

# プレキャスト工法を活用した大規模スタジアムの施工

## —市立吹田サッカースタジアム—

大阪支店	PC 建築部 (九州支店駐在)	屋田研郎
大阪支店	PC 建築部	坂梨嘉洋
大阪支店	PC 建築部	成田裕史
大阪支店	PC 建築部	井手章太

**概要：**本施設は大阪府吹田市に建設された収容人数 40,000 人の西日本最大のサッカー専用スタジアムである。ガンバ大阪の新ホームグラウンドとなる本スタジアムはサポーターや企業の寄付金のみで建設された日本で初めてのスタジアムである。建物規模は地上 6 階建て、延床面積 66,300m<sup>2</sup>のスタジアムで国際サッカー連盟 (FIFA) 主催のワールドカップの開催基準を満足した仕様である。本稿では、その構造概要とプレキャストプレストレストコンクリート (PCaPC) 工事を中心に紹介する。

**Key Words：**PCa 工法, 短工期, 大空間, 分割大梁, スタジアム

(C)Yahoo Japan,(C)Geoscience,NTT DATA,RESTEC/Included(C)MAXA,(C)NASAA,(C)OPeNBook

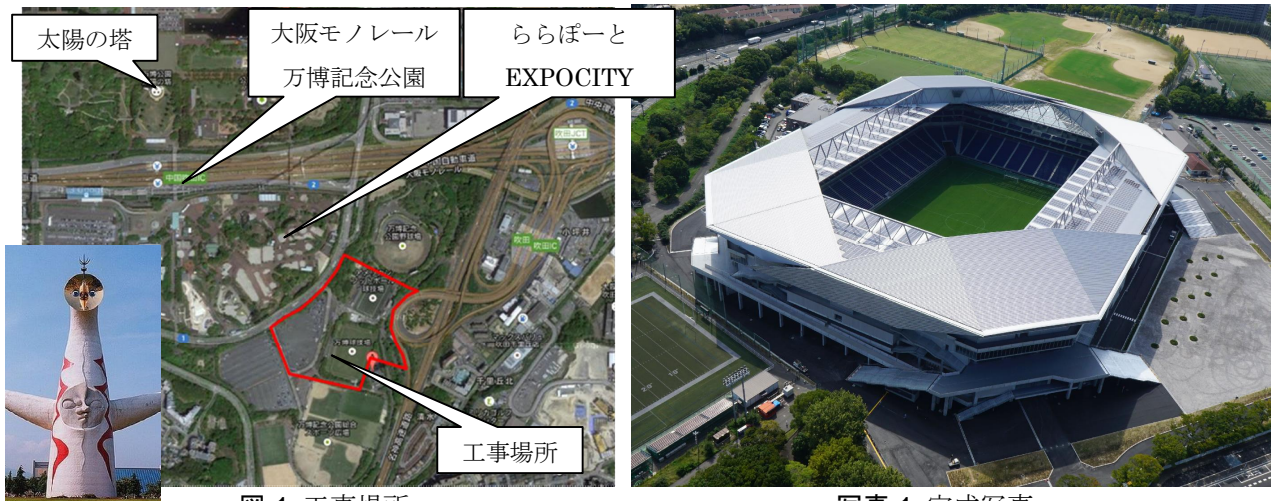


図-1 工事場所

写真-1 完成写真

### 1. はじめに

大規模スタジアムの建設において、躯体工事の大部分を占めるスタンド部分の生産性・施工性の向上は全体工期を大きく左右する要因であり、その解決策として本スタジアムではプレキャスト (PCa) 工法が多数採用された。建設不況に伴う建設作業員の減少や高齢化による工期の遅延が本工事でも問題視されていたが、PCa 工法を活用する事で全体工期 22 ヶ月の短工期を実現する事ができた。

また、本施設はサポーターや企業の寄付金のみで建設され、募金活動は 2012 年 3 月から始まったが、当初は募金が集まらず、2013 年 12 月の起工式時点では 113 億円と目標額の 140 億円に届かない状況であった。設備の縮小が検討される中で工事が進められたが、ガンバ大阪の活躍により募金が集まったことに加え、申請していた助成金が決定し最終的には 140.8 億円が集まり、予定していたフルスペックでの建設となった。



