

開水路合流部の組織渦の発達過程と

その数値シミュレーション

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 〇室屋 浩幸 京都大学工学部 学生員 松本 利典

1. まえがき 流質の異なる 2 流体が合流すると大規模な組織渦が形成される。この発達過程は速度剪断層を渦列で近似する渦糸近似法によって表現できる。今回は単純剪断を考え流速比及び強制振動の効果を実験結果と合わせて考察する。

2. 実験方法 模式図を図 1 に示す。水路はそれぞれ独立に流量調節が可能である。今回は高速側断面流速を 10cm/s とし、水深は 10cm 、水路勾配は零に固定した。計測高さは 8cm である。強制振動では振動装置を合流部に設置した。

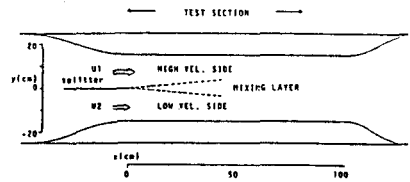


図 1 模式図

3. モデル化 流れ場を図 2 のようにモデル化する。高速側流速、低速側流速をそれぞれ U_1, U_2 とする。今、時間積分ステップを Δt とし Δt 毎に 1 個の渦糸を合流地点より放出すると考えると渦糸の間隔 Δx は次式になる。

$$\Delta x = U_c \times \Delta t, \quad U_c = (U_1 + U_2) \quad (1)$$

個々の渦糸の強さ k は次式で表される。

$$k = \Delta x \times \Delta U, \quad \Delta U = U_1 - U_2 \quad (2)$$

$x=0\text{cm}$ における渦糸放出の y 方向位置は次式で与えられる。

$$y = A_0 \sin(2\pi f_0 t) + A \sin(2\pi f t) \quad (3)$$

図 2 流れ場のモデル化

ここに f_0 は基本周波数であり実験データより与えられる。 A_0 は物理的には流体中の微細乱れや roll-up による圧力変動の feed-back の強さによると解される。第 2 項は強制振動によるものである。次に渦糸相互間の誘起速度を計算する。原点にある渦糸が (x, y) に誘起する速度は次式で表される。

$$u = k \sinh(2\pi y/a) / 2a \{ \cosh(2\pi y/a) - \cos(2\pi y/a) \} \quad (4)$$

$$v = -k \sin(2\pi y/a) / 2a \{ \cosh(2\pi y/a) - \cos(2\pi y/a) \} \quad (5)$$

これは距離 a で直線上に配列される渦が誘起する速度である。有限渦列による不都合を避けるため Acton¹⁾ によって導入された。また渦間距離が零に近づくと物理的に不可能な誘起速度が起こるので $r < r_s$ の時は $r = r_s$ として計算した。時間積分はオイラー法を用いた。

4. 結果及び考察 今回の計算では次の値を用いた。 $a = 10\lambda$, $r_s = 0.01\lambda$, $A_0 = 0.05\lambda$ 。ここに $\lambda = U_c / f_0$ である。図 3 に流況を示す ($0 < x < 50\text{cm}$)。渦糸は渦度の離散化したものであ

H. NAKAGAWA I. NEZU H. MUROYA T. MATSUMOTO

るから渦糸が集中している所は渦度も大きく組織渦が形成しているものと考えられる。流速比 U_1/U_2 が小さいほど大スケールの組織渦が形成されていることが解る。強制振動を加えた場合では実験結果とかなり異なりスケールとしては過小に計算されている。これは強制振動を渦糸放出の y 方向位置の変化として計算したが、これが成立するのは微小攪乱の場合であって実験結果からすると微小攪乱とは言えず、強制振動の混合層に対する影響ははるかに支配的だったと思われる。図4に流速分布を、図5に v' 分布をそれぞれ示す。振動無しの場合では後流的挙動を示す合流初期を除けばほぼ実験結果と一致する。振動有りの場合では前述のように渦スケールが過小評価されてあるため混合層及び v' の幅が実験結果より小さくなっている。

5. あとがき 今回流速比の効果については良好な結果が得られたが、強制振動の効果については再検討の必要がある。

参考文献 Acton, E. (1978) : J.F.M., vol. 76, part 3, pp. 561-592.

