

定着体を内蔵した柱梁接合部を用いた PCaPC 造建物の施工事例

－倉敷市立児島市民病院建築工事－

大阪支店	PC 建築部	山内誠司
大阪支店	PC 建築部	笹岡信利
大阪支店	PC 建築部	上川峻平
大阪支店	PC 建築部	井手章太

概要：児島市民病院は、倉敷市中心部から南に位置する総合病院であり、築40年以上が経ち老朽化が進んでいるため、新病院の建替えが計画された。新病院は、地震に対して医療機能を維持できる災害拠点病院として、免震構造および免震と相性が良く、大スパンで室内空間のフレキシブル性に富むPCaPC造が採用された。また、本物件は、当社の試験研究で構造安全性が確認された「PC定着体を内蔵した柱梁接合部」が初めて採用された事例である。施工管理としては、用途によってレベルの異なるスラブが複雑に混在しており、高難度な管理が求められた。本稿では、これらの構造・施工面から見た解説を加え、PC部材の製作と施工の概要を紹介する。

Key Words：PCaPC造、柱梁接合部内蔵型PC定着体、スラブ段差、病院

1. はじめに

児島市民病院は、昭和25(1950)年に旧児島市住民の要請により開設された半世紀以上の歴史を持つ病院である。本館は、昭和48(1973)年に旧耐震基準で建築されたものであり、建築後40年以上を経過し施設の老朽化が進んでいた。現状のまま運営する場合、多額の修繕費用が必要になるだけでなく、安全性にも問題が生じるため、新病院の建替えが計画された。児島市民病院は児島地区内唯一の総合病院であることから、高齢化による利用増加が予想される医療機能の拡大や、市外の医療機関との連携による対応困難な患者の受け入れ、健康増進を目的とした予防医療の推進など、地域住民の目線に立った計画がなされた。

写真-1,2に新病院の建物外観を示す。倉敷市児島地区は繊維業が盛んであり、国内のデニムジーンズ発祥地であるため、写真-3に示すように新病院の内装にもデニム生地を使用して、地域一体となっていることを表している。発注者である倉敷市は、他の建築材料や協力業者なども地産地消や地元企業を積極的に取り入れていたため、PCa部材の製作工場がピー・エス・コンクリート水島工場での地元生産というPRを行うことで、PCaPC工事の受注につながる要因のひとつとなった。



写真-1 新病院の外観(南面)



写真-2 新病院の外観(北面)



写真-3 新病院の内観



山内誠司



笹岡信利



上川峻平



井手章太

2. 建築概要

2.1 建物概要

建物概要を表-1に示す。

表-1 建物概要

工事名称	倉敷市立児島市民病院建築工事
建設地	岡山県倉敷市児島駅前2丁目39番地
発注者	倉敷市
設計	昭和・三木設計共同体
監理	昭和・三木設計共同体
建築面積	4,761.21 m ²
延床面積	15,629.38 m ²
階数	地上6階、塔屋1階
建物高さ	軒高26.1m, 最高高さ29.6m
主要用途	病院
地業・基礎	場所打ち鋼管コンクリート杭基礎, 静的締固め砂杭
構造	PCaPC造+PCaRC造 一部RC造, S造 純ラーメン構造(X, Y方向とも)
建築施工	藤木・ナйкаイ・藤原建設工事共同企業体
PC施工	株式会社 ピーエス三菱
PC製作	ピー・エス・コンクリート株式会社 水島工場
全体工期	2016年3月9日～2018年1月30日
PC工期	2017年2月1日～2017年10月31日



図-1 建設地地図

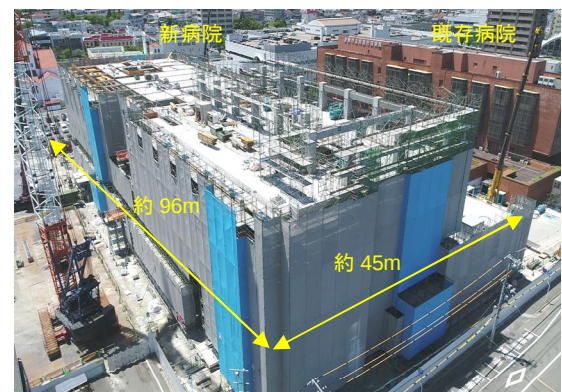


写真-4 建設状況

図-1に建設地を示し、写真-4に新病院の建設状況を示す。新病院は、約96m×約45mの平面配置で、地上6階、塔屋1階の規模である。1～2階は事務室や診察室、検査室、手術室などの外来部門および手術部門、3～6階は病室を主とする病棟部門で、病室は4床室と1床室で構成され、全体で198床(一般病床168床、療養病床30床)である。

