10 二次元拘束噴流の混合過程に関する研究

東海大工 青木克巳[○], 大田紘昭, 中山泰喜

Study on Mixing Process of Two-dimensional
Confined Jet

Katsumi AOKI, Hiroaki OHTA, Yasuki NAKAYAMA

This paper is study on mixing process of two-dimensional confined jet. Confined jet flow is very important for combustion chamber, jet pump, fluidic device, etc.

In this study, flow pattern of mixing chamber has been investigated by using flow visualization techniques.

As a result, it has made clear the separation point, reattachment point and separation region for effect of Reynolds number and velocity ratio.

1. 緒言

拘束噴流の研究は燃焼器, ジェットポンプ, 純流体素子等の流れなど工学的な応用面において重要な意義をもっているため, これらに関する報告も多い。⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾ 拘束された噴流は混合管の壁面ではく離を生じるため不安定な流れとなる。これらの流れ場にプローブを挿入して測定することは流れ場を乱すだけでなく正確な流れ様式をとらえることは難かしい。現在, このような流れ場に適した測定法としては, レーザドップラ流速計(LDV)と流れの可視化であろう。前者のLDVに対し後者の可視化は単一時間に測定断面上の流れ場を一様に把握できることである。

本研究は, 二次元拘束噴流の混合過程に関する研究であり, 混合管の中心から噴出される一次流とその周囲から流入する二次流の流速比並びに混合管のレイノルズ数に対し, 混合管内で生じるはく離現象に及ぼす影響をおよぼすか, 水素気泡法により混合管内を可視化し明らかにしている。

Faculty of Engineering, Tokai University, Hiratsuka, Kanagawa.

2. 記号

 b : ノズル幅 B : 混合管の幅 u_1 : 一次流平均流速 u_m : 混合管内平均流速 u_s : 二次流平均流速 Re : レイノルズ数 ($= u_m B / \nu$) W : はく離幅 W_m : 最大はく離幅 x : 軸方向何の距離 x_s : はく離点 x_R : 再付着点 ν : 動粘度

3. 実験装置および方法

Fig.1 は二次元拘束噴流の実験装置概略である。装置本体は透明なアクリル製で、ノズル幅 $b=15\text{ mm}$ 、混合管の幅 $B=60\text{ mm}$ である。水位は 80 mm であり底から 60 mm の位置に水素気泡法で可視化するために陰極線用として $30\text{ }\mu\text{m}$ の白金線を設置する。白金線は Fig.2 に示したように入口から 5 mm の位置を基点に 11 本設定した。通常陽電極は流路の下流に設けられ本実験のように複数の陰極線よりタンデムに水素気泡を発生させる。各白金線間の電位差により水素気泡の発生が一様せいを欠いたため水路底の左右の角に混合管入口より可視化領域の全長にわたり銅線を取り付け陽電極とした。また作動流体である水道水に 0.01% の食塩水を注入することにより水素気泡の発生状態が良くなるため、本実験では $120\sim 160\text{ V}$ の DC パルス電圧を印加し行った。可視化効果を上げるため、撮影用光源はストロボスリット光を用い、可視化平面に対して約 10° の角度で混合管の側面より 3 mm の光束を入射させる。ストロボの閃光時間は $1/1500$ 秒でカメラのシャッター速度に関係なくタイムラインをほぼ完全に静止させ撮影することが出来る。

実験は一次流及び二次流の流量並に管内レイノルズ数を制御バルブ(I),(II)で調節し、一次流 Q_1 はオリフィスにより、二次流 Q_2 は混合管出口で吐出流量 Q_d を体積法により測定し、 $Q_2 = Q_d - Q_1$ より決定する。

実験の範囲は $Re=150\sim 500$ の範囲で各レイノルズ数に対し、速度比 u_1/u_s を $6\sim 30$ ままで変えて行った。

Fig.1 Experimental apparatus

Fig.2 Location of platinum wire

4. 結果及び考察
Fig 3は管内レイ
ルス数 $Re=200$ に
対し、速度比 v_j/v_s
を8, 14, 18, 30と変
えた時の流れの一
例を示している。

この流れはタイ
ムラインにより可
視化したもので、
この可視化写真よ
り混合管内の速度
分布の変化と混合
管壁面近傍での逆
流点、はく離点、
はく離厚さ、再付
着点などの流動模
様がわかる。すな
わち、はく離現象
は速度比が大き
くなるにつれ顕著
に生じはく離領域
も増していること
がわかる。

Fig 4 は可視化
写真から逆流点（
流速がゼロの点）
を結んで形成され
た壁面との領域が
はく離領域である。

速度比が大き
くなるに従い、はく
離点は上流へと移
動しはく離領域も
増す傾向が見られ
る。

Fig 5 は速度比の
変化に対するはく離

Fig.3 Flow pattern of mixing chamber by hydrogen bubble method
[$Re=200$, $P.W=15$ ms, $P.I=0.5$ s, $F=5.6$, Strobe slit light]

Fig.4 Separation region

点, はく離領域の大きさ, 再付着点の関係を示している。速度比が大きくなるに従い, はく離点の上流へ移動し二次流入口近くから始まっている。また, はく離領域も増し, 最大はく離厚も二次流入口近くで生じていることがわかる。最大はく離厚はレイノルズ数が変わってもあまり影響を受けないことがわかった。Fig. 6 はレイノルズ数と速度比の変化に対する最大はく離厚を示したもので, はく離厚は速度比のみに関係し, 速度比が増すとはく離厚が増している。

Fig. 7 はレイノルズ数と速度比の変化に対するはく離点の位置を示している。レイノルズ数が増すとはく離点の位置は下流へと移動し, 速度比が小さい程, はく離の位置の差は大きくなる傾向を示している。

再付着点は Fig. 8 に示すように, レイノルズ数が増すに従い下流へと移動する傾向を示しているが速度比 20 以上で再付着点のほぼ同じ位置に生じる傾向を示している。しかし, 速度比 15 以下では Re が 400 以上では下流へと, Re が 400 以下では上流へと移動している。このような流れ様式は何によるものであるか明白でなく, 今後の実験により確かを得ない。

5. 結 言

二次元拘束噴流の混合管内における流動様式を水素気泡法による可視化実験により明らかにすることができた。

文 献

- (1) Curtet, R., Combustion and Flame, Vol.2, No.4, Dec. 1962.
- (2) Curtet, R., and Barchilon, M., Trans. ASME, Series D, Vol.86, No.4, Dec. 1964, 777.
- (3) Exley, J. T., and Brighton, J. A., Trans. ASME, Series D, Vol.93, June, 1971, 192.

Fig.5 Separation region for velocity ratio

Fig.6 Maximum thickness of separation

Fig.7 Separation point for Reynolds number

Fig.8 Reattachment point for Reynolds number