グラス・ファイバ・ダクト直管部の気流による発生騒音について ON GENERATED NOISE BY AIR FLOW AT STRAIGHT GLASS FIBER DUCTS

板本守正*, 塩川博義**

Morimasa ITAMOTO and Hiroyoshi SHIOKAWA

For evaluating generated noise by air flow at straight glass fiber ducts, twelve kinds of straight ducts are studied. Pressure drop, sound attenuation and sound insulation characteristics of side wall of straight ducts are described.

Experimental and calculated method to evaluate generated noise by air flow at straight glass fiber ducts are discussed.

Keywords : glass fiber duct, generated noise, sound attenuation

グラス・ファイバ・ダクト, 発生騒音, 音響減衰

1. 緒言

前報では, グラス・ファイバ・ダクト系を構成する各種エレメントの気流および音響特性の一部を報告した¹⁾。音響特性では, 音響減衰および直管部側壁の遮音特性を明らかにしたが, 気流による発生音については都合により測定できなかった。

一般にグラス・ファイバ・ダクトに限らず, 気流による発生音は, 曲管部, 分岐部, 断面変化部などでは, 比較的容易に測定できるが, 直管部においては, 発生音が非常に小さく測定しにくい。そのため, ダクト系直管部の発生音は, ダクト系の消音設計上実務的に無視する場合が多いが, ダクト系全体では直管部の占める割合が大きく無視できない場合もあり, 無視すれば, 危険側の設計となることもある。このことから, グラス・ファイバ・ダクト直管部に関しても気流による発生音について設計データが必要である。

ダクト直管部に送風した場合, 気流による音の発生と音響減衰との2つの作用が同時に行われる。ゆえに, 前者のみのデータを測定するのは不可能であり, 測定データから両者を理論的に分離しなければならない。

音響減衰を考慮した単位長さ当たりで発生する騒音として直管部発生音を算出する方法²⁾があるが, 音響減衰が一般の鉄板ダクト直管部と大きく異なるグラス・ファイバ・ダクトにこの算出法が適用できるかどうか明かでない。

そこで, 今回新たに12種のグラス・ファイバ・ダクト直管部を測定する機会を得たので, 気流による発生音について実験を行い, その実験データを踏まえながらグラス・ファイバ・ダクト直管部発生音の算出法を検討する。

本報告では, 新たなグラス・ファイバ・ダクト直管部の気流特性, 音響減衰および側壁の遮音特性を設計データとして明らかにし, さらに気流による発生音の実験方法およびその算出法を確立し, グラス・ファイバ・ダクト直管部の気流による発生音を明らかにする。

2. 供試体の種類

供試体を図-1に示す。供試体は円形断面ダクト直管部7種, 正方形および長方形断面(以後, まとめて長方形断面とする)ダクト直管部5種, 計12種である。前者は一本当たり2m, 後者は, 一本当たり1.2mで, いずれも, それ以上の長さのダクト直管部が必要なときは, アルミテープでダクトを数本接続することができる。また, 長さに合わせて容易に切断することもできる。供試体は, いずれもダクト断面寸法で表す。

ダクト側壁を構成するグラス・ファイバは, 厚さ25mm, 密度64 kg/m³, 単位重量1.6 kg/m², 許容応力5.5 kg/cm²で, 内表面をグラファイト・ペイントで処理し, 外表面はグラス・ヤーンおよびアルミ箔で補強してある。

本論文は日本建築学会および日本音響学会において発表した文献3)および4)の内容を再検討し, まとめ直したものである。

* 日本大学生産工学部建築工学科 教授・工博

Prof., Dept. of Architectural Engineering, College of Industrial Technology, Nihon Univ., Dr. Eng.

** 日本大学生産工学部建築工学科 助手・工修

Research Assoc., Dept. of Architectural Engineering, College of Industrial Technology, Nihon Univ., M. Eng.

図-1 供試体の種類

また、各実験時におけるグラス・ファイバ・ダクトおよび鉄板ダクトの取り付け方法は、現場での施工方法と同様に行っている。

3. 供試体の諸特性

今回の供試体について、前報¹⁾で示した実験方法で求めた気流特性、音響減衰および遮音特性を以下に示す。

3.1 気流特性

摩擦抵抗係数 λ を整理した結果を表-1に示す。円形および長方形断面いずれも0.024前後を示す。

3.2 音響減衰

円形および長方形断面ダクト直管部を鉄板ダクトと接続したとき、鉄板ダクトと接続してから1m以降の音響減衰の傾きから求めた単位長さ（1m）当たりの音響減衰を図-2および3に示す。円形断面ダクトは、断面の直径が大きくなるにつれて、減衰量は小さくなる。長方形断面ダクトも断面寸法が大きくなるにつれて減衰量は小さくなるが、200×400の2kHz帯域を除けば、全体的に大きな差はない。

