

壁面噴流の放出口近傍の渦構造の可視化

西日本工業大学 正員 〇石川 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

水門下流部の段落ち流れは、近似的に壁面噴流による段落ち流れと見なされ、再付着点近傍の流れは、壁面噴流の主流部の渦、境界層内の渦、さらに段落ち部の剥離渦等の影響を受けて非常に複雑である。

本研究は、水門下流部の段落ち流れによる砂の移動を調べる前段階として、水門放出口近傍で観察される渦の形成・発達過程を可視化によ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

実験装置は、長さ 2 m、高さ 0.7 m、幅 0.2 m の両面ガラス張りの鋼枠製水槽で、水槽上流端にアクリルガラスで作製された幅 $b_0 = 1\text{cm}$ のノズルが設置され、さらにその下流には長さ 20cm の位置に高さ 10 cm の段差を設けた。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。撮影方法は、流下方向に垂直な断面（横断面と呼ぶ）とそれに直交する水路中央断面（縦断面と呼ぶ）、及び、水路斜め下流から噴出の全体像について行われた。それぞれの方向からの可視化を横断面視、縦断面視、立体視と呼ぶことにする。また、横断面視と縦断面視の場合、可視化には、レーザーライトシートを用い、立体視の場合は、スライドプロジェクターを使用した。撮影には、横断面視、縦断面視、立体視共、接写レンズを装着したビデオカメラを使用した。速度分布の測定は、ピトー管を差圧計、増幅器と接続しデータレコーダで取り込みを行った。実験条件は、噴出速度 u_0 が 7 ~ 30cm/s、の範囲で行われた。

3. 実験結果

写真1-(a), (b)は、図1の撮影方法によって行われ、噴出流速 $u_0 = 7, 30\text{cm/s}$ の場合の縦断面視を示したものである。流下するにつれて噴流によるスパン方向に軸を持つ渦（横渦と呼ぶ）の発達が明瞭に認められる。壁面に於いては境界層の発達に伴う横渦（境界層渦と呼ぶ）ができ、いずれも噴流による横渦の下部に

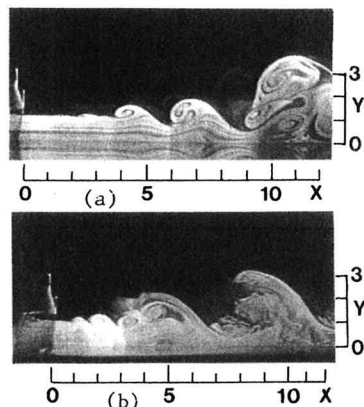


写真1 縦断面視

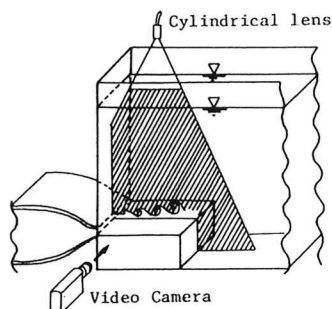


図1 縦断面視の撮影方法

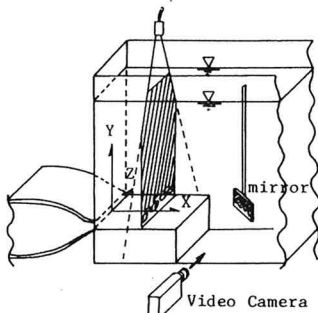


図2 横断面視の撮影方法

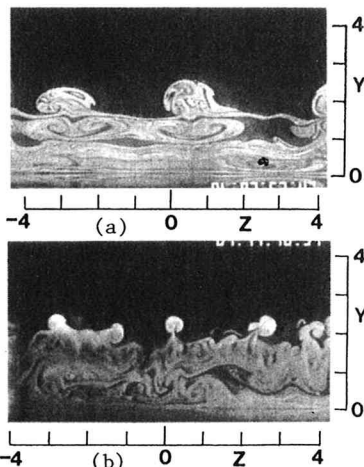


写真2 横断面視

境界層渦が配置されたような形で流下していき、その後、横渦と境界層渦の合体等が観察された。

写真2-(a), (b)は、写真1と同一条件で図2の撮影方法によって行われ、ノズル口からの距離 $X = 8, 4 \text{ cm}$ の横断面視を示したものである。流れ方向に軸を持つ渦（縦渦と呼ぶ）がほぼ等間隔に配置され、その縦渦の高さも噴出流速によって違っていることが明瞭に観察された。

