

8. 軸受の寿命 Bearing Life

8.1 軸受の寿命

転がり軸受をある用途に正しく使用しても、ある時間が経過すると、音響・振動の増加、摩耗による精度低下、潤滑グリースの劣化、転がり面の疲労はくりなどによって使用に耐えなくなる。このように使用不能になるまでの期間が広義の軸受寿命であり、それぞれ音響寿命、摩耗寿命、グリース寿命、転がり疲れ寿命などと呼ばれている。

軸受の疲れ寿命は、材料の疲れそのものに本質的なばらつきがあるため、この寿命のばらつきを統計的現象として取扱い、次のように定義された基本定格寿命を用いる。

基本定格寿命とは、一群の同一呼び番号の軸受を、同一運転条件で個々に回転させたとき、そのうちの90%の軸受が、転がり疲れによるスポーリング(フレーキング)を起こすことなく回転できる総回転数をいう。一定回転速度で運転される場合には、基本定格寿命を総回転時間で表すことも多い。

8.2 基本動定格荷重と疲れ寿命

軸受の負荷能力を表す基本動定格荷重とは、内輪を回転させ、外輪を静止させた条件で、基本定格寿命が、100万回転になるような、方向と大きさが変動しない荷重をいう。

基本動定格荷重Cは、ラジアル軸受ではCr、スラスト軸受ではCaとして軸受寸法表に記載されている。軸受の基本動定格荷重、軸受荷重と基本定格寿命との間には、次のような関係がある。

$$L = \left(\frac{C}{P} \right)^3$$

ここで、L=基本定格寿命 (100万回転単位)

P=軸受荷重 (動等価荷重) (N), {kgf}

C=基本動定格荷重 (N), {kgf}

軸受が一定回転速度で使用される場合、軸受の疲れ寿命を時間で表したほうが便利である。回転速度をn (min⁻¹) とすれば、次のような関係が得られる。

$$L = \frac{10^6}{60n} \left(\frac{C}{P} \right)^3$$

8.1 Bearing Life

The various functions required of rolling bearings vary according to the bearing application. These functions must be performed for a prolonged period. Even if bearings are properly mounted and correctly operated, they will eventually fail to perform satisfactorily due to an increase in noise and vibration, loss of running accuracy, deterioration of grease, or fatigue flaking of the rolling surfaces.

Bearing life, in the broad sense of the term, is the period during which bearings continue to operate and satisfy their required functions. This bearing life may be defined as noise life, abrasion life, grease life, or rolling fatigue life, depending on which one causes loss of bearing service.

Rolling fatigue life is represented by the total number of rotations at which time the bearing surface will start flaking due to stress. This is called fatigue life. Even for seemingly identical bearings, which are of the same type, size, and material and receive the same heat treatment and other processing, the rolling fatigue life varies greatly even under identical operating conditions. This is because the flaking of materials due to fatigue is subject to many other variables.

Consequently, "rating fatigue life", in which rolling fatigue life is treated as a statistical phenomenon, is used in preference to actual rolling fatigue life.

Suppose a number of bearings of the same type are operated individually under the same conditions. After a certain period of time, 10% of them fail as a result of flaking caused by rolling fatigue. The total number of rotations at this point is defined as the rating fatigue life or, if the speed is constant, the rating fatigue life is often expressed by the total number of operating hours completed when 10% of the bearings become inoperable due to flaking.

8.2 Basic Dynamic Load Rating and Fatigue Life

The basic load rating is defined as the constant load applied on bearings with stationary outer rings that the inner rings can endure for a rating life of one million revolutions. The basic load rating of radial bearings is defined as a central radial load of constant direction and magnitude.

The basic dynamic load ratings C are listed under Cr for radial bearings and Ca for thrust bearings in the bearing tables. The following relation exists between bearing load and rating fatigue life:

$$L = \left(\frac{C}{P} \right)^3$$

Where L=Rating fatigue life (10⁶ rev.)

P=Bearing load (equivalent load) (N), {kgf}

C=Basic load rating (N), {kgf}

In the case of bearings that run at a constant speed, it is convenient to express the fatigue life in terms of hours. By designating bearing speed as n (min⁻¹), the relation is obtained as follows.

$$L = \frac{10^6}{60n} \left(\frac{C}{P} \right)^3$$

ラジアル玉軸受の動等価荷重Pは、次の式によって求められる。

$$P = XFr + YFa$$

ここで、Fr:ラジアル荷重 (N), {kgf}
 Fa:アキシャル荷重 (N), {kgf}
 X:ラジアル荷重係数 (表 8.1)
 Y:アキシャル荷重係数 (表 8.1)

