

深谷市新庁舎の設計・施工

— PCaPC造とSRC造・S造を併用した庁舎の構造計画 —

森山 直樹*1・松村 幸保*2・児島 達也*3・今村 雅泰*4

既存の市庁舎を使いながら、同じ敷地内に新庁舎を建設する施工条件のため、かぎられたスペースで工事環境に配慮し、できるだけ工期を短縮する工夫が求められた。また、庁舎としてのフレキシブルな執務スペースや象徴的な議場など、機能に合わせた空間を実現する架構計画が必要であった。主体構造をプレキャストプレストレストコンクリート（以下、PCaPC）とすることで、工場製作による品質確保と工期短縮、構造体をそのまま現しとする意匠と構造が一体となったデザインを実現するなど合理化を図りながら、スパンの大きい架構や形状の複雑な議場などには鉄骨鉄筋コンクリート（以下、SRC）造や鉄骨（以下、S）造を組み合わせて、要求されるプログラムに対応する構造計画とした。

キーワード：PCaPC工法、PCaPC床版、免震構造、庁舎、SRC造、S造

1. はじめに

日本近代経済の父・渋沢栄一の出生地である深谷市は、埼玉県の北部に位置し、古くは中山道の宿場町として発展してきた。重要文化財である煉瓦工場・ホフマン輪窯などの歴史資産を有し、煉瓦のまちとしても知られている。

本計画では、「人・歴史・まち」と調和するシンプルでコンパクトな形のなかに、新しい庁舎の機能と環境提案を取り込み、「安全・安心な防災拠点、シンプルで機能的な新庁舎」の実現を目指した。図-1に各階平面図を示す。

2. 建築計画

2.1 建物概要

所在地：埼玉県深谷市仲町11番1号

建築主：深谷市

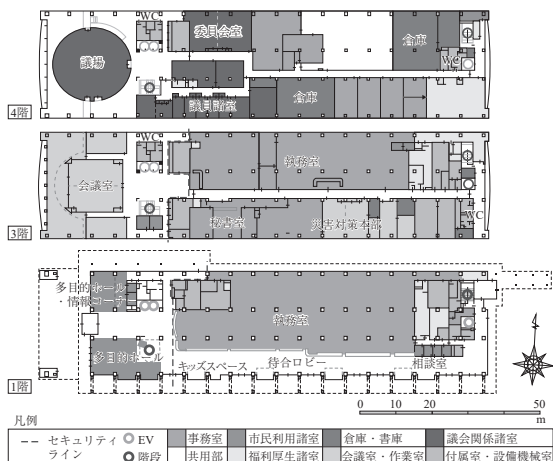


図-1 各階平面図



写真-1 西側ファサード



*1 Naoki MORIYAMA

(株)佐藤総合計画
構造オフィス



*2 Yukiyasu MATSUMURA

(株)佐藤総合計画
構造オフィス



*3 Tatsuya KOJIMA

古郡建設(株)
建築部



*4 Masayoshi IMAMURA

(株)ピーエス三菱
東京建築支店建築設計部

設計：株式会社佐藤総合計画
 施工：古郡・鈴木 特定建設工事共同企業体
 建築面積：4 790.25 m²
 延床面積：14 627.55 m²
 階数：地上 4 階
 構造種別：鉄筋コンクリート（以下、RC）造（PCaPC）
 一部 SRC 造および S 造
 基礎形式：直接基礎・地盤改良（浅層混合処理工法）
 免震位置：基礎免震

2.2 建築計画概要

本建物は地上 4 階建ての市庁舎で、平面形状はおよそ 30 m × 120 m、軒高約 16 m のシンプルな箱型形状である。西側に市民広場を配置し、そこから連続して 2 層吹抜けのピロティ、メインエントランスを計画して（写真 - 1）、交流スペースや窓口などの市民利用ゾーンを 1 階に集約している。また、建物四周には庇を巡らせて、利用者が寄り付きやすいオープンな空間とした。南側の国道に面するレンガアーチの廊下は、深谷の歴史遺産「ホフマン輪窯」を継承したアーチ形状で、まちとの回遊性を促す動線として計画した（写真 - 2）。

