

V-447 R C柱の横拘束効果を考慮した保有耐力向上法と閾値鉄筋比に関する研究

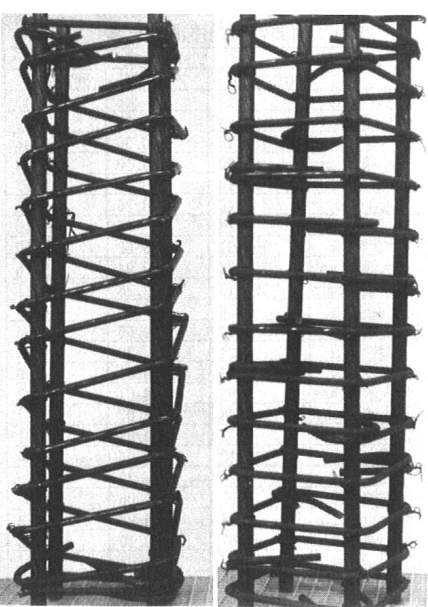
防衛大学校 正会員 ○加藤 清志
 浅野工学専門学校 正会員 加藤 直樹
 高周波熱錬 岩坂 紀夫

1. まえがき 鉄筋コンクリート構造物の耐震性向上は、耐久性向上とともに重要な課題の一つである。構造的には、はりよりもむしろ柱の被害が致命的で、大きな自重と地震力とにより、理論・実験および現象的にも約70°方向に斜めせん断すべりを発生させ座屈する。実験により複合せん断強度特性を定量化し、従来の算定式を一元化する「斜めせん断補強筋法」を案出した¹⁾。また、柱の耐力向上には、「構造体コンクリートのせん断強度増—横鉄筋の形式—鉄筋全体の高強度化」の三位一体の必要性を明らかにした²⁾。さらに、本報では横拘束コンクリート (Confined concrete) の特性を考慮した柱のひずみ硬化のメカニズム、軸鉄筋の閾値鉄筋比 (Threshold steel ratio) の存在、横拘束鉄筋のピッチ効果について述べる。

2. 保有耐力の比較検証 図-1に斜めせん断補強筋法と帯筋法とを対比したが、いま、正方形断面柱 (150×150×530mm) で、前報²⁾と同様に、 $f'_c = 280\text{kgf/cm}^2$ 、せん断補強筋 (SD: $\phi 6$, SBPD: U 6.4)、軸筋 (SD: $\phi 13$, SBPD: U 13) を用い、帯筋法 (ピッチ: 40mm) とも $\bar{p} = 0.68\%$ 、軸筋4本とした。荷重—変形曲線を図-2に示す。図-2で、①軸方向筋がSD材で、ひずみ軟化を示す。②横方向筋をSBPD材としただけでは、やはり軟化する。③軸方向筋をSBPD材にすると、ひずみ硬化を生起させ、とくに帯筋法より斜めせん断補強筋法が大きな保有耐力を示す。④斜めせん断補強筋法を単純スパイラル法としても保有耐力には大差がないので、鉄筋加工および施工上の有利さも見逃せない。以上要するに、配筋上は斜めせん断補強筋法が、材質上からは高強度筋が、それぞれ耐力・保有耐力上、きわめて有利であることがわかる。

3. 横拘束コンクリートの特性を考慮したひずみ硬化のメカニズムと閾値鉄筋比 Mander³⁾は理論的に横拘束筋のピッチによる横拘束効果を定量化した場合の応力—ひずみ曲線を式(1)で与えた。

$$\sigma(\epsilon) = \gamma E_{sec} \epsilon / \{ \gamma - 1 + (\epsilon / \epsilon_c)^T \} \dots \dots \dots (1)$$



