

## 円筒ころ軸のラジアルすき間について

渡辺 修\* 河本章徳\* 大島貴充\*

## On the Radial Clearance of Cylindrical Roller Bearing

Osamu WATANABE, Akinori KOMOTO, Takamitsu OSHIMA,

**概要** 複列円筒ころ軸受のラジアルすき間を変えて、軸系の剛性変化を求めた。その結果、軸停止時と、回転時ではかなり剛性が異なり、後者において剛性の増加が認められた。さらに、軸心の動きの定常性をリサージュ像によって求め、供試軸受のラジアルすき間の最適値が、 $2\sim 3\mu$ であることを明らかにした。

## 1. 緒言

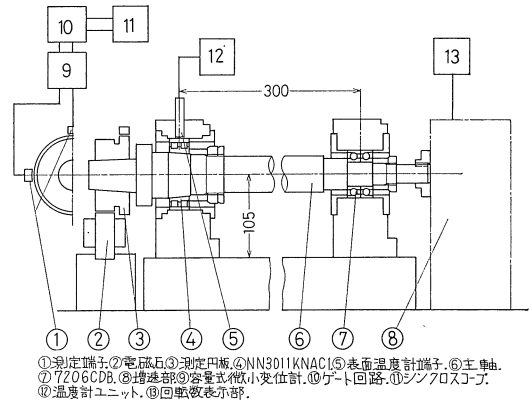
工作機械の主軸受として多用されている複列円筒ころ軸受 (NN30系) は多くがラジアルすき間を調節できるように内輪に1/12のテーパを持ったものが使用されている。このすき間の量は、軸受の負荷容量、回転精度、剛性、軸受温度等に大きな影響を及ぼすが、負荷容量や寿命に関しては、若干負のすき間であることが性能向上に役立つ事が知られている<sup>(1)</sup>。また剛性の面においてもすき間が少ない方が向上することがわかっている。

しかしながら、ころがり軸受はその構成要素の多いこと、温度上昇による内、外輪の温度差のためのすき間減少等により、厳密に最適なすき間を決定することは、かなり困難な事である。またすき間の違いによる回転状況の変化は、まだ、は握されていないようである。

本報においては単一のころ軸受のすき間を  $12\mu$  から  $0\mu$  まで変化させて (他の構成要素は一定に保ち) 軸心の軌道の安定性を調べ、又、一定の負荷を加えた時の軌道の変動の状況を求め、すき間の影響を具体的には握し、さらには軸心の動きのコントロールの可能性を探ったものである。

## 2. 実験装置および実験方法

本実験に使用した装置の概略図を第1図に、又、装置全体を写真1に示す。主軸は長さ約500mm、重量約8.5kgの水平軸であり、一端には供試軸受である複列円筒ころ軸受 NN3011 KNACI、他端にはアンギュラ玉軸受 7206 CDB が組込まれている。またころ軸受外輪とハウジング間はわずかながらすき間バメになっている。この軸を無段変速機付きモーターと2段の増速部を介して駆動する。さらに軸端に電磁石により無接触で垂直下向き



第1図 装置概略

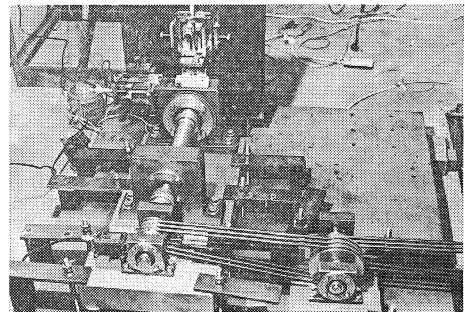


写真 1

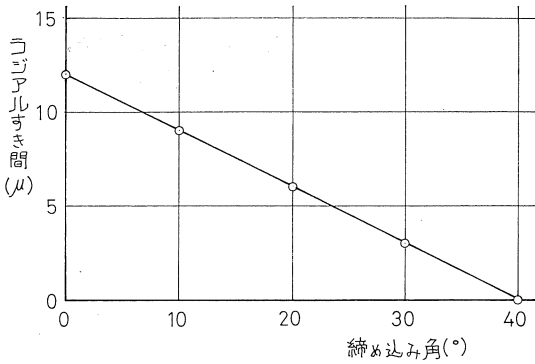
に負荷をかけられるようになっている。また軸心の動きは約  $8\mu$  の偏心のついた測定用円板と容量式微小変位計によって感知し、ゲート回路を通してシンクロスコープにリサージュ像として、任意の回転数だけ表わされる。軸受の温度はハウジングを通して、表面温度計を差し込み、外輪外面上の温度を測定した。又、軸の回転数は、1秒間ゲートのカウンターに毎分あたりの回数として表

