

園田学園中学校・高等学校校舎の設計・施工

— PC 圧着工法による工期短縮を図った学校 —

小林 一文*1・後藤 浩史*2・中村 優*3・乾 崇彦*4

園田学園中学校・高等学校は、兵庫県尼崎市南塚口町にある私立の女子校である。本学校は、3棟の既設校舎が老朽化したため、耐震性などの観点から建替え、これらを統合した新校舎を建設した。構造は、柱をプレキャスト鉄筋コンクリート(PCaRC)造、大梁をプレキャストプレストレストコンクリート(PCaPC)造としたPC圧着工法を採用した。これにより、設計面では容易に間取り変更が可能であるため、将来の少子化による就学者数減少にもフレキシブルに対応することができ、施工面では場所打ち部が減ることによる生コン車の搬入台数削減等によって、学校関係者や近隣住民に配慮した計画が実現できた。本稿では、主架構を見せる仕上げ、桁行方向のPCaPC梁を逆梁として腰壁との兼用、仕上げとなる内・外壁を乾式工法とすることで、工期短縮と建設コスト削減を実現した計画について紹介する。

キーワード：PCaPC造、圧着工法、工期短縮

1. はじめに

園田学園中学校・高等学校は、1号館（昭和35年築、RC造4階、延床面積2897.51m²）、2号館（昭和35年築、RC造4階、延床面積2902.20m²）、3号館（昭和39年築、RC造6階、延床面積4575.36m²）の3棟の既設校舎を有していた。各棟は、築後50年以上が経過し、構造・設備などの老朽化が進んでいたことから、耐震診断を行った結果、大規模な補強が必要となることが判明した。しかし、耐震改修による場合は、既設校舎を使用しながらの補強工事がその規模から難しく、今後も老朽化した校舎の維持管理を続けることや、建物の機能を向上させたい場合の面からも課題が残ることから建替案を提案した。

建替計画では、既存敷地において各棟を順次建替える計画案を模索したが、いずれの棟から建替えを行ったとしても仮設校舎が必要となり、敷地内での仮設計画、建設コスト・工期において課題が残った。そのため、隣地グラウンドに3棟を統合した新校舎を建設し、移転したのちに既設校舎を解体する計画とした。構造は、柱をプレキャスト鉄筋コンクリート（以下、PCaRC）造、梁をプレキャストプレストレストコンクリート（以下、PCaPC）造としたPC圧着工法とすることで、工期短縮を図った。新校舎は2015年

12月に着工し、2017年3月に竣工した。写真-1に新校舎の外観、図-1に既設校舎3棟と新校舎の配置図を示す。



写真-1 新校舎の外観

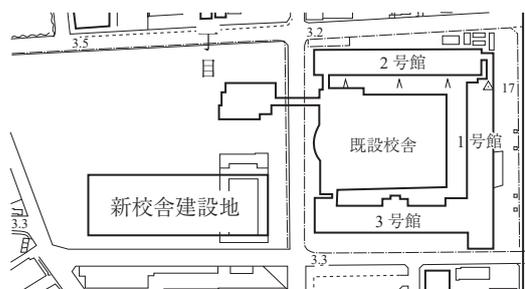


図-1 既設校舎3棟と新校舎配置図



*1 Kazufumi KOBAYASHI

(株)小西建築設計事務所
構造設計部 部長



*2 Hiroshi GOTO

(株)小西建築設計事務所
設計部 次長



*3 Yu NAKAMURA

(株)建研 大阪支店
設計部



*4 Takahiko INUI

(株)建研 大阪支店
工事部

2. 建物概要

建築名称：園田学園中学校・高等学校校舎
 建築主：学校法人 園田学園
 建設場所：兵庫県尼崎市南塚口町1丁目160番1
 設計・監理：(株)小西建築設計事務所
 施工：宮崎建設(株)
 PC施工：(株)建研 大阪支店
 建築面積：1 625.18 m²
 延床面積：8 454.54 m²
 建物高さ：23.95 m
 階数：地上6階
 構造形式：鉄筋コンクリート造
 (柱 PCaRC 造, 梁 PCaPC 造)
 用途：中学校・高等学校
 工期：2015年12月1日～2017年3月24日
 (解体工事などを含む。
 新校舎建設のみでは実質13ヵ月)
 PC建方工期：2016年5月18日～2016年9月13日
 (約4ヵ月)

