小径ダクト用ファンとしての斜流多翼ファンの性能* (他種羽根車との比較)

小 川 武 範^{*1}, 土 肥 和 彦^{*2}
岡 部 幸 一^{*3}, 久 光 脩 文^{*1}

Performance of Mixed Flow Multiblade Fan as Small Duct Fan (Comparison with Other Types of Fan)

Takenori OGAWA, Kazuhiko DOHI,
Kouichi OAKABE and Nobuyoshi HISAMITSU

There are many advantages to using a duct of small diameter ($\phi 100$) and a duct fan of small scale in an air conditioning system. In this study, the performances of five kinds of fan impeller, that is, axial flow fan, mixed flow fan, centrifugal multiblade fan impellers and mixed flow multiblade fan impeller were examined experimentally to determine the optimum type of duct fan impeller. The centrifugal fan and multiblade fan were scroll-less, because fans were built completely in a duct in order to make air flow in and out in an axial direction. A mixed flow multiblade fan impeller with overhanged guide vanes gave the highest pressure, and an axial flow fan impeller the highest efficiency at the specified point.

Key Words: Fluid Machinery, Turbomachinery, Blower, Guide Vane, Mixed Flow Multiblade Fan, Air Conditioning, Duct Fan, Scroll-less

1. 序 論

集合住宅の増加のみならず、一般住宅の気密性、防音性向上の要求に伴い、従来の壁面タイプの軸流換気扇に替わって、天井埋込タイプのダクトファンの需要が拡大してきている。一方居住空間を可能な限り広くとるため、壁ならびに天井裏等の空間は狭くなる傾向にあり、ダクト径を100 mm程度に小径化し、ダクトファンも小形化する必要が生じてきている。ダクト径を100 mm程度にすることは機械設備工事施工管理指針の「……孔の径が150 mm以上となる場合は補強を必要とする。」⁽¹⁾という規制に対しても有利であるが、反面圧力損失はダクト径の五乗に反比例して増大するため、高静圧のファンが必要となる。従来は空調用ファンとして多翼ファンが多く用いられてきたが、多翼ファンの場合は流入と流出の方向が90°異なり、さらにスクロールを必要とするためにファン全体はダクト径よりもかなり大きなものとなる。本研究ではファン全体が内径100 mmのダクト内に収まり、か

つ流れの方向も入口、出口において軸方向で、可能な限り低回転数で必要な流量、圧力の条件を満たす羽根車を得ることを目的として、各種羽根車の性能実験を行った。

2. 実験装置と実験方法

2・1 実験装置 実験装置を図1に示す。モータとして⑤ DC モータ(出力80 W, 75 V, 1.7 A)を用い、モータ回転軸に実験羽根車を直接取付ける構造とし、④モータステー(放射状6枚)の前方に③静翼(6枚)を取付け得る構造とした。流量は⑨ダンパにより制御した。ダクトは内径100 mmの透明アクリルパイプを用い、ダクト内に収まるように以下に示す各種羽根車の設計を行った。

2・2 実験羽根車 図2に実験に使用した3種類

Fig. 1 Schematic of experimental apparatus

* 原稿受付 1996年8月19日.

^{*1} 正員, 兵庫教育大学学校教育学部 (〒673-14 兵庫県加東郡社町下久米942-1).

^{*2} 武庫工業高等学校 (〒661 尼崎市武庫之荘8-31-1).

^{*3} 飾磨工業高等学校 (〒672 姫路市飾磨区細江319).

Fig. 8 Multiblade impellers

Fig. 9 Details in a duct

$\phi 70$, 羽根長さを 35 mm, β_1, β_2 を $80^\circ, 164^\circ$ としたものが MB1 で, 流量の増大を図って羽根長さを 50 mm としたものが MB2 である. MB1 をダクト内に設置した場合の詳細を図 9 に示した.

