

## 20. 超高層 RC 集合住宅建設工事における最新の機械化施工

### 『工業化工法を支える機械施工システム』

清水建設(株)：西田 典宏，門脇 均，○廣瀬 豊

#### 1. はじめに

近年の大規模マンション需要に後押しされ、超高層 RC 集合住宅の建設は未だ活況を呈し、首都圏のみならず全国規模で展開されている。このような超高層マンションの場合には、間取りの自由度や居住性、経済性を鑑み、大スパン空間を提供する目的で、多くは高強度コンクリートと高強度太径鉄筋を使用した純ラーメン RC 構造の構工法が採用されている。より高強度の材料の実用化、建設業界に対する安全・安心を求めるユーザーの声の中、品質管理手法の確立はもちろんのこと、工事の工期やコストに直結する施工システムの開発、改善についても常に当社は取り組んできた。

ここでは、ある大規模工事に対し、生産性向上、工期短縮のために採用した「工業化工法」の円滑な推進を目指して開発・導入を行った、機械化施工システムの概要と適用結果について報告する。

#### 2. 工事概要

本工事は、数年来大型マンション開発が目白押しの東京港区湾岸エリアにおいて、地上 40 階を越える超高層の住宅棟 3 棟から成る、日本最大級のビックプロジェクトである。総延べ床面積は約 291,000 m<sup>2</sup> 総戸数は約 2000 戸を超え、完成後には 6,000 人程が暮らす街となる。

施工に際しては、1 期工事 (A 棟)、2 期工事 (B 棟、C 棟) に分かれて行った。また各棟は、建築面積も大きいことから、A 棟は 4 工区、B 棟は 2 工区、C 棟は 3 工区に分けて工事を進めた。



図1 完成予想図



写真1 工事状況

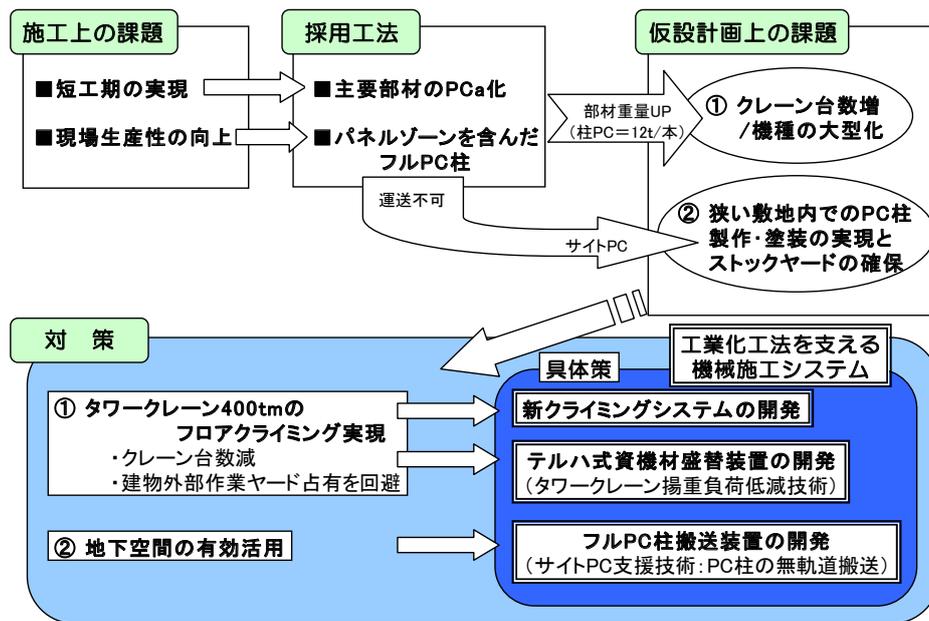


図2 施工上の課題と機械化施工システムの取り組み

### 3. 機械化施工システムへの取り組み

図2に示すように、本工事では、工期短縮実現のために、主要部材のPCa化が図られ、その中でも、柱については梁との取り合う部分（パネルゾーン）も含んだ、フルPC柱が採用された。

PCa化により部材の重量が増大することで、クレーン台数の増加や機種の大大型化が予想された。またフルPC柱についてはパネルゾーンを含んでいるため大型化し、かつ梁鉄筋が張り出している形状のため公道を運搬不可能であり、工事敷地内で製作・ストックヤードを確保しなければならなかった。

本報では、このような課題を解決させる方策として開発した、タワークレーンの新クライミング技術、タワークレーン揚重負荷低減技術（テルハ式資機材盛替装置）、サイトPC支援技術（フルPC柱搬送装置）から成る、工業化工法を支える機械化施工システムについて報告する。

