

審査の結果の要旨

氏名 林 慈朗

学位請求論文は、「遠心式流体機械を含む配管系で発生する圧力脈動評価法」と題し、全6章から構成されている。

遠心式流体機械が原因で生じる圧力脈動に関しては、これまでも多くの研究が行われており、脈動発生特性と機器の設計因子の関係について有益な知見が得られている。また、近年ではCFDによって、遠心式流体機械単体が発生する圧力脈動に関して、定量的に予測できるようになってきた。しかしながら、遠心式流体機械による配管内の脈動応答に関しては、配管内共振時の特性について未解明の点が残されており、実用的な評価手法は構築されていない。

このような背景を踏まえて、本論文は、プラント内の流体機械周りの配管および配管系に接続された容器の設計に適用可能な実用的な圧力脈動評価法を構築するために、配管内共振時の脈動特性を解明することを目的とし、これまで適切に評価されていなかった遠心式流体機械内部の減衰特性を解明し、脈動評価手法の構築を行ったものである。

第1章は、「序論」と題し、従来の関連する研究についての概観と本論文中で展開されている研究の位置付けについて述べている。

第2章は、「計算モデル」と題し、遠心式流体機械内部でインペラの回転に伴い羽根通過周波数で発生する圧力脈動を、励振源周辺の検査体積内の流体に作用する外力として評価し、1次元の波動モデルにより、励振部の運動方程式を構築している。また、配管内共振時の脈動応答を評価するために、配管内の弁やオリフィスなどの集中抵抗、管摩擦損失および圧縮機内部の圧力損失による減衰をエネルギーの観点から評価した。本計算手法は、1次元の配管内脈動応答のみならず、3次元容器内の脈動応答評価にも適用でき、非線形減衰を扱う特殊な計算プログラムが不要であるため、汎用の音響解析コードが利用できるとの利点を持ったものである。

第3章は、「実験装置および方法」と題し、本研究で使用した実験装置について述べている。実験では、遠心圧縮機と同様の脈動発生機構を有する遠心ポンプを励振源とし、作動流体には空気を用いている。また、圧縮機の励振力の算出方法に関しては、異なる配管レイアウトにおいて圧縮機運転中に吸入配管からスピーカによる音響加振を行い、圧縮機の伝達マトリックスを算出した上で、

インペラがポリュート舌部を通過する際に生じる羽根通過周波数成分の励振力を求める手法を用いている。

第4章は、「共振時の脈動特性」と題し、遠心圧縮機によって励起される配管内圧力脈動に関して1次元波動モデルによる検討結果を示している。計算結果と実験結果との比較検討により、第2章で述べた本計算モデルの妥当性を示し、共振時を含む配管内の脈動特性を明らかにした。特に、これまで明確な説明が与えられていなかった共振周波数における励振源設置位置と最大脈動振幅の関係が、本モデルによって評価できることを示し、圧縮機を含む配管系内の非線形減衰によって脈動振幅の大きさが支配されていることを明らかにしている。

第5章は、「運転条件が減衰特性に及ぼす影響」と題し、遠心圧縮機の運転点が配管内の脈動応答に及ぼす影響を明らかにするため、各運転点における脈動応答に関して検討を行った結果を纏めている。特に、圧縮機運転点と圧縮機の減衰特性の関係を把握するために、脈動流に対する圧縮機内部の抵抗係数を実験的に算出する手法を提案している。

第6章は、「3次元性の考慮を要する配管系内の圧力脈動特性」と題し、配管に3次元性の考慮を要するドラムが接続された系において、遠心圧縮機が生じる圧力脈動に対するドラム内の3次元脈動応答を評価するために、前章までに構築してきた1次元の配管内圧力脈動の評価モデルを、3次元の音響要素モデルに拡張している。構築した3次元モデルを用いた検討結果から、配管内と容器内の共振周波数が近接した場合に発生する音響動吸振効果に関しても、本モデルにより良好に評価できることを示している。

第7章は、結論と題し、本研究で得られた知見について纏めて述べている。

以上を要約すると、本論文は、遠心式流体機械によって励起される配管内および配管系に接続された容器内の圧力脈動に関して、流体機械を含む配管系内の速度二乗形の非線形減衰をエネルギーの観点から評価することで、配管内共振時の脈動応答特性を明らかにしたものである。研究の成果は、流体機械内部が1次元の波動モデルとして扱うことができる小型の圧縮機、送風機および大型のポンプを含む配管系および容器設計に適用可能な実用的な脈動評価手法を提案したことにより、本研究は、機械工学、特に流体関連振動学の発展に貢献するところが多い。

よって、本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。