

曲げを受ける RC 柱のポストピーク挙動に関する実験ならびに解析的考察

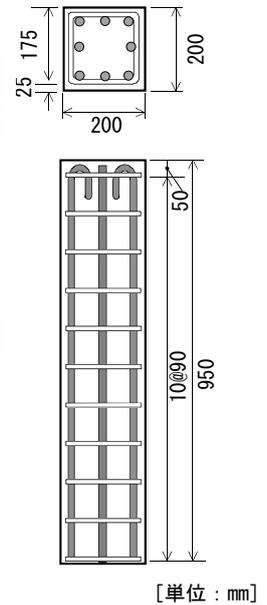
名古屋工業大学 学員 ○ 亀田好洋 名古屋工業大学 正員 韓 慧星 中部大学 正員 伊藤 睦
 名古屋工業大学 フェロー 梅原秀哲 中部大学 正員 水野英二

1. はじめに

本研究では、一定軸力下で曲げ変形を受ける RC 柱の力学特性を把握するため実験的ならびに解析的な検証を行った。ここでは、「載荷軸力」ならびに「帯鉄筋間隔」を要因とした RC 柱供試体に対して、一定軸力下での一方向載荷実験ならびに有限要素解析プログラム (FEAP)¹⁾ を用いたファイバーモデルによる二次元有限要素解析を実施した。本実験結果と解析結果との比較・検討を通じて、RC 柱の力学特性に及ぼす材料特性の考察を行った。



写真-1 載荷装置全景



[単位: mm]

図-1 供試体仕様 (s = 90 mm)

2. 実験概要

本研究では、図-1 に示すような断面 200 mm x 200 mm、高さ 1000 mm、せん断スパン比 5 の供試体 (曲げ破壊先行型の供試体) を用いた。供試体には軸方向筋として D10 (SD295A) を 8 本、また、帯鉄筋には D6 (SD295A) を用い、間隔 s = 16, 25, 35, 50, 65, 90, 105 および 120 mm のいずれかで配置した。なお、一定軸力の大きさは、累加軸耐力の 5% または 10% とし、軸力載荷後、柱頂部の水平変位が 150 mm に至るまで変位制御により水平荷重を作用させた。

3. 実験結果および考察

3.1 RC 柱の耐荷性能に与える影響

載荷実験から得られた供試体耐力-帯鉄筋間隔関係を図-2 に示す。ここでいう供試体耐力とは、供試体の最大耐力のことである。供試体により若干の差異は見られるが、5%軸力の供試体耐力と比較して、10%軸力の供試体耐力の方が 2~3 割程度高くなる傾向を呈しており、帯鉄筋間隔の違いが RC 柱の最大耐力に与える影響はあまり見られなかった。

3.2 RC 柱の靱性能に与える影響

図-3 に荷重-変位曲線から得た部材の靱性率と帯鉄筋間隔との関係を示す。ここでいう靱性率とは、プレピーク領域における最大耐力の 8 割レベルでの変位 (mm) に対するポストピーク領域における同レベルでの変位 (mm) の比で定義する。図-3 に示すように、5%軸力の場合、靱性率が約 10~12 を推移しているのに対し、10%軸力の場合、靱性率は約 7~8 を推移している。供試体耐力と同様、帯鉄筋間隔の違いが靱性率に与える影響はあまり見られなかった。

