



建築技術

7

1964から2020へつなぐ
「代々木」からのメッセージ
構造デザインの軌跡



architectural design
有明体操競技場

超短工期大規模建築の省力化施工

近江大輔 ● 五洋建設(株) 建築企画部

服部覚志 + 藤川 誠 + 平田琢馬 ● 五洋建設(株) 建築本部 技術部

はじめに

本計画は、JR大阪駅の北側に位置し、2001年11月に開業しているヨドバシカメラマルチメディア梅田の北側に地下4階地上35階建の複合商業施設を建設するもので、2019年10月に竣工した。

工事は、地下4階～地下2階に専用駐車場(423台収容)、地下1階～地上8階までの商業施設、9階～35階までの宿泊施設からなるタワー棟の建設と、既存建物との周囲を2階のレベルにて回廊でつなぐデッキ



① 全景写真

工事、既存建物の改修工事からなる(図1)。

周辺環境は、大阪駅前であり非常に交通量が多く、高層建物や地下鉄等のインフラが密集しており、周囲の安全を確保しながら工事を進める必要があった。

本計画の工期は、2017年8月から2019年10月末までの27か月であった。施工時期は、全国的に建設工事がピークとなる時期であり、作業員が確保できないことによる工事遅延の可能性も想定された。また、山留め施工時に着工前に撤去されている予定の、地中障害が見つかるなど予定外の工事も発生した。

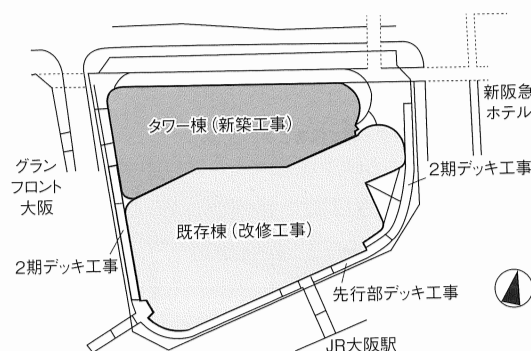


図1 配置図

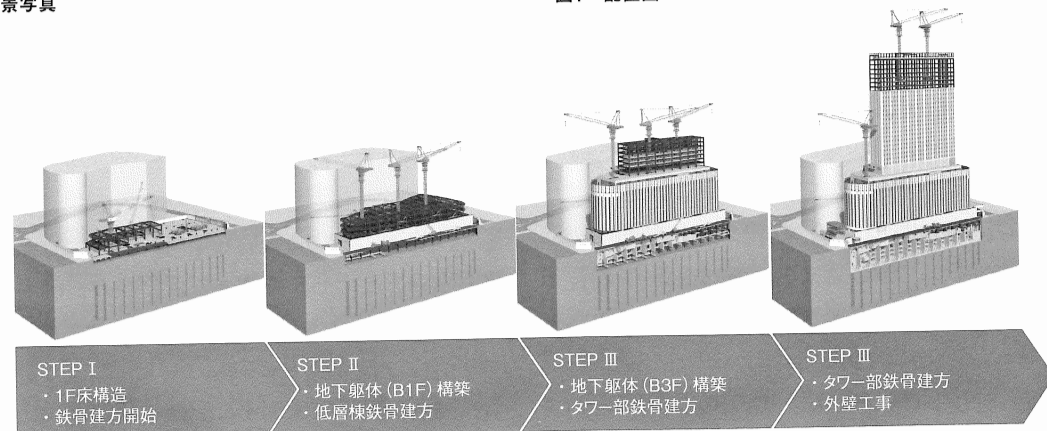


図2 逆打ち工法による施工ステップ図

上記のような条件で、短工期での完工を達成するために逆打ち工法(図2)を採用し、さまざまな省力化技術を取入れ、工期内に完成することができた。

本稿では、主にタワー棟建設における工事の計画と省力化への取組みについて紹介する。

工事計画と施工

◎全体計画

タワー棟は、地下4階までの地下部、1階～8階までの低層部と9階～最上階までの高層部からなる(図3)。建物配置については、地下部は敷地全体、低層部は北面道路境界線から約8mを除いた敷地全体に配置されており、施工スペースが限られた条件である。また、敷地東側道路下には、地下鉄御堂筋線

