

立体的な緑地空間や音楽ホールをもつ複合ビルの施工 —豊洲シビックセンター—

Construction of Complex Building with Green Space and Concert Hall —Toyosu Civic Center—

鍋島 謙信*1 城田 禎典*1 大磯 徳人*1
Kenshin Nabeshima Sadanori Shirota Norihito Ohiso
國仲 力*1 寺井 祥彦*1 小川 雅史*2
Chikara Kuninaka Yoshihiko Terai Masafumi Ogawa

要旨

豊洲シビックセンターは、立体的な緑地空間の実現や木材の利用、ガラス張りで透明性の高い外装など『現代の里山』というコンセプトに基づいた特徴ある外観を呈している。地下部では、近接する「ゆりかもめ」の挙動を監視しながら施工を行い、また、厳しい工期に対応すべく逆打ち工法を採用した。地上部ではセットバックし、かつ、平面的な通り軸の傾きをもつ立体的な鉄骨や外装カーテンウォールの施工、また、中間階に位置する音楽ホールの施工に際しては、技術的検証を行う分科会を組織し施工を進めた。発注者・設計監理者と一体となり、綿密な計画の立案と徹底した品質管理の実施により、高品質な建物をつくりあげることができた。

キーワード：逆打ち工法 急勾配の鉄骨 カーテンウォール 音楽ホール

1. はじめに

東京都江東区による臨海部豊洲地区での「豊洲シビックセンター」の計画を受け、筆者らはその施工機会を得た。同計画では、傾斜・セットバックする鉄骨柱と多種のガラスによる立体的なファサードに加え、近接する高架轨道交通、短工期などの厳しい条件での施工となったため、コンピューターネットワークや分科会方式による情報共有など、新しい取組みにより所定の品質を確保することができた。

本報告では、逆打ち工法を用いた地下工事と、地上部の鉄骨および外装カーテンウォール、音楽ホールの施工について報告する。

2. 建物概要

当地区では、オフィスビルや商業施設、高層マンション等、大規模な建設工事が進められている。特に2020年に開催予定の「東京オリンピック」競技施設群予定地にも隣接した当地域では、急激な人口増加が問題化しているため、区は、既存文化センターの機能を維持した複合施設を整備することで住民サービスの向上を図るとともに、オリンピックを見据えた豊洲地域の核・シンボルとなる「豊洲シビックセンター」を建設した。

当建物は地下1階、地上12階、最高部高さ69.67mで、駅直結の区役所出張所の他、音楽ホール(300席)、ギャラリー、レクホール、会議室や図書館(18万冊蔵書)などの機

能を併せもつ複合ビルである。

地上部の主体構造は鉄骨造で4面ボックス柱(□-800mm)に設計基準強度(Fc)60N/mm²の高強度コンクリートを充填する「CFT柱」が採用されている。また、大地震時に建物に作用するエネルギーを吸収する、粘性制振壁や座屈拘束ブレース(アンボンドブレース)が配置された制振構造の建物となっている。

『現代の里山』をコンセプトに設計された当建物はガラス張りで透明性の高い外装に加えて、地場産業(江東区木場)である木材を多用した立体的な緑地空間を現出している(写真2)。また、公開空地へ光を届ける事にも配慮した特徴ある形状となっている。



写真1 建物全景

*1 東京本店 建築部(工事事務所)

*2 東京本店 建築部(技術担当)

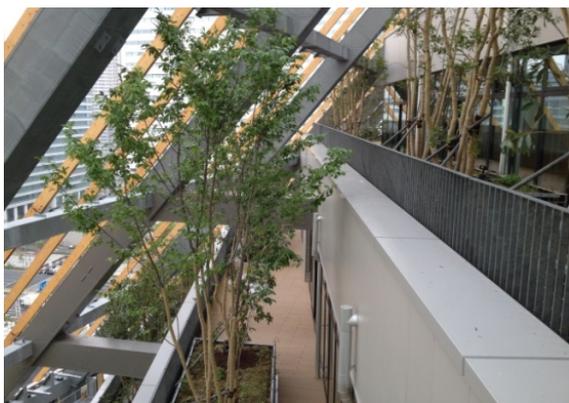


写真2 立体的な緑地空間

3. 地下工事

3.1 概要

当地区の地盤は、大正後期からの埋め立て事業によって形成されており、地表面から-15.0m~20.0m付近まで粘性土を主体としたN値0~2の軟弱な地層が続いている。

