

# 高速ころがり軸受寿命試験装置による 二、三の実験結果

曾田 範宗・木村 好次

High-Speed Rolling Bearing Life: Some Preliminary Experiments

By

Norimune SODA and Yoshitsugu KIMURA

**Abstract:** Results are presented of some preliminary experiments on high-speed rolling bearing fatigue life. Tests were run on a type 6206 deep-grooved ball bearing at 0.6 and  $1.2 \times 10^6$   $dn$  values. It is shown that the fatigue life is markedly increased at these speeds and that the life has correlation with Harris'  $A$ -parameter.

## 概 要

本稿では高速におけるころがり軸受の寿命に関する若干の実験結果を報告する。実験には 6206 深みぞ玉軸受を用い、 $dn$  値  $(0.6, 1.2) \times 10^6$  で運転した。この条件で軸受寿命は著しく増大し、Harris の  $A$  パラメータとの相関が見られた。

## 1. はじめに

高速で運転されるころがり軸受の疲れ寿命をしらべることが目的として、筆者らは  $dn$  値 150 万までの運転速度において深みぞ玉軸受 (6206) の寿命試験を行なう装置を試作した [1]。本稿では同装置によって得られた若干の結果を報告する。

## 2. 実験装置

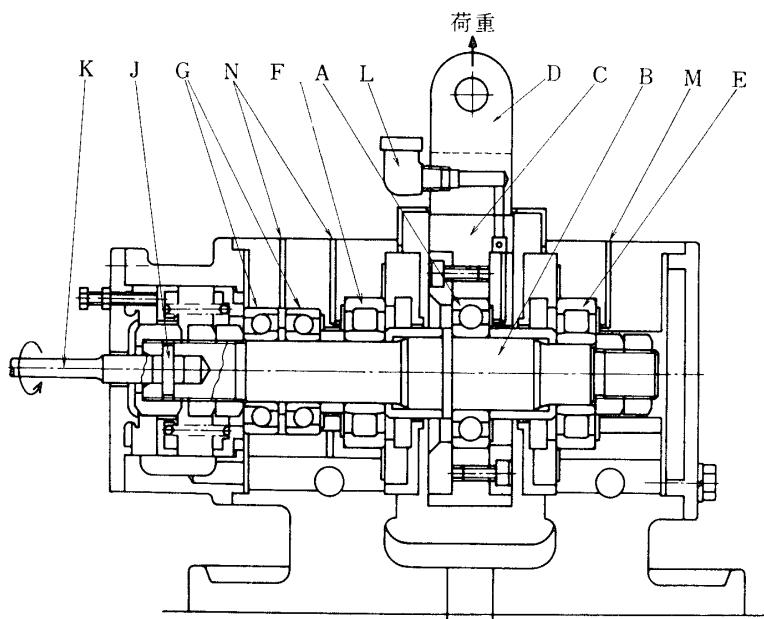
実験装置の詳細は既報 [1] に述べたので、ここでは主要部の概略のみを記す。

第 1 図に示すように、本実験装置は深みぞ玉軸受にラジアル荷重を加えて運転するものである。すなわち図の A が試験軸受であって、ハウジング C に固定されており、連杆 D と上部のてこを介して死荷重が加えられるようになっている。回転軸 B は 2 個の円筒ころ軸受 E、F によってラジアル荷重を、1 組の組合せアンギュラ玉軸受 G によってスラスト荷重をそれぞれ受けている。またこの回転軸は、図左方においてシェアピン J で細い可撓軸に連結されており、駆動用モータにより平ベルト 1 段増速で所要の回転が与えられる。

潤滑剤は別に設けたポンプユニットにより図の L、M、N 部から加圧導入され、それぞれの軸受にオイルジェットで供給される。潤滑剤の温度は、試験軸受外輪が所定の温度に保た