\* 機械工学科

示される。

ラジアルすき間の設定

ラジアルすき間を調節するのに、内輪のテーパを利用して押し広げるが、前もって内輪側面上に、60°間隔に6枚のストレインゲージをはって、均一に膨張するのを確認した。次に内輪を軸に組み込んだ状態で、ラジアルすき間を測定し、ナットの締め込み角とラジアルすき間の対比を行なった結果、第2図のように明確な関係を得たので以後実験においては、このナットの締め込み角を基準に取った。



第2図 ナット締め込み角とラジアルすき間

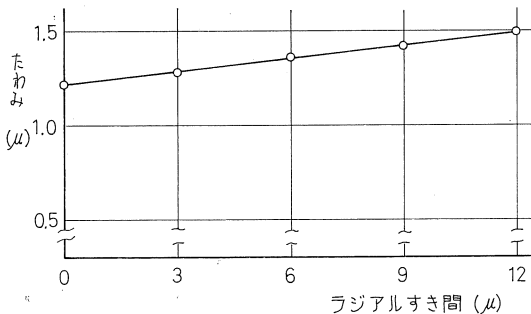
測定

最初に静止状態においた軸のステップ応答を10Kgの一定力、および最大値で10Kgの120Hz正弦波加振に対して測定した。

次に軸を600, 900, 1200, 1500, 2100r. p. mの各回転数において、上と同様に軸の自重のみ、10Kgの一定力、正弦波加振の3状態をゲート回路を通して、10回転だけリサージュ像として表わし、軌道の定常性を求めた。又、軸受の温度上昇については、上の各すき間について温度が一定になるまで計測した。

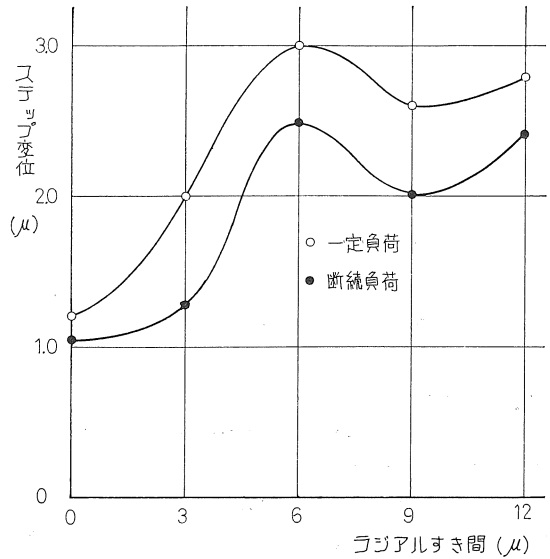
3. 実験結果および考察

最初に10Kgの力で軸端を吸引した時の軸自体のたわみを、軸にはったストレインゲージによって求めた。その結果を第3図に示す。



第3図 測定部における軸のたわみ

これにより測定円板位置における軸自体のたわみは、すき間の減少に伴って1.49μから1.22μまで減少し、軸の剛性が増していることがわかる。以後の実験結果では、すべてこの軸自体のたわみを含んでいる。



第4図 軸停止時におけるステップ変位

第4図は、軸を停止した状態で負荷をかけた時の測定部における軸の変位を示すものである。すき間が0μから6μまででは、すき間につれて軸系の剛性が弱くなり、それ以上のすき間では、その影響はなくなっているようにみられる。この時、軸自体のたわみをさし引くと、軸受部の変位は、すき間の増加に伴い0~約1.5μまで変化するが、この要因としては、まず一般に言われているように、ころと内、外輪の接触による弾性変形が考えられるが、この量はHertzの式により計算すると、4個のころだけで10Kgの負荷を受けているとしても約0.3μにすぎない。他の要因として本実験では、外輪とハウジング間に少量のすき間があり、フランジで外輪を押さえてはいるが、やはり外輪がごく少量ながら、長円形に変形するためであり、すき間の減少に伴ない、負荷を受けもつころが増加することにより、変形が小さくなるためと考えられる。

