

種々の断面の静的空気力と端板効果

九州工業大学 正 員 久保 喜延

九州工業大学 正 員 加藤九州男

九州工業大学 学生員 三代 利光

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、専ら風洞実験に頼っているのが現状である。その場合比較的手軽に実験出来る二次元模型による実験が主となる。二次元風洞において、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。この端板の大きさと模型の大きさの比によって、静的空気力が変化することは言われて来ているものの¹⁾、この端板の効果について詳細に検討した研究例はほとんどない。そこで本研究は、垂直平板・円柱・正方形角柱について静的空気力に与える端板の効果、垂直平板の後流の周期渦の測定および流れの可視化等によって端板効果のメカニズムを解明しようとするものである。

実験方法および模型

実験には、これまでと同一の風洞および静的空気力測定装置を用いたので、これについての詳細は省略する。模型は、Fig.1に示すような垂直平板・円柱・正方形角柱を使用し、端板効果の影響を調べるために、模型の代表長を $d=40\text{mm}$ に統一した。円形端板の直径を $D=160\sim 640\text{mm}$ に変化させて抗力係数を測定した。また、風洞壁面に生じる境界層の影響を避けるために端板を壁面から 140mm の位置に取り付けるようにし、端板と風洞壁面に翼状のカバーを取り付けて実験を行なった。なお、データの解析にはスベアナとマイコンを用い、風速 $V=8\text{m/s}\sim 15\text{m/s}$ まで 0.5m/s 毎に抗力を測定し、データのサンプリングは取り込み時間 0.39ms で1024個のデータを1セットとしてデータを8セット取り込み、これらに平均操作を施すことによって、抗力係数を求めた。

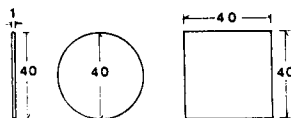


Fig.1 模型

端板効果と抗力係数

Fig.2~4は、垂直平板・円柱および正方形角柱の端板比 D/d と抗力係数 C_d との関係を示した図である。垂直平板では、端板比 $4 \leq D/d < 7.5$ の範囲で、抗力係数 C_d に急激な変化があり $C_d=2.0$ 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な抗力係数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 $D/d=8$ 以上が必要であることがわかる。

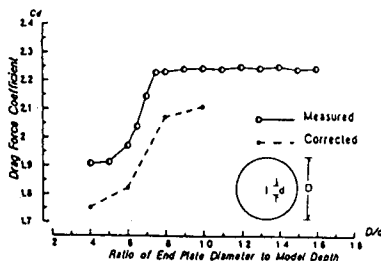


Fig.2 抗力係数と端板比の関係

円柱の場合でも、端板比 $4.5 \leq D/d < 8$ の範囲で抗力係数 C_d に大きな変化があり、抗力係数は $C_d=1.61\sim 1.21$ と変化しており、端板比 $D/d=8$ 以上ではほぼ一定な抗力係数 $C_d=1.21$ 程度となっている。この結果は、ほぼ垂直平板と同様な傾向である。これに対して、正方形角柱では、端板比 $4.5 \leq D/d < 6.5$ の範囲では $C_d=2.25\sim 2.21$ と変化し、 $8 \leq D/d \leq 14$ では $C_d=2.21$ 程度、 $15 \leq D/d \leq 16$ では $C_d=2.24\sim 2.26$ となっている。このように正方形角柱で、垂直平板や円柱と異なる挙動を示している。この理由は現在のところ、明らかではないが、背面圧力分布や後流渦の測定、流れの可視化等により原因を追求したい。流れの二次元性を確保するには、端板の大きさ

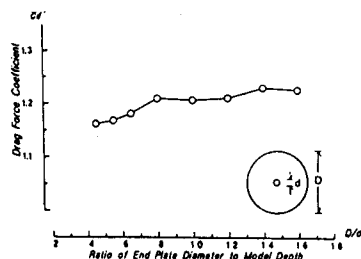


Fig.3 抗力係数と端板比の関係

は模型の大きさの約8倍以上が必要であると考えられる。

ストローハル数と端板比

Fig.5 は垂直平板においてストローハル数の端板比 D/d に対する関係を示した図である。端板比 $4 \leq D/d < 8$ の範囲では D/d の増加とともに、ストローハル数は $St=0.13$ から $St=0.146$ に増加しているこれに対して、 $D/d \geq 8$ では $St=0.147$ と端板の大きさによらずほぼ一定となっている。このことは、Fig.2において述べた抗力係数の D/d に対する変化と一致しており、垂直平板では抗力係数とストローハル数とはほぼ線形な関係にあることが推察され、その関係は $C_d=15.17St$ である。また、これらの結果は端板の大きさによって後流渦の形成が異なることをも示している。

