

繰り返し曲げを受ける RC 柱の座屈挙動を考慮した変形特性に関する一考察

愛知工業大学 正会員 ○ 鈴木森晶

名古屋工業大学 学生会員 亀田好洋 中部大学 正会員 水野英二

1. はじめに

これまでに筆者らが実施した実験結果から、「降伏変位の 8 倍以上」の荷重履歴を受ける RC 柱部材の変形特性には「軸方向筋の座屈挙動」が支配的な影響を及ぼすという知見を得た¹⁾。本研究では、文献 2) での繰り返し曲げ実験結果を基に、「除荷点ならびに再載荷点を基準とした荷重-変位曲線 (以下、荷重-変位曲線)」を整理して、軸方向筋の座屈に着目した RC 柱部材の変形特性に関する考察を行う。

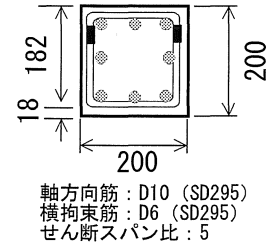


図-1 供試体断面図

2. 実験ならびに供試体概要

本研究で用いた供試体は、図-1 で示すような断面形状を有し、「コンクリート強度 f_{ck} (20, 40 および 60 MPa の 3 水準)」および「横拘束筋間隔 s (35, 50, 65, 90, 105, 120 および 150 mm の 7 水準)」を有する (表-1 参照)。荷重パターンとして、変位 $0 \text{ mm} \rightarrow \pm 1 \delta_y$ (1 または 2 サイクル) $\rightarrow \pm 2 \delta_y$ (1 または 2 サイクル) $\rightarrow \pm 4 \delta_y$ (2 サイクル) $\rightarrow \pm 8 \delta_y$ (1 サイクル) $\rightarrow \pm 16 \delta_y$ (1 サイクル) \rightarrow 荷重 0 kN である。ここで、「 δ_y 」は初期荷重引張側の軸方向筋の軸ひずみが $2,000 \mu$ に達したときの水平変位をいう。また、仮想上部工重量として「累加軸耐力の 5% 相当」を鉛直ジャッキにより荷重した。

表-1 供試体ケース・材料定数一覧

横拘束筋間隔 s [mm]	コンクリート			軸方向筋 (平均)		横拘束筋 (平均)	
	設計・圧縮強度 [MPa]	降伏強度 [MPa]	引張強度 [MPa]	降伏強度 [MPa]	引張強度 [MPa]		
35	19.5	46.7	71.0	351.0	519.0	315.1	512.4
50	24.0	46.7	71.0				
65	18.5	43.6	61.8				
90	24.0	40.5	61.8				
105	25.8	39.8	59.2				
120	19.5	43.6	59.7				
150	25.8	40.5	59.7				

3. 実験結果および考察

文献 2) で報告した荷重実験から得た「水平荷重-水平変位関係」の一例を図-2 に示す。図中の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が、図-3 に示す「荷重-変位曲線」である。なお、以下、文中の「最大限界耐力」は供試体の最大耐力、「限界耐力」は各除荷および再載荷曲線での最大耐力を意味する。

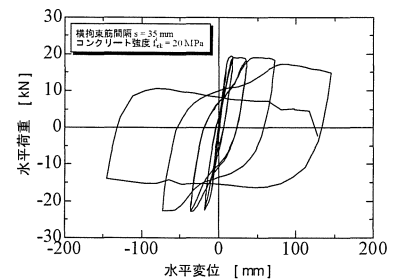


図-2 水平荷重-水平変位関係

図中の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が、図-3 に示す「荷重-変位曲線」である。なお、以下、文中の「最大限界耐力」は供試体の最大耐力、「限界耐力」は各除荷および再載荷曲線での最大耐力を意味する。

3.1 除荷点ならびに再載荷点を基準とした荷重-変位曲線

本節では、 $f_{ck} = 20$ および 60 MPa , $s = 35$ および 150 mm を有する供試体の実験結果を採り挙げ、考察する。図-3 より、柱基部のかぶりコンクリートが圧壊し、鉄筋のはらみ出しが助長される $8 \delta_y$ (図-3 (a) ~ (d) : ⑭) に示す、およそ 150 mm 前後) までは、限界耐力を迎えたのち、耐力が直線的に低下する傾向が見られる。この傾向はコンクリート強度の違いによる影響は受けるものの、横拘束筋間隔に関わらず、概ね一致した傾向を示す。しかし、横拘束筋間隔 $s = 150 \text{ mm}$ の供試体では、 $-8 \delta_y$ から $+16 \delta_y$ への荷重過程 (図-3 (b) と (d) : ⑮) において、「座屈の発生により耐力が低下したのち、再度、コアコンクリートの抵抗により上昇する」挙動を呈する。最終ループでは、限界耐力を迎えた後に、基部周辺の鉄筋の塑性ヒンジ化によって一定の割合で耐力が低下する傾向が見られる。

3.2 限界曲線の勾配-横拘束筋関係

ここでいう「限界曲線」とは、3.1 で示した荷重-変位曲線における包絡線のことを意味し、本節ではその最大限界耐力以降の下降勾配について考察する。荷重-変位曲線から得た「限界曲線の勾配-横拘束筋関係」を図-4 に示す。図中には、柱基部に形成される塑性ヒンジの挙動に近似していると考えられる最終ループの限界耐力以降の下降勾配 (図中の●と■) についても示す。図より、コンクリート強度が高い供試

体の方が、限界曲線の勾配が大きくなっていることがわかる。しかし、若干の差異はあるものの、概ね同じ値を示していることから、横拘束筋間隔の違いが与える影響はさほどないと考える