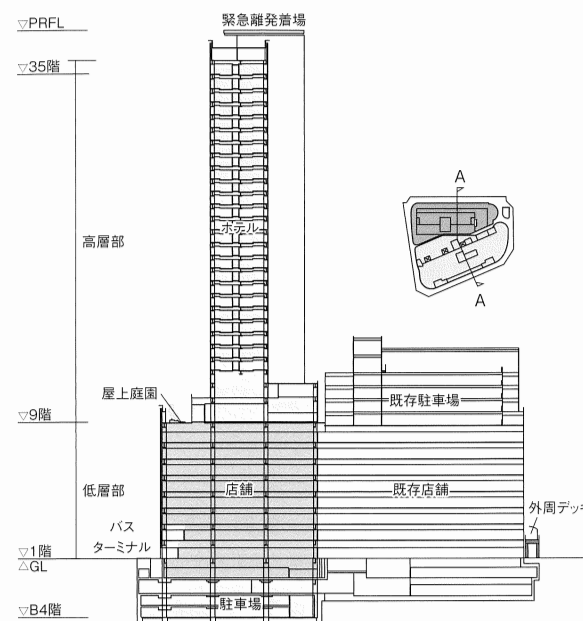


図3 計画断面図

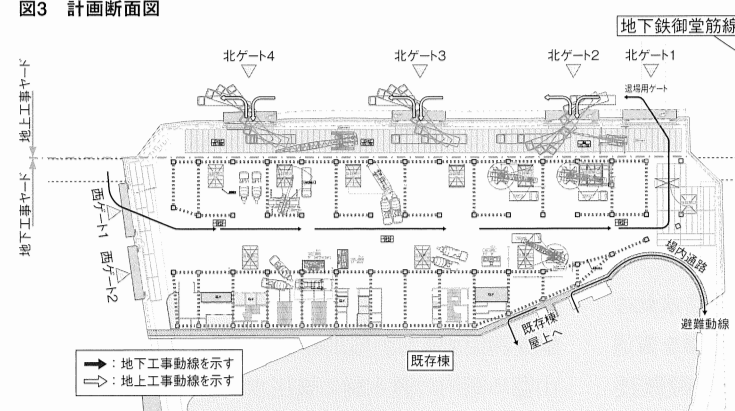


図4 1階工事車両搬出入計画図

が営業運転をしており、一部が近接施工の範囲である。そこで、1階の構造躯体を先行して構築し、地上および地下の工事を同時に施工する逆打ち工法を採用した。1階内部は、2階の梁を後施工とすることで、掘削土搬出、資材の搬入およびコンクリート工事に利用した。1階内部への搬入は西側のゲートから入場し、北東のゲートから退場する一方通行とし、鉄骨建方や外壁PCaなどのタワークレーンを使用した搬入は、北面のゲートを使用することで、それぞれの工事における動線を分けた(図4、写②)。また、地下工事では、掘削工事を夜間、躯体工事を昼間に行い、地上躯体工事では鉄骨工事を昼間、外壁PCa板取付け工事を夜間に行うなど、工事の特性により作業時間帯を分けることで、工期の短縮を図るとともに搬出入車両の輻輳を緩和した。



② 1階内部搬出入通路

【工事概要】

工事名称：ヨドバシ梅田一体開発工事
工事場所：大阪市北区大深町
工期：2017年8月7日～2019年10月31日
発注者：(株)ヨドバシホールディングス、
(株)ヨドバシ建物
設計・監理者：五洋建設(株) 一級建築士事務所
施工者：五洋建設(株) 大阪支店
用途：百貨店、飲食店、自動車車庫、ホテル
敷地面積：17,256.22m²(既存店舗敷地も含む全体面積)
延床面積：109,805.18m²(新築部分のみ)
建築面積：6,929.84m²(新築部分のみ)
構造規模：S造+CFT造(一部SRC造・RC造)
地下4階(地下深さ19.22m)、地上35階、塔屋2階(最高高さ149.34m)
売場面積：91,954m²(既存棟含む)
ホテル客室数：1,030室
駐車場台数：423台

