

円すいころ軸受の接触問題の FEM 解析

FEM developed for contact analysis of tapered 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前もって知る必要があります、また機械に使用した軸受が破損した場合には、選定した軸受の内部接触面圧やせん断応力及び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）を用いて軸受の接触問題を解析できる数値解析法を開発したとともに、長年の研究でソフトウェアも開発した。ここで、開発したソフトで解析した円すい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、解析方法の詳細については参考文献⁽¹⁻²⁾をご参照ください。

開発したソフトの特徴は、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、軸受の寸法と外部荷重をソフトに入力すれば、接触解析はすべて自動で行われる。またころの母線形状（クラウニング）の影響も簡単に考慮できる。

2. 円すいころ軸受の構造と寸法

研究対象とする円すいころ軸受の構造寸法を図1に示す。ころの本数は16本であり、図1に示すように接触解析に使うころの位置を番号1から7で示している。

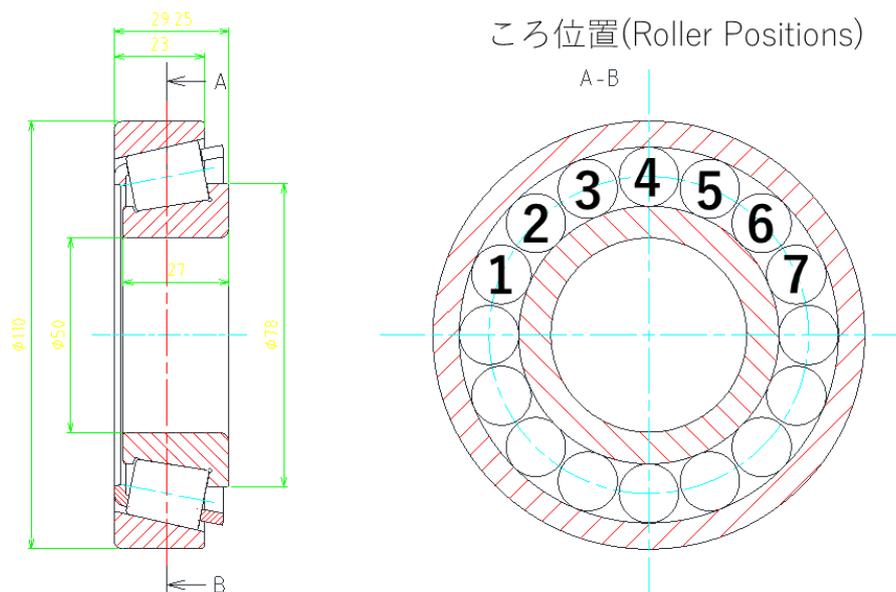


図1 円すいころ軸受の構造寸法

3. ラジアル方向の接触解析

円すいころ軸受の接触問題を弾性体の接触問題として取り扱う。図2(a)は円すいころ軸受のラジアル方向の接触解析を行うために用いた力学モデルである。図2(b)は円すいころ軸受の要素分割図（3D-FEMモデル）である。図3に接触部の要素分割拡大図を示している。

