



### 3. 建築計画

陸上競技場と体育館アリーナ間に位置する二層吹き抜けのホールが、このエリアの中心的空間となっている。ホールからは東側に陸上競技場を広く見渡すことができ、室内側はアリーナ、南北両翼には宿泊施設および研修棟が繋がっている。

体育館の中心となるアリーナ部分は、田辺市の熊野本宮大社の屋根のメタファーとして表現し、底辺54.6m、頂辺39.0m、傾斜15度の壁で囲まれる正四角錐形状とした。外装材は檜肌葺きを想起させるタイル貼りとしている。

(図-2, 3, 4)

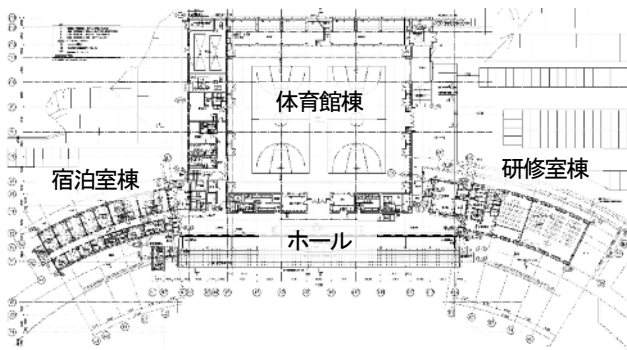


図-2 1階平面図

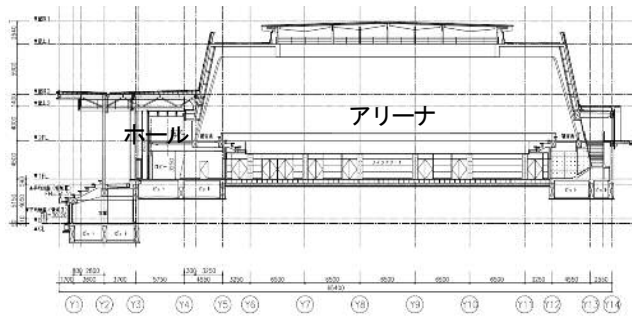


図-3 断面図



図-4 外観パース

### 4. 構造計画

#### 4.1 構造計画概要

体育館棟と宿泊施設・研修室棟は、エキスパンションジョイントを設け構造的に分離した。アリーナ部分は体育館棟の中心となり、四周を付帯施設により囲まれた構成となっているに一体としている。機能用途上RC壁が多く計画

されたことから、各棟とも構造的に積極的に壁を活用する方針とした。(図-5、6)

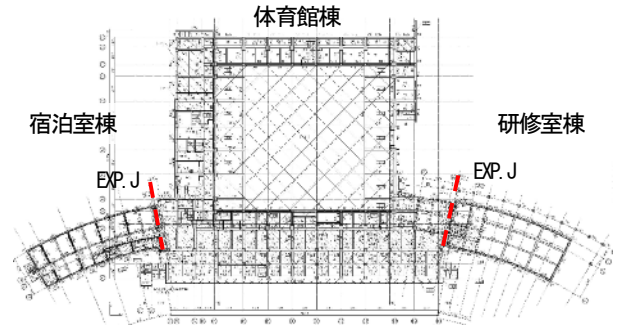


図-5 1階床梁伏図

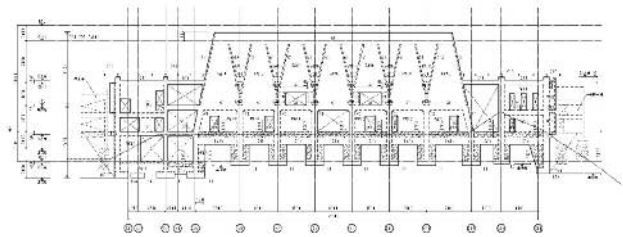


図-6 軸組図

#### 4.2 体育館棟アリーナ構造計画概要

体育館棟アリーナの特徴は四角すいを水平に切り出した外形を持つ大空間ということにある。壁面は垂直に対して15度の傾斜を持っており、立面的には台形である。

体育館のような大空間は鉄骨や木造等の軽量な屋根で構成することが一般的で、外周となる立ち上がり架構をRCとした場合、屋根の端部にはスライド機構等を付与して地震や温度応力等に対し互いに影響を及ぼさないよう計画することが多い。

