

高知県立高知城歴史博物館の設計・施工

— PCaPC 寄棟屋根・PCa バルコニー —

清水 謙一*1・重田 忍*2・平田 哲彦*3・松本 孝雄*4

本建物は、高知城追手門前に建設された3階建ての博物館であり、地震・水害から大切な資料を守るために中間階免震構造を採用した。最上階展示室は、リブ付きPCaPC版を組み合わせて大空間の寄棟屋根を構成し、2階バルコニーには、洗い出し仕上げを用いて意匠性の高いPCa版を実現した。

キーワード：PCaPC、寄棟屋根、PCaバルコニー版、洗い出し仕上げ、圧着工法

1. はじめに

本建物は、高知城追手門前に建設された博物館である。高知県は土佐藩主・山内家に伝来した学術・文化的に貴重な歴史資料や美術工芸品を多数所有しており、本施設はこれらを後世に伝承し全国的な学術研究の拠点とするために計画された。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、2階バルコニーには、舟板をイメージした洗い出し仕上げによるプレキャスト（以下PCaとする）版を用いた。

本稿では、大スパンの展示室を構成した寄棟屋根にPCaPC造のリブ付屋根版（以下ST版）を用いた事例と、PCaバルコニー版の洗い出し仕上げを用いた事例について、計画概要およびPCa部材の設計・施工概要について報告する。

2. 建物概要

建物名称：高知県立高知城歴史博物館
建設場所：高知県高知市追手筋2丁目24、25番地、
帯屋町2丁目124、126番地
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、



写真 - 1 建物外観

日本設計・若竹まちづくり研究所共同企業体
施工者（建築主体工事）：清水・轟・入交特定建設工事共同企業体

PC施工：(株)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 3.75 m



*1 Kenichi SHIMIZU

(株)日本設計
構造設計群



*2 Shinobu SHIGETA

清水建設(株)四国支店
高知営業所



*3 Tetsuhiko HIRATA

(株)建研 大阪支店
工事部



*4 Takao MATSUMOTO

(株)建研 大阪支店
設計部

構造：SRC造，RC造，PCaPC造（屋根），一部鉄骨造中間階免震構造

3. 建築計画・構造計画概要

3.1 建築計画

高知県は、戦国時代から近代にいたる学術的・文化的に豊富な情報量を有する山内家資料を所有している。本建物は、既存施設の老朽化による保存・収蔵環境を刷新し、これらの資料を文化遺産として後世に長く伝えその価値を広く公開できる施設とするため、①山内家資料の保存・継承、②近代史研究の拠点としての学術研究の推進、③展示公開による全国発信、④生涯学習や学校教育の活性化、⑤歴史や文化による地域振興、観光復興への寄与を目的として計画された。

計画敷地は、山内家の居城であった高知城の歴史的立地条件を踏まえ、追手門に対面した高知城南東に位置してい

る。

建物計画は、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階に展示部門を設けた。最上階となる3階の展示室は、寄棟の大空間を構築するため、PCaPC造を採用した。PCa化は、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る。また建物の西面および南北面に、舟板をイメージした洗い出し仕上げを施したPCaバルコニー版を設けた。

3.2 構造計画

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。平面は8.5mグリッドを基本とし、屋根の庇、2階のPCaバルコニー版とも約3.6mの跳ね出し長さとなっている。図-1に軸組図、図-2に寄棟屋根の構成を示す。

