

防振・制振によって得られる振動放射音低減量の分析

Analysis of the Reduction of Vibration-Radiated-Noise Obtained by Vibration Isolation and Damping Treatment

大石久己*・大野進一*
Hisami OHISHI and Shinichi OHNO

1. はじめに

機械は一般に振動と騒音を共に発生する。このような機械を遮音箱に格納すると、遮音箱は加振力と音圧によって振動し騒音を放射する。著者らは、この振動放射音中の加振力に起因する固体伝播音と音圧に起因する空気伝播音という二つの因子の寄与率を実験的に推定する方法を提案した^{1)~3)}。

ところで、機械を遮音箱に格納した上でさらに一層の騒音低減が必要な場合には、機械の支持方法を改善したり、遮音箱に制振処理を施したりすることが考えられる。このような対策を施した場合、それによって固体伝播音と空気伝播音がそれぞれどれだけ低減されたかという因子分析ができると、騒音低減対策の効果の分析的な評価ができる。

そこで、著者らの方法の応用として、支持条件を改善した場合と遮音箱を制振処理した場合について低減量の因子分析を試みた。

2. 固体伝播音の音圧の推定法

本方法の理論について簡単に述べる。固体伝播音の音圧の推定式は次式で与えられる^{1),3)}。

$$\{P\}_s = [H_{pd}] \{A\}_o \quad (1)$$

ここで行列 $[H_{pd}]$ は、遮音箱への機械の取付点の加速度と固体伝播音の音圧の間の関係を表す周波数応答関数である。この周波数応答関数は、機械が停止した状態で機械の取付点または機械自体を直接加振する実験によって測定できる。また、行列 $\{A\}_o$ は、機械が運転されている状態での機械の取付点の加速度である。この加速度は機械の取付点に加速度計を取り付けることにより測定できる。したがって機械を遮音箱に格納した状態で測定できる値を用い、式(1)に基づいて固体伝播音の音圧を推定することができる。

*東京大学生産技術研究所 第2部

空気伝播音は、固体伝播音の音圧の推定値を全騒音の測定値から差し引くことにより求められる。

3. 支持方法を改善した場合の騒音低減量の因子分析

3.1 実験装置

機械の支持方法の改善によって機械から遮音箱に作用する加振力を低減することができれば、その結果として遮音箱からの振動放射音を低減できる。そこで支持方法を改善した場合について、騒音低減量を因子分析する実験を行った。もっとも、支持方法を変更した場合、遮音箱の外で測定される騒音の変化量は、一般に、遮音箱に作用する加振力の変化による固体伝播音の変化そのものと考えてよいので、支持方法の変更による騒音の変化量を因子分析することは、実用上は意味が乏しいが、ここでは、著者らの方法の分析精度を検討する観点から実験を行った。

実験装置の構成を図1に示す。振動と騒音の両方を発生する機械の代わりに加振機とスピーカを使用し、機械の振動と騒音が独立に発生できるようにした。これにより本実験装置では固体伝播音と空気伝播音を独立に発生させ、独立に測定することが可能である。支持方法としては、加振機を遮音箱に直接取付けた剛結合と、防振ゴムを介して取付けた防振支持とした。防振ゴムは、防振

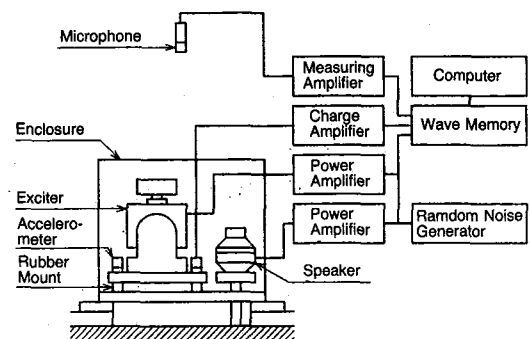


図1 実験装置

研究速報
 パッドを縦×横×厚さが35×35×10mmに切り取ったものと17×17×10mmに切り取ったものを使用した。以後前者を防振支持Ⅰ、後者を防振支持Ⅱと呼ぶ。防振支持Ⅰより防振支持Ⅱの方が剛性が小さい。また加振機とスピーカの電力増幅器への入力信号は同一のランダム信号とし、入力信号の電圧を V_i で表す。加振機とスピーカの増幅器の増幅率は固体伝播音と空気伝播音の実効値が同程度となるようにした。

