

8. 柱梁P C a構造化の各種工法における品質確保について

株式会社 熊谷組
同 上

○ 渡辺 英彦
吉松 賢二

1. はじめに

集合住宅などの建設において、柱梁等の部材を工場にて製作するプレキャストコンクリート（以下「P C a」と呼ぶ）構造が多用されている。現場で鉄筋と型枠を組立ててコンクリートを打設して柱梁を構築する方法に比べて、大幅な工期短縮が可能となること、品質管理の容易性・安定した品質の確保ができること、施工位置での労務量や資機材量が少なく安全に施工できること等が、その理由と考える。

このP C a 構造の工法には種々のバリエーションがあり、それぞれに工法の特徴がある。本報文では、これらの各種工法を紹介し、それらの特徴、品質確保のための要点について記述する。

2. 全体工法

P C a 工法の一般的な施工は、図-1 に示すように、

- ① コンクリート打設後、墨出しの実施。
- ② 柱P C a 部材の建込み。
- ③ 梁P C a 部材の建込み。鉄筋の接続。
- ④ 床P C a 板部材の敷込み。床鉄筋の配筋。柱梁接合部などの型枠の建込み。
- ⑤ コンクリート打設。

の順序で行われる。

1層を構築するのに要する日数は、揚重機（クレーン）の台数、工区分割の程度で変化するが、揚重機 2 台・3 工区分割の場合、図-1 に示す工法では、6 日程度のサイクル工程が一般的である（表-1 参照）。

