プレキャスト外殻管柱を使った 高層 RC 建物の省力化施工

高田 義夫*¹・岡本 秀雄*²・増田 安彦*³

概要 本報告は JR 川口駅西口に計画された高層集合住宅物件の施工記録である。当建物は RC 純ラーメン構造の 23 階建ての集合住宅で、高品質で均一な精度の高い鉄筋コンクリート造の躯体を合理的かつ経済的に得るため以下に説明する工法を採用し、設計段階から施工性を十分に考慮した計画が行われている。この工法は現場における高度の品質管理・省力化および工期短縮等を目的とし、高強度組立鉄筋、柱型わくのプレキャスト化（遠心成形法による PCa 外殻管柱「プレカラム」）、システム化はり型わく、薄肉 PCa 床板等の手法を用いて各部位の組立てを行い、残りの部分のコンクリートを現場で打設することにより一体化された躯体を得る工法である。

キーワード：高層集合住宅，組立鉄筋，プレカラム，システム型わく，省力化，経済性

1. はじめに

川口市は埼玉県の南寄り、東京都との県境に位置する人口 45 万人の、首都圏でも有数の中核産業都市である。

近年、特に JR 川口駅周辺は、市街地の均衡ある発展をめざした再開発事業の主要ターゲットとなっており、整備が着々と進められている。

川口駅西側における特定住宅市街地総合整備促進事業は、基本方針として駅前広場、公園、文化センターなどの公共公益施設群の構築と、それらと整合のとれた市街地整備作業と併せた良好な住宅建設を供給するという計画となっており、当建物もこの市街地総合整備事業の一翼を担うものである（写真-1）。

当建物は RC 純ラーメン構造の 23 階建ての集合住宅で、その施工法として、PCa 柱型わく（「プレカラム」）、システム化はり型わく、ハーフ PCa 床板、組立鉄筋などの手法を用いて工事を進めてきた。これらは省力化と経済性を適度にバランスさせた合理的な工法であるといえる。

2. 建物の概要

建物の概要を表-1 に示す。建物の用途は、地上階は 1 階が公開空地、2 階以上が集合住宅（図-1）、地下階は駐輪場および設備機械室となっている。基準階階高は 3.0 m、1 階は 5.0 m、地下階は 3.0 m である。また、当

敷地内には住宅棟のほかにも 52 台収容の立体駐車場および 35 台収容の地下駐車場が併置されている。

3. 構造計画

3.1 構造計画概要

当建物は、地上 23 階、塔屋 1 階、地下 1 階、軒高

写真-1 完成予想パース

*1 たかた・よしお／㈱大林組 東京本社 東急川口飯塚町 JV 工事事務所 所長

*2 おかもと・ひでお／同上 東京本社 建築生産本部 工務部 技術課

*3 ますだ・やすひこ／同上 技術研究所 構造第三研究室（正会員）

72.4 m, 最高高さ 77.5 m の鉄筋コンクリート造の建物である。平面の構成は、2～6 階の基準階では X・Y 両方向ともスパン長さ 5.0 m+2×6.0 m+2×5.0 m で構成された一辺の長さが 27.0 m の正方形の南北の隅を 5×5 m 欠き込んだ形をしており、中央部分に 2×2 スパン分の吹抜けを有している。7 階以上は徐々に東西南の 3 隅を欠き込んでセットバックし、23 階では 22.0×22.0 m の正方形の北の隅を欠き込んだ形となっている。1 階部分は基準階平面より 4 面ともそれぞれ 1 スパン張り出したフレームを有している (図-2)。X・Y 両方向ともに鉄筋コンクリート造純ラーメン構造とし、基本的に小ば