### 4. 大型タワークレーンのRC造における

#### フロアクライミング技術

#### タワークレーンフロアクライミングシステム

#### 4.1 経緯

超高層RC集合住宅の工事では、タワークレーンを建物の外部に設置し、ベースを1階に設置したま

まマストを継ぎ足してクライミングさせるマストクライミングが一般的である。この場合、マスト本数の増加、1階作業ヤードの縮小、またクレーンが建物をカバーする面積が小さくなることからクレーン台数が増加するという課題があった。

このため、特に平面的にも広い本工事においては、クレーン台数の削減や建物外部の作業ヤードの確保の観点から、クレーンを建物内部に設置しフロアクライミングさせることとした。

また、本工事では前述のように工期短縮の目的でフルPC柱が採用されたことから、最大約12tのPC柱を揚重することとなり、400t・mクラスの大型タワークレーンを使用しなければならなかった。

S造の場合とは異なり、RC造の場合、コンクリート打設後、強度の発現を待って、クレーンの荷重を躯体に受けクライミングしなければならない。当社で既に数件実績のある120t・mクラスの場合に対し、特に今回のような大型クレーンのフロアクライミングには、躯体で如何にクレーンの荷重を受けかが課題であった。PC柱をクライミング時の反力受けに利用することで、この課題を解決し、今回初めて400t・mクラスの大型タワークレーンのRC造におけるフロアクライミングを実現した。

## 4. 2 概要

本工事は1期工事と2期工事に分かれており、1期工事着工後、約1年遅れで2期工事を着工した。1期工事においては、強度の発現していない施工直後のコンクリート打設階の梁でクレーンの荷重を支えることができないことから、図3に示すように、所定のコンクリート強度が発現した階の梁、施工階の1フロア下の階 (n-1階) の梁を補強しクレーンの荷重を受けクライミングさせた。

この場合、躯体に仮設補強を施し、かつクライミング作業ごとに仮設補強の設置・撤去作業が生じる。また n-1 階に、クレーン荷重を躯体の梁に伝えるため鉄骨受梁を設けなければならず、その設置・撤去作業にも時間を要するなどの問題があった。

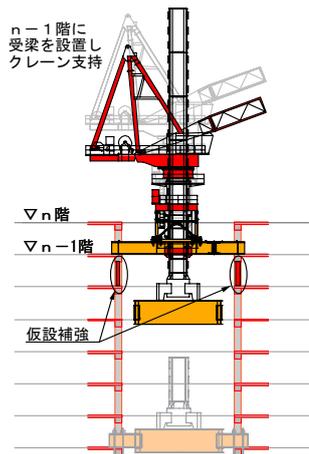


図3 1期工事でのフロアクライミング

従って2期工事では、その問題を解決するため、以下の改善を実施した。

本工事においては、前述の通り、パネルゾーンを含むフルPC柱を採用しており、このフルPC柱に着目し、フロアクライミング時のクレーンの荷重を受ける方法を実施した。フルPC柱は、予め製造されたPC柱部材を現場で組み立てるため、強度も発現しており、タワークレーンの荷重を受けることが可能である。またクレーン設置部周囲の柱には、二次部材取付け用の鉄骨金物が打ち込まれており、この金物を利用して、クレーンの荷重を受ける工夫をした。

これにより、仮設補強も減り、クレーン荷重を躯体の柱に伝えるための鉄骨受梁を施工階 (n階) に設置しクライミングさせることが実現できた。

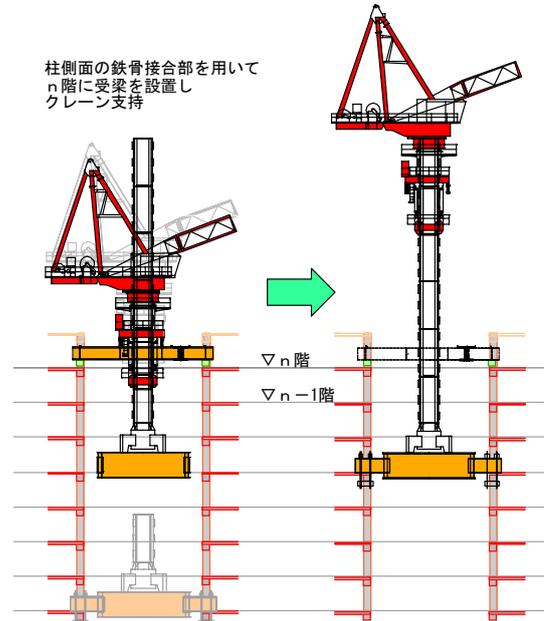


図4 2期工事でのフロアクライミング



写真2 タワークレーンクライミング状況

### 4. 3 効果

この方法により2期工事では、仮設補強の数量を3割ほど少なくできたほか、仮設補強や鉄骨受梁の設置・撤去手間も減少させ、クライミング所要時間も従来約2日要していたものを半減させることができた。

