

平成 27 年 5 月 28 日現在

機関番号：17501

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24510257

研究課題名(和文) 途上国におけるコンファインドメーソンリー建物の耐震性向上

研究課題名(英文) Improvement in Seismic Capacity of Confined Masonry Buildings in Developing Countries

研究代表者

黒木 正幸 (Kuroki, Masayuki)

大分大学・工学部・助教

研究者番号：10295165

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,300,000円

研究成果の概要(和文)： 通路型開口の存在によりコンファインドメーソンリー壁体の水平耐力は減少し、その程度は偏在開口の場合がより大きい。これに対し鉄筋コンクリート造の縦枠で補強すれば、壁体の耐震性能を大きく改善できる。特に、縦枠に加えて横枠を配置すれば、無開口の壁体をも上回るせん断強度を与えることができることを明らかにした。

また、れんが単体の強度に対して目地モルタルの強度が極端に低い場合には、壁体のせん断ひび割れ強度、せん断終局強度を推定するパラメータとしてプリズム強度を採用することには注意が必要であることを指摘した。

研究成果の概要(英文)： The presence of opening results in the loss of lateral load carrying capacity. The loss caused by eccentric opening is larger than that by central opening. Extra vertical RC elements can improve seismic capacity of the walls with door openings. Especially, the walls with horizontal extra elements in addition to the vertical elements can develop high shear capacity in comparison with the walls without any openings. Also, test results indicate that masonry prism strength may not be suitable for predicting shear cracking strength and ultimate shear strength in case when the joint mortar strength is quite low.

研究分野：建築構造・材料

キーワード：組積造 途上国 自然災害 耐震

### 1. 研究開始当初の背景

中南米諸国や東南アジア、中近東などの開発途上の地震国では、過去の地震において無補強の組積造建物が大破することにより、甚大かつ悲惨な被害を受けてきた。しかしながら、粘土を焼成して製造されるれんがは製造が容易なため、途上国においては現在でも建物を建設する主要な材料として用いられている。

当該国では、過去の地震被害の経験から、全くの無補強組積造に替わって、れんが壁体の周辺を壁厚に近い幅とせいを有する場所打ち鉄筋コンクリート造の柱と梁部材で拘束する枠組組積造 (Confined Masonry) 壁体が、鉛直荷重と地震による水平力に抵抗する耐力壁として広く利用されるようになってきている。しかしながら、このような壁体の耐震性能を組織的に検討し始めたのは、日本の政府開発援助 (ODA) によるペルーやメキシコの地震防災プロジェクトが本格化した 1980 年代後半からであり、その歴史は浅く未検討の課題が多く残されている。

研究代表者らは、2008 年～2010 年には基盤研究 C の助成を受け、Confined Masonry 壁体の耐震性能が窓型開口の存在によりどれだけ低下するかを明らかにするとともに、これに対する補強法について検討を行った。これは、建物には使用上の要求から壁体に開口部が設けられるが、中南米諸国における開口部周辺の補強方法は、耐震性能上の問題があると考えられるものが少なくなかったためである。その結果、鉄筋コンクリート造の枠材を配置するといった補強を行えば、無開口の壁体をも上回る耐力を与えることができること等を示した。これは、本補強法によれば構造計算を行わなくても開口を設けることによる負の影響をフルにカバーできることを意味し、必ずしも専門知識を持った技術者が関与するとは限らない途上国においても実用的な補強法である。また、2009 年 9 月のインドネシア・ジャワ島西部地震による被害の調査を行い、現地では 1980 年代から Confined Masonry 住宅が建設されているが、その倒壊率は 20% と依然として高いこと等を明らかにした。

### 2. 研究の目的

開口の存在が Confined Masonry 壁体の耐震性能に及ぼす影響は、開口のタイプ (窓型、通路型) と存在位置により大きく異なると考えられる。本研究では、通路型開口を取り上げ、壁体の耐震性能に及ぼす影響を把握するとともに、開口周辺の補強方法を提案することを目的とした。具体的には、窓型開口に対して高い効果が認められた鉄筋コンクリート造枠による補強法を通路型開口に適用した場合の効果を明らかにすることとした。

