

一对の内・外平歯車の歯のかみあいはねこわさの理論解析

Theoretical analysis of tooth mesh stiffness of a pair of internal and external spur gears

Dr. Shuting Li

1. 概要

歯車の振動を解析する際には、歯のかみあいはねこわさ（かみあい剛性）を求める必要があるが、歯のかみあい位置により、歯のかみあい剛性が変わり、また歯のかみあい剛性は歯車の加工誤差、組立誤差及び歯面修整の影響を受けやすいので、実際に歯のかみあい剛性を求めることは非常に難しい作業である。筆者は歯のかみあい剛性を求めるために、長い研究時間をかけて専用三次元有限要素法ソフトを開発しました。この専用ソフトで解析した一对の外平歯車の歯のかみあい剛性及び外平歯車と内平歯車がかみあう時の歯のかみあいはねこわさの解析結果を次に紹介する。このソフトは歯車に組立誤差、加工誤差及び歯面修整がある場合にも歯のかみあいはねこわさが解析できる⁽¹⁻³⁾。

2. 一对の外平歯車の歯のかみあいはねこわさ

図1に一对の外平歯車の接触問題を解析するために用いた三次元有限要素法モデルを示す。このモデルで歯車のかみあい剛性を求める際には、歯車の1かみあい周期（ピッチ）を12点のかみあい位置に分けてそれぞれのかみあい位置で三次元有限要素法を用いた一对の歯車の接触解析により歯のかみあいバネ常数を解析した。解析の際には、出力側の歯車に400Nmのトルクを加えた。表1に有限要素法で解析した各かみあい位置における歯のかみあいバネ常数を示している。

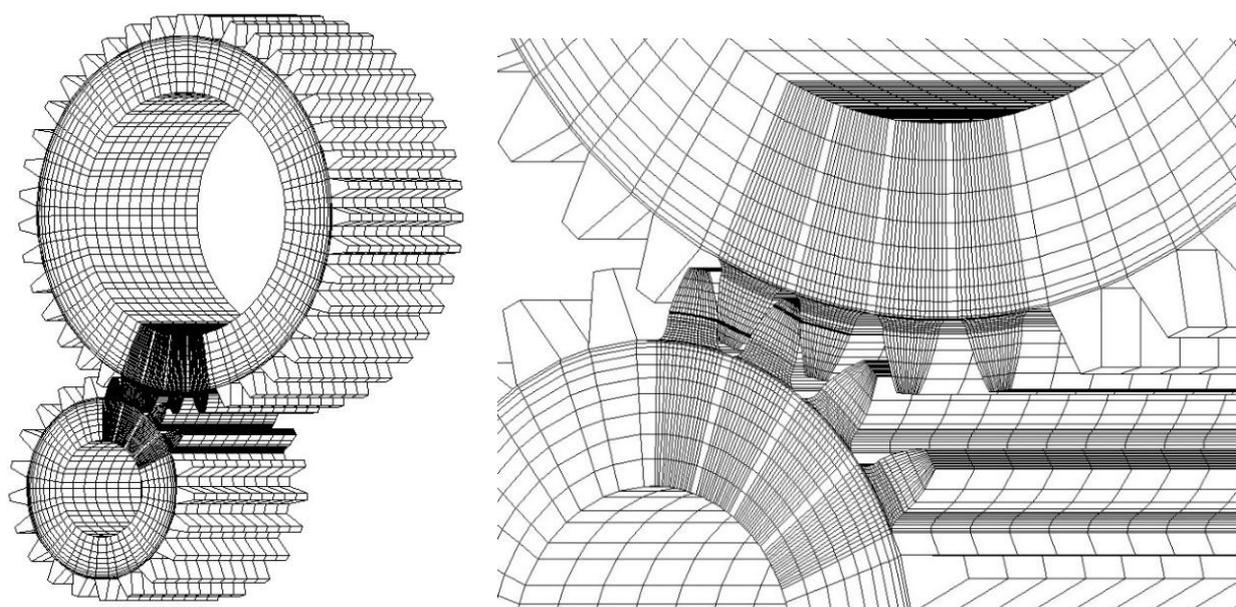


図1 一对の外平歯車の接触解析用有限要素法モデル

表1 外歯車と外歯車がかみあう時の歯のかみあい剛性[単位：N/m]

