

I-332

片側境界層制御による正方形角柱のねじれ振動特性

九州工業大学・学生員 小坪千野
九州工業大学・正員 久保喜延
（大林組 正員 立石美代子
（研究当時 九州工業大学大学生）

1. まえがき

近年の土木、建築構造物の長大化・高層化にともない、風による振動が重要な問題として、取り上げられるようになってきた。現在行われているTMDやTLDなどによる構造物の耐風制振法では、特定の振動数における制振効果しか望めず、限界が生じている。そこで、著者らはこれまで、風による振動の原因となる境界層を制御することで、風向きや風速によらず振動を制御する手法の開発を目的として、回転ローターを用いた境界層制御による空力弾性振動の制振効果の検討を行ってきた^{1) 2) 3)}。これによると、ローター付き正方形角柱を使用した2次元たわみ振動応答測定、表面圧力測定、静的空気力測定、および3次元応答測定結果から、空力弾性振動の抑制が可能であることが報告されている。

本報告では、2次元たわみ振動応答測定で、最も制振効果の大きかったTYPE 2について、2次元ねじれ振動の発生の有無とその抑制効果について、検討を行っている。

2. 実験概要 図1に示すような、上流側上下隅角部に、直径15mmのローターを設けた正方形角柱(150×150×900mm)の供試模型を、パネ支持装置に取り付けて実験を行った。2次元たわみ振動応答測定で抑制効果の大きかった下側ローターのみを回転させたTYPE 2について、その回転数を変化させた場合の2次元自由振動実験による、ねじれ振動の応答測定を行った。供試模型は、重量 $W=6.04\text{kgf}$ 、極慣性モーメント $I_{\theta}=0.0151\text{kg}\cdot\text{m}^2$ 、ねじれ固有振動数 $f_{\theta}=2.75\text{Hz}$ 、対数構造減衰率 $\delta=0.012$ である。また回転軸の効果は、回転軸の表面速度を接近風速に対する比の形で評価している。

3. 実験結果 図2に下側ローターのみ回転させた場合のねじれ振動実験における応答結果を、図3には比較のため、同じ供試模型による下側ローターのみ回転させた場合のたわみ振動実験（たわみ固有振動数 $f=2.79\text{Hz}$ 、対数構造減衰率 $\delta=0.013$ ）の応答図を示す。これは下側ローターのみ回転させたときの種々の回転速度比における応答振幅と換算風速との関係である。たわみ振動では回転速度比 $V_1=1.2$ の場合にわずかに渦励振が発生しているが、ねじれ振動では、渦励振の発振風速が、上下ローター静止時には、 $V_1=6.79$ で発生し

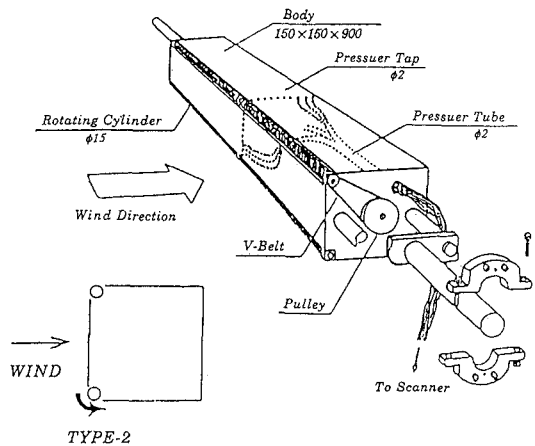


図1. 供試模型と実験TYPE

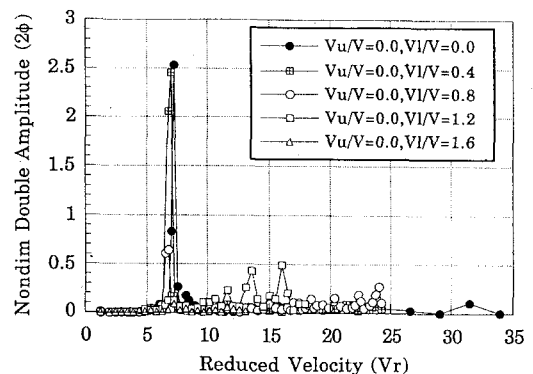


図2. ねじれ振動応答図 (TYPE 2)