外観を特徴づける 2～4 階のレンガウォールは、外装材としてレンガの特性である蓄熱効果を生かし、建物の熱負荷を低減する効果をもたらす。また、屋根には約 150 kW の太陽光パネルを設置し、深谷の豊かな日射量を有効利用している。



写真 - 2 レンガアーチの廊下

3. 構造計画

3.1 PCaPC の採用

低層でシンプルな箱型形状の計画であるため、構造体としてもできるだけ無駄のない架構が求められた。施工条件も踏まえて、主な架構形式は PCaPC 工法による純ラーム

ン構造とし、張間方向 10.1 m、8.0 m、10.1 m の 3 スパンの架構を桁行方向に 6.4 m スパンで連続させて、庁舎内部の執務空間は、見通しがよく、将来的にもフレキシブルに対応できる空間となるよう計画した。柱および桁行方向の梁は、PCaRC 造とし、主筋をモルタル充填式の機械式継手により接続する工法とした。一方、張間方向は PCaPC 造の圧着工法とし、ポストテンションにより約 10 m スパンの梁せいを 800 mm に抑えて、内部空間の確保と低層化を両立させた。各部材の配置を、図 - 2 および図 - 3 に示す。

床は、主に PCaPC 床板を採用した。市民窓口や執務室の天井仕上げをなくし、図 - 4 に示す曲面形状の PCaPC 床板を現して見せる意匠と構造が一体となったデザインとした。天井レスとすることは、地震時の落下物をなくす安全面への配慮とともに、階高を抑えることによるコスト削減にも寄与している（写真 - 3）。そのほか、スラブ底面

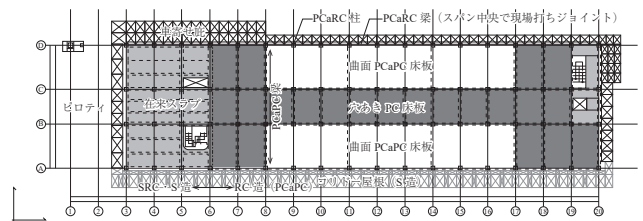


図 - 2 2階床伏図

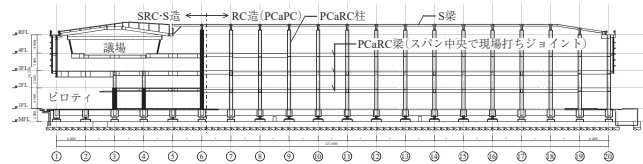


図 - 3 C 通り軸組図



写真 - 3 執務室の曲面 PCaPC 床板

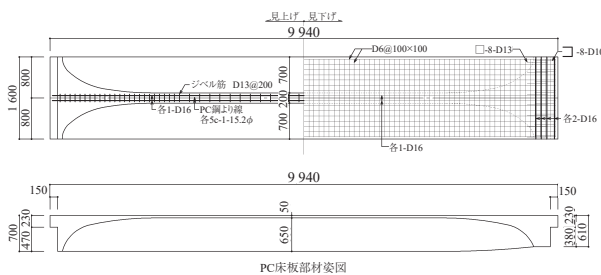


図 - 4 曲面 PCaPC 床板の部材形状

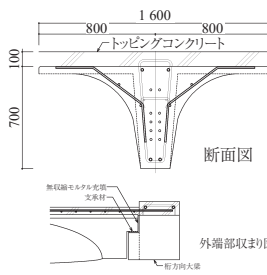


写真 - 4 モックアップ部材

がフラットな穴あき PCaPC 床板も併用して、できるだけ現場打込みするコンクリートを減らし、施工の効率化を図る計画とした。曲面 PCaPC 床板の製作にあたっては、3D-CAD を用いて入念に部材形状を確認しながら、鋼製型枠の製作・調整とモックアップ部材での確認を何度か繰り返した末に、最終的な部材を完成させた（写真 - 4）。

