

アンボンドPC鋼材で圧着接合したPCaPC柱梁接合部の耐震性能

正会員 ○新井 昂<sup>\*1</sup> 正会員 栗本 健多<sup>\*1</sup> 正会員 北山 和宏<sup>\*2</sup>  
同 金本 清臣<sup>\*3</sup> 同 田島 祐之<sup>\*4</sup>

プレストレストコンクリート プレキャスト 圧着工法  
アンボンドPC鋼材 接合部せん断破壊

1. はじめに

プレキャストのRC柱および梁にアンボンドPC鋼材を貫通させ、緊張力を導入することで両者を一体化するプレキャストプレストレストコンクリート(以下PCaPCと略記)圧着工法は、部材の損傷を部材端部に集中させ、かつ部材レベルでの交換が可能になる工法である。しかしPCaPC造の設計法とりわけ柱梁接合部における設計法は未だ確立されておらず、現状はRC造の接合部設計法を参照している。これに関して既往の研究<sup>1)</sup>では、PC鋼材の付着有無によらず、PCaPC造内柱梁部分架構における柱梁接合部設計法は、RC造の接合部設計法<sup>2)</sup>で評価できるとしている。そこで本研究では後述する計3体のPCaPC柱梁部分架構試験体の静的載荷実験を行い、既往の研究<sup>1)</sup>では30N/mm<sup>2</sup>程度だったコンクリート圧縮強度を高くしたPCaPC造内柱梁部分架構およびアンボンドPCaPC造外柱梁部分架構における柱梁接合部設計法において、現行のRC接合部設計法を準用することの妥当性を検証した。

2. 実験概要

2.1 試験体概要

図-1 に試験体概要、表-1 に試験体諸元、表-2 に使用鋼材の材料特性をそれぞれ示す。試験体は柱と梁を別々に打設した後、幅 20mm の目地モルタルを介して接合し、PC 鋼材に緊張力を導入して圧着接合した。試験体は平面十字形 2 体と平面ト形 1 体であり、梁幅を 250mm、梁せいを 400mm、柱断面を 350mm×350mm、柱芯から梁端部支持点までを 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 1415mm とした。PC 鋼材、梁主筋、柱主筋およびせん断補強筋に使用する鋼材は全試験体で共通である。また、柱梁接合部内の横補強筋比は全試験体で 0.41%である。試験体 PCJ02 はシース管にグラウト材を注入して PC 鋼材に付着を付与し、その他の試験体はシース管にグラウト材を注入しないアンボンド圧着接合とした。柱梁曲げ強度比(節点における、梁の曲げ終局強度に対する柱の曲げ終局強度の比)は試験体 PCJ01 で 2.3、試験体 PCJ02 で 1.7、試験体 PCJ03 で 4.8 である。

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、柱頭に鉛直、東西、南北の各方向のジャッキを取り付けた。柱に一定の圧縮軸力(800kN)を導入後、層間変形角(R)4.0%まで水平 1 方向正負交番繰り返し載荷を行った。

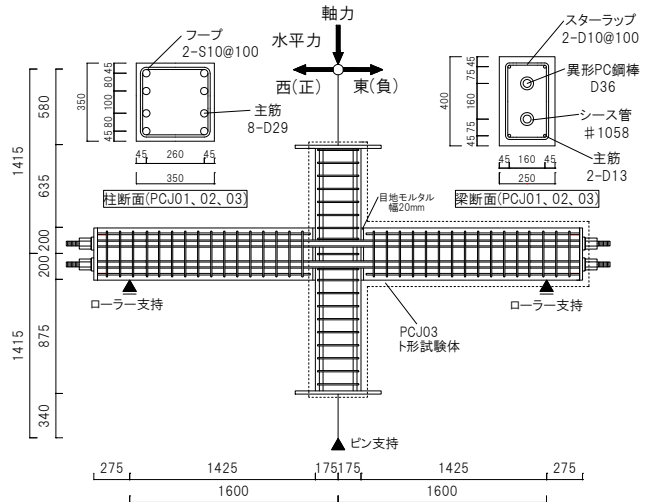


図-1 試験体概要(単位:mm)

