

令和 2 年 6 月 2 日現在

機関番号：33910

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K06544

研究課題名(和文)大きな損傷を受けた鉄筋コンクリート柱の補修後の耐震性能向上に関する研究

研究課題名(英文) A study on improvement of seismic resistant-performance of repaired reinforced concrete column after heavy damage

研究代表者

水野 英二 (MIZUNO, Eiji)

中部大学・工学部・教授

研究者番号：80144129

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、繰り返し載荷下で大きな損傷を受けた、材料・構造特性の異なる鉄筋コンクリート(RC)柱を対象として、柱基部で損傷したコンクリートに「異なる特性のコンクリート補修」および座屈した軸方向鉄筋に「異なる取り替え補修」を施した補修柱の耐震性能を新品柱のそれらと比較し、実験的・解析的な観点から「補修効果」について考察・検証した。

その結果、大きく損傷したRC柱に対して、補修コンクリートには鋼繊維補強コンクリート(SFRC)および座屈した軸方向鉄筋には伸び率の高いステンレス筋(SUS304)を用いてアンボンド化補修を施した場合、RC補修柱は新品柱と同等な高い耐震性能を発揮するという知見を得た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

材料・構造的な補修に基づいた本研究から、1)大きな損傷を受けたRC柱内部の座屈した軸方向鉄筋の「余剰耐力」を整理・検討することにより、現場での軸方向鉄筋の取り替え基準が特定可能となる、2)継ぎ手部を含めた軸方向鉄筋の破断を防止することが可能となる、3)また、大きな損傷を受けた柱のヒンジ化部分の補修方法を検討することにより、柱の耐力とポストピーク領域での耐荷特性を回復させることが可能となる、4)最終的には、補修部分をアンボンド型鋼繊維補強コンクリート構造とすることにより、内部コンクリートの破壊および軸方向鉄筋の座屈・破断などの大きな損傷を受けたRC柱に対して「最適な補修法」の特定が可能となる。

研究成果の概要(英文)：An experimental and analytical study on improvement of seismic resistant-performance of repaired reinforced concrete column after heavy damage has been performed.

The different types of RC columns, which had been heavily damaged under the bi-axial cyclic loading tests, have been repaired from viewpoint of material and structural level. Namely, the damaged area around column-base has been repaired with the steel-fiber reinforced concrete (SFRC) and stainless rebar (SUS304), keeping the un-bounded condition between steel-fiber reinforced concrete and stainless rebar.

Then, the same types of bi-axial cyclic loading tests have been carried out for the repaired columns (UN-SFRC columns), and the experimental data have been compared with those of previous experiments on several types of RC columns without damages. It has been found that the use of the UN-SFRC column might be effective to recover seismic resistant-performance of repaired reinforced concrete column after heavy damage.

研究分野：土木工学

キーワード：鉄筋コンクリート柱 アンボンド型SFRC柱 補修効果 耐震性能 損傷レベル 繰り返し二軸曲げ 鉄筋取り替え基準 軸方向鉄筋の破断

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

(1) 大規模クラスの地震を対象として、「診断」→「実験」→「解析」→「補強・補修」→「検証」からなる総合的な研究プロセスを通して、都市部にて重要なインフラストラクチャーを構成している鉄筋コンクリート（RC）部材に対する「持続的かつ発展的な劣化診断ならびに耐震補強システム」の確立を目指して、研究を実施してきた（図-1 参照）。

(2) その研究の一環として、「繰り返し二軸曲げを受ける RC 柱の耐震性能向上に関する研究」を通して、鋼繊維補強コンクリート（SFRC）柱は塑性ヒンジ領域のコンクリートの剥落防止・軸方向鉄筋の座屈遅延効果により、耐荷性能を高める効果があるが、大変位領域に於いてひずみの集中化により軸方向鉄筋の多くが破断し、それ以降の耐荷性能の向上は期待できないという欠点があることが分かった（2010 年度～2012 年度科学研究費基盤研究（C））。

