

I-303

矩形断面柱の周辺流れと端板効果

九州工業大学 正員 ○加藤 九州男, 正員 久保 喜延
九州工業大学 学生員 大原 英史, 学生員 本村超多郎

1. まえがき 二次元風洞実験において、模型周辺流れを二次元的なものにするために端板が使用される。この端板の大きさと模型の大きさとの相対的な比によって、静的空気が変化することは、中口の研究¹⁾や垂直平板に対する筆者等の一連の研究^{2), 3)}によって明らかにされた。特に筆者等の研究の結果、小さい端板の場合は、最初の剝離渦の巻き込みが端板の大きさより大きいと後流内の負圧のために端板の外側から流れが回り込み、端板近傍で後流の模型軸方向における二次元的形成は阻害される。後流渦が端板近傍で中央部より大きな巻き込みとなっている。このことは小さい模型の背圧分布において、端板近傍では著しい圧力の回復があることに対応している。これに比べ、大きい端板の場合は、後流内の負圧が端板の外側に伝わらず、端板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後流渦形成領域を有し、後流場の二次元性が確保されるということが判明した。本研究では、矩形断面柱においても垂直平板と同様な現象が存在するかを否かを、抗力の測定および流れの可視化等によって、矩形断面柱の周辺流れとその端板効果について調べたものである。

2. 実験方法と模型 抗力の測定は、これまでと同一の装置および模型を用いたので省略する。²⁾

流れの可視化実験は、九州工業大学工学部開発土木工学科付属の600X600mmの正方形断面で、長さ10mのアクリル製の測定部を有する循環式勾配可変開水路を用い、水素気泡法によって行った。

可視化実験に用いた模型は、Fig.1に示すようなアクリル製で角を鋭く加工し、矩形断面柱の辺長比 B/d 〔 B :流れに平行な矩形柱側面の長さ、 d :流れに垂直な矩形柱の前面の長さ〕を $B/d=0.25, 0.333, 0.5, 1, 2, 3$ に変化させた。端板による影響を調べるために、模型の代表長 $d=10\text{mm}$ 、スパン方向長さ $l=100\text{mm}$ に統一し、円形端板の直径を $D=40, 80, 120\text{mm}$ に変化させた。

3. 実験結果と考察

3-1 端板比と抗力係数 Figs.2, 3は、辺長比 $B/d=1$ および3断面の抗力係数 C_d と端板比 D/d （端板の直径 D と模型の代表長 d との比）の関係を示した図である。辺長比 $B/d=1$ 断面について見ると、端板比 $4 \leq D/d < 8$ の範囲では抗力係数は $C_d=2.01 \sim 2.11$ と変化し、 $9 \leq D/d \leq 16$ では $C_d=2.12$ 程度となっている。このように、辺長比 $B/d=1$ の矩形断面柱では、垂直平板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、 $B/d=1$ の断面では5.2%程度変化している。辺長比 $B/d=3$ 断面では、端板比 $4 \leq D/d < 7$ では抗力係数 $C_d=1.07 \sim 1.12$ に変化し、端板比 $D/d=7$ 以上ではほぼ抗力係数は $C_d=1.12$ と一定となり、端板比の大きさによる抗力係数の変化は4.5%程度である。

3-2 流れの可視化 下の写真は、水素気泡法により流れのフローパターンを示している。Photos.1, 2は、矩形断面柱の端板比 $D/d=4, 12$ で辺長比 $B/d=0.25, 1, 3$ についての模型軸方向中央部における後流渦の様子を示したものである。辺長比 $B/d=0.25 \sim 1$ のときをみると前縁で剝離した流れは矩形柱表面に再付着することなく、背面よりかなり下流まで後流渦を形成している。辺長比 $B/d=3$ では、前縁で一旦剝離した流れが矩形柱の側面に付着したり、離れたたりしており、再付着が起こっている様子がわかる。

