

(仮称)石垣市クルーズターミナルの設計・施工 ー 離島におけるPCaPC造の新しい玄関口ー

砂川 佳久・山盛 善貴・石井 祥之・羽田 隆之

本建物は、沖縄県石垣市に建設された海外クルーズ船の為のターミナル施設である。コロナ禍を得て2024年は120回の入港、約30万人の乗客数となっている。これら乗客の入国審査にスムーズに対応できる施設として整備される。PCaPC造とする事で職人不足や資材高騰に対応した建物とし、PCaPC造でしかできない意匠及び構造を持った建物となった。

キーワード : PCaPC造, 半屋外空間, 省力化



図-1 全景

1. はじめに

石垣市は、沖縄県本島の南西約411kmに位置し、大小10つの有人島からなる八重山諸島の拠点で、自然豊かな島である。その中でも一番大きな島である石垣島は、総面積229.15km²、人口は約4.9万人程で100万人以上（2024年は142万人）が訪れる亜熱帯の島である。島の経済は主に農業と観光産業で成り立っていて、コロナ禍においては観光業も衰退したが現在では活気を取り戻し、以前の様な賑わいを見せている。2009年より本格的にクルーズ船の受け入れや誘致を開始し、整備されたクルーズ岸壁は22万トン級の大型クルーズ船の接岸が可能で2025年度は既に207回の寄港が予定されている。その様な中、石垣市では入国審査等を行う事ができる施設が整備されておらず、これまで船内にて入国に必要な手続きを行ってきた。今後、需要増大に対応するターミナル施設の整備が必要となった事から本施設の計画となった。同等の施設としては、近隣の宮古島では2022年に沖縄本島では2014年にクルーズターミナルの整備及び共用が開始されており周辺の島々に出遅れた。またコロナの影響で整備に対する動きがさらに遅れる事になり、2024年の着工、現在に至る経緯となった。

2. 建築計画概要

計画地は、石垣港の新港地区と呼ばれる場所にあつて暮らしを支える物流、交流や賑わいの創出を目指したエリアの一角に位置する。人工ビーチの整備は現在進行しており敷地後方（東側）にはホテルや大型商業施設を誘致していく計画もされ、島の新たな観光交流地域の一旦を担う場所に施設は計画された（図-2）（図-3）。

