

II-141

PIV 法による越流型水制周辺の組織渦構造の解析

名古屋工業大学 学生会員 ○中野義郎

矢 作 建 設 正 会 員 藤田享良

名古屋工業大学 正 会 員 富永晃宏

1. はじめに 水制域内の土砂の輸送や水質交換機構を解明するためには、水制周辺の流れの詳細な3次元構造および瞬間的な渦構造を知ることが重要である。本研究は、レーザーシート光と中立浮遊トレーサー粒子を用いた断面内可視化画像を解析して断面内流速ベクトルを計測するPIV法により、水制周辺に発生する組織渦の特徴を検討したものである。PIV計測は電磁流速計では計測困難な底面・側壁・水面・構造物近傍計測が可能になるとともに、瞬間の水制域全体の流れ構造が得られる利点があり、組織渦構造の解析には適していると思われる。

2. 実験条件 実験水路は水路幅 $B=0.3\text{m}$ 、長さ $L=8\text{m}$ の長方形勾配可変型水路を用い、路床勾配 $i=1/2000$ とした。水制設置場所は水路の中間部、上流端から $4.5\sim 4.8\text{m}$ の範囲を水制区間とし、左岸側壁に沿って図-1に示すような2個の連続水制モデルを設置した。水制モデルの単体は、高さ h 、長さ l が共に 5.0cm 、幅 b が 2.0cm の真鍮製の角棒で、流れ方向には間隔 $s=20\text{cm}$ に、側壁に対しては直角に配置した。流量 $Q=3.8\ell/\text{s}$ の定常流量を通水し計測域内の水深 $H=7.5\text{cm}$ の越流型水制となるように、水路下流端で堰上げを行った。

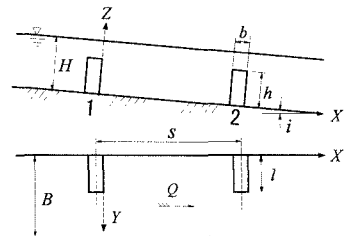


図-1 実験水路模式図

流れの可視化には、比重1.02、粒径50micronのナイロン樹脂粒子を用い、厚さ約3mmのシート状にした500mWアルゴンレーザー光を開鉛水路鉛直縦断面と水平断面に照射した。鉛直断面として7断面(水制側側壁から10,25,40,55,70,100,150mm)、水平断面として6断面(河床から5,15,30,45,55,70mm)を設定した。なお、今後鉛直縦断面照射の計測断面を水制側側壁から順にY10,Y25,...,Y150、水平断面照射の計測断面を河床から順にZ5,Z15,...,Z70と付けることにする。

この可視化画像を高速ビデオカメラを用いて120F/sで撮影した。画像は高速ビデオカメラのメモリーに録画された後、ハードディスクに640×480画素のTIFFファイルとして記録される。画像計測にはVISIFLOW(AEA Technology)PIVシステムを用い、相互相関法により画像解析した。水制区間25cm程度の範囲を解析対象として計測した。相関法では検査エリアを32×32画素、オーバーラップは50%とした。パソコンの画像メモリーボードに記録される画像は最大99枚であるため、連続画像が得られるように調整を行いながら記録し、計961枚の連続画像から得られる8秒間の流速ベクトルを解析対象とした。

3. 解析結果ならび考察 本研究では、まずPIV計測の精度の確認を行うために開水路乱流における流速分布の計測を行った。その結果、PIV計測は高波数の垂直変動には追従できないが、平均流速と主流方向変動については十分な精度を有しており、比較的大規模な渦構造の解析には適用できることが確認された。全時間平均(8秒間平均の画像データ)の流速ベクトルの一例を図-2に示す。縦断面、水平断面共に水制域内で逆流が現れるが、断面内で閉じた渦構造とはなっておらず、3次元的な構造をしていることがわかる¹⁾。このような全時間平均の流れ構造を知ることが必要であるが、瞬間の流れはこの結果とは全く異なる渦構

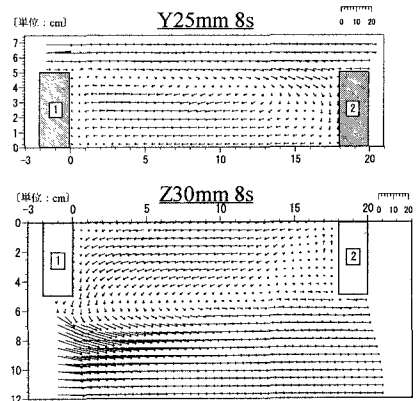


図-2 全時間平均流速ベクトル

キーワード：PIV、流れの可視化、水制、組織渦、局所流

〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町 名古屋工業大学工学部社会開発工学科 Tel&Fax 052-755-5490