屋田研郎



坂梨嘉洋



成田裕史



井手章太

## 2. 建築概要

建築概要を以下に示す。

工事名称	: 市立吹田サッカースタジアム	施工	: 株式会社 竹中工務店
発注者名	: 吹田スタジアム建設募金団体	PC施工	: 株式会社 ピーエス三菱 大阪支店
所在地	: 大阪府吹田市千里万博公園 23-1	PC製作	: ピー・エス・コンクリート株式会社
用途	: サッカースタジアム		兵庫工場・水島工場・滋賀工場
階数	: 地上6階		株式会社 ピーエス三菱
建築高さ	: 40.33 m		久留米工場
建築面積	: 24,650.91 m <sup>2</sup>		キョクトウ高宮 株式会社
延床面積	: 66,355.02 m <sup>2</sup>		松坂興産 株式会社
構造	: RC造 (一部PCaPC造)		ツルガスパンクリート株式会社
設計	: 株式会社 竹中工務店	工期	: 2013年12月～2015年9月
監理	: 株式会社 竹中工務店	PC工期	: 2014年 5月～2015年6月

## 3. 構造概要

本施設は長辺方向 210m、短辺方向 160m であり、メインフレームは 8.6m×10.75m のグリッドで形成されている。スタンドの主要構造は多人数での群集歩行や振動防止を考慮した鉄筋コンクリート (RC) 造であり、断面の縮小化やひび割れ対策としてプレストレストコンクリート (PC) 造梁が採用されている。柱は現場打ちであるが、スパン梁・桁梁は PCa である。

架構形式は純ラーメン構造で、鉄骨屋根は免震装置を介してスタンド架構に支持されている。図-2 にグリッドイメージを示す。また、段床版を支持する段梁も PCa であるが、比較的スパンの短い3階の段梁は PCaRC 造、スパンの長い6階の段梁は PCaPC 造として計画された。図-3 に軸組図を図-4 に伏図を示す。

