

# シャフト（棒）の制振処理の研究

遠 藤 紘・布 施 毅\*

## The study of Damping Treatments for a shaft (bar)

Hiroshi ENDO and Takeshi FUSE

(1997年11月28日受理)

This report was described concerning to damping treatments of a bar for shaft used to rotor. A shaft is occasion ally deformed bending so that rotational vibration is occurred. On the other hand, concerning to damping treatment of plate, so many studies have been performed, but there is not almost reported the damping treatment of a bar. So we have studied the damping treatment method of a bar without disturbance to rotaional motion of shaft. This method was performed to a bar addapted viscoelastic material and small size mass baron edge of a bar. The results show that high damping capacity is obtained by this damping treatment.

*Key Words* : Shaft, Bar, Damping, Loss Factor, Viscoelastic Material

### 1. はじめに

機械の回転軸は、回転体の荷重や材料の不均一性や工作上の多少の誤差などが原因となり、偏心し振動を生ずる。特に高速回転の場合、軸のふれ回りが大きくなり、騒音を高くしたり機械の運転状態が危険になることもある。これを避けるために回転軸の動的バランスをとることが必要となるが完全な動的バランスを得ることは困難である。特に、回転軸について周期的に変化する外力が多く、回転軸のつりあいだけでは、その振動を防ぐことはできない。

本来、回転軸は弾性体であり、回転軸に曲げを与えないようにするには、それを極度に太くしなければならない。しかしそれは重量増加などの問題も生ずる。

そこで本研究では、回転体の振動を低減するために、回転軸自身に制振性能を付与し回転軸の振動を低減する技術の開発を目的として行った。

その結果、回転軸の端部に粘弾性材料を介して回転軸と同径の付加マスを取り付けることにより、軸の曲げ振動に対して大きな制振効果が付与できることを見出した。

### 2. 研究方法

シャフト（丸棒）の曲げ振動の減衰性能を測定するために用いた測定装置の模式図を Fig. 1 に示す。このときの加振力 (F) と加速度 (A) とを FFT アナライザーに入力し伝達関数  $A/F$  を求め、その共振挙動から制振性能（損失係数）を算出した。

実験に用いたサンプルを Fig. 2 に示す。この場合単一丸棒を基準サンプルとし、ダンピング性能を付与する方法として、単一丸棒の端部に、長さの異なる

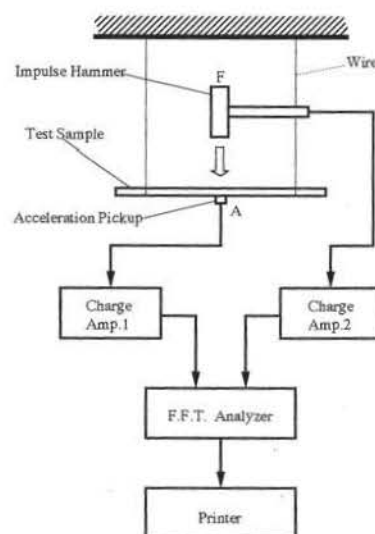


Fig. 1 Schematic diagram of experimental method

\* 秋田高専専攻科学生

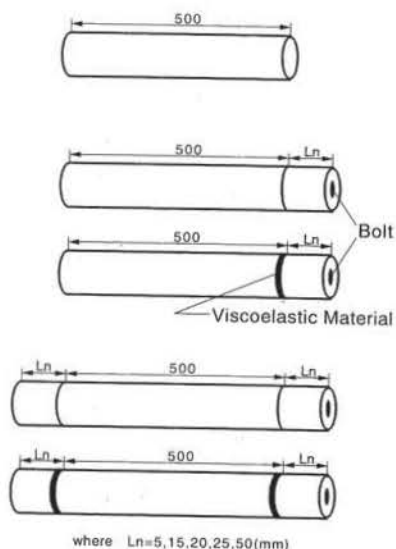


Fig. 2 Model of samples

る単一丸棒と同径の短い丸棒（付加マス）をねじで取り付けたものと付加マスを粘弾性材料を介して取り付けたものなどを用いた。

粘弾性物質である樹脂は、温度の上昇につれて弾性率が減少し、ガラス状態からゴム状態に変化する。この弾性率が変化する過渡特性が一般的に粘弾性領域といわれ、このときに力学的なエネルギー吸収性能が大きくなる。

単一丸棒と最も振動減衰性能の高い粘弾性材料を用いて付加マスを取り付けた場合の伝達関数の測定例を Fig. 3 に示した。図に見られるごとく共振曲線の形から端部に粘弾性材料と付加マスを取り付けることによって大きな振動減衰性能を付与できることがわかる。

