

多様な形態のスタジアムへの PCa 架構の適用（新広島市民球場）

金箱構造設計事務所 金箱温春

1. 建物の特徴と構造計画の特徴

我が国の従来のスタジアムでは同じような形態を連続した観客席を作っていることが多いが、この球場はこれらとは異なった新しい感覚で作られている。まず、グラウンドの開放感や街との一体感を生かした計画、非対称でありかつ多様な観客席を設けることなどにより必然的に構造形態は多様化している。また、1階観客席の後方に球場内を一周するコンコースが配置され、上部には2階席を支えるアーチ状の構造体の連続したデザインとしても表現されていること、観客席をなるべくグラウンドに近づけるためには2階席の先端部を1階席の上部に跳ね出している。そして、特筆すべきは、設計が8ヶ月、施工が16ヶ月といずれも短時間であることと、工事費がこの規模のスタジアムとしては低めに設定されていたことである。

以上のような造形・機能・施工・経済性による条件を考慮し、当然のことながら安全性も考慮して構造計画を行うことが必要であった。コンペの段階よりデザインや施工期間のことを考慮してPCaを基本構造とすることを考えていた。設計が進むにつれてPCaの特徴をどう生かすか、一方でPCaが不向きな部分をどう対応していくかということが課題となり、他の工法を併用することで解決を図っていった。PCa造は同一形状の部材を工場で繰り返し生産し、高品質、高精度なものが得られることができ、現場施工の時間や仮設部材を低減できることで特徴であるが、一方で多様な建築形態に対してはおのずと限界が生じてくる。この建物では、コンコースより上部においては、形態が複雑なこと、見える架構となること、繰り返し部分が多いことなどからPCa造を採用し、下層階は現場打ちの鉄筋コンクリート造とした。下層階の現場施工と並行して上部構造の規則的なPCa架構を工場で生産し、下層階の施工完了後に上層のPCaの建て方を行うことで工期的にもメリットが生じる。但し、上層階においても、スタンド前方の特殊なゾーンや外周部の店舗関係の部分はさまざまな形態が計画され、特に店舗関係は設計の後半時期まで調整が続くことが予測されたため、これらは鉄骨造を用いて対応することとした。基本の架構をPCaとして設計の初期段階で基本断面を決定しておき、特殊性な部分や設計調整に時間がかかる部分を鉄骨造とし、短時間の設計スケジュールへの対応を考えた（図1）。

<建物概要>

所在地：広島県広島市南区

主な用途：野球場

敷地面積：50,472.42 m²

建築面積：22,964.48 m²

延床面積：39,524.01 m²

最高高さ：30.65m

建築設計：仙田満+環境デザイン
研究所

構造設計：金箱構造設計事務所

施工：五洋・増岡・鴻治JV

PC工事：黒沢建設株式会社



写真1 スタジアム全景

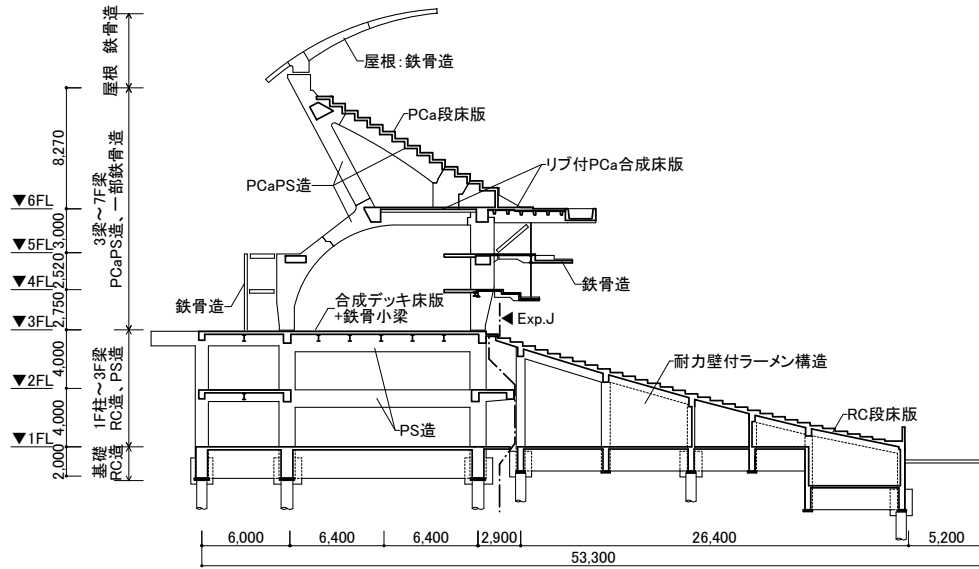


図1 構造概要図

2. 各部の架構計画

建物の多様性への対応及び構造の明快さのためエキスパンションを設けて建物を10の部分に分ける計画とした(図2)。

●後方部分の客席 (PS造、PCa造+S造)

