

# PCaPC 工法による超高層オフィスの設計と施工

## — 二子玉川ライズ II-a 街区 高層棟の事例 —

長瀬 悟\*1・林 博之\*2・奈良 昇\*3

建築空間としての高品質化の追求という観点から、超高層事務所ビルの鉄筋コンクリート造は非常に有効な手段である。PCaPC 工法により設計・施工上の課題をクリアし、鉄筋コンクリート構造を採用した「二子玉川ライズ II-a 街区 高層棟」の設計・施工方法を、構造形式の採用経緯、架構計画、施工計画、外装デザインといった観点から説明する。本建物においては、免震構造とプレストレストコンクリート部材を効果的に採用することで、全体再開発事業のコンセプトとも調和した、国内でも例をみないロングスパンを有する超高層 RC オフィスビルを実現している。

キーワード：プレキャストコンクリート、構造設計、超高層

### 1. はじめに

超高層事務所建築における構造形式として、耐震設計や工事工程において有利であることから一般に鉄骨造が採用されることが多い。一方、建築としての品質において、鉄筋コンクリート造は遮音や振動といった観点から高い性能を期待できることから、設計・施工上の課題をクリアできれば、鉄筋コンクリート構造を採用するメリットも多い。

ここでは、「二子玉川ライズ II-a 街区 高層棟」を事例として、免震構造とプレストレストコンクリート (PC) 部材を効果的に採用することで、全体再開発事業のコンセプトとも調和した、国内でも例をみないロングスパンを有する超高層 RC オフィスビルを実現するに至った設計の目的や意図、手法と施工方法について述べる。

### 2. 建築計画概要

「二子玉川ライズ」は、二子玉川園の閉園、地元商店街の衰退、従来からの木造建築の老朽化、狭あい道路の防災上の課題など、多くの問題を解決するとともに、新たな役割「広域生活拠点」を担う街へと変わるための事業として計画された。写真 - 1 に全景を示す。隣接する I-a 街区、I-b 街区、II-b 街区、III 街区の 4 つの街区が 1 期事業と



写真 - 1 二子玉川ライズ 全景

して 2011 年 3 月に竣工、その後、世田谷区による二子玉川公園が開業し、第 2 期事業で最後のピースである II-a 街区が竣工することにより街としての完成を迎えた。II-a 街区におけるオフィス（一部高層階のみホテル）用途のシンボルタワーが高層棟である。写真 - 2 に II-a 街区高層棟外観、写真 - 3 に II-a 街区高層棟の基準階内観を示す。

本建物は基礎免震構造により高い耐震性能を付与すると



\*1 Satoru NAGASE

(株) 日建設計 エンジニアリング部門 構造設計グループ  
構造設計部 構造設計部長



\*2 Hiroyuki HAYASHI

(株) 日建設計 エンジニアリング部門 監理グループ  
監理部 監理部長



\*3 Noboru NARA

(株) 日建設計 エンジニアリング部門 構造設計グループ  
構造設計部 部員



写真 - 2 II-a 高層棟 全景



写真 - 3 基準階内観

ともに、この構造体をファサードに表現したいという思いから、ファサードのグリッドはカラーコンクリートによるPCCW（プレキャストコンクリートカーテンウォール）とし、隣接するI-a街区とIII街区で変容する外装のグリッドの中で、バランスのとれた中間的なスケールとしている。

建物名称：二子玉川ライズ II-a 街区  
 所在地：東京都世田谷区  
 建築主：二子玉川東第二地区市街地再開発組合  
 設計監理：日建設計・アールアイエー・東急設計コンサルタント設計共同体  
 構造設計：日建設計  
 施工者：鹿島建設(株)  
 建築面積：22 466.02 m<sup>2</sup>  
 敷地面積：28 082.83 m<sup>2</sup>  
 延床面積：156 422.00 m<sup>2</sup>（うち高層棟 101 210.79 m<sup>2</sup>）  
 建物高さ：137.0 m  
 階数：地上 30 階 地下 2 階 塔屋 2 階  
 構造形式：高層棟 / 鉄筋コンクリート造、免震構造

