

RC造超高層マンション向け機械化施工 システムの開発と適用

—ニュー・スマートシステム—

箕輪 晴康

本システムは、鉄筋コンクリート造の超高層マンション向けに開発した垂直揚重と水平搬送を分離して資材の搬送効率を高めた新搬送システムである。垂直搬送用の2基のジブクレーンと水平搬送用の4基の天井クレーンを組込んだ搬送フレームと、それを地上部から支持する4本のマストから構成される。搬送フレームはマストに組込んだ昇降装置を同調制御して、躯体工事の進捗に合わせてリフトアップする。また、躯体工事完了後には、搬送フレーム全体を「ロの字型」として建築物の外側をリフトダウン（下降）させ地上付近でシステム解体を実施する。

本報文では、幕張新都心の超高層マンション（地上：32階、高さ：104.7m）への適応状況と共に機械システムの概要を報告する。

キーワード：RC超高層、集合住宅、揚重、搬送、運搬、機械化施工

1. はじめに

都心と成田国際空港からほぼ等距離に位置する未来型国際都市、「幕張新都心」。552haの広大な

敷地には、業務・商業ゾーン、文教ゾーン、住宅ゾーンが配されている。この住宅ゾーンにおいて幕張地区で初の超高層住宅「幕張ベイタウン Central Park West Sea Tower」新築工事に、開発・適用したRC造超高層マンション（図-1参照）向けの機械化施工システム「ニュー・スマートシステム」について報告する。

階層	コンクリート設計基準強度	
	外周柱・コアウォール 内部柱シャフト部	大梁・小梁・スラブ 内部柱梁接合部
29F~PH	42 N/mm ²	30 N/mm ²
20F~28F	48 N/mm ²	36 N/mm ²
10F~19F	54 N/mm ²	42 N/mm ²
B1F~9F	60 N/mm ²	48 N/mm ²

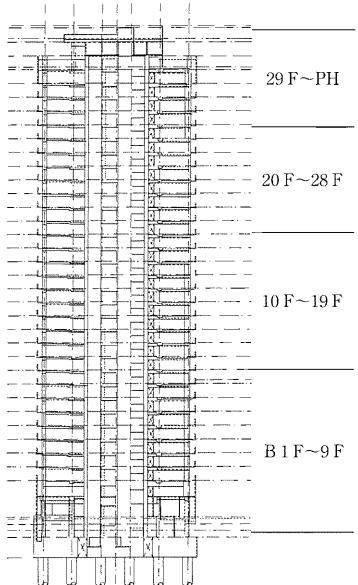


図-1 建物断面図

2. 工事概要及び構造上の特徴

(1) 建築概要

- 建築地：千葉県千葉市美浜区打瀬
- 主要用途：共同住宅（分譲マンション）
- 事業者：三井不動産グループ・清水建設グループ
- 設計：清水建設設計本部
- 工期：平成10年11月～13年3月（28カ月）
- 敷地面積：14,892 m²（4.513坪）

- 建築面積：1,021.80 m² (309.7 坪)
- 延床面積：29,999.9 m² (9,090.9 坪)
- 施工床面積：35,678.33 m² (10,811.6 坪)
- 基準階面積：1,069.57 m²
- 階数：地下1階・地上32階，塔屋3階
- 最高高さ：111.336 m
- 構造：鉄筋コンクリート造
(コアウォール・トリプルチューブ構造)
- 基礎：場所打ちコンクリート杭
(ϕ 2,400, $I = 49,000$, $H = 4,500$, 38本)
マットスラブ
- 世帯数：226 世帯
- 駐車台数：228 台
- 主仕上げ：屋根；アスファルト露出防水
外壁；アクリル系吹付けタイル塗装

(2) 設備概要

(a) 電気設備

- 受変電設備：100 kVA×2, 200 kVA×2,
スコット Tr 30 kVA
- 自家発電設備：ディーゼル発電機 250 kVA
- 幹線設備：住戸幹線にバスダクト使用
- 中央監視設備：中央監視盤にて既設他棟の警報も監視
- 照明器具設備：蛍光灯，ダウンライト主体
- 航空障害設備：PH に 2 箇所・RF に 4 箇所・
中間階に 8 箇所

