

ジョイスト梁構造に PCaPC 部材を用いた体育館の施工

—九州学院百周年記念体育館—

大阪支店	建築工事部	中里文博
大阪支店	建築工事部	岩田勲
建築本部	設計部	吉永健治
建築本部	設計部	伊藤翔

概要：九州学院創立 100 周年の記念事業の一環として、熊本県熊本市の九州学院の敷地内に九州学院百周年記念体育館が新築された。2 階より上部はプレキャストプレストレストコンクリート (PCaPC) 工法が採用され、かつジョイスト梁構造となっており隣り合う梁の間隔が短いため、梁には梁とスラブを一体化した ST 梁が採用されている。R 階のパネルゾーンは ST 梁と一体化して製作し、プレストレスによる PC 圧着工法により柱と接合している。周囲を校舎やグラウンドなどに囲まれた敷地条件、要求される高い施工精度などに配慮した本工事における製作と施工状況を紹介する。

Key Words：PCaPC 工法，ジョイスト梁構造，部材形状

1. はじめに

「九州学院百周年記念体育館」は、熊本市にある九州学院の 100 周年記念事業の一環として、既存の中学校舎の隣接地に、1 階に部室や道場、2 階にアリーナを有する体育館として建設された。建物外観を写真-1 に示す。アリーナの大空間を確保するために、2 階より上部はプレキャスト・プレストレストコンクリート (PCaPC) 工法の、凸型断面の柱と ST 梁により構成されたジョイスト梁構造である。ジョイスト梁構造は桁行方向のスパンを短くし、張間方向のフレームを細かく配置することで、大スパン空間を得ようとするものである。本体育館で



写真-1 建物外観

は桁行方向スパンを 2.2m とすることで、張間方向に梁せい 1.0m でスパン 20m の大空間を実現している。本稿では特異な形状をもつ部材の製作から施工に至るまでに抽出された課題と、それに対する実施工における取り組みを紹介する。