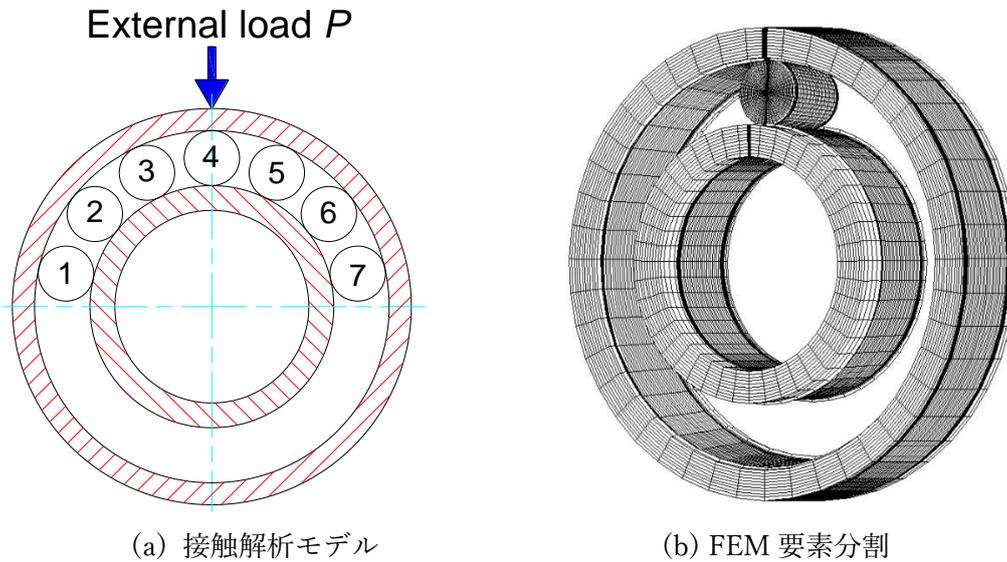


図2 接触解析のための力学モデルと FEM 要素分割パターン

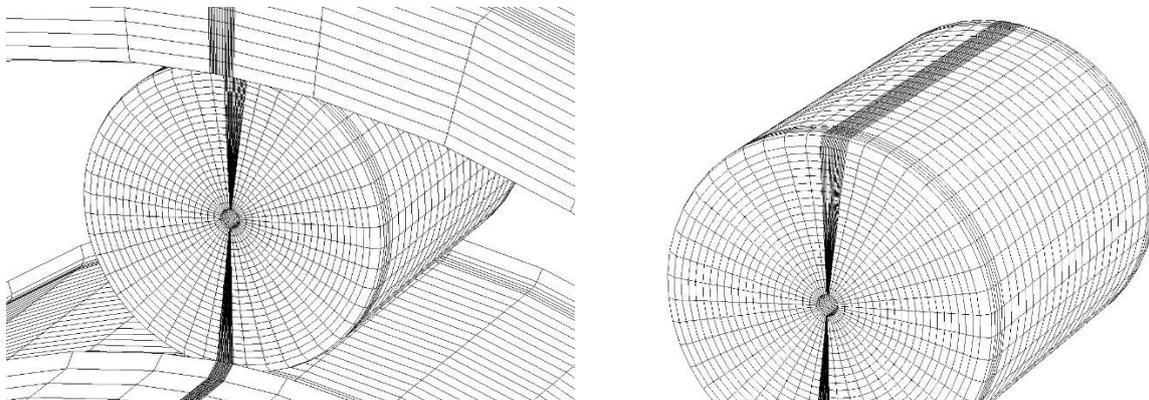
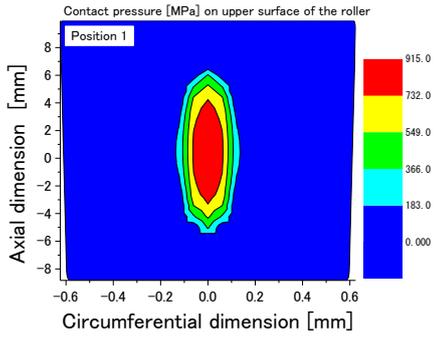
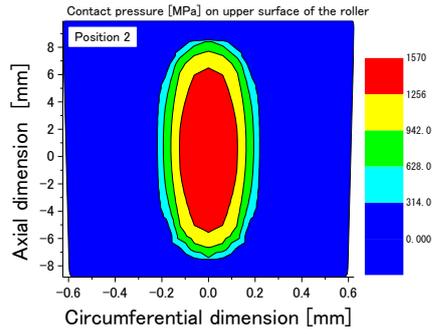


図3 接触部の要素分割拡大図

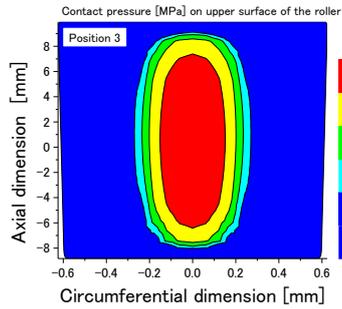
図2(a)に示すように円すいころ軸受の上部に上から下向きのラジアル荷重を加えてラジアル方向の接触解析を行う。この解析で得られた各ころの上下表面の面圧分布をそれぞれ図4と図5に示している。図4(a)～(d)はそれぞれ図2(a)に示す1～4番の円すいころの上部表面の接触領域に分布する接触面圧の等高線図である。図5(a)～(d)は1～4番の円すいころの下部表面の接触面圧の等高線図である。



