VE等施工改善事例発表会 資料

2021年度

一般社団法人 日本建設業連合会 建築制度委員会 契約部会 技術提案制度専門部会

はじめに

昨年度からの新型コロナウイルスの感染収束がまだ見えぬ中、我々は感染収束後の世界、 いわゆる「アフターコロナ」にどう対応するのかを見据える必要があります。

それと同時に、国際的な目標であるSDGsの達成も成し遂げなければいけません。

それは、建設業を持続可能な産業とするための方策を考えなければならないということを 意味しているのではないでしょうか。

「4週8閉所」の実現が叫ばれて久しいですが、そのためには適正な工期の確保に加えて、 施工性の向上や効率化が求められます。また、そのための改善方法を創造し変革していく努力が不可欠となります。そしてそのことがSDGsの目標8「働きがいも経済成長も」の達成につながります。

これはまさに「VE等施工改善事例発表会」の主旨と合致する部分であり、本発表会の事例がヒントになるものと考えます。

本発表会は、当初、建設業におけるVEの普及を目的としたものでしたが、建設業を取り 巻く環境の変化を受け、第14回(2010年度)から「VE等施工改善事例発表会」とし、 対象を施工段階のVE事例だけでなく、施工改善事例から研究開発成果にまで広げました。 また、会員各社の技術力向上の場に留めるだけではなく、建設業の技術力を発信する格好の 機会と捉え、発注者、設計者、建物所有者、教育関係者等の皆様へ参加を呼びかけ、HPで 事例掲載等を実施しています。

これらの情報発信を通じて、ものづくりの魅力を伝えていくとともに、建設業で働く人々が持続可能な建設産業を創り出すことと、担い手の確保に少しでも貢献できることを願っています。

本年度は会員各社から14事例の資料掲載を行い、昨年度に引き続きWEB配信にて開催いたします。これらの事例により、最前線の現場での生産性向上に向けた努力を感じていただけるものと思います。

最後になりましたが、業務多忙の中、原稿を執筆していただいた発表者の皆様、ありがと うございました。心より御礼申し上げます。

2021年10月

VE等施工改善事例発表会について

◇開催の趣旨

VE等施工改善事例発表会は、技術提案専門部会に参画している委員各社が実際の建設プロジェクトで成果を挙げたVE提案等による施工改善の実績を広く公表することで、ご覧いただきました方々の技術提案力向上はもとより、建設産業の活力とノウハウを高め、価値ある社会資本の提供に寄与することを目的としています。

◇事例の選定

施工段階におけるVE・改善提案は、それぞれの建設プロジェクトにおいて既に顕在化 している課題、あるいは現実化する可能性が高い問題の解決のために実施されます。

VE等施工改善事例発表会では、これらの取組みに有効な事例を提供するため、「身近な事例」「汎用性のある事例」「真のVE事例」および「改善効果の高い事例」を募集し、とくに施工段階における工事目的物や仮設の合理化・変更の内容とその効果、施工あるいは管理手順の見直し等の内容とその効果が、具体的でわかり易いことを重視して選定しました。

◇本書の構成

本書では、選定した14事例を、グループの中では事例の主題となる工種に着目し、一般的な建築工事進捗の順番で掲載しています。

それぞれの事例には発表本文(詳細説明)の前に、発表の要点として「狙い」「目的」「問題点・背景」「改善概要」「改善による効果(Q・C・D・S・E)」を簡潔にまとめた概要書(表紙)をつけています。発表本文そのものも、可能な限り概要書に記載した内容に沿って作成していますので、概要書を一読した上で本文にあたることで、発表内容の理解を深めていただくことが容易になります。

VE等施工改善事例発表会資料

目 次

はじめに

VE等施工改善事例発表会について

発表	事例			
1.	免震レトロフィットにおける施工品質		· · · · 堤	
2.	基礎躯体工事における省力化と工期短		大石	11
3.	大スパン張弦梁構造のアリーナ屋根に	ニおけるリフトアップエ (㈱フジタ	上法の耳 金田	文組み ・・・・・・・ 19 剛
4.	トラス鉄骨+膜屋根工事における施工	二改善・・・・・・・ (㈱熊谷組	· · · · 梶山	••••• 29 和之
5.	大規模空間施設における施工効率の改		··· 岡山	
6.	観覧スタンド施工における仮設の改善	奏・・・・・・・・・・ 佐藤工業㈱	関口	····· 45 智章
7.	鉄骨ロボット溶接工法による生産性向	可上・・・・・・・・ 大成建設㈱	· · · · 梅津	
8.	複雑な仕口部形状における溶接品質研	EPN	··· 小平	・・・・・・・・・ 61 幸司
9.	スポーツ棟における工期短縮とコスト	、ダウン・・・・・・ 東急建設(㈱	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	······ 71 芳雄
10.	サイト PCa と施工管理効率化による		• • • 高橋	······ 83 一治
11.	木造音楽ホールの遮音性と施工方法の)検討・・・・・・・ 前田建設工業㈱	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	······ 91 裕紀
12.	外装工事の効率化と品質改善・・・・	*************************************	· • • · · · · · · · · · · · · · · · · ·	・・・・・・・・・・101 堂 洋平
13.	BIM の活用による生産性向上・・・	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·		······················109 政雄
14.	捻じれた屋根躯体の BIM による施工	合理化・・・・・・		127

鹿島建設㈱

山田 和臣

VE等施工改善事例

1. 免震レトロフィットにおける施工品質の確保

社名: ㈱大林組 氏名: 堤 吉洋

事 例 概 要

項目	内容
1. 工事概要	
(1)工事名称	香川県庁舎東館耐震改修工事
(2)規模(延床面積、階数)	延床面積:11,872㎡、(高層棟)地上9階、塔屋3階、(低層棟)地上3階
(3)用途	事務所
(4)主要構造	RC造
(5)建設地	香川県高松市
(6)施工期間	2016年12月 ~ 2019年12月
(7)工事費	3, 911(百万円)
(8)設計者	基本設計:(㈱松田平田設計 実施設計:(㈱)大林組
2. 改善概要	
(1)問題点•背景	・本建物は直接基礎の大規模建築物であり、かつ比較的緩く支持力の低い砂
(施工上あるいは従来工法の	質地盤上に建っている。そのため、免震化工事中の建物荷重の仮受けの際に
問題・課題など改善前の状況)	建物直下の地盤を掘削することができず、工事中の不同沈下の防止と、竣工
	後の建物内におけるレベル変動の抑制に対して考慮する必要があった。
	・液状化対策追加工事を行うこととなり、工期遅延の恐れがあった。
(2)改善の目的	・工事中の建物の不同沈下を抑制する。
	・竣工前と竣工後での建物内の相対レベル差を極力小さく抑える。
	・工期遅延を回避する。
(3)改善実施内容	・免震化工事前に直接基礎下の地盤に薬液を注入し、改良を行った。
	・異なる免震支承部材の鉛直剛性の差により生じるジャッキダウン後の変位差
	は、各支承部材をプレロードしてレベル調整を行った。
	・仮受け杭を建物反力圧入杭(高層棟)と翼杭鉄骨補強(低層棟)とした。
(4)改善による効果	
•Q(品質)	・建物沈下量は2mm程度に収めることができた。
	・免震支承上部に設置した薄型ジャッキにて個々にレベル調整することで、スパ
	ン間の相対変形角は管理値1/2000を十分満足することができた。
•C(コスト)	
•D(工期)	・各棟の仮受け杭種類を変えることで、工程の山を崩し、工期厳守に貢献した。
•S(安全)	・工事中の建物倒壊の防止および躯体の変形に伴う構造的損傷に対してのリ
	スク管理方法を確立することにより、無災害で工事を終えることができた。
•E(環境)	・工事中の建物変位において、客先執務への影響を最小限に抑えた。
┃ ・その他の効果	・高層棟1階は来庁者動線としてEVを使用することができ、来庁者の利便性に
CONDOMA	役立った。
	ス

免震レトロフィットにおける施工品質の確保

株式会社大林組 堤 吉洋

1. はじめに

香川県庁舎東館は、1958年に竣工した日本の戦後モダニズム建築を象徴する建物で、設計者丹下 健三氏の初期の代表作でもある(写真-1)。本建築は、高層棟と低層棟の二つの棟で構成され、公共 施設としての役割を担いつつ、香川県の文化を継承する歴史的建築物として、今日に至っている。

その文化的価値の保存と香川県の重要な防災拠点施設として必要な耐震安全性を確保するため、 工事中の庁舎利用や文化的価値に配慮できる免震レトロフィット工法による耐震改修を実施した (図-1)。

直接基礎構造である、高層棟と低層棟の大きさが異なる二つの建物を同時に免震化する為、免震 レトロフィット施工手順は複雑で難しい工事であった。本報では、全国的にも事例が少ない大型の 直接基礎構造の免震レトロフィット工法の工事記録と、採用した工法の紹介を行う。



写真-1 香川県庁舎(改修前と竣工当時)



図-1 香川県庁舎の免震化完成パース

2. 工事概要

工事概要を以下に示す。正方形の平面形状である地上9階の高層棟(写真-2)と、南北に長い長 方形の平面形状である地上3階の低層棟(写真-5)が連結した構成であり、いずれの棟も改修前は 直接基礎構造である。高層棟の南側には太鼓橋を擁する南庭(写真-3)や、ピロティの床石、石積 で構築された舟形目隠し壁(写真-4)など、文化的価値の高い構造物がある。

今回工事では、両棟の基礎下に仮設杭を打設して建物を支持し、両棟の基礎下免震層を一体化し た構造に改修する (図-2~4)。

(1) 建物概要

高層棟規模:RC造/地上9階、塔屋3階(直接基礎)

低層棟規模:RC造/地上3階(直接基礎)

建築面積:2,876.06 m² 延床面積:11,871.99㎡

最高高さ:43.0m

当 初 施 工: (株) 大林組

竣 工:1958年5月



写真-3 南庭 太鼓橋



写真-4 舟形目隠し壁



写真-2 高層棟



低層棟 写真-5

(2) 改修概要

Т. 名 称:香川県庁舎東館耐震改修工事

注 者:香川県 発

基本設計·工事監理: (株) 松田平田設計

実 施 設 計・施 工:大林・菅特定建設工事共同企業体

期:2016年12月15日~2019年12月20日 工

Τ. 内 容:免震レトロフィットによる耐震改修

非構造部材の耐震改修

南庭の整備等

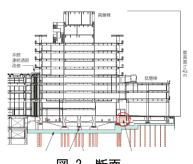


図-2 断面





(28か所)

3. 免震化工事の課題

(1) 施工環境についての課題

高層棟の建物総重量は 21,000 トンあり、中央部の柱が負担する軸力は最大 1,800 トンにも及ぶ大規模建築物で、支持地層も比較的緩く支持力の低い砂礫地盤に建つ直接基礎の建物となっている。このため、免震層を成形するために基礎下を掘削する際に柱基礎が沈降し、建物内で局所的な変位が発生することで躯体に負荷がかかり、躯体が損傷する恐れがあった。

(2) 第三者の動線・配慮についての課題

東館の奥にある本館棟へは来庁者も車も、低層棟ピロティ部をとおりアクセスするため、低層棟の免震化施工には来庁動線を切り替えながら細かな工事ステップにて進める必要があった。また、免震化する直上のフロアを庁舎施設として使用していることも騒音・振動も含め、工事管理は難しい条件となっている。

4. 本改修工事にて適用された技術概要

(1) 薬液注入による支持地盤補強工法

事前に直接基礎下の地盤にセメント系固化材を注入して強度を高めておくことで、建物の沈下を防止し掘削時の安全を確保する(図-5)。



図-5 薬液注入

(2) ジャッキダウン時の積層ゴム支承へのプレロード工法

積層ゴム支承は、建物の軸力をかけることで3~5 mm程度縮むが、すべり支承は1~2 mm しか縮まないため、鉛直変位量に差が発生してしまう。あらかじめ積層ゴム支承にプレロードを与えて縮めておくことで、ジャッキダウン時の縮みを低減し、すべり支承との変位差をなくす。また、鉛直変位量を低減することで、ジャッキダウン済工区と未実施工区との、変位量差による構造体への影響も排除した(図-6)。

