

異形 PC 鋼棒を用いた PCaPC 柱のせん断終局強度に関する検討
その 1 既存のせん断終局強度式の計算精度

Study on Ultimate Shear Strength of Post-tensioned Prestressed Concrete Columns
Using Deformed Prestressing Steel Bars
Part1 Calculation Accuracy of the Ultimate Shear Strength

○山崎千菜¹, 福井 剛², 浜原正行³

*Chinatsu Yamazaki¹, Tsuyoshi Fukui², Masayuki Hamahara³

Abstract: This paper discussed the applicability of equations for predicting ultimate shear strength with respect to PCaPC and RC. AIJ PC standard showed good suitability for PCaPC and RC members. New RC equations showed good suitability for RC members, however, there was a tendency to overestimate the truss mechanism for PCaPC members.

1. はじめに

本研究は異形 PC 鋼棒を用いた PCaPC, RC 柱の既存の 10 体の実験データ^{[1][2]}を基に, PCaPC 部材と RC 部材に適応可能なせん断終局強度の推定式を提案することを目的としている. 本報はこれらの実験結果に対して既存のせん断設計式が適応可能であるかを検討したものである.

2. 既往の実験結果に対する各せん断終局強度式の計算精度

本節では, Table 1 に示す PCaPC, RC 試験体 10 体のせん断終局強度を PC 規準式と New RC 式を用いて検討を行う.

① PC 規準式^[3]

$$Q_{su1} = b \cdot j_p \cdot p_w \cdot w \cdot f_y + C_{a1} \cdot \tan \theta \text{ ----- (1a)}$$

ここに, $C_{a1} = b \cdot D \{v_1 \cdot \sigma_B - 2p_w \cdot w \cdot f_y\} / 2 \text{ ----- (1b)}$

$$\tan \theta = \sqrt{(H/D)^2 + 1} - (H/D) \text{ ----- (1c)}$$

$$v_1 = \alpha \cdot L_r \cdot (1 + \eta_o + \eta_g)$$

$$\alpha = \sqrt{60 / \sigma_B} \quad L_r = H / (4D)$$

$w \cdot f_y$: 帯筋降伏応力

η_o : 軸力比 = $N / (b \cdot D \cdot \sigma_B)$

η_g : プレストレスレベル = $P_e / (b \cdot D \cdot \sigma_B)$

ただし, $\alpha \leq 1, L_r \leq 1$

$$w \cdot f_y \leq 295 \text{ MPa}, 1 \geq v_1 \geq 0.65$$

Figure 1 は, 縦軸に最大荷重の正負平均を(1)式の PC 規準式の計算値で除したもの (Q_{eu} / Q_{su1}), 横軸に帯筋比 p_w を取り, 前述した 10 体の結果をプロットしたものである. この図より以下のことが指摘できる.

1) PCaPC 試験体 (図中, ○ □ ◇ △) の Q_{eu} / Q_{su1} の PC 規準式の計算精度は全般的に比較的高く帯筋比に依存せず良好である.

2) RC 試験体 (図中, ×) では, 帯筋比の小さいものの実験値を過大評価する傾向が見られる. 言い換えれば, PC 規準式は RC 部材のトラス機構による負担せん断力を過小評価していると言える.

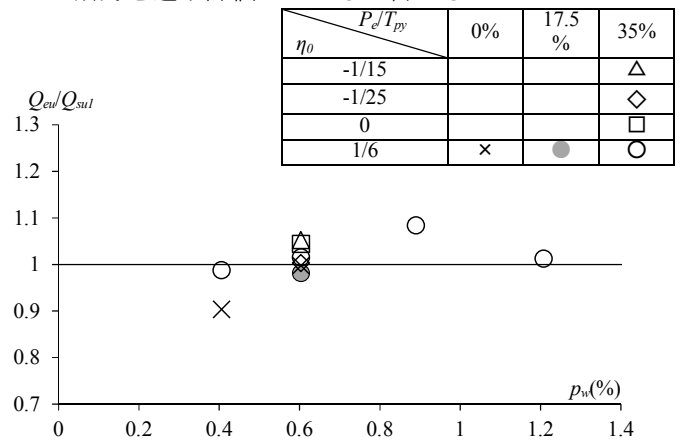


Figure 1. Q_{eu} / Q_{su1} VS. p_w

② New RC 式^[4]

$$Q_{su2} = b \cdot j_p \cdot p_w \cdot w \cdot f_y \cdot \cot \phi + C_{a2} \cdot \tan \theta \text{ ----- (2a)}$$

