

面外方向に初期損傷を有する RC 柱の繰り返し変形特性に関する実験的研究

(株) 安部日鋼工業 正会員 ○北瀬昭平 大成ロテック (株) 正会員 杉山彰浩
 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

既往の研究¹⁾では、RC 柱の一方向繰り返し載荷実験を通して、変形特性や破壊進展などを考察してきた。一般に、地震時の橋脚などには、一方向のみではなく二方向から外力が作用する。それゆえ、本研究では、まず面外方向に初期損傷を与えた後に、RC 柱の一方向繰り返し載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」の影響について検証する。

2. 実験計画および実施載荷パターン

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 (図-1 に示す供試体断面を参照)、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 $s = 65, 90, 105$ および 120 mm でそれぞれ配筋した。また、初期損傷の有・無により計 8 体の供試体を作製した。

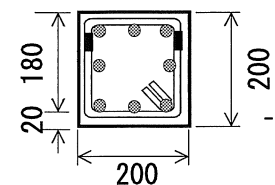


図-1 供試体断面図

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 供試体条件および材料定数一覧

横拘束筋 間隔 s [mm]	コンクリート 設計基準強度 40 [MPa]	軸方向筋 (D10)				横拘束筋 (D6)			鉛直軸力 [kN]	降伏変位 δ_y [mm]	降伏荷重 P_y [kN]	初期損傷 変位 [mm]	最大耐力 P_{max} [kN]
		降伏強度 [MPa]	引張強度 [MPa]	ヤング係数 [GPa]	降伏強度 [MPa]	引張強度 [MPa]	ヤング係数 [GPa]						
65	48.0	392.7	605.7	207.4	294.1	499.7	157.7	104.2	8.03	22.7	0	27.3	
	49.0	381.8	550.7	205.9	340.7	492.7	170.0	105.9	8.00	21.4	64	26.9	
90	49.7	392.7	605.7	207.4	294.1	499.7	157.7	107.5	7.94	21.5	25	26.5	
	49.7	392.7	605.7	207.4	294.1	499.7	157.7	107.5	7.94	22.4	50	25.8	
105	49.7	392.7	605.7	207.4	294.1	499.7	157.7	107.5	7.94	22.7	25	26.0	
	49.7	392.7	605.7	207.4	294.1	499.7	157.7	107.5	7.94	21.5	50	27.8	
120	48.0	392.7	605.7	207.4	294.1	499.7	157.7	104.2	8.03	22.3	0	26.4	
	48.0	392.7	605.7	207.4	294.1	499.7	157.7	104.2	8.03	22.8	64	26.6	

2.2 初期損傷載荷時および繰り返し載荷時における載荷パターン

本実験では、一方向曲げ載荷装置 (供試体を鋼製冶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) を使用し、実験を行う。図-2 に示すように、一定軸圧縮力 (ここでは、5%軸力比) 下で、あらかじめ面外方向に初期損傷を与えた後、損傷時とは別の載荷面 (面内方向) で繰り返し載荷 (以下、本載荷を擬似二軸曲げ載荷と称する。) を実施した。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、 $0 \rightarrow 50 \text{ mm} \rightarrow 0$ 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。また、面内の繰り返し載荷時における載荷パターンとしては、 $0 \rightarrow 8 \rightarrow 8 \rightarrow 8 \rightarrow 16 \rightarrow 16 \rightarrow 16$ ($\times \delta_y$) を設定した。表-1 には初期損傷時における変位を記し、図-3 には、一例として、 $s = 65$ mm 供試体の初期損傷載荷時における水平荷重-水平変位関係を示す。

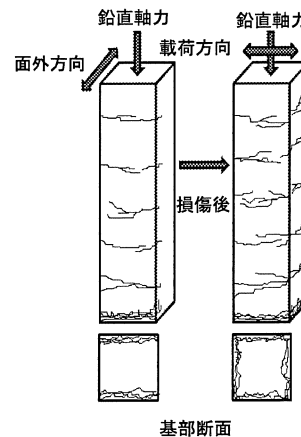


図-2 初期損傷を有する供試体の載荷方法

3. 実験結果・考察

本実験より得られた荷重-変位関係の除荷および再載荷曲線を用いて変形特性を考察する。図-4 は、一例として、 $s = 120$ mm (初期損傷無し) の供試体に対する荷重-変位関係を示したものである。なお、 $s = 90$ mm および 105 mm の供試体に対する擬似二軸曲げ載荷実験結果は、初期に与えた「損傷レベル」が小さかったため、荷重-変位関係に顕著な差異が見られなかった。よって本章では、初期損傷を与えた段階で軸方向筋に座屈が生じた、 $s = 65$ mm および 120 mm の両供試体における実験結果に対して、考察を行う。

3.1 軸方向筋座屈特性における初期損傷の影響

図-4 に示す荷重-変位関係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

キーワード: RC 柱, 初期損傷, 擬似二軸曲げ, 座屈特性, 変形特性

連絡先: 中部大学 都市建設工学科 〒487-8501 愛知県春日井市松本町 1200 番地 TEL 0568-51-4252

して整理した「荷重-変位曲線」を図-5 (a) および (b) に示す. これより, 初期損傷を有している供試体の方が, 除荷および再載荷曲線の開始点から低い耐力レベルにおいて軸方向筋に座屈が生じていることが分かる. 一方で, 座屈が生ずる変位のレベルは, 除荷および再載荷曲線の開始点からそれほど差異はなく, 初期損傷の影響は見られないことが分かる. また, 初期損傷の影響による耐力の低下具合にも両供試体での差異が見られた.

