

日本海事検定協会本部ビルの設計・施工

— 間口 11 m の狭小地に建つ RC 建物への PC の効果的利用 —

黒川 裕介*1・花岡 郁哉*2・福西 英知*3・今村 雅泰*4

一般に PC 構造は、ロングスパン梁・床などのダイナミックな構造躯体に用いられる。しかし、狭小地における小規模の RC 建物でも、コンクリートの品質向上や、外装ファサードのコストダウンを目的として PC を採用する場合がある。日本海事検定協会本部ビルの建替計画では、PC の特性を活かして、八重洲通りに面した 11 m の間口いっぱいに開口を設け、通りの景観を最大限取り込んだ広がりのある執務空間を実現した。

キーワード：ひび割れ抑制, PCaPC, 外装水平ルーバー, BIM

1. はじめに

本建物は、昭和 33 年に竣工した当社設計施工の本部ビルの建替え計画として、平成 28 年に着工した。計画地は、東京駅から東へと伸びる八重洲通り沿いにあり、南北 2 面で接道している。間口約 11 m、奥行約 25 m という敷地条件のなかで、そのポテンシャルを最大限引き出すべく、南北に内外を繋ぎながら八重洲通りに対してフルワイドのビューを確保したシンプルな骨格とした。また、地震時の事業継続性と執務空間の安心・安全に寄与する免震構造を採用している。平面計画の特徴は、狭小地の免震建物であるため、隣地とのクリアランスを最小に抑えることである。さらに既存建物の解体時のインシタルコストを抑えるため、既存建物の地下部分を残置し、地下外壁の内側に新築建物の基礎部分を納めた。そのため免震上部の柱は隣地側へ斜めにせり出す形式として構築している。八重洲通り側(南面)のフルワイドの開口は、ビューと採光を最大限確保しながらも、直達日射を適正に制御すべく、スパン 10.5 m を両端 2 点のみで支持した外装水平ルーバーを複数設置している(写真-1)。これら水平ルーバーは二次排水機能を内蔵しており、二辺支持のガラスをサッシュレスで納めることで、経済的にも合理性のある形式・寸法を実現している。

本工事では、斜め柱をつなぐ大梁は、ポストテンション工法を採用することで、ひび割れの抑制を行っている。ま

た、外装水平ルーバーは、プレテンション工法を採用することで、スパン 10.5 m を 1 本部材で飛ばすことを実現した。本稿では、全体の建築計画について述べた後、PC 工法を用いるにあたり、検討すべき課題とその方策について詳細に報告する。

2. 計画概要

2.1 建築概要

建築名称：日本海事検定協会本部ビル
 建築地：東京都中央区八丁堀 1-9-7
 建築主：一般社団法人 日本海事検定協会
 設計者：株式会社 竹中工務店
 施工者：株式会社 竹中工務店
 PC 工事：株式会社 ピーエス三菱
 工期：2016 年 9 月～2018 年 1 月 (16.0 ヶ月)
 階数：地上 10 階、塔屋 1 階
 建築面積：231.31 m²
 延床面積：2 056.20 m²
 構造種別：鉄筋コンクリート造
 (2, 3 階大梁にプレグラウト工法、外装水平ルーバーに PCaPC 工法を採用)

