

令和 2 年 7 月 6 日現在

機関番号：32706

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K18194

研究課題名（和文）実験と数値解析の併用による建築材料の湿気物性値同定法の確立

研究課題名（英文）Establishment of Identification Method for Moisture Properties of Building Materials by Experimental and Numerical Analysis

研究代表者

隈 裕子 (Kuma, Yuko)

湘南工科大学・工学部・准教授

研究者番号：10617749

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,500,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、調湿建材が室内の温湿度環境におよぼす影響を定量的に把握することを目的とした一連の研究に必要となる、湿気に関わる材料物性値の整理、実測実験と数値解析の併用による調湿建材の評価を目的としている。また、数値計算ソフトウェアの汎用性向上と普及のため、計算アルゴリズムの解析による高効率化とユーザ支援システムの構築を行っている。主として、昨今、急速に発展するAI技術、とくに機械学習のアルゴリズムを適用することで、実測値の学習から評価・予測モデルの作成を行うことに取り組んでいる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、湿気に関わる材料物性値の整理、実測実験と数値解析の併用による調湿建材の評価を目的としている。数値計算ソフトウェアの汎用性向上と普及のため、計算アルゴリズムの解析による高効率化とユーザ支援システムの構築を行っている。2018年度からは、昨今、急速に発展するAI技術、とくに機械学習のアルゴリズムを適用することで、実測値の学習から評価・予測モデルの作成を行うことに取り組んでいる。

研究成果の概要（英文）：We proceeded with system verification for multiple materials, for establishment of a method for identifying moisture properties of building materials by experiments and numerical calculations. In addition, we began to construct a user support system for dissemination of numerical calculation software which can analyze of heat and moisture transfer.

研究分野：建築環境工学

キーワード：湿気 物性値 建築材料 数値解析 機械学習

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年、住宅では、室内温湿度環境の改善や快適性の向上、暖冷房消費エネルギーの削減を目的として断熱気密化が進められている。これに伴い構法も、土壁や漆喰などの湿式構法から、気密性の確保がしやすく施工も容易な石膏ボードといった乾式構法へと移行し、また断熱気密化を図ることで暖冷房の効率も上がり室内温湿度のコントロールもしやすくなった。「住宅性能表示制度(住宅の品質確保の促進等に関する法律)」の施行、さらに2020年には義務化される「住宅の省エネルギー基準(エネルギーの使用の合理化に関する法律)」では、主として建築外皮性能が建築主の判断基準となることから、断熱気密化ならびに建築外皮性能の評価検討は今後も進められることが予想される。

一方、断熱気密化ならびに湿式構法から乾式構法への移行が進んだことにより発生した問題として、湿害、健康被害などがある。結露など高湿環境に起因するカビや建材の腐朽、暖房時の過乾燥など低湿環境に起因するウィルスの繁殖、化学物質過敏症や呼吸器疾患などがこれである。湿害については、問題として認識され、予防や対策に関する知見は積み上げられてきているものの、例えば日本建築学会によりその定義が明確にされたのも2013年に入ってからのものであり[参考文献1]、湿害の予防、あるいは発生した場合に、適切に原因を見極め・解決を図るための、十分な情報や知識が普及しているとは言いがたい。

これらの解決策の一つとして考えられるのが、従来の湿式構法に用いられる土壁や漆喰、無垢の木材などが有する吸放湿性能である。吸放湿性能は、その材が有する孔(空隙)によるものであり、周辺環境との平衡を保つために例えば周辺の湿度が高くなれば孔内に水分を吸着・保持し、周辺の湿度が低くなれば保持している水分を放出する。この性質が高湿、低湿環境の緩和に効果的に働く。かたや、乾式構法に用いられる石膏ボードや、内装の仕上げとして多く用いられているビニールクロスなどは、一般的には孔をほとんど有しないため吸放湿性に乏しく、湿式構法の材と比較して表面結露や過乾燥を起こしやすい。

