

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 3 せん断終局強度式の提案と計算精度

Study on Ultimate Shear Strength of Post-tensioned Prestressed Concrete Columns
Using Deformed Prestressing Steel Bars
Part3 Proposal and Calculation Accuracy of the Ultimate Shear Strength Formula

○山崎祐輝¹, 福井 剛², 浜原正行³

*Yuhki Yamazaki¹, Tsuyoshi Fukui², Masayuki Hamahara³

Abstract: New RC formula underestimate shear strength of arch mechanism of PCaPC members. It also overestimates shear strength of the truss mechanism. We have proposed arch mechanism obtained by adding the prestressing force of the steel bars. Fix the upper limit and truss angle of the stirrup, it modifies the shear strength of correctly truss mechanism. Results of examining the Ultimate Shear Strength and using the modified formula, the accuracy's good.

1. はじめに

前報(その 2)では, New RC 式^[1]は PCaPC 部材のアーチ機構の負担せん断力を過小評価, トラス機構の負担せん断力を過大評価していることを示した. この式は, 当然ではあるが RC に対する適合性はかなり高い. したがって, 上記の傾向は, PCaPC が RC よりアーチ機構の負担せん断力が大きく, トラス機構の負担せん断力が小さいことを示している. そこで本報告では, New RC 式の修正方針として, 既に適合性の高い RC に対する耐力評価を変えずにトラス・アーチ機構の負担せん断力を修正することで PCaPC 部材と RC 部材に適応可能なせん断終局強度式の提案を行う. 検討には, 前報(その 1)で述べた試験体^[2]と既存の PCaPC 試験体^{[3][4][5]}計 61 体の実験データを用いて行う.

2. 修正式の提案

2.1 New RC 式の修正

2.1.1 アーチ機構のせん断耐力の修正

本節では, 前報(その 2)で述べた New RC 式が PCaPC 柱のトラス機構の負担せん断力を過大評価, アーチ機構の負担せん断力を過小評価する要因であるプレストレス力を考慮し, PCaPC 柱のせん断終局強度推定式の提案を行う.

周知のように, アーチ機構は一様な軸方向力が生じている軸方向鋼材と部材両端を対角線方向に結ぶ圧縮ストラットの圧縮力によって構成される. しかし PCaPC の場合 PC 鋼材には, Figure 1 (a)に示すように, プレストレス導入による一様緊張力が働いている.

Figure 1 (b)に示すように, この緊張力 P_e は New RC 式中で与えられる圧縮ストラットの圧縮力 C_a に上乗せされると考えられる. すなわち,

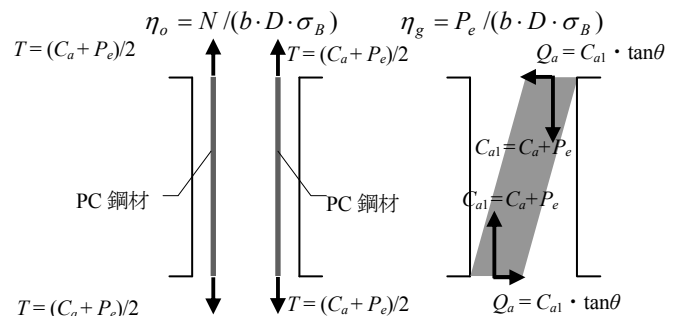
$$C_a = b \cdot D(\nu \cdot \sigma_B) / 2 + P_e \text{ ----- (1)}$$

となる. 上式を整理すると,

$$C_{a1} = b \cdot D(\nu' \cdot \sigma_B) / 2 \text{ ----- (2)}$$

ここに, $\nu' = \nu + 2\eta_g$ ただし, $\nu \leq 1$

$$\nu : \text{New RC 式の有効係数} \\ = 1.7 \cdot (1 + 2\eta_o) \cdot \sigma_B^{-1/3}$$



(a) PC bars forces (b) Compression strut

Figure 1. Arch model of PCaPC

2.1.2 トラス機構のせん断耐力の修正

前報(その 2)でも示したように, PCaPC のトラス機構による負担せん断力は RC よりかなり小さい. これは, Figure 1 でも既に示したように PC 鋼材の緊張力によって最大荷重における PC 鋼材の応力勾配(すなわち, 付着応力)が小さくなったことに起因していると考えられる. そこで, ここでは, New RC 式による帯筋の上限値がアーチ機構によって増加したせん断力分だけ低減すると仮定する. すなわち,

$$w \cdot f_y \leq (\nu / \nu') \cdot 125 \sqrt{\nu \cdot \sigma_B} \text{ ----- (3)}$$

同様に, トラスの角度 ϕ についても, 以下のように修正する.

$$A = (\nu / \nu') \cdot (2 - 3 \cdot \eta_o) \text{ ----- (4)}$$

以上の検討をまとめると, 以下のようなになる.

