

軽快なファサードの構築を PCaPC 造細柱と PC 合成床板の 組み合わせで実現した建築物の施工例

- むこがわ
- 武庫川女子大学建築学科校舎新築工事 -
 - いちい信用金庫新本店新築工事 -

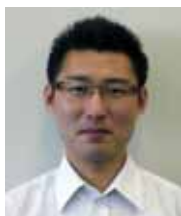
| | | |
|-------|-----|-------|
| 西日本支社 | 建築部 | 市澤勇彦 |
| 西日本支社 | 建築部 | 長谷川俊一 |
| 西日本支社 | 建築部 | 大同慶治 |
| 西日本支社 | 建築部 | 藤尾聡美 |

概要：「均一化されて変化に乏しく無機質な表面を呈した外観と重厚な柱や壁が林立して狭隘で薄暗い室内空間」という従前の学校やオフィスビルにありがちなイメージを改善する試みが急速に広まりつつある。構造面では必要な構造性能をより詳細に解体、分析して、それらを的確に各部位に分担させることで、スレンダーな部材と開放的な空間の提供が可能となり、軽快で透明感あふれる建築物創出の一助に貢献している。この展開の中で「武庫川女子大学建築学科」と「いちい信用金庫新本店」の2棟で、構造性能を鉛直支持能力に限定することで極限までスリム化したプレキャストプレストレストコンクリート(以下、PCaPC と略記)造細柱と PC 合成床板が採用された。これら部材のコンクリート表面は色感と質感を持たせた仕上げが施されており、両建物ともに意匠と構造の要素を兼備したプレストレストコンクリート(以下、PC と略記)造部材を用いることで軽快なファサードの構築を実現している。本稿では、採用された PCaPC 造部材(細柱・ロングスパン PC 床板)の施工および製作について解説する。また PC 造部材の構造面の特徴、部材相互の納まり、部材の表面仕上げについて、既稿第3号で紹介された同種建物の先駆けとなった「淀屋橋山本ビル」とも比較しながら紹介する。

Key Words：PCaPC 造細柱，ST 板，ロングスパン，仕上げ，ファサード

1. はじめに

オフィスや学校にあっては用途や利用効率が優先された結果、コンクリートや鉄などの無機質で変化に乏しい表面を呈した外観と柱や壁が林立して狭隘で薄暗い室内空間しか併せ持たない器内での活動を余儀なくされる事例が多く存在する。これを改善するための試みがここ数年来、意匠、構造の両方面で急速に広まりつつある。構造面では求められる構造性能をより詳細に解体、分析して、それらを的確に各部位に負担、特化させることで、意匠兼用のスレンダーな構造部材と開放的な空間の提供を可能にした。これを具現化した建築物で先駆的な役割を果たしたのがコンクリート系で言えば「兵庫県立芸術文化センター」(設計監理：



市澤勇彦



長谷川俊一



大同慶治



藤尾聡美

兵庫県・日建設計, 当社 PC 施工)や「淀屋橋山本ビル(設計監理; 日建設計. 以下, 山本ビルと略記)」(既稿第3号紹介)などが挙げられるであろう。いずれも PC 造部材が負担すべき構造性能を特定することによって, スレンダーで, かつ, 部材表面に小たつき仕上げや研り出し仕上げを施して骨材の表情を露出させた PCaPC 造柱が実現し, その間から自然光が建物内外に入反射することで軽快で透明感あふれる空間を演出している。

ここに報告する「武庫川女子大学建築学科(以下, 武庫川女子大学と略記)」と「いちい信用金庫新本店(以下, いちい信用金庫と略記)」の2棟は, 上記の構造手法をさらに発展させて, 構造性能を鉛直支持能力のみに限定することで極限までスリム化した PCaPC 造細柱とロングスパンの PC 合成床板が広範囲に採用されている建築物である。PC 造部材のコンクリート表面は色感と質感を持たせて仕上げられており, 両建物ともに意匠と構造の要素を兼備した PC 造部材を用いることで軽快なファサードの構築を実現させ, 内部に大空間を確保した建築物の代表例の一つと言える建物である。

本稿では, 採用された PCaPC 造部材の施工および製作概要を中心に解説する。また各建物について, PC 造部材の構造面の特徴, PCa 部材相互の納まり, 表面仕上げを山本ビルとも比較しながら相違点について紹介する。

2. 工事概要

2.1 建築概要

表 - 1 に各建物の建築概要を示す。比較のために山本ビルも併せて示す。

表 - 1 建築概要

| 工事名称 | 武庫川女子大学建築学科校舎新築工事 | いちい信用金庫新本店新築工事 | (仮称)淀屋橋山本ビル新築工事 |
|-------|----------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|
| 所在地 | 兵庫県西宮市戸崎町 1-13 | 愛知県一宮市若竹 3 丁目 2-2 | 大阪市中央区今橋 4 丁目 3-22 |
| 建築主 | 学校法人武庫川学院 | いちい信用金庫 | (株)ヤマモト |
| 設計監理 | (株)日建設計 | 日建・垣見設計監理共同企業体 | (株)日建設計 |
| 監修 | 武庫川女子大学建築学科 | | |
| 建築施工 | (株)竹中工務店 | 鹿島・中村工業・榊原・中野建設 工事共同企業体 | 鹿島建設(株) |
| PC 施工 | (株)ピーエス三菱 | (株)ピーエス三菱 | (株)ピーエス三菱 |
| 主要用途 | 学校 | 事務所 | 事務所 |
| 敷地面積 | 35,626.86m ² | 3,927.50m ² | 536.69m ² |
| 建築面積 | 3,871.60m ² | 1,386.89m ² | 339.82m ² |
| 延床面積 | 7,559.94m ² | 10,224.97m ² | 3,685.68m ² |
| 階数 | 地上 3 階 | 地上 12 階, 塔屋 1 階 | 地下 1 階, 地上 12 階, 塔屋 1 階 |
| 軒高 | 15.00m | 56.00m | 44.50m |
| 最高高さ | 18.00m | 56.20m | 48.70m |
| 構造 | RC 造, S 造, PCaPC 造 | SRC 造, S 造, PCaPC 造 免震構造 | SRC 造, RC 造, S 造, PCaPC 造 |
| 地業・基礎 | 既成コンクリート杭 | 場所打ちコンクリート杭 | 場所打ちコンクリート杭 |
| 全体工期 | 2006 年 5 月～2007 年 3 月 (11 ヶ月) | 2007 年 3 月～2008 年 9 月(予定) (19 ヶ月) | 2004 年 1 月～2005 年 7 月 (19 ヶ月) |
| PC 工期 | 2006 年 8 月～2007 年 3 月 (8 ヶ月) | 2007 年 11 月～2008 年 5 月 (7 ヶ月) | 2004 年 11 月～2005 年 2 月 (4 ヶ月) |

ここで, RC 造は鉄筋コンクリート造, S 造は鉄骨造, SRC 造は鉄骨鉄筋コンクリート造, PCa はプレキャストコンクリートとする。以下, 本稿では各略記号を用いる。

2.1.1 武庫川女子大学

JR 神戸線甲子園口駅から徒歩 7 分の交通至便な場所に建設された地上 3 階の校舎である。建物は、設計演習の場となる建築スタジオや展示ギャラリー、講評室などから成り、敷地の東を武庫川が流れ、北面から西面にかけては F.L.ライトの弟子である遠藤新の手による甲子園会館(旧甲子園ホテル、1930 竣工)とそれを覆う深緑の森で結ばれている。写真 - 1 に建物全景を示す。



