

NACHI
**TECHNICAL
REPORT**
Components

Vol. **32A2**
November/2017

機能部品事業

■ 寄稿・論文・報文・解説

保持器形状が軸受トルクにおよぼす影響 (その1)
Impact of Cage Form on Bearing Torque (Part 1)

〈キーワード〉 軸受トルク・攪拌抵抗・保持器形状・樹脂保持器
プレス保持器

軸受事業部／技術部

寺田 貴雄 Takao Terada

軸受事業部／技術部

河合 敏宏 Toshihiro Kawai

要 旨

軸受は、回転運動または直線運動する軸あるいは物体を支え、その運動ならびに作用する荷重を保持する機械要素である。

軸受のトルクはいくつかの要因により発生しているが、本稿では攪拌抵抗に着目し、一般的に深溝玉軸受などに使用されているプレス保持器と樹脂保持器の2種類の保持器について、試験と解析を実施することで、その保持器形状が軸受トルクにおよぼす影響を確認した。本稿では、第1稿として、その試験結果について紹介する。

Abstract

A bearing is a mechanical element which supports an axis or an object that has rotational movement or linear movement and allows them to move easily.

Several factors affect generation of bearing torque. In this report, focusing on agitation resistance (in the lubricating oil), the press cage and resin cage that are generally used in the deep groove ball bearing are tested and analyzed to find out the impact of a cage form on bearing torque.

The detailed test results are shown in this report, Part 1.

1. 軸受の低トルク化に向けて

軸受は世の中にあるあらゆる回転機器の中に存在し、現代の産業では必要不可欠なものとなっている。近年では、環境問題や製品競争力強化のため、製品の省エネや、高効率化がとくに求められており、軸受の低トルク化への需要はますます高まっている。

軸受では、一般的に外輪・内輪と転動体との接触面に油膜を形成することにより、摩擦の軽減、軸受の冷却などを行なう。これを潤滑といい、潤滑は軸受にとって極めて重要なものである。軸受の潤滑方法には、軸受の種類や用途によって様々なものがあるが、変速機で用いられる潤滑方法としては、油浴潤滑が一般的である。これは、軸受の下部を潤滑油に浸漬させ、軸受に油を供給する方法であり、構造が簡略であることから、別途設備が不要であり、安価でメンテナンスが容易であるというメリットがある。

しかし、油浴している軸受は回転と同時に潤滑油を激しく掻き上げるため、大きなトルク損失を伴う。攪拌抵抗の低減方法として、潤滑油の低粘度化や、潤滑方法の変更、軸受への供給油量の低減などが挙げられるが、これらは、軸受の寿命に大きく影響するため、簡単に変更することはできない。また、変速機内においては、歯車など他部品への潤滑油供給も必要であり、潤滑油流量を低減できない場合もある。

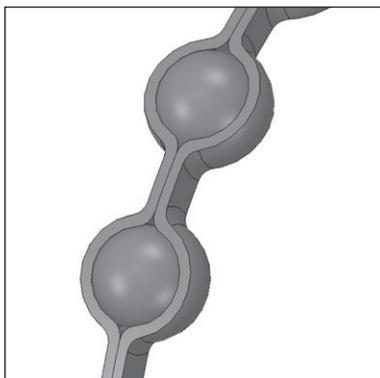
本稿では、油浴状態にある軸受について、一般的に深溝玉軸受などに使用されているプレス保持器と樹脂保持器の2種類の保持器を用いて試験と解析を実施し、その保持器形状が軸受トルクにおよぼす影響を確認した。



