

ファイバー・ダクトの遮音性能に関する実験

Tests on the Sound Transmission of Fibrous Duct Wall

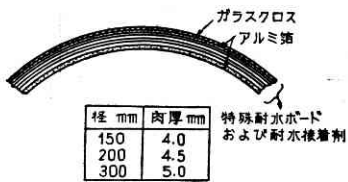
勝田高司・後藤 滋・寺沢達二

はしがき

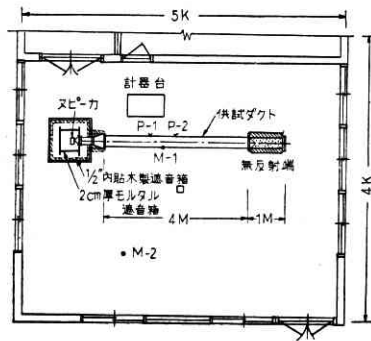
空調設備におけるダクト系の騒音制御問題の一つとして、ダクト内部の音がダクト壁を通して外部に伝播する場合の問題がある。とくにダクトを室内に露出してある場合はもちろん、天井裏などに配したときでもダクト壁からの音が天井を通して室内に伝わってくることもある。こういう場合に、ダクト内音響にたいしてダクト壁がどれほどの遮音効果を有するものかについては資料が全くない。ここではまず一例としてファイバー・ダクトの場合の遮音効果に関して行なった実験結果について述べる。一般の鉄板製ダクトおよびこれに保温材等を被覆した場合について、引き続き実験を行なう予定である。

1. 供試体

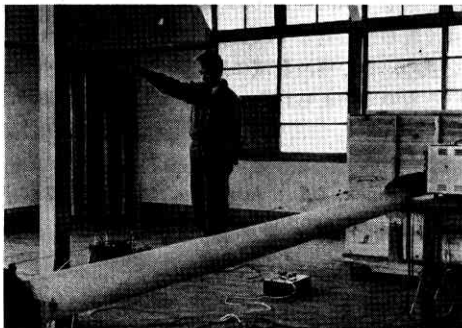
ファイバー・ダクト (フジエダクト) は第 1 図に示すような構造のもので、直径 150, 200, 300 mm のものについて実験した。



第 1 図 ファイバー・ダクト断面図



第 2 図



第 3 図

外の部分の遮音を十分考慮しなければならない。このためまずスピーカーを 2 cm 厚モルタル箱内におさめ、さらにこれを約 1/2 吋厚獣毛フェルトにて内貼した木製遮

音箱によって陰蔽する。またダクト接続部および端部 (無反射端) の遮音も厳重にするため、ダクト外側を 10 cm 厚以上のフェルト巻とし、管壁より外部に出る音を吸収させる。供試ダクト内に送った音が反射によって定常波をつくらないように、供試ダクト端部に 1 m にわたってロックウールを充填した無反射端ダクトを接続した。

3. 測定方法

二つのマイクロホンを用いて、供試ダクト内音圧を測り、同時に供試ダクト壁を通して室内に放射される音を音源から十分離れた点 M-2 付近において室内拡散音圧として測定する。予め測定室の音響特性 (室常数) を求めておけば拡散音圧レベルより音源の音響出力レベルを次式より求めることができる。(1)

$$PWL = SPL_D + 10 \log_{10} \frac{R'}{4} \text{ db} \quad (1)$$

ただし、 PWL = 音源の出力レベル, db re 10^{-12} watt
 SPL_D = 室内拡散音の音圧レベル, db re $0.0002 \mu\text{bar}$

$R' = S\bar{\alpha} / (1 - \bar{\alpha})$ 室常数 m^2

室の音響特性は、オクターブ・バンド周波数別の残響時間を測定して次式より求める(2)。

$$a' = \frac{0.1625V}{T}, \quad a' = S[-2.3 \log_{10}(1 - \bar{\alpha})] \quad (2)$$

$$R' = \frac{S\bar{\alpha}}{1 - \bar{\alpha}} \quad (3)$$

ただし、 a' = 吸音力 m^2 , V = 室容積 m^3 , T = 残響時間 sec, S = 室表面積 m^2 , $\bar{\alpha}$ = 室内平均吸音率, R' = 室常数 m^2

室内 3 点における測定の平均より求めた測定室の音響特性は第 1 表のようである。

第 1 表

f = バンド周波数 cps	75	150	300	600	1,200	2,400	4,800
	150	300	600	1,200	2,400	4,800	9,600
T = 残響時間 sec	0.71	0.77	0.99	0.97	0.89	0.64	0.50
a' = 吸音力 m^2	44	41	32	33	35	49	63
$\bar{\alpha}$ = 平均吸音率	0.175	0.165	0.130	0.135	0.145	0.195	0.245
R' = 室常数 m^2	49	45	34	36	39	55	73

測定に際しては、M-2 位置における拡散音圧はバンドによって非常な低レベルとなり、暗騒音あるいは計器の電気的ノイズの影響を大きくうけるようになる。これらの場合には M-1 位置において直接音を読み、拡散音の十分測定できるバンドの場合の M-2 における拡散音とこの直接音ならびに (1) 式第 2 項との相対関係から、M-1 における直接音圧レベルに対する PWL の相対値を求め、これを用いて PWL の値を計算する。

