

「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科 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

煉瓦造住宅で構成される町並み景観は、癒しと穏やかな親和性に富んだセラピューティックな効果を有すると言われている。高耐久でLCA評価の高い煉瓦造住宅に乾式組積工法を採用して、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に優れた煉瓦造住宅の開発を目標に、平成10年度はオーストラリア在来構法による煉瓦造住宅実験棟（第1期実験棟）を熊本県玉名郡菊水町に建設した。そしてこの実験棟及び種々の基礎実験を通じて、研究課題を着実に研究成果として結実させてきた。

11年度は第1期実験棟の熱環境改善工事を行い、室内熱環境測定を通じて煉瓦造住宅が優れていることを検証した。更に乾式煉瓦造住宅に関する構造耐力等の要素技術開発を集成した“Full Brick”構法による乾式煉瓦造住宅の設計を行い、本研究が研究領域「環境低負荷型の社会システム」における「循環型住宅システム（sustainable housing system）」の概念として位置付けられるとの確信を得た。

今後は構法・材料・施工Gと室内環境Gを主体に基礎実験データの収集に努めると共に、平成12年度に建設予定のDUP乾式工法による煉瓦造住宅実験棟との比較データ取得と解析により、高品質な煉瓦造住宅を安価に供給できるシステムを構築して、我が国への煉瓦造住宅の普及展開を図っていく。

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

・10年度から暴露試験体で開始したDUPボルトひずみの経年測定を継続し、測定データから導入ひずみ量の変動幅及び導入ひずみ量と線膨張係数について相関関係を解析した。

(2) DUP乾式工法による煉瓦造部材の耐力実験

・12年度に建設予定のDUP乾式煉瓦造住宅実験棟（第2期実験棟）が初のDUP実施工となるため、乾式煉瓦造住宅の耐震設計法の確立に重点を置いて、4種類の長さのDUP煉瓦造壁体について軸力無負荷の水平載荷実験を行い、軸力無負荷の壁体のせん断剛性算定方法を確立した。これにより剛床仮定が成立する場合の水

平力の分担割合が把握できるようになった。

- ・軸力載荷状態にある壁体の水平載荷実験を行い、軸力を載荷した場合でも水平耐力は遜色なく、むしろ塑性変形発生時の水平載荷荷重は増加することを確認した。

- ・壁体の構成要素の軸方向剛性を測定する実験を行い、動的実験等における壁体のばね定数が載荷軸方向力すなわち導入プレストレスによって変化することを確認した。

- ・DUP乾式煉瓦を31段(2,660mm)積んだ煉瓦壁体について煉瓦造耐震要素の振動実験を実施した。2種の振動台加振実験(弾性応力解析に用いる動特性を把握するための固有振動数確認、非定常振動に対する応答性状を把握するための地震波加振)により、煉瓦壁製作時のボルトひずみの変化、初期の動特性、地震波加振に対する応答などの剛性に関する基礎的な知見を得た。

(3) DUPを用いた乾式煉瓦造住宅の構造設計

- ・DUP煉瓦造耐震要素の静的載荷実験及び振動実験の成果を基に、第2期実験棟の構造設計を建築基準法・同施工令・告示等、建築物の構造規定(日本建築センター)、壁構造関係設計基準・同解説(日本建築学会)などの基準・指針に準拠して行い、構造の安全性を確認した。

(4) 乾式工法用金物及び工具の開発

- ・乾式工法用金物の使用性を煉瓦造部材の耐力実験や施工実験で確認し、第2期実験棟に使用する乾式工法用金物の形状を選定した。

- ・乾式工法用の電動工具についてスクリュー型とインパクト型の対比実験を行い、インパクト型が低電圧の割には発生トルクが大きく作業性にも優れ、導入プレストレス量を打撃時間(=打撃回数)で制御できることを確認した。

(5) 乾式工法用金物の防食システム開発

- ・電気防食技術の適用性を評価するために、暴露試験体での特性評価実験及び1年後の解体点検、格子構造体での特性評価実験、浸漬乾燥繰り返し実験を実施した。

- ・アノード電極の電流値は降雨量に比例して増減することから、電気防食法の特性評価には電流値測定が有効であることを確認した。1年経過後の暴露試験体解体点検では煉瓦組積金物に腐食の兆候は認められなかったが、目地材施工は防食対策上好ましくないことが明らかになった。

- ・格子構造体では5%食塩水噴霧/乾燥繰り返し実験を行ったが、電気防食有無の差違は認められず、腐食もアノード電極からの距離とは関係なく、局部的に発生しており、電気防食装置の適用性が疑問視された。そのため材質、浸漬液の種類、防錆法を変えて、浸漬/乾燥繰り返し実験を行った結果、溶融Znメッキ鋼板が相対

