

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

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・横山 貴宏・米田 一也

1. はじめに

近年、高水流量観測における新しい流速計測技術として非接触型計測手法（電波流速計・画像処理型流速測定法）が実用化されつつある。非接触型流速計測手法は水表面流速を計測するため、水表面では風によるせん断応力を受け、順風時は水表面流速が加速し、逆風時には減速する。このように計測した水表面流速が風の影響で誤差を含むことがあるため、流量算出に用いる水表面流速に対して風のせん断応力を考慮する必要がある。

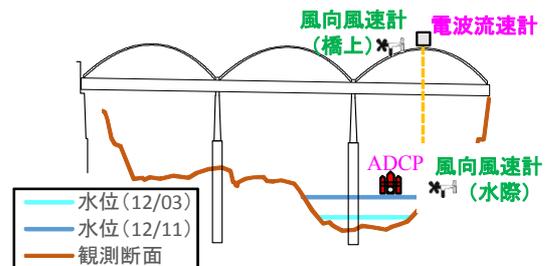
風による水表面流速へのせん断応力を評価する際、内湾や湖沼といった閉鎖性水域では対象としている水域の周辺地形が開けており風の鉛直分布が対数則分布として十分近似できるとし、一般的に水面から 10m 上空の風速を用いて水表面へのせん断応力を評価している¹⁾。一方で河川の流量観測所は複雑かつ様々な地形上に設置されており流量観測所での風の空間分布を把握した知見はほぼ皆無である。このため水表面流速への風の影響を評価する風速計位置についても「河川砂防技術基準 調査編」にも記載されていない。また、河川での水表面流速の風依存性に対する研究事例があるものの、既往研究事例では流速観測地点での風速計測データがないといった課題がある²⁾。そこで本研究では、非接触型計測手法による高水流量観測をより実用化するため、適切な風向・風速観測方法と河川での風速と水表面流速の関係に対する一考察を試みた。

2. 現地観測

現地観測は、新潟県糸魚川市の姫川山本水管橋（山本水位流量観測所、72k地点）において実施した。山本水管橋付近は谷地形にて、南北方向に風が抜けやすい地形になっている（写真—1）。観測期間は2015年12月3日13:15～16:30と12月11日14:30～17:10に連続観測を実施した。観測内容は、風向風速観測と ADCP および電波流速計による流速計測を実施した。風向風速観測では水管橋上と水面近傍の鉛直方向2箇所観測を実施した。ADCP では山本水管橋下流 10m 付近において定点観測を行い、流速鉛直分布を取得した。電波流速計では ADCP 観測同一地点の水表面流速を計測した（図—1）。風向風速計、電波流速計は1秒間隔で、ADCP では約2秒間隔の流速データを取得した。水管橋上の風観測値点の水面からの高さは 11.1～12.6m であった。



写真—1 山本水管橋付近の様子



図—1 観測機器の配置図

3. 観測結果と考察

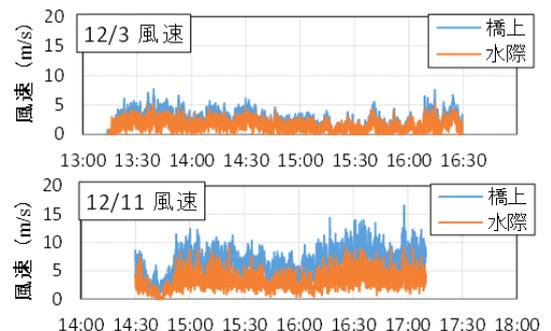
(1) 風速鉛直分布の把握

観測時の最大瞬間風速は12/3で7.7m/s、12/11で16.6m/s、主風向は12/3、12/11ともに北～北北西で流下方向に対して逆風であった（図—2）。平均水深は0.95m（12/3）、1.82m（12/11）、ADCP 定点観測による観測線の水深平均流速は平均1.05m/s（12/3）、3.72m/s（12/11）であった。

観測した水管橋上と水面近傍の風速を対数分布にあてはめた風速鉛直分布図を図—3に示す。対数分布は内湾・湖沼など閉鎖性水域で一般的に用いられる式 (1)、(2) を用いた（光易, 1983）。

$$\frac{U}{u^*} = 2.3026 \frac{2.3026}{\kappa} \log \frac{z}{z_0} \quad (1)$$

$$u^* = \frac{0.4U_a}{2.3026 \log z_a / z_0} \quad (2)$$



図—2 風速の時系列変化

キーワード：流速, 非接触型流速計測, 風速鉛直分布, 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

ここで z_0 は水面粗度 (m) , u^* は摩擦速度 (m/s) , κ はカルマン定数 (=0.4) である. 水面粗度 z_0 (m) はここでは $z_0 = 0.065$ とし, 摩擦速度 u^* は橋上風速観測値 U_a (m) と観測高度 z_a (m) から求めた.

図—3より山本水管橋付近では風速鉛直分布は対数分布とおおよそ一致していることが分かる. したがってこの地点での風速鉛直分布は対数近似できると考えられる. また水管橋上での実測風速 (高さ 12.6m) と対数則分布での高さ 10m, 15m の風速と比較したところ, その差は最大 4.3% であり, 大きな差は生じなかった.

