

論文 袖壁付き RC 柱の変形性能評価に関する研究

磯雅人*¹・松崎育弘*²・園部泰寿*³・中村洋行*⁴

要旨:本論文では、既往の文献から抽出した袖壁付き RC 柱および連続繊維シート補強された袖壁付き RC 柱の実験データを用いて曲げ降伏後のせん断破壊について検討を行い、その限界部材角について評価する。提案する限界部材角の評価手法は、モデル化された圧縮ストラット部分の下降域応力-軸ひずみ関係式から潜在せん断耐力-部材角関係式が導かれ、その潜在せん断耐力計算値が曲げ終局耐力計算値の 8 割に達した時点の部材角を限界部材角計算値と定めるものである。検討の結果、本提案式で袖壁付き RC 柱の限界部材角をおおむね安全側に評価できることが示される。

キーワード:袖壁付き RC 柱, 限界部材角, 曲げ降伏後のせん断破壊, 潜在せん断耐力

1. はじめに

筆者らは、既存袖壁付き RC 柱に連続繊維シートを貼付けのみで補強する工法について提案^{1) 2)}し、その構造性能と工法の有効性について報告するとともに、そのせん断耐力についての評価式を提案した。しかし、“袖壁付き RC 柱の変形性能”については、検討できておらず、いまだ未解決のままである。一方、変形性能に関する研究資料は、若林・南らによる、はり機構・アーチ機構を線材に置換して評価する変形モデル³⁾や益尾・井上らによるせん断余裕度を基にした限界部材角の評価方法⁴⁾などの提案があるが、その研究資料は少なく、実験データそのものも十分とは言えない。

以上のことから本研究では、特に曲げ降伏後にせん断破壊する袖壁付き RC 柱および連続繊維シート補強袖壁付き RC 柱に着目して、その変形性能について評価する。なお検討・評価にあたっては既往の袖壁付き RC 柱および連続繊維シート補強された袖壁付き RC 柱の実験データが使用される。また、その変形性能評価にあたっては、“補強筋およびシートの拘束効果”の把握が最重要と考え、その検討に際しては既往の RC 梁・柱およびシート補強された RC 梁・柱の実験データを用いて評価され、その結果との関連をもって袖壁付き RC 柱の変形性能が評価される。

2. 限界部材角の評価方法の流れと仮定

図-1 に限界部材角の評価方法の流れを示す。**・想定する破壊モード** 想定する破壊モードは、曲げ降伏後のせん断破壊である。破壊過程はヒンジ部の回転(部材角)の進行により、コンクリート斜め圧縮束材の圧壊が進行する。それにより部材の潜在せん断耐力は低下し、その耐力が曲げ耐力の 8 割に低下した時に、その破壊が生じると想定した。

・相対部材角-コンクリート斜め圧縮束材の軸ひずみ関係

トラス機構における微小要素は、図-1(a)に示す 1 辺の長さが 1 で、斜材の角度が ϕ (ここでは、 $\phi=45^\circ$ と仮定) の長方形トラス材を考える。変形はトラス機構の斜材がひずむことにより変形するものと仮定する。斜材のひずみ度を ϵ_d とすると、そのせん断ひずみ度 γ は幾何学的関係から式(1)で与えられる。ここではそのせん断ひずみ度 γ を部材の相対部材角 R に相当するものと仮定する。

$$R = \gamma = \epsilon_d (\tan \phi + \cot \phi) = 2 \cdot \epsilon_d \quad (1)$$

なお、本仮定はこの破壊モードがせん断ひずみ度 γ に起因し、相対部材角中に占めるせん断変形成分の割合が大きいものと判断して仮定した。

- * 1 東京理科大学大学院 工学研究科建築学専攻(東急建設(株)技術研究所) 工修(正会員)
- * 2 東京理科大学教授 工学部建築学科 工博(正会員)
- * 3 筑波大学名誉教授 工博(正会員)
- * 4 東急建設(株)建築エンジニアリング部 工修(正会員)

・コンクリート斜め圧縮束材の下降域応力-軸ひずみ関係

コンクリート斜め圧縮材の下降域応力-軸ひずみ関係は Kent-Park モデル⁵⁾を修正した式(2)による (図-1(b)参照)。3項では式(2)の下降域勾配 Z および軸力 σ_n の影響について検討する。

$$\sigma_d = F_c \cdot \{1 - Z (\epsilon_d - \epsilon_0)\} - \sigma_n \quad (2)$$