写真 - 1 武庫川女子大学建築学科全景

2.1.2 いちい信用金庫

愛知県尾張地方を拠点とする信用金庫の本店として、一宮市中心部から南東約 3km の場所に移転、建設が進められている地上 12 階の事務所である。1 階に営業窓口、2 階に約 280 席のコンベンションホールを備え、3 階より上部は事務室として供される。図 - 1 に完成予想パースを示す。



図 - 1 いちい信用金庫新本店完成予想パース
(資料提供: 日建・垣見設計監理共同企業体)

2.2 構造概要

2.2.1 武庫川女子大学

平面は 1.8m グリッドに基準化されており、東西方向が 1.8m × 34 スパンの 61.2m、4.5m および 1.8m × 24 スパンの 43.2m の 108.9m、南北方向が 1.8m × 33 スパンの 59.4m で、外郭は緩やかな雁行形である。図 - 2 に 3 階伏図および軸組図を示す。

各階ともに建物中央部のアトリウムを囲むように、それぞれ 46.8m(X2 ~ X28 通り) × 16.2m(Y15 ~ Y24 通り)と 32.4m(Y4 ~ Y22 通り) × 16.2m(X35 ~ X44 通り)の無柱空間を有する建築スタジオが配置されており、この大空間は 1.8m 間隔で列せられた PCaPC 造細柱(3 階は S 造鋼管柱)とロングスパンの PC 合成床板を用いて構築されている。

建築スタジオの外側には、現場打ち RC 造の廊下をはさんで同じく現場打ち RC 造で構成された実験室や教員室が配置されており、これら現場打ちの部分にバランスよく配置された耐震壁などの耐震要素によって建築スタジオを含む建物全体の地震力の大部分を処理させる構造となっている。

階高は各階で 4.5m に統一され、頂部ルーバーを含めた建物高さは 15m になる。

2.2.2 いちい信用金庫

階高は 1 ~ 2 階が 5.95m、M3 階が 5.1m、基準階(3 ~ 8 階)が 4.1 ~ 4.2m、塔屋階が 5m であり、建物高さは 56.0m である。平面は桁行方向が 3.6m × 14 スパンを含む 52.4m で、張間方向が 1 ~ M3 階で 26.3m、3 階以上で 19.3m である。図 - 3 に 5 階伏図および軸組図を示す。

建物の上部構造は、東西(1 ~ 3 通りおよび 13 ~ 15 通り)を SRC 造の柱梁架構に S 造ブレースと現場打ち RC 造耐震壁を組み入れた耐震コア柱とし、これを塔屋階と M3 階のフロア全高に渡って設けられた S 造トラスで繋いだメガフレーム架構である。3 ~ 8 階の耐震コア柱に囲まれた区域(4 ~ 12 通り:36.0m × 19.3m)には PCaPC 造細柱に支持させたロングスパンの PC 合成床板を配置して無柱の事務室空間を構築している。なお、地震力は両側の耐震コア柱にほとんど全てを負担させて PCaPC 造細柱は鉛直荷重のみを負担する方

