

高分子制振材料の非線形現象

○ 佐藤美洋
(上智大)

Mechanical Nonlinear Phenomena in Dynamic Properties of Polymeric Damping Materials
Yoshihiro Satoh

高分子系粘弾性材料の動的性質には周波数や温度依存性およびひずみ振幅依存性がある。前の2つの依存性は線形粘弾性理論から説明できるが、線形粘弾性でも減衰が大きい制振材料の場合には、非線形的挙動が現れる。また、充てん剤を配合したゴム系制振材料では前者とは異なる塑性的挙動による非線形現象が現れる。

Key Words: 発熱, 動的性質, 力学的非線形, ひずみ振幅依存性

1. はじめに

制振材料の多くは高分子系の粘弾性あるいは粘弾塑性材料が用いられている。充てん剤の配合されていない多くの高分子系粘弾性材料は力学的線形性を有するが、周波数依存性や温度依存性は免れない。以前に、減衰が大きく温度依存性を有することが力学的非線形性を発現させることを、有限要素による振動-熱伝導解析で示したが、実際そのような現象を実験的にも観測することができた。また、充てん剤を配合した高分子系制振材料の動的試験を行い、その動的性質および時系列データの解析を行なった結果、興味深い結果が得られたので、合わせて報告する。

2. 線形粘弾性材の非線形挙動

図1に示す様に、厚さ $h=10\text{mm}$ 、幅 $w=50\text{mm}$ の線形粘弾性が正弦波励振を受ける場合の振動・温度解析を有限要素法を用いて行った⁽¹⁾。材料の動的性質は

$$G'(\omega, T) = G_0 \left\{ 1 + (a_T \tau \omega)^\alpha \cos \frac{\pi}{2} \alpha \right\} \quad (1)$$

$$G''(\omega, T) = G_0 (a_T \tau \omega)^\alpha \sin \frac{\pi}{2} \alpha \quad (2)$$

で表されると仮定し、パラメータは $\alpha=0.5$ 、基準温度 $T_0=293\text{K}$ 、周波数 100Hz のとき貯蔵せん断弾性率 $G'=2.0\text{MPa}$ 、損失係数 $l=0.1$ となるように定めた。シフトファクタ: $T_g=203\text{K}$ 、基準温度 $T_0=293\text{K}$ とし WLF 式を用いた。このとき c_1, c_2 の値は $c_1=6.36$ 、 $c_2=141.6$ である。

固定境界温度 $T_c=293\text{K}$ で、加振振動数 100Hz 、公称ひずみ 10% とした場合の発熱による温度分布と、これに対応する動的性質の分布を図2に示す。温度はせん断方向に沿って上に凸の台形状に、また高さ方向に沿って放物線状に分布している。一方、貯蔵せん断弾性率および損失せん断弾性率は温度の減少関数となるので、これとは逆に下に凸の分布となっている。これは、温度の上昇が動的弾性率の単調減少する領域にあるためである。

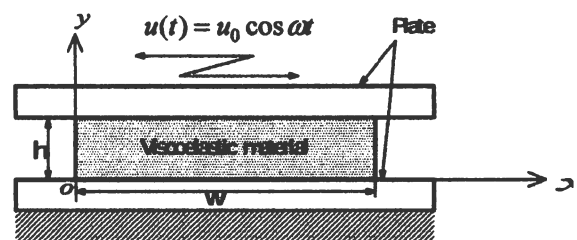


図1 正弦波励振を受ける粘弾性材