

超高層RC造集合住宅の施工 その1 RC積層工法の適用

東京建築支店 伊藤博通, 佐藤秀孝, 中瀬博一
札幌支店 横井知也

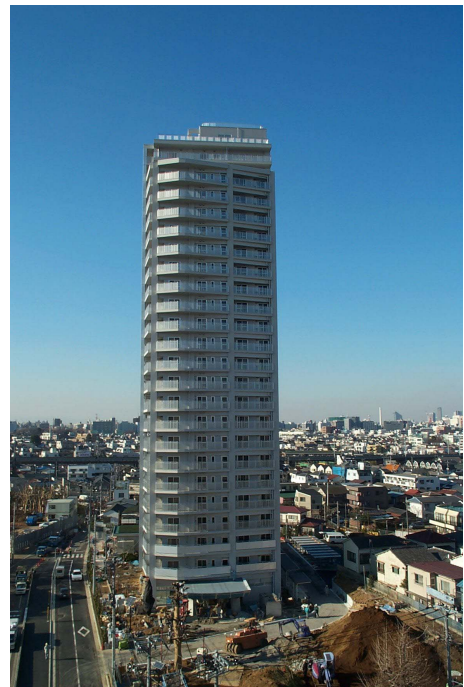
概要：本建物は、当社としては初の設計・施工による超高層鉄筋コンクリート造集合住宅で、主要構造部にプレキャスト部材（以下、P C a部材という）を用いている。RC積層工法による躯体の構築を計画し、1層毎の工程は、P C a化率の低い2～7階は10日サイクル、8階から23階までは7日サイクルで計画した。またコンクリートの打設は、鉛直部材(V)と水平部材(H)を分離して打設する、V H分離打設工法とした。本報は、工法計画と実施の結果について、7日サイクルを中心に報告するものである。

キーワード：RC積層工法，サイクル工程，プレキャスト部材，V H分離打設工法

1. 工事概要

以下に、工事の概要を示す。

- ・ 工 事 名 称：(仮称)西品川1丁目区民住宅新築
- ・ 建 設 地：東京都品川区西品川1丁目20-16
- ・ 事 業 主：三菱マテリアル(株)
(株)ピーエス三菱
- ・ 設 計 監 理：(株)ピーエス三菱一級建築士事務所
- ・ 施 工 者：(株)ピーエス三菱東京建築支店
- ・ 工 期：2001年4月～2003年3月
- ・ 敷 地 面 積：5059.15 m²
- ・ 建 築 面 積：1547.00 m²
- ・ 延 床 面 積：13122.74 m²
- ・ 基準階床面積：523.76 m²
- ・ 規 模：地上25階，地下なし
- ・ 軒 高：G L + 77.1m
- ・ 最 高 高 さ：G L + 78.5m
- ・ 主 要 用 途：集合住宅
- ・ 構 造 種 別：鉄筋コンクリート造
- ・ 構 造 形 式：純ラーメン構造



2. 工法概要

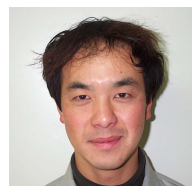
本建物のP C a部材は下記のとおりである。2～7階の大梁は、X，Y方向共下端主筋が2段配筋となっているため、1スパンないしは2スパンを対象としたP C a化は難しく、先組鉄筋工法を採用し型枠コンクリート造(一部、半P C a梁)とした。また、片持ちスラブが無いまたは片持ちスラブが切れている部分には、柱に遠心成形外殻コンクリート管を用いた。



伊藤博通
建築事業部
工事第一部



佐藤秀孝
建築事業部
工事第一部



中瀬博一
建築事業部
工事第一部



横井知也
建築工事部

- ・ 柱 : せん断補強筋内蔵遠心成形外殻コンクリート管
- ・ 大 梁, 小 梁 : 半 P C a 梁, 複合半 P C a 梁
- ・ 一 般 ス ラ ブ : 穴開き P C 合成床板
- ・ 片持ちスラブ : 半 P C a 板
- ・ 外 壁 : P C a カーテンウォール, A L C 板

