

# 柱梁接合部のフルプレキャスト化に関する実験的研究

## 実大試験体を用いた建方実験

桜井 徹\* 安部 弘康\* 島内 浩\*\* 草島 和彦\*\*\* 根本 望夫\*\*\* 竹本 等\*\*\*\*

### Experimental Study on the Full-Precast Concrete of Beam-Column Joint

The erection experiment with an actual-size model

by Toru SAKURAI, Hiroyasu ABE, Hiroshi SHIMAUCHI  
, Kazuhiko KUSAJIMA, Mochio NEMOTO and Hitoshi TAKEMOTO

#### Abstract

The full-precaster concrete of the beam-column joint is one of the effective construction methods to enable further shortening for a term of work. Therefore we decided to adopt this construction method to construct super high rise reinforced concrete housing in order to further promote shortening for a term of work. We subsequently performed the erection experiment with an actual-size model and compiled the main point of the execution point based on the result.

#### 要 旨

鉄筋コンクリート構造物のプレキャスト化工法の内、柱梁接合部のフルプレキャスト化工法は、より工期短縮を可能とする有効な工法のひとつとされる。そこで、超高層鉄筋コンクリート造共同住宅の施工に対して本工法を採用し、工期短縮をより推し進めていくに当たり、本工法特有と思われる施工上の問題点を抽出し施工要領を策定する目的で、実大試験体を用いた部材建方実験を行い、その結果を基に施工要領の要点をまとめた。

キーワード：鉄筋コンクリート造／柱梁接合部／フルプレキャスト／急速施工／実大試験体／建方実験

#### 1. はじめに

鉄筋コンクリート(以下、RC)構造物のプレキャスト(以下、PCa)化が進められる中で、特に超高層 RC 共同住宅などでは、PCa 化率を高くして工程計画の短縮化が進められている。さらに最近では、高品質を維持しつつより短工期化が要求されている背景がある。従前の PCa 化工法にある、柱 PCa 部材と梁 PCa 部材を組み合わせ、柱梁接合部を場所打ちコンクリートとする工法では、柱コンクリート強度が梁・床コンクリート強度より高く設計されている場合が多く、場所打ちコンクリート施工時に、柱梁接合部周辺に強度別打ち分け用の仕切りを設置し、調

合の異なるコンクリートを時期をずらして打設する必要が生ずる。これらの作業は、工期の短縮化を推進していく上でネックとなっていた。

しかし、柱梁接合部をフル PCa 化することで、前述の異強度コンクリートの打ち分け用の仕切りの設置手間が不要となるばかりか、接合部内へのコンクリート打設そのものが無くなるため、柱型の隅型枠の設置およびコンクリート打設手間が不要となるなど、大幅な工数削減が可能となり、急速施工法の有力な選択肢の一つとされている。さらに、柱梁接合部をフル PCa 化することで、次節の柱 PCa 部材の建方工程は、場所打ちコンクリートの所要強度発

\* 技術研究所材料施工研究室

\*\*\* 建築本部生産技術開発部門

\*\* 首都圏事業本部工務部門

\*\*\*\* 首都圏事業本部PC製品部門

現を待つことなく施工することが可能となり，工程計画がより有利となることが予想される。

以上のような観点にたつて，急速施工法のメニュー拡大を目的として，柱梁接合部をフル PCa 化する技術を実施展開できるように，先行事例を参考に調査・研究を行った。検討の結果，梁と連続する柱梁接合部フル PCa で，柱主筋定着用の貫通孔を有し，柱 PCa 部材の上部より柱筋を貫通させる状態で梁部材を降ろしてくる建方型式とすることとした。また，柱主筋定着用の貫通孔は，本建方実験を実施する前に付着実験によって所要性能が確保できることを確認し，シーす管等を埋め込まず鋼管を抜いて成型したコンクリート素地の孔とした。次段階として，これらの部材形状・建方型式を前提とした場合の，施工上の問題点を抽出し施工要領を策定することを主目的として，当社施工の従前の PCa 化工法で実績のある建物の部材形状をモデルとして，柱梁