用途：事務所、ホテル  
 工期：2012年1月～2015年6月（42か月）

### 3. 設 計

#### 3.1 本計画における構造種別の決定経緯

本建物においては、以下の2点がクライアント要望による設計与件として求められていた。

- (1) 複数テナントでのオフィス利用による平面の分割を可能とし、貸しオフィスとしての効率性を追求する。
- (2) 高い耐震性能と居住性能を付与する。

敷地条件に基づく検討から、(1) に対しては直交グリッドによるほぼ正方形平面のセンターコア形式とすることが最も合理的であるとの結論に至り、平面計画が確定した。

構造種別について、一般に超高層オフィス建築においては、鉄骨造を選定することが多い。しかしながら、確定した平面形状より高さ幅比1:2程度で計画が可能となり、(2) を実現する手段として免震構造を採用することで、とくにRC構造であった場合に通常問題となるロングスパン架構による無柱空間に対する要求、建物自重をできるだけ軽くし、地盤支持力に配慮するといった内容も含め、表-1に示す超高層オフィスにおける課題が解決できるとの考えに至った。

表 - 1 超高層オフィスにおける課題と本計画での対応

高層オフィス建築の課題	本計画における対応
テナントへのリーシング、可変なレイアウトに対応できるロングスパン架構による無柱空間に対する要求。	PC造を採用することで対応可能、さらに、躯体の高耐久性を確保可能。また、良好な居住性能を得られる。
建物自重をできるだけ軽くし、地盤支持力に配慮する必要あり。	本敷地においては、想定される建物基礎底レベルにおいて十分強固な支持地盤が現れる。
高い耐震性能に見合った高強度、高靱性の材料選定。	免震構造を採用することで地震力から解放され、また部材塑性化を制御し、大きな靱性能は不要となる。高強度コンクリートの開発が進み実績も増え、材料としての信頼性も向上している。
設備ルートを確保しつつ必要天井高を確保するための梁貫通対応。	コンクリートスラブと一体としての梁せいを見込むことで、鉄骨造とした場合と同じ梁成、階高に対し大きな梁下寸法を確保可能。

本検討を踏まえ、RC建築物は元来遮音や振動に対する高い性能を有することから、他に類をみない高品質のオフィスを実現してテナントオフィスとしての競争力を高めることが可能であると考えた。さらに、本平面計画との関連から以下の検証がなされた。

- センターコア形式の対称形を有する平面に合せ、コア周囲に連層耐力壁を配置し、全体架構として高い水平剛性と耐力を確保できる。
- コア部連層耐力壁（コアウォール）に水平力を分担させ、外周柱は水平力から解放され、鉛直荷重の伝達が支配的となる。そのため、繊細な直交フレームグリッド外装にふさわしく、見つけ幅を絞った柱を採用できる。

- 基本部材はプレキャスト部材とすることで、場所打ち時のコンクリートの強度発現を待たず建て方を進め、鉄骨造に遜色ない工程を実現できる。
- 外装取り合いも考慮した特殊形状部材も実現でき、エントランス部の天高が大きく施工難易度の高い範囲での作業を軽減できる。

これらの特徴を反映したRC造による超高層オフィス計画をクライアントへ提案、工事費も含めて了解を得て、RC造を基本としつつプレキャストプレストレストコンクリート（PCaPC）工法の考えを採用して本建物を計画するという構造種別についての方針が決定された。

### 3.2 免震構造+連層耐力壁+ダブル井桁架構

基準階で平面プランの中央コアを取り巻くように事務室が配置されるため、建物の外周PCa細柱を「鉛直支持」、建物中央部のPCa柱梁フレーム+場所打ちコンクリートによる連層耐力壁付ラーメン架構によるコアウォールを「鉛直支持+水平抵抗要素」として荷重の分担を明確にし、効率よく負担させる計画とした。また、コア部と建物外周部を結ぶ16m超のロングスパンをPCaPCによるプレテンション梁による架構で成立させ、コア壁面とその内側架構のうち2列を井桁配置とした「ダブル井桁架構」としてポストテンション梁による架構を形成し、水平荷重時における境界梁として作用させ、建物全体の変形を抑制する役割をもたせた。図-1にコアウォールと免震層概念図、図-2に床梁架構の概念、図-3に基準階床梁伏図を示す。なお、プレテンション部材端部は荷重受けアゴに支持+トップコンクリートのみの接合とし、地震時水平荷重の応力負担をさせない計画とした。図-4にポストテンション

