

氏名	柴 山 俊 之 しば やま とし ゆき
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	工 博 第 123 号
学位授与の日付	昭 和 42 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	工 学 研 究 科 機 械 工 学 専 攻
学位論文題目	狭いすきまにおける粘性流動に関する基礎的研究

論文調査委員 (主査) 教授 森 美郎 教授 福田国弥 教授 玉田 珖

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は慣性よりも粘性が支配的な狭いすきまにおける流動を基礎的に論じ、例えば軸受あるいは油圧機器などのごとく、狭いすきまの粘性流動が本質的に性能を左右する機械要素の基本特性を明らかにし、かつその性能の向上をはかることを目的としたもので、ニュートン流体に関する第1編5章と非ニュートン流体に関する第2編3章からなっている。

第1編第1章においては、通常の静圧気体軸受にみられる多数給気孔より狭いすきまへの吹出し流れをとりあげ、最大軸受剛性を与えるように設計試作したジャーナル軸受において、給気孔圧力を測定して偏心率を推定し、複素ポテンシャル理論より導かれた圧力分布および流量を実測値と比較検討して、理論の妥当性を確かめ、かつ給気孔絞りの設計理論についても述べている。

第2章は多孔質表面より狭いすきまへの吹出し流れを論じたもので、円板型静圧気体多孔質スラスト軸受をとりあげ、従来の理論が多孔質材料内の流れを毛細管群の流れや仮想的な平行すきまの流れと仮定したものであったのに対し、多孔質材料内の流れを表わす三次元式をそのまま基礎方程式とし、かつすきま内の流れは多孔質材料内流れの一つの境界値にすぎないという考え方を採用して、より厳密な理論解を得、圧力分布および負荷容量の実験によって理論の正当性を立証し、かつ圧縮性の影響、透過率の異方性、従来の理論との比較について述べている。

第3章では、第2章の理論的根拠にたって、理論の一般化を行ない、これを従来の理論では取扱い得ない種々の多孔質静圧気体軸受に適用して、これらの軸受の圧力分布、負荷容量、流量などの基本特性を解析的に求め得ることを例示し、設計計算方式を確立している。

第4章では、狭いすきまへの吹出し流れに対する電解槽実験について検討を行ない、第1章の静圧気体ジャーナル軸受、第2章の円板型静圧気体多孔質スラスト軸受について、アナロジー成立の基本原理を明らかにし、実験方法を述べて理論との比較検討を行ない、電解槽実験の有効性を論じている。特に多孔質軸受に対しては、比抵抗が相異なり互いに混合しない二つの電解層を積層させる構造が有効であることを

論じ、その実験定数の決定方法を与えている。

第5章では、スプール弁やプランジャー・ポンプにみられる二円筒間微小すきまを軸方向に流れる圧力差による粘性流動を取扱い、内筒が傾きかつ偏心した場合および内筒がテーパを有しかつ偏心した場合について、レイノルズの基礎方程式を摂動法によって解き、その結果より、同程度のすきま変化であれば内筒が傾いた場合の方がテーパのついた場合よりも内筒の受ける反力が大きいことを述べ、また傾いた内筒の偏心に対する復元剛性は、内筒の長さとの比が1.126を境として正負逆転することを示している。

第2編第1章は、ビンガム流体の非平行流れとして、テーパつき円管、無限幅テーパ状すきまおよび環状すきまにおける圧力差によるゆるやかな流れを取上げ、その非線形微分方程式に比栓半径あるいは比栓厚さを助変数に選ぶことによって厳密解を得ている。計算結果はビンガム数の導入によって一般的な無次元量で表わされ非平行ビンガム流動の傾向として、降伏値より塑性粘度の影響が顕著であること、ビンガム数の小さな領域では流路断面積の変化の影響が大であるが、ビンガム数の大きい降伏値の支配的な領域ではその影響がほとんどなくなることを述べている。

第2章では、充てん層における擬塑性流体とビンガム流体の流れの圧力損失を測定し、摩擦公式について検討している。擬塑性流体に対しては、まず次元解析により摩擦公式の形を予測し、つぎに充てん層の流れが多数の毛細管群の流れと等価であるという仮定を設け、ニュートン流体に用いられる水力半径の概念を導入して、円管内流動の摩擦公式から類推されるレイノルズ数と抵抗係数の関係を導いている。つぎに、ビンガム流体に対しても同様の検討を行ない、ニュートン流体に対して成立する摩擦公式がこの場合にも拡張され適用され得ることを示している。