よって、クライミング作業に要していたタワークレーンの休止時間を減らし、工期の短縮に寄与することができた。

## 5. タワークレーン揚重負荷低減技術

### テルハ式資機材盛替装置

#### 5. 1 経緯

前述の通りタワークレーンを内部設置し台数を削減したことで、躯体サイクル工程の確保、短縮のためにはタワークレーン揚重負荷の低減、及び稼働率の向上が不可欠であった。

当社ではタワークレーンの揚重負荷の低減のため、数年来、様々な取り組みをし超高層集合住宅建設の工期短縮を実現してきた。

本工事では下階から施工階への転用資材（型枠材やサポートなどの仮設材）の盛替えの機能、外部からのタワークレーンによる資材（ALC・サッシ・ガラス等）搬入時の荷受け機能を合わせもった装置を開発・導入した。1棟あたり2～4工区に分かれて施工する本工事では、この装置が揚重負荷低減のために各工区に必要であった。従来装置と比べ、巻き上げ機を1台とすることや、荷受けステージを本体フレームから分離することで、よりシンプルな機構と操作性の向上を実現した。

#### 5. 2 概要

本装置は大きく「クレーンユニット」部と「荷受けステージ」部で構成される。「クレーンユニット」部は、本体フレーム、手動式アウトリガー、フレーム上部に取り付けられた、走行・横行レールと巻き上げ機（電気チェーンブロック）から成り立っている。また「荷受けステージ」部は、ステージ部分と手動式アウトリガーで構成されている。

開口部に本装置を設置し、巻き上げ機により任意

の階に設置された荷受けステージ上へ台車等に乗せた資材を運び込む。その資材を巻き上げ機によって最上階（施工階）に揚重する仕組みである。また、巻き上げ機の揚程の範囲内であれば、どの階でもサービスが可能である。

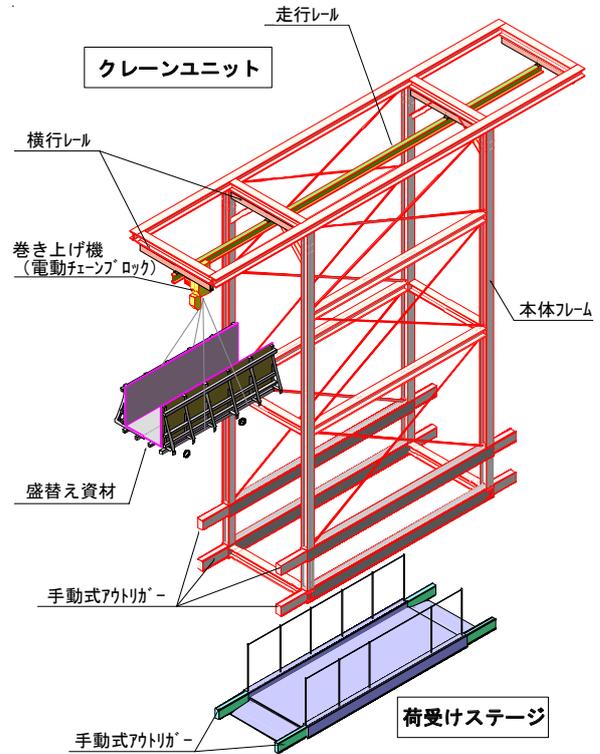


図5 テルハ式資機材盛替装置 概略図

外部からタワークレーンにて途中階へ資材を揚重（荷の取り込み）時は、横行レールにトロリを介して取り付けられた走行レールを端に寄せ、クレーンユニット上部の開口を大きくし、安全に荷受けステージ上に荷を取り込むことができた。



写真3 荷上げ状況 施工階（n階）

表1 テルハ式資機材盛替装置 仕様

クレーン ユニット	定格荷重	1.5t
	巻上速度	8.9m/min (電動チェーンブロック)
	横行速度	20 m/min (電動トリ)
	走行速度	20 m/min (電動トリ)
	揚程	25m
	自重	9.1t
	操作	有線操作盤
	安全装置	オーバードリミッター
荷受 ステージ	積載荷重	1.5t
	自重	0.9t

クレーンユニット自体のクライミングは、タワークレーンにて躯体施工サイクル毎に行う。

### 5.3 効果

1期工事(A棟)の4工区にそれぞれ本装置を適用し、タワークレーンの揚重負荷低減を図ることで、当初7日で設定されていた1フロア当たりの施工サイクルを6日に短縮することができた。さらに、タワークレーンの揚重負荷低減により確保した時間を仕上げ材等の先行揚重に充当することができた。

