

II-201

bent over jet の挙動について (2)

山口大学工学部 正○羽田野 袈義

山口大学工学部 正 斎藤 隆

九州大学工学部 正 平野 宗夫

1. 序

bent over jet の現象は、煙突からの煙、産業排水の放出などにみられその挙動を精度よく予測することは環境問題に関連して強く望まれている。著者らは前報¹⁾において、この流れの連行はこれに特有の2個の反対回転の渦により惹起される流れにほぼ支配されるとの考えに基づき、1次元解析モデルに新しいタイプの連行量の評価を組み込んだ解析法を提案した。その後、連行量評価のために導入された渦強さの表示を再検討し、また連行に関わる係数や抗力係数の再評価を行なったので、その結果をここに報告する。

2. 理論の概要

基礎式については前報とほぼ同様である。前報と異なるのはpassive contaminant の濃度の実験データから連行量を評価するためこれについての保存則を追加した点である。図-1に示す1次元モデルで考える。噴流は外部流による圧力抵抗と連行により軌道を曲げる。体積保存則、passive contaminant の保存則、運動量のx方向成分およびy方向成分の収支式を基礎式とする。aを噴流断面積、uを断面平均流速、cをpassive contaminantの濃度、 θ を噴流軸方向角、sを噴流軸に沿ってとった長さ、 φ を噴流幅、Cdを抗力係数、Qeをsの単位長さあたりの連行流量とすると、上記の基礎方程式系より da/ds 、 du/ds 、 $d\theta/ds$ および dc/ds について解き、出口の直径d、出口流速 U_0 、出口断面積 a_0 および出口での濃度 c_0 を用いて無次元化すると、式(1)~(4)が得られ、噴流軸軌道は式(9)で計算される。

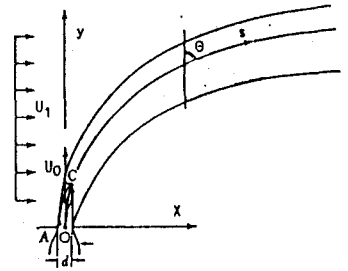


図-1 模式図

$$\frac{da'}{ds'} = \frac{8Q_e}{\pi du_0 u'} - \frac{1}{\beta} \left(\frac{4Q_e U_1}{\pi du_0^2} + \frac{4C_d \varphi U_1^2}{\pi du_0^2} \cos \theta \right) \frac{1}{u'} \sin \theta \quad (1)$$

$$\frac{du'}{ds'} = -\frac{4Q_e}{\pi du_0 a'} + \frac{1}{\beta} \left(\frac{4Q_e U_1}{\pi du_0^2} + \frac{4C_d \varphi U_1^2}{\pi du_0^2} \cos \theta \right) \frac{1}{a' u'} \sin \theta \quad (2)$$

$$\frac{d\theta}{ds'} = \frac{1}{\beta} \left(\frac{4Q_e U_1}{\pi du_0^2} + \frac{4C_d \varphi U_1^2}{\pi du_0^2} \cos \theta \right) \frac{1}{a' u'^2} \cos \theta \quad (3)$$

$$\frac{dc'}{ds'} = -\frac{4Q_e}{\pi du_0} \frac{c'}{u' a'} \quad (4) \quad \frac{x}{d} = \int \sin \theta ds', \quad \frac{y}{d} = \int \cos \theta ds' \quad (5)$$

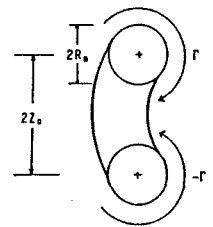


図-2 連行機構

2個の反対回転の渦による連行を図-2のモデルにより評価する。渦軸に沿う微小長さ ds の区間において周囲流体が噴流背後凹部空間に取り込まれる流量 $Q_e \cdot ds$ は、渦の強さを Γ とするととき係数 K_1 を用いて式(6)で評価する。

$$Q_e ds = 2ds \int_{R_0}^{2Z_0+R_0} V(r) dr = K_1 \frac{\Gamma}{\pi} ds \log \frac{2Z_0+R_0}{R_0} \quad (6)$$

また、渦は噴流断面内にプラスマイナス Γ の渦強さのものが2本存在する。この値はs方向に一定と考えるのが妥当であるが、ここでは噴流出口断面における周辺部でのせん断により生じると考え、出口断面の