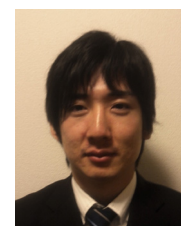
中里文博



岩田勲



吉永健治

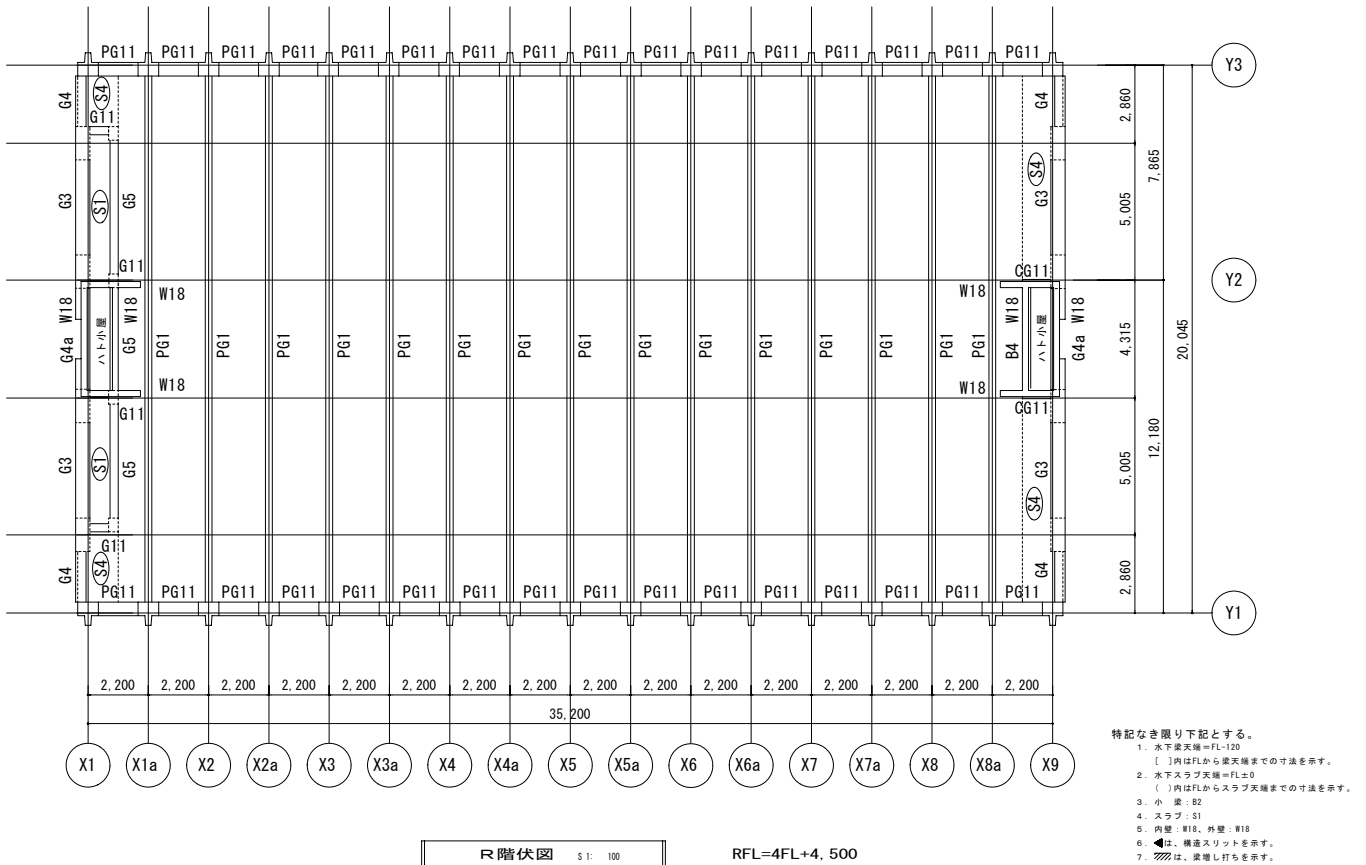


伊藤翔

2. 工事概要

2.1 建物概要

本建物の平面図及び断面図を図-1に示す。



- 特記なき限り下記とする。
1. 水下梁天端=FL-120
[]内はFLから梁天端までの寸法を示す。
 2. 水下スラブ天端=FL±0
()内はFLからスラブ天端までの寸法を示す。
 3. 小 梁=52
 4. スラブ=51
 5. 内壁=W18、外壁=W18
 6. ◀は、構造スリットを示す。
 7. //は、梁端し打ちを示す。

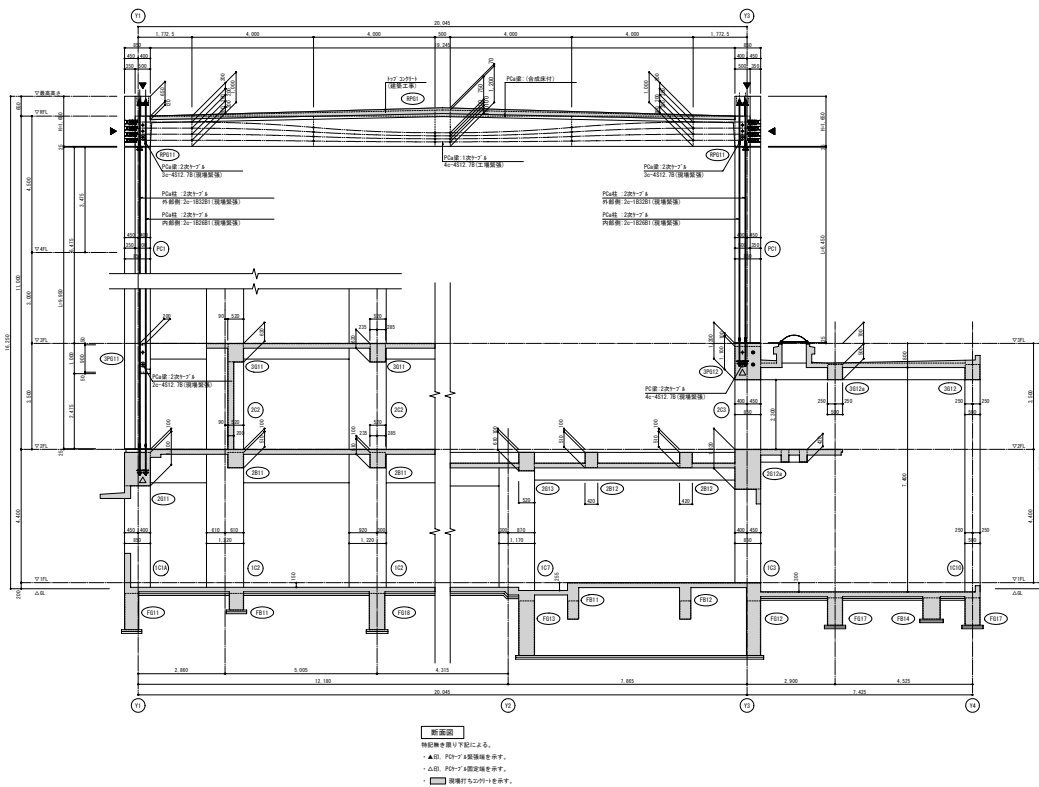


図-1 平面図及び断面図

発注者 学校法人九州学院理事長 長岡立一郎
 工事名 九州学院百周年記念体育館新築工事
 工事場所 熊本市大江5丁目2番地1号
 主要用途 中学校または高等学校 (体育館)
 工事種別 新築
 建築面積 894.16 m²
 延床面積 1,568.76 m²
 建物規模 地上2階
 最高高さ 17.10 m
 軒高 15.60 m
 構造 鉄筋コンクリート造 (一部PC造)
 基礎 杭基礎
 設計監理 株式会社石本建築事務所
 施工 松尾建設株式会社
 PC工事 株式会社ピーエス三菱
 工期 2011年2月1日～2011年8月31日
 PCaPC工期 2011年5月30日～2011年7月24日