### 3. 研究の方法

実験に用いた加力装置を図 1 に示す。実大の 1/2 サイズの壁体試験体に対して、鉛直方向の油圧ジャッキにより一定の鉛直荷重を載荷した状態で、水平方向の複動油圧ジャッキにより変位漸増の正負繰返し加力を行った。鉛直荷重の大きさは、中低層の建物を想定し開口を含む壁体の全水平断面積に対する応力度にして  $0.48\text{N/mm}^2$  とした。水平荷重の加力点高さは、壁体脚部から測って壁体高さの 67% の位置とした。

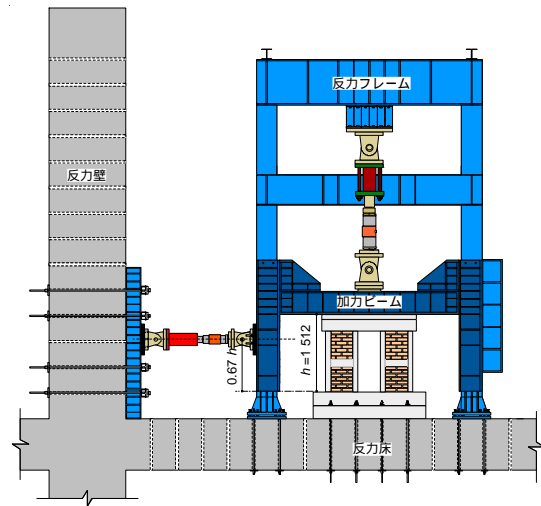


図 1 加力装置

### 4. 研究成果

実験結果の整理および理論的な検討から、以下に示す知見を得た。

#### (1) 開口の影響について

開口の存在により水平耐力が減少する。その程度は、偏在開口の場合がより大きい (図 2 参照)。

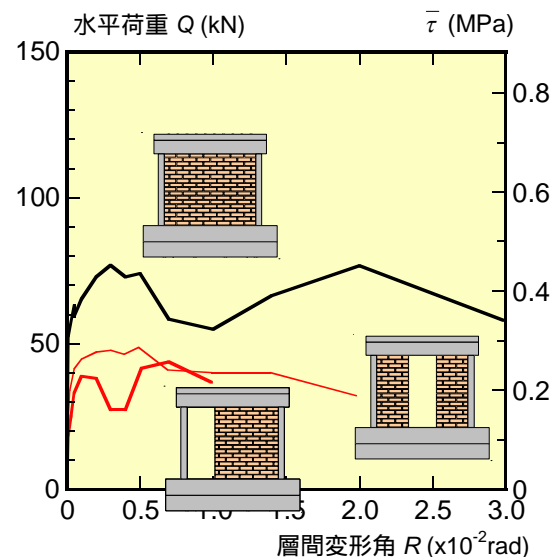
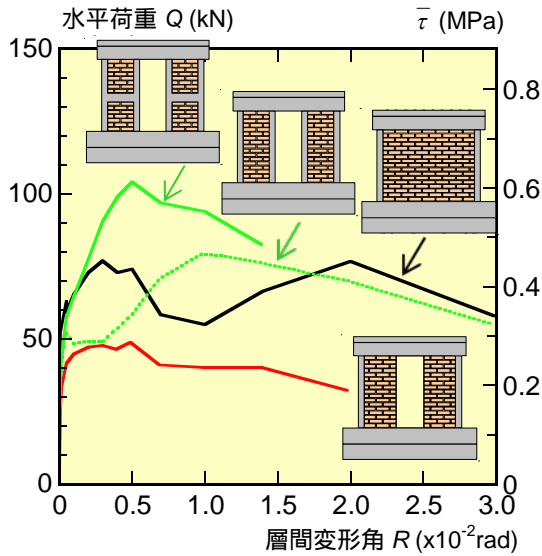
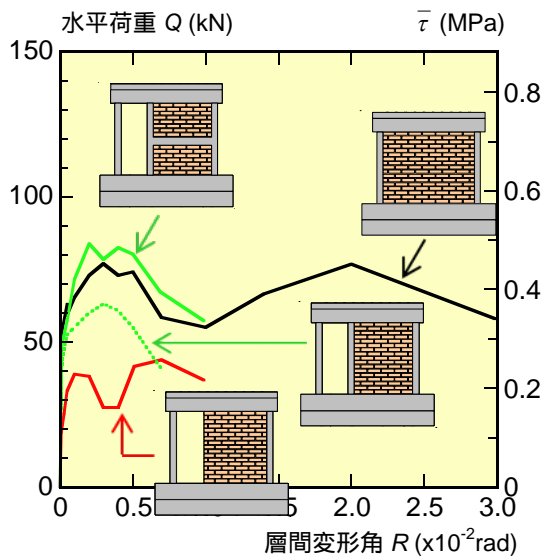


