

氏 名	山 田 栄 やま だ さかえ
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	論 工 博 第 299 号
学位授与の日付	昭 和 44 年 9 月 24 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	往復圧縮機配管系の圧力脈動の研究
論文調査委員	(主 査) 教 授 神 元 五 郎 教 授 榎 木 義 一 教 授 玉 田 珖

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、往復圧縮機の配管内の圧力脈動によって発生する圧縮機およびその配管系の事故を解決する目的をもって行なわれた研究結果をまとめたものであって、V部、20章からなっている。

第I部においては、脈動発生機構と流量波形の解析について述べている。第1章は総論であって、従来行なわれた研究を検討して本研究を行なうに至った経緯とその目的について述べ、第二章では圧縮機から間歇的に吐き出される気体が脈動となって管内を流れ、管内に圧力脈動を誘起することを述べ、その圧力脈動の振幅が平均圧力の $\pm 10\%$ 以下であれば、音響理論が適用されることを実験的に確かめている。第三章では吐出流量波形の解析を行ない、この計算をアナログ電子計算機を用いて模擬すれば、吐出流量波形を簡単に表わすことができることを述べている。

第II部においては、本研究の発端となった圧力脈動によって引き起こされた種々の問題について研究した結果をまとめている。第4章では、(1)配管の振動、(2)吸入口から発する騒音、(3)吸入管の共振による吸入風量の増減と電動機の過負荷、(4)吐出管の共振による電動機の過負荷、(5)自動弁の破損および(6)流量測定の際の誤差などの問題について詳細に検討している。第5章では、配管の曲管部で発生する配管の起振力について計算し、圧力脈動によって発生する起振力は流量脈動によって発生する起振力の10倍にも達するので、曲管部の圧力脈動を小さくする必要があること、また流量の脈動による起振力の周期は脈動の周期の $\frac{1}{2}$ のものが主なものであることなどを計算により明らかにしている。第6章では、吸入管が共振した場合に圧縮機の風量が増大し、同時に軸動力が増加する現象を実験により明らかにし、風量の増加は圧力脈動と自動弁の開閉のタイミングが密接な関係をもつこと、脈動の振幅から風量の増加を計算できることを示した。第7章では、弁が開閉する際の運動を電気接点および高速度カメラを用いて観測し、共振管長の前後で、圧力脈動の影響を受けて、自動弁の開口速度が速くなったり、閉じ遅れが大きくなったりすることを明らかにした。第8章では、ノズル、オリフィス法によって脈動のある流れの流量を測定すると、測定結果は実際より大きく見積ることになるので、この測定誤差について検討している。従来気体を非圧

縮性流体としてこの誤差を見積った例は二・三あるが、この論文では圧縮性を考慮して適当な省略を行ない、簡単な波形の場合の誤差を計算している。

第Ⅲ部においては、脈動による事故を事前に防止するため、共振管長の計算と圧力脈動の振幅を計算する方法について述べている。第9章は第Ⅲ部についての緒言であって、第10章では、音響理論による共振管長および管路にそう圧力脈動分布の計算について述べ、異径管を挿入した配管で実験を行ない、その妥当性を確かめている。第11章では、アナログ電子計算機を用いて配管系を模擬し、配管内に発生する圧力脈動を計算する方法について述べ、さらに模型配管を模型圧縮機に結合して管内の脈動を測定し、その結果から原配管の圧力脈動を算出する方法について述べている。この模擬による計算結果は共振時において実際のものより大きくなるが、その他の場合にはよく一致することを確認している。

