

建物を教材としてみせた大規模プレキャスト学校建物の施工

－愛知県立総合工科高等学校建設工事－

東京建築支店	建築設計部	佐藤 高
大阪支店	PC 建築部	大同慶治
大阪支店	PC 建築部	市澤聡美
大阪支店	PC 建築部	古林桂太

概要：本建物は、県立愛知工業高等学校と県立東山工業高等学校の2校を統合した学校として愛知県名古屋千種区に建設された。また、敷地は東山工業高校跡地を利用し延べ床面積3万平方メートルと大学並の規模を誇る総合工科高等学校である。「ものづくり」を教育する学校として「建物の構造を隠すことなく見せる」「建物そのものを教材とする」というコンセプトの実現のため高い躯体精度が要求された。また、学科間のコミュニケーションを活性化するために全学科を高密度に集約しながら、光や風、緑を多く取り込めるよう計画されており、開放的な広い空間や採光面積の広い開口部を実現するため、PCaPCの細柱、リブ付PCスラブ、現場打ちPC梁、PCスラブが広範囲に採用された。本稿ではその構造概要とPCaPC工事の手順を中心に紹介する。

Key Words：PCaPC, 合成構造, 敷地内施工, 施工手順

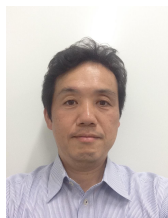
1. はじめに

愛知総合工科高等学校は、愛知県工業教育の中核となる愛知県初の総合工科高等学校として、企業や大学等と連携しつつ特定分野の専門的な教育を継続して行い、より実践的なものづくり教育を推進することにより、愛知県のものづくりの発展に必要な人材、産業基盤を支える高度熟練技能者、技術者を育成することを目的としている。また本科に加えて専攻科を併設し、工業に関する知識や技術、技能を高度化、熟練化することにより、より難度の高い資格取得を目指した実践的スキル実習を実践している。専攻科の管理については、国家戦略特別区域法



写真-1 外観写真

に基づく学校教育法の特例を活用し民間事業者へ委託して「公設民営化」することを目指している。学校施設の特長として建物そのものをものづくりの教材とすることをコンセプトとして、構造体や設備機器、設備配線配管など、あらゆるものをあえて露出させている。外観においては壁面緑化や通り沿いに植栽帯を配置するなど、東山通沿いという周辺環境との調和が図られている。



佐藤 高



大同慶治



市澤聡美



古林桂太

2. 建築概要

2.1 建築概要

工事名称：愛知県立総合工科高等学校建設工事
 発注者名：愛知県
 所在地：愛知県名古屋千種区星ヶ丘107
 用途：学校
 階数：地上5階
 建築高さ：最高高さ24.08m
 建築面積：12,116.72m²
 述床面積：30,407.39m²
 構造：RC造，PCaPC造，一部S造
 設計監理：愛知県建設部建築局公共建築課
 株式会社 久米設計
 施工：戸田・名工特定建設工事共同企業体
 PC施工：株式会社 ピーエス三菱
 工期：2014年5月24日～2016年2月15日
 PC工期：2014年9月1日～2015年12月31日

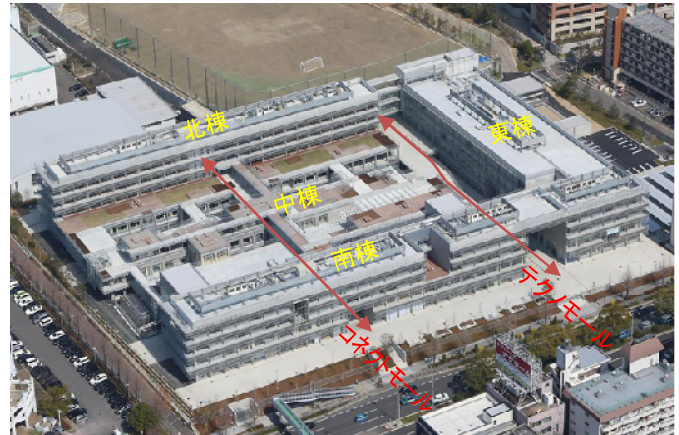


写真-2 上空写真

写真-2に示すように、建物の構成としてエントランスの顔となる南棟と東棟を結ぶ渡り廊下を通り2階に配置した昇降口・グラウンドへのメイン動線として機能する「テクノモール」、中央には各学科の実習室群を貫く2層吹抜けの移動空間であると同時に交流空間として機能する「コネクトモール」が設けられている。生徒の視線や動線が行き交い新たな出会いや交流を生む空間となるよう、高密度に配置された実習室群の中には処々に吹抜けや中庭が設けられ、生徒の居場所となるよう屋上には植栽や木デッキを用いて潤いのある空間とされ、離れのゼミ室や段状広場、バーゴラ・テーブル・ベンチ・スツールなどの仕掛けが散りばめられている。

