

PCaPC 部材のトラス機構の構成条件に関する実験的研究
その2 実験結果

Experimental Study on Truss Mechanism in Post-tensioned Precast Prestressed Concrete Members
Part2 Test Results

○大塚 夕¹, 福井 剛², 小松崎真彦³ 浜原正行⁴

OTSUKA Yu¹, FUKUI Tsuyoshi², KOMATSUZAKI Masahiko³, HAMAHARA Masayuki⁴

Abstract: The test results were as follows. 1) The prestressing steels and stirrups did not yield at the ultimate stage. 2) The maximum shear transferred by truss mechanism in the non prestressed test columns was two times as great as those in the prestressed concrete column specimens. 3) The equations for shear strength in New RC Code evaluated the ultimate shear strength of the non prestressed test columns with high accuracy.

1.はじめに

本報告では, 前報(その1)で述べた2体の試験体の実験結果とせん断終局強度式の実験値と理論値の比較を行う。また, S9, S10 試験体と PCaPC 試験体の帯筋寄与分の実験値の比較を行う。

2.帯筋の応力分布

Figure1 に最大荷重時の帯筋の応力分布を示す。この図からいずれの試験体も帯筋は降伏(降伏応力は材料試験結果より 944MPa)していないことが分かる。最大応力は降伏応力の約63%であった。

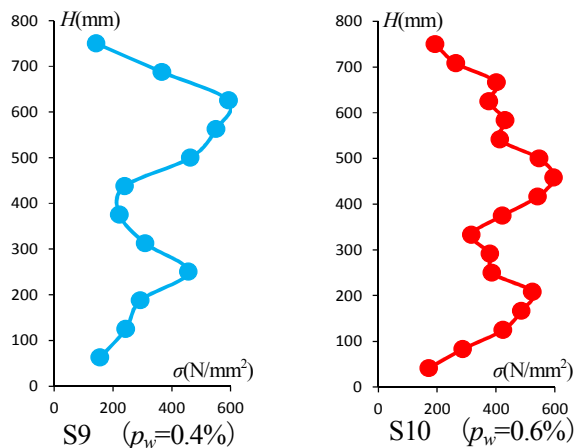


Figure1 Stirrup Stress distribution at ultimate stage

3.PC鋼材の応力分布

Figure2に最大荷重時のPC鋼材の応力分布を示す。応力は柱頭柱脚及び反極点位置のひずみを計測し, 算出した。帯筋比0.4%のS9試験体の最大荷重時のPC鋼材応力は降伏応力の約25%であり, 帯筋比0.6%のS10試験体は約36%であった。

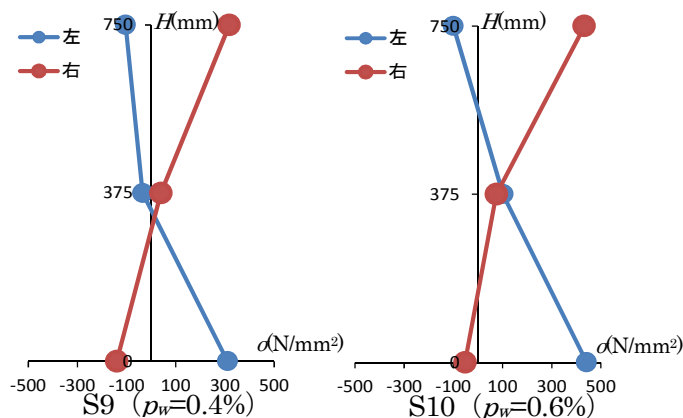


Figure2 PC steel stress distribution at maximum load

4.せん断終局強度

Table 1 は, 終局強度実験値の正負平均 Q_u と (1)式に示す文献1) で提案した修正 PC 規準式によるせん断終局強度 Q_{su1} と (2)式に示す NewRC 式²⁾の計算精度を示したものである。

