

圧着接合されたプレストレスト・コンクリート柱・梁接合部の力学性状に関する研究

(その1 実験概要と破壊状況)

正会員 ○森山 健作\*1  
同 岸田 慎司\*2  
同 北山 和宏\*3  
同 丸田 誠 \*4  
同 木村 暁子\*5

プレストレスト・コンクリート 柱・梁接合部  
プレキャスト 圧着接合 破壊状況

1. はじめに

プレキャストの柱および梁を PC 鋼材で圧着接合する方法 (PCaPC 圧着工法) によって作られた骨組の柱・梁接合部のせん断強度は不明であり、接合部せん断破壊型の実験も我が国ではほとんど行われていない[1]. そこで、PCaPC 柱・梁接合部の力学特性を把握する目的で部分架構試験体に水平荷重実験を行い、部分架構や接合部の挙動について検討を行った。

2. 実験概要

(1) 試験体の概要 図-1 に試験体の形状と寸法を示し、表-1 に試験体諸元を示す。試験体はプレキャスト圧着接合形式の平面骨組に水平力を加えた時の柱・梁の反曲点位置で切り出したものと考え、試設計建物(11 層純フレーム構造)の 3, 4 階部分の柱、梁を参考に縮尺 2/5 程度とし、試験体の柱断面を 350mm×350mm、梁断面を 250mm×400mm と設定した。梁は柱に圧着接合されており、油圧ジャッキを用いてプレストレスを導入し、その後、シース管内にグラウトを注入した。鉄筋の降伏強度は D32:1014MPa, D36:1024MPa, 5-12.4A:1795MPa, D10:419MPa であった。目地モルタルの圧縮強度は普通強度モルタルが 65MPa, 高強度モルタルが 100MPa であった。グラウト材の圧縮強度は普通強度モルタルが 51MPa, 高強度モルタルが 120MPa であった。

試験体 BNN1 は基準試験体であり、鋼材に異形 PC 鋼棒を使用し、緊張力として PC 鋼材降伏強度の 0.7 倍のプレストレスを導入した。また、グラウト材および目地とも普通強度モルタルを用いた。試験体 WNN には PC 鋼より線を配し、試験体 BNU は、シース管内にグラウト材を充填しないアンボンド形式とした。試験体 BNN2 は、PC 鋼材の緊張力を長期荷重を支持できる程度を想定し、基準試験体 BNN1 の半分とした。試験体 BHH1 と BFH は、グラウト材に高強度モルタル、目地には高強度モルタル、あるいはファイバー混入モルタルを用いた。以上の試験体は梁曲げ降伏が先行するよう設計された。試験体 BHH2 と BHH3 は接合部せん断破壊を先行させるために、柱のコンクリート設計基準強度を 30MPa とし、梁 PC 鋼棒の径を大きくした。グラウト材・目地材ともに高強度モルタルを用いた。試験体 BHH3 は BHH2 をト型にした試験体で、梁 PC 鋼棒は柱面の外側にアンカープレートを設置して定着した。

(2) 実験方法 柱頭・柱脚をピン・ローラー支持とした試験体の柱頭に一定圧縮軸力および正負交番水平力を与えた。軸力は荷重制御、水平力は層間変形角  $\theta$  により制御し、1/400 を 1

表-1 試験体諸元

試験体名	BNN1	WNN	BNU	BNN2	BHH1	BFH	BHH2	BHH3
PC 鋼材	2-D32 [異形鋼棒]	5-12.4A [より線]	2-D32 [異形鋼棒]		2-D36 [異形鋼棒]		2-D36 [異形鋼棒]	
柱のコンクリート強度	73.3 MPa	75.5 MPa	76.6 MPa	76.1 MPa	77.2 MPa	77.7 MPa	43.0 MPa	39.9 MPa
梁のコンクリート強度							71.7 MPa	67.4 MPa
目地モルタル	普通強度			高強度	繊維混入		高強度	
目地厚さ	20mm				100mm		20mm	
グラウト材	普通強度		なし	普通強度	高強度			
緊張力降伏強度	0.7			0.4	0.7			
接合部形状	十字型							
鋼材係数	0.279	0.143	0.279		ト型 0.345			
軸力(軸力比)	937kN (0.13)						469kN (0.13)	
【共通因子】	・梁のコンクリート強度 60MPa							
・梁主筋(組立て用)	4-D13 (SD345)				引張り主筋比		0.28%	
・柱主筋	4-D32 (SBPR 930/1080)				引張り主筋比		1.31%	
・接合部内筋	2-D10@100 2組				横筋配筋比		0.31%	

$$\text{鋼材係数 } q = \frac{a_p \cdot \sigma_p + a_{pp} \cdot \sigma_{pp}}{bD \cdot \sigma_b}$$