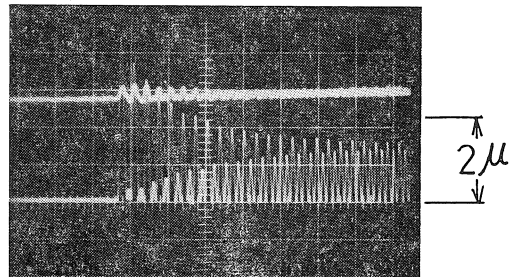
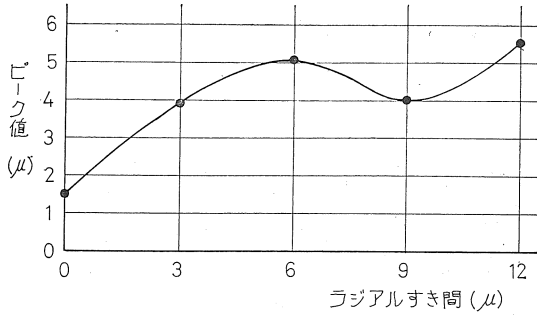


写真2 立ち上り応答



第5図 正弦波加振による立ち上りピーク値

120Hzの加振に対するステップ応答の立ち上りでは、定常状態の2倍にも達する変位が現われ、徐々に減衰していくのがよくわかる。この立ち上りのピーク値を第5図に示す。

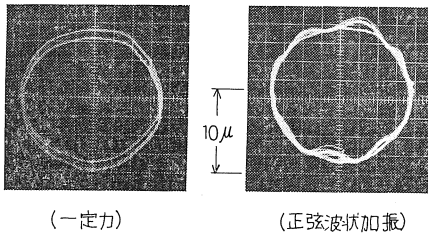
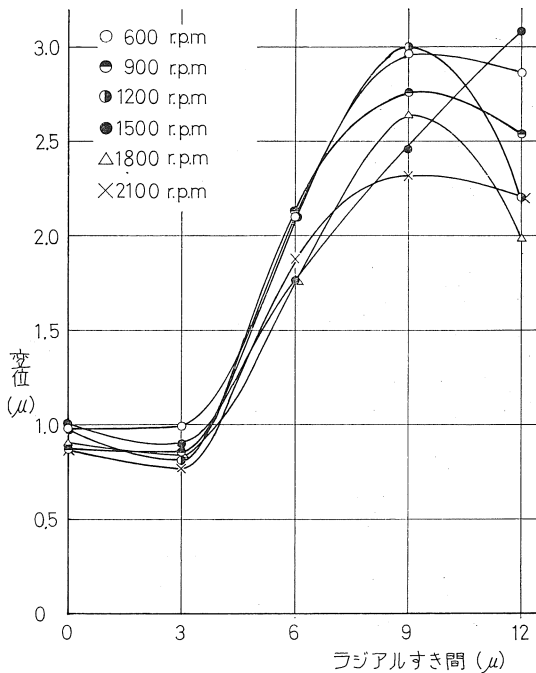
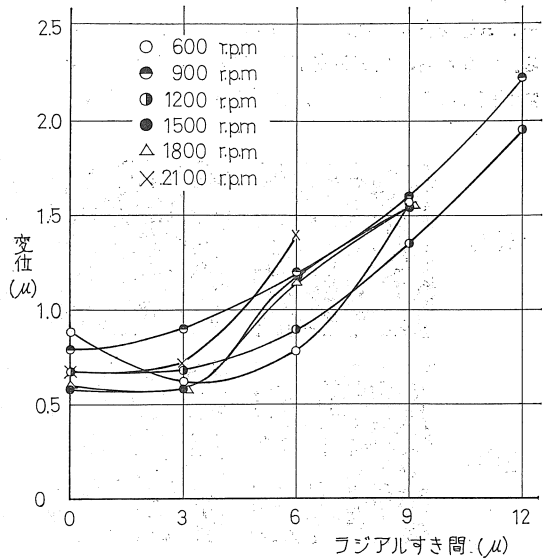


写真3 回転時のステップ変位

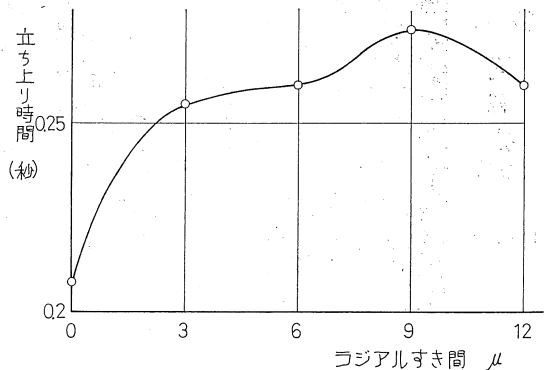


第6図 回転時におけるステップ変位 (一定荷重)



