

平城宮跡歴史公園平城宮跡展示館の設計・施工

中村 慎*1・森田 明*2・山口 祥*3

本建物は奈良県にある国営公園「平城宮跡歴史公園」に建設された展示場である。国営公園に設ける施設として、景観形成のうえでは、現代施設と復原施設の差別化を図りながらも、全体として調和の取れた落ち着いた空間を目指すことが求められた。建物は朱雀大路に面したガイダンス棟と大池に面した展示棟の2棟からなり、両棟とも復原施設（入母屋屋根）との差別化を図った軒の深い切妻屋根のデザインを特徴としている。構造は両棟ともに山形ラーメン架構の鉄筋コンクリート造とし、現場打ちのPC梁を採用することで、柱のないフレキシブルな展示空間を実現した。

本稿では、これらの計画の設計・施工上の配慮とその特徴について報告する。

キーワード：切妻屋根、山形ラーメン架構、PC梁

1. はじめに

本計画の建設地である平城宮跡歴史公園はわが国を代表する歴史・文化資産であり、特別史跡に指定され、世界遺産「古都奈良の文化財」の構成資産の一つになっている。平成20年10月には平城宮跡の一層の保存・活用を図る目的で国営公園としての整備を行うことも閣議決定され、同年12月には「国営飛鳥・平城宮跡歴史公園 平城宮跡区域基本計画」が策定された。同基本計画では、計画地がもつ各種の特性や資源などを踏まえ、公園内を4つの区域にゾーニングし、おのおのの整備計画を定めている。

本稿では、そのうちの拠点ゾーン・拠点施設エリア（図-1）の整備計画に含まれる平城宮跡展示館のPC梁を有するガイダンス棟、展示棟の設計・施工上の配慮とその特徴について報告する。

2. 建築計画概要

2.1 建築概要

本建物は平城宮跡歴史公園の南側に位置する拠点ゾーン・拠点施設エリアに設けられた展示場である。平城宮跡全体のガイダンスおよび公園の総合的な利用案内や管理運営の拠点となるガイダンス棟と平城宮跡の出土品や資料の



図-1 建設地（拠点ゾーン・拠点施設エリア）

展示を行う展示棟の2棟からなる。以下に建築概要を示し、図-2に建物外観を示す。

建築名称：平城宮跡展示館（平城宮いざない館）
 所在地：奈良市二条大路南三丁目215番7他
 敷地面積：20 050.00 m²
 建築面積：7 289.76 m²
 延床面積：6 755.59 m²
 用途：展示場



*1 Makoto NAKAMURA

(株)松田平田設計
構造設計部



*2 Akira MORITA

(株)松田平田設計
構造設計部



*3 Jyou YAMAGUCHI

オリエンタル白石(株)
大阪支店

階 数：2階
 最高高さ：9.64m
 構造種別：鉄筋コンクリート造（一部鉄骨造）
 屋 根：金属屋根嵌合式
 外 壁：土壁調装飾仕上塗材、一部縦格子
 （スチール形鋼）
 軒 裏：コンクリート打放しのうえ、フッ素樹脂塗装
 設 計：松田平田設計・オリエンタルコンサルタンツ
 設計共同体
 施 工：株式会社 奥村組（建築）

2.2 景観形成について

国営公園に設ける施設として、拠点ゾーン・拠点施設エリアの景観形成にあたっては、次の事項などへの配慮が求められた。

- ① 復原施設や遺構表示によって表された歴史資産を最大限に活用し、朱雀大路から朱雀門、第一次大極殿に至る宮の中心のシンボル軸として、往時の平城宮の様子が理解できる景観を形成すること。
- ② 公園施設の整備にあたり、主役である復原施設や遺構表示との違いが分かるよう配慮しつつ、全体として往時の情景をしのばせるような調和の取れた景観を形成すること。

これらの事項への具体的な対応として、本計画では次のような配慮を行った。

- ① 建物をシンボル軸に沿った南北軸配置とすること。
- ② 朱雀門・大垣や朱雀大路からの離隔距離を十分に確保し、復原施設および遺構表示を主役とした広がりのある空間形成を行うこと。
- ③ 建物の存在感を軽減する2屋根案(2)とすること(図-3)。
- ④ 復原施設(入母屋屋根)と差別化を図り、往時より一般

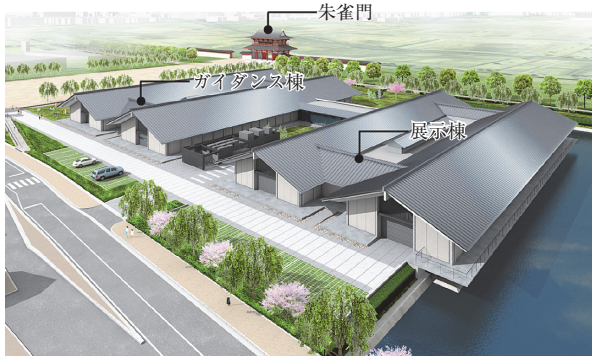


図 - 2 建物外観

1 屋根案	2 屋根案(1) (切妻屋根の間が短い)	2 屋根案(2) (切妻屋根の間が長い)
× 建物高さが高く、存在感がある。 ※高度地区規制で建物高さは10m以下が義務。	○ 建物高さが低い。 × 妻側壁面の存在感が大きい。 × 2屋根間が狭い。	○ 建物高さが低い。 ○ 妻側壁面の存在感が小さい。 ※陸屋根部分は壁面を後退。

