三層積層板の振動減衰特性に及ぼす同一面積における形状の影響

Influence of the Shape with Same Area at Vibration Damping Properties of Three Layered Plate

○学　三浦　直哉（秋田高専）　正　木澤　悟（秋田高専）

Naoya MIURA, Akita National College of Technology, 1-1,Bunkyo-cho, Iijima, Akita

Satoru KIZAWA, Akita National College of Technology, 1-1,Bunkyo-cho, Iijima, Akita

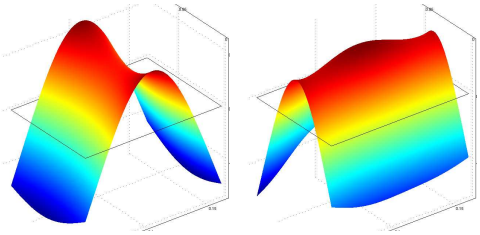
Key Words:：Vibration Damping Properties, Three Layered Plate, Loss Factor

1. 緒　言

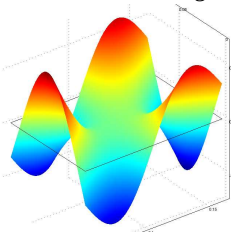
近年，構造部材自身に振動減衰性能（制振性能）を付与させる技術がいろいろと開発されてきた [1]．その中で粘弾性材料をコア材料とし，表裏に等厚の薄鋼板を用い，鋼板の厚さに対してコア層の粘弾性材料層の厚さを極めて薄くした三層積層板は制振鋼板として大きな振動減衰機能を有する材料である [2]．

これまでの三層積層板の振動減衰機能の研究においては，幅の長さが一定で横の長さがそれぞれ違う梁状試験片を用いて，その曲げ振動における損失係数を温度を変えて測定し，さらに温度変化による共振，反共振の周波数特性と各共振ピークにおけるモード形について検討してきた．その結果アスペクト比を変化させた場合，Fig.1 に示すようにモード解析 [3]においては縦方向の曲げをモード形ばかりではなく，横方向の曲げモード，或いはねじれモードが存在し，実験においてもモード形によってある程度試験片の面積を有した方が，損失係数が高いという結果が得られた．これは，面積が増えると曲げおよびねじれによる粘弾性物質の剪断変形量が増えるためと考えられている．

そこで本研究では，モード形状と損失係数の関係を考察するために同一面積においてアスペクト比の違う試験片を用いた実験を行った．



(a)Vending Mode in Width Direction　(b)Vending Mode in Length Direction



(c)Torsional Mode

Fig.1 Mode Shape

2. 実験方法

本研究においては損失係数の測定は Fig.2 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をＦＦＴアナライザによって測定し，伝達関数 A/F（アクセレランス）の周波数応答を求め，さらに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板は Fig.3 に示す SUS304 でコア材にブチルゴムを挟み込んだもので上面，下面とも厚さ 0.5mm でコア材の厚さは 0.04mm とした．三層積層板の素材の損失係数の測定方法としては JIS（G0602）に提示されており，そこでは試験片の幅は 10～25mm 長さは 250mm の梁状のものを推奨している．しかし，本研究では同一面積における形状の影響を明らかにすることを目的としているので面積を 9000mm^2 に一定にして，試験片のサイズは縦と横の長さのアスペクト比を変えた 7 種類とした．寸法値については Table.1 に示す．また温度依存性を明らかにする必要性があるので試験片を恒温槽に入れ，温度を 0°Cから 60°C まで変化させて損失係数ηを測定した．

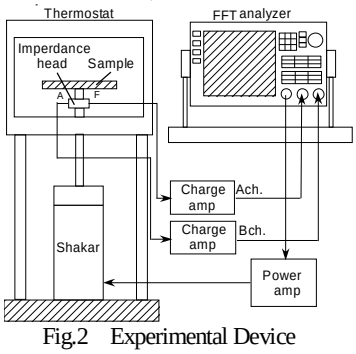


Fig.2　Experimental Device

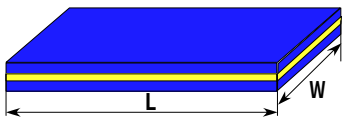


Fig.3　Plates of Test Samples

Table.1 Dimensional Data of Samples

	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5	Case6	Case7
L (mm)	300	225	180	150	128.6	112.5	100
W (mm)	30	40	50	60	70	80	90

3. 実験結果

3.1 モード形状が損失係数に及ぼす影響

同一面積を考慮せず単にアスペクト比を変えた場合でも減衰効果が高いのは 20～30℃付近であることがこれまでの研究で明らかになっている．Fig.4，Fig.5 はそれぞれサイズが 30×300 ，80×112．5 の場合の各モードで生じた損失係数をアスペクト比別に棒グラフに示したものである．横軸は各モード形状，奥行きはモード次数を，高さ方向は損失係数を示している．アスペクト比の大きい Fig.4 の場合は横曲げモードのみしか生じていないが，アスペクト比の小さい Fig.5 の場合は縦曲げモードとねじれモードが生じているのが分かる．また，グラフを全体的にみると，1 次モードより 2 次モードの場合の方が損失係数が高い事が明らかである．さらに Fig.5 では縦曲げモードとねじれモードの方が横曲げモードよりも損失係数が高い．三層積層板の減衰メカニズムを前提に考えるのならば，剪断変形が多く生じるほど減衰効果が得られることが考えられ，この場合横曲げモードより縦曲げモードの方が縦方向に剪断変形する領域が広いと考えられる．また，このことから同じ周波数範囲内でより多くのモード形状が生じた方が，減衰効果が高いと考えられる．さらに，1 次モードより 2 次モードの方が損失係数が大きいのは剪断変形（ずり変形）の起こる面積が広いためであり，これもやはり剪断変形の起こる面積が広いからと考えられる．