(3) この結果を受けて、「繰り返し二軸曲げを受けるアンボンド型 SFRC 柱の耐荷特性に関する研究」を実施した。ここでは、軸方向鉄筋の破断が生ずるポストピーク領域での耐荷性能向上を図るため、「載荷経路」ならびに「横拘束筋間隔」を要因として、軸方向鉄筋（SD295A 筋）と鋼繊維補強コンクリート間の付着を無くしたアンボンド型 SFRC 柱の繰り返し二軸曲げ載荷実験を通してこれを検証した（2013 年度～2015 年度科学研究費基盤研究（C））。この結果、アンボンド化により軸方向鉄筋へのひずみが分散されるため、軸方向鉄筋の破断数が低減し SFRC 柱の耐荷性能は大きく向上した。ただし、横拘束筋間隔が短い場合には、軸方向鉄筋の破断が生ずる傾向にあることが分かった。よって、ポストピーク大変位領域での軸方向鉄筋の破断数をさらに低減させ耐震性能を向上させるため、材料特性の異なるアンボンド型 SFRC 柱の繰り返し二軸曲げ載荷実験を通して、これを確認する必要があると認識した。

それゆえ、塑性ヒンジ部分のかぶりコンクリート剥落および軸方向鉄筋の破断をより効率的に抑制するための工夫として、材料・構造的な観点より、高靱性の「鋼繊維補強コンクリート（SFRC）」および引張強度の高い軸方向鉄筋（SD345 筋および SUS304 ステンレス筋など）を用いて、アンボンド型 SFRC 柱（以下、UN-SFRC 柱とも略記する場合がある）を作製した。繰り返し二軸曲げ実験を実施し、RC 柱とこれらアンボンド型 SFRC 柱との損傷状況を比較・考察した結果、高い破断ひずみを有するステンレス筋を用いたアンボンド型 SFRC 柱はポストピーク大変位領域まで優れた耐震性能を呈し、軸方向鉄筋の破断数も一番少ないことを確認した。

(4) さらに、これら「材料・構造的な特性」に工夫を凝らしたアンボンド型 SFRC 柱の耐震性能向上の研究成果を採り入れて、今後は、繰り返し二軸曲げにより「内部コンクリートの破壊および軸方向鉄筋の座屈・破断」などの大きな損傷を生じた RC 柱（例えば、損傷レベル 4 の RC 柱）に対しても、内部コンクリートおよび座屈した軸方向鉄筋の損傷状態を「診断」し、「材料・構造的な補修」を施すことにより、補修後の耐震性能を向上させる必要があると認識した。

2. 研究の目的

本研究の目的は、「繰り返し二軸曲げを受けるアンボンド型 SFRC 柱の耐荷特性」に関する 2016 年度までの研究成果を基に、地震力など多方向からの繰り返し力（例えば、繰り返し二軸曲げ）により軸方向鉄筋の座屈および破断にまで及ぶ大きな損傷を受けた鉄筋コンクリート（RC）柱の補修後の耐震性能向上（以下、補修効果とも記述。）について実験的ならびに解析的な観点から検討することである。それゆえ、以下の課題に主眼を置いて研究に取り組んだ。

(1) 【大きく損傷した RC 柱の軸方向鉄筋の座屈性状と余剰耐力（残留強度）の検討】

ここでは、繰り返し二軸曲げ下で「内部コンクリートの破壊および軸方向鉄筋の座屈・破断」を生ずるような大きな損傷を受けた RC 柱の軸方向鉄筋に対して、座屈性状を考察し、さらに引張試験を実施し、その余剰耐力（残留強度）に関する実験的ならびに解析的な検討を行う。

