

## Sound Radiation Characteristics of Damping Materials

武捨 貴昭、 猿渡 克己、 中沢 貞夫  
Takaaki Musha, Katsumi Sawatari, Sadao Nakazawa

小野測器 音響技術部  
ONO SOKKI Co., Ltd.

概要：振動による放射音を低減する一手段として、制振材料が使用されているが、制振材の粘弾性的な性質と音の放射効率の関係は十分解明されていないため、試行錯誤的に対策が行われていた。本研究では、粘弾性を有する板材について、その粘弾性的な性質と音の放射効率の関係を、材料の曲げ波の位相速度に注目して理論的に解明を試みるとともに、加振実験により制振材の音響放射特性を調べた。

## 制振材料、ダンピング、音響放射効率、粘弾性

## 1. 緒言

近年、大型の構造物や艦船において、振動による外部への放射雑音の低減が大きな課題となっている。これらの大型構造物については、その低周波における主要な振動伝搬は曲げ波によるものであり、このため、放射音を低減するための一手段としては、構造物の外板上にダンピング特性を有する材料を付加して曲げ波の減衰率を高める方法がある。しかし、材料の粘弾性的な性質と音の放射効率の関係が十分に解明されていないことから、防音対策は試行錯誤的に行われているのが実状であった。

本研究では、粘弾性を有する板材の遅延時間と音の放射効果との関係を、曲げ波の位相速度に注目して理論的に求めるとともに、加振実験により、遅延時間に対する板材からの音響放射特性の変化を調べた。

## 2. 遅延時間と曲げ波の位相速度の関係

粘性のある板の振動について、 $\rho$ を体積密度、 $A$ を板の断面積、 $E'$ を複素弾性率の実部、 $\mu$ を粘性率、 $I$ を断面の2次モーメントとすると、たわみ振動は、板の変位 $\xi$ について、

$$A\rho \frac{\partial^2}{\partial t^2} \xi + E' I \frac{\partial^4}{\partial x^4} \xi + \mu I \frac{\partial^5}{\partial t \partial x^4} \xi = 0 \quad (1)$$

で表される。(1)

このとき、図1に示すような $x$ 方向に伝搬する減衰のある場合の曲げ波について考えると、その減衰率を $\alpha$ 、曲げ波の位相速度を $C_B$ としたとき、その変位量は次式のように表される。(2)

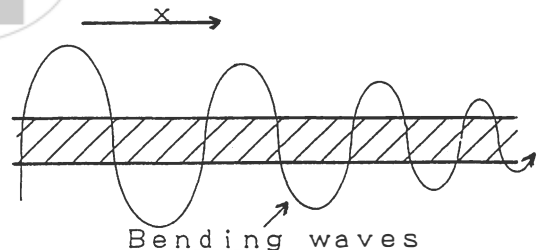


図1 曲げ振動の進行波

$$\begin{aligned} \xi &= A_0 \cdot \exp[j(\omega t - kx)] \\ &= A_0 \cdot \exp(-\alpha x) \cdot \exp\left[j\omega\left(t - \frac{x}{C_B}\right)\right] \end{aligned} \quad (2)$$

式(2)から、波数 $k$ について、次の式が得られる。

$$k = \frac{\omega}{C_B} - j\alpha \quad (3)$$

また、曲げ波の運動方程式(1)に、式(2)の関係 $\xi = A_0 \cdot \exp[j(\omega t - kx)]$ を代入すると、

$$k^4 = \frac{A\rho\omega^2}{E' I + j\omega\mu I} \quad (4)$$

の関係式が導かれる。