

報告番号 甲第 2249 号

報告番号 * 甲第 2249 号

主論文の要旨

題名

遠心形ターボ機械羽根車内の圧力変動
に関する研究

氏名 長谷川豊

主論文の要旨

報告番号	※甲第	号	氏名
			長谷川 豊
<p>近年、ターボ機械の小型化、高速化にともない、振動問題が工学的に重要視されるようになってきた。ターボ機械の振動は、羽根車に働く流体力によるものが支配的であり、ターボ機械のうち、遠心形羽根車では高圧を発生するため、羽根車に働く流体力がとくに問題となる。</p> <p>遠心形羽根車に働く流体力のうち軸振動に影響を及ぼすのは半径方向の流体力（半径推力）であり、これは羽根車の周囲に非軸対称流れが生じている場合に発生する。その原因としては、羽根車とポンプケーシングとのポテンシャル干渉、および羽根車内流れの剥離等が考えられる。その際、羽根車内部に生じる変動流れは、半径推力に関係するだけでなく、性能、キャビテーションおよび低流量時の逆流発生に影響を及ぼす。</p> <p>本研究では、うず巻室を持つ遠心ポンプを用いて、羽根車内に生じる変動圧力場を測定することにより、羽根車とうず巻室との相互干渉に基づく非定常半径推力を調べるとともに、羽根車内の変動圧力がキャビテーション発生に及ぼす影響を明らかにした。</p> <p>以下に、本論文の各章の概略を示す。</p> <p>第1章においては、遠心羽根車内の変動圧力場がもたらす諸問題について、現在までの研究成果および未解決の課題を概説し、本研究の工学的意義と目的を明らかにした。</p> <p>第2章においては、7枚羽根のポンプ羽根車について、うず巻室との相互干渉により羽根面上に発生する周期圧力変動を明らかにするため、位相平均の圧力波形を求め、波形分析を行った。また、得られた位相平均圧力分布の積分により羽根および羽根車に働く変動流体力を調べ、以下のことがらを明らかにした。</p> <p>(1) 変動圧力の振幅は、流量がうず巻室の最適流量をはずれるに従って増加する。このとき羽根高圧面の振幅は低圧面よりも大きくなり、低流量時には羽根中間部、大流量時には羽根入口直後で最大振幅が得られる。</p>			

主 論 文 の 要 旨

報告番号	※甲第	号	氏名	長谷川 豊
<p>(2) 羽根車出口近傍における圧力変化はうず巻き室に沿う圧力分布にほぼ対応する。しかし羽根流路入口近傍の圧力変化は入口流れの周方向不均一等の影響を受けるため、その位相は羽根高圧面では進み、低圧面では遅れる。</p> <p>(3) 羽根一枚に加わる圧力のモーメントすなわち羽根一枚の仕事量は、舌部から離れた範囲では流量の違いによる影響は少なく、そのため軸トルクの小さな低流量時には、羽根の仕事量は舌部近くで著しく減少し負の値を取ることがある。</p> <p>(4) 羽根車全体に加わる流体力の変動成分は大流量時よりも低流量時に比較的大きくなるが、その絶対値は羽根一枚の変動流体力に比較して極めて小さい。</p> <p>第3章においては、うず巻室と遠心羽根車の相互干渉に及ぼす羽根枚数の影響を明らかにするために、3枚羽根羽根車について圧力変動と変動流体力を測定し、7枚羽根羽根車との比較を行った。また、うず巻室内圧力分布を測定し、羽根車内の圧力変動、半径推力の定常成分との対応関係を調べ、以下のことがらを明らかにした。</p> <p>(1) 羽根車出口とうず巻室舌部の間隔が広い場合、舌部付近においてうず巻室圧力に見られる急激な変化が羽根出口圧では緩和される。また、羽根流路内においては、羽根前縁と羽根流路出口近傍で周期圧力変動の振幅が大きくなる。</p> <p>(2) 変動流体力を正規枚数の7枚羽根の場合と比較した場合、羽根一枚に加わる流体力の変動量には大きな違いが見られないが、羽根車に加わる流体力の変動量は3枚羽根の場合に極めて大きい。これは羽根車内に発生する周期圧力変動が低次成分ほど大きいためである。</p> <p>第4章では、羽根枚数 $Z = 3, 7, 9$ をもつ遠心ポンプ羽根車の羽根流路前の速度分布、流路入口近傍の羽根面圧力分布の時間平均値を測定するとともに、キャビテーションの発生限界および発生限界近くでのキャビテーションの形態を調べた。この結果、以下のことがらを明らかにした。</p> <p>(1) ポンプ羽根入口の流れは羽根枚数7および9枚の羽根車において大流量時</p>				