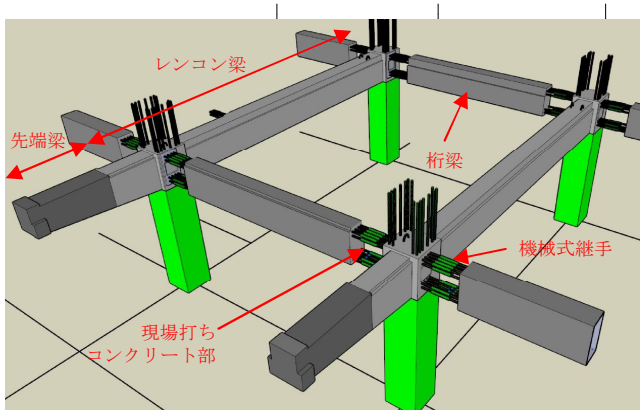


図-2 グリッドイメージ図

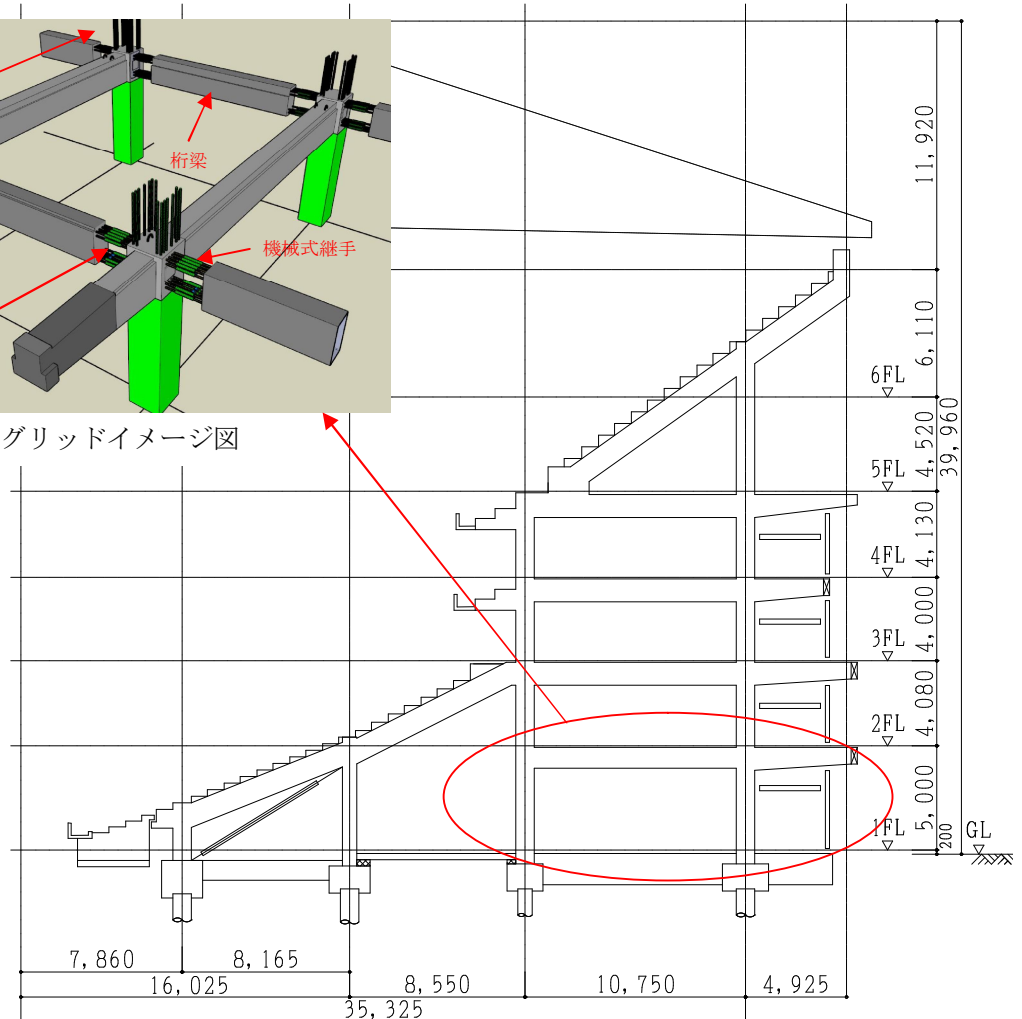


図-3 軸組図

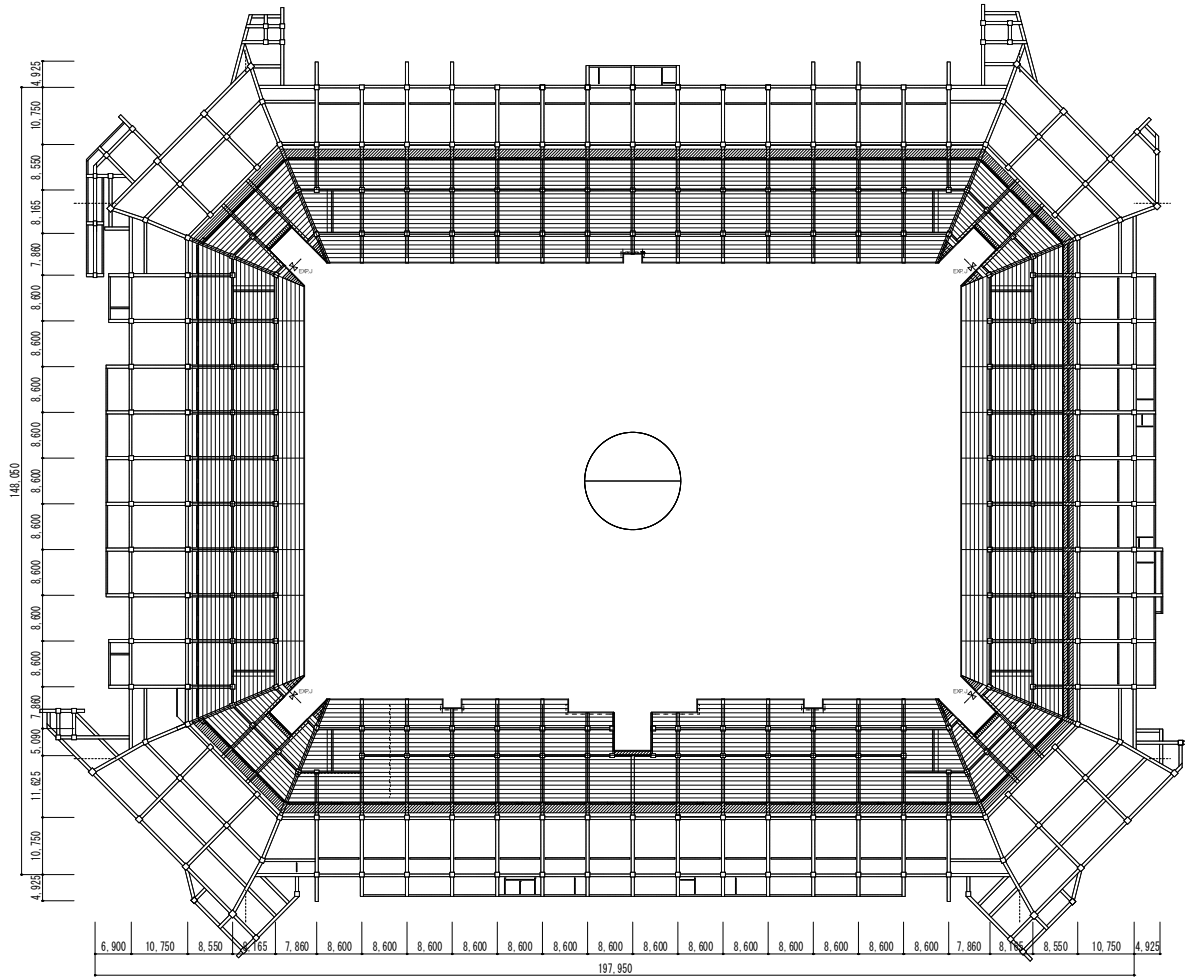


図-4 伏図

#### 4. 工事工程およびコスト比較

表-1 に日本全国にある 40,000 人以上収容可能なスタジアムの工事工程およびコスト比較を示す。表中の右にある数値はコストと工期を収容人数で割った値である。時代背景やスタジアムの構造、グレード等それぞれ異なるため単純に比較することはできないが、本スタジアムはこの中で最安値、短工期である。

表-1 スタジアムの工事工程およびコスト比較

工期	1年	2年	3年	4年	5年	
白鹿スタジアム	45ヶ月(1994年1月~1997年10月)					64.3席/日
観客数	603億円					83.4万円/席
増大スタジアム2002	41ヶ月(1988年3月~2001年7月)					62.1席/日
観客数	356億円					55.9万円/席
味の素スタジアム	29ヶ月(1998年6月~2000年10月)					68.9席/日
観客数	307億円					61.4万円/席
ヤンマースタジアム長崎	45ヶ月(改修)(1992年9月~1996年5月)					42.5席/日
観客数	401億円(改修)					83.9万円/席
東京ドーム	35ヶ月(1985年5月~1988年3月)					52.6席/日
観客数	350億円					76.1万円/席
豊田スタジアム	31ヶ月(1998年12月~2001年6月)					58.1席/日
観客数	340億円					75.6万円/席
デンカビッグスワンスタジアム	41ヶ月(1997年11月~2001年3月)					41.3席/日
観客数	300億円					70.9万円/席
札幌ドーム	36ヶ月(1998年6月~2001年5月)					46.1席/日
観客数	422億円					101.7万円/席
