

異なる荷重装置による RC 柱の二方向繰返し曲げ変形挙動の比較・検討

愛知工業大学 学生会員 ○水野憲司 愛知工業大学 学生会員 永谷勇樹
愛知工業大学 正会員 鈴木森昌 中部大学 正会員 水野英二

1. はじめに

これまで、筆者らは横拘束筋間隔の異なる鉄筋コンクリート (RC) 柱を用いて繰返し二方向荷重実験を実施してきた¹⁾。本研究では、異なる二方向荷重実験装置で実施した RC 柱の実験結果を比較することにより、繰返し曲げ変形挙動の比較・検討を行う。

2. 実験概要

2.1 供試体

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 1,000 mm、せん断スパン比 5 を有する RC 供試体を用いた。供試体は曲げ破壊先行型となるように、軸方向筋には 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。なお、打設コンクリートの材料定数を表-1 および表-2 に示す。

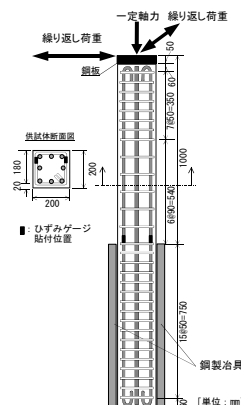


図-1 供試体配筋図

表-1 材料定数 (愛知工業大学)

横拘束筋間隔 s [mm]	コンクリート 設計基準・圧縮強度 [MPa]	降伏 変位 [mm]	軸方向筋 D10 (SD295A)		横拘束筋 D6 (SD295A)	
			降伏 強度 [MPa]	引張 強度 [MPa]	降伏 強度 [MPa]	引張 強度 [MPa]
65	52.7	7.70	383	551	338	561
90		8.60				
105		8.80				
120		6.45				

表-2 材料定数 (中部大学)

横拘束筋間隔 s [mm]	コンクリート 設計基準・圧縮強度 [MPa]	降伏 変位 [mm]	軸方向筋 D10 (SD295A)		横拘束筋 D6 (SD295A)	
			降伏 強度 [MPa]	引張 強度 [MPa]	降伏 強度 [MPa]	引張 強度 [MPa]
65	62.6	5.35	342	519	373	583
90	63.9					
105	63.9					
120	60.7					

2.2 荷重装置および荷重履歴

本研究では、2種類の荷重装置を用いた。愛知工業大学で用いた荷重装置を写真-1に示す。装置は、中心に直径 100 mm の芯を配置し、中間部に鉛直軸周りおよび水平軸周りに回転することのできる部品を二方向 (X 軸方向および Y 軸方向) アクチュエータの先端にそれぞれ取り付ける。本装置の特徴は、供試体の中心部に荷重をするため、柱にねじれ回転角を生じない。一方、中部大学で用いた荷重装置を写真-2に示す。水平二方向の荷重点を同じ高さに取り、二方向アクチュエータを取り付け、可動式の鉛直ジャッキを用いて荷重を行なった。荷重点と供試体の中心点が離れているため、柱の変形が大きくなるとねじれ回転角が生ずる、本実験での斜め荷重では大きな影響はなかった。



写真-1 荷重装置
(愛知工業大学)

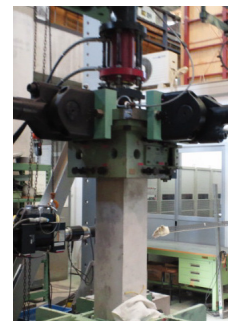


写真-2 荷重装置
(中部大学)

両荷重装置とも固定部分は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。荷重形態として、図-2に示す、斜め荷重を採用した。荷重パターンとして $<0 \rightarrow +4\delta_y \rightarrow -4\delta_y \rightarrow +8\delta_y \rightarrow -8\delta_y \rightarrow +8\delta_y \rightarrow -16\delta_y \rightarrow +16\delta_y>$ の繰返し荷重を行った。ここで、 δ_y は一方向荷重での引張側軸方向筋の初期降伏時における柱頭での水平変位 (本実験では、軸方向筋のひずみが $2,000 \mu$ に達した時の降伏変位) である。それらの値は、表-1 および表-2 に記してある。なお、5%一定軸力を荷重した。

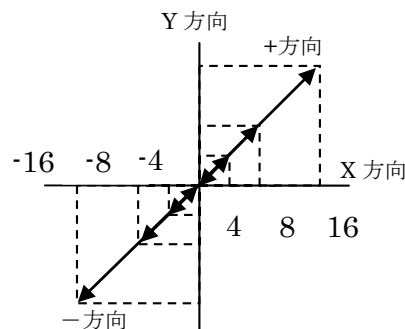


図-2 荷重履歴 (斜め荷重)

3. 実験結果の比較・考察

3.1 荷重 - 変位曲線

一例として、両載荷装置による実験によって得られた、 $s = 65 \text{ mm}$ の荷重 - 変位曲線を図-3に示す。両実験の供試体は材料強度に差異があるため、降伏変位が異なり、履歴曲線に

違いが見られる。そのため、図-3の変形挙動を比較・検証するため、履歴曲線の荷重および変位を最大耐力およびそのときの変位でそれぞれ無次元化し、除荷曲線および再載荷曲線の開始点を原点として同じ象限に整理した結果を図-4に示す。図中、細線は中部大学、太線は愛知工業大学での実験データに基づいた結果である。また、図-4に示した各曲線に付属した数字は、除荷/再載荷開始時における累積エネルギー量である。

