

PCaPC 円錐シェルによる公園施設の構造概要と施工

—天理駅前広場 ^{コフフン} CoFuFun—

大阪支店	PC 建築部	寺尾守弘
大阪支店	PC 建築部	坂梨嘉洋
大阪支店	PC 建築部	井手章太
ピー・エス・コンクリート (株)	兵庫工場	黒田大志

概要：本施設は、JR・近鉄天理駅の駅前広場の活性化を目的として、観光拠点となる総合案内所の他、カフェ、サイクリングショップ、遊具、野外ステージを備えた複合的な公共施設である。広場内に設置された構造物は、天理市内に多数現存している「古墳」をモチーフにしており、直径 26m の円形階段状の床版にプレキャスト・プレストレストコンクリート (PCaPC) が採用された。本稿では、その構造概要とプレキャスト (PCa) 部材製作、PCaPC 工事を中心に紹介する。

Key Words：PCaPC 造、円錐シェル構造、圧着接合、古墳

1. はじめに

天理駅前広場の整備にあたり、天理市はデザイナーの選定をプロポーザル方式によって行い、国際的に活躍する佐藤オオキ氏 (デザインオフィス nendo) に決定した。「古墳」をモチーフにした構造物の構築にあたり、当初は、鉄骨と木製の外装材によって構築される計画であったが、外装材のメンテナンスに対する課題が浮き彫りとなり、コンクリート系構造の可能性が検討された。本施設は、都市計画施設として扱われるため、「容易に撤去または移動が可能であること」という制約のため、主要構造部を「木造、鉄骨造、コンクリートブロック造その他これらに類する構造」とする必要がある、現場打ち鉄筋コンクリート (RC) 構造は不可能であった。そのため、その他に類する構造として PCaPC 造が採用された。

写真-1, 2 に PCaPC 造である古墳 A と古墳 C の完成写真を示す。



写真-1 ふわふわコフン (古墳 A)



写真-2 インフォ&ラウンジコフン (古墳 C)



寺尾守弘



坂梨嘉洋



井手章太



黒田大志

2. 建築概要

2.1 建築概要

工事名称 : 天理駅前広場空間整備工事
(南ゾーン)

発注者 : 天理市長

所在地 : 奈良県天理市川原城町 690

用途 : 休憩施設, 屋外観覧場

階数 : 地上 1 階

建築高さ : 4.20m (古墳 A)
6.85m (古墳 C)

建築面積 : 1,079.07m²

延床面積 : 724.53 m²

構造 : PCaPC 造 (一部 RC 造)

デザイン : 佐藤オオキ (nendo)

設計・監理 : (株) シードコンサルタント
(株) 安井建築設計事務所
(株) 北條建築構造研究所

施工 : 大和ハウス工業 (株)・(株) 岡徳建設 特定建設工事共同企業体

PC 施工 : (株) ピーエス三菱 大阪支店 PC 製作 : ピー・エス・コンクリート (株) 兵庫工場

工期 : 平成 28 年 4 月 19 日 ~ 平成 29 年 3 月 29 日



写真-3 全体写真

写真-3 に示すように、広場内には大きく 3 つの「古墳」をモチーフにした構造物が配置されている。古墳 A は上部中心部に、遊具として「ふわふわドーム」と呼ばれる膜構造のトランポリンが設置されている。また、古墳 A の逆円錐状に張り出した床の下はステージとして利用できるように計画されている。古墳 B は土間コンクリートにより構築されており、「蟻地獄遊具」が設置されている。古墳 C は観光拠点となる総合案内所やカフェ、サイクリングショップを備えている。建物の周囲にも多くの遊具が設置され、近隣住民の憩いの場となるように配慮されている。古墳の段差は、階段としての役割以外に、腰掛けるためのベンチ、ステージやカフェの屋根など複数の機能を持たせることで、場所ごとに規定された特定の役割に縛られることなく自由に利用できるように計画されている。

