

羽根車を回転すると、羽根の作用により送風機の吸込口と吐出口の間に全圧差（送風機全圧） P_t が生じます。 P_t から、送風機吐出口の動圧 P_d を減じた圧力が送風機静圧 P_s です。

この関係を図解すると図7 のようになります。

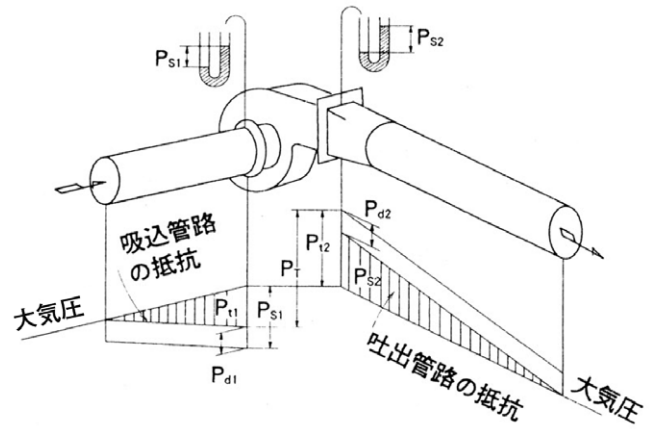


図7. 送風機圧力説明図

2-1. 送風機全圧と送風機静圧

送風機全圧と送風機静圧とは送風機性能の表示のため、JIS B 8330 送風機試験方法で規定された用語です。ダクト内部の全圧、静圧とは意味が違います。そこで送風機全圧、送風機静圧と呼び、その区別を明確にしたものです。

①送風機全圧 (P_t)

送風機全圧は、送風機によって与えられる全圧の増加量で、送風機の吐出口と吸込口における全圧の差で表わします。

$$P_t = P_{t2} - P_{t1} = (P_{s2} + P_{d2}) - (P_{s1} + P_{d1}) = (P_{s2} - P_{s1}) + (P_{d2} - P_{d1})$$

②送風機静圧 (P_s)

送風機静圧は、送風機全圧から送風機吐出口における動圧を差引いたものです。

$$P_s = P_t - P_{d2} = P_{s2} - P_{s1} - P_{d1}$$

添字 (1: 吸込側 2: 吐出側)

2-2. ダクト内部の圧力

①静圧

静圧 (P_s) とは送風抵抗に対抗する圧力のことであり、この圧力は流れに平行な物体の表面に気体がおよぼす圧力であって、図8に示すようにダクトの表面に直角な穴を通して測定します。(一般的にピトー管で測定する) また、ダクトの一端を封じて片方から送風機で空気を押し込むときに生ずる圧力も静圧で、この場合、一方が封じられていますのでダクトの中には空気の流れがありません。空気の流動のないときにも生ずる圧力ですから静圧と呼ばれています。

②動圧

動圧 (P_d) は速度圧ともよばれ、風の速度によって生ずる圧力で次式で表わされます。

$$P_d = \frac{V^2}{2} \cdot \rho \dots \text{Pa}$$

P_d : 動圧

V : 風速m/sec

ρ : 密度 (kg/m^3)

標準状態の空気〔温度 20℃、絶対圧力 101.3kPa (760mmHg)、相対湿度 65%で密度は $1.2\text{kg}/\text{m}^3$ 〕の場合次のようになります。

