

I-A 159 円形隅角部を有する正方形角柱の空力特性に関する数値流体解析

九州工業大学 学生会員 河村進一
九州工業大学 正会員 久保喜延
九州工業大学 正会員 山口栄輝
九州工業大学 学生会員 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から、ローター静止時においても、正方形断面を有する塔状構造物の空力振動特性が、ローターの取り付け位置の違いによって異なることが確認されている（図-1）。そこで本研究では、正方形角柱および隅角部に曲率を設けた角柱を対象として、二次元数値流体解析により静的空気力を計算し、隅角部形状による空力特性の違いについて検討した。

2. 解析方法

解析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 $Re=1000$ とした。解析は接近流速 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。

3. 解析結果

解析を行った角柱の形状を図-3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、迎角 $\alpha=0^\circ$ から 20° の範囲で解析を行った。

平均抗力係数 $\overline{C_D}$ 、変動揚力係数 $\overline{C_L}$ 、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 の解析結果を図-4から図-6に示す。迎角 $\alpha=10^\circ$ 以下では前縁隅角部の影響が大きく、前縁に曲率を与えた TYPE 2,3 は TYPE 1,4 と比べて平均抗力係数、変動揚力係数は小さく、ストローハル数は大きくなっている。また迎角 $\alpha=20^\circ$ では逆に後縁の影響が大きくなり、後縁に曲率を与えた TYPE 3,4 は TYPE 2,1 と比較して平均抗力係数、変動揚力係数、ストローハル数はいずれも小さくなっている。また、すべての TYPE においてストローハル数は、迎角が大きくなるに従って減少して $\alpha=10^\circ$ 付近において極小値をとり、さらに迎角を大きくすると増加するという傾向がある。

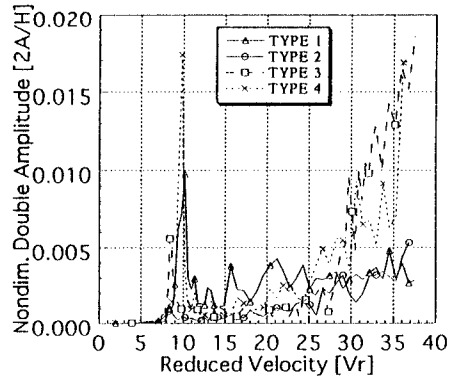


図-1 ローター静止時の応答特性

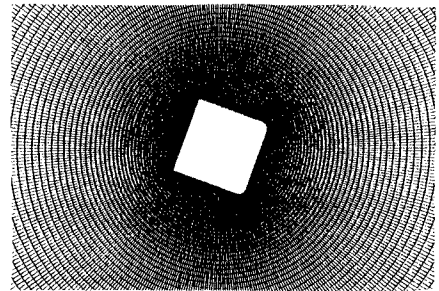


図-2 格子形状

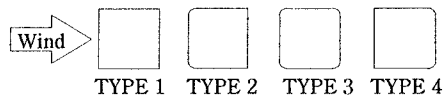


図-3 角柱形状

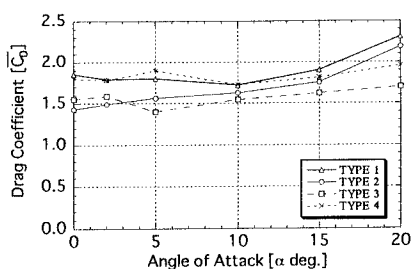


図-4 平均抗力係数

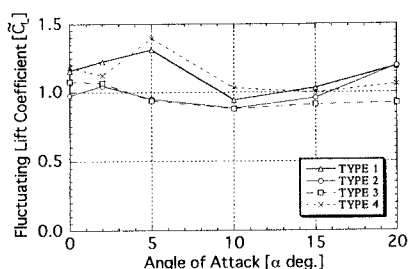


図-5 変動揚力係数

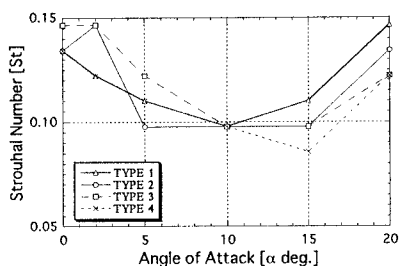
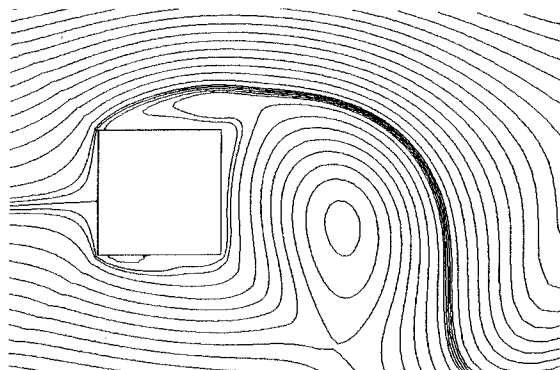
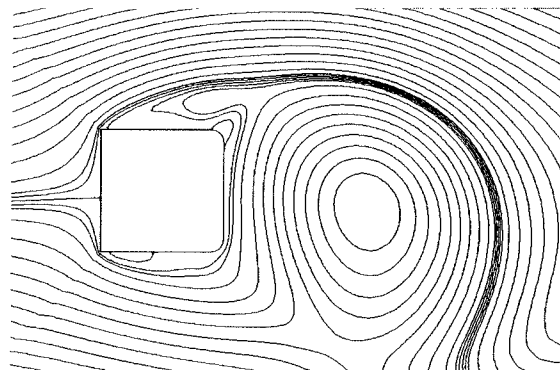


図-6 ストローハル数



(a) TYPE 1



(b) TYPE 4

図-7 流線 ($\alpha=0^\circ$)

迎角が小さい場合、剥離点は前縁に固定されているが、迎角が大きい場合、下面の剥離点は後縁に移動する。このことから、平均抗力係数、変動揚力係数、ストローハル数に関しては、剥離点となる隅角部の形状が大きな影響を有しているといえる。

迎角 $\alpha=0^\circ$ での流線を図-7に示しているが、後縁隅角部が曲率を持つことによって、角柱背後での渦の巻き込みが大きくなっている。放出される渦が強くなることによって揚力の変動が大きくなり、渦励振が誘起されると考えられ、図-1の応答実験結果を説明することができる。

4. おわりに

円形隅角部を有する角柱を対象として二次元数値流体解析を行い、隅角部形状による空力特性の違いを調べた。渦励振に対する不安定性についてみると、風洞実験による応答特性と傾向的には一致しているが、さらに詳しく検討する必要がある。

【参考文献】

- 1) 久保 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.