

前橋観測所での 電波流速計の導入について

唐木田 翔¹・糊澤 義一

¹国土交通省 利根川ダム統合管理事務所 調査課 (〒371-0846 群馬県前橋市元総社町593番1号)

河川流量の観測は、河川計画・河川管理の最も基本的な調査項目の一つであるが、利根川ダム統合管理事務所管内の前橋水位流量観測所では、高水流量観測地点と低水流量観測地点が約1.4km離れているという課題がある。その解決手法として電波流速計の導入を検討しており、本論文では、電波流速計の導入に向けた検討内容と今後の展望について述べる。

キーワード 固定式電波流速計、高水流量観測、低水流量観測、前橋水位流量観測所

1. はじめに

河川のある横断面を単位時間当たりには通過する水の量のことを河川流量といい、この河川流量を観測するのが流量観測である。流量観測によって得られた水文データは、河川に関する様々な計画の立案・工事の実施・洪水や渇水等の水災害への対応に利用されている。

流量観測には洪水時の流量を観測する高水流量観測と、河川の通常状態の流量を観測する低水流量観測の2種類がある。高水流量観測に用いられる浮子観測の一般的な課題として、洪水時の橋梁上で作業を行わなければならないことの危険性や、必要な人員が多いことによる担い手不足などがある。

利根川ダム統合管理事務所（以下、当事務所という）では、計12箇所で行っているがその内の1つである前橋水位流量観測所（以下、前橋観測所という）（図1）では、前述した一般的な課題に加えて、高水流量観測が前橋観測所地点から約1.4km離れているという課題があることから、観測所地点で高水流量観測を行う手法として電波流速計による観測の検討を行った。

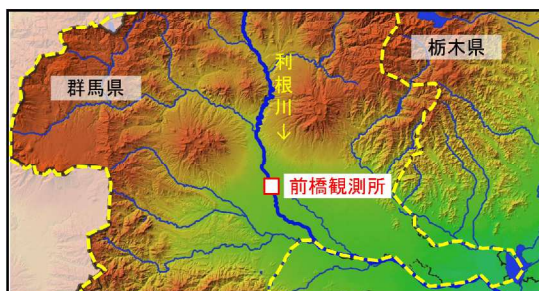


図1 前橋観測所位置

2. 前橋観測所について

前橋観測所は群馬県前橋市に設置されている第1種の水位流量観測所である。第1種観測所とは河川の計画策定上又は管理基準となる観測所のうち、河川及びその流域を代表するもの¹⁾であるため、前橋観測所は河川計画上重要な観測所である。

(1) 高水流量観測における課題

流量観測所の設置場所の選定にあたっては「低水流量観測及び高水流量観測が同一場所若しくはなるべく近い場所で実施できる場所」²⁾とすることとされている。浮子による観測には作業スペースが確保できる橋梁や対岸を見通せる高水敷・堤防が必要であるが、前橋観測所の近傍には高水流量観測に適した橋梁が無かったため、図2に示すように13.8km上流の渋川市にある大正橋で観測を行っている。

なお、低水流量観測は前橋観測所の近傍で実施している。

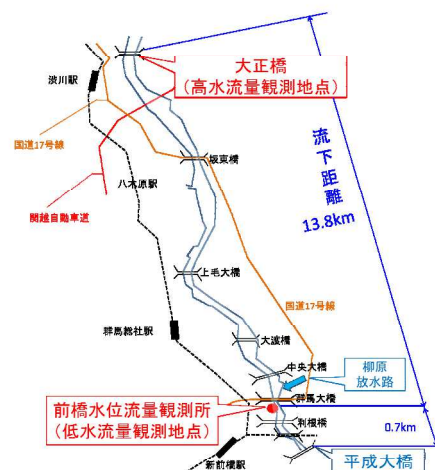


図2 各観測所の基準地点と高水流観地点の差

1 3. 8km上流の大正橋で観測された流量値を前橋観測所での流量値とするためには、前橋観測所までの流下時間や途中にある群馬県企業局の放水路（柳原放水路）からの放水量を考慮した補正をかける必要がある。しかし、その際以下の3点が課題となっている。

