

審査の結果の要旨

氏名 友成 弘志

本論文は、「トラップ内の封水流動の数値解析に関する研究—トラップの封水の固有振動数算定法を中心として—」と題し、現在世界的に主流となっている重力式排水システムにおいて、排水管内の悪臭、衛生害虫が室内に侵入することを防止する上で必要不可欠な排水トラップの中の封水の流動を、実験、数値解析、理論解析から検討するとともに、この分野で本格的に導入されたのは初めてである数値解析手法の妥当性を検証し、さらに実用的なトラップの封水の固有振動数算定法を提案したものである。排水管内に生じる圧力変動によって、トラップ内の封水がどのように流動するかを知る上で最も基本となる固有振動数に着目した論文であり、以下の7章よりなる。

第1章では、本研究の背景と目的、既往研究と本研究の位置付け、本論文の構成、用語の定義と単位などを述べている。

第2章では、本研究で用いている非分散性2相流の3次元数値解析手法の進展の概要を示すとともに、本研究での解析手法を述べている。また、3次元数値解析において、本研究で対象とする検証課題の選定根拠を示している。

第3章では、封水現象の3次元数値解析の検証の第一段階として行った、流入脚・流出脚の断面積、流入・流出脚の距離である隔壁長を変化させた矩形断面のU字管および大便器を模擬した流入脚側が傾斜したU字管での封水の自由振動に関する数値解析結果と、試作した透明トラップを用いて行った可視化実験および封水表面変動の測定結果との照合結果を述べており、数値解析により、極めて正確に実現象が表しうることを示している。

第4章では、3章で有効性が確認された自由振動現象の3次元数値解析手法を用い、封水損失がない条件でのトラップ封水の固有振動数算定法を検討した結果を述べている。まず、既往の1次元理論式を流体力学の式から再度導出し、適用限界を明らかにするとともに、数値解析結果を詳細に検討し、封水高さや隔壁長が小さいほどディップ近辺に交互に発生する渦（交互渦）が発生し、既往の1次元理論式と合わなくなることから、等価封水長（バネ-質量系で構成される単振動の固有振動数において、質量に相当する特性値）の概念を導入した新算定式を提案し、その有効性を示している。さらに、一方の脚が傾斜している場合、傾斜角が大きくなると2つの固有振動数を持つようになることを示すとともに、数値解析に基づく物理的考察を行い、両固有振動数を予測しうる式を提示している。

第5章では、実際に使用されているトラップでの、封水損失がある場合の固有振動数について考察している。まず、流出脚側に正弦波圧力を加え、振幅と振動数を変化させ瞬時破封する最小振幅を各振動数ごとにプロットし、その振幅が極小値を示す振動数（破封振

動数) を実験より求めている。その上で、破封振動数と満水状態・半水状態での固有振動数の関係を調べ、破封が満水・半水のどちら側で生じやすいかの指標を導入し検討している。対象としたトラップは、Sトラップ、Pトラップ、わんトラップ、逆わんトラップ、大便器造り付けトラップであり、SトラップよりPトラップの方が破封振動数が小さくなるのが構造因子から説明できること、わんトラップ・逆わんトラップなどの円筒トラップも等価封水長を適切に評価することにより固有振動数が求められること、流入脚の傾斜が大きいサイホンゼット便器では2つの破封振動数を持つが、両者の振動数を妥当な精度で求められることなど、第4章での考え方が、実際に使用されているトラップで、封水損失のある場合の破封振動数を検討する際にも有効であることを示している。

第6章では、トラップの封水損失がある場合の3次元数値解析の有効性を検証するために行った、極めて複雑な形状のサイホンゼット型便器を対象とした、洗浄時の洗浄タンク内水位変化、便器からの排水流量、トラップ内圧力の測定データと数値解析結果の比較を述べており、工学的には十分な精度があることを示している。

第7章では、以上の結果をまとめるとともに、今後の課題を示している。

以上を要約するに、重力式排水システムにおいて、最も重要な構成要素である排水トラップの研究分野に、初めて本格的に数値計算手法を導入し、用いた非分散性2相流の3次元数値解析手法が、トラップ内の封水流動の解明に極めて有効なことを示すとともに、トラップの耐圧力性能を議論する上で最も基本となる封水の固有振動数算定法に関し、従来の1次元理論式の適用限界を示し、新たに等価封水長の概念を導入した上で、適用範囲の広い新算定式を提案したものである。また、サイホンゼット便器などで生じるとされながら、その理由が明確でなかった2つの固有振動数に関しても、数値計算結果などを検討した上で理由を明らかにし、両固有振動数の算定法を提案している。

現在世界的に主流となっている重力式排水システムでの許容流量を決定する上では、排水管内に生じる圧力の予測法の確立と、その圧力変動に対し封水がどのように挙動するかを知ることが必要不可欠であるが、圧力の予測法に比べ研究が遅れていた封水の流動現象解明に関し、極めて有効な数値解析手法を提示するとともに、流動現象解明の基本となる固有振動数算定法に関し、工学的に有用性の高い算定式を提案した本論文の内容は、建築給排水衛生設備分野の発展に寄与するところが極めて大である。

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。