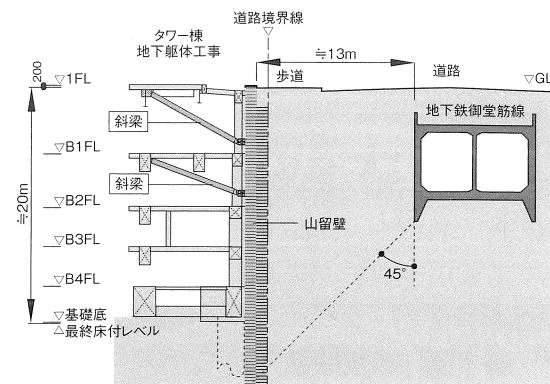


図5 掘削範囲と御堂筋線関係図



④ソイルバットレス

④地下掘削工事

本建設地は、地下水位（FL-1.5m）が高く、高含水比の軟弱地盤を、地下約20mにおよぶ大深度掘削を行う高難度の工事である。そこで、建築部門と土木部門が連携し、山留め工事や掘削工事に土木部門の職員を専任で配置することにより、土木部門の技術力と経験を活かして安全に工事を進めた。

①山留め工事

山留め壁は、SMW工法（ECO-MW工法、芯材：H-700×300mm@600、L=32.5m）を採用した。掘削時の山留め壁の変位を抑制するため、地下鉄御堂筋線の近接施工となる東側へは、先行床板躯体下から斜梁を設置して補強し（図5、写③）、さらに、公共の電気やガス、上下水道などのインフラが整備されている東西の山留め壁には、直交するソイルバットレス（写④）を設置した。

②揚水計画

最終床付け面下部の不透水層が薄く、高含水比の軟弱地盤であるために、最終掘削では透水層を貫通した杭の側面を伝って、湧水が発生することが想定された。そこで、ディープウェル工法により、山留め壁



③斜梁



⑥最終掘削・床付状況

に囲まれた掘削床下の透水層の地下水を揚水してレベル管理した。その結果、杭側面からの湧水がなく、最終掘削まで常にドライな状態を保つことができたことで、掘削重機のトラフィカビリティが向上し、大きなトラブルがなく計画どおりに掘削工事を進めることができた（写⑤）。

③既存山留め壁の利用

計画建物南面地下は、全面が既存建物と接しており、また、既存建物建設時の山留め壁（SMW、芯材：H-588×300mm、L=26m）が残置されていた（図6）。今回の掘削深さは19.2mであり、最終床付け時に、不透水層の厚さが薄くなり、盤ぶくれの発生が懸念された。南面前面の山留め壁を新たに施工することは、工期遅れの原因となるため、残置されている山留め壁を利用する検討を行った。検討の結果、計画しているディープウェルにて、地下水位を不透水層の下端以深まで下げることで、盤ぶくれを防ぐことが確認できた。これにより、既存山留め壁を利用できた。施工時は、地下水位の確認として山留め壁内の透水層に被圧水がないことを間隙水圧計で確認した。

