

立川市庁舎の設計・施工

— PCaPC 間柱を耐震要素とした中間層免震構造 —

城戸 隆宏*1・妹尾 正和*2

免震構造の採用により、上部構造の耐震性能の向上のみならず、地震力から解放された上部構造は比較的自由的なデザインが可能となる。プレキャスト・プレストレスト鉄筋コンクリート造と免震構造の組合せはこれを実現できることを示す一つの好例である。

ここでは、平成 22 年 5 月に開庁を迎えた立川市庁舎の工事報告として、設計および施工の概要を報告するものである。

キーワード：PCaPC 構造、耐震要素、軸力鋼管柱、中間層免震

1. はじめに

立川市の南口から徒歩 10 分程度に位置している旧庁舎は昭和 33 年に建設され、耐震性が不十分であることと各課が複数の建物に分散配置されており、それを集約するために別敷地にて建替えが計画された。

新市庁舎は市民自治の拠点としての役割を期待されており、市民参加型の市政の実現を意図し、空間的にワンフロア約 6 000 m² の事務室および会議室が 3 層構成となる大規模低層平面の構成としている。

建築計画上の特徴は以下のとおりである。

- ・屋上緑化、自然通風をはじめとする自然エネルギーの積極的利用
- ・免震構造による安全性の確保
- ・プレキャストプレストレスト鉄筋コンクリート造（以下 PCaPC 造）の採用による躯体の高耐久性の確保

2. 建築概要

写真 - 1 に外観および内部空間の写真を示す。

建物概要は以下である。

建物名称：立川市庁舎

建築場所：東京都立川市泉町 1156 番 9

用途：事務所（市庁舎）、駐車場

建築主：立川市

設計者：野沢正光・山下設計設計共同体

監理者：野沢正光・山下設計設計共同体

施工者：戸田建設(株)東京支店

PC 工事施工者：(株)建研 東京支店

工期：平成 20 年 8 月～平成 22 年 3 月

建築面積：6 880.25 m² 延床面積：25 981.60 m²

階数：地上 4 階、地下 1 階

軒高：GL + 18.86 m 最高部の高さ：GL + 19.11 m

構造種別：地上階 PCaPC 造 + 鉄骨造

地下階 鉄筋コンクリート造

基礎 直接基礎（独立基礎、一部布基礎）

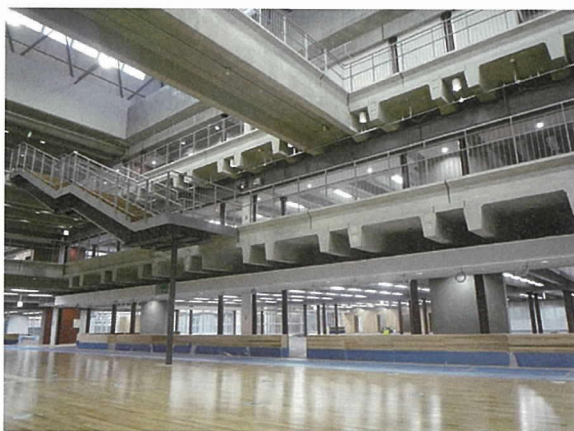


写真 - 1 外観および内観写真



*1 Takahiro KIDO



*2 Masakazu SENOU

(株) 山下設計 東京本社 構造設計部門

(株) 建研 東京支店 第一設計部

3. 建築計画

本建物は南北方向 100.8 m, 東西方向 72.45 m の大規模平面を有する庁舎となっている。配置図を図 - 1 に示す。

地下 1 階は駐車場, 地上 1 階～2 階が市民プラザ, 窓口業務のための事務室空間, 3 階が議場をはじめとする議員関係諸室から構成されている。

1 階エントランス上部の 2 層の吹抜け空間および階段室廻りに設けた半屋外空間により自然光を十分に取り入れた建築計画としている。

事務所空間は $8.4 \times 16.8 \text{ m}$ を基本モジュールとしたユニットで構成され, $\phi 177.8 \text{ mm}$ の軸力鋼管柱 (以下鋼管柱) と PCaPC 部材による無柱空間を実現している。