山留め・杭工事の施工に先立ち、当社の保有技術である静的締固め(Geo-KONG)工法と、深層地盤改良工法による液状化対策工を実施した(写真3,4)。



写真3 Geo-KONG 工法1



写真4 Geo-KONG 工法2

建物の根切り深さは一般部がGL-7.5m、ピット部分がGL-10.0mであり、軟弱な地盤と地下水を考慮してソイル柱列山留め壁(Eco-MW)による完全遮水工法を採用した。

敷地南面の前面道路には東京臨海新交通臨海線(通称:ゆりかもめ)の豊洲駅があり、地下工事に際して近接協議の対象となった。山留め壁の変位については管理値4.0mm以内(ゆりかもめ基準)と厳しく、FEM(有限要素法)解析による影響検討結果をもとに協議を行った結果、当該部分については大口径(900φ)のソイル柱列山留め壁(芯材H-700×300)を採用した。

また、協議の対象となった「橋脚」と「エレベーター構造物」については、自動計測により挙動を監視しながら施工を進めた。計測管理の結果、両者とも管理値以内に収まることを確認した。

3.2 1階床先行打設工法の採用

総合工程を立案する段階で、精度を要求される地上部の鉄骨構造や外装、また内部においては高品質な仕上がりが必要なホール・文化センターなど、難易度の高さに比べて工期は非常に厳しいものであった。加えて、昨今の技能工不足による工程遅延のリスクや近隣協議における作業時間の制約といった諸問題を検討した結果、「逆打ち工法」を採用することとした。

通常の逆打ち工法は、現場造成杭の中に「構真柱」と呼ばれる鉄骨支柱を建て込み、支柱で上部構造を支えながら地上と地下の工事を並行して進める工法が一般的であり、採用にあたっては、設計段階から仮設計画や施工手順に配慮した計画が必要となる。

しかし、当工事の場合、現場造成杭の施工までに逆打ち工法に伴う設計変更手続きや鉄骨支柱の納品が不可能であったことから、耐圧版上に支柱を後建てする方式の、変則的な逆打ち工法「1階床先行打設工法」を採用した(写真5, 図1)。



写真5 耐圧版上の鉄骨建方

通常の逆打ち工法では、深さ2.5m~3.0m程度の1次根切りを行い、根切り底から基準床となる1階床(トップスラブ)を構築するため、躯体工事を比較的安全な作業高さで進めることができる。一方、今回の場合は耐圧版上で切梁が架設された状態での高所作業(約7.0m)となるため、安全面に配慮した綿密な施工計画が必要となった(図2)。

