

九州工業大学 正 員 久保喜延, 大村組

正 員 小口忠史

九州工業大学 学生員 森川謙一

1. 予えなき 非流線形物体の耐風特性を把握しようとする場合、現象の複雑さもあり、理論的解析が困難なために風洞実験に頼っているのが現状である。その場合、検出される量の精度を上げようとする、模型断面を大きくする必要がある。しかしながら、模型断面を大きくすることは、風洞の閉塞率を高くすることになり、閉塞効果の問題をひき起こすことになる。この問題の解決法としては2つの方法がある。1つは閉塞効果を考慮して測定値を修正する方法、他の1つは、閉塞効果の問題とならない風洞を作製することである。前者の修正式については古くから多くの研究者によって提案されているが、中でもMaskell¹⁾の方法がよく用いられている。しかしながら、閉塞率が高い場合にはこの提案式でも充分ではない。また、振動物体の閉塞効果による耐風特性の修正には用いることができない。後者の方法の閉塞効果のない風洞とは、風洞壁面を有効壁面とすることにより、風洞内気流をコントロールし、無限境界内での実験値を得るようにするものである。その方法の1つとして提案されているものにParkinsonのスロット壁方式²⁾がある。本報告では、このスロット壁方式により閉塞効果などの程度無視できる風洞を作製することが可能であることを検討し基礎実験について述べると同時に、Maskellの抗力係数の求め方に対する半理論的アプローチの問題点を考察する。

2. 実験方法 実験は九州工業大学開設土木付属の $1070 \times 1070 \text{ mm}$ の正方形測定断面を有するエッセル型風洞で行われた。模型としては、Fig. 1に示すように厚さ 12 mm のベニヤ板製の平板で、下流側を鋭く落としたものである。長さ $l=1000 \text{ mm}$ で幅 b を50, 75, 100, 125, 150, 175, 200 mm と変化させた模型を使用した。この平板を流れに垂直に立てて抗力を測定することにより、閉塞効果の程度を検討した。実験では、まず上下面を固定壁とした通常の場合での抗力を測定することにより、Maskellの運動量保存則による理論値との対応を検討した。次に閉塞効果の生じない風洞を製作するための基礎資料とするために、Parkinsonの提案しているスロット壁を使用した方法による抗力の測定を行った。なお、抗力の測定にあたっては、Fig. 2に示すように、端板と模型とは切り離し、端板と風洞側壁との間にある模型およびピックアップには、接近流が直接触れないようにカバーを設け、平板に作用する抗力以外のものを検出されないように配慮してある。Fig. 3は上下面をスロット壁とした場合の図であり、スロット壁長を S 、空隙長を a 、模型位置より上流側にあるスロット壁長を α としてゐる。また物体まわりの圧力場を測定するために圧力場測定用板を流れに平行に挿入している。しかし、この測定板の背後にはビニールチューブが露出してゐるため、抗力測定時にはこの板を取り除いた。

3. 実験結果と考察 a) 固定壁の場合 Fig. 4は閉塞率を変化させた場合の抗力係数 C_D を示したものである。閉塞率が10%あたりまでは $C_D=2.3$ となっているが、閉塞率が10%を超えると閉塞率の増加と共に抗力係数が増加し、閉塞率が抗力係数にかなりの影響を与えていることがわかる。この C_D 値は、他の研究者の実験値および理論値によると、Fage等³⁾は $C_D=2.13$ を実験より得、Roshko²⁾は自由流理論により $C_D=2.128$ を得、Parkinson³⁾はWake-Source法により $C_D=2.18$ を得ている。これらの値に比較すると、本実験での抗力係数

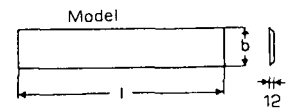


Fig. 1 抗力測定用平板

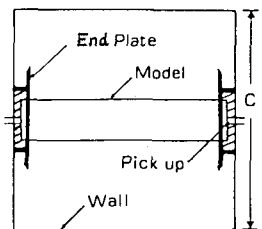


Fig. 2 模型の設置状況

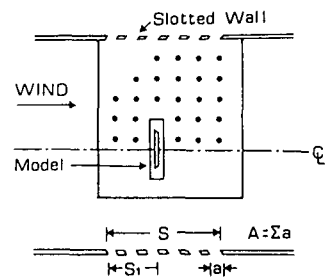


Fig. 3 スロット壁と圧力場測定板

は、 $C_D=2.3$ と少し大きめになっている。この原因として考えられることの1つにアスペクト比の問題がある。Maskellの運動量保存則による半理論的手法を用いて本実験における流力係数を求めたものをFig.4に併記している。この手法では、背圧係数 C_{pb} と自由流線の幅 B が必要となるため、X型熱線流速計により、平板背後の鉛直方向の流速分布を水平成分 V_H および鉛直成分 V_V について測定し、接近流速 V_a で無次元化した結果がFig.5である。これらの結果を見ると、Maskellの方法によるもの(○印)は、閉塞率の小さい領域ではかなりよく一致しているが、閉塞率の大きい領域では適合度がかなり悪い。Maskellは自由流線間距離 B と模型 b との比 $m=B/b$ は閉塞率に関係なく一定であるとして、平板の場合 $m=1.87$ を採用している。mとしてこの値を用いてプロットしたのが△印である。