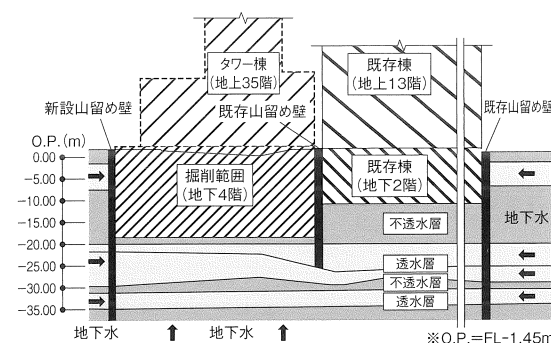


図6 掘削断面概略図

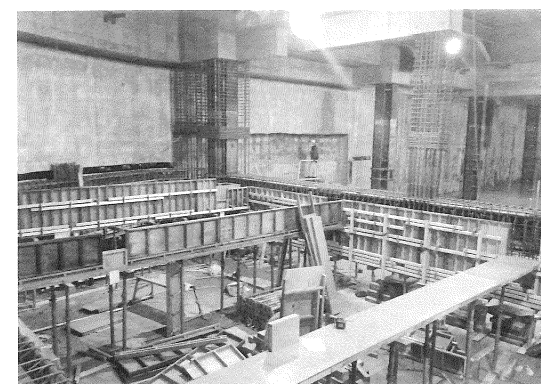
④地下鉄近接施工

敷地東側には、地下鉄御堂筋線が通っており、掘削範囲の一部が、地下鉄の近接施工の範囲になっていた。近接施工の条件は非常に厳しく、先に述べた、ソイルバットレスや、斜梁を設けることで対応し、地下鉄御堂筋線の影響範囲内の山留め壁と地下鉄へ計測管理を行い、地下鉄の運行に支障なく施工することができた。計測管理においては、インターネットを経由してリアルタイムで計測値を確認することができ、異常値が発生した場合には、担当者の携帯電話に警報メールが届くシステムを採用した。

⑤地下躯体工事

地下躯体工事は、1階先行床板の施工後、2次掘削を経て地下1階の梁スラブ構築、続いて3次掘削および地下1階の壁柱のコンクリート打設を行うことで、下方へ向けて地下4階までの躯体を構築した。型枠支保工は、地盤改良を行うことなく、掘削床表面に捨てコンクリートを打設した上に設置した。掘削床がディープウェルにより脱水改良されているため、支保工からの荷重による捨てコンクリートの割れなどが発生することなく、施工することができた（写⑥）。同様に、地下階鉄骨梁の水平搬送には、フォークリフトや、ミニクローラークレーンを用いることができた。山留め壁の強度と掘削および躯体工事の作業性のバランスを取るべく、土木担当者と建築担当者にて協議を行い、地下1階～3階の各FLより2,500mmを掘削深さの基準とした。各施工階における施工条件を大きく変えないことで、掘削工事の重機の躯体への接触などを防止する配慮とともに、型枠の転用計画に対して有効であった。

地下外壁および耐圧板の防水は、建物価値の向上



⑦地下外壁支保工



⑦地下外壁防水施工状況

に対する意向もあり、外防水として無機質セメント結晶増殖材をコンクリート打設前の山留め壁に吹き付ける工法（写⑦）を採用し、コンクリート躯体への湧水の浸入を、最小限に抑えることに配慮した。

⑥地上躯体工事

地上工事における3基のタワークレーンは、1階の内部の動線確保のために、3階床レベルに設置しフロアクライミングとした。また、建物北面にクローラークレーンを1基設置した。高速エレベータは、高層用2基、低層用1基の計3基を設置した。

①鉄骨荷捌きヤードの計画

鉄骨建方は積層工法にて行い、鉄骨の搬入ヤードとして、北面道路沿いの敷地約6.5×110mを使用した。ヤードの形状が細長く、道路により車両のアクセスも限定されることより、仮設材などの仮置きや取付けの荷捌きスペースを搬入ヤード内に設置することは、建方の効率に影響を与えることが考えられた。

