

復旧・復興へ PCaPC 建築構造物の施工報告

～ 東日本大震災から 10 年の取組 ～

大井 紀一*1・江口 尚之*2・濱田 大地*3・佐藤 洋佑*4

東日本大震災による建築構造物の被害は、東北地方から関東地方までの広い範囲におよび、とくに岩手県、宮城県、福島県の太平洋沿岸部地域は巨大津波により壊滅的な被害を受けた。発災から 10 年、本稿は、その復旧・復興の早期実現に向けた取組に、工場生産による高品質部材を安定して供給でき、躯体工事の工期短縮、建設労務や熟練工不足の解消などを利点とする、プレキャスト・プレストレストコンクリート（以下、PCaPC）工法を採用して建設された建築構造物のうち、東北地方に於いて当社が携わった復興住宅、庁舎、公共施設、水産関連施設、その他の復興工事について、その一例を報告する。

キーワード：PCaPC 工法、PC 構造、復興住宅、庁舎、公共施設、水産関連施設

1. はじめに

多くの人々の心に深く刻まれることとなった東日本大震災から 10 年が過ぎた。

発災以後、被災者の支援、災害廃棄物の撤去や処分、インフラの応急的な復旧から、本復旧・復興事業の計画に向けて動き出した頃、建設資機材の不足や調達遅れ、現場への生コンクリート供給の可否や、供給量の制限など、建設工事にあっては多くの問題を抱えており、何より建設労務や熟練工不足の問題が顕在化していた。

それらの問題の一解決案として、復興建築物の計画に PCaPC 工法が採用された。

PCaPC 工法は、PCa 化（工場生産）した柱・梁などの鉄筋コンクリート（以下、RC）構造部材を、プレストレスによる圧着力で一体化してラーメン構造を構築する工法である。

一般的な RC 造と同じラーメン構造であり、平面プランの自由度は高く、さまざまな用途の建物に適用が可能である。

管理された工場で高品質のコンクリート部材を製作し、現地では組み立てるだけであり、高い躯体精度と計画的生産による工期の安定と短縮を実現できる。また、木製型枠

を殆ど使用しないため環境への負荷を低減し、現場での型枠組立てや解体作業、鉄筋の配筋やコンクリート打込み作業も少なく、施工管理人や熟練工の低減が可能で、労務不足問題にも対応可能な工法である。

一方また、PC 構造は、ひび割れに強く、コンクリート強度も高いことから耐用年数が長く、大スパン化が可能で、特に早期復興を目指す復興住宅や水産関連施設へ多く採用された。

また、PC 構造はその高い復元力特性から耐震性にも優れた工法であり、とくに免震構造との組み合わせは相性が良く、防災拠点となる庁舎や公共施設の新設などにも多く採用された。

その採用に至った経緯や、施工の概要について報告する。

2. 復興住宅

（仮称）仙台市あすと長町復興公営住宅（宮城県）は、仙台市が東日本大震災の復興公営住宅として公募した買取事業である。当社を含むグループは、復興公営住宅という性格上、早期に大量の良質な住宅を建築することが重要であると考え、大きな被害を免れた PCa 工場（岩手県北上市）で高品質な部材を製作し、材料や労務が不足する現場では、当社が得意とするプレストレスによる圧着接合により合理



*1 Norikazu OI

(株) ピーエス三菱
建築設計部



*2 Hisayuki EGUCHI

(株) ピーエス三菱
建築設計部



*3 Daichi HAMADA

(株) ピーエス三菱
建築設計部



*4 Yosuke SATO

(株) ピーエス三菱
建築設計部

的に建物を建築する PCaPC 造で応募し、採用された。構造的には、桁行方向は、梁がスパン中央で圧着接合する PCaPC 造、柱が主筋を機械式継手により継ぐ PCaRC 造の純ラーメン、梁間方向は、柱を PCaRC 造とし、壁を場所打ちとした RC 造連層耐震壁付きラーメン構造である。また、募集要綱では面積が倍以上異なる 2K～4DK の住戸の比率が決められていたが、PCaPC 造の特長を生かすために桁行方向のスパン長さをすべて同じとし、一部の架構では耐震壁を設けず PCaPC 造の梁としたラーメン構造にすることにより、桁行方向スパン長さにとらわれない住戸配置を可能とした。工法概念図を図 - 1 に示す。

