

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

豊橋市 正会員 ○亀田 好洋 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) 柱部材のポストピーク領域では、かぶりコンクリートの剥落を端緒とする「コンクリートの破壊」、加えて、「軸方向鉄筋の座屈」も生じる。これまでに、ポストピーク領域における力学的挙動の把握を試みる研究は数多く実施されてきている¹⁾。しかし、異なる材料の破壊進展の存在により、部材の力学的挙動を容易に、かつ精度良く容易に再現できる手法はあまり多くない。

本研究では、除荷および再載荷点を基準とした「抵抗強度（以降、強度と称す）－変位曲線」を指標として、RC 部材の変形特性について考察する。

2. 実験概要

本研究では、既報 1) で使用した断面 $200 \times 200 \text{ mm}$ 、柱高さ $1,000 \text{ mm}$ を有する供試体を対象とした。ここでは、軸方向鉄筋として D10 (SD295A) を 8 本、横拘束鉄筋として D6 (SD295A) を間隔 $s = 65, 90, 105$ および 120 mm により、柱基部 $2D$ 区間（ここで D : 柱幅）に亘って配した。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 を有する普通コンクリートを用いた。

載荷には、累加軸耐力の 5% 相当の軸力を鉛直油圧ジャッキにより作用させたのち、以下の載荷パターンに基づき、変位制御により水平荷重を作用させた。

【載荷パターン】 $0 \rightarrow \pm 1^* \rightarrow \pm 2^* \rightarrow \pm 4 \rightarrow \pm 8 \rightarrow \pm 16 (\times \delta_y)$

ここで δ_y とは、初期載荷において引張側に位置する軸方向筋が降伏ひずみに到達した際の柱頂部での水平変位をいう。また、コンクリート強度 $f'_{ck} = 20 \text{ MPa}$ を有する RC 供試体については、※印の載荷過程を各 2 サイクルずつ実施したことを付記する。

3. 実験結果ならびに考察

ここでは、文献 2) および 3) の実験から得た「水平荷重－水平変位関係」を基とした「強度－変位関係」を指標として、「コンクリート強度」および「横拘束鉄筋間隔」の違いが部材の変形特性に与える影響について考察する。

3.1 除荷および再載荷点を基準とした「強度－変位関係」

一例として、コンクリート強度 $f'_{ck} = 20 \text{ MPa}$ 、横拘束鉄筋間隔 $s = 35$ および 150 mm を有する RC 柱に対する実験結果を整理して得た「強度－変位関係」を図-1 (a) および (b) にそれぞれ示す。

図より、供試体ケースによらず、 $-8\delta_y$ までの領域（載荷パターン 1 の場合、曲線番号⑭までの領域）では、図-2 に示す、最外縁の強度－変位曲線（以下、限界曲線）に漸近するように、耐力が上昇・下降する挙動（曲線 A）を呈するのに対し、 $-8\delta_y$ から $+16\delta_y$ までの載荷過程（本載荷パターンの場合、曲線番号⑮以降）で

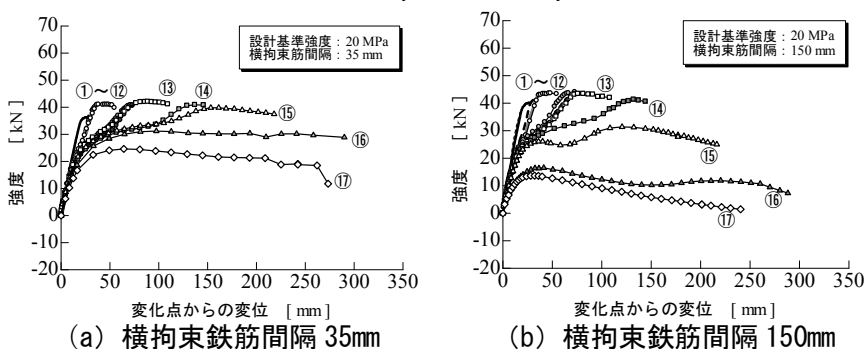


図-1 強度－変位関係

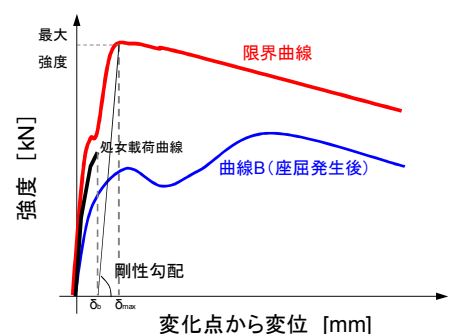


図-2 強度－変位関係（概念図）

キーワード RC 柱, 繰り返し曲げ, 抵抗強度－変位曲線, コンクリート強度, 横拘束鉄筋間隔

連絡先 〒440-8501 愛知県豊橋市今橋町1番地 豊橋市都市計画部区画整理課市施行 G TEL: 0532-51-2111(代)

