

ダクト開口端反射減衰の数値解析

—バッフル無しの場合—

日大生産工(院) ○首里卓実

日大生産工 塩川博義 豊谷純

1 はじめに

前報^{1),2)}では差分法を用いた円形ダクトの二次元シミュレーションによって、バッフル有り、無しの場合について、開口端反射減衰値を求めASHRAEの値と比較検討をした。バッフル有りの場合の数値解析の開口端反射減衰値はASHRAEの値とほぼ一致した。しかし、バッフル無しの場合の数値解析のそれは周波数 200 Hz 以下ではASHRAEの値とほぼ一致したが、200 Hz 以上では差が徐々に大きくなり、300Hz 以上ではバッフル有りの場合のASHRAEの値に近似した。

そこで、本報では200 mmφ 円形ダクトのバッフル無しの場合の数値解析について再検討を行い、ASHRAEの値と比較検討をしたので報告する。

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する。他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))³⁾。

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

ただし、

P : 音圧[dB]

C : 空気中の音速[m/s]

3 解析例

3.1 シミュレーションモデル

シミュレーションモデルはバッフルが無い状

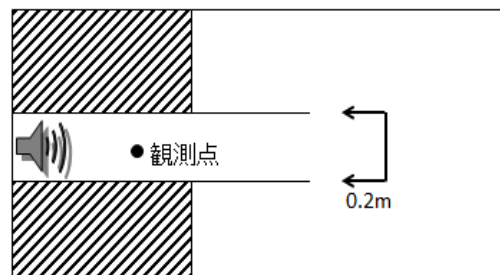


Fig. 1 計算対象領域

態の円形ダクト直径 200 mmφ として、ダクト壁面内外いずれも全反射であり、ダクト周辺の境界は全吸音である。なお、音源はパルス音としている。

シミュレーションによる初期条件が一番低い周波数が 50 Hz として 1 波の波長が 6.8 m となり、1 波分を含める為に開口端より約 7m の位置に観測点を配置する。また、分割数は x 方向が 2200、y 方向が 150 で、前報¹⁾よりも分割数を細かくしており、後進差分を適用する。Fig. 1 は境界条件を図として視覚化したものである。

3.2 時系列波形

Fig. 2 は数値解析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 にする。

3.3 開口端反射減衰値の算出方法

Fig. 3 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 はダクト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。

Numerical analysis of end reflection loss of duct

—without baffle—

Takumi SHURI, Hiroyoshi SHIOKAWA and Jun TOYOTANI

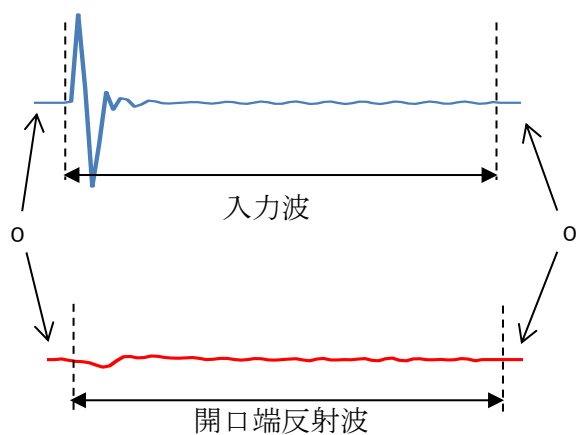


Fig. 2 入射波と開口端反射波の分離

そこで、観測点で求めた入射エネルギー I_i と開口端反射エネルギー I_r とを減算し(式(2))、放射エネルギー I_t を算出する。入射エネルギー I_i と放射エネルギー I_t からそれぞれのレベル L_{ii} と L_{it} を求め、その差から開口端反射減衰値 ΔL を求める(式(3))。

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

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

ただし、

I_i : 入射エネルギー $[\text{W/m}^2]$

I_r : 開口端反射エネルギー $[\text{W/m}^2]$

I_t : 放射エネルギー $[\text{W/m}^2]$

L_{ii} : 入射エネルギーのレベル $[\text{dB}]$

L_{it} : 放射エネルギーのレベル $[\text{dB}]$

ΔL : 開口端反射減衰値 $[\text{dB}]$

4 結果及び考察

Fig. 4 にバップル無しの場合の数値解析より求めた開口端反射減衰値と円形ダクト直径 200 mmφ の ASHRAE の値を比較したものを示す。なお比較の為に前報¹⁾で求めた開口端反射減衰値も示す。前報¹⁾においては開口端反射減衰値が ASHRAE の値に比して、周波数 200 Hz 以下ではほぼ一致したが、周波数 250 Hz 以上ではその差が徐々に大きくなった。今回求めた開口端反射減衰値では、周波数 200 Hz 以上において両者の差が 0.4 dB 未満とほぼ一致するが、周波数 250 Hz 以下では徐々にその差が大きくなる結果となった。

5 まとめ

今回シミュレーションの分割数を細かくしたことによって ASHRAE の値と周波数 250 Hz

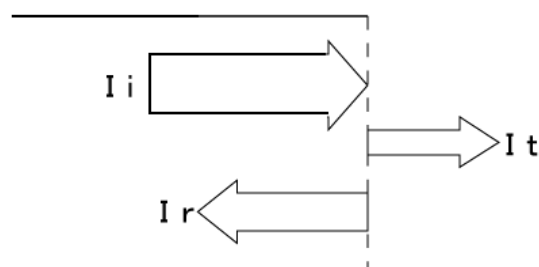


Fig. 3 ダクト開口端における音の流れ

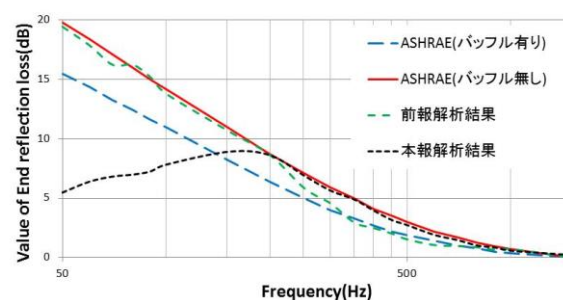


Fig. 4 バップル無しの場合の数値解析の開口端反射減衰値

以上はその差が 0.4dB 未満でほぼ一致したが、周波数 250 Hz 以下ではその差が大きく開いた。今回は受音点が 1 点のみであったので、今後更にそれをダクト断面の面積を考慮した多点として再検討を行う予定である。

参考文献

- 1) 首里, 城山, 塩川, 豊谷, 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—バップル無しの場合—, 第 46 回日本大学生産工学部学術講演会講演概要, P 429-430(2013)
- 2) 城山, 首里, 豊谷, 塩川, 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—バップル有りの場合—, 第 46 回日本大学生産工学部学術講演会講演概要, P 485-486(2013)
- 3) 生野, 豊谷, 塩川, 2 次元数値シミュレーションを用いたダクト開口端における音響解析, 日本音響学会 2010 年秋季研究発表会講演論文集, 日本音響学会, P109(2010)
- 4) 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, P555-558(2011)
- 5) 前川, 島津, ダクト開口端における騒音反射減衰の実験, 日本建築学会中国支部学術講演概要集, P457-458(1990)