後方客席部はコンコース床を境に下部と上部とで構造種別が異なるが、上下を通して比較的スパンの大きいラーメン構造を採用した。下部は現場打ちRC造とし、13m スパンの梁や片持ち梁はプレストレス造とした。コンコース上部は両方向ともPCa造とし、アーチ架構、2階席前方の跳ね出しを形成している。放射方向の基本的なPCa架構は3種類とし、エキスパンションジョイント端部では柱、梁とも幅を減らしたものをを用いている。これらの基本形は下記の3種類であり、コンコース上部のアーチ形態は共通である。

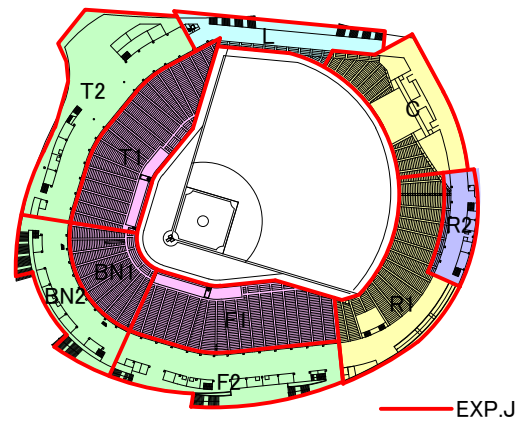


図2 エキスパンション位置

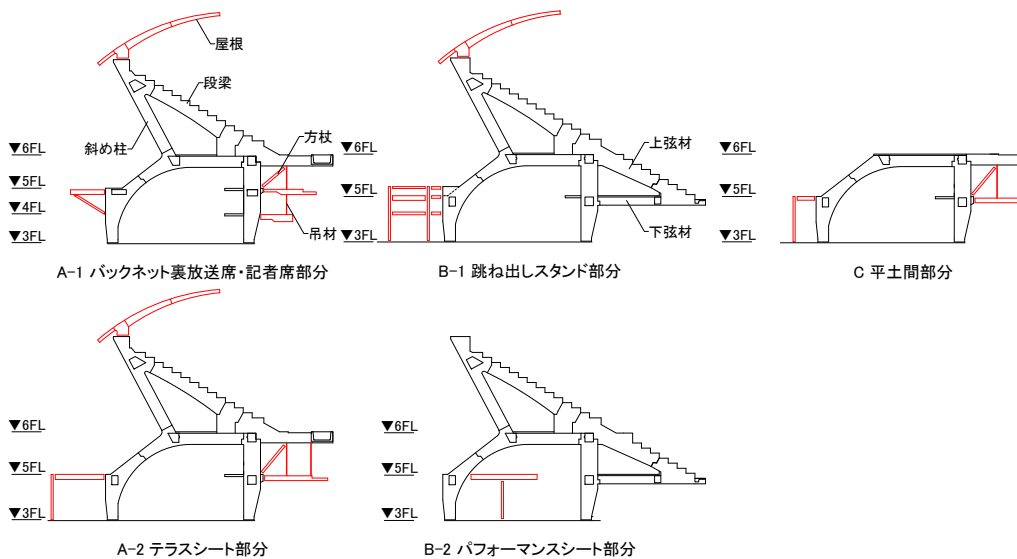


図3 PCa架構のバリエーション

A : 2階席前方への7mの水平の跳ね出し床を有する架構

B : 2階席前方への10.5mの傾斜した跳ね出し床を有する架構

C : 2階席が水平で後方への傾斜床がついていない架構

これらの3種類のPCa架構を基本として、各部の客席の断面的なバリエーションを作ったものが、図3に示す5種類である。張り出した2階席の下部に床を設ける部分は鉄骨造としてPCa梁から吊り下げ、2階席上部に位置する屋根は鉄骨造として計画した。桁行方向のPCa梁はそれぞれの位置において共通化を図り、また、2階客席の床もPCa床版を用い共通化を図った。

