

一様流による段落下流の渦構造の2断面同時可視化

西日本工業大学 正員 石川 誠
 西日本工業大学 正員 赤司 信義
 山口大学工学部 正員 斎藤 隆

1. はじめに

これまでに著者らは段落下上の流れを壁面噴流として段落下下流の流れを可視化して検討してきたが、壁面噴流の主流の自由せん断層や壁面での乱流境界層ならびに段落ち付近の剝離せん断層等によって組織構造が非常に複雑であったため十分に考察できなかった。そこで、本研究では、段落下上の流れが一様流の場合を対象にして、段落下下流で発生するスパン方向に軸を持つ渦（横渦と呼ぶ）の発生位置を調べると共に、再付着点下流で渦構造がどのように形成するのかを蛍光染料注入法による2断面同時可視化を行って、明らかにしようとしたものである。

2. 実験装置と実験方法

実験に用いた水路は、長さ 3m、高さ 0.3m、幅 0.3m のアクリル製開水路で、その上流には整水槽として長さ 2m、高さ 0.5m、幅 0.6m の鋼枠製水槽が接続されている。水路流入部より下流側 60cm の位置に 3cm の段落ちを設け、下流端には水位調節用堰板が設置された。又、段落ち部より上流側 12.5cm の位置と水路流入部上流側 80cm の位置にハニカム（径 4mm、長さ 5cm、幅 30cm）、（径 8mm、長さ 25cm、幅 50cm）がそれぞれ設置された。実験は、流量 Q を $196 \sim 713 \text{ cm}^3/\text{s}$ ($Re=590 \sim 2029$) の範囲内で変化させ、下流水深を一定として行われた。撮影方法を図1に概略的に示している。可視化には、流下方向に垂直な断面（横断面）を最大出力 2W のアルゴンレーザーをシリンドリカルレンズへと導いて得られるレーザーライトシートとそれに直交する水路中央の断面（縦断面）を出力 300W のスライドプロジェクターを使用して2方向を同時に行われた。蛍光染料には比重 1.002 のフルオレセインナトリウム水溶液を用いた。撮影には、ビデオカメラ2台を同時に使用した。

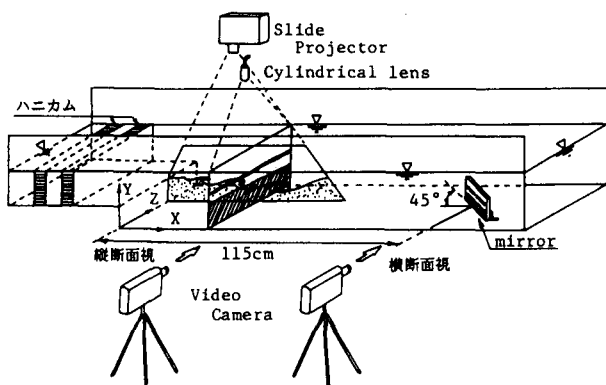


図1 撮影方法の概略

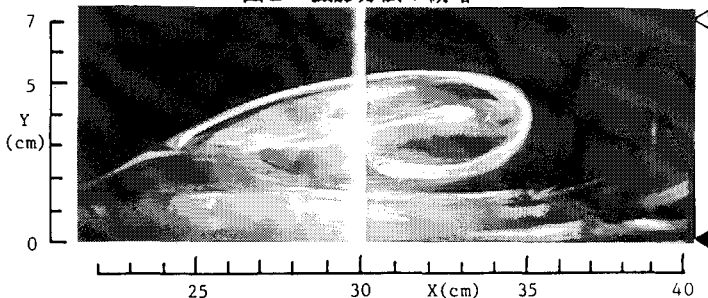


写真1 縦断面視

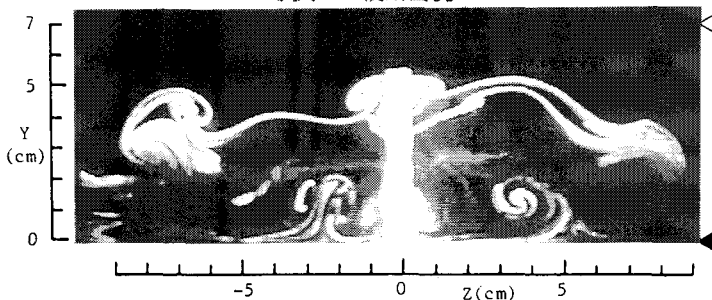


写真2 横断面視

3. 実験結果

写真1、2は Re 数が 590 の場合の2断面同時撮影による縦断面視、横断面視を示したものである。横断面視は段落ち部からの距離 $X=30\text{cm}$ の位置で撮影されている。写真左端の記号は水表面 ($\triangleleft$ 印) と底面 ($\blacktriangleleft$ 印) を示している。縦断面視の写真を見ると横渦だけが発達した様子に見受けられるが、横断面視の写真を見ると横渦の上層及び下層に、縦渦が配置された2層構造になっていることが認められる。2層構造の形成機構は明かではないが、Roshko ら¹⁾ の可視化結果と類似していることを考えると二次元混合層の場合と形成機構は同じではないかと考える。