4台の装置は全て1期工事から2期工事へ転用し、同様の効果をあげている。

## 6. サイトPC支援技術

### フルPC柱搬送装置(PC柱の無軌道搬送)

#### 6.1 経緯

本工事においては、パネルゾーンを含めたフルPC柱を採用し、この柱を作業所内に設けた「サイトファクトリー」で製作した。

また、この柱の仕上げ仕様は塗装であり、塗装工事を柱の取付け後に行うと、足場等の仮設設備の増加、仕上げ工事の遅れなどの課題があった。そのため、柱の製作から塗装までをサイトファクトリーで行う計画としたが、1階部分のスペースでは柱の製作までが限度なため、養生・塗装のためのヤードは、検討の結果、地下部分に設けることとした。

そのため1階の製作ヤードで生産された最大重量

約12tのPC柱をクレーンにて1階床の開口から地下へ降ろし、地下では開口下から横移動する必要があった。地下空間での横移動については、当初天井クレーン等を設置する案もあったが、地下の制約条件などから走行自由度も高い無軌道の搬送システムが有効であると考え、各種方式の中から床に多少の凹凸があっても走行できるキャスターを用いた台車を装備した本装置を開発し適用した。

### 6.2 概要

本装置は、3tエンジン式フォークリフトをベースマシンとし、フォーク部に柱の把持装置を備えた台車を結合したものである。PC柱を積載した台車はベースマシンにて牽引され、所定の場所に移動後、柱を床に配置する。把持装置は、リフト機構とスライド機構により構成され、スライド機構により柱側面を挟み込み、リフト機構により柱底面もしくは柱から跳ね出している梁鉄筋を支持し台車に荷重を預けるものとなっている。これによって柱側面(塗装面)に触れることなく運搬ができる。

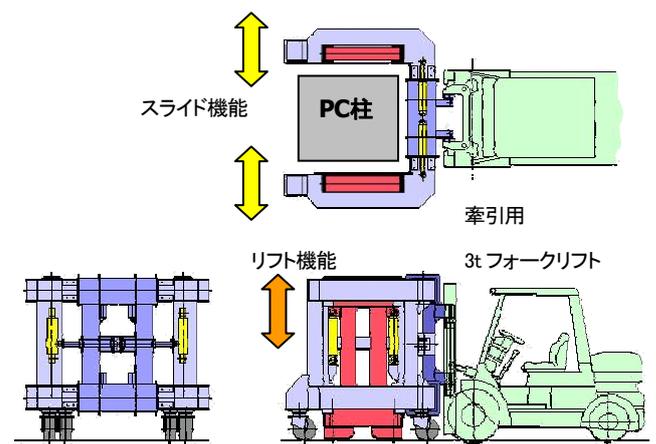


図6 フルPC柱搬送装置 概略図

表2 フル PC 柱搬送装置 仕様

牽引車	3tエンジン式フォークリフト		
搬送 台車	全体寸法	全長	2,345mm
		全幅	2,800mm
		全高	2,205mm
	リフト機構	油圧シリンダー φ100-500st(4本)	
	スライド機構	油圧シリンダー φ80-400st(2本)	
	持上能力	13,000kg	
	キャスター	重荷重用自在キャスター 4個	
	自重	3,000kg	
安全装置	動作回転灯/ブザー 他		



写真4 フル PC 柱ストック状況



写真5 フル PC 柱搬送装置 稼動状況

### 6.3 効果

本工事では、この搬送装置を2台開発・導入した。無軌道搬送のメリットを活かし、地下エリアを PC 柱ストック（養生・塗装）ヤードとして十分に利用することができた。これにより、限られた敷地の中での PC 柱の製作、塗装及び養生を行うサイトファクトリーを成立させることができた。2台の装置にて1期工事・2期工事あわせて約6,000本の柱を円滑に運搬することができ、これによって、サイクル工程6日の実現に貢献することができた。

### 7. おわりに

作業所の適切な計画、作業員の工夫や努力と、これらの機械化施工により、1フロア当たり6日の躯体サイクル工程を早期に実現できた。また地下部分を最大限に利用し PC 柱のサイトファクトリーを成立させ、工期短縮に寄与することもできた。

今後も超高層 RC 集合住宅の物件において、進化する工法に対応した機械施工システムの開発と既存技術の改善・改良を進めていくとともに、作業員の高齢化や減少への対応と、生産性向上に貢献できる新たな機械化施工システムを開発、提案していきたいと考えている。

最後に、各システムの開発・導入に当たり、ご指導、ご協力していただいた関係者の皆様に対し、深く感謝の意を表します。