

高知城歴史博物館

「城+船+風土 PCaPCを使い高知らしさを表現した博物館」

1. はじめに

高知の貴重な歴史的資料を守り、後世に確実に継承していくための博物館である。

南北を追手筋と帯屋町商店街、西に高知城に面した当敷地は、よさこい祭りの終点でもあり、県の歴史・観光上、重要な起点にもなる。(図-1) この立地において、歴史資料の保存・活用の両立、高度な博物館機能の確保、学術研究の推進、展示公開による発信、地域との連携、観光振興等、これからの地域社会に求められる建築性能を十分に持ち合わせる博物館となるよう計画した。

意匠的には、高知城との調和を図り、歴史・文化・伝統と現代技術とを融合させ、品格や質実さ、堅牢さを併せ持つことが望まれた。歴史的景観との調和を図りつつ、伝統的かつ現代的な外観意匠として実現している(写真-1)。

構想当初、敷地周辺の海拔は2m程であることから、どんな水害からも大切な歴史的資料を守る宝船をイメージした。提案した中間階免震による宝船は、設計開始後に東日本大震災が生じたことをうけて、その後の新しい知見も取り入れた、将来生じるであろう南海トラフ地震に備える日本初の津波・水害対応型博物館となった。

2. 建物概要

建物名称：高知城歴史博物館

建設場所：高知県高知市追手筋2-7-5

発注者：高知県

設計者：日本設計・若竹まちづくり研究所共同企業体

監理者：高知県

日本設計・若竹まちづくり研究所共同企業体

施工者：清水・轟・入交特定建設工事共同企業体
(建築主体工事)