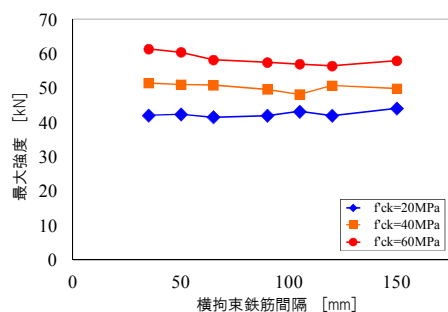


図-3 最大強度に及ぼす影響

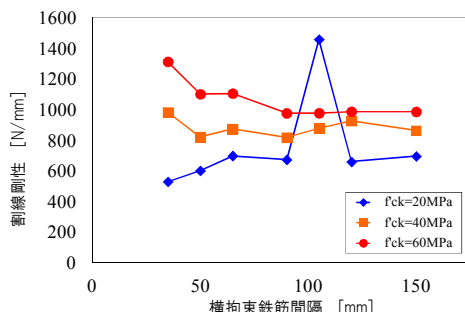


図-4 割線剛性に及ぼす影響

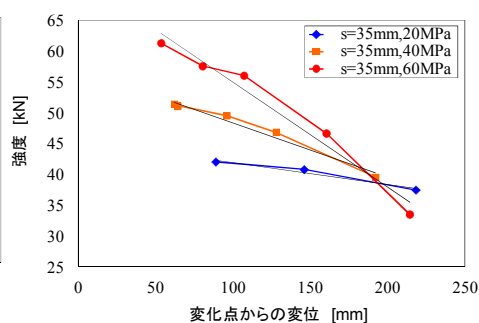


図-5 強度低下に及ぼす影響

は、一旦、耐力が減少した後に、再度上昇し、限界曲線と同様な勾配で下降する挙動(曲線 B)を呈する。実験時の破壊進展状況より、軸方向鉄筋の座屈はこの载荷過程で生ずるものと推察される。また、横拘束筋間隔の大きい供試体では、顕著な耐力低下を確認した。ゆえに、RC 柱部材の構造的特徴(たとえば、横拘束鉄筋比の違いなど)を踏まえ、図-2 に示す「限界曲線」の特性を考察すれば、RC 柱部材の変形性能を精緻良く把握可能となることが分かる。

3.2 「最大強度」に及ぼす影響

各 RC 柱供試体の「強度-変位曲線」から得た「最大強度」をコンクリート強度別に図-3 にそれぞれ示す。図-3 より、コンクリート強度が高くなるに従い、最大強度が大きくなる傾向が確認できる。これは、コンクリート強度が高い場合、設計曲げ耐力が大きくなるためである。

3.3 「割線剛性」に及ぼす影響

本節では、強度-変位曲線における原点と最大強度発現時での強度および変位とで形成される直線の傾きを「割線剛性」と定義し、コンクリート強度および横拘束鉄筋間隔の違いが及ぼす影響について考察する。ここで、強度-変位曲線から得た「割線剛性」をコンクリート強度別に図-4 に示す。

図-4 から分かるように、3.2 節と同様、コンクリート強度の高いものほど、剛性が高くなる傾向が確認できる。一方で供試体の違いにより、若干の差異は見られるものの、横拘束鉄筋間隔の違いが及ぼす影響はほとんどないものと推察される。

3.4 「強度-変位曲線の強度低下」に及ぼす影響

横拘束鉄筋間隔 $s = 35 \text{ mm}$ を有する供試体の強度-変位曲線の強度低下を図-5 に示す。ここでは、最大強度発現時の点と、それ以降において持続的に強度発現から確認できる曲線(図-2 中の曲線 A)の変位反転直前の点とで形成される包落線について考察する。

図-5 より、コンクリート強度が高いものほど強度が脆性的に低下する傾向を示す。この要因として、コンクリート強度が高い供試体では载荷する軸力が大きく、水平変位が増加するに従い、 $P-\delta$ 効果の影響を受け、柱基部により大きなモーメントが作用するためであると考えられる。ここで、各供試体の包落線の一次近似式における傾きについて図-6 に示す。横拘束鉄筋間隔の違いが強度低下に及ぼす影響はさほど大きくないことが分かる。

4. まとめ

今後、図-2 に示す曲線の定式化を行い、変形特性を精緻良く把握可能なモデルの構築を行う予定である。

参考文献

- 1) 日本コンクリート工学協会編：コンクリート構造物のポストピーク挙動評価と設計への応用，2003.
- 2) 亀田好洋ら：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.
- 3) 亀田好洋ら：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, 2009.7.

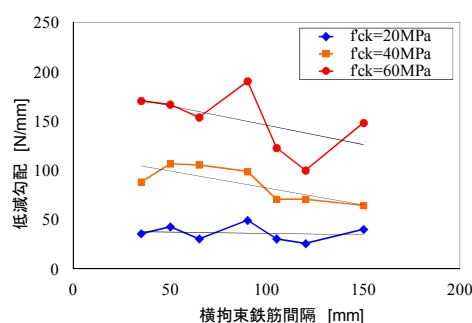


図-6 包絡線の傾き