

横浜市立子安小学校の設計・施工

— PCaPC 部材により構成された環境テラス —

金田 勝徳*1・早稲倉 章悟*2・村田 正*3・熊谷 知紘*4

建物南東および南西面に設けられた4m スパンのテラスが特徴的な小学校である。奥行の深いテラスに光を取り込むため、テラスの柱梁寸法の最小化を目指した。中廊下に沿って設けた扁平柱の強固なラーメン架構とそれに直交する耐震壁に地震力の大部分を負担させ、テラスフレームにプレキャストプレストレストコンクリート造を採用することで開放的なテラスを実現した。

キーワード：PCaPC, 圧着工法, 細柱・梁

1. はじめに

本建物は、旧校舎の老朽化と近隣コミュニティの人口増加により計画された児童数約1300人、39クラスの大規模小学校である。「室内環境を調整する環境テラス」、「子供達の活動の場となる光庭」、「展示ギャラリーとなる教室・中廊下」などを備えた本建物は、地域社会のシンボルとなるよう計画された。本稿では、一部をプレキャストプレストレストコンクリート造（以下、PCaPC造）とした校舎棟の設計・施工について報告する。

建物の配置を図-1に示す。校舎棟は、敷地北側に配置された屋内運動場棟に沿ってL型に配置され、屋内運動場棟との間には、子供達の安全な活動の場として自然採光と自然通風が確保された光庭を配置した。

4m幅を確保した中廊下形式の廊下には、南東、南西側に普通教室が、屋内運動場棟側には多目的室が配置された。廊下は、教室との間のガラス建具を開放することで一体利用が可能であり、子供達の学習成果を展示するギャラリーとしての利用も期待されている。

校舎の南東および南西面に設けられた「環境テラス」と呼ばれるテラスは、夏の強い日差しを遮る庇でもあり、児童と先生との活動の場でもある。幅4mの奥行の深いテラスを通して教室に自然光を届かせるために最小断面を目指した環境テラスのフレームは、この建物の特徴的な外観を形成している（写真-1, 2）。

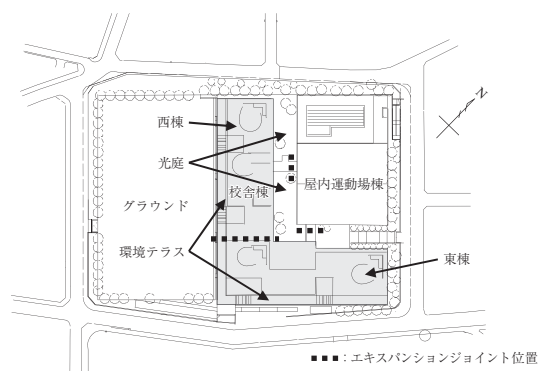


図-1 建物配置

2. 建物概要

建物名称：横浜市立子安小学校

建築主：横浜市

設計監理：建築 (株) 山本理顕設計工場

構造 (株) 構造計画プラス・ワン

施工：松尾・大洋・石井建設共同企業体（校舎棟）

PC工事：(株) 建研（校舎棟）

主要用途：小学校

建築面積：6,097.32 m², 延床面積：15,561.95 m²

建築規模：地上4階 塔屋1階

最高高さ：17.413 m

構造種別：鉄筋コンクリート造, 一部PCaPC造（校舎棟）



*1 Katsunori KANEDA

(株) 構造計画プラス・ワン
会長



*2 Shogo WASEKURA

(株) 構造計画プラス・ワン
代表取締役



*3 Tadashi MURATA

松尾・大洋・石井 JV
所長



*4 Chihiro KUMAGAI

(株) 建研



写真 - 1* 建物全景



写真 - 2* 南東側外観

3. 構造計画

本建物の構造計画を考えるにあたって、環境テラスや光庭に対しての解放感を確保することが主要な課題であった。とくに、奥行き深いテラスに光を取り込むため、環境テラスの部材は必要最小限の寸法（柱：300 × 300 mm、梁：300 × 400 mm）とする必要があった。

