

# 複合荷重が作用するつば付き円筒ころ軸受の内部荷重と温度 Internal Loads and Temperatures of Cylindrical Roller Bearing with Ribs under Radial and Axial Loads

鉄道総研（正）高橋 研 鉄道総研（正）鈴木 大輔

Ken Takahashi, Daisuke Suzuki

Railway Technical Research Institute

## 1. はじめに

つば付き円筒ころ軸受（以下、軸受とする）において、ラジアル荷重はころ転動面と内外輪の軌道面との転がり接触面が、アキシアル荷重はころ端面と内外輪とのすべり接触面がそれぞれ独立して負担する。軸受の転がり疲労の観点からは、転がり接触面の荷重（転動体荷重）の大きさや分布が、すべり摩擦や耐焼付き性の観点からは、すべり接触面の荷重（つば荷重）の大きさや分布を把握することが重要である。近年の軸受の使用環境の多様化やそれに伴う潤滑条件の過酷化から、特にすべり接触面の摩擦やころの運動（例えば、スキューやすべり等）に影響を与えるつば荷重の正確な把握は重要である。また、荷重ともに油膜形成に大きな影響を与える転がり接触面、あるいはすべり接触面の温度の把握も重要である。そこで、種々の荷重条件下で、軸受の転がり接触面とすべり接触面の荷重と温度を個別に測定し、荷重に対する変化の傾向について考察した。

## 2. 試験装置および測定用軸受

Figure 1 に試験装置の概略を示す。この装置は、正面組合せで対向する 2 個の試験軸受をモータで回転させる構造である。試験軸受の外輪はハウジングを介して軸箱に取り付けられ、軸箱を主軸に垂直方向に押すことでラジアル荷重を、水平方向に押し引きすることによりアキシアル荷重を作用させる。潤滑油はタンクから試験軸受の上部に給油され、下部から排油される。タンク内のヒータおよび配管途中のチラーにより給油温度を、絞り弁およびリリーフ弁により給油量をそれぞれ調整できる。

試験軸受を ISO 呼び番号 NF313E の軸受（Table 1）とし、Fig. 1 に示した 2 個の軸受のうち、モータ側の軸受を測定用軸受とした。Figure 2 に示すように、測定用軸受の内輪には、軌道面の母線方向に平行な溝状の切欠きと、つば面の母線方向に平行な溝状の切欠きを、それぞれ円周方向に 180°対向する位置に設けた。これらの切欠きは、前者が転動体荷重を、後者がつば荷重を、測定することを狙って設けたものであり、それぞれの底部に、Fig. 3 に示すようにひずみゲージを接着した。さらに、両切欠きから 90°の位置に直径 1mm の穴を、穴底部が軌道面直下 1mm、およびつば面直下 1mm の位置になるように 2 箇所設けた。これらの穴は、前者が軌道面温度を、後者がつば面温度を、測定することを狙って設けたものであり、それぞれの底部に測温接点位置するように熱電対を設置した。以上のひずみゲージおよび熱電対からの配線は、試験装置の主軸中心に設けた貫通孔を経由し、軸端のスリッリングを介して静止場の収録装置に接続した。

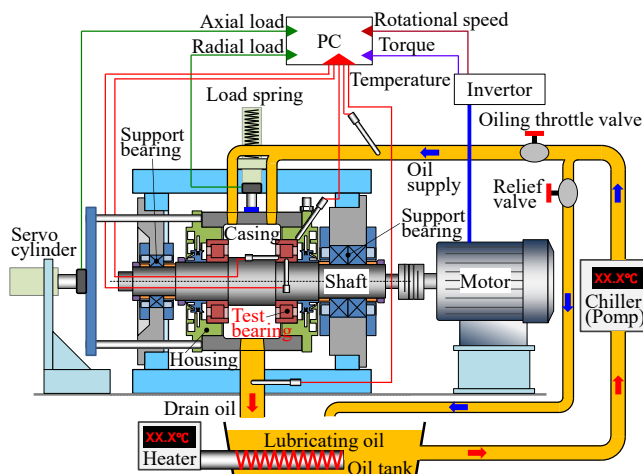


Fig. 1 Testing apparatus

Table 1 Test bearing

Bearing designation	NF313E
Outer diameter	140mm
Inner diameter	65mm
Width	33mm
Dinamic load rating	189000N