図 - 3 屋根形状の比較

的な建物で用いられてきた切妻屋根を用いること(図-4)。

- ⑤ 真壁のデザインは踏襲しながらも、細いリブ柱による真壁のデザインとすることで、長大な壁面を分節化し、シャープなイメージを付加して復原施設との差別化を図ること。
- ⑥ 和を感じさせる土壁調素材を用いながらライトグレー調の色彩計画とし、復原施設の白壁をより引き立てる計画とすること。
- ⑦ 復原施設と差別化する現代の素材(往時の板葺き屋根をイメージした金属屋根や現代の素材であるガラス、金属性の連絡格子をイメージしたサッシ・ルーバーなど)も取り入れること。

以上のように計画の随所で、建物の存在感の低減、復原施設との調和または差別化についての配慮を行うことで、往時の平城宮の景観に配慮した計画となるよう努めた。

3. 構造計画概要

本計画ではとくに景観形成への配慮が重要な課題となったが、構造的にも遺構面に配慮した基礎計画や平時は重要な文化財を守り、有事は防災拠点として機能する耐震安全性の高い施設とする計画が求められた。この章では、それぞれの要求に対する構造の対応を述べる。

3.1 基礎計画の概要

建物の配置計画を図-5に示す。計画地は朱雀門のすぐ南側の遺構が残る公園緑地と大池を埋め立てた造成地エリアに位置している。本建物の基礎計画での主な課題は、遺構が残る公園緑地側については遺構に配慮した計画を行うこと、大池側については造成地での沈下対策であった。また、公園緑地、造成地とも、地下水位が浅く、液状化のおそれがあったことから、液状化に対する配慮も求められた。

これらの課題への対応として、本計画では次のような配慮を行った。

- ① ガイダンス棟は公園緑地側に配置し、ベタ基礎とする。ベタ基礎の下部には30cm以上の保護層(土の層)を設け、遺構面を保存するとともに、基礎底面の接地圧を7t/m²未満に抑え、遺構面への負担を軽減する。また、液状化層が薄いことから、ベタ基礎の上載圧による初期拘束圧を利用し、地盤の液状化抑制効果を高める。
- ② 展示棟は大池を埋め立てた造成地側に配置し、杭基礎とする。遺構面を回避した配置計画とすることで、杭基礎の採用を可能とし、造成地の沈下の影響を受けない基礎



図 - 4 立面イメージ

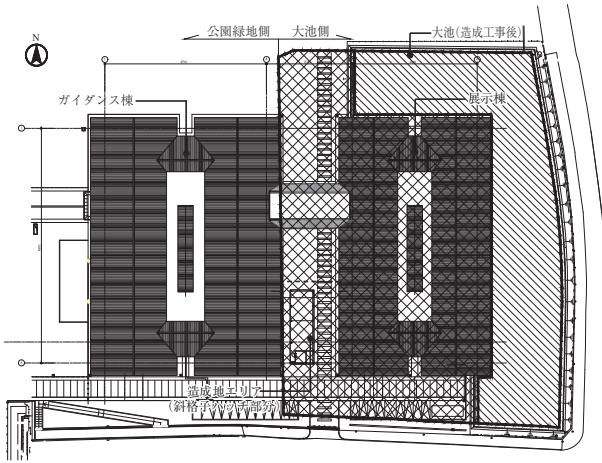


図 - 5 配置図

計画とする。また、杭基礎には高い支持力と曲げ耐力をもつ既成杭（鋼管杭）を採用し、杭径をできるかぎり小さくする。

- ③ ガイダンス棟と展示棟をつなぐ渡り廊下は展示棟と一体の杭基礎とする。ガイダンス棟との接続部にはエクспанションジョイントを設ける。異種基礎間での接続部を最小限とすることで、沈下量の違いの影響を受けにくい基礎計画とする。

以上のように敷地条件に合せた基礎計画とすることで遺構面の保存と沈下・液状化対策が確実に実施できるよう配慮した。

3.2 ガイダンス棟・展示棟の構造計画概要

代表伏図と軸組図を図 - 6, 7 に示す。平面形状は整形であり、建物の存在感を軽減する2つの切妻屋根と陸屋根を組み合わせた構成としている。建物外周部の軒の深いデザ

