

冷却塔送風装置について

Drafting Apparatus of Cooling Tower



(気)技術第2課
中井 寛
Hiroshi Nakai
大谷 和由
Kazuyoshi Otani

Air drafting apparatus is one of the important components of a cooling tower in which hot water is cooled by exposing its surface to a large amount of drafted air. This paper introduces drafting apparatus of relatively large sized mechanical-draft cooling towers, by describing several matters on the selection of fan and fanstack from the view points of such as decreasing power consumption and noise abatement.

まえがき

冷却塔を構成する主要な機能としては、温水と空気の接触による熱交換機能、充填層に多量の外気を供給する送風機能、温水を充填層に均一に分散させる散水機能、水滴飛沫の飛散を防止する飛沫飛散防止機能等がある。

今回はその内、送風機能について取り上げて紹介するものである。まず、当社主力製品の中型以上の冷却塔において、その送風機能をつかさどる送風装置の一般的な機器構成は次の通りである。(第1図参照)

- ・ファン
- ・ファンスタック
- ・減速機
- ・伝動軸
- ・電動機
- ・送風機架台

本稿では、上記各機器の内、主要構成機器であるファン及びファンスタックの選定における冷却塔特有の留意点を主に紹介する。

1. ファン

冷却塔に使用されるファンとしては、軸流ファンが一般的である。

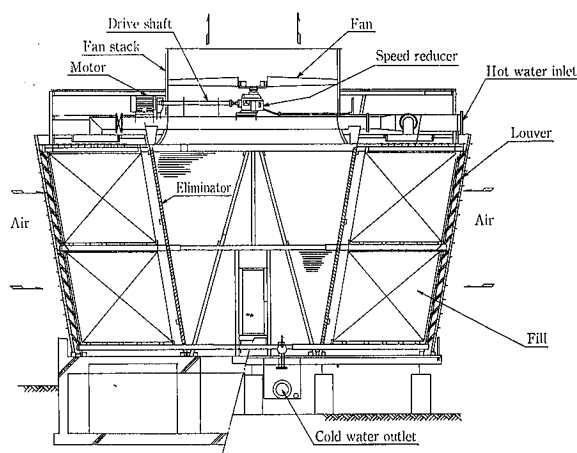
第2図は広義の空気機械としての送風機と圧縮機の適用範囲の概要を示したものである。冷却塔に求められるファン仕様は、低圧(5 mmAq~30 mmAq)かつ大流量(中大型塔で1 000 m³/min~40 000 m³/min)である。この仕様を満足させるには、軸流ファンが冷却塔用の送風機として適していることが第2図からわかる。

1.1 ファン選定時に考慮すべき事項

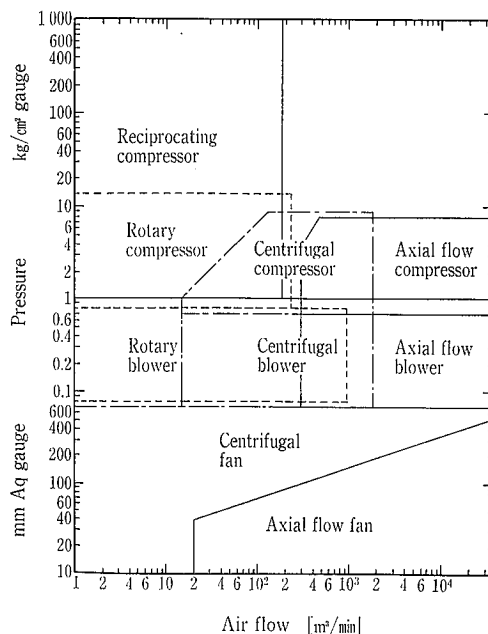
冷却塔用ファンの選定に当たっては、風量、静圧等の空力性能はもとより、騒音、腐食等の外部条件に十分な考慮を払って選定しなければならない。

