

静的空気力に与える端板効果(その2)

九州工業大学 正 員 久保 喜延
 " 正 員 ○ 加藤九州男
 " 学生員 森川 謙一

まえがき 構造物の耐風性を検討するにあたって、現段階では風洞実験に頼らざるを得ないのが実情である。その場合比較的手軽に実験できる二次元模型による風洞実験が主となる。二次元風洞実験において、模型周辺の流れを二次元的なものにするために模型の両端に取り付けられるのが、端板である。この端板と模型の大きさとの相対的關係に対応して、静的空気力が変化することを中口が指摘してきているが、その理由については、周辺流れの二次元性に端板の大きさが関係していると述べているだけで、模型の周辺流れがどのように変化するために、このような現象が生ずるのかについては詳細に、検討を行っていない。前回の報告では、端板の大きさと静的抗力との関係および端板の大きさと背面圧との関係に着目し、端板の大小によって、流れの二次元性の強弱が存在すると簡単に言い切れないことを指摘した。そこで、今回の報告では端板の大きさと周辺流れ特性との関連はどのようなものであるのかを検討目的とし、前回報告した背圧分布特性との比較をする。

実験方法 実験には前回と同一の風洞および垂直平板模型を用いたので、これについての詳細は省略する。今回の実験ではX型の熱線流速計を二台用いて、種々の端板比における基準点の風速と他の一点の風速との相関を取り、各端板比における周辺流れの二次元性に関する特性を把握することを目的としている。そのために、熱線プローブのセットおよびキャリブレーションを容易に、かつ迅速に出来るようにするために、風向直角水平方向、風向直角鉛直方向および流れ方向面内での回転の3成分の移動が2測点で行なえるようにしたトラバース装置を作成し、これを市販のマイコンでコントロールすることによって位置の設定精度の向上および設定の迅速化を図っている。測定には、せん断流れの流速分布を把握できるように鉛直方向に密に測点を設け、水平方向に50mm 間隔、流れ方向に50mm 程度の間隔で測定点を設けた。なお、データの解析には、スベアナとマイコンを結び、データのサンプリングは0.39msで 1024個のデータを1セットとしたデータを最大32セット取り込み、平均操作を行なうことによって、測定風速の平均値および標準偏差を求めた。さらに、相関係数の測定を試みているが、2本の熱線プローブの周波数特性が著しく異なっていたために測定に失敗しており、現在特性の近い熱線プローブ2本を用いて再度測定を行なっている。また、平均値の測定も後流内にはいるとかなり多量のデータの平均を行なわなければ、安定した平均風速および標準偏差を得ることはできない。今回の測定は、前回の背面圧の測定結果との比較を試みるために、模型の後流25mmの位置において端板比 $D/d=4, 6, 8, 10$ [D : 端板直径、 d : 模型幅] について物体周辺の流速測定を行なった。

平均流速分布 Fig.1は、端板比 $D/d=4, 6, 10$ の模型中央より風洞壁面へ200mm 寄った位置での平均風速の水平成分の分布を示している。これによると端板比が大きくなるにつれて、模型後流域内の流速が増加しており、Fig.2 の背面圧力の測定結果と良い一致をしている。すなわち、流速が大きいことのために背面圧が負圧側に増大している。また、端板比の増大と共に、せん断層の厚さが増大し、せん断層部の流速の増加は顕著になる。 $D/d=4$ ではせん断層部での流速水平成分の最大値は接近流速とほぼ一致しているが、 $D/d=10$ では1.25倍にも達しており、端板の存在がせん断層の形成に大きく関わっている様子が窺える。

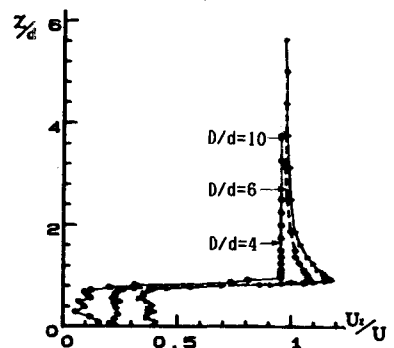


Fig.1 端板比に対する平均流速の水平成分分布

Fig.3は平均流速の垂直成分の分布図である。これによると、物体背後では上向きの流れが生じ、せん断層を境にして下向きの流れが生じていることがよくわかる。さらに、興味深いことは、端板比の増加に対して抗力係数が大きく変化する領域の端板比に相当する $D/d=6$ の場合についてみると、せん断層に相当する部分の平均流速の鉛直成分が他の端板比に比較して極端に小さくなっていることと端板比の小さい $D/d=4$ の場合の鉛直成分はせん断層のかかなり外側まで下向きの成分が生じており、水平成分の挙動とは極端に変わっていることである。すなわち、 $D/d=4$ の場合、水平成分の分布のみでは層流域が生じていると判断されても下向きの鉛直成分が生じている。これにくらべ、 $D/d=6$ の場合は、鉛直成分は非常に小さい。 $D/d=10$ の場合は、鉛直成分と水平成分とがほぼ同じ位置で、層流域における流速になっており、流れ全体に無理がなくなっていることを知ることができる。別の見方をすれば、端板比の小さい場合は、流れは鉛直成分の方に流速の増加をもたらしているが、端板比が大きい場合には、鉛直成分と水平成分とに同程度の流速の増加をもたらしており、流れとしてバランスがとれていると見ることができる。