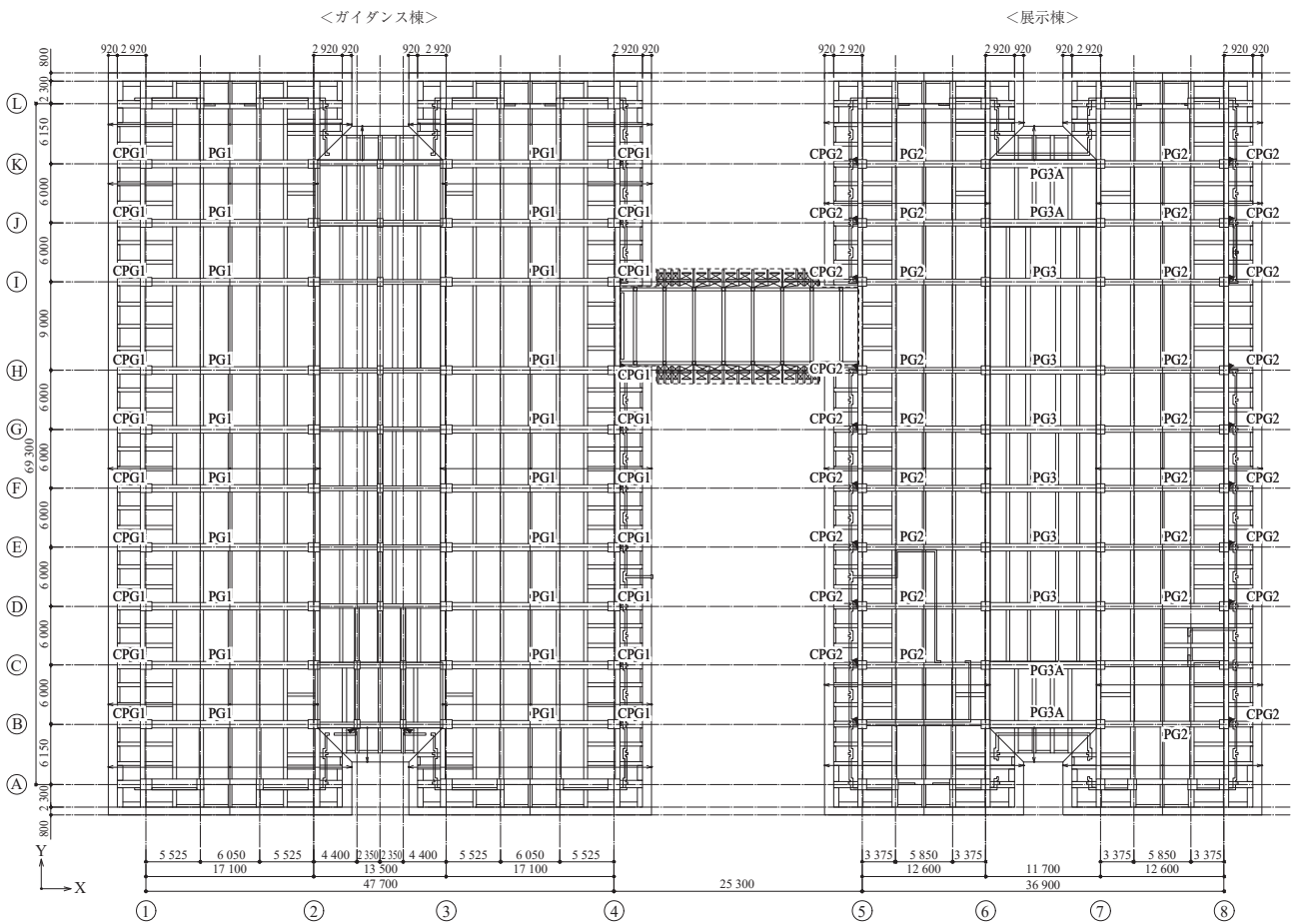


図 - 6 代表伏図

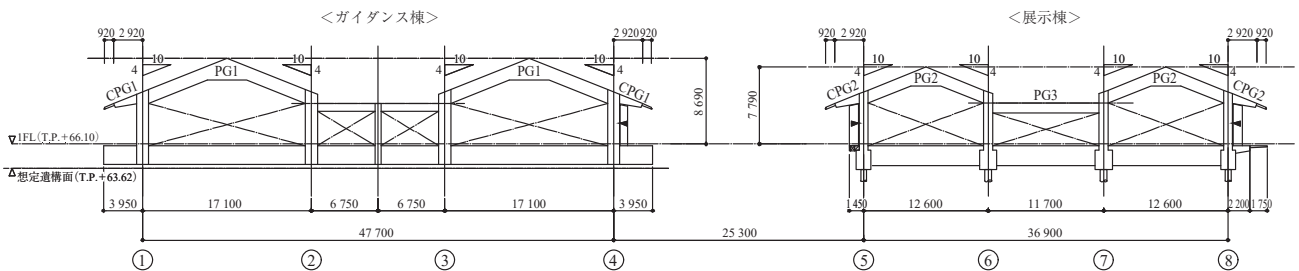


図 - 7 代表軸組図

インと陸屋根部の壁面を後退させた計画とすることも特徴である。これにより、妻側壁面の存在感がより小さくなるよう配慮している。

構造的には切妻屋根の部分は山形ラーメン架構、陸屋根の部分はフラットなラーメン架構で対応し、屋根形状に合わせた架構計画としている。

採用スパンはX方向で4.4mから17.1m、Y方向で6.0mから9.0mとしている。山形ラーメン架構の範囲に高い天井を必要とする展示室、フラットなラーメン架構の範囲に高い天井を必要としない展示室を配置する計画とし、それぞれ柱のないフレキシブルな展示空間とするためにPC梁を採用した。また、展示棟については、展示室以外のフラットなラーメン架構の部分にもPC梁を採用することで、柱と杭本数の削減を図っている。

架構形式はX方向を妻側壁面を利用した耐力壁付きラーメン構造、Y方向を純ラーメン構造としている。

Y方向の架構形式を純ラーメン構造とした理由は、柱・梁の断面寸法が主にX方向の設計により決定すること(PC梁と柱の取り付けおよび山形ラーメン架構から伝達する応力を負担するため)およびガイダンス棟の朱雀大路側(①通り側)の外装がカーテンウォールとなり、大池側(④通り側)の外壁のみフレーム内の壁とすると、偏心率が增大するおそれがあったことによる。

