

二方向繰返し力を受ける RC 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 ○水野憲司
愛知工業大学 正会員 鈴木森昌

中部大学 学生会員 磯部友哉
中部大学 正会員 水野英二

1. はじめに

鉄筋コンクリート (RC) 柱の主鉄筋の座屈現象は、横拘束筋間隔、載荷履歴およびコンクリート強度で異なるため、そのメカニズムは明確になっていない。これまで、筆者らは横拘束筋間隔の異なる RC 柱を用いて一方向繰返し載荷実験を実施してきたが¹⁾、本研究では、一方向載荷実験結果と二方向載荷実験結果とを比較することにより、載荷方向の違いが RC 柱の変形性能に及ぼす影響について考察する。

2. 実験概要

2.1 供試体概要

本実験で使用し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 1000mm、せん断スパン比 5 を有する RC 柱供試体を用いた。供試体は曲げ破壊先行型となるように、主鉄筋には 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。なお、打設コンクリートの設計基準強度 $f_{ck} = 40\text{MPa}$ である。材料定数を表-1 に示す。

表-1 材料定数

横拘束筋間隔 s [mm]	コンクリート設計 基準・圧縮強度 [MPa]	主鉄筋 D10 (SD295A)		横拘束筋 D6 (SD295A)	
	40	降伏強度 [MPa]	引張強度 [MPa]	降伏強度 [MPa]	引張強度 [MPa]
65	52.68	382.8	550.7	338.4	491.8
90					
105					
120					

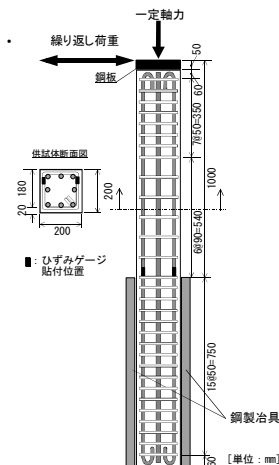


図-1 供試体配筋図

2.2 載荷装置および載荷履歴

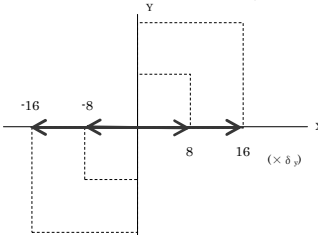
本実験では、写真-1 に示す載荷装置を用いて供試体を鋼製治具に挿入し、高力ボルトにより完全固定の条件になるように供試体を固定した。載荷形態として、図-2 に示すような一方向載荷および斜め方向載荷の二種類を採用した。すなわち、

- 1) 一方向載荷 $<0 \rightarrow +8\delta_y \rightarrow -8\delta_y \rightarrow +8\delta_y \rightarrow -16\delta_y \rightarrow +16\delta_y \rightarrow -16\delta_y>$
- 2) 斜め方向載荷 $<0 \rightarrow +4\delta_y \rightarrow -4\delta_y \rightarrow +8\delta_y \rightarrow -8\delta_y \rightarrow +8\delta_y \rightarrow -16\delta_y>$

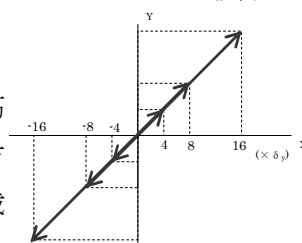
ここで、 δ_y は一方向載荷での引張側主鉄筋の初期降伏時における柱頭での水平変位（すなわち、主鉄筋のひずみが $2,000\mu$ に達した時の降伏変位）である。なお、斜め方向載荷は X 方向および Y 方向に対して同時に載荷した一方向載荷と比較して、斜め方向載荷では柱基部の損傷進展が速く、 $8\delta_y$ 以前で大きな損傷が生じることが予測されたため、 $4\delta_y$ での繰返し載荷も加えた。



写真-1 載荷装置



(a) 一方向載荷



(b) 斜め方向載荷

図-2 載荷履歴

3. 実験結果および考察

3.1 荷重-変位曲線の比較

一方向載荷と斜め方向載荷による変形挙動を比較するため、一例として、横拘束筋間隔 $s = 65$ mm の場合の水平荷重-水平変位関係を図-3 に示す。この図より、斜め方向載荷では次のような特徴が見られた。1) 最大耐力後の耐力の低減が大きい、2) 載荷方向が反転した後に生ずるピンチング挙動（およそ変位が 0 付近でみられる）がより顕著にみられる、3) 載荷方向が反転した後の徐荷曲線と再載荷曲線において、耐力の増加幅に違いがみられる。

