

遠心型多翼送風機の研究

田原 晴 男

送風装置として広く用いられている遠心型多翼送風機(シロコファン)を設計または改善する場合の資料として、実際の羽根車の周縁の流れがどのようになっているかを調べてみた。

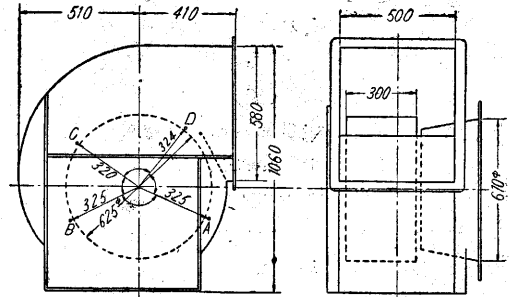
1. 緒言

遠心送風機または渦巻ポンプが流体を送出している時に、その羽根車の周縁においてどのような流れの様相を示しているかということは、すでに各種の型の送風機またはポンプについて実験され研究されている。例えば Kearton⁽¹⁾ は一段の遠心送風機について、葛西教授⁽²⁾ は渦巻ポンプについて、また井口氏⁽³⁾ は多段のターボ送風機に関してそれぞれ羽根車出口の様相を調べている。特に文献(2)、(3)の実験によれば、渦巻ポンプにしても遠心送風機にしても、同一運転状態にありながら流れの様相が圓周方向に変化することはかなり明かに測定の結果に現われていて、普通これら遠心型流体機械を設計する際に考えられていることとかなり相違した様相を示していることがわかる。しかしこれらの実験はいずれも後向き羽根を有する羽根車に關するものであるので、筆者は前向き羽根を有する多翼送風機(シロコファン)について羽根車出口の流れの状態を調べた。前記の実験と同様に羽根車の圓周方向の流れの変化を調べたが、特にこの種の送風機の羽根車は半径方向の長さと比較して軸方向の長さが長いので、軸方向の流れの状態の変化についても注意した。

遠心送風機または渦巻ポンプの特性は或る流量においてヘッドが最大となり、その点から流量が増大しても減少してもヘッドが減少し、駆動馬力は流量が減少すると共に減少するのが普通であるが、多翼送風機では流量の少い領域でヘッドは再び上昇し、駆動馬力も増大することが知られている。この特異な特性の原因についてはすでに若干の考察がなされているが⁽⁴⁾、この點に關して実験から得られた結果にもとずいて、さらに考察を進めたいと思う。

2. 実験を行つた送風機とその特性

実験に使用した送風機は、第1圖に示す通り前向羽根を有する遠心型多翼送風機であつて羽根車の出口角は約148°、外径は625mm、出口幅は300mm、羽根枚数は64である。



第 1 圖

この送風機の實測した全壓—流量特性は第2圖に示す通りであつて、圖によつて明かにわかるように低流量の領域で特性曲線が反轉し、零流量に向つて全壓が上昇している。この特性曲線を求めるには空氣流量の調節を吐出管の出口において出口面積を調整することによつて行い、空氣量および全壓は一邊230mmの正方形断面を有する吐出管の直管部において、日本標準規格送風機試験法により16點の流速および全壓をピトー管によつて計算しこれから計算したものである。すなわち流量 V は測定點の平均流速 \bar{w} に斷面積 A を乗じたものを標準回轉數に直し、さらに標準の吸込状態に換算したものであり、全壓 P_T は測定點の平均全壓 \bar{p}_t を標準回轉數に直しさらに流れの状態が全く同じであるとして標準の吸込状態に換算したものである。今測定點における全壓、靜壓および動壓を p_t, p_s, p_d (mm 水柱) とすると、測定點の空氣の比重量 γ (kg/m³) は

$$\gamma = \gamma_N \frac{(273 + T_N)}{(273 + T)} \cdot \frac{(P_A + \frac{p_s}{13.6})}{P_{AN}} \text{ (kg/m}^3\text{)} \dots (1)$$

である。ただし γ_N (kg/m³)、 P_{AN} (mm. Hg)、 T_N (°C) は標準状態における空氣の比重量、氣壓、温度であり、 P_A, T は測定時における大氣壓、温度である。温度としては大氣温度を用い、 p_s として測定斷面の平均値を用いて γ を計算し、これから流速 w を求めると

$$w = \sqrt{\frac{2g}{\gamma} p_d} \text{ (m/s)} \dots \dots \dots (2)$$

流速 w の斷面における平均値を \bar{w} とし、斷面積を A (m²) とすれば測定點における空氣流量 V は、

$$V = \bar{w} A \text{ (m}^3\text{/s)} \dots \dots \dots (3)$$

そこで、実験を行つた回轉數 n を標準的回轉數 n_N に直し標準の吸込状態に換算すると、流量 V_N は次のよう

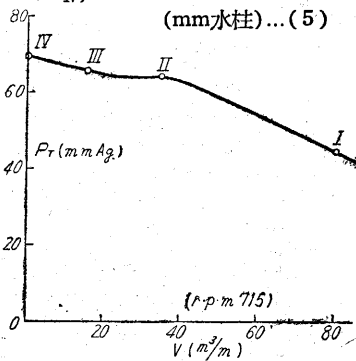
に表わされる。

$$V_N = \bar{w}A \left(\frac{P_A + 13.6}{P_A} \right) \left(\frac{n_N}{n} \right), \quad (\text{m}^3/\text{s}) \dots \dots \dots (4)$$