傾斜のある壁は長期で自重により倒れこむ力が生じ、当然ながら地震時外力も作用する。外周RC架構を想定すると、頂部に広幅の梁をはちまき状にまわし、下部から片持ち柱で受けるなど、相当の対処が必要となるため、本計画においては内部空間の有効性が懸念された。

そこで本計画では平面に対し45度方向にRC造の斜格子フレームを構成する架構を発想した。フレームは屋根および壁に沿った台形の門型ラーメンで、このことにより壁傾斜にともなう水平力はフレーム毎でバランスする。屋根の中央範囲を鉄骨造として軽量化を図り、周囲はRCスラブで屋根面の一体性を確保した。(図-7)

鉄筋コンクリートで空間を構成する場合、ある程度の梁幅と存在感が避けられないと考えていた(写真-1)。しかしここはスポーツを観たり楽しむ大空間であるため、今までのRC架構とは一味違う空間を目指し、幅の狭い板状の部材で構成する格子梁「プレートグリッド」の実現に挑戦した。板部材での構成は木造に多く見られる(写真-2)。本設計では、強度の高い材料および緊張力を導入することにより応力調整の可能なPcaPCを用いて部材パフォーマンスのSlim化を図り空間デザインを洗練させた。



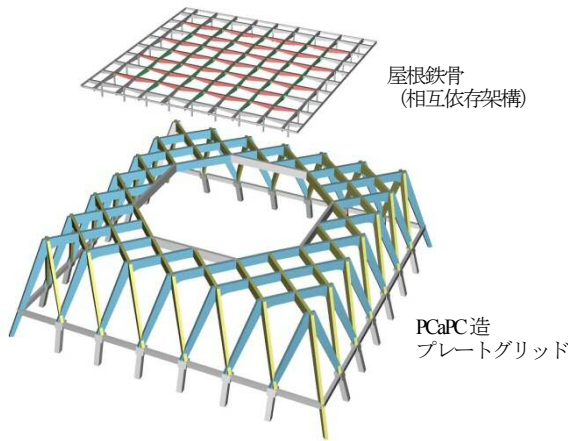


図-7 アリーナ架構イメージ



写真-1 格子梁事例



写真-2 プレートグリッドのイメージ

### 4.3 耐震設計方針

耐震設計はルート3とした。保有水平耐力は地域の災害拠点としての要求より重要度係数1.25を考慮して十分な耐震性を確保している。アリーナの屋根柱梁架構部分は、大地震時にも短期許容応力度以内となるよう設計した。

### 4.4 部材計画

下部（基礎～2階床）までの主架構柱は 800x800mm の RC 造で、耐震壁は十分な剛性と耐力を確保するため 200～300mm 厚を分散配置とした。

アリーナ部分の斜格子門型ラーメンは@6,500mm の下部柱位置を 45 度方向に結ぶ配置で、屋根格子のグリッドは@4600mm 程度となる。施工性や工期を考慮し柱はプレキャストコンクリート (PcaRC)、梁はプレキャストプレストレストコンクリート (PcaPC) 造とした。柱梁の交点はアーチ状の入隅形状とし、また柱脚に向かって断面を縮小して内部空間の有効性を高めた。(図-8、9)

