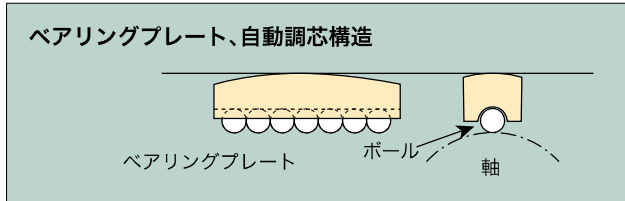
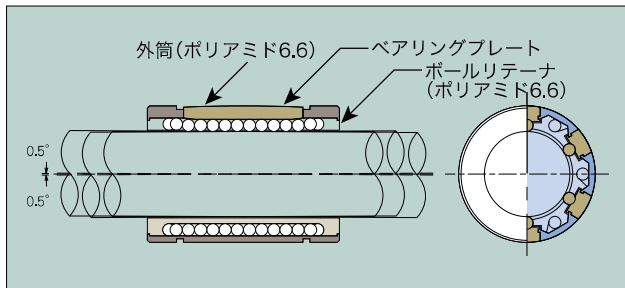


ASK自動調芯型ボールブッシュの構造と特長

SB スーパーボールブッシュSB型(自動調芯形)

スーパーボールブッシュの構造は、標準型ボールブッシュ(N・L)とは根本的に異なります。鋼製外筒の代わりとして円筒状のプラスチック外筒にベアリングプレートを挿入していることが最も大きな特長です。

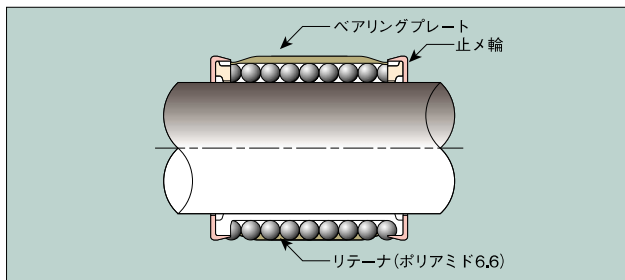
このベアリングプレートの外表面の緩やかな円弧によって、ベアリングプレート自体が、軸に沿って自動調芯いたします。また、鋼球と軌道面の接触面は、線接触に近いため高負荷容量が得られます。



CB CB・CB-SUS型(コンパクト型)

CB型ボールブッシュは、ベアリングプレート、リテーナ、止メ輪を合理的に組合せたボールブッシュです。大きな特徴として、外径寸法をコンパクトにしており、鋼球と軌道面の接触面は、線接触に近いため高負荷容量が得られます。

CB型ボールブッシュの固定方式は圧入方式を採用しており、コンパクトな設計が可能となります。また、ハウジング内径寸法公差によりCB型ボールブッシュ内径が設定されますので、CBカタログ詳細からハウジング公差の参照が可能です。

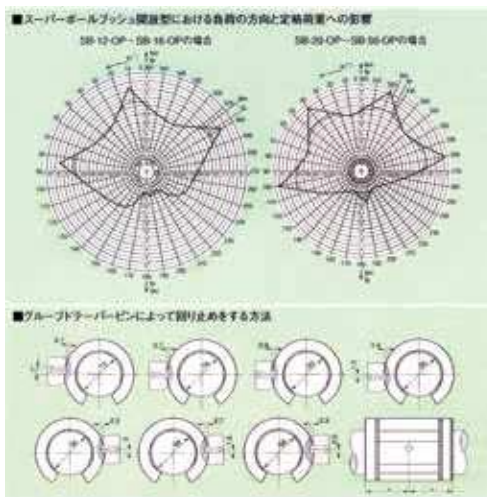


SB-OP SB-OP型(自動調芯・開放型)

スーパーボールブッシュ開放型における負荷の方向と定格荷重への影響

カタログ上の定格荷重の数値は、下図における0°、係数1.0の場合のもので、負荷のかかる方向が違えば場合の定格荷重は下図の係数fp又はfp0を定格荷重に乗じて下さい。グルーブテーパーパービンによって回り止めをする方法

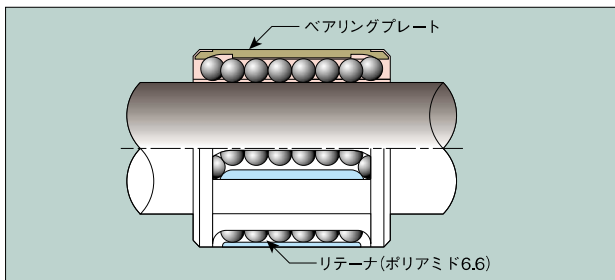
- ・内径φ12～φ40迄 回り止め用のハウジングの穴:φ3H11
- ・内径φ50 回り止メピン用のハウジングの穴:φ5H11



DB DB・DB-SUS型(セグメンタル型)

DB型ボールブッシュは、ベアリングプレート、リテーナにより構成されています。

全長と外形が小さく、軽量で経済性に優れたボールブッシュです。ハウジングへの組付けは圧入式で、SB型と同様ハウジングに締め付け機構を設けることにより、スキマ調整が可能です。鋼球と軌道面の接触面は、線接触に近いため高負荷容量が得られます。



