

円筒ころ軸受の接触問題及び支持剛性、面圧とせん断応力の数値解析

Contact Analysis and Stress Calculations of Cylindrical roller bearings

By Prof. Shuting Li

1. 概要

機械を設計する時には、選定した軸受の支持剛性や使用寿命を知る必要があり、また機械に使用した軸受が破損した場合には、選定した軸受の接触面の面圧や接触部品の内部せん断応力及び接触面の油膜厚みを知る必要もある。しかし軸受の支持剛性、接触面圧、油膜厚み及びせん断応力を簡単に計算できないため、筆者は三次元有限要素法（3D-FEM）を用いた軸受の接触問題を解析できる数値解析法を提案したとともに、これらの計算ができるソフトウェアを開発した。ここで、開発したソフトで解析した円筒ころ軸受のころ上の荷重分布、ころ表面の接触面圧及びころの接触表面下のせん断応力の計算結果を紹介し、この研究の詳細については参考文献⁽¹⁻²⁾をご参照ください。

本研究で開発ソフトの特徴は、普通のパソコンで軸受の接触問題が解析できるようになり、またAbaqusのようにFEM解析のためのモデリングをする必要がなく、軸受の寸法とラジアルをソフトに入力すれば、ソフトはすべて自動で解析してくれることである。またころの母線形状（クラウニング）の影響が簡単に考慮できる。

2. 研究対象とする円筒ころ軸受の構造と寸法

研究対象とする深溝玉軸受の構造寸法図を図1に示す。この軸受の型番はNU207E、ころ直径は10mm、ころ本数は11、基本動定格荷重は50.5kNである。

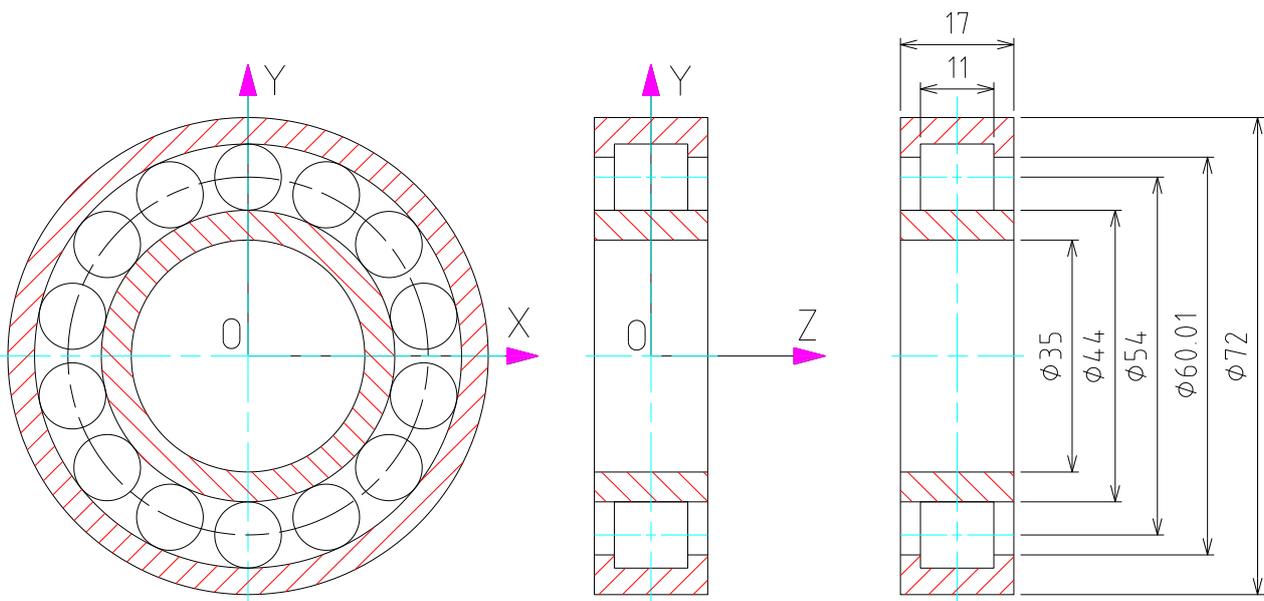


図1 研究対象とする円筒ころ軸受の構造寸法図

3. 円筒ころ軸受の接触解析

円筒ころ軸受の強度を弾性体の接触問題として取り扱う。この接触問題を解決するために、筆者は専用三次元有限要素法を提案し、またソフト開発も行った。詳細について、参考文献⁽¹⁻²⁾をご参照ください。ここで、解析結果のみを次に紹介する。解析は基本動定格荷重 50.5kN で行われた。