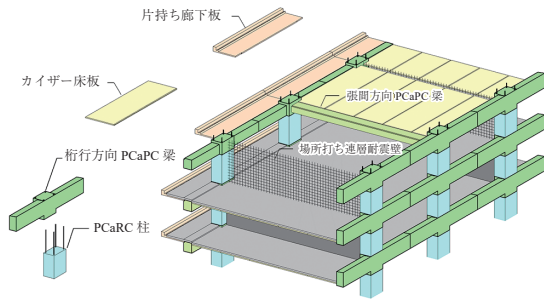


図 - 1 工法概念図

応募のための提案書作成時の 2013 年 1 月頃は、仙台市内では震災復興工事の本格化やリーマンショックによるコンクリート製造プラントの閉鎖などにより、レディーミックスコンクリートの 1 日の出荷量が、1 現場あたり 150 m³ に制限され、市内の他の公共工事では工期の遅れが生じていた。そこで、本建物では、現場でのコンクリート打込み量が少なく、工期が短い PCaPC 造で計画した。施工状況



写真 - 1 施工状況



写真 - 2 施工状況

を写真 - 1, 2 に示す。

PCaPC 造の特長である短工期、高品質、高耐久性を生かし、材料、労務が不足している中、工事を遅らせることなく竣工させ、予定どおり 2015 年 3 月 30 日に仙台市に引き渡した。長町地区には市内最大規模の 183 世帯の仮設住宅があり、入居されたのは主にこの地区の方々と思われ、PCaPC 造により良質な復興住宅を提供できた。建物外観を写真 - 3 に示す。



写真 - 3 建物外観 (撮影: エスエス東京)

3. 庁舎・公共施設

3.1 庁舎 (福島県)

須賀川市の旧庁舎は東日本大震災で被災、損傷が著しく解体を余儀なくされた。新庁舎建設にあたり設計コンセプトとして 5 つの基本理念が打ち出された。その一つである、「防災拠点となる安全・安心な庁舎」として、免震構造の採用と躯体を高強度 PCa コンクリートを主体とする強固な構造とする計画とし、また、「機能性・柔軟性を重視した庁舎」として、フレキシブルな執務空間の実現のため、長スパンの無柱空間を実現する ST 合成床版が採用されている。デザイン面における「須賀川を象徴する庁舎」では、奥州街道の宿場町として発展してきた須賀川市を象徴する建築様式に見られる縦格子が取り入れられ、ファサードには PC 細柱が立ち並んでいる。

PC 工事の概要として、図 - 2 にフレーム全体の 3 次元モデルを示す。桁行方向は、仕口部一体の ST 床版と PC 梁が並び、緊張によって一体化する圧着工法である。垂直方向は、PC 細柱と ST 床版を PC 鋼棒を用いて圧着している。

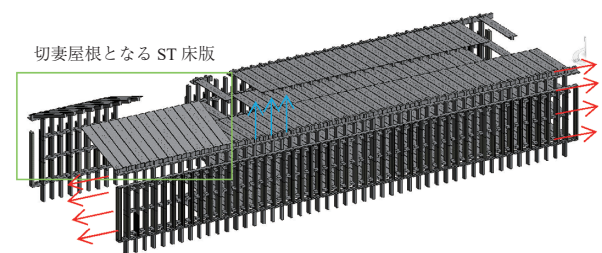


図 - 2 フレーム 3 次元モデル

本工事に用いたPCa部材の一覧を表-1に、PC工事の施工サイクルを表-2に示す。施工サイクルは、PC細柱の架設後にPC鋼棒の緊張を行わず、ST床版および梁の架設、長辺方向の桁梁のPC鋼線緊張後の施工になるため、PC柱鋼棒の緊張前に、柱と梁の目違いを調整した。柱・ST床版の施工状況を写真-4に示す。

表-1 PCa部材一覧

部材名	部材数 (P)	部材総体積 (m ³)	部材総重量 (t)
PC細柱	368	834.7	2 086.80
PC梁	81	67.3	168.3
ST床版	287	1 811.5	4 528.7
底板	60	144.9	362.3
RC柱	4	26.48	66.2
合計	800	2 884.8	7 212.3