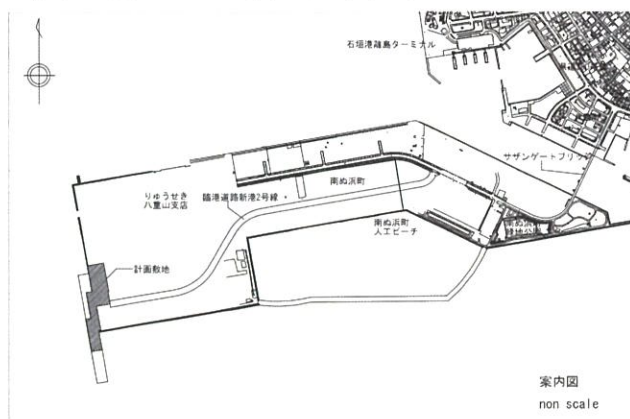


図-2 案内図

建物は岸壁（西側）に向かって水平に配置され、クルーズ船を迎えるように配置している。船を降りて徒歩10分程度屋根付き歩道を歩きターミナルへの入口を向かえるが、乗客にとって海岸線に沿って間口約90M（奥行き45M）の水平ラインを強調する様な形態は、島内へ入るゲート（玄関口）として、また背後に存在する山々の稜線に負けずまた優しく馴染みながら大地の力強さが感じられる新しいランドマークとなるような建物を目指した。上部大屋根と下部在来の軒下の合わせて6Mの軒下空間は今後整備が予定されている周辺施設との交流機能の「場」としての役割、公園機能（市民）の一部（休憩及びイベントスペース）としての役割を市側と想定（基本計画及び市の計画による）し計画を行った。その軒下空間は沖縄の建築的特徴な空間の一つである「あまはじ空間」（写真-1）であり、本施設を計画する上で、単に赤瓦等の材料や屋根等の形状でなく、空間を通じて沖縄らしさを感じる計画とした。また、現在船が停泊できるバースは1箇所となっているが二隻が同時に停泊できるよう2箇所目のバースの計画が進んでいる事もあり、出入口は両方向からのアクセスを考慮し施設中央に配置する計画とた。沖縄は6月から11月まで大型の台風が上陸し時には大きな被害が出ることも少なくない。海岸側であり、周囲に障害物も何もないことから台風時の暴風、飛来物による破損等の対策として側面に開口部をできる限り設けない計画となった。外壁についてもあまはじ同様に沖縄の民家の裏座側（主に北面で風による対策として開口部が少ない）（写真-2）と同じようなリズムが表れる仕上げとし地域性に配慮した意匠計画としている（図-4）。閉鎖的になる空間に対して屋根は膜屋根としてホール全体に自然光を取り入れる計画とした。また大人数でのホール利用はクルーズ船の着岸時間が午前に集中する事から自然光で十分に照度を確保できる計画となっている。



図-3 鳥瞰図



写真-1 沖縄民家のあまはじ



写真-2 沖縄民家の裏座



図-4 交流スペースとしてのあまはじ空間

本施設は出入国ホール、検査場、税関検査場、待合ホールと大きく分けて4つのエリアから構成されている。船によって乗客数は異なるが、多い日は一度に数千人という人数を受け入れる事となる。そのため検査場及び税関検査場についてはそれぞれ1000m²以上のまとまった面積の確保が必要だった。またそのエリアについては検査台をフレキシブルに移動し様々なシーンに対応する事が予定されていたために、柱を設けない無柱空間として計画した。施設の用途上動線の距離の確保が必要だったため、外部のあまはじ空間も利用しながら施設を右廻る様な一筆書の動線計画としており、出入国ホールを除いて要求されたホールを並列に並べた単純なプラン構成となっている。管理事務所等は、入国管理、税関、検疫、一般とそれぞれで事務所を設ける必要があったため、管理諸室については各エリアを囲むように配置する計画としトラブル等の際に職員がすぐに対応できるよう利用者の安全性と利便性に配慮した。船からターミナルまで距離があることからトイレ数及び場所についての要望もあり、各エリアに1箇所づつトイレが設けられている（図-5）。

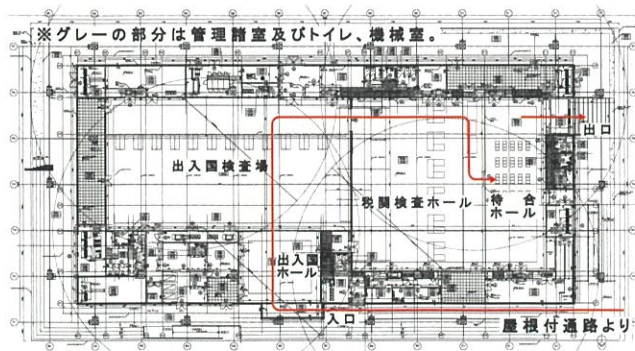


図-5 一階平面図

管理諸室上部は一階同様ホールを囲むように空調機器や配線ラックやダクトスペースとしての機械室とした。基本的な配管はスラブに隠蔽せず露出配管としてメンテナンスに配慮した計画としている。空調についてはターミナルホール部の利用時間は1日数時間と短いため、諸室については通常のパッケージを基本としてエリア分けを行いながら個別制御が可能で大型のチャラー等が必要のない計画とし、イニシャルを含めランニングにも配慮した計画とした。またホール部の天井に大きな気積ができ煙の降下時間が取れる事から防災評定により避難時の安全性の担保を行いながら排煙機器による予算削減を図った(図-6)。