式を採っている。また、4~12通りの柱軸力はM3階のS造トラスを介して耐震コア柱に伝達させることで1~2階は無柱となり、大空間が確保されている。

下部構造は現場打ちRC造とし、上下部構造の間には積層ゴムやすべり支承などの免震装置を配置して上部構造への地震力入力の低減を図っている。

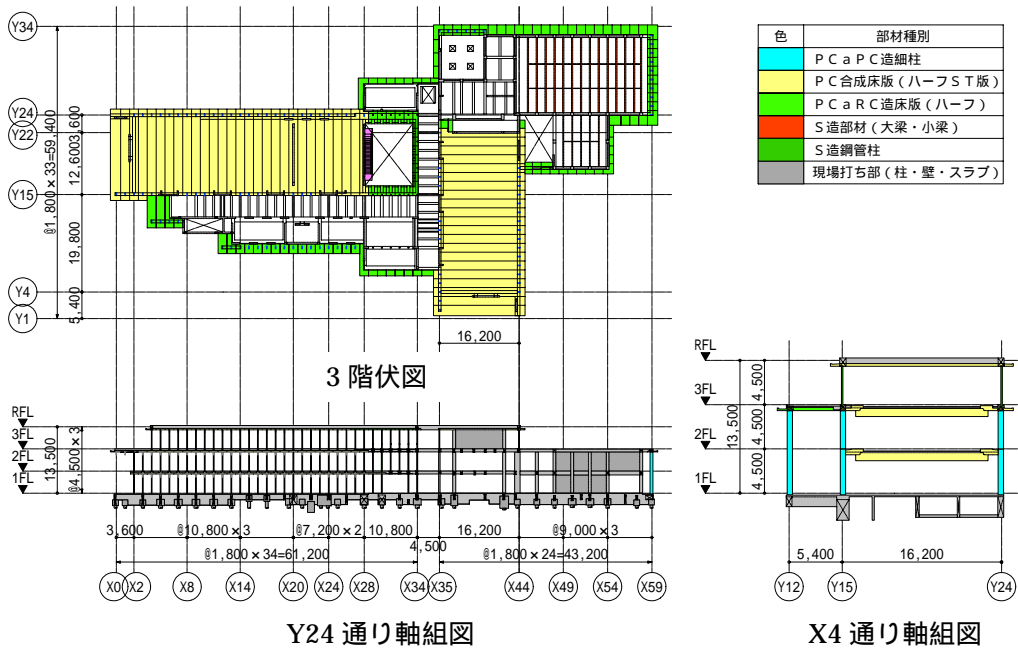


図 - 2 武庫川女子大学 伏図および軸組図

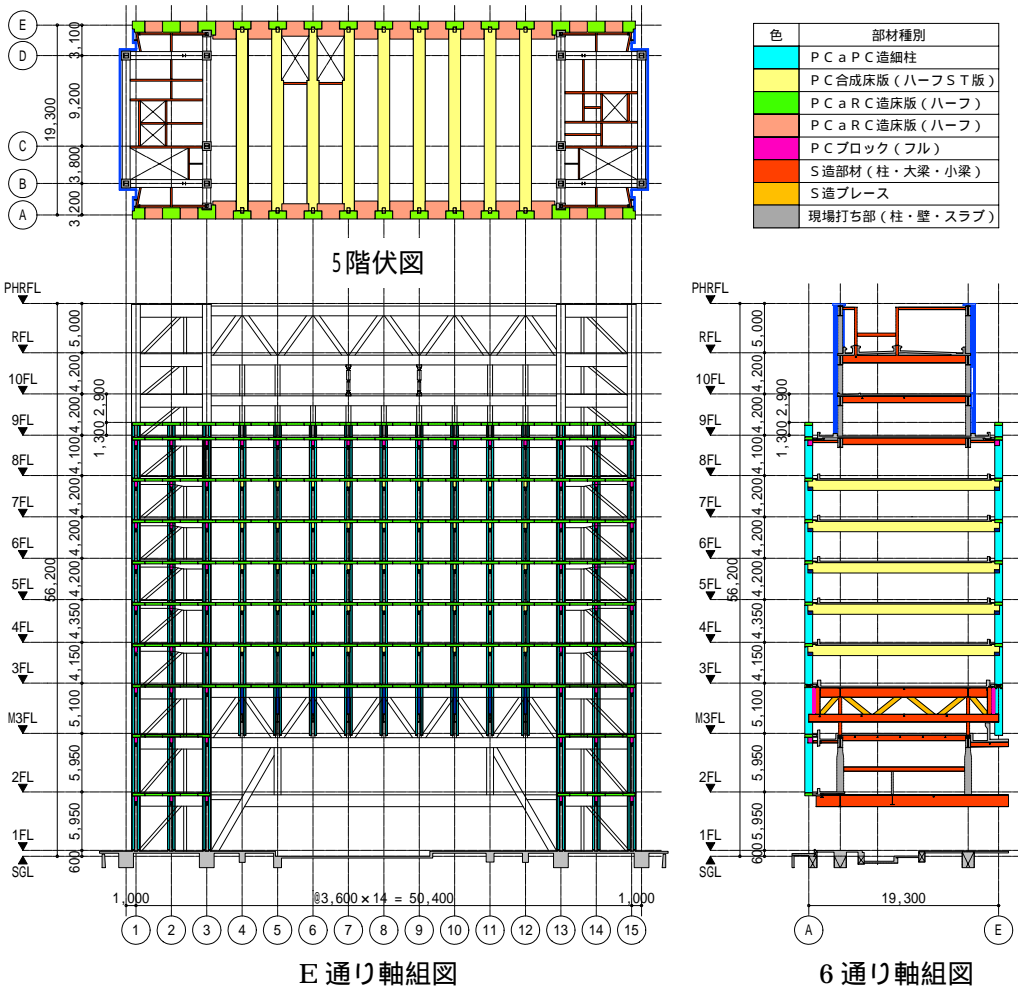


図 - 3 いちい信用金庫 伏図および軸組図

2.3 PCa 部材の使用材料および数量

表 - 2 に PCa 部材の使用材料を示す．表 - 3 に PCa 部材数量表を示す．いずれも表中に山本ビルを併記する．ここで，PC 合成床板はロングスパンの ST 板をさす(次章から ST 板と略記)．また，製作工場名は製作当時の名称である．

表 - 2 使用材料

| 建物名 | 武庫川女子大学 | | いちい信用金庫 | | 山本ビル | |
|------------|--|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| | 設計基準強度 Fc (N/mm ²) | 導入時強度 Fc' (N/mm ²) | 設計基準強度 Fc (N/mm ²) | 導入時強度 Fc' (N/mm ²) | 設計基準強度 Fc (N/mm ²) | 導入時強度 Fc' (N/mm ²) |
| PCaPC 造細柱 | 60 | 36 | 60 | 30 | 60 | 36 |
| PC 合成床板 | 60 | 36 | 60 | 48 | 60 | 36 |
| RC 造床板 | 60 | - | 60 | - | - | - |
| その他 PCa 部材 | 60 | 36 | 60 | - | 60 | - |
| 現場打ち部 | 24 ~ 30 | - | 27 | - | 24 ~ 33 | - |
| PC 鋼より線 | 12.7 , 15.2 (SWPR7BL) 21.8 , 28.6 (SWPR19L) | | 15.2 (SWPR7BL) | | 15.2 (SWPR7BL) | |
| PC 鋼棒 | 17 (SBPR785/1030) | | 23 (SBPR1080/1230) | | 13 (SBPR930/1080) | |
| 鉄筋 | D16 以下 SD295A D19 ~ D22 SD345 D25 以上 SD390 | | D16 以下 SD295A D19 ~ D25 SD345 | | D16 以下 SD295A D19 以上 SD345 | |

表 - 3 PCa 部材数量表

| 建物名 | 武庫川女子大学 | | | いちい信用金庫 | | | 山本ビル | | |
|------------|------------------------------|-----------|------------|------------------------|-----------|------------|---------------------------------|-----------|------------|
| | 数量 (p) | 重量 (t) | 鋼材量 (t) | 数量 (p) | 重量 (t) | 鋼材量 (t) | 数量 (p) | 重量 (t) | 鋼材量 (t) |
| PCaPC 造細柱 | 151 | 237.7 | 3.6 | 528 | 852.9 | 14.7 | 540 | 327.9 | 3.9 |
| PC 合成床板 | 140 | 2133.4 | 23.7 | 45 | 947.7 | 18.2 | 121 | 805.1 | 11.4 |
| RC 造床板 | 202 | 325.2 | 0.0 | 542 | 363.3 | 0.0 | 0 | 0.0 | 0.0 |
| その他 PCa 部材 | 83 | 63.7 | 0.7 | 135 | 28.0 | 0.0 | 19 | 14.2 | 0.0 |
| 合計 | 576 | 2760.0 | 28.0 | 1250 | 3530.8 | 32.9 | 680 | 1147.2 | 15.3 |
| 製作工場 | (株)ピーエス三菱 兵庫工場， 滋賀工場，水島工場 | | | (株)ピー・エスコンクリート 兵庫工場 | | | 昭和プレハブ(株) 関工場 (株)ピーエス三菱 兵庫工場 | | |

3. 建物および部位の特徴と比較

3.1 PC 工事概要

本節の末尾に ST 板の形状配線図の一例を図 - 4 として示す．以下に，各建物の PC 工事概要を述べる．

3.1.1 武庫川女子大学

PCa 部材は，大空間の建築スタジオを構築する 1, 2, 3 階天井の ST 板と 1 ~ 2 階の PC 造細柱および庇を兼ねて外周部に配置された RC 造床板に採用されている．

PCaPC 造細柱

細柱は，奥行き方向の柱せいを 550mm，見付け幅を部屋外側の 160mm から部屋内側の 185mm に向けてテーパを付けた台形断面である(実験室外周の細柱の見付け幅は 190 ~ 215mm)．建築スタジオで外部に面する Y24 通りや X44 通り，階高が高い実験室外周の Y34 通りや X59 通りなどでは意匠性を重視して 2 層 1 節柱が採用され，現場打ち部と取り合う箇所では主に 1 層 1 節柱が採用されている．

2層1節柱は全てPC鋼棒(2-17)を用いて柱頭部で緊張して1階床に圧着接合されている。一方、PCa部材と取り合う1層1節柱は圧着接合により建て込まれるが、現場打ち部と取り合う細柱は柱頭と柱脚の各部で機械式継手などにより現場打ち部に定着されている。写真-2に2層1節柱の支保工設置状況を示す。

ST板およびRC造床板

ST板は、標準長さが2階で16.025m、3~R階で17.59mあり、中央部のPCaせいは880mm、板幅は1,785mmである。いずれも製作工場にてプレテンション方式によって緊張力を導入している。また、外周部の庇を兼ねたST板も製作、架設されており、部材長は2階が16.59~17.275m、3~R階が18.6mと標準部材に較べてやや長い。これらのST板には、庇先端部に作用する荷重を負担するためにプレテンションPC鋼材に加えてアンボンドPC鋼材も配置されている。また、現場打ちRC造の耐震壁の上下で取り合うST板は全長にわたって壁で支持されるためRC造部材で製作されている。

ST板の敷設枚数は1フロアあたり2階で29枚および19枚、3階で29枚および21枚、R階で23枚および19枚であり、同時期に隣接して架設されたRC造床板とともに上端筋配筋後にトップコンクリートが打設されることで広範囲に一体化された床となる。この時、鉛直荷重はST板両端部でST板を支持する細柱が受け持ち、地震時荷重は合成床から、バランスよく点在している現場打ち耐震壁などの耐震要素に伝達される。

その他部材

エントランスアトリウム部の階段や屋根ルーバーなどにPCaPC造部材が採用されている。写真-3にPCaPC造階段の設置状況を示す。この他、実験室の反力床にも鉄骨架台を留める目的でPC鋼材による現場緊張工法が用いられている。

