

九州大学 工学部 正 員 平野宗夫
九州大学 工学部 正 員 大本照憲
宮崎県 正 員 永野 広

1. まえがき

Wall Jet は境界層と自由噴流の特性を兼ねそなえた流れとして従来より数多くの研究がなされてきたが、そのほとんどは相似則を仮定した流速および Reynolds 応力の分布として境界層の発達に関する問題が中心であり Wall Jet 中を浮遊する粒子の挙動に関する研究はあまりないようである。本研究は比重 1.07 のポリスチレン粒子を用いて Wall Jet における壁面付近の粒子の挙動に関する統計的性質について検討を行なうとともに、初期洗掘時の粒子の pick up rate の実験式を求めたものである。

2. 実験装置および方法

実験に用いた水槽は図-1 に示す片面アクリル製の幅 20 cm 長さ 6 m の鋼製水路で、上流端に噴流発生装置を下流端には固定堰を設け静水水深を一定として実験を行なった。流速は内径 1.0 mm 外径 1.5 mm のピトー管を用いて測定し、粒子の挙動は噴流発生装置のヘッドタンク中に粒径 1.7 mm 比重 1.07 のポリスチレン粒子を投入し噴出口から飛び出た粒子をアクリル板

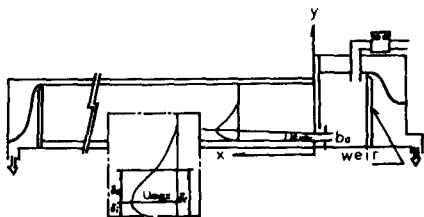


図-1 実験装置

側方より 16 mm カメラで撮影した。次に、pick up rate の測定は図-1 の水路を用いて行いその底板に溝を穿ちその中の一つに試料を充填しその他の溝は板木で塞がれており十分に滑面とみなしうる。平均粒径 0.33 cm 比重 1.306 のポリエーテルを使った pick up rate はアクリル板側方より 16 mm カメラで撮影し、単位時間に飛び出す粒子の数を測定し、比重 250 粒径 0.20 cm のガラスビーズおよび比重 271 粒径 50 μ の珪砂については溝に緊密にはまる容器に充填し噴流発生前後の収支から求めた。

3. 実験結果および考察

図-2 は、縦軸を $\xi = y/\delta_t$ 横軸を $f(\xi) = U/U_{max}$ で無次元表示した流速分布を表す。出口近傍の Potential

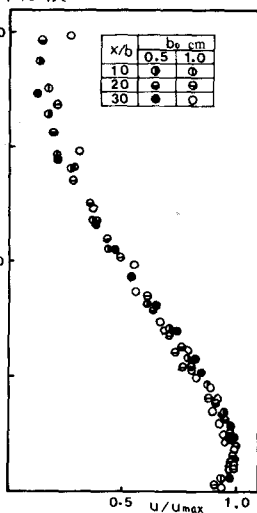


図-2 流速分布

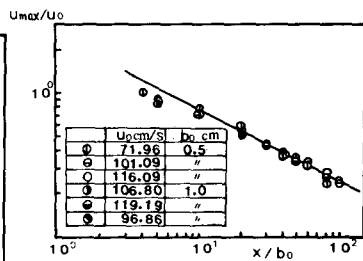


図-3 U_{max} の減衰

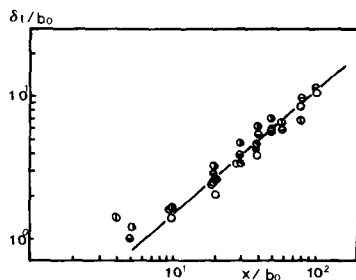


図-4 δ_t の変化

flow の性質を有する Zone of flow establishment 以降の十分に乱れの発達した Zone of established flow についてのみプロットしており、全実験を通じて流速分布の相似性は成立しているが主流部外縁のバラツキに系統的变化は見られない。流速 U_{max} と噴流幅 δ_t の x 方向の変化を示したのが図-3 および図-4 である。相似則の仮定より $U_{max} \propto x^a$, $\delta_t \propto x^b$ として a, b を求めるとそれぞれ $a = -0.51$, $b = 0.87$ であり Glauert の理論で $\alpha = 1.4$ とすると $a = -0.528$

表-1 Schwarz による壁面抵抗係数

$\int_0^1 f(\xi) d\xi$	C_2	α	$C_f \times 10^{-2}$	b_0	$Re = \frac{U_0 b_0}{\nu}$
1.0771	0.095	-0.51	0.409	0.5	3562
0.7637	0.078	-0.54	0.240	"	5004
0.8161	0.085	-0.53	0.278	"	5747
0.6092	0.126	-0.50	0.307	1.0	10574
0.7513	0.109	-0.48	0.328	"	11800
0.7440	0.102	-0.49	0.304	"	9590
	0.099	-0.51	0.311		