③全圧

全圧 (P_t) は静圧と動圧を加え合わせた圧力となります。

$$P_t = P_s + P_d$$

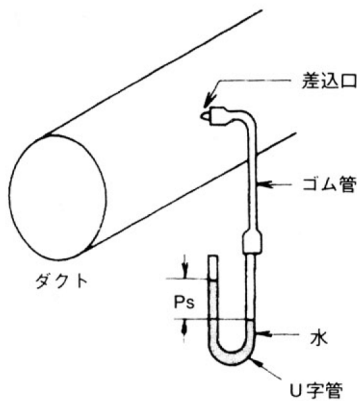


図8

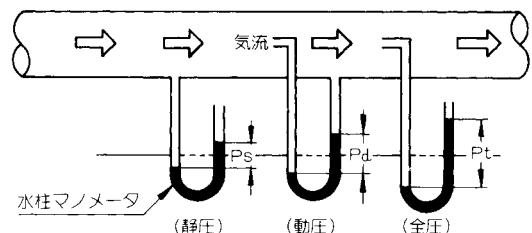


図9

2-3. 管路抵抗

管路の抵抗はその形状・断面積・表面の荒さ・長さ等、その設備の状態とそれらの内部を流れる空気速度によって異なります。これは次の式により表すことができます。

$$P = f \cdot \frac{\gamma}{2} \cdot V^2$$

- P : 必要な圧力 Pa
- V : 流速 m/s ($V = \frac{Q}{60A}$)
- Q : 風量 m³/min
- γ : 気体の密度 kg/m³
- A : 管路断面積 m²
- f : 管路固有の係数

上記の式でわかるように必要な圧力は流速の2乗に比例する。同じ管路に流す風量を2倍にするためには4倍の圧力が必要ということになります。

表17

管路の部分	形状	条件	f の 値	
円形直管			$0.02 \times \frac{L}{d}$	
急な拡大		$V_2/V_1 = 0.25$ $= 0.5$ $= 0.75$ 損失はV ₁ による	0.58 0.25 0.06	
急な縮小		$V_1/V_2 = 0.25$ $= 0.5$ $= 0.75$ 損失はV ₂ による	0.43 0.32 0.16	
末広がりの管		$\theta = 10^\circ$ $= 20^\circ$ $= 30^\circ$ 損失はV ₁ -V ₂ による	0.28 0.45 0.59	
末狭まりの管		$\theta = 30^\circ$ $= 45^\circ$ $= 60^\circ$ 損失はV ₂ による	0.02 0.04 0.07	
ルーバーギャラリ		通路割合 70% 90% 損失はV ₁ による	0.75 0.5	
曲管の連続		L=0 L=D 導翼付	0.43 0.31 0.15	
		L=0 L=D 導翼付	0.62 0.68 0.19	
		L=0 L=D 導翼付	0.42 0.46 0.21	
急な流入口		損失はVによる	0.5	
ベルマウス流入口		損失はVによる	0.03	
ホッパー流入口		$\theta = 45^\circ$ $= 90^\circ$ $= 150^\circ$ 損失はVによる	0.04 0.12 0.3	
急な出口		損失はVによる	1.0	
ベルマウス出口		損失はVによる	1.0	
円形の曲管		R/D = 0.5 $= 0.75$ $= 1.0$ $= 1.5$ $= 2.0$	0.73 0.38 0.26 0.17 0.15	
円管の折り継ぎ			0.87	
矩形の折り継ぎ			1.25	
矩形の曲管		$\frac{W}{D}$	$\frac{R}{D}$	
		0.5	0.5 0.75 1.0 1.5	1.3 0.47 0.28 0.18
		1~3	0.5 0.75 1.0 1.5	0.95 0.33 0.2 0.13
導翼付矩形管			0.35	

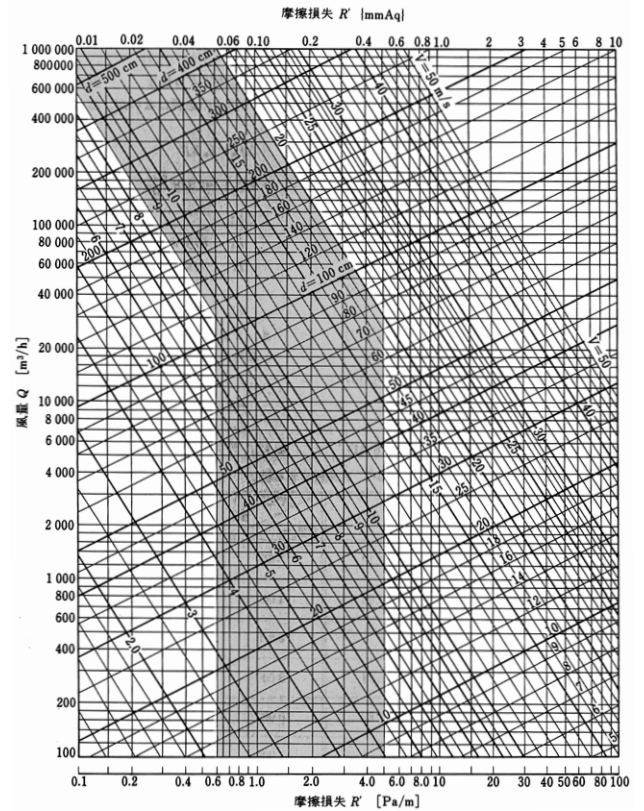
2-4. 円形ダクトの摩擦損失(100m 当り)

