

水路の湾曲に伴って形成される組織構造の特徴

徳山高専 正員 ○渡辺 勝利
 正員 大成 博文
 正員 佐賀 孝徳
 山口大学 正員 斎藤 隆

1. はじめに

著者らは、これまでに蛇行水路乱流に形成された組織構造に関する系統的な究明を進めている。その結果、蛇行水路乱流には大規模な組織構造が形成され、それらが蛇行水路乱流の二次流れの形成に重要な役割を果たすことが明らかにされている¹⁾。しかし、それらの大規模な組織構造の発生・発達過程については、いまだ不明な点が少なくない。

そこで本研究では、直線から連続湾曲にいたる蛇行水路乱流における大規模組織構造の発生・発達過程を明らかにするために、まず底壁近傍に形成される組織構造に関する2, 3の考察がなされた。

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。本水路の直線部の長さ、幅および高さはそれぞれ3.9m, 25cm, 10cmである。蛇行部は長さ4m, 幅25cm, 高さ10cmの蛇行水路が用いられた。その線形は一波長 200cm, 最大変角20° の sine-generated curve が使用されている。水路幅およびその高さは直線部と同一である。流れの可視化実験では、トレーサーにフルオレセインナトリウム水溶液と照明にブラックライトを用いた平面視が行われた。その方法の詳細は、文献1) に詳述されておりここでは省略する。実験条件を表1に示す。なお、表中の U_m は平均流速、 ν は水の動粘性係数を示す。

表1 実験条件

CASE	H (cm)	U_m (cm/sec)	Re $U_m \cdot H / \nu$
A	7.0	0.7	500
B	7.0	2.1	1500
C-1	8.7	3.1	2700
C-2	8.8	4.0	2700
C-3	5.0	5.4	2700
C-4	4.2	6.4	2700
C-5	3.1	8.7	2700
C-6	2.5	10.8	2700
D	7.0	5.7	4000
E	7.0	7.1	5000

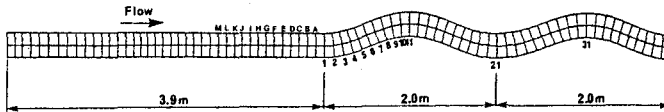


図1 実験水路概略

3. 実験結果および考察

図1には、平均流速の横断方向分布が示されている。計測断面は直線部の断面D（湾曲部入り口から上流40cm）および湾曲部の入り口の断面1である。流速計測には4Wのレーザー流速計が使用され、底壁から4cmの位置の流速が横断方向に計測された。この図より、断面D（▲印）における平均流速は横断方向にほぼ一様であることが認められる。ところが、断面1（●印）では右岸側の平均流速が減少し、平均流速は横断方向に不均一となっている。この断面1における平均流速分布の横断方向の不均一性は、流れ場が湾曲の影響を受け3次元化していることを示唆しているように思われる。

図2には平面視の一例が示されている。水路内の白く写っている部分が、直線部から湾曲部にかけて形成されているlow speed streaksに相当する。それらは、いずれも湾曲部に近づくにつれて左岸方向に湾曲し、相互の間隔も狭くなっている。このような streaksの湾曲は、直線部の流れが、水路の湾曲ともななって形成される二次流れの影響を受けていることを示している。図中の破線は、底壁面付近に滞留しているトレーサーの下流側の縁と湾曲した streaksの湾曲開始点を繋いだものであり、破線で囲まれた領域は底壁近くで湾曲の影響が及んでいる範囲に相当すると考えられる。図4には、図3に示された流れと同一の条件における蛇行水路乱流の「蛇行低速領域¹⁾」が示されている。この組織構造と図3の破線で囲まれた領域を比較すると、それが streaksの集中によって構成され、湾曲部で対岸方向に湾曲するという類似性が認められる。し

かし、その曲率は図3において示された連続湾曲の場合の方が大きい。このように直線・蛇行水路の線形が変化する付近の底壁近傍には、streaks が集中しそれが対岸方向に湾曲する領域が形成されることが明らかとなった。