2.2 構造計画概要

2.2.1 古墳 A の構造概要

図-1 に古墳 A の構造概要図を示す。PCaPC 床版は直径 26.0m、ライズ 3.6m、版厚 240~540mm の逆円錐シェル構造である。一部に昇降用の開口 (約 1.7m×3.0m) を設ける。床版は PCa 部材の運搬を考慮して 1 ピースの部材幅が道路法で定める制限幅 2.5m を超えないように、放射状に 10 度毎の 36 分割である。床版は上下面ともに階段形状である。シェルの内部は高さ 2.0m まで軽量盛土により嵩上げを行い、この上に「ふわふわドーム」を設置する。各床版は、円周方向に通した PC ケーブルを緊張しプレストレスにより圧着接合する設計である。基礎形式はべた基礎であり、現場打ち RC 造の底板と円筒状の基礎梁で構成されている。PCa 床版と基礎の接合については、床版から接続筋を持ち出し、接合部に現場打ちコンクリートを打ち込むことで一体化する設計である。

2.2.2 古墳 C の構造概要

図-2 に古墳 C の構造概要図を示す。PCaPC 屋根床版は、直径 26.0m、ライズ 4.35m、版厚 340mm の円錐シェル構造である。屋根床版は PCa 部材の運搬を考慮して 1 ピースの部材幅が道路法で定める制限幅 2.5m を超えないように、放射状に 10 度毎の 36 分割である。屋根床版は、外縁部の円周上に均等な間隔で設けた

12本のPC柱で支持される。屋根床版は、上面は階段形状であるが、下面は天井材により隠れるため、フラットな形状である。各屋根床版は、円周方向に通したPCケーブルを緊張しプレストレスにより圧着接合する設計である。基礎形式は、独立フーチング基礎であり、現場打ちRC造のフーチングと円周状に配置された基礎梁により構成されている。屋根床版・PC柱・基礎梁の接合は、縫い付けるように配置されたPC鋼棒を緊張しプレストレスにより圧着接合する設計である。

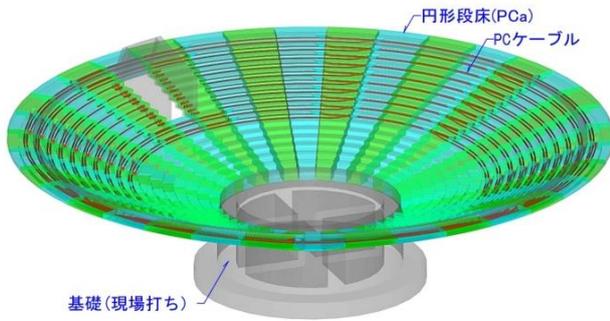


図-1 古墳 A の構造概要図

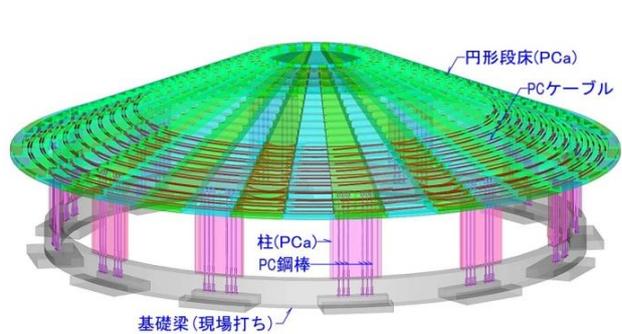


図-2 古墳 C の構造概要図

2.2.3 PC 構造における技術提案

PC 構造の留意事項として、当社より設計事務所に対し以下の技術提案を行い採用された。

古墳 A と古墳 C の床版において、PC ケーブルは摩擦による緊張力の低減を考慮して、1 周を 4 ケーブルに分割し、各ケーブルを両引き緊張とする。また、同一円周上の 4 ケーブルは、緊張ジャッキ 8 台による同時緊張とし、プレストレス導入時に不均一な面内応力がシェルに生じないように考慮する。さらに、PC ケーブルが外周部に偏って配置されているため、プレストレスの面内偏心が懸念された。そのため、先に PC ケーブルが配置されている中腹から外縁部の目地モルタルの打ち込みを行い、緊張が完了した後に中腹から中心部の目地を打ち込む施工順序とする。PC 定着部は、図-3 に示すように、床版の一部に欠き込みを設け、上面から PC ケーブルの通線と緊張ができる納まりとする。