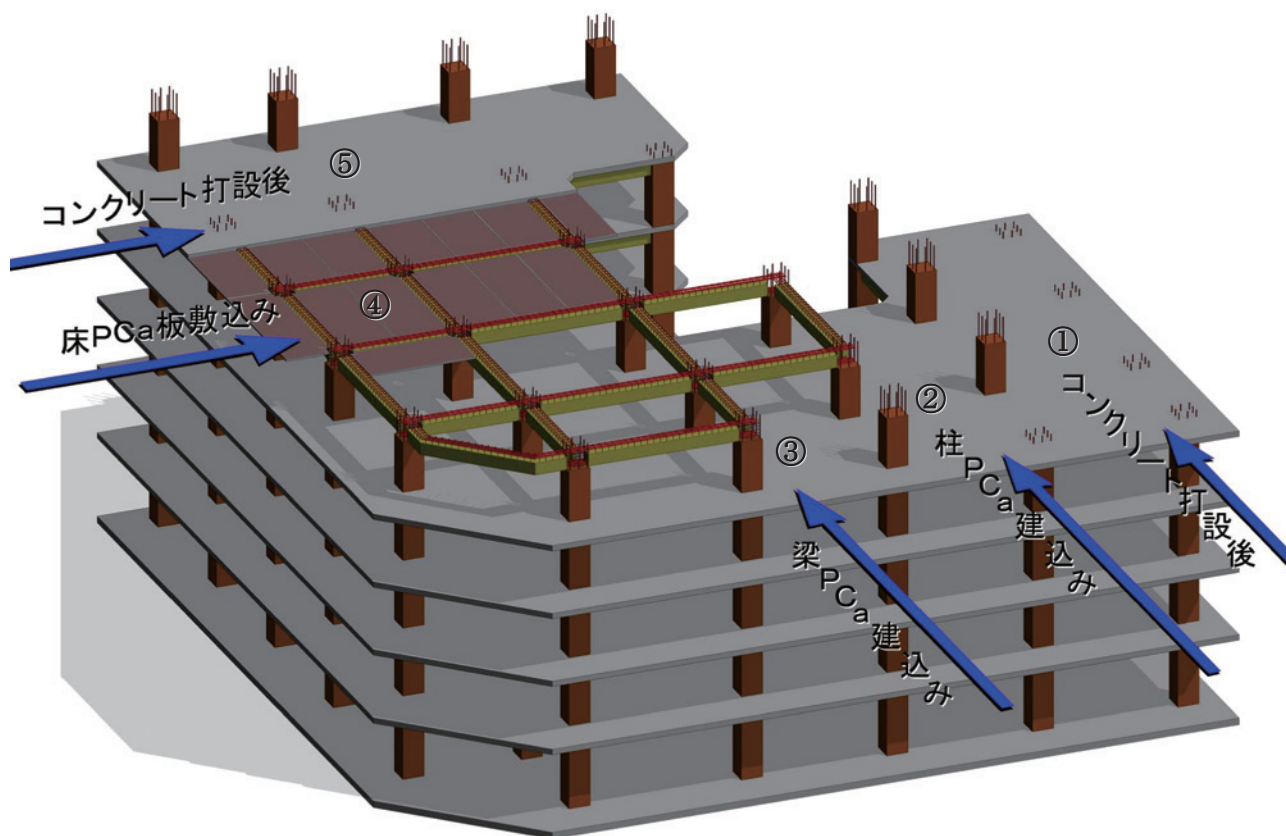


図-1 一般的なP C a工法での全体施工手順

表-1 サイクル工程表（例：3工区分割・6日サイクル）

	全体第1日	全体第2日	全体第3日	全体第4日	全体第5日	全体第6日
	サイクル第1日	サイクル第2日	サイクル第3日	サイクル第4日	サイクル第5日	サイクル第6日
第1工区	①墨出し	③梁PCa建込み		④床鉄筋配筋・型枠その他工事		
	②柱PCa建込み		④床PCa板敷込み			⑤コンクリート打設
第2工区	サイクル第5日	サイクル第6日	サイクル第1日	サイクル第2日	サイクル第3日	サイクル第4日
第2工区	④型枠その他工事		①墨出し	③梁PCa建込み		④床鉄筋配筋
		⑤コンクリート打設	②柱PCa建込み		④床PCa板敷込み	
第3工区	サイクル第3日	サイクル第4日	サイクル第5日	サイクル第6日	サイクル第1日	サイクル第2日
第3工区	③梁PCa建込み	④床鉄筋配筋・型枠その他工事			①墨出し	③梁PCa建込み
	④床PCa板敷込み			⑤コンクリート打設	②柱PCa建込み	
	(n-1)層・立ち上がり				n層・立ち上がり	

品質確保の観点からは、工区分割なしで全エリアを同時施工する方法が、コンクリートの打継ぎが発生しないので望ましいと言えるが、以下のような理由により、工区分割の方が一般的である。

- ・労務の平準化のため：比較的小さめの多工区に分割することにより、作業員の労務の平準化、つまり、比較的少人数の作業員が同じ現場に常駐することで、労務の確保が容易となる。また、ほぼ毎日同じ作業を繰り返すこととなるので、作業の習熟程度が高くなり、施工品質の向上が期待できる。
- ・全エリアのコンクリートを一度に打設することがコンクリートのボリューム上困難である場合や、床仕上げの金ゴテ押さえの左官職人の人数確保が困難である場合。

3. 各種PCa化工法

柱梁の部材分割の位置、部材の接続方法、鉄筋のジョイント位置等の相違により、柱梁PCa化工法は、次のようなタイプに分類できる。

- ・タイプ1: 柱梁接合部内ジョイント型(図-2 参照)

／柱間スパンが梁PCa部材の1部材となる。

- ・タイプ2: 梁中央ジョイント型(図-3 参照)／スパンの中央から隣のスパンの中央までが梁PCa部材の1部材となる。
- ・タイプ3: 柱梁接合部・梁PCa一体型(図-4 参照)／タイプ2の梁PCa部材の柱梁接合部をPCa化したもの。柱梁接合部の柱筋を通すためにシーす管を打込む等の措置を行っている。
- ・タイプ4: 梁PCaグラウト接合型(図-5 参照)／タイプ2・3および本タイプ4は、梁中央でのジョイントであるが、タイプ2・3がジョイント部分に型枠を建込んでコンクリート打設する必要があるのに対して、本タイプ4では、柱PCaのジョイントと同じスリーブジョイントを用いてグラウト接合する方法のため、コンクリート打設の必要がない。
- ・タイプ5: 柱鉄筋逆差し型(図-6 参照)／柱筋のジョイントが柱頭(梁下)に位置しており、梁PCa部材・梁鉄筋・柱梁接合部内柱フープ筋等を配筋した後に、下向きに突出した柱筋を差込む工法。なお、図-6には、柱がPCa