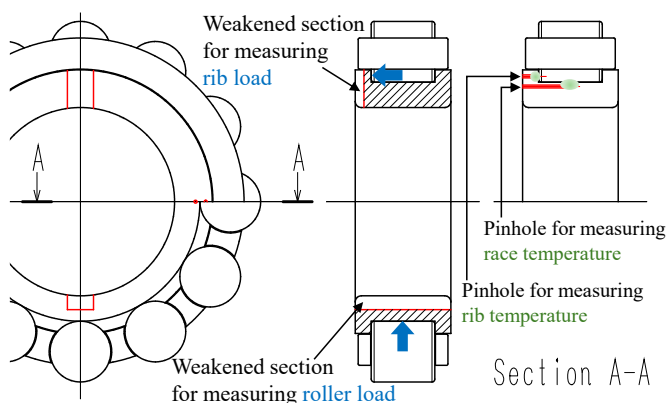
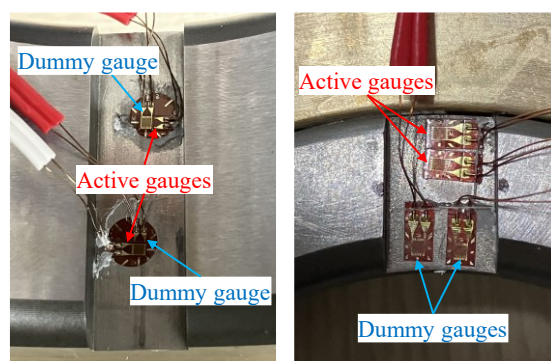


Fig. 2 Modifications for bearing inner race for measurements



(a) For roller load (b) For rib load

Fig. 3 Strain gauges attachment conditions

### 3. 測定条件

潤滑油はISO VG 150 相当のギヤ油を使用し、給油量は測定用軸受当たり 1.0L/min とした。給油温度は、内部荷重測定時：約 25°C、内部温度測定時：約 45°C とした。軸受の内輪回転速度は、内部荷重測定時：200min<sup>-1</sup>、内部温度測定時：3000min<sup>-1</sup> とした。軸箱に与えるラジアル荷重（軸受 2 個分） $L_r$  は 4~24kN、アキシアル荷重（測定用軸受分） $L_a$  は  $L_r$  の 0~50% の範囲で変更した。なお、荷重については、事前に軸箱に複数水準の純ラジアル荷重または純アキシアル荷重を与えた状態で軸受を回転させ、ころが切欠き部を通過する際に測定されるひずみ出力を転動体荷重またはつば荷重と対応させることで校正を行った。

### 4. 測定結果および考察

#### 4.1 内部荷重

$L_r$  を 8, 16, 24kN,  $L_a$  の値を各  $L_r$  に対し、0, 25, 50% とした場合の転動体荷重分布を Fig. 4 に、つば荷重分布を Fig. 5 に示す。横軸のころ位置は、軸受 1 周を 360° とし、Fig. 1 で天の位置に当たる負荷圏中央を 180° とする。転動体荷重は、負荷圏中央を頂点として左右がほぼ対称の山形の分布となることが確認できる。同じ  $L_r$  で比較すると、 $L_a$  が大きいほど負荷圏の範囲が広がるが、最大転動体荷重は  $L_r$  によらずほぼ一定となることがわかる。特に、 $L_r=24$ kN,  $L_a=12$ kN とアキシアル荷重が大きい条件では、負荷圏の範囲は軸受の上部半周（90°~270°）をわずかに超えて広がっていることがわかる。一方、つば荷重についても、転動体荷重と同様に負荷圏中央の 180° を頂点として左右がほぼ対称の山形の分布となることが確認できる。同じラジアル荷重で比較すると、アキシアル荷重が大きいほど負荷圏の範囲が広く、最大つば荷重が大きくなることがわかる。なお、つば荷重の負荷圏の範囲は、転動体荷重の負荷圏の範囲とほぼ一致している。

