

遠心力の影響を考慮した三次元構造薄肉平歯車の接触強度の数値解析法

1. 概要

航空機やヘリコプター用歯車の場合には、歯車は高速回転で、また軽量化のため、リム・ウェブ厚みの薄肉化という特徴を持っている。従って、大きな遠心力が薄肉構造の歯車にかかっていることにより、歯車の構造が大きく変形し、歯車の強度を計算する時には、歯車の強度に及ぼす遠心力の影響を考慮する必要となる。しかし、薄肉歯車の強度計算が非常に難しい課題であるため、遠心力の影響を考慮した薄肉歯車強度計算に関する研究が殆ど行われていなかった。この未解決問題を解決するために、筆者⁽¹⁻²⁾は専用三次元有限要素法ソフトを開発することにより、高速回転する薄肉歯車の強度に及ぼす遠心力の影響を明らかにした。ここで、その結果を簡単に紹介する。

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。

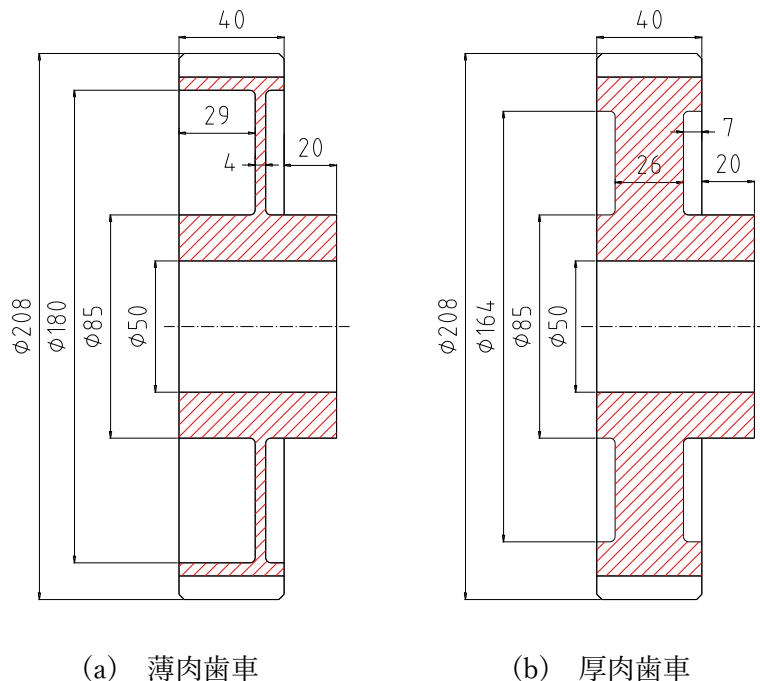
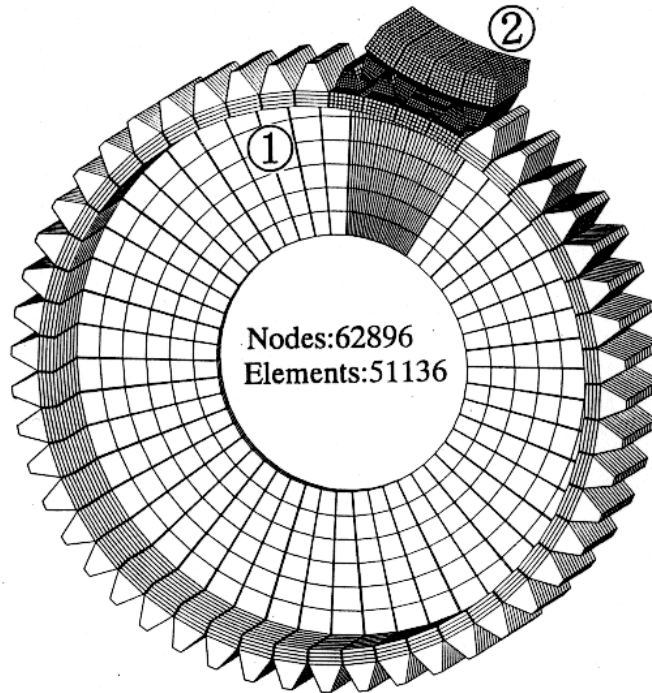