図2(a)は円筒ころ軸受の接触解析のために用いた力学モデルである。図2(b)は円筒ころ軸受の要素分割図(3D-FEMモデル)である。図3は応力を出力するために断面1と断面2を定義する図である。図3において、 Y_2 軸は軸受のラジアル方向、 Z_2 は軸受の回転中心線方向である。

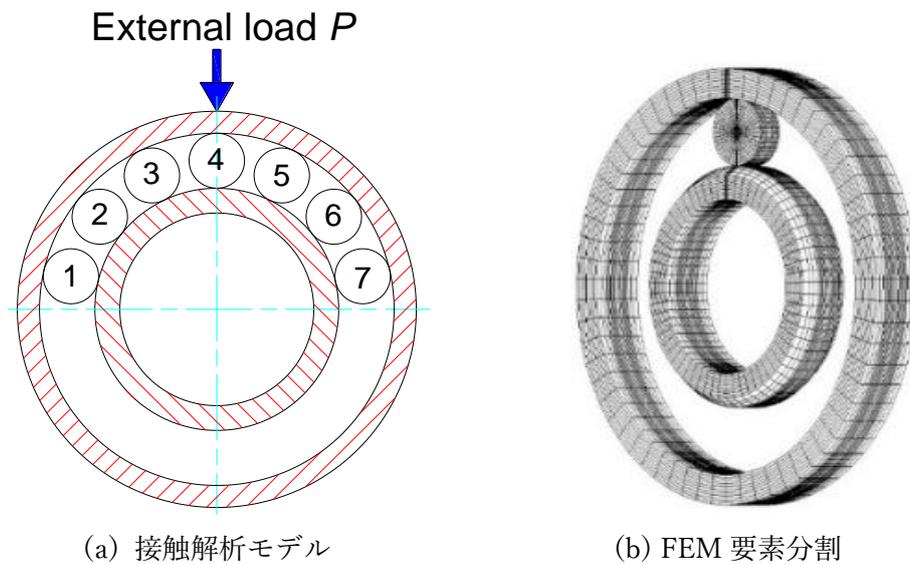


図2 接触解析要モデル及び FEM 要素分割

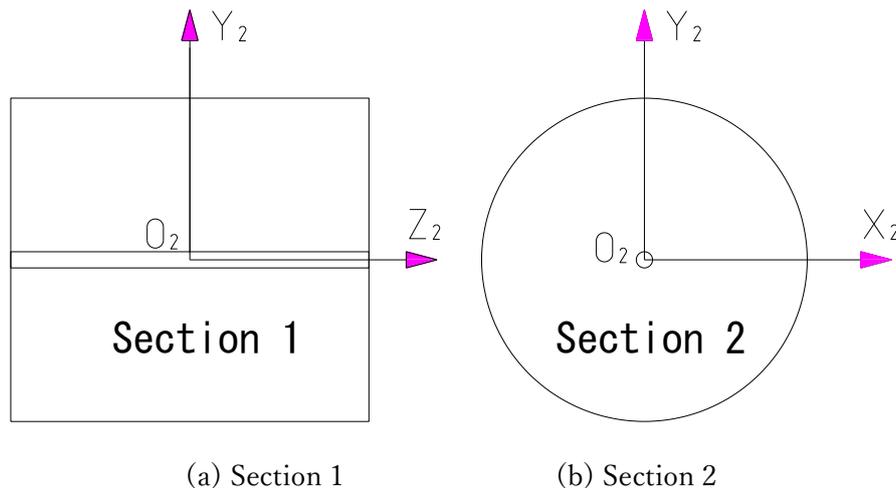


図3 断面1と断面2の定義 ($o_2 - x_2 y_2 z_2$)