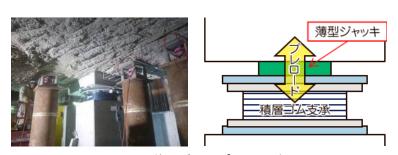


図-6 積層ゴムのプレロード

(3) 常時計測(水盛り式沈下計による変位管理)

基準水槽を工事の影響を受けない箇所(不動点)に設置し、変動が予想される構造物には水盛式沈下計を固定して互いに連通管で接続し、基準水槽で一定に保たれた水のレベルと水盛式沈下計との相互変化を水位検知することによって、構造物の沈下(隆起)を測定し、工事による建物挙動を正確に24時間計測できる計画とした(図-7)。





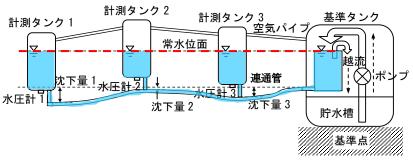


図-7 水盛り式沈下計

5. 計画と実施

(1) 施工手順

(ア)準備工事、山留工事、地盤補強工事

施工にあたり、工事中の障害となる床石等の既存仕上材を撤去する。同部材は復旧できるように予め配置位置を記録・確認してから撤去し、復旧まで破損・散逸しないよう適切に養生して保存する(写真-6)。

始めに、工事範囲の周辺に山留工事を実施する。 通常の工法で免震クリアランスが確保できない場 合は、合成地下壁構築技術を適用して有効クリア ランスの確保に努める(図-8)。

山留完了後、掘削中の建物沈下を防止するために、1次掘削前に薬液注入による支持地盤補強工事を行う。強度が必要な個所のみピンポイントに薬液注入することで、支持地盤は、その後の掘削に大きく影響しない程度に硬化し、且つ建物の沈降や掘削部の法面の崩落を防ぎ、安全に工事を行うことができる(写真-7)。



写真-6 既存石等撤去

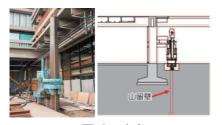


図-8 山留



写真-7 薬液注入

(イ)掘削工事、建物水平拘束・荷重受け替え

地盤補強後は、基礎下の所定の範囲まで 1 次 掘削した後、順次基礎下において、基礎部分を反 力として仮受用の仮設鋼管杭を打設する。打設 後は基礎と杭の間に仮受ジャッキを設置してプ レロードを行い、建物荷重を仮設鋼管杭に受け 替える。また同時期においては、基礎が露出して 水平方向への耐力が低減しているため、建物と 地盤を反力として仮設部材にて水平拘束し、工 事中の地震による建物倒壊への対策を行う。

仮設鋼管杭への建物全荷重受け替え完了後、2 次掘削、3次掘削と工事を進め、掘削を完了する。 2次掘削と3次掘削の間に、掘削による液状化対 策として薬液注入による支持地盤補強工事を実 施する(図-9,10,写真-8)。

(ウ)免震層構築

掘削完了後は床付作業を経て、マットスラブ を構築する。その後、免震装置のベースプレート を設置し、免震下部基礎を構築する。

免震装置を、押圧充填工法にて設置する。同工 法は製造・施工コストを低減し且つ確実に免震 装置下を充填することができ、施工品質を向上 させることができる。なお、免震装置と上部免震 ベースプレートの間に前もってフラットジャッ キを挟み込む。免震装置設置後は、上部躯体補強 工事を経て、上部免震基礎を構築する(図-11,12)。

(エ)水平拘束撤去、建物ジャッキダウン

免震化躯体工事完了後、水平拘束部材を撤去する。作業中の地震を考慮して、迅速に水平拘束を撤去する必要がある。

挟み込んであるフラットジャッキを加圧し、 レベルを一定にしつつジャッキダウンする。そ の後、仮受ジャッキ・仮設鋼管杭を撤去して、免 震化を完了する(図-13,写真-9)。

(オ)外構・仕上復旧工事

工事前に撤去した既存石等を復旧する。

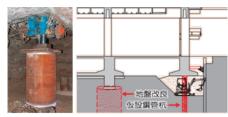


図-9 1次掘削・仮設鋼管杭・水平拘束

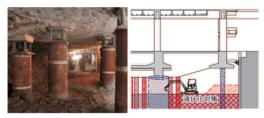


図-10 鋼管杭·荷重仮受·2 次掘削



写真-8 液状化対策・3 次掘削

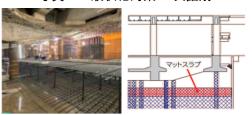


図-11 マットスラブ



図-12 免震装置据付·上部基礎·水平拘束撤去



写真-9 積層ゴムプレロード・ジャッキダウン



図-13 鋼管杭撤去・免震化完了

(2) 工事工程 (図-14)

本工事では工事工程が長くなる要因が幾つかあった。まず、低層棟のピロティが前面道路から庁舎への主動線となっている為、庁舎へのアクセスルートを変更しながら施工を行う必要があった。また、地震時に建物の水平耐力を確保する為、スパン毎に耐震壁を構築する必要があった。

そこで、高層棟1階床の一部土間をスラブ構造に変更する工事を早期に施工し、かつ免 震化完了前から1階フロアの床石及びルーバー復旧に着手することで、工程の長期化を解 消した。

さらに今回は、地盤の液状化対策も工事の重要な点であった。本工事では両棟のどちらにも地盤改良を施す必要があったが、低層棟においては、薬液の注入圧が高いと容易に地盤が隆起してしまい、建物レベルの管理が困難となることから、慎重に地盤改良を進める長い工期を要する。対して高層棟の場合、仮受け杭に荷重を受け替えた状態では、薬液注入による地盤隆起は建物レベルに影響しないため、地盤改良の工期は短くて済む。

以上のことから、低層棟では地盤改良を先行しつつ翼杭を打設してから掘削、その間に 高層棟では掘削と基礎下の支持地盤補強を進め、圧入した鋼管杭に建物荷重を仮受けした 後に地盤改良を実施する、といった両棟がお互いの作業の流れを阻害しない工程計画で工 事を遂行した。その結果、性急な作業で建物レベルを変動させるリスクを回避しつつ、液 状化対策工事による工期遅延を解消することができた。

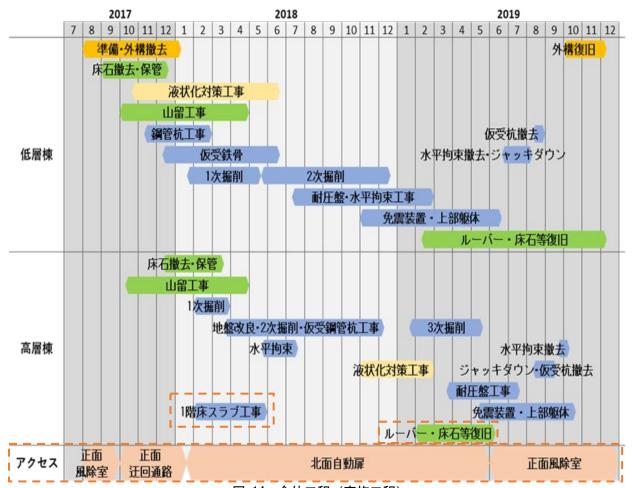


図-14 全体工程(実施工程)

(3) 薬液注入による支持地盤補強・掘削・仮受鋼管杭(高層棟)

(ア)施工手順

①薬液注入

掘削前に水平斜め方向に薬液注入を行い、改良体を構築する。注入後は養生を行い改良 体の強度発現後に次のステップに進める(図-15)。

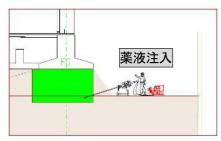




図-15 薬液注入

②トンネル掘削

鋼管杭施工に必要な作業スペース及び継手溶接作業を考量し掘削範囲を決定し、フーチング下端をトンネル堀りする(図-16)。



図-16 トンネル掘削

③鋼管杭施工

油圧ジャッキを用いて鋼管杭を圧入する。支持層に到達し所定の圧入荷重に達するまで 圧入する。圧入後、サポートジャッキを設置し、プレロード荷重を導入し、建物荷重を鋼 管杭に移行する(図-17)。

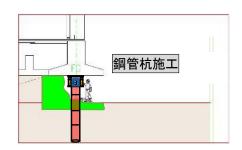




図-17 鋼管杭施工

(イ)荷重管理

現地での載荷試験データよりジャッキ圧入荷重3,000kN(上限3,600kN)を打ち止め荷重とし、30分間保持した時の沈下量が3mm以内となることを管理値とした。

(ウ)荷重架け替え結果

先行で地盤改良をしたため、トンネル堀りを進めても、地盤が安定していた。また、建物レベルについても、薬液注入による1mm程度の隆起が見られるが、掘削の進捗及び仮受杭への荷重移行に伴う建物沈下量は2mm程度で収まっている(図-18,表-1)。

杭No.

施工日



表-1 高層棟(6 C柱)仮設杭記録

最終荷重

30分沈下量

杭長

(mm) (m) (kN)7 4/17 | 11, 403 3,600 -1.25/12 | 11. 307 3,600 -0.86 -2.04 5/17 | 11.407 3, 600 5/21 11.026 0 3,600 21 5/24 11. 400 -1.03,600

図-18 高層棟(6 C柱)経時変化

(4) ジャッキダウン・積層ゴム支承へのプレロード

(ア)施工手順

油圧ジャッキ載荷は変位を注視しつつ60%→70%→80%→90%→100%の順で載荷を進め、サポートジャッキのロックナットが緩まない場合は120%まで載荷を進める。油漏れや誤作動の対策としてジャッキに設置しているロックナットの隙間量を管理する方法で行った(図-19)。

ジャッキダウンの前に、フラットジャッキ(薄型ジャッキ)で積層ゴムに対して残り縮み量1~2 mm程度を目標に加圧を行い、すべり支承との変位差がないようにプレロードを行った。ジャッキダウンステップは全数同時ジャッキダウンではなく各基礎単位でのジャッキダウンとした。鉛直変位をパソコンの画面上で確認しながら油圧ジャッキを用いてレベル管理を行った。

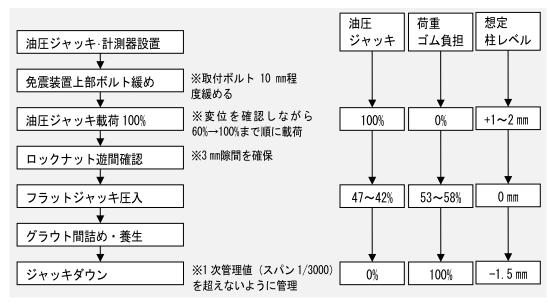


図-19 ジャッキダウンフロー・荷重移行例

(イ)管理値

柱の挙動及び積層ゴムとすべり支承の縮み量を確認する。また、油圧ジャッキ及びフラットジャッキの導入軸力を確認した。隣接する柱間の相対変位許容値は建築基礎構造設計指針(日本建築学会)に記載されている鉄筋コンクリート造構造物の許容傾斜角を参考に限界許容値をスパンの 1/2000 以下とした。また管理値をスパンの 1/3000 以下とし、1 次管理値とした(表-2)。

土油の種類	测点型目	测点性物及线板库	管理値	
計測の種類	測定器具	測定時期及び頻度	1 次管理値	2次管理値
積層ゴム縮み量	ダイヤルゲージ 圧力計	フラットジャッキ圧入時		
ジャッキ荷重	圧力変換機	サポートジャッキ〜油圧ジャッキ荷重移行	長期設計軸力 100%	長期設計軸力 120%
隣接柱の相対変位差	水盛式沈下計 オートレベル	サポートジャッキ〜油圧ジャッキ荷重移行 ジャッキダウン時	スパン間の 1/3000 以下	スパン間の 1/2000 以下

