

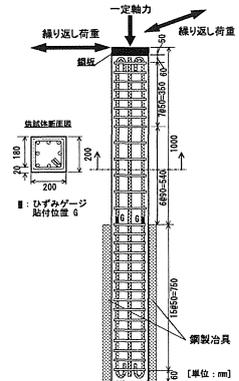
斜め載荷を受ける鋼繊維補強コンクリート柱のポストピーク耐荷特性に関する実験的研究

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

一般に、鉄筋コンクリート (RC) 柱部材のポストピーク領域での耐力低下には、かぶり・コアコンクリートのひび割れ/劣化進展状況ならびに軸方向筋の座屈の有無が大きな影響を与える¹⁾。しかし、ポストピーク領域における「軸方向筋の座屈発生」、「コンクリート劣化」と「部材の耐力低下」との関連性を詳細に検討した事例は多くはない。本研究では、鋼繊維補強コンクリート (SFRC) 柱を対象とした繰り返し二軸曲げ載荷 (斜め載荷) 実験²⁾ による変形挙動を基に、その除荷・再載荷曲線に着目した考察を通して、コンクリート劣化および軸方向筋の座屈が SFRC 柱および RC 柱の耐荷性能に与える影響について検証した。



2. 供試体ならびに実験概要

本実験で用いた供試体の概要を図-1、載荷装置を写真-1 に示す。本供試体は、コンクリート設計強度 f'_{ck} (60 MPa 水準) の下で横拘束筋間隔 s (65, 90, 105 および 120 mm の4水準を有する。載荷形態は斜め載荷、載荷 (変位) 履歴は、変位 0 mm → ±4 δ_y (1 サイクル) → ±8 δ_y (2 サイクル) → ±16 δ_y (1 サイクル) → 変位 0 mm (図-2 参照) である。ここで、「 δ_y 」は一方載荷実験にて初期載荷引張側の軸方向筋の軸ひずみが 2,000 μ に達したときの水平変位 (5.35 mm) を採用した。また、柱上部には、軸力として累加軸耐力の 5% を鉛直ジャッキにより載荷した。コンクリートおよび軸方向筋などの材料定数一覧を表-1 に示す。

図-1 供試体配筋図

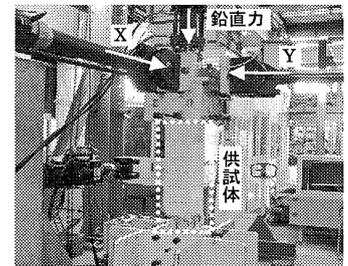


写真-1 二軸載荷装置

3. 実験結果および考察

3.1 SFRC 柱と RC 柱の繰り返し荷重-変位関係の比較

斜め載荷下での 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 $s = 120$ mm での水平荷重-水平変位関係を図-3 に示す。図-3

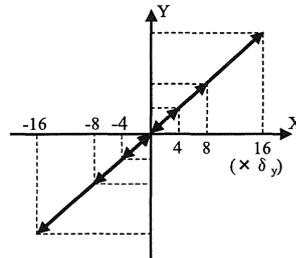


図-2 斜め繰り返し載荷

表-1 材料定数一覧

間隔 s [mm]	コンクリート		鉄筋 (平均)	
	設計基準強度 60 [MPa]	SFRC	降伏強度 [MPa]	引張強度 [MPa]
65	62.6	64.0	軸方向筋 342 横拘束筋 373	軸方向筋 519 横拘束筋 583
90	64.5	61.8		
105				
120	62.6	64.0		

(a) は RC 柱の斜め方向成分、図-3 (b) は SFRC 柱の斜め方向成分をそれぞれ示している。図-3 より、SFRC 柱供試体と RC 柱供試体の履歴曲線を比較すると、最大耐力は RC 柱より SFRC 柱の方が高く、また、最大耐力以降の耐力の低下率が小さいことが分かる。これは、普通コンクリートの引張強度より鋼繊維補強コンクリートのそれの方が高いため、SFRC 柱ではかぶりコンクリートの剥落/コアコンクリートの劣化の程度が小さく、軸方向筋の座屈に対して抑制効果が発揮されたためと考えられる。同様の傾向が横拘束筋間隔 $s = 65, 90$ および 105 mm の場合にも確認された。

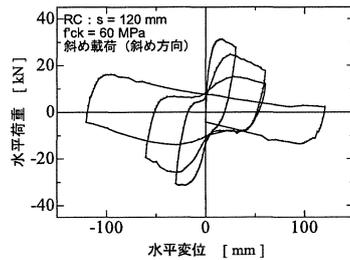


図-3 荷重-変位曲線 ($s = 120$ mm)

3.2 除荷および再載荷点を基準とした耐力特性の比較

本節で考察する耐力-変位関係は、載荷実験から得た荷重-変位曲線 (図-3 の例を参照) を構成する除荷および再載荷曲線の開始点を基準として整理したものである。耐力-変位関係の概略図を図-4 にそれぞれ示す。これまでの筆者ら

