

混合層の組織渦の制御に関する研究

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
清水 建設 正 員 室屋 浩幸 京都大学大学院 学生員 〇松本 利典

1. まえがき 河川の合流部などにおける流質の異なる流体の混合に、組織渦が寄与していることがわかって以来、組織渦の内部構造の解明が進められてきた。本研究は、混合層の初期条件が組織渦の発生・発達機構に、いかに関係するかに着目し、特に流速比を変化させたり、外部攪乱を与えた時の組織渦の変化特性について、可視化法及び点計測法を通じて解明してゆき、組織渦の制御を実験的に検討する。

2. 実験装置と方法 長さ15m ×幅50cmの水路の中央を厚さ1mmの鉄板で二分し、水路上流端から7.7m下流で合流させた。隔てられた兩水路の流量は各々独立して任意に設定できる。また、しきり板の後流の影響を抑える目的で合流地点までに縮流装置を設置した。外部攪乱を与える場合は合流地点に振動数可変の振動装置を設置した。本実験では、流速比を変化させた5ケースと、流速比は一定にして外部攪乱の振動数を5通りに変化させて与えた場合を行った(表-1)。可視化実験はトレーサーとして染料ローダミンBを用いて合流地点から放流し、水路上方からビデオ撮影した。点計測は2成分X型ホットフィルム流速計を用い、測点は各ケース共、合流後80cmまでの約150点である。なお、染料の放流及び点計測の水深方向の高さ $z/h=0.8$ とした。

3. 実験結果と考察 可視化実験から得た結果のうち、図-1は走時曲線である。これは渦の発生・合体の様子がわかるが、ここで高周波数の外部攪乱を与えた場合、渦は規則正しく発生・移流し、合体を全く生じない点が注目される。図-2に流下方向の渦径の変化を示す。流速比が小さいほど渦径の増加が著しいことがわかる。また、外部攪乱を与えた時、その振動数が大きいと渦径の成長が鈍いのにに対し、0.7Hz振動時などは $x=20\text{cm}$ 付近で渦径が飛躍的に増大する。この原因は多数個の渦を巻き込んだ大規模な合体がこの付近で起こるためである。次に平均流速分布より求めた渦度厚さ $\delta=(U_1-U_2)/(\partial U/\partial y)_{\max}$ で混合幅を評価したものが図-3である。自然状態では混合幅は直線的に増大し、流速比が小さいほど成長率が大きいという特性は従来の研究¹⁾と一致する。また、高周波振動を与えると混合幅の拡がりが抑制され、低周波振動の場合は急激な混合幅の増大が起きたが、この結果は前述の渦径の挙動と一致している。図-4はこの混合幅を用いて無次元化した流速分布である。合流直後に後流の影響があるが、その後自己保存則が成立する混合層型の流れに移行するのがわかる。次に、乱れ強度 v' の等値線図を図-5に示す。 v' が最大の領域は不安定波がroll-upし、渦を形成する位置と一致する。また、外部攪乱の影響はその振動数によって特徴的で、低周波振動時は v' の横断方向への拡がりが大きく、かつ下流まで維持されるのに対し、高周波振動時は合流直後に非常に強い乱れ強度を示すが、横断方向へは伝わらず、流下方向にも持続しないことがわかる。これらの様子は可視化による渦運動とよく

Hiroji NAKAGAWA, Iehisa NEZU, Hiroyuki MUROYA & Toshinori MATSUMOTO

対応する。すなわち、低周波振動の場合は自然状態の渦発生と人工的に与えた低周波の揺らぎの二重構造を示し、ある地点で大規模な合体を起こして混合幅も急増する。つまり乱流拡散を促進する。一方、高周波振動を与えると、自然発生と異なる制御された渦列が形成され、渦径の成長もなく寿命も短いことがわかった。したがって、この場合は混合幅の成長が抑制されることになる。図-6に流速変動のスペクトルの一例を示す。そのピークは渦の通過周期と一致し、前述の渦運動を確認できる。