また、鉄板ダクト直後1mまでの円形および長方形断面ダクトの音響減衰を図-4および5に示す。上記で示

表-1 摩擦抵抗係数 λ

Test unit	Friction coefficients λ
150φ	0.023
200φ	0.027
250φ	0.022
300φ	0.028
400φ	0.025
500φ	0.020
600φ	0.028
200×400	0.025
250×450	0.024
400×400	0.026
400×500	0.020
400×600	0.024

図-2 単位長さ（1m）当たりの音響減衰（円形断面ダクト）

図-3 単位長さ（1m）当たりの音響減衰（長方形断面ダクト）

した音響減衰より全体的に大きい傾向としては、上記と同様に断面寸法が大きくなるに従って減衰量は小さくなる。

3.3 ダクト側壁の遮音特性

鉄板ダクトと接続したとき、鉄板ダクトからグラス・ファイバ・ダクトへの入射音パワーレベルと鉄板ダクトと接続されてから1m以内のダクト側壁からの透過パワーレベルとの差を図-6および7に示す。

円形断面ダクトは、500、1kあるいは2kHz帯域まで

図-4 鉄板ダクトとの境界部から1mの音響減衰（円形断面ダクト）

図-5 鉄板ダクトとの境界部から1mの音響減衰（長方形断面ダクト）

図-6 ダクト内から外へ透過する場合の遮音特性（円形断面ダクト）

周波数が高くなるにつれてパワーレベル差は減少し、それより周波数が高くなると増大する。長方形断面ダクトは、いずれも1kHz帯域までパワーレベル差が断面によらずほぼ一定で、それより周波数が高くなるにつれて増大する。

ダクト外からダクト長3.4mおよび5.8mの供試ダク

図-7 ダクト内から外へ透過する場合の遮音特性（長方形断面ダクト）

図-8 ダクト外から内へ透過する場合の遮音特性（円形断面ダクト）

図-9 ダクト外から内へ透過する場合の遮音特性（長方形断面ダクト）

ト側壁への入射パワーレベルとダクト内パワーレベルとの差から単位長さ（1m）当たりのパワーレベル差を求めたものを図-8および9に示す。

円形断面ダクトのパワーレベル差は、1あるいは2kHz帯域に最小値があり、8kHz帯域を除けば、ほぼ一様な周波数特性を示す。長方形断面ダクトは、一部を除

き周波数が高くなるにつれてパワーレベル差も増大する。

4. 気流による発生騒音

4.1 直管部発生音の算出法

音響減衰を考慮した単位長さ当たりで発生する音とし

て直管部発生音を算出する方法²⁾を式(1)に示す。この式は、少なくとも任意の長さのダクト端におけるパワーレベル Lw_m と音響減衰とを測定により求め、用いる必要がある。

また、前述のように音響減衰が一般の鉄板ダクト直管部と大きく異なるグラス・ファイバ・ダクトにこの算出

図—10 発生音の実験装置

図—11 単位長さ (1 m) 当たりの発生音 (150 φ)

図—12 単位長さ (1 m) 当たりの発生音 (200 φ)

図—13 単位長さ (1 m) 当たりの発生音 (250 φ)

法が適用できるかどうか明らかでない。

そこで、すべての供試体について4段階の長さを設定して Lw_m の測定を行い、前述の単位長さ (1m) 当たりの音響減衰を用いて、それぞれの直管部発生音を求め、この算出法がグラス・ファイバ・ダクト直管部発生音を算出可能かどうか検討する。

$$Lw_m = Lw_1 + 10 \log_{10} \{(1 - e^{-kl})/k\} \dots \dots \dots (1)$$

ただし、

Lw_m : 任意の長さのダクト端におけるパワーレベル [dB]

Lw_1 : 単位長さ当たりの発生音パワーレベル [dB/m]

k : 単位長さ当たりの減衰係数 ($k=0.23 R/x$)

R : 長さ x m に対する減衰量 [dB]

l : ダクトの長さ [m]

4.2 実験装置および方法

実験装置を図-10に示す。無音送排風装置より各ダクト系を通して給排気口を有する残響室に無音送風する。これより、各ダクト系開口端から放射された気流に

よるダクト系の発生音を残響室法により測定してダクト開口端パワーレベルを求める。また、ダクト系 (e) のパワーレベルをダクト系 (a)~(d) における供試体上流側ダクトの発生音とし、3.2で示した音響減衰を用いてそれぞれ上流側ダクトの発生音がダクト開口端まで減衰したものを求める。それらをダクト系 (a)~(d) の開口端パワーレベルからエネルギー的に減じて供試体ダクト端におけるパワーレベル Lw_m をそれぞれ求める。

