

ローターによる渦励振のコントロール

立命館大学大学院 学生員 ○岡田 学
 バウエンジニアリング 正会員 朴 峻佑
 立命館大学理工学部 正会員 小林 紘士

1. はじめに

橋梁の風による振動を制御するため、種々の構造力学的、空力的制振法、あるいはアクティブ、パッシブ制振法が提案されている。本研究では、回転ローターを用いた境界層制御法による渦励振の制振およびそのメカニズムについて検討する。円柱のローターをモーターで回転させる方法¹⁾とは異なり、ここでは接近流による回転が可能な羽根形状のローターを用いる。

2. 風洞実験概要

本研究では立命館大学理工学部所有のゲッチンゲン型風洞にて、図-1 (a) で示すような断面辺長比 ($B/D=4$)、全長 $L600=mm$ 、 $B=320mm$ 、 $D=80mm$ の2次元剛体模型で実験を行った。模型の諸元値を表-1 に示す。応答測定実験では、このような模型を鉛直たわみ、ねじれ2自由度にバネ支持し、気流迎角は 0° 、 $+3^\circ$ 、 $+5^\circ$ で一様流を作用させた。非定常圧力測定実験は、模型をたわみ1自由度強制加振状態に設置し、模型上面に設けた圧力孔より非定常圧力を測定した。加振振動数は $7.2Hz$ 、加振振幅は $y_{r.m.s.}/D=0.0140$ の正弦的な加振をした。なお、気流迎角は 0° とした。

3. 応答測定結果

本研究ではローターは接近風によって回転できるよう、図-2 に示す形状を検討した。その結果、最も回転が良かった Cross 形状と Crevice Triangle 形状のうち製作の面で問題が少なかった Crevice Triangle 形状のローターを用いて応答測定実験を行った。

(1) 接近風で回転するローターによる応答測定

ローターの回転速度はほぼ風速に比例して増加し、迎角 0° 、風洞風速 $5m/s$ のときにおけるローターの回転速度は $35rps$ (1秒当り回転数) 程度であった。

たわみ応答の結果を図-3 (a) に示す。迎角 0° では、最大応答振幅が矩形断面とほぼ同じ値であるが、迎角 $+3^\circ$ では最大応答振幅が大きく低減され、迎角 $+5^\circ$ では、ほぼ完全に渦励振を制御できた。そして、渦励振の発生する風速域においても迎角 0° では、矩形断面より少し狭い範囲を示している

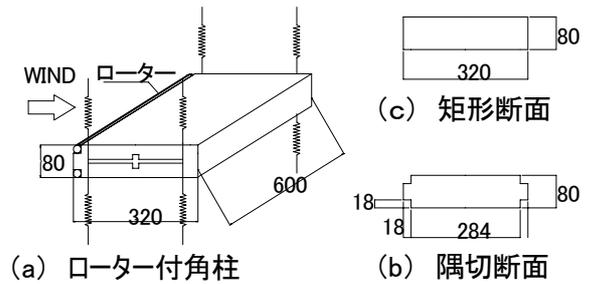


図-1 角柱模型

表-1 模型の諸元値

		矩形断面	ローター 断面	モーター 使用
重量(Kg/m)		9.37	9.37	10.42
振動数 (Hz)	たわみ	7.23	7.23	6.98
	ねじれ	9.28	9.28	8.96
減衰	たわみ	0.020	0.020	0.020
	ねじれ	0.019	0.019	0.020

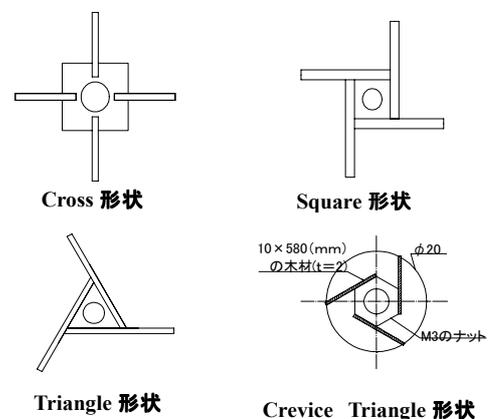


図-2 ローターの断面形状

キーワード 渦励振, ローター, 境界層制御, 非定常圧力
 連絡先 〒525-0058 滋賀県草津市野路東 1-1-1 立命館大学大学院 TEL: 077-566-1111 FAX: 077-561-2667

が、迎角が大きくなるにつれ矩形断面より狭い範囲を示している。ローターを付けることにより、本実験の範囲においては迎角が大きくなるにつれてより高い制御効果が認められた。図-3 (b) に示すように、矩形断面で発生したねじれ渦励振はいずれの迎角の場合も発生しなかった。

