

GLP 鳴尾浜の設計・施工

— BIM による PCaPC 免震マルチテナント型物流施設の開発 —

武田 啓志*

先進的マルチテナント型物流施設である GLP 鳴尾浜に関する報告である。企業の事業継続計画（BCP）を施設として支援する BCP 対策を実装している付加価値のある投資型施設である。上り下りのランプウェイを 1 基ずつ有しており、各階の倉庫に大型車両が直接アクセスできる建築計画としている。主体構造はプレキャストプレストレストコンクリート造（PCaPC 造）であり、天然ゴム系積層ゴム支承、鉛プラグ挿入型積層ゴム支承および弾性すべり支承を用いた基礎免震建物としている。ランプウェイは倉庫部と構造的に一体であり、この部分についても PCaPC 造としている。構造設計においては、ROI（Return On Investment 投資対効果）を高くすることや、BCP の理念を取り入れた構造コンセプトを採用している。また、計画段階から BIM（Building Information Modeling）を取り入れ、関係者間の早期合意や、ランプウェイ部材の製作に役立てている。倉庫本体にはパネルゾーンのコンクリートを現場にて打設するセミ圧着工法を、ランプウェイについてはフル圧着工法を採用している。

キーワード：圧着工法、免震、BIM、BCP

1. はじめに

従来の“倉庫”と呼ばれてきた施設は、部品や製品あるいは商品の保管といったものを主体としており、施設の重要度が低いものと考えられてきた。そのため、建設コストを安く抑えるため、建築基準法で定められている最低限の性能を確保するものが多数建設されてきた。しかし近年、1995 年の阪神淡路大震災や 2011 年の東日本大地震などの危機的事象を乗り越えるために、企業の事業継続性が重視され、多くの企業は事業継続計画（BCP）を策定している。事業継続するためには、部品や製品を安全に保管することも求められ、保管場所としての“倉庫”の重要度が見直されている。一方、インターネット通販や、即日配達といった配送時間の短縮などのニーズにより、保管を主体としていたこれまでの倉庫から、物流の拠点となりうる物流機能をもった物流施設へ姿を変えてきている。

施設のクオリティーとしてもオフィスと比べても遜色のない最先端の施設となっているものもある。とくに、免震建物を採用し、地震時の安全性を高くした BCP 対応のものや、地球環境にやさしい施設として、米国の環境認証システム LEED や国内の建築環境総合性能評価システム



写真 - 1 GLP 鳴尾浜（外観北東面）

CASBEE の認証取得をする施設が出てきており、他の物流施設との差別化を図る物件が増えてきている。

2. 施設概要

物流施設には大別すると、入居予定のテナントの要望に応じて建設される BTS（Build To Suit）型施設と複数のテナント利用を前提として建設されるマルチテナント型施設がある。GLP 鳴尾浜はマルチテナント型施設として、設計・建設された物流施設であり、入居テナントの事業継続性を確保するためのさまざまな対応（BCP 対応）を実装した施設となっている。日本の代表的な災害として大地震があげられるが、基礎免震構造を採用することで、建物内の安全性のみならず、保管物品の荷崩れを防止し、事業継続を確保することを主眼としている。また、津波や洪水などの水害に対しても、施設の高さ設定で対策を講じており、非常事態においても施設内の人のみならず物品の安全性を確保している。高さの設定については、行政より公開されているハザードマップ等の予想最高浸水深に基づいている。また、事務室エリアや防災センターについてはバック



* Hiroshi TAKEDA

デロイト トーマツ PRS (株)
建築構造部 部長

アップ電源設備を装備し、断水時・停電時でもトイレの使用が可能となる地下水供給設備も完備している。

本施設は安全性のみならず、環境にも配慮した施設となっている。免震構造とプレキャストプレストレストコンクリート造（PCaPC造）の採用や水セメント比を抑えた中性化に強いコンクリートを用いることで、「200年建築」を実現している。また、ライフサイクルCO₂を約12%削減、太陽光発電パネル、全館LED照明を設置し、CO₂排出量および消費電力を約50%削減（一般蛍光灯比）している。さらに、世界140ヶ国以上で普及しているアメリカの建物環境認証LEEDを取得予定であり、すでにLEEDゴールドの予備認証を取得済みである。

立地条件は、阪神高速道路5号湾岸線の「鳴尾浜IC」より1km以内であり、大阪や神戸への物流拠点として最適な場所である。また、周辺には武庫川団地があり、阪神甲子園駅およびJR甲子園口駅からバスが運行されているため、施設の運営で重要な労働力の確保も容易である。

3. 建築概要

地上5階建ての物流施設であり、平面形状は198.0m×112.0m、基準階の階高6.6m、軒高33.80mである。本体倉庫の5階まで自走できる上りランプウェイが西側に、下りランプウェイが東側に各1箇所設置されており、各階の倉庫に大型車両が直接アクセスできる計画としている。また1階に外構の車路から直接アプローチできるバースも有している。各階には倉庫、バース、車路および事務室が配置されている（図-1、2）。

