

研究速報

ところで、伝達関数 $[H_a]_E$ と $[H_p]_E$ とは、機械から遮音箱に作用する力を基準とした伝達関数であるので、これを測定するためには、機械を取り外す必要がある。したがって、機械を取り外すことができないと、固体伝播音の推定のための式(5)を使用することができない。そのため本研究では、図2に示すように機械の取付点1～nをそれぞれ衝撃加振したときの取付点の加速度と空間の音圧との測定値から式(5)の $[H_p]_E[H_a]_E^{-1}$ に代わるものを求めることにする。

いま、衝撃力と加速度、衝撃力と音圧、および衝撃力と機械と遮音箱との間に作用する力との間の伝達関数をそれぞれ $[H_a]$ 、 $[H_p]$ 、および $[H_f]$ とする。これらの伝達関数は、 $(n \times n)$ のマトリックスとなる。衝撃加振したとき、機械と遮音箱との間に作用する力と衝撃力とが遮音箱に作用すると考えるならば、これらの伝達関数の関係は、式(3)および式(4)の第一項と同様に伝達関数 $[H_a]_E$ 、 $[H_p]_E$ を用いて表され、

$$[H_a] = [H_a]_E ([H_f] + [I]) \quad (6)$$

$$[H_p] = [H_p]_E ([H_f] + [I]) \quad (7)$$

となる。ただし、 $[I]$ は単位行列である。

式(6)および式(7)から $([H_f] + [I])$ を消去することにより、

$$[H_p]_E [H_a]_E^{-1} = [H_p] [H_a]^{-1} \quad (8)$$

を得る。式(8)を式(5)に代入すれば、

$$\{P\}_S = [H_p] [H_a]^{-1} \{A\}_O \quad (9)$$

となり、固体伝播音の推定式を得る。

式(9)は、衝撃加振で伝達関数 $[H_a]$ と $[H_p]$ とをあらかじめ測定しておけば、機械が運転状態にあるときの取付点の加速度 $\{A\}_O$ の測定値から、そのときの固体伝播音 $\{P\}_S$ を推定できることを示している。

3. 実験

3.1 実験装置

図3に示す実験装置を用いて実験を行った。今回の実

験では、振動と騒音を共に発生する機械の代わりに加振機とスピーカとを使用し、振動と騒音を別個に発生できるようにした。加振機は明石製作所の動電形加振機MSE-409で、スピーカはUNI-PEXのドライバーユニットP-50である。遮音箱は、縦・横・高さが450×400×400で、側面は、厚さ20のベニヤ板で作り、上面は、縦・横が400×300で厚さが0.8の鋼板を鋼棒に周辺固定で支持したものを載せて閉じてある。内部のスピーカから騒音を発生させ、遮音箱の周辺から放射する騒音の状況をあらかじめ音響インテンシティ法を用いて測定したところ、騒音は主として上面の鋼板を透過していることが確認された。

3.2 加速度と音圧の測定

上記の実験装置を用いて、以下の三つの状態について、取付点の加速度と空間の音圧とをそれぞれ測定した。

- (a) 加振機だけを運転
- (b) スピーカだけを運転
- (c) 加振機とスピーカとを同時に運転

以後は、これらの加振機とスピーカの運転状態を、状態(a)、(b)、(c)と呼ぶことにする。

ここで、加振機とスピーカのパワーアンプに入力する信号として、両者とも同じFFTアナライザのランダム信号を使用した。このことにより、状態(a)、(b)、(c)の測定値を同じ信号を基準として比較することができる。また、加振機とスピーカのそれぞれのパワーアンプの増幅率は、状態(a)と状態(b)とで空間の音圧の実効値が等しくなるように調節した。

測定値の単位は、力を1[N]、加速度を1[m/s²]、音圧を 2.0×10^{-5} [Pa]および電圧を1[V]を基準としたデシベルとした。

3.3 伝達関数の測定

加振機と鋼板の取付点を外部から鋼板に垂直にインパクトハンマで衝撃加振し、この衝撃力と取付点の加速度との間の伝達関数と、衝撃力と空間の音圧との間の伝達関数とを測定した。また、状態(a)での測定において、