・潜在せん断耐力評価式 潜在せん断耐力 (図-1(c)参照) は下式(3), (4)により算出する。

■無補強およびシート補強 RC 柱・梁部材の潜在せん断耐力評価式²⁾

$$Q_{su} = \nu_s (p_w \cdot \sigma_{wy} + p_f \cdot \sigma_{fe}) B \cdot j_t + \tan \theta (1 - \beta) B \cdot D \cdot \sigma_d / 2 \quad (3)$$

ただし, ν_s ($p_w \cdot \sigma_{wy} + p_f \cdot \sigma_{fe}$) $\leq \sigma_d / 2$
 ここに, p_w :せん断補強筋比 σ_{wy} :せん断補強筋の降伏点 p_f :シートのせん断補強筋比 σ_{fe} :シートのせん断設計用引張強度 (=min[$E_f \cdot \epsilon_f$, (2/3) σ_d])²⁾⁹⁾ E_f :シートのヤング係数(実験値) ϵ_f :シートの有効ひずみ度(=0.7%) σ_f :シートの引張強度(実験値) B :部材の幅 j_t :最外主筋間距離 D :全せい L :内法長さ σ_d :コンクリート斜め圧縮束材の下降域応力(式(2)) σ_B :コンクリート圧縮強度 ν_s :せん断補強筋の有効強度係数

$\Phi \leq 0.66$ の時: $\nu_s = 1$
 $0.66 < \Phi \leq 1.53$ の時: $\nu_s = 1.28 - 0.42 \cdot \Phi$
 $\Phi > 1.53$ の時: $\nu_s = 0.98 / \Phi$

ここに, $\Phi = (p_w \cdot \sigma_{wy} + p_f \cdot \sigma_{fe}) / \sqrt{\sigma_B}$
 $\beta = 2\nu_s (p_w \cdot \sigma_{wy} + p_f \cdot \sigma_{fe}) / \sigma_d \leq 1.0$

$\tan \theta = \sqrt{(L/D)^2 + 1} - L/D$
 [単位系]: $\sigma_{wy}, \sigma_{fe}, \sigma_B, \sigma_d$: N/mm²

■無補強およびシート補強袖壁付き RC 柱の潜在せん断耐力評価式²⁾

$$Q_{su} = \nu_s \{ p_{we} \cdot \sigma_{wy} (j_w/j_t) + p_{she} \cdot \sigma_{sy} (j_w/j_t) + p_{fe} \cdot \sigma_{fe} (j_f/j_t) \} b_c \cdot h + \tan \theta (1 - \beta) \alpha \cdot b_c \cdot l_w \cdot \sigma_d / 2 \quad (4)$$

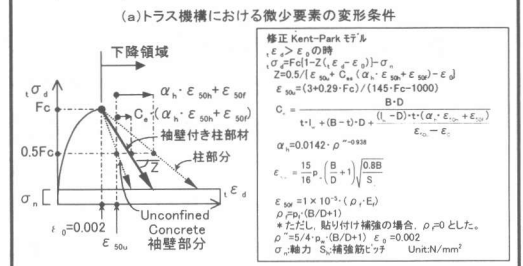
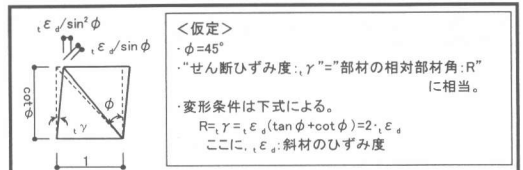
ただし,
 $\nu_s \{ p_{we} \cdot \sigma_{wy} (j_w/j_t) + p_{she} \cdot \sigma_{sy} (j_w/j_t) + p_{fe} \cdot \sigma_{fe} (j_f/j_t) \} \leq \sigma_d / 2$
 ここに,

$p_{we} = a_w / (b_c \cdot x)$:換算帯筋比 σ_{wy} :帯筋の降伏点
 $p_{she} = a_{sh} / (b_c \cdot x)$:換算壁横筋比 σ_{sy} :壁横筋の降伏点
 $p_{fe} = a_f / (b_c \cdot x)$:換算シート補強筋比
 σ_{fe} :シートの有効応力度

(=min[$E_f \cdot \epsilon_f$, (2/3) σ_d]...シート閉鎖型補強)²⁾⁹⁾
 (= $E_f \cdot \epsilon_{fe}$...貼り付けのみによる補強)²⁾

