

Ⅱ-2 壁面噴流による境界層について

山口大学 斉藤 隆
○防衛大学 林 建二郎

1 はじめに

壁面噴流に関する研究は多くなされているが、流れの主流部と境界層との相互作用および壁面抵抗とくに壁面が粗面である場合についてはまだ疑問が残されている。

本文は壁面噴流の流れの特性を規定する諸量を実験的に検討し、その結果にもとづいて壁面抵抗について若干の検討を試みたものである。

実験に用いた水路は幅 20 cm, 深さ 60 cm, 長さ 700 cm の両面有機ガラス張りのものである。壁面としては 50% 粒径が 0.026, 0.077, 0.11, 0.21, 0.41 mm であるほぼ一様な砂粒をアクリル板に張り付けたものを用いた。流速の測定は外径 2.1 mm のステンレス管をもって製作した、先端断面が 0.2 × 5 mm の扁平断面のピトー管で行なった。

2 実験結果 および 壁面抵抗について

図-1 は主流部の流速分布を示したものである。自由噴流と同一の流速分布を示している。

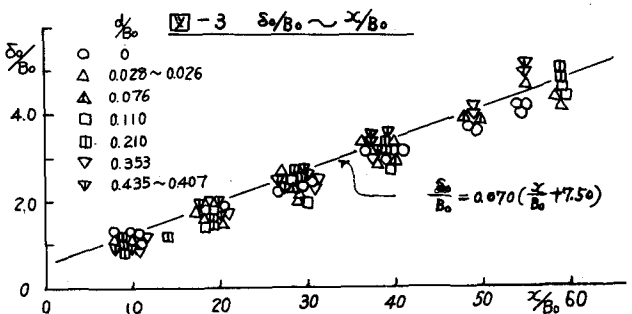
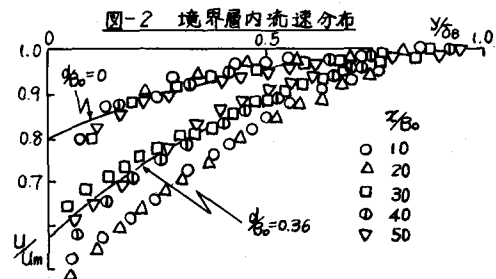
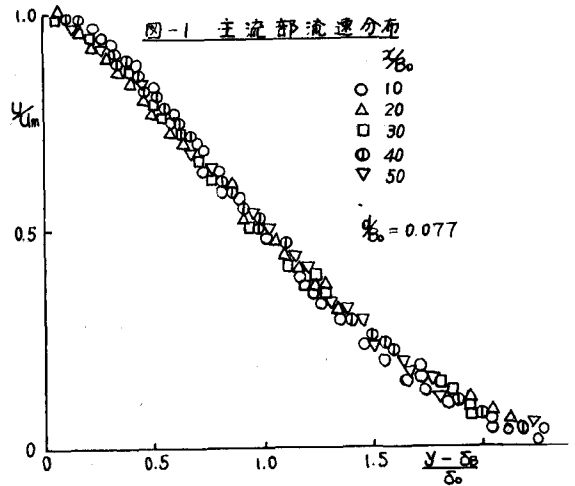
図-2 は境界層内流速分布を示したものである。これより境界層内の流速分布は、流過距離が噴出幅 B_0 の 20 ~ 30 倍以上になるとほぼ図-2 の表現で表わされ、壁面粗度が大きい程壁面流速 U_b が小さくなっている。

主流部流れの幅を図-3 に示すが、主流部幅に及ぼす諸要素の影響を明らかにすることは困難である。

境界層厚との測定値を示したのが図-4 である。境界層厚さには、明瞭に壁面粗度の影響が認められ、壁面粗度が大きい程境界層の発達が著しい。

最大流速の場所的变化を示したものが図-5 である。最大流速も壁面粗度の影響が明らかに認められる。

以上の実験結果を一括して実験式として表わすと、次の通りである。



$$1) \frac{\delta_0}{B_0} = 0.070 \left(\frac{x}{B_0} + 7.50 \right)$$

$$2) \frac{\delta_B}{B_0} = 0.0305 \left(\frac{d}{B_0} \right)^{0.19} \left(\frac{x}{B_0} + 20.0 \right)$$

$$3) \frac{u_m}{u_0} = \sqrt{\frac{3}{2}} \alpha' \sqrt{\frac{x+x_0}{B_0}}$$

$$\alpha' = 7.6 \left(\frac{d}{B_0} \right)^{-0.06} \quad \frac{x_0}{B_0} = \frac{2}{3} \alpha'$$

$$4) \frac{U_b}{u_m} = 0.66 \left(\frac{d}{B_0} \right)^{-0.039}$$

ただし、上式は最大流速が漸減する範囲
についてのものである。

図-2に示した境界層内流速分布で対数
分布が成立しているのは $clausen$ が指摘
しているように、境界層部の約 15% 程度の
範囲である。渦動拡散係数を用いるとセン
断力場合は、

$$5) \frac{\tau}{\rho} = \varepsilon_b \frac{du}{dy} \quad \varepsilon_b: \text{渦動拡散係数}$$

セン断力分布及び渦動拡散係数について

$$6) \frac{\tau}{\rho} = \frac{\tau_w}{\rho} \left(1 - \frac{y}{\delta_B} \right), \quad \frac{\varepsilon_b}{u_* \delta_B} = \text{Const}$$

なる仮定を用いると

$$7) \frac{u_m - u}{u_*} = \frac{u_* \delta_B}{2 \varepsilon_b} \left(1 - \frac{y}{\delta_B} \right)^2$$

$$8) \frac{u_m}{u_*} = \frac{u_* \delta_B}{2 \varepsilon_b} \left(1 - \frac{u_b}{u_m} \right)$$

が得られ、壁面抵抗は壁面流速によって規
定されることになる。

最大流速が漸減する領域で運動量の定理
を適用すると

$$\frac{\tau_w}{\rho} + \frac{d}{dx} \left\{ \int_0^{\delta_B} u^2 dy + \int_{\delta_B}^{\infty} u^2 dy \right\} = 0$$

この式に実験結果および、(7)式を代入して、 u_m/u_* を求めた結果と図示したものが、図-6である。図-6の
結果は境界層内流速分布が対数則に従うものとした場合と大いに値が異なっていることが注目される。

参考文献

- Francis H. Clauser ; The Turbulent Boundary Layer
- Schlichting H. ; Boundary Layer Theory.

