

建設省 土木研究所

正員 土屋昭彦

東京工業大学

正員 河野ニ夫

1. まえがき

垂直二次元噴流に及ぼす境界の影響については、既に側壁、および床板の影響により、噴流の流速分布が自由噴流のそれと比べてかなり変化する事を明らかにしたが、今回は更に床板の近傍における流速について考察を試み、床板に沿う流れの流速分布式を求めた。

2. 床板近傍の流速分布

自由噴流における流速分布は、H. Görtler によって

$$\frac{U}{U_{\max}} = \operatorname{sech}^2 \eta, \quad \eta = \alpha \frac{y}{z} \quad (1)$$

の様に与えられており、 α の値はReichardtによれば7.67である。流れが床板に近づくにつれて、 x 方向の流速が減少し噴流の中が狭がるが、実験によれば、図-2に示す如く $\alpha=5.0$ として(1)式の関係を満足するようである。

噴流の最大流速 $U_{\max}$ の減少の仕方、先に示したように(1)式に反比例しているが、 $x/z_0=0.7 \sim 1.0$ で床板の影響を受け、 $U_{\max}$ は急激に減少する。この領域での流速減少については、図-3に示される如くであり、(2)式のように表示できる。

$$\frac{U_{\max}}{U_1} = \alpha \tanh\left(\frac{z_0 - x}{z_1}\right) \quad (2)$$

U_1 は床板がないものと考えた時の z_0 における $U_{\max}$ の値である。この床板近傍での流速の急減は、床板に衝突する噴流の流速と、その分布に關係するであろう。従って、ここでは(2)式の無次元化の指標 α として、床板がない場合の z_0 位置における自由噴流の広がり b に關係するものとえ、 $\alpha = \frac{b}{z}$ と仮定ことにした。この実験における自由噴流の中の広がり b は

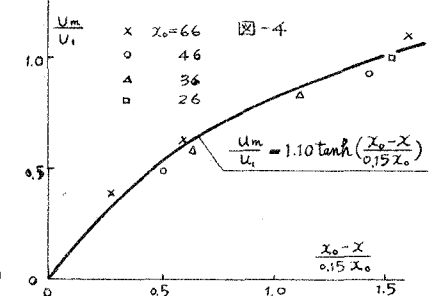
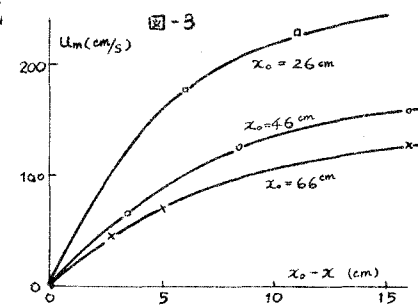
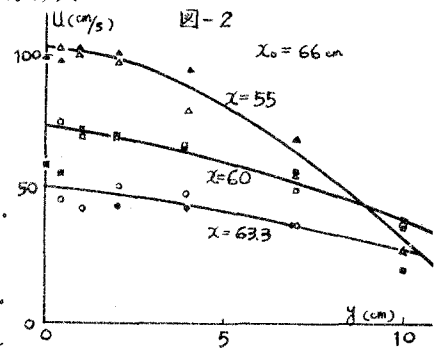
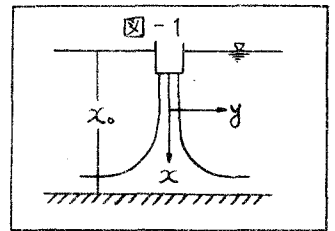
$$b = 0.3 z \quad (3)$$

と受けながら、 $z_1 = \frac{1}{2} \cdot 0.3 z = 0.15 z_0$ と取り、これを図示すると図-4の如く b は1.10となる。

3. 床板近傍の流れ

床板に衝突した噴流は、これに沿う流れとなり床板に沿った境界層が発達する。境界層の発達を考慮する場合には、境界層外縁の流速分布を求める必要があるが、この流れはポテンシャル流れと仮定してよいであろう。

x 方向の流速分布として、(1)、(2)式を考慮すれば、次式を得る。

$$\frac{U}{U_1} = \alpha \tanh\left(\frac{z_0 - x}{z_1}\right) \operatorname{sech}^2 \eta, \quad \eta = \alpha \frac{y}{z} \quad (4)$$


これを用いて連続の式から、 u の分布は(5)式の如く
に与えられる。

$$\frac{u}{u_1} = \frac{\partial \eta}{\partial x_1} \left\{ 1 - \tanh^2 \left(\frac{x_1 - x_0}{x_1} \right) \right\} \tanh \eta + \frac{2\alpha}{x_1} \tanh \left(\frac{x_1 - x_0}{x_1} \right) F(\eta) \quad (5)$$

$$F(\eta) = \int \eta \operatorname{sech}^4 \eta \cdot \tanh \eta \, d\eta$$

$F(\eta)$ は近似計算により、 $\eta < \frac{\pi}{2}$ において表-1の如く
に表わせる。(5)式を用いて実験結果と比較したと
ころ、図-5, 6, 7に示す如く、ほぼ一致することが
認められた。