第3章では、高粘度の物質が壁面に沿って移動する際の壁面におけるすべりを論じ、油粘土と各種壁面との間の一種の摩擦実験を行なっている。結果として、接触圧力が比較的小さい場合に、接触圧力によってトルクと回転数の関係が著しく変動することより、壁面にすべりが存在するものであることを論じ、しかもこれが従来の壁効果の概念では説明し得ないものであり、近似的にクーロンの法則があてはまることからむしろ固体面間の摩擦すべりに近いと述べている。さらにこのすべり挙動が静的な付着性と関連を有すること、表面あらさがあらいほど摩擦係数が高いこと、また接触圧力が大きい場合にはすべりが少なくなる傾向をもつことを明らかにしている。

## 論文審査の結果の要旨

狭いすきまにおける粘性流動の基礎的解明は潤滑あるいは油圧工学上不可欠のものであり、これによって軸受あるいは油圧機器などの設計方式が確立され、性能の向上が期待されるものである。

著者はまず狭いすきまへの吹出し流れを論じることによって静圧気体軸受を取り上げ、多数給気孔を有する場合について複素ポテンシャル理論が有効であることを立証するとともに、静圧気体多孔質軸受に対しては、新たに多孔質材料内の流れに対する三次元の基礎方程式を採用し、軸受すきま内の流れはその一つの境界値にすぎないとする独自の理論展開を試み、実験結果とよく一致する理論結果を得ている。この考え方は、従来多孔質材料内の流れを単に軸受表面に垂直な毛細管群と考えるか、あるいは多孔質材料内に仮想的な平行すきまを想定していた理論模型をより厳密なものに改めるのに成功したばかりでなく、多

孔質材料の透過率の異方性の影響および種々の複雑な軸受型式の設計に関する理論的検討を可能ならしめ、この種軸受に対する設計方式を確立したものである。さらに本理論は従来用いられていた理論模型の評価にも役立ち、それらの適用に有力な指針を与えている。

以上述べた軸受に対し、著者は電解槽実験が有効であることを立証しているが、多孔質軸受に対して提案された二層の電解層の積層構造を用いる方法は新しい実験技術として注目すべきものである。

次に、二円筒間微小すきまの圧力差による軸方向流れを取り上げることによって、油圧機器におけるハイドロリック・ロックの問題に触れ、内筒が傾きかつ偏心した場合および内筒がテーパを有しかつ偏心した場合の摂動法による理論解に成功している。これは流動特性および内筒に作用する反力の計算を可能ならしめたばかりでなく、内筒にテーパがある場合より内筒が傾いた場合にハイドロリック・ロックの危険が多いこと、傾いた内筒の長さとの比が1.126を越えれば無偏心位置への復元力が減少することなど、実際上有用な新しい知見を加えている。

また非ニュートン流体に対しては、まず、ダイなどにみられるゆるやかな狭まりあるいは拡がり流路におけるビンガム流体の栓流の機構を厳密に解明し、狭まりや拡がりの程度が流動特性に及ぼす影響を検討し、結果を適当な無次元量を用いて図示することによって、応用に便ならしめている。

ついで、指数則にしたがう擬塑性流体およびビンガム流体が充てん層を流れる場合の圧力損失を実測し、円管内の流れにおける水力半径の概念の導入とレイノルズ数を定義し直すことによってニュートン流体に対して成立する摩擦公式が非ニュートン流体に対しても拡張かつ適用されることを明らかにしている。

さらに、高粘度な粘塑性物質の流動においては、壁面との接触圧力の小さい場合に、固体面間の摩擦すべりに近い壁面すべりが生ずるとの新しい知見を加えている。

これを要するに、本論文は軸受、油圧機器あるいはダイなどの性能に本質的な影響を与える狭いすきまの粘性流動に関する問題点を基礎的に解明し、かつ有用な設計資料および性能改善の指針を与えたものであり、学術上および工業上寄与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。