2.2 工事工程

PCa 工事工程を表-1 に示す。

表-1 PCa 工事工程表

P C a 工 事 工 程 表

平成23年5月30日 ～ 平成23年7月24日

工事名 九州学院百周年記念体育館新築工事

(株)ピーエス三菱 九州支店

工種	5					6					7																																									
	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23																											
躯体工事	1F立上Con					配筋・型枠 Con					2F立上Con					養生(σ28)					支保工解体																															
PC工事	配筋・型枠					内外足場・内部ステージ組立					(PC鋼棒組立・架設に必要な部位先行でお願いします)																																									
内層階段取付																													取付～目地充填																							
緊張・グラウト																													入線・緊張(鋼棒→ケーブル)		グラウト注入																					
ST梁 架設																													ST梁架設		養生																					
桁梁・柱頭 目地																													4P 4P 4P 4P		桁梁・柱頭(目地型枠組立、無収縮モルタル充填)																					
柱 架設																													7P 7P 6P 7P 7P		柱架設 養生 入線・収緊張 4ケーブル																					
柱脚・桁梁 目地																													桁梁・柱脚(目地型枠組立、無収縮モルタル充填)		桁梁完了 柱脚完了																					
準備																													PC鋼棒組立 架設準備 136本																							
配線																													3F桁梁架設・配線・アンカーセット調整																							
アンカーセット	アンカー埋合		テンプレート取付・アンカーセット		アンカー埋合		アンカー埋合		アンカー埋合		アンカー埋合		アンカー埋合		アンカー埋合		アンカー埋合		アンカー埋合		アンカー埋合		アンカー埋合		アンカー埋合		アンカー埋合																									
使用量機																													セット		桁梁アンカーセット		コン・Hoop壁		梁スワッチCon		柱梁枠		スワッチ枠180t油圧クレーン組立													
部材搬入																																																				

3. 部材構成

3.1 PCaPC 部材一覧

本工事に使用した PCaPC 部材一覧を表-2 および図-2 に示す。

表-2 PCaPC 部材一覧

種類	部材数 (P)	部材総重量 (t)	使用鋼材	備考
柱	34	392.6	PC 鋼棒 26φ・32φ	中間部桁梁有り
ST 梁	15	414.0	PC 鋼より線 4S-12.7φ	R 階桁梁有り
桁梁	6	12.8	PC 鋼より線 4S-12.7φ	
外部階段	23	2.5	—	
内部階段	23	3.9	—	

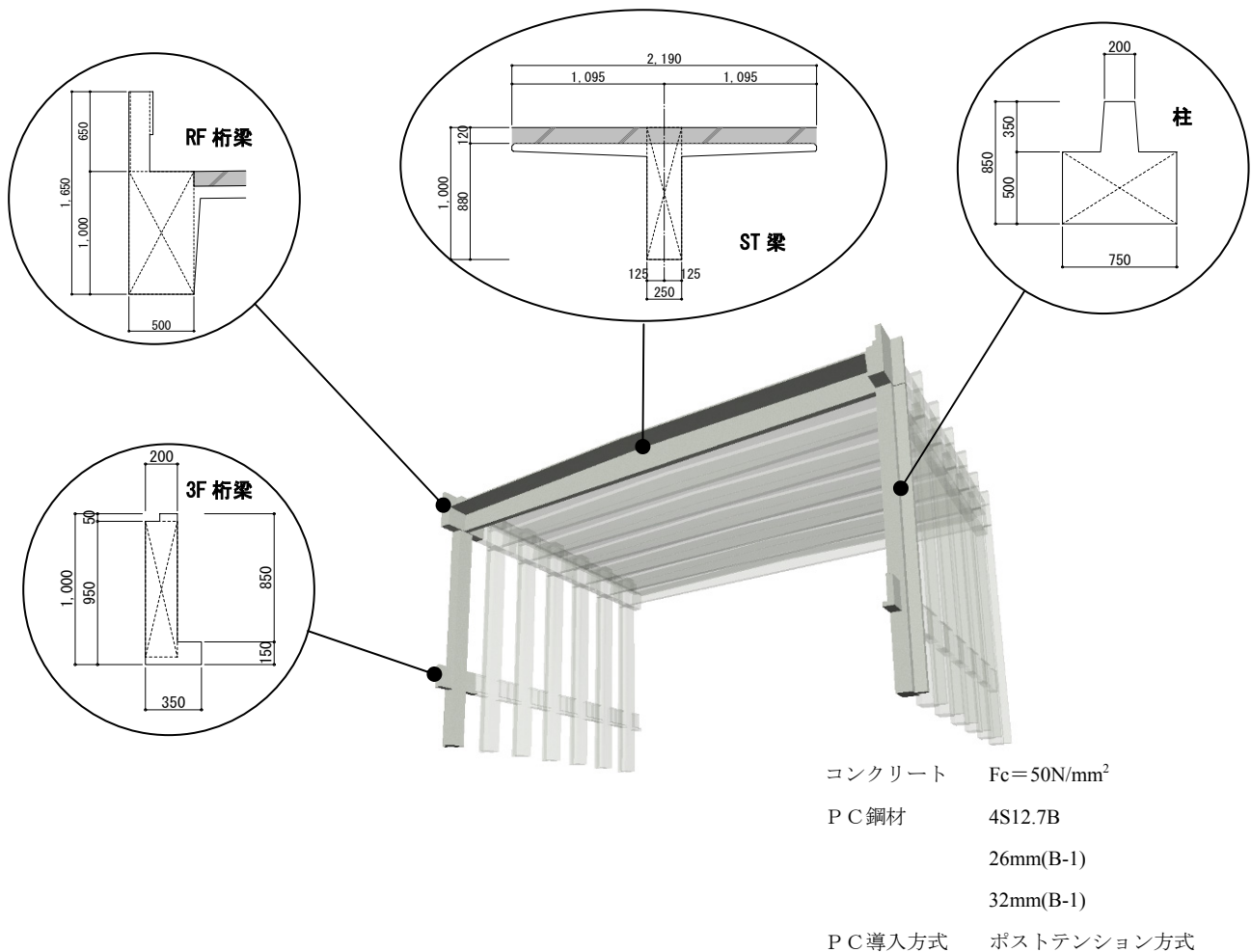


図-2 PCaPC 部材断面

3.2 部材配置

各部材の配置を図-3,4 に示す.