図 - 1 に基準階伏図と長辺方向軸組図を示す。伏図には半 P C a 梁と一般スラブおよび片持ちスラブの P C a 部材の割付けを, 軸組図には P C a 柱の配置と使用したコンクリート強度の高さ方向分布を示す。使用した工法の工法名, 商品名, メーカー, および認定番号を以下に列挙する。表 - 1 には基準階の P C a 部材のピース数を示し, 表 - 2 には型枠換算およびコンクリート換算時の P C a 化率を示す。

柱主筋継手工法

(1 ~ 11 階)

無機グラウト継手

エースジョイント(東京鐵鋼株)

BCJ - C2140

エポキシ系グラウト継手(芯鉄筋のみ)

エポックジョイント(東京鐵鋼株)

BCJ - C2227

(12 階以上)

エポキシ系グラウト継手

エポックジョイント(東京鐵鋼株)

BCJ - C2227

梁主筋継手工法

(2 ~ R 階)

エンクローズ溶接継手

KEN - SH 工法(株神戸製鋼)

BCJ - C1253(追 1)(追 2)

梁主筋定着工法

(2 ~ R 階)

プレートナット工法(東京鐵鋼株)

BCJ - C2140

柱半プレキャスト

(2 ~ 25 階)

遠心成形外殻コンクリート管

プレカラム(三菱マテリアル建材株)

BCJ - C1528(追 2)

一般床スラブ

(2 ~ 25 階)

穴あき P C 合成床板

バリアックス合成床(明星セメント株)

BCJ - C1790

片持ち床スラブ

(2 ~ 25 階)

オムニア筋内蔵半 P C a 板

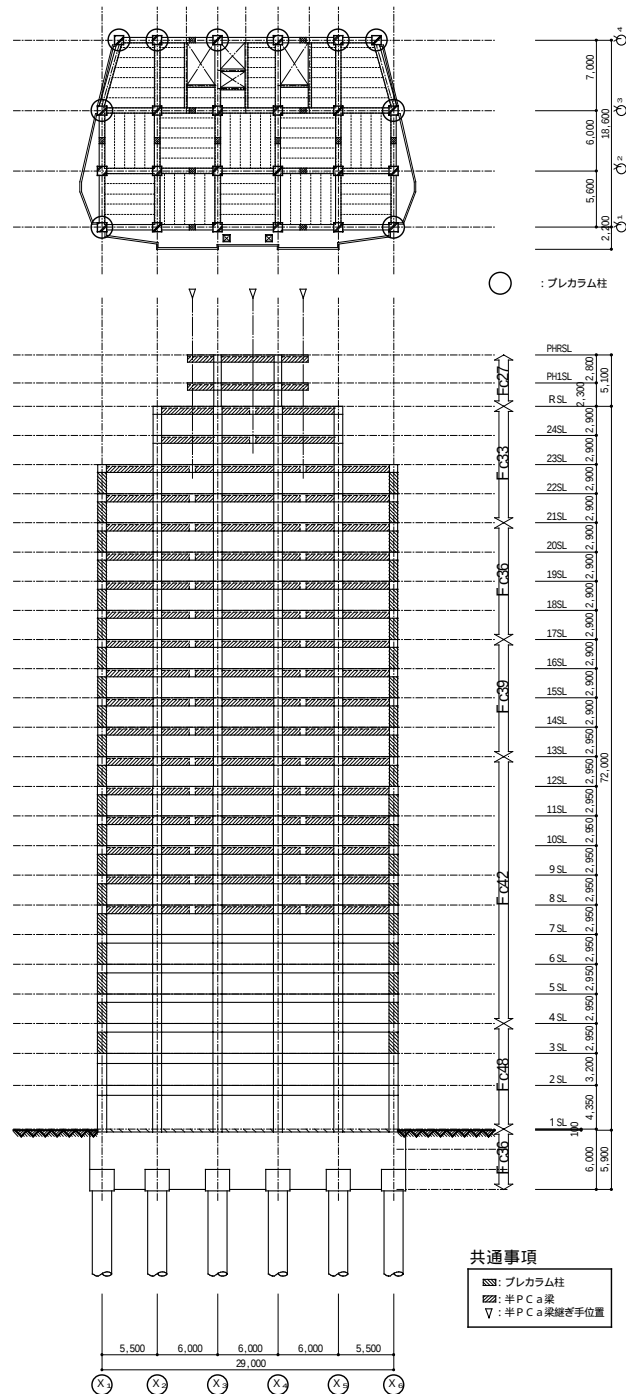


図 - 1 基準階伏図・軸組図

表 - 1 使用したPCa部材数(基準階)

