超高強度プレキャスト鉄筋コンクリート柱の研究開発



和泉	信之 *2	濱田	聡*
竹中	啓之 *1	清水	隆*2
多田	公平 *2	石岡	拓 *1

概 要

圧縮強度が 80,100,120N/mm2 のコンクリートと USD685 の鉄筋を用いたプレキャスト鉄筋コンクリート造柱部材の 構造性能を確認する目的で曲げせん断実験を行った。既往の場所打ち鉄筋コンクリート造柱部材の実験結果と比較するこ とにより、プレキャスト鉄筋コンクリート造柱部材の特性について検討した。プレキャスト鉄筋コンクリート造柱部材は 柱脚において太径のスリーブを用いて機械式継手を行っており、スリーブ直下には高強度の目地グラウトモルタルが存在 する。スリーブ継手の影響として、帯筋のかぶり厚さを確保する目的で主筋位置を断面中央に寄せることになるため最大 曲げ耐力が低下する傾向にあった。最大曲げ耐力は破壊面を想定した断面分割法を用いて精度よく推定できることが判明 した。最大耐力以降の変形性能については場所打ち鉄筋コンクリート造柱部材とほぼ同等であった。

Research and Development of Super-high Strength Precast Reinforced Concrete Columns

Nobuyuki IZUMI^{*2} Hiroyuki TAKENAKA^{*1} Kouhei TADA^{*2}

Shigemi KIKUTA^{*1} Satoshi HAMADA^{*2} Takashi SHIMIZU^{*2} Taku ISHIOKA^{*1}

This paper introduces the outline of the experimental study on the precast column members in which the high strength concrete of 80,100,120N/mm2 and reinforcement of USD685 were used. The characteristic of the precast reinforced concrete columns was discussed by comparing with the experimental result of site concrete placing columns. The sleeve of a large diameter is used as a mechanical joint, and the grout mortar of high strength exists under the sleeve in the pedestal of the precast reinforced concrete column. Ultimate flexural strength of the precast reinforced concrete columns showed the tendency to decrease to draw the main reinforcement position to the center of the section to secure the cover depth of the hoop so that there was a sleeve splice of a large diameter. It was proven that the ultimate flexural strength of the precast reinforced concrete columns was able to calculate accurately by using the section division method by which the fracture surface is assumed. The ductility of the precast reinforced concrete columns after ultimate strength was almost equal to site concrete placing columns.

^{*1} 技術研究所 *2 構造設計部

超高強度プレキャスト鉄筋コンクリート柱の研究開発

		菊田	繁美 *1
和泉	信之*2	濱田	聡*2
竹中	啓之 *1	清水	隆*2
多田	公平*2	石岡	拓*1

1. はじめに

筆者らは既報1)に示したよう に圧縮強度が 70N/mm² までの高 強度コンクリート柱のプレキャス ト化については実験により力学的 性能を把握し、実用化している。 既報1)では柱脚部に注入するグ

ラウトの圧縮強度を考慮することにより最大 曲げ耐力を適切に評価できることを示した。

本研究は、圧縮強度が80,100, 120N/mm²の高強度コンクリートを用いた プレキャスト柱の力学的性能を実験的に把握 すること、および既往の場所打ちコンクリー ト柱の実験結果 2),3),4) と比較検討することに よりプレキャスト柱の特性について検討した ものである。

2. 試験体

試験体の一覧、試験体断面形状、および試 験体の配筋を表-1、図-1,2に示す。プ レキャスト柱試験体と既往の場所打ちコンク リート柱試験体のそれぞれ3体であり、全 試験体ともせん断スパン比が1.5、断面が 300mm × 300mm である。コンクリート

の圧縮強度は約80,100,120 N/mm² でプレキャスト 柱 HRPCC12, HRPCC13, HRPCC14 に既往の場所打 ちコンクリート柱 UHRC11, UHRC03, UHRC04 がそ れぞれ対応する。全試験体とも主筋には USD685 を用 いプレキャスト柱と既往の場所打ちコンクリート柱の 鉄筋比を合わせたが、機械式継手部のかぶり厚さを確保