最大流速は、 $x = x_0$ において生じ、その分布は(b)
式によって表わされる。

$$\frac{u}{u_1} = \frac{\partial x_0}{\partial x_1} \tanh \eta \quad (b)$$

この関係を図示したのが図-6であり、
この中に実験値の最大値(これは床板
より少し上で生ずる)を記入した。図
中の破線は、土屋義人⁽²⁾による粗面床板
に対する実験式で、次式で与えられる。

$$\frac{u}{u_1} = 0.540 \frac{y}{x_0} / (0.0628 + \frac{y}{x_0}) \quad (7)$$

若者等の計算結果は、 $\frac{y}{x_0} > 0.2$ にお
いて実験値とはされるが、この領域に
行くと、ポテンシャル流れ以外に、 x 方向の
拡散の効果と、境界層の発達による流速減少を
考慮する必要がある。なお、 x と y は、 y 方向
の流速分布を決めるのに重要な要素であり、こ
れの物理的意義をより明確にする必要がある
が、

4 床板に与える圧力

床板のうける動水圧は、自由噴流と与えた場合の x_0 における運動量を圧力に換算して与えられる。
流速分布として、(1)式を用いて x_0 における全圧力、 ΣP を求めると、(8)式の如くになる。

$$\Sigma P = \frac{\rho}{2} \int_{-\infty}^{+\infty} u_{\max}^2 \cdot \operatorname{sech}^4 \eta \, dy = \frac{2}{3} \frac{\rho x_0}{x_1} u_{\max}^2 (x = x_0) \quad (8)$$

床板に与える動水圧の分布曲線から、 $u_{\max}(x = x_0)$ を用いて(8)式を計算し、 α の値を求めると、こ
表-2の如くになり、 α はほぼ一定としていえることがわかる。即ち、最大流速の2倍減法則として、

$$\frac{u_0}{u_m} = 1.5 \left(\frac{x}{x_0} \right)^{-\frac{1}{2}}$$

を用い $\alpha = 5$ とすれば、任意の位置における、床板のう
ける圧力を求めることができる。

参考文献 (1) 京大工学部流体力学講座 (2) 京都大学防災研究所年報

表-1

η	$F(\eta)$
0.1	3.3×10^{-4}
0.2	2.58×10^{-3}
0.3	8.39×10^{-3}
0.4	2.13×10^{-2}
0.5	3.44×10^{-2}
0.6	5.51×10^{-2}
0.7	0.76×10^{-1}
0.8	1.09×10^{-1}
0.9	1.40×10^{-1}
1.0	1.74×10^{-1}

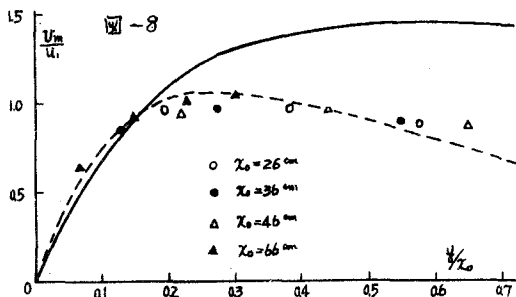
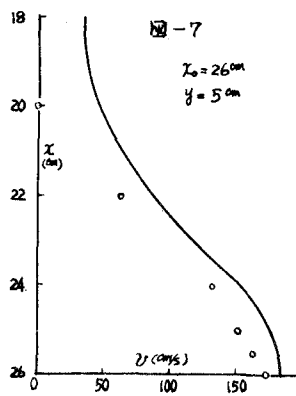
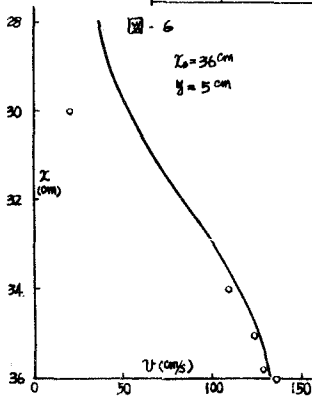
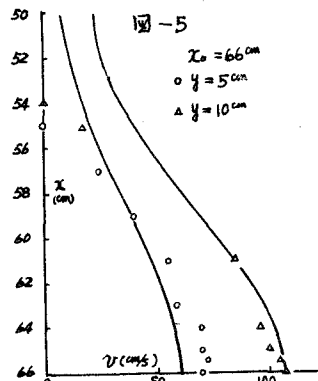


表-2

x_0 (cm)	66	46	36	26
ΣP (kg)	13.04	11.93	11.36	11.36
α	4.26	4.8	5.0	5.0