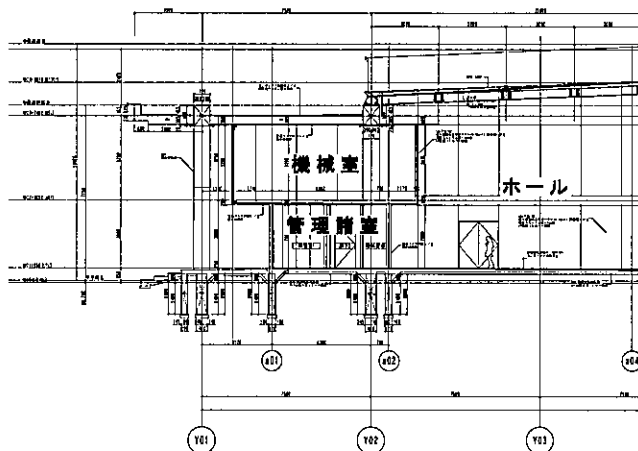


図-6 断面図

建物概要を以下に示す。

建設名称：(仮称)石垣市クルーズターミナル
 所在地：沖縄県石垣市ぬ浜地内
 発注者：石垣市
 設計：(有)長谷部建築研究所、YOU設計室、(有)アトリエ・門口
 監理：(有)野原建築設計事務所、(有)アトリエ・門口
 構造：(株)建造設計
 設備：(有)環境空間
 施工：建築1工区、(株)肥後工務店
 建築2工区 砂盛建設(株)
 建築3工区 (株)信用組
 電気工事 (有)つかさ産業
 機械工事 (株)信用組

P C施工：黒沢建設株式会社

敷地面積：17,822.00m²

延床面積：4,606.00m²

用途：ターミナル

階数：2階

構造：PCaPC造 一部鉄骨造 一部RC造

工期：2024年1月～2025年11月

3. 構造計画概要

3.1 構造概要

構造種別：プレキャストプレストレストコンクリート造
 一部鉄筋コンクリート造
 一部鉄骨造

基礎形式：杭基礎(プレボーリング拡大根固め)

構造ルート：ルート3a

3.2 基礎の計画と柱の形状

敷地が埋め立て地であるという事。この島においてその事はすぐに予算増に直結する要因となる。それは島に杭打機が無い事に加え、杭も島内製造ができないからである。特に敷地は支持層までの深度約4.0Mと非常に深く、建物の形状も平面的にならざるを得ない事から柱の本数や深さ等、杭に係る金額的なウエイトをできる限り小さくする検討が必要となった。構造種別をS造とする案も当初あったが海に近いという点において、発注者側の塩害に対する懸念からRC造とならざるを得なかった。屋根については軽量化を図りながら大スパンが必要となる事からS造への理解は得ることができた。柱のスタディーを進めていく中で、当初7.5Mスパンを基本としていたが、柱の本数を半分した15Mスパンへ形状の検討も行った。また柱を互い違いに配置する事で部材数を削減しながら予算削減を図れる検討を行った(図-7)(図-8)(図-9)。



図-7 柱スパン検討(7.5M)



図-8 柱スパン検討(15M)



図-9 柱スパン検討(15MY柱)

柱スパンを15Mとする中で大きくなる梁に対して、柱形状をY型とする事で梁間のスパンが小さくなり梁断面を絞る事が可能となった。また柱は建物の特徴的な意匠ともなった(図-10)。柱本数形状検討の結果、柱数の削減、適正サイズの梁断面、基礎フーチン・杭サイズダウンを図る事ができ予算削減に寄与する結果が得られた(図-11)。

