

制振鋼板の振動減衰特性の評価方法

Evaluation Method of Vibration-damping Property in Damping Steel Sheets

○ 高橋 洋平 (秋田高専) 柳原 正宙 (秋田高専)
正 木澤 悟 (秋田高専) 正 遠藤 紘 (協同油脂 (株))

Takahashi YOHEI, Akita National College of Technology

Yanagihara MASAHIRO, Akita National College of Technology

Satoru KIZAWA, Akita National College of Technology

Endo HIROSHI, KYODO YUSHI CO., LTD

Key Words: : Vibration Damping Properties, Three Layered Plate, Loss Factor

1. 緒 言

一般に拘束型の三層積層制振鋼板の方が、非拘束型の二層積層制鋼板よりも制振性能が優れていると言われていた。しかしながら、JIS(G0602)に定める制振鋼板の振動減衰特性試験方法は、はり状試験片に対してであり、プレス成形された鋼板や二層積層鋼板、三層積層鋼板に対して統一的に標準化された制振性能の評価方法は存在しないのが現状である。三層積層板の応用例としては自動車のオイルパン等が挙げられるが、二層型の制振鋼板も制振を目的に成形の容易さ、貼り合わせる利便性から自動車の凹凸のあるダッシュボード周りに応用されている。そこで、本研究では、一般に制振鋼板の制振性能の比較は損失係数(Loss Factor)が用いられているが、成形された二層積層制振鋼板そして三層積層制振鋼板の制振評価を統一的に扱うために、制振鋼板を簡単な1自由度系にモデル化することにより、等価剛性及び等価減衰という概念を導入し、形状の如何に関わらない制振性能の新しい評価方法の基準を検討した。

2. 実験方法

振動解析装置はB&Kの3560型マルチアナライザーシステムPULSEを用い、加振器にはEMICの512Aを用いた。周波数特性や損失係数の測定には、Fig.1の実験装置概略図に示すように、加振器に固定した振動架台の中央部(入力側)と試験片の中央部(出力側)に取り付けた加速度ピックアップセンサから求めた。また、試験片の固定方法はFig.2に示すように加振架台に通しボルトナットで固定した。

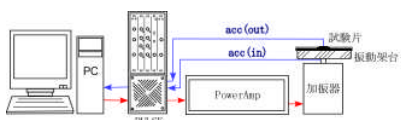


Fig.1 実験装置概略図

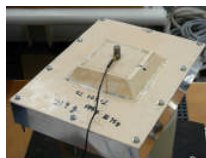


Fig.2 試験片の固定方法

3. 積層型制振材の仕様

実験に用いた三層積層板は拘束板の材質として通常の冷延鋼板で、コア材にブチルゴム(樹脂)を挟み込んだものである。表皮材種は溶融亜鉛メッキ鋼板(GI)と電気

亜鉛メッキ鋼板(EG)を用意した。しかしながら、表面処理の違いによる制振性能への影響はほとんどなく、表面処理の違いによる評価は行わなかった。二層積層板は通常の冷延鋼板の基板にダンピングシートの樹脂を、アルダイト接着剤で貼り付けたものである。試験片の形状は、成形されてないことを想定した平板、成形品を想定した場合の角筒プレス成形板の2種類を用意した。いずれも周辺サイズは200[mm]×150[mm]である。また、この2種類の形状に対し、三層積層制振鋼板、二層積層制振鋼板の2種類を用意し、試験片の種類についてはTable 1とTable2に示す。

Table 1 各試験片のサイズ

	基板厚:t	表面処理	質量:M	樹脂厚
三層積層 平板	0.4[mm]×2	GI	0.200[kg]	60[μm]
	0.6[mm]×2	EG	0.283[kg]	66[μm]
	0.8[mm]×2	GI	0.378[kg]	57[μm]
	0.8[mm]×2	EG	0.376[kg]	76[μm]
三層積層 成形板	0.4[mm]×2	GI	0.207[kg]	60[μm]
	0.6[mm]×2	EG	0.288[kg]	60[μm]
	0.8[mm]×2	GI	0.381[kg]	57[μm]
	0.8[mm]×2	EG	0.378[kg]	76[μm]
二層積層 平板	0.4[mm]	GI	0.208[kg]	2[mm]
	0.6[mm]	EG	0.251[kg]	2[mm]
	0.8[mm]	GI	0.299[kg]	2[mm]
	1.2[mm]	EG	0.371[kg]	2[mm]
二層積層 成形板	1.6[mm]	EG	0.459[kg]	2[mm]
	0.4[mm]	GI	0.219[kg]	2[mm]
	0.6[mm]	EG	0.252[kg]	2[mm]
	0.8[mm]	GI	0.307[kg]	2[mm]
	1.2[mm]	GI	0.411[kg]	2[mm]
	1.6[mm]	GI	0.505[kg]	2[mm]

Table 2 試験片の種類

	二層積層板	三層積層板
平板		
角筒 プレス 成形		

4. 試験片の低次モデル化と制振性能の評価方法

損失係数 η は周波数応答において、共振周波数のピーク値 ω_n から -3dB 下がった 2 点の周波数 ω_1 と ω_2 を読み、その差を共振周波数 ω_n で割ることで得られる半値幅法によって求められる。また、試験片は本来、複数のモードを有する弾性体であるが、簡単化のため、質量、バネ、ダンパから構成される集中質量系と見なし 1 自由度系のモデルを仮定した。これにより、加速度の入力から出力までの 2 次の伝達関数

$$G(s) = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}$$

が得られる。ここで $\omega_n = \sqrt{\frac{K}{M}}$, $\zeta = \frac{D}{2\sqrt{MK}}$ である。

試験片を集中質量系と見なした場合の剛性は、測定から共振周波数 ω_n と質量 M が既知なので、剛性 K が求められ、これを等価剛性 K と定義する。また、減衰比 ζ は、FFT より周波数応答が得られるので、MATLAB 上でモデルと実験値の 1 次の共振ピークを調整することで、減衰比 ζ が求められる。これを等価減衰比 ζ と定義する。また、損失係数 η の算出は波形の粗さに左右される場合があり、定義した等価減衰比 ζ の方が算出し易い。等価剛性 K と等価減衰比 ζ の意義は、対象構造物が二層、三層、形状の異なるプレス成形など比較する対象が異なっても、集中質量モデルに一元化することで制振性能の比較の標準化を図るものである。尚、Fig.3 にはモデル化の妥当性を示すために周波数特性の一例を示す。