PC工事：株式会社建研

全体工期：2014年7月～2016年4月

敷地面積：3,983.34 m²

建築面積：2,548.81 m²

延床面積：6,220.56 m²

軒 高：16.45 m 最高高さ：20.30 m

階 数：地上3階

階 高：1階 6.28 m、2階 6.05 m、3階 3.75m

構 造：SRC造、RC造、PCaPC造(屋根)、一部鉄骨造
中間階免震構造

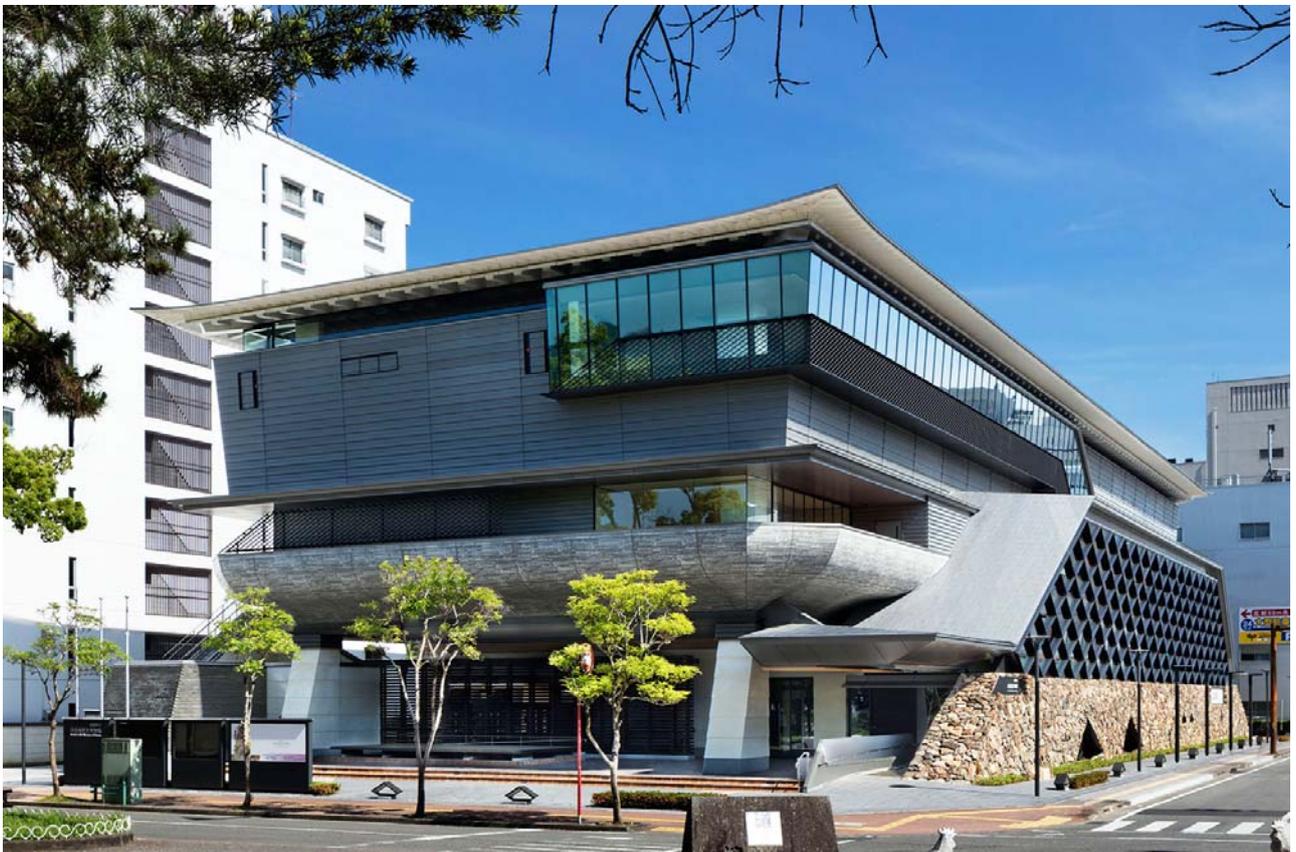


写真-1 外観写真

3. 建築計画

高知といえば、南国土佐、黒潮の海、くじらなどが想起される。また、県の8割は森林であり、平野部は東西に細長く、太平洋を一望できる風土には船が良く似合う。独特なフォルムを生み出し、船を髣髴させる2階バルコニーは、江戸期の船板塀をグラフィック処理し、洗出し仕上のプレキャスト（以下PCaとする）版にて意匠化した。太平洋の波打際や甲冑の綴をイメージしたGRC天井は、高知城の堀から反射する光に煌めき、堀に面し大地から自立する菱形CW鉄板下地は、高知の質実剛健な風土を現代的に表現しながら、高知城の石垣にも良く似合う（写真-2~4）。

水害対応型の博物館として、2階以上に電気・動力源をまとめ、2階に収蔵庫、3階に展示室を配置（図-2~4）。大地震後の津波、洪水等の冠水対策を施し、高知の持つ6万7千点の貴重な歴史的資料を大切に守る宝船は、中間階免震構造にて大地から浮びあがる。

最上階展示室は、リブ付き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）版を組み合わせて大空間の寄棟屋根を構成した。PCaPC版は、展示物に悪影響を及ぼすアルカリガス濃度を抑制し、雨音や交通騒音の遮音性向上、2重屋根下地、展示室の意匠天井として、性能面向上から採用した（写真-5.6）。

建築意匠と構造の融合は文化的香りを醸し出してくれる。軒先の浮遊感はPCaPCの寄棟屋根による重量感と相乗しながら、飛燕垂木の様な屋根の構成と反りを形づくっている。高知城との調和した屋根のシルエットは、その名称を高知城歴史博物館とするに相応しい風格を作り出している（写真-7~13）。

敷地に余裕がない為、バルコニーPCaと寄棟屋根PCaPCを採用するにあたり、初期の配置・平面・断面計画時には、揚重・搬入計画案を作成し、施工スペースを確保した。仕上材には、県産材（土佐漆喰、土佐和紙、土佐打刃物）を積極利用し、大工、板金、瓦、石工など、土佐職人たちが大いに活躍した。伝統と現代技術の融合は、館の風格を醸し出し、現代の城として、高知城に調和しながら寄り添う。高知の歴史的宝を末長く守り、国内外から訪れる人たちに歴史的感動を与え続けていくことを願っている。



