

繰り返し曲げを受ける RC 柱のエネルギー吸収特性に関する実験的研究

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
 名古屋工業大学 フェロー 梅原秀哲 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) 柱に曲げが作用する場合、軸圧縮力のみが作用する RC 柱部材と同等の内部コンクリートへの拘束効果¹⁾が得られるかについて検討する必要がある。本研究では、これまでの研究成果^{2) 3)}を基に、「横拘束筋間隔」および「コンクリートの一軸圧縮強度 (以下、コンクリート強度)」を 2 水準とする RC 柱に対して、軸圧縮下での繰り返し曲げ载荷実験を実施した。本载荷実験結果と既報³⁾における実験結果との比較を通して、それら 2 水準が RC 柱の変形特性、とくにエネルギー吸収特性に与える影響について考察を行う。

2. 実験概要

2.1 供試体概要

本実験では、断面 200×200 mm、有効柱高さ 1000 mm (せん断スパン比: 5) の RC 柱を供試体として用いた (図-1 参照)。軸方向筋には D10 (SD295) を 8 本、横拘束筋には D6 (SD295) を用い、一定間隔 $s = 35, 50, 65, 90, 105, 120$ および 150 mm のいずれかで配置してある。また、コンクリートには設計基準強度 $f_{ck} = 20, 40$ および 60 MPa で配合した普通コンクリートを用いた。ここで、作製した供試体の一覧を表-1 に、材料試験から得られたコンクリート圧縮強度を表-2 にそれぞれ示す。

2.2 载荷方法

本実験では、写真-1 に示すような载荷装置を使用した。载荷手順としては、まず鉛直油圧ジャッキにより、軸力 (累加軸圧縮耐力の 5 % 軸力) を载荷した後、図-2 に示す载荷パターン (2 ケース) に基づき、水平変位制御の下で繰り返し载荷を行った。

3. 実験結果ならびに考察

ここでは、载荷パターン 1 下での実験結果に対して考察を行う。

3.1 水平荷重-水平変位関係

一例として、横拘束筋間隔 $s = 35$ mm および 150 mm を有する供試体に対する载荷実験結果から得た、水平荷重-水平変位関係を図-3 に示す。なお、図中の数値は、水平荷重および水平変位ともに、柱部材の引張主鉄筋が降伏する時の水平荷重 P_y およびその時の水平変位 δ_y により、それぞれ無次元化してある。コンクリート強度が高くなるに従い、降伏変位 δ_y は小さくなる (表-1 参照)。

図-3 より分かるように、いずれの供試体 (2 体) においても、 $\pm 4 \delta_y$ までの低変位レベルでの挙動に大きな差異は認められないことから、低変位レベルではコンクリート強度および横拘束筋間隔の違いによる影響はほとんどないものと推察される。一方、 $\pm 8 \delta_y$ 以降の大変位レベル、とくに $-8 \delta_y$ から $+16 \delta_y$ にかけての領域では、コンクリート強度が高くなるに従い、1) ピンチング部 (シンボル: ▼で示す。) での耐力が小さくなる、2) 当該サイクルにおけるピーク荷重以降での軟化勾

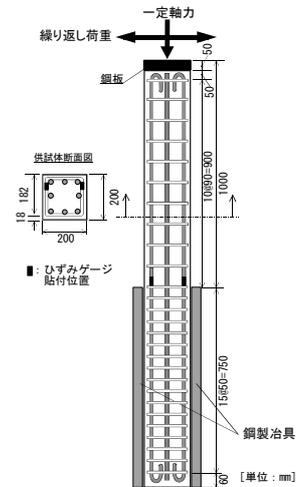


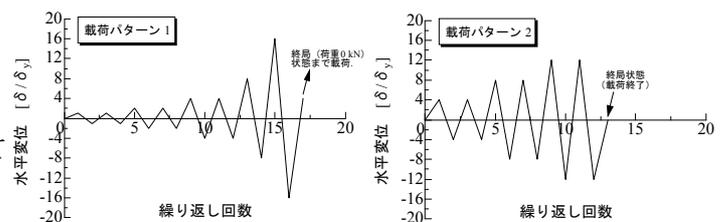
図-1 供試体図 (一例)

表-1 供試体ケースと降伏変位

間隔 (mm)	体積横拘束筋比 (%)	降伏変位 (mm)		
		20 MPa	40 MPa	60 MPa
35	2.42	9.105	8.015	6.678
50	1.70	9.888	8.853	7.655
65	1.23	8.548	8.273	8.308
90	0.94	9.117	8.678	8.348
105	0.80	9.830	8.283	8.278
120	0.70	9.122	7.838	8.205
150	0.56	9.168	8.175	8.353
平均		9.187	8.357	8.055

表-2 コンクリートの圧縮強度 (MPa) 一覧

横拘束筋間隔 (mm)	35	50	65	90	105	120	150
圧縮強度 $f_{ck} = 20$ MPa	19.5	24.0	18.5	24.0	25.8	19.5	25.8
圧縮強度 $f_{ck} = 40$ MPa	46.7	46.7	43.6	40.5	39.8	43.6	40.5
圧縮強度 $f_{ck} = 60$ MPa	71.0	71.0	61.8	61.8	59.2	59.7	59.7



(a) 载荷パターン 1 (b) 载荷パターン 2
 図-2 载荷パターン (模式図)



