

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 17 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：24560690

研究課題名(和文)既存メーソリー建築物の耐震性能評価および耐震改修技術の開発

研究課題名(英文) Seismic Performance Evaluation and Seismic Retrofit Methods for Existing Masonry Buildings

研究代表者

菊池 健児 (KIKUCHI, KENJI)

大分大学・工学部・教授

研究者番号：50117397

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)：既存補強コンクリートブロック造耐力壁の耐震性能に及ぼす直交壁の影響を実験により検討し、直交壁により耐力壁の終局せん断強度が増加するとともに変形性能も増大することを明らかにした。また、鉄筋で補強したポリマーセメントモルタルにより既存補強ブロック造壁体を増厚する耐震補強方法を提案し、最大耐力に関して顕著な補強効果が得られることを実験により確認した。さらに、耐力壁の終局平均せん断応力度について検討を行い、既存建物の保有水平耐力の概略評価に用いることができる簡便な算定式を提案した。

研究成果の概要(英文)：The effect of intersecting walls on seismic performance of bearing walls in partially grouted concrete masonry buildings is investigated experimentally. The test results indicated that the intersecting walls increase the ultimate shear strength as well as deformation capacity of the walls. Also, we proposed a seismic retrofit method for existing partially grouted concrete masonry walls with polymer-cement mortar, PCM, and conducted a lateral loading test for the walls. The test results demonstrate that the application of reinforced PCM overlay provides significantly higher lateral load-carrying capacity to the wall. A simplified expression of the ultimate shearing stresses for different bearing walls, which can be used for approximate evaluation of lateral load-carrying capacity for existing buildings, was obtained.

研究分野：工学

キーワード：補強コンクリートブロック造 メーソリー 耐震性能評価 耐震改修 構造実態調査 耐力壁 直交壁 耐震診断

1. 研究開始当初の背景

建築物の耐震性向上に対する国家的施策が積極的に展開される中、学校校舎や体育館などに対して優先的に耐震化が図られて来たが、地震災害の軽減をさらに進めるためには、次のステップとして住宅をはじめとしたその他の建築物の耐震化を図る必要がある。わが国では、第2次世界大戦終戦後に不燃住宅として開発された、補強コンクリートブロック造(以下、補強ブロック造)などメソソニー建物が1960~70年代に公営や民間の低層住宅を中心として全国各地に数多く建設され、現在も使用されている。これらの建物は年数を経たものが増えて来ているが、コンクリートブロック造建物に対する耐震診断基準は未だ確立されておらず、耐震補強等改修方法に関する研究開発も極めて少ないため、自治体や設計者などから本構造建物の耐震診断や改修に関して問い合わせや相談が多く、耐震診断や改修方法の確立が急務となっている。また、全充填型の型枠コンクリートブロック造や鉄筋コンクリート組積造では、壁式鉄筋コンクリート造と同様に直交壁の効果を取り入れて耐力壁の耐力評価が行われている。しかしながら、部分充填型の補強ブロック造では、直交壁の効果については未解明であるため、その効果は算入されておらず、耐力壁の耐震性能評価に関して大きな課題が残されている。

2. 研究の目的

- (1) 既存補強ブロック造建物の現地調査を行い、構造実態や劣化状況に関する基礎資料を得るとともに、実在建物のブロック強度の試験方法を検討する。
- (2) 補強ブロック造耐力壁の耐震性能を構造実験により明らかにする。特に、直交壁が耐力壁の耐震性能に及ぼす影響を実験的に検証する。
- (3) 既存補強ブロック造耐力壁の耐震性能を高める工法を提案し、構造実験により耐震補強効果について検証する。
- (4) 既存補強ブロック造建物の耐震性能を評価する方法について検討する。

