

平板を用いた振動インテンシティの計測精度の検討

Examination of the Accuracy of the Measurement of the Structural Intensity Using a Flat Plate

大石 久己*・鈴木 常夫*・大野 進一*

Hisami OHISHI, Tsuneo SUZUKI and Shimichi OHNO

1. はじめに

振動インテンシティの計測に当たって、何らかの方法で計測装置の精度を確認する必要があると思われる。ここでは、著者らの計測装置について、制振材を一部に貼付した鋼の平板を振動系として使用し、振動系への流入振動パワーと振動インテンシティから求まる平板内の振動パワーの比較によって計測精度の検討を行ったので、その結果を報告する。流入振動パワーはインピーダンスヘッドによって計測し、振動インテンシティは2点法によって計測している。また同時に、平板の振動モードの計測を行い、振動インテンシティと振動モードの関係についても考察している。

2. 平板における振動インテンシティの計測

2.1 実験装置および計測方法

2.1.1 実験装置

振動インテンシティ計測の実験装置を図1に示す。縦×横×厚さが1829×918×3.2mmの鋼の平板を下端で固定支持し、自立させた。平板の縦中心線上の上端から360mmの位置を加振機で加振し、平板に振動パワーを供給した。振動エネルギーを消費させるために固定端から約470mmの高さまで厚さ3mmのゴム系の制振材を平板の両面に貼付した。加振機はインピーダンスヘッドを介して平板を加振し、インピーダンスヘッドと平板の結合には拘束をなるべく少なくするため直径24mmの磁石を使用した。

2.1.2 振動インテンシティ計測用加速度計

振動インテンシティ計測用加速度計は、縦×横×厚さが18×18×6mmのジュラルミン製の治具の4隅に各1個の加速度ピックアップを固定し、治具中央の裏側に直径10mmの磁石を取付けた装置である。この4個の加速度ピックアップは、それぞれ対角位置にある2個で1対を構成する。したがって、この装置により直交2方向の振

動インテンシティを同時に計測することができる。この装置の質量は36gで、1対の加速度ピックアップの間隔は12.7mmである。

2.1.3 計測装置の構成

図1に計測装置のブロック図を示す。No.3のFFT分析器に内蔵の発振器を信号源として、加振機で平板を加振する。No.1のFFT分析器は、インピーダンスヘッドの力と加速度のクロススペクトルから平板への入力振動パワーを計測する。No.3のFFT分析器は、2組の加速度ピックアップ対の間のクロススペクトルから直交2方向の振動インテンシティを計測する。No.2のFFT分析器は、インピーダンスヘッドの力と4つの加速度の内どれか一つとの間のアクセラランスを計測する。3台のFFT分析器は、コンピュータで制御し、30回の平均化処理を行い、計測が終わったところで、各分析器から必要なデータをコンピュータに読み込み、処理する。以上で平板上の1点での計測が終わる。加振機への入力信号は、振動数範囲0~1KHzのランダム信号とした。また加速度ピックアップ、チャージアンプおよびFFT分析器のチャンネルは、各系統の感度と位相の総合的な特性差が極力小さくなるように組み合わせた。

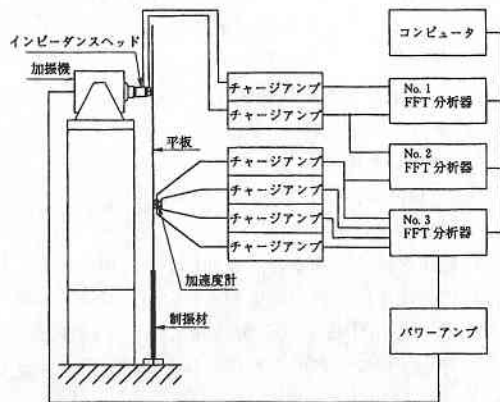


図1 実験装置

*東京大学生産技術研究所 第2部

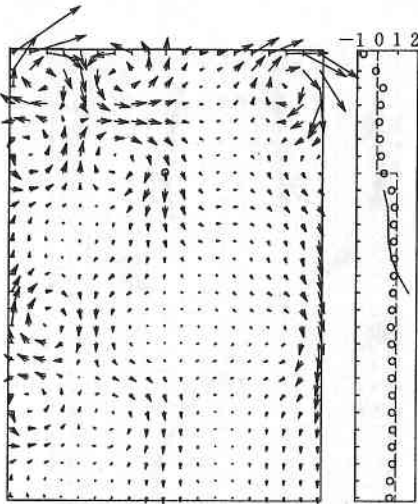


図2 振動強度分布と振動パワー比

2.1.4 計測方法

最初に、平板に入力される振動パワーを計測し、この振動パワーが大きくなる周波数を求めた。次にその周波数を中心とするある狭い帯域における振動強度を分析した。振動強度の計測点は、加振点を中心として縦横50mm 間隔に引いた平行線の格子点(513点)とした。また加振力が一定に保たれるようにインピーダンスヘッドによって監視し、振動強度計測用加速度計を順次移動して振動強度を計測した。

2.2 振動強度の計算式

曲げ振動の方程式の解は二つの進行波と二つの減衰波からなる。計測点が加振点などから離れていて減衰波の影響が無視できる場合には、2点の加速度のクロスベクトルを $G_{AA}(f)$ 、加速度ピックアップ間の距離を Δr 、平板の曲げ剛性を B 、平板の単位面積当たりの質量を m 、振動数を f とおくと、単位周波数当たりの振動強度は次式で与えられる¹⁾。

$$I = \frac{4\sqrt{Bm}}{(2\pi f)^2 \Delta r} \text{Im} \{G_{AA}(f)\} \quad (1)$$

2.3 計測結果

図2に平板上の振動強度の計測結果を示す。上が自由端側で、○印が加振点である。図2の下端より下の部分は制振材が貼付してあり、振動強度の計測はできない。計測帯域の中心周波数は137.5Hzで、帯域の幅は17.5Hzである。図中の矢印は振動強度の相対的な大きさと方向を示している。