(b) 衛生設備

- 給水設備：加圧給水形式/住戸内は樹脂管分岐工法
- 給湯設備：ガス湯沸し器 24 号 (TES)
- 排水通気設備：汚水・雑排水合流式/生活排水・雨水分流式

(c) 空調設備

- 冷暖房設備：温水式床暖房設備/ TES エアコン対応
- 換気設備：レンジフード給排同時型/
UB・WC・洗面：中間 Fan
- 排煙設備：ELV ロビー機械換気

(d) ガス設備

- 都市ガス 13 A
- (e) 消火設備
 - 連結送水管，連結散水，消防用水，屋内消火栓
 - 住戸用スプリンクラー (11 階以上)
- (f) 昇降機設備
 - 乗用エレベータ 2 台
(速度 120 m/min, 積載荷重 600 kg)
 - 乗用非常用エレベータ 1 台
(速度 120m/min, 積載荷重 1,350kg)
 - 地震管制運転，火災管制運転，遠隔監視装置

(3) 構造上の特徴 (コア型トリプルチューブ構造)

優れた耐震性やメンテナンス性，間取りを自由に計画できる梁型のない空間，バリアフリーなどを備えた高品質の超高層マンションを実現する構造形式で，従来のように柱と梁をジャングルジムのように組合せたラーメン構造と異なり，壁あるいは柱を 3 重のチューブ状 (環状) に配置して，各チューブ間を床スラブで連結することが特徴である。

建物中央部のエレベータ周囲の内チューブ，住戸内部の水回りゾーンと居室ゾーンとの境界に位置する中チューブ，建物外周部に位置する外チューブで構成されている。

内チューブは最下階から最上階まで続く断面がロの字型の RC コアウォールで，中チューブと外チューブは，ロの字型に列状配置した柱を梁で連結した構造体となっている。

図-2 に架構イメージ図を，図-3 に居室断面図を示す。

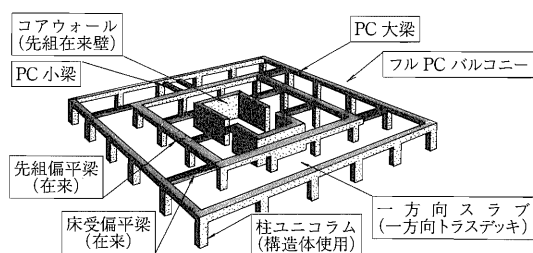


図-2 RCコアウォール・トリプルチューブ構造

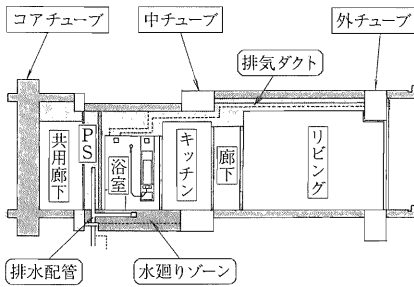


図-3 居室断面図

3. ニュー・スマートシステム

(1) 基本コンセプト

- ◇従来の超高層 RC 集合住宅の施工上、構造上の特徴
 - ◆積層工法：1フロアづつ構築する→サイクル工程の順守が重要
 - ◆部材の取付け、組立てが主作業といえ、溶接作業はほとんどない
 - ◆サイクル工程は、1フロアあたり8日程度
 - ◆サイクル工程は、ほとんどの時間がクレーン作業で占められている
- タワークレーン依存型の施工方法
- <クレーンは、最大重量となる部材により選定>
- ◇1フロアあたりの揚重部材の特徴
 - ◆最大重量 (6ton 以上) となる部材の割合は少ない
 - ・コンクリート打設 (バケット使用), ハーフ PC 床版, パルコニー (フル PC) 等
 - ・コンクリート打設がそのうちの6割を占める
 - ◆重量が 3 ton 未満の部材が 50~60%
 - ・コンクリート打設を除くと 70~80%
- 機械能力 (定格荷重) に対して低負荷での使用が多い
- ◆型枠材, 仮設材等の盛替え (N-2 階→N 階) をする部材の割合が多い
- ◆柱鉄筋セット, パルコニー等取付け作業時間のかかる部材の割合が多い
- 巻上げ速度 (機械能力) による影響が少ない