一般的な考慮事項は次の通りである。

- ・ファンの風量、静圧、全圧が使用条件に適しているか。
- ・ファンの騒音が使用条件に適しているか。
- ・ファンの許容回転数以下で選定されているか。
- ・ファンの材質、耐腐食性が使用条件に適しているか。
- ・起動、停止、休止等の運転時の操作を考慮した強度に



第1図 冷却塔の構成
Fig. 1 Construction of cooling tower



第2図 送風機・圧縮機の適用範囲
Fig. 2 Selection of fan and compressor

なっているか。

・保守, 整備, 補修, 安全上の考慮はなされているか。

1. 2 ファンの選定

冷却塔用の軸流ファンを選定するに当たっては, ファン性能曲線を用いて行う。その場合の必要な基本的諸元として, 熱交換性能から要求される風量と, その空気の流れによりルーバー, 充填材, エリミネーター, 塔体などの各部分で発生する圧力損失がある。

ここで注意すべき事項は次の通りである。

- (1) ファン性能曲線は, 個々のメーカーが独自に定めた基準ファンスタックとの組み合わせにおいて作成されたものである。
- (2) ファン性能曲線は, 多くの場合, 個々のメーカーがテストファン(例として5ftテストファン)にて実測した測定値を幾何学的相似則によって各ファンサイズに展開して作成されたものである。参考として第1表に送風機の比例法則と騒音法則を示す。

一例を示すと, 風量 Q は, ファン直径 D の3乗に比例し, ファン静圧 P は, ファン直径 D の2乗に比例し, ファン軸動力 L は, ファン直径 D の5乗に比例することを表している。

- (3) ファン性能曲線にはファン静圧基準のファン性能曲線(第3図)とファン全圧基準のファン性能曲線(第4図)があり使用ファンにより選定方法が異なる。

上記を念頭において, 選定することが重要であり, 個々の納入塔で使用条件が異なれば選定に反映する必要がある。

1. 2. 1 風量

冷却塔の熱交換性能に必要な風量がファンに要求されるが, 一般的にファン性能曲線は空気の標準状態を基準としたものであり, 注意すべきは, その選定時の前提となった乾湿温度, 空気密度, 気圧等の状態量を確認し, ファン型式選定時に反映させることである。

1. 2. 2 圧力損失

冷却塔用のファンの所要静圧は, 空気の流れに従い発生する種々の圧力損失の合算である。冷却塔における圧力損失としては, 次のものが考えられる。

- ・ルーバー部に発生する圧力損失
- ・通水時の充填材部に発生する圧力損失
- ・エリミネーター部に発生する圧力損失
- ・塔体の柱梁等に発生する圧力損失
- ・減速機架台に発生する圧力損失
- ・ファンスタックに発生する圧力損失

上記圧力損失を的確に算定し, ファンの必要静圧を決定する必要がある。

一例として, 減速機架台部に発生する圧力損失を取り上げると, ファンスタック内にある送風装置架台の場合, 第5図のようにその断面形状を円形とすれば圧力損失係数を欠のようにして求めることができる。