カシマスタジアム	32ヶ月(改修工事)(1998年10月~2001年5月)					50.9席/日
観客数	193億円(改修)					47.4万円/席
ナゴヤドーム	32ヶ月(1994年8月~1997年3月)					50.6席/日
観客数	405億円					100.0万円/席
市立秋田スタジアム	22ヶ月(2013年12月~2015年9月)					72.7席/日
観客数	140億円					35.0万円/席
大分銀行ドーム(ビッグアイ)	36ヶ月(1998年4月~2001年3月)					44.4席/日
観客数	251億円					62.8万円/席
新潟立野球場	36ヶ月(2016年12月~2019年11月)					75.6席/日
観客数	1.490億円					219.1万円/席

## 5. PCaPC 工事概要

### 5.1 スタンド部分のPCa化

PCa化する範囲はコストおよび工期において最適となるよう打ち合わせを行い、梁はPCa、柱は現場打ちとする方針を立て、工場の生産能力や必要な型枠数などに応じて、工場PCa部材とサイトPCa部材の仕分けを行った。当社の担当箇所は、2~5階レンコン梁・先端梁・6階段梁・段床版であり、PCa梁部材製作はピー・エス・コンクリート（株）兵庫工場ですべて製作した。製作期間は2014年5月初旬より2015年1月初旬までの約7ヶ月であった。図-5に製作範囲を表-2にスパン梁数量、表-3にスパン梁製作工程を示す。

2階から5階のコンコース部分は、柱スパンが10.75mで外部側の跳ね出し長さは、一般部で4.05m、最大部で4.925mである。レンコン梁は接合部一体型のPCa部材を製作したのち、工場にてポストテンション方式により一次緊張工事を実施した。

6階段梁は工期短縮と高所での施工性を考えてPCa化した部材を地上で圧着接合し一体化する設計であった。施工にあたっては、現場内の地組ヤードで、先行して圧着接合を行い600tonクラスの超大型揚重機を利用して一体化した長さ20m弱の部材を配置した。一般部の一体化後重量は約45ton、部材断面の大きいコーナー部(22.5°方向)は、最大で85tonであった。

