

開水路流れの円柱後流に関する実験的研究(3)

京都大学防災研究所 正員 今本 博 健
熊谷 組(株) 正員 藤田 徹
京都大学 大学院 学生員 日 榮 喜 剛 啓

著者らは、開水路流れの円柱後流における水理特性の解明を目的として、離脱渦、平均および乱れ速度場の特性を中心に種々の検討を行なってきたが、^{1),2)}本報告においてはこれらについてさらに詳細な検討を加えるとともに、欠損乱れ速度、レイノルズ応力分布および底面せん断力分布についての検討が加えられている。なお速度計測には2成分X型ホットフィルム流速計を用い、またせん断力計測にはフラッシュ・マウンティング・プローブを用いており、実験水路の幅 $B=40\text{ cm}$ 、円柱径 $D=1\text{ cm}$ である。

1. 平均速度および乱れ速度の分布特性

路床勾配を水平とし、流量 $Q=4.0\text{ g/sec}$ 、水深 $H=5.0\text{ cm}$ とした場合の計測結果について検討する。円柱後流域の最大欠損速度 $\Delta U_{\max}/U_0$ (U_0 : 接近流速) および半値半幅 $b_{1/2}/D$ と流下距離 x/D との関係を示すと、図-1および図-2のようであって、 $\Delta U_{\max}/U_0$ は $z/H=0.9$ の円柱の近い領域では $-1/2$ 奥に近い勾配で減少するが、円柱より離れるとその勾配は緩やかになっていく。また、 $z/H=0.5$ および 0.1 と路床に近いほど値は小さく勾配も緩やかになっており、 $b_{1/2}/D$ と x/D の関係についても増加勾配に同じような傾向がうかがえる。

図-3および図-4は円柱後流内の最大乱れ速度 v'/u_0 および v'/u_0 の流下方向分布を示したものであって、 x/D の小さな領域ではいずれについてもほぼ $-1/2$ 奥で減少し、 $x/D \approx 10$ を越えると接近流の乱れ速度の値と同じ値に近づく傾向がみられる。

2. レイノルズ応力の分布特性

図-5は $z/H=0.9$ および 0.5 におけるレイノルズ応力 $-\overline{uv}/(\Delta U_{\max})^2$ の横断分布を示したものであって、図中には2次元後流について Reichardt の式、すなわち

$$-\overline{uv}/(\Delta U_{\max})^2 = -\frac{C_1}{2C_2} \eta \exp\{-(\ln 2)\eta^2\} \quad (1)$$

が併示されている。ここに C_1 および C_2 は実験定数で、それぞれ 0.34 および 1.44 である。図より明らかなように $z/H=0.9$ での $-\overline{uv}/(\Delta U_{\max})^2$ は x/D の増加とともに若干減少し、その 10^{-7}

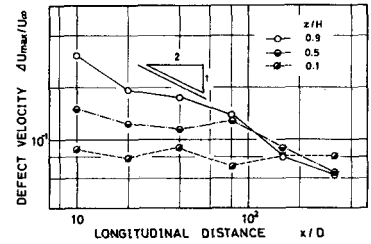


図-1 最大欠損速度の流下分布

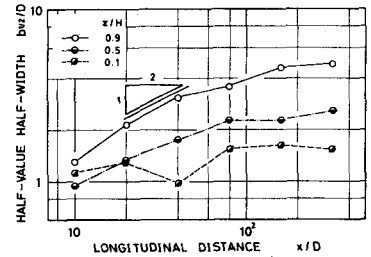


図-2 半値半幅の流下分布

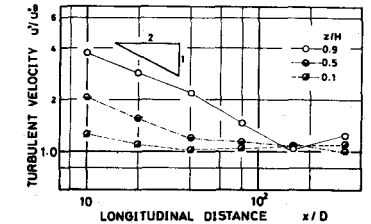


図-3 乱れ速度 v'/u_0 の流下分布

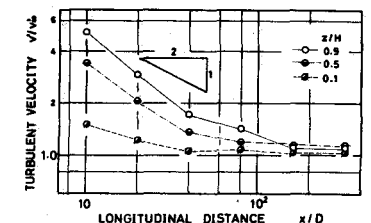


図-4 乱れ速度 v'/u_0 の流下分布

の位置も変化する傾向がみられるものの、(1)式と比較的良好一致するのに対し、 $Re=0.5$ では、分布形は類似するものの計測値は(1)式に比しかなり大きく、かつ x/D の増加とともに急激に減少している。このことは $Re=0.5$ における u_{max} が二次元後流の場合に比し小さすぎることによるものと考えられるが詳細についてはさらに検討を要する。