3.2 SRC 造・S 造の併用

RC 造では対応が困難な大スパンのピロティやメインエントランス部、議場まわりの複雑な架構および屋根梁には、SRC 造および S 造を併用し、プランの特性に応じた架構計画とした。シンボル性を表現した議場は S 造とし、円形のすり鉢状壁面に中央の上部リングから放射状に屋根梁を架けた無柱空間とした（写真 - 5）。議場の架構は、図 - 5 に示す部分的な解析モデルを作成し、詳細検討を行った。議場屋根梁と本体の外周梁が取合う部分の境界条件を考慮し、屋根梁の軸力による外周梁の弱軸方向の曲げについて検討した。また、議場架構が本体から独立した場合の地震力に対する解析も行い、安全性を確認した。

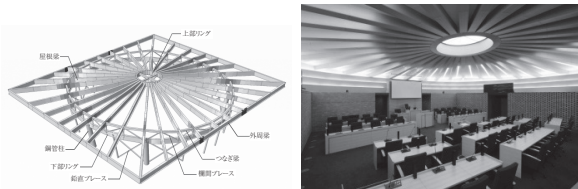


図 - 5 議場架構の解析モデル 写真 - 5 議場内観

3.3 免震層の計画

新庁舎は、災害時の機能維持に優れた免震構造を採用した。免震装置は、天然ゴム系積層ゴム支承 (RB)、鉛プラグ挿入型積層ゴム支承 (LRB)、転がりローラー支承 (CLB) を組み合わせ荷重規模などに合せて各デバイスを適所に配置した。また、建設地特有のサイト波 (深谷断層帯) に対して建物の変位を抑えるために、X、Y 各方向 4 基ずつオイルダンパーを配置した。免震装置配置図を図 - 6 に示す。

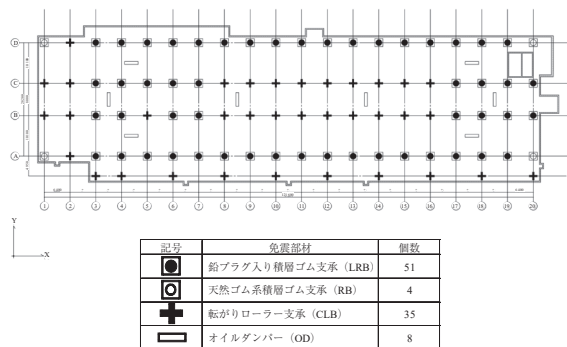


図 - 6 免震装置配置図

3.4 地震応答解析

本建物は告示免震の条件を満たしているが、時刻歴応答解析についても検証した。解析モデルは、基礎固定として免震層を含む各層を 1 質点に集約した質点系等価せん断型モデルとし、地震動の入力位置は基礎底レベルとした。

入力地震動は、観測波 3 波、告示波 3 波、サイト波 8 波

(参考波 4 波を含む) を用いた。建設地直近に分布する深谷断層帯は、地震規模が大きく、計画地点からの距離に近い内陸型活断層であるが、発生間隔が長く、発生確率が低いことから、参考波としている。

耐震判定基準を表 - 1 に示す。参考波以外の各地震波については、クライテリアすべての項目を満足することを確認した。参考波となる深谷断層帯は、上部構造の部材の状態、一部が短期許容応力度をわずかに超えることを許容しているが、そのほか上部構造の変形、加速度および免震層の各項目は耐震判定基準を満たすこととした。