構造計画は、上部構造（2・3階）を桁行方向8.5m8ス

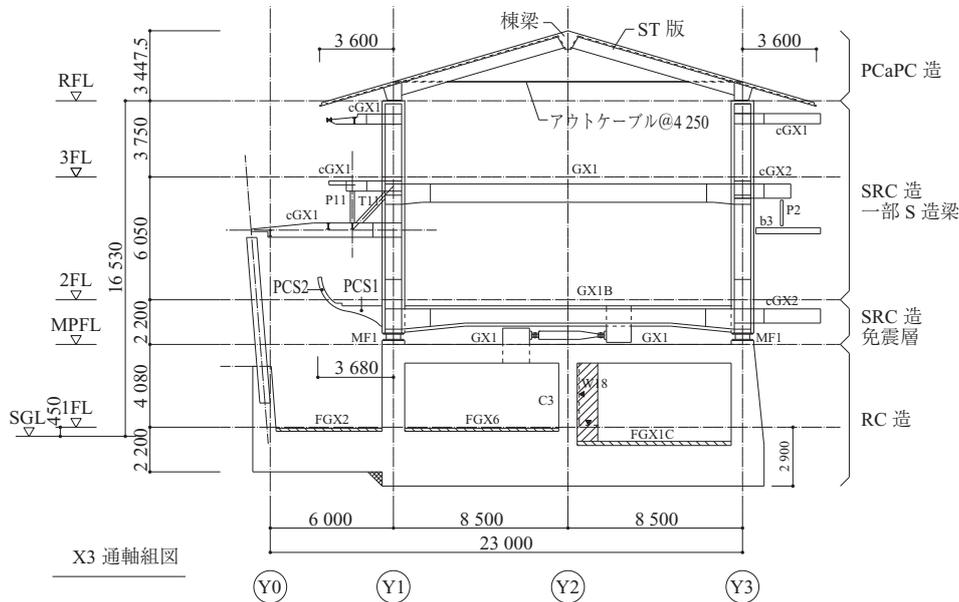


図 - 1 軸組図

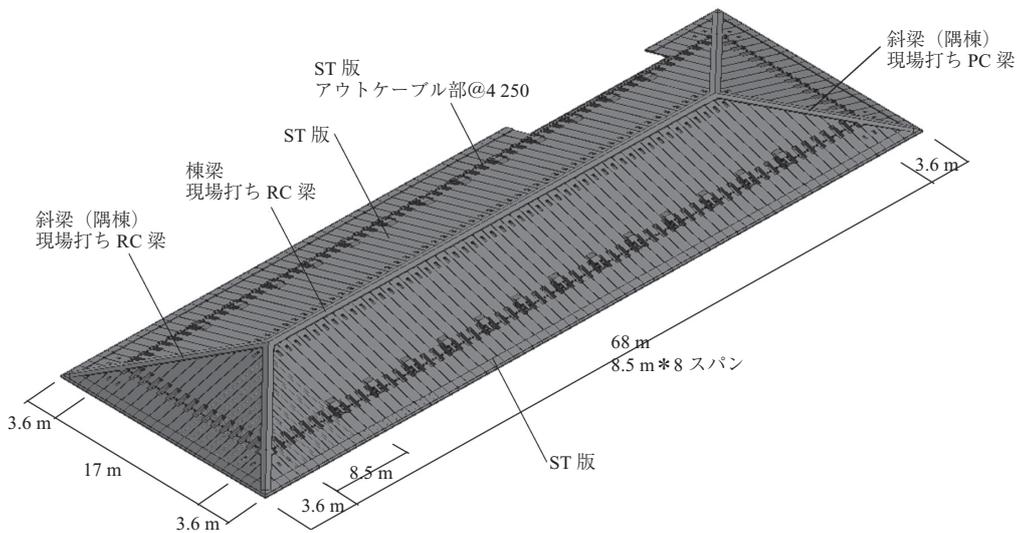


図 - 2 寄棟屋根の構成

パン、張間方向 17.0 m スパンとし、鉄骨鉄筋コンクリート構造一部鉄骨造の純ラーメンによって、無柱の展示室、収蔵庫を実現した。下部構造（1 階）は、桁行方向、張間方向ともに 8.5 m スパンの鉄筋コンクリート造耐震壁付ラーメン構造とした。寄棟屋根を支持する最上階の架構は、3 階柱を独立柱とし、外周部に屋根を支持する梁を設けた。

免震層は、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、およ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。

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直接基礎（べた基礎）で計画した。

4. PCa 部材の設計

PCaPC 部材の設計基準強度は、屋根版を $F_c = 50 \text{ N/mm}^2$ としトップコンクリートおよび、現場打ち PC 梁部材は $F_c = 30 \text{ N/mm}^2$ とした。PCa バルコニー版も $F_c = 30 \text{ N/mm}^2$ であるが、後述する洗い出し仕上げを考慮し、単位セメント量を増して計画強度を 50 N/mm^2 とした。