古墳 C においては、円周方向に PC 柱が配置されており、屋根床版の PC ケーブル緊張時に柱が接合されていた場合、プレストレス力が柱に流れ、屋根床版に対するプレストレス導入が阻害されてしまう可能性があった。そのため、屋根床版の PC ケーブルの緊張が完了した後に PC 柱の PC 鋼棒を緊張し、床版と柱を圧着接合する施工順序とした。

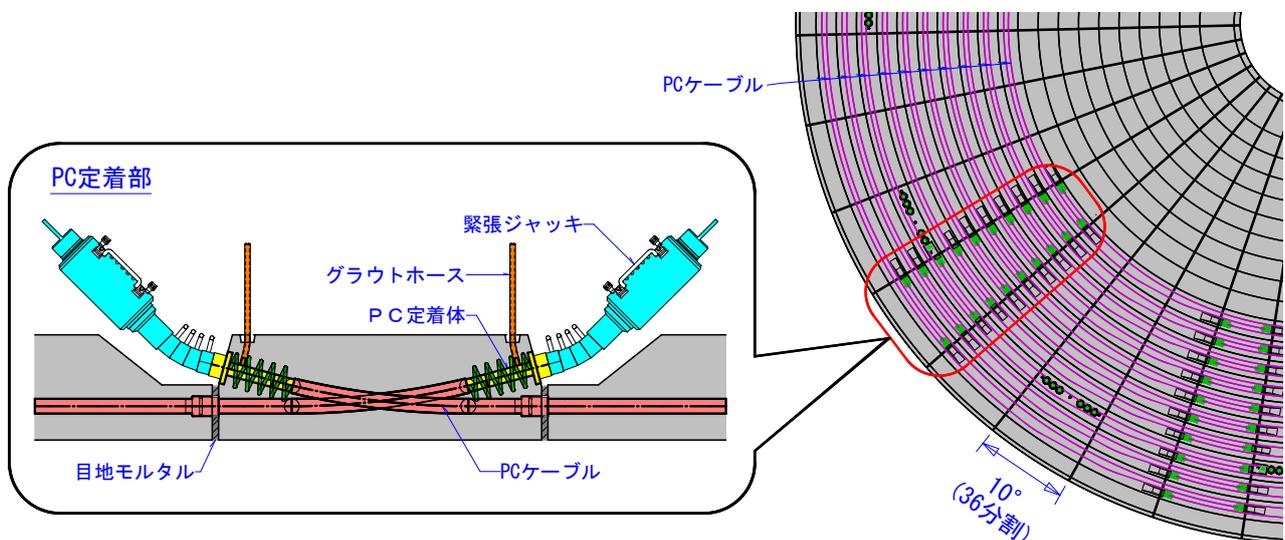


図-3 PC 定着部の納まり図

3. 工事概要

3.1 建築工事工程

3.1.1 全体工程

表-1に全体工程表を示す。1年間の工期の中で新築工事の他に、解体工事、設備電気迂回工事を含んでいる。JR・近鉄駅前の為、作業時間は通勤時間帯を避け8:30~17:00、早出残業不可、日曜祝日の作業不可であった。これらの制約の中で1年間の工期を実現するため、工期短縮を考える必要があった。解体工事、迂回工事を行いながら、基礎工事を始め、古墳A→古墳C→古墳Bの順で基礎工事をスタートした。上部躯体においては、PC柱があるため仕事量の多い古墳C→古墳A→古墳Bの順に施工を行う事で、仕事量の均一化を図り工期短縮を実現している。

表-1 全体工程表

日種	平成28年												平成29年			
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3				
準備工	■															
解体撤去工事	■	■	■													
基礎工事			■	■	■	■	■	■	■							
躯体・鉄骨工事					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
支保工								■	■	■						
PC部材製作	■				■	■	■	■	■							
PC工事		■	■		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
仕上げ工事										■	■	■	■	■	■	
外構工事													■	■	■	■
設備・電気工事									■	■	■	■	■	■	■	■
付属施設工事			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
別途店舗工事													■	■	■	■