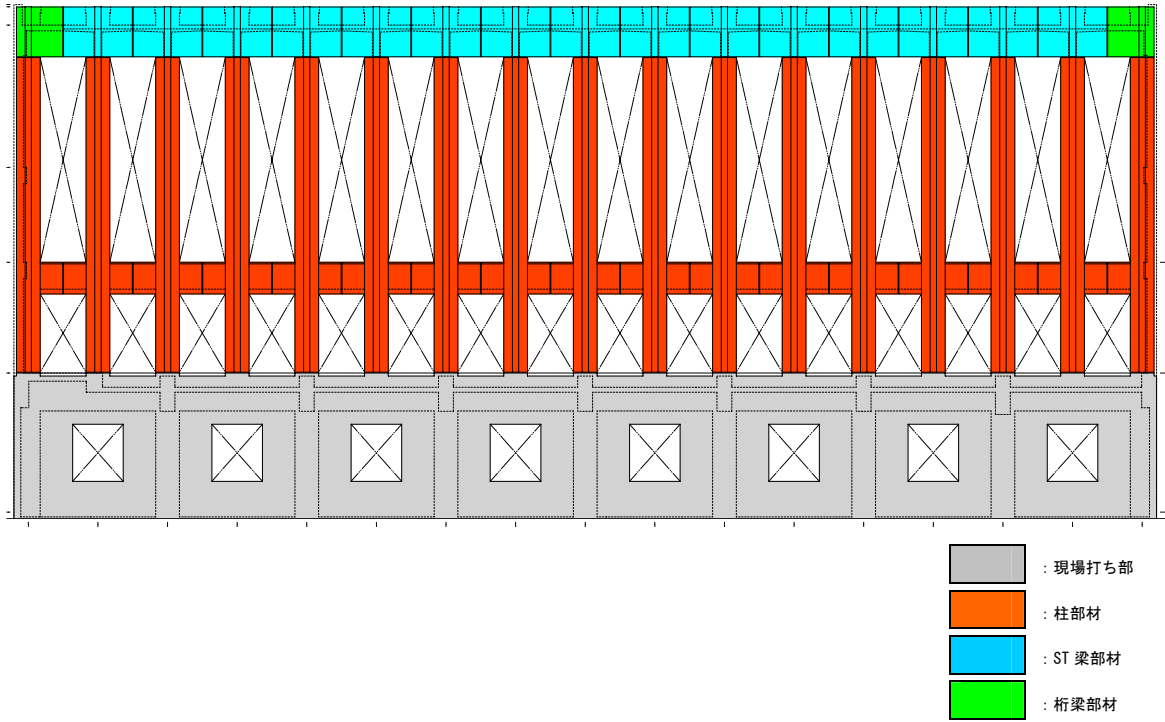


図-3 部材配置(南面)