防振支持Ⅰの場合と防振支持しない場合の固体伝播音の音圧の測定値を図2に示す。また防振支持Ⅱの場合と防振支持しない場合の固体伝播音の音圧の測定値を図3に示す。図2より防振支持Ⅰの場合は主に125Hz近傍の帯域で騒音が低減され、図3より防振支持Ⅱの場合はさらに90Hz近傍の帯域でも低減されていることがわかる。また空気伝播音の音圧の測定値を図4に示す。図4に示した防振支持した場合としない場合の空気伝播音の音圧レベルの差は小さく、防振支持Ⅰは空気伝播音に対

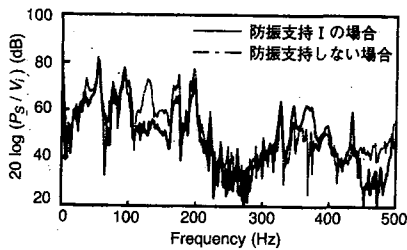


図2 防振支持Ⅰの場合と防振支持しない場合の固体伝播音の音圧の測定値

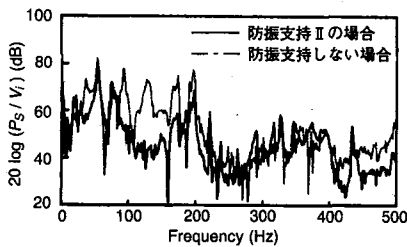


図3 防振支持Ⅱの場合と防振支持しない場合の固体伝播音の音圧の測定値

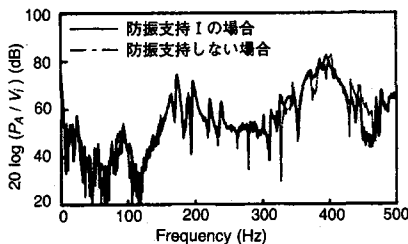


図4 防振支持Ⅰの場合と防振支持しない場合の空気伝播音の音圧の測定値

して低減効果が小さいことがわかる。また防振支持Ⅱにおいても同様の分析結果である。さらに図2、図3および図4を比較することにより、低周波側では固体伝播音の音圧が大きく、高周波側では空気伝播音の音圧が大き

3.2 低減量の因子分析

固体伝播音に対する防振支持の低減効果は、防振支持しない場合の固体伝播音の音圧 P_{S1} と防振支持した場合の音圧 P_{S2} の音圧レベルの差で評価できる。図5に、防振支持Ⅰの場合について、加振機とスピーカを同時に作動させた状態において本方法で推定した音圧レベルの差を実線で示す。また加振機だけを作動させた状態において測定した固体伝播音の音圧レベルの差を一点鎖線で示す。レベル差が正であることは騒音が低減されたことを表している。なお、図5は中心周波数500Hzまでの帯域を示しており、最後の値はオーバークールのレベル差である。推定値と測定値の両方とも中心周波数125Hz近傍の帯域において防振支持による騒音低減効果があることを示している。また測定値と推定値とは良く一致しており、固体伝播音に対する支持方法の変更の効果が著者らの方法を用いて分析できていることを示している。

また、同様に防振支持Ⅱの場合の固体伝播音の音圧レ

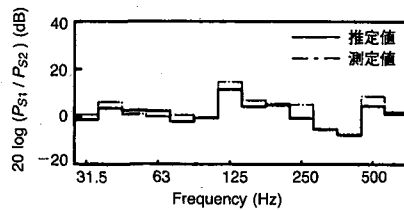


図5 固体伝播音に対する防振支持Ⅰの低減効果

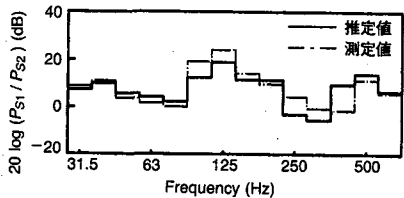


図6 固体伝播音に対する防振支持Ⅱの低減効果

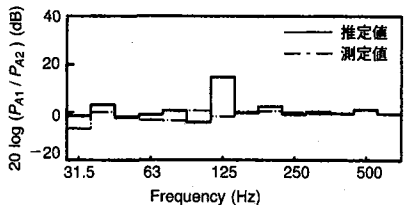


図7 空気伝播音に対する防振支持Ⅰの低減効果

ベルの差を図6に示す。図6より防振支持Ⅱの場合は防振支持Ⅰより低周波側にも低減効果があることがわかる。また推定値は測定値とほぼ一致している。

図7は、空気伝播音に対する防振支持Ⅰの低減効果の分析結果を示す。推定値と測定値は中心周波数160Hz以上の帯域では良く一致しているが、中心周波数125Hz以下の帯域では誤差が大きくなっている。これは、125Hz以下の帯域においては、固体伝播音が支配的であるので、空気伝播音の音圧の推定値が固体伝播音の推定誤差に大きく影響されるためである。したがって分析結果を評価する時は注意する必要がある。