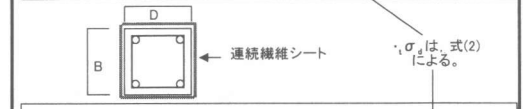
ここに, ϵ_{fe} :シート有効ひずみ (= $\alpha_e \cdot \epsilon_{max}$)
 α_e :シートひずみの有効係数(=0.2)
 ϵ_{max} :シート最大ひずみ (= $\tau_{bu} \cdot L_e / (E_f \cdot \Sigma t)$)
 τ_{bu} :付着応力度(= $0.93 \cdot \sigma_B^{0.44}$)
 L_e :有効付着長さ(= $0.125 (\Sigma t \cdot E_f)^{0.57}$)
 Σt :シートの積層厚さ

a_w, a_{sh}, a_f :帯筋, 壁横筋, シートの断面積
 x :帯筋, 壁横筋, シートの間隔
 b_c :断面積と全せいの両者を原断面と等しくした仮想長方形断面の幅(= $\Sigma A / l_w$) ΣA :壁を含めた断面積 l_w :壁を含めた断面の全せい

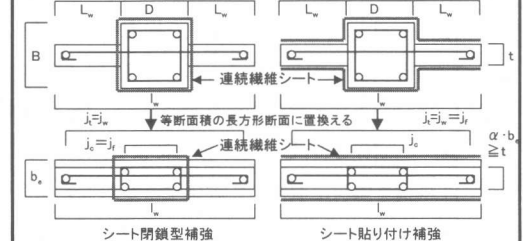


(b)コンクリート斜め圧縮束材の下降域応力-軸ひずみ関係

<無補強およびシート補強 RC 梁・柱>
 $Q_{su} = \nu_s (p_w \cdot \sigma_{wy} + p_f \cdot \sigma_{fe}) B \cdot j_t + \tan \theta (1 - \beta) B \cdot D \cdot \sigma_d / 2$



<無補強およびシート補強袖壁付き RC 柱>
 $Q_{su} = \nu_s \{ p_{we} \cdot \sigma_{wy} (j_w/j_t) + p_{she} \cdot \sigma_{sy} (j_w/j_t) + p_{fe} \cdot \sigma_{fe} (j_f/j_t) \} b_c \cdot h + \tan \theta (1 - \beta) \alpha \cdot b_c \cdot l_w \cdot \sigma_d / 2$



(c)潜在せん断耐力

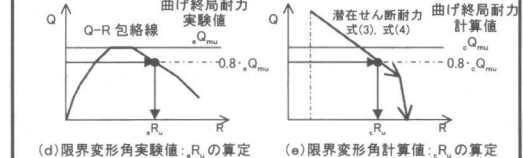


図-1 限界部材角の評価方法の流れと仮定

j_t :最外縦筋間距離 j_c :最外柱主筋間距離
 j_w :最外壁縦筋間距離 j_w :シート補強範囲内での最外縦筋間距離 h_0 :内法長さ α :アーチ機構の有効幅率(= $1 - 0.45 L_w / D$ ただし, $\alpha \geq t/B_c$)
 L_w :袖壁の張出し長さ D :柱せい t :袖壁厚さ
 $\Phi \leq 0.66$ の時: $\nu_s = 1$
 $0.66 < \Phi \leq 1.53$ の時: $\nu_s = 1.28 - 0.42 \cdot \Phi$
 $\Phi > 1.53$ の時: $\nu_s = 0.98 / \Phi$
 ここに, $\Phi = \{ p_{we} \cdot \sigma_{wy} (j_w/j_t) + p_{she} \cdot \sigma_{sy} (j_w/j_t) + p_{fe} \cdot \sigma_{fe} (j_f/j_t) \} / \sqrt{\sigma_B}$
 $\beta = 2\nu_s \{ p_{we} \cdot \sigma_{wy} (j_w/j_t) + p_{she} \cdot \sigma_{sy} (j_w/j_t) + p_{fe} \cdot \sigma_{fe} (j_f/j_t) \} / \sigma_d \leq 1.0$
 $\tan \theta = \sqrt{(h_0/L_w)^2 + 1} - h_0/L_w$
 *その他の記号は, 式(3)参照
 [単位系]: $\sigma_{wy}, \sigma_{sy}, \sigma_{fe}, \sigma_B, \sigma_d$: N/mm²

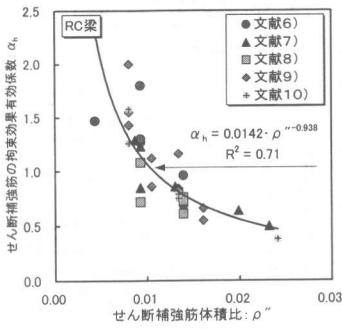


図-2 $\alpha_h - \rho$ (RC 梁)

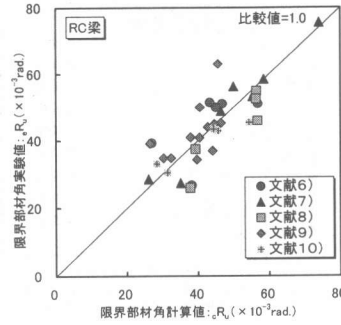


図-3 $eR_u - eR_u$ 比較 (RC 梁)

