

125 気流音を考慮した細孔管型マフラーの消音特性に関する研究

SASE, Toshitsugu / OGATA, Manabu / 佐瀬, 敏次 / SUZUKI, Shoji / MINORIKAWA, Gaku / 緒方, 学 / 御法川, 学 / 鈴木, 昭次

(出版者 / Publisher)

日本機械学会

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

環境工学総合シンポジウム講演論文集

(巻 / Volume)

2002

(号 / Number)

12

(開始ページ / Start Page)

141

(終了ページ / End Page)

143

(発行年 / Year)

2002-07-09

125 気流音を考慮した細孔管型マフラーの消音特性に関する研究

Study on characteristics of noise reduction of perforated-plug muffler with self generated flow noise

正 御法川 学(法政大) 正 鈴木 昭次(法政大)
正 佐瀬 敏次(荏原製作所) ○学 緒方 学(法政大院)

Gaku MINORIKAWA, Hosei University, 7-2, Kajincho 3-chome, Koganeishi, Tokyo
Shoji SUZUKI, Hosei University
Toshitsugu SASE, Ebara corporation
Manabu OGATA, Graduate school of Hosei University

This paper deals with the characteristic of noise reduction of perforated-plug muffler with self generated flow noise. The perforated-plug muffler is a kind of reactive silencer, attenuating noise by a pipe with a closed end and a perforated surface inserted into an expansion chamber. It is widely used in various fields but its design method considering the self generated flow noise has not been cleared. The experiments were carried out by using low noise wind tunnel. It was cleared that arrangement of the pipe with the perforated-plug, that is, downstream or upstream to the expansion chamber, affected not only the pressure loss but also the flow noise.

Keywords: Perforated-plug muffler, noise reduction, flow noise, wind tunnel

1 はじめに

細孔管挿入型マフラーは、先端が閉塞し表面に小さな孔を多数開けたパイプ(細孔管)を膨張型マフラーに挿入したものであり、入口管より入ってきた音波を管路内の構造により反射、共鳴、干渉などの特性を利用し広い周波数領域での減音効果を得るリアクティブ型の消音器である¹⁾²⁾。

近年、装置のコンパクト化、高性能化に伴い、マフラーの排気速度は上昇しつつあるが、実用における流体の圧力損失や気流による自己発生音が減音特性に及ぼす影響などについては十分に解明されていないため、設計方法、理論の確立が求められている。

本研究は、細孔管挿入型マフラーの細孔管挿入位置が、圧力損失及び気流音に及ぼす影響について調べ、その特性を明らかにしようとするものである。

2 実験装置および方法

実験で使用したマフラーにおける挿入管の形状を図1に示す。単純挿入型(TYPE 1)に対して、細孔管型(TYPE 2-5)は一端が閉じており、直径5mmおよび3mmの孔が多数開いている。孔の数は直管の開口断面積と細孔管の孔の総面積が等しくなるように調整した。なお挿入管の内径は29mmで共通である。マフラーは図2および表1に示すように、挿入管形状と挿入方法により5種類に分類した。パイプの挿入長は入口側、出口側ともに50mmである。音響試験装置を図3に示す。出口端は無反射端とし、上流端のスピーカーから印加する正弦波が入口管にて一定音圧となるように、信号発生器をフィードバック制御した。減音量は入口管と出口管に設けたマイクロホンにおける音圧レベルの差で示してある。圧力損失及び気流音の測定は、図4のような実験装置を用いた。空気源は無音気流風

洞の吐き出しノズルであり、入口管に流入する流れの乱れ及び気流音は、十分小さく抑えられている。マフラー出口における気流速度は $u=0\text{m/s}\sim 30\text{m/s}$ の範囲で設定した。圧力損失はマフラー前後の静圧の差から求め、気流音はマフラー出口の発生音をマイクロホンによって計測し、周波数分析した。

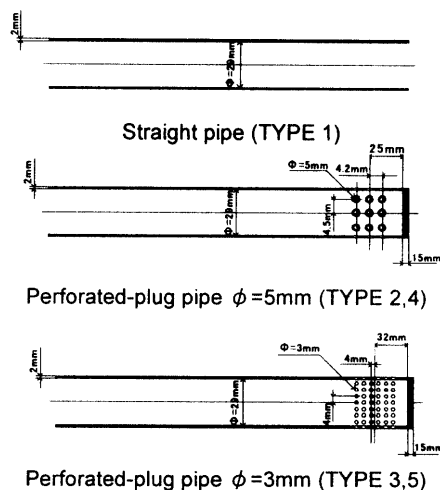


Fig.1 Inserted pipes

Table 1 Types of tested muffler

TYPE	Inlet pipe	Outlet pipe
1	Straight	Straight
2	Perforated($\phi=5\text{mm}$)	Straight
3	Perforated($\phi=3\text{mm}$)	Straight
4	Straight	Perforated($\phi=5\text{mm}$)
5	Straight	Perforated($\phi=3\text{mm}$)

