

プレストレスを導入した PCaSRC 造細長柱の製作

ー (仮称) 姫路市文化コンベンションセンター等新築工事ー

大阪支店	建築設計部	成田裕史
大阪支店	建築設計部	市澤勇彦
ピー・エス・コンクリート	兵庫工場	黒田大志
ピー・エス・コンクリート	茨城工場	江藤宏之

概要：本建物は規模と機能の異なる大・中・小のホールとともに、スタジオスペースや大規模な平土間空間を持つ多目的な展示場・さまざまな用途に対応できる会議施設を設けている。各ホールの前室部分や展示場広場前に配置されている SRC 柱は内外で見え掛かりになっており、仕上がりのよいコンクリートとする必要があるため、PCaSRC（プレキャスト鉄骨鉄筋コンクリート）柱とすることで精度のよいコンクリート部材の製作と現場での省力化を実現した。本稿では、多数の人が参集するエリアに化粧柱兼構造柱として配置された PCa（プレキャスト）工法による SRC（鉄骨コンクリート）造の細長柱について、プレストレスが導入されたモックアップや本設部材の製作概要を報告する。

Key Words：PCaSRC, プレテンション, 細柱, 化粧柱

1. はじめに

本建物は兵庫県姫路市が進めている JR 姫路駅周辺地区の再整備・再開発事業計画「キャスティ 21」に基づいて建設された文化芸術と交流促進のための拠点施設である。施設は播磨地方では最大の大ホールや中・小ホール、4000m²におよぶ無柱の大空間室内展示場や会議室などからなり、コンサートや国際会議など、多彩なイベント開催に対応できる造りで構成される。最寄り駅である JR 姫路駅と屋根付きの連絡通路で接続し、人々が回遊する新たな動線を形成することで、地域住民の相互交流と中心市街地の賑わい、都市の発展に大きな役割を果たすことを期待されている。図-1 に工事場所、図-2 に完成イメージパースを示す。



図-1 工事場所



図-2 完成イメージパース (引用：姫路市 HP)



成田裕史



市澤勇彦



黒田大志



江藤宏之

2. 建築概要

2.1 建物全体の概要

建築概要を以下に示す。

工事名称	(仮称) 姫路市文化コンベンションセンター等新築工事
発注者	姫路市
工事場所	兵庫県姫路市神屋町
用途	劇場・展示場
階数	地上5階 地下1階 塔屋1階
建築高さ	軒高：33.96m 最高高さ：34.24m
建築面積	16,800.36 m ²
延床面積	27,031.81 m ²
構造	SRC造+RC造+S造
地業・基礎	地盤改良(置換コンクリート), 直接基礎
設計	株式会社日建設計
監理	株式会社日建設計
施工	(株)竹中工務店・(株)神崎組・平錦建設(株)特定建設工事共同企業体
PCa柱製作	ピー・エス・コンクリート株式会社 兵庫工場・茨城工場
全体工期	2018年10月～2021年2月
PCa柱工期	2019年1月～2019年12月

2.2 PCa部材の概要

大・中・小ホールの前室部分や展示場前広場のSRC柱は来場者を迎え入れる化粧柱の役割も兼ねている。意匠面では均質で寸法精度が高く、施工面でも現場作業の省力化が期待できるPCa柱が採用されている。

PCaSRC柱は8つのエリアに全部で152本あり、部材寸法はFc=60の適用で極小の300mm×550mmまで絞られており、PCa長さは3.27～12.78m、柱頭柱脚から張り出した内蔵鉄骨柱を含めると部材長さの最長は14.135mに及ぶ。PCa部分の有効細長比(長さ/断面幅)はPCa柱の全部材数の内75%において応力割増が必要となる15を超えており、最大では42.6に達している。図-3に部材断面形状を示す。

PCaSRC柱は製作から建て方の間に作用する施工荷重による曲げひび割れを防ぐためにプレテンションPC鋼材が配置されている。また、柱の仕上げはクリア塗装でコンクリート素地のため、吊り上げ方向を強軸方向に指定するなど、意匠に対する配慮が設計段階から行われている。図-4に平面図、図-5に代表的な部分の軸組図、表-1に部材数量を示す。