このような経緯から、近頃では、従来の湿式構法の特徴である吸放湿(恒湿)性能が見直されるようになってきている。とはいえ、湿式構法に用いられる材の断熱気密性能は高くはないため、断熱気密性と吸放湿性を両立する方法として、現行の乾式構法に調湿性能を有する建材を内装仕上げとして使用する手法の検討と建材開発が進められている。しかし、その手法の高湿・低湿環境緩和の効果や、快適性・暖冷房消費エネルギーへの影響を定量的に評価する方法は未だ確立されておらず、定性的な評価や、建築設計に関わる者の知識経験に基づき導入されるに留まっているのが現状である。

申請者はこれまでに、「吸放湿現象を考慮した建築の温湿度・熱負荷計算ソフトウェア(以下、数値計算ソフト)」の開発に携わると同時に、これを用いた数値解析により、壁体の吸放湿現象が暖冷房消費エネルギーに与える影響(暖冷房全熱負荷に占める潜熱負荷の割合ならびに影響する要因の特定とその感度解析)を明らかにした[参考文献2, 3, 4]。また、実測実験により、調湿性能を有する内装仕上げ材(以下、調湿建材)の使用が、室内の高湿・低湿環境の緩和に効果的に働くことを明らかにし[参考文献2, 3]、現在は床下空間を含んだ実証実験に取り組んでいる。

2. 研究の目的

本研究は、調湿建材が室内の温湿度環境におよぼす影響を定量的に把握することを目的とした一連の研究に必要となる、湿気に関わる材料物性値(水分容量、水分伝導率など)の整理と情報の発信、実測実験と数値解析の併用による調湿建材の評価(室内温湿度および暖冷房消費エネルギーへの影響)を目的とする[参考文献5]。また、数値計算ソフトの汎用性向上と普及のため、計算アルゴリズムの解析による高効率化とユーザ支援システムの構築(ユーザ支援ツールの開発、普及、サポート)を行う[参考文献6]。これは、より長期的な目標として、建築への調湿建材導入の検討を設計の段階で行えるようにすることを掲げており、そのために、指標作成(調湿建材の性能-使用量など)や湿害予防・解決策の整理、検討に用いるツール(数値計算ソフト)の普及が必要になるという考えによる。

3. 研究の方法

本研究の計画の概要としては、環境試験室による模型実験、吸放湿現象を考慮した建築の温湿度・熱負荷計算ソフトウェアによる数値解析などにより、建築材料の湿気に関わる物性値(水分容量、水分伝導率)を測定する方法(実験と数値計算の併用による同定/実験による推定)について、実測実験との比較によりその精度と妥当性を検証する。この検討を複数材料にて行い、方法の妥当性が検証された後には、対象とする建築材料の数を増やし、湿気物性値の整理を行う。また、試験住宅による実測実験と数値解析により、調湿建材の使用が室内温湿度と暖冷房消費エネルギーに与える影響を調べる。並行して、前述の、数値計算ソフトの汎用性向上のために、計算アルゴリズムの解析による高効率化とユーザ支援ツールの開発を行う。

4. 研究成果

本研究では、吸放湿性能を有する建築材料が室内の温湿度環境におよぼす影響を定量的に把握することを目的として、建築材料の湿気に関わる物性値を同定する方法の提案ならびにそれら物性値の整理、実測実験と数値解析の併用による建材の評価を進めている。その中で、地域に

よっては湿気に関わる物性値(透湿抵抗他)が潜熱負荷の10%近くを占めることを明らかにした。

また、吸放湿現象を考慮した建築の温湿度・熱負荷計算ソフトウェアの汎用性向上のため、計算負荷の低減とユーザ支援システムの構築を進めており、ユーザ支援ツールとしてグラフィックユーザインターフェイスの作成と改良を行い作業の効率化を図った。対象のソフトウェアはTHERB for HAM (Simulation Software of the Hygrothermal Environment of the Residential Buildings)である。これは、建物の温湿度、快適指標、空調消費エネルギーなどを実現象に忠実に再現できるソフトウェアであり、専門家の指導のもと、主に大学、研究機関、企業の研究開発の場で使用されている。THERBを使用して建物の性能を評価する際には、対象の建物に関するデータを次の7つのファイルとして準備する必要がある。(1)「壁体構成データ」、(2)「面構成データ」、(3)「室構成データ」。建物の構成を示すデータであり、形状、位置関係、構成要素、材の物性値などを指定する。(4)「スケジュールデータ」。建物の運用スケジュールを示すデータであり、居住者の生活行動ならびにそれに伴い発生する熱・湿気、空調設定条件などを指定する。(5)「換気データ」。建物内外の空気の移動を示すデータであり、換気量や室間の空気移動量を指定する。(6)「気象データ」。対象建物の位置する地域の気象条件を示すデータであり、気温、絶対湿度、直達日射、拡散日射、風向、風速、夜間放射量を指定する。(7)「起動データ」。計算の諸条件を示すデータであり、入出力データファイル名、計算期間など、計算の諸条件を指定する。また、これらの入力データファイルは、テキスト形式の入力フォーマットに従って記述する。