的に最も耐食性があることが分かった。

(6) ハウジングコンクリートの開発

・セルフレベルリング性を有するハウジングコンクリートだけで $\pm 2\text{mm}$ 程度の平滑性を確保することは、コストパフォーマンスの面から無理があると判断して、これを中止し、通常Pタイルの下地材として使用しているセルフレベルリング材の使用を検討した。その結果、施工厚が10mm程度あれば、コスト効果を保ちながら $\pm 2\text{mm}$ の平滑性を確保できることを検証した。

(7) 石炭灰を用いたセラピューティック煉瓦の開発

・石炭灰を用いたセラピューティック煉瓦製造の工業化に際しては押出成形法が採用されると予想されることから、赤煉瓦用粘土に種類と粒度が異なる石炭灰を配合して、押出成形後焼成した焼結体について、各種物性を測定して、10年度に実験した加圧成形による焼結体と比較検討した。

・石炭灰配合量を変えた実寸大の焼成煉瓦を試作して、各種性能を評価した。

(8) 煉瓦造住宅の企画・設計及び資材調達のコスト解析

・建築資材調達プロセスに関して、調達システムの違い(トライアルシステム、アーキテクトシステム、ビルダーシステム)によるコスト比較分析を行い、最適資材調達システムとしてトライアルシステムとビルダーシステムの融合システムを確立した。

・10年度に提案した資材調達システム評価式の影響度係数の範囲を算定した。

(9) 煉瓦造住宅建設コスト解析

・DUP乾式煉瓦造壁体組積実験で組積歩掛りを検証して、湿式煉瓦造実験住宅建設時の湿式煉瓦組積歩掛りと比較検討した。その結果、乾式煉瓦組積は湿式煉瓦組積より歩掛りが良くなることを確認した。また、この組積実験で施工方法を検討して、開口部の組積要領、“Brick Veneer”と“Brick Veneer”の煉瓦形状(標準煉瓦とJamb煉瓦2種)など実施工に資する施工方法の提案を行った。

(10) 煉瓦造住宅の設計図書類解析

・オーストラリアの文献「CLAY MASONRY」を翻訳し、湿式煉瓦造住宅の施工マニュアル構成を作成した。また情報化時代への対応を考えCD-ROMを試作した。

(11) 煉瓦造住宅建設者の育成システム研究

・北米における教育で活用されるカリキュラムデザインの方法が実践力のある技術者の育成に効果的と判断して、DUP工法煉瓦造住宅建設のカリキュラムとして「DUP工法煉瓦造住宅の設計」設計士向けコースを試作した。

・オーストラリアや北米の技術者養成教育に関する文献の翻訳と我が国への導入可能な技術指導システム検討作業により、技術者育成カリキュラムとしての基本形が出来たので、11年度で終了した。

(12) 煉瓦造住宅保全技術及びコスト解析

・10年度に建設した第1期実験棟（1階建て湿式工法煉瓦造住宅）の実績から、DUP乾式工法の1階建てと2階建ての廃材量を検討して、乾式化率、リサイクル率、リユース率を算定して再利用性を分析した。DUP乾式工法は建設廃材量が少なく、環境負荷低減の観点からも優れていることが分かった。

・第1期実験棟の乾式化率は95.40%、リユース率は94.44%となり、第2期実験棟の乾式化率は99.26%、リユース率は98.34%となった。またDUP工法の使用金物は100%リサイクル可能である。

(13) 煉瓦造住宅の室内環境および断熱・防露システム

・10年度の夏季実測調査で、室温の高温安定、小屋裏温度の上昇、通風量不足（特に夜間）の現象が認められたため、11年度に小屋裏換気の促進、天井断熱などを改修した。改修前に比べて夏季の室温は2~3℃低下し、室内熱環境が改善されたことを確認した。また、冷房時の夏季内部結露について測定した結果、壁体内結露は確認されなかった。

・煉瓦造住宅の室内熱環境を改善するため、第1期実験棟を対象とした数値シミュレーションにより、夏季は地中冷熱を、冬季は太陽熱を利用する空気循環式パッシブソーラーシステムの有効性を検討した。そして、第1期実験棟のガレージ部分を改造して、室内熱環境制御システムを採用した試験室を試作した。夏季はクールチューブによる外気の地中冷却効果について、冬季は集熱、南面のトロンブウォール、周壁煉瓦からの蓄放熱について実験を行った。その結果、夏季はクールチューブを夜間に使用した場合の効果は大きく、日積算冷房消費電力量（図1）は使用しない場合に比べて約21%削減できた。また、冬季の室内空気温度は日中最高で約24℃、朝方最低で約12℃となり、システム使用時の日積算暖房消費電力量（図2）は使用しない場合に比べて約49%削減できた。