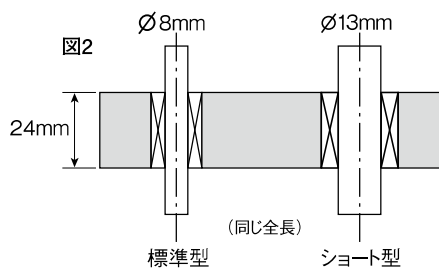
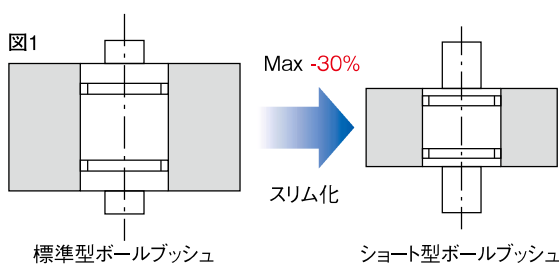
専用別シール

ASK-(SB・CB・DB型)ボールブッシュには、専用の別シールが用意されています。別シールはポリウレタン製のシールを納めた金属部の外径が適合ボールブッシュの外径より幾分大きくなっていますので、圧入取り付けにより、ボールブッシュをハウジング内に固定することができます。

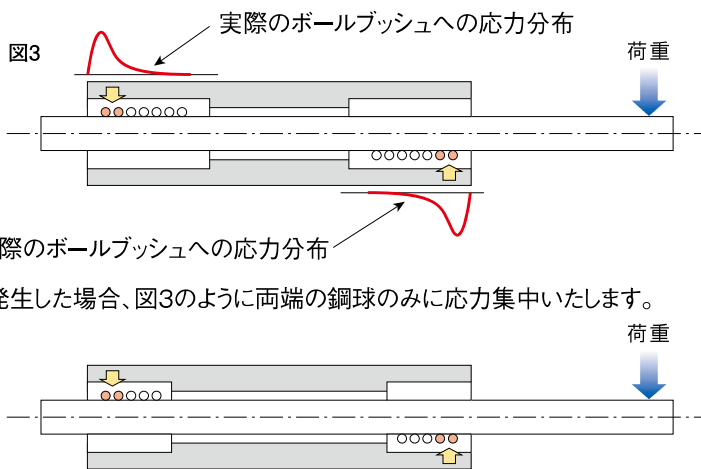
コンパクトな設計が可能になったショート型ボールブッシュ

コンパクトな設計が可能

- 標準型ボールブッシュ全長を25%~30%以上カットしコンパクト設計を可能としました。
- 有効ストロークが長く確保出来ます。(図1)
- 標準型とショート型の全長を同一化した場合、ショート型は3サイズUPされ剛性が向上します。(図2)
- 軽量化が図れます。・・・ボールブッシュのみならずシャフトもハウジングも軽量化されます。(図1)



モーメント荷重時の考え方

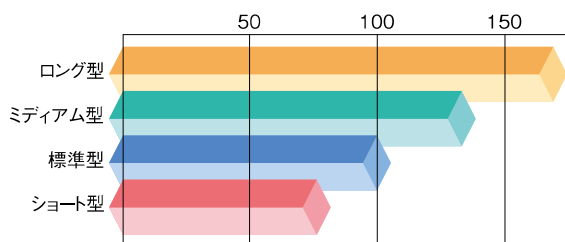


モーメント力が発生した場合、図3のように両端の鋼球のみに応力集中いたします。

余分なスペースをカットすることでボールブッシュ及びハウジング加工費のコスト低減が図れます。

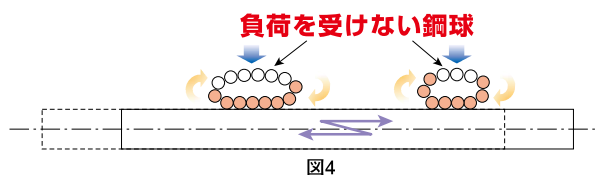
コスト低減

- 標準型ボールブッシュよりトータルコスト15%以上削減可能です。



短ストローク時のメリット

- ボールブッシュ内部には鋼球が組み込まれております。短ストロークによっては負荷を受けない無駄な鋼球が発生しますのでコスト低減に貢献します。



使用条件について

ASKボールブッシュ

シャフト・硬度

ASKボールブッシュ軌道面は、ボールブッシュ定格荷重での走行寿命を保つため、硬度が58HRC以上となっております。従って、シャフトの表面硬度が58HRC以下の場合、ボールブッシュの定格荷重が低下する要因となります。ボールブッシュの寿命に大きく影響しますので、材質・熱処理方法について十分吟味してください。シャフトにはASKシャフトを推奨します。

使用温度

ボールブッシュ使用温度が100℃以上になりますと、許容接触応力が著しく減少するため、定格荷重が低下いたします。シール付の場合、シール材質：ニトリルゴムであるため、80℃以下で使用してください。

振動・衝撃

ボールブッシュの走行中に外部から振動・衝撃等を受けますと、実際にボールブッシュに掛かる荷重が計算値より大きくなる事が多く、寿命に大きな影響を与えます。衝撃係数fd(P.13参照)を乗じてください。

ASK自動調芯型ボールブッシュ

許容温度

ASK自動調芯型ボールブッシュの許容温度は、シール無しの場合100℃まで、シール付の場合は80℃までの範囲となっております。この許容温度を超えますと、シール材質が樹脂のためシール形状が変化し、シール効果が低下します。

許容速度及び加速度

ASK自動調芯型ボールブッシュの最大速度は3m/s、加速度は150m/s²までは許容範囲となります。なお、この許容速度範囲を超えますと、ボールブッシュの持つ機能であるシャフトとの転がり接触ができず、シャフトとボールブッシュが滑り接触する状態となり、ボールブッシュの寿命に大きな影響を与えます。