表 - 1 耐震判定基準

項目	設計対象		
	レベル 1	レベル 2・参考波	
上部構造	部材の状態	短期許容応力度以下 (参考波は対象外)	
	層間変形角	≤ 1 / 400	≤ 1 / 300
	床加速度	≤ 300 cm/sec ²	
	1 ~ 4FL に限る		
免震層	最大変位		≤ 20 cm (γ = 100%) / ≤ 55 cm (γ = 275%)
	積層ゴム	支承面圧	圧縮 ≤ 短期許容面圧 / 引張 ≥ 0.0 N/mm ²
		水平変形	安定変形以内 (γ ≤ 100%) / 性能保証変形以内 (かつ γ ≤ 275%)
	転がりローラー支承	支承面圧	圧縮 ≤ 短期許容面圧 / 引張 ≥ 0.0 N/mm ²
		オイルダンパー	100 cm/s 以下 (免震用オイルダンパーの限界速度 × 2/3)
	基礎	部材の状態	短期許容応力度以下

応答解析結果 (レベル 2) の概要を表 - 2 に示す。

- ① 免震層の最大変位
告示免震：31.80 cm
応答解析：25.98 cm (告示波 神戸位相) / 53.11 cm (参考波 深谷断層帯)
- ② 免震層の最大層せん断力係数
告示免震：0.141
応答解析：0.123 (告示波 神戸位相) / 0.164 (参考波 深谷断層帯)
- ③ 1 ~ 4 階の最大床応答加速度
応答解析：267 cm/s² (観測波 Hachinohe-NS) / 219 cm/s² (参考波 深谷断層帯)

レベル 2 地震動における応答解析結果と、告示免震の結果を比べると、告示の方が変位で 1.22 倍、層せん断力係数で 1.15 倍の大きめの結果となった。ただし参考波も含めると、告示よりも応答解析の方が変位で 1.67 倍、層せん断力係数で 1.16 倍ほど大きい結果となっている。設計用地震動による応答解析との比較では、告示免震の方がおおむね安全側の評価であるが、参考波を考慮すると、とくに応答変位が非常に大きくなり、ダンパー量 (鉛およびオ

表 - 2 応答解析結果 (レベル 2)

方向	項目	応答値	地震波
X 方向	免震層の最大層せん断力係数	0.164	参考波 (深谷断層帯ケース 3)
	免震層の最大変位 (cm)	52.52	参考波 (深谷断層帯ケース 3)
	上部構造の最大層間変形角	1/891	参考波 (深谷断層帯ケース 3)
	上部構造の最大加速度 (gal)	267	観測波 (Hachinohe-NS)
Y 方向	免震層の最大層せん断力係数	0.164	参考波 (深谷断層帯ケース 3)
	免震層の最大変位 (cm)	53.11	参考波 (深谷断層帯ケース 3)
	上部構造の最大層間変形角	1/579	観測波 (Taft-EW)
	上部構造の最大加速度 (gal)	238	観測波 (Taft-EW)

イルダンパー)は、告示免震の検討で要求されるよりもさらに多くなった。建物が高層になると、上部のせん断力や加速度の増幅が大きくなると考えられるが、新庁舎は、コンパクトで低層な建物としたため、その影響をかなり抑えることができた。

4. PCaPC 部材の製作

4.1 PCaPC 部材の概要

架構の PCa 部材の形式は、柱および桁方向の梁を PCaRC 部材、スパン方向の梁を PCaPC 部材とした。柱部材は、モルタル充填式による機械式継手を柱脚に配し、各階毎に柱主筋を接続した。桁方向はパネルゾーン一体型の梁部材とし、柱主筋はパネルゾーンに配したシースを貫通させた。また、桁梁主筋は現場にてモルタル充填式による機械式継手にて接続した。スパン方向の梁は、端部で PC による圧着接合としており、梁部材には PC 鋼より線を通すシース管を配置しているが、梁部材長さが約 10 m となる部材には、運搬時および架設時の自重を負担するために、1 次ケーブルとして PC 鋼より線 6c-15.2 φ を配した。図 - 7 に PCaPC 部材の配置を示す。

