

圧縮下で曲げを受ける RC 柱のセンシティブィティ解析

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

1. はじめに

本研究では、圧縮下で曲げを受ける鉄筋コンクリート (RC) 柱の一方方向荷重実験と有限要素解析プログラム FEAP による解析結果との比較・考察を通して、RC 柱内部のコンクリートへの拘束効果を検証し、内部コンクリートの応力-ひずみ関係について考察した。

2. 実験概要

図-1 に示すような断面 200 mm×200 mm、高さ 1000 mm、せん断スパン比 5 の供試体 (16 体) を用いて実験を実施した。供試体には、軸方向筋として D10 (SD295A) を 8 本、また、帯筋には D6 (SD295A)

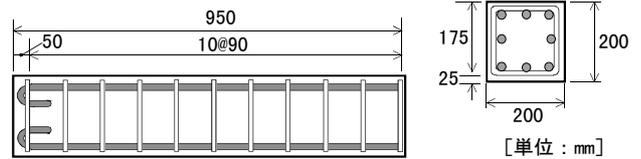


図-1 供試体概要 (一例)

を用い、間隔 ($s =$) 16, 25, 35, 50, 65, 90, 105, 120 mm のいずれかで配置している。なお、荷重には、写真-1 に示すような荷重装置を用い、一定軸力下での一方方向荷重実験 (ストローク 150 mm まで) を実施した。一定軸力の大きさは、累加軸耐力の 5% (86.8 kN) および 10% (173.6 kN) とした。



写真-1 荷重装置

3. 解析概要

3.1 解析モデル

本解析では、図-2 に示すような解析モデル (一要素長さ 5 cm, 20 要素) を設定し、有限要素解析プログラム FEAP¹⁾により、一方方向荷重解析を実施した。材料の構成モデルとして、軸方向筋部分には水野が開発した修正二曲面モデル²⁾を、コンクリートの圧縮部分にはひずみ軟化型モデル (Multi-Liner 型: 図-3 参照)³⁾を採用した。なお、引張部分の強度は無視した。一例として、帯筋間隔 $s = 16$ および 90 mm の場合に対する材料試験から得られた材料定数を表-1 に示す。

3.2 解析ケース

本研究では、1) 荷重軸力 (累加軸耐力の 5% もしくは 10%)、2) 帯筋間隔 ($s = 16, 25, 35, 50, 65, 90, 105, 120$ mm) の組み合わせにより計 16 の解析ケースを設定した。本解析における解析ケースを表-2 に示す。

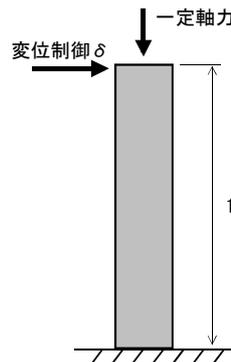


図-2 解析モデル

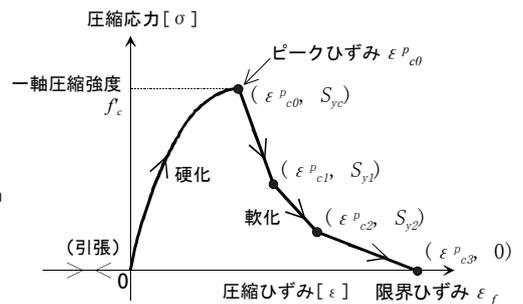


図-3 ひずみ軟化型モデル³⁾ (Multi-Liner 型)

4. 解析結果および考察

一例として、帯筋間隔 $s = 16$ および 90 mm の供試体に対する実験および解析結果を示す。

4.1 荷重軸力 5% の場合

図-4 に 5% 軸力における実験 (シンボル○) ならびに解析から得られた荷重-変位関係 (破線

表-1 解析に用いた材料定数 (一例)

	$s = 16$ mm	$s = 90$ mm
コンクリート強度 (MPa)	38.9	36.6
ピークひずみ (%)	0.23	0.23
コンクリートヤング係数 (GPa)	33.8	31.8
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	

表-2 解析ケース一覧

帯鉄筋間隔	荷重軸力	面積帯鉄筋比
16 mm	累加耐力の 5% もしくは 10%	2.48 %
25 mm		1.59 %
35 mm		1.13 %
50 mm		0.79 %
65 mm		0.61 %
90 mm		0.44 %
105 mm		0.38 %
120 mm	0.33 %	

