

要素長さ依存性を解消した鉄筋コンクリート柱のポストピーク挙動解析

市川工務店 正員 関 直樹 中部大学 正員 水野英二
 中部大学 正員 松村寿男 三重大学 正員 畑中重光

1. まえがき

これまで筆者らは、一定軸力を受ける鉄筋コンクリート（RC）柱の水平方向繰り返し挙動解析を通して、分割長さの違いに応じて有限要素解析に用いるコンクリートの軟化型構成モデルの軟化勾配を変化させる必要があることを確認した。本研究では、文献 1) の研究成果から得られた「最適限界ひずみ」に基づいた軟化型構成モデルを用いて、有限要素解析結果が分割要素長さに依存しないような解析方法を考案する。また、有限要素法プログラム FEAP を用いて RC 柱の一方方向載荷解析を実施し、本提案方法の妥当性を検討する。

2. 最適限界ひずみ

最適限界ひずみ ε_f とは、図 - 1 に定義されるようにコンクリートの軟化型構成モデルの軟化曲線（この場合には直線）の応力がゼロとなる「ひずみ」のことである。文献 1) では、柱軸方向に均等分割（5, 10, 15, 20, 25 分割）した分割モデルを用いて一方方向載荷解析により「最適限界ひずみ」を設定した。強度比 m （帯鉄筋降伏強度 / コンクリート圧縮強度）、面積帯筋比 ρ_a （%表示）、コンクリートの一軸ピークひずみ ε_{co}^p 、および有限要素解析における要素長さ l_{elm} を用いて、限界ひずみ ε_f を次式のように定めた。

$$\varepsilon_f = \varepsilon_{co}^p \left[\alpha (\rho_a m)^\beta + 1 \right] \left(\frac{\gamma}{l_{elm}^2} + \frac{\delta}{l_{elm}} + \lambda \right) \quad (1)$$

ここで、 $\alpha = 2.546$ 、 $\beta = 0.778$ 、 $\gamma = -54.22 \text{ cm}^2$ 、 $\delta = 23.18 \text{ cm}$ 、および $\lambda = 7.675 \times 10^{-2}$ である。

3. 供試体概要および解析モデル

3.1 供試体概要

供試体の断面形状および寸法を図 - 2、および解析モデルを図 - 3 に示す。解析対象となった供試体は、文献 2) に報告されている高強度材料から成る H 供試体である。主鉄筋比は 1.25 % である。一定軸力として 1.79 MN が作用する。なお、供試体の材料諸強度は文献 1) および文献 2) を参照されたい。

3.2 解析モデル

図 - 3 に示すように、一定軸力（N）が作用する鉄筋コンクリート柱に対して、一方方向載荷解析を有限要素法プログラム FEAP により行った。本解析では、主鉄筋には水野が開発した修正二曲面モデル³⁾の一軸応力 - ひずみ関係を、コンクリートにはひずみ軟化型の一軸応力 - ひずみ関係（図 - 1 参照）を採用した。

3.3 分割モデル

本解析での不均等分割モデルを図 - 4 に示す。図 - 4 に示すように基部高さ 1.2 D（D：柱幅 45 cm）の部分を 1 分割、2 分割、3 分割、および 4 分割（不均等分割）し、式（1）より計算される最適限界ひずみをコンクリート構成モデルに適用することにより一方方向載荷解析（4 解析ケース）を行った。なお、基部から 1.2D

