

(財)電力中央研究所 氏会員 片野尚明
(財)電力中央研究所 氏会員 守屋祥一
日本大学生産工学部 氏会員 〇 春合 実*

1 はじめに

壁面噴流(Wall Jet)は、壁面に沿う境界層とその上の混合領域が同時に存在し、互いに干渉しながら発達する流れである。壁面噴流に関する研究は、従来、多く行われているが、水噴流において精度の高い計測結果を得ることは困難であることも一因し、流速分布の相似性や壁面抵抗則などについて検討は、まだ十分行われていない。近年、計測技術の進歩により、流れ計測において高精度の測定が可能であるレーザードップラー流速計(Laser Doppler Velocimeter: LDV)が用いられ、その成果も報告されている。

本文は、流れの流れ計測に有効であるLDVを用いて、2次元壁面噴流の流れ計測を実施し、平均流速、流れ強度そしてReynolds数などの分布について検討した結果を報告するものである。

2 実験装置および方法

本実験に用いた装置の概要を、図-1に示す。水槽は、長さ2m、幅10cmの両面ガラス張りのステンレス製水槽で、上流部に噴流発生装置、下流部には、水位を一定に保つための溢流装置が設けられている。そのほか安定した流量を供給するために高置水槽が設けられている。また水槽床板は、アクリル製で、十分に着目と見なし得るものである。

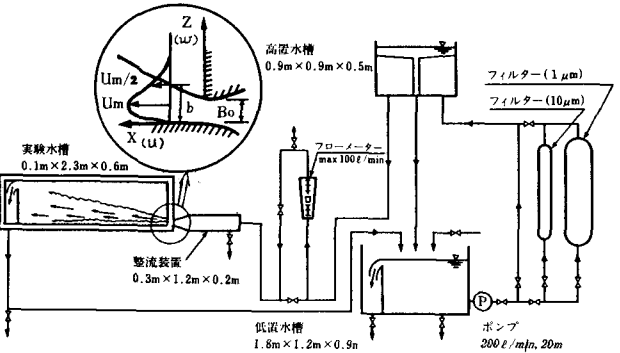


図-1 実験装置概略図

流速測定は、図-2に示すレーザードップラー流速計(He-Neレーザ、最大出力15mW、前方散乱型、差動型法LDV、2方向流速成分の同時計測が可能、DISA製)システムを用いた。またこのLDVのレーザ光源、光学系およびP.M.は、トラバース装置(移動範囲 $X = 0 \sim 200$ mm, $Y = \pm 10$ mm, $Z = 0 \sim 60$ mm)に設置され、一体で動くようにした。この

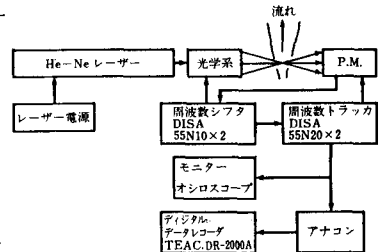


図-2 LDVシステム

3 実験結果および考察

本文で述べる結果は、噴流出口高さ $B_0 = 1.0$ cm、噴流出口の平均流速 $U_0 = 1.0$ m/sec、Reynolds数 $Re = 10^4$ の条件で計測したものである。

図-3は、噴流出口 $x/B_0 = 0.3$ kにおける平均流速分布(流下方向 u 、鉛直方向 w)を示したもので、 $0.15 \leq z/B_0 \leq 0.9$ まで一様分布を示し、その流速値は、流量計から求められる平均流速と良く一致している。また図-4は、噴流の流下方向および鉛直方向の流速変動(流れ強度: $\sqrt{u^2}/U_0$, $\sqrt{w^2}/U_0$)も同時に示すが、平均流速が一定の z/B_0 の範囲において、流れ強度は、約10%以下であることが認められる。図-4は、噴流の流下方向に沿う平均流速 U_m および平均流速の半値幅

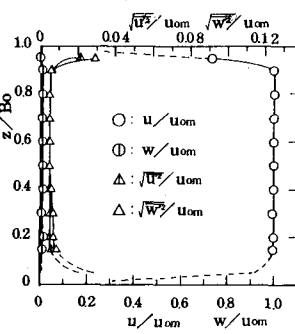


図-3 噴流出口流速分布

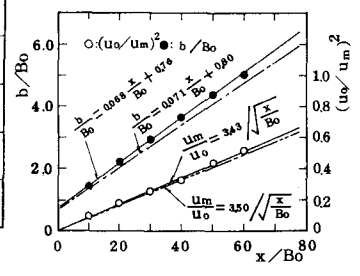


図-4 平均流速の変化

bの変化を示す。図中の実線は、本実験結果の回帰直線を示し、平均流速および本値幅の変化をそれぞれ、 $U_m/U_0 = \alpha/\sqrt{x/Bo}$ および $b/B_0 = \beta \sqrt{x/Bo} + \gamma$ とすると、係数 α, β, γ は、 $\alpha = 0.43, \beta = 0.071, \gamma = 0.80$ となり、Rajaratnam 等の $\alpha = 0.50$, Schwarz 等の $\beta = 0.068, \gamma = 0.76$ とほぼ良い一致を示している。図-5は、流れの確立領域における流下方向の平均流速の分布を示すもので、流速分布の相似性の成立が認められる。また図中の実線は、Verhoffの示した実験式であり、本実験結果と良く一致することが認められるが、噴流の主流部の外縁において若干のバラツキが見られる。