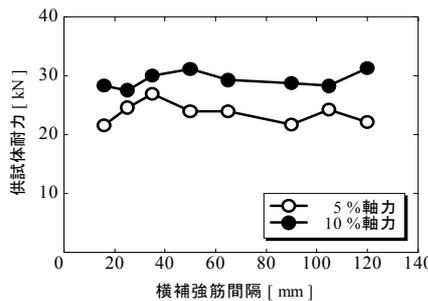


図-2 供試体耐力-帯鉄筋間隔関係

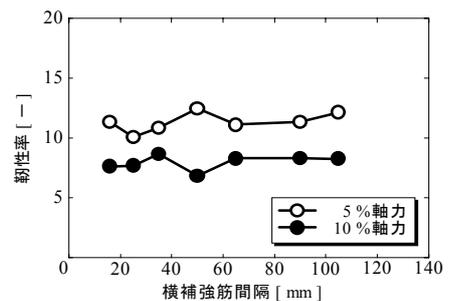


図-3 靱性率-帯鉄筋間隔関係

4. 解析概要

本解析では、供試体仕様に基づき (図-1 参照)、解析モデル (20 分割, 1 要素長さ: 50 mm) を設定し、有限要素解析プログラム FEAP¹⁾ を用いたファイバーモデルによる二次元有限要素解析を実施した。材料構成モデルとして、鉄筋 (鋼材) 部分には修正二曲面モデル²⁾ を、コンクリート圧縮部分には図-4 に示すようなひずみ軟化型モデル³⁾ を採用した。なお、引張部分は無視した。解析に用いた鉄筋ならびにコンクリートの材料定数を表-1 に示す。

表-1 材料定数

コンクリート強度 (MPa)	36.6
ヒークひずみ (%)	0.29
コンクリートヤング係数 (GPa)	24.4
鉄筋降伏強度 (MPa)	350.0
鉄筋引張強度 (MPa)	497.4
鉄筋ヤング係数 (GPa)	183.4

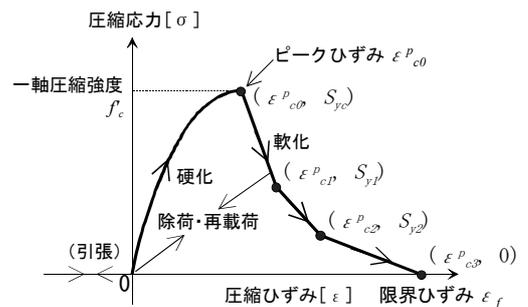
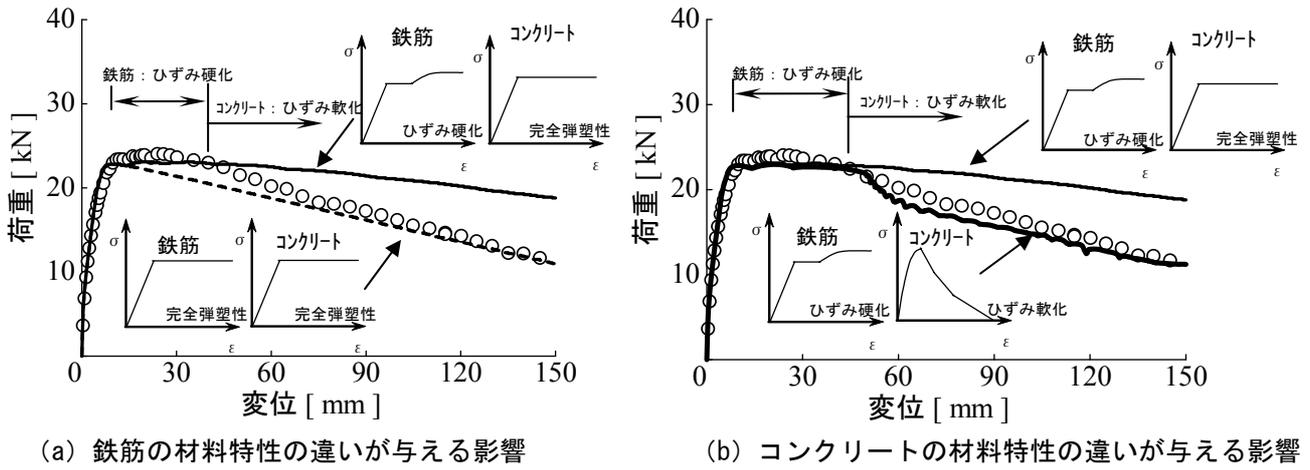


図-4 ひずみ軟化型モデル (多直線型)³⁾

キーワード: RC 柱, 帯鉄筋, 軸圧縮力, ポストピーク挙動, 拘束効果, 一方向載荷実験, 有限要素解析
 連絡先: 〒487-8501 愛知県春日井市松本町 1200 中部大学 工学部 都市建設工学科 構造研究室 TEL 0568-51-1111 (代)