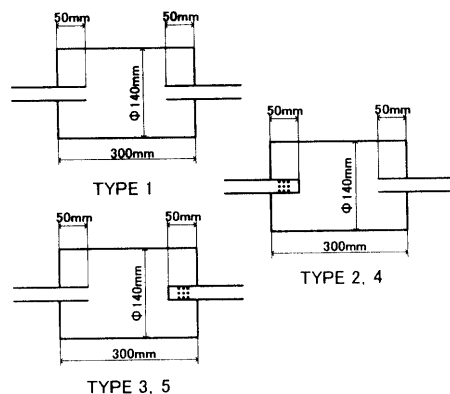


Fig. 2 Arrangement of tested muffler

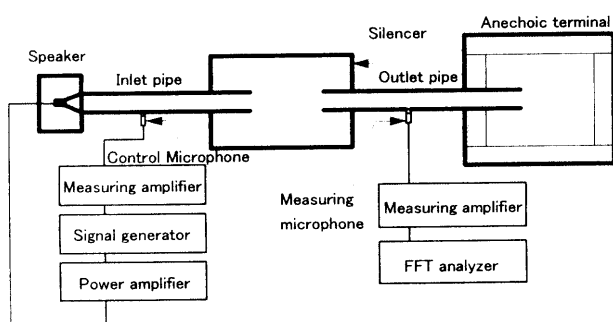


Fig. 3 Setup of acoustic measurement

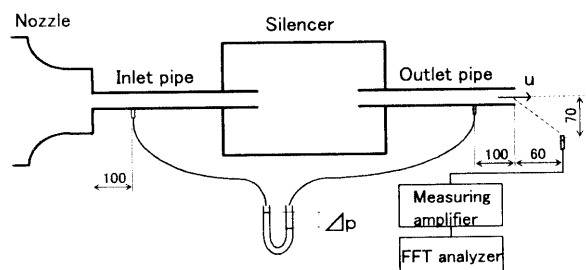


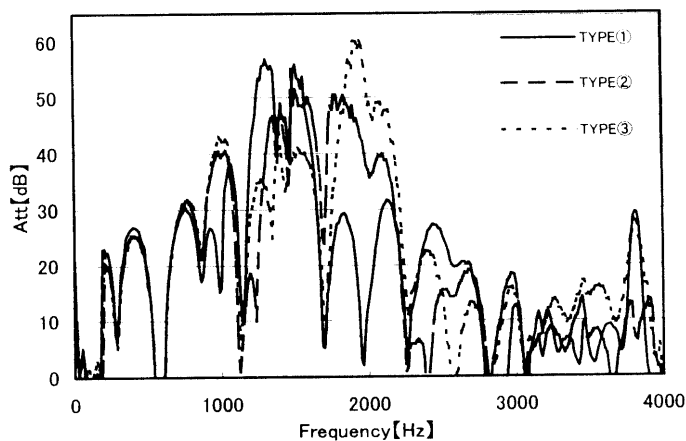
Fig. 4 Measurement setup for pressure loss and self generated flow noise