接合部をフル PCa 化試設計した実大の試験体を製作して，建方実験を行った。

## 2. 試験体

試験体は，本工法を採用した場合の施工難度が，他の部位と比較して高いと想定される部位として，逆梁および柱芯筋を有する妻側架構を対象とした。架構形状は，床レベルから順梁底レベルまでのフル PCa 柱部材が2体(芯筋の有無で1体ずつ)，スパン中央で分割された接合部フル PCa (接合部高さは順梁底レベルから逆梁天端レベルまで)を有する梁 PCa 部材が2体である。梁 PCa 部材は外部面に PCf 立ち上がりを設けた。図1に試験体概要図を示す。

## 3. 実験項目および実験要領

表1に，実験項目および実験要領を示す。

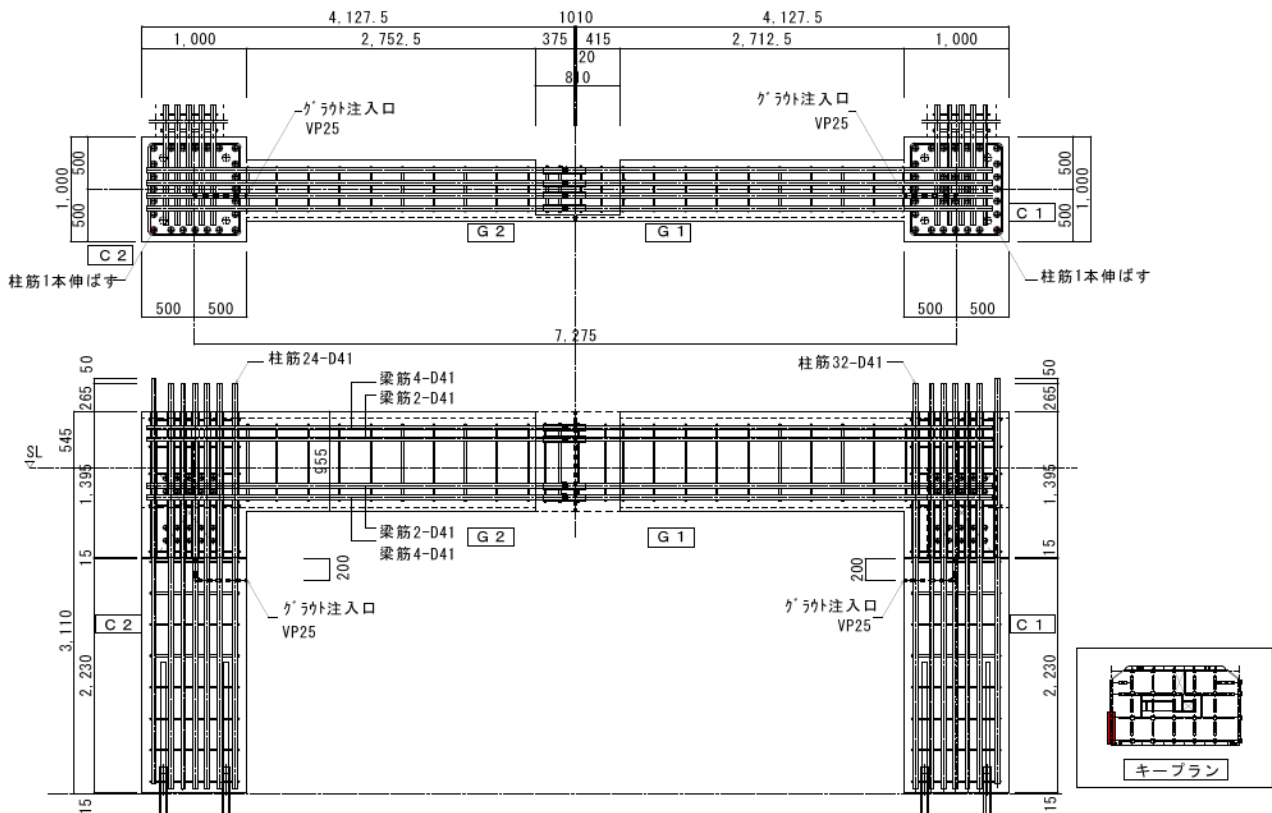


図1 試験体概要図

表 1 実験項目および実験要領

実験項目	実験要領
①柱主筋本数の違いによる施工性の検証	<ul style="list-style-type: none"> <li>・土間に仮置きの状態から、柱梁接合部PCaの建方を行い、芯筋の有無による施工性の違いを検証する。柱筋は外周隅1本のみを50mm長くする。</li> </ul>
②PCa建入れ方法の検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>・フリージョイントをセットした G1 柱梁接合部 PCa を建入れ、柱部材に出した水平墨よりレベルを確認する。レベルライナーは4点とする。水平位置は、柱天端および側面出した墨に合わせて行い、梁端を支保工で支持する。</li> <li>・位置調整前に、地墨より梁端の位置ずれ・梁の傾き・転びを計測する。</li> <li>・PCaの平面位置調整をバールで行い、作業性を確認する。この際、最大限まで位置をずらし、どの程度余裕があるのかも検証する。</li> <li>・梁支保工によるレベル・転びの調整を行い、支保工の本数や支持方法を検証する。</li> <li>・梁支保工による調整後、PCaの荷重がかかった状態での、柱の倒れ・柱梁接合部 PCa との連続性を下げ振りで確認する。また、柱主筋と貫通孔の空きを計測する。</li> <li>・G2 柱梁接合部 PCa の建方を行い、G1 と同様の検証を行う。</li> <li>・両 PCa が正規の位置に納まった後、梁筋の芯ずれを計測する。</li> </ul>
