

横拘束条件が異なる RC 柱の繰り返し载荷下での変形特性に関する実験的研究

中部大学 学生会員 ○杉山彰浩 中部大学 学生会員 北瀬昭平
 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

繰り返し曲げを受ける鉄筋コンクリート (RC) 柱の変形性能に大きな影響を与える要因として、1) 横拘束筋間隔、2) 配筋量および3) 载荷形態が挙げられる¹⁾。本研究では、横拘束筋および鋼板などによる横拘束条件の異なる RC 供試体を用いて、ポストピーク領域にまで及ぶ耐力特性を実験的な観点から検証した。

2. 実験概要

2.1 供試体概要

本実験では、横拘束条件の異なる RC 供試体を使用した。一つは、図-1 に示す、柱有効高さ 1,000 mm、断面寸法 200×200 mm、せん断スパン比 5 を有する供試体 (N1~N4) である。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。一つは、形状および主鉄筋の配筋は同じであるが、横拘束筋の代わりに鋼板により拘束した供試体である。

鋼板を用いた RC 供試体では横拘束筋を有する RC 供試体と鋼材量を等しくするため、鋼板厚さ 0.4 mm (横拘束筋間隔 65 mm に等価) と 0.24 mm (横拘束筋間隔 120 mm に等価) の 2 種類の RC 供試体 (P1, P2) を用いた。打設コンクリートの設計基準強度は $f_{ck} = 40$ MPa である。6 供試体を用いて実験を実施した。また、材料試験より得られたデータ材料定数を表-1、横拘束筋間隔、鋼板ごとの降伏変位、降伏荷重および最大耐力を表-2 に示す。

2.2 载荷装置および载荷パターン

供試体を鋼製治具に挿入し、柱下部を高力ボルトにより完全固定して、写真-1 に示すような载荷装置にて実験を行った。0→8→8→8→16→16→16 ($\times \delta_y$) の繰り返し载荷パターンを設定した。

表-1 供試体ケースおよび材料定数 [単位: MPa]

拘束方法	間隔/板厚 [mm]	供試体略称	コンクリート圧縮強度	主鉄筋: D10		横拘束筋: D6	
				降伏強度	引張強度	降伏強度	引張強度
横拘束筋	65	N1	39.7	328	452	326	423
	90	N2					
	105	N3					
	120	N4					
鋼板	0.4	P1	40.9				
	0.24	P2					

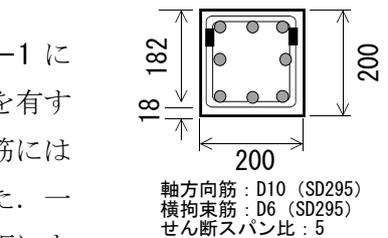


図-1 供試体断面図



写真-1 载荷実験装置

表-2 载荷実験から得た諸数

供試体ケース	降伏変位 δ_y [mm]	降伏荷重 P_y [kN]	最大耐力 P_{max} [kN]
N1	8.31	20.5	23.9
N2	8.35	20.2	23.7
N3	8.24	20.4	24.7
N4	8.05	22.0	27.6
P1	10.06	26.8	31.2
P2	5.24	17.5	29.2

3. 実験結果および考察

3.1 除荷点および再载荷点を基準とした荷重-変位曲線

一例として、横拘束筋間隔 $s = 65$ mm および鋼板 (鋼板厚さ: 0.4 mm) により拘束した RC 柱供試体の荷重-変位曲線を図-2 に示す。6 本の供試体に対する荷重-変位曲線を考察すると、横拘束筋間隔の違いによる最大耐力 (24.3 kN~28.1 kN) および鋼板厚さの違いによる最大耐力 (29.8 kN~31.8 kN) の差異はそれほど認められないが、鋼板巻き供試体の方が大きな耐力を有することが分かる。

さらに、図-2 の荷重-変位曲線の除荷曲線および再载荷曲線の開始点を基準として整理した結果を図-3 に示す。図中の①, ③, ⑤は除荷曲線, ②, ④は再载荷曲線を表し、数字の大きなものほど高変位レベルでの曲線を意味する。図-3 を考察すれば、各曲線の開始点から低変位のレベルにおいては、横拘束筋間隔が

大きいほど、また鋼板が薄いほど、座屈の発生時期および耐力低下が早期に見られる。高変位レベルにおいては、座屈発生後のカーブに大きな差異が見られ、供試体 N1~N4 では座屈発生後 (図-3 (a) および (b) の④曲線以降) の荷重-変位関係は右下がりの曲線を呈し、耐力が低下する。一方、供試体 P1 および P2 では座屈発生後 (図-3 (c) および (d) の④曲線以降) の荷重-変位曲線の勾配がより緩やかになる。これは、鋼板の内部コンクリートへの拘束効果が発揮されるため、急な耐力の低下を抑制することによる。

3.2 累積吸収エネルギーと座屈発生点での耐力との関係

N1~N4 供試体および P1 および P2 供試体に対して、座屈発生点を生ずる除荷曲線および再載荷曲線の開始点での累積吸収エネルギーと座屈発生点での耐力との関係を図-4 に示す。図-4 に示すように P1 および P2 供試体の方が N1~N4 供試体と比べ、座屈が発生するまでに大きな耐力を発揮する。また、鋼材量が等しい、供試体 N1 ($s = 65 \text{ mm}$) と供試体 P1 (鋼板厚さ 0.4 mm)、供試体 N4 ($s = 120 \text{ mm}$) と供試体 P2 (鋼板厚さ 0.24 mm) の初期座屈発生点を生ずる除荷曲線 (図中の①, ③, ⑤) および再載荷曲線 (図中の②, ④) の開始点での累積吸収エネルギー量を比べるとともに 1.5 倍となり、P1 および P2 鋼板巻き供試体の方が吸収エネルギー量は高い。

