

ダクト系透過音低減用共鳴器の最適取付位置について*

◎鈴木誠人, 寺尾道仁, 関根秀久, 佐々木悠哉 (神奈川大・工)

1 はじめに

ヘルムホルツ共鳴器をダクト系において使用する上で共鳴器パラメータのチューニングが不可欠である。前報[1]では共鳴器チューナ(共鳴器パラメータの調整機能をもつ共鳴器)列による透過音制御について実験を行いその有効性を示した。その際、特定位置に取付けられた特定共鳴周波数域担当の共鳴器チューナは、透過音制御に全く役立たない(不感不能周波数ゾーンが存在)現象が生じた。そこで共鳴器の取付位置とダクト内の音圧分布の関係について物理実験および数値解析により検討した。

2 共鳴器の制御パラメータ

共鳴器の共鳴周波数 f_{res} および共鳴の鋭さ Q は、共鳴器の容積 V_{cav} 、ネック開口面積 S_A 、比音響抵抗 r_{HR} 、等価ネック長 l_c の4つの幾何的パラメータにより決定される。すなわち、

$$f_{res} = (c/2\pi)\sqrt{S_A/l_c V_{cav}} \quad (1)$$

$$Q = 2\pi f_{res} \rho l_c / r_{HR} \quad (2)$$

一方、音響消散率 δ_{HR} はダクト断面積を S_D 、 $Z_c = \rho c / S_D$ として、

$$r_{HR}^* = r_{HR} / S_A Z_c \quad (3)$$

に依存する。ここではネック開口面積 S_A を 660 mm^2 に固定した。

3 音圧と音響透過損失の測定

図1に実験対象としたダクトを示す。ダクトの終端は自由開口とし、その透過音制御のための共鳴器列のチューニングを想定して共

鳴器チューナ列(6台)をサイドブランチ型として取外し可能とした。各共鳴器位置においてマイクロホンを設置して音圧を観測するとともに共鳴器列の音源側と透過側にそれぞれペアマイクロホンを設置してその進行波および反射波を観測した。音源信号は平坦な周波数振幅の多重正弦波とした。

図2に共鳴器を取付ける前の共鳴器接続点Iの音圧スペクトル(実線)を示す。音源が平坦なスペクトルの駆動力であるにもかかわらず、進行波と開口端からの反射波との干渉のため周波数によって音圧スペクトルは40 dBに達する山谷を生じている。これに対し、共鳴器接続点Iに共鳴器チューナを取付け、100Hzから250Hzの範囲で10Hz刻みにその共鳴周波数を変化させたときの音源側・透過側検査面間の音響透過損失を○印により示す。共鳴器の共鳴周波数に対し、その周波数で取付け位置の音圧が大きいときには共鳴器は有効に働き、その結果、大きな音響透過損失が

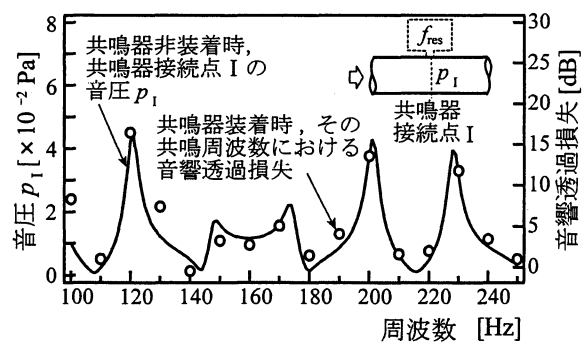


図2 音圧(共鳴器接続点I)と音響透過損失

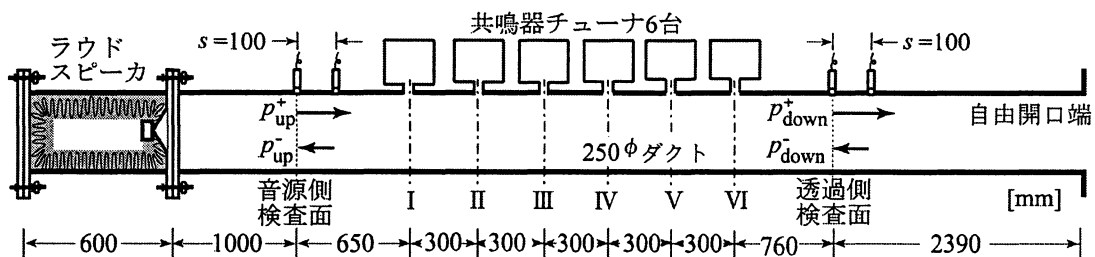


図1 実験装置

*On optimum position of resonators to suppress sound transmission of a duct by SUZUKI Masato, TERAO Michihito, SEKINE Hidehisa and SASAKI Yuya (Kanagawa University)

