

PCaPC 超高層板状免震マンションへの新たな PC 施工システム導入・実施報告 —小田急海老名分譲マンション計画—

杉村 直樹 *¹・丸田 誠 *²・丸山 東 *³

1. はじめに

プレストレストコンクリート（PC）構造は、建築分野では大スパン架構や積載荷重の大きい建物に用いる構造として発展してきた。近年、施工合理化の観点から柱や梁の架構をフルプレキャスト化して PC 鋼材で締め付け一体化する PCaPC 圧着工法が取り入れられるようになってきた。この工法を採用した倉庫などでは鉛直力を PC 架構で水平力を耐震壁で負担する、鉛直・水平の抵抗機構を分ける明快な構造が多い。これは地震時に PC 架構が原点に戻る高い復元力を示す一方、地震エネルギー消費能力が小さいといわれているためである。大スパンが可能な PCaPC 工法は、可変性に富み、事務所や集合住宅に適している。しかしこれらの用途の建物では耐震壁は建築計画上十分入れられないため、架構に加わる地震時水平力を減少させることを目的に免震構造と組み合わせる構造が採用されている。今回

は超高層住宅の自由な空間を増やすことが可能な PCaPC 架構へのニーズが高まっていることを背景として、最近の事例を報告する。本事例は、小田急線海老名駅前に建築中の 22 階と 23 階のツインタワーである。超高層板状免震住宅である本建物の構造計画概要と現場において創意工夫した揚重機システムを紹介する。

<建築概要>

工事名称	小田急海老名分譲マンション新築工事 C 街区, B 街区
建設地	神奈川県海老名市中央 1 丁目 1129-3, 556-12
設計・監理	鹿島・小田急建設設計共同企業体
施工	鹿島・小田急・東急建設共同企業体
PC 工事	(株)ピーエス三菱
建物用途	共同住宅 (C 街区 129 戸, B 街区 184 戸)
延床面積	C 街区 15 148.99 m ² B 街区 20 932.24 m ²
建築面積	C 街区 1 031.21 m ² B 街区 1 423.07 m ²



図 - 1 建物完成予想図



*¹ Naoki SUGIMURA

鹿島建設(株) 横浜支店
工事事務所



*² Makoto MARUTA

鹿島建設(株) 技術研究所



*³ Azuma MARUYAMA

鹿島建設(株) 横浜支店
建築設計部

建物規模	C街区 地下1階 地上23階 塔屋1階 B街区 地下1階 地上22階 塔屋1階
建物高さ	C街区 76.6m B街区 74.50m
工期	C街区 2002年4月～2004年2月 B街区 2002年6月～2004年7月
構造形式	プレキャストプレストレストコンクリート構造

2. 構造計画

2.1 基本計画

超高層ツインタワーによる市場へのアピールと立地の地域性を考慮した南向き住戸の重視、および狭く長方形の敷地形状や耐震性といった観点から、本計画は超高層板状免震マンションとして全住戸南向きを確保した。さらにフリープラン対応として室内に柱型を出さない構造計画とした。これらの条件を満たすため、今回採用したプレキャストプレストレストコンクリート構造（以下PCaPC造）がどのような役割を果たし、後述の施工に関連してどのような検討が必要であったかを構造的視点から述べる。

2.2 実施計画

PCaPC造の建物はプレストレスにより弾性域が長く、地震時においてひび割れが発生しにくい。また、その履歴ループも進んだ行程の近くをなぞるように戻り、残留変形無く原点に戻る面積の少ないループを描く。これは、非常にすぐれた復元性をもつ一方、躯体でのエネルギー吸収が少ないことを示す。このためPCaPC造高層建物では応答が過大となるおそれがあり、高層化には減衰性の確保が必要であった。一方、免震構造は大地震時に上部躯体に損傷を与えず、地震後の補修なく躯体が使用できることが設計クライテリアとして求められる。PCaPC造の建物に免震を組み合わせることにより、PCaPC造の躯体には少ないエネルギー吸収能力（減衰性）を免震層にならせることができる。また、免震により小さくなった上部建物の応答はPCaPC造の長い弾性域内に収めるのが容易となる。PCaPC造と免震構造は有効な複合化を成し、大地震時にも上部躯体はほとんどダメージを残さない構造的には理想に近い建物ができる。