図2は、再付着点の距離 X_r (再付着点位置) と渦の発生位置 X_o を画像から読み取り、段落ち高さ D で無次元化して示したものである。渦の発生位置は Re 数が大きくなるにつれて小さくなるのが分かる。再付着点位置は、これまでも Allen²⁾ や 祢津・中川³⁾ によって調べられている。再付着点位置の読み取りは画像からではあるが両者の結果とほぼ一致している。

図3は、再付着点から下流 $X/D=10.0$ の縦断面視と横断面視を基に、水路中央の界面の高さ (染

料の存在している高さ) の時間的変化を $t=60\text{sec}$ 間について示したものである。図中の実線は縦渦の高さを示している。矢印は写真1、2の断面を示している。 $t=0\text{sec}$ の場合、縦渦は下層だけに配置されているが、 $t=1\text{sec}$ では写真2で見えるような縦渦の2層構造を形成している。 $t=10\text{sec}$ においては、その2つの縦渦が一つの縦渦になっている。この縦渦の変形過程を、横断面視を基に時間的に調べたものが図4である。 $t=3\text{sec}$ で縦渦の2層構造が形成され $t=11\text{sec}$ で一つの縦渦となりスパン方向に広がり示した縦渦となっている。なお、縦渦が2層から1層に移り変わる様子を観察すると、下層の縦渦が背伸びするような形で上層の渦対の中心部へと引き込まれる様子が認められた。

4. おわりに

段落ち上の流れを一様流とした時の段落ち下流の渦構造を2断面同時可視化によって観察した結果、再付着点下流では、横渦構造の中に縦渦が上層、下層に配置された2層構造になっていることが分かった。今後、さらに実験を進め、縦渦の発生機構を明らかにしていきたい。なお、本研究は、平成4年度西日本工業大学特別研究費の補助を受けた事を記して謝意を表する次第である。

参考文献 1) Bernal, L.P. and Roshko, A. J. Fluid Mech., Vol.170, pp.499-525, 1986.

2) 土木学会: 水理公式集, pp.41, 1985.

3) 祢津・中川ら: 第31回水理講演会論文集, pp.413-418, 1987.

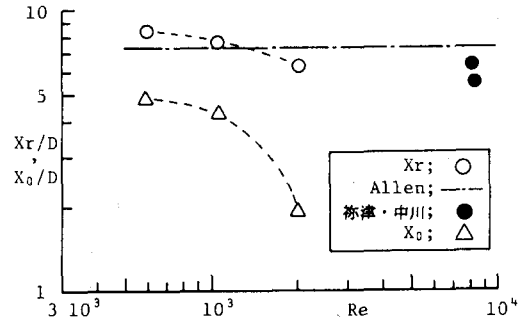


図2 再付着点位置及び渦の発生位置

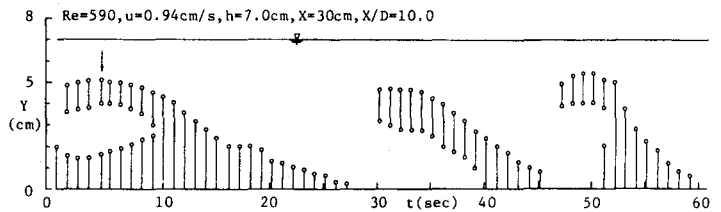


図3 界面の高さの時間的変化

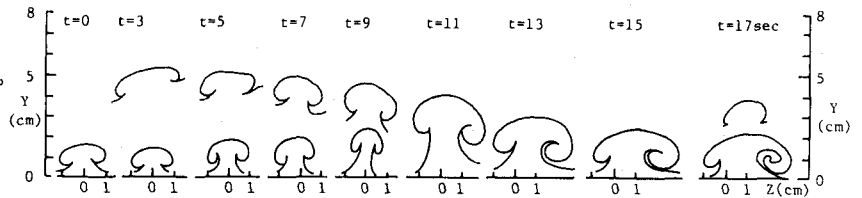


図4 縦渦の変形過程