主 論 文 の 要 旨

報告番号	※甲第	号	氏名	
				長谷川 豊
<p>には、入口断面内でほぼ均一になり、羽根低圧面上においてハブ-シュラウド間で一様に急激な圧力の低下を生じる。しかし、低流量時には速度分布はハブ-シュラウド間で不均一となり、低圧面の圧力分布には羽根高さ方向の不均一を生じる。</p> <p>(2) 羽根枚数3枚の羽根車においては、低流量時には羽根流路入口の低圧側に渦領域が発生し、それによって羽根低圧面上の圧力の著しい低下は妨げられる。</p> <p>(3) 羽根車内に生じるキャビテーションの形態は入口の流動状態によって変化し、羽根枚数$Z=7$および9の場合の大流量時には低圧面に付着してシート状に発生するが、流量を減ずると霧状に分散し流れとともに移動するものになる。</p> <p>(4) 羽根枚数が変化したときのキャビテーションの発生限界は羽根1枚当たりの循環量(比循環)を考慮することにより予測できる。</p> <p>第5章においては、7枚羽根羽根車に発生する圧力変動に起因する羽根面上の圧力低下量を調べ、キャビテーション初生およびキャビテーション発生時の周方向不均一との関連を明らかにした。圧力変動のうち、ポンプ軸回転とは同期しない非周期変動成分は、位相平均圧力からの圧力偏差について確率密度関数の分布を求め、キャビテーション発生頻度との対応関係を調べた。この結果、以下のことがらを明らかにした。</p> <p>(1) 羽根面上における圧力偏差の確率密度分布の結果より、低流量時には羽根車内の流動は2種類の準定常な流れの間を変動する。そして羽根先端近傍における非周期の圧力変動量は著しく大きくなる。</p> <p>(2) 羽根車内のキャビテーションは羽根面圧力の周方向変化の影響を受け、低流量時および大流量時には、キャビテーション発生限界近くにおいて周方向に不均一に分布する。このキャビテーションの分布する周方向範囲は圧力変動を考慮したキャビテーション係数σ_cを用いることにより予測できる。</p> <p>(3) キャビテーション発生限界σ_cは比較的低流量時には、σ_cの周方向最大</p>				

主論文の要旨

報告番号	※甲第	号	氏名
			長谷川豊
<p>値$\sigma_{i\max}$と一致するが、大流量時に対しては$\sigma_{i\max} < \sigma_d$となる。</p> <p>第6章では3枚羽根羽根車について第5章と同様の実験を行い、実験結果を比較することにより、キャビテーション初生に及ぼす羽根車羽根枚数の影響を羽根面上に生じる非周期圧力変動との関連において明らかにした。この結果、以下のことがらを明らかにした。</p> <p>(1) 羽根前縁近傍の位相平均圧力は、3枚羽根と7枚羽根を比較した場合、周方向変化の振幅には大きな違いが見られず、時間平均値のみが異なる。</p> <p>(2) 羽根低圧側前縁に発生するキャビテーションの発生限界は、上記の周期圧力変動とともに、流れの不安定に基づく非周期圧力変動の影響を強く受ける。3枚羽根車においてはこの非周期圧力変動が大きいため、7枚羽根車と比較してキャビテーションが発生しやすい。</p> <p>第7章において以上の結果を総括し結論とした。</p>			