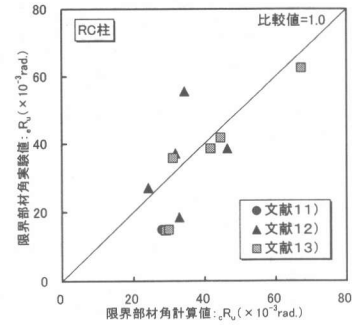


図-4 $eR_u - eR_u$ 比較 (RC 柱)

・**限界部材角の定義** 限界部材角実験値はせん断力一部材角包絡線上のせん断力が最大耐力の8割に低下した時点の部材角を限界部材角と定義する。(図-1(d)参照)。限界部材角計算値は、潜在せん断耐力が曲げ耐力計算値の8割に低下した時点の部材角を限界部材角と定義する(図-1(e)参照)。

3. 袖壁付き RC 柱の限界部材角の評価

ここでは曲げ降伏後にせん断破壊した RC 梁・柱およびシート補強 RC 梁・柱部材のデータを用いて、斜め圧縮束材の下降域応力 ($t\sigma_d$) - 軸ひずみ ($t\varepsilon_c$) 関係に与える“補強筋およびシートの拘束効果”と“軸力”の影響について検討を行い定式化する。次いでその結果との関連をもって袖壁付き RC 柱の $t\sigma_d - t\varepsilon_c$ 関係を定式化し、その限界部材角について評価する。

3.1 補強筋の拘束効果と軸力の影響

ここでは曲げ降伏後にせん断破壊した RC 梁 (6~10)、柱のデータ (11~13) を用いてコンクリート斜め圧縮束材の下降域応力-軸ひずみ関係に与える“補強筋の拘束効果”と“軸力”の影響について検討を行い定式化する。本解析に使用する下降域応力-軸ひずみモデルは Kent-Park 式を基本とするが、以下の点が異なる。①軸力を負担している RC 柱部材では、すでに軸力 $\sigma_n [=N/(B \cdot D)]$ (ここに、N:軸力) が圧縮束材から消費されているものと仮定する(式(2)に参照)。② ρ の算出に用いるコンクリートコア面積は略算的に $0.8B \times 0.8D$ と仮定する。③曲げせん断を受ける部材の補強筋の拘束効果への寄与

は中心軸圧縮から得られるものと応力状態が異なるため、その性状が異なることが考えられる。そこで曲げせん断を受ける部材の補強筋の拘束効果による増分軸ひずみを $\alpha_h \cdot \varepsilon_{50h}$ (ここに、 α_h :有効係数) と仮定し、下式(5)により下降域勾配 Z を算出するものとする。

$$Z = 0.5 / (\varepsilon_{50u} + \alpha_h \cdot \varepsilon_{50h} - \varepsilon_0) \quad (5)$$

ここに、 $\varepsilon_{50u} = (3 + 0.29Fc) / (145 \cdot Fc - 1000)$

$$\varepsilon_{50h} = \frac{15}{16} p_w \left(\frac{B}{D} + 1 \right) \sqrt{\frac{0.8B}{S_h}} \quad \varepsilon_0 = 0.002 \quad S_h: \text{補強筋} \text{の} \text{ワ} \text{ッ} \text{チ}$$

以下、RC 梁のデータを用いて式(5)の有効係数 (α_h) について検討を行う。図-2 にせん断補強筋拘束効果有効係数 (α_h) - せん断補強筋体積比 (ρ) 関係を示す。なお、 α_h 実験値は式(1),(2),(3),(5)を用いて以下の2条件が成立するように算出した。

条件1: $eQ_{su} = 0.8 \cdot eQ_{mu}$ 条件2: $R = eR_u$

ここに、 eQ_{mu} : 曲げ終局耐力実験値

eR_u : 限界部材角実験値(図-1(d)参照)

同図より α_h は ρ の増加とともに低下する傾向が示され、それらを回帰した結果、下式(6)を得た。

$$\alpha_h = 0.0142 \cdot \rho^{-0.938} \quad (6)$$

ここに、 $\rho = 5/4 \cdot p_w \cdot (B/D + 1)$

図-3, 4 に式(6)の条件下で計算した RC 梁・柱の限界部材角実験値 (eR_u) と計算値 (eR_u) との比較を示す。なお限界部材角計算値は上記と同様な手法により算出した。同図より実験値は比較値=1.0 付近に分布し、おおむね本提案式で RC 梁・柱の限界部材角を評価している。また軸力の効果についてもほぼこの仮定で妥当に評価できるものと考えられる。