表-2 スパン梁数量

	強度(N/mm <sup>2</sup> )	数量(p)	総重量(ton)
6階段梁	$F_c=60$	148	2,808
PCレンコン梁	$F_c=45$ (一部 $F_c=60$ )	99	2,554
RCLレンコン梁	$F_c=45$ (一部 $F_c=60$ )	70	1,628
先端梁	$F_c=45$ (一部 $F_c=60$ )	109	292
合計		426	7,282

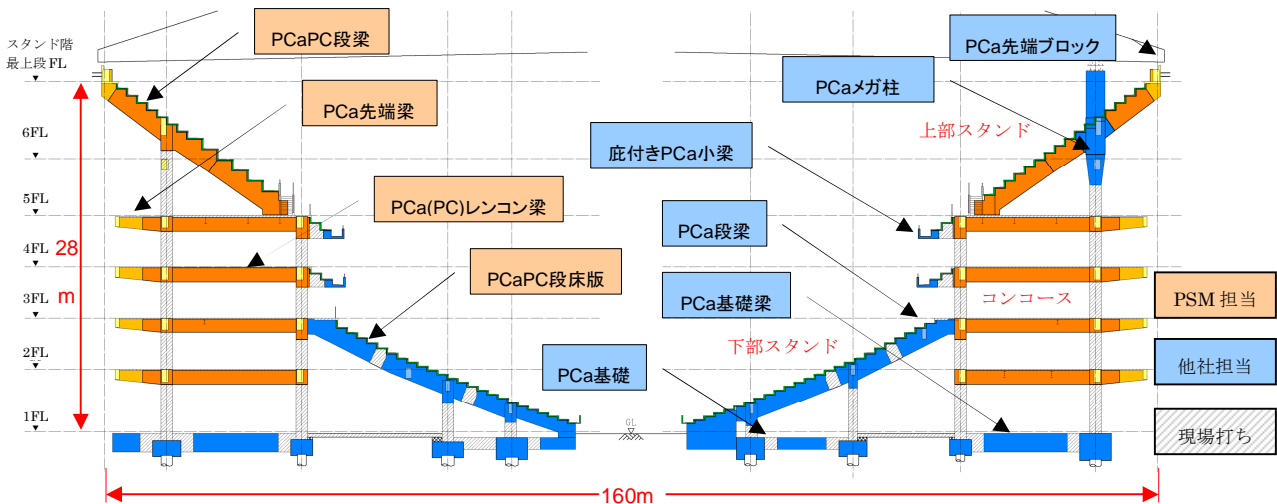


図-5 製作範囲

表-3 スパン梁製作工程

	2014.6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	2015.1月
6階段梁						140p		
5階PCレンコン梁					18p			
5階RCLレンコン梁					22p			
4階PCレンコン梁				20p				
4階RCLレンコン梁				20p				
3階PCレンコン梁		36p						
3階RCLレンコン梁		14p						
2階PCレンコン梁	25p							
2階RCLレンコン梁	13p							
先端梁		109p						

コンコース部における1グリッドの施工順序は、現場打ち柱を打設したのち現場内で先端梁を一体化させたレンコン梁を架設.桁梁の架設,先端小梁の架設の後,接続部のコンクリートおよびスラブの打設を行い1グリッドの架構が形成される.コンコース部施工状況を写真-2~5に示す.



写真-2 先端梁一体化状況



写真-3 レンコン梁架設状況



写真-4 桁梁架設状況



写真-5 コンコース部架設完了

上部スタンドは $35^\circ$ の勾配があり,外部側への跳ね出し長さは,一般部で4.925m,コーナー部では7.480mである.さらに一般部では「覆い壁」と称している外壁の荷重を負担しており,コーナー部の $22.5^\circ$ 方向の梁においては,屋根トラスの荷重を跳ね出しの先端で受けており,応力条件は非常に厳しいものである.一般部の断面寸法は $600 \times 1250\text{mm}$ ,コーナー部の断面寸法は最大部で $800 \times 2200\text{mm}$ である.図-6にコーナー梁一体化図を示す.

