

機関番号：17501

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20560527

研究課題名(和文) 途上国における開口付きメゾンリー壁体の耐震性向上

研究課題名(英文) Improvement in Seismic Performance of Masonry Walls with Openings 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

研究成果の概要(和文)：開口付き枠組組積造壁体であっても、鉄筋コンクリート造の枠材を開口部周辺に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、途上国で広く用いられている枠組組積造壁体の実用的な開口部補強法を提案する上で有益なものであると考えられる。また、2009年9月のインドネシア・ジャワ島西部地震による組積造建物被害の調査を実施し、場所によっては枠組組積造住宅の20%が倒壊したことを明らかにした。

研究成果の概要(英文)：The confined masonry walls with openings accompanied by the extra RC elements could develop higher lateral load carrying capacity than the walls without any openings as well as the walls without any extra RC elements around the opening. This indicates that the arrangement of extra RC elements is to be a practical reinforcing method for the openings in the developing countries. And it could be seen in some of the areas affected by West Java earthquake in 2009 that 20% of the confined masonry houses collapse totally.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2009年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2010年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：工学

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，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，開発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。

中南米諸国や東南アジアなどの開発途上国では，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，組積造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

枠組組積造壁体 (Confined Masonry Wall) 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、このような枠組組積造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も多い。

研究代表者らは、過去 10 年間、組積造壁体を拘束する鉄筋コンクリート造柱の配筋詳細、壁体に作用する鉛直軸力の大きさ、壁体内補強筋の配筋詳細、壁体の曲げ変形の反曲点高さなど本組積造壁体の耐震性能に影響を及ぼす様々なパラメータに対して、壁体試験体による水平加力実験ならびに解析的研究を行ってきた。また、1999 年に発生したトルコ・コジャエリ地震、ギリシャ・アテネ地震、2001 年のエルサルバドル地震による組積造建物の被害状況について現地調査を実施した。これにより組積造壁体の耐震性能を把握するとともに、耐震的な枠組組積造壁体の開発に関して一定の成果をあげることができた。具体的には、鉄筋コンクリート造拘束柱の合理的配筋方法、壁体内補強筋の配筋方法 (ブロック壁体では内部の空洞を利用した配筋で、れんが壁体の場合は横目地を利用した配筋方法) について新しい提案を行った。

しかしながら、建物の壁体には開口が設けられることがあるが、これまでの研究代表者らの研究では有開口の壁体の耐震性能については未検討であった。中南米諸国の枠組組積造建物の耐力壁に見られる開口部周辺の補強方法は、無補強の場合を含め様々であるが、耐震性能に問題があると考えられるものが少なくない。

このような状況の中、他の研究機関 (北海道大学) において、れんが壁体内に開口を有する枠組組積造壁体の水平加力実験が実施され、無補強の開口がある場合には、開口のない壁体に比べて水平耐力が予想以上に低下することが示された。これは、壁筋が配筋されていない組積造壁体に面内力によりひび割れが発生すると、れんが壁体部分の一体性が著しく損なわれ、いくつかのパートに分かれようとするが、開口周辺に枠材がないと、ひび割れたれんが壁体を有効に拘束できないためであると考えられる。

この種の実験では壁体の面内一方方向の静的な加力が行われているが、ひび割れたれんが壁体を有効に拘束できないということは、地震時においてはれんが壁体に作用する面外方向の力 (れんが壁体の自重に対して発生する面外慣性力) により、れんが壁体部分が周辺の枠材から離れて容易に脱落する可能性もあることを意味している。そのような場合には、地震力のみならず建物の自重も負担

すべき耐力壁の破壊がさらに脆性的なものとなり、建物の倒壊に至る危険性が高くなると考えられる。また、倒壊には至らなくても、開口周辺の壁体が著しく変形すると、扉などが開閉困難になり、地震時の避難に支障をきたす可能性が高い。

2. 研究の目的

開口の影響は、形状 (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。既往の研究では、れんが壁体の上端に窓型開口がある場合、中央に通路型開口がある場合が対象となっているが、有開口壁体の耐震性能を評価するためには、さらなる実験資料の蓄積ならびにその資料に基づいた力学的検討が必要である。

本研究課題では、開口の存在が組積造壁体の耐震性能に及ぼす影響を明らかにすること、開口周辺の実用的な補強方法 (具体的には、鉄筋コンクリート造枠材の配置と構造) について検討することを目的とした。

3. 研究の方法

実験に用いた加力装置を図 1 に示す。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。鉛直軸力の大きさは、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 0.48N/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。試験体のスケールは、実大の 1/2 サイズである。

