

エアシリンダの選定

Step 1 チューブ内径の選定

実負荷と負荷率

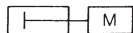
シリンダチューブ内径を選定するためには、シリンダロッド先端に実際にかかる荷重(実負荷)を算出する必要があります。この実負荷はシリンダによる使用形態、運動方向などにより大きく異なります。



負荷質量 $M=300\text{kg}$

実負荷 $F=Mg$

$$=2940\text{N}$$



負荷質量 $M=300\text{kg}$

摩擦係数 $\mu=0.2$

実負荷 $F=\mu Mg$

$$=588\text{N}$$

g は重量加速度であり $g=9.8\text{m/s}^2$

負荷率

負荷率とはシリンダ力(理論出力)に対する実負荷の比率で表わします。シリンダの使用形態などによる負荷率の目安を表1に示す。

選定手順

- ①実負荷(F)を算出する。
- ②使用圧力(P)負荷率(η)を決める。
- ③必要シリンダ力(F_0)を算出する。

$$F_0 = \frac{F}{\eta} \times 100$$

F_0 : 必要シリンダ力 (N)

F : 実負荷 (N)

η : 負荷率 (%)

- ④シリンダチューブ内径(D_0)を算出する。

$$D_0 = \sqrt{1.274 \frac{F_0}{P}}$$

$$= \sqrt{\frac{F}{\frac{\pi}{4} \times \eta \times P}} \times 100$$

D_0 : シリンダの内径 (mm)

F_0 : 必要シリンダ力 (N)

F : 実負荷 (N)

P : 使用圧力 (MPa)

- ⑤適合シリンダチューブ内径を選定する。

算出した内径(D_0)では標準シリンダの内径と整合しないので、算出した数値に最も近い標準シリンダの内径を選定する。通常、算出した D_0 に直近でかつ大きなシリンダチューブ内径を選定する。

使用形態	実負荷		負荷率(η)
静的使用	クランプ	<p>クランプ力 K</p> <p>実負荷 F</p> <p>$F=K$</p>	50~70%
	押圧制御	<p>面圧 P</p> <p>実負荷 F</p> <p>$F=P$</p>	
動的使用	かしめ	<p>実負荷 F</p> <p>かしめ力 K</p> <p>$F=3K$</p>	50~70%
	すべり案内	<p>実負荷 F</p> <p>$F=\mu W$</p> <p>$\mu=0.2\sim 0.8$</p>	シリンダ速度 500mm/s 以下の場合 30~50%
	ころがり案内	<p>実負荷 F</p> <p>$F=\mu W$</p> <p>$\mu=0.1\sim 0.4$</p>	シリンダ速度 500mm/s 以上の場合 20~30%
	テーブル上昇	<p>実負荷 F</p> <p>$F=W+W_1$</p>	

シリンドラカ(理論出力)算出式

●単動出形

$$F_1 = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times P - f$$

$$F_2 = f$$

●単動引形

$$F_1 = f$$

$$F_2 = \frac{\pi}{4} \times (D^2 - d^2) \times P - f$$

●複動形

$$F_1 = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times P$$

$$F_2 = \frac{\pi}{4} \times (D^2 - d^2) \times P$$

F₁ : ロッド出側のシリンドラカ (N)

F₂ : ロッド引側のシリンドラカ (N)

D : シリンドラチューブ内径 (mm)

d : ピストンロッド径 (mm)

P : 使用圧力 (MPa)

f : スプリング力 (N)

シリンドラカ(理論出力)

(単位 : N)