その上で大池側(④通り側)および展示棟(⑤・⑧通り側)の外壁には換気などに使用する開口(ガラリ)が必要になること、景観形成上できるだけ細くリブ柱を見せたいことも与条件となったため、外壁はまとめてフレームから外し、上部スリットを設けることとした。上部スリットを設けたフレーム外雑壁とすることで、開口(ガラリ)の追

加による柱の短柱化を避け、偏心率の悪化を防止し、リブ柱に屋根部の地震力が作用しない計画とし、意匠の求める細いリブ柱を実現した(図-8)。

構造計算はルート3を採用し、保有水平耐力の確認を行っている。耐震安全性の分類はⅡ類で、保有水平耐力が必要保有水平耐力の1.25倍以上となることを確認しており、平時は重要な文化財を守ることに、有事は防災拠点として機能する耐震安全性の高い施設とすることへの配慮を行っている。

3.3 軒の構造計画概要

外壁部分の代表的な意匠図を図-8に示す。ガイダンス棟、展示棟とも、復原建物(入母屋屋根)との差別化を図った軒の深い切妻屋根として計画している。軒先の出寸法は両棟とも3900mmにまで及ぶため、在来のRC造での対応を可能とするために2.0mピッチで片持ち梁を設けている。そのうえで軒の先端をできるだけ細く見せるため、片持ち梁は基端のせいを900mm、先端のせいを450mmとするハンチ梁とし、先端小梁を介して厚さ200mmの片持ちスラブに切替え、さらに片持ちスラブの先端に厚さ110mmのリブを設ける構成としている。

軒天はコンクリート打放しによるスラブとし、木目調の発砲ポリスチレン製の化粧型枠を採用することで、木の本来型枠よりもコストを抑える計画としている。また、軒天スラブと屋根スラブの間には、押出發砲ポリスチレンを打込むことで、重量の軽減と型枠の施工手間の軽減を図っている。

コンクリート打設後の軒天の状況を写真-1に示す。施工者の尽力の甲斐もあり、打継の目立たない板葺きを意識した軒天が実現した。

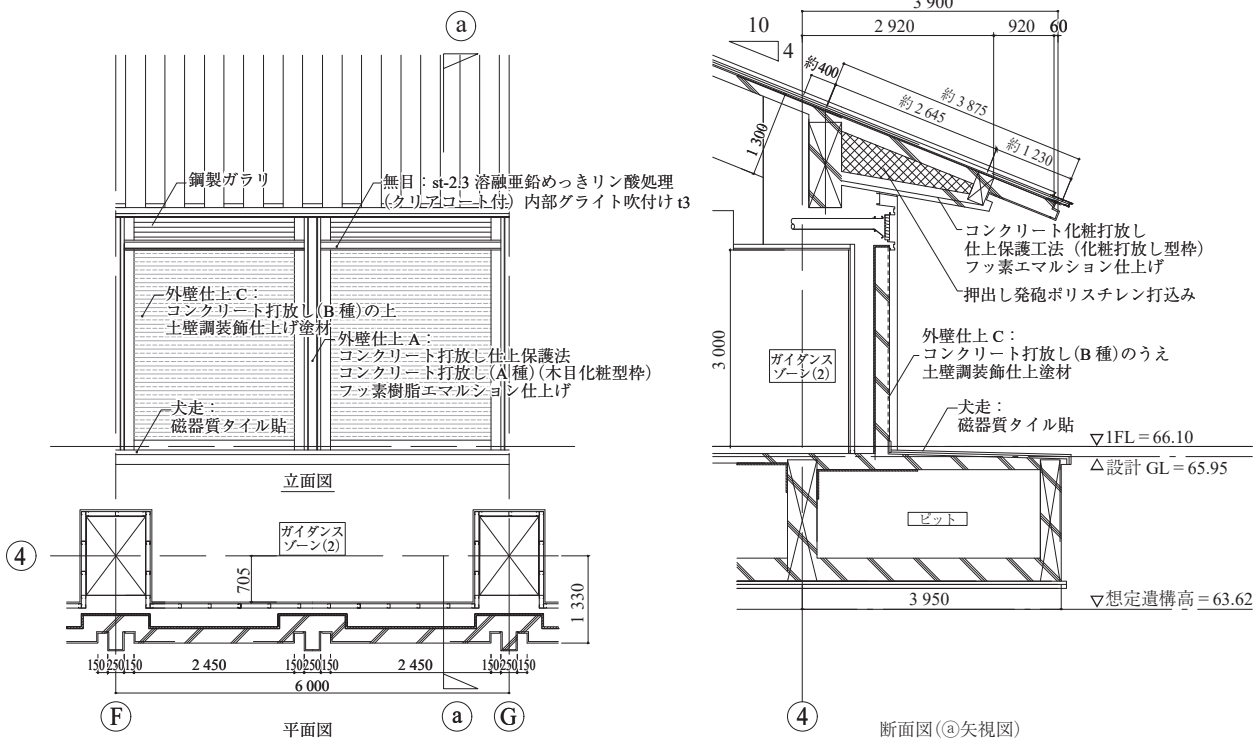


図-8 外壁部分の意匠図

4. 山形ラーメン架構の PC 梁の設計概要

本計画では柱のないフレキシブルな展示空間と、最大スパン 17.1 m の切妻屋根のデザインを実現するため、架構形式に山形ラーメンを採用した。また、構造種別の選定は鉄骨造や木造とすることも選択肢としてあげられるが、本計画では気密性や堅牢性を重視し、RC 造の山形梁にプレストレストコンクリート構造を採用した。

