

異なる材料および構造特性が RC 柱の二方向繰返し耐荷特性に与える影響

愛知工業大学 ○学生会員 黒田 亮 (株)東海サンユーテクノス 正会員 水野憲司
 愛知工業大学 正会員 鈴木森晶 中部大学 正会員 水野英二

1. はじめに

本研究では、軸方向筋の座屈遅延および RC 柱の耐荷性能向上を目指し、横拘束筋に加えて中間補強筋を配筋した RC 柱の二方向繰返し載荷実験を実施した。ここでは、筆者らによる、RC 柱および鋼繊維補強鉄筋コンクリート(SFRC)柱の二方向繰返し載荷実験結果¹⁾と本実験結果との比較を通して、中間補強筋が RC 柱のポストピーク領域での耐荷特性に与える影響を検証した。

2. 供試体ならびに実験概要

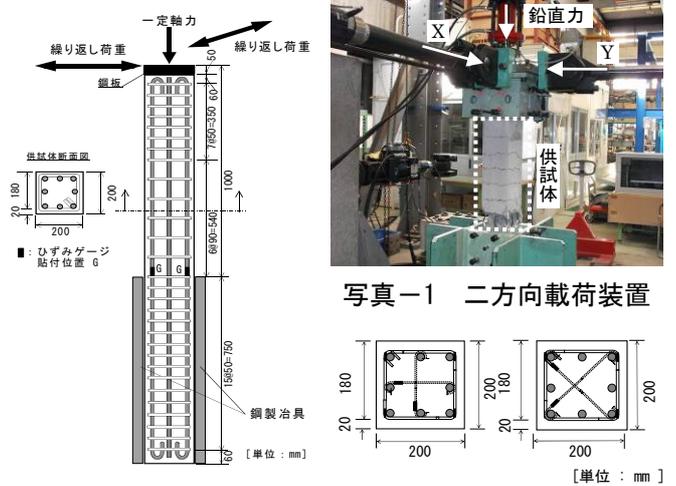
本実験で用いた供試体概要を図-1に示す。図-1(a)のRC柱に加え、横拘束筋間s(65, 90, 105および120 mm)の中間にて、中間補強筋を用いて中央部の軸方向筋を十字型に、または隅角部の軸方向筋を X 字型にそれぞれ繫いだ、中間補強筋付き RC 柱(図-1(b)に示す十字型 RC 柱および X 字型 RC 柱)を 16 体作製した。材料定数および載荷軸力を表-1に示す。ここでは、文献1)のRC柱およびSFRC柱のデータも併せて示してある。

載荷経路として、斜めおよび矩形載荷経路をそれぞれ採用した(図-2, 図-3)。図中の δ_y は、一方向載荷実験にて引張側軸方向筋の軸ひずみが $2,000\mu$ に達したときの水平変位であり、斜め載荷では $\delta_y = 5.35$ mm, 矩形載荷では $\delta_y = 6.0$ mmを採用した。写真-1に示す二方向載荷装置を用いて、軸力として累加軸耐力の5%を鉛直ジャッキにより柱上部に載荷し、二方向からの変位制御により繰返し載荷実験を行った。

3. 実験結果および考察

ここでは、一例として、十字型 RC 柱ならびに X 字型 RC 柱(横拘束筋間隔 s = 120 mm, 以下, s = 120 mm), RC 柱(s = 65 mm)およびSFRC柱(s = 120 mm)の耐荷特性の比較を行う。これは、s = 120 mm の中間に2種類の間中補強筋を配筋した RC 柱(十字型 RC 柱および X 字型 RC 柱), s = 130 mm の中間に補強筋として横拘束筋を配筋した RC 柱(すなわち, s = 65 mm の RC 柱), s = 120 mm の中間にSFCを採用したSFRC柱との耐荷特性の比較と考えることができる。ただし、この比較では、横拘束筋間隔に多少の違いがあることを付記しておく。これら耐荷特性の比較・検討を行うため、除荷・再載荷曲線の開始点を基準として整理した「耐力-変位曲線」²⁾を用いて、各載荷経路下でそれらを比較した結果を図-4および図-5に示す。

図-4から分かるように、斜め載荷下では、4種類のRC柱の中ではSFRC柱が最終載荷まで高い耐力を保っている。これは、鋼繊維補強コンクリート(SFC)の引張強度が普通コンクリートと比較し2~3倍高いため、最終載



