

II - 292

水路蛇行に伴う渦構造の傾斜現象

徳山高専 正員 ○渡辺 勝利

徳山高専 正員 佐賀 孝徳

1. はじめに

乱流における渦構造は、流れのさまざまな物理量の輸送を担う重要な組織構造であることが知られている。最近、水路が蛇行や湾曲した流れにおいても、それが流れの構造の変化に重要な寄与をなしていることが指摘されている¹⁾。しかし、その実体の解明はいまだ十分になされていない。本研究は、水路蛇行に伴う渦構造の特徴を流れの可視化を用いて検討した。その結果、水路蛇行に伴う渦構造の傾斜特性のいくつかが明らかとなった。

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²⁾が用いられた。渦構造の横断面視²⁾は直線部の断面F、蛇行部の断面4、10において行われた。流速計測には2成分のレーザー流速計が使用され、各断面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の鉛直方向の分布が計測された。実験条件は、水路勾配1/1000、代表水深(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には、断面F、4の中央付近における横断面視の一例が示されている。図中の▲、△および◆は、底壁面、水表面および水路中央の位置を示している。(a)には、直線部の断面Fを通過する2つの大規模な渦構造が示されている。それらはいずれも水深オーダーの横幅を有し、複数の渦構造によって構成されていることが明らかである。この渦構造の中央付近では上昇流、その周辺では下降流が形成されていると考えられる。一方、断面4においても同じく大規模な渦構造が可視化されている。この渦構造は直線部のそれとは異なり、大きく右岸方向に傾斜しながら水表面まで発達している。この傾斜現象は、この断面を循環するような大規模な2次流れによって引き起こされたものと考えられる。このような渦構造の変化は乱れの構造に大きく反映している。図3には、レイノルズ応力 $-u'v'$ と $-u'w'$ の分布が示されている。この図より、 $-u'v'$ は水路の蛇行とともに減少することが明らかである。 $-u'w'$ は直線部では小さく蛇行部では直線部よりも大きいことが明らかである。このレイノルズ応力の変化は、渦構造の傾斜によって運動量の