図-2 博物館の機能と構成

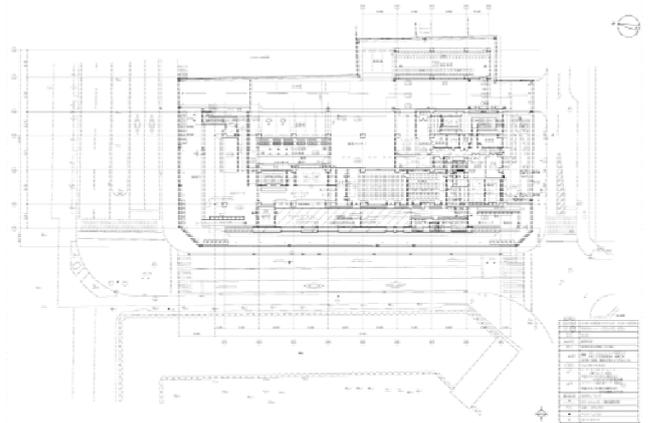


図-3 配置図・1階平面図

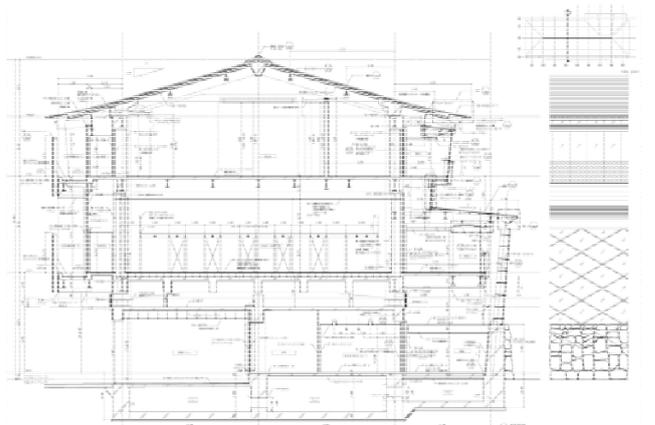


図-4 断面詳細図



図-1 付近見取図



写真-2 堀越しに菱形GWを望む



写真-5 3階展示室ロビー

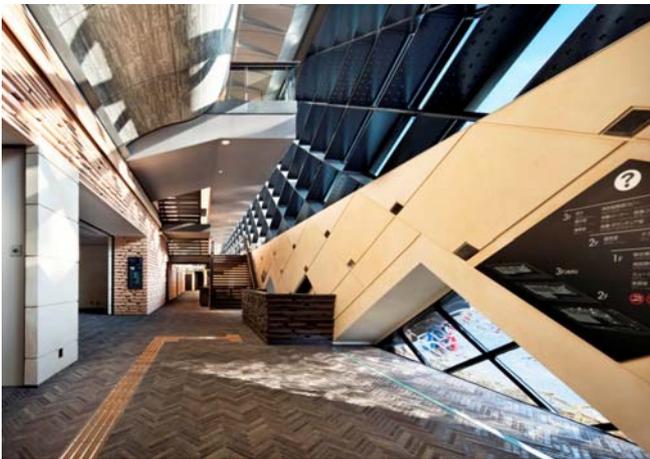


写真-3 1階エントランスを見上げる



写真-6 3階展示室



写真-4 光が交錯するエントランス内ギャラリー



写真-7 展示ロビーから高知城を眺める



写真-8 飛燕垂木と反りを持つ屋根



写真-11 城を思わせるコーナーの見上げ



写真-9 PCaPCの軒先のライトアップ



写真-12 追手門の屋根とPCaPC寄棟屋根の重なり



写真-10 高知城の屋根並みとの調和



写真-13 追手門からの眺め

4. 構造計画

構造計画のコンセプトは、災害に対し人と収容物の安全を確保すること、フレキシブルな展示・収蔵空間を実現すること、耐久性が高く長寿命の建物とすることである。

本建物は地震・水害から資料を守るため、収蔵・展示部門を2階以上に設け、1階と2階の間に免震層を設けた中間階免震構造を採用した。1階に交流・教育普及部門、2階に収蔵部門、調査研究部門、3階に展示部門が設けられている。

上部構造（2・3階）は桁行方向8.5m×8スパン、張間方向17.0mスパンとし、鉄骨鉄筋コンクリート構造一部鉄骨造として、無柱の展示室、収蔵庫を計画した。下部構造（1階）は、桁行方向、張間方向ともに8.5mスパンの鉄筋コンクリート造とした（図-5）。

屋根は17m×68mの大空間を寄棟形状で構築するために、PCaPC造により計画した（図-6）。屋根を支持する最上階の梁は、外周部のみに設けており、3階柱は独立柱として設計している。

構造形式は、上部構造については、建築・設備計画上の配慮及び免震部材に対して過大な力の集中を避けるために、純ラーメン構造として計画し、下部構造（1階）については、耐力壁付きラーメン構造とし、十分に剛強な架構とした（図-7）。

道路に面した西側には唐破風形状の屋根と、カーテンウォールがある。屋根は約6mの鉄骨梁で上部構造からの片持ちである。外壁は32mm×515mmの鋼板を菱形状に構成した、カーテンウォール下地を兼ねた菱形格子状の鉄骨が自立している。この鉄骨上部と屋根の間に免震EXP.Jを設けている。

免震構造の計画において、上部構造の柱を集約することが長周期化に寄与している。免震部材は、鉛プラグ入り積層ゴム支承、天然ゴム系積層ゴム支承、直動転がり支承及びオイルダンパーを併用し、上部構造の応答を効果的に低減するよう計画した。

