

徳山高専 正員 ○渡辺 勝利

正員 大成 博文

正員 佐賀 孝徳

中電技術コンサルタント 正員 前田 邦男

1. はじめに

著者らは、流れの可視化法を用いて、水路蛇行に伴う組織構造の系統的な究明を進めてきた¹⁾。その結果、水路中央部に形成された渦構造が水路の蛇行に伴って大規模化し、さらにそれらが変形・傾斜するという特徴が明らかにされた。本研究ではその特徴をより深く究明するために、水路中心線に沿う流速計測とDPIV法を用いた可視化実験が行われ、水路蛇行に伴う速度場の特徴および渦構造と速度情報の相互関係のいくつかが明らかにされた。

2. 実験装置および方法

実験には、図1に示される直線・蛇行水路が用いられた。本水路の詳細については文献1)に述べられているのでここでは省略する。流速計測には2成分のレーザー流速計が使用され、断面F, A, 4, 10の水路中心点において平均流速、乱れ強度およびレイノルズ応力が計測された。流れの可視化実験ではDPIV法を用いて、水路中心線上の4地点(断面E-F-G, 断面A-B, 断面4-5, 断面10-11)において縦断面視がなされた。DPIV法およびそのデータ処理の詳細については、文献2)に記述されているのでここでは省略する。実験条件は、水路勾配 1/1000, 水深(H)4cm, 平均流速(U_m)12.4cm/sec, レイノルズ数4000に設定された。

3. 実験結果および考察

図2(a)には、各断面における主流速(U)の鉛直方向分布が示されている。直線部の断面A, Fの主流速分布は同様な形状を呈している。蛇行部では、断面4の底壁付近をのぞいて主流速は直線部と比較して小さい傾向にある。断面4の壁面付近は他の断面に比してより高速化しており、高せん断層が形成されていることが明らかである。同図(b)にはレイノルズ応力($-\overline{u'v'}$)の鉛直方向分布が示されている。直線部の断面A, Bにおけるレイノルズ応力はいずれも $Y/H=0.2$ でピークをもつ三角形分布を呈している。蛇行部では直線部と比較してその値は小さく、流下方向に減少する傾向を示している。断面4では、レイノルズ応力の壁面付近の減少が他の断面に比べて緩やかである。これは上述の壁面付近に形成された高せん断層によって鉛直方向の顕著な運動量交換がなされているためと考えられる。断面10では、分布の形状は直線部のそれと同様の三角形を呈しているが、ピークの位置が水面方向に移動している。図中には、須藤ら³⁾による90°湾曲矩形管内の流れ(水力直径8cm, $Re=40000$)の流速計測結果が付記されている。実験装置および条件の相違はあるが、湾曲に伴うレイノルズ応力の減少傾向は本実験の結果と一致している。以上のような流速計測の結果から、水路中心線に沿う流れは水路の蛇行に伴って変化しており、それは乱れの量により顕著に現れることが明らかである。