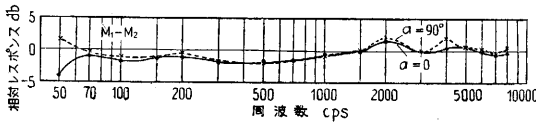
ダクト内音圧については、マイクロホンをダクト内の可動ワイヤーに吊り、これを前後して音圧分布をしらべ

研究速報
た。ホワイト・ノイズを送り無反射端を有しているが、数 db の変動が各バンド周波数についてみられる。しかし、供試体全長 4 m 程度にたいしてはダクト内における音圧の減衰はほとんどみとめられない。そこでダクト内音響出力としてはダクト内音圧の平均値を用いて次式より求め、外部への放射は全長にわたって一様に行なわれるものと見なした。

$$PWL_i = SPL_i + 10 \log_{10} S_d \quad (4)$$

ただし、 PWL_i = ダクト内における音響出力レベル db re 10^{-12} watt, SPL_i = ダクト内音響の平均音圧レベル db re 0.0002 μ bar, S_d = ダクト断面積 m^2

次にダクト内外の音圧測定に当って 2 個のマイクロホンを使用しているので、相互のレスポンスの差を明らかにしておく必要がある。無響室においてスピーカー前方 55~60 cm のところに騒音計付属マイクロホンと使用マイクロホン（棒状ダイナミック・マイクロホン）を並べて、それぞれの付属マイクロホンに対する相対レスポンスを入射角 $\alpha = 0$ および 90 度の場合について求めた。2 個の使用マイクロホンの相対レスポンスの差 $M_1 - M_2$ を第 4 図に示す。これより各バンド周波数について測定値にたいし第 2 表のような補正をした。



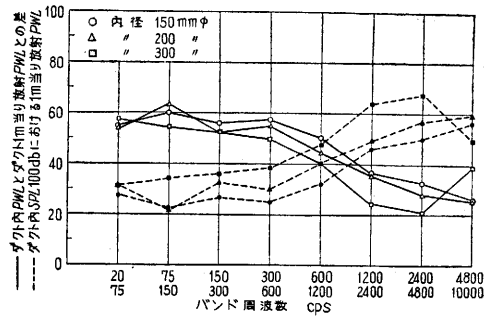
第 4 図
第 2 表

バンド周波数 cps	20	75	150	300	600	1,200	2,400	4,800
M_1 に対する補正値 db	+1	+1	+1	+1.5	+1	-0.5	-1	0

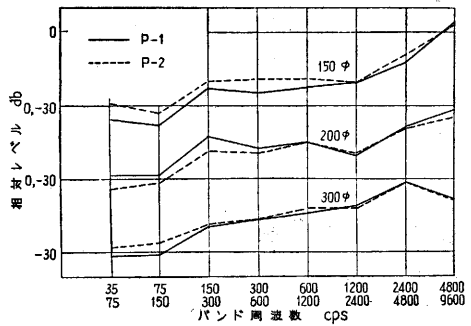
4. 測定結果

ダクト壁の遮音量としては、壁にたいして入射する音響エネルギーと外部に放射する音響エネルギーのレベルの差として表わされるべきであるが、ダクトの場合伝播される音響エネルギーはダクト壁に平行してダクト断面を通過する音響出力として取り扱われる。それゆえここでも便宜上ダクト内部に伝わる音響出力レベルに対するダクト長 1 m 当りの外部に放射する音響出力レベルの差として遮音性能を比較した。また合わせてダクト内音圧 100db の場合に放射される 1 m 当りの音響出力について求めた。これらの結果を第 5 図に示す。

いずれの供試体も 1,000cps 付近以上の高い周波数にたいして遮音性能が低下している。径による相違をみると 150mm ϕ の遮音性能がもっとも高く 200, 300mm ϕ と太くなるほど性能が低下している。また遮音性能の最低になる周波数については、150mm ϕ が 4,800~10,000 cps のバンドに、200mm ϕ も同様であるが 2,400~4,800 cps のバンドも低下して最低値は両バンドの間にあるものと考えられる。300mm ϕ では 2,400~4,800cps の



第 5 図 ファイバー・ダクトの遮音性能



第 6 図 管壁振動分析

バンドないしはこれよりやや低周波よりで最低となり、径が大きくなるにしたがって最低の遮音を呈する周波数が低い方へと移行している。

このように低周波域に対して高周波域における遮音が著るしく劣っている原因としては、ダクト壁の共振が考えられる。次に加速度型振動ピックアップ（東芝製 VA 5411）を使用して供試ダクトのスピーカー側から 1/3(P-1) および中央 (P-2) 付近において振動録音をとり、これを分析して一定内部音圧に対する周波数特性を示せば第 6 図のようになる。これにより、150, 200 mm ϕ では 4,800~9,600cps のバンドで最も振動が大きく、300 mm ϕ では 2,400~4,800cps のバンドの振動の大きいことがわかる。すなわち、ファイバー・ダクトの固有振動が径によって 2,400~10,000cps の間にあって、この範囲の周波数の音に対しては共振をおこして外部への音響放射を強め、他の周波数域に比して著しく遮音性能を害しているものと考えられる。(1959.3.6)

文献

- (1) Beranek, L.L.: Acoustics, 1954, p. 367
- (2) 同上, p. 305/306

☆ ☆ ☆