山形ラーメン架構ではスラストの処理が重要となる。山形梁のスラストは、6章で紹介する、たとえば水平抵抗部材として外ケーブル方式のようなタイバーを用いてスラストを小さく抑える方法を採用することで、合理的な処理が可能である。しかし、本計画のような最高高さの制限を受ける建物では、必要な天井高さの確保まで考えると、必ずしも理想的な配置でタイバーのような水平抵抗部材を設けられないことがある。そのような場合には、内ケーブル方式となる現場打ち PC 梁を利用して、スラストの低減を図る手法も有効となる。

本計画においては、ガイダンス棟の外柱で、スラストを



写真 - 1 軒天（コンクリート打設後）

含む柱の長期せん断力をプレストレス導入によって約 3 割キャンセルし、柱断面を抑える設計を行っている。また、山形ラーメン架構で現場打ち PC 梁を計画する際は、ケーブルの摩擦による損失を少なくするような配線とすることや、定着部の納まりにも注意する必要がある。一般に 4 寸勾配付近を境にさらに勾配がきつくなる場合は山形梁頂部からの緊張とし、勾配が緩い場合は勾配なりに配線し、柱からの片引き緊張としている場合が多い。

本計画では当初、山形ラーメン架構のスパンを 20 m 以下とし、現場打ち PC 梁の適正スパンの範囲内での計画とすることで、片引きでの PC 緊張とするよう検討を進めていた。しかし、片引きでの PC 緊張とすると、軒先にあと打ち部が生じ、化粧打放し部のコンクリートに色違いが生じるおそれがあった。そのため、設計の途中段階で梁の頂部から PC 緊張する計画としたが、それによってケーブルの摩擦による損失を少なくするような配線計画とすることが可能となり、結果的に梁頂部の断面せいの抑制も図れた。

梁断面は 750 mm × 1 300 mm（展示棟は 650 mm × 1 200 mm）を基本とし、PC 鋼より線は 12-12.7 mm を 2 ケーブルとしている。デッドアンカーは軒側を片持ち梁の中に納めることで柱の配筋を容易にし、合せて出の長い軒の長期的な変形の抑制に配慮した。また梁頂部の緊張端については、梁頂部に打増し部を設け、その中に納めることで、梁断面の部分的な欠損を避けることとした。

以下に PC 梁の主な設計方針を示し、図 - 9 に代表フレームの配線図、図 - 10 に部材断面リストを示す。

- ・ PC 梁の設計ルートはルート 3b とし、長期応力としてプレストレスによる不静定応力を考慮する。2 次設計における PC 梁の曲げ特性は曲げひび割れを考慮したトリリニア型復元力特性として保有耐力の確認を行う。
- ・ PC 梁は長期の曲げモーメントに対して、II 種 PC（パーシャルプレストレス）とし、断面縁応力度をコンクリー