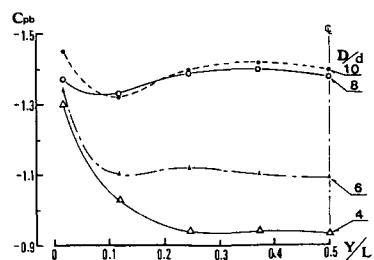


Fig.2 端板比に対する背面圧分布

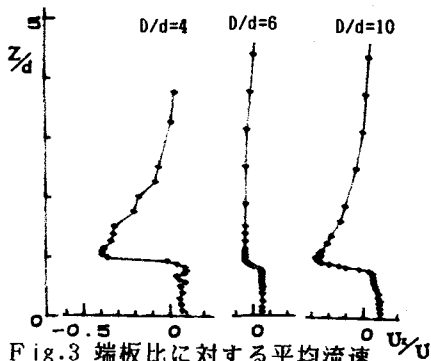


Fig.3 端板比に対する平均流速の鉛直成分分布

乱れ強度の分布 Fig.4およびFig.5は、各流速成分の乱れ強度を端板比ごとに示したものである。水平流速成分の乱れ強度についてみると、模型背後にあたる領域では、端板比の増加と共に、乱れ強度は7%あたりから20%程度まで増加する。さらに、せん断層に相当する部分の乱れ強度 I_u は極端に高くなっており、 $D/d=4,6$ で $I_u=22-23\%$ 、 $D/d=10$ で $I_u=30\%$ 程度になり、せん断層の外になると漸減する。次に鉛直成分についてみると、水平成分とほぼ同一の特性を有しているものの、せん断層内では $D/d=6,10$ の場合には、鉛直成分の乱れ強度は水平成分の乱れ強度の約 $1/2$ となっており、 $D/d=4$ の場合は、水平成分と鉛直成分の乱れ強度はほぼ一致しており、平均流速の鉛直成分が存在していても、乱れ強度の動きは層流域の平均流速の水平成分分布とよく似たものとなっている。

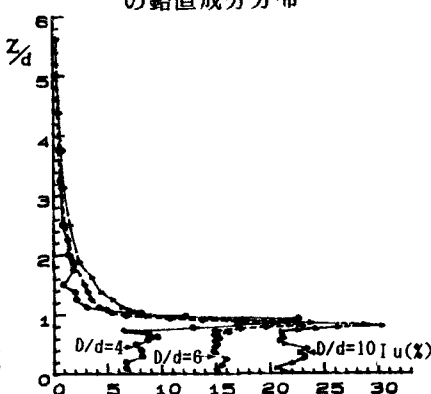


Fig.4 端板比に対する平均流速の水平成分の乱れ強度分布

紙面の都合上、グラフは省略するが、さらに流れ直角水平方向の流速の分布状況についてみると、何れの端板比の場合も、端板近傍では模型中央付近で得られた特性よりも若干端板比が小さくなった場合の特性に似ており、端板比の大小によってその特性が著しく変わってはならず、端板比が小さいことによって、極端に物体周辺流れの二次元性が崩れるとは結論できないようである。

まとめ 以上のことをまとめると、端板比を小さくすることによって、流れの二次元性の確保が極端に困難になるというのではなく、端板が大きくなればなるほど、流れが鉛直方向と水平方向とにバランスよく配分され易くなるのに対して、端板比が小さいと、周辺流れに鉛直成分が生じ易くなり、背面圧の回復が促進されて、抗力係数が小さくなるものと考えられる。

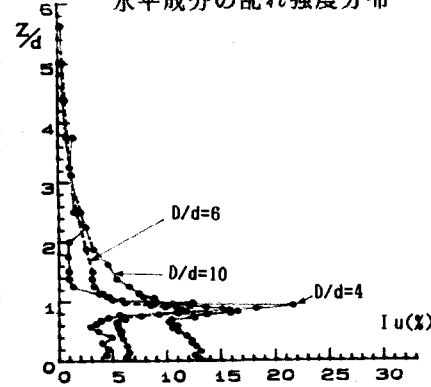


Fig.5 端板比に対する平均流速の鉛直成分の乱れ強度分布