超高層免震板状マンションである本計画は塔状比が5に近い高塔状比免震となった（図-2参照）。まず、スパン梁を17mのロングスパンであるプレストレストコンクリート造梁とし、架構として短辺方向を1スパン構造とした（図-3参照）。これにより室内に柱型のない自由な空間ができるとともに、免震を高軸力下で効果的にきかせ、地震時引抜きに抵抗する軸力を集約するのに有効な構造となった。また、意匠設計の協力を得て、免震層上の駐車ピット・駐車場部をすべて剛強な耐震壁で固めたことにより、建物重心を下げ地震時の軸力に対し均等化配分が図れるよう計画することができた。これらにより、この塔状比にして免震装置には上下地震動を水平動と同時に考慮しても引抜きは生じていない。また、高塔状比では柱に発生する引張力による柱の耐力・剛性低下を考慮しなければならない。短辺1スパン構造は地震時に短辺1構面あたり2本の柱となるため、1本が引抜きにより耐力・剛性低下すると、残

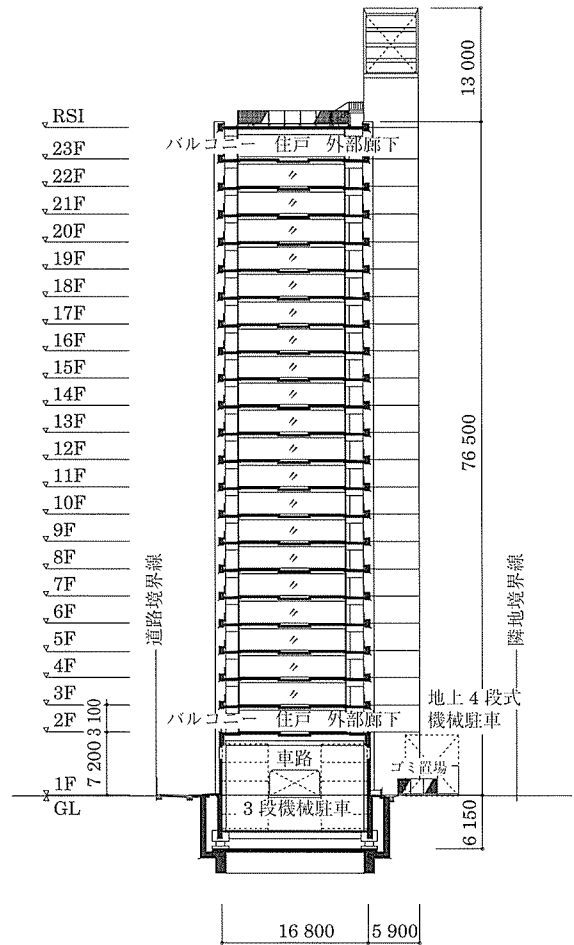


図-2 断面図

り1本ですべての構面地震力を負担しなければならない。PCaPC造であることから柱には有効なプレストレスを与えているため、引張力による耐力・剛性低下は生じず、一般RC造柱に比べ有利となる。今回はPCaPC造の利点を生かした安全性の高い建物が計画できた。

2.3 施工を考慮した設計における検討

PCaPC造の場合、設計的にも通常現場打ちRC造に比べ前倒しで物事を決めていかなければならない。これはPCaPC造であることにより、構造鉄筋等のインサートにはじまり、乾式壁取付け金物、設備用スリーブ、仮設や部材吊り用金物に至るまで、位置や形状をPC鋼線配線位置との納まりのなかで早い段階において検討および決定しPCa部材製作時に入れ込まなければならない。また、それらの取り合いの中でPC鋼線の配線自体を動かさなければならない場合も出てくるため、構造設計と同時に決めていかなければならないものもある。こういったことからPCaPC造の場合、PC他の専門業者を含めた設計マンパワーピークも上流へと移行する傾向になる。その認識が設計と現場サイド両方にないと後手にまわり品質の確保が難しくなる。設計・施工各担当者がこの認識を早い段階でつかんで、対処できたことが施工における順調な流れをつくった大きな要因といえる。

