

柱梁曲げ強度比を実験変数としたアンボンド PCaPC 圧着接合骨組の耐震性能に関する研究  
(その2 実験結果の考察)

正会員 ○宋 性勲\*1 同 鈴木 大貴\*2  
同 晉 沂雄\*3 同 北山 和宏\*4  
同 金本 清臣\*5

PCaPC 圧着工法 アンボンド PC 鋼材 柱梁曲げ強度比  
梁曲げ破壊 接合部せん断破壊 接合部曲げ破壊

1. はじめに

本稿では(その1)の続き、実験結果およびその考察について述べる。

2. 実験結果および考察

2.1 破壊性状

図1に各試験体の層間変形角 $R=3.0\%$  載荷終了時の破壊状況を示す。全試験体において $R=0.25\%$  付近で梁および柱に曲げひび割れが先に発生し、これらとほぼ同時に柱梁圧着接合面で目開きが観測された。 $R=0.5\%$  付近では接合部パネル中央部に対角線方向の斜めひび割れが生じたが、いずれの試験体においても接合部の入隅部からの斜めひび割れは見られなかった。この以降 $R=1.5\%$  までは柱と梁の曲げひび割れおよび接合部パネルのせん断ひび割れがともに増加したが、 $R=1.5\%$  以降は柱および梁の曲げひび割れの伸展は殆どなく、主に接合部パネルのせん断ひび割れのみが伸展した。特に、試験体PCJ09では相対的に $R=1.0\%$  以降のピーク時の目開きの拡幅が小さく(図2(左)参照)、接合部パネルのせん断ひび割れの発生や進展が顕著であった。その後、平面十字形試験体PCJ07, PCJ08および平面T形試験体

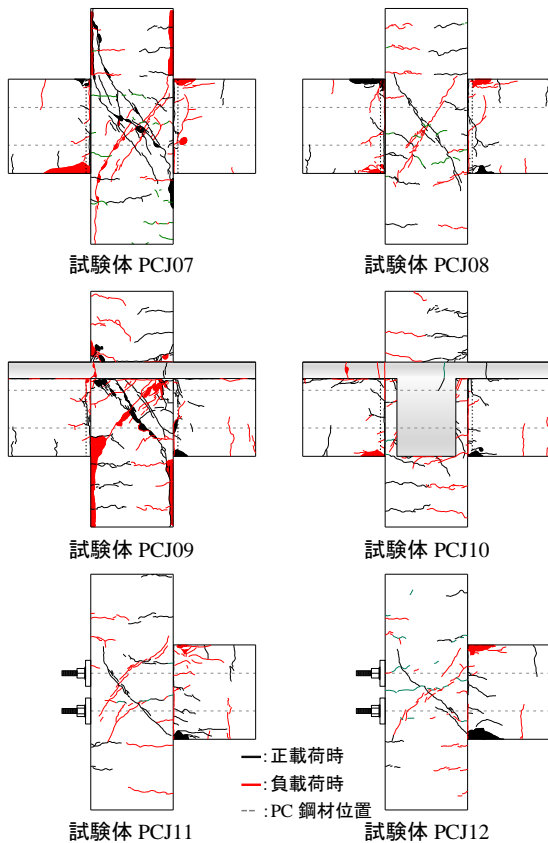


図1 破壊状況図(層間変形角 $R=3.0\%$ )

PCJ11, PCJ12では $R=2.0\%$  で、立体十字形試験体PCJ09およびPCJ10では $R=2.8\%$  付近で梁の圧着接合面近傍のかぶりコンクリートが圧壊した。平面十字形試験体PCJ07(柱梁曲げ強度比2.1)では同形状・同配筋の梁を有する試験体PCJ08(柱梁曲げ強度比1.3)に比べ、接合部パネルのせん断ひび割れの発生や進展が大きかった。また、直交梁無しでスラブのみを取り付けた試験体PCJ09(柱梁曲げ強度比1.2)では同配筋の柱と梁を有する試験体PCJ08およびPCJ10(柱梁曲げ強度比1.2)より梁の圧着接合面近傍のかぶりコンクリートの圧壊が軽微であり、最大耐力以降にコンクリートの圧壊を伴う接合部パネルの損傷が急増した。なお、試験体PCJ09における除荷時の残留目開き幅は最大2.5mmで、他の試験体(最大1.5mm程度)より大きかった(図2(右)参照)。これは $R=3.0\%$  以降除荷時の残留変形が増加した一つの要因となった(本稿(その1)の図3参照)。

