

## 自己評価報告書

平成 23 年 5 月 2 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤（B）

研究期間：2008～2011

課題番号：20360253

研究課題名（和文）歴史的組積造建造物の保存・再生・活用に向けた耐震改修技術の開発

研究課題名（英文）Development of seismic retrofit techniques for conservation, regeneration, and use of historic masonry constructions

研究代表者

荒木 慶一（ARAKI YOSHIKAZU）

京都大学・工学研究科・准教授

研究者番号：50324653

研究分野：建築構造学

科研費の分科・細目：建築学，建築構造・材料

キーワード：組積造，耐震改修，保存，再生，活用

## 1. 研究計画の概要

(1) 補強・無補強煉瓦壁単体の実験を実施し、その力学モデルと補強効果評価式を提示する。また煉瓦壁の静的繰返し載荷を行い、提案力学モデルと評価式の妥当性を検証する。

(2) 巨大地震に伴い繰返し発生する余震対策や、地震後の継続使用性を視野に入れ、超弾性合金を用いた金属挿入補強による過大残留変形発生の抑制と繰返し載荷に伴う強度と剛性の劣化の防止について検討する。

(3) これまで、鋼棒挿入時には有機系接着剤であるエポキシ樹脂を用いられてきた。しかし、有機系接着剤に対しては耐久性、耐火性、コストの面で課題が残る。そのため、本研究では、ポリマーセメントモルタルなど無機系接着剤として用いる手法について検討を行い、前処理やポリマーなど多数の配合の組合せに対して、強度などの構造性能のみでなく施工性を踏まえた実験的検討を行う。

## 2. 研究の進捗状況

(1) 壁一面に斜め向きに鋼棒を挿入しエポキシ樹脂で接着固定する補強法を適用した煉瓦壁試験体を多数作成し、面外及び面内方向の準静的繰返し載荷実験を実施した。また汎用有限要素解析プログラム DIANA を用いて、実験結果を精度よくシミュレーションできる数値解析モデルを構築した。また、補強効果を簡便に評価できる設計式を提案し、実験結果との比較によりその妥当性を検証した。

(2) 1/2 スケールのミニチュア煉瓦を用いて、無補強、鋼材棒補強、超弾性合金棒補強を施した壁体の試験体を多数製作し、準静的繰返し載荷実験と振動台実験を実施した。また、DIANA を用いて実験結果を再現できる有限要素モデルを構築した。実験及び解析を通じて、

超弾性合金棒を用いることで、大地震後の強度劣化や残留変形を回避できるとともに、破壊が発生する地震動のレベルを飛躍的に大きくできることを実証した。

(3) 種々の配合のポリマーセメントモルタルを接着剤や前処理剤として用いた試験体を多数作成し、施工性と構造性能の高い配合を見出すための実験を実施した。その結果、実際の施工で必要とされる 10 分後のピンの挿入の容易性を確保した上で、十分な強度と剛性を有する配合を見出した。また見出した配合を用いた煉瓦部材の面外曲げ実験を実施し、実寸規模の試験体でも十分な強度と靱性を確保できることを実証した。

## 3. 現在までの達成度

当初の予定以上に進展している。

（理由）既に十分な研究成果を得ており、国内外の査読付論文、国内外の学会での研究発表など、多数の研究業績を発表している。

## 4. 今後の研究の推進方策

(3)の項目について引き続き検討を行うとともに、これまでの実験及び解析結果に基づき、歴史的組積造建造物に特有の構造形式を踏まえた、実用的で信頼性の高い金属挿入補強設計法の枠組の構築について検討を行う。

## 5. 代表的な研究成果

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計 8 件）

[1] K. C. Shrestha, T. Nagae, Y. Araki: Finite element study on pinning retrofitting technique of masonry walls with opening subjected to in-plane shear load, *Proceedings*