③フリージョイント継手の検証	<ul style="list-style-type: none"> <li>・フリージョイントの接合・接合部配筋を行い、施工の可否・所定の足場による作業性を検証する。</li> <li>・接合が不可能な場合は、PCa位置の調整を行い、再度接合を試みる。</li> <li>・接合できた場合は、擬似底 PCf を取り付け、作業性を確認する。</li> <li>・接合終了後、PCaの平面位置・レベル・梁の連続性を計測する。</li> <li>・平面位置に変動が見られた場合は、柱および梁位置にあわせた微調整が可能か検証する。また、微調整を行った場合、最終的な平面位置精度を計測する。</li> </ul>
④柱主筋長さの違いによる施工性の検証	<ul style="list-style-type: none"> <li>・土間に仮置きの状態から、再度柱梁接合部PCaの建方を行う。この際、1本長くしていた柱筋を他のものと同じ長さに切りそろえておき、柱主筋長さがフラットな場合の施工性を検証する。</li> </ul>
⑤PCa建入れ方法の検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>・梁主筋継手をボルトトップスに変更し、改良点も含め、②と同様に建方を行い、作業性・精度を再度確認する。</li> </ul>
⑥ボルトトップス継手の検証	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ボルトトップスによる梁主筋の継手を行い、③同様、施工性を検証する。</li> </ul>

#### 4. 実験結果および考察

表2-1から表2-4に、実験項目と実験結果および考察を示す。

表 2-1 実験結果および考察

実験項目	実験結果および考察
①柱主筋本数の違いによる施工性の検証	<ul style="list-style-type: none"> <li>・C1は外周24本+芯筋8本、C2は外周のみ24本と、芯筋の有無により8本の主筋本数の違いがあったが、梁PCa部材の建方(貫通孔への柱筋の誘導)に関して両者の明確な差異は見られなかった。(写真1, 2)</li> <li>・柱外周筋の隅1本のみを50mm長くしたことは、梁PCa部材を最初にどこに誘導するかを目安となり、かつ1本のみ挿入させその後の微調整に対して非常に有効であり、柱主筋本数の多少は施工性にあまり関係がないと思われる。</li> </ul>
②PCa建入れ方法の検討	<p>a. 支保工</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・支保工は、後やり型枠位置に干渉しない梁PCa部材のジョイントの端部に(下階逆梁上)、軽量アルミ製強力サポート「アルプロップEX」4本(梁PCa1部材に対して支保工2本)を□型に、単管パイプで連結した。□型とすることで自立可能であり、建方前のレベル調整が簡便となった。重量的にも施工性は良く、適材と思われる。(写真3)</li> </ul>

