

粘弾性体の振動と発熱

佐藤 美洋
(上智大学)

Frequency Responses and Internal Heat Generation of the Viscoelastic Materials
Yoshihiro SATOH
(Sophia University)

粘弾性体が振動状態に置かれると、内部減衰のために力学的エネルギーは熱エネルギーに変換され、その動的性質に温度依存性があると雰囲気温度とは異なる温度の動的性質が現れる。そしてこのことが力学的応答にフィードバックされる。このよう現象の力学モデルによる解析法を示し、その結果を通して粘弾性体を内在する系の諸問題について論じる。

Key Words : 粘弾性材, 動的性質, 周波数依存性, 温度依存性, 内部発熱, 換算係数法, 複素動剛性

1. はじめに

制振や防振材あるいは動吸振器などに広く用いられている粘弾性体は、その動的性質が周波数や温度に依存するという特徴がある。

このような粘弾性体が振動状態におかれると、力学的エネルギーの一部は弾性エネルギーとして貯蔵されるが、一部は減衰のために失われる。この力学的損失エネルギーは熱に変換され、粘弾性体の温度を上昇させ外部へ流出する。温度の上昇は粘弾性体の動的性質を変化させるので、力学的応答と発熱量の変化をもたらす。この変化は温度変化となり再び動的性質に変化を与える。振動状態におかれた粘弾性体の挙動をこの様に推察するとき、定常状態とは動力的・熱学的定常状態と見なすことができる。

粘弾性材のこのような定常状態の有限要素法を用いた新しい解析法を示し、2次元問題の境界温度固定と熱伝達がある場合についての解析を行い、温度分布、みかけの動剛性の挙動などを明らかにするとともに、粘弾性体を内在する系の動的性質の測定や設計における問題について述べる。

2. 定常応答解析の方法

正弦波励振を受け力学的定常状態にある粘弾性体は、振動の減衰による熱発生率と熱境界条件に応じた温度分布を持ち、熱的にも定常状態にある。粘弾性体の動的性質は温度依存性を有するので、動的性質もその温度分布に対応した分布をもち、力学的定常状態を保っていると考えられる。この力学的定常状態は有限要素法を用いて離散化した動剛性方程式で次のように記述することができる。

$$\sum_e \{K^{*e}(\omega, T) - \omega^2 M^e\} d^{*e} = \sum_e f^{*e} \quad (1)$$

ただし、 K^{*e} は周波数と温度に依存する要素複素動剛性マトリックスで

$$K^{*e}(\omega, T) = \int_{V_e} G^*(\omega, T) B^T \nu^{-1} B dV \quad (2)$$

また M^e は通常の要素質量マトリックスで次式で表される。

$$M^e = \int_{V_e} \rho N^T N dV \quad (3)$$

この定常振動における粘弾性体の減衰による単位時間当たりの平均熱発生率 \bar{Q} は次のように表される [1].