

一定軸力ならびに水平力を受ける RC 柱の破壊影響領域に関する解析的研究

中部大学 学員 ○水谷圭吾 中部大学 嘉屋幸修

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

筆者らは、一定軸力ならびに水平力を受ける鉄筋コンクリート（RC）柱のポストピーク挙動解析を通して、ひずみ軟化型の構成モデルを用いた有限要素解析結果（荷重－変形関係）が分割要素長さに依存しないような解析方法を考案した<sup>1)</sup>。しかし、研究で用いた解析法がファイバー解析法であるために、RC 柱基部周辺に生ずる破壊領域は柱基部近傍の「分割要素長さ」によって大きく左右され、「分割要素長さ」に依存しない破壊領域の特定は困難であった。本研究では、有限要素法プログラム FEAP を用いて、柱基部からある一定領域に対してコンクリート強度を変化させた RC 柱のプッシュオーバー（一方向載荷）解析を実施し、コンクリート強度変化領域が RC 柱の耐力変化率に与える影響について解析的に調べ、RC 柱の「破壊影響領域」の検討を行った。

2. 供試体概要および解析モデル

2.1 供試体概要

供試体の断面形状および寸法を図－1、および解析モデルを図－2 に示す。解析対象となった供試体断面は、文献 2) に報告されている高強度材料から成る H 供試体断面である。主鉄筋比は 1.25% である。なお、供試体の材料諸強度は文献 2) を参照されたい。

2.2 解析モデル

図－2 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<sup>3)</sup>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<sup>1)</sup>を採用した。

2.3 解析ケース

本解析では、表－1 に示すように、1) せん断スパン比（ $S = 4, 5, 6, 7$  の 4 ケース）および 2) 軸力比（ $P/P_y = 0.0, 0.12, 0.24, 0.36, 0.48, 0.60, 0.72, 0.84$  の 8 ケース）を考慮した、計 32 ケースの解析モデルを設定した。基部から一定領域に設定するコンクリート強度の増加率も併せて表－1 に示す。なお、各ケースとも要素長さは 9 cm に設定した。9 cm のコンクリート要素に対するひずみ軟化型応力－ひずみ関係における“限界ひずみ”は文献 1) に示す式によって算定した。

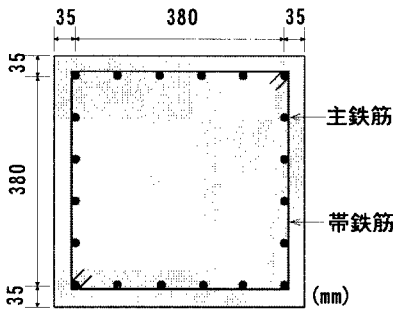
2.4 分割モデルならびに解析概要

一例として、せん断スパン比（ $S = 5$ ）の場合の分割モデルを図－3 に示す。基本となる解析（図－3a）は、全要素（この場合には、25 要素）のコン

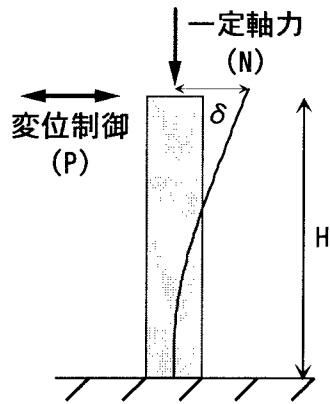
クリート強度が均一の場合である。図－3b に示すように、柱基部の要素から上部の N 要素目までのコンクリート強度を一定割合だけ増加（一定割合の増加率をそれぞれ、10 %、20 %、30 %、40 %、50 %と設定）させることにより、プッシュオーバー解析を行った。

3. 解析結果および考察

せん断スパン比：5、軸力比：0.12  $P_y$ 、コンクリート強度増加率：50%に対する解析結果（荷重－変形関係）の一例を図－4 に示す。図から分かるように、基部から徐々にコンクリート強度を増加させた RC 柱の



図－1 断面形状および寸法



図－2 解析モデル

表－1 解析ケース

| せん断スパン比 | 軸力比 $P / P_y$ | 要素数 | コンクリート強度増加率 (%)    |
|---------|---------------|-----|--------------------|
| 4       | 0.0, 0.12,    | 20  | 10, 20, 30, 40, 50 |
| 5       | 0.24, 0.36,   | 25  |                    |
| 6       | 0.48, 0.60,   | 30  |                    |
| 7       | 0.72, 0.84    | 35  |                    |

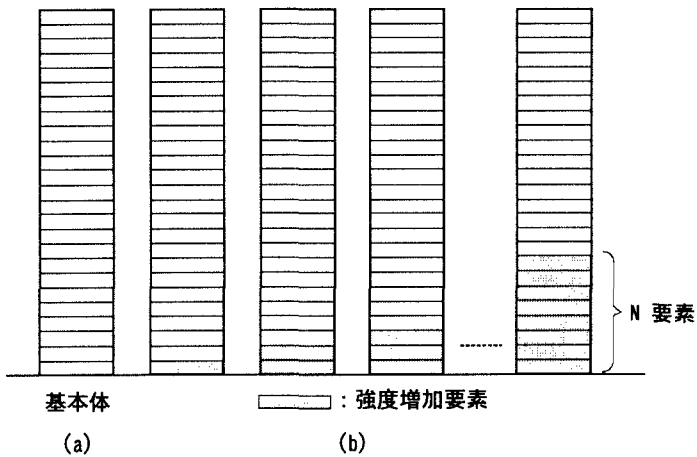


図-3 解析モデル (せん断スパン比 5)