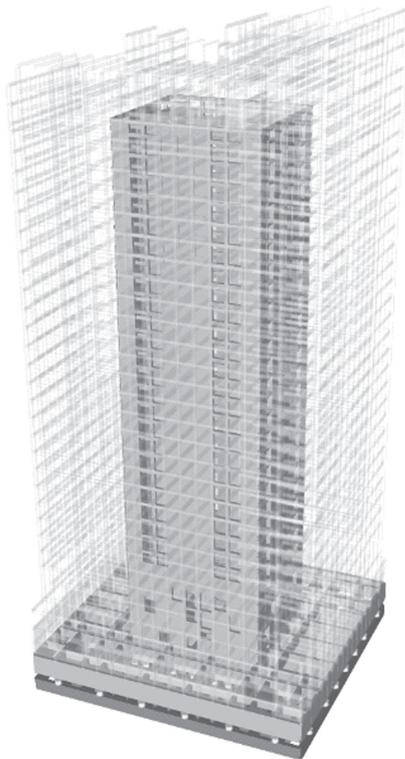


図-1 コアウォールと免震層概念図

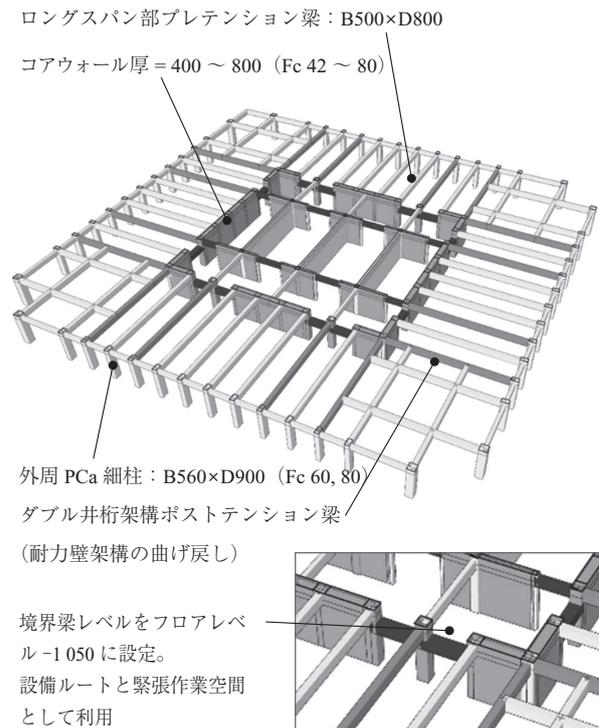


図-2 床梁架構の概念

梁、図-5にプレテンション梁の柱梁接合部詳細を示しており、おのおのの接合部の違いをみてとれる。

さらに、コアウォール構面内の境界梁となる梁上端レベルをフロアレベルから大きく下げること、コア内外を結ぶ設備ルートとしつつ、緊張時の作業スペースとして活用している。

### 3.3 PCaPC工法をデザインで魅せる

2~3層吹抜けとなるエントランス部の天井面にあたる梁部材においては、PCa化により高精度での部材製作が可能、またロングスパン部材としてプレストレスを導入することで高耐久性を有する特長を活かし、躯体面を天井あらわしとする方針にて検討を進め、「羽根梁」と名付けた形状を採用した。

これは、コンクリート系をメインとした外装デザインコンセプトと合致するとともに、高所での天井仕上げ作業を省略することが可能となり、施工性においても利点があった。写真-4に施工状況、写真-5にエントランス部外観を示す。

断面形状は写真-6、図-6に示すようにコの字形状となっており、これを対称配置することで1つの梁部材となるよう計画した。対称に配置された部材間に等間隔で配置した綴り金物内にモルタルを充填し、ボルト接合した後、部材のハーフPCa天端にトップコンクリートを打設することで一体化している。