(2) 風速の水表面流速への影響

12/11 15:10~15:30 を抜粋した観測結果の時系列変化を図—4に示す. 電波流速計の瞬間流速値は異常値やノイズを含むため, 標準偏差を閾値として異常値を除き, 1 分の移動平均値を算出した. ADCP 流速値, 風速値も瞬間値はノイズを含むため, 1 分移動平均値を算出し比較を行った. これを見ると, 顕著ではないものの風速が大きくなっている時間で ADCP 表面流速と電波流速計流速に差が生じている時刻があることが分かる.

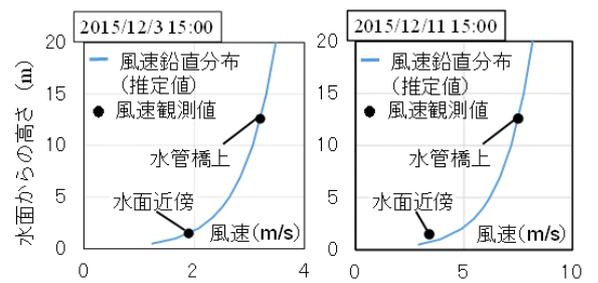
そこで 12/3, 12/11 の 2 回の観測結果を用いて, ADCP の表面流速と電波流速計で計測した水表面流速との流速差と, 流下方向に対して逆風時の水管橋上風速及び水面から 10m 高さ風速の比較を行った (図—5). 風の影響を受けていない流速として, ADCP で計測した最表層の流速 (水面下 27cm) を ADCP による表面流速として算出した. 水面から 10m 高さ風速は, 前述した風の鉛直分布の対数近似から算出した風速である. 横軸の風速の負の値は風向が流下方向に対して逆風であることを示し, 流速差の負の値は電波流速計の水表面流速が ADCP の表面流速より小さい, すなわち風により減速しているものとして考える. 図—5を見ると, 電波流速計の水表面流速値は 0.0~0.6m/s 程度 ADCP 最表層流速より減速している. 流速差と風速には正の相関が見え, 風速が大きくなるほど流速差が大きくなる傾向が見られる. 風速と流速差の相関を見ると, ばらつきは大きい, 近似直線の傾きは水管橋上風速で 0.035, 水面から 10m 高さ風速で 0.037 と, それぞれ風速の 3.5%, 3.7% が水表面流速に影響しているという結果が得られた. 本研究では 1 観測所のみ結果しか得られていないため, 本研究で得られた風速が水表面流速を加減速する割合が他の場所で適用できるか, また水表面流速を 10m 高さの風速で評価する方法が河川に適しているのか評価できない. したがって今後複数地点での観測データで風速と流速差の相関関係を見ていく必要がある.

4. おわりに

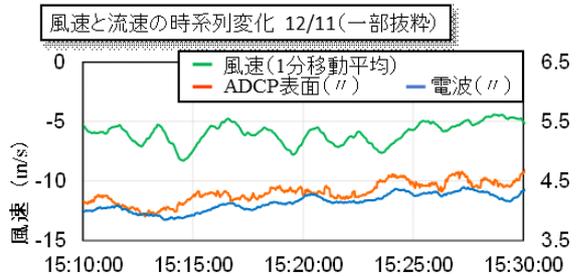
本研究では姫川山本水管橋付近での風速鉛直分布の観測と, 風速の水表面流速への影響を検討した. その結果, 風速鉛直分布は閉鎖性水域で適用される対数則分布に概ね一致することが分かった. ただし, 山本水管橋付近の地形は谷地形であり, 風が一様に通り抜けるため, 内湾や湖沼など開けた場所で適用される風速の鉛直分布が適用できたと考えられる. 地形が異なる場所では風速鉛直分布は本研究の結果とは異なる風速鉛直分布をとる可能性も考えられ, 今後のデータ蓄積と検証が必要である. 風速の水表面流速への影響は, 逆風時で水面から 10m 高さ風速の 3.7% が水表面流速を加減速することが分かった. 本研究では 1 地点での観測のみであったため, 風速が水表面流速を加減速する割合の一般性, および河川での水表面流速へのせん断応力評価を水面から 10m 高さ風速で行う妥当性を示すことはできなかった. また, 順風時の流速差と風速の相関関係を得ることもできていない. 今後様々な地点, 風向風速パターンでの観測データの蓄積・検証が必要である.

参考文献

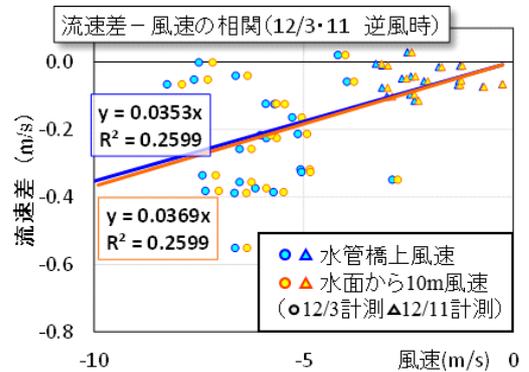
1) 光易 恒: 第 19 回水工学に関する夏季研修会講義集, pp.1-I-B1-17, 1983.
 2) 本永良樹・萬屋敦啓・深見和彦: 河床変動及び強風に伴う河川表面流速の特性と風による影響の補正に関する検討, 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol.69, No.4, pp.1_745-I_750, 2013.



図—3 風速の鉛直分布



図—4 流速 (電波・ADCP) と風速の 1 分移動平均の時系列変化 (12/11 一部抜粋)



図—5 流速差と水管橋上風速の相関