

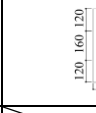



アンボンド・プレキャスト・プレストレストコンクリート架構の柱梁接合部降伏破壊に関する解析研究  
その2 実験による提案手法の検証および諸因子解析

PCaPC 圧着工法      アンボンド PC 鋼材      柱梁接合部  
接合部降伏破壊      力学モデル

正会員      ○北山和宏\*1  
正会員      李梦丹\*2

表 1 試験体の諸元

試験体名		PCJ07	PCJ08	PCJ09
形状		平面十字形		スラブ付十字形
柱	コンクリート 圧縮強度	42.8MPa	43.3MPa	45.0MPa
	主筋	8-D22 (SD390)	10-D13(SD295A)	
	断面			
梁	コンクリート 圧縮強度	79.2 MPa	78.2 MPa	82.3 MPa
	PC 鋼材	上下共 1-φ23 (B 種 1 号)		
	シース管径	# 1045(外径 48mm)		
	プレストレス率 λ	1.0	0.87	
断面				
	ス ラ ブ	コンクリート 圧縮強度	44.7MPa	
幅×せい(mm)		1530×70		
接合部内横補強筋		2-D10@100 3組 (KSS785,降伏強度 941 MPa)		
圧縮軸力(kN)		800(軸力比 0.15)		
接合部せん断余裕度		1.34	1.35	1.29
柱梁曲げ耐力比		2.09	1.36	1.19

1. はじめに

本報では、前報(その 1)に示した柱梁接合部曲げ終局モーメント算定法による計算値と既往実験結果とを比較して、その妥当性を検証した。また、接合部曲げ終局モーメントに影響を与える因子を変数とした解析を行い、接合部降伏破壊の発生有無の可能性を検討した。

2. 既往の実験結果を用いた算定法の妥当性の検討

2.1 既往実験の概要

検証に使用する試験体<sup>1)</sup>諸元を表 1 に示す。試験体は平面十字形 PCJ07 および PCJ08 とスラブのみ取り付けられた十字形 PCJ09 の計 3 体で、梁幅 250mm、梁せい 400mm、および柱断面 350mm×350mm である。柱芯から左右の梁端支持点までの距離は各 1.6m、梁芯から柱上下の加力点あるいは支持点までの距離は各 1.415m である。柱梁曲げ耐力比(節点での梁曲げ終局耐力に対する柱曲げ終局耐力の比)は 1.2 から 2.1 であり、梁曲げ降伏が先行するように、また柱梁接合部のせん断破壊を防止するように設計した。柱に 800kN の圧縮軸力を導入後、水平力を正負交番繰り返し載荷した。PC 鋼材の弾性限界ひずみは 0.47%、その時の応力度は 948MPa、降伏強度は 1013MPa、柱主筋 D13 と D22 の降伏強度は各々 368MPa と 449MPa であった。

実験では、全試験体ともに梁、柱、柱梁接合部に曲げおよび斜めひび割れが発生した後、PC 鋼材が弾性限界に達し、層間変形角  $R=4\%$  まで PC 鋼材の降伏は見られなかった。平面試験体では梁付け根コンクリートの圧壊によって梁曲げ破壊した(写真 1(a))。スラブ付き試験体では同様の梁曲げ破壊によって最大耐力が決まったが、その後、写真 1(b)のように接合部降伏破壊が発生した。

2.2 算定値と実験結果との比較

各試験体の梁および柱梁接合部の曲げ終局耐力の計算結果および実験での最大層せん断力(正負載荷の平均)を表 2 に示す。 $M_{ju}$  は本算定法により計算した柱梁接合部曲げ終局モーメント、 $V_{ju}$  は柱梁接合部曲げ終局時の層せん断力( $M_{ju}$ を階高 2.83m で除したもの)である。 $M_{ju}$ を算定する際、梁軸力  $N_b$  は 0 とし、梁 PC 鋼材の引張力( $T_{b1}$ と  $T_{b2}$ )はその弾性限界時の張力とした。仮想断面に分配される柱の軸力( $N_{c1} \sim N_{c4}$ )は所与の柱軸力  $N_c$  の 1/2 ずつ、梁・柱の分配せん断力( $V_{b1} \sim V_{b4}$  および  $V_{c1} \sim V_{c4}$ )も梁・柱のせん断力の 1/2 ずつとした。柱梁接合部の有効幅  $b_j$  は梁幅と