3. 計画概要

3.1 要望事項

新校舎の計画には、クライアントから下記の要望があった。

- ・早急な新校舎の建設
- ・予算の制約
- ・間取り変更が可能な架構

新校舎の階数は、本計画地に高度地区制限があることから最大6階とした。構造形式は、規模が中層建物であることから、中学校・高等学校という建物用途から、RC造が妥当と考えた。設計当初は、場所打ちコンクリート（以下、在来）工法による鉄筋コンクリート（以下、RC）造とする検討を行っていたが、昨今の建設業界の労働力不足などにより、工期が18ヵ月程度かかることが予測され、工期面で早急な新校舎の建設が困難であった。さらに、意匠計画上、

中廊下があることから、在来工法とした場合、梁間方向のスパンが増えることになり、今後の少子化対策として将来的な間取りの変更などに対応し難くなる可能性があった。

以上から、これらの課題に対応するため、PC圧着工法を採用した。メリットは、在来工法に比べて工期短縮と、品質向上が図れることである。さらに、ロングスパンの計画が可能となり、将来の間取り変更に対する自由度が向上する。また工事中の騒音、粉塵、生コン車などの車両台数が低減でき、現場環境だけでなく近隣にも配慮が可能となる。デメリットは、単純に躯体だけを比較すると、コストが在来工法より若干上がることが予想される。しかし、本計画では、意匠計画段階で等スパン・等階高のプレキャストに有利な設定とすることで、クライアントの要望に応えつつ予算内にコストを抑えることができた。

3.2 工期短縮とフレキシブルな計画への取組み

本計画は、PC圧着工法の採用により、構造部材以外においてもより工期を短縮するため、間取りの変更が容易となるような設備を採用するため、さまざまな工種において工場製作部材を用いた。採用例を下記に示す。

- ・外壁：押出し成形セメント板
- ・防火区画壁：ALCパネル
- ・間仕切壁：LGS+ボード
- ・内部階段：鉄骨階段
- ・床：鋼製床組み

桁行方向の外壁面には、各居室の設備上の貫通口が必要であるが、天井裏の設備計画の自由度を確保し将来的な設備更新に対応しやすいように、貫通口が必要な位置には取替えの容易な押出し成形セメント版を採用し、大梁は逆梁の計画とした。また腰壁と兼用とすることで躯体数量を抑えると同時に、腰壁のコンクリート打設をなくすことで施工性の向上を図った。

一方、梁間方向の大梁は、梁天端レベルをスラブレベルと同一に設定したことから、梁断面内に配線されるPC鋼材と貫通口を設ける位置（高さ）に制約が生じる。そのため、設計当初から、現場にて設備と貫通口の不整合が生じないように綿密に設備計画を行い、貫通位置について調整

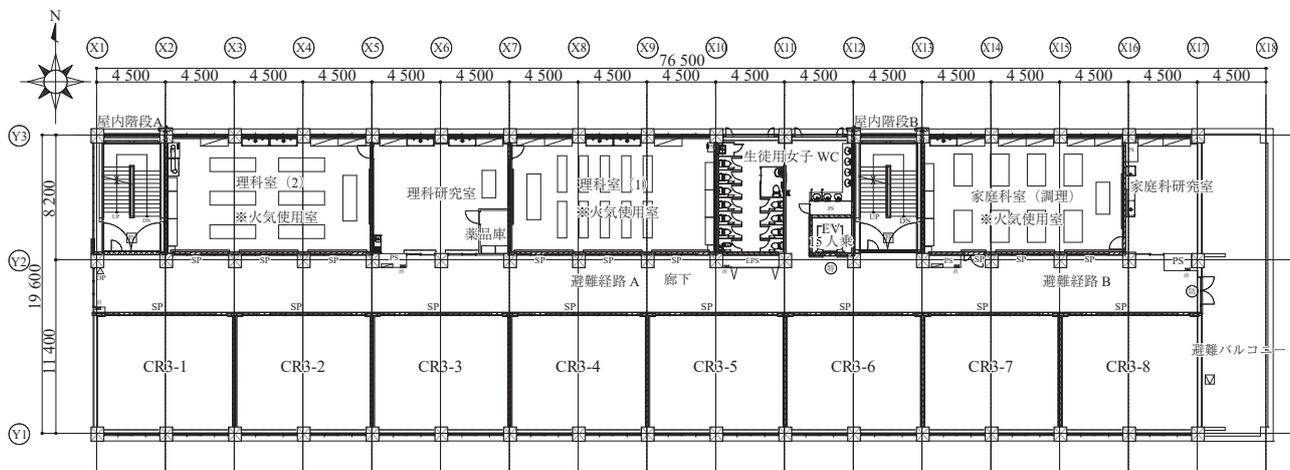


図 - 2 基準階平面図

した。図 - 2 に基準階平面図、図 - 3 に梁間方向の断面図を示す。また、写真 - 2 に腰壁兼用の逆梁と押し出し成形セメント板による垂壁、写真 - 3 に ALC パネルによる防火区画壁と鉄骨階段を示す。

