

ADCP を用いた河川水衝部における局所流計測法の開発

中央大学理工学部	学生会員	○奥石 大
中央大学研究開発機構	正会員	内田 龍彦
中央大学研究開発機構	フェロー	福岡 捷二

1. 序論

低水路護岸は河岸浸食や河岸際の洗掘抑制を目的として施工されるが、抵抗の小さい護岸沿いに流速が集中するため、最大洗掘深の増大や洗掘が下流へと延伸することで下流部に新たな水衝部が形成されること等の問題が報告されている¹⁾。常願寺川では河岸際の流速集中の低減を目的とした巨石盛土工の施工や、実洪水規模を想定した現地実験による河岸浸食対策の検討が精力的に行われている²⁾。しかし、現地スケールの詳細な流速分布は計測することが困難であり、大きな洗掘、浸食力を有する水衝部の局所流場の実態は明らかでない。この理由に、プライス、プロペラ、電磁流速計等の点計測タイプの流速計では水深方向に多点計測する労力が大きいこと、支持鋼が大きな流体力を受けるため計測自体が困難であることがあげられる。そこで、本研究では水深方向の流速分布を水面付近から計測できる線計測タイプの超音波ドップラー式多層流向流速計(ADCP)を応用して、水衝部における局所流の流速分布計測法を開発する。そして、浅川現地水衝部に適用し、検証する。

2. ADCP を用いた局所流計測法

ADCP は4つのトランスデューサーから超音波を発射し、水中の散乱体(微生物、懸濁物質)が反射した超音波のドップラーシフトを利用して3次元流速鉛直分布を測る多層流向流速計である³⁾。図-1に ADCP 流速計測法の枠組みを示す(ここでは、y-z 平面のみ示すが、x-z 平面においても同様である)。通常の ADCP 流速計測では、地点Aの流速 $v(v_y, v_z)$ は、 $\theta=20^\circ$ で発射される各ビーム方向の流速値 v_{A1}, v_{A2} を用いて、区間 L_1 において流速を一定と仮定することで式(1)から計算される。

$$v_y = \frac{-v_{A1} + v_{A2}}{2\sin\theta}, \quad v_z = \frac{v_{A1} + v_{A2}}{2\cos\theta} \quad (1)$$

ここで、区間 L_1 は水深に比例し、1.0m 毎に約 0.7m の広がりを持つため($\theta=20^\circ$)、局所的に流速が大きく変化する箇所や水深の深い箇所では流速一定の仮定が問題となる。そこで、異なる観測時刻(t_A, t_B)において流れが定常であると仮定し、異なる地点 A,B で測られた各ビーム方向の流速値 v_{A1}, v_{B2} を用いれば、計測点の誤差が L_2 となり、空間の解像度が向上すると考えられる。さらに、本計測法では、図-2に示す様に、横断方向に連続的に計測した各ビームの流速値 v_1, v_2 を空間的に補間することで、任意の点の流速 $v(v_y, v_z)$ を計算する。なお、縦断方向流速 v_x については、横断方向・鉛直方向に比べ変化のスケールが小さいとし、通常の流速一定の仮定を用いて計算する。また、ADCP は4本のビームの内1本にエラーが生じた場合、残り3本のビームから流速を計算する³⁾。この場合においても本計測法は v_1, v_2 を補間して求めるため、縦横断方向に流速一定の仮定を用いる通常計測法に比べ、精度の向上が期待できる。

3. 浅川調査概要

調査地点は図-3に示す浅川 11.75km 右岸水衝部である。この箇所では堤防線形・低水路線形ともに曲率を持ち、右岸に水衝部が形成されているため、下流の浅

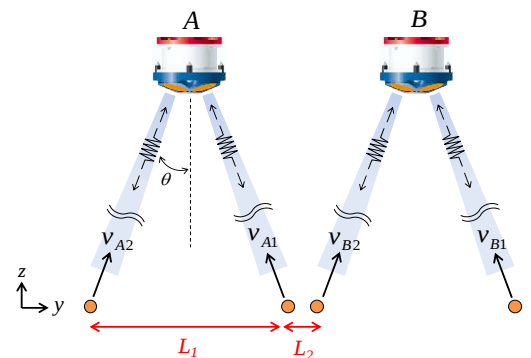


図-1 ADCP 流速計測法の枠組み

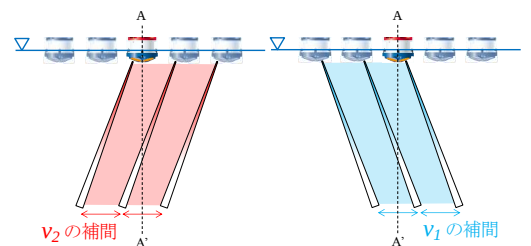


図-2 v_1, v_2 の補間

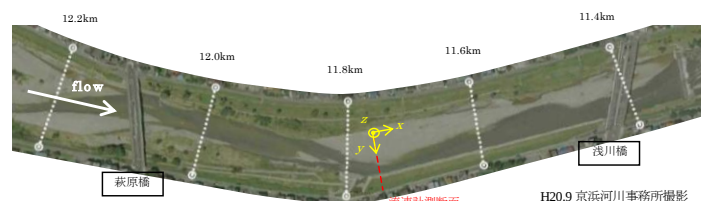


図-3 調査地点 浅川 11.75km 右岸水衝部

キーワード 水衝部 局所流 二次流 ADCP 局所洗掘 低水路護岸

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27-31214 中央大学研究開発機構 TEL 03-3817-1611

