

1. 空氣의 基本的인 性質

송풍기가 다루는 공기에 대하여 그 기본적인 성질을 기술하면, 공기는 압축성 기체이며, 압력이 증가함에 따라 그 용적은 줄어지므로, 공기의 단위 용적당 중량은 0℃, 압력이 1기압(760mmHg ≒ 10,330mmAq) 상태에서의 건조공기는 1.293kg/m³이다. 또 온도가 t(℃), 절대 압력 P(mmHg)인 건조공기의 중량 γ는 다음 식으로 나타낸다.

$$\gamma = 1.293 \times \frac{273}{273+t} \times \frac{P}{760} \quad (\text{kg/m}^3)$$

즉, 공기의 단위체적당 중량은 ‘그 압력에 비례하고, 절대온도에 반비례한다.’ 라는 것이다. 또 공기에는 粘性이 있으므로 duct로 송풍하는 경우에는 반드시 압력손실이 생기고, 이것이 機外靜壓으로 되며, 송풍기의 送出壓이 증가하므로, 풍량은 감소한다. (詳細는 後述)

또 이 점성계수도 온도에 따라 변하는데, 환기fan에서 다루는 작은 압력변화의 범위에서는 온도변화는 극히 미소하므로, 일정한 값으로 봐도 지장은 없다.

2. 送風機란?

넓은 의미에서 송풍기란 공기를 보내는 기계로, 그 보내는 공기의 압력에 따라서, Fan(선풍기 혹은 통풍기), Blower, Compressor로 大別된다. 또 fan과 blower를 묶어서 送風機, 압축비¹⁾가 2 이상의 것을 compressor로 구별하기도 한다.

우리가 일상 다루고 있는 fan은 송풍기 중에서도 가장 송출압이 낮은 0~1,000mmAq²⁾이며, 흡입공기와 송출공기의 압력이나 온도의 상태변화를 무시할 수 있는 범위의 공기를 다루는 기계이다.

다음의 blower는 송출압이 1,000~10,000mmAq(1~10mAq)로, ‘공기의 압축성이나 온도변화를 고려할 필요가 있지만, 냉각방법을 특별히 고려하지 않아도 좋은 기계’라 할 수 있으며, 가장 압력이 높은 compressor는 송출압이 10,000mmAq(10mAq = 1kg/cm² = 0.1MPa) 이상으로, 공기를 압축할 때에 열을 발생하므로 ‘본체의 냉각방법을 특별히 고려하지 않으면 안 되는 기계’라고 할 수 있다.

3. Fan의 風量, 壓力과 그 所要動力

1) 송풍기의 靜壓과 全壓

송풍기의 압력을 나타내는 방법에는 靜壓(Ps), 動壓(Pd) 및 全壓(Pt)이 있는데, 정압이란 흐름에 평행한 벽(duct의 표면)에 미치는 압력이며, 동압이란 풍속에 의해 생기는 압력으로 속도압(Pv)이라고도 하며, 다음과 같이 나타낸다.

1) 토출압과 흡입압의 비.

2) 공기의 압축성이나 온도변화를 고려하지 않아도 좋은 영역.

$$P_s = \frac{V^2 \times \gamma}{2} \text{ (Pa)} \quad \text{또는} \quad P_s = \frac{V^2 \times \gamma}{2g} \text{ (mmAq)}$$

단, V : 송풍기에서 송출하는 풍속(m/sec)

γ : 공기의 비중량 ($\approx 1.2\text{kg/m}^3$)

g : 중력가속도 (9.8m/sec^2)

또, 전압이란 정압과 동압의 합이며, ‘송풍기에 의해 주어진 전압의 증가량’으로, 토출구와 흡입구에서의 전압의 차이이다.

$$\begin{aligned} \text{송풍기전압} &= P_2 - P_1 \\ &= P_{s2} + P_{d2} - (P_{s1} + P_{d1}) \\ &= (P_{s2} - P_{s1}) + (P_{d2} - P_{d1}) \end{aligned}$$