(a) 供試体配筋図 (b) 中間補強筋配置図

図-1 供試体概要

表-1 材料定数および載荷軸力

載荷経路	横拘束筋間隔 s [mm]	コンクリート設計基準強度 60 [MPa]				軸方向筋 D10 (SD295A)				横拘束筋 D6 (SD295A)				載荷軸力 [kN]			
		RC補強筋なし	SF RC	RC補強筋あり	RC SFRC	降伏強度 [MPa]		引張強度 [MPa]		降伏強度 [MPa]		引張強度 [MPa]		RC補強筋なし	SF RC	RC補強筋あり	
						RC	RC補強筋あり	RC	RC補強筋あり	RC	RC補強筋あり	RC	RC補強筋あり				
斜め載荷	65	62.6	64.0	55.1	342	403	519	608	373	426	583	583	136	130	118		
	90	64.5	61.8	61.3												131	131
	105	62.6	64.0	62.6												134	133
	120	62.6	64.0	62.3												134	133
矩形載荷	65	61.6	61.7	55.1	342	403	519	608	373	426	583	583	131	132	118		
	90	65.3	63.8	61.3												138	136
	105	65.3	63.8	62.6												131	132
	120	61.6	61.7	62.5												131	132

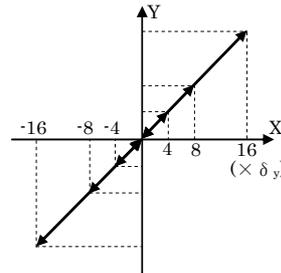


図-2 斜め載荷経路

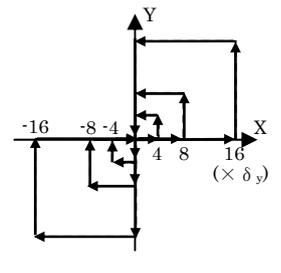


図-3 矩形載荷経路

キーワード: RC 柱, 中間補強筋, 二方向繰返し載荷, 耐荷特性, 軸方向筋座屈

連絡先: 〒470-0392 愛知県豊田市八草町八千草 1247 愛知工業大学 工学部 都市環境学科 土木工学専攻 TEL0565-48-8121(代)