建替えの手順を図-2に示す。初めに、既存病院から東に位置する既存倉庫棟を解体し、建設スペースを確保してから新病院の建築を行う。建築後は、既存病院から新病院へ移設を行い、移設完了後に既存病院を解体する。解体後は、車両200台収容可能な駐車場としている。

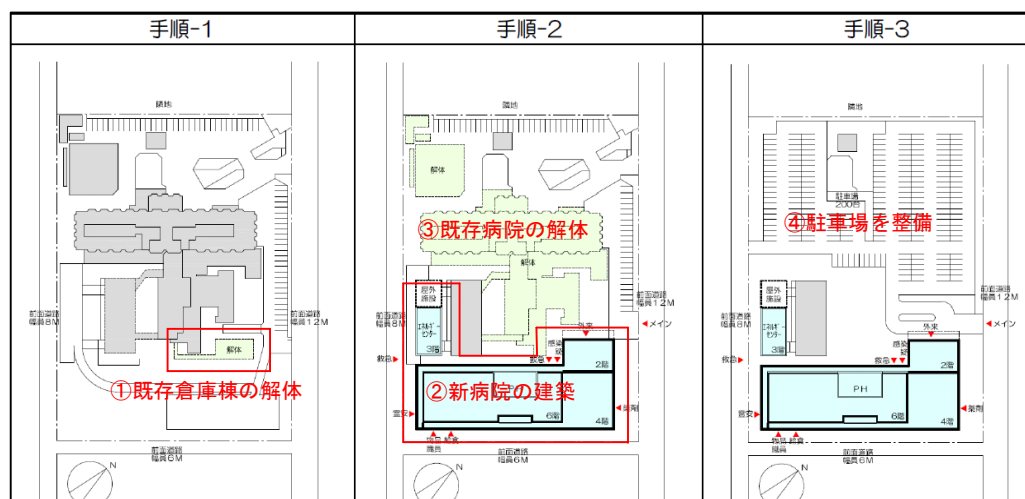
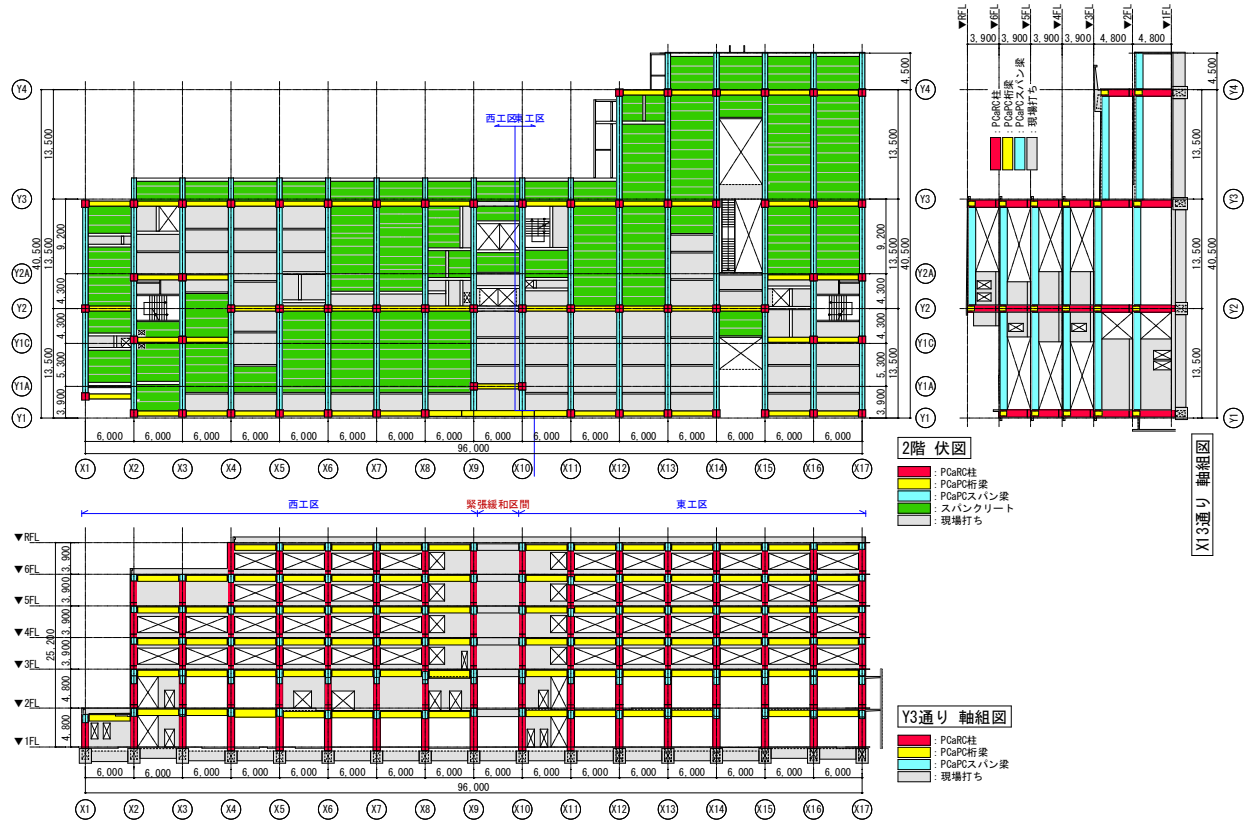