2) 풍량, 풍압과 축동력

송풍기의 축동력 L은 송풍기가 송출하는 풍량과 송풍기가 만들어내는 압력(전압)의 곱에 비례하며, 다음 식으로 산출된다.

$$L = \frac{P \times Q}{6,120 \times g \times \eta} \text{ (kw)}$$

단, P : 송풍기 전압(Pa)

Q : 송풍기 풍량(m^3/min)

g : 중력가속도 (9.8m/sec^2)

η : 송풍기의 효율(50 ~ 70%)

또, 송풍기 전압의 단위가 (mmAq)인 경우에는 다음과 같이 된다.

$$L = \frac{P \times Q}{6,120 \times \eta} \text{ (kw)}$$

또한, 송풍기를 구동하는 motor의 소요동력 N은 motor의 효율(η_m)을 가미하여,

$$N = \frac{100 \times L}{\eta_m} \text{ (kw)}$$

로 되는데, 실제의 motor는 10% 정도의 여유를 가지고 선정되어 있는 경우가 많다.

3) 회전수와 풍량, 풍압 및 축동력

앞에서 기술한 풍량, 풍압 등은 날개(blade)를 어느 회전수로 회전했을 때 생기는 것으로, 같은 날개에서도 그 회전수를 바꾸면 풍량과 풍압이 변하며, 그 결과 당연한 것이지만 송풍기의 축동력도 변한다. 그 변화의 비율은 비례법칙으로 되어 있는데, 다음과 같다. 또 그 이 점을 살려 회전수 제어로 에너지를 달성하고 있는 것이 ‘인버터(inverter)’이다.

① 회전수와 풍량 : 풍량은 회전수에 비례한다. ($Q \propto n$)

② 회전수와 풍압 : 풍압은 회전수의 제곱에 비례한다. ($P_t \propto n^2$)

③ 회전수와 축동력 : 축동력은 회전수의 세제곱에 비례한다. ($L \propto n^3$)

4. Fan의 形式과 그 特徵

다양한 종류의 fan을 공기의 흐름 방향으로 분류하면 공기의 흐름이 축과 평행한 ‘軸流

fan'과 반경방향으로 되는 '遠心fan'으로 大別된다.

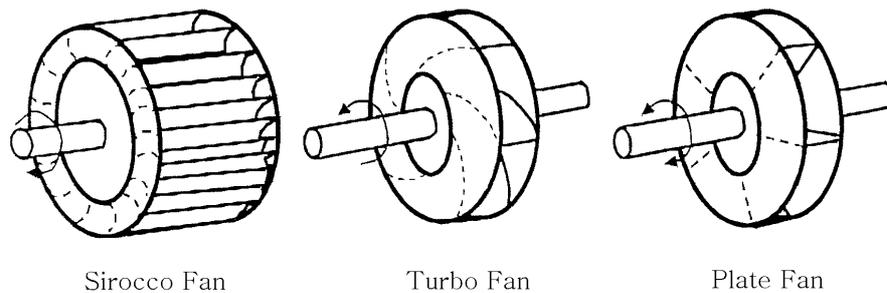
1) 축류fan

축류fan은 그 이름과 같이 공기의 흐름이 회전축에 평행한 것으로 날개의 형상에 의해 환풍기와 같이 無壓의 것에서 원통의 casing 내에 날개를 조립해 넣은 것, 날개를 多段으로 한 高壓用까지 여러 가지가 있다. 또 가변 pitch 날개의 채용에 의해 폭넓은 풍량의 범위로 고효율을 달성할 수 있다.

