

大変位領域まで繰り返し载荷を受ける RC 柱の三次元有限要素解析

瀧上工業株式会社 正会員 ○藤原 史 瀧上工業株式会社 正会員 松村寿男
中部大学 正会員 水野英二

1. はじめに

本研究では、一定の軸圧縮力下で大変位領域まで繰り返し载荷を受ける RC 柱の変形挙動に関する解析的な検討を行った。ここでは、RC 柱供試体の一方向繰り返し曲げ载荷実験結果¹⁾と三次元有限要素解析結果とを比較・考察することにより、大変位領域にまで及ぶ RC 柱内部のコンクリートおよび軸方向鉄筋の繰り返し変形挙動を精度良く解析的に再現する上で必要となるモデル化について詳細に検討した。

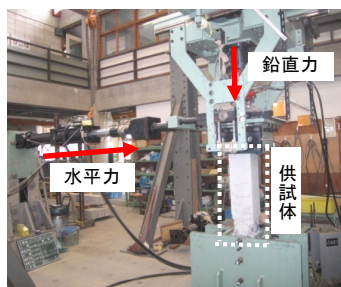


写真-1 実験载荷装置

2. RC 柱供試体および実験概要

解析の対象となった供試体は、「繰り返し曲げを受ける RC 柱の鉄筋座屈特性に関する実験的ならびに解析的研究 (写真-1)」¹⁾にて大変位領域までの損傷を与えるために用いた RC 柱である。その形状ならびに配筋の一例を図-1 に示す。供試体は、断面寸法 200×200 mm、有効高さ 1,000 mm とし、曲げ破壊先行型となるようにせん断スパン比を 5 に設定した。ここでは、軸方向鉄筋には D10 (SD295A) を 8 本、横拘束筋には D6 (SD295A) をそれぞれ間隔 $s = 65, 90, 105$ および 120 mm で配筋した。

累加軸耐力の 5% を上部構造からの外力と想定して、写真-1 に示す実験载荷装置により一定軸力 (87.9 kN) を载荷した後に、変位制御により一方向繰り返し载荷実験を実施した。なお、一方向载荷形態として、図-2 に示す载荷パターンを採用した。図中の δ_y は、一方向载荷下で柱基部の引張軸方向鉄筋の軸ひずみが降伏に達した時点での変位であり、本実験では $\delta_y = 8.0 \text{ mm} \sim 8.7 \text{ mm}$ を採用した¹⁾。

3. 解析モデル

本解析では、汎用非線形構造解析システム DIANA ver10.2 を用いて、上記 2. の RC 柱の繰り返し挙動に関して三次元有限要素解析を実施した。解析に用いたメッシュ分割および鉄筋モデルを図-3 に示す。以下に、解析で採用した材料構成モデルを説明する。

1) コンクリートの構成モデル

コンクリート要素には、3 次元ソリッド要素を用いる。構成モデルとして、全ひずみひび割れモデルを採用し、コンクリートの圧縮特性には Parabolic モデル、引張特性には Hordijk モデルを用いる。

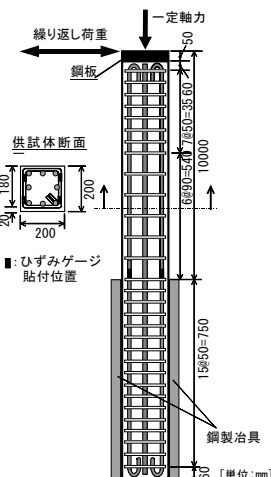


図-1 供試体配筋図 (一例)

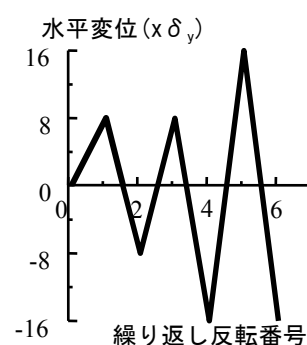


図-2 载荷パターン

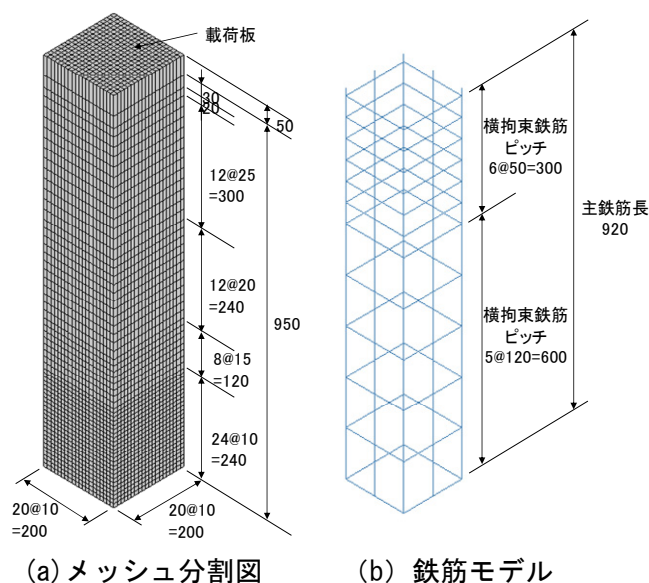


図-3 解析モデルの概要 [単位: mm]

キーワード: RC 柱, 三次元有限要素解析, 繰り返し変形挙動, 軸方向鉄筋の座屈, 一方向繰り返し载荷実験
連絡先: 〒475-0826 愛知県半田市神明町 1-1 瀧上工業株式会社 企画管理室 技術開発 G TEL: 0569-89-2103