すなわち, 圧力損失係数 ζ は,

$$\zeta = 0.4 \times \frac{S/F}{(1-rS/F)^3} (1-2y/D)^{1/3}$$

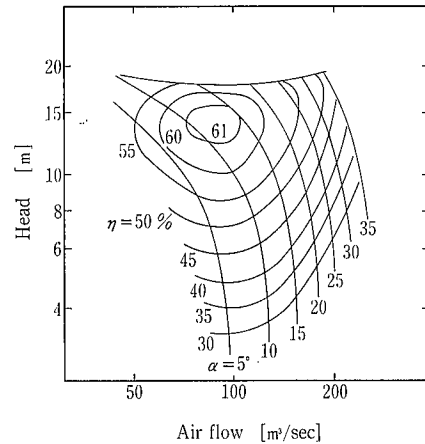
$$\text{但し } S = d\ell, F = \pi D^2/4$$

第1表 ファンの比例法則

Table 1 Proportional law for fan

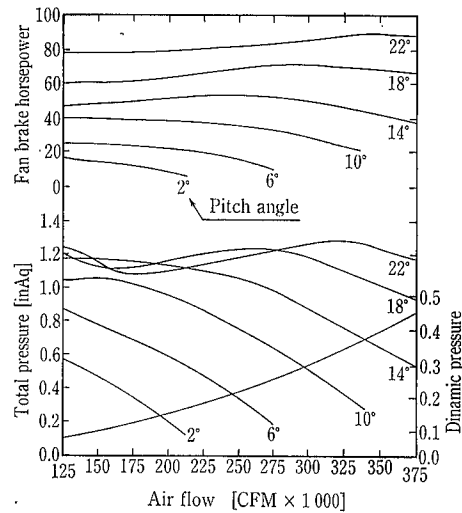
Solution	Basic data	Diameter ratio	Revolution ratio	Density ratio
Q	Q_B	$(D/D_B)^3$	(n/n_B)	(1)
P	$= P_B$	$\times (D/D_B)^2$	$\times (n/n_B)^2$	$\times (\gamma/\gamma_B)$
L	L_B	$(D/D_B)^5$	$(n/n_B)^3$	(γ/γ_B)
dB	$= dB_B$	$+70 \log_{10} \frac{D}{D_B}$	$+50 \log_{10} \frac{n}{n_B}$	

Q: Air flow D: Fan diameter p: Static pressure
L: Power consumption γ : Air density dB: Decibel



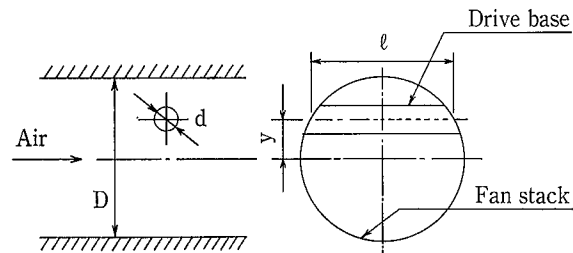
第3図 ファン静圧基準の性能曲線

Fig. 3 Fan selection curve based on static pressure



第4図 ファン全圧基準の性能曲線

Fig. 4 Fan selection curve based on total pressure

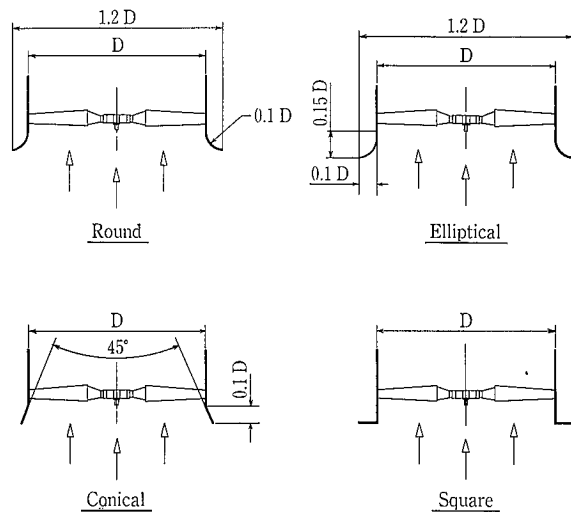


第5図 減速機架台部の圧力損失

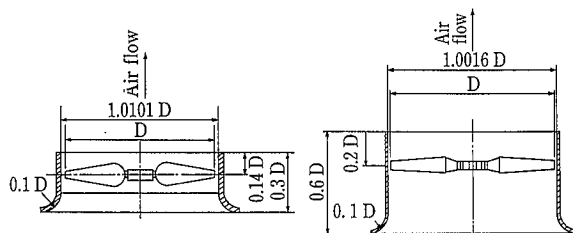
Fig. 5 Pressure drop at drive base

Type	Shape	rpm	PWL dB [A]	Δ dB [A]
Conventional		178	96.5	—
Low noise		148	89.5	7
Super low noise		134	86.5	10

