

# 18. 超高層マンション施工革命 セルフ クライミング天井クレーンシステム 「シャトライズ工法」

鹿島建設㈱：\*領木 紀夫、井山 哲雄、水谷 亮

## 1. はじめに

超高層マンション建設が益々増加する中で、よりフレキシブルな住空間・全戸南向き・免震など居住性の充実が求められている。板状超高層免震集合住宅はこれらのニーズを解決する構造だが、その工事施工にあたり、従来のタワークレーンによる施工では免震構造に対しステー（控え）にかかる水平力荷重負担が難しく、また移動式クレーンによる施工では敷地条件や地盤条件など数々の制約を受けることとなり、いずれの施工法も限界がある。さらに、居室の大空間を確保するためにプレキャスト部材が大型化・重量化してくるのに合わせて、施工機械も大型し、施工コストも増加する傾向にある。そこで、免震構造・超高層かつ狭隘な敷地条件でも、合理的に短工期で施工できる新たな施工システムの開発が求められていた。



図-1 建物完成予想図

今回の報文では、柱や梁の架構をフルプレキャスト化し、PC鋼材で締め付け一体化する圧着工法により自由な空間確保を可能とした22階建てと23階建てのツインタワーマンション工事において、新規開発・採用した施工システム「シャトライズ工法」について紹介する。

## 2. 適用物件概要

工事名称	小田急海老名分譲マンション新築工事
建物用途	共同住宅
敷地面積	WEST- 3,919.80m <sup>2</sup> EAST- 2,791.57m <sup>2</sup>
建築面積	WEST- 1,423.07m <sup>2</sup> EAST- 1,031.21m <sup>2</sup>
延床面積	WEST- 20,932.24m <sup>2</sup> EAST- 15,148.99m <sup>2</sup>
構造	PCaPC造（プレキャストプレストレストコンクリート構造）+免震構造
階数	WEST棟 地下1階，地上22階 EAST棟 地下1階，地上23階
工期	WEST棟 2002年6月1日～2004年7月31日 EAST棟 2002年4月17日～2004年2月28日 (全体工期 27.5ヶ月)



写真-1 施工状況

### 3. 構工法概要

#### ①PCaPC（プレキャストプレストレストコンクリート）工法

PC鋼線やPC鋼棒など鋼でできた高張力材料によりあらかじめ圧縮力（プレストレス）を与え、圧縮には強く引張りに弱いコンクリートの弱点を大幅に改善する構法で、プレキャスト化された部材に現場で緊張力を導入し、圧着接合にて構築していく。

PCaPC工法は、柱・梁に高強度・高密度コンクリートを使用しているため耐久性に優れる。構造強度が高いため、柱・梁の断面を小さく、柱と柱の間隔を広くとれるなどの特徴がある。

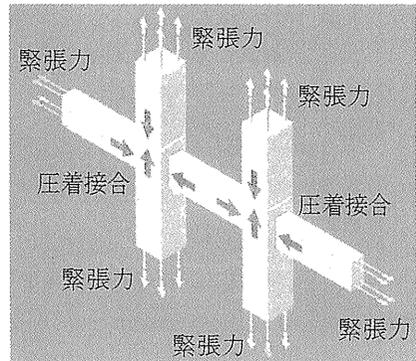


図-2 PCaPC工法概念図

#### ②免震構造

柱の直下に積層ゴム式免震装置をWEST棟20基、EAST棟14基配置することにより、地震エネルギーを効果的に吸収し、大地震に対して揺れを大幅に低減する構造躯体となっている。

### 4. 施工システム「シャトライズ工法」概要

本施工システムは従来の「常識」にはとらわれずに新規開発した革新的施工法である。

20 tを超えるプレキャストコンクリート部材を40 t建設用リフトで施工階まで垂直搬送し、その部材を建屋上部に取付けられた40 t天井クレーンにて所定位置まで水平搬送して建方を行うものである。建屋上部に取付けられた天井クレーンシステムは、建方の進捗に合わせてセルフクライミングする機構となっている。