3.1.2 PC工程

表-2にPC工程を示す。PCa部材製作においては、3.5カ月を要しており、内訳として、鋼製型枠製作(1.5ヶ月)、PCa部材製作(2.0ヶ月)であった。現場におけるPC工事は、1.5カ月であった。建て方の順序は、古墳C、古墳Aの順で進め、床版については、1日あたり5pずつの架設ペースであった。

本件の特徴として、PCa部材間の目地範囲が広く、型枠も複雑になることから、工程の中で目地工事の占める割合が大きくなっており、架設と同程度の日数を要した。PCケーブルの緊張作業は、それぞれ1日で完了した。

表-2 PC工程表

	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月
古墳A		鋼製型枠製作		床版製作(37p)		目地工事 PCケーブル入線(80c) 床版架設(37p)	PCグラウト 床版 PC緊張
古墳C	鋼製型枠製作		屋根版製作(36p)	柱製作(12p)	柱建方(12p)	目地工事 PCケーブル入線(80c) 屋根版架設(36p)	PCグラウト 屋根版 柱 PC緊張

3.2 PCa 部材製作

部材数は、古墳 A の床版(37p)、古墳 C の柱(12p)と床版(36p)である。古墳 A の床版は、開口部において部材が分割されているため古墳 C と比べて 1 ピース増となっている。鋼製型枠は、各 1 枠ずつ、計 3 枠を使用し、最大で 1 日あたり 3 部材の製作を行った。

鋼製型枠については、写真-4 に示すように、部材を 90 度に立てた状態で小口面からコンクリートの打ち込みができるように工夫した。これにより、上下面が型枠面となり、階段形状の部分を精度良く製作することが可能となった。鉄筋の組立てにおいては、段取り筋を多数配置することで鉄筋が自立するように工夫した。PC ケーブル用シースは、曲げ R の各々異なる専用代用パイプを通すことで、設計通りの曲率が確保できるように配慮した。コンクリートの打ち込みに関しては、幅が狭く、雁行していることや、打ち込み高さが高いことを考慮して、コンクリートの締固めを確実なものとするため型枠パイプレータを採用した。また、打ち込み面が傾いた状態となるため、勾配の下側から打ち込みを行い、コンクリートが流れ落ちないように、順次蓋を被せる計画とし、コンクリートの流動性が無くなった時点で蓋を取り外して金ゴテ仕上げを行った。写真-5 に PCa 部材の製作における各工程を示す。