従来, 空調用天井裏配管ダクトとして用いられている $\phi 150$ のダクトを $\phi 100$ に小径化する場合には, 同流量に対してかなりの高静圧が必要となる. したがって, 軸流や斜流羽根車より遠心や多翼羽根車が有利になると考えられるが, ダクト内に収めるためスクロールレスにすると, 羽根車から流出した空気は同じ断面内で周方向に施回し, 軸方向には流出しないで圧力損失ばかりが増大することが予想される. 高静圧を得るため, β_2 を 90° 以上にとり, さらに軸方向に流出させることを考え, 図 10 に示すような斜流の多翼羽根車 MFMB を製作し, 性能を調べた.

斜流多翼羽根車の形状パラメータは種々あるが, 一例として, z を 40, β_1, β_2 を従来の多翼羽根車に一般的に採用されている羽根角を選んで $80^\circ, 150^\circ$ とし, 円すい角 θ を 30° , 羽根のスパン中央における羽根車外径が $\phi 70$ になるような羽根車を試作した. ダクト内に設置した場合の詳細を図 11 に示す.

2.3 案内羽根

実験は羽根車後方に案内羽根を取付けた場合と取付けない場合の両方を行い, 案内羽根の効果を入口角 α を変えて調べた. 案内羽根は ABS 樹脂製で, 軸流, 斜流, 遠心および多翼羽根車には, 図 12 に示す Type A の案内羽根を用い, 斜流多

Fig. 10 Mixed flow multiblade impellers

Fig. 11 Details in a duct

Fig. 12 Guide vanes (Type A)

Fig. 13 Guide vanes (Type B)

翼羽根車には, Type A のものと図 13 に示す Type B のものを用いて, それぞれの効果を調べた. 斜流多翼羽根車から流出する空気はらせん状の流線を描いて漸次流下することが想定されるため, Type B の案内羽

根は羽根車の出口側に、羽根との間隔を 1 mm に保って張り出し、羽根車から流出する空気をかき取るようにして軸方向に流す構造とした。図 13 中の AB 間は、円筒側面展開図上で案内羽根根部が円弧となるよう設計した。なお図 11 中に示した案内羽根は Type B のものである。

2・4 仕様点 必要換気量の決定因子としては、部屋の用途、使用人数、部屋の広さ、天井高さ、必要換気回数等があり、一般的な家庭のリビングルームの場合には、必要換気量は $300 \text{ m}^3/\text{h}$ 程度となる⁽³⁾。必要静圧は等圧法⁽⁴⁾を用い、次に示す配管の例

(配管例)

ダクトの材質：亜鉛めっき鋼管

ダクトの長さ：7.5 m

ダクトの内径：100 mm

エルボの数：2

屋外取付部材：パイプフード

流量：300 m^3/h

に対して求めると直管部における圧力損失は 126.4 Pa、エルボおよびパイプフードにおける圧力損失は 75.1 Pa となり、さらに吸気圧力(内外圧差)と外風圧の和を 43.1 Pa とすると⁽⁵⁾、必要静圧 H_s は

$$H_s = 126.4 + 75.1 + 43.1 = 244.6 \text{ [Pa]}$$

となる。したがって、本実験では目標とする仕様点を流量 300 m^3/h 、静圧 245 Pa {25 mmAq} とした。

3. 実験結果と考察

流量係数 ϕ と圧力係数 ψ は次のように定義した。

$$\phi = Q/\pi r^3 \omega, \quad \psi = 2H/\rho(r\omega)^2 \quad \dots\dots\dots (1)$$

ただし、 Q 、 H 、 ω および ρ はそれぞれ流量、全圧、回転角速度および空気密度である。また代表寸法 r としては、異なる形式の羽根車の性能比較が可能なように、共通な値としてダクト半径(0.05 m)を用いた。

図 14、15 に軸流ファンの実験結果を示した。図 14 中の点線の二次曲線は仕様点を通る抵抗曲線である。羽根車外周とダクト内面とのかんげきの小さいほうが、また案内羽根を設置した場合のほうが圧力係数 ψ も効率 η [%] も大きい。抵抗曲線との交点(作動点)における圧力は、案内羽根の入口角 α が 50° の場合が若干ではあるが高いことも明らかとなった。