$b = 0.906$ であり、Schwarz²¹によれば $a = 0.555$
 $b = 1.0$ である。Umax および α とも指数が他の
 の実験者の結果に較べやや小さい値を示し
 ているのは、本実験が有限水深でありこれ
 が効いているのではないと思われる。
 壁面のせん断応力に境界層方程式をよに関
 して0から ∞ まで積分した式に $U^2 \gg u^2 = v^2$
 として得た Schwarzの壁面抵抗係数

$$C_f = -2C_2(2a+1) \int_0^{\infty} f(\eta)^2 d\eta \quad (1)$$

を用いて算定し表1にまとめている。なお、Self-Preserving flowを仮定すると $d \propto X$ となるはずであるが本実験では X に比例しなかったので $b=1.0$ として、 $\sum A$ については平均値を用いており、斎藤; $C_f = 0.9 \times 10^{-2}$ 土屋; $C_f = 1.0 \sim 2.0 \times 10^{-2}$ に較べ小さい値である。

次に、 x, y 方向の粒子速度の頻度分布を示したものが図-5 である。図中の曲線は速度の平均値および標準偏差の実測値を用いた Gauss 分布である。歪度の分布にかなり大きなバラツキはあったものの平均的に見てほぼゼロを中心としていることから対称に近い分布形である。粒子の乱れの強さ $\sqrt{u_p}, \sqrt{v_p}$ をその位置の平均速度 $\bar{u}, \bar{v}$ 割った変動係数 $\text{var}x, \text{var}y$ の x 方向の推移を示す

と図 6 のようになる。 $x_0 \geq 30$ 付近から x, y 方向とも変動係数はかなり一様に近づくことが認められる。図-7 は各断面に対して深さ方向に粒子の速度 u_p と v_p の相関係数をプロットしたものである。相関係数は全般的に壁面付近で最も小さく y 方向にほぼ直線的に増加していく傾向を示し、

$U_{\max}$ より上方では正の相関を示すことから運動量が上方に輸送されていくことが考えられる。次に pick up rate β と $\pi^* = (\frac{U^2}{\sigma g d})^{1/2}$ の関係を示したのが図-8 である。広範な粒径および密度に対して比較的バラツキは小さいように思われる。図中の直線は実験式を示し以下の関係が得られた。

$$\sqrt{\frac{d}{sg}} p_s = 2.3 \times 10^{-4} \pi_*^{6/5} \quad (2)$$

4. あとがき

以上、二次元壁面噴流の流速特性および粒子の挙動に関する統計的性質について実験的に調べ、また pick up rate については従来より用いられてきた壁面せん断応力ではなく粒子頂部での流速で表示した。非流れに於いては、pick up rate は流速で表わすのが適切ではないかと考えられる。

参考文献

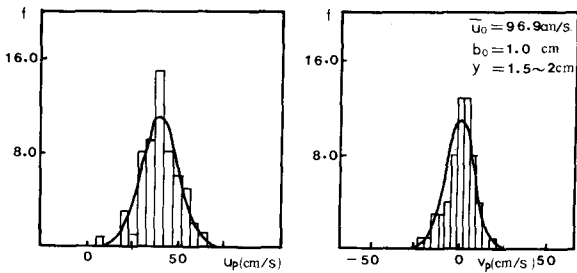


図-5 U_p, V_p の頻度分布

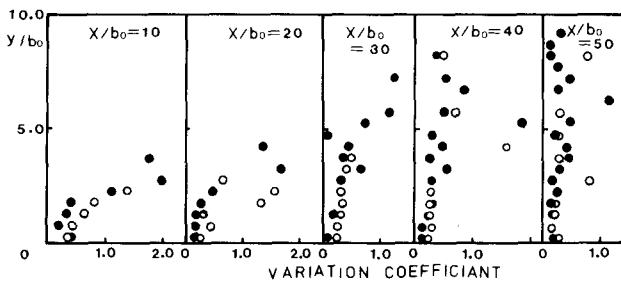
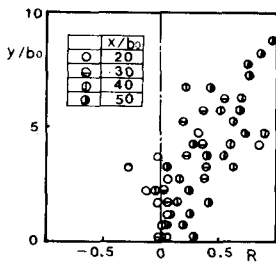
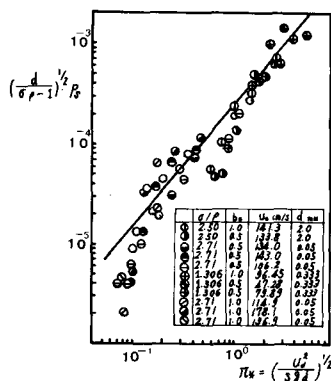


図-6 変動係数



图一7 相關係數

図-8 P_s と π_s の関係

- (1) Glauert, M.B.; Jour. of fluid Mech. voll 1956
(2) Schwarz, W.H. & W.P. Cosart; Jour. of fluid Mech. voll 0 1961
(3) 斎藤 隆; 土木学会論文集才 264号 1977.8月 (4) 土屋義人; 土木学会論文集才 82号 1962.8月