

途上国における煉瓦組積造建築要素の強度評価に関する実験的研究

土木大学 学生会員 ○堀 秀一郎

土木大学 正会員 池本 敏和

土木大学 正会員 宮島 昌克

土木大学 正会員 深田 宰史

1. はじめに

煉瓦を始めとする組積造構造物は、用いる組積材料の差や構造形式の違いから様々なタイプなものがある。現在でも世界の人口の約 6 割がこの種の建物に住んでいる。これらの組積造構造物はノンエン지니어ドと呼ばれ、耐震設計をあまり考慮せずに造られ、品質管理もあまりなされていないため、地震に対して脆弱であり、一度倒壊すると復元するのは難しい。また組積造構造物の分布は、その大半が地震の多発地域と重なるため、地震の度に組積造構造物が壊れ、多くの人々が犠牲になっている。今後、これらの既存の建物の耐震性を向上させない限り、歴史ある組積造構造物の保存、大規模な人的被害の発生を防ぐことは困難である。

今年の 5 月 20 日にイタリア北部でマグニチュード 6.0 の地震が発生し、震源中心の教会などの組積造構造物に大きな被害が発生した。また 8 月 11 日にはイランのアゼルバイジャンでマグニチュード 6 の地震が発生し、震源付近の組積造構造物が壊滅的な被害を受け、約 300 人もの死者が出た。こういった背景から、本研究では、今後途上国で建造されていく煉瓦組積造の地震時の破壊の特徴の解明を目的とするため、イラン周辺の中東地域で使用されている組積造建築要素の破壊機構について実験を行う。

2. 要素実験

途上国で用いられている煉瓦組積造要素の力学特性を求めるため、輸入材料を用いた要素実験（5 段積み煉瓦の圧縮試験、3 段積み煉瓦のせん断試験、5 段積み煉瓦の曲げ試験）を行う。今回実験に使用した煉瓦は日本製ではなく、より途上国の構造物で実際に使用されている煉瓦に近い中国北部製の煉瓦を使用し、目地モルタルも実際に途上国で使用されている配合を用いた。

(1) モルタル圧縮試験

目地モルタルの圧縮試験を行った。圧縮荷重と縦ひずみ、横ひずみを測定し、圧縮応力、ヤング率、ポアソン比を算出した。モルタルの配合設計は、現在イランなどで使用されている一般的な住宅に用いられる配合を使用した。供試体 3 体で実験を行い、圧縮強度は約 10MPa となり、日本で使用されている一般的な目地モルタルの圧縮強度 20~30MPa の半分以下の値となった。これは骨材に砂だけでなく石灰を混入しているのが原因であると思われる。また、図-1 はモルタルの弾性範囲内でのヤング率とポアソン比である。

(2) 5 段積み圧縮試験

5 段積みの煉瓦の圧縮試験を行った。圧縮荷重を測定し、圧縮応力を算出した。供試体 3 体で実験を行い、日本製供試体の圧縮応力は平均 7.68MPa、中国製供試体の圧縮応力は平均 3.13MPa となり、中国製の煉瓦は日本製の煉瓦の半分以下の強度となった。

(3) 3 段積みせん断試験

3 段積みせん断試験を行った。水平荷重と鉛直荷重を測定し、水平圧縮応力とせん断応力を算出した。供試体各 3 体で実験を行い、各水平圧縮応力と実験結果は図のようになった。日本製の煉瓦、中国製の煉瓦共に水平圧縮応力によるせん断破壊応力の上昇が見られた。また水平圧縮応力無載荷時では中国製の煉瓦が 0.14MPa、日本製の煉瓦が 0.08MPa となり、中国製の煉瓦が日本製の煉瓦よりせん断強度が高い結果となった。

