

振動疲労による機械損傷の解明

赤木 康 則*, 松 尾 弘*, 竹 保 義 博, 兼 広 二 郎

Elucidation of Machine Damage caused by Vibration Tiredness

Yasunori AKAGI, Hiroshi MATSUO, Yoshihiro TAKEYASU and Jiro KANEHIRO

Vibrational analysis was not considered enough when driving on the vibration control trestle though vibrational analysis when driving with the machine unit was done in the design of a conventional rotating machine. In this research, vibrational analysis which used the F F T analyzer was done about an experiment machine which modeled the blower and an actual blower and the mechanism of the generation in critical speed was elucidated. In addition, the program which was able to forecast critical speed by the calculation considering an analytical result of the clarification from the experiment based on the method of analyzing an existing document was developed. As a result, the base of the best design method in the shafting of the blower was established.

従来の回転機械の設計では、機械単体で運転する場合の振動解析は行われていたが、防振架台の上で運転する場合は十分考慮されていなかった。本研究では、送風機をモデル化した実験機と実際の送風機について、F F Tアナライザーを用いた振動解析を行い、危険速度の発生メカニズムを解明した。さらに、既存の文献¹⁾の解析方法をもとにして、実験から明らかになった解析結果を考慮しながら、計算により危険速度を予測できるプログラムの開発を行った。この結果、送風機の軸系における最適な設計方法の基礎を確立した。

キーワード：軸振動，伝達マトリックス法，防振

1. 緒 言

建築設備の空調用送風機（以下、送風機）は、生活環境における快適性の要求から、防振架台上に施工される場合が多い。これは防振架台が無い場合、送風機を運転する際に、不釣り合いをもった羽根車が回転することによって発生する振動エネルギーが、基礎やダクトを通じて建築物を振動させるからである。そこで、送風機を防振架台上に施工した場合、振動伝達率を低減するメリットがある。しかし、その振動エネルギーは送風機自身を振動させてしまい、軸や軸受の寿命を短くし、破損や故障の原因となる場合がある。

今回検討した送風機は、原理上ターボ形流体機械（以下、ターボ機械）に分類される。ターボ機械は羽根車を回転させて、運動エネルギーを利用するものである。

ターボ機械のように回転する軸系を主な運動部分とする回転機械の軸の振動には曲げ振動（横振動）とねじり振動とがある。今回主に問題としているのは曲げ振動で

あり、曲げ振動のなかでは曲げ固有振動数（危険速度）と不釣り合い（偏重心）による強制振動時の定常応答が問題となる。

これらのメカニズムを解明するために、防振架台を含むモデル送風機による実験を行った。それを基に、固有値解析と定常応答解析ができるプログラムを開発し、評価したので報告する。

2. 実 験 方 法

図1にモデル送風機の組立図を、写真1に外観を示す。このモデル送風機は、曲げ固有振動数と強制振動時の定常応答を究明する上で、それらの振動メカニズムに影響を与える因子のうち、不釣り合い、軸受の弾性支持と直交異方性、ジャイロ作用、防振架台上部の剛性、防振素子のバネ定数などを変更できるようにした。軸受の弾性支持と直交異方性に関しては、ベアリングユニットを支持するステアの材質や断面積でバネ定数をコントロールした。また、防振架台上部の剛性は、使用する材料の材質や板厚で変えた。