- ◇揚重機械の最適化と稼働効率アップ
 - 垂直揚重と水平運搬 (取付け) の機械を分離することにより機械能力負荷率の最適化を図る。
- ◇工期短縮
 - 部材の垂直揚重, 水平運搬の分離と最適化を図った簡易なオペレーションシステムにより躯体工期の短縮 (サイクル工程の低減) を達成し, 全体工期の短縮を図る。
- ◇コストパフォーマンスの重視
 - 構成部材及び機器の転用, 展開を念頭においたシステムの簡素化, 標準化, 組立て, 解体を含めたシステム使用期間の短縮によるトータルコストの削減

図-4 基本コンセプト

(2) システム構成

本システムは、垂直搬送用の2基のジブクレーン (各 120 t・m) と水平搬送用の4基の天井クレーン (各 4.8 t) を組込んだ搬送フレームと、それを地上部から支持する4本のマストから構成される。搬送フレームはマストに組込んだ昇降装置を同調制御して、躯体工事の進捗に合わせてリフトアップする。また躯体工事完了後には、搬送フレーム全体を「ロの字型」として建築物の外側をリフトダウン (下降) させ地上付近でシステム解体を実施する。なお、躯体施工作業の安全を確保するための外周養生システムは、本システムとは独立した形で設けられている (図-5 参照)。

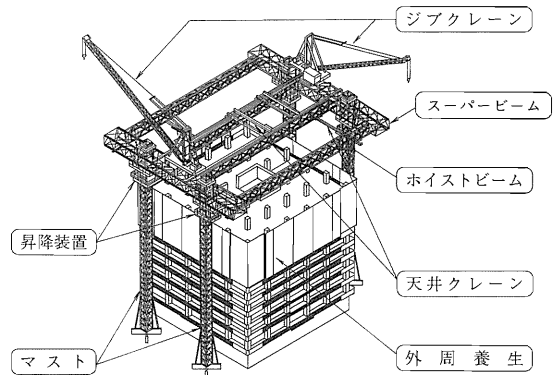


図-5 システム概略図

詳細は、搬送フレームは建築物から独立して (建築物外周部に) 4本のマストで支えられ、それぞれ2本のマスト間及び両端部に架構、構築されたスーパービーム2組と、そのスーパービーム間に架け渡され固定した4本のホイストビームにより「目(四)の字型」に構成されている。それぞれのスーパービームにはジブクレーンが上架され、部材の揚重作業を行う。

ホイストビームの下には走行ビームを、また中央2本のホイストビーム上には走行レール (33 kg レール) を備え、両サイド部にはサスペンション形の天井クレーンが各1台垂架され、中央部にはダブルレール形の天井クレーンが2台上架され、部材の取付け作業を行う。全体架構フレームの上昇 (下降) は、4本のマスト各々に取付けられた昇降装置を使用し、昇降時の水平性を確保するために装備している同調制御装置により自動的に、「安全に、短時間」で実施できる。

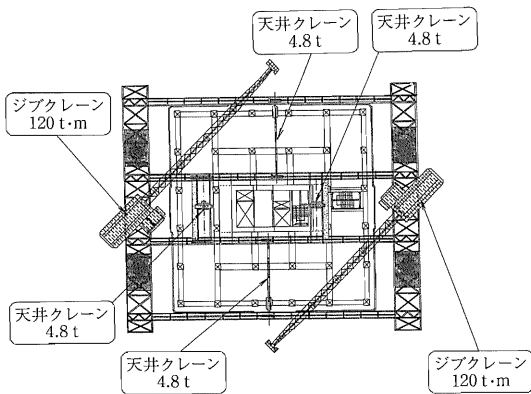


図-6 システム平面図

また、ホイストビーム両端部には移動機構部を備えスーパービームの側面部をスライドできる構造となっており、組立て時にはスーパービーム端部より組込み移動して所定位置に固定し、解体時には端部へ移動して全体架構フレームを「ロの字型」にすることができる。このため、組立て・解体作業が地上付近で「安全に、効率よく」行える(図-6 参照)。