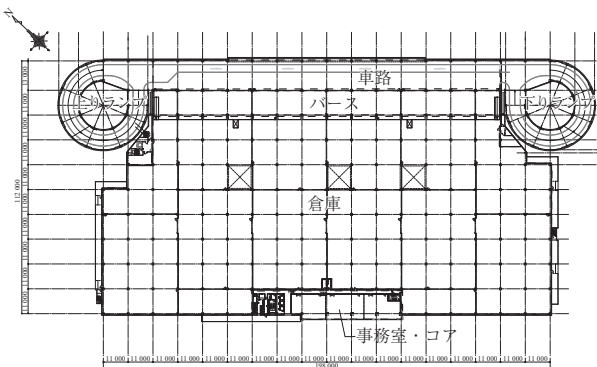


図 - 1 基準階平面図

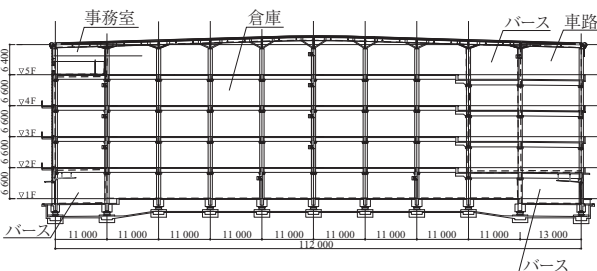


図 - 2 断面図

所在地：兵庫県西宮市鳴尾浜1丁目20
 用途：倉庫業を営む倉庫
 建築面積：23 163.61 m²
 延べ面積：110 070.01 m²
 階数：地上5階
 軒高：33.800 m
 最高高さ：35.770 m
 構造種別：プレキャストプレストレストコンクリート造、ラーメン構造、一部、鉄骨造
 耐震方式：免震構造
 意匠設計：西松建設株式会社一級建築士事務所
 構造設計：デロイト トーマツ PRS 株式会社一級建築士事務所
 施工：西松建設株式会社関西支店
 PC施工：黒沢建設株式会社

4. 構造設計

4.1 コンセプト

BCP対策や200年建築を実現するため、免震構造を採用している。また、優良な資産とするため、ROI（Return On Investment 投資対効果）の高い免震物流施設となる計画としている。

ROIを高くするには建設コストを抑えることが重要であるが、地震国日本でROIを高くする場合は、地震リスクを考慮する必要がある。大地震の発生確率が高い地域に最低限の耐震性能しか保有していない施設の場合は、大地震に遭遇すると大きな損失を被るため、結果としてROIが低くなる。一方、大地震の発生頻度が低い地域に、必要以上の耐震性能を保有させた施設の場合は建設コストが高くなり、結果として同様にROIが低くなる。免震建物は地震対策として有効なのは周知の事実であるが、建設コストが高くなる傾向にある。そのため、計画地の地震環境を把握し、適切な耐震性能となるように、耐震クライテリアを定めることが重要となる（図-3）。また、建設コストを最小限に抑えるため、詳細な構造計算を行う必要がある。ラフな構造計算は高い安全率が内在するため、安全性の観点では、簡易に設計ができる点も踏まえると非常に有意義であるが、ROIの観点からは必ずしも好ましいとはかぎらない。そのため、免震建物の構造計算には、いわゆる告示免震ではなく、大臣認定を取得する設計ルートとすることが重要である。また、GLP鳴尾浜については、建築主であるグローバル・ロジスティック・プロパティーズ株式会

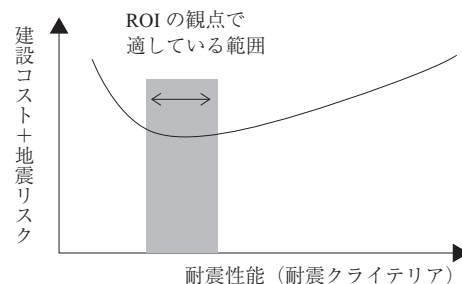


図 - 3 ROIによる耐震性能の設定

社が特許を保有する解析手法を用いており、通常の解析よりも詳細な解析を行うことで、建設コストの削減を図る方針としている。

BCP対策としては免震構造が非常に有効である。一般的な鉄筋コンクリート造や鉄骨造の免震建物では、想定外の地震により損傷を受けた場合、建物躯体の破壊モードは梁端部が塑性化する全体崩壊形となる。これは建物の損傷として致命的な柱のせん断破壊を回避する方法としては非常に有効であるが、補修の手間が非常に大きい。GLP 鳴尾浜においては、PCaPC 造による PC 圧着関節工法を採用することで、柱と大梁の接合部分の目地に損傷を集中させる機構としている。これは黒沢亮平氏が提唱する「釣り竿理論・関節理論」に基づくものである。「釣り竿理論」とは竿が PCaPC 柱に、道糸が PCaPC 梁に、ハリス部分を目地部と考え、柱と梁には直接的なダメージを与えないという理論である。また「関節理論」とは柱・梁接合部を、人間の関節に見立てた理論であり、PC 圧着関節工法では、アゴの上に乗った柱と梁のジョイント部分を関節と捉えている。地震によって変形が起きると、柱の変形とともにアゴの部分が回転する。この時、圧着接合している PC 鋼材を弾性域に留めることで、地震が過ぎ去れば、この PC 鋼材の力によって建物は、元の位置に戻るという高復元性を考えた理論である。このように「釣り竿理論」を考慮することで、想定外の極大地震に遭遇しても、目地部に損傷を集中させることで、フレームの安全性が確保できる。さらに、損傷が目地部のみであり、建物の補修箇所が限定され、かつ補修が容易であるため、施設を利用するテナントに対してほぼ制限なく、使いながらの補修工事が可能となる。また「関節理論」により許容応力度設計（パーシャル設計）を行って、PC 鋼材を弾性範囲に留めることで、再現なくおこる余震によって累積する損傷を考慮する必要がない。そのため、PC 鋼材を弾性域に留めることにより、建物自体の安全性が担保され、繰り返し起こる余震などに対しても安心して施設を利用することが可能となる。さらに免震効果と相まって、建物の変形は最小限に抑えられ、建物内部の荷崩れなどに対しても有効である。このように圧着工法を用いた PCaPC 免震建物は被害を最小限に留め、被災後は復旧を早くするという BCP の理念に沿った構造システムである。