今回はまず、曲げ固有振動数への影響をモデル送風機を用いて、次の項目に関して実験を行った。

平成7年度地域研究者養成事業

1996.6.6受理 機械金属部

* (株)テラルキョクトウ

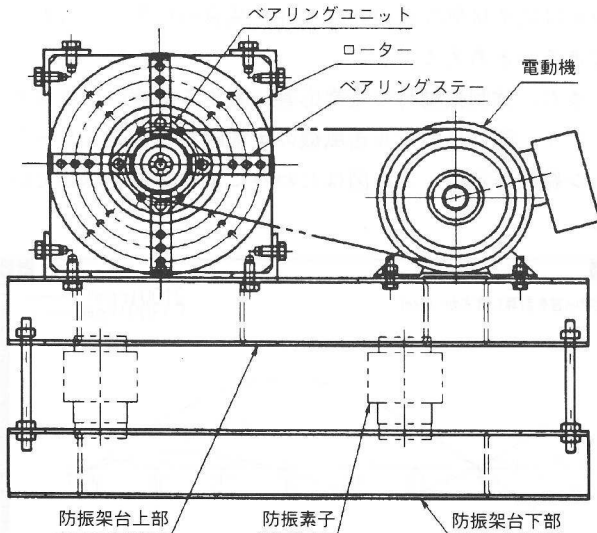


図1 モデル送風機の組立図

- ・不釣り合いの影響。
- ・ベルトテンションの影響。
- ・軸受の弾性支持の影響。
- ・防振架台の影響。

さらに、実際の送風機で次の項目に関して実験を行った。

- ・防振架台の影響。

曲げ固有振動数の測定は、モデル送風機を運転中に軸受の振動を測定する方法と、停止中にインパルスハンマーで加振しながら伝達関数を測定する方法で行った。

3. 振動解析プログラム

実験とは別に理論の立場から、曲げ固有振動数と強制振動時の定常応答がシミュレーションできるプログラムを作成した。

手法には伝達マトリックス法を使用した。通常、任意形状の回転する軸系の曲げ固有振動数と強制振動時の定常応答の計算は、有限要素法や伝達マトリックス法を用いている。その中で、筆者らは比較的プログラミングが簡単で、取扱いの容易な伝達マトリックス法を選択した。開発言語にはC言語を使用した。

基本式は、既存の文献¹⁾のものをを使用した。この基本式は回転する軸系の振動メカニズムに影響を与える因子について配慮がなされている。その因子とは、不釣り合い、軸受の弾性支持と直交異方性、外部減衰、すべり軸受、ジャイロ作用、軸の曲りなどである。

今回開発したプログラムでは、外部減衰以外の因子を持つ任意の軸形状について計算を可能とした。

図2に振動解析プログラムのフローを示す。プログラ

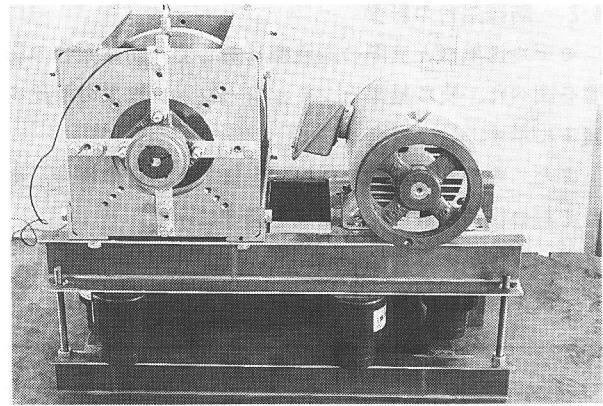


写真1 モデル送風機の外観

ムでは内部的に、たわみ、傾斜角、曲げモーメント、せん断力をもっているため、それらは簡単に参照することができるようにした。

このプログラムを用いて曲げ固有振動数と強制振動時の定常応答の計算を行った。

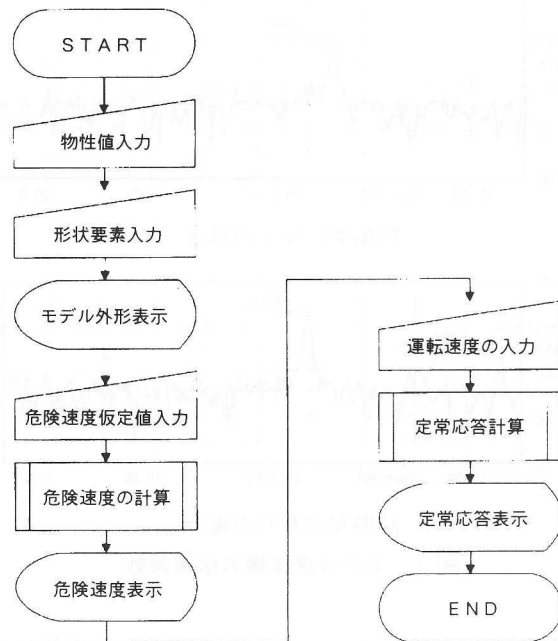


図2 プログラムのフロー

4. 結果および考察

4.1 不釣り合いとベルトテンションの影響

実験の結果、不釣り合いは曲げ固有振動数に対して影響を与えていないことが判った。これは文献²⁾などでも明らかにされており、その内容を確認する形となった。同じく、ベルトテンションも曲げ固有振動数に対して影響を与えていない。これも重力と同じように強制振動の外力として扱えるのではないと思われる。