れるように自動制御されている。

軸受寿命の決定は、連杆部に取り付けられている加速度検出器により、軸受のころがり面に生じたはく離にもとづく振動加速度を検出して行なっている。



第 1 図

### 3. 試験軸受・潤滑剤

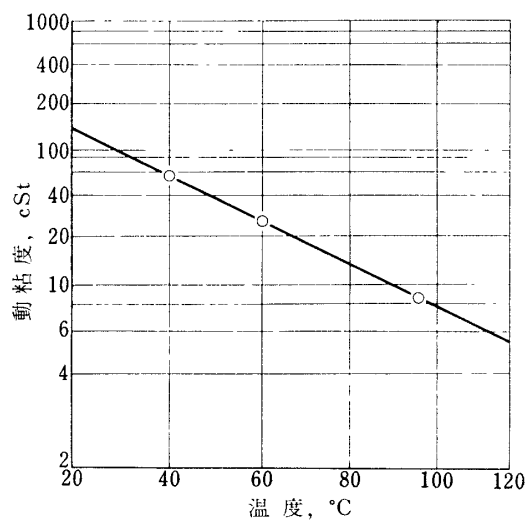
今回の実験に用いた試験軸受は、深みぞ玉軸受 6206 C 3 P 6 であり、大気溶解・真空脱ガスを行なった材料のものである。またこの軸受には通常の鋼板製打抜き保持器が用いられている。

使用潤滑剤は、無添加タービン油 2 号である。その粘度実測値を第 2 図に示す。

### 4. 実験条件

第 1 表 B, C 欄に、今回の実験条件を示す。同表の A 欄は、曾田が学術振興会第 126 委員会の研究 [2], [3] の一部として、同一試験軸受同一潤滑剤を用いて行なった実験であって、後にその結果を参照するためここに併せ掲げた。

なお、この荷重における試験軸受の定格寿命は、 $3.58 \times 10^6$  rev である。



第 2 図

第1表 実験条件

	A	B	C
回転速度, rpm	2000	20000	40000
$dn$ 値	$6 \times 10^4$	$6 \times 10^5$	$1.2 \times 10^6$
荷重, kg	1000	1000	1000
軸受温度, °C	60	60	95*
潤滑剤動粘度, cSt	23.5	23.5	8.3

\* 油冷却器容量の制限による。

### 5. 実験結果および考察

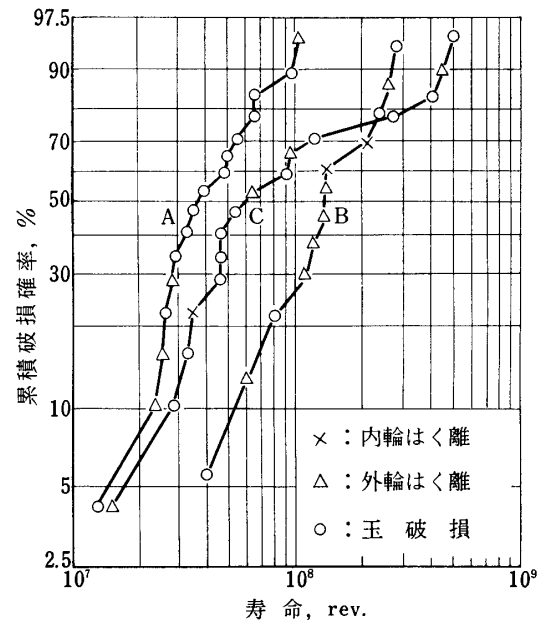
第1表A~Cに対応する疲れ寿命のデータを第3図に示す。図は軸受寿命に一般的に用いられるワイブル・プロットであって、縦・横軸に軸受の累積破損確率  $p$  と回転数で表わした寿命  $L$  を、それぞれ  $\log \log \{1/(1-p)\}$ 、および  $\log L$  の尺度で目盛ったものである。

さて筆者らが本試験装置を用いてまず明らかにしようとしたのは、高速域における疲れ寿命の変化である。これは、軸受の総回転数で表わした疲れ寿命がころがり面における潤滑油膜の形成によって著しい延長を招来することに関連して、最近注目を集めている問題の一つである。特に弾性流体潤滑理論、すなわちころがり面の弾性変形と圧力上昇に伴う潤滑剤粘度の増加を考慮に入れた潤滑理論によれば、古典的潤滑理論にもとづいた計算値よりもはるかに大きな油膜厚さが期待され、与えられた条件下におけるその最小値が転動体と内外輪の転走面との合成表面あらさと同程度以上になると、従来の寿命計算式による推定値よりもはるかに長い疲れ寿命を示すことが明らかにされつつあるのが現状である [4]~[7]。