- of AMCM, 印刷中, 2011, 全文査読有
- [2] K. C. Shrestha, S. J. Pareek, Y. Araki: Use of polymer-cement pastes as bonding agents for pinning retrofitting of masonry construction, コンクリート工学年次論文集, 印刷中, 2011, 全文査読有
- [3] K. C. Shrestha, Y. Araki, T. Nagae, T. Omori, Y. Sutou, R. Kainuma, K. Ishida: Applicability of Cu-Al-Mn shape memory alloy rods to retrofitting of historical masonry constructions, *Earthquakes and Structures*, 印刷中, 2011, 全文査読有
- [4] K. C. Shrestha, T. Nagae, Y. Araki: Finite element modeling of out-of-plane response of masonry walls retrofitted by inserting inclined stainless steel bars, *Journal of Disaster Research*, Vol. 6, No. 1, pp. 36-43, 2011. 全文査読有
- [5] Y. Araki, T. Endo, T. Omori, Y. Sutou, Y. Koetaka, R. Kainuma, K. Ishida: Potential of superelastic Cu-Al-Mn alloy bars for seismic applications, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, Vol. 40, pp. 107-115, 2011. 全文査読有
- [6] 多幾山法子, 長江拓也, 前田春雄, 喜多村昌利, 吉田亘利, 荒木慶一: ステンレスピン挿入による歴史的煉瓦造建築物の耐震補強—その1: 補強煉瓦壁の繰返し面外曲げ実験, 日本建築学会構造系論文集, 第635号, pp. 167-176, 2009. 全文査読有
- [7] 荒木慶一, 木村寛之, 聲高裕治, 大森俊洋, 須藤祐司: 建築用ダンパー材料としてのCu-Al-Mn超弾性合金の機械的性質, 銅と銅合金, Vol. 47, pp. 73-77, 2008. 全文査読有
- [8] 多幾山法子, 長江拓也, 前田春雄, 荒木慶一: ステンレスピンにより耐震補強された組積壁の面内曲げせん断特性, コンクリート工学年次論文集, Vol. 30, pp. 1621-1626, 2008. 全文査読有
- 〔学会発表〕(計11件)
- [1] K. C. Shrestha, T. Nagae, Y. Araki: Finite element modeling of out-of-plane behavior of masonry walls retrofitted by inserting steel pins, Proceedings of the 12th SEEBUS, Kaoshiung, Taiwan, 2010/11/26, 27.
- [2] Y. Araki, T. Endo, T. Omori, Y. Sutou, Y. Koetaka, R. Kainuma, K. Ishida: Development of medium-scale Cu-Al-Mn superelastic alloy bars, Proceedings of the 14th ECEE, Ohrid, Macedonia, 2010/8/30-9/3.
- [3] K. C. Shrestha, I. Ibarada, T. Nagae, T. Omori, Y. Sutou, Y. Araki: Shaking table tests on half-scaled masonry walls retrofitted by Cu-Al-Mn SMA rods subjected to

- out-of-plane flexure, Proceedings of the 5th WCSCM, Tokyo, Japan, 2010/7/12-14.
- [4] N. Takiyama, T. Nagae, H. Maeda, M. Kitamura, N. Yoshida, Y. Araki: Cyclic out-of-plane flexural behavior of masonry walls rehabilitated by inserting stainless pins, Proceedings of the 14th WCEE, Beijing, China, 2008/10/12-17.
- [5] KC Shrestha, SJ Pareek, Y Araki: Bending tests on pinning-retrofitted masonry beams with use of polymer cement pastes as bonding agents, 日本建築学会大会, 東京, 2011/8/23-25
- [6] K Shrestha, T Nagae, Y Araki, N Takiyama, I Ibarada: Numerical modeling of in-plane shear behavior of un-reinforced masonry walls under monotonic loading (Part 2), 日本建築学会大会, 富山, C-2, pp. 893-894, 2010/9/9-11
- [7] 福本早苗, 荒木慶一(他6名, 5,8番目): ステンレスピンにより耐震補強された開口部付組積造壁の繰返し面内曲げせん断実験(その1, その2) 日本建築学会大会, 仙台, C-2, pp. 963-964, 967-968, 2009/8/26-29
- [8] 荒木慶一(他7名, 8番目): ステンレスピンにより耐震補強された組積壁の繰返し面内曲げせん断特性(その2), 日本建築学会大会, 仙台, C-2, pp. 965-966, 2009/8/26-29
- [9] KC Shrestha, 長江拓也, 荒木慶一, 多幾山法子, 茨田一平: Numerical modeling of in-plane shear behavior of un-reinforced masonry walls under monotonic loading, 日本建築学会大会, 仙台, C-2, pp. 969-970, 2009/8/26-29
- [10] 荒木慶一(他6名, 7番目): ステンレスピンにより耐震補強された組積壁の繰返し面外曲げ特性(その3), 日本建築学会大会, 東広島, C-2, pp. 1009-1010, 2008/9/18-20
- [11] 多幾山法子, 吉田亘利, 長江拓也, 前田春雄, 喜多村昌利, 荒木慶一: ステンレスピンにより耐震補強された組積壁の繰返し面内曲げせん断特性, 日本建築学会大会, 東広島, C-2, pp. 1011-1012, 2008/9/18-20

〔産業財産権〕

取得状況(計1件)

- 名称: 組積造の壁体の補強方法  
 発明者: 荒木慶一、前田春雄  
 権利者: 株式会社構造総研  
 種類: 特許  
 番号: 特許第4659107号  
 取得年月日: 平成23年1月7日  
 国内外の別: 国内