Table 1 より以下のことが指摘できる。

1) 実験値/修正 PC 規準式による計算値は, 帯筋比 0.4% の S9 試験体で 0.986, 帯筋比 0.6% の S10 試験体で 1.050 であり, 帯筋比が増加すると実験値を小さめに評価する。

2) 実験値/NewRC 式による計算値は, 帯筋比 0.4% の S9 試験体で 0.947, 帯筋比 0.6% の S10 試験体で 0.976 であり, 計算精度は比較的良好であり, 修正 PC 規準式より安定している。

$$Q_{su1} = b \cdot j_p \cdot p_w \cdot \sigma_{wy} + \{bD(\nu\sigma_B - 2p_w \cdot \sigma_{wy})/2\} \tan \theta \quad (1)$$

$$\text{ここに, } \tan \theta = \sqrt{(H/D)^2 + 1} - (H/D), \nu = \alpha \cdot L_r(1 + 3\eta_o + \eta_g)$$

$$\eta_o = N/N_o, \eta_g = P_e/N_o, N_o = bD\sigma_B, \sigma_{wy} = \text{帯筋降伏応力}$$

1: ピーエス三菱 2: ピーエス三菱 3: 国土交通省関東地方整備局 4: 日本大学

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

ただし, $1 \geq \nu \geq 0.65$ $\alpha \leq 1$ $L_r \leq 1$ $\eta > 0$ のときは $\eta_o = 0$

$$\sigma_{wy} \leq 490 \quad p_w \cdot \sigma_{wy} \leq 5$$

$$Q_{su2} = b \cdot j_p \cdot p_w \cdot \sigma_{wy} \cdot \cot \phi + \{ \nu \cdot N_o (1 - \beta) / 2 \} \tan \theta \quad (2)$$

ここに, $\beta = (1 + \cot^2 \phi) \cdot p_w \cdot \sigma_{wy} / (\nu \cdot \sigma_B)$, $N_o = b \cdot D \cdot \sigma_B$

$$\nu \cdot \sigma_B = 1.7 \cdot (1 + 2\eta_o) \cdot \sigma_B^{2/3}, \cot \phi = \min(A, B, C) \geq 1$$

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

$$C = \sqrt{\{ \nu \cdot \sigma_B / (p_w \cdot \sigma_{wy}) \} - 1}$$

ただし, $p_w \cdot \sigma_{wy} \leq \nu \cdot \sigma_B / 2$ $\sigma_{wy} \leq 125 \sqrt{\nu \sigma_B}$

Table 1 Ultimate Shear Strength

試験体	p_w (%)	Q_u (kN)	Q_{su1} (kN)	Q_{su2} (kN)	Q_u/Q_{su1}	Q_u/Q_{su2}
S9	0.4	244.5	248.0	250.9	0.986	0.947
S10	0.6	289.0	275.2	296.1	1.050	0.976

5.RC 試験体と PCaPC 試験体の帯筋寄与分の比較

5.1 比較検討に用いた試験体

Table 2 に比較検討に用いた文献 1) の PCaPC 試験体 S1~S8 と本実験の試験体 S9,S10 の諸元を示す。

Table 2 Test results

試験体	σ_B (MPa)	σ_y (MPa)	σ_{wy} (MPa)	p_w (%)	P_e (kN)	N (kN)	Q_u (kN)
S1	60.2	1197	1135	0.4	611.5	625	323.4
S2	60.8	1197	1135	0.6	602.2	625	344.4
S3	63.0	1197	1135	1.2	640.9	625	385.0
S4	61.4	1197	1135	0.6	305.0	625	316.1
S5	61.8	1197	1135	0.6	630.0	-250	290.6
S6	52.4	1197	999	0.9	664.1	625	344.5
S7	51.2	1197	999	0.6	640.9	0	278.4
S8	54.5	1197	999	0.6	637.8	-150	284.3
S9	54.9	1197	944	0.4	0	625	244.5
S10	56.9	1197	944	0.6	0	625	289.0