表-2 管理値

(ウ)結果

高層棟C通りの隣接柱の相対変位記録を図-20 に示す。一時的に 3-4 通りと 4-5 通りにおいて、相対変位が 1 次管理値を超えた状態となったが、その後は 1/10000 程度まで低下して安定し、全体としては、相対変位が 2 次管理値以内に収まった。

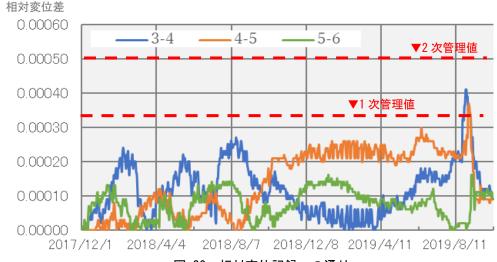


図-20 相対変位記録 C通り

6. おわりに

総重量 21,000 トンの高層棟の免震化では、支える地盤の弱さが問題となり、支持地盤の改良補強することで、変位差も管理値内に収めることができた。構造規模の異なる低層棟と高層棟の同時免震化、直上階を供用しながらの作業、前面道路からの動線整理等、本プロジェクトを進める上では、工程・手順が複雑であったが、大きな不具合もなく工事が完了できた。

関係した全ての方々に厚く御礼申し上げます。

2. 基礎躯体工事における省力化と工期短縮

社名: 日本国土開発㈱ 氏名: 大石 晁生

事例概要

項目	内 容
1. 工事概要	
(1)工事名称	熊谷センター新築工事
(2)規模(延床面積、階数)	延床面積:21, 964㎡、地上2階
(3)用途	冷蔵冷凍倉庫
(4)主要構造	S造
(5)建設地	埼玉県熊谷市
(6)施工期間	2018年10月 ~ 2020年1月
(7)工事費	5, 452(百万円)
(8)設計者	_
2. 改善概要	
(1)問題点•背景	・食品を配送するための冷蔵冷凍倉庫および配送センターの建設にあた
(施工上あるいは従来工法の	り、マテハン工事や引渡し後の冷却期間を考慮すると工期がなく、建築工
問題・課題など改善前の状況)	事期間の短縮が必要だった。
(2)改善の目的	・省力化および効率化により工期短縮を図る。
(3)改善実施内容	・基礎躯体工事において下記工法を採用した。
	・土工事において先行埋戻し工法の採用
	・地中梁の鉄筋地組
	・ラス型枠の採用
	・小梁型枠地組
(4)改善による効果	
•Q(品質)	•-
・C(コスト)	
-D(工期)	・従来の工法にくらべて1か月の工期短縮。
•S(安全)	
•E(環境)	
・その他の効果	·-

基礎躯体工事における省力化と工期短縮

日本国土開発(株) 大石 晁生

1. はじめに

本工事は食材を扱った冷蔵冷凍倉庫及び配送センターの新築工事である。場所は埼玉県熊谷市の荒川に面した工業地域の一角で、敷地面積 33,000 ㎡の中に延床面積約 22,000 ㎡の 2 階建てとなっている。

本施設は、1 階及び 2 階の大部分が冷蔵倉庫となっており、その内部がマテハンエリア、建物北側に入出荷ヤード、東側に配送センター、東側 2 階に事務所エリアを備え、物流センターと配送センター及び事務所が一体となった物件となっている。事業主は環境意識の高い会社であり、 CO_2 自然冷媒を使用した冷蔵機器を設置、CASBEE の A ランクを取得など、環境に配慮した建物である(写真 $1\sim4$)。



写真-1 完成後全景



写真-3 完成後内部



写真-2 完成後内部



写真-4 完成後内部

2. 工事概要

・工事名 熊谷センター新築工事

·工 期 2018年10月1日 ~ 2020年1月31日

·請負金額 ¥5, 452, 000, 000-

·工事場所 埼玉県熊谷市樋春字袋田1233番3

・建物用途 冷蔵倉庫 (一部冷凍倉庫)・配送センター

• 建物概要

敷地面積 33,000.07 m²

建築面積 12,572.01 m²

延床面積 21,964.29 m²

構 造 S造

階 数 地下1階、地上2階(塔屋1階)

最高高さ 16.21 m

3. 全体工程

2018年10月1日の着工から2020年1月31日まで16か月の全体工期があったものの、建物運用開始が決まっており、建物の冷却期間を考えると引渡し日を遵守する必要がある。また、冷却開始からマテハン工事の乗込み開始を逆算すると2019年8月であり、そこまでに冷蔵倉庫内工事を完了させる必要があった。鉄骨工事から先は限界があるため、工期を短縮するために、基礎工事での工期短縮を図った(表-1)。

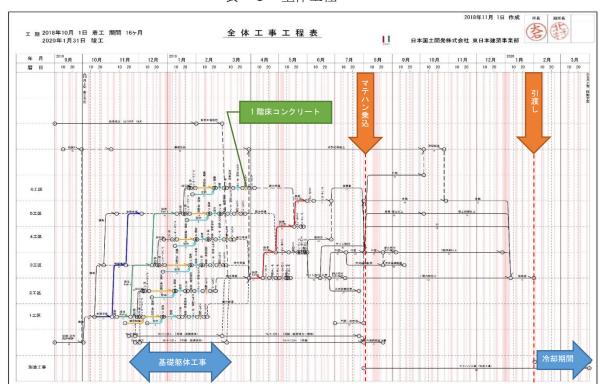


表-1 全体工程

4. 基礎躯体工事の施工計画

施工計画は下図のように、建物を 6 工区に分けた。揚重機は北側と南側に 120t クローラークレーンをそれぞれ配置し、北側は 2 工区、4 工区、6 工区を担当、南側は 1 工区、3 工区、5 工区を担当した(図-1)。

基礎躯体工事の効率化を図るために下記の工種および内容を実施した。

- ① 先行埋戻し工法(土工事)
- ② 地中梁鉄筋地組(鉄筋工事)
- ③ ラス型枠(型枠工事)
- ④ 小梁型枠地組(型枠工事)

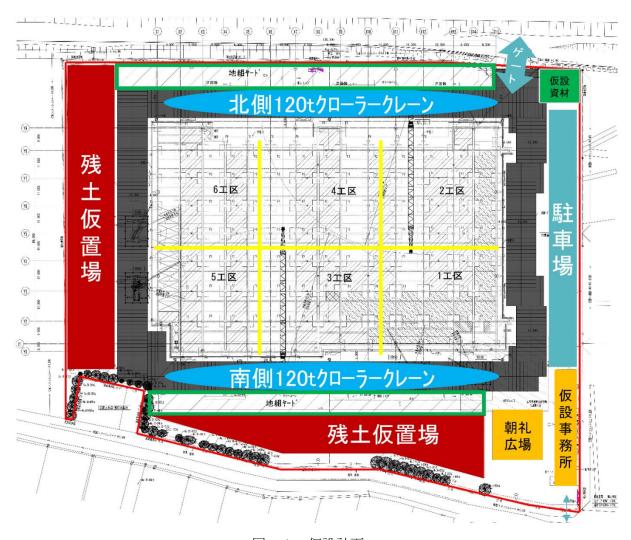


図-1 仮設計画

5. 基礎躯体工事における効率化

5-1. 先行埋戻し工法

基礎躯体のうち、通気ピット(地盤-1,250 mm)ラインより下部(地中埋設部分)の箇所に 先行埋戻し工法を採用した(図-2)。

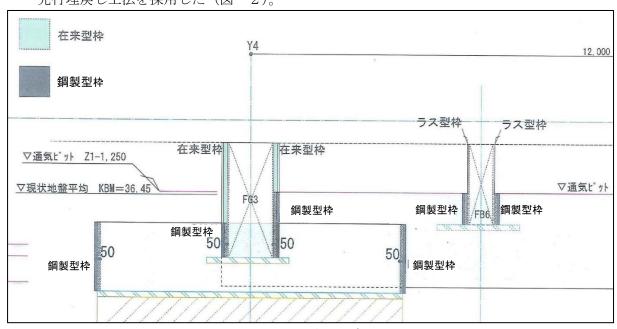
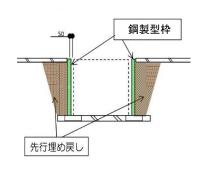


図-2 断面詳細

先行埋戻し工法は躯体コンクリート打設に先立ち、鋼製型枠を設置して周囲の埋戻しを先行して行うことで、型枠の解体が必要なくなる工法である(図 $-3\cdot 4$ 、写真 $-5\cdot 6$)。



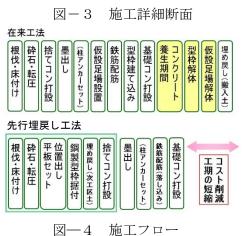




写真-5 施工状況



写真-6 施工状況

5-2. 地中梁鉄筋地組

地中梁の鉄筋を敷地北側と南側の地組ヤードを使用し、地組配筋を行った。鉄筋のジョイントは溶接継ぎ手を使用、計画的にストックを行うことにより、地中梁配筋の工期を短縮することができた(写真 $7\sim10$)。



写真-7 鉄筋地組



写真-9 地組状況



写真―8 ストックヤード



写真-10 地中梁配筋状況

5-3. ラス型枠

地中梁の型枠にラス型枠を採用した。工場での加工のため歩掛りが伸び、また、型枠解体が不要となるため、工期を短縮することができた(図 $-5\cdot6$ 、写真-11)。

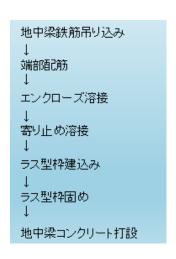
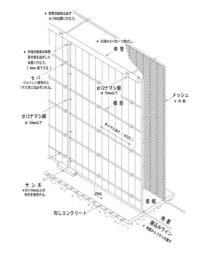


図-5 施工フロー



図一6 概要



写真-11 施工状況

5-4. 小梁型枠地組

地中梁小梁の型枠については、地組を行うこととし、クローラークレーンにて計画的に設置を行った(図-7、写真 $-12\sim14$)。

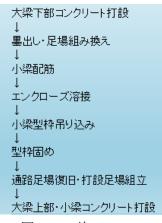


図-7 施工フロー



写真-12 地組ヤード

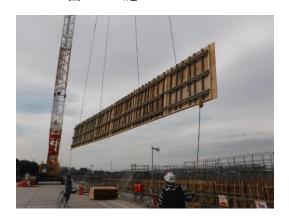


写真-13 吊り込み状況



写真-14 施工状況

6. 実施した項目についてのメリットとデメリット

6-1. 先行埋戻し工法

■メリット

- ・基礎型枠解体の手間が省ける
- ・コンクリートの養生期間が省ける
- ・掘削と埋戻しが同時に行うことができる
- ・コンクリート打設の足場が確保しやすい

■デメリット

- ・異種型枠の取合い検討が必要となる
- コンクリート数量が増える
- ・事前打合せが重要となる

6-2. 地中梁鉄筋地組

■メリット

- ・鉄筋工期を短縮できる
- ・鉄筋工の作業量を平準化できる

■デメリット

- ・揚重可能なクレーンが必要となる
- ストックヤードが必要となる

6-3. ラス型枠

■メリット

- ・基礎型枠解体の手間が省ける
- ・安価に使用できる (¥2,000/m³強)
- ・工場加工なので歩掛りが上がる(18 m²)

6-4. 小梁型枠地組

■メリット

- ・型枠工期を短縮できる
- ・精度の良い型枠が組める
- ・鉄筋吊り込みの後追いで作業可能になる

■デメリット

- ・コンクリートのこぼれ対策が必要となる
- ・異種型枠の取合いで検討が必要となる
- コンクリート数量が増える

■デメリット

- ・クレーン作業の調整が必要となる
- ストックヤードが必要になる
- ・地組用に仮設足場が必要になる

7. まとめ

今回、地下躯体工事における省力化を行ったことにより、通常の工法による施工に比べ、1か月の工期短縮を達成できた。結果、1階床コンクリートを予定通り施工し、別途マテハン工事業者の乗込みを守ることができた。また、引渡し(写真-15)も予定通り行い、建物の冷却を開始することができた。今後も更なる省力化工法を実践し、工期短縮に努めていきたい。