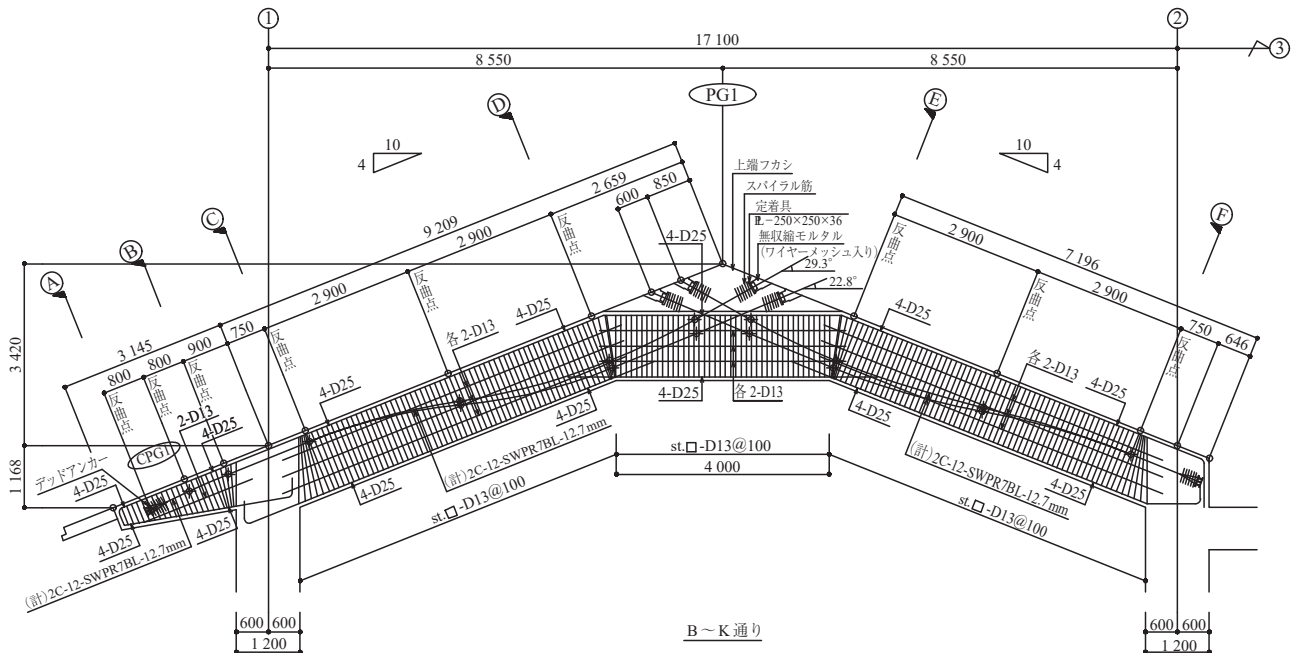


図 - 9 PC 配線図

PC 大梁 代表断面リスト

符号	CPG1		PG1				
	(A) 断面 (先端)	(B) 断面 (基端)	(C) 断面	(D) 断面	中央	(E) 断面	(F) 断面
位置	(A) 断面 (先端)	(B) 断面 (基端)	(C) 断面	(D) 断面	中央	(E) 断面	(F) 断面
断面							
	鋼材番号	鋼材番号	鋼材番号	鋼材番号	鋼材番号	鋼材番号	鋼材番号
PC 鋼材	2C-12-SWPR7BL-12.7mm		2C-12-SWPR7BL-12.7mm				
上端筋	4-D25	4-D25	4-D25	4-D25	4-D25	4-D25	4-D25
下端筋	4-D25	4-D25	4-D25	4-D25	4-D25	4-D25	4-D25
スターアップ	st. □-D13@100		st. □-D13@100				
腹筋	—	2-D13	6-D13				

図 - 10 部材断面リスト

トの許容引張応力度以下（曲げひび割れを許容しない設計）とする。

- 山形梁に連続する片持ち梁は出の長さが約 3.0 m と長い
ため、長期の曲げモーメントに対して I 種 PC（フルプレ
ストレス）とし、鉛直震度 1.0 G の検討において、安
全をみて長期応力の 2.5 倍に対して終局耐力を満足させ
る設計とする。

5. PC 梁の施工概要

本計画はガイダンス棟、展示棟とも、平面的なボリューム
が大きく、軸組は山形が連なった切妻屋根であるため、
図 - 11 に示すような工区分けを計画した。工区分けの計
画にあたっては意匠目地の位置を踏まえて検討した。また、
PC 梁はスラブ協力幅を考慮した T 型断面で設計している
ためスラブの打継ぎ位置はスパン中央とし、プレストレス

導入に支障がないよう計画した。PC 工事の工程表を図
- 12、施工フローを図 - 13 示す。

工種	年 月	2016												2017		
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3			
【ガイダンス棟】																
準備工事		■	■	■	■	■										
配線工事					■	■	■	■								
緊張工事						■	■	■	■							
グラウト工事									■							
【展示棟】																
準備工事								■	■	■	■	■	■	■		
配線工事												■	■	■		
緊張工事												■	■	■		
グラウト工事														■		