なお階高は 3 900 mm としている。図 - 2 に断面図を示す。

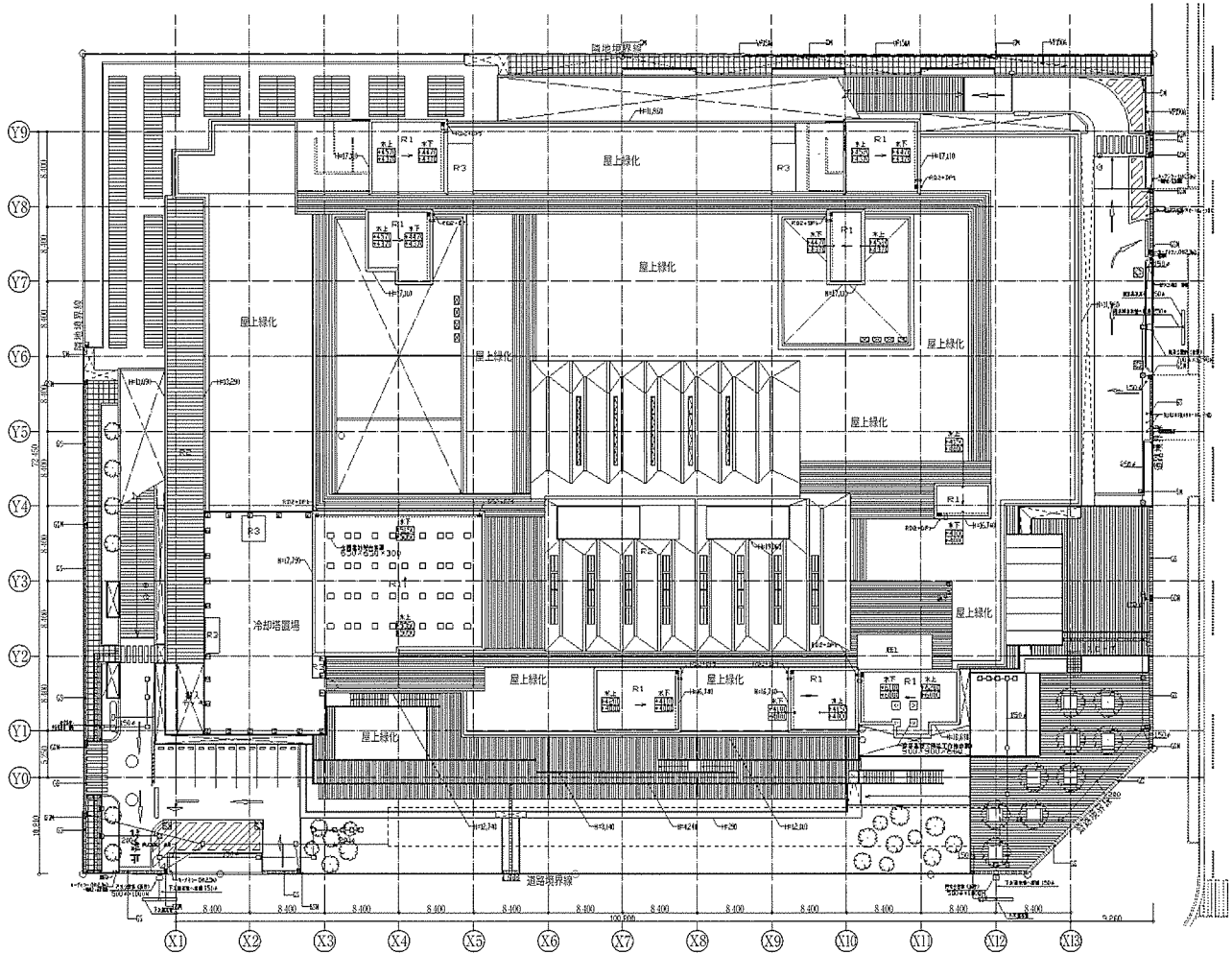


図 - 1 配置図

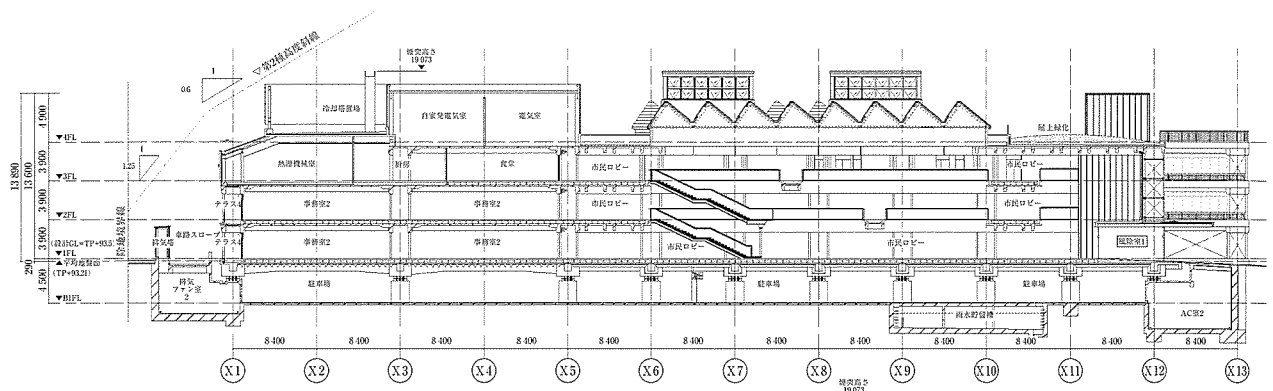


図 - 2 断面図

4. 構造計画

構造計画の基本方針としては、用途が庁舎であることと、100年建築を目指す耐震性能のグレードを実現するために、きわめて稀に発生する地震動に対しても建物の安全性を保持し、損傷を最小限に抑えることを目的として、免震構造を採用している。また、免震構造を採用することで耐震性能向上のみならず上部構造のデザイン的なフレキシビリティも可能としている。

