

寸法の異なる角形鉄筋コンクリート柱内部の拘束効果に関する三次元 FEM 圧縮解析

中部大学 正員 ○伊藤 誠

中部大学 正員 水野英二

三重大学 正員 畑中重光

1. はじめに

鉄筋コンクリート製橋脚の場合、横拘束筋による内部コンクリートへの拘束効果により、耐力および塑性変形能力を高めることが知られており、一般に横拘束筋比で評価される。さらに、断面寸法が塑性変形に影響を及ぼすことも指摘されているが、未だ明確にされていない点が多い。本研究では、横拘束筋比が同じで、断面寸法の異なる角形鉄筋コンクリートの三次元有限要素圧縮解析を行い、寸法比が最大耐力および拘束効果に及ぼす影響について考察する。

2. 解析方法および解析ケース

本研究では、三次元 FEM（有限要素法）解析プログラム DIANA を用いて解析を行う。鉄筋には DIANA 既存の「von Mises の降伏基準」を適用し、コンクリートには水野らが開発した「圧縮軟化型モデル」¹⁾ をユーザーサブルーチンに導入して適用した。鉄筋およびコンクリートに適用する材料定数を表-1に示す。

図-1に示すように、解析モデルは角形鉄筋コンクリート柱において横拘束筋が巻かれている一部を取り出し、対称性を考慮し 1/4 モデルとした。解析ケースは、図-2に示すように、1/4 モデルの1辺の長さが 20 cm のものを基本サイズ（寸法比 1）とし、〔体積／載荷面積〕が一定となるようにして、寸法比を 2, 3, 4 と変化させた。また、面積横拘束筋比は 0.0 % から 10.0 % まで変化させて解析した。これら解析ケースを表-2に示す。

表-1 材料定数

	鉄筋	コンクリート
ヤング係数	$E_s = 2.1 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$	$E_c = 2.5 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$
ポアソン比	$\nu_s = 0.3$	$\nu_c = 0.2$
強度	$\sigma_y = 350 \text{ N/mm}^2$	$f_c' = 24 \text{ N/mm}^2$

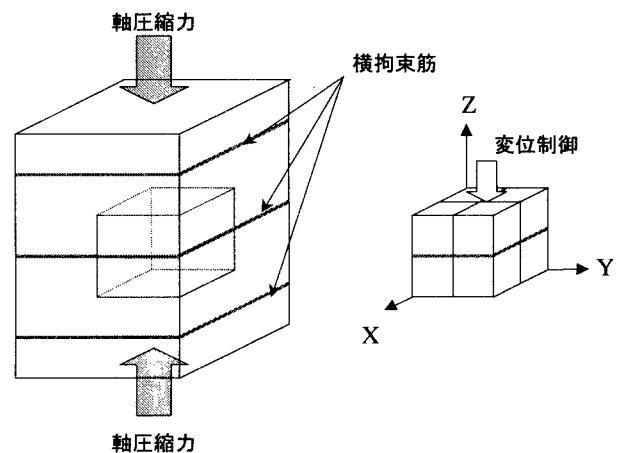
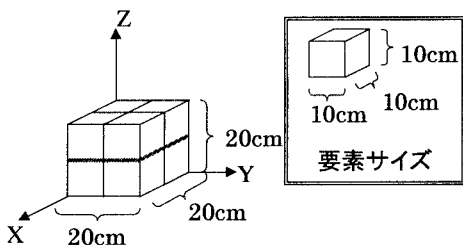


