

令和 4 年 6 月 24 日現在

機関番号：33919

研究種目：挑戦的研究(萌芽)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K22009

研究課題名(和文)中高層RC, SRC建物の新しい耐震補強方法の開発

研究課題名(英文)A new seismic retrofit technique for mid- and high-rise RC and SRC buildings

研究代表者

市之瀬 敏勝 (Ichinose, Toshikatsu)

名城大学・理工学部・教授

研究者番号：10151474

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 5,000,000円

研究成果の概要(和文)：古い鉄筋コンクリート(RC)、鉄骨鉄筋コンクリート(SRC)建物には耐震性に劣るものが多く、耐震補強が施されてきた。2011年の東日本大震災では、多くの耐震補強の有効性が確認されたが、中高層RC、SRC建物では、ひずみの集中のため大きな破壊が生じる例が散見された。本研究では、引張ひずみが分散するような追加補強を提案し、実験によってその有効性を確認した。補強試験体は変形角2%という大変形まで紡錘形の履歴ループを示し、地震エネルギーを吸収できることが確認できた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

耐震性の低い中高層RC、SRC建物は世界中に数多く存在する。本研究で検討した破壊(ひずみ集中)は、国際地震工学会のジャーナルで論文として紹介され、日本だけでなく海外どこでも起こり得るものとして注目された。なお研究代表者はこの論文の共著者である。今回提案した補強方法は、ひずみの集中を防止し大きな地震エネルギー吸収能力が可能になる。しかも施工コストは高くないと推察される。したがって、今後、全世界での適用が期待される。

研究成果の概要(英文)：Reinforced concrete (RC) and steel reinforced concrete (SRC) structures that were constructed decades ago often have detrimental seismic capacity and have been retrofitted. Although most of the retrofitted buildings survived the 2011 Great East Japan Earthquake, some mid- and high-rise RC and SRC buildings suffered severe damages in spite of retrofit. Such damages were caused by the concentration of tensile strain in columns. In this research, a new technique was proposed and its capacity was confirmed by experiments. The specimens retrofitted by the technique showed spindle-shaped hysteretic curves up to the drift angle of 2%, which indicates large capacity to absorb seismic energy.

研究分野：工学、建築学

キーワード：鉄筋コンクリート 耐震補強 破壊

1. 研究開始当初の背景

古い鉄筋コンクリート(RC), 鉄骨鉄筋コンクリート(SRC)建物の取り壊しと新築は, 二酸化炭素の排出が大きいので, 改修により長く使用することが望ましい。一方, 古い RC, SRC 建物には耐震性に劣るものも多く, 耐震補強が必要な場合が多い。日本は, 他国に先んじて古い建物の耐震補強を進めてきた。2011 年の東日本大震災では, 多くの耐震補強の有効性が確認された。しかし, 中高層 RC, SRC 建物では, 有効でない例が散見された。図 1 はその一例である。耐震補強の内容は, 約 12 N/mm^2 の壁コンクリートを約 70 N/mm^2 の高強度コンクリートに打ちかえるというオーソドックスな手法であった。ところが, 地震により, 図 2 のように, 壁に隣接する柱で, 鉄筋・鉄骨の座屈・破断, コンクリートの崩落が生じた。余震による崩壊の恐れありとして地震直後に応急補強され, その後, 取り壊された。

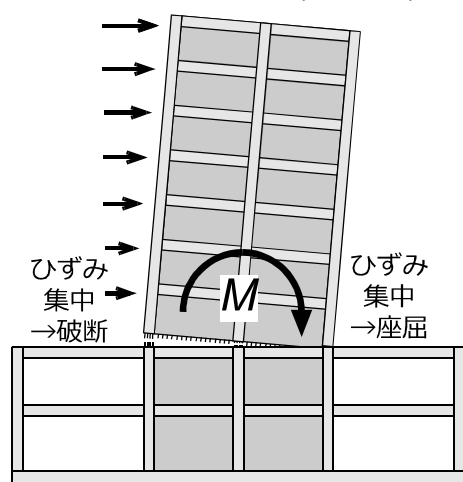


図 1 東北大学の 9 層 SRC 建物



図 2 壁際の柱の破壊 (鉄筋・鉄骨の座屈・破断)