垂直搬送用のジブクレーン及び水平搬送用の天井クレーンの機械仕様は表-1～表-3のとおりである。

本システムの特徴は、以下のとおりである。

- ① ジブクレーンによる垂直揚重・搬送と天井クレーンによる水平搬送・取付けと、機能を分離しているため、資材の搬送効率が高まり施工のスピードアップが図れる。

表-1 低床ジブクレーン (JC-120 N)

巻上	早巻	30/36 m/min (6 t以下)
	遅巻	15/18 m/min (10 t以下)
起伏		120/102 sec
施回		0.46/0.56 r.p.m.
揚程		150 m
電源		AC 200/220 V 50/60 Hz

表-2 天井クレーン(ダブルレール形)

巻上スパン	4.8 t
軌条スパン	10 m
揚程	MAX 36 m
巻上速度	7~0.7 m/min
横行速度	21~2.1 m/min
走行速度	21~2.1 m/min
電源	AC 200/220 V 50/60 Hz

表-3 天井クレーン(サスペンション形)

巻上荷重	4.8 t
軌条スパン	12 m
揚程	MAX 24 m
巻上速度	7~0.7 m/min
横行速度	21~2.1 m/min
走行速度	21~2.1 m/min
電源	AC 200/220 V 50/Hz

- ② 天井クレーンによる水平搬送や取付け作業は間近でクレーン操作ができることから、効率アップとともに安全性の向上が図れる。
- ③ システムの組立て・解体作業における高所作業を大幅に削減することにより、作業性及び安全性が向上する。
- ④ また、システムの構成部材はユニット化を図るとともに保有機械を有効活用しており、システムの汎用化とコストダウンを実現している。

4. 施工状況

(1) 組立

組立て作業は前述の構成部材を、

- ① ベース及びマスト (6 m : 2 柱, 3 m : 1 柱 / 2.5 柱という)
- ② 昇降装置
- ③ スーパービーム
- ④ ジブクレーン
- ⑤ ホイストビーム
- ⑥ 天井クレーン

の順に組立を行い、さらにマスト 3 柱クライミングをして 5.5 柱の状態として試運転・荷重試験(社内検査)の後クレーン落成検査を実施した。

工事の進め方としては、現場の状況・工程等を考慮し工区を大きく 2 分割(スーパービーム A・B)として、2 班による同時施工で行った。

組立て工事は、平成 11 年 7 月 2 日から開始し(スーパービームのブロック組立ては 6 月 24 日から先行実施)、7 月 30 日の落成検査完了まで 24 日間で行われた(写真-1 参照)。

(2) 躯体施工及びクライミング

システム組立て時点での躯体工事状況は、外周



写真-1 組立て完了状態

部分では1階床・コアウォール部では2階立上りまでのコンクリート打設が完了しており、サイクル工程にのせるために、外周部分では3階床・コアウォール部では5階立上りまで完了させて、3階以上からシステム施工を実施した。

システムによる施工の流れは、建物の横にRCコアウォール、柱、梁の鉄筋及びデッキ等の資材をユニット化するサイトファクトリーを設け、これらのサイトファクトリーで作られた資材や外部

からの搬入物をジブクレーンで垂直揚重する。1回の上げ下ろしだけで約15分程度必要となり、この間上部の施工階では荷揚げされた資材を天井クレーンを使用して、搬送・取付け作業を行う。また、システム型枠や仮設材など順次転用する資材も天井クレーンを使用して盛替え、間配りを行う。

