

氏 名	清 野 慧 きよ の さとし
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	論 工 博 第 818 号
学位授与の日付	昭 和 50 年 11 月 25 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	Reduction of vibration and noise of spur and helical gears

(平およびはすば歯車の振動と騒音の低減)

論文調査委員	(主 査) 教 授 會 田 俊 夫	教 授 明 石 一	教 授 山 田 敏 郎
--------	----------------------	-----------	-------------

論 文 内 容 の 要 旨

この論文は、振動・騒音のできるだけ小さい平およびはすば歯車装置を設計するために、その振動を解析的に解き、起振力の性質を明らかにして、これを低減するいくつかの手段を歯車に施したときの振動・騒音の低減効果について各種の歯車運転条件と対応づけた資料を得ることを目的として行なった研究結果をまとめたもので、11章からなっている。

第1章は緒言で、歯車の振動・騒音の低減を計る立場に立つとき、歯車のかみあい率と振動の関係、歯のばねこわさの変動と歯車誤差という2種の起振力の相互作用などについて従来の研究では未解明の問題があること、またははすば歯車の振動については理論的な研究がほとんどないことを指摘して、本研究を行なった意義と目的を述べている。

第2章では本研究に用いた平歯車運転試験機の特徴と測定方法について述べている。

第3章では、実験結果を基にして平歯車の円周方向振動（ねじり振動）と半径、軸方向振動、歯車放射音、軸受台振動との関係を調べ、近似的に比例関係が成立すること、したがって歯車の円周方向振動の低減が装置全体の振動・騒音の低減に大きく寄与しうることを確認している。

第4章では、まず歯車の動的付加荷重が歯車の円周方向加速度レベルで代表しうることを理論的に明らかにしたのち、係数励振形振動の一種としての歯車の円周方向振動の微分方程式の解法として、従来用いられてきた数値積分に代わり級数展開によるマトリックス法を導入し、この方法を用いて起振力のスペクトルと振動のスペクトルの関係が定数係数形の振動の場合と全く異なることを明らかにし、さらにこの解法では歯のばねこわさの周期的変動および歯車誤差に基因する2種の起振力が簡単な形で加え合わされることを示して、以後の起振力の低減に関する論議を明快に進めるための基礎を与えている。

第5章は歯のばねこわさの周期的変動のみに基づく振動を検討したものである。まず前章の理論解析法により歯車振動の近似的解析解を導き、かみあい率と振動スペクトルとの関係が従来考えられてきたものと異なることを理論的に示し、実験により確認している。さらに歯先稜のかみあいを考慮したときの実効

かみあい率およびばねこわさ関数のスペクトルの変化と振動レベルとの関係を等価かみあい率と呼ぶ量を導入して定数係数形の振動と同じ形でとらえるようにし、ばねこわさの変動による歯車振動の性質を明確に示しうるようにしている。

第6章では、歯車誤差として歯形誤差をとりあげてその歯車振動に及ぼす影響を検討し、起振力のスペクトルの性質から歯形誤差を直線形状のものと正弦波状のものとに分けてそれぞれの場合の歯車振動の増減機構などを解明している。

第7章は、前章で明らかにした直線状の歯形誤差の性質を積極的に利用して振動・騒音を低減させる、歯形修整法について検討を加えたものである。従来の修整法が荷重伝達の滑らかさの観点より静的に決定されていたのに対し、本研究では起振力の増減の観点から動的に検討し直し、最適修整法が1次共振点に対するものと高次共振点に対するものとでは異なること、静的に決められた最適修整量は1次共振点近傍では過大修整になることなどを明らかにしている。また実測結果より歯車誤差などの振動・騒音低減に及ぼす影響を示している。

第8章では、歯先での歯幅を小さくし、歯のばねこわさの変動動を少くした整形歯車について理論的、実験的に検討し、高精度の整形歯車では容易に振動・騒音を6 aB以上低減させうることを明らかにしている。