3 実験結果および考察

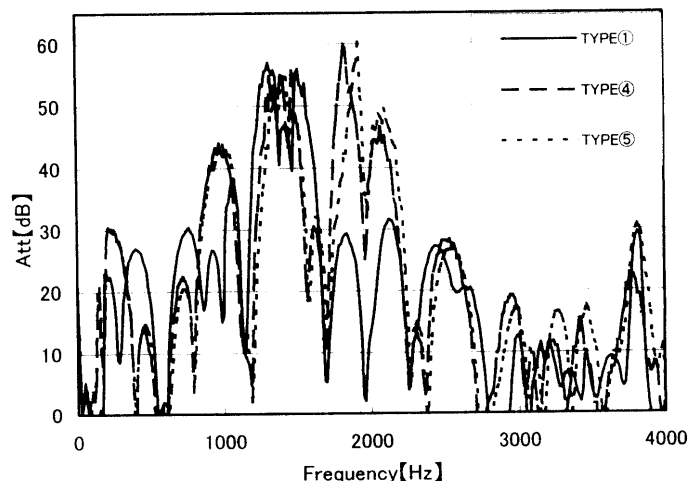
3.1 減音特性

まず、入口管を変えた場合の各マフラーの減音特性を図 5-a に示す。ここで示した直管単純挿入型 (TYPE 1) においては、1500Hz 付近が最も大きな減音効果が得られている。一方、入口に細孔管を用いた TYPE 2、TYPE 3 では、1500Hz 付近の減音効果が低下する一方で、2000Hz 付近にて大きな減音効果が得られるようになり、減音特性が高周波数側に移行している。これは、単純挿入型マフラーの理論音響特性において、入口挿入長が短くなった場合にはほぼ等しい。すなわち、本研究で用いた細孔管型マフラーの音響特性は、孔列の平均位置を開口部とした場合の単

純挿入型マフラーの音響特性と同様であるということが出来る。図 5-b は出口管を変えた場合の比較である。マフラーの音響特性は相反定理により、入口と出口の条件を入れ替えても変わらない。しかし、入口管を変えた場合に比べ、1500Hz 付近の減音量低下の度合いが小さく、1500Hz 以下の周波数においても減音効果が大きくなっている。以上から、減音特性の観点からは、出口端に細孔管を設置した方が有効であると推察される。



(a) Upstream arrangement of perforated-plug pipe)



(b) Downstream arrangement of perforated-plug pipe)

Fig. 5 Characteristics of noise reduction of mufflers

3.2 圧力損失

図 6 は各マフラーにおける気流速度と圧力損失の関係を示したものである。TYPE 1 に比べ、TYPE 2-5 はいずれも圧力損失が大きくなっており、孔径が小さい方が損失は大きい。挿入位置で比較すると、出口側とした場合の方が入口側とした場合よりも圧力損失が小さくなっており、圧力損失の観点からも、出口側を細孔管とした方が有利であることがわかった。

3.3 気流音特性

マフラーが発生する気流音は、マフラー内部に新たな音源を生み、さらに流れの乱れが音場に影響を及ぼすことで、マフラーの減音特性を低下させる要因となる。そこで、マフラー内部の気流音の音源部位および特性を把握し、なるべく気流音を生じないような挿入管のレイアウトおよび形状を明らかにする必要がある。小嶋らは、単純膨張型お

よび単純挿入型マフラーにおける気流音について調べているが³⁾⁴⁾、細孔管型マフラーについての報告は過去にない。細孔管型マフラーの場合、主な音源は気流が細孔管を通過する際に生じる乱流騒音であることが推察される。そこで、まず挿入管単体の気流音を計測し、その音源特性を把握した上で、マフラーの気流音を計測し、その影響を考察した。

図7は $u=20\text{m/s}$ における挿入管単体の気流音を比較したものである。直管の場合、 500Hz およびその倍音にて卓越成分が現れているが、これは気流速度を変えても周波数が変化することなく、管の長さで決まる音響特性によって生じる共鳴音である。細孔管の場合、若干周波数はずれるが同様な卓越成分が現れ、それに加えて広帯域の乱流騒音が生じ、 500Hz 以上の周波数では直管に対して 20dB 以上も大きくなっている。すなわち、細孔管はそれ単体が音源となり得ることがわかる。

図8-aは入口側を細孔管とした場合のマフラー出口の気流音を比較したものである。単純挿入型 (TYPE 1) において、約 330Hz およびその倍音にて卓越成分が現れているが、これは出口挿入管の音響共鳴によるものであると考えられる。挿入型 (TYPE 2,3) の場合、卓越成分は同様に発生するが、 2000Hz 以下の広帯域成分は TYPE 1 に比べて 15dB 以上小さくなっている。一方、 2500Hz 以上の高周波数域では TYPE 2,3 の気流音が上昇している。出口側を挿入管とした場合を比較すると図8-b のようになる。TYPE 1 に比べ、卓越成分の基本周波数が大幅に変化しているのは、出口管の共鳴条件が変わったためと考えられる。気流音の大きさは入口側を細孔管とした場合ほど顕著な差は見られないが、孔径 3mm の TYPE 5 が他に比べて約 5dB ほど小さい結果を得た。

以上の結果を総合すると、細孔管型マフラーは、圧力損失を考慮すると入口側に挿入した方が良いが、気流音を考慮すると出口側に挿入した方が良いことがわかった。今後は、細孔管形状や挿入条件を変えて系統的な知見を得るとともに、気流に騒音が付加した場合の減音特性を計測し、減音特性がどの程度劣化するかを評価する必要がある。