2.2 構造計画概要

本建物は4棟の構成であるが、西側の3棟(南棟・中棟・北棟)は各棟をコネクトモールや居室で連結し構造的には1棟の建物としている。東側の建物(東棟)は構造的に独立し、東棟側を可動支承とした渡り廊下で西側と接続している。各建物の桁行方向(長辺方向)は、鉛直荷重を主に負担する鉛直フレームと水平力のほとんどを負担する耐震フレームからなり、張間方向(短辺方向)は耐震壁による構造としている。桁行方向の教室に面する外周架構は鉛直フレームとし、見付幅260mmの細柱として広い開口を確保している。教室の床はリブ付PCスラブとし、天井の仕上げは行わず「見せる教材」としてあえて現しとしている。細柱はプレキャスト部材とし、機械式継手による主筋接続およびプレストレス導入を行う。耐震壁の付帯柱となる細柱は、耐震壁との一体性・施工性を考慮し現場打ちコンクリートとしている。耐震フレームの柱は、鉄筋コンクリートのプレキャスト部材とし、接合部および取付く梁は現場打ち部材としている。陸立ち柱を受ける梁、3m程度の片持ち梁および5m程度の踊り場を有する階段などは、現場緊張によるプレストレスを導入して長期荷重をキャンセルした。リブ付PCスラブは、現場打ちのトッピングコンクリートにより柱、梁部材と一体化され、リブ下レベルの統一化および荷重条件などで幾つかの形状を使用している。架構の基本形式および構造架構概要を図-1、2に示す。