2.2 建築計画概要

新築躯体は、既存地下躯体部分の内側に構築し、免震装置の上部から柱を斜めに構築することで、隣地との免震ク



*1 Yusuke KUROKAWA

(株)竹中工務店
東関東支店 作業所



*2 Ikuya HANAOKA

(株)竹中工務店
東京本店 設計部



*3 Eichi FUKUNISHI

(株)竹中工務店
東京本店 設計部



*4 Masayoshi IMAMURA

(株)ピーエス三菱
東京建築支店 建築設計部

リアランスを最小に抑えながら、上階の執務空間を広く確保可能な計画としている（図 - 1, 2）。



*写真 - 1 建物全景（八重洲通側から撮影）

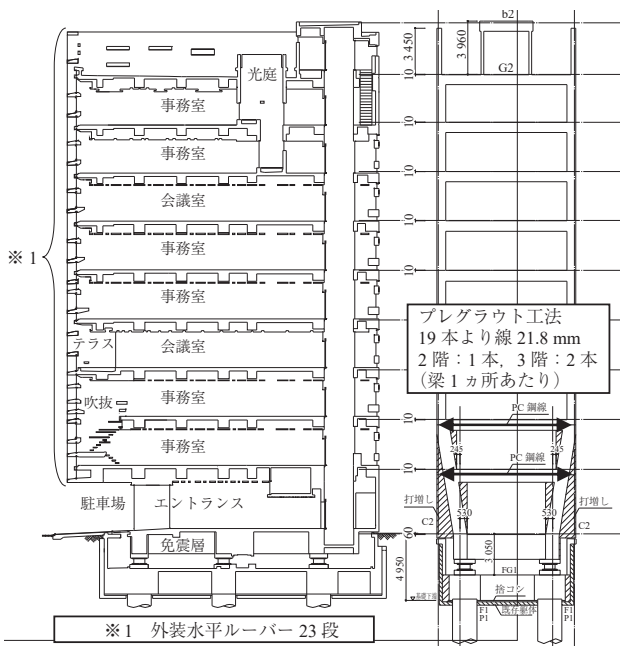


図 - 1 南北断面図

図 - 2 東西断面図

またエレベーター、階段室および水回りは、コンパクトに北側にまとめ、面積区画の調整によりEVシャフトをガラス張り（告示仕様の防火設備）とすることで、北側からの採光を執務空間まで取り込んでいる（図 - 3）。

平面計画は、各階に入居する部署に合わせて最適化されており、2, 3階は吹抜けを設けて2フロアに跨る同一部署間のコミュニケーションの円滑化を図り、共用の会議室フロアである4階には半屋外のテラス、8, 9階の応接フロアには間仕切られた小部屋に外光を取り込むための中庭を設けている。

南面の外装は、幾重もの水平ルーバー部材を内部の人の行為に呼応して、時にカウンターに、机に、作業台に、テラスの手摺に、最適な高さ・形状へと変容させ、同時にシミュレーションにより昼間の年間日射遮蔽率が90%を超えるよう配置している。その結果、それら内部の行為の表出として、海面に広がる美しい波を想起させるファサードデザインを創出した（写真 - 2, 3）。

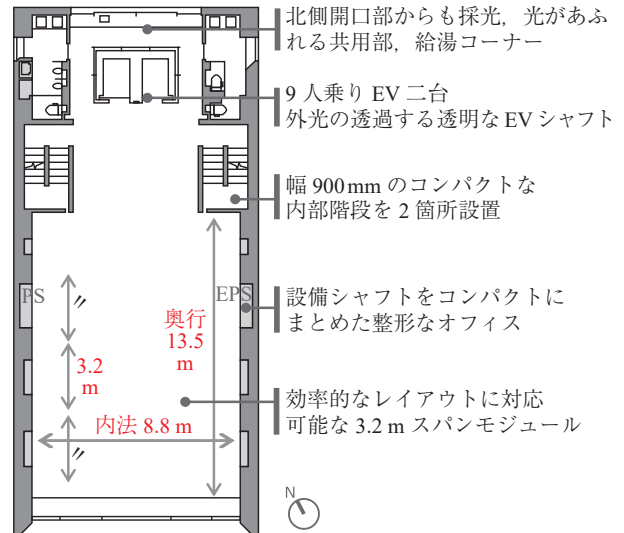
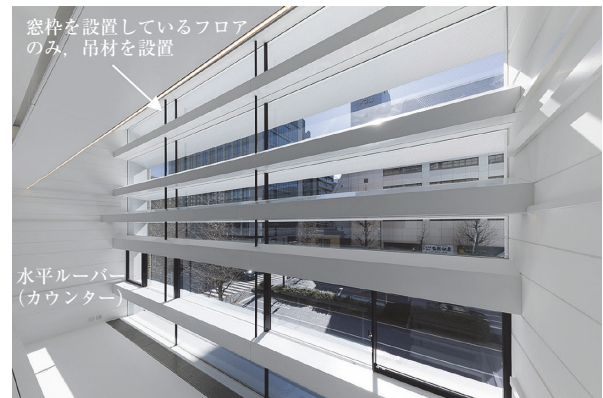
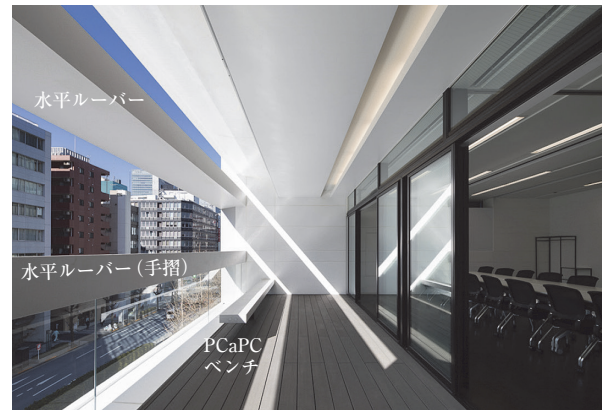


