

論文の内容の要旨

論文題目 **超高層集合住宅排水システムの
排水能力予測法に関する研究**

氏名 符立偉

建物内の排水システムは動力を必要とする機械式排水システムと自然流下による重力式排水システムの2タイプに大別できるが、確実な作動が要求されるため、動力を使用しない重力式排水システムが世界的に主流となり、機械式排水システムは重力式排水システムの補完的な存在となっている。また、排水管内からの悪臭の流出および衛生害虫の室内侵入防止には、単純な構造を有する水封トラップの使用が一般的である。この場合、トラップ内の封水を破封させないことが求められる。破封の原因としては、誘導サイホン作用、自己サイホン作用、毛細管現象、蒸発が挙げられるが、その中でも誘導サイホン作用による破封は、排水が管内を流れる際に生じた圧力変動と密接に関連しており、許容流量を決定する最大の要因となっている。したがって許容流量決定のためには、排水管内圧力の予測法の確立が極めて重要である。

しかしながら、排水管内の流動現象は、排水と空気が混在する2相流、または、固形物を含む3相流となり、極めて複雑な流れであること、また、重力が支配的な要因であり、排水自身が管内の空気流動の駆動力であるとともに、空気に対して抵抗として働くという2面性を持っていることから、模型実験が極めて困難であり、過去数多くの研究が行われているものの、予測法の確立に至っていない。

最近の研究例としては、次のようなものがある。Pink は 32 層約 100m 規模の建物に設置さ

れた排水システムを用いて、定流量負荷による排水実験を行い、排水負荷階が高くなるに従い、通気流量が増加することを示している。大塚らは 10 層規模 30m 級の実験タワーを用いた排水実験により、管内圧力分布の予測手法を提案しているが、超高層実験装置を用いた検証実験は行っていない。90 年代初期、筆者が JIS 継手を対象に超高層実大実験を行い、ゾーンを 4 つに分けた上で、管内平均圧力の予測手法を提案した。その後、このゾーン分けに従い、鄭が新たなパラメータを導入し、1 箇所排水時の管内平均圧力予測法を確立した。本論文はこれらの知見を基に、超高層集合住宅排水システムに関する一連の実大実験を行い、瞬時圧力を含む、超高層集合住宅における排水管内圧力分布の予測手法を確立することにより、1999 年に制定された空気調和・衛生工学会の規格「HASS218 集合住宅の排水立て管システム能力試験法」に規定された、3 Hz カットの瞬時圧力による排水能力を予測する手法の確立を目指して行った以下の研究内容をまとめたものである。

- ① 超高層集合住宅では、JIS 型の継手以外に特殊排水継手が多用される。特殊排水継手を用いた特殊排水システムに関し、HASS218 に準じた数多くの実大実験を行うことにより、特殊排水システムの管内圧力の特性を明らかにすること。
- ② 鄭の研究は、主に JIS-DT 継手を用いた実験結果から一箇所排水時の管内平均圧力分布を予測する手法を提案したものである。その式で用いている各種パラメータが、特殊排水システムの場合どのように変化するかの解析を行い、特殊継手排水システムにも適用できるよう改良を加えるとともに、その適用限界を明確にすること。
- ③ 鄭は、JIS-DT 継手を用いた排水システムの場合、瞬時最大通気流量からシステム最大・最小値（排水立て管システムの全測定点における瞬時圧力の最大値・最小値をいう）が予測可能であることを示したが、その妥当性を検討し、特殊継手排水システムに適用できるよう予測モデルに改良を加えるとともに、新たな予測法を提案すること。
- ④ 従来の研究は、排水横主管にオフセットがない場合を対象としたものが多い。排水横主管のオフセットに関する系統的な研究により、排水横主管の管内圧力分布の特性を明らかにするとともに、今までの予測法に改良を加え、オフセットのある場合に適用できる予測法とすること。
- ⑤ 上記予測手法の検討では、都市基盤整備公団総合研究所技術センターの 108m 超高層住宅実験タワーでの結果を用いているが、特殊排水継手メーカー各社が所有する実験タワーは、この 1/3 程度の高さである。そこで、この程度の高さの実験タワーで、超高層集合住宅の管内圧力分布予測手法を開発するためのデータを得られるよう実験手法に検討を加えること。

