

パルス音源を用いたダクト開口端反射減衰に関する研究

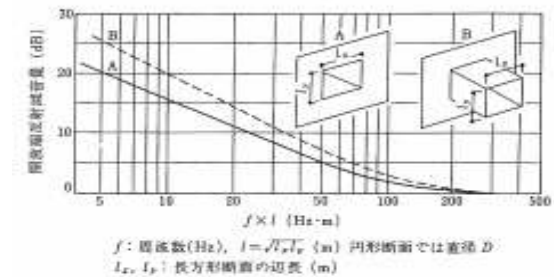
日大生産工（学部）○佐藤真耶 日大生産工 塩川博義

1. はじめに

ダクト系において音響設計で用いる開口端反射減衰値は一般に図－1に示すASHRAEの図を使用する。この値は、周波数とダクト断面辺長または直径の積とフランジの有無の条件によって決定される。しかし、断面のアスペクト比が大きいダクトや、壁面におけるすべてのダクト開口位置において、この値が適用可能であるかは明らかでない。

本研究はダクト開口端の条件の違いによる開口端反射減衰値を求めることを目的としている。本報では、パルス音源を用いて実験値とASHRAEの値を比較して、開口端反射減衰値の測定方法を検討したので、その結果を報告する。

データをコンピュータに取り込み、音響解析ソフトを用いて求めた時系列波形を図－4に示す。これによれば、入射波に遅れて約10ms後に開口端からの反射波を確認できる。

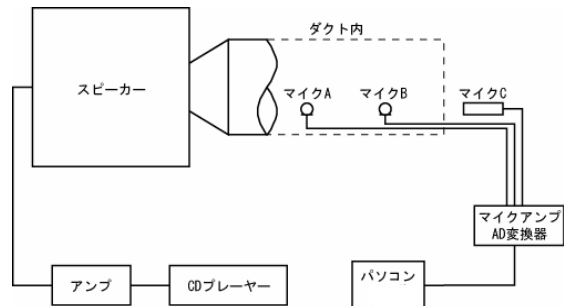


2. 実験方法

実験は無響室において、実際の鉄板ダクトを用いて行なう。

2.1 実験装置

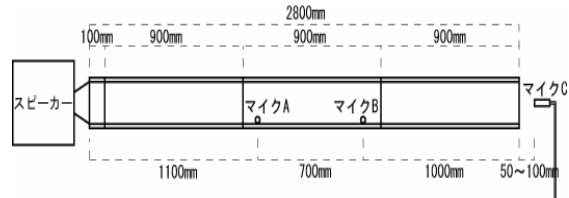
実験装置を図－2に示す。実験には200mmΦの鉄板ダクト、1/2インチマイクロフォン、サーフェイスマイクロフォン×2、スピーカー、CDプレーヤー、マイクアンプ&AD変換器および解析用にパソコンを用いる。



図－2 実験装置

2.2 実験方法

ダクト内外のマイク位置を図－3に示す。ダクト内部にサーフェイスマイクロフォンを開口端より内側1700mm（以下マイクA）および1000mm（以下マイクB）の2ヶ所に設置する。また、ダクト断面中央外部に1/2インチマイクロフォン（以下マイクC）を設置し、スピーカーからパルス音を出して測定する。この際マイクCについて、ダクト開口端からの距離を0.05m、0.1m、0.5mおよび1.0mと変化させる。

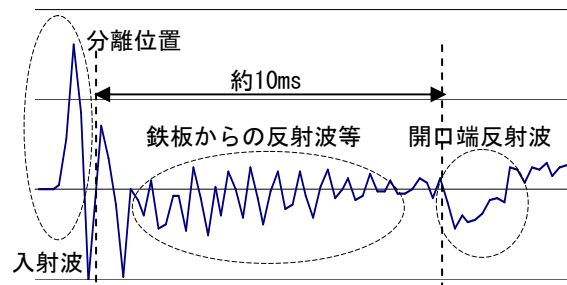


図－3 ダクト内外のマイクロフォンの位置

また、ダクト外部1.0mにおいて音響放射の指向性を検討するため、マイク位置を開口端中心より角度を0°、30°、60°、90°、120°および150°と変化させ測定する。

2.3 開口端反射減衰値の算出方法

マイクAとマイクBで測定した入射波形データはほぼ等しい。そこで、開口端反射減衰値を求めるために使用する入射音のデータはマイクBの測定値を用いる。マイクBで録音した音響



