

グリース潤滑小型玉軸受のトルクに及ぼす回転時間の影響

Effect of Rotation Time on Torque of Grease Lubricated Small Ball Bearing

東理大・理工（正）*野口 昭治 関東学院大・理工（正）**堀田 智哉

Shoji Noguchi*, Tomoya Hotta**

*Tokyo University of Science, **Kanto-gakuin University

1. はじめに

転がり軸受には潤滑剤が必須であり、用途に応じて様々な種類のグリースが使用されている。小型玉軸受は家電品のモータなどに大量に使用されており、高速化や低トルク化の要求が高まっている。転がり軸受の動トルクに及ぼすグリースの影響についての研究はこれまでにも行われている¹⁾。また、グリースの封入量についても、初期封入量の20%まで減少させてもグリース寿命時間まで焼き付かず、低トルクで回転し続けたとの報告もされている²⁾。

グリースの封入量に関しては、軸受内部の空間容積（内外輪間に形成される空間から保持器、転動体を引いた体積）を基準にして、回転速度によって空間容積の1/2程度、高速の場合には1/3などと量的な基準が決められているが³⁾、どのように封入するかについては記述されていない。基本的には専用ノズルを用いて、転動体と転動体の間に均等量封入していることが多いと思われるが、グリースは粘弾性体であり、機器を用いても毎回同じ形態で封入されているとは限らない。さらに、軸受輸送中の振動などで封入初期の状態から変化していることも考えられるので、同じ工程で製造された玉軸受でもユーザーに渡った際には、トルクはばらついている懸念がある。そこで、これまでに市販の608を用いてひとつの回転条件にたして30個の軸受のトルクを測定したところ、同じメーカーであっても3倍程度のばらつきがあること⁴⁾、軸受の姿勢（縦置き・横置き）の影響は見られないことを明らかにしてきた⁵⁾。しかし、グリース潤滑玉軸受のトルクに影響を及ぼす要因は、まだ多くあると考えられる。

グリース潤滑玉軸受のトルクは、回転初期に大きく、そこから徐々に低下していくことがわかっている。従って、トルクを測定する時間の影響を受けることが予想される。また、機械に組み込まれた転がり軸受は数年に渡って使用され続けるが、これまでに公表されているトルク測定時間は60分程度であることが多く、長時間に渡ってトルクを測定した結果については、公表されていない。そこで今回は、トルク測定における回転時間を変化させて、回転時間の影響を実験的に明らかにした結果について報告する。

2. トルク測定条件と測定装置

2.1 トルク測定条件

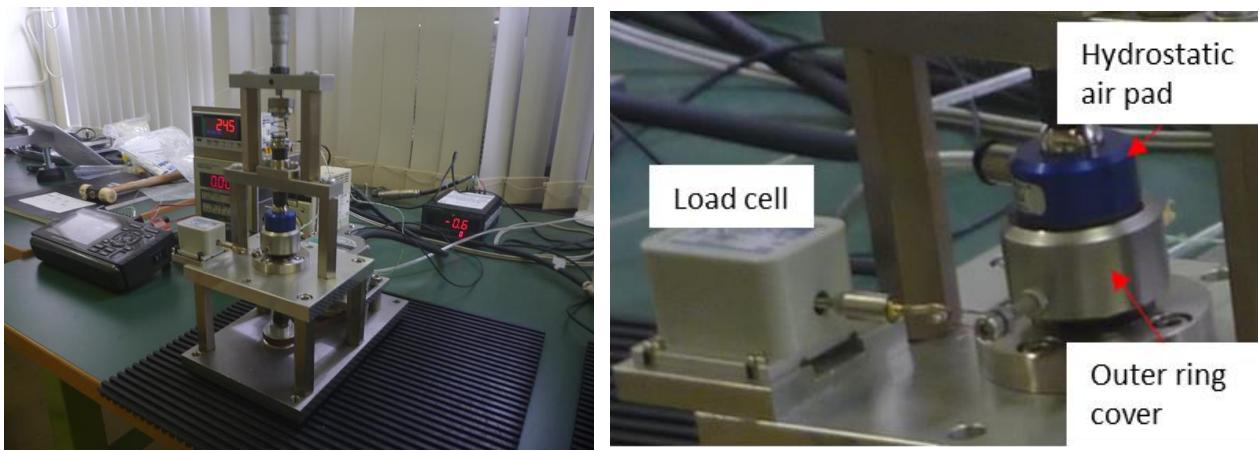
今回トルク測定に用いた軸受は608VVである。機械商社から購入した軸受であり、特殊な仕様ではなく、グリースの種類や量も指定して購入したものではない。測定軸受を含めた測定条件を表1に示す。これまでの報告では、複数メーカーの軸受を実験したが、今回は測定時間が長いため、使用した軸受は1社のみである。また、軸受姿勢は縦置きで行った。各回転速度で4個ずつ、トルク測定を行った。