第6図 冷却塔用ファン
Fig. 6 Fan for cooling tower



第8図 ファンスタックの入口形状
Fig. 8 Inlet bell configurations



第7図 ファンスタック形状例
Fig. 7 Outline of fan stack figures

S/F	0.05	0.10	0.15	0.20
r	0.88	0.70	0.63	0.5

ここでは円形断面について述べたが、同様に種々の形状の抵抗体に対し、それぞれの圧力損失係数算定式があるのでそれらを用いて計算することができる。

1. 2. 3 騒音

冷却塔の騒音は、水の落下音とファンの回転による風切音が支配的である。

この内、詳細にファンの騒音を検討する場合に、ファンのPWL値、各地点のSPL値、及びオクターブバンド別の騒音値を予想することがある。ここでファンのPWL値は実験値をベースとして幾何学的相似則にてファンサイズごとに展開されたものであるため、ファン選定時に必要となる各地点のSPL値の算定には、十分に実績データを加味する必要がある。

メーカーによって異なるが、一例として第6図にファン形式によるPWL値を示す。標準ファンに比べ、低騒音ファンでは5~10 dB(A)、超低騒音ファンでは10~15 dB(A)の範囲の減音効果を期待することができる。

2. ファンスタック

ファンスタックは、ファンに入る空気の流れ及び吐出される空気の流れを整え、ファンの性能を十分に引き出すことを主目的として設置される。また、同時に回転するファンに対する安全対策設備としての役割もある。

2. 1 ファンスタック選定時に考慮すべき事項

ファン性能曲線は、ファンメーカーが基準として定めているファンスタック形状における性能を示したものであり、その点を十分に考慮しなければならない。第7図は、当社が採用しているファンの代表的なファンスタック形状を示したものであるが、これらからファンメーカー各社が標準として定めているファンスタック形状に対する考え方がそれぞれ異なることがわかる。

2. 2 ファンスタックの選定

風量、静圧、動力等よりファンが選定されると、ファン直径に合ったファンスタックを選定する必要がある。

一般にファンスタック出口径はファン回転面での内径と同径にする場合が多い。塔体の構造上からファン直径に制限がある場合や、ファン直径を大きくすると与えられた電動機の容量が不足する場合等は、速度回収型ファンスタックを採用するのがよい。いずれの場合も、吐出空気速度が余り低すぎると吹き出された空気が再度冷却塔の外気取り入れ口であるルーバーから吸引され再循環し、冷却塔性能に悪影響を与えるので避けなければならない。一般的にはファンスタック出口での吐出空気速度は7~10 m/secが適当である。

2. 2. 1 入り口形状

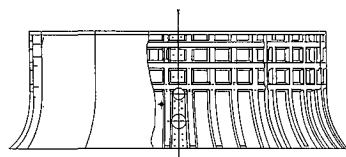
圧力損失を発生させる部位として入り口形状が考えられる。

第8図は、代表的な入り口形状を示したもので、その形状によって圧力損失値が異なるため、適切にその値を算定し、ファン選定時の必要静圧値に反映する必要がある。

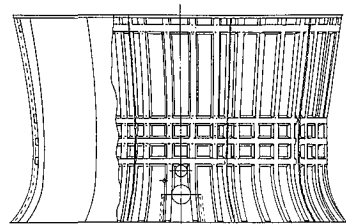
圧力損失的には、ELLIPTICAL型が最も圧力損失が少なく、次にROUND型、CONICAL型、SQUARE型の順となる。

