

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

中部大学大学院 学生会員 ○近藤貴紀 中部大学 正会員 水野英二

1. はじめに

一般に、地震力などを受けて大きく損傷した鉄筋コンクリート (RC) 柱の補修に関しては、軸方向鉄筋の損傷状態に応じた補修を施し、破壊部分のコンクリートをはつり、補修コンクリートで置換する、などの方法も検討されている¹⁾。本研究では、大きな損傷を受けた柱基部の座屈または破断した軸方向鉄筋に対する取り替えの程度による、RC 柱の補修後の耐震性能 (補修効果) について実験的に検証した。

2. 供試体ならびに実験概要

補修の対象となった供試体は、「繰り返し二軸曲げを受ける RC 柱およびアンボンド型鋼繊維補強コンクリート (UN-SFRC) 柱の耐荷特性に関する実験」^{2), 3)}で大きな損傷を受けた柱 (損傷柱) である。その形状ならびに配筋の一例を図-1 に示す。供試体は、断面寸法 200×200 mm、有効高さ 1,000 mm とし、曲げ破壊先行型となるようにせん断スパン比を 5 に設定した。ここでは、軸方向鉄筋には D10 (SD295A または SD345) を 8 本、横拘束筋には D6 (SD295A または SD345) をそれぞれ間隔 $s = 65, 90, 105$ および 120 mm で配筋した。本実験では、損傷柱を補修した後の RC 柱 (補修柱) の耐震性能 (補修効果) を検証するため、写真-1 に示す二方向載荷装置を用いて繰り返し実験 (補修実験) を実施した。実験では、上部構造を想定して、一定軸力を累加軸耐力の 5% とした。なお、載荷形態として、図-2 に示す矩形載荷を採用した。図中の δ_y は一方向載荷下での降伏変位であり、本実験では $\delta_y = 6.0$ mm を採用した^{2), 3)}。新品・補修供試体の材料定数および軸力一覧を表-1 に示す。

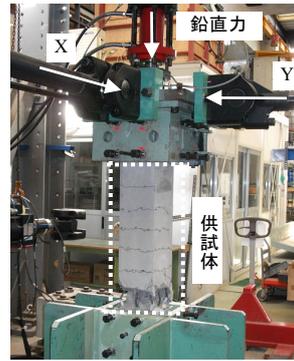


写真-1 二軸曲げ載荷装置

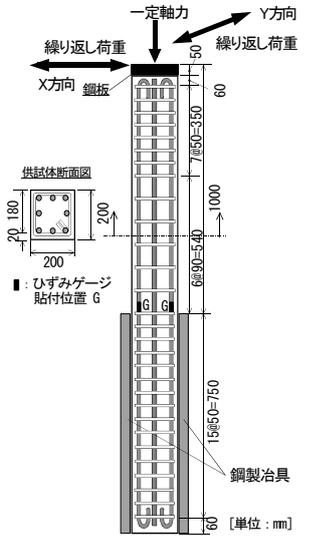


図-1 RC 柱配筋図

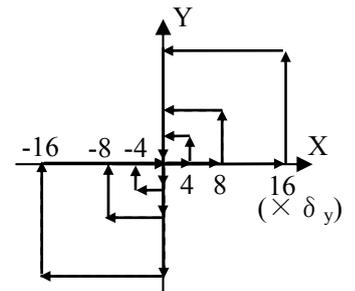


図-2 矩形載荷

3. 損傷した軸方向鉄筋の取り替えと補修

本研究では、塑性ヒンジ部分 (柱基部上の柱幅 1D 区間) のコンクリートを除去した後、座屈・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) を用いて突合せ溶接 (裏波溶接) した (図-3 (2)→(3))。本補修を RC 損傷柱²⁾の SD295A 軸方向鉄筋 8 本すべてに対して同一材料の SD295A 筋により施した (全取り替え)。一方、UN-SFRC 損傷柱³⁾のライズ比 (座屈高さ/座屈長さ) が大きい破断している隅角部軸方向鉄筋 4 本に対しては SUS304 筋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 本についてはそのままの状態とした (部分取り替え)。なお、補修用コンクリートとして、新品柱の圧縮強度に近く、かつひび割れを抑制するコンクリートおよび鋼繊維補強コン

