

氏 名	平 松 力 ひら まつ つとむ
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	論 工 博 第 517 号
学位授与の日付	昭 和 47 年 5 月 23 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	曲がり配管を持つ集中質量系の振動に関する研究

	(主 査)
論文調査委員	教 授 得 丸 英 勝 教 授 上 田 顕 教 授 伊 原 千 秋

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は曲がり配管等を持つ集中質量から発生する振動の伝達に関し、系の固有振動、定常振幅および振動応力について設計計算上の観点からまとめた研究であり、5章からなっている。

第1章の緒論は、回転機を用いる応用機器において、比較的大きな質量を複数個の曲ったビームで支持したり、配管を付属して運転する機器の振動伝達に関して、振動系の解析上および設計計算上の問題点を明らかにし、研究の動機を述べたものである。

第2章では任意の形状で曲ったビームや大きな曲管部を持つ立体配管の影響係数の計算式を導出し、数値計算して実測値と比較検討している。

一般に曲がり配管の計算法として次のものがある。(1)多段分割して伝達マトリックスを適用する方法。(2) J. E. Brock が熱応力で開発した可撓性マトリックス法。これらの方法について各種形状のビームや配管について数値計算により比較検討し次のことを明らかにした。(1)は任意形状ビーム等の影響係数の計算には適当であるが、一定曲率の配管等の計算には不適当である。(2)の方法は一定曲率半径の曲管と直管とよりなる立体配管の影響係数のみを求めるには計算時間が短かくて有利である。しかし可撓性マトリックスのみでは配管途中での分岐の支持ばね等を含む複雑な形状には不適当であり、さらに配管の振動計算は實際上不可能といえる。これらの不都合を解消するため、本論文では一定曲率の曲管を一つのスパンとして可撓性マトリックスにより得た影響係数を弾性マトリックスに組込むことにより、多段分割を行なわない伝達マトリックス法を開発している。これにより任意に支持ばね等を有する配管の影響係数の計算を容易にするとともに、電算機での計算時間の短縮を図っている。これを空調用圧縮機の立体配管に適用し、計算精度を変えず時間を $\frac{1}{2}$ 以下に短縮している。以上のような計算法を開発し、実測値により配管類のばね定数計算の実用性を確かめ、本論文の対象の振動系のばね定数に関する基礎的な検討を行なっている。

第3章は前章で求めた配管等のばね定数を組合わせ、集中質量ばね系の振動特性を解析し、振動伝達の少ない換気扇および圧縮機を設計し、製品化に成功したことを述べている。

(1) 換気扇のモータの重心面内で直線状アームで支持し、非連成化によりモータの回転脈動の壁への伝達を少なくし、振動騒音の少ない静かな換気扇が完成した。この機構上の特徴として、非連成支持は回転脈動をモータの重心面内のみで振動伝達するが、その面に垂直な壁への伝達が防止される効果があることを述べている。

(2) 往復動型圧縮機の小型化と圧縮効率の向上を目的として、回転数を従来の2倍にすることを計画した。この場合加振力は回転数の2乗で増大し、従来のように密閉容器に剛接することはできない。圧縮機本体を容器からコイルばねで支持する2重防振支持構造を検討した。この場合圧縮されたガスを導く配管が両者にまたがり、コイルバネに並列にばね作用をし、振動伝達および配管の振動上不利な構造となる。これに対し本研究で開発した配管の影響係数および振動計算法により設計検討し、不都合を解決して従来の低回転数のものより容器の振動幅が $1/10$ 以下に低減でき、静粛な圧縮機を完成したことを述べている。

第4章は圧縮機の配管類の固有振動数、定常振幅、振動応力の設計計算を可能にしたことを述べている。空調機の圧縮機に使用される配管は集中質量ばね系のばね作用の他に、それ自身が圧縮機からの加振力を受けて振動するとき、共振して破損に到る可能性もある。また配管の振動伝達を計算により求めておくことは、静粛な運転を期待する上に当然必要である。

