

パルス音源を用いたダクト開口端反射減衰の2次元数値解析

- バッフル無しの場合 -

日大生産工(院) ○首里卓実 城山隼人
日大生産工 塩川博義 豊谷純

1 はじめに

ダクト開口端反射減衰とは、送風機や気流による発生音によって生み出されたダクト内を伝搬する騒音の一部がダクト開口端から外部に放出されず、ダクト内部へ反射する現象である。本研究では、この現象を明らかにすることを目的とする。

一般的に空調ダクトの消音設計における開口端反射減衰量の指標として使用されているものは、アメリカ暖房空調学会によるASHRAEの図¹⁾であり、円形断面の直径または長方形断面の有効直径と周波数によって値を求める。

本報では、200mmφ 円形ダクトの2次元シミュレーションモデルを作成しバッフル無しの場合について、開口端反射減衰値を求め、ASHRAEの値と比較検討したので報告する。

2 基礎方程式

本計算結果の妥当性を検証するために、開口端反射減衰を3次元から2次元問題に置き換えて比較した。ほかのシミュレーションと同様に、連続の式と運動量保存則から得られる波動方程式を適用し、また差分法を時空間領域に適用して離散化を行う(式(1))。

$$\frac{\partial^2 p}{\partial t^2} = c^2 \left(\frac{\partial^2 p}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 p}{\partial y^2} \right) \quad (1)$$

ただし、

P : 音圧[dB]

C : 空気中の音速[m/s]

とする。

3 解析例

3.1 シミュレーションモデル

シミュレーションによる初期条件は一番低い周波数が50Hz なので1波の波長が6.8m となり、1波分を含める為に開口端より7m の位

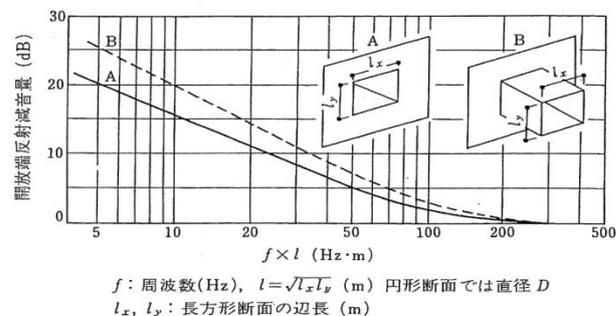


Fig. 1 ASHRAE の図

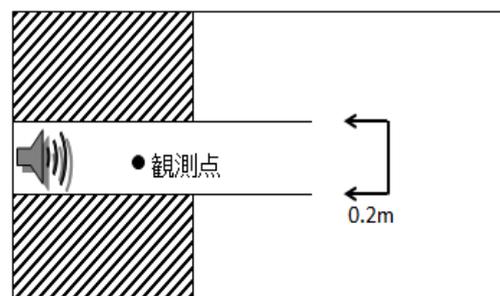


Fig. 2 計算対象領域

置に観測点を配置し、分割数はx方向が2000、y方向が20で2次元中心差分を適用する。

Fig. 2 は境界条件を視覚化したものである。シミュレーションモデルはバッフルが無い状態で円形ダクト直径200mmφ とする。バッフルより突き出たダクト壁の外側及び内側は全て全反射となっており、バッフルを含めた外周囲の境界は全吸音となっている。なお、音源はパルス音源としている。

3.2 時系列波形

Fig. 3 はシミュレーション値からダクト内部の観測点における時系列波形を取り出し、開口端へ向かう入射波と開口端反射波を分離して表したものである。いずれもフーリエ変換をするために両側を0としている。

Two-dimensional numeric simulation of end reflection loss of duct by pulse sound source

- without baffle -

Takumi SHURI, Hayato SHIROYAMA, Hiroyoshi SHIOKAWA, Jun TOYOTANI

3.3 開口端反射減衰値の算出方法

Fig. 4 に示すように開口端において、ダクトからの入射波のエネルギー I_i は内部への開口端反射波のエネルギー I_r と外部への放射波のエネルギー I_t に分離されるものと仮定する。そこで、観測点で求めた入射波のエネルギー I_i と開口端反射波のエネルギー I_r とを減算し(式(2))、放射エネルギー I_t を算出した。入射波のエネルギー I_i と放射エネルギー I_t からそれぞれのレベルを求め、 L_{Ii} と L_{It} との差から開口端反射減衰値 ΔL を求める(式(3))。