図4はFEM解析で得られた円筒こと軸受のころ上の荷重分布と荷重分担率である。

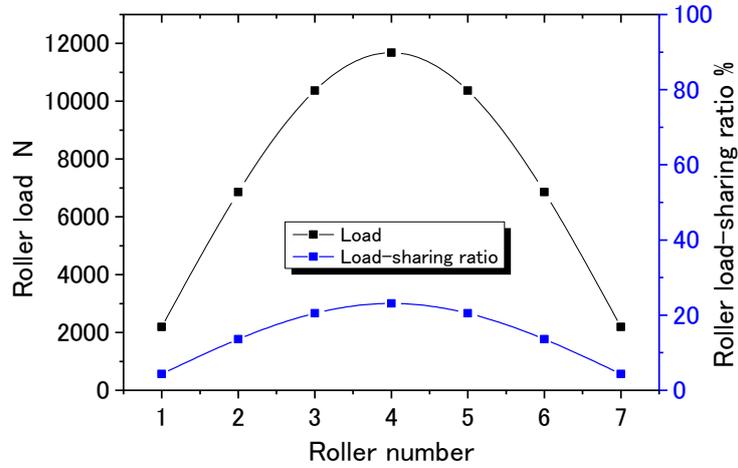
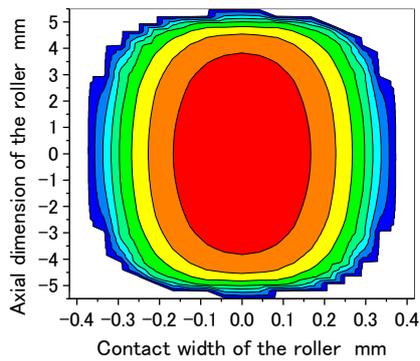
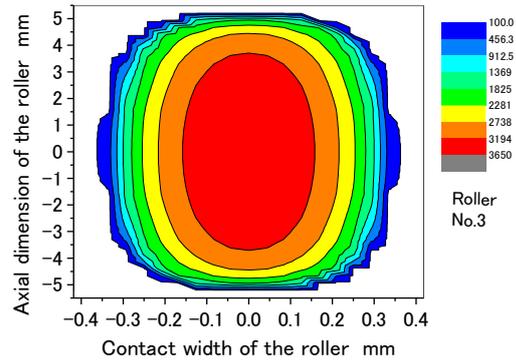


図4 ころ上の荷重分布と荷重分担率

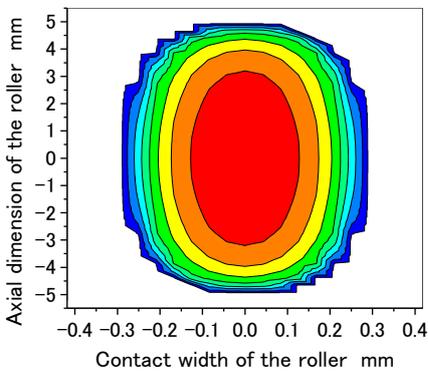
図5(a),図5(b),図5(c)と図5(d)はそれぞれころ表面の接触領域に分布する接触面圧の等高線図である。ころ番号は図2(a)に示されている。



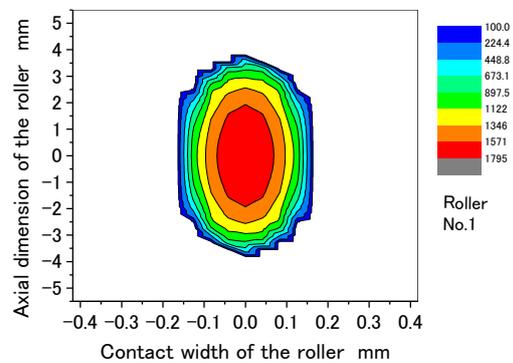
(a) Roller 4



(b) Roller 3



(c) Roller 2



(d) Roller 1

図5 ころ表面上の接触面圧 (MPa) (normal crowning)

図6は断面1における垂直応力 σ_y とせん断応力 τ_{zx} の等高線図である。図7は断面2における垂直応力 σ_y とせん断応力 τ_{xy} の等高線図である。