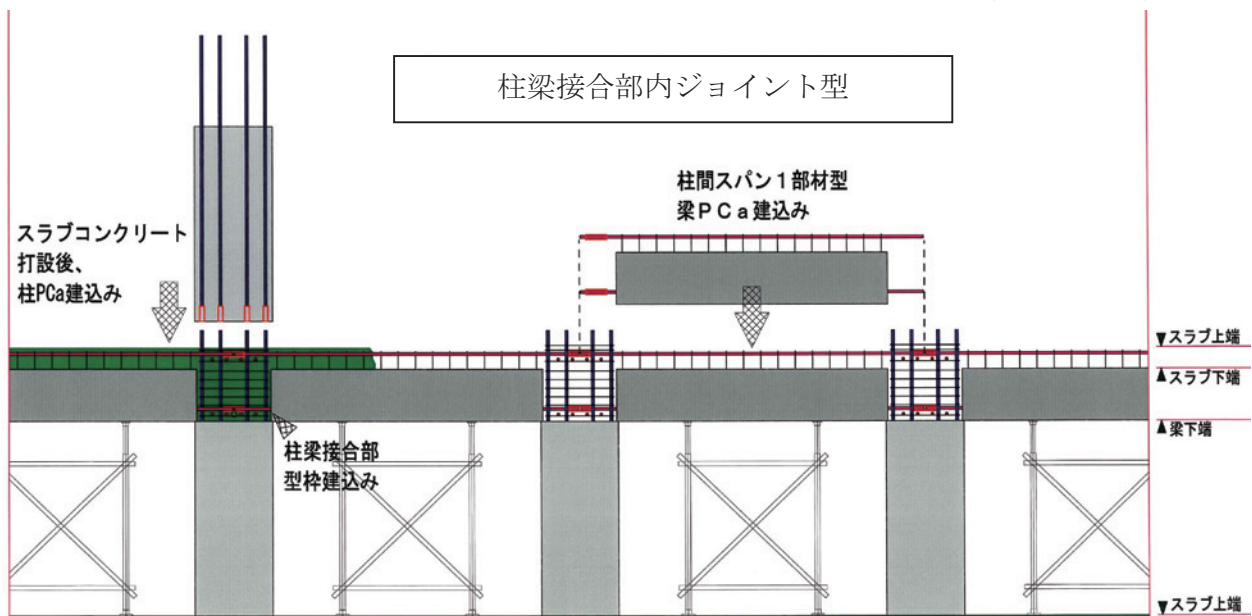


図-2 タイプ1：柱梁接合部内ジョイント型

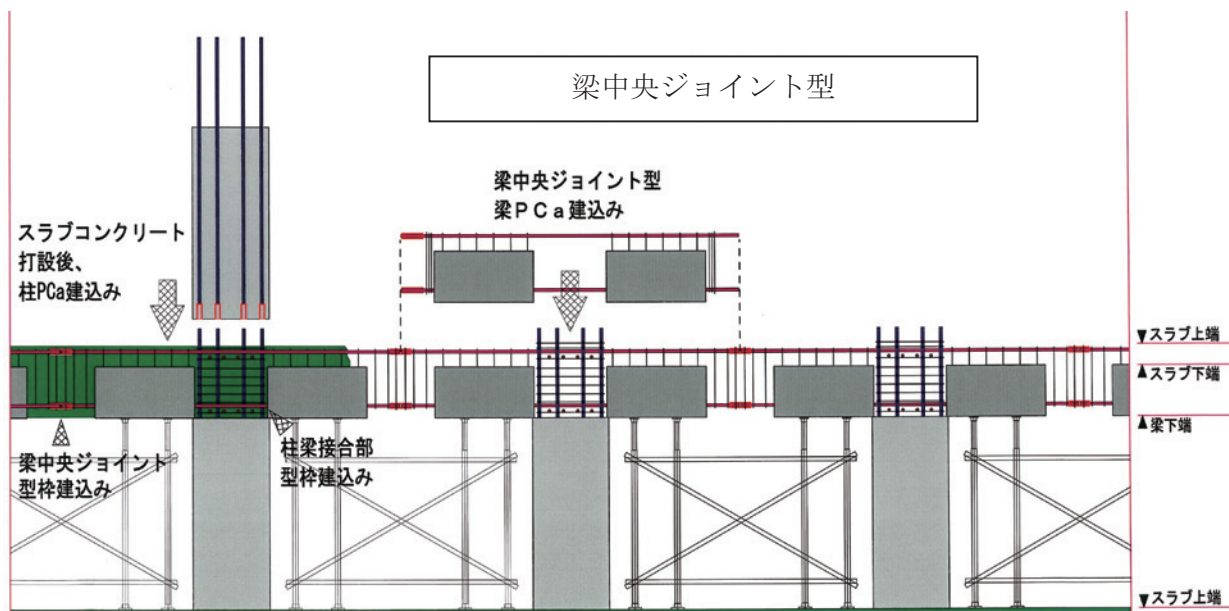


図-3 タイプ2：梁中央ジョイント型

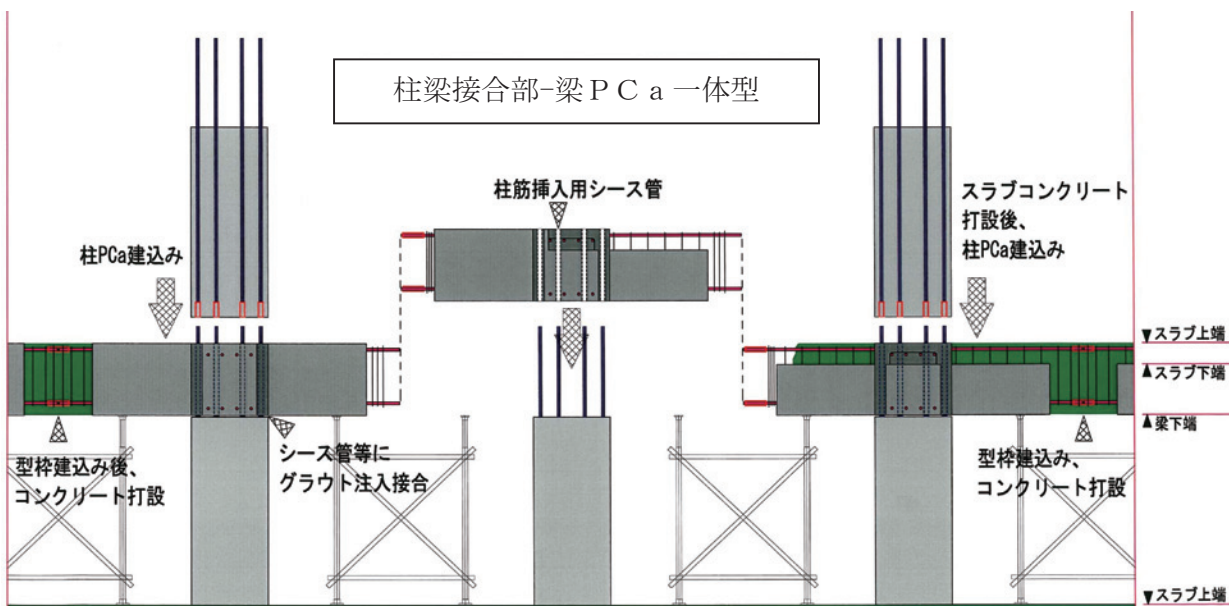