1階梁鉄骨には型枠支保工兼用の吊り足場(NS工法)を地組ヤードにて先行取り付けし、梁筋・底型枠も取り付けした状態で建方を行った。

施工計画で、最も苦心した点は、地組みした梁鉄骨と切梁等との干渉である。立体的な干渉の有無を事前に確認

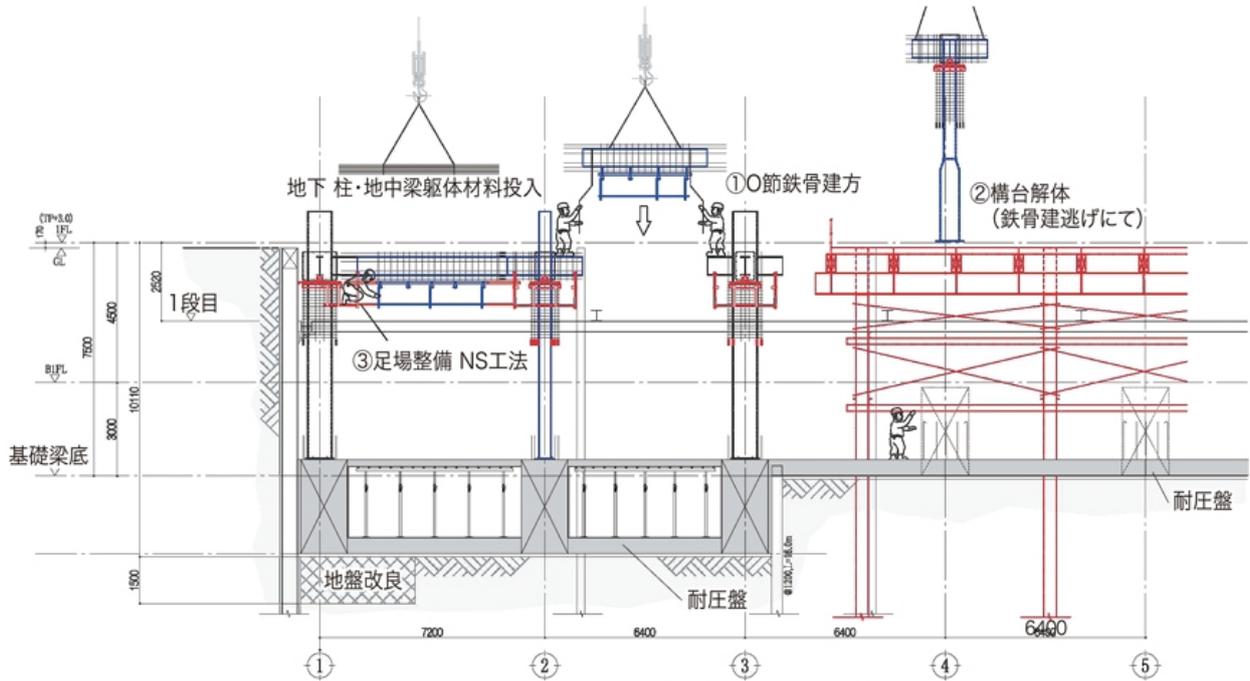


図1 地下鉄骨建方計画

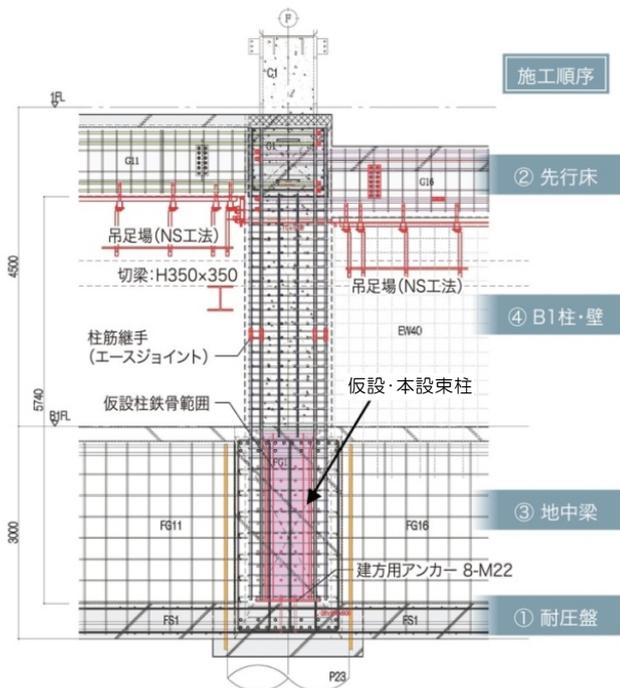


図2 地下躯体手順図

(写真7)の採用等、当社がこれまでに培ってきた逆打ち工法の要素技術も採り入れながら施工を行った。



図3 BIMモデル



写真6 仮設スタッド



写真7 ステップハンチ

する方法としてBIM(Building Information Modeling)を活用し、3次元の施工モデルにて詳細な干渉チェックを行った(図3)。

その他、外周のRC躯体を支持する方法として、スタッドジベルと山留め壁芯材を仮設杭として利用する手法(写真6)や、鉄骨柱パネルゾーン廻りの配筋をスムーズに行うために、梁端部の幅寸法を拡幅する「ステップハンチ配筋」

4. 地上部鉄骨工事

鉄骨製作工場には、Sグレードのファブ3社を採用した。鉄骨部材の製作・施工にあたっては、設計・監理者と各製作工場の製作担当者、第三者の受け入れ検査会社とともに、

当社の構造設計担当者が参画する「鉄骨分科会」を組織し、大スパンで急勾配の柱をもつ鉄骨の納まりや施工上の問題点、また、製作管理や検査方法などを事前に協議・確認したうえで製作・施工管理を行った。

各節の製作段階においては工場中間検査を実施し、加工・組立状況および溶接中の部材の品質を確認した。製作完了後には、部材全数を対象とした製品検査を実施し、厳格な管理を行った。



写真8 鉄骨建方中の全景

4.1 急勾配柱鉄骨の施工

8階以上の北面外観は壁面がセットバックする構造で、傾斜した4面ボックス柱(□-800mm)とカバープレート梁(WH-400×400)で構成されている。また、各階に設けられた屋外テラスには高木(6mクラス)を植栽し、里山の棚田をイメージした設計がなされている。

外装材には、カーテンウォールのバックマリオンと縦ラインを合わせ、(公財)日本住宅・木材技術センターより「優良木質建材等認証(AQ 認定)」を受けた木製ルーバー(阿蘇小国産杉材 105mm×240mm)が配置されている。