第7図 回転時におけるステップ変位 (正弦波状荷重)

次に軸を回転させた状態でのステップ応答を写真3に示す。このようにして求めた軸心の移動量を第6図、第7図に示す。これからすき間0μから3μにおいては、その変位が非常に小さく、かつ回転数にもあまり影響されないことがわかる。ここで顕著な現象は、第4図の軸停止状態でのステップ応答の変位量と、第6図、第7図に示される回転時のステップ応答を対比すると、一般的に回転時の変位の方が小さく、特に0から3μにおいては、第3図に示される停止時の軸自体のたわみよりも小さくなっている。すなわち、回転時の軸系の剛性は停止時のそれとはかなり異なるようであり、測定円板の円板効果を考えても、その違いは著しいことがわかる。この原因は、第8図のように、負荷をかけた時の応答が瞬時ではなく、遅れ時間があるためではないかと考えられる。



第8図 軸停止時における立ち上り時間

写真4は、10Kgの一定負荷をかけた時の10回転のリサージュ像を各すき間、回転数に応じて示したものである。すなわち、軌道が安定していれば、リサージュ像の幅が狭くなるわけである。軌道の定常性は、12 $\mu$ 、9 $\mu$ に

おいて極端に悪く、すき間が小さくなるにつれよくなり、3 $\mu$ 、0 $\mu$ 、ではほとんど変わらないことが、この写真から明りょうにわかる。

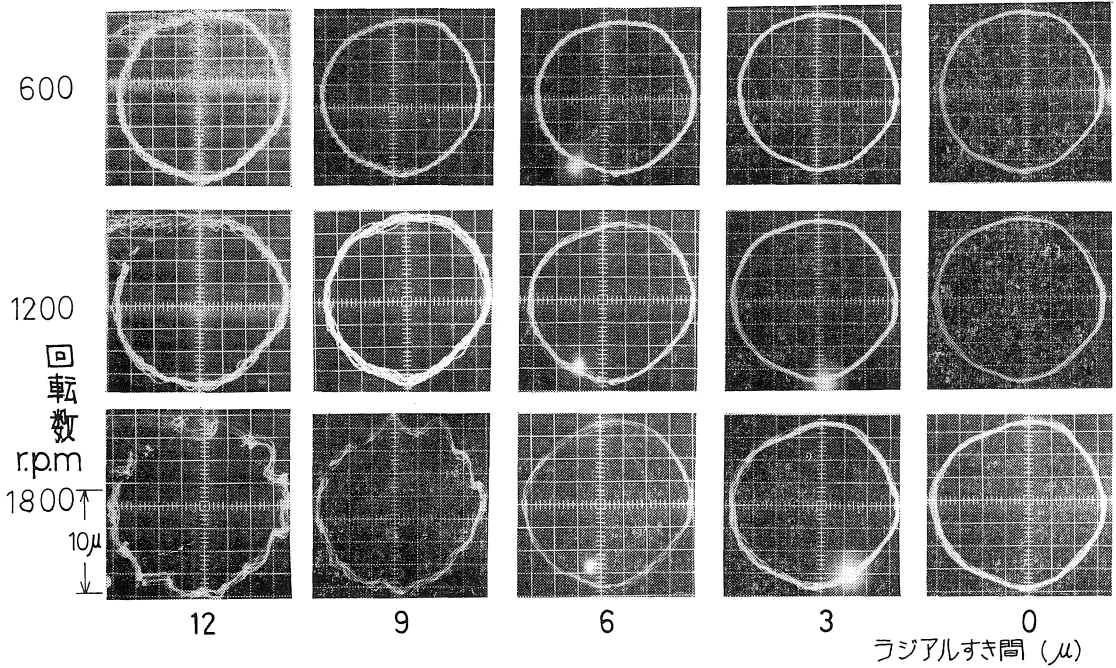


写真4 一定負荷時の10回転リサージュ像

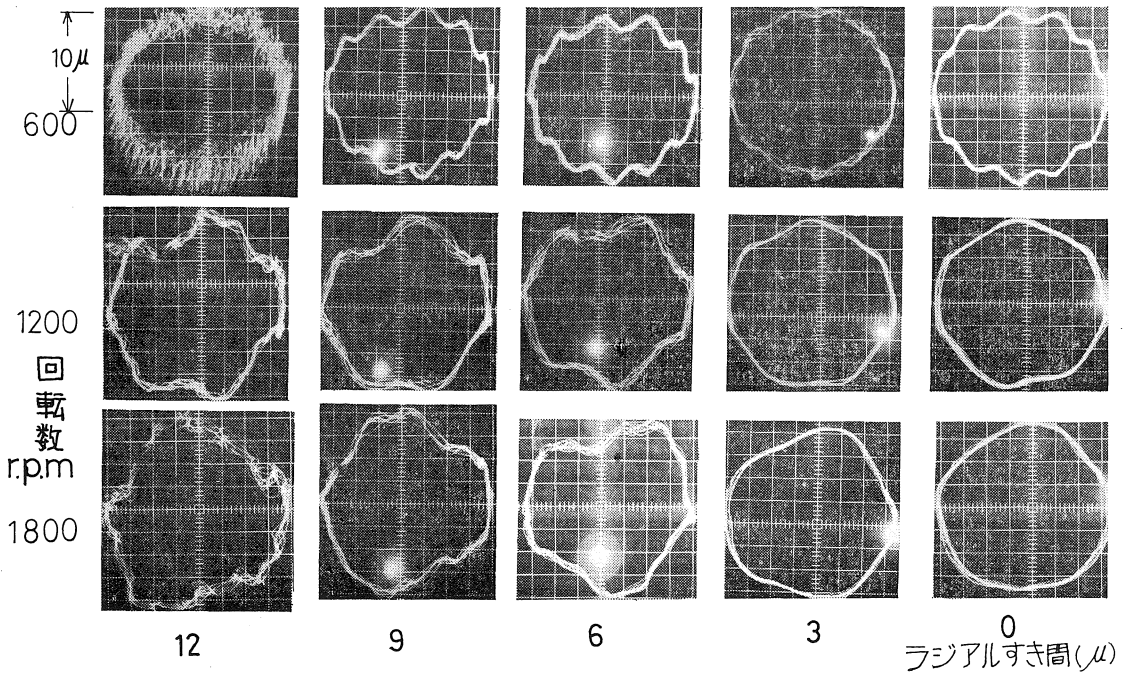


写真5 正弦波負荷時の10回転リサージュ像