主な構造的特徴を以下に示す。

- ・ 上部構造は組立て圧着工法による PCaPC 造を主体とした構造である。
- ・ 桁梁およびリブ付床版から構成される PCaPC 部材は鋼管柱によって支持されている。鉛直荷重は鋼管柱が、水平荷重に対しては鋼管柱間に配された PCaPC 間柱（一部鉄骨ブレース）を抵抗要素としている。
- ・ 空間モジュールを短手方向 8.4 m、長手方向 16.8 m、階高 3.9 m として全体を構成している。各階の床を構

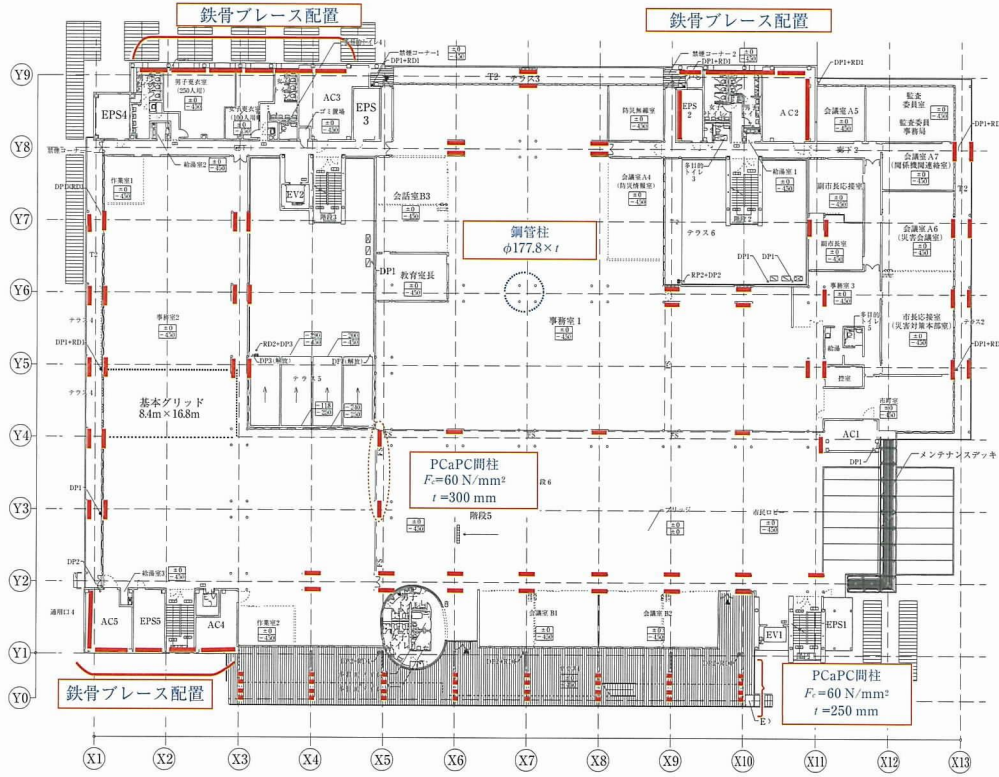


図 - 3 全体架構図 (1 階)

