

各種水制形状に起因する組織的流れの可視化に関する研究

愛媛大学大学院	学生員	○新家研蔵
愛媛大学大学院	学会員	小島英司
愛媛大学大学院	正会員	門田章宏
愛媛大学大学院	フェロー会員	鈴木幸一

1. はじめに

水制は元来、治水や利水のための構造物であったが、1997(平成9)年に河川法が改訂されたこともあり、河川環境のための構造物としての機能も付加された。そのような背景から、近年再び水制に関する研究が活発に行われるようになってきている。水制には多様な種類があり、古くから様々な形状水制が使用されてきた。I型水制は河岸から河川の中心に突き出すように設置される基本となる水制であり、長さや角度を変えて設置されている。T型水制はワンドの形成など、生物にとって好ましい環境が作り出されることで注目を浴びている。L型水制は17世紀頃、愛媛県重信川の改修工事において鎌出として考案され、明治・大正時代まで重信川の改修に広く利用されていた。このように様々な水制が古くから利用されているが、その設計は主に経験に基づいており、各水制の水理機能は明らかになっていない。本研究では、水制形状の違いによる周辺の流れを粒子画像流速測定法の一つであるPTV法(Particle Tracking Velocimetry)を用いて、水平断面内の瞬間流速を測定し、水制周りに発生する流れの構造について解析・考察を行うことを目的とする。

2. 実験方法と解析方法

本実験で使用した装置は、直線循環式開水路(長さ300cm、幅14cm、高さ20cm)、メタルハライド光源、高速CCDカメラ(IMPERX IPX-VGA210-LM)、画像取得および解析用PCおよび画像キャプチャーボードから構成されている。本実験では高速CCDカメラを二台同時に使用し、撮影した画像をそれぞれ合成することで、画像解像度を高く保ったまま広域でかつ詳細な撮影を可能にした。さらに、カメラで撮影した後には解析する際、装置内の微粒子の変化を見ることでも可能であるが、確実に変化を捉えられるよう、トレーサ粒子(直径0.02mm、比重1.01g/cm³)を装置内の水と一緒に混入した。水制の模型として、幅1cm、水制長5cm、流下方向長5cm、高さ10cmの亚克力板製でI型、T型、L(上流,下流)型の4種類を設置した。実験条件は流量1.0liters/s、メタルハライド光源のスリット光厚は2mmになるようにし、さらにスリット光の高さを水路底面付近から9cmの位置に設定した。水深を下流端の堰で調整して9.5cm(非越流)、10cm(越流)となるように設定し、計8ケースの測定を行った。本研究ではPIV解析でよく用いられる高速計算の可能なFFT相互相関法と高精度な直接相互相関法をうまく組み合わせることで、PTV解析コードを開発し、本研究の水制周辺の流れの可視化画像に適用した。得られた瞬間流速値の結果は、乱れ強度、レイノルズ応力や組織的構造を抽出するPODパターン等の基本的乱流統計量として考察を行った。ここでは、その一例として、T型、L(上流,下流)型水制周辺に分布する流速ベクトルおよび乱れ強度の横断方向成分について述べる。

3. 実験結果及び考察

図-1に示す乱れ強度を見てみると、非越流状態では、T型、L(上流,下流)型水制は乱れの範囲を広げる傾向があることが分かる。図-2に示すReynolds応力では、どの水制、水理条件でも水制周りで正と負の大きなせん断が起きている。さらに詳しく見ると、水制上流側の接触面で正のせん断、下流域では負のせん断が広がっている。また、越流、非越流を比較すると非越流の方がせん断が大きく、L(上流,下流)型の二つは非越流状況下では下流域で負のせん断が広範囲に広がり、一方、越流ではT型、L(上流)型といった上流側に突起のある水制で、せん断が広範囲に広がる傾向になる。つまりL(下流)型は越流と非越流とで全く違った結果をもたらし、その他の水制はせん断の大きさの差はあるが越流状態と非越流状態で大きな違いは見られない。また、連続水制は間隔が長くなるほど下流域での負のせん断が弱まることが分かる。