図-2 建設手順

2.2 構造概要

図-3に伏図および軸組図を示す。構造は、PCaRC柱とPCaPC桁・スパン梁を組み合わせた純ラーメン架構による免震構造である。床はスパンクリートによるハーフPC合成床版と在来スラブで構成されており、在来スラブは主に水回りなどスラブレベルが異なる部分で使用されている。平面は、梁間方向が最大で13.5m×3スパンの40.5mに加えて、北側に4.5mのPCaPCキャンチ梁が取り付けられており、桁行方向は6m×16スパンの96mで長大な平面の病院である。



3. PC 架構および PCa 部材の特徴

3.1 PC 架構・PCa 部材の構造概要

写真-5～7にそれぞれPCaRC柱、PCaPC桁梁、PCaPCスパン梁を示す。PCaRC柱は、主筋を無収縮モルタル充填式スリーブ継手による接続とした。1, 2階柱脚部は短期許容応力度以下で降伏ヒンジが発生しない設計であったが、上層階の緊張力により応答変形が大きくなること、および本物件の層せん断力係数が $C_B=0.14$ と比較的大きいことから、より性能を確保するためにSA級継手とし、3階以上の柱脚部はA級継手とした。PCaPC桁・スパン梁は、それぞれPC圧着接合により剛結するものとし、スパン梁は工場にてプレテンションを導入した。



写真-5 PCaRC 柱



写真-6 PCaPC 桁梁



写真-7 PCaPC スパン梁

3.2 PC 架構・PCa 部材の問題点と改善点

3.2.1 PC 定着体を内蔵した柱梁接合部

PCaPC 造建物における隅柱および側柱では、梁のXY方向のPCケーブル定着体、補強スパイラル筋などが混在するため、構造的に必要な柱寸法の柱梁接合部内に定着体を納めることが困難な場合が多く、定着体が断面内に納まるように柱断面を大きくするか、写真-8に示すように突起を設けることにより対処することが一般的であった。しかし、本物件は意匠上の要望により、断面を大きくすることなく、柱部の突起を無くすることを求められたため、当社の試験研究で保有水平耐力時およびPC定着完了時の構造安全性が確認された「PC定着体を内蔵した柱梁接合部」¹⁾を採用する事でこの難点を克服している。図-4に示すように支圧板とスパイラル筋代わりのタテヨコの補強筋からなるPC定着体を用いることにより、定着体突起を無くした柱梁接合部とした。突起を設けない納まりは、コンクリートボリュームを抑えることで建物重量減およびコストダウンに有効であり、また建物としての自然な仕上がりを見せることができる。本物件は、これにより、柱断面900×900に対して、梁間方向および桁行方向ともにPC鋼材4c-12-12.7φを柱梁接合部内に納めることができている。