表-1 供試体の材料定数および軸力一覧 (矩形載荷)

供試体	横拘束筋 間隔 s [mm]	コンクリート 圧縮強度 f_{ck} [MPa]	軸方向鉄筋 D10		横拘束筋 D6		載荷 軸力 [kN]
			降伏強度 [MPa]	引張強度 [MPa]	降伏強度 [MPa]	引張強度 [MPa]	
RC 柱 4 体	新品	65, 90, 105, 120	SD295A		SD295A		105
			401	598	443	591	
	補修	53.1	SD295A		SD295A		115
			417	629	443	591	
UN- SFRC 柱 4 体	新品	65, 90, 105, 120	SD345		SD345		130
			453	696	395	630	
	補修	75.0, 68.2, 77.2, 70.2	SUS304 (隅角部のみ)		SD345		148 ~ 165
			553	959	395	630	

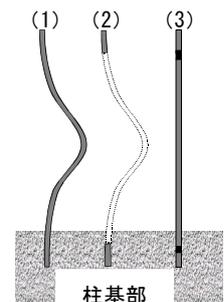


図-3 軸方向鉄筋の補修法

キーワード: RC 柱, アンボンド, 補修効果, 鉄筋の取り替え, 軸方向鉄筋の座屈・破断, 二軸曲げ載荷実験
 連絡先: 〒487-8501 愛知県春日井市松本町 1200 中部大学 工学部 都市建設工学科 TEL0568-51-1111(代)

クリート（体積比率 3.0%混入）をそれぞれ RC 損傷柱および UN-SFRC 損傷柱に打設した（表-1 参照）。

3. 損傷した軸方向鉄筋の余剰耐力

RC 損傷柱および UN-SFRC 損傷柱から切り出した、座屈した軸方向鉄筋の引張強度（余剰耐力）－ライズ比

比関係をそれぞれ図-4 に示す。RC 損傷柱の隅角部軸方向鉄筋のライズ比は 0.17～0.32 の範囲にあり余剰耐力は引張強度～15%程度まで低下するが（図-4(a) ●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 0.13～0.23 と小さく余剰耐力も引張強度近辺にある（図-4(a) ○印）。

一方、UN-SFRC 損傷柱の隅角部軸方向鉄筋のライズ比も RC 損傷柱と同様に 0.17～0.37 の範囲にあり余剰耐力は引張強度～5%程度まで低下する（図-4(b) ◆印）。なお、未補修の中間軸方向鉄筋のライズ比は、RC 損傷柱と同様の範囲にあるため、余剰耐力は高いと推察される。

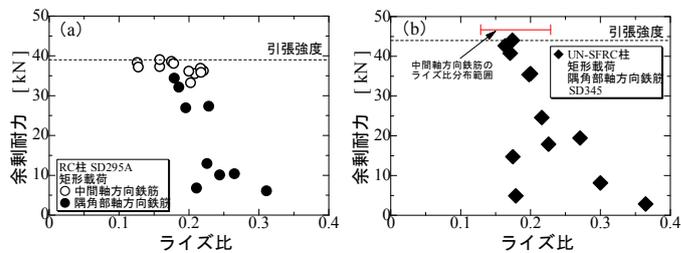


図-4 ライズ比－余剰耐力関係 (RC 柱と UN-SFRC 柱)