写真-4 床版の鋼製型枠

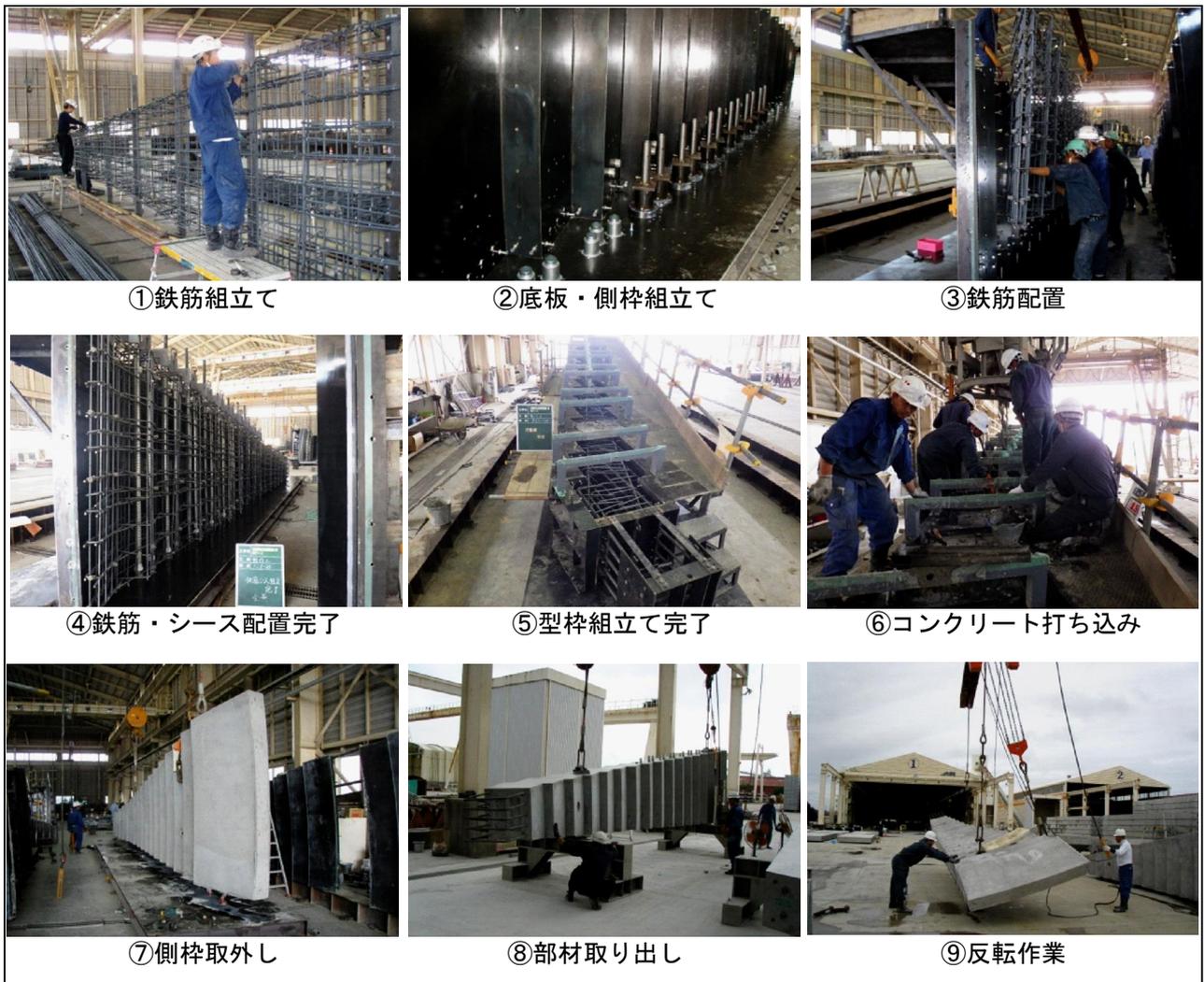


写真-5 PCa 部材の製作における各工程

3.3 モックアップ

円形 PCaPC 床版は、最終的な仕上がり状態として、部材の分割を意識させない一体的な構造物に見せたい、という意匠的にレベルの高い要求があり、部材間の目地ラインを消す仕上げが必要であった。そのため、一部を切り出した実物大のモックアップを用いて目地の施工方法から仕上材の選定、角の面取り形状の確認など多岐にわたる検討を行なった。

写真-6 にモックアップを示す。



写真-6 モックアップ

3.4 揚重機計画

現場の敷地は、地下に駐輪場が設置されており、揚重機の配置において大きな制約となった。図-4、図-5 に示すように、揚重機は地下駐輪場を避けて、古墳 A と古墳 C の間に配置し、1カ所から2つの古墳の架設ができるように計画した。揚重機は、1ピースあたり 15 トン～17 トンの PCa 部材を架設するため、写真-7 に示す 450 t オールテレーンクレーンを選定した。また、敷地の西側には JR 天理駅が隣接しており、揚重機のブーム長さをロックすることで万が一揚重機が転倒した場合にも、線路に倒れ込まないように計画した。