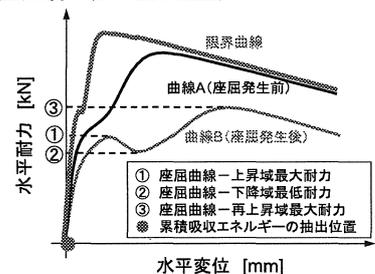
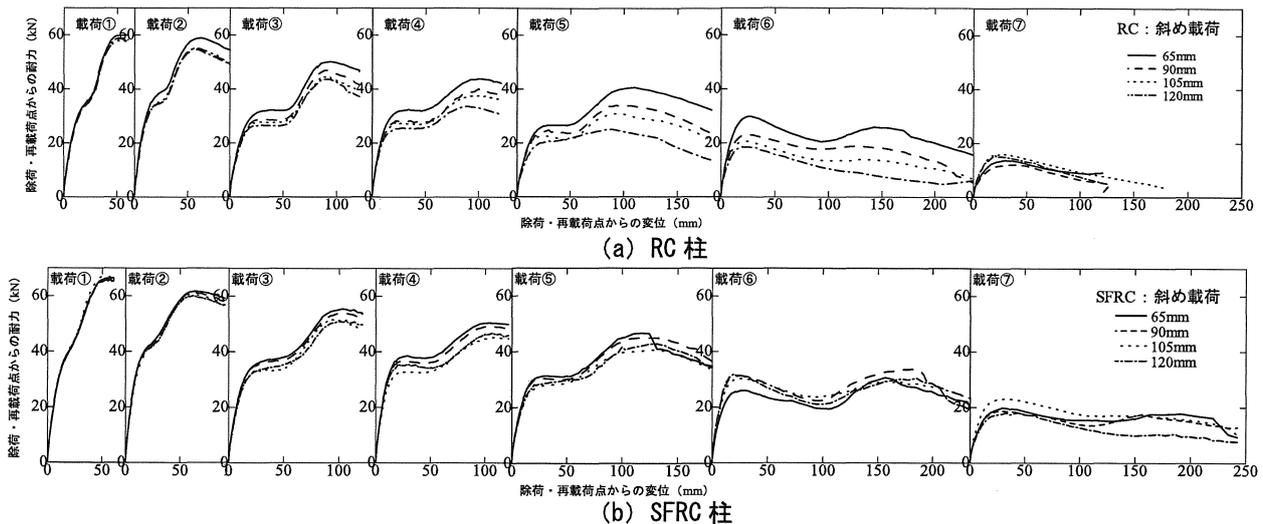


図-4 耐力-変位関係の概念図

キーワード: SFRC 柱, RC 柱, 軸方向筋座屈, コンクリート強度劣化, 耐力-変位関係

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-5 耐力-変位関係 ($f'_{ck} = 60 \text{ MPa}$ の場合)

の RC 柱の繰り返し耐力特性の研究³⁾から、 $+8\delta_y \rightarrow -8\delta_y$ までは、図-4に示す「耐力-変位曲線」の概念図にある限界曲線に漸近するように、耐力が上昇・下降する挙動(曲線 A)を呈するのに対し、 $-8\delta_y \rightarrow +8\delta_y$ の荷重過程では、一旦、耐力が一定または減少した後、再度上昇し、限界曲線と同様な勾配で下降する挙動(曲線 B)を呈する。RC 柱および SFRC 柱の耐力-変位特性をそれぞれ図-5 (a) および図-5 (b) に示す。ここでは、荷重①→荷重⑦までの耐力-変位特性を横拘束筋間隔 $s = 65, 90, 105$ および 120 mm の違いにより比較できるように示してある。以下のことが考察できる。

- 1) 全体的に SFRC 柱の耐力特性の方が RC 柱のそれよりも高い。RC 柱： $s = 65 \text{ mm}$ の場合が SFRC 柱の耐力特性の下限と概ね同じレベルの耐力特性である。
- 2) 荷重② ($-4\delta_y \rightarrow +8\delta_y$) までは、耐力の違いはあるものの RC 柱および SFRC 柱ともに横補強筋間隔に関係なく同じ耐力特性を示す。ただし、RC 柱： $s = 65 \text{ mm}$ の場合は他の 3 体よりも大きな耐力特性を示した。
- 3) 荷重③ ($+8\delta_y \rightarrow -8\delta_y$) 以降、両柱とも横拘束筋間隔が大きくなるに従い、耐力が低下してゆく傾向を示し始める。RC 柱の場合の方が、横拘束筋間隔による低下具合に大きな差異が見受けられる。一方、SFRC 柱では、最終荷重⑦まで横拘束筋間隔の違いによる耐力の低下具合に大きな差異は見受けられない。
- 4) これは、RC 柱では横補強筋間隔が大きくなれば、軸方向筋の座屈が生じ易く、またコアコンクリートの劣化も促進されるため、荷重③以降の耐力特性に差異が生ずる。SFRC 柱では、ひび割れ分散が RC 柱ほど多くは生じないため、軸方向筋の座屈およびコアコンクリートの劣化が抑制され、横補強筋間隔に関係なく耐力特性に違いが出ないと思われる。

4. まとめ

- 1) 横拘束筋間隔が大きい場合には、RC 柱よりも SFRC 柱を採用した方がより延性的なエネルギー吸収能の高い構造となることを確認した。ただし、横拘束筋間隔が小さい場合 (65 mm) には、RC 柱でも良いと思われる。
- 2) SFRC 柱では、軸方向筋の座屈を抑制する役割はあるが、ある程度、部材回転角が大きくなると、軸方向筋の破断が生ずるといった欠点がある。

謝辞：本研究を遂行するにあたり、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。ここに謝意を表す。

参考文献：

- 1) 鈴木森晶・水野英二：繰り返し曲げを受ける RC 柱の鉄筋座屈特性に関する実験的ならびに解析的研究，応用力学論文集，Vol.13, pp.331-342, 2010 年 8 月。
- 2) 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)，313-I_320, 2011 年 9 月。
- 3) 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 年 7 月。