3.3 軸方向筋座屈時の「水平荷重－累積吸収エネルギー」関係

本節では、座屈発生後の荷重－変位曲線(図-5)に示すように、異なる3点の「耐力」と当該ループの開始点での累積吸収エネルギーとの関係について考察する。一例として、 $f_{ck} = 20 \text{ MPa}$ の供試体の実験結果から得た「水平荷重－累積吸収エネルギー関係」を図-6に示す。横拘束筋間隔 $s = 35 \sim 90 \text{ mm}$ を有する供試体では、座屈発生後の耐力低下が小さく延性的な挙動を呈するため、累積吸収エネルギーは大きくなる。しかし、横拘束筋間隔が大きい $s = 105 \sim 150 \text{ mm}$ を有する供試体では、軸方向筋の座屈発生後の耐力が脆性的に低下することから、累積吸収エネルギーは増加しないことが分かる。この点に対しては、横拘束筋間隔の違いが与える影響が大きいと考える。

4. まとめ

本研究では、文献2)での載荷実験結果を基として、除荷点ならびに再載荷点を基準とした荷重－変位曲線を基に、RC柱部材の変形特性に関する考察を行った。

- (1) 最大限界耐力近傍までの挙動に対してはコンクリート強度の違いによる影響が大きいことを確認した。
- (2) 一方で、最大限界耐力以降、とくに軸方向筋の座屈以降の変形特性には横拘束筋間隔の違いによる影響が大きいことを確認した。

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：繰返し力を受けるRC柱の破壊領域での主鉄筋座屈性状に関する研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.32, No.2, pp.151 - 156, 2010.7.
- 2) 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.

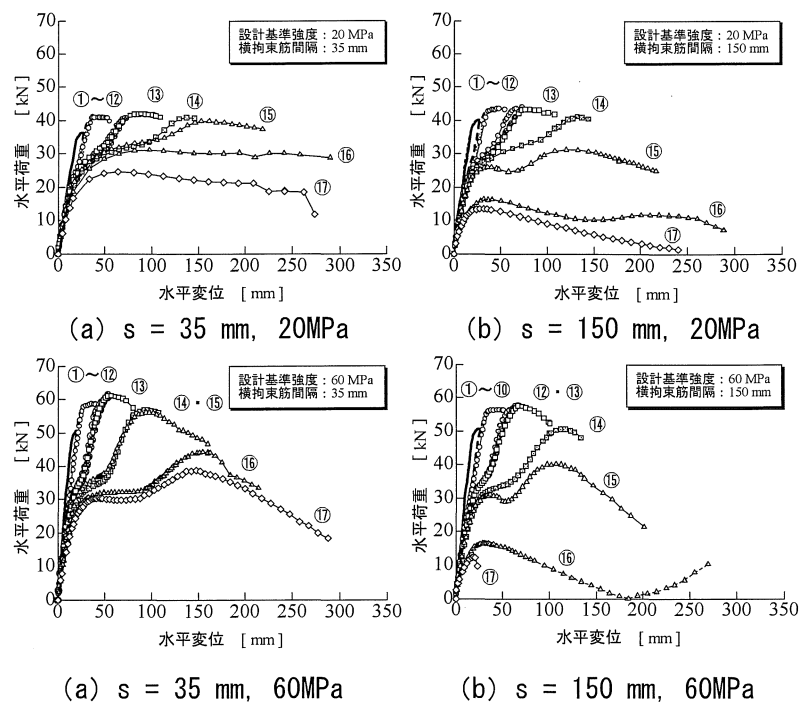


図-3 荷重－変位曲線

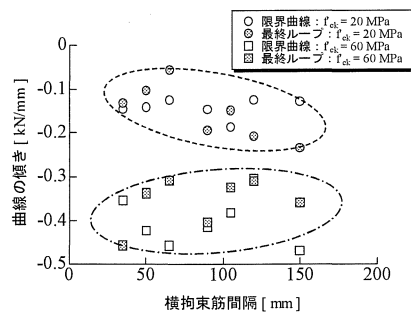


図-4 曲線勾配－横拘束筋間隔

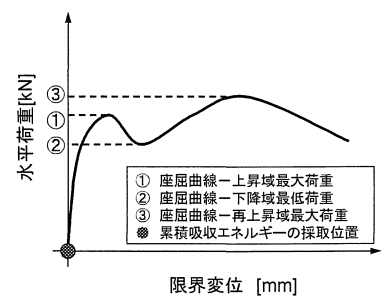


図-5 荷重等の採取位置

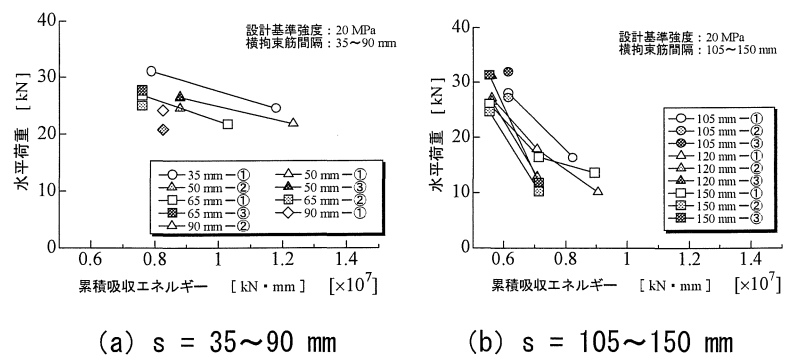


図-6 座屈後の水平荷重－累積吸収エネルギー ($f_{ck} = 20 \text{ MPa}$)