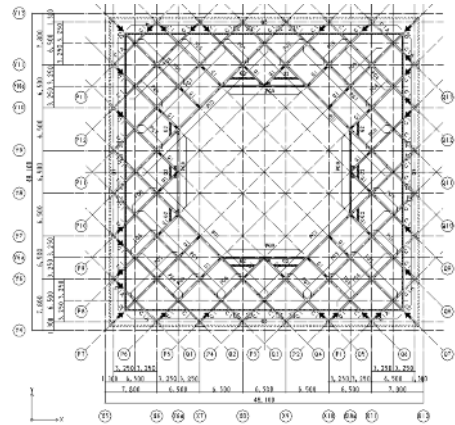


図-8 アリーナR階伏図

### 4.5 Pca部材の設計

プレートグリッドの実現に向け、部材は可能な限り幅を抑える方針とした。

梁のプレストレス導入方式はディビダーク工法 (DW 工法)、PC 鋼より線 15.2φ (SWPR7BL) を配置するポストテンション方式とし、緊張定着部分やケーブル配線および個材分割位置等詳細を検討し、基本となる部材幅を 300mm に抑えた。梁はフルプレストレッシングを目標とし、梁上部部分は PRC まで許容している。

部材は応力に応じて PC ケーブルの配置/非配置を選定し、中央の八角形範囲にはケーブル定着体が現れないようにした。柱は脚部を現場打ち RC とし、Pca 部材と下部の接続においてこの範囲を調整しろとして誤差を吸収し、主筋をつなぎ合わせる考えとした。

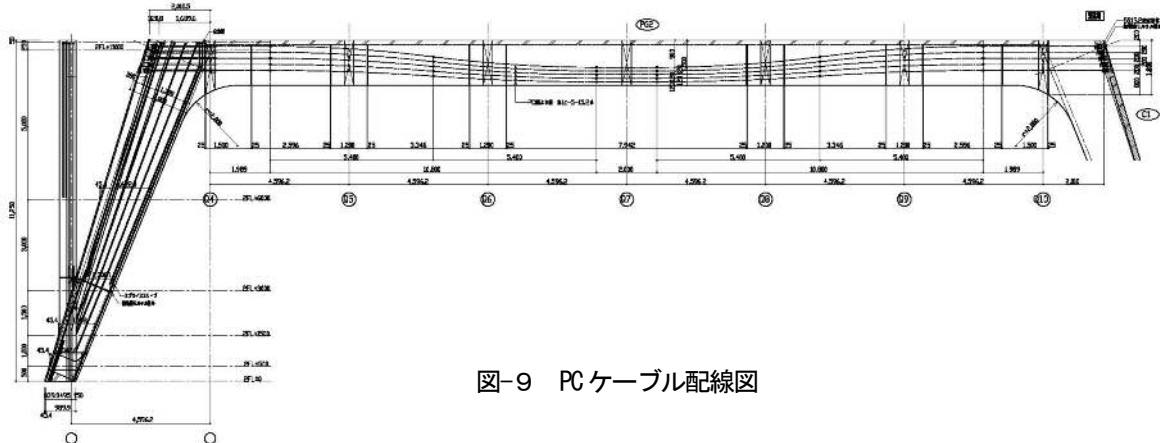


図-9 PCケーブル配線図

PC 梁への不静定応力の入力は、各位置の偏心モーメントから梁に作用する荷重を算出し、要素の特殊荷重とした。各構面におけるケーブル配置本数等を調整し、曲げ応力は均質な性状に近づけている。(図-10、11)

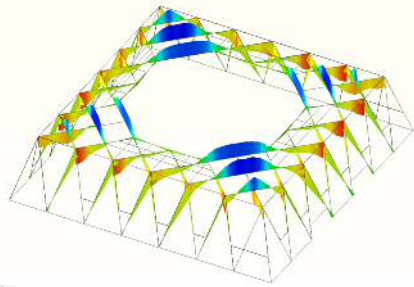


図-10 不静定応力図

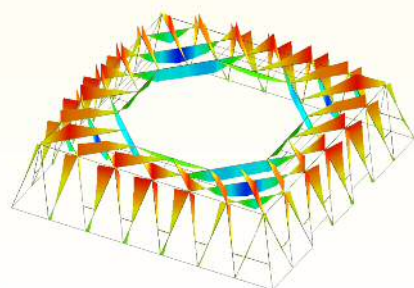


図-11 長期応力図

#### 4.6 屋根鉄骨部分の設計

中央の八角形範囲を覆う屋根は鉄骨造とした。八角形の直径は26.0m、屋根のレベルはコンクリート部分より2.6m高く、鉄骨屋根周囲は排煙およびハイサイドライトとして機能的に役立っている。