●パフォーマンスシート

いわゆる外野の2階席であるパフォーマンスシートではさらに平面的なバリエーションを加えた。ホームベースに対する視点確保の配慮などから放射状の基本架構に対して端部で三角形の平面が追加されている。この部分は床をPCa床版とするが、これを受ける端部の梁はイレギュラーな部材となるため鉄骨造とし、その梁を斜めの鉄骨柱により支持した(図4、写真2、3)。

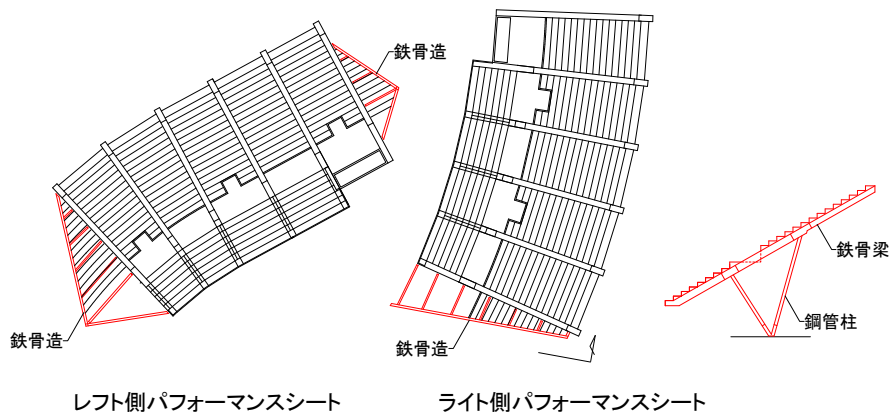


図4：パフォーマンスシート構造概要

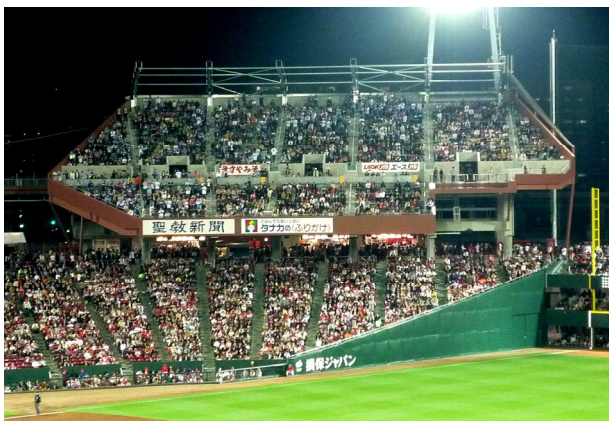


写真2 パフォーマンスシート



写真3 パフォーマンスシートの構造

●内野前方客席及び外野席 (RC造)

内野前方客席は下部に管理諸室や選手関係諸室が設けられた1層の建物である。建築的な壁を耐震壁に利用して耐震壁付きラーメン構造とした。前方の部分は階高が徐々に小さくなるため必要な天井高さを確保するために通路部分は無梁版とする工夫も行った。外野席の下部は倉庫、管理動線などに利用される空間であり、内野側と同様に耐震壁付きラーメン構造とした。

3. PCa 架構の設計

放射方向のPCa 架構と円周方向のPCa 架構は応力状態、形態とも異なっている。放射方向はコンコース上の半円弧アーチ梁、2階後方席を支持する斜め柱、下層の床も負担する7~10.5mの片持ち梁などによって構成されており、鉛直荷重時の応力が支配的となる。架構の形態は曲げモーメントの大きさに対応させ、さらにデザイン的な要素も加味して変断面部材を多用している。柱、梁とも部材の幅は一般部で800、EXP. J 部は600 に統一し、厚み(放射方向軸組図で見付け面となる寸法)は、柱は1,000~1,600mm、梁は900~1,833mmとした。特に大きな曲げモーメントを受ける片持ち梁固定端付近は部材のボリュームを大きなものとした。桁方向(円周方向)の梁部材は基本形状を矩形断面(800×800mm)としているが、放射方向の架構で傾斜している部材に取り合う部分では、応力のやり取りやPS配線の納まりを考慮して台形形状の梁を用いている。いずれの方向も梁の端部には柱と一体の受けあごを設け、施工時の安定性、完成時の安全性の向上を図った(図5)。