3. 研究の方法

- (1) 大分県内にある補強ブロック造公営住宅3棟の現地調査を行った。調査では、既存補強ブロック造建物の耐震性能評価法開発の参考資料とするため、構造、使用材料、劣化状況等に関する調査を行った。また、現地でコンクリートブロック(以下、ブロック)に対するリバウンドハンマー試験を行い、ブロックから切り出した角柱試験体の圧縮強度試験を実験室で行った。
- (2) 直交壁が補強ブロック造耐力壁の終局せん断強度などの耐震性能に及ぼす影響の究明するために、耐力壁に取り付く直交壁長さおよび軸方向力を実験変数として、表1に示す3シリーズ合計7体のせん断破壊型試験体

を設計製作して繰返し水平加力実験を実施した。直交壁付き試験体では、直交壁のブロック列数を片側あたり1列と2列の2種類とした。試験体サイズは実大の約1/2スケールとし、ブロックも厚さ150mmのタイプを1/2に縮小したものを特別に製作し用いた。また、建物は1960年頃の建設を想定し、鉄筋には丸鋼を用い、ブロックは旧C種の圧縮強度を目標に配合設計した。図1に加力装置を示す。試験体に定軸力を載荷し、壁体の中央高さに正負交番繰返し水平力を載荷した。

表1 試験体一覧(直交壁検討用)

| シリーズ | 試験体名 | 直交壁片側列数 | 直交壁の軸力考慮 | 軸力 N(kN) | 軸方向応力度 σ_c (MPa) | 組積体強度 σ_m (MPa) |
|------|-----------|---------|----------|----------|-------------------------|------------------------|
| a | HW-1a | 0 | - | 42.0 | 0.49 | 7.3 |
| | HW-H1a | 1 | 無 | 42.0 | 0.26 | 8.1 |
| b | HW-H2b | 2 | 無 | 42.0 | 0.19 | 10.1 |
| | HW-H2-NTb | 2 | 有 | 108.0 | 0.49 | 11.0 |
| c | HW-1c | 0 | - | 42.0 | 0.49 | 10.6 |
| | HW-H1-NTc | 1 | 有 | 78.9 | 0.49 | 11.2 |
| | HW-H2-NTc | 2 | 有 | 108.0 | 0.49 | 11.4 |

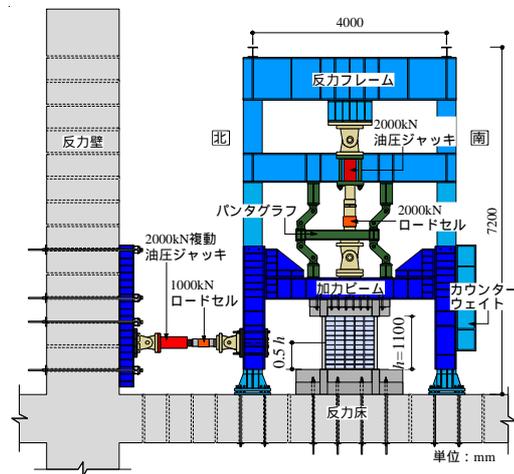


図1 加力装置

- (3) 既存補強ブロック造耐力壁をポリマーセメントモルタル(PCM)を用いて増厚補強する耐震補強法を提案した。この補強法は壁体の片面に補強筋を配置し、PCMを壁体に塗布して増厚するものである。耐力壁試験体を1964年版の日本建築学会「補強コンクリートブロック造設計規準」を参照して4体設計製作した。実験変数は、壁体長さ(ブロック3列および5列)およびPCM補強の有無とし、実験では図1と同じ加力装置を用い、軸方向応力度0.49MPaの定軸力を載荷し、水平力は(2)と同様の方法により加力した。
- (4) 日本建築学会「補強コンクリートブロック造設計規準」の1964年版と1989年版の設計例建物を対象として、第2次診断を想定した強度指標について検討した。また、1980年代に実施された実在建物の水平加力実験結果を引用し、第1次診断に用いる耐力壁の終局時せん断応力度の検討を行った。さらに、現地調査を行った大分県内にある公営住宅の保有水平耐力等の耐震性能に及ぼす直交

