

粒子モデルによる RC 柱の変形挙動解析

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

1. はじめに

本研究では、コンクリートの応力-ひずみを表現するモデルとして粒子モデル¹⁾を非線形トラス有限要素構造解析プログラムに採用して、圧縮下で曲げを受ける鉄筋コンクリート（RC）柱の弾塑性解析を実施した。なお、本研究室で実施した、ポストピーク領域に至るまでの変形挙動に関する RC 柱の一方向載荷実験結果と解析結果との比較・考察を通して、粒子モデルに適用可能なコンクリート構成モデルのひずみ軟化特性について検討した。

2. 実験供試体および実験概要

実験に用いた RC 柱供試体の概要を図-1 に示す。200 mm×200 mm の断面を有する高さ 1000 mm の RC 柱で、8 本の主鉄筋 D10（SD295A）ならびに帯鉄筋 D6（SD295A）、配合設計強度 40 MPa のコンクリートで構成される。帯鉄筋の間隔 s として、16, 25, 35, 50, 65, 90, 105, 120 mm の 8 ケースを設定した。

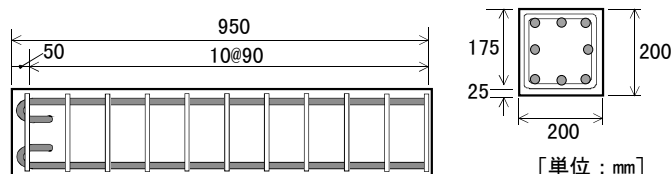


図-1 RC 柱供試体の概要（一例）

RC 柱基部から 1000 mm の位置に一定軸力（累加軸耐力の 5%：86.8 kN および 10%：173.6 kN の圧縮力）を載荷し、水平変位 150 mm までの一方向載荷実験を計 16 体の RC 供試体に対して実施した。

3. 解析概要

3.1 構成モデル

本解析で用いたコンクリート材料に対する構成モデルは、水野らにより開発された二次元粒子モデル²⁾である。図-2 に示すように、二次元粒子モデルは、水平材、鉛直材ならびに斜材により構成されるユニットモデル（トラス構造体）である。また、本ユニットモデルは材料の基本的な「圧縮破壊」、「引張破壊」、および「せん断破壊」挙動を表現できるように、トラス部材の微視（仮想）的な材料定数ならびに諸元を同定したモデルであり、その大きさ（縦、横および奥行き）は単位長さ 1 を基本とする。

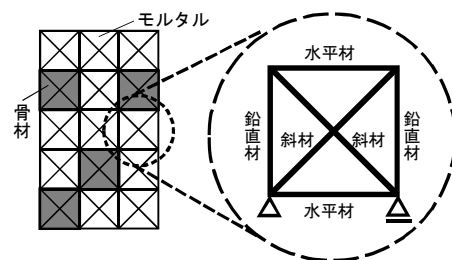


図-2 粒子モデルの概要

3.2 材料定数

全解析ケースのうち、一例として、帯鉄筋間隔 s が 16 mm および 90 mm の場合に対する RC 柱の材料定数を表-1 に示す。

3.3 解析モデルならびに粒子モデルのパラメータ

本解析で採用した RC 柱の解析モデルは、縦 100 cm、横 20 cm、奥行き 1 cm の二次元モデルであり、コンクリート 1 ユニット要素および鉄筋 1 ユニット要素を構成するそれぞれ 6 本のトラス部材の仮想的な断面積および諸強度（軟化域まで含んだ圧縮特性および引張特性）を設定する必要がある。なお、本解析モデルは二次元解析であるため、鉄筋をモデル化する場合には、奥行きを考えると同じ位置に鉄筋が 2 本または 3 本のケースが考えられるので、それぞれのケースに対して鉄筋トラス部材の断面積を設定した。コンクリートの引張強度は圧縮強度の 1/10 に設定した。本解析で用いた、コンクリート要素および鉄筋要素

表-1 解析に用いた材料定数の一例

	$s = 16 \text{ mm}$	$s = 90 \text{ mm}$
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 コンクリート要素および鉄筋要素を構成するトラス部材の材料定数

材料	部材	内容	s = 16 mm	s = 90 mm	材料	部材	内容	s = 16 mm	s = 90 mm
コンクリート	水平・鉛直材	面積 (cm ²)	0.1115	0.1115	鉄筋	水平・鉛直材	面積 (cm ²)	0.1115	
		ヤング係数 (GPa)	76.8	79.3			ヤング係数 (GPa)	575.0	
		圧縮強度 (MPa)	156.3	166.1			圧縮強度 (MPa)	1495.0	
		引張強度 (MPa)	11.5	12.2			引張強度 (MPa)	1097.0	
	斜材	面積 (cm ²)	0.1789	0.1789		斜材	面積 (cm ²)	0.1789	
		ヤング係数 (GPa)	76.8	79.3			ヤング係数 (GPa)	575.0	
		圧縮強度 (MPa)	44.1	46.9			圧縮強度 (MPa)	1579.0	
		引張強度 (MPa)	3.7	3.9			引張強度 (MPa)	350.0	