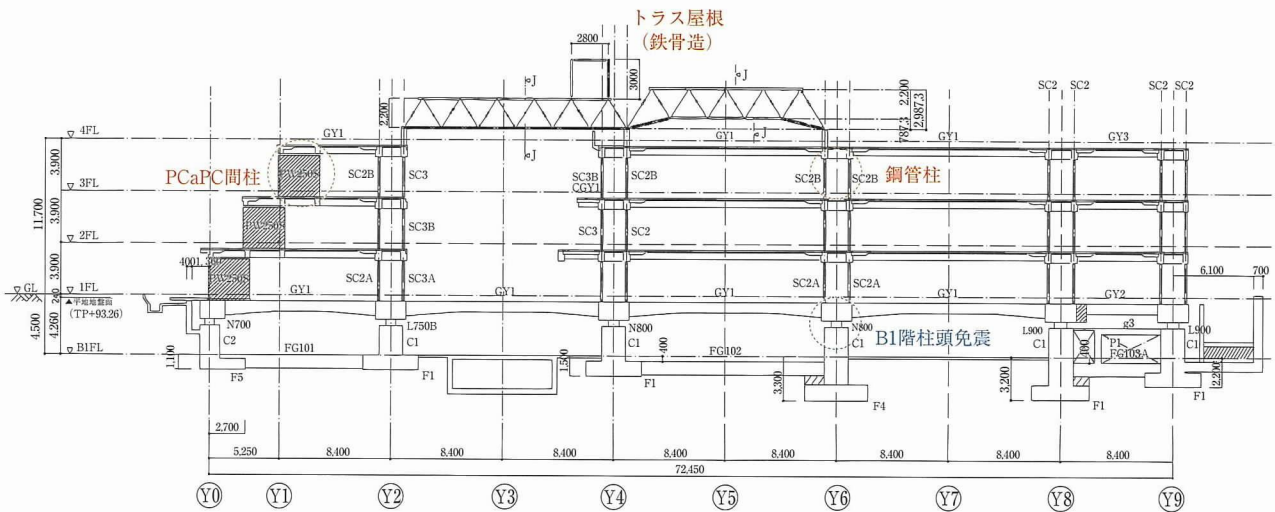


図 - 4 構造軸組図 (X7 通り)

成している PCaPC 部材は、スパン長 16.8 m を基本としている。

- ・ PCaPC 部材の採用により大スパン化することで、免震装置台数を少なくして建物の長周期化を図っている。

図 - 3 に全体架構図を図 - 4 に軸組図を示す。

本建物は 8.4 × 16.8 m モジュールに鋼管柱が 4 本 1 組で配置されており、建築計画上、影響のない部分にはその鋼管柱のスパン内に PCaPC 間柱を配置した計画としている。

図 - 5 に架構システムの詳細図を示す。

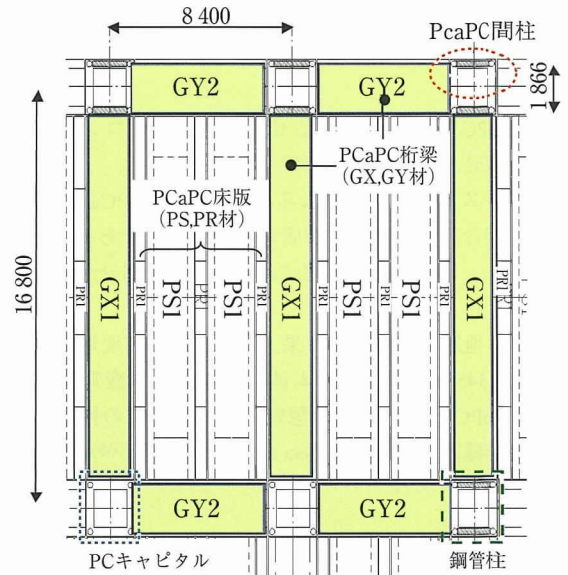
鋼管柱および PCaPC 間柱、PCaPC 桁梁の各部材はキャピタルと呼ばれる台座の役割を有する部材を介し、プレストレスによって一体化されている。なおキャピタルは当該部分を通過する設備ダクトや電気関係の配線計画に応じて、ロの字・コの字・二の字・Lの字に分類して配置している。

鋼管柱は PCaPC 間柱に内蔵されたタイプと、PCaPC 間柱が付帯しないタイプとに分けられる (写真 - 2)。

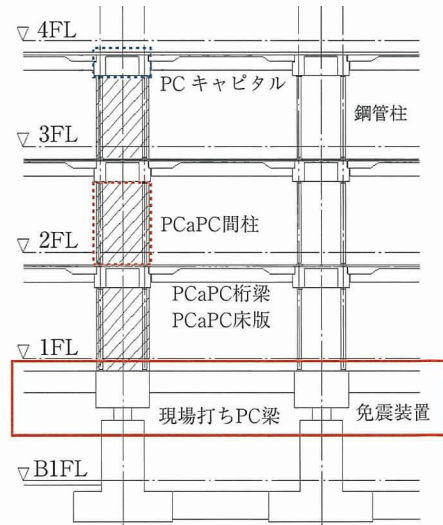
鋼管柱のサイズは外径φ 177.8 mm で一定とし、軸力の大きさにより肉厚を 19 ~ 36 mm に変化させたシームレス鋼管を採用している。キャピタルと鋼管柱の接合方法は鋼管内に PC 鋼棒を配置し、施工時あるいは長期荷重時、また地震時に発生する引抜き力に応じて、プレストレスを導入している。