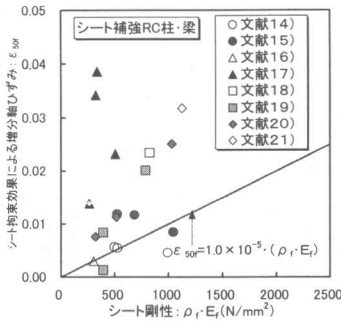


図-5 $\epsilon_{50f} - \rho_f \cdot E_f$ (シート補強)

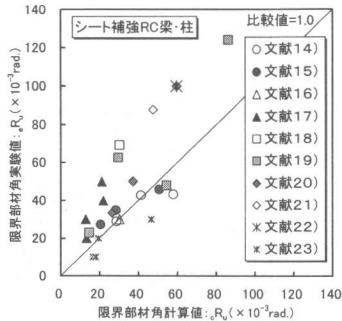


図-6 $eR_u - cR_u$ 比較 (シート補強)

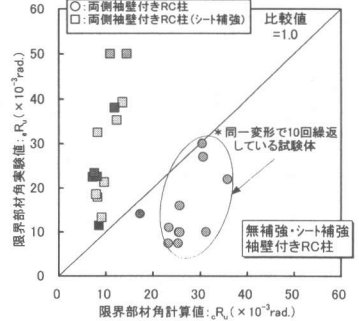


図-7 $eR_u - cR_u$ 比較 (袖壁付き柱)

3.2 シートの拘束効果

ここでは、曲げ降伏後せん断破壊（一部、曲げ破壊も含む。）したシート補強 RC 梁・柱のデータ 14)~23) を用いてコンクリート斜め圧縮束材の下降域応力-軸ひずみ関係に与えるシートの拘束効果について検討を行い定式化する。シートによる拘束効果は、補強筋の拘束効果と同様に下降勾配 Z に影響するものと考え、下式(7)で与えることにする。

$$Z = 0.5 / (\epsilon_{50u} + \alpha_h \cdot \epsilon_{50h} + \epsilon_{50f} - \epsilon_0) \quad (7)$$

ここに、 ϵ_{50f} : シートの拘束効果による増分軸ひずみ

* その他の記号は式(5)、式(6)参照

ϵ_{50f} は、シート剛性の増加とともに増加することが既往の文献 28) に示されていることから、図-5 に ϵ_{50f} -シート剛性 ($\rho_f \cdot E_f$) 関係を示す。なお、 ϵ_{50f} 実験値は、式(1),(2),(3),(7) を用いて 3.1 で示した 2 条件が成立するように ϵ_{50f} を求めた。同図より ϵ_{50f} と $\rho_f \cdot E_f$ との関係はばらつきが大きく傾向が読み難いところがあるが、個々のデータを分析すると、概ねシート剛性の増加とともに ϵ_{50f} は増加する傾向が見られる。しかし、ここではばらつきが大きいことを考慮して ϵ_{50f} を下式(8)のように下限で評価することにした。

$$\epsilon_{50f} = 1 \times 10^{-5} \cdot (\rho_f \cdot E_f) \quad (8)$$

ここに、 $\rho_f = p_f \cdot (B/D + 1)$

E_f : シートのヤング係数(N/mm²)

以上、式(8)の条件下で計算された限界変形角の実験値 (eR_u) と計算値 (cR_u) との比較を示す。なお、計算値は梁・柱部材と同様な手法により算

出した。同図より計算値は実験値をやや安全側に評価する傾向を示した。

3.3 袖壁付き RC 柱の圧縮束材の下降域応力-軸ひずみモデルと限界部材角の評価

ここでは、曲げ降伏後せん断破壊（一部、曲げ破壊も含む。）した無補強およびシート補強された袖壁付き RC 柱のデータ 4), 23)~27) を用いて、その限界部材角について検討を行う。検討に際し袖壁付き柱の袖壁部分は柱部と比較して配筋がシングル配筋となりやすく、形状も扁平であるためその拘束度合は弱いと考えられる。ここでは、そのことを配慮し袖壁付き柱の下降域応力 ($t\sigma_d$) および勾配 Z を以下のように導出する。袖壁部分を無拘束状態のコンクリート、柱部分を補強筋およびシートで拘束されたコンクリートモデルとして捉え、同ひずみ時での柱と袖壁部の各応力度に各面積率を乗じて算出した等価応力度を袖壁付き RC 柱の $t\sigma_d$ と捉えたとその勾配 Z は下式(9)で与えられる。

$$Z = 0.5 / \{ \epsilon_{50u} + C_c \cdot (\alpha_h \cdot \epsilon_{50h} + \epsilon_{50f}) - \epsilon_0 \} \quad (9)$$

