

繰り返し力を受ける RC 柱の破壊領域での変形特性に関する実験的研究

愛知工業大学 ○学生会員 武井啓晃 名古屋工業大学 学生会員 亀田好洋
 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

繰り返し力を受ける鉄筋コンクリート (RC) 柱部材の破壊領域での変形特性は、一般に、1) かぶりコンクリートの剥落ならびにコアコンクリート部分の圧縮破壊, 2) 主鉄筋の座屈発生¹⁾, などの観点から検討される。本研究では、RC 柱に対する繰り返し曲げ載荷実験を実施し、破壊領域での変形特性について、主鉄筋の座屈ならびにエネルギー吸収の観点から検証した。

2. 実験概要

2.1 供試体概要

本研究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 1000 mm, 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。なお、基部から 400mm 区間は、かぶりコンクリート無しの供試体も作製した。ここで、材料試験より得られた材料定数を表-1 に示す。

表-1 材料定数一覧

| 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 | | 横拘束筋 | |
|-----------------------|---------------------------|-------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | 40 | | 降伏強度 [MPa] | 引張強度 [MPa] | 降伏強度 [MPa] | 引張強度 [MPa] |
| | かぶり有り | かぶり無し | | | | |
| 65 | | | | | | |
| 90 | 39.7 | 33.4 | 327.9 | 452.2 | 325.7 | 422.5 |
| 105 | | | | | | |
| 120 | | | | | | |

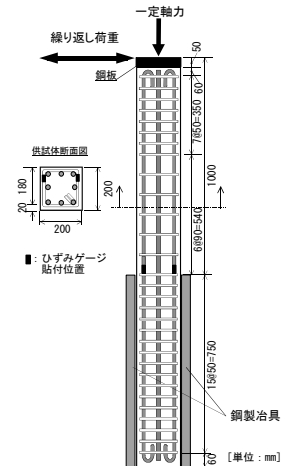


図-1 供試体配筋図 (かぶり有り)

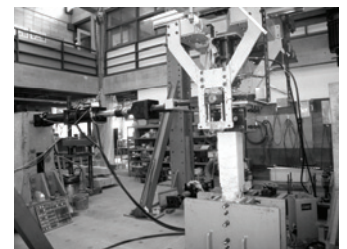


写真-1 載荷実験装置

2.2 載荷装置および載荷パターン

本研究では、写真-1 に示すような載荷装置を用い、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。載荷パターンとして、以下のような 2 水準を設定した。

かぶり有り供試体の場合 : $0 \rightarrow 8 \rightarrow -8 \rightarrow 8 \rightarrow -16 \rightarrow 16$ ($\times \delta_y$) (図-2 参照.)

かぶり無し供試体の場合 : $0 \rightarrow 8 \rightarrow -8 \rightarrow 16 \rightarrow -16 \rightarrow 16$ ($\times \delta_y$)

$8\delta_y$ までの初期載荷の理由としては、文献 2) にあるように、 $8\delta_y$ から鉄筋のはらみ出しによる差異が出ることによる。なお、図中の「 δ_y 」は部材降伏時の変位を示し、かぶり有りの供試体では、文献 2) を参考に、 $\delta_y = 8.30$ mm とした。かぶり無しの供試体は、主鉄筋が降伏 (降伏ひずみ $\epsilon_y = 1,900\mu$) した際の水平変位 δ_y を、それぞれ採用した (表-2 参照)。

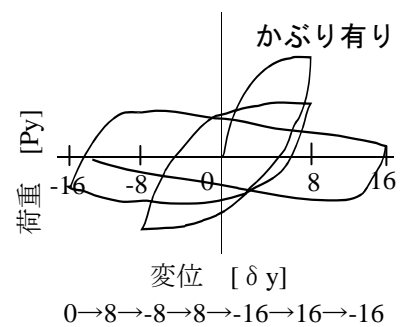


図-2 載荷パターン

3. 実験結果及び考察

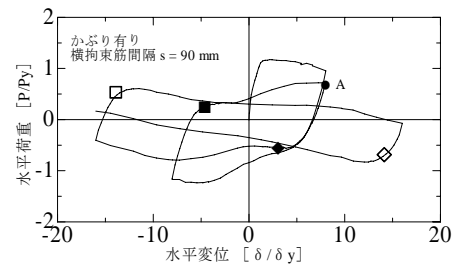
3.1 水平荷重-水平変位関係

横拘束筋間隔 $s = 90$ mm の場合を例に取り、水平荷重-水平変位関係を図-3 に示す。図中、圧縮側面の主鉄筋座屈開始時点を■と□で示し、引張側面の主鉄筋座屈開始時点を◆と◇で示す。黒塗り記号は第 1 ループ、白塗り記号は第 2 ループでの開始時点を示す。ここで、圧縮 (引張) 側面とは、初期載荷 ($0 \rightarrow 8\delta_y$) において、圧縮 (引張) 領域となる面