写真 - 2 鋼管柱と PCaPC 間柱



〈平面図〉



〈断面図〉

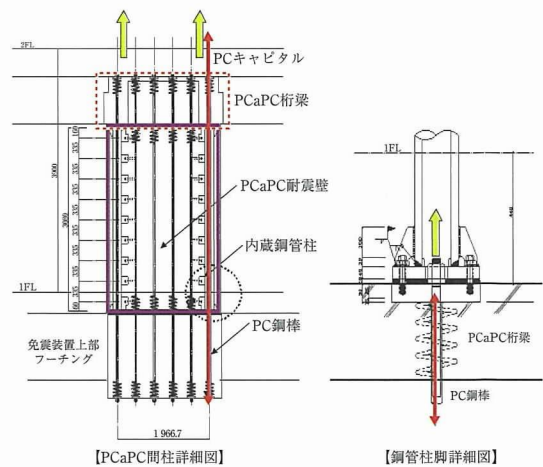


図 - 5 架構システム詳細図

PCaPC 間柱は設計基準強度 $F_c = 60 \text{ N/mm}^2$ 、厚さ 250 mm、300 mm であるが、地震応答解析により得られた層せん断力に対して、以下の条件を満たすように部材断面を設定した。

- 1) PCaPC 間柱が負担するせん断応力度がコンクリートの許容せん断応力度以内であること。
- 2) プレストレス導入によるキャピタルと PCaPC 間柱の圧着接合部分の摩擦力が層せん断力以内であること。すなわち、レベル 2 地震動において、当該部分が滑動しないこと。

なお、地震応答解析の結果、最大応答層間変形角は Y 方向で 1/1 345 (告示ランダム波) となり、本変形状態において PCaPC 間柱が設計で想定している所定の性能を満足するかを確認する必要があるため、実大レベルの縮小実験を行った。

5. 縮小モデル実験

本構造は PCaPC 間柱を主要な耐震要素として計画している。PC 部材を積極的にかつ主要な抵抗要素として採用している実例が少ないことと、解析上考慮した挙動の確認のために性能確認実験を行った。

5.1 実験目的

実験目的を以下に示す。

- ・組立てから実験時におけるプレストレス状態の確認
- ・設計荷重時 (レベル 2 地震動時) における損傷状態・応力状態の確認
- ・PCaPC 部材の終局状態の確認および設計荷重に対する余裕度の確認

5.2 実験概要

試験体全景を図 - 6 に、試験体詳細を図 - 7 に示す。試験体は 1 階部分の PCaPC 間柱の 2/3 縮小モデルとした。円形鋼管 ($\phi 114.3 \text{ mm}$ 、厚さ 22 mm、STKM-20A) を左右に内蔵した幅 1 510 mm、高さ 2 000 mm、厚さ 200 mm の部材を、間柱芯に配した 6 本の PC 鋼棒を用いて上下のスタブに圧着した。部材両端の PC 鋼棒は鋼管内を貫通している。コンクリート強度は $F_c = 60 \text{ N/mm}^2$ 、間柱上下の目地グラウトは隙間を 20 mm とし、試験体本体と同強度

