

繊維補強コンクリートを用いたレンガ組積造の耐震補強法に関する研究

金沢大学大学院 学生会員 ○堀秀一郎
 金沢大学 正会員 池本敏和
 金沢大学 正会員 宮島昌克
 金沢大学大学院 Reza Amiraslanzadeh

1. はじめに

レンガなどの組積造構造物は用いた材料や構造形式の違いから様々なタイプなものが存在し、世界人口の約6割の人がこの種の構造物に住んでいる。これらの構造物はノンエンジニアドと呼ばれ、耐震設計をあまり考慮せずに造られている。また、品質管理も悪いために地震に対して脆弱であり、倒壊すると復元するのは難しい。さらに、組積造構造物の建設地の分布は地震の多発地域に概ね重なっており、地震の度に多数の組積造構造物が壊れ、何万の人々が犠牲となっている。

本研究では、各国において建造されているレンガ組積造構造物の地震時破壊挙動の解明、被害軽減のための補強法の開発を目的とする。ここでは中国北部で生産されたレンガを用い、組積造構造物における被害軽減対策の提案および実験的検討を行う。

2. 実験に用いたレンガ要素及び補強方法

本研究では、レンガ組積造構造物の壁の一部を再現して、実験の対象(供試体)とした。レンガ壁にはフランス積み工法を採用した。この工法はフランスやイラン周辺の中東地域で多く使われている。フランス積み工法は内部を空洞にすることにより、使用するレンガの個数削減と総重量の軽減を考えられ、構造物を軽くすることができるが、他のレンガ積み工法と比較して壁体のせん断強度が低下するとも言われている。今回用いたレンガの圧縮強度が平均 10N/mm^2 であり、日本レンガの約 $1/1.5 \sim 1/3$ 程度(JIS規格 2,3,4種)である。また、目地モルタルは中東地域の一般住宅に用いられている材料の配合で作成した。

本研究における補強法としては、レンガ壁の一体性を高め地震に耐える引張り強度を得るために、垂直棒状に繊維補強コンクリートを流し込む方法による耐震補強を実施した。レンガ壁体は、内部に縦に貫通する空洞部分が存在するので、この空洞に補強コンクリートを注入する補強方法である。混和材に引張強度の向上させるための鋼繊維を補強コンクリートに用いた。コンクリートには日本製の普通ポルトランドセメントを用いたが、中東地域で使用されている高強度コンクリートの強度に近づけた。鋼繊維には、長さ 35mm 、直径 0.6mm のSSファイバーHタイプ¹⁾を採用した。

3. Diagonal 試験による耐震補強効果

Diagonal 試験は、圧縮試験機からの垂直圧縮応力を左右均等に作用させ、力の方向を 45° に変換することによって、レンガ壁体の4辺に純せん断力を作用させることができる、いわゆる静的載荷試験である。 $1.2\text{m} \times 1.2\text{m}$ レンガ壁体の実験結果を表1に示す。補強なしの供試体では、当然であるが破壊荷重、最大引張り応力、最大せん断応力などの値が全体的に低い値となった。本来 Diagonal 試験では、せん断力や内部の引張り応力によって供試体の縦方向(壁体の対角線上)に亀裂が生じる現象が見られるが、補強無し壁体では目地モルタルの必要強度が不足しているために、せん断破壊の亀裂が生じる前にレンガと目地の間に亀裂が生じ、構成部材

キーワード レンガ壁、耐震補強、繊維補強コンクリート、Diagonal 試験、有限要素法

連絡先 〒920-1192 石川県金沢市角間町 金沢大学地震工学研究室 池本敏和 TEL076-234-4657 E-mail : tikemoto@tkanazawa-u.ac.jp