PC工事の範囲

PC工事の範囲は、PCa造部材の製作、架設、PC鋼材の緊張ならびにグラウトの各作業の材料手配から施工までの一式工事である。表-4に全体工程表を示す。



写真-2 2層1節柱の支保工設置状況



写真-3 PCaPC造階段の設置状況

表-4 全体工程表 (武庫川女子大学)

| 年月 | 平成18年 | | | | | | | | 平成19年 | | | |
|------|-------------|------------------------------|----|----|-------------------------------------|-----|---------------------------------|------------|------------|------------|----|--|
| | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 | 1月 | 2月 | 3月 | |
| 建築工事 | 仮設工事 | [Red bar from May to March] | | | | | | | | | | |
| | 杭・土工事 | [Red bar] | | | | | | | | | | |
| | 躯体工事 | [Red bar from July to March] | | | | | | | | | | |
| | 仕上工事 | | | | | | [Red bar from October to March] | | | | | |
| PC工事 | 部材製作 | | | | [Green bar from August to February] | | | | | | | |
| | アンカーフレームセット | | | | [Blue bar] | | | | | | | |
| | 1階 | | | | [Blue bar] | | | | | | | |
| | 2階 | | | | | | [Blue bar] | | | | | |
| | 3階 | | | | | | | [Blue bar] | | | | |
| | PC階段 | | | | | | | [Blue bar] | | | | |
| | PCルーバー | | | | | | | | | [Blue bar] | | |
| 反力床 | | | | | | | | | [Blue bar] | | | |

3.1.2 いちい信用金庫

PCa 部材は、南北面(A および E 通り)のファサードで鉛直ルーバーを兼ねる PC 造細柱と水平方向を構成する RC 造床板および事務所を構築する 4~8 階の ST 板に採用されている。

PCaPC 造細柱

PC 造細柱は、武庫川女子大学と同様に台形断面で奥行きを 800mm、見付け幅を室外側で 180mm、室内側で 200mm とし、いずれも通り芯を軸にして 2 本 1 組で構成される。各柱は個々に 1 層 1 節の単独柱であり PC 鋼棒(2-23)による圧着接合で自立させている。

最下層の柱脚部は各通りで異なり、耐震コア柱の前面に配置された細柱の柱脚は機械式継手により基礎天端に建て込んでいる。一方、事務所部分の 4~12 通りでは、M3 階の細柱を柱頭から中間部にかけて一本柱の凹型断面とし、部材製作時に柱に打ち込んでおいた内臓プレートと S 造トラス側方から張り出したリブプレートを高力ボルトで剛結してメガフレーム架構に接続している。さらに A 通り側では凹型柱下部には圧着接合により 1 層分のペアの細柱がぶら下がっている。写真 - 4 に M3 階 PCa 柱の仮置き状況を示す。

また、大空間事務所から伝達される水平地震力を耐震コア柱に円滑に流すために、4~12 通りの 3 階柱脚にはピン機構を有するユニット支承が配置されており、ここで上階柱と下階柱の縁が切れた状態となるため、下階に地震力が伝わらない機構である。写真 - 5 にユニット支承の受入状況を示す。



写真 - 4 M3 階 PCa 柱の仮置き状況



写真 - 5 ユニット支承の受入状況

ST 板および RC 造床板

ST 板は、全部材共通で長さ 19.3m、PCa せい 1,050mm、板幅 1,200mm であり、製作工場にてポストテンション方式で緊張力を導入してある。4~12 通りの通り芯上に 1 フロアあたり 9 枚を敷設し、その両端部に桁梁を兼ねた部材長 1.8m、見付け高さ 280mm の RC 造床板を規則的に並べ、ST 板相互間および ST 板と耐震コア部床との間に鋼製デッキプレートを敷いて各部の現場配筋を施した後にコンクリートを打設して剛床が形成される。鉛直荷重は ST 板支承部に集約されて細柱のコンクリート製ブラケットを介して柱軸力として下階へ伝達される。水平地震力は剛床を通じて両側の耐震コア柱に流れる機構である。

RC 造床板は、A 通り 2 階および E 通り M3 階より上の各階で桁梁を兼ねており、特に、柱部の RC 造床板は上下階の細柱にはさまれる形で架設され、PC 鋼棒による圧着接合で PC 造細柱と剛結される。

その他部材

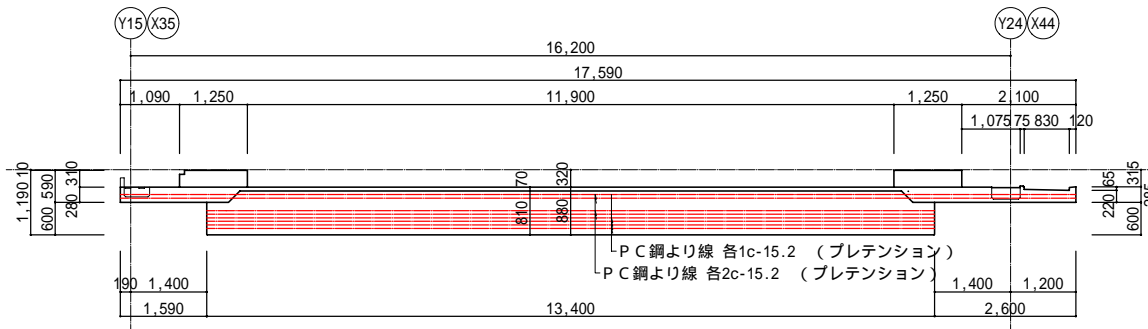
耐震コア柱から PC 造細柱に取り付く S 梁小口面を目隠しする化粧用の PC ブロックや 9 階柱頂部の笠木にも PCa 部材が採用されている。

PC 工事の範囲

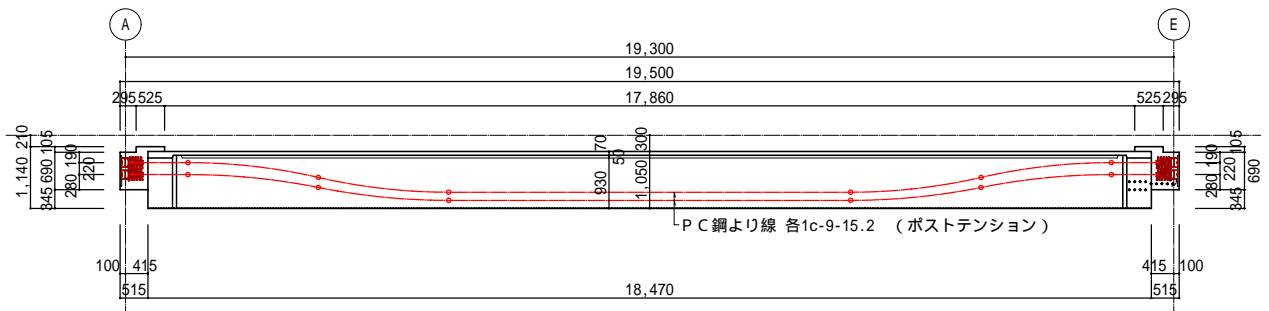
PC 工事の範囲は、各部の施工性と仕上げ確認を目的として事前に実施されたモックアップ工事および本設工事における PCa 部材の製作、架設、PC 鋼材の緊張ならびにグラウトの各作業の材料手配から施工までの一式工事である。表 - 5 に全体工程表を示す。

表 - 5 全体工程表 (いちい信用金庫)