壁の影響，組積体の材料強度の影響等について検討した。

4. 研究成果

本研究で得られた主な研究成果について以下に示す。

(1) 既存建物の壁体のブロック圧縮強度はリバウンドハンマー試験により控えめな値で評価できた。これより，耐震性能評価の際のブロック強度試験においてリバウンドハンマー試験が有用であると考えられる(図2参照)。

実在建物のブロック圧縮強度を収集し，本研究の調査建物のブロック強度試験結果を含め図3に示す。ここでは，1979年JIS改正以前の旧C種ブロック(現B種に相当)について示している。収集したブロック圧縮強度は，すべてJIS規格値の2.5倍以上となっており，この当時に建設された建物のブロック強度はJIS規格値よりかなり高い傾向にある。

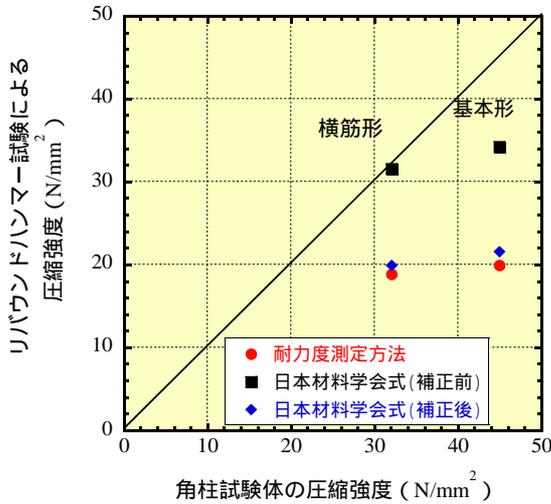


図2 ブロック圧縮強度

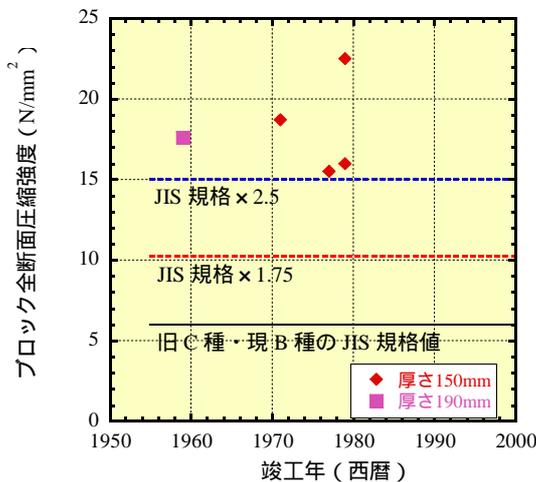


図3 実在建物のブロック圧縮強度と竣工年の関係(旧C種ブロック)

(2) 直交壁がせん断破壊型耐力壁の耐震性能に及ぼす影響に関する実験結果の1つとして，cシリーズの試験体の水平荷重 Q と層間変形角 R の包絡線を図4に示す。直交壁が取り付くことによって補強ブロック造耐力壁の終局せん断強度が増加するとともに変形性能が増大している。また，全充填型の型枠コンクリートブロック造耐力壁の強度算定式を準用し，直交壁付き耐力壁の等価壁厚さを耐力壁厚さの1.5倍とすることにより直交壁による終局せん断強度の増加を概ね評価することができた。

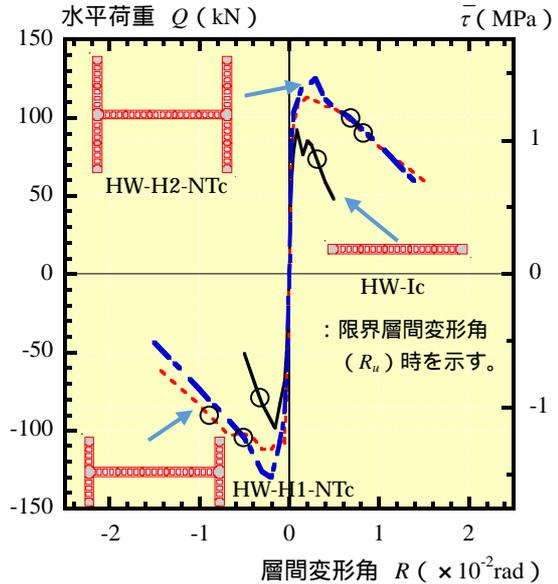


図4 水平荷重 Q -層間変形角 R の包絡線(cシリーズ)