図-4 タイプ3：柱梁接合部-梁PCa一体型

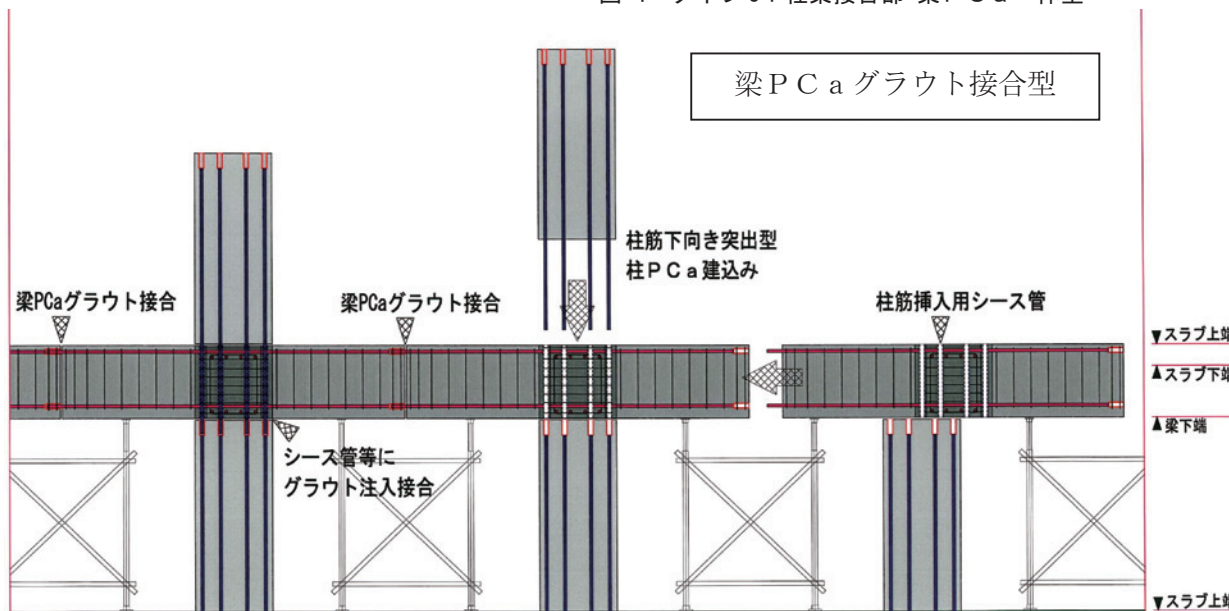


図-5 タイプ4：梁PCaグラウト接合型

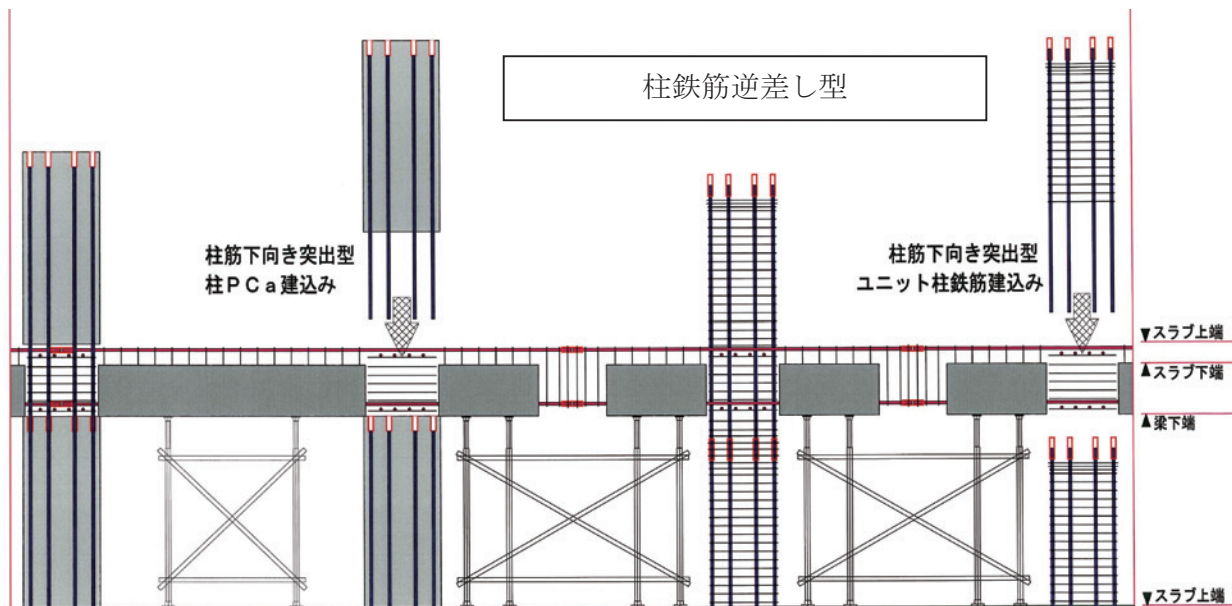


図-6 タイプ5：柱鉄筋逆差し型

部材の場合とユニット鉄筋の場合の両方を図示している。

4. 各種PCa化工法の特徴

4.1 タイプ1：柱梁接合部内ジョイント型

図-2のように、柱間スパンが梁PCa部材の1部材となる工法で、一般に、梁鉄筋は全て柱梁接合部内でジョイントする。このため、梁鉄筋のジョイント方法は、以下のような施工手順となる。