かみあい位置	一对目の歯のかみあい剛性	二对目の歯のかみあい剛性	合計剛性
1	3.3560×10^8	5.3099×10^8	8.6659×10^8
2	3.9510×10^8	5.0978×10^8	9.0488×10^8
3	4.2587×10^8	4.8848×10^8	9.1435×10^8
4	4.5542×10^8	4.6488×10^8	9.2031×10^8
5	4.7728×10^8	4.3419×10^8	9.1146×10^8
6	5.0227×10^8	3.9774×10^8	9.0001×10^8
7	5.2635×10^8	3.4862×10^8	8.7497×10^8
8	5.8713×10^8		5.8713×10^8
9	5.9566×10^8		5.9566×10^8
10	6.0054×10^8		6.0054×10^8
11	5.9731×10^8		5.9731×10^8
12	5.7732×10^8		5.7732×10^8

3. 一对の外平歯車の歯のかみあいはねこわさ

図2に外平歯車と内歯車がかみあう時の接触問題を解析するために用いた三次元有限要素法モデルを示す。このモデルで歯車のかみあい剛性を求める際には、歯車の1かみあい周期（ピッチ）を10点のかみあい位置に分けてそれぞれのかみあい位置で三次元有限要素法を用いた一对の歯車の接触解析により歯のかみあいバネ常数を解析した。解析の際には、出力側の大歯車に500Nmのトルクを加えた。表2に有限要素法で解析した各かみあい位置における歯のかみあいバネ常数を示している。

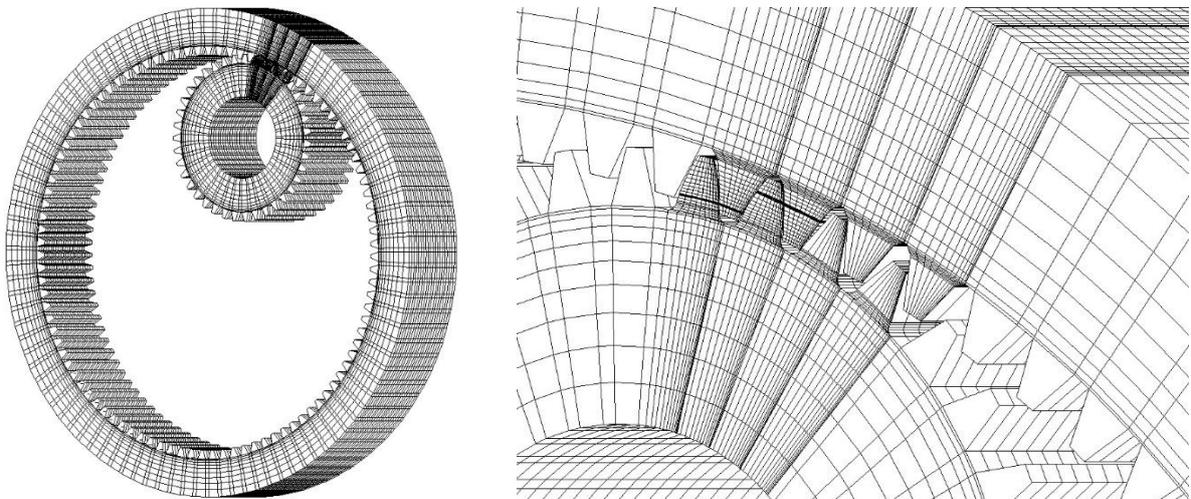


図2 外平歯車と内平歯車がかみあう時の歯の接触解析用有限要素法モデル

表2 外歯車と内歯車の歯のかみあい剛性[単位：N/m]

かみあい位置	一对目の歯のかみあい剛性	二对目の歯のかみあい剛性	合計剛性
1	4.0019×10^8	6.3442×10^8	1.0346×10^9
2	4.3585×10^8	6.3165×10^8	1.0675×10^9
3	4.7516×10^8	6.1111×10^8	1.0863×10^9
4	5.1004×10^8	5.7914×10^8	1.0892×10^9
5	5.4033×10^8	5.4534×10^8	1.0857×10^9
6	5.7509×10^8	5.0064×10^8	1.0756×10^9
7	6.0654×10^8	4.4893×10^8	1.0555×10^9
8	6.3421×10^8	3.8809×10^8	1.0223×10^9
9	7.1836×10^8		7.1836×10^8
10	7.1406×10^8		7.1406×10^8

表1と表2の結果を用いて、補間法により算出した歯のかみあいバネ常数の曲線をそれぞれ図3と図4に示す。これらの図の横軸は歯車の回転位置を示す角度であり、縦軸は補間された歯のかみあいバネ常数である。