得られ、これと逆のときにはこの共鳴周波数の共鳴器は働きが悪いこと、すなわち、共鳴器はその共鳴周波数で音圧が高い位置に設置することが重要であることが確認される。

4 数値解析によるダクト内音圧分布

ダクト内の詳細な音圧分布については数値解析（3次元境界要素法）により調べた。その境界条件として音源側についてはレーザドプラ速度計によりスピーカ膜面速度、ダクト終端側については音響インピーダンスを測定して与えた。その結果を図3に示す。実験と数値解析の音圧スペクトルは概ね一致している。図4に共鳴器無しで周波数が120 Hzの場合のダクト内音圧分布を示す。この場合、共鳴周波数120 Hzの共鳴器の配置は音圧が小さい取付位置Ⅲを避け、音圧が大きい取付位置Ⅴを選択するのが効果的といえる。

5 共鳴器の最適配置

図5は6つの卓越ピークを持つ透過音スペクトルについて、その卓越ピーク低減を目的とした共鳴器配置に関する実験結果を示す。試行1は単純に音源側から透過側に向けて共鳴周波数の低い順に共鳴器チューナを配置した場合、試行2は前項4.2のダクト内音圧分布を考慮して共鳴器チューナを配置した場合である。各共鳴器の共鳴周波数に一致する周波数においては配置変更により大きな透過音低減効果が得られることが確認される。

5.1 複数の共鳴器相互の干渉性

図5には各共鳴器の共鳴周波数に一致する周波数のみに注目しその周波数のみ抽出して示した。しかし、各共鳴器の共鳴周波数以外の周波数では各共鳴器のそれぞれの役割は必ずしも明確ではない。これは共鳴器相互の音響的干渉によるものと考えられる。

図6は各共鳴器取付時の音源側検査面の音圧反射率を示す。試行1は共鳴器接続点Ⅰに共鳴周波数100 Hzの共鳴器チューナ1台を取り付けた場合である。試行2、試行3はそれぞれ共鳴器接続点Ⅱおよび共鳴器接続点Ⅲに共鳴周波数150 Hzおよび200 Hzの共鳴器を取り付けた場合である。図5で設定した共鳴器パラメータでは各共鳴器の半値幅が広く共鳴周波数が近接する共鳴器間の相互干渉が無視できないものと考えられ、それについてはさらに検討が必要である。

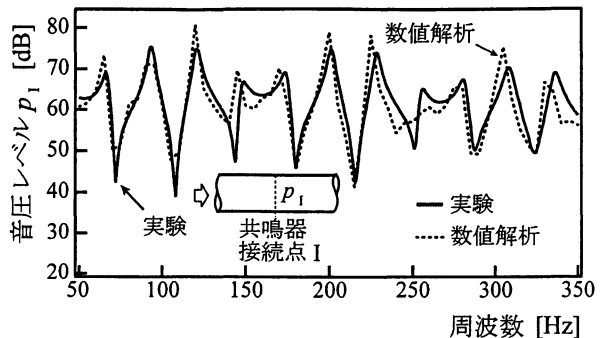


図3 音圧スペクトルの比較（共振器接続点Ⅰ）

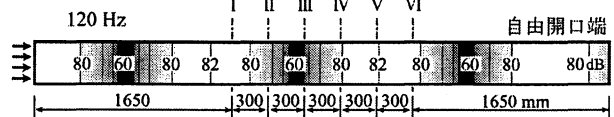


図4 ダクト内の音圧分布(120 Hz)

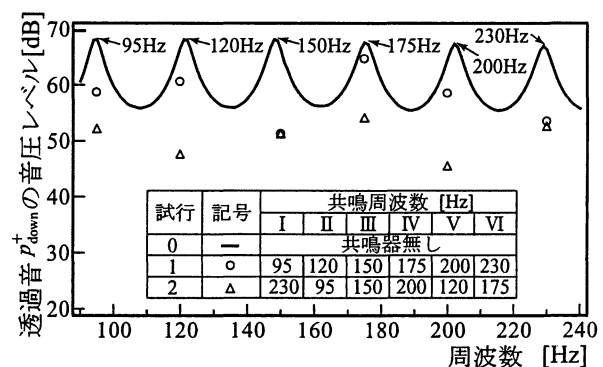


図5 共振器の取付位置による透過音

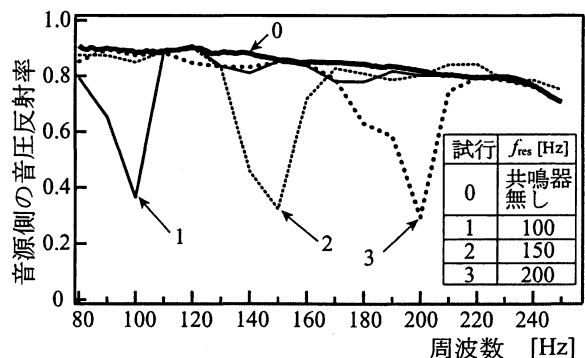


図6 共振器による音圧反射率の変化

6 おわりに

ダクト系騒音制御における共鳴器の効果的な取付位置について実験および数値解析を行い、ダクト内音圧分布と密接な関係があることを確認した。また、共鳴器列の配置に当たっては複数の共鳴器相互の音響的干渉も考慮を要することが示唆された。

参考文献

[1] 鈴木ほか, 音講論(秋), 973-974, 2009.