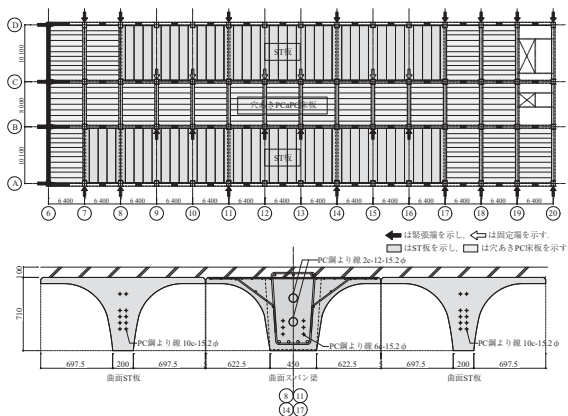


図 - 7 PCaPC 部材の配置

床板は曲面 PCaPC 床板、および穴あき PCaPC 床板を用いた。なお、曲面 PCaPC 床板と平行して敷設されるスパン梁部材は、天井面の連続性より曲面形状を成しているため、床板と同様に 3D-CAD により形状を確認した (図 - 8)。

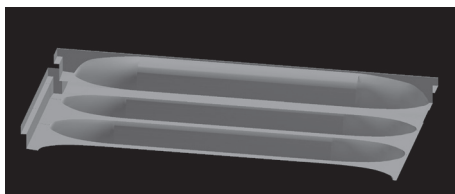


図 - 8 3D-CAD モデル

4.2 型枠の製作

曲面 PCaPC 床板の特徴的な形状を実現するために、型枠計画の段階において、加工が比較的容易な木製や、形状の精度確保が容易な樹脂製の採用も検討したが、約 60 部材を 1 枠で製作する必要があったため、材料の強度の観

点から一般的な鋼製型枠を採用した。

中央断面は鋼板を曲率に対してプレス機を用い、一方方向に曲げ加工することで形成することは容易であった。しかし、支承部近傍においては三次元方向の曲率が集約することから、1 枚の鋼板を曲げ加工で形成することは不可能であった。そのため支承部近傍の型枠は、小割の鋼板を接ぎ合わせて、手作業により表面を叩き上げ、接合部を研磨することで、3D-CAD に基づいた形状を確保した。なお、一般的な型枠には厚さ 3.2 mm や 4.5 mm の鋼板が用いられるが、本型枠では叩き上げや研磨による摩耗を考慮して、厚さ 6.0 mm の鋼板を用いた。また 3D-CAD データは、型枠の骨組みとなるリブの形状や配置を検討するために、支承部近傍を 100 mm 間隔で断面を抽出するために活用した。曲面 PCaPC 床板の型枠を写真 - 6 に、型枠のリブ配置を写真 - 7 に示す。

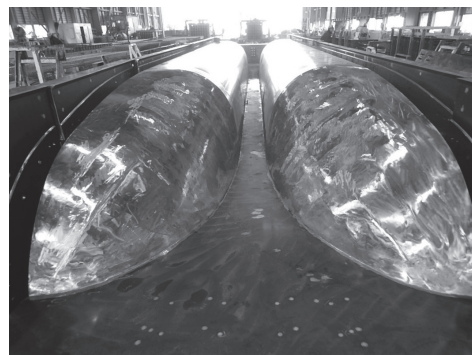


写真 - 6 曲面 PCaPC 床板の型枠



写真 - 7 型枠のリブ配置

4.3 部材の製作

表 - 3 に部材重量表を示す。柱の部材重量で最大と最小とで約 2 倍の重量の差が生じているのは、基準階においては梁下までの部材高さが約 2.6 m であるのに対して、4 階の B および C 通りの柱は、頂部に鉄骨屋根を掛けるため桁梁がなく、部材高さが約 5.0 m となっているためであ

表 - 3 部材重量表

部 材	数量	重量 (t/p)	総重量 (t)
柱	224	4.51 ~ 8.86	1 247.4
桁梁	198	3.42 ~ 12.20	1 236.3
スパン梁	99	6.25 ~ 13.48	883.3
曲面 PCaPC 床板	180	9.88 ~ 10.25	1 833.8
穴あき PCaPC 床板	70	8.0 ~ 10.0	622.0

