三層積層アルミ板における振動減衰特性

Vibration Damping Properties of Three Layered Aluminum which has Viscoelastic Material

正 遠藤 紘 (秋田高専)

○ 打川 淳 (秋田高専専攻科)

Hiroshi ENDO, Akita National College of Technology, 1-1, Iijima Bunkyocho, Akita-shi, Akita

Jun UCHIKAWA, Akita National College of Technology Advanced Engineering Faculty

Key Words : Vibration Damping, Constrained Type, Loss Factor, Vibration Mode
Three Layered Beam of Aluminum

1. 緒言

近年、自動車、鉄道車両、産業機械から家電、情報通信機器などにいたるまで、多くの機械で高速化、軽量化が重要視されてきている。

それらに伴って機械の振動、騒音を抑制することは、環境問題としてだけでなく機器の機能向上や信頼性を高めるために避けて通れない問題である。

振動や騒音を低減する方法は既に多くの方法が提案され、実用的にも用いられている。しかし、これらの方法の多くは重量の著しい増加や機能を損ねるなど実用的に解決すべき多くの問題がある。

振動、騒音を抑制する方法として、構造部材に振動減衰性能(制振性能)を付与させることは既によく用いられている。それらの中で2枚の鋼板の間に粘弾性物質を挟んだ3層積層鋼板は大きな振動減衰特性(損失係数)が得られることは良く知られており、制振鋼板として実用的に用いられている。しかし、3層積層鋼板の損失係数は、材料の構成条件、各層の材料特性値温度、周波数、さらに振動モードや波長によって大きく変化するとされている。

一方、アルミは密度が小さく軽量化の観点からは適する材料であるが、ヤング率が低く曲げ剛性低いため振動しやすいと考えられている。

そこで、本研究ではアルミ板を用いた3層積層板の振動減衰特性について研究し、鋼板の場合とその効果を比較検討し、アルミ板に対する最適な制振処理条件やその有効性および最適な使用条件を明らかにすることを目的とした。

2. 研究方法

損失係数の測定は、Fig. 1 に示すように試験片の中央部をインピーダンスヘッドに固定し、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。このときの加振力 F と加速度 A からFFTによって伝達関数 A/F の周波数応答を求め、さらにそのリアルパートから損失係数 η を求めた。

実験に用いた三層積層アルミ板は、アルミの板厚をそれぞれ厚さ6mmと0.5mm、3mmと3mm、6mmと3mmの基板と拘束板を用い、中間層の粘弾性材料は厚さ1mmで一定にしてはさみ三層積層アルミ板とした。この粘弾性材料は常温での制振効果の大きいものを使用して実験し、損失係数の周波数依存性およびモード次数依存性を明らかにするため、試験片長さを150mmから400mmまで変化させ、また温度依存性を見るために試験片を恒温層に入れ、温度を-20℃から80℃まで変化させて損失係数 η を測定した。

Fig. 1

3. 実験結果

3-1 温度依存性

Fig. 2, 3 は基板厚さ6mmに拘束板0.5mmを貼り付けたアルミ板と鋼板の試験片長さ200mmと500mmについて測定した損失係数と温度の関係を示したものである。これらの図においては、モード次数ごとの損失係数の温度依存性を示し、周波数の影響はここでは無視している。これらの図から明らかのように、損失係数はある温度でピークとなる温度によって大きく変化する特性を有している。アルミ板と鋼板を比較すると鋼板の各次モードのピーク温度がアルミに比べ低く、ピークの値は短い試験片では1次モードが2、3次モードより高くなりモード次数によって大きく異なっているのに対し、長い方の試験片ではあまり変わらない。つまり試験片が長くなるほど2、3次モードの損失係数のピーク値が高くなるという挙動を示している。アルミ板の場合は試験片の長さに関わらず、3次モードは30℃で損失係数がピークとなるのに対して、1次モードでは40℃から50℃でピークとなり、次数モードが高いほどピーク温度が低い傾向を示す。その他の長さの試験片についてもこれらと同様な挙動を示した。しかし、このような挙動は周波数の影響を受けているわけであり、直ちにモード次数の影響や試験片長さの影響とは言及できないところである。