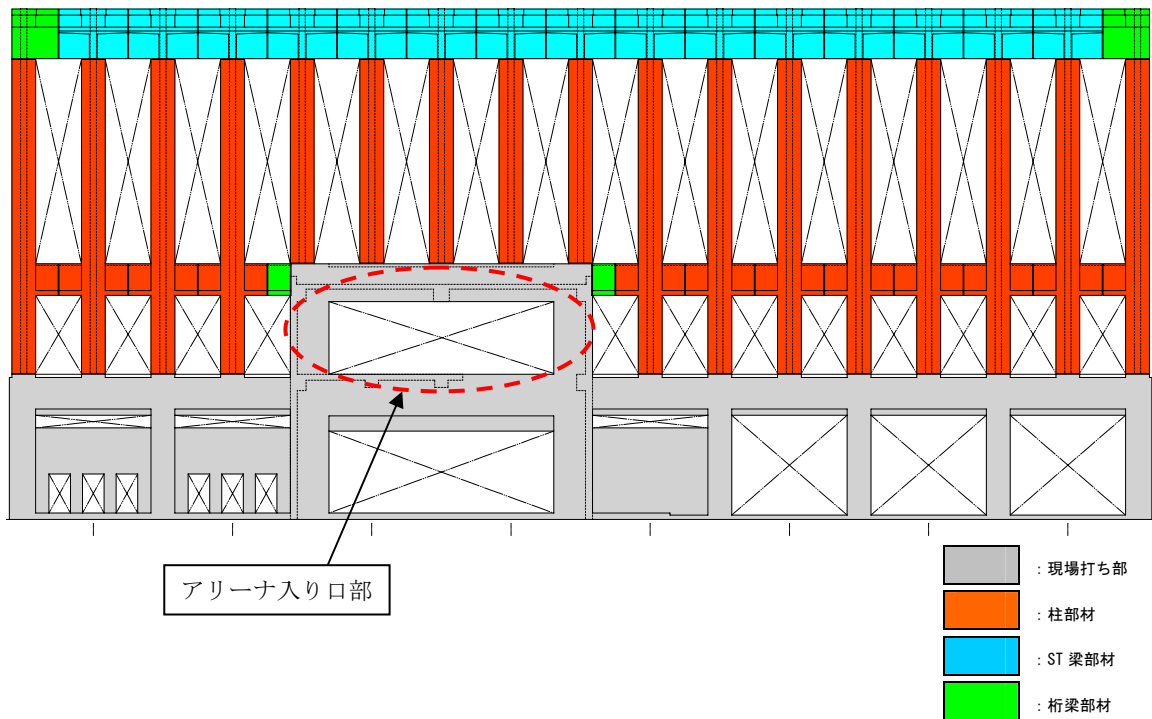


図-4 部材配置(北面)

3.3 柱

標準的な柱部材は部材長 9.95m で 3FL の位置(部材下端から約 3m)に桁方向の中間梁を内蔵している。柱頭・柱脚共に PC 鋼棒による圧着接合方式を採用している。柱部材の凸部分は増打ちではなく、圧着接合面を除き全て構造断面となっている。圧着接合面の凸部分は無収縮モルタルを充填しておらず、構造断面は矩形断面となっている。

部材立面形状は一般部が十字型, 4隅がト型になっている。3FL の一部(アリーナ入り口)が現場打ちの PC 梁となっており, その上部の柱は桁梁を内蔵していない。十字型の柱を写真-2 に示す。

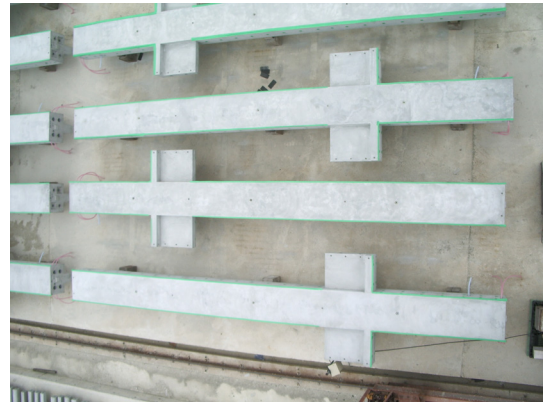


写真-2 柱



写真-3 ST梁

3.4 ST 梁

ST 梁は両端にパネルゾーンを内蔵しており, 部材長が約 21m, 重量 27.6t と PCa 部材としてはかなり大型である。ST 梁を写真-3 に示す。

ST 梁部分は 4c-4S12.7φ を 1 次緊張としてポストテンション方式でプレストレスを導入している。意匠上, 柱の凸部分に緊張端・固定端を納める必要があり, 納めやすい VSL 工法を採用した。

梁幅は下端から上端まで 250mm で均一, 梁せいはスラブの水勾配に合わせ, 端部で 1,000mm, 中央で 1,200mm である。

3.5 桁梁

桁梁は基本的に他の部材(柱・ST 梁)に内蔵されているため, 単品の部材として存在するのは 3 階で 2 部材, R 階で 4 部材である。各階の桁梁を写真-4,5 に示す。

2 階のアリーナ入り口部は現場打ちの PC 梁と RC 柱により構成されており, 現場打ちの柱に繋がる PCa 桁梁主筋は現場打ち柱内に定着する必要があったため, 桁梁のみ PCa 部材をコンクリート打設前に架設している。また, 両妻の壁および境界梁は現場打ちのため, R 階両端は桁梁のみ(パネルゾーンを含む) PCa 部材となっている。



写真-4 3F桁梁



写真-5 RF桁梁



写真-6 屋内階段



写真-7 屋外階段

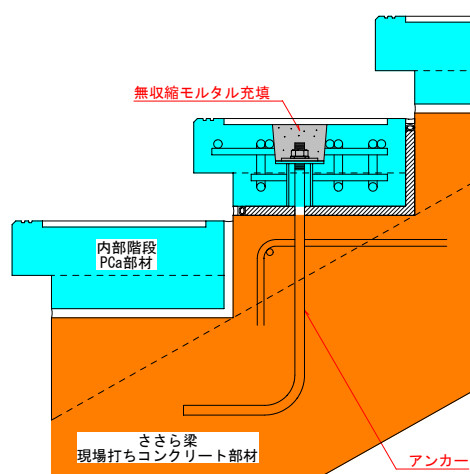


図-5 屋内階段固定方法

3.6 屋内階段・屋外階段

屋内・屋外階段は踏み板のみが PCa 部材で, 屋内階段は現場打ちのささら梁に埋設したアンカーに固定している。屋外階段は現場打ちの外壁に, PCa 踏み板から突出させた鉄筋を定着して片持ち構造で固定している。どちらも踊り場は現場打ちである。両階段の PCa 部材を写真-6,7 に屋内階段の固定方法を図-5 に示す。