を構成するトラス部材の仮想的な材料定数を表-2に示す。

本解析では、図-3に示すように、1ユニットを縦横の寸法 9.52 mm、奥行き 1 cm で設定し、計 2205 ユニット (= 21×105) から構成される RC 柱の解析モデルを採用する。ここでは、柱頂部に一定軸力を載荷し、頂部変位を 150 mm まで制御することにより解析を実施した。

4. 結果および考察

コンクリートの応力-ひずみ関係として、図-4に示すような軟化域の形態（勾配）が異なるひずみ軟化型モデル（タイプ①およびタイプ②）を採用し、解析を実施した。タイプ①およびタイプ②は、亀田ら²⁾がファイバーモデルによる有限要素解析にて採用した軟化パターンおよび有限要素の大きさ（亀田ら：5 cm、本解析：およそ 1 cm）を基に、圧縮吸収エネルギーの観点から決定したものである。一例として、軸力（5%、10%）および帯鉄筋間隔（s = 16 mm, 90 mm）ごとの計 4 ケースに対する実験結果（○印）および粒子モデルによる解析結果（実線）との比較を図-5に示す。ひずみ軟化型の応力-ひずみ関係を用いると、実験結果を解析的に精度良く再現できることが図から分かる。よって、圧縮下で曲げ変形を受ける RC 柱内部のコンクリートの応力-ひずみ関係は、帯鉄筋間隔にはあまり関係なく、軸力が大きい場合の方が延性的になることが解析結果と実験結果との比較・考察から分かった。

5. まとめ

本研究では、RC 柱内部のコンクリートの応力-ひずみ関係は、「帯鉄筋間隔」の大きさよりも「軸力」の大きさに影響されることが分かった。今後の課題として、軟化域での構成関係を定式化する必要がある。

5. まとめ

本研究では、RC 柱内部のコンクリートの応力-ひずみ関係は、「帯鉄筋間隔」の大きさよりも「軸力」の大きさに影響されることが分かった。今後の課題として、軟化域での構成関係を定式化する必要がある。

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) 水野英二、伊藤睦、久保田浩、青木健：コンクリート材料に対する粒子モデルの開発ならびにその圧縮破壊解析への応用、コンクリート工学年次論文報告集、Vol. 27, No. 2, pp. 151-156, 2005 年 6 月。
- 2) 亀田好洋、韓慧星、伊藤睦、梅原秀哲、水野英二：圧縮下で曲げを受ける RC 柱のセンシティブティ解析、平成 18 年度土木学会中部支部研究発表会（於名古屋）、2007 年 3 月。

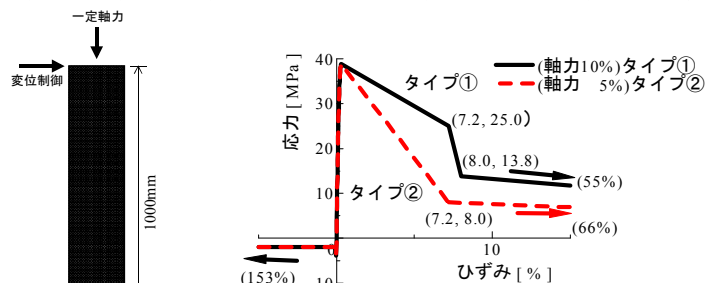


図-4 コンクリートの応力-ひずみ関係

図-3 解析モデル

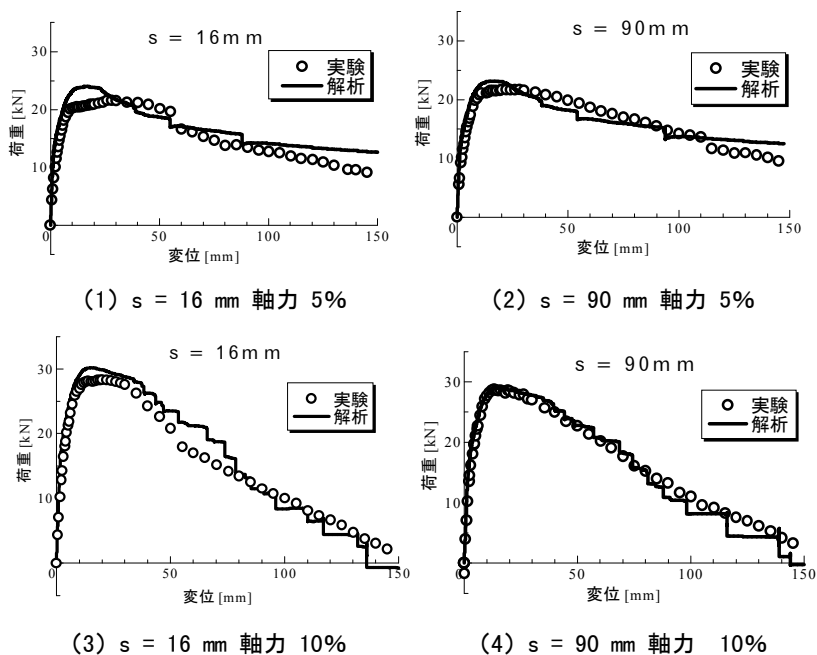


図-5 実験結果と解析結果との比較