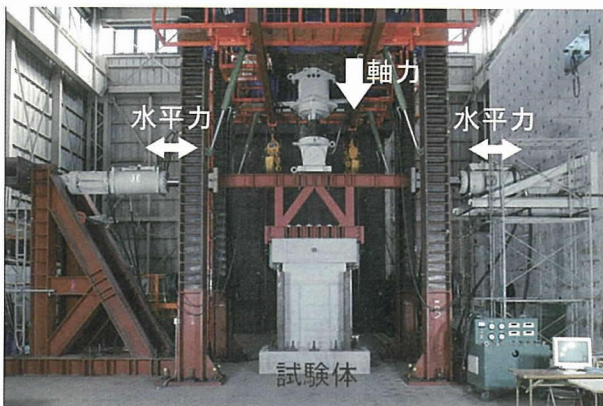


図 - 6 試験体全景

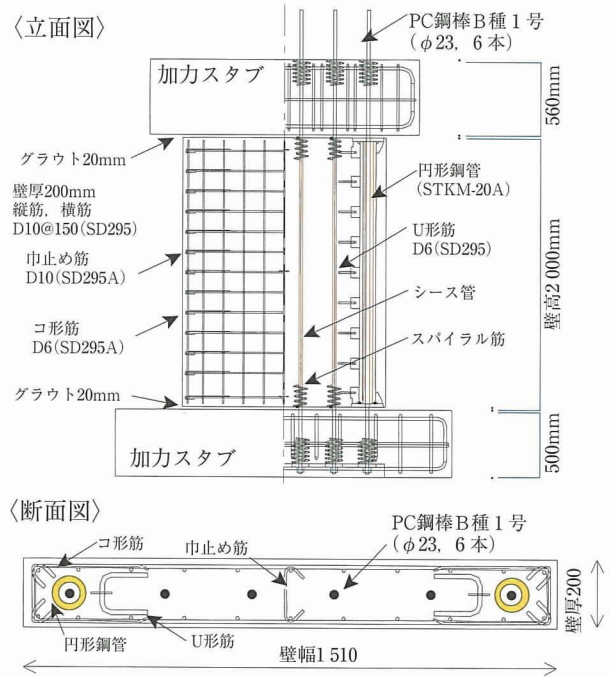


図 - 7 試験体詳細

のモルタルを打設した。

PC 鋼棒緊張後にはシース管と鋼管にはモルタルを充てんして PC 鋼棒にモルタルとの付着力が発生するようにした。

5.3 実験結果

水平荷重と水平変形角との関係を図 - 8 に示す。図中には、レベル 2 地震動振動解析から得られた、設計水平力 (391 kN) を示す。結果として、1/500 rad. までの加力で壁部分に目視で確認できるひび割れ等の損傷は見られず、1/150 rad. で壁下端目地部の開き、1/100 rad. で壁下端に圧壊が見られたが、部材は端部以外ほとんどひび割れは見られなかった。水平荷重変形角関係は、1/50 rad. まで耐力低下のない PCaPC 部材特有の原点指向型の弾塑性履歴を示

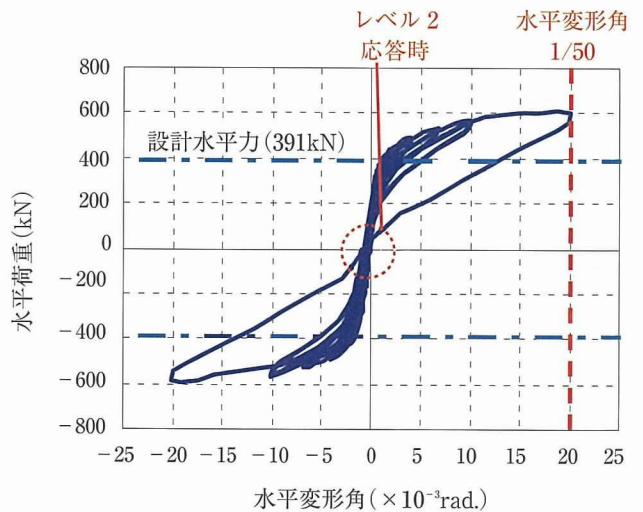


図 - 8 水平荷重 - 変形角関係

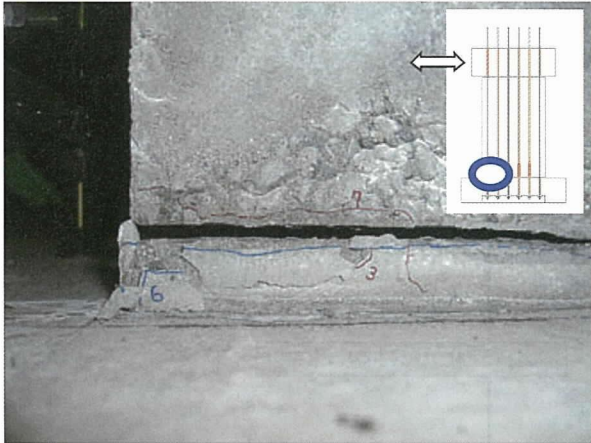


図 - 9 最終荷重時 (1/50 rad.) の状況

した。また、設計水平力に対して最大耐力 (608 kN, $R = 1/50 \text{ rad.}$) は 1.55 倍の余裕度を有しており、設計時に見込んである耐力を十分に確保できていることが分かった。図 - 9 に最終荷重時 (1/50 rad.) の試験写真を示す。

