

開水路合流部における組織渦に関する実験的研究

京都大学工学部 正 員 中川 博次 京都大学工学部 学生員 小池 章久
 京都大学工学部 正 員 福津 家久 京都大学工学部○学生員 室屋 浩幸

1、まえがき

河川などの開水路合流部における流速の異なる流体の混合拡散を解明するために、レーザー流速計による点計測と染料注入による可視化法を用いて組織渦の挙動とそれが及ぼす混合拡散の現象を詳細に計測する。このとき自由水面及び河床の影響を見るために、河床付近、半水深、自由水面付近での組織渦の発生、発達、合体、崩壊機構を可視化観測し比較検討を行なう。また組織渦に及ぼす流速分布形状すなわち運動量厚の影響も検討する。

2、実験方法

長さ8 m×幅30 cm×高さ20 cmの亚克力製水路の中央にペンキ塗装された鋼製仕切り板を固定し、上流約4 mに流速差をつけるために金網を設置し、整流器を通して二層平行流を作った。可視化ではローダミンBを用い、注入点は水路幅方向に2 cm間隔で4点設置された。レーザー流速計を用いた流速分布測定では、合流後1 cmから40 cmまでの各断面で行われ測点数は約360点である。

(図1参照)

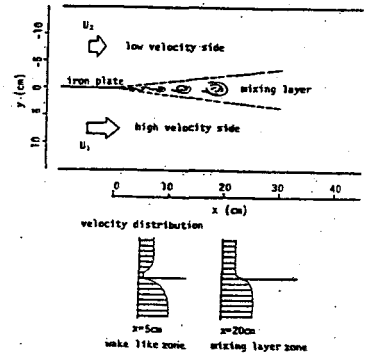


図1 混合層の様式図

3、実験結果及び考察

図2に平均流速分布図を示す。縦軸は高速側流速 U_1 で、横軸は半水深幅 $B/2$ で無次元化してある。境界層が十分発達しているため合流直後は後流的挙動を示している。その後速度欠損部は急速に回復し混合層型へ移行する。 $y=0$ 軸上でのこの様子が図3に示される。流速勾配は高速側で大きいため高速側から低速側へ押しだすような形で回復する。そのため高速側の流速勾配は次第になだらかになってゆくが低速側では流速勾配が負から正へ移行するため時間的遅れを生じる。このためそれ以後の混合層における自己保存する流速分布は高速側へ多少ずれる。つまり本研究の対象とした二層平行流という自由せん断

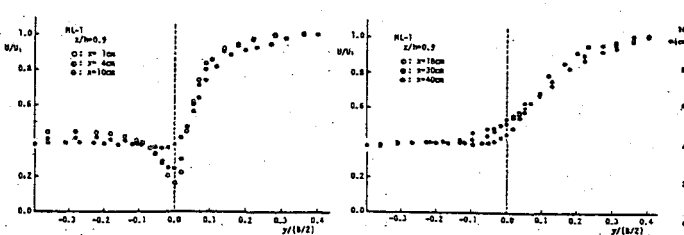


図2 平均流速分布

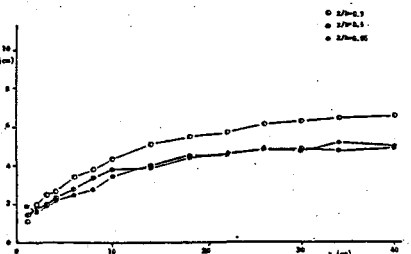


図3 $y=0$ でのUの変化

Hiroji.Nakagawa, Iehisa.Nezu, Akihisa.Koike & Hiroyuki.Muroya

流は初期形成上混合層領域も含めて境界層流の影響はさけられない。境界層の影響は次ぎの式で定義される運動量厚で評価される。

$$\theta_1 = 1 / U_1^2 \times \int_0^\infty U (U_1 - U) dy$$

$$\theta_2 = 1 / U_2^2 \times \int_0^\infty U (U - U_2) dy$$

$$\theta_3 = 1 / (U_1 - U_2)^2 \times \int_0^\infty (U_1 - U) (U - U_2) dy$$

図4に示すように合流直後は θ_1, θ_2 共に変化はなく後流的挙動を示し、 θ_2 はその後急激に低下し、 θ_3 が増加して混合層に移行する。河床付近でも同様な傾向を示している。ただ河床付近では3次元混合層になっているためこの定義で十分かどうかは疑問である。運動量の輸送拡散に重要な役割を持つ組織渦については検査断面を設けて渦通過の周期を調べた。そのグラフが図5である。これによると渦の発達領域、合体領域、合体完了領域が区別される。渦の発生周期は各ケースとも明瞭な変化はなかった。水深方向での変化は河床付近では平均周期が若干長くなっている。これは河床付近では水平渦の形成が上層部ほど活発でなく、上層部の渦に連動して渦が形成される形をとっているため不活発な渦では河床付近まで影響が届かず渦がカウントされないためと考えられる。渦は初め卓越周期で発生するが合体により卓越周期の2倍の成分が増加し合体完了領域では2倍成分がかなり増加する。渦の軌跡は図6の走時曲線で示される。これで渦の合体位置がわかるが、初期の合体では不完全な渦の合体吸収が多く、その後の合体では双方とも十分発達した渦であり合体でも多少性質が異なる。なお図6にもあるように3つの渦の合体も観察された。この渦合体機構を考えるとカスケード過程とは逆のスケールの大きい渦へ成長する過程の存在が示唆される。なお、渦の移流速度は6~8 cm/sでほぼ一定であった。これは最大流速勾配の点の流速とほぼ一致している。つまり渦の形成点は最大流速勾配付近で形成されると考えられ境界層の発達した二層平行流では渦の形成点は高速側へずれることがわかる。

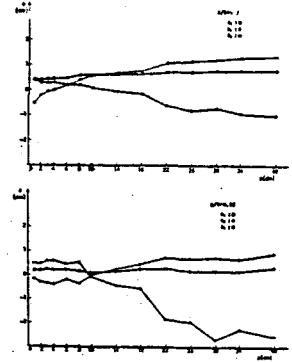


図4 運動量厚の変化

4. あとがき

今回の実験は点計測が1ケース、3断面にとどまったためRe数に対する変化特性が十分考察できなかった。また、河床の影響については組織渦や混合層の発達に重要な役割を持つことが示唆されたがまだ十分には明らかになっておらず今後の研究に負う所が大きい。今後は流速や流速比などを系統的に変化させた時の影響なども考えてゆきたいと思う。

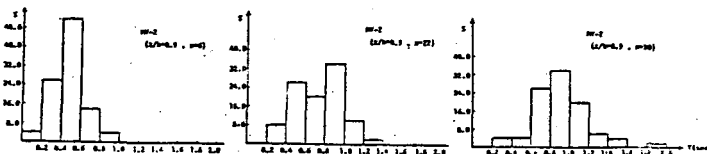


図5 渦の通過周期 (h = 6 cm)

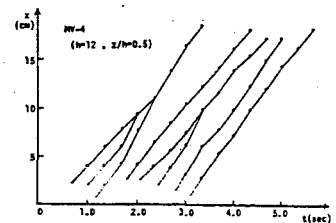


図6 渦の軌跡