細く繊細な環境テラスの部材は、施工精度を確保するため柱、梁ともPCa化することを前提に検討を進めた。また、主架構に関しても、屋内運動場棟と別工事となる敷地の複雑さや建物規模からすると短い工期（校舎棟完成まで17ヵ月（仮使用開始まで14ヵ月））も考慮に入れPCa化を検討した。工期と工事費のバランスを考慮しながら検討した結果、比較的複雑となる梁、壁および仕口部を現場打ちとし、柱と床板（トラス筋内蔵ハーフPCaスラブ）をPCa化することとした。製造の容易な部材をPCa化し型枠数を最小化することで工事費を抑えつつ、支保工の少ないトラス筋内蔵ハーフPCaスラブを採用することで仕上げ工事の工期短縮にも期待した。

柱、梁に使用したコンクリート強度は、地上4階建てでありながらFc60とした。PCa化することで、高強度コンクリートを使用することも容易になり、小さい断面でも接合部耐力や付着耐力を確保することができる。躯体量の削減は工事費の削減に有効であるため、平面、立面ともバランスのよい架構計画に努めた。主構造の柱スパンは8 × 8 mの教室に合わせて8 mグリッドを基準とし、環境テラスは4 mピッチで柱を設けた。L形平面であるため、エキスパンションジョイントを設け、東棟と西棟の二棟に分割することとした（図 - 2）。

床組は4 mピッチに小梁（400 × 700 mm程度）を設け、スラブ厚150 mmを標準とすることで躯体の軽量化を図った。一方で環境テラスのスラブは、外端側の固定度が小さいことから180 mm厚の一方向スラブとし、小断面の環境テラスのPCa梁との納まりが複雑になることから現場打

ちのスラブとした。

環境テラスおよび外壁面のフレームに生じる地震時応力を小さく抑えるため、梁間方向は教室間の耐力壁を用いた耐震壁付きラーメン構造、桁行方向は中廊下両側の強固な柱梁による純ラーメン構造を採用した。

中廊下の有効幅を大きく確保するため、中廊下に沿ったラーメン架構の断面は、柱梁とも400 mm幅で抑えることとした。これを実現するため、建具寸法を児童のスケール感に合わせて小さく抑えることで十分な梁せいを確保した。ラーメン架構の断面は内柱で400 × 2 000 mm、外端部の柱で400 × 1 200 mmであり、梁せいは2階で1 400 mm程度、3、R階で1 200 mm程度である。これにより内法幅3 600 mmの廊下を確保しながら、外壁面の側柱も600 × 400 mmと小さく抑えることを可能にした。