(2) 【材料・構造的な補修を施した RC 柱の耐震性能向上（補修効果）に関する実験的検討】

ここでは、上述した大きな損傷を受けた RC 柱に対して「材料・構造的な補修」を施した後の耐震性能向上（補修効果）に関する実験的ならびに解析的な検討を行う。

(3) 【大きく損傷した RC 柱の耐震性能（補修効果）向上の評価および最適な補修法の提案】

上記 (1) および (2) の研究成果に基づいて、大きな損傷を受けた RC 柱の補修後の耐震性能を向上させるための「合理的かつ最適な補修法」の提案を行う。

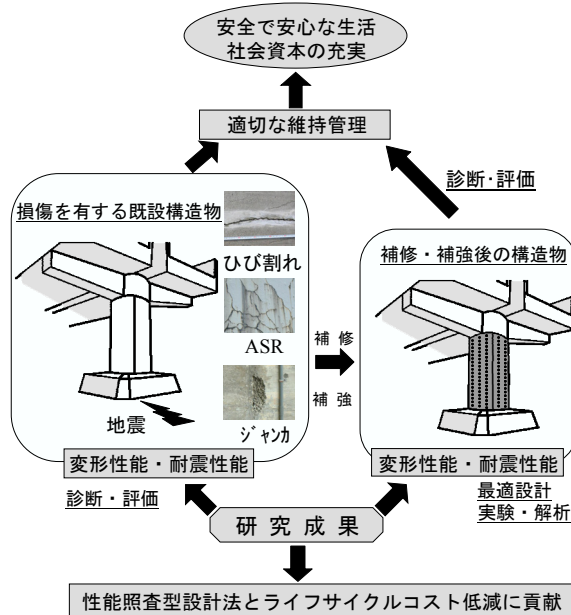


図-1 これまでの研究の流れ（一例）

3. 研究の方法

補修を施した RC 柱および UN-SRFC 柱 (RC 補修柱および UN-SRFC 補修柱とも表記) のポストピーク領域にまで及ぶ変形・耐荷特性, エネルギー吸収能ならびに耐震性能 (補修効果) を検証するための研究の方法 (実験装置, 供試体および実験内容) について, 以下に説明する。

(1) 変動二軸曲げ载荷装置および供試体

繰り返し载荷 (一定軸力および変動二軸曲げ载荷) 下での RC 補修柱および UN-SRFC 補修柱の変形性能および補修効果を解明するために, 中部大学の材料・構造実験施設所有の変動二軸曲げ载荷装置 (写真-1) を利用して実験的な検証を行う。損傷を与える前の供試体 (新品柱) は, 断面寸法 200×200 mm, 柱有効高さ 1,000 mm, せん断スパン比 5 を有する柱であり, その形状ならびに配筋の一例を図-2 に示す。なお, 供試体は, 軸方向鉄筋比 1.3 %, 横拘束鉄筋体積比 1.10 % ~ 0.60 % の範囲にある, 曲げ破壊先行型の実大 RC 柱をモデル化したものである。供試体作製の関係上, 軸方向鉄筋には D10 を 8 本, 横拘束筋には D6 を柱基部からおよそ 3D 区間 (D: 柱幅) まで間隔 $s = 65, 90, 105$ および 120 mm (4 水準) でそれぞれ配筋してある。この供試体を基本として, 軸方向鉄筋および横拘束筋には SD295A 筋を使用した RC 柱および UN-SRFC 柱の载荷実験 (2013 年度) および軸方向鉄筋に SUS304 筋または SD345 筋, 横拘束筋には SD345 筋を使用した各種 UN-SRFC 柱の载荷実験 (2014 年度) で大きな損傷を受けた「RC 損傷柱および UN-SRFC 損傷柱」に対して, 材料的ならびに構造的な補修を施すことにより, 本研究で使用する「補修柱」を作製した。