ここに、 C_c : 拘束効果有効係数

$$C_c = \frac{B \cdot D}{t \cdot l_w + (B-t) \cdot D + \frac{(l_w - D) \cdot t \cdot (\alpha_h \cdot \epsilon_{50h} + \epsilon_{50f})}{\epsilon_{50u} - \epsilon_0}} \quad (10)$$

* その他の記号は式(5)、式(6)、式(8)参照

以上、図-7 に式(9)の条件下で算出した無補強およびシート補強袖壁付き RC 柱の限界部材角実験値 (eR_u) と計算値 (cR_u) との関係を示す。なお限界部材角計算値の算出に用いた潜在せん断耐力式は式(4)により、曲げ終局耐力式は式(11)に

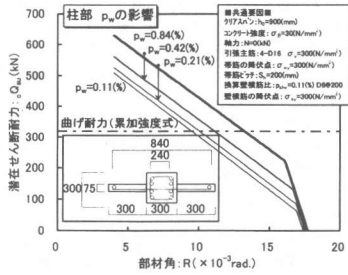


図-8 $c_{Q_{su}}-R$ 関係(p_w の影響)

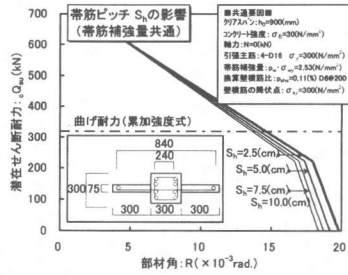


図-9 $c_{Q_{su}}-R$ 関係(s_h の影響)

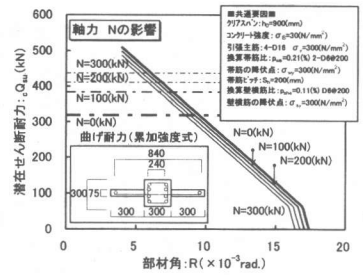


図-10 $c_{Q_{su}}-R$ 関係(Nの影響)

よる曲げ累加強度式によった。なお限界部材角計算値は潜在せん断耐力が累加強度式による曲げ終局耐力の 8 割となった点の部材角を限界部材角とした。

■無補強およびシート補強袖壁付きRC柱の曲げ終局耐力式(累加強度式)■ (4)

$$N_3 \geq N > N_4$$

$$M_u = (0.8a_1 \cdot \sigma_y \cdot D + 0.12b \cdot D^2 \cdot Fc + M_{wu}) \cdot \frac{(N'_{max} + a_n \cdot \sigma_y + 2N_{wu} - N)}{(N'_{max} - 0.4b \cdot D \cdot Fc + N_{wu})}$$

$$N_4 \geq N > N_3$$

$$M_u = 0.8a_1 \cdot \sigma_y \cdot D + 0.12b \cdot D^2 \cdot Fc + M_{wu}$$

$$N_3 \geq N > N_2$$

$$M_u = 0.8a_1 \cdot \sigma_y \cdot D + 0.5(N + a_n \cdot \sigma_y - N_{wu}) \cdot D \cdot \left\{ 1 - \frac{(N + a_n \cdot \sigma_y - N_{wu})}{(b \cdot D \cdot Fc)} \right\} + M_{wu}$$

$$N_2 \geq N > N_1$$

$$M_u = 0.8a_1 \cdot \sigma_y \cdot D \cdot \left\{ 1 - \frac{(N + a_n \cdot \sigma_y - N_{wu})}{N'_{min}} \right\} + M_{wu}$$

$$N_1 \geq N > N_0$$

$$M_u = M_{wu} \cdot \frac{(N - N'_{min} + a_n \cdot \sigma_y)}{N_{wu}}$$

ここに、 $N_0 = N'_{min} - a_n \cdot \sigma_y$
 $N_1 = N'_{min} - a_n \cdot \sigma_y + N_{wu}$
 $N_2 = -a_n \cdot \sigma_y + N_{wu}$
 $N_3 = 0.4b \cdot D \cdot Fc - a_n \cdot \sigma_y + N_{wu}$
 $N_4 = 0.4b \cdot D \cdot Fc + a_n \cdot \sigma_y + N_{wu}$
 $N_5 = N'_{max} + a_n \cdot \sigma_y + 2N_{wu}$
 $N'_{min} = -2a_1 \cdot \sigma_y$
 $N'_{max} = b \cdot D \cdot Fc + 2a_1 \cdot \sigma_y$
 $N_{wu} = \eta_c \cdot t_w \cdot \beta \cdot D \cdot Fc$
 η_c : 袖壁コンクリートの有効係数 (=0.85)
 $M_{wu} = N_{wu} \cdot (1 + \beta) \cdot D/2$
 a_n : 中段筋の断面積