Table 1 Experimental conditions

Test bearing	608VV (pressed cage, MC3)
Rotational speed	3600, 5400 min ⁻¹
Number of bearings	4 / rotation speed
Environmental temp.	24~26°C
Axial load	20 N
Test time	Initial : 0~8 hours After 1,4,8,16 weeks : 1 hour

2.2 トルク測定装置

本研究に使用したトルク測定の写真、軸受周辺の拡大写真を図1に示す。測定原理は、内輪を回転させた時の外輪の引きずり力をロードセルで測定し、回転中心から腕の長さを乗じて軸受トルクに換算している。今回の測定は3600, 5400min⁻¹で行ったが、装置としては7200min⁻¹まで可能である。アキシアル荷重は静圧スラストパッドを介して非接触で負荷しており、ロードセルを用いて測定している。また、使用した静圧スラストパッドは0.5MPa給気で80Nまで非接触で負荷できることを確認しているので、今回の測定条件よりも高速・高負荷でのトルク測定も可能である。



(a) Photograph of experimental device

(b) Details of the area around the test bearing

Fig.1 Outline of experimental device

2.3 軸受回転試験装置

トルク試験装置はアキシアル荷重の負荷に静圧空気パッドを使用しているが、研究室所有のエアコンプレッサは性能的に24時間連続運転できない。そこで、トルク測定時以外は、アキシアル荷重を負荷して回転させるだけの装置に移して、所定時間回転させた後にトルク測定を行った。回転試験装置の写真を図2に示す。

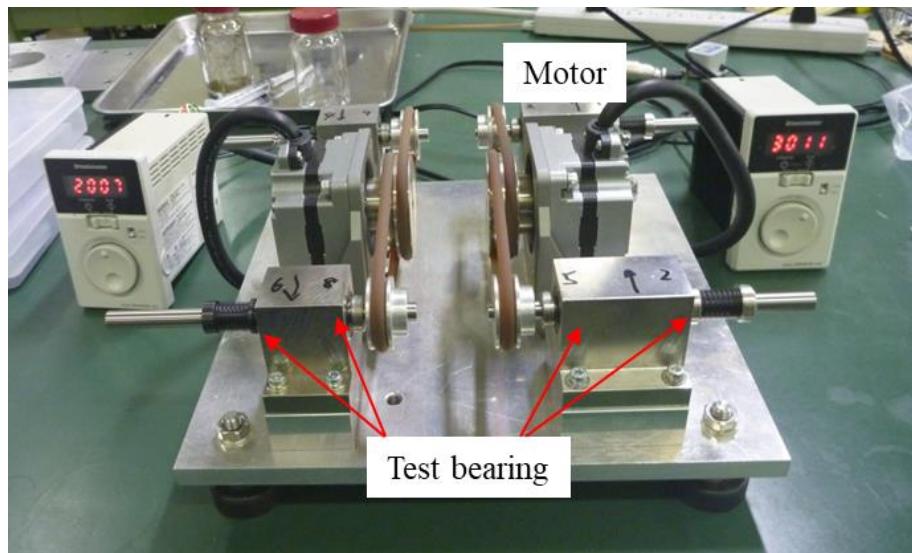


Fig.2 Photograph of bearing rotation test device

3. トルク測定結果と考察

初期トルク、一定時間回転させた後のトルク測定例を図3、4に示す。軸受は累積で16週間回転させたが、いずれの回転速度においても回転時間が長くなると、トルクが安定しやすくなっていることが見て取れる。回転時間が長くなるとグリースが飛散して、転動体の公転軌道から排除されたチャンネリング状態から回転が始まるためと考えられる。しかし、軸受の中には図5に示すように、16週間後であってもトルクが安定しない場合も観察された。また、どの測定においても回転初期においてはトルクが高い状態がしばらく続き、その前のトルク測定終了時のトルクよりも大きくなっている。この原因としては、トルク測定と回転試験を別の装置で行っているため、軸受荷重が途中で抜けてしまうこと、取付取り外し時に内部のグリース状態が微妙に変化すること、遠心力で外輪側に分布していた潤滑油が軌道面に戻ってきたこと等が考えられる。回転速度が高い方が、グリースが安定状態になる時間が短いので、トルクがより安定しやすいことも観察される。