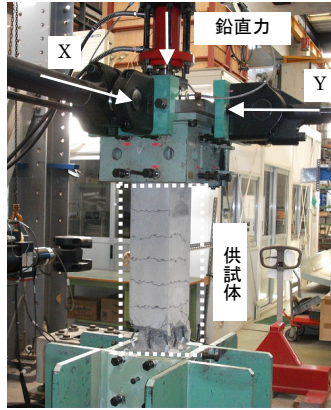


写真-1 二軸曲げ载荷装置

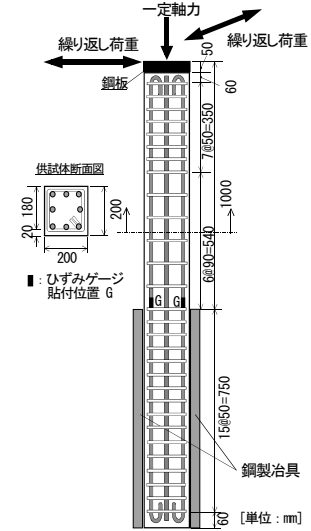


図-2 RC 柱配筋図 (一例)

(2) 補修柱の変動二軸曲げ実験

「载荷経路」, 「横拘束筋間隔」に加えて, 材料的な観点からコンクリートおよび軸方向鉄筋の「材料特性」を, 構造的な観点から「軸方向鉄筋とコンクリート間の付着の有無」を, それぞれ要因とした変動二軸曲げ実験を実施した。

実験を実施するに際し, 供試体 (図-2 参照) を鋼製治具に挿入し, 高力ボルトにより完全固定の条件となるように, 供試体を固定した。载荷は, 鉛直ジャッキにより軸力を供試体に作用させると同時に, 写真-1 に示す二方向载荷装置を用いて二方向 (X および Y 方向) からの水平変位を柱頂部に与えることにより, 繰り返し二軸曲げ载荷実験を実施した。鉛直軸力の大きさは累加軸耐力の 5 % とし, 以下に説明する载荷経路に基づいて変位制御により水平荷重を作用させた。本研究では, 図-3 (a) および (b) に示すように, それぞれ 1) 45°方向の斜め载荷, 2) 矩形 (正方形) 载荷の 2 種類の载荷 (変位) 経路を設定し, 柱頂部を二方向 (X 方向および Y 方向) に変位制御した。

斜め载荷 (図-3 (a) 参照) では, X 方向および Y 方向に同時に同一変位を, ($0 \rightarrow +4 \delta_y \rightarrow -4 \delta_y \rightarrow +8 \delta_y \rightarrow -8 \delta_y \rightarrow +8 \delta_y \rightarrow -16 \delta_y \rightarrow +16 \delta_y \rightarrow -16 \delta_y$) の順に入力することにより実験を実施した。一方, 矩形载荷 (図-3 (b) 参照) では, 第 1 象限と第 3 象限にて順に変位幅 $4 \delta_y, 8 \delta_y$ および $16 \delta_y$ の矩形経路で 8 の字を描くように交互に X 方向および Y 方向の変位を変化させて実験を実施した。ここで, 図中の「 δ_y 」は, 初期载荷での引張側軸方向鉄筋の初期降伏時における柱頂部での水平変位 δ (柱基部での軸方向鉄筋のひずみが降伏ひずみに達した時の水平変位) と同等な「基本変位」を意味する。なお, これまでの実験結果と比較するため, 本実験では, 便宜上, 斜め载荷: $\delta_y = 5.35$ mm, 矩形载荷: $\delta_y = 6.00$ mm に設定した。

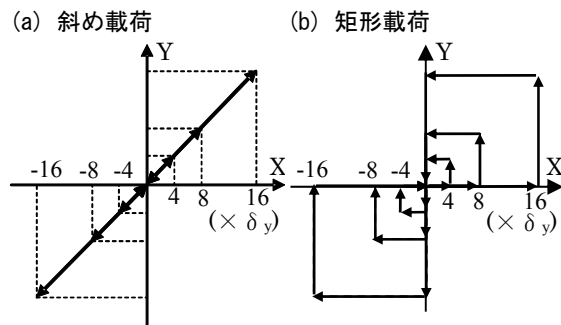


図-3 载荷経路

4. 研究成果

ここでは, 「5. 主な発表論文等」で記す [雑誌論文] (2017 年度), [雑誌論文] (2018 年度) および [学会発表] (2017 年度~2019 年度) の研究成果に基づいて説明する。

