

中央加振法を用いた広い周波数範囲と大きな損失係数に対する複素弾性率の推定ーノイズ低減方法に関する討論ー

○堀口 隆三
(花王)

小田 義朗
(花王)

山口 誉夫
(群馬大学)

Estimation of Complex Modulus for Wide Frequency Range and Large Loss Factor
Using Center Impedance Method - Discussion on Noise Reduction Methods-

Ryuzo HORIGUCHI, Yoshiro ODA, and Takao YAMAGUCHI

(Kao Corporation) (Kao Corporation) (Gunma University)

梁試験片を用いた貯蔵弾性率と損失係数の推定のために中央加振法が用いられている。中央加振法では加振点速度と加振力との間の周波数応答関数 (FRF) が用いられる。一方、我々は運動方程式の解析解と梁中の曲げ波に関する複素波数の関係式を用いて、FRF から広い周波数領域、大きな損失係数に対して粘弾性を推定する方法を開発した。ただし FRF 中のノイズが粘弾性の推定に影響を及ぼす。そこでノイズ低減方法について討論したい。

Key words : 中央加振法、複素弾性率、複素波数、逆計算、ノイズ除去

1. はじめに

中央加振法は樹脂の粘弾性を推定する方法として日本国内などで広く用いられている。[1], [2] 理由は加振点の加速度と加振力のセンサを含む比較的簡単な構成の装置が利用できるためである。測定系では梁試験片の中央がロッドによって加振され、加振点速度 V と加振力 F の間の周波数応答関数 (FRF) が算出される。FRF として機械インピーダンス (F/V) または mobility (V/F) が用いられる。通常、これらの FRF の極大値まわりに半値幅法を適用することによって試料の損失係数が推定される。この際に、機械インピーダンスと mobility では、試料は質点とそれぞれ Maxwell 要素および Voigt 要素からなる集中定数系として近似される。半値幅法は損失係数が小さい場合を対象とし、減衰比の 2 次以上の項が省略される。

一方、粘弾性梁の運動方程式の解析解を用いると、力学的な FRF (V/F または F/V) が得られる。この関係を逆に解けば、FRF から複素波数を推定できる。さらに複素波数と振動数の関係を用いると、貯蔵弾性率と損失係数の周波数分散が得られる。[3]

ただし、測定系から出力される FRF は力学的な応答そのものではない。測定系のゲイン (絶対値と位相) および取り付け治具の慣性力の効果を除去するマスキャンセルは、我々ユーザにとって未知のノイズ要因である。さらに取り付け状態やねじりなど曲げ以外の振動モード、電気的なノイズも未知のノイズ源となりうる。

このようなノイズを含む FRF に対して逆計算を実行すると、貯蔵弾性率と損失係数 vs. 周波数の推定結果は大きな変動を含むことになる。この対策として我々は複素波数 (実波