4. あとがき 外部攪乱の影響が、その振動数によって大きく二分されることは興味深い結果であり、合流部の初期条件が組織渦の発生に大きな影響を及ぼすことがわかった。

<参考文献> 1) Brown ら(1974), JFM, vol. 64, pp. 775-816

CASE	h (cm)	Q_1 (l/s)	Q_2 (l/s)	U_1 (cm/s)	U_2 (cm/s)	U_2/U_1	f (Hz)
HA-1	10.0	1.50	0.30	10.0	2.0	0.2	
HA-2	10.0	1.50	0.60	10.0	4.0	0.4	
HA-3	10.0	1.50	0.90	10.0	6.0	0.6	
HA-4	10.0	1.50	1.20	10.0	8.0	0.8	
HA-5	10.0	1.50	1.50	10.0	10.0	1.0	
HV-1	10.0	1.50	0.90	10.0	6.0	0.6	0.4
HV-2	10.0	1.50	0.90	10.0	6.0	0.6	0.7
HV-3	10.0	1.50	0.90	10.0	6.0	0.6	1.0
HV-4	10.0	1.50	0.90	10.0	6.0	0.6	1.5
HV-5	10.0	1.50	0.90	10.0	6.0	0.6	2.0

表-1 実験条件表

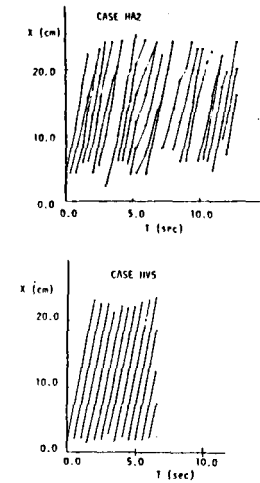


図-1 走時曲線

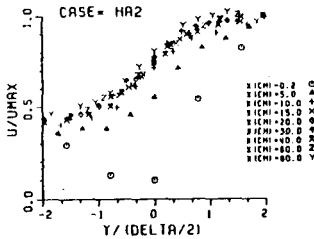


図-4 無次元流速分布

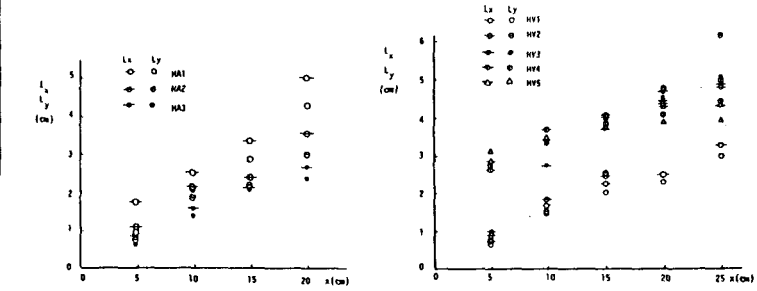


図-2 渦径

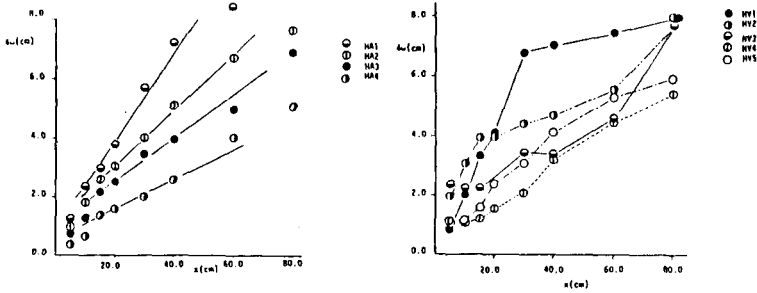


図-3 混合幅

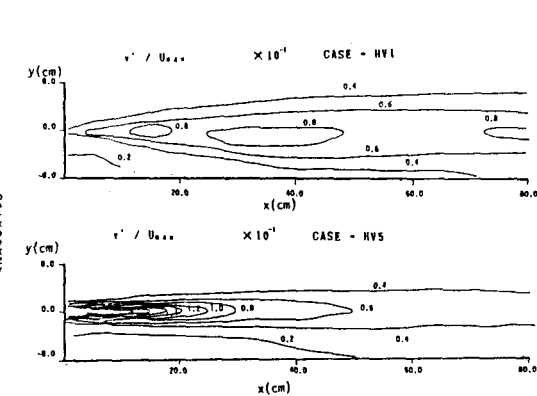


図-5 v' の等値線図

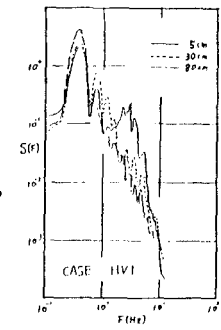


図-6 スペクトル