従来の建築施工の常識では考えられない積載荷重40 tの建設用リフトや、フロアクライミング方式で全ての天井クレーンシステムをクライミングさせる機構、摩擦接合による天井クレーン基礎の固定方法など、システムを構成する個々の要素技術も、技術的な知恵と創意工夫を活かした新たなものである。

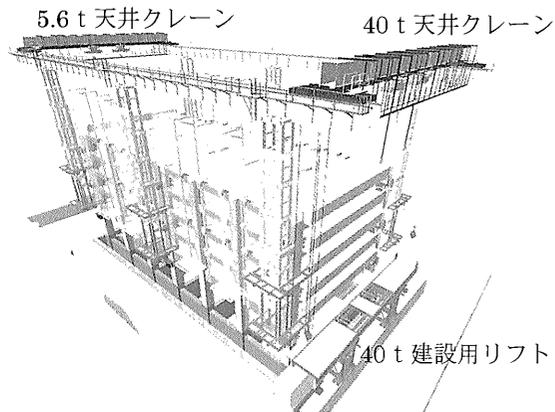


図-3 シャトライズ工法概念図

### 5. 各システムの詳細と施工手順

#### ① 天井クレーンシステム

天井クレーンシステムは、900 t mのタワークレーンに匹敵する40 tの吊上能力を有し、大重量部材への対応が可能である。また、能力の異なるクレーン（吊上能力5.6 t）を配置することで、柱、梁などの大重量部材と床版などの軽い部材を分けて作業することができ、建方作業を効率的に行うことができる。

表-1 天井クレーンシステム性能表

	40 t クレーン	5.6 t クレーン
定 格 荷 重	40 t 20 t ホイスト 2 台	5.6 t 2.8 t ホイスト 2 台
ス パ ン	21.85m	20.85m
ガータの長さ	22.15m	
揚 程	12m	12m
巻 上 速 度	4.7m/m i n	7.5m/m i n
横 行 速 度	15.0m/m i n	21.0m/m i n
走 行 速 度	17.8m/m i n	17.8m/m i n
運 転 操 作 方 法	無線操作 (単独 o r 連動)	無線操作 (単独 o r 連動)