摩擦

ころがり摩擦

ボールブッシュはその構造上、軸に対して無限軌道のころがり接触運動を行いますので、摩擦の少ないことが大きな特長の1つとなっております。特に始動摩擦はすべり軸受とは比較にならぬほど小さく、小さな動力で機械を始動することが可能であります。一般に機械の摩擦損失が少ないことは、小さな動力によって機械を作動することができ、機械の運転コスト、製作コストを低減することができます。また、運転中の発熱量も少ないため焼付などを防止することができます。

ボールブッシュの摩擦に影響する要因

ボールブッシュの摩擦に影響する要因としては、運転速度・重荷・潤滑剤の種類と量、軸表面の粗さなどが挙げられます。ボールブッシュの摩擦係数に及ぼす運転速度の影響は、右図に1例を示しますように、一般にはごく僅かでほとんど変化がありません。また、潤滑剤の種類や量も摩擦に影響を及ぼし、特に粘度の高い油を多量に給油しますと、粘性抵抗も相当増大しますから、ボールブッシュのご使用に当たっては、使用条件に応じて適当な油を供給するようにしてください。ボールブッシュのころがり摩擦抵抗は次式によって求められます。

$$F = \mu W + f'$$

F: ころがり摩擦抵抗(kg) μ : ころがり摩擦係数

W: 負荷重量(kgf) f' : シール抵抗(kgf)

ハメアイ

ASKボールブッシュをシャフトと組み合わせて使用する場合、そのスキマ調整には注意が必要です。高精度を必要とする場合や、スムーズな走行を得るためには、シャフト及びハウジングのスキマは仕様に応じて最適の値が必要となります。要求精度、用途によって異なりますので、ASKボールブッシュの許容最大予圧量について、下記をご参照ください。

シャフト外径の推奨寸法公差

ボールブッシュ	シャフト推奨寸法公差	
	一般	緊密スキマ
N・NF型	g6	h6

ハウジング内径の推奨公差

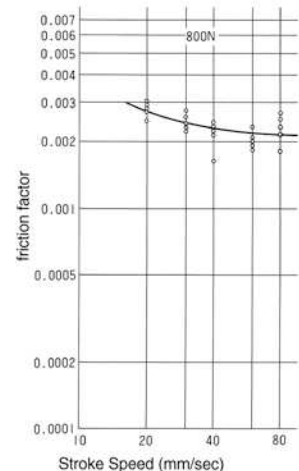
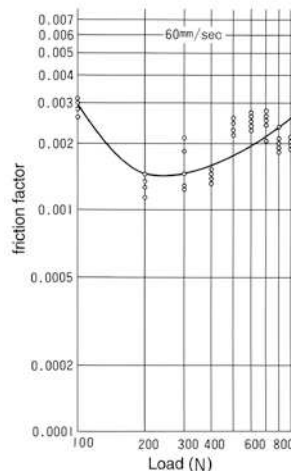
使用ボールブッシュ	推奨公差	
N・L型	一般スキマ	H6
	押込スキマ	J6
	緊密スキマ	K6

軸との許容予圧量

呼び番号	許容予圧量 (μ)
N-5V	1
N-6V~N-16V	3
N-20V~N-30V	4
N-35V~N-60V	5
N-80V	7

ハウジングとの最大シメシロ

呼び番号	最大シメシロ (μ)
N-5V	5
N-6V~N-8V	9
N-10V~N-16V	11
N-20V~N-30V	13
N-35V~N-50V	15
N-60V~N-80V	18

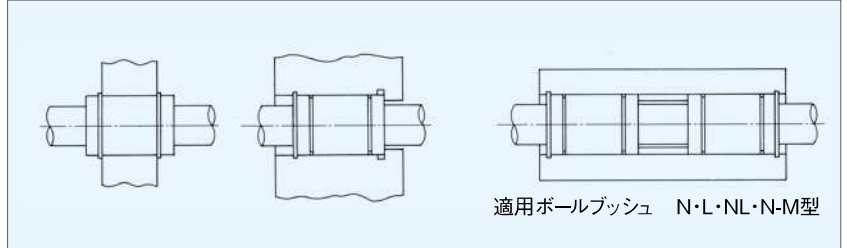


Better things to the world, better things from the world.

取付け

ASKボールブッシュ群は、取付け方法が豊富です。選定されたボールブッシュに適用する取付け方法について、下記をご参照ください。

ストップリングによる取付け

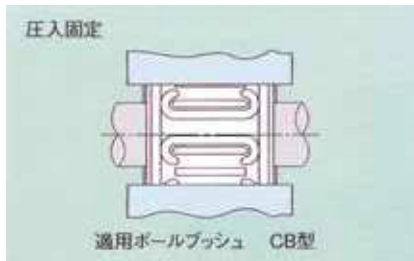


別シールによる取付け

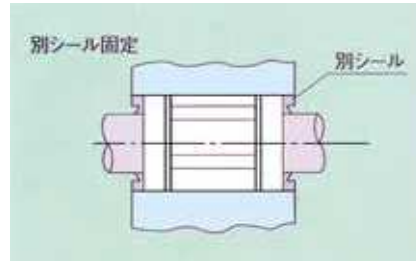
ASK自動調芯型ボールブッシュは専用の別シールにより、ハウジング内にボールブッシュを固定できます。

コンパクト形の取付け

寸法表にある軸とハウジングの公差であれば、スナップリングは必要なく、ハウジング内に圧入固定できます。ただし、ハウジングの全長はコンパクトボールブッシュの全長以上が必要です。



