

サイホン雑排水システムの流れ特性と設計法

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2018-11-16 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 光永, 威彦 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10291/19703

「博士学位請求論文」審査報告書

審査委員（主査）理工学部 専任教授

氏名 坂上 恭助 ㊞

（副査）理工学部 専任教授

氏名 酒井 孝司 ㊞

（副査）理工学部 専任教授

氏名 上野 佳奈子 ㊞

1 論文提出者 光永 威彦

2 論文題名 「サイホン雑排水システムの流れ特性と設計法」
（英文題）（Flow Characteristics and Design method of Siphonic Drainage System for Gray Water）

3 論文の構成

本論文は次のように構成されている。

第1章 序論

第2章 サイホン雑排水システムに関する基本事項

第3章 長配管モデルにおける流れ特性と封水損失

第4章 ディスポーザ排水モデルにおける流れ特性と封水損失

第5章 サイホン雑排水システムの設計法

第6章 結論

4 論文の概要

サイホン排水システムは、非住宅建物の屋根雨水排水システムとして、1968年にフィンランドの Olavi Ebeling によって開発された。屋根雨水排水ではすでに一般的に使用されている。一方、屋内の雑排水器具への適用は、1999年に塚越により提案された。屋内の雑排水におけるサイホン排水システム（以降、サイホン雑排水システムという）の設計法に関しては、数件の適用例を基に、「機械・サイホン排水システム設計ガイドライン（AIJES-B0003-2016）」（以降、設計ガイドラインという）が刊行されている。しかしながら、設計ガイドラインは、サイホン雑排水システムの基本的な設計指針を示すものに留まっており、給排水設備設計者が求める具体的な流れ特性や、設計法の解説までには至っていない。

本研究では、サイホン雑排水システムの実用化のため、設計ガイドラインを補完することを目的に、サイホン雑排水システムの基本構成や基礎理論から流れ特性、設計法および課題について、既往研究の成果および追加実験の実施により、体系的にまとめている。

本論文は全6章で構成されている。次に、各章の概要を述べる。

第1章では、序論として、本論文の背景および目的を示し、既往研究をサイホン雑排水システムにおける研究テーマごとにまとめることにより、既往研究の内容を整理している。また、本研究の位置づけと、その意義を示している。

第2章では、サイホン雑排水システムの基本事項として、その原理や構成、現行の排水システムとの比較および適用範囲などの整理を行い、加えて、サイホン雑排水システムの流れ特性を示している。また、サイホン雑排水システムの構成部材とその抵抗係数をとりまとめ、理論算定式の物性値として代入できるようにしている。理論算定式は、サイホンにおけるベルヌーイの式を基礎式として、管内流速およびサイホン負圧の算定式を導出している。

第3章では、工場や病院などの平面計画の大きい建物用途において、水使用場所が排水立て管や排水枡から反れている場合、現行の排水システムでは排水勾配が必要となることから、高さ方向に大きな配管スペースが求められる。サイホン排水システムでは勾配が不要であるので、配管スペースを小さくすることができる。水平管長100mと20mの2種類の実大実験装置を構築し、長配管モデルにおける管材、管径、トラップや通気弁の有無および排水流量による流れ特性や封水損失について実験し、考察を行っている。その結果、水平管長100mの実験では、①サイホン負圧は管材、管径による差異はみられず、流出部の最大水位が大きくなっている。②ポリブテン管25Aにおいて、他管材・管径条件の場合より流入部の最大水位が大きくなった原因として、施工不良に伴う水平配管の凸凹により、システム全体の抵抗が増大したことを推察している。③塩ビ管20A、25Aおよびポリブテン管20Aの動水勾配 $I' (=H_i / L')$ (流入水頭 H_i /流入部から流出部までの水等) / L' (流入部から流出部までの相当管長) は約0.09であることを確認している。水平管長20mの実験では、①サイホン起動に要する時間、サイホン負圧および管内流速について、通気弁やトラップの有無による差異はみられない。②サイホン負圧は流出水頭に影響されること、その高さによってはサイホン負圧の分布幅が広がる傾向になることを確認している。③流れの様相に関して、通気弁からの空気の流入による影響ははなく、通気弁の有無による差異のないことを確認している。④封水損失は、通気弁の設置によって軽減できることを確認し、通気弁はサイホン雑排水システム特有の自己サイホン作用による破封の防止に有効であると評価している。⑤通気弁の設置位置により、自己サイホン作用による封水損失の軽減効果に差異があり、器具排水管に設置するよりトラップ頂部(流入脚側)に設置する方が軽減効果が高いことを確認している。