4. おわりに

本研究では、水制形状の違いによる流れ構造の違いに関して、PTV 法を用いて瞬間流速を評価し、水平断面内の水制周りに発生する流れの構造について解析・考察を行った。

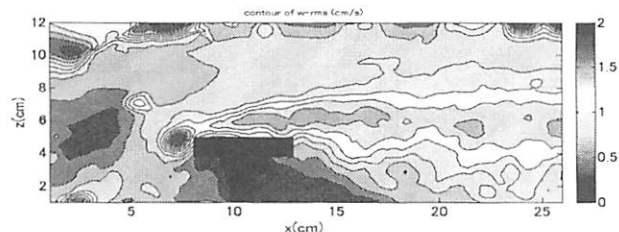


図-1(a) T型水制（非越流）

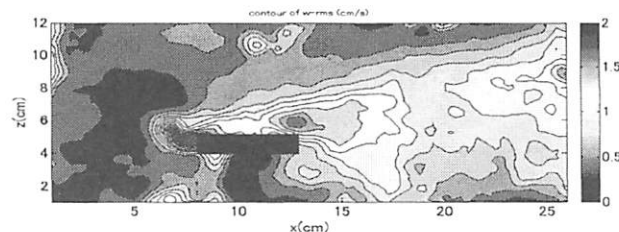


図-1(b) T型水制（越流）

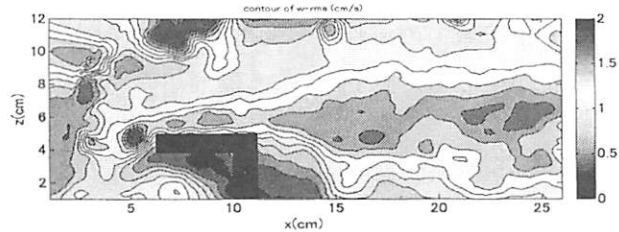


図-1(c) L（上流）型水制（非越流）

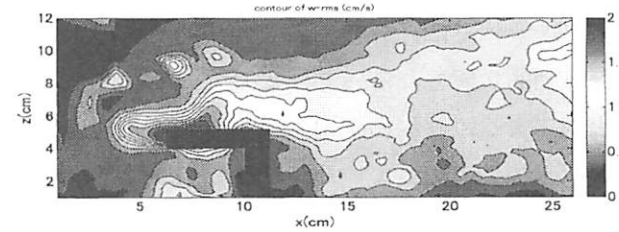


図-1(d) L（上流）型水制（越流）

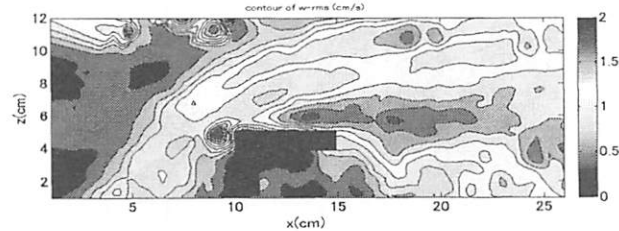


図-1(e) L（下流）型水制（非越流）

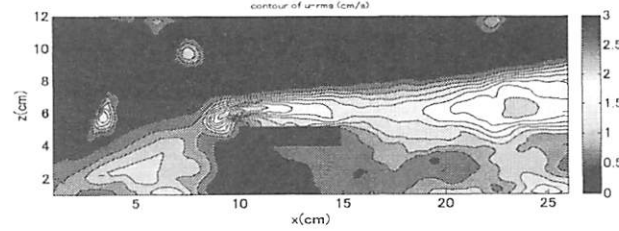


図-1(f) L（下流）型水制（越流）

図-1 各水制の乱れ強度の横断方向成分(cm/sec)

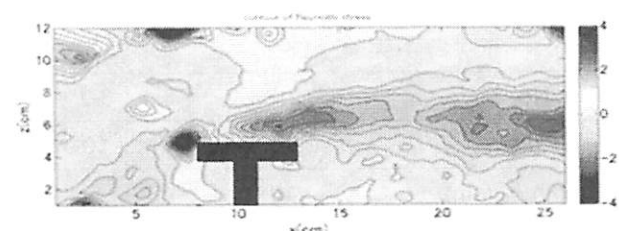


図-2(a) T型水制（非越流）

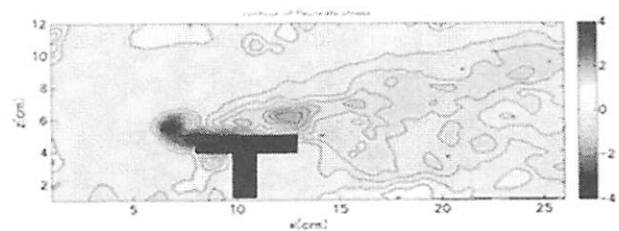


図-2(b) T型水制（越流）

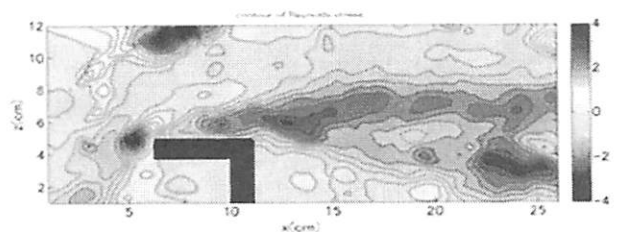


図-2(c) L（上流）型水制（非越流）

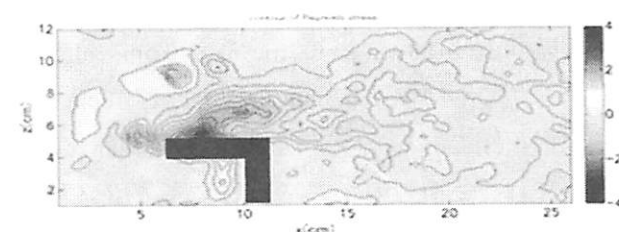


図-2(d) L（上流）型水制（越流）

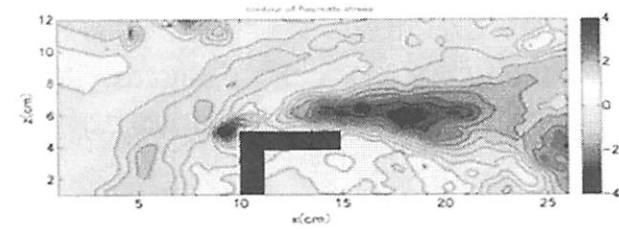


図-2(e) L（下流）型水制（非越流）

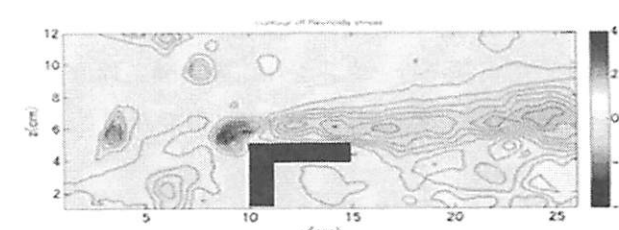


図-2(f) L（下流）型水制（越流）

図-2 各水制の Reynolds 応力分布(cm^2/sec^2)