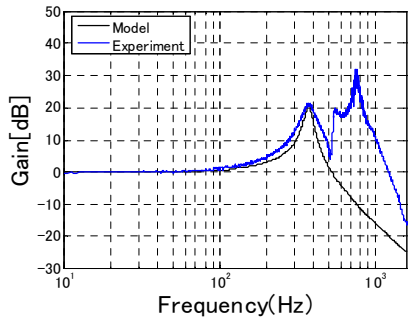


Fig.3 三層積層プレス成形板(t=0.4 両面0.8[mm])

5. 実験結果

5.1 基板厚と制振性能との関係

二層積層板と三層積層板は基板厚が異なるため、制振性能の単純比較は難しい。ここでは、三層積層板は2枚一組を基板厚として制振性能を比較する。Fig.4 は基板厚と1次の共振ゲインとの関係である。図より、形状に関わらず三層積層板のゲインが低く減衰が高いことがわかる。Fig.5 は基板厚と損失係数の関係で、三層積層板の減衰特性が高いことがわかる。Fig.6 はモデル化により求められた等価減衰比 ζ で損失係数 η と同様な傾向を示し、また Fig.4 のゲイン特性と相関もあり減衰特性の評

価指標として十分有効性があると考えられる。Fig.7 は前節で定義した等価剛性との関係で、二層積層板は同一の板厚に対し剛性が高い傾向にある事がわかる。また、二層積層板は板厚が薄い方がゲイン特性、減衰特性の効果があると考えられる。

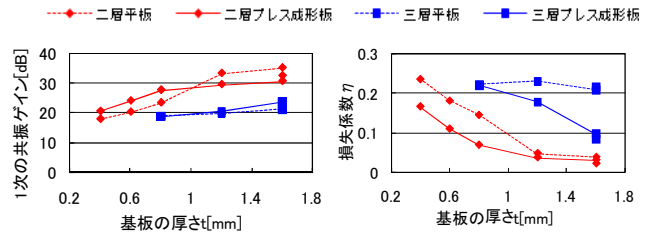


Fig.4 基板厚と1次の共振ゲイン

Fig.5 基板厚と損失係数

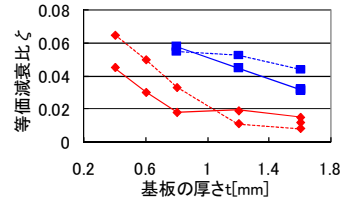


Fig.6 基板厚と等価減衰比

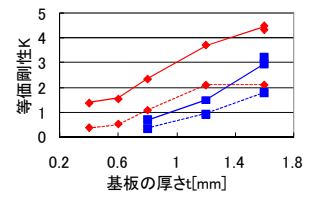


Fig.7 基板厚と等価剛性

5.2 質量と制振性能との関係

次に質量を基準とした制振性能の比較を行った。二層積層板の質量とは基板とダンピングシート材との総和である。ここでも Fig.9, Fig.10 から損失係数 η と等価減衰比 ζ は同等な傾向を示しており、特に等価減衰比は共振ゲインとの相関性を示していることがわかる。また、図は質量あたりの減衰効果や剛性効果を示しているが、性能値が同一では無いことから形状の効果が大きく、さらに軽量化を考えながら比較検討が出来る。これより、三層積層板は同一の基板厚ならば軽量で減衰特性が高いが、剛性の面で若干弱いことがわかる。

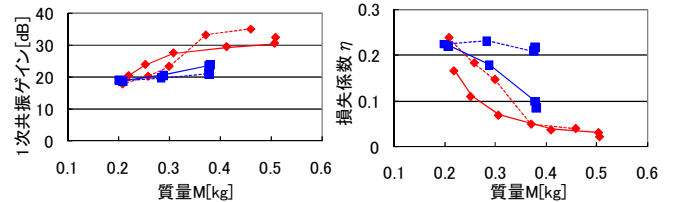


Fig.8 質量と1次の共振ゲイン

Fig.9 質量と損失係数

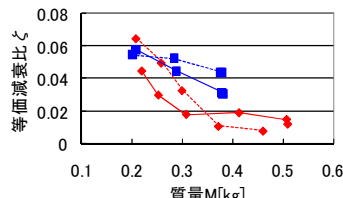


Fig.10 質量と等価減衰比

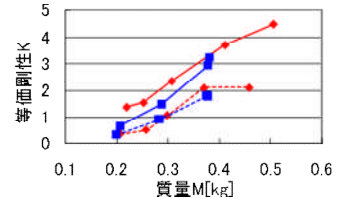


Fig.11 質量と等価剛性

6. 結言

本研究で提案した等価剛性 K 、等価減衰比 ζ という性能指標は、構造物がもつ減衰特性と剛性特性を比較しながら検討できる新しい評価方法であり、形状や制振鋼板の製作法が異なっても十分制振性能の比較に有効であることが確かめられた。