適用	チューブ内径 (mm)	ロッド径 (mm)	方向	使用圧力 (MPa)											
				0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1			
Z3	6	3	ロッド出	6	8	11	14.0	17	20	—	—	—	—	—	—
			ロッド引	4	6	8	11	13	15	—	—	—	—	—	
Z3	10	4	ロッド出	16	24	31	38	47	55.0	—	—	—	—	—	—
			ロッド引	13	20	26	33	40	46	—	—	—	—	—	
X1	12	6	ロッド出	22.6	33.9	45.2	56.5	67.9	79.2	90.5	102	113	—	—	—
			ロッド引	17.0	25.4	33.9	42.4	50.9	59.4	67.9	76.3	84.8	—	—	—
Z3	16	5	ロッド出	40	60	80	100	121	141	—	—	—	—	—	—
			ロッド引	36.0	54.0	73	91	109	127	—	—	—	—	—	—
X1	16	8	ロッド出	40.2	60.3	80.4	101	121	141	161	181	201	—	—	—
			ロッド引	30.2	45.2	60.3	75.4	90.5	106	121	136	151	—	—	—
J1	20	8	ロッド出	62.8	94.2	126	157	188	220	251	283	314	—	—	—
			ロッド引	52.8	79.2	106	132	158	185	211	238	264	—	—	—
X1	20	10	ロッド出	62.8	94.2	126	157	188	220	251	283	314	—	—	—
			ロッド引	47.1	70.7	94.2	118	141	165	188	212	236	—	—	—
J1	25	10	ロッド出	98.2	147	196	245	295	344	393	442	491	—	—	—
			ロッド引	82.4	124	165	206	247	288	330	371	412	—	—	—
X1	25	12	ロッド出	98.2	147	196	245	295	344	393	442	491	—	—	—
			ロッド引	82.4	124	165	206	247	288	330	371	412	—	—	—
J1、K1	32	12	ロッド出	161	241	322	402	483	563	643	724	804	—	—	—
			ロッド引	138	207	276	345	414	484	553	622	691	—	—	—
X1	32	16	ロッド出	161	241	322	402	483	563	643	724	804	—	—	—
			ロッド引	121	181	241	302	362	422	483	543	603	—	—	—
J1	40	14	ロッド出	251	337	503	628	754	880	1005	1131	1257	—	—	—
			ロッド引	220	331	441	551	661	771	882	992	1102	—	—	—
GDC、K1、X1	40	16	ロッド出	251	377	503	628	754	880	1005	1131	1257	—	—	—
			ロッド引	211	317	422	528	633	739	844	950	1055	—	—	—
GDC、J1、K1、X1	50	20	ロッド出	393	589	785	982	1178	1374	1571	1767	1963	—	—	—
			ロッド引	330	495	660	825	990	1155	1319	1484	1649	—	—	—
GDC、J1、K1、X1	63	20	ロッド出	623	935	1247	1559	1870	2182	2494	2806	3117	—	—	—
			ロッド引	561	841	1121	1402	1682	1962	2242	2523	2803	—	—	—
GDC、K1、X1	80	25	ロッド出	1005	1508	2011	2513	3016	3519	4021	4524	5027	—	—	—
			ロッド引	907	1361	1814	2268	2721	3175	3629	4082	4536	—	—	—
GDC、K1、X1	100	30	ロッド出	1571	2356	3142	3927	4712	5498	6283	7069	7854	—	—	—
			ロッド引	1429	2144	2859	3574	4288	5003	5718	6432	7147	—	—	—
A1、X1	125	32	ロッド出	2454	3682	4909	6136	7363	8590	9817	11045	12272	—	—	—
			ロッド引	2294	3440	4587	5734	6881	8027	9174	10321	11468	—	—	—
GDC、K1	125	35	ロッド出	2454	3682	4909	6136	7363	8590	9817	11045	12272	—	—	—
			ロッド引	2262	3393	4524	5655	6786	7917	9048	10179	11310	—	—	—
X1	140	35	ロッド出	3079	4618	6158	7697	9236	10776	12315	13854	15394	—	—	—
			ロッド引	2886	4330	5773	7216	8659	10102	11545	12989	14432	—	—	—
A1	140	40	ロッド出	3079	4618	6158	7697	9236	10776	12315	13854	15394	—	—	—
			ロッド引	2886	4330	5773	7216	8659	10102	11545	12989	14432	—	—	—
GDC	150	40	ロッド出	3543	5301	7069	8836	10603	12370	14137	15904	—	—	—	—
			ロッド引	3283	4924	6566	8207	9849	11490	13132	14773	—	—	—	—
X1	160	40	ロッド出	4021	6032	8042	10053	12064	14074	16085	18096	20106	—	—	—
			ロッド引	3770	5655	7540	9425	11310	13195	15080	16965	18850	—	—	—
A1	160	50	ロッド出	4021	6032	8042	10053	12064	14074	16085	18096	20106	—	—	—
			ロッド引	3629	5443	7257	9071	10886	12700	14514	16328	18143	—	—	—
GDC	180	45	ロッド出	5089	7634	10179	12723	15268	17813	20358	22902	—	—	—	—
			ロッド引	4771	7157	9543	11928	14314	16700	19085	21471	—	—	—	—
A1	180	50	ロッド出	5089	7634	10179	12723	15268	17813	20358	22902	25447	—	—	—
			ロッド引	4697	7045	9393	11742	14090	16438	18787	21135	23483	—	—	—
GDC、A1	200	50	ロッド出	6583	9425	12566	15708	18850	21991	25133	28274	31416	—	—	—
			ロッド引	5890	8836	11781	14726	17671	20617	23562	26507	29452	—	—	—
GDC	250	60	ロッド出	9817	14726	19635	24544	29452	34361	39270	44179	—	—	—	—
			ロッド引	9252	13878	18504	23130	27756	32382	37008	41634	—	—	—	—
A1	250	63	ロッド出	9817	14726	19635	24544	29452	34361	39270	44179	49087	—	—	—
			ロッド引	9194	13791	18388	22985	27582	32179	36776	41373	45970	—	—	—