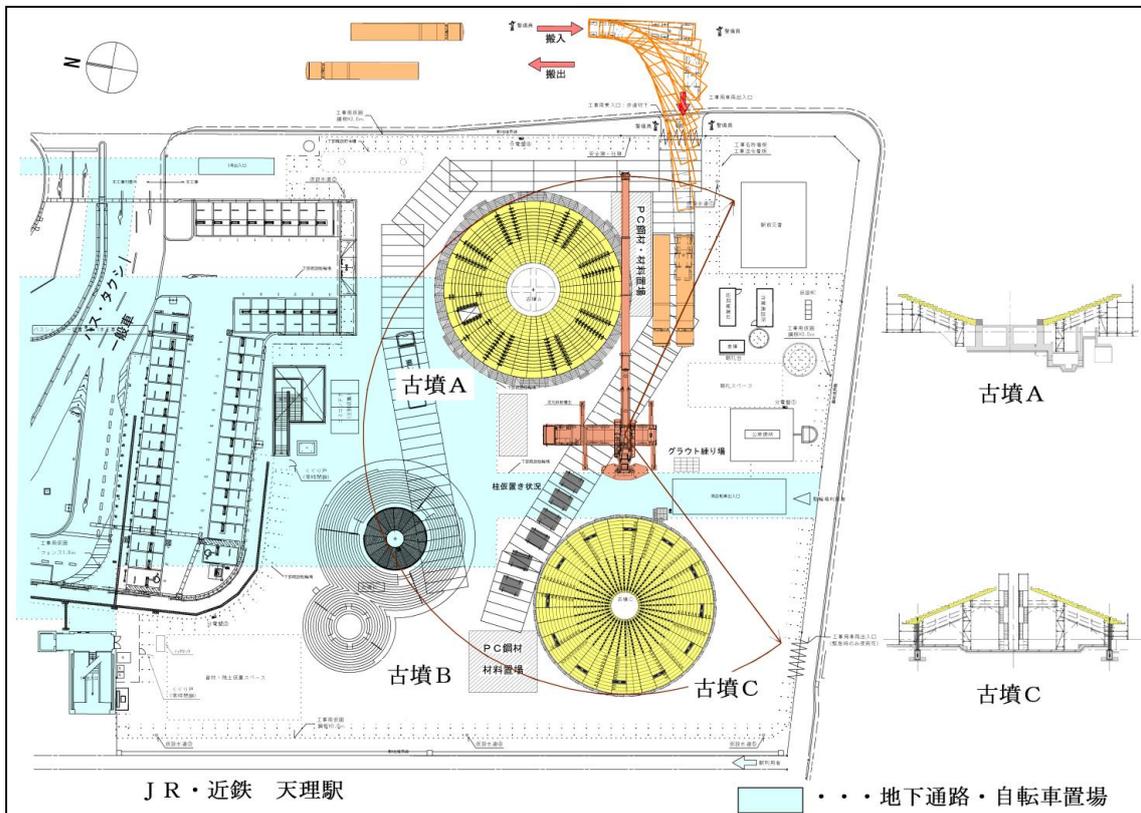


図-4 仮設計画面

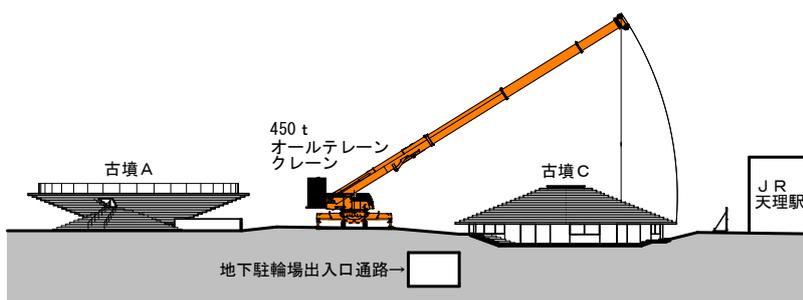


図-5 揚重機配置図



写真-7 450 t クレーン

3.5 施工

3.5.1 古墳 A の施工手順

- ①支保工の建方を行い、分割された床版を1ピース（約16トン）毎に揚重機を用いて、放射状に架設。
- ②PCケーブルの緊張を行う床版中腹から外縁部にかけてPCa部材間に目地モルタルを打ち込む。
- ③床版のシース管にPCケーブルを挿入し、目地モルタルの強度発現を確認した後に、緊張ジャッキにより円周方向に緊張を行い、床版を圧着接合する。
- ④床版中腹から中心部の残りの目地モルタルを打ち込む。
- ⑤床版のシース管にPCグラウトを充填する。
- ⑥床版中心部と基礎梁からそれぞれ持ち出しておいたアンカー鉄筋の交差する接合部にコンクリートを打ち込む。
- ⑦接合部のコンクリート強度発現を確認した後に、支保工のジャッキダウンおよび撤去を行う。
- ⑧防水工事の後、すり鉢内部に軽量盛土を施工する。