表-2 PC工事施工サイクル

PC工事施工サイクル ※() 他業者施工

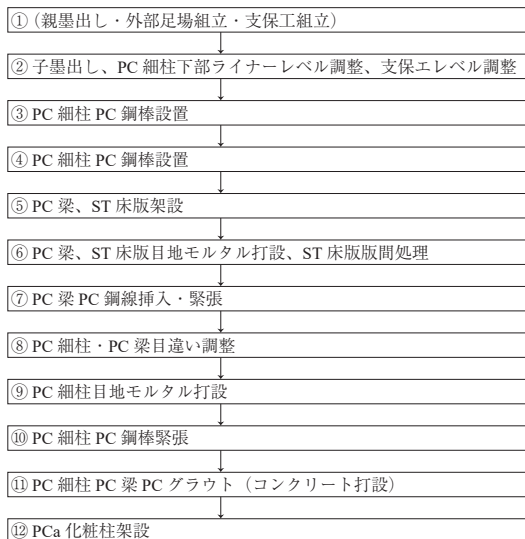


写真-4 柱・ST床版施工状況

本工事は、構造に対する要求性能に加え、高い意匠性を要求されるものであった。要求性能確保のため、生産設計着手時に管理ポイントを整理した生産設計方針書の作成を行い、それを基に設計から部材製作、施工の各工程に対して、多岐にわたる種々の検討および対策を行った。各工程における管理値の設定と管理値確保の具体的施策について設計、工事、製作工場との十分な協議、打ち合わせが重要な

ポイントであった。建物外観および執務スペース内観を写真-5に示す。



写真-5 建物外観および執務スペース内観

3.2 公共施設(岩手県)

釜石市は岩手県南東部沿岸に位置し、東日本大震災で大きな被害を受けた地域の一つである。本施設は老朽化に加え、地震で損傷した釜石市桜木町の旧市民体育館解体に伴い、同市鶴住居町地区再生の中核施設として鶴住居駅西側へ移転・新築が計画された市民体育館である。同市震災復興事業としては最後の施設となる。アリーナ周囲のコンクリート細柱、および床下空調ダクトスペース付きの2階観客席に、PCaPC柱とPC段床版がそれぞれ採用された。建物内観を写真-6に示す。



写真-6 建物内観

柱は建物の内外で見え掛かりになることから、階層ごとに分割目地が生じないように柱脚から柱頭まで15.16mの一本部材とした。アリーナ断面図を図-3に示す。柱小径：材長の比率が1:29という細柱で計画されており断面寸法は500mm×500mmである。運搬時のひび割れを防止するため、本設用のPC鋼棒とは別に、運搬用PC鋼棒4c-23φを配置して工場で緊張を行った。PC鋼棒は製造可能な最大長が15.0mであり、柱部材長よりも短いため、本設用PC鋼棒は接続位置を基礎から0.9m程度突出させる計画とし、運搬用PC鋼棒は柱脚側を固定端として柱内に納めることでPC鋼棒長さの不足に対応した。PCaPC柱は細長い上にピン角で製作されているため、部材片側を接地し

建て起こす方法を用いた場合、部材への負担が大きく接接地部の欠けやひび割れが懸念されたため、架設用クレーン（130t）と合番クレーン（60t）の2台でPCaPC柱を所定の高さまで水平に相吊りし、合番クレーンを旋回・巻き下げることで建て起こしを行った。柱建て起こし状況を写真-7に示す。