適用ボールブッシュと別シールの組み合わせ
SBとSBX
SB-OPとSBX-OP
CBとCBX
DBとDBX

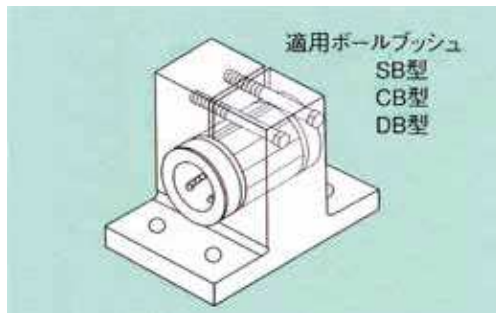


スキマ調整取付け

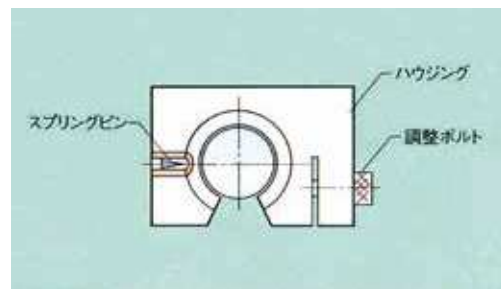
ASK自動調芯型ボールブッシュは、内径調整可能なハウジングに取り付けることにより、容易に軸とのスキマ調整が可能です。

開放形の取付け

開放形(SB-OP形)も図に示すように、スキマ調整可能なハウジングにより、スキマ調整ができます。また、外筒にはまわり止め及び前後方向の固定用のピン穴が施されています。



〈スキマ調整取付け〉



〈開放形取付け〉

防塵

シール付ボールブッシュ

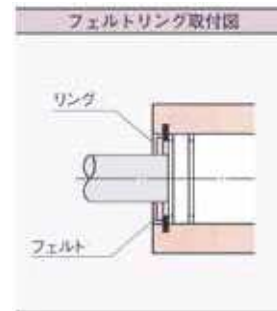
ボールブッシュの性能を十分に発揮させるためには、外部からの塵埃や水、薬品の侵入を防ぐようにする必要があります。シール付きボールブッシュは、標準品の場合は特殊ゴム製、ASK-Rexrothボールブッシュの場合は、ポリウレタン製のシールを両側または片側に装着したもので、シールはシャフトと接触することにより、塵埃の払拭を行い、また、潤滑剤の保持を行います。シールは直線運動に適した材質及び形状になっていますので、確実なシール効果が得られます。

使用条件について

フェルトリング

ゴムシール、ポリウレタンの使用できない有毒ガス雰囲気では、フェルトシールが適用できます。フェルトシールは、金属製リングにて保護され、ハウジングに簡単に組込むことができます。

呼び番号	d	D	W
FRN-6	6	12	2
FRN-8	8	15	2
FRN-10	10	19	3
FRN-12	12	21	3
FRN-13	13	23	3
FRN-16L	16	26	4
FRN-16	16	28	4
FRN-20	20	32	4
FRN-25A	25	40	5
FRN-25B	25	40	5
FRN-30L	30	45	5
FRN-30	30	47	5
FRN-35	35	52	5
FRN-40	40	60	5
FRN-50	50	76	7
FRN-50H	50	80	7
FRN-60	60	90	7



注) 1—フェルトリングでボールブッシュをハウジング内に固定することはできません。
注) 2—組付前にフェルトには十分に潤滑剤を含浸させてください。

その他の方法

運動系全体を密封することによって、より完全な防塵効果が得られます。この方法としては、ジャバラ・ベロー式・又はテレスコープ式のものがあります。

潤滑

ボールブッシュの使用に際しましては適切な潤滑により焼き付き、摩耗、温度上昇を防止し、円滑な運転が得られ、さらに所定寿命まで安定した効果が約束されます。無潤滑の場合、ゴムシールの使用は適しておりません。

潤滑方法

ボールブッシュの潤滑は、すべり軸受に比べて潤滑方法の容易さも特徴であり、グリース潤滑と潤滑油があります。グリース潤滑においてはボールブッシュ内部に所定グリースを手塗りする方法がとられます。ハウジングにグリースニップルを取り付けた、潤滑廻り設計により、簡単にグリースの交換管理が行えます。グリース潤滑においてはグリースに異物の混入が無いよう、取り扱い時には注意が必要です。潤滑油においてはシャフトへの滴下給油方式で行います。小径ボールブッシュにおいては、適切な潤滑油がより一層の直線運動性能を発揮させますので潤滑油をお奨めします。

潤滑剤の選定

ボールブッシュの運転される速度、荷重、温度が潤滑剤の選定要素となります。一般的な選定は下記の表をご参考下さい。運転速度の速い、また、運転荷重の大きい場合には低粘度油、ちょう度番号の小さいグリースを採用します。グリースを集中給油方式で給油する場合は、給油作業における流動性のよいものを選ぶ必要があります。

潤滑剤量

グリースの充填では、軸を挿入した空間の1/2程度になるようにします。グリースの充填により運転音の低下も計られますが、小径ボールブッシュにおいてはボール循環の妨げとなりますので過剰な充填は避けて下さい。

ボールブッシュに使用される潤滑剤

潤滑剤	オイル・グリース種類	各社銘柄
潤滑油	タービン油 摺動面油 スピンドル油	ユニウエイXS(ENEOS) ダフニースーパーマルチオイル(出光興産) シェルトナS3M(シエルブリカンツ)
	: ISOVG32~68	上記: 相当品
グリース	リチウム系グリース ウレア系グリース	マルティノックグリース(ENEOS) ダフニーエポネックスグリースSR(出光興産) シェルガダS2V125J(S)(シエルブリカンツ)
	: 混和ちょう度= JISO号~2号	上記: 相当品