の25ヵ月間で完了した。

桁行方向はPCaRC部材であり、梁中央部にて現場打ちコンクリートを施工する必要がある。一般的には、床上のトッピングコンクリートと梁中央部の現場打ちコンクリートを同時期に施工することが多い。ただし、曲面PCaPC床板は桁梁にて支持されるため、桁梁が構築されないと床板の荷重を負担することができない。だが、桁行の現場打ちコンクリートの強度発現を待ってから床板を施工するサイクルでは、全体工程が逼迫することが明白であった。そこで、桁梁の現場打ちコンクリート部分の型枠支保工は、床板の支保工と兼用させることで、PCaPC部材の施工サイクルに空きが生じないようにした(写真-10)。また、桁梁の現場打ちコンクリートと床上のトッピングコンクリートの施工を分けることで、支保工に掛かる重量を低減した。



写真-10 床板の支保工

また、X6-X7間では現場打ちSRC造とPCaRC造が接続される。PCaPCと在来部を含む建物では、PCaPCの工程が先行するため工法の境界部での施工手順によって施工工程が決定される場合がある。本建物では、X6-X7間には穴あきPCaPC床板が敷設されるため、現場打ちSRC造部分の施工を待ってからの敷設となった。そのため、PCaPCの工程において図-10に示す③工区を、建物の高さ方向に対しても③-1および③-2と工区を細分化することで現場打ち部分との工程の調整を図った。

5.2 PCaPC部材の緊張計画

架構の緊張は、フレームのみを構築するための2次緊張と、トッピングコンクリート打込み後に建物全体にプレストレスを導入する3次緊張とした。

A-B間およびC-D間に配置される曲面PCaPC床板で構成される床組みは、X方向3グリッドに対して、B-C間の穴あきPCaPC板の床組みは、1グリッドで構成されている。そのため、B-C間を2次緊張のみとして、曲面PCaPC床板を敷設する前にフレームの構築を完了させる必要があった。

B-C間はスパン8mと比較的短いことや、PCa梁部材断面が700mm×570mmと小さいこと、また2次緊張のみの施工であることから、全長に対するプレストレスによる変形量が大きくなるため、緊張による伸び量も大きく生じることが懸念された。そのため、当該梁の緊張管理においては、図-12に示す2次緊張による部材の軸変形によ

る伸び量を、PC鋼材のみによる伸び量に加算して管理を行った。なお、施工初期段階における緊張に際しては、監理者、施工者および、PC専門家による立会いによる緊張確認を行い、伸び量が許容値(±5%)以内であることを確認した(写真-11)。また、実際のPC鋼材の伸び量に対してプレストレス力が増加した場合を想定した断面検定も行い、十分な安全性があることを確認した。以上より、建物全体の緊張管理についても、圧力と伸びの関係や伸び量について、許容値以内に収まっていることを確認している。

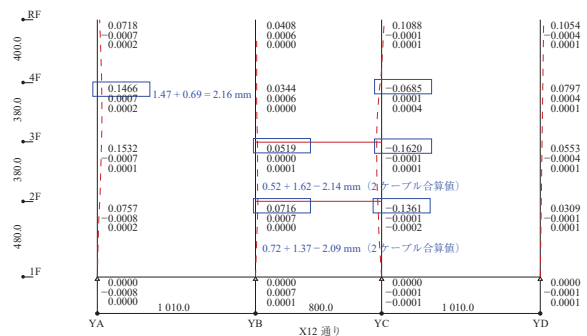


図-12 2次緊張による部材の軸変形量



写真-11 立会い時2次緊張(B-C間)

6. おわりに

建物全景を写真-12に示す。本建物は2020年6月に無事に竣工を迎えることができた。設計から施工までを通じて、多大なご指導とご協力をいただいた深谷市の皆様、ご尽力いただいた工事関係者の皆様に、深く御礼申し上げます。



写真-12 建物全景

【2021年4月27日受付】