3.2 コンクリートの破壊領域の比較

荷重 $<+8\delta_y \rightarrow -16\delta_y>$ 中の $-8\delta_y$ 時におけるコンクリートの破壊状況を写真-2に示す。写真-2(a)および(b)を比較すると、コンクリートの剥落した基部からの高さはどちらも130 mm程度であった。同様の傾向が $s = 120$ mmにも認められた。つまり、過去の研究¹⁾と同様に、一方向荷重でも斜め方向荷重でも損傷が荷重方向に集中し、コンクリートの破壊領域に対しては、荷重履歴や横拘束筋間隔 s の長さの影響は少ないと考える。一方で、写真-2(b)および(d)から分かるように、コアコンクリートの破壊に対しては横拘束筋間隔 $s = 65$ mmの方が $s = 120$ mmと比べて小さかった。

3.3 座屈形状の比較

$16\delta_y$ 時の主鉄筋の座屈状況(側面)を写真-3に示す。一方向荷重では、荷重面の3本とも同じ方向に同じ程度はらみ出している。座屈が生じている範囲は $s = 65$ mmでは、約130 mm、 $s = 120$ mmでは約120 mmである(写真-3(a)および(c)参照)。斜め方向荷重では、荷重方向に沿った隅角部の主鉄筋とその両隣の2本の主鉄筋に座屈が生じているが、その方向およびはらみ出しの程度は均一ではない。ただし、座屈が生じた範囲は一方向荷重と同程度であった(写真-3(b)および(d))。これは、一方向荷重では3本の主鉄筋に同程度の荷重が作用し、ほぼ同時に座屈が開始するが、斜め方向荷重では隅角部の1本の主鉄筋に極端に大きな荷重が作用するため、座屈の開始に差が生じる。結果として、ピンチング挙動がより顕著に現れたと考えられる。

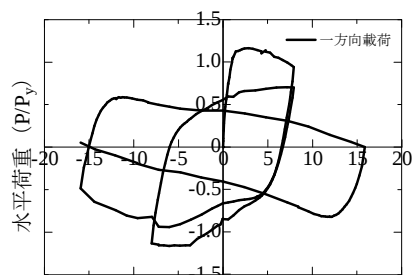
4. 結論

- 1) 斜め方向荷重では、抵抗する主鉄筋およびコンクリートが少ないため、早期に座屈が生ずるとともに、損傷の進展が速い。
- 2) 斜め方向荷重では、座屈の進展に時間差があると考えられ、そのため損傷の進展が速いと思われる。
- 3) コンクリートの破壊領域の大きさは、主に横拘束筋間隔の違いによる影響が大きく、荷重履歴の違いによる影響は小さいことが確認できた。
- 4) 主鉄筋の座屈範囲は、荷重方向によらずほぼ同じ長さであったが、個々の鉄筋のはらみ出し量やはらみ出す方向には違いがみられた。

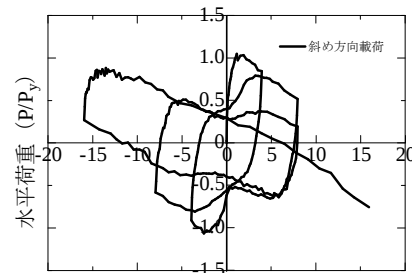
謝辞：本研究は科学研究費（基盤研究（C）22560488 代表：水野英二）ならびに愛知工業大学耐震実験センターの研究助成により行った。ここに感謝の意を表す。

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. 8.

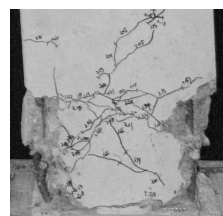


水平変位 (δ/δ_y)
(a) 一方向荷重 $s = 65$ mm

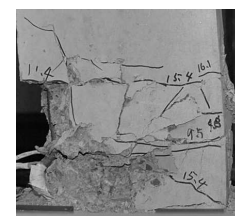


水平変位 (δ/δ_y)
(b) 斜め方向荷重 $s = 65$ mm

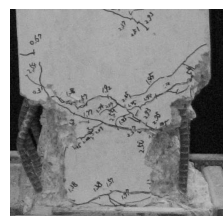
図-3 水平荷重-水平変位



(a) 一方向荷重
 $s = 65$ mm (文献 1)



(b) 斜め方向荷重
 $s = 65$ mm



(c) 一方向荷重
 $s = 120$ mm (文献 1)



(d) 斜め方向荷重
 $s = 120$ mm

写真-2 荷重 $<+8\delta_y \rightarrow -16\delta_y>-8\delta_y$ 時の状況



(a) 一方向荷重
 $s = 65$ mm (文献 1)



(b) 斜め方向荷重
 $s = 65$ mm



(c) 一方向荷重
 $s = 120$ mm (文献 1)



(d) 斜め方向荷重
 $s = 120$ mm

写真-3 $+16\delta_y$ 時の座屈状況(側面)