

高迎角時の正方形角柱のローターによる耐風制振法について

九州工業大学・工学部 学生員○林田 宏二
 九州工業大学・工学部 正 員 久保 喜延
 九州工業大学・工学部 学生員 小坪 千野
 九州工業大学・工学部 学生員 佐々木 誠

1. まえがき

著者らは、これまで回転ローターで正方形角柱の剥離点である前縁隅角部の流れを加速することによって境界層を制御し、物体の振動を抑制するための研究を行ってきた。これまでの研究の結果、迎角 0° においてローターは十分な制振効果を発揮することが確認されている。そこで今回は、より現実的な問題としてさまざまな風向きに対しての回転ローターによる制振効果を検討するために、供試模型に迎角をつけて以下のような二次元風洞実験を行った。

2. 実験概要

実験は、九州工業大学付属の空力弾性試験用風洞で行った。供試模型には図-1のような、上下隅角部に回転ローターを取り付けた正方形角柱模型を使用した。実験ではこれまでの研究で制振効果の高かった前縁下側回転でのたわみ振動応答測定(模型重量 $W=6.04\text{kgf}$, 固有振動数 $f=2.75$, 対数構造減衰率 $\delta=0.012$)を行った。このローターの回転方向は図に示した矢印の方向で、ローターの回転効果についてはローターの表面速度を接近風速の比として評価している。実験パターンとしては、迎角を 0° から上下それぞれ 10° , 20° , 30° , 45° とし、ローターの回転速度比は $0, 0.4, 0.8, 1.0, 1.2, 1.6, 2.0$ で実験を行った。

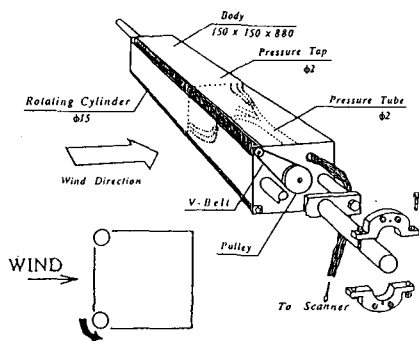


図-1 供試模型及び実験パターン

3・実験結果及び考察

実験結果を図-3に示す。

これらの実験結果について、まず迎角に注目する。

ローター静止状態では迎角 -10° , 0° , $+10^\circ$ で渦励振とともにギャロッピングが発生し、それ以上の迎角では大きな振幅の渦励振が現れるが、ギャロッピングは発生しない。ここでギャロッピングについて図-2の静的揚力係数の $B/D=1$ の矩形断面の場合と比較すると、揚力勾配が負(静的に不安定)の範囲ではギャロッピングが発生し、正(静的に安定)の範囲では発生しない。よって高迎角時にはギャロッピングは発生しないと考えるべき。

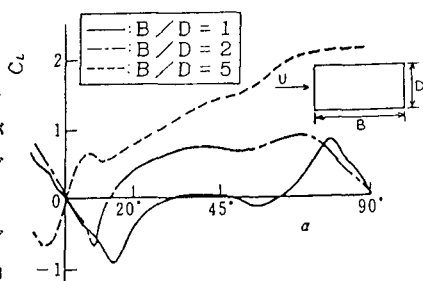


図-2 揚力係数

次に、それぞれの迎角でのローターの回転比による応答の変化に注目すると、迎角 0° においてローターの回転比を上げることでギャロッピングの発振風速は高風速側に移行している。また、迎角 $+10^\circ$ においてローター静止時には渦励振とギャロッピングが現れるが、ローターを回転させることによりギャロッピングは消滅する。しかし、換算風速 $V_f=6\sim7$ 付近では回転比 0.4 で最大応答振幅 $2A/D=0.24$ の渦励振が発生する。この渦励振はローターの回転比をあげることによって回転比 2.0 では回転比 0.4 のときの約60%の振幅に抑えられている。それ以上の正の迎角では応答からも流れの可視化実験からも回転比を上げて応答や流れに変化は確認できなかった。これは上流側のローターを回転させて流れを加速させても剥離点以降の流れを変化させることができないためと考えられる。迎角 -10° ではギャロッピングは回転比を上げるによって、測定範囲