写真-8 定着体突起の例

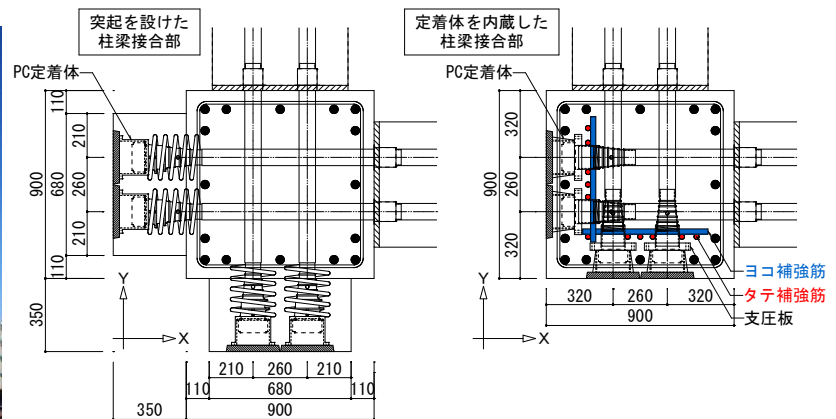


図-4 定着体納まり状況の比較

3.2.2 スラブ段差による梁・床の取合い

病院は、室の用途が様々であり、多くの設備機材が必要となるため、スラブ厚さやスラブ天端レベルが同一フロア内で複雑に異なっていることが多い。本物件は、PCaPC梁よりも下端レベルが低いRC小梁および直交するPCaPC梁、またはスパンクリートをそれぞれ定着および支承させなければならぬ箇所が複数あった。架設後に現場で梁底増打ちを行うことは無理があったため、工場にてPCaPC梁に梁底増打ち、および、脱型後の後打ちを行った。写真-9,10に梁底に増打ちを行ったPCaPC梁の一例を示し、図-5にそれぞれの断面を示す。工場後打ちを行う際は、打設面を変えるために部材を90°回転させ、増打ち筋および木型枠を組み立てて打設を行った。部材は90°回転させると弱軸方向になるため、腹筋の径をD16からD19に変更して、自重による曲げ耐力を確保している。



