

軸受トルクに及ぼす転がり抵抗の影響（第 2 報）
—グリース潤滑における入口距離の検証—
Effect of Rolling Resistance on Bearing Torque (Part 2)
-Verification of Dimensionless Inlet Distance in Grease Lubrication-

協同油脂（正）*市村 亮輔 （正）野木 高 （正）董 大明
Ryosuke Ichimura*, Takashi Nogi*, Daming Dong*
*Kyodo Yushi, Co., Ltd.

1. はじめに

近年，カーボンニュートラルの実現に向けてエネルギー消費量の削減が求められており，転がり軸受のトルクの低減は重要な課題の一つである．そのためトルクの評価方法または計算方法の確立は重要な課題であり，これまでに軸受のトルクを求める計算方法がいくつか提案されている．最近の研究では江川ら¹⁾が油浴潤滑下でのトルクの解析および実験検証をしており，軸受 6208，アキシアル荷重 1000 N，油種 VG68 の場合，軸受トルクの 90%程度が転がり粘性抵抗と報告している．前報²⁾では無次元入口距離を考慮した無次元転がり抵抗の計算式を提案し，油潤滑におけるトルクの実測値と比較して計算結果と一致すること，トルクの主要因が転がり抵抗であること，高速条件または油量の少ない条件においては入口距離が短くなってトルクが低下することを報告した．本報ではグリース潤滑における軸受トルクについて，前報と同様の計算式を用いた解析と実験結果について報告する．

2. 実験

2.1 実験方法

軸受トルクを測定するための装置を Fig. 1 に示す．この装置は前報と同じものを使用している．左側の主軸はモータと直結しており，スプライン軸を介して右側の主軸が回転する．右側の主軸には軸端に設置したエアシリンダによってアキシアル荷重を負荷している．浮動ハウジングの内部は外輪の側面と接触するように段付きにしておき，これによって左側の軸受にアキシアル荷重が伝わる．浮動ハウジングに取り付けたバーを装置の架台に固定したロードセルと接触させてトルクを測定した．なお回転軸は 2 個の軸受で支持されているため，軸受 2 個分のトルクが測定される．

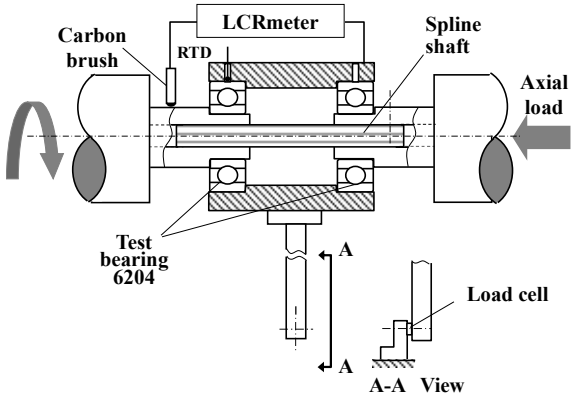


Fig. 1 Bearing test rig.

2.2 実験条件

本研究ではグリース潤滑下のトルクを検討するため，増ちょう剤の種類を変えたグリース A～D を用意した．実験条件を Table 1 に示す．供試軸受は深溝玉軸受 6204 を用い，アキシアル荷重を 400 N 負荷し，グリースの封入量は 1.0 g とした．実験条件 1 は増ちょう剤種類の検討条件で，速度を 1000 min⁻¹ 一定とし，1 時間のトルクを測

Table 1 Test conditions

	1	2
Axial load, N	400	400
Rolling speed, min ⁻¹	1000	300～6000
Time, min	60	60
Amount of grease, g	1.0	1.0

Table 2 Tested greases

	A	B	C	D
Thickener type	Aliphatic Diurea	Aromatic Diurea	Alicyclic-Aliphatic Diurea (a)	Alicyclic-Aliphatic Diurea (b)
Thickener concentration, mass%	10.5	24.2	10.5	10.5
Base oil type	PAO	PAO	PAO	PAO
Viscosity of base oil (25℃) mPa・s	76.7	75.1	76.7	76.7
Penetration	255	253	247	246

定した。実験条件 2 はグリース A, B の 2 つに限定して速度を $300 \sim 6000 \text{ min}^{-1}$ の範囲とし、それぞれの速度で 1 時間のトルクを測定した。なおトルクの計算については前報の計算式を用いた。