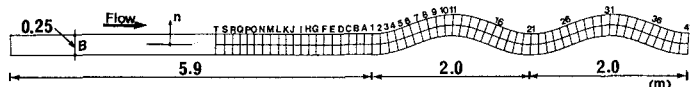


図1 実験水路概要

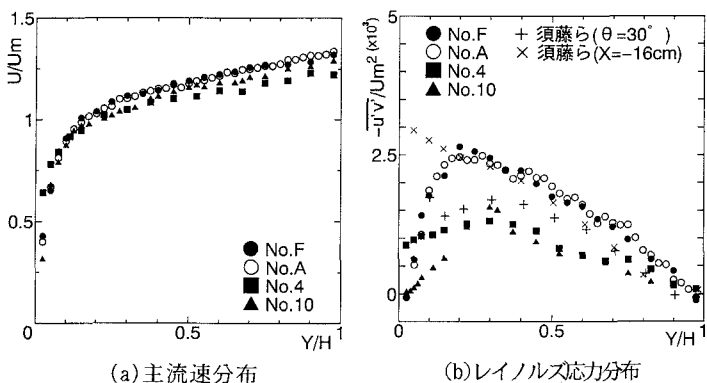


図2 流速計測結果

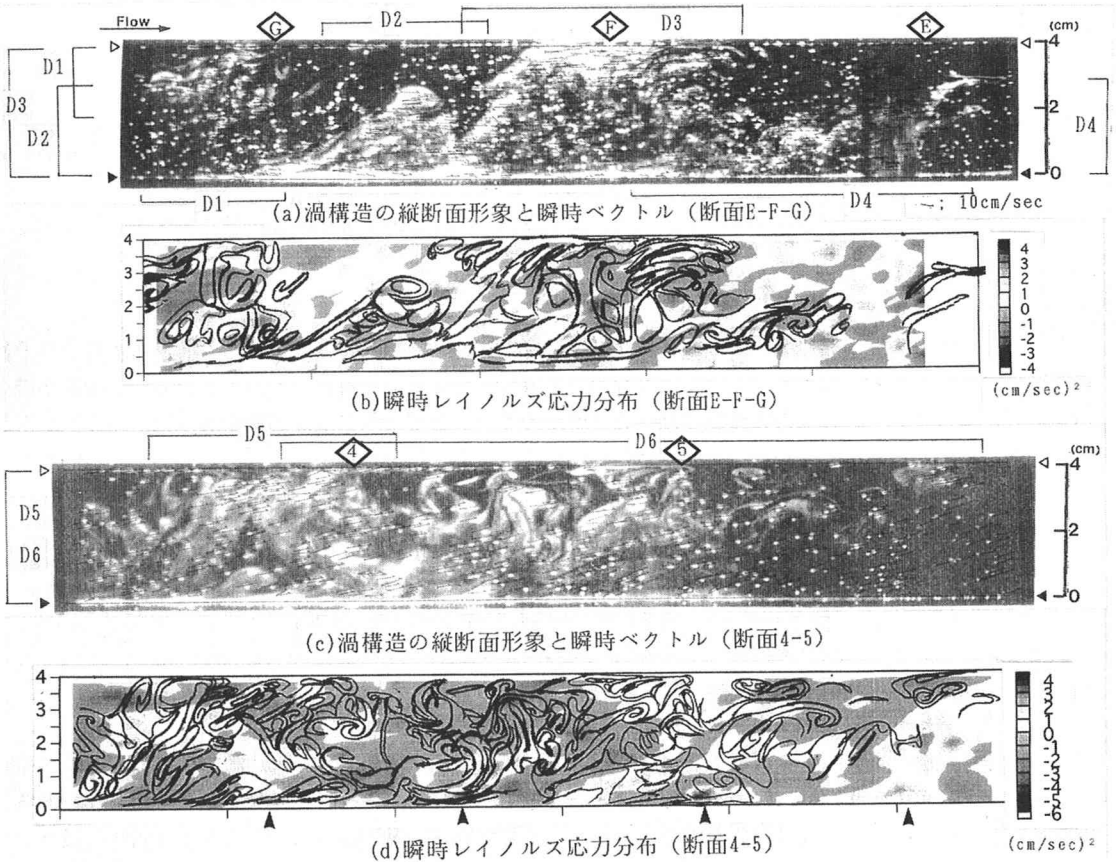


図3 DPV法の解析結果

図3 (a)～(d)には、DPV法による渦構造の縦断面形象と速度情報（瞬時速度ベクトル、瞬時レイノルズ応力）の重ね図が示されている。図の流れ方向は左から右であり、水表面および底壁面は△、▲をそれぞれ結んだ位置に相当する。直線部の断面E-F-Gにおいては、大小さまざまな渦構造の縦断面形象（SD1-SD4）が認められる。瞬時流速ベクトルは、断面GからFでは下降、その下流では上昇する傾向が認められる。渦構造の縦断面形象内外には正負の瞬時レイノルズ応力が分布している。その比較的大きな正の値は、SD1の壁面側、SD2の横渦形象の先端付近およびSD4の渦形象内に認められる。これらは渦形象の周辺あるいはその内部に相当しており、渦構造の誘起した流体運動によって生じたものと考えられる。負の値は比較的大規模なSD1およびSD3の形象内に認められる。

一方、蛇行部の断面4-5においては、大規模な渦構造の縦断面形象（SD5, SD6）が認められる。この断面で特に注目されるのは大規模な上昇流が形成されていることである。これは、この領域に形成された大規模渦構造によって誘起されていると考えられる。縦断面視での流跡撮影では0.5秒間隔に36枚の写真が撮られたが、そのほとんどが上昇傾向を示していることが認められた。瞬時レイノルズ応力の分布は、直線部のそれとは大きく異なり渦構造の縦断面形象内は負の領域が大半を占めている。また、壁面付近には比較的大きな値が生じている（矢印でその領域を示している）。これは、図2に示された断面4におけるレイノルズ応力の壁面付近の分布特性に対応しているように思われる。以上の直線部と蛇行部の瞬時レイノルズ応力分布の相違をより明確にするには、変動速度ベクトルの4象限分割による考察が必要である。

参考文献 1) 渡辺他: 水工学論文集, 第37巻, pp. 475-480, 1993. 2) 渡辺他: 第21回可視化情報シンポジウム講演論文集, vol. 13, pp. 245-248, 1993. 3) 須藤他: 機械学会論文集 (B編), 55巻, 515号, pp1861-1867, 1989.