そこで、低層部建方時は、3階の床コンクリート打設後に床の一部（約12×80m）（写⑧）を、荷捌きヤードとして利用した。高層部については、9



⑨低層部鉄骨建方状況

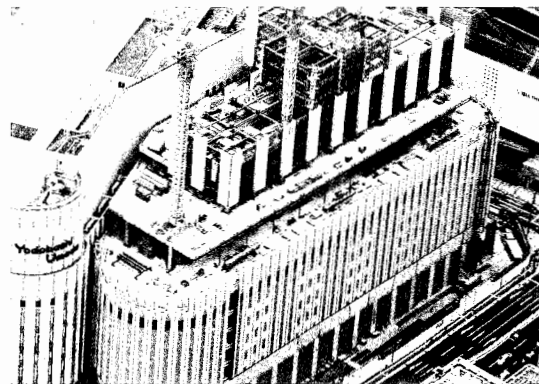
階のセットバック部分の一部（北面と東面）（写⑨）を同様に利用した。荷捌きヤードとして利用するために、9階の床コンクリートを先行して打設した。これらにより、1階のヤードを搬出入専用とすることで鉄骨建方の効率化を実現できた。なお、3階の荷捌きヤードの直下には、掘削開口を設置し、立体的に地上と地下工事の作業区画を形成することで、地下工事を妨げることなく作業を進めることができた。

②先行搬入

鉄骨建方に際して、仮設エレベータの負担軽減や長尺物の揚重効率の向上ために、先行搬入の検討を行った。結果、鉄骨建方時の先行搬入は、低層部について、設備の主要縦管をユニット化した、縦管ユニット工法を採用し、高層部は設備配管材料の先行搬入（写⑩）とした。ほかにも、低層部においては、外壁PCa板の一部を後施工として、荷取り構台を設置することで、シャッターなどの長尺材料の揚重に対応した。

縦管ユニット工法は、配管径が大きく重量もあり、現地での施工に手間のかかる縦管（200A、250A）を工場でユニット化し、鉄骨建方時に施工位置に同時に設置することで、建方完了後の後施工の乗り込みを早くできた。

高層部の消火配管は、建方時に大梁の下に配管の束をくりつけ、大梁と同時に揚重した。これにより、床コンクリート施工後、天井配管の施工をただちに行うことができた。また、仮設エレベータに入らないサイズの長尺の配管を使用することで、ジョイント数の低減など現場での作業量を少なくすることができた。



⑩高層部荷捌きヤード9階使用状況

省力化施工への取組み

◎杭頭筋の機械式継手

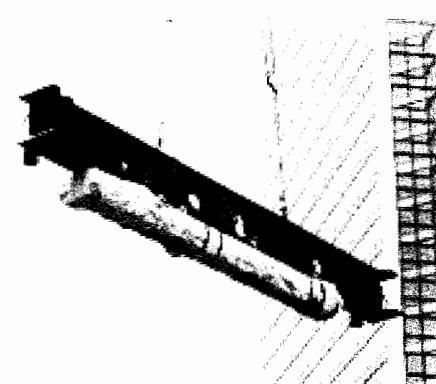
杭は、柱頭鋼管巻きの場所打ちコンクリート杭、杭径は最大2,600mm、主筋径はD41である。杭頭処理は、杭打設後1年以上が経過しているため、杭頭処理に相当の時間がかかることが想定された。また、杭頭処理時の主筋破損などによる、品質の悪化も懸念された。そこで、構造設計担当者と協議し、杭頭筋に機械式継手を採用した（写⑪）。これにより、余盛りコンクリートを、現地では取り除くことなく大割りして、別の場所で破砕することで、基礎躯体工事の早期着手を実現できた。

◎バラベットのPCa化

屋上バラベットのコンクリート躯体を在来工法で施工することは、足場の設置やコンクリート打設時の養生のほかに、コンクリート打設までの工事期間が長くなる。そこで、バラベットの部分をPCa化し、PCa工場にて製作・設置した（写⑫）。結果、PCa部材を設置後、鉄骨建方後のスラブのコンクリート打設を早く打設することができた。本工事では最上階のほかに、南西部の設備置場を含め、セットバックしている7階～11階にもPCaバラベットの同工法を採用している。

◎緊急離着陸場仕上げユニット化

屋上に設置される緊急離着陸場の平面の一部が、高層部平面より跳ね出す形状となっていた。高層部外壁は、PCaコンクリート板（PCa板）であり、緊急離着陸場の躯体鉄骨の施工は、タワークレーンを使用する外壁PCa板の取付け後の躯体および仕上げの作業と