또 효율이 좋은 것, 고속회전이 가능한 것에서 소형에서 풍량을 낼 수 있는 것, 축방향으로 바람이 흐르므로, 설치가 간단하며 space도 적게 차지하는 등의 이유에서 그 수요도 증대되고 있다. KAMAKURA의 Roof Fan, Unit Fan은 축류fan 중에서도 극히 저압용으로, propeller fan이라고도 부르며, 축류fan의 일종이다.

2) 원심fan

원심fan이란 축방향으로 흡입된 공기가 날개차에 의해 에너지를 얻어, 날개에서 반경방향을 향해 나가는 것으로, turbo fan, sirocco fan은 그 대표적인 type이다. <그림1>에 원심fan의 형식과 날개 형상을 나타낸다.



<그림1> 원심Fan의 날개 형상

① sirocco fan(多翼fan)

날개의 방향은 회전방향에 대해 前方向이며, 형상은 반경방향으로 짧고, 축방향으로 길어 그 이름과 같이 많은 날개를 가지고 있으며, 풍량이 많은데 비해 송출압력이 낮은 것이 특징이다. fan의 효율이 나쁘지만, 풍량에 비해 형상이 작고 소음도 그다지 크지 않으므로 空調나 환기설비에 많이 사용되고 있다.

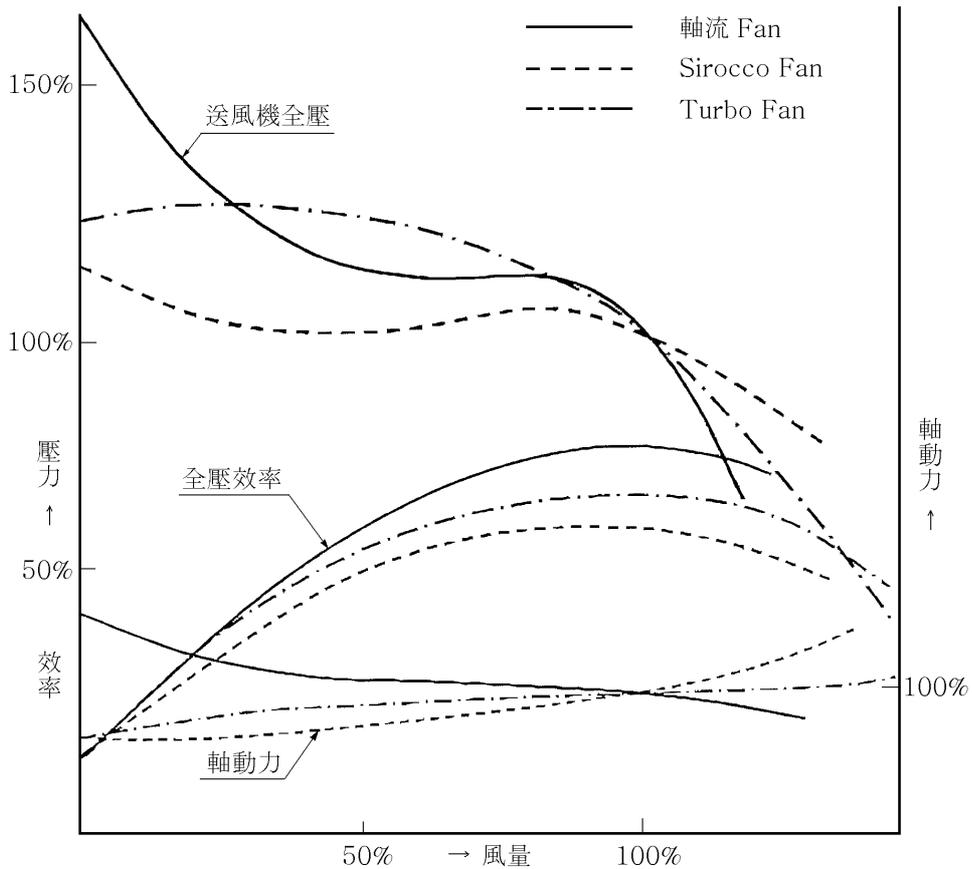
② turbo fan

날개의 방향은 회전방향에 대해 後方向이며, 형상은 반경방향으로 비교적 길게 되어 있으며, 송출압력도 크게 할 수가 있다. fan의 효율은 sirocco fan보다 약간 좋은 편이지만, 효율이 좋은 범위가 넓어 폭넓게 사용되고 있다.