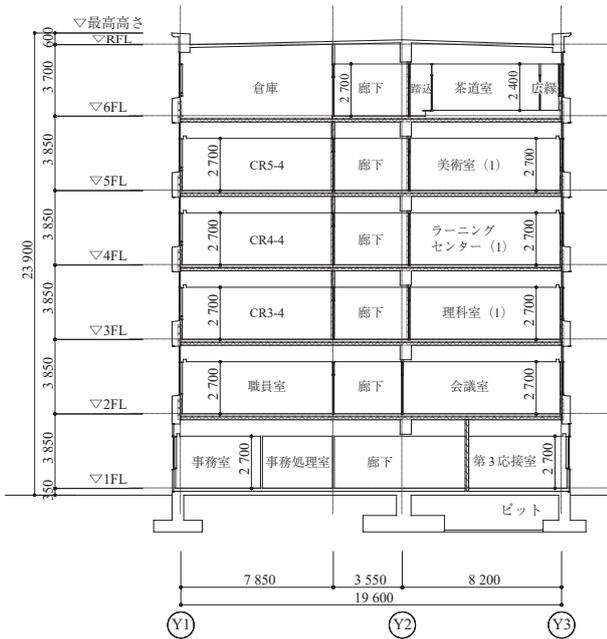


図 - 3 梁間方向断面図



写真 - 2 腰壁兼用の逆梁と垂壁（押し出し成形セメント板）



写真 - 3 防火区画壁（ALC パネル）と鉄骨階段

4. 構造概要

4.1 構造計画概要

建物の平面形状については、梁間方向 19.6 m（11.4 m、8.2 m の 2 スパン）桁行方向 76.5 m（4.5 m が 17 スパン）である。梁間方向は、当初、在来工法で検討していた際に、意匠計画で中廊下があることから 3 スパンで考えていた。しかし、PC 圧着工法を採用することで、スパンを大きく、かつ梁せいを抑えることが可能となり 2 スパンとした。基準階高は 3.85 m に設定した。架構形式は、将来的な間取り変更が可能となるように、梁間・桁行方向とも構造壁を用いず純ラーメンとした。基礎は地盤改良を行い直接基礎とした。

柱は PCaRC 造、大梁は PCaPC 造で、柱と大梁は圧着接合により一体化した。床は、鉄筋トラス付捨て型枠床版工法を採用し、小梁を設けず施工時の支保工をなくすことにより施工性の向上を図った。図 - 4 に 1 階柱 2 階床梁伏図、図 - 5 に標準的な梁間方向の配線架構図、図 - 6 に桁行方向 Y1・Y3 通り配線架構図を示す。

4.2 構造設計概要

本建物の構造計算はルート 3b とした。建物の保有水平耐力は、一貫計算ソフトによって算出した。その際、PCa 部材を一貫計算ソフトに反映させるため、PCaRC 造である柱の鉄筋継手の納まりを考慮した主筋位置、および PCaPC 造である大梁の曲げ破壊耐力 (M_u)・曲げひび割れモーメント (M_{cr})・降伏時剛性低下率 (α_y)・せん断破壊耐力 (Q_u) を考慮した。また梁間・桁行方向ともにプレストレスによる圧着接合としているが、とくに桁行方向について躯体の全長が 76.5 m と長く、全長にまたがって PC 鋼材を配置し部材の圧着を一括して行おうとすると、架構に生じる軸縮みによる不静定応力が過大となる。よって、問題のないレベルまで不静定応力を小さくするため、施工時に建物を 3 工区 (X1-X6 通り, X7-X13 通り, X14-X18 通り) に分割し、各工区の施工段階における不静定応力と、あと施工範囲となる各工区間 (X6-X7 通り, X13-X14 通り) における不静定応力を組み合わせて算定した。