⑪消火配管の先行揚重

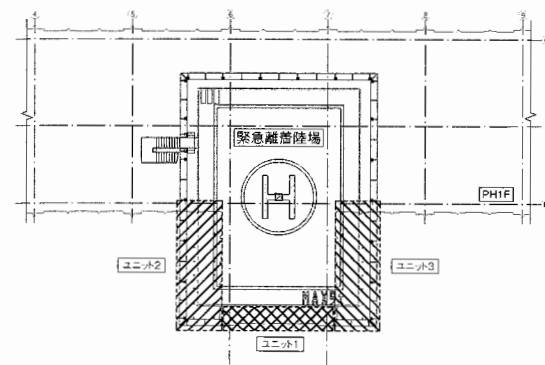


図7 緊急離着陸場平面図

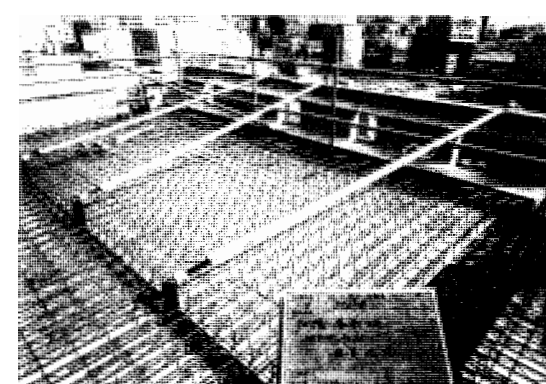
なる。そのため、PCa板の施工後の緊急離着陸場の施工期間がとれないことが懸念された。

そこで、建物から跳ね出している部分を、構造体と仕上げを一体としてユニット化（図7、写⑬）することで、無足場施工と取付け時間の短縮化を検討した。

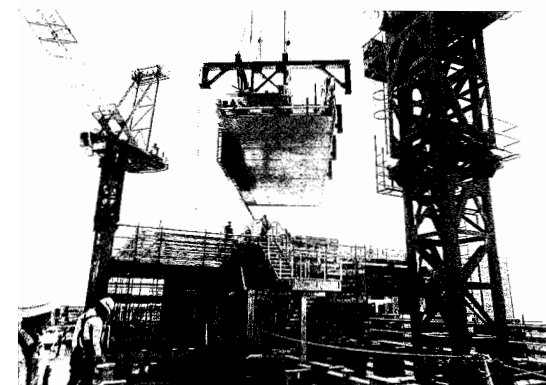
ユニットは、最も跳ね出している部分2か所（ユニット2、3：約10.3×4.0m）と、その中間の1か所（ユニット1：約9.7×1.7m）の合計3ユニットに分割した。それぞれのユニットは、PH階にて組立、タワークレーンを使用して取付けを行った。平面的に広いユニット2、3は、組立場所より取付け場所までの運搬の際にねじれなどが発生することが懸念された。そこで、面剛性の高い専用の鉄骨フレームを製作して、組立と同時に取り付けることにより、取付け時まで一貫して、ユニットの変形を防止した。

◎壁面大型ルーバーのユニット化

PH1階には大型ルーバーが設置され、平面的にPCa板と交互に計画されていた（図8）。妻面と桁行方向の一部はPCa板に取り付ける形状であった。ルーバーは、外部側より取り付ける必要があり、外部足場も



⑫PCaバラベットの設置状況



⑬緊急離着陸場仕上げユニット2取付け状況

しくはゴンドラでの作業が必要となる。それらの作業を削減するため、9階および10階のセットバック部分を利用して、ユニット化した部材をタワークレーンにて取り付けた（写⑭）。