内では振動は抑えられている。迎角 -20° については回転比2.0で渦励振が減少するのが確認できたが、 -30° 以下の迎角では回転比2.0までの応答には変化は確認できなかった。そこで流れの可視化実験を行い、その結果(図-4)からローターの回転比をさらにあげることによって迎角が -30° 以下のときにも迎角 -20° のときと同じ流れの変化が確認できた。このことから剥離点でのローターの回転比をあげていくことによって高迎角においても制振は可能である。

以上のことから、迎角がついた場合の制振方法を考えると、負側に迎角がついている場合は迎角の大きさに関係なく下側ローターの回転比をあげることによって制振は可能であると考えられる。迎角が正側についている場合は、迎角が $+10^\circ$ までは制振効果が認められるが、それ以上では制振効果は認められない。そこで、この場合は流れの剥離点である前縁上側のローターを回転させることで負の迎角で下側ローターを回転させるのと同じ流れを作ることができるのでローターの回転比を上げることによって制振することが可能となる。

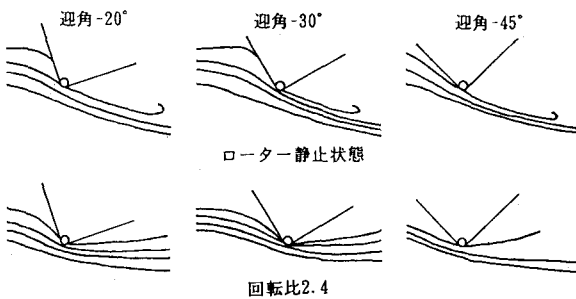


図-4 負の高迎角での流れの変化(-20° , -30° , -45°)

4. まとめ

以上の結果から次のようなことがいえる。

- 1) 迎角が大きく、揚力係数が正勾配の範囲では、ギャロッピングは発生しないが、大振幅の渦励振が生ずる。
- 2) 高迎角時においても流れの剥離点に設けたローターを高い回転数で回転させて境界層を制御することによって空力特性を安定させ、振動を抑制することが可能である。

参考文献

- 1) 伊藤 学 他: 耐風構造
- 2) 久保喜延 他: 「ローター付き正方形角柱の境界層制御による二次元静的空気力特性」第12回風工学シンポジウム(1992)
- 3) 久保喜延 他: 「境界層加速による正方形角柱の耐風制振法」構造工学論文集vol. 37A(1991)

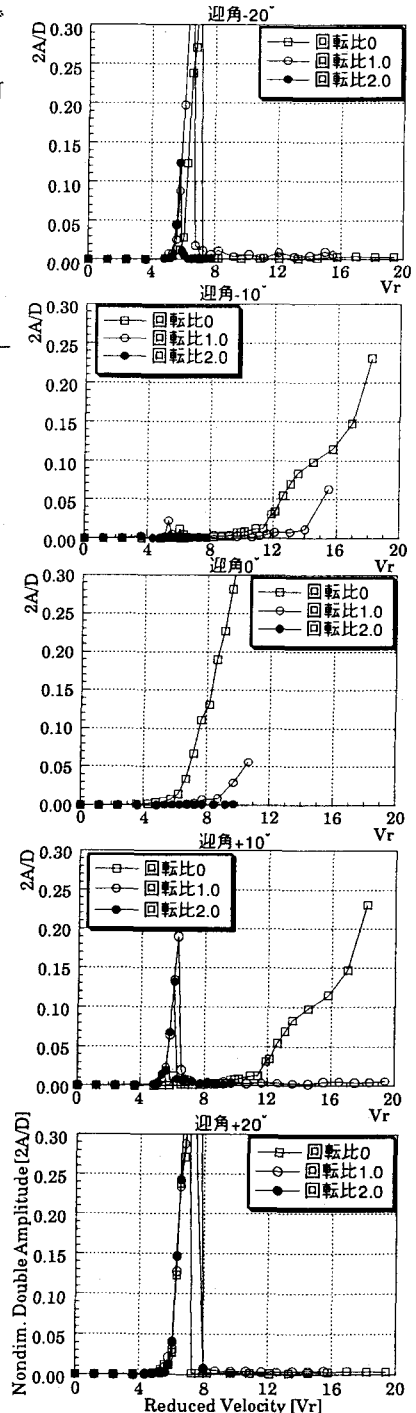


図-3 迎角および回転比の変化によるローター付き正方形角柱の応答