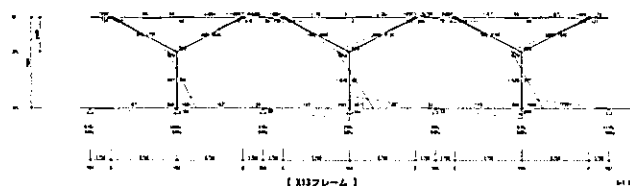


図-10 応力図

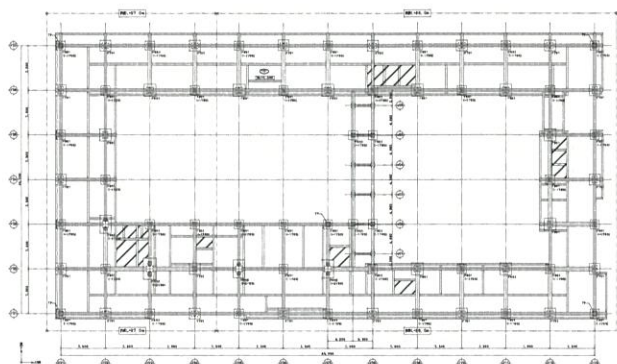


図-11 基礎伏図(青色が省力化を図る事ができた箇所)

3.3 PC化への検討

当初RC造での計画としていたが、Y字中央の梁に常に大きな緊張と曲げを受けるため、在来のRCでは鉄筋でそれらを負担することは断面サイズを含めて現実的ではなかった(図-12)。そのためPCaPCでの検討を行うこととした。通常RC造からPC造では1.3倍程度のコスト増といわれる。しかし、島内は慢性的な職人不足で島外から型枠職人を呼ばなければならない事(交通費・宿泊費等が追加される)、その他職人の単価も沖縄県本島よりも割高で、資材であるコンクリートの金額が沖縄県本島に比べて約1.5倍、鉄筋についても輸送エクストラによって単価が上がる事から、金額の比較を行ってもほぼ同じであった。そのためRC造からPC造への変更については予算上大きな問題とはならなかった。またメインとなるフレームがFC60のコンクリート強度という事もあって塩害によるコンクリートの中性化への配慮も同時に行えたこともよかった。

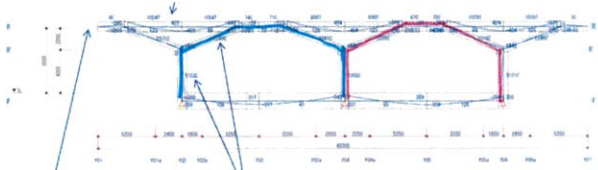


図-12 応力図

Y字中央の梁について具体的に、上部を結ぶ梁(PG1)には常時引張荷重(≒1000kN)が生じる事になった。そのため中央に1次ケーブル4c-12本×12.7φストランド(≒4500kN)、端部では、2次ケーブル4c-7本×12.7φストランドと合わせて6600kNのプレストレスを導入しキャンセルする事とした(図-13)。

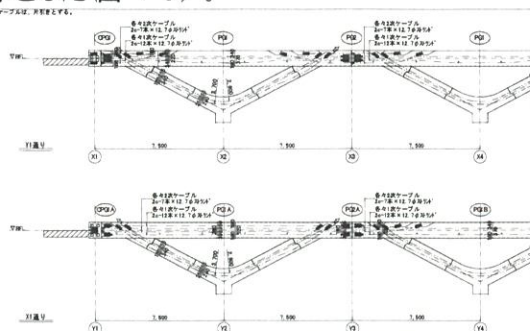


図-13 ケーブル配線図

またプレキャスト化するにあたりY字柱とPG1(上部梁)を如何に圧着接合するかが課題となった。Y字斜め部材各々に別の鋼材を用いると谷の部分で納まりが困難となり、連続ケーブルを入れても入り隅はひび割れる恐れが高くなる為に、角型の谷になっていたY字の根元をPCケーブルの配線形状に合わせたR型の谷に変更し問題の解決を図った(図-14)。その結果、基礎からくる柱のPC鋼棒とPCケーブルの重なりも十分とれるようになった。またその他PG1-PT1部詳細も記載する(図-15)。断面算定においては、柱は地震力がクリティカルとなったが、離島の海岸線かつ膜屋根ということもあり、暴風時の吹き上げがあった為、梁については風がクリティカルとなった。

