

II-196 水路の蛇行に伴う大規模二次流れの構造

徳山高専	正会員	渡辺 勝利
同上	正会員	大成 博文
同上	正会員	佐賀 孝徳
同上	学生会員	波多野 慎
山口大学	正会員	斎藤 隆

1. はじめに

水路の蛇行あるいは湾曲部における二次流れの構造を解明するには、そこに形成された組織構造の特徴を明らかにし、両者の相互関係を考察することが重要である。本研究は、蛇行に伴う水路中央付近の二次流れと組織構造の特徴を、流速計測と2つのトレーサーを併用した流れの可視化法を用いて検討した。

2. 実験装置および方法

実験には、図-1のような直線水路と蛇行水路を連結した水路を使用し、流速計測および流れの可視化実験を行った。流速計測には、2成分のファイバー型レーザー流速計を使用し、断面F, A, 4, 10の水路中心部における平均流速、乱れ量を計測した。流れの可視化実験では、蛍光染料水溶液と水素気泡膜を併用した横断面視を行った。図-2に、その可視化手法の概略を示す。実験条件は水深(H)を4.0cm, レイノルズ数($Re=U_m \cdot H/\nu$, U_m :断面平均流速, ν :水の動粘性係数)を4000, 水路勾配を1/1000に設定した。

3. 実験結果および考察

図-3に横方向流速Wの計測結果を示す。Wは直線部においてはほとんどゼロである。蛇行部の断面4では、 $y/H=0.3$ を境にWの正負が逆転している。また、その最大値は平均流速の10~15%にも達している。断面10におけるWは、断面4と逆位相の分布形状を呈しているが、十分に発達しておらずその値は小さい。

断面4における横断面視の結果の一例を図-4に示す。壁近くには、内岸方向へ傾斜した壁縦渦の横断面形象(sv⑦)が、十字陰極線よりも上部には、外岸方向へ傾斜した大規模な組織構造が可視化されている。このとき、水素気泡の横断面形象(白い細線に相等)は、上流の十字線位置からずれて複雑な屈曲を示している。鉛直方向の陰極線からの水素気泡流脈は、比較的小スケールの変動を伴いながら、壁近くでは大きく内岸側へ、半水深以上の領域で外岸側へ、それぞれの変位を示している。水平方向については、外岸側にやや大きく下降成分として変位している。これらの変位は、水路の湾曲によって発生する二次流れと組織構造の誘起する瞬間的な二次流れを示すとともに、その変位の勾配は横方向および縦方向のせん断の大きさを示しているように思われる。以下、組織構造の傾斜特性と水素気泡流脈の変位特性について述べる。

図-5に、断面F, 4, 10における組織構造の平均傾斜角分布を示す。計測領域は水路中央を中心とする2Hの範囲で、計測個数は各断面とも1000である。直線部と比較して蛇行部断面4の傾斜は顕著であり、 $y/H=0.3 \sim 0.4$ 付近でその正負が逆転している。断面10では底壁面近くで正值を示し、断面4と逆位相の分布を呈している。



図-1 実験水路外略

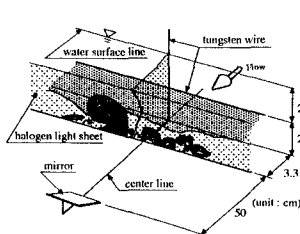


図-2 横断面視法

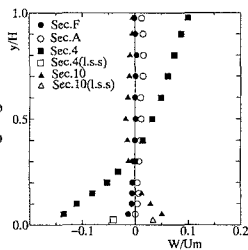
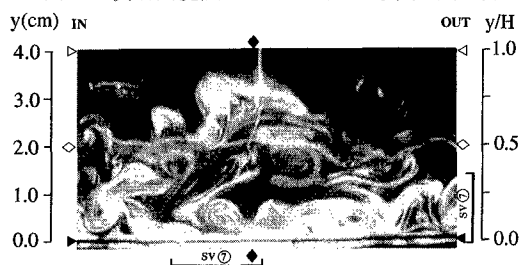


図-3 横方向平均流速W



(◇◇: 水平陰極線位置, ◆◆: 鉛直陰極線位置)