定格荷重と寿命及び係数

寿命計算式

ボールブッシュの寿命計算式

ボールブッシュの走行寿命は、基本動定格荷重と負荷荷重から求められますが、シャフトの硬さや、使用温度、ボールブッシュ鋼球列の配置などの諸条件によって左右されます。また、ボールブッシュにかかる荷重は複雑で、運動中の振動や衝撃も寿命に影響してきます。これら、寿命に影響を与える諸条件を考慮しますと、寿命計算式は次のようになります。

$$L = \left(\frac{f_H \cdot f_t \cdot f_Q \cdot C}{f_d \cdot f_s \cdot P} \right)^3 \times 50 \text{km}$$

L : 走行寿命	km	f_t : 温度係数(P.13参照)
C : 基本動定格荷重	kgf	f_d : 衝撃係数(//)
P : ボールブッシュの作用荷重	kgf	f_s : 荷重係数(//)
f_H : 硬度係数(P.13参照)		f_Q : 鋼球列の配置による係数(P.14参照)

寿命時間の算出

ボールブッシュの寿命時間は、単位時間当たりの走行距離を求めることにより算出されます。ストローク長さに対し時間当たりの往復回数が一定の場合には、次式により走行寿命から寿命時間の算出ができます。

$$Lh = \frac{L \cdot 10^6}{60(2 \cdot l_s \cdot n)}$$

Lh : 寿命時間	hr	l_s : ストローク長さ	mm
L : 走行寿命	km	n : 毎分ストローク数	cpm

基本定格荷重と寿命

ボールブッシュの寿命

ボールブッシュは荷重をうけながらころがり運動しますので、軌道面、鋼球には常に繰り返し応力が作用します。このために、ある走行距離に達すると、転動面は疲れクラックの進行から、表面の一部にうろこ状に“はくり”が生じます。これをフレーキングとよびます。

ボールブッシュの寿命とは、軌道面あるいは鋼球のいずれかに最初のフレーキングが発生するまでの総走行距離をいいます。

基本動定格荷重 C

基本動定格荷重とは、定格寿命を満足させ得る方向と大きさが変動しない荷重のことをいい、その値はカタログ寸法表中に記載してあります。

定格寿命

ボールブッシュの定格寿命とは、一群の同タイプのボールブッシュを同じ条件で個々に往復運動をさせたとき、そのうちの90%がフレーキングをおこすことなく到達できる総走行距離(L=50km)をいいます。

基本静定格荷重 Co

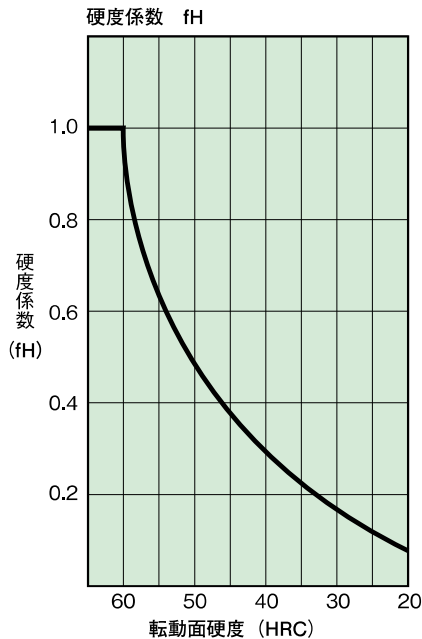
基本静定格荷重とは、ボールブッシュが、静止あるいは運動している状態で、過大な荷重や過大な衝撃荷重をうけた場合、軌道面と鋼球の接触部において永久変形が生じますが、この軌道面と鋼球との永久変形の和を、鋼球直径1/10000mmにとどめ、以後の運転に支障を来たさない様に定めた静止荷重をいいます。

定格荷重と寿命及び係数

寿命に影響を与える係数

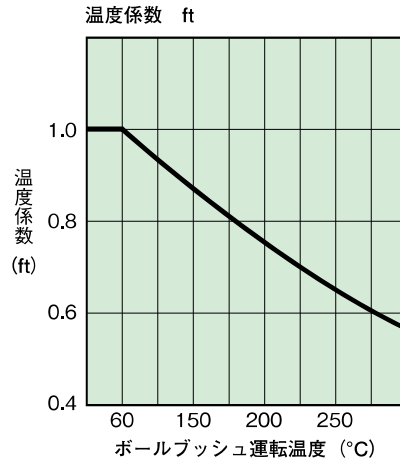
硬度係数 f_H

ボールブッシュの基本動定格荷重 C は、シャフトの表面硬度が58HRC以上であることを基準とするため、シャフトがこれ未満の場合は、寿命は短くなり許容荷重も減少しますので、下図に示す硬度係数 f_H を乗じてください。



温度係数 f_t

ボールブッシュの使用温度が100℃をこえると鋼球転動面の硬度が下がり、常温で使用する場合よりも寿命は低下しますので下図に示す温度係数 f_t を乗じてください。また、合成樹脂リテーナタイプは、80℃を越えると使用できません。



寿命に影響を与える係数

衝撃係数 f_d

ボールブッシュが、静止及び運動している状態で、機械装置の衝撃、振動により局所的な永久変形が生じ、低寿命の原因になりますので、下表に示す衝撃係数 f_d を乗じてください。