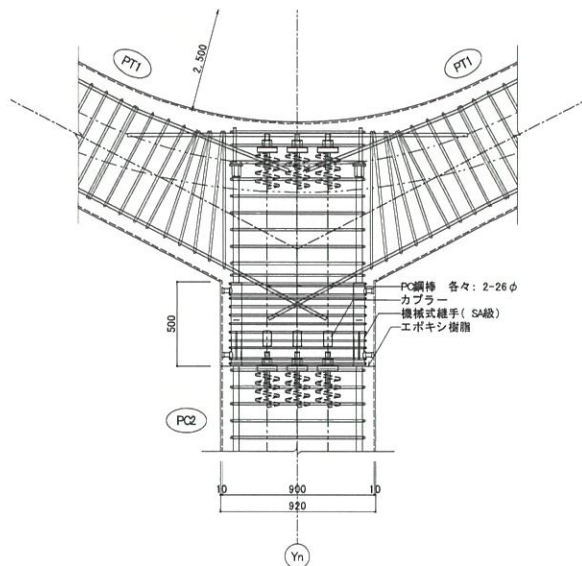


図-14 PT1-PC2 接合部詳細図

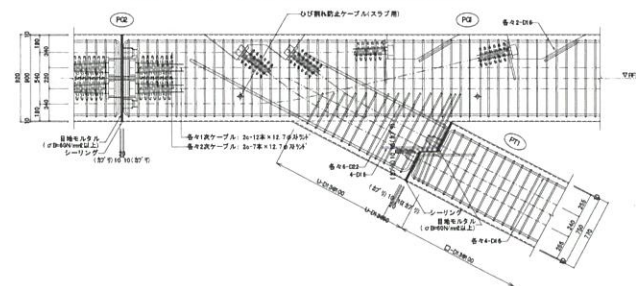


図-15 PG1-PT1 接合部詳細図



写真-3 PC部材が上がった現場1



写真-4 PC部材が上がった現場2

3.3 構造上の特徴

(1) PCによる大きな箱とRC造による在来の箱

建物はPCaPC造による大屋根を形成する架構（ホール関係）の内部に、平家建ての壁式RC造（各事務所関係）が配置される形式となっていて、基礎は一体とし上部構造はエキスパンジョイントを設けそれぞれが独立した建物となっている。PCaPC造による大屋根中央は大きな吹き抜けとで各フレームは面外に対し剛性が低くなる。地震時水平力はスラブをかえして直行するフレームにて負担することになるため、X、Y方向に地震力が生じた時を考慮して片持ちスラブ先端には補強筋を設けた。また柱が互い違いにあることから内側のフレームと外側のフレームを繋ぐ梁を設けると梁とスラブの納まりがうまくいかないことから、一方のスラブにて応力を伝達する計画とした（図-16）。

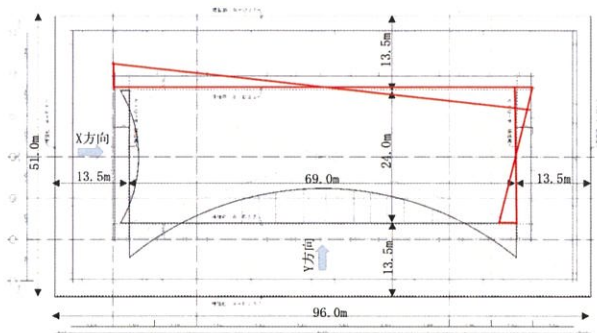


図-16 応力図（スラブ）

スラブについては、ボイドスラブによって全体的な軽量化を図った。プレキャスト部材と現場打ちの片持ちスラブを一体化とする為、PC ケーブル（正面側 34c-3本×12.7φストランド@2500）（妻側 16c-3本×12.7φストランド@2500）による圧縮力を与える事と同時にスラブのヒビ割れ防止を図った（図-17）（図-18）。