図 - 3 基準階平面図（5階平面図）



*写真 - 2 建物内観（吹抜け）



*写真 - 3 建物内観（テラス）

2.3 構造計画概要

本建物は、LRB（鉛プラグ入り積層ゴム）を6台、オイルダンパーを4台に加え、耐風シアピンを1台採用した基礎免震構造である。基礎形式は、GL-21.6m以深の礫混じり細砂層を支持層とする場所打杭基礎である。

地上階は、間口を広く確保するため、梁間方向に扁平柱を設け、直交方向の剛性と耐力を確保するために耐震壁を計画し、耐震壁付きラーメン構造とした。南面には外装水平

ルーバーを設け、北面の壁には耐震スリットを設けている。

なお階段室に面する東西方向の壁は、すべて乾式壁とし、耐震壁と縁を切った構造としている。

2, 3階の大梁には、ひび割れ抑制を目的としたプレグラウト工法を採用している。なおPC鋼材の緊張位置は、外壁側とし、十分なひび割れ抑止効果が得られる計画とした(図-2)。

外装水平ルーバーは、1フロアに2~4カ所配置され、その形状がおおむね同じであることから、PCa部材として計画した。外装水平ルーバーは、両端部を単純支持とした、厚さ250mm×幅840mm、スパン10.5mの部材である(図-4)。コンクリートは、高強度コンクリート(Fc60N/mm²)を採用し、PC鋼材は、15.2mmを7ケーブル配線した。

外装水平ルーバーの一部には、ガラスや窓枠が取り合う箇所があり、上下に欠込みを設けている。この部材は、直接ガラスや窓枠が取り合うことから、たわみに対する変形を最小にすることが求められた。そこでPC鋼材の偏心を調整することで、鉛直方向の応力に対して弾性たわみを5mm以下として制御することにした。なおクリープ変形を考慮した長期的なたわみに対しては、クリープ係数を考慮して15mmの変形が生じた場合でもガラスや窓枠が破損しない納まりとした。さらに窓枠が設置されている外装水平ルーバーについては、クリープが最大値を超える場合の脱落を想定し、フェイルセーフとして、丸鋼φ24、φ39を、部材長さの1/3点に設け、たわみ防止としている。

外装水平ルーバーは、建物の外部に設けられることから常時雨掛かりになることが予想されたため、プレストレスレベルは常時荷重に対してフルプレストレスングとして設計を行った。

製作において、外装水平ルーバーはプレテンション部材としたため、プレストレスの導入を妨げないよう、部材の下端の切欠き形状を部材長さ方向に対して、引き通す断面形状とした。コンクリートの打設方向は、見え掛かりの仕上がり considering、外装水平ルーバーの側面(図-4による左側)より打設する案も出されたが、PC鋼材に偏心を設けていることから、外装水平ルーバーの上面(図-4による上側)からの打設とした。その結果、各部材の脱枠時の弾性変形量は、最大で3mmのむくりとなった。また、架設時のたわみ量は、5mm以下であったことから、設計計画どおりの精度確保を実現することができた。

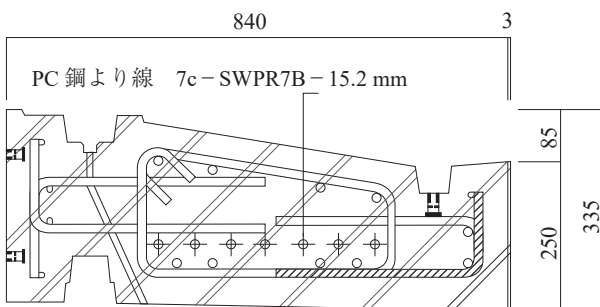


図-4 外装水平ルーバーの断面図

3. 施工計画

3.1 施工計画概要

計画地は、八重洲通りに面しているため、搬入はこの車道および歩道を通すことが条件になるが、歩道および車道を1車線でも封鎖する場合は、すべて夜間工事になる。また本建物と隣境界までの距離が約550mmかつ境界から隣建物まで500mm程度のため、外部足場は、PC鋼材の作業スペースや工具の大きさを考慮したうえで、最小限の計画とする必要がある。