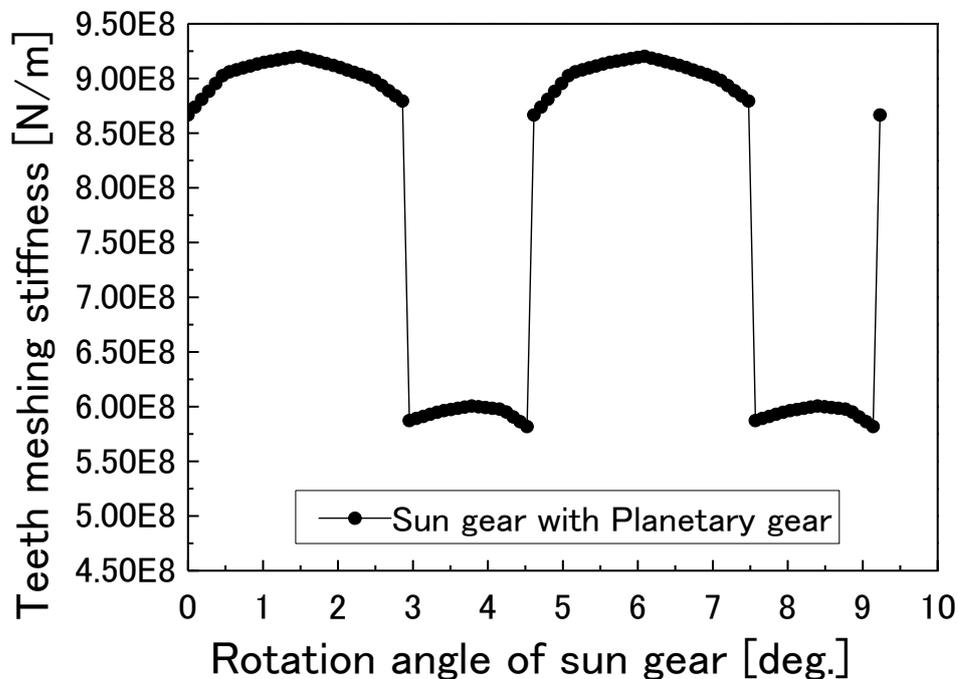


図3 外歯車と外歯車がかみあう時の歯のかみあい剛性

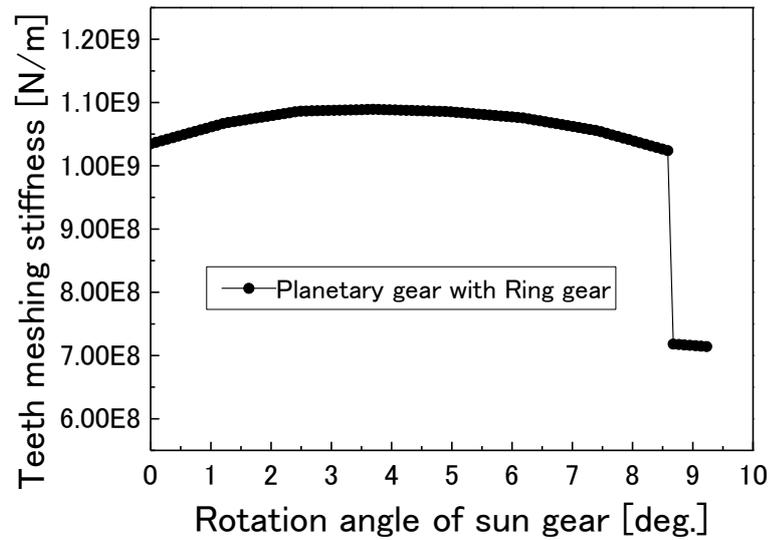


図4 外歯車と内歯車がかみあう時の歯のかみあい剛性

参考文献：

- (1) Shuting Li, "Effects of Machining Errors, Assembly Errors and Tooth Modifications on Load-Carrying Capacity, Load-Sharing Rate and Transmission Error of a Pair of Spur Gear", Mech. Mach. Theory, Vol. 42, Issue 6, 2007, pp.698-726.
- (2) Shuting Li, "Finite Element Analyses for Contact Strength and Bending Strength of a Pair of Spur Gear with Machining Errors, Assembly Errors and Tooth Modifications", Mech. Mach. Theory, Vol. 42, Issue 1, 2007, pp.88-114.
- (3) Shuting Li, "Gear Contact Model and Loaded Tooth Contact Analysis of a Three-Dimensional, Thin-Rimmed Gear", Trans. ASME, J. Mech. Des., Vol. 124, Issue 3, Sept. 2002, pp.511-517.