- ・大正橋から前橋観測所までの流下時間が一定ではないこと
 - ・企業局からの放水が前橋観測所に到達した際の流量の把握が困難なこと
 - ・残流域からの流入量などの影響を受けること
- 上記を踏まえた補正をすることが困難であることから、流量観測精度の低下が課題となっている。

3. 電波流速計の導入検討

前述した課題への対応策として『浮子観測に適した現場の有無』に依らない観測手法の検討が必要である。この観測手法として現在検討をしているのが前橋観測所への固定式電波流速計の導入である。

(1) 電波流速計

電波流速計は、計測機器から発した電波が水表面で反射する際に流速に応じて反射周波数が変化するドップラー効果の原理を応用して水表面流速を計測する手法である。³⁾

電波流速計には可搬式と固定式があり、固定式は橋梁の高欄や底部などに設置することで、連続的に水表面流速を観測することが可能となっている。

固定式電波流速計の設置例を写真1に示す。

(2) 前橋観測所への固定式電波流速計の導入検討

電波流速計を前橋観測所へと導入した場合、以下a)に示す高水流量観測における観測精度の向上が期待される。また、前橋観測所においては低水流量観測についても以下b)の効果が期待できる可能性がある。

a) 高水流量観測への導入

高水流量観測に固定式電波流速計を導入すると、浮子観測を適切に行える橋梁以外の橋梁で電波式による観測が可能となる。そのため現在の観測地点と比較してより低水流量観測地点に近い箇所での観測が可能となり、流下時間や柳原放水路からの放水量等を考慮した補正をする必要がなくなるため、観測精度の向上が見込まれる。また、省人化・機械化による人件費削減や、洪水時に橋梁上に人が立たないことによる安全性の向上なども期待できる。

b) 低水流量観測への導入

前橋観測所の低水流量観測は前橋観測所の近傍で実施されている。

低水流量観測は船や徒歩で河川に侵入し流速計で直接観測する手法が標準である。しかし、前橋観測所付近は河床勾配が急であり図3に示すように低水流量観測時の流速が1 m/sを超えている。そのため、観測用の船が流される危険性が高い場合は、簡易的な装置を用いて標準的ではない浮子観測を実施している状況である。

一方、電波流速計は水面の波紋を計測するという構造上、流れが遅い低水流量観測への導入は難しいとされており、平均流速0.5 m/sが多くの電波流速計の計測範囲の最小値とされている³⁾。しかし、前橋観測所は上述のとおり平均流速1 m/sを多くの観測で超えている。よって固定式電波流速計による観測が可能となれば、低水流量観測の省略化・省人化・コスト削減につながる可能性があると考えている。

