

非接触型流速計による高水流量観測における風向風速観測法と水表面流速の風依存性に対する考察

パシフィックコンサルタンツ(株) 正会員 ○妻 希恵・浜口 憲一郎
 パシフィックコンサルタンツ(株) 非会員 山崎 裕介
 北陸地方整備局高田河川国道事務所 非会員 吉田 俊康・鴨井 真・前田 有美子
 株式会社水文環境 正会員 井上 拓也・小野 史也

1. はじめに

現行の高水流量観測業務では浮子測法が主流の観測手法であるものの、調査手法の基準となる「河川砂防技術基準 調査編」には非接触型流速計測法による高水流量観測も併せて記載されている。同基準では非接触型流速計測法と同時に風向風速観測を実施することを標準としている。しかしながら、具体的な風向風速計の設置位置や観測時間間隔などの風向風速観測方法や水表面流速に対する風の影響の補正方法の記載はない。このため、今後高水流量観測業務において非接触型流速計測法を用いるには、具体的な観測方法や風の水表面流速への影響を定量化することが必要不可欠である。

内湾や湖沼といった閉鎖性水域での水表面流速に対する風の影響は、対象水域の周辺地形が開けており、風の鉛直分布が対数則分布として十分近似できるとし、一般的に水面から 10m 上空の風速を用いて水表面へのせん断応力を評価している。一方で河川の流量観測所は、複雑かつ様々な地形上に位置しており、流量観測所での風の時空間分布を把握した知見はほぼ皆無である。河川での水表面流速の風依存性に対する研究事例はあるものの、流量観測地点の風向風速を用いていないことや、適切な風向風速観測位置や観測時間について未検討である、といった課題がある。

そこで、本研究では、前回の研究成果¹⁾に対してより空間的に密な風向風速観測を実施することで、非接触型流速計測法を用いる際の風向風速観測方法と水表面流速への風の影響について一考察を試みた。

2. 現地観測

現地観測は、新潟県糸魚川市の山本水管橋（山本水位流量観測所、姫川 7.2k 地点）で実施した。山本水管橋付近は谷地形で南北方向に風が抜けやすい地形になっている（写真-1）。観測期間と観測内容は、表-1 のとおりである。風向風速観測は、鉛直方向と横断方向（水管橋上）のそれぞれ3箇所で観測を実施した（図-1）。また、山本水管橋下流 10m 付近で ADCP 定点観測により流速鉛直分布を、電波流速計観測により ADCP と同一地点の水表面流速をそれぞれ計測した（図-1）。風向風速計と電波流速計は1秒間隔で、ADCPでは約2秒間隔でデータを取得した。



写真-1 山本水管橋付近の様子

山本水位流量観測所右岸の水位観測局舎上にも風向風速計が設置されており、10分間隔で10分移動平均風速が記録されている。

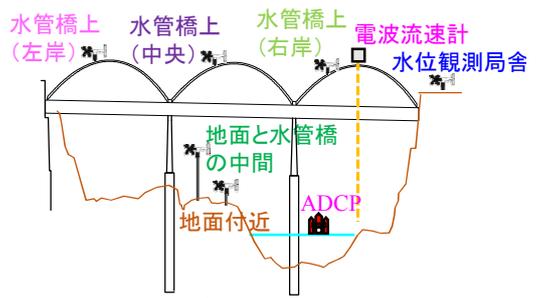


図-1 観測機器の配置図

3. 観測結果と考察

(1) 風速空間分布の把握

図-2に風向風速観測結果を示す。図-2は流下方向風速を示しており、3期間ともに観測期間中に順風から逆風へ風向が変化している。また、比較的強い風は主に順風時に観測された。

水管橋上と水面近傍の風速観測値から対数則分布を近似した風速鉛直分布図を図-3に示す。対数分布は閉鎖性水域で一般的に用いられている式を用いた(光易²⁾, 1983)。

山本水管橋付近での風の鉛直分布は、図-3より、橋上の風速が4m/s以上では対数則分布とおよそ一

表-1 観測期間・内容一覧 (平成 29年)

観測期間	6月9日 23:00~翌 12:10	6月28日 9:30~12:50	9月20日 18:00~翌 1:30
観測内容	ADCP (定点) 電波流速計 風向風速: 鉛直3点	風向風速: 鉛直3点 横断3点	ADCP (定点) 電波流速計 風向風速: 鉛直2点 ※一方向風速計による
最大瞬間風速	6.7 m/s	5.9 m/s	10.9 m/s
水深 (平均)	1.01 m	1.67 m	2.32 m
水深平均流速	0.53 m/s	—	4.62 m/s

キーワード: 水表面流速, 非接触型流速計測, 風向風速観測, 吹送流

連絡先 : 郵便番号 101-8462 東京都千代田区神田錦町三丁目 22 番地 TEL: 03-6777-1508 FAX: 03-3296-0524

致しているものの、風速が概ね4m/s未満の場合には対数則分布で近似できず、**図-1**に示す“橋上”の風速が“中間”の風速に比べて小さくなっていることが分かる。また、**図-2**より、山本水管橋近傍では横断方向の顕著な風向風速差はなく、どの横断位置で観測を実施しても概ね同傾向の結果が得られる。さらに、水位観測局舎上の風速観測値は、観測時間間隔・平均化方法が異なるため、橋上の観測値と比較して風速が小さいものの、その経時変化は概ね同様の傾向を示している。これより、計測時間設定を適切に設定することで今後の実務における高水流量観測に使用することができ、観測の省力化が可能である。