表 1 Diagonal 試験結果

	補強なし			補強あり		
	1回目	2回目	平均	1回目	2回目	平均
供試体重量(kN)	8.64	8.71	8.68	10.54	10.29	10.42
破壊荷重(kN)	318.7	345.1	331.9	622.6	514.9	568.8
引張応力(N/mm ²)	0.38	0.41	0.40	0.67	0.55	0.61
最大せん断応力(N/mm ²)	0.54	0.58	0.56	0.94	0.78	0.86
せん断弾性係数(N/mm ²)	123.1	142.9	133.0	210.0	148.9	179.5
破壊時縦変位(mm)	4.84	4.34	4.6	6.40	5.40	5.9
破壊時横変位(mm)	0.18	0.17	0.2	0.20	0.25	0.2
破壊時縦ひずみ(10 ⁻⁶)	2718	2437	2577	3593	3032	3313
破壊時横ひずみ(10 ⁻⁶)	154	145	149	171	215	193
破壊時せん断ひずみ(10 ⁻⁶)	2818	2535	2677	3595	3172	3384

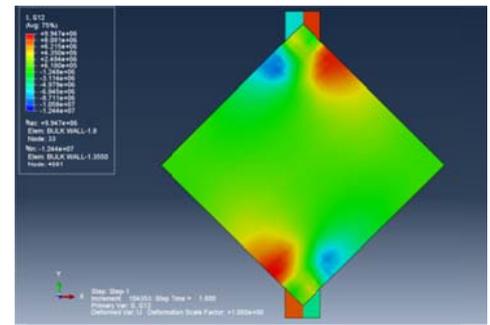


図 1 せん断応力分布 (補強なし)

のずれや剥離が発生したと考えられる。鋼繊維コンクリートによる補強の壁体では、供試体の重量は 1.74kN(補強なしレンガ壁体の約 20%)増加したが、破壊荷重が 1.71 倍、せん断応力が 1.54 倍とそれぞれの強度の上昇を確認することができた。また縦方向の対角線上に亀裂が生じたことから、補強効果によりレンガと目地の一体化が形成されたと考えられる。また脆弱な崩壊を防ぐとともに、壁体に亀裂が入った後も耐力を持続する効果を確認できた。さらに、せん断弾性係数を見比べると、補強ありの供試体の方が実験値が大きくなっており、荷重に対するひずみや変位の値を抑制する効果が期待できると言える。

4. 有限要素法による耐震補強効果

ここでは Diagonal 試験におけるレンガ壁体内部の応力分布を、有限要素法(FEM)を用いて求めた。せん断応力解析結果を図 1 に示す。Diagonal 試験のレンガ壁体の試験結果により得られた力学パラメータを用いて、壁体内部における圧縮応力とせん断応力の応力分布図を作成したが、本章では後者のみを図化した。

荷重載荷時に内部せん断応力は、補強なしの供試体では図 1 に示す通りであり、レンガ壁体内部の荷重載荷付近の空洞部がはらみだす応力が発生し、実験結果も同様な応力集中部よりレンガに亀裂が入り破壊した。図には示していないが、補強ありの供試体ではせん断応力の偏りは僅少であり、均等に力が作用していた。このような観点から、レンガ壁体モデルの空洞部は Diagonal 試験における応力分布の偏りを発生させる原因と考えられ、提案した繊維補強により空洞部を充填することで壁体の耐震効果が得られたと考えられる。

5. まとめ

本研究では、地震に対して脆弱であるレンガ組積造の壁体モデルについて、既往の研究をもとに、地震時被害軽減対策の提案を行い、実験と解析結果からその有効性について検討した。本研究で得られた地震時被害軽減対策は、1) 供試体の重量は 1.74kN と補強なしレンガ壁体の約 20%に増加したが、せん断応力が 1.54 倍と上昇することが確認できた。2) クラックの拡大や構成部材の落下を防ぎ、耐力を持続し続ける可能性が示唆されたこと、が明らかとなった。これにより、地震時のレンガ組積造構造物の大規模な倒壊を防止し、倒壊までの時間を稼ぐことで住民が避難する時間を確保でき、人的被害の軽減につながると考えている。

本研究の一部は文部省科学研究費補助金(基盤研究(A)海外学術調査 研究代表者:宮島昌克)の補助を受けた。記して感謝する次第である。

参考文献

- 1) CMC 株式会社: SS ファイバー, http://www.din.or.jp/~cmc/pdf/ss_fiber_pamph.pdf, 2013.3 現在。
- 2) 中西雄大: 途上国煉瓦組積造の簡易的な地震時被害軽減対策に関する実験的研究, 平成 22 年度金沢大学修士学位論文, 2010。