

NACHI  
**TECHNICAL**  
**REPORT**  
Components

Vol. **30** B3  
January/2016

機能部品事業

■ 新商品・適用事例紹介

自動調心ころ軸受

「EXQシリーズ」

Spherical Roller Bearings "EXQ Series"

〈キーワード〉 耐アキシアル荷重・高速・長寿命

軸受事業部／技術部

中村 陽一 Yoichi Nakamura

## 要 旨

自動調心ころ軸受は、一般に負荷容量が大きいことに加え、他の軸受形式に対し、取付誤差や軸たわみによる傾き許容値が大きいことから、建設機械や減速機などの一般産業機械や製紙機械や鉄鋼機械などのプラントに多用されている。

NACHIは、1941年に国内で初めて自動調心ころ軸受を製造して以来、設計、製造面の改良をすすめ、産業機械の発展に貢献してきた。今般、新たに耐アキシャル荷重性、耐高速性に優れ、長寿命化を図った自動調心ころ軸受「EXQシリーズ」を開発した。

## Abstract

Spherical Roller Bearing is widely used in the general industrial machines such as construction machines and speed reducers as well as paper-making plants and steel mills since it generally supports a large load capacity. In addition, it has a tilt tolerance larger than those of other bearings to accommodate installation error and axial deflection.

Since the initial manufacturing of the spherical roller bearing domestically in 1941, NACHI has been advancing its designing, improving in manufacturing and contributing to the development of industrial machines. Recently NACHI has developed the “EXQ Series”, new spherical roller bearings that exceed in its axial load durability, high speed and longevity.

## 1. 自動調心ころ軸受とは

外輪の軌道を軸受中心と一致する点を中心とした球面形状とし、ころは、たる形形状のころを配して、軌道と転動面とが修正線接触(ころ転動面と軌道曲率半径にわずかな差を設けて均一な荷重分布を図る手法)となるように設計された軸受である。(図1)

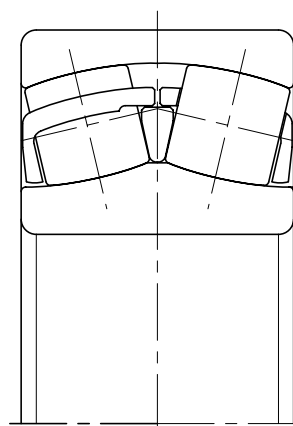


図1 自動調心ころ軸受の構造



その構造から、軸受サイズの割には極めて高いラジアル負荷能力を持つので、重荷重や衝撃荷重にも比較的強く、さらに $F_a/F_r \leq e$  ( $F_a$ : アキシアル荷重、 $F_r$ : ラジアル荷重、 $e$ : 各軸受で設定されている定数) の範囲で両方向のアキシアル荷重も負荷することができる。

また、最大の特長として、 $2^\circ$ 程度の調心性有しており、軸たわみや取付誤差に対しても強い。(図2、図3)

ただし、一般に $F_a/F_r \leq e$ を超えるアキシアル荷重下では急昇温が発生することもあり、高アキシアル荷重では使用制限されることもある。また、他のころ軸受に対してラジアルすきまが大きいので高速回転には適さないといった短所も有する。

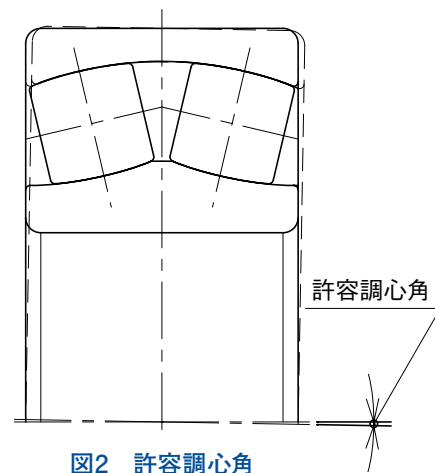


図2 許容調心角

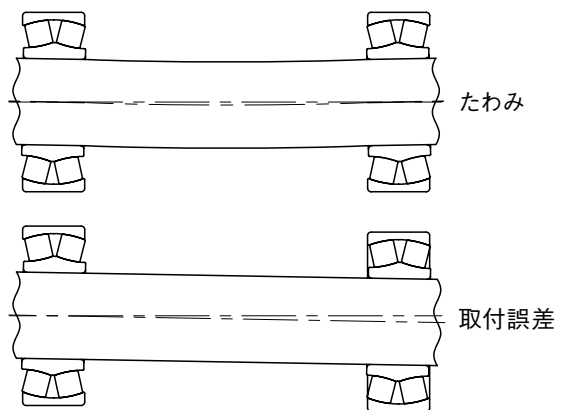


図3 軸のたわみ、取付誤差

## 2. 自動調心ころ軸受の使用用途

自動調心ころ軸受の主な使用用途は以下である。

### 1) 減速機関係

自動調心ころ軸受が用いられる減速機としては多段減速機、遊星減速機などがある。また、建設機械においても油圧モーターの減速機部などに使用されている。(図4)

