

スリーブ継手で柱接合した PCaPC 骨組の耐震性能に関する研究

PCaPC
梁曲げ破壊

柱接合
柱主筋付着

スリーブ継手
接合部せん断強度

正会員 島 宏之*¹ 同 北山 和宏*⁴
同 矢島 龍人*² 同 浜田 公也*⁵
同 見波 進 *³ 同 毛利 浩 *⁵

1. はじめに

PCa 柱に PCa 梁を PC 鋼材で接合する工法を用いた骨組はエネルギー吸収能力に乏しい。そこで、柱梁接合部内に梁主筋を通し RC 性状に近い構造にすることでその改善が図れる。本研究では、横に通した PCaPC(プレキャスト・プレストレスト・コンクリート)梁の上下に PCa 柱をスリーブ継手で接合した骨組を対象に正負交番載荷実験を行い、その耐震性能を一体打ちの場合と比較検討した。

2. 実験概要

2.1 試験体概要 試験体配筋図を図-1、ト形試験体定着部詳細を図-2、試験体諸元を表-1、材料特性を表-2 に示す。試験体は試設計した 13 階建て建物の 4 階部分を 2/5 程度に縮小したもので、十字形骨組 2 体、ト形骨組 3 体の計 5 体である。試験体の柱断面(420×420mm)、梁断面(300×380mm)、柱芯から梁端支持点までの距離(1600mm)、梁芯から上柱加力点および下柱支持点までの距離(1200mm)、柱・梁のコンクリート強度、グラウト強度、梁 PC 鋼材用シース管(#1040)は共通とした。試験体 PS-1~4 は試験体形状と接合形式が異なり、梁曲げ破壊が先行するよう設計した。試験体 PS-5 は PCa ト形接合部のせん断強度を調査するため、接合部せん断破壊が先行するよう設計した。

2.2 工法概要 PCa 試験体は梁の柱梁接合部に埋め込んだシース管(#1040)に下柱の主筋を通し、20mm の目地を設けてシース管内も含めモルタル(表-2 の)を充填し接合した。モルタルの硬化後、上柱に埋め込んだスリーブ継手に主筋を通し、同様に 20mm の目地を設けてスリーブ継手内も含めモルタル(表-2 の)を充填し接合した。なお、実験の際には加力装置の都合により試験体の上下を入れ替えた。そのため、下柱にスリーブ継手が位置する。ト形試験体は梁主筋を接合部内に金物により定着(定着長さ 318mm)し、PC 鋼材を接合部内に埋め込んだ定着具により定着(定着長さ 369mm)した。

2.3 加力方法 加力装置を図-3 に示す。試験体の梁の両端はローラー支持、下柱はピン支持とし、上柱加力点に東西方向、南北方向、鉛直方向の 3 基のジャッキを取り付け、柱に一定圧縮軸力を加えた後、東西方向に水平力を交互に加えた。南北方向のジャッキは面外転倒防止のためである。加力は層間変形角によって制御した。

3. 実験結果

3.1 層せん断力 層間変形角関係 層せん断力 層間変形角関係を図-4 に示す。一体打ち試験体は PCa 試験体とほぼ同

様であったため図を省略した。図中の は最大層せん断力時、は梁主筋または柱主筋降伏時、破線は平面保持を仮定した梁の断面解析¹⁾で求めた梁曲げ終局時の層せん断力である。なお、解析では PC 鋼材を完全付着とした。最大層せん断力