川橋付近まで低水路護岸が敷設されている(図-4)．調査時の水量は平均水深 0.55m, 水面幅 9.13m, 平均流速 0.37m/s, 流量 1.86m³/s である．計測には RD Instruments 社製 Workhorse ADCP Rio Grande, JFE アドバンテック社製 2 軸電磁流速計 AEM213-D を用いた．図-5 に ADCP 計測範囲・電磁流速計計測点を示す．赤枠線で囲む ADCP 計測範囲では, この区間にレールを設置し, 移動式をやぐらに固定した ADCP を左岸から牽引することで横断方向 0.1m 毎にサンプリング時間 10.0s で計測を実施した(図-4)．また, 黒十字のプロットは電磁流速計の計測点を示し, 横断方向 0.5m・鉛直方向 0.15m 毎にサンプリング時間 30.0s で計測している．

4. 本計測法と通常計測法による計測結果の比較

図-6 に ADCP 本計測法と電磁流速計の縦断方向流速コンターと二次流ベクトルを示す．電磁流速計は 2 軸タイプを用いたため, 二次流は v_y 方向流速のみを示す．また, ADCP は機器の特性より水面と河床付近に計測不能領域が存在するため³⁾, これらを除いた範囲を示す．本計測法は, 右岸の護岸際で生じる高流速域等の縦断方向流速分布や二次流分布について, 概ね電磁流速計と同程度の結果が得られた．ただし, 本計測法は電磁流速計に比べ流速分布の小さな変動が生じている．これは, ADCP では電磁流速計に比べ水深方向に細かく (0.1m 間隔) 計測していること, サンプリング時間 (10.0s) が短いことによるものと考えられる．図-7 に図-5 中 (a),(b),(C)における縦断方向流速 v_x , 横断方向流速 v_y の鉛直分布の電磁流速計, ADCP 本計測法・通常計測法の比較を示す．縦断方向流速分布 (v_x :図-7 上段)については, 本計測法・通常計測法共に電磁流速計と同程度の結果だが, 3 本のビームから流速を計算する範囲に対応する河床付近において本計測法は若干精度が高い．また, 横断方向流速分布 (v_y :図-7 下段)では, 特に河床付近において本計測法は精度が向上している．これらは, ADCP の異なる観測点のビームを採用し, 空間的に補間することで解像度が上がったためと考えられる．水衝部等の局所的な二次流が生じる箇所では, 横断方向流速 v_y , 鉛直方向流速 v_z の変化のスケールが小さいため, これらをどこまで解像できるかが重要となることが分かる．これより, 本計測法は, より水深が深く流速が速い点計測が困難な箇所において, 計測が可能であると考えられる．

5. 結論

本研究では ADCP を用いた河川水衝部における局所流の流速分布計測法を開発し, 浅川現地水衝部に適用し, 検証した．その結果, 水衝部の流れを概ね計測出来ること, 通常の ADCP 計測法と比較して精度が向上することを示した．

参考文献

- 1)長田健吾, 安部友則, 福岡捷二: 急流河川における低水路護岸沿いの深掘れ流路形成とその特性, 河川技術論文集, 第 13 巻, pp.321-326, 2007.
- 2)藤本昌利, 大熊義史, 畠中泰彦, 福岡捷二: 急流河川における高水敷上の自然段差を利用した堤防浸食対策工法の検討, 河川技術論文集, 第 16 巻, pp.413-418, 2010.
- 3)TELEDYNE RD INSTRUMENTS: Acoustic Doppler Current Profiler Principles of Operation A Practical Primer, December, 2006



図-4 計測風景

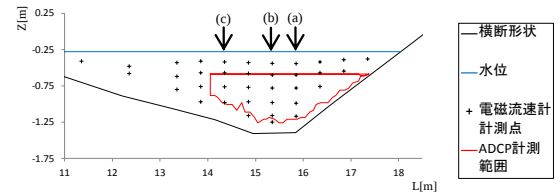


図-5 ADCP, 電磁流速計測定箇所

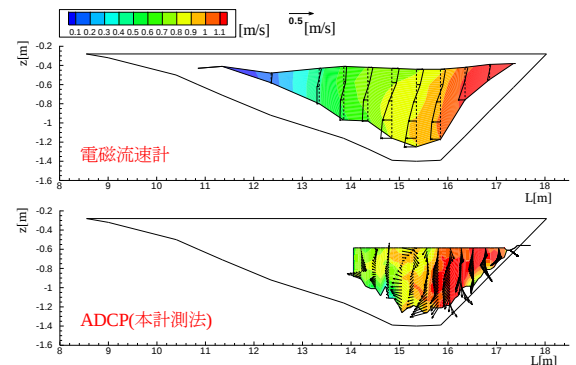


図-6 縦断方向流速コンターと二次流ベクトル

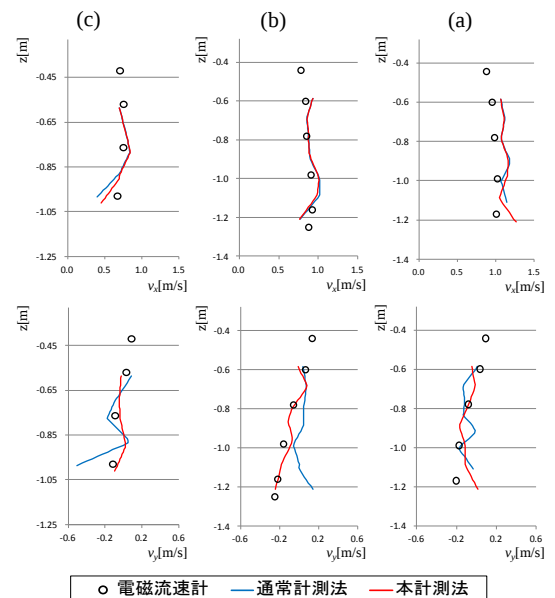


図-7 縦断方向流速 v_x , 横断方向流速 v_y の比較
(上段: v_x , 下段: v_y)