

I-249 ローターによる塔状構造物の空力応答制御

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 正 員 久保喜延
 住友重機械工業(株) 正 員 平田鋼三

1. まえがき

著者らは、構造物の耐風制振法として、ダンパーなどの構造的な方法ではなく、励振の原因である流体の剥離を除去するという流体力学的方法、ここでは、ローターによる境界層制御という方法を用いて、検討を進めてきている。その剥離を制御する方法として、これまで、二次元角柱の耐風制振法について、種々の検討を重ねてきているが、^{1),2)}本研究では、二次元角柱で得られた結果が、三次元角柱にも充分反映されるか否かを見るために、三次元角柱に対する応答実験を行った。

2. 実験方法

実験は、図1に示すような 100mm×100mm×1200mmの三次元角柱の上流側隅角部に、直径10mmのローターを設けた弾性模型を用いて行った。模型の骨組みを、鋼製架台に固定した剛性棒(鋼)に12ブロックに分けて取り付け、壁面は軽量化のためウッドラック板で覆った。ローターはアルミ製で、各ブロック毎にチューブで接続し、架台に設けたサーボモーターで回転する。模型の重量は8.9kgf、固有振動数 $f = 2.88\text{Hz}$ である。ローターの回転数は、ローターの表面速度と接近流速との比で表し、右側、左側についてそれぞれ U_R, U_L とした。

また、測定は、

- ①全ブロックのローターを、その表面速度が各風速の 0, 0.8, 1.2, 1.6, 2.0倍となるように回転した場合
- ②ローターの取付量を上から6ブロックとした場合、
- ③上から4ブロックとした場合、
- ④上から2ブロックとした場合、

の4ケースについて行った。

3. 結果および考察

(1)二次元実験と三次元実験の応答比較 両側ローターを回転させた場合で、回転比を変化させたときの二次元角柱の自由振動実験における応答図を図2に、三次元角柱における応答図を図3に示す。二次元角柱の構造減衰率は $\delta = 0.013$ で、三次元角柱の構造減衰率は $\delta = 0.03$ である。これによると、ローター静止時における二次元角柱では、換算風速 $V_f = 6$ 付近からギャロッピングが発生しているのに対し、三次元角柱では $V_f = 7$ 付近から渦励振が発生しており、ギャロッピングは発生していない。同じ正方形角柱においても二次元と三次元では、応答特性が異なっている。

(2)ローターによる制振効果 二次元角柱において、ローターを両側回転させた場合には、回転速度を増加させれば、ギャロッピングは消滅するものの、渦励振が発生しはじめ、その振幅を小さくするように制御することは、かなり困難であった。ところが、三次元角柱においては、回転速度比が0.8で渦励振の振幅は小さくなり、回転速度比を1.2以上にすることで、渦励振は観測されなくなった。これにより、振動の抑制効果

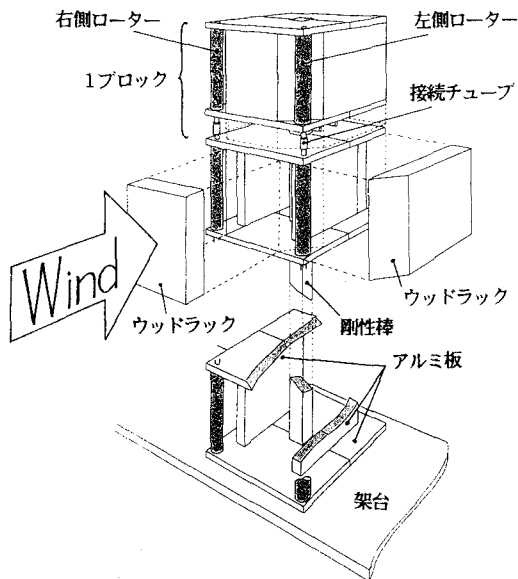


図1. 三次元模型

は充分あると考えられる。

(3)抗力の減少率 図4に二次元と三次元の抗力係数とローターの回転速度比との関係を示す。これによると、二次元の場合では、三分力から得られた抗力係数で、その最小値はローター静止時に比べて、52%の減少であった。ところが、三次元の場合では、流れ方向の変位量から逆算した抗力係数ではあるが、97%も減少し、ほぼ静止状態となり、かなりの抗力減少が期待できることが判明した。