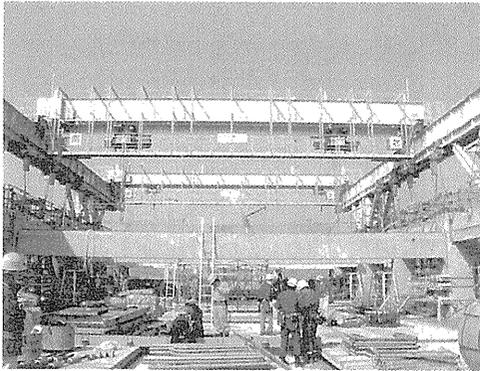


写真-2 天井クレーンシステム

a. PCa柱（重量＝17 t/本）の建方作業

地上で立て起しし、立てた状態で建設用リフトに積載された柱2本を2台のホイストそれぞれが同時に吊上げ、所定の場所へ移動し建方を行う。

b. PCa桁梁（重量＝8 t/本）の建方作業

建設用リフトに4本積載され施工階まで揚重された桁梁を2台のホイストがそれぞれ1本ずつ同時に吊上げ、所定の場所へ移動し建方を行う。

c. PCaスパン梁（重量＝22 t/本）の建方作業

建設用リフトに1本積載され施工階まで揚重されたスパン梁を2台のホイストで相吊りし、所定の場所へ移動し建方を行う。



写真-3 PCa柱施工状況

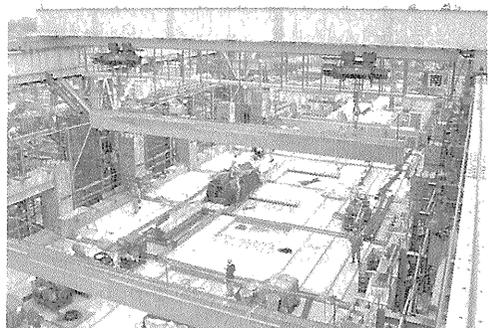


写真-4 PCaスパン梁施工状況

② 建設用リフト

構造部材の垂直揚重は、最大積載荷重40 tの超大型建設用リフトを新規開発し導入した。2.2 m×3 mの床面積を持つ搬器をエンジンウインチにて、建方作業階までスピーディに搬送する。高層ビルでの建方作業は、クレーンによる部材の垂直揚重時間がサイクルタイムに大きく影響するが、PCa部材の垂直揚重をクレーン作業から切り離し、建設用リフトで行うことにより、天井クレーンでの作業を効

率的に行えるようにした。

表-2 建設用リフトの主な性能

最大積載荷重	40 t
搬器の大きさ	長さ22m×巾3m
昇降動力	出力224KWエンジンウインチ2台
昇降速度	(最大) 30m/min



写真-5 建設用リフト揚重状況

a. PCa柱積載方法

重量17t、長さ6.2mの柱を施工階でホイストにて立て起こす作業は非常に困難であり、サイクルタイムにも大きく影響する。そこで建設用リフト搬器床に開口を設け、柱支持フレームを取付けることによりPCa柱を立てた状態で2本積載できる構造とした。柱以外の部材を揚重する際は柱支持フレームを外し、開口を復旧することでフラットな床を確保した。

b. ガイドレールの構造

建設用リフトの搬器重量は20tあり、積載荷重40tと合計すると60tもの大重量を昇降させることとなる。通常の建設用リフトはマストをガイドとし、ラック&ピニオンあるいはワイヤーにて昇降する機構となっているが、本建設用リフトでは地震時の水平力などを負担するとなると大規模な設備が必要となる。そこで本件ではH型鋼を構造体梁に直接取付け、それをガイドとし昇降する構造とした。

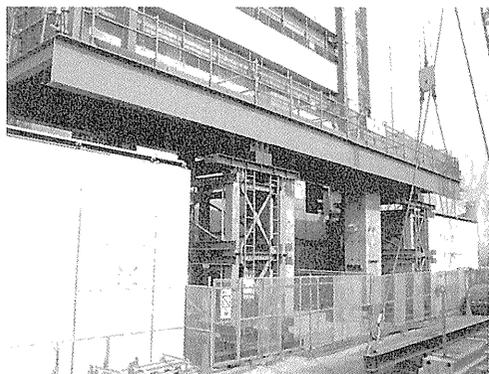


写真-6 PCa柱積載状況

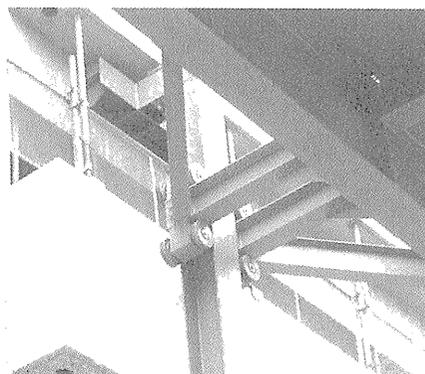


写真-7 建設用リフトガイド機構

③ クライミングシステム

クライミングシステムは、これまで大空間構造物のリフトアップ工法で豊富な実績のある、PC鋼より線チャックタイプを採用した。全ジャッキを集中制御し、タワークレーンと同程度のクライミング時間で天井クレーンの全システムをクライミングさせることが出来るものとした。

