

九州大学応用力学研究所 正員 大屋裕二, 正員 中村泰治
渡辺公彦

1. まえがき

Bluff body が乱流場中に置かれた場合、物体まわりの平均流、時間平均空力特性値に対し、乱れの強さが与える効果は大きい、一般に乱れのスケールはほとんど影響しないと報告されている^{1,2,6)}。乱れスケールの効果が現われる唯一のケースは、流れに垂直に置かれた二次元 disk の場合である²⁾。本実験は、乱れの強さと共に乱れのスケールが、直方体（流れに垂直な面が正方形、以後 square rod と呼ぶ）の時間平均背圧値に与える影響を広いスケール比の範囲 $Lx/h = 0.6 \sim 15$ で調べたものである。ここに Lx は流れ方向の乱れスケール、 h は直方体の代表長さである。乱れの強さの範囲は $8 \sim 13\%$ である。

2. 実験装置と方法

実験は縦 4m × 横 2m の断面をもつ固定壁風洞で行なった。一様流の乱れ強さは約 0.12% である。乱流場の生成は板幅 $b = 15\text{cm}$ 、メッシュ幅 $M = 60\text{cm}$ の格子を使用し、測定管路を約 12m の長さに延長した。模型は図 1 に示すように流れ方向の厚さが $d/h = 0.1, 0.5, 1.0$ の 3 種類、流れに垂直な正方面の辺長 h が $2 \sim 30\text{cm}$ の 8 種類、計 24 個を使用した。模型には支持棒（直径は $0.1h$ 以下）をつけ風洞壁面よりピアノ線で吊った。背圧孔は背面中心より $0.2h$ の位置に設け、差圧変換器で時間平均背圧値を計測した。基準静圧、動圧は流れ場中に設置したピトー静圧管によった。測定時の風速は約 10m/s で相当するレイノルズ数は $Re = 1.4 \times 10^4 \sim 2.1 \times 10^5$ (代表長さ h) である。

3. 格子乱流の特性

I 型プローブを使用した熱線流速計からの速度変動信号は、A/D 変換され電算機処理された。図 2 に乱れスケール Lx と乱れ強さ u'/U の流れ方向変化を示す。 U 成分のパワースペクトルは自己回帰法で計算し、図 3 に示すように結果は Karman の曲線と良く一致し、 $x = 10M$ でもほぼ等方性乱流が実現していることがわかる。乱れスケール Lx は周波数 $f = 0$ のパワースペクトル値で評価した（テイラーの仮説、自己相関関数による）。なお、 $x = 10M$ では偏差 2% の範囲内でも方向に一様であった。

4. 実験結果と考察

図 4 に一様流中での y 方向背圧変化を示す。閉塞効果の修正は Maskell の方法⁷⁾を用いた。図 5 に一様流中での未修正並びに修正値を示しているが、修正値は各 d/h でそれぞれほぼ一定の C_{pb} 値となり、修正方法の妥当性を示している。また上記の Re 数範囲において C_{pb} に対し Re 数の影響は無視できた。図 6 には、乱流場と一様流場における C_{pb} の d/h に対する変化を示す。短い rod (d/h は小) と長い rod (d/h は大) とでは乱れから受ける効果が全く逆であることが明らかである。

図 7 には、各 d/h の square rod の C_{pb} 値が、 Lx/h 並びに u'/U に対してどのように変化するかを示した。まず $d/h = 0.1$ の短い rod では、 $Lx/h = 0.6 \sim 2.5$ の範囲で、 Lx/h が増加するにつれ C_{pb} 値は減少し、その値は u'/U の大きさによって異なる。 $Lx/h, u'/U$ のこの範囲の C_{pb} 値は図 8 に示すように $(u'/U)^3 \cdot (Lx/h)$ という相似パラメータでまとめられる。なお、Bearman²⁾ は同じ Lx/h の範囲だが、 $u'/U = 5 \sim 8\%$ において別の相似パラメータ $(u'/U)(Lx/h)^2$ で整理している。次に $Lx/h = 2.5 \sim 15$ の範囲では、 C_{pb} はほぼ一定の値を示し、この範囲では Lx/h の影響がない。ただし u'/U によってその値には違いがある。

$d/h = 1.0$ の長い rod に関しては、 $Lx/h = 0.6 \sim 15$ の範囲で Lx/h の増加と共に C_{pb} は徐々に減少し、一様流の値へ戻って行くような傾向を示している。Bearman²⁾ や Roberson⁸⁾ によれば $Lx/h = 0.1 \sim 1.2$ では C_{pb} に対し

