

PC 鋼材の長さが異なるアンボンド圧着工法を用いた

プレキャストプレストレストコンクリート造外柱梁部分架構の耐震性能

○栗本健多¹⁾・北山和宏²⁾・金本清臣³⁾・田島祐之⁴⁾

- 1) 学生会員 首都大学東京大学院建築学域, 東京都八王子市南大沢1-1, kurimoto-kenta@ed.tmu.ac.jp
- 2) 正会員 首都大学東京大学院建築学域教授, 東京都八王子市南大沢 1-1, kitak@tmu.ac.jp
- 3) 非会員 清水建設株式会社技術研究所, 東京都江東区越中島 3-4-17, kanemoto@shimz.co.jp
- 4) 非会員 アシス株式会社, 茨城県稲敷市大田 4414 番地, tajima@asiss.co.jp

1. はじめに

プレキャストのRC柱・梁部材にアンボンドのPC鋼材を貫通して配し、張力を導入することで一体化する圧着工法（以下PCaPCと略記）は、地震被害を受けた建物の劣化した部材を比較的簡易に交換することができ、かつ部材の損傷を部材端部に集中させる損傷制御が可能な構法である。本研究ではPC鋼材の長さを変数としたアンボンドPCaPC外柱梁部分架構の静的載荷実験を行い、PC鋼材の長さが復元力特性、損傷抑制性能に及ぼす影響を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に試験体概要、表-1に試験体諸元、表-2に使用鋼材の材料特性を示す。試験体PCJ04はPC鋼材を通して配置(長さ2050mm)し、試験体PCJ05は柱梁圧着接合面から400mmの位置に定着板を設けて梁内に定着した(長さ750mm)。試験体は、柱と梁を別々に打設した後に、幅20mmの目地モルタルを介して接合し、アンボンドPC鋼材に緊張力を導入して圧着接合した。試験体は梁幅を250mm、梁せいを400mm、柱断面を350mm×350mm、柱芯から梁支持点までを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、PC鋼材、柱主筋、梁主筋およびせん断補強筋に使用する鉄筋は共通とした。柱梁曲げ耐力比は試験体PCJ04で5.15、試験体PCJ05で5.13であった。

2.2 実験方法

図-2に加力装置を示す。試験体の梁の端部はローラー支持、下柱はピン支持とし、柱頭の加力点に鉛直方向・東西方向・南北方向の3基のジャッキを取り付けた。柱に一定の圧縮軸力(900kN)を導入後、荷重制御で水平力10kN、20 kN、30kNを1サイクル繰り返し載荷した後、変位制御で層間変形角(R)0.25%を1サイクル、0.5%を2サイクル、1、1.5、2、3、4%を3サイクルずつ繰り返し載荷した。試験体PCJ05は荷重制御30kN加力時、層間変形角が0.25%だったため、上記載荷計画より荷重制御30kNを除いて載荷した。ここで、層間変形角は頂部加力点の水平変位を頂部加力点から下柱支持点までの距離(2830mm)で除した値とした。試験体の柱軸回りの回転を防止するために梁端部に回転止め治具を設けた(図2参照)。

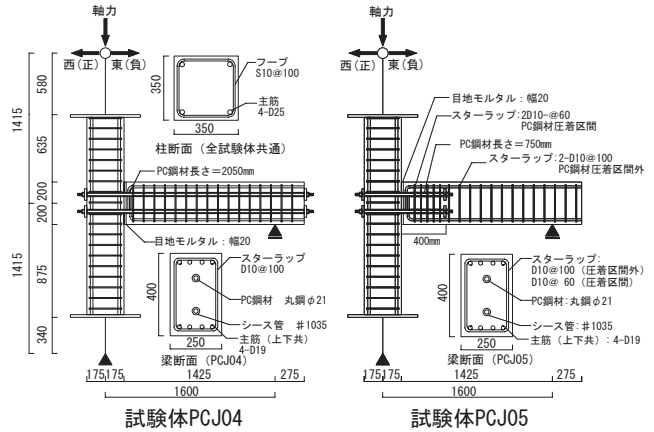


図-1 試験体概要(単位:mm)

表-1 試験体諸元

試験体名	PCJ04	PCJ05	
試験体形状	平面ト形		
コンクリート圧縮強度(MPa)	85.7	90.1	
コンクリート割裂引張強度(MPa)	2.9	3.0	
目地グラウト圧縮強度(MPa)	90.7	103.3	
梁	幅×せい	250mm×400mm	
	主筋	上下共4-D19(SD490)	
	PC鋼材	2-φ21(B種1号)	
	シース管	#1035	
	スターラップ	D10@100	D10@60
	圧着区間内	(295A)	(SD295A)
	スターラップ	-	D10@100
	圧着区間外	-	(SD295A)
PC鋼材長さ	2050mm	750mm	
柱	幅×せい	350×350	
	主筋	4-D25(SD390)	
	フープ	S10@100(KSS785)	
柱梁曲げ耐力比	5.15	5.13	

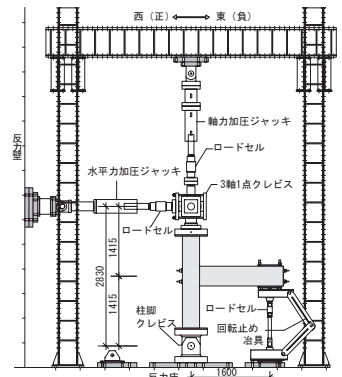


図-2 加力装置(単位:mm)