4. おわりに

本研究では、長時間回転させてトルク測定を行った。その結果、回転時間を長くしてトルクを測定すると、トルクは小さく、変動も少なくなっていくことが明らかとなった。これまでのトルク測定においては、測定時間を60分で行っていたが、60分で安定していたと思われたトルク値よりも小さくなっていることが多く、トルク評価においては測定時間が非常に重要であることが明らかとなった。

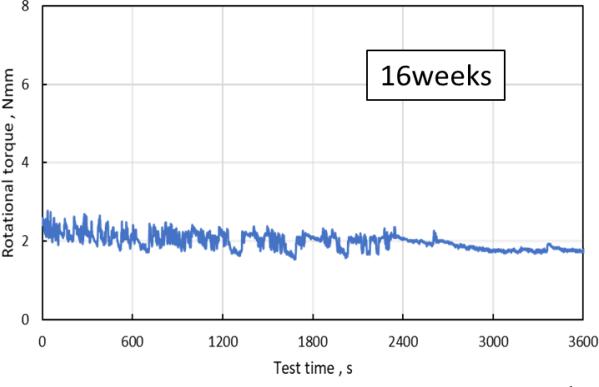
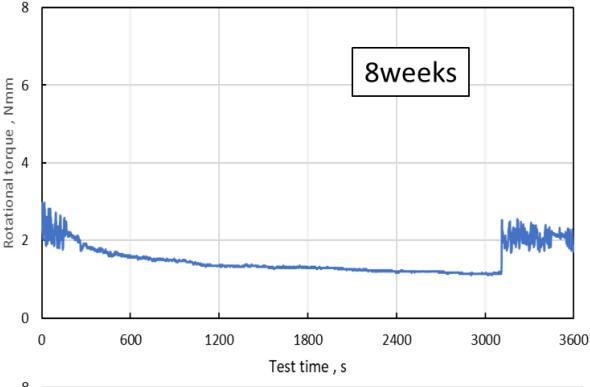
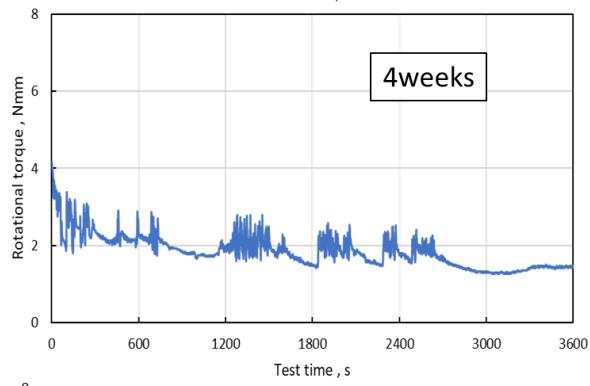
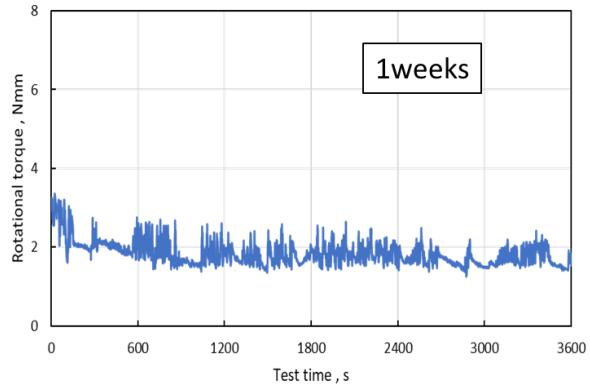
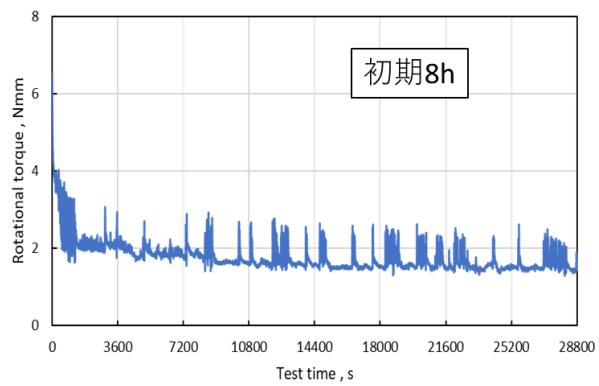