また、今回はセルフクライミング天井クレーンシステムにより施工を行っており、その施工システムはすべて免震

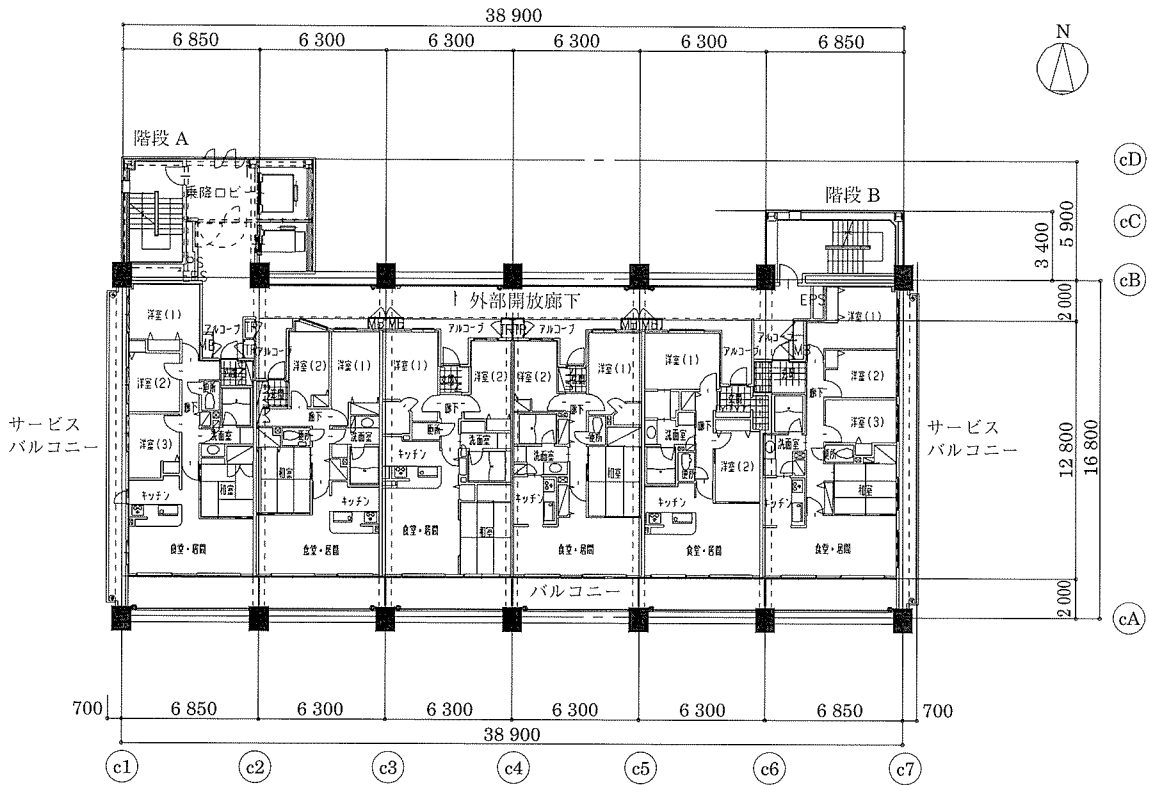


図 - 3 基準階平面図

機構上に乗るかたちとなっている。セルフクライミングを行える躯体の建方状況の判断や躯体がもっとも不利となるPC緊張状態を想定した地震時や暴風時等に対する検討を行い、施工手順に従った安全性を確保している。地震時に対して各施工階にクレーンを設置した場合の地震時挙動をクレーンと建物の連成モデルで検証している。

3. PC 工事施工計画

3.1 当工法開発までの経緯

板状超高層免震集合住宅でのPCaPC圧着工法は、フレキシブルな住空間、全戸南向き、免震など居住性のニーズを解決する構造である。しかし、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クレーンマストステーによる荷重負荷に問題があり、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PCa部材が大型化・重量化してくるにに合わせて、施工機械も大型化し、施工コストも大きくなる。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しい施工システム「セルフクライミング天井クレーンシステム“シャトルライズ工法”」の開発をした。

3.2 本システムの概要

本システムは、狭隘な敷地で大型・重量PCa部材などの揚重・建方を行う目的で開発されたもので、部材の垂直揚重用として、建物妻側に設けたウインチで駆動する建設用リフトと、施工階での水平揚重用として、建物の本設柱に跨座したマストおよびランウェイ（梁）・ガーダー・移動

