

合流部に生ずる循環渦の挙動

神戸大学工学部 正 員 神田 徹
 神戸大学大学院 学生員 ○勝楽 敏彦
 神戸大学大学院 学生員 古川 圭三

1. まえがき

開水路の合流部に生ずる死水域に関しては、従来、その平均的規模、定常的流況が取り扱われてきたが、我々が実験水路で観察する限り、合流点下流部では流れは滞留せず、かなり大きな渦が形成され、それが動的な挙動をすることが認められた。本研究ではこの渦領域の内部構造に注目し、特に渦の発生、渦の動的挙動、逆流の機構などについて、その特性を実験的に明らかにしようとするものである。

2. 実験装置及び方法

実験水路は、本流が幅 40 cm、長さ 9 m で水路床勾配は 1/1000 であり、支流は幅 10 cm、長さ 3.5 m で水平勾配である。合流角度は 90 である。流速測定には超小型可逆プロベラ式流速計（プロベラの直径 5 mm）を用い、可視化実験ではパンチタズとオガクスをトレーサーとして用いて連続写真撮影により表面流況を調べた。

3. 渦領域の概況

合流点下流には図-1 のように渦領域が形成される。支流出口で小さな渦が発生しその渦は境界線（剥離流線）に沿って流下する。また渦領域内部には比較的大きな渦が 2~3 個存在しそれが渦領域内を下流へ緩やかに流下する。渦領域の最大幅 Y_1 と長さ L は図-2 に示すとおり流量比 $r=Q_J/Q_0$ の増加と共に増加する。また Y_1/L は図-3 のように本流、支流の運動量比に関係せずほぼ一定値をとる。

4. 境界面における渦の特性

変動流速のスペクトル解析からは卓越した周期成分は認められなかったが、図-4 に示すように平均流速 $\bar{V}$ 以上のピーク値の発生時間間隔についてはこれらが小規模渦の周期と対応しているとみなせる。 T' の平均値 $\bar{T}$ と流量比の関係を示したのが図-5 である。図-5 によれば小規模渦の発生時間間隔は流量比の増加と共に短くなり、これを Strouhal 数 $S=Y_1/\bar{T}V_J$ で整理すると S 数は流量比によってほとんど変化せず $S \approx 0.5$ の値をとる。

5. 大規模渦の挙動

水面にオガクスを散布し連続写真撮影を行った。その写真から流線を模式的に示したの

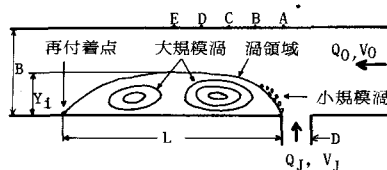


図-1 渦領域

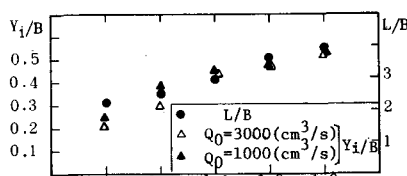


図-2 渦領域最大幅、長さと言量比の関係

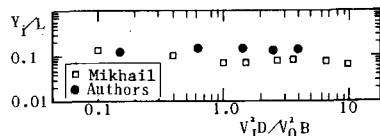


図-3 渦領域規模と運動量比の関係

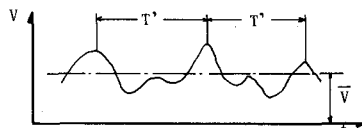


図-4 流速変動記録

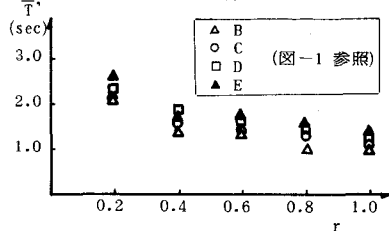


図-5 渦の発生時間間隔と言量比の関係

が図-6である。この図は大規模渦の4つの基本的な挙動である発生、分裂、合体、消滅を含んでいる。発生とは合流点直下流ですでに存在する渦により逆流が生じ支流水束とのトルクのため渦が生じるものである。発生した渦は回転しながら流下しつつ、しだいに楕円形になっていき回転の中心が2つになり、ついには2つの渦に分裂する。合体は2つ以上の渦が接近したときに起こる。また流下した渦はある位置に達すると、小さな渦に分解して消滅する。