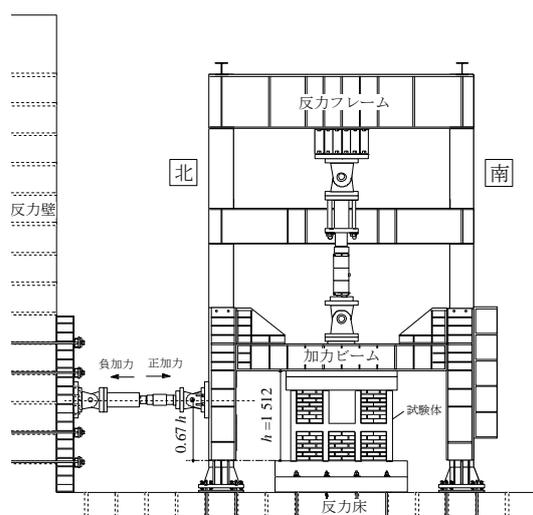


図 1 加力装置

4. 研究成果

図2に試験体のひび割れ状況を示す。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) 窓型開口の補強について

- 開口部周辺を RC 造の枠材で補強すれば、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, 3b参照)。
- 偏在開口の場合は、中央開口の場合よりも補強効果が小さくなる(図3a, 3b参照)。
- 補強壁体のせん断終局強度は、アーチ機構を仮定することにより RC 造枠材が計算上

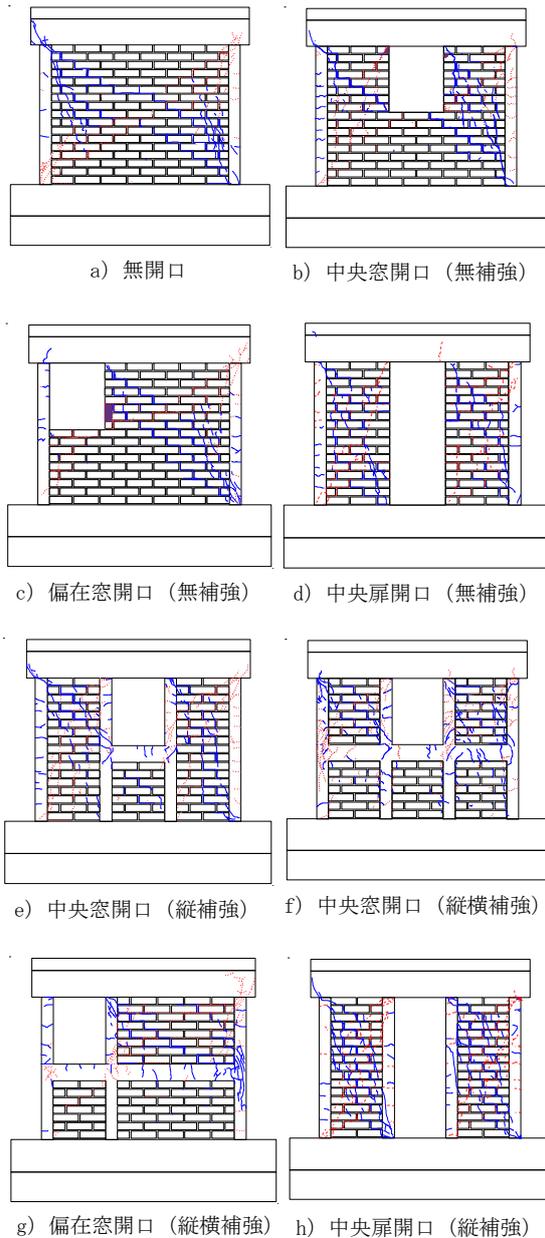


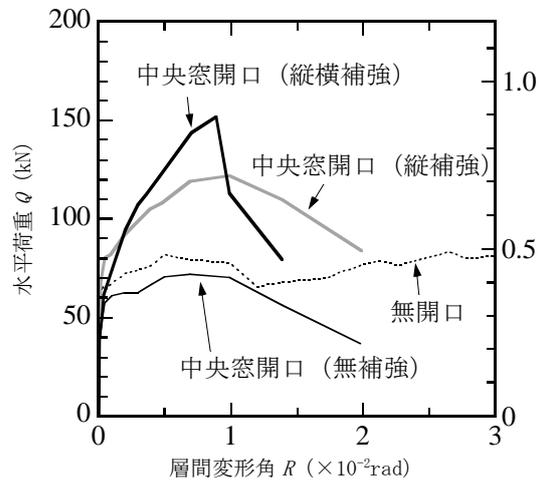
図2 西面のひび割れ状況
(層間変形角 = 1.0×10^{-2} rad 時)