(1) 【大きな損傷を受けた RC 柱の軸方向鉄筋の座屈性状および余剰耐力に関する研究】 (2017 年度)

本研究では、2013年度および2014年度の繰り返し二軸曲げ載荷実験により、コンクリートの破壊、軸方向鉄筋の座屈・破断が生ずるような大きな損傷（損傷レベル4）を受けたRC柱およびUN-SFRC柱の軸方向鉄筋の座屈性状（図-4および図-5を参照のこと）およびその余剰耐力を実験データに基づいて考察するとともに、解析的な観点からも検討した。ここでは、座屈した部分の軸方向鉄筋を切り出した後に、その座屈形状を測定・考察し、さらには引張試験を実施することにより損傷後の余剰耐力を実験的ならびに解析的な観点より検討した。本研究では、以下の事項に主眼を置いて検討を行った。

- ① 「載荷形態」、「横拘束筋間隔」および「軸方向鉄筋の配置」の違いによる軸方向鉄筋の「座屈長さ」、「座屈高さ」ならびに「座屈位置」を検討した。
- ② 「横拘束筋間隔」の違いによる軸方向鉄筋の「座屈形状」を考察することにより、座屈した軸方向鉄筋の上下端部の拘束条件（境界条件）を検討した。
- ③ 座屈した軸方向鉄筋の引張試験結果（余剰耐力-ひずみ特性）と計測された座屈形状を採り入れた有限要素解析結果とを比較し、「座屈長さ」、「最大座屈高さ」と「余剰耐力」との関係を検討した。
- ④ 軸方向鉄筋の取り替え基準策定の可能性を検討した。

本研究から得られた主な成果として、損傷した軸方向鉄筋の「座屈長さ」および「ライズ比（座屈高さ／座屈長さ）-余剰耐力関係」などを以下にまとめる。

【座屈長さ】

一例として、横拘束筋間隔 $s = 65 \text{ mm}$ または $s = 120 \text{ mm}$ を有する各柱の軸方向鉄筋（図-4に示す軸方向鉄筋番号1～8）と座屈長さとの関係を斜め載荷および矩形載荷に対して整理した結果を図-6および図-7に示す。両図より分かるように、載荷経路に関係なく柱基部の殆どの隅角部軸方向鉄筋（1, 3, 5および7）において横拘束筋間隔を座屈長さとして座屈が生ずる（図中に示す基準線）。一方、中間軸方向鉄筋（2, 4, 6および8）では、両載荷とも横拘束筋間隔が 65 mm と狭い場合には、柱種類の違いにより座屈長さに差異は生ずるものの、座屈が横拘束筋間隔 65 mm を越えて生ずる。横拘束筋間隔が 120 mm と広い場合には、中間軸方向鉄筋の座屈領域の傾向は、両載荷とも普通RC柱と3種類のUN-SFRC柱（SD295A筋、SD345筋およびSUS304筋で構成した柱）とは大きく異なる。すなわち、RC柱の座屈長さは、横拘束筋間隔 120 mm よりも多少長い（斜め載荷）または多少短い（矩形載荷）程度であるが、3種類のUN-SFRC柱のそれらは $60 \text{ mm} \sim 100 \text{ mm}$ の範囲にあり、横拘束筋間隔 120 mm よりも短くなる。これは、鋼繊維補強コンクリートの引張強度が普通コンクリートのそれよりも高いため、柱基部周辺のかぶりコンクリートの剥落が遅延されることによるものと考えられる。

【損傷した軸方向鉄筋のライズ比-余剰耐力関係】

斜め載荷および矩形載荷下で大きな損傷を受けたRC柱の軸方向鉄筋のライズ比（座屈高さ／座屈長さ）-余剰耐力関係を図-8に示す。ライズ比が0.2前後より鉄筋の余剰耐力（残留強度）が引張強度から急激に低下することが分かる。ここでは割愛するが、他の鋼種についても同様な傾向が確認できた。矩形載荷下でのRC柱の隅角部軸方向鉄筋と中間軸方向鉄筋のライズ比-余剰耐力関係の内訳を図-9(a)に示す。中間軸方向鉄筋は隅角部軸方向鉄筋と比べ、余剰耐力が高くかつ損傷（ライズ比）も小さいことが分かる。