Fig.3 Change of bearing torque in long test time(3600min^{-1})

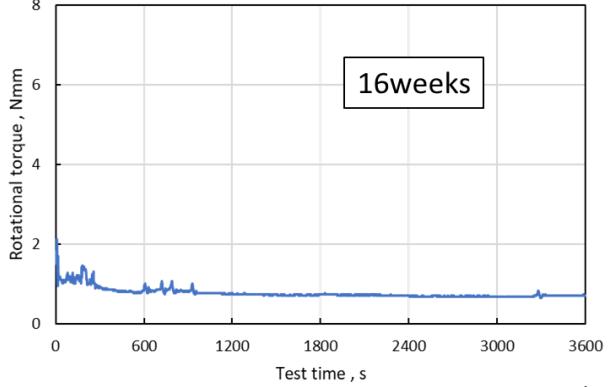
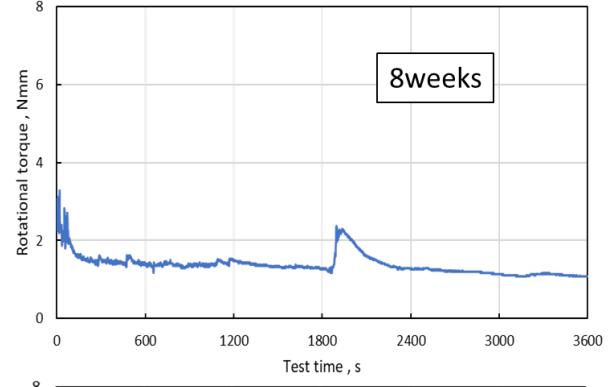
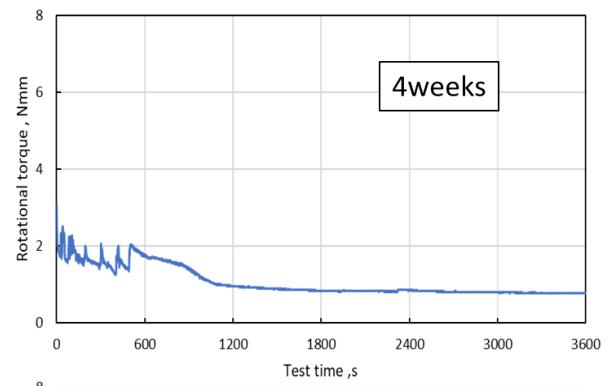
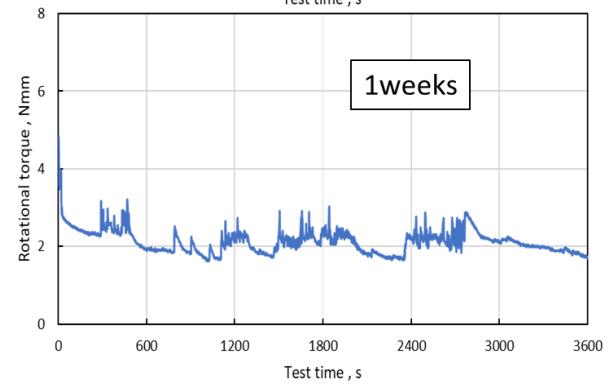
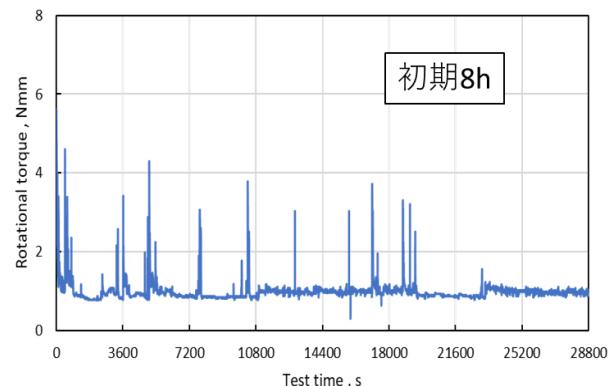


Fig.4 Change of bearing torque in long test time(5400min^{-1})

