304 レーザ反射法によるマイクロ発電風車翼の変形計測

Measurement of blade deformation of a micro wind turbine by the laser reflection method

○小野里 学 (千葉大) 佐藤 理人 (千葉大) 正 佐藤 建吉 (千葉大)
Manabu ONOZATO, Graduate School of Chiba University, 1-33 Yayoi-cho, Inage-ku, Chiba

The application of wind power generations has been markedly increased in Japan. However, acoustic noise generated from turbine blades is a problem having high-speed-rotation-type micro wind turbines. In order to study the acoustic noise, the deformation of blades under rotation has been measured using the laser reflection method. Two types of blade of micro wind turbines, AIR 303 and AIR 403, were tested. The FFT analysis of the noise has been carried out. It has been clarified that the twist deformation of the blade is related to acoustic noise generation.

Key Words: Wind Turbine, Acoustic Noise, Deformation of Blade, Laser Technique, FFT

1. 緒言

近年マイクロ発電風車は技術の向上、環境意識の高まりなどの理由から需要が高まっている。しかし設置される場所が大型発電風車と違い、ビルの屋上や一般家屋といった人の生活圏内に存在することが多いため、強風時に発生する騒音が問題とされている。そこで本研究ではマイクロ風車の騒音の原因を明らかにし、低騒音の風車および翼とするため、騒音と密接に関係する回転中の翼の変形を、レーザ反射法により計測した。またそれと同時に騒音の周波数分析も行った。

2. 供試風車

本研究で使用したマイクロ発電風車は、国内での販売台数が多い AIR303 と AIR403(Southwest Windpower 社、水平軸アップウィンド型 3 枚翼)である。供試風車の仕様は Table1 に示す。

Table 1 Specification of AIR303 and AIR403.

	AIR303	AIR403
Blade diameter (m)	1.14	1.15
Blade mass (g)	184	195
Cut-in speed (m/s)	2.2	2.7
Rated power (W)	300	400
Peak power (W)	400	600
Attack angle of the tip (°)	0.1	2.8

3. 実験方法

3.1 レーザ反射法

翼の変形は、翼にひずみゲージを貼り、ひずみ値から求めることができるが、マイクロ発電風車は翼弦長が 0.6m と小型であるため、翼の表面のひずみゲージやそれに伴うリード線などは、翼の形状を変えてしまい、それによって新たな振動や騒音を誘起するのでマイクロ発電風車には適さない。

そこで本研究ではレーザ反射法で翼変形計測を行った。レーザ反射法の原理を Fig.1 に示す。回転している翼にレーザを回転面に対し垂直に照射し、方眼目盛の刻まれたスクリーン上に反射させる。この反射されたレーザスポットの x、y 方向変位 Δx 、 Δy からたわみ角 α とねじれ角 β の変化を計測するという方法である。式(1)、(2)よりたわみ角 α とねじれ角 β が算出できる。また 3 枚の翼のうち 1 枚だけにレーザを反射させる薄いプラスチックフィルムを貼り、1 枚の翼に限定して計測できるようにした。

3.2 翼の変形計測

実験装置を Fig.2 に示す。翼を一定に回転させるために屋内にてモータ(TOSHIBA 社製、IK-FCKK8, 2P-0.75kW)を使用し、回転させた。赤色レーザ照射装置は NEC 社製 GLG5260 (He-Ne Laser, Max10mW) を使用した。計測時間は 10 秒間で、測定した回転速度は 300rpm から 2400rpm まで 300rpm

A: Reflected position of before rotation Δx : Deviation of x-direction
B: Reflected position of after rotation Δy : Deviation of y-direction
L: Distance between blade and screen

Fig.1 The principle of the laser reflection method.

Fig.2 Experimental apparatus.

間隔で行ったが、AIR303 の翼はモータに負荷が大きいため 2100rpm までしか計測が行えなかった。翼の変形は先端から 15mm の位置にレーザを照射し、またその反射光のスポットをデジタルビデオカメラにより撮影して計測した。

3.3 騒音の周波数分析

騒音の評価や対策を行うために FFT アナライザを用いて周波数分析を行った。測定は風車前方距離 1m の位置にマイクロホンを設置して行った。

Fig.3 Analysis of Frequency.

Fig.4 Change of maximum and minimum angles with rotation speed.

Fig.5 Change of twist angle distributions with rotation speed.

4. 実験結果と考察

AIR303 翼と AIR403 翼の騒音計測結果をそれぞれ Fig.3 の (a), (b) に示す。回転速度が上がるとともに Air303 は 10^4 Hz 以下の周波数域の上昇が大きく、その騒音は離散的になっている。それに対し AIR403 翼は 10^4 Hz 以上の高周波数域が大きくなり広帯域騒音が発生するという傾向が得られた。音圧レベルは AIR303 では 2100rpm で約 120dB と大変大きな騒音が生じているが、Air403 の場合 2400rpm においても 100dB ほどである。このことから AIR403 は AIR303 に比べ騒音が低減されていると言える。

Fig.4 の (a), (b) に AIR303 と AIR403 の翼のたわみ角 α とねじれ角 β の変化を示した。AIR303 は AIR403 に比べ、たわみ角 α およびねじれ角 β の変化が大きいことがわかる。特にねじれ角 β の変化の違いは著しい。そこでねじれ角に注目し、Fig.5 の (a), (b) に実験で得られたねじれ角 β のデータをヒストグラムで表した。データの幅が大きくなるほど変形量は大いことになる。AIR303 は 1200rpm からねじれ変形が増大するのに対し、AIR403 は 2400rpm でようやく現れた。その他の特徴として、AIR303 はねじれ角がマイナス側にも生じていることが挙げられる。これは圧力面（進行方向からの風圧を受ける面）が入れ代わっていることを意味する。し

かし AIR403 はプラス側にしかねじれないので、圧力面はつねに同じということになる。AIR303 は圧力面が入れ代わることで翼が不安定になり、低速でもねじれ変形が生じやすいと考えられる。これより翼の迎角が大きく影響していることが示唆される。次に Fig.3 の (b) のグラフに注目すると 10^4 Hz 以下の周波数域では 2400rpm の周波数分布は 2100rpm に比べ大きくなるが、 10^4 Hz 以上の周波数域になるとそれが逆転する。Air403 において 2100rpm と 2400rpm の大きな違いは、ねじれ変形である。このことから 10^4 Hz 以下の周波数域の騒音は、ねじれ変形が大きく影響していると言える。

5. 結言

- (1) レーザ反射法は、2000rpm 以上の高速回転においても翼変形計測に有効である。
- (2) Air403 翼はねじれ変形を小さく抑さえ、騒音の発生を軽減させていることがわかった。
- (3) ねじれ変形は 10^4 Hz 以下の離散周波数騒音に大きく影響していることが考えられる。

6. 参考文献

- (1) 林秀千人, ほか 3 名: 機論, Voi.61-586,(1995)pp.2109-2114.
- (2) 深野徹, ほか 3 名: 機論, Vol.51-469(1985)pp.2828-2837.