部材分割方法は施工性とも大きな関連がある。設計時に複数のメーカーからヒヤリングを行い、それをもとに、長さ12m以内、重さ30t以内という条件を考慮して決定した。PCa部材は工場においてプレテンションが与えられ、運搬、現場組立て後にポストテンションによって圧着される。プレキャストコンクリートの設計基準強度は50N/mm²を用いた。柱は32φのPC鋼棒(導入力是一本当たり500kN)を、梁は曲線配置が可能なPC鋼線(導入力は1ケーブルあたり100~125kN)を使用した。放射方向の部材のケーブル配置は一般部で2列、EXP. J部は1列とした(図6)。

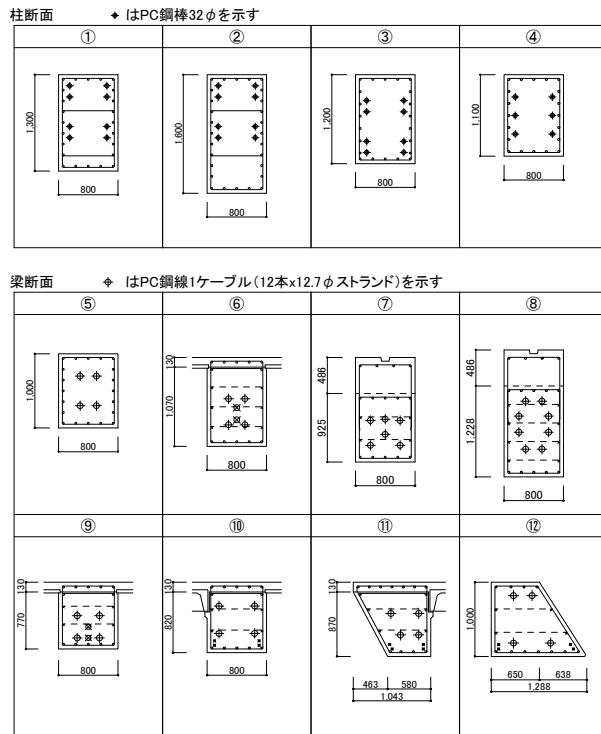
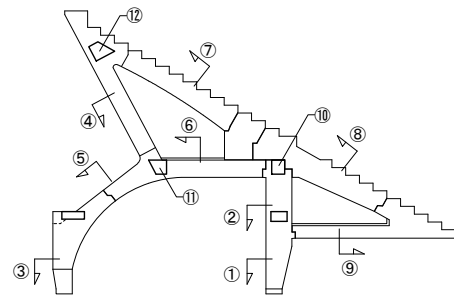


図5 PCa部材リスト

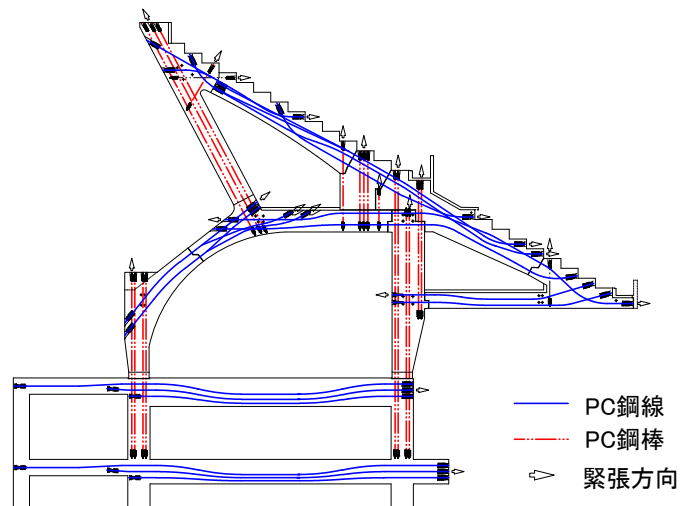


図6 放射方向配線図

桁方向は8m前後のスパンで構成される均等な架構が連続している。エキスパンションを設けているものの、桁方向の構造体の長さは比較的大きく(最大で136m)、プレストレスによる変形量を抑え端部に生ずる2次応力を小さくすることが課題となった。桁方向の応力は地震力が支配的であり、スパン中央より接

合部周辺に配線が多くなるように配置の工夫を行った。端部に生ずる不静定2次応力を小さくするため、2～6スパン毎にブロックを形成してそのブロック内で完結するPC鋼線のみを緊張して変形を生じさせた後、他ブロックとの境界部のモルタルを注入して他ブロックと繋がっているPC鋼線を緊張することを施工条件として想定した。この方法によれば、全体を一体としてプレストレスの導入を行った場合に比べ、桁方向全体の変形量が減少し不静定力が減少する(図7)。