写真-1 载荷装置

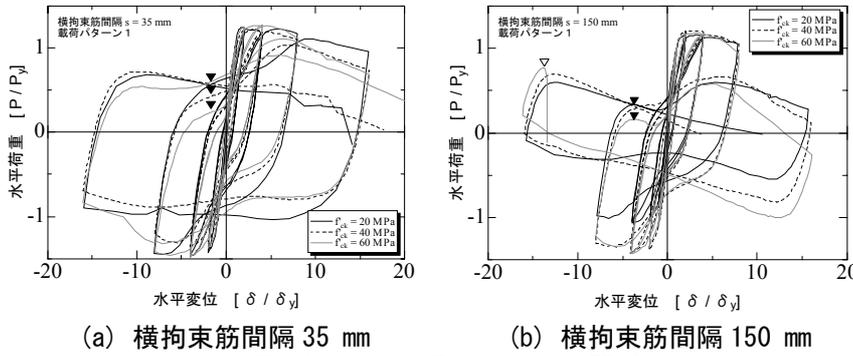


図-3 水平荷重-水平変位関係

配が大きくなる, ことを実験から確認した.

横拘束筋間隔が大きくなるに従い, 大変位レベルでの耐力が低下するとともに, $-16\delta_y$ 以降の軟化勾配が大きくなる傾向を示す. なお, $s = 150\text{ mm}$ を有する供試体では, 繰り返し載荷に起因する軸方向筋のはらみ出しにより, 横拘束筋が破断し, 耐力が急激に低下する挙動 (シンボル: ∇ で示す.) を呈した.

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, それぞれの値は, 柱部材の引張主鉄筋が降伏する時の外力エネルギー量 E_y および降伏変位 δ_y により無次元化してある.

図-4 より分かるように, いずれの供試体 (2 体) おいても, $\pm 4\delta_y$ までの低変位レベルでの挙動 (下矢印 \downarrow で示す.) に大きな差異は認められないことから, 低変位レベルでのエネルギー吸収特性にコンクリート強度および横拘束筋間隔の違いによる影響はほとんどないものと考えられる. しかし, $\pm 8\delta_y$ 以降の大変位レベルでは, 横拘束筋間隔 $s = 35\text{ mm}$ の場合, 他の供試体と比較してエネルギー吸収量が高くなっていることが分かる. また, 終局時でのエネルギー吸収量について比較すると, コンクリート強度が大きくなるに従い, 全体的にエネルギー吸収量が微増していることが分かる. 横拘束筋間隔 $s = 90\text{ mm}$ を境界として, エネルギーの吸収パターンに若干の差異があるものと推察される.

4. まとめ

本研究では, 繰り返し曲げを受ける RC 柱のエネルギー吸収特性について実験結果を基に考察を行った. 大変位レベル ($8\delta_y$ 程度) で繰り返し曲げ変形を受ける場合, 供試体の水平耐力および変形挙動は「横拘束筋間隔」ならびに「コンクリートの圧縮強度」の違いにより影響を受けることが分かった. しかし, 実験結果を考察する限りでは, エネルギー吸収特性にはそれら水準が与える影響はさほど大きくはないと判断される.

謝辞: 平成 20 年度中部大学総合工学研究所研究補助金 (第 5 部門) の助成を受けた. 実験を遂行するにあたり, 愛知工業大学構造研究室: 新川慶太・東野翔太両君にはご協力をいただいた. ここに記して謝意を表す.

参考文献:

- 1) 星隈順一ら: 鉄筋コンクリート橋脚の地震時保有水平耐力の照査に用いるコンクリートの応力-ひずみ関係, 土木学会論文集, No.520 / V-28, pp.1-11, 1995.8.
- 2) 亀田好洋・伊藤 睦・梅原秀哲・水野英二: 軸圧縮下で曲げを受ける RC 柱の力学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.10, pp.457-466, 2007.8.
- 3) 亀田好洋・水野英二・伊藤 睦・梅原秀哲: 圧縮下で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.30, No.3, pp.145-150, 2008.7.

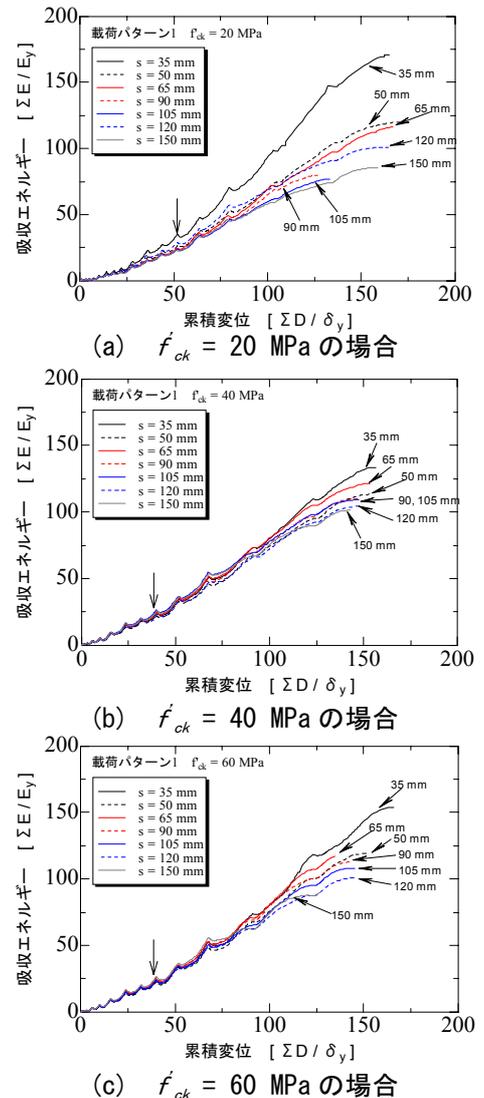


図-4 吸収エネルギー-累積変位関係