写真-8に古墳Aにおける各工程写真を示す。

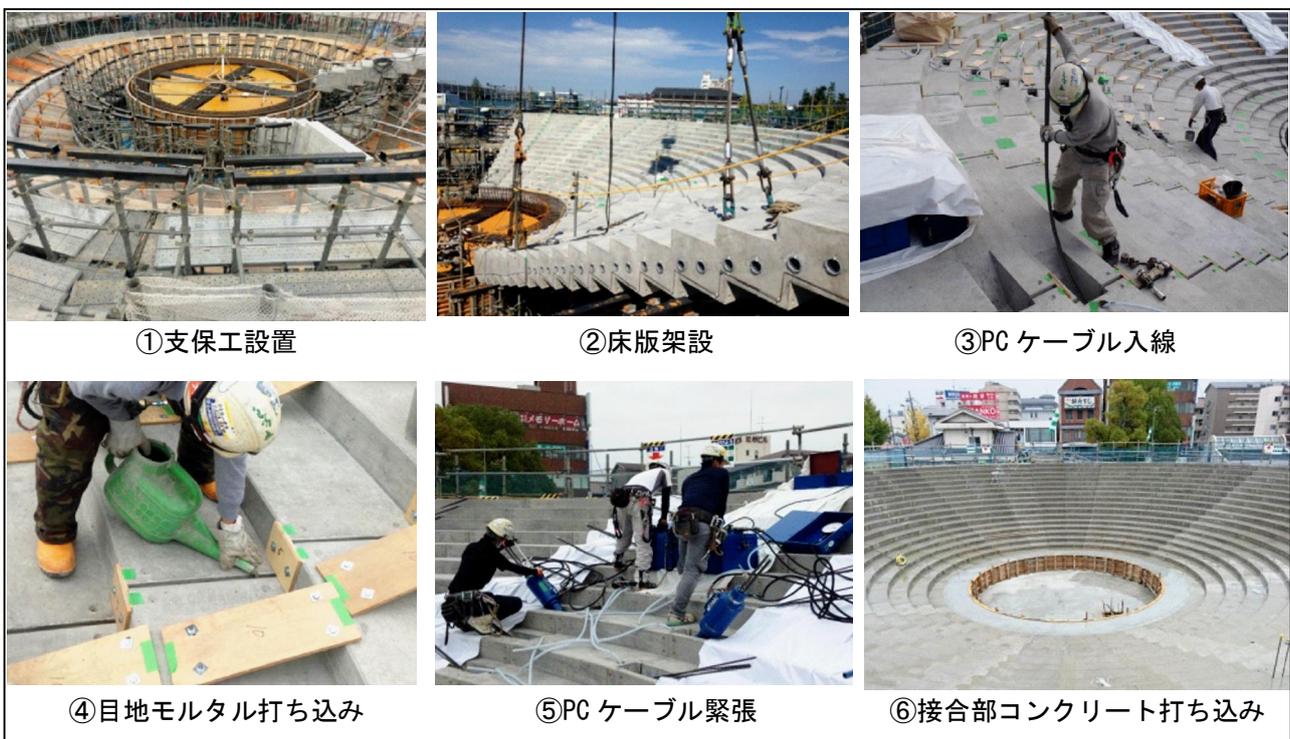


写真-8 古墳Aにおける各工程

3.5.2 古墳 C の施工手順

- ①基礎に柱用PC鋼棒のアンカーセットを行う。
- ②PC柱の建方を行い、サポートにより柱を支持する。
- ③支保工の建方を行い、分割された床版を1ピース（約17トン）毎に揚重機を用いて、放射状に架設。
- ④PCケーブルの緊張を行う床版の中腹から外縁部にかけてPCa部材間に目地モルタルを打ち込む。
- ⑤床版のシース管にPCケーブルを挿入し、目地モルタルの強度発現を確認した後に、緊張ジャッキにより円周方向に緊張を行い、床版を圧着接合する。
- ⑥床版の中腹から中心部にかけて残りの目地モルタルを打ち込む。
- ⑦PC柱の目地モルタルの打ち込みを行い、目地モルタルの強度発現を確認した後に、PC鋼棒を緊張ジャッキにより鉛直方向に緊張し、床版・柱・基礎梁を圧着接合する。
- ⑧床版・柱のシース管にPCグラウトを充填する。
- ⑨支保工のジャッキダウンおよび撤去を行う。

写真-9に古墳Cにおける各工程写真を示す。



写真-9 古墳Cにおける各工程

3.5.3 PCa 部材の架設

PCa 部材の架設は、各部材に支保工を設けた総足場工法にて行った。支保工の検討においては、古墳C床版を斜めに受けるため、(1)式を用いて角度に応じた水平荷重を考慮した。

$$\text{水平荷重 } H = \alpha (Po + C) \text{ -----(1)}$$

ただし、Po : PCa 部材自重, C : 作業荷重,

$$\alpha = \sin \theta \cdot \cos \theta (1 - \mu / \tan \theta),$$