建築物の構造関係技術基準解説書¹⁾における耐震安全性の分類はⅡ類とし、梁間・桁行方向ともに層間変形角が 1/100 の時に、重要度係数 1.25 倍を確保する計画とした。柱部材の接合は、計算の結果、柱頭や柱脚にヒンジが生じた部分があったことから、モルタル充填式継手の SA 級を使用した。保有水平耐力 (Q_u)/必要保有水平耐力 (Q_{ud}) は、桁行方向が 1.37~1.46、梁間方向が 1.27~1.46 であった。

5. PCa 部材の設計

5.1 PCa 部材のクライテリア

PC 圧着工法を採用したことからクライテリアを、柱と梁の圧着部はⅠ種 PC とし、引張応力を生じさせないものとした。また梁のスパン中央部においては、Ⅱ種 PC とした。表 - 1 に使用材料を、図 - 7 に代表的な PCa 柱部材断面を、図 - 8 に代表的な PCa 梁部材断面を示す。

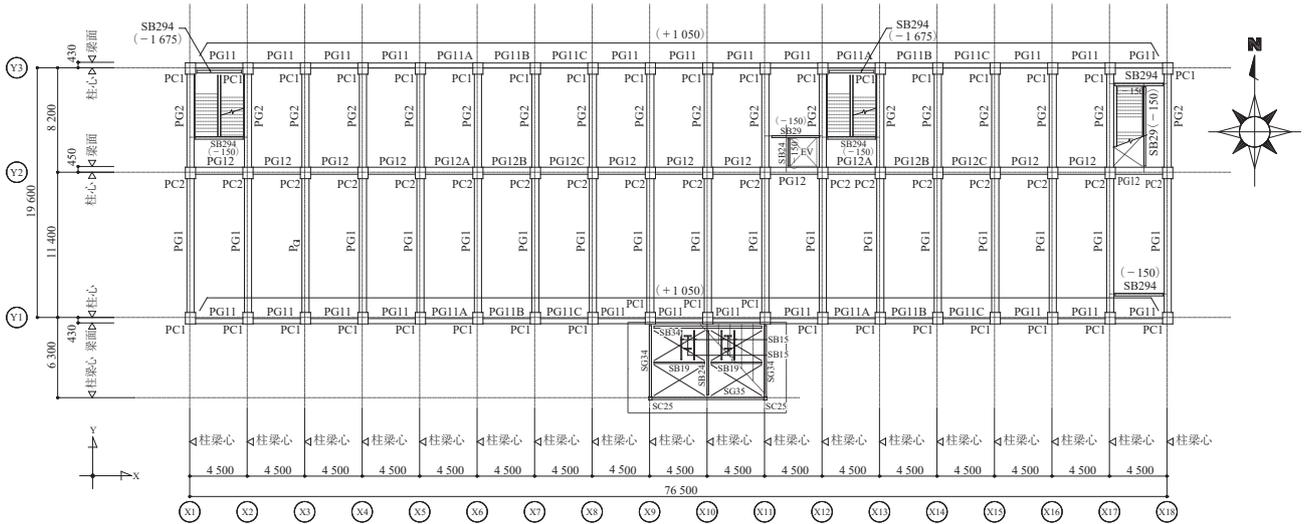


図 - 4 1階柱2階床梁伏図

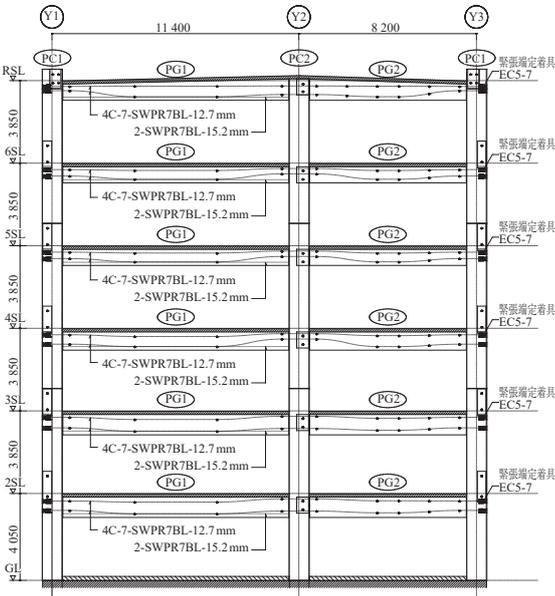


図 - 5 標準的な梁間方向の配線架構図

表 - 1 使用材料

設計基準強度	PCa 部材	$F_c = 50 \text{ N/mm}^2$
PC 鋼材	場所打ち部	$F_c = 30 \text{ N/mm}^2$
	一次緊張	SWPR7BL - 15.2 mm
	二次・三次緊張	SWPR7BL - 12.7 mm