想定される南海トラフ地震に対して求められる設計性能を確保するとともに、地震入力の低減によって寄棟屋根など上部構造の特徴的な架構のデザインを可能とした。

免震層上部にあるバルコニーは、曲面形状であることと、舟板をイメージした洗い出し仕上げを実現するため、プレキャスト版により製作した。

基礎形式は、沖積砂質土層、砂礫層を静的締固め砂杭工法により改良し、支持力の増大と液状化防止を図り、べた基礎で計画した。

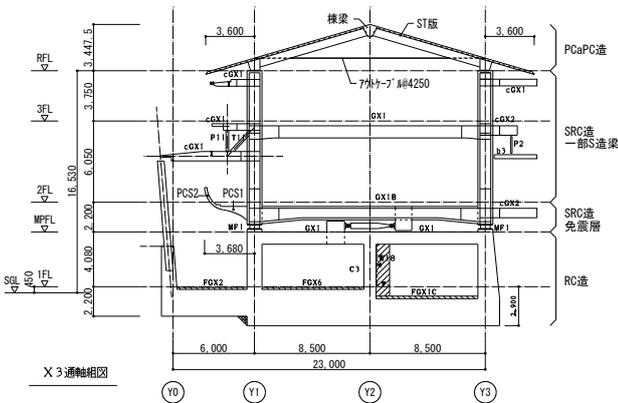


図-5 軸組図

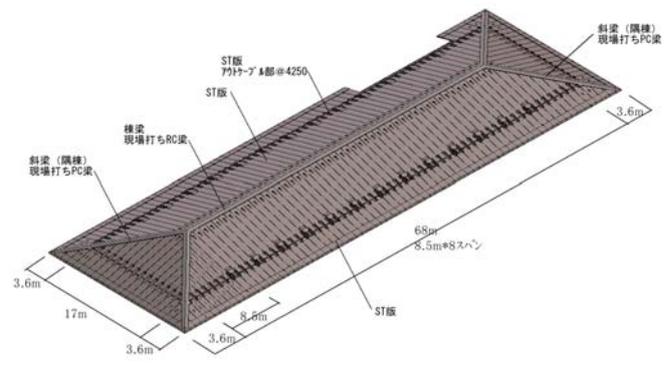


図-6 寄棟屋根の構成

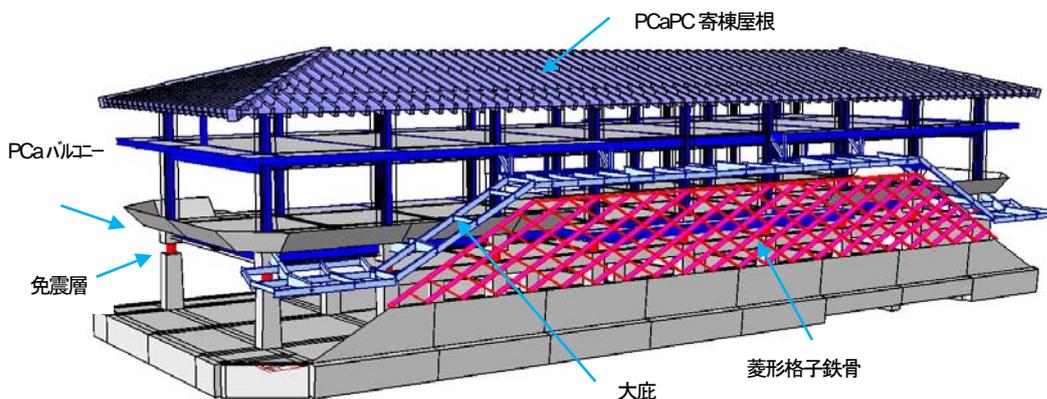


図-7 構造パース

5. PCaPC寄棟屋根

(1) 寄棟屋根の構成

寄棟屋根は3寸勾配で、PCaPCのST版を組み合わせ構成している。3階展示室の天井は現しである。

長さ約12.4m、幅1052.5mm、リブせい645mmのST版の上に厚さ100mmのトップコンクリートを打設した合成床版とし、同時に棟梁・斜梁を現場打ちとして一体化している（図-8～10）。斜梁は現場にて配線緊張を行っている。

ST版は、運搬時および架設時を考慮し、工場でポストテンションを行っている。棟部はトップコンクリート打設後に、棟梁を挟んでST版を互いにPC鋼棒により圧着接合した。

屋根自重によるスラストに対して、アウトケーブルを4250mm（1/2スパン）毎に設けている。アウトケーブルの緊張力により釣り合いをとった後、下部SRC大梁とPC鋼棒で圧着接合し一体化している（図-11,12）。