3. 結果および考察

増ちょう剤種類毎の測定結果を Fig. 2 に示す。最もトルクの低いグリース A は回転初期からトルクが低く、また時間が経過してもトルクが殆ど変わらない。これは回転初期で速やかにグリースが軸受内で再配置されてチャンネリング期に移行したためと考えられる。最もトルクの高い D は時間経過に応じてトルクの低下が見られた。特に開始から 10 min の間のトルク低下が著しく、これはグリースの再配置による攪拌抵抗の減少が含まれると考えられる。またいずれのグリースも基油のトルクと比較すると、10 min 以降は低トルクを示した。

油潤滑と同様にグリース潤滑においてもトルクの主要因が転がり抵抗と仮定し、10~60 min 間のトルクについて 5 分毎の実測と計算カーブの比較を Fig. 3 に示す。グリース A, C とともに $m=2$ のカーブと一致した。グリース B は $m \geq m^*$ から $m=2$ のカーブへ徐々にシフトした。グリース D は $m \geq m^*$ のカーブと一致した。グリース B は時間の経過で、入口距離が徐々に短くなってトルクが低下したと考えられる。グリース B 以外のグリースはトルクひいては入口距離が変わらない。すなわち増ちょう剤の種類によって入口距離の長さ、時間経過に伴う入口距離の挙動が異なることが示された。

次に速度を変えた結果を Fig. 4 に示す。基油のトルクは低速では $m \geq m^*$ 、高速では $m=3 \sim 4$ 程度であり、グリースよりも高トルクを示した。グリース A は 3000 min^{-1} よりも 6000 min^{-1} の方が低トルクを示した。これは速度が高くなることで軌道面に再流入する油量が少なくなり、入口距離が短くなったためと考えられる。グリース B は 300 min^{-1} において $m \geq m^*$ のカーブよりも高いトルクを示した。これはトルクの要因として転がり抵抗のみではなく攪拌抵抗も含まれたためと考えられる。 3000 min^{-1} と 6000 min^{-1} の結果を比較すると 6000 min^{-1} の方が低トルクを示した。これはグリース A と同様に入口距離が短くなったためと考えられるが、その入口距離はグリース A の方が短い。すなわち増ちょう剤の種類によって速度の入口距離への影響が異なることが示された。またこれまでの基油とグリースの結果を比較するとグリースの方が基油よりも低トルクであり、グリースのレオロジー特性が油量ひいては入口距離に影響していると考えられる。

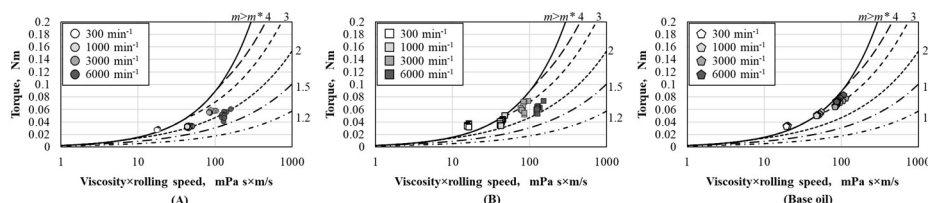


Fig. 4 Effect of speed on bearing torque

4. おわりに

グリースも基油と同様にトルクの主要因が転がり抵抗という前提のもと、本研究の検討により以下の結論を得た。

- (1) 増ちょう剤の種類によって入口距離の長さ、時間経過に伴う入口距離の挙動が異なることを示した。
- (2) 速度の高い条件では軌道面に再流入する油量が少なくなって入口距離が短くなるが、入口距離の長さは増ちょう剤の種類が影響する。
- (3) いずれの実験においてもグリースの方が基油よりも低トルクを示した。グリースのレオロジー特性が入口距離に影響していると考えられる。

文献

- 1) 江川・坂口：十分潤滑下の玉軸受のトルク計算方法の実験検証，トライボロジー会議 2024 秋 名護 予稿集，115。
- 2) 市村・野木・董：軸受トルクに及ぼす転がり抵抗の影響—無次元入口を考慮した軸受トルクの計算—，トライボロジー会議 2024 秋 名護 予稿集，557。