円形ダクト内を流れる風量と、円形ダクトの直径が決まれば長さ1m分に相当するダクトの摩擦損失を図10より求めることができます。

〈例題〉

風量6,000m³/h、ダクト直径50cmの場合には、ダクト内風速8.5m/sで、1m当りの摩擦損失は1.7Paとなります。

〈円形直管の摩擦損失〉



引用文献: 空気調和衛生工学便覧(社) 空気調和・衛生工学会 (井上宇市)

図10

2-5. 矩形ダクトから円形ダクトへの換算表

任意の矩形ダクトから、円形ダクトの大きさを求めるには、図11により求められます。矩形ダクトの長辺の長さ、短辺の長さより、そのダクトに相当する円形ダクトの直径が求められます。これにより、いかなる形状の矩形ダクトでも、すべて円形ダクトに換算することができるわけです。

〈例題〉

長方形ダクト450mm×300mmを円形ダクトに換算すると、図11より直径400mmの円形ダクトが求められます。

計算で求める場合

例題の円形ダクト相当直径を計算で求めるには、次式をご使用ください。

$$De = 1.3 \sqrt[8]{\frac{(a \times b)^5}{(a+b)^2}}$$

$$De = 1.3 \sqrt[8]{\frac{(450 \times 300)^5}{(450+300)^2}} \approx 399.6 \text{ (mm)}$$

De : 円形ダクトの直径 (mm)

a : 長方形ダクトの長辺の長さ (mm)

b : 長方形ダクトの短辺の長さ (mm)