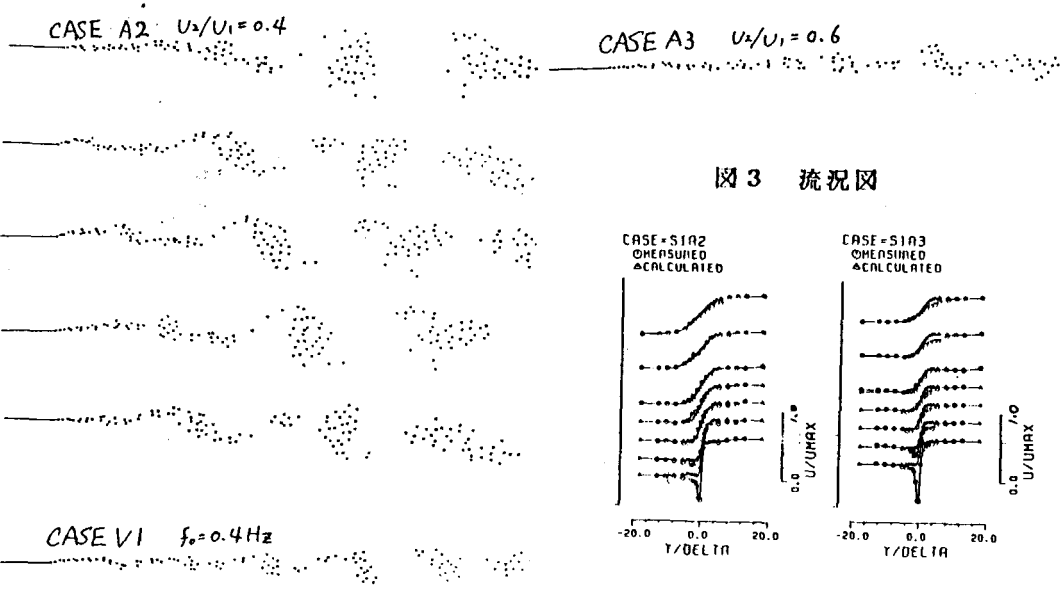


図3 流況図

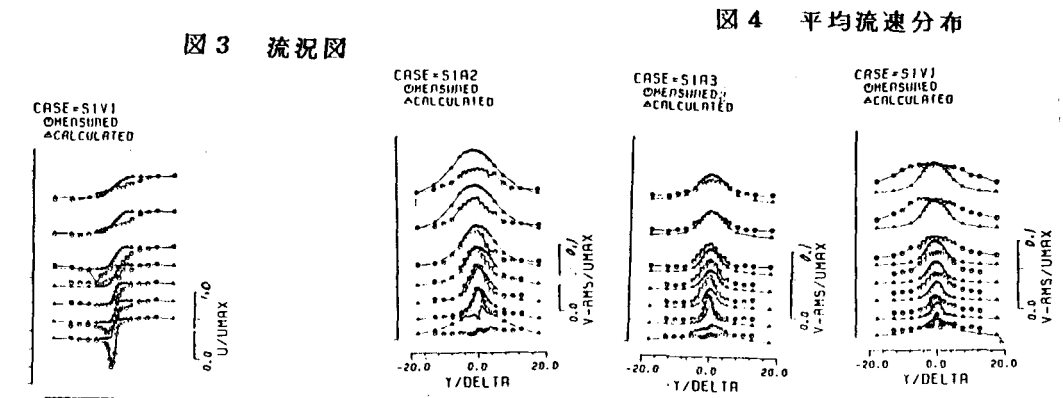


図4 平均流速分布

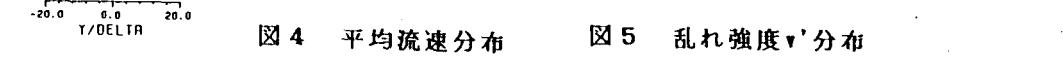


図5 乱れ強度 v' 分布

図4 平均流速分布