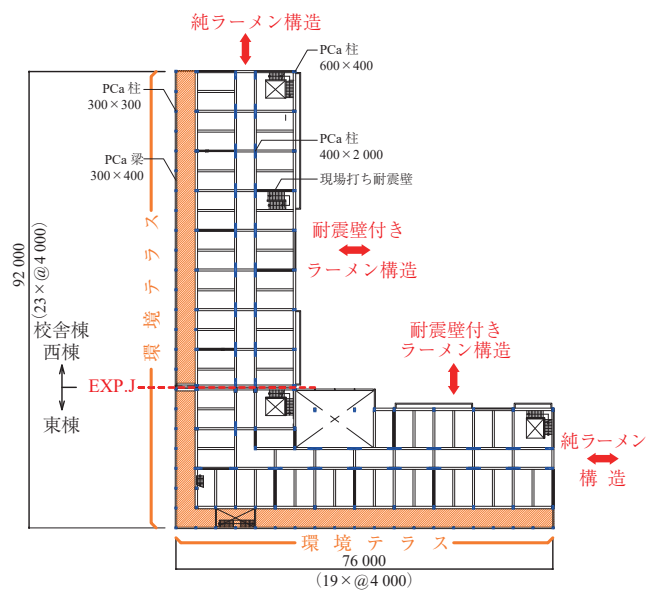


図 - 2 略 伏 図

4. PCa 部材概要

4.1 環境テラス PCaPC 梁・PCa 梁

環境テラスの梁は、ポストテンション方式によりプレストレスを導入し、各部材を圧着接合とした PCaPC 部材である。図 - 3 に環境テラスの架構概念図を示す。

設計クライテリアは、一般部はパーシャルプレストレッシング、圧着接合部はフルプレストレッシングとした。

梁の断面寸法は $B \times D = 300 \text{ mm} \times 400 \text{ mm}$ と小さいため、定着部周辺の納まりに配慮し、3-SWPR7BL12.7 mm の 2 ケーブルを採用した。緊張区間が 60 m を超える大スパン (4 m × 16 スパン) であることを考慮し、緊張力の摩擦損失を少なくするため直線配線とした。圧着接合位置は、比較的応力の大きい端部を避けてスパン中央とし、柱梁接合部が一体化した「仕口一体型 PCaPC 梁」(以下、PCaPC 梁) とした。

意匠設計上、外端部に PC 定着具を納めた突出部を設けない外観をしたいと要望があったが、納まり上、PC 定着具は仕口部に設けられないため、内端側に移動する計画とした。PC 定着具を納めた突出部は、外端スパンの「ピン接合 PCa 梁」(以下、PCa 梁) を受ける必要があるため相決り (あいじゃくり) 形状としている。仕口部詳細を図 - 4 に示す。相決り形状の下部目地は、目地材の落下防止および、剛性を落とすため空目地とすることとした。

PCa 梁の相決り部分の断面が $B \times D = 300 \text{ mm} \times 180 \text{ mm}$ と小さく、せん断強度が不足したため、SS400 のスタットボルト付き金物 ■ - 65 × 65 (角形鋼棒) を用いて補強を

行った。PCaPC 梁および PCa 梁は、現場打ちのスラブ主筋を定着し一体化する計画とした。

4.2 環境テラス PCa 細柱・ピン接合梁受けピース

PCa 細柱は断面寸法を $300 \times 300 \text{ mm}$ とし、4 m ピッチに配置する計画とした。PCaPC 梁と PCa 細柱の接合は、PCaPC 梁に内蔵したシースへ柱主筋を挿入し、無収縮モルタルの充填を行い、上階の PCa 細柱との接合は、柱脚に設けた「無収縮モルタル充填式機械式継手」(以下、機械式継手) を用いて行った。

意匠設計上、一般部の柱頭・柱脚部の横目地と相決り部の横目地を揃えたいとの要望があり、「ピン接合梁受けピース」(以下、梁受けピース) を単体で設ける計画とした。PCa 細柱との接合は、梁受けピースに内蔵したシースに柱主筋を挿入し、無収縮モルタルを充填し接合した。梁受けピースは梁と同様に、現場打ちのスラブ主筋を定着した。

4.3 校舎棟内部柱

校舎棟の内部柱は、同形状の柱を効率的に施工するため PCa 化が図られている。仕口部および梁は現場打ちとしている。柱断面は $400 \text{ mm} \times (600 \text{ mm}, 1200 \text{ mm}, 2000 \text{ mm})$ の 3 種類あり、教室部は $8 \times 8 \text{ m}$ 、廊下部で $4 \times 8 \text{ m}$ で配置されている。接合方法は、柱脚部に機械式継手を用いて行う計画とした。

4.4 トラス筋内蔵ハーフ PCa スラブ

4 m スパンを中間支保工のみで施工可能なトラス筋内蔵ハーフ PCa スラブを 2 階から 4 階に採用し、工期の短縮を図った。割付幅は 1.8 m 程度とし、 $4 \times 8 \text{ m}$ グリッドに 4 ピース並べて配置する計画とした。

