

開水路隅角部における乱流構造

徳山高孝 正員○大成博文 佐賀孝徳 山本恭子
山口大学 正員 斎藤 隆

1. はじめに

従来より、長方形などの非円形流の隅角部には隅の方向に流れ込む、いわゆる「乱流二次流」¹⁾の存在が示されている。この二次流れは、主流方向に軸を持つ縦渦の形成を伴うとされている。そして、この縦渦の特徴として渦の強さが弱いのに流れと完全に三次元化すること、減衰がわずかに主流方向に長い距離を持続することなどが知られている。ところで、この縦渦の特徴は、①固定点検出法による把握法であること、②流速計測データにはいずれも長時間平均化が行なわれていることなどの前経を踏まえて得られたものである。

本論は、これらの従来法と異なる手法で、秩序運動を解明するという観点から隅角部の乱流構造を検討する。当然のことながら隅角部に形成された秩序運動としての縦渦の特徴も従来の結果と異なることが予想される。本論の目的は、隅角部での秩序運動を解明することにより、従来まったく不明とされる乱流二次流れの発生原因を究明することにある。また隅角部のみでなく側壁近くの流体運動にも注目してその水面観察の結果も示す。

2. 可視化の方法

可視化法は、レーザースリットによる横断面視法²⁾(Fig. 1)と普通の染料注入による平面視(Fig. 2)である。いずれもトレーサーには蛍光染料(フルオレセインナトリウム)が用いられた。実験装置の詳細は文献2)にあり省略する。横断面視の撮影は鏡(9 cm×9 cm)を通して行われたが、その影響がないと思われるところで下げ、しかも側壁の方にあまり鏡を近づけないようにした。トレーサーの注入は、上流部で行ないコーナー部の側壁にトレーサーが集って鮮明な可視化の手助けをした。また平面視では、従来のシャッター速度を遅くして台車を走らせながら撮影する方法ではなく、単純に短いシャッター速度で静止して撮影することにした。本方法の方が、側壁付近の渦の形象をより詳しく捉えらるゝはずである。その際照明として紫外線ランプを使用した。この光線に蛍光染料は鮮明な光を發した。実験条件をTable 1に示す。

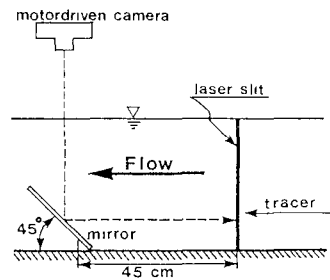


Fig. 1 Laser slit flow visualization system

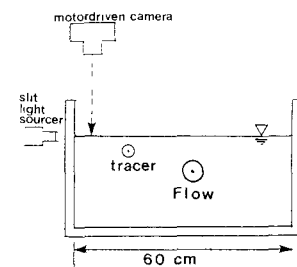


Fig. 2 Flow visualization system of surface vortices

3. 隅角部の秩序運動

Fig. 3に連続写真の一部を示す。右端に側壁、下端に路床壁面、上端に水表面をそれぞれ映し出されている。4枚の連続写真は、1秒3.8コマの速度で撮影されているが、隅角部の流速が中央部と比較して遅いためこの程度の連写速度でも秩序運動のある程度の時間的追跡が可能である。またそれぞれの写真の右には実スケールおよび内層スケールの両方が示されている。水深Hと内層スケールで表わすと、 $H=24.7\lambda_c$ (λ_c :動粘性係数, U_c :摩擦速度)となり、流れ場の約半水深の位置から内層と外層の境界面となる。さて4枚の写真のいずれにおいても隅角を構成する両壁面上に縦渦が形成されている。縦渦はほとんどが対