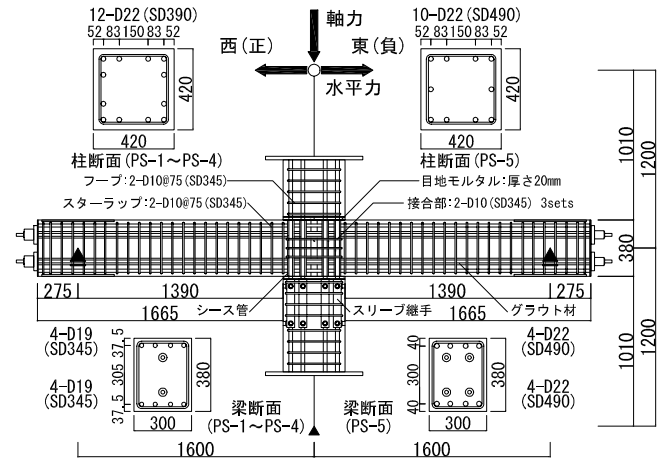


図-1 試験体配筋図

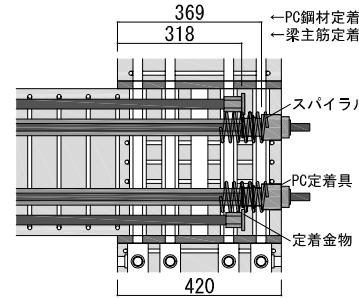


図-2 ト形試験体定着部詳細

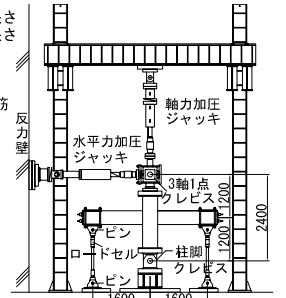


図-3 加力装置

表-1 試験体諸元

試験体名	PS-1	PS-2	PS-3	PS-4	PS-5
形状	十字形		ト形		
接合形式	PCa	一体打ち	PCa	一体打ち	PCa
梁PC鋼材	2- 19.3 (SWPR19L)				4- 19.3 (SWPR19L)
緊張力/規格降伏荷重	0.74	0.76	0.75	0.74	0.74
プレストレス率	0.48				0.49
軸力(軸力比)	910kN(0.08)		300kN(0.03)		

M_p : 曲げ終局耐力におけるPC鋼材の負担分
 M_r : 曲げ終局耐力における普通鉄筋の負担分

表-2 材料特性

材料	圧縮強度 (MPa)	1/3割線剛性 (GPa)	割裂引張強度 (MPa)
コンクリート	65.2	34.0	3.29
グラウト材	66.1	14.2	1.41
目地モルタル	104.6	32.5	3.35
目地モルタル	108.5	33.5	3.31

鋼材	降伏応力度 (MPa)	降伏ひずみ (%)	弾性限界ひずみ (%)	引張強度 (MPa)	破断伸び (%)
PC鋼材 19.3	1743	1.00	0.65	1982	6.5
D10(SD345)	379	0.21		580	14.7
D19(SD345)	397	0.20		579	21.2
D22(SD390)	469	0.24		669	18.2
D22(SD490)	531	0.27		746	17.6

PC鋼材の降伏応力度・降伏ひずみは0.2%オフセット法により定めた

に達したのは、PS-1,2,3,5 で層間変形角 3.0%時、PS-4 で層間変形角 4.0%時であった。全ての試験体で、層間変形角 1.5～2.0%時まで原点指向型の履歴性状を示した。PS-1～4 はそれ以降に紡錘形の履歴性状を示した。PS-1,2,5 は最大層せん断力後に耐力が低下し、PS-3,4 は最大層せん断力後も一定の耐力を維持した。

3.2 破壊性状 実験終了時のひび割れ状況を図-5 に示す。PS-1,2,5 は接合部の損傷が顕著であり、PS-3,4 は梁端部のコンクリートの損傷が大きかった。本実験ではひずみゲージの養生不良により PC 鋼材のひずみが測定できなかった。そこで、最大層せん断力の実験値が解析により求めた終局耐力を上回った PS-1～4 は PC 鋼材が降伏し、解析値を下回った PS-5 は PC 鋼材が降伏しなかったと判断した。既述したことから、PS-1,2 は梁主筋・PC 鋼材降伏後の接合部せん断破壊、PS-3,4 は梁主筋・PC 鋼材降伏による梁曲げ破壊、PS-5 は梁・柱主筋降伏後の接合部せん断破壊で耐力が決まった。

3.3 柱主筋付着性状 柱主筋のひずみ測定位置 (PCa 試験体の場合) を図-6、局所付着応力度(層間変形角 3.0%時)を図-7 に示す。付着応力度は柱主筋に貼付したひずみゲージの出力を材料試験の結果に基づいて応力変換し、その区間の応力の差分を区間長さと主筋の公称周長で除した値である。圧縮側の柱主筋において、変形が増加するに伴い PCa 試験体では区間①、一体打ち試験体では区間の付着応力度が上昇する傾向にあった。PCa 試験体の区間の付着応力度が増大したのは、シース管内の充填モルタルがコンクリートの 1.6 倍ほどの圧縮強度があり、付着強度が増大したためと考える。ト形試験体はその差が顕著に現れなかったが、これは十字形試験体に比べ耐力が半分程度と小さかったためである。

3.4 接合部せん断強度 試験体 PS-5 の接合部せん断応力度層間変形角関係の包絡線を図-8 に示す。接合部せん断応力度は文献²⁾の評価式(図内に示す)を用いて算出した。ここで、接合部有効断面積は有効幅(梁幅と柱幅の平均)と有効せい(梁主筋の定着長さ 318mm)の積とした。図中の破線は文献³⁾の RC 接合部せん断強度評価式を準用して算出したせん断強度の平均値である。最大接合部せん断応力度は RC 接合部せん断強度評価式で求めた値を上回った。

