

密度傾斜噴流に関する基礎的研究

大阪大学工学部 正云員

村岡浩爾

同 大学院 学生員

○芳田利春

同 大学院 学生員

赤井新也

はじめに 二次元上向き噴流を water curtain として工学的に應用しようとする場合 実際問題として噴流をはさむ水域が海水と淡水であるよりな密度噴流を扱わねばならない であろう。密度噴流に關しては無限領域における buoyant jet として Abraham の研究¹⁾ などがあるが、筆者らが扱うよりな高密度水域から低密度水域へ噴流束が押されるという密度傾斜噴流は現象が複雑な上に、容易に実験を行なうことができない。したがってここでは密度勾配による水質混合より噴流の乱流混合が卓越することを前提として、単一の流体(水)を用い、噴流が水表面に衝突した後の左右流量配分を強制的に変えることによって、左右水域に水位差を生ぜしめ、これによって噴流軸を傾けるという相当傾斜噴流について実験を行なった結果を以下に紹介する。

1. 実験装置と実験 case 実験装置は図-1に示す。水槽は $2440 \times 600 \times 200$ の透明なアクリル板で、slit は真鍮製である。実験 case の設定については、次元解析より噴流軸、流速に關係する諸要素の中で、slit 幅 $B_s = 1$ cm で他に設定し得る出口流速 U_{00} 、水深 H_0 、左右流量比 $\alpha = Q_L / Q_R$ を表-1 のよりに変えるものとする。測定は今回は鉛直流速のみでピトー管を使用した。

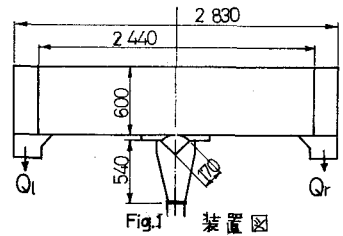


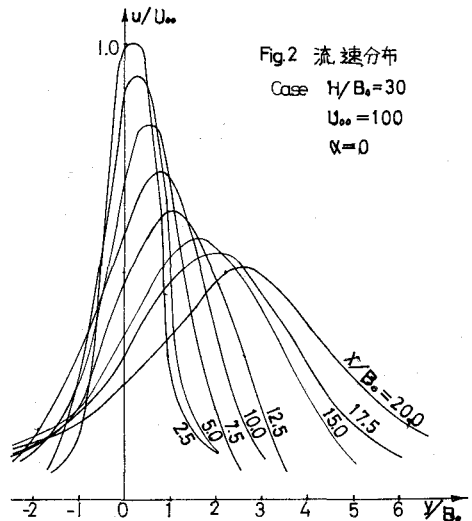
表-1 実験 case

U_{00}	100, 50
H_0/B_s	50, 30
α	0, 0.2, 0.4

2. 鉛直流速 左右両水域に密度差のない噴流(すなわち噴流軸が傾斜しない噴流)では、流速分布は相似法則が成り立ち、その分布形が正規分布をなすことは良く知られている。しかし相当傾斜噴流の場合、左右両水域の水位差による水平流によって、流速分布の平均値は水平方向にずれ、更にその分布形は水平方向に skew する筈である。

実験より得られた代表的な流速分布を図-2に示している。測定間隔を $2d$ とし、測定した u_i/U_{00} を区画 $(y_i - d, y_i + d)$ の度数として累加相対密度を確率紙に plot すると、分布が skew している場合には直線と表わせない。しかし、C 領域(拡散が完成された領域)とみなせる x 断面では skewness は殆んど認められない。すなわち確率紙で一直線となり、実験的には正規分布とみなせる。

次にこれを統計的な方法によって考える。すなわち観測された流速 $u_i/U_{00} = f_i$ として各 case の各 x



/B₀断面における平均値に對する skewness μ_s と kurtosis μ_k は次のように表わされる。

$$\mu_s = \sum \frac{f_i (y_i - m)^3}{N}, \quad \mu_k = \sum \frac{f_i (y_i - m)^4}{N}$$

ただし $N = \sum f_i$ 。更に u/u_0 の分布を正規分布と比較するため単位として y_i の代りに標準偏差 σ を用いて μ_s, μ_k とそれぞれ σ^3, σ^4 で除した skewness $\pm\sqrt{\beta_1}$ kurtosis β_2 が通常用いられている。

$$\pm\sqrt{\beta_1} = \frac{\mu_s}{\sigma^3}, \quad \beta_2 = \frac{\mu_k}{\sigma^4}$$

正規分布の場合 $\pm\sqrt{\beta_1} = 0, \beta_2 = 3$ である。 $+\sqrt{\beta_1}$ の場合左傾分布、 $-\sqrt{\beta_1}$ の場合右傾分布となり、 $\beta_2 > 3$ の場合鋭峰、 $\beta_2 < 3$ の場合鈍峰である。以上の考え方により各実験 case の各断面について $\pm\sqrt{\beta_1}, \beta_2$ を求めて plot したのが 図-3 である。まず $\sqrt{\beta_1}$ は A 領域 (core の存在する領域) と C 領域では符号が異なる。このことは A 領域では core によって左右両水域が遮断されているため水平流によって u/u_0 の分布が押しちぎめられるためである。更に stagnation の影響を受ける C 領域の終端 $x/H_0 = 0.7$ 近傍で $\sqrt{\beta_1} = 0$ となる。しかし 図-2 の流速分布図からわかるように skewness があるとしても非常に小さく、またピトー管の読み信頼度からマンローターの動圧の水頭が 0.05 mm 以下を切り捨てたため、三次の積率に大きな影響を与えていると考えられる。したがって $\pm\sqrt{\beta_1}$ の量的な把握は未だ確かではない。

次に kurtosis β_2 は A 領域では 3 より大きく、C 領域では 3 より小さい。このことは C 領域では正規分布よりも扁平な分布をなすことを意味し、更にその値が C 領域ではほぼ一定とみなせる事に注目すべきである。

3. 軸の傾斜 図-2 から明らかなように噴流軸が傾斜していることが認められる。ここで傾斜した噴流軸は、(2) の鉛直流速の項で求めた累加相対密度が 50% となる y の位置が噴流軸であると定義する。図-4 は確率紙上から読み取った噴流軸を plot したものである。実験 case から $H_0/B_0, U_{00}, \alpha$ をそれぞれ parameter として軸特性を考える。 $\alpha, H_0/B_0$ が小さくなるに従って軸の傾斜は大となる。また U_{00} については軸の傾斜には無関係であるといえる。しかし、実験 case が一例であることと、 $U_{00}, H_0/B_0$ と α が独立な変数であるかの検討が必要である。

4. 今後の課題 左右両水域の水位差 ΔH 、軸の傾斜など全ての flow pattern を定量的に把握していくことと、以上の結果より仮定をもって理論的に approach することである。

この研究に当り、大阪大学室田明教授より適切な助言を得たことに謝意を表す。

参考文献 1) G. Abraham: Horizontal Jets in stagnant Fluid of other Density, Proc. Paper. July '65