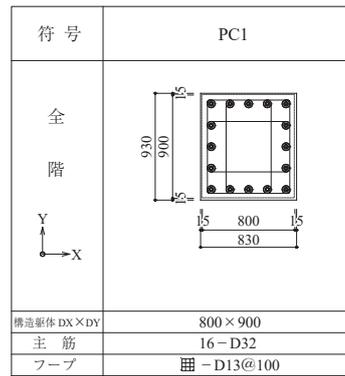


図 - 7 代表的な PCa 柱部材断面

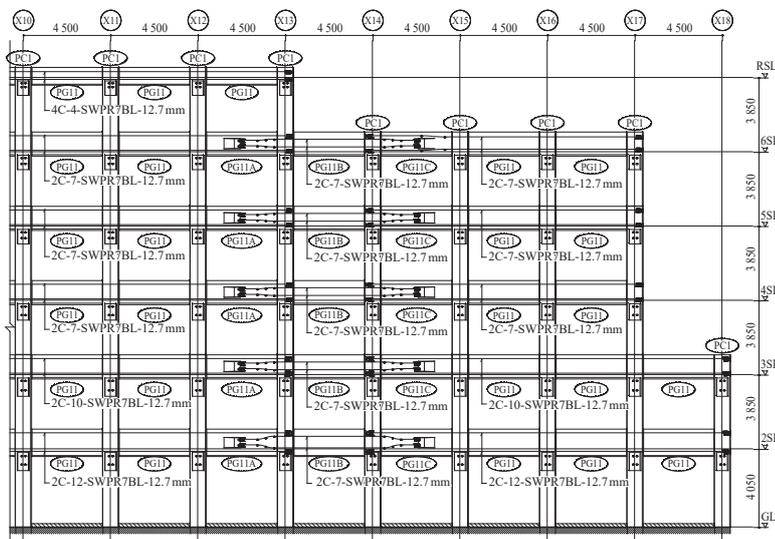
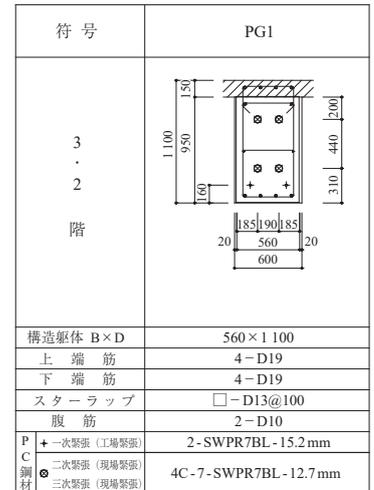


図 - 6 桁行方向 (Y1・Y3 通り) の配線架構図

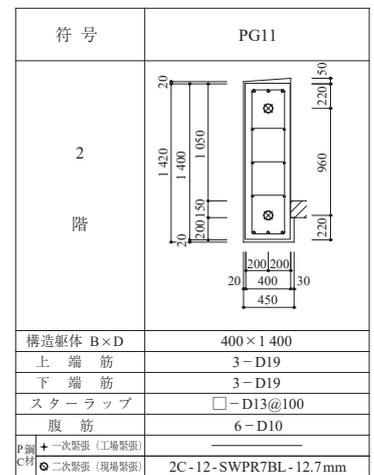
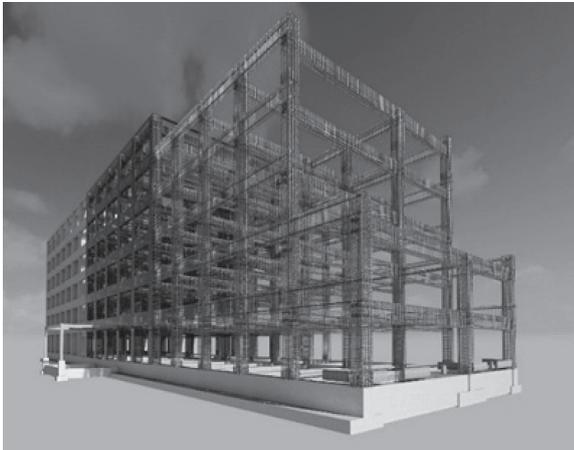


