

## 三次元構造薄肉平歯車の設計及び接触強度の数値解析法

### Contact strength analysis of three-dimensional thin-walled spur gears

Dr. Shuting Li

#### 1. 概要

軽量化のため、歯車のリム・ウェブ厚みが薄肉化されている。従って、荷重がかかる時には、薄肉歯車は厚肉歯車より変形が容易になる。厚肉歯車強度を計算する場合には、リム・ウェブの変形は無視されたので、経験式で歯車強度を大雑把に計算できるが、薄肉歯車の強度を計算しようとする時には、リム・ウェブの構造変形を考慮する必要があるため、薄肉歯車の強度は未解決の難題として残されている。この難題を解決するために、筆者<sup>(1-4)</sup>は専用三次元有限要素法及びそのソフトを開発した。ここで、薄肉歯車の強度解析に関する研究の結果のみを簡単に紹介し、この研究の詳細について、参考文献<sup>(1-4)</sup>をご参照ください。

#### 2. 研究対象とする三次元構造薄肉平歯車

図1に示すように諸元が同じである一对の平歯車を研究対象とした。歯数  $Z=50$ 、モジュール  $m=4$ 、転位係数  $x=0$  である。図1(a)は三次元構造薄肉平歯車であり、図1(b)はかみあい相手として使われている厚肉歯車である。

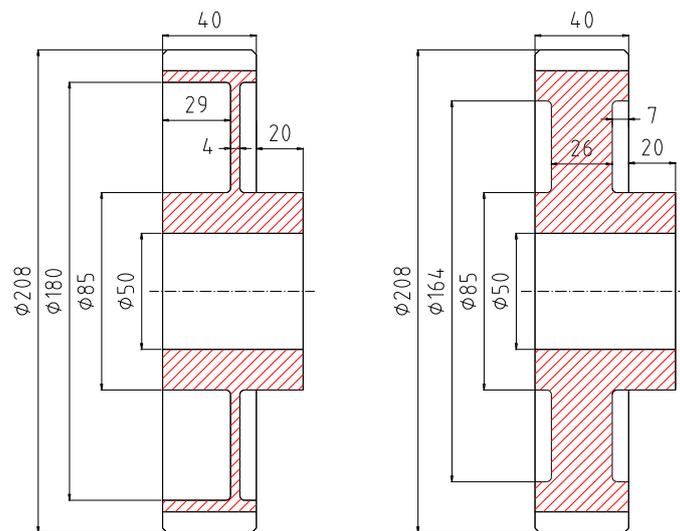
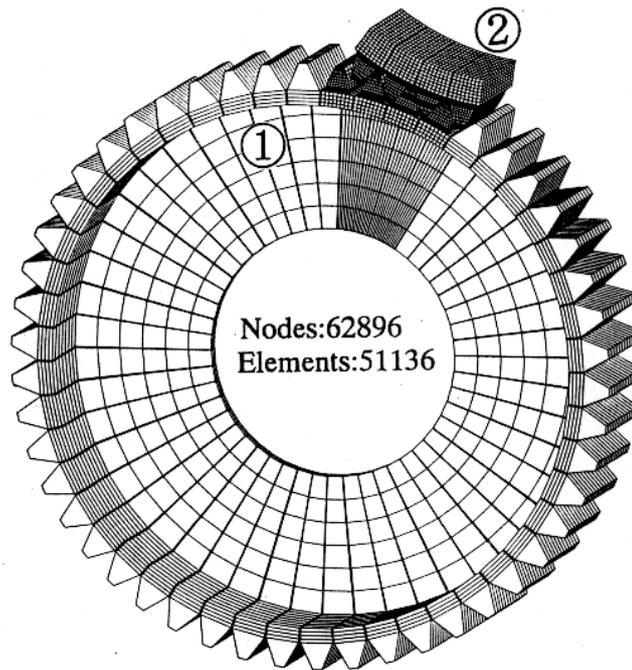


図1 研究対象とする三次元構造薄肉歯車と厚肉歯車

### 3. 三次元構造薄肉平歯車の接触解析

図2に薄肉歯車と厚肉歯車がかみあう時の三次元 FEM 要素分割モデルを示す。このモデルを用いて薄肉歯車の歯面接触強度と歯元曲げ強度を解析し、またこれらの強度に及ぼすリム厚みの影響を調べた。ここで、解析結果のみを簡単に紹介し、研究の詳細は参考文献<sup>(1-2)</sup>をご参照ください。