写真-9 梁底増打ち部①



写真-10 梁底増打ち部②

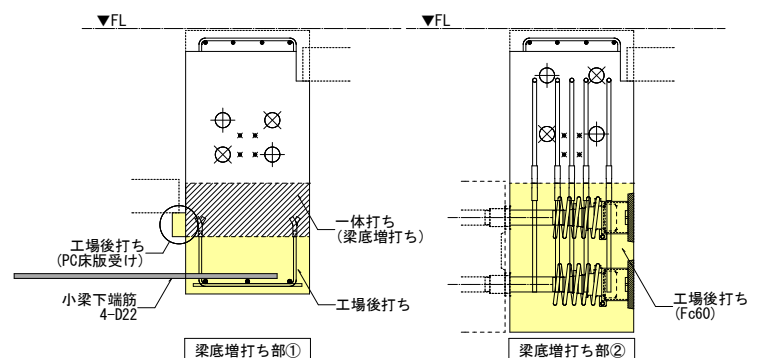


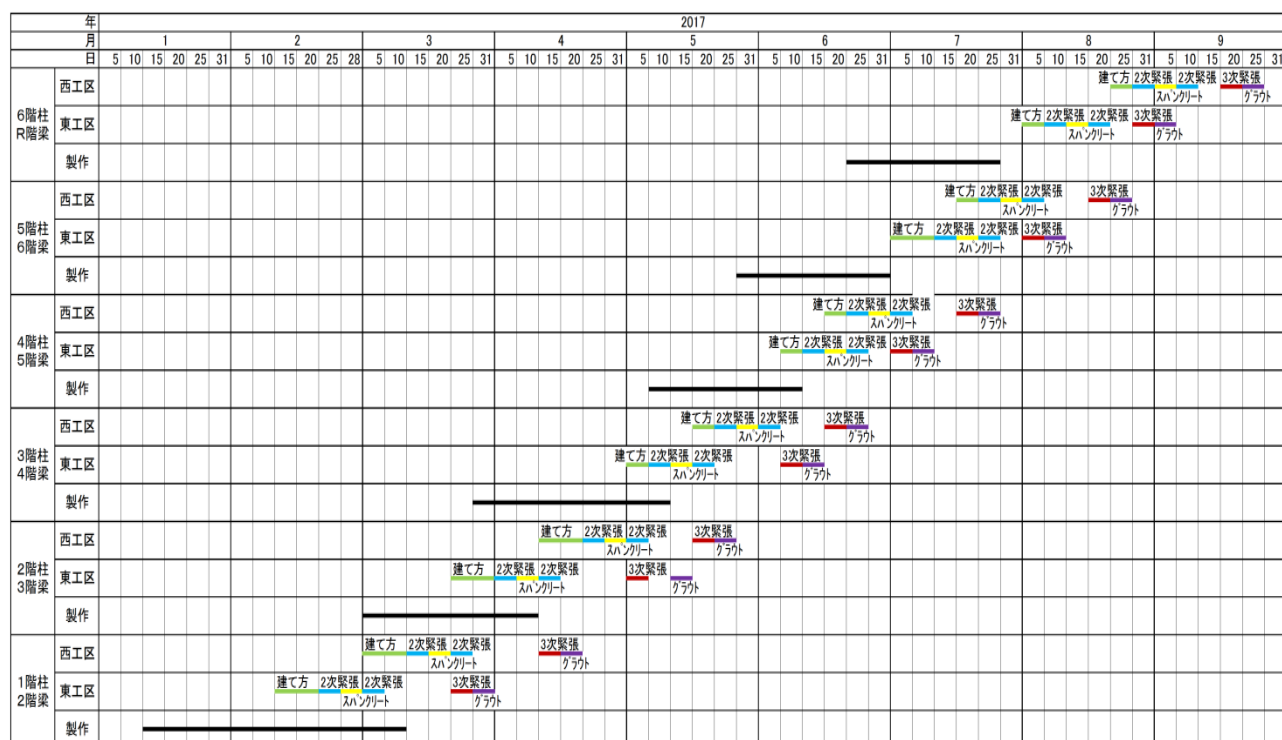
図-5 梁底増打ち部断面図

4. PC 工事の概要

4.1 PC 工事の工程

表-2 に PC 工事の工程表を示す。PC 工事の工程は、建物全体を東西 2 工区に分割し、計画時の基準階サイクル工程を 1 工区あたりスラブコンクリート打設まで 16 日と設定されたが、仮設・躯体業者との検討を重ねて基準階のサイクル工程が 20 日に見直された。PC 工事は当初の計画時サイクルの 16 日に沿って進捗できたが、現場打ち部分の工事がクリティカルパスとなり、計画時と実施工程で差が生じ、PC 工事期間は約 8 ヶ月を要した。PC 部材の製作開始時期は、RC・S 小梁および現場打ち壁との取り合いやスラブ段差などが複雑であり、図面承認まで時間を要したため、PC 部材架設の約 1 ヶ月前からとなった。製作工程は厳しい状況であったが、現場の架設工程に合わせて部材製作の優先度を調整するなどして、全体工程に遅れを生じさせずに、製作期間約 7 ヶ月で完了した。

表-2 PC 工事工程表



4.2 PC 部材の製作計画

表-3にPC部材数量を示す。PC部材はピー・エス・コンクリート(株)水島工場1工場にて製作した。部材数と重量は、柱が304Pで総重量2,636t、桁梁が256Pで総重量1,518t、スパン梁(キャンチ梁含む)が240Pで総重量3,024tであった。また、それぞれの型枠数は柱4枠、桁梁3枠、スパン梁4枠(キャンチ梁兼用1枠含む)とした。ハーフPC合成床版(スパンクリート)は、元請けからの支給品としてツルガスパンクリート(株)にて製作され、当社が敷設工事を受注した。床版総枚数は1,526Pであった。

表-3 PC 部材数量

	部材数(P)	体積(m³)	総重量(t)	製作工場
柱	304	1,054	2,636	ピー・エス・コンクリート(株)水島工場
桁梁	256	607	1,518	
スパン梁	240	1,209	3,024	
スパンクリート	1,526	—	—	ツルガスパンクリート(株)

4.3 PC 部材の搬入・架設計画

4.3.1 搬入計画

図-6 に架設計画図を示す。架設計画は、北面に近接して供用中の既存病院があるため、建物南側に 350t クローラークレーンを 1 台配置するものとした。しかし、建物北東側の 2～3 階スパン梁の重量が約 18t であり、南側より 350t クローラークレーンで架設することが不可能であったため、200t 油圧クレーンを北東側に設置し、計 2 台のクレーンで架設する計画とした。350t クローラークレーンは、走行路の地盤改良範囲を最小限とするためにできるだけ作業半径を大きくとり、なおかつ敷地内でクレーンの組立解体作業ができるジブ構成とした。そのほか、他工種の揚重作業に 60t 油圧クレーンを配置したが、350t クローラークレーンの移動範囲が制限されているため、日々の打合せにて元請けおよび他業者間と 60t 油圧クレーンの設置場所を時間単位で調整して決定していた。

PC 部材の搬入車両は 25t トレーラーを使用した。PC 部材の搬入ゲートは、南側の東西両側に設けられたが、350t クローラークレーン走行路を最小限としたためにクレーン移動範囲が限定され、東面 No.2 ゲートを使用した大型車両の通行ができなくなり、使用できるゲートは西面 No.4 ゲートのみとし、搬入・仮置き計画を行った。また、200t 油圧クレーンで架設を行う北東側の搬入経路は、東側前面道路から No.1 ゲートへ搬出入する計画とした。他業者の資材仮置きヤードおよびコンクリート打設時のコンクリートポンプ車やミキサー車の配置スペースを確保するため、水島工場が工事現場より比較的近接していたことから、PC 部材の搬入車両をピストン輸送させる事で車両台数を抑え、場内の搬入車両待機ヤードおよび PC 部材仮置きヤードの省スペース化を図った。

