

異形 PC 鋼棒を用いた PCaPC 柱の力学的挙動に関する研究 (その 3 考察)

Study on Mechanical Behavior of Post-tensioned Precast Concrete Columns Using Deformed Prestressing Steel Bars Part 3 Consideration

○福井剛¹, 高山祐貴², 内山雄太², 内田順子³, 浜原正行⁴

*Tsuyoshi Fukui¹, Yuki Takayama², Yuta Uchiyama², Junko Uchida³, Masayuki Hamahara⁴

Abstract: This paper discussed the accuracy of equations in the AIJ PC standard for predicting ultimate strength of PC columns. Based on the discussion equations for predicting shear and flexural strength of PC columns having deformed prestressing steel bars.

1.はじめに

本編では実験結果に基づいて、実験値と計算値の精度を試験体ごと、式ごとに評価し、考察・提案する。

2. 計算値精度

Table 1 に正負平均の終局強度実験値 Q_u を PC 規準による曲げ強度 (Q_{bu1} , Q_{bu2}) PC 規準式によるせん断終局強度 Q_{su} , NewRC 式によるせん断終局強度で除した試験体ごとの計算値精度を示した。

$$Q_{bu1} = \frac{D}{H} (T_{py} + N) \left[D - \frac{T_{py} + N}{N_0} \right] \quad \text{---(1)*1}$$

$$Q_{bu2} = \frac{D}{H} \left[N + T_{py} \times d_{p1} - \frac{1}{N_0} \times \left(\frac{T_{py} + N}{2} \right)^2 \right] \quad \text{---(2)*2}$$

Q_{bu1} は、全 PC 鋼材を降伏させた状態で算定されたもの
 Q_{bu2} は、引張側の PC 鋼材のみを降伏させた状態のもの
それぞれ算定した。

Table 1 Calculated value accuracy

	Q_u/Q_{bu} (PC 規準 ¹)	Q_u/Q_{bu} (PC 規準 ²)	Q_u/Q_{su} (PC 規準)	Q_u/Q_{su} (NewRC)	Q_u (kN)
S-1	1.15	0.72	1.05	1.23	324
S-2	1.20	0.76	1.06	1.13	345
S-3	1.26	0.83	0.91	0.88	385
S-4	1.08	0.69	0.97	1.06	316
S-5	0.93	0.87	0.90	1.21	291
B-1	1.03	1.18	0.57	0.68	169
B-2	1.07	1.01	0.82	0.97	244
B-3	1.02	1.41	0.42	0.52	127

Table 1 の各試験体、各計算値の精度より以下のことが指摘できる。

1) 全ての PC 鋼材が降伏していると仮定して算出された実験値 $Q_u/Q_{bu}(1)$ ^{*1} は、せん断破壊が先行した S シリーズ試験体については、引張軸力を受ける S-5 試験体以外は全て 1 を上回っている。曲げ降伏が先行した B シリーズについては、実験値/計算値は 1.02~1.07 の範囲にあり、曲げ降伏が先行する部材の終局強度は比較的精度よく推定できることがわかる。

2) 引張側の PC 鋼材のみが降伏していると仮定して算出された実験値 $Q_u/Q_{bu}(2)$ ^{*2} は、1) の全 PC 鋼材が降伏している PC 規準式^{*1} とは逆に、せん断破壊が先行した S シリーズ試験体については、実験値/計算値が 1 を下回っており実験結果によく対応している。しかし、曲げ降伏が先行した B シリーズ試験体については、実験値/計算値の値がそれぞれ 1.18, 1.01, 1.41 となっており、軸方向力が小さい試験体ほど終局強度を過小評価している。

3) 実験値 $Q_u/Q_{su}(\text{NewRC})$ の値は、せん断補強筋比の 0.4% の S-1 で 1.23, 0.6% の S-2 で 1.13, 1.2% の S-3 で 0.88 となっており、 $Q_{su}(\text{NewRC})$ は、せん断補強筋比が大きいものほど過大評価している。B シリーズ試験体の値は、1 を下回っており破壊モードによく対応していると言える。

4) S シリーズ試験体の実験値 $Q_u/Q_{su}(\text{PC 規準})$ の値は、0.97~1.00 の範囲にあり計算精度は比較的良好であるといえる。また、B シリーズ試験体の実験値 $Q_u/Q_{su}(\text{PC 規準})$ の値は $Q_{su}(\text{NewRC})$ 同様 1 を下回っており破壊モードによく対応している。

1 : PS 三菱 P.S.Mitsubishi Construction 2 : 日大理工・院・海建 Graduate Student, College of Science and Technology, Nihon Univ.

3 : 日建設計 Nikken Sekkei Ltd.

4 : 日大理工・教員・海建 Prof. Dept. of Oceanic Architecture & Engineering, College of Science and Technology, Nihon Univ., Dr. Eng.

3. トラス作用の寄与分と実験結果による比較

せん断補強筋比のパラメータによる最大荷重時のひずみ分布を Fig. 1 に示す。

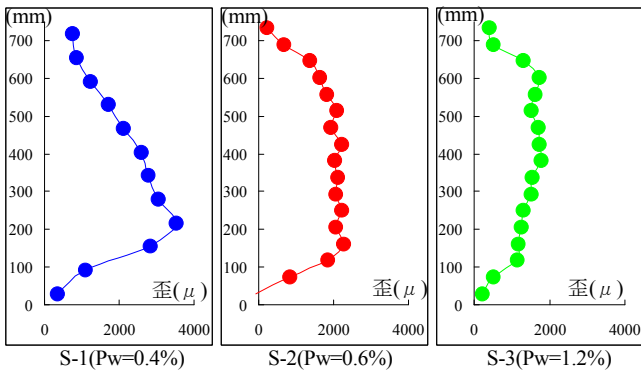


Fig. 1 Strain distribution at the time of a maximum load

Fig. 1 を見てもわかるよういずれの試験体もせん断補強筋が未降伏である。(降伏は 4000μ ほど)