部 位	柱	梁	一般スラブ	片持ちスラブ	PCaCW
ピース数	10	24+7	86	9	5
最大重量	14.71kN	76.49kN	6.86kN	27.46kN	36.28kN
最小重量	12.75kN	53.94kN	2.45kN	6.86kN	23.54kN

表 - 2 PCa化率(基準階)

部 位	工 法	柱	梁	一般スラブ	片持ちスラブ
片 枠 換 算	PCa工法	2,345.7m ²	7,218.2m ²	10,107.0m ²	2,266.4m ²
	在来工法	3,851.5m ²	3,851.5m ²	—	—
	PCa化率	37.85%	73.96%	100%	100%
コンクリート 換 算	PCa工法	56.1m ³	1288.0m ³	1174.8m ³	183.7m ³
	在来工法	965.1m ³	1341.3m ³	808.6m ³	288.6m ³
	PCa化率	5.49%	48.99%	59.23%	38.89%

3. 総合仮設

総合仮設を図 - 2 に示す．鋼製仮囲いは 3.0m の高さで南側道路際と西側住宅との境界に計画した．通勤車両駐車場，資材置き場および建設廃材の分別ヤードは敷地の北側に，事務所・詰所は敷地の西側に配置し，給水引込みは北側道路から，仮設電気引込みは西南のコーナーから行った．南側接道は狭いため，PCa部材などの長尺物の搬入は主に東側ゲートを使用し，西側ゲートは作業員の出入り専用とした．また，図中の建物北側の枠組足場，梁筋先組ヤードおよび門型クレーンは，梁筋先組工法を採用した7階スラブまで設置したが，それ以降は解体撤去している．その後は北面には鉄骨製の張り出し足場，東西面にはアルミ製の吊り足場(既製品)を使用し，サイクル毎にタワークレーンを用いてせり上げていった．タワークレーンは JCC230(35m ブーム，吊上げ荷重：115.6kN)を1台設置した．図中に作業半径 35m の場合と 25m の場合の吊り荷重を記入する．人荷および資材の揚重は，高速エレベーターSEL-2000(積載荷重：19.6kN)を用いて行った．