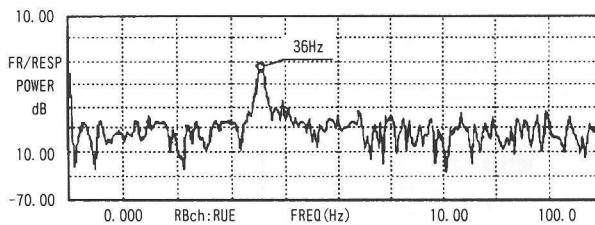
4.2 防振架台の影響

モデル送風機と実際の送風機に対して、防振架台の影響を調べた。実験結果とシミュレーション結果の対比を表1に示す。

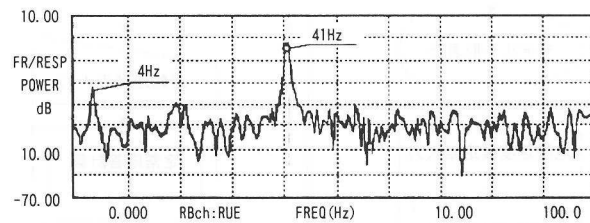
また、モデル送風機の防振架台無しと有りの場合、それぞれの伝達関数の測定結果を図3に示す。

表1 実験結果とシミュレーション結果の対比

	防振架台	曲げ固有振動数 (Hz)			
		実験結果		シミュレーション結果	
		1次	2次	1次	2次
モデル送風機	無	36	—	35	—
	有	4	41	4	40
実際の送風機	無	70	—	74	—
	有	3.5	77	3.5	80



防振架台なしの場合



防振架台有りの場合

図3 モデル送風機の伝達関数

表1から分かるように、モデル送風機では防振架台の有無に関わらず、実験結果とシミュレーション結果はほぼ一致する。

実際の送風機では、防振架台の有無に関わらず、実験結果とシミュレーション結果に多少のズレが発生してしまう。市販の有限要素法でも解析してみたが、一致しなかった。これはモデル化が行えていないことや、結合部

分の隙間や接触などの非線形性や減衰の影響によるものであろうと考えている。

また、強制振動時の定常応答に関する実験は行えなかったが、図4にモデル送風機の定常応答のシミュレーション結果を示す。この図はたわみによる変位を示している。

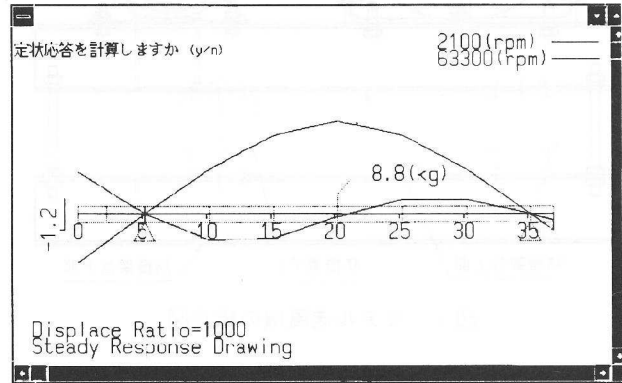


図4 定常応答のシミュレーション結果

5. 結 言

振動疲労による機械損傷の解明に関する研究を行い、次の結果を得た。

- (1) 防振架台の有無が送風機の軸系の固有値に与える影響を、FFTアナライザーを利用した実験モード解析により明らかにした。
- (2) 固有値解析と定常応答解析ができるコンピュータプログラムを作成し、製品の設計に利用できた。

謝 辞

本研究にあたり、貴重なご指導をいただいた広島大学工学部助教授岡本伸吾氏、(株)丸紅ハイテック・コーポレーション課長代理上田史夫氏に深謝いたします。

文 献

- 1) 谷口修ほか37名：振動工学ハンドブック，養賢堂，1981，p. 237-239.
- 2) R. Gasch, H. Pfutzner原著，三輪修三訳：回転体の力学，森北出版，1978，p. 9-24.