第4章では、集合住宅用ディスプレイシステムにサイホン雑排水システムを適用することにより、台所のレイアウト計画におけるフレキシブル性の向上に寄与するため、このシステムの実現に際しての課題の一つとなっている排水後のトラップの封水保護に焦点をあてている。搬送性能についてはフィールド実験の結果を整理している。水平管長4mの台所排水モデルを設置し、排水種類、通気弁の有無、排水流量の違い、トラップの種類による残留封水深と流れ特性への影響を調べている。破碎厨芥は配管内に残留することなく排除されること、破封防止に通気弁が有効であることを確認している。また、非水封トラップ(自封トラップ)を設け、その適用性を調べ、有効であることを確認している。

第5章では、サイホン雑排水システムの設計法を提案している。現行の排水システムにおいては器具排水負荷単位法を主に用いて排水管径などを決定しているが、サイホン雑排水システムは小口管を用いているため、現行の排水システムと流れ特性が異なり、新しい設計法が必要となる。サイホン雑排水システムの特徴を考慮し、設計ガイドライン、既往研究および前章までの結果や考察を用いて、適用範囲、適用条件を整理し、サイホン雑排

水システムを設計するための具体的な手法を示している。①サイホンは水管が小口径であることから、サイホン作用が生じて排水流量が大きくなるまで、一定の時間（増水期から充水期へ移行する時間）を要する。排水器具から溢流しないように、増水期から充水期へ円滑に移行するための条件を示している。②サイホン排水管内の流れの様相は、低位流、間欠流、気泡流および満流の4種に大別される。それらの成立条件について、充水率（負荷排水流量／サイホン排水流量）を用いて分類している。③充水率による流れの様相の分類による間欠流・気泡流・満流におけるサイホン作用の発生範囲を流量線図を用いて示している。また、充水率が1.0以上となる場合は、衛生器具の溢流の懸念により、不適合と判断している。④管内がサイホン作用により大きな負圧になりやすいことから、排水終了時となる減水期に残留すべき封水が減じて破封することがある。その防止対策として、通気弁の設置が有効であること、その適正な設置方法を提案している。これらの知見に基づいて、サイホン雑排水システムの設計フローを示すとともに、流入水頭および抵抗係数を一覧にまとめている。

第6章では、本研究の知見を総括するとともに、今後の課題について述べている。

5 論文の特質

本論文は、サイホン雑排水システムの基本構成、基礎理論と流れ特性、設計法および課題について、既往研究の成果および実験結果に基づいて体系的にまとめている。サイホン排水流れの様相を分類したこと、充水率によるサイホン発生条件を整理したこと、100mの長配管へ適用性を検証したこと、サイホン雑排水システムの設計要件を整理したうえで、新規の設計法（設計フローおよび関連資料）を提示したことが特筆される。これらの知見は、サイホン雑排水システムの実際の設計に有用であると考えられる。

6 論文の評価

重力式の非満流排水方式である従来の排水システムは、2世紀以上前に体系化され、世界で一般的に採用されている。サイホン排水システムは重力式ではあるものの、満流排水であるため、従来排水システムと比べて、小径・無勾配等の利点があり、建築設計の自由度の向上が図れる。サイホン雨水排水システムは1970年代に開発され、すでに実用化されている。サイホン雑排水システムは1990年代に提案され、まだ開発・試行段階にあるが、実際への採用も幾つかみられる。1996年に日本建築学会環境基準 AIJES-B0003-2016「機械・サイホン排水システム設計ガイドライン」が刊行され、採用が進むと期待されている。しかし、新しい方式であるために経験がほとんどなく、解明すべき課題が多々あり、その解決と併せて具体的な設計法の構築も望まれている。とくに自己サイホン作用による破封の防止は必須課題であり、また、無勾配を活かした長配管への適用性の検証は期待が大きい。

本論文は、サイホン雑排水システムの流れ特性を明らかにするとともに、破封防止法を確立し、長配管の有効性を検証している。また、設計上の諸特性を体系的にまとめたうえで、新規の設計法を提案している。これらの知見は、今後の適用拡大が期待されているサイホン雑排水システムの設計に活用できるものとして評価される。

7 論文の判定

本学位請求論文は、理工学研究科において必要な研究指導を受けたうえで提出されたものであり、本学学位規程の手続きに従い、審査委員全員による所定の審査及び最終試験に合格したので、博士（工学）の学位を授与するに値するものと判定する。

以上