表 2 梁曲げ終局耐力および接合部曲げ終局耐力計算値

試験 体名	梁曲げ終局			接合部降伏		実験値 (kN)
	$M_{bu}$ (kNm)	$M_{bu}'$ (kNm)	$V_{bu}$ (kN)	$M_{ju}$ (kNm)	$V_{ju}$ (kN)	
PCJ07	137.0	153.8	108.7	354.0	125.1	109.9
PCJ08	136.3	153.0	108.2	312.7	110.5	107.6
PCJ09	153.7	172.6	122.0	322.9	114.4	124.6



(a) 試験体 PCJ08

(b) 試験体 PCJ09

写真 1 実験終了後の破壊性状

柱幅との平均値とした<sup>2)</sup>。スラブ筋は実験に基づき全幅降伏時の引張力  $T_{sl}$  を用いた。 $M_{bu}$ 、 $M_{bu}'$ 、 $V_{bu}$  は梁曲げ終局時の梁危険断面モーメント、節点モーメントおよび層せん断力である。梁曲げ終局モーメント  $M_{bu}$  は平面保持を仮定した断面解析によって算出した。その際、PC 鋼材とコンクリートとのあいだのひずみ適合係数 ( $F$  値) は 0.1 とし、PC 鋼材およびコンクリートの応力度-ひずみ関係には材

料試験結果を用いた。表 2 より、試験体 PCJ07 と PCJ08 では接合部曲げ終局耐力  $V_{ju}$  よりも梁曲げ終局耐力  $V_{bu}$  が小さいため計算上は梁曲げ破壊する。一方、スラブ付きの試験体 PCJ09 の  $V_{ju}$  は  $V_{bu}$  より小さいので、接合部降伏破壊が生じると考える。図 1 に柱梁接合部曲げ終局時および梁曲げ終局時の層せん断力の計算値と実験による最大耐力を比較して示す。柱梁曲げ耐力比が小さくなると、柱梁接合部曲げ終局耐力が減少する傾向が見られた。ただし、スラブの影響で試験体 PCJ09 の柱梁接合部曲げ終局耐力計算値は試験体 PCJ08 より若干大きくなった。

柱梁接合部の曲げ終局耐力計算値  $V_{ju}$  は試験体 PCJ07 と PCJ08 では実験値より大きく、梁曲げ破壊した結果と定性的に符合した。スラブ付き試験体 PCJ09 の実験値は接合部曲げ終局耐力計算値  $V_{ju}$  より 9% 大きく、梁曲げ終局耐力  $V_{bu}$  とほぼ同一であった。ただし試験体 PCJ09 では、層間変形角  $R=3\%$  のときに接合部パネル中央部のコンクリートが圧壊した (写真 1(b))。すなわち試験体 PCJ09 では梁圧着接合面でのコンクリート圧壊による梁曲げ破壊が先行したが、その後に柱梁接合部の降伏破壊が生じた。この実験事実は計算結果とほぼ適合すると考える。

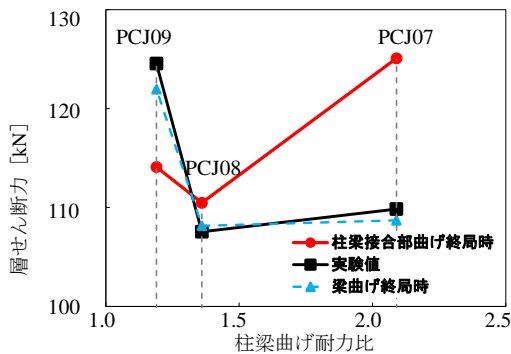


図 1 計算値と実験値の比較

### 3. 柱梁接合部曲げ終局モーメントの諸因子解析

#### 3.1 解析概要

柱梁接合部の曲げ終局モーメント  $M_{ju}$  に影響を与える因子 (梁の PC 鋼材量、柱主筋量および柱軸力) を変数として  $M_{ju}$  を計算し、柱・梁部材の曲げ終局耐力の計算値と比較することで、柱梁接合部降伏破壊の発生の有無を理論的に検討した。検討対象は平面試験体 PCJ07 と PCJ08 とした。柱曲げ終局耐力  $M_{cu}$  は平面保持を仮定した断面解析により、梁曲げ終局耐力  $M_{bu}$  は 2.2 節で述べた平面保持解析により、それぞれ算定した最大モーメントである。