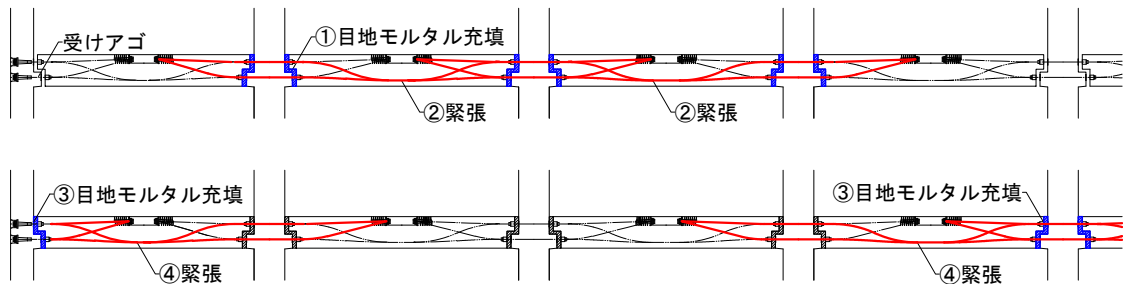


図7 桁方向PCa 架構配線図・緊張手順



写真4 放射方向のPCa 架構



写真5 桁行方向のPC 鋼線アンカー部

スタンド上方席は平場部分、段床部分ともPCa床版を多用した。平場部分は幅約900mm、リブせい300mm、床版の厚さ45mmのT形スラブを用い、上部に厚さ100mmのトップコンクリートを配して床剛性を確保した。観客席は円弧状になっているため、PCa床版の配置は同一形状のものができるように配慮した。コンコース上部は放射方向の配置し、その他のスパンでは円周方向に配置した(図8)。段床部分は幅約900mm、高さ480mm、厚さ90～120mmのL形スラブを用いた。段床部分はPCa床版のみで構成し、構造解析上は面内剛性が無いものと仮定した。

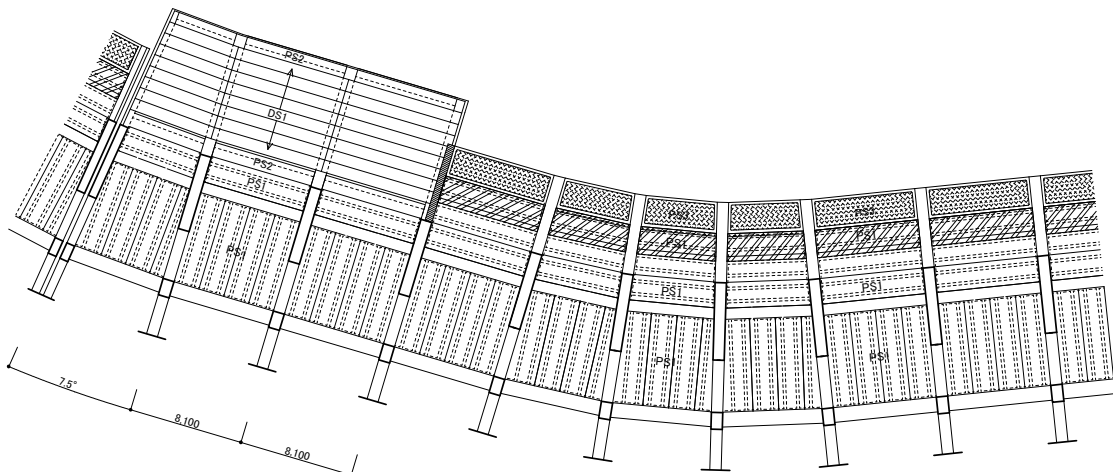


図8 PCa 床版配置図

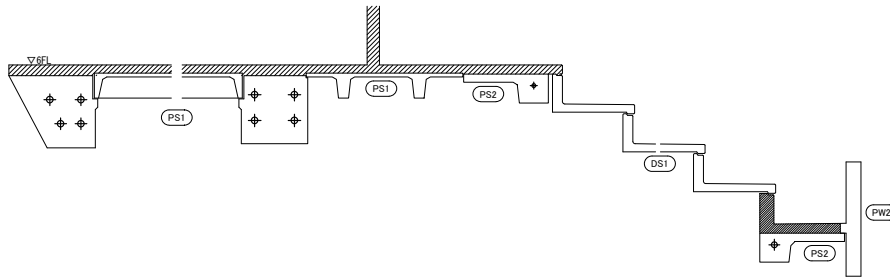


図9 PCa床版断面図



写真6 段床部のPCa床版



写真7 平場部分のPCa床版

5. 鉄骨部材との取り合い

鉄骨とPCaの取り合いにおいては、引張力が生ずる部分には機械式継手を用いたアンカーボルトを、せん断力のみを伝達する箇所はインサートを使用し、いずれもPCa部材の外側にアンカーを出さない納まりとしている。これらのアンカー配置はPC内を縦横斜めに走るPC鋼線をよけて設ける必要があった。

