制振鋼板の減衰特性測定のための JIS 規格化について*

岩 壺 卓 三^{*1}

Standardization of Methods for Testing Vibration-Damping Property
in Laminated Damping Steel Sheets

Takuzo IWATSUBO

Key Words: Damping material, Damping coefficient, Measurement of damping

1. ま え が き

近年、制振材料が多く使用され、電気製品、事務機器、自動車等の低振動、低騒音化に多くの成果を上げている。しかし、その減衰特性を測定する方法は画一化されておらず、減衰係数を表す損失係数を求めるためには、現在計測を必要とする現場では試験片の加振方法や固定方法としていろいろな方法を用いて行われている。このような理由および測定の困難さから、測定値には大きなばらつきがあり、制振鋼板の性能評価に大きな問題を生じている。また、損失係数の誤差が大きすぎると機械設計の段階で CAE 技術を用いて機器の振動および騒音を予測しようとする場合に、誤差が大きくなり、実用性に乏しくなる。このような理由で、制振鋼板の正しい減衰性能の評価が必要であり、規格化の要求が高まっている。

一方、アメリカでは、制振鋼板の減衰性能の評価の方法がアメリカ材料試験学会 (ASTM) で決められ、それぞれで実用化されている。我が国でも、昭和 61 年度より (財) 大阪科学技術センター附属ニューマテリアルセンターが通商産業省工業技術院から委託を受けて実施している金属系新素材の試験・評価方法の標準化の推進に関する調査研究の中の一つとして制振材料が取上げられた。その中で制振鋼板の振動減衰特性の試験方法を JIS 規格化しようという動きが平成元年から起こり、そのための調査研究が行われ、規格の原案が作成された。

本解説は JIS 規格原案ができるにあたって種々の

実験が行われ、検討されたのでその経過および測定誤差の問題について諸外国の内容もまじえて解説する。

2. 減衰特性測定装置

減衰特性の測定方法は試験片の加振方法と支持方法によって表 1 に示す方法が考えられる。それらを図示するとそれぞれ図 1～6 となる。JIS 規格原案ではこれらの方法のいずれを使用してもよいようになっている。

3. 測定方法の検討

試料は鋼板の片面または両面に減衰材料を塗布または鋼板の間に減衰材料を挟んでいるものとしているの

表 1 試験方法と試験片の保持方式

加振方法 保持方式	定常加振法	打撃加振法
片端固定	加振：電磁加振器 保持：バイスに固定 損失係数算出法：半値幅法 【図 1】	加振：ハンマ 保持：バイスに固定 損失係数算出法：減衰法 【図 4】
中央支持	加振：電磁加振器 保持：加振器に取付け 損失係数算出法：半値幅法 【図 2】	
吊り下げ		加振：ハンマ 保持：糸で吊り下げ 損失係数算出法：半値幅法 【図 5】
単純支持	加振：電磁加振器 保持：糸で水平支持 損失係数算出法：半値幅法 又は減衰法 【図 3】	加振：ハンマ 保持：ナイフで水平支持 損失係数算出法：減衰法 【図 6】

* 原稿受付 平成 5 年 8 月 19 日。
^{*1} 正員、神戸大学工学部 (〒651 神戸市灘区六甲台町 1)。

で、損失係数の測定にあたって試料について検討すべき項目として次のようなものが掲げられる。すなわち(大きさ、縦横比、厚さ)、温度、測定周波数、境界条件、加振方法、計測方法、データ処理の方法である。これらの項目の測定精度に与える影響について考える場合、同一の実験所で異なる試料ですべての実験方法で行った結果の誤差はどうか。また同一試料を用いて異なる実験場所で行った測定結果に誤差が生じるかどうか、について検討を行った。以下にそれらを総合した結果について述べる。

3・1 形状および周波数 表2に示す形状について計測を行った。図7に測定結果を示す。形状の違いは共振周波数に表れるが、板厚の違いは損失係数にも影響を及ぼすと考えられるので板厚については表示を変えている。また計測は、振動モードの最も安定している n 次の共振周波数で行っている。図7より、試験片の大きさ、試験片の寸法具合によって差はあるが、平均的には周波数と共に損失係数が大きくなっている。また板厚による損失係数への影響は小さく、共振周波数によってのみ決まると考えてもよい。また損失係数は周波数によって異なるので、測定周波数を明示

