

氏 名	小 寺 忠 こ たら ただし
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	工 博 第 218 号
学位授与の日付	昭 和 45 年 7 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 1 項 該 当
研究科・専 攻	工 学 研 究 科 数 理 工 学 専 攻
学位論文題目	弾性ロータの振動解析とつりあわせ
論文調査委員	(主 査) 教 授 得 丸 英 勝 教 授 榎 木 義 一 教 授 伊 原 千 秋

論 文 内 容 の 要 旨

この論文は、任意の分布質量を有する弾性ロータの振動解析およびつりあわせについて理論的研究を行なったもので5章よりなっている。

第1章は序論で、関連する工業の現状と関連する過去の研究を概観し、最近回転機械の高速化にともないその振動解析とつりあわせの重要性が増大してきたことを述べ、かつ現在では断面形状、質量分布、境界条件が任意である場合の一般的解析手法とつりあわせ法が確立されていないことを述べ、これを解決するためには回転軸（弾性ロータ）の曲げの影響関数を用いて運動方程式を偏微積分方程式の形式とする必要があると述べている。

第2章は、軸受が固定されており、断面形状は非対称でありかつ質量分布が任意である回転軸のふれまわり振動の解析方法およびつりあわせ法を体系的に示している。可能なかぎり一般性をもたせるために回転慣性および抵抗をも考慮に入れ、運動方程式を偏微積分方程式の形で表わし、解を固有関数で級数に展開し、展開係数についての無限次元の定係数連立微分方程式を導きだしている。(1)両端支持・一様断面の回転軸で、回転慣性を考慮に入れた場合(2)互いに直角な二方向の正規固有関数が等しい非一様断面の回転軸で、回転慣性を無視した場合の2つの場合には、連立方程式の連成項が消え、各モードごとの微分方程式に分離できることを示し、この場合について不釣りあいによる定常変位、重力による定常振動を求め、また自由振動の安定性について論じている。その結果、(2)の場合には各モードごとに危険速度が2個ずつ存在するが、(1)の場合には回転慣性の影響のため高次のモードに対応する危険速度は現われないことが示され、また抵抗がないとき2個の危険速度の間の回転速度では自由振動は不安定となり、外部抵抗はこの不安定速度領域を狭くし内部抵抗はこれを広げる効果をもつことが示されている。ついで(2)の場合について、つりあわせ法を提示している。

第3章では、剛性が方向性を有する軸受台に支えられた弾性ロータの振動解析法およびつりあわせ法を示している。ロータが非対称の場合は、系全体の固有関数が定義されないので軸受固定の場合のロータの

固有関数について解を展開すると、周期係数をもつ無限次元の連立微分方程式が得られることを示している。本研究では具体的な計算は対称な弾性ロータについて行なっている。この場合、解析方法およびつりあわせ法は基本的には第2章と同様になる。なお固有関数および固有振動数におよぼす軸受台の剛性の影響は、厳密には個々のロータ系について数値計算を行なわなければならないため、本研究では近似計算式を提示し、数値計算例でそれがかなりよい近似式であることを明らかにしている。

第4章では、回転機械の高速化に伴って危険速度通過時の振動を解析することが重要になっていることおよび弾性ロータのこの種の問題の理論的解析方法が未確立であることが指摘され、第2章でのべた(2)のロータについて解析方法が体系的に示されている。まず、第2章と同じ手法で展開係数についての常微分方程式を導き、漸近法および平均法によってこれを簡単な形の微分方程式に変形し、数値計算によって危険速度通過時のふれまわりの大きさに対する角加速度、非対称性、不釣りあい量、内部抵抗係数および外部抵抗係数の影響を考察している。その結果、危険速度を通過するときの通過速度が大きく、非対称性が小さく、内部抵抗係数が小さく、外部抵抗係数大きいほど、ふれまわりが小さくなることが定量的に明らかにされている。

第5章では、ロータが自在継手あるいは偏心のある歯車等を通じて駆動される場合に見られる回転速度の周期的変動による二次的危険速度を求めている。まず、第4章で求めた回転速度が任意に変動する場合の運動方程式にもとづいて、周期変動の場合の方程式を導きだしているが、一般にはこれは周期係数をもつ無限次元の連立微分方程式となる。本研究ではロータを対称と仮定して、連立方程式を各モードごとの運動方程式に分離し、主危険速度の他に二種類の二次的危険速度が存在することを示している。

論文審査の結果の要旨

回転機械が高速になると、回転軸の高次振動モードに対応するふれまわりがいわゆる高次危険速度と呼ばれる回転速度近傍において生じ、そのつりあわせが必要となる。回転軸を質量のない軸と集中質量のロータとで近似する1自由度理論ではこのような現象は説明できないので、最近回転軸の分布質量を考えたいわゆる弾性ロータ理論が現われてきた。しかし、これらの取扱いは、回転軸の運動方程式を偏微分方程式で表わしているため、特殊な質量分布および特殊な境界条件の回転軸に限られている。本論文は任意の質量分布および任意の線形境界条件をもつ非対称断面の回転軸のふれまわりとそのつりあわせおよび危険速度通過問題を論じたものである。本論文では運動方程式を、影響関数を用いて偏微積分方程式で表わしているが、このためこのような一般的取扱いが可能となったものであり、本論文において著者が最も工夫をこらし成功した点である。

本論文により明らかにされた点を要約するとつぎのようである。

(1) 回転軸の固有振動数に対応する危険速度が生ずるが、軸の回転慣性の影響により、軸の長さとお軸断面の回転半径との比によって定まる、ある次数より高次の危険速度は、生じなくなるという興味ある事実を示した。

(2) 非対称断面軸の場合、軸断面の2つの慣性主軸の方向の曲げ振動に対応して2つの固有振動数が対をなし、これに対応して危険速度も対をなしている。抵抗が存在しないときこの2つの危険速度の間の

回転数では自由振動は不安定であることを示している。

(3) 1 自由度理論の場合と同様に軸材料の内部抵抗は安定性をそこない、外部抵抗は安定性を増す効果をもつことを示している。

(4) 非対称断面軸の場合、軸の自重による 2 次的危険速度が生ずるが、この場合回転慣性があってもすべての次数のものが現われることを示している。

(5) 不つりあい質量分布を固有関数で展開する場合の展開係数を、ふれまわりを測定することにより求める方法について考察し、この係数にもとづいてつりあわせをとる方法を示し、実際のつりあわせ法を確立している。

(6) 危険速度通過時のふれまわりは、通過速度が大きいとき小さくなることを示し、また非対称性および内部抵抗は定常ふれまわりの場合と同様にふれまわりを大きくする傾向があり、外部抵抗はこれを小さくする傾向があることを示している。

以上要するに本論文は回転軸の振動解析に関する一般的手法を確立し、弾性ロータのふれまわりに関して多くの知見を与え、またそのつりあわせ法について研究したものであり、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。