

## 玉軸受用各種繊維充填 PA66 射出成形樹脂保持器の 組込み挿入力評価と軸受回転試験評価

### Evaluation of Insert Force and Bearing Rotation Test of Various Fiber-reinforced PA66 Injection Molded Resin Cages for Rolling Bearings

富山県立大・院（学）\*小林 香捺斗 富山県立大・工（正）宮島 敏郎

（株）テー・シー・富山（正）齋藤 重正 （株）テー・シー・富山（非）舟戸 保典

Kanato Kobayashi\*, Toshiro Miyajima\*, Shigemasa Saito, Yasunori Funato

\*Toyama Prefectural University, \*\*T・C・Toyama Co., Ltd.

#### 1. はじめに

軸受の構成部品である樹脂製保持器は、金属保持器に比べ、軽量で自己潤滑性や耐薬品性に優れている点などから、様々なベアリングに使用されている。一般的に、樹脂保持器は、剛性などの特性改善のために、強化繊維を混ぜて射出成形により成形されることが多い。その強化繊維としては、コストパフォーマンスに優れたガラス繊維や、軽量かつ高強度な炭素繊維が広く使われる。他にも、近年、環境に優しく、優れた特性<sup>2)</sup>を有するセルロースナノファイバー（以下、CNFと表記）が注目されている。このように、様々な強化繊維がある一方で、これらを用いた樹脂保持器についての学術研究はあまり行われていない。

そこで本研究では、量産で使用される小型射出成形機を用いて、ガラス繊維、炭素繊維および、CNFが充填された樹脂保持器を作製し、その樹脂保持器を用いて、玉軸受に保持器を組込む際の力の測定と、玉軸受の高速回転時の摩擦係数と温度上昇変化の測定<sup>3)</sup>を行った。これらの結果から、玉軸受用各種繊維強化 PA66 射出成形樹脂保持器のトライボロジー特性への影響について評価した結果を述べる。

#### 2. 試験用玉軸受について

試験には、市販の深溝玉軸受 6302（外径 42 mm，内径 25 mm）を用いた。その外観写真を Fig. 1 (a)に示す。この深溝玉軸受は、7 個のリベットで締結された金属保持器が付いている。まず、このリベット部分を精密卓上ドリルで取り除き、金属保持器を外した（Fig. 1 (b)参照）。その後、油を用いた洗浄と、圧縮空気での切削くずの吹き飛ばしを繰り返し行い、玉軸受内にある微小な切削くずを丁寧に除去して試験に用いた。



(a) With metal cage (b) Without metal cage

Fig. 1 Photographs of the ball bearing 6302

#### 3. 供試材料

樹脂保持器は、企業から借用した小型射出成形機で成形した。成形した保持器（外径 33 mm，内径 25.5 mm）の外観写真を Fig. 2 に示す。試験片には、(a) PA66 系樹脂に炭素繊維を重量比 20%充填されるように成形した保持器（以下、CF20 と表記）、(b) PA66 系樹脂にガラス繊維を重量比 25% 充填されたペレットで成形した保持器（以下、GF25 と表記）、(c) PA66 系樹脂のみで成形された保持器（以下、NT と表記）、(d) (e) (f) PA66 系樹脂 (c)に CNF を重量%で、1%，5%，10%，混ぜ合わせたペレットで成形した保持器（以下、CNF1，CNF5，CNF10 と表記）の計 6 種類の保持器を用いた。また、PA は吸湿等による機械的特性変化を有するため、蒸気による吸湿処理を 6 時間した後、約 19 時間乾燥して、試験に使用した。



Fig. 2 Photographs of the specimen

#### 4. 保持器組込み試験

##### 4.1 保持器組込み挿入力評価試験機および試験方法

冠型保持器の場合、爪部分の強さが重要になる。そこで、爪部分の強さを評価するために、研究室独自仕様の保持器組込み挿入力評価試験機で、玉軸受に保持器を組込む際の挿入力と変位の測定<sup>3)</sup>を行った。装置の概略図を Fig. 3 に示す。組込む際に発生する力は、ハンドプレス下部先端に装着された電荷出力型圧電式荷重センサを用いて測定した。また、組込みによる位置変位はハンドプレス上部先端に装着された接触式変位計で測定した。

組込み挿入力評価方法は以下のとおりである。ステージ台に置いた玉軸受の上に保持器を載せ、その上にアルミ平板を載せる。ハンドプレスのレバーを下ろすことで、ハンドプレス下部先端部分がアルミ平板に接触され、さらに押込むことで、保持器が玉軸受に組込まれる。このときの押し込んだ際の力とレバーの変位量をデータロガー経由で PC に取り込んだ。この時のサンプリング周波数は 50 μs とした。

## 4.2 試験結果および考察

押し込みによる変位と力の関係を Fig. 4 に示す。組み込み時に保持器爪が変形していると考えられる変位量（①から②）を各種保持器ごとに定めた。その直線の傾きを最小二乗法によって求め、保持器の荷重／変位をばね定数として評価した。各保持器のばね定数を Fig. 5 に示す。NT, CNF1, CNF5, CNF10 のばね定数は、CF20, GF25 より低い。また、CNF 含有量の増加により、NT のばね定数より高くなる傾向がある。

