

# 共鳴型サイレンサの振動特性

岡野 裕征 御法川 学 岩原 光男 長松 昭男  
法政大学工学部機械工学科

実験周波数応答関数から統計的に最も確からしいモード特性を同定できる非線形最適化法を使用し、モード特性を求める。ユーザーによる使いやすさを MATRAB によりプログラミングされた実験モード解析システムを使用する。本研究では、サイレンサの内板とサイレンサ全体に適用し、内板については同定されたモード特性と有限要素法による結果を比較・考察する。

## 1. 結論

消音器 (silencer) はガスを通過させつつ音の伝搬を防止するもので、エンジンの排気音用、送風機・圧縮機の吸込・吐出音用、蒸気噴出音用等のように用途、種類は非常に多いが、消音メカニズムからは大きく 3 つに分類される。

- 吸音型消音器
- アクティブ型消音器
- リアクティブ型消音器

サイレンサの外板や仕切り板は、十分な遮音性とビビリや共鳴など不要な振動が発生しないような剛性を持たせることが一般的であるが、本研究では、リアクティブ型消音器の共鳴型サイレンサを対象とし、使用上支障のない範囲で逆に外板等の透過性や共振を利用して特定の周波数の減音を得たり、共振を回避する設計が可能か検証するものである。最終的には現象を定式化し、サイレンサの設計を目標とする。Fig.1 に本研究で目指すサイレンサの減音メカニズムを示す。

本論文では、まず第一段階としてサイレンサの共鳴 (減音) 周波数 (125Hz) 近くの低い周波数領域において、サイレンサのダクト部の板一枚 (以下内板と呼ぶ) やサイレンサそのものの振動特性を解明するため、MATLAB 言語を使用して構築された実験モード解析システムをパーソナルコンピュータで使用し、実験モード解析を行い、また、実験と同時に、内板においては FEM モデルを作成し、計算によりモード特性を求め、実験と比較・検証を行う。

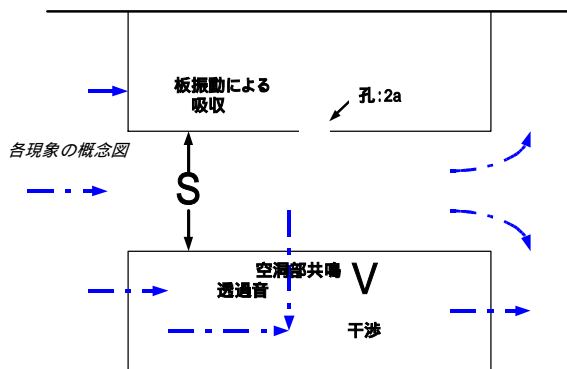


Fig.1 共鳴型サイレンサの減音メカニズム

## 2. 実験装置および方法

サイレンサのダクト部である内板とサイレンサそのものを対象に実験モード解析を行った。対象物の支持は軽

量な紐で懸架し、自由支持状態とした。振動試験は、インパルス・ハンマによる打撃加振で行う。計測には 3 軸加速度ピックアップを用いた。加速度ピックアップを固定、ハンマを移動し、FFT 装置を用いて応答を得る加振点移動で行った。打撃試験は 5 回平均で行い、3 軸加速度ピックアップによって 3 方向の応答を測定したが、X、Y 方向の動きはほとんどないため、Z 方向だけの応答を処理した。