引張降伏しない範囲では概ね良好に算定できる。一方、RC造枠材が引張降伏する範囲では算定結果が過大となるのが今後の課題として残る(図4参照)。

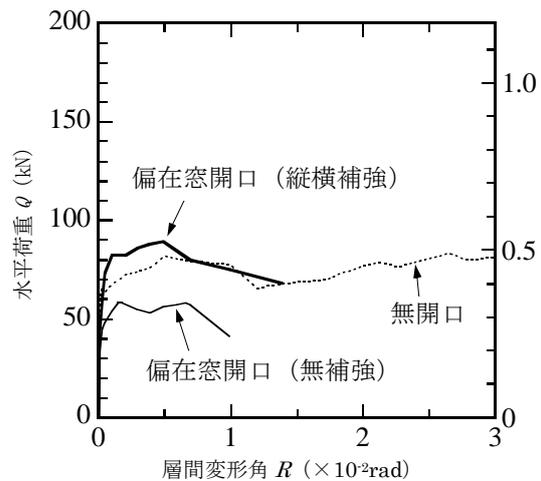
(2) 扉型(通路型)開口の場合

- 壁体の中央に扉型開口を有する2体の試験体を製作し予備実験を行った。その結果、扉型開口を有する壁体でも、開口部周辺を RC 造の枠材で補強することにより無開口の壁体をも上回るせん断強度を発揮できることを確認した。これは、開口位置の影響、RC造枠材の配置方法等の影響について今後更に検討を追加すれば、有効な補強法として提案できる可能性を示唆している。

以上のように、途上国で広く用いられている枠組積造壁体の耐震化に関して、実用的な開口部補強法を提案する上で有益な知見を得ることができた。



a) 中央窓開口試験体と無開口試験体



b) 偏在窓開口試験体と無開口試験体

図3 水平荷重 Q —層間変形角 R 関係の包絡線 (正加力側)

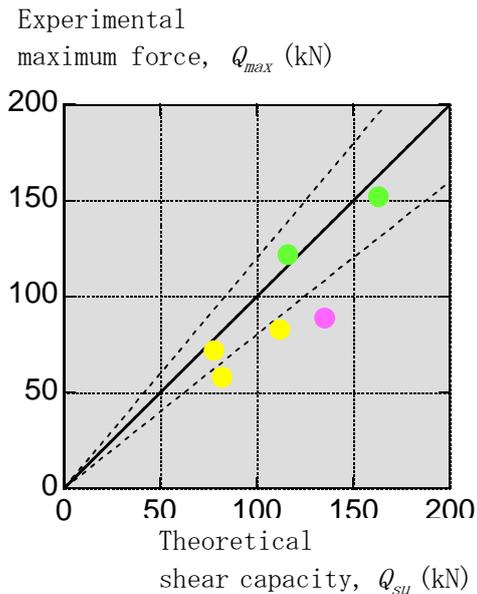


図4 最大荷重実験値 Q_{max} とせん断強度計算値 Q_{su} の関係

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計2件)

- 1) M. Kuroki, K. Kikuchi and H. Nonaka, Experimental Study on Reinforcing Methods for Window Openings in Confined Masonry Walls, Proceedings of 35th Conference on Our World in Concrete & Structures, 査読有, 2010, pp.273-280
- 2) 黒木正幸, 菊池健児, 藤井嘉敬, 窓型開口を有する枠組組積造壁体の補強法に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文集, 査読有, Vol. 32, No. 2, 2010, pp. 403-408

[学会発表] (計9件)

- 1) 下迫萌恵, 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4 中央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, 2011年3月6日, 鹿児島大学
- 2) 藤井嘉敬, 黒木正幸, 菊池健児, 野中嗣子, 桐村匠, 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4 補強効果の検討および耐力算定), 日本建築学会大会学術講演会, 2010年9月10日, 富山大学
- 3) 桐村匠, 黒木正幸, 菊池健児, 野中嗣子, 藤井嘉敬, 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3 窓型開口壁体の追加実験), 日本建築学会大会学術講演会, 2010年9月10日, 富山大学

- 4) 谷昌典, 崔琥, 真田靖士, 黒木正幸, 坂下雅信, 細野康代, Musalamah Sittati, Farida Fransisca, 2009年インドネシア・ジャワ島西部地震の建物被害調査報告(その2 RC造学校建物の耐震性能評価), 日本建築学会大会学術講演会, 2010年9月10日, 富山大学
- 5) 崔琥, 谷昌典, 真田靖士, 黒木正幸, 坂下雅信, 細野康代, Musalamah Sittati, Farida Fransisca, 2009年インドネシア・ジャワ島西部地震の建物被害調査報告(その1 被害概要および特定区画の被害率評価), 日本建築学会大会学術講演会, 2010年9月10日, 富山大学
- 6) 藤井嘉敬, 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3 補強方法と開口位置の影響の検討), 日本建築学会九州支部研究報告会, 2010年3月7日, 長崎総合科学大学
- 7) 藤井嘉敬, 黒木正幸, 菊池健児, 野中嗣子, 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2 低強度モルタルを用いた壁体の水平加力実験), 日本建築学会大会学術講演会, 2009年8月26日, 東北学院大学
- 8) 藤井嘉敬, 黒木正幸, 菊池健児, 野中嗣子, 進藤愛子, 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2 低強度モルタルを用いた壁体の水平加力実験), 日本建築学会九州支部研究報告会, 2009年3月8日琉球大学
- 9) 藤井嘉敬, 黒木正幸, 菊池健児, 野中嗣子, 進藤愛子, 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1 窓型開口部の補強に関する予備実験), 日本建築学会大会学術講演会, 2008年9月18日, 広島大学

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