③ plate fan

날개의 방향은 반경방향 直射型으로 라이너를 붙여서 교환을 간단히 할 수 있는 이점이 있으며, 날개의 마찰을 피할 수 없는 불순물이 함유된 가스를 취급하는데 요긴하게 쓰이고 있다. 또 원심fan과 축류fan의 중간적인 斜流fan도 있으며, 송출된 공기의 방향이 반경방향도 축방향도 아닌 경사방향으로 되어 있으며, 성질도 양자의 중간적으로 되어 있다.

5. 各種 fan의 特性曲線



<그림2> 각종 Fan의 특성곡선

<그림2>는 축류fan, sirocco fan, turbo fan의 특성곡선으로 축류fan의 경우, 機外靜壓이 상승함에 따라 풍량은 거의 직선적으로 감소하여 풍량 0에서 최고압력을 나타내는데, 정압의 증가에 따라 송풍기 축동력이 증가하므로, 어느 압력 이상은 motor가 과부하로 되기 때문에 사용할 수 없는 경우가 많으므로, 주의를 요한다. (catalogue에서는 점선으로 표시)

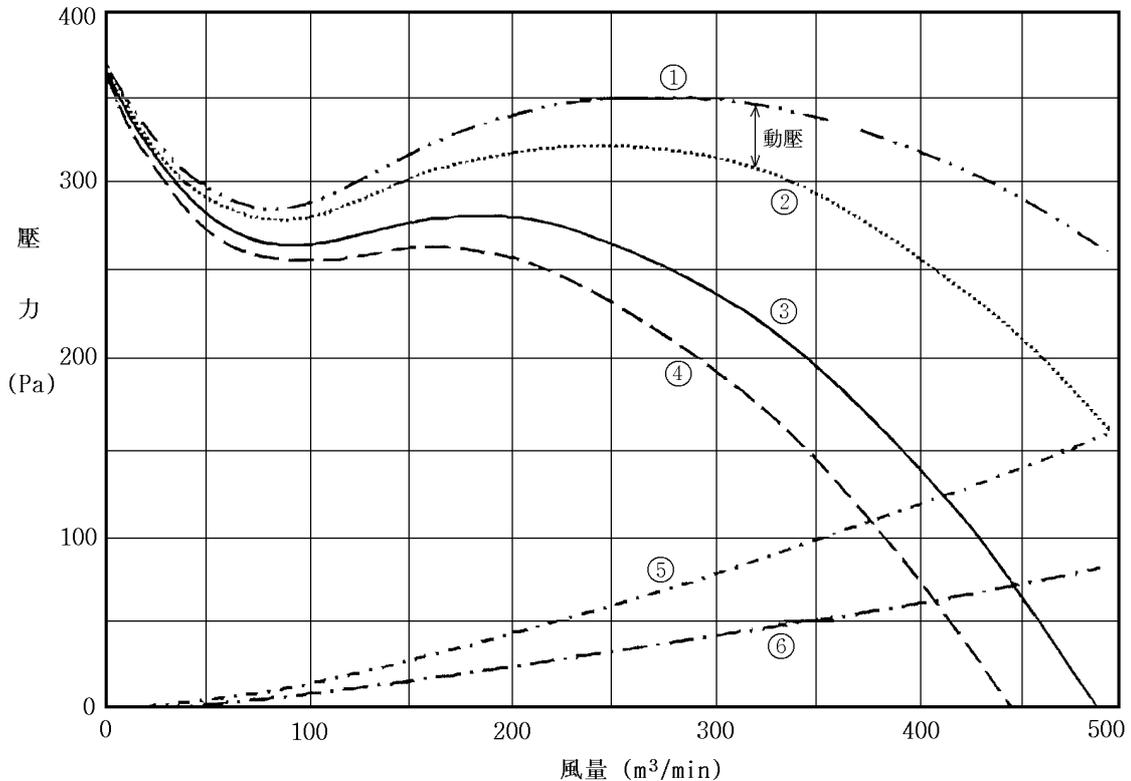
sirocco fan(CC & CF, Air Curtain 등에 사용)의 경우, 정압의 증가에 따라 풍량이 감소하는 것은 propeller fan과 같은 경향을 나타내지만, 통상 풍량이 최대의 1/2 정도인 곳에 골짜기가 생기므로 후술한 바와 같이 풍량이 너무 적어지게 되는 범위에서의 사용은 피하는 것이 타당하다.