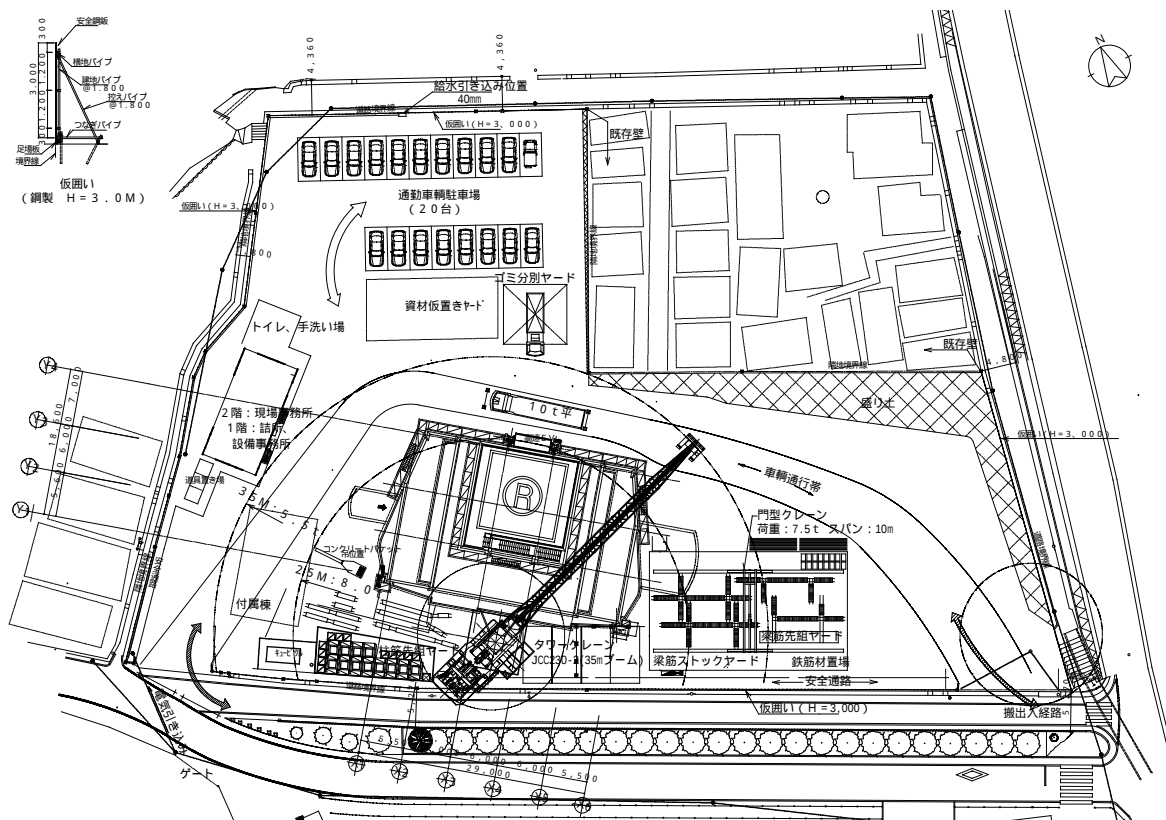


図 - 2 総合仮設計画

4. 7日サイクル工程

(1) 計画

表 - 3 にはサイクル工程を、図 - 3 にはサイクル工程の概要を示す。

表 - 3 7日サイクル工程計画(——— は、ヤード作業を示す)

	1 日目	2 日目	3 日目	4 日目	5 日目	6 日目	7 日目	工種別計
墨出し	基準墨 (2)	逃げ墨 (2)						2人
型枠大工	在来柱墨・柱型枠 (7)	柱型枠 (5)	Vコン (5)			梁ジョイント、段差 (4)	ホロン打設 (2)	18人
鉄筋工	Hoop巻下し (4) 梁上端筋挿入 (4)	梁上端筋挿入 (3)		梁上端筋 柱筋先組 (5)	梁上端筋配置、結束 (6)	先組柱筋、継手 (9)	柱筋先組 (3)	30人
鷹・土工	支保工荷揚、プレカラム (9)	Vコン(4) 梁支保工 (7-3)	梁揚重及び架設 (5)	小梁等 (5)	バリアックス (5)	バルコニー 支保工解体 (2)	柱筋養生 ホロン打設 (5)	38人
溶接工				梁下端筋・上端筋 (2)	梁上端筋 (4)			6人
鍛冶工				鉄骨階段 (4)		PCaファスナー (2)	コンタイル (2)	6人
ポンプ他							ホロン打設(3) 左官(7)	10人
日別計	22人	15人	5人	16人	15人	17人	20人	110人

1 日目： 施工階では、午前に基準墨とプレカラム並びに在来工法柱の墨出し、柱フープの巻下ろし、および半 P C a 梁用支保工と柱型枠材の揚重を行い、午後は半 P C a 梁用支保工の架設、プレカラムの据え付けと在来柱型枠の建て込みを行う。

ヤードでは前日に荷降ろしした半 P C a 梁 12 本に上端主筋を挿入し、下層階では北側跳ね出し足場の盛り換えを行う。

2 日目： 施工階では、午前は前日に引き続き半 P C a 梁用支保工の架設、在来柱型枠の建て込みを行い、A L C 板を揚重する。午後は午前にも引き続き半 P C a 梁用支保工を架設する他、柱のコンクリート(Vコン)を打設する。打設には容量 3 m³ のホッパー 2 台を使用する計画とした。