図3は歯面にある接触領域を定義するために用いたものである。図3に示すように赤い斜線でハッチングした部分は歯の接触問題を解析する時に用いたエリアであり、接触領域と呼ぶ。X軸は歯すじ方向、Y軸は歯形方向を表している。



① 薄肉歯車； ② 厚肉歯車

図2 薄肉歯車の接触解析用 FEM モデル

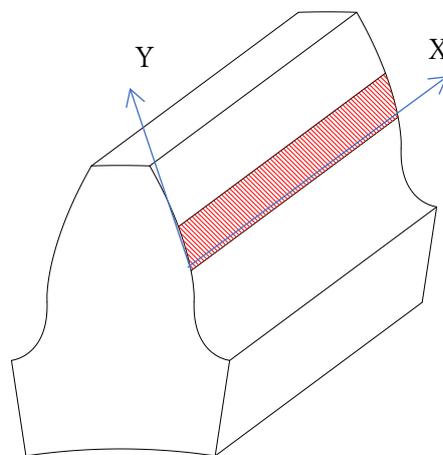


図3 歯面における接触領域の定義 (X軸=歯すじ； Y軸=歯形)

図4は開発した三次元専用有限要素法ソフトを用いて解析した薄肉歯車の接触領域上の荷重分布である。図5は図4の荷重分布により算出した歯面面圧分布の等高線図である。

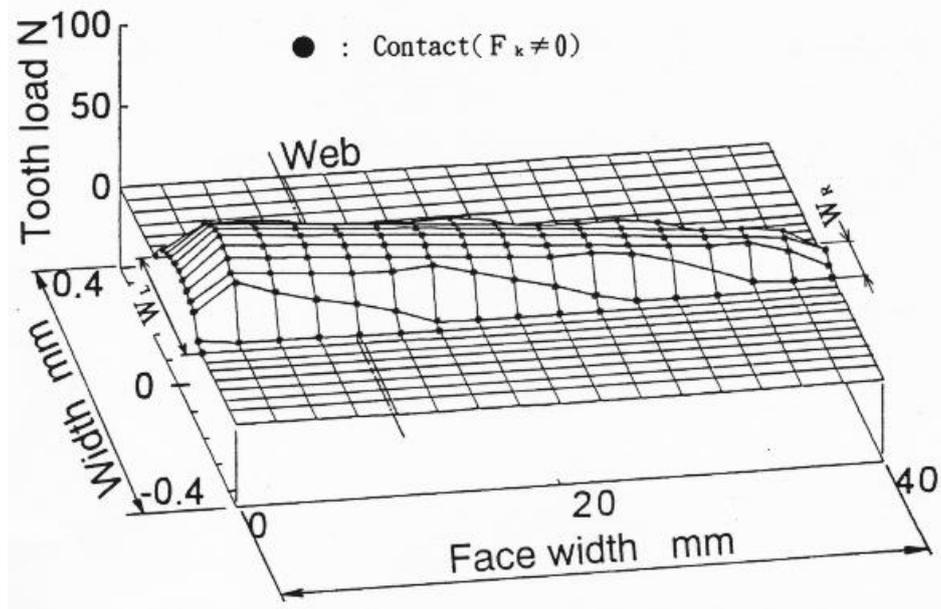


図4 図3に示す接触領域における歯面荷重の分布

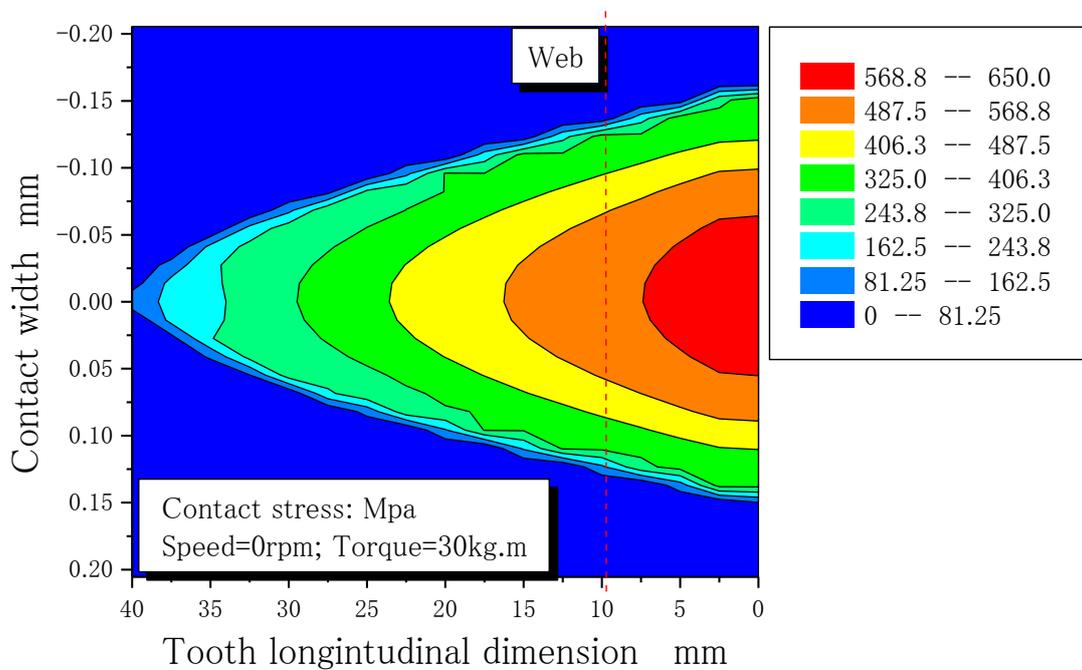


