

有限差分法を用いた開口端反射減衰の研究

日大生産工(院) ○城山 隼人 日大生産工 豊谷 純 塩川 博義

1. まえがき

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。

既報¹⁾²⁾では、差分法を用いてダクト開口端における音圧の減衰変化量を可視化アニメーションにして、高い周波数より低い周波数の音波の方が、ダクト内へ反射するエネルギー量が大きいというダクト開口端反射現象の特徴を明らかにした。また実験値との比較検証²⁾も行い、本計算結果の妥当性を示した。

本報は、さらにダクト開口端反射減衰の現象を分析するために、開口端直後の領域における音圧ポイントを計算して、ダクト直径との減衰関係を明らかにしたので報告する。

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。

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

ただし、

P：音圧[Pa]

C：空気中の音速[m/s]

とする。



Fig.1 騒音を放出するダクト管

3. 解析例

ダクト開口端反射減衰では、発生した音の周波数が低い場合や、開口端の直径が小さい場合は反射する音が大きくなり、逆に周波数が高い場合や、直径が大きい場合は反射音が小さくなるという特徴がある。そこで、開口端反射減衰における直径の影響を検討するために、周波数を100Hzに固定し、直径を変化させて音圧分布の違いを比較検証する。

空気中の音の伝搬速度を 340m/s とすると波長は式(2)より 3.4m となるので、この値を基準として直径の大きさを設定する。

$$\text{波長}(m) = \text{音速}(m/s) \div \text{周波数}(Hz) \quad (2)$$

解析する対象の値は開口端から通過後1周期までのうち、最も高い音圧値を選択する。これは音圧分布の傾向がつかみやすいためである。

* Research of the duct end reflective attenuation by finite difference method

Hayato SHIROYAMA, Jun TOYOTANI and Hiroyoshi SHIOKAWA

本計算の妥当性を検証するためにメッシュの間隔や x, y 方向の領域の分割数などの緒元を以下のようにして、2 次中心差分を適用して計算した。なお、開口端の直径とメッシュの間隔を 1:100 なので、サンプリング周波数は 1 周期に対して、10 分割以上である。

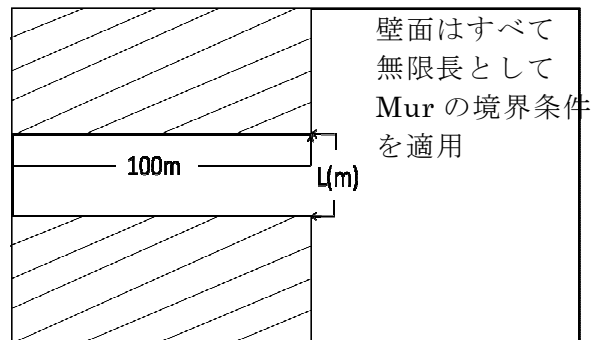


Fig. 2 計算対象領域

Table. 1 計算に用いた緒元

周波数 (Hz)	100
ダクトの長さ (m)	100
対象領域の分割数	4000 (X 方向 × Y 方向の分割数)

4. 数値計算結果

本計算結果としてダクトの直径を変化させたときに、開口端への入射エネルギーを 100%とした時の、ダクト直径に対する減衰量の変化を Fig. 3 に示す。

これによれば、ダクトの直径が短くなるにつれて、開口端から放出される音圧減衰のエネルギー変化量は大きくなる。すなわち、開口端から放出される音圧は相対的に小さくなる。

直径が 5.0 m と 10.0 m の音圧減衰のエネルギー変化量を比較すると、ほとんど同じである。これは式 (2) より求めた基準の波長 3.4m よりも大きくなり、開口端減衰の影響を受けづらくなったためと考えられる。

直径が 4.0m よりも小さくなると、音圧減衰のエネルギー変化量は徐々に増加することが分かる。これは疎密波の波長 3.4(m) が直径より小さいため、開口端部で音響インピーダンスが急激に変化して、音の反射が生じている事が理由として挙

げられる。そしてその反作用によって生じた音波が外部へ放射拡散されていると考える。

特に、直径 10.0m と 1.0m のエネルギー減衰量は、15%ほどから約 80%に上昇している。すなわち、この差が開口端内部へ音が反射しているエネルギー量に相当すると考えられる。

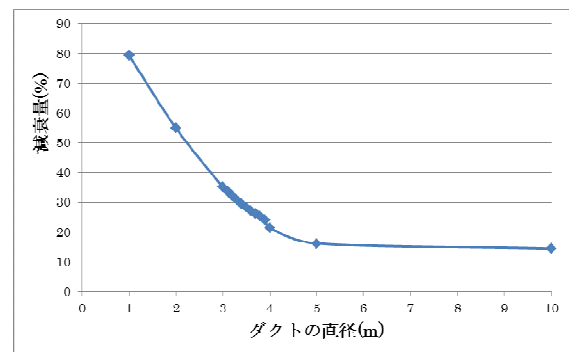


Fig. 3 開口端から放出されるエネルギー減衰の変化量

5. まとめ

本論では、開口端から放出された音圧の伝搬を調査することによって、音の波長よりも開口端の直径が小さくなるにつれて、開口端反射が起こりやすく、開口端反射減衰が大きくなりやすいことを確認した。

今後は、音が開口端内部で反射した際の音の挙動を調査して、この問題が生じる理由を明らかにする予定である。

参考文献

- 1) 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 CD-ROM3-3-2、2010 年
- 2) 生野、豊谷、塩川：ダクト開口端における音響数値シミュレーション、日本音響学会 2011 年秋季研究発表会講演論文集講演論文集、CD-ROM1-7-10、2011 年
- 3) 城山、豊谷、塩川：差分法を用いたダクト開口端における音圧分布、日本音響学会 2012 年秋季研究発表会講演論文集講演論文集、CD-ROM2-7-1、2012 年