表-1 試験体諸元

試験体名	PCJ01	PCJ02	PCJ03
破壊モード	接合部破壊		
試験体形状	平面十字形	平面ト形	
梁・コンクリート圧縮強度(N/mm <sup>2</sup> )	82.4	77.7	77.4
柱・コンクリート圧縮強度(N/mm <sup>2</sup> )	42.1	41.0	29.6
目地グラウト圧縮強度(N/mm <sup>2</sup> )	102.4	102.5	89.4
シース管内グラウト圧縮強度(N/mm <sup>2</sup> )	-	99.1	-
梁	幅×せい	250mm×400mm	
	主筋	上下共2-D13(SD295A)	
	PC鋼材	2-D36(C種1号)	
		アンボンド	ボンド
	シース管	#1058	
スターラップ	2-D10@100(SD295A)		
柱	幅×せい	350mm×350mm	
	主筋	8-D29(SD490)	
	フープ	2-S10@100(KSS785)	
	軸力比	0.16	0.16
接合部	横補強筋	2-S10@100 3組(Pw=0.41%)	
	柱梁曲げ耐力比	2.3	1.7

表-2 使用鋼材の材料特性

	径	規格	降伏応力度(N/mm <sup>2</sup> )	引張強さ(N/mm <sup>2</sup> )	降伏ひずみ(%)	弾性限界ひずみ(%)※2
鉄筋	D10	SD295A	364	509	0.18	-
	S10※1	KSS785	969	1129	0.74	0.43
	D13	SD295A	363	501	0.18	-
	D29	SD490	546	715	0.27	-
	PC鋼材※1	D36 C種1号	1138	1251	0.78	0.47

※1 鉄筋 S10 と PC 鋼材の降伏点は 0.2% オフセット法により定めた。

※2 弾性限界ひずみは 0.01% オフセット法により定めた。

3. 実験結果

3.1 層せん断力-層間変形角関係

図-2 に各試験体における層せん断力-層間変形角(R)関係を示す。ここで層せん断力は計測した梁せん断力を用いて力の釣り合いより求めた。図中の○は最大層せん断力時を、△は柱主筋降伏時を示す。また点線は RC 造柱

梁接合部のせん断終局強度評価式<sup>2)</sup>を準用して求めた層せん断力計算値を表す。図-2よりPC鋼材に付着のない十字形試験体PCJ01は、PC鋼材に付着のある十字形試験体PCJ02に比べ最大層せん断力が10%低下した。最大層せん断力の計算値に対する実験値の比は、試験体PCJ01で1.2、試験体PCJ02で1.3、ト形試験体PCJ03で1.1となり、安全側の評価になった。全試験体で梁主筋および梁PC鋼材は降伏せず、柱主筋降伏は最大層せん断力発現後、変形が十分に進んでから発生した。全試験体の履歴形状は、 $R=0.5\%$ までは原点指向型を示したが、接合部パネルの斜めひび割れ発生後、紡錘形を呈した。

### 3.2 破壊性状

図-3に柱梁接合部と柱および梁危険断面付近の最終的なひび割れ状況を示す。ここで、黒いハッチングはコンクリートの剥落を示す。全試験体において、梁および柱の曲げひび割れは軽微であった。 $R=0.25\%$ 以降、全試験体において柱梁接合部パネル内に斜めひび割れが多数発生した。平面十字形試験体PCJ01およびPCJ02はPC鋼材の付着有無に関わらず、最大層せん断力( $R=1.5\%$ )以降、接合部パネル内のコンクリートが激しく圧壊した。一方、ト形試験体PCJ03は $R=2.0\%$ 以降、接合部パネル内のコンクリート圧壊が確認されたものの、試験体PCJ01およびPCJ02に比べ軽微であった。最終的に、PC鋼材が降伏しなかったこと、柱主筋は降伏したが耐力低下後であったこと、接合部パネル内のコンクリート圧壊が顕著であったことから全試験体で接合部せん断破壊と判断した。

### 3.3 接合部入力せん断応力度-層間変形角関係

図-4に接合部入力せん断応力度-層間変形角関係を示す。接合部入力せん断力は、同図に示すように左右の梁危険断面におけるコンクリート圧縮域の接合部内での重なりを考慮し、水平方向の力の釣り合いから求めた。図中の点線はRC柱梁接合部のせん断終局強度評価式<sup>2)</sup>を準用して求めたせん断応力度の平均値を、一点鎖線はその下限値をそれぞれ示す。全試験体において最大層せん断力( $R=1.5\%$ )付近でせん断応力度が最も大きくなり、その値はRC柱梁接合部のせん断終局強度評価式<sup>2)</sup>を準用して求めたせん断強度の平均値を上回った。よって、コンクリート圧縮強度が $40\text{N/mm}^2$ 程度のPCaPC造内柱梁部分架構およびアンボンドPCaPC造外柱梁部分架構においてもRC柱梁接合部のせん断終局強度評価式<sup>2)</sup>を準用することは妥当であると考えられる。

### 4. まとめ

・PCaPC柱梁部分架構試験体3体を接合部せん断破壊させた。その結果、コンクリート圧縮強度が $40\text{N/mm}^2$ 程度である内柱梁部分架構において、PC鋼材に付着のない試験体は付着のある試験体に比べ水平耐力が10%低下した。