- (a-1) X方向(先置き)梁PCa部材を柱梁接合部にセット。下端筋を機械式継手等でジョイントする。
- (a-2) Y方向(後置き)梁PCa部材を柱梁接合部にセットできるように、X方向(先置き)梁PCa部材の上端筋を移動させる。(図-7 参照)
- (a-3) Y方向(後置き)梁PCa部材をセット。下端筋を機械式継手等でジョイントする。
- (a-4) 当該梁PCa部材の梁上端筋の移動が不要になった時点で、まずX方向を、次にY方向の梁の上端筋を機械式継手等でジョイントする。梁の上端鉄筋のみが2段筋である場合は、上記と同じ手順で施工できるが、梁の下端鉄筋が2段筋の場合は、以下のような煩雑な施工となる。
- (b-1) X方向(先置き)梁PCa部材を柱梁接合部にセット。下端筋1段目・2段目を機械式継手等でジョイントする。
- (b-2) Y方向(後置き)梁PCa部材は、下端筋の突出が、1方の端部で長く、もう1方の端部で短く製作し、柱梁接合部内の中央でなく、端寄りで接合するようになっている。
- (b-3) この左右の梁筋の突出長さの違うY方向(後置き)梁PCa部材を、柱間スパンの中で斜めに吊り、まず、長く突出した方を柱梁接合部内に、所定の位置よりクリアランスの許す限り

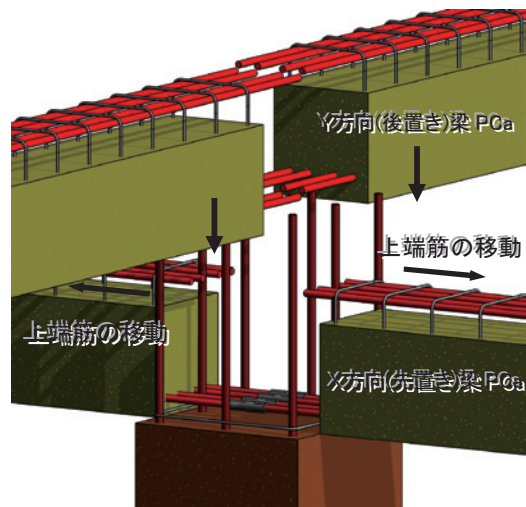


図-7 上端筋の移動

- 奥まで差込む。そして、柱間スパンの中で水平にし、梁筋の突出長さの短い方を柱梁接合部内に差し戻し、所定の位置にセットする。
 - (b-4) Y方向(後置き)梁PCa部材の下端筋は、柱梁接合部内の端に寄っており、手が届くので、機械式継手でジョイントする。
- ただし、この方法はかなり困難な施工となるので、次のような方法で行うこともある。
- (c-1) (a-1)と同様にX方向梁下端筋1段目を機械式継手等でジョイントする。
 - (c-2) (a-2)と同じ。
 - (c-3) (a-3)と同様にY方向梁下端筋1段目を機械式継手等でジョイントする。
 - (c-4) 梁鉄筋の下端2段目は、梁鉄筋が交差する部分を抜いて(間を空けて)いるので、梁筋のアンコ材を使用して、梁筋1本につき、2箇所の継手を接続する。まずX方向鉄筋を接続し(図-8 参照)、次にY方向鉄筋を接続する。以上で柱梁接合部内の梁下端鉄筋の接続が完了。