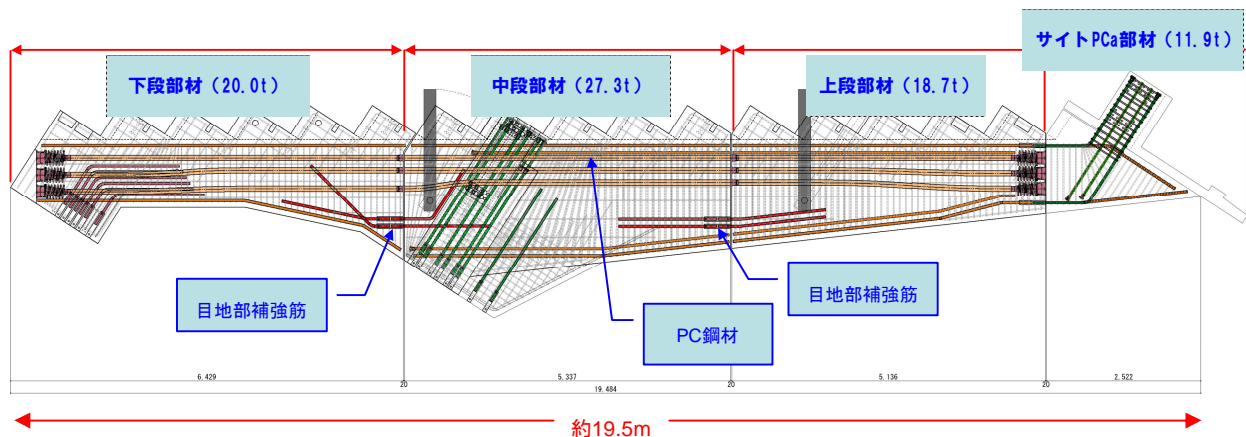


図-6 コーナー梁一体化図

### 5.2 PC 段床版

PC 段床版は、全部材を PCa として、プレテンション方式によりプレストレスを導入している。

部材形状は、剛性の向上と部材数削減を目的として、1枚の版に2つの段を設けた2段床(標準スパン 8.6m)である。図-7に標準断面を示す。部材数は1537pであり4つの工場で分担して製作を行なった。

版の固定方法は、図-8に示すように、版下部に埋め込んだ金物(各版4カ所)に固定用ボルトを取付け、無収縮モルタルを充填したスリーブに落とし込むことで受け梁に固定される。

PC 段床版においては、隣り合う版の間に目地ができるため漏水対策が重要である。図-9に示すように、目地部にはシーリング材を充填するが、雨掛かりとなる鉛直目地の直下にはシールが切れることを前提に排水溝を設け、版下に突出する形の水返しを設けている。更に、下階が部屋内となる箇所には、版下と受け梁の隙間にガスケットを設置し、止水性を向上させている。

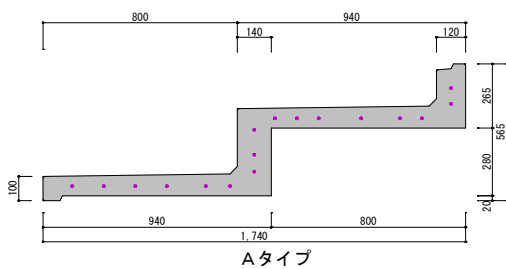


図-7 PC 段床版の標準断面

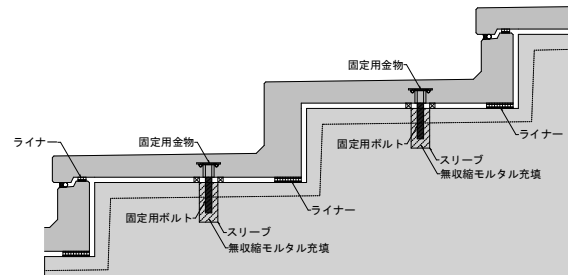


図-8 PC 段床版の固定方法

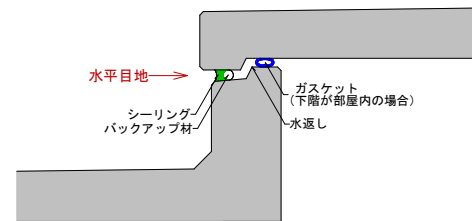
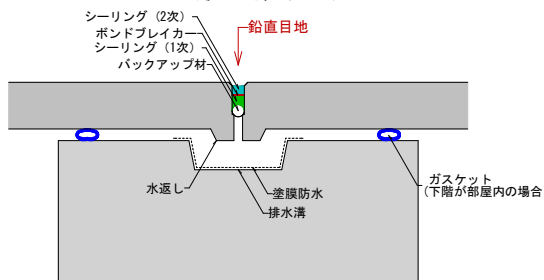


