

ローター付き正方形角柱のねじれ振動特性

九州工業大学・工学部 学生員〇 立石美代子

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

1. まえがき

近年、土木構造物や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なってきた。現在実用化されている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ない。本研究は、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抑制する手法の開発を目的としている。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について、これまでの著者らの研究^{1) 2) 3)}では、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次元応答測定が行われてきた。その結果、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、二次元たわみ振動応答測定で最も抑制効果の大きかった図-1中の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た。

2. 実験概要

実験は、九州工業大学建設工学教室付属の空力弾性風洞で行った。供試模型として図-1に示すような上流側上下隅に直径15mmの回転軸を設けた正方形角柱(150×150×900mm)を使用し、バネ支持装置に取り付けた。実験では、図-1のTYPE 2に示したように下側回転軸のみを回転させ、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(実験の諸元は模型重量 $W=6.04\text{kgf}$, 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 $\delta=0.012$)を行った。回転軸の回転効果は、回転軸の表面速度を接近風速に対する比の形にして評価した。

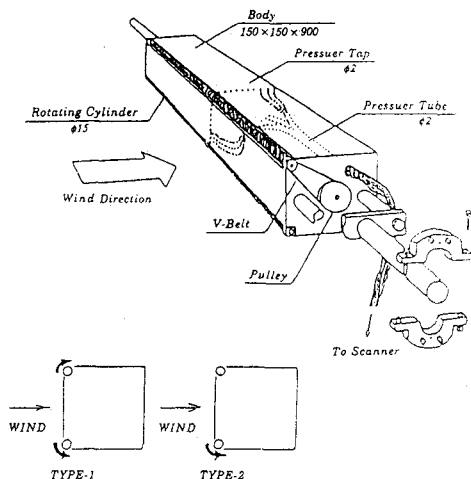


図-1 供試模型

3. 実験結果

3.1 応答特性について

図-2は、下側回転軸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である。これは、下側回転軸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。図-3には、比較のため、同じ供試模型による下側回転軸のみ回転させた場合のたわみ振動(たわみ固有振動数 $f=2.79\text{Hz}$, 対数構造減衰率 $\delta=0.013$)の応答図を示している。これらの図から、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。これに対してねじれ振動では、渦励振の発振風速が、両側の回転軸が静止している場合は $V_1=6.79$ で発生しており、 $V_1=0.4$ では $V_1=6.54$ 、 $V_1=0.8$ では $V_1=6.79$ と回転速度比にかかわ

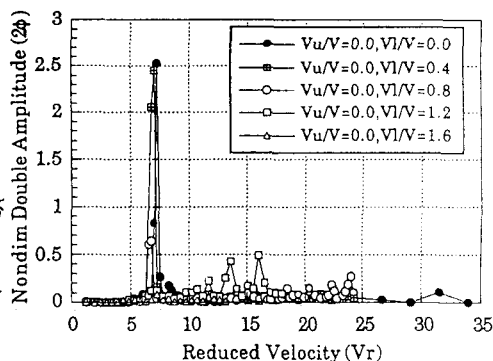


図-2 ねじれ振動応答図 (TYPE 2)

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 $St=0.15$ でほぼ一定であることがわかっており、渦励振の発振風速は $V_r=1/St$ にほぼ一致する。 $V_r=1.2$ 以上では渦励振はほとんど観測されず、制振されていることがわかる。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 $V_r=6$ 付近で発生し、ローター回転速度比 $V_i=0.8$ では $V_r=7.1$ と高風速側に移行している。しかし、ねじれ振動実験ではいずれの回転速度比においても、測定風速域内では、ギャロッピングのような自励振動は観測されていない。

3.2 渦励振域について

図-4は、ねじれ振動実験での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。この図によると、回転速度比 $V_i=0.8$ でローター静止時の24%程度の振幅に、 $V_i=1.2$ で10%以下の振幅となり、たわみ振動の場合と異なり、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は、渦励振域における空力減衰率を示したものである。この空力減衰率曲線により、回転速度比が $V_i=1.6$ 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度の風に対して、上流側下隅の回転軸のみ回転させる場合、回転速度比が $V_i=1.2$ 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 $V_i=0.4$ 以下に比べ、 $V_i=0.8$ では渦励振域の最大振幅が約3割弱に抑えられている。したがって、ローターによるねじれ振動の抑制効果は十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、片側のみの回転によって、み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）

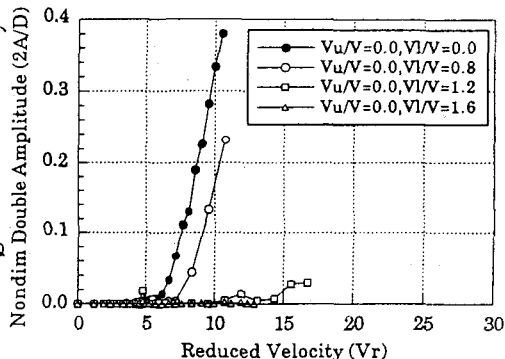


図-3 たわみ振動応答図 (TYPE 2)

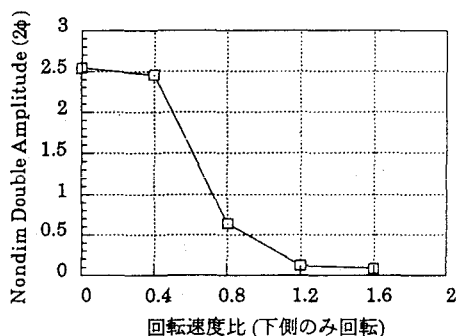


図-4 最大渦励振振幅と回転速度比

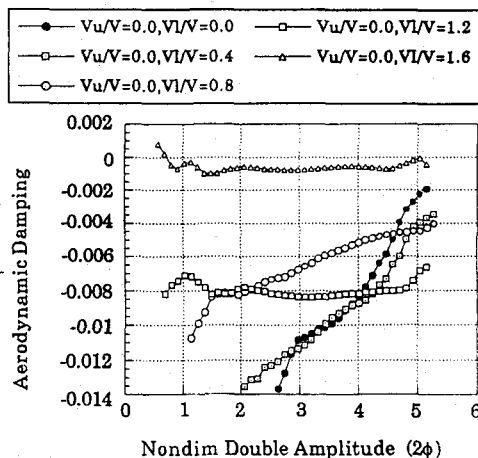


図-5 渦励振域における空力減衰率