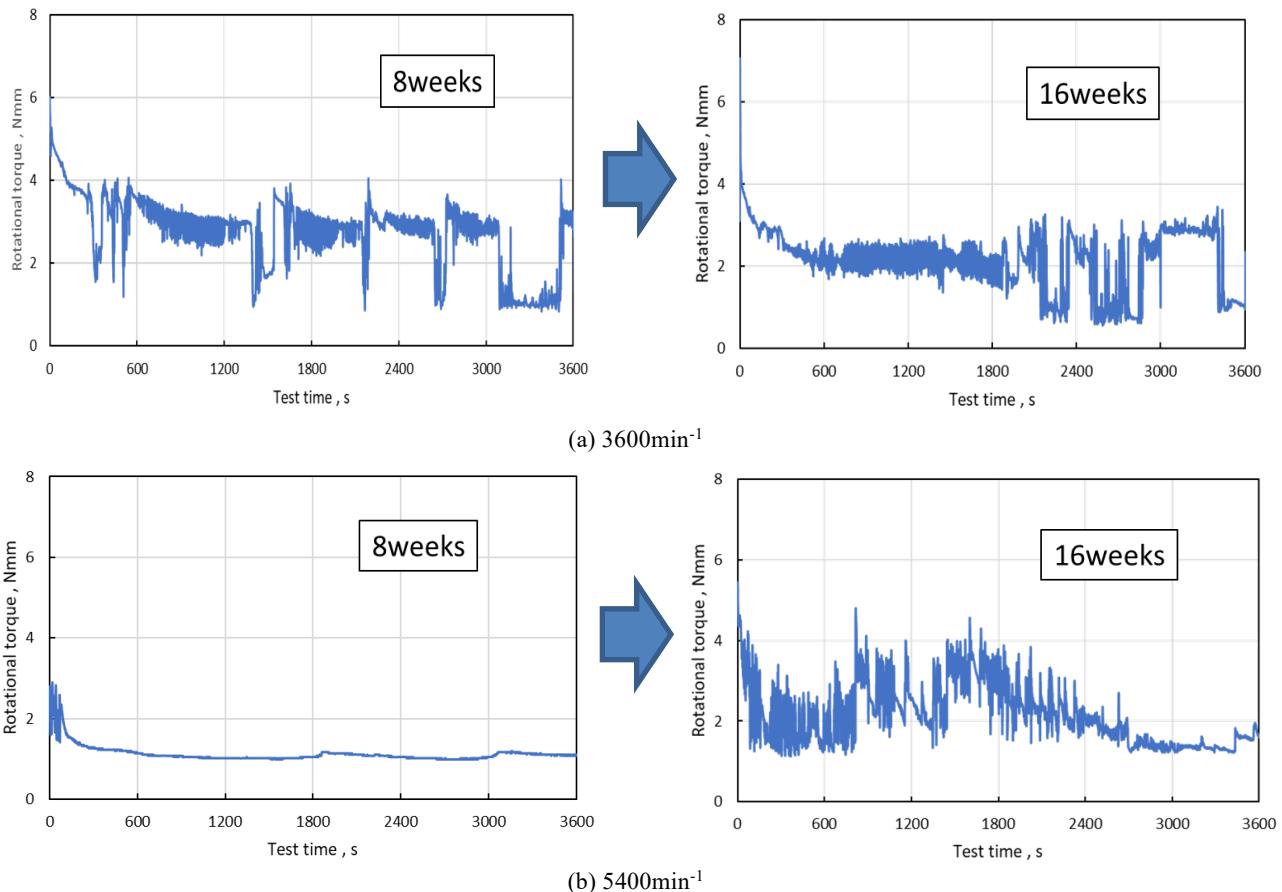


Fig.5 Example of torque not stable even after 16 weeks of rotation

文献

- 1) グリース潤滑下における転がり軸受の摩擦トルク, KYODO YUSHI TECHNICAL BULLETIN, No.4(2014)
- 2) 前田・野口: グリース潤滑における小型玉軸受の高速特性評価, 日本設計工学会 2018 年度春季大会研究発表講演会 予稿集, B03.
- 3) NSK テクニカルレポート CAT. No.728h (2013), 184.
- 4) 野口・堀田: 小型玉軸受の動トルクに及ぼすグリースの影響 (608 の動トルク実態調査), 日本トライボロジー学会 トライボロジー会議 2021 秋 松江, 108~110.
- 5) 野口・堀田: 横置きに設置したグリース潤滑 608 のトルク実態調査, 日本トライボロジー学会 トライボロジー会議 2022 秋 福井, 256~259.