4.2 構造計画概要

建物を構造的に大別すると中央に配置されている倉庫部と倉庫両側に取り付く 2 基のランプウェイ部で構成されている。

倉庫部は純ラーメン構造としており、平面形状は X 方向 18 スパン、Y 方向 10 スパンの整形な平面形状であり、基準階高を 6.6 m としている。1 階大梁のみを現場打ちの PC 造としているが、1～5 階の柱および 2～5 階の梁については PCaPC 造を採用している。また、屋根架構については最上階の柱を片持ち形式として、鉄骨架構を乗せ掛ける方式としている（図 - 4）。なお屋根についてはダブル折板を採用している。

ランプウェイについては、一般的には鉄骨造を採用する

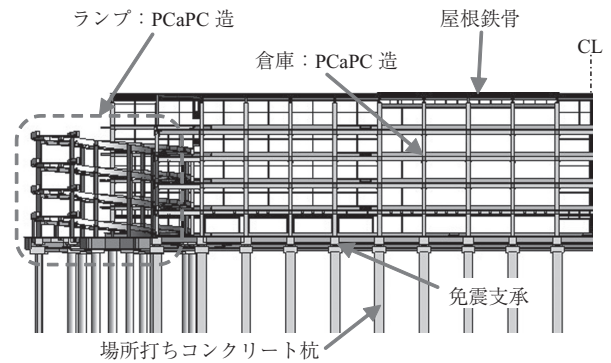


図 - 4 略構造図

例が多数見受けられるが、GLP 鳴尾浜については、倉庫部と同様に PCaPC 造としている。PCaPC 造を採用することにより、ランプウェイを走行する車両の振動を低減する他に、仕上げ材や耐火被覆が不要であるため、メンテナンスフリーとなる。また、倉庫と同じ素材を用いることで、施設全体の統一性を図り、意匠性を向上させている。

大梁、小梁に PCaPC 部材を採用することで、床の剛性を高められるため、倉庫内部で使用するフォークリフトの振動を最小限に抑えることが可能となる。また、200 m 近い長大建物では、鉄筋コンクリート造や鉄骨造の場合、床に有害なクラックが発生するほか、熱膨張の影響で構造躯体にも損傷を受ける可能性があるため、エキスパンション・ジョイントを設ける必要がある。しかし、PCaPC 免震建物は PCaPC 部材の現場での緊張効果により、床に大きなひび割れを発生させず、構造躯体も健全である。そのため、エキスパンション・ジョイント設けずに、一体の建物として計画することが可能である。

GLP 鳴尾浜は 1 階の柱の下と免震ピットの間で免震部材を配置した基礎免震構造としている。免震部材は天然ゴム系積層ゴム支承、鉛プラグ挿入型積層ゴム支承、弾性すべり支承を合計 230 基を配置している。これは、埋立地である鳴尾浜が計画地であり、表層地盤が比較的軟弱であるため、長めの免震固有周期とするためである。天然ゴム系積層ゴム支承については、せん断剛性率が $G = 0.39 \text{ N/mm}^2$ の内部ゴムを用いておりサイズは $1000 \sim 1200 \phi$ 、鉛プラグ挿入型積層ゴム支承については $G = 0.39 \text{ N/mm}^2$ の内部ゴムを用い、サイズは $1000 \phi \sim 1200 \phi$ および 1000×1000 としている。弾性すべり支承の内部ゴムには、 $G = 0.588 \text{ N/mm}^2$ を用いている。免震層全体のダンパー量は 2.5% 程度としており、免震層のせん断歪 100% 時の等価 1 次固有周期を 4.05 秒程度となるように設定している。なお免震層の偏心率を 0.03 以下とし、振れにくい免震配置計画としている。

基礎は設計 GL-33.5 m 以深の砂礫層（洪積層）を支持層とする杭基礎（場所打ちコンクリート杭拡頭・拡底工法）である。杭の軸径は 1700ϕ と 2000ϕ で、拡頭径は 1950ϕ と 2250ϕ 、拡底径は $3800 \sim 4000 \phi$ としている。

地上部の主なスラブ形式は鉄筋トラス付捨型枠デッキプレートを用いたスラブを採用している。これにより建物の

ほとんどの部分で支保工が不要となり架構全体をプレキャスト化するメリットを最大限に活かし、施工の効率化を図っている。

4.3 上部構造の時刻歴応答解析概要

時刻歴応答触析業務示方書に沿って時刻歴応答解析を行っている。設定したクライテリアを表 - 1 に示す。極めて稀に発生する地震動においても即時に施設を利用可能とするため、上部構造は弾性限耐力以下としている。PCaPC造は緊張による復元力があるため、弾性限耐力以下であれば、一般の鉄筋コンクリート造とは異なり、地震後もほぼ弾性挙動となる。また、架構全体として高い剛性を確保しているのにも拘わらず、大変形にも追従できる変形性能もあるため、想定外の極大地震においても躯体の損傷は最低限に留めることができる。