ヤードでは、半 P C a 梁 12 本を荷降ろし後上端主筋の挿入を行い、施工階の 2 層下の階では梁側型枠と柱型枠を解体し、型枠のケレン・加工修正作業を行う。

3 日目： 施工階では、終日、半 P C a 梁 24 本を揚重し、柱頭に設置し、ヤードや下層階での作業は休止することとした。

4 日目： 施工階では、午前は半 P C a 小梁 7 本と鉄骨階段 2 基を揚重・設置し、午後はバリアックス板 86 枚中 41 枚を敷設する。なお、半 P C a 梁の主筋の溶接継手はこの日から着手し、Y 方向梁の下端主筋の溶接から開始、バリアックスの敷設の進捗状況に従って上端主筋の溶接に移行し、5 日目も終日、溶接作業を行う。X 方向の上端主筋の配筋は、Y 方向梁上端主筋の溶接とほぼ同時刻から開始し、5 日目も終日、継続して行う。

ヤードでは柱筋先組みを行う計画とした。

5 日目： 施工階では、4 日目に引き続き、バリアックス板の敷設、X 方向梁上端筋の配筋および溶接を行う他、梁上端主筋の結束と梁ジョイント部の肋筋配筋、半 P C a バルコニー板の揚重・設置と仮止めを行う。

6 日目： 施工階では、鉄筋工事はスラブ筋揚重後、先組みした柱筋を取り付け、グラウト継手の施工を行う一方、スラブ筋を配筋する。型枠工事は梁ジョイント部の型枠取り付け後、3 スパン分の段差スラブ型枠を取り付ける。金物工事は、北側 P C a カーテンウォールの 1 次ファスナーとコンクリート天端を示すポインターを取り付ける。

下層階では、3 層下の階の梁およびバルコニーの支保工を解体する。

7日目： 施工階では，半P C a 梁上端，梁ジョイント部，およびスラブのコンクリート(Hコン)を，ピストン式ポンプ車を使用して打設する．ヤードでは，柱筋先組みと半P C a 梁の荷降ろしを行う計画とした．

