

「環境低負荷型の社会システム」

平成 9 年度採択研究代表者

松藤 泰典

(九州大学大学院人間環境学研究院 教授)

「セラピューティック煉瓦造住宅の住環境効果」

1. 研究実施の概要

オーストラリアで完成度の高い中空壁を有する煉瓦造住宅をベースモデルとして、平成 10 年度に湿式在来構法による煉瓦造住宅(第1期実験棟)を建設し、建設コスト、室内熱環境データ解析から湿式煉瓦造住宅においてコストパフォーマンス、住環境効果が優れていることを実証した。平成 11 年度には第 1 期実験棟のガレージを用いて空気循環式パッシブシステムを採用し、第 2 期実験棟で使用を予定しているトロンブウォール、集熱パネル、クールチューブを用いて予備実験を行った。その結果、期間冷暖房負荷が大幅に低減できることを明らかにした。DUP 煉瓦壁の面内せん断に関する設計式を使い第 2 期実験棟の構造計算が行えることを確認し、前記熱環境設備を組み込んだ第 2 期実験棟設計図を完成させた。平成 12 年度は幅 960 mm、高さ 2,660 mm の DUP 煉瓦壁体が面外方向に 1,000gal の加速度を受けても倒壊しないほどの高い耐震性を有することを確認した。在来木造、2×4 木造、内断熱 RC 造、外断熱 RC 造、湿式煉瓦造、DUP 煉瓦造について LCE、LCCO₂ を算定した結果、DUP 煉瓦造が最小の値を示すことを確認した。

平成 13 年度 6 月末に乾式煉瓦造実験住宅(第 2 期実験棟)が竣工した。この実験棟を利用して DUP ボルトの応力緩和性状計測、夏季・冬季の室内熱環境実測調査から制御システムの有効性を検証した。また DUP 工法に関するコスト解析を行い低価格帯の住宅へも対応できることを明らかにした。そして、近年アトピー・疼痛等の治療に用いられている近赤外線を、煉瓦という素材が他の住宅建材に比べて多く反射していることを確認した。今後は我が国の気候風土に適した省エネ型の室内環境、耐震性及びリサイクル性を確保した高耐久で LCA 評価の高い環境低負荷型煉瓦造住宅の開発実現を目指す。

2. 研究実施内容

(1) 分散型アンボンドプレストレス基礎理論の確立

第 2 期実験棟における DUP ボルトひずみの経年変化計測に並行して、DUP 壁体の耐久性向上のために鉛直補強要素が露出しない DUP 工法を用いた場合の壁体内プレストレス分布について解析及び実験を行い、鉛直補強要素が露出しない DUP 工法による壁体組積の場合も、一次元的な組積の場合と同様にプレストレスの累加が生じることを確認した。また、下方の煉瓦へのプレストレス伝達割合を表す係数を 2 種類設定して、二項分布の一般解を利用した DUP 分布解析を行う

ことにより、鉛直補強要素が露出しない DUP 工法による壁体内のプレストレス二次元分布が求められることを確認した。

(2) DUP 乾式工法による煉瓦造部材の耐力実験

鉛直補強要素が露出しない DUP 工法による煉瓦壁の水平載荷実験を行い、既に提案した DUP 壁体の面内せん断設計式は鉛直補強要素が露出しない DUP 工法による煉瓦壁にも適用可能であることを確認した。また、鉛直補強要素が露出しない DUP 工法による煉瓦壁の初期剛性は従来の DUP 工法で組積した壁体の初期剛性よりも高い値を示した。更に、鉛直補強要素が露出しない DUP 工法による煉瓦壁は最終的に長さが半分の煉瓦を芋目地積みにした複数の柱の集合体に近づく傾向が見られた。同現象をもとに、DUP 煉瓦壁の最大耐力評価式を提案し、大変形時における水平補強プレートの効果を確認した。同時に、DUP 煉瓦壁は、施工方法において組積造の形態をとるものの、完成した壁体としては DUP ボルト及び水平補強プレートの力学性状が前面に現れる「新種の鋼構造」であることを載荷履歴曲線のエネルギー吸収性状から確認した。