具体的解析は以下である。①梁の PC 鋼材量を変数とする場合：両試験体と同じ柱配筋を有した状態で、PC 鋼材径を 23mm、26mm、29mm、32mm および 36mm とした。各 PC 鋼材の弾性限界時の応力度は、 $\phi 23$  の実験結果と同一の 948MPa とした。②柱主筋量を変数とする場合：両試験体の梁配筋は同一なのでこの場合は、柱の全主筋比を

0.83% から 3.16% の 7 水準に変化させた。③柱軸力を変数とする場合：柱・梁ともに両試験体と同じ配筋を有した状態で、柱軸力比を 0、0.05、0.1 および 0.15 と変化させた。

#### 3.2 解析結果

三変数による解析結果を図 2 に示す。柱・梁の曲げ終局耐力は節点モーメント  $M'_{cu}$ 、 $M'_{bu}$  に直し、それぞれの和の小さい方に対する柱梁接合部曲げ終局モーメント  $M_{ju}$  の比 (以降、接合部耐力比) を縦軸とした。この比が 1 未満のときに接合部降伏破壊が発生する。横軸は柱梁曲げ耐力比で、1 以上のときに梁曲げ破壊が発生する。RC 柱梁接合部と同様に柱梁曲げ耐力比が 1 以上では同比の増大とともに接合部耐力比が増加する。梁の PC 鋼材量を増して柱梁曲げ耐力比が減少すると ( $\Delta$ 印)、接合部耐力比が 1 未満となって接合部降伏破壊が発生する。そのときの柱梁曲げ耐力比は柱主筋量が多い場合 (試験体 PCJ07) には 1.7 程度、少ない場合 (試験体 PCJ08) には 1.3 程度であった。図 2 の口印および○印の分布がほぼ重なることから、柱主筋量および柱軸力が接合部耐力比に与える影響はほぼ同等である。三つの変数による傾向を比較すると、梁の PC 鋼材量による分布曲線 ( $\Delta$ 印) の傾きが最も大きく、接合部降伏破壊に与える影響が大きいと言える。

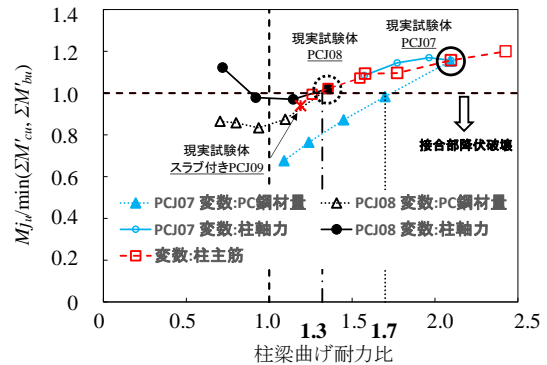


図 2 三変数による解析結果

#### 4. まとめ

本報では、アンボンド PCaPC 柱梁接合部の曲げ終局モーメントを算定するための提案手法の妥当性を既往実験の結果と比較して検証した。計算結果は定性的には実験と符合したが、実験では梁曲げ破壊が先行したこともあって本手法の精度を確認するに至らなかった。

既往の試験体を基準として、梁の PC 鋼材量、柱主筋量および柱軸力を変数として柱梁接合部の曲げ終局モーメントを計算した。この解析では、梁の PC 鋼材量が接合部降伏破壊に与える影響が最も大きく、柱梁曲げ耐力比が 1.3 から 1.7 程度以下のときに接合部降伏破壊が発生した。

参考文献 1) 鈴木大貴, 宋 性勲, 晉 沂雄, 北山和宏: アンボンド PC 鋼材で圧着接合したプレストレストコンクリート十字形部分架構の力学特性, コンクリート工学年次論文集, Vol.38, No.2, 2016年7月, pp.511-516.  
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 都市環境科学研究科 建築学域 教授 工博  
\*2 首都大学東京 都市環境科学研究科 建築学域 博士前期課程

\*1 Prof., Div. of Architecture and Urban Studies, Tokyo Metropolitan Univ., Dr.Eng.  
\*2 Graduate Student, Div. of Architecture and Urban Studies, Tokyo Metropolitan Univ.