

一定軸力ならびに水平力を受ける RC 柱の補強効果に関する解析的研究

中部大学 ○藤村敏之 中部大学 正員 水野英二

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、コンクリートにひずみ軟化型ならびに完全弾塑性型の構成モデルを用いた有限要素解析結果（荷重－変位関係）により、RC 柱の「破壊影響領域」の検討を行った。研究結果から、軸力比が 40 % 以内であれば、破壊影響領域は概ね柱幅「1D」に設定すれば良いことが分かった¹⁾。それゆえ、本研究では有限要素法プログラム FEAP を用いて、この「破壊影響領域（1D）」に対して横補強筋比を変化させた RC 柱のプッシュオーバー（一方向載荷）解析を実施し、横補強筋比の変化が RC 柱のポストピーク挙動に与える影響について解析的に調べ、RC 柱の補強効果の検討を行った。

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 に示す。解析対象となった基本供試体断面は、文献 2) に報告されている高強度材料から成る H 供試体断面および普通強度材料から成る N 供試体断面である。主鉄筋比は 1.25 %、横補強筋比は 0.372 % である。なお、H 供試体のコンクリート強度：37.1 MPa、主鉄筋降伏強度：399 MPa、N 供試体のコンクリート強度：65.7 MPa、主鉄筋降伏強度：795 MPa である。各供試体に対するその他の材料諸強度は文献 2) を参照されたい。

2.2 解析モデル

解析モデルを図-2 に示す。本研究では、一定軸力（P）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。ここでは、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⁴⁾を採用した。

2.3 解析ケース

本解析では、せん断スパン比（ $S = 5$ ）および軸力比（ $P/P_y = 0.12$ ）を有する RC 柱の解析モデルを対象とした。表-1 に示すように、高強度および普通強度コンクリートごとに、主鉄筋パラメータ（ $\rho_s \sigma_{ys}/f'_c$ ）が 4～27 までの区間にて 8 解析ケースを設定した。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 4) 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

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）の横補強筋比が均一の場合である。図-3b に示すように、各解析ケースとも基部から柱幅 1D（450 mm）までの領域における基本横補強筋比（ $\rho_s : 0.372\%$ ）を変動させることにより、プッシュオーバー解析を行った。

3. 解析結果および考察

解析結果の一例として、解析ケース 2（主鉄筋比パラメータ：7.6、コンクリート強度：H 供試体タイプ、主鉄筋降伏強度：N 供試体タイプ）に対する解析結果（荷重－変位関係）を図-4 に示す。図から分かるように、基部から区間 1D の横補強筋比を徐々に増加させた RC 柱の荷重－変位曲線（特に、ポストピーク曲

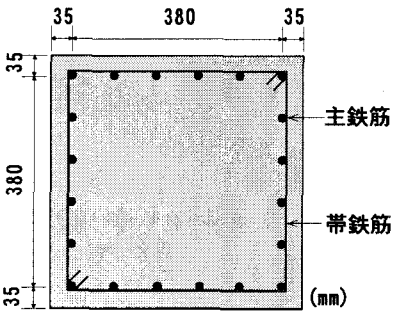


図-1 断面形状および寸法

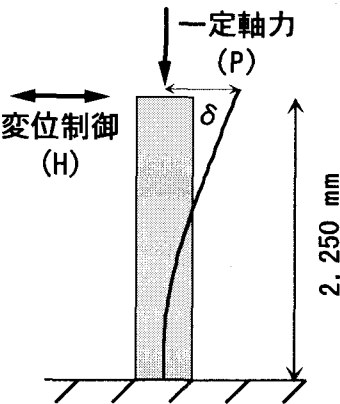


図-2 解析モデル

表-1 解析ケース

解析 ケース	主鉄筋パラメータ $\rho_s \sigma_{ys}/f'_c(\%)$	コンクリート 強度 $f'_c(\text{MPa})$		主鉄筋降伏強度 $\sigma_{ys}(\text{MPa})$	主鉄筋比 $\rho_s(\%)$	帯鉄筋降伏強度 $\sigma_{ys}(\text{MPa})$
		H 供試 体材料	N 供試 体材料			
1	3.8	65.7	37.1	H 供試体または N 供試体のコン クリート強度と 主鉄筋パラメー タから求められ る強度	1.25	335
2	7.6					
3	10.5					
4	13.4					
5	15.1					
6	18.9					
7	22.8					
8	26.8					