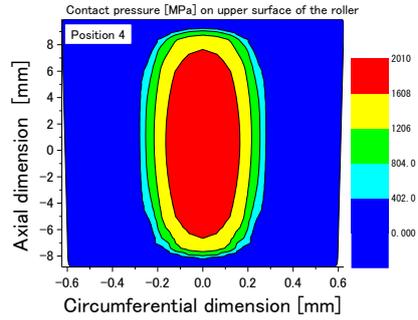
(a) Roller No.1



(b) Roller No.2

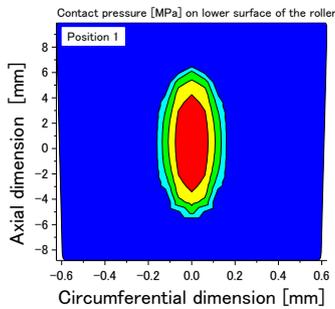


(c) Roller No.3

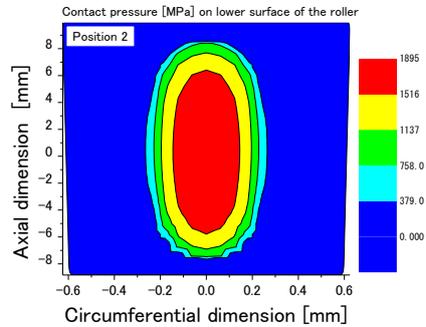


(d) Roller No.4

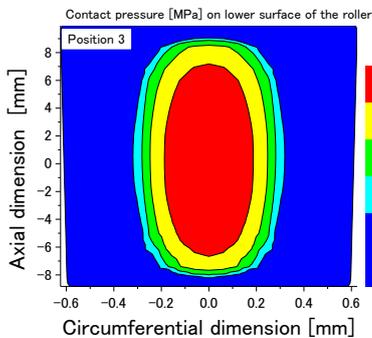
図4 円すいころ上部表面の接触面圧 (MPa)



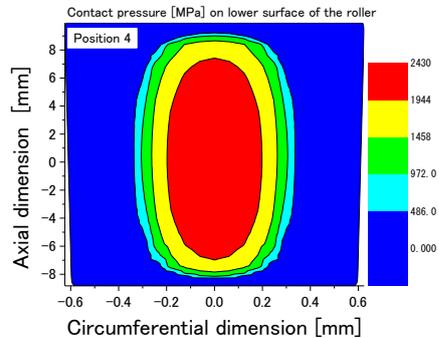
(b) Roller No.1



(b) Roller No.2



(c) Roller No.1



(b) Roller No.2

図5 円すいころ下部表面の接触面圧 (MPa)

4. 円すいころ軸受のアキシャル方向の接触解析

図6に円すいころ軸受のアキシャル方向の接触解析を行うために用いた力学モデルを示す。図に示すように軸受の左側面に左から右へのアキシャル荷重を加えることにより接触解析を行った。解析の際には、要素分割パターンは図3と同じようにした。

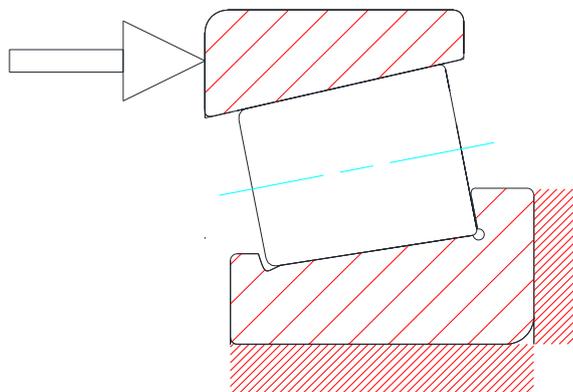
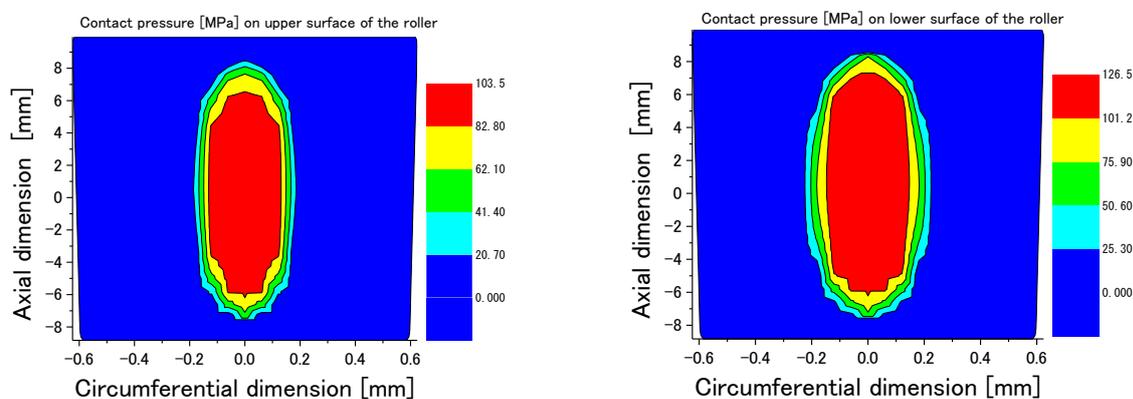


図6 円すいころ軸受のアキシャル方向の接触解析用力学モデル

この解析で得られた円すいころの上下接触表面の面圧分布をそれぞれ図7(a)と(b)に示している。図7(a)はころ上部表面の面圧分布の等高線図であり、図7(b)はころ下部表面の面圧分布の等高線図である。この接触解析を行う時に、各ころ表面の接触面圧は同じであると想定したので、図7に示すように一個のころでその面圧を表現すればよいことになる。



(a) ころ上部表面の接触面圧

(b) ころ下部表面の接触面圧

図7 ころ表面の接触面圧分布

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