PCa化は、博物館の資料に影響を与えるアルカリガスの早期削減にも効果的であった。

(2) PCa部材の設計

PCaPC部材の設計基準強度は、ST版を $F_c=50N/mm^2$ とし、トップコンクリート及び現場打ちPC梁は $F_c=30N/mm^2$ とした。

長期荷重に対する設計は、単体時、合成時および棟梁接合部についてはパーシャルプレストレス、大梁接合部はフルプレストレスとしている。

地震荷重に対する設計は、水平力に加えて、上下動による時刻歴応答解析により生じる最大応力を算出し、曲げ応力に対して合成部材の降伏耐力の0.9倍以下、せん断応力に対してRC部材とし短期許容応力度以下とした。

アウトケーブルは、ST版を支持する桁方向大梁および3階の柱に、屋根自重によるスラストを負担させないため、屋根自重のスラストをキャンセルする緊張力を導入した。また、アウトケーブルの緊張は、明確に屋根に作用させ、下部フレームに不静定2次応力を生じさせないため図-13に示すように大梁上にテフロン加工した滑り材を施し行った。大梁接合部は、アウトケーブル緊張後に無収縮モルタル充填後、縦締めによる圧着を行い一体化するものとした。

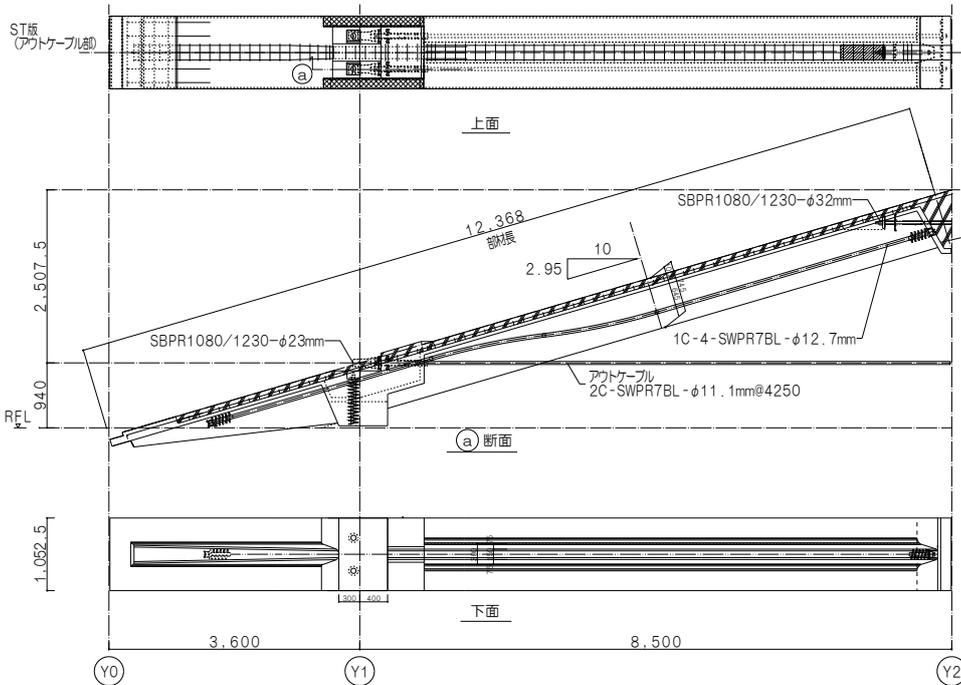


図-8 ST版形状図

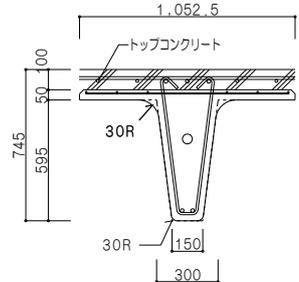


図-9 ST版断面図 (中央)

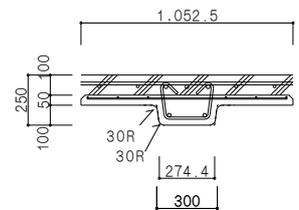


図-10 ST版断面図 (庇先端)