Fig.2、Fig.3 に内板とサイレンサの加振点と応答点を示す。ハンマにより Z 方向に内板は計 42 点をサイレンサは計 312 点を垂直に加振した。

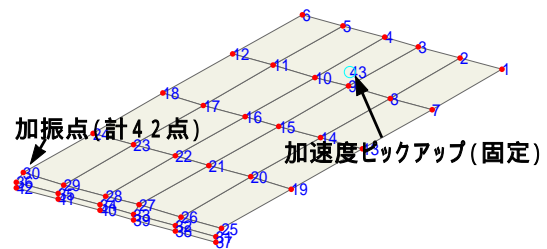


Fig.2 内板の加振点と応答点

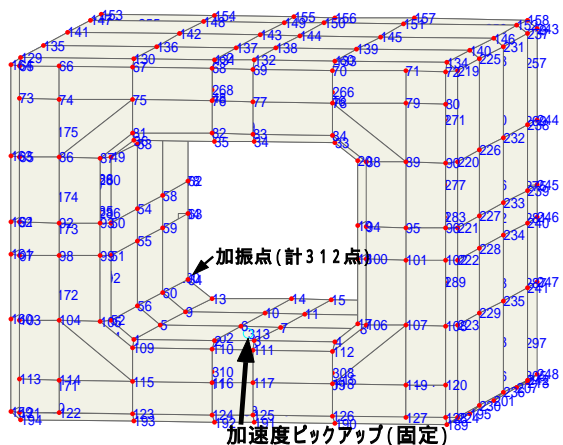


Fig.3 サイレンサの加振点と応答点

次に、内板について有限要素法による計算モード解析を行う。Fig.4 に内板の有限要素モデルを示す。モデル作成には Solid works と Altair Hyper mesh を使用し、計算には MSC/NASTRAN を使用した。

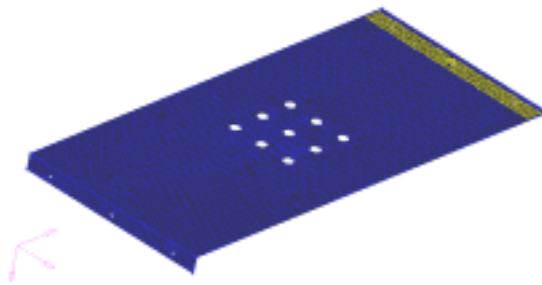


Fig.4 FEM Model

### 3. 実験結果および考察

実験モード解析システムによりモードアニメーションを見ることができる。Fig.5 Fig.6 に同定により得られた内板の1次と2次の固有モード形状を、Fig.7 Fig.8 に計算による1次と2次の固有モード形状を示す。

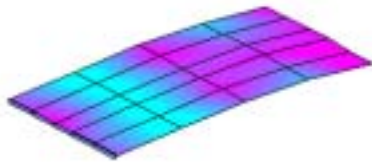


Fig.5 Mode Shape No.1(bar)

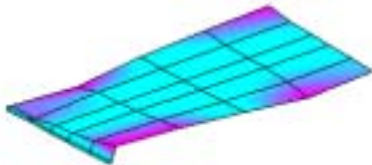


Fig.6 Mode Shape No.2(bar)

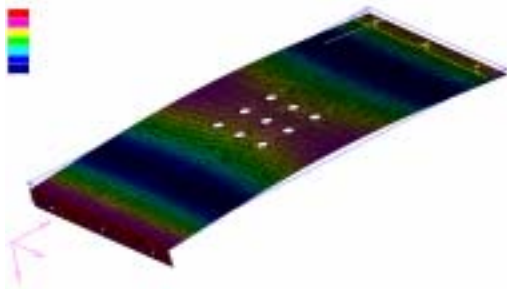


Fig.6 FEM Mode Shape No.1(bar)

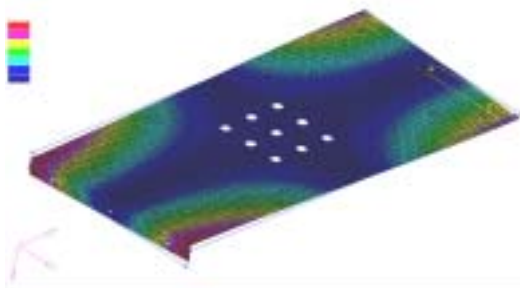


Fig.8 FEM Mode Shape No.2(bar)

Table1 実験と計算の固有振動数の比較

No.	実験値 (Hz)	計算値 (Hz)	mode shape
1	12.53	13.86	曲げ
2	19.92	19.02	ねじり
3	28.46	41.11	曲げ
4	50.2	45.17	ねじり
5	64.78	-----	曲げ
6	84.48	81.58	ねじり
7	-----	83.2	曲げ
8	96.46	88.31	ねじり
9	116.4	129.2	曲げとねじり
10	126.6	131.7	ねじり