耐力は基本供試体の耐力  $P_0$  に比べて増加する。柱基部から 1, 2, 3 要素目までそれぞれ強度増加させた解析結果では、荷重-変形曲線に耐力およびポストピーク曲線に違いが認められるが、4 要素目までの解析結果～8 要素目までの解析結果では荷重-変形曲線には大きな変化が認められない。

図-5 には、基部から  $N$  要素までコンクリート強度増を設定した RC 柱の耐力  $P_N$  の強度変化率を % 表示してある。ここでは、強度変化率を  $(P_N - P_{N-1}) / (P_{N-1} - P_0)$  で定義する。図から分かるように、基部から 5～6 要素までの強度増加で RC 柱の耐力の変化率は定常的となることが分かる。このことは 5～6 要素目以上のコンクリート強度を増加させた場合、定常的な強度増加 (2～3 % 程度の増加) はあるものの全体挙動に大きな変化がないことを意味する。よって、本研究では、柱基部から 4～5 要素目までの領域、すなわち、 $0.8D \sim 1.0D$  ( $D$  は柱幅；一要素長は  $0.2D$ ) までを破壊影響領域と定義した。

全解析ケース (表-1) に対する破壊影響領域の解析結果を図-6 に示す。図より、破壊影響領域は、軸力比が増加するに従い、全てのスパン比において増加の傾向を示していることが分かった。

#### 4. まとめ

本解析では、RC 柱の「破壊影響領域」について解析的な検討を行った。その結果、「破壊影響領域」の長さはこれまで実験<sup>2)</sup> から報告されているような「破壊領域長さ」とほぼ一致することが分かった。

謝辞：中部大学総合工学研究所補助金 (第 6 部門 B)、ハイテクリサーチ研究費 (文部科学省) ならびに平成 14-15 年度文部科学省科学研究費補助金 (基盤研究 C、研究代表者：水野英二) 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, 関直樹, 畑中重光：要素サイズ依存性を解消した RC 柱のポストピーク FEM 解析, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.24-2, pp.79-84, 2002.
- 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.

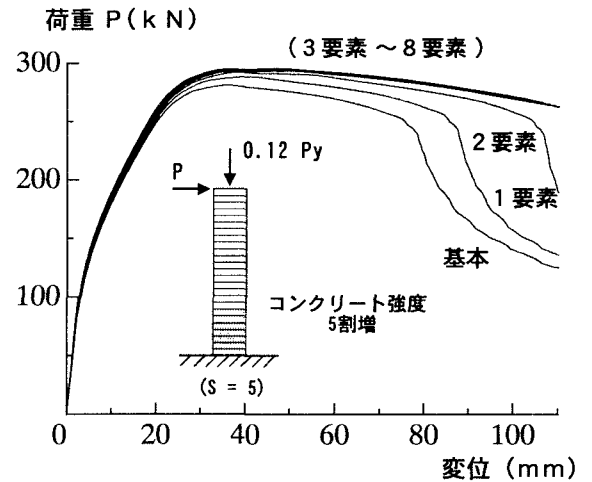


図-4 荷重-変形曲線

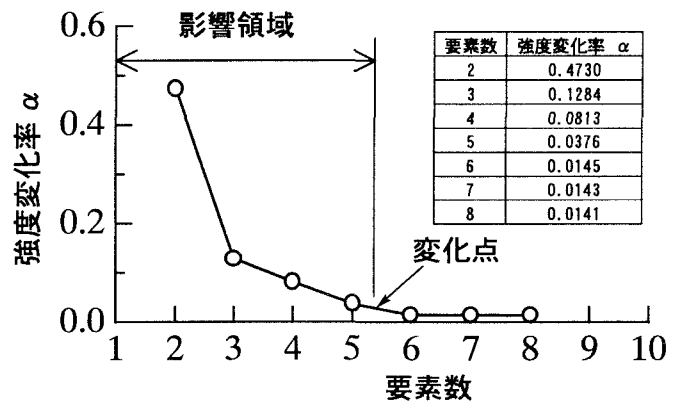


図-5 強度変化率

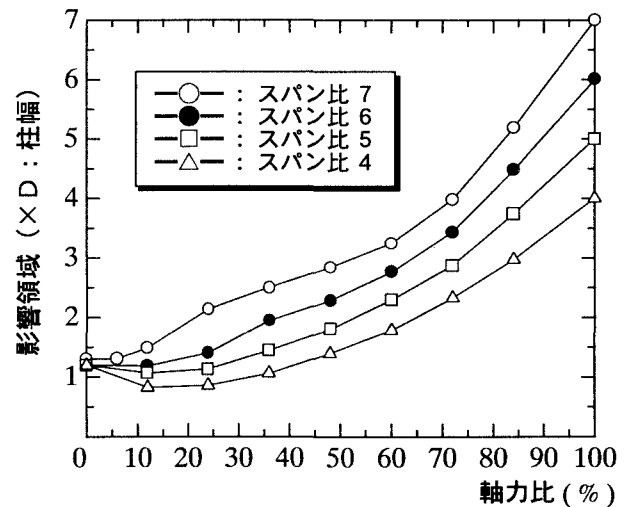


図-6 軸力の変化に伴う影響領域の変動