

初期損傷を有する RC 柱の繰返し変形特性に関する実験的研究

中部大学 学生会員 ○ 北瀬昭平
愛知工業大学 正会員 鈴木森晶

中部大学 学生会員 杉山彰浩
中部大学 正会員 水野英二

1. はじめに

繰返し载荷を受ける鉄筋コンクリート (RC) 柱では、主鉄筋の座屈がポストピーク領域での挙動に大きな影響を与えることが分かっている¹⁾。この要因として、1) 横拘束筋間隔、2) 配筋量および 3) 定着状態の 3 つが挙げられる。本研究では、面外方向に初期損傷を有した RC 柱の繰返し载荷実験を実施することにより、座屈挙動を含む変形性能およびエネルギー吸収能に及ぼす「初期損傷」の影響について考察する。

2. 実験計画

2.1 実験供試体

実験では、柱有効高さ 1,000 mm、断面寸法 200×200 mm、せん断スパン比 5 を有する RC 柱供試体を用いた。主鉄筋に D10(SD295A) を 8 本、横拘束筋には D6(SD295A) を間隔 $s = 65, 90, 105, 120$ mm でそれぞれ配筋した (図-1 に示す供試体断面を参照)。初期損傷の有・無により計 8 体を作製した。打設コンクリートの設計基準強度は $f_{ck} = 40$ MPa である。なお、供試体条件、材料定数一覧を表-1 に示す。

表-1 材料定数および供試体条件

横拘束筋 間隔 s [mm]	コンクリート	主鉄筋 (D10)		横拘束筋 (D6)		降伏変位 δ_y [mm]	降伏荷重 P_y [kN]	初期損傷 変位 [mm]
	設計基準強度 40 [MPa]	降伏強度 [MPa]	引張強度 [MPa]	降伏強度 [MPa]	引張強度 [MPa]			
65-a	49.0	381.8	550.7	340.7	492.7	10.50	26.6	0
65-b	49.0	381.8	550.7	340.7	492.7	8.00	21.4	64
90-a	49.7	392.7	605.7	294.1	499.7	7.94	21.5	25
90-b	49.7	392.7	605.7	294.1	499.7	7.94	22.4	50
105-a	49.7	392.7	605.7	294.1	499.7	7.94	22.7	25
105-b	49.7	392.7	605.7	294.1	499.7	7.94	21.5	50
120-a	48.0	392.7	605.7	294.1	499.7	8.03	22.3	0
120-b	48.0	392.7	605.7	294.1	499.7	8.03	22.8	64

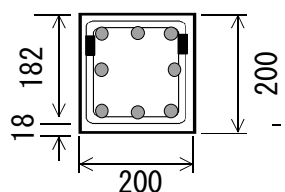


図-1 供試体断面図

2.2 载荷装置ならびに载荷パターン

本実験では、一方向曲げ载荷装置 (供試体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して一方向曲げを実施する装置) を使用する。図-2 に示すように、一定軸圧縮力 (ここでは、5%軸力) 下で、あらかじめ面外方向に初期損傷を与えた後、供試体を 90° 回転させ、損傷時とは別の载荷面で繰返し载荷 (以下、本载荷を擬似二軸曲げ载荷と称する。) を実施した。载荷パターンとして、 $0 \rightarrow 8 \rightarrow -8 \rightarrow 8 \rightarrow -16 \rightarrow 16 \rightarrow -16 (\times \delta_y)$ を設定した。なお、初期損傷の程度として、 $s = 90$ mm および 105 mm の供試体は、面外方向に変位 25 mm および 50 mm の片面損傷 (例えば、50 mm 変位の場合は、 $0 \rightarrow 50$ mm $\rightarrow 0$ の初期損傷)、 $s = 65$ mm および 120 mm の場合には、 $0 \rightarrow 8 \rightarrow -8 \rightarrow 0 (\times \delta_y)$ の両面損傷を与えた。表-1 には初期損傷の変位を記し、図-3 には、一例として、 $s = 65$ mm 供試体の初期損傷载荷時の荷重-変位曲線を示す。