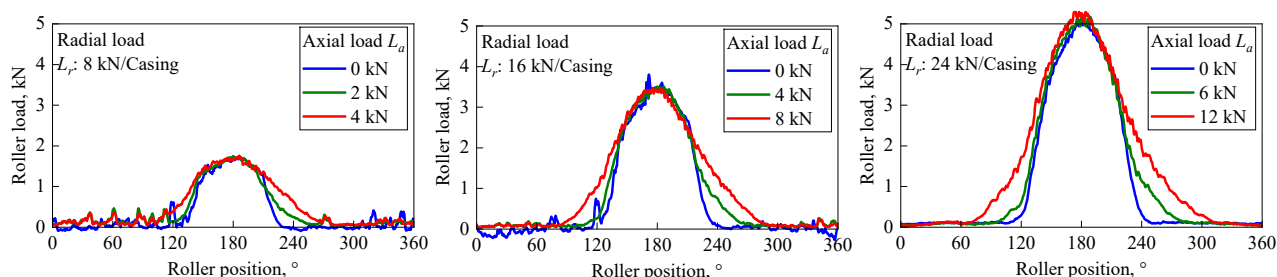


Fig. 4 Roller load distributions

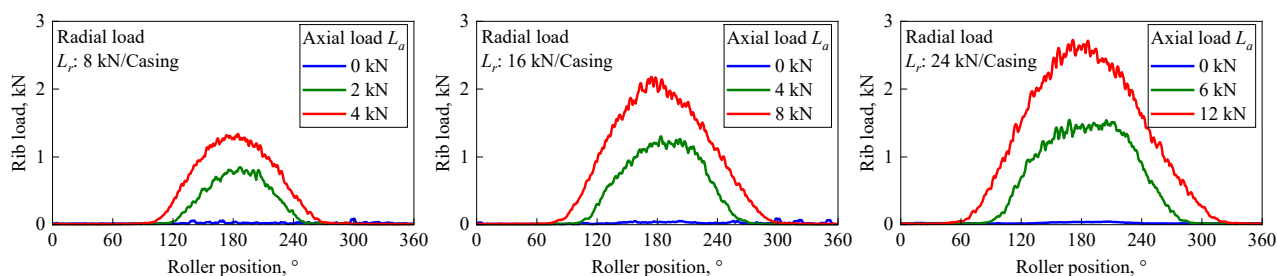


Fig. 5 Rib load distributions

#### 4.2 内部温度

内部温度の測定にあたっては、各荷重条件でそれぞれ 60min 間回転を続けると、軸受各部の温度がほぼ一定となり、試験装置の系全体が熱平衡に達するため、一連の回転 60min 間のうちの最後の 10min 間の平均値を測定値とした。温度の測定値を  $L_r$ 、および  $L_a/L_r$  に対して整理したコンター図を Fig. 6, Fig. 7 に示す。Fig. 6 が軌道面温度、Fig. 7 がつば面温度を示す。なお、図中の黒点は測定を実施した荷重条件を示し、作図にあたっては黒点間を補間した。軌道面温度、つば面温度ともに、 $L_r$  が増加するほど、また  $L_a/L_r$  が増加するほど高くなる傾向が認められる。 $L_r$ 、および  $L_a/L_r$  が小さい条件では軌道面温度がつば面温度より高いが、 $L_r$ 、および  $L_a/L_r$  が大きい条件ではつば面温度が軌道面温度より高い。これは、 $L_a$  が小さい場合には軌道面の転がり粘性抵抗が、 $L_a$  が大きい場合にはつば面のすべり摩擦が軸受の発熱に与える影響が大きいためと推定される。

### 5. おわりに

つば付き円筒ころ軸受の内部荷重について、アキシアル荷重が大きいほどつば荷重の負荷圏の範囲が広く、最大値が大きくなること、内部温度について、ラジアル荷重およびアキシアル荷重の条件によって、つば面温度と軌道面温度の大小関係が逆転することなどがわかった。

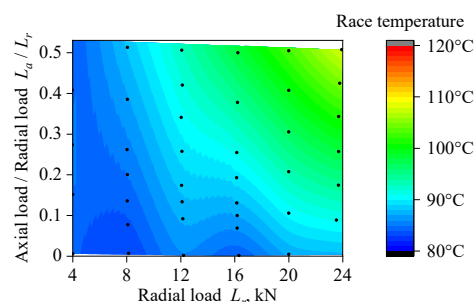


Fig. 6 Race temperature

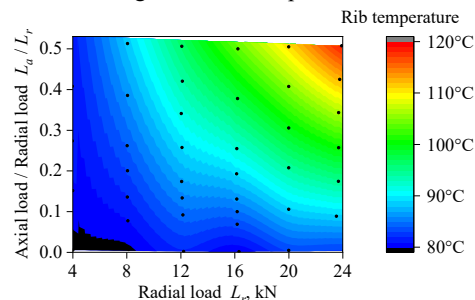


Fig. 7 Rib temperature