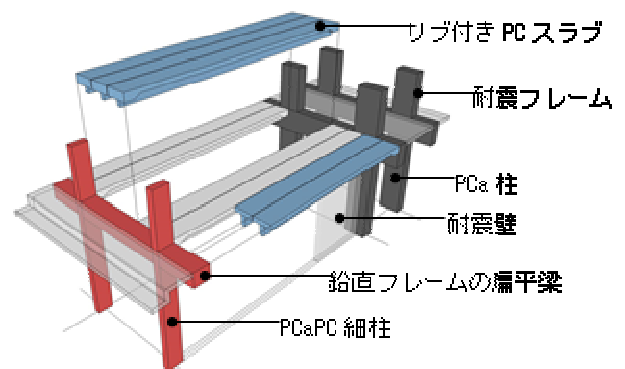


図-1 架構の基本形式

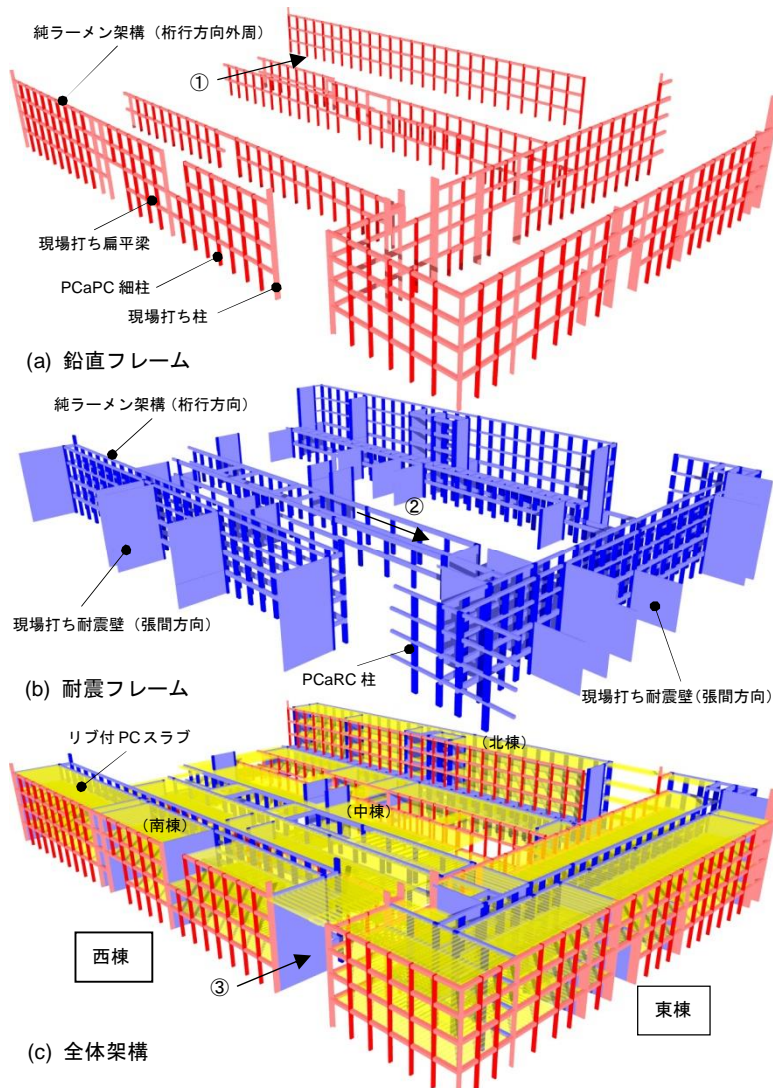


図-2 構造架構概要



写真-3 細柱からなる鉛直フレーム
(図-2の矢視①)



写真-4 耐震フレームとリブ付PCスラブ
(図-2の矢視②)



写真-5 渡り部分のエクspansion・ジョイント
(図-2の矢視③)

2.2.1 PC, PCa 部材の配置

本建物の西側3棟1階見上げにおけるPCa部材および在来PC梁の配置イメージを図-3に示す。ほぼすべての柱および床版をPCa部材としているが、在来工法による耐震壁と一体となる柱は、接合部の一体性や配筋の納まりを考慮して在来工法とした。大梁についてはPCaとすることを検討したが、その場合にPCa柱との主筋接合のために各スパンの一部区間が在来となることにより見栄えに違いが生じること、およびリブ付きPC床版、スラブコンクリートとの一体性の確保の点からすべて在来工法とした。建物中央に設けられたコネクトモールにおいては、柱が除かれた大空間を一般部のスパンと大梁せいを統一して実現するため、在来工法によるPC梁とした。

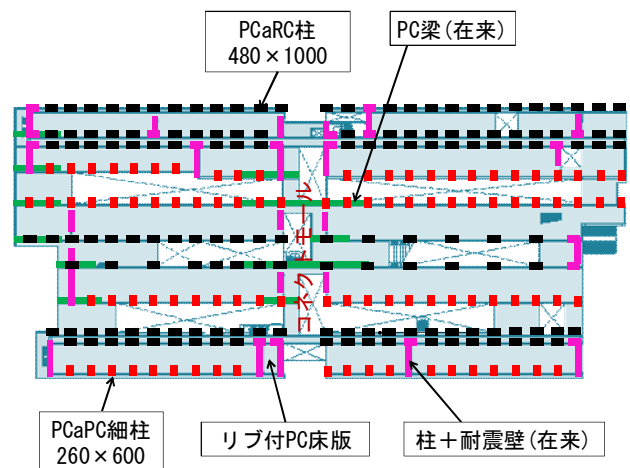


図-3 西側3棟部材配置イメージ

2.2.2 PCaPC 細柱と大梁接合部

PCaPC 細柱は、スレンダーな形状としながら、負担する水平力に抵抗する所要の耐力を確保するため、PC 鋼棒と主筋を併用した構造とし、断面は 260×600mm を標準とした。在来大梁との接合は、梁ヒンジゾーンでの鉄筋継手を避けるため、梁端部主筋を柱面から梁せい以上突出する長さとして打ち込み、梁中央区間の主筋を現場にて機械式継手により接合した。一部の PC 梁区間においては、現場にてシース管および定着装置を配置している。PCaPC 細柱と在来大梁の接合状況を図-4 に示す。

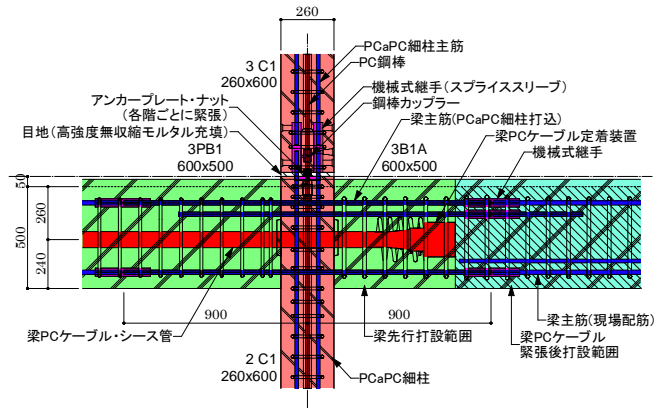


図-4 PCaPC 細柱接合部詳細図

2.2.3 リブ付 PC 床版と梁底レベルの統一

ほぼすべての範囲に設けられたリブ付 PC 床版は、外周部の開放的な開口部を確保するため、図-5 に示すように床版を支持する梁底と床版のリブ底レベルを基本的に統一している。床の天端レベルの差も考慮して調整した結果、リブせいは 380～630 の 5 種類の断面とし、一部のスパンや荷重の違いについては PC 鋼材量を調整して対応している。開口部の状況を写真-6 に示す。