表-1 建物の概要

名 称	東急ドエルスカイマークタワー川口 (仮称)
用 途	集合住宅 (129 戸)
所在地	埼玉県川口市飯塚町 3-3-1
設 計	意匠・設備 (株)東急設計コンサルタント 構造 (株)大林組東京本社一級建築士事務所
施 工	共同企業体: (株)大林組東京本社, 東急建設(株), (株)埼玉建興
工 期	'92 年 2 月～'94 年 9 月
階 数	地上 23 階 (基準階高さ 3.0 m) 塔屋 1 階 地下 1 階
構 造	地上 鉄筋コンクリート造純ラーメン構造 地下 耐震壁付き鉄筋コンクリート造ラーメン構造 基礎 拡底アースドリルぐい
規 模	建 築 面 積 929 m ² 延べ床面積 1 万 2 022 m ² 基準階面積 488.79 m ² 軒 高 72.4 m

りを配さない柱と大ばりのみの架構とし、その崩壊機構は原則としては降伏型の全体崩壊型になるように計画した。なお、立体駐車場および地下駐車場は高層住宅棟とは完全に切り離されており、それぞれ構造的に別の建物として設計した。

部材の標準断面を図-3 に示す。2 階以上の柱には帯筋を内蔵した「構造プレカラム」を使用している。このタイプのプレカラムでは高層 RC のような高軸力下においても構造体の一部として取り扱うことが可能である。後述するように、プレカラム柱の性状は曲げ耐力、せん断耐力、靱性能のいずれも通常の部材よりも優れたものとなるが、柱部材の設計にあたってはいずれも場所打ちの部材と同等であるとして断面を決定している²⁾。

3.2 プレカラム工法の概要

プレカラムは、通常ヒューム管等を製造するさいに使

図-1 基準階平面 (12～20 階)

Higher Productivity of High-rise Reinforced Concrete Building Construction with Precast Concrete Shell Columns

By Y. Takata, H. Okamoto and Y. Masuda

Concrete Journal, Vol. 32, No. 6, pp. 45~54, June 1994

Synopsis This paper describes a construction record of a high-rise residential building at the west side of the Japan Railway Kawaguti Station. This building has 23 stories above ground with reinforced concrete rigid frame structure, and it has been planned and designed to apply the methods described below in consideration of constructability from the very beginning phase of the project in order to secure higher quality and preciseness of the structure, and rationality and economy of the project. The methods are combination of pre-assembled high-strength re-bars, precast concrete column form (Pre-Columns), systematized beam form and precast concrete plank which are to be assembled at site. The concrete placed at site unified the above members and secured the high quality structure with less labours and shorter construction time.

Keywords : high-rise residential building, pre-assembled re-bars, Pre-Column, systematized form work, labour saving, economy

用される遠心力成形機を利用して製造される、柱用の角型中空薄肉 PCa 部材である。

当建物で使用したプレカラムは、図-4 に示すように部材の外殻部分に中子筋付きのフープ筋を打ち込み、結果として型わく材としての機能を兼用するハーフ PCa 構造部材（「構造プレカラム」）である。

プレカラムの種類としてはこのほかにも、フープ筋を打ち込んでいない捨て型わくとしてのみ利用する「型わくプレカラム」もある。いずれも内部に現場打ちコンク

図-2 基準階伏図および軸組図

図-3 柱、はり、構造標準断面

図-4 プレカラムの断面

リートを打設し柱を構築するもので、型わく作業が省略でき、さらに「構造プレカラム」では現場での配筋作業が簡略化される。プレカラム工法の主な特徴を列記すると、①工場製品を用いることによる型わく製作、組立ての合理化、②セパレータなどの支保工の省略化、③軽量化による簡易施工、④配筋作業の省略化、⑤特殊な鉄筋継手が不要、⑥脱型作業が不要、⑦仕上がり面が平滑、などが挙げられる。

プレカラム工法は平成4年8月に大臣認定を取得しているが、当建物（平成4年2月着工）では個別評定物件として2階以上の部分に構造プレカラムを使用し、60mを超える高層RC建物においては初の採用事例となった。