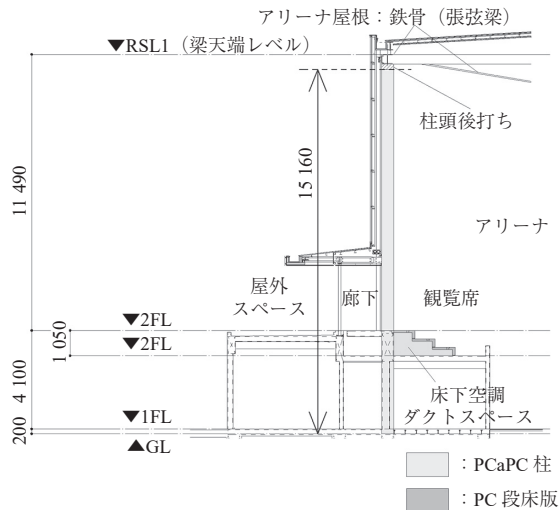


図 - 3 アリーナ断面図



写真 - 7 柱建て起こし状況

PC鋼棒を柱部材架設前に先行して配置するPC鋼棒先立て工法は、柱が長く困難なため、部材内にPC鋼棒を挿入した状態で柱を吊り上げ、基礎と柱内のPC鋼棒を柱脚部で接続して据え付けるものとした。柱脚には位置調整用の金物を設置し、ボルトで柱位置の調整を行った。建て入れ調整はPC鋼棒の締め付けで行い、補助としてパイプサポートとワイヤーをそれぞれ並列に設け、建物内側の直交2方向に配置した。柱上部に架かる鉄骨梁の取り合い部は、鉄骨梁の製作よりもPCaPC柱の施工が先行したため、柱頭部機械式継手の実測値を基に鉄骨梁ボルト孔位置を決定した。柱架設状況を写真-8に、建て入れ完了を写真-9に示す。

小断面による複雑な柱内納まりなどもあり、現場打ちでは非常に困難な条件が揃った柱へのPCaPC工法の採用は、

特に品質の確保や現場作業の省力化に大きく貢献できたものと思われる。建物外観を写真-10に示す。



写真 - 8 柱架設状況



写真 - 9 建て入れ完了



写真 - 10 建物外観

4. 水産関連施設

4.1 冷凍冷蔵施設（福島県）

本施設は、小名浜地域水産業施設復興整備事業の一環として、東日本大震災の津波で被害を受けた1966年築の冷蔵施設に代わって新築された地上5階建てのPCaPC造冷凍冷蔵施設である。PCa部材として、柱、大梁、小梁、DT合成床版が使用されており、その部材の総重量は約8700tである。

冷凍能力は日産100t、庫腹（所管容積）量は-30℃のF級冷蔵庫が4400t、-60℃のSF級冷蔵庫が2000tであ

り、加工ライン、船内凍結品加工ラインも整備された東北地方でも有数の規模と能力を備えた最新鋭の施設である。図 - 4 に3階伏図を、写真 - 11 に建物外観を示す。

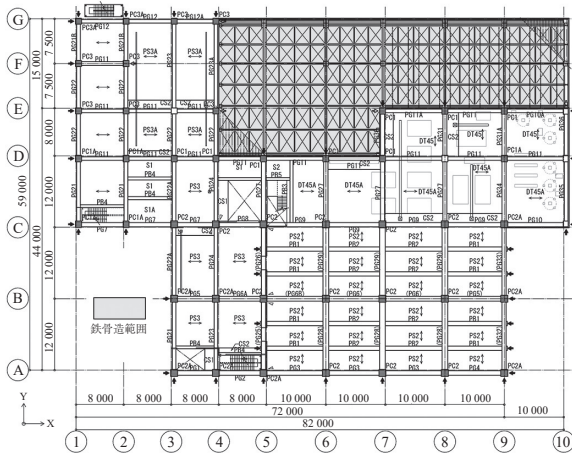


図 - 4 3階伏図



写真 - 11 建物外観

4.2 製氷貯氷施設（宮城県）

石巻市漁業協同組合には、日最大90tと45tの製氷能力を有する2つの製氷貯氷施設があったが、東日本大震災の大津波でいずれも壊滅的な被害を受けた。

本施設は45t施設の再建事業である。90t施設については本工事の前年に改修し、復旧している。



写真 - 12 梁連結状況

3階貯氷庫下が氷を荷受けするためのピロティとなり、貯氷庫の積載荷重を支え、かつ荷受けのための空間確保のためスパンを大きくできる構造として、PCaPC造が採用された。

スパン梁は19mであり、運搬と揚重を可能にするため、3分割して製作、運搬を行い、現場でプレストレスにより連結し架設した。梁連結状況を写真 - 12に、架設状況を写真 - 13に示す。



写真 - 13 架設状況

PCa部材として、柱、大梁、小梁、DT合成床版が使用されており、その部材総重量は約2500tである。建物外観を写真 - 14に示す。



写真 - 14 建物外観

4.3 製氷冷蔵施設（青森県）

本施設は、老朽化と東日本大震災で被災した旧工場に代わって新築された民間の地上4階建てのPCaPC造製氷冷蔵施設で、日産136tの製氷室と500tの貯氷庫を2室備える。

PCa部材として、柱、大梁、小梁、DT合成床版、パラペット版が使用されており、その部材総重量は約3300tである。建物外観を写真 - 15に、建物内観を写真 - 16に示す。