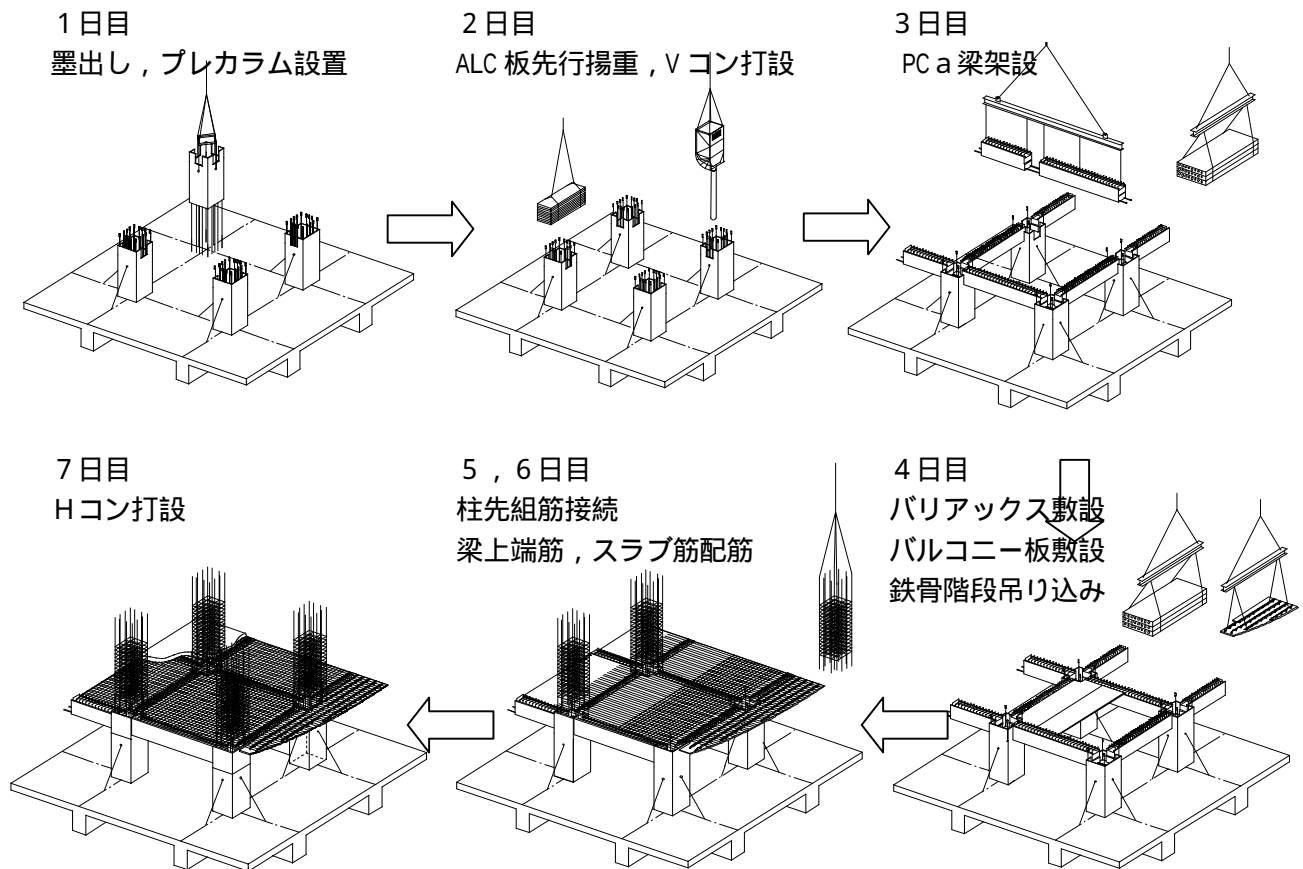


図 - 3 サイクル工程図

(2) 施工結果

計画時に想定した歩掛かりと実施工時のそのの比較を図 - 4 に，7日サイクルの結果を表 - 4 に示す．計画時に想定した歩掛かりの違いはバリアックス板敷設において顕著であった．しかし，計画の修正等により導入当初から7日サイクルを実施でき，計画に対する習熟効果等により作業の平準化と余裕のある工程管理が可能となった．1日毎の施工内容はその日の主要な作業について，写真とともに記述する．

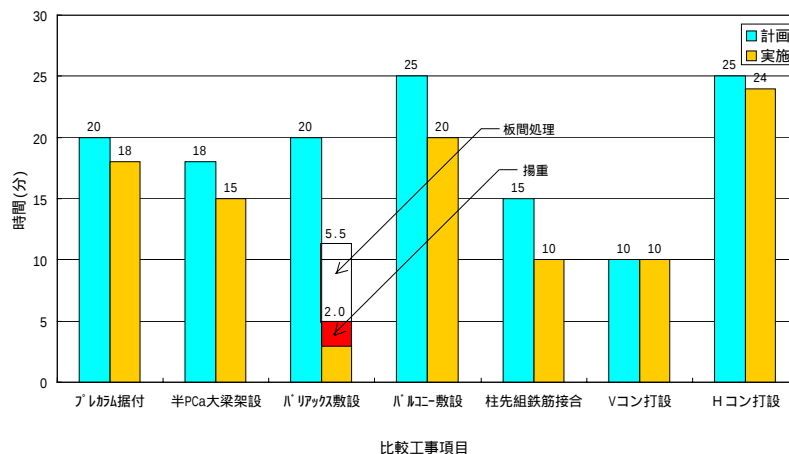


図 - 4 各工事項目の歩掛かり比較(計画と実施の違い)

表 - 4 7日サイクル施工結果(——— は、ヤード作業を示す)

	1 日目	2 日目	3 日目	4 日目	5 日目	6 日目	7 日目	工種別計
墨出し	基準墨 (2)							2人
型枠大工	在来柱墨・柱型枠 (5)	柱型枠 (4)	梁隙間処理 E/V開口養生 (3)	梁隙間処理 (3)	型枠段取 梁継手型枠 (2)	梁ジョイント、段差 (3)	ロン打設 (3)	23人
鉄筋工	Hoop巻下し(2) 梁上端筋挿入 (2)	柱筋修正(2) 梁上端筋 (2)	プレート撤去 (2) 梁上端筋横移動 (2)	梁上端筋横移動 (2)	先組柱筋揚重 スラブ配筋 (4)	先組柱筋、継手 (3)	大梁主筋・柱先組 (2)	19人
鷹・土工	支保工荷揚・架設(3) プレキャスト、セット (6)	Vコン(6) 梁支保工 (3)	支保工架設(3) 梁揚重・架設 (5)	バリックス (7) バルーン (7)	バリックス板間処理 (7)	大梁荷下し(4) 支保工解体 (3)	ロン打設 (8)	55人
溶接工			エングロース 溶接 (2)	エングロース 溶接 (2)	エングロース 溶接(2) (2)			6人
鍛冶工						PCaファスナー (2)	コンタインク (2)	2人
ポンプ他		A L C (4)					ロン打設(3) 左官(7)	14人
日別計	18人	19人	15人	14人	15人	15人	23人	119人

a) プレカラムの設置(1日目)