(3) DUP を用いた乾式煉瓦造住宅の構造設計

基礎的な構造設計ガイドラインの体系化整備の次段階として、プロポーシヨンの異なる乾式煉瓦造耐震要素の部材設計法、煉瓦造耐震要素の減衰性能、および煉瓦造耐震要素の復元力特性について検討した。乾式煉瓦造実験住宅の実施工を通して構・工法の課題が確認できたため、コスト低減、工期短縮、煉瓦壁の耐火性向上などを改善した。また研究課題である①分散型アンボンドプレストレス基礎理論の確立、②DUP 乾式工法による煉瓦造部材の耐力実験、③DUP を用いた乾式煉瓦造住宅の構造設計に関して、これまで行った研究成果の妥当性及び残された課題を明らかにして、最終年度である 14 年度にこれを解決すべく、守秘義務を負っている(財)日本建築総合試験所にチェックを外部委託した。

(4) 石炭灰を用いたセラピューティック煉瓦の開発

海水を含有しているためにセメント・コンクリート材料として利用できない石炭灰について九州電力(株)大村火力発電所から提供された石炭灰を用いて、11～12 年度と同様に赤煉瓦粘土に石炭灰の混入率を変化させて配合して、押出成型後焼成した焼結体について、各種物性を測定した。その結果、海水を含有していても適切な焼成条件を選択することにより、前年度までの焼成品と同様に押出成形に問題なく、吸水率も 5% 以下を実現可能で、多様な発色が見られる等、同等のものを得ることができた。また、石炭灰の混入率を 30～60wt% と変化させて配合した結果、石炭灰を 60wt% と大量に配合しても適切な焼成条件を選択することにより、これについても前年度までの焼成品と同等のものを得ることができた。

(5) 煉瓦造住宅コスト解析

我が国の住宅市場を調査し、DUP 乾式煉瓦造住宅が他社のローコスト住宅に対抗できるか検討すると共に、DUP 乾式煉瓦造住宅の標準仕様モデルを提案し、我が国の住宅市場で販売した場合、競争力を有しているか検討した。その結果、DUP 乾式煉瓦造住宅は同一のプラン・仕様のローコスト住宅商品に対して約 4% のコストアップにとどまり、我が国の住宅市場においてローコスト住宅として十分対応できることが明らかになった。また、外壁:DUP 煉瓦、断熱材:30mm、内壁:バ

ーミキュライト建材(MOISS)、床:Floated Gum(オーストラリア製)をDUP乾式煉瓦造住宅の標準仕様と定義した。そしてDUP煉瓦造住宅標準仕様モデルのコストシミュレーションを行った結果、建設コストは坪単価約40万円の解析値を得、販売経費を10万円以下に抑えれば販売価格を坪単価50万円以下に設定できることが明らかになった。

(6) 煉瓦造住宅の室内熱環境制御システム

第2期実験棟(DUPフルブリック)は、これまでの研究結果に基づいた集熱パネルやクールチューブ等のパッシブ手法や設備機器を取り入れた空気循環式パッシブシステムを採用した。基本的熱性能は、熱損失係数:1.51W/(m²・K)、相当隙間面積:7.3 cm²/m²であった。煉瓦目地部、窓周りでの気密性が悪く、今後検討の余地がある。夏季予備実測調査では、終日冷房運転に対して、夜間のクールチューブ使用による35%の省電力効果が確認された。また、冬季予備実測調査では終日暖房運転に対して昼間のトロンブウォール・集熱パネル使用による37%の省電力効果が確認された。さらに、本システムの内壁内側から暖めるという空気循環暖房方式により、常に周壁煉瓦が室内温度よりも高い値を示し、煉瓦の熱容量を活かした放射暖房効果を明らかにした。

(7) 煉瓦造住宅のライフサイクルアセスメント

第2期実験棟の建設データに基づくDUP工法のデータベース作成、自然エネルギー利用パッシブシステムの冷暖房負荷削減効果、居住者の住まい方を織り込んだLCAを実施した。また、12年度にほぼ完成した煉瓦造住宅を含む各種住宅のLCE、評価プログラムをベースに戸建住宅を対象としたトータルエネルギーシミュレーションを行うツールとしたソフトウェアを開発した。グラフィカルなインターフェースを用いており建物の諸条件を誰でも簡単に入力することができる特徴を持つ。これを用いて在来軸組、木造ツーバイフォー、内断熱RC造、外断熱RC造、湿式煉瓦造、DUP煉瓦造、DUPパッシブ煉瓦造についてLCE、LCCO₂を算出し、DUP煉瓦造住宅は他の構法に比べて優れていることを明らかにした。パッシブを組み込んだDUPモデルが冷暖房の削減効果により効果的であることも明らかにした。