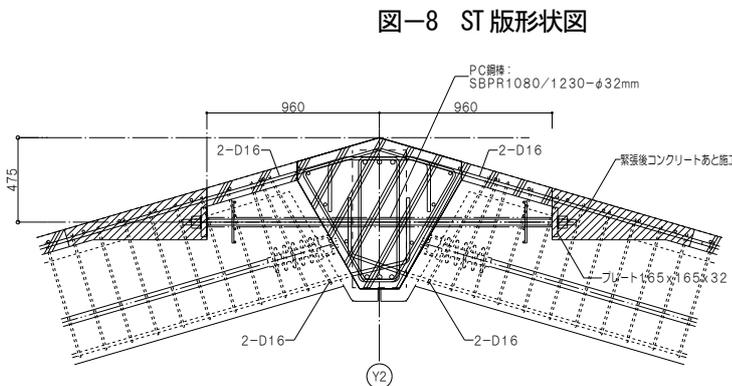


図-11 ST版-棟梁接合部

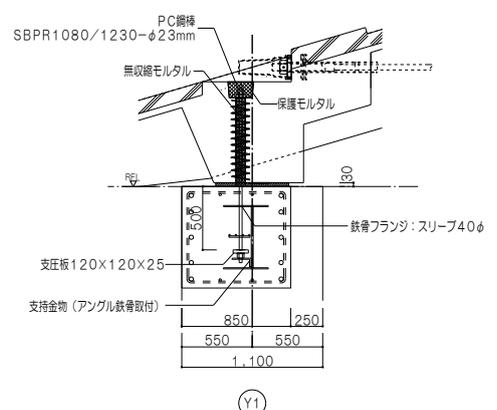


図-12 ST版-大梁接合部

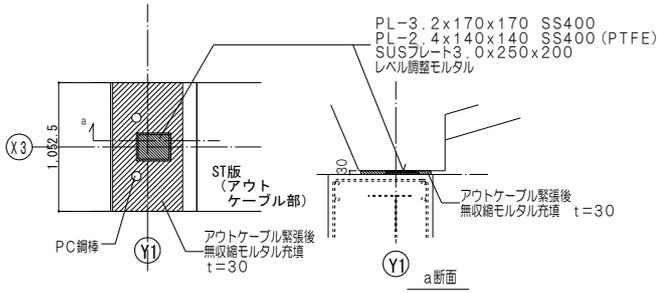


図-13 ST版-大梁接合部詳細

(3) ST版の製作

ST版の部材数は合計180ピースで、最大重量は約7.5tである。

ST版のリブ形状は、下面およびスラブとの隅角部に30mmの丸みを設けており、底側はさらに先端へ向かってリブの高さを小さくしている(写真-14)。

本建物ではほとんどの部位が打放し仕上げとなるため、型枠製作時の目地や埋込み等に十分配慮して製作を行った。部材長さの異なる斜梁取合い部の版は、型枠形状を調整し標準部の型枠を転用して製作した。また支承部となる面戸枠など、配筋が複雑となる部位の納まりに留意した。



写真-14 ST版

(4) 寄棟屋根の施工

寄棟屋根の施工フローチャートを図-14に、緊張箇所と順序を図-15に、施工手順を表-1に示す。屋根の支承工は3階床の鉄骨梁で支持し、ST版が棟梁および斜梁のトップコンクリートと一体化した後すべての緊張作業が終わるまで存置する必要がある。ST版架設状況を写真-15~18に示す。

斜梁は、ST版と現場打ち型枠、配筋による取り合いが複雑となるため、3次元による配筋納まり検討を行い現場の型枠は現寸による加工を行い対応した。

棟部の圧着およびアウトケーブルの緊張作業は、緊張力が均等にかかるよう中央X5通りからはじめ、X4→X6→X3→X7と対称に行った。

ST版・PCaバルコニー版ともに版相互目地の設計値を10mmとしている。それに対して建方の管理値を±5mm、版相互の間隔は5~15mmの範囲となるようにした。特に底とバルコニーの先端部が揃うように配慮した。

