流速分布は式(1)で与えられる²⁾。ここに、 u^* : 摩擦速度、 k_s : 相当粗度、 $A_r = 8.5$ とされている。各時



写真-1 愛知用水における検証実験

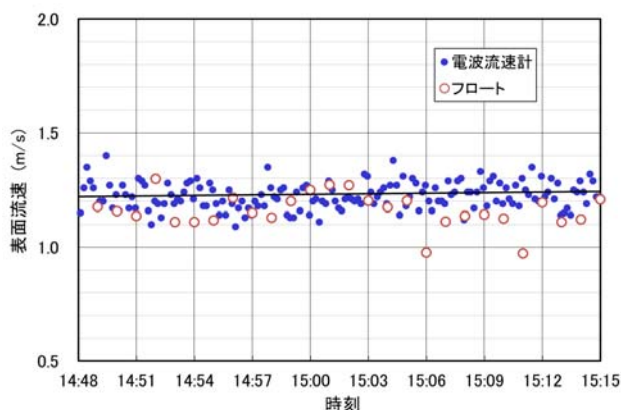


図-1 電波流速計とフロートの流下速度の比較



写真-2 観測を行った植田川・大坪地点

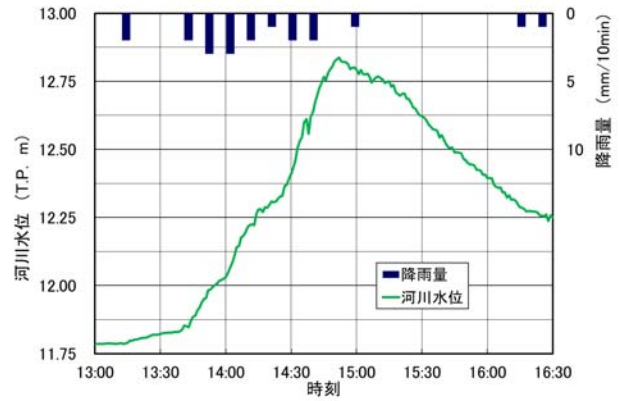


図-2 観測の対象洪水 (2012年9月30日)

刻における表面流速 $u = u_s$ とその地点での水深 $z = H_0$ ならびに摩擦速度 u^* を式(1)に代入することにより、河床の相当粗度 k_s が式(2)により推算できる。得られた k_s は図-3に併記した通り時間的にほぼ一定値となった。

$$\frac{u}{u^*} = A_r + 5.75 \log_{10} \frac{z}{k_s}, \quad u^* = \sqrt{g H I} \quad \cdots (1)$$

$$\log_{10} k_s = \log_{10} H_0 - \frac{\frac{u_s}{u^*} - 8.5}{5.75} \quad \cdots (2)$$

一方、水深 H_i の断面における平均流速 u_{mi} は式(3)で与えられる。ここで河床が横断方向に一様で、流心で推定した k_s を横断面全体で用いることができると仮定すれば、式(3)に式(2)で得られた k_s を代入することにより各断面における平均流速 u_{mi} が得られる。結果として河道全体の流量 Q は式(4)で算出することができる。

$$u_{mi} = u_i^* \cdot \left\{ 6.0 + 5.75 \log_{10} \frac{H_i}{k_s} \right\} \quad \cdots (3)$$

$$Q = \int_0^B q dy = \frac{B}{N} \sum_{i=1}^N q_i = \frac{B}{N} \sum_{i=1}^N H_i u_{mi} \quad \cdots (4)$$

ここに、 B : 河道を横断方向に N 個に分けた小区間の幅である。図-3の表面流速と相当粗度の値を用いて求めた洪水流量ハイドログラフが図-4である。この流量変化に対して Manning 則を適用し、粗度係数を逆算したところ、 $n = 0.035 \sim 0.041$ という今回対象とした河道について妥当な値が得られた。

5. おわりに

降雨に対して急激な出水応答を見せる都市河川に対して、可搬型の電波流速計を用いて洪水流量の評価を試みた。今回は小規模な出水を試験的に観測したに過ぎないが、今後、水災上問題となるような豪雨についても観測を進め、都市河川における水位 - 流量曲線の評価を行っていく予定である。

参考文献

- 1) 稲垣達弘ほか：十勝川千代田実験水路における各手法別の流量観測，河川技術論文集，Vol.17，2011.
- 2) 例えば，細井正延・杉山錦雄：水理学，pp.193-194，コロナ社，1997.

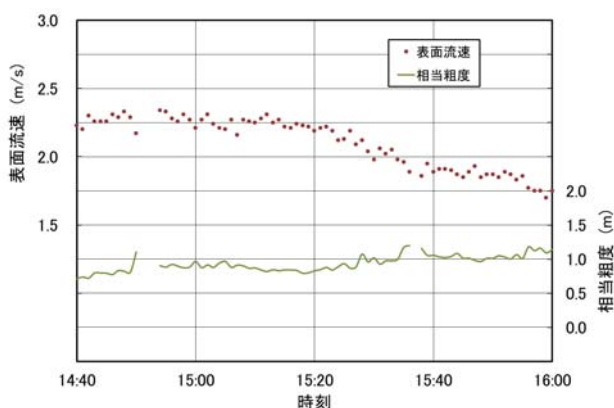


図-3 表面流速の測定値と相当粗度の推定値

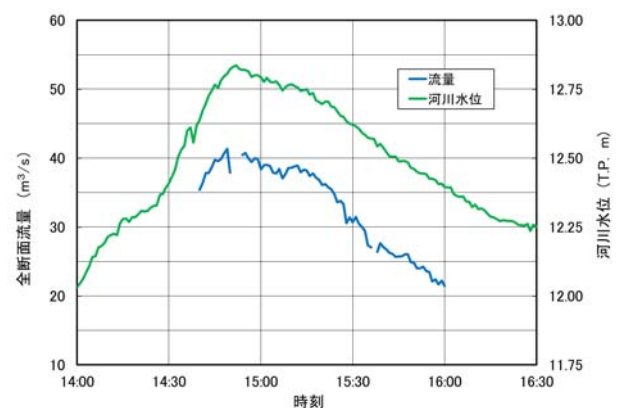


図-4 水位変動および流量ハイドログラフ