本論文は、以下 7 章よりなる。

第 1 章 緒論

本研究の背景と目的、既往研究及び本研究の位置付け、本論文の構成、また本論文に関連する用語の定義及び記号と単位について記してある。

第2章 実験装置・実験概要

第2章では、本研究で用いた超高層住宅実験タワー・排水システム・測定装置を示すとともに、実験条件・測定項目・測定手順・および測定データに影響を及ぼすシステムの気密性に関する実験結果などについて記述している。また、供試排水継手としては、既往研究で多く用いられている JIS-DT 継手、JIS-LT 継手、JIS-TY 継手以外に MD 継手、特殊排水継手を使用しているため、それら排水継手の構造・機能・排水のメカニズムについて述べている。

第3章 平均圧力における各種継手の特性把握

第3章では超高層住宅実験タワーを用いて各種実大実験を行い、得られた管内平均圧力実験データを中心に行った解析結果について述べている。まず特殊排水システムの管内圧力分布の特徴を明らかにするとともに、既往研究の管内平均圧力予測手法が特殊継手排水システムへ適用が可能かどうかについて検討を行い、その適用範囲を明確にしている。さらに、予測法に対して新たな検討を行い、新予測法を提案している。また、予測手法で用いる各種パラメータを比較することにより、各継手の排水特性を明らかにしている。以下に得られた結果を示す。

1. 特殊継手排水システムの管内平均圧力分布について

- ① 特殊継手排水システムの管内平均圧力分布の形は、ほぼ JIS 継手と同様である。
- ② 負荷流量・負荷高さが同じ場合、JIS 継手と比べ特殊排水継手の管内平均圧力は極めて小さい。
- ③ JIS 継手の場合、上層階から流すほど最大負圧が大きくなるが、特殊排水継手の場合、必ずしもそのような結果とはならない。

2. 管内圧力予測法について

- ① 鄭による管内圧力予測法は、特殊継手排水システムにもほぼ適用可能であることが確認できた。
- ② その上で、適用限界を明確にした。

3. 新予測法について

- ① 鄭が用いたパラメータの一部について、新たな理論を提案し、予測精度が一層向上することを確認するとともに、低い高さの実験結果から超高層、超超高層の管内圧力が予測可能であることを示した。
- ② 新たな排水特性パラメータの導入により、上記適用限界をほぼ無くすことができた。

4. 各種特殊排水継手を比較し、特殊排水継手と在来継手、また特殊排水継手の旋回型とオフセット型の違いなどを明確にした。

第4章 管内圧力のシステム最大・最小値の予測

第4章は管内圧力の変動について論述であり、。特殊継手排水システムの管内圧力変動特性を明らかにするとともに、管内圧力変動の分布およびシステム最大値・最小値の予測手法を開発し、検証を行い、以下のような結論を得ている。

- ① 特殊継手排水システムの管内圧力分布の変動特性を明確にした。
- ② 管内圧力のシステム最大値・最小値の予測について、鄭の提案を検証することともに、その適用限界を明確した。
- ③ 管内圧力変動の分布および圧力のシステム最大値・最小値の予測手法を確立した。
- ④ 確立したシステム最大値・最小値の予測法を用い、HASS218に基づく排水能力を明らかにした。

第5章 排水横主管にオフセットがある場合の管内圧力の予測

排水横主管にオフセットがある場合について系統的な実験を行い、オフセットが管内圧力分布に及ぼす影響を明らかにするとともに、第3章、第4章で開発した管内圧力予測手法を、排水横主管にオフセットがある場合に適用し、その検証を行っており、以下の結論が得られている。

- ① 排水立て管基部付近に特殊排水継手があった場合、排水立て管と排水横主管接続の脚部エルボの向きにより、管内圧力が影響を受けることを明らかにした。
- ② 排水横主管オフセット長さが長くなるにつれ、システム最大値が増加するものの、一定の長さを超えると、逆にシステム最大値が小さくなることを示した。
- ③ 第3、4章で開発した管内圧力予測法は、排水横主管オフセットに適用可能であることを明らかにした。

第6章 低層の実験データに基づく超高層排水管内圧力予測の検討

本章では、各排水継手メーカーが持っている30m程度の実験装置から得られた実験データに基づく、超高層の排水管内圧力予測手法を開発するとともに検証を行い、その適用限界および問題点を整理している。現状のように、排水横枝管部で管内圧力を測定する限りにおいては、正確な予測手法を確立するには、13層以上の装置が必要であることを示している。

第7章 結論

以上の総まとめを行うとともに、今後の課題について述べている。