●鉄骨屋根

最大8mの跳ね出しを持ち、H700~300の組立H形鋼の片持梁構造とし、PCa段梁頂部において機械式継手を用いたアンカーにより緊結している(図10、写真8)。

●2階席下部の吊床

上部の7mのPCa片持梁から1層あるいは2層の鉄骨床を丸鋼ロッド60φ及び42φにより吊り、デッキプレートの上部にコンクリートを打設している。高さの制限が厳しいためPCa片持ち梁のせいを小さくする目的で、鋼管267.3φを用いた方杖を用いており、圧縮力は小口面のプレートを介して鉄骨とPCa部材間の力の伝達を行っている(図11、写真9)。

●照明塔

PCa架構と一体化した照明塔は局部的な曲げを生じさせないように取り合い部をピン接合としている。放射方向においてPCa架構に直接照明塔支柱が取り付くと、この部分で三角形のフレームが形成され剛性が局所的に大きくなり応力集中を生じることが懸念された。接合部のディテールとしてピン支承を接続部材の両側に配置したダブルヒンジとすることで、応力集中を回避している(図12、写真10)。

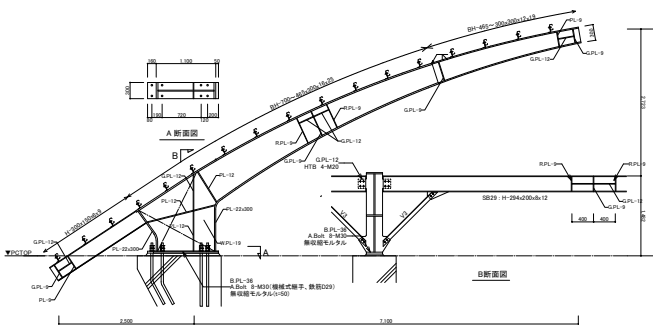


図 10 鉄骨屋根との取り合い



写真 8 鉄骨屋根

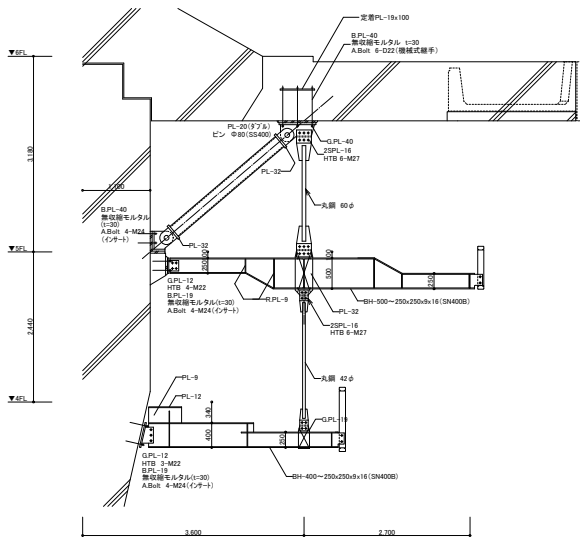


図 11 鉄骨吊床との取り合い



写真 9 鉄骨吊床

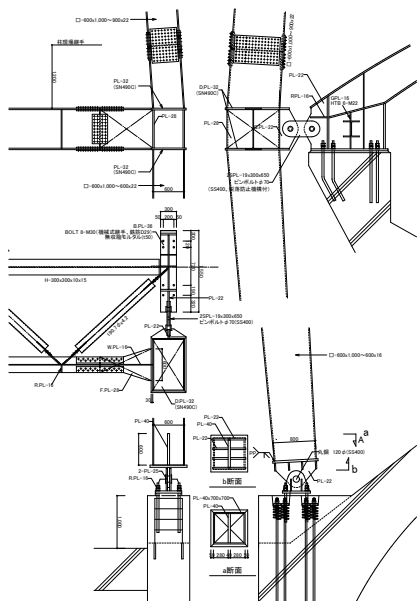


図 12 照明塔との取り合い



写真 10 照明塔