

ダクト系共鳴器調整用チューニング装置の開発*

◎服部康章, 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はダクト系騒音の低管路抵抗かつ精密な音質制御手段として知られているが、共鳴器パラメータの調整が容易でないため一般的に活用されていない。前報[1]では容積可変シリンダーによる共鳴周波数制御機能および渦巻バネによるネック長可変機構による Q 値(共鳴の鋭さ)制御機能を有する共鳴器チューナーを試作し、特に Q 値について調べたがネック長伸縮機構のみではその調整幅に限界があることがわかった。今回は渦巻バネ抵抗可変機構による Q 値制御機能とさらに音響消散制御機能を追加する目的で、絞り(可変ネック開口面積)機構をもつチューナーを試作し、実験によりその有効性について調べる。

2 共鳴器の制御パラメータ

共鳴器の共鳴周波数 f_{res} 及び共鳴の鋭さ 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_e の4つの幾何的パラメータにより決定される。すなわち、

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

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

一方、音響消散率 δ_{HR} は、共鳴器を取り付けるダクト断面積 S_D 、 $Z_c = \rho c / S_D$ のとき、

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

に依存する。この r_{HR}^* を音響消散調整の目安として用いる。前報[1]では S_A と r_{HR} を固定、 V_{cav} および l_e を可変パラメータに選んで共鳴周波数 f_{res} と共鳴の鋭さ Q を独立に制御し δ_{HR} は成行きであった。今回はそれに対し、 δ_{HR} の制御を加える目的で、 V_{cav} 、 r_{HR} および S_A を連続可変パラメータとした。

3 ネック部抵抗および開口面積制御

Q 調整には式(2)によりネック部抵抗 r_{HR} 制御、また、 δ_{HR} 調整には式(3)により S_A 制御の導入をはかる。ネック部にその開口面積 S_A

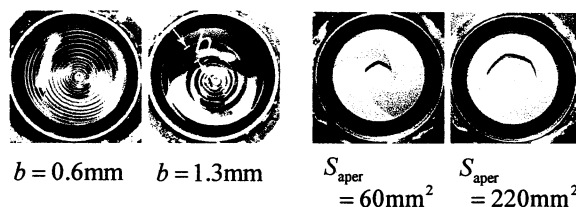


写真1 渦巻バネ, ネック開口面積調節機構

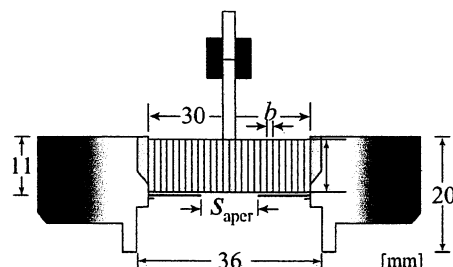


図1 ネック部断面

の制御のため写真1に示すような絞り機構を組み込み、これに渦巻バネ可変抵抗機構を挿入したチューナーを開発した。ネック部抵抗 r_{HR} は渦巻バネの中心軸をステップモータにより回転させバネ板間隙間 b を可変として制御する。このネック部抵抗・開口面積制御機構付共鳴器チューナーを直管ダクト(内径 250ϕ 、長さ1.5m)の終端に取付け、絞り面積 S_{aper} およびバネ板間隙間 b と基準化抵抗 r_{HR}^* との関係を調べた。その結果を図2に示す。バネ板間隙間 b を一定とした時の開口面積 S_{aper} による基準化抵抗 r_{HR}^* の変化をみると最大約8倍の調整幅をもつことがわかった。

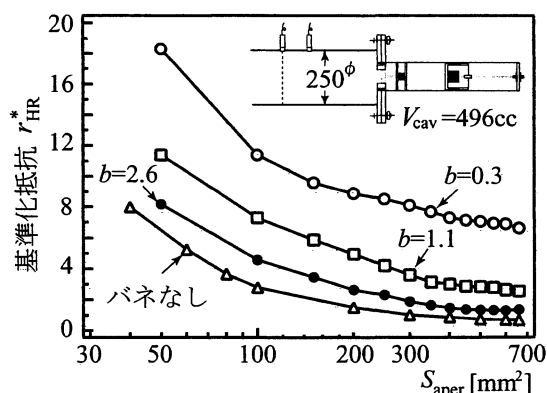


図2 ダクト終端取付条件における基準化抵抗の測定値

* Investigation of Helmholtz resonator tuners for sound transmission control of air conditioning ducts, by HATTORI, Yasufumi, TERAU, Michihito, SEKINE, Hidehisa and SASAKI, Yuya (Kanagawa Univ).

