粒子法を用いた移動床水路における鉛直流速分布計測

高知高専 学生会員 O松山海人 高知高専 学生会員 松岡直明 高知高専 正会員 岡田将治 愛媛大学 正会員 門田章宏

1. 目的

岡田ら¹は,洪水中に超音波流速計で計測したデータに基づいて萬矢ら²)が提案する実測データを用いた 摩擦速度算定手法と従来の手法について考察した結果,土砂移動が顕著な場合には鉛直流速分布が対数則に 従わず,それらの地点で萬矢らが提案する手法を用いると従来のものと比べて大きく算出されることを指摘 した.これらの現象をさらに多くの条件で検証する必要があるため,本研究では任意の条件下で計測可能な 移動床実験水路において,一般的に水路上面から平面的な流速分布を求めるために用いられる PTV (Particle Tracking Velocimetry:粒子追跡法)画像解析手法を用いた鉛直流速分布計測を試みた.

2. 移動床実験と鉛直流速分布の計測方法

本研究では、図-1に示す幅 0.6m、水路 長 7m の可変勾配式開水路を使用した.土 砂移動を考慮するため、コンクリートブロ ックを使用して移動床区間を設定し、その 区間内に珪砂を敷き詰め、計測区間より上 流側では流れを安定させるために 2.1m、下 流側には 0.9m のコンクリートブロックを 敷いた.水路床勾配は 1/500~1/30、流量は 最大 1400*U*min の範囲で設定でき、水路下 流端の堰を調整して水深を変化させ、疑似 等流状態を作ることができる.河床材料に は代表粒径 1.2mm の 3 号珪砂を使用した.

PTV 解析用の画像撮影に使用するカメ ラは水路側面に設置して,水路床部から水 面までがフレーム内におさまるようにし, 水面勾配を求めるために2台のデジタルポ イントゲージにより水位を測定した.また, 画像解析結果との比較を行うため,3次元 電磁流速計を用いて解析用の画像撮影を行 っている位置で流速を計測した.実験条件 の設定にあたっては,粒径1.2mmの砂が移 動する場合としない場合の条件を図-2に 示す流量Qと水面勾配Iから算出される無 次元掃流力τ*を目安にし,目測で土砂移動 が顕著ではなかった Case1と土砂移動が顕 著に確認できた Case2 とした.表-1 に本実 験条件を示す.



図-2 流量 Q-水面勾配 [に対する無次元掃流力 r * (3号珪砂)

表-1 本研究で設定した実験条件

	水面勾配 I	流量 $Q(\ell/\min)$	水深 <i>h</i> (cm)	河床移動
Case1	1/116	515	12.5	無
Case2	1/98	1370	6.3	有

実験結果および考察

電磁流速計と PTV 画像解析によって算出された鉛直 流速分布を Casel について図-3, Case2 について図-4 に示 す. 鉛直流速分布は通常,摩擦の少ない水面の若干下方で 最大となるが,図-3,図-4 の電磁流速計による鉛直流速分 布はともに水路床若干上方が最も大きくなっており,水路 床からの高さが大きくなり,水面に近づくにつれて小さく なっている.また,図-3 では電磁流速計による鉛直流速分 布は,水路床からの距離が 2.5cm 程度までは対数分布とな っているが,図-4 では対数分布に当てはまらない分布とな っている.これらは,既往の研究で示されてきた鉛直流速 分布とは異なる結果であり,この実験水路においても河川 の洪水中に観測された現象が水理条件によっては生じるこ とがわかった.

図-4 をみると、画像解析と電磁流速計で流速の計測値が 8 倍~25 倍程度異なっている.流量、水路幅、水深から平均 流速を算出すると約 50cm/sec となり、画像解析から正しく 計測できていないことがわかる.この原因として、PTV 画 像解析で検出している水中の粒子の数が多すぎたことが考 えられる.PTV 画像解析では、画像内に写っている粒子を 検出し、複数枚の画像の粒子位置を比較することにより流 速を算出するため、流体中の粒子が非常に多い場合や流速 が非常に大きい場合、計測精度が低下することが知られて いる.図-3 では同様な流速分布が得られているため、今後 は両ケースの条件を比較し、粒子数を抑え、粒子位置の比 較に使用する画像の数を増やす等から改善を行っていく必 要がある.



図-3 Case1 で PTV 画像解析と電磁流速計によって 計測された鉛直流速分布 (河床移動なし)



図-4 Case2 で PTV 画像解析と電磁流速計によって 計測された鉛直流速分布 (河床移動あり)

4. 結論

これまで平面上の流速分布を計測するために多く用いられてきた PTV 画像解析法を鉛直流速分布の計測 への応用に試みた結果,比較対象として実施した電磁流速計の値,分布を大きく異なり,想定した成果が得 られなかった.しかしながら,電磁流速計で計測された鉛直流速分布は河床が移動する場合に明らかに対数 則とは異なり,既往の摩擦速度の算出方法では実際の現象を表現できないことがわかった.PTV 画像解析手 法は電磁流速計に比べて同時刻の流況を計測できる利点があることから,今後は鉛直流速分布計測方法の改 良と摩擦速度,無次元掃流力の算出とそれらの関係,さらに河床を移動する掃流砂量との関係について検討 を進める予定である.

参考文献

- 岡田将治,和泉征良,竹内慈永,萬矢敦啓,橘田隆史: ADCP と RTK-GPS の実測データに基づく掃流砂量推定 手法の考察,水工学論文集 B1(水工学), Vol.70, No.4, I_631-I_636, 2014.
- 萬矢敦啓,岡田将治,江島敬三,菅野裕也,深見和彦: ADCP を用いた摩擦速度と掃流砂量の算定手法,水 工学論文集,第 54 巻, pp.1068-1098, 2010.