또 축동력은 풍량이 증가함(정압이 적어짐)에 따라 커지므로, 정압이 거의 걸리지 않을 때 (duct가 없는 경우 등)에는 경우에 따라서는 motor가 과부하로 되는 수가 있다. (예를 들면, CC-460형을 계획했을 때 duct의 압력손실이 상당히 걸리면서, 가능한 한 많은 풍량이 필요하므로, 기종을 460S, U2형으로 했는데, 그 뒤 설계변경 등으로 duct의 압력손실이 극단적으로 적게 걸렸을 때에는 2 type 그대로는 motor가 과부하로 될 가능성이 크다. 단 CCS-2가 붙은 경우에는 duct의 압력손실이 거의 없어도 과부하로 되지 않는다)

6. Option의 取付와 送風機 風量

KAMAKURA의 CC-460형은 sirocco fan으로 fan의 흡입측에 louver나 냉각 element가

설치되고, 粗塵filter도 option으로 취부할 수 있게 되어 있다. louver나 냉각 element도 option으로 생각하면 option의 有無에 의한 풍량의 차이를, CC-460의 2형을 예로 <그림3>의 특성곡선 상에서 설명한다.



<그림3> CC-460型的 특성곡선

- ① 날개차가 만들어내는 全壓 ② 송풍기 최대정압 (냉각Element 없음)
- ③ 고정압형의 정압(Element, 옵션無) ④ CCS-2付의 정압
- ⑤ 냉각 Element 저항곡선 ⑥ CCS-2의 저항곡선