乱れスケールの影響はほとんどないと報告されている。

図7から推測すると square rod の C_{pb} 値に対し、乱れのスケールが与える効果は、短い rod と長い rod に對して図9にスケッチされるようになると思われる。乱れが C_{pb} 値に与える効果は全く逆であるが、本質的には同じ作用に基づくものであり、乱れスケールの効果を受ける範囲と受けない範囲 (C_{pb} 値は一様流の場合と大きく異なるが) が、前方の rod に共通して存在する。

5. 結び

乱流場中における直方体の背圧に對し、その物体の長さ、乱れ強さと共に乱れのスケールの効果も重要であることがわかった。

6. 参考文献

- 1) Bearman, P.W. : 3rd Nat. Conf. Wind Eng. Res. Florida, 1978.
- 2) Bearman, P.W. : JFM, 1971, 1971
- 3) Bearman, P.W. : Trans. ASME, J. Fluid Eng., 102, 1980.
- 4) Nakamura, Y et al. : Trans. Japan Soc. Aero. and Space Sci., 19-44, 1976.
- 5) Petty, D.G. : J. Ind.

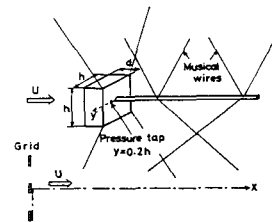


図1. 直方体モデルと座標系

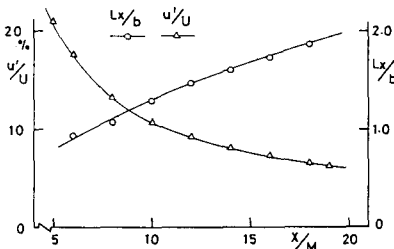


図2. 乱れ強さとスケールの流れ方向変化

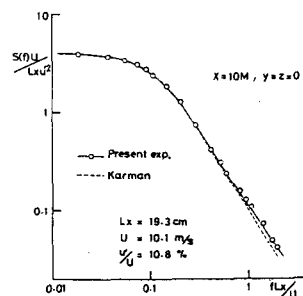


図3. 乱れのパワー・スペクトル (u' 成分)

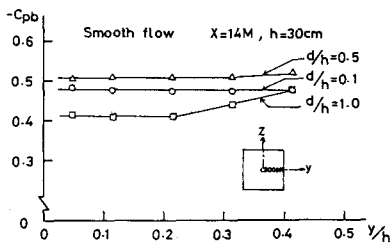


図4. 背面の静圧分布

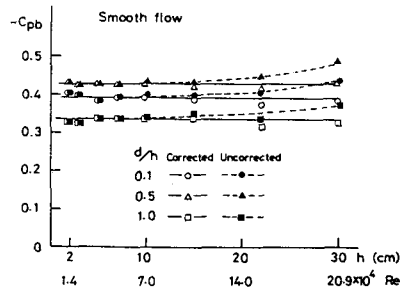


図5. 背圧係数の未修正及び修正値

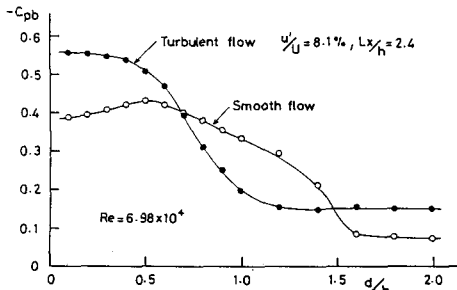


図6. 背圧係数の d/h による変化

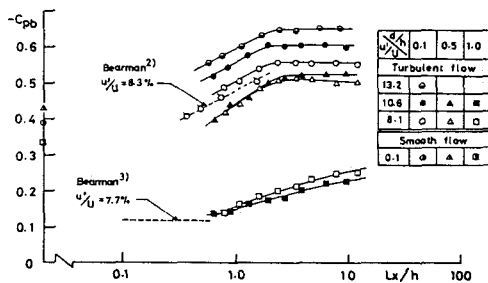


図7. 背圧係数の乱れスケールによる変化

Aerodynamics, 4, 1979.

- 6) Laveville et al. : Wind Eng., Pergamon Press, 1979.
- 7) Maskell, E.C. : ARC R&M., 3400, 1965.
- 8) Roberson et al. : Proc. ASCE, J. Hy. Div. HY7, 1972.

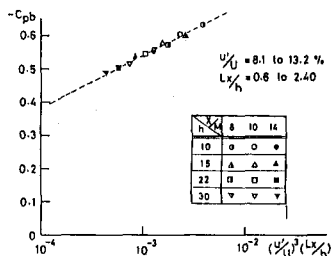


図8. 背圧係数に対する相似パラメータ

図9. 乱れスケールによる背圧係数変化のスケッチ →