表-2 使用鋼材の材料特性

	径	規格	降伏応力度(MPa)	引張強さ(MPa)	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
	D19	SD490	529	715	0.26	-
	D25	SD390	457	653	0.22	-
PC鋼材※1	φ21	B種1号	1006	1124	0.70	0.46

※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-3に層せん断力-層間変形角関係を示す。層せん断力は計測した梁せん断力を、梁端部に設けた回転止め治具の重量で補正して求めた。載荷時に生じた事象を図中にプロットした。両試験体共に柱主筋、梁主筋、せん断補強筋は降伏しなかった。図中の点線は梁の終局曲げモーメント略算式¹⁾より求めた最大層せん断力である。初期剛性は試験体PCJ04で8.2kN/mm、試験体PCJ05で7.6kN/mmとほぼ同値であった。最大層せん断力は、両試験体ともR=1.5%時に到達した。PC鋼

材の降伏は試験体PCJ04はR=2.3%時、試験体PCJ05は1.5%時とPC鋼材の長さが短い試験体の方が先に降伏した。後述のように梁たわみの大部分は圧着接合面の目開きに起因し、アンボンドPC鋼材が短いほどPC鋼材降伏時の伸び(=目開き幅)が小さくなるためである。試験体PCJ04の履歴形状は原点指向型を示したが、試験体PCJ05はR=3%以降除荷時の残留変形が急激に増大した。これは、PC鋼材降伏後、PC鋼材に残留ひずみが生じ、徐々に緊張力が減退したため、R=2%以降の除荷時に生じた圧着接合面での残留目開きが要因である。また、除荷後のスリップ性状は、反対方向への荷重開始時、残留目開きが閉じるまで梁部材は外力に抵抗しないため生じた。両試験体で最大層せん断力の実験値は正負共に計算値と概ね一致し、計算値の1.01~1.06倍であった。

3.2 破壊性状

図4に梁部材の最終的な破壊状況、圧着接合面の目開きを除くひび割れ幅計測結果を示す。柱および柱梁接合部の損傷は殆ど見られなかった。ひび割れ幅はデジタルマイクロスコープを用いて1 μ mまで計測した。

試験体PCJ04はR=0.2%以降に梁曲げひび割れが発生し、R=1%時に圧着接合面の目開きが確認された。これ以降圧着接合面付近を除いて新しいひび割れの発生やひび割れの進展は殆ど見られなかった。圧着接合面での目開きにより梁圧着接合面圧縮縁付近には局所的な圧縮力が作用し、R=1.5%時にかぶりコンクリートが圧壊、R=3%以降に剥落し耐力が低下した。梁部材のひび割れの幅はピーク時最大で0.06mmと殆ど拡幅せず、除荷時最大で0.02mmとほぼ閉じた。圧着接合面の目開き幅はR=4%ピーク時で15mm、除荷時で2mmと試験体PCJ05と比較して小さかった。

試験体PCJ05はR=0.12%以降に梁PC鋼材圧着区間外(RC部と略記)に多くの曲げひび割れが発生し、

R=0.25%以降に梁PC鋼材圧着区間内(PC部と略記)に曲げひび割れ、梁RC部に曲げせん断ひび割れが発生した。圧着接合面の目開きが確認されたR=1%以降は試験体PCJ04と同様だった。梁部材のひび割れの幅はRC部、特にPC部とRC部の境界近傍で拡幅が大きかったが、ピーク時最大で0.2mm、除荷時最大で0.07mmと僅かな残留に留まった。圧着接合面の目開き量はR=4%ピーク時で16mm、除荷時で9mmとPC鋼材の緊張力の減退によって残留目開き幅が顕著であった。

4. まとめ

柱・梁を圧着接合する緊張材の長さを実験変数としたアンボンドPCaPC外柱梁部分架構の静的荷重実験を実施し、以下の知見を得た。

- (1) PC鋼材を通して配置した試験体は原点指向性の高い履歴性状を示した。一方、PC鋼材の長さが短い試験体は層間変形角3%以降、除荷時残留変形が増大し、スリップ性状を示した。これはPC鋼材降伏後、層間変形角2%以降の除荷時に生じた圧着接合面の残留目開きが閉じるまで、梁部材は外力に抵抗しないため生じた。
- (2) PC鋼材の長さに関わらず、最終的に損傷は柱梁圧着接合面に集中して生じた。しかしPC鋼材が短い試験体の梁部材には多くの曲げ・せん断ひび割れの発生が確認され、梁PC鋼材定着端近傍のひび割れ幅が大きかったが0.2mm以下に留まった。

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。実験実施に際しては芝浦工業大学・岸田慎司准教授の協力を得た。ここに記して御礼申し上げる。

参考文献

- 1) 北山和宏, 溝口茂, 岸本一蔵, 河野進, 岸田慎司, 菅田昌宏: 3. 部材性能評価法, 日本建築学会大会PC部門パネルディスカッション「プレストレストコンクリート(PC)建築物性能設計・施工指針(案)制定に向けて」資料, pp.24-40, 2011.8