図 - 8 代表的な PCa 梁部材断面

5.2 柱・梁接合部の納まり

柱と大梁を圧着接合により一体化しているため、柱・梁接合部でPC鋼材や鉄筋が干渉しないように納まりを十分に確認する必要がある。本計画では、桁行方向のPCaPC梁を逆梁としたため、梁間方向の梁の定着具との干渉を避

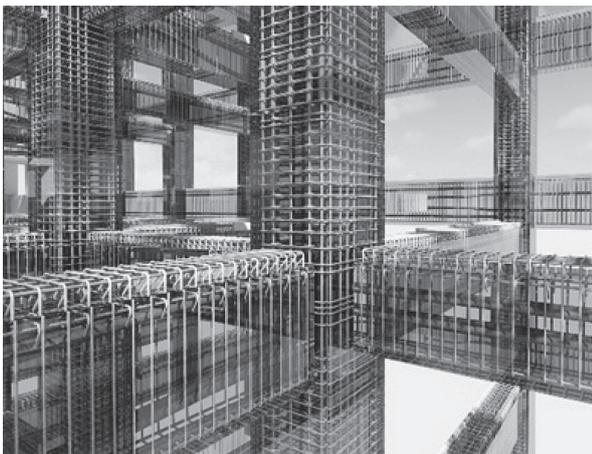
けることが可能となった。図-9(a)に建物全体のモデルを、図-9(b)(c)(d)に各部の取り合い詳細を示す。BIMツールで3次元モデルを作成して納まりを確認し、不整合が生じることなく部材を製造・施工することができた。



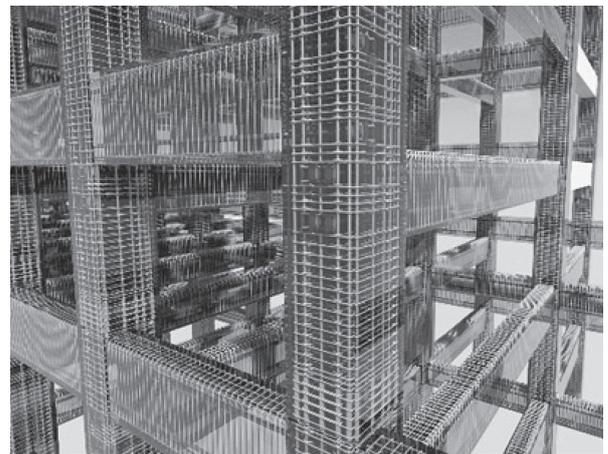
(a) 建物全景



(c) 外柱・梁接合部①



(b) 中柱・梁接合部



(d) 外柱・梁接合部②

図-9 BIMによる柱・梁接合部

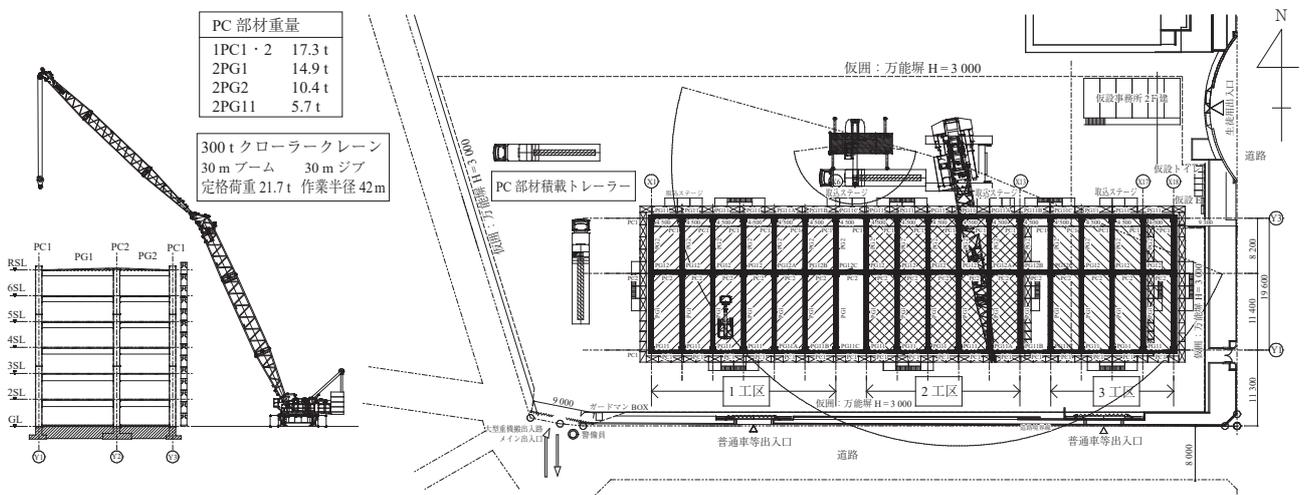


図-10 PCa部材架設計画

6. 施工概要

6.1 架設計画

図 - 10 に PCa 部材架設計画を示す。PCaRC 柱部材・PCaPC 大梁部材の架設は、300t クローラクレーンを用いて敷地北側から行った。平面上、桁行方向を3工区に分割（X1-X6 通り、X7-X13 通り、X14-X18 通り）した。