表 2-2 実験結果および考察

実験項目	実験結果および考察
<p>(PCa建入れ方法の検討)</p>	<p>b. レベルライナー</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・レベルライナーは 50 mm角・総厚 15 mmの鋼板とし、数量は 4 点とした。本来、設置位置は、かぶり厚さの確保から、柱外周筋より内側となる(以下、コア部)が、本実験では計画図面上に設置位置を明示していなかったこともあり、柱 PCa 天端コア部が全面粗面仕上げとなっており、不陸が顕著な状況であった。今回は、柱 PCa 天端かぶり部が金鋸仕上げであったため、ライナー設置位置をかぶり部とし実験を行った。(写真 4) 梁 PCa 部材のレベル精度は、ライナー4 点および事前に高さ調整済み支保工で確保できた。ただし、柱 PCa 天端コア部は、図面上にライナー設置位置を指定して平滑面を確保する。</li> </ul> <p>c. 梁PCa部材の位置精度</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・柱 PCa 天端上の水平位置調整の方法は、ライナーに梁 PCa 部材が接した状態(クレーンは完全には除荷しない状態)で、水平目地部分にバールを挿入し、柱 PCa を反力にして微調整を試行した。この際、梁 PCa 部材の目地部分の角が欠けやすく、アングル等で欠け防止をする必要がある。また、所要の移動量を確保するために、再度クレーンにて僅かに吊り上げて荷重を低減させないと、バールでは許容差以内に納められない場合があり、微調整に時間を要する場合があった。</li> <li>・バールの代替工法として、柱および接合部のPCa外部面にインサートを打設し、プレートを通してボルト締めで、両者の面の出入りを同一に調整した。部材の欠けが無く、クレーンを解除した後も調整可能であり、有効な方法と判断される。(写真5)</li> <li>・今回の実験には用いなかったが、柱主筋を反力とするT社製既製治具が利用可能であり、上記プレート+ボルト締付け方法と同等の効果が予想でき、かつインサート・ボルトあるいはプレートが不要となり、更に効率的であると予想される。(写真6)</li> <li>・梁PCa部材のジョイント端部を支保工に支持させた後の、特に梁軸に直交方向の調整(柱PCaを中心にした僅かな回転移動)が必要な場合があり、この場合にはジョイント端部の後やり型枠に干渉しない位置で、梁底あるいは梁側インサートにアイボルトを介してPCサポートにて押し引き調整で対処した。この方法は、クレーン解除後も調整可能である。(写真7)</li> <li>・梁PCa部材の水平位置の精度管理は、柱PCaの位置・鉛直性確認(地墨・下げ振り)後、水平目地部を挟んだ柱梁接合部の位置・鉛直性を地墨から下げ振りで確認した。また、レベルは梁底高さをレベルにて実測した。実施工時には、部材側面への地墨・レベルの基本墨を表示して管理する。また、柱筋の一部が、貫通孔壁の上部で接した箇所があった。</li> <li>・G1, G2のセット完了後、梁筋の芯ずれは先端部において水平および鉛直方向とも最大2mmであった。また、部材底面でのレベル誤差は0mmであった。</li> </ul> <p>d. 梁PCa部材建方用作業足場</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・梁PCa部材建方用作業足場として、高所作業車「SV030」を使用した。施工性に問題は無く、また大きさ等の性能が適した選定であった。(写真8)</li> </ul>
<p>③フリージョイント継手の検証</p>	<p>a. フリージョイント継手</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・フリージョイント継手は、施工可能である。ほとんどの梁主筋に対して工具を用いずに回転接合でき、手では回転し難いカプラーについても簡易ジャッキにて芯ずれを矯正後、レンチを用いることで回転接合可能であった。(写真9)</li> <li>・作業足場は前述の高所作業車にて十分作業性は確保できた。</li> </ul> <p>b. 梁底模擬PCf</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・今回逆梁設定の場合、PC工場での部材打設面が梁底面となり、製造上梁底用PCfは不可能である。また、打設面が梁天端の場合でも梁側PCfは不可欠であり、実験で継手を施工しての判断から、実際には梁底PCfと梁</li> </ul>

