

II-208 蛇行流の大規模組織構造と平均流特性

徳山高専 正員 渡辺勝利
 徳山高専 正員 大成博文
 徳山高専 正員 佐賀孝徳
 山口大学 正員 斎藤 隆

1. はじめに

著者らは、蛇行流の底壁面近傍の染料の輸送経路と呼ばれる大規模組織構造の存在とその諸特性のいくつかを明らかにしている¹⁾。本研究では、これまでの研究結果を踏まえ、染料の輸送経路の形成位置と底壁近傍の平均流速分布等との対応が検討され、いくつかの興味深い知見が得られた。

2. 実験方法および実験条件

実験には長さ8m、幅25cm(2b)、高さ10cmの総アクリル樹脂製蛇行水路が使用された。蛇行線形には1波長200cm、最大偏角20度のsine-generated curveが採用された。実験条件は水路勾配1/1000、水深Hを6.8cmとして、レイノルズ数 $Re (=Um \cdot H/\nu)$ (Um :断面平均流速, ν :動粘性係数)は2700に設定された。流速計測および流れの可視化実験は、流れが発達したと思われる上流より4mから5mまでの1/2波長において行われた。設定された流れ場が低流速であることから、流速測定には水素気泡法が採用された。水素気泡法には10ミクロンのタングステンワイヤーが用いられ、22断面から31断面(図-2参照)にわたる各断面の底壁近傍(1mmから4mmまで0.5mm 間隔、但し30断面については水深方向に18点)が計測点に選ばれた。この可視化画像から底壁近傍の流速分布および摩擦速度 u_{τ} が求められた。なお、底面流況の可視化には蛍光染料注入法が用いられた。

3. 実験結果および考察

図-1には、蛇行流の底面流況の一例が示されている。図中の黒い部分は底壁面、白い帯状の部分は蛍光染料の輸送経路(以下、輸送経路と呼称する)がそれぞれ可視化されている。この輸送経路は、蛇行流固有の組織構造と考えられる。この組織構造の特徴は、時空間的にほぼ一定の平面形象を示すことにある²⁾が、染料の経路上での滞留は、そこが周囲の流体と比べて比較的低流速であることを示している。

図-2には、底壁近傍($y=2.0\text{mm}$)の流速計測の結果の一例が示されている。各断面の流速は、断面内最大流速で無次元化され、横断方向にその大きさが比較されている。流路内の破線は染料の輸送経路の前・後縁を示している(以下、各図中の破線はいずれも同一領域を表す)。この図より、水衝部と水路中心線付近で速く、凸岸下流部で遅いことが明らかである。また、輸送経路はこの相対的に遅い部分に形成されるが、それが流下とともに水路中心線を横切る付近では逆に高速域へと変化している。

図-3には、30断面における水深方向の平均流速分布が示されている。図中の実線は横方向の平均流速分布を表す。これらの特徴は、最大流速点が半水深位置から底壁近傍に現れる地点が存在することである。この傾向は左岸側において顕著であり、それが強まるのは $n/b=0.32$ (図-2の座標参照)付近である。この地点は輸送経路上にあり、この地点を境にして横方向には、断面平均流速分布と実測値との大小関係が相互に逆転する。図-4には、各断面の粘性底層厚さの分布が示されている。この厚さは、 $y^+ (=u_{\tau} \cdot y/\nu)$ (y :壁面からの距離)が5に相当する壁面からの距離から求められた。ほとんどの断面において、粘性底層厚さは左岸隅角部に向かって増加する傾向にある。また、輸送経路は各断面における粘性底層の比較的高い領域に存在していることが明らかである。図-5には、各断面における底壁面せん断応力の横方向分布が示されている。せん断応力の値は、全断面中の最大せん断応力で無次元化されている。せん断応力の分布は、粘性底層の分布とは逆に右岸側に向かって増加しており、その最大値は隅角部付近に認められる。これより、輸送経路上では、比較的壁面せん断応力がやや低く、また、経路の後縁部で壁面せん断応力の横方向勾配が急激に変化していることも明らかである。

参考文献

- 1) 渡辺他: 蛇行流における秩序構造の可視化, 流れの可視化, vol. 8, No. 30, pp. 7-12, 1988.
- 2) 渡辺他: 蛇行流の秩序構造に関する研究, 第20回乱流シンポジウム講演論文集, Vol. 7, pp. 302-307, 1988.