式ホイストからなる天井クレーンで構成されている。また、本施工システムは「PC鋼より線チャックタイプジャッキ」を採用したセルフクライミング機構を有しており、数台のジャッキを集中制御することにより、タワークレーン並みのクライミング時間で天井クレーンおよび建設用リフトの全システムをクライミングすることができる。天井クレーンの荷重は、建物の本設柱を通じて躯体全体でもたせており、建築構造物と全ての施工システムが免震層の上に位置していることから、建物と一体化して行った構造解析によ

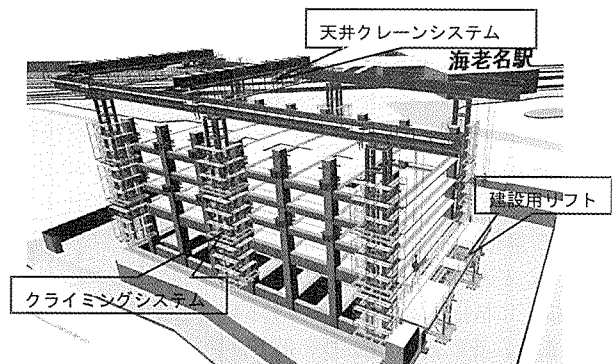


図 - 4 揚重システム概略図

り、施工時の地震に対する安全性も確保している。

1) 天井クレーンシステム

本施工システムの天井クレーンは、900mm級の大型タワークレーンにも匹敵する吊上げ能力40tを有し、大型重量部材への対応を可能にした。また、能力の異なる2種類のクレーンガーダーを配置することで、柱・梁などの重量部

材と床板などの比較的軽い部材をおののけて揚重作業
 することができ、建方作業を効率的に進めることができる。

(主な性能)

- ・吊上げ能力：40 t (20 t ホイスト 2 台) と 5.6 t (2.8 t ホイスト 2 台)
- ・対応スパン：最大 20 m

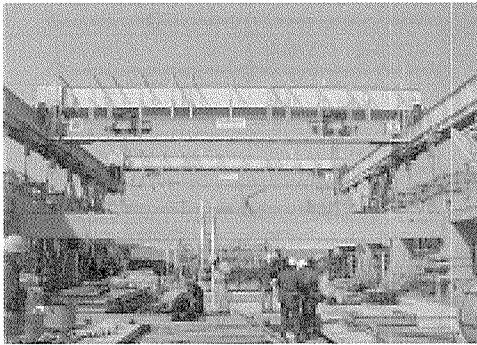


写真-1 天井クレーン

- ・最大揚程：12 m

2) 建設用リフト

部材の垂直揚重は、最大積載荷重 40 t の大型搬器を、高速スピードのエンジンウインチによって、建方作業階へスピーディに搬送する超大型建設用リフトを開発・採用した。

(主な性能)

- ・最大積載荷重：40 t
- ・搬器大きさ：長さ 20 m × 巾 3 m
- ・巻上機：エンジンウインチ
- ・昇降速度：(最大) 30.0 m/min

3) マストクライミングシステム

クライミングに使用するジャッキは、西武ドームを始め、これまでの大空間構造物のリフトアップ工事で豊富な実績



写真-2 建設用リフト

のある、「PC 鋼より線チャックタイプ」を採用した。

(主な性能)

- ・ジャッキタイプ：PC 鋼より線チャックタイプ
- ・ジャッキ能力：50 t × 2 台 / 箇所
- ・クライミング速度：1 節 / 約半日
- ・クライミング管理：全箇所集中管理
- ・マスト支持方法：躯体 PCa 柱に PC 鋼棒緊張による摩擦接合で支持ブラケットを固定

3.2 PC 関係工程 (サイクル工程)

現在 C 街区を施工しており、2 フLOOR を 1 節としたプレキャスト部材を 9 日間で建てた後、PCaPC 圧着の残作業を 1 日、天井クレーンのクライミングを 1 日とし、1 節 (2 フLOOR) 11 日サイクルでの短工期で施工をする。

3.3 PC 工事の品質管理

本建物では躯体柱・梁アウトフレーム塗装仕上げとなっており、PCa 部材が外部仕上げとして見えることとなる。このため躯体の性能を発揮するための品質管理と同時に仕上げを考慮した品質管理、施工図検討を行った。