3.3 プレカラム柱の構造特性について

プレカラムの内部に主筋を配置し、コンクリートを充

図-5 プレカラム構造実験用試験体断面

表-2 プレカラムの構造実験概要

試験体	$b \times D \times h_0$ (mm)	主筋 (p_g %)	フープ筋 (p_w %)	コンクリート強度 (kgf/cm^2)	軸力 (F_c/bD)	PCa管 タイプ
1	400×400 ×1 600	12-D19 (2.15)	2-D16	外殻部	0.33	A
2			2-D13	675	0.25	A
3			@ 85	充填部	0.25	B
4			(1.92)	252	0.33	一体打ち
5	350×350 ×800	8-D19 (1.87)	4-D13	外殻部	0.55	A
6			@ 100	584	0.55	B
7			(1.45)	充填部	0.55	一体打ち
8	400×400 ×600	8-D19 (1.40)	2-D10 @ 120 (0.30)	外殻部	0.125	A
9				823	0.125	一体打ち
10				充填部	0.25	A
11				301	0.25	一体打ち
12					0.125	A
13	400×400 ×1 000				0.125	一体打ち

図-6 プレカラム構造実験用試験体立面

図-7 せん断力-層間変位関係 (上段がハーフ PCa 試験体, 下段が対応する一体打ち試験体)

る。これからも分かるように、柱の外殻部コンクリートの強度が上がることによって部材の耐力性状は改善される。特に、副帯筋（中子筋）の打込みによって、外殻と充填コンクリートの一体性は向上し、付着割裂に対する抵抗が増すことが分かった。これらの実験のほかにも実大実験を実施し、ハーフ PCa 柱部材の耐力性状やひびわれなどの諸性状について、通常の一様打ち部材よりも同等以上の結果となることを確認した。なお、詳細については文献 3)～5) を参照されたい。

4.1 工法概要

総合仮設計画を図-8に示す。2階以上の地上階部分

表-3 工法採用区分

Vol. 32, No. 6, 1994. 6

図-9 工法の概要

図-10 全体工程表

図-11 基準階サイクル工程表

についての工法採用区分を表-3に、工法の概要を図-9に示す。また、全体工程表を図-10に、基準階のサイクル工程を図-11に示す。基準階での基本工程は11日のサイクルとなっているが、2フロアを1節とした鉄骨階段の建方のないフロアでは10日サイクルとなる。本工事では全体工期に比較的余裕があったため、サイクル工程を圧縮するよりもむしろ作業の連続性を保ち、労務量の平準化を主眼に工事を進めたが、さらにサイクル工程を短縮することも可能であろう。

4.2 柱型わく工事

(1) プレカラムの製作

図-12にプレカラム製造工程を、表-4に本工事におけるプレカラムの使用数量を示す。プレカラムは通常の

普通コンクリートを用いて製造される。プレカラムの出荷時強度は 500 kgf/cm^2 とし、出荷時強度に製造工場実績標準偏差を考慮して調査強度としている。なお、内外とも正方形の薄肉部材を遠心成形によって製作する条件から所要スランプ量を決定している。

遠心成形は、既存の遠心力成形装置と専用の鋼製型わく(写真-2)を用いて行う。型わく内に練り混ぜたコンクリートを均一に投入しながら、型わくの回転により発生する遠心力(約 25 G)によって充填、締め固めることによって成形する(写真-3)。成形後の養生は一定時間の常圧蒸気養生とし、その後、気中養生とする。本

表-4 プレカラム数量表

階数	断面寸法 (□-外形)	フープ 種別	数量(ピース)		
			中子筋付き	中子筋なし	計
2~6	900×900	U-13	150	0	150
7~15	850×850	U-13	225	54	279
16~PH	850×850	U-11	115	135	250
計			490	189	679

写真-2 遠心成形用の型わく(写真提供:三菱マテリアル建材㈱)

図-12 プレカラムの製造工程

写真-3 遠心成形中

写真-4 中子筋付きの構造プレカラム

工事ではフープ筋にスパイラル型の高強度せん断補強筋（リバーボンスパイラル）を使用している。柱のうち全体の約3/4程度が中子筋付きのタイプとなっているが、これらの柱のフープ筋は外周部帯筋と中子筋とを一筆書きの要領で連続的に加工、製造されたものを使用している（写真-4）。