図 2 開口の影響

(2) 枠材補強の効果について  
 鉄筋コンクリート造の縦枠で補強すれば、  
 通路型開口付き壁体の耐震性能を大きく  
 改善できる(図 3a, 図 3b 参照)。  
 特に、縦枠に加えて横枠を配置すれば、  
 無開口の壁体をも上回るせん断強度を与  
 えることができる(図 3a, 図 3b 参照)。



(a) 中央開口の場合



(b) 偏在開口の場合

図 3 枠材補強の効果

(3) 補強効果の計算法について  
 れんが組積体の斜め圧縮力、拘束柱なら  
 びに縦枠材の引張力、横枠材の引張力  
 により構成される力学モデルに基づくせん  
 断強度の計算値  $Q_{su}$  は、最大荷重実験値  
 $Q_{max}$  を過大評価する傾向がある(図 4 参  
 照)。  
 これは、れんが組積体の斜め圧縮耐力の

評価にコンクリートの有効係数を適用し  
 たことが主な原因であると考えられる。

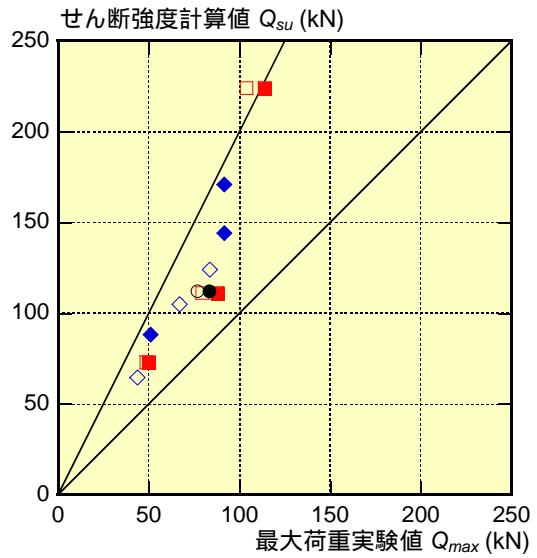


図 4 せん断強度計算値と実験値の関係

(4) 目地モルタル強度の影響について  
 せん断ひび割れ強度の実験値  $Q_{sc}$  ならび  
 に最大荷重実験値  $Q_{max}$  は、目地モルタル  
 強度が小さい場合には、プリズム圧縮強  
 度よりも目地モルタル圧縮強度と良い相  
 関を示す(図 5, 図 6 参照)。  
 これは、れんが単体の強度に対して目地  
 モルタルの強度が極端に低い場合には、  
 Confined masonry 壁体のせん断ひび割れ  
 強度、せん断終局強度を推定するパラメ  
 ータとしてプリズム強度を採用すること  
 には注意が必要であることを示唆してい  
 ると考えられる。

