

深溝玉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

Numerical Analysis of Support Stiffness, Surface Pressure and Shear Stress of a Ball Bearings

Dr. 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、開発したソフトで計算した深溝玉軸受のボール荷重分布、ボール表面の接触面圧、ボールの接触面下のせん断応力及び深溝玉軸受の支持剛性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。

2. 研究対象とする深溝玉軸受

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6207、玉の直径は11.1125mm (7/16 inch)、玉の数は9、基本動定格荷重は25.7kNである。

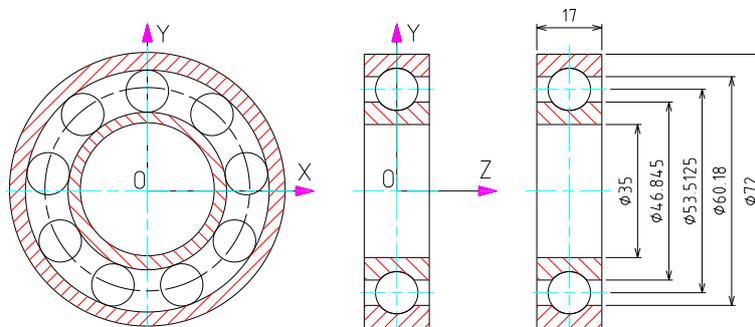


図1 研究対象とする深溝玉軸受の構造寸法図

3. 深溝玉軸受の接触解析

玉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。研究の詳細について、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25.7kNで行われた。

図2(a)は研究対象とする深溝玉軸受の接触問題を解析するために用いた軸受の力学モデルである。図2(b)はこの軸受の三次元有限要素法の要素分割図（玉軸受の3D-FEMモデル）であり、図2(c)はボールのみの要素分割拡大図である。図3は応力を出力するために用いた二つの断面（断面1と断面2）を定義する図であり、図3において、 Y_2 軸は軸受の半径方向、 Z_2 は軸受の回転中心線方向である。

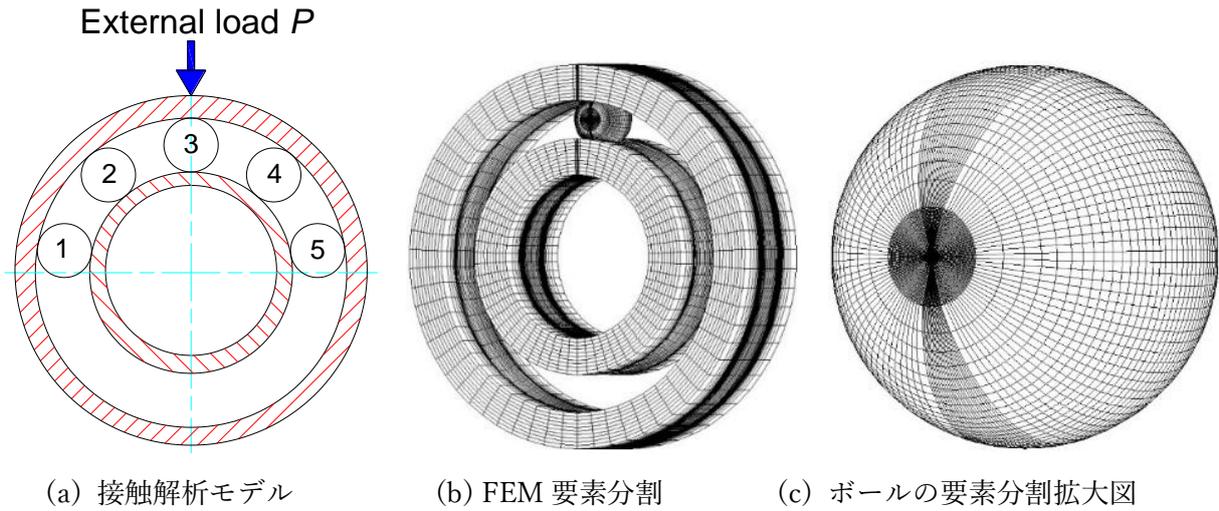


図2 接触解析モデル及びFEM要素分割

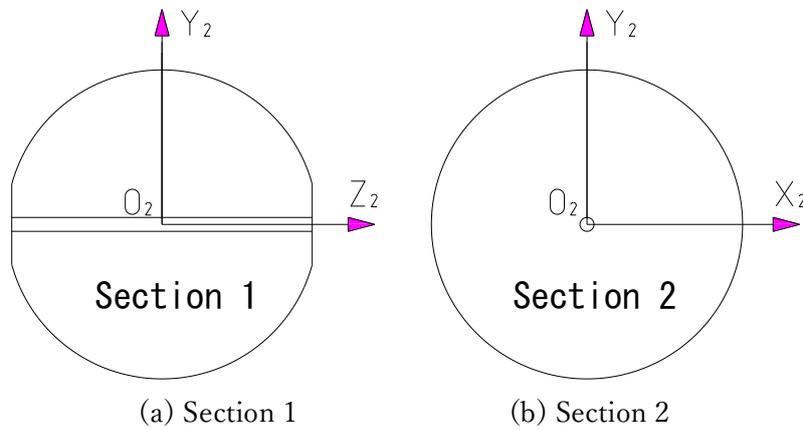


図3 断面1と断面2の定義

図4はFEM解析で得られたボール上の荷重分布と荷重分担率である。図5(a)と図5(b)はそれぞれボール表面の接触領域に分布する接触面圧の等高線図であり、ボールの番号は図2(a)に示されている。