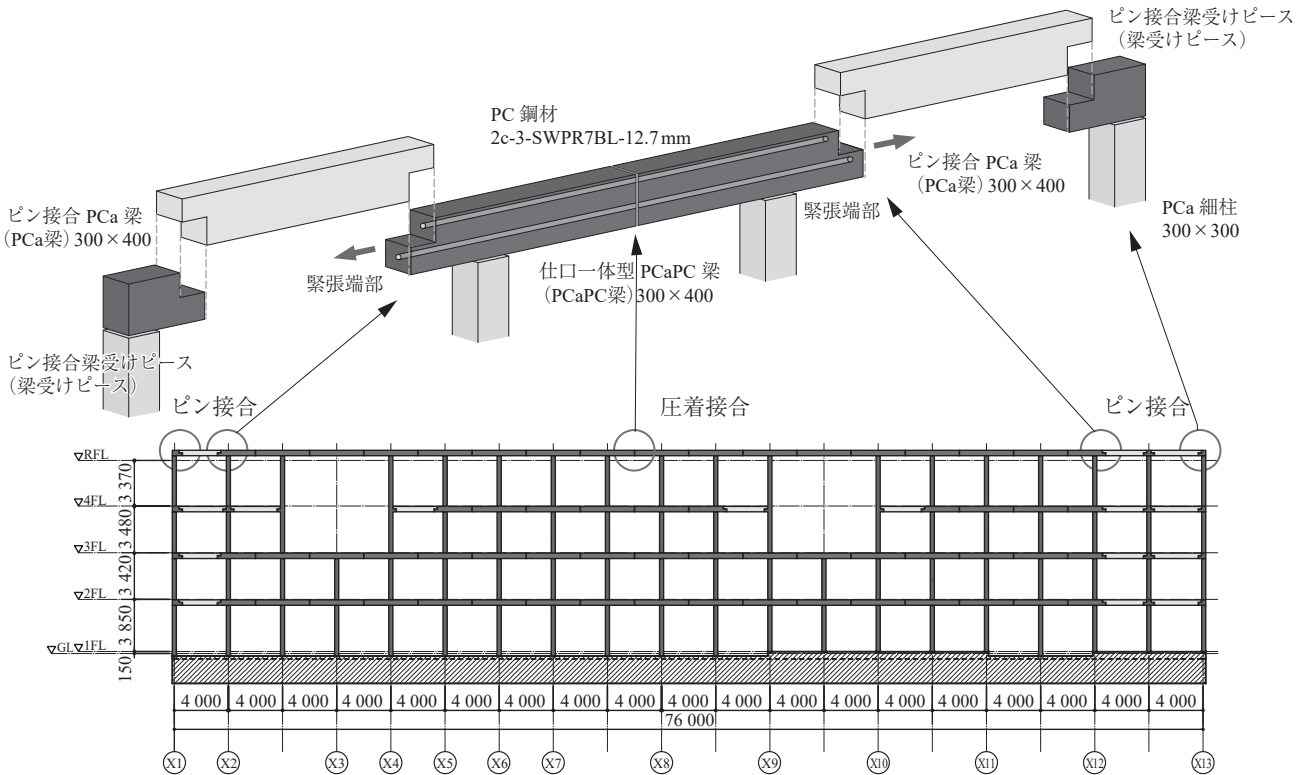


図 - 3 環境テラス架構概念図

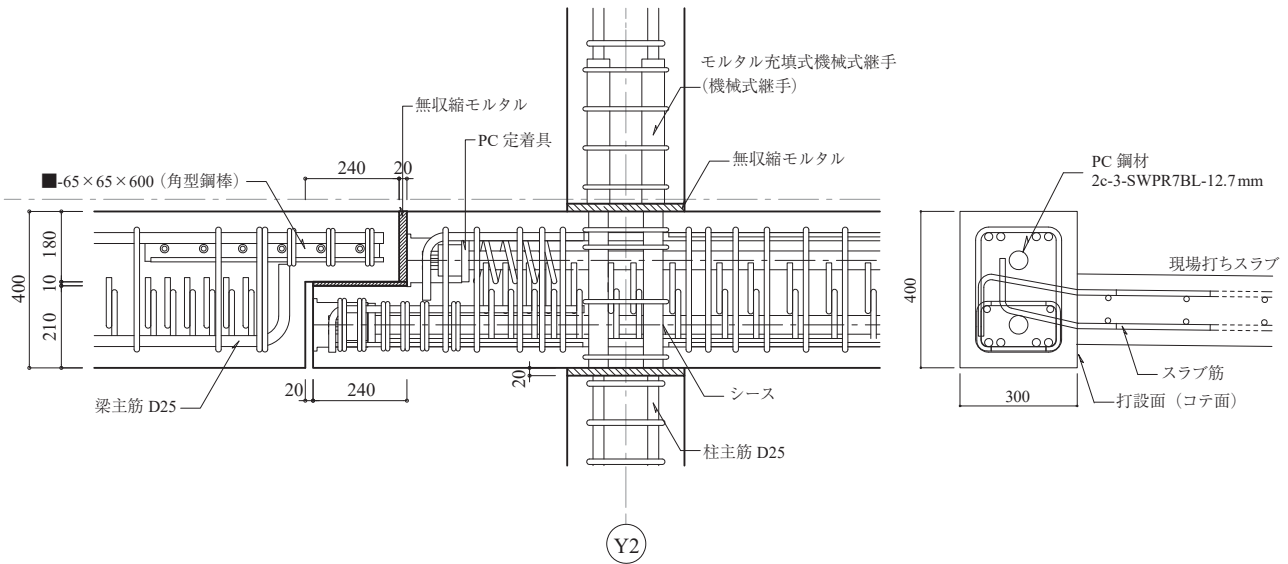


図 - 4 仕口部詳細

5. PCa 部材の製作

PCa 柱・PCa 梁の製作は建設地に近い神奈川県内、トラス筋内蔵ハーフ PCa スラブについては群馬県内の PCa 工場にて行った。コンクリートの設計基準強度は、柱・梁は Fc60、床は Fc30 としている。各部材の数量を表 - 1 に示す。

部材の表面については打放し仕上げレベルでの品質を求められていたため、製造時は下記のポイントに配慮し製造を行った。

- (1) 型枠接合位置の調整
- (2) 型枠接合部およびボルト穴からのセメントペーストの漏れによる色むら発生の防止
- (3) コンクリート表面に気泡を生じさせないためのバイブレーターの選定と締固め
- (4) 製品ストック時における雨だれ防止
- (5) 製品ストック時における支持部材に用いる台木跡の付着防止