作成したツールでは、次の3点においてデータ入力の手助けを行っているが、引き続きユーザビリティの向上を図る。①データファイルの一元管理および複数のファイル間で共有されるデータの同期。②データ作成の自動化・一括入力(一部)による効率化。③エラー表示による入力ミス防止。②については、現時点では、例えばある室に対してその形状を示すデータとして、座標値、容積あるいは面積の21項目(49の値)を入力するが、室の対角線の両端に位置する2頂点の3次元座標が定まることで、室を構成する壁面、床面、天井面の座標が定まり、室の容積および各面の面積は自動的に算出される。この工程をGUIで補うことにより、室の形状については2項目(6の値)の入力で済み、工数の大幅な削減につながる。これは、室を構成する壁、床、天井、窓などの部位や室同士の位置関係、内壁と外壁の区別についても同様である。

2018年度からは、急速に発展するAI技術、とくに機械学習のアルゴリズムを実測データに適応することで、実測値の学習から評価・予測モデルの作成を行うことに取り組んでおり、申請時の計画より高性能かつ優れたユーザビリティを有するソフトウェア開発が見込める。

<引用文献>

- ① 日本建築学会, 建物における湿害の診断と対策に関する基準・同解説, 2013
- ② 隈裕子, 尾崎明仁, 小笹(香川) 治美, 福田展淳, 暖冷房負荷へ及ぼす壁体吸放湿の影響に関する研究 - 潜熱負荷の要因解析, 日本建築学会環境系論文集 第73巻 第632号, 1171-1178, 2008
- ③ 隈裕子, 熱・水分・空気連成を考慮した温湿度環境解析による壁体の吸放湿および省エネルギー手法に関する研究, 学位論文, 北九州市立大学, 2011
- ④ Akihito Ozaki, Myonghyang Lee, Yuko Kuma, Numerical Simulation on Hygrothermal Environment of Whole Buildings Taking into Account Complete HAM Features, The 12th International Conference of the International Building Performance Simulation Association, vol.2 pp.2156-2163, 2011
- ⑤ 隈裕子, 尾崎明仁, 李明香, 佐藤友紀, 中湿域における吸放湿に係わる湿気物性値の簡易推定, 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-2分冊, pp.255-256, 2013
- ⑥ 隈裕子, 菊池浩史, 中谷祐介, 尾崎明仁, 建築環境分野における研究・開発支援のためのユーザインタフェースの構築, 第13回情報科学技術フォーラム, 第4分冊, pp.281-282, 2014

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 1. Yuko Kuma, Yusuke Nakaya, Akihito Ozaki	4. 巻 2018
2. 論文標題 Construction of the User Support System for Performance Evaluation Tool of Building Environment	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Asian Institute of Low Carbon Design	6. 最初と最後の頁 39-42
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Yuko Kuma
2. 発表標題 Study on Indoor Thermal Environment of Solar Heat Utilization House
3. 学会等名 Grand Renewable Energy 2018（国際学会）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 谷川沙希 尾崎明仁 隈裕子 李明香 鹿嶋渉
2. 発表標題 太陽熱を利用するハイブリッド給湯・浴室乾燥システムに関する研究 その2
3. 学会等名 日本建築学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 鹿嶋渉 尾崎明仁 隈裕子 李明香 谷川沙希
2. 発表標題 太陽熱を利用するハイブリッド給湯・浴室乾燥システムに関する研究 その3
3. 学会等名 日本建築学会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----