

# モーメント対応長寿命円すいころ軸受の開発

漆川賢治 柴田正道

## Development of Taper Roller Bearing for Moment Application

K. SHITSUKAWA M. SHIBATA

So far, tapered roller bearings which have longer fatigue life had been developed by the improvement of material and heat treatment in KOYO SEIKO.

But in recent years, for moment and heavy load applications, improvement in design is also needed.

Therefore, this time tapered roller bearing which has the proper crowning profile on inner race has been developed.

Performance of the developed one is as follows compared with the usual one as follows.

- 1) 3 times longer fatigue life in clean oils
- 2) 1.5 times longer fatigue life in contaminated oils
- 3) almost equal performance except for fatigue life

Developed one is recommended to apply to the parts in which large misalignment and heavy load act, for example, the differential, the transmission, and the wheel of an automobile. Moreover, the developed one is expected to have still longer fatigue life if the improvement of material and heat treatment is also added to.

- |  |   |
|--|---|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. はじめに</li> <li>2. 設計面からの長寿命化</li> <li>3. クラウニング形状検討</li> <li>4. 開発軸受の性能             <ol style="list-style-type: none"> <li>4.1 軸受寿命</li> <li>4.2 その他性能</li> </ol> </li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>5. おわりに</li> </ol> |
|--|---|

## 1. はじめに

近年、機械装置のコンパクト化・高出力化にともない、軸受の長寿命化・信頼性向上への要求はますます厳しいものとなっている。

転がり軸受の構造は、軌道輪、転動体および保持器からなり、潤滑剤の存在下で機能を果たす。したがって、軸受の長寿命化や信頼性向上には材料や潤滑剤の性能の進歩ならびに加工技術の進歩、設計思想の変革などトライボロジー全般に関わる技術や理論の発展が不可欠である。

寿命向上は材料、熱処理、潤滑などの軸受品種・用途によらない共通方策と個々の用途に合せた個別方策に大別することができる。

当社ではこれまで、主として材料・熱処理面からの改善に取り組んできた。そして、数々の新材料・熱処理方法を開発し、長寿命軸受として市場に投入してきた<sup>1)~4)</sup>。

今般、引続き設計面からの検討を行い、高モーメント・高荷重に対応できる長寿命円すいころ軸受を開発した。以下にその紹介をおこなう。

## 2. 設計面からの長寿命化

表1に設計面からの長寿命化方策についてまとめて示す。

転走面での面圧の低減・均一化は、円筒ころ軸受や円すいころ軸受の軌道のようにクラウニングを施すことである。クラウニングによってその接触部に発生する不都合な応力集中を防止できる。また、負荷容量増大はころ径、ころ長さを大きくしたり、ころ数を増大して軸受の動定格荷重を増大することである。一方、シールの密封機能向上はシールのリップ形状を工夫してアキシアル荷重による内輪の軸方向の動きに対しても異物が侵入しにくい構造とするものである。

これらの方策のうち、軸受への年々増大する高

モーメント・高荷重仕様にこたえるべくクラウニング形状の適正化を取り上げた。

表1 設計面での寿命向上方策

Designing technique to attain longer fatigue life

- 1) 転走面面圧低減
- 2) 転走面面圧均一化
- 3) 負荷容量増大
- 4) シール密封機能向上

### 3. クラウニング形状検討

前述したように、円筒ころ軸受や円すいころ軸受では応力集中の発生を抑えるためにクラウニングを施す。しかし、近年までこのクラウニングの大きさ、形状の良否を判断する検討手段がなく経験にもとづく設計しか成し得なかった。

すなわち、接触部の面圧計算にはHertzの接触理論が用いられるが、この理論は一様な曲率をもつ場合のみという制約があるため、任意形状のクラウニングにおける接触圧力の評価はできなかった。

当社では、ここ10年来、弾性理論にもとづく比較的簡単な計算手法を開発してきた<sup>5)</sup>。これまで、エッジロードを抑えるクラウニング形状についてはいくつかの理論的解析が報告されてきた<sup>6)7)</sup>。当社でも既に開発した計算手法を発展させ、モーメントにより内・外輪に傾きが生じた場合でもその傾き角に対して接触面圧を均一化するような適正クラウニング形状を設計する手法を開発した。

呼び番号JL69349/10において設計した内輪軌道クラウニング形状(開発品)と標準品での形状を測定した結果を比較して図1に示す。また、図2にアキシャル荷重0.72C<sub>ea</sub>、内外輪相対傾き角6'での接触面圧分布を比較して示す。開発品は最大面圧を低減し、応力分布の均一化が図られている。