(3) 耐震補強されていない補強ブロック造耐力壁試験体(HW-3P, 5P)とPCMにより壁体を増厚して耐震補強した試験体(HW-3E, 5E)の比較実験結果として，水平荷重 Q と層間変形角 R の包絡線を図5に示す。この実

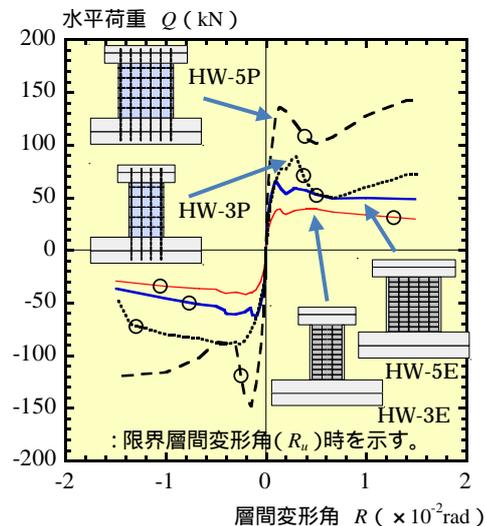


図5 水平荷重 Q -層間変形角 R の包絡線(PCMによる耐震補強実験)

験より、PCM で壁体を増厚することにより最大耐力に関して顕著な補強効果が得られること、PCM とブロック壁との間に顕著な肌離れは見られないこと、PCM 補強された壁体の終局強度は補強ブロック造壁体と PCM 壁体それぞれの終局強度の計算値を単純累加することにより概ね評価できることが明らかとなった。

(4) 実大建物試験体を構成する個々の耐力壁に着目し、終局平均せん断応力度 τ_{wu} について検討を行った。その結果、組積体圧縮強度 σ_m と壁体の形状比 h/l (ここに、 h : 耐力壁の有効高さ、 l : 耐力壁の全長) を用いて表現される τ_{wu} の式(1)を提案した。この式によれば配筋が不明であっても保有水平耐力の算定が可能であり、第 1 次診断法に用いることができると考えられる。

$$\tau_{wu} = \min \left\{ \frac{1.7\sqrt{\sigma_m/4.2}}{h/l + 4.5}, \frac{0.65}{h/l} \right\} \quad (1)$$

また、学会規準の設計例建物や現地調査を行った建物に対して、直交壁、組積体の材料強度、および地震力の加力方向の違いが第 2 次診断を想定した耐力壁の強度指標や建物の保有水平耐力等の耐震性能に及ぼす影響について検討した結果、既存補強コンクリートブロック造建物の耐震性能評価に関する指針等を作成する上で有用な知見を得た。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 3 件)

M. Kuroki, K. Kikuchi, and Y. Eto, Calculation of Lateral Load-carrying Capacity of Existing Partially Grouted Concrete Masonry Buildings, Proc. of the 6th International Conference of Asian Concrete Federation, 査読有, 2014, pp.581-588

K. Kikuchi, M. Kuroki, K. Ikeda, and Y. Terao, Shear Capacity of Partially Grouted Concrete Masonry Walls Retrofitted with PCM Overlay, Proc. of the 39th Conference on Our World in Concrete & Structures, 査読有, Vol.39, 2014, pp.311-318

K. Kikuchi, M. Kuroki, H. Nonaka, and T. Eguchi, Seismic Retrofit of Partially Grouted Concrete Masonry Walls with Polymer-Cement Mortar, Proc. of the 15th International Brick and Block Masonry Conference, 査読有, 2012, 10pp.