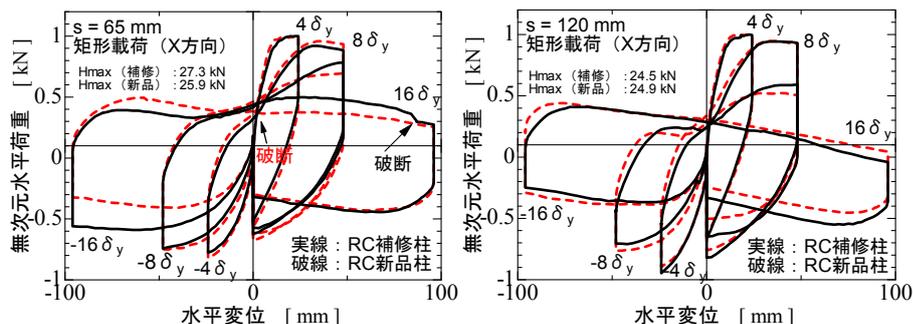


図-5 無次元水平荷重－水平変位関係 (RC 柱：矩形荷重)

4. 補修効果および考察

軸方向鉄筋の取り替えによる補修効果を検討するため、一例として、矩形荷重下での RC 補修柱および UN-SFRC 補修柱（横拘束筋間隔 $s = 65 \text{ mm}$ および 120 mm ）の無次元水平荷重－水平変位曲線（X 方向）をそれぞれ図-5 および図-6 に示す。図

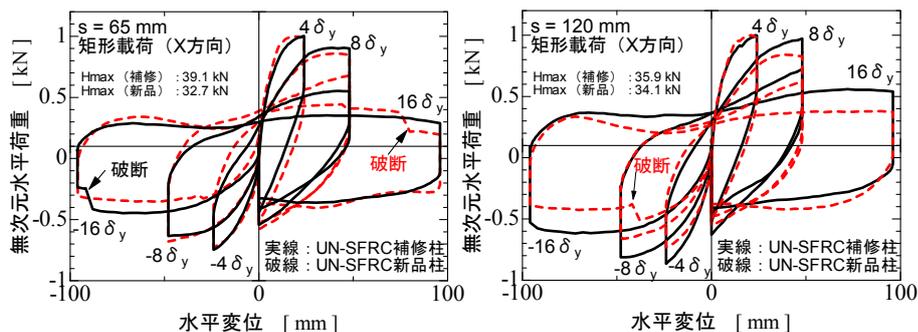


図-6 無次元水平荷重－水平変位関係 (UN-SFRC 柱：矩形荷重)

中、実線は補修柱の実験結果、破線は新品柱の実験結果^{2), 3)}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。RC 補修柱の実験では、 $s = 65 \text{ mm}$ の柱で最終荷重経路において隅角部軸方向鉄筋 1 本が破断したが、新品柱の無次元化耐荷曲線と比較して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に破断が生じたが、RC 補修柱と同様、新品柱と比較して同程度またはそれ以上の耐力の回復を呈した。

5. まとめ

- 1) 両損傷柱の隅角部軸方向鉄筋の余剰耐力は、ライズ比が 0.17～0.37 程度で低下する傾向にある。RC 損傷柱の中間軸方向鉄筋の多くがその範囲にあるため、それらも取り替えることにより破断防止を図った。
- 2) UN-SFRC 補修柱の未補修の中間軸方向鉄筋の多くが補修実験で破断したが、ライズ比が 0.17 以上の鉄筋は全て破断した。今後は、実柱のライズ比－余剰耐力関係を調べ、補修効果を高めることが課題となる。

謝辞：本研究を遂行するに際し、平成 29 年度文部科学省科学研究費（基盤研究（C））および中部大学特別研究費 A を得た。鹿島道路株式会社には、KS ボンドを提供いただいた。ここに謝意を表す。

参考文献

- 1) 仁平達也・渡邊忠朋ら：修復した RC 部材の性能評価方法と修復した RC 構造物の耐震性に関する一考察，土木学会論文集 E2（材料・コンクリート構造），Vol.68, No.4, pp.283-299, 2012.
- 2) 水野英二ら：軸方向鉄筋の破断防止に主眼を置いた鉄筋コンクリート柱の繰り返し二軸曲げ耐荷特性に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.36, No.2, pp.121-126, 2014.
- 3) 近藤貴紀，水野英二ら：材料特性の異なるアンボンド型鋼繊維補強コンクリート柱の繰り返し二軸曲げ耐荷特性に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.37, No.2, pp.139-144, 2015.