

スリーブ継手で柱接合したプレキャスト PRC 骨組の力学特性に関する実験的研究

○北山 和宏¹⁾・矢島 龍人²⁾・見波 進³⁾・毛利 浩⁴⁾・浜田 公也⁵⁾

- 1) 正会員 首都大学東京大学院建築学域教授(工博), 東京都八王子市南大沢1-1, kitak@tmu.ac.jp
- 2) 学生会員 首都大学東京大学院建築学専攻, 東京都八王子市南大沢1-1, yajima-ryuto1@ed.tmu.ac.jp
- 3) 正会員 首都大学東京大学院建築学域助教(工博), 東京都八王子市南大沢1-1, minami-susumu@c.metro-u.ac.jp
- 4) 非会員 株式会社ピーエス三菱, 東京都中央区晴海2-5-24, h-mouri@psmic.co.jp
- 5) 非会員 株式会社ピーエス三菱, 東京都中央区晴海2-5-24, k-hamada@psmic.co.jp

1. はじめに

RC 部材のプレキャスト(PCa)工法には, 工期短縮や高品質の確保等の利点がある. 本研究では, PCa 梁部材をスパン中央で接合することを考え, 柱梁交差部では梁部材を通して梁の上下に PCa 柱部材を接合する工法を対象に, 十字形およびト形部分架構試験体に正負交番載荷する実験を行い, 一体打ちの場合と耐震性能を比較検討することを目的とする.

2. 実験概要

2.1 試験体概要

図-1 に試験体形状, 図-2 にト形試験体の定着部詳細, 表-1 に試験体諸元, 表-2 に使用鋼材材料特性を示す. 試験体は平面の十字形骨組 2 体とト形骨組 3 体である. 試験体は試設計した 13 階建て建物の 4 階部分を参考に縮尺 2/5 程度とし, 試験体の柱断面を 420mm×420mm, 梁断面を 300mm×380mm, 柱芯から梁端支持点までを 1600mm, 梁芯から上柱加力点および下柱支持点までをそれぞれ 1200mm, 柱・梁コンクリート強度, グラウト強度, 梁 PC 用シース管(#1040)は共通とした. 試験体 PS-1~4 は同じ梁断面を有し, 実験因子は接合形式(PCa 型, 一体型)と試験体形状(十字形, ト形)であり, 梁曲げ破壊が先行するように設計した. 試験体 PS-5 はト形 PCa 骨組の柱梁接合部のせん断強度を調べるため, 接合部せん断破壊するように設計した. PCa 試験体は PCa 上柱の柱主筋を PCa 梁部材のシース管(#1040)に通し, 20mm の目地を設けてシース管内を含めてモルタル(表-1 内の①)を充填して上柱と梁部材を接合させ, 目地モルタル硬化後, PCa 下柱のスリーブ継手に上柱の柱主筋を接合し, 20mm の目地を設けて継手内を含めモルタル(表-1 内の②)を充填して一体とした. ト形試験体の梁主筋は接合部内に金物により定着(定着長さ 318mm)し, PC 鋼材は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.

2.2 実験方法

試験体の梁の端部はローラー支持, 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た. 南北方向のジャッキは面外転倒防止用である. 柱に一定圧縮軸力を導入後, 東西方向に正負交番繰り返し載荷を行った.