プレカラムは、専用吊りベルトを用い、タワークレーン1基で車上から1回に4本を荷降ろしした。午前には柱24ヶ所のフープの巻下ろしを、2名の作業員が6分/1ヶ所で行い、午後は10本のプレカラムを3名の作業員が18分/1本でセットした(写真 - 1)。

プレカラムの建込は、押し引きサポート(X,Y方向各1ヶ所)で行い、建込精度の確認は下げ振りで行った。建込精度は±3mm以内であった。

b) 柱コンクリート(Vコン)打設(2日目)

打設は振動機付きバケット(容量2.5m³)2台を用い、サニーホースを柱中央に挿入して行った。平均打設速度は10m³/hであった(写真 - 2)。コンクリートの打設は、柱を高さ方向に3層に分け連続的に行い、作業員3名が高周波棒形振動機(φ40mm)1台で締固めを行った結果、豆板やジャンカの無い、密実なコンクリートが得られた。柱のせき板は所定のコンクリート強度が得られたことを確認した後7日後に脱型した。

c) PCa梁架設(3日目)

PCa梁(24P)の架設は、4名の作業員が15分/1ピースで行った(写真 - 3)。また、小梁の上端主筋は、大梁PCaの現場接合部を小梁PCaの芯に移動することにより、容易に納めることができた。梁の主筋はエングロース溶接とし、下端主筋から開始した。上端主筋の溶接の際、溶接位置と小梁が取り合うところは、計画時にスターラップをあらかじめ広げておくことで作業時間の短縮と配筋の乱れを防ぐことができた。



写真 - 1 プレカラムセット



写真 - 2 Vコン



写真 - 3 PCa梁

d) バリアックスの敷設(4日目)

バリアックスはまず全ての部材を3時間程度で荷揚げ・仮置きし、5名の作業員が敷込みを3分/1枚で行った(写真-4)。板間の処理は翌日の作業とした。バルコニー版の架設は、5名の作業員が20分/1ピースで行った。



写真-4 バリアックスの敷設

e) 先組み柱筋の取り付け(5日目)

先組した柱筋(24組)は、柱頭プレートセットし、四隅部の主筋をレンフロクランプで吊り、4名の作業員が10分/1本でセットした(写真-5)。

f) 柱主筋継手(6日目)

継手は機械式継手を用い、3時間耐火を要求される11階まではエースジョイントを主に、2時間耐火以下で、かつ継手位置でのコンクリートのかぶり厚さが80mm以上確保できる継手については、エポックジョイントを用いた(写真-6)。



写真-5 柱筋吊り込み

g) 梁・スラブコンクリート打設(7日目)

ポンプはピストン式コンクリートポンプ(最大吐出量 $50\text{m}^3/\text{h}$ 、最大吐出圧 $120\text{kg}/\text{cm}^2$)を用い、配管は9階から行い、3名の作業員が担当し、締固めは高周波棒形振動機($\phi 40\text{mm}$)2台で行った。平均打設速度は $24\text{m}^3/\text{h}$ であった(写真-7)。

打設後、鋤押さえ前に合成樹脂エマルジョン系膜養生剤を散布(写真-8)しコンクリートを押さえた後3時間程度散水養生を行った。せき板の脱型は2日後、支保工の解体は14日以降とし、それぞれ所定のコンクリート強度が得られたことを確認した後に行った。ただし、バルコニー先端の支保工については、材齢28日まで残した。