ここに  $a_p$ : 普通鉄筋の断面積  $\sigma_p$ : 普通鉄筋の降伏点  
 $a_{pp}$ : PC 鋼材の断面積  $\sigma_{pp}$ : PC 鋼材の降伏点  $b$ : 断面の有効せい  $D$ : 断面の幅  $\sigma_b$ : コンクリートの圧縮強度

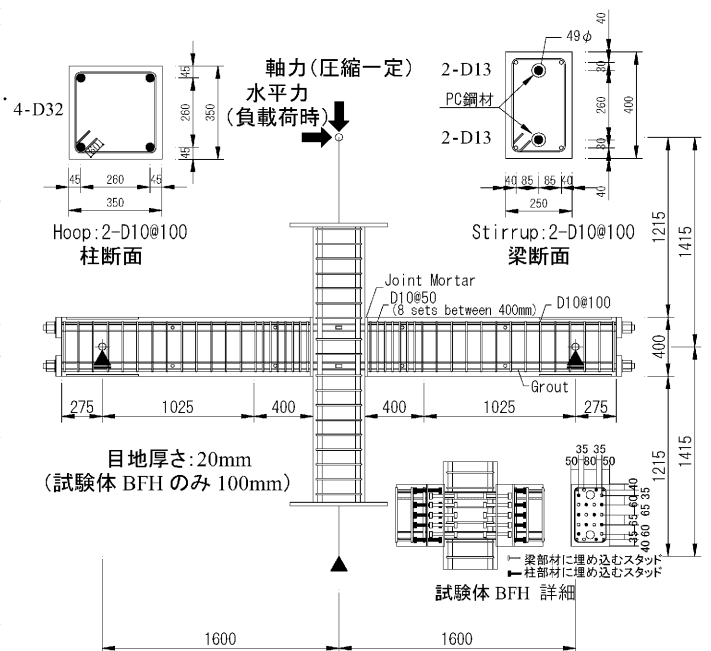


図-1 試験体形状・配筋

サイクル, 1/200, 1/100 を各 2 サイクル, 1/66 を 1 サイクル, 1/50 を 2 サイクル, 1/33 を 1 サイクル, 1/25 を 2 サイクルした後、正方向に押し切り加力とした。

3. 試験体破壊性状

層間変形角 1/25 時の接合部パネル付近の破壊状況を図-2 に示す。全試験体で柱・梁に曲げひび割れ、接合部にせん断ひび割れが発生した。試験体 BNN1, BNN2, BHH1 および BFH においては梁の PC 鋼材が降伏し、柱主筋は全ての試験体で降伏しなかった。また、すべての試験体で接合部横補強筋は層間変形角 1/100rad.のときに降伏した。試験体 BNU 以外は、接合部せん断ひび割れが大きく進展し、柱主筋の付着割裂ひび割れを伴って接合部のコンクリートが剥落した。試験体 BNU では、接合部せん断ひび割れ幅は拡大せず、梁付け根のコンクリートが激しく圧壊した。目地部にアンカースタッドを用いた試験体 BFH は目地部にほとんどひび割れが発生しなかった。試験体 BHH2 と BHH3 では PC 鋼棒が降伏せずに、接合部せん断ひび割れが顕著に進展し、柱主筋の付着割裂ひび割れを伴って接合部のコンクリートが剥落した。両試験体とも梁にせん断ひび割れはみられなかった。

最終的な破壊形式は試験体 BNU と WNN は梁端部の曲げ圧縮破壊、試験体 BNN2 は梁端部の曲げ圧縮破壊先行後 PC 鋼材降伏、試験体 BNN1, BHH1, BFH は PC 鋼材曲げ降伏先行後、接合部せん断破壊、試験体 BHH2 と BHH3 は接合部せん断破壊と判断した。

4. 実験結果

表-2 に実験結果を示す。最大層せん断力は基準試験体 BNN1 と比べて、付着の無い試験体 BNU は 21.7%、初期導入張力の小さい試験体 BNN2 では 5.6%減少した。これは、PC 鋼材の抜け出しによる梁端部の曲げ圧縮破壊が早い段階で起こったためである。PC 鋼材種類により破壊形式は異なるものとなったが、最大層せん断力への影響は小さかった。また、目地モルタル種類およびグラウト材種類による最大層せん断力への影響はほとんどなかった。

5. まとめ

グラウトされた異形 PC 鋼棒を用い、梁コンクリート強度を柱コンクリート強度の 2 倍とした PCaPC 内柱および外柱・梁接合部はせん断破壊した。梁 PC 鋼棒の付着を無くすことにより、最