また、製作方法については仕上げ面を考慮して、羽根梁設置方向に型枠を設置しコンクリートを打設する順打ちと、羽根梁側面部を下面としてコンクリートを打設する横打ちの2パターンを検討したが、アバットのサイズや打設高さの制限より、順打ちで製作することとした。そのた

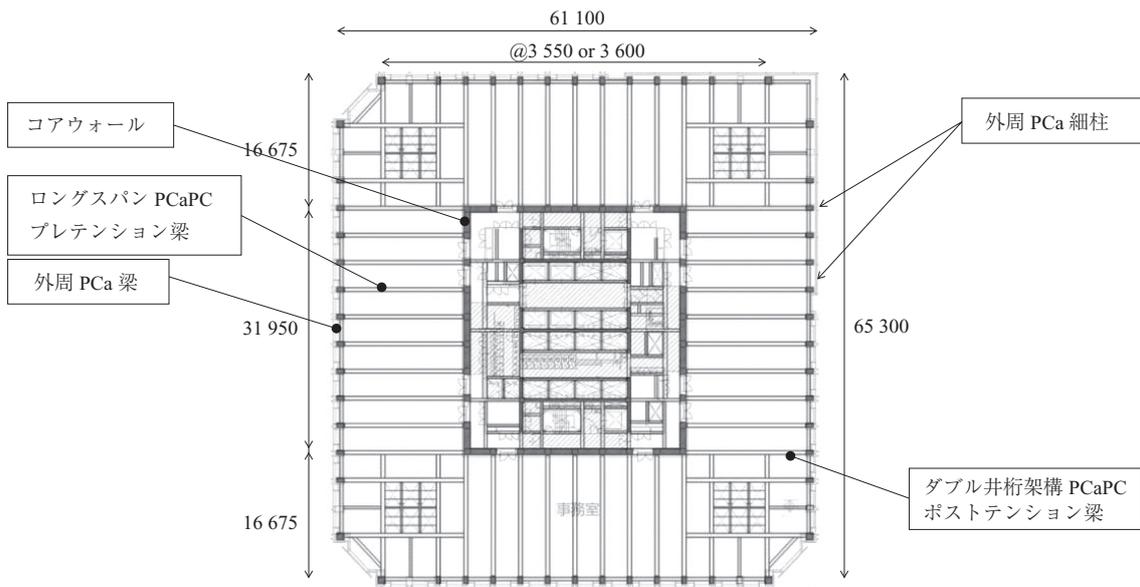


図 - 3 基準階床梁伏図

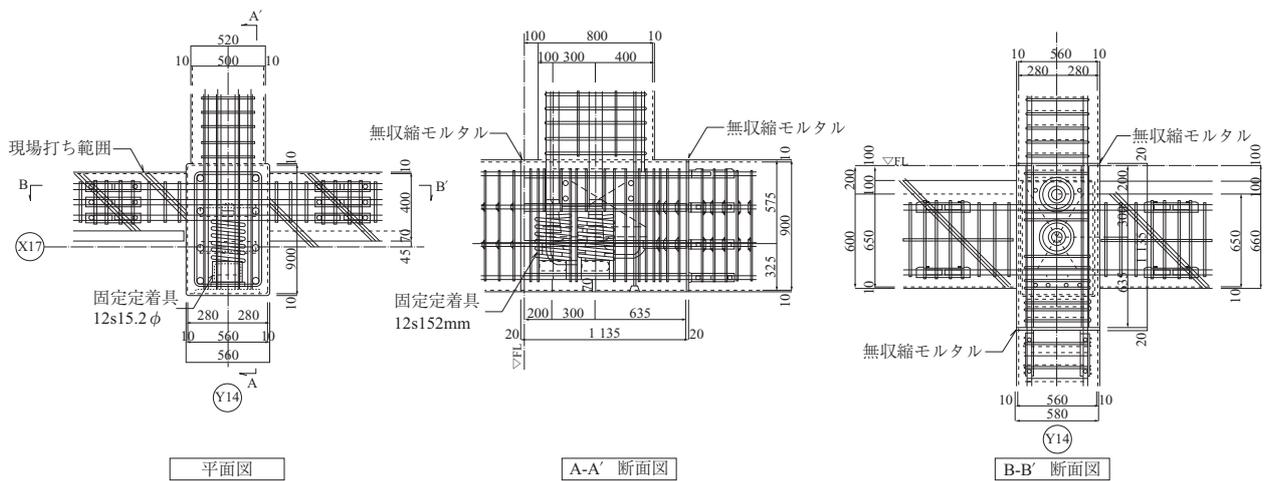


図 - 4 ポストテンション梁 柱梁接合部詳細

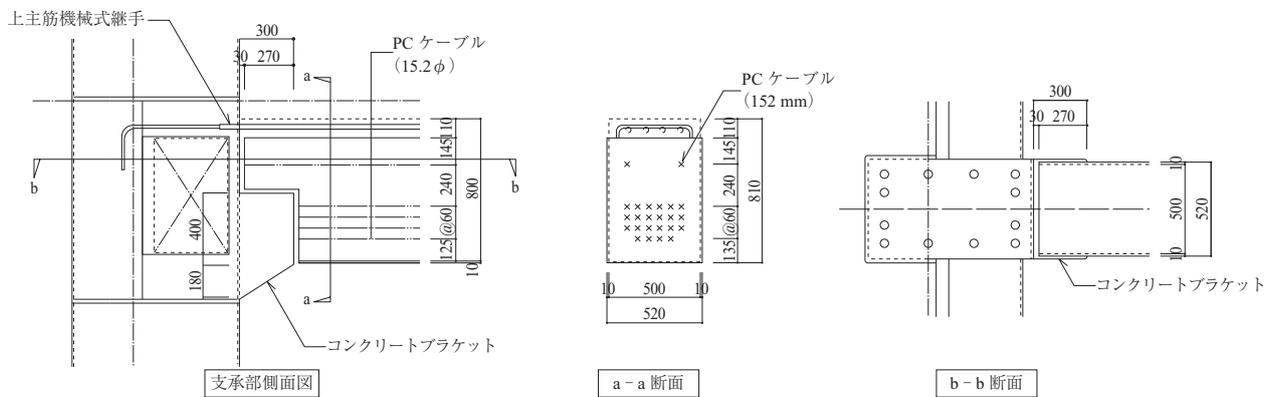
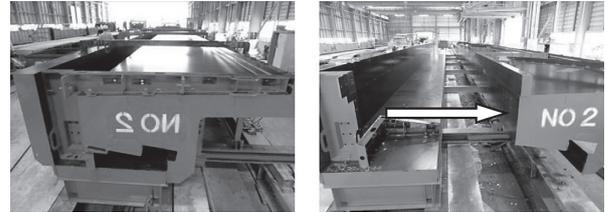


図 - 5 プレテンション梁 柱梁接合部詳細



写真 - 4 エントランス部 施工時状況

め、脱枠の際に取り外す必要のあるコの字の中空部分はスライド式の型枠を採用している。写真 - 7 に当該梁の脱型時の状況を示した。



型枠を側方にスライドさせて脱型を行う。

写真 - 7 型枠の脱型状況



写真 - 5 エントランス部 外観

なお、本構造部材が羽根部を伴う複雑形状であることを考慮し、FEM解析を用いて、建て方での自重作用時、外装および照明等作用時、トップコンクリート打設時、床仕上げ荷重+積載荷重作用時、上下動地震荷重時それぞれの段階を追って部材剛性、耐力を評価し構造安全性の確認を行っている(図 - 7)。