ており、下側ローターのみ回転時には、 $V_1=0.4$ では $V_r=6.54$ 、 $V_1=0.8$ では $V_r=6.79$ と回転速度比にかかわらず、渦励振が発生している。静的空気力測定の実験によりTYPE 2は、 $V_r=0.15$ では一定であることがわかっており、渦励振の発振風速は $V_r=1/S_H$ にはほぼ一致する。ねじれ振動においても、 $V_1=1.2$ 以上では、渦励振はほとんど観測されず、制振効果があると考えられる。また、たわみ振動実験では、ギャロッピングがローター静止時には、 $V_r=6.0$ 付近で発生し、ローター回転速度比 $V_1=0.8$ では $V_r=7.1$ と高風速域に移行していたが、ねじれ振動実験では、測定風速域内においては、いずれの回転速度比においても捩れフラッターのような自励振動は観測されなかった。図4は、下側ローターのみ回転させた場合の、ねじれ振動実験における回転速度比と、渦励振域での最大振幅との関係を表したものである。これによると、回転速度比 $V_1=0.8$ でローター静止時の24%程度の振幅に、 $V_1=1.2$ では、10%以下の振幅となり、ねじれ渦励振に対してはローターによる制振効果が高いことがうかがえる。図5に各回転比の渦励振域における空力減衰率を示す。この空力減衰率曲線から、回転速度比が $V_1=1.6$ で最も安定した空力特性を示していることがわかる。また、回転速度比を上げることによって、低振幅域での空力減衰が大きくなり、安定化に寄与することがわかる。

4. まとめ 今回の実験から次のような結果が得られた。

- 1) 迎角 0° の風に対して、上流側下隅のローターのみ回転させた場合、回転速度比が $V_1=1.2$ 以上でねじれ振動を抑制することができる。
- 2) 回転速度比が $V_1=0.4$ 以下に比べ、 $V_1=0.8$ では渦励振域の最大振幅が約3割弱に抑えられている。従ってローターによるねじれ振動の抑制効果は充分にあると考えられる。
- 3) ローターの回転速度比を高くすることで、空力特性が安定してくる。これは、片側のみ回転によって、見かけ上迎角をつけることになり、回転速度比の増加にともない迎角をより大きくすることになるためと考えられる。

参考文献 1)久保他: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

2)久保他: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)小坪他:ローターによる塔状構造物の空力応答制御;土木学会第47回年次学術講演会(平成4年9月)

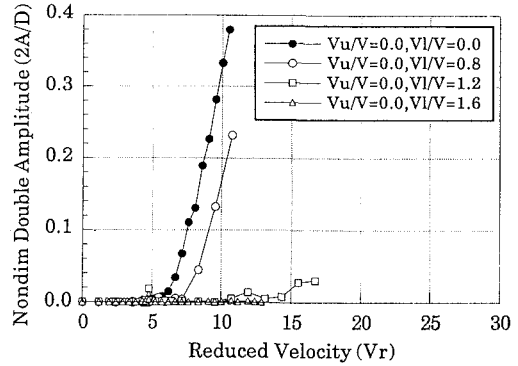


図3. たわみ振動応答図 (TYPE 2)

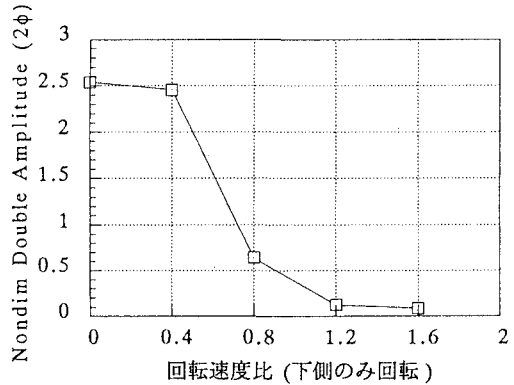


図4. 最大渦励振と回転速度比の関係

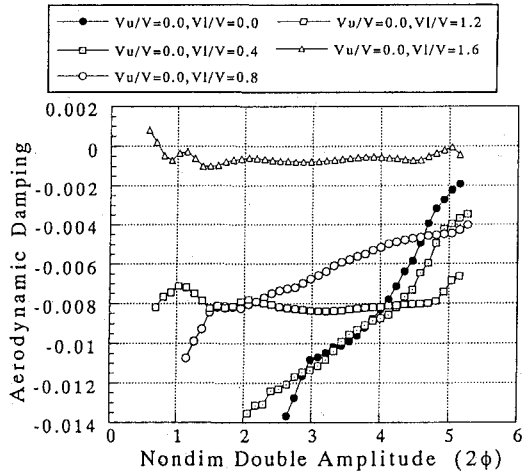


図5. 渦励振域における空力減衰率