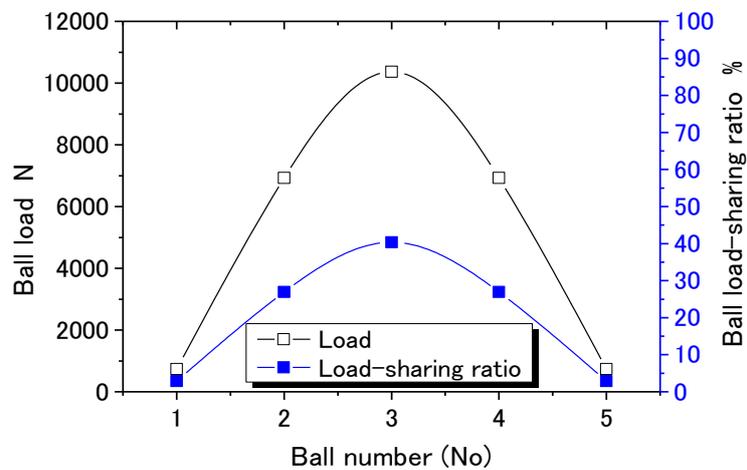
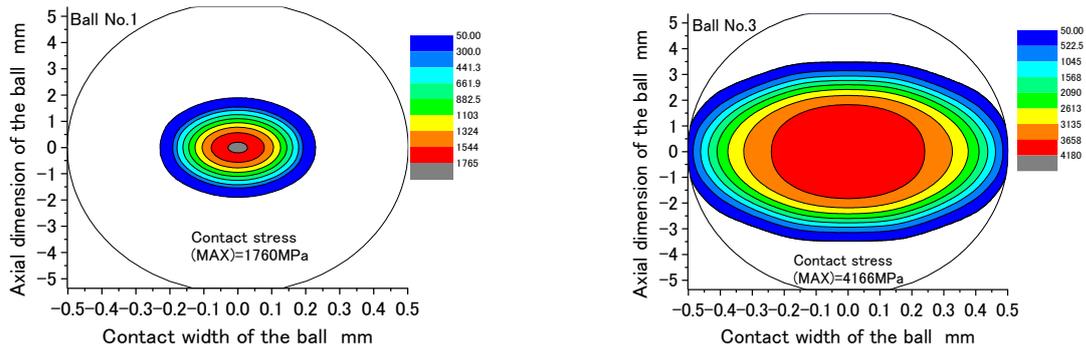


図4 ボール上の荷重分布と荷重分担率



(a) 1 番ボール

(b) 3 番ボール

図5 ボール表面の接触面圧分布の等高線図 (ボール番号は図2(a)を参照)

図6に軸受のラジアル変形、または支持剛性とラジアル荷重の関係を示している。図7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8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。

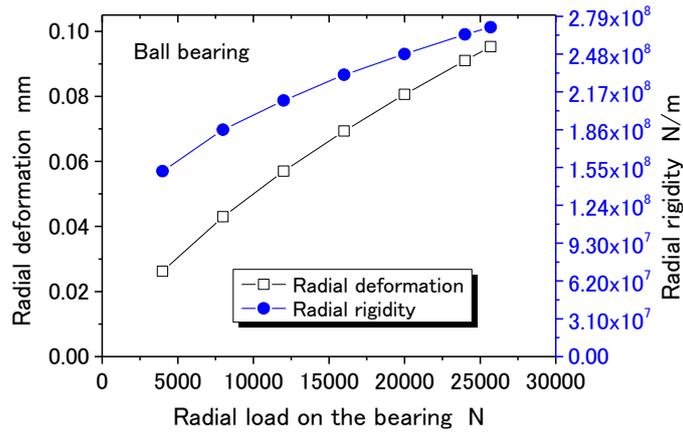
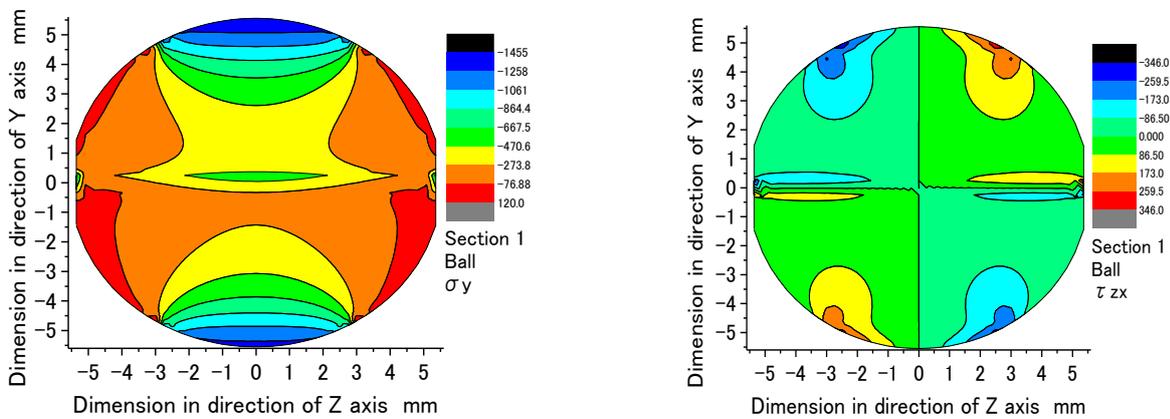