写真 - 15 建物外観



写真 - 18 PC 版架設状況



写真 - 16 建物内観



写真 - 19 建物外観

4.4 魚市場（福島県）

本建物は、ともに東日本大震災で被災した旧1号埠頭魚市場と旧小名浜魚市場を集約した延べ面積約9,000㎡の新魚市場で、一部5階建ての部分にPCaPC工法が採用された。

沿岸漁業の魚介類を取り扱う高度衛生管理型市場と、大型漁船が2隻同時に水揚げできる閉鎖型市場、放射性物質の検査室、日産50tの製氷施設と500tの貯氷施設の機能を合せもつ大型魚市場である。梁架設状況を写真-17に、PC版架設状況を写真-18に示す。



写真 - 17 梁架設状況

5. その他の復興工事

5.1 研究開発事業・他（福島県）

東日本大震災以降、クリーンエネルギー源開発を目的として、特に太陽光や風力発電等の再生可能エネルギーの研究が推し進められており、郡山市の工業団地において再生可能エネルギー研究開発機関が計画された。この施設の一部である研究本館においても、振動に強い構造、耐久性の高さ、レイアウト将来対応、短い工期の実現等の要求からPCaPC工法が採用された。PCa部材総数量は、柱、大梁、小梁、DT合成床版、キャンチスラブ版で合計約6,800tであり、1階柱建方から最上階の梁架設までの期間は2.7ヵ月であった。建物外観を写真-20に示す。



写真 - 20 建物外観

5.2 荷捌場（宮城県）

本施設は、約 14 000 m² の鉄骨造平屋建て荷捌施設である。

水揚げ繁忙期の機能拡張のため震災以前より計画を予定されていたが、津波により既存施設の全棟が被災したため計画が見直され、護岸復旧や地盤造成などの復旧工事との干渉を極力回避し、短期間で工事完成を実現するため、均等スパンによる平面グリッドの見直しなどに合わせて、屋上駐車場が PCaPC 合成床版、外周部の腰壁が PCaRC パラペット版に PCa 化された。図 - 5 に PCa 合成床版割付図を示す。

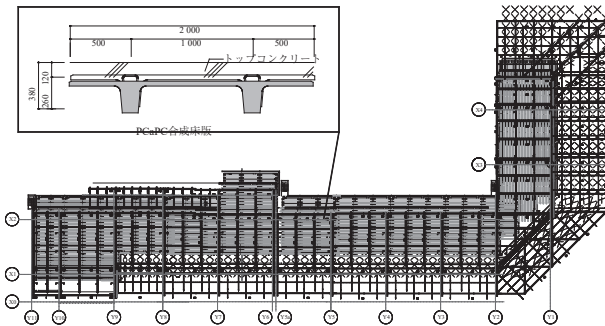


図 - 5 PCa 合成床版割付図

PCa 部材数量は、PCaPC 合成床版が 357 p（約 680 t）、パラペット版が 82 p（約 387 t）である。施工状況を写真 - 21 に示す。



写真 - 21 施工状況

6. おわりに

PCaPC 工法は早期の設計検証、製作工場の決定、部材運搬、揚重計画や組立順序の検討など、詳細な施工計画を必要とし、コストに関しても一般的な在来工法と単純比較すると必ずしも優位とはならない場合がある。

しかし、工場生産による高品質部材の供給、高精度の構造体の構築を可能とし、工期の安定と短縮、建設労務や熟練工の不足解消が可能な工法であり、現場での木製型枠、鉄筋材料の使用、コンクリートの打込み量を低減することで、環境配慮にも優れる。

また、プレストレスによる大スパン化も可能で、特に免震構造との相性が良いなどメリットも多く、多角的視点からの検討により採用に至る。

本報告は、復旧・復興事業に於いて取り組んだ PCaPC 建築構造物の施工実績を紹介した。

PCaPC 工法のメリットを十分に生かすことで、微力ながら復旧・復興の一助になれたのではないかと。

最後に、ご協力いただいた関係者の皆様に、深く御礼申しあげるとともに、今後も PCaPC 工法が復旧・復興のあゆみを少しでも早める事できるよう、尽力を惜しまない。

【2021 年 8 月 31 日受付】



図書案内

PC 技術規準シリーズ

PC 構造物高耐久化ガイドライン 2015 年 4 月

定 価 4,950 円 (税込) / 送料 300 円

会員特価 4,100 円 (税込) / 送料 300 円

公益社団法人 プレストレストコンクリート工学会 編
技報堂出版