

(様式 2)

## 学位論文の概要及び要旨

氏 名 DAING MOHAMAD NAFIZ  
BIN DAING IDRIS 印

題 目 薄肉ウェブ構造はすば歯車の曲げ強度に関する基礎的研究

### 学位論文の概要及び要旨

本論文では、薄肉ウェブ構造はすば歯車の歯元応力および曲げ疲労強度について取り上げている。はすば歯車は平歯車に比べて動荷重が小さく許容荷重が大きくとれる利点があり、運転中における騒音が低いなどの特徴を持っているため、動力伝達用歯車としてますます多く使用されている。近年、自動車などの歯車装置に対する軽量化の要求が強まってくるにともない、リム厚さが薄く、薄いウェブ部を有する薄肉ウェブ構造はすば歯車が多く採用されてきている。動力伝達用歯車として薄肉ウェブ構造はすば歯車を用いることによって自動車の二酸化炭素の排出量の低減が注目されるようになった。しかし、それらの薄肉ウェブ構造はすば歯車の歯元曲げ強度設計は、相当平歯車に対して得られた資料に基づいて、平歯車に対する強度計算式に近似的修正を加えた式を適用して行われているのが現状であるため、当初の軽量化が十分に達成できていないように思われる。薄肉歯車の場合、歯元部のみならず歯車リム部の変形および発生応力が問題となり、薄肉歯車の設計に当たっては、これらの変形が正常に支障をきたさないように考える必要があるため、より精密な薄肉ウェブ構造はすば歯車の歯元曲げ強度設計法の確立が強く望まれている。

これまで、薄肉平歯車および厚肉（一体）はすば歯車の歯元応力や曲げ疲労特性などについての研究結果は多く報告され、種々の薄肉平歯車の曲げ強度評価法、厚肉はすば歯車の実用歯元曲げ応力計算式などについて明らかになっているが、薄肉ウェブ構造はすば歯車の根本問題である歯元曲げ強度についての研究はほとんど行われていない。はすば歯車の接触線は歯すじに対して傾いているため、平歯車とは異なった曲げ応力・接触応力による疲労破壊が起こるため、薄肉平歯車の曲げ強度評価法はそのまま適用することができない。薄肉ウェブ構造はすば歯車の歯元応力状態は、リム厚さが薄いためリム部（基礎部）の変形量が大きく、厚肉はすば歯車の場合と大きくことなるため、厚肉歯車の場合のような種々の諸元の場合に適用できる歯元応力計算式を直接薄肉ウェブ構造歯車に適用することは問題があると考えられる。また、従来の薄肉はすば歯車の研究では、三次元有限要素法（3D-FEM）による薄肉非対称ウェブ構造はすば内歯車の歯元応力計算方法は報告されているが、薄肉外歯車の場合にはたわみの影響関数などが異なるため、これらの計算方法は薄肉外歯車にそのまま適用することができない。このような情勢を考慮して、種々のねじれ角、リム・ウェブ厚をもつ薄肉ウェブ構造はすば歯車の歯元応力状態、曲げ疲労強度およびき裂発生・進展について明らかにすることにより、薄肉はすば歯車の曲げ強度設計のための基礎資料を得ることを目的

とする。

本論文では、まず、薄肉ウェブ構造はすば歯車の歯元応力に及ぼすリム厚さおよびウェブ厚さの影響を明らかにするために、ねじれ角 $\beta_0=20^\circ$ の薄肉対称ウェブ構造はすば歯車に対して、静的負荷かみ合い時の歯元応力を測定し、かみ合いの進行にともなう歯元応力の変化、最大歯元応力 $\sigma_{cmax}$ が発生するかみ合い位置（最悪かみ合い位置）、最大歯元応力に及ぼすリム厚さおよびウェブ厚さの影響、最大歯元応力発生する歯幅方向の位置などについて明らかにする。歯元応力測定は、ひずみゲージ法を用いて行う。試験歯車は4つのパートに分割し、厚肉歯車部分は1つ、残り3つは薄肉はすば歯車部分となる。光明丹などによる歯当たり確認のみならず、試験歯車の厚肉歯車部分の負荷かみ合い時のかみ合い進行にともなう歯元応力変化を測定し、久保・梅澤法より求めた厚肉歯車の歯元応力計算値と比較する。測定値と計算値がほぼ一致になる状態（片当たりがない状態）を基準として以後薄肉歯車部分の歯元応力の測定を行っている。この方法で本研究を用いる各試験歯車対の歯当たり調整を行っているため、各試験歯車対の歯当たり状態は、全歯幅にわたって均等になると考えられる。

次に、薄肉ウェブ構造はすば歯車の曲げ強度設計を進めるために、歯元応力に及ぼすウェブ構造の影響について明らかにしておかなければならない。リム部の支持方法によって歯の剛性が変化するため非対称ウェブ構造と対称ウェブ構造の歯元応力状態はかなり異なると考えられる。対称ウェブ構造と同様、 $\beta_0=20^\circ$ の薄肉非対称ウェブ構造はすば歯車に対して、静的負荷かみ合い時の歯元応力を測定し、かみ合いの進行にともなう歯元応力の変化、最悪かみ合い位置、 $\sigma_{cmax}$ に及ぼすリム厚さおよびウェブ厚さの影響、 $\sigma_{cmax}$ 発生する歯幅方向の位置などについて明らかにするとともに、歯元応力に及ぼすかみあい歯面の影響について検討を加える。

また、薄肉ウェブ構造はすば歯車の歯元応力に及ぼすねじれ角の影響について検討を加えるために、 $\beta_0=10$ および $30^\circ$ の薄肉ウェブ構造はすば歯車に対して、静的負荷かみ合い時の歯元応力を測定し、かみ合い進行にともなう歯元応力の変化、 $\sigma_{cmax}$ 、最悪かみ合い位置、 $\sigma_{cmax}$ 発生する歯幅方向の位置などについて検討し、これらの結果および $\beta_0=20^\circ$ の場合との比較検討を行い、 $\sigma_{cmax}$ に及ぼすねじれ角の影響について明らかにする。これらの結果に基づいて、本実験に用いたような薄肉はすば歯車の場合には、歯元曲げ強度の向上が期待できる薄肉はすば歯車のねじれ角について検討を加える。

さらに、薄肉ウェブ構造はすば歯車の歯元曲げ強度設計法を確立するためには、種々の薄肉ウェブ構造はすば歯車に対して、歯元応力測定結果から求めた最悪かみ合い位置を考慮して曲げ疲労試験を行い、曲げ疲労強度および曲げ疲労き裂の発生・進展に及ぼすリム・ウェブ厚さの影響を求め、これらの結果について歯元応力測定結果に基づいて検討を加えるととともに種々のリム厚さ、ウェブ厚さおよびウェブ構造をもつ薄肉ウェブ構造はすば歯車の曲げ疲労特性について明らかにする。

以上、薄肉ウェブ構造はすば歯車の歯元曲げ強度を求めるための基礎として用いられる歯元応力測定結果および曲げ疲労試験結果より、薄肉ウェブ構造はすば歯車の歯元曲げ強度設計をするための有用な基礎資料を提示することができる。