写真-15 竣工時全景

3. 大スパン張弦梁構造のアリーナ屋根における

リフトアップ工法の取組み

事 例 概 要

社名: 株プジタ 氏名: 金田 剛

項目	内容
1. 工事概要	
(1)工事名称	横浜文化体育館再整備事業(仮称)サブアリーナ新築工事
(2)規模(延床面積、階数)	延床面積:14,925㎡、地上4階
(3)用途	観覧席付きスポーツ練習場、集会場
(4)主要構造	RC造、一部SRC造、一部S造
(5)建設地	神奈川県横浜市
(6)施工期間	2018年7月 ~ 2020年6月
(7)工事費	_
(8)設計者	株式会社梓設計・フジタ設計共同企業体
2. 改善概要	
(1)問題点•背景	・敷地いっぱいの建物のため、大スパン鉄骨屋根の施工時に建物内部に重機
(施工上あるいは従来工法の	を入れると、後施工部が生じるため工期がより長く掛かってしまう。
問題・課題など改善前の状況)	・当初より工期が厳しかったが、オリンピックを控え、工期厳守が必須であった。
	・リフトアップの実績が10年以上なかったため、施工体制に不安があった。
(2)改善の目的	・工期を厳守するために後施工部を無くし、工期の短縮を図る。
(3)改善実施内容	・約34m×56m、全重量328トンの屋根鉄骨をリフトアップ工法で施工し工期
	短縮を図った。リフトアップの揚程は2階床から屋根までの15.5mとした。
	・2F床上に架台を設置し地組を行った。
(4)改善による効果	
•Q(品質)	・地組作業のため、施工性向上により品質を確保した。
・C(コスト)	・在来建て逃げ工法に比べ、当該建方工費を5%のコストダウン。
·D(工期)	・在来建て逃げ工法に比べ、2ヶ月の工期短縮。
·S(安全)	・地組作業のため高所作業がなくなり、墜落による危険性は大幅に低減。
•E(環境)	・工期短縮により工事現場事務所維持期間短縮による CO2削減。
・その他の効果	•-

大スパン張弦梁構造のアリーナ屋根におけるリフトアップ工法の取組み

株式会社フジタ 金田 剛

1. 概 要

横浜の中心部・関内において横浜武道館を建設するにあたり、鉄骨建方エリアが建物外にほとんど確保できない中での大スパン張弦梁構造の屋根鉄骨の施工方法を各種検討し、工程や安全、品質上のメリットがあるリフトアップ工法を採用することとした。

計画段階では張弦梁のテンションロッドの張力管理手法、精度管理手法、リフトアップシステム等の仮設計画を検討した。リフトアップ実施においては計画通りに精度よく無事完了することができた。

本稿はリフトアップ工法の選定から計画・実施までの取組みを報告する。

2. 工事概要

工事名称:横浜文化体育館再整備事業(仮称)サブアリーナ新築工事

工事場所:神奈川県横浜市中区鈴町二丁目9番10

事業発注者:横浜市

事業受注者:株式会社YOKOHAMA文体

用途 : 観覧席付スポーツ練習場、集会場

設計:梓設計・フジタJV

監理 : 梓設計

施工:フジタ・馬淵建設 JV

構造 : RC 造・SRC 造(4 階柱)・S 造 (屋根張弦梁)

階数: 地上4階建(建築基準法上5階建)、地下なし

軒高 : GL+28.7m 敷地面積: 5,702.46 ㎡

建築面積: 4,934.17 ㎡、 延床面積: 14,981.11 ㎡

工期 : 2018年8月1日~2020年6月30日

3. 建設経緯

横浜文化体育館は横浜中心部の関内駅に近い場所に立地している 横浜市所有の施設であり、1962年の開館以来、1964年東京オリン ピックで東洋の魔女が活躍したバレーボール会場を始め、プロレス やボリショイサーカス、成人式の会場として横浜市民に親しまれて きた。建物の老朽化に伴い、横浜市は横浜文化体育館再整備事業を 立ち上げ、近隣地にサブアリーナとして横浜武道館(以下、武道 館)を建設するとともに、既存の文化体育館は建替えによりメイン アリーナを建設するプロジェクトを進めてきた(図-1)。

各施設の施工は、武道館:フジタ・馬淵建設 JV、メインアリーナ:大成建設・渡辺組 JV がそれぞれ担当する。

なお、本建物は2020年東京オリンピック会場である横浜スタジ アムに近く、オリンピック実施時に連携する施設に位置付けられ る可能性があった。



(a) 斜め上からの外観



(b) 横からの外観



(c) アリーナ

図-1 竣工後の横浜武道館

4. 構造的な特徴と大スパン張弦梁鉄骨屋根施工の工法検討

本建物はX方向 59.65m、Y方向 80.4m の長方形の平面形状であり、建物は敷地いっぱいとなっている。1階、M2階が武道場・諸室であり、2階がアリーナ、3階が観客席、4階が VIPルームとなっている。

1階から3階はRC造、4階柱はSRCである。2階の アリーナ直下の梁はプレストレス梁となっている。屋根 スパンは約60mであり、張弦梁と方杖を合わせた複合 張弦梁の大スパン鉄骨構造となっている(図-2、図-3)。

建物外の施工敷地がほとんどない状況での大スパン鉄 骨屋根施工工法の選択が工事着工時の課題であった。設 計時の案のスライド工法は数年前に当社実施例があるも のの、今回は建方エリアの確保が厳しかったため採用は 困難と考えた。そこで、工事着手時には建て逃げ案の想 定となった。しかし、1~2階の躯体のあと施工工事量が 多く、2階梁のプレストレス梁の緊張タイミングの設定 も難しく、さらにオリンピックを見据えた工期厳守を考 慮すると採用するにはリスクが高いと考えられた。そこ で工法再検討を実施し、リフトアップ工法を検討案に入 れてメリット・デメリットの比較を行った(表・1)。

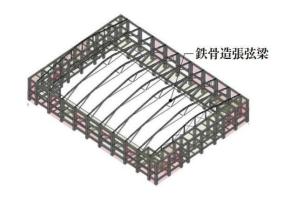


図-2 大スパン張弦梁の構成

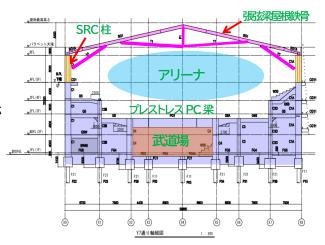


図-3 建物断面構成

表-1 大スパン鉄骨屋根施工の工法比較

大・1 大人ハン鉄門座根施工の工法比較				
	スライド工法	建て逃げ	リフトアップ工法	
平面計画				
断面計画				
提案経緯	設計時の案	工事着手時の案	再検討後の案	
メリット	・長方形建物形状を活かせる ・数年前に当社実施例あり	・コスト的に有利・特殊な工程が入らないので、工事進捗を管理しやすい	・屋根鉄骨地組と外周躯体工事を同時実施でき工程的に有利 ・床面から近いところでの屋根鉄骨建方・屋根工事ができ、安全や品質を確保できる	
デメリッ	あと施工の範囲が広く、工期	1~2階の躯体のあと施工工事	10年以上当社実施例がなく、	
<u>١</u>	への影響が大きい	量が多く、工程長期化懸念	施工体制を確立できるか不明	
比較	×	Δ	0	

リフトアップ工法は屋根鉄骨地組と外周躯体工事を同時施工できるため2ヶ月の工程メリットがあることが整理できた(図-4)。建て逃げ案は地上躯体完了後に鉄骨建方となり、屋根工事後の止水完了が2020年3月末までずれ込む。さらに、あと施工躯体工事が2020年1月までかかり、アリーナ・武道場工事や仕上工事を圧迫することになり、2ヶ月の工期延伸が予測された。

一方、当社でのリフトアップ工法事例は1990年代まではある程度あったものの、2006年以来実施例のない状況であった。そこで、リフトアップ工法の実施例の多い巴コーポレーション(鉄骨製作)と横河ブリッジ(鉄骨建方・リフトアップ実施)のタッグ体制を確立するとともに、技術センターや土木エンジニアリングセンター機械部など社内施工体制を組織することにより諸問題を解決する体制を構築し、検討を進めることとした。

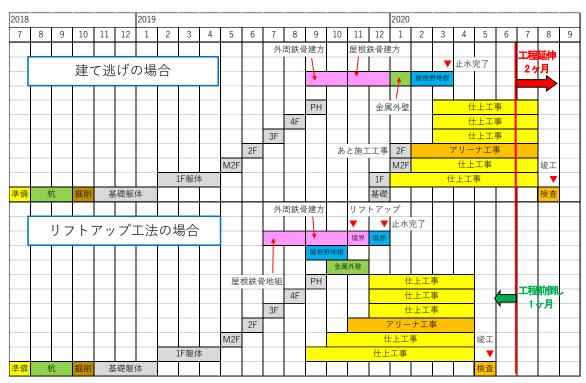


図-4 丁法毎の丁程比較

5. リフトアップ工法の計画

リフトアップ工法計画は鉄骨部会を組織して、2018年10月から検討を開始した。 リフトアップの概要は下記の通りである。

・リフトアップする屋根鉄骨 : 長さ 55.65m、幅 33.92m、高さ 4.86m、重量 328ton

・リフトアップする高さ : **15.5m**

・リフトアップ箇所 (大梁) = リフトアップジャッキ数 : **16 箇所 (1 箇所あたり 20.5ton を負担)** リフトアップ工法実施に向けての主な課題は以下の通りであった。

- ① 張弦梁を機能させるためにはテンションロッドに適切な張力を導入する計画を定める必要がある。 張弦梁:張力導入したテンションロッドを用いて、ロングスパンを実現する工法(図-5)
- ② 屋根鉄骨をリフトアップする際に鉄骨の干渉が生じないように接合ディテール検討が必要である。
- ③ 地組した屋根鉄骨は地切するだけでも変形を生じるが、リフトアップ後に外周鉄骨との**接合が適切にでるようにする精度管理手法の確立**の必要がある。
- ④ リフトアップを実現するために各種の仮設計画が必要となる。特に、 屋根鉄骨をバランスよく安全にリフトアップするシステムが必須 である。

である。

東材

図-5 張弦梁の仕組み

5.1 テンションロッドの張力導入計画

張弦梁のテンションロッドの張力導入について検討を進めた。端部固定はテンションロッドをさや管に通して ナット固定する方式であり、巴案は端部にセンターホールジャッキを設けて張力を加える方式であった(図・ 6) 。

一方、横河案は地切時にテンションロッドに加わる張力をそのまま利用するものであった。この案を施工時解 析で確認し、地切時の張力 457.4kN が導入され、テンションロッド長期許容耐力 497kN に対して過大にならな いことを確認した。最終的に地切時の張力を利用し、テンションロッドに貼付したひずみゲージで張力を確認し ながらセンターホールジャッキで微調整する方式を採用した。

一方、テンションロッドにサグ(たわみ)があると地切時に適切に張力導入できないので、事前にサグを取る ために必要な 50kN の張力を加えることを検討し、六角スパナでナット締めすることとした。

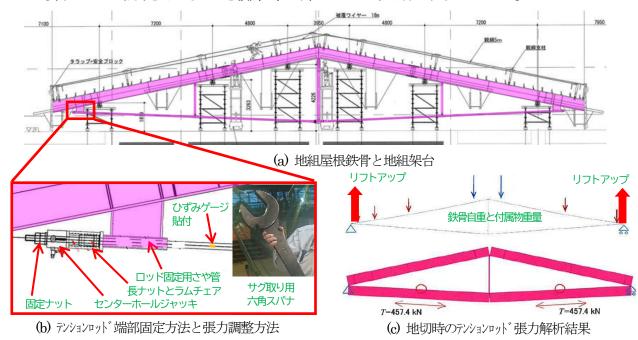


図-6 テンションロッドの張力導入計画

5. 2 リフトアップ接合部の接合ディテール検討

屋根大梁は斜梁であり、ジョイント形状も設計時点では斜めであった。リフトアップした時に干渉しないよう ジョイント形状を垂直形状にする軽微変更手続きを行った(図-7)。ジョイント間隔は通常 10mm のところを 20mm とした。長孔の仮設スプライス PL を用い大梁の継手間隔は 0~40mm の間で対応できるようにした。

