

高性能材料を用いた PCaPC 柱のせん断耐力評価
(その1 実験概要)

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

1. はじめに

プレキャストプレストレストコンクリート柱（以下 PCaPC 柱）は、軸力が過大とならない範囲では、地震時の高復元性と地震後の残留変形抑制機能を同時に得ることができ、耐震性能の向上につながる。しかし、文献 1) のせん断耐力算定式では、高強度せん断補強筋を用いた場合でも 295MPa より大きい降伏強度はせん断耐力に反映されず、せん断補強筋が高強度である利点が生かせない。

本研究では、高強度コンクリートと高強度せん断補強筋を用いた PCaPC 柱のせん断破壊性状に関する実験資料を収集し、既往の PCaPC 柱のせん断耐力算定式の妥当性を検討する目的で、せん断補強筋の種類及び量、載荷方向を実験変数として製作した 4 体の PCaPC 柱の静的載荷実験を行った。

2. 実験概要

2.1 試験体概要

試験体は、高層 PCaPC 造建物の 1 階中柱を対象としている。表-1 に示す通り、実験変数はせん断補強筋規格降伏強度 ($wfy=785\text{MPa}$, 1275MPa)、せん断補強筋量 ($pw=0.19\%$, 0.32%)、載荷方向 (0 度, 45 度) であり、全 4 体の試験体を製作した。柱断面を図-1 に、試験体立面の例を図-2 に示す。

柱は $400 \times 400\text{mm}$ の正方形断面で、内法高さは 800mm とした。L32-45 及び H19-45 は断面を 45° 回転させてスタブに固定し、水平載荷方向が断面の対角線と一致するようにした。柱と上下スタブは別々にコンクリートを打設し、厚さ 20mm の目地モルタルを介して 4 本の PC 鋼棒により圧着した。PC 鋼棒には C 種 1 号 SBPR 1080/1230 の丸鋼（呼び名 32mm ）を、シース管には内径 50mm の標準型 #1050 を用いた。PC グラウトとして無収縮グラウトを充填した。組立筋は 8-D10 とし、せん断補強筋のかぶり厚は 20mm とした。コンクリート、目地モルタル、PC グラウトの力学的性状を表-2 に、鉄筋および PC 鋼棒の力学的性状を表-3 に示す。

表-2 コンクリート等の力学的性状

材料	圧縮強度 (MPa)	引張強度 (MPa)	ヤング係数 (GPa)
コンクリート	168	7.53	48.1
目地モルタル	168	5.69	45.3
PC グラウト	61.0	2.09	13.9

表-3 鉄筋及び PC 鋼棒の力学的性状

鋼材の種類	降伏強度 (MPa)	引張強度 (MPa)	ヤング係数 (GPa)
D10	386	530	177
U6	1006 [※]	1183	201
U6.4	1369 [※]	1461	199
$\phi 32\text{mm}$ C 種 1 号 SBPR 1080/1230	1185 [※]	1293	200

※降伏強度は 0.2% オフセット値である。

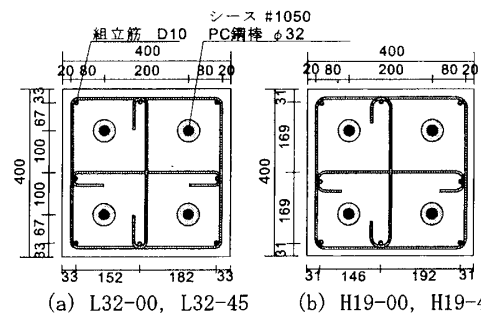


図-1 柱断面 (単位: mm)

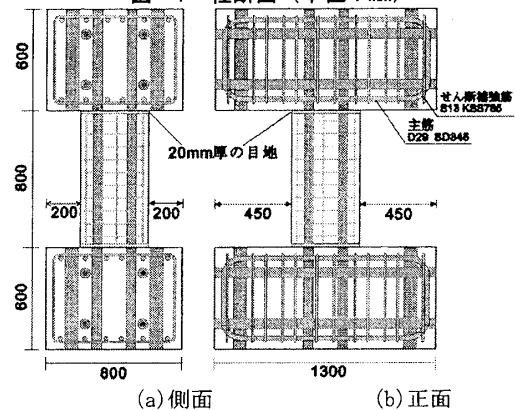


図-2 試験体立面図 (L32 の場合) (単位: mm)

表-1 試験体概要

試験体名	せん断スパン比	載荷方向	せん断補強筋		$p_w \cdot w_{fy}$ (MPa)	軸力載荷後有効プレストレス力 P1 (kN)	鉛直ジャッキ軸力値 P2 (kN)	合計値 P1+P2 (kN)	軸力比
			規格降伏強度 w_{fy} (MPa)	補強筋比 p_w (%)					
L32-00	1.0	0度	785	0.32	2.49	2308	3001	5309	0.198
L32-45		45度				2113	3031	5144	0.191
H19-00		0度	1237	0.19	2.39	2305	2821	5126	0.191
H19-45		45度				2209	3045	5254	0.195

Shear Capacity of Post-tensioned Precast Concrete Columns with High Strength Materials (Part 1. Outline of Experiment)

UCHIYAMA Motoki, HATTA Yuki, SAKASHITA Masanobu, KONO Susumu and NISHIYAMA Minehiro