6. 施工計画

本建物は柱頭柱脚がピン接合された鋼管柱とキャピタル、桁梁、PCaPC 間柱からなるハイブリッド構造であるため、通常の PC 造に比べて施工時の安定性の確保と施工順序の決定が非常に重要になる。

建方計画を立案するうえでの課題点を以下に示す。

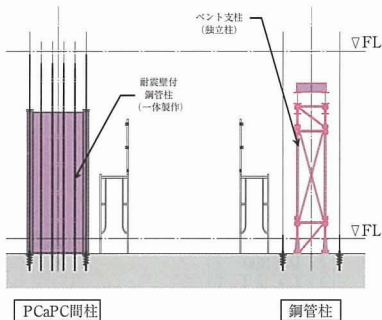
- ・大規模平面形状を有していることから、敷地に対するスペース的な余裕がほとんどない。
- ・鋼管柱の柱頭柱脚部はピン接合であり、建方時の安定性はもちろんのこと、桁梁へのプレストレス導入時の水平移動をおさえることが必要となる。
- ・PC 工事にかけられる工期は約 6 ヶ月間である (1 階を除く)。



写真 - 3 施工中写真

STEP1

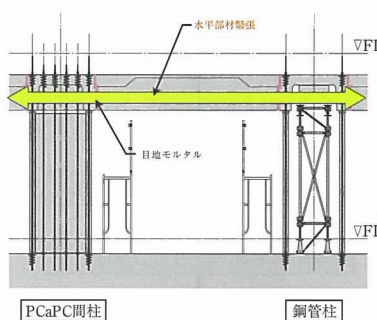
- ・PCaPC間柱建込み
- ・鋼管柱用ベント支柱組立て



- 部材が自立できる程度に縦方向にPS導入する

STEP2

- ・水平部材目地モルタル充てん、水平部材緊張
- ・PCaPC間柱のみ目地モルタル充てん
- ・鋼管柱ボルト本締め

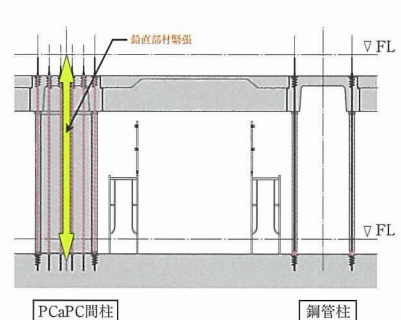


- 水平方向部材を先行して圧着 (緊張) する
- キャピタルと耐震壁はスリットとしておく

水平方向の緊張

STEP3

- ・鉛直方向部材一斉緊張



- 鋼管柱部PC鋼棒緊張 (壁部分の鋼棒は最上階でまとめて緊張)