する必要がある。

3・2 温度 制振材料の温度に対する損失係数の変化を図8に示す。図8より損失係数は温度依存性が

表2 試料の形状

試験部長さ L	80 ~ 240
(片側固定)	
幅 W (mm)	8 ~ 16
厚さ H (mm)	0.8 ~ 3.2

図4 片端固定打撃加振法

図5 つり下げ打撃加振法

L: 試験片長さ

図6 単純支持打撃加振法

図2 中央支持定常加振法

l: 試験片の端から支持点までの距離。
その値は、図3の図による。

図3 単純支持定常加振法

図7 コンブアイランスの半値幅から求めたはりの共振周波数と損失係数の関係

強く、測定には温度環境を厳しく設定する必要がある。損失係数が最大となる温度があるので、使用時の測定温度に対応して材料を選定する必要がある。また制振鋼板の性能表示にも温度を記入する必要がある。

3・3 試料支持方法 支持方法として、両端自由支持、片端固定支持、中央固定支持、つり下げがある。両端自由支持は、自由振動の節となる点をナイフエッジ、ピアノ線等で支持する方法であり、支持する位置を正確にすれば問題はない。同様につり下げ式も自由振動モードで振動するので支持方法についてはつり下げの糸の質量さえ無視できる程小さければ問題がない。それに対して、固定支持の場合は制振鋼板の構造(粘弾性材料を鋼板で挟んでいる場合鋼板の片側または両側に粘弾性材料を塗布している場合)によって力学的境界条件が異なるため固定方法の検討を行う必要がある。その方法として、ここでは図9に示すように固定バイスで試験片を挟むときその強さを応力で表すのが困難であるので、試験片と同じ板厚のスペーサを試験片の両側に置き、試験片にはスペーサとしてシックネスゲージを挟んで固定の統一をはかる方法を用いた。また試験片については損失係数が曲率によって支配されるとして、振動モードの最小曲率半径で整理をしている。粘弾性材料の厚さ0.05 mm に対してスペー

ーサは0~40 μm まで変えた結果の損失係数を図10に示す。図10より曲率が大きくなると損失係数が小さくなる傾向があるが、スペーサの厚さによってそれ程大きな差がないことがわかる。また試験片を両側からねじで固定する固定法で締付けねじトルクを種々変えて測定した結果においても同様の結果となった。この結果より固定の場合、固定の強さによって測定される損失係数はあまり影響されないといえる。しかし、固

図10 試験片締付け量を変化させたときの実験結果(片端固定支持, 17°C)

図8 雰囲気温度15°Cから120°Cにおける損失係数測定値

図9 試験片締付け量規定法

(a) せん断弾性係数

(b) 損失係数

図11

定を接着剤で行うと、接着剤の減衰が作用するのか、少し減衰が大きめに表れることが実験によってわかった。

3・4 加振方法 加振方法として、インパルス加振、加振器による加振、非接触電磁誘導加振がある。インパルス法と非接触加振法によって得られた結果を比較すると図 11 となる。この図より加振法によってそれ程大きな差は生じないと考えられる。

3・5 計測方法 計測量として、変位、速度、加速度、計測方法として接触、非接触がある。計測量により伝達関数はそれぞれコンプライアンス(X/F)、モビリティ(V/F)、イナータンス(A/F)となり、これらの値を用いて半値幅法で損失係数を求めると厳密には異なるが、損失係数の誤差の大きさからすると、その誤差は 10% の範囲内に入るののでいずれを用いてもよい。

計測方法として接触式ピックアップを用いるとき、ピックアップの質量およびピックアップからのアンプへのリード線による減衰の増加がある。例えば、つり下げ支持の場合は試料が不安定なため接触式ピックアップを用いるが、ピックアップからのリード線は付属のものと、細いエナメル線に改造した場合を比較すると、有意な差が生じ、付属リード線の方が損失係数が大きくでた。したがって、つり下げ法を用いて小さな試験片を用いる場合はピックアップおよびリード線に注意する必要がある。つり下げ法の場合できれば非接触振動計を用いるのが望ましい。