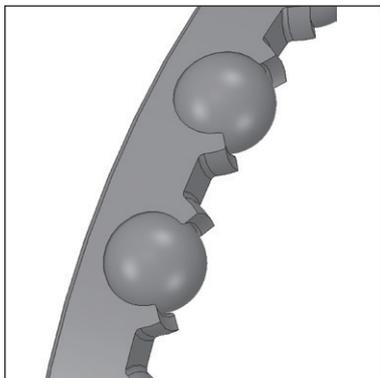
2. 試験方法

1) 保持器形状

図1に試験保持器を示す。今回対象とする保持器はプレス保持器(TypeA)と樹脂保持器(TypeB)の2種類とし、それぞれについてトルク試験と流体解析を行なうことで、保持器の形状が潤滑油の挙動に与える影響を調査する。対象の軸受には内径 ϕ 75mm、外径 ϕ 110mm、幅18mmの深溝玉軸受を使用した。



Press cage (TypeA)



Resin cage (TypeB)

図1 試験保持器

2) 試験条件

図2に試験装置を、表1に試験条件を示す。試験装置は、主にモーター、トルクメーター、試験軸受、エアシリンダーから構成されており、モーターを用いて回転させた軸受のトルクを、トルクメーターを用いて計測する。試験軸受には軸受が振れないようにするために、エアシリンダーを用いて最小限の荷重を与えている。潤滑油は図2の右側下部より流入し、軸受内部を通過した後、左側下部より排出される。軸受内部を通過し切れなかった潤滑油は、流入側に溜まっていき油面が上昇する。また、ハウジングの蓋はクリアケースとすることで、オイルの攪拌状態を確認することができるようになっている。

試験は、まず規定の給油量で潤滑油を流入させた後、軸受内部のオイル貫通性を比較するため、貫通できずにクリアケース側に残る油面の高さを読み取り記録する。その後、回転数を500rpmずつ増加させながら、それぞれの回転数におけるトルクを測定した。油の攪拌状態は給油量によって変化するため、給油量を1.0～3.0L/minまで変化させながら上記の試験を行なった。

この試験によって得られたトルクにはモーターやトルクメーターなどの試験装置の損失および試験軸受の機械的損失も含まれている。そのため、事前に試験軸受を装着せずにトルクを測定することで、試験軸受を除く試験装置の損失を求める。また、軸受の機械的損失は式 (1) に示す式を用いて算出する。

以後に示される攪拌トルクの試験結果は、測定値から試験機の損失および軸受の機械的損失を差し引いたものであり、軸受で発生した攪拌抵抗のみの値である。CFDでは計算できない軸受の機械的損失を除外することにより、解析結果との比較ができるようにする。

(1)

$$M = M_l + M_s$$

$$M_l = f_1 \times P_o \times D_{pw}$$

$$M_s = 15 \times (D_{pw})^3 \times (\nu n)^{2/3} \times 10^{-8}$$

M_l は荷重項、 M_s は速度項と呼ばれるものであり、軸受の機械的損失はそれらの和として表される。

また、 f_1 および P_o は下記の式 (2) で求める。

(2)

$$f_1 = 9 \times 10^{-4} \times (P_o / C_{or})^{0.55}$$

$$P_o = 0.9 \times F_a \times \cot \alpha - 0.1 \times F_r$$

ここで、 D_{pw} は転動体ピッチ円径(mm)、 ν は潤滑油の粘度(cSt)、 n は内輪回転数(rpm)、 α は接触角(deg)、 F_a はアキシャル荷重(N)、 F_r はラジアル荷重(N)、 C_{or} は基本静定格荷重(N)である。