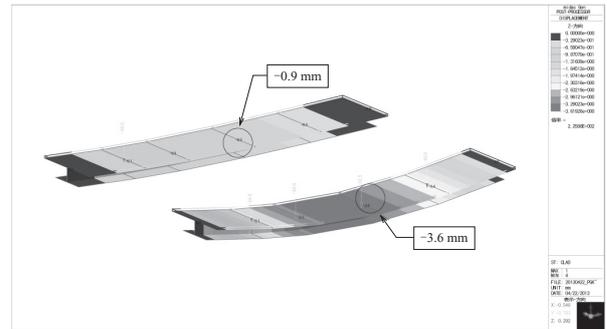


図 - 7 羽根梁 FEM 解析



写真 - 6 エントランス部 羽根梁部材

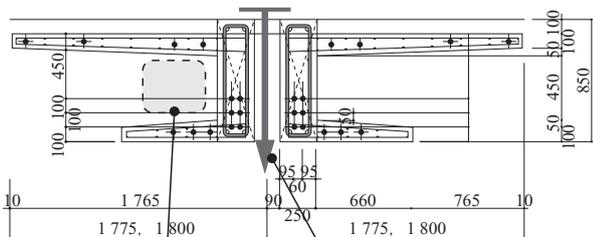
## 4. 施 工

### 4.1 7日タクトの実現

基準階建て方については、図 - 8 に示す手順により効率的な部材設置を行うことで、7日タクトを実現した。これは鉄骨造建て方と比較しても遜色ないものであり、PCa化とプレストレスによる圧着工法の高層建築への適用可能性を示すことができたと考える。

具体的な組立方法として、外周の桁梁およびコアエリアについては、部材同士を機械式継手により接続したレンコン方式を採用。外周柱はRC造であるため、柱頭から鉄筋を突出させ、レンコン部材を取り付ける順挿し工法を基本としているが、スパン梁(大梁)が取り付くパネルゾーンでは、柱脚から鉄筋を突出させる逆挿し工法を採用している(写真 - 8)。コア壁付帯柱梁フレームおよび外周架構、桁梁設置後は上階の建て方へと進むことができる。コア壁内のコンクリートは別途場所打ちとしている。写真 - 9 に現場施工状況を示した。

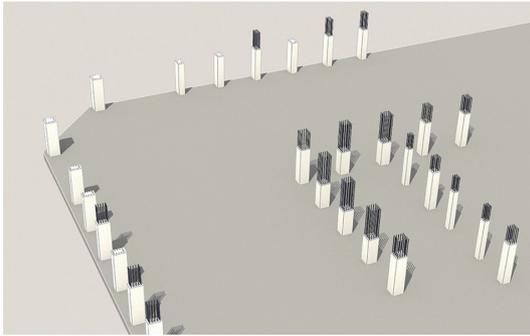
通常採用される、建物外部からプレストレスを導入する緊張作業を行う方式においては、高層階における施工で