使用材料を表 - 1 に示す。

表 - 1 使用材料

部位	PC 鋼材	定着工法
1) ST 版	SWPR7BL-φ 12.7 mm	VSL 工法
2) 棟梁(現場打ち RC 梁)	-	-
3) 隅棟(現場打ち PC 梁)	SWPR7BL-φ 15.2 mm	VSL 工法
4) 棟梁接合部	SBPR1 080/1 230-φ 32 mm	-
5) 大梁接合部	SBPR1 080/1 230-φ 23 mm	-
6) アウトケーブル	SWPR7BL-φ 11.1 mm	SEEE 工法

4.1 PCaPC 寄棟屋根の設計

(1) 寄棟屋根の構成

寄棟屋根は、以下の部材から構成される。

- 1) ST 版
- 2) 棟梁 (現場打ち RC 梁)
- 3) 斜梁 (隅棟 : 現場打ち PC 梁)
- 4) アウトケーブル

寄棟屋根は、リブせい 645 mm、長さ約 12.4 m の ST 版を 1 062.5 mm ピッチ (目地 10 mm) に配置し、その上に厚さ 100 mm のトップコンクリートを打設する合成床版とし、同時に棟梁と隅棟の梁を現場打ちとして一体化している (図 - 3, 4, 5)。

基本となる ST 版は、運搬時および施工時架設状況を考慮し、工場にてポストテンションを行った。

棟梁は、トップコンクリート打設後、X2 ~ X8 通りでは図 - 6 に示す棟梁を挟んで、ST 版を互いに PC 鋼棒 C 種 32 mm で圧着接合し、斜梁は、現場にて配線緊張を行った。ST 版と ST 版を支持する大梁とは、図 - 7 に示す PC 鋼棒 C 種 23 mm にて圧着接合した。

(2) ST 版および斜梁の設計方針

長期荷重に対する設計は、単体時と合成時および棟梁接合部ともに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た。

地震荷重に対する設計は、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。

アウトケーブルの設計方針は、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とした。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 - 8 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

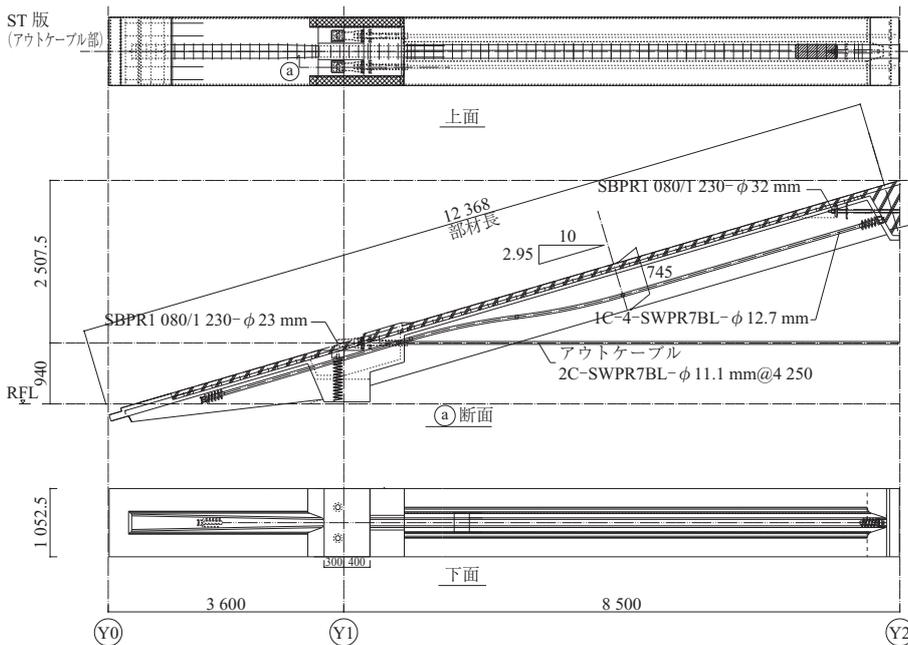


図 - 3 ST 版形状図

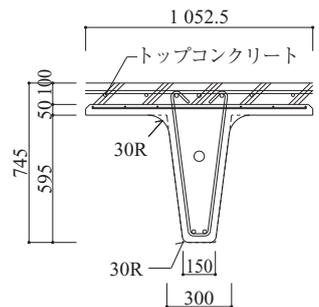


図 - 4 ST 版断面図 (中央)