(a) 斜めせん断補強筋法 (b) 帯筋法
 図-1 配筋組立状況の比較

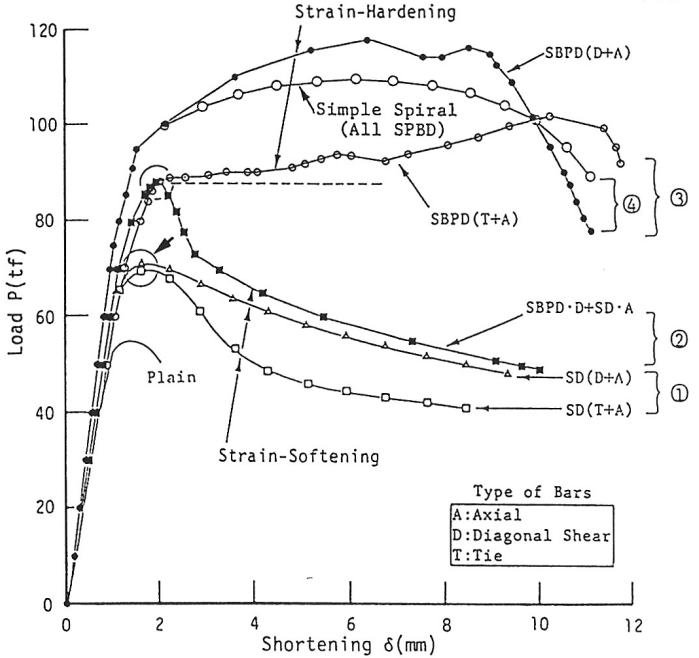


図-2 荷重—変形曲線とひずみ軟化・硬化現象

ここに、 $\gamma = E_c / (E_c - E_{sec})$ 、
 E_c : コンクリートの弾性係数、
 E_{sec} : 横拘束コンクリートの終局割線係数、 ϵ_c : 同上終局ひずみ度。
 図-3 (a) は柱構成材料の応力-ひずみ曲線を、同図 (b) は式(2)により求まる荷重-変形曲線を示す。
 $P_c = \sigma_c(\epsilon) \cdot A_e + E_s \cdot \epsilon \cdot (pA_e) \dots \dots (2)$

ここに、 P_c : 耐力、 A_e : 有効断面、 E_s : 軸筋の弾性係数、 p : 同上鉄筋比。
 閾値鉄筋比 (p_{th}) は式(3)の条件により、式(4)で与えられる。

$$\partial P_c / \partial \epsilon = 0 \dots \dots (3)$$

$$p_{th} = \gamma(\gamma-1) E_{sec} / E_s \cdot \{ (\epsilon/\epsilon_c)^{\gamma-1} - 1 \} / \{ (\epsilon/\epsilon_c)^{\gamma} + 1 \}^2 \dots \dots (4)$$

ピッチ40mm、 $\epsilon = 0.015$ でひずみ硬化が生じるのは $p_{th} \approx 1.5\%$ である。
 4. 有効断面とピッチとの関係 図-4は、柱の載荷方向縦断面図の一例であるが、横拘束筋のピッチが破壊モードに及ぼす影響を示しており、帯鉄筋ピッチ40mmではコアコンクリートが有効に機能し、保有耐力向上に大きく寄与していることがわかる。一方、80mmではかぶりのみならずコアコンクリートをも欠損させている。ピッチ40mmでは「らせん鉄筋の中心線が描く円で囲まれた断面積」はほぼ安全側にあるが、ピッチ80mmでは危険側となる。過去の災害事例と施工性をもふまえ、帯鉄筋法でもらせん鉄筋法でも、統一的に「横拘束筋の標準純間隔は、40mm×粗骨材最大寸法×4/3」が望まれる。

4. 結論 ①基本要素の三位一体化が重要である。②軸方向筋には「閾値鉄筋比」があり、最小鉄筋量ともなり得る。③横拘束筋のピッチ効果はMander式で評価でき、ピッチは保有耐力向上のため、標準示方書当該規定を見直す必要がある。