この条件において、PC鋼材を配線、緊張するために最低限必要な外部足場の計画と、仮設材の重量を含め約6.5tの外装水平ルーバーをどの重機で施工するかが、施工計画上の課題であった。

まず外部足場計画は、型枠工事や左官工事も考慮し、躯体と足場の離隔を250mm、隣建物からの距離を200mmとし、最小で450mmの枠組み足場を設置することとした。そのため、隣建物の所有者に許可を得て、越境して架設することになった。

次に外装水平ルーバーの揚重は、35t、60tオールテレーンクレーンで計画した。当初より計画していた1t×20mのタワークレーンを変更し、より揚重能力の高いタワークレーンを設置する計画も検討したが、RC造の仮設計画では、コスト的に重仮設となるため、採用には至らなかった。オールテレーンクレーンでの施工計画は、夜間であれば車道を2車線まで封鎖することが可能であること、歩道を切り下げて補強することを条件に、警察署から許可を得たうえで、実施に至った(図-5)。

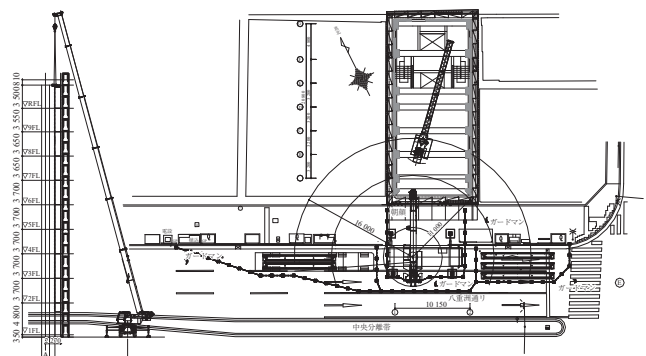


図-5 仮設計画図

3.2 プレグラウト工法の施工計画

プレグラウト工法の施工計画では、PC鋼材の配線と梁の配筋が施工可能かどうか、PC鋼材の緊張を行う作業スペースを確保した足場計画となっているかを事前に検証する必要がある。

まずPC鋼材と配筋の納まり検討を行うにあたり、本工事では、構造設計段階でBIMを使った検討を行っている。

BIMを使ったPC鋼材端部と柱接合部の配筋納まりを検討した図を図-6, 7に、PC鋼材配線時の柱梁内の納まり状況とPC鋼材緊張時の写真を写真-4に、BIMを使った外部足場計画図を図-8に示す。

図-6は、設計当初の配筋図を3D化したものである。

PC 鋼材の緊張部と梁主筋の干渉が一目瞭然である。この検討を踏まえ、PC 鋼材の高さを鉄筋と干渉しない位置まで変更し、再度 BIM を使って検討を行った (図 - 7)。再検討時は、3D 図面を 2D 図面に変換して、梁主筋の端部納まりや柱主筋の継手位置などについても設計者に質疑を行い、その結果を質疑回答書として記録に残している。なお以上のような検討は、設計施工のメリットを最大限活用し、契約図発行前に行っている。

この結果、施工時には納まり変更や手戻りも発生させることが無く、高品質な躯体を構築することができた (写真 - 4)。

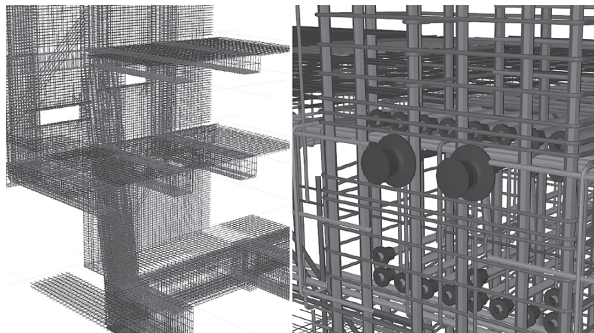


図 - 6 納まり検討前の 3D 配筋図

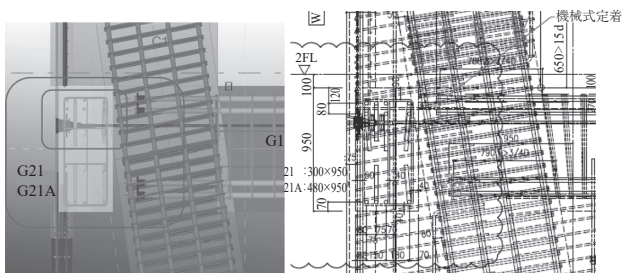


図 - 7 納まり検討後の 3D 配筋図 (右は 3D から変換した 2D 断面図)