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エネルギーの総和) 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 の両供試体ともに, 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. 繰り返し載荷終了時 ($-16\delta_y$) の初期損傷有りの供試体および無し供試体では, 軸方向筋の座屈形状の違い, 座屈方向の違いが顕著に表れている (写真-1). 初期損傷を受けた段階での「面外での損傷状態」および「軸方向筋のはらみ出し具合」が影響していると考えられる.

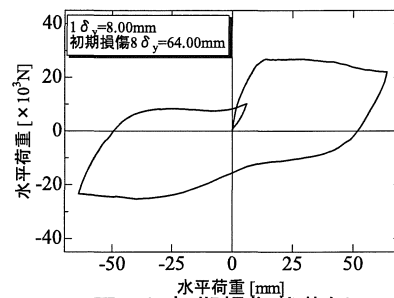


図-3 初期損傷載荷例 (s = 65mm)

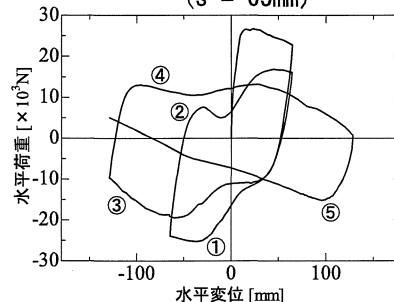


図-4 水平荷重-水平変位関係 (s = 120 mm 損傷無し)

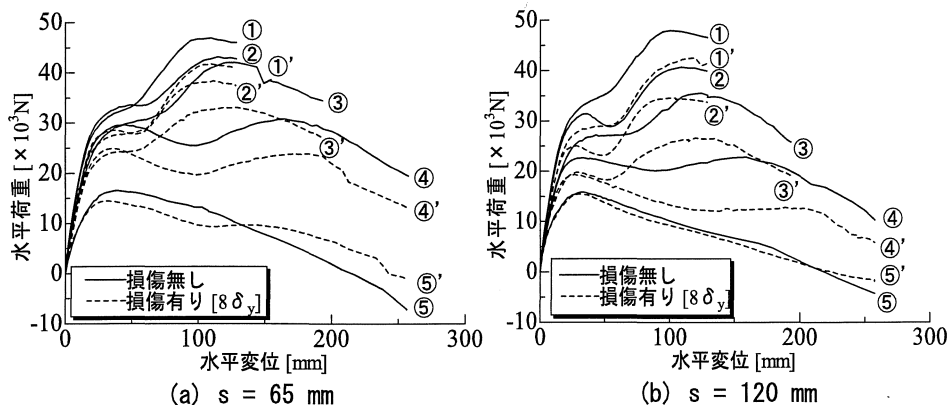


図-5 初期損傷の有無による荷重-変形曲線の比較

4. まとめ

- 1) 軸方向筋に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, 面内の繰り返し耐力の低減, 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变形特性を呈した.
- 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, 低くなる.

謝辞: 本研究は, 科学研究費基盤研究 (C) (22560488 代表: 水野), 中部大学特別研究費 (A) (代表: 水野) および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.

参考文献

- 1) 亀田好洋・水野英二・鈴木森晶・梅原秀哲: 一方向繰り返し曲げを受ける鉄筋コンクリート柱の变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.

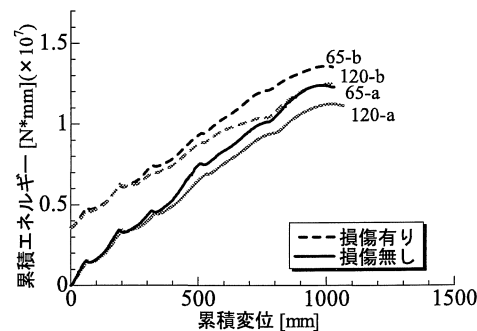


図-6 累積エネルギー-累積変位関係

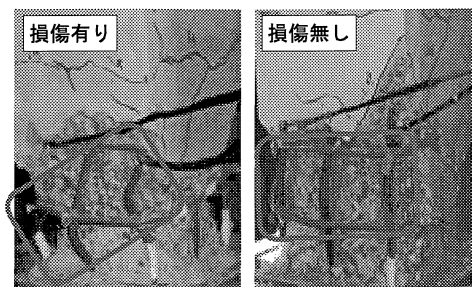


写真-1 繰り返し載荷終了時 ($-16\delta_y$) [s = 65 mm]