外周鉄骨は柱が SRC であり、コンクリート打設後は外周鉄骨の位置調整はできない。そこで、コンクリート 打設前に方杖根元にてフィラープレートの枚数調整により外周鉄骨の出入りを調整することした(図-8)。リフトア ップ鉄骨が入る外周鉄骨先端同士の間隔は+2~+40mm で管理することとした。

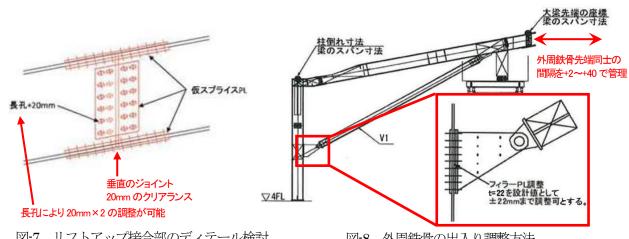


図-7 リフトアップ接合部のディテール検討

図-8 外周鉄骨の出入り調整方法

5.3 リフトアップ屋根鉄骨の精度管理手法の確立

施工時解析により地切時に 62.6mm のたわみの発生が想定された(図-9)。そこで、地組時に 60mm のむくりをつけて鉄骨地組をして、地切して規定の高さ寸法にとなるよう配慮した。

水平方向には21.5mm 広がるとの施工時解析結果であった。地組屋根鉄骨の水平精度管理がうまくいかないと リフトアップ時に所定の位置に納まらなくなる。そこで、水平精度管理を重点管理項目とし、左右12mm ずつ狭 くするよう地組を行った。

精度調整は上弦材のジョイントのボルトの孔で行った。継手間隔を通常の10mmのところ、上フランジ間: 9mm、下フランジ間:5mmでスプライスPLを製作してむくりと水平精度調整を行った。



図-9 リフトアップ屋根鉄骨の精度管理方法

5.4 リフトアップを実現する各種の仮設計画

リフトアップを実現するため、各種の仮設計画を行った(図-10)。

- ① 2 階床上に屋根鉄骨地組のための地組架台を設ける。
- ② 外周鉄骨先端にリフトアップジャッキを設置する**リフトアップ架台**を設ける。
- ③ 外周鉄骨先端はリフトアップ架台と屋根野地板の重量が加わるため、ベント支柱を設ける。
- ④ タワークレーンで屋根鉄骨を地組後、タワークレーンは解体。その後、屋根野地板の施工を実施。
- ⑤ リフトアップ完了後に、ベント解体・リフトアップ架台解体のための走行ジブクレーンを設ける。 なお、屋根のキャットウォーク、照明等の施工のための足場が大幅に削減できることも特徴に挙げられる。

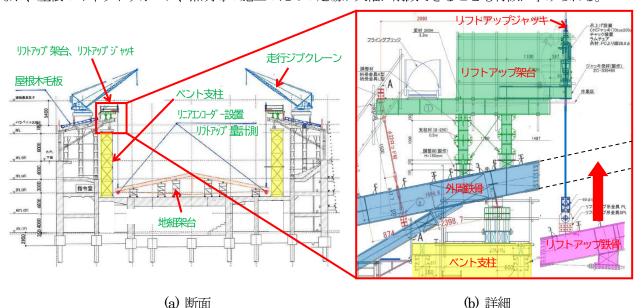
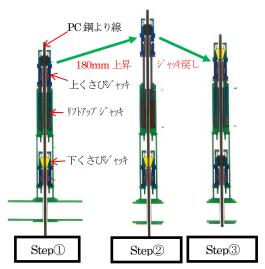
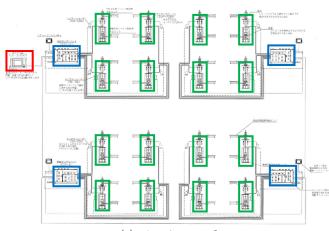


図-10 リフトアップを実現する仮設計画

リフトアップシステムは16台のセンターホール型のリフトアップジャッキを1か所で集中制御し、PC 鋼線により屋根鉄骨を引き上げるシステムを採用することとした(図-11)。リフトアップジャッキの中心を貫通するPC 鋼線を、センターホールジャッキの自動伸縮と上下のくさびジャッキの自動開閉により、1ストローク当たり 180mm を尺取り虫の要領で上方に引き上げていく方式である。上下のくさびジャッキが同時に開くことのないシステムとなっており、安全性の高いシステムである。リフトアップ高さ管理はリニアエンコーダーにより行うこととした。





(b) リフトアップシステム (緑: リフトアップジャッキ、青:油圧ユニット、赤:集中制御タッチパネル)

- (1) 上くさびジャッキでPC鋼より線をつかみ、リフトアップジャッキを伸ばして、上に引き上げる。①→②
- (2) 下くさびジャッキでPC 鋼より線をつかみ、上くさびジャッキを解放し、リフトアップジャッキを縮める。 ②→③
- (3) 再度、上くさびジャッキでPC 鋼より線をつかみ、 下くさびジャッキを解放する。③一①。以下、繰り返し。
- ※ くさびジャッキ解放時を黄色で示す。

(a) リフトアップジャッキ

15 TO 15

(c) 集中制御タッチパネル



(d) リニアエンコーダー (リフトアップ高さ計測)

6. リフトアップの実施

屋根鉄骨の地切を先行して行いテンションロッドの張力計測や屋根鉄骨形状計測を行い、その後リフトアップする計画とした。地切時のテンションロッド張力をひずみゲージで確認し、張力は施工時解析と整合しており、ロッドの長期許容応力度を超えていないことを確認した。

下記の日程で実施した。

· 地切 : 2019年11月2日(土) 8:30~

・リフトアップ : 2019年11月12日 (火) 8:30~

リフトアップは図-12 のスケジュールにより ジャッキ反力、ジャッキストローク量、リフト アップ量を集中制御タッチパネルでモニタリン グしながら行った。少ないながらもジャッキ部 分での油圧の戻り(ジャッキロス)があるた め、各確認調整段階で各吊点相対レベル差を 20mm 以内となるように調整しながら進めた。

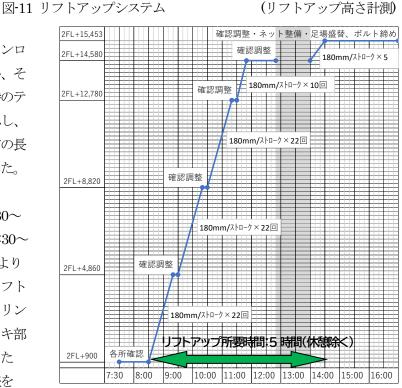


図-12 リフトアップ 実施経過

異常なデータを検知した場合は一旦停止し原因追及および対策を行った後に再開することとしていたが、特に 異常が発生することはなく順調にリフトアップが進展した。リフトアップ鉄骨の上フランジが外周鉄骨の下フランジに接近する 2FL+14,580 段階ではジャッキを停止して鉄骨の干渉がないか目視確認した後にリフトアップを 再開した。

リフトアップ最終段階では各ジャッキの高さ微調整して高さ調整をした。梁直角方向の誤差については事前に 外周鉄骨に仕込んだレバーブロックにより調整を行った。大梁接合部クリアランスを確認し、水平変位精度が良 好であることを確認後に仮ボルト締めを行い、リフトアップを完了した(図-13)。



(a) 屋根鉄骨地組時



(b) リフトアップ前



(c) リフトアップ架台とリフトアップジャッキ



(d) リフトアップ中(上部より)



(e) リフトアップ中(下部より)



(f) リフトアップ最終段階の梁接合部

図-13 リフトアップ実施時の状況

後日、大梁接合部のクリアランスを実測確認の上、本スプライス PL の孔間隔を確定して製作を行った。本スプライスへの交換は梁の両側を同時に交換しないようにして、ウェブ→上フランジ→下フランジの順に交換した(図-14)。11/25に本スプライス PL への交換を完了した。

また、ベント支柱解体後にもテンションロッド張力確認を 行い、張力の変化がほとんどないことを確認した。

7. まとめ

下記の厳しい施工条件を解決するためリフトアップ工法に取り組んだ経緯の報告をした。

- ・建物外に施工スペースが取れない条件での建方
- ・オリンピックでの連携使用の可能性を確保するため工期厳守が条件

工程・安全・品質上大きな問題なくリフトアップを実施することができ、アリーナ工事・仕上工事を完了させて、予定通り引き渡しすることができた。

工程については、2ヶ月の工期短縮効果を発揮でき、オリンピックは延期になったものの、開催予定日程に対し余裕を持った引き渡しができた。

なお、工期を2ヶ月短縮したことにより、現場事務所維持のための環境負荷 $100 \text{kg-CO2/m2} \cdot \text{年} \times 100 \text{m2} \times 100 \text{kg-CO2/m2}$

(2/12)年 = 1,667 kg·CO2 を削減し、環境負荷低減にも貢献したと考える。 最後に、リフトアップ工法の計画・実施に多大なご指導・ご協力を頂いた事業発注者の横浜市様、事業受注者

最後に、リフトアップ工法の計画・実施に多大なご指導・ご協力を頂いた事業発注者の横浜市様、事業受注者のYOKOHAMA文体様、共同設計および監理の梓設計様、建設JVの馬淵建設様および協力会社の方々に、末筆ながら紙面をお借りして御礼申し上げます。



図-14 本スプライスへの交換状況

4. トラス鉄骨+膜屋根工事における施工改善

社名: ㈱熊谷組

氏名:

梶山 和之

事 例 概 要

項目	内容
1. 工事概要	
(1)工事名称	(仮称)「夢の絆・川崎」プロジェクト
(2)規模(延床面積、階数)	延床面積:9,750㎡、地上2階
(3)用途	工場(危険物の貯蔵又は処理に供するもの)
(4)主要構造	S造+膜構造一部RC造
(5)建設地	神奈川県川崎市
(6)施工期間	2019年12月 ~ 2021年2月
(7)工事費	4, 647(百万円)
(8)設計者	株式会社熊谷組一級建築士事務所
2. 改善概要	
(1)問題点•背景	・作業所職員全員が初の膜屋根工事であった。
(施工上あるいは従来工法の	・複雑な鉄骨形状に追従した大規模な仮設計画を行う必要があった。
問題・課題など改善前の状況)	・施主手配によるガス充填機器の搬入日程を厳守する必要があった。
(2)改善の目的	・仮設計画において安全性を確保しながらも仮設資材の低減を図る。
	・工程遅延を防ぐために鉄骨・膜及び仮設足場の不整合や手戻りを無くす。
(3)改善実施内容	・アーチ型鉄骨トラスの仕口がメタルタッチのフランジ形状となっているため、
	3次元にて製作図を作成、鉄骨製作後、鉄骨工場にて仮組を行った。
	・BIMによるデジタルモックアップを用いて膜屋根工事の安全を確保する仮設
	足場計画を立案し、若手職員及び協力業者の理解度の向上を図った。
(4)改善による効果	
•Q(品質)	・トラス仕口部分の不具合はなく、鉄骨建入精度の向上が図れた。
•C(コスト)	·仮設足場材20%削減。
	・作業所職員7名予定を5名で施工管理し、省人化が図れた。
·D(工期)	・鉄骨工事+膜工事で工期5カ月を4カ月で実施。
·S(安全)	・作業通路の確保及び照度の確保ができ、安全性が向上した。
•E(環境)	・仮設資材数量の低減による運搬車両の削減、CO2排出量の削減。
・その他の効果	・BIMを用いた詳細検討、施工計画は打合せなどでの説明はわかり易く、打合
	せの時短が図れた。