(2) 【大きな損傷を受けたRC柱の軸方向鉄筋特性と補修後の耐荷特性に関する実験的研究】 (2018年度)

本研究では、矩形載荷下で大きな損傷を受けた、SD295A筋で構成したRC柱（以下、RC損傷柱）およびSD345筋で構成したUN-SFRC柱（以下、UN-SFRC損傷柱）を補修の対象とした。図-9(a)に示すように、RC損傷柱の隅角部軸方向鉄筋のライズ比は $0.18 \sim 0.31$ の範囲にあり、余剰耐力は引張強度の15%程度まで低下するが（図-9(a)の●印）、中間軸方向鉄筋のライズ比は隅角部軸方向鉄筋のそれと比べ $0.13 \sim 0.22$ と小さく、余剰耐力は引張強度近辺にある（図

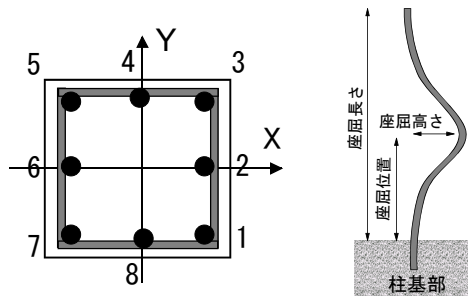


図-4 軸方向鉄筋番号 図-5 座屈性状諸量

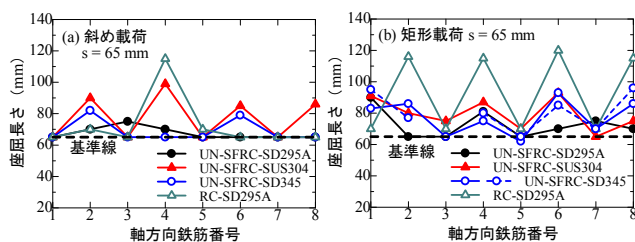


図-6 座屈長さ (s : 65 mm, 斜め載荷と矩形載荷)

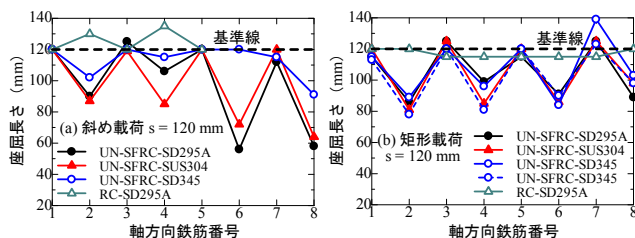


図-7 座屈長さ (s : 120 mm, 斜め載荷と矩形載荷)

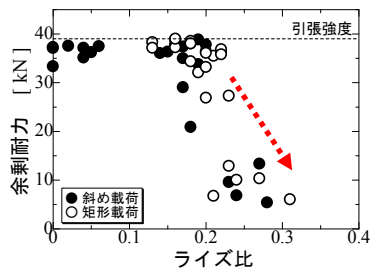


図-8 ライズ比-余剰耐力関係 (RC柱: 斜め載荷および矩形載荷)

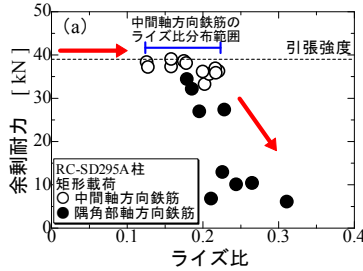


図-9 ライズ比-余剰耐力関係 (矩形載荷) (RC柱とUN-SFRC柱との比較)

