

非拘束型制振材層を有するパネルの振動特性解析 (多数のモードに減衰寄与が高い積層位置の抽出方法)

Numerical Analysis of Vibration characteristics for a Panel with a Unconstrained Damping Material
(Extraction of Lamination Positions Contributed to Damping for Multiple Vibration Modes)

○山口 誉夫

Takao Yamaguchi

(株)スバル研究所

SUBARU Research Center Co. Ltd.

概要:非拘束型制振材を積層した三次元形状パネルの振動減衰特性をモード歪みエネルギー法と有限要素法により数値解析し,全モードに対して共通して減衰寄与が高い制振材積層位置を探索する方法を提案した.手法をビード付きパネルに応用し有効性を示した.

非拘束型制振材, モーダル歪みエネルギー法, FEM

1. はじめに

自動車において制振材はバネの共振に起因する音響放射を防止する目的で使用される.一方,自動車には静粛性と同時に軽量化も求められる.したがって制振材が効果的に効く積層位置を見出しその場所に重点的に制振材を適用することが望ましい.しかし,一般に制振材が効く積層位置は振動モードにより変化し,多数のモードが制振の対象となる場合にどこに適用すれば良いか不明瞭となることがある.よって対象となる全振動モードを考慮して制振材が効く積層位置を抽出する方法の開発が望まれる.

Lundén⁽¹⁾は非拘束型粘弾性層を有する梁の単一の振動モードの制振を対象としてSUMT法による最適化を試みている.唐沢,大石ら⁽²⁾は非拘束型粘弾性層を有する梁を対象に遺伝的アルゴリズムを用いた最適化の数値実験を行っている.中川ら⁽³⁾は非拘束型粘弾性層を有する平板を対象とし,単一の振動モードの減衰に対して効果的な仕様を決めていく要素移動法を提案した.これは減衰に対して最小影響部分となる要素の粘弾性層厚を減じてその分,最大影響部分の粘弾性層厚を増すという過程を繰り返す方法である.

ついでそれを拡張し,同種の平板を対象として複数の振動モードを考慮する最適設計法を提案した⁽⁴⁾.以上は真直梁あるいは平板を対象とした研究である.

本報告では粘弾性体と弾性体が混在した三次元形状を有する構造物を対象とし,多数の振動モードの減衰に対して,共通して寄与が高い制振材積層位置を自動的に見つける方法(以下,抽出方法と記す)を提案する.本手法には有限要素法とモード歪みエネルギー法

(以下MSE法と略)を援用する^{(5)~(10)}.

2. モード歪みエネルギー法による減衰特性計算法

まず,前段階として本抽出法のベースとなる粘弾性体を含む三次元形状構造の減衰特性を求める方法を記述する.

粘弾性体と弾性体が混在した三次元形状を持つ構造の減衰特性を求める場合,一般には粘弾性層の面内変形,面外変形,層間のせん断変形,中立軸の不連続性が影響を及ぼす.これらを考慮して減衰を解析する方法としてMSE法^{(5)~(7)}とソリッド要素を用いた有限要素法の組み合わせによる次式(1)~(8)に示す計算法⁽⁸⁾を用いた.

損失係数 η の定義式は次式となる.

$$\eta = D / (2\pi S) \quad (1)$$

ここで D は1サイクル中に散逸するエネルギー, S は1サイクル中の最大歪みエネルギーである.式(1)が構造全体あるいは要素毎に成立するとすると,

$$\eta_{\text{tot}}^{(n)} = D_{\text{tot}}^{(n)} / (2\pi S_{\text{tot}}^{(n)}) \quad n=1,2,3,\dots \quad \ell=1,2,3,\dots \quad (2)$$

$$\eta_e^{(n)} = D_e^{(n)} / (2\pi S_e^{(n)}) \quad n=1,2,3,\dots \quad \ell=1,2,3,\dots \quad (3)$$

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.ここで損失係数の値が1よりも十分に小さい場合には,制振材を有する構造物の固有ベクトルが実数モードで近似できるとする^{(5)~(10)}.この仮定から, $S_{\text{tot}}^{(n)}$, $S_e^{(n)}$ に関し次式(4)(5)が得られる.

$$S_{\text{tot}}^{(n)} = (1/2) \{ \phi^{(n)} \}^T [K_R]_{\text{tot}} \{ \phi^{(n)} \} \quad (4)$$

$$S_e^{(n)} = (1/2) \{ \phi^{(n)} \}^T [K_R]_e \{ \phi^{(n)} \} \quad (5)$$

$\{ \phi^{(n)} \}$ は n 次数振動モードの固有ベクトルの実数部, T は転置を表わす. $[K_R]_{\text{tot}}$ は構造全体の剛性行列の実数部,