このように、垂直揚重作業と転用、搬送、取付け作業の揚重機を分離することにより、待機時間をなくし、効率の良いサイクル工程を構築している。また、取付け作業を間近なクレーンで行えるため、作業性・安全性も向上している。

基準階の躯体施工サイクル工程を図-7に示す(図は基準階の右半分を表している)。1サイクルを大きく6段階に分けた。

第1段階は、外周の養生枠を迫り上げ墨出し後、柱ユニコラムの取付けを行い、柱のVコンクリート打設をバケットで行う。

第2段階は、外周のPC大梁の取付け、中チューブの地組み梁鉄筋ユニットの取付けを行う。下部では、梁システム型枠の解体、スラブ支

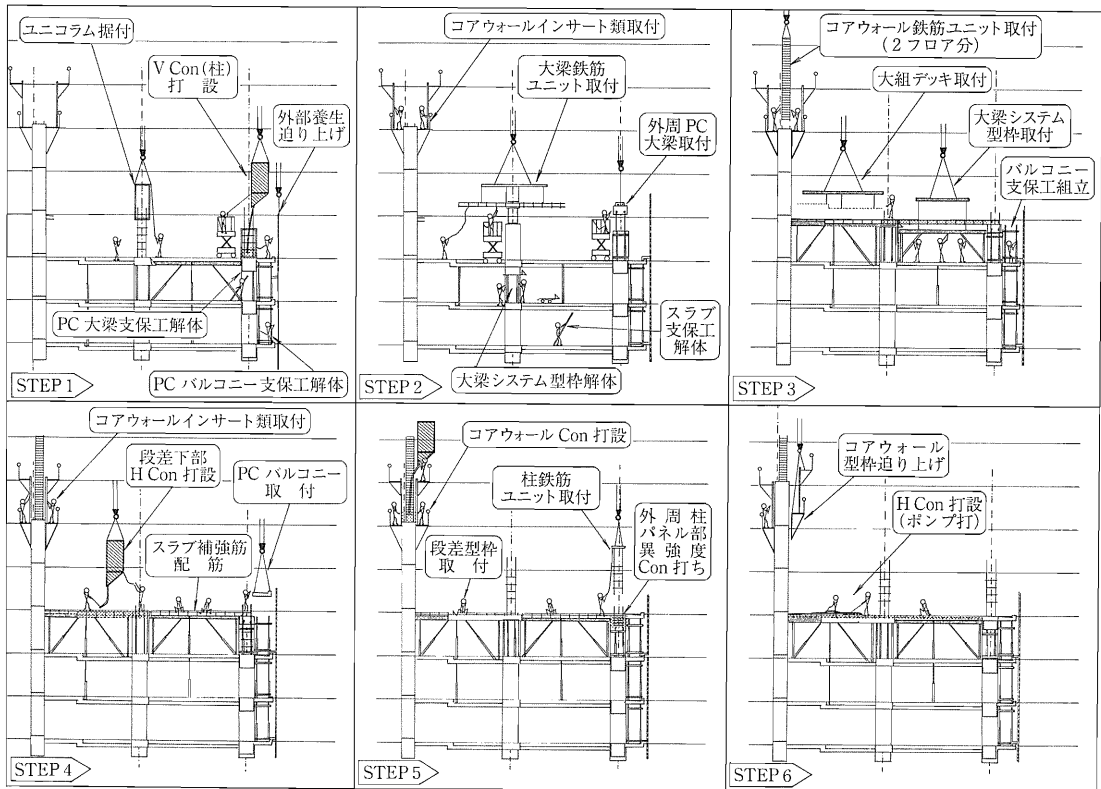


図-7 基準階サイクル工程ステップ図

保工の解体を行う。コアウォールでは大型型枠に金物、インサート類の取付け作業を行っている。

第3段階は、中チューブの梁システム型枠の取付けを行った後、大組みした床デッキの取付け作業を行う。コアウォールでは、地組みした鉄筋の取付けを実施する。コアウォールの鉄筋は2フロア分を取付けるため、2サイクルに1度の作業となる。