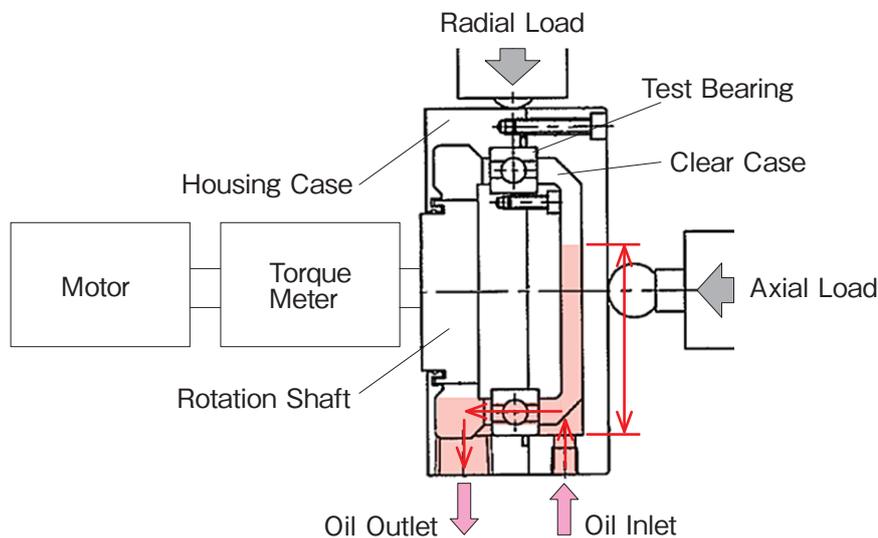


図2 試験装置

表1 試験条件

ラジアル荷重	: 190N
アキシャル荷重	: 80N
回転数	: 500 ~ 3,000min ⁻¹
給油方法	: 循環給油
油種	: ATF
油温	: 40±2℃
給油量	: 1.0 ~ 3.0L/min

3. 試験結果

図3に3,000rpmにおけるトルクの試験結果を示す。グラフは、横軸に給油量をとり、左側縦軸に攪拌トルクを、右側縦軸に油面高さをとった。攪拌トルクは折れ線で、油面高さは棒グラフにて示す。この結果より、いずれの給油量においても、油面高さはTypeAよりもTypeBのほうが高く、TypeBは給油量2.6L/minを超えると流入側が潤滑油で満たされていることがわかる。この現象は、図4に示す試験での潤滑油挙動の写真からも見て取れる。

試験の結果がこのようになる原因は、保持器の断面形状によるものと考えられ、図5に示すようにTypeAはTypeBと比較して大きな貫通面積を有しているからである。

また、攪拌トルクに関して、低流量の場合ではTypeBのトルクはTypeAより小さいのだが、高流量の場合、TypeBのトルクが急激に大きくなり、TypeAより大きくなる。つまり、流入側が潤滑油で満たされる2.6L/minを超えると、TypeBの攪拌トルクは急激に大きくなることがわかる。

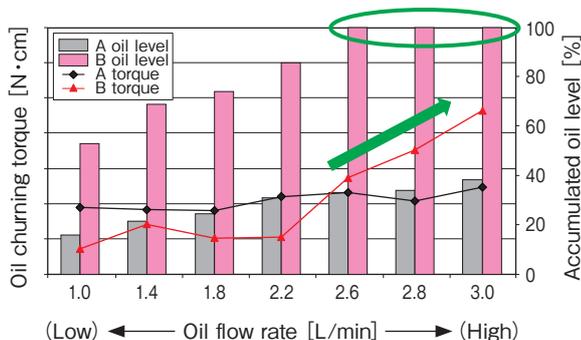
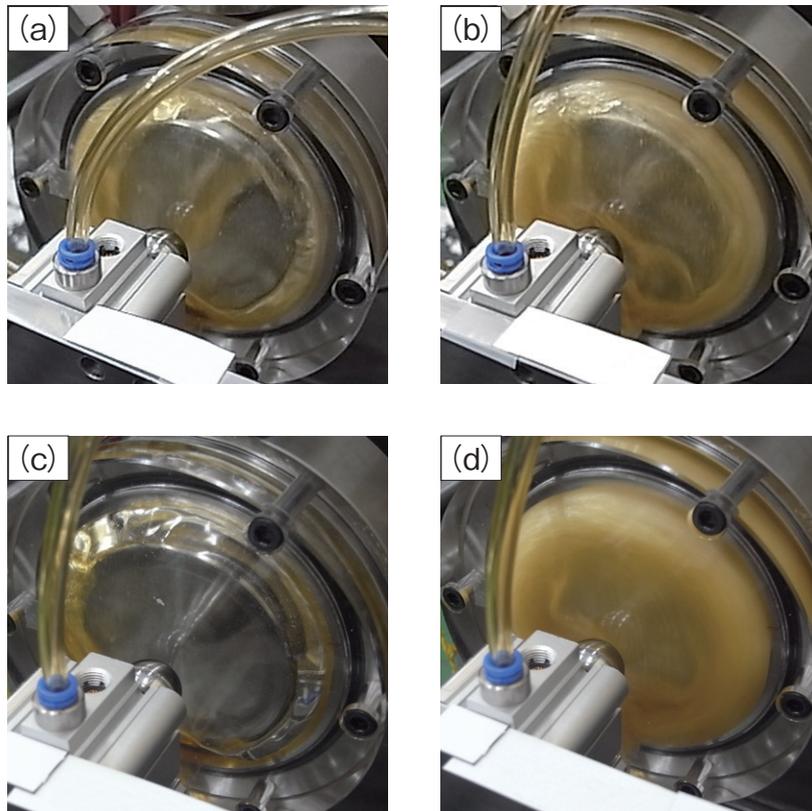