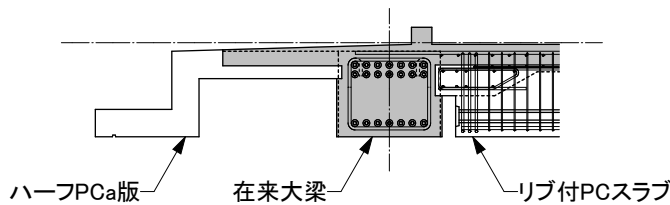


図-5 リブ付 PC 床版支承部 (外周側)



写真-6 外周開口部

2.2.4 東西の棟をつなぐ渡り廊下 PC 床版

東棟と西棟をつなぐ渡り廊下は、約 13m スパンのシングル T 型のリブ付き PC 床版としたが、構造的に別棟としているため片側を EXP.J とする必要がある。そのため、西棟側は在来躯体とアンカー筋にて一体化させ、東棟側は在来大梁に設けたコンクリートブラケットに可動支承を設置して支持させ、変形に追従できるようにした(図-6 参照)。EXP.J の間隔は各階の大地震時の変形差を考慮して 2 階で 100mm～R 階で 340mm に変化させている。よってブラケットの跳ね出し長が上階ほど大きくなるが、構造厚が変わらないよう、3 階以上では PC 鋼棒を配置した PC 片持ち構造とし、その本数を調整して対応した。竣工後の状況を写真-7 に示す。

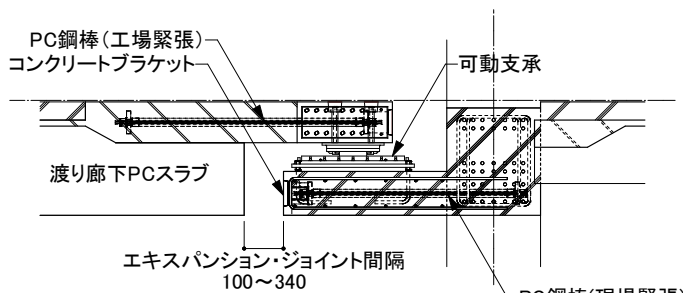


図-6 渡り廊下可動支承部詳細図



写真-7 渡り廊下支承部

2.2.5 大階段のリブ付き PC スラブ

中棟の屋上広場の大階段は、スパン 9.3m のリブ付き PC スラブと連続した位置に設けられている。1階から見上げた時の連続性を考慮し、リブ付の PC スラブに階段形状の立ち上がりを設けた計画とした。段状となる PC スラブは両端部に設けた鉄骨の受け梁で支持させている。

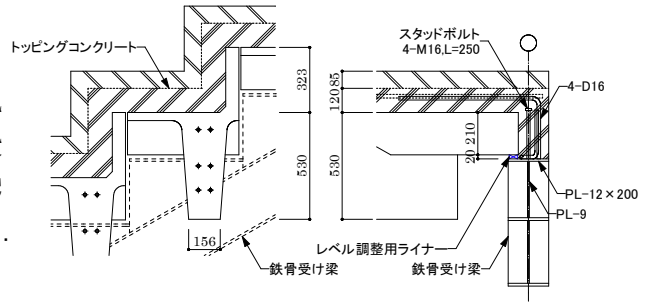


図-7 大階段 PC スラブ

2.2.6 アンボンドボイドスラブによる片持ち階段

在来工法による東棟北側の階段踊場は、厚さ 450mm の耐震壁に支持されるスパン約 5m の片持ちスラブであり、先端に取り付くガラスカーテンウォールの直接支持を可能とする剛性を確保する必要があった。スラブ厚さは 370mm とし、たわみ防止のためにアンボンド PC 鋼材を配置し、さらに自重軽減とプレストレスによる軸力導入効果を上げるため、角形のボイドを配置したスラブとした(図-8 参照)。

解析は図-9 に示すようにスラブ階段を考慮した立体解析にて行い、プレストレスを外力置換して各部の変形の確認を行っている。踊場部分の安全性を確保するために、単純な片持ちスラブとして検討を行っている。