エアシリンダの選定

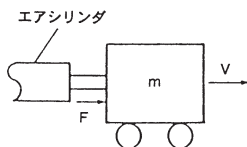
Step 2 運動エネルギーのチェック

負荷が大きくスピードが速い時は大きな慣性力が発生する。この状態でピストンがストロークエンドでカバーに衝突すると、運動エネルギーが衝撃力となってカバーを破損させることがある。この運動エネルギーおよび衝撃音を吸収するために、シリンダにはゴムダンパまたはエアクッション機構を内蔵している。エアクッション機構は、空気の圧縮性を利用して運動エネルギーを吸収する方式であり、クッションストロークには限界があるため吸収できる運動エネルギーにも限界がある。

運動エネルギーの算出

$$E=0.5mV^2$$

E : 運動エネルギー (J)
 m : 負荷質量 (kg)
 V : 速度 (m/s)



エアクッション機構の最大吸収エネルギー

●J1シリーズ (クッション付はオーダーメイド)

チューブ内径 (mm)	クッションストローク (mm)	最大吸収エネルギー (J)
20	10.5	0.69
25	11	1.1
32	14	1.8
40	15	2.7
50	14	4.4
63	14	7

●K1シリーズ

チューブ内径 (mm)	クッションストローク (mm)	最大吸収エネルギー (J)
32	15.5	1.8
40	15.5	2.3
50	19.5	3.5
63	19.5	6.5
80	24.5	13
100	24.5	20
125	24.5	28

●A1シリーズ

チューブ内径 (mm)	クッションストローク (mm)	最大吸収エネルギー (J)
125	19.5	33
140	19.5	42
160	19.5	54
180	19.5	70
200	19.5	85
250	21.5	135

ゴムダンパの最大吸収エネルギー

チューブ内径 (mm)	最大吸収エネルギー (J)		
	Z3	J1	X1
6	0.007	—	—
10	0.02	—	—
12	—	—	0.05
16	0.02	—	0.1
20	—	0.31	0.27
25	—	0.5	0.4
32	—	0.81	0.65
40	—	1.3	1.2
50	—	—	2
63	—	—	3.4
80	—	—	5.9
100	—	—	9.9

Step 3 ピストンロッド(座屈・横荷重・たわみ)のチェック

座屈のチェック

空気圧シリンダを垂直向上向きで使用する場合、限界を超えたロングストロークで使用すると、ピストンロッドが出た場合に、ピストンロッド先端にかかる荷重によってピストンロッドが座屈してしまう現象が起きる。したがってロングストロークで使用する場合は、座屈を考慮した設計を行うことは重要なことである。

$$L = \sqrt{n \times \pi^2 \times E \times \frac{I}{F}}$$

L : 取付け支持間長さ (mm)

n : 端係数

一端固定・他端自由	1/4
両端回転自由	1
一端固定・他端回転自由	2
両端固定	4

E : 縦弾性係数(ヤング率) (N/mm²)

