

I-3

静的空気力に与える端板の効果について

九州工業大学の学生員 森川謙一

正員 久保喜雄

学生員 江崎若二

1. まえがき

構造物の耐風特性を把握しようとする場合、構造物の形状の複雑さおよび現象の複雑さにより、理論的な解析が困難であるために、風洞実験に頼っているのが現状である。この場合測定精度を上げようとする、模型断面を大きくする必要はある。しかしながら、模型断面を大きくすることはそれだけ風洞の開塞率を高め、開塞効果の問題を引き起こすことになる。もし、開塞効果の影響をある程度無視し得る風洞を作ることであれば、小さな風洞においてもかなり大きな模型を使用し、精度の高い実験を行なうことが可能となるであろう。このような観点に立って、一連の研究を進めてきている。その中で問題となったのは、開塞効果の検討に入る前に物体周辺気流の二次元性の検討であった。通常、二次元気流中での実験には流れの二次元性を確保するために模型の両端に端板を付けて実験を行なうが、中口等の研究に見られるように端板の効果は大きいことがわかっているものの、開塞効果との関連で検討されたことはない。また、平板の抗力係数はFage等の実験結果から $C_D = 2.13$ という値がよく用いられているが、端板の効果には言及されていない研究であり、端板の効果と考えるとこの抗力係数などに変化するかを系統的な実験によって調べたのが、今回の報告である。

2. 端板と開塞率との複合効果

実験方法および使用した風洞の詳細については、文献(1, 2)を参照して頂きたい。Fig. 1は端板の大きさを一定として、模型としての垂直平板の大きさを变化させた場合の風速に対する抗力係数の変化を示したものである。この図によると開塞率の小さいものの場合、風速5m/s以下で抗力係数が極端に減少する領域があることがわかる。これについては、Flachsbart³⁾が、平板のようなBluff-Bodyの場合にもReynolds数による影響があることを指摘していることと対応するものと思われるが、Reynolds数の小さい領域での実験は精度面でかなり困難であるため、このことに関する詳しい考察は、水槽中での実験によって将来確認するつもりである。これと同様な現象は開塞率が最も大きいケースの高風速側においても現れており、この実験のように種々の影響を分離せずに行なっている場合には、Reynolds数の影響によるものであるのか明確ではない。そこで、Fig. 1の風速8m/sと10m/sについて、開塞率と抗力係数との関係を見たのが、Fig. 2である。これによると、開塞率が5%あたりから開塞率10%あたりまで抗力係数は漸増するものの、開塞率11%あたりを境に抗力係数は2.7あたりから2.3まで急減し、開塞率の増加と共に再び漸増する傾向を有している。このことは開塞率のみについて考えれば、理解し難い結果となっている。従来の研究によれば、開塞率の増加と共に抗力係数は漸増するはずであり、何らかの原因があると考えられる。そこで考えられたのが、流れの二次元性を保持するために必要とされた端板の大きさが一定であるために、模型の大きさと端板の大きさとの比が変化していることが原因ではないかということであった。