再付着点の位置は大規模渦の下流側にあるから、大規模渦の流下とともに下流側へ移り（図-6a）、消滅の直後上流側へもどる（図-6c）。このため大規模渦の流下に対応して再付着点は振動すると考えられる。実験では再付着点付近にフロートを浮かべることによりその振動の周期を求めた。一方、連続写真より大規模渦の周期を求めフロート実験による周期（再付着点の振動）との比較を示したのが図-7である。写真による大規模渦の周期はフロート実験による値よりすべて小さくなっているが、これは流下する渦の強弱の度合によりフロートの反応が顕著でなかったと考えられ、この点を考慮すれば大規模渦の挙動と渦領域の振動はよく対応している。

6. 本流，支流水束の渦領域への捕捉

本流，支流にパンチクスを1個ずつ落としその軌跡を追跡することにより渦領域への捕捉について調べた。渦領域への捕捉のパターンは図-8のように3種類に大別できる。すなわち、渦領域側面から入るもの、渦領域最下流端から入るもの、及び渦領域境界線の内側のごく近傍で短時間とどまるものである。前2者は大規模渦に対応し、後者は小規模渦に対応するものと考えられる。

7. 結語

本研究では、渦領域内の大きな渦と、支流出口で発生する小さな渦の特性を調べ、また再付着点の位置は大きな渦が流下、消滅するたびに移動することを明らかにした。しかしこれらは2次元的な観測結果であるので、今後は3次元的な特性を考慮する必要がある。

謝辞：本研究を行うに当たり、有益な御助言を賜った、神戸大学工学部、麓源亮教授に謝意を表します。また本研究は昭和53年度文部省科学研究費（試験研究）「放流水束の混合促進に関する実験的研究」（代表者：大阪大学工学部、室田明教授）による研究成果の一部であることを記す。

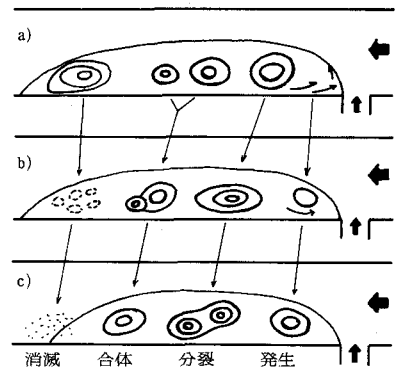
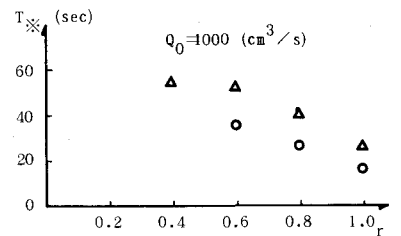
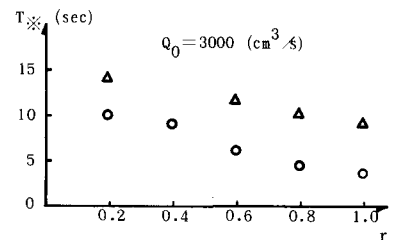


図-6 大規模渦の挙動の模式化



△再付着点の振動周期 ○大規模渦の周期

図-7 渦領域の振動と流量比の関係

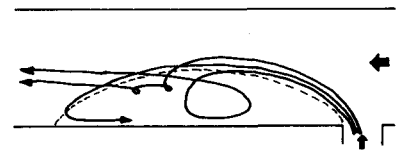


図-8 捕捉のパターン