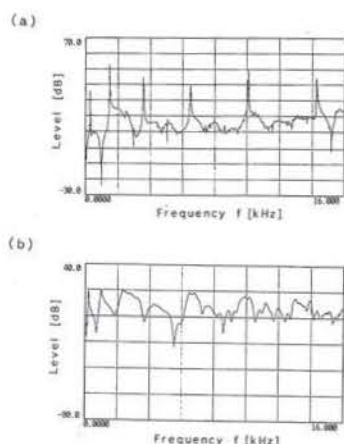


Fig. 3 Examples of transfer function

- (a) non damping  
(b) high damping

### 3. 実験結果および考察

#### 3-1 締め付けトルクの影響

各モードにおける損失係数と締め付けトルクの関係を Fig. 4 に示す。

締め付けトルクの違いにより、減衰効果は著しく変化する傾向が見られる。この原因は、締め付けトルクが増すことによりシャフト自身のバネ定数が増加し相対的に、減衰係数より大きくなることにより減衰効果が低下したのだと考えられる。また締め付けトルクが弱すぎる場合も同様に減衰係数が減少してしまい減衰効果が低下してのだと考えられる。

このことから、大きな減衰効果を得るためには強すぎず弱すぎずといったある程度のトルク (1.0 Nm ~ 1.5 Nm) をかけなければならない。

この際、締め付けトルクが弱くて強度が確保できない場合は、ネジの締め付けトルクを増すのではなく、シャフトの側面からピンでネジを補強したり、ネジ止め剤などを注入して強度を確保するのが望ましい。

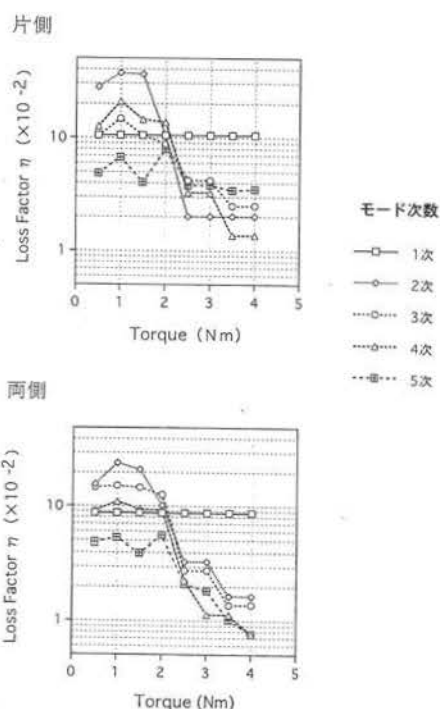


Fig. 4 Relationship between loss factor and torque

### 3-2 付加マスの質量による影響 (粘弾性材料を介さない場合)

シャフトの長さに対する共振周波数とモードとの関係を Fig. 5, 損失係数との関係を Fig. 6 に示す。

付加マスを粘弾性材料を介さずに取り付ける場合, 片側でも両側でも付加マスの質量を変化させても損失係数に変化を与えることは出来ず, シャフトの振動を低減させることは出来なかった。このことは, シャフトの端面と付加マスが密着することにより, その間に運動や変形の差が生じないためだと思われる。

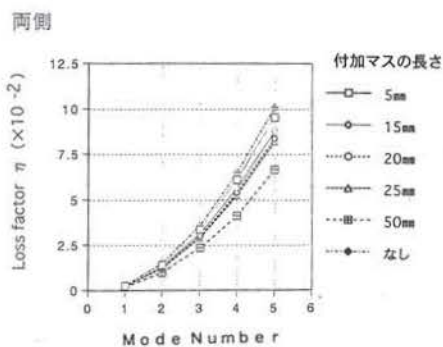
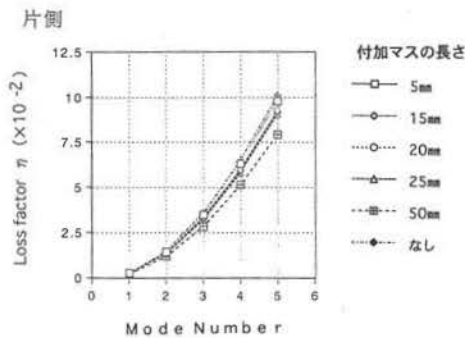


Fig. 5 Relationship between loss factor and mode

### 3-3 付加マスの質量による影響 (粘弾性材料を介した場合)

シャフトの長さに対する共振周波数とモードの関係を Fig. 7, 損失係数の関係を Fig. 8 に示す。

付加マスを粘弾性材料を介して取り付けると, 片側・両側どちらにおいても大きな減衰効果が得られた。また, 付加マスの質量の影響は大きく, 付加マスの質量が大きい程高い減衰効果が得られた。この効果は, 粘弾性材料を介すことによりシャフトの端面と付加マスに運動や変形の差が大きくなったこと