柱鉄骨の建方は、地上部で作業足場や昇降タラップ等の安全設備を取り付けた状態(写真9)で揚重を行い、あらかじめ設置したベント(写真10)上にセットした。



写真9 地組鉄骨の揚重



写真10 ベントの設置

4.2 3次元計測システムによる精度管理

鉄骨建方の精度管理には、3次元光波測量器を使用した「鉄骨建方精度管理システム」を採用した。柱の吊り込み前に柱頭に取り付けたターゲットを視準して柱の位置精度を計測する方法である。

計測された座標データをクラウドサーバーで管理することで、建方時や本締め・溶接後の挙動をWEB上でリアルタイムに確認することができ、精度管理や次節建方の作業計画に役立てることができた(写真11)。



写真11 鉄骨建方精度管理システム

現場溶接部は全数、第三者検査機関による超音波探傷試験(UT)を実施し、同時に食違いやズレ、アンダーカットなどの外観検査も行った結果、JASS6に規定されている管理許容差以内の精度を確保することができた。

4.3 錆止め仕様の変更によるメンテナンス性の向上

セットバック部の傾斜柱および梁は、「亜鉛メッキ+耐火塗装」の仕様で計画されていた。しかし、施工図や模型を用いて検討した結果、ダイヤフラムが複雑に絡み合いメッキ穴を確保できないことや、メッキ槽の寸法制約の関係で計画通りに継手を設けることができないなどの問題点が明

らかになった。また、耐火塗装を施した場合、概ね10年毎にメンテナンスが必要となるが、立体的な納まりを持つ当建物の場合、その都度作業用の足場を架設することは困難である。鉄骨分科会で対処方法を、コストも含めて詳細に検討した結果、錆止めは「溶射」とし、法的に耐火が必要な部位のみを耐火被覆する納まりに変更した。

溶射は、加熱することで熔融状態にした微粒金属を吹き付けて被膜を作る工法で、橋梁や鉄塔、航空機のエンジンなどにも利用され、基本的にメンテナンスフリーである。溶射には、熱源方式や金属材料の選択でいくつかの仕様があるが、当建物では熱源をガスとし、都市部の排ガスにも耐える被膜材料として亜鉛・アルミニウム合金を選択した。また、工場溶射としたことで継手部以外は無足場で施工することが可能となった。

5. 外装アルミカーテンウォール



写真12 西面外観

当建物の外装は東・西・北面がアルミカーテンウォール(ACW)で、透明性の高いファサードとなっている(写真12)。構成は、意匠コンセプトである木材を多用する目的から、バックマリオン(内部方立)には唐松の積層材を使用し

ている。階高の高い音楽ホール部分は厚み60mmのスチール製フラットバー(H185×L16m/質量2.5t)現しとし、階高の低いフロアでは唐松積層材自体を構造部材とし、階高の高いフロアでは唐



写真13 木製方立

松積層材の薄肉材をアルミ方立に貼り付け、統一された意匠となっている(写真13)。

外観は、方立・無目・スパンドレルの色を変えて縦基調とした他、スパンドレルの奥行にも工夫し、閉鎖的にならないようにした。

ガラスは、室内温度環境条件を高める目的で、省エネ基準で定められたPAL計算値にて部位毎に種別(LOW-e等)・厚さ・構成を種類分けし、25種類のガラスを使い分けている。大判サイズ(W1,600×H4,500/質量350kg)が使われ、内部からの取り付けが不可能であったため、タワークレーンとバランスーを用いて外部から取り付けを行った。目地ガスケットには、内外とも四周一体成型のグレイジングガスケットを使用し止水性を向上させている。

8階から上部のセットバックを繰り返すフロアにおけるACWとパラペット笠木との取り合い部では、躯体パラペットと笠木、壁面のアルミパネルが3次元で複雑に絡み合うことから、ACWを笠木の上下に分割する納まりとした。

これらは、外装分科会でも検討され、また実物大のモックアップ(写真14)で意匠性や納まりを確認した。



写真14 実物大モックアップ

6. 音楽ホール

当建物の中間階(4F~6F)には、300席の音楽ホールが配置されている。小規模ホールならではの一体感を高めるため、正方形に近い形状で、かつ、舞台から客席までの距離を短くし(15m程度)、視覚にも配慮された計画である(写真15)。ガラス張りのカーテンウォールの内側に回転パネルを設け、さらに内側にサスペンドガラス(厚み19mm凹凸形状)を設置した音楽ホールは過去にもほとんど例がないことから、ホール分科会を組織して音響性能や、直下に位置する区出張所、上階の文化センター(レクホール)に対する防遮音対策の効果の検討などを行った。