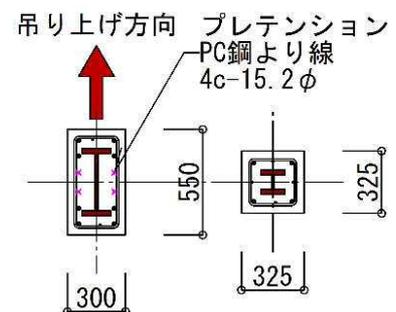


図-3 部材断面形状

表-1 部材数量

	断面	PC鋼材	最大部材長	最大重量	部材数	総重量
ホール棟	300mm×550mm	4c-15.2φ	14.135m	7.79ton	78	405.70ton
展示棟	300mm×550mm	4c-15.2φ	10.633m	4.99ton	38	162.70ton
	325mm×325mm	-	5.490m	1.26ton	36	45.91ton

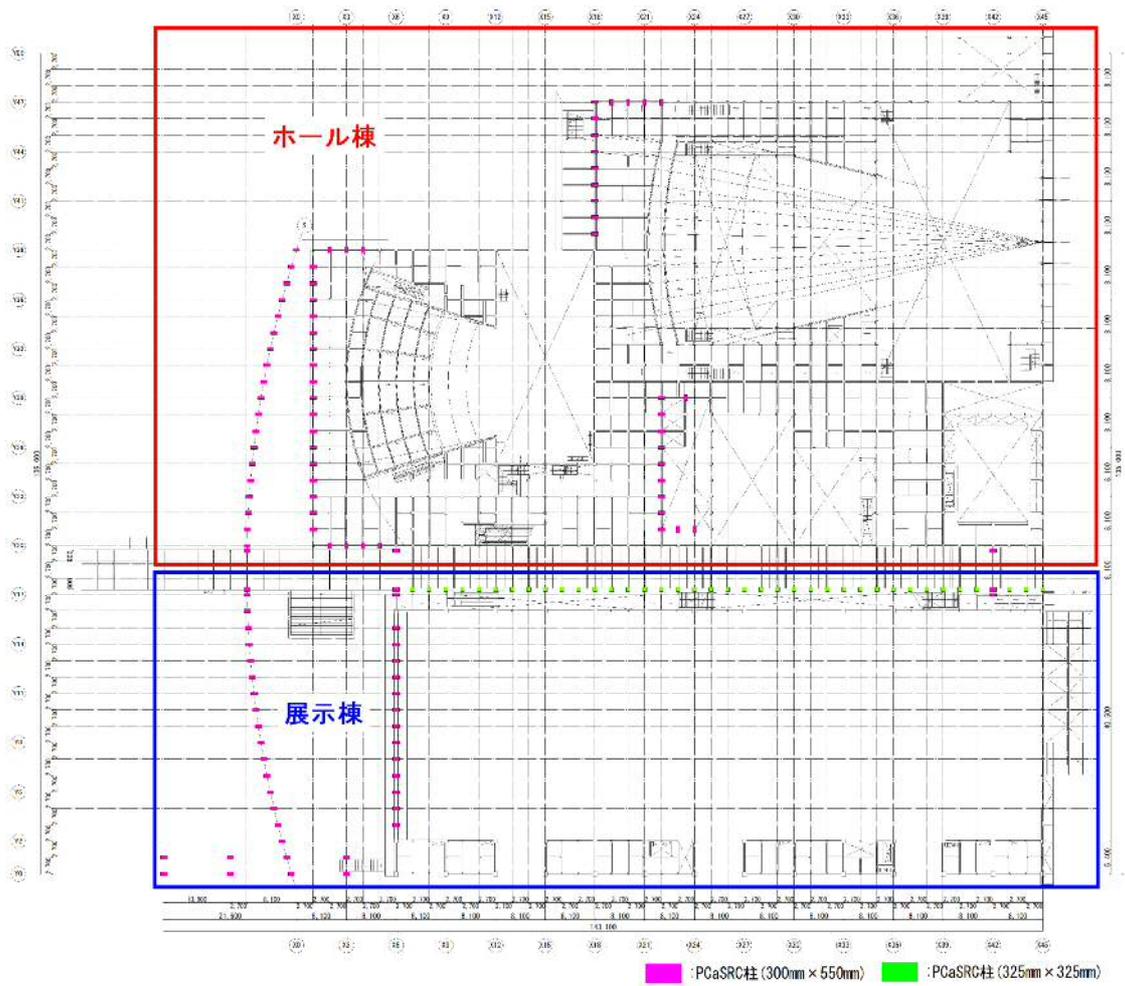


図-4 平面図

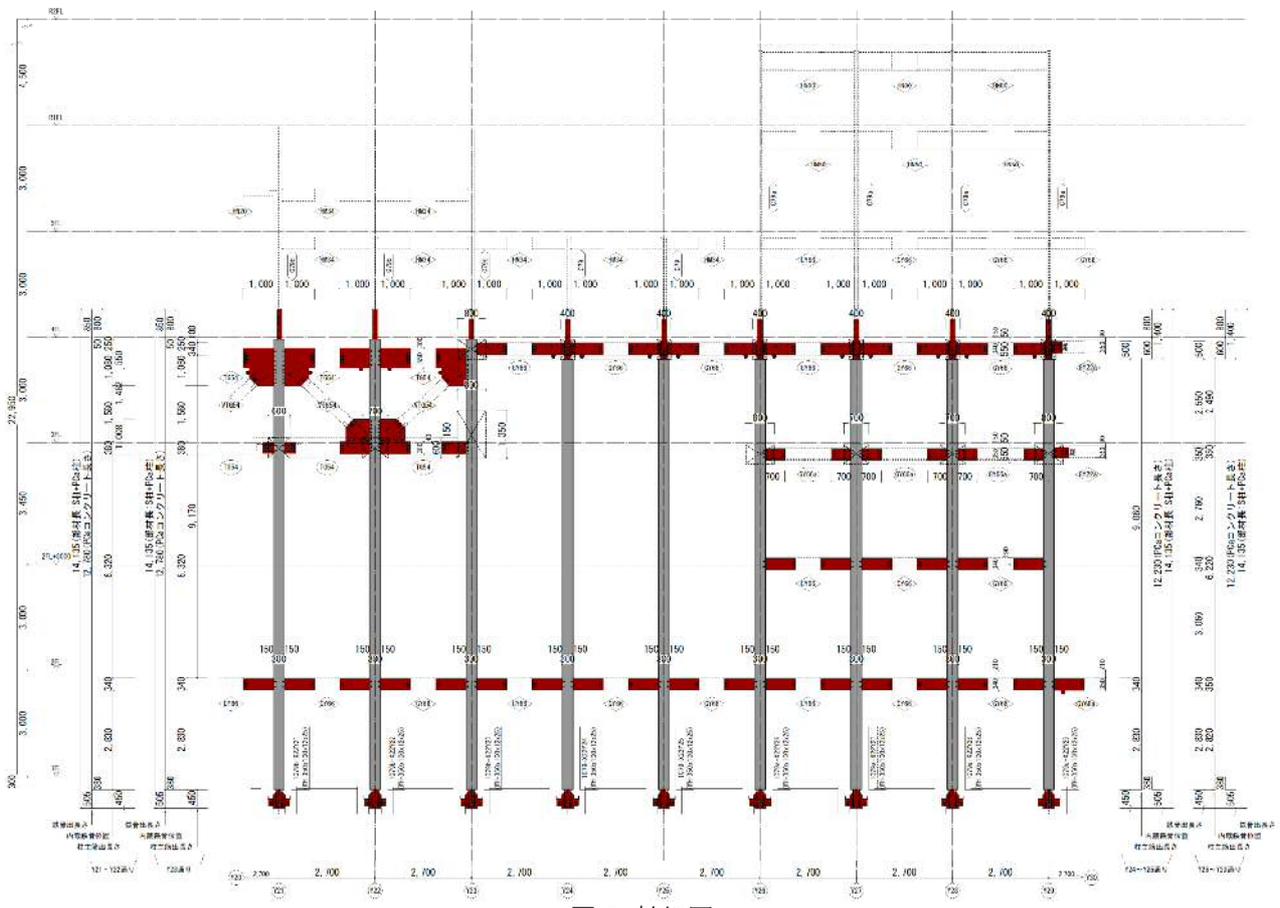


図-5 軸組図

3. PCa 部材の製作に対する課題と改善

3.1 検討着手前に判明していた問題点

PCaSRC 柱は極小断面でありながら、内蔵鉄骨・柱主筋およびプレテンション PC 鋼材が材軸方向を貫いており、これと直交する水平方向には最大で東西南北の 4 側面から S 梁または RC 梁が接続する。構造材兼意匠材であるこの極めて複雑な取合を有する部材は、作図並びに製作を開始する以前の段階で、部材の仕上がり度合いや部材の建て起こし方法といった部材の現場への搬入後の問題だけでなく、柱梁接合部に接続する梁の取り合い詳細や柱頭柱脚部における現場打ち部と PCaSRC 柱の接合方法、パネルゾーン内のフープ割付といった部材の製作段階における問題が存在した。