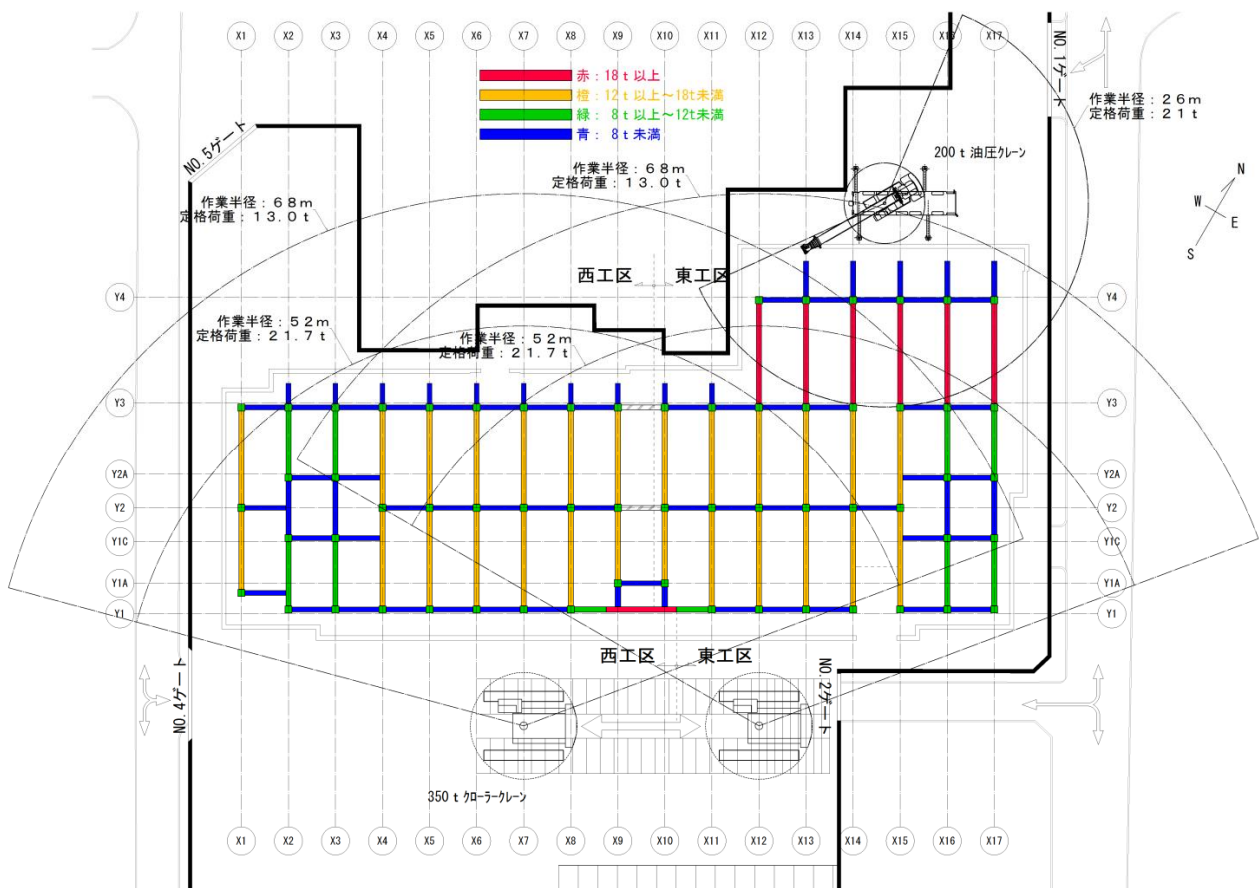


図-6 架設計画図

4.3.2 架設計画

基本工程のサイクルと実施工程を表-4 に、施工手順のフローを図-7 に示す。1 日あたりの架設実績数量は、基準階の最大架設数量として、柱を 16P、梁を 14P と計画し、目地モルタル打設もそれぞれの架設日と同日に行った。1 工区あたりの架設日数は、柱を 1.5 日、梁を 3.5 日、スパンクリートを 2.5 日と計画し、PC 鋼材の通線および 2 次緊張は梁架設・床版敷設と重複して 5 日と計画した。PC 工事の 1 工区あたりの稼働日

数は、柱建て方から梁2次緊張完了まで9日間であった。柱建て方からコンクリート打設まで基本工程では20日をみていたが、実際は、施工階の現場打ち部分のボリュームによってばらつきがあり、平均して2～3日の遅れがあった。1階の躯体では最長で8日間の遅れがでることもあれば、R階では2日間早まることもあった。PC工事としては、9日間というサイクルから逸れることなく、工程の変化にも柔軟に対応し、安定した作業を行うことができた。