4 結論

以下に本研究で得られた知見を示す。

- 1) 細孔管型マフラーにおける最大の減音効果を得る周波数帯域は、単純挿入型マフラーの場合よりも高周波数域に移行する。
- 2) 細孔管型マフラーの圧力損失は単純挿入型マフラーよりも増加するが、出口側に挿入することでその影響は軽減できる。
- 3) マフラー内部で発生する気流音は、入口側、出口側の挿入管の音響共鳴周波数で卓越する。また、単純挿入管に比べ、細孔管を入口側に挿入した方が気流音の卓越を低減できる。

参考文献

- 1) Suzuki, et al., Proc. of Intennoise94, p.1619-1622 (1994)
- 2) 鈴木ほか, 機講論, No.97-2, p.125-128 (1997)
- 3) 小嶋ほか, 機講論, No.96-4, p.102-105 (1996)
- 4) 小嶋ほか, 機講論, No.97-2, p.121-124 (1997)

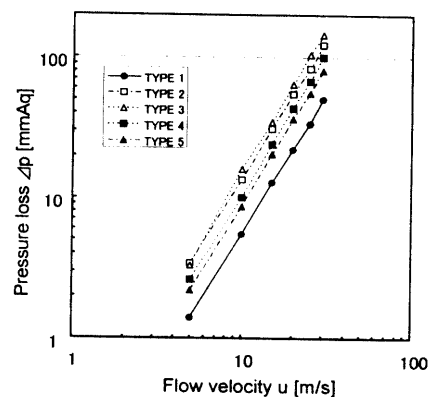


Fig. 6 Pressure loss of tested mufflers

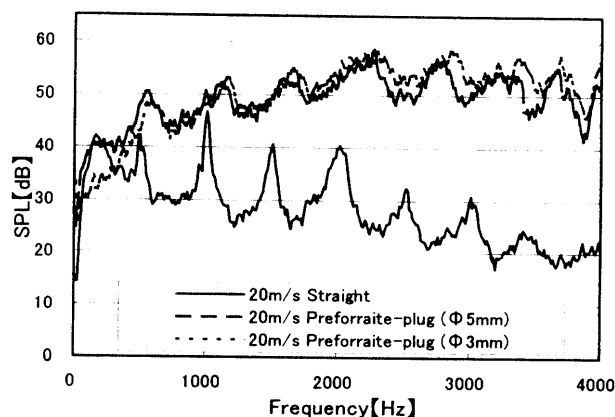
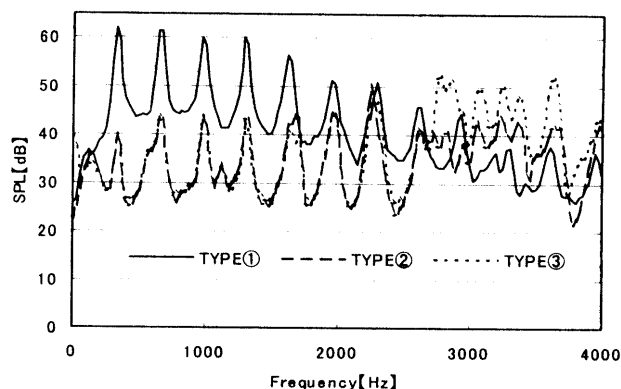
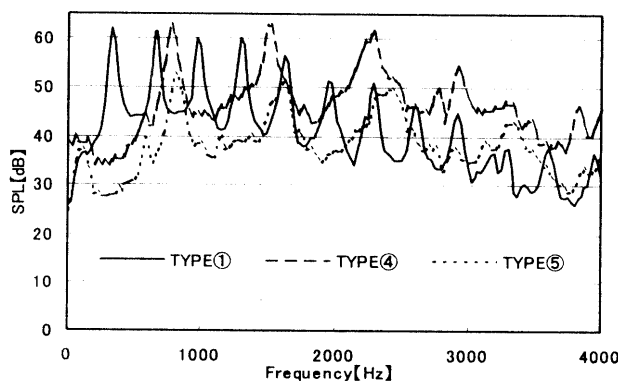


Fig.7 Spectra of self generated flow noise from only inserted pipes



(a) Upstream arrangement of perforated-plug pipe



(b) Downstream arrangement of perforated-plug pipe

Fig.8 Self generated flow noise from tested mufflers