第9章ははすば歯車の振動を理論的に検討したもので、歯のばねに関する剛体マトリックスを導き、一つのはすば歯車の振動が基本的には4自由度の連成振動であることを示し、つぎにこの連成系の固有振動数、モードとねじれ角や歯幅との関係、騒音、動荷重に対する影響の大小などを明らかにしている。さらに歯車軸系の影響を分布質量系として厳密に考慮し、正しい固有振動数とモードを求める方法を提示し、この方法をはすば歯車運転試験機に適用して必要な周波数範囲での全ての固有振動数とモードを求め、はすば歯車のねじれ角と固有振動の関係解明している。

第10章ははすば歯車の運転試験結果を理論解析結果と比較検討したもので、理論上の振動モデルとその解析の手法が正しいことを確認し、また平歯車に対するはすば歯車の振動・騒音の特徴を明らかにしている。

第11章は以上の結果をまとめて結言としたものである。

論文審査の結果の要旨

平およびはすば歯車の振動・騒音については近年かなり研究が行なわれ、特に平歯車ではそのねじり振動を表わす理論式がほぼ確立され解明が進んでいるが、その方程式は数値計算されているだけで解析的な解が与えられていないため歯車装置の振動・騒音の低減を計る立場に立つとき、未だ解明されていない問題をかなり含んでいる。またはすば歯車については実験的研究は行なわれているが、理論的にはその振動を表わすモデルが未だ確立されていない現状である。

本論文は平およびはすば歯車の振動・騒音の低減を終局の目的とし、平歯車の振動を解析的に解き、振動の増減する機構を明確にし、実験により確認の上これらの結果を用いて歯形あるいは歯幅を修整した平歯車に対する振動・騒音の低減効果を定量的に示した部分と、はすば歯車に対する振動モデルを提示し、

その固有振動数とモードを解析して、はすば歯車の動特性を理論と実験の両面から検討した部分とからなっている。

本研究から得られられた主要な成果を要約すれば次のようである。

(1) 係数励振形振動の一種である平歯車の円周方向振動の高次共振点での振動レベルと振動スペクトルが近似的な解析解によって表わされることを示し、かみあい率の変化に伴う振動スペクトルの複雑な変化の機構を明らかにした。

(2) 歯のばねこわさの周期的変動と歯形誤差に基づく二種の起振力の相互関係を簡明にとらえる振動方程式の解法を提示し、歯車誤差による歯車振動増減の複雑な機構を解明して与えられた歯形に対してその歯車の振動の大きさを予測しうる式を導いた。

(3) 上記の方法を歯形修整歯車に適用し、振動・騒音低減の立場から最適修整量を理論的に決定して実験によりこれを確かめ、歯形修整を採用する際に有用な基礎資料を提示した。

(4) 平歯車の歯のばねこわさの変動を小さくするために歯先で歯幅を小さくした整形歯車を考案し、その振動低減効果について理論と実験の両面より検討してその有効性を明らかにした。

(5) はすば歯車の振動に関して理論的な振動モデルを構成し、その固有振動数とモードの基本的な性質について解明して実験により確認した。また、はすば歯車の振動系において無視しえない歯車軸系の影響を分布質量系として厳密に、しかも簡明な形で採り入れて解析を進めているが、この手法は応用範囲も広く注目に値する。

(6) はすば歯車の円周方向、半径方向、軸方向振動の加速度レベル、周波数スペクトル、歯車側面の振動振幅の変化および歯元ひずみ波形の実測結果より、従来知られていなかった、多くの動特性を明らかにした。

以上要するに本研究は、平およびはすば歯車運転時の振動・騒音について、その発生機構を独自の手法により解析してその特性を明らかにするとともに、その低減方策および効果を明確に示して歯車の振動・騒音防止に対して多くの有用な知見を加えたもので、学術上、工業上寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。