4. まとめ

スリーブ継手で柱接合した PCaPC 骨組を対象に正負交番載荷実験を行った。PCa 試験体の復元力特性や破壊性状には、一体打ち試験体との明瞭な差異はなかった。柱梁接合部パネル内の局所付着応力度は、PCa 試験体のシース管内の圧縮側において一体打ち試験体よりも増大する傾向にあった。PCa ト形接合部のせん断終局強度は RC 接合部のせん断終局強度評価式を準用しても安全側に評価できた。

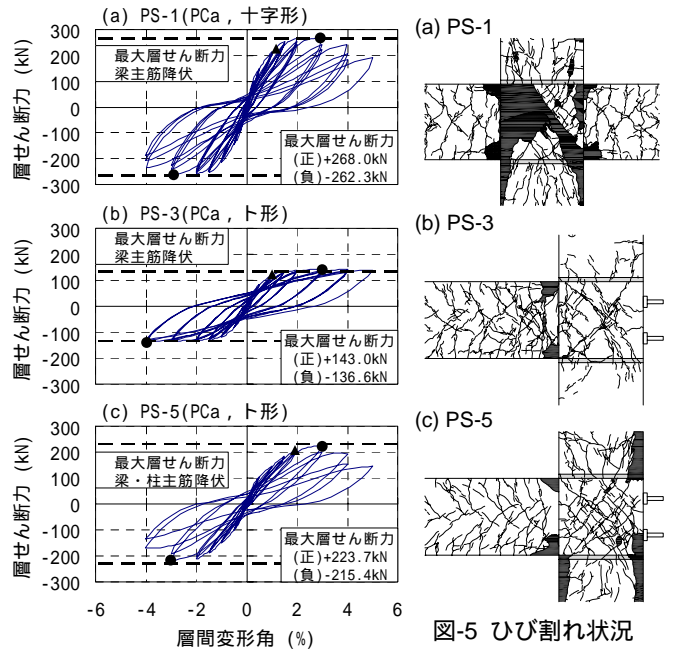


図-4 層せん断力 層間変形角関係 (実験終了時)

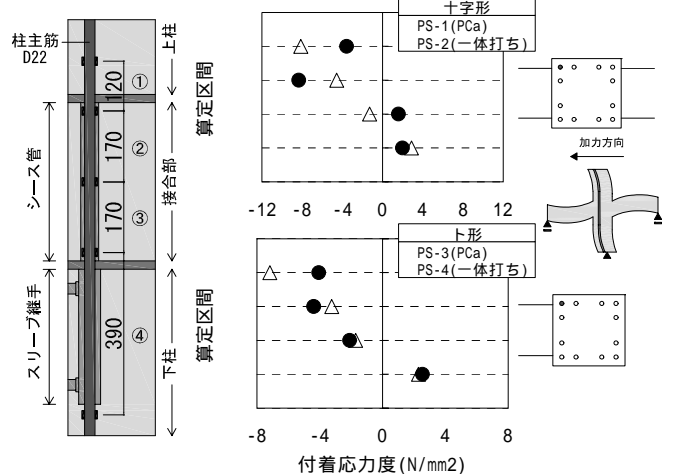


図-6 ひずみ測定位置 図-7 柱主筋の局所付着応力度 (層間変形角 3.0%時)

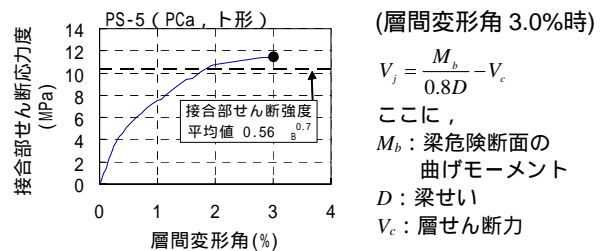


図-8 接合部せん断応力度 層間変形角関係

参考文献 1) 嶋田洋介, 北山和宏: PRC 十字形部分架構における梁部材のひずみ適合係数に関する考察 算出したひずみ適合係数を用いた断面解析と各種限界状態の検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造, pp.811-812, 2009 2) プレストレストコンクリート技術協会 PC 造柱梁接合部研究委員会: PC 造柱梁接合部に関する共同研究, 最終研究成果報告書, 2004 3) 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

*1 横浜市

*2 大成建設(株) 設計本部 修士(工学)

*3 首都大学東京 大学院都市環境科学研究科 助教・博士(工学)

*4 首都大学東京 大学院都市環境科学研究科 教授・工博

*5 (株)ピーエス三菱 技術本部

*1 City of Yokohama

*2 Design Division, Taisei Corporation, M. Eng.

*3 Assistant Professor, Tokyo Metropolitan University, Dr. Eng.

*4 Professor, Tokyo Metropolitan University, Dr. Eng.

*5 Building Research & Engineering Dept., P. S. Mitsubishi Construction Co. Ltd.