Table 1 Experimental condition

$Re (=U_{max}H/\nu)$	H (水深)	U_m (断面平均流速)
4720	6.71 cm	5.43 cm/s

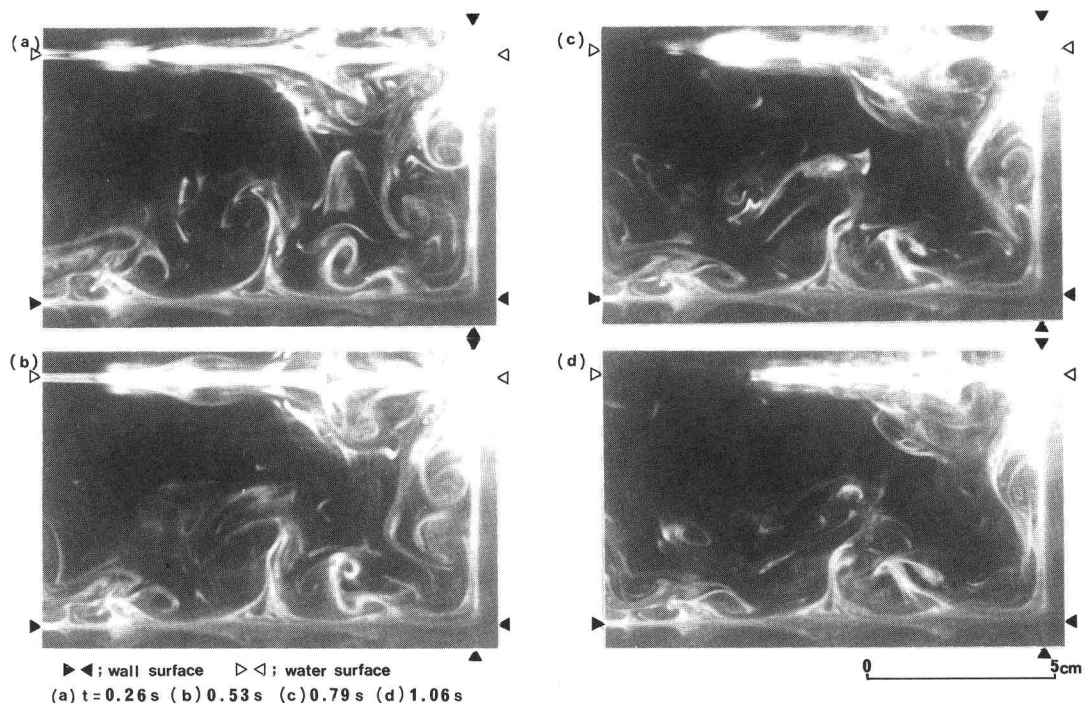


Fig. 3 Streamwise view of corner flow

をなしているが、短期的には単独に形成される場合もある。最初に注目する点は、隅角部で縦渦がほぼ固定されて形成されていることである。そしてこれらの縦渦はいずれも隅角部の方へと流れ込む局所流を誘起する役割を果している。すなわち、路床壁面上では、隅の方から背の低い縦渦が形成され、その横にはかなり発達した背の高い縦渦が位置している。この背丈の高低によって縦渦対の左側の渦の回転成分が隅角部への流入運動を生起させている。また、側壁部では縦渦対の一方が隅角部流入成分へ、逆にもう一方が水表面方向へ回転する運動を生起させている。この後者の挙動はさらに水表面付近で時計方向に回る縦渦を誘起させている。隅角部および水表面が縦渦の形成をほぼ固定させる機構が存在しているようである。(Fig. 4)

オニの特徴は、路床中央の秩序構造に比して隅角部の秩序運動の流れ方向のスケールがかなり大きいことである。

Fig. 5に側壁近くの水表面に形成された鉛直渦の連続写真の一例を示す。この鉛直渦は側壁部と中央部の流れ方向流速差によって形成されたものと思われるが、次々と発生・発達する機構は非常に興味深い。詳しくは講演時に説明する(参考文献)

1) 谷一郎: ながれ, 2-2, (1983)

2) 大成博教他: 土木学会論文報告集 第354号/Ⅱ-1

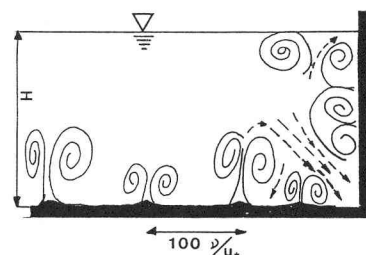


Fig. 4 A model of corner flow

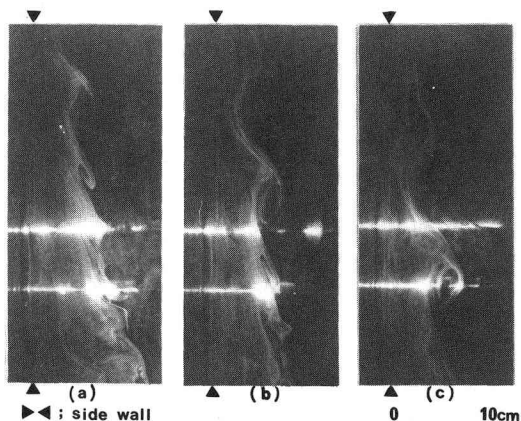


Fig. 5 Surface vortices near the side wall