次に全壓の平均値を \bar{p}_t とすれば、標準回転数、標準吸込状態において (4) で計算される流量を得た時の全壓 P_{TN} は

$$P_{TN} = \frac{P_{AN}}{P_A} \cdot \frac{(273+T)}{(273+T_N)} \left(\frac{n_N}{n} \right)^2 \bar{p}_t, \quad (\text{mm水柱}) \dots (5)$$

(1) および (5) 式における標準の吸込状態としては、760 mm Hg, 20°C の標準空気とし、比重量は 1.2kg/m³ である。第 2 圖は (4), (5) 式から計算されたものである。



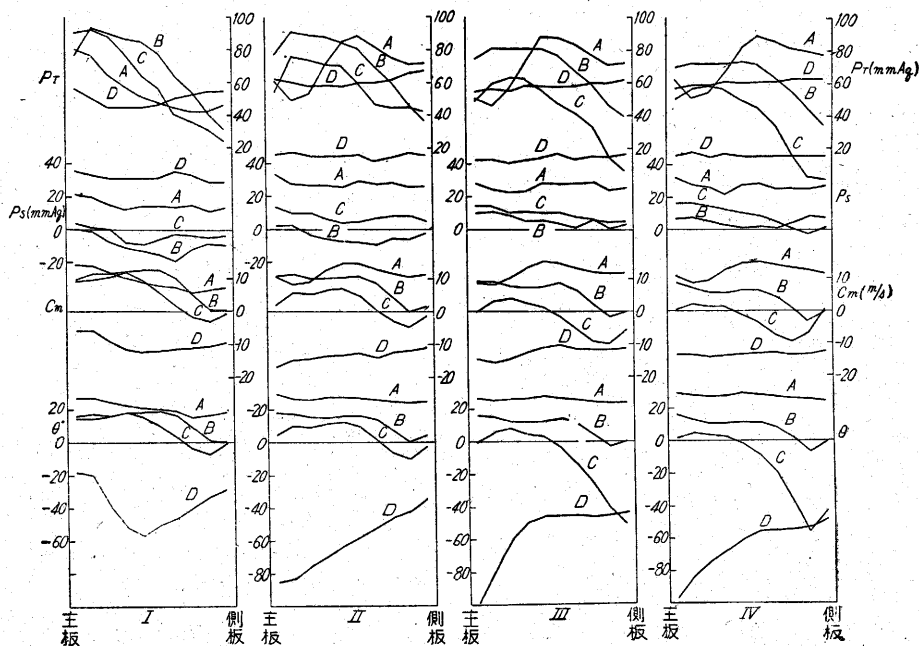
第 2 圖 特性曲線
($P_A=760\text{mm}$, $T=20^\circ\text{C}$)

3. 羽根車出口における流速分布と壓力分布

特性を測定した送風機について、特性を測定すると同

時に羽根車出口における流速および壓力の分布を測定した。測定は半径 10 mm, 孔径 0.4 mm, 先端から測定孔までの長さ 25 mm の圓筒型ピトー管を用いた。ピトー管による見掛けの動壓と眞の動壓との間の關係、流れの方向とピトー管に固定された分度器との間の關係は、あらかじめ測定に必要な流速の全範囲にわたつて検定してある。測定した點は羽根車の圓周上の A, B, C, D の四點 (第 1 圖) であつて、各點につき羽根車の出口幅を十等分しその中點における全壓、靜壓、流速、流出方向を測定または測定値より計算した。装置の都合で圓周上の測定點はこれより増加できなかつたが、そのために全體の流れの模様を見誤ることはないと思う。測定によつて得られた全壓、動壓、流出角を p_t , p_s , θ とする。 p_d は測定から得られた値を検定によつて得られた係數によつて補正した値であり、また θ は羽根車から流出する流體の方向と圓周方向とのなす角度であつて、 θ が負の時には渦巻室から羽根車に向つて流入していることになる。全壓および動壓をピトー管の位置から羽根車外徑における値に直し、さらにこの値を標準回転數における値に換算すると、羽根車外徑からピトー管位置に至るまでの損失を無視すれば、

$$P_T = \left(\frac{n_N}{n} \right)^2 p_t \dots \dots \dots (6)$$



第 3 圖 P_T, P_s, C_m, θ

$$P_d = \left(\frac{n_N}{n}\right)^2 \times \left(\frac{\text{中心からピトー管中心迄の距離}}{\text{羽根車半径}}\right)^2 p_d \dots (7)$$