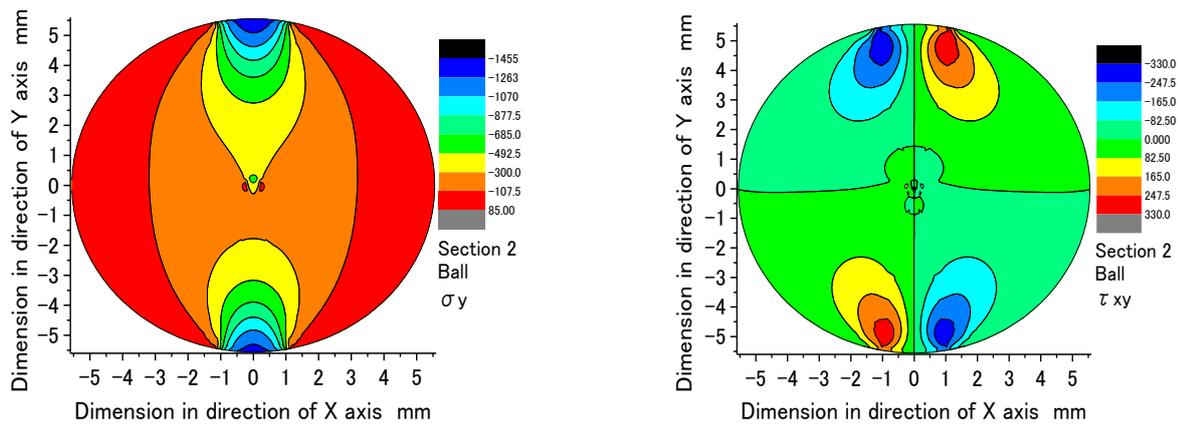
図6 軸受の変形及び支持剛性



(a) The normal stress σ_y

(b) The shear stress τ_{zx}

図7 断面1上の応力分布 (断面1は図3を参照)



(a) The normal stress σ_y (b) The shear stress τ_{xy}

図8 断面2上の応力分布（断面2は図3を参照）

4. 解析結果の妥当性検証

解析結果の妥当性を検証するために、同じ条件で汎用 CAE ソフト Abaqus とヘルツ式で図1に示す深溝玉軸受のラジアル変形と接触面の面圧を解析し、その結果を本研究で得られたものと比較した。図9と図10はそれぞれ軸受のラジアル変形と接触面圧の比較図である。図9と図10において、“FEM”は本研究で得られた結果、“Abaqus”は汎用ソフト Abaqus で得られた結果、“Hertz”はヘルツ式で得られた結果をそれぞれ表している。図9と図10より、本研究で得られた結果は Abaqus で得られた結果とよく一致していることが分かった。本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。

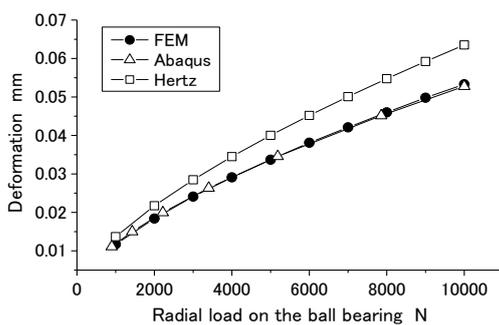


図9 軸受ラジアル変形の比較

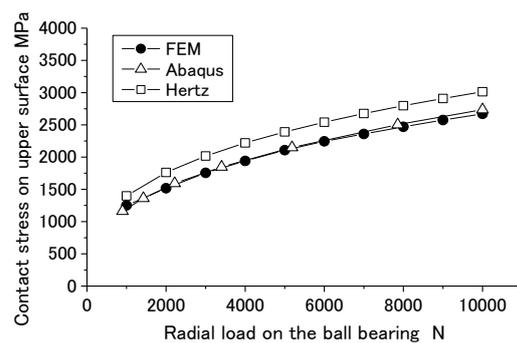


図10 ボール表面最大面圧の比較

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