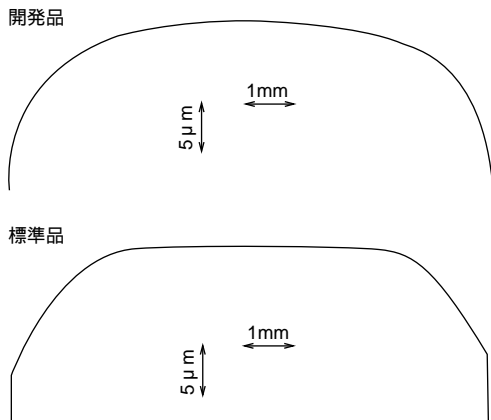


図1 内輪軌道形状測定結果

Measured crowning profiles of inner race

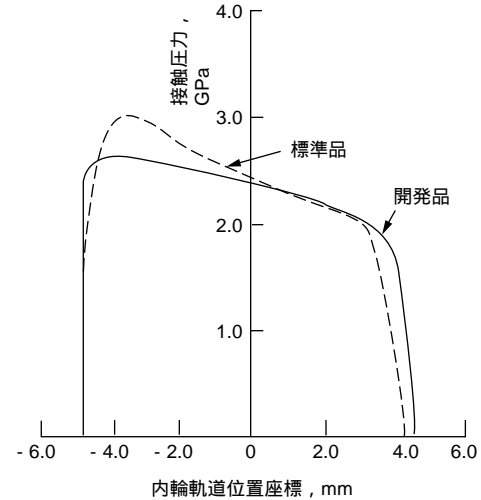


図2 内輪接触面圧計算結果

Calculated results of contact pressure of inner race

### 4. 開発軸受の性能

性能評価には呼び番号JL69349/10およびTR0708-1を用い、開発品の軸受寿命と、その他性能(焼付性、回転精度、アキシャル剛性)について標準品と比較した。

#### 4.1 軸受寿命

##### 4.1.1 清浄油中の寿命

清浄油中の寿命試験には図3に示すアキシャル型試験機を用いた。試験条件を表2に示す。

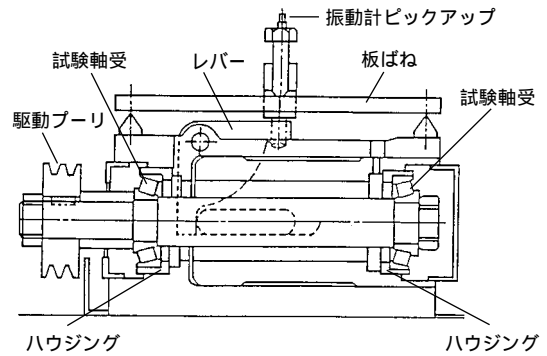


図3 アキシャル荷重試験機(円すいころ軸受)

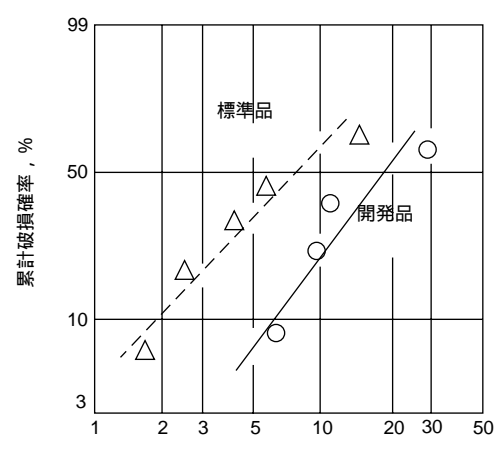
Fatigue life testing equipment of axial loading type

表2 試験条件

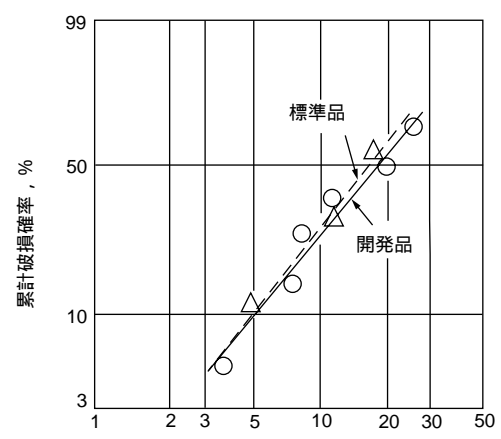
Test conditions

アキシャル荷重	荷重 0.72Cea
回転数	2 000min <sup>-1</sup>
内・外輪相対傾き角	6 , 0
潤滑	タービン油VG68循環給油
試験温度	70
試験軸受	JL69349/10

内輪と外輪の傾き角は外径中心と内径中心をずらした偏心ハウジングを左右逆に組付けることにより与えた。開発品と標準品との寿命試験結果を図4(a)(b)に示す。内外輪の相対傾き角が6°のときには10%寿命で比較した場合、開発品は標準品の約3倍の寿命向上が得られた。また、内外輪の相対傾き角が0°の場合は開発品と標準品はほぼ同等の寿命であった。これは開発品が表2に示す条件(傾き角6°)で最適となるクラウニング形状のためと考えられる。