(2) プレカラムの施工

図-13にプレカラムの施工フローを示す。プレカラムの建込み作業は、柱主筋の配筋（継手）作業後、クレーンを用いて行い（写真-5）、PC サポートなどを利用して建入れの調整、固定を行う。この後、プレカラムの内部に充填コンクリートを打設すれば柱躯体の施工は完了となるが、このように非常に簡略化された施工がプレカラム工法の特徴である。

なお、プレカラムの外殻部分の厚さは内部充填コンクリートの側圧に耐え得るように設計されているため、コラムクランプ等による支保工は不要である⁶⁾。プレカラムの柱脚部の固定は、プレカラム下端とスラブとのクリアランスに後打ちコンクリートを充填する方法による。

4.3 はり鉄筋工事

はりとは太径異形鉄筋主筋と高強度せん断補強筋（柱用のものと同種）の組合せの配筋となっている。これをス

① 柱筋組立て ② プレカラム建込み ③ 建入れ調整

図-13 プレカラムの施工フロー

写真-5 プレカラムの建込み

パンの中央部分で分割とし、十字形あるいはT字、L字を単位ブロックとする組立鉄筋として施工した。継手には信頼性の高い溶接継手工法を採用している。また、鉄筋の地組み作業は荷捌き用のクレーンを配した専用の地組みヤードで行った（写真-6, 7）。はり主筋の端部アンカー部分は、上筋と下筋の定着部分が相互に連続して一体型のアンカーを形成するU字形の定着方式とし、明快的な配筋構成とすることで、作業量、配筋量の低減化を実現している。

はり鉄筋工事における地組み～セットまでの平均歩掛りは0.8 t/人・日（通常は0.5 t/人・日程度）であり、非常に良好な結果と言えるであろう。

4.4 床型わく工事

床型わくにはハーフ PCa 合成床板を採用した。ハーフ PCa 合成床板はすでに完成されたプレキャスト化型わく手法として多くの製品が出回っているが、本工事では版厚 60 mm、補強トラス筋高さ 100 mm、ピッチ 450

写真-6 はり組立鉄筋の地組み

写真-7 はり組立鉄筋のセット

mmのごく標準的なものを使用した(写真-8)。標準グリッド部分は2枚の割付けとし、2列の支保工を設け、またバルコニー部分は通り芯で分割し、支保工は先端部分に1列を配した。

4.5 はり型わく工事

はり型わくについてもさまざまなシステム型わくが市場にでているが、本工事では独自の現場製作によるシステム型わくを工夫している。これは脱型時の解体作業が不要な型わくで、通常大型パネル用として使用されているダブルシャフト方式の金物を利用して製作した、在来工法を用いたシステムはり型わくとも言えるものである。全体形状は側板部分および底板下部の根太、大引までを1ユニットとした形状となっており、コの字の形を保持したまま、建込み～脱型～保管～転用を行うことができる(写真-9)。また側板部分の頂部には栈木を積層に組み付けておき、必要に応じて取り外し、取付けを行うことによって、はりせいの変化に対応できるものとしている。

コンクリート打設が完了した下階から型わく施工階へ

写真-8 ハーフ PCa 床板の建込み

写真-9 現場製作によるシステム型わく

写真-10 はり型わくの建込み

の揚重、仮置きにはタワークレーンを用いているが、施工階での建込み作業はミニフトを利用している(写真-10)。コンクリートを打設し、所定の強度発現後、ミニフトを用いて脱型作業を行う。上段セパレータ部分の内部ボルトを引き抜き、サポートを徐々に開放してやると、型わく自重により鉛直下方向へ自然とスライドするために、比較的簡単に、かつ安全に作業を行うことができた。