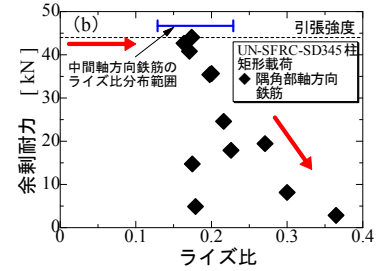


図-9(a)の○印). 一方, UN-SFRC 損傷柱から切り出した, 隅角部軸方向鉄筋のライズ比-余剰耐力 (引張強度) 関係を図-9 (b) に示す. UN-SFRC 損傷柱の隅角部軸方向鉄筋のライズ比は 0.16~0.36 の範囲にあり, 余剰耐力は引張強度の 5%程度まで低下する (図-9 (b) の◆印). なお, UN-SFRC 補修柱の中間軸方向鉄筋は, ライズ比が RC 損傷柱のそれと同程度の範囲 (0.11~0.24) にあるため, 高い余剰耐力を有すると考えられるが, 更なる載荷 (補修載荷) により余剰耐力が急激に低減する初期の状態にあることも図-9 (b) から推察される. 本研究では, 柱基部下 0.5D (D: 柱幅) ~柱基部下 1.0D 区間のコンクリートを除去した後, 屈服・破断した軸方向鉄筋に対して, 基部下 75 mm~基部下 175 mm までの軸方向鉄筋を切断し, 補修鉄筋 (長さ 250 mm) を用いて裏波溶接した. RC 損傷柱の軸方向鉄筋すべてに対して, 同一材料の SD295A 筋により本補修を施した (全取り替え). 一方, UN-SFRC 損傷柱のライズ比が大きいまたは破断している隅角部軸方向鉄筋 4 本に対しては SUS304 ステンレス筋を用いて異材溶接棒により同様の補修を施したが, ライズ比が隅角部軸方向鉄筋ほど大きくはない中間軸方向鉄筋 4 本に対してはそのままの状態とした (部分取り替え). さらに, 補修用コンクリートとして, 収縮低減タイプの高性能 AE 減水剤と膨張材を用いたひび割れ抑制コンクリート (新品柱の圧縮強度と同程度の強度を有する) および高鋼繊維補強コンクリート (鋼繊維が体積比率 3.0%混入のため多少強度が高い) をそれぞれ打設し, RC 補修柱および UN-SFRC 補修柱を作製した.

【無次元水平荷重-水平変位関係】

軸方向鉄筋に対する異なった「取り替え」による補修効果を検討するため, 一例として, 矩形載荷下での RC 補修柱および UN-SFRC 補修柱の無次元水平荷重-水平変位関係 (X 方向成分; 横拘束筋間隔 $s = 120 \text{ mm}$) をそれぞれ図-10 に示す. 図中, 実線は補修柱の実験結果, 破線は新品柱の実験結果である. なお, 比較のために図中の縦軸は水平荷重をそれぞれの水平荷重の最大値 H_{\max} で除して無次元化してある. 実験結果全体を通して, 以下のことが分かった.

RC 補修柱の実験では, $s = 65 \text{ mm}$ および 90 mm の RC 柱で隅角部軸方向鉄筋が破断したが, 新品柱の無次元化耐荷曲線と比較して全体的に同程度またはそれ以上の耐力の回復を呈した. 一方, UN-SFRC 補修柱では, 一部または全ての中間軸方向鉄筋の座屈部または基部下 50 mm の箇所

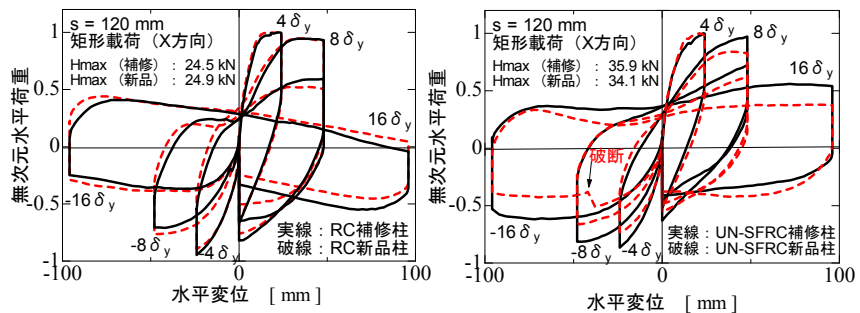


図-10 補修柱と新品柱の無次元水平荷重-水平変位関係の比較 (RC柱およびUN-SFRC柱; $s = 120 \text{ mm}$ 矩形載荷)

所で破断が生じたが, 新品柱と比較して全体的に同程度またはそれ以上の耐力の回復を呈した.