第Ⅳ部においては、圧力脈動の減衰装置について実験した結果をまとめている。第12章は第Ⅳ部についての緒言であって、第13章では、種々の開口比をもつオリフィス・プレートに配管に挿入し、圧縮機の回転数、圧力および管内を流れる気体速度などの条件が変化した場合管内圧力脈動の減衰効果の最も大きいオリフィスの開口比を実験的に求め、圧力脈動の減衰率を種々の開口比に対して測定している。第14章では、単一空気槽を用いた場合の圧力脈動減衰率を求め、とくにオリフィス・プレートを併用した場合の減衰効果について述べている。第15章では、共振型空気槽についてその共振周波数と脈動の減衰率とを測定し、この型の空気槽は圧縮機配管内の圧力脈動のように特定の周波数帯域のレベルの大きい場合に有効であることを示した。第16章では、 π 型配列空気槽について実験し、空気槽の容積、連結管の長さ、断面積との種々の組み合わせの下にこの空気槽の減衰率を求め、単一空気槽に比べて小型で高性能であることを確かめている。また第17章と第18章では、それぞれ単一空気槽内の圧力脈動率と π 型配列空気槽内の圧力脈動率の計算図表について述べ、第19章では、上記の種々の脈動減衰装置の減衰率の式を導き、これらを付録としてまとめている。

第Ⅴ部においては、その他の圧力脈動の問題として多列圧縮機の集合管内に発生する圧力脈動を取り上げ、おのおのの圧縮機のクランク角の位相と個々の吸入管または吐出管の間隔から、圧力脈動を発生させる起振源の大きさを求め、二列の圧縮機を用いて実験して、圧力脈動を減少させるには配管系のみならず、クランク角をも適当に選択することが重要であることを明らかにした。

最後に本研究の成果が要約されている。

論文審査の結果の要旨

往復圧縮機の配管内の圧力脈動については、従来多くの研究がなされているが、それらは個々の場合の特定な現象についてのみ研究が行なわれていて、系統的な研究はなされていない。本論文はこれら従来の研究を再検討し、さらに詳細にこの方面の問題を研究し、往復圧縮機の配管系の問題の研究を体系化したものであって、本論文の個々の研究のうち、特に注目すべき項目について述べると、次のようである。

往復圧縮機の吸入および吐出流量波形の解析は非常に複雑であるが、圧縮機シリンダ内の気体の状態変化を、シリンダに出入りする気体の流量に関する連続の式と自動弁に関する圧力と流量の関係式とを用いて、アナログ電子計算機で模擬し、これによって流量波形を容易に取り出すことができるようにした。こ

の結果従来は正確な計算が困難とされていた配管内の圧力脈動の計算が行なえるようになった。

次に配管内を伝播する圧力脈動は音響理論における一次元波動方程式で表わさるが、配管を短かく区分し、その一区分の中では圧力と流量が一樣であるとし、集中定数系として取り扱うと、管内の気体の運動方程式と連続の式はアナログ電子計算機で模擬して計算できることを示した。この計算法と前節で求めた圧縮機の模擬吐出流量の計算法とを組み合わせ、圧縮機配管内の任意の場所において圧力脈動が計算できるようにした。この計算方法の開発により、往復圧縮機の複雑な配管系についてもあらかじめ計算ができ、また脈動の少ない配管の設計も可能となり、従って脈動による事故も防止できるようになった。

さらに模型配管内に、圧縮機による流量波形と類似の波形の風量を流して、管内の圧力脈動を測定し、原配管系内の圧力脈動を算出する方法をも確立した。従来は小型の音響スピーカを用いて模型配管内に音波を送る方法が用いられているが、この方法では配管の共振を調べる程度のことしかできない。本論文のこの方では模型配管における圧力脈動と平均風量との測定から原配管の圧力脈動の振幅が求められることを示し、以上二つの計算結果と実際の圧縮機配管における実験結果との比較によって、共振管長以外において実験とよく一致することが確かめられた。

また配管内の圧力脈動の減衰装置としてオリフィス・プレート、単一空気槽、この両者の組み合わせた装置、共振型空気槽および π 型配列空気槽のおのおのについて系統的に実験を行ない、その減衰特性を明らかにし、オリフィス・プレートの開口比、空気槽の容積、および管断面積とその長さなどを合理的に決定する資料を提供し、各種減衰装置の設計を便ならしめている。

以上要するに、本論文は往復圧縮機の配管系の圧力脈動を理論的に解明し、系統的な実験によってそれを確かめ、圧力脈動による配管系の事故対策に多くの知見を与えたものであって、学術上、工業上貢献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。