図5 接触領域における接触応力（面圧）分布

図6は薄肉歯車の歯形に沿う表面応力であり、またリム厚みが増加した時に、この応力の変化を示したものである。

図7は歯元最大応力点における歯元曲げ応力の歯すじ方向の分布である。図7に歯元引っ張り側と圧縮側の曲げ応力が同時に示されている。またウェブの位置も「Web」で示されている。

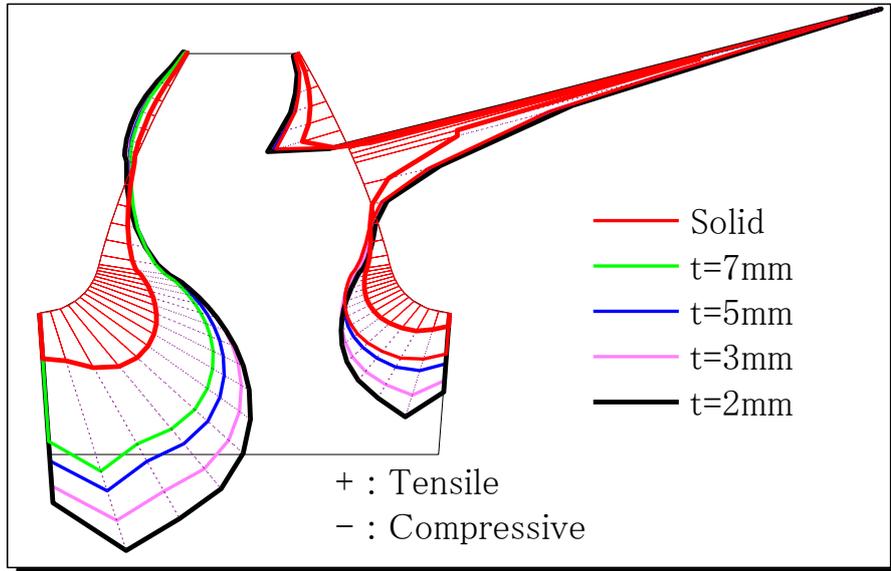


図6 薄肉歯車の歯形に沿う表面応力

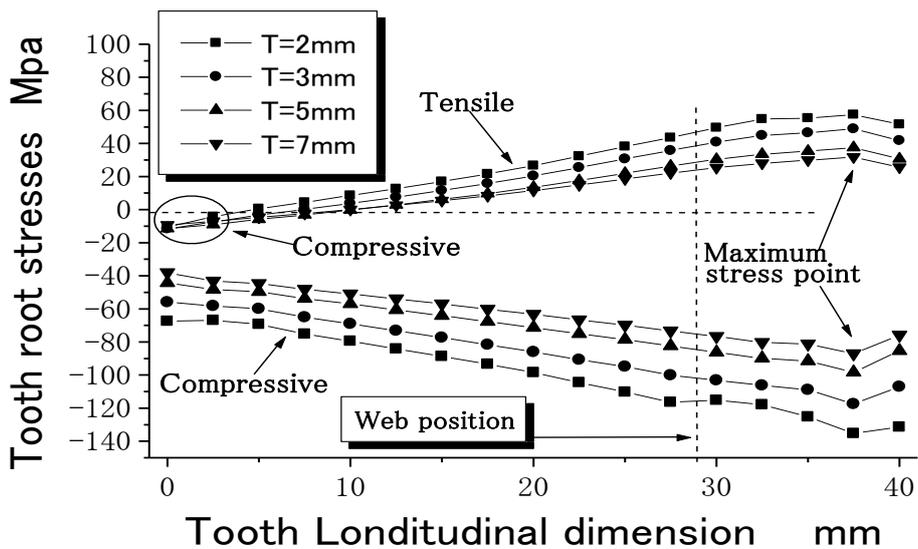


図7 歯元最大応力点における歯元曲げ応力の歯すじ方向に沿う分布

図8にリムとウェブの交差円に沿う応力分布を示している。図8に示すように、約94度のあたりに大きな応力が生じていることが分かる。この応力危険点は厚肉歯車にない現象である。図9に薄肉歯車の変形した後の様子を示している。