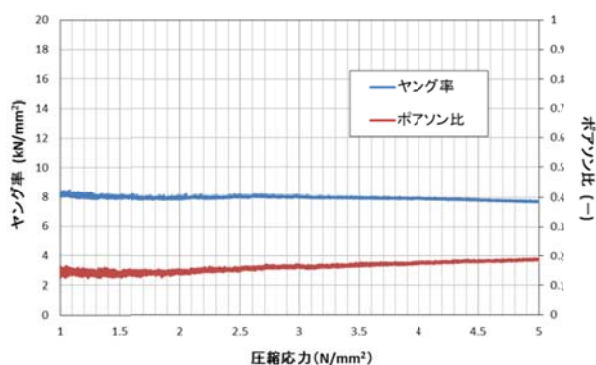


図-1 モルタル試験結果

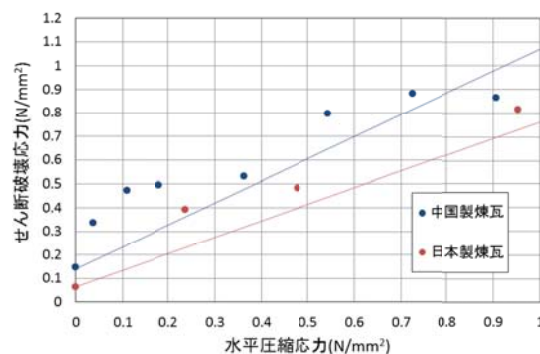


図-2 せん断試験結果

(4) 5 段積み曲げ試験

5 段積みの煉瓦の曲げ試験を行った。本研究では曲げ試験規格に ASTM E518 を採用した。結果は平均 0.10MPa となった。これは、組積造構造物の平均曲げ強度 0.17MPa より低い値となった。この結果は目地材モルタルが脆弱であるためだと考えられる。

3. まとめ

今回の要素実験により、途上国組積造建築の破壊機構に関する基礎的なデータを測定できた。特に、5 段積み圧縮試験と 3 段積みせん断試験については、目地材のモルタルを統一して日本製の煉瓦との比較実験を行っており、途上国の煉瓦の力学的特性が通常の煉瓦より特徴的であることがわかる。

途上国煉瓦は日本の煉瓦より圧縮強度が半分以下と低い値であるが、反面せん断強度については途上国煉瓦が日本製煉瓦より高いせん断強度を有していることがわかった。

煉瓦組積造が地震による被害を受けた場合、水平方向の外力（せん断力）によって破壊が進行すると考えられている。よって今回の実験の結果より、高い圧縮荷重下では、途上国煉瓦は強いせん断破壊強度を有し、地震に強い構造になると考えられる。そこで耐震補強により不足している圧縮強度および曲げ強度の向上を図ることができれば、効率よく耐震補強を施すことができると考えられる。

煉瓦組積造の耐震補強に関する研究の一例として、東京大学の目黒による研究¹⁾では、PP バンド（ポリプロピレン高分子樹脂繊維）による煉瓦造建物の耐震補強において、その成果が確認されている。また、独立行政法人建築研究所の檜府龍雄らによる研究²⁾でも、枠組み煉瓦組積造を RC 部材やスチールメッシュを用いて補強した場合の、振動実験での補強効果が確認されている。しかし、いずれの研究についても、その補強方法は、コスト面、施工方法、材料面から考えて、途上国のどこでも可能であるとは言いがたい。よって、今後は途上国でも実現可能な安価で簡単な施工方法を検討していく予定である。

今回行った実験は煉瓦壁の個別要素についての静的実験であり、今後さらに規模の大きい煉瓦壁を用いた Diagonal 試験や、振動実験などの動的実験も行う予定である。また、煉瓦壁に耐震補強を施し、耐震補強の検証実験を実施する予定である。

参考文献

- 1) 目黒公郎: 経済的で簡便な組積造構造物の効果的耐震補強法の実証実験－実大建物モデルを用いた振動台破壊実験－
<http://www.iis.u-tokyo.ac.jp/topics/2005/051214.pdf>, 2010.2 現在.
- 2) 檜府龍雄ら: 開発途上国の地震被害軽減のための実験研究の紹介〈ペルー・カトリカ大学における振動台実験の報告〉, 国建協情報, No.797, 2009.