$$I_t = I_i - I_r \quad [\text{W/m}^2] \quad (2)$$

$$\Delta L = L_{Ii} - L_{It} \quad [\text{dB}] \quad (3)$$

4 結果及び考察

Fig. 5 にバッフル無しの場合の数値解析の結果とバッフル無しの場合の円形ダクト直径200mmφのASHRAEの値を比較したものを示す。参考として既報²⁾からバッフル無しの場合の開口端反射減衰の実験値とバッフル有りの場合の円形ダクト直径200mmφのASHRAEの値も合わせて載せる。数値解析の結果とバッフル無しの場合のASHRAEの値と比較すると周波数60~70Hz に約1.0dBの差があるが、それ以外の周波数50~200Hz まではその差が0.4dB以下とほぼ一致する。周波数250Hz以上は徐々にその差が大きくなり、最大で2.0dBの差がありバッフル有りの場合のASHRAEの値と近似した。周波数700Hz 以上ではその差が1.0dB未滿とほぼ一致する。参考として載せた既報³⁾からの開口端反射減衰の実験値を、バッフル無しの場合の数値解析の結果とASHRAEの値と比較すると、同様に周波数250Hz から徐々にその差が大きくなり、数値解析の結果と近似した。

5 まとめ

バッフル無しの場合の数値解析の結果は、バッフル無しの場合の円形ダクト直径200mmφのASHRAEの値と比較すると周波数250Hz までと周波数700Hz 以上ではその差が約1.0dB未滿とほぼ一致する。数値解析の結果は、全体で誤差2.0dB未滿でASHRAEの値と近似する。

「参考文献」

- 1) 日本建築学会, 建築の音環境設計, 彰国社, pp.40, 2007年
- 2) 佐藤, 塩川, パルス音源を用いたダクト開口端反射減衰の測定方法に関する研究, 日本建築学会技術報告集, pp.555-558.2011.6

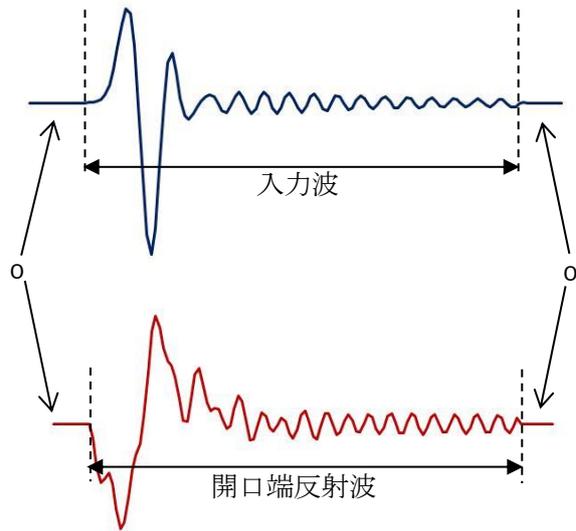


Fig. 3 入射波と開口端反射波の分離

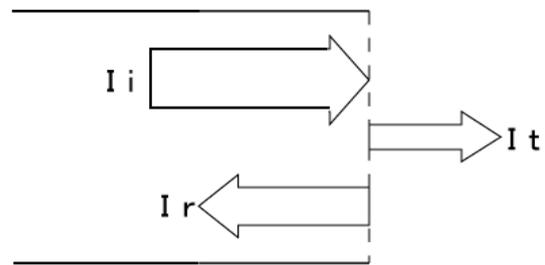


Fig. 4 開口端における音の流れ

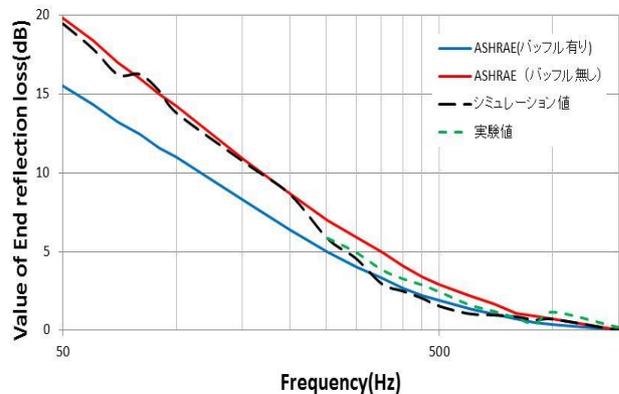


Fig. 5 バッフル無しの場合の数値解析の開口端反射減衰値と既報²⁾からの開口端反射減衰の実験値と円形ダクト直径200mmφのASHRAEの値

- 3) 城山, 首里, 豊谷, 塩川, 差分法を用いたダクト開口端反射減衰の数値解析—その1 バッフル有りの場合—, 日本音響学会秋季研究発表会講演論文集, pp.943-944.2013.9
- 4) 首里, 城山, 塩川, 豊谷, 差分法を用いたダクト開口端反射減衰の数値解析—その2 バッフル無しの場合—, 日本音響学会秋季研究発表会講演論文集, pp.945-946.2013.9