また、PCaRC 柱は1節を2層分の柱（1節目：1・2階柱、2節目：3・4階柱、3節目：5・6階柱）とし、接合箇所を減らすことにより施工効率を上げコストの低減も図った。2層分の施工、および施工足場の仮設が建物外周部のみとしたことから、高所作業車を用いた施工計画とし、施工範囲は、PCaRC 柱、およびPCaPC 大梁の架設と緊張時とした。

6.2 施工手順

下記に施工手順を示す。各工区を緊張したのち、各工区間（X6-X7 通り、X13-X14 通り）の緊張を、PCaPC 大梁側面部に設けた緊張端より行い、一体化した。なお、PCaPC 大梁の架設は鋼製ブラケットによる受けとした。

施工手順

- ① 基礎部のコンクリート打設
- ② 1 節目の PCaRC 柱架設、柱主筋の接合
- ③ 2・3 階 PCaPC 梁の架設
（X6-X7 通間、X13-X14 通間を除く）
- ④ 梁間・桁行方向 PCaPC 梁の二次緊張
（X6-X7 通間、X13-X14 通間を除く）
梁間方向 PCaPC 梁は 50% の緊張力を導入
- ⑤ 2・3 階桁行方向 PCaPC 梁の架設・二次緊張
（X13-X14 通間）
- ⑥ 2・3 階桁行方向 PCaPC 梁の架設・二次緊張
（X6-X7 通間）
- ⑦ 2・3 階床材の敷設
スラブ配筋、現場打ちコンクリート打設
梁間方向 PCaPC 梁の三次緊張
残り 50% の緊張力を導入
- ⑧ 2 節目 ②～⑦ の繰返し
- ⑨ 3 節目 ②～⑦ の繰返し