- (6) エフロレッセンスの発生防止

表 - 1 PCa 部材数

	部材	部材数
校舎棟内部	内部柱	301P
	ハーフ PC スラブ	722P
環境テラス	PCa 細柱	178P
	PCaPC 梁	132P
	ピン接合 PCa 梁	63P
	ピン梁受けピース	46P

コンクリートの打設方向にも配慮し、写真 - 3 に示すように環境テラス梁はコテ押え面が目立たないようにスラブが取り付く梁面側を打設面とした。内部柱については構造壁が取り付く教室側を、PCa 細柱は環境テラス側を打設面

として打設計画を行った。写真 - 4 に内部柱の製作状況を示す。



写真 - 3 環境テラス梁製作状況

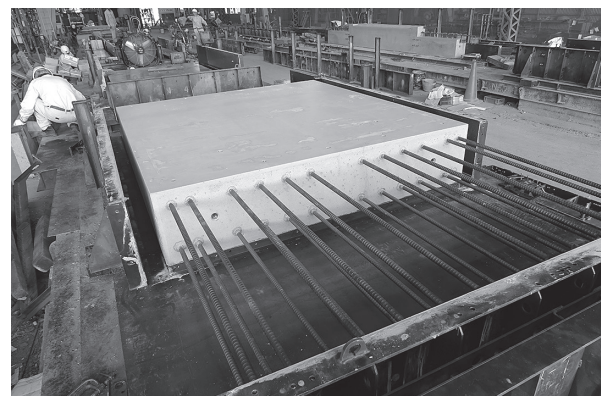


写真 - 4 校舎棟内部柱製作状況

6. 施 工

6.1 架 設 計 画

架設計画図を図 - 5 に示す。工事工区は西棟東棟を各2工区に分け PCa 部材の架設には 150t のクローラークレーン1台と 90t のクローラークレーンを2台の計3台を用いて行った。