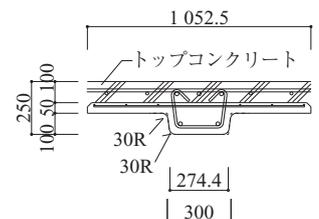


図 - 5 ST 版断面図 (底先端)

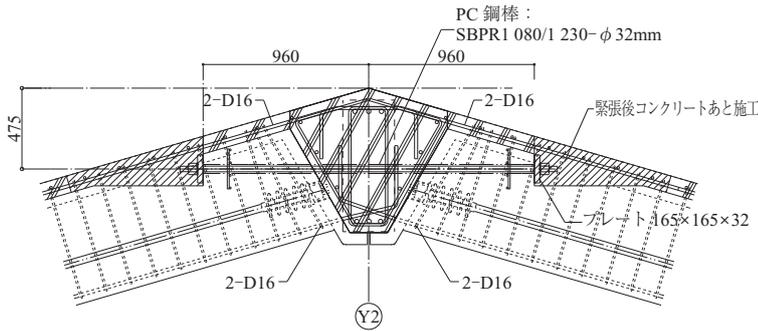


図 - 6 ST版-棟梁接合部

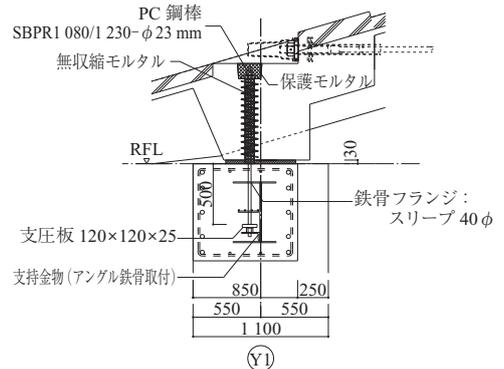


図 - 7 ST版-大梁接合部

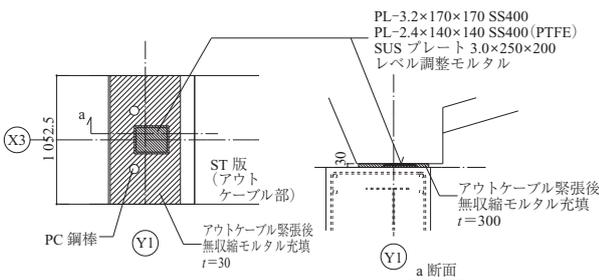


図 - 8 ST版-大梁接合部詳細

表 - 2 PCa部材数量

部材		最大重量 / 1 ピース (t)	部材数	計
屋根	ST版	6.65	72	180
	ST版 (アウトケーブル部)	7.45	26	
	ST版 (隅棟取合部)	6.55	82	
バルコニー	手摺壁 (上部)	2.25	55	99
	ハーフPCa (下部)	1.3	44	

ものとした。

4.2 PCaバルコニー版の構成と設計

PCaバルコニー版は、上部のフルPCa版と下部のハーフPCa版を組み合わせてトップコンクリートにより一体化した。下部は部分的に片持ち梁を設けた2重スラブの構成とし、設計は上下動を考慮した短期許容応力度設計とした。(図 - 9)