公 L 中川市地域和市本							
コンクリート		圧縮強度		割線剛性	Ł 割裂強度		
		(N/mm ²)		(N/mm^2)) (N/mm²)		
HRPCC12		82.1		36900) 3.6		
HRPCC13		103.6		40800) 5.3		
HRPCC14		123.2		43700) 4.2		
鉄筋	降位	降伏強度		ング係数	引張強度		
	(N/	′mm²)	(N/mm ²)		(N/mm^2)		
D16		735		195000	932		
U6.4		1466		203000	1486		

表-1	試験体一覧
-----	-------

	コンクリート	グラウト		主筋		せん	断補強筋			軸力比
試験体名	сσв	$_{\rm G}\sigma_{\rm B}$		sσy	Pg		$_{\rm S}\sigma$ wy	Pw	MOD	N/(B·D·c $\sigma_{\rm B}$)
	(N/mm ²)	(N/mm^2)		(N/mm^2)	(%)		(N/mm^2)	(%)	M/QD	$\sim N/(A_s \cdot \sigma_y)$
HRPCC12	82.1	120.5	12-D16	735	2.65	4-U6.4@50	1466	0.80		-0.48~0.65
HRPCC13	103.6	145.8	12+4-D16	735	3.54	4-U6.4@40	1466	1.00		-0.43~0.66
HRPCC14	123.2	145.8	12-D16	735	2.65	4-U6.4@40	1466	1.00	15	-0.3
UHRC11	79.3		12-D16	692	2.65	4-S6@55	1056	0.78	1.5	-0.49~0.69
UHRC03	104.5		12+4-D16	713	3.54	6-D6@40	849	1.60		-0.43~0.67
UHRC04	122.4		12-D16	738	2.65	4-U6.4@35	1285	1.14		-0.3



図-1 試験体断面形状



^{*1} 技術研究所 *2 構造設計部

するために既往の場所打ちコンクリート柱に比べてプレ キャスト柱の主筋位置が内側に10mm ずれている。せ ん断補強筋には SBPD1275 を用い鉄筋コンクリート 造建物の靱性保証型耐震設計指針・同解説によるせん 断耐力が ACI のストレスブロックによる最大曲げ耐力 の1.2 倍以上となるように配筋した。グラウトは柱脚部 の厚さ 10mm と機械式継手内に同時に注入し、充填口 の栓跡は空洞とした。グラウトの強度は HRPCC12 が 120N/mm²、HRPCC13, HRPCC14 が 145N/mm² で あった。全試験体とも上下スタブと柱部分を分離してコ ンクリートを縦打ちで打設し、4~6週間室内で気中養 生した。材料試験結果を表-2、表-3に示す。コンク リートの圧縮強度は約 80, 100, 120MPa で既往の場所 打ちコンクリート柱とほぼ同じであった。

3. 加力方法

加力装置、加力スケジュールおよび変動軸力時の水平 力と軸力の関係を図-3,4,5に示す。

加力は、柱試験体の柱脚を固定し、柱頭のL型加力梁 を用いて試験体中央部が反曲点となるように正負逆対称 繰り返し加力を行った。加力スケジュールおよび軸力と も既往の場所打ちコンクリート柱に合わせた。軸力とし てHRPCC12,13には変動軸力、HRPCC14には一定軸 力を作用させ、変動軸力は上下限の範囲内で水平力の1 次関数として作用させた。

4. 実験経過

全試験体の部材角 1/50rad. におけるひび割れ発生状 況を図-6 に示す。

HRPCC12,13 はひび割れ発生状況がほぼ同じであっ た。部材角 1/800 の引張軸力時に柱頭柱脚部に曲げ ひび割れが発生し、1/200 の圧縮軸力時に角度が急な せん断ひび割れが発生した。圧壊は 1/300 で柱頭部、 1/100 で柱脚部に発生した。1/200 で柱頭部、1/100 で柱脚部の主筋が圧縮降伏した。1/50 以降は柱頭部の 圧壊が進展し、最終的には柱頭部かぶりコンクリート が剥落して曲げ圧縮破壊の様相を呈した。両試験体とも 圧縮軸力時においては部材角 1/50 近傍で最大耐力を示 し、その後に耐力低下した。引張軸力時においては部材 角 1/20 に至るまで耐力が上昇し続ける安定した履歴性 状を示した。