写真-6 柱主筋継手



写真-7 Hコン打設

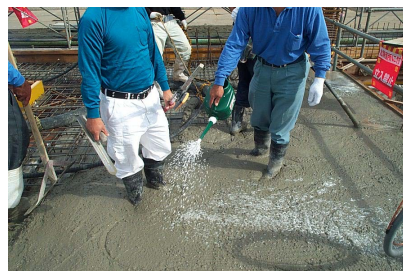


写真-8 膜養生剤散布

5. まとめ

当社初のRC積層工法は、目標とした7日サイクルを全層にわたって達成できた。しかし、歩掛かり、人工の計画やサイクル工程に関連する作業に対する見込み等、反省すべき材料もあった。本工法を経験して気付いた点、反省点を列記し、今後の工事の資料としたい。

(設計上の留意点)

建物外周のバルコニーの有無は仮設工事等に大きく影響するため、設計計画段階での検討が重要である。

梁の下端主筋がX,Y方向共2段配筋にすると,P C a化が難しくなる。重量は増えるが,梁幅を大きくするなどの処置を行い,P C a化率を上げることが工期短縮に繋がる。

P C a梁は落とし込みとなる。一方,P C a梁の主筋は太径となり位置が固定される。このため,柱筋と梁筋のクリアランス(今回は9mm)は20mm程度必要である。

P C a梁の横方向被り厚さを左右で変えた場合,製作時に間違いを生じやすい。また,揚重時に傾き落とし込みが難しくなる。

柱断面寸法が上下階で変わる場合片寄せに絞ると,柱筋先組時に主筋方向や柱梁接合部内せん断補強筋の組み方を間違えることがある。柱芯を通すように絞ると良い。

(全体計画)

本工事では生コンプラントを1社とした。今回は事故も無く事なきを得たが,生コンプラントは最低2社を確保したい。

本工法ではまず施工計画を作成することが重要である。作成した施工計画をもとに専門工事に業者に工法説明を行い,専門工事業者の意見を取り入れる態勢が必要である。

P C a部材の製造は,在来工法と比較して事前に検討すべき項目が多い。発注材の決定時期や製作期間は,P C a部材の製造期間や全体工程に影響を及ぼすので,架設の3ヶ月前には部材製作図を承認する必要がある。着工前後に多数の人的資源を投入する必要がある。梁を貫通するスリーブの位置と大きさは,総合設計図を作成して検討する必要がある。

(P C a部材)

P C a部材は製作段階での管理が重要である。著しい欠陥がある部材は現場納入時に返品するが,工程管理上好ましい事態ではなく,欠陥を出さない管理が重要である。

柱梁接合部のフープは,あらかじめ梁下端主筋の上に取り付ける必要がある。P C a梁落とし込みのためには,かぶり確保できる範囲で出来るだけ大きくする。

梁主筋の柱内定着はプレートナット工法とした。プレートナットの接合はグラウト式またはエポック式で行ったが,コストの面ではトルク式が優位(確認は若干難しい)である。梁上端主筋はP C a梁に挿入し,梁架設後に横移動して所定の位置に配筋する。上端主筋の継手数を適正とするためには,事前に綿密な計画が必要である。

(先組柱筋)

先組柱筋にはネジテツコンを使用し,継手は機械式継手としたが,全ての継手を同一方向に回すため,組上がり時点でねじりが生じる。補助治具を用いてねじりを修正する必要がある。

機械式継手の性能はグラウト充填に依存している。充填の有無と充填量の管理が重要である。

先組柱筋の継手位置は,層を重ねるうちに正規の位置からずれる。柱サイズ変更時および最上階で鉄筋長さを調整して継手位置を修正する必要がある。

本工事では先組柱筋を用いたが,フルP C a柱とすることでサイクル工程を1日短縮することが可能である。

(その他P C a部材)

バリアックスを使用することにより支保工が不要になるという利点があったが,1フロアあたりの枚数が多くなる。板間のスキマ処理に人工がかかる(約7.5時間),版のキャンバーによるスラブ天端のレベル管理等の課題がある。

バルコニー版の架設において,外部の仕上げや本設の手摺を付けるまでをヤードで終えた後,揚重する方が施工上有利である。

謝辞

本工法を計画するにあたり,非常勤顧問 中村乙丙氏の適切な指導・助言を得ました。また,東京建築支店建築事業部建築統括部北村工務部長をはじめとする多くのスタッフの支援を得ました。