4.3 実験結果および考察

実験から求めた供試体ダクト端におけるパワーレベル Lw_m および3.2で示した単位長さ当たりの音響減衰を用いて、式 (1) より求めたグラス・ファイバ・ダクト直管部発生音のオーバーオール・パワーレベルとダクト内平均流速との関係を図-11~22に示す。ただし、測定はすべて各断面寸法につき4段階の長さについて行ったが、一部長さによっては測定不可能なものがある。

いずれの供試体も直管部発生音オーバーオール・パワーレベルは平均流速のほぼ6乗に比例する。また、長

図-14 単位長さ (1m) 当たりの発生音 (300φ)

図-15 単位長さ (1m) 当たりの発生音 (400φ)

図-16 単位長さ (1m) 当たりの発生音 (500φ)

図-17 単位長さ (1m) 当たりの発生音 (600φ)

図-18 単位長さ (1m) 当たりの発生音 (200×400)

図-19 単位長さ (1m) 当たりの発生音 (250×450)

図-20 単位長さ (1m) 当たりの発生音 (400×400)

図-21 単位長さ (1m) 当たりの発生音 (400×500)

図-22 単位長さ (1m) 当たりの発生音 (400×600)

図-23 発生音の周波数特性 (円形断面ダクト)

図-24 発生音の周波数特性 (長方形断面ダクト)

さによる相違は、いずれもほとんどない。このことから、今回の実験範囲内のグラス・ファイバ・ダクトでは、任意の長さのダクト端におけるパワーレベル Lw_m と単位長さ当たりの音響減衰を実験から求めて式 (1) により直管部発生音を求めることが可能であると考えられる。

直管部発生音オーバーオール・パワーレベルを 0 dB としたときの相対バンド・パワーレベルとストロハル数 N_{str} ($N_{str}=f \cdot D/V$, f : オクターブ・バンド中心周波数 (Hz), D : 直径あるいは等価直径 (m), V : 平均流速 (m/s)) との関係を図-23 および 24 に示す。円形および長方形断面いずれも供試体発生音の周波数特性は、一部を除き、断面寸法によらず相対バンド・パワーレベルとストロハル数 N_{str} との関係で全体的に傾向がほぼまわっており、ストロハル数が大きくなれば、相対バンド・パワーレベルは小さくなる傾向がある。

5. 結 論

今回実験を行った供試体の特徴を以下にまとめる。

- 1) 摩擦抵抗係数 λ は、円形および長方形断面いずれも 0.024 前後を示す。
- 2) 円形断面は、直径が大きくなるにつれて音響減衰は小さくなる。長方形断面も寸法が大きくなるにつれて音響減衰は小さくなるが、一部を除き、全体的に大きな差はない。
- また、鉄板ダクト直後 1 m までの円形および長方形断面ダクトの音響減衰は、単位長さ当たりの音響減衰より全体的に大きい。傾向としては、それらと同様に断面寸法が大きくなるに従って減衰量は小さくなる。
- 3) 直管部発生音のオーバーオール・パワーレベルは平均流速のほぼ 6 乗に比例する。
- 4) 円形および長方形断面いずれも発生音の周波数特性

は、一部を除き、断面寸法によらず相対バンド・パワーレベルとストロハル数 N_{str} との関係で全体的に傾向がほぼまわっており、ストロハル数が大きくなれば、相対バンド・パワーレベルは小さくなる傾向がある。

以上、前回の測定方法により求めた気流特性、音響減衰および側壁の遮音特性に加えて、新たに、気流による発生音を測定し、任意の長さのダクト端における発生音パワーレベルの算出法を明らかにした。

謝 辞

本研究にあたり、グラスロン・ダクト K.K. の加藤孝義氏に多大のご協力をいただいた。

また、本実験において、当時日大助手であった飯島和俊氏 (現日本ノイズ・コントロール K.K.)、日本大学の大学院生、卒論生の諸君の労を多とした。ここに記して深謝する。

参考文献

- 1) 板本守正, 塩川博義: グラス・ファイバ・ダクト直管部, 曲管部および分岐部の気流および音響特性について; 日本建築学会計画系論文報告集, No. 397, pp. 9~22, 1989. 3
- 2) 渡辺 要, 勝田高司, 石井聖光, 後藤 滋, 寺沢達二, 板本守正: 送風時におけるダクト系統の発生騒音に関する研究; 空気調和・衛生工学 第 37 巻, No. 5, pp. 22~33, 1963. 5
- 3) 板本守正, 塩川博義ほか 1 名: グラス・ファイバ・ダクト直管部の気流および音響特性について; 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 171~172, 1986. 8
- 4) 板本守正, 塩川博義: グラス・ファイバ・ダクト直管部の気流および音響特性について; 日本音響学会講演論文集, pp. 537~538, 1986. 10

(1991 年 4 月 10 日原稿受理, 1991 年 8 月 9 日採用決定)