炭素鋼	E=2.06×10 ⁵
ステンレス鋼	E=1.86×10 ⁵

I : 断面2次モーメント (mm⁴)

$$I = \frac{\pi d^4}{64}$$

d : 直径 (mm)

F : 座屈荷重 (N)

ピストンロッドのたわみのチェック

シリンダを水平方向で使用する場合、シリンダのピストンロッドが出た状態ではピストンロッドは自重でたわむ。ストロークが短い通常の使用方法では、このたわみ量は小さくほとんど問題にならない。1mを超えるようなロングストロークで使用するような場合には、たわみ量が大きくなり問題が生じることがある。たわみによって不具合が生じた場合には、ピストンロッドのストロークの中間にピストンロッド受け台を設けるか、ガイドを設ける必要がある。

$$\delta = \frac{MgL^4}{8EI}$$

δ : たわみ量

M : ピストンロッド1mm当たりの質量 (kg)

L : ピストンロッドの突き出し長さ (mm)

E : 縦弾性係数(ヤング率) (N/mm²)

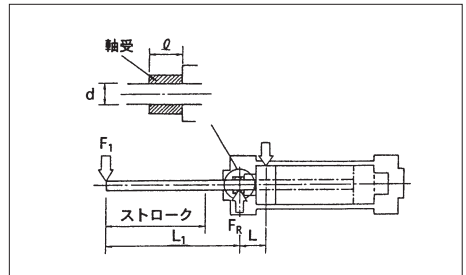
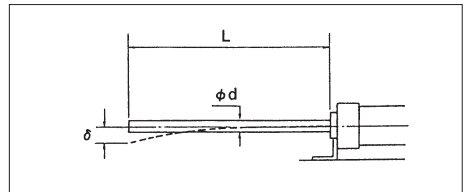
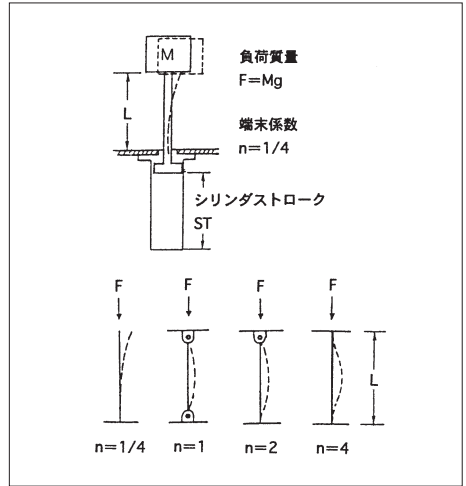
I : 断面2次モーメント (mm⁴)

g : 重力加速度 9.8m/s²

横荷重のチェック

シリンダのピストンロッドに過大な横荷重がかかると、ピストンロッドの軸受やピストンと接しているシリンダチューブの内面に局部的に集中荷重が加わり、かじりや偏摩耗が発生したり、摩擦抵抗が増大し、作動不良などの不具合の原因となる。

『JIS B 8368 空気圧シリンダ』では、ロッド滑り部のグランドとして「プッシュに作用する許容横荷重は、呼び圧力におけるシリンダ力の1/20以内とする」と規定している。



$$\therefore F_1 \leq \frac{L}{L_1 + L} \times \frac{1}{20} \times \frac{\pi}{4} D^2 \times P$$

$$= 0.039 \times \frac{L}{L_1 + L} \times D^2 \times P$$

F₁ : 許容横荷重 (N)

L : ピストン中心とプッシュ中心の距離 (mm)

L₁ : プッシュ中心とロッド先端の距離 (mm)

F₂ : プッシュ面にかかる荷重 (N)

D : シリンダチューブ内径 (mm)

P : 最大使用圧力 (MPa)