準ニュートン法による動吸振器の設計

報告者　9-5 井上　真　9-21 鈴木　宏一　指導教官　小林　義和

1　緒言

機械システムの振動を低減する手法の一つとして動吸振器を用いたものがある。本研究では２自由度系、及び 3 自由度系から構成される主振動系-動吸振器モデルの振幅を最小化する目的から、不等式拘束条件を考慮した準ニュートン法（DFP 法）を最適化手法として用いることとした。

2　研究内容

図１の 3 自由度系振動モデルについての運動方程式は(１)のようになる。

$$\left.\begin{aligned} &m_1\ddot{x}_1 + k_2(x_1 - x_2) + k_1(x_1 - x_0) + c_2(\dot{x}_1 - \dot{x}_2) + c_1(\dot{x}_1 - \dot{x}_0) = 0 \\ &m_2\ddot{x}_2 + k_3(x_2 - x_3) + k_2(x_2 - x_1) + c_3(\dot{x}_2 - \dot{x}_3) + c_2(\dot{x}_2 - \dot{x}_1) = 0 \\ &m_3\ddot{x}_3 + k_3(x_3 - x_2) + c_3(\dot{x}_3 - \dot{x}_2) = 0 \end{aligned}\right\} \qquad (1)$$

(１)を基に無次元化を行った結果、以下に示す７つが動吸振器の最適設計に必要なパラメータであることが分かった。

$$\mu = \frac{m_2}{m_1} \qquad \mu' = \frac{m_3}{m_1} \qquad \gamma = \frac{k_2}{k_1} \qquad \gamma' = \frac{k_3}{k_1} \qquad \delta = \frac{c_2}{c_1} \qquad \delta' = \frac{c_3}{c_1} \qquad \overline{C_1} = \frac{c_1}{\sqrt{m_1 k_1}}$$

（質量比：μ，μ'　粘性減衰比：δ，δ'　ばね定数比：γ，γ'　無次元粘性減衰係数：$\overline{C_1}$）

また、m_1，m_2，m_3 の無次元振幅を α，β，β' とすると

$$\alpha = \frac{|x_1|}{a} \qquad \beta = \frac{|x_2|}{a} \qquad \beta' = \frac{|x_3|}{a}$$

となる。繰り返し計算によって図 1 の m_1 の振幅が最小化されるように、最適化をおこなった。

3　計算結果

結果の一例を図２に示す。この図から、α は単調に減少し、約６０回程度で収束していることが分かる。また図 3 は、設計後の本システムの振動数応答曲線であり、β，β' が α の低減に大きく寄与していることが分かる。結論として以下のようなことが言える。

1．準ニュートン法による最適化手法により、動吸振器設計に必要なパラメータを同時に最適化できる。

2．しかしながらその場合、初期パラメータや種々の計算パラメータを適切に選択する必要がある。

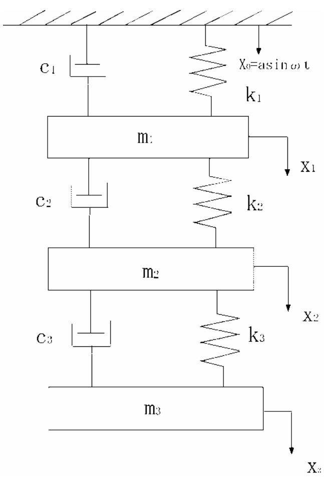

図１　3自由度系振動モデル

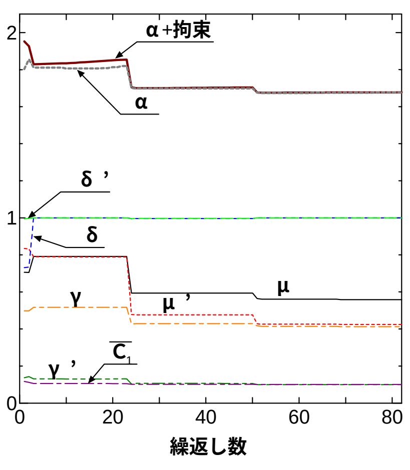

図２　目的関数と設計変数の探索履歴

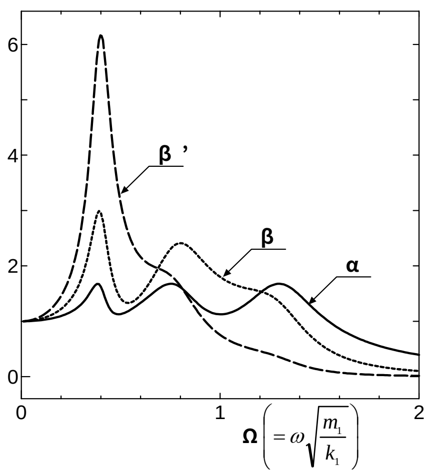

図３　最適設計後の振動数応答曲線