トラス鉄骨+膜屋根工事における施工改善

株式会社 熊谷組 梶山 和之

1. はじめに

当プロジェクトは神奈川県川崎市浮島に新たに設けるLPガスの充填施設である。ほぼ無人でガスボンべへの充填作業ができるのが特徴で、完成すると世界最大のLPガス充填施設となる。

「海に浮かぶクジラ」をイメージした建屋は、大きく分けて 3 棟に分かれており、クジラの頭の部分にあたる「ガス充填場」、胴体部分はガスボンベの点検・整備を行う「容器検査場」、尾ビレの部分はガスボンベ運搬用トレーラーの置場となっている(図-1)。

「ガス充填場」と「トレーラー置場」が鉄骨膜屋根構造の建物となっている。 本報告では、3棟の内、主要施設である「ガス充填場」の施工に関して報告する。

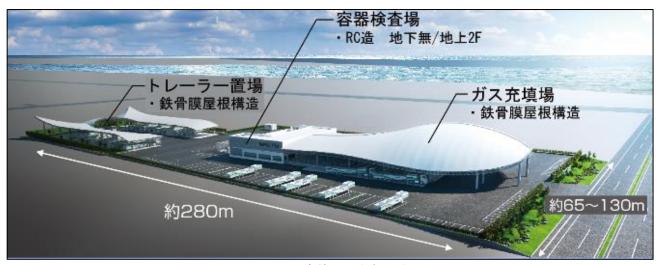


図-1 全体配置(パース)

2. 工事概要

工事名称: (仮称) 「夢の絆・川崎」プロジェクト

工事場所:神奈川県川崎市 **施 主**:日本瓦斯株式会社

計:株式会社熊谷組一級建築士事務所規 模:延床面積: 9,750 ㎡、地上2階

主要構造: S造+膜構造一部RC造

用 途:工場(危険物の貯蔵又は処理に供するもの)

工 期:2019年12月 ~ 2021年2月

鉄 骨 概 要 : 鉄骨重量 512t、総部材数、892 ピース

膜屋根概要:膜屋根総面積 約6,500 m²、膜枚数 16 枚、膜種別 A 種膜(PTFE 膜)

グラスファイバーにテフロン樹脂をコーティング(不燃認定材)

耐久性 30年 (東京ドームで採用されたものと同種)

3. 施工条件

ガス充填棟の膜屋根割付図、断面図 を図-2、図-3に示す。

鉄骨は複雑な 3D 形状かつ接合部がメ タルタッチのフランジ形状となってい るため、製品精度、施工精度ともに高い 精度が求められた。

膜屋根工事の施工において作業所職 員全員が未経験であり、膜屋根下部に は全面的な足場が必要なため、アーチ 状の複雑な鉄骨形状に追従した大規模 で緻密な仮設計画を行う必要があっ た。

また、工期的にも施主手配によるガ ス充填機器の搬入日程を死守しなけれ ばならないことが大きなポイントであ った。

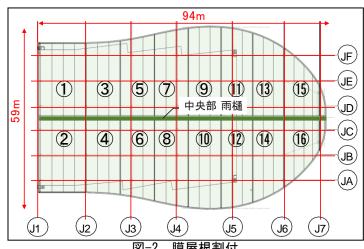


図-2 膜屋根割付

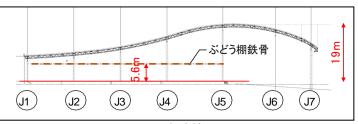


図-3 充填棟断面

鉄骨データを BIM 化し、その BIM に膜屋根・仮設足場を盛り込むことでそれぞれの工種における不 整合を無くし、手戻り・手直しによる工程遅延を防ぐとともに、協力業者との打合せにも BIM を活用 し、打合せの効率化を図った。

4. 施工

4. 1 鉄骨工事

鉄骨の製作は、中国の大連のファブにて行った。 複雑な3D 形状かつ接合部がメタルタッチのフラン ジ形状となっているため、非常に高い製作精度が求 められた。

海外ファブでもあり、1 箇所の部材不整合が工程 の大幅な遅延に繋がるため、計画の元となっている 鉄骨データを BIM 化し、鉄骨製品の整合が取れてい るはずではあるが、また新型コロナウィルスの影響 で中国へ渡航することができず、工場での製品検査 等が実施できない状況だったので、念のため現地工 場で仮組を行う計画とした(写真-1)。

製品検査は、日本へ輸入後、港のヤードにて行う こととしたが、製品検査というよりは欠品の有無を 確認することに重点を置いた。

製品検査後、ラックの状態にて現場に搬入、梱包



鉄骨仮組状況



写真- 2 鉄骨建方状況

を解き建方を行った。建方には 100 t クローラクレーン、合番機として 70 t ラフタークレーンを使用し、内外部に高所作業車を配置して行った。建方状況を写真-2 に示す。

建方時の精度管理は BIM データを活用し、柱上部に管理ポイントを定め、光波にて測量しながら管理し、問題なく鉄骨建方を完了できた。

4. 2 仮設工事

足場計画は、建方以降の全工程に影響し、特に膜屋根工事 において最重要項目である。

足場材の選定についてであるが、くさび緊結式足場を選定した。理由の1つは作業床を450ピッチの高さで調整でき、屋根形状に追従することができること、もう1つは曲線形状用の部材が用意されているため、外周が全て曲線で構成されている当計画において膜端部の作業、及び外周部軒樋取付けの際に開口部の無い、安全な外部足場を計画できるからである。

足場の短手方向の基本構成を図-4 に示す。建 屋内部のぶどう棚鉄骨を四角支柱で補強し、その 後安全のため水平ネットを張り、鉄骨上に角パイ プ+足場板で作業床を設置した。その作業床から くさび緊結式足場を組立てる計画とした。

この計画によって足場材の数量を減らすだけでなく、鉄骨下部に作業スペースができるため、 足場組立解体の際に搬出入動線が確保でき、照度 の確保も有効的であった。

軒のオーバーハング部分は、地盤面から直接足場を建て、内部足場と結合し、曲線状の外部足場をせり上げ、内部足場から控えを取り、外周の軒樋は外部足場から作業できるように計画した。

長手方向の基本構成を図-5 に示す。基本構成 は短手方向と同じであるが、鉄骨柱スパン方向に 組立てた足場を梁枠で繋いでいく構成とした。

2D 図面でスパン割等の検討を行った後、鉄骨 形状と整合をとるために BIM を用いて 3 次元で の検討を行った。BIM による足場計画は、細部ま で検討できるとともに足場材の数量算出も可能 なため、日々の進捗に合わせた足場材の手配には 非常に効果があった(図-6)。

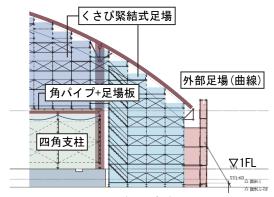


図-4 短辺方向断面

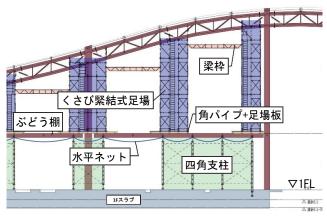


図-5 長辺方向断面

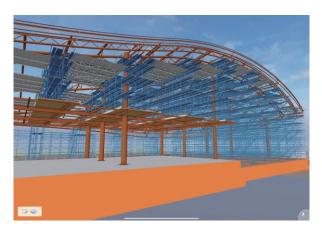


図-6 BIMでの足場計画

内部足場の設置状況を写真-3 に示す。腰レベルで作業を行える足場で、作業効率の向上が図れた。 外部足場の設置状況を写真-4 に示す。曲線用部材を使用しているので曲面屋根に対して均一な離れ を確保でき、安全な作業床を設けることが出来た。

写真-5 はぶどう棚下の状況である。四角支柱を使用したおかげで下部に広い作業空間が確保できているだけでなく、足場部材数量の削減によりコスト低減、鳶工の省力化に繋がった。また、内部の照度確保にも繋がっており、安全性も確保できた。







写真-3 足場上での作業状

写真-4 外部足場設置状況

写真-5 ぶどう棚下の状況

4.3 膜屋根工事

膜材の製作についても鉄骨と同じく上海で製造した。膜屋根においても製作の不整合からの再製作となると日本に納入されるまでの時間ロスが大きいため、鉄骨 BIM を元に膜展開図を作製、裁断寸法を決定し、製作した。図-7に膜屋根の納まりを示す。

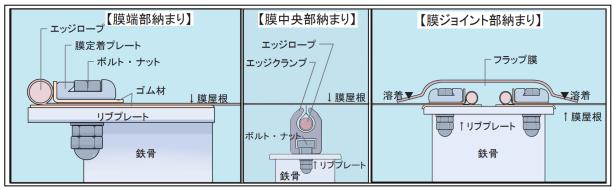


図-7 膜屋の各部納まり

当現場では水上から水下へ膜を展開する計画(図-8)とし、予め現場で指定した丸め方向に巻き込み、現場へ搬入した(写真-6)。

以下に膜の施工手順を記述する。

*** ** *** *** *** *** *** *** *** *** *** *** *** *** ** *** *** *** *** *** *** *** *** *** *** *** *** ** *** *** *** *** *** *** *** *** *** *** *** *** ** *** *** *** *** *** *** *** *** *** *** *** *** ** *** *** **

写真-6 膜材搬入状況

① 膜固定用のゴム取付

1枚の膜の外周にある鉄骨のフラットバーに、膜固定用ゴムを取り付けていく(図-9)。このゴムは、膜材と鉄骨のフラットバーが直接接触して、膜材を傷付けないための保護を兼ねており、先行して取り付けを行った。

図-8 膜展開方向

併せて、膜を引っ張る際の反力を取るために、単管パイプを鉄骨にキャッチクランプにて固定する。既に膜が張られている側は、膜固定用ボルトを利用した専用治具を製作し使用した。同時に仮設足場の建地や、鉄骨部材の角なども膜材保護のために先行して養生を行った。

② 膜の敷広げ

形状が比較的単純な膜については共巻きしたナイロンベルトをクレーンで引っ張り展開し、複雑な3次元形状の膜についてはトイレットペーパーの様に広げることが出来る専用の治具(写真-7)をクレーンで揚重して行う計画とした。

③ 膜の緊張

膜が広げ終わったら、専用の引張器具をセットする (図-10)。この器具はレバーブロックに似たもので、 設置した単管から反力を取り、膜を引っ張っていく。 当現場では膜の形状が複雑ため、引張器具のピッチは 300mm と細かくし、破れを防止した。引張器具は1個 あたり 300kg の引張力があり、膜に少しずつ引張を掛けていく。 膜材の破れ防止の為、全体を見ながら 徐々に引張を行った。

膜施工済の前工区との取り合い部は、前工区端部の 固定ボルトを利用し、専用治具を用いて反力パイプを 設置し、引っ張りを行った(図-11)。

④ 膜の固定

膜端については、アルミ製の押さえ金物をボルト 固定するが、こちらも破れを防止するためゴム材を はさむ納まりとし、ボルト固定が完了したら反力治 具を取り外す。

膜中央部は、主に風圧による浮き上がりを防止するための納まりとなっており、鉄骨の母屋にはリブプレートを工場で設置し、膜材に工場製作段階でエッジロープと呼ばれる紐を仕込み(図-12)、エッジクランプを使用し、ボルトで固定する。



図-9 膜用固定ゴム

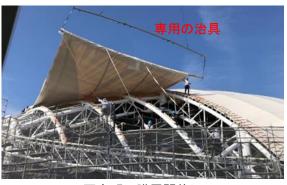


写真-7 膜展開状況

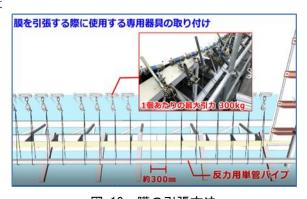


図-10 膜の引張方法

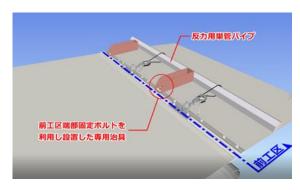


図-11 膜の引張方法(膜接合部)