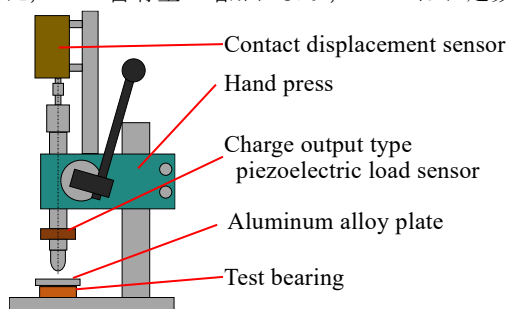


Fig. 3 Schematic view of the testing machine to measure insertion force of cage

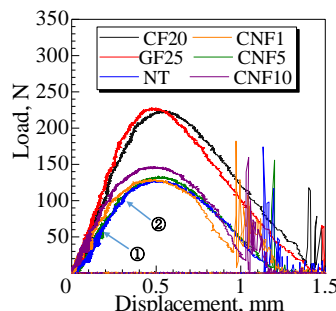


Fig. 4 Relationships between load and displacement

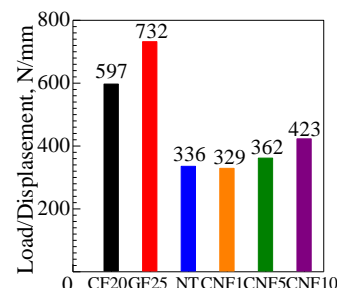


Fig. 5 Variation of load / displacement

## 5. 高速玉軸受回転試験

### 5.1 高速玉軸受回転試験機および試験方法

高速玉軸受回転試験は、研究室で製作した試験機を用いた。装置の概略図を Fig. 6 に示す。回転軸には、オイルタンクで囲まれた支持軸受を設け、その右先端部に、セットカラーを組み込んだ試験玉軸受を取り付けた。試験玉軸受には、負荷荷重をかけずに、セットカラーの自重のみかかるようにした。セットカラーには、玉軸受を固定するボルトを設け、このボルトにナットを挿入して、ロードセルに取り付けたマグネット付ボルトに接触させた。摩擦力は、回転で作用する力をこのロードセルで検出して評価した。また、放射温度センサによって、回転試験時の温度変化も同時計測した。

試験手順は次のとおりである。試験前に、保持器を組み込んだ玉軸受を油で一定時間浸した。次に、回転速度  $1000 \text{ min}^{-1}$  で開始させ、1 分間待機する。その後、5 秒ごとに  $100 \text{ min}^{-1}$  上昇させて  $2000 \text{ min}^{-1}$  に達したら 1 分待機する。これを  $15000 \text{ min}^{-1}$  に達するまで繰り返す。 $15000 \text{ min}^{-1}$  到達から 3 時間の間、ロードセルにかかる力（摩擦力に相当）を測定した。なお、サンプリング時間は  $200 \text{ ms}$  とした。

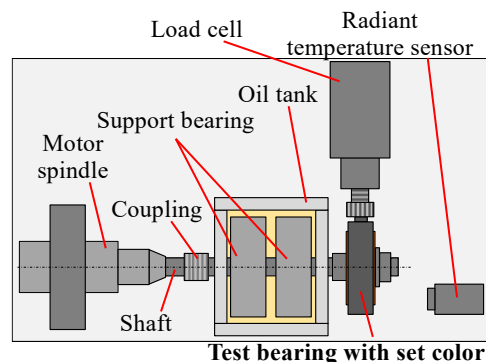


Fig. 6 Schematic view of the high-speed ball bearing rotation tester

### 5.2 試験結果および考察

3 回試験を行い、 $15000 \text{ min}^{-1}$  に到達してから試験終了までの各保持器の摩擦力の平均値の 3 回分の平均値を Fig. 7 に示す。NT の摩擦力は最も低い。一方、CNF1, CNF5, CNF10 の摩擦力は、CF20 より低く、GF25 とほぼ同じ値となった。

回転試験開始から 3 時間到達以降の各保持器の平均温度の 3 回分の平均値を Fig. 8 に示す。NT の温度は、最も高い。一方、CNF1, CNF10 の温度は、CF20, GF25 より高い値となった。

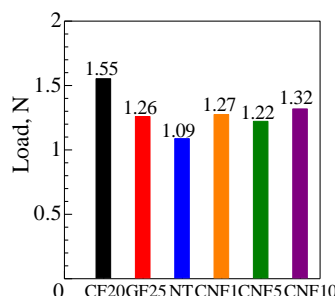


Fig. 7 Relationships between average of friction load and various cages

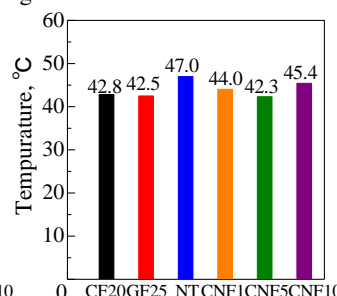


Fig. 8 Relationships between average temperature and various cages

## 6. おわりに

本研究の組み込み試験によるばね定数（強さ）評価により、CNF を混合することで、PA66 樹脂単体（NT）よりばね定数が向上することがわかった。また、高速玉軸受回転試験により、 $15000 \text{ min}^{-1}$  の環境下では、ばね定数（強さ）の低い（柔らかい）NT の摩擦力が良好であることがわかった。しかし、温度が最も高いことから、より過酷な環境下や高回転下では、ばね定数（強さ）が高く、温度の低い CF20 や GF25 が良好であると考えられる。今後は、その要因考察や、より高回転下での比較を進めていく。

## 文献

- 1) 石野：エンジニアプラスチック用ガラス繊維，SEN' I GAKKAISHI（繊維と工業），Vol.64, NO.10 (2008), 336-341.
- 2) 榊原：セルロースナノファイバーの基礎と応用，化学と教育，第 70 巻，第 1 号 (2022), 279-301.
- 3) 宮島・武村ほか：玉軸受用繊維強化 PA66 射出成形樹脂保持器の組み込み挿入力評価と軸受回転試験評価，トライボロジー会議 2024 春 東京 (2024), A20.