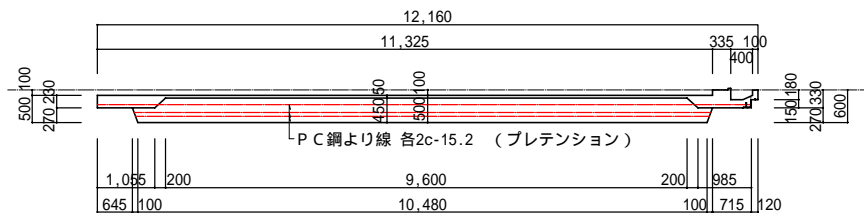
| 年 月 | 平成19年 | | | | | | | | | | | | 平成20年 | | | | | | | | |
|------------------|----------|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|----|----|-------|----|----|----|----|----|----|--|--|
| | 3月 | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 | 1月 | 2月 | 3月 | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | | |
| 建築工事 | 仮設工事 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 杭・土工事 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 躯体工事 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 免震工事 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 仕上工事 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| P C 工 事 | 部材製作 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | モックアップ工事 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1 階 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2 階 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | M3 階 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3 階 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 4 階 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5 階 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 6 階 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 7 階 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 階 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 階 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



武庫川女子大学 (3PS2)



いちい信用金庫 (4ST1)



山本ビル (4PS1)

図 - 4 ST 板の形状配線図の一例

3.2 PCaPC 造部材の特徴と比較

3.2.1 PCaPC 造細柱

表 - 6 に主要な PCaPC 造細柱の断面比較表を示す．表中に比較対象として山本ビルも併記する．

武庫川女子大学と山本ビルは，細柱が連続して規則的に配置されるスパン割が 1.8m で同じであるが，支配面積が大きい武庫川女子大学の方が細柱で支持する ST 板のスパン長が約 1.3 倍長いため，山本ビルに比べてやや大きい断面形状を有し，配置される PC 鋼棒も 1 サイズ大きい．

一方，いちい信用金庫の細柱の配置間隔は 3.6m で武庫川女子大学や山本ビルの 2 倍である．しかし，いちい信用金庫の場合，支配面積の鉛直荷重を 2 本 1 組の細柱で支えるため，柱 1 本当当たりの支配面積は 1.8m × スパン長となり，2 棟との違いはスパン長および床荷重のみとなる．これらより，いちい信用金庫の断面は柱せいが大きくなるに留まっている．

柱の細長比を比較すると，武庫川女子大学が 1/26 ~ 1/52 と最も大きい．断面に比して階高が大きいこと，2 層 1 節柱では中間部に柱や床の取り合いがないことによる．規準では柱の細長比を 1/15 以内とすることが規定されているが，類似物件の PCaPC 造細柱を対象とした加力実験で大変形領域においても構造安全性が確保されることが確認されている．

各細柱に導入された緊張力を柱断面積で除して得られるプレストレス圧縮応力度 ($\pi_i = P_i/A$) を求めると，武庫川女子大学 $\pi_i = 3.01 \text{N/mm}^2$ ，いちい信用金庫 $\pi_i = 4.61 \text{N/mm}^2$ ，山本ビル $\pi_i = 2.73 \text{N/mm}^2$ であった．柱 1 本当当たりの負担面積が大きいいちい信用金庫は，鉛直荷重時の曲げモーメントによる引張応力度が大きくなるため，これを打ち消すに必要な緊張力も大きくなっていく．

仕上げは，いずれもコンクリートに顔料を混入して色ムラをなくすことで均一な色感が求められている．いちい信用金庫の正面見付の仕上げは，山本ビルと同様の削り出しで仕上げられている．

この他に，いちい信用金庫の細柱は ST 板を支承するために柱頭側の内側面にブラケットが設けられ，正面から見た立面が T 型となっているのが特徴として挙げられる．

表 - 6 主要な PCaPC 造細柱の断面比較表

| | 武庫川女子大学 | いちい信用金庫 | 山本ビル |
|--------|------------------------------|---|--|
| 断面 | | | |
| B × D | 160 ~ 185mm × 550mm | 180 ~ 200mm × 800mm | 140 ~ 150mm × 500mm |
| 階高 h | h=4,500mm ~ 9,000mm | h=4,100mm ~ 5,950mm | h=3,600mm |
| 部材長 L | L=3,880mm ~ 8,570mm | L=3,810mm ~ 5,635mm | L=3,580mm |
| 平均 B/h | 1/26 ~ 1/52 | 1/22 ~ 1/31 | 1/25 |
| 主筋 | 8-D16 | 10-D16 | 8-D16 |
| フープ | D6@60 (スパイラル) | D10@100 (溶接閉鎖型) | D6@60 (スパイラル) |
| PC 鋼材 | 2c-17 (SBPR785/1030) | 2c-23 (SBPR1080/1230) | 2c-13 (SBPR930/1080) |
| 緊張力 | 142.6kN/c (導入時) | 350.0kN/c (導入時) | 99.0kN/c (導入時) |
| 部材強度 | 設計時 Fc60 / 導入時 Fc'36 | 設計時 Fc60 / 導入時 Fc'30 | 設計時 Fc60 / 導入時 Fc'36 |
| 目地強度 | 設計時 Fc60 / 導入時 Fc'36 | 設計時 Fc60 / 導入時 Fc'30 | 設計時 Fc60 / 導入時 Fc'36 |
| 設計種別 | フルプレストレス設計 | フルプレストレス設計 | フルプレストレス設計 |
| 仕上げ | 打放し仕上げ (4 面) 顔料配合 (白色 2%) | 削り出し仕上げ (正面) 彩色仕上げ (側面・裏面) 顔料配合 (白色 5%) | 削り出し仕上げ (正面) 打放し仕上げ (側面・裏面) 顔料配合 (白色 5%) |

3.2.2 ST板

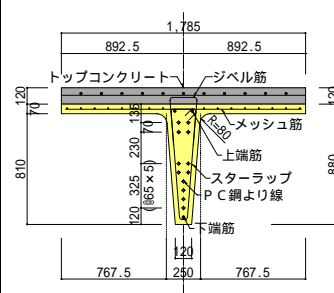
表 - 7 に標準 ST 板の断面比較表を示す．表中に比較対象として山本ビルの断面も併記する．

各建物の断面を比較すると，部材せいは，スパン長，荷重負担幅，仕上・積載荷重の大小で決定されていることがわかる．部材せいは，いちい信用金庫，武庫川女子大学，山本ビルの順に小さくなる．リブ幅に限ると 1.8m 間隔で天井からリブ面が見える武庫川女子大学は，できるだけ軽やかに見せたいという意匠面を重視して製作可能な最小寸法でリブ幅を押さえている．一方，いちい信用金庫は ST 板端部支承部とリブが接続する部分は連続性を持たせたいとの意向を受けた結果，支承部の最小幅からリブ幅が決定されている．

中央部の設計種別はいずれも PRC (t) 設計であり，トップコンクリートが硬化して部材が合成断面となった後も端部をピン支持とした Mo 応力を用いて設計されている．一方，RC 造となる端部は，断面合成後も支持条件はピン支持として検討しておき，端部上端には固定端モーメントを適宜低減した応力を求めて，この応力に対して用心鉄筋を配置している．

ST 板の緊張方式は，武庫川女子大学と山本ビルはプレテンション方式，いちい信用金庫はポストテンション方式が採用されている．ST 板に導入された緊張力を中央断面積で除して得られるプレストレス圧縮応力度 ($\pi_i = P_i/A$) を求めると，武庫川女子大学 $\pi_i = 6.15\text{N/mm}^2$ ，いちい信用金庫 $\pi_i = 6.39\text{N/mm}^2$ ，山本ビル $\pi_i = 4.92\text{N/mm}^2$ であり，断面寸法の大小にかかわらず，PCa 部材の設計基準強度 F_c の 1/10 程度の緊張力が導入されていることがわかる．