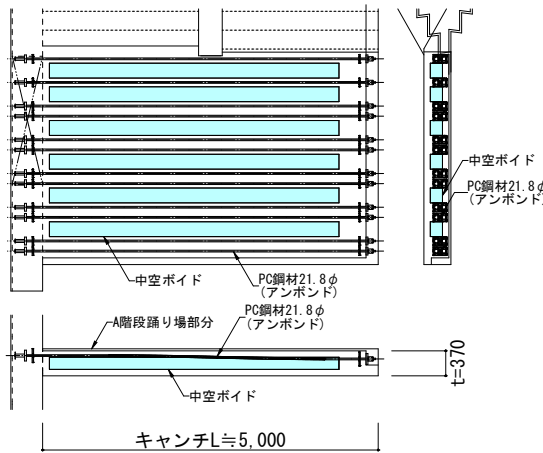


図-8 大階段 PC スラブ

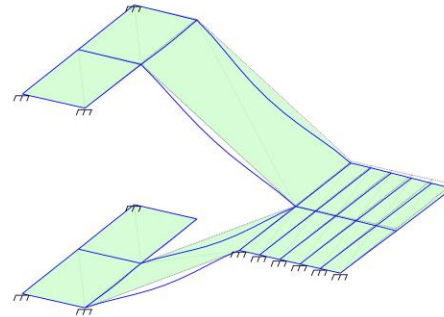


図-9 階段解析モデル

3. 工事概要

3.1 建築工事工程

表-1 全体工程

工程別	日程	平成26年												平成27年												平成28年				
		5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3						
準備工事		■	■																											
基礎工事				■	■	■	■	■	■	■	■																			
躯体工事										■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■									
PC部材製作										■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■							
PC工事										■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■							
仕上工事																								■	■	■	■	■	■	■
外構工事																														
設備工事																														
付属施設建設工事																														
既存体育館改修工事																														
グラウンド整備工事																														

各棟ともほぼ同時に工事が進められ、全体として 23 ヶ月の工程であったが、異種部材が混在する建物の施工手順、施工方法および施工性の改善対策を協力会社各社が協同して検討し、目標が共有されたことで生産性が向上し、躯体工事期間はマスター工程より 30 日短縮された。

3.2 PCa 部材の製作

3.2.1 部材製作概要

PCa 部材は種別ごとに分担して5工場にて製作した。PCa 部材の数量表を表-2に示す。総数が約1500ピースとなったリブ付PCスラブは2工場で作成し、製作期間は約9ヶ月である。

PCaPC 細柱の製作状況を写真-8に、リブ付PCスラブの製作状況を写真-9に示す。本建物の「構造を隠すことなく見せる教材とする(見える化)」という設計コンセプトから躯体はほとんどがそのまま現しとなるため、仕上がりには特に留意して丁寧にコンクリートを打設し製作を進める必要があった。そのコンセプトを工場の作業員にまで周知するため、設計者自ら直接各工場の作業員に説明が行われた(写真-10参照)。

表-2 PCa 部材数量表

PCa 部材種別	製作工場	ピース数	数量
PCaPC 細柱	ピー・エス・コンクリート(株)兵庫工場	454	約 310m ³
PCaRC 柱	(株)安部日鋼工業	602	約 1000m ³
リブ付 PC スラブ(DT 版)	ピー・エス・コンクリート(株)滋賀工場 (株)安部日鋼工業	1532	約 3500m ³ (約 24000m ²)
ハーフ PCa 底版 PCa 階段など	フジモリ産業(株)	630+240	約 500m ³



配筋



ストック

写真-8 PCaPC 細柱製作状況



配筋



ストック

写真-9 リブ付 PC スラブ製作状況



写真-10 工場作業員への設計コンセプトの周知

3.2.2 リブ付き PC スラブのインサート対応

製作数量約 1500p となるリブ付き PC スラブの製作にあたって、通常問題となるのが打込みインサートへの対応である。今回も元請、設備業者との打合せを重ね、インサートの配置統一化の要請を行ったが、やはり多種多様な用途の部屋に対応する設備配管、将来の用途変更に対応などを考慮すると多い部材で約 100 箇所インサートが必要であり、その配置も多様なものとなることは避けられなかった。このような場合、製作はもとより単品図(インサート配置図)の作成において多くの労力が必要となるが、その省力化と作図の間違ひによる不具合の防止のため、**図-10**に示す部材形状のみの CAD データを各設備業者へ送信し、直接各業者が自社工事に必要なインサートを単品図へ追記することを依頼した。各業者で追記されたデータを入力後、**図-11**に示すように業者ごとにわかりやすく色分けし、体裁を整えた上で工場へ指示し製作を進めた。結果として、非常に多種の部材とインサートがあるにも拘らず、作図の省力化を図り、配置間違ひ等の不具合無く進めることができた。**写真-11**に製作時のインサート配置状況を、**写真-12**にインサートを利用した設備配管施工後の状況を示す。