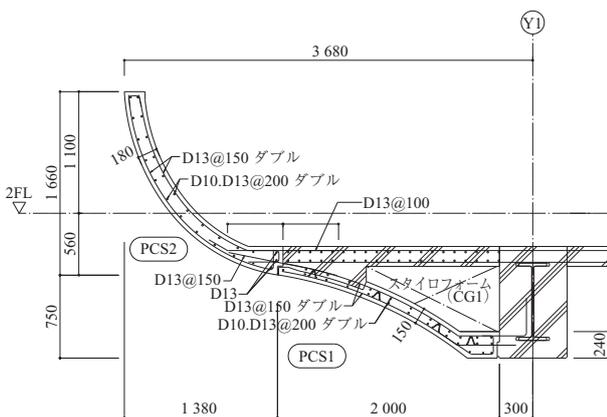


図 - 9 バルコニー断面

との隅角部に 30 mm の丸みを設けたうえで、庇先端へ向かってリブの高さを小さくする必要があった。型枠製作では、鋼板の継目等も確認のうえ形状を決定した。また、梁の支承部となる面戸枠等、配筋が複雑となる部位は、入念に納まりについて検討を行った。

本建物では、ほとんどの部位が打放し仕上げとなるため、目地、埋込み等できるだけ仕上げに影響の無いよう型枠の転用検討を行い製作した。

(2) PCaバルコニー版の製作

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 - 2 に示すシート (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。計5種類のデザインパターンを用いて試作版を製作し、最終的に舟板をイメージしたデザインが採用され、コ



写真 - 2 GCシート

5. 施工概要

5.1 PC部材の製作

PC部材の製作は、(株)建研 水口工場にて行った。各部材の数量を表 - 2 に示す。