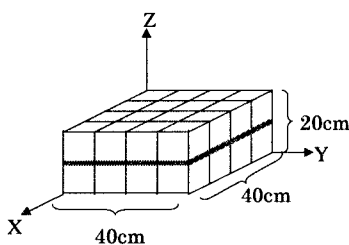
図-1 解析モデルの概要

表-2 解析ケース（合計 40 ケース）

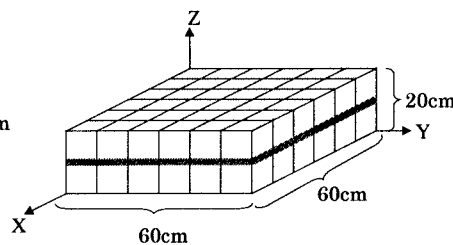
1 辺の長さ (cm)	要素数	寸法比 S	面積横拘束筋比 ρ_s (%)
20	8	1	0.0, 0.1, 0.2, 0.5, 1.0, 2.0, 4.0, 5.0, 7.5, 10.0
40	32	2	
60	72	3	
80	128	4	



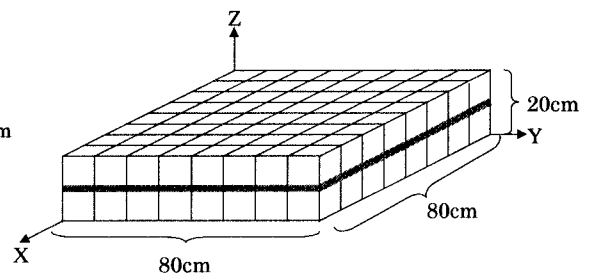
(a) 寸法比 1.0（基本サイズ）



(b) 寸法比 2.0



(c) 寸法比 3.0



(d) 寸法比 4.0

図-2 断面寸法の異なる解析モデル

3. 解析結果

図-3に面積横拘束筋比が 0.5 % および 7.5 % の場合の解析結果を示す。縦軸は平均軸方向応力、横軸は平

均軸方向ひずみである。結果より、横拘束筋比が 0.5 % の場合は寸法比の違いによる平均応力-平均ひずみ関係に大きな差はないことが分かる。一方、横拘束筋比が 7.5 % の場合には、寸法比が大きくなると最大応力が小さくなる傾向があり、寸法効果が現れている。

4. 考察

面積横拘束筋比の違いが内部コンクリートへの拘束効果に及ぼす影響を「拘束効率 R 」なる指標で考察する。ここで、拘束効率 R は三軸圧縮状態に換算した時の等価拘束圧 σ_L ¹⁾ と横拘束筋降伏時に円形断面に働く計算上の側圧 σ_{LY} との比で定義される。なお、 σ_{LY} は面積横拘束筋比 ρ_s と横拘束筋の降伏強度 f_y との積である。

面積横拘束筋と等価拘束圧の関係を図-4 に示す。図中には、拘束効率 $R = 1.0$ と $R = 0.5$ の両ケースも実線および破線で示してある。横拘束筋比が 1.0 % まではほぼ $R = 1.0$ であるが、それ以降、 $R = 1.0$ の直線から離れ、横拘束筋比が 7.5 % ~ 10.0 % では $R = 0.5$ より小さくなる。すなわち、横拘束筋比が大きくなるに従い、内部コンクリートに及ぼす拘束効果が小さくなる。

以下に、拘束圧を受けるコンクリート強度 F_c と寸法比の関係を考察する。一般に、強度 F_c は一軸圧縮強度 F_c 、拘束係数 k および側圧 σ_{LY} により以下のように定義される²⁾。

$$F_{cf} = F_c + k \sigma_{LY} \quad (1)$$

解析結果を基に、寸法比別に拘束係数と計算側圧との関係を図-5 に示す。拘束圧が大きくなるに従い、拘束係数は小さくなることが分かる。また、寸法比が大きいほど拘束係数は小さくなり、寸法効果が現れていると推察できる。

5. まとめ

1. 横拘束筋比かつ寸法比が大きくなるほど、内部コンクリートへの拘束効果は断面寸法が小さくなる。
2. 拘束効率は概ね 0.5 前後となり、拘束係数にも寸法効果が現れている。

謝辞：本研究を遂行するにあたり、中部大学奨励研究費（伊藤）、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，畑中重光：塑性理論によるコンクリートの荷重経路依存型圧縮軟化特性のモデル化，コンクリート工学論文集 p.1-13, 1992.7
- 2) 畑中重光，服部宏己，吉田徳雄，谷川恭雄ら：コンファインド高強度コンクリートの圧縮靱性とその評価，コンクリート構造物の靱性と配筋方法に関するシンポジウム論文集，1-20, 1990.5.