4. 部材の製作

4.1 部材の製作

PCa 部材表面はクリア塗装や打放し仕上げとなる面が多いため、部材表面の仕上げ状態に高い品質を要求された。型枠のズレや隙間などの検査項目を増やすとともに、仮設インサートを計画的に配置することで、意匠の要求する仕上げ状態を確保した。

4.2 部材の製作サイクル

部材数が少なく、型枠は各部材 1 枠のみであったために、部材製作にかけることのできる期間が短く、ST 梁が 2 日、その他の部材は全て 1 日で製作を行った。ST 梁以外は工場での緊張はないため、1 日の作業は脱型→型枠清掃→インサート・鉄筋設置→コンクリート打設→蒸気養生、翌朝また脱型からといった流れで行われた。ST 梁は 1 次緊張がポストテンション方式であるため、プレテンション方式と比べ、プレストレスの導入作業に時間がかかり、また凸部、パラペットなど特異な形状により型枠を構成する部品が多く脱型・型枠の整備にも時間を要した。そのため、1 日目に配筋から打設までを行い、翌日に強度発現を確認後緊張し、脱型から型枠の整備まで行うといったサイクルで製作した。

4.3 柱部材の反転

本工事では施工時使用可能な敷地やクレーンの能力などの制限により、一般に行う柱の架設時のように水平のまま持ち上げ、空中での建て起すことが出来ず、地上で柱脚を基点に建て起しを行った。これに対応し、製作時凸部分が型枠底面となっており、建て起しの際に、部材の回転や、凸部の欠けなどのおそれがあったため、工場で反転機を使用し、部材の反転を行って出荷した。

4.4 部材の運搬

柱は部材が長い割には主筋が少なかったため、建て起しの際にクラックが発生するおそれがあった。対策として設計にはない施工用の鉄筋を打設面側に追加した。底面側は鉄筋を追加するスペースがなかったため、脱型時・反転時は設計どおりの配筋でクラックが発生しないように吊り位置を決定した。

ST 梁は運搬時の車輛や経路による制限上、両端での支持は不可能であった。PC 鋼材位置は部材中央になるほど部材断面の重心位置より低くなっているため、断面検討を行いコンクリートの許容引張応力度以下となる片持ち長さで支持した。また、荷固めの際に PCa のスラブ部分をワイヤーで締めると部材が破損してしまうため、支持部近傍のスラブに 100φ 程度の開口を設けその開口にワイヤーを通して固定した。運搬時の固定状況を写真-8 に示す。



写真-8 ST 梁運搬時固定状況

4.5 ST 梁の 1 次緊張

ST 梁の 1 次緊張による縮み量は 4mm 程度となっており、脱型しないまま緊張した場合、両端の桁梁に拘束され型枠の解体が困難となるため、ST 梁の側枠を緊張前に一部解体するなどの対応が必要になった。また、底板枠の上面に側枠を固定すると、側枠が底板枠とスラブにより拘束され緊張前の解体が困難となるため、側枠で幅 250 の底板枠を挟み込む様に計画した(写真-9)。また、緊張前の解体範囲は端部付近の型枠の境界部分に挟み込んだ 1cm 程度の鉄板のみとする事で、緊張までの手間を減らしている。また、パネルゾーン底面枠の柱用のシースも緊張時の拘束物となるため、固定方法を高さ 1cm の溶接した鋼管を用いる固定から、マグネットを用いる固定に変更し変形に追従するものとした。