この全圧 P_T 、動圧 P_d から静圧 P_s が求められる。

$$P_s = P_T - P_d$$

この静圧をもとにして比重量 γ を求め、前節と全く同様にして絶対速度 C を求めた。ただしその際の静圧としては圆周上の各点について軸方向の平均値を用いるものとする。 C が求められると、 $C_m = C \sin \theta$ はその点における流量を表わしているとみてよいであろう。次にこの速度分布を得べき運轉状態において、吸込状態を標準状態に換算すれば得られるべき全壓および静圧は

$$\left. \begin{aligned} P_{TN} &= \frac{P_{AN}}{P_A} \cdot \frac{(273+T)}{(273+T_N)} P_T \\ P_{sN} &= \frac{P_{AN}}{P_A} \cdot \frac{(273+T)}{(273+T_N)} P_s \end{aligned} \right\} \dots (9)$$

第3圖はこのようにして得られた全圧 P_T 、静圧 P_s 、半径方向分速度 C_m 、流出角 θ について送風機としては次のような流量、全圧を示す時に(第2圖)測定した結果である。ただし横軸は羽根車の主板から側板に至る羽根車の軸方向の長さをとつている。

| | 全圧 (mm 水柱) | 流量 (m ³ /min) |
|-----|------------|--------------------------|
| I | 43.5 | 80.0 |
| II | 64.0 | 35.0 |
| III | 65.5 | 15.2 |
| IV | 69.5 | 0 |

(I) は十分流量の大きい場合、(IV) は零流量、(II)、(III) はその中間で變曲點附近の流量をおのおの表わしている。圖についてみると半径方向の分速度 C_m はどの流量についてもどの断面についても、一般的にいつて主板の方が流速大で側板附近が流速小である。これは壁に流れが衝突して放射状に擴がる時の特色で、遠心型ポンプに一般のものと思われるが、特にこの場合羽根の半径方向長さが短いのではつきりと觀察されるものと思う。また四つの断面における流れを比較してみると、断面の流量は渦巻室上流から下流に向つて減少してをり、特に低流量においてこの傾向がいちじるしく、部分的に負流量になることがある。次に全圧についてみると大體において C_m と同じような傾向の分布を示している。これは測定點が羽根車出口のごく近くであるから全圧はその時の C_m に対応する羽根車のヘッドに比例すると考えられ、流量が増すとヘッドの増加する前向き羽根の性質をあらわしている。渦巻室の下流において一度逆流した流體は、一部分は大氣に放出されるが他は渦巻室の上流に再び吸込まれることになる。測定點 A の主板附近が壓力および流速の分布について他の測定點と違つた様子を示しているのは、主としてこのためではないかと思われる。

4. 遠心型多翼送風機の特性について

前向き羽根を有する遠心型多翼送風機の特性は試験した例でも明らかなように、一般に低流量の領域で特性曲線が反轉し零流量に向つて風壓が増大する。この特性はすでに教科書等にも述べられているが、その原因についてはあまり明らかなでない。例えば、B. ECK⁽⁴⁾ はこのことについてその著書の中に述べており、羽根車の溝渦流に原因があるとして、低流量の領域で溝渦流のために流路が完全に利用されず羽根車の流出面積が少くなるため、送風機として示す流量から計算されるよりも羽根車における流速が大となり、前向き羽根の特性によつて羽根車が流體に與えるヘッドが増大すると考えている。しかしこれから明かなように前向き羽根の場合には流量より計算される羽根車通過の流速よりも實際の流速が大きいと、全圧は豫期された値より増大するはずであつて、羽根車の一部が有効にはたらない原因は、Eck が指摘した溝渦流ばかりではない。すなわち實驗によれば羽根車の周邊における速度分布は軸方向にも圆周方向にも一樣でなく、特に低流量の領域でこの傾向はいちじるしい。このため零流量の附近では羽根車の一部は直接流體の壓送に關與せず、残りの部分のみ働くことになるため、流量から豫期される壓力以上のものが得られるものと思う。

一方有効に動作しない羽根車の一部でも羽根車から流體に仕事が與えられており、これは送風機として壓送する空氣に與える仕事には直接の關係はないが、羽根車の驅動トルクを増加させ効率を減少させることになる。特に逆流して再び流入する流體は不規則な流速、方向を持ちかつ羽根車との接觸の期間が長いので非常に損失が多いものと考えられる。

5. 結 言

遠心型多翼送風機の羽根車の出口における流れの状態を圓筒型ピトー管によつて測定したが、これから得られた結果によれば流れの状態は、羽根車の軸方向にも圆周方向にも一樣でなく、特にこの傾向は低流量の領域で顯著であることがみとめられた。このような流れの模様が前向き羽根の特性と相俟つて遠心型多翼送風機の特異な特性を形成しているものと考えられる。

送風機としてはどのような型式のものであつても、羽根車周邊の状態が一樣であることが望ましいが、流量によらずこの条件を満足させることは困難である。そこで少なくとも正規の運轉状態においてこの条件が満たされることが必要であるが、このためには渦巻室その他の案内装置になお改善の餘地があるのではないだろうか。

(27. 4. 28)

文 献

- (1) W. J. Kearton, The Inst. of Mech. Eng. 1933
- (2) 葛西泰二郎, 機械學會論文集, 2 卷, 7 號, 1936
- (3) 井口泉, 機械學會誌, 53 卷, 382 號, 1950
- (4) B. Eck, Ventilatoren, 1937