Table.1 に第1~10モードまでの実験と計算の固有振動数を示す。第2次モードまでは実験値と計算値がよく一致しているが、3次以降には周波数のズレやモード形状が違うものがある。途中表中で値が抜けている部分があるがこれは、モード形状がまったく違うために同じモードと比較できないと判断したためである。その点を考慮するとモード形状は波状の曲げのモード形状とねじれのモード形状が100Hzまで交互にあらわれている。それぞれのモード形状はほぼ対称になっている。また、高次のモードになるにつれ、曲げの波の数やねじれの形状は複雑になっている。

実験対象の内板にはねじり止め部に3点で点付溶接された厚板があり平板の形状をしているが、それによる板と板との接触部分があいまいであったことと、板の折り返し部分の折り返しによる板厚の変形が正確に把握できなかったために、正確なモデルを作成することが困難になり、モードが高次になるにつれ実験値と計算値に誤差が生じてしまったものと考えられる。

次に、サイレンサそのものの実験モード解析によって得られた共鳴周波数近くの15次と16次のモード形状をFig.9 Fig.10に示す。

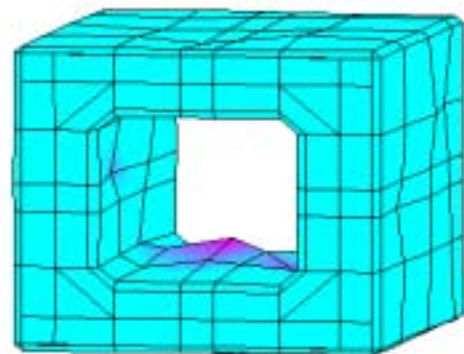
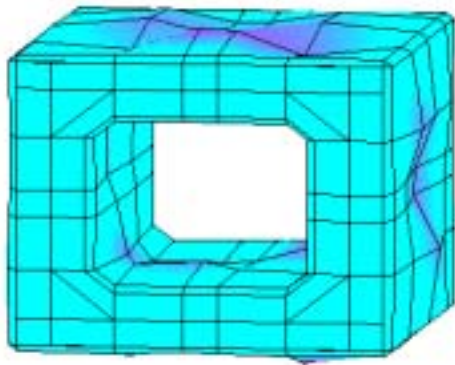


Fig.9 Mode Shape No.15(silencer)



Mode Shape No.16(silencer)

実験モード解析により 200Hz までに 20 個のモード特性を得た。内板ではモード形状はすべて対称であったが、構造体としてのサイレンサの場合第 4 次以降のモード形状においては非対称にはなってしまった。これは各部品の組み立てに使用した鉛をうすく伸ばして接着剤を塗布したテープや、ねじ部の影響が考えられる。また、音源の入り口部には 4 次モードのみモード形状があらわれ、その他ではほとんどあらわれなかった。

#### 4. 結論

1. サイレンサの内板について実験モード解析を行い、200Hz までに 12 個のモード特性を得た。
2. 一つ一つのモード形状は曲げとねじりの 2 種類の対称のモード形状であった。
3. 有限要素法により内板をモデル化して計算によってモード特性を得たが、高次のモードでは実験値と計算値に大きな誤差があり、またモード形状も一致しなかった。
4. サイレンサそのものを実験モード解析した結果 200Hz まで 20 個のモード特性を得たが、低次のモード形状においては対称で高次のものは対称にはならなかった。

#### 参考文献

- 1) 長松昭男,モード解析入門,(1993),10,コロナ社
- 2) 長松昭男,モード解析入門,(1993),90,コロナ社
- 3) 長松昭男,音・振動のモード解析と制御,(1996),コロナ社
- 4) Delores M.Etter/David C.Kuncicky,理工系学生のための MATLAB ビギナーズガイド,(2003),山海堂
- 5) 岩原・長松,機論,61-591,C(1995-11),4222-4229

キーワード.

振動、音響、モード解析、有限要素法、動特性

.....

Summary.

**Research on the vibration characteristic of a sympathy silencer**

Hiroyuki Okano Gaku Minorikawa Mituo Iwahara Akio Nagamatu  
Department of Mechanical Engineering, Hosei University

The purpose of this study is identification of modal parameters of a sympathy silencer with the nonlinear optimum method as the experimental modal analysis technique. This technique is correctly extended to a multi-point response in differential iteration method. User interfaces are constructed with MATRAB in personal computer. This system is applied for the a bar of duct. And the experimental modal parameters are compared with FEM results.

Keywords.

Vibration, resonance, Modal Analysis, FEM, Dynamic Characteristic