表 - 7 主要な ST 板の断面比較表

| | 武庫川女子大学 | いちい信用金庫 | 山本ビル |
|--------|--|---|--|
| 中央部断面 |  |  |  |
| 部材せい D | 合成前 880mm 合成後 1,000mm | 合成前 1,050mm 合成後 1,200mm | 合成前 500mm 合成後 600mm |
| 部材幅 B | 1,785mm | 1,200mm | 1,790mm |
| 部材長さ L | 全長 16,025 ~ 17,590mm リブ長 13,400mm | 全長 19,500mm リブ長 18,470mm | 全長 12,160mm リブ長 10,480mm |
| 主筋 | 上端 2-D13 / 下端 1-D16 | 上端 2-D19 / 下端 4-D25 | 上端 2-D13 / 下端 2-D16 |
| スターラップ | 2-D10@100 | 2-D13@200 | 2-D10@200 |
| PC 鋼材 | 12c-15.2 (SWPR7BL) | 2c-9-15.2 (SWPR7BL) | 6c-15.2 (SWPR7BL) |
| 緊張方式 | プレテンション方式 | ポストテンション方式 | プレテンション方式 |
| 緊張力 | 177.6kN/c (導入時) | 1664.3kN/c (導入時) | 177.6kN/c (導入時) |
| 部材強度 | 設計時 F_c60 / 導入時 F_c36 | 設計時 F_c60 / 導入時 F_c48 | 設計時 F_c60 / 導入時 F_c36 |
| 中央設計種別 | PRC (t) 設計 | PRC (t) 設計 | PRC (tb) 設計 |
| 端部支持条件 | 架設時：ピン支持 | 架設時：ピン支持 | 架設時：ピン支持 |
| 中央部算定時 | 設計時：ピン支持 | 設計時：ピン支持 | 設計時：ピン支持 |
| 仕上げ | 打放し仕上げ 顔料配合 (白色 0 ~ 2%) | 彩色塗装仕上げ (正面・天井見掛り部分のみ) | 塗装仕上げ |
| 主用途 | 教室 | 事務所 | 事務所 |

3.3 PCaPC造細柱とST板・RC造床板の納まり

3.3.1 武庫川女子大学

図 - 5 に ST 板端部支承部ディテールの一例を示す。

2階外部側の支承部は、最初に、PCaPC造細柱の接合部にPC鋼棒挿入用鋼管と一体化されたSRC造桁梁受け金物を打ち込んでおく。続いて、支保工を用いてST板、細柱の順に架設し、SRC造桁梁の内蔵鉄骨を各通りの梁受け金物に架け、高力ボルト接合で固定する。その後、現場打ち部の鉄筋を配筋した上でコンクリートを打設することでPCaPC造細柱にST板および現場打ちSRC造桁梁が一体化されることになる。ただし、ST板はPCaPC造細柱とは直接接続されておらず、現場打ちSRC造桁梁にぶら下がる形となるため、ST板からの鉛直荷重はSRC造桁梁の内蔵鉄骨を通じてPCaPC造細柱に伝達される機構となる。

一方、2階廊下側の支承部は、ST板下部の細柱を建て込み支保工で支持した後に、細柱天端からPC鋼棒が飛び出している下部細柱の真上にST板を所定の位置にPC鋼棒が差し込まれるように架設し、ST板柱頭部を緊張して細柱との剛結が成立する。この後、現場打ち部を配筋してコンクリートを打設することで、廊下部分と剛床でつながり、地震の際には、剛床を通じて建築スタジオ部分の地震力を点在する耐震要素に流すことが可能となる。

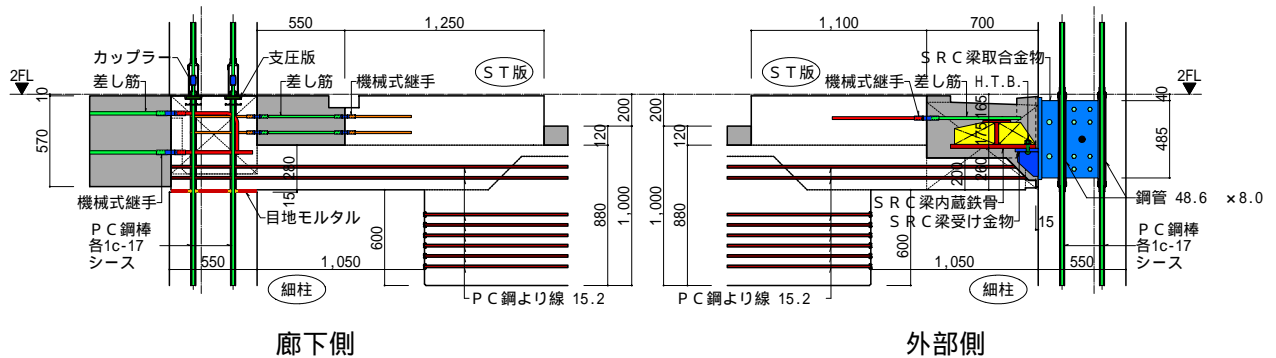


図 - 5 ST 板端部支承部ディテールの一例 (武庫川女子大学)

3.3.2 いちい信用金庫

図 - 6 に ST 板端部支承部ディテールの一例を示す。

支承部の納まりは、A 通り、E 通りともに共通であり、最初に、2本1組の細柱を建て込み後にPC鋼棒による圧着接合で自立させる。続いて、支保工を用いてST板を架設し、支承部に蓋をするような形でRC造床板を順次架設する。その後、デッキプレートの敷込みと現場打ち部の配筋を行った後にトップコンクリートを打設する事で広範囲に一体化された床が構築される。

ST板は2本1組の細柱内側面からそれぞれ張り出したブラケット天端に橋梁などで使用される鋼板入りのゴム支承を敷き、その上にST板支承部を預けている。PCaPC造細柱、ST板支承部、ST板支承部上のRC造床板の間はそれぞれ空目地となっているため、細柱には鉛直荷重による曲げ応力は発生しない機構である。

ST板支承部はB×D=300mm×690mmと非常に小さく、コンクリート断面だけではせん断伝達できないため、スタッドボルト付きの内蔵プレートを支承部に打ち込んで、せん断力の伝達を助けている。

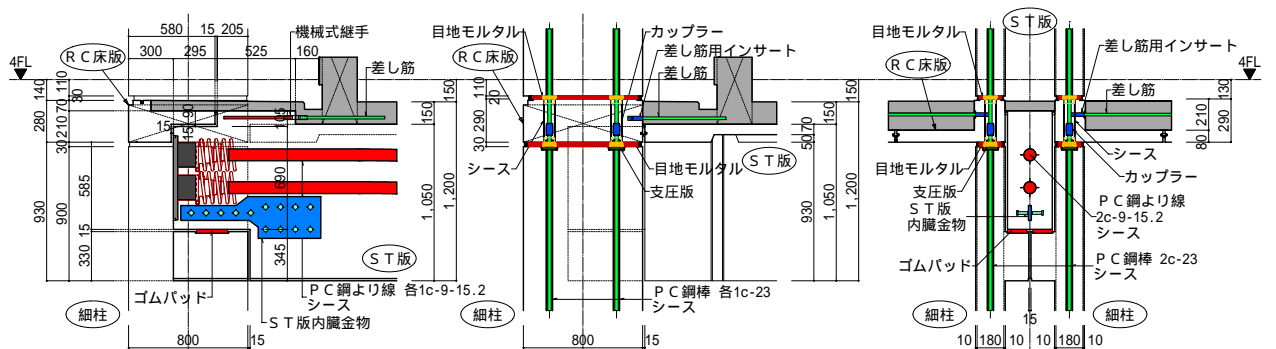


図 - 6 ST 板端部支承部ディテールの一例 (いちい信用金庫)