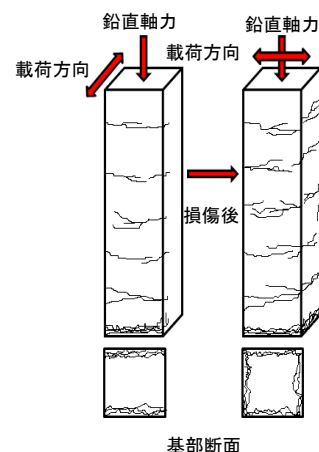


図-2 初期損傷を有する供試体の载荷方法

3. 実験結果・考察

本実験より得られた荷重-変位曲線の除荷曲線および再载荷曲線を用いて変形特性を考察する。図-4 は、一例として、「初期損傷有り」と「損傷無し」の $s = 120$ mm の供試体に対する荷重-変位曲線を示したものである。ただし、 $s = 90$ mm および 105 mm の供試体に対する擬似二軸曲げ载荷実験結果は、「初期損傷レベル」が小さいため、荷重-変位曲線に大きな違いが見られなかった。よって、初期損傷を与えた段階で主鉄筋に座屈が生じた

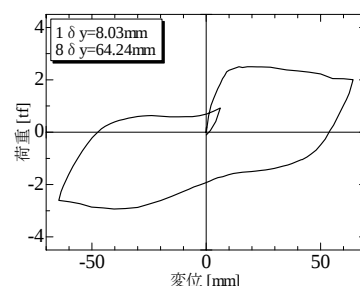


図-3 初期損傷载荷例 ($s = 65$ mm)

$s = 65 \text{ mm}$ および 120 mm の供試体に対して、考察を行う。

3.1 初期損傷の有無による変形特性の比較

図-4に示す荷重-変位曲線の除荷曲線および再載荷曲線を用いて、それぞれの開始点を同一の基準点として整理した(図-5(a)および(b)を参照)。これより、初期損傷を有している供試体の方が、除荷および再載荷

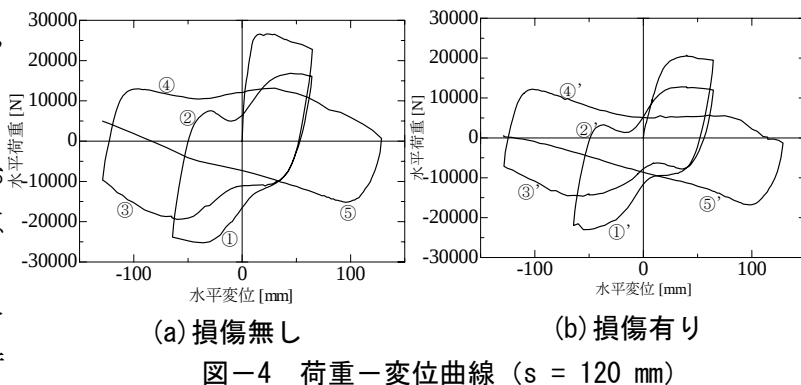


図-4 荷重-変位曲線 ($s = 120 \text{ mm}$)