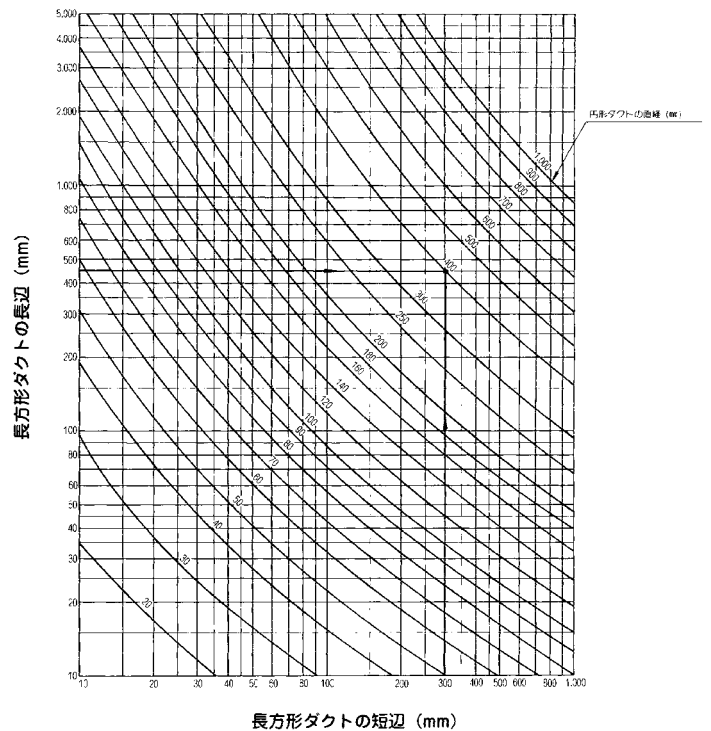


図11

風量計画

送風機の圧力

送風機試験

送風機の性能

騒音

振動

起動時間

軸受・軸封

取扱について

耐蝕・耐薬品性

公共建対比表

結線方法

回転機保護方式

2-6. ダクト抵抗計算例

■計算例①

図12に示すような配管を行ない工場内の換気をする場合、必要な圧力はいくらか。ただし、必要風量は500m³/min、配管及び送風機吐出口寸法は1辺600mmの正方形断面とする。

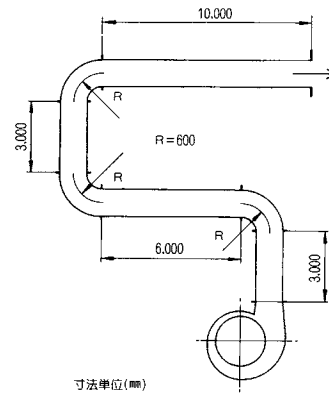


図12

計算順序

- 1) ダクトの状況を線図に描いて、各区分に記号をつけます。(図13参照)
- 2) 図11より長方形ダクト(正方形断面含む)を円形ダクトの大きさに換算します。
1辺600mmの正方形断面のダクト→直径660mmの円形ダクトに相当します。
- 3) 各区分を形状別に整理し、表18より抵抗係数(f)を求めます。

表18

形状	直管	曲管	吐出
区分	A①B②C③	B④D⑤	H
抵抗係数(f)	$0.02 \times \frac{L}{d}$	0.2	1.0

●直管部

$$L = 3 + 6 + 3 + 10 = 22 \text{ (m)}$$

$$d = 660 \text{ mm} = 0.66 \text{ m}$$

$$f_1 = 0.02 \times \frac{22}{0.66} \approx 0.667$$

●曲管部…… $f_2 = 0.2 \times 3 = 0.6$

●吐出部…… $f_3 = 1.0$

$$\Sigma f = f_1 + f_2 + f_3 = 2.267$$

- 4) ダクト内風速、および送風機吐出口風速を求めます。

$$V = \frac{Q}{60A} = \frac{500}{60 \times 0.36} \approx 23.2 \text{ m/s}$$

$$(Q = 500 \text{ m}^3/\text{min}, A = 0.6 \times 0.6 = 0.36 \text{ m}^2)$$

- 5) 送風機の必要圧力(送風ダクト抵抗の合計)を求めます。

$$\Sigma \Delta P = \Sigma f \cdot \frac{\gamma}{2} \cdot V^2 = 2.267 \times \frac{1.2}{2} \cdot 23.2^2 = 732 \text{ (Pa)}$$

■計算例②(等摩擦法)

図14に示すような、ビル用ダクトの寸法と送風機の必要圧力を全圧基準による等摩擦法で求める。

(条件)

- ・各吹出し口(12個)の風量(1000m³/h)の圧力損失 50Pa
- ・特殊吹出し消音ボックスの圧力損失 50Pa
- ・空調機の内部抵抗 350Pa
- ・吹出口消音ボックス、吹出口の抵抗 各50Pa

- (解) 1. 主ダクト内風速 $v = 8.55 \text{ m/sec}$
送風量12000m³/hからダクト径683mm
単位長さ当りの摩擦損失 1.08Pa/m
2. 換気ダクト内風速 $v = 6.17 \text{ m/sec}$
円形ダクトから長方形ダクトの寸法を決定
3. 分岐ダクトは、基準経路とほぼ等しい全圧損失となるようにダクト寸法・分岐方法および曲がり形状を決定
4. ダクト抵抗計算結果 表19参照

(送風機選定)

- ・ダクトの全抵抗(必要全圧) 611Pa
- ・送風機の必要静圧(P_s)= $P_t - P_d$
 $= 611 - 138 = 473$
- ・CLF5-No.3 $\frac{1}{2}$ -RS
12000m³/h×473Pa×5.5kW(50Hz)