(c-5) (a-4)と同じ。

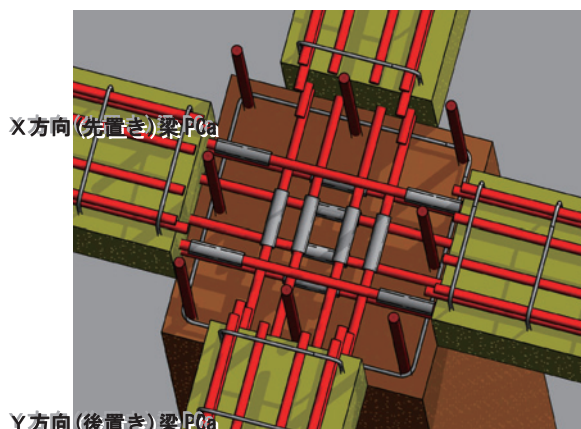


図-8 下端2段筋の施工方法

メリット

- ・躯体誤差の吸収：PCa 部材には製品誤差があり、建方誤差も発生するが、本タイプでは、この誤差を柱梁接合部内で吸収・補正することができるので、精度の高い躯体が構築できる。
- ・また、梁部材が1部材で構成されているので、コンクリートの面精度が高く、直仕上げの場合などに補修が不要。
- ・梁PCaの両サイドに柱PCaがあり、柱PCaから上に突出している柱筋の中に梁PCaの鉄筋を差し込むので、梁PCa部材が落下することがなく、安全に施工できる。これにより、梁支保工は比較的軽微にできる。

デメリット

- ・梁鉄筋の移動が必要で、太径の重い鉄筋の場合など、苦渋作業となる。
- ・梁の断面設計の際、梁鉄筋の下端筋を1段筋とすると、太径鉄筋の使用や広い梁幅が必要となることが多い。

4.2 タイプ2：梁中央ジョイント型

メリット

- ・一般に、梁鉄筋は端部で鉄筋量が多く中央で少ない。この中央でのジョイントとなるため、継手数量の低減、コスト・工数の低減となる。
- ・梁鉄筋の移動が不要：梁架構の形状にもよるが、全部または一部で、梁鉄筋の移動が不要となる。

デメリット

- ・梁の中央でジョイントされるので、部材の製品誤差や建方誤差の吸収が難しい。
- ・同様に、梁中央ジョイント部分は、型枠建込み後にコンクリート打設されるので、コンクリートの面精度出しが難しく、直仕上げの場合などに補修が必要となることが多い。
- ・梁架設の際の安定性確保のため、比較的しっかりした梁支保工が必要。

4.3 タイプ3：柱梁接合部-梁PCa一体型

メリット

- ・柱と梁でコンクリート強度が異なる場合、柱梁接合部のコンクリートの現場打設がなくコンクリートの打ち分けの必要がない本タイプが採用されることが多い。
- ・一般に柱梁接合部はスラブ天端までのPCa部材であり、注入グラウトが硬化すれば、その上の柱PCaの建方が可能なので、工期短縮の効果が大きい。

デメリット

- ・タイプ2と同様に、梁の中央でジョイントされるので、部材の製品誤差や建方誤差の吸収が難しい。
- ・多量のグラウトが必要。
- ・シース管の中のグラウトの充填性、グラウトの強度・付着性能など、慎重な品質管理が要求される。
- ・柱筋貫通孔（シース管等）の直径は、鉄筋径より20mm以上大きいものが必要で、これにより、柱梁接合部内を通る梁筋の配筋の自由度が制限される。
- ・一般に、工場PCa製作費は割高になる。

4.4 タイプ4：梁PCaグラウト接合型

メリット

- ・工期短縮：コンクリートの現場打設が不要で全てグラウト接合となるため、工期短縮効果が大きい。3日サイクルの実例も多数あり、前出表-1の6日サイクルと比較すると、50階の超高層住宅では、実働150日（5ヶ月）の工期短縮となる。30階を越える超高層住宅が多数建設されている昨今、社会のニーズに応えられる超短工期工法である。
- ・同様にコンクリートの現場打設が不要で建物外面の外からの施工が極小となるため、外部足場が不要。

デメリット

- ・部材の製品誤差や建方誤差を吸収する余地がほとんど無いので、PCa部材の製作には極めて高い精度を要する。これにより、工場製作費はかなり割高になる。
- ・梁端部の接合面、及び、梁鉄筋のスリーブのグラウト注入について、確実な充填が必要。

4.5 タイプ5：柱鉄筋逆差し型

柱鉄筋を逆差しする際の柱梁接合部の柱フープのセットのタイミングは、柱梁接合部への梁の取り付け方がI型とT型とL型の場合は、柱鉄筋を逆差ししながら行う。十字型の場合は、最後の梁PCaを差し込む前、柱梁接合部の4面のどこか1面が空いている時に事前にセット・仮止めすることとなる。