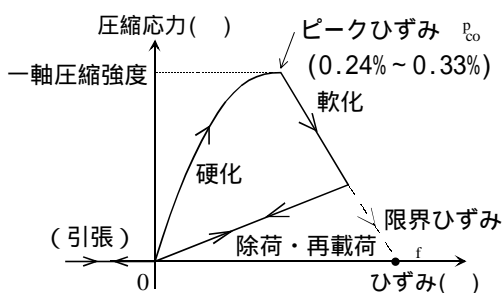


図 - 1 軟化型構成モデル

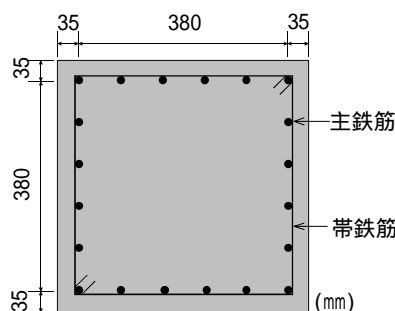


図 - 2 断面形状および寸法

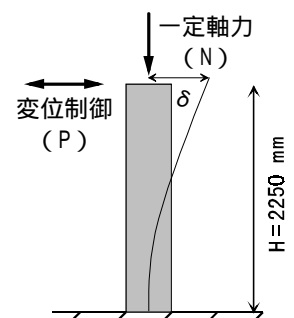


図 - 3 解析モデル

キーワード：RC 柱、要素長さ依存性、ひずみ軟化型モデル、最適限界ひずみ、ポストピーク挙動、有限要素解析
 連絡先 〒487-8501 春日井市松本町 1200 中部大学工学部土木工学科 TEL:0568-51-9542 FAX:0568-51-1495

(= 54 cm) 以上の区間は全てのケースとも均等に 6 分割 (1 要素長 : 28.5 cm) してある . これは , この領域ではコンクリートの圧縮軟化挙動が生じず¹⁾ , 柱の変形は最適限界ひずみに影響されないという理由による .

3.4 解析結果および考察

4 解析ケースの解析結果を図 - 5(a) ~ (d) に示す . 各図には , 文献 1) で報告されている均等 10 分割による解析曲線が実線 (太線) で示されている . なお , 基部 1.2 D 区間の要素に対して同じ最適限界ひずみを用いた場合の極端な解析結果も実線 (細線) で示しておく . 各解析ケースにおける分割パターンでの解析結果 (印および 印) と均等 10 分割による解析結果とはほぼ同じ軟化曲線を示しており , 分割長さを変化させても式 (1) により 「最適限界ひずみ」 値の設定を行えば , 分割長さに依存しないほぼ同じ解析結果が得られることが分かる .