<謝辞> タイプ印書に尽力された防衛大学校 佐藤純一事務官に付記して謝意を表す。
 <参考文献> 1) Kato, K. et al. : Development of Loading Capacity of RC Column Considering Complex Shear Strength of Concrete and Strength of Shear Reinforcement, Theoretical and Applied Mechanics, Vol. 40, Univ. of Tokyo Press, pp.233-248 (1991) 2) 加藤清志ほか: コンクリートの複合せん断強度および高強度せん断補強筋の耐力を考慮した柱の設計とじん性向上に関する研究, セメント・コンクリート論文集 No.45, pp.624-629 (1991) 3) Mander, J.B. et al. : Theoretical Stress-Strain Model for Confined Concrete, Jour. Struct. Engrg., Vol.114, No.8, pp.1804-1826 (1988).

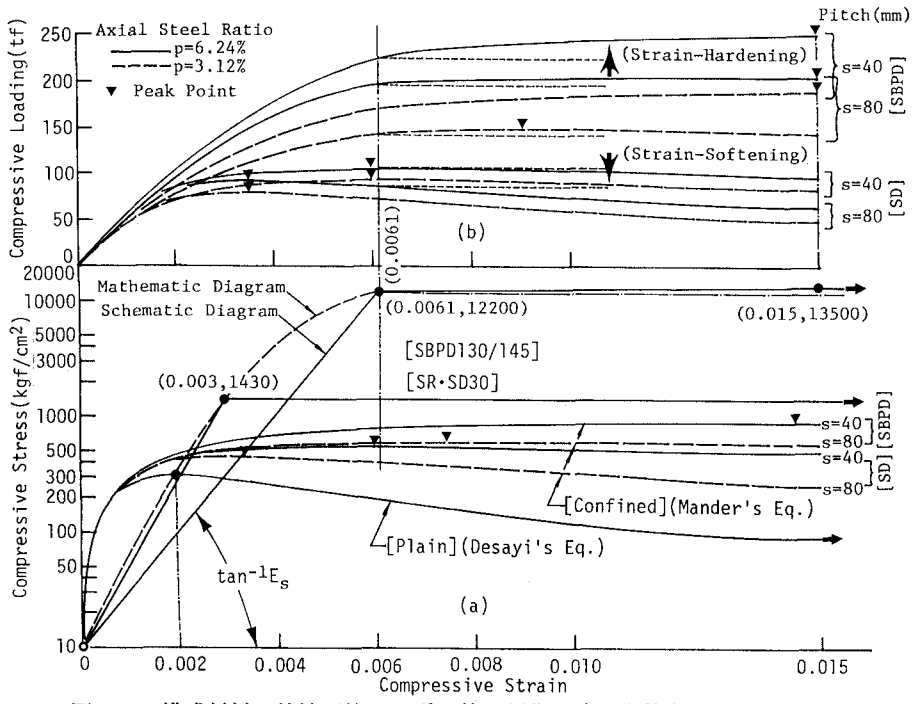


図-3 構成材料の特性が柱のひずみ軟・硬化に及ぼす基本メカニズム

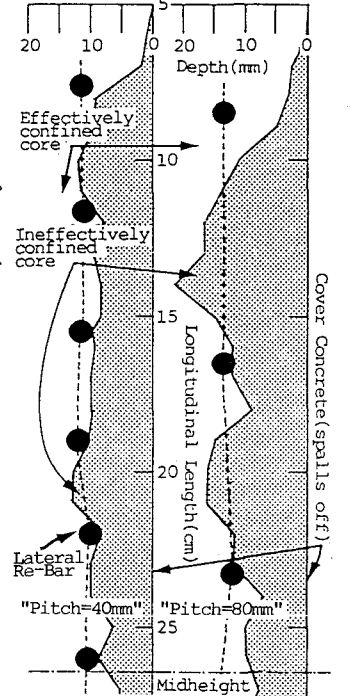


図-4 縦断面のかぶりの欠損比較