例題のように、送風機吐出口と末端のダクト出口寸法が同一の場合は、左述の計算要領により、必要圧力(送風機全圧)を導くことができます。実際には抵抗増加などを見込んで、5~10%圧力に余裕をもった送風機を選定することがあります。

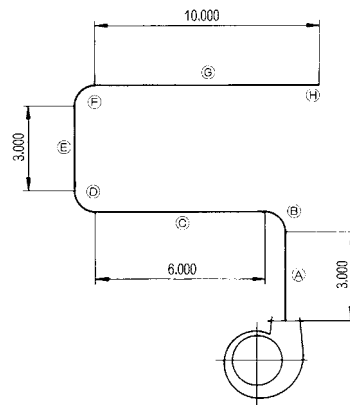


図13

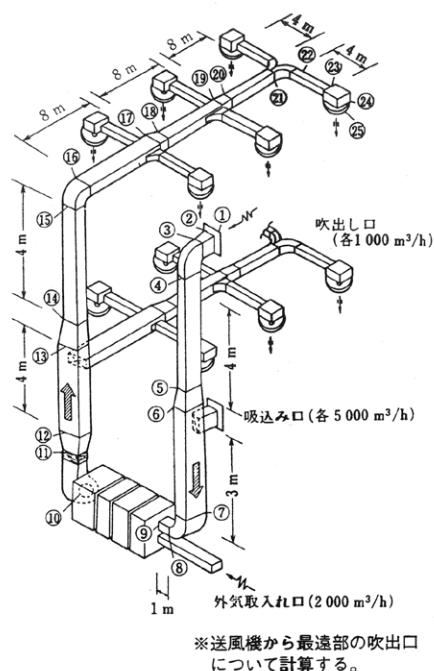


図14. ダクト系統図

表19. ダクトの算定

区間	種類	風量 m ³ /h	風速 m/sec	ダクト寸法 mm		動圧 mm	抵抗係数	単位抵抗 Pa/m	系統		抵抗計 Pa	備考	
				円形	矩形				管長 m	抵抗 Pa			
1	吸込口	5000	-		∞	0							
2	漸小管 (θ = 30°)	5000	2.47	750×750		0.4	3.4			12.7	吸込側 35.3		
3		5000	6.17	500×450		2.3	0.05			1.0			
4	エルボ (H/W=1.1) (r/w=1.0)	5000	6.17	500×450		2.3	0.21			4.9			
5	漸大管 (θ = 30°)	5000	6.17	500×450		2.3		0.09	4	3.9			
6		10000	6.17	750×600		2.3	0.21			4.9			
7	エルボ (H/W=1.1) (r/w=1.0)	10000	6.17	750×600		2.3		0.06	3	2.0			
8		10000	6.17	750×600		2.3	0.20			4.9			
9	空調機	10000	6.17	750×600		2.3				-			350
10	送風機	12000	2.24	1220×1220		0.3				0			
11	漸大管 (θ = 45°)	12000	15.2	570×385		14.1							
12		12000	8.55	650×600		4.5	0.29			42.1			
13	漸小管 (θ = 30°)	12000	8.55	650×600		4.5		0.11	4	3.9	送風側 201.8		
14		6000	7.56	550×400		3.5	0.05			2.0			
15	エルボ (H/W=1.1) (r/w=1.0)	6000	7.56	550×400		3.5		0.11	4	3.9			
16		6000	7.56	550×400		3.5	0.19			6.9			
17	漸小管 (θ = 30°)	6000	7.56	550×400		3.5		0.11	8	8.8			
18		4000	6.35	500×350		2.5	0.05			1.0			
19	漸小管 (θ = 30°)	4000	6.35	500×350		2.5		0.11	8	8.8			
20		2000	5.29	350×300		1.7	0.05			8.8			
21	分岐 (v ₂ /v ₁ =0.87)	2000	5.29	350×300		1.7		0.10	8	7.8			
22		1000	4.63	300×200		1.3	0.23			3.9			
23	吹出口消音ボックス	1000	4.63	300×200		1.3		0.10	4	3.9			
24		1000	1.54	600×600 ×300		0.2				50			
25	吹出口	1000	-		∞	-				50			
計				R'			Pa			237.1			
余裕係数				K			Pa			1.1			
機外抵抗				R ₁ = K · R'			Pa			261			
空調機抵抗				R ₂			Pa			350			
全抵抗				R = R ₁ + R ₂			Pa			611			

