

高性能材料を用いた PCaPC 柱のせん断耐力評価 (その 2 実験結果と考察)

PCaPC 柱 PC 圧着工法 せん断ひび割れ強度
高強度材料 せん断耐力 プレストレス

正会員 ○八田有輝*¹ 同 内山元希*²
同 坂下雅信*³ 同 河野進*⁴
同 西山峰広*⁵

1. はじめに

本稿(その 2)では、実験結果とせん断耐力評価について述べる。

2. 実験結果

2.1 破壊モードの分類

実験結果に基づいて、各試験体の破壊モードの分類を行った。分類結果は表-4 の実験最大耐力値の下に括弧内に記号で示した。各試験体の破壊状況から、L32-00 及び H19-00 は、せん断ひび割れ発生後の最大耐力時に、せん断補強筋の降伏が認められなかったことからせん断圧縮破壊(SC)と考えられる。また、L32-45 及び H19-45 については、せん断補強筋の引張ひずみが限りなく小さい時点にてせん断ひび割れが発生し、この時の荷重が最大耐力となっていたので、せん断斜張力破壊(DT)と判断した。

2.2 水平耐力の検討

せん断ひび割れ強度は、主応力度に基づいた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²⁾(以下靱性指針と略記)の式(1)を用いた。式中の引張強度には、文献⁴⁾の引張強度 $\sigma_T = 0.33\sqrt{f_c}$ (MPa)を用いた。

$$V_c = \phi \left(\sqrt{\sigma_T^2 + \sigma_o \cdot \sigma_o} \right) \cdot b \cdot D / \kappa \quad (1)$$

σ_T : 引張強度 σ_o : 軸応力度 b : 柱幅 d : 全柱せい
 ϕ : 安全率 1.0 κ : 断面形状係数 (0 度 3/2, 45 度 9/8)

せん断終局強度は、トラス・アーチ理論に基づいた PC 規準¹⁾の(71.2)式を用いて算定した。なお、2009 年版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⁵⁾の記述に従い、丸鋼の付着力が小さいことを考慮してトラス機構を無視する方法(式(2))と、トラス機構を算入する方法(式(3))の 2 種類について算定した。式(2)及び式(3)の記号については紙面の制約で省略する。せん断耐力の算定結果を図-5 および表-4 に示す。表-4 では各せん断耐力の計算値下の括弧内に、計算値を実験の最大耐力で除した値も併せて示す。

PC 規準¹⁾ (71.2)式

$$Q_u = \frac{b_o D}{2} v F_c \tan \theta \quad (2)$$

$$Q_u = b_o j_o p_w w f_y + \frac{b_o D}{2} (v F_c - 2 p_w w f_y) \tan \theta \quad (3)$$