図3 試験結果



(a) TypeA, 1.0L/min
 (b) TypeA, 3.0L/min
 (c) TypeB, 1.0L/min
 (d) TypeB, 3.0L/min

図4 試験中の潤滑油挙動(3,000rpm)

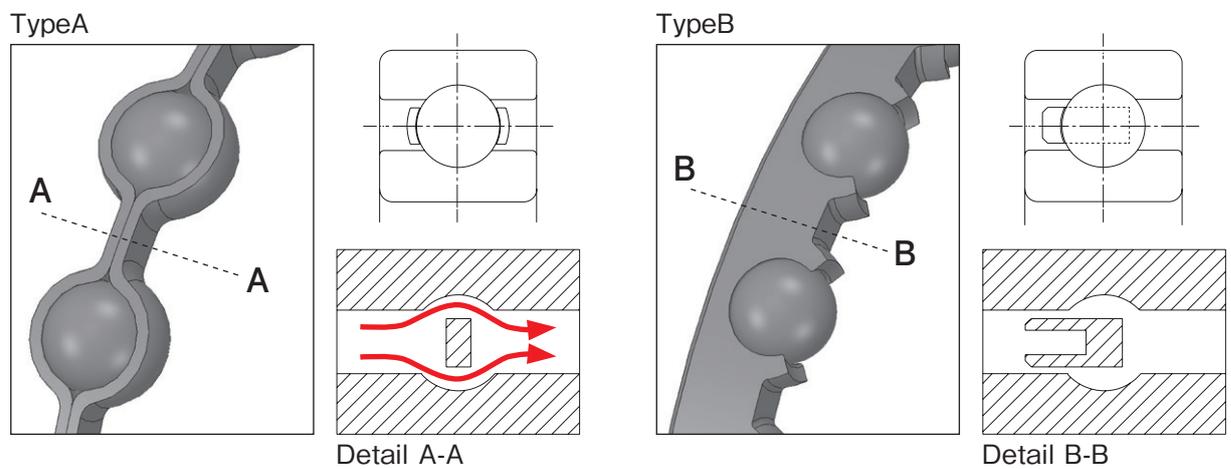


図5 保持器形状による貫通面積の違い

4. まとめ

今回、2種類の保持器を用いて試験を実施したことにより、保持器形状の違いが、油面高さや軸受トルクに大きな違いをもたらすことがわかった。次報では、流体解析を用いることにより、2種類の保持器のトルク発生要因を、低流量時と高流量時の2つに分類して考え、トルク逆転現象のメカニズム解明を行なっていく。