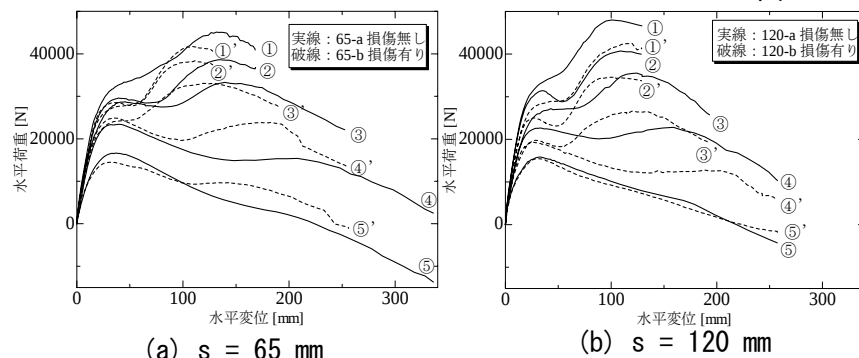


図-5 損傷の有無による荷重-変形曲線の比較

の開始点から小さな耐力レベルで座屈が生じていることが分かる。一方、座屈が生ずる変位のレベルは、除荷および再載荷の開始点からそれほど変化はなく、初期損傷の影響は見られないことが分かる。

3.2 損傷の有無による累積エネルギー量および破壊状況

図-6は、除荷および再載荷の開始時での累積エネルギー量(実験開始時から軸圧縮力および水平力により供試体に与えられる累積エネルギー)とその時点までの累積変位関係を示したものである。ただし、累積エネルギー量に関しては、 $s = 65 \text{ mm}$ および 120 mm の供試体ともに、初期損傷が有る場合には、初期損傷を与える載荷段階のエネルギー量を加えてある。図-6から分かるように、面外の損傷を受けた両供試体とも、損傷のない供試体の累積エネルギーと比較して大きなエネルギー吸収をしている。しかし、損傷後のエネルギー吸収量を比較すれば、面外の損傷を受けた場合には、損傷のない供試体の場合と比較して吸収エネルギー量は僅かながら低くなった。繰返し載荷終了時 ($-16\delta_y$) での初期損傷有りの供試体、無しの供試体では、主鉄筋の座屈形状の違い、方向の違いが顕著に表れている(写真-1を参照のこと)。被りコンクリートの剥離状態からも、初期損傷を受けた段階での「面外での損傷状態」および「主鉄筋のはらみ出し具合」が影響していると考えられる。

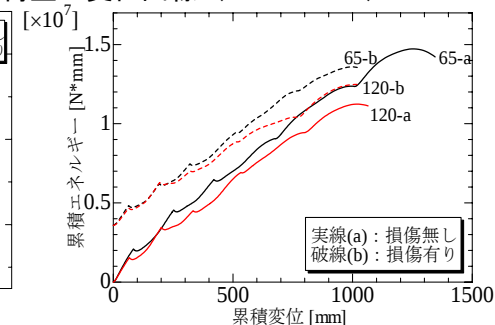


図-6 累積エネルギー-累積変位関係

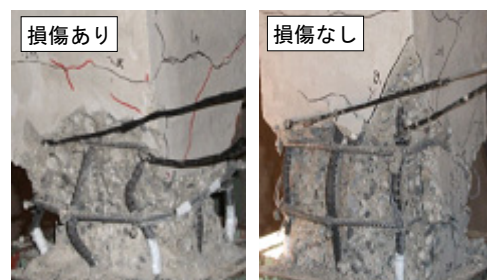


写真-1 繰返し載荷終了時 ($-16\delta_y$)
[$s = 65 \text{ mm}$]

4. あとがき

1) 主鉄筋の座屈が生ずる程度の初期損傷を面外方向に受けた場合には、面内の繰返し耐力の低減、初期の曲げ剛性の低減に大きな影響を与えることが分かった。それ以下の初期損傷の場合には、損傷のない場合と概ね同様の変形特性を呈した。

2) 面外の損傷を受けた場合の累積エネルギーは、損傷のない供試体のそれと比べて僅かながら小さくなる。

謝辞：本研究は科学研究費(基盤研究(C) 22560488 代表：水野英二)ならびに愛知工業大学耐震実験センターの研究助成により行った。ここに感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 亀田好洋・水野英二・鈴木森晶・梅原秀哲：一方向繰返し曲げを受ける鉄筋コンクリート柱の変形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.31, No.2, pp.139-144, 2009.7.