1 : 日大理工 院(前) 海建, 2 : 日大理工 教員 海建, 3 : 日大理工 教員 海建

修正式

$$Q_{su} = b \cdot j_p \cdot p_w \cdot w \cdot f_y \cot \phi + C_a \tan \theta \text{ ----- (5)}$$

ここに、 $C_a = b \cdot D \{v' \cdot \sigma_B - (1 + \cot^2 \phi) \cdot p_w \cdot w \cdot f_y\} / 2$

$$v' = v + 2 \cdot \eta_g$$

$$\cot \phi = \min(A, B, C) \geq 1$$

$$A = (v/v') \cdot (2 - 3 \cdot \eta_o) \quad B = j_p / (D \cdot \tan \theta)$$

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

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

ただし $p_w \cdot w \cdot f_y \leq v' \cdot \sigma_B / 2$ かつ $w \cdot f_y \leq 125 \cdot (v/v') \sqrt{v \cdot \sigma_B}$

$$\eta_o: \text{軸力比} = N / (b \cdot D \cdot \sigma_B)$$

$$\eta_g: \text{プレストレスレベル} = P_e / (b \cdot D \cdot \sigma_B)$$

2.2 実験結果との比較

検討に用いた実験資料 計算に用いた実験資料は、文献[2]中の前報(その2)で検討した試験体と文献[3]~[5]中の総計 61 体の圧着タイプ PCaPC, RC 試験体の実験結果を用いた。解析に際し、異形タイプ、ストランドタイプの PC 鋼材を用いた試験体は丸鋼タイプ、アンボンドタイプの PC 鋼材を用いた試験体のトラス機構は無視した。

修正式の計算精度 Figure 2 は、(5)式について前報(その1, 2)で行った検討を再度行ったものである。この図より、(5)式を用いることによって New RC 式の帯筋比の増減による実験値を過大・過小評価する傾向が改善している。このことから PCaPC のアーチ機構による負担せん断力を過小評価、トラス機構による負担せん断力を過大評価するという New RC 式の問題点は解消されていることが分かる。

Figure 3 は縦軸に実験値を曲げ終局強度で除したものの (Q_{eu} / Q_{mu})、横軸に(5)式の計算値を曲げ終局強度で除したものの (Q_{su} / Q_{mu}) をとり、平面上に既存の試験体データ計 61 体を示したものである。Table 1 は検討に用いたせん断終局強度式の実験値/計算値の平均値と変動係数(%)を示したものである。検討には試験体データ 61 体の中から曲げ破壊したものを除いた計 35 体を用いた。Table 1 より(5)式の計算精度は比較的良好であることが分かる。

P_e/T_{py}	0%	17.5%	35%
η_o			
-1/15			△
-1/25			◇
0			□
1/6	×	●	○

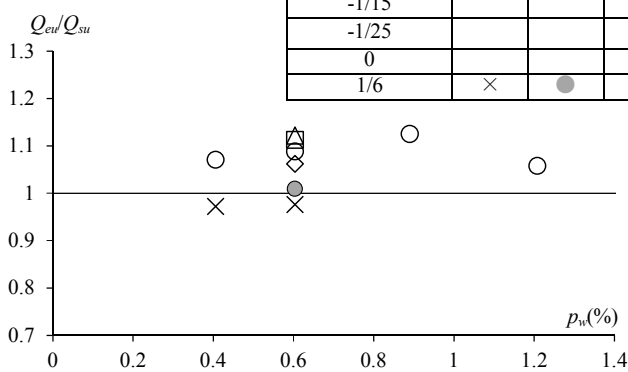


Figure 2. Q_{eu}/Q_{su} VS. p_w

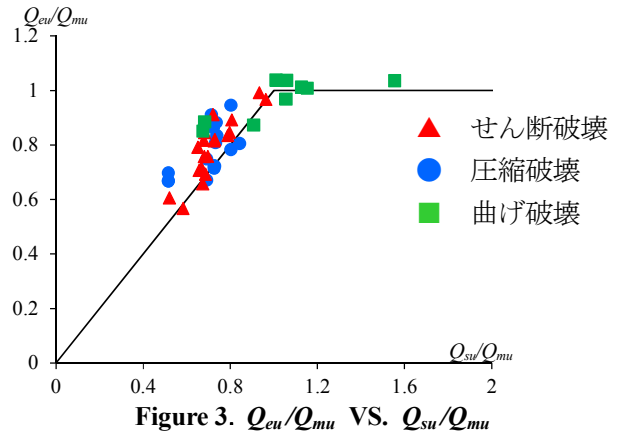


Table 1 Ultimate share strength formula of precision

	PC 規準式	New RC 式	修正式
平均値	1.04	1.46	1.11
変動係数(%)	10.53	26.30	9.75

3. まとめ

- 1) New RC 式のアーチ機構の圧縮ストラットの圧縮力にプレストレス力を加算し、PCaPC 部材に対するアーチ機構の負担せん断力の過小評価を修正した。
- 2) New RC 式中の帯筋の降伏応力の上限值を低減し、それに伴いトラス角度 ϕ を修正し、PCaPC 部材に対するトラス機構の負担せん断力の過大評価を修正した。
- 3) 修正式で既存の試験体データ 61 体のせん断終局強度の計算精度を検討した結果、PCaPC 試験体と RC 試験体のせん断終局強度を比較的精度よく評価した。また New RC 式の帯筋比の増減による実験値を過大・過小評価する傾向が改善した。

4. 参考文献

[1] 建設省総合技術開発プロジェクト:「鉄筋コンクリート造建物の超軽量・超高層化技術の開発」線材 WG 報告書 V6-9, 1993-5

[2] 小松崎真彦:「PCaPC 部材のトラス機構の構成条件に関する実験的研究」 pp.105, 2013

[3] 湯浅哲廣:「プレキャスト・プレストレストコンクリート部材におけるトラス機構の構成条件に関する実験的研究」 pp.37-39, 2001.

[4] 谷昌典:「プレキャストプレストレストコンクリート圧着柱部材の構造性能評価に関する研究」 2008.

[5] 李在満ほか:「高強度せん断補強筋を用いたプレキャストプレストレストコンクリート梁の曲げせん断性状に関する研究」日本建築学会構造系論文集, Vol.75, No.653, pp.1335-1342, 2010-07