衝撃係数 f_d

衝撃の程度	f_d
衝撃のない場合	1.0~1.2
軽い衝撃がある場合	1.2~1.5
大きい衝撃がある場合	1.5~3.0

荷重係数 f_s

ボールブッシュの基本動定格荷重は、1列の鋼球列に均一に荷重がかかることを前提にしてありますので、作用荷重がモーメント荷重あるいは極端な軸のたわみなどにより鋼球列に対し、部分的に荷重の集中が見込まれる場合には右表に示す荷重係数 f_s を乗じてください。

荷重係数 f_s

荷重・速度の状態	f_s
ラジアル荷重のみの場合、 速度も遅い場合 15m/min以下	1.0~1.2
速度変化による変動荷重が大きく、 速度も中速の場合 60m/min以下	2.0~1.2
モーメント荷重が作用しく、 速度は最高の場合 60m/min以上	3.0以上

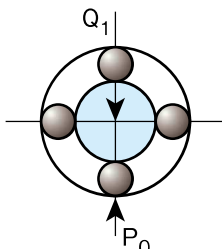
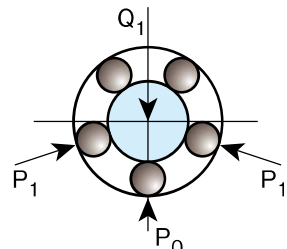
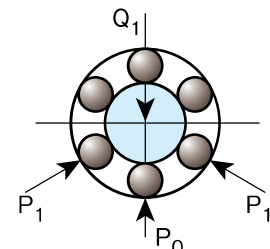
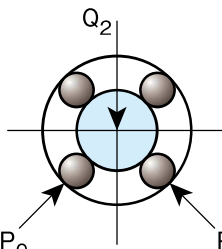
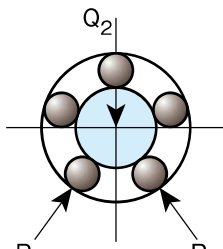
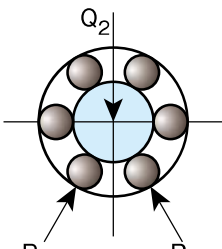
Better things to the world, better things from the world.

鋼球列の配置による係数 f_Q

ボールプッシュの定格荷重は、荷重方向に対する鋼球列の位置により変わります。

荷重の真下に1列の鋼球列がある場合と2列の鋼球列がある場合とでは、許容荷重が異なり、荷重の真下に2列の鋼球列がある場合の方が大きな荷重を受ける事ができます(この場合、ラジアルスキマをゼロとして考えます)。したがって、鋼球列の配置により表の係数 f_Q を乗じて下さい。

鋼球列の配置による係数 f_Q

		鋼 球 列 数		
		4 列	5 列	6 列
鋼 球 列 の 位 置	 <p>$Q_1 = P_0$</p>	 <p>$Q_1 = 1.106P_0$</p>	 <p>$Q_1 = 1.354P_0$</p>	
	 <p>$Q_2 = 1.414P_0$</p>	 <p>$Q_2 = 1.618P_0$</p>	 <p>$Q_2 = 1.732P_0$</p>	
f_Q		$Q_2 / Q_1 = 1.414$	$Q_2 / Q_1 = 1.463$	$Q_2 / Q_1 = 1.280$

荷重計算例

ボールブッシュに作用する荷重の計算例

機械装置に組込まれたボールブッシュに作用する荷重は、物体の重心位置、推力位置、及び起動停止時の加速、減速の速度変化などにより変化します。ボールブッシュの選定に当たってはこれらの条件を十分に考慮して、作用荷重を求める必要があります。

W : 負荷荷重

R : 外力

Pn : 作用荷重(ラジアル・逆ラジアル方向)

F : 推力

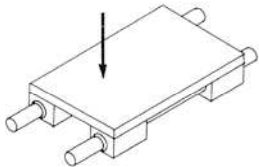
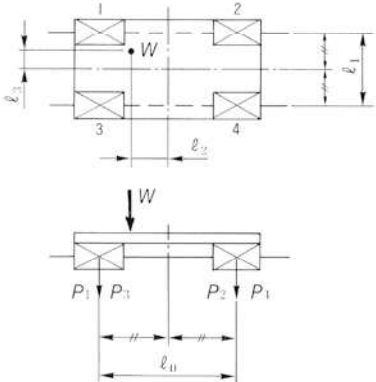
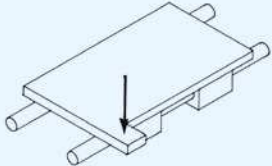
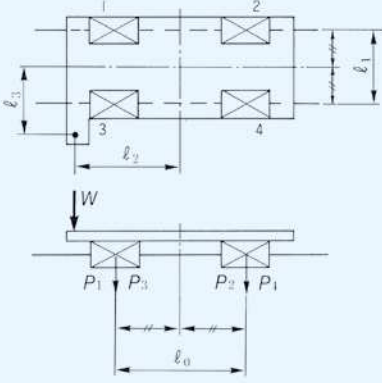
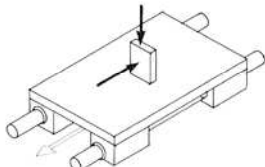
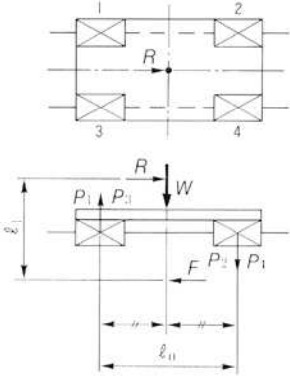
Vn : 速度(mm/sec)

PnT : 作用荷重(水平方向)