[学会発表](計 16 件)

江藤優太, 菊池健児, 黒木正幸, 野中嗣子, 既存補強コンクリートブロック造建物の軸力の算定法による終局強度および保有

水平耐力への影響の検討, 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)

池田啓太, 菊池健児, 黒木正幸, 野中嗣子, 寺尾佳貴, 補強コンクリートブロック造耐力壁の耐震性能に及ぼす直交壁の影響(その 2 軸力をパラメータとしたせん断破壊型試験体の水平加力実験), 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)

池田啓太, 菊池健児, 黒木正幸, 野中嗣子, 寺尾佳貴, 補強コンクリートブロック造耐力壁の耐震性能に及ぼす直交壁の影響(その 3 直交壁長さをパラメータとしたせん断破壊型試験体の水平加力実験), 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)

池田啓太, 菊池健児, 黒木正幸, 寺尾佳貴, 補強コンクリートブロック造耐力壁の耐震性能に及ぼす直交壁の影響に関する研究(その 1 実験計画およびせん断破壊型試験体の水平加力実験), 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)

黒木正幸, 菊池健児, 野中嗣子, 江藤優太, 既存補強コンクリートブロック造建物の保有性能評価法の検討(その 3 大分県にある補強コンクリートブロック造建物の構造調査), 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)

江藤優太, 菊池健児, 黒木正幸, 野中嗣子, 既存補強コンクリートブロック造建物の保有性能評価法の検討(その 4 大分県にある補強コンクリートブロック造建物の保有水平耐力の検討), 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)

池田啓太, 菊池健児, 黒木正幸, 野中嗣子, 補強コンクリートブロック造耐力壁の耐震性能に及ぼす直交壁の影響(その 1 研究目的およびせん断破壊型試験体の水平加力実験), 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)

江藤優太, 菊池健児, 黒木正幸, 野中嗣子, 大分県にある補強コンクリートブロック造建物の構造調査結果および保有水平耐力の検討, 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)

佐藤敬士, 菊池健児, 黒木正幸, 野中嗣子, 既存補強コンクリートブロック造建物の保有性能評価法の検討(その 2 第 1 次診断に用いる終局時平均せん断応力度の検討), 日本建築学会大会学術講演会, 2013 年 9 月 1 日, 北海道大学(北海道札幌市)

江口智啓, 菊池健児, 黒木正幸, 野中嗣子, 既存補強コンクリートブロック造壁体の耐震補強に関する研究(その 3 ポリマー

セメントモルタルにより補強した壁長の異なる壁体の水平加力実験), 日本建築学会大会学術講演会, 2013年9月1日, 北海道大学(北海道札幌市)

菊池健児, 既存コンクリートブロック造の地震被害と耐震診断法 - 主旨説明 -, 日本建築学会大会パネルディスカッション, 2013年9月1日, 北海道大学(北海道札幌市)

黒木正幸, 菊池健児, 西田哲也, 花里利一, 既存コンクリートブロック造の地震被害と耐震診断法 - 補強コンクリートブロック造建物の耐震診断法 -, 日本建築学会大会パネルディスカッション, 2013年9月1日, 北海道大学(北海道札幌市)

江口智啓, 菊池健児, 黒木正幸, 野中嗣子, 補強コンクリートブロック造壁体の耐震補強法に関する実験的研究(その3 ポリマーセメントモルタル補強した壁長の異なる壁体の水平加力実験), 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)

佐藤敬士, 菊池健児, 黒木正幸, 野中嗣子, 補強コンクリートブロック造建物の保有性能基本指標評価法の検討(その2 第1次診断に用いる終局時平均せん断応力度の検討), 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)

佐藤敬士, 菊池健児, 黒木正幸, 野中嗣子, 既存補強コンクリートブロック造建物の保有性能評価法の検討(その1 規準設計例建物の強度指標の検討), 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)

江口智啓, 菊池健児, 黒木正幸, 野中嗣子, 既存補強コンクリートブロック造壁体の耐震補強に関する研究(その2 ポリマーセメントモルタルにより補強した壁体の水平加力実験), 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

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

(2) 研究分担者

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

(3) 連携研究者

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