

## 論文内容の要旨

氏 名 坂 口 智 也

製鉄機械や鉄道車両に使用される自動調心ころ軸受および円すいころ軸受では、保持器の破損が現在でも生じている。その背景には、ころ軸受内のころに作用する力および保持器応力の計算や測定が容易でなく、保持器の破損を予測することが難しいことがある。そこで、本研究では、ころ軸受内の力の計算式および保持器応力の計算方法を検討することにした。

本論文は、「ころ軸受内の力の計算式および保持器応力の計算方法」と題し、全 6 章で構成される。

第 1 章では、ころ軸受内の力および保持器応力に関するこれまでの研究を概説した。そして、本研究の背景および目的を述べた。

第 2 章では、ころ軸受内の力の計算式を導出するために、ころに作用する力について検討し、以下の 10 種の力の計算式を示した。①軌道からころ転動面に作用する垂直力、②軌道からころ転動面に作用する転がり粘性抵抗、③軌道からころ転動面に作用する転がり方向の油膜力、④軌道からころ転動面に作用するトラクション、⑤つばからころ端面に作用する垂直力、⑥つばからころ端面に作用するトラクション、⑦保持器からころ転動面に作用する垂直力、⑧保持器からころ転動面に作用するすべり摩擦力、⑨保持器からころ端面に作用する垂直力、⑩保持器からころ端面に作用するすべり摩擦力である。①～④、⑦および⑧については、従来の計算式に対し、スライス法を適用し、複雑な形状のころに対しても適用可能な計算式を導出した。また、②～④および⑥については、潤滑領域も考慮して計算式を示した。なお、ころから保持器に作用する力の計算式は、保持器からころに作用する力の反力、ころから軌道に作用する力は軌道からころに作用する力の反力として表すことができる。

第 3 章では、第 2 章で示した力の計算式の妥当性を検証するために、第 2 章で提案した計算式に基づいて、ころ軸受の回転トルクの計算式を導出した。そして、自動調心ころ軸受の回転トルクの測定を行い、回転トルクの計算値と測定値の比較を行った。回転トルクの計算値と測定値は、最大 36%の誤差で一致することから、上記の 10 種の力の計算式が妥当であることを明らかにした。

第 4 章では、モード合成法による保持器応力の計算方法について検討した。モード合成法による保持器応力の計算では、拘束モード（境界点に順次、単位変位を与えた場合の静的な変形モード）の設定およびノーマルモード（境界点の変位をすべてゼロで固定した場合の固有モード）数の選定が、計算精度と計算時間に影響を及ぼす。そこでまず、①4つのパターンの拘束モード（ノーマルモードは加えない）の場合、②保持器ポケットの柱の外径面の中央点にのみ境界点を与えた拘束モードパターンに、ノーマルモードを加えた場合のそれぞれについて、保持器応力の計算を行った。そして、保持器に与えたモードの総数が同じであれば、4つのパターンの拘束モードでノーマルモードは加えない場合に比べて、保持器ポケットの柱の外径面の中央点にのみ境界点を与えた拘束モードパターンにノ

ーナルモードを加えた場合の方が、保持器応力の計算精度が高いことを明らかにした。さらに、保持器ポケットの柱の外径面の中央点にのみ境界点を与えた拘束モードパターンに、ノーマルモードを加えたモデルを使用し、モード合成法で運転中の軸受内の保持器の運動、力および応力の計算を行った。そして、保持器の運動、力および応力の計算値は、ノーマルモード数が 8 以上でほぼ一定となること、計算時間はノーマルモード数とともに増加することがわかった。以上より、保持器ポケットの各柱の外径面の中央点にのみ境界点を与えた拘束モードに 8 個のノーマルモード数を加えることにより、保持器応力を精度よく短時間で計算できることを示した。

第 5 章では、運転中のころ軸受の保持器の運動・保持器の破損実験に対する提案した計算方法の適用を行った。そして、運転中の円すいころ軸受の保持器中心の軌跡は、測定結果と計算結果が概ね一致することを示した。また、円すいころ軸受の保持器の破損実験と計算の比較より、実験では、無次元応力（＝提案した計算方法で得た最大主応力/保持器材の疲労限）が 2.56 以上で保持器が破損し、無次元応力が 0.64 以下では破損しないことを示した。この結果より、本研究で提案した計算方法に基づいて求めた無次元応力を用いることで、保持器の破損を予測しうることを明らかにした。

第 6 章では、第 2 章から第 5 章で得られた結論をまとめ、本研究で提案した計算方法は、運転中のころ軸受の保持器破損の予測に有効であることを明らかにした。