図-6(a)および(b)は、それぞれ、流下方向および鉛直方向の流速の乱れ強度($\sqrt{u'}/U_m, \sqrt{w'}/U_m$)を示すもので、それらの乱れ強度は、 x/Bo の増大とともに、そのピーク値が大きくなり、その位置は、ほぼ $z/b = 0.8 \sim 0.9$ 程度に変化することが認められる。図-7は、Reynolds応力の変化を無次元形を示したもので、 $\overline{uw}/U_m^2$ の分布は、 x/Bo がほぼ0.6程度において極値を示す。また流下方向に見るとその値は、 x/Bo が10~40に増大するにつれて大きくなる傾向が認められる。図-8は、 $x/Bo = 40$ における乱れエネルギー $k = (\overline{u'^2} + \overline{v'^2})/2$ の鉛直方向の変化を示すもので、噴流の流下方向および鉛直方向の平均流速分布も同時に示す。混合領域において平均流速 U, W は、鉛直方向に行き、減少し、 $z/b > 2.2$ 程度が負領域になり、 k は、 $z/b \approx 2$ 程度で極大値を持つことを示している。また鉛直方向の微弱な流速成分もLDVを用いることにより精度良く計測出来ることを示している。

4 まとめ

LDVを用いた2次元壁面噴流の流れ計測を実施し、得られた結果の一部を報告したが、次のように結論される。1) LDVによる流れ計測は、その特徴として測定点が非常に小さく(本実験に用いた装置において $2.1 \times 0.1 \times 1.0$ のプローブ径)として応答性が良いことなどから、境界層のような局所の流れが容易に測定可能であることが認められた。2) 本実験結果は、既往の結果と良く一致し、水噴流の流れ計測においてLDVの有効性及び実験結果の妥当性が再確認された。

今後の課題としては、噴流境界層の発展則の検討をして計測結果の条件抽出を行い、噴流の間欠性及び周囲水混合速度などについて検討を行うことが考えられる。

最後に、本研究は、電中研のタンク型FBRプロジェクトのウチ三菱重工(株)との共同研究の一環として実施したものである。*現在、(財)電力中央研究所の研費中。

参考文献 Schwarz, W.H.S., 1961, J.F.M., 10, Verhoff, A.S., 1963, Rep. 626, Princeton Univ.,

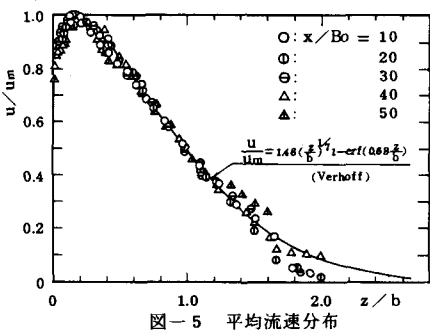


図-5 平均流速分布

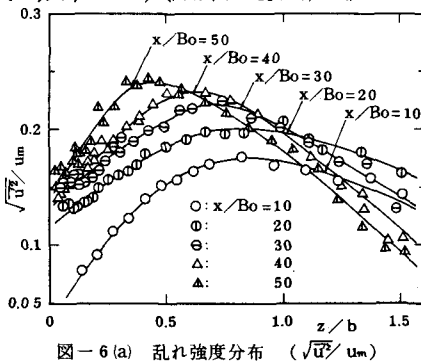


図-6(a) 乱れ強度分布 ($\sqrt{u'}/U_m$)

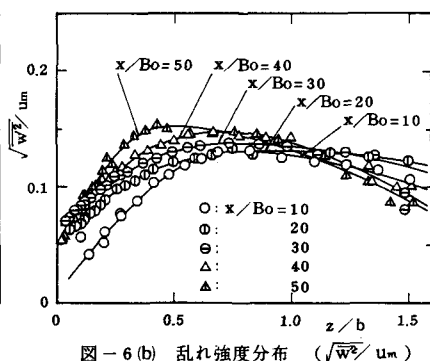


図-6(b) 乱れ強度分布 ($\sqrt{w'}/U_m$)

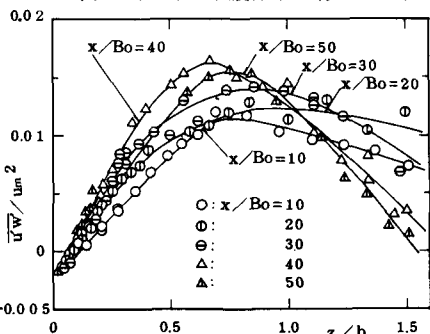


図-7 無次元 Reynolds 応力の分布

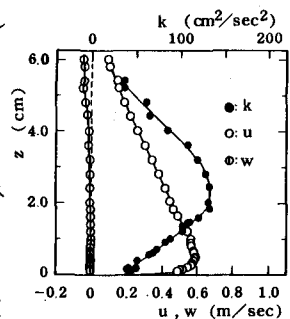


図-8 乱れエネルギーと平均流速