

セラピューティック煉瓦造住宅の住環境効果

研究代表者 九州大学大学院人間環境学研究所 松藤泰典

Study for Therapeutic Brick House System Setting Up

Yasunori Matsufuji, *Research Director of CREST*

Dep. of Architecture Graduate School of Human-Environment Studies

Kyushu University

1. 研究の概要

煉瓦造住宅及び煉瓦造住宅で構成される町並み景観は、そこに住む人及びそこを訪れる人にセラピー（Therapy）的な癒しと穏やかな親和性を与える。

煉瓦造住宅は、構造体としての耐震性に欠けるものの、100年以上の寿命を有し、建設後の維持費が安く、加えて、資産価値が経年によって減価しないなど、基本的にLCA評価の高い住宅である。

本研究は、このような優位性を有する煉瓦造住宅を対象として、現実的なイニシャルコスト及び低いランニングコストを実現し、加えて建設、解体時の建設廃材を縮減し、リサイクル性を高める構・工法を提案するものである。具体的には、オーストラリアの煉瓦造住宅の標準工法として完成度の高い中空壁工法による煉瓦造住宅をベースに、DUP乾式工法によって高い耐震性を付与するとともに、我が国の気候風土に適した室内環境を省エネルギー型で実現する。同時に、建設・供用・解体を通じたライフサイクルエネルギー消費量及びライフサイクル炭酸ガス排出量の低減を図る。更に、煉瓦造住宅が有すると期待される心理的効果（セラピー性）について基礎的考察を行い、セラピューティック煉瓦造住宅を我が国で実用に共する条件整備を行う。

2. 現在までの中間成果報告

2.1 成果内容の要約

2.1.1 研究方針

我が国の気候風土に適した低環境負荷型の高耐震煉瓦造住宅を実現するために、分散型アンボンドプレストレス（Distributed and Unbonded Prestress, DUP）理論による乾式煉瓦組積構法を適用して、次の3つの主要研究課題を実施している。

- ①煉瓦造住宅のライフサイクルコスト及びライフサイクルアセスメント
- ②DUP 乾式工法を用いた高い耐震・耐風・耐火性及び施工性を有する煉瓦造住宅の開発
- ③煉瓦造住宅の持つ生理・心理的効果のスコア化

研究は以下の3大項目 18小項目に区分して、九州大学大学院（人間環境学研究所、総合理工学研究科）を主体にして、Iで通産省九州工業技術研究所、麻生セメント(株)、(株)エヌエムビー（NMB）、日本化成(株)、IIで熊本大学医学部、(財)熊本テクノポリスの6共

同研究の協力を得て開始した。その後、一部の小項目で所期の目的を達成したこと、及び研究方針の見直しにより、一部の研究機関は10年度で終了し、現在は九州大学大学院を含め4研究機関で研究を継続している。

I DUPを用いた煉瓦造住宅の構法・材料及び施工法開発

I-1 分散型アンボンドプレストレス(DUP)基礎理論及びこれを用いた乾式煉瓦造住宅の構造設計

- 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

I-2 乾式煉瓦造住宅に用いる要素技術の開発

- ④乾式工法用金物及び工具の開発
- ⑤乾式工法用金物の防食システム開発
- ⑥ハウジングコンクリート及び目地材の開発
- ⑦石炭灰を用いたセラピューティック煉瓦及び構造瓦の開発

I-3 煉瓦造住宅のライフサイクルコスト解析

- ⑧煉瓦造住宅の企画・設計及び資材調達のコスト解析
- ⑨煉瓦造住宅建設コスト解析
- ⑩環境低負荷型生活排水浄化システム (～10年度終了)
- ⑪煉瓦造住宅の設計図書類解析
- ⑫煉瓦造住宅建設者の育成システム研究
- ⑬煉瓦造住宅保全技術及びコスト解析 (11年度～)

I-4 煉瓦造住宅の心理的効果に関するアンケート調査

- ⑭煉瓦造住宅の心理的効果に関するアンケート調査 (～10年度終了)

II 煉瓦造住宅の環境評価

II-1 煉瓦造住宅の室内熱環境及び断熱・防露システム

- ⑮煉瓦造住宅の室内熱環境および断熱・防露システム

II-2 煉瓦造住宅のライフサイクルアセスメント

- ⑯煉瓦造住宅のライフサイクルアセスメント

II-3 煉瓦造住宅の環境医学的／生理的効果

- ⑰煉瓦造住宅の環境医学的／生理的効果 (～10年度中断)

II-4 セラピューティック煉瓦造住宅の景観表現

- ⑱セラピューティック煉瓦造住宅の景観表現 (～10年度終了)

III 煉瓦造住宅の動的解析

III-1 煉瓦造住宅耐風屋根構造解析及び設計

- ⑲煉瓦造住宅耐風屋根構造解析及び設計 (～10年度終了)