3・6 損失係数の算出 損失係数の算出には減衰自由振動の時刻歴波形の各ピーク値が等比級数となることを利用する減衰法と、周波数伝達関数の特性を用いる半値幅法とがある。減衰法は減衰が小さい場合には有効であるが、それが大きい場合には算出は困難である。また半値幅法は伝達関数または周波数応答関数

を用いるもので、FFT アナライザを用いると計測範囲は広い。さらに、損失係数が大きすぎたり、小さすぎたりした場合 3 dB の代わりに 1~10 dB 幅を用いることもできる。

4. 試験法の規格化

1993 年 4 月にロンドンで開催された ISO TC 108(国際標準化機構第 108 技術部会・振動と衝撃)において材料の減衰特性測定法について審議されたが、材料の特性については ISO TC 43 SC 1 JWG 31 で検討することになった。しかし、アメリカではすでに学会で規格化が行われている。次にアメリカ材料試験学会の規格を紹介し、その後 JIS 規格の制定案について述べる。

4・1 アメリカ材料試験学会規格 アメリカの規格の概要を説明すると、試験片形状および支持方法は図 12 に示すように、一つの方式に限定されている。しかし試験片、支持方法が厳しく規定されているために、試験片の製作にかなりの時間が必要と思われる。加振方法、振動測定方法についても図 13 に示すように一つの方法に限定されており、測定結果の変動が少なくなるように考えられている。また温度と周波数についても誤差が少なくなるように厳しく規定されているのが特徴である。

4・2 JIS 規格案について 制振鋼板は近年多くの家電機器、事務機器、自動車等で使用されていて、さらにその用途が増える方向にある。そこで、制振鋼板の減衰特性を測定する方法を標準化しておく必要が生じている。そのような状況のもとで標準化のための

図 12 試験片形状

図 13 実験のブロック線図

調査研究が平成元年より行われた。第3章に示すような項目が調査された。その結果、試験装置、加振方法、測定方法、損失係数の算出方法等が異なっても基本的ないくつかの項目について規定しておけば、ほぼ同じ結果が得られることが明らかとなった。

一方、測定を行う立場からすると、制振鋼板の粘弾性材料を作る業界、制振鋼板を作る業界、および制振鋼板を利用する業界があり、それぞれの立場および過去の測定方法の慣習等から一つの方法に限定してしまうよりも、いくつかの方法の使用可能性を認める方向で考えられた。その結果測定方法が異なっても結果にはあまり大きな差は生じないという判断から表1に示すような6つの測定方法を使用可能とした。さらに、損失係数の算出方法についても、いくつかの可能性を認める方向をとっている。これは、制振鋼板の材料としての歴史の短いことと、今後どのように発展していくか未知のこともあり、どの方向に発展しても対応可能なようにしているとも考えられる。

5. ま と め

本解説では制振鋼板の振動減衰特性試験方法のJIS

規格の原案ができるまでに行われた実験的研究とその成果をもとにした制振鋼板の特性を説明し、測定の規格に必要な項目を示し、それらをもとに規格として表示すべき項目も示した。

現在規格化の方向で原案が完成され、通産省規格調整専門委員会等で審議されている段階であるが、早ければ今年中に規格化され皆様のお役に立つものと思われる。

最後に本解説作成にあたり資料を使わせて頂いた、(財)大阪科学技術センター附属ニューマテリアルセンターおよび規格原案作成の委員長、関西大学教授 杉本考一教授に感謝の意を表する。

文 献

- (1) 岩壺・河村・福井・山田, 制振鋼板の性能評価法に関する研究, 日本機械学会, 機械力学・計測制御講演文集, No. 920-55, B(1992), 544-548.
- (2) 石油代替電源用新素材の試験・評価方法の標準化に関する調査研究報告書, (1992), 103-227, ニューマテリアルセンター.