(2) モーターで回転するローターによる応答測定

ローターの回転速度は渦励振応答特性に影響をもたらすと考えられた。そこで、ローター回転速度と応答振幅の関係を把握するため、迎角を 0° としてローターの回転速度をモーターで調節し応答測定を行った。ローターの回転速度を変化させた時の最大応答振幅測定結果を図-4 に示す。たわみ渦励振についてみると、ローターの回転速度が低い 0, 20, 30 rps の時はローターの回転速度の増加につれ最大応答振幅が減少し、ローターの回転速度が 40 rps の時にたわみの応答振幅が無くなり、これより高い回転の時も同様の結果を得られた。ねじれ渦励振は回転速度が 20 rps を超えるともはや発生しなくなる。

4. 非定常圧力測定結果

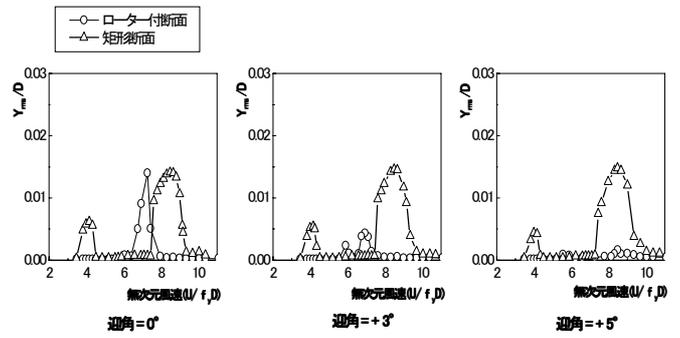
ローターによる制振効果のメカニズムを検討するため、矩形断面 (図-1 (c)), 隅切断面 (図-1 (b)), ローター付断面 (図-1 (a)) の各断面の上面について非定常圧力測定を行った。なお、ローターはモーターで回転させ、回転速度は 0, 30, 50 rps とした。

図-5 に各種断面の風洞風速 5 m/s における変動圧力係数を示す。矩形断面、ローター付断面 (0 rps) では模型中央付近から変動圧力係数が大きくなり、前縁部から剥離した渦が発達してこのような圧力分布となったものと考えられる。この変動圧力が渦励振の発生要因となっていると言える。しかしこの風速域で渦励振が発生していない隅切断面およびローター付断面 (30, 50 rps) では後流側の変動圧力は小さくなり、したがって渦励振を発生させる力がほとんどなくなっている。また、ローター付断面 (0 rps) とローター付断面 (30, 50 rps) とを比較すると分かるように、ローターが回転することで渦励振が制振される。

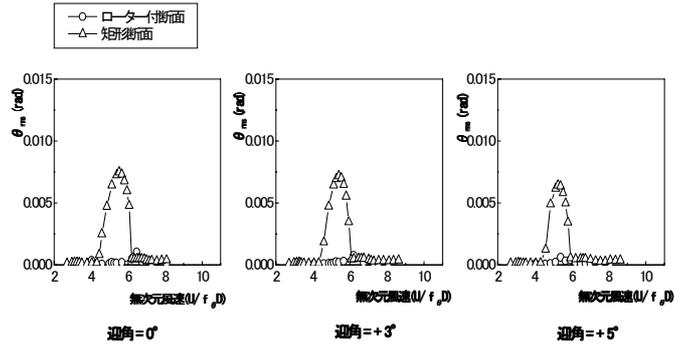
5. まとめ

- (1) ローターの回転速度を増加することにより、迎角 0° 時の渦励振も押さえることができる。
- (2) ローターによって、変動圧力が小さくなることにより渦励振が制振される。

参考文献 1) 久保, 安田他: 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



(a) たわみ



(b) ねじれ

図-3 ローター付角柱の応答特性

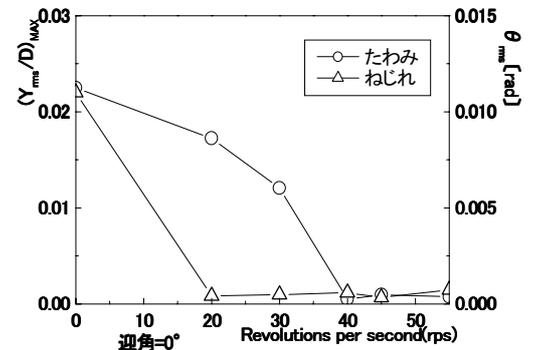


図-4 回転速度変化による応答特

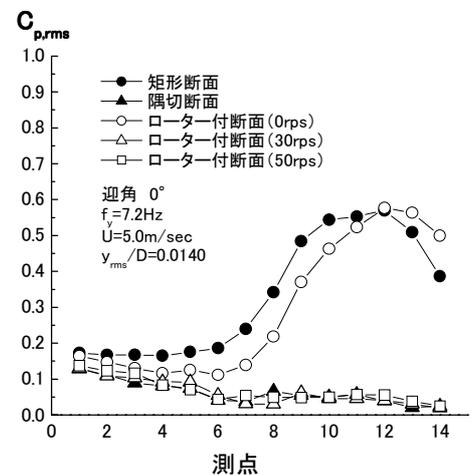


図-5 変動圧力係数