長さスケールを $L = \sqrt{a_0}$ 、出口での相対速度を u_{r0} 、 K_2 を定数として式(7)で評価する。

$$\Gamma = K_2 \cdot L \cdot u_{r0} = K_2 \cdot \sqrt{a_0} \cdot u_0 \sqrt{\left(\frac{U_1}{u_0} - u \sin \theta_0\right)^2 + \cos^2 \theta_0} \quad (7)$$

計算では $q = 2 (Z_0 + R_0)$ 、 $K = K_1 \cdot K_2$ とした。つぎに、式(6)中の Z_0 と R_0 の比率は前報と同様、be nt over jetの断面形状について Rajaratnam が整理した結果を用いて評価し、 $Z_0/R_0 = 2.97 s / (\alpha^2 d)$ ； $\alpha = u_0/U_1$ とおいた。

3. 計算結果と考察

式(6)～(7)を式(1)～(4)に代入してルンゲクッタ法により計算し、Patrick²⁾の論文中的実験データと比較し、モデルに導入された係数Kおよび抗力係数 C_d の値を求めた。まず、Patrickの論文中、噴流軸軌道に沿う濃度の低減のデータと、噴流軸軌道のデータとで実験条件の対応がつくものを選び出した。そして噴流軸方向の濃度低減のデータに本モデルを適用し、最適のKを求めた。つぎに、このk値を用いて、実験条件が対応する噴流軸軌道の実験データに本モデルを適用し、最適の C_d 値を求めた。これらの結果が図-3、4に示されている。検討した実験条件の範囲では、Kの値は大体1～1.5程度でほぼ一定であった。 C_d はかなり幅があり、速度比 U_0/U_1 が10程度における0.8程度の値から速度比40程度における1.5程度の値へと、速度比とともに C_d は増大している。この C_d 値は2次元物体の抗力係数と同程度となっている。こうして求めた濃度と軸軌道計算値と実験値の比較が図(5)、(6)に示されており、良好な一致を示している。

参考文献

- 1) 羽田野ら：第43回土木学会年講、1988
- 2) Patrick, M.A. : Trans. Inst. Chem. Eng., 45, 1967

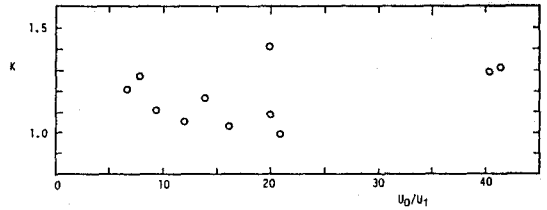


図-3 Kと U_0/U_1 の関係

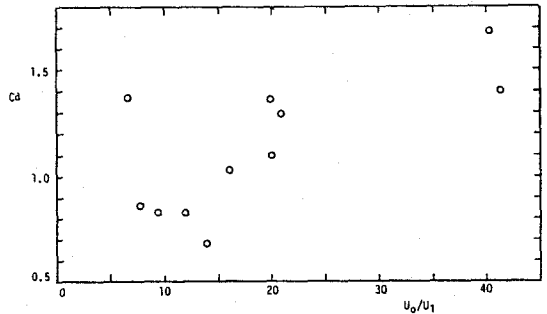


図-4 C_d と U_0/U_1 の関係

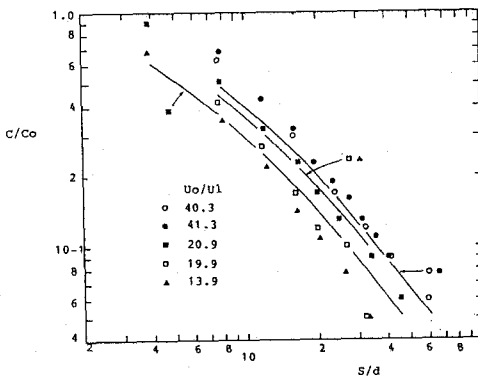


図-5 濃度の実験値と計算値

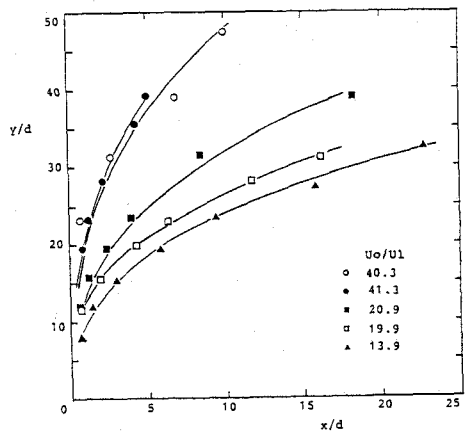


図-6 軸軌道の実験値と計算値