表 - 1 クライテリア一覧

		稀に発生する地震動 レベル 1	極めて稀に発生する地震動 レベル 2
上部	部材	短期許容耐力以下	弾性限耐力以下
	層間変形角	1/400 以下	1/200 以下
免震	変位	248 mm 以下	620 mm 以下
	ひずみ	100 % 以下	250 % 以下

設計用入力地震動は「建設省告示第 1461 号第四号イ」に基づく地震動（以下、告示波）と代表的な観測地震波（以下、観測波）としている。地震動の入力レベルは「稀に発生する地震動」、「極めて稀に発生する地震動」の 2 段階としている。告示波については表層地盤をモデル化し、解放工学的基盤に地震動を入力し、有効応力解析より基礎下位置での波形を作成し、これを入力地震動としている。観測波については各入力レベルは最大速度値で基準化し、稀に発生する地震動については最大速度 25 cm/s で、極めて稀に発生する地震動については最大速度 50 cm/s で基準化している（表 - 2）。設計に用いている地震動は告示波 3 波および観測波 3 波の計 6 波としている。

表 - 2 レベル 2 設計用入力地震動

	地震動名	最大速度
告示波	告示波（位相：KOBE NS）	52.1 cm/s
	告示波（位相：HACHINOHE NS）	53.6 cm/s
	告示波（位相：乱数）	43.9 cm/s
観測波	EL CENTRO 1940NS	50.0 cm/s
	HACHINOHE 1968NS	50.0 cm/s
	TAFT 1952EW	50.0 cm/s

地上部（上部構造、免震部材）を対象とした等価せん断型 6 質点モデルを作成する。支持条件は免震部材の下で固定とし、免震部材はスウェイバネにてモデル化する。上部構造については立体モデルによる静的弾塑性増分解析の結果を基に、各階の骨格曲線を導びき、トリリニア型でモデル化する。このモデルを用いて時刻歴弾塑性応答解析を行い、クライテリアを満足していることを確認している。なお、免震クリアランスは解析結果から設計クリアランス

700 mm、施工クリアランス 720 mm としている。

4.4 杭の時刻歴応答解析概要

設計では上部構造を対象とした前述のモデルの他に、杭についても時刻歴応答解析を行っている。解析手法は建築主が特許を保有する「GLP 同時刻歴一体応答解析手法」¹⁾を用いている。この解析手法は Penzien モデルのように地上部の上部構造から杭までを一体にモデル化を行い、時刻歴応答解析を行うことで、杭に生じる応力を直接算出することができる（図 - 5）。この手法は一般的に用いられる応答変位法などの静的解析よりも精度の高い解析値が得られ、合理的で経済的な設計が可能となる。

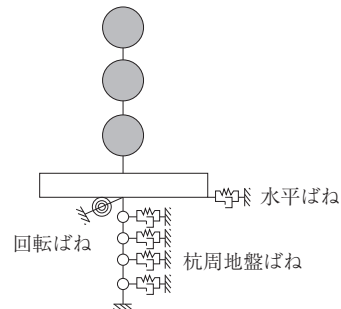


図 - 5 GLP 同時刻歴一体応答解析手法¹⁾

4.5 PCaPC 部材の設計

上部構造のラーメン架構を形成する PCaPC 造部材には $F_c = 60 \text{ N/mm}^2$ の高強度コンクリートを採用している。主要な部材断面は中柱 $900 \text{ mm} \times 900 \text{ mm}$ 、側柱および隅柱 $850 \text{ mm} \times 850 \text{ mm}$ 、地上部大梁は 2 階～5 階 $600 \text{ mm} \times 1000 \text{ mm}$ としている。柱については PC 鋼棒により緊張を行い、大梁については PC 鋼より線にて緊張を行う計画としている。PC 鋼材には SWPR7B、SBPR C 種 1 号 1080/1230 C 種 1 号を使用している。なお、現場打ち部分 1 階大梁についてはコンクリート強度 $F_c = 39 \text{ N/mm}^2$ とし、部材断面は $650 \text{ mm} \times 1400 \text{ mm}$ としている。

倉庫部にはパネルゾーンを現場にて打設を行うセミ圧着工法を採用している。柱にアゴを設けて、施工時に大梁を載せ掛ける方式としている（写真 - 2）。大梁については、



写真 - 2 柱アゴ形状

現場緊張していない両端ピンの状態で床スラブを乗せても大丈夫なような1次緊張力を導入している。このアゴは安全上の配慮として仮設以外は耐力を見込んでいない。そのため想定外の事態が起きても、梁の落下を防ぐことが出来、設計で考えている以上の安全性が確保されている。また、長辺が約200mと非常に長大なため、一度に全体を緊張すると梁の軸変形により柱が傾むいてしまう。そのため施工時 MOVE を長辺方向3カ所、短辺方向1カ所設けて、3次緊張することで柱の建方精度を高めている(図-6)。現場にて緊張を行うことで床面にも圧縮力が働くため、長大な建物にも拘わらず床のクラックを最小限にすることができる。