3.2 作図開始後に顕在化した問題点

PCaSRC 柱の作図並びに製作要領の検討開始後において、全体架構の設計見直しがおこり PCaSRC 柱に内蔵する鉄骨柱の仕様変更やコンクリート打設範囲の変更に伴う PCa 長さの変更が発生した。また、現場作業の省力化を目的とした接合位置の変更によって、2 本の短い部材を 1 本の長い部材への変更や配置範囲の変更によって部材数の増減が発生した。これらの変更によって、当初の計画よりも製作部材の種類が増え、型枠を転用させるために、型枠は分割位置を増加・複雑化され、型枠の製作期間は増加することとなった。さらに、部材長の変更に伴い運搬車両の種別も変わり、運搬時の部材支持方法も再考することとなった。

細部においても、面取りの有無といった部材形状や断面角部の施工時養生等に対して、意匠・製作・施工の各立場で要求が異なり、取捨選択する必要があった。

3.3 問題点の改善

前述した各問題点のうち、納まりについては作図検討における 1mm 単位の鉄筋・鉄骨の位置調整を基本として、製作時並びに施工時誤差をどの位置どの程度まで許容できるかを重点項目として改善策を検討した。また、製作についてはモックアップの製作時に、特に型枠や鉄筋・鉄骨の組立に対する改善策の効果を検討するとともに表面の仕上がり度合いを確認することで本設部材の製作にフィードバックした。作図開始後に顕在化した問題点については、作業を進めていく中で最小限の追加・変更となるように、監理・施工・製作が一体となって対応を協議した。

4. PCa 部材の製作概要

4.1 モックアップの製作

PCaSRC 部材にプレストレスを導入した事例は、内蔵鉄骨の影響の定量評価指標がないこともあり数例に留まる。また、本工事では柱頭・柱脚に加えて 4 側面全てに異なる梁が取り合うことから、最長部材で最も複雑に取り合う区間を対象としたモックアップを製作して、極小断面内の鉄筋・鉄骨・PC 鋼材の納まりの確認やプレストレス導入による部材表面への影響を確認した。また、3 次元モデルを用いて事前に検討した柱梁接合部の帯筋の分割位置や鉄骨貫通孔の大きさについて、材料加工と組立作業が最小限となる組み合わせを確認した。図-6 に 3 次元モデルによる柱梁接合部の納まり図を示す。

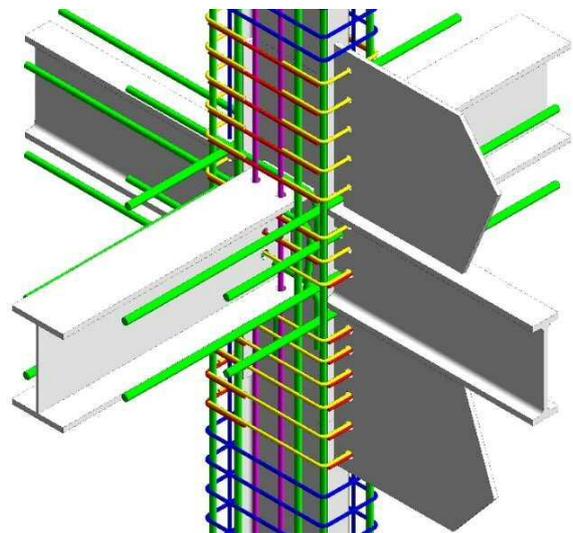


図-6 3次元モデルによる納まり図

モックアップの製作を通してプレストレス導入による部材の寸法精度や仕上がりに影響は見られなかった。一方、鉄骨やインサートの打込み際近傍には0.2mm未満のひび割れが観察されており、鉄骨や金物との膨張率の違いやコンクリート自体の収縮ひずみ差の影響による初期ひび割れと推測された。部材において避けられない現象のため、本設部材の製作は、鉄骨や打込金物周りにガラス繊維強化プラスチックの格子筋を配置することで、ひび割れの抑制を目指した。写真-1に型枠配筋状況、写真-2に建て方状況を示す。



写真-1 型枠配筋状況



写真-2 建て方状況

4.2 本設部材の製作

4.2.1 型枠の製作

部材の断面形状は2種類のみであったが、部材長や取付く梁の位置・部材の製作期間を考慮し、型枠は合計8枠となった。柱頭柱脚に鉄骨梁が取付く部材は、型枠の組立・解体およびPC鋼より線の切断のために作業空間を確保する必要があり、工場との綿密な打ち合わせの結果、鉄骨フランジとコンクリート面との距離を100mm以上とした。同様に柱頭柱脚面から出た鉄骨柱が拡幅する場合は、コンクリート面から20mm以上離れてから拡幅することとした。