θ : 水平に対する部材の角度,

$$\mu = 0.2$$

通常の床版では、梁を基準に架設を行うが、本件においては、基準となる部材が無く、床版中心部に写真-10に示す、円形のアングル材を設置して基準とした。なお、外周部は光波測量機を用いて精度管理を行った。



写真-10 基準アングル材の設置状況

3.5.4 PC 鋼材の緊張

床版には断面あたり 20 ケーブルの PC ケーブルが配置されており、各ケーブルの緊張順序を事前に検討した。最終的に図-6 に示すように、プレストレスによる面内偏心に配慮して、中頃の PC ケーブルから緊張を始め、1 ケーブル飛ばしで中心部に向かって緊張し、また中頃に戻って同じように外周部に向かって緊張を進める。これを残り半分の PC ケーブルに対しても行った。また、写真-11 に示すように、各 PC 定着体にナンバリングを行い、緊張順序を記入することで、入線時および緊張時に間違いが起きないように工夫した。

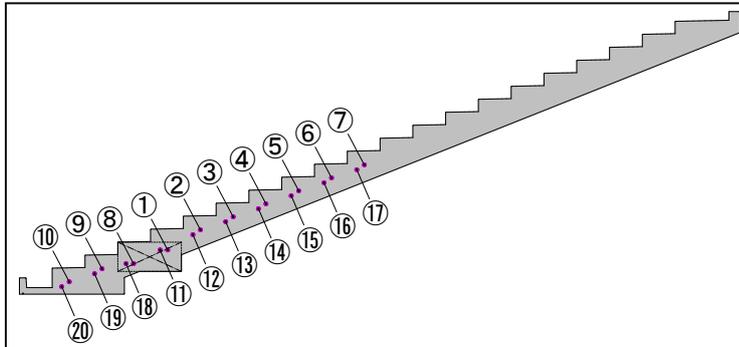


図-6 古墳 C 床版の PC ケーブル緊張順序



写真-11 PC 定着部のナンバリング状況

4. まとめ

本工事において、意匠性の高い特殊形状の PCaPC の製作・施工にあたり、納まりや施工方法など綿密な検討を行ったことで、無事に竣工を迎えられた。本施設が天理市民の憩いの場として大いに活用されることを期待する。

参考文献

- 1) 橋本ほか：PCaPC 円錐シェルの構造設計（その 1, 2），日本建築学会大会学術講演梗概集，2017 年 8 月
- 2) 天理駅前広場コフフン Web サイト [<http://cofufun.com/>]