八角形部分の鉄骨梁の構成は、複数案の中から下部のプレートグリッド架構に調和するような格子梁を採択し、格子の角度は通り芯方向、すなわち下部の格子梁とは45度振れた角度とした。鉄骨屋根は平面的に正方形で四隅はメンテナンススペースとしている。

格子梁の組み方は、単純梁の連続である相互依存架構(図-11、12)とした。

相互依存架構は剛接架構に比べやや変形が大きくなるが、屋根の外周に張り出した部分にタイロッドを設置して端部部材の固定度を高め、鉛直変位を抑制した。(図-13)

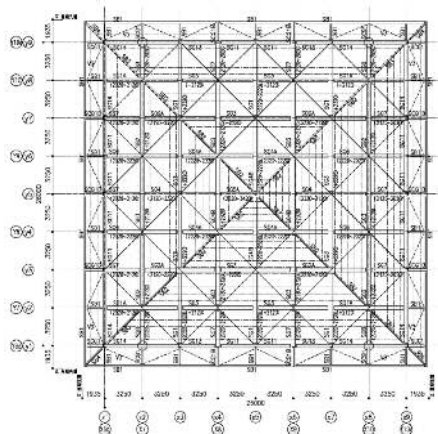


図-11 屋根伏図

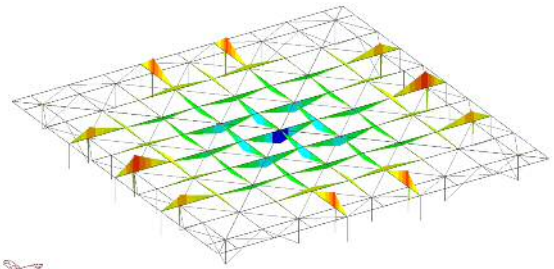


図-12 相互依存架構 曲げモーメント図

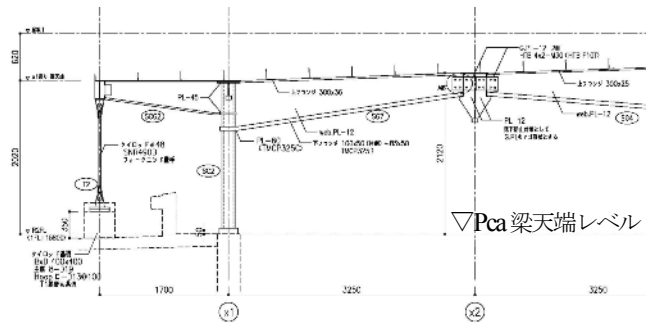


図-13 架構詳細図

相互依存架構は、想定されるあらゆる状況においても接合部の健全性を確保する設計とした。また、フェイルセーフの考えより、ある部材を失った場合においても接合部の実情を考慮して進行性の崩壊は生じないことを確認した。表-1に設計クライテリアを示す。解析モデルは部材端部の接合条件や支点状況、梁の勾配有無などあらゆる状況を想定した複数モデルを作成し各モデルの最大応力を組み合わせた部材設計を行った。

梁の個材は単純梁であるため、常に引張側となる下フランジの幅を抑え75mmとした。梁せいは中央で650、端部300mmのハンチ形状とし、応力に応じてフランジ厚さを調整して鋼材量の削減に努めた。

表-1 設計外力とクライテリア

荷重ケース	荷重組合せ	クライテリア
長期荷重時	G+P	長期許容応力度以下
地震荷重時	G+P+K <sub>E</sub> +K <sub>LD</sub>	短期許容応力度以下
暴風荷重時	G+P+W <sub>500</sub>	弾性限耐力以下 変動分による変形が スパンの1/300以内

G：固定荷重 P：積載荷重

K<sub>E</sub>：水平震度=2.20による地震力

K<sub>LD</sub>：鉛直震度=1.00による地震力

W<sub>500</sub>：500年再現相当の風荷重 (125V<sub>0</sub>で算出)



