

# 二方向繰り返し曲げを受ける SFRC 柱の変形特性に関する実験的研究

愛知工業大学 学生会員 ○永谷勇樹 愛知工業大学 学生会員 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、二方向繰り返し載荷実験<sup>1)</sup>を実施して、鉄筋コンクリート (RC) 柱および繊維補強コンクリート (SFRC) 柱の実験結果を比較することにより、コンクリート強度および横拘束筋間隔の違いが変形特性および軸方向筋の座屈性状に及ぼす影響について考察する。

## 2. 実験概要

### 2.1 供試体

本研究に用いた供試体の形状ならびに配筋の一例を図-1 に示す。実験には、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 RC 柱供試体と SFRC 柱供試体を用いた。供試体は、曲げ破壊先行型になるように、軸方向筋には D10 (SD295) を 8 本、横拘束筋には D6 (SD295) を間隔  $s = 65, 90, 105, 120$  mm でそれぞれ配筋した。コンクリートと鉄筋の材料定数を表-1、鋼繊維の詳細を表-2 に示す。

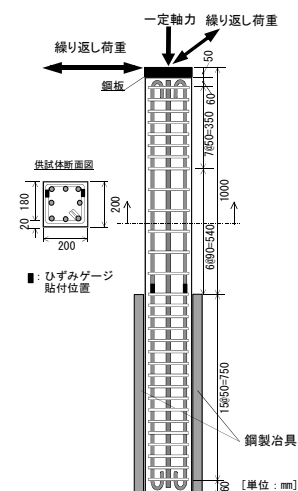


図-1 供試体配筋図

表-1 材料定数一覧

| 横拘束筋間隔<br>$s$ [mm] | コンクリート<br>圧縮強度<br>[MPa] | 軸方向筋<br>D10 (SD295A) |               | 横拘束筋<br>D6 (SD295A) |               |
|--------------------|-------------------------|----------------------|---------------|---------------------|---------------|
|                    |                         | 降伏強度<br>[MPa]        | 引張強度<br>[MPa] | 降伏強度<br>[MPa]       | 引張強度<br>[MPa] |
| RC                 | 65                      | 342                  | 519           | 373                 | 583           |
|                    | 90                      |                      |               |                     |               |
|                    | 105                     |                      |               |                     |               |
|                    | 120                     |                      |               |                     |               |
| SFRC               | 65                      |                      |               |                     |               |
|                    | 90                      |                      |               |                     |               |
|                    | 105                     |                      |               |                     |               |
|                    | 120                     |                      |               |                     |               |

表-2 鋼繊維の材料定数

| 種類                     | 鋼繊維   |
|------------------------|-------|
| 直径 (mm)                | 0.62  |
| 長さ (mm)                | 30.0  |
| 断面積 (mm <sup>2</sup> ) | 0.302 |
| 混入率 (%)                | 1.50  |

### 2.2 載荷装置および載荷履歴

本実験では、写真-1 に示す載荷装置を用いて供試体を鋼製治具に挿入し、高力ボルトにより供試体を完全固定した。載荷形態として、図-2 に示すような斜め方向載荷  $\langle 0 \delta_y \rightarrow +4 \delta_y \rightarrow -4 \delta_y \rightarrow +8 \delta_y \rightarrow -8 \delta_y \rightarrow +8 \delta_y \rightarrow -16 \delta_y \rightarrow +16 \delta_y \rangle$  を採用した。ここで、 $\delta_y$  は一方向載荷での引張側軸方向筋の初期降伏時における柱頭での水平変位 (すなわち、主鉄筋のひずみが  $2,000\mu$  に達した時の降伏変位) であり、5.35 mm である。5%一定軸力を載荷した。

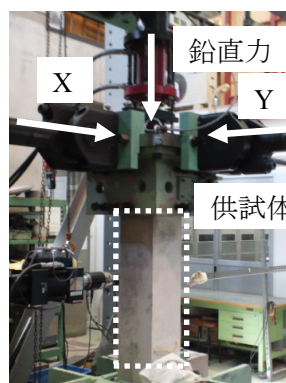


写真-1 載荷装置

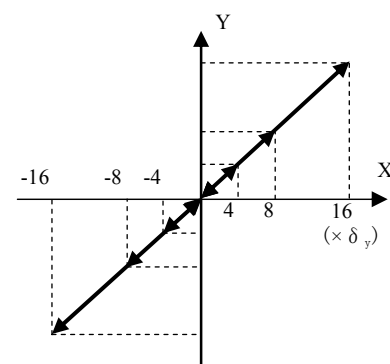


図-2 斜め載荷履歴

## 3. 実験結果および考察

### 3.1 荷重-変位曲線

キーワード：SFRC 柱、RC 柱、二方向繰り返し載荷、繰り返し変形特性、軸方向筋の座屈  
連絡先：愛知工業大学〒470-0392 愛知県豊田市八草町八千草 1247 TEL: 0565-48-8121, FAX: 0565-48-0030