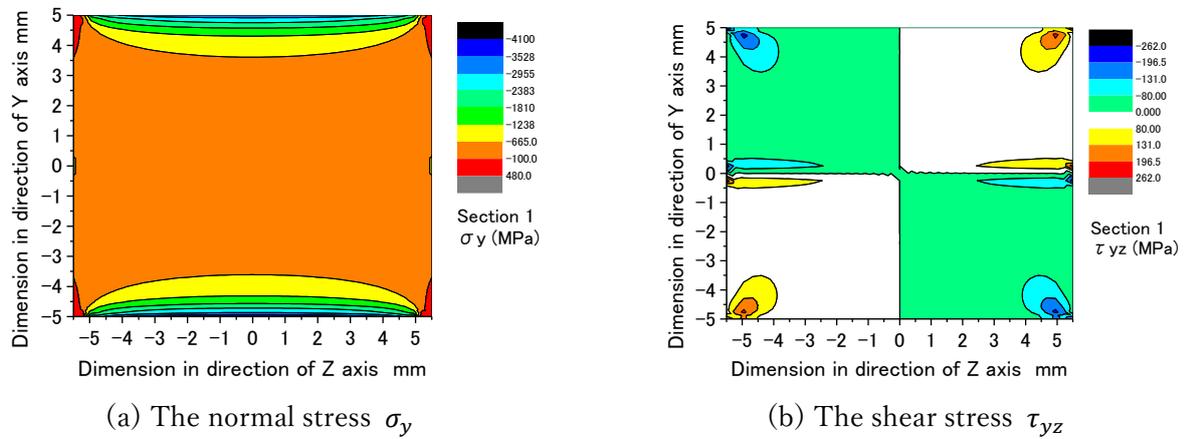


図6 断面1上の応力分布 (断面1は図3を参照)

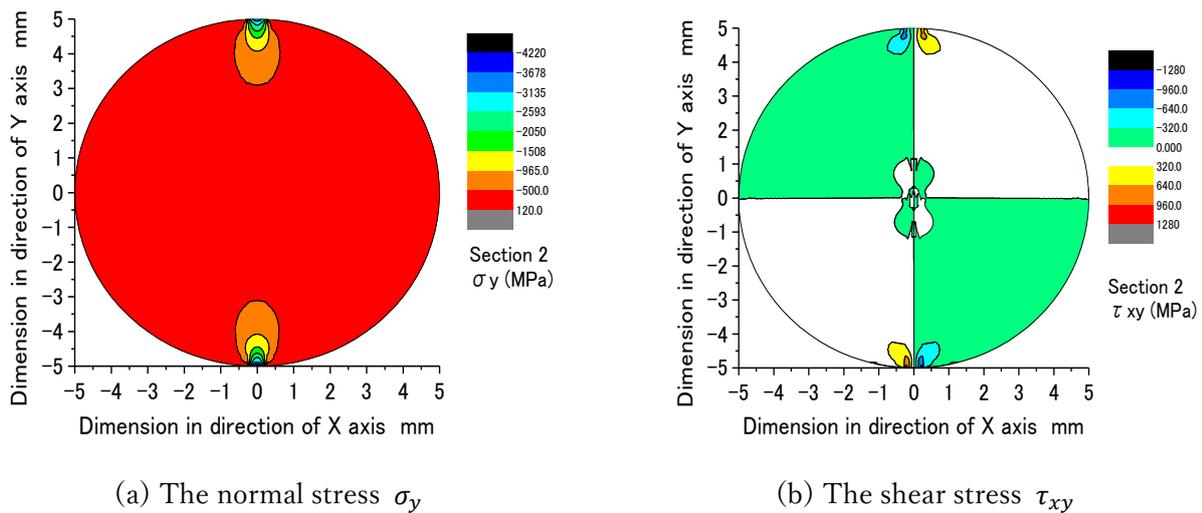


図7 断面2上の応力分布 (断面2は図3を参照)

参考文献：

- (1) Shuting Li, "Strength analysis of the roller bearing with a crowning and misalignment error", **Engineering Failure Analysis**, Vol. 123, 2021, pp.1-15
- (2) Shuting Li, "A mathematical model and numeric method for contact analysis of rolling bearings", **Mechanism and Machine Theory**, Vol. 119, 2018, pp.61-73