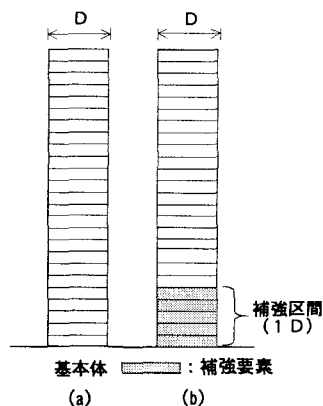


図-3 解析モデル

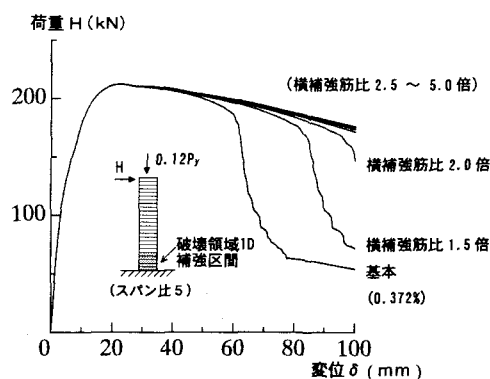


図-4 荷重-変位曲線

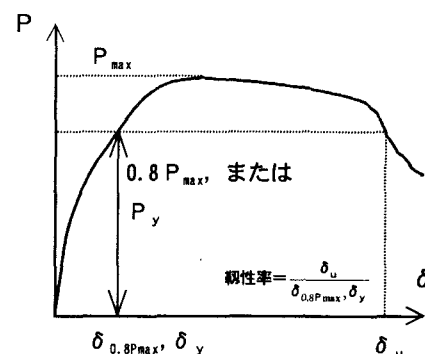


図-5 靱性率

線)は基本供試体のそれに比べて徐々に靱性が増加する。横補強筋比を 1.5, 2.0, ., 5.0 倍と増加させた解析結果では、ポストピーク曲線に違いが認められるが、横補強筋比が 2.5 倍以上の解析結果では大きな変化が認められなくなる。

これまで靱性確保のための研究が多く行われてきているが、本研究では図-5 に示すように最大耐力 P_{max} の $0.8 P_{max}$ または引張鉄筋が降伏する時点での荷重 P_y に対するポストピーク曲線までの吸収エネルギー量を指標として、靱性確保に必要な横補強筋パラメータ ($\rho_s \sigma_{ys} / f'_c$) を決定した。

一例として、図-6 には解析ケース 2 の結果を示す。ここでは、横補強筋比を増加させた場合の RC 柱のポストピーク領域 $0.8 P_{max}$ 耐力までのエネルギー吸収量の変化を示してある。図から、横補強筋比が基本量 (0.372 %) の 2.2 倍以上では $0.8 P_{max}$ 時点での RC 柱の靱性は定常的となることが分かる。このことは破壊影響領域 1D 区間の横補強筋比をそれ以上に増加させたとしても多少の吸収エネルギー増はあるものの靱性能に大きな変化がないことを意味する。よって、本研究では、この横補強筋比を「最適横補強筋比」と定義した。

全解析ケース (表-1) に対する最適横補筋比の解析結果を図-7 に示す。図より、コンクリート強度が高強度 (H 供試体) および普通強度 (N 供試体) の場合においても、最適横補鉄筋パラメータは主鉄筋パラメータが増加するに従い、増加の傾向を示すことが分かった。

4. まとめ

本解析では、RC 柱の靱性を最適に確保することができる「横補強筋比」について解析的な検討を行った。その結果、「最適横補強筋パラメータ」は、「主鉄筋パラメータ」と大きく関係していることが分かった。

謝辞：中部大学総合工学研究所補助金 (第 5 部門) 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) 水谷圭吾, 水野英二, 畑中重光：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, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.25, 2003.
- 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.
- 4) 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.

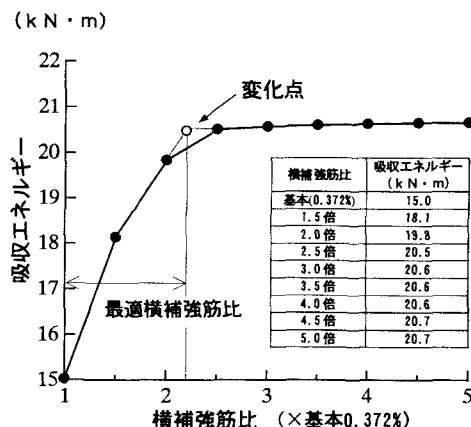


図-6 吸収エネルギー量 (80% 耐力点)

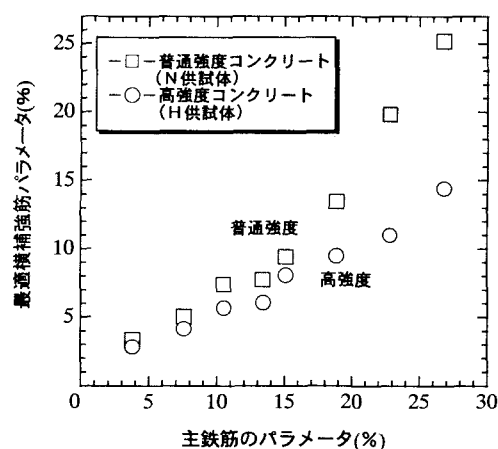


図-7 最適横補強筋パラメータ