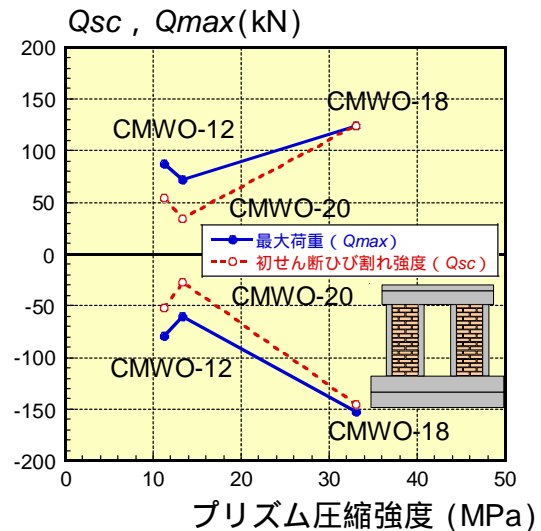


図 5 プリズム強度の影響

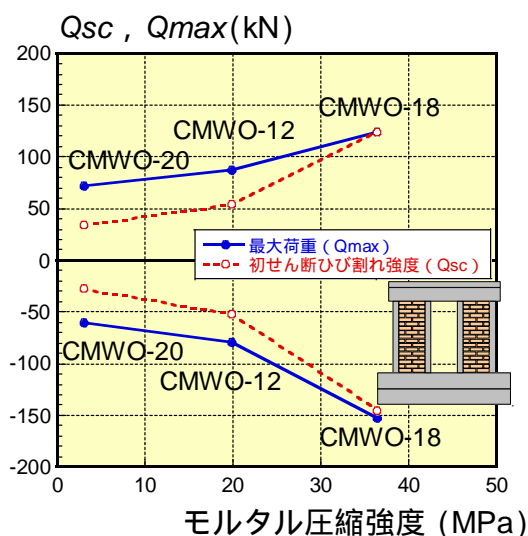


図6 目地モルタル強度の影響

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計2件)

- 1) Masayuki Kuroki, Kenji Kikuchi, Hideko Nonaka and Katsuki Kanetada, Effects of Extra RC Elements on Shear Capacity of Confined Masonry Walls with Door Openings, Proceedings of 39th Conference on Our World in Concrete & Structures, 査読有, 2014, pp.329-336
- 2) Masayuki Kuroki, Kenji Kikuchi, Hideko Nonaka and Moe Shimosako, Experimental Study on Reinforcing Methods Using Extra RC Elements for Confined Masonry Walls with Openings, Proceedings of 15th World Conference on Earthquake Engineering, 査読有, 2012, 10pp.

〔学会発表〕(計6件)

- 1) 金只夏月, 黒木正幸, 菊池健児, 野中嗣子, 開口部を有する枠組組積造壁体の耐震性能に関する研究(その8 消石灰入りの目地モルタルを用いた試験体の実験結果), 日本建築学会九州支部研究報告会, 2015年3月1日, 熊本県立大学(熊本県・熊本市)
- 2) 和田将史, 黒木正幸, 菊池健児, 野中嗣子, 金只夏月, 有開口枠組組積造壁体の耐震性能に関する実験的研究(その8 壁体強度が高い試験体の実験結果), 日本建築学会大会学術講演会, 2014年9月13日, 神戸大学(兵庫県・神戸市)
- 3) 和田将史, 黒木正幸, 菊池健児, 野中嗣子, 開口部を有する枠組組積造壁体の耐震性能に関する研究(その7 壁体強度が高い試験体の実験結果), 日本建築学会九州支部研究報告会, 2014年3月2日, 佐賀大学(佐賀県・佐賀市)
- 4) 和田将史, 黒木正幸, 菊池健児, 野中嗣子, 金只夏月, 有開口枠組組積造壁体の

耐震性能に関する実験的研究(その7 縦枠と横枠で補強した通路型開口試験体の実験結果), 日本建築学会大会学術講演会, 2013年8月31日, 北海道大学(北海道・札幌市)

- 5) 和田将史, 黒木正幸, 菊池健児, 野中嗣子, 開口部を有する枠組組積造壁体の耐震性能に関する研究(その6 縦枠と横枠で補強した通路型開口試験体の実験結果), 日本建築学会九州支部研究報告会, 2013年3月3日, 大分大学(大分県・大分市)
- 6) 下迫萌恵, 黒木正幸, 菊池健児, 野中嗣子, 和田将史, 有開口枠組組積造壁体の耐震性能に関する実験的研究(その6 偏在通路型開口を有する試験体の実験結果), 日本建築学会大会学術講演会, 2012年9月13日, 名古屋大学(愛知県・名古屋市)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

黒木 正幸 (KUROKI MASAYUKI)  
大分大学・工学部・助教  
研究者番号: 10295165

### (2) 研究分担者

菊池 健児 (KIKUCHI KENJI)  
大分大学・工学部・教授  
研究者番号: 50117397

野中 嗣子 (NONAKA HIDEKO)  
大分大学・工学部・助手  
研究者番号: 50274741

### (3) 連携研究者

該当者なし