図 16、17 には斜流ファンの実験結果を示した。案内羽根のない場合、流路と出口角を大きく取ったほうが、作動点において圧力は大きくなるが、効率の最大値は小さくなる。軸流ファンと同様に案内羽根を設置することにより圧力、効率ともに高くなる。この場合の α は $40^\circ \sim 50^\circ$ が適当である。

Fig. 14 ϕ - ψ curves of axial flow fans

Fig. 15 ϕ - η curves of axial flow fans

Fig. 16 ϕ - ψ curves of mixed flow fans

Fig. 17 ϕ - η curves of mixed flow fans

図 18, 19 に遠心ファンの実験結果を示した。遠心ファンは羽根車入口径が $\phi 40$ で、ダクト径 $\phi 100$ に比べてかなり小さいため、入口縮流部における損失が大きい。図 7 に示したような滑らかに断面積が変化する long core を用いることにより流量と圧力は若干増大するが、全体的に流量は伸びず、案内羽根の効果も小さい。

図 20, 21 には多翼ファンの実験結果を示した。羽根の長い MB2 のほうが若干流量が増し、案内羽根を付けることにより、さらに流量、圧力ともに増大するがスクロールほどの効果はないと考えられる。

図 22, 23 に斜流多翼ファンの性能を示した。この

場合は案内羽根の効果は大きく、特に Type B の案内羽根の効果は著しい。最適の案内羽根入口角は Type A の $\alpha=40^\circ$ に比し、Type B の場合は $\alpha=10^\circ$ と小さくなる。

以上述べた 5 種類のファンそれぞれの最もよかった性能を抜き出して図 24, 25 に示した。圧力に関しては、斜流多翼羽根車に Type B の案内羽根を付けた場合が最も高く、効率は軸流ファンがよい。

Type B の案内羽根付きの斜流多翼羽根車の作動点における値から算出すると、仕様点における回転数は約 6 000 rpm である。

Fig. 18 ϕ - ψ curves of centrifugal fans

Fig. 21 ϕ - η curves of multiblade fans

Fig. 19 ϕ - η curves of centrifugal fans

Fig. 22 ϕ - ψ curves of mixed flow multiblade fans

Fig. 20 ϕ - ψ curves of multiblade fans

Fig. 23 ϕ - η curves of mixed flow multiblade fans

Fig. 24 Comparison of 5 kinds of fans (ϕ - ψ curves) Fig. 25 Comparison of 5 kinds of fans (ϕ - η curves)

4. 結 論

内径 100 mm のダクト内に形式が異なる 5 種類の羽根車を設置して実験を行った結果、抵抗曲線との交点における ϕ , ψ の値が最も大きくなったのは Type B の案内羽根付き斜流多翼羽根車であることが明らかとなった。したがって、斜流多翼羽根車を使用した場合に仕様点における回転数は最も低くなる。効率の点に関しては軸流羽根車が有利であるが、仕様を満足する回転数は斜流多翼羽根車の場合の 1.4 倍となり、モータ寿命および騒音の問題がいつそう深刻になると考えられる。斜流多翼羽根車の種々のパラメータの性能に及ぼす影響の調査結果については次報に示す。

文 献

- (1) 建設大臣官房営繕部監修, 機械設備工事施工管理指針, (1981), 369, 社団法人営繕協会.
- (2) Tsien, H-S., *J. Aeronaut. Sci.*, **9**(1942), 68-70.
- (3) 田中清兵衛, これからの住まい, (1977), 192-193, 理工図書.
- (4) 松下電器産業(株)編, '93-4 松下電器・送風・熱交換設備総合カタログ(設計資料編), (1993), 351, 松下電器産業(株).
- (5) 文献(4)の 348 ページ.