

Study of Vibration Dumping for Shaft

学 中河 利夫(秋田高専)堀川 雄一郎(秋田高専)正 木澤 悟(秋田高専)正 遠藤 紘(秋田高専)

Toshio Nakagawa, Akita National College of Technology,1-1, Bunkyo-cho,Iijima, Akita Yuichiro Horikawa, Akita National College of Technology,1-1, Bunkyo-cho,Iijima, Akita Satoru Kizawa, Akita National College of Technology,1-1, Bunkyo-cho,Iijima, Akita Hiroshi Endo, Akita National College of Technology,1-1, Bunkyo-cho,Iijima, Akita

Key Words: Shaft, Finite Element Analysis, Damping, Viscoelastic Material

1.はじめに

回転軸は弾性振動体であり,回転体の荷重や材料の不均 ーさにより軸にたわみが生じ,軸のふれまわりが非常に大 きくなる場合がある.回転軸自体を太くして回転時のたわ みを低減する方法も考えられるが,重量増加を強いられ現 実的ではない.鋼板などでは振動減衰機能を付加するため に粘弾性材料を積層化したサンドイッチ構造が開発されて いる.

本研究は.回転軸の振動低減のために何らかの形で回転 軸自体に減衰機能を付加するための技術の開発を目的とし ている.そこで,軸の回転運動に支障のない軸端部に粘弾 性材料を介して付加マスを取り付け,減衰機能を付帯させ ることを試み,その結果,実験において軸の曲げ振動に対 して大きな減衰効果を得ることができた.また,有限要素 解析により減衰機能付き回転軸のモデル化ができ,その有 効性について報告する.

2.実験装置および実験方法

実験に用いたサンプルを Fig.1 に示す.シャフトは単一 丸棒(S45C)であり,これに減衰機能を付加するために両端 部に粘弾性材料(ブチルゴム系粘弾性物質)を介して付加 マス(S45C)をボルトで取り付ける.付加マスを取り付ける 場合,ネジの締め付けトルクおよび付加マスの質量が減衰 性能に影響を与えることは既に報告されている[1,2].実験 装置を Fig.2 に示す.実験サンプルは中央部をインピーダ ンスヘッドを介して加振器で加振する中央支持-中央加振 法を用いた.この方法では両端自由支持条件となることが



Fig.1 実験サンプル

知られている. Fig.3 にシャフトのみの周波数応答, Fig.4 に減衰機能付きのシャフトの周波数応答を示す.図より, 特に3次モード以上の減衰効果が得られていることがわか る.この効果は,シャフトの端面と付加マスの間の不連続 界面において,運動や変形の差により粘弾性材料が変形し, 振動エネルギを吸収することに起因していると考えられる.



3.モデル化

•••

本研究では実験の効率化を図るために,減衰機能付きシャフトを有限要素解析することによりモデル化することを 検討した.サンプルに対して Fig.5 のように 20 要素に分割 し,節点変位と節点まわりのたわみ角のみを考慮し,分割 にあたっては部位により分割数を可変でき,要素ごとに材 料特性を組み込み可能なモデル化が可能である.そこで, Uを変位ベクトルとすれば有限要素解析された運動方程式 は次式で表現される.

$$M U + DU + KU = Wu \tag{1}$$

ただし,式(1)の粘性項は Rayleight 減衰を仮定している. 式(1)を状態方程式に変換すると次式となる.

$$\begin{cases} \dot{x} = Ax + Bu \\ y = Cx \end{cases}$$
(2)

ただし,

$$A = \begin{bmatrix} 0 & I \\ -M^{-1}K & -M^{-1}D \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} 0 \\ W \end{bmatrix}, x = \begin{bmatrix} U \\ \vdots \\ U \end{bmatrix}$$

ところで,本実験では加速度を検出するため,式(2)の出力 方程式は次式のように定義される.

$$y = CAx + CBu \tag{3}$$

Fig.5 において、要素番号4および17が粘弾性材料であり, モデル化においてはこの部分の粘性係数を調整することに より実験値と調整することになる.なお,プログラム[3] においては Math Work 社の MATLABを用い,実験デー タを数値化することで解析モデルと比較することになる. そこで,周波数応答を描いたものが Fig.6 である.実線が 実験値,波線がモデル化したものである.図より,反共振 部分を除けば提案したモデルが実験値に充分近似できてい ることがわかり,モデルの妥当性が検証できた.



Fig.3 周波数応答 (Shaft)



Fig.4 周波数応答(減衰機能付き Shaft)

4.おわりに

シャフトの曲げ振動に対しできるだけ重量の増加を抑え てより効果的に制振性能を高めるためにシャフトの端部に 粘弾性材料を介して付加マスを取り付けることによるダン ピング処理法を検討した.その結果,付加マスの質量およ び締め付けトルクが減衰効果に影響を与えることが確認で きた.また,有限要素解析により制振機能付きシャフトが モデル化でき実験値との比較において充分その有効性が確 かめられた.



Fig.5 サンプルの要素分割



Fig.6 周波数応答の比較

参考文献

- (1) 遠藤,木澤,布施,日本機械学会講演論文集, D&D,No.98-8(1), 1998, 115.
- (2) 遠藤,木澤,布施,日本機械学会講演論文集, No.981-2,1998,606.
- (3) 梁田,秋田高専卒業研究論文,1998