6.2 環境テラス部の施工手順

環境テラス部の施工手順の詳細を図 - 6 に示す。

緊張区間が長い梁の軸縮みによる不静定応力が発生し断面に悪影響をおよぼすことが懸念された。そこで PCaPC 梁緊張終了後に柱頭目地モルタルを打設する施工方法を採用し、緊張時に柱頭部を滑らせることで不静定応力を発生させない施工計画とした。

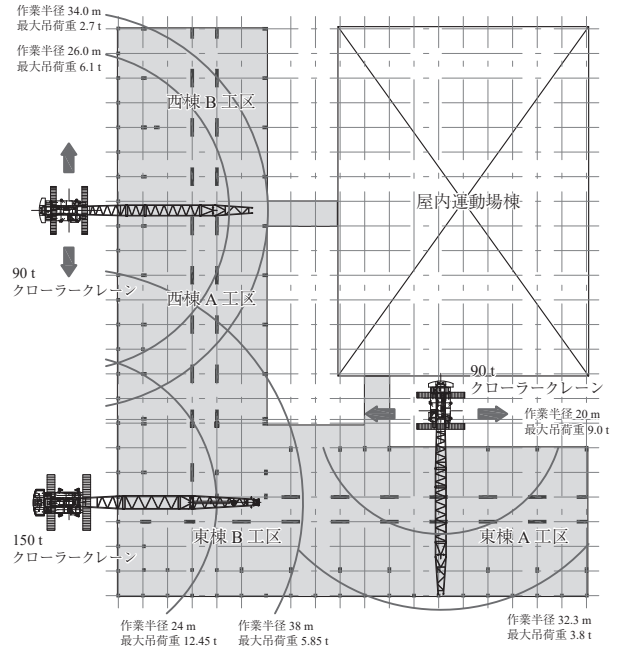
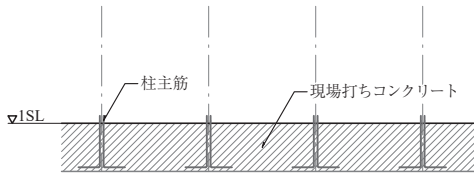
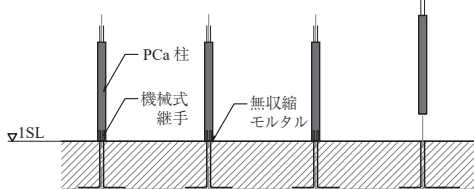


図 - 5 架設計画

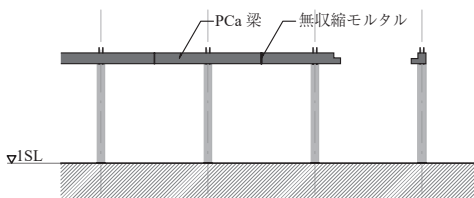
- (1) 1階 柱主筋アンカーセット
基礎地中梁の打設



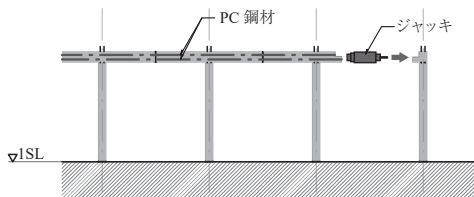
- (2) PCa 柱建方
柱脚部の目地および機械式継手の無収縮モルタル充填



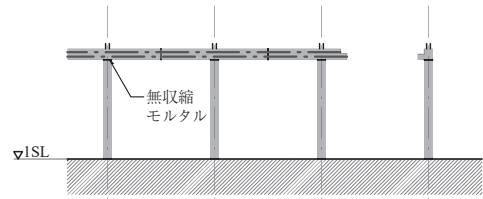
- (3) PCaPC 梁の架設
PCaPC 梁 - PCaPC 梁着目地部、無収縮モルタル充填