III-2 動的構造実験・解析

- ⑳動的構造実験・解析 (～10年度終了)

耐震性煉瓦造住宅の開発研究は以下に示す3段階で計画した。

a) オーストラリアの標準工法として完成度の高い中空壁工法の煉瓦造住宅（第1期実験棟、写真1）を平成10年度に建設して、在来湿式工法による輸入煉瓦造住宅の可能性、企画・設計・資材調達・建設の実態把握、建設コスト・建設日数などの基礎的な対比データを取得する。そして煉瓦造住宅としての共通課題と認識されるII煉瓦造住宅の環境評価では、項目II-1を重点的に実施する。



建築面積：225.32m²
床面積：223.06m²

写真1 第1期実験棟外観

- b) 本研究の目標である乾式煉瓦造住宅（第2期実験棟）が平成12年度に建設可能となるように、I DUPを用いた煉瓦造住宅の構法・材料及び施工法開発では、項目I-1、I-2及びI-3を、III煉瓦造住宅の動的解析では、項目III-1とIII-2について重点的に基礎的な実験研究を行い、11年度までに建設計画に必要なデータを取得しておく。さらに煉瓦造住宅の実現を支援する項目II-2とII-3についても精力的に検討を進める。
- c) 第2期実験棟の建設及びそれを利用した研究を通じて、乾式煉瓦造住宅の実用化に必要な諸データを取得して、耐震性煉瓦造住宅の建築認定取得への展開を図る。

2.1.2 主要研究成果

(1) DUPを用いた煉瓦造住宅の構法・材料及び施工法開発

DUP基礎理論及びこれを用いた乾式煉瓦造住宅の構造設計、乾式煉瓦造住宅に用いる要素技術の開発、煉瓦造住宅のライフサイクルコスト解析などを実施してきた。

DUP乾式工法煉瓦造住宅で最重要課題であるDUP煉瓦造部材の耐力実験は、構造物多軸試験システムで実施している。鉛直加力下での水平載荷実験を行い、無負荷時に比べて水平耐力が上昇する傾向を確認した。また、他の構造体と載荷履歴曲線を比較し、DUP工法による煉瓦壁は湿式の多孔レンガブロック造壁体や乾式コンクリートブロック造壁体に比べて高い耐力とエネルギー吸収能力を有すること、そしてDUP煉瓦壁の載荷履歴曲線は鉄骨純ラーメン構造の載荷履歴と相似で、紡錘形の安定した定常ループに収斂する（図1）などの耐力壁として優れた特性を有することを確認した。

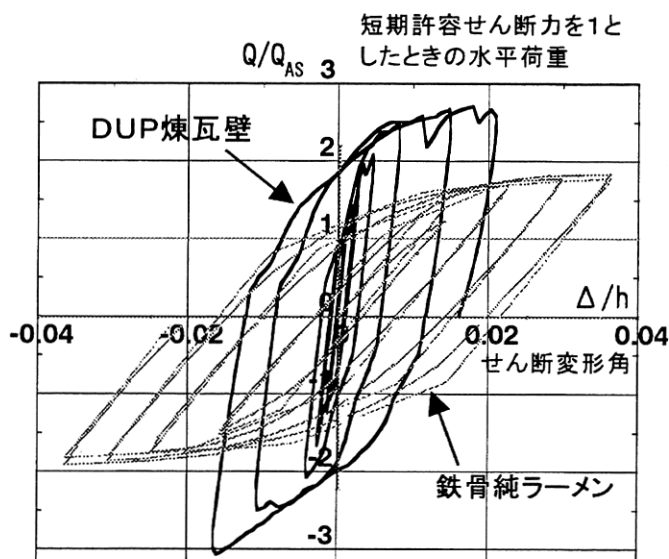


図1 載荷履歴曲線の対比

DUP乾式工法による煉瓦造住宅の実現に必要な要素技術・材料の開発にも重点を置いて研究しており、煉瓦組積基礎の水平精度を確保するための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施工方法を開発し、煉瓦組積作業速度を改善するために、ボルト・ナット双方の組積と解体の何れにも使用できるインパクトレンチを開発し、その適用性を検証した。

その他、煉瓦組積用金物（ボルト・ナット、プレート等）の予防的防食システムとして、電気防食技術を対象に曝露試験体を作製して、大気環境下での曝露試験で適用性を検証している。また、産業廃棄物の石炭灰を煉瓦原料として有効利用するための基礎的な実験を行い、石炭灰の種類と焼成条件などを変更することにより、色彩、表面テクスチャーの異なる煉瓦となり、実サイズ煉瓦を試作できる段階に達した。