図-4 蛇行部における横断面視の一例

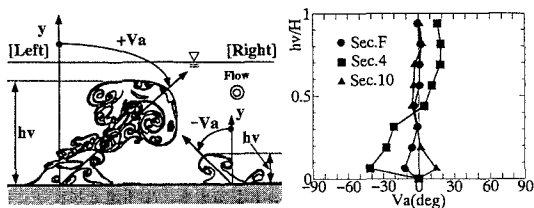


図-5 組織構造の平均傾斜角分布

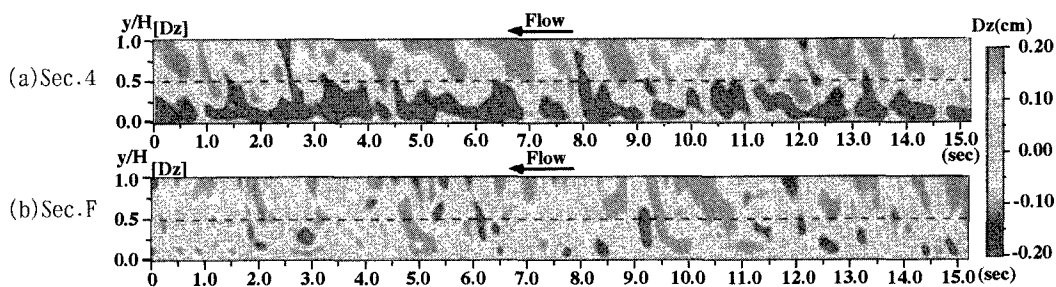


図-5 鉛直陰極線から発生した水素気泡流脈の水平方向変位Dzの時間変化

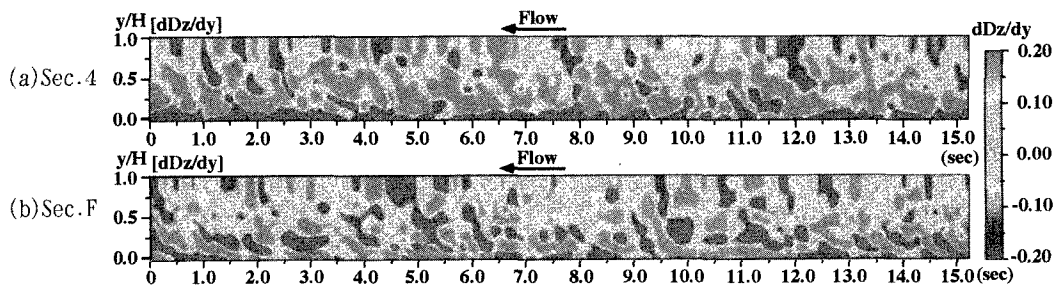


図-6 水平方向変位Dzの鉛直方向勾配 (dDz/dy) の時間変化

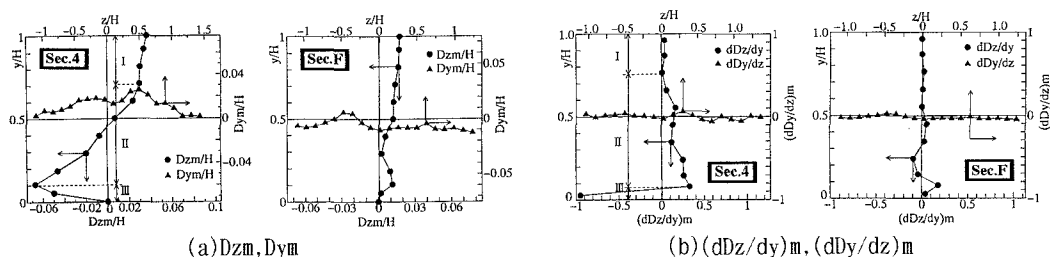


図-7 水素気泡流脈の時間平均変位および勾配

る。この組織構造の傾斜角分布は、横方向平均流速 W の分布と類似している。著者は、組織構造の傾斜方向が逆転する特徴を「横方向の傾斜構造」と定義する。

鉛直方向陰極線から発生した水素気泡流脈の水平方向変位 Dz の時間変化（15秒間）を図-5に示す。 Dz の正、負の符号は、右岸、左岸方向の変位に相等する。断面4では $y/H < 0.2 \sim 0.3$ で左岸（内岸）へ、 $y/H > 0.3$ で右岸（外岸）に方向へ大きく変位し、それらが間欠的な周期特性を示しながらも、流れ方向（この場合は時間軸方向）長く連なっている。断面Fの分布にはこのような構造性は認められず、両者には明らかな相違が存在する。図-6は、 Dz の鉛直方向勾配 dDz/dy の時間変化を示す。正、負の符号は Dz の右上がり、右下がり分布に対応する。値の大きい領域は高せん断層と考えられることから、二次流れの構造を考察する際に非常に重要である。断面4の鉛直断面では、この高せん断領域が3つの領域（ $y/H < 0.1$, $0.1 < y/H < 0.7$, $0.7 < y/H < 1.0$ ）に大別される。これらの領域ごとの特性は、第1に、壁近くで負、およびその中間領域において正の高せん断領域が鉛直方向に形成され、流れ方向には、間欠的ではあるが長く連なる構造が存在する。第2は、水面付近で、高せん断層が流れ方向に連なる間欠性が消え、流れ方向に比較的小スケールのしかも正負の低せん断値を示す領域が交互に出現していることにある。これに対し、直線部では、上述の流れ方向に連なるせん断構造が形成されず、比較的小スケールの構造が交互に流れ方向、鉛直方向に形成されているのみで、断面4とは顕著な相違を示している。図-8は、 Dz , Dy の平均値とそれらの平均勾配を示す。この図より、断面4における二次流れは、鉛直方向成分と比較して横方向成分が顕著であり、さらに横方向のせん断成分がきわめて大きい構造を有するとから、Bradshaw¹⁾の二次流れのパターン分類に従えば、横流れ型に相等すると考えられる。

参考文献 1) Bradshaw, P: Turbulent Secondary Flows, Ann. Rev. Fluid Mech., Vol. 19, pp. 53-74, 1987