4.6 コンクリート工事

コンクリートには、前述のように、最大設計基準強度

F_c 420 を使用しているが、ポンプ車によって V・H 同時に打設を行っている。プレカラム工法の場合、内部への確実なコンクリート充填は重要な管理項目である。垂直方向では、特にプレカラムに限ったことではないが、最下部がバイブレータによる締固めが行いにくいこともあり、コンクリートが充填されにくい部分と言えるが、この部位では足元クリアランスの塞ぎ型わくを脱型することによってコンクリートの充填状態を確認できる。一方、平面的にはプレカラムの角部分にあたる、コーナーの主筋まわりがコンクリートの充填が厳しいと考えられる。本工事では、これらの部分のコンクリート充填に特に気をつけてコンクリート打設を行ったほか、管理の一方法としてコーナー主筋部分のプレカラム側面に小さな開口 (φ12) を設け、後打ちコンクリートの充填状況を確認した。

5. ま と め

型わく工事に関しての歩掛りは、以下ようになった。

1) 柱 (プレカラム)	27.6 m ² /人・日
2) はり (システム型わく)	12.4 m ² /人・日
3) スラブ (ハーフ PCa 床板)	22.1 m ² /人・日

これらの歩掛りはそれぞれ支保工組立て、転用、補修など一連の作業すべてを含んだものである。各工法は在来工法 (通常 6~7 m² と言われている) に対して、その差はあるものの、いずれも優位性を保っていることが分かる。

通常の高層物件では、特に躯体工事の工期短縮と経済性、さらに品質の確保といった相反する要求がある。本工事のような工業化されたハーフ PCa 工法を主力に用いた RC 工法は、在来工法よりも工期、品質確保上有利となり、またフル PCa 工法よりも安価となるため、それぞれの要求をほどよく満足する中庸的な工法と言えるであろう。

参 考 文 献

- 1) 増田・吉岡・脇坂：遠心成形プレキャストコンクリート部材の開発，大林組研究所報，No. 41，1990
- 2) 平柳・清水・田中・増田：遠心成形柱外殻コンクリート管「プレカラム」を用いた高層 RC 建物の耐震設計例，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp. 347~348，1993
- 3) 増田・吉岡・脇坂：遠心成形プレキャストコンクリート柱の曲げせん断実験，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 12，No. 2，pp. 351~356，1990
- 4) 増田・吉岡・脇坂：外殻コンクリート管を用いた半 PCa 柱に関する研究 (その 1)，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp. 967~968，1992
- 5) 増田・吉岡・脇坂：外殻コンクリート管を用いた半 PCa 柱に関する研究 (その 2)，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp. 677~678，1993
- 6) 谷口・岡本・浜田・安井：遠心成形による薄肉 PCa 柱を用いた倉庫の施工，コンクリート工学，Vol. 30，No. 5，1992.5

《お 知 ら せ》

国際会議のための準備セミナー (第 25 回)

—— 英語によるプレゼンテーションの実践 ——

主催：(社)日本工学会

- 日 時：1994 年 9 月 2 日 (金) 18:00~9 月 4 日 (日) 17:00
- 会 場：海外職業訓練センター研修施設
[千葉市美浜区ひび野 1-1 / Tel. 043-276-0211 / JR 京葉線・海浜幕張駅徒歩 5 分]
- 費 用：参加費 80 000 円 (資料代、懇談会費等を含む) + 宿泊費 18 000 円 (2 泊、食事付き)
- 内 容：
・国際会議の概要 (参加の目的 / 参加者の心掛け / 日本人に多い問題点の整理)
・国際会議参加の準備 (オーラルペーパーの書き方 / 時間配分の心得 / AV の用意と利用法)
・プレゼンテーションの実践 (話しかた / マイク・AV の使い方 / 質疑応答の処理 / 表現)
・プレゼンテーションの評価と練習法 (自己評価 / 他者評価 / 効果的練習法)
- 申 込 み：下記に詳細パンフレットを請求のうえ、8 月 20 日 (土) 必着で申し込む。
- 連 絡 先：(株)日本工学会 / 〒107 東京都港区赤坂 9-6-41
Tel. (03) 3475-4621 / Fax. (03) 3403-1738