PCa 部材には数々の埋込み金物が発生するが、ALC・鉄骨関係の金物の位置、形状の統一を行い、仕上面になる仮設の埋込み金物はすべて座彫りをして仕上げに考慮した。

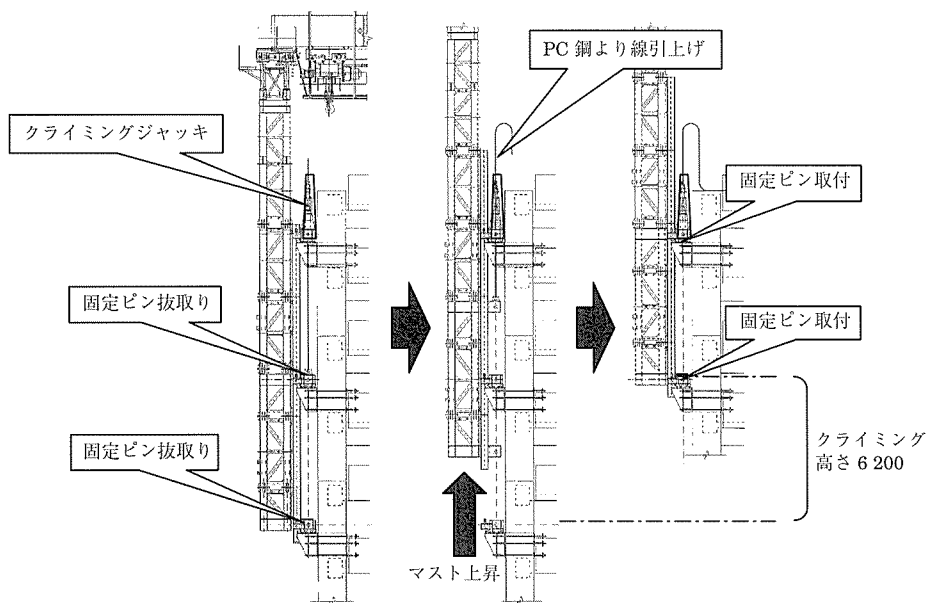


図-5 クライミング概略図

	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 4 本建方					柱 4 本建方			
サイクル 2 日目			柱 4 本建方					柱 2 本建方	B 梁 8 本建方		
サイクル 3 日目			B 梁 4 本建方		ALC 揚重 (PCaPC 緊張作業)						
サイクル 4 日目	部材搬入		G 梁 4 本建方					床板敷込 (3 スパン)			
サイクル 5 日目	部材搬入		G 梁 3 本建方					床板敷込 (3 スパン)		仮設材揚重	
サイクル 6 日目	部材搬入		B 梁 12 本建方					PC 鋼線・鉄筋揚重	バルコニー 4 枚取付		
サイクル 7 日目	部材搬入		G 梁 4 本建方					床板敷込 (3 スパン)			
サイクル 8 日目	部材搬入		G 梁 3 本建方					床板敷込 (3 スパン)			
サイクル 9 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 枚取付		
サイクル 10 日目				PC 鋼線緊張作業					クライミング準備		
サイクル 11 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		

図 - 6 サイクル工程表

柱・梁の目地の型枠および梁受けブラケットでは目地部の仕上げに考慮した。緊張端部の仕上げについては実機試験を通じて収縮率の小さいものおよび仕上面の平滑度・施工性を考慮した仕上材の選定をした。

施工時は、架設において仕上げにも影響する柱の建入れ精度の管理とジョイントずれ防止管理や、冬季の施工時のグラウト材の保温、固結までの温度管理、強度管理などに関する施工管理に注意をはらった。また PC 圧着工法は多くの施工ステップにより構成される工事であるので、架設・目地打ち・通線・緊張・グラウト作業の柱・梁ごとに作業手順をひとつひとつ見直し、ヒューマンエラーによる施工ミスや見落としがないような手法を取り入れた手順書を作成して管理ポイントを明確にした。

4. 施工状況

写真 - 3 に建物の外観を、写真 - 4 に PCa 部材の架設および緊張工事の施工状況を示す。本工事においては、2フロア 1 節とした 18 t の PCaPC 柱部材 2 本を建設用リフトに積載・垂直揚重し、40 t 天井クレーンの 2 台のホイストで