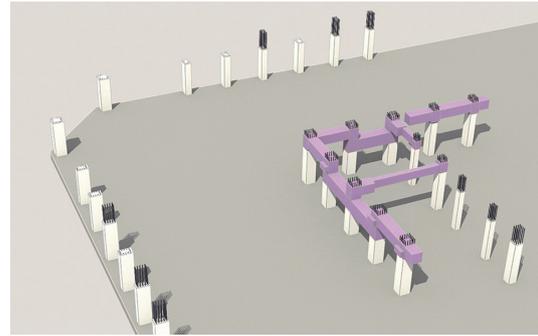
羽根部内に設備ダクトを配置

梁間を利用して外装方を吊り下げ・照明を配置

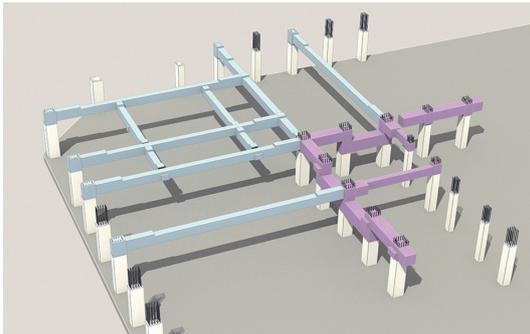
図 - 6 羽根梁構造概念



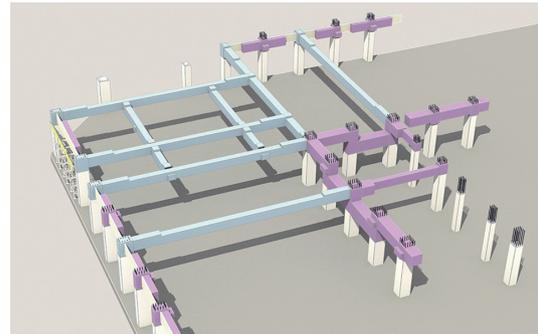
1. 柱設置



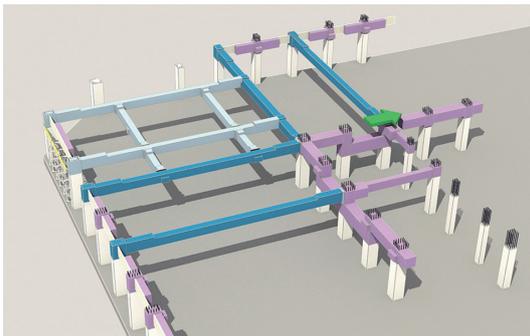
2. コア部連層耐力壁付帯梁フレームの設置



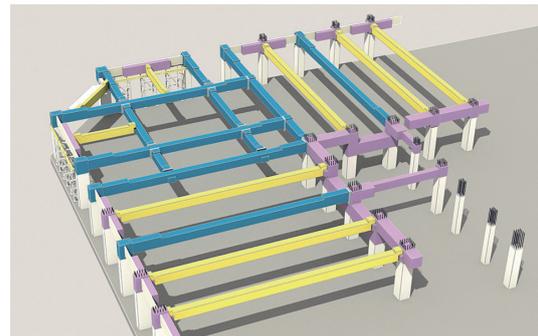
3. ポストテンション梁の設置



4. 外周 PCa 梁の設置



5. ポストテンション梁の緊張力導入



7. PCa 柱梁フレーム設置後は上層階へ進む一方で、壁躯体は現場にて後でコンクリート打設を行う。

図 - 8 基準階における施工手順



写真 - 8 外周柱側仕口部の逆挿し工法

は、緊張時に使用するクサビや工事用の器具を落下させる危険が予測される。また、揚重前にあらかじめ PC ケーブルを梁内に仕込んだ場合、従来のように柱側仕口部に定着



写真 - 9 施工状況

体を別途埋設する方法では、梁揚重時の部材の傾きにより PC ケーブルが梁内シース管から抜け落ちる危険性もある。また、架設後の通線作業とする場合には、PC ケーブルコイルの仮置きスペースが建物内に必要となるが、高層階で

表 - 2 スパン梁架設手順

コア側（緊張端）	外周側（固定端）	
 <p>PCケーブル</p>		<p>① 部材吊り上げ状況 製作時に PC ケーブルを埋設しているため、コア側では定着用の PC ケーブルが突出している。</p>
 <p>挿入方向</p>	 <p>突出鉄筋なし</p>	<p>② PC ケーブル挿入状況 外周柱の柱頭より鉄筋が突出していないため、スパン梁（大梁）を水平方向にスライドして PC ケーブルを挿入することが可能となっている。</p>
		<p>③ 架設完了 コア側より緊張を行うことで、スパン梁（大梁）が圧着接合される。</p>

の施工スペースはかぎられていた。これらの問題点を解決する手法として、形状を外周柱のパネルゾーンと一体化としたレンコン部材とし、あらかじめ PC ケーブルを部材内に埋設した部材として製作した。

さらに、本形式を採用することで、現場緊張力導入時の不穩定応力が外周柱頭に作用せず、断面寸法を最小化することが可能となった。表 - 2 にスパン梁架設手順を示した。

#### 4.2 外装 PCF 版の施工

建物外隅部における柱部材の外装 PCF 版設置において、隣地境界を越境せず狭い間隔のなかで外装材を設置するため、取り合い金物のスペース最少化する方針を突き詰めた方策として、外装 PCF 版と構造柱を一体化して製作を行った（図 - 9、写真 - 10）。

事前に製作された外装 PCF 版を鋼製型枠に固定し、側枠代わりとして構造柱のコンクリートを打設している。構造体の負担する力が外装材へ伝達しないよう、縁切り剤を PCF 面に塗布するなど、十分な配慮を行っている（図 - 10）。