この湾曲した streaks の水深変化による特徴が図4に示されている。水路内に描かれた各々の線は、それぞれの水深において最下流に位置する streaks を書き連ねたものである。この図より、streaks の最下流位置は水深の低下に伴って流下方向および右岸方向に移動し、その流向はしだいに水路の線形に沿うようになることが明らかである。

図5には、本実験条件において最もレイノルズ数大きい条件 (CASE E, $Re=5000$, $H=7\text{cm}$) における streaks の平面視の結果が示されている。この図に見られる streaks と図3のそれを比較すると、レイノルズ数が大きくなると細い streaks が集中することによって大規模な streaks (矢印) が形成され、それは対岸方向に湾曲していることが明らかである。

また、streak の最下流位置は破線で示されているように、より下流に移動していることが明らかである。

4. おわりに

流れの可視化法を用いて、直線・蛇行水路の底壁面付近の low streak streaks の特徴が考察された。また、その水理条件の変化に伴う特徴も検討された。今後さらにこの組織構造の詳細な究明を行う予定である。

参考文献

1) 渡辺, 大成, 斎藤: 低レイノルズ数における蛇行水路乱流の組織構造, 土木学会論文集投稿中

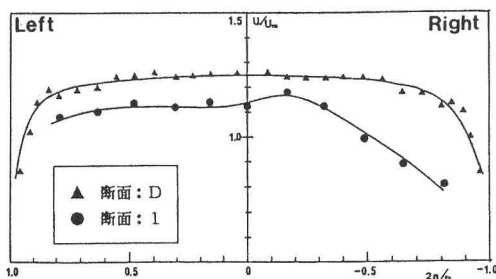


図2 平均流速の横断方向分布(CASE C-3)

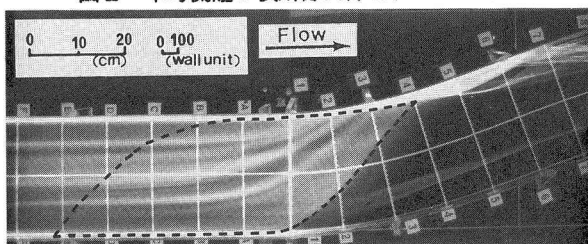


図3 平面視の一例(CASE C-2)

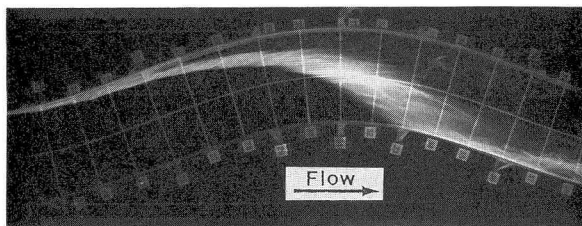


図4 蛇行低速領域($Re=2700$, $H=6.8\text{cm}$)

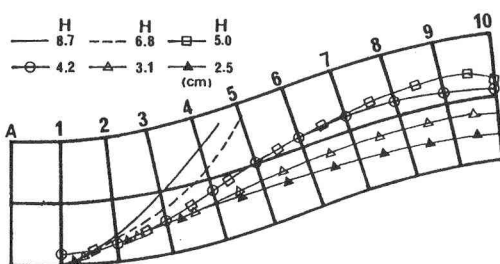


図5 水深変化によるstreaksの特徴

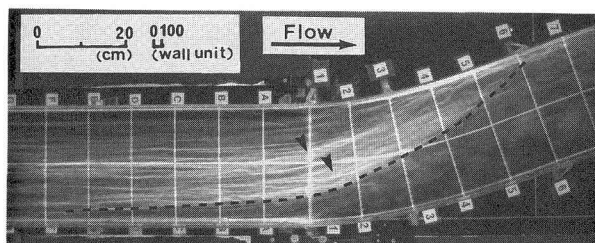


図6 レイノルズ数5000におけるstreaksの特徴