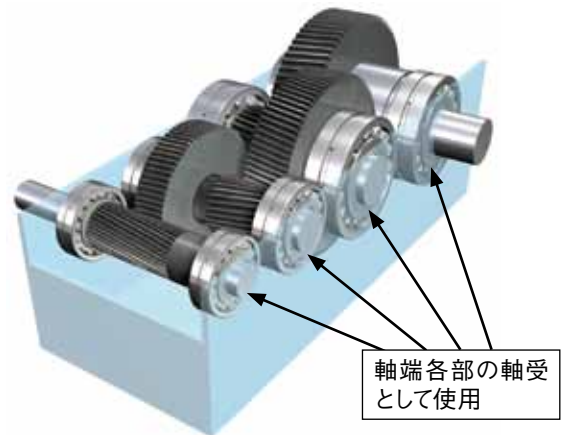


図4 多段減速機の構造

### 2) 製紙機械

製紙機械においては各種ロールの支持用に使用されている。高速かつ重負荷での使用が多く、またドライヤパートなどでは高温にさらされるなど過酷な環境での使用が多い。(図5)

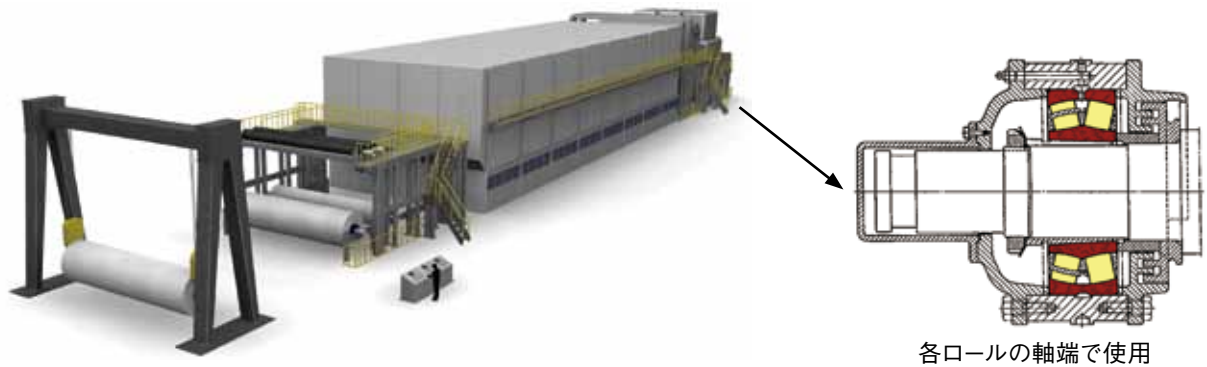


図5 製紙機械

### 3) 鉄鋼機械

鉄鋼向け用途として、転炉、連続鋳造装置に用いられている。転炉では、装入および出鋼時に炉を傾けて使用されることから軸受が必要であり、また炉および投入される材料質量が非常に大きいことから、大型の自動調心ころ軸受が使用されている。また、連続鋳造設備では、スラブを移動させるガイドロールの支持に用いられ、高温、重負荷、低速の過酷な環境で使用される。(図6)

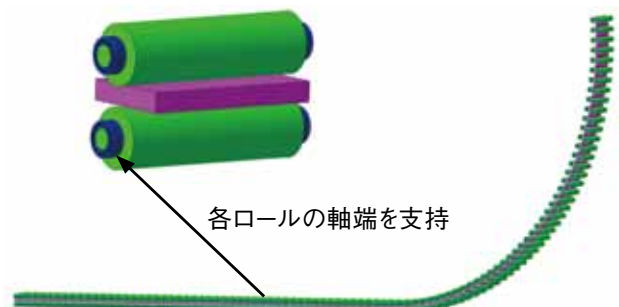


図6 連続鋳造設備での使用部位

### 3. 自動調心ころ軸受の使用環境の変化

産業機械に多く使用されているが、その使用環境は徐々に変化している。

例えば、減速機などにおいては、はすば歯車などのアキシアル荷重が発生する歯車を用いた場合、入出力軸にはギヤによって生じるアキシアル荷重が発生する。また、減速機を減速に用いる場合の入力軸、増速に用いる場合の出力軸は、より高速回転することになる。それに加え、高減速比化により、入力される回転速度がより高速化される傾向にある。

また、製紙機械では、生産性向上のため、高速化がすすめられている。

さらに、新興国などにおいては、前述で一般的に不得手としている  $F_a/F_r > e$  となるような高アキシアル荷重下での使用も頻発している。

従来、自動調心ころ軸受は、その構造から他のころ軸受に対し、調心性を有することにより軸傾きには有利である反面、耐アキシアル荷重性能や高速性能は不利な傾向にあった。しかし、市場においてはこれらにも対応した自動調心ころ軸受が求められている。