2) 鉄筋の構成モデル

鉄筋には、コンクリートー鉄筋間にインターフェース要素が組み込まれた「埋め込み鉄筋要素 (材料定数は表-1を

参照)」を用いる。構成モデルとして、降伏条件には Von Mises 基準を用いた弾塑性モデル (バイリニア型で 2 次勾配にヤング係数 $E/100$ を使用) を、硬化則には移動硬化則を用いる。材料定数一覧を表-1 に示す。

表-1 材料定数一覧

コンクリート		インターフェース 付着力初期剛性		軸方向鉄筋 (D10)		横拘束筋 (D6)	
圧縮強度 (MPa)	引張強度 (MPa)	法線方向 (N/mm ²)	せん断方向 (N/mm ²)	降伏強度 (MPa)	引張強度 (MPa)	降伏強度 (MPa)	引張強度 (MPa)
39.7	2.68	10	2147.5	328	452	326	423

4. 解析結果と実験結果との比較・考察

一例として、横拘束筋間隔 120 mm を有する RC 柱に対する解析結果と実験結果とを比較・考察する。

1) 荷重-変位履歴曲線

実験および解析より得られた荷重-変位履歴曲線の比較を図-4 に実線と破線で示す。図より、解析は実験値に比べ、最大荷重以降のサイクルにおいて高めの値を予測していることが分かる。これは、本解析で設定したコンクリートの圧縮特性が圧縮強度以降の繰り返し劣化挙動を十分には再現できていないことが原因として考えられる。

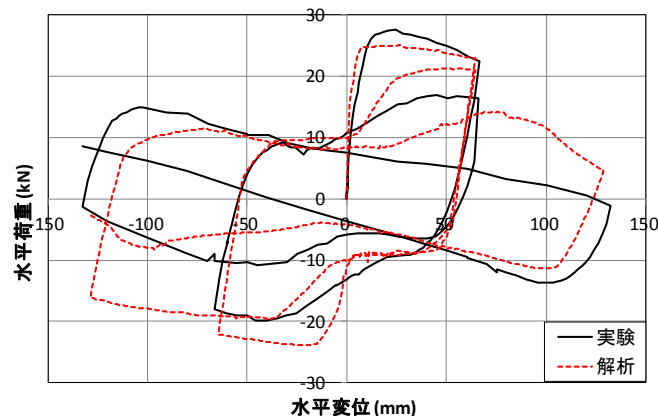


図-4 荷重-変位履歴曲線の実験と解析との比較

2) 基部損傷状況

載荷終了時点 (変位量 $-16\delta_y$) の柱基部の損傷状況と解析結果のそれとをそれぞれ図-5 (a) と (b) に示す。解析による損傷状況は、実験結果の状況と類似した傾向を示す。

3) 基部での軸方向鉄筋の座屈形状

柱基部の軸方向鉄筋 (図-5 (a) に示す鉄筋①, ②および③) の座屈形状の解析結果を図-6 に示す。座屈形状は軸方向鉄筋の各節点での最大はらみ出し量を基に描いてある。解析による座屈変形は概ね基部から横拘束筋間隔 120 mm までの領域で生じていることが分かる。

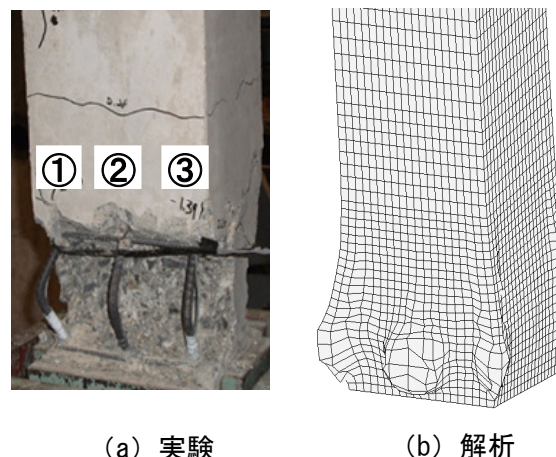


図-5 繰り返し載荷終了時の基部損傷状況

5. まとめ

本研究結果より、以下のことを確認した。

- 1) 大変位領域において、精度の高い変形挙動解析を実施するためには、コンクリートの繰り返し劣化および軸方向鉄筋の座屈の再現が重要となる。
- 2) RC 柱基部での軸方向鉄筋の座屈を再現するためには、軸方向鉄筋とコンクリート間にインターフェース要素を設定することが必要となる。

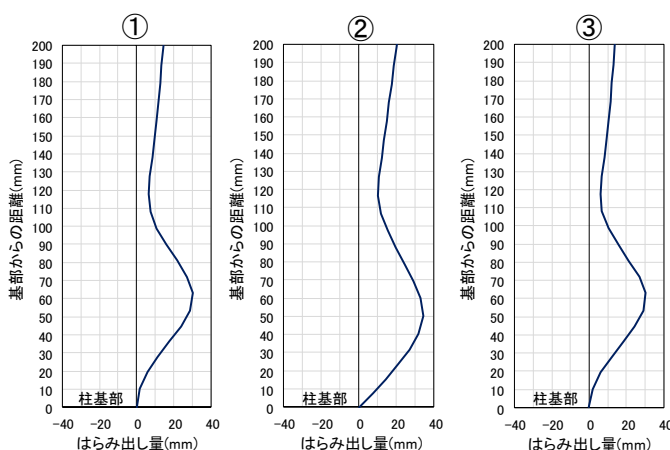


図-6 軸方向鉄筋の座屈形状 (解析)

謝辞: 本研究を遂行するに際し、平成 30 年度文部科学省科学研究費 (基盤研究 (C)) を得た。ここに謝意を表す。

参考文献

- 1) 鈴木森晶・水野英二: 繰り返し曲げを受ける RC 柱の鉄筋座屈特性に関する実験的ならびに解析的研究, 応用力学論文, Vol.13, pp.331-342, 2010.8.