(3) 煉瓦造住宅のライフサイクルアセスメント

煉瓦造住宅は高価であるという既成観念を払拭するために、煉瓦造住宅の建設コストの縮減を狙いとする着工前段階の企画・設計から資材調達に至るプロセスの検討が不可欠である。第1期実験棟ではオーストラリアで完成度の高いプロジェクトホームを輸入して、建設することで、設計・資材調達・輸入・建設に至るプロセスの実態を解明した。そして第2期実験棟の建設に当たっては、イニシャルコスト縮減効果が認められるプロセスを採用してコストパフォーマンスの向上を図ることにした。

第1期実験棟の建設過程で取得したデータの解析並びに乾式煉瓦組積を想定して、建設（資材製造運搬、施工、補修交換、解体廃棄）に係るCO₂排出量とエネルギー消費量を検討した。その結果、長期耐用年数を有し、メンテナンス性、冷暖房負荷軽減など高LCAに優れた煉瓦造住宅が、煉瓦のリユース性向上が図られて、LCA算定の基礎データとなるライフサイクル炭酸ガス排出量（LCCO₂）とライフサイクルエネルギー（LCE）に優れるとの見通しが得られた。計算対象期間100年で、耐用年数がDUP煉瓦造住宅は50年、湿式煉瓦造住宅と木造住宅は25年、RC造住宅は50年として計算した（図2）。DUP工法の煉瓦は解体・リユースが3回可能としたこともあり、DUP乾式煉瓦造住宅の建設に係るCO₂排出量は在来木造住宅の76%、湿式煉瓦造住宅の71%、RC造住宅の86%となった。煉瓦組積金物（ボルト、ナット、プレート等）の製造に関わる炭素排出量が全体の20%を占めており、金物のリサイクルを考慮すると、さらに炭素排出量削減が期待でき、LCAが改善される。

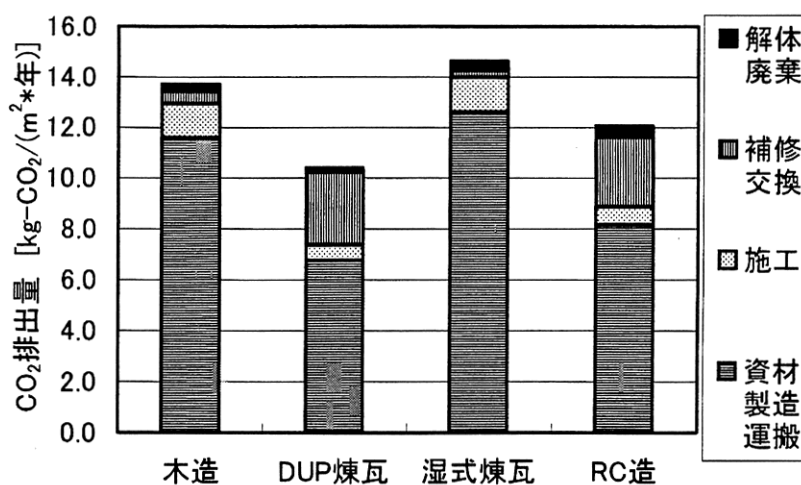


図2 CO₂排出量の比較

(4) 煉瓦造住宅の環境評価

第1期実験棟にて室内熱環境実測調査を平成10年と11年の夏季と冬季の計4回行った。

平成10年夏季の実測調査では、天井断熱が不十分なために小屋裏（空気温度は50℃以上）から室内側に熱が流入して、通風量不足から夜間の室内温度は期待した程には下がらなかった。しかし小屋裏換気の促進、天井断熱強化などの改修により、室内熱環境は改善され、11年夏季の室温実測調査では2～3℃低下した。一方、冬季は室温が安定（16～22℃）し、期待通りの結果であった。なお、壁体内部の結露発生は認められなかった。

平成11年に第1期実験棟のガレージを模様替えして、室内の二面を煉瓦貼り（フルブリック構造）とし、空気循環式パッシブソーラーシステム（夏季：クールチューブによる外気の地中冷却効果、冬季：集熱、南面のトロンブウォール、周壁煉瓦からの蓄放熱）を採用した試験室に改造して、室内熱環境を実測調査した。夏季はクールチューブを夜間使用の方が効果は大きく、クールチューブ使用時の日積算冷房消費電力量（図3）は使用しない場合より約49%削減された。冬季の室内空気温度は日中最高で約24℃、朝方最低で約12℃であり、システム使用時の日積算暖房消費電力量（図4）は使用しない場合より約21%削減された。