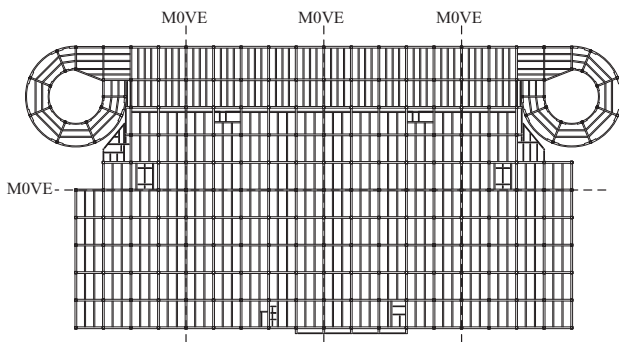


図 - 6 施工時 MOVE

ランプウェイ部は柱および外周、内周のR形状の逆梁の大梁と放射状方向の大梁で構成されている。ランプウェイ部については倉庫部とは異なり、セミ圧着工法ではなく、フル圧着工法を採用している。これは、R形状の大梁が逆梁になっているが、放射状方向の梁は順梁であるため、フル圧着工法の方が合理的となるためである。また、ランプウェイ部は建物全体の印象を左右する重要な部分であり、意匠性を高める理由もある。ランプウェイ部は螺旋状になっていることから、スラブがトラス効果を生むことや、上り始めが極短柱となり、倉庫と比較して相対的に剛性が高くなる。ここで、「相対的」と述べたのは、ばねとしての剛性はもちろん全体ボリュームの大きい倉庫部の方が高いが、それぞれが負担する質量を含めると、ランプウェイ側に地震力が移行するという意味である。なお、極短柱になる範囲については、床を1階の梁を増し打ちすることや壁を立ちあげて床を支えて、上方の螺旋と縁を切る対策を施している。また、柱脚や大梁端部をピン接合とすることでランプウェイの剛性が極端に高くなることを防いでいる(写真-3)。プレキャストコンクリート造は鉄筋コンクリート造と比べ、容易にピンディテールを構築できるのもメリットの一つである。R形状の大梁の一部にもピン接合を用いているが、R形状のため、外側に転んでしまう。そこで、この大梁については梁中央の下に間柱を設けている(写真-4)。

5. BIM の取組み

BIM とは、Building Information Modeling (ビルディングインフォメーションモデリング) のことで、バーチャル

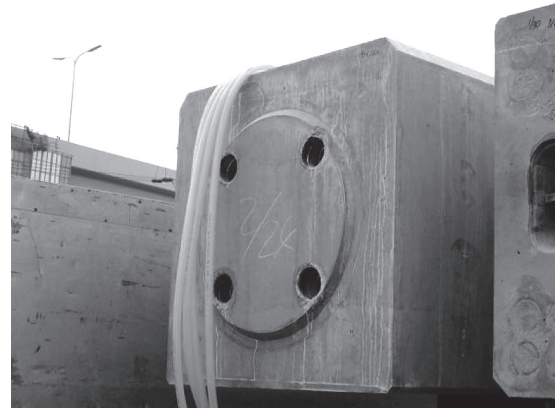


写真 - 3 柱脚ピン接合

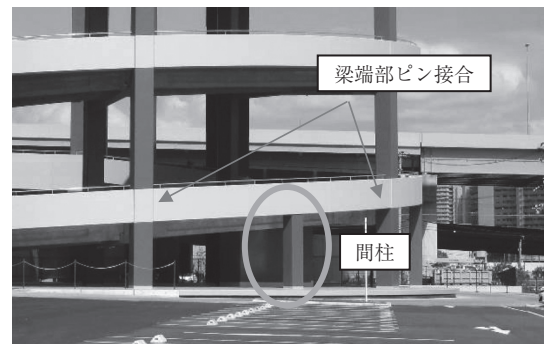


写真 - 4 ランプ間柱



図 - 7 BIM モデル全体

空間上に作成した3次元の建物モデルである(図-7)。3次元CADやCGはあくまで表面的なものを3次元にて表現するツールであるが、BIMはこれらに素材やコスト、管理履歴等の情報を属性データとして追加することができるデータベースである。

近年BIMを取り組む例が増えてきているが、これらはあくまで設計および施工といったものを主体とすることが多い。弊社では設計・施工のみならずPCaPC部材の製作までをターゲットとし、より効果的にBIMデータを運用をする手法を黒沢建設とともに開発中である。ここでは、GLP鳴尾浜におけるBIMの取組みと、今後の展望を紹介する。

GLP鳴尾浜におけるBIMについては、PCaPC造のランプウェイの架構について計画段階から取り組んでいる。ラ

ランプウェイの車両進行方向の大梁についてはR形状であり、かつ勾配がある3次元の形状であるため、この部材形状、すなわち型枠形状を2次元CADでは表現しづらい。今回はこの部材を含む架構全体を3次元でモデリングし、BIM上でのバーチャルな検討を行っている他、3Dプリンターを用いた模型によるスタディも行っている（写真-5）。とくにプレキャスト部材を用いた建物は、積木のように部材を載せていくことから、模型については、架構全体を表現する全体模型と、部材形状を詳細に表現した部材模型の2種類を作成している。これにより、建方計画などをBIMモデルにより視覚的に理解するだけでなく、模型を触ることで計画を皮膚感覚で体感できるといった効果が得られている。また、部材製作工場に対する理解度の向上や、建築主への説明性も向上するといったメリットもある。実際の製作においては、3次元形状のものを2次元の製作図に落とし込むため、作成した図面の確認は非常に困難である。しかし、BIMのデータを閲覧することで、2次元の製作図を確認する手助けとなるだけでなく、設計者、施工者、部材製作者の関係者間のより良い議論を促すためのコミュニケーションツールとなっていることも大きなメリットである。