表-3 クライミングシステムの主な性能

ジャッキタイプ	PC鋼より線チャックタイプ (70tジャッキ×2台/マスト×6マスト)
クライミング速度	1節 (6.2m) を半日
クライミング管理	全箇所集中管理 (同時運転・能力の65%以上で偏荷重停止・積算ストローク20mmで誤差停止)

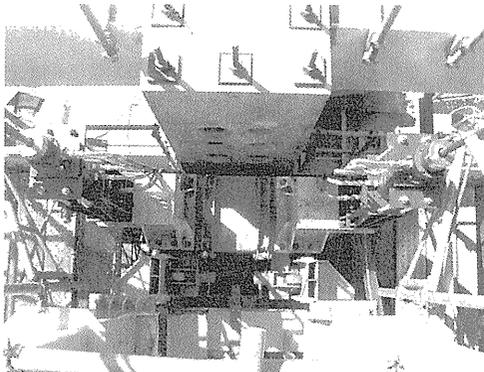


写真-8 ジャッキアップ装置

## 6. システム開発上の問題点と解決策

「シャトライズ工法」の開発にあたり技術的最重要課題がクレーンマストの躯体への固定方法であった。クレーンマスト下部には作業時最大119 tの鉛直力と33 tの水平力がかかる。PC a柱にボルト貫通して荷重を負担させると、コンクリート支圧が厳しく現実的ではない。そこでクレーンマスト下部を支えるブラケット金物をゲビンデスターブによる摩擦接合にてPC a柱に取付け、荷重を受けることとした。ゲビンデスターブは熱間圧延時に鋼棒の両側面にネジ状のリブが形成されたものであり、ストレッチング・ブルーイング処理により全数が降伏点荷重まで製造工程中に緊張されたものである。建築工事ではあまり使用された実績がなく、特性が今回のクレーンシステムに適應できるものなのか、鉄とコンクリートの摩擦力が確保できるかなど実証実験を行なった。

すべり摩擦抵抗試験では、ゲビンデスターブの緊張により固定されたブラケットを300 tジャッキにて強制的に押し、摩擦係数0.5の実験結果を得た。(実施設計では安全側の摩擦係数0.3とした)

また、ゲビンデスターブのセットロスおよびリラクゼーション試験においては、ジャッキ緊張ロスおよびセットロスが約10%、リラクゼーションによる導入張力減少が約4%となった。