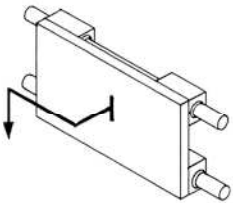
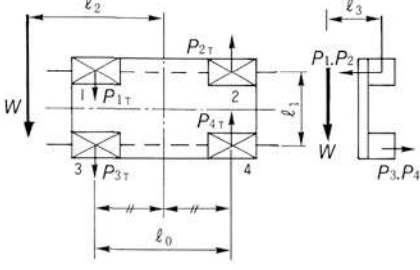
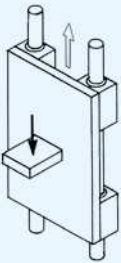
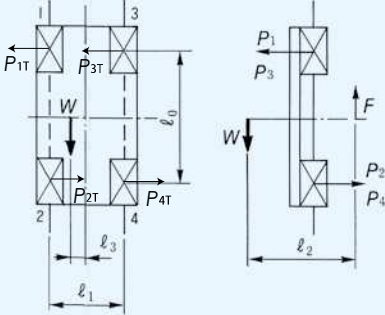
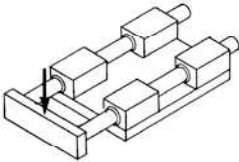
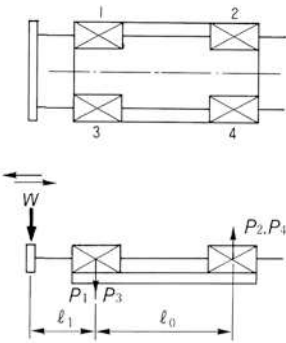
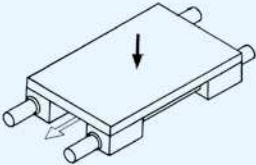
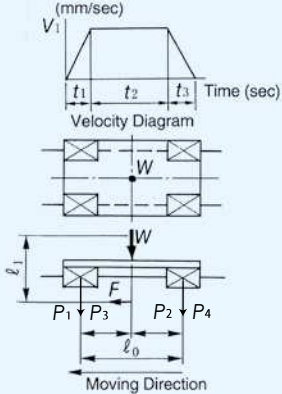
qn : 距離

g : 重力加速度(9.8 × 10³ mm/sec²)

Pm : 平均荷重

使用例	ボールブッシュの配置	ボールブッシュ1個に作用する荷重
<p>1. 水平2軸 垂直荷重</p> 		$P_1 = \frac{W}{4} + \frac{W}{2} \times \frac{l_2}{l_0} + \frac{W}{2} \times \frac{l_3}{l_1}$ $P_2 = \frac{W}{4} - \frac{W}{2} \times \frac{l_2}{l_0} + \frac{W}{2} \times \frac{l_3}{l_1}$ $P_3 = \frac{W}{4} + \frac{W}{2} \times \frac{l_2}{l_0} - \frac{W}{2} \times \frac{l_3}{l_1}$ $P_4 = \frac{W}{4} - \frac{W}{2} \times \frac{l_2}{l_0} - \frac{W}{2} \times \frac{l_3}{l_1}$
<p>2. 水平2軸垂直 オーバーハング荷重</p> 		$P_1 = \frac{W}{4} + \frac{W}{2} \times \frac{l_2}{l_0} - \frac{W}{2} \times \frac{l_3}{l_1}$ $P_2 = \frac{W}{4} - \frac{W}{2} \times \frac{l_2}{l_0} - \frac{W}{2} \times \frac{l_3}{l_1}$ $P_3 = \frac{W}{4} + \frac{W}{2} \times \frac{l_2}{l_0} + \frac{W}{2} \times \frac{l_3}{l_1}$ $P_4 = \frac{W}{4} - \frac{W}{2} \times \frac{l_2}{l_0} + \frac{W}{2} \times \frac{l_3}{l_1}$
<p>3. 水平2軸 水平荷重</p> 		$P_1 = P_3 = \frac{W}{4} - \frac{R}{2} \times \frac{l_1}{l_0}$ $P_2 = P_4 = \frac{W}{4} + \frac{R}{2} \times \frac{l_1}{l_0}$

〈ボールブッシュに作用する荷重の計算例〉

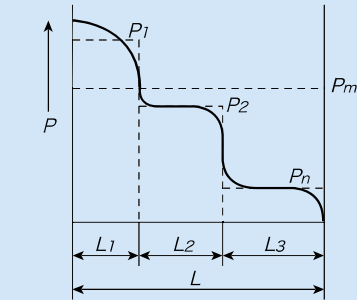
使用例	ボールブッシュの配置	ボールブッシュ1個に作用する荷重
<p>4. 水平縦置2軸 垂直荷重</p> 		$P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = \frac{W}{2} \times \frac{\ell_3}{\ell_1}$ $P_{1T} = P_{3T} = \frac{W}{4} + \frac{W}{2} \times \frac{\ell_2}{\ell_0}$ $P_{2T} = P_{4T} = \frac{W}{4} - \frac{W}{2} \times \frac{\ell_2}{\ell_0}$
<p>5. 垂直2軸 垂直荷重</p> 		$P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = \frac{W}{2} \times \frac{\ell_2}{\ell_0}$ $P_{1T} = P_{2T} = P_{3T} = P_{4T} = \frac{W}{2} \times \frac{\ell_3}{\ell_0}$
<p>6. 水平2軸移動 オーバーハング 移動荷重</p> 		$P_{1max} = P_{3max} = \frac{W(\ell_{1max} + \ell_0)}{2\ell_0}$ $P_{2max} = P_{4max} = \frac{W\ell_{1max}}{2\ell_0}$ $P_{1min} = P_{3min} = \frac{W(\ell_{1min} + \ell_0)}{2\ell_0}$ $P_{2min} = P_{4min} = \frac{W\ell_{1min}}{2\ell_0}$ <p>平均荷重 (単調変化荷重)</p> $P_{1m} = P_{3m} = \frac{1}{3}(P_{1min} + 2P_{1max})$ $P_{2m} = P_{4m} = \frac{1}{3}(P_{2min} + 2P_{2max})$
<p>7. 水平2軸 加減速荷重</p> 		<p>加速時 (t1)</p> $P_1 = P_3 = \frac{W}{4} - \frac{W}{2} \times \frac{1}{g} \times \frac{V_1}{t_1} \times \frac{\ell_1}{\ell_0}$ $P_2 = P_4 = \frac{W}{4} + \frac{W}{2} \times \frac{1}{g} \times \frac{V_1}{t_1} \times \frac{\ell_1}{\ell_0}$ <p>等速時 (t2)</p> $P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = \frac{W}{4}$ <p>減速時 (t3)</p> $P_1 = P_3 = \frac{W}{4} + \frac{W}{2} \times \frac{1}{g} \times \frac{V_1}{t_3} \times \frac{\ell_1}{\ell_0}$ $P_2 = P_4 = \frac{W}{4} - \frac{W}{2} \times \frac{1}{g} \times \frac{V_1}{t_3} \times \frac{\ell_1}{\ell_0}$