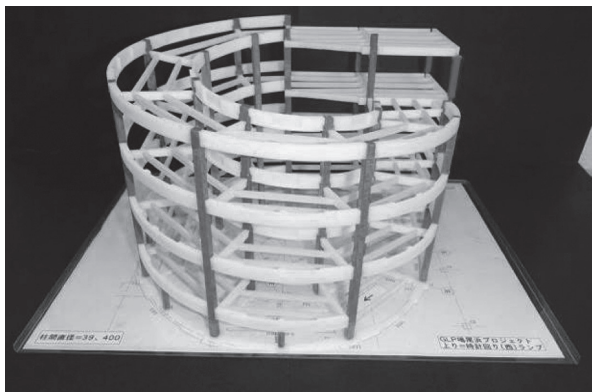


写真 - 5 3D プリンターによる模型

建物全体のBIMについては設計終了段階から取り組み、設計図書の不整合の洗い出しや施工検討、各種納まりの事前検討に役立っている（図-8）。また、BIMモデルを用いた動画を作成し、起工式などのイベントにおいて建物の完成形の紹介を行っている。

今後の課題としては、BIMモデルから製作図の自動作

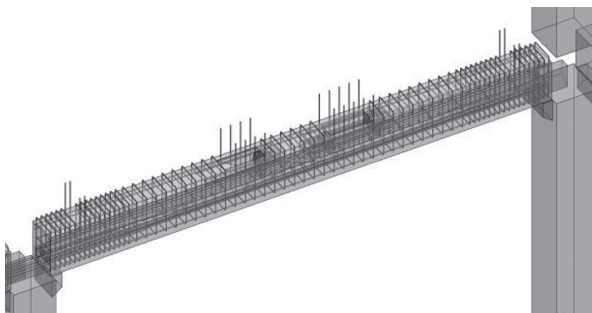


図 - 8 大梁の配線と配筋モデル

成や、鋼製型枠の自動切断への取り組み、BIMを用いた品質管理方法の確立などがあり、これらを達成することで、プレキャスト部材が更なる工業化された製品として、建設現場の合理化が図れることを期待している。

6. 施 工

6.1 ランプウェイ計画

建築主がこれまで手懸けてきた物流施設のランプウェイは鉄骨架構に外装PCを手摺外壁として取り付けたものが多い。今回は鉄骨架構でなく、PCaPC造とし、施設全体のマテリアルを統一し、デザイン性の優れた計画としている。建築主の要望としては、手摺外壁を活かした横連層を強調したデザインであったが、PCaPC造とすることで、柱および梁が強調されてしまい、所望されるデザインからは逸脱してしまう。また、PCaPCの大梁を柱に乘せ掛けるためのアゴがあるため、この部分も全体の要求イメージを遠ざける要因となる。これらの解決策として、横連層を強調する色彩計画や、大梁を手摺外壁と兼用する逆梁として採用することで、大梁部材を強調している。また、柱のアゴを隠すことで美しいR曲線の大梁を強調することに取り組んでいる（図-9、写真-6）。横連層を強調するためには、柱型はなるべく見えない方が好ましく、柱と外周部の大梁については面揃えとなるように当初計画をしていたが、建方精度の誤差により、梁面が柱面から微妙であるが飛び出してしまう可能性がある。この場合、ずれが目立ってしまい、意匠性を著しく損なう。また、外周部の大梁についてはR形状であるため、外側に倒れこむ恐れがあり、梁面と柱面を揃えるのは非常に難しい。そのため、今回は、梁側面位置を柱の面から50mm内側にする

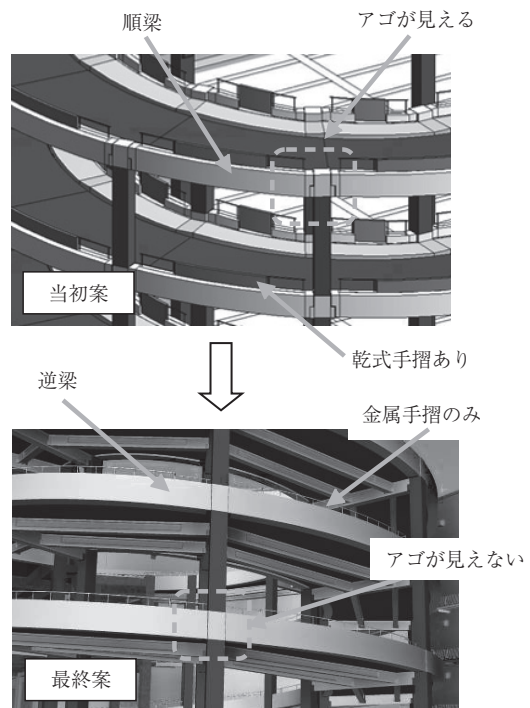


図 - 9 当初案と最終案

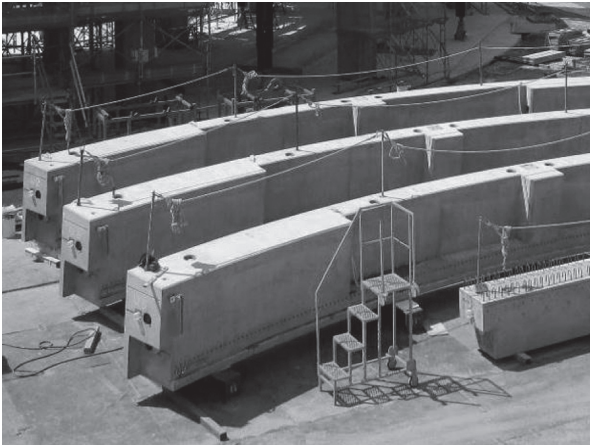


写真 - 6 ランプウェイ R 形状大梁



写真 - 7 柱梁取り合い部段差

計画としている（写真 - 7）。これらのことは BIM を用いた事前検討により、50 mm の差がデザインに影響を与えないことを、建築主と計画段階で合意を得ることができた結果である。