同図より計算値は実験値をおおむね安全側に評価しているが、RC 梁・柱、シート補強梁・柱に比較しては大きい。特に、同変形角で 10 回繰返しを行った文献 25) の試験体は、危険側に評価され、今後、繰返しによる影響について調査する必要があることが示された。

4. 袖壁付き RC 柱の潜在せん断耐力および限界部材角の特性

ここでは、式(1),(2),(4),(9)の関係から導かれる袖壁付き RC 柱の潜在せん断耐力と相対部材

角関係について検討を行い、諸要因が与える影響について調査する。

図-8, 9, 10,

11 に潜在せん断耐力一部材角関係を示す。

図-11 $c_{Q_{su}}-R$ 関係(L_w/D の影響)

図-8, 9, 10, 11 に潜在せん断耐力一部材角関係を示す。柱部せん断補強筋比: p_w の影響では p_w の上昇とともに潜在せん断耐力は上昇するため、限界部材角も上昇することとなる。次に帯筋補強量を同一にし帯筋ピッチ: s_h を変化させた場合の影響では帯筋ピッチが狭いほど潜在せん断耐力の低下の割合が少なくなるため、限界部材角は上昇することとなる。軸力: N の影響では軸力の上昇とともに圧縮束材の抵抗できうる応力度は低下するため潜在せん断耐力もおおむね低くなる。そのため限界部材角は曲げ終局耐力との関係もあるが軸力の増加とともにおおむね低下するものと考えられる。袖壁の張出し長さ比: L_w/D の影響では張出し長さ比の上昇とともにその潜在せん断耐力は上昇するが、その低下の割合は急激となる。

5. まとめ

曲げ降伏後にせん断破壊する袖壁付き RC 柱のせん断抵抗機構をモデル化して、潜在せん断耐力一部材角関係および限界部材角の評価方法について提案した。本評価方法により袖壁付き RC 柱の限界部材角をおおむね安全側に評価できることを示した。