荷重計算例

変動荷重に対する平均荷重の計算

ボールブッシュにかかる荷重が走行中にいろいろな条件によって変動する場合、その変動する荷重条件における寿命と等しい寿命となるような平均荷重を求めて寿命計算します。一般的な変動荷重に対する平均荷重の計算例を下表に示します。

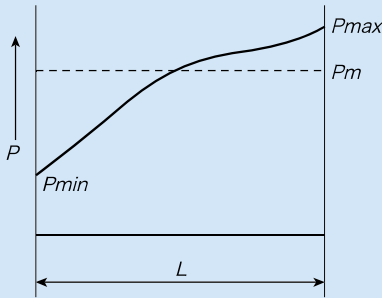
段階的に変化する荷重



$$P_m = \sqrt[3]{\frac{1}{L} (P_1^3 \cdot L_1 + P_2^3 \cdot L_2 + \dots + P_n^3 \cdot L_n)}$$

Pm: 平均荷重 kgf
Pn: 変動荷重 kgf
L: 総走行距離 mm
Ln: Pn をうけて走行した距離 mm

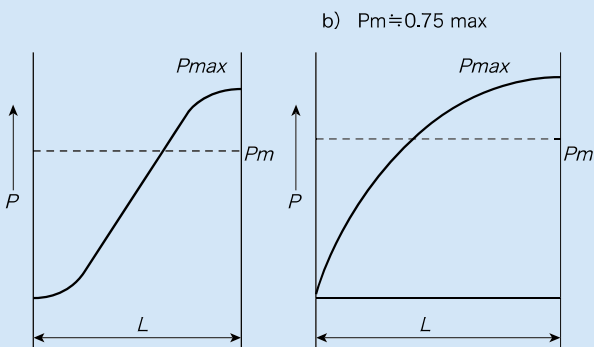
単調に変化する荷重



$$P_m = \frac{1}{3} (P_{min} + 2 \cdot P_{max})$$

Pmin: 最小荷重 kgf
Pmax: 最大荷重 kgf

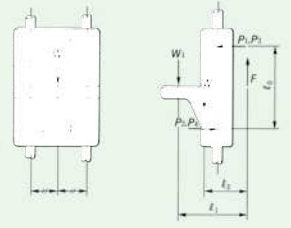
正弦曲線的に変化する荷重



平均荷重計算例

ワーク上下方向搬送のように、上昇時と下降時にテーブルにかかる荷重が変動する場合。

ワーク重量	
テーブル上昇時	W ₁ =50kgf
テーブル下降時	W ₁ =0kgf
テーブル重量	W ₂ =25kgf
ボールブッシュ スパン	ℓ ₀ =250mm
距離	ℓ ₁ =450mm
	ℓ ₂ =200mm
往復ストローク 長さ	L=1200mm



上図のように、上昇時にワークを下から持ち上げて上限でワークを取り取り、下降時はテーブル本体重量のみになる場合は、上昇時及び下降時の作用荷重を求める。

テーブル上昇時

$$P_{up} \sim P_{down} = \frac{W_1 \cdot \ell_1}{2 \cdot \ell_0} + \frac{W_2 \cdot \ell_2}{2 \cdot \ell_0} = \frac{50 \text{kgf} \times 450 \text{mm}}{2 \times 250 \text{mm}} + \frac{25 \text{kgf} \times 200 \text{mm}}{2 \times 250 \text{mm}} = 55 \text{kgf}$$

テーブル下降時

$$P_{down} \sim P_{up} = \frac{W_2 \cdot \ell_2}{2 \cdot \ell_0} = \frac{25 \text{kgf} \times 200 \text{mm}}{2 \times 250 \text{mm}} = 10 \text{kgf}$$

また、変動荷重は上昇時と下降時に下図のように段階的に変化するので、平均荷重Pmは、

$$P_m = \sqrt[3]{\frac{1}{L} \left(P_v^3 \times \frac{1}{2} L + P_d^3 \times \frac{1}{2} L \right)}$$

$$= \sqrt[3]{\frac{1}{1200} \left(55^3 \times \frac{1}{2} \times 1200 + 10^3 \times \frac{1}{2} \times 1200 \right)}$$

$$= 43.7 \text{kgf}$$

となります。