表 2-3 実験結果および考察

実験項目	実験結果および考察
(フリージョイント継手の検証)	<p>側PCfの併設状況下では継手施工が困難と推定でき、梁底模擬PCfは実験を行わなかった。</p> <p>c. 継手施工後の部材精度</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>全数接合後、G1、G2の位置の変動は最大1mmであり、中折れ(梁部材の通り)については0mm、ジョイント目地幅は設計目地幅20mmに対して梁せいの上下間で誤差0mmであった。</li> </ul>
④柱主筋長さの違いによる施工性の検証	<ul style="list-style-type: none"> <li>今回、外周筋の隅1本のみを50mm長くした方法の有効性が確認できたため、全数同一レベルからの建方検証は省略した。</li> <li>50mm長くした1本のみ挿入させ、その後残りの柱主筋を貫通孔に誘導する際に、全数同一レベルとした場合に近い条件となるわけであるが、その時に一部の柱主筋に倒れが見られ、貫通孔への誘導がやや困難な場合があった。柱主筋の突出長さは、本実験では1700mm程度と長く、ストック時に横積みとした際に自重で先端が下がったり、外力により折れ曲がりやすい長さになっていると思われる。長期にわたってストックする場合などは、テンプレートを装着するなど位置精度保持を行うことで、建方時間の短縮につながると思われる。</li> </ul>
⑤PCa建入れ方法の検討(ボルトトップスを梁主筋継手に用いた場合)	<ul style="list-style-type: none"> <li>フリージョイント継手の場合と建入れ方法に大差はない。ただし、中折れ調整は継手施工後にも必要となった。</li> </ul>
⑥ボルトトップス継手の検証	<ul style="list-style-type: none"> <li>フリージョイントより簡便に施工可能である。(写真10) これは、ボルトトップスは機能上施工誤差を吸収しやすくするために開発されており、梁主筋の芯ずれが10mm程度までであれば、ずれたまま接合可能である。本実験では、外部PCf目地幅の所要値確保・梁の中折れ防止等を管理するため、継手施工完了後に継手施工精度より高い管理値における部材位置精度確保が必須である。特にフリージョイントの場合、中折れ防止にはカプラーのねじ込みにより、梁部材の軸芯の直線性が確保しやすくなっていると考えられる。</li> </ul>
⑦その他	<p>a. 梁部材の運搬(車輛積み込み)方法</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>本構工法の場合、特に外端梁では部材端部に柱梁接合部PCaが付帯しているため、部材全体としてかなり偏芯した吊り上げ状態となり、反転作業は煩雑である。ところで、PC工場では製造上の理由で打設時と現場建方時では部材の天地が同一でない場合が多く、工場での脱型・ストック・出荷といった一連の流れにより、本実験のように工場での部材存置状況に近い状態で運搬される場合がある。(写真11)その場合、建方に当たってはまず車輛から地上に降ろし、仮置き状態から建方時の天地に部材を回転させる必要がある。(写真12)ストックヤードがある場合には場所的・時間的にも余裕が見込めるが、車輛からの直取り・直建ての場合は、偏芯もあり極めて困難な工程となる。従って後者の場合、運搬時の荷姿は建方時の吊り上げ状態とする。</li> <li>建方時の荷姿を確保するには、運搬時に加えて施工現場でのストック時でも施工時間短縮に有利である。今回は、逆梁部位を含有しているため段差のある部材となっており、応急的に材料を組み合わせる架台を設置したが、仮置き時(運搬時含む)に段差を考慮した専用の架台を用いると効率的である。(写真13)</li> </ul> <p>b. 柱梁接合部天端の吊り上げ金物</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>柱梁接合部天端の吊り上げ金物として、PCa側に長ナット付きインサートM20を埋め込み、プレート付きアイボルトをねじ込みチェンブロックフックで吊り上げた。建方時には柱梁接合部天端には鉄筋等突出物がないため、金物類の脱着は平易に行えるが、建方途中および完了後に柱PCa主筋が干渉してくるため、過大な治具を装着すると主筋間に治具等がはまり込み解除不能となる可能性があるため、事前に埋め込み位置および吊り治具のフック等の大きさを決定しておく。(写真14, 15)</li> </ul>