この建物は, 東北大学の建築構造系の研究室を収容しており, 耐震改修には当時最先端の知見が反映された。この建物の被災原因について, 数々の研究者により精緻な分析が行われた。継続時間が長かったこと, 古い SRC 構造の特殊性などが指摘された。SRC 構造は日本独自のスタイルであり, 海外でこのような破壊は生じない, という見方もあった。しかし, 研究代表者の考えでは, 被災原因は壁筋の拔出し(図 4, 後述)に伴うひずみの集中(図 1)であり, 同様の被害が世界中の RC の中高層建物で生じる可能性が高い。

2. 研究の目的

今回の研究の目的は, 次の 3 点である。

- (1) RC 壁について図 2 のような破壊が生じることを実験的に証明する,
- (2) 鉄骨ブレースを用いた補強でも同様の破壊が生じることを証明する,
- (3) このような破壊を防ぐ方法を提案する。

短いアンカー鉄筋が図 4 のように抜け出すことは以前から認識されてきた。しかし, せん断強度を高めるという目的には問題が無いことが実験的に確かめられ, せん断強度の上昇により曲げ降伏型になれば変形能力が高まるので耐震性が確保されると考えられてきた。これは世界の常識である。しかし, 今回の研究は, その「常識」を否定する挑戦的なものである。

3. 研究の方法

RC 壁については図 3 に示すような実験を行った。左側の柱に上方向の加力をするのは、連層耐震壁の最下部に加わる曲げモーメント(図 1 の M)を模擬するためである。壁板には高強度コンクリートを用いる。柱・梁には、実際の補強と同じく、浅い孔をあけてアンカー鉄筋を埋め込む。加力によって図 4 のような抜け出しが生じ、引張ひずみが下端に集中する。その結果、圧縮側では塑性残留ひずみに伴う鉄筋の座屈とコンクリートの剥落、引張側では鉄筋の破断が生じるものと予測される。一方、図 5 のような追加補強を行えば、引張ひずみが分散し、座屈や破断を防ぐことができるものと予測される。鉄骨ブレースについても同様である。通常の補強では図 6 のような破壊が生じ、図 7 のような追加補強を行えば破壊を防ぐことができるものと予測される。

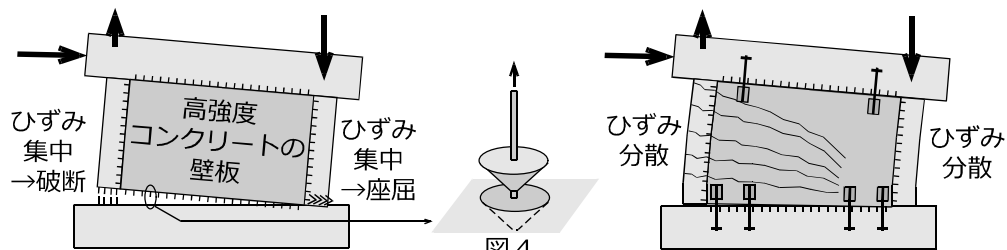


図 3 通常の壁補強の試験体

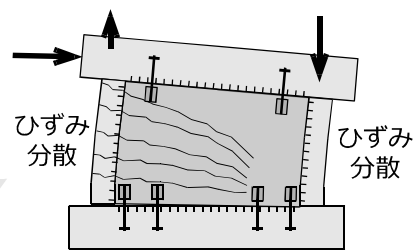


図 5 追加補強を施した壁試験体

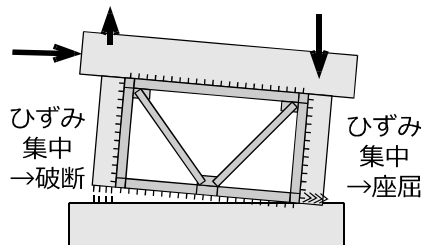


図 6 通常のブレース補強試験体

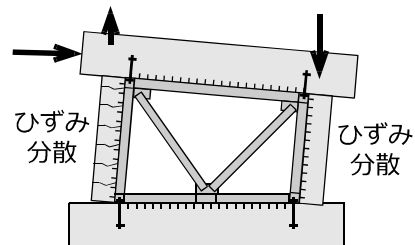


図 7 追加補強を施したブレース試験体

4. 研究成果

成果の一例として、図 7 のように追加補強を施したブレース試験体の荷重変形関係を図 8 に示す。変形角 2% という大変形まで紡錘形の履歴ループを示し、地震エネルギーを吸収できることが確認できた。柱は図 9 のように一様な引張ひずみ状態となり、最後は赤枠で囲った位置で鉄骨が破断した。壁の変形角と柱の平均ひずみの関係を図 10 に示す。2% の変形時に、柱が 0.06 という大きなひずみに耐えていたことがわかる。赤い水平線は鉄骨の降伏ひずみを表す。0.06 のひずみは鉄骨の降伏ひずみ 0.0015 の約 40 倍である。

