

円形隅角部を有する角柱の空力特性に関する数値流体解析

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

九州工業大学 学生員 伊藤 剛

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、ローター静止時におけるローターの取り付け位置、すなわち隅角部の曲率の違い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(図-1)。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角柱を対象として、二次元数値解析により静的空気力を計算した。

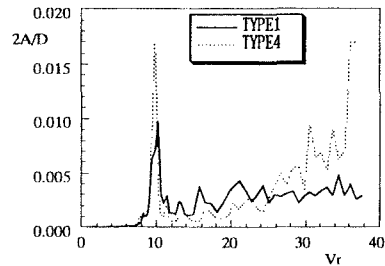


図-1 ローター静止時の応答特性

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(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。空気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。

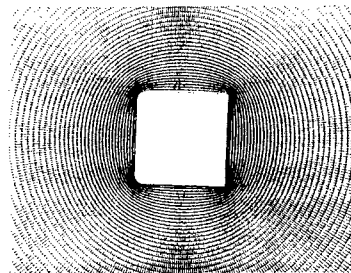


図-2 格子形状(角柱近傍)

3. 計算結果

計算を行った角柱の形状を図-3に示す。以後、正方形角柱をTYPE1、前縁の隅角部のみに曲率を与えたものをTYPE2、全ての隅角部に曲率を与えたものをTYPE3、後縁隅角部のみに曲率を与えたものをTYPE4と呼ぶ。また、隅角部の曲率半径は $r=0.1B$ とし、迎角 $\alpha=0^\circ$ から 20° の範囲で計算を行った。

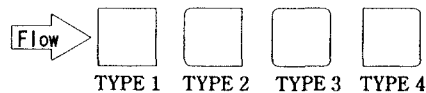


図-3 計算パターン

平均抗力係数 C_D 、平均抗力係数 C_L 、変動揚力係数 $\bar{C}_L$ の計算値を図-4から図-6に示す。平均抗力係数と変動揚力係数は、迎角 $\alpha=10^\circ$ 以下では前縁隅角部の影響が大きく、前縁が丸いTYPE2,3はTYPE1,4よりも小さくなっている。また迎角 $\alpha=20^\circ$ では逆に後縁の影響が大きく、後縁が丸いTYPE3,4はTYPE2,1よりも小さくなっている。 $\alpha=0^\circ$ および 2° の平均揚力係数の計算結果から 0° における揚力勾配を求めると、

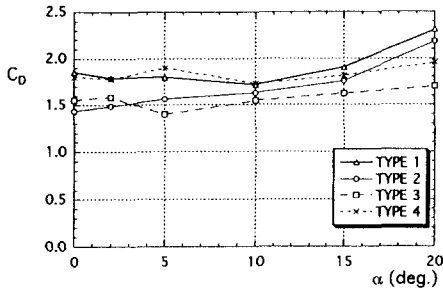


図-4 平均抗力係数

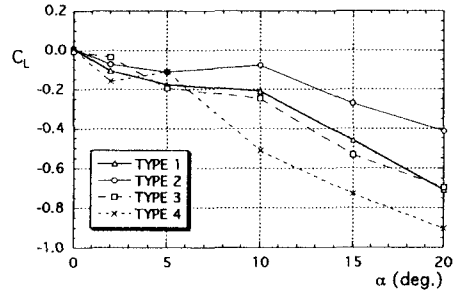


図-5 平均揚力係数

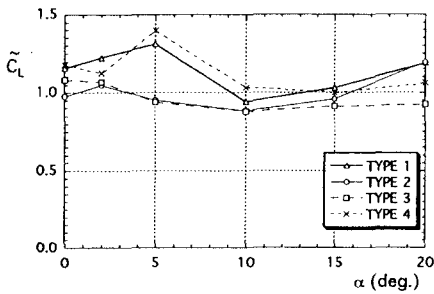


図-6 変動揚力係数

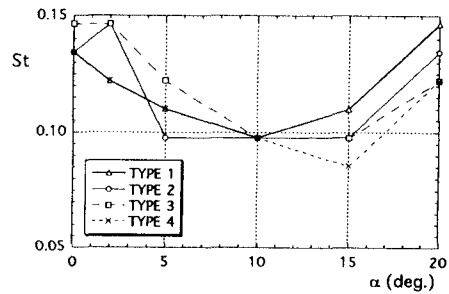


図-7 ストローハル数

すべての TYPE において負になり、後縁のみ丸い TYPE 4 の勾配が最も急になっていることがわかる。準定常理論によれば揚力勾配 $dC_L/d\alpha$ が負のときギャロッピングが発生する可能性があることが知られている。このことから TYPE 4 の形状はギャロッピングに対して不安定であることが予想され、図-1 の応答実験結果と一致する。

揚力変動の時刻歴をスペクトル解析することによって得られたストローハル数 St を図-7 に示す。いずれの TYPE においてもストローハル数は、迎角が大きくなるに従って減少するが、 $\alpha = 10^\circ$ 付近において極小値を取り、再び増加する傾向がある。

4. おわりに

円形隅角部を有する角柱の抗力および揚力を計算し、隅角部形状により空力特性が異なることが確認された。しかしながら、今回行った計算はレイノルズ数 1000 のものであり、風洞実験の結果と直接比較することはできない。今後はより大きいレイノルズ数で計算をするとともに、隅角部形状の変化により空力特性が異なるメカニズムについて調べる予定である。

【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.