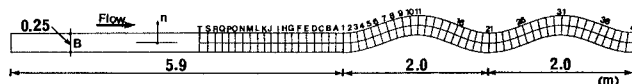


図1 実験水路概略

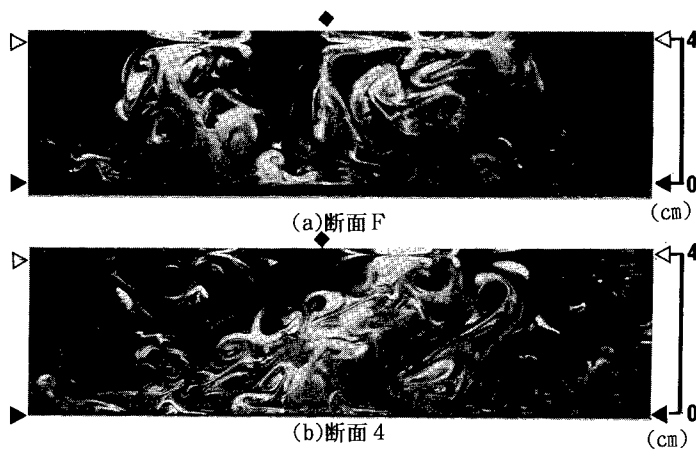


図2 渦構造の横断面視

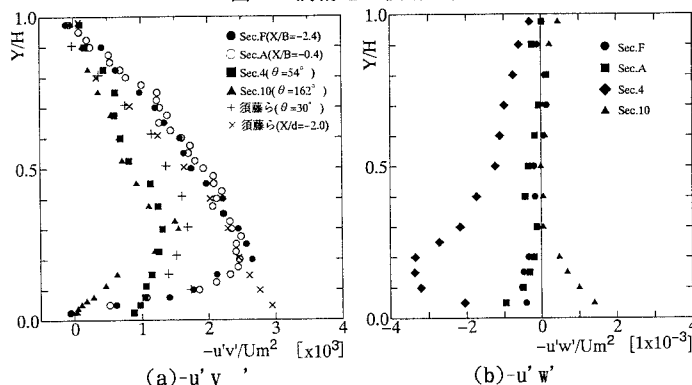


図3 レイノルズ応力分布

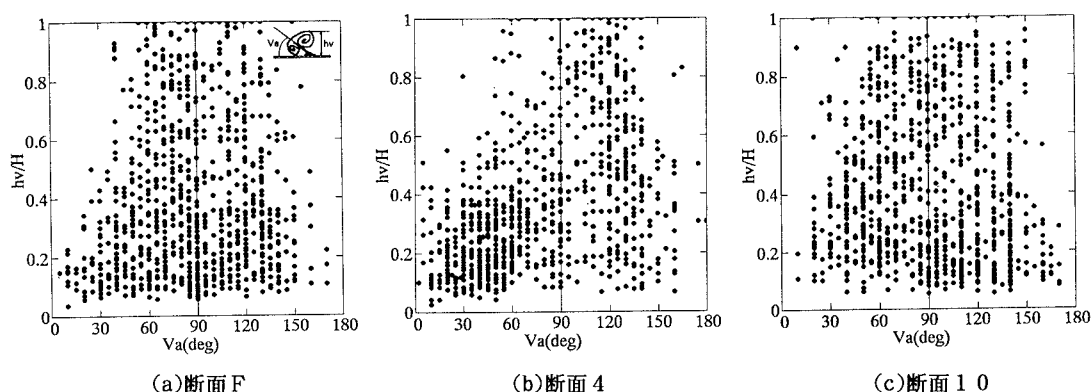


図4 渦構造の傾斜角度

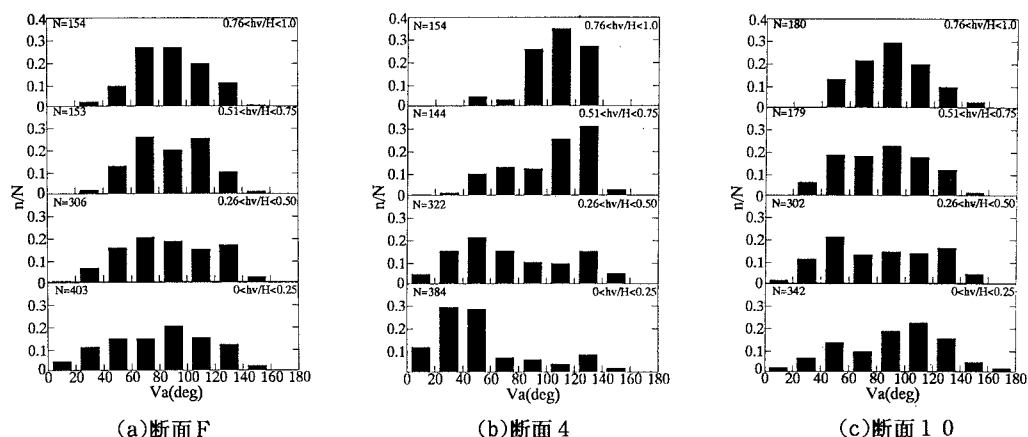


図5 渦構造の鉛直方向スケールで分類した傾斜角度の頻度分布

輸送方向が鉛直から斜めに変化していることを示唆しているように思われる。

この渦構造の傾斜現象を定量的に評価するためにその傾斜角度が調べられた。その傾斜角の評価においては、水路中心付近の横断面視のビデオ画像を0.1秒毎に、そこに映っている渦形象の傾斜角(Va)とその鉛直方向スケール(h_v/H)が各断面とも1000個ずつ計測された。この図より、直線部の断面Fでは90度を中心に等脚台形に近いほぼ対称な分布を呈している。ところが蛇行部の断面4では0~60度および120~150度において集中領域がみられる。断面10ではやや分布の広がり大きい、断面Fと同様分布を呈している。図5は、図4の結果を渦構造の鉛直方向スケールで分類し、傾斜角度の頻度分布を示したものである。断面Fでは、分布は全領域ともほぼ対称であり、渦構造の鉛直方向スケールが増大するにつれ傾斜角度の広がり小さくなっていることがわかる。これは小規模な渦構造は左右の揺動が激しいが、大規模渦構造は揺動が小さく壁面に対してほぼ垂直になることを示している。断面4では渦構造の鉛直方向スケールによって傾斜角度の頻度分布が大きく異なっていることが明らかである。巨視的には h_v/H が0.5以下では左岸方向に傾斜し、それ以上になると右岸方向に傾斜しているようである。これは、図2(b)の大規模な渦構造の底壁付近の渦構造は左岸方向に傾斜していることに相当している。このような傾斜した大規模な渦構造がそれとは逆に傾斜した小規模な渦構造から構成されていることは大変興味深い。断面10の傾斜角の頻度分布は、断面Fのそれと類似しているが、やや分布の広がり大きい。蛇行の線形考慮すると、断面4とは逆の傾向を示すと予測されたが、その傾向は h_v/H が0.25の範囲のみ認められる。

以上のように、水路の蛇行に伴って渦構造の傾斜特性が変化することが明らかとなった。今後は渦構造の傾斜現象と速度情報との相互関係の解明が重要である。

参考文献 1)Bradshaw, P et. al: J. F. M, vol. 159, pp105-130, 2)渡辺他:水工学論文集, 第37巻, pp. 475-480, 1993.