2.2 接合部入力せん断応力度-層間変形角関係

図3に接合部入力せん断応力度-層間変形角の関係を示

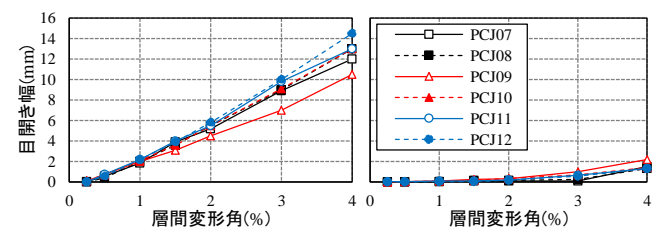


図2 ピーク時目開き幅(左)、除荷時目開き幅(右)

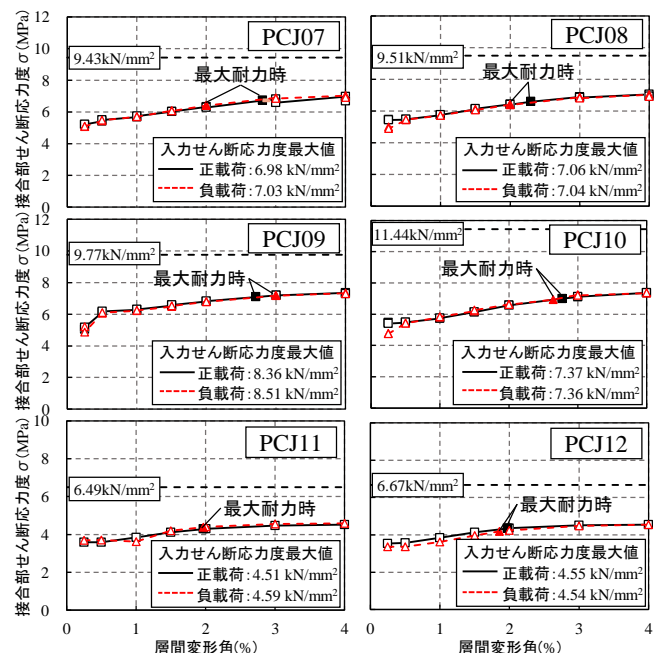


図3 接合部入力せん断応力度-層間変形角関係

す。ここで接合部入力せん断応力度は、文献 1)に基づき梁危険断面位置におけるコンクリート圧縮域の重なりを考慮し、これらの水平方向の力の釣り合いから計算した接合部入力せん断力を柱せいと接合部有効幅<sup>2)</sup>で除して求めた。図中の黒色の破線は柱梁接合部のせん断終局強度評価式により求めた接合部せん断終局強度を表す<sup>2)</sup>。全試験体とも実験結果から計算した接合部入力せん断応力度は接合部せん断終局強度を下回る結果となり、 $R=4.0\%$  載荷終了時まで増加し続けた。また、接合部せん断終局強度に対する最大耐力時の接合部入力せん断応力度の比は  $0.61\sim 0.73$  であり、接合部入力せん断力が最大耐力の決定に影響を与えた可能性は低いと考える。一方、スラブのみを付加した試験体 PCJ09 の接合部入力せん断応力度は接合部せん断終局強度には達しなかったが、前述した通り他の試験体に比べ最大耐力以降の接合部パネルの損傷が顕著であった。

### 2.3 変形成分

各試験体の層間変形角に占める柱、梁および柱梁接合部の変形成分を算出し、その結果を積み上げグラフとして図 4 に示す。ここで、柱および梁の変形成分は各部材のたわみと柱梁圧着接合面位置で生じる目開きによる変形の合計とし、接合部の変形成分は接合部の回転変形などが考慮できる文献 3)の提案法を用いて求めた。同図より、いずれの試験体についても各変形成分の和は層間変形角の実験値と良く対応した。平面十字形試験体 PCJ07 および PCJ08 では、正負載荷時共に梁の変形成分が最も大きく、最大耐力付近において梁の変形が層間変形角の  $70\sim 80\%$  を占めた。また、 $R=3.0\%$  以降には接合部の変形成分も若干増加し、最大耐力以降に接合部の損傷もともに進展したと考えられる。なお、 $R=1.0\%$  以降柱の変形成分には殆ど変化が見られなかった。

