損失係数算出法について

○中西 顕治.　大井 克洋　石川 正臣
(松下インターテクノ)　(松下インターテクノ)　(松下インターテクノ)

About loss factor estimation algorithm

NAKANISHI,Kenji　OHI,Katsuhiro　ISHIKAWA,Masaomi
(MITC)　(MITC)　(MITC)

概要: 「正規円法」「モード抽出」の適応範囲を設定するためにいくつかの試験梁を中央加振法、片持ち梁法で測定し、半値幅法と正規円法で解析した。この結果「モード抽出」を実際の損失係数測定に適応させる場合にいくつかの問題点が在ることがわかった。検証の中で明らかになった問題点とその解法、および解決に至らない課題点を報告する。

キーワード: 損失係数・半値幅法・正規円法

1　はじめに

今般、我々は損失係数を算出する手法として「正規円法」を提起し、その具現化のために「モード抽出」を考案した。[1)]

これらの手法はモード解析で行われている手法と良く似ているが、構造を含めたモードを取り扱うモード解析と異なり材料の損失係数を測定するという本来の目的の為に梁単独の振動モードを切り出すことを主眼としている。

今回「正規円法」「モード抽出」の適応範囲を設定するためにいくつかの試験梁を中央加振法、片持ち梁法で測定し、半値幅法と正規円法で解析した。

この解析の結果「モード抽出」を実際の損失係数測定に適応させる場合にいくつかの問題点が在ることがわかった。

まず正規円法がどのようなアルゴリズムで損失係数を算出するかを解説する。次に実際の梁の伝達関数から損失係数を求める各演算法での結果の差を示し、各損失係数演算法に対する考察を行う。

2　正規円法

モード円が正規位置すなわち純粋な1自由度でのモード円の位置にある場合に適用する方法として以下の手法を考案した。

2.1　モビリティ

1自由度共振系伝達関数は一般に以下の式 (1) であらわされる。

$$\text{伝達関数 } H(\omega) = \frac{j\omega_0\beta/k_m}{1-\beta^2+j\eta\beta} \tag{1}$$

$$\text{実数部 } H_R(\omega) = \frac{\omega_0\eta\beta^2/k_m}{(1-\beta^2)^2+(\eta\beta)^2} \tag{2}$$

$$\text{虚数部 } H_I(\omega) = \frac{\omega_0\beta(1-\beta^2)/k_m}{(1-\beta^2)^2+(\eta\beta)^2} \tag{3}$$

k_m : モード剛性, m_m : モード質量, η : 損失係数

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k_m}{m_m}}, \beta = \frac{\omega}{\omega_0}$$

伝達関数の [虚数部/実数部] を展開すれば損失係数 η は式 (6) で表現できる。

$$\frac{H_I(\omega)}{H_R(\omega)} = \frac{(1-\beta^2)}{\eta\beta} = \frac{1}{\eta}\left(\frac{1}{\beta}-\beta\right) \tag{4}$$

$$= \frac{1}{\eta}\left(\frac{\omega_0}{\omega}-\frac{\omega}{\omega_0}\right) \tag{5}$$

$$\eta = \frac{H_R(\omega)}{H_I(\omega)}\left(\frac{\omega_0}{\omega}-\frac{\omega}{\omega_0}\right) \tag{6}$$

式 (6) に共振周波数 ω_0 を与えれば、モード円を構成するどの点からも同じ η が得られることがわかる。すなわちモード円を構成する幾つかの点を式 (6) に代入し、η が一定値をとるように ω_0 を最適化することによって η、ω_0 を求めることができる。

モード円の直径 D_m は式 (2) の最大値であり、$\omega = \omega_0$ のときの値である。
モードパラメータ m_m, k_m は ω_0 と η とモード円の直径 D_m から以下の式で求まる。

$$\text{モード円直径 } : D_m = \frac{\omega_0}{\eta k_m} \tag{7}$$

$$\text{モード剛性 } : k_m = \frac{\omega_0}{\eta D_m} \tag{8}$$

$$\text{モード質量 } : m_m = \frac{1}{\eta D_m \omega_0} \tag{9}$$

2.2　インピーダンス

インピーダンス伝達関数[2)]は以下の式であらわされる。

$$\text{伝達関数 } Z(\omega) = \frac{1}{\frac{1}{R}+\frac{1}{j\omega m_i}+\frac{j\omega}{k_i}} \tag{10}$$

$$\text{実数部 } Z_R(\omega) = \frac{Z_0\eta}{\eta^2+x(\omega)^2} \tag{11}$$

$$\text{虚数部 } Z_I(\omega) = -\frac{Z_0 x(\omega)}{\eta^2+x(\omega)^2} \tag{12}$$

$$\frac{Z_I(\omega)}{Z_R(\omega)} = -\frac{x(\omega)}{\eta} \tag{13}$$

$$= -\frac{1}{\eta}\left(\frac{\omega}{\omega_0}-\frac{\omega_0}{\omega}\right) \tag{14}$$

$$\eta = \frac{Z_R(\omega)}{Z_I(\omega)}\left(\frac{\omega_0}{\omega}-\frac{\omega}{\omega_0}\right) \tag{15}$$