

摩擦

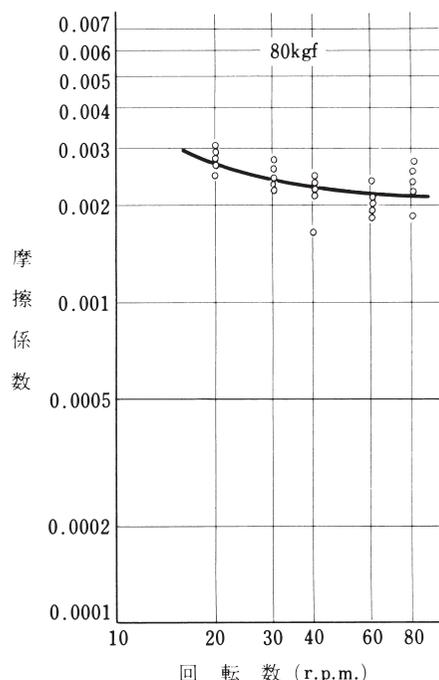


図18：回転数と摩擦係数の関係

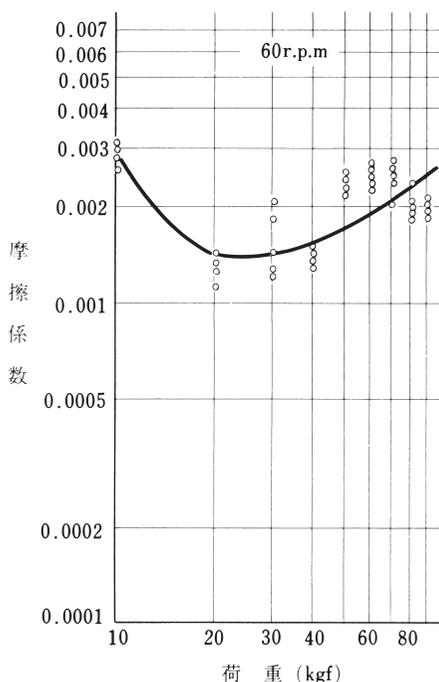


図19：荷重と摩擦係数の関係

リニアモーションボールベアリングの摩擦は、一般にすべり軸受に比べて小さいですが、特に起動摩擦は格段に小さくなります。

このような摩擦は、機械を運転するための動力消費および温度上昇に影響し、特に精密案内では、リニアモーションベアリングの摩擦は直ちにその位置決め性能を左右する重要な特性の一つであります。

リニアモーションボールベアリングの摩擦は、次に示す各種の摩擦の合計で表わされますがそれぞれの占める割合は、ベアリングの形式や使用条件で異なって参ります。

- (1) 玉と軸、外筒間の転がり摩擦
- (2) 転がり運動に伴うすべり摩擦
- (3) 玉と保持器間のすべり摩擦
- (4) 潤滑剤の粘性抵抗
- (5) シールの摩擦

一般に、リニアモーションボールベアリングの摩擦抵抗 $F$ は荷重に影響されない項 $F_0$ と、荷重によって変化する項 $F_1$ との和として

$$F = F_0 + F_1$$

で表わされます。

$F_0$ は運転速度が増大すると増加しますが、同時に、潤滑剤の粘度低下の影響もあるので、通常の使用条件では、運転速度によってあまり変化を生じません。この状態は図18に1例を示してあります。

次に $F_1$ はほぼ荷重に比例して増加しますがリニアモーションベアリングの摩擦抵抗は $F_0$ と $F_1$ の和であるため、その摩擦係数は低荷重領域でむしろ大きくなり、荷重がある程度以上に大きくなると、摩擦係数はほぼ一定かあるいはやや増大する傾向を示すようになります。この状態の1例は図19に示します。

いずれにしても、リニアモーションボールベアリングの摩擦係数は0.001~0.003程度で、すべり軸受の場合の数十分の一程度の小さな値となります。

リニアベアリングの作用荷重による変形量とヘルツ応力

図20のように1個の玉が軸と外筒間におかれ、力 $P$ をうけた場合の変形量とヘルツ応力を求める式は以下ようになります。

合計した総変形量:

$$\delta = 2.78 \times 10^{-4} P^{2/3} \left[ \left( \frac{2}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)^{1/3} + \left( \frac{2}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)^{1/3} \right] \text{ (mm)} \dots (1)$$