2-7. 送風機とダクトの接続

送風機に近いダクトの極端な変形は、送風機の性能上好ましくありません。変形されたダクトを使用するなど配管の方法が悪いと、風量が減ったり必要な圧力が得られないことがあります。配管設計は図15・図16・図17を参考に正しく行ってください。

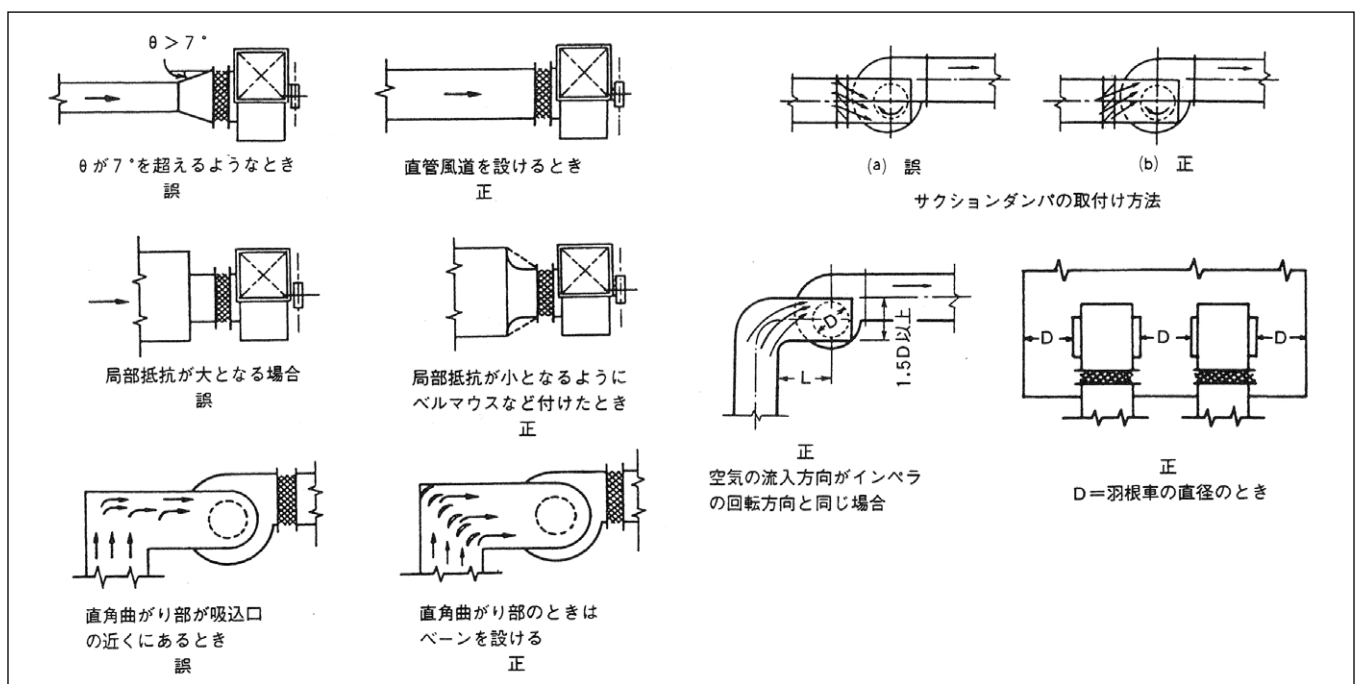


図15. 送風機吸込側の接続ダクトの良否

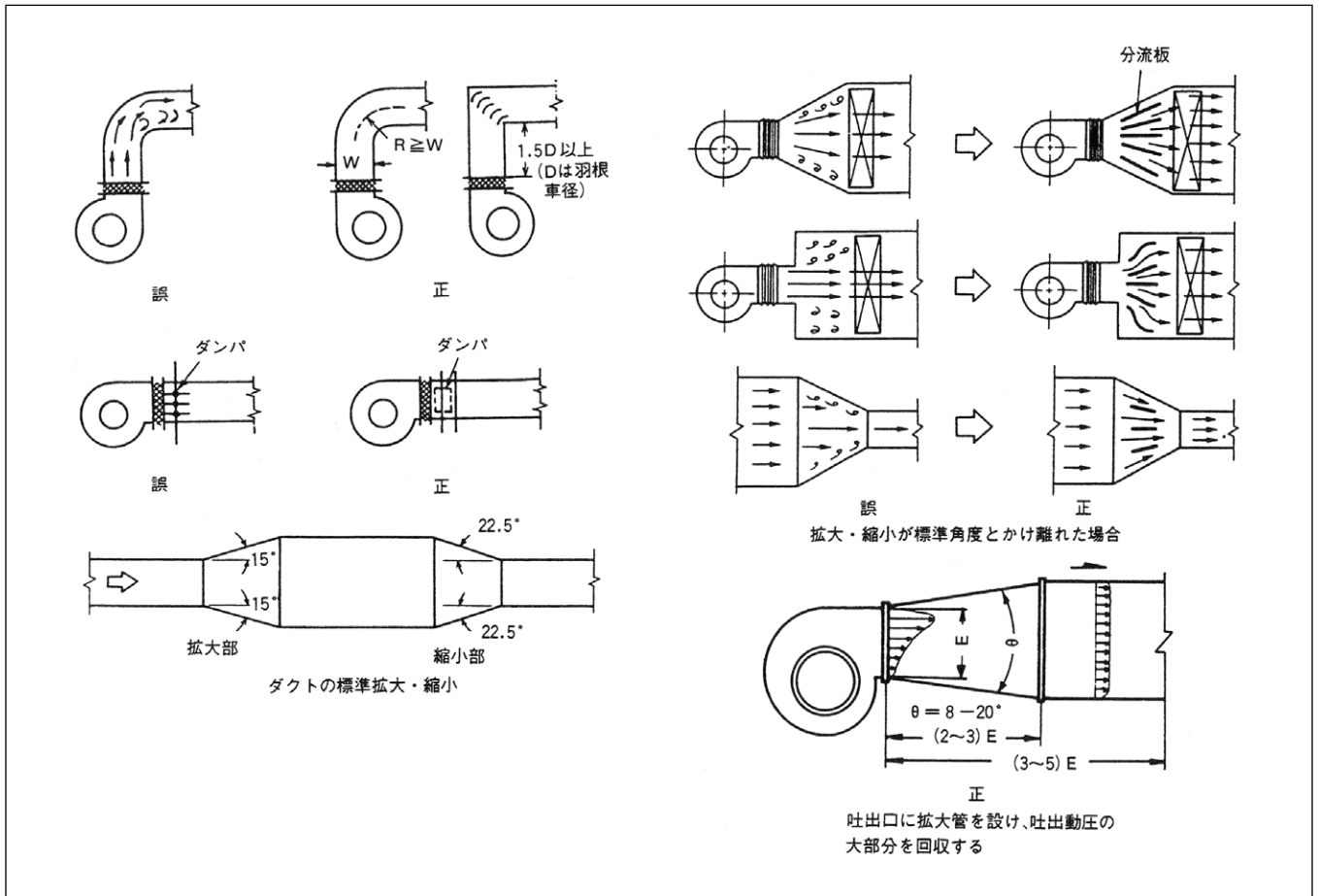


図16. 送風機吐出側の接続ダクトの良否