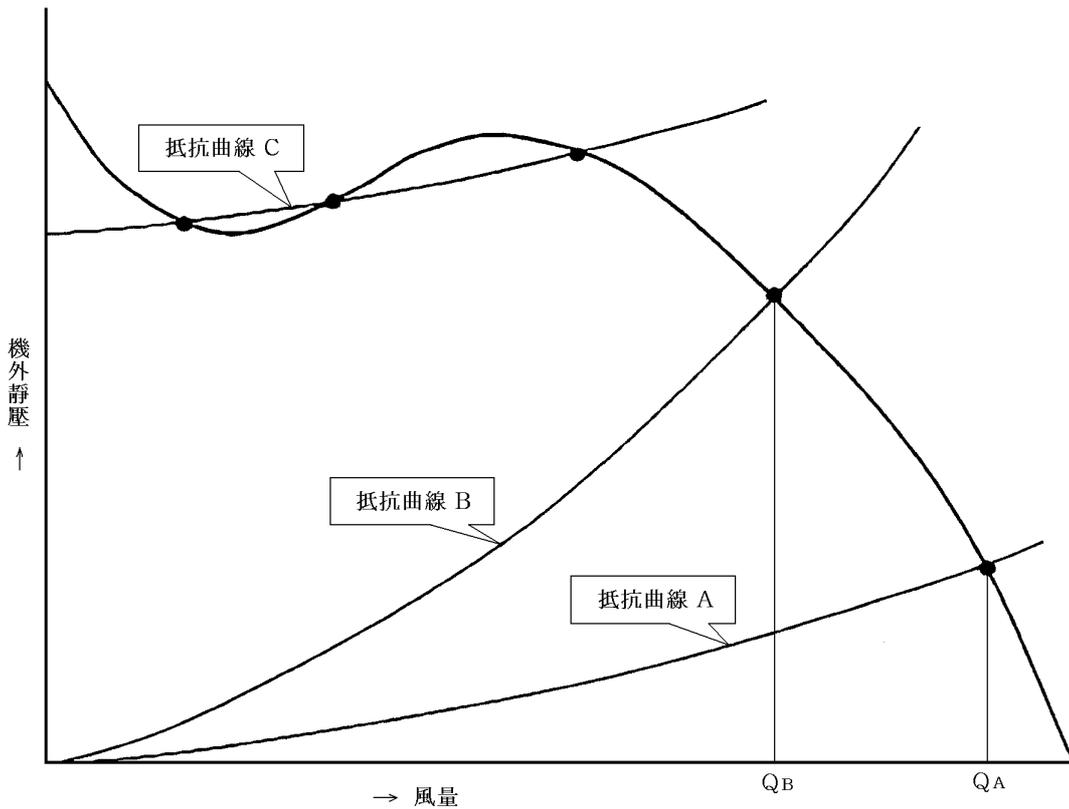
<그림3>은 CC-460S, U2型的의 특성을 나타낸 것으로, CC는 냉각Element를 常備하고 있으며, 이 상태에서 機外靜壓이 0일 때 송출풍량이 485m³/min(곡선③)가 되지만, Element에는 풍속에 따른 저항(압력손실)이 있으므로 날개차가 얻어내는 정압은 곡선②로 나타내어지고, 곡선①은 날개차가 얻어내는 전압이며, ②와 ③의 차가 냉각Element의 압력손실에 상당하고 고, ①과 ②의 차가 동압이 된다. 또 ④는 CCS-2付의 정압곡선이며, ③과 ④의 차가 CCS-2의 압력손실이 되므로, 어느 것이나 기외정압이다.

또한 곡선 ⑤와 ⑥은 각각 냉각Element와 CCS-2의 저항(압력손실)곡선이며, 통과풍속의 제곱 혹은 1.5승에 비례하고 있는(고정치는 아님) 것에 주의할 것.

7. Duct의 壓力損失과 送風機 風量

송풍기의 기외정압이 증가함에 따라 송풍기가 송출하는 풍량은 감소한다. 따라서 송풍기로 Duct에 의해 실내로 송풍하는 경우, Duct 압력손실의 여하에 따라 풍량이 상당히 변하므로, 既設의 배기설비 용량을 고려하여 실내를 陽壓으로 하려고 해도 압력손실을 잘못 읽어

결국 실내를 양압화 할 수 없는 경우도 생각할 수 있다.



<그림4> 저항곡선

이것을 그래프상에서 설명하면 <그림4>의 저항곡선 A와 같은 Duct를 생각할 수 있는데, 당초 설치하려고 했던 장소에 설치할 수 없게 되고, Duct가 길어졌기 때문에 저항곡선 B가 되어 버렸다. 이 경우, 당초의 계획에서는 풍량이 QA(최대풍량의 90% 정도)라고 생각하고 있던 것이, QB(최대풍량의 70% 정도)가 되어 버렸다. 풍량이 20% 이상이나 감소하므로 양압화를 생각하고 있던 것이 양압화 할 수 없는 경우도 충분히 있을 수 있다.

또 <그림4>의 sirocco fan의 특성곡선상에서 저항곡선이 C와 같은 duct의 경우에는 운전점이 몇 개나 존재할 수 있으므로 운전이 매우 불안정하게 될 가능성이 있기 때문에 이러한 선택은 피하지 않으면 안 된다.