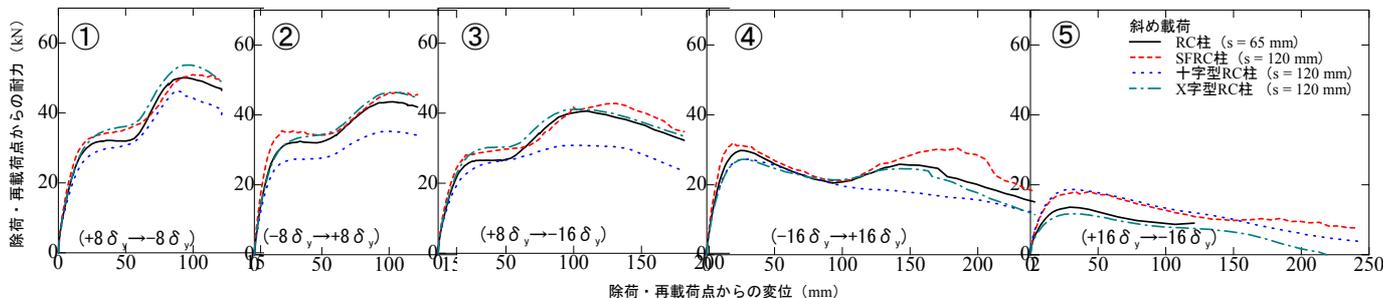


図-4 斜め載荷下での耐力-変位関係

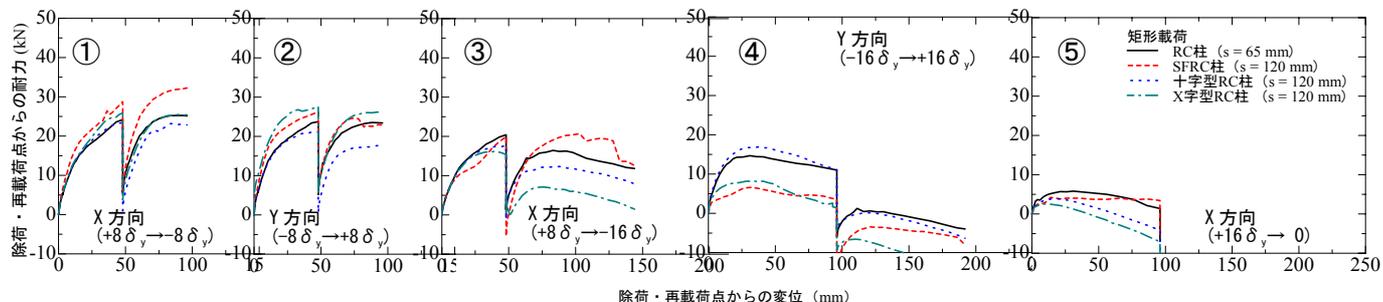


図-5 矩形載荷下での耐力-変位関係

荷までかぶりコンクリートの剥落する量が少なく、軸方向筋の座屈発生が遅延されたためと考えられる。次に、X字型 RC 柱および RC 柱は載荷区間 $<-16\delta_y \rightarrow +16\delta_y>$ までは、SFRC 柱と同程度の耐力を保つが、両 RC 柱とも最終段階での載荷区間 $<+16\delta_y \rightarrow -16\delta_y>$ において耐力が低下した。また、十字型 RC 柱は全体的に 4 種類の RC 柱の中では最も低い耐力を呈するが、最終載荷区間では、SFRC 柱と同程度の耐力を保有した。

図-5 に示すように、矩形載荷下では、載荷区間 $<-8\delta_y \rightarrow +8\delta_y>$ までは、X 字型 RC 柱および SFRC 柱が高い耐力を示す。その後、載荷区間 $<+8\delta_y \rightarrow -16\delta_y>$ にて X 字型 RC 柱の軸方向筋の破断が生じるため、それ以降の載荷履歴にて大きく耐力の低下を招く結果となった。また、載荷区間 $<+8\delta_y \rightarrow -16\delta_y>$ の後半までは SFRC 柱は高い耐力を発揮するが、軸方向筋の破断により、それ以降の載荷区間 $<-16\delta_y \rightarrow +16\delta_y>$ では大きく耐力が低下した。載荷区間 $<-16\delta_y \rightarrow +16\delta_y>$ では、十字型 RC 柱がある程度耐力を保持するが、最終的には SFRC 柱と RC 柱が 4 種類の RC 柱の中では、最終載荷区間 $<+16\delta_y \rightarrow 0\delta_y>$ では高い耐力を保持した。

4. まとめ

- 1) 斜め載荷下では、比較的長い横補強筋間隔 ($s = 120 \sim 130 \text{ mm}$) を有する RC 柱の耐震性能向上策として、構造的な観点からは X 字型中間補強筋の採用、材料的な観点からは SFC の採用が考えられ、短い横拘束筋間隔 (例えば、 $s = 65 \text{ mm}$) で配筋した RC 柱と同程度以上の耐荷力を発揮できる。
- 2) 矩形載荷下では、 $s = 120 \sim 130 \text{ mm}$ で配筋した RC 柱に SFC および X 字型補強筋を採用した場合、載荷区間 $\pm 8\delta_y$ では $s = 65 \text{ mm}$ を有する RC 柱以上の耐力を期待できるが、それ以上の変位領域では耐力向上は望めない。
- 3) 中間補強筋および SFC を使用することは、かぶりコンクリートの剥落抑制効果あるいは軸方向筋の座屈発生の遅延効果があるものの、隅角部などの軸方向筋の露出領域が短くなるために大きなひずみが集中して軸方向筋の破断が生ずる原因となることを念頭に置いて RC 柱を設計する必要がある。

謝辞：本研究の遂行にあたり、平成 22-24 年度文部科学省科学研究費補助金 (基盤研究 (C) 22560488 代表：水野英二)、中部大学特別研究費 A (研究代表者：水野英二) および愛知工業大学耐震実験センター研究助成金を得た。また、日本コンクリート (株) の山下公正氏には供試体作製に協力をいただいた。ここに謝意を表す。

参考文献

- 1) 鈴木森晶・水野英二：載荷履歴の異なる二方向曲げ力を受ける鋼繊維補強コンクリート柱の変形性状に関する研究, 土木学会論文集 A2 (応用力学), Vol.68, No.2 (応用力学論文集 Vol.15), I_393-402, 2012.9.
- 2) 亀田好洋・鈴木森晶・水野英二：ポストピーク領域における鉄筋コンクリート柱の繰り返し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集, Vol.33, No.2, pp.199-204, 2011.7.