

開水路合流部の乱流特性に及ぼす流量比の影響について

京都大学工学部 正 員 中川博次 京都大学工学部 正 員 福津家久
 関西電力 正 員 小池章久 京都大学大学院 学生員 〇室屋浩幸

1、まえがき 開水路合流部において、流速の異なる流体が混合すると、大規模でかつ組織的な渦運動が存在することが知られている。¹⁾そこで本研究では流量比を変化させた場合の平均流量特性や乱れ特性などについて点計測の結果から検討し、考察を加えるものである。

2、実験方法 長さ15m ×幅50cmの亚克力製水路の中央に表面をペンキ塗装した厚さ1mmの鉄板が水路上流より約7.7mにわたって固定され、水路を二分している。個々の流量はフロート型流量計によって任意に設定できる。流速測定は3mm径のプロペラ流速計及びx型2成分ホットフィルム流速計を用いて行なわれた。本実験では水深を $h=10\text{cm}$ と一定にし、計測高さ $z/h=0.8$ での水平面内を流下方向(x軸)及び水深方向(y軸)にトラバースし、各ケースとも測点数は約150点である。

3、平均流量特性 図-1に流量比が0.4の場合の流速分布を示す。合流地点では十分発達した流れであり、合流直後では各ケースとも後流の挙動が見られた。その後この欠損部は徐々に回復し、混合層型へ移行する。図-2は後流の影響を調べたものである。縦軸は低速側流速 U_2 をその断面最小流速 $U_{\min}$ で減じ、 U_2 で無次元化し、 x/θ_1 (ここで θ_1 は初期運動量厚)に対して図示した。流量比が大きいほど後流の影響が下流まで続き、完全な混合層型に移行するまでにはある距離を要することがわかる。一般に各断面における流速分布を特性長さスケール及び特性速度スケールで無次元化すると流速分布は一致する(自己保存特性)。いまBrown & Roshiko¹⁾の方法に倣い、 $\xi=y/(x-x_0)$ の形で相似解を求め、混合幅を $\delta\omega=(U_1-U_2)/(\partial U/\partial y)_{\max}$ で定義した。図-3に平均流速分布より各断面における混合幅を求め、 $(x-x_0)$ に対して図示した(ここで x_0 は仮想原点である)。混合幅は直線的に増加し、また流量比が大きいほど減少する特性が見られる。図-4は $\xi=y/(x-x_0)$ に対して各断面の無次元流速を示した一例である。初期断面では後流の影響が大きく完全な相似形とはならない。しかし、 $x/\theta_1 \geq 50$ ではほぼ自己相似特性が見られる。次に、図-5(a)に流下方向乱れ強度 u' の等値線図を、また図-5(b)に横断方向乱れ強度 v' の等値線図を示す。これらは流速比が0.2, 0.4, 0.6の場合のみ求められたが流速比による顕著な差は見られなかった。全体的に見て、 u' 、 v' 共に乱れのピークは合流直後の高速側に少しずれた所で最大となり、ここは速度勾配が最大となる点である。流下方向に対してはその軸上で最大となり渦運動とも関連し、活発な混合拡散が行なわれているものと予想される。

4、スペクトル解析結果 FFT法によって流速変動 u, v の周波数スペクトルを流速比0.2, 0.4, 0.6の場合について全測点で計算した本実験では各ケースとも u 変動より v 変動のスペクトルの方が明瞭だった(図-1)。これは合流部での組織渦がKelvin-Helmholtzの

Hiroji.NAKAGAWA, Iehisa.NEZU, Akihisa.KOIKE & Hiroyuki.MUROYA

不安定性から発生するから u より v の方がこの渦をよく把えるためと考えられる。そこで v 変動について解析を進めた。 v スペクトルの挙動を反映する最大なピークを第1ピーク、その後の小さなピークを第2ピークとした。第1ピークを示す周波数 f_1 を $St=f\theta_1/v_1$ で流下方向に表示した例が図-7である。ストローハル数 St は流下方向に対して階段状に減少するが、その割合は必ずしも $1/2$ ではない。これは合流部での組織渦は必ずしも合体しないことを示している。スペクトルピークをとる周波数は可視化観測結果と同程度となるが、組織渦のスケールがそろっていないと両者は一致しない。図-8に渦の発生、合体、崩壊領域における横断方向の St の変化を示した。発生領域では St は 0.05 でほぼ一定であるが合体領域では $0.05/2$ となる半減効果が現れていない測点もあり複雑な挙動を示している。崩壊領域に近い断面では合体が完全に完了し、半減効果が現われている。すなわち、合体によってエネルギーが低周波に移行する特性がよくわかる。

5. あとがき 流速比が小さい程混合幅の増加率は大きく、組織渦は激しかった。しかし、初期運動量厚 θ_1 で無次元化された発生周波数 St はほぼ一定であった。

参考文献 1) Brown & Roshko (1974) J.F.M.

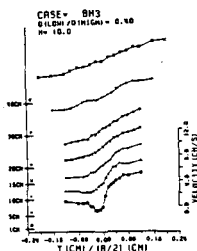


図-1 平均流速分布

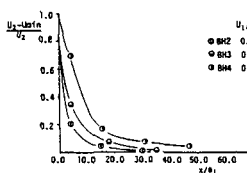


図-2 後流の影響

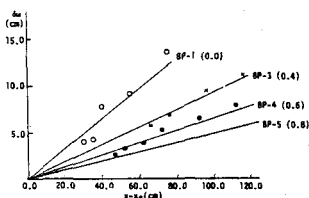


図-3 混合幅の増加

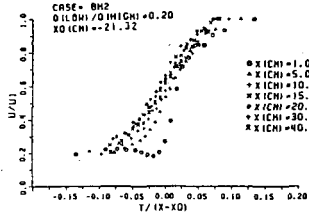


図-4 無次元流速分布

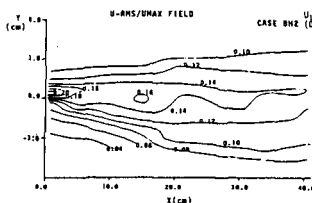


図-5(a) u' の等値線図

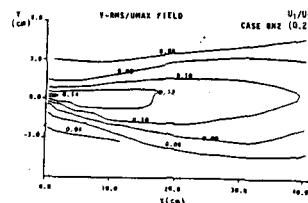


図-5(b) v' の等値線図

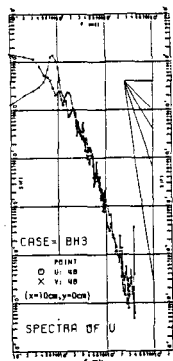


図-6 スペクトル解析

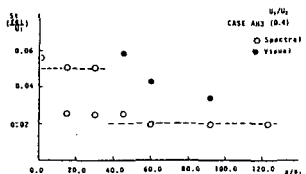


図-7 卓越 St 数

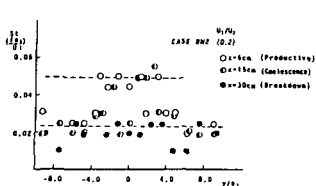


図-8 卓越 St 数