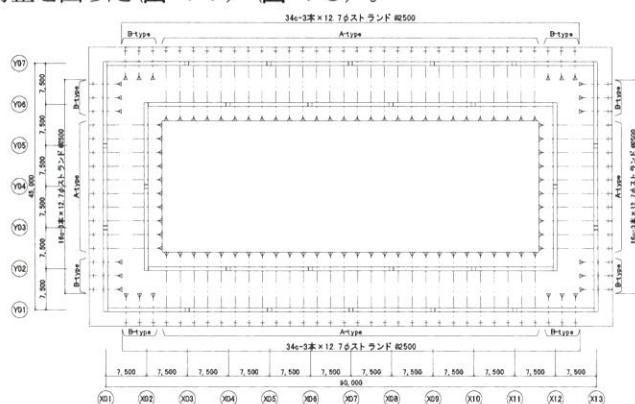


図-17 ケーブル配線位置図

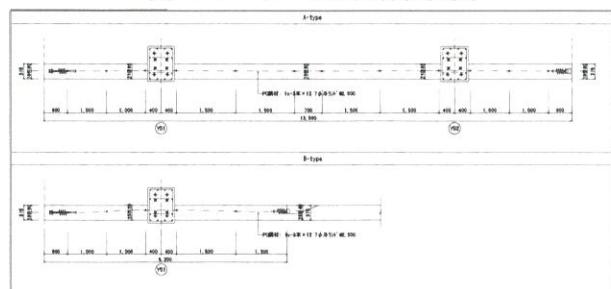


図-18 ケーブル配線リスト

鉄骨屋根の柱脚部にアンカーボルトによる水平力が大きくかかったために、コンクリートの打ち増しによる補強を行った。またボイドスラブによってスラブ厚を確保できた為、梁上部のアンカーボルト支承部からスラブ面までの距離がちいさくなったことに加え、補強がしやすい形状となった（図-19）。