現行でせん断補強筋の降伏強度 wfy の上限を PC 規準で設定している 295N/mm² とすると、実験結果を過小評価するという点が問題視されている。そこで、縦軸に ΔQ_w 、横軸にせん断補強筋比 P_w を取り、せん断補強筋比の降伏強度の効果を Fig. 2 に示す。

$$\Delta Q_w(PC規準式) = (P_w - 0.004) \cdot wfy \cdot b \cdot D(j_{p1} - \tan \theta) \quad \text{---(3)*}$$

* ΔQ_w : PC 規準式のせん断補強筋の項を取り出したものにて算定

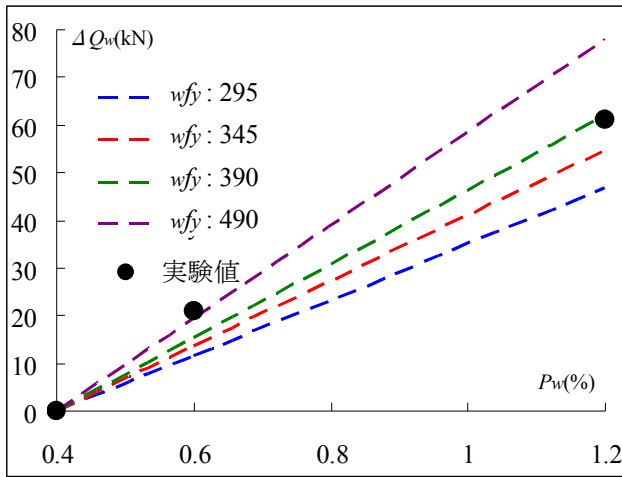


Fig.2 Comparison of experimental value and calculated value

wfy の上限を PC 規準での規定値 390 N/mm² とすると $P_w=0.6\%$ では実験結果を過小評価するが、全体的には実験値をよくフォローしているといえる。

$wfy=490$ N/mm² とすると、 $P_w=0.6\%$ では実験値と計算値はよく一致しているが、 $P_w=1.2\%$ の S-3 試験体は、主として柱頭、柱脚部分のコンクリート圧壊によって耐力低下を起こしている。したがって、この試験体は十分なトラス機構を發揮することなく最大耐力を迎えた可能性があるが、現状のところ wfy の上限を 390 N/mm² に設定して検討を進める。

3. 終局強度式の提案

先ほどの計算値精度を踏まえて、曲げ及びせん断の終局強度に関する提案を以下に示す。

1) 曲げ終局強度の精度を向上させるためには、圧縮側の PC 鋼材の応力評価が重要な点となる。そこで、下界定理に基づいて圧縮側の PC 鋼材の応力を評価したところ、せん断破壊が先行した S シリーズ試験体の実験値は計算値を下回っており、実験結果によく対応している。曲げ降伏が先行した B シリーズ試験体については、実験値/計算値が 1.03~1.01 の範囲に収まっており、計算精度は比較的良好であるといえる。

2) せん断終局強度に関しては、せん断補強筋の降伏強度の上限を 390 N/mm² とし、新たに算定してみたところ、S シリーズ試験体の実験値/計算値は 0.93~0.97 と、計算値が若干大きめに評価していることがわかる。これはコンクリート圧縮強度の有効係数を軸力比とプレストレスの和で表したことに起因している。この有効係数の評価式を以下のように修正する。

$$v = \alpha \cdot L_r(1 + 3 \cdot \eta_0 + \eta_g) \quad \text{---有効係数修正式}$$

以上曲げ及びせん断の修正案による実験値/計算値を以下の Fig. 3 にプロットした。

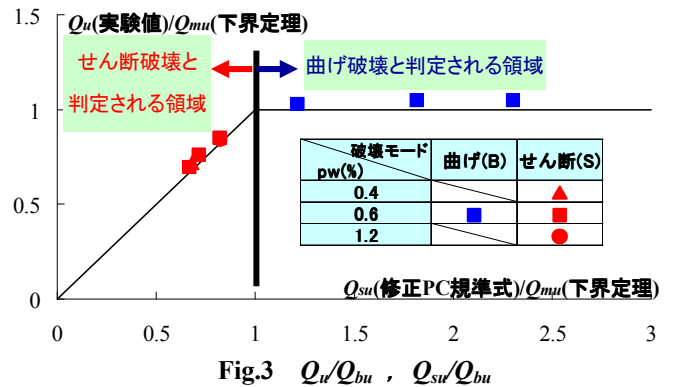


Fig.3 Q_u/Q_{mu} , Q_{su}/Q_{bu}

3. まとめ

- 1) 実験値から試験体設計の際に用いた理論値を試験体ごとに比較し、精度をまとめた。
- 2) 1)での問題点を踏まえ、修正案で精度比較した。

[参考文献]

- 1) 日本建築学会:プレストレストコンクリート設計施工規準・同解説 pp.233~234 1998 年
- 2) 湯浅哲廣ほか:プレキャストプレストレストコンクリート部材のせん断性状に関する実験的研究 建築学会大会概集 構造IVpp.955~960 2001
- 3) 財団法人日本建築センター:プレストレストコンクリート造技術基準解説及び設計・計算例 pp.127 2009 年
- 4) 日本建築学会:鉄筋コンクリート造の設計 pp.275~278 2002 年
- 5) 日本建築学会:鉄筋コンクリート造建物の靱性保証型耐震設計指針・同解説 pp.142~144 1999 年