(a) 鉄筋の材料特性の違いが与える影響

(b) コンクリートの材料特性の違いが与える影響

図-5 材料特性の違いがRC部材の力学特性に与える影響<帯鉄筋間隔 $s = 65 \text{ mm}$, 5%軸力>

5. 鉄筋の応力-ひずみ関係による影響

ここでは、一例として、横補強筋間隔 65 mm, 載荷軸力 5% の供試体に対する解析結果を用いて、材料の応力-ひずみ関係が RC 柱の力学特性に与える影響について考察する。

鉄筋の応力-ひずみ関係を変化させた場合の解析結果と実験結果との比較を図-5 (a) に示す。ここでは、コンクリートの応力-ひずみ関係を弾完全塑性型と固定し、鉄筋の応力-ひずみ関係を 1) ひずみ硬化型または 2) 完全弾塑性型として、2 種類の解析を実施した。鉄筋の応力-ひずみ関係がいずれの状態においても、部材の初期勾配ならびに最大耐力に差は殆ど見られない。しかし、鉄筋およびコンクリートともに完全弾塑性型の応力-ひずみ関係を採用した解析(破線)では、ポストピークを含む最大耐力近辺の挙動が実験結果と比較して、再現されていないことが分かる。

一方、鉄筋にひずみ硬化型の応力-ひずみ関係を用いた場合(実線)には、最大耐力近辺の実験結果を概ね再現できており、鉄筋のひずみ硬化が影響していることが分かる。

6. コンクリートの応力-ひずみ関係による影響

ここでは、鉄筋の応力-ひずみ関係をひずみ硬化型とし、コンクリートには図-6 の破線で示すようなひずみ軟化型(軟化域では多直線型)の応力-ひずみ関係を採用した解析を実施した。

解析結果と実験結果との比較を図-5 (b) に示す。図から分かるように、ポストピーク領域の荷重-変位関係は、鉄筋にひずみ硬化型の応力-ひずみ関係、コンクリートに弾完全塑性型の応力-ひずみ関係を取り入れた解析曲線(細線)と比べて、変位が 50 mm 以降、徐々に脆性的な軟化挙動を呈し、実験挙動に近づいていくことが理解できる(太線)。以上の (1) および (2) を通した構成モデルに対する解析的な検討から、RC 柱の荷重-変位関係においては、1) 最大耐力前後では、鉄筋のひずみ硬化挙動が大きく影響する、さらに 2) 大きな変位におけるポストピーク領域ではコンクリートのひずみ軟化挙動が影響していることが推察される。

7. まとめ

内部コンクリートの材料特性(軟化域での応力-ひずみ関係)を解析的に検証した結果、軸圧縮下で曲げ変形を受ける RC 柱の場合には、中心軸圧縮のみを受ける RC 柱とは異なり、「帯鉄筋間隔」の違いがコアコンクリートの材料特性(応力-ひずみ関係)に与える効果(例えば、コンファインド効果)はさほどないと推察される。

謝辞:

本研究を実施するにあたり、平成 17-18 年度文部科学省科学研究費補助金(基盤研究(B) 17360218 研究代表者:水野英二)の助成を得た。よって、ここに記して謝意を表す。

参考文献:

- 1) Zienkiewicz, O.C.: The Finite Element Method, Third Ed., (吉織雅夫, 山田嘉昭監訳「マトリックス有限要素法」), 培風館, pp.672-796, 1984.
- 2) 水野英二, 沈赤ら: 鋼素材に関する修正ニ曲面モデルの一般定式化, 構造工学論文集, Vol.40A, pp.235-248, 1994.3.
- 3) 水野英二, 松村寿男, 畑中重光: 繰り返し載荷を受ける鉄筋コンクリート柱のポストピーク挙動解析, コンクリート工学論文集, Vol.13, No.3, pp.47-60, 2002.9.

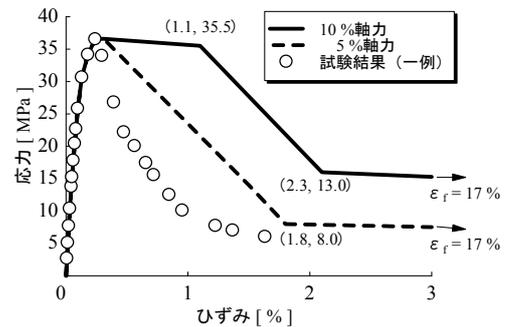


図-6 解析に用いたコンクリートの応力-ひずみ関係