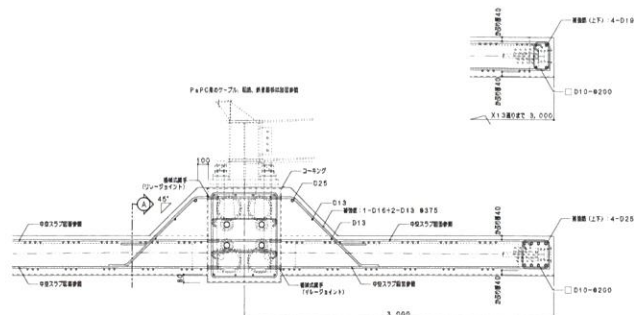


図-19 柱脚部及び片持ち先端補強

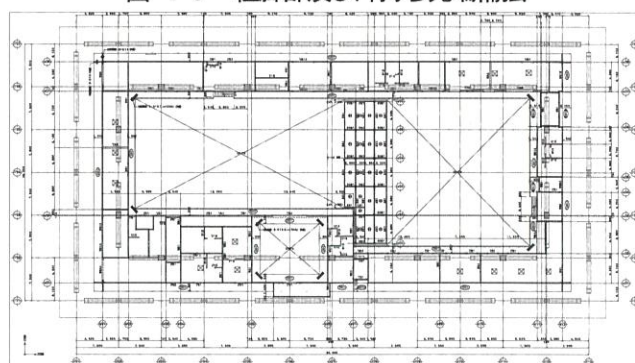


図-20 一階伏図

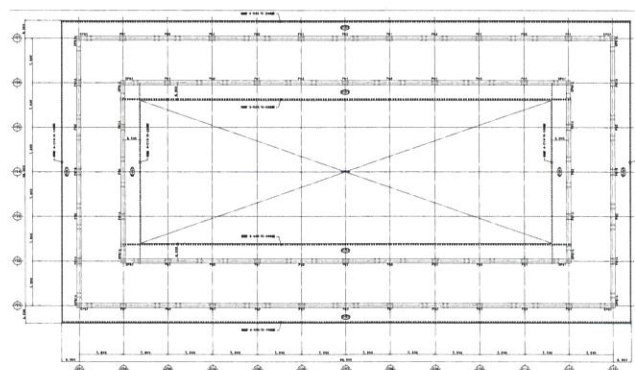


図-21 R階伏図

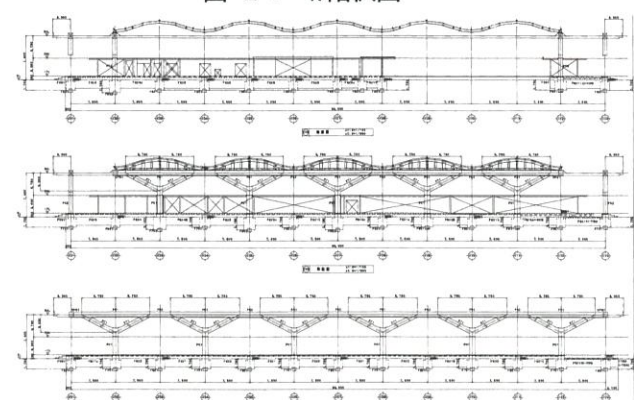


図-22 軸組図

(2) 膜屋根の設計

屋根は石垣島の自然に呼応する「波」や「山々」を連想する「照り」と「起くり」の反復による形状とした(図-2 3)。梁断面は $H=390\times 300$ 及び $H=300\times 300$ とし、膜屋根の取付幅を考慮した $3M\times 3M$ のグリッドとして計画した。部材はPC同様に海上輸送にて現場へ搬入することとなるため、部材は平面的に15分割とし現場にて組み立てていく計画とした(写真-5)(写真-6)。

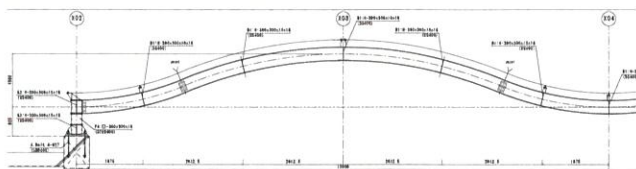


図-2 3 屋根鉄骨断面



写真-5 屋根鉄骨仮組状況



写真-6 屋根鉄骨部材ワンユニット

4. 部材の製作について

PCa部材は、沖縄本島にて製作し海上輸送により貨物フェリーにて現場へ搬入した。トレーラーの幅や積荷のバランス、部材重量を考慮しPC部材の接合箇所を設計時より調整した。PG梁については当初重量が27tあった為、トレーラーで輸送するには困難だった為、17t+10tの接合梁として分割し現場にて接合作業する計画とした。Y字柱についても同様に当初Y柱とPG1だけとしていたが輸送の観点からPT1と分割した形とした(写真-7)。



写真-7 PG1組立状況

5. 施工について

5.1 揚重計画

建方には200tのクローラークレーンを用いて建物内より建て込んでいった(図-2 4)