(1) ST版の製作

ST版のリブ形状は、ピン角ではなく下面およびスラブ

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。写真 - 3 に洗い出し仕上げ模様を示す。

工場でのストックは、雨垂れ等の汚れを最小限とするよう、ビニールシートによる養生を徹底した。



写真 - 3 洗い出し仕上げ模様

5.2 PCa 部材の施工

ST 版・PCa バルコニー版ともに建方の管理値は± 5 mm とし、とくに庇とバルコニー先端部が揃うように調整した。また、版相互間隔は版相互目地の設計値 10 mm に対して、5 ~ 15 mm となるよう管理した。

(1) PCaPC 寄棟屋根の施工

寄棟屋根の施工フローチャートを図 - 10 に施工手順を表 - 3 に示す。屋根の支保工は、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

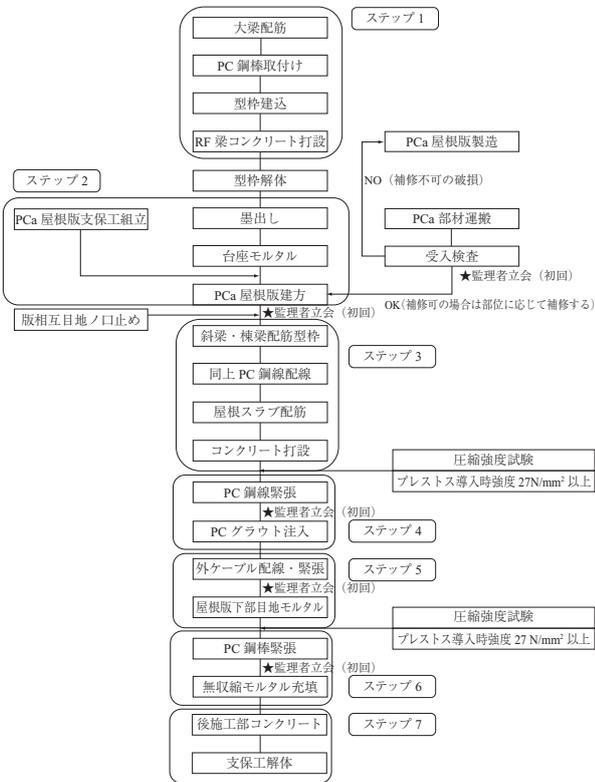
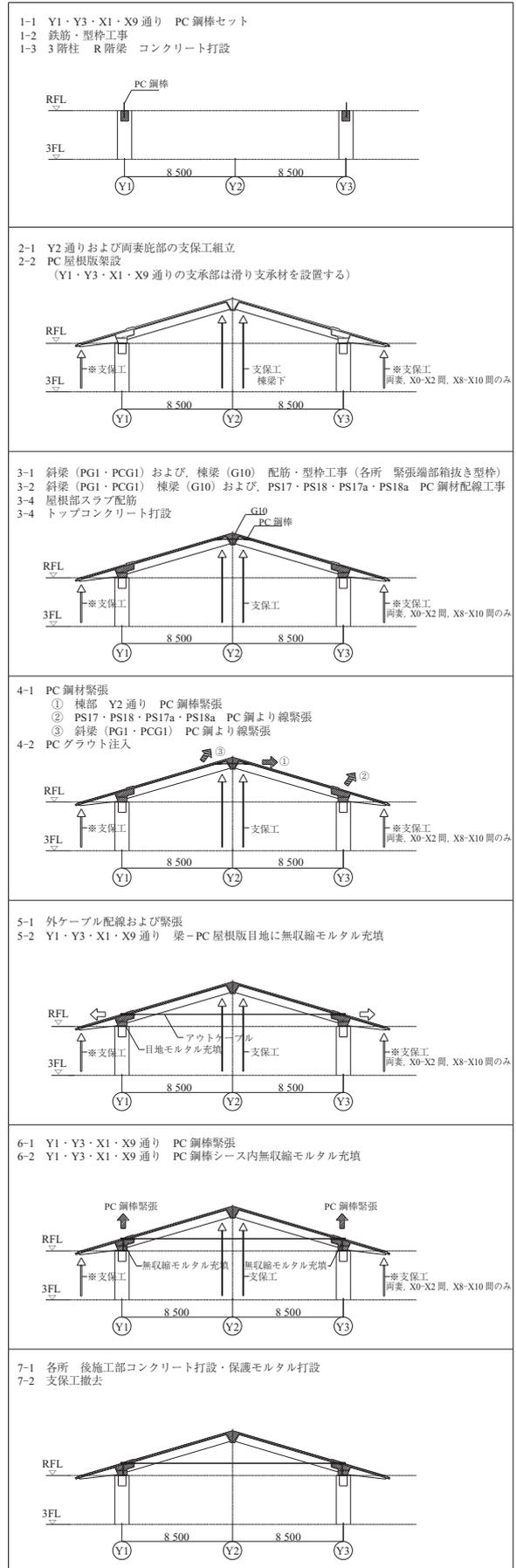