表-4 基本工程のサイクルと実施工程

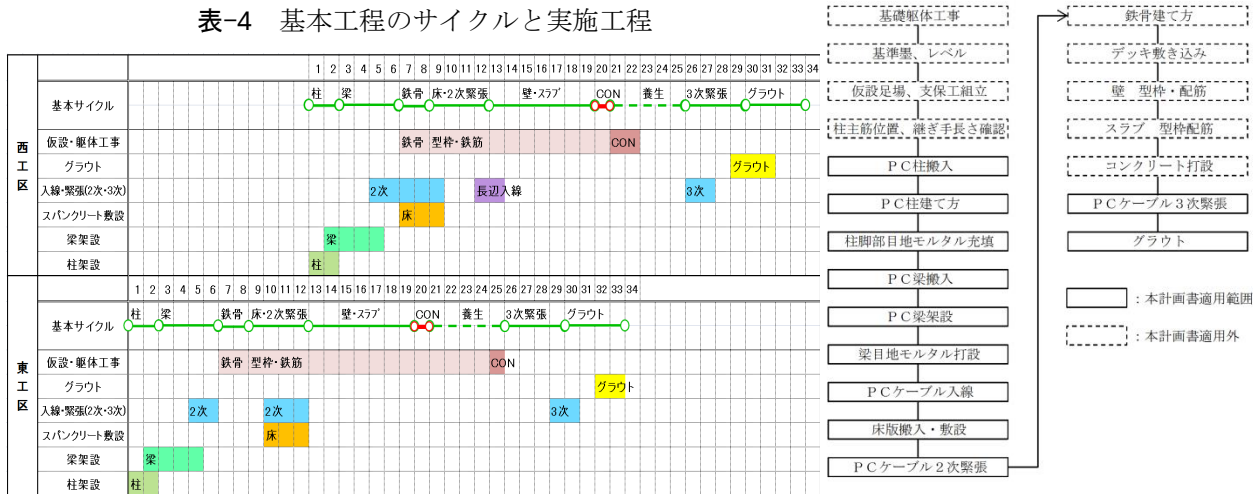


図-7 施工手順のフロー

5. PC 工事報告

5.1 PC 部材の製作

本物件のPC部材の製作は、一般的なPC部材と比較して、RC小梁とS小梁が混在していることにより、機械式継手およびアンカーボルトの種類が大多数に及んだこと、増打ちによる補強筋の配筋や後打ちが必要であったこと、または、現場打ち壁用および設備用などのインサートが大多数打ち込まれるなど、1部材あたりに高度な品質管理が必要であった。PC部材製作時に打込物の設置漏れや設置間違いがないように、図面チェックの徹底および元請業者と繰り返し打合せを行い伝達ミスの防止に努めた。PC部材搬入前には現場から水島工場へ赴き、現場での作業軽減のためにあらかじめPC部材に架設用の墨出しを行い、また、部材寸法や打込物などについても確認を行い、現場で不具合を発生させないように製品管理を行った。写真-11～13にそれぞれ柱、桁梁、スパン梁の配筋状況を示す。



写真-11 柱配筋状況



写真-12 桁梁配筋状況



写真-13 スパン梁配筋状況

5.2 PC 部材の施工

5.2.1 PC 部材の架設

写真-14に柱の架設状況を示す。柱部材を現場搬入後、敷地内で仮置きを行い、柱の吊り金具に治具を設置し建て起こしを行う。据付時、柱の高さはレベル計測器を使用して、中央にライナーおよび柱底面周辺に仕込んだ六角ボルトにてレベル調整を行い、柱の倒れはXY方向からトランシットを用い押し引きサポートおよび柱脚部の建ち調整用ボルトにて調整を行った。最外端柱においては緊張力による変形の検討を行い、計算上3次緊張完了後の倒れ変形量を考慮し、最外端柱を外側へ3～5mm倒して架設する計画とした。写真-15は柱の吊上げ状況を示し、写真-16は柱脚のスリーブ継手および柱目地のモルタル注入状況を示す。



写真-14 柱架設状況

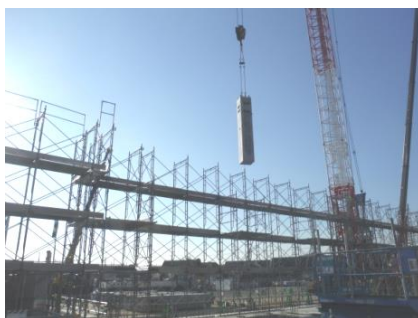


写真-15 吊上げ状況



写真-16 モルタル注入状況

写真-17,18 に梁の架設状況を示す。梁部材搬入後、敷地内で仮置きを行い、仮置きヤードにて安全設備として親綱支柱および親綱を設置した。架設は、柱に取り付けた鋼製の梁受ブラケット上に据えて、あらかじめ柱面に墨出しをした線に合わせて位置調整を行った。レベルの調整は、レベル計測器を使用しライナーにて微調整を行った。また、スラブ段差によって、梁底に PC 定着体が存在するため、梁受ブラケットを設置することが不可能な場所については、写真-19 に示すように支保工を設置して架設する計画とした。支保工は、架設工程に合わせて設置させる必要があったため、必要な時期や、その位置および高さなどを図面に示して元請けと調整を行った。梁目地モルタル打設は、アクリル板を型枠として用いることで、モルタル打設の充填具合を目視で確認できるようにした。