写真-9 ST 梁型枠状況

5. 施工

5.1 PCa 部材揚重計画

PCa 柱・梁の揚重計画をそれぞれ図-6,7 に示す。

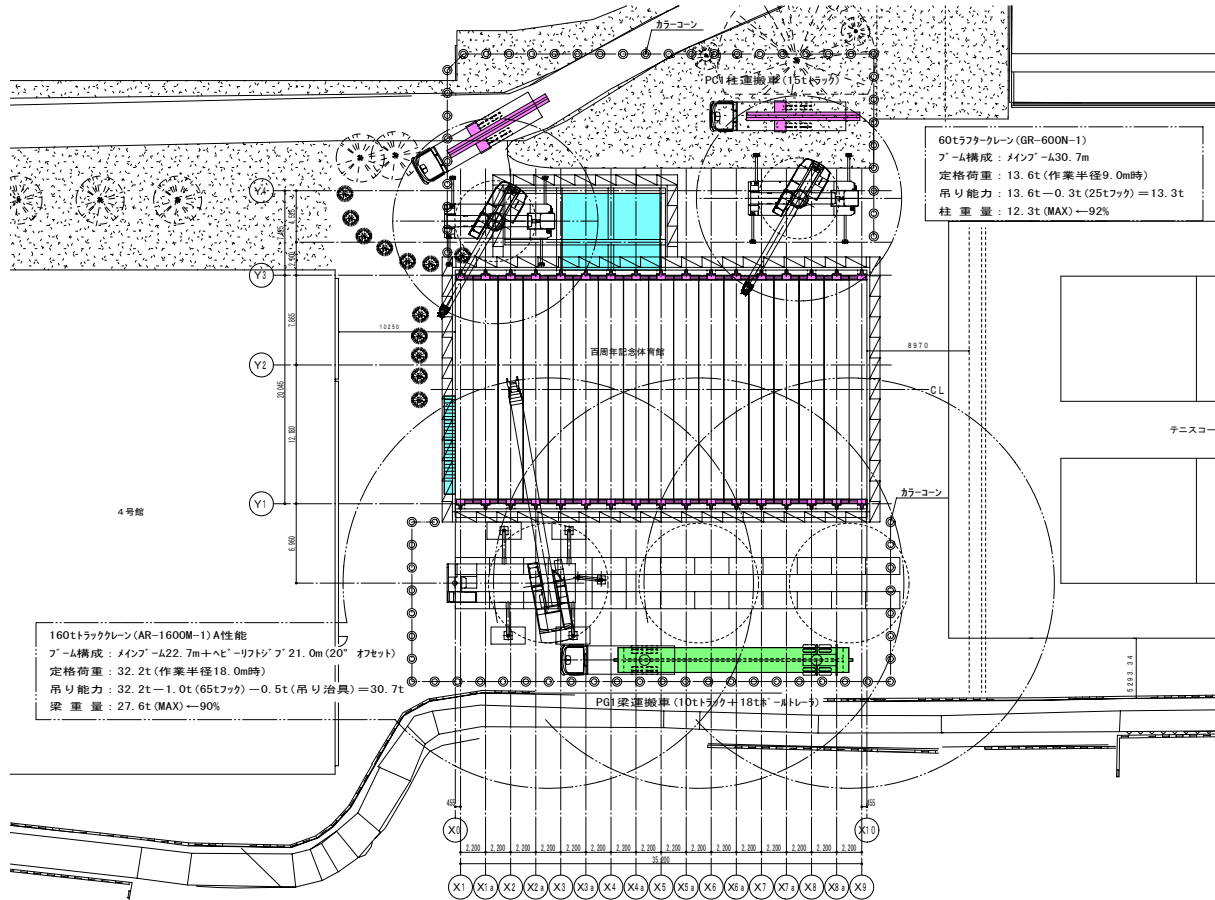


図-6 平面揚重計画図

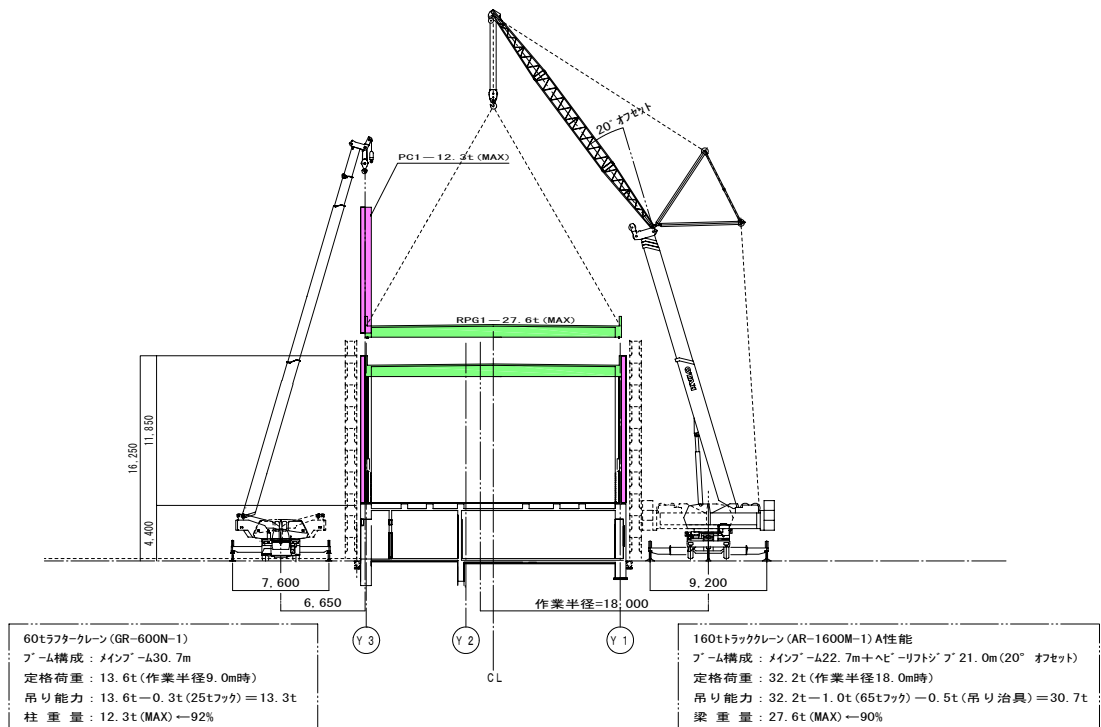


図-7 梁立面揚重計画図

5.2 PCa 部材施工順序

PCa 部材の一連の施工状況を写真-10 に示す。



写真-10 PCa 部材施工状況

5.2.1 柱 PC 鋼棒アンカーセット・3F 桁梁架設

本工事では、柱の PC 鋼棒を 2F 梁内に定着しており、2F 現場打ち梁の型枠に固定金物を取り付ける必要があった。また、現場打ちの 2F 柱に取り付く PCa の 3F 桁梁についても 2F 柱コンクリート打設前に架設を行う必要があった。これらの施工にあたり、コンクリート打設前や打設中などの位置の確認を繰り返し行うことで、施工精度の確保を行った。