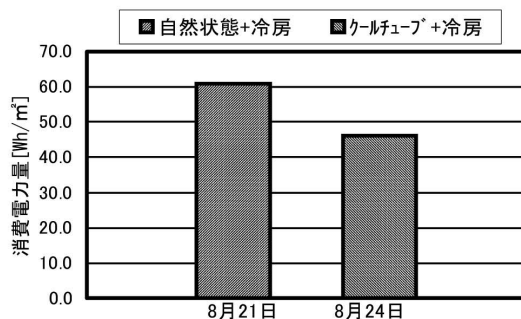


図1 冷房消費電力量の日積算値

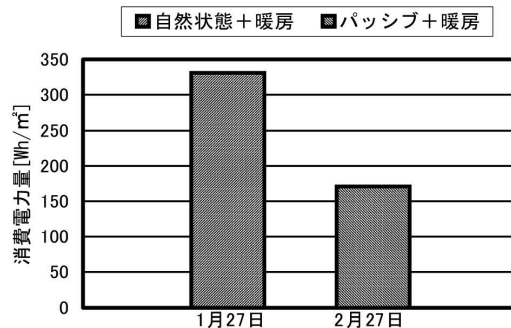


図2 暖房消費電力量の日積算値

(14) 煉瓦造住宅のライフサイクルアセスメント

・LCA算定の基礎データとなる炭素排出原単位およびエネルギー消費原単位について、建設省建築研究所と日本建築学会のデータを比較した。いずれのソフトも標準的な工法や環境・設備計画に対しては対応可能であるが、煉瓦造のように自然エネルギーを利用する住宅のLCCO₂算定は不可能であり、独自のソフトウェアが必要であることが明らかになった。また本研究のデータベース作成には建設省建築研究所の原単位データを採用することにした。

・日本建築学会の標準住宅モデルを対象に、木造住宅、煉瓦造住宅(DUP工法)、煉瓦造住宅(湿式工法)、RC造住宅について、建設段階(資材製造・施工・補修交換・解体廃棄) 運用段階のCO₂排出量とエネルギー消費量を算定した。その結果煉瓦をリサイクルし、耐用年数を延長すれば、DUP煉瓦造住宅は他の構造より低環境負荷の住宅となる(図3)。

・自然エネルギーを最大限に活用するDUP煉瓦造住宅のライフサイクル評価に先立ち、太陽熱、地盤温冷熱などの自然エネルギー活用システムをより精度良く、かつ簡潔に予測評価するためのシミュレーションモデルを作成した。

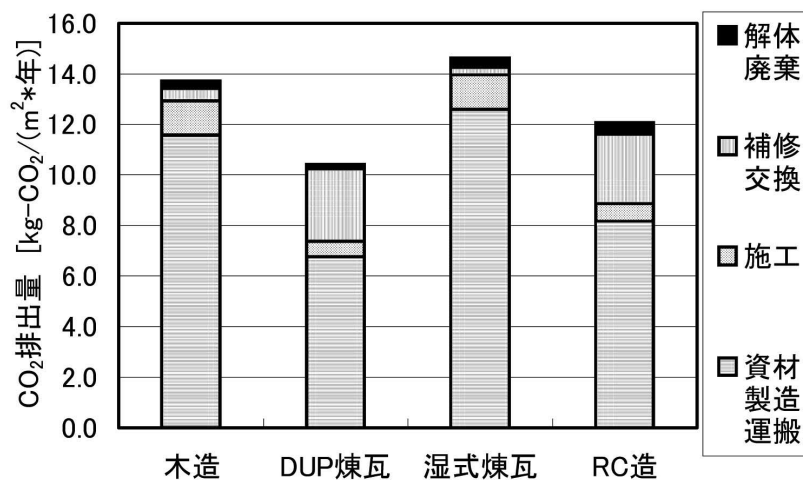


図3 CO₂ 排出量の比較

3. 主な研究成果の発表(論文発表)

空気循環式ブリックソーラハウスの開発, 渡邊俊行、林徹夫、龍有二、赤司泰義, (財)住宅総合研究財団研究年報No.25(1998年版)

住宅建築における資材調達システムの構築に関する研究, 松藤泰典、高巢幸二, 九州大学工学集報第72巻第6号、1999年11月

Research and Development of a Passive Solar House with Airflow System in Brick Walls, M. NAKAMURA, T. WATANABE, T. HAYASHI, Y. RYU, Y. AKASHI, S.

GOTO, S. TAKASE, Proc. of the 16th International Conference on Passive and Low Energy Architecture (PLEA'99)

Some effects of roof shapes on housing wind loads, M. Kumamaru, N. Tsuru, A. Miyake, J. Maeda, Wind Engineering into the 21st Century (Proceedings of the 10th International Conference on Wind Engineering in Copenhagen) , 1999