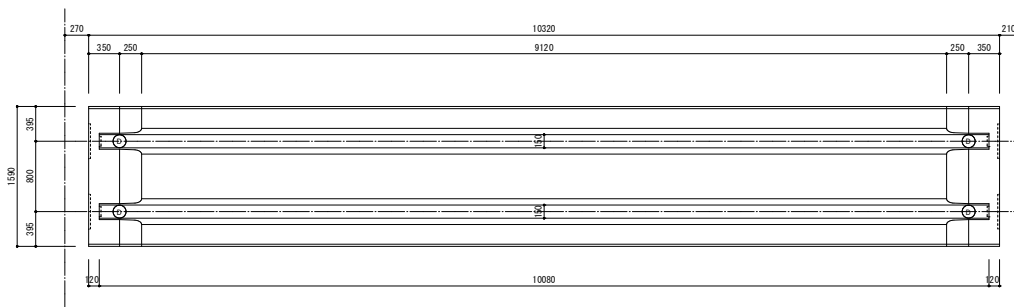


図-10 リブ付き PC スラブ単品図(形状のみ)

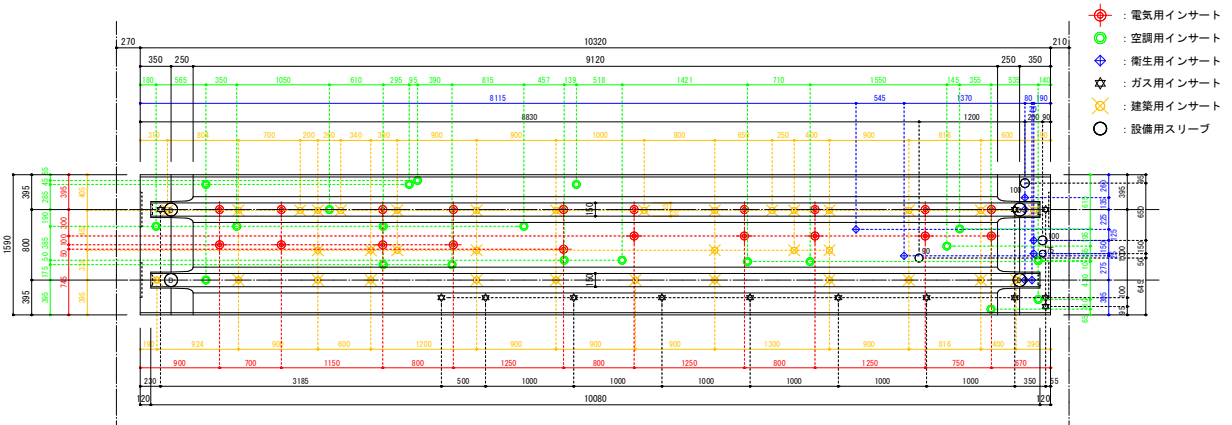


図-11 リブ付き PC スラブ単品図(インサート配置後)



写真-11 インサート配置状況



写真-12 設備配管施工後状況

3.3 架設計画

敷地内に高密度に4棟の建物が配置された計画であったため、図-12に示すように中央部にタワークレーン1台と中棟の後施工工区と外周に配置した4台のクローラークレーンにてPCa部材の架設を行った。中棟は車両の転回とクローラークレーン配置のために棟の約1/3を後施工とした計画としたが、東、北、南棟が4～5階建であるのに対し中棟は2～3階建であり、後施工部の躯体工事を含めて4棟がほぼ同時に上棟する効率的な工程として進めることができた。

