

博士學位論文審査等報告書

審査委員 主査 尾崎明仁

副査 佐藤仁人

副査 松原斎樹

1 氏 名 佐藤 友紀

2 学位の種類
博士 (学術)

3 学位授与の要件
学位規程第3条第3項該当

4 学位論文題目
調湿性能と蓄熱性能を有する機能性建材が建築熱環境と暖冷房負荷へ及ぼす影響

5 学位論文の要旨および審査結果の要旨

【学位論文の要旨】

別紙に記載

【論文目録】

別紙に記載

【審査結果の要旨】

近年の住宅は、暖冷房負荷の低減を目的として断熱気密化される傾向にあり、施工の簡便性および精度の確実性を重視して、土壁による伝統的な湿式構法から窯業系サイディングやせっこうボードなどの工業建材を使用した乾式構法に変化している。また、省エネルギー基準や品確法の施行により、断熱気密性能は格段に向上しているが、その性能は「仕様基準」あるいは「熱損失係数」で表示されることが多く、日射熱取得、換気（通風）、躯体の蓄熱・調湿など、気象条件や生活行為が関係するダイナミックな伝熱現象は反映していない。つまり、太陽熱などの自然エネルギー利用や建物の温湿度特性に影響する構法固有の特徴は勘案されず、一辺倒な断

熱気密化に拍車をかけている。そこで、本論文では、土壁に代わる蓄熱・調湿性能を有する機能性建材を開発してその効果を実証すること、新築および既築の住宅に機能性建材を適用し室内熱環境の改善と省エネルギーを図ることを目的としている。

第1章では、本研究の背景と目的について記している。調湿および蓄熱に関する従来の研究および開発状況について述べ、本研究の位置づけを行っている。

第2章では、省エネルギー基準の6地域に建設された既存の集合住宅を対象として、数値シミュレーションにより、内付け断熱窓で改修した後の冬季室内熱環境の改善効果および調湿建材による結露の防止効果について検討している。窓の断熱改修は既築住宅の代表的な省エネルギー対策で表面結露を著しく減少させるが、室内の絶対湿度と相対湿度は却って上昇するため、非暖房空間（低温箇所）では湿害を生じる危険性が高いこと、調湿建材の施工により居室やクローゼットの湿度環境は改善されるが、常時低温となる玄関は高湿状態が続き調湿の効果を期待できないため、玄関ドアを断熱するなどの熱環境の改善を要すること、などを明らかにした。断熱改修には、気象条件と建築仕様に応じた事前の温湿度環境予測が重要なことを示唆している。

第3章では、模型箱実験と屋外試験家屋実験により、PCM建材（潜熱蓄熱建材）の材料特性、室内熱環境への影響、暖房負荷の削減効果について明らかにしている。また、数値シミュレーションを駆使したパラメトリック感度解析とその結果の重回帰分析により、暖房負荷に影響する要因解析を行っている。影響度の大きい順に、PCMピーク融点、ガラスの日射侵入率、日照面のPCM容量となり、特にPCMピーク融点は暖房設定温度に近づける必要があることが示唆された。また、偏重回帰係数を用いて、建物断熱性能、空調条件、PCM容量、暖房負荷削減率の関係を算定し、PCM建材を効果的に使用するには、1999年度省エネルギー基準以上の断熱性能を有し、連続暖房運転とする住まい方が望ましいことを推奨している。

第4章では、蓄熱と調湿に係わる仕様を説明変数、暖冷房負荷を目的変数として、標準住宅プランを対象にパラメトリック感度解析を行い、省エネルギーの観点から機能性建材の設計施工指針を提案している。PCM融点 $18\sim 22^{\circ}\text{C}$ 、PCM容量 $0.35\text{MJ}/\text{m}^3$ とし、床および外気に接する部位にPCM建材を、床以外の部位に調湿建材を施工すると、年間暖冷房負荷が平均的に最低となり、中間期には自然状態でも室内温湿度を快適環境に長時間維持できることを示した。ただし、1~7地域の省エネルギー効果には大きなばらつきが見られる。そこで、東西南鉛直面への入射日射量と暖房負荷削減量に高い相関関係があること、PCM建材による暖房負荷の削減効果は冷房負荷に比べて極めて大きいことから、日射量からPCMの最適容量を推定できることも提示している。

第5章では、各章で得られた知見をまとめて総括とした。

本論文は、蓄熱・調湿性能を有する機能性建材を開発し、省エネルギーの観点からその最適な設計施工指針を提案している。自然エネルギーを利用したパッシブ・ヒーティング&クーリング技術の乾式住宅への適用を可能とするもので、優れた学術性と高い実用性を有している。

以上より、本論文は博士学位論文の要件を十分に満たすものであると評価できる。

6 最終試験の結果の要旨

平成 26 年 2 月 12 日午前 10 時 30 分より、図書館視聴覚室において博士学位論文発表会を公開で開催し、口頭発表後に質疑応答を行った。質問内容は、PCM 融解温度の設定方法、建築熱性能や住まい方と PCM 内装材の効果の関係、調湿建材の利点・欠点、調湿建材の吸放湿域とその設定方法、省エネルギー基準への機能性建材の導入など、多岐にわたったが、それぞれの質問に適切に回答した。以上より、最終試験の結果については、審査員全員一致で合格と判断した。

以上