3. 実験結果

3.1 ひび割れ状況

図-3にPCa試験体の最終ひび割れ状況を示す. 全試

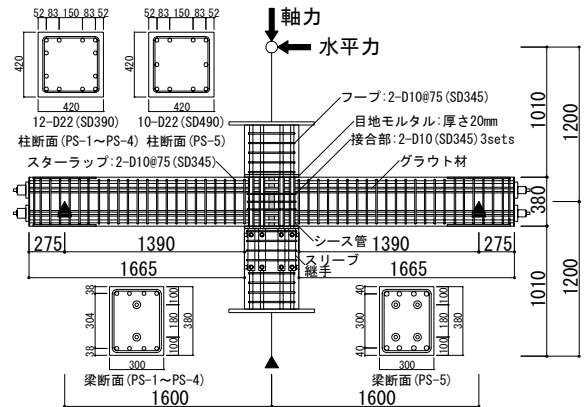


図-1 試験体形状

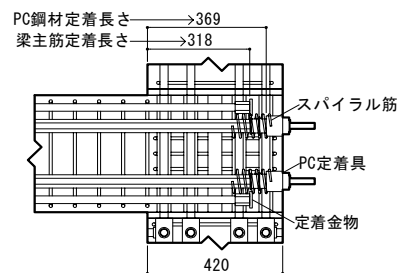


図-2 ト形試験体定着部詳細

表-1 試験体諸元

試験体名	PS-1	PS-2	PS-3	PS-4	PS-5
試験体形状	十字形		ト形		
接合形式	PCa型	一体型	PCa型	一体型	PCa型
コンクリート グラウト	コンクリート【圧縮強度: 65.2MPa】 【割裂引張強度: 3.3MPa】 グラウト【圧縮強度: 66.1MPa】				
目地モルタル① 圧縮強度	105MPa		105MPa		105MPa
目地モルタル② 圧縮強度	108MPa		108MPa		108MPa
梁PC鋼材	2-φ19.3 (SWPR19L)			4-φ19.3 (SWPR19L)	
緊張力 /規格降伏荷重	0.74	0.76	0.75	0.74	0.74
梁上端筋 鉄筋材種	4-D19 SD345			4-D22 SD490	
梁下端筋 鉄筋材種	4-D19 SD345			4-D22 SD490	
プレストレス率λ	0.48			0.49	
軸力(軸力比)	910kN (0.08)			300kN (0.03)	

※ λ = M_s / (M_s + M_c). ここに, M_s: 曲げ終局耐力におけるPC鋼材の負担分
M_c: 曲げ終局耐力における普通鉄筋の負担分

表-2 使用鋼材材料特性

鋼材	降伏応力度 MPa	ヤング係数 GPa	降伏ひずみ %	弾性限界ひずみ %
PC鋼材 φ 19.3	1743	219	1.00	0.65
D10 (SD345)	379	180	0.21	
D19 (SD345)	397	194	0.20	
D22 (SD390)	469	196	0.24	
D22 (SD490)	531	194	0.27	

※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

験体で梁に曲げひび割れ、曲げせん断ひび割れ、梁付け根のかぶりコンクリートの剥落が生じた。梁のひび割れ発生状況は全試験体酷似した。PS-1, PS-2, PS-5は接合部せん断ひび割れが顕著で接合部のかぶりコンクリートが剥落し、接合部せん断ひび割れが柱にまで進展し、柱のかぶりコンクリートも剥落した。PCa試験体下柱のスリーブ継手が埋め込まれた領域には一体型試験体に比べて、ほとんど曲げひび割れが発生しなかった。このほかには、PCa型と一体型とでひび割れ状況はほぼ同じであった。

3.2 層せん断力-層間変形角関係

図-4にPCa試験体の層せん断力-層間変形角関係を示す。層せん断力は軸力によるP- δ 効果の補正を加えたものである。図中の●は最大層せん断力時を示し、点線は平面保持を仮定した梁断面の曲げ解析(梁主筋・PC鋼材は完全附着)¹⁾により求めた梁曲げ終局時の層せん断力である。PS-1, PS-2, PS-5は層間変形角3%時、PS-3とPS-4は層間変形角3%~4%で最大層せん断力に達した。PS-1~4は、層間変形角1%まで原点指向型の履歴で、それ以降RC造に似た履歴形状を示した。PS-5は層間変形角2%まで原点指向型の履歴を示した。層間変形角3%以降、PS-1, PS-2, PS-5は耐力が低下し、PS-3, PS-4は耐力がほぼ一定であった。PS-1~4は、最大層せん断力の実験値が解析値を上回った。図-5にPS-1~4の層せん断力-層間変形角関係の包絡線を示す。十字形、ト形ともにPCa型と一体型の包絡線は同様であった。