◎設備機器のユニット化

設備工事においても、各種のユニット化を図った。鉄骨建方時の縦管ユニット工法のほかに、ユニット化して施工可能なシステムについて検討を行った。地下部分ではポンプ配管ユニット、地上部分では室外機ユニット、冷却塔配管ユニットおよび、モジュールチラー接続配管ユニット（写⑮）の製作を工場にて行い、搬入することで、現場での搬入および配管接続作業を削減した。なお、地下では搬入に掘削開口を利用し、地上ではタワークレーンを使用して設置するため、躯体工事の進捗に合わせて実施する必要があり、在来工法と比較して早期に製作を開始した。

◎アルミケーブルの採用

本計画の本設幹線および、仮設配線の一部には、高性能型低圧アルミニウム導体CVケーブル（写⑯）を採用した。導体にアルミニウム、絶縁体に柔軟性

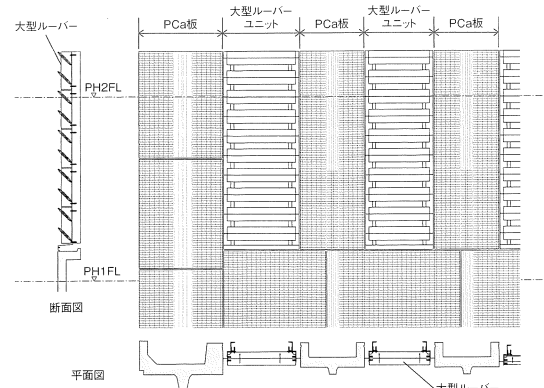
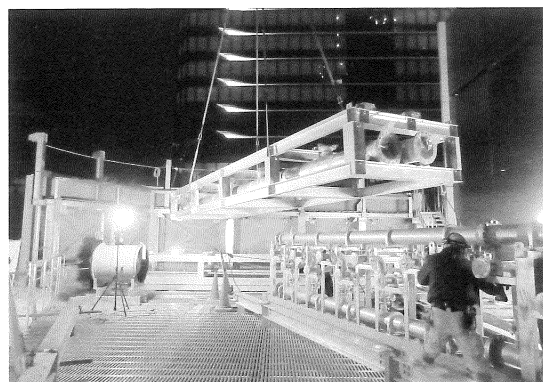


図8 大型ルーバーユニット化計画（鉄骨下地ユニット）



⑭モジュールチャー接続配管ユニット

架橋ポリエチレンを使用しており、銅線と比較して、同等の許容電流値において軽く、また、柔軟な特徴があり、作業性がよい。幹線敷設工事と仮設電気工事における省力化に寄与することができた。

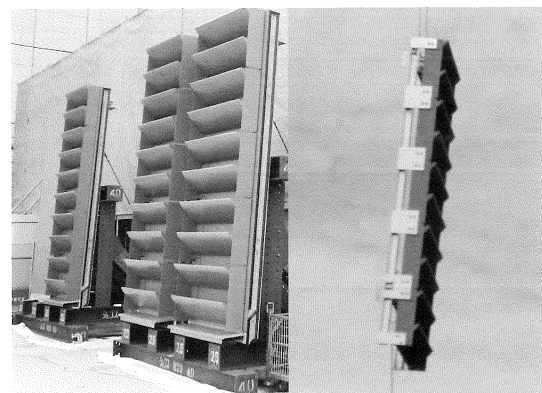
◎不燃ウレタンの利用

断熱工事には、当初、湿式不燃断熱材の指定があったが、湿式不燃材の場合、一度に施工できる厚さが限られるうえ、カビ発生防止のために乾燥期間を設ける必要がある。本計画施行中に、不燃認定が取得できた現場発泡ウレタン材の情報をもとに、発注者、設計担当者と協議のうえ、不燃現場発泡ウレタンを採用した。これにより、後工程である内装工事や別途工事へ引渡しを早くすることができた。

◎現場管理におけるICTの活用

現場管理のツールとしてのICT技術を、積極的に取入れるよう取り組んだ。

作業所への無線LANの設置により、iPadを活用した。現場の業務管理ソフトを使用して、搬入の調整や、日々の安全打合せの準備にかかる作業の省力化などを行った。朝礼や打合せには、モニターを