表 2-4 実験結果および考察

実験項目	実験結果および考察
(その他)	<p>c. 梁PCa部材のジョイント部後やり型枠</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ジョイント部の型枠は、せき板をFRP厚4mmとしフラットバーで補強したユニット型枠を試作した。梁底とスラブ下までの内部立ち上がり一体型のL型としたが、重量は28.5kgとなり人力の場合一人での取り付けは不可能であった。(写真16)</li> </ul> <p>d. 梁PCa部材のジョイント部のコンクリート欠き込み寸法(梁主筋長さ)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・梁主筋継手を施工する作業空間を確保するため、ボルトトップスの全長を基本にして、G1側に全長分Lを挿入して建方を行い、接合時にG2側に0.5L戻す方法としたため、G1側の主筋の出(すなわちコンクリートの欠き込み分)をL、G2側のそれを0.5L+20mmとした。後やりスタラップは建方前に仕込んでおくことが望ましく、その場合仕込み代のあるG2側のみへの仕込みとなる。(写真17)今回、継手の長さのみからコンクリート欠き込み寸法を決めたが、せん断補強筋量が多い場合、特に中子筋が配筋される場合には、外周スタラップとの平面的な重なりが不可能なため、より長い仕込み代が必要となる。ただし、欠き込み長さは後打ちコンクリート数量・後やり型枠の長さ(重量)に影響するため、継手全長・後やりスタラップ量を考慮した最小寸法とする。</li> </ul>

5. まとめ

- 1) 柱主筋はガイドの役目として外周筋の隅1本を50mm長くする。
- 2) 梁支持用支保工はジョイント部に「アルプロップEX」を4本口型に組み、自立させる。
- 3) レベルライナー設置位置はコア部とし、位置を計画図中に明示し、柱PCa製造時当該箇所を平滑に仕上げる。
- 4) 柱梁接合部の接地後の水平位置調整は、T社製既製治具を用いるか、埋め込みインサートとプレート・ボルトを用いて調整する。
- 5) 梁ジョイント端部には、型枠に干渉しない位置

- に側面または底面にインサートを埋め込み、アイボルトとPCサポートを用いて、梁軸に直交方向の微調整が可能なようにする。
- 6) 建方用作業足場は高所作業車で対応可能である。梁継手用も同様である。
- 7) 梁主筋継手は、フリージョイントでの施工が可能である。
- 8) 梁部材の施工精度は十分に確保でき、フリージョイント接合後は水平位置誤差1mm、特に中折れは0mmであった。



写真1 梁PCa建方（芯筋有り）



写真2 梁PCa建方（芯筋無し）



写真3 梁PCa用支保工



写真4 レベルライナー



写真5 接合部平面位置調整用プレート



写真6 T社製平面位置調整用既製治具



写真7 梁ジョイント部PCサポート



写真8 高所作業車



写真9 フリージョイント継手



写真10 ボルトトップス継手



写真11 運搬時荷姿



写真12 建方時吊り上げ方法



写真13 仮置き時架台



写真14 吊り上げ金物（貫通前）





写真 15 吊り上げ金物（貫通後）



写真 16 ジョイント部型枠



写真 17 コンクリート欠き込み長さ