3-2 モード依存性

Fig. 4, 5 はモード次数の影響を明らかにするために温度ごとにモード次数をパラメーターとして損失係数と周波数の関係を示した図である。減衰効果が現れない-20℃から0℃の低温部では、損失係数に対する次数モードの影響は見られない。それに対し10℃になると次数モードの影響が現れ、1次モードと2、3次モードとは同一周波数上に対して異なる損失係数を持ち、2、3次モードの方が大きい値となっている。損失係数がピークとなる40℃から50℃では1次モードの損失係数が大きくなり、1、2、3次モードが一つの曲線状になり、再びモード依存性が認められなくなる。

ピーク値を超えた 60℃では 1 次モードと 2、3 次モードの損失係数は周波数に対して異なった値を示し、10℃付近とは逆に 1 次モードの損失係数のレベルが 2、3 次モードより大きくなり再びモード依存性が見られる。80℃では 60℃と同様の傾向を示すが 1 次モードと 2、3 次モードとの損失係数の差が小さくなっていく。さらに温度が上がると低温部と同様に損失係数のモード依存性は見られなくなる。アルミ板のモード依存性の挙動としては鋼板と同様の傾向となっていた。異なる点はアルミ板の方がピーク温度が多少高く、損失係数の値も多少大きくなった。

3-3 材料の構成条件の影響

Fig. 6, 7 は材料の構成条件を変えた、1 次モードと 3 次モードの損失係数と温度の関係を示している。どのモードでもアルミ板 3-3mm の損失係数が一番大きく、次にアルミ板 6-3mm となり、次にアルミ板 6-0.5mm、鋼板 5.7-0.4mm となっている。アルミ板 6-0.5mm と鋼板 5.7-0.4mm では多少アルミの方が大きい、ほぼ同じ挙動となっている。どの厚さでも高次モードになるにつれて損失係数が小さくなっている。試験片が長くなると、どの厚さにおいても 1 次モードではピーク値はほとんど変わらないがピーク温度が高くなっている。3 次モードでは試験片が長くなるとピーク温度は変わらないが、ピーク値は高くなっている。三層積層アルミ板では、基板と拘束板が等厚の場合に最も振動減衰性能の効果が大きいことを示す。これは基板と拘束板の曲げ変形が粘弾性材料層にせん断変形を生じさせているためであり、基板と拘束板との曲げ剛性が大きく異なる場合では、基板と拘束板の厚さの比が小さいほど振動減衰性能の効果が大きくなる傾向が見られる。

3-4 試験片長さ（波長）の影響

Fig. 8 はアルミ板と鋼板の試験片の長さでピーク値の関係を示している。アルミ板は鋼板に比べ損失係数のピークの値が多少大きく、試験片が短くても長くても各モードによって損失係数のピーク値はそれほど大きな変化はなく、波長による各モードのピーク値への影響は見られない。鋼板の場合、1 次モードは長さが変わっても損失係数のピーク値はあまり変わらないが 2、3 次モードは長さに比例して損失係数のピーク値も大きくなる。最終的にはどのモードもある値に収束する傾向となる。よって損失係数のピーク値は 1 次モードでは長さにあまり依存しないが、2、3 次モードは長さに大きく依存する。

4. 結言

本実験の結果から、アルミ板に粘弾性材料を介して拘束として基板の 1/10 程度の拘束板を取り付けた三層積層板も、鋼板の三層積層板と同様に大きな損失係数が得られる事が明らかになった。また、その損失係数は温度、周波数、モードの影響を受けるが、温度については極めて敏感であるのに対して周波数依存性は小さい。損失係数はモード次数の影響を大きく受け、同一周波数、同一温度でもモードによって異なった損失係数となる場合があり、特に 1 次モードと高次モードでは異なった挙動を示す。また、三層積層アルミ板は鋼板に比べ材料に生じる波長の影響は小さく、材料の構成条件において基板と拘束板の厚さの比

が小さいほど振動減衰性能の効果が大きくなる。アルミの三層積層板は機械構造部材の重量の増加を抑えて効果的に制振処理が行える事が明らかになった。

Fig.2

Fig.4

Fig.6

Fig.8

Fig.3

Fig.5

Fig.7