図-9 目地の漏水対策

### 5.3 PCaPC 段梁の施工

PCaPC 段梁の本数は、メイン、アウェイ、バックスタンド(以下標準タイプ) 36本、コーナースタンド16本、ホームスタンド10本の合計62本であった。

図-10に平面図、図-11に各スタンドの軸組図を示す。標準タイプおよびコーナースタンドは、現場内の緊張ヤードに圧着接合用の架台をそれぞれ6台と8台設置し、その架台上で2P~3Pに分割したPCaPC 段梁部材を圧着接合し架設する計画であった。ホームスタンドは図-11に示すように段梁下段がスラブと一体化するため、前述のような圧着接合しての架設をすることは困難であり、上段と下段の2Pに分けて架設し、架設後に緊張作業を行う計画であった。

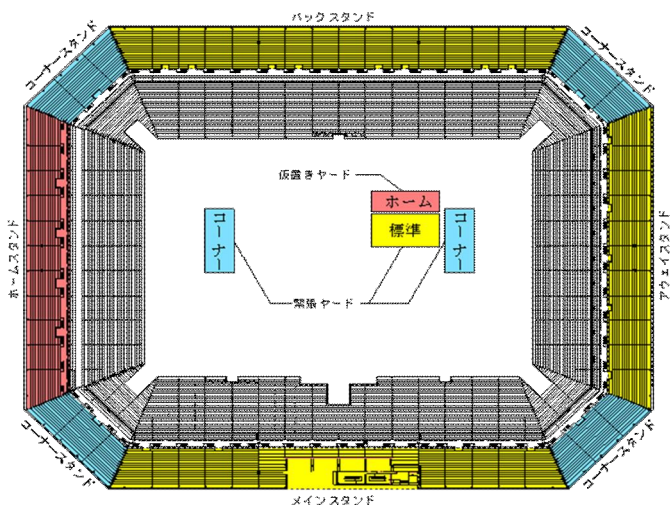


図-10 平面図

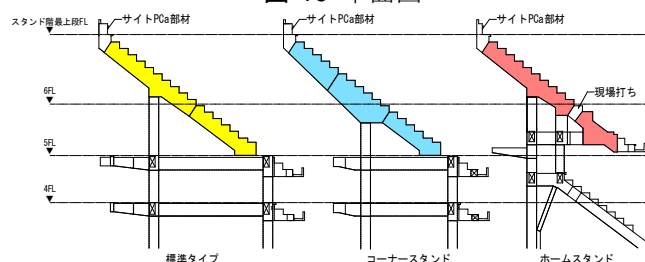


図-11 各スタンド軸組み図

図-12に作業フローを示し、表-4に架台毎の工事工程を示す。当社の施工範囲は主に緊張作業であり、一部目地モルタル打設およびサイトPCa部材の取付を行った。

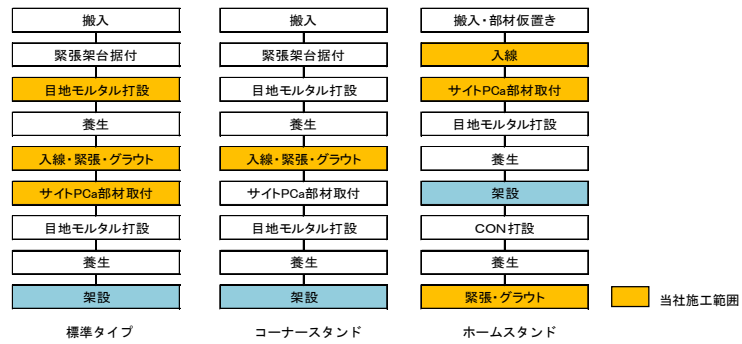


図-12 作業フロー

表-4 PC 工事工程表

架台	11月																														12月																														1月																														2月																													
	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3																																																																
標準																																																																																																																								
No.1	[Gantt chart bars]																																																																																																																							
No.2	[Gantt chart bars]																																																																																																																							
No.3	[Gantt chart bars]																																																																																																																							
No.4	[Gantt chart bars]																																																																																																																							
No.5	[Gantt chart bars]																																																																																																																							
No.6	[Gantt chart bars]																																																																																																																							
コーナー																																																																																																																								
No.1	[Gantt chart bars]																																																																																																																							
No.2	[Gantt chart bars]																																																																																																																							
No.3	[Gantt chart bars]																																																																																																																							
No.4	[Gantt chart bars]																																																																																																																							
No.5	[Gantt chart bars]																																																																																																																							
No.6	[Gantt chart bars]																																																																																																																							
No.7	[Gantt chart bars]																																																																																																																							
No.8	[Gantt chart bars]																																																																																																																							
ホーム																																																																																																																								
No.1	[Gantt chart bars]																																																																																																																							
No.2	[Gantt chart bars]																																																																																																																							
No.3	[Gantt chart bars]																																																																																																																							
No.4	[Gantt chart bars]																																																																																																																							
No.5	[Gantt chart bars]																																																																																																																							