8. 送風機の 聯合運轉과 風量, 送出 壓力

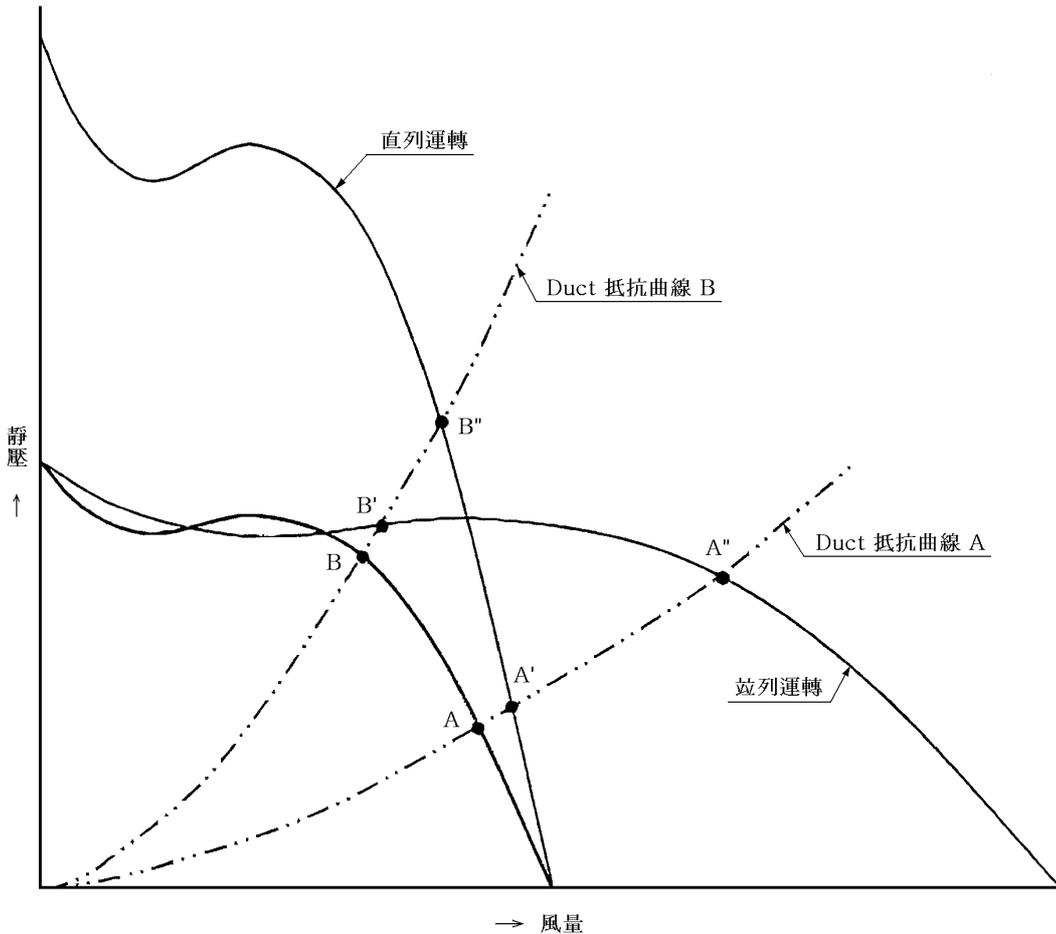
송풍기로 바람을 보낼 때, 아무리해도 1대의 송풍기로 대처할 수 없는 경우가 있으며, 복수대의 송풍기를 동일한 duct에 접속하여 운전하고 있는 경우를 상당히 볼 수 있다. 일반적으로 풍량을 늘리는 경우에는 송풍기를 병렬로 운전하고, 송출압력이 부족할 때에는 송풍기를 직렬로 운전하지만, 풍량을 늘리는데 송풍기를 직렬로 운전하는 쪽이 유리한 경우가 있으므로 <그림5>에 의거하여 설명한다.