同時に吊上げ、建方を行っている。22 t の大スパン梁部材は 40 t 天井クレーンの 2 台のホイストで合吊りし、建方を行っており、同様の施工方法により最大部材重量 40 t までの建方施工が可能である。工事手順としては一般の PC 圧着工法と変わらないが、当揚重システムを利用することにより PCa 部材を効率よく安全に架設している状況が御理解いただけたと思う。

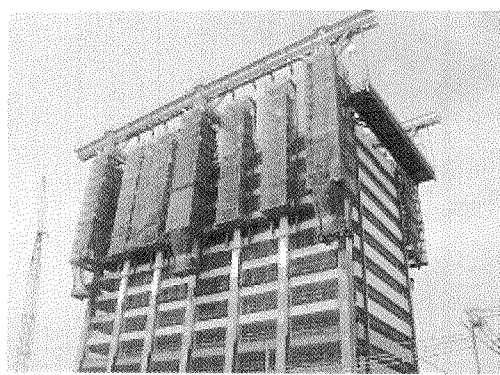
5. 施工時の成果と反省点

新しい施工システムでの PC 圧着工法であるが、建築部材の垂直揚重と水平運搬を分離したことや複数のホイストクレーンにより作業が効率化でき、工事は工程どおり順調に進んでいる。

今回 PC 圧着工法で高層建築物を安全に施工する上で①緊張用器材の軽量化と②外部作業を無くす工夫が必要であると感じた。今回使用している緊張用器材の重量は約 300 kg あり、その機械を外側（足場）で扱うのは危険な作業であり、低層の建物であれば移動式クレーン等で移動も可能だが、高層になると人力（工具使用）になるのでは

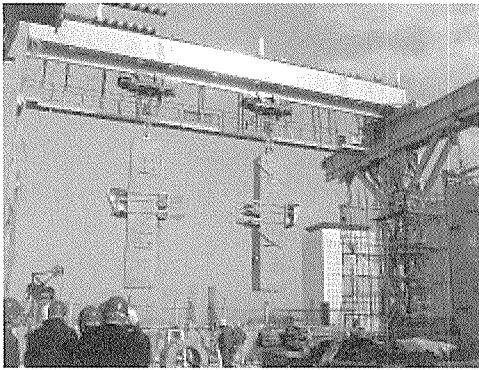


西面

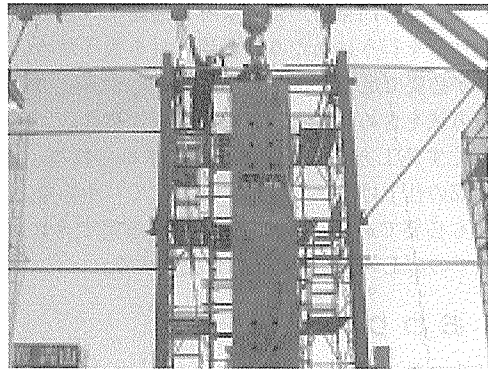


南面

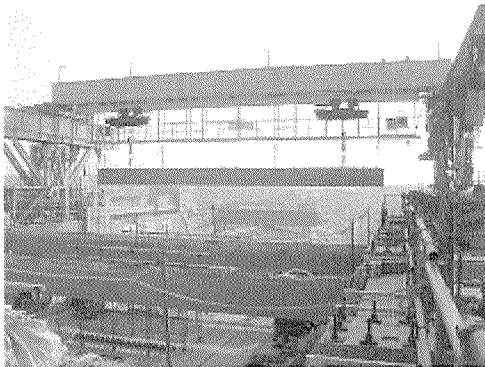
写真 - 3 建物外観



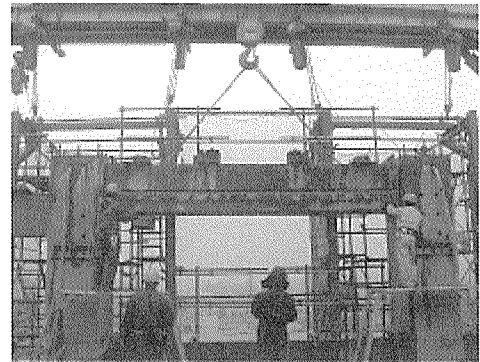
柱架設状況
(40 ton クレーンにて2本同時に架設 クレーンマスト受け
ブラケット付柱は先行搬入してブケット部を緊張する)