鉛直方向の緊張

図 - 10 緊張工事順序図

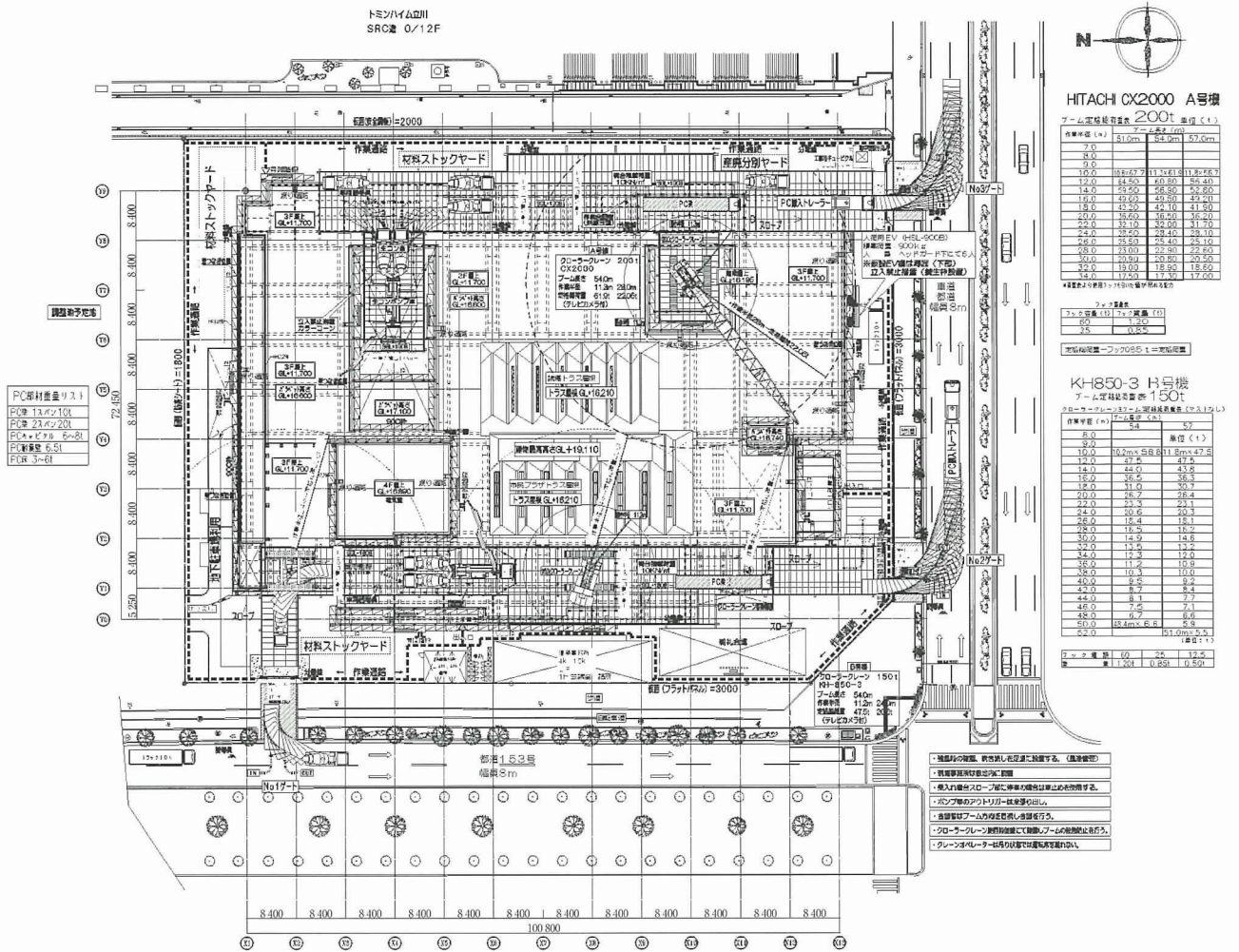


写真 - 4 PC建て方全景

- ・構造設計的な要求より、PCaPC間柱へのプレストレス導入はすべての階のトップコンクリート打設が終了したあとで鉛直方向に一斉緊張を行う。
- ・階段室を含めた鉄骨造部分が存在するため、プレストレ

ス導入による反力を当該部分に流さないため、PC部の施工後に建方する必要があった。

- ・現場事務所的位置はセットバックした西側テラス部になり、現場事務所解体後の施工となる。

上記課題点をもとに実際の施工計画としては、以下のようにした。図 - 10 に緊張工事順序図を写真 - 3 に施工中の写真を示す。

- ・あと施工である鉄骨造部分に2つの構台を配置し、150tと200tクローラークレーンを移動させながら施工した。
- ・PCキャピタルの重量はすべて、一時的にバント支柱で支持することで鋼管柱部分の施工性を向上させた。
- ・プレストレス導入に伴う、床面全体の水平移動を極力抑えるために、桁梁へのPS導入順序ならびに方向を詳細に検討した。
- ・PCaPC間柱ならびに鋼管柱に建て方時の水平方向の安定性を確保する程度のプレストレスを導入した。

図 - 11 にPC工事施工フロー、図 - 12 に総合仮設計画図を示す。

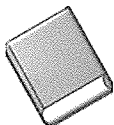
7. ま と め

本建物の設計・施工を通じて以下の知見が得られた。

- ・鋼管柱と PCaPC 部材からなるハイブリッド構造を採用することで、通常とは異なる内部空間のデザインが可能となった。
- ・PCaPC 間柱の縮小モデルの実験を行うことで本部材

の耐震要素としての信頼性を確認することができた。
・綿密な施工計画の立案、実施により PC 建方は大規模な平面形状ながら約 6 ヶ月で終了することができた。
最後に本建物の施工にあたりご尽力いただいた戸田建設(株)の皆様には感謝の意を表するとともに、本報告が今後の参考となれば幸いである。

【2010 年 4 月 20 日受付】



刊行物案内

プレストレストコンクリート技士試験 講習会資料

平成 21 年度 PC 技士試験講習会

資料のほか、過去 3 年間の試験問題、正解および解説が掲載されています。

現金書留または郵便普通為替にてお申込みください。

(平成 21 年改訂)

定 価 6,000 円／送料 500 円

会員特価 5,000 円／送料 500 円

社団法人 プレストレストコンクリート技術協会