写真 - 4 PC 鋼材梁端部納まり (左) と緊張時状況 (右)

次に外部足場の計画では、敷地の寸法や基準高さ、近隣建物との離隔寸法などを 3 次元データとして取込み、最適な枠組足場を選定している (図 - 8)。この結果、精度の高い外部足場計画を実現することができた。さらに BIM を用いた外部足場計画のメリットとして、仮設材の数量をデータで読み取ることができるため、発注の際に数量の確認が容易にできることもあげられる。

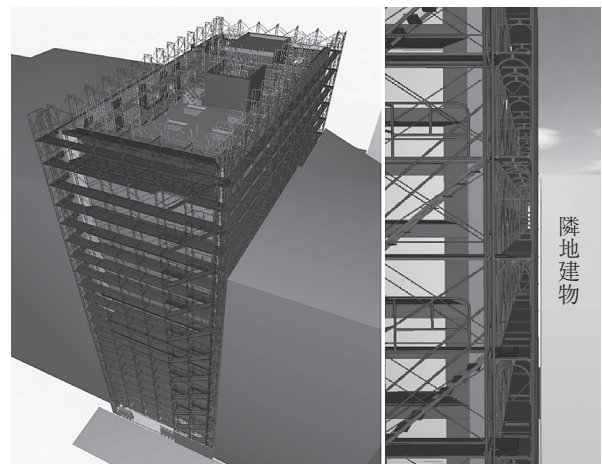


図 - 8 BIM を使った外部足場計画図

仮設計画や配筋納まりを BIM を用いて、着工前に検討することは、不良工事や手戻りを排除し、品質や生産性の大幅な改善につながる。さらに期中における施工管理は、高精度かつ効率的に行うことができるようになる。

3.3 PCaPC 外装水平ルーバーの施工計画

本工事における外装水平ルーバーの特徴は、外装ルーバーが PCaPC の 1 本部材となっていることと、外装水平ルーバーが受けた雨水の排水ルート部材の端部に設けることの 2 点である。

ここで、外装水平ルーバーの施工計画における検討するポイントは、①外装水平ルーバーと取合う壁躯体の構築方法、②外装水平ルーバーが受けた雨水を排水するルートでの漏水防止、③最大重量約 6.5t の部材をどのように取り付けるかの 3 点である。

(1) ジョイント部分の PCaRC 化

外装水平ルーバーを受ける壁躯体 (以下、袖壁) は当初在来工法で計画していた。しかし袖壁は、外装水平ルーバーとの取合いが複雑であったため、在来工法から外装水平ルーバーと同じ高強度コンクリートを用いた PCaRC 部材に変更した (写真 - 5, 6)。袖壁部材と外装水平ルーバーの取合いは、外装水平ルーバーを単純支持で設計しているため、袖壁部材に設けた切欠きに硬質ゴム製の支承材を設置し、ルーバー部材を架ける納まりとした。なお、ルーバー部材に掛かる水平方向の荷重に対しては、部材の背面に鋼製の金物を設けて在来工法による躯体と緊結し、落下防止としている。また、袖壁部材は各層で分割して、部材背面より差し筋を突出させて、躯体のコンクリートと一体打ちとしている。

PCaRC 袖壁部材の製作については、製作工程やクレーンの揚重能力を考慮し、部材を 1 層ごとの長さとした。また製作には、型枠の転用回数を考慮し、厚さ 4.5 mm の鋼板を使用した鋼製型枠を用いた。この時、外装水平ルーバーを掛けるための切欠き位置は、各層の袖壁部材に対してそれぞれ異なる位置で配置されるため、同一形状の袖壁部材は存在しない。そこで製作の効率化が新たな課題となった。

この課題に関する対策として、外装水平ルーバーを掛け

るための切欠き形状を各層において統一し、袖壁部材の外郭形状による型枠と、切欠き部を形成するための箱抜き用の型枠をおのおの製作し、各部材形状に対して、その箱抜き用の型枠位置を変えることで、形状の異なる各階の部材を一つの型枠で製作することとした（写真 - 7）。