6.2 ランプウェイ製作・施工

部材の製作においても、ランプウェイの R 形状の大梁については、一般の部材と異なる。車路の上り勾配があることで、2次元でなく3次元の曲線であり、かつ振れている



写真 - 8 ランプウェイ支保工

る形状となる。実際据え付ける状態では、高低差が 1 m 程度あるため、製作が非常に困難である。そこで、部材全体が水平になるまで、角度を変換した鋼製型枠を作成している。また、製品の管理においても、直線部分が小口のみであるため、計測しづらい。そこで、BIM 上で計測可能な位置の寸法を算出し、製品管理を行っている。R 形状の部材の注意点として、型枠からの脱型後、部材の形状特性により太陽光などの温度変化による反りやむくりが発生する可能性がある。そこで、直射日光を浴びないようにシート養生を行うことで、脱型前と出荷時の部材の変形がほとんど生じないように、細心の注意を払っている。

ランプウェイ部の部材総数は 538 ピースあり、柱 134 ピース、大梁 174 ピース、小梁 230 ピースとなっている。ランプウェイの建方と緊張サイクルを図 - 10 に示す。まず、はじめに柱を建て、独立柱にて安定するように柱を緊張して軸力を与える。次に大梁・小梁を建て掛け、放射状方向の大梁を緊張し、内周 R 形状大梁、外周 R 形状大梁を緊張する手順としている。これは、プレストレスト力により、円周方向の変動を小さくするための配慮である。その後、デッキプレートを敷き込み、スラブの配筋を行い、床コンクリートを打設する手順としている。なお、このサイクルを最上階まで繰り返している。ここで、R 形状の大梁の 2 次ケーブルにはキャピタル方式を採用し、内・外縁ケーブルを下から交互に緊張している。また、R 形状の大梁の中間部には支保工を設けている。これは R 形状のため、部材を取り付ける柱位置同士結んだ直線上に部材の重心がなく、大梁を柱に乗せ掛けるだけでは安定しないためである。この支保工は最上階まで建方・緊張・床スラブの打設を完了させてから撤去する計画としている。また、柱梁のジョイント部の微妙なずれは意匠性を損なうため、精度が高くなるように建方の際に、柱と梁のジョイント部にプレートをあて、M24 のボルトにて仮固定を施している（写真 - 9）。建方精度の管理としては、建方時のみではなく、柱緊張後も建て入れの計測および確認を行っている。この際、計測にはトータルステーションを使用した座標測量を行っている。

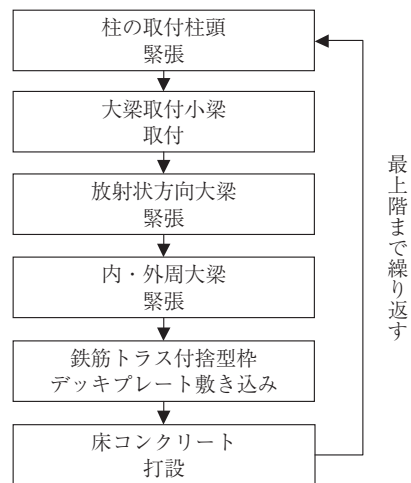


図 - 10 ランプウェイ建方サイクル

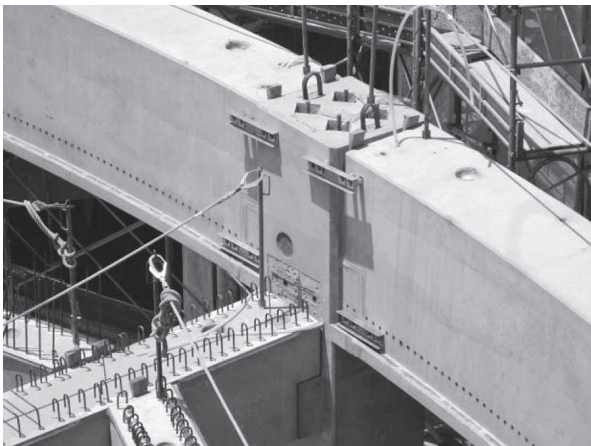


写真 - 9 転倒防止仮設留め金物 (金物撤去後)



写真 - 10 倉庫部建方風景

6.3 倉庫部製作・施工

倉庫部の部材ピースの総数は4265ピースであり、柱931ピース、大梁1492ピース、小梁1842ピースとなっている。建物全体を北工区と南工区に大きく2つに分け、さらに10ブロックに細分化して施工を行っている。このときの施工サイクル日数は25日としている。

