

学 位 論 文 題 名

換気システムの長期換気性能の向上と 評価に関する研究

学位論文内容の要旨

住宅の換気システムにおいて、近年、省エネルギー性および適正な換気量の長期保持性が課題となっている。本論文では、それら性能の長期信頼性が高い換気システム設計の一助となることを目的とし、ハイブリッド(温度差)換気及び熱交換型換気システムを対象に、性能の向上のための手法および長期性能の評価方法を提案した。

第1章では、研究の背景として、換気にかかるエネルギーの削減と適正な換気量の長期保持の必要性について論じ、省エネでは優位性のある自然換気(ハイブリッド換気)と熱交換型換気が長期的な性能保持の点で課題を残しており、各換気システムの機能を向上して長期的な信頼性を高めることが必要であること述べた。それを基に本論の目的を述べ、具体的な研究内容として、換気の課題を明らかにすること、課題の対策手法を検討すること、地域条件や建物条件等に応じて長期性能が得られる最適なシステム設計を行うために評価方法を提案することであることを示した。また、関連する既往の研究と本論文の構成についてまとめた。

第2章では、換気システムの課題を把握するために、北海道の公営住宅の換気システムで発生している障害の事例の調査を行った。集合住宅のパッシブ換気システムの住戸壁面の結露と上階の換気不足の障害について、給気経路としている共用階段室の温度測定結果から、給気経路の低温が原因であることを明らかにした。熱交換型換気システムの氷柱や凍結の障害については、事例調査と屋外端末部材(フード)等で氷柱の障害があった実住棟を模擬した実験の結果から、換気風量の不足、低温空間での配管および断熱施工の不良が原因であることを明らかにした。さらに、換気風量が不足していた事例の換気経路の圧力損失計算や実大モデルの模擬実験、回収したファンとフィルターの性能試験を行った。その結果、圧力損失の高い部材の使用、フィルターとファンへの埃の付着が換気風量の不足の要因であることを明らかにし、運用段階での風量低下への対策が重要課題であることを言及した。

第3章では、集合住宅のパッシブ換気の課題である給気経路の温度、冬季の住戸内への給気分配の経路および換気量の制御性について、2階建て階段室型住棟で対策手法の実設計と、性能の実測、検証を行った。その結果、本手法は放熱器を設けた階段室を給気チャンバーとして利用することにより各住戸に良好に給気が分配されていること、各住戸の排気筒に湿度感知型自然排気口を用いることにより、冬季に概ね換気回数 0.5 回/h $\pm$ 10 パーセントの安定した全体換気量を確保することが可能であること、南向き階段室を給気経路にして日射を得ることにより、直接外気を導入する第3種換気と比較して暖房負荷を 10 パーセント程度削減できることを明らかにした。また、同手法を中層建てに応用するにあたり、各住宅への給気は給気縦ダクトまたは階段室を利用して予熱し、

排気筒は逆流防止を考慮した集合排気筒を設ける設計を提案し、換気回路網計算および CFD(気流解析) から中層建てでも換気が確保できることを明らかにした。

第 4 章では、熱交換型換気システムの課題である長期性能向上のための設計・開発の指標とすべく、(1) 外気低温時の熱交換器の凍結、(2) 屋外端末部材の受ける風、(3) 粉じんの付着による性能の変動を予測するための試験方法を検討した。まず、換気量と換気負荷の計算式を展開し、(1) 熱交換器の凍結に対しては装置内部抵抗増加量と温度効率、湿度効率が、(2) 風に対しては風圧力が、(3) 粉じんに対しては装置内部抵抗増加量と経路の抵抗係数が計算式の変数 (性能の変動要因) であることを論じた。次に、(1)～(3) の各変数の変動特性の試験方法を提案した。最後に、各試験を行った結果に基づき、気象条件等から換気量と換気負荷の変動を予測できることを明らかにした。

第 5 章では、地域特性や建物特性に応じて換気量や省エネルギー性など総合的な観点から最適なシステム設計を行うためのツールとして、変動要因を考慮した長期的な換気性能を評価する方法を提案した。また、熱交換型換気システムおよびパッシブ換気の年間の性能の評価を試みた。その結果、強風時に機械換気風量の給排気バランスは崩れるが全体換気量は確保されていること、住宅の気密性が低いときほど換気負荷が大きくなること、換気装置内で凍結することにより給気吹出し温度に関わる温度効率が著しく低下することなどを本評価方法で予測できることを明らかにした。