写真-17 桁梁架設状況



写真-18 スパン梁架設状況



写真-19 梁受け用支保工

写真-20 にスパンクリートの敷設状況を示す。搬入車両を所定の位置に誘導し、スパンクリートを車上から直接、3枚1セットとして梁の切欠き上に荷揚げを行った。スラブ段差によりレベルが変化することが多く、スパンクリートの幅が一定ではなくなるため、あらかじめ梁の切欠き上にスパンクリート位置の墨出しを行い、間違いによる手戻りがないように段取りを徹底した。荷揚げ用の玉掛けワイヤーは、スパンクリートの破損及び、玉掛けワイヤーの損傷を防ぐため、写真-21 に示すようにゴムホースで養生して使用した。スパンクリート荷揚げ後は、写真-22 に示す専用の吊り治具を用いて所定の位置に敷設を行った。

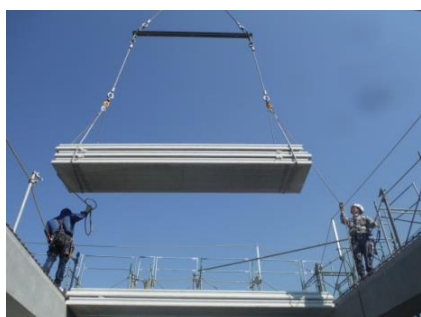


写真-20 スパンクリート敷設状況



写真-21 荷揚げ用ワイヤー



写真-22 敷設用治具

5.2.2 PC 鋼材の緊張

PC 鋼材の緊張は、PC 部材製作工場でスパン梁部材に緊張力を導入する 1 次緊張(プレテンション)、PC 梁部材を架設し、目地モルタルの強度発現後に実施する 2 次緊張、床トップコンクリート打設後に実施する 3 次緊張とした。2 次緊張において、桁梁の緊張はスパンクリート敷設前に緊張力を導入し、スパン梁の緊張

はスパンクリートを敷設して床版荷重を負担させてから緊張力を導入する計画とした。3次緊張は、床トップコンクリート打設を後施工にしないと緊張不可能な箇所が複数存在したため、PC部材の架設順序・トップコンクリート後打ち部分の調整が重要となった。後施工となる箇所は、事前に図面に色付けして示しておき、元請けおよび躯体業者が誤って認識しないように、打設計画、緊張手順などを関係業者間で入念に調整した。スパンクリート敷設の後施工部分、緊張端部および固定端部の後施工部分を写真-23～25に示す。また、上階施工時には、下階の後施工部分との取り合いも発生するため、先を見越した工程調整も行った。



写真-23 後施工スパンクリート部



写真-24 後施工緊張端部



写真-25 後施工固定端部

緊張作業状況を写真-26～28に示す。緊張作業は、初めに試験緊張を行い、摩擦係数を設定してから緊張管理を行うこととした。試験緊張の結果、梁間方向(最大約45m)の摩擦係数は $\mu=0.1/\text{rad}$, $\lambda=0.004/\text{m}$, 桁行方向(最大約96m)の摩擦係数は $\mu=0.1/\text{rad}$, $\lambda=0.002/\text{m}$ とした。設定した摩擦係数により、設計伸び量に対する実測伸び量の割合は、管理許容値である $\pm 5\%$ の範囲内で管理することができた。



写真-26 緊張状況①



写真-27 緊張状況②



写真-28 緊張状況③

6. まとめ

児島市民病院は、当社の研究で発案された「PC定着体を内蔵した柱梁接合部」¹⁾を初めて採り入れた物件であり、従来のPC定着体の突起を無くした納まりを実現できた。また、複雑に配置されたスラブ段差に対する高難度な施工管理および品質管理を実施し、工期内に、かつ安全に完了させることができた。本物件で得られた実績が、今後のPCaPC工法の発展につながることを期待する。

謝辞

児島市民病院の建築工事には、福井剛氏(日本大学准教授)をはじめ、多くの方々からの多大なるご支援と、貴重なご助言を頂きました。無事に本工事の竣工を迎えたことに、関係各位へ心より厚くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 福井剛, 渡辺一弘: PC定着体を内蔵した隅柱梁接合部の耐震安全性—PC定着体用突起の解消—, 技報第12号, pp.54-55, 2014