3.3 破壊性状

梁主筋の降伏はPS-1~4では層間変形角1%~1.5%の間に、PS-5では層間変形角2%で生じた。本実験ではPC鋼材のひずみを測定できなかったが、PS-1~4は最大層せん断力の実験値が解析による終局耐力を上回ったことからPC鋼材は降伏したと判断した。PS-5は最大層せん断力の実験値が解析による終局耐力を下回ったこと、最大耐力まで原点指向型の履歴を示したことからPC鋼材は降伏していないと判断した。以上より破壊形式は、十字形試験体PS-1, PS-2が梁主筋・PC鋼材降伏後の接合部せん断破壊、ト形試験体PS-3, PS-4が梁主筋・PC鋼材降伏による梁曲げ破壊、ト形試験体PS-5は梁主筋降伏後の接合部せん断破壊と判断した。PCa試験体の柱にグリッド線を引き、目地部のずれを定規により測定したが、最大耐力までのずれは約0.5mm以下で、その時の層間変形に占める割合は1.5%以下であった。

3.4 接合部せん断力

図-6にPS-5の接合部せん断応力度-層間変形角関係を示す。接合部せん断力は文献2)より以下の式を用いて求めた。

$$V_j = \frac{M_b}{0.8D} - V_c$$

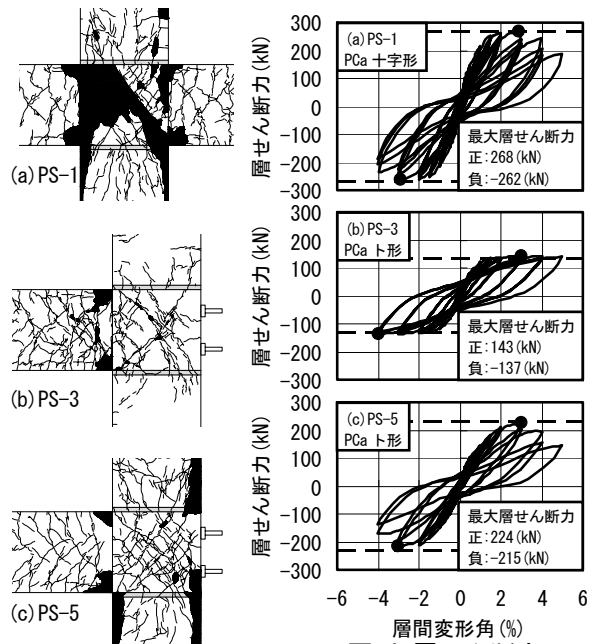


図-3 ひび割れ状況

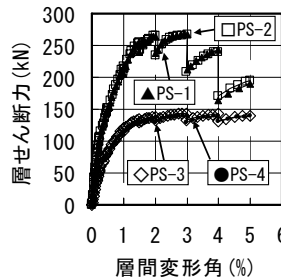


図-5 層せん断力-層間変形角関係(包絡線)

図-4 層せん断力-層間変形角関係

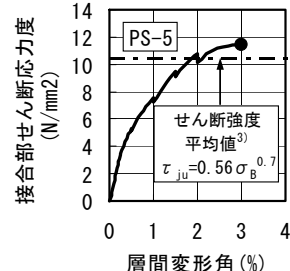


図-6 接合部せん断応力度-層間変形角関係

ここで、 M_b :梁危険断面の曲げモーメント、 D :梁せい、 V_c :層せん断力である。接合部有効断面積は、接合部の有効せい(梁主筋の定着長さ318mm)と有効幅(梁・柱幅の平均)の積とした。図中の●は最大耐力時を示し、一点鎖線は文献3)のRC柱梁接合部のせん断強度評価式を準用して求めたせん断強度の平均値である。最大耐力時の接合部せん断力はRC柱梁接合部のせん断強度評価値を10%上回った。

4. まとめ

PCa型と一体型の骨組の復元力特性や破壊性状に差異はなく、最大耐力時の層間変形に占めるPCa柱の目地部のずれは1.5%以下であった。PCaト形骨組の柱梁接合部せん断強度はRC造の評価式を準用しても安全側に評価できた。

謝辞 本研究の実施にあたり、東京鐵鋼(株)に鉄筋を提供して頂いた。また、浅野優一氏(芝浦工業大学岸田研究室)に実験のご協力を頂いた。ここに記し謝意を表す。

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IV, pp.811-812, 2009年 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年 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(案)・同解説, 1999年