

# 制振材を有するビード付きパネルの減衰特性シミュレーション (第2報 周波数応答解析)

Numerical Simulation of Vibration Damping Properties for a Stiffened Plate with a  
Damping Material (2nd Report, Frequency Response Analysis)

○山口 誉夫

Takao Yamaguchi

(株)スバル研究所

SUBARU Research Center Co. Ltd.

概要: ビードで補剛した長方形板に非拘束型制振材を積層した場合の減衰特性を数値解析した。前報まででモード損失係数をモード歪みエネルギー法(MSE)とソリッド要素を用いた有限要素法(FEM)で求め、実験と対応した結果を得ている。本報ではさらに制振材の材料特性の温度・周波数依存性を考慮して周波数応答を求めた。実験で精度を検証するとともに平板の特性との違いを報告する。

ビード付きパネル, モーダル歪みエネルギー法, FEM

## 1. はじめに

乗用車の車体を構成するパネルは、剛性や耐久強度、衝突強度からの要求、デザイン上の要求やプレス成形、部品の取り付けの要求からビードや曲率を有する複雑な三次元形状となっている。これらのパネルは路面からの入力により走行時に共振し固体音を発生する。この固体音を低減する目的でパネルには制振材が積層されている。しかし、制振材を複雑な形状を持つパネルに積層した場合、真直はりや平板に適用した時に得られる減衰とずれが生じるという報告が近年多くなされている<sup>(1)~(10)</sup>。したがってこれら制振パネルの振動減衰特性を明らかにすることは効率化のため重要となる。

本報告ではビードで補剛した長方形板に非拘束型制振材を積層した場合の減衰特性を数値解析した。前報<sup>(1)</sup>まででモード損失係数をモード歪みエネルギー法(MSE)とソリッド要素を用いた有限要素法(FEM)で求め、実験と対応した結果を得ている。本報ではさらに制振材の材料特性の温度・周波数依存性を考慮して周波数応答を求めた。実験で精度を検証するとともに平板の特性との違いを報告する。

## 2. 減衰特性の計算方法

以下のフローでパネルの減衰応答を解析した。その概要を本章で示す。

●実固有値解析……汎用の有限要素法ソフトMSC/NASTRANを用いてn次の共振角周波数 $\omega^{(n)}$ と振動モード $\{\phi^{(n)}\}$ を以下の手順で求める。ただし、制振材積層板をソリッド要素でモデル化する。

$$[M]\{\ddot{X}\} + [K]\{X\} = \{f\} \quad \text{式(1)}$$

$[M]$ ; 質量行列,  $[K]$ ; 剛性行列,  $\{f\}$ ; 入力ベクトル,  $\{X\}$ ; 節点変位ベクトル,  $\{\ddot{X}\}$ ; 節点加速度ベクトル

ここで角振動数 $\omega$ の調和振動を仮定し、式(1)で $\{X\} = \{\phi\} \exp(j\omega t)$ ,  $\{f\} = \{F\} \exp(j\omega t)$ とおく。さらに自由振動の条件から $\{F\} = 0$ とすると、

$$([K] - \omega^2[M])\{\phi\} = 0 \quad \text{式(2)}$$

ただし、 $j$ : 虚数単位,  $t$ : 時間である。上式を満たす $\omega$ と $\{\phi\}$ の組み合わせを、 $\omega$ が小さい順( $n=1, 2, \dots$ )に並べかえる。これよりn次の共振角周波数 $\omega^{(n)}$ と振動モード $\{\phi^{(n)}\}$ が求められる。

●減衰解析……以下のモーダル歪みエネルギー法(MSE法)<sup>(12), (11)</sup>の式(3)によりn次の振動モード $\{\phi^{(n)}\}$ に対する減衰値 $\eta_{tot,n}$ を求める。内製プログラムを用いる。

$$\eta_{tot,n} = \sum_{e=1}^{e_{max}} \eta_e (U_{e,n} / U_{tot,n}), \quad \text{式(3)}$$

$$U_{e,n} = (1/2) \{\phi^{(n)}\}^T [K_e] \{\phi^{(n)}\}, U_{tot,n} = (1/2) \{\phi^{(n)}\}^T [K] \{\phi^{(n)}\}$$

$e_{max}$ : 要素数,  $\eta_e$ : 要素eの材料の損失係数,  $U_{e,n}$ : 要素eがn次振動モードで変形した時の歪みエネルギー,  $U_{tot,n}$ : n次振動モードで変形した時のパネル全体の歪みエネルギー,  $[K_e]$ : 要素剛性行列である。さらに材料減衰以外の原因で発生する減衰 $\Delta\eta_n$ (パネル接合部の摩擦などに起因して発生)を考慮し次式で補正する。

$$\eta_{tot,n} = \eta_{tot,n} + \Delta\eta_n$$