同一型枠で、形状の異なる PCa 部材を製作するカスタム化により製作の効率化を図ることができた。



写真 - 5 外装水平ルーバーの製作状況



写真 - 6 PCaRC 袖壁の製作状況

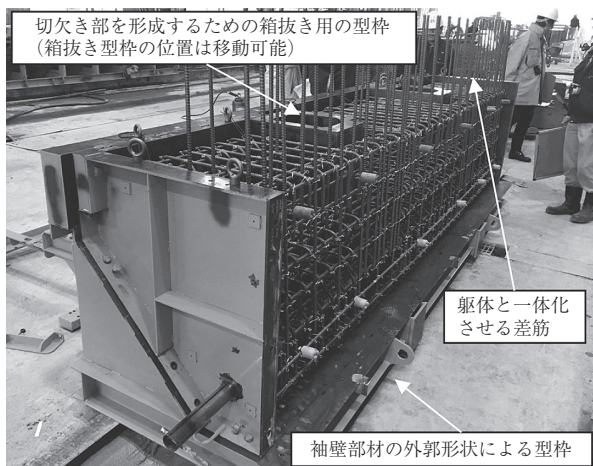


写真 - 7 PCaRC 袖壁の鋼製型枠

(2) BIM を利用した排水検討

次に外装水平ルーバーの水平方向に設けた水溝に集まった雨水を排水するルートについて、検討をおこなった。雨水を鉛直方向に排水するために、袖壁に豎樋用の VU 管を部材に打ち込んだ。なおこの豎樋までの排水ルートや袖壁と外装水平ルーバーの接続される範囲には、塗膜防水を施している（図 - 9）。

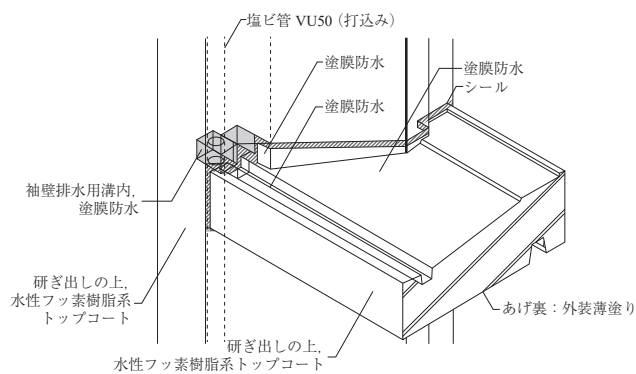


図 - 9 外装水平ルーバーと袖壁の取合図

ルーバーと袖壁の嵌合部分は、止水性の確保が必要であり、納まりが複雑なため、BIM を使用して検討している（図 - 10）。この嵌合部は、2重シールを施工する納まりとしたが、実際にシールの施工が可能であるかを検討する必要があった。そこで、1分の1スケールの模型を3Dプリンターで製作した（写真 - 8）。

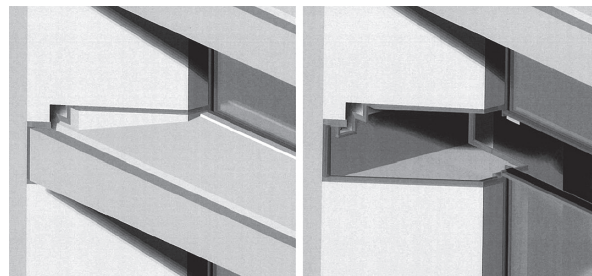


図 - 10 外装水平ルーバーと袖壁の取合 3D 図



写真 - 8 3D プリンターによる模型 (1 分の 1)

なお、3D 図面および実物模型による排水ルートの確認の際、施工が困難な箇所があったため、製作時には形状を一部変更している。このような BIM や 3D プリンターを利用した検討により、外装水平ルーバーと袖壁の嵌合部分は、十分な止水性を確保した納まりとなった。

(3) BIM を利用した施工計画

躯体は在来工法による RC 造であり、袖壁の差し筋を現

場打ちの柱に定着する必要があるため、PCa化した袖壁（最大3.92t）を自立させ、取合いの躯体工事、外装水平ルーバー取付けの順で施工した。外装水平ルーバー（最大5.72t）は、南側の前面道路に面しているため、前面道路にオールテレーンクレーン（35tまたは60t）を設置して取付けを行った。（写真 - 9, 10）