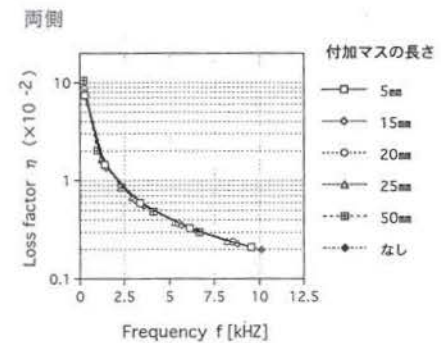
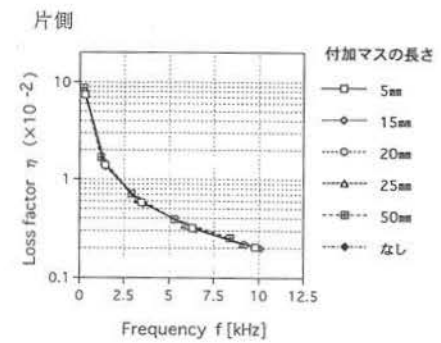


Fig. 6 Relationship between loss factor and frequency

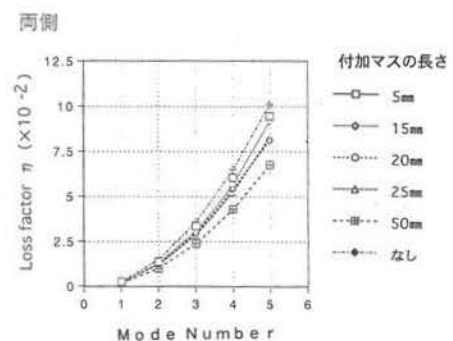
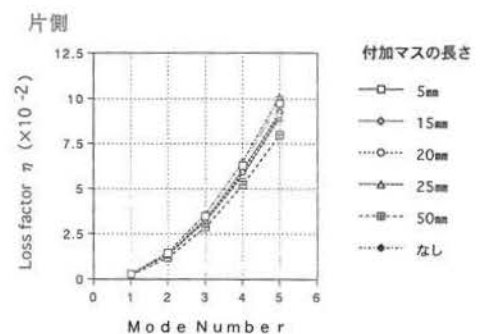


Fig. 7 Relationship between loss factor and mode



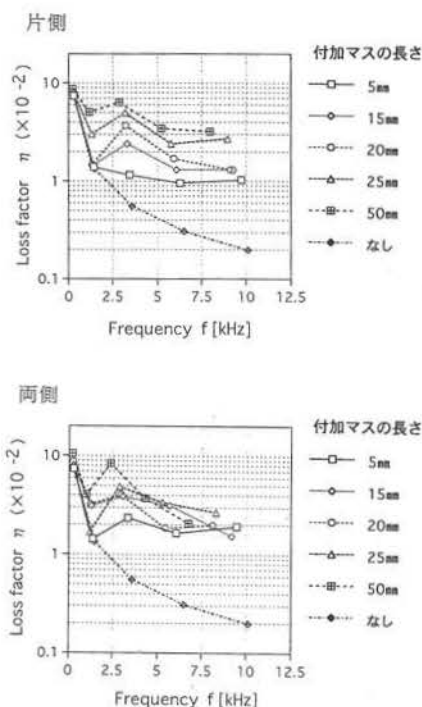


Fig. 8 Relationship between loss factor and frequency

と、粘弾性材料が変形して振動を吸収したことが考えられる。

さらに、片側・両側での減衰効果の差はほとんどないため、片側のみで十分であると思われる。しかし、両側につけた場合小さな付加マスであっても十分な減衰効果が得られたため、実用性を考えると少しでも付加マスの質量を軽くしたいため、用途に応じて片側・両側を使い分けるべきであると思われる。

#### 4. 結 論

1. 締め付けトルクによる影響は大きい。
2. 粘弾性材料を介さない場合
  - ①減衰効果は得られない。
  - ②付加マスの質量による影響はない。

#### 3. 粘弾性材料を介した場合

- ①大きな減衰効果が得られる。
- ②付加マスの質量が大きいほど減衰効果は大きい。
- ③片側・両側の差はほとんどないため片側のみで十分である。
- ④両側に付けた場合、小さな付加マスであっても十分な減衰効果が得られる。

#### 5. 参考文献

1. 田中良平 編集委員長  
“制振材料”（日本規格協会）  
‘1. 1. 2 振動と騒音をどう防ぐか’  
‘2. 1. 2 制振鋼板の構成と特徴’
2. 斉藤秀雄  
“機械力学”（朝倉書店）  
‘7. 1 剛体ロータのつりあい’
3. 岡 康  
“機械力学入門”（サイエンス社）  
‘第5章 回転機械の動力学’
4. 仁王彰夫  
“伝達関数を用いた制振鋼板用ア樹脂の粘弾性率の評価”  
（卒業論文：東北大学大学院工学研究科精密工学専攻）
5. 時田保生 森村正直  
“防振制御ハンドブック”（フジ・テクノサービス）  
‘第3編. 防振計画 第1章. 防振計画の基礎事項’
6. 蛇川法仁 工藤明人  
“シャフトに制振効果を付与する技術の開発”  
（平成7年度卒業論文：秋田工業高等専門学校機械工学科）