第4段階は、外周部のPCバルコニー取付け作業、中チューブでは、スラブ補強筋の配筋を行う。配筋後、内側の断差下部のHコンクリートを、バケットで打設する。これは、段差部の型枠を精度よく効率よく行うために先行打設する。コアウォール部では、大型型枠の建込み作業を行う。

第5段階は、打設した段差下部のコンクリートの上に断差型枠を取付けする。また、地組みした柱鉄筋ユニットの取付けを行う。コアウォール部では、バケットを使ってコンクリートの打設を行う。また、外周柱パネル部の異強度コンクリートもこの段階で打設する。

第6（最終）段階は、残りのスラブ・梁のHコンクリートを打設を1階からポンプ圧送によって行う。コアウォール部では、大型型枠の迫り上げ（盛替え）作業を行う。

以上で躯体工事1サイクルとなり、この作業を3階から32階まで繰返し行っていく。

躯体工事の進捗に合せてのシステムクライミン



写真—2 クライミング状況(23階コアウォール・21階床施工中)



写真—3 最終状況(P1階コアウォール・31階床施工中)

グ(リフトアップ)は、基準階の階高が3.1mのため基本的に2フロア完了ごとに6m(マスト1柱)ずつ実施した。クライミング作業は、サイクル工程の中で揚重機を使用することのほとんどない外周部の床コンクリート打設作業の日に行い、マスト建込みからリフトアップ、点検終了まで1日弱で実施でき、3時すぎにはジブクレーンによる揚重作業を行った。また、水平ステーの取付け作業もサイクル工程の中でのジブクレーンの空き時間を利用して行うようにしたため、クライミング日としては特に設けず、サイクル工程の中に吸収できた(写真—2及び写真—3参照)。

(3) 解体

解体作業は塔屋3階までの躯体工事完了後、以下の順序で実施した。

- ① 天井クレーンをジブクレーンにより解体・降し
- ② ホイストビームを端部へ移動・固定：フレーム全体を「ロの字型」として、建築物の外側をリフトダウンできる状態とする(写真—4参照)
- ③ システム全体の迫り下げ・マスト及び水平ステー解体：1柱分リフトダウンしてジブクレーンにより荷降し〔19.5柱～2.5柱まで繰返し実施〕(写真—5、写真—6参照)組立てを



写真-4 天井クレーン解体/ホイストビーム移動完了状態



写真-6 迫下げ・マスト及び水平ステー解体(2)



写真-5 迫下げ・マスト及び水平ステー解体(1)

行った2.5柱とし以下、移動式クレーンにより解体

- ④ ホイストビーム
- ⑤ スーパービーム両端部
- ⑥ ジブクレーン
- ⑦ スーパービーム中央部
- ⑧ 昇降装置
- ⑨ マスト(2.5柱)及びベース

高所作業は、天井クレーン解体及び迫り下げ段取り(ホイストビームの移動・固定)のみと大幅に削減しており、また、システム全体をリフトダ

ウンさせ地上付近で解体作業を行えることにより、安全性及び作業性の向上を図ることができた。

5. おわりに

RC造超高層マンションの施工においては、サイクル工程の順守が重要であり、従来の7~8日のサイクル工程を短縮し、「1フロア6日」を実現するためには、機械システムの稼働率の向上と多能工化した労務の平準化がポイントとなる。

今回、「ニュー・スマートシステム」を適用するに当たっては、計画段階においてシミュレーションを繰り返し工程計画を行い、システム工程が始まってからは作業データを取り、現場及び職長との意見交換を繰り返しながら問題点をクリアしていった。その結果として、比較的早い段階で「6日サイクル」を実現でき、躯体工事全体としては約2.5か月の工期短縮が図られ、機械システムの効果も実証できた。

【筆者紹介】

箕輪 晴康(みのわ はるやす)
清水建設株式会社
建築本部機械部