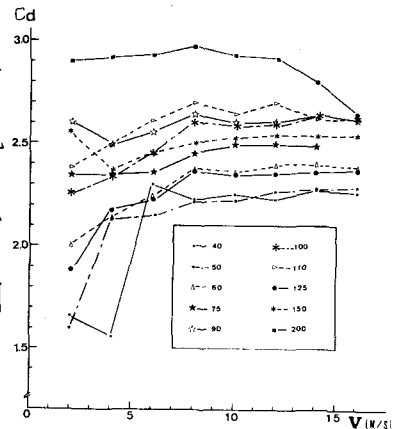


Fig. 1 Drag Coeff. of Various Blockage Ratio

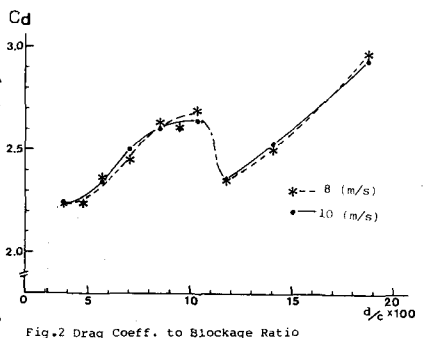


Fig. 2 Drag Coeff. to Blockage Ratio

3. 端板の効果

端板の大きさと模型の大きさの比が変化していることによって、Fig.2のような現象が生じているとすれば、端板を付加することにより期待した模型周辺の流れの二次元性が保持されていないことが原因として考えられる。そこで、風洞壁面に生ずる境界層の影響を避けるために端板を壁面から15cmの位置に取り付けるようにし、端板と風洞壁間をまずFig.3のような円柱状カバーとし、模型に対する端板の大きさ D/d が $D/d=6$ の場合における抗力係数を測定してみるとFig.5の○印のようになった。抗力係数の風速に対するバラツキが大きく同時に抗力係数も大きな値となっている。このことは、カバーが円柱であることにより円柱から生ずる渦が模型後流側の流体に影響を与え、流れ場を不安定にすると同時に、上流側にも多少の攪乱となって伝達するためであろう。上述のことを避けるために、円柱状カバーをFig.4に示すような翼状カバーとして $D/d=6$ の場合について抗力測定を行なった結果がFig.5の●印である。この場合は、抗力係数は風速の変化に対して一定となり、 $C_d=2.0$ である。

これだけの準備のもとに、垂直平板(40×790mm)の円形端板の直径 D を D/d ($d=40\text{mm}$)=4~16まで変化させて抗力を測定した結果が、Fig.6である。これらの各値は $D=\frac{1}{2}\pi D^2 A$ で二次回歸することにより求められている。これによると、 $5 \leq D/d < 7.5$ あたりで抗力係数に大きな変化があり、 $C_d=2.0$ あたりから $C_d=2.23$ あたりまで変化している。 $D/d \geq 8$ では、ほぼ一定な値 $C_d=2.23$ 程度となっているが、 D/d が大きくなるにつれてわずかに C_d は増加する傾向を有している。この結果からすると、端板の大きさとしては $D/d > 8$ が必要であることがわかる。また、最初に述べたFig.2の急変現象は、Fig.7のような状況で生じたものと考えられる。すなわち、閉塞効果による閉塞率の増加と共に抗力の急激な変化という二つのことが相乗して生じた結果と理解してよさそうである。

4. まとめ

模型周辺流れの二次元性を確保するための端板の大きさは、平板の場合模型の大きさの約8倍以上の直径を必要とする。また、Fig.2のような現象は端板の効果と閉塞効果とが相乗して生じたものと考えられる。今後、背面圧力分布および周辺流速分布の測定を行ない、Maskellの閉塞率に関する修正式の検討を行なう計画である。

5. 参考文献

- 1) 小口, 久保 "風洞の閉塞効果に関する基礎的研究", 第29回日本航空学会大会要旨集 (1983)
- 2) 中口, 新井, 松坂 "トラス構造体の静的風荷重", 航空学会誌, Vol.21, No.12 (1964)
- 3) Flachsbart "Der Widerstand quer angestromter Rechteckplatten", ZAMM, B.15, (1935) bsp. Reynoldsschen Zahlen"

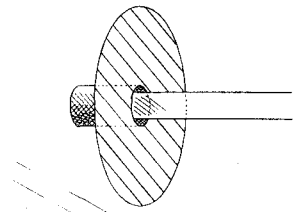


Fig.3 Circular End Condition

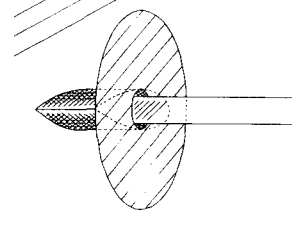


Fig.4 Airfoil End Condition

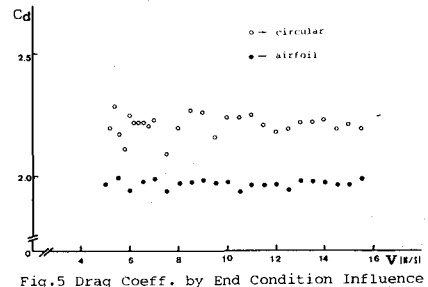


Fig.5 Drag Coeff. by End Condition Influence

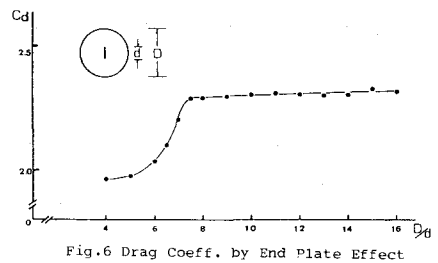


Fig.6 Drag Coeff. by End Plate Effect

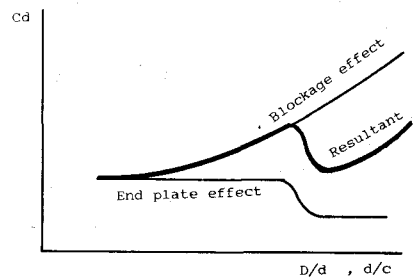


Fig.7 Resultant of Blockage and End Plate Effects