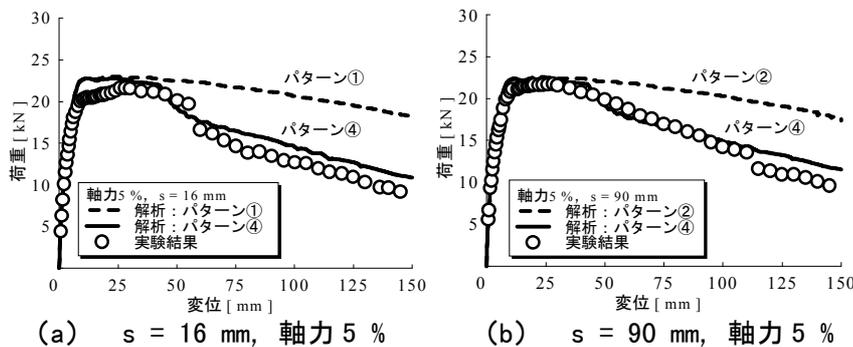


図-4 荷重-変位関係

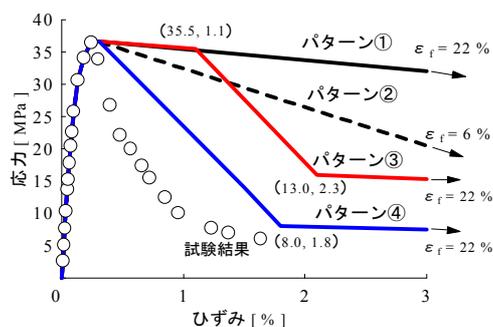


図-5 コンクリートの応力-ひずみ関係

および実線)を、図-5には本解析で採用したひずみ軟化型のコンクリートの応力-ひずみ関係(パターン①~④)を示す。図-5に示すように、軟化領域に線形型の応力-ひずみ関係(文献3)における限界ひずみ式)を用いた解析結果(パターン①およびパターン②)は、 $s =$

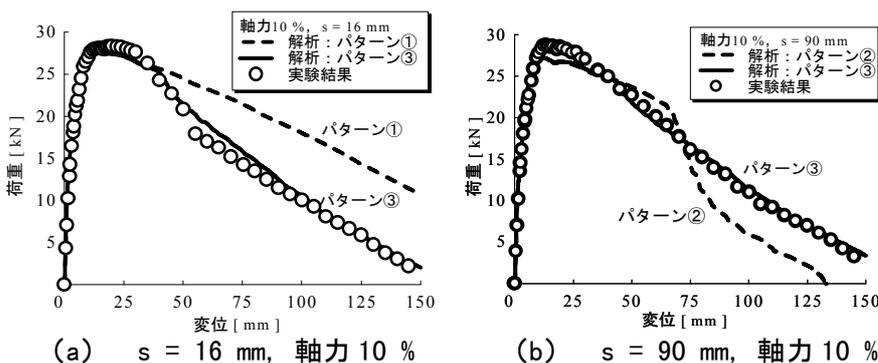


図-6 荷重-変位関係

16 mm および 90 mm の場合ともに、ポストピーク領域におけるエネルギー吸収能が実験結果と比較して大きくなり、耐力の低下が見られない。一方、コンクリートの圧縮吸収エネルギーを低下させた多直線型の応力-ひずみ関係(図-5のパターン④)を採り入れた解析結果は、実験結果の傾向と概ね一致する傾向を示した。帯筋間隔(16 mm および 90 mm)が異なる場合でも、同一の応力-ひずみ関係(パターン④)を用いて、実験結果を再現できることが分かった。

4.2 載荷軸力 10% の場合

10%軸力に対する実験(シンボル○)ならびに解析(破線および実線)から得られた荷重-変位関係を図-6に示す。5%軸力に対する場合と同様、軟化域での圧縮吸収エネルギーを低下させた応力-ひずみ関係(パターン③)を用いた解析結果は実験結果と同様な傾向を示した。本解析(要素長さが50 mm)から、帯筋間隔(16 mm および 90 mm)が異なる場合にも同一の応力-ひずみ関係(パターン③)を用いて、実験挙動を概ね再現できることが分かった。さらに、軸力が異なる場合に用いた応力-ひずみ関係(図-5のパターン③およびパターン④)の比較・考察を通して、軸力が大きい場合の方が軟化域での応力-ひずみ関係はより延性的となり、内部コンクリートへの拘束効果が大きくなることが推測される。

5. まとめ

本研究では、RC柱の曲げ変形挙動解析に採用するコンクリートの軟化型応力-ひずみ関係について考察した。本解析(要素長さ50 mm)に採用するひずみ軟化域での応力-ひずみ関係は、「帯筋間隔」の違いよりも「軸力」の大きさに影響されることが分かった。異なる要素長さに対しても、圧縮エネルギーの概念から同様のことが結論づけられると考える。

謝辞:

本研究を遂行するにあたり、平成17-18年度文部科学省科学研究費補助金(基盤研究B, 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・山田監訳「マトリックス有限要素法」), 培風館, 1984.
- 2) 水野英二ら: 鋼素材に対する修正二曲面モデルの一般定式化, 構造工学論文集, 土木学会, Vol.40A, pp.235-248, 1994.
- 3) 水野英二, 松村寿男, 畑中重光: 繰り返し载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, 第13巻3号, pp.47-60, 2002.