写真 15 音楽ホール

◆音楽ホールの性能目標

- ①室内騒音レベル N C-20 以下
- ②室間遮音性能 D r-80 以上

ホールの平面配置は、建物の直交方向から7度回転させることで、東京湾に向かって開けるような軸が設定されている(図4)。この角度はホール内のフラッターエコーの対策にも有効で、豊かな音響が得られる工夫も兼ねている。

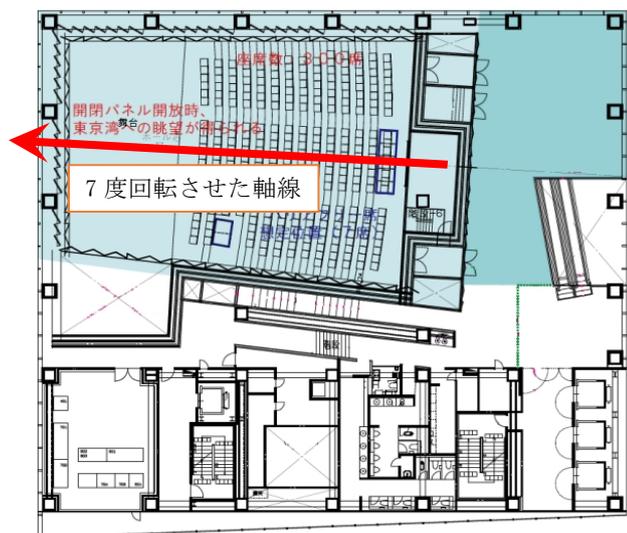


図4 ホール平面配置

区はホールの多目的な運営を計画しており、外装のACWに面した舞台の内側にはアルミハニカムの回転パネル(H=8.0m)が設置されている。油圧制御で回転可能なパネルは、演目に応じてシーンセレクトが可能で、準備作業時はフルオープンとすることで節電対策にもなる。

当ホールは、壁・床・天井の6面とも天然ゴムと浮き鉄骨を介した「浮き構造」となっている。壁は軽量鉄骨下地を分割したフレームに、石膏ボード15mm×3層を上部から貼り下ろし、均等に天然ゴムに荷重が掛かっていることを確認しながら施工した。天井においてはキャットウォ

ーク・浮き梁を含めた下地鉄骨が約120tあり、工程上本体鉄骨と同時に施工することが不可能であったため、上部スラブに仮設開口を設け、天井クレーンにてホール内のステージ足場上に材料を搬入し、取り付けを行った。

床については、分科会にて様々な納まりを検討した結果、階段状の躯体を斜めスラブに変更し、防振ゴムと鋼材を用いた納まり(写真16)に変更し、省力化を図った。

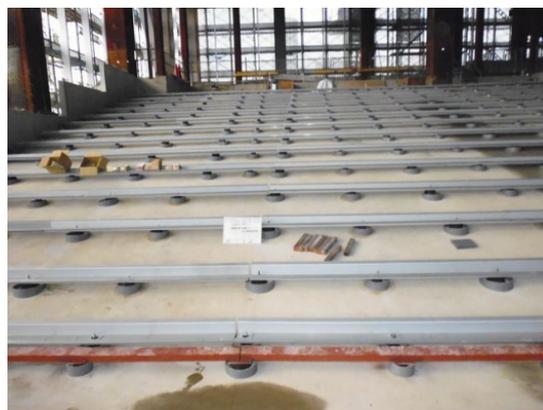


写真 16 ホール浮き床の施工

7. まとめ

豊洲シビックセンターにおける地下工法、鉄骨、外装およびホールの施工について報告した。計画・管理能力が問われる難易度の高い工事であったが、設計・監理を担当された株式会社日建設の指導のもと、当社技術研究所をはじめとする関係部署の支援を受け、JV・協力が一体となって施工を進めた結果、高品質な建物をつくりあげることができた。ご協力いただいた関係各位に深く御礼を申し上げますとともに、今回得られた貴重な経験やデータを今後の工事へ展開していきたいと考える。

※設計図：株式会社日建設提供

工事概要

工事名称	江東区(仮称)シビックセンター新築工事
工事場所	東京都江東区豊洲二丁目2番
発注者	東京都江東区
設計・監理	株式会社 日建設
施工	鴻池・多田・増 建設共同企業体
工期	平成24年12月～平成27年6月
構造規模	構造：鉄骨造(CFT柱)、一部鉄筋コンクリート造 [制振構造]
	階数：地下1階 地上12階 搭屋1階
	建築面積：1,945.37m ²
	延床面積：15,537.72m ²