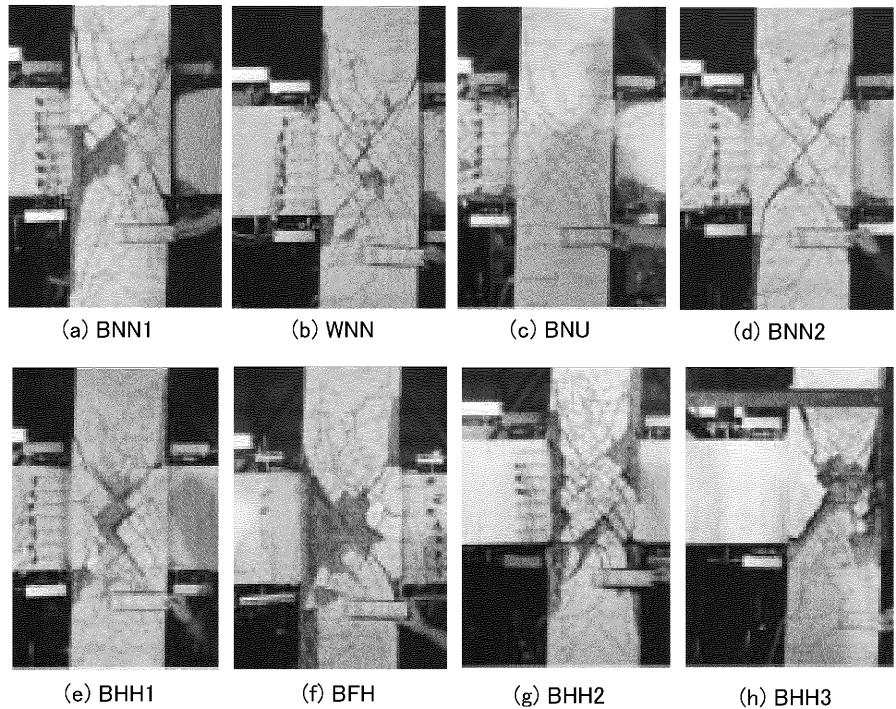


図-2 破壊状況

表-2 実験結果

試験体		BNN1	WNN	BNU	BNN2	BHH1	BFH	BHH2	BHH3
最大層せん断力(kN)		190.3	184.2	-149.0	-179.6	195.6	194.2	147.2	111.2
層間変形角(rad.)		1/50	1/33	-1/33	-1/33	1/33	1/33	1/50	1/66
接合部最大せん断力(kN) <sup>*1</sup>		-1478.0	638.7	1209.5	-1479.8	-1508.0	1441.3	-1321.8	1121.5
層間変形角(rad.)		-1/25	1/66	1/20	-1/25	-1/25	1/25	-1/33	1/33
鉄筋降伏時の層間変形角	PC 鋼材	1/33	未降伏	未降伏	1/25	1/50	1/33	未降伏	未降伏
	梁主筋	未降伏	未降伏	未降伏	未降伏	未降伏	未降伏	未降伏	未降伏
	柱主筋	未降伏	未降伏	未降伏	未降伏	未降伏	未降伏	未降伏	未降伏
	接合部フープ筋	1/100	1/100	1/100	1/100	1/100	1/100	1/100	1/100
破壊モード <sup>*2</sup>		BJ	B	B	BCY	BJ	BJ	J	J

※1 (その3)の式により求めた

※2 破壊モード:BJ—PC 鋼棒降伏先行後の接合部せん断破壊 B—梁端部曲げ圧縮破壊 BCY—梁端部曲げ圧縮破壊先行後の PC 鋼棒降伏 J—接合部せん断破壊

大層せん断力は 21.7%減少したが、PC 鋼材種類、初期導入張力、目地モルタル種類およびグラウト材種類による最大層せん断力への影響は小さかった。

参考文献 (その1)~(その3)の参考文献をまとめて記す。

[1] 紅谷伸行ほか:プレストレストコンクリート柱・梁接合部のせん断性状に関する実験的研究,コンクリート工学年次論文報告集, pp.1179~1184, Vol.19, No.2, 1997, [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, [3] 日本建築学会:プレストレストコンクリート設計施工規準・同解説, 1998, [4] 日本建築学会:鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説, 1999, [5] 日本建築学会:プレストレスト(鉄筋)コンクリート構造部材の設計法, 2000

\*1 東京都立大学大学院工学研究科  
 \*2 東京都立大学大学院工学研究科助手 (博士)  
 \*3 東京都立大学大学院工学研究科助教授 工博  
 \*4 鹿島建設技術研究所建築技術研究部 博士(工学)  
 \*5 鹿島建設技術研究所建築技術研究部 修士(工学)

\*1 Graduate School of Engineering, Tokyo Metropolitan University  
 \*2 Research Associate, Tokyo Metropolitan University, Dr.Eng.  
 \*3 Associate Professor, Tokyo Metropolitan University, Dr.Eng.  
 \*4 Kajima Technical Research Institute, Dr.Eng.  
 \*5 Kajima Technical Research Institute, Ms.Eng.