

I-511

高迎角時における正方形角柱のローターによる空力弾性振動の制振

九州工業大学 学生員○林田 宏二
 九州工業大学 正 員 久保 喜延
 九州工業大学 正 員 加藤九州男
 大成建設(株) 正 員 小坪 千野
 (研究当時九州工業大学・大学院生)

1. まえがき

本研究では、これまで回転ローターを用いて物体まわりの流れを加速し、剥離境界層を制御することで、空力弾性振動を抑制する研究を行ってきた。既往の研究結果より迎角 0° での風に対しては、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様々な方向から吹く風に対してのローターの制振効果を検討するために、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(測定断面: $1070 \times 1070\text{mm}$)で行った。供試模型には図-1のような、上下隅角部に断面代表長の $1/10$ の直径の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 $f=2.75\text{Hz}$, 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。実験パターンは、迎角 α を 0° から上下それぞれ $10^\circ, 20^\circ, 30^\circ, 45^\circ$ で固定し、ローターの回転比を $0, 0.4, 0.8, 1.0, 1.2, 1.6, 2.0$ と変化させて測定を行った。

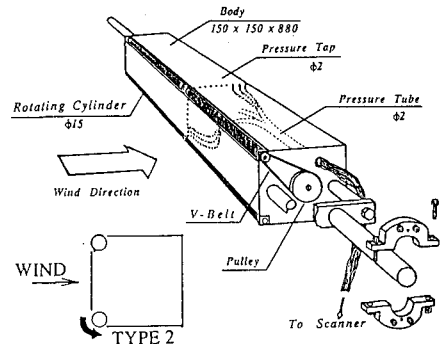


図-1 供試模型および回転パターン

また、ローター回転による剥離境界層の変化を検討するために、たわみ実験同様、代表長(50mm)の $1/10$ のローターを設けた模型を用い、可視化実験を行った。ローターの回転パターンおよび迎角の設定はたわみ実験と同じとし、回転比は、 $0, 0.8, 1.6$ ($|\alpha| \geq 20^\circ$ は $0, 0.8, 1.6, 2.4$)とした。

3. 実験結果及び考察

応答測定結果を図-2に示す。

図-2より、まず迎角の変化に注目すると、ローター静止状態では迎角 α が $-10^\circ, 0^\circ, +10^\circ$ では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振幅の渦励振のみが発生する。一般にギャロッピングは静的揚力係数の勾配が負の時に発生し、正の時には発生しない。本実験で使用した供試模型の静的揚力勾配(図-3)は $|\alpha| > 11^\circ$ で正となっているので、この範囲ではギャロッピングは発生しないと考えられる。

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、 $\alpha=0^\circ$ では回転比 1.6 以上で制振される。 $\alpha=+10^\circ$ では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渦励振が大きくなり、ギャロッピングは消滅する。この渦励振は回転比 0.4 で最大応答振幅 $2A/D=0.24$ となり、さらにローターの回転比をあげると回転比 2.0 では回転比 0.4 のときの約60%の振幅に抑制される。 $+20^\circ \leq \alpha \leq +45^\circ$ では制振効果は確認できなかった。 $\alpha=-10^\circ$ では回転比 1.6 以上で渦励振およびギャロッピングとも制振される。 $\alpha=-20^\circ$ では回転比 2.0 で渦励振の最大振幅は $2A/D=0.13$ まで抑制されている。 $-45^\circ \leq \alpha \leq -30^\circ$ においては回転比 2.0 以下でのローターによる制振効果は確認できなかった。そこで流れの可視化実験の結果(図-4)から考察すると、正の迎角の場合はローターを回転させても周辺流れにはほとんど変化がみられないのに対し、負の迎角の場合、 $\alpha=-30^\circ, -45^\circ$ では $\alpha=-20^\circ$ のときと同じ流れのパター

ンとなっていることが確認できた。また図-5からもローターの回転比を上げていくことによって剥離境界層厚が小さくなる傾向を示していることが分かる。負の迎角の場合、ローターを回転させる前縁下側隅角部は流れの剥離点となっている。つまり、剥離点でのローターの回転比を上げていくことによって、高迎角時でも制振は可能であると考えられる。