図3は、横渦と境界層渦の発生位置を示したものである。レイノルズ数 ($Re = u_0 \cdot b_0 / \nu$) が大きくなるとそれぞれの渦の発生位置はノズル近傍へと近づくことが分かる。

図4は、ビデオモニターより横渦の発生周期及び通過周期を読み取って、噴出流速 u_0 、ノズル幅 b_0 に基づくストローハル数 ($St = f \cdot b_0 / u_0$) とノズル口からの距離 X/b_0 の関係を示したものである。図中の●印は、 $Re = 824$ の場合の境界層渦の発生 St 数でプロットしたものである。 Re 数による変化はあまり見られず横渦が流下するにつれて St 数が小さくなっていることが分かる。これは、横渦の発達に伴う変形、合体等起因した通過周期の遅れによるものと考えられる。

図5は、 St 数と Re 数の関係を示したものである。 Re 数が大きくなると St 数も増加する傾向にある。図6は、縦渦の間隔と Re 数の関係につ

いて示したもので、写真2でも見られるように Re 数が大きくなると縦渦の中心間隔も狭くなっていることが分かる。

図7は、可視化画像より求めた横渦の速度 u_v と、横渦の中心位置の平均流速 u の関係を示したものである。データにバラツキはあるが、渦の中心の速度は噴出流速のほぼ $1/2$ 程度でなっていることが分かる。

4. おわりに

水門放出口近傍での渦の形成・発達過程を可視化によって調べた。自由噴流の場合と同時に、横渦とリブ状の縦渦構造の存在することが認められた。今後、速度分布・圧力変動と渦形成との関係を調べていく予定である。なお、本研究は、平成5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。

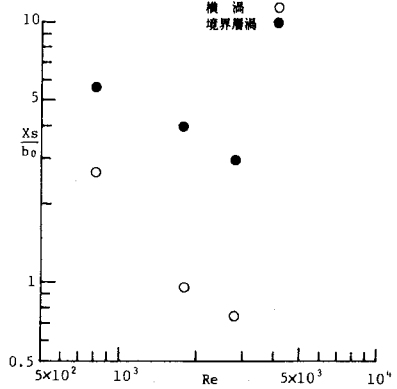


図3 横渦と境界層渦の発生位置

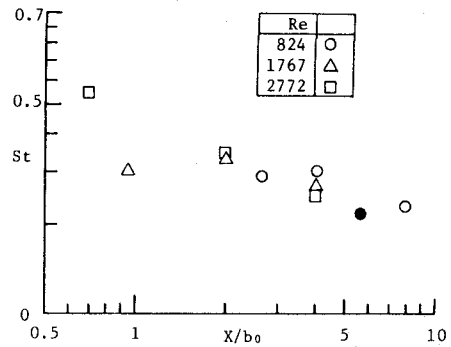


図4 St 数と流下方向変化

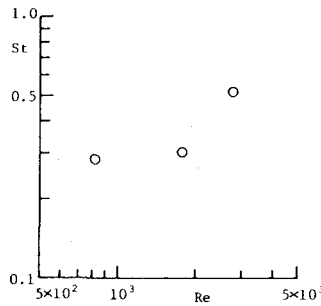


図5 St 数と Re 数の関係

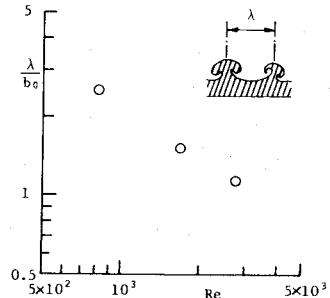


図6 縦渦の間隔

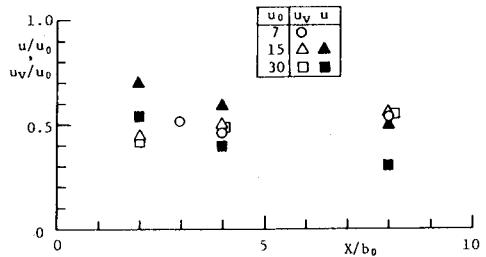


図7 横渦の速度と横渦中心の平均流速