当該外装もプレストレスコンクリートを主体とし、プレキャスト化を前提とした架構であることから実現可能となった。

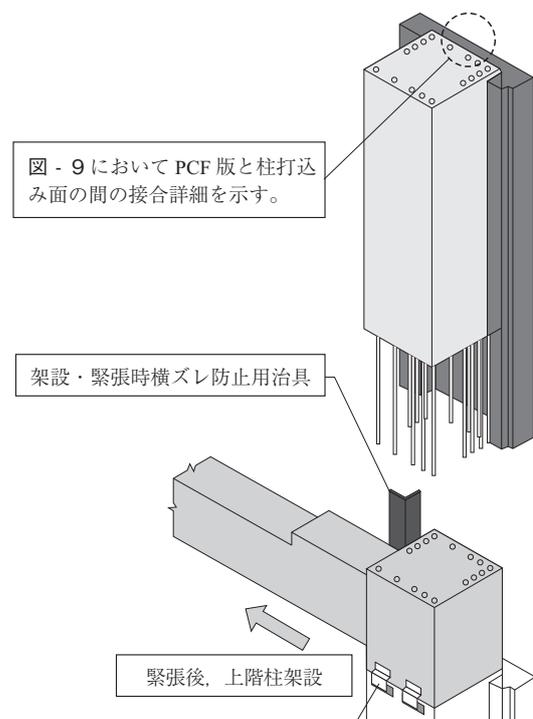


図 - 9 PCF 版を一体化した PCa 部材の設置

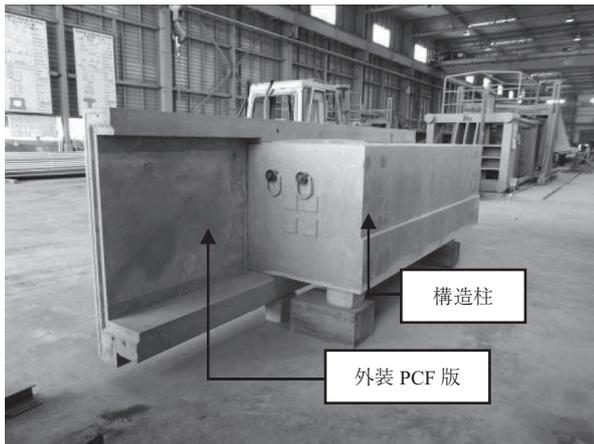


写真 - 10 PCF 版の柱打込み詳細

## 5. おわりに

PCaPC 工法を積極的に用いた構造計画および施工とすることで、一般的な鉄骨造超高層オフィスにはない、高い空間品質を有する建築を実現できたと考える。本建築は多くの特殊要件のなかでこそ成立したものであるが、将来的にはより広範な用途、建物規模等へも PCaPC 工法の展開されることを期待したい。

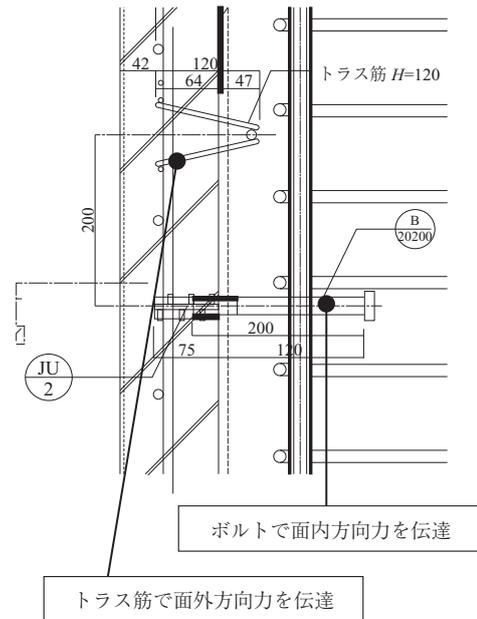


図 - 10 PCF 版と柱打込面の取り合い詳細

## 謝 辞

本計画はクライアントのご理解、施工者および専門業者の多大なご協力があったて実現した。この場をお借りして深謝する。

【2016 年 3 月 18 日受付】



刊行物案内

# 第 44 回 PC 技術講習会テキスト

生産性向上へむけた PC 技術の展開

平成 28 年 6 月

定 価 6,000 円 / 送料 300 円

会員特価 5,000 円 / 送料 300 円

公益社団法人 プレストレストコンクリート工学会