ヘルツ応力:

$$\text{軸側 } \sigma_r = 857 \left( \frac{2}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)^{2/3} P^{1/3} \text{ (N/mm}^2) \dots (2)$$

$$\text{外筒側 } \sigma_o = 857 \left( \frac{2}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)^{2/3} P^{1/3} \text{ (N/mm}^2) \dots (3)$$

玉がある物体と接触しながら力 $P$ の作用を受けると、ごく小さい接触面を生じます。このような接触面は一般には図21に示すようなだ円形をしています。この小さい面に生じた圧力で力 $P$ が支えられます。この場合、接触面に生じる圧力は図示のようにだ円状態に分布するが、その中で最大の圧力値すなわち中央の圧力値をヘルツ応力といいます。一般の転がり軸受の設計では、ヘルツ応力の最大値は2800~3000MPaにとられています。

リニアベアリングは通常の場合、4~6列の玉列があり、リニアベアリングに外部から働く荷重 $F$ と各玉列に働く荷重 $P$ との間には図22のような関係があります。また、カタログに示されている基本動定格荷重 $C$ の値は、外荷重 $F$ が1つの玉列の真上に作用する場合(A)のものであるから、2つの玉列が振り分け状態で外荷重を支えるように使用した場合(B)には $C$ の値は大きくなり、カタログ値の $C$ に図22の荷重比を乗じたものとしなくてはなりません。なお、各種リニアベアリングの外荷重 $F$ に対する $\delta$ の値は、図23から求められます。

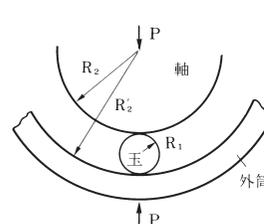


図20

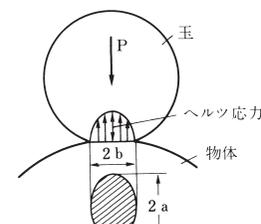


図21

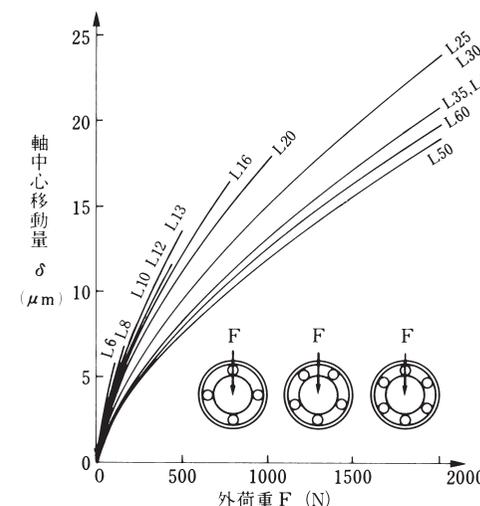


図23 (A)

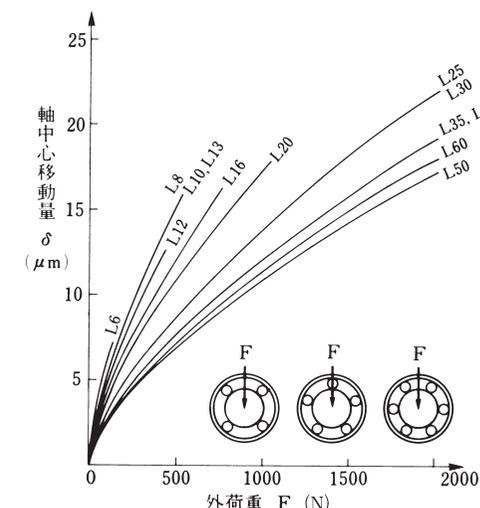


図23-(B)