4. 結論

(1) 低変位のレベル ($0 \rightarrow 8 \delta_y$) において、

横拘束筋間隔が大きいほど、また鋼板が薄いほど、座屈の発生時期および耐力低下が早期に見られる。高変位レベル ($16 \delta_y \rightarrow 16 \delta_y$) では P1 および P2 供試体の荷重-変位曲線の勾配が N1~N4 供試体のそれと比べより緩やかになる。

(2) 初期座屈発生点を生ずる除荷曲線および再載荷曲線の開始点での累積吸収エネルギー量を比べると供試体 (P1 および P2) の方が吸収エネルギー量は高い。また、ポストピークにまで及ぶ耐力は、供試体 (N1 ~N2) より供試体 (P1 および P2) が大きい。

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) 水野英二・鈴木森晶・亀田好洋：繰り返し曲げを受ける鉄筋コンクリート柱の破壊領域における変形特性に関する実験的研究, 総合工学 第22巻 2010.

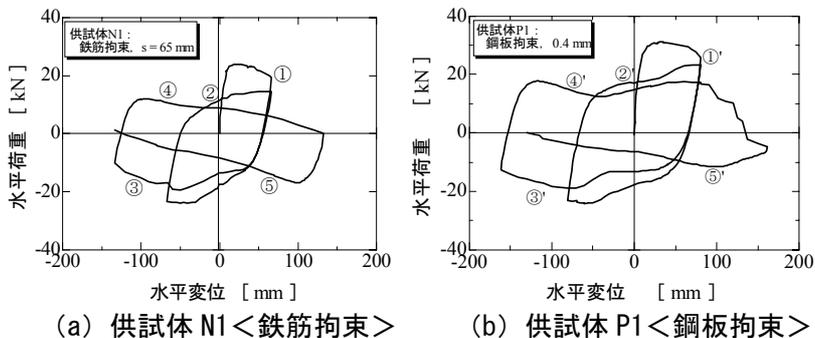


図-2 水平荷重-水平変位関係 (一例)

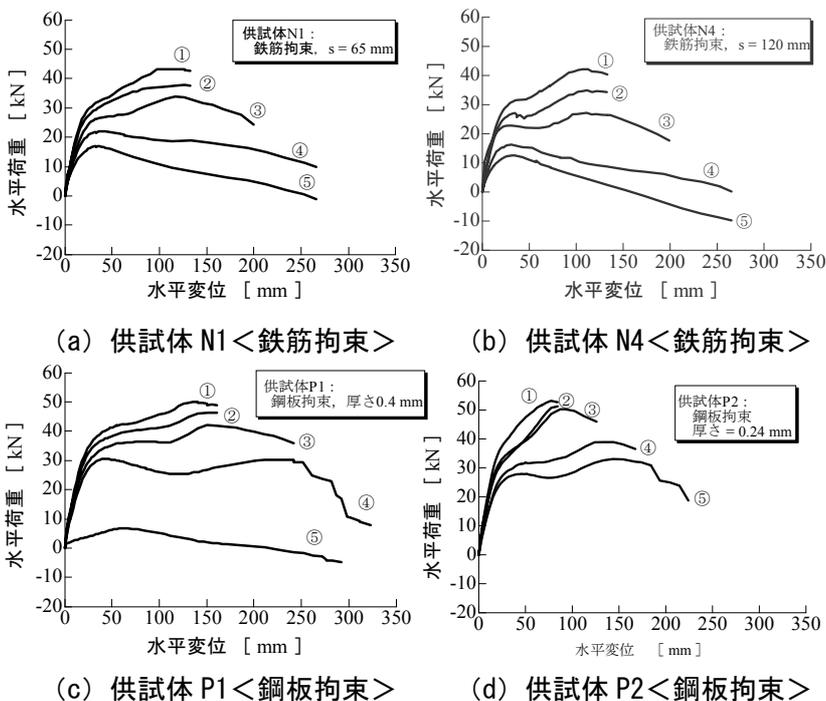


図-3 荷重-変位曲線

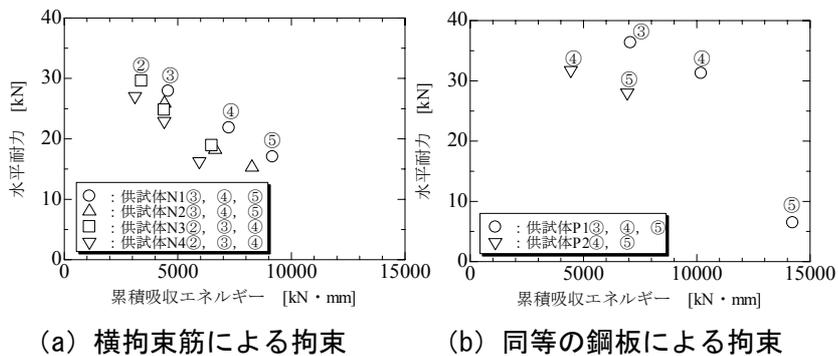


図-4 累積吸収エネルギーと座屈後の耐力との関係