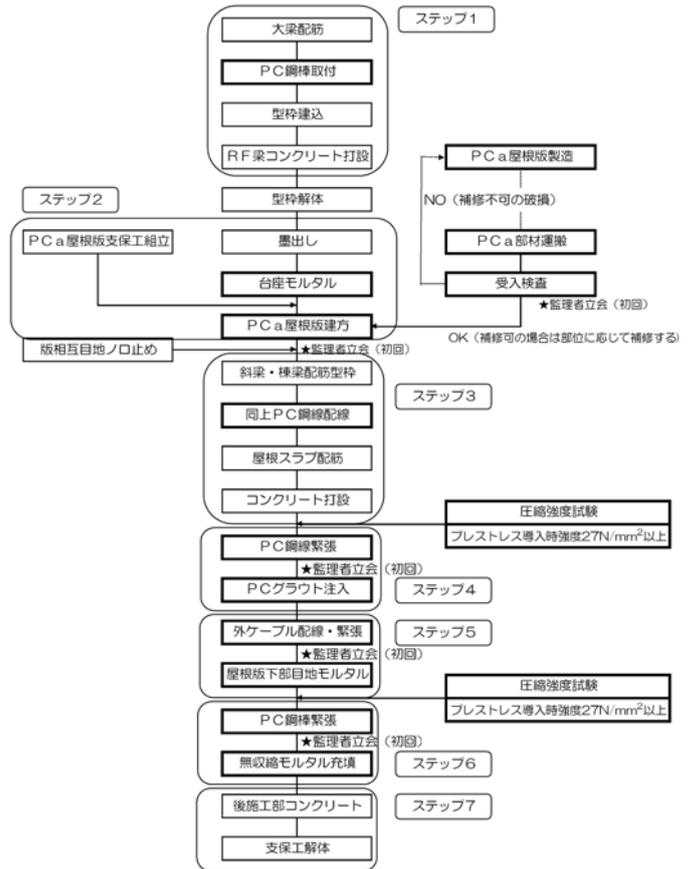
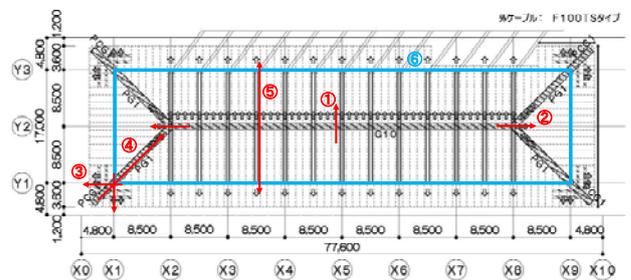


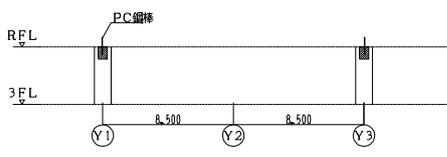
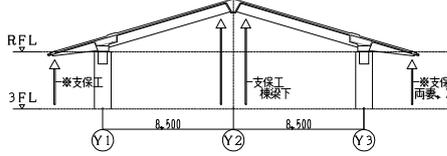
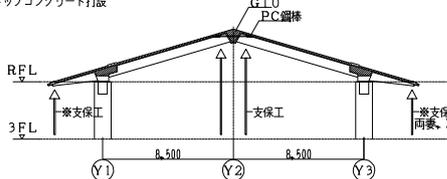
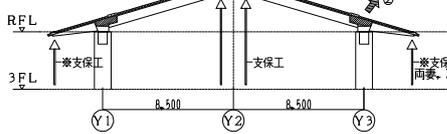
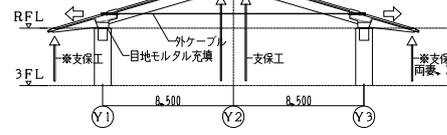
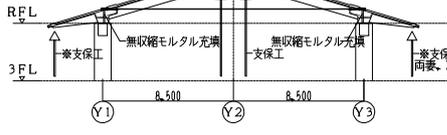
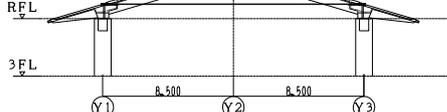
図-14 施工フローチャート



①大棟直交方向 ②大棟梁端部 ③出隅部 ④隅棟梁
⑤アウトケーブル ⑥下部SRC大梁との接合

図-15 緊張箇所と順序

表-1 施工手順

<p>1-1 Y1・Y3・X1・X9通り PC鋼棒セット 1-2 鉄筋・型枠工事 1-3 3階柱、R階梁 コンクリート打設</p> 
<p>2-1 Y2通りおよび両妻荘部の支保工粗立 2-2 PC屋根成架設 (Y1・Y3・X1・X9通りの支保部は清り支保材を設置する)</p> 
<p>3-1 斜梁 (PG1+PCG1) 及び、棟梁 (G10) 配筋・型枠工事 (各所 緊張端部指抜き型枠) 3-2 斜梁 (PG1+PCG1)、棟梁 (G10) および、PS17+PS18+PS17a+PS18a PC鋼材配筋工事 3-3 屋根部スラブ配筋 3-4 トップコンクリート打設</p> 
<p>4-1 PC鋼材緊張 ① 棟部 Y2通り PC鋼棒緊張 ② PS17+PS18+PS17a+PS18a PC鋼より線緊張 ③ 斜梁 (PG1+PCG1) PC鋼より線緊張 4-2 PCグラウト注入</p> 
<p>5-1 外ケーブル配線および緊張 5-2 Y1・Y3・X1・X9通り 梁-PC屋根版目地に無収縮モルタル充填</p> 
<p>6-1 Y1・Y3・X1・X9通り PC鋼棒緊張 6-2 Y1・Y3・X1・X9通り PC鋼棒シース内無収縮モルタル充填</p> 
<p>7-1 各所 後加工部コンクリート打設・保護モルタル打設 7-2 支保工撤去</p> 