さて第3図を見ると、上に述べた高速域における寿命の延長が現われており、今回の実験で得られた線B、Cは線Aの右方に位置している。この傾向は、定性的には以下に述べるHarrisのA-パラメタとの関係で説明されるものと考えられる。

高速域における寿命の延長をころがり面における油膜形成によるものと考え、その形成の影響を表わすパラメタとして、前述のような最小油膜厚さところがり面の合成表面あらさの比なる値が考えられる。Harrisはこの比をつぎのような簡単な式で与えることを提案した [4]。

$$A = H(\mu_0 \alpha N)^{0.7} P_0^{-0.09}$$



第3図

これがいわゆる  $A$ -パラメタの定義であって、各因子はつぎのようなものである。

$H$ : ころがり面の合成表面あらさに関する因子で、軸受の形式・寸法によってきまる定数と考える。

$\mu_0$ : 試験温度における潤滑剤の常圧粘度,  $\text{lb}\cdot\text{s}/\text{in}^2$ .

$\alpha$ : 任意圧力  $p$  における潤滑剤の粘度  $\mu$  が,  $\mu = \mu_0 \exp(\alpha p)$  で表わされるとしたときの係数,  $\text{in}^2/\text{lb}$ .

$N$ : 軸受の回転速度, rpm.

$P_0$ : 軸受に作用する荷重, lb.

これらの因子あるいはその組合せたものの値は、第1表の数値を用いれば文献[4]の線図から読みとることができ、第2表のような結果が得られる。

第2表  $A$ -パラメタと90%寿命

	A	B	C
$H$	$6.8 \times 10^4$	$6.8 \times 10^4$	$6.8 \times 10^4$
$(\mu_0 \alpha)^{0.7}$	$1.25 \times 10^{-7}$	$1.25 \times 10^{-7}$	$5.12 \times 10^{-8}$
$N^{0.7}$	205	1025	1665
$P_0^{-0.09}$	0.500	0.500	0.500
$A$	0.87	4.36	2.90
$L_{90}$	$2 \times 10^7$	$5.3 \times 10^7$	$2.8 \times 10^7$

一般に軸受寿命の比較は、累積破損確率が10%であるような、いわゆる90%寿命によっている。第2表の最後の行はこの値であるが、これを  $A$  の値と比較すればその大小関係が一致していることがわかる。すなわち第3図に見られるように寿命の延長は試験回転速度の順にはなっていないが、これはCの条件において軸受温度がBより高くなったため第2図に見られるように潤滑剤の粘度の低下を来し、その結果Bにおいてより厚い油膜が構成されたものと考えられる。なお図の結果において、AのみはB、Cと形式の異なる試験機による結果であり、公称の実験条件は対応していてもそれらの結果の対応には疑問の余地なしとしないので、より立入った数値的検討は後にゆずりたい。

第3図には、その他実験Cにおいて寿命のばらつきが相対的に大きいこと、Aにおいてはほとんどが玉の破損であるのに対しB、Cではそれほどの偏りのないことなどが認められる。また前述のように今回の実験では高速用の仕様でない打抜き保持器付きの試験軸受を用いたが、保持器の破損したのは実験B、Cとも一例ずつであった。

## 謝 辞

本実験に協力していただいた(現)三菱石油会社斎藤正二氏と本所の岡田和三氏にお礼を申し上げます。また支持軸受と潤滑剤をご提供いただいたNTN東洋ベアリング会社と日本石油会社にお礼を申し上げます。

1973年5月8日 原動機部

## 参 考 文 献

- [1] 曾田・木村：東京大学宇宙航空研究所報告，**7**，2B (1971) 566.
- [2] 曾田：日本機械学会誌，**70**，576 (1967) 74.
- [3] 岡本：日本機械学会・日本学術振興会講演会「ころがり軸受寿命」講演要旨集 (1973) 11.
- [4] T. A. Harris: Prod. Eng., **36**, 8 (1965) 76.
- [5] T. E. Tallian: ASLE Trans., **10**, 4 (1967) 418.
- [6] J. C. Skurka: Trans. ASME, F, **92**, 2 (1970) 281.
- [7] C. H. Danner: ASLE Trans., **13**, 4 (1970) 241.