仕上げを最小限としている建物であり、柱、梁には仕上げがない。これは化粧打放しコンクリートに代表されるように、コンクリート素材はそのまま仕上げ材になり得るためである。とくにPCa部材は鋼製型枠を用いるため、ベッド面および側面のコンクリート表面は非常にきれいな仕上がりとなる。また打設面については丁寧な左官仕上げを行うよう配慮している。PCaPC部材は現場の進行状況に応じて、ある程度工場内にストックする必要がある。工場内のスペースの関係で屋外に保管する場合はほとんどあり、雨垂れによる跡が残ることがある。特に柱については横に寝かせて保管するため、建方後、雨垂れ跡が横のラインになり、非常に目立つものとなる。また、大梁よりも目線が近いので、クレーム対象にもなりやすい。そこで、柱、大梁、小梁の全てに、保管の際に上になる打設面の両側に水切りテープを貼り、極力雨垂れ跡が残らざらぬようにしている(写真-11)。この水切りテープは保管から運送中も



写真 - 11 水切りテープ

貼り付けた状態とし、柱については現場でトレーラーから降ろす際に剥がすようにしている。また、大梁・小梁については床のコンクリート打設の際、PCaPC部材とデッキプレートの隙間から、ノロが垂れないようにするためのノロ止めとしても利用している。

トラックがバースに寄せた際、トラックの大きさによっては高さが異なるため、高床式倉庫のプラットホームと段差が生じる。これを解消するために、ドックレベラーを設置する計画としている。図-11に示すように床が欠き込まれている形状であり、PCaPC部材の上を現場にて増し打ちをする必要がある。GLP鳴尾浜においては、ドックレベラーを効率的に収め、容易に建方ができるように、PCaPC小梁の形状をドックレベラーの形状に合わせて作成している(写真-12)。この小梁は中央部分に段差があるため、製作には他の部材より手間が掛かるが、現場での増し打ちがなくなるため、工期の短縮を図ることができる。

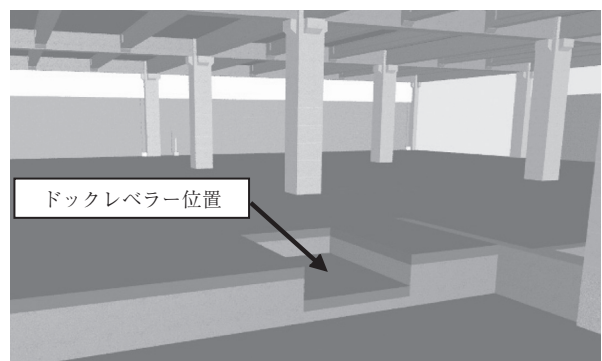


図 - 11 ドックレベラー周辺モデル図

7. おわりに

本プロジェクトでは、BCP対策、環境配慮という要求に対して、免震+PCaPC造を採用している。特にBCPの観点から大地震後の即時運用や想定以上の極大地震後の補修のしやすさを取り入れた建物としている。また、敷地の地震環境に合った耐震クライテリアの設定や、建設コストを削減できる解析手法の採用により、ROIの高い建物を実

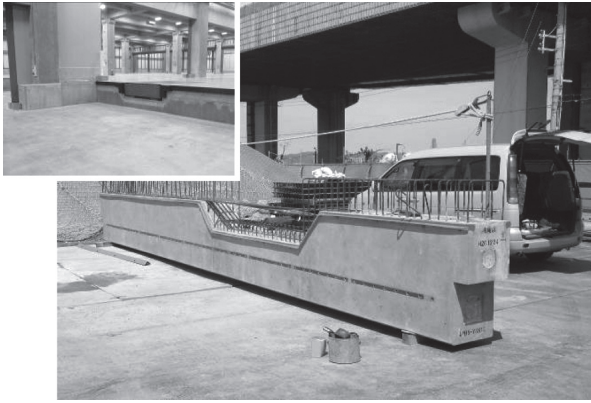


写真 - 12 ドックレベラー部 PC 部材

現している。

難易度の高いプロジェクトに関わる機会を与えていただいたグローバル・ロジスティック・プロパティーズ(株)の方々に、また意匠・設備設計および施工に多大な貢献をしていただいた西松建設(株)および黒沢建設(株)の方々に感謝の意を表す。

参考文献

1) グローバル・ロジスティック・プロパティーズ株式会社 HP

【2016年5月2日受付】

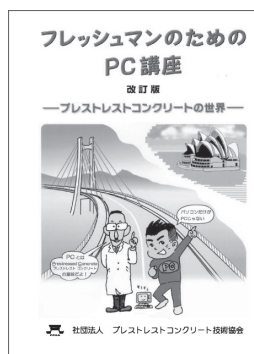


図書案内

フレッシュマンのための PC 講座・改訂版 — プレストレストコンクリートの世界 —

大変ご好評をいただいております「フレッシュマンのための PC 講座」も平成 9 年に第一版が発刊されてから約 10 年が経過いたしました。

その間に、基準値・規格値をはじめとした技術基準が従来単位系から SI 単位系に移行しました。また、プレストレストコンクリート構造物においても、複合構造等の新しい構造物が誕生しています。そこで、これらの項目を新しく見直して、改訂版を発刊することにいたしました。これからの技術者を育てるためには、大変有意義な図書であると確信しておりますので、是非有効利用されることをお勧めいたします。



主な改訂項目

- ・従来単位系から SI 単位系に変更しました。
- ・PC を利用した構造物の紹介に、最近の新しい構造物を盛り込みました。

発刊日：2007年3月

定価：3,600円／送料300円／冊

会員特価：3,000円／送料300円／冊

体裁：A4判、140頁

申込先：公益社団法人プレストレストコンクリート工学会