

周辺を枠で拘束された制振材積層平板の減衰振動の数値解析

-枠変形モードの影響-

○山口 誉夫
(スバル研究所)

Numerical Analysis of Vibration for a Damped Flat Panel Having a Frame
-Affection of Modes which a Frame is Mainly Deformed on Damped Vibration-

Takao Yamaguchi
(SUBARU Research Center Co.ltd.)

構造物制振特性WGでは周辺を枠で拘束されたアルミ平板に非拘束型制振材を積層した構造の振動減衰特性の解明を行ってきた。ここでは、その中で有限要素法とモード歪みエネルギー法を組み合わせた手法で数値解析した結果を報告する。平板部が主体に変形するモードと枠が変形するモードでは、減衰特性が異なることを明らかにした。また、枠と平板との接触剛性が減衰特性にも影響を及ぼすことを示す。

Key Words: 非拘束型制振材, モーダル歪みエネルギー法, FEM, 数値解析

1. はじめに

構造振動, 放射音に対する制振材の効果を整理する目的で, 構造物制振特性WGでは実験, 数値シミュレーションによる解析を行っている。WG活動の一つとして, 全周辺を枠で拘束した長方形平板に非拘束型制振材を積層した構造の制振評価を行ってきた。今までに, 使用した制振材の基礎減衰特性をビーム加振実験により調べた結果⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾, 実験モード解析等によりパネルの減衰特性, 共振周波数, 振動モードを同定した結果⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾⁽⁷⁾⁽¹²⁾やパネルに鋼球を衝突させた場合の振動応答と音響放射を測定した結果が報告された⁽⁷⁾。一方, 数値解析に関し, 枠がなくパネル周辺を固定した条件で制振パネルの減衰を計算した結果⁽⁸⁾やパネルだけでなく周辺の枠まで有限要素でモデル化し制振パネルの振動モード⁽²⁾⁽⁷⁾⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾⁽¹²⁾, モード損失係数⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾⁽¹²⁾, 周波数応答⁽¹¹⁾⁽¹²⁾をシミュレーションした結果が報告された。これらの報告から, 枠で拘束された制振パネルで得られる減衰は, 全周辺を固定したパネルの減衰と変形形態によっては異なる値となることわかった。また, その減衰特性はパネル変形が主体となる振動モード, 枠変形が主体の振動モード, パネル変形と枠の変形が連成したモードに分類できることがわかった。さらに枠の変形も考慮しシミュレーションしたモード損失係数と振動応答は実験値と良く一致した。しかし, 振動モード, 共振周波数やモード損失係数の一致が不十分な枠変形モードが幾つかあるなどの問題が残されていた。

本報告では前報⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾に引き続き, 枠を含めて制振材積層パネルの減衰特性をシミュレーションした。特に前報告までで実験との一致が不十分であった枠変形モードに着目し, その減衰特性を詳細に検討した。対象構造のパネル周辺は二つの枠で挟まれボルト締めされている。前報までは, 二つの枠とパネル周辺部が接触する部分を剛結合として取り扱ってきた。本報では新たにその接触部の接触剛性を考慮し影響を明らかにするとともに減衰特性の計算精度改善を行った。

2. 計算内容

2.1 パネル形状と境界条件

厚さ2mmのアルミ製長方形平板パネル(480×360mm)

に制振材厚さ1mmを全面に積層した構造を対象にする。パネル周辺は二つのアルミ製枠(厚さ10mm)で挟まれボルト締めされている。FEM計算モデルを図1に示す。20mm間隔で板の平面を分割し, 厚さ方向はアルミ層と制振材層をそれぞれ2分割にした。枠周辺の境界条件はフリーとした。二つの枠とパネル周辺部が接触する部分は, 枠の節点とパネルの節点とをばね要素(x, y, z方向, ばね定数K)で接合し接触剛性を考慮した。

2.2 計算方法

以下のフローでパネルの減衰応答を解析した。制振材を積層した構造の減衰は, モード歪みエネルギー法と有限要素法の組み合わせで次式から計算する⁽¹³⁾⁽¹⁴⁾⁽¹²⁾。

$$\eta_{tot}^{(n)} = \sum_{e=1} \eta_e S_e^{(n)} / S_{tot}^{(n)}, n=1,2,3,\dots \quad (1)$$

$$Z_e^{(n)} = \eta_e S_e^{(n)} / (\eta_{tot}^{(n)} S_{tot}^{(n)}), n=1,2,3,\dots, e=1,2,3,\dots \quad (2)$$

η_{tot} と η_e はそれぞれモード損失係数と各要素の材料の損失係数である。 Z_e は要素が受け持つ散逸エネルギーの分担率, S は歪みエネルギーである。添字tot, e, (n)はそれぞれ構造全体, 各要素, 振動モードの次数を表わす。式中の $S_{tot}^{(n)}, S_e^{(n)}$ はソリッド要素を用いた有限要素法の実固有用値解析から求めた。

さらにモード損失係数 $\eta_{tot}^{(n)}$ を次式で補正する。

$$\eta_{tot}^{(n)} = \eta_{tot}^{(n)} + \Delta\eta^{(n)} \quad (3)$$

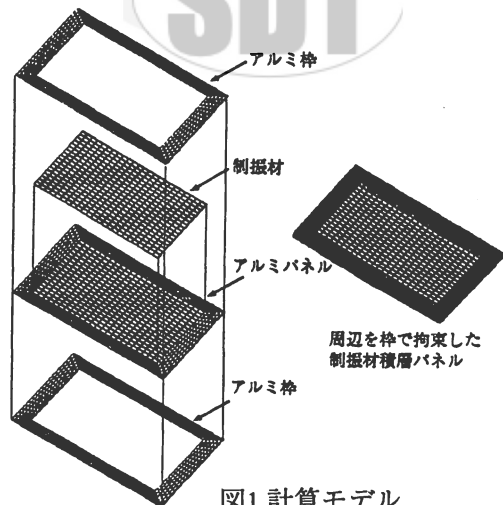


図1. 計算モデル