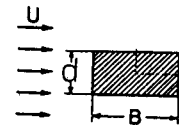


Fig.1 供試模型

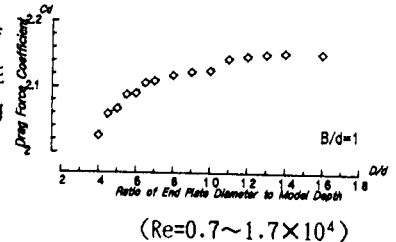


Fig.2 抗力係数と端板比の関係

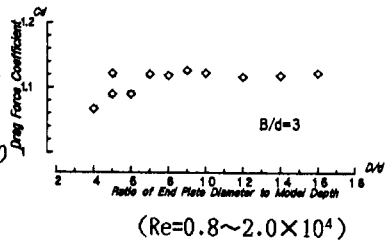


Fig.3 抗力係数と端板比の関係

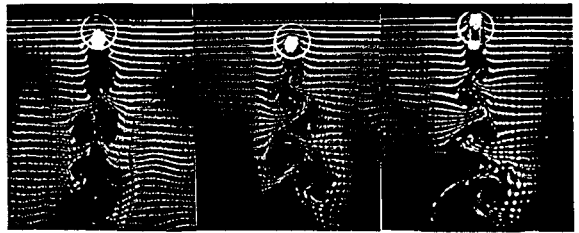
Photo.3は、矩形断面柱の端板比 $D/d=4$ で、辺長比 $B/d=0.25 \sim 1$ の断面では、垂直平板と同様に端板の外側からの流れが回り込み端板近傍で、後流渦の模型軸方向の二次元的形成が阻害されている。また、端板近傍で大きな巻き込みとなっている。辺長比 $B/d=3$ の断面においては、最初の剝離渦が端板内にあり、再付着する断面であることから、垂直平板とは違った傾向を示したものと推測される。一方Photo.4の端板比 $D/d=12$ ときの辺長比 $B/d=0.25$ 断面では、最初の剝離渦は端板内にあり、端板の外側から流れの回り込みもなく、後流は、模型軸方向にほぼ同程度の大きさの渦形成域を有し、後流の二次元性が確保されている。

Table 1は、矩形断面柱の辺長比 B/d を変化させたときの端板比 $D/d=4, 8, 12$ において、模型の後縁部より実長10 cmの位置の後流幅を測定した値を表に示したものである。端板比 $B/d=4$ の場合は、辺長比 $B/d=0.5$ 断面を除いて考えると辺長比が大きくなるに従って後流の幅も大きくなっている。それに比べ端板比が大きい $D/d=8, 12$ の場合では、後流幅は辺長比 $B/d=0.5$ の断面を除いて各断面ともにほぼ一定値となっている。このことより、矩形断面柱の辺長比 $B/d=0.5$ 以上の断面では、端板比が $D/d=8$ 以下でも端板効果を見逃せる端板の大きさが存在すると考えられるが、詳細については各端板比における空気力の測定によらなければならない。辺長比 $B/d=5$ の断面の場合は、どの端板比の場合も後流の幅が大きくなっている。このことは、中口の研究¹⁾によれば辺長比 $B/d=0.62$ 付近で抗力が極端なピーク値を持つと報告されているがこの断面に近いために生じたものと推察される。

まとめ 以上のことをまとめると、次のようになる。

辺長比 $B/d=1$ および $B/d=3$ 断面の場合の抗力係数と端板比との関係は、垂直平板とほぼ同様であり、端板比の大きさ($4 \leq D/d < 7$)による抗力係数の変化率は、約5%である。また、 B/d を変化させて行った可視化実験の結果、辺長比 $B/d=0.25 \sim 1$ では再付着が生じないために、垂直平板とほぼ同様な流れパターンを示す。一方、辺長比 $B/d=3$ の断面では、剝離流れの再付着のために $D/d=8$ 以下の端板でも端板効果が生じなくなる可能性がある。しかし、このことについては、他の断面と同様に詳細な検討が必要である。

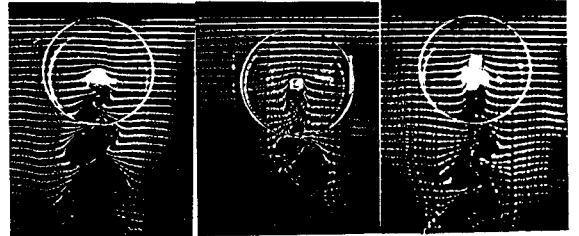
- 参考文献 1) 中口他：トラス構造塔体の静的風圧荷重，日本航空学会誌，Vol.12, No.121, 1984
2) Kubo: The Role of End Plates in Two Dimensional Wind Tunnel, JSCE, No. 368/1-5, 1986
3) 加藤他：構造部材の抗力におよぼす端板効果について，風シンポジウム，1986



B/d=0.25

B/d=1

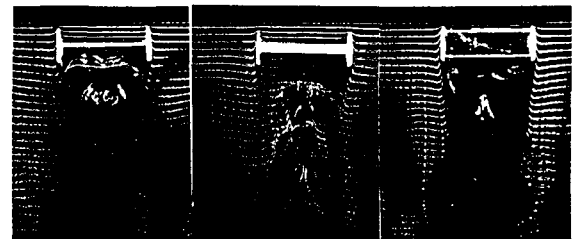
B/d=3

Photo.1 模型軸方向から観察した流れのパターン（端板比 $D/d=4$ ）

B/d=0.25

B/d=1

B/d=3

Photo.2 模型軸方向から観察した流れのパターン（端板比 $D/d=12$ ）

B/d=0.25

B/d=1

B/d=3

Photo.3 模型軸直角方向から観察した流れのパターン（端板比 $D/d=4$ ）

B/d=0.25

B/d=1

B/d=3

Photo.4 模型軸直角方向から観察した流れのパターン（端板比 $D/d=12$ ）

Table 1 後流場の幅（単位 cm）

D/d	4	8	12
0.25	6.78	10.30	10.30
0.33	6.78	10.30	10.00
0.50	9.03	10.60	11.29
1.00	7.42	10.30	10.30
2.00	7.74	10.30	10.00
3.00	7.81	10.30	10.30