HRPCC14 では、部材角 1/300 で両端部に曲げひび 割れ、1/200 で柱頭部に圧壊が発生した。1/150 で中 央部に角度が急なせん断ひび割れが発生し、柱頭部の主 筋が圧縮降伏した。1/50 で柱脚部に圧壊が発生し、柱 脚部の主筋が圧縮降伏した。1/50 以降は柱頭部の圧壊 が進展し、最終的には柱頭部かぶりコンクリートが剥落 して曲げ圧縮破壊の様相を呈した。

HRPCC12,13,14 とも圧壊発生と主筋の圧縮降伏が既 往の UHRC11, UHRC03, UHRC04 に比べると、柱頭 部においては早かったが、柱脚部においては遅かった。



図-3 加力装置







図-5 水平力と軸力の関係



図-6 ひび割れ状況 (1/50rad.)





5.1 荷重-変形関係

各試験体の荷重-変形関係を図-7に示す。いずれ の試験体とも柱頭部の圧壊、せん断ひび割れおよび主 筋の圧縮降伏が発生した1/200~1/150rad.以降に剛 性が大きく低下した。全試験体とも1/50rad.で最大耐 力を示した後に耐力低下したが、1/20rad.の大変形に おいても最大耐力に対してHRPCC12,14では約75%、 HRPCC13では約90%の耐力を保持した。

各試験体の荷重-変形関係の包絡線について場所打 ちコンクリート柱との比較を図-8に示す。コンクリー ト強度が約80N/mm²のHRPCC12と場所打ちコンク リート柱UHRC11の包絡線がほぼ一致した。コンクリー ト強度が約100N/mm²と120N/mm²のHRPCC13



とHRPCC14では1/200rad.以降において場所打ちコ ンクリート柱の包絡線を下回っており、最大耐力では 10%と5%下回った。最大耐力以降の耐力低下状況につ いては、ほぼ同様の傾向を示した。

5.2 試験体の諸強度

柱試験体の諸強度に関する実験値と計算値の比較を 表-3に示す。既往の場所打ちコンクリート柱の実験結 果も併記した。曲げひび割れ強度については、実験値と 計算値がほぼ一致した。柱主筋の圧縮降伏強度は、プレ キャスト柱の脚部で実験値が計算値を10~20%上回っ たものの、その他では両者はほぼ一致した。圧壊強度は、 プレキャスト柱の脚部で実験値が計算値を若干上回った ものの、その他では実験値が計算値を大きく下回った。 最大耐力については、実験値と計算値は10%の誤差

331 (373)

310

(373)

465

(420)

109

269

(298)

235 (298)

333

(317)

111

263 (208)

399

(421)

403

(421)

278 (421)

263

(421)

447

(430)

0.02

範囲内で一致した。変動軸力試験 体の引張軸力時においては、実験 終了時まで耐力上昇過程にあり、最 大耐力は確認できなかった。

断面分割法の算定方法を図-9 に示す。スリーブ上部、スリーブ下 部、グラウト下部の3種類につい て最大曲げ耐力を算定し、それぞれ を柱脚位置モーメントに換算して、 それらの最小値を柱脚の最大耐力 とした。それぞれの算定境界面に おいて異なる材料が接する場合は、 強度の低い材料の応力 - 歪関係を 用いて最大曲げ耐力を算定した。

HRPCC12~14において、断面 分割法に用いた各材料の応力-歪 関係を図-10に示す。各材料の応 カ- 歪関係は文献 5) を参考にして 設定した。グラウトとかぶり部分 のプレーンコンクリートは最大強 度以降に急激に強度低下するもの とし、せん断補強筋で拘束された コア部分のコンファインドコンク リートは最大強度以降の強度低下 が緩やかなものとした。HRPCC12 のグラウトの強度は120N/mm² でプレーンコンクリートの約1.5 倍、HRPCC13 で は 約 1.4 倍、 HRPCC14 では約 1.2 倍と高強度 であり、全試験体でコンファイン ドコンクリートの強度を上回った。

表-3に示した HRPCC12, 13, 14の柱脚の最大耐力は図-9に示 したスリーブ下部の曲げ耐力 SMU で決定され、柱頭の曲げ耐力に比 べて5~10%大きかった。これは、 スリーブ直下のグラウトが高強度 であること、および太径スリーブ のせん断補強筋で囲まれるコアコ ンクリート面積が大きくなったた めである。プレキャスト柱が場所 打ち柱に比べて柱頭の曲げ耐力が 小さかったのは、主筋が内側に寄 りコアコンクリート面積が小さく なったためである。