流れの可視化

Photo.1,2は、垂直平板の端板比 $D/d=4$ および $D/d=12$ について模型軸並びに模型軸直角方向から流れのフローパターンを水素気泡法を用いて観察したものである。Photo.1(a)は、端板比 $D/d=4$ の模型軸中央における後流渦の様子を示したものであるが、鮮明な周期渦の形成が行なわれている。しかしながら、この場合の模型軸直角方向から見たPhoto.2(a)によると、端板の外側から流れが回り込んでいるため端板近傍で後流の模型軸方向の二次元的形成が阻害されていることがわかる。また、後流渦は端板近傍で中央部より大きな巻き込みとなっている。これは、これまでに報告している背面圧力分布結果で、端板近傍において背面圧力の圧力回復が中央部より著しいことに対応している。一方、大きな端板としての $D/d=12$ についてみると、Photo.1(b),2(b)に示すように端板の外側からの流れの回り込みもほとんどなく、後流は模型軸方向にほぼ同程度の大きさの渦形成領域を有し、後流の二次元性が確保されている。上述したように、 $D/d \geq 8$ においては $D/d=12$ の場合とほぼ同じ後流域が形成されているものと考えられ、最適な大きさの端板とは後流の二次元性を確保できる大きさであると言えるであろう。

まとめ

以上をまとめると、流れの二次元性を確保するには端板の大きさとして $D=8d$ 以上が必要である。垂直平板ならびに円柱の抗力係数は端板比に対して同じ傾向を示したが、角柱は異なった傾向を示している。その要因を調べるために、さらに背面圧力分布および後流内の流速分布の測定、流れの可視化等によって詳細に検討するつもりである。

参考文献 1)中口他：トラス構造塔体の静的風圧荷重，日本航空学会誌，Vol.12,NO.121,1964

2)久保他：抗力に与える端板の効果について，土木学会第39回年次講義集，1984

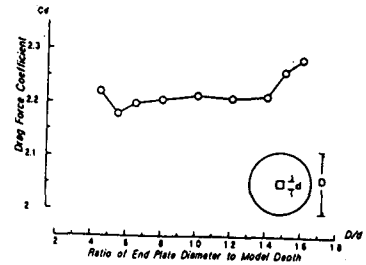


Fig.4 抗力係数と端板比の関係

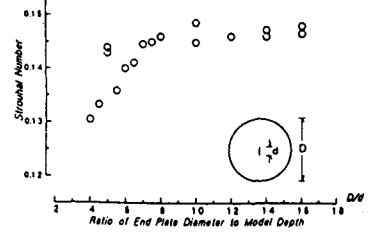


Fig.5 ストローハル数と端板比の関係

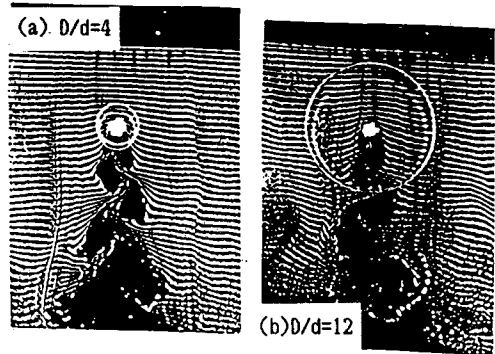


Photo.1 後流のフローパターン (模型軸方向)

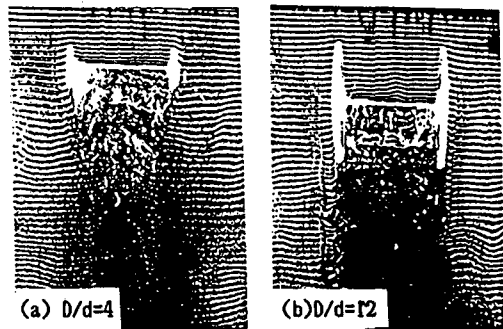


Photo.2 後流のフローパターン (模型軸直角方向)