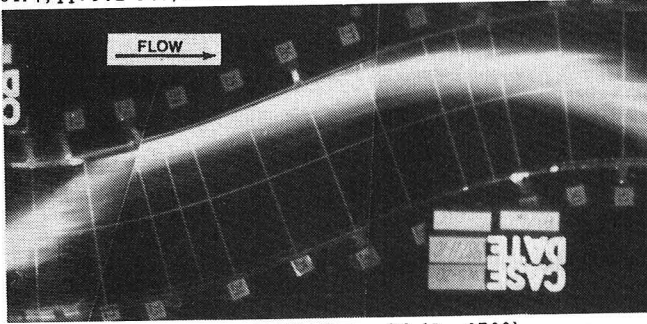


図-1 染料の輸送経路の一例 ($Re=2700$)

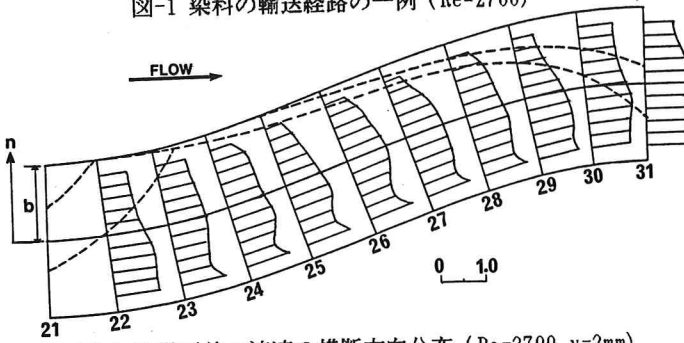


図-2 底壁近傍の流速の横断方向分布 ($Re=2700, y=2mm$)

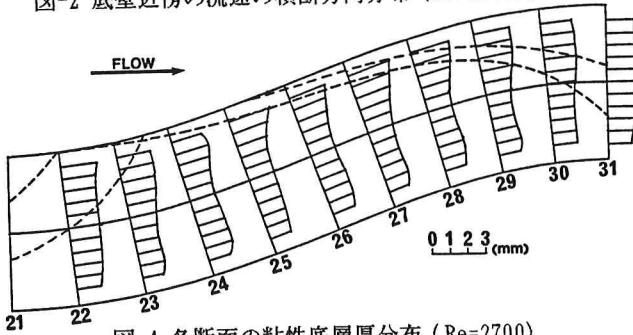


図-4 各断面の粘性底層厚分布 ($Re=2700$)

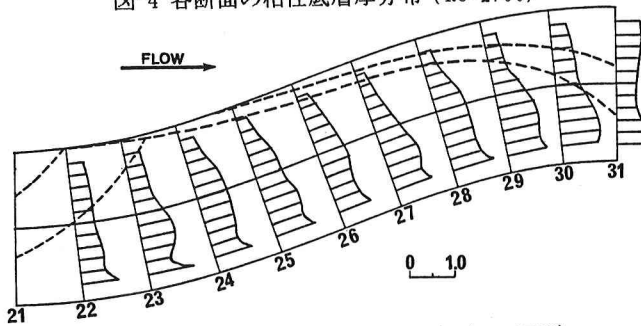


図-5 各断面の底面せん断応力分布 ($Re=2700$)

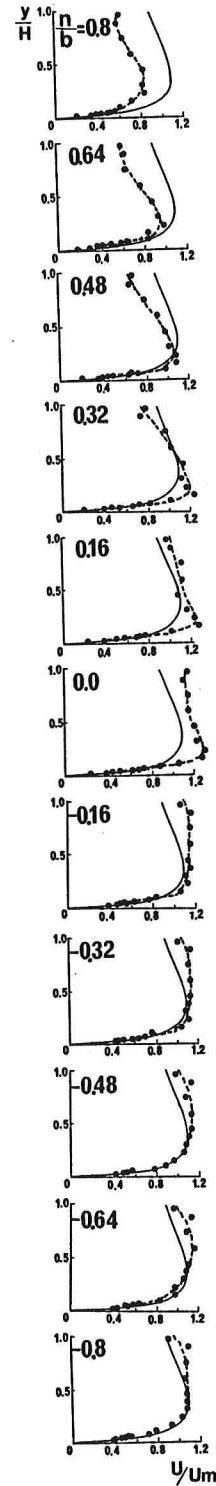


図-3 水深方向の平均流速分布 ($Re=2700, 30$ 断面)