これら実験結果を基にブラケットおよびゲビンデスターブの設計を行った。

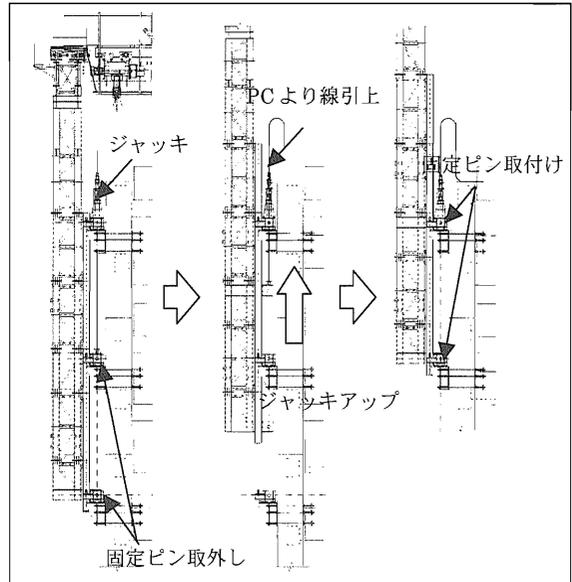


図-4 クライミングシステム

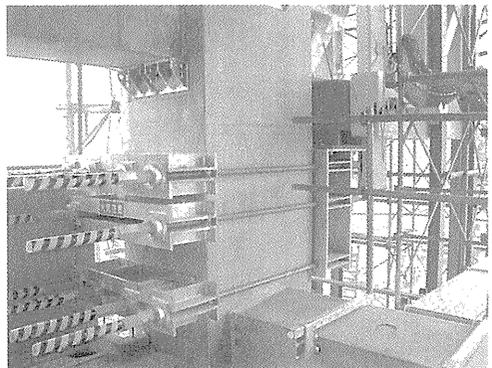


写真-9 クレーンマスト基礎固定状況

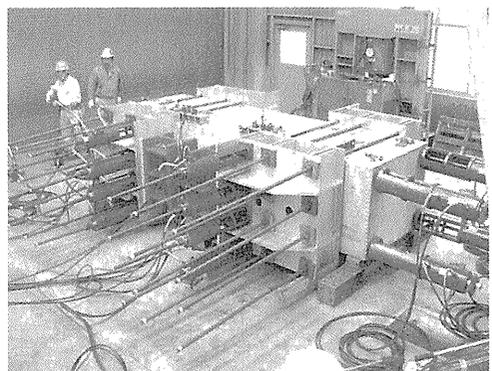


写真-10 すべり摩擦抵抗実証実験

## 7. 施工実績

施工が完了したEAST棟は、2フロアを1節としたプレキャスト部材を7日間で建てた後、PCaPC圧着の残作業を1日、天井クレーンおよび緊張作業用連層足場のクライミングを1日とし、1節(2フロア)を9日の短サイクルで施工した。基準床面積が約1.5倍となるWEST棟工事では、1節(2フロア)を12日サイクルで行う計画としている。

表-4 サイクル工程表

	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
サイクル1日目			柱7本建方					柱7本建方			
サイクル2日目	部材搬入		B梁12本建方		G梁2本建方		ALC揚重(PCaPC緊張作業)				
サイクル3日目	部材搬入		G梁5本建方		床板敷込						
サイクル4日目		バルコニー4枚取付		PC鋼線・鉄筋揚重			仮設材揚重	PCaPC緊張作業			
サイクル5日目	部材搬入		B梁12本建方		G梁2本建方		ALC揚重(PCaPC緊張作業)				
サイクル6日目	部材搬入		G梁5本建方		床板敷込						
サイクル7日目		バルコニー2枚取付		PC鋼線・鉄筋揚重			仮設材揚重	バルコニー2枚	PCaPC緊張作業		
サイクル8日目				PC鋼線緊張作業					クライミング準備		
サイクル9日目		天井クレーンクライミング							緊張用連層足場クライミング		

## 8. 「シャトライズ工法」の特徴と効果

新たな発想により試行錯誤を重ねて確立した本施工システムは、数々の効果を得ることが出来た。

- ① 大型かつ重量部材の施工 → 生産性向上・工期短縮
- ② 建設用リフトで構造部材の揚重 → 狭隘な敷地条件で施工可能
- ③ 水平・垂直運搬の分離 → 生産性向上・サイクルタイム短縮
- ④ 複数のホイストクレーン → 生産性向上・工程短縮
- ⑤ シンプルな構造 → 大型タワークレーンに比べて安価・転運用可能

## 9. おわりに

市場の低迷が続くマンション市場ですが、超高層住宅を始めとする大規模物件は好調な売れ行きを維持しており、ますます工事が増加する傾向にあります。市街地に位置する大規模集合住宅の施工は、窮屈な敷地条件の中で、建設コスト削減を見据えた急速施工が必須となり、大部材プレキャスト化がますます進むものと思われます。数々の課題を解決すべく新たな発想のもとに開発されたシャトライズ工法は、全てのシステムが初めての試みであり、かつ従来にない大型能力となっていますが、綿密なPCaPC施工検討の上で施工システムの開発を行ったことで、シンプルな構造で高い施工力を発揮するものとなりました。

本施工システムは、免震構造のマンション、特に柱配列が短辺方向は2列で、長辺方向が長い板状構造の施工には大きな力を発揮するシステムである。将来は、システムの応用で超高層HiRC構造への適用も積極的に検討していきたい。