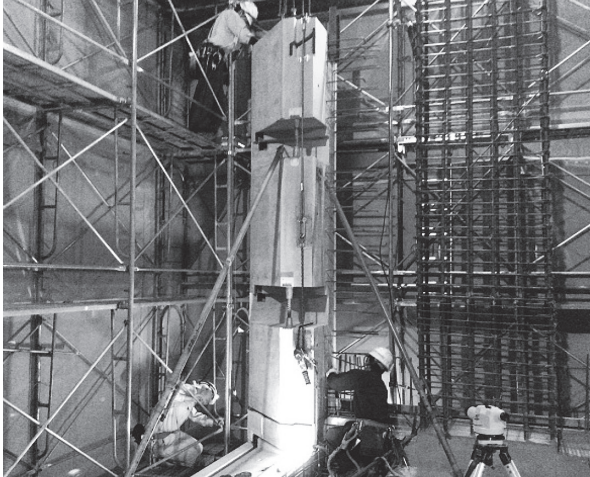


写真 - 9 PCaRC 袖壁施工状況



写真 - 10 外装水平ルーバー揚重状況

上部躯体工事は現場打ちコンクリート積層工法である。そのため施工日数は、1層分で2日間程度であったが、施工期間は約9.0ヵ月であった。

施工時間は、22時半から翌5時半までである。夜間の施工可能時間は7時間であったが、準備・片付けに2時間かかるため、実際は5時間で施工しなければならなかった。そのため、5時間でどの程度の施工が可能か事前の計画を綿密にする必要があった。

外装水平ルーバー取付け計画図を図 - 11 に、BIMによる外部足場盛替計画ステップ図を図 - 12 に示す。

まずはじめに、取付計画を2次元図面で検討した。道路使用の条件より、足場の架設位置が、外壁から250mm以上の離隔を確保することができないため、外装水平ルーバーの取付けは、足場を盛替えながら、交互に行うことになる。そこで、施工手順や足場の盛替範囲を明確にするため、