ここに, $C_{a2} = b \cdot D \{v_2 \cdot \sigma_B - (1 + \cot^2 \phi) \cdot p_w \cdot w \cdot f_y\} / 2 \text{ (2b)}$

$$v_2 = 1.7 \cdot (1 + 2\eta_o) \cdot \sigma_B^{-1/3} \text{ ----- (2c)}$$

$$\cot \phi = \min(A, B, C) \geq 1 \text{ ----- (2d)}$$

$$A = 2 - 3 \cdot \eta_o$$

$$B = j_p / (D \cdot \tan \theta)$$

$$C = \sqrt{\{v_2 \cdot \sigma_B / (p_w \cdot w \cdot f_y)\} - 1}$$

$w \cdot f_y$: 帯筋降伏応力

η_o : 軸力比 = $N / (b \cdot D \cdot \sigma_B)$

η_g : プレストレスレベル = $P_e / (b \cdot D \cdot \sigma_B)$

ただし, $p_w \cdot w \cdot f_y \leq v_2 \cdot \sigma_B / 2$ かつ $w \cdot f_y \leq 125 \sqrt{v_2 \cdot \sigma_B}$

Figure 2 は縦軸に最大荷重正負平均を(2)式の New RC 式の計算値で除したもの (Q_{eu} / Q_{su2}), 横軸に帯筋比 p_w を取り, 前述の結果をプロットしたものである.

1 : 日大理工 学部 海建, 2 : 日大理工 教員 海建, 3 : 日大理工 教員 海建

この図より以下のことを指摘できる。

1) PC 鋼材の緊張力レベル $P_e/T_{py} = 35\%$ 、軸力比 $\eta_o = 1/6$ の試験体 (図中, ○) の Q_{eu}/Q_{su2} は帯筋比 0.4%, 0.6% 2 体の実験値を過小評価し, 帯筋比 1.2% の試験体は過大評価しており, 帯筋比 p_w の増加に伴って直線的に減少していることがわかる。この結果は, New RC 式が PCaPC 試験体のトラス機構による負担せん断力を過大評価, アーチ機構による負担せん断力を過小評価していることを示している。

2) PC 鋼材の緊張力レベル 0% (すなわち, RC) の試験体 (図中, ×) の計算精度は比較的良好であり, 帯筋比による計算精度の違いは見られない。このことから 1) の結果と合わせると RC 部材の方が PCaPC 部材のトラス機構によるせん断力が大きいと考えられる。

3) 緊張力レベル 35% の試験体 (図中, ○ □ ◇ △) は, 計算値が実験値を若干過小評価しているが, 軸力比による有意な計算精度の差は見られない。

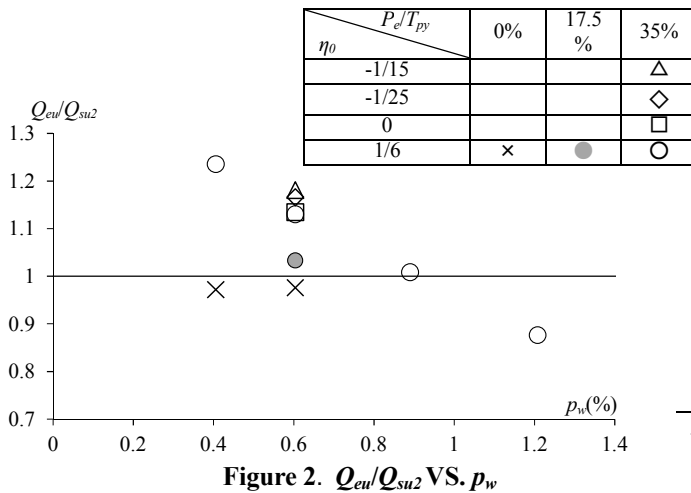


Figure 2. Q_{eu}/Q_{su2} VS. p_w

3. 修正 PC 規準式の計算精度

2 節の結果から PCaPC, RC のせん断抵抗メカニズムの違いによって既存のせん断設計式はそのまま適応できないことを示した。本節では, PC 規準式よりも PC 試験体に対する適合性が良好な修正 PC 規準式^[5]で同様の検討を行う。Figure 3 は縦軸に実験値を(1)式のせん断補強筋降伏強度の上限を 490MPa で頭打ちにし, コンクリートの有効係数内の軸力項に修正 ($v = \sqrt{(60/\sigma_B)} \cdot Lr \cdot (1+3\eta_o+\eta_g)$) を行った修正 PC 規準式による計算値 (Q_{su3}) で除したもの (Q_{eu}/Q_{su3}), 横軸に帯筋比 p_w を取り, 各試験体の結果を示したものである。この図より以下のことが指摘できる。