The equivalent load P on radial bearings may be calculated using the following equation.

$$P = XFr + YFa$$

Where Fr:Radial load (N), {kgf}
 Fa:Axial load (N), {kgf}
 X:Radial load factor (Table 8.1)
 Y:Axial load factor (Table 8.1)

表 8.1 ラジアル荷重係数とアキシャル荷重係数 Table 8.1 Radial and axial load factors

Cor/Fa	Fa/Fr ≤ e のとき		Fa/Fr > e のとき		e
	X	Y	X	Y	
5	1	0	0.56	1.26	0.35
10	1	0	0.56	1.49	0.29
15	1	0	0.56	1.64	0.27
20	1	0	0.56	1.76	0.25
25	1	0	0.56	1.85	0.24
30	1	0	0.56	1.92	0.23
50	1	0	0.56	2.13	0.20

8.3 基本静定格荷重と静等価荷重

軸受に過大な荷重や大きな衝撃荷重が作用すると、玉と軌道面との間に局所的な永久変形が生じる。

荷重が大きくなるに従って、変形量も増え、ある限度を超えると軸受の円滑な回転を妨げるようになる。

基本静定格荷重とは、最大応力を受けている玉と軌道との接触部の中央において、深溝玉軸受では計算上4200MPa (428kgf/mm²)の接触応力を生じさせるような静荷重をいう。

この接触応力により玉と軌道との総永久変形量は、玉の直径のほぼ0.0001倍となる。基本静定格荷重Coは、ラジアル軸受ではCor、スラスト軸受ではCoaとして、軸受寸法表に記載されている。

静等価荷重とは、実際の荷重条件下で生じる接触応力と同じ接触応力を、最大荷重を受けている玉と軌道との接触部中央に生じさせる静ラジアル荷重をいう。ラジアル軸受の静等価荷重は次の二つの式から求めた値のうち、大きい方の値をとる。

$$Po = XoFr + YoFa$$

$$Po = Fr$$

ここで、Po:静等価荷重 (N), {kgf}
 Fr:ラジアル荷重 (N), {kgf}
 Fa:アキシャル荷重 (N), {kgf}
 Xo:静ラジアル係数 0.6
 Yo:静アキシャル係数 0.5

軸受到許容される静等価荷重は、基本静定格荷重と軸受到要求される条件や軸受の使用条件によって異なる。

基本静定格荷重に対する安全度を検討するための静許容荷重係数fsは次式にて求められ、一般に推奨されるfsの値を表に示す。

$$fs = Co/Po$$

ここで、Co:基本静定格荷重 (N), {kgf}
 Po:静等価荷重 (N), {kgf}

軸受の使用条件 Running Condition	fsの下限 Lower limit of fs
音の静かな運転を特に必要とする場合 Low noise applications	2
振動・衝撃がある場合 Vibration and shock loads	1.5
普通の運転条件の場合 Standard running conditions	1

8.3 Basic static load rating and static equivalent loads

Since rolling bearing is a high precision part, its handling should be carried when subjected to an excessive load or strong shock load, rolling bearings may incur a local permanent deformation of rolling elements and raceway surface if the elastic limit is exceeded. The nonelastic deformation increases in area and depth as the load increases, and when the load exceeds a certain limit, the smooth running of the bearing is impeded.

The basic static load rating is defined as that static load which produces the contact stress of 4200MPa (428kgf/mm² - ball bearing) at the center of the contact area between the rolling element subjected to the maximum stress and the raceway surface. In this most heavily stressed contact area, the sum of the permanent deformation of the rolling element and that of the raceway is nearly 0.0001 times the rolling diameter. The basic static load rating Co is written Cor for radial bearings and Coa for thrust bearings in the bearing tables.

The static equivalent load is a magnitude of the static radial load which causing the contact stress, equivalent to the maximum contact stress occurring under actual load conditions, on a center of the contact between the rolling element and raceway under maximum load.

The static equivalent load of radial bearings is taken as the larger value of the two values obtained from the two equations below.

$$Po = XoFr + YoFa$$

$$Po = Fr$$

where Po: Static equivalent load (N), {kgf}
 Fr: Radial load (N), {kgf}
 Fa: Axial load (N), {kgf}
 Xo: Static radial load factor 0.6
 Yo: Static axial load factor 0.5

The static equivalent load allowed for bearings varies depending on the basic static load rating, requirements of the bearings and bearing operating conditions.

The allowable static load factor fs for review of the safety factor against the basic static load rating is determined by following equation. Generally recommended values of fs are shown in the chart.

$$fs = Co/Po$$

where Co: Basic static load rating (N), {kgf}
 Po: Static equivalent load (N), {kgf}