参考文献

- 1) 磯雅人, 松崎育弘, 園部泰寿, 中村洋行, 渡邊征幸: 連続繊維シートによりせん断補強された袖壁付き RC 柱の構造性能に関する実験的研究, 日本建築学会構造系論文集, No.526, pp.117~124, 1999.12
- 2) 吉田徳雄, 松崎育弘, 園部泰寿, 中村洋行, 磯雅人: 連続繊維シートによりせん断補強された袖壁付き RC 柱の構造性能に関する実験的研究 (その 6, 7), 日本建築学会大会学術講演梗概集, C-2, pp.325~328, 2000.9
- 3) 若林實, 南宏一, 藤原悌三, 中村武, 社家寛子: 袖壁付き柱の終局耐力の評価法に関する基礎的研究, 京大防災研究所年報, 第 28 号 B-1, pp.237~251, 1985.4
- 4) 益尾潔, 井上寿也, 尾谷透, 神野靖夫, 渡辺英義: CF アンカーを用いた袖壁付き柱の炭素繊維シート補強一面内加力下の補強効果一, GBRC95, pp.1~13, 1999.7
- 5) Dudley Charles Kent, Robert Park: Flexural members with confined concrete, Proceedings of ASCE, Vol.97, No.ST7, pp.1969~1990, 1971.7
- 6) 平川勝基, 松崎育弘, 渡辺英義: 鉄筋コンクリート梁部材の靱性評価に関する実験研究 (その 1, 2), 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.733~736, 1992.8
- 7) 平川勝基, 松崎育弘, 中野克彦, 小曾根茂雄: 高強度電炉鉄筋の開発に関する研究 (その 1 5), 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.115~116, 1993.9
- 8) 杉浦泰樹, 松崎育弘, 中野克彦, 平川勝基: 高強度材料を用いた鉄筋コンクリート梁部材の履歴性状に関する実験研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.825~826, 1994.9
- 9) 黒川裕介, 小山政英, 松崎育弘, 小曾根茂雄, 太田勤, 園部泰寿: 高強度材料 (コンクリート及びせん断補強筋) を用いた RC 梁部材の靱性に関する実験研究 (その 1, 2), 日本建築学会大会学術講演梗概集, C-2, pp.901~904, 1999.9
- 10) 金子順一, 黒川裕介, 清水弥一, 中野克彦, 松崎育弘: 高強度材料 (コンクリート及びせん断補強筋) を用いた RC 梁部材の構造性能に関する実験研究 (その 1, 2), 日本建築学会大会学術講演梗概集, C-2, pp.493~496, 2000.9
- 11) 藤田将輝, 松崎育弘, 林田則光, 石橋久義, 中野克彦, 南尚吾: 鉄筋コンクリート柱の靱性及び残存軸耐力に関する実験的研究 (その 1, 2), 日本建築学会大会学術講演梗概集, C-2, pp.65~68, 1997.9
- 12) 熊澤敬輔, 伊藤一隆, 中野克彦, 松崎育弘, 園部泰寿, 清原俊彦: $785\text{N}/\text{mm}^2$ 級高強度せん断補強筋と高強度コンクリートを用いた鉄筋コンクリート柱の構造性能に関する実験研究 (その 1, 2), 日本建築学会大会学術講演梗概集, C-2, pp.839~842, 1999.9
- 13) 松本至, 熊澤敬輔, 清水弥一, 中野克彦, 松崎育弘: 高強度コンクリートと高強度せん断補強筋を用いた柱部材の構造性能に関する実験的研究 (その 1, 2), 日本建築学会大会学術講演梗概集, C-2, pp.195~198, 2000.9
- 14) 片岡隆広, 松崎育弘, 福山洋, 橋本一郎: シート状連続繊維によりせん断補強された RC 柱の構造性能に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.18, No.2, pp.1463~1468, 1996.
- 15) 片岡隆広, 松崎育弘, 福山洋, 荒木伸宏: シート状連続繊維によりせん断補強された RC 柱の靱性に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.19, No.2, pp.213~218, 1997.
- 16) 鈴木清繁, 永坂具也, 岡本直, 谷垣正治: 連続繊維テープによる既存 RC 柱のせん断補強に関する実験的研究 (その 1, 2), 日本建築学会大会学術講演梗概集, C-2, pp.287~290, 1996.9
- 17) 鈴木清繁, 永坂具也: 連続繊維テープによる既存 RC 柱の靱性向上に関する実験的研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, C-2, pp.675~676, 1997.9
- 18) 神野靖夫, 佐藤孝典, 橋元正美: 既存鉄筋コンクリート造柱のせん断補強, 清水建設研究報告, 第 65 号, pp.23~30, 1997.4
- 19) 浅井肇, 佐野智雄, 神野靖夫: メチルメタクリレート (MMA) 系樹脂/炭素繊維シートによりせん断補強された RC 柱の構造性能, 日本建築学会大会学術講演梗概集, C-2, pp.693~694, 1997.9
- 20) 長稔, 戸田哲雄, 加藤武彦, 林田則光, 辻村知明: 炭素繊維シートによる既存 RC 柱の耐震補強に関する研究 (その 5), 日本建築学会大会学術講演梗概集, C-2, pp.161~162, 1996.9
- 21) 磯雅人, 松崎育弘, 園部泰寿, 中村洋行: 炭素繊維シートによりせん断補強された袖壁付き RC 柱の構造性能に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.19, No.2, pp.225~230, 1997.
- 22) 益尾潔, 井上寿也, 尾谷透, 上田実香, 植松工: 高軸力下の鉄筋コンクリート柱における鋼板およびカーボン繊維による補強効果に関する実験, GBRC88, pp.22~44, 1997.10
- 23) 益尾潔, 井上寿也, 尾谷透: RC 造正方形断面柱および袖壁付き柱のカーボン繊維シートによるせん断補強実験一実験計画および実験結果一, GBRC84, pp.30~51, 1996.10
- 24) 大久保全陸, 東洋一, 飯田研: 腰壁・たれ壁付き鉄筋コンクリート梁の弾塑性挙動に関する実験的研究 (その 1・実験概要および曲げ破壊性状), 日本建築学会論文報告集, No.204, pp.1~17, 1973.2
- 25) 大久保全陸, 東洋一: 鉄筋コンクリート短柱の崩壊防止に関する総合研究 (その 9 CW シリーズ: 袖壁付き柱の実験), 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.1305~1306, 1974.10
- 26) 柳下和男, 千葉脩, 柳沢学, 角一行, 林田則光: 炭素繊維シートによる既存 RC 部材の耐震補強に関する研究 (その 5) 袖壁付き柱のせん断補強実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.273~274, 1998.9
- 27) 福本昇, 中澤敏樹, 益尾潔, 市川昌和, 石渡康弘: 定着金物と炭素繊維シート補強された袖壁付き柱に関する実験研究 (その 3, 4), 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.321~324, 2000.9
- 28) 小牟禮建一, 田垣欣也, 中塚信: 炭素繊維シートを用いたコンファインドコンクリートの強度・変形特性 (その 1, 2), 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.245~248, 1997.9
- 29) 日本建築防災協会: 連続繊維補強材を用いた既存鉄筋コンクリート造及び鉄骨鉄筋コンクリート造建築物の耐震改修設計・施工指針, 1999.9