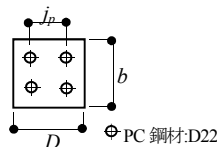
【共通因子】 $b=D=250\text{mm}$ $H=750\text{mm}$ $j_p=120\text{mm}$

【記号】 σ_B :コンクリート圧縮強度 p_w :帯筋比

P_e :緊張力 N :軸力 H :試験体内法長さ

σ_y, σ_{wy} :PC 鋼材, 帯筋降伏強度

Q_u :終局強度実験値



5.2 PCaPC 柱と RC 柱の帯筋寄与分の実験値による比較

ここでは, Table 2 の試験体の中から, 帯筋比を実験要因とした PCaPC 試験体 S1, S2, S3, S6 と本実験の試験体 S9, S10 の帯筋寄与分の実験値の比較を行い, 両者の違いについて述べる。

最大荷重の差は帯筋によって生じるため, 帯筋による

耐力寄与分の実験値は (3) 式のように基準となる帯筋比 0.4% の試験体と帯筋比が 0.4% 以上の試験体との最大荷重の差を用いて評価できる。

$$\Delta Q_w = Q_u(p_{wo} + \Delta p_w) - Q_u(p_{wo}) \quad (3)$$

ここに, p_{wo} =基準となる試験体の帯筋比 (0.4%)

Δp_w =帯筋比の増分

Figure3 は 縦軸に帯筋寄与分の実験値 ΔQ_w , 横軸に帯筋比 p_w を取り, この平面上に PCaPC 試験体 (図中●) と S9, S10 試験体 (図中▲) の (3) 式による帯筋の寄与分の実験値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。

PCaPC 柱の帯筋寄与分は帯筋比の増加に従い上昇している。しかし, 帯筋比 0.9% から帯筋寄与分の上昇が見られなくなり, 頭打ちの傾向が見られる。

$p_w=0.6\%$ の RC 試験体の帯筋寄与分は 44.5kN に対して, PCaPC 試験体 (緊張力レベル 35%) の帯筋寄与分は 21kN となっている。このことから, S9, S10 試験体の帯筋の寄与分は PCaPC 試験体の 2 倍以上となっており, かなり大きいことが分かる。

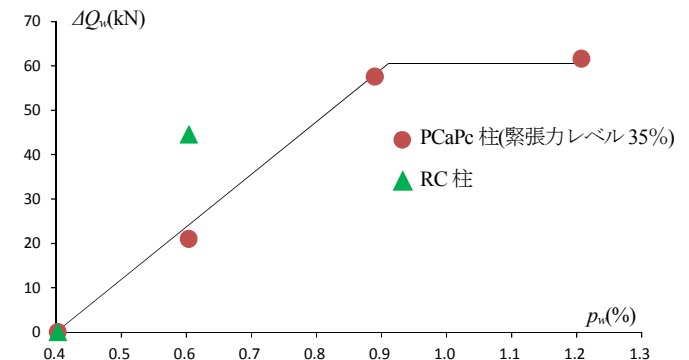


Figure3 Shear transferred truss mechanism

6.まとめ

- 1) S9, S10 とも帯筋, PC 鋼材は降伏しなかった。
- 2) 文献 1) の提案条件による PC 規準式は帯筋比の増加に伴いせん断耐力を小さめに評価していた。
- 3) NewRC 式によるせん断耐力の計算精度は比較的良好であり, 帯筋比に依存していなかった。
- 4) 緊張力ゼロの S9, S10 試験体の帯筋寄与分は, PCaPC 試験体のそれと比較すると 2 倍以上となっていた。

【参考文献】

- 1) 内山雄太ほか, 異形 PC 鋼棒を用いた PCaPC 柱の力学的挙動に関する実験的研究 その 1~その 3 日本建築学会学術講演会 2013
- 2) 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