⑯大型ルーバーユニット化（左：PCa下地地組み、右：鉄骨下地地組み状況）



⑱アルミケーブル

設置し、iPadにてあらかじめ用意した資料を使用することで、それらの資料を有効に使用した。最新図面の管理は、各職員がストレージサービスを使用し、工事事務所内のサーバーに保存してあるデータを見ることで、協力会社の持ち込む施工図の最新版の確認を行った。問題点や細かい指示事項などは現場で撮影した写真を共有することにより、対応のスピードを速めた。

なお、工事事務所内のデータは、本支店の関係職員とも共有ができるため、情報の共有が非常に容易となった。

①鉄骨精度管理システム

工事の管理においては、鉄骨建方時の3次元計測システム（写⑯）を利用して、鉄骨の建入れ直しの省力化とスピードアップを図った。計測者が計測した建方精度の情報をリアルタイムで建方作業者のモバイル端末に表示することができ、建方作業者は、手元のモバイル端末を確認しながら建入れ調整の作業を行うことができる。目視確認を行いながら作業できるため、従来のトランシットを用いた方法よりも容易に施工



⑯鉄骨建入れ直し時3次元計測システムの利用
精度の確保をすることができた。

②仕上げ検査システム

1,030室あるホテルの客室の仕上げ検査については、社内検査、施工検査に仕上げ検査システム（写⑰）を活用した管理を行った。検査時にiPadに指摘項目などを直接入力し、検査後、指摘事項の業種別に分類するなどして出力ができる。指摘事項の分類作業がiPadに入力した時点で完了となるために、検査後の協力業者へ情報伝達が迅速にできた。修正後の確認作業においても、現場で結果をiPadに入力することにより情報をリアルタイムに確認することができた。

③BIM

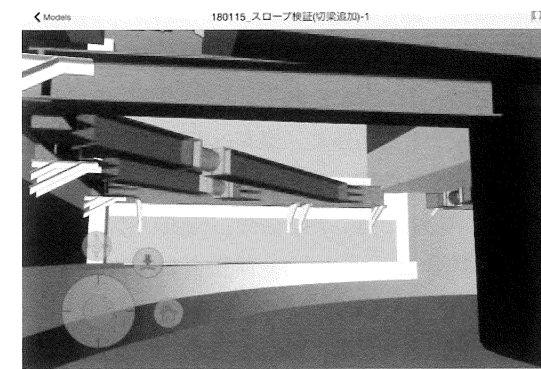
BIMへの取組みは、設計時から導入し、作業所での活用は、鉄骨建方時の仮設の検討や、複雑であった地下車路スロープ部分について、切梁などの諸条件を組込んだ躯体の形状パースをBIMモデルから作成し（写⑱）、躯体構築のイメージを作業員と共有し、手戻りのない工事を進めることに活用した。なお、BIMモデルは、施工利用だけでなく、発注者への説明にも活用し、出来上がりの形状をパース化して説明することで、わかりやすいと好評を得ている。

④入退場管理

作業員の現場入退場管理については、既存の商業施設と同じシステムを採用した。これにより、建築工事からテナント工事、引き渡しまで一貫したシステムを利用することが可能となり、円滑な引き継ぎができた。



⑰仕上げ検査システムの利用



⑱スロープ部のBIMモデル

おわりに

本工事は、工事終盤から、別途工事であるホテル什器・備品工事、テナント工事が開始されたが、重大災害の発生もなく、竣工することができた。竣工の約半月後の2019年11月16日に商業エリアのグランドオープン、同月27日にホテルの開業を迎えることができた。

本工事を短工期でありながら、予定通りに発注者に引き渡しができたのは、関係各所の御指導および御助力、協力業者の御協力と、社内の各部署が一丸となって取り組み、さまざまな省力化の検討を含め問題解決にスピード感をもって取り組んだことによると考えます。この場をお借りして、関係者の方々に感謝を申し上げます。

（おうみ だいすけ、はっとり さとし、
ふじかわ まこと、ひらた たくま）