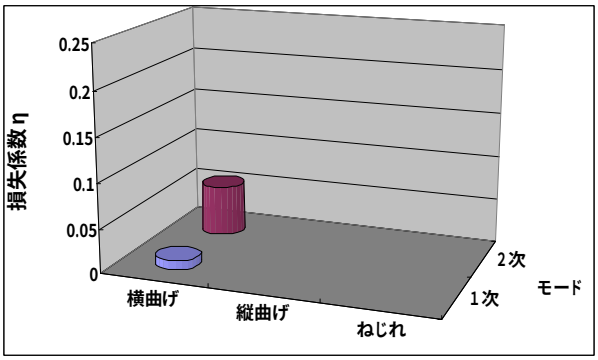


Fig.4　Relation of Mode Shape and Loss Factor (Size 30*300 20℃)

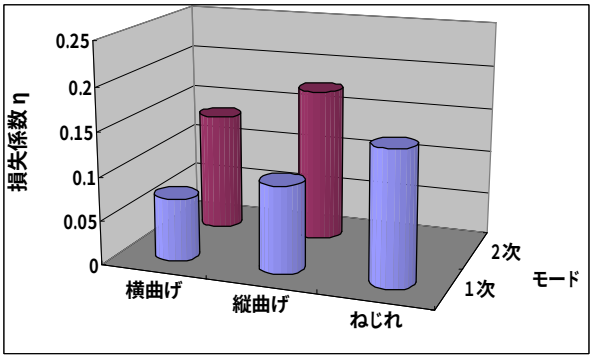


Fig.5　Relation of Mode Shape and Loss Factor (Size 80*112.5 20℃)

3.2 アスペクト比と損失係数の関係

アスペクト比の違いにより，各モードの共振ピークがどの範囲の周波数帯域に生じているのか，どのような周波数帯域に減衰効果を持っているのか，そして今回使用した三層積層板はどのようなアスペクト比が一番減衰効果が高いのかを検討した．Fig.6 は 20℃の場合の損失係数とアスペクト比との関係を示し，パラメータはアスペクト比である．また，Fig.6 は横曲げ 3 次モードの周波数領域まで生じる全ての縦曲げモードや，ねじれモードが含まれている．Fig.6 より 30×300 のようにアスペクト比が大きいほど，発生するモードの周波数帯域は低い．逆に，90×100 のようにアスペクト比が小さいほど，発生するモードの周波数帯域は大きくなる．そして，その間に数多くの縦曲げモードや，ねじれモードが発生しているのがわかる．従って，面積は同じであっても，発生するモード形状は異なり，横曲げモードで比較するならば，アスペクト比が大きい形状は周波数帯域が狭いが，アスペクト比が小さい形状は周波数帯域が広くなり，さらに損失係数はアスペクト比が小さいほど高い傾向を示している．よって，面積は同一でもアスペクト比が大きければ（細長いほど），横曲げモードの効果しか得られないが，アスペクト比が 1 近づくほど，つまり正方形に近くなるほど，様々なモード形状が得られ，また広範な周波数領域にわたり，減衰効果が得られると考えられる．

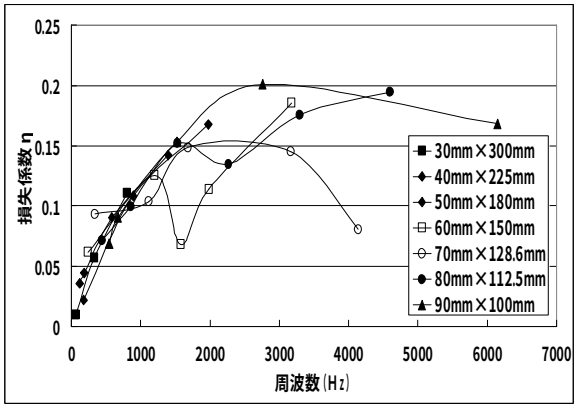


Fig.6　Relation of Aspect Ratio and Loss Factor(20℃)

4. 結 言

三層積層板の同一面積における形状の影響は，アスペクト比が 1 に近いほど（縦横の長さが近いほど），横曲げ，縦曲げ，ねじれなどの多様なモードが発生し，結果として減衰効果が高くなるという知見が得られた．

参考文献

1)遠藤　紘，制振材料開発の形状，日本機械学会誌，Vol.93，No.893，(1993)，PP.63-66

2)松田　和磨，秋田高専卒業研究論文，(2005)

3)COMOSOL　Multiphysics，COMSOL 社．