図1 研究対象とする一对の平歯車

3. 三次元構造薄肉平歯車の接触解析

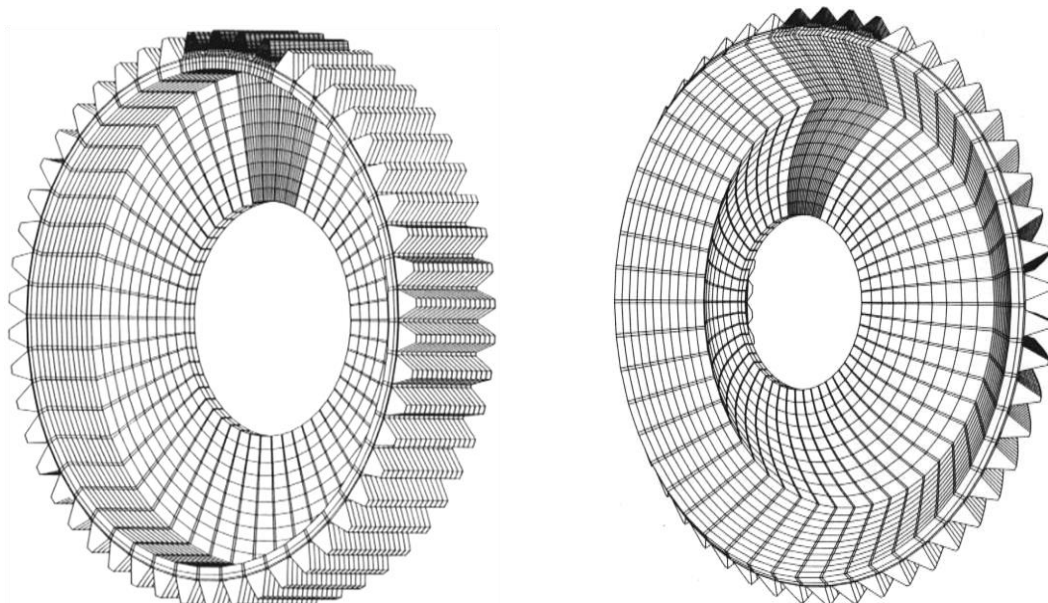
図2に薄肉歯車と厚肉歯車がかみあう時の三次元 FEM 要素分割モデルを示す。このモデルを用いて歯車が高速回転する時に歯車強度に及ぼす遠心力の影響を調べた。ここで、解析結果のみを簡単に紹介するが、研究の詳細について、参考文献⁽¹⁻²⁾をご参照ください。

図3は遠心変形する前後の薄肉平歯車の様子である。



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



(a) 遠心変形する前

(b) 遠心変形した後

図3 遠心変形する前後の薄肉平歯車の様子

2023年8月22日

図4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4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。図5は遠心力の影響を無視した場合には、薄肉平歯車の歯面にある接触領域の面圧（接触応力）分布の等高線図であり、図6は遠心力の影響を考慮した場合の薄肉歯車の接触領域の面圧分布の等高線図である。この時の回転数は40000rpmである。図6を図5に比べると、歯面面圧分布パターンが大きく変わっていることが確認できる。従って、薄肉歯車が高速回転する場合には、歯車強度に及ぼす遠心力の影響を無視できないことが分かった。

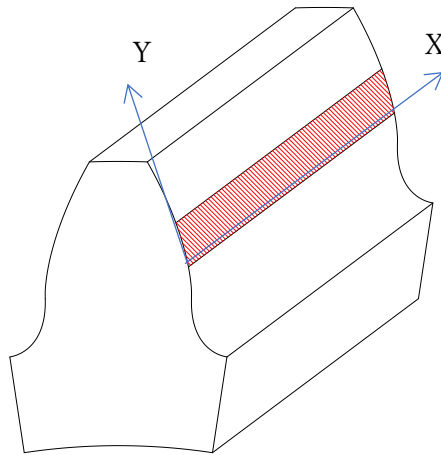


図4 歯面における接触領域の定義 (X軸=歯すじ; Y軸=歯形)