2.4 計測精度の検討

平板上のある境界線を通過する振動パワーは、境界線

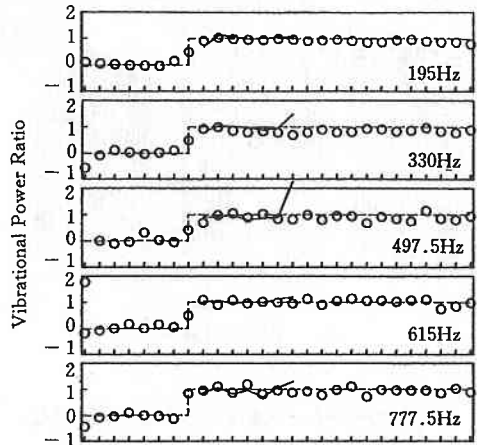


図3 振動パワー比

上での振動強度の法線方向成分の積分により求めることができる。そこで振動強度の計測精度は、平板に加えた振動パワーと、その振動パワーの全部が必ず通過する境界線での振動強度の計測値の積分から求めた振動パワーとの比を調べることで確認できる。

この実験装置においては、加振点から平板に入力された振動パワーは、最終的に固定端側の制振材で消費されると考えられる。したがって、平板を水平に横切る境界線の場合には、加振点より自由端側ではパワー比が0となり、加振点より固定端側ではパワー比が1となるはずである。また加振点を囲む正方形の境界線の場合には、加振点から平板に入力された振動パワーは、すべて正方形のどこかの辺を通過するので、同様にパワー比は1となるはずである。

図2の右図はパワー比を示す。横軸がパワー比で、縦軸が計測位置である。○印は平板を水平に横切る線を境界線とした場合で、実線は加振点を囲む正方形の線を境界線とした場合である。実線は加振位置を基準として示した。また図3は、計測帯域の中心周波数が195Hz、330Hz、497.5Hz、615Hz、777.5Hzの場合のパワー比である。

図2と図3に示した値は、加振点および自由端の近傍を除いて上記の理論的に予想される値に一致しており、本実験における振動強度の計測結果が信頼できることを示している。他の振動数帯域においても同様の結果を得た。ただし、振動強度の計測値は格子点ごとの離散値であるので、本研究では連続する4点の計測値を用いて3次の関数で中間位置の振動強度を補間し、その関数を積分して振動パワーを求めた。

研究速報

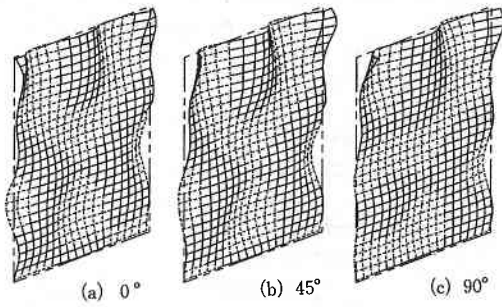


図4 平板の振動モード

3. 振動モードと振動インテンシティの関係

2.1節で述べたように、振動インテンシティの計測と同時にアクセラランスを計測した。このアクセラランスの計測値から加振力を基準とした各点の加速度の状態を知ることができる。図4(a)は、各計測点のアクセラランスの実部に基づいて作図したものである。これは加振力の位相が 0° である瞬間の平板の振動モードと考えることができる。振動数は 137.5Hz である。さらにアクセラランスの位相を 45° および 90° 進めたときの振動モードを図4(b), (c)に示す。図4より振動モードの変化を知ることができる。図5は、同様に位相を 0° から 15° 間隔に変化させた場合の節線を、実線、一点鎖線、二点鎖線、破線の順で示したものである。図中の矢印は振動インテンシティの計測結果である。図5より、節線の交点に振動インテンシティの渦が存在し、節線の移動方向と振動インテンシティの流れの方向とが一致していることがわかる。

4. おわりに

著者らの振動インテンシティの計測装置の精度を確認

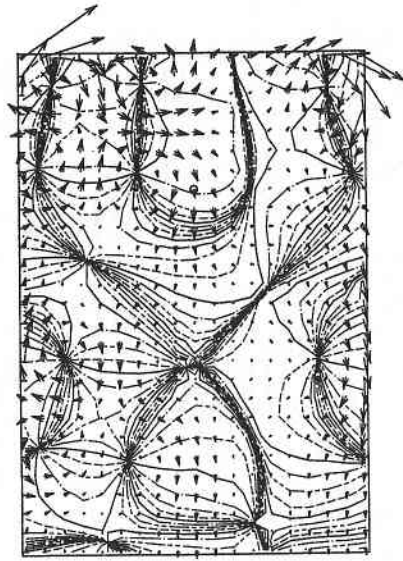


図5 平板の節線の動きと振動インテンシティ分布

するため、制振材を一部に貼付した平板についてインピーダンスヘッドによる流入振動パワーの計測と2点法による振動インテンシティの計測を行い、両者の計測結果を比較し、振動インテンシティの計測結果が信頼できることを確認した。また、同時に振動モードの計測を行い、振動モードの変化から振動インテンシティの流れの方向と渦の存在を知ることができることがわかった。

(1993年9月22日受理)

参考文献

- 1) Pavić G., J. Sound Vib., 49-2 (1976), 221.
- 2) 大石久石, 大野進一, 鈴木常夫: 機構論 (山梨) (1992), 19.