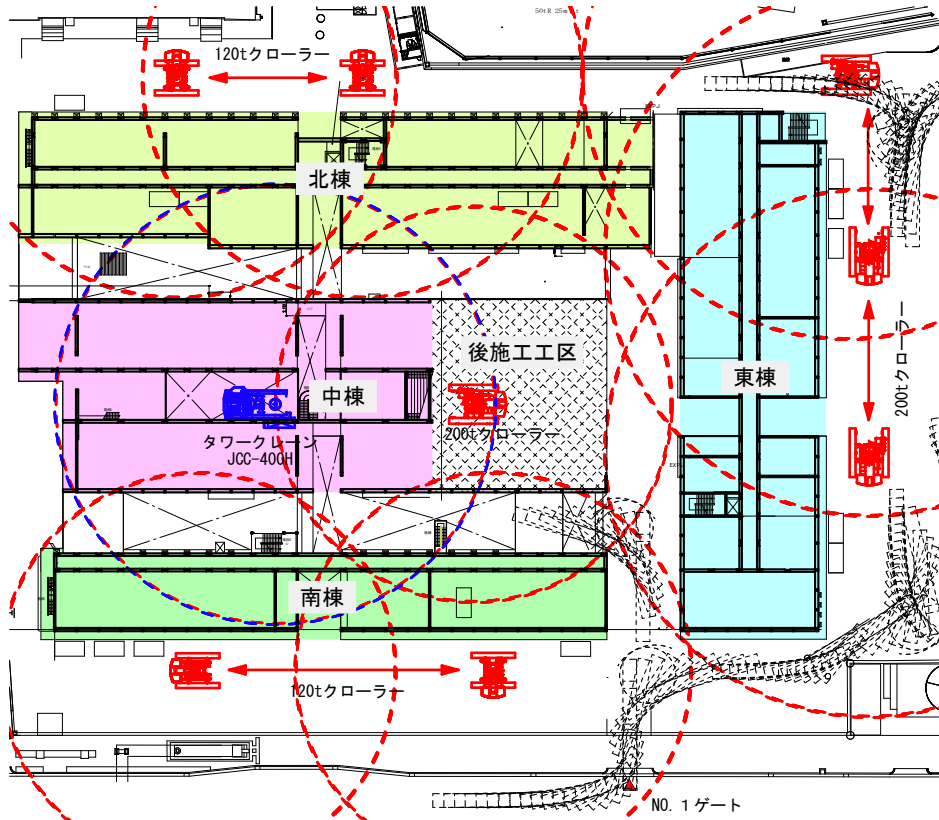


図-12 全体重機計画図

3.4 作業フローチャート

1層ごとの作業のフローチャートを図-13に示す。図-14に示すようにPCaPC細柱側の梁配筋は直組工法、PCaRC柱側の梁および耐震壁の配筋は地組工法とし、PCa部材の鉄筋との継手は機械式継手としている。PC梁のシース管の配置は、地組配筋と同時に行った。PCa柱の建方状況を写真-13、14、リブ付PCスラブの架設状況を写真-15に示す。

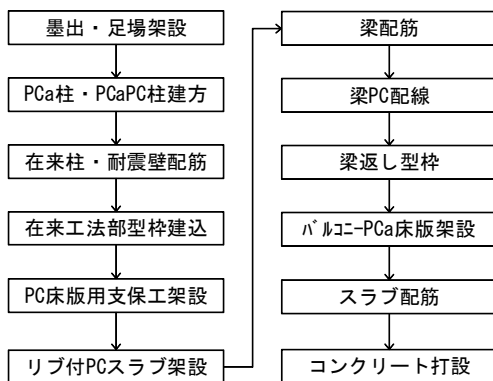


図-13 作業フロー

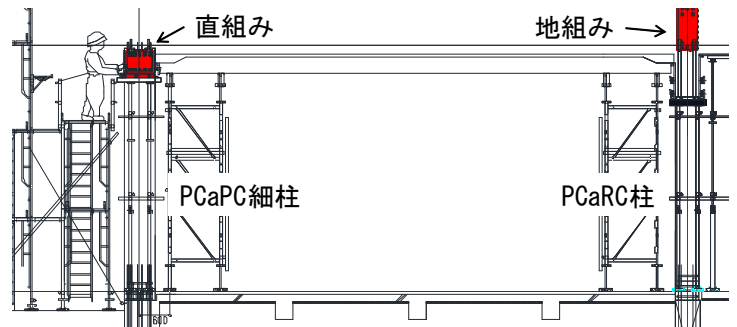


図-14 配線作業計画



写真-13 PCaPC 細柱建方状況



写真-14 PCaRC 柱建方状況



写真-15 リブ付 PC スラブ架設状況

3.5 在来 PC 梁周囲のスラブスリット計画

本建物で計画された PC 梁は、建物全長の中間の必要な部分にのみ配置されているため、緊張用の後打ち区間を設ける必要があった。後打ち区間は、周囲の在来 RC 梁およびスラブトッピングコンクリートの中間に配置されており、緊張時に周辺スラブにひび割れが生じることや、PC 梁に所定の軸力が導入されないことが懸念された。そこで FEM 解析を行って効果的なスリットの配置を決定した。スリット配置計画を図-15 に示す。後打ち区間における緊張作業状況を写真-16 に示す。非常に狭いスペースでの作業となったが、事前の納まり検討により問題なく進めることができた。

