

氏名	早水 庸隆
授与した学位	博士
専攻分野の名称	工学
学位授与番号	博甲第2958号
学位授与の日付	平成17年 3月25日
学位授与の要件	自然科学研究科エネルギー転換科学専攻 (学位規則第4条第1項該当)
学位論文の題目	ヘリカルな曲がり円管内の流れに関する研究
論文審査委員	教授 山本 恭二 教授 柳瀬眞一郎 教授 富田 栄二

学位論文内容の要旨

本論文は、ヘリカルな曲がり管内流に関して、管の振りの影響を明らかにするために、流れ場の詳細な観点から理論的、実験的に研究を行っているものである。すなわち、曲率がほぼ同じで振りが異なる数種類の円形断面を持つヘリカルな曲がり管に対して、レイノルズ数の比較的小さい時においては、流体粒子の軌跡を数値計算するとともに実験的な可視化を行い、また、広範囲にわたるレイノルズ数においては、X型熱線流速計を用いて、時間平均流速、乱れの大きさ、レイノルズ応力、スペクトルの測定を行い、その結果を基にして、振りの大きさによって、流れがどのように影響されるのかを論じたものである。

まず、ヘリカルな曲がり円管内での流体の動きを調べるため、層流状態における流体粒子の軌跡を数値計算するとともに、実験的な可視化を行い、それらから流体粒子の軌跡に及ぼす振りの影響を検討した。その結果、断面内の二次流の形状は、一定レイノルズ数のもとでは、振りが小さい場合は、互いに反対向きに回転する二つ渦を形成するが、振りが増大するにつれ一方の渦が増大し、大きな振りでは殆ど一方向に回転する流れとなることが明らかにされた。

次いで、X型熱線流速計による流れの計測法に基づいて、曲率がほぼ同じで振りが異なる3種類(小、中、大の振り)のヘリカルな曲がり円管に対して、レイノルズ数が数百から数万の間で、断面内の時間平均流速、乱れを測定し、それらに及ぼす振りの影響を検討した。更に、乱れのスペクトル解析を行い、その結果を基に、管内流の乱流遷移に及ぼす振りの影響を検討した。この結果、乱流状態での管内流速分布が、振りにより大きく変化することが明らかにされると共に、乱れの遷移は、管の曲がりの内側から始まり、外側に移行すること、振りが大きくなるにつれて、遷移レイノルズ数が減少し、通常の曲がり管の臨界レイノルズ数式が当てはまらなくなること、遷移状態では比較的低い振動数の乱れが卓越していることなどが明らかにされた。

以上のように、ヘリカルな曲がり管内流に対する振りの影響を検討し、振りにより、管内流の特徴は、通常の振りの無い曲がり管とは大きく異なること、また、その限界の振りのパラメータ値について言及している。

論文審査結果の要旨

本論文は、ヘリカルな曲がり円管内流に関して、管の振りの影響を明らかにするために、流れ場の詳細な観点から理論的、実験的に研究を行っているものである。すなわち、曲率がほぼ同じで振りが異なる数種類の円形断面を持つヘリカルな曲がり管に対して、レイノルズ数の比較的小さい時においては、流体粒子の軌跡を数値計算するとともに実験的な可視化を行い、また、広範囲にわたるレイノルズ数においては、X型熱線流速計を用いて、時間平均流速、乱れの大きさ、レイノルズ応力、スペクトルの測定を行い、その結果を基にして、振りの大きさによって、流れがどのように影響されるのかを論じたものである。

まず、ヘリカルな曲がり円管内での流体の動きを調べるため、層流状態における流体粒子の軌跡を数値計算するとともに、実験的に可視化を行い、流体粒子の軌跡に及ぼす振りの影響を検討している。その結果、断面内の二次流の形状は、一定レイノルズ数のもとでは、振りが小さい場合は、互いに反対向きに回転する二つ渦を形成するが、振りが増大するにつれ一方の渦が増大し、大きな振りでは殆ど一方向に回転する流れとなることが明らかにされた。

次いで、X型熱線流速計による流れの計測法に基づいて、曲率がほぼ同じで振りが異なる3種類のヘリカルな曲がり円管に対して、レイノルズ数が数百から数万の間で、断面内の時間平均流速、乱れを測定し、それらに及ぼす振りの影響を検討した。この結果、円管内流速分布が、振りにより大きく変化することが明らかにされると共に、乱れの遷移は、管の曲がりの内側から始まり、外側に移行すること、振りが大きくなるにつれて、遷移レイノルズ数が減少し、これまで利用されている振り曲がり管の臨界レイノルズ数式が当てはまらなくなること、遷移状態では比較的低い振動数の乱れが卓越していることなどが明らかにされた。

以上のように、本論文は、ヘリカルな曲がり円管内流に対する振りの影響について、工学的に有用な新しい知見を得ており、博士(工学)の学位に値するものと考えられる。