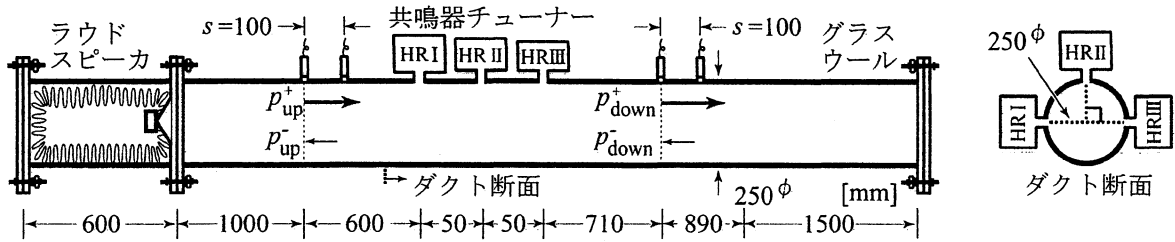


図3 実験装置

表1 共鳴器チューナー制御パラメータと透過音特性

試行	共鳴器チューナーI						共鳴器チューナーII						共鳴器チューナーIII								
	S_{aper} (mm ²)	δ	b (mm)	r_{HR}^*	Q	V_{cav} (ℓ)	f_{res} (Hz)	S_{aper} (mm ²)	δ	b (mm)	r_{HR}^*	Q	V_{cav} (ℓ)	f_{res} (Hz)	S_{aper} (mm ²)	δ	b (mm)	r_{HR}^*	Q	V_{cav} (ℓ)	f_{res} (Hz)
1	共鳴器なし						共鳴器なし						共鳴器なし								
2	4	—	0.3	—	—	2.61	—	4	—	0.3	—	—	2.37	—	660	0.33	2.6	1.4	9.2	1.36	120
3	220	0.31	1.1	8.9	2.1	2.42	88	220	0.35	1.1	8.9	2.1	1.81	104	220	0.16	1.1	8.9	2.1	1.36	120
4	410	0.37	1.1	2.5	5.3	2.42	88	410	0.37	1.1	2.5	5.5	1.81	104	410	0.23	1.1	2.5	5.5	1.36	120
5	660	0.48	2.6	1.4	9.3	2.42	88	660	0.42	2.6	1.4	9.3	1.81	104	660	0.31	2.6	1.4	9.3	1.36	120

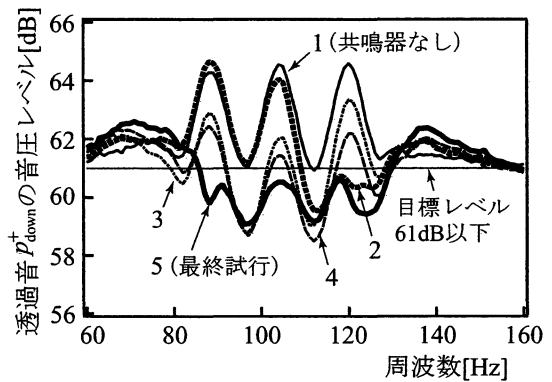
またバネ板間隙間 b による抵抗 r_{HR}^* も開口面積 S_{aper} で変化幅に差はあるものの $S_{\text{aper}} = 660\text{mm}^2$ 時最大で約6倍変化することがわかった。このネック部機構を用いれば δ_{HR} と Q を十分な範囲で調整できる見通しを得た。

4 共鳴器チューナーの試行実験

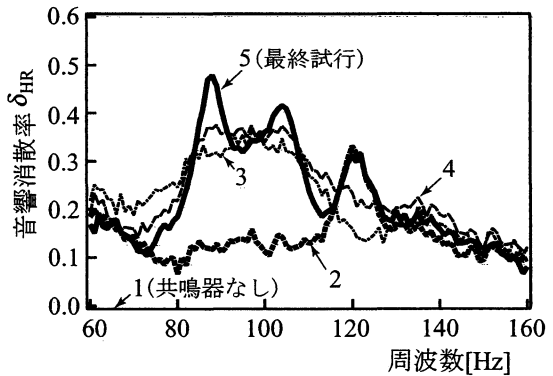
前項3で試作した共鳴器チューナーを3台サイドブランチ配置でダクトに取付けチューニング実験を行った。図3にその実験装置を示す。基礎的性質を調べるため低反射終端としている。表1および図4は、周波数90 Hz, 105 Hzおよび120 Hz付近に3つの卓越ピークをもつ透過音スペクトル p_{down}^+ を61 dB以下にすることを目標として、チューニングを行ったときの代表的な試行段階の共鳴器パラメータおよび透過音スペクトルを示す。共鳴器パラメータ V_{cav} , r_{HR} および S_{aper} の試行錯誤制御により透過音が目標スペクトルに近づいていく様子が確認される。これは V_{cav} , r_{HR} および S_{aper} を制御パラメータとする共鳴器特性(f_{res} , δ_{HR} および Q)調整手法の基本的有効性を示すものである。

5 おわりに

ヘルムホルツ共鳴器音響特性の最適化調整に必要な抵抗制御機能および開口面積可変機構を組み込んだ共鳴器チューナーを試作した。その性能について実験を行い、現実の消散率および Q (共鳴の鋭さ)調整に必要な可変範囲を持つことを確認した。多数の共鳴器から成る共鳴器列の場合、相互干渉をもつ各



(a) 透過音スペクトル p_{down}^+



(b) 音響消散率 δ_{HR}

図4 共鳴器チューナーによる調整

共鳴器パラメータの組み合わせからなる試行錯誤調整数は膨大になるためその自動化が不可欠であり、現在その準備を進めている。

謝辞

本研究の一部は、平成18年度科研費補助金(課題番号18560583)による。深く感謝の意を表します。

参考文献

[1] 寺尾ほか, 音講論(春), 1065-1066, 2008.