(2) 風速の水表面流速への影響

風の水表面流速への影響を評価するため、電波流速計や ADCP の流速、風速の瞬間値は異常値やノイズを含むため、1分移動平均値を算出して比較した。本研究では前回の研究¹⁾に倣い1分移動平均値を用いたが、適切な平均化時間については今後さらに検討が必要である。

十分に速い風速・流速下で実施した9月20日観測の ADCP による最表層流速(水面下27cm)と電波流速計による水表面流速との流速差(Δu)と、流下方向に対して順風時の水管橋上風速及び水面から10m上空の流下方向風速 U_{10} の比較を行った(**図-4**)。 U_{10} は、前述した風の鉛直分布の対数近似から算出した風速である。 Δu の正の値は電波流速計による水表面流速が ADCP による最表層流速より速い、すなわち、風により加速されたと考える。**図-4**を見ると、風速が大きいほど Δu が大きくなる傾向が見られ、ばらつきは大きい、近似直線の傾きは水管橋上風速で0.043、 U_{10} で0.045という結果が得られた。これは、逆風時に U_{10} の3.7%が水表面流速に影響しているという前回の研究成果¹⁾で得られた結果と概ね同程度の値である。前回及び本研究結果より、山本観測所では流下方向に対する風向に係わらず、流下方向風速の3.7~4.5%程度が水表面流速に影響していると言える。

4. おわりに

本研究では姫川・山本水管橋付近を対象に、非接触型流速計測法を実務の高水流量観測に用いる際に必須である風向風速の観測方法及び水表面流速への影響を検討した。これより、以下の考察を得られた。

- 1) 風速鉛直分布は閉鎖性水域で適用される対数則分布に概ね一致する。これより、水表面流速への風の影響は水面から10m上空の流下方向風速 U_{10} を用いて評価できることが示された。
- 2) 横断的な風速分布に顕著な変化がないことから、近傍の既設風向風速計の観測値と U_{10} の関係式を介することで水表面流速への風の影響を評価できる。これは、実務上、適切かつ効率的な風向風速観測ができることを意味する。
- 3) 風の水表面流速への影響は、順風時で U_{10} の4.5%であることが分かった。前回報告では逆風時に U_{10} の3.7%が水表面流速へ影響することが分かっており、その成果を加味し、 U_{10} の3.7~4.5%が水表面流速へ影響することが分かった。

本研究では1地点での観測のみであるため、風の水表面流速への影響の一般性を示すことはできない。今後も引き続き、様々な地点や風向風速パターンでの観測データの蓄積・検証を行っていく予定である。

参考文献

1) 斐希恵・山崎裕介・浜口憲一郎・吉田俊康・横山貴宏・米田一也：河川における水表面流速観測値に対する風速依存性の一考察，土木学会第71回年次学術講演会，II-038，pp.75-76，2016。
 2) 光易 恒：第19回水工学に関する夏季研修会講義集，pp.1-1-B1-17，1983。

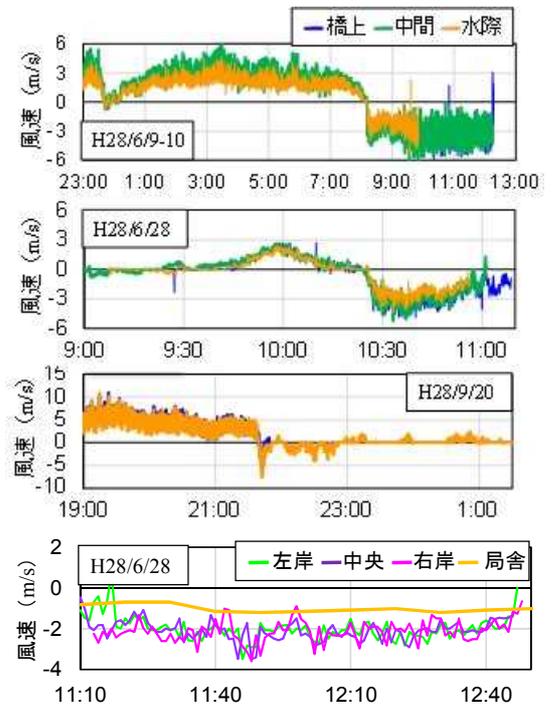


図-2 風速(流下方向成分)の経時変化

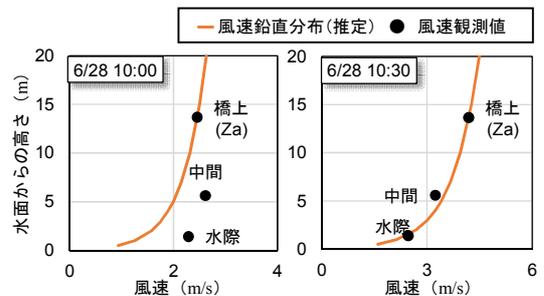


図-3 風速の鉛直分布

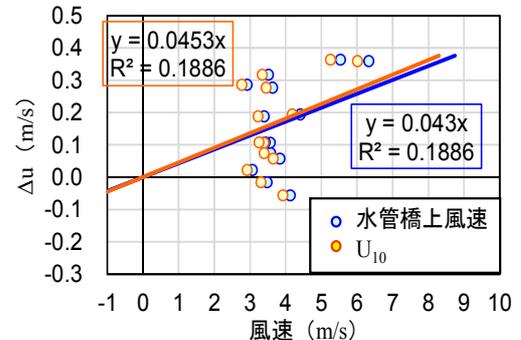


図-4 流速差と風速の相関(順風時)