5.3 柱頭柱脚の曲げ性状

HRPCC14 および UHRC04 の柱 頭柱脚の各サイクルピーク時にお ける曲率と隅角部における歪を図 -11に示す。プレキャスト柱の HRPCC14では柱頭と柱脚の曲率 を比較すると 1/100rad. で約2倍、 1/50 rad. で約3倍と柱頭の曲率が 大きく増大したが、場所打ち柱の

HRPCC14 UHRC11 UHRC03 HRPCC12 HRPCC13 UHRC04 曲げひび割れ強度 30^{*1} (34) 30^{*1} (28) 260 31*1 32*1 (209 Mc(kN•m) (33 (30 256 331 (310) 主筋圧縮 349 259 392 柱頭 隆伏強度 (297 (255 (368 (376) My(kN•m) 311 387 410 259 376 柱脚 (255 (310) (368) (297) (376)

343

(405)

416

(410)

423

(410)

(427)

-----(--

My,Mcc,Mu:断面分割法による。

231

(353

383

(368

417

(368)

(386)

163

245 (281)

325

(294)

329

(298)

(324)

110

柱頭

柱脚

柱脚

引張

H 柱頭

縮

圧壊強度

Mcc(kN•m)

最大耐力

Mu(kN•m)

)内は計算値

表-3 実験値と計算値の比較





UHRC04では柱頭が若干大 きいものの1/50 rad.では柱 頭柱脚ともほぼ同じであった。 HRPCC14の柱頭部圧縮域の 圧縮歪が柱脚部に比べて大き く増大していることからも、 柱頭部の曲げ圧縮破壊が進行 して柱頭部に回転変形が集中 したものと考えられる。

5.4 最大曲げ耐力

最大曲げ耐力の実験値と 計算値の比較を図-12に示 す。図中には文献1)に示し た試験体11体(_cσ_B:47~ 103N/mm²)についても実験 値と計算値の比較を併記した。 全試験体の最大曲げ耐力の断 面分割法による計算値は実験 値に対して20%の誤差範囲内で評価することができた。



図-11 柱頭柱脚の曲率と隅角部歪

6. まとめ

圧縮強度が 80, 100, 120N/mm² の高強度コンクリートを用いたプレキャスト柱の曲げせん断実験を行い以下の結論を得た。

- (1)プレキャスト柱は場所打ち柱に比べて柱頭部の曲 げ圧縮破壊が早期に進行し最大耐力が若干低下した。最大耐力以降の耐力低下状況は、両者ともほ ぼ同様であった。
- (2) 最大曲げ耐力について、断面分割法を用いると実 験値に対して 20%の誤差範囲内で適切に評価する ことができた。
- (3) プレキャスト柱は場所打ち柱に比べて主筋が内側 に寄りコアコンクリート断面積が小さくなったた め、柱頭の最大曲げ耐力が低くなったものと考え られる。
- (4) プレキャスト柱の柱脚ではスリーブ直下のグラウトが高強度であること、および太径スリーブのせん断補強筋で囲まれるコアコンクリート断面積が大きくなったために柱頭に比べて最大耐力が5~10%大きくなったものと考えられる。

【参考文献】

- 菊田繁美他:プレキャスト鉄筋コンクリート造柱部材に関 する実験研究、コンクリート工学年次論文報告集, Vol.24, No.2, pp.679-684, 2002.6
- 2) 菊田繁美他:超高強度材料を用いた RC 柱部材に関する実 験研究,コンクリート工学年次論文報告集, Vol.19, No.2, pp.591-596, 1997.6
- 3) 菊田繁美他:超高強度材料を用いた鉄筋コンクリート造の 柱部材に関する実験研究(その3)(その4),日本建築学 会大会学術講演梗概集,構造IV,C-2,pp.191-194,2000.9
- 4) 菊田繁美他:超高強度材料を用いた鉄筋コンクリート造の 柱部材に関する実験研究(その5)(その6),日本建築学 会大会学術講演梗概集,構造IV,C-2,pp.423-426,2001.9
- 5)(財)国土開発技術研究センター:平成4年度 New RC研 究開発概要報告書,1993.3



