

ばねを利用した小型振動体による構造物の振動抑制

～二重動吸振器の最適設計に関する代数的厳密解の導出～

工学部 機械・材料工学科/工学研究科 機械工学専攻

ばんしょう あ ゆ み あ さ み と し ひ こ
B4 萬正有憂美, ○教授 浅見敏彦

キーワード

二重動吸振器, 減衰振動系, H_∞ 最適化規範, H_2 最適化規範
安定度最大化規範, 数式処理, 代数的厳密解

研究概要

二重動吸振器が取り付けられた機械振動系のモデルは図1で表される。図1(a)は力加振系, (b)は変位加振系と呼ばれる。DVAで表される動吸振器を取り付けないときには, 主振動系(P)はある振動数で共振する。その共振を抑えるために動吸振器AとBを取り付ける。この動吸振器には代表的な設計指針が3種類あり, その中の一つに H_2 最適化がある。この規範は, 振動源から伝播される全振動エネルギーを最小化することを目標としており, その最適化の評価関数は

$$I_a = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \left| \frac{x_1}{f_0/k_1} \right|^2 d\lambda = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} f_n(\lambda) d\lambda$$

で表される。この式の定積分は複素積分の一つである留数定理を使って次のように計算できる。

$$\int_{-\infty}^{\infty} f_n(\lambda) d\lambda = 2\pi i \sum_{k=1}^6 \text{Res}[f_n; i\lambda_k]$$

数学で通常行う方法でこの最小化問題を解くことができる。その結果, 主系減衰がゼロ($\zeta_1=0$)のときには, 動吸振器の設計に関する最適解と評価関数の最小値が以下のように得られた。ここで μ は主系(P)と動吸振器(A+B)の質量比である。

$$\left. \begin{aligned} \mu_{B\text{opt}} = 2\mu, \quad \nu_{\text{opt}} = \sqrt{1+2\mu}, \quad \nu_{B\text{opt}} = \frac{1}{1+2\mu} \\ \zeta_{2\text{opt}} = 0, \quad \zeta_{3\text{opt}} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{3\mu}{1+2\mu}}, \quad I_{a\text{min}} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{3}{\mu}} \end{aligned} \right\}$$

アピールポイント

1. 動吸振器の最適化問題を数値的に解くことは難しいが, 代数解は幸運に恵まれないと得られない。本報告は代数的厳密解を導出した世界初の研究である。
2. このほかに, H_∞ 最適化と安定度規範でも同様の代数解を導くことに成功した。
3. 主系に減衰を有する一般的な場合にも代数解を導出することができた。

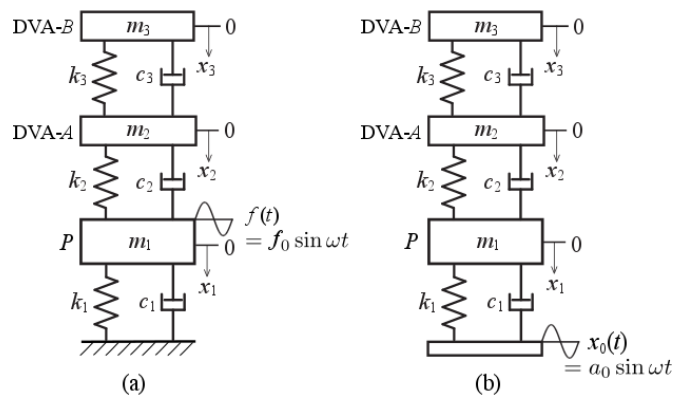


図1 研究対象とする機械振動系

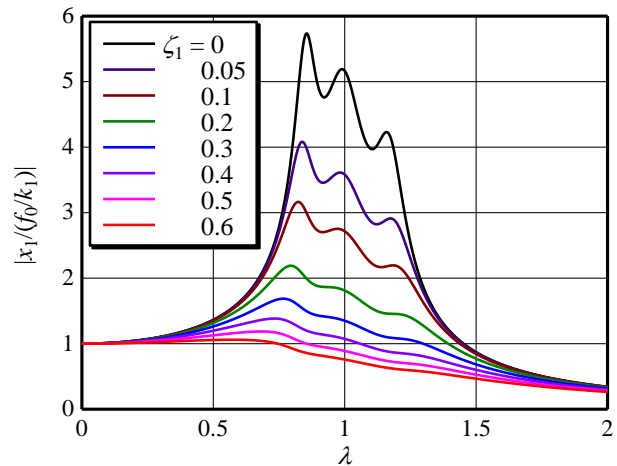


図2 H_2 規範で最適化された動吸振器が取り付けられた振動系の周波数応答 ($\mu=0.05$)