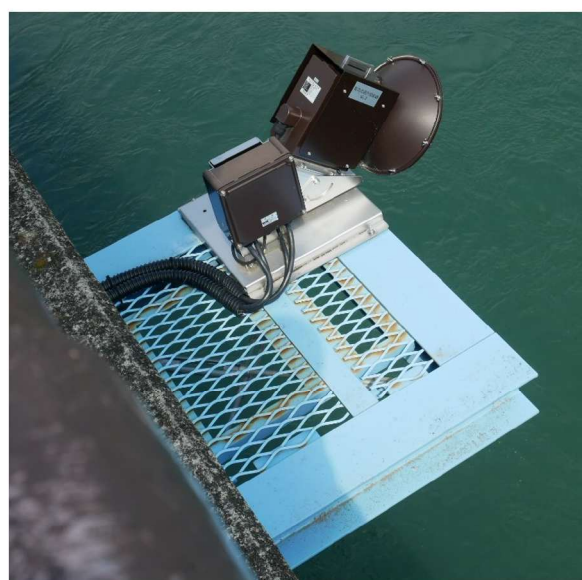


写真1 固定式電波流速計の設置例

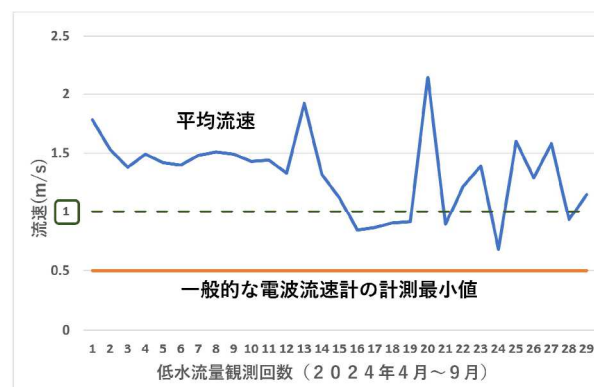


図3 低水流量観測結果

(3) 固定式電波流速計の設置検討について

前橋観測所から700mほど下流側に位置する平成大橋において電波流速計の導入に向けた検討を行うこととした。

(4) 平成大橋での精度検証

平成大橋での精度検証を実施するため、令和元年に平成大橋において可搬式の電波流速計及びADCP（超音波ドップラー流向流速計）等の観測を行える体制を整えたところ、前橋観測所において既往最大洪水となる令和元年東日本台風（台風第19号）出水の観測に成功した。

平成大橋における各機器の計測の様子を写真2に示す。

a) 観測条件

本出水時の前橋観測所における雨量、水位、可搬式電波流速計およびADCP流量観測を行った時刻を図4に示す。

この時の電波流速計の計測測線およびADCPの横断測線は写真3のとおりである。

ADCPとは電波流速計が水表面の反射を計測するのに対し、写真2に示すように水面にセットした機器から水中へ超音波が発せられ、その反射を計測するという計測法であり、一般に他の計測方法と比べて観測結果の信頼性が高いとされている。

ADCPでは通常、河川断面をセルごとに分割し流速分布から各セルの流量を合計して流量算出が行われる。また、観測不可能領域においては計測箇所から得られた流速分布を活用して補完するとされている³⁾。しかし、本出水時は低水路部分が高濁度のため欠測し補完算出も困難な状況であった。

そこで、今回はADCP観測により得られた流速データについて比較的良好に観測できた水深2m以浅の平均流速データを用いて、以下の水深平均流速及び流量データの比較を実施することとした。

b) 水深平均流速の比較

観測した6回の中で最高水位であった2回目の観測結果を図5に示す。

同図に示す水深平均流速値は電波流速計の表面流速及びADCPの水深2m以浅の平均流速をDIEX法（限定的な点流速を運動方程式に基づいて内・外挿する手法）によって推定した値を用いている。同図からADCPと電波流速計の値は概ね一致していることがわかる。