(a) 内・外輪相対傾き角 6°



(b) 内・外輪相対傾き角 0°

図4 清浄油中軸受寿命試験結果

Results of fatigue life test of the bearing in clean oil

4.1.2 汚れ油中の寿命

汚れ油中の寿命試験には図5に示す合成荷重試験機を用いた。試験条件を表3に示す。荷重はまずアキシャル荷重負荷用コイルばねによりばね座を介してアキシャル荷重を試験軸受に与え、その後ラジアル荷重負荷用コイルばねにより支持軸受を介してラジアル荷重を試験軸受の内輪に与えた。試験中に異物が沈殿するのを防止するために、試験機本体中央部の底からエアークリーンを行なった。開発品と標準品との寿命試験結果を図6に示す。開発品は標準品の約1.5倍の寿命向上が得られた。

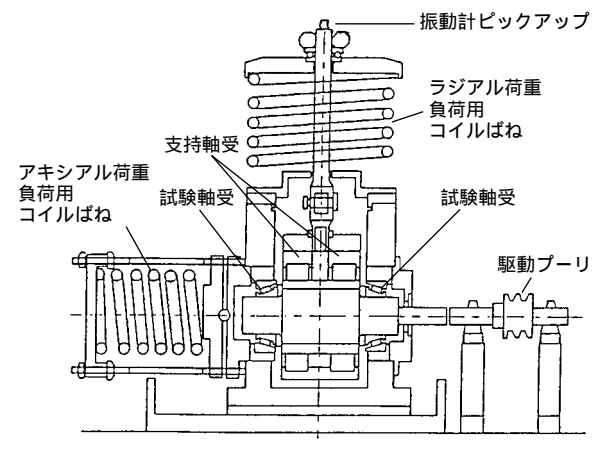


図5 合成荷重試験機

Fatigue life test equipment of axial and radial loading type

表3 試験条件

Test conditions

荷重	ラジアル荷重 0.4Cer アキシャル荷重 0.48Cea
回転数	2 500min <sup>-1</sup>
潤滑	ハイポイドギヤオイルSX-90 油浴
異物条件	高速度鋼粉(10~75 μm), SUJ2焼入れ鋼粉(75~100 μm)各1:1, 混入量0.12 wt%
試験軸受	TR0708-1

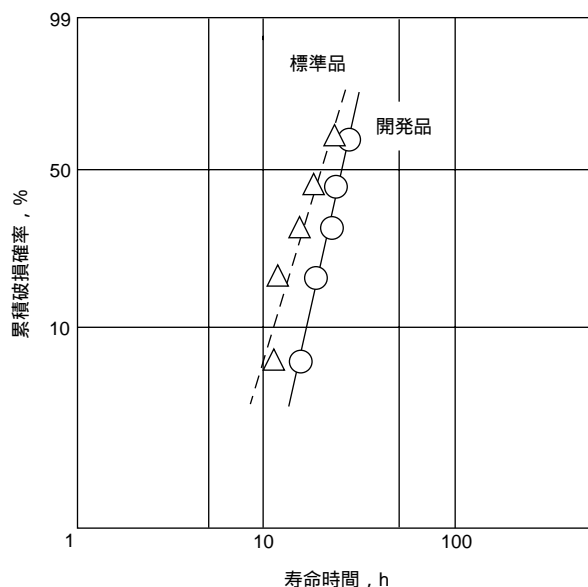


図6 汚れ油中軸受寿命試験結果

Results of fatigue life test of the bearing in contaminated oil

#### 4.2 その他性能

開発軸受の回転精度，回転トルク，耐焼付性，アキシャル剛性等については標準品と同等の性能であることを確認済みである。

#### 5. おわりに

高モーメント，高負荷仕様に対応するべく，従来の材料・熱処理面での長寿命方策に続いて，設計面からの方策として軸受軌道形状の適正化を図った円すいころ軸受を開発した。開発軸受の性能は標準品と比較して以下である。

- 1) 内・外輪に相対傾き角がある場合
  - ・ 清浄油中寿命は3倍
  - ・ 異物油中寿命は1.5倍
- 2) 軸受寿命以外の諸性能はほぼ同等

開発軸受は自動車のディファレンシャル，トランスミッション，ホイール等の高モーメント，高荷重で使用される部位への適用が推奨される。

なお，材料・熱処理での改善との組合せによりさらなる寿命向上が期待できる。

#### 参考文献

- 1) T.Hoshino and M.Goto : SAE Tech.Paper, 891771( 1989 ).
- 2) 柴田正道，李 漢瑛 : KOYO Engineering Journal, no. 14( 1992 )26.
- 3) K.Toda, T.Mikami and T.M.Johns : SAE Tech. Paper, 921721( 1992 ).
- 4) 太田敦彦 : KOYO Engineering Journal, no. 15( 1996 )48.
- 5) 永井廉章 : KOYO Engineering Journal, no. 13( 1987 )30.
- 6) G.Lundberg : Forschung auf dem gebiete des Ingenieurwesens, 10, 5( 1939 )201.
- 7) P.M.Johns and R.Gohar : TRIBOLOGY international, vol. 14, no. 3( 1981 )131.

#### 筆者



漆川賢治\*



柴田正道\*

K. SHITSUKAWA M. SHIBATA

\* 総合技術研究所 基礎技術開発センター  
軸受研究開発部