外荷重に対する玉列の位置	玉列数		
	4列	5列	6列
玉列の位置 (A)			
玉列の位置 (B)			
荷重比	1.414	1.463	1.280

図22

## 予圧（プリロード）

すべり軸受の中で軸が回転したり直線運動したりするためには、必ず若干のスキマが必要です。しかし、ボールやローラーのような転動体を組み込んだ案内軸受では負のスキマすなわち、シメシロがついていても、軸は軽く運動することができます。このようなことを「予圧をかける」といい、これが転がり案内軸受の大きな特長の1つになっています。適切な予圧をかけると、ガタツキは全く無くなるうえ、軸受の剛性は増大します。すなわち、作用した外力に対する変形量をかなり小さくすることができ、したがって、大きさの変動する外力が働いた場合でも、軸心はほとんど移動することなく高精度を保持できます。その理由は図24に示すように、ボールの場合、外力と変形量の関係は直線ではなく（非線形ばね特性）、始め軟らかいばねであったものが、ある程度の外力が働くと硬いばねに変化していくからです。一方、ローラーはほぼ直線形のばね特性をもつから、予圧による剛性増大効果は小さくなります。

予圧はまた、かけ過ぎると走行性能に支障をきたし摩擦が増大して温度上昇を激しくさせるほか、軸受寿命を急激に低下させますから、適切な予圧をかけることが肝要です。一般に用いられる適切な予圧荷重は、経験上軸受に作用する外力の1/3程度がよいとされています。

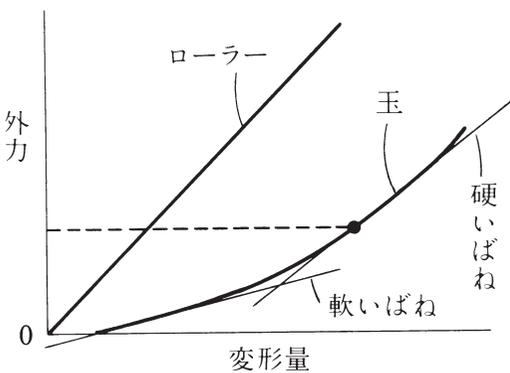


図24

ローラー  $\delta = 0.077 \frac{Q^{0.9}}{l_a^{0.8}}$       ボール  $\delta = 0.79 \sqrt[3]{\frac{Q^2}{Dw}}$

## 使用上の注意事項

QZAK製品をより効果的にご使用頂けますよう、主な使用上のチェックポイントをあげてみました。設計の際や、組立作業現場のチェックシートとしてご利用下さい。

✓モーメント荷重が作用しますとk-e線図より、お解りの通りベアリング寿命に重要な影響を与えますので、ベアリングの選定には十分注意をし、2個のベアリング間のスパンを設計上許される最大限に取って下さい。

また必ずグリース潤滑を行って下さい。

✓縦軸でベアリングを使用する場合には、ベアリングを1軸に2個使用して下さい。また軸とのハメアイは緊密スキマを採用して下さい。

✓ベアリングをハウジングに組込む際、作用荷重方向に対してボール列を均等に振り分ける状態に配置いたしますと寿命や運転性能に大変有利です。

✓ベアリングと軸とのハメアイに過大な予圧（ $-10\mu\text{m}$ 以上）が作用したり、ベアリング間の芯が大きく狂いますと、ベアリングの寿命や運転性能に悪影響を与えますので、軸を回転方向へ手で回し表18のC<sub>1</sub>又はC<sub>2</sub>の状態かどうかチェックして下さい。

✓リニアベアリングは一般の転がり軸受に比べ、外筒の肉厚が薄く、複雑な構造となっておりますので、ハウジングへ組込む際は、ベアリングの両端の止メ輪を直接叩かないよう図25に示すような取付治具を使用して静かに圧入して下さい。

✓軸をベアリングに挿入し組付ける際には、軸端部をベアリングのリテーナや、止メ輪にぶつけないよう、十分注意して芯を合わせ組込むようにして下さい。

✓リニアベアリング専用軸は、ちょうど一般の転がり軸受の内輪に相当するもので、ベアリングの性能を十分に発揮するためには数多くの諸要件を満たさなくてはなりませんのでQZAK専用軸とリニアベアリングを必ずペアでご使用下さい。

表18

分類	軸の回転方向チェック事項	スキマ程度
C <sub>1</sub>	軸は手で回転方向にスムーズに廻る	0~+10μm
C <sub>2</sub>	軸は手で回転方向にやや重い廻る	0~-10μm
C <sub>3</sub>	軸は手で回転方向に廻らない (NG)	-10μm以上

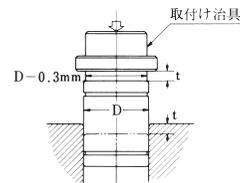


図25