空気伝播音に対する防振支持Ⅱの低減効果に対しても、同様の分析結果を得た。

4. 制振処理した場合の騒音低減量の因子分析

4.1 実験装置

騒音低減対策として遮音箱を制振処理する方法も考えられる。制振処理として制振材を貼付した場合には、固体伝播音の低減に加えて、透過損失の増加による空気伝播音の低減も期待できる。そこで、遮音箱に制振材を貼付した場合について、本方法により、固体伝播音と空気伝播音のそれぞれの低減量の分析を行った。実験装置と測定装置の構成および実験方法は、防振支持の場合と同じである。制振処理としては図1の遮音箱の上面と側面に縁をそれぞれ25mm残して厚さ3mmのゴム系の制振材を貼付した。

図8に固体伝播音の音圧の測定値を示す。また図9に空気伝播音の音圧の測定値を示す。図8と図9に示した測定値より、制振材を貼付することは固体伝播音と空気伝播音の両方に低減効果があることがわかる。

4.2 低減量の因子分析

図10は、防振支持の場合と同様に、固体伝播音に対する制振材の効果の推定値と測定値を示す。この図10に示した推定値と測定値は、低減効果のある周波数帯域とそこでの低減量の両方とも良く一致している。

図11は、空気伝播音に対する同様の分析結果を示す。推定値は、中心周波数160Hz以上の帯域では測定値と良く一致しており、制振処理が空気伝播音に対して低減効果があることがわかる。しかし、中心周波数125Hz以下の帯域では誤差が大きくなっている。これは防振支持の場合と同じ理由であると考えられる。

5. おわりに

著者らの提案した固体伝播音の音圧を推定する実験的方法の応用として、機械を防振支持した場合と遮音箱を

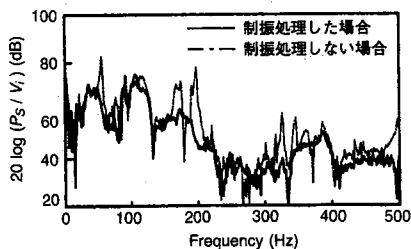


図8 遮音箱を制振処理した場合としない場合の固体伝播音の音圧の測定値

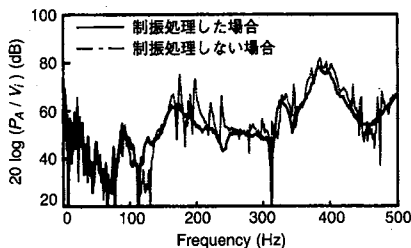


図9 遮音箱を制振処理した場合としない場合の空気伝播音の音圧の測定値

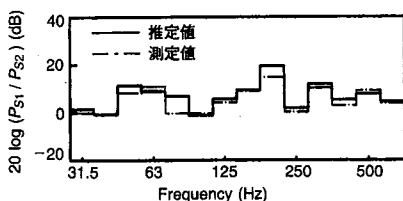


図10 固体伝播音に対する制振処理の低減効果

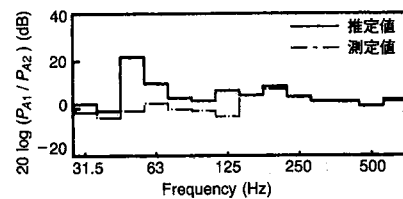


図11 空気伝播音に対する制振処理の低減効果

制振処理した場合について、これらの騒音低減対策が固体伝播音と空気伝播音のそれぞれに対してどの程度の低減効果があるかを分析し、本方法がこの分析に有効であることを示した。

参 考 文 献

- 1) 大石・大野, 機論, 55-518, C (1989), 2534.
- 2) 57-537, C (1991), 1506.
- 3) 58-549, C (1992), 1411.