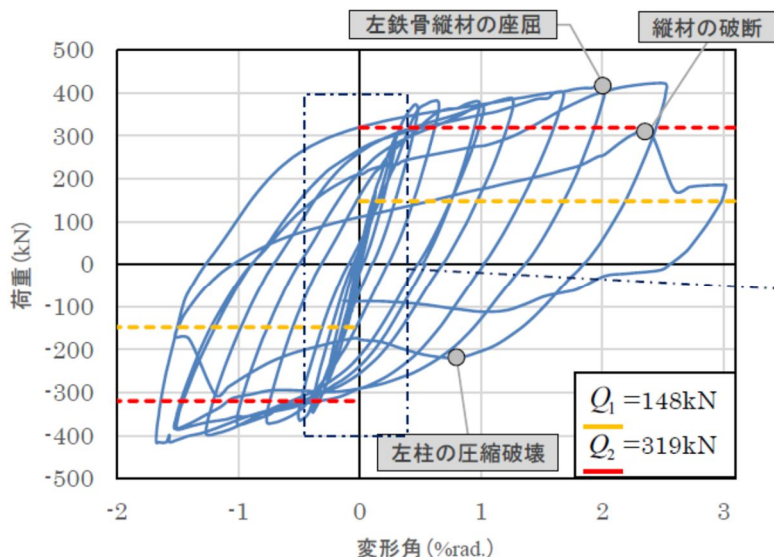


図 8 追加補強を施したブレース試験体の荷重変形関係



図 9 柱の変形状態と鉄骨の破断

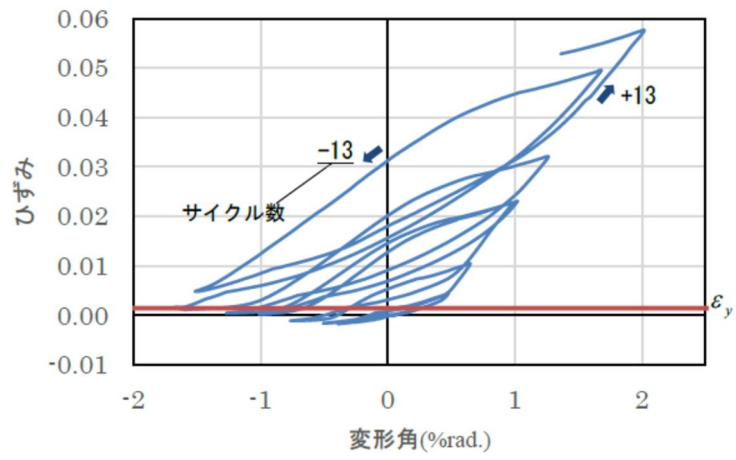


図 10 壁の変形角と柱の平均ひずみの関係

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 鈴木 卓, 市之瀬 敏勝	4. 巻 43(2)
2. 論文標題 柱と杭が水平2方向に偏心する杭頭接合部の非線形FEM解析 コンクリート工学年次論文集	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 コンクリート工学年次論文集	6. 最初と最後の頁 31-36
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Ichinose Toshikatsu, Nishimura Koshiro	4. 巻 19
2. 論文標題 Side Splitting Failure of RC Beams and Columns under Seismic Action As a Form of Shear Failure	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Advanced Concrete Technology	6. 最初と最後の頁 1212-1226
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3151/jact.19.1212	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 市之瀬 敏勝
2. 発表標題 鉄骨ブレースを曲げ強度にも有効にするRC耐震補強方法の検討
3. 学会等名 2019年度 日本建築学会東海支部研究集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 L. Laughery, T. Ichinose, M. Maeda, H. Alwashali
2. 発表標題 A POTENTIAL VULNERABILITY IN HIGH-STRENGTH REINFORCED CONCRETE SHEAR WALL RETROFITS
3. 学会等名 17th World Conference on Earthquake Engineering (国際学会)
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------