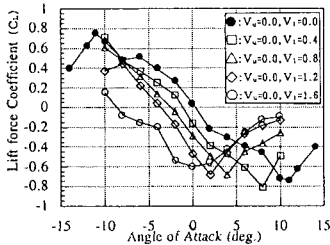


図-3 供試模型の静的揚力係数

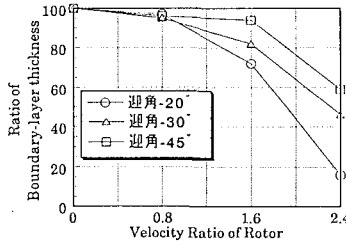


図-5 剥離境界層厚の変化

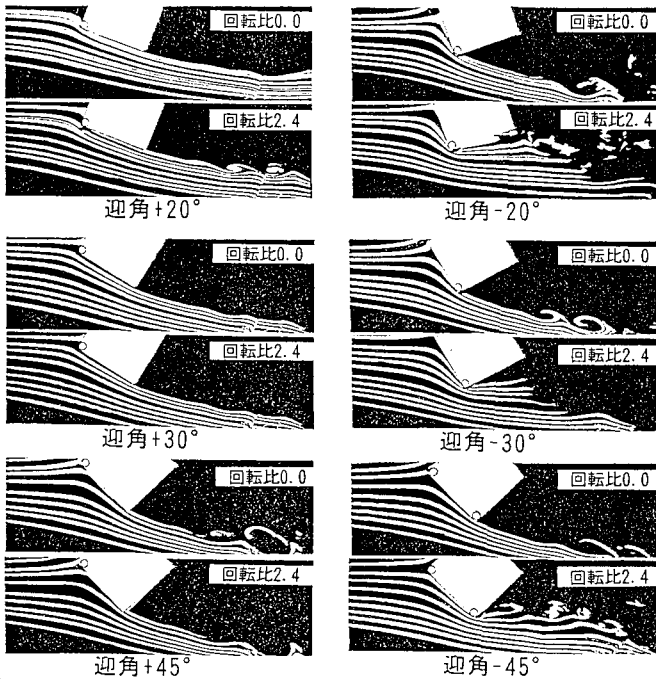


図-4 可視化写真

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せず、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速回転させ、剥離境界層を制御することにより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) 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力特性」第12回風工学シンポジウム(pp. 155-160, 1992. 12)
- 2) 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, pp. 989-994, 1991)

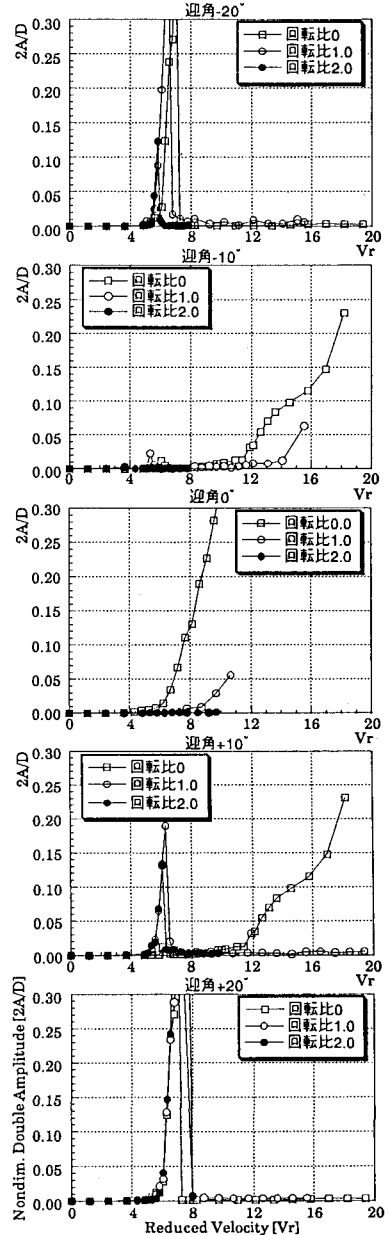


図-2 応答測定結果