図 - 12 PC 工事工程表

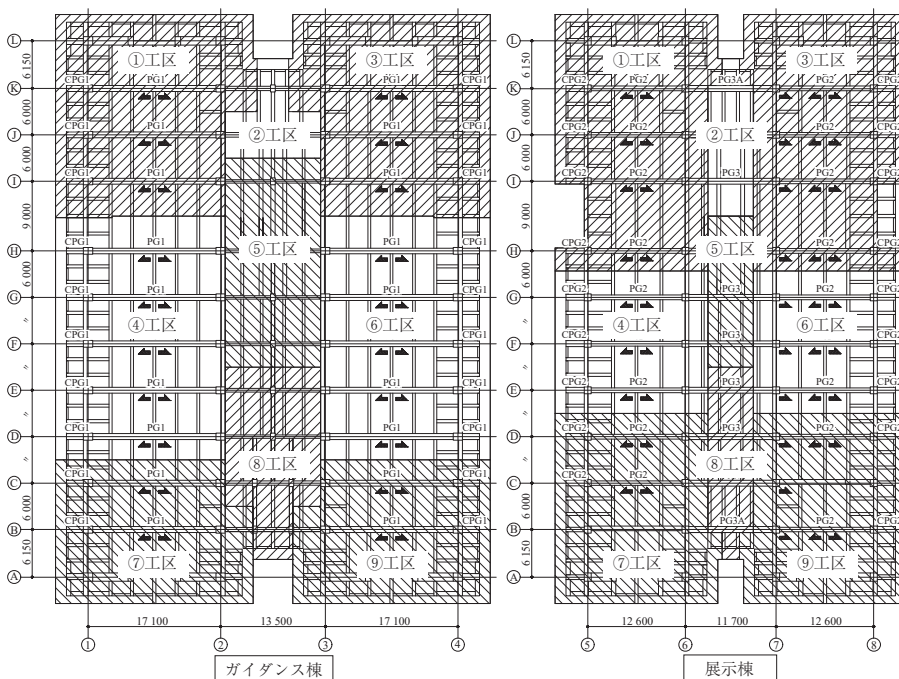


図 - 11 打設工区検討図

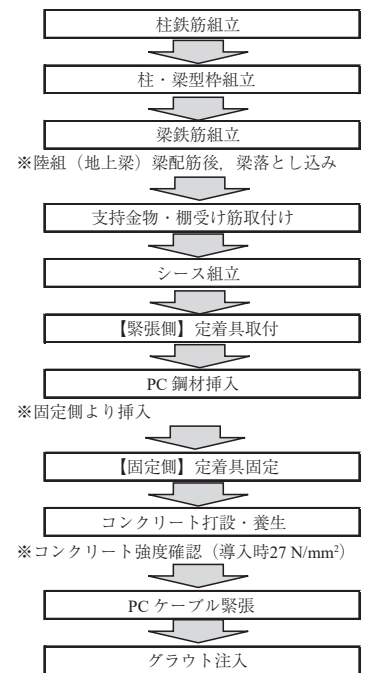


図 - 13 PC 工事施工フロー

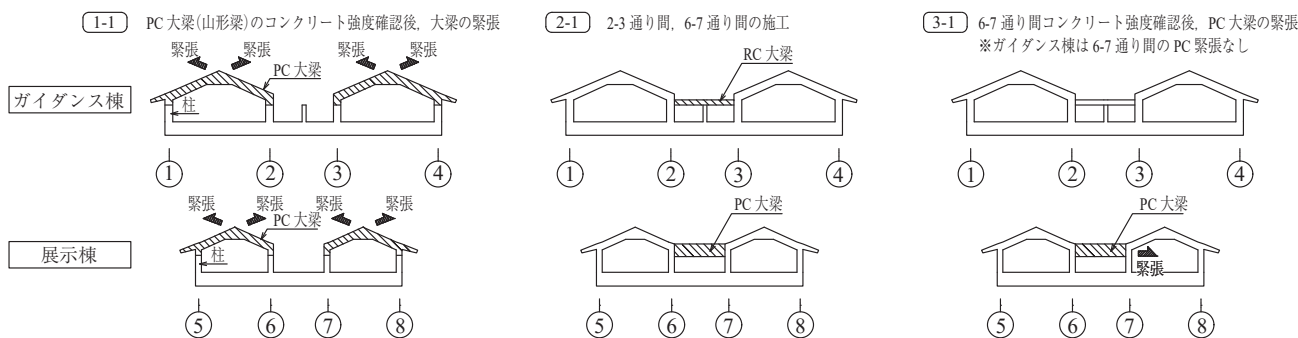


図 - 14 PC 梁緊張順序

5.1 PC 緊張工事

本計画は PC 梁を有する 2つの山形ラーメン架構をフラットなラーメン架構で繋ぐ計画としている。そのため、フラットなラーメン架構を PC 緊張前に打設すると、その部分で変形が拘束され、2つの山形ラーメン架構をつなぐ梁および床に想定外の軸力が作用するおそれがあった。その点を踏まえて本計画では、まず山形ラーメン架構のコンクリートを打設し、PC 緊張を行ったあとでフラットなラーメン架構のコンクリートを打設する計画とした (図 - 14)。

山形梁の緊張にあたっては、頂部の東西両側にある各 2 ケーブルずつの PC 鋼より線を各 1 ケーブルずつ段階的に同時緊張する計画とした (写真 - 2)。これにより緊張作業効率を落とさずにバランス良く躯体にプレストレスを導入することができ、想定外の躯体のひずみやひび割れを防止することで躯体品質の向上を図った。

5.2 PC グラウト工事

本建物の PC グラウト工事では、真空グラウト工法を採用した。これは真空ポンプ (写真 - 3) によりシース内を真空度 90% 以上まで減圧し、注入ポンプとの併用で圧入と吸引を同時に行うことでグラウト内の残留空気による空隙をきわめて小さくすることができる工法である。これによりグラウト注入後のシース内の真空度をモニタリングしながらシースの密閉性および途中での閉鎖の有無を確認することで、充填度の高いグラウト品質を確保している。

6. 山形ラーメン架構のスラストの処理について

この章では、同時期に設計・施工を行った「第一次大極殿院復原事業情報館」について述べる。架構形式は展示館同様、山形ラーメンであるが、地耐力が低いため遺構保護を目的としたこと、建物規模より耐火建築物とする必要がなかったことなどを踏まえ、構造種別は軽量な木質構造とし、外ケーブル方式となる張弦梁構造を採用した。以下に情報館の建築概要を示し、図 - 15 に代表軸組図、写真 - 4 に代表軸組部の施工写真を示す。

- 所在地：奈良市佐紀町 434 の一部
- 建築名称：第一次大極殿院復原事業情報館
- 敷地面積：12 627.96 m²
- 建築面積：555.52 m²
- 延床面積：430.56 m²
- 用途：展示場
- 階数：1 階



写真 - 2 山形ラーメン架構・頂部同時緊張の様子



写真 - 3 グラウト工事 真空ポンプ使用状況

- 最高高さ：5.64 m
- 構造種別：木造
- 屋根：金属屋根嵌合式
- 外壁：たて羽目板張り (本実じゃくり)
- 軒裏：構造用合板化粧突板張り
- 設計：松田平田設計
- 施工：株式会社 田原建設