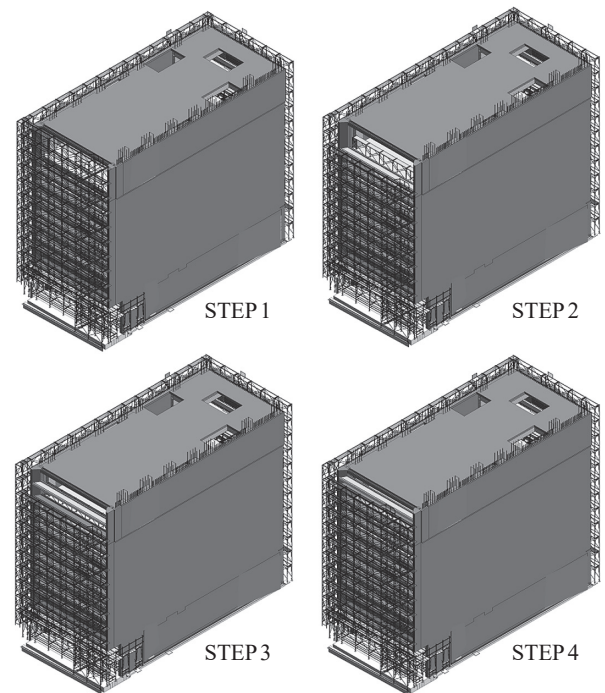


図 - 12 外装水平ルーバー取付け時の足場盛替図

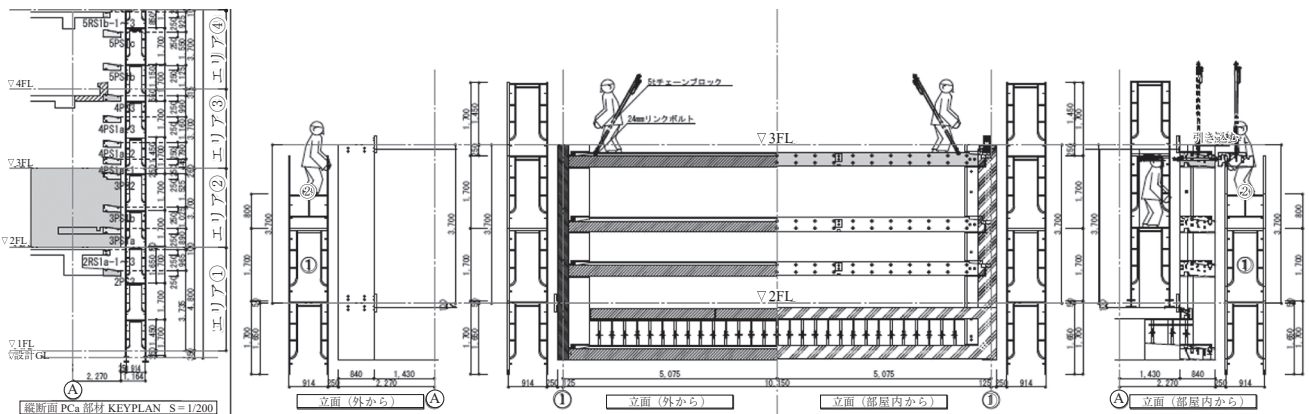


図 - 11 PCaPC ルーバー部材取付け計画図

ステップ図（3次元）を作成し、検討を行った。

2次元図面での検討では、ある1場面しか検討できないが、BIMを用いれば、簡単にステップ検討ができるだけでなく、建物外側や内側などの視点を変えて検討ができるため、実施前に関係者でシミュレーションをすることが可能である（図 - 13、写真 - 11）。

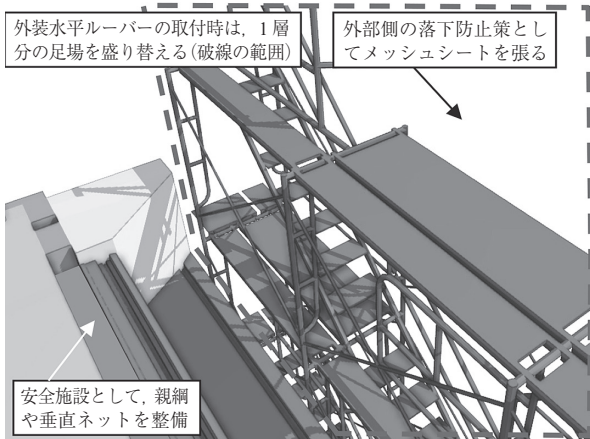


図 - 13 外装水平ルーバー端部の施工検討 (BIM)

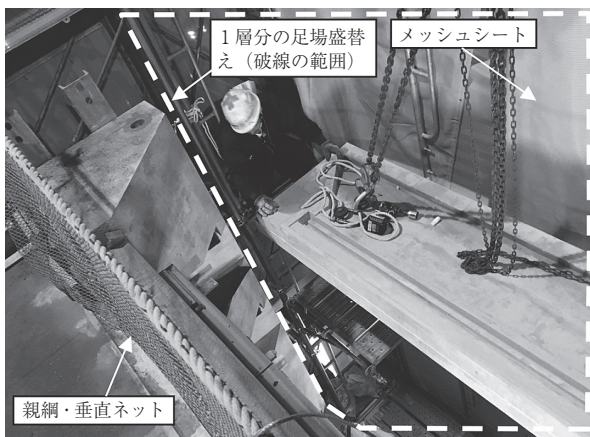


写真 - 11 外装水平ルーバー端部の施工状況

さらに外装水平ルーバーの施工前に、模型による施工検討を行っている。模型は、10分の1スケールとし、3Dプリンターで作成した（写真 - 12）。



写真 - 12 3Dプリンターによる模型（10分の1）

実際の施工は、模型による施工検討を行った結果とほぼ同様の結果となった（写真 - 13）。



写真 - 13 外装水平ルーバーと袖壁取合

本工事は、狭小地であること、また構造体ではなく、外装材としてPC工法を採用しているという点で、数少ないケースであると思われる。一般的なPC工法の工事と比べて、施工時の安全や品質についての検討する課題は、異なっている。とくに、ガラスやサッシュに不具合が発生しないような製作、施工精度の確保や、漏水や結露などの不具合に対し、止水や排水性能が確保された形状であることを検討しなければならない。今回は、これらの課題をBIMを用いて解決することができた。



*写真 - 14 建物全景（左）、外装水平ルーバー（右）

4. おわりに

当プロジェクトは、2018年1月に竣工引渡しを行い、2月には無事稼働させることができた。最後に建築主をはじめ、ご協力頂いた設計者、技術研究所関係者、本社BIM推進チームの田澤氏、および工事関係者等多数の方々に、心より感謝の意を表します。

(*の写真：撮影 井上登写真事務所)

【2018年5月1日受付】