配管の振動計算には、原子力発電または化学プラントの耐震問題に関連し、日本機械学会の研究報告書やケロッグ社等のハンドブックがある。しかしこれらの計算はいずれも彎曲部を直角に曲げたモデルを使用している。本研究の対象の配管類はいずれも大きな曲率半径を持ち、直角に近似できない。

配管の振動計算には、彎曲部に対して第2章で開発した曲管の弾性マトリックスを用いるとともに、直管、曲管に分割したスパンの質量を集中させた慣性マトリックスを使用している。

圧縮機の配管では、集中質量ばねの振動系との連成の模様を調べるため、機械インピーダンス測定装置を用いて、加振源に相当する位置から作用させた正弦波加振に対する点および伝達インピーダンスならびに動的スティフネスを測定した。この実験により、圧縮機の振動系と配管系との連成作用は少なく、配管の固有振動数の計算には両端固定の条件が用いられることを明らかにしている。さらにピストン相等位置に加振力を作用させたときの配管および圧力容器上の各点の振幅を求める計算式を作成し、上記実験結果と対比させ、計算により定常振幅が求められ、振動伝達の設計検討が可能になったことを述べている。

2重防振支持型圧縮機では、圧縮機本体と圧力容器にまたがる配管は両端から変位加振を受け可酷な条件で使用する。このため共振を避けるとともに、定常回転時の配管各点の振幅分布および応力の計算式を作成し、測定値との一致を得て設計上2重防振支持構造の問題点を解決し、効率のよい圧縮機の設計上の指針が得られたことを述べている。

第5章の結論では、集中質量としての回転機が曲ったビームまたは配管等で支持されているばね質量系および配管系についての振動伝達、共振特性、配管の振動応力等についての計算を行ない、かかる回転機応用装置の等価振動系を確立するとともに、振動特性を明らかにして、振動伝達が少なく、静粛に運転できかつ破損事故のないような構造の設計方法が明らかになったことを述べている。

論文審査の結果の要旨

化学プラントや原子力プラントの耐震性能に関連して、配管系の振動に関する研究がなされたが、これらは配管の曲り部を滑らかな彎曲として取り扱っていない。圧縮機などの小さな装置では、配管の曲り部が配管系全体の中で比較的大きな比重を占めるため、曲り部をできるだけ忠実に取り扱おう必要がある。本論文は、この趣旨にそって、立体曲がり配管が弾性的拘束を与えている集中質量系の振動および配管系自身の弾性振動の解析法について検討したものである。

この研究で得られた主な成果はつぎの通りである。

- (1) 立体曲がり配管を多段分割し、各分割を直管で近似する場合の伝達マトリックス法を定式化した。
 - (2) 立体曲がり配管を直管および一定曲率の曲管に多段分割し、各分割の局所的影響係数から立体配管の集中質量端における可撓性マトリックスを求める計算法を定式化し、これを用いて集中質量系の固有振動を計算する手法を定式化した。
 - (3) 立体曲がり配管を直管および一定曲率の曲管に多段分割した場合の伝達マトリックス法を定式化した。
 - (4) 配管が短かくかつ曲率が連続的に変化しているような場合には(1)の方法が簡明でありかつ計算時間、精度とも十分であることを示した。
 - (5) 配管に分岐があったり、配管途中に支持ばねがあるような複雑な系に対しては(3)の方法が有利であり、単純な系に対しては(2)の方法が有利であることを示した。
 - (6) 圧縮機の効率向上と小型化のためには回転数の向上が最も有効であり、また遮音の観点からは2重防振支持機構が有利であるが、これらは配管系の振動にとっては一般に不利となる。本研究では(3)の手法により振動解析を行ない、従来の約 $\frac{1}{10}$ に振幅を減少せしめるような配管系の設計を与えた。
- 以上要するに本論文は、立体曲がり配管をもつ振動系の振動解析法について詳細に検討し、実用的観点から各種解析法の長短を論じ、振動学上新しい知見を与えたものであり、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。