4.2.2 内蔵鉄骨の打込位置の精度管理

PCaSRC柱は現場架設時に、柱・梁の内蔵鉄骨並びに各主筋を複数の位置で同時に接続して納める必要があり、特に内蔵鉄骨の位置や出の長さは非常に高い製作精度を求められた。鉄骨を型枠にセットする際の位置や出の調整は内蔵鉄骨の加工誤差に大きな影響を受けるため、内蔵鉄骨に型枠をセットする際の位置決め優先順位を定めて打設を行った。図-7に内蔵鉄骨の位置決め優先順位を示す。順位は、現場架設後に調整が最も困難である内蔵鉄骨柱芯を第1位として製作し、具体的には型枠セット時の鉄骨位置・出の長さを基準値とし、コンクリート打設後の位置が基準値±5mm以下に納まるように管理した。写真-3にS柱芯調整状況、写真-4にベッド面S梁芯調整状況、写真-5に左右S梁芯調整状況を示す。

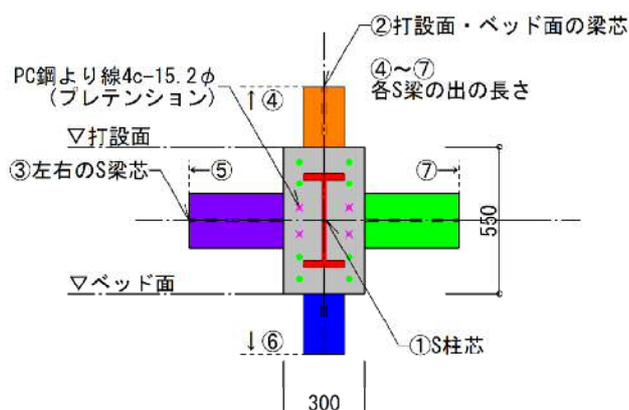


図-7 鉄骨位置等の優先順位



写真-3 S柱芯調整状況



写真-4 ベッド面 S 梁芯調整状況



写真-5 左右 S 梁芯調整状況

また、長尺部材であるため内蔵鉄骨が自重により型枠内でたわむことが予想された。そのため、鉄骨に高ナットを取付け、ボルトによって吊り上げることでたわみを抑制した。ボルトはコンクリートを打設し強度が発現した後に、硬化する前に取り外すことで後埋め処理を不要とした。写真-6 に鉄骨吊り上げ状況、写真-7 に配筋状況、写真-8 に養生状況を示す。



写真-6 鉄骨吊り上げ状況



写真-7 配筋状況



写真-8 養生状況

4.2.3 部材の仕上がり品質の確保

PCaSRC 柱は意匠上、鉛直方向のエッジラインを活用するために面取りを設けないピン角仕上げが基本仕様として指定された。面取りを設けない場合、製作から架設に至る各場面で角欠けが発生する恐れがあり、極小断面の部材製作は見栄えに直結するので高いリスクが伴う。有効細長比が 40 超となる本工事では特に運搬時の振動、衝撃による欠け、割れが懸念されたことから、積込前に部材の四隅に指定された養生をしてから出荷した。また、施工時の曲げひび割れを防ぐ目的で製作・運搬時の部材支持点や吊り上げ方向の条件が付与されていた。しかし、一部長尺部材では車両、運搬の都合上、部材両端支持が不可能であったため、応力検討を行い、支持点を部材のコンクリート端部から 2m 以内の範囲に移動して出荷した。写真-9 に搬入状況を示す。



写真-9 搬入状況

5. まとめ

本工事は大幅な設計変更に伴って、特に鉄骨関連工事に大きな遅延が生じ、これをリカバリーするため、PCaSRC 柱の製作工期の短縮を求められたが PCa 製作の従来技術の活用とモックアップのフィードバックで品質確保と工程順守の双方を達成できた。SRC 部材へのプレストレス導入による影響や極小断面へのプレテンション工法の適用といった構造面、製作面で得られた経験と知見が今後の特殊部材の検討に役立てば幸いである。

謝辞

(仮称) 姫路市文化コンベンションセンター等新築工事の PCa 部材製作では、多くの方々から多大なるご支援と、貴重なご助言を頂きました。短い製作期間での厳しい状況のなか、無事に本物件の部材製作を終えられたことに、ご協力頂いた関係各位へ心より厚くお礼申し上げます。