しかしながら、Fig.6に示すように m も C_{pb} も閉塞率と共に変化しており、Maskellの仮定は閉塞率が大きい場合には満たされていない。その原因としては、閉塞率が大きい場合にはFig.5に示すように自由流線の外側と考えられる領域においても流速に鉛直成分が生じていることがあげられる。この鉛直成分の効果をも加味した定式化を行なう必要がある。b)スロット壁の場合 Fig.7は圧力測定板を用いて模型の下流方向10cm,中心から45cm上の方で測定された圧力係数 C_p と閉塞率との関係を上下面の空隙率 σ を変化させて得られた結果である。閉塞率の増加に伴ない、圧力係数は減少する傾向にあり、Fig.5と同様にこの点で流速が増加していることを示している。また、空隙率の増加と共に、この点の圧力係数は減少し、閉塞効果の影響が小さくなっていることを示している。今回の実験では上下面壁製作の都合上、空隙率 $\sigma=50\%$ 、 $a=50\text{mm}$ として、 $S_1=20$ から100cmまで変化させて各模型の抗力係数を測定した。その結果が、Fig.8である。この図に見られるように $S_1=100\text{cm}$ 程度にするとかなり閉塞率の影響が小さくなることかわかる。今回の実験結果には多少のばらつきは見られるが、これはピックアップの剛性および模型の剛性に問題があったと思われる。しかしながら、Fig.8の結果が示すように閉塞率の影響の少ない風洞製作の一手段としてのスロット壁が有効であることかわかる。

4. まとめ 以上のことをまとめると、次のようになる。a)通常の固定壁の場合、閉塞率が10%以上になると閉塞効果が顕著に現われる。b)Maskellの手法は閉塞率が大きい場合には適用し難い。c)閉塞効果の少ない風洞製作のための一手段としてのスロット壁方式はかなり有効である。

本研究の遂行にあたり、九大応力研中村泰治教授および溝田武人助手、住友重機宮崎正男氏より貴重なる助言を賜った。ここに記して厚く感謝致します。参考文献 1)Maskell;RAE Report No.2685-A.R.C.2570,1963,2)Roosko;NACA.TN.3168,1954 3)Parkinson;J.F.H.61,90 1970 4)Fage et al;Proc. Royal Society, 16,116 1927 5)Parkinson;5th Int. Conf. Indust. Aerody. 1962.

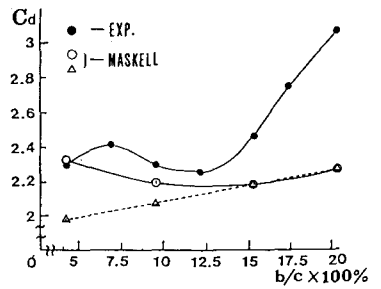


Fig.4 抗力係数-閉塞率

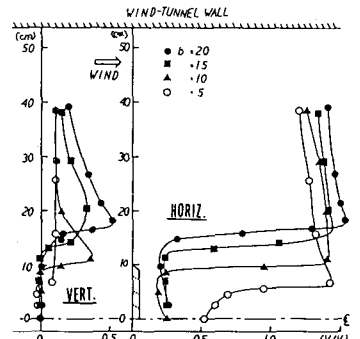


Fig.5 平板背後の流速分布

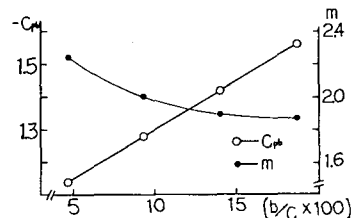


Fig.6 背圧係数,後流幅比-閉塞率

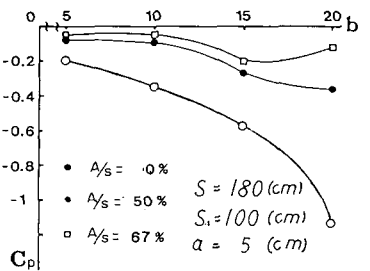


Fig.7 空隙率による圧力係数の変化

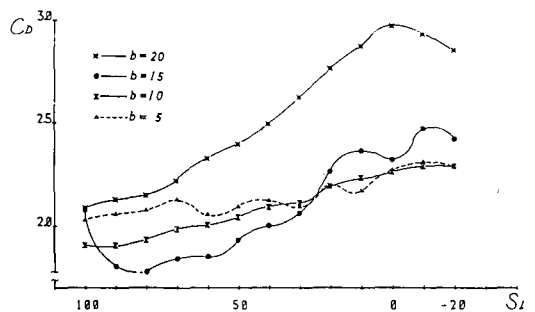


Fig.8 スロット壁上流端位置と抗力係数