写真5は正弦波状負荷をかけた場合であるが、この時には、さらにすき間の影響がよく出ていて、 $3\mu$ 、 $0\mu$ 、では非常に軌道の安定性がよく、軸系の剛性もはるかによくなっているのがわかる。又、この写真から円に数 $\mu$ の正弦波を乗せる加工法が可能のように思われる。

なお、全実験を通じて軸受の温度上昇は、ほとんどみられなかった。

#### 4. 結言

複列円筒ころ軸受のラジアルすき間を変化させて、軸心の軌道の安定性を調べた。

その結果、停止、回転を問わず、すき間が $3\mu$ から $0\mu$ になればハウジングと外輪の間に数 $\mu$ のすき間があっても、フランジで外輪を軽く押さえておけば、軸心のステップ負荷に対する変位は、軸受部ではほとんど無く、軸自体のたわみによるものだけと考えられる。さらに、軸系の剛性は停止時と回転時ではかなり異なり、回転時に

において剛性の増加が認められた。

軸心の軌道の安定性について $3\mu$ から $0\mu$ で非常によく、かつ、両者の間にはほとんど相異はみられなかった。ゆえに、軸系の若干の組付け誤差等を考えれば、本実験に用いた軸受の組込み時のラジアルすき間は、 $2\sim 3\mu$ 程度が最適と考えられる。

又、この程度のすき間において、軸を正弦波加振すれば、円に微小振幅の安定した正弦波を乗せる加工法の可能性が見いだされた。

おわりに、実験装置の製作にあり機械科技術員の方々、ならびに47、48年度の卒研究生の諸君に深く感謝いたします。

#### 参考文献

- (1) 曾田範宗, 軸受, 岩波書店
- (2) 塩崎進訳, 工作機械の設計原理, 養賢堂
- (3) 奥井邦雄, 不二越技報, Vol. 23, №2