⑤ 溶着

止水性を高めるため、膜の接合部にはフラップ膜 と呼ぶ帯を被せ溶着する。

フラップ膜は、膜材と同じ素材で出来ており、両端部(赤部分)に熱で溶ける接着層があり、この接着層部分をアイロンに似た専用の溶着器で溶かし、膜屋根と溶着していく(図-13)。

膜屋根裏側からは、熱が逃げないように押さえ板 を当てながら施工する。

事前に現場で溶着試験を行い、今回は1か所あた りの溶着温度370℃、溶着時間2分として施工管理 した。

5. まとめ

鉄骨3D データを起点とし、膜屋根・仮設足場を 盛り込んだBIM を一元管理することで、各工種での 不整合を無くし手戻り・手直しによる工程遅延を防 ぐ事が出来た。また、施工ステップの検証(図-14)や 作業調整会議等(写真-8)でも有効であった。

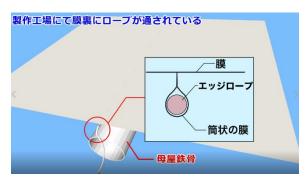


図-12 エッジロープ



図-13 溶着方法

鉄骨仮組みの効果は確実で、現場搬入後の手直し等は一切なく、膜屋根工事においても、施工時の不 具合はなく、また足場の是正等もなく、全てにおいて順調に施工できた。

これだけ大規模な足場計画もぶどう棚鉄骨を利用したことで、仮設材数量の 20%程度削減が図れた。 仮設の施工管理は職員 1 人で行ったが、これは BIM により足場材の数量算出が可能だったため、工程管理に注力することができた。また、工務での労務低減も図れ、当初施工管理職員は 7 名を予定していたが、5 名で竣工することができた。

工程に関し、鉄骨建方開始から膜の完了まで 5 ヶ月で見込んでいたが、それぞれの工種の進捗が効率化し、風・雨の中断がありながらも 4 ヶ月に短縮することができた。

最後に、関係各位の御指導・御鞭撻を頂戴しながら無事故・無災害にて、無事に引渡しを行うことができました。関係者の方々に厚く御礼申し上げます。

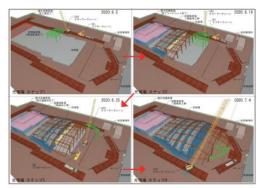


図-14 施エステップ検証



写真-8 作業調整会議状況

5. 大規模空間施設における施工効率の改善

社名: 戸田建設㈱ 氏名: 岡山 孝治

事 例 概 要

項目	内 容
1. 工事概要	
(1)工事名称	長崎市交流拠点施設整備·運営事業MICE施設新築工事(15街区)(建築)
(2)規模(延床面積、階数)	延床面積:24,721㎡、地下1階、地上4階、塔屋1階
(3)用途	集会場
(4)主要構造	地下RC造、地上S造
(5)建設地	長崎県長崎市
(6)施工期間	2019年8月 ~ 2021年7月
(7)工事費	7, 900(百万円)
(8)設計者	日建·松林建築設計監理共同企業体
2. 改善概要	
(1)問題点·背景	・コンベンションホール2, 700㎡、イベント展示ホール3, 800㎡と大空間の施
(施工上あるいは従来工法の	設であり、総組み足場の場合費用が掛かり、また工程的にも問題があった。
問題・課題など改善前の状況)	・天井高がコンベンションホール10m、イベント展示ホール15mとそれぞれ高く
	資材の揚重に問題があった。
(2)改善の目的	・大空間施設における、施工足場費用の改善及び施工効率向上を図る。
(3)改善実施内容	・コンベンションホールは移動式足場を採用し足場面積の最小化。
	・10m上の移動式足場上への資材のすべての揚重は、屋上に設置した定置式
	クレーンにて仮設開口を利用し、直接移動式足場上へ搬入。
	・イベント展示ホールはすべて高所作業車での作業とし、外周面以外には足場
	を設置しない。
(4)改善による効果	
•Q(品質)	・資材を施工ヤードへ直接揚重することによる損傷防止。
・C(コスト)	・従来総組み足場に比べ、40%のコストダウン。
	・ウインチ等での揚重に比べ、50%のコストダウン。
·D(工期)	・従来総組み足場に比べ、30%の工程短縮。
·S(安全)	・足場組立解体作業減少に伴う、危険性の削減。
•E(環境)	・足場材運搬車両の削減によるCO₂削減。
・その他の効果	・資材置き場の確保により資材の整理ができ、作業所の対外的なイメージアッ
	プに寄与できた。

大規模空間施設における施工効率の改善

1. はじめに

本工事は、長崎市購入の土地に PFI 事業でコンベンションホール、イベント展示ホールからなる長崎市初の MICE 事業*の新築工事である。

イベント展示ホールは 3,800 ㎡、天井高 15m(屋根折板下端)、60mスパン(図-1)。コンベンションホールは 2,700 ㎡、天井高 10m、36mスパン(図-2)と大規模空間施設であり、総組み足場の場合、費用の問題、また、工程的には 60 日不足していた。本記録は、大規模空間施設における、施工効率向上等の記録を示すものである。

※MICE 事業について

MICE とは、Meeting(会議・研修・セミナー)、Incentive tour(報奨・招待旅行)、Convention または Conference(大会・学会・国際会議)、Exhibition(展示会)の頭文字をとった造語で、ビジネストラベルの一つの形態。

参加者が多いだけでなく、一般の観光旅行に比べ消費額が大きいことなどから、MICE の誘致に力を入れる国や地域が多い。日本でも、インバウンド振興策の一環として、国や自治体により誘致活動が盛んに行なわれている。

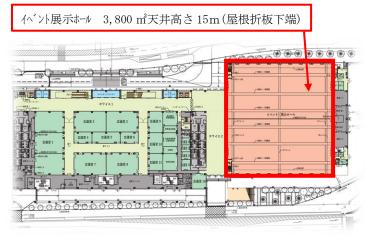


図-1 1 階平面

戸田建設株式会社 岡山孝治

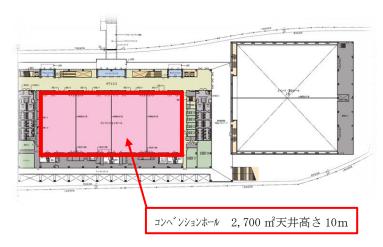


図-2 3 階平面

2. 工事概要 (完成パースは図-3)

工事名称 (仮称)長崎市交流拠点施設整備・運営事業 MICE 施設新築工事(15 街区)(建築)

工事場所 長崎県長崎市尾上町地内

発注者 株式会社ながさき MICE (PFI 事業) 設計監理 日建・松林建築設計監理共同企業体

施 エ 戸田・上滝・谷川・森美 特定建設工事共同企業体

工 期 2019年8月11日~2021年7月30日

(延 23.5 か月)

※土壤汚染対策工事

2019年5月21日~2019年8月10日

(延2.5か月)

新築建物 S造、地下1階、地上4階

敷地面積 20,662.00 ㎡ 建築面積 12,951.00 ㎡

延床面積 24,236.85 m²

最高高さ 25.5m 基礎形式 杭基礎

屋根 コンベンションホール

: 保護防水密着断熱工法

イベント展示ホール:三重折板屋根

外壁 ECP の上 DP-F 塗装

穴あき PC 板の上 DP-F 塗装 アルミカーテンウォール



図-3 完成パース

3. 搬入計画

最初に、大規模空間施設への資材の搬入計画を検討した。問題は3階のコンベンションホールへの資材の搬入と天井高10m上空へ設備・電気配管資材の揚重であった。資材を横移動及び縦移動することは、それだけ作業員の手作業が増えることと、資材の損傷が発生する。そこで屋上にタワークレーンを設置し、躯体に仮設開口を設け、直接資材を揚重する計画とした(図-4)。

また、作業は天井高10mの天井内の設備・電気配管材、天井内のキャットウォーク材、間仕切り材等が大部分を占めるため、作業場所まで揚重する必要があった。資材を揚重することは、それだけ作業員の手作業が増えることと、資材の損傷が発生する。そこで資材専用の移動式足場を採用した。仮設開口から直接資材専用の移動式足場へ揚重し、作業場所まで移動して運搬とした(図-5)。

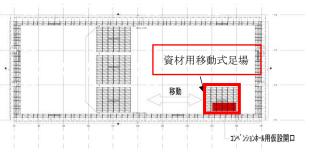


図-5 資材用移動式足場

4. コンベンションホール移動式足場計画

コンベンションホールは 2,700 ㎡と大規模の為、 足場をどの程度設置するかを検討した。

天井内の設備・電気配管の作業と天井仕上げの 2 つに分類してそれぞれの工程をタクト化して必要面積を算出した。

工程は、天井内配管工事を実働70日で計画した。 1 サイクル各協力会者と綿密に協議を重ね、空調ダクト配管、電気配管、キャットウォーク作業等を9日間として合意し、移動式足場の移動を1日見込み1サイクル10日間で合計7サイクルとした。

足場の面積を最小化することで、資材用移動式足場の可動範囲以外は資材のストック場所及び、事前加工場所、可動間仕切り作業場所として有効に活用できた(図-6)。

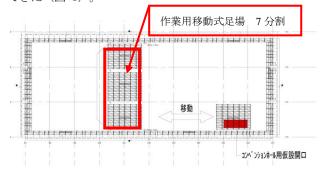


図-6 天井内作業用移動式足場

移動式足場の移動は、できるだけ簡易なものを計画した。足場自体は3分割して移動できるようにした。移動用の専用の車輪は足場重量を計算して必要分設置し、L65*65*6のアングルをへの字型に設置して車輪をその上に載せる計画とした。

アングルはすべて設置するのではなく、移動毎に 運搬し、必要最小限とした(写真-1)。



写真-1 移動式足場足元専用車輪設置状況

アングルのスラブコンクリートへの固定は転用を 考慮してアングル自体を固定するのではなく、アン グル端部とアングル同士のジョイント部分にプレー トを取付け、アングルのずれ防止を行った(写真-2)。



写真-2 アングルずれ防止プレート

移動式足場の移動は、人力では難しいことから、一般の電動ウインチを利用して単純に引っ張る事とした。車輪がアングルの上にピンポイントで載っている状態の為、摩擦が少ないことから簡単に移動することができた(写真-3)。

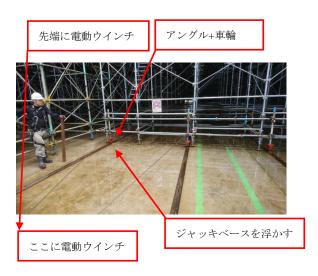
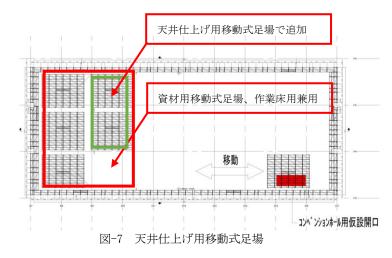


写真-3 移動式足場移動状況

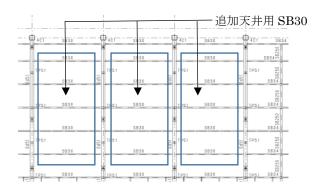
天井仕上げ用の移動式足場はタクト工程を検証した結果、4分割(4サイクル)とした。作業床のレベルを下げて、移動式足場を2セット追加した。その際、資材用移動式足場も作業床と兼用することで、必要最小限として仮設材を省力化した(図-7)。



5. 大空間施設の天井施工の改善

基本設計当初は、天井下地は在来で吊りボルトを使用した計画であった。地震時の天井の補強及び特定天井による制約等多くの問題があった。実施設計段階でトラス鉄骨の下端に天井下地用の鉄骨を追加することで、吊り天井ではなく直固定天井に変更した。変更することで吊りボルトを使用