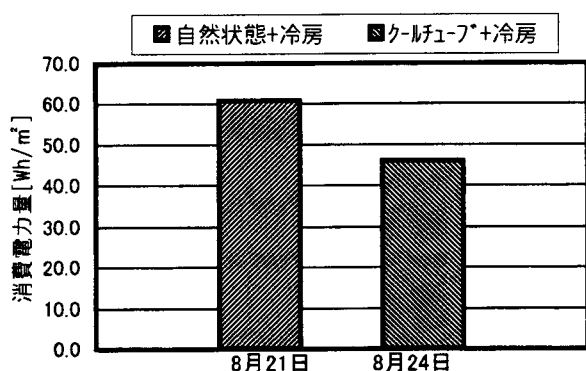


図3 冷房消費電力量の日積算値

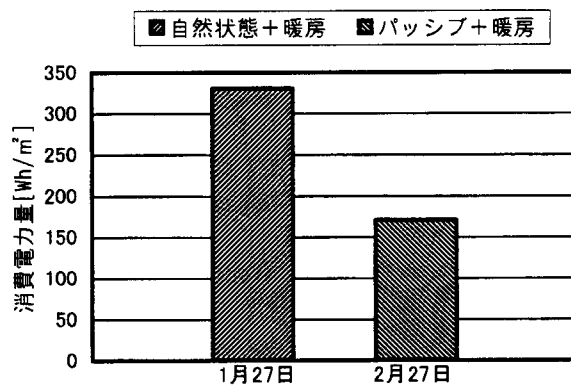


図4 暖房消費電力量の日積算値

2.2 発表論文など

(1)論文発表

九州大学大学院から以下の7件、(財)熊本テクノポリスから電応研テクニカルレポート第14号（1998年10月）に1件発表した。

- ・渡邊俊行、林徹夫、龍有二、赤司泰義、空気循環式ブリックソーラハウスの開発、(財)住宅総合研究財団研究年報 No.25（1998年版）
- ・前田潤滋、熊丸真実子、鶴則生、三宅昭春、高木賢、「住宅骨組用荷重に及ぼす屋根形状の影響に関する二、三の考察」、第15回風工学シンポジウム論文集、1998年12月3日
- ・松藤泰典、小山智幸、線形モデルとしてのコンストラクションマネジメント、九州大学工学集報第72巻第2号、1999年3月
- ・松藤泰典、廣岡彩子、工学教育におけるプレステージとしての職業教育システム序論、同号
- ・松藤泰典、高巢幸二、「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」、同第72巻第6号、1999年11月

- ・ M. NAKAMURA, T. WATANABE, T. HAYASHI, Y. RYU, Y. AKASHI, S. GOTO, S. TAKASE, RESEARCH AND DEVELOPMENT OF A PASSIVE SOLAR HOUSE WITH AIRFLOW SYSTEM IN BLICK WALLS, Proc. of the 16th International Conference on Passive and Low Energy Architecture (PLEA'99)
- ・ M. Kumamaru, N. Tsuru, A. Miyake, J. Maeda, Some effects of roof shapes on housing wind loads, PROCEEDINGS OF THE 10TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON WIND ENGINEERING, 1999

(2)口頭発表

九州大学大学院からは、日本建築学会九州支部研究報告会の1998年3月/長崎に5件、1999年3月/鹿児島に7件、2000年3月/大分に10件、日本建築学会学術講演会の1998年9月/福岡に6件、1999年9月/広島に8件の合計36件発表した。

他研究機関では、熊本大学から日本衛生学会総会(2000年3月、大阪)に2件、通産省九州工業技術研究所から「石炭灰を用いたセラピューティック煉瓦の開発」に関して3件、熊本テクノポリスから1件発表した。

(3)特許

本研究期間中ではこれまでに2件出願(内1件は手続き中)した。

「DUP 乾式組積工法に用いる締め付け金具の脱着工具」(1999年9月)

「ブロック組積方法」(2000年3月手続き中)

3. 今後の研究の方向

乾式煉瓦組積造耐震住宅の実現に向けて、乾式工法の煉瓦造住宅(第2期実験棟)を平成12年度に建設する。この実験棟は第1期実験棟の室内熱環境測定調査で検証された研究成果を活用して、現実的な熱環境設備コストで対応可能な空気循環式パッシブソーラーシステム(夏季:クールチューブからアースチューブに変更、冬季:第1期実験棟改造後と同じ)を採用する。さらに室内熱環境の改善度を高めるために、ダブルブリックの2階建て(建築面積;100.22m², 延べ床面積;193.82m²)とする。

この実験棟を用いて、煉瓦造住宅の環境評価を実施し、高品質でコストパフォーマンスに優れた耐震性煉瓦造住宅にしていくための改良研究を並行して行い、本研究終了時にDUP煉瓦壁体を構造体とする耐震性煉瓦造住宅の建築評定を取得していく予定である。

さらに、「II-3 煉瓦造住宅の環境医学的/生理的効果」については、スコア化が難しい医学的/生理的な面からのアプローチではなく、心理的な面からのアプローチに変更して、煉瓦造住宅が本質的に持っていると思われる癒し効果を心理面からスコア化する研究に取り組むことにしている。