

審査の結果の要旨

氏名 伊藤 清

天井放射パネル空調は、省エネルギー性と快適性を兼ね備えた空調システムとして近年注目されているが、天井放射パネル空調の特性を踏まえた設計手法が十分には確立していないことが大きな課題になっている。

本論文は、「天井放射パネル空調の設計手法に関する研究」と題し、天井裏を有する水式の天井放射パネル方式に関して、(1)天井放射パネルの能力把握、(2)天井放射パネル空調を導入した際の室の熱負荷計算法、(3)天井放射パネル空調システムの省エネルギー性能評価に関する課題を解決し、適切な普及につながる設計手法の確立を目的とするものである。本論文は 8 章で構成され、各章をまとめると以下の通りとなる。

第 1 章では、本論文の背景と目的について述べている。

第 2 章では、実大モックアップを用いた天井放射パネルの冷却能力に関する実験結果から、パネル形状の違いや敷設条件の違いがその冷却能力に及ぼす影響を定量的に把握している。

第 3 章では、天井放射パネルを採用している実建物での測定を行って、第 2 章における天井放射パネルの冷却能力の実験値と比較している。実験データで得られた冷却能力線図と同じ傾向を実測データでも得ることができていることから、第 2 章の実験方法と実験結果が概ね妥当であるとしている。

第 4 章では、天井放射パネルの実際の敷設状況を考慮し、居室や天井裏の空気温度や壁表面温度、天井放射パネルの表面温度、配管内の冷水温度等を変数とする熱収支式に基づいたモデル化を行っている。このモデルの妥当性を実験により検証し、天井裏と居室の負荷の比率によって天井放射パネルの冷却能力が変化することを明らかにしている。また、天井放射パネルの各種伝熱係数の同定方法を提案し、その同定結果から種々の放射パネルにこの熱収支モデルが適用できることを示した。

第 5 章では、第 4 章の熱収支モデルを用いて、天井放射パネルの種類や敷設条件を入力し、パネルの冷水入口温度や表面温度、冷却能力を算出することが可能な手法を提案している。これにより、天井放射パネルを用いた空調システムの設備仕様を適切な設備容量で設計することが可能になる。ここでは、天井放射パネルの既存の冷却能力線図では参照することができない、パネル表面温度などを変数にした複数の冷却能力線図を導出している。

第 6 章では、第 5 章と同様に第 4 章の熱収支モデルの考え方をを用いて、天井放射パネル空調を導入した室の熱負荷計算法を提案している。この計算法によるケーススタディを行い、一般空調と天井放射パネル空調の熱負荷特性の違いについて明らかにしている。その結果、天井放射パネル空調の熱負荷が一般空調の熱負荷よりも大きく、この原因が天井放射パネルの天井裏への放熱によるものであることを定量的に明らかにしており、天井放射パネルを採用する際において天井裏を熱的に考慮することの重要性を示した。

第 7 章では、第 5 章、第 6 章で提案した各計算法に基づいた設計フローを提案している。その設計フローを様々なケースで試行し、外調機も含めた天井放射パネル空調システムの省エネルギー性能評価を行っている。天井放射パネルの敷設率の低い状況において、外調機ファンの電力消費量が大きくなる傾向があり、補助顕熱処理設備の空気搬送の設計の重要性を示すなど、省エネルギー性能を確保するための天井放射パネル空調システムの設計のあり方について考察を深めている。

第 8 章では、本論文で得られた知見と今後の課題をまとめ、総括としている。

以上、要するに、本論文は、天井放射パネルの敷設条件がその性能に及ぼす影響を定量的に明らかにし、天井放射パネルの性能予測手法と天井放射パネル空調を導入した際の室の熱負荷計算法を新たに開発し、天井放射パネル空調の特性を踏まえた設計フローを独自に提案して、省エネルギー性能を確保するための天井放射パネル空調システムの設計手法の確立に向けた有用な技術的知見を示したものであり、建築設備工学に寄与するところが大きい。

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。