柱架設状況
(足場上部にて建入れ・PC 鋼棒仮固定を行う)



大梁架設状況
(40 ton クレーンにて架設長さ 15.75m 重量 22 ton)



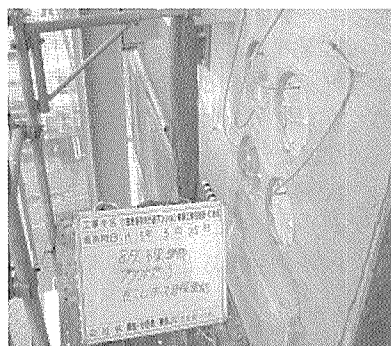
桁梁架設状況
(40 ton クレーンにて2本同時に架設)



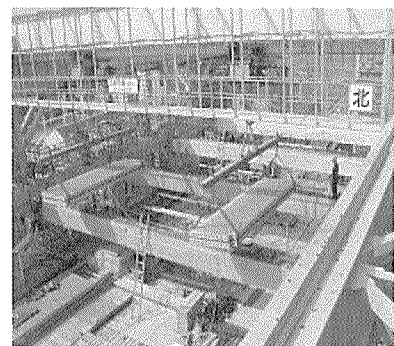
梁緊張状況 (300 ton ジャッキ使用)



梁受ブラケット (鋼製ブラケット使用)



グラウド施工状況
(グラウド充填後目視にて確認 JV にてマーキング後ホース切断)



床架設状況
(大梁と床板は同じ日に施工)

写真 - 4 PCa 部材の架設および緊張工事の施工状況

非メーカーと専門業者一体となって開発すべきである。また外部作業を行うにあたり緊張用器材を扱うために広いスペースが必要で足場などの仮設費が多くなる。PC鋼線端部固定方法を含めた建物内部での緊張作業等により外部作業をなくす施工方法検討が、早急に求められる。またPC緊張端部の仕上げ方法も意匠に合わせてパネルなどで塞ぐ等工夫も必要である。これらの項目が解消できればPC圧着工法での施工メリットもさらに拡大する。

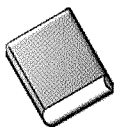
フクライミング式天井クレーンが設置完了したときは、さまざまな思いがめぐり感慨深いものがあった。現在本工事はC街区の16FLを施工中である。C街区躯体工事完了後、現在使用している施工システムをB街区に移して、来年の2月まで躯体工事を行う予定である。

最後に本建物の計画・設計・施工に携わった関係各位のご尽力に深く感謝します。

【2003年4月30日受付】

6. おわりに

本建物の施工準備から約1年後の2003年1月末にセル



刊行物案内

フレッシュマンのためのPC講座

プレストレストコンクリートの世界

頒布価格：会員特価 3 000 円（送料400 円）
：非会員価格 3 600 円（送料400 円）

体 裁：A4判，140頁

内容紹介

＝基礎編＝

- 基礎編1 PCとは何か
- 基礎編2 PCはどんなものに利用できるか
- 基礎編3 プレストレスの与え方について考えてみよう
- 基礎編4 プレストレスは変化する
- 基礎編5 荷重と断面力について考えてみよう
- 基礎編6 部材に生じる応力度について考えてみよう
- 基礎編7 プレストレス量の決め方について考えてみよう
- 基礎編8 PCに命を与えるには(プレストレスシグとその管理)
- 基礎編9 PCを長生きさせよう

○申込み先：

(社)プレストレストコンクリート技術協会 事務局
〒162-0821 東京都新宿区津久戸町4番6号 第3都ビル5F
TEL：03-3260-2521 FAX：03-3235-3370

＝PC橋編＝

- PC橋編1 PC橋にはどんなものがあるか
- PC橋編2 PC橋を計画してみよう
- PC橋編3 PC橋を設計してみよう
- PC橋編4 現場を見てみよう

＝PC建築編＝

- PC建築編1 PC建築とは
- PC建築編2 PC建築にはどんなものがあるか
- PC建築編3 プレキャストPC建築の設計について考えてみよう
- PC建築編4 PC建築でオフィスを設計してみよう

資 料 PCを勉強するときの参考図書
索 引