(8) 煉瓦造住宅の心理的効果

煉瓦造住宅の印象評価に関する交互作用の結果について考察した。

全ての因子において、「色」と他の要因との交互作用が見られたことは、住宅の印象形成に色が及ぼす影響が、他の要素との組み合わせにより変化することを示している。下位検定の結果から煉瓦素材、板素材の評価性が高いことが示されており、テクスチャー(凹凸感)のある壁面が「快さ」「安らぎ」を喚起するものと思われる。前年度の結果からは、煉瓦壁どうしを比較してもよりテクスチャー感の豊富な煉瓦壁が好まれることが示されており、一貫した結果が得られたと言える。

次に実験棟の煉瓦壁画像をベースに変化を加えた刺激を用いて印象評価を行った。結果を以下に示す。

- ① 評価性(好ましさ)因子:すべての要因(色調:全体の色調を変える、目地色:目地色を変える、挿色:違う色の煉瓦を挿入)において主効果がみられた。また、挿色-目地色間をのぞく全ての組み合わせに交互作用が見られた。住宅の印象と同様、煉瓦壁の印象形成においても「好ましい」「安らぐ」といった評価性の因子は物理的な特徴の複雑な組み合わせによって形成されるこ

とが示唆された。なお、刺激に用いた壁面を「好ましさ」や「安らぎ感」を与える順に並べると、比較のおだやかな色調のテクスチャー感のある煉瓦壁が高い評価を得る傾向にあった。

- ② 力量性(堅固な印象)因子:色調と挿色に主効果が見られた。また挿色-色調、挿色-目地色間の交互作用が見られた。この結果から力量性に対しては、目地色が単独では影響をおよぼしにくいことが示唆された。
- ③ 活動性(変化の印象)因子:目地色、挿色の主効果が見られた。また目地色-色調、挿色-色調間の交互作用が見られた。この結果から、活動性に対しては目地色、挿色の変化がそれぞれに独立して影響をおよぼすこと、またその影響は煉瓦壁全体の色調と無縁ではないことが示唆された。

(9) 煉瓦造住宅の生理的効果

吸放湿性ケイカル板と一般的に使用される住宅用仕上材であるプラスターボード+クロス張りにおいて室内空気質、内装材による空気汚染物質吸着効果の比較測定実験を実施すべく準備を行った。また近年、アトピー・疼痛等に対し近赤外線を使用した治療が行われているが、煉瓦建材の近赤外線領域における反射率が他の建材に比較して高いことから、これらに対する治療効果が期待できる。

3. 研究実施体制

(1) 構法・材料・施工グループ

松藤 泰典(九州大学大学院人間環境学研究院 教授)

研究項目

分散型アンボンドプレストレス基礎理論の確立

DUP乾式工法による煉瓦造部材の耐力実験

DUPを用いた乾式煉瓦造住宅の構造設計

石炭灰を用いたセラピューティック煉瓦の開発

煉瓦造住宅コスト解析

(2) 室内環境グループ

渡邊 俊行(九州大学大学院人間環境学研究院 教授)

研究項目

煉瓦造住宅の室内熱環境制御システム

煉瓦造住宅のライフサイクルアセスメント

煉瓦造住宅の心理的効果/生理的効果

4. 主な研究成果の発表

(1) 論文発表

○Shuho Takase, Toshiyuki Watanabe, Tetsuo Hayashi, Akihito Ozaki, Mikiko Nakamura, Mayuko Nagata, Masako Ozato

Measurement and Simulation of The Thermal Environment of A Low Energy House with

Air-Circulation in Brick Walls、 Proc. of eSim The Canadian Conference on Building Energy Simulation、 p212-219、 June. 2001

- Mikiko Nakamura、 Toshiyuki Watanabe、 Tetsuo Hayashi、 Shuho Takase、 Mayuko Nagata、 Masako Osato and Shuzo Nagata

Construction of A Low Energy House with Air-Circulation in Brick Walls、 Proc. of the 3rd Cross Straits Symposium on Materials、 Energy and Environment Science、 Vol.3、 p185-186、 November. 2001

- Mikiko Nakamura、 Tetsuo Hayashi、 Toshiyuki watanabe、 Shuho Takase、 Mayuko Nagata、 Masako Osato and Shuzo Nagata

Thermal performance of A Low Energy House with Air-Circulation in Brick Walls、 Proc. of the 3rd Cross Straits Symposium on Materials、 Energy and Environment Science、 Vol.3、 p231- 232、 November. 2001

- Kayo Miura、 Hajime Inoue

Are there any difference of the impression between real objects and their reproductions viewed through CRTs and video projectors?

Japanese Psychological Research (未刊)、 2002.3.8 (審査通過通知日)

- (2) 特許出願 (PCT 出願及び意匠登録出願含む) 件数 3件