

I-343 構造部材の抗力におよぼす端板効果について

九州工業大学 正 員 〇加藤九州男
九州工業大学 正 員 久保 喜延

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抗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抗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²⁾。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 130mm の位置に取り付けるようにし、端板と風洞壁面に翼形状のカバー(NACA0021)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 $V=5\text{m/s}\sim 11\text{m/s}$ 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。

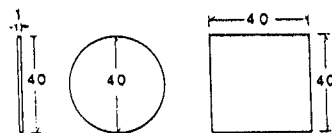


Fig.1 模型

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 $C_d=1.9$ 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端板比 $D/d=8$ 以上が必要であることがわかる。円柱の場合でも、端板比 $4 \leq D/d < 8$ の範囲で抗力係数 C_d に大きな変化があり、抗力係数は $C_d=1.11\sim 1.17$ 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 $C_d=1.17$ 程度となっている。この結果は、端板比の増加により約5%程度抗力係数が変化している。これに対して、正方形角柱では、端板比 $4 \leq D/d < 8$ の範囲では $C_d=2.19\sim 2.30$ と変化し、 $9 \leq D/d \leq 10$ では $C_d=2.32$ 程度となっている。このように正方形角柱でも、垂直平板や円柱と同様な挙動を示している。端板の大きさにより抗力係数は、垂直平板で15%、円柱で5%、正方形角柱で5.6%程度変化している。二次元性を確保するには、端板の大きさは、模型の大きさの約8倍以上が必要であると考えられる。

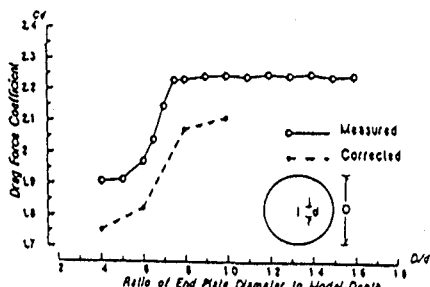


Fig.2 抗力係数と端板比の関係

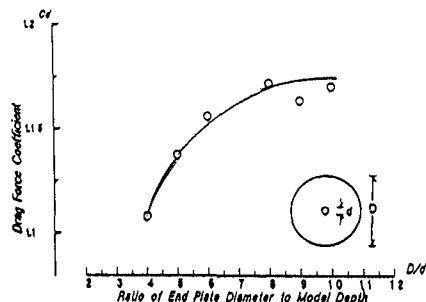


Fig.3 抗力係数と端板比の関係

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 $St=0.130$ 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

Photos.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後流渦端板近傍で中央部より大きな巻き込みとなっている。このことは、これはまでに報告している背面圧力分布結果の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 $D/d=12$ の場合についてみると、Photos.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、円柱ならびに正方形角柱の抗力係数は端板比に対して同じ傾向を示したが、抗力係数の変化の大きさは、各部材断面によって異っている。今後、その他の静的空気力係数についても、同様な現象が存在するの可否かを検討する。

- 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：抗力に与える端板について、土木学会第39回年次講義集 1984
 3)久保他：二次元風洞実験における端板の役割、土木学会論文集NO.368/1-5 1986

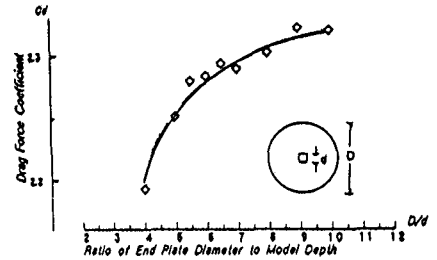


Fig.4 抗力係数と端板比の関係

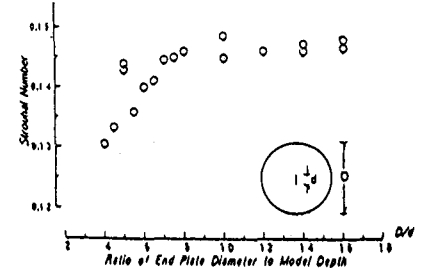


Fig.5 ストローハル数と端板比の関係

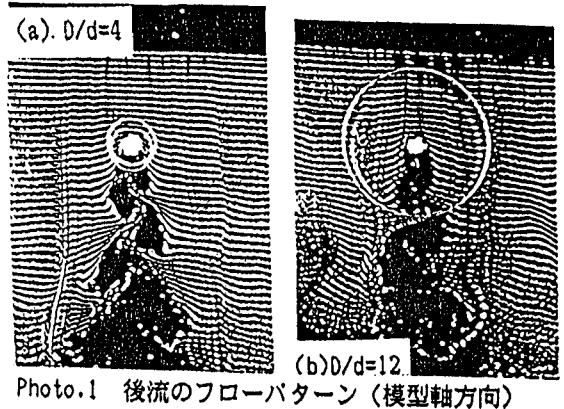


Photo.1 後流のフローパターン (模型軸方向)

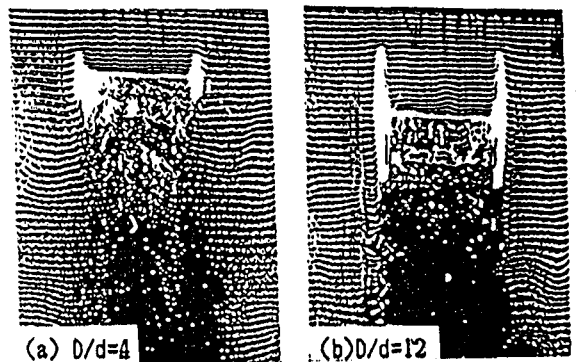


Photo.2 後流のフローパターン (模型軸直角方向)