これより、繰り返し曲げによる除荷/再載荷曲線の劣化→鉄筋座屈→終局に至る進展挙動には大きな差異はないことが分かる。しかし、コンクリート強度に違いがあるため、愛知工業大学でのコンクリート強度の低い実験データでは、小さい累積エネルギー量でも荷重 - 変位曲線の劣化が早く、座屈も早期に生じ易いこと分かる。ただし、コンクリートの劣化が終了して柱基部の破壊領域が軸方向筋のみの構造体になる段階では、概ね同じ累積エネルギー量となる。他の3供試体についても同様の傾向が見られた。以上より、ねじれ回転角が大きいレベルでは、両載荷装置により得られたRC柱の変形挙動には妥当性・信憑性があると考えられる。

3.2 破壊状況の比較

$-4\delta_y$ および $-8\delta_y$ における破壊状況(図-2におけるX軸に垂直な面での破壊状況)を写真-3および写真-4に示す。コンクリート強度が異なるため、それぞれの柱基部の破壊進展に違いが見られる。コンクリート強度が低い供試体(愛知工業大学での供試体)では、 $-4\delta_y$ の段階で基部とその上の横補強筋の箇所に曲げひび割れの他にせん断ひび割れが生じている。一方、コンクリート強度の高い供試体(中部大学での供試体)では、同じ状況が $-8\delta_y$ の段階で生ずる(写真-4(b))。

4. まとめ

- 1) 本研究で用いた載荷装置は、繰り返し曲げによる劣化→鉄筋座屈→終局に至る進展挙動に対して、妥当な結果を得ることが分かった。
- 2) 中部大学の載荷装置では、ねじれの影響が小さい場合には、愛知工業大学の載荷装置と同様の結果を得ることが可能である。
- 3) コンクリート強度により耐力の低下率および破壊進展に違いが生ずることを確認した。

謝辞：本研究は、科学研究費(基盤研究(C) 22560488 代表：水野英二)、中部大学特別研究費(A)(代表：水野英二)および愛知工業大学耐震実験センターの研究助成を受けた。ここに感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 鈴木森晶, 水野英二: 二方向繰り返し力を受けるRC柱の載荷履歴が変形性状に及ぼす影響に関する実験的研究, 土木学会論文集 A2 (応用力学), Vol. 67, No. 2 (応用力学論文集 Vol. 14), I_313-I_320, 2011.9

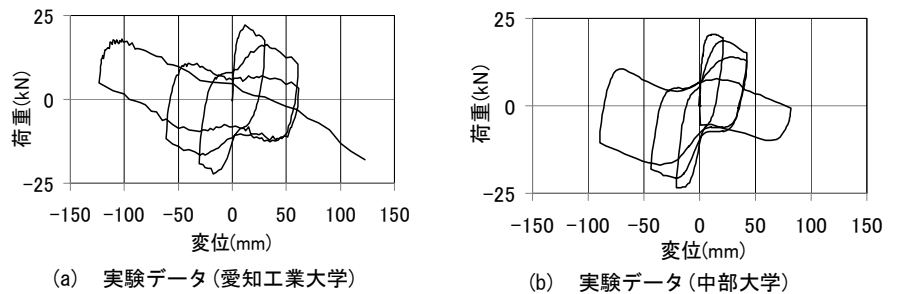


図-3 荷重-変位曲線 ($s = 65 \text{ mm}$; X 軸)

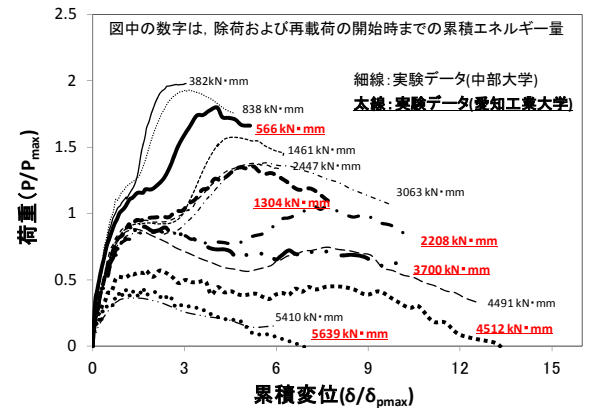
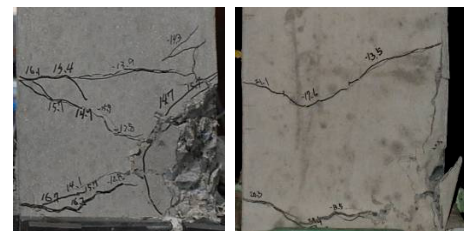


図-4 除荷・再載荷曲線



(a) 破壊状況：愛工大 (b) 破壊状況：中部大
写真-3 載荷 $< +4\delta_y \rightarrow -4\delta_y > -4\delta_y$ 時の状況



(a) 破壊状況：愛工大 (b) 破壊状況：中部大
写真-4 載荷 $< +8\delta_y \rightarrow -8\delta_y > -8\delta_y$ 時の状況