

差分法による面取り角柱の流体力

九州工業大学 学生員○河村進一

九州工業大学 正 員 久保喜延

九州工業大学 正 員 山口栄輝

1. はじめに

これまでのローターを用いた空力弾性振動の制振法に関する研究¹⁾から、面取り位置により正方形断面を有する塔状構造物の空力振動特性が異なることが確認されている。そこで本研究では、正方形角柱および正方形の隅角部に曲率を設けた面取り角柱を対象として、二次元数値解析により流体力係数を計算し、その特性の評価を試みた。

2. 計算方法

計算は楕円型偏微分方程式の解を用いて生成されたO型境界適合格子²⁾上(400×100点)で行った。基礎方程式はNavier-Stokesの式と圧力に関するPoisson方程式とし、流速と圧力を同一点に配置するレギュラーメッシュ上で差分法により離散化した。時間積分にはEulerの1次陰解法を用い、対流項は3次風上差分²⁾、その他の空間項は2次中心差分により近似した。境界条件は角柱表面に滑りなしの条件、遠方境界には一様流を与えた。また、レイノルズ数は $Re=1000$ とし乱流モデルは用いていない。計算は接近流速 U_0 と正方形角柱の辺長 B による無次元時間 $tU_0/B=200$ まで、時間積分間隔 1.0×10^{-2} にして行った、流体力は表面圧力を積分することによって計算し、その評価は $tU_0/B=100 \sim 200$ の結果を用いて行った。

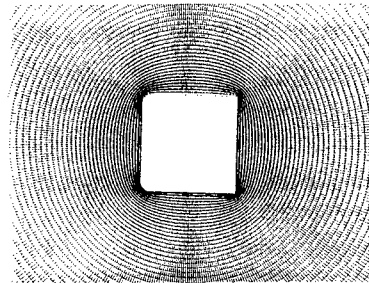


図-1 格子形状(角柱近傍)

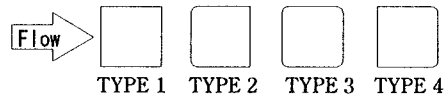


図-2 計算パターン

3. 計算結果

計算した面取りパターンを図-2に示す。以後、正方形角柱をTYPE 1、前縁の隅角部のみに曲率を与えたものをTYPE 2、全ての隅角部に曲率を与えたものをTYPE 3、後縁隅角部のみに曲率を与えたものをTYPE 4と呼ぶ。また、隅角部の曲率半径はすべて $r=0.1B$ とした。

TYPE 1の流体力の計算値と実験値³⁾を比較すると(図-3)、抗力は迎角の小さい範囲では実験値よりも小さい。また、田村らの計算結果⁴⁾は実験値よりも大きな値になっており、この計算結果とは異なっている。揚力についてみると、計算したすべての迎角において実験値より小さくなっている。しかし、迎角に対する揚力の変化は似かよっている。

抗力係数 C_D および揚力係数 C_L の時間変化を図-4に示す。いずれのパターンにおいても、抗力、揚力ともに変動は完全な正弦波とはなっていない。 $tU_0/B=200$ での等圧力線を図-5に示すが、この図からは面取りの違いによる流れの顕著な違いは認められなかった。迎角 $\alpha=2^\circ$ における $tU_0/B=100 \sim 200$ の平均抗力係数および平均揚力係数を表-1に示す。隅角部の形状に着目して流体力を比較すると、前縁が丸いTYPE 2,3と後縁形状が同じTYPE 1,4とをそれぞれ比較すると、抗力は10%程度、揚力については約75%も減少している。逆に後縁が丸いTYPE 3,4と、TYPE 2,1とをそれぞれ比較すると、抗力は若干増加しているものの有為な差は認められないが、揚力は50%も増加している。

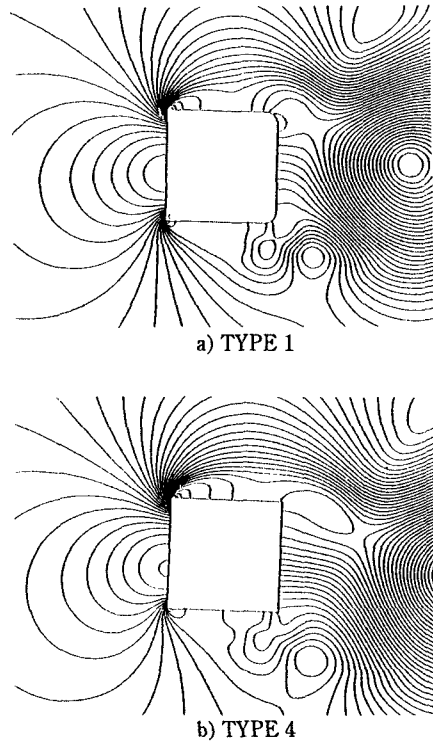
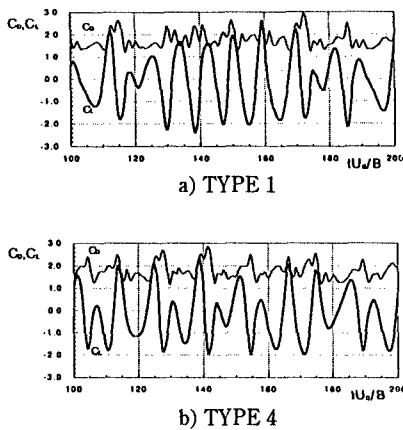
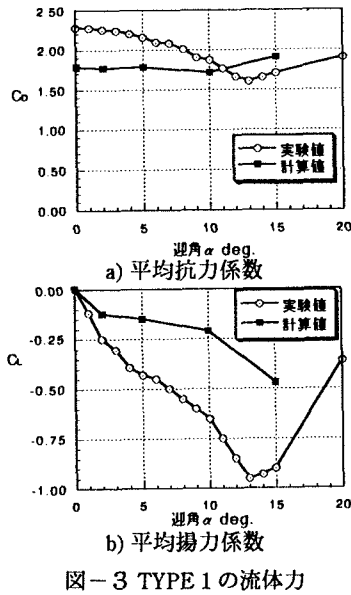


表-1 平均抗力および揚力係数(α=2°)

	抗力係数	揚力係数
TYPE 1	1.766	-0.124
TYPE 2	1.503	-0.032
TYPE 3	1.587	-0.051
TYPE 4	1.787	-0.183

4. おわりに

面取り角柱を対象として、二次元計算によって抗力係数および揚力係数を推定した。風洞実験との定量的な一致とまではいかないが、迎角や隅角部の形状の小さな変化に対しても定性的にはよく一致し、この手法の有効性が示された。また面取り位置により、特に揚力係数が大きく変化することが確認された。

【参考文献】

- 1) 久保喜延 他：動く表面を用いた境界層制御による塔状構造物の空力弾性振動に対する制振，構造工学論文集，Vol.41A，1995.
- 2) Kawamura, T. and Kuwahara, K. : Computation of high Reynolds number flow around a circular cylinder with surface roughness, AIAA-84-0340.
- 3) 中村泰治 他：矩形およびH型断面柱の空力3分力特性について，九大応力研所報，第40号，昭和48年.
- 4) Tamura, T. and Kuwahara, K. : Numerical analysis on aerodynamic characteristics of an inclined aquare cylinder, AIAA-89-1805.