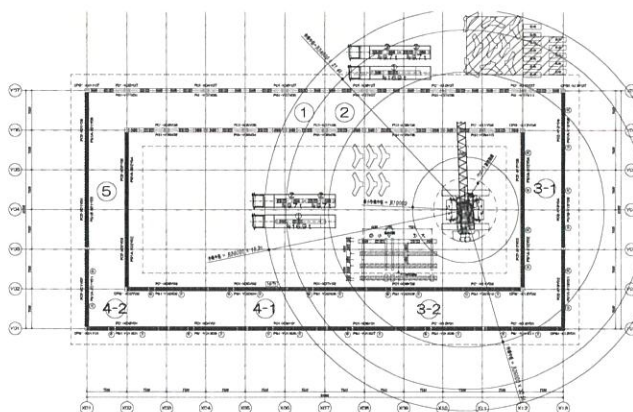


図-2 4 揚重計画図

5.2 架設

PC構造物として特異な形状施工として、PC仮設時に支保工、各部材にかかる重量やバランスを考慮し取付を行った(図-2 5)。PT梁とPG梁の接合において、PG梁-PT梁-Y字柱との側面の平滑さを基本とした手順とし、架設毎の目地部のモルタルの打設は行わなかった。Y字柱とPT梁の接合部を側面から金物で固定するだけとした。その際、PG梁架設時にPT梁に荷重を掛けない様に注意し、取付位置や取付精度を確認した。最後にPG梁、PT梁、Y字柱接合部の段差がないかを確認し、無収縮モルタルを打設した。各コーナーのPG梁の接合についてはサイコロ状の部材とし、X-Y方向のPG梁架設後にコーナー部材の取付を行った。(写真-8~写真-12)。

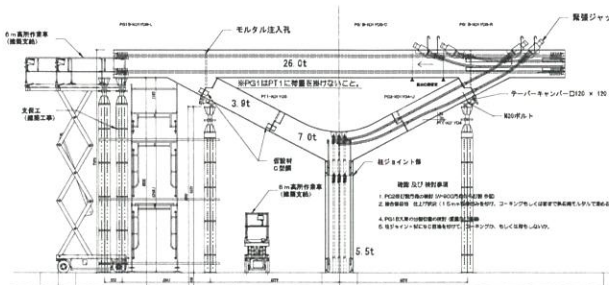


図-2 5 PC部材架設計画



写真-8 YG柱の架設



写真-9 PT梁の架設1



写真-10 PT梁の架設2



写真-11 PG梁の架設



写真-12 コーナー部材の架設

5.4 緊張

プレストレス力による躯体の変形への影響を抑えるための後打ち部（後打ち箇所は二階床のみ）については、建て方順等を考慮し、中央部と端部にそれぞれ設けた。それにより二階床コンクリート打設完了までは、

導入力は、PC1（PC鋼棒26φ-4本）PC2（PC鋼棒26φ-6本）については300kN/本とし、梁については一次緊張（大梁のみPC鋼より線12.7mm）125kN/本、二次緊張については大梁（PC鋼より線12.7mm）110kN/本、PT1（PC鋼より線12.7mm）125kN/本となっている。



写真-12 PG梁の緊張状況

5.5 精度管理

間口が9.0M程度と広く、Y柱については特に意匠の顔となる事、平面的な開きが出ると修正も厳しく上部構造にも影響していくため、取付精度は5ミリを目標値と定めて、各通り芯、側面、レベル管理を行った。特に内外部フレームは直行した梁がない事から各フレーム同士の距離も管理し建て方を行った（写真-13）（写真-14）。



写真-13 測量状況1



写真-14 測量状況2

6. おわりに

2025年7月現在工事は進行中であって、完成は同年11月の予定となっている。完成に至ってはスムーズな「入国管理」の手続きが行われると同時に、新たな島の玄関口として乗客を迎え入れ、記憶に残るようなシンボリックな建物になっていくことを期待している。また大きな軒下の元で今後整備されていく施設後方の商業施設との連携、島民との交流が生まれる活動にも期待をしたい。RC造がほとんどの沖縄にあって職人の不足や労働時間の規制、資材の高騰等、建設を取り巻く状況は年々厳しくなっている。そのような中、今回のようなPC造による建物の設計・施工はこの問題に対して一つの回答が出せているのではないだろうか。現在、県の防災センター（入札待ち）、県消防指令センター（着工中）、屋内運動場（着工準備中）がPC造での設計（全て弊社設計による）となっている。その技術等を理解してもらうため現場見学会等を開きながら更なる技術開発や知識の啓発が行われている（写真-15）（写真-16）。



図-2 6 東側外観



図-2 7 南側外観



図-2 8 待合ホール（内観）



図-2 9 夜景1



図-3 0 夜景2



写真-1 5 現場見学会の様子



写真-1 6 現場見学会の様子