

分割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

中部大学 ○関 直樹 中部大学 正員 松村寿男
中部大学 正員 水野英二 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行い、鉄筋にはバウシinger効果、コンクリートにはひずみ軟化挙動を再現できる構成モデルの解析への採用が不可欠であることを確認した¹⁾。特に、軟化型構成モデルを採用する場合には、分割長さの違いにより解析に用いるコンクリートの応力-ひずみ曲線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、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。さらに、これを有限要素法プログラム FEAP に採り入れることにより RC 柱のプッシュオーバー（一方向載荷）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)の解析データを考察することにより、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 （%）、コンクリートの一軸ピークひずみ ε_{co}^p 、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。

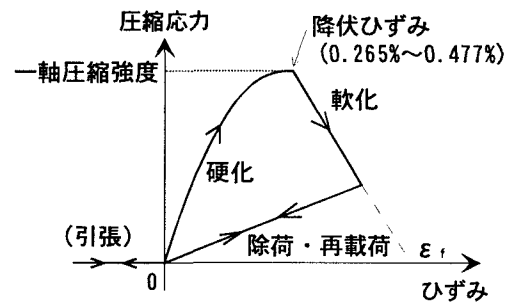


図-1 軟化型構成モデル

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

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。なお、面積帯鉄筋比 ρ_a は%表示である。

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 1.79MN が作用する。なお、供試体の材料諸強度は文献2)を参照のこと。

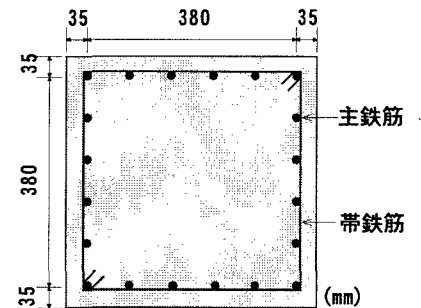


図-2 断面形状および寸法

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、プッシュオーバー（一方向載荷）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、主鉄筋部分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、コンクリート部分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

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プッシュオーバー解析により「最適限界ひずみ」を設定した。本解析での分割モデルを図-4 に示す。図-4 に示すように基部高さ 1.2D（D：柱幅 45 cm）の部分をも 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適用することによりプッシュオーバー解析（4 解析ケース）を行った。なお、

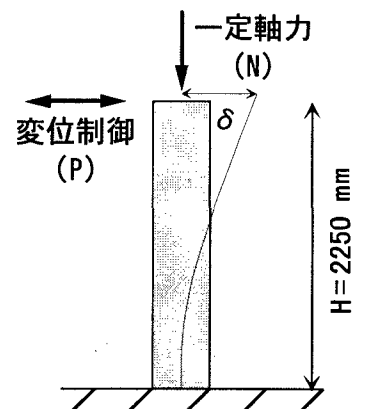


図-3 解析モデル

基部から $1.2D$ ($= 54 \text{ cm}$) 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 $1.2D$ 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.

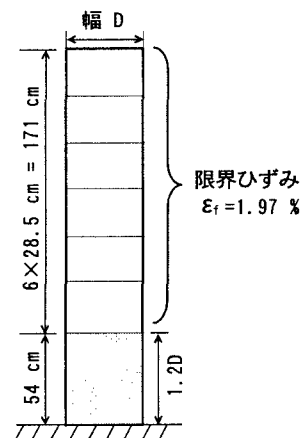


図-4 分割モデル

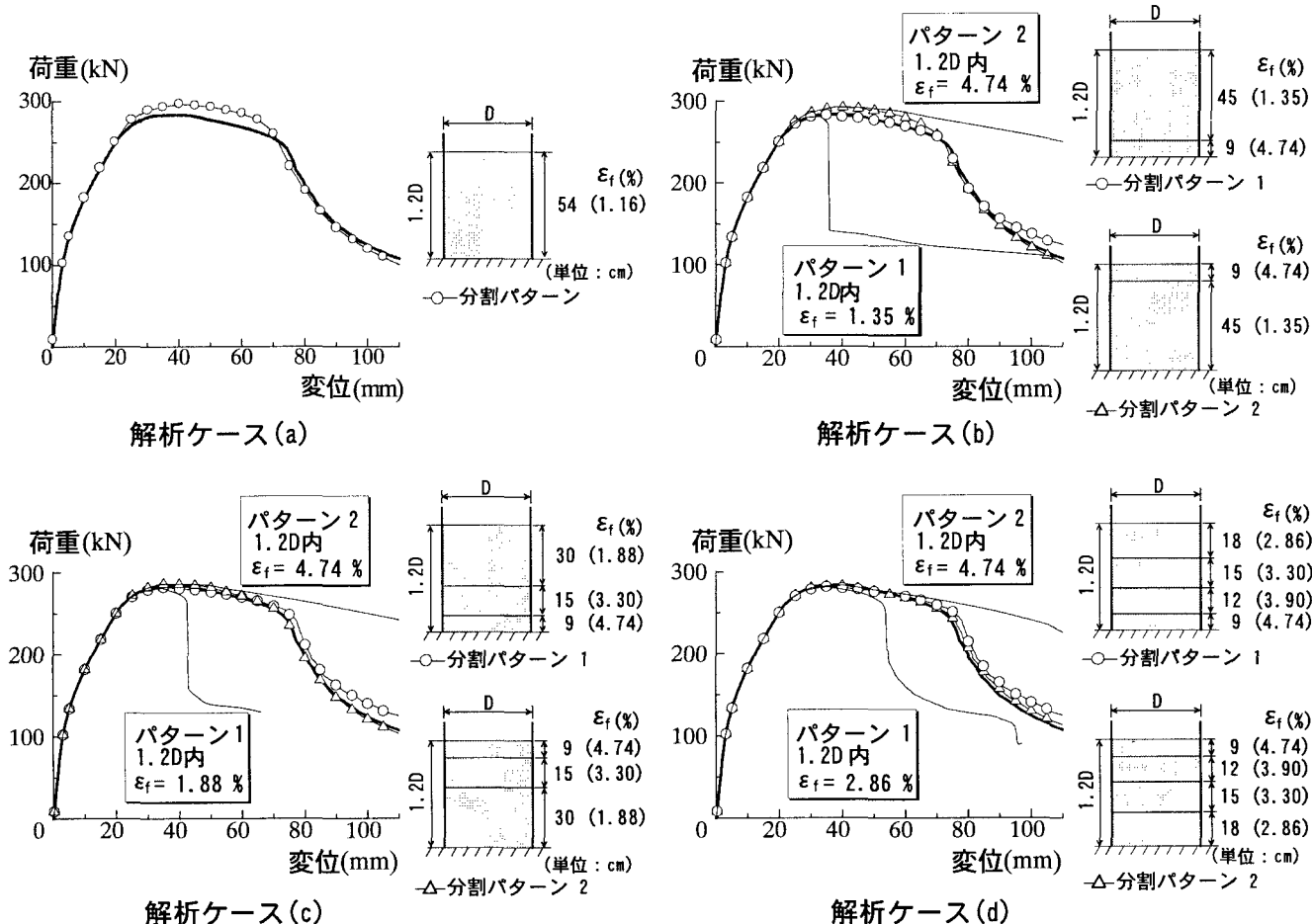


図-5 解析結果

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とな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.