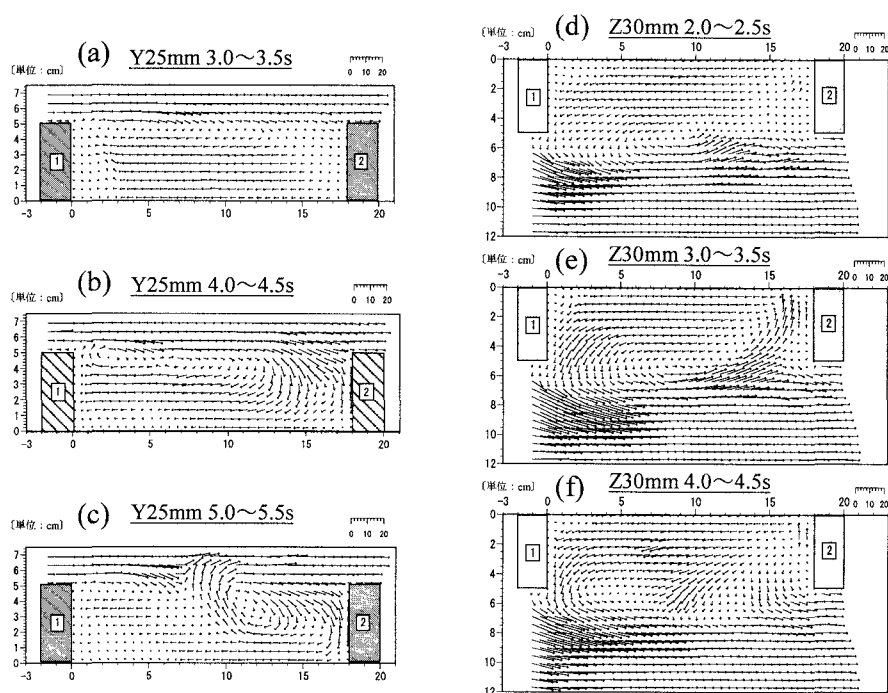


図-3 短時間平均流速ベクトルの時間変化

造を呈しており、単なる乱れ強度の情報だけでなく、大規模な組織渦構造の特徴を把握することが重要であると考えられる。そこである程度大規模で継続時間の長い渦構造を抽出するために0.5秒間の平均を0.5秒間隔で取り出した流速ベクトルの時系列変化を検討した。

各計測断面のうち、2断面（ $y=25\text{mm}$ の縦断面、 $z=30\text{mm}$ の水平断面）の短時間平均流速ベクトルの一例を図-3に示す。各断面の流速ベクトルは同時刻のものではないため、流れの3次元的な瞬間像を一度に捉えることはできないが、基本的なパターンを抽出して各断面間で比較し全体像を推測することが考えられる。 $y=25\text{mm}$ の縦断面では、(a)に示すように $z<40\text{mm}$ の領域で鉛直軸を持つ平面渦のスライスが捉えられている。第1水制頂部後方に比較的安定した横断渦構造が存在し、これが発達・移動する様子がうかがえる。特に(b)のように第2水制前方において強い下降流が頻繁に現れ、水制間中央付近では時折(c)のような強い横断渦の通過により上昇流が発生している。底面近くの逆流は比較的安定して存在している。 $z=30\text{mm}$ の水平断面では、第1水制によって流れが主流域側へ大きく曲げられ、(e)のような水制後方において水制域外へ流出する流れを伴う大きな平面渦を形成する。この渦は(d)で第2水制前面に向かって入り込み始め、(e)では根元付近まで達する強い横断方向流れとなる。この後、(f)のような水制間中央部から水制区域外に湧き出していく流れが現れる。この外向きの流れは(c)の上昇流と対応しているように推察される。ここに示した流れパターンもある程度周期的に繰り返していることが確認される。このような流体の挙動は、断面によっても異なりそれぞれ特徴的な挙動を示す。これらをつなぎ合わせて3次元的な渦運動を構築するのはかなり困難であるが、点計測との同時計測などによって明らかにしていきたいと考える。

4. おわりに PIV法によって水制間に生じる瞬間的組織渦構造をある程度定量的に捉えることができた。周期性についても確認できたが、8秒間の計測時間は十分ではなく、さらに長時間の連続データが必要となろう。本研究で3次元性の強い流れ場を断面でスライスした2次元的な考察で検討する可能性を示すことができたが、今後は物質輸送に関する定量的評価に結びつける必要がある。

<参考文献> 1) 藤田・長坂・富永・中野、平成10年度中部支部研究発表会講演概要集，pp.193-194, 1999。