写真2 可搬式電波流速計及びADCPによる計測

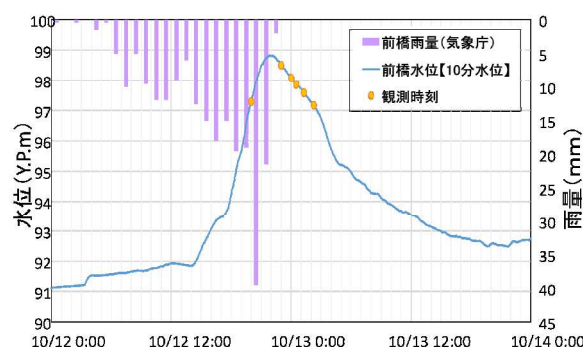


図4 前橋地点における雨量・水位および流量観測時刻

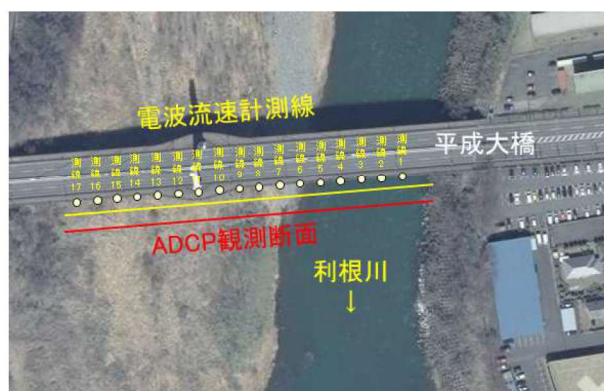


写真3 各機器の観測測線

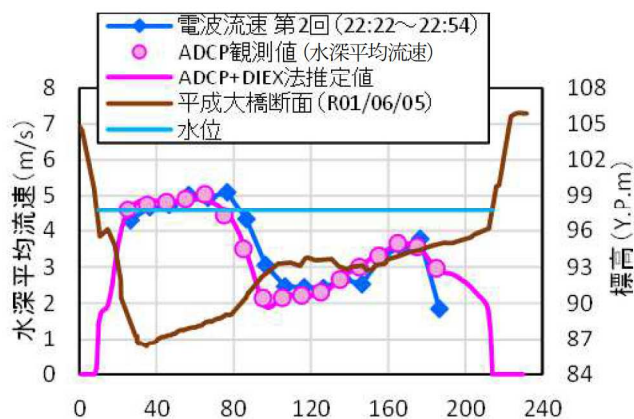


図5 機器ごとの水深平均流速の横断分布

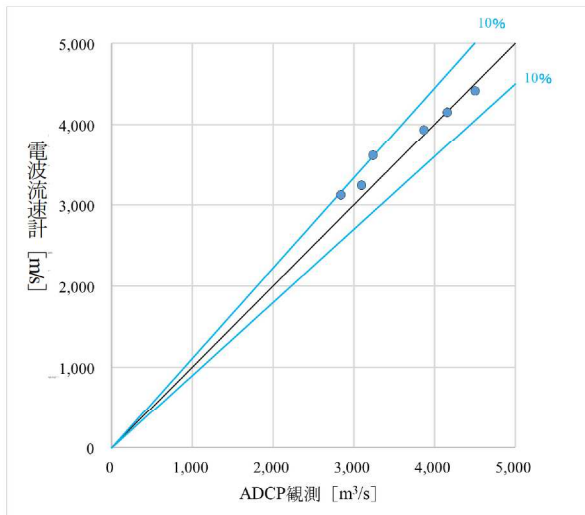


図6 ADCPと電波流速計の流量相関図



写真4 平成大橋に設置した固定式電波流速計

c) 流量の比較

本出水時に平成大橋地点で行った6回の観測データについて可搬式電波流速計及びADCPの観測値を用いたD I E X法による流量値との相関を図6に示す。

同図から電波流速計流量とADCP流量の相関はおおむね10%以内に収まっており、平成大橋における電波流速計の精度検証としては良好な結果となった。

d) 設置

この結果を踏まえ、当該観測地点の高水流量観測における電波流速計の適用が可能であると判断し、写真4に示す固定式電波流速計を2022年に設置した。

4. まとめ

前橋観測所において高水流量観測の課題を解決するため電波流速計の導入を検討し、既往最大洪水に

おける精度検証を行いながら浮子観測から電波流速計への観測機能の移行に向けた検討を行った。

その結果、ADCPと電波流速計の値は水深平均流速及び流量値ともに良好な結果となり固定式電波流速計の設置を行うに至った。

当事務所では他の観測所においても電波流速計や画像解析などの非接触型の流速計測法について導入を検討しているが観測機能の移行に至った例はまだない。その一因としては、観測手法や記録方法、また観測機能の移行に十分とされる観測精度などの基準が十分に定められていないことがあった。

しかしながら2017年には水管理・国土保全局から「非接触型流速計の手引き（試行版）」が作成され、6年後の2023年には試行版の更新版である「非接触型流速計の手引き（案）」が公表されるなど、非接触型流速計の実用化に向けて基準類の整備が進んでいる。当事務所の観測所の非接触化導入に向けて今回の前橋観測所の検討事例がその先駆けとなることが期待される。

5. 今後の展望

観測機能の移行に向けた今後の課題としては、設置した固定式電波流速計のデータ検証およびこれまで浮子観測を行ってきた『大正橋地点の流量』を『平成大橋の固定式電波流速計で算出した流量』に引き継ぐ上での整合性等について確認していく必要がある。

また、電波流速計は水表面流速を計測するため、風によるせん断応力の影響を受ける。この影響を除去するための補正は各観測所における適切な値を検証・使用することが望ましいとされているため本観測所においても検討を進める。

低水流量観測への導入に向けては、平常時の河川状態における固定式電波流速計の観測データと現在行っている浮子による低水流量観測結果を比較・検討するとともに、固定式電波流速計の精度が十分に確保できる観測水位のしきい値を明らかにしていく必要がある。

参考文献

- 1) 国土交通省 水文観測業務規程（2018年3月版）
- 2) 国土交通省 河川砂防基準 調査編（2022年6月版）
- 3) 国土交通省水管理保全局河川計画課河川情報企画室：非接触流速計測法の手引き（案）