3.4 PCa 部材の仕上げ

3.4.1 武庫川女子大学

PCa 部材の仕上げは、素材の質感や色感を生かすために全ての部材で打放し仕上げが要求された。これは、意匠サイドからの要求である他に、竣工後にこの建物を利用する建築学科の学生に対して、建築材料を間近に見たり触れたりしてもらうことで創作意欲に役立ててもらおうといった、生きた教材の役割を期待する学院側の意図も含まれていた。

しかし、後述の理由により、ST 板は、兵庫、滋賀、水島の3工場に跨って製作することになり、その分担は部材種類によって分けられたため、各工場の部材がランダムに敷設されることになり、監理者から隣り合う ST 板の色合いの差をなくす工夫を求められた。そこで、製作条件を出来る限り統一して色見本板を作成して監理者への了解を求めた結果、前述の表 - 7 に示したように兵庫および水島工場製作分については顔料を混入して色合いを調整することで監理者の合意が得られた。写真 - 6 に色見本板の展示状況を示す。

また、ST 板のプレテンション PC 鋼材の端部処理方法について、監理者、元請け業者との間で検討を行った結果、小口面から 2~3mm 飛び出した位置で PC 鋼材を切断してキャップを貼り付ける処理方法が採用された。写真 - 7 にプレテンション PC 鋼材の端部処理後の状況を示す。

3.4.2 いちい信用金庫

PCa 部材の仕上げは、特記仕様書で彩色コンクリート仕上げと指定されていたため、様々な色見本板を製作し、現場に展示して、建築主および監理者の判断を仰いだ。その結果、山本ビルと同様に顔料を 5% 後添加して製作することで合意が得られた。

南北面のファサードとなる PCaPC 造細柱の正面および RC 造床板の立ち上がり正面は削り出し仕上げが要求された。削り出し作業は 1 本ずつ手作業で行うため、モックアップ工事の部材製作時より入念な試験施工を繰り返して作業の習熟度を高めた。また、打設時に天端を 5mm 程度盛り上げて製作しておき、削り出し作業によって構造断面の欠損が生じないように配慮した。

また、割れや欠け、削り出し面に大きな気泡が発見された場合の補修方法については、事前に検討および確認作業を実施して対処した。

4~12 通りの ST 板支承部正面および 1~3 通り、13~15 通りの PC ブロック正面は各階で同レベルに位置するため仕上げの統一が図られた。その結果、4 周に目地棒を回してモルタル仕上げとすることでファサードの統一感を得た。

その他、ST 板の室外範囲および室内の見え掛かり部分に彩色塗装仕上げが施されている。写真 - 8 に色見本板の展示状況を示す。写真 - 9 に細柱の削り出し仕上げ後の状況を示す。



写真 - 6 色見本板の展示状況
(武庫川女子大学)



写真 - 7 プレテンション PC 鋼材
端部処理後の状況



写真 - 8 色見本板の展示状況
(いちい信用金庫)



写真 - 9 細柱の削り出し仕上げ後
の状況

4. 施工報告

4.1 PCa 部材の製作

4.1.1 武庫川女子大学

PCa 部材の製作検討開始から架設開始までの期間が 2 ヶ月余りしかなく、製作工程を詳細に検討した結果、ST 板に関しては、架設開始後に部材供給が間に合わない状況に陥ることが明らかになった。このため、製作は当社(現在、㈱ピー・エスコンクリート)の兵庫、滋賀、水島工場の 3 工場で製作することにした。

ST 板は、プレテンション部材で 1 枚当たりの長さが約 16m~18m であるため、1 工場単独のプレテンションアバット 1 ラインで製作可能な枚数は 1 日当たり 2~3 枚となること、また、部材によって PC 鋼材の位置が異なるために 1 ラインのみでは対応出来ないことより、3 工場で分担して製作した。型枠は、現場に比較的近く、打ち合わせ内容に対して時間的に素早く対応できる兵庫工場で一括して製作して各工場に輸送した。各工場とも材齢 1 日で所要強度確認後に脱型して工場内ストックヤードに仮置きした。打放し仕上げであるため、仮置き時に雨だれなどで部材表面が汚れないようシートで覆うなどの養生を行うなどの注意を払って保管した。また、各作業段階における ST 板のムクリやたわみ、横反りをあらかじめ算定し、不具合が発生しないように慎重に品質管理を行った。

PC 造細柱および RC 造床板、PC 造階段、屋根ルーバーの各部材は全て兵庫工場で作成した。これは 1 工場に集約することで製作費の縮減を図ることと、出来る限り、同一工場にて製作するように監理者から指示を受けたことによる。写真 - 10 に ST 板の製作状況を示す。写真 - 11 に ST 板の積込状況を示す。

4.1.2 いちい信用金庫

PCa 部材の製作および表面の仕上げ作業は、㈱ピー・エスコンクリート兵庫工場で行った。工場は現場までの距離が約 250km もあるために運搬費の増大が懸念されたが、山本ビルでの製作実績を買われて製作することに決まった。型枠は、細柱 6 枠、ST 板 1 枠、RC 造床板 9 枠、PC ブロック 2 枠を用意した。

ST 板は、ポストテンション部材であるため、打設後から部材に緊張力を導入するまでの間(緊張時期は材齢 14 日以上と規定)は RC 造部材で扱う必要がある。このため、脱型から仮置きに至るまでの間にクラックなどが発生しないように吊り位置などの検討を入念に行って作業を反映させた。また、緊張力導入によって生じるムクリや伸縮、その後のクリープ現象によって増大する変形を算定しておき、品質管理項目の 1 つとした。これらの要求性能を満たす部材を製作するために ST 板は 2 日で 1 枚の製作工程とした。また、部材寸法を各段階で検査した結果、全ての ST 板で寸法値は品質管理目標値を満足した。

PC 造細柱、RC 造床板、PC ブロックは、打設後に材齢 1 日で脱型した。一旦、ストックヤードにて仮置きされた後、作業ヤードに移されて削り出し仕上げおよび塗装仕上げが実施された。写真 - 12 に ST 板の製作状況を示す。写真 - 13 に PCaPC 造細柱の仮置き状況を示す。



写真 - 10 ST 板の製作状況



写真 - 11 ST 板の積込状況



写真 - 12 ST 板の製作状況



写真 - 13 PCaPC 造細柱の仮置き状況

4.2 PCa 部材の架設工事

4.2.1 武庫川女子大学

図 - 7 に PCa 部材の架設計画図を示す。PCa 部材は、200t および 300t クローラークレーンをそれぞれ 1 台ずつ用いて搬入車両からの取り出しおよび架設を行った。ST 板は長さ方向に非対称であるため、部材製作前の段階から各 ST 板の重心位置を算定し、吊り治具に作用する荷重および吊り上げ時に発生する応力を求めた上で、架設時の吊り位置および揚重方法を決定した。