直交梁無しでスラブのみを取り付けた立体十字形試験体

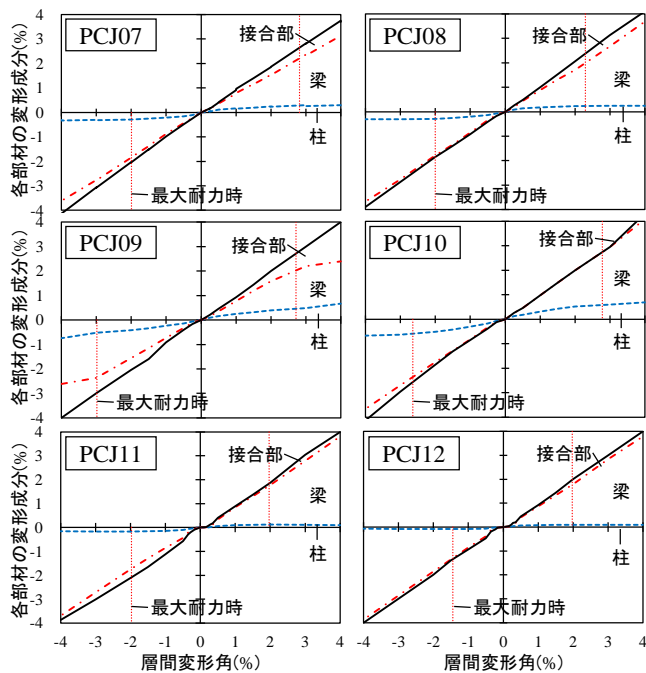


図 4 各部材の変形成分—層間変形角関係

PCJ09 では、 $R=+3.0\%$  以降に一部の変位計が測定不能となった。しかし、 $R=3.0\%$  以降の接合部の変形成分を層間変形角と柱および梁における変形成分の合計値との差分にすると、最大耐力以降に接合部の変形が大きく増加し、 $R=4.0\%$  では接合部の変形成分が  $40\%$  で梁変形成分とほぼ等しかった。これは 2.1 節で説明した破壊性状とも整合する。さらに、梁の変形成分は最大耐力時まで大きく増大したが、それ以降は正負載荷時共に僅かな増加に留まった。これらのことから、本試験体では最大耐力時までには梁曲げ破壊が先行したが、その後に接合部パネルの損傷や進展とともに接合部パネルのせん断および曲げ変形が大きく増加したと考えられる。一方、柱の変形成分は正負載荷時共に徐々に増加し続け、平面十字形試験体 PCJ08 と比較すると 2 倍程度となった。これはスラブの付加によって梁の剛性が大きくなり、柱の剛性が相対的に小さくなったことに起因する。直交梁およびスラブを取り付けた立体十字形試験体 PCJ10 における梁の変形成分は層間変形の  $70\sim 80\%$  で、平面十字形試験体 PCJ08 と同程度となり、柱の変形成分は試験体 PCJ09 とほぼ等しかった。また、本試験体における接合部の変形成分は試験体 PCJ09 に比べ小さく、これは直交梁による拘束効果の影響と考えられる。平面ト形試験体 PCJ11 および PCJ12 では、梁の変形成分が層間変形の  $80\sim 90\%$  を占めており、柱および接合部の変形は非常に小さかった。

### 3. まとめ

本論では柱梁曲げ強度比および試験体形状（十字形／ト形、スラブ・直交梁の有無）を変数にアンボンド PCaPC 圧着接合骨組の静的載荷実験を行い、以下の知見を得た。

- (1) 平面十字形およびト形架構において、本実験の限りでは柱梁曲げ強度比が層せん断力—層間変形角関係に与える影響は殆ど見られず、架構の最大耐力は梁曲げ終局時の層せん断力計算値と概ね対応し、破壊モードは梁曲げ破壊となった。
- (2) 直交梁およびスラブを取り付けた立体架構については接合部の損傷が抑制されることが確認でき、本実験の限りでは柱梁曲げ強度比が 1.2 の場合にも破壊モードは梁曲げ破壊となった。
- (3) 直交梁無しでスラブのみを取り付けた立体架構においては梁曲げ破壊が先行した後に接合部パネルの損傷や変形が急増し、さらにその履歴性状が原点指向型から紡錘形に移行した。接合部のせん断および曲げ破壊が同時に発生した可能性が高いことから、接合部の破壊メカニズムについてより検討が必要と考えられる。

**[謝辞]** 本研究は、国土交通省平成 26 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る。

**[参考文献]** 1) 北山和宏ほか：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 3—せん断性状の検討）、日本建築学会学術講演梗概集、C-2、構造 IV、pp.617-618、2002.8 2) 日本建築学会：プレストレストコンクリート造建築物の性能評価型設計施工指針（案）・同解説、2015 3) 楠原文雄、塩原等：接合部回転角を含む RC 造柱梁接合部部分架構の変形成分と応力およびその測定法、日本コンクリート工学協会年次論文集、Vol.28、No.2、pp.355-360、2006.7

\*1 首都大学東京 大学院生 修士(工学)  
 \*2 首都大学東京 大学院生  
 \*3 首都大学東京 都市環境科学研究科 特任助教 博士(工学)  
 \*4 首都大学東京 都市環境科学研究科建築学域 教授 工博  
 \*5 清水建設株式会社 技術研究所 修士(工学)

\*1 Graduate Student, Tokyo Metropolitan Univ. M. Eng.  
 \*2 Graduate Student, Tokyo Metropolitan Univ.  
 \*3 Research Assistant Professor, Tokyo Metropolitan Univ., Dr. Eng.  
 \*4 Professor, Tokyo Metropolitan Univ., Dr. Eng.  
 \*5 Institute of Technology, Shimizu Corporation, M. Eng.