2. 2. 2 出口形状

空気流のファンスタック通過による圧力損失と、吐出空気流の速度エネルギーが損失となり動力の増加が起こる。

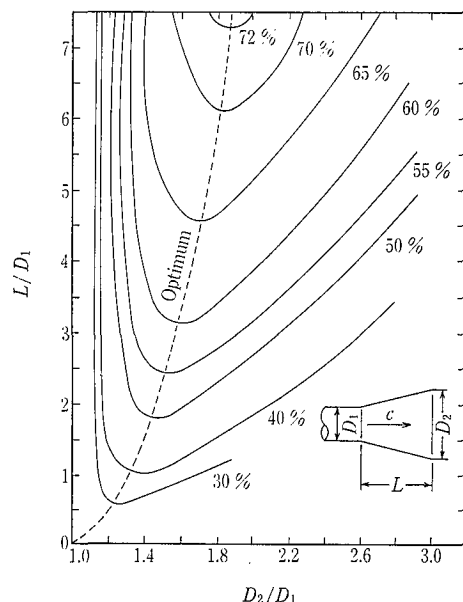


Standard type



Velocity recovery type

第9図 当社のファンスタック
Fig. 9 Our typical fan stack



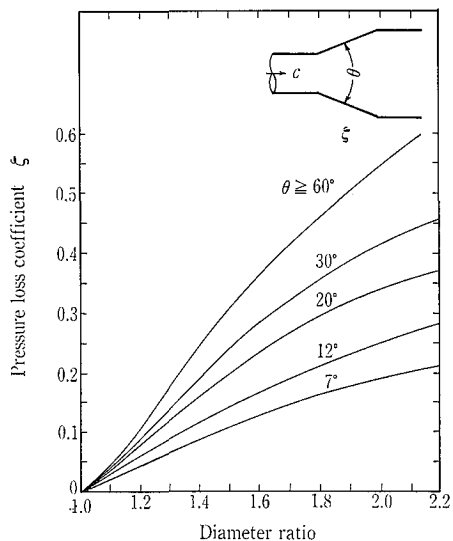
第10図 ディフューザの静圧回復率
Fig. 10 Static pressure recovery with diffuser

ファンスタックの出口形状としては標準型と速度回収型に大別される。

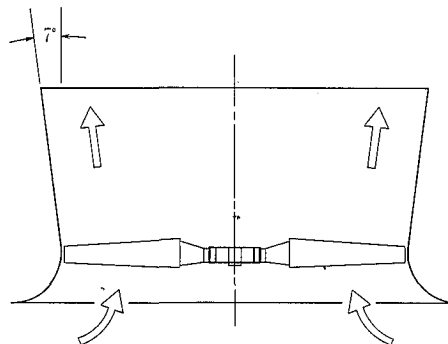
第9図に、当社の標準型、及び速度回収型ファンスタックの一例を示す。

速度回収型は標準型の出口に円錐形に延長したディフューザを取り付けたものである。これはファン回転面に対し出口面での面積の増加により空気速度が減少し速度エネルギーの損失を押さえ消費動力を節約するものである。

第10図はディフューザによる静圧回復率を、第11図はディフューザによる圧力損失係数を示したものであるが、一



第11図 ディフューザの圧力損失係数
Fig. 11 Pressure loss coefficient of diffuser



第12図 ディフューザの形状
Fig. 12 Diffuser configuration

般的には動力回収率と圧力損失との折り返しより7度のテーパが冷却塔用ファンスタックに適している。

第12図は、ディフューザ形状の一例を示したものであるが、ファン型式とディフューザ形状の組み合わせによってディフューザ効率が決まるので適切なファンとディフューザの組み合わせを決めることができる。

むすび

本稿では、冷却塔の送風性能に最も大きな影響を与えるファンとファンスタックについて、基本的事項の紹介を行ったが、送風性能の向上を目指し、各要素別に改善改良を進めており、今後随時紹介していきたいと考えている。

〔参考文献〕

- 1) 安達勤ほか：空気機械，共立出版，緒論
- 2) 生井武文：送風機と圧縮機，朝倉書店 p. 65
- 3) Madison, R. D. & Graham, J. B., H. P. A. C. Jan 1958
- 4) CTI 1993 Technical Paper Number TP93-03