## 5. 施工概要

### 5.1 PCa部材の製作

部材の形状および配置を図-14に、部材数量表を表-2に示す。

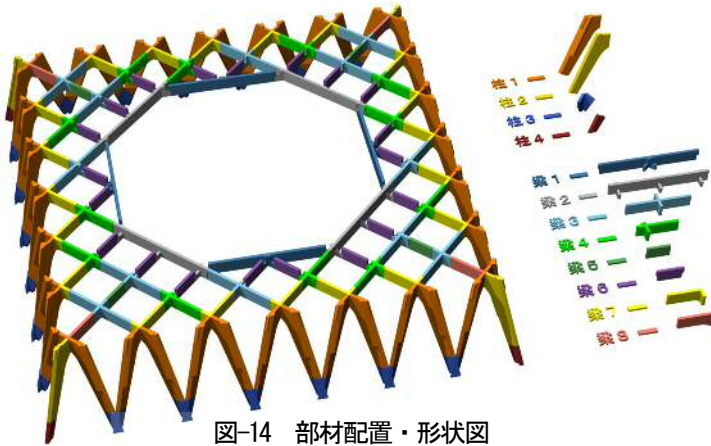


図-14 部材配置・形状図

PCa部材はピー・エス・コンクリート兵庫工場で製作した。部材の形状は、梁8種類・柱4種類とした。

柱脚は狭い角度で部材が交差すること、梁は格子梁であること等、形状面・部材の取合面において立体的な検討が必要であった。そのため、複数の模型を製作し、製作・施工の課題解決に向けた多角的な検討を行った(写真-3)。



写真-3 検討用模型

柱脚部材に関しては各断面毎に断面形状が変化することや左右の柱が交差することから、製作図表現の難易度が高く、そのため3次元CADを用いて検討および作図を行った。柱脚部材の上部・下部で主筋の納まりを検討し、上下の主筋位置を確定、その後、各断面を輪切りに切断することで、形状確認と配筋図の作図を行った。切断箇所はHOOP位置とし、柱脚部材で25断面、柱上部材で88断面となり、各断面における主筋位置やかぶり等の確認を行った。

柱脚部材の配筋図及び実際の配筋状態を図-15に示す。

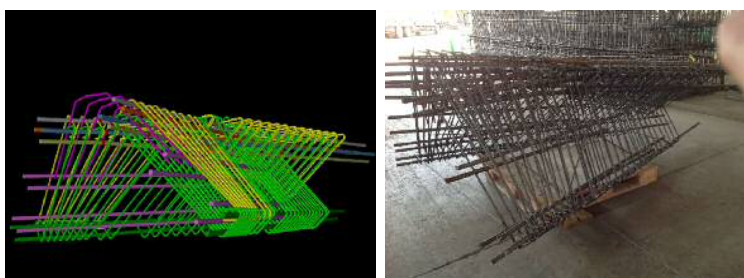


図-15 柱脚部材配筋図(左)及び配筋状況(右) 5

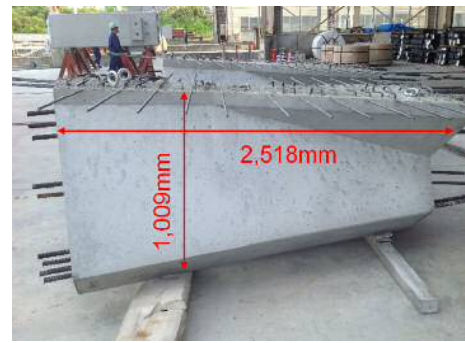


写真-4 柱脚部材(柱3)

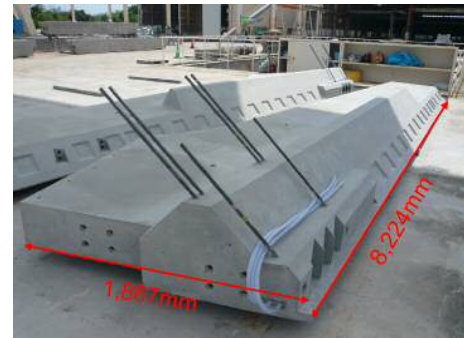


写真-5 柱上部材(柱1)