## 4. 自動調心ころ軸受の要求性能

上記の環境変化に対応するため、新たな自動調心ころ軸受では、以下の性能向上を狙うこととした。

- ・耐アキシャル荷重
- ・高速性
- ・長寿命
- ・高温環境への対応
- ・耐振動性能

これらのうち、高温環境への対応、耐振動性能については既存の技術にて達成可能であるが、耐アキシャル荷重性、高速性、長寿命化は既存の技術では困難であることから、ころの挙動を設計面からコントロールすることにより達成を図った。

### 1) 軸受の転動体のスピンの、スキュー

一般に接触角を有する軸受には、転動体にスピン運動が発生する。スピン運動はころと軌道の接触面に生じるスピンモーメント $Q_s$ により発生し、以下の式を採る。

$$Q_s = \mu \cdot 3/8 \cdot a \cdot Q$$

( $\mu$ : 軌道、転動面の転がり摩擦係数、 $a$ : 接触楕円の長半径、 $Q$ : 転動体荷重)

この式の内外輪それぞれのスピンモーメントのうち、大きい方のモーメントによって転動体の姿勢が支配され、小さい方のモーメントはスピン摩擦モーメントとなって、軸受のトルクとして現れる。このとき、外輪の方が大きい場合、外輪コントロール、内輪の方が大きい場合、内輪コントロールという。

玉軸受の場合、転動体が球のため、回転中の接触状態が変化しないので、スピンは継続するが、自動調心ころ軸受の場合、ころの形状は点対称ではないので、一定の角度までスピンの進行し、あるスピン角度でころがスキューした状態となる。

### 2) スキュー特性と性能への影響について

内輪コントロールと外輪コントロールでは、ころの姿勢が異なり、内力に変化が生じることが分かっている。(図7)

ころがスキューした状態では、内部アキシャル荷重が軸受内に発生する。純ラジアル荷重では、左右列の内部アキシャル荷重が釣りあっているが、アキ

シアル荷重を含む合成荷重下では、左右の内部アキシャル荷重は等しくはならない。

内輪コントロールでは、回転時ころが軸受の外側に向かって進行するようころの姿勢になるので、発生する内部アキシャル荷重が外力のアキシャル荷重と同方向となり、軸受の内部荷重を増加させてしまう。これに対し、外輪コントロールでは、回転時ころが軸受の内側に向かって進行するようになるので、内部アキシャル荷重が外力のアキシャル荷重と逆方向となり、軸受への負荷荷重を軽減させる。

### 3) 外輪コントロールへの制御

外輪および内輪のスピンモーメント $Q_s$ の大小関係によりコントロールは決定されるので、摩擦係数または軌道、転動面曲率により、これが決定される。ここで摩擦係数は軸受使用時に軌道面が摩耗することにより変化するため、実用的ではなく、開発品においては、軌道面、転動面の曲率半径を調整することによりコントロールを図った。

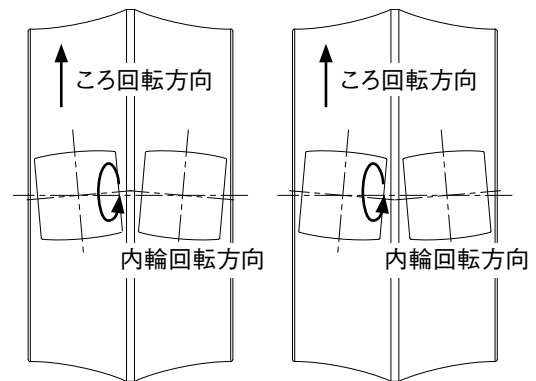


図7 内輪コントロールと外輪コントロールにおけるころのスキュー状態の姿勢

# 5. 自動調心ころ軸受「EXQシリーズ」の性能について

4にて性能向上を狙った各項目についての効果を以下にまとめる。

## 1) 耐アキシャル荷重性能

市場での使用時のアキシャル荷重増加に対し、「EXQシリーズ」では、内部諸元の最適化により、耐アキシャル性能を大幅に向上、高アキシャル荷重時においても内部荷重を低減し、温度上昇、寿命低下を最低限に抑制した。また、これらの性能向上に伴い、アキシャル荷重が  $F_a/F_r \leq 0.8$  まで比較的安定して使用できるようになった。