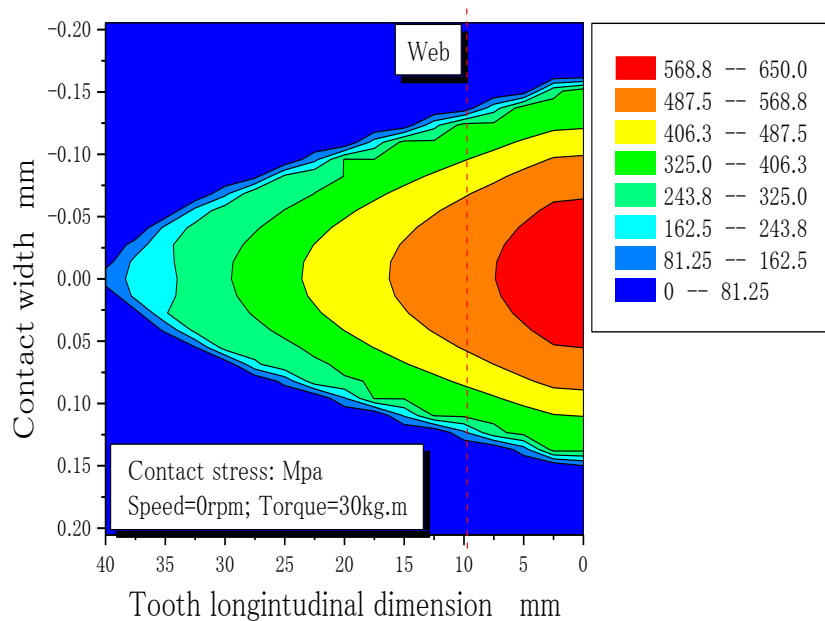


図5 遠心力の影響を無視した薄肉歯車の歯面接触応力分布の等高線図 (回転数=0rpm)

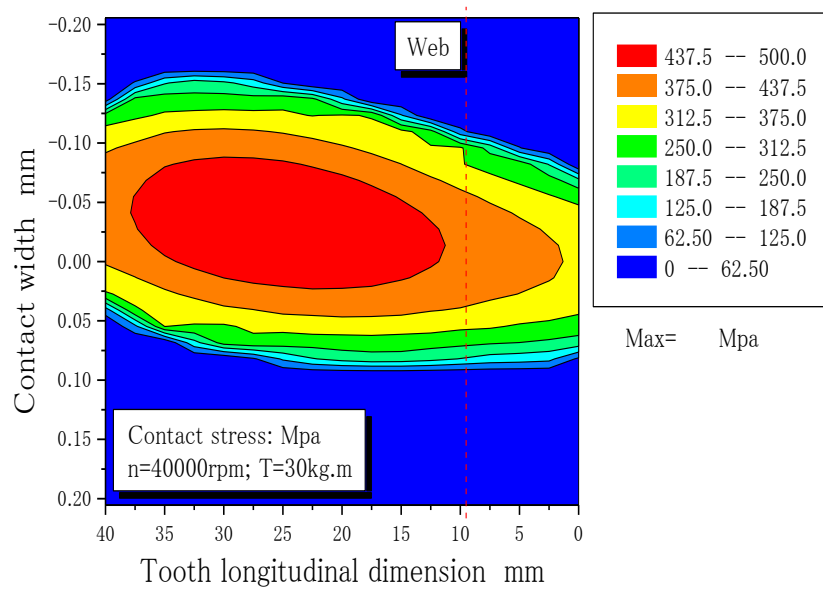


図6 遠心力の影響を無視した薄肉歯車の歯面接触応力分布の等高線図 (回転数=40000rpm)

参考文献：

- (1) Shuting Li, "Centrifugal load and its effects on bending strength and contact strength design of a high speed thin-walled gear with offset web", Mechanism and Machine Theory, Vol. 43, Issue 2, pp.217-239, 2008
- (2) Shuting Li, "Effects of centrifugal load on tooth contact stresses and bending stresses of thin-rimmed spur gears with inclined webs", Mechanism and Machine Theory, Vol. 59, Issue 1, pp. 34-47, 2013