表-2 部材数量表

	部材数	部材重量(t)	総重量(t)
柱1	48	11.44	549.12
柱2	4	11.35	45.4
柱3	24	3.63	87.12
柱4	4	2.10	8.4
柱部材合計	80		690.04

	部材数	部材重量(t)	総重量(t)
梁1	4	11.85	47.4
梁2	4	13.15	52.6
梁3	12	8.78	105.36
梁4	12	5.93	71.16
梁5	4	2.40	9.6
梁6	20	2.70	54
梁7	20	4.48	89.6
梁8	4	3.63	14.52
梁部材合計	80		444.24

柱頭付近の部材がアーチ状に弧を描きながら交差する部分は、平面的にL型をした「梁7」に含め、梁下面の交差形状は複数パターンの比較検討を行い決定した。交差部の形状検討図及び採用した形状写真を図-16に示す。



図-16 検討時形状図(左)及び採用形状(右)



5.2 Pca部材の建て方

PC部材の継ぎ手は主筋が垂直に建ち、スリーブジョイントを介して接続するのが多い。本工事は柱が傾斜し、柱脚ではそれが交差するため、柱脚から963mmの範囲を現場打ちとし、下部から立ち上がる主筋とPC柱に打ち込んだ主筋をスプライススリーブを用いて接続することとした。下部から立ち上がる主筋の位置はPC柱とずれがないように、全数確認を行い建て方に問題がないように現場監理を行った。

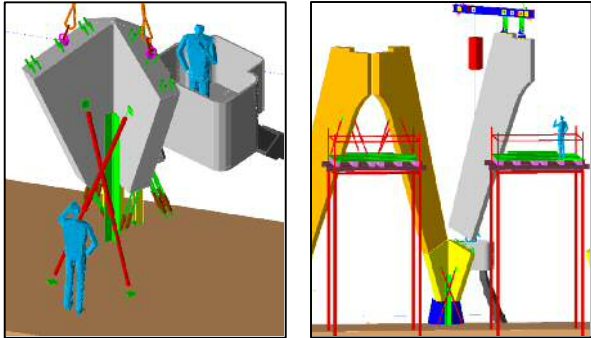


図-17 施工計画時 検討図

柱の中間継ぎ手は、主筋が傾斜に沿って斜めに立ち上がる。PC柱頭部材の吊りこみ時に所定の位置に精度よく取り付けられるように、あらかじめ工場で試験建てて起しを行い、仮設ガイドの設置により主筋を傷めない施工を行った。斜めのPca柱に対しては、傾斜柱を支持できる剛強な支保工を各柱の内側に設置した。部材製作から建て方までの工程表を表-3に示す。

表-3 製作・施工工程表

		6	7	8	9	10	11	12
工 製 作	柱部材	●——●		●				
	梁部材		●——●		●			
工 建 方	柱下部材			●——●				
	柱上部材				●——●			
	梁部材				●	●——●		
	PC鋼材入線					●	●——●	
	緊張						●	●
	グラウト							●



工場内 試験建てて起し状況



柱脚部材架設状況



柱上部材架設状況



柱脚部配筋状況



柱部材架設完了



梁部材架設状況



PC鋼材入線状況



緊張状況



支保工解体後

写真-6 施工時における各工程



PC梁の架設は、各部材分割目地部に支保工を設けた総足場工法にて行い、PC梁架設、スラブコンクリート打設、プレストレス導入後にジャッキダウンを実施した。

架設は、中央の吹き抜けを構成する8辺の部材を先行架設し、それらの部材から外周の柱に墨出しすることで格子梁に目違いが起きないように配慮した。

プレストレス導入は、スパンの短い四隅の梁から順に緊張を行い、4台の緊張ジャッキを用いて平面的に対角の関係となる梁2本の同時緊張を行った。PC梁の緊張順序を図-18に示す。プレストレス導入によるスラブへの影響については、施工前に緊張順序を追ったFEM解析を行い、スラブに過大なせん断変形が生じないことを確認した。PC梁架設状況、支保工解体後状況を写真-7、8に示す。