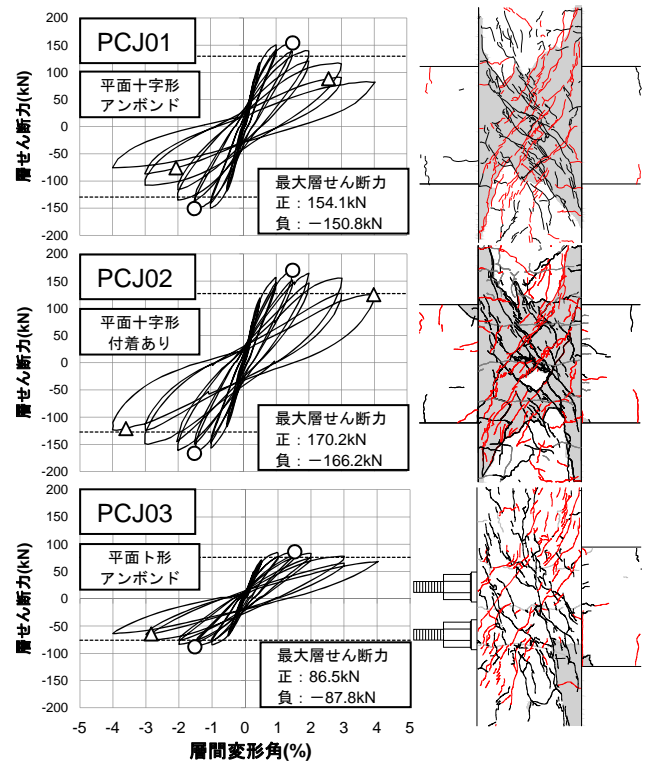


図-2 層せん断力-層間変形角関係 図-3 最終ひび割れ状況

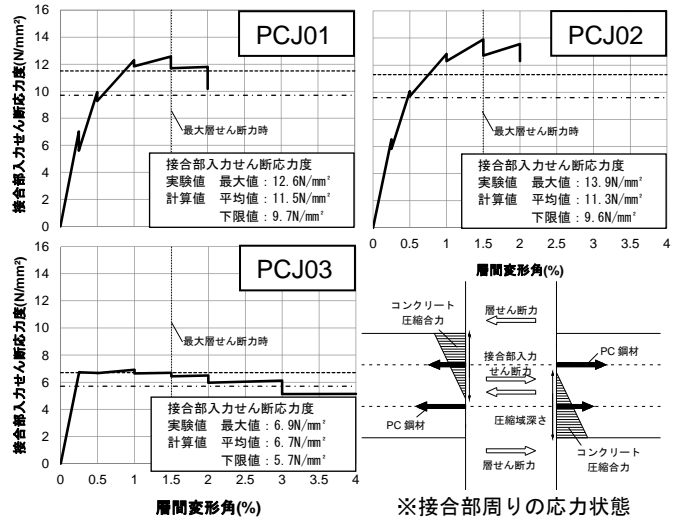


図-4 接合部入力せん断応力度-層間変形角関係

・PCaPC造内柱梁部分架構の柱梁接合部において、コンクリート圧縮強度が文献<sup>1)</sup>より高い場合でも、PC鋼材の付着有無に関わらずRC柱梁接合部のせん断終局強度評価式を準用することの妥当性が文献<sup>1)</sup>と同様に確認された。またアンボンドPCaPC造外柱梁部分架構の柱梁接合部においても同様の評価式を準用できることを指摘した。

### 謝辞

本研究は、国土交通省平成24年度住宅市場整備推進等事業費補助金を受けて一般社団法人長寿命建築システム普及推進協議会による「長寿命建築システム普及推進事業」の一環として行われた。ここに記して御礼申し上げます。

### 参考文献

- 1) 舛田尚之, 北山和宏, 岸田慎司: 圧着接合されたプレストレスト・コンクリート造立体柱梁接合部の地震時挙動, コンクリート工学年次論文集, Vol.27-2, 2005年6月, pp397-402.
- 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

\*1 首都大学東京大学院 博士前期課程  
 \*2 首都大学東京大学院 教授 工博  
 \*3 清水建設株式会社 技術研究所 修士(工学)  
 \*4 アシス株式会社 博士(工学)

\*1 Graduate School of Engineering, Tokyo Metropolitan University  
 \*2 Professor, Tokyo Metropolitan University, Dr.Eng.  
 \*3 Institute of Technology, Shimizu Corporation, M.Eng.  
 \*4 Assis Corporation, Dr.Eng.