※梁間方向 PG1 のみ工場での一次緊張あり

写真 - 4 (a)～(e) に施工における各状況、図 - 11 ①～⑨ に PC 部材組立て概念図を示す。



(b) 梁間方向 PCa 梁架設状況



(c) 桁行方向 PCa 梁架設状況



(d) 1 節目 2・3 工区架設完了状況

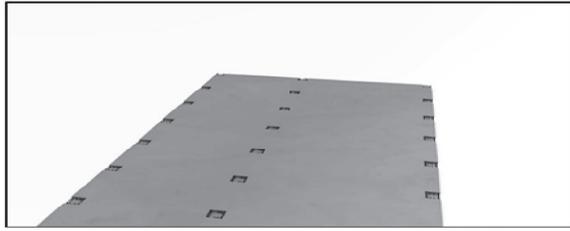


(a) PCa 部材架設前全景

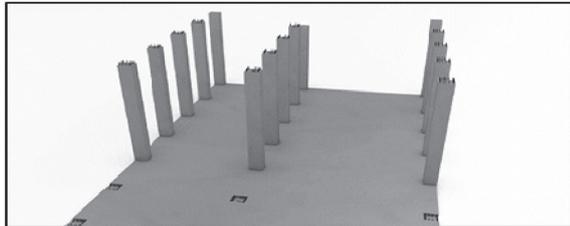


(e) 床材敷設状況

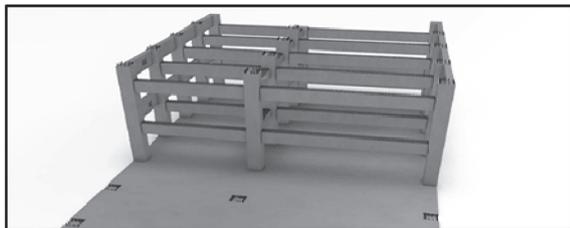
写真 - 4 施工状況



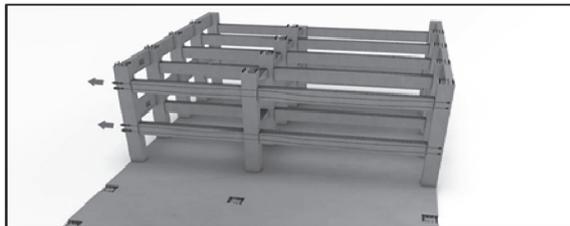
① 基礎部コンクリート打設



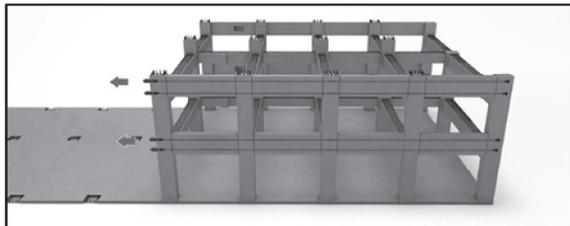
② 1 節目 PCaRC 柱架設



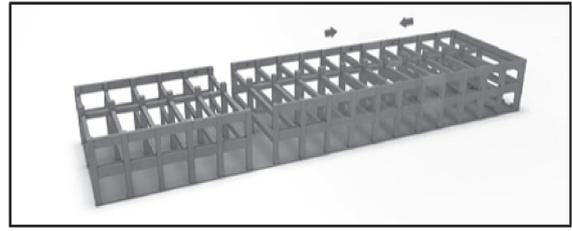
③ 2・3 階 PCaPC 梁の架設



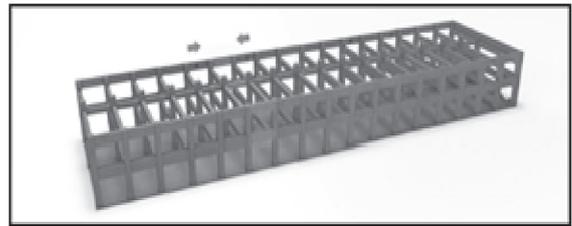
④-1 2・3 階 梁間方向 PCaPC 梁の二次緊張 (50%)



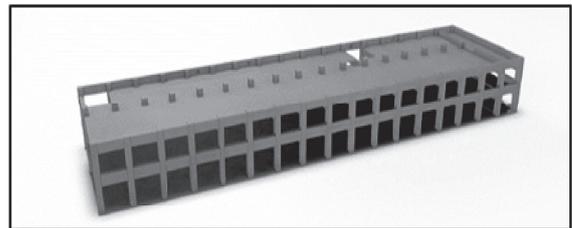
④-2 2・3 階 桁行方向 PCaPC 梁の二次緊張



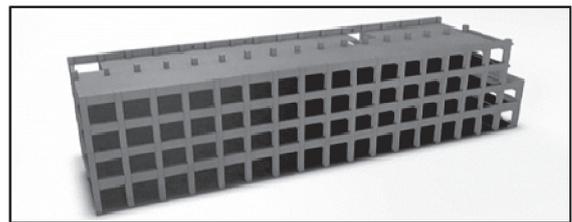
⑤ 2・3 階 X13-X14 通間 PCaPC 梁の架設・緊張



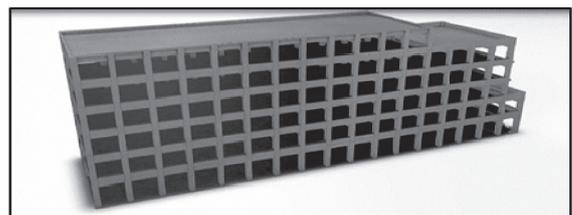
⑥ 2・3 階 X6-X7 通間 PCaPC 梁の架設・緊張



⑦ 2・3 階床材の敷設, 配筋・コンクリート打設,
2・3 階 梁間方向 PCaPC 梁の三次緊張 (50%)



⑧ 2 節目 (3・4 階)



⑨ 3 節目 (5・6 階)

図 - 11 PCa 部材組立て概念図

7. おわりに

本建物は、PCaRC 造の柱部材、PCaPC 造の大梁部材を用いた PC 圧着工法の採用により、クライアントからの要望であった早急な建設の実現、間取り変更が可能なフレキシブルな建物とすることができた。さらに、高品質な部材による耐久性の向上、学校関係者、近隣住民に配慮した計画が可能となった。

謝 辞

このような校舎設計の機会を与えてくださった建築主である学校法人園田学園様、設計・製作・施工において尽力くださった皆様に、この場を借りて厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 国土交通省国土技術政策総合研究所：建築物の構造関係技術基準解説書，2007。

【2018年5月9日受付】