図 - 10 施工フローチャート

表 - 3 施工手順



終わるまで支保工を存置する必要があった。クレーン計画図は図 - 11 に、ST 版の支保工計画図を、図 - 12 に示す。

ST 版架設状況を写真 - 4 ~ 6 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

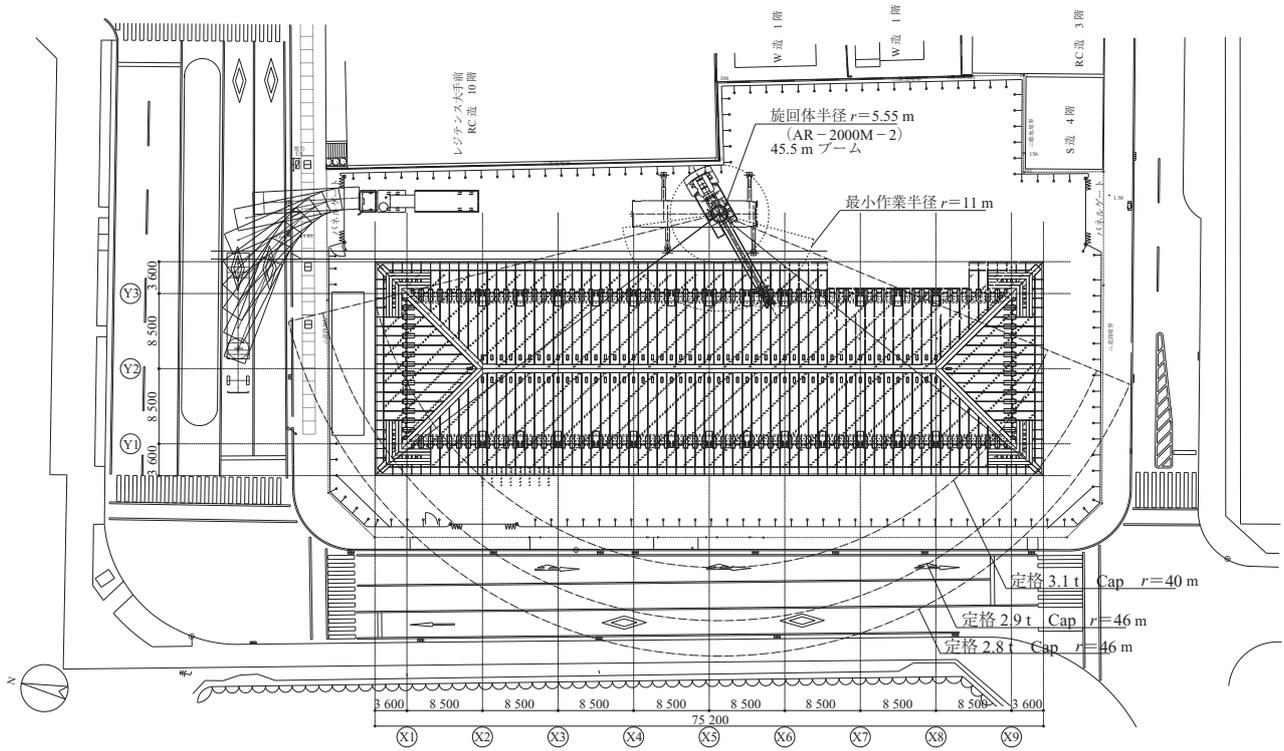


図 - 11 クレーン計画図

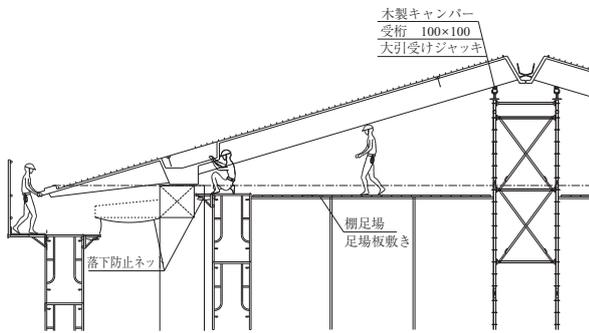


図 - 12 ST 版支保工計画図



写真 - 5 ST 版架設状況



写真 - 4 ST 版据付け状況

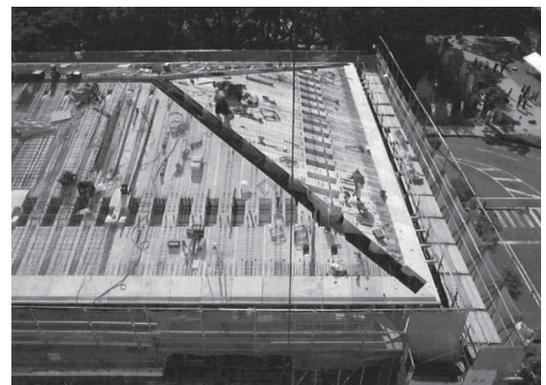


写真 - 6 ST 版架設状況

○ 特集 / 工事報告 ○

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。支承部のアウトケーブルの緊張作業時の水平変形は、最大2mmと想定以内であった。

(2) PCaバルコニー版の施工

PCaバルコニー版の架設状況を写真-7に、支保工状況を写真-8に示す。支保工を組み立て、所定の高さに調整できるようジャッキと木製キャンバーを配置し支持した。版の仮固定のため、SRC大梁からターンバックルとチェーンブロックを設置し、施工時の変形を防止した。



写真 - 7 PCaバルコニー版架設状況



写真 - 8 PCaバルコニー版支保工状況

6. おわりに

本建物は、工種が多彩で難易度の高い工事であったが、PCaPCの有意義な利用により、特徴のある建築を実現できた(写真-9~11)。さらに今後のPCaPCの可能性を広げたと考えられる。

平成28年4月に無事竣工し、準備期間を経て平成29年春に開館予定である。



写真 - 9 展示室



写真 - 10 ST版底部



写真 - 11 外観

本建物の設計・施工にあたり多大なご理解とご尽力いただきました高知県の皆様および施工においてご協力いただいた工事関係者の皆様に、この場を借りて厚く御礼申し上げます。

【2016年5月12日受付】