(4)ローター取付量による効果 図5にローターの取付量を変化させた場合の最大振幅の変化を示す。

これによると、ローターの取付量を塔の上半分にすることで、振動抑制効果が充分に得られることがわかる。また、ローターの取付量を2ブロックから4ブロックに、4ブロックから6ブロックに増加すると、渦励振の最大振幅が、それぞれ4%、16%と減少しており、ローターの取付量と取付箇所を適当に選ぶことで、最小限のローターで、空力弾性振動を抑制することができると思われる。

4. まとめ

- 今回の実験の結果、次のようなことがわかった。
- 迎角0°の風に対して、回転速度比が、1.2以上のローターを塔の上側半分に取り付けることにより、空力弾性振動をほぼ抑制できる。
- ローターの取付量と取付箇所を考慮することで、経済的なローター使用で、空力弾性振動の抑制が可能であると考えられる。
- 抗力については回転速度比1.6で、かなりの抗力減少が期待できる。

参考文献

- 1)久保,安田,加藤: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,1991.3
- 2)安田,久保,他:回転ローターを用いた境界層加速による耐風制振法,第48回年次講演会,1991.9

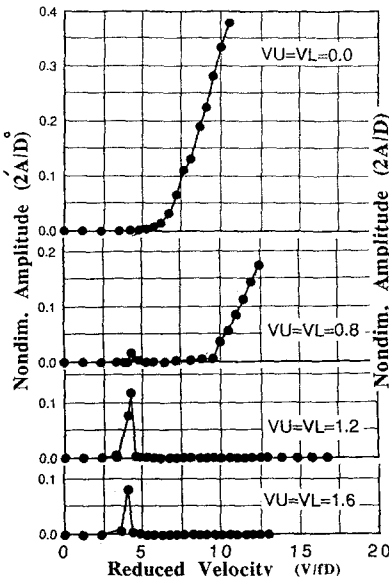


図2. 回転比と応答の関係 (二次元)

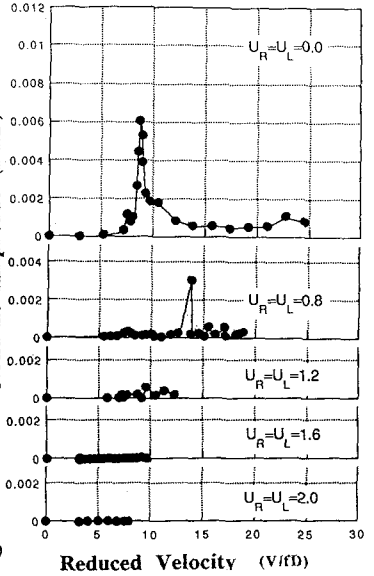


図3. 回転比と応答の関係 (三次元)

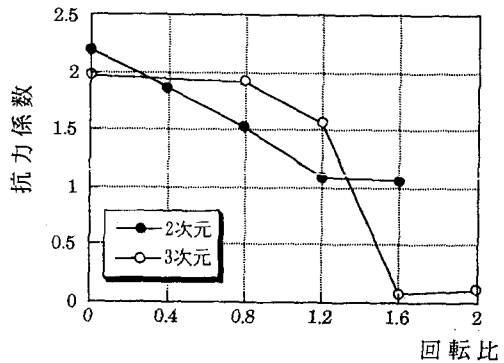


図4. 抗力係数

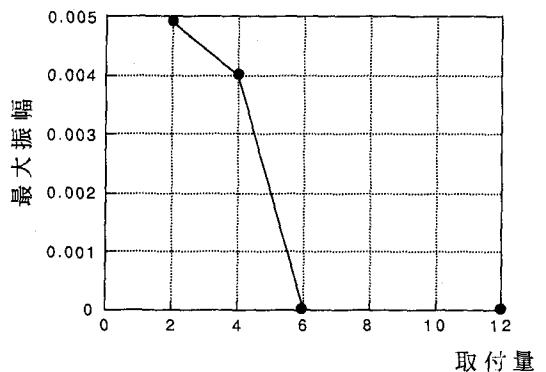


図5. ローター取付量と最大振幅の関係