鉄筋破断は, RC 柱 (新品柱・補修柱とも) では隅角部軸方向鉄筋 (3 および 7) で生じた. 一方, UN-SFRC 柱では, 破断本数には大きな差異は生じなかったが, 破断状況 (内訳) では大きく異なる結果となった. すなわち, UN-SFRC 新品柱では, 主として隅角部軸方向鉄筋の座屈部または中間軸方向鉄筋の基部下で破断したのに対して, UN-SFRC 補修柱では, 前述したように, 一部または全ての中間軸方向鉄筋の座屈部または基部下で破断が生じた. 原因は, 中間軸方向鉄筋 (未補修) が高い余剰耐力を有していても, 破断までのひずみの余裕度が小さい, そのため補修実験時の載荷により余剰耐力が急激に低下する, ことなどが図-9 より考えられる.

(3) 【大きく損傷した RC 柱の耐震性能 (補修効果) 向上の評価および最適な補修法の提案】 (2019 年度)

- ① 材料・構造的観点より, 横拘束筋間隔が広くかつ破断ひずみ大きいステンレス SUS304 筋を使用したアンボンド型 SFRC 柱は, 鉄筋の破断防止で有効な構造形式になると考える.
- ② ライズ比-余剰耐力関係に基づいた軸方向鉄筋の取り替え法は, 今後, 「適切な補修」を施す上で意義がある. 座屈した軸方向鉄筋の取り替えの「要・不要」の指標となる余剰耐力などの「評価」およびそれに基づく「適切な補修法」の構築に本研究の成果が繋がると考える.

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 近藤貴紀・水野英二	4. 巻 Vol.40, No.2
2. 論文標題 大きな損傷を受けたRC柱の軸方向鉄筋特性と補修後の耐荷特性に関する実験的研究	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 コンクリート工学年次論文報告集	6. 最初と最後の頁 1267-1272
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 近藤貴紀・水野英二	4. 巻 Vol.39, No.2
2. 論文標題 繰り返し二軸曲げ載荷下で大きな損傷を受けたRC柱の軸方向鉄筋の座屈性状および余剰耐力に関する研究	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 コンクリート工学年次論文報告集	6. 最初と最後の頁 97-102
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 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 藤原 史
2. 発表標題 大きな損傷を受ける鉄筋コンクリート柱の三次元有限要素解析
3. 学会等名 第65回理論応用力学講演会・第22回土木学会応用力学シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤原 史
2. 発表標題 大変位領域まで繰り返し載荷を受けるRC柱の三次元有限要素解析
3. 学会等名 土木学会中部支部研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 近藤貴紀
2. 発表標題 大きな損傷を受けたRC柱の軸方向鉄筋の取り替えを考慮した補修効果に関する実験的研究
3. 学会等名 土木学会中部支部研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 近藤貴紀
2. 発表標題 高い損傷レベルの変形を受けた材料・構造特性の異なるRC柱の軸方向鉄筋の座屈性状について
3. 学会等名 土木学会全国大会 第72回年次学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 近藤貴紀
2. 発表標題 高い損傷レベルまで繰返し二軸曲げ載荷を受けたRC柱の軸方向鉄筋の座屈性状および余剰耐力に関する研究
3. 学会等名 第63回理論応用力学講演会・第20回土木学会応用力学シンポジウム
4. 発表年 2017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
研究分担者	伊藤 睦 (ITOH Atsushi) (00345927)	中部大学・工学部・教授 (33910)	