第 6 章では、本論文の要点をまとめるとともに、本論文で提案した評価手法で換気システムの評価を行いながら最適設計の指標を整理するなどの今後の展開について言及した。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 繪 内 正 道
副 査 教 授 横 山 眞 太 郎
副 査 教 授 長 野 克 則
副 査 准教授 羽 山 広 文

学 位 論 文 題 名

換気システムの長期換気性能の向上と 評価に関する研究

近年、地球温暖化に向けた関心が急速に高まっている。本論文では、住宅の省エネルギー性および適正な換気量の確保を目的として、自然換気(温度差・ハイブリッド)と熱交換型換気システムを対象に、長期性能の保持手法および長期性能の評価手法を提案している。

第1章では、研究の背景と目的を述べている。換気にかかるエネルギーの削減と適正な換気量を手に入れるために、省エネでは優位性のある自然換気(温度差・ハイブリッド)と熱交換型換気に残された課題を明らかにするとともに、その対策が、地域条件や建物条件等に応じて長期性能の保持が可能な最適なシステム設計を行うための評価法の確立とその提案にあることを示している。

第2章では、北海道の公営住宅の換気システムで発生している障害事例の調査を通じて、課題の把握を行い、パッシブ換気システムにおける住戸壁面の結露と上階の換気不足等は、給気経路の低温によって生起していること、また、熱交換型換気システムの氷柱や凍結は、換気風量の不足や低温空間における配管および断熱施工の不良に原因があることを明らかにしている。長期性能の低下は、圧力損失の高い部材の使用や、フィルターとファンへの埃の付着にあることを解明し、その改善策として運用段階における風量の低下防止にあることを示している。

第3章では、2階建て階段室型の集合住宅棟のパッシブ換気の課題である給気経路の温度、冬季の住戸内への給気分配の経路および換気量の制御性の実測・検証を行い、放熱器を設けた階段室を給気チャンバーとして利用することによって、良好な給気が実現し、各住戸の排気筒に湿度感知型自然排気口を用いることによって、冬季に換気回数 $0.5 \text{ 回/h} \pm 10 \text{ パーセント}$ の安定した全体換気量を確保することが可能であること、南向き階段室を給気経路にして日射を得ることによって、直接外気を導入する第3種換気と比較して暖房負荷を10パーセント程度削減できることを明らかにしている。また、階段室予熱や集合排気筒の逆流防止を設けることで、中層建てにおいても換気の確保が可能であることを実証している。

第4章では、熱交換型換気システムの長期性能の向上に欠かせない設計・開発の指標を検討している。(1) 熱交換器の凍結では、装置内部抵抗増加量と温度効率・湿度効率に関わってくること、(2) 風の影響は、風圧力によること、(3) 粉塵では、装置内部抵抗増加量と経路の抵抗係数が性能の変動要因になることを明らかにし、(1)～(3)の各変数の変動特性の試験方法を提案している。それらの各試験結果に基づき、気象条件等から換気量と換気負荷の変動を予測できることを明らかにしている。

第5章では、地域特性や建物特性に対応した最適なシステムの設計ツールとして、変動要因を考慮した長期的な換気性能を評価する方法を提案している。また、熱交換型換気システムおよびパッシブ換気における年間の性能の評価を試み、強風時に機械換気風量の給排気バランスが崩れたとしても、全体換気量は確保されていること、住宅の気密性が低いときほど換気負荷が大きくなること、換気装置内で凍結することにより給気吹出し温度に関わる温度効率が著しく低下すること、等々が本評価方法で予測できることを明らかにしている。

第6章では、本論文の要点を整理するとともに、提案した評価手法で換気システムの評価を行いながら、今後の展開についても言及している。

これを要するに、著者は積雪寒冷地における換気システムの長期換気性能の向上と評価の新知見を得たものであり、建築環境学、建築設備工学、建築計画学に貢献するところ大なるものがある。よって著者は、北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格あるものと認める。