5.2.2 PCa 柱の施工

PCa 柱の施工は、鋼棒建込み→柱架設→鋼棒仮締め（4本中 2 本）→桁梁無収縮モルタル充填～3 階桁梁の緊張（50%）→ST 梁架設～R 階桁梁の緊張（50%）→柱緊張→桁梁残り緊張の順とした。

PCa 柱部材は部材側面に配置した架設用のインサートと凸部先端のインサートを利用し 3 点吊りにて鉛直に保ち架設した。

架設後の柱の桁行方向の目地間隔確保は PC サポートを使用し、0～1mm 誤差で納めた。張間方向の間隔確保はレーザー距離計と斜めサポートを使用し 3mm 以内の誤差で納めた。

柱仮締め後の状況を写真-11 に示す。

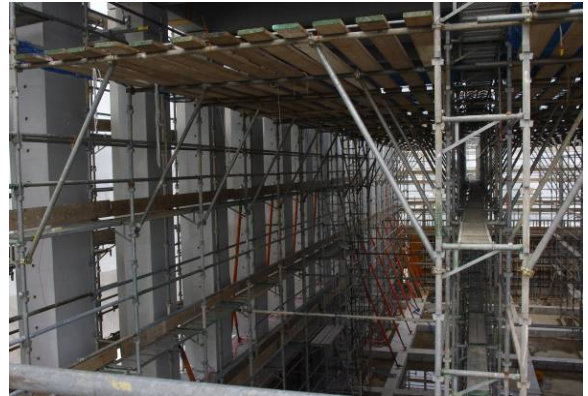


写真-11 柱仮締め後

5.2.3 ST 梁の施工

ST 梁は特殊吊り治具を用いる埋込アンカーを桁梁部分に配置した。揚重時の安定性を高めるため 4 点吊りとしている。

ST 梁と一体化しているパネルゾーンはどちらも外周に面しているため、隣り合う ST 梁や圧着する柱との施工精度を高めるため柱架設時に柱脚に使用するのと同様の治具を使用した。この治具は下部の部材（ST 梁架設時は PCa 柱）を挟み込むように設置し、上部のボルトを緩めておき、上部部材を架設し片側のボルトを下部躯体に合わせる。そして ST 梁をバールで押し込むと、ボルトとバールで挟み込んで位置を固定できるという特徴がある。治具の使用の他にも柱の架設段階から施工精度の管理を厳しく行っていたこともあり、非常に高い施工精度を得る事ができた。使用した治具を図-8 に、ST 梁架設状況を写真-12 に示す。

桁梁部分の目地幅に比べてスラブ部分の目地幅が狭いため、架設時にスラブ同士が接触し破損するおそれがあった。そのため、架設済の桁梁小口にスペーサーを設置しスラブ同士が架設時に接触しない間隔を確保した。

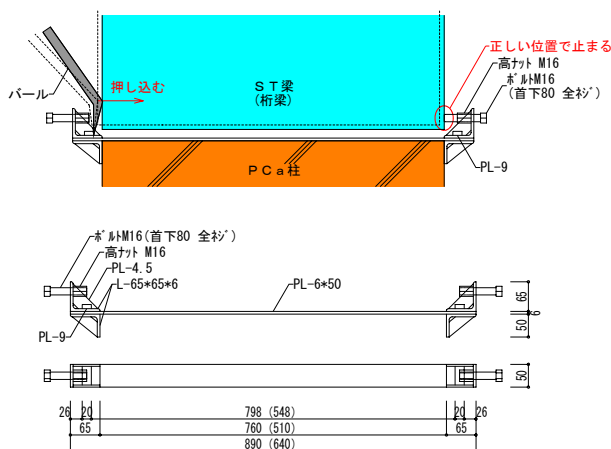


図-8 調整用治具



写真-12 ST 梁架設状況

5.2.4 屋内階段・屋外階段の施工

屋内階段の施工は、当初計画ではさらに梁打設後、屋根の打設までにクレーンで行う計画であったが、工程の都合で踏板部材を先行して搬入し、後から小型の揚重機で取り付けを行った。架設状況を写真-13に、完成後を写真-14に示す。



写真-13 内部階段架設状況



写真-14 内部階段完成後



写真-15 外部階段架設状況



写真-16 外部階段完成後

外部階段は取り付け壁の型枠を階段の踏板下面に合わせ組み立てた後、支保工を用い架設し、配筋と残りの型枠を施工した。架設状況を写真-15に、完成後を写真-16に示す。架設時に間隔があいているところは現場打ちの踊り場である。また、外部階段右側に写っているのは現場事務所である。

6. まとめ

本工事は特異な形状のPCa柱やST梁が多く、様々な困難が懸念されたが、PCa部材の製作から架設において、設計・工事・工場が協力し、綿密に打ち合わせ・検討を行い施工することで、不具合なく無事に完了することができた。

謝辞

本工事は設計は、(株)石本建築事務所の方々の多大なご支援をいただいた。また、施工においても工事監理者である(株)石本建築事務所、元請負者である松尾建設(株)の方々に格別なご協力をいただいたことにより、無事完成することができた。これら関係各位に、心よりお礼申し上げます。