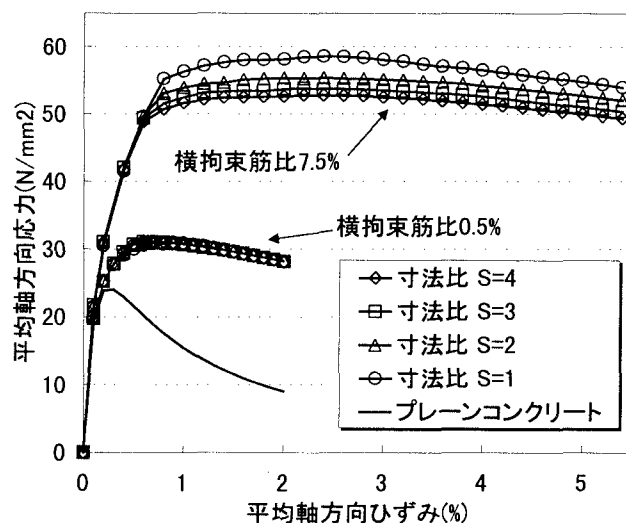


図-3 解析結果（横拘束筋比 0.5 % : 7.5 %）

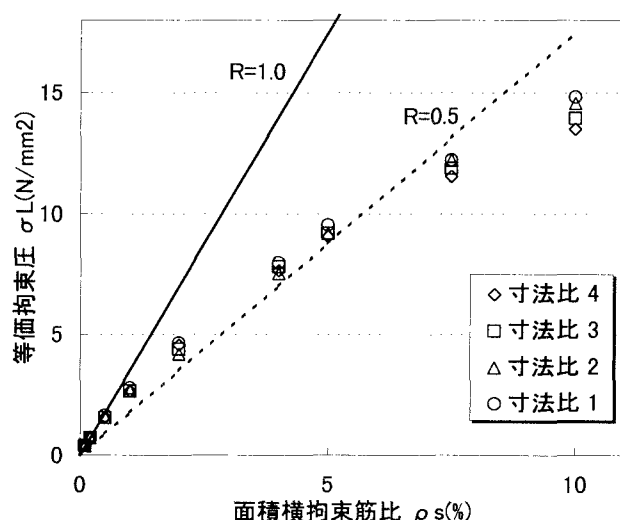


図-4 面積横拘束筋比と等価拘束圧との関係

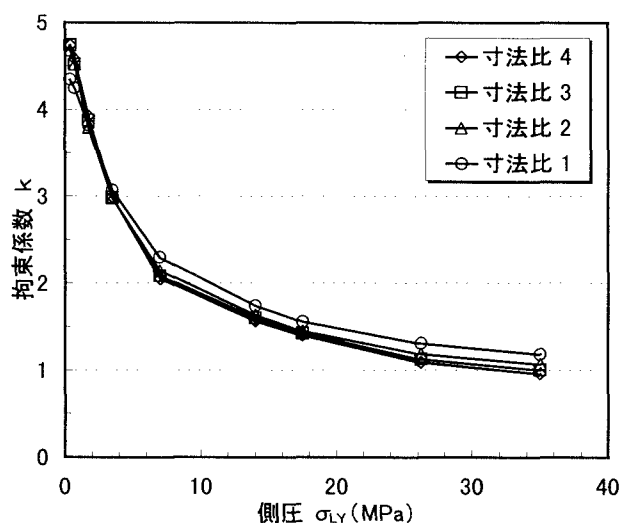


図-5 等価拘束圧と応力増分係数の関係