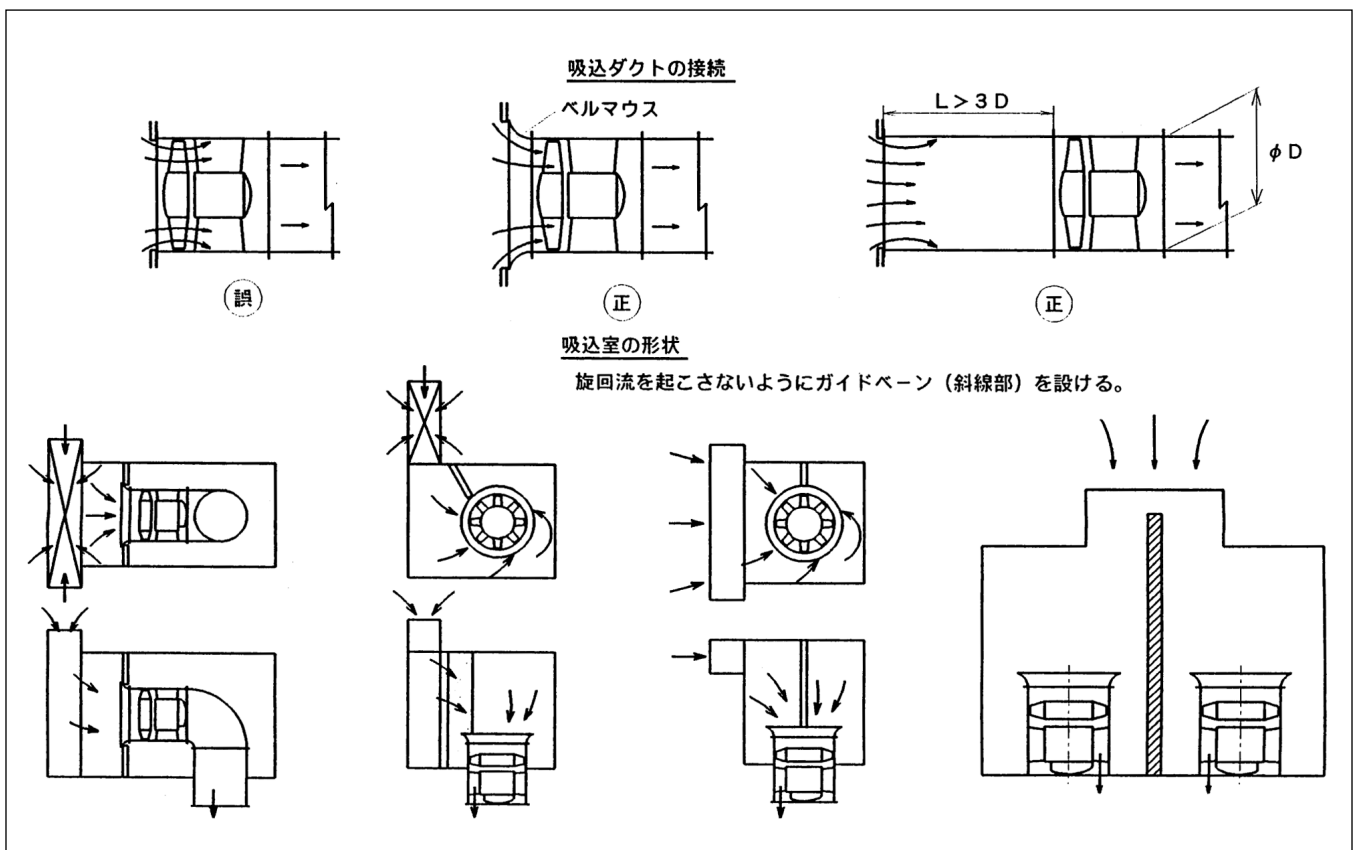


図17. 軸流送風機 ダクトの接続

風量計画

送風機の圧力

送風機試験

送風機の性能

騒音

振動

起動時間

軸受・軸封

取扱いについて

耐蝕・耐薬品性

公共建対比表

結線方法

回転機保護方式