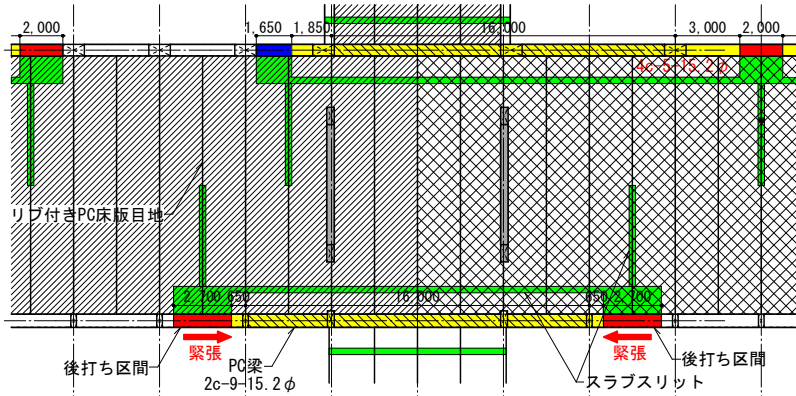


図-15 スリット配置計画



写真-16 後施工区間緊張状況

3.6 アンボンド PC 緊張工事

3.6.1 昇降口片持ちリブ付 PC スラブ

東棟北側の昇降口部分に設けられた片持ちリブ付きスラブは、トッピングコンクリート内にアンボンド PC 鋼より線を配置した構造としている。その部材製作および施工状況を写真-17, 18 に示す。アンボンド PC 鋼より線の緊張側端部は、部材との一体性を確保するため、フル PCa 化された部材端部に工場で打ち込んで配置した。



写真-17 片持ちリブ付き PC スラブ部材



写真-18 アンボンド PC 鋼より線の配置

3.6.2 東棟北側階段踊場の片持ちアンボンドスラブ

写真-19 に階段踊場部片持ちスラブの配筋，ボイド配置およびアンボンド PC 鋼より線の配置状況を示す。施工は下端配筋→アンボンド PC 鋼より線配置→ボイド配置→上端配筋→コンクリート打設→強度確認後緊張の手順で行った。竣工時の状況を写真-20 に示す。

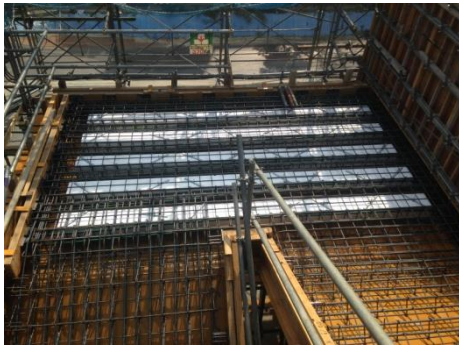


写真-19 踊場部片持ちスラブ施工状況



写真-20 踊場部片持ちスラブ竣工時状況

4. まとめ

全体工期は 21.7 カ月と決して余裕のあるものではなく、名古屋駅周辺の大型プロジェクトが同時進行する中で、労務不足や資材の高騰などの不安もあったが RC 躯体工事における PCa 化率を 80% 近くまで高められたことにより、工期短縮および PCaPC 工法の耐震性、耐久性、環境適合性に優れた性能が評価されることとなった。施工的には PCaPC 造と RC 造相互の複雑な取り合いディテールや、4 棟が同時に施工されることによる相互の工程計画での調整等は困難であったが、関係各業者の綿密な計画と協力により順調に、不具合もなく竣工が迎えられた。

今後この学校が、日本を支える物作りの現場で活躍する人材が巣立っていく場となることが願われる。



写真-21 コネクトモール



写真-22 「見える化」の廊下



写真-23 南面全景

謝辞

本建物における PC および PCa 工法の採用にあたり発注者の愛知県ご担当者様の多大なるご理解に感謝いたします。また、設計監理の久米設計の関係者様には多くのご指導を賜り、PC および PCa 工法の適材適所での採用にご理解いただきました。総合施工の戸田・名工特定建設工事共同企業体の皆様には施工計画段階からの多大なるご指導、ご助言を賜りました。ここに紙面をお借りして御礼申し上げます。