標準タイプおよびホームスタンドは 9-15.2φ を計 120c、コーナースタンドは 12-15.2φ を計 96c 使用し、それぞれ 1631kN, 2174kN の緊張力を導入した。標準タイプ、コーナースタンドの緊張作業は、現場内に設けた緊張架台上で行うことで、作業しやすい環境を整え作業の簡略化および工期短縮を図った。ホームスタンドの緊張作業は架設後の状態で下斜め方向からの緊張になるため、くさびの打込みやジャッキセット等が困難であることが予想された。そのため、常にジャッキを吊った状態で作業ができるよう緊張専用クレーンを使用する計画としたが、標準タイプ1梁当たりの緊張作業に比べてホームスタンドは倍以上の時間を要した。写真-6・7に緊張作業状況を示す。

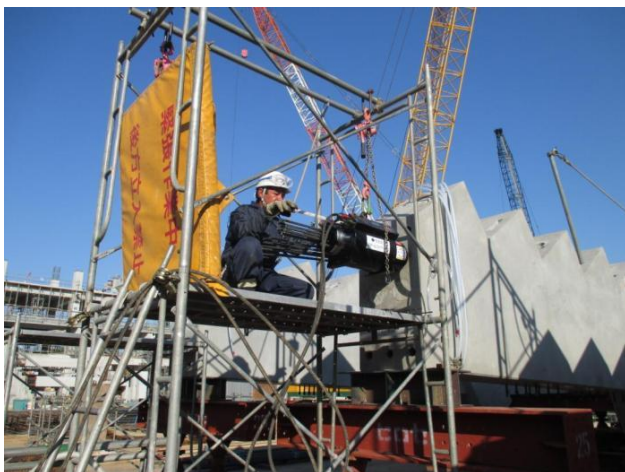


写真-6 緊張作業状況(標準タイプ)



写真-7 緊張作業状況(ホームスタンド)

標準タイプは緊張・PCグラウト後、PCaPC段梁にサイトPCa部材の取付けを行い、ホームスタンドではPCaPC段梁を現場内に仮置き後、PC鋼線を入線しサイトPCa部材の取付けを行った。写真-8・9にサイトPCa部材の取付状況を示す。

取付後はPCaPC段梁とサイトPCa部材との機械式継手および目地にモルタルを充填し、モルタルの強度発現後にPCaPC段梁の架設を行った。写真-10・11にPCaPC段梁の架設状況を示す。PCaPC段梁の架設は、コーナースタンドの重量がサイトPCa部材含めて最大で約85tonであるため、600tonの超大型揚重機を使用しての架設であった。

部材の搬入から架設までの一連の作業は約1週間のサイクルで行われ、67日間の稼働で全PCaPC段梁62本の施工であり、1日平均約1本の施工であった。



写真-8 サイトPCa部材取付状況



写真-9 サイトPCa部材取付完了



写真-10 PCaPC段梁架設状況（標準タイプ）

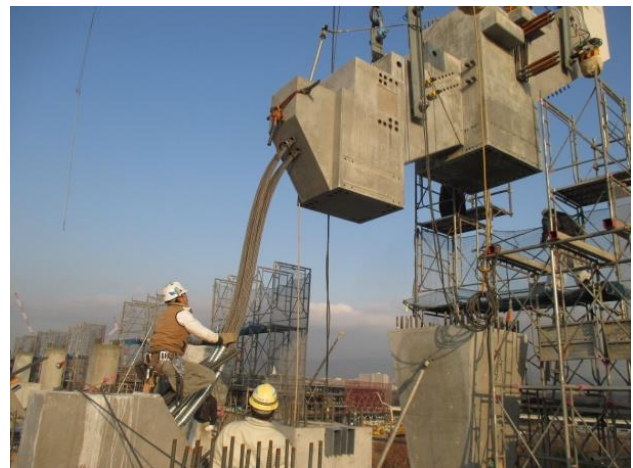


写真-11 PCaPC段梁架設状況（ホームスタンド）

## 6. まとめ

職人不足による工期の遅延が問題視されている中、本工事はPCa工法を活用することで現場作業の省力化と品質確保を行い短工期を実現することができた。また、部材断面が大きい上にスパンも大きく1部材の重量が大きくなる段梁は部材の一体化・架設方法が当初から懸念事項として挙げられていたが、納まりや施工方法に綿密な検討を行ったことで、無事に竣工を迎えることができた。