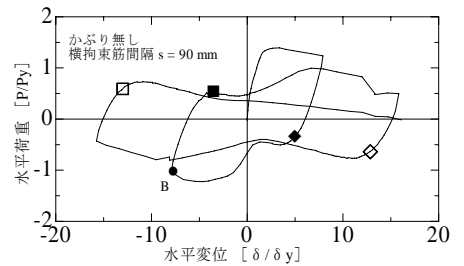
表-2 部材降伏時の水平荷重および水平変位の一覧

| 横拘束筋間隔 s [mm] | かぶり有り | | かぶり無し | |
|-----------------------|----------------------|-----------------|----------------------|-----------------|
| | 降伏変位 δ_y [mm] | 降伏荷重 P_y [kN] | 降伏変位 δ_y [mm] | 降伏荷重 P_y [kN] |
| 65 | | 20.5 | 7.88 | 13.5 |
| 90 | 8.30 | 20.2 | 7.49 | 14.2 |
| 105 | | 20.4 | 7.60 | 14.5 |
| 120 | | 22.0 | 7.34 | 12.9 |

である。図より、かぶりの有無で異なる履歴が見られた。すなわち、(1) 座屈発生箇所での湾曲に違いが見られる。(2) かぶり有りの場合 (図-3(a)参照)、例えば、 $-16\delta_y \rightarrow 16\delta_y$ の荷重パスでは、点 A を目指すことなく荷重が低下している。一方、かぶり無しの場合 (図-3(b)参照)、同じ荷重パスである $16\delta_y \rightarrow -16\delta_y$ では、過去の最大点である点 B を目指すような挙動を示している。どちらも主鉄筋座屈を生じた後の履歴であるが、これはかぶりの有無に起因するものと考えられる。かぶりが有る場合と無い場合とでは、破壊領域に差があるため、座屈長に差が生じる。つまり、かぶりが有る場合には、破壊領域での主鉄筋およびコアコンクリートの損傷がより顕著である。そのため、過去の最大荷重点を目指さなかった。かぶり無しの場合には、主鉄筋の座屈長は長くなるが、コアコンクリートの破壊領域が限定的である。そのため、過去の最大荷重点を目指すような挙動を示した。



(a) かぶり有り s=90mm



(b) かぶり無し s=90mm

図-3 水平荷重—水平変位関係

3. 2 吸収エネルギー—累積変位関係

吸収エネルギー—累積変位関係を図-4に示す。ここで、吸収エネルギーとは、柱頂部に作用する荷重により柱に入力される外力エネルギーの総和であり、一方、累積変位量とは、柱頂部の変位量の軌跡である。なお、図中、累積変位量は柱頂部の降伏変位 δ_y で無次元化してあり、吸収エネルギー量は実数値である。図-4から分かるように、いずれの供試体もかぶり有りの場合の方がかぶりコンクリートが剥落するのに必要なエネルギー分だけ概ね高い値となっている。また、横拘束筋間隔 s が大きくなるに従い、吸収エネルギーは小さくなる。破壊状況 (写真-2) を比較すると、かぶり有りの場合は基部コンクリートの破壊が顕著であった。

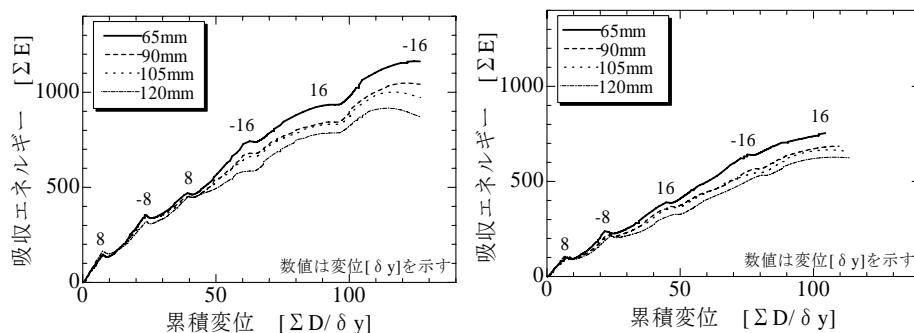


図-4 吸収エネルギー—累積変位関係

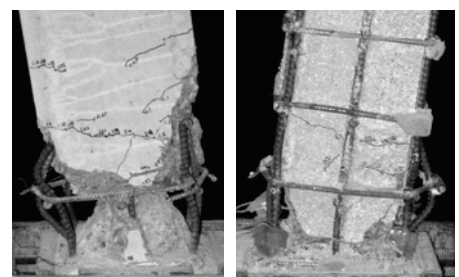


写真-2 実験終了時の破壊状況
s=90mm (a) かぶり有り (b) かぶり無し

写真-2 実験終了時の破壊状況

4. 結論

- 1) かぶりの有無に関わらず、主鉄筋に座屈が生ずると耐力が低下した。
- 2) かぶり無しの場合、過去の最大荷重点を目指すような履歴挙動を示すが、かぶり有りの場合は最大荷重点を目指すことなく耐力が低下した。
- 3) かぶり有りの供試体では、かぶりコンクリートが剥離する分だけ高い吸収エネルギー量となった。
- 4) かぶりの有無に関わらず横拘束筋間隔 s が大きくなるに従い、吸収エネルギーは小さくなった。

謝辞：本研究は、中部大学総合工学研究所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) 島弘・伊藤圭一・水口裕之：曲げ破壊型 RC 橋脚における鉄筋座屈モデルによる靱性解析，コンクリート工学年次論文集, Vol.12-2, pp.741-746, 1990.
- 2) 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