

Title	円管内脈動流れの流動形態と摩擦損失に関する研究
Author(s)	井口, 学
Citation	
Issue Date	
Text Version	ETD
URL	http://hdl.handle.net/11094/1034
DOI	
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名・(本籍)	井 口 学
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	第 5 4 5 7 号
学位授与の日付	昭 和 56 年 11 月 30 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	円管内脈動流れの流動形態と摩擦損失に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 近江 宗一 教授 福迫 達一 教授 村田 暹 教授 森川 敬信

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、非定常流れの中で基本的で重要な脈動流れに着目し、管路網の主構成要素である円管における圧力損失、摩擦損失および流量の相互関係が周波数、時間平均レイノルズ数に対してどのように表わされるかを解明することによって、管路網設計上の基礎資料を得ようとして実施した研究の成果をまとめたもので、7章からなっている。

第1章は緒論で、円管内非定常流れと研究の必要性和従来行われてきた関連分野の研究の概要を述べ、つづいて本研究の目的と意義を明らかにしている。

第2章では、脈動流れの圧力損失(圧力項)が慣性力(慣性項)と摩擦損失(粘性項)との和として表わされることに着目して、まずこれら3項の量的関係したがってまた流動形態を規定する四つの特性数を定義し、層流の場合について流動形態図を作製して三つの領域、すなわち擬定常領域、中間領域および慣性領域を示し、それらの境界を定めている。さらに壁面せん断応力 τ_w を管横断面平均速度 u_m の関数として新たに導びくとともに、その近似式も提案している。

第3章では、層流脈動流れの摩擦損失と周波数との関係を管摩擦係数を評価することによって検討している。すなわち仕事率の関係から瞬間管摩擦係数 $\lambda_u(t)$ 、時間平均管摩擦係数 $\lambda_{u,ta}$ 、自乗平均管摩擦係数 $\lambda_{u,ta,rm}$ の三つを定義し、これらと周波数との関係を明らかにするとともに、管摩擦係数と粘性逸散との関係についても言及し、それらの物理的意義を明確にしている。

第4章では、乱流脈動流れを特徴づける三つのパラメータ(無次元角周波数 ω' 、時間平均レイノルズ数 Re_{ta} 、速度振幅比 A_1)が流動形態を規定する四つの特性数に及ぼす影響を実験的に調べている。また、これらの特性数を図に描いて流動形態図を作製し、擬定常領域、中間領域および慣性領域の三

つの領域の境界を定め、摩擦損失を推定するための基本的資料を作成している。

第5章では、前章で求めた流動形態図を利用して瞬間管摩擦係数 $\lambda_u(t)$ と時間平均管摩擦係数 $\lambda_{u,ta}$ の値を推定し、この結果を実験値と比較してその妥当性を検証するとともに、これら管摩擦係数と ω' 、 Re_{ta} 、 A_1 との関係を明らかにしている。なお $\lambda_u(t)$ については、各瞬間の速度分布との関連性も明らかにしている。

第6章では、圧力と速度を測定して摩擦損失を実測しようとする方法および前章に示した推定法では、周波数の高いところ（慣性領域）における摩擦損失の評価が事実上不可能になることを説明し、従来の理論的ならびに実験的事実に検討を加えることによって、慣性領域における摩擦損失が層流の様相を示すようになることを指摘し、 τ_w に対して、全領域にわたって適用できる二つの新しい表示式を導びいている。

第7章では、本研究で得られた成果を総括して述べている。

論文の審査結果の要旨

本論文は、非圧縮性流体の円管内脈動流れの圧力損失、摩擦損失および流量間の関係の解明を試みたものである。脈動流れの圧力損失（圧力項）は摩擦損失（粘性項）と流体の加速・減速に費やされる成分（慣性項）の和として表わされる。この点に着目して、これら3項の振幅と位相を関係づける四つの特性数を定義し、これらを脈動周波数あるいはこれと時間平均レイノルズ数の組合わせに対してプロットすることにより、流動形態図を作成して前記3項の量的相互関係を明らかにしている。つぎに四つの特性数を使って摩擦損失を推定する方法を示し、実験結果と比較してその妥当性を検討している。得られた主な成果を要約すれば、つぎの通りとなる。

- (1) 四つの特性数を用いて流動形態図を作成することにより、脈動流れの複雑な流動形態を一見して俯瞰できるようにしている。
- (2) 流動形態は圧力項と粘性項とがほぼつり合う擬定常領域、圧力項、粘性項および慣性項の3項がつり合う中間領域、および圧力項と慣性項とがほぼつり合う慣性領域の三つに分類するのが合理的であることを示し、層流、乱流の各場合について、それらの境界値を提示している。
- (3) 特性数に基づいて摩擦損失を系統的に評価する方法を提案し、実験結果と比較してその妥当性を立証している。
- (4) 摩擦損失を瞬間管摩擦係数と時間平均管摩擦係数に基づいて評価し、前者については擬定常管摩擦係数との、後者については定常流管摩擦係数との量的対応関係を明らかにしている。
- (5) 乱流摩擦損失に対して、新しい観点から二つの推定式を提案している。

以上のように、本論文は円管内脈動流の流動形態と摩擦損失を明らかにし、管路網設計上有用な資料を提供したものであり、工学上寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。