RC 柱供試体と SFRC 柱供試体の変形挙動を比較するため、一例として、横拘束筋間隔  $s = 120 \text{ mm}$  の場合の水平荷重-水平変位関係を図-3 (a) および (b) に示す。SFRC 柱供試体の方が、最大耐力が高く、最大耐力以降の耐力の低下率が小さい。これは、鋼繊維コンクリート (SFC) の引張力は、普通コンクリートのそれより高いためと考えられる。また、変位区間  $\langle -16 \delta_y \rightarrow +16 \delta_y \rangle$  の大変位レベルの部分に着目すると、荷重方向が反転した後に水平変位がゼロ付近でピンチング挙動が生じており、 $8 \delta_y$  以降の徐荷曲線と再荷重曲線において、耐力の増加幅に違いが見られる。これは、RC 柱供試体ではかぶりコンクリートがほとんど剥落しているのに比べ、SFRC 柱供試体では一部が剥落するのに留まるため、残留耐力が発揮される。

### 3.2 コンクリートの破壊領域

荷重パス  $\langle 8 \delta_y \rightarrow -16 \delta_y \rangle$  の中の  $-16 \delta_y$  時におけるコンクリートの破壊状況 ( $45^\circ$  側面) を写真-2 に示す。写真-2 (a) と写真-2 (b) とを比較すると、SFRC 柱供試体の方が、かぶりコンクリートの剥落の進展が遅いことが分かる。すなわち、水平変位が大きくなるに従い、写真-2 (a) の RC 柱供試体は基部から  $120 \text{ mm}$  に位置する横拘束筋までの区間でかぶりコンクリートが内部まで剥離するのに対し、写真-2 (b) の SFRC 柱供試体では、基部周辺に大きなひび割れが集中した。これは、引張強度が高い SFRC 柱供試体では、基部周辺に応力が集中したためと考えられる。

### 3.3 座屈形状

Y 軸に垂直な面の最終破壊状況を写真-3 に示す。写真-3 (a) と写真-3 (b) とを比較すると、SFRC 柱供試体の方が RC 柱供試体より座屈部の曲率が大きな座屈が生じている。これは、SFRC 柱供試体は、RC 柱供試体よりかぶりコンクリートの剥落が一部しか起きず、露出した鉄筋の長さが短いためと考えられる。横拘束筋間隔異なる全ての供試体にて同じような結果を確認した。

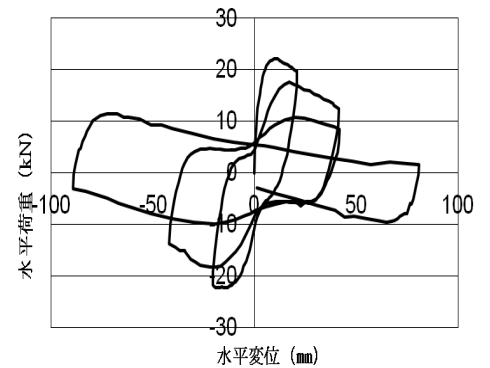
### 4. 結論

- 1) SFRC 柱供試体の方が横拘束筋間隔に関係なく最大耐力が高く、耐力の低下率が小さい。大変位レベルでも残留耐力を発揮した。
- 2) RC 柱供試体に比べ SFRC 柱供試体の方が、かぶりコンクリートの剥落の進展が遅く、コンクリート基部での最終的な破壊領域が少ない。横拘束筋間隔が小さい方が顕著に現れた。
- 3) 軸方向筋の座屈に関しては、露出した鉄筋の長さが少ない SFRC 柱供試体の方が座屈部の曲率が大きな座屈形状が生じる。横拘束筋間隔が大きい供試体の方が曲率の差が大きい結果となった。

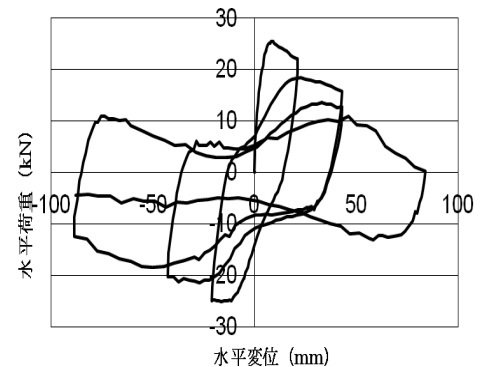
謝辞：本研究は、科学研究費（基盤研究（C）22560488 代表：水野英二）、中部大学特別研究費（A）（代表：水野英二）および愛知工業大学耐震実験センターの研究助成を受けた。ここに感謝の意を表す。

### 参考文献

- 1) 鈴木森晶、水野英二：二方向繰返し力を受ける RC 柱の荷重履歴が変形性状に及ぼす影響に関する実験的研究、土木学会論文集 A2（応用力学）、Vol. 67, No. 2（応用力学論文集 Vol. 14）、I\_313-I\_320, 2011.9



(a) RC 柱供試体 ( $s=120 \text{ mm}$ ; X 軸)



(b) SFRC 柱供試体 ( $s=120 \text{ mm}$ ; X 軸)

図-3 水平荷重-水平変位



(a) RC 柱



(b) SFRC 柱

写真-2 荷重パス  $\langle 8 \delta_y \rightarrow -16 \delta_y \rangle$  履歴の  $-16 \delta_y$  時の破壊状況 (側面,  $s=120 \text{ mm}$ )



(a) RC 柱



(b) SFRC 柱

写真-3 最終破壊状況 ( $s=120 \text{ mm}$ )