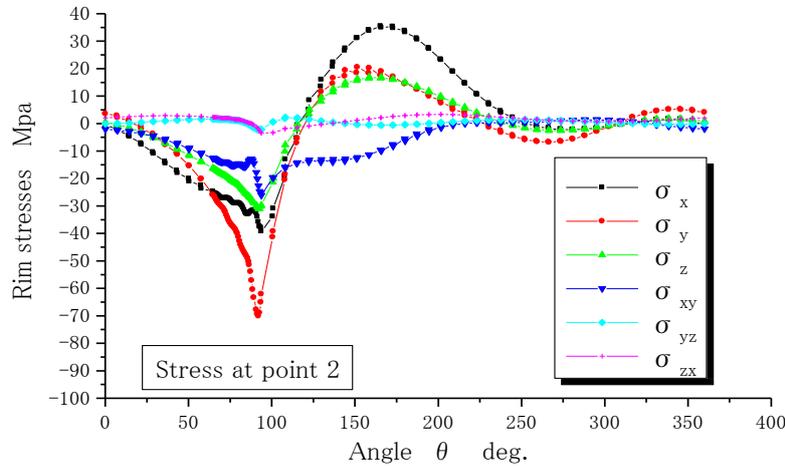
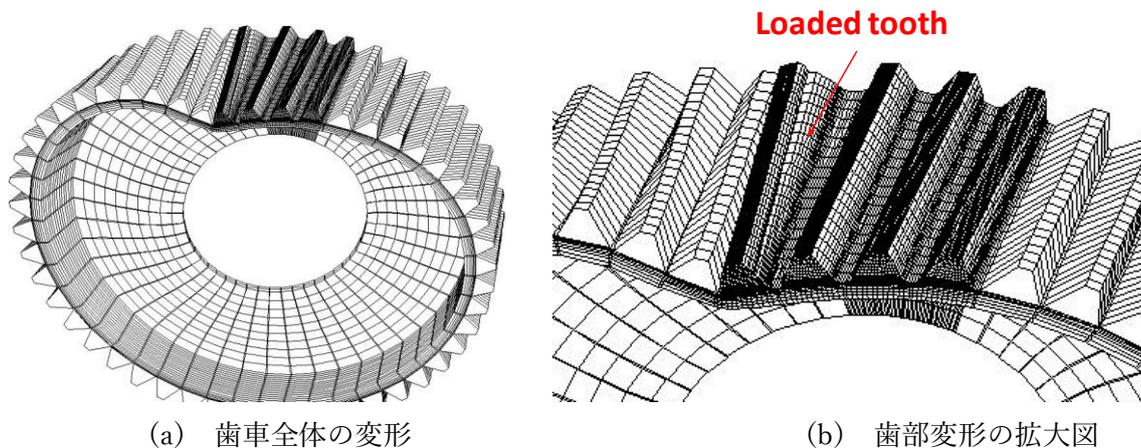


図8 リムとウェブの交差円に沿う応力分布



(a) 歯車全体の変形

(b) 歯部変形の拡大図

図9 歯車の変形と変形拡大図

参考文献：

- (1) 李 樹庭, 石田 武, 「組立誤差を持つ三次元構造薄肉平歯車の歯面荷重の計算法」, 日本機械学会論文 文集 (C編) 63 巻 615 号, pp.4017-4024, 1997
- (2) 石田 武, 李 樹庭, 「有限要素法と線形計画法を用いた三次元構造薄肉平歯車の歯面荷重及び接触 応力の解析法」, 日本機械学会論文 文集 (C編) 63 巻 606 号, pp.585-591, 1997
- (3) Shuting Li, "Gear contact model and loaded tooth contact analysis of a three-dimensional, thin-rimmed gear", Trans. ASME, Journal of Mechanical Design, Vol.124, Issue 3, pp.511-517, 2002
- (4) Shuting Li, "Deformation and bending stress analysis of three-dimensional, thin-rimmed gears", Trans. ASME, Journal of Mechanical Design, Vol.124, Issue 1, pp.129-135, 2002