ここでは、山形梁のスラスト処理についての両建物の考え方の違いを述べる。

プレストレスコンクリート造の内ケーブル方式は、外ケーブル方式に比べてコンクリートとケーブルの間の付着

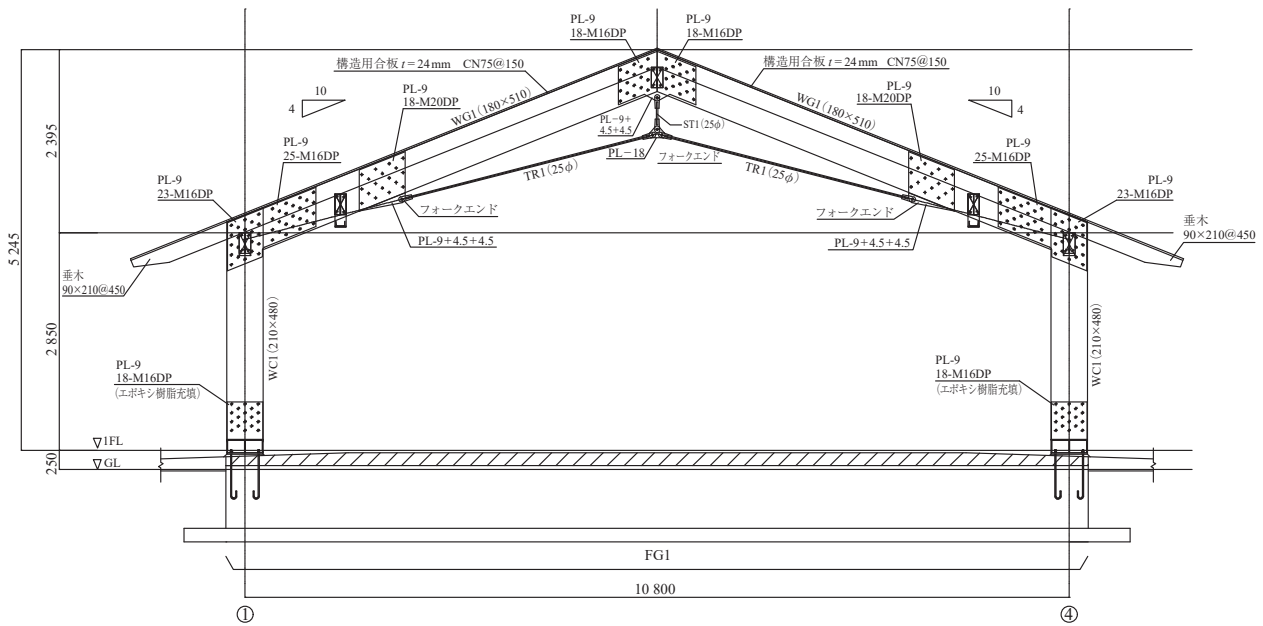


図 - 15 代表軸組図



写真 - 4 施工写真 (復原事業情報館・代表軸組部)

を利用し、曲げ終局耐力の向上が図れる設計手法である。

また、外ケーブル方式は、部材せいが同じ場合、荷重作用時において断面図心とPC鋼材位置の変化によって偏心距離が小さくなり、曲げ終局耐力が減少することが多い。しかし、躯体重量の軽量化、施工性の合理化、維持管理が容易となるなどの利点もある。両方式ともプレストレス導入と同時に部材断面にむくりが生じ、大スパン化が可能となる。

情報館では、張弦梁構造で張力を導入することにより、梁部材に常時荷重で発生する曲げモーメントと逆向きにモーメントを発生させ、梁部材の曲げモーメントを小さくすることが可能である外ケーブル方式を採用した。本構造では、弦材を配置することで風荷重などの偏荷重に対しても、有効な応力分布が得られ、構造全体の剛性を保持しながら、大スパン化を図ることが可能である。

本構造は自己釣り合い系の構造システムであるため、スラストが8～9割減となるように弦材にプレストレスを導入し、下部構造への応力負担の低減や基礎の軽減化を図った。また、天井を張らない構造部材を見せる計画であった

め、タイロッドを支点間に直線的に配置するのではなく、タイロッドの圧迫感を抑えるとともに、山形梁の曲げモーメントを抑えるテンション配置とした。

主架構の上弦材WG1(断面形:180mm×510mm)と柱WC1(210mm×480mm)は構造用集成材(E75-F240)、下弦材TR1(φ25)とSR1(φ25)はハイテンタイロッド(F値:440N/mm²)、また、水平抵抗材として、合板(t=24mm)を配置している。初期張力の導入は、張弦材TR1の柱側で行い、存在張力:To=42.5kN程度となるように張力導入を行った。

7. ま と め

本報では、2件の山形ラーメン架構の紹介を行った。山形ラーメン架構においては、スラストの処理が構造設計上の一つのポイントとなり、本計画における展示館および情報館の設計では、その点を踏まえた計画を行った。なお、展示館は平成30年3月、情報館は平成27年5月にそれぞれ開館を迎えている。

本計画を進めるにあたり、国営飛鳥歴史公園事務所ならびに国土交通省近畿地方整備局の調査職員の皆さまには多大なご指導をいただいた。また、本計画の施工にあたっては、建築工事を担当された株式会社奥村組をはじめ、そのほか多くの工事関係者にご尽力をいただいた。ここに記して心より謝意を表します。

参考文献

- 1) 国土交通省近畿地方整備局:国営飛鳥・平城宮跡歴史公園平城宮跡区域基本計画, 2008.12
- 2) 国土交通省近畿地方整備局国営飛鳥歴史公園事務所:国営平城宮跡歴史公園景観整備方針, 2014.9
- 3) 国土交通省近畿地方整備局国営飛鳥歴史公園事務所, 奈良県土木マネジメント部まちづくり推進局平城宮跡事業推進室:平城宮跡歴史公園拠点ゾーン整備計画, 2013.12

【2018年4月27日受付】