マイクBにおける時系列波形

図－4 入射波と反射波の分離

Study On End Reflection Loss of Duct

Maya SATOH, Hiroyoshi SHIOKAWA

そこで図に示す位置で入射波と反射波を分離し、入射波のみを切り出す。切り出した入射波の数値データの前後に0を加えて高速フーリエ変換（以下FFT）を行い、100Hzから1000Hzまでの周波数における音圧レベルを求める。それらとマイクCで測定したデータから求めた音圧レベルとの差からダクト断面の面積効果（式-1）及び無指向性点音源の距離減衰値（式-2）を考慮して、開口端反射減衰値を求めた。なおマイクCの位置が開口端から0.05mおよび0.1mについては開口端に直近のため無指向性点音源の距離減衰補正は行っていない。

$$L = L_w - 10 \log_{10} S \quad [\text{dB}] \quad \text{式-1}$$

$$L = L_w - 20 \log_{10} r - 11 \quad [\text{dB}] \quad \text{式-2}$$

ただし、 L_w ：音源のパワーレベル[dB]

S ：ダクト断面積[m²]

r ：音源からの距離[m]

3. 結果及び考察

マイクBとCの音圧レベル差から求めた開口端減衰値（以下実験値）とASHRAEの理論値を比較する。

3.1 マイクC位置0.05mおよび0.1mの場合

図-5に周波数100～1000HzにおけるASHRAEの理論値とマイクのCが開口端から位置0.05mおよび0.1mにおける実験値を比較したものを示す。0.1mの実験値は理論値との差がどの周波数においても1.2dB以内に収まりほぼ等しい。また、0.05mの実験値は理論値と傾向は近似しているが全体的に2～3dB小さい。

3.2 マイクC位置0.5mおよび1.0mの場合

図-6に周波数100～1000HzにおけるASHRAEの理論値とマイクCの位置が開口端から0.5mおよび1.0mの実験値を比較したものを示す。0.5mおよび1.0mの値はほぼ一致しているが、これらを理論値と比較すると100Hzでは1.8dB、1000Hzでは5.8dBと、周波数が高くなるにつれて理論値との差が大きくなる。また600Hz以上については、減衰値がマイナスとなる。

図-7にダクト外部1.0mにおいて、開口端中心より0°、30°、60°、90°、120°および150°と角度を変えて音圧レベルを測定した結果を示す。これらによれば、周波数が高いほど角度の違いによる音圧レベルの差が大きくなり、周波数が高いほどダクト開口から出た音の指向性が強く、単純に無指向性点音源の距離減衰（式-2）を用いて補正は出来ない。このことからダクト外部にて測定する実験値は、開口から出る音の指向性を考慮する必要がある。

4. まとめ

今回の実験で得た結果を以下にまとめる。

①開口端外部測定点0.1mでの音圧レベルのデータを用いて計算した開口端反射減衰の実験値

は理論値とほぼ等しい。

②開口端外部測定点0.05mでの音圧レベルのデータを用いて計算した開口端反射減衰の実験値は理論値の傾向と近似しているが、全体的に2～3dB小さい。

③開口端外部測定点0.5mおよび1.0mでは、周波数が高いほどダクト開口端から出たときの音の指向性が強いいため、高い周波数ほど理論値と大きな差がでる。

今後ダクト寸法や開口位置を変えて、実験を行なっていきたい。

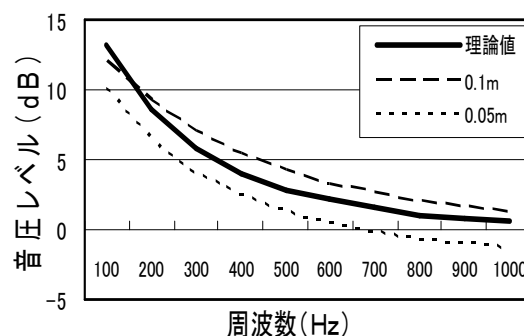


図-5 マイクC位置0.05mおよび0.1mにおける実験値と理論値

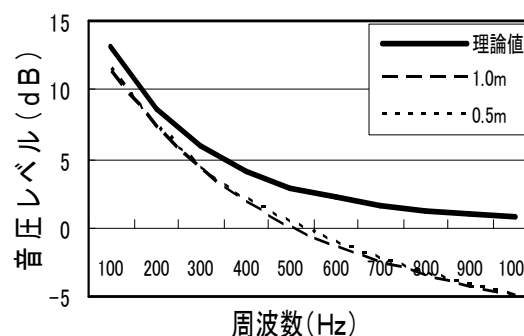


図-6 マイクC位置0.5mおよび1.0mにおける実験値と理論値

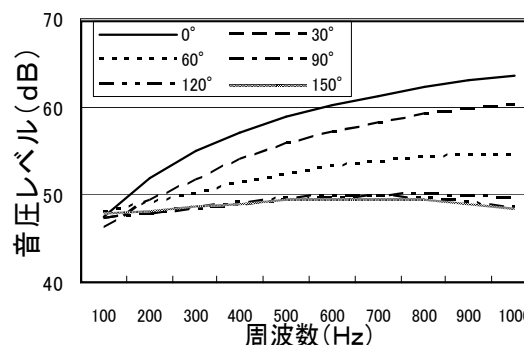


図-7 開口端中心より0°～150°のダクト外部1.0mにおける音圧レベル

「参考文献」

1) 建築の音環境設計 日本建築学会 2007