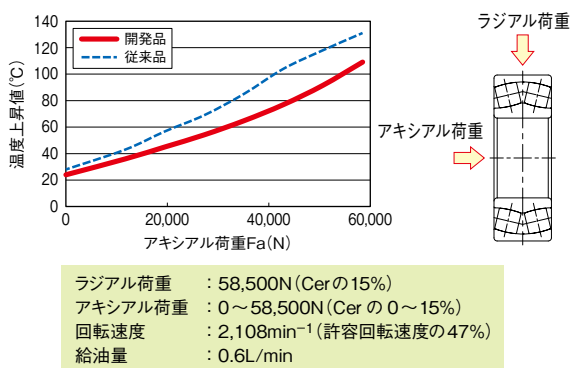


図8 アキシャル荷重—温度上昇(22312EXQ、22312EX)

## 2) 高速性

「EXQシリーズ」では、回転時のころ姿勢を安定化することにより、高速運転時の軸受の発熱を大幅に低減し、世界最高クラスの許容回転速度を実現、市場での使用速度の高速化に対応した。また、低昇温化により、グリース潤滑時のグリース寿命延長も可能となった。

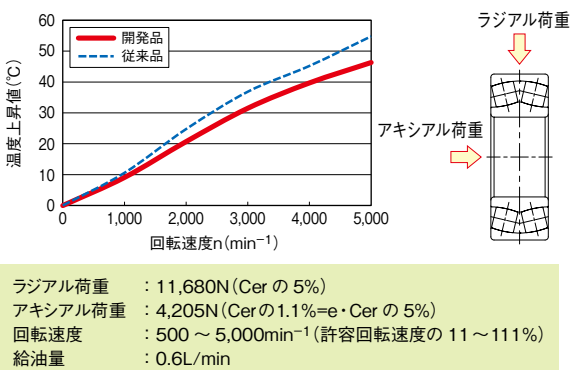


図9 回転速度—温度上昇(22312EXQ、22312EX)

## 3) 長寿命

一般に自動調心ころ軸受は、重荷荷で使用されることが多く、その中で長寿命が要求される。「EXQシリーズ」は、高純度鋼の採用とともに、外内輪の軌道およびころの形状を最適化することで、外内輪の軌道ところとの接触面の応力を低減し、長寿命化を実現している。

## 4) 高温環境での使用

一般産業機械のうち、プラントなどで使用される機械は、高温環境下で長期間使用されることが多く、高温での寸法安定性の要求が多い。「EXQシリーズ」には200℃環境下に対応した寸法安定化処理を標準で施している。

## 5) 耐振動性能

振動・衝撃環境で使用される振動機械用途向けにEXQ-V仕様を一部形番に設定した。本仕様はプレス保持器に特殊表面処理を施すことにより、保持器の耐衝撃仕様を大幅に向上させたものである。また、振動機械ではめあいを考慮し、寸法精度、ラジアルすきまを振動機用の特殊仕様としている。

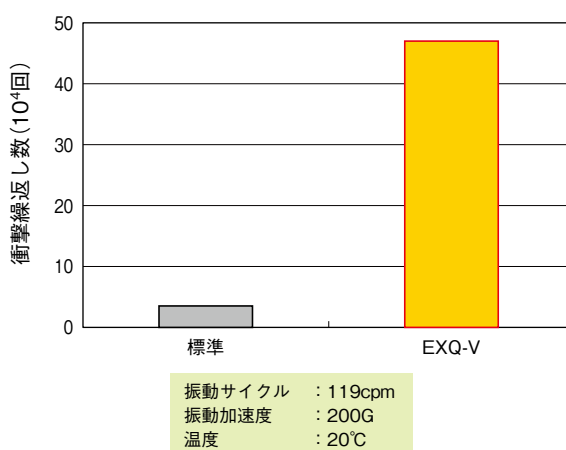


図10 耐振動性能 (22312EXQ-V、22312EXQ)

## 6. 自動調心ころ軸受「EXQシリーズ」のラインナップ

本品のラインナップを以下に示す。

- ・23020EXQ ～ 23036EXQ      ・24022EXQ ～ 24034EXQ
- ・23120EXQ ～ 23134EXQ      ・24122EXQ ～ 24130EXQ
- ・22205EXQ ～ 22230EXQ      ・23218EXQ ～ 23230EXQ
- ・21306EXQ ～ 21322EXQ      ・22308EXQ ～ 22326EXQ

また、耐振動仕様のEXQ-V仕様は、上記のうち223シリーズに設定されている。

## 7. まとめ

NACHIは、これまで70年以上にわたり、自動調心ころ軸受を製造・販売してきた。その実績と市場でのノウハウおよびトライボロジー技術を活用し、商品ラインナップの拡充を図ってきた。

今回、自動調心ころ軸受「EXQシリーズ」をラインナップに加えた。本品は、従来の「EXシリーズ」での使用範囲に加え、荷重、回転速度がより過酷な環

境でも使用可能となり、使用機械の高性能化の一助となるものと考えている。今後も、さらなる技術開発をすすめ、産業機械の発展に貢献する軸受の商品化にとり組んでいく。