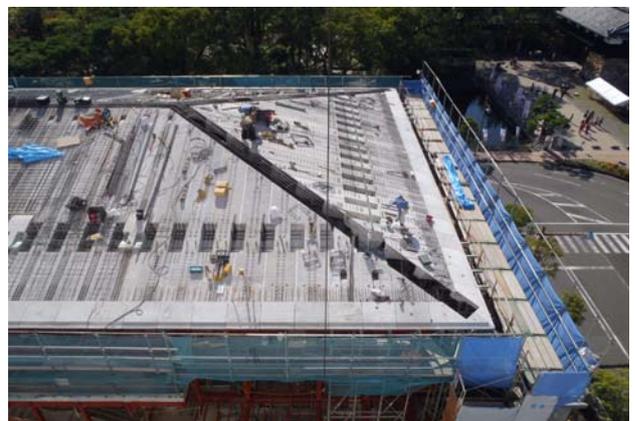


写真-15,16,17,18 架設状況

6. PCaバルコニー版

(1) 設計

PCaバルコニー版は、上部のフルPCa版と下部のハーフPCa版を組み合わせトップコンクリートにより一体化した(図-16)。下部は部分的に片持梁を設けた2重スラブの構成とし、設計は上下動を考慮したうえで短期許容応力度以内とした。

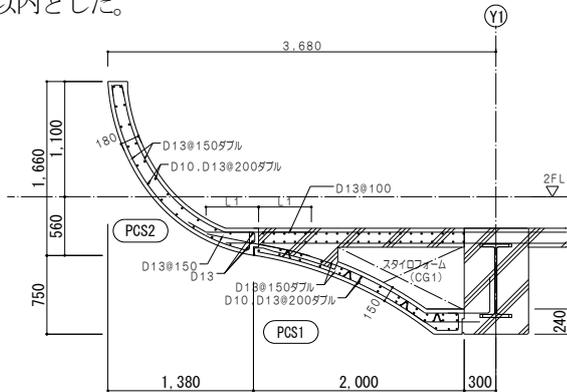


図-16 バルコニー断面

(2) 製作

PCaバルコニー版は、コンクリート表面に洗い出し仕上げによりデザインを施すグラフィックコンクリートと呼ばれる手法を用いた。この手法は、写真-19に示す特殊なシート(GCシート)に、コンクリート硬化遅延剤であらかじめデザインした模様をプリントしたものである。このシートを鋼製型枠面に張り付けた上からコンクリートを打設し、脱型後に高圧洗浄することにより洗い出し仕上げが可能となる。複数のデザインパターンにより試作版を製作したなかから、舟板をイメージしたデザインが採用され、コンクリート温度、セメント量、強度、脱型からの洗い出しまでの時間等の調整・確認後、製作を開始した。試作の結果から設計基準強度 $F_c = 30 \text{ N/mm}^2$ に対して、セメント量を増して計画強度を 50 N/mm^2 とした。写真-20に洗い出し仕上げ模様を示す。



写真-19 GCシート



写真-20 洗い出し仕上げ模様

(3) 施工

PCaバルコニー版の架設状況を写真-21に示す。SRC大梁からターンバックルとチェンブロックを配置し、施工時の変形を防止している。支保工は高さ調整ができるように、ジャッキと木製キャンバーを用いた。完成後は写真-22のように特徴的な外観を形作っている。



写真-21 PCaバルコニー版 架設状況

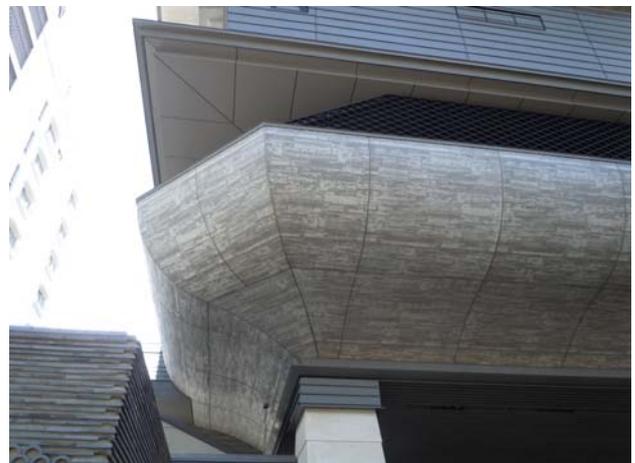


写真-22 PCaバルコニー版 完成後