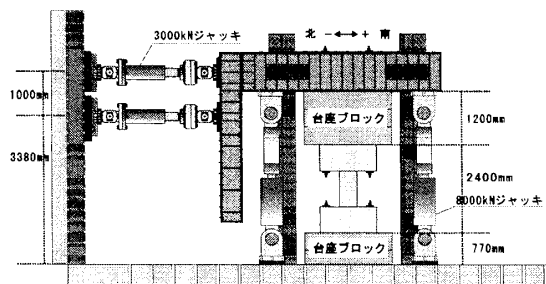


図-3 荷重装置

2.2 荷重方法

荷重装置を図-3 に示す。試験体は、加力用台座ブロックを介して荷重梁と反力床に緊結した。水平荷重（以下 Q と略記）は荷重梁に取り付けた 2 本の 3000kN 水平ジャッキによって与えた。2 本の 8000kN 鉛直ジャッキを用いて軸力を載荷し、PC 鋼棒の有効プレストレス力 P1 と、鉛直ジャッキによる軸力 P2 の和が、コンクリートの材料試験値を用いた軸力比 0.2 となるようにした。表-1 に各試験体の軸力載荷後の有効プレストレス力 P1、鉛直ジャッキで与えた軸力 P2 の一覧を示す。水平加力時には、軸力 P2 を保持すると同時に、上下スタブが常に平行を保つように 2 台の鉛直ジャッキを制御した。なお、変位制御に用いた層間変形角（以下 R と略記）は、上下スタブの相対水平変位を柱高さ 800mm で除した値である。南方向への荷重を正方向とし、水平荷重 100kN で 1 回、層間変形角 $R=\pm 0.1\%$, $\pm 0.25\%$, $\pm 0.5\%$, $\pm 0.75\%$, $\pm 1.0\%$, $\pm 1.5\%$, $\pm 2.0\%$ で各 2 回の正負繰り返し荷重を行った。

3. 実験結果

3.1 破壊性状

試験体のひび割れ状況を図-4 示す。

L32-00 試験体： $R=-0.25\%$ においてせん断ひび割れが発生し、その直後にせん断補強筋のひずみが急増した。

その後、耐力が上昇し、 $R=\pm 0.50\%$ サイクル時において、最大耐力に到達した。この際、せん断補強筋は降伏しておらず、せん断補強筋ひずみは降伏ひずみの 81%(正側)、86%(負側)に留まっていた。その後、せん断ひび割れと曲

げ圧壊が進展しながら耐力が低下し、 $R=1.5\%$ の 1 回目の正側サイクルにおいて軸力を保持できなくなり、荷重を終了した。

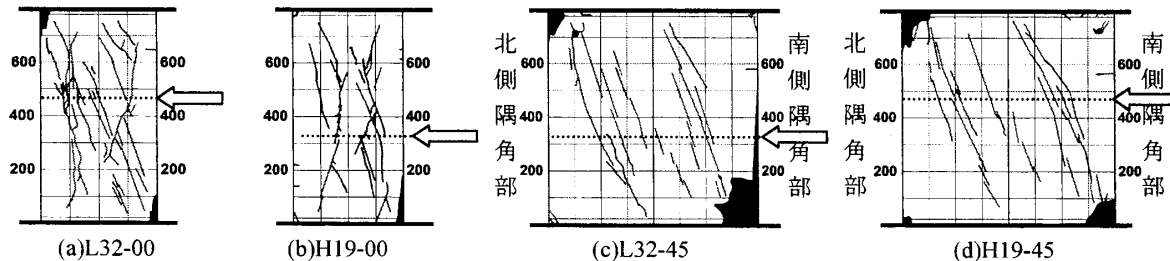
L19-00 試験体： $R=+0.25\%$ においてせん断ひび割れが発生し、せん断補強筋のひずみが急増した。その後、耐力が上昇し、 $R=\pm 0.50\%$ サイクル時において、最大耐力に達した。L32-00 試験体と同様に、この際、せん断補強筋ひずみは未降伏であり、せん断補強筋ひずみは降伏ひずみの 45%(正側)、63%(負側)に留まっていた。その後は、せん断ひび割れと曲げ圧壊が発生、進展しながら耐力が低下した。

L32-45 試験体： $R=+0.50\%$ の 1 回目の正側サイクル時において、複数のせん断ひび割れが発生し、直後に正側最大耐力に達した。この際、せん断補強筋ひずみは降伏ひずみの 2%程度であった。その後、 $R=-0.50\%$ の 1 回目の負側サイクル時において負側の最大耐力に達した。しかし、せん断補強筋は降伏しておらず、最も大きいせん断補強筋ひずみは、73%に留まっていた。その後は、せん断ひび割れと曲げ圧壊が発生、進展しながら耐力が低下し、 $R=1.5\%$ の 2 回目の正側サイクルにおいて軸力を保持できなくなり、荷重を終了した。

L19-45 試験体： $R=+0.50\%$ の 1 回目の正側サイクル時において、複数のせん断ひび割れが発生と同時に最大耐力に達した。一方、負方向の最大耐力は、この直前の負側荷重($R=-0.25\%$)時に得られたが、この際、試験体にはひび割れ（曲げ、せん断）は発生しておらず、試験体は無損傷とみなせる状態であった。ゆえに、本稿では、負方向の最大耐力を、部材のせん断耐力として評価しない。その後は、他の試験体同様、せん断ひび割れと曲げ圧壊が進展しながら耐力が低下した。

謝辞

本研究の一部は、PCaPC 研究会（代表：西山峰広教授）に参加されたピーエス三菱・高周波熱錬・住友電工スチールワイヤー・共英製鋼・住倉鋼材からの経済的・技術的援助を受けて行われたものです。ここに謝意を表します。



(...←) 最大耐力時に最も大きなひずみ値を示したせん断補強筋位置

図-4 最大耐力時におけるひび割れ図

*1 京都大学大学院工学研究科建築学専攻・修士課程
 *2 日建設計
 *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 Graduate Student, Dept. of Architecture, Kyoto University
 *2 NIKKEN SEKKEI Company
 *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.