架設に要した日数は、現場打ち部分が広範囲に渡って点在していたため、各階で一定ではなかった。1 階は現場打ち部分との合番作業が多く、PCa 部材架設から緊張、グラウトまでの一連の作業を完了するまでに約 2 ヶ月を要した。2~3 階では現場打ち部分の取り合いが多くなかったこともあってそれぞれ 20 日程度で作業を完了している。写真 - 14 ~ 写真 - 15 に架設工事の状況を示す。



写真 - 14 PCaPC 造細柱建方状況



写真 - 15 ST 板架設状況

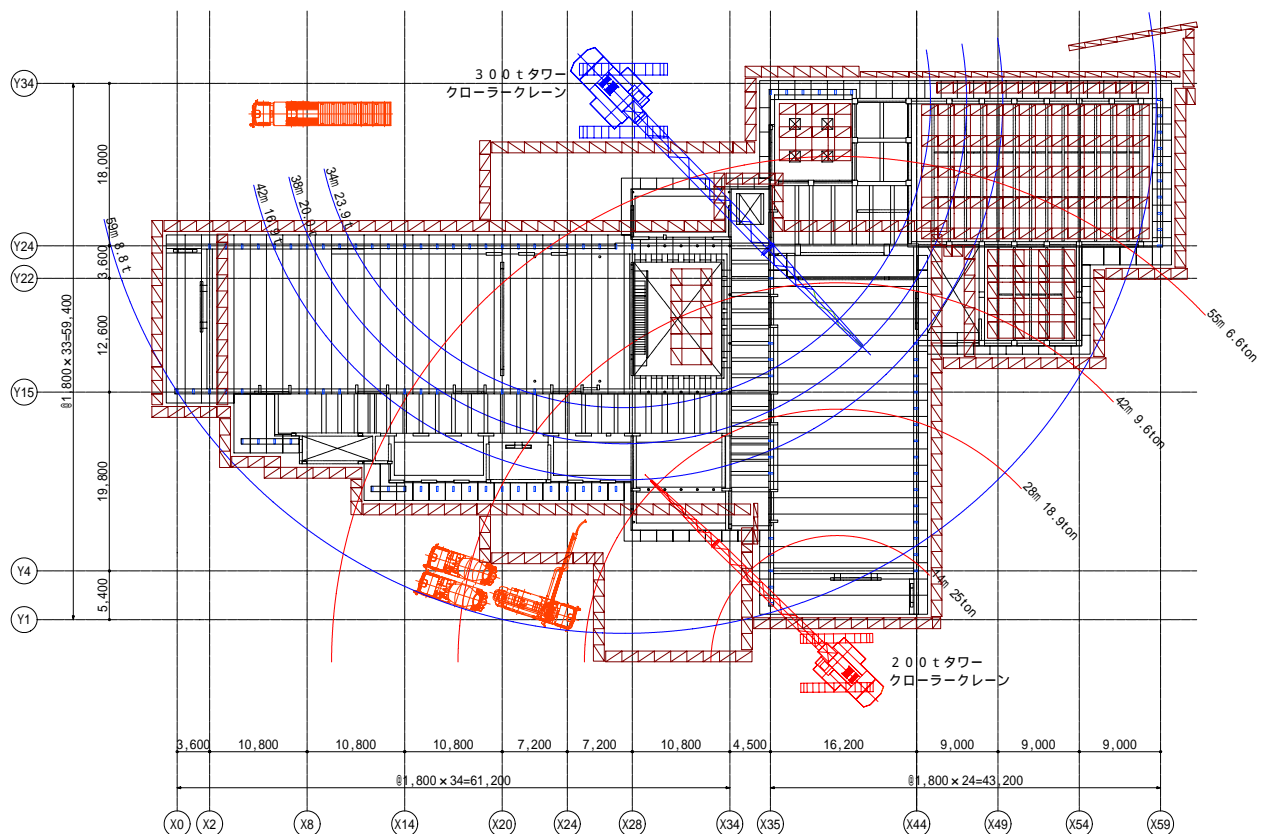


図 - 7 PCa 部材架設計画図 (武庫川女子大学)

4.2.2 いちい信用金庫

図 - 8 に PCa 部材の架設計画図を示す。ST 板の架設は 400t クローラークレーン 1 台を使用した。また、その他 PCa 部材の架設は 90t クローラークレーン 1 台を使用した。本工事では標準階の 1 層 1 スパンを取り出したモックアップ工事を行って施工性を確認している。写真 - 16 にモックアップ工事状況を示す。

ST 板を架設した 3~13 通りの基準階 1 フloor 当たりの PCa 部材の架設工程は、9 日で進行した。同区間の躯体工事は 1 フloor あたり 18 日である。写真 - 17 ~ 写真 - 18 に架設工事の状況を示す。



写真 - 16 モックアップ工事

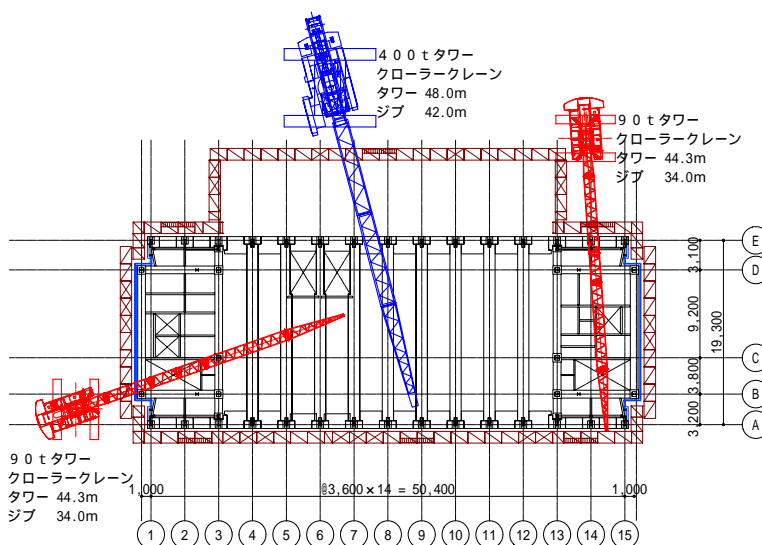


図 - 8 PCa 部材架設計画図 (いちい信用金庫)

5. まとめ

軽快なファサードの構築を PCaPC 造細柱と ST 板および RC 床板の組み合わせで実現した建築物の施工例を 2 例紹介した。武庫川女子大学は平成 19 年 3 月に竣工し、同年 4 月より供用されて 1 年を迎えた。この建物は外部にも広く評価されており、平成 19 年度 PC 技術協会賞を受賞している。これは、前年度受賞の山本ビルに続くものである。一方、いちい信用金庫は本年 9 月の竣工に向けて工事が進行中であり、供用開始が待ち遠しいところである。

今般、ロングスパンの PC 床板を用いてより開放的な大空間を確保する建物の計画や施工が引きも切らない状態にある。しかし、意匠面の要求を優先するあまり、必要な構造性能の本質を損なってしまい、建築計画そのものが成立不能に陥ることがないように、意匠、構造の両面で注意を払う必要がある。これさえ怠らなければ、しばらくの間は同種建物に対する需要は尽きないと思われる。

謝辞

本稿で記した 2 棟の施工検討を行うに当たり、(株)日建設および日建・垣見設計監理共同企業体の皆様には多大なるご指導、ご助言を賜りました。また、(株)竹中工務店、鹿島・中村工業・榊原・中野建設工事共同企業体ならびに鹿島建設(株)中部支店建築部生産計画グループの皆様からはたくさんのご協力を得ました。紙面をお借りして、ここに感謝の意を表します。



写真 - 17 ST 板架設状況



写真 - 18 事務所内部状況