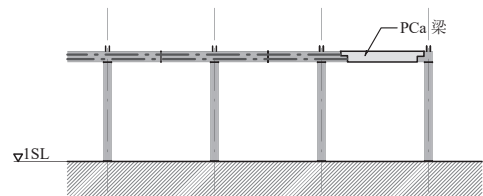
- (4) PC 鋼材通線・緊張
目地モルタル強度発現後、PC 鋼材緊張



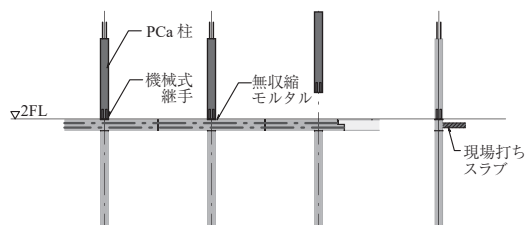
- (5) 柱頭目地・仕口部シーす内の無収縮モルタル充填



- (6) PCa 梁の架設



- (7) 現場打ちスラブの施工
上部 PCa 柱建方
柱脚部の目地および機械式継手の無収縮モルタル充填



- (8) 以降 (3) ~ (7) の繰返し

図 - 6 環境テラス PC 部材施工手順

6.3 環境テラス部の施工

環境テラス部の PCa 部材は、意匠上重要な役割をこなうため、高い製造品質と施工精度が要求された。しかし PCa 部材は小断面で重量が軽く人力でも動いてしまうため、目違いを起こさずに施工することが大きな課題であった。架設の際は、位置調整や、建ち調整に細心の注意を払い施工を行った。部材に埋め込まれたインサートを使用し、ずれ止め用鋼製プレートを用いて各 PCa 部材同士を連結することで、安全かつ精度よく施工することができた。

プレストレスが導入される梁は緊張区間が 60 m 以上の計画であったため、軸変形量は 10 mm を超えることが予想された。そのため、事前に軸変形量を計算し、緊張スパン中央付近に不動点を設け、各目地幅を軸変形分だけ大きく設けることで調整し、緊張後に正規の位置に施工できるよう配慮した。不動点を確実に設けるため、スパン中央付近の PCa 柱は PC サポートを両側に設置し、緊張前に柱頭目地部および梁内蔵シースに無収縮モルタルの充填を行うことで、強固に固定する計画とした。結果として、正規の位置に精度よく施工することができた。写真 - 5 ~ 8 に施工状況を示す。

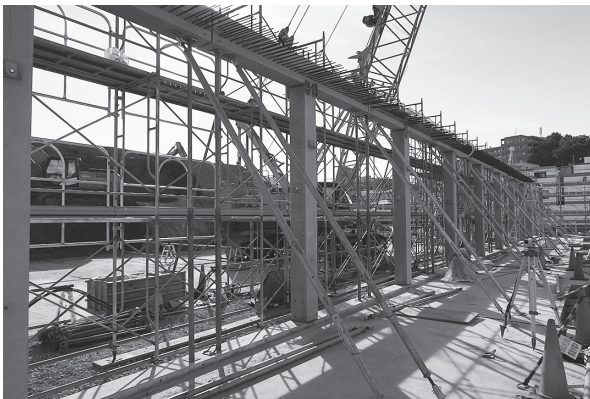


写真 - 5 環境テラス施工状況



写真 - 6 ピン接合 PCa 梁建方状況

PCa 梁を含む環境テラス部の架構は現場打ちスラブの主筋により本体躯体と接合され固定される。したがって、環

境テラスのスラブが打設されるまで面外方向に独立した架構となっており、スラブのコンクリート強度発現まで補助的に柱の転倒防止 PC サポートと梁のズレ防止サポートを残置する計画とした。



写真 - 7 緊張作業



写真 - 8 内部柱建方

7. おわりに

本建物では、PCaPC 部材の特徴を生かし、ピン接合梁を設けるなどの工夫を施すことにより、柱断面 300 × 300 mm、梁断面 300 × 400 mm という最小断面部材を用いて、直射日光を遮りながら自然光を取り込むための環境テラスを実現させた。

最後に本建物の設計・施工を行うにあたり、多くのご指導とご協力をいただいた建築主および設計・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お礼申し上げます。

(※付写真 撮影：(株)山本理顕設計工場)

【2019年5月8日受付】