

形状最適化と制振材貼付による板構造物の音質向上

○大石 久己
(工学院大)中島 貴史
(株ブルボン)松本 宏行
(ものづくり大)山川 新二
(工学院大)

Improvement of Sound Quality for Plate Structure by Optimizing Shape and Using Damping Sheets

Hisami Oishi
(Kogakuin Univ.)Takafumi Nakajima
(Bourbon Co.)Hiroyuki Matsumoto
(Inst. of Tech.)Shinji Yamakawa
(Kogakuin Univ.)

本研究は、平板の形状最適化と制振材の最適貼付によって打撃音の音質向上を図る簡便な方法を提案する。はじめに、打撃音の振動数比を簡単な分数比にして和音の効果を与える方法を提案する。次に、制振材の貼付によって主要なモードの音圧レベルの大きさを変更する方法を検討する。制振材の貼付位置は、各モードの歪エネルギー分布から求める。実験においてその有効性を確認する。

Key Words: 音質, 減衰, 最適設計, 固有円振動数, モード歪エネルギー

1. はじめに

本研究では、薄板構造物を対象として形状最適化と制振材の最適貼付によって打撃音の音質を向上させる簡便な方法を検討する。たとえば楽器の音質はその筐体を持つ固有振動数と減衰に依存する。これらの関係を検討し、最適化を図ることは有効である。そこで本報では、2段階の方法を提案してその効果を検討する。はじめに、設計対象の振動モードを決めその固有振動数の比が構造物の形状最適化により、簡単な整数比として和音の効果を得ることができるようにする。次に、制振材を貼付し、設計対象とする振動モードの音に影響を与えず、設計対象としない振動モードの音を低減することを図る。そのために、薄板構造物の実験値と対応のよい数値モデルを構築し、歪エネルギー分布を数値解析モデルより求め、各要素の歪エネルギーの大きさを考慮して制振材を貼ることで、音質を向上させることができるかを検討する。最後に実験においてその有効性を確認する。

2. 理論⁽¹⁾

最適化問題を解くためにラグランジュの未定数法を用いて設計変数の変更ベクトルを求める擬似最小二乗法を提案する。はじめに和音を

考慮した特定の振動数の組を設定し、その値に近づけることを考える。ただし、構造変更すると基準の振動数も変化するのでその影響を補正する必要がある。そのため、和音をその振動数の簡単な整数の比で表されるいくつかの音の集まりであると考え、目標の振動数に最適化するのではなく、固有振動数の比を目標値として振動数比のみを設計対象として最適化する方法を考える。すなわち、構造変更することで基準とする振動数が変化するが、そのことを考慮しつつ固有振動数が目標の振動数比になるように設計変更ベクトルを定める。

振動数比を設定するため、固有振動数ベクトル $\{f_i\}$ ($i=1,2,\dots,m$) に対して、基準振動数を一つ選択して f_0 とし、残りの振動数を改めて f_1, f_2, \dots, f_{m-1} と番号をふり直す。次にこの基準振動数に対して目標とする振動数比 $\{r_i\}$ ($i=1, 2, \dots, m-1$) になるように設計変数 $\{\Delta x_j\}$ を求め、形状変更による振動数の変化量を $\{\Delta f_i\}$ とする。形状変更前の振動数 $\{f_i\}$ に対して

$$[f_1 + \Delta f_1 \ \dots \ f_{m-1} + \Delta f_{m-1}]^T = \{f_i\} + \{\Delta f_i\} \quad (1)$$

となり、目標とする振動数比を $\{r_i\}$ とすれば、形状変更後の基準振動数に対する振動数の比は

$$\frac{\{f_i\} + \{\Delta f_i\}}{f_0 + \Delta f_0} = \{r_i\} \quad (2)$$