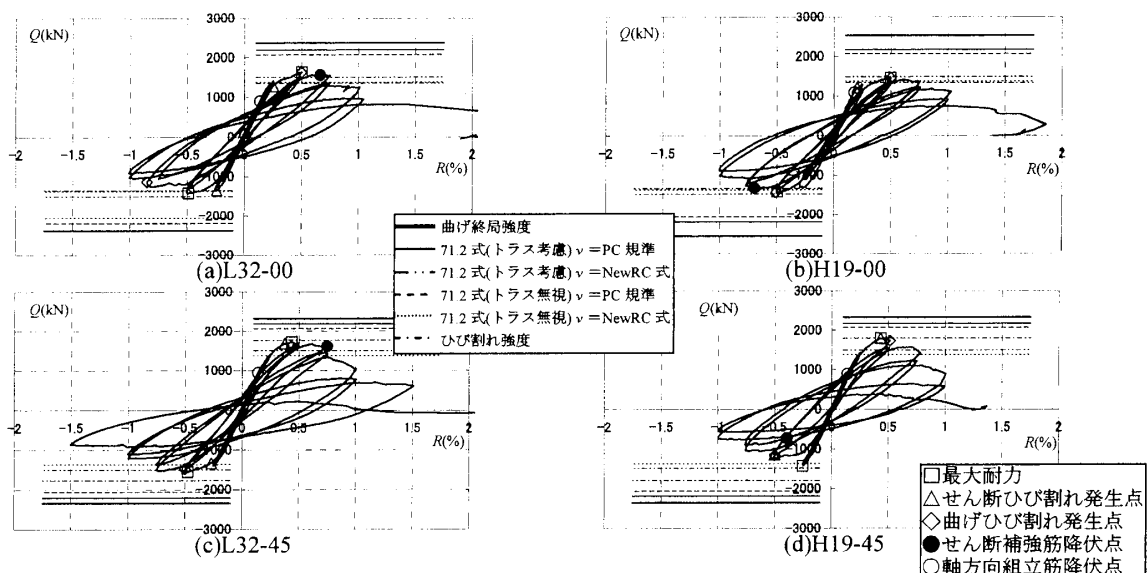


図-5 水平荷重-層間変形角関係
載荷方向 45 度試験体 (L32-45、H19-45) のせん断強度は載荷方向 0 度と同じになると仮定した値

表 4 セン断耐力算定値および実験最大強度の比

試験体名	実験結果			計算結果					
	せん断 ひび割れ時荷重 Q _{Cr1} (kN)	最大耐力 Q _{u1} (kN)		曲げ終局強度 Q ₂ (kN)	せん断 ひび割れ強度 Q _{Cr2} (kN)	PC 規準(71.2)式によるせん断強度			
						トラス無視		トラス考慮	
		正側	負側			ν (PC 規準) Q _{u2} (kN)	ν (NewRC 式) Q _{u3} (kN)	ν (PC 規準) Q _{u4} (kN)	ν (NewRC 式) Q _{u5} (kN)
L32-00	1323	+1635 (SC)	-1419 (SC)	2533 [0.65] ^{*1}	1350 [0.98] ^{*2}	2063 [0.79] ^{*1}	1369 [1.19] ^{*1}	2197 [0.74] ^{*1}	1503 [1.08] ^{*1}
H19-00	1216	+1461 (SC)	-1435 (SC)	2541 [0.57] ^{*1}	1332 [0.91] ^{*2}	2063 [0.70] ^{*1}	1369 [1.07] ^{*1}	2178 [0.67] ^{*1}	1483 [0.98] ^{*1}
L32-45	1687	+1732 (DT)	-1546 (SC)	2330 [0.74] ^{*1}	1773 [0.95] ^{*2}	2063 ^{*3} [0.84] ^{*1}	1369 ^{*3} [1.27] ^{*1}	2197 ^{*3} [0.78] ^{*1}	1503 ^{*3} [1.15] ^{*1}
H19-45	1799	+1799 (DT)	-1423 (NA)	2333 [0.77] ^{*1}	1792 [1.00] ^{*2}	2063 ^{*3} [0.87] ^{*1}	1369 ^{*3} [1.31] ^{*1}	2178 ^{*3} [0.82] ^{*1}	1483 ^{*3} [1.21] ^{*1}

SC: せん断圧縮破壊 ST: せん断引張破壊 DT: せん断斜張力破壊 NA: 該当なし

[]*1: Q_{u1}/Q_{cr1} or Q_{u2}/Q_{cr2} 但し、 Q_{u1} は正負の最大値とした []*2: Q_{u2}/Q_{u1}

*3: 載荷方向 45 度試験体 (L32-45、H19-45) のせん断強度は載荷方向 0 度と同じになると仮定した値

σ'_g に軸力と軸力載荷時の有効プレストレス力の合計値、また、応力中心間距離 (j) に PC 鋼棒間距離 200mm を用いた。また、せん断補強筋の規格降伏点 σ_{fy} に関しては、設計式における上限値は無視し、材料試験結果に基づく降伏強度を用いた。コンクリートの有効係数 ν については、PC 規準に従ったものと、高強度コンクリートを考慮している NewRC 式より ν_0 を使用した場合の 2 通りについても検討を行った。

PC 規準¹⁾

$$\nu = \alpha L_r \left(1 + \frac{\sigma'_g}{F_c} \right) \quad (4)$$

NewRC 式³⁾

$$\nu_0 = 1.7 \times (1 + 2n) \times \sigma_B^{-1/3} \leq 1.0 \quad (5)$$

いずれの試験体も、靱性指針のせん断ひび割れ強度を用いることで、実験のせん断ひび割れ時水平荷重を 1 割以下の誤差で予測できた。また、せん断圧縮破壊 (SC) を起こした L32-00・H19-00 に関しては、表 4 よりコンクリート有効係数に NewRC 式の ν_0 を用いた算定値が実験のせん断耐力に最も近い値となった。また、トラス機構を仮定して算入すると、耐力・破壊モードの違いを評価できるが、PC 鋼棒の付着力のみでは、トラス機構が成り立つことを証明できない。しかし、軸力の大きい柱においてはコンクリートの圧縮力がトラス機構に寄与するため、トラス機構が成り立つ可能性は十分考えられる。

L32-00, H19-00 に関しては、せん断ひび割れ強度よりもせん断終局強度が高く、せん断ひび割れ発生後も水平荷重が増大し、最終的にせん断圧縮破壊 (SC) を起こした実験結果と対応している。しかし、L32-45, H19-45 では、せん断終局強度よりもひび割れ強度が大きいため、

せん断ひび割れ発生後にトラス・アーチ機構に移行できず、せん断斜張力破壊 (DT) を起こしたと考えられる。

以上から、ひび割れ強度とせん断終局強度式の両者を用いることでより PCaPC 柱のせん断耐力と破壊モードを精度良く予測できると考えられる。

3. 結論

せん断補強筋降伏強度およびせん断補強筋比、載荷方向を実験変数とする PCaPC 柱試験体を製作し、静的載荷実験を行い、以下の知見を得た。

- ・ 本実験における破壊性状は、せん断圧縮破壊・せん断斜張力破壊の 2 つであった。
- ・ 主応力度に基づいたひび割れ強度式と、コンクリート有効係数 ν に NewRC 式を用いた終局せん断強度式を用いることでせん断破壊モードとせん断耐力を予測できることが確認できた。

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, 1998
- 2) 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, 1999
- 3) 倉本洋ら：柱部材に対する NewRC セン断強度の耐力予測精度, 日本建築学会大会学術講演梗概集構造系, C2, pp. 705-706, 1993.
- 4) Collins, M. P. and Mitchell, D.: Prestressed Concrete Structures, Chapter 3.8 Concrete in uniaxial tension, Eq. (3-16), p. 73, Prentice Hall, 1990.
- 5) 2009 年版 プレストレストコンクリート造技術基準解説及び設計・計算例編集委員会：2009 年版 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, 全国官報販売共同組合, 2009

*1 日建設計

*2 京都大学大学院工学研究科建築学専攻・修士課程

*3 京都大学大学院工学研究科建築学専攻・助教 博士 (工学)

*4 京都大学大学院工学研究科建築学専攻・准教授 Ph. D.

*5 京都大学大学院工学研究科建築学専攻・教授 博士 (工学)

*1 NIKKEN SEKKEI Company

*2 Graduate Student, Dept. of Architecture, Kyoto University

*3 Assist. Prof., Dept. of Architecture, Kyoto University, Dr. Eng.

*4 Assoc. Prof., Dept. of Architecture, Kyoto University, Ph. D.

*5 Prof. Dept. of Architecture, Kyoto University, Dr. Eng.