写真-1 T型配置の梁 PCa

メリット

- ・梁筋(上端筋)の移動の必要がない。これにより、梁筋が 2 段筋であっても施工方法は変わらず、容易に施工できる。
- ・梁の断面設計の際、容易に梁鉄筋の 2 段筋の採用が可能のため、鉄筋の径の選択や梁幅の設定などにおいて、最適な経済設計が可能で、タイプ 1 のような太径鉄筋の使用・梁幅の増大などが発生しにくい。

デメリット

- ・タイプ 1 のような、梁 PCa の両サイドに柱 PCa があり、柱 PCa から上に突出している柱筋の中に梁 PCa の鉄筋を差し込む方式でなく、支保工の上に梁 PCa 部材を置いているだけの空中にある状態なので、安定した支保工・位置決めのための斜めサポートの設置などの慎重な仮設計画が必要。また、梁部材のセット時に、測量工の合番による精密な位置出しが必要。

5. 品質確保の要点

柱梁 PCa 構造の施工に当たっての品質確保の要点を以下に列挙するが、ここに記述しない内容については「日本建築学会編：建築工事標準仕様書・同解説 JASS10（プレキャスト鉄筋コンクリート工事）」を参照されたい。

躯体精度の品質確保

- ・タイプ 5 の場合、梁部材のセット時に測量工の合番による精密な位置出しが必要だが、鉄筋の接合の後にも再度精度確認を行い、必要により是正する。
- ・鉄筋の継手に溶接工法を採用する場合、1 ヲ所につき 1.0～1.5mm 長さが縮むので、部材製作はこれを考慮して行う。
- ・柱 PCa セット時のレベル調整用ライナーは 3 ヲ所が望ましいが、床(柱)のコンクリートが若材齢の場合、支圧強度の確認が必要。

構造体（コンクリート・鉄筋）の品質確保

- ・PCa コンクリートと現場打設コンクリートの一体性確保のため、コッターを設ける・目荒しを行う・PCa 製作時に遅延剤を用いて水洗いして

粗面を出す等の措置を行う。

- ・柱梁接合部に柱筋の貫通孔を設けて柱筋を通しグラウト接合するタイプ 3・4 の場合、施工直前に孔内の水湿しを行う。
- ・40 階を越えるような超高層住宅の下層部の柱では、100N/mm² 前後の高強度コンクリートが用いられるが、このコンクリートは強い粘性と高い流動性により、現場打設が極めて困難なことが多い。このような高強度コンクリートを用いる部材では、現場打設を極力行わない工法の選択が必要。タイプ 3 と 4 では、柱のコンクリートの現場打設がないので、良好なコンクリート品質を確保できる。
- ・柱梁接合部のコンクリートが現場打設で、柱と梁のコンクリート強度が異なる場合、事前に柱廻りに止め枠を設置して、まず、柱コンクリート強度で柱梁接合部のコンクリートを打設し、その後、梁コンクリートを打設する。この時の打ち継ぎ時間の適切な管理と適切な施工が、コンクリートの品質確保上、重要である。
- ・機械式継手内への鉄筋の挿入は、所定の長さが確保できるように、事前に鉄筋端部にマーキングを行い、施工時および接合後にマークの確認を行う。
- ・機械式継手へのグラウト注入の有無が確認できるように、注入口が見えるようにして、グラウトの漏出を確認する。

品質管理システムなど

- ・近年、鉄筋のサイズ・種類・本数の間違い、機械式継手やスリーブジョイントのグラウト未注入などのミスが発生しており、施工時の全数検査を確実に迅速に記録に残すため、小型パソコンや携帯端末・デジカメ・IC タグ(RFID タグ)・無線通信などの ICT 技術を用いた「品質管理システム」の開発が重要で、いくつかの方法が実用化されている。
- ・鉄筋のサイズ・種類の識別のために、マーキングルールを設定して、荷受け時・施工時に確認する。

6. おわりに

柱梁 PCa 構造の施工に当たっては、工区分割の位置・分割数、部材分割(部材タイプ)の選定、部材タイプの組合せバリエーション、部材の重量・揚重機の選定、鉄筋の選定、鉄筋の継手工法の選定、コンクリート強度の打ち分けの有無、施工手順、要求工期(施工速度の設定)、などにより、工期・コスト・品質等の総合的な検討の上、ベストな選定を行うこと、及び、品質管理システムの活用などが、品質確保上、非常に重要である。