3. 底面せん断力の分布特性

図-6は円柱直下流部における平均底面せん断力 $\bar{\tau}/\tau_w$ と x/D との関係を示したものであって、円柱に近いところでは τ_w より大きな値をとり、 x/D の増加とともに減少し、 $x/D=40$ を越えると接近流の底面せん断力にほぼ一致することが知れる。また、図-7は $\bar{\tau}/\tau_w$ の横断分布を示したものであって、円柱に近い領域での $\bar{\tau}/\tau_w$ は円柱直後方 $x/D=0$ で最大値をとり、横断方向に離れるにしたがって減少している。また円柱から離れた領域では、 $x/D=0$ で最小値をとり、後流の速度分布に似た形状を示し、 $x/D=0$ における $\bar{\tau}/\tau_w$ は減少していくことが知れる。

以上のように、開水路円柱後流における平均速度場および乱れ速度場はかなり複雑な性状を示し、その特性を解明するにはさらに詳細な実験的検討が必要である。

図-7は円柱後流における平均速度分布を立体的に示したものであるが、この図で知れるように、円柱側面を通過する流体は半水深付近を中心に後流内へ輸送されるため速度欠損も小さくなると考えられる。しかしながら円柱近傍の水面付近では円柱から離脱する渦の流下・拡散機構は二次元後流に類似するため、欠損乱れ速度およびレイノルズ応力分布も二次元後流に近く、(1)式と比較的一致した特性を示すものと考えられる。

また、底面せん断力は底面近傍の速度勾配の影響により円柱に近い領域で大きくなるものと理解されるが、詳細については今後の課題としたい。

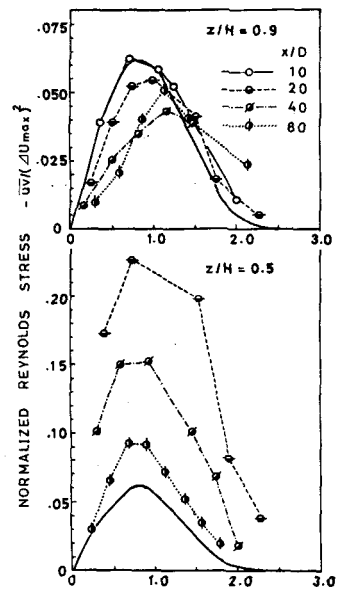


図-5 レイノルズ応力の横断分布

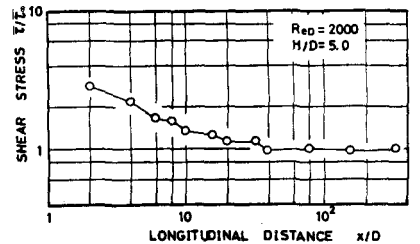


図-6 底面せん断力の流下分布

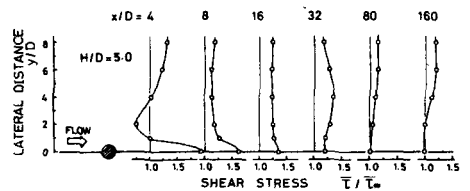
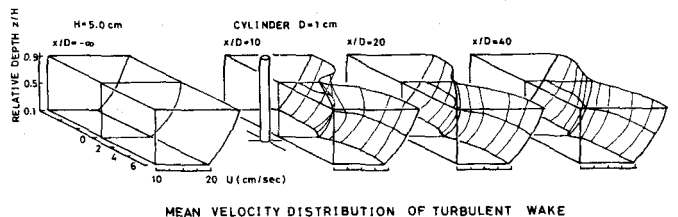


図-7 底面せん断力の横断分布



MEAN VELOCITY DISTRIBUTION OF TURBULENT WAKE

図-8 平均流速分布の立体図

- 参考文献
- 1) 今本・藤田：開水路流れの円柱後流に関する実験的研究(1)，土木学会関西支部年報，1976
 - 2) 今本・藤田・日築喜：開水路流れの円柱後流に関する実験的研究(2)，土木学会関西支部年報，1977
 - 3) Rotta：Turbulente Strömungen，1972