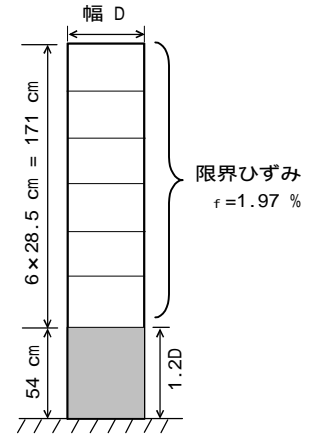


図 - 4 分割モデル

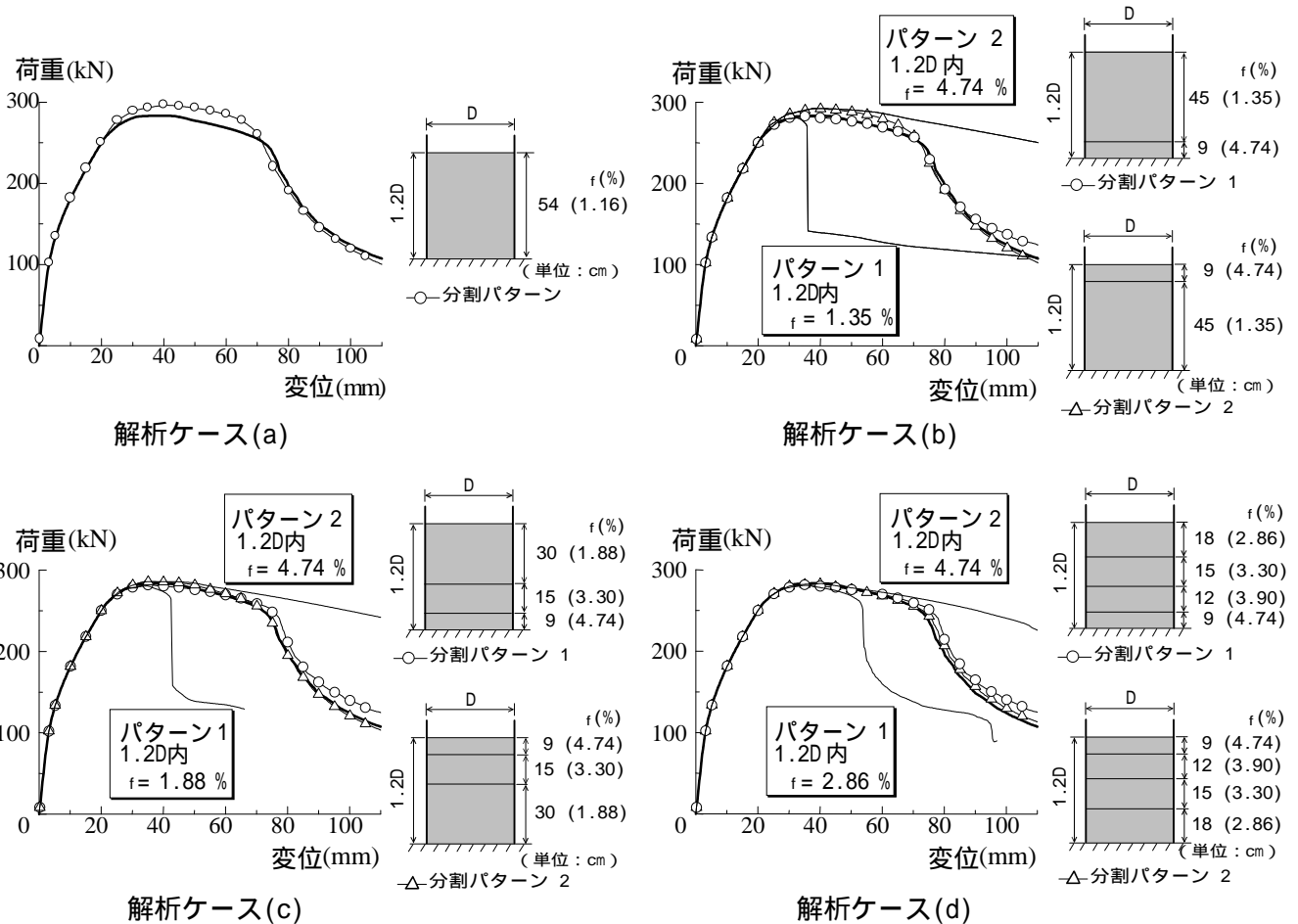


図 - 5 解析結果

4 . まとめ

本解析では , RC 柱のポストピーク挙動解析にて重要な問題である分割要素依存性について解析的に検討を行った . その結果 , 筆者らがこれまでに提案しているコンクリートの軟化型構成モデルの 「最適限界ひずみ」 を要素長さの関数として設定することにより , 分割要素依存性を有限要素解析結果から解消した .

謝辞 : 本研究を遂行するにあたり , 中部大学総合工学研究所補助金 (第 6 部門 B) およびハイテクリサーチ研究費 (文部科学省) を受けたことを付記し , ここに謝意を表します .

参考文献

- 1) 水野英二 , 神戸篤士 , 畑中重光 : 各種構成モデルを用いた RC 構造部材の繰返し変形挙動解析 , コンクリート工学年次論文報告集 , Vol.23-3, pp.19-24, 2001.
- 2) 足立幸郎 , 運上茂樹 , 長屋和宏 , 林昌弘 : 高軸力下における高強度 RC 部材の変形性能に関する実験的検討 , コンクリート工学年次論文報告集 , Vol.21, No.3, pp.169-174, 1999.
- 3) 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.