1) 송풍기의 풍량과 송출압력 (機外靜壓)

송풍기의 풍량과 송출압력의 관계는 前述한 바와 같이 ‘송출압력의 증가에 따라 풍량이

감소한다.’ 그러나 그 경향은 송풍기의 형식이나 같은 형식의 것이라도 날개차의 형상에 따라서 각각 변하는 것이다. 따라서 송풍기의 연합운전을 하는 경우, 특히 병렬운전을 하는 경우에는 2대의 송풍기 성능이 다르면 조정이 매우 어려우므로 피해야 한다.

또 직렬운전의 경우는 송출압력은 2대의 송출압을 더하는 것이 되므로 송출압력이 다른 것은 문제가 되지 않으나, 최대풍량은 적어도 그다지 다르지 않는 것이 조정하기 쉽다는 것은 말할 필요도 없다.



<그림5> 연합운전시의 특성과 풍량

2) 송풍기의 연합운전과 duct의 압력손실

<그림5>는 동일한 사양의 송풍기 2대를 연합운전하는 경우의 특성을 나타낸 것으로, 저항곡선 B와 같이 duct의 압력손실이 크고, 단독에서의 운전점이 B일 때 병렬운전에서의 운전점은 B'로 풍량은 조금밖에 늘어나지 않는데 비해, 직렬운전에서는 B''가 되어 이 쪽이 풍량은 증가한다.

또 저항곡선이 A와 같이 비교적 압력손실이 적은 경우에는 1대 운전시의 운전점 A가 직렬운전에서는 A', 병렬운전에서는 A''로 되어 병렬운전 쪽의 풍량이 명확하게 많이 증가한다. 이와 같이 송풍기의 풍량은 duct의 압력손실과 일체로 생각하지 않으면 틀릴 수밖에 없으며, duct의 압력손실이 송풍기의 풍량을 생각하는데 있어서 얼마나 중요한지를 알 수 있다.

3) duct 내 풍속과 duct의 압력손실

duct의 압력손실에는 duct벽과 공기의 마찰에 의한 손실, duct의 구부러짐이나 단면적의 변경에 의해 흐름이 흐트러짐에 의한 압력손실이 있는데, 어느 것이나 풍속의 제곱에 비례한다.

① 直管部の 압력손실 ΔP_1

duct의 길이를 L(m), duct의 相當直徑³⁾을 De(m), duct 내 풍속을 V(m/sec)라 하면, 이 duct의 압력손실은 다음과 같이 된다.

$$\Delta P_1 = \frac{\lambda \times L \times V^2 \times \gamma}{2 \times De} \text{ (Pa)}$$

단, λ : 마찰손실계수로 0.02 정도

따라서, 직경이 a(m)인 duct와 2a(m)인 duct가 있을 때, 이 2개의 duct에 같은 양의 바람을 흐르게 하는 경우, a인 duct의 풍속은 2a인 duct 풍속의 4배이며, a duct의 압력손실은 2a인 duct 압력손실의 32배($4^2 \times 2 = 32$)라고 하는 터무니없는 숫자가 된다.

② 曲管部 및 기타의 압력손실 ΔP_2

$$\Delta P_2 = \frac{\zeta \times V^2 \times \gamma}{2} \text{ (Pa)}$$

단, ζ : 곡부손실계수로, 곡관의 곡률반경이나 단면의 변화정도에 따라 변하는 수치이다. 예를 들면, 90°Elbow에서 $r / D = 1.0$ 에서는 $\zeta = 0.21$.

마찬가지로 이 경우에도 직경이 절반이면 압력손실은 16배가 된다.

<出處 : 鎌倉製作所 營業技術部>

<作成 : 2004. 10. 21>

3) 원형 duct에서는 $De = D$, 장방형 duct에서는 $De \approx 1.09 \times$ 평균 변의 길이