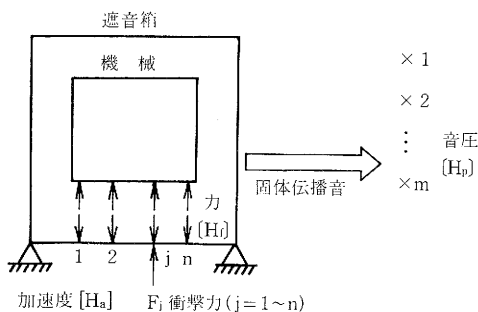


図2 機械と遮音箱との取付点を衝撃加振した場合

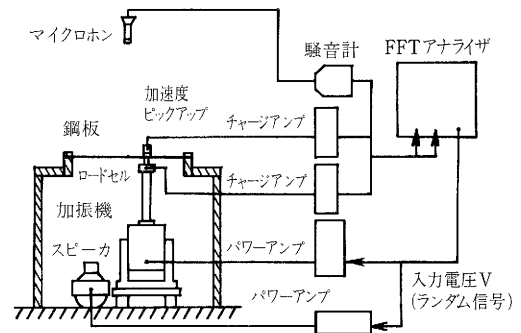


図3 実験装置

加振機と鋼板との間の力も測定し、この力と取付点の加速度との間の伝達関数と、力と空間の音圧との間の伝達関数とを測定した。

4. 検 討

4.1 重ね合わせの成立

図 4 (a), (b) は、それぞれ音圧と加速度とについて、状態 (a) と状態 (b) との測定値を重ね合わせた結果と、状態 (c) の測定値である。実線が重ね合わせた結果、一点鎖線が状態 (c) の測定値である。図 4 より、加振機による振動とスピーカによる音圧とは、互いに独立に遮音箱に作用し、その結果の重ね合わせができると認める。

4.2 スピーカの音圧による取付点の加速度の検討

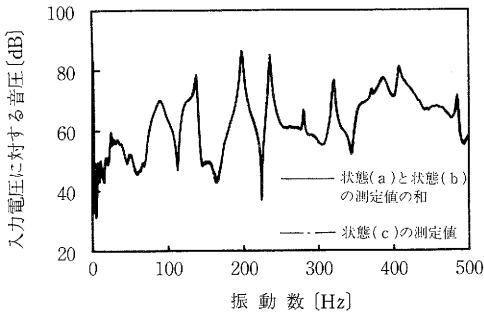
図 5 は、音圧と加速度との間の伝達関数を状態 (a) と状態 (b) とで比較したものである。実線が状態 (a) で、一点鎖線が状態 (b) である。これら二つの伝達関数を比較することにより、図中の矢印の振動数以外では、状態 (b) での値が、状態 (a) での値に対して常に小さいことがわかる。ゆえに、取付点の加速度において、スピーカの音圧による成分は、加振機の振動による成分より小さ

く無視できると考える。

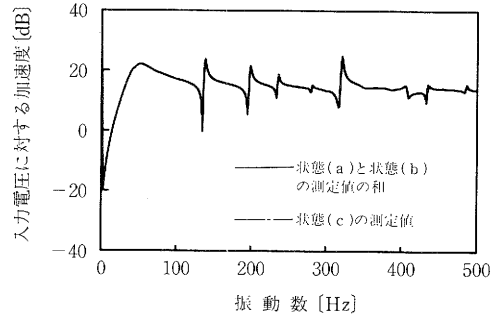
図 6 は、状態 (a) での加振機の加振力と加速度との間の伝達関数の測定値と、図 5 と同じ振動数を矢印で示したものである。図 6 より、矢印の振動数では、取付点が節となっており、機械の振動による加速度の成分が小さく、スピーカの音圧による成分を無視できなくなると考えられる。したがって、本方法では、これらの振動数において固体伝播音の成分を分離することができない。

4.3 衝撃加振による伝達関数の測定

図 7 は、衝撃加振をした場合と加振機で加振をした場合とについて、式 (8) に従って加速度と音圧との間の伝達関数をそれぞれの測定値を用いて計算した結果を比較したものである。実線が、式 (8) の右辺であって衝撃加振をした場合の値であり、一点鎖線が、式 (8) の左辺であって加振機で加振をした場合の値である。図 7 の結果より、式 (8) の示す関係が成り立つと認められる。したがって、固体伝播音の推定に必要な加速度と音圧との間の伝達関数は、機械を遮音箱の中に格納したまま、取付点に衝撃加振を行うことによって求めることができると考える。ただし、本方法では、衝撃加振を行って伝達関