1) 修正 PC 規準式の PCaPC 試験体に対する計算値は PC 規準式よりも若干過大評価するが, ばらつきは小さく帯筋比, 緊張力レベルに依存していない。

2) RC 試験体 (図中 ×) については, PC 規準式同様帯筋比の小さいものの実験値を過大評価する傾向が見られる。このことから, 修正 PC 規準式を用いても, PC 規準式の RC 部材のトラス機構による負担せん断力を過小評価する傾向は改善されていないことが分かる。

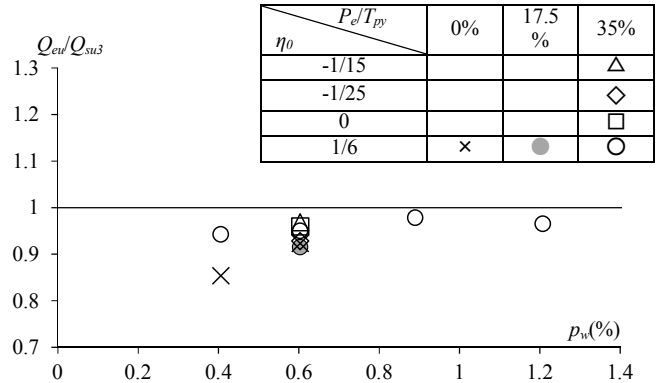


Figure 3. Q_{eu}/Q_{su3} VS. p_w

4. まとめ

1) PC 規準式は RC 試験体のトラス機構による負担せん断力を過小評価した。

2) New RC 式は PCaPC 試験体のトラス機構による負担せん断力を過大評価, アーチ機構による負担せん断力を過小評価した。

3) 修正 PC 規準式は PC 規準式同様 RC 試験体のトラス機構による負担せん断力を過小評価した。

4) 上述の結果より, PCaPC と RC のせん断抵抗メカニズムの違いによって既存のせん断設計式ではそのまま適応できないことを示した。

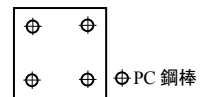
Table 1. Outline of test members

試験体	σ_B (MPa)	p_w (%)	$P_e/\Sigma T_{py}$	σ_{wy} (MPa)	σ_g (MPa)	σ_o (MPa)	η_g	η_o
S-1	60.2	0.41	0.34	1135	9.78	10.0	0.16	0.17
S-2	60.8	0.60	0.33		9.63	10.0	0.16	
S-3	63.0	1.21	0.36		10.30	10.0	0.16	
S-4	61.4	0.60	0.17		4.88	10.0	0.08	
S-5	61.8	0.60	0.35	999	10.10	-4.0	0.16	-0.07
S-6	52.4	0.89	0.34		9.78	10.0	0.19	0.19
S-7	51.2	0.60	0.33		9.63	0		0
S-8	54.5	0.60		9.63	-2.4	0.18	-0.04	
S-9	54.9	0.41	0	944	0	10.0	0	0.18
S-10	56.9	0.60			0	10.0		

【共通因子】 $b=250\text{mm}$ $D=250\text{mm}$ $H=750\text{mm}$

$H/(2D)=1.5$ $A_p=760.2\text{mm}^2$

$\sigma_{py}=1197\text{MPa}$



帯筋:KSS785 主筋:D10(SD295A) PC 鋼棒: D22(SBPD1080/1230)

【記号】 σ_B :コンクリート圧縮強度 p_w :せん断補強筋比 P_e :有効緊張力 T_{py} :PC 鋼材の降伏荷重 σ_{wy} :帯筋の降伏応力 σ_{py} :PC 鋼材の降伏応力(0.2% オフセット) η_g :プレストレスレベル η_o :軸力比 σ_g :有効プレストレス σ_o :軸圧縮応力 A_p :PC 鋼材一本当たりの断面積

参考文献は(その 2)に示す。