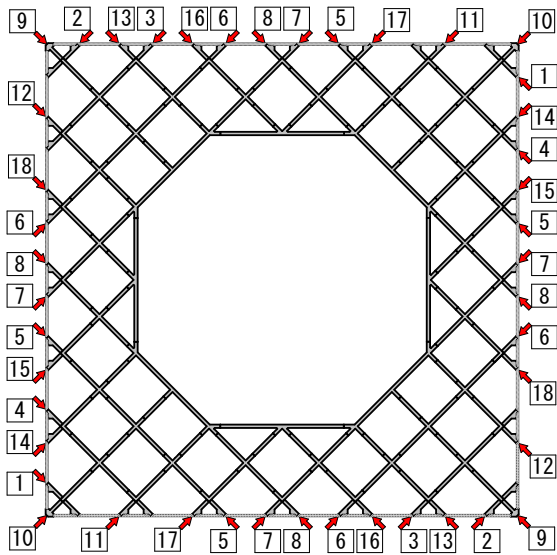


図-18 PC梁緊張順序



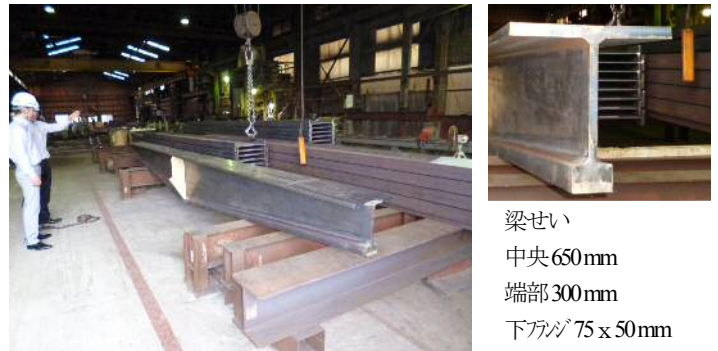
写真-7 PC梁架設状況



写真-8 支保工解体後

### 5.3 屋根鉄骨の製作

屋根の鉄骨梁は、BH部材の製作を加古川市にある日名工業にて行い、以降の加工組み立てを現場にほど近い蒲田鉄鋼にて行った。BH部材の製作状況、鉄骨製品状況を写真-9、10に示す。



梁せい  
中央650mm  
端部300mm  
下方ダブ75x50mm

写真-9 BH部材モックアップの製作



写真-10 鉄骨製作状況

### 5.4 屋根鉄骨の建て方

鉄骨建て方は、5ヶ所に支保工を設けた総足場工法にて行った。ジャッキダウンは、中央部1ヶ所→周囲4ヶ所の順に行い、各支保工での負担荷重、屋根中央変位および外周部の倒れを下げ振りにより確認した。変位量は解析予測値とほぼ等しく、各部材に異常がないことを確認し、予定通り完了とした。ジャッキダウン完了時の写真を写真-11に示す。



写真-11 ジャッキダウン後の状況





写真-12 アリーナ内観



写真-13 プレートグリッド



写真-14 プレートグリッド

## 6. おわりに

アリーナ内部は、熊野古道の樹木に囲まれた荘厳な雰囲気醸し出し、ハイサイドライトからの光は木漏れ日のように柔らかく、内部を仄かに照らしている。

本建物では、Pca部材の特徴を活かしたプレートグリッド架構に挑戦し、力学的合理性や施工性だけでなく、構造躯体をインテリア要素に高め、田辺市らしい地域ならではのスポーツ空間を実現した。（写真12～14）



写真-15 熊野本宮大社・熊野古道

最後に、建築主である田辺市関係者をはじめ、綿密な施工計画のもとに、特殊性のある架構を意欲的に取り組んでいただいた工事関係者の皆さまに、心よりお礼申し上げます。