(a) 空間の音圧について



(b) 取付点の加速度について

図 4 重ね合わせの成立

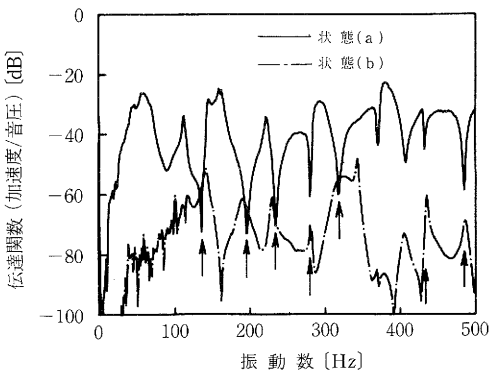


図 5 空間の音圧と取付点の加速度との間の伝達関数

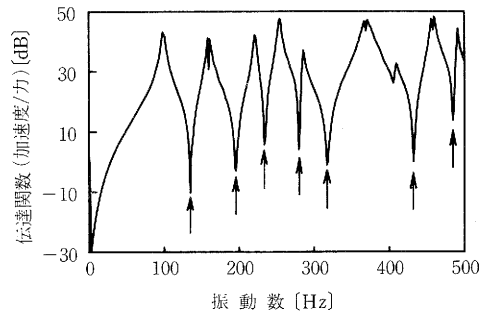


図 6 加振機から鋼板に作用する力と取付点の加速度との間の伝達関数

研究速報

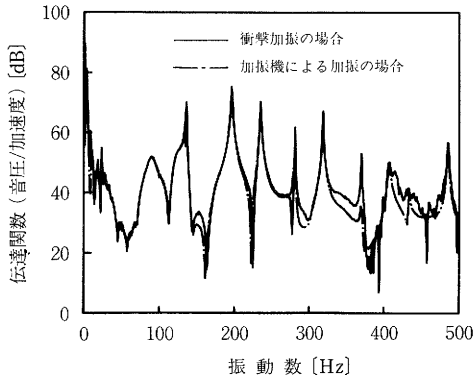


図7 取付点の加速度と空間の音圧との間の伝達関数

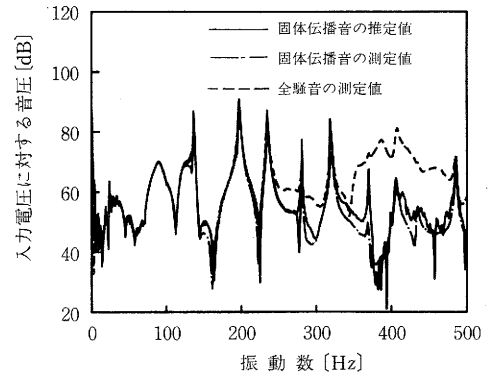


図8 固体伝播音の推定値と測定値および全騒音

数 $[H_p]$ と $[H_a]$ とを測定したが、取付点に加える力を測定できるならば、他の方法を用いても同じ結果を得ることができると思われる。

4.4 固体伝播音の推定値

図8は、式(9)を用いて求めた固体伝播音の推定値と固体伝播音の測定値(状態(a)での空間の音圧)および固体伝播音と空気伝播音を含む全騒音の測定値(状態(c)での空間の音圧)とを比較した図である。実線が固体伝播音の推定値、一点鎖線が固体伝播音の測定値および波線が全騒音の測定値である。図8の結果より、本研究で提案した方法を用いて固体伝播音を推定できると考える。

5. おわりに

本研究では、以下の結果を得た。

1. 固体伝播音と空気伝播音が互いに線形独立で重ね合わせることができ、機械の騒音による取付点の加速度の成分が小さく無視できる場合に、機械が運転状態にあるときの取付点の加速度を用いて固体伝播音を推定する実験的方法を求めた。
2. 固体伝播音の推定に必要な機械の振動による加速度と音圧との間の伝達関数は、機械を遮音箱に格納したまま、取付点に衝撃加振を行うことによって求めることができる。

(1988年11月25日受理)