した設備・電気配管後の無理な体勢や取合い作業を無くし、単純明快で足場の盛替えも1回で済むようになった(図-8、写真-4)。



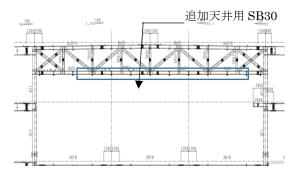


図-8 天井下地用追加鉄骨



写真-4 天井下地用追加鉄骨

天井下地用の鉄骨 SB30 に天井用のピースを@900 で工場にて取り付けた。作業所では、天井用のピースにライトゲージ、M バーの設置として、現場での省力化を図った。鉄骨製作前に天井内の器具の位置などをすべて決めるのはタイトであったが、協力会社との協働で実現した(写真-5)。



写真-5 天井下地施工状況

6. イベント展示ホールの高所作業車計画

イベント展示ホールは 3,800 ㎡、60mスパンで屋根は外部・内部からの遮音性を考慮したトリプル折板で構成されている。天井は無く、屋根下端にグラスウールを設置している。2 分割できるように移動式間仕切りがあり、その上部には遮音壁を設置している(図-9)。

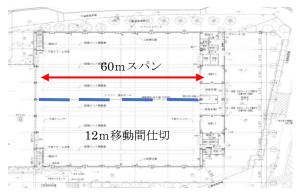


図-9 イベント展示ホール平面

当初イベント展示ホールは大空間の為、大ダクト等の施工の為、全面足場若しくはコンベンションホールと同じ移動式足場を検討したが、イベント展示ホール自体が大型車両を直接乗り入れることが可能な構造床がある事を利用し、大型のテーブル式の高所作業車での作業に変更した(写真-6)。

鉄骨材の塗装は鉄骨建方前に行い、高所で の作業を極力削減した(写真-7)。

足場の組み立てエリアは最小とし、壁の仕上げがある外周のみとし、期間も最小とした。 また、建屋内余剰スペースを資材置き場や 駐車場として有効活用した(写真-6、8)。

大型テーブル式作業車



写真-6 大型テーブル式作業車での作業状況



写真-7 イベント展示ホール先行塗装状況



写真-8 余剰スペースを駐車場として活用

7. そのほかの省力化への取組み

そのほかにも省力化への取組みを行ったので、以下に紹介する。

■7-1 スマートコンストラクション機械の採用 総堀りになる掘削においては、事前に掘削図を機 械に読み込ませて GPS 機能を利用した。墨出し・床 付けレベル測定が不要となり、手元作業員を削減し た (写真-9)。



写真-9 GPS 機能付重機の採用

■7-2 自立による山留(シートパイル)の計画 シートパイルの背面を鋤取りして土圧を小さくす ることで自立させた。

切梁の仮設・解体の工程を短縮することができた (写真-10)。



写真-10 山留施工状況

■7-3 鋼製型枠の採用

掘削と同時に埋戻を施工できるように鋼製型枠 を採用した(写真-11)。



写真-11 鋼製型枠施工状況

■7-4 梁・基礎の鉄筋先組

基礎工事着手と同時に梁鉄筋の先組を行った。先組することで労務の標準化と短縮を図った(写真-12)。



写真-12 鉄筋先組施工状況

■7-5 仮ボルト不要治具の採用

仮ボルト不要接合工法を採用し、鉄骨工事の省力 化と生産性向上に取組んだ。採用できる部分につい ては積極的に採用した(写真-13)。



写真-13 仮ボルト不要治具施工状況

■7-6 パラペットアゴの PCa 化

パラペットアゴを PCa 化することで労務の削減を 行った。配筋・型枠の手間・補修の手間の削減がで きた(写真-14)。



写真-14 パラペット施工状況

■7-7 間仕切り受け金物の工場取付

内装工事の間仕切り受け金物をすべて工場取付と した。現場での高所作業を削減し、生産性・安全性 が向上した(写真-15)。



写真-15 間仕切り受け金物取状況

8. 改善による効果

- ・コンベンションホールの総組み足場を移動式足場 に変更したことで、約40%のコストダウンが図れ た。
- ・総組み足場を組む場合、資材の搬入出等で工期が 60日不足することが懸念されたが、移動式足場を 採用することで、余剰スペースでの先行準備及び 他作業を効率的に行えたので、解消した。
- ・資材の揚重は、電動ウインチ等を使用した場合から仮設開口を使用した資材用移動式足場を使用することで、約50%のコストダウンが図れた。
- ・品質面では、資材の横移動・縦移動が大幅に省略 できたので、損傷防止に繋がった。
- ・その他イベント展示ホールの高所作業車計画や様々な施工効率を上げる省力化への取組を行うことで労務不足からの工期遅延をすることなく、定められた検査期間を確保して満足できる竣工を迎えることができた。
- ・建屋内余剰スペースの有効活用等による資材置き場の確保より資材の整理ができたことにより作業 所の整理整頓が図れて作業所の対外的なイメージ アップに寄与できた。

9. おわりに

プロジェクト開始時に、フロントローディングに 着手した。今回の報告以外にも地下躯体の場所の変 更提案、着工前地盤レベル変更提案などで、大幅に 施工効率の改善が実現した。

どの工法が安全面・品質面で最善かを打合せしていただき、各検討に協力していただいた関係者の皆様方に、紙面を借りてお礼を申し上げ、本報告を終わります。

6. 観覧スタンド施工における仮設の改善

社名: 佐藤工業㈱

関口 智章

氏名:

事 例 概 要

項目	
(1)工事名称	(仮称)朝宮公園多目的総合運動広場メインスタンド外8棟整備工事(建築)
(2)規模(延床面積、階数)	延床面積:2,805㎡、地上4階
(3)用途	観覧スタンド
(4)主要構造	RC造
(5)建設地	愛知県春日井市
(6)施工期間	2019年12月 ~ 2021年5月
(7)工事費	861(百万円)
(8)設計者	中央コンサルタンツ(株)
2. 改善概要	
(1)問題点·背景	・総足場組立の場合、仮設工事費用が膨大である。
(施工上あるいは従来工法の	・総足場の場合、足場組立範囲下部作業の着手が解体後となり全体工程に影
問題・課題など改善前の状況)	響が出ること。
(2)改善の目的	・足場組立解体労力の削減と仮設材を削減する。
	・関連工事の並行作業を実現する。
(3)改善実施内容	・4機の移動足場で労力と資材を削減、下部工事の早期着手と並行作業を図った。
•Q(品質)	·-
・C(コスト)	・総足場と比較して、57%のコストを削減。
·D(工期)	・総足場と比較して、21日の工程を短縮。
•S(安全)	・仮設資材量の削減による、災害発生リスクの低減。
•E(環境)	・仮設資材量の削減による、運搬車両や揚重機の CO2排出量削減。
・その他の効果	・週休二日の実現。

観覧スタンド施工における仮設の改善

佐藤工業株式会社 関口 智章

要旨

本工事は市営朝宮公園整備工事の内、観覧スタンド外8棟の新棟建築工事です。メインとなる陸上観覧スタンドの構造形式はRC造で、屋根が片持ち式鉄骨に金属屋根(瓦棒葺き)仕上げです。省力化を進める中、鉄骨並びに外装工事において効率の良い施工計画及び仮設計画の立案が重要と考えました。仮設計画で省力化するためには、足場数量を削減し、全職種が施工可能な足場を設置する必要があります。また、屋根先端には、付帯する金物が多く、多種多様な協力業者が関係するため、緻密な工程計画が必要でした。

本報では陸上観覧スタンド建設における移動式足場を活用した省力化への取組みと安全計画を報告します。

1. はじめに

愛知県春日井市の市営朝宮公園では、愛知県からの移管を受け、公園全体でスポーツ振興や健康社会実現、子育て環境の充実を図り、市の魅力アップにもつなげる施設として、陸上競技をはじめとする各種スポーツやイベントを実施できる多目的総合運動広場の整備を行っています。1,000を超える観覧席を備えたメインスタンドやポリウレタン舗装のトラック並びに陸上競技全般を行うことのできる第3種公認陸上競技場の建設が今回の整備工事になります。当社は陸上観覧スタンドを中心に、バックスタンドや付属施設の建設を担当しました(図-1,2)。

公園利用者は老若男女問わず、常に市民の皆さんがスポーツの場や憩いの場として利用していて、工事に対する注目度から市民全体の期待の高さが伺えました。

工事概要

工事名称:(仮称)朝宮公園多目的総合運動広場

メインスタンド外8棟整備工事(建築)

発 注 者:愛知県春日井市

設計 者:中央コンサルタンツ(株) 監理者:中央コンサルタンツ(株)

施 工 者:佐藤・服部特定建設工事共同企業体

工 期:2019年12月~2021年5月

敷地面積: 125,046.78 m² 建築面積: 1,861.36 m² 延床面積: 2,805.05 m² 構造規模: RC造 地上4階

所 在 地:愛知県春日井市朝宮町4丁目1-2

今回、当社が請け負っている新築工事の内、 陸上観覧スタンドで鉄骨工事から外装工事の間 に使用した移動式足場を用いた省力化について 報告します。



図-1 朝宮公園整備後パース



図-2 陸上観覧スタンド完成パース

2. 移動足場計画

2.1 足場計画の検討

鉄骨工事をはじめとする屋根工事の仮設計画立案にあたり、第一に着目したのが足場計画です。一般的には、屋根直下全面に内部足場を組立て、外部足場を屋根先端位置までせり上げる計画が考えられますが、問題点として、

- ①足場組立て範囲の下部作業への着手が足場解 体後となり全体工程に影響が出ること
- ②仮設工事費用が膨大であること が挙げられます。

これらの問題を解決するために、移動足場とすることで、足場組立解体労力の削減や、仮設材の削減、加えて下部作業の早期着手により、工程短縮とコストダウンに結び付くと考え、検討を開始しました。

2.2 移動足場の仕様

陸上観覧スタンドの足場計画(図-3)及び移動足場断面、平面(図-4,5)を示します。陸上観覧スタンドの特徴は、2階から3階にかけての床がセットバックしており、片持ち式の屋根で構築されています。外部足場は、枠組材を使用し、建物の3面を屋根まで組み上げ、競技場側は2FLまで組み上げました。移動足場は4基組立て、1基あたりW=9,500mm、L=5,490mm、H=7,500mm、重量4,100kgとし、手動($3\sim4$ 名)で移動できる形式としました(写真-1)。



写真-1 移動足場全景

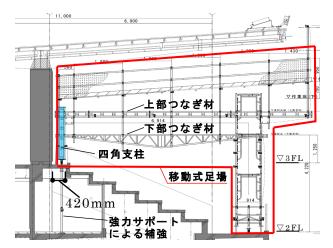


図-4 移動足場断面 (a-a'断面)

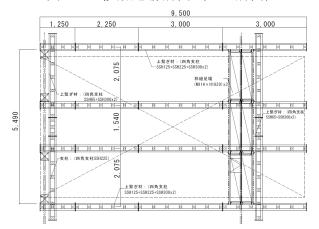
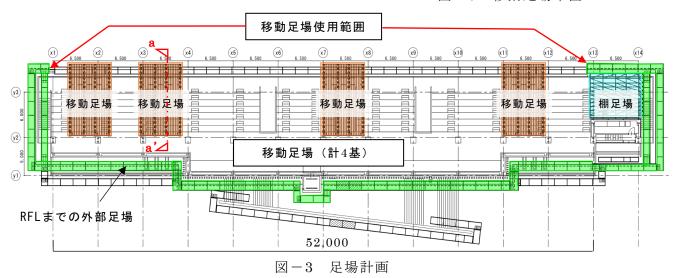


図-5 移動足場平面



移動足場の車輪は、NOP車輪(図-6)を採用しました。移動足場のレールは、 $50 \times 50 \times 6$ のLアングルを使用し、両側を千鳥配置になるよう600mm間隔で固定しました。

移動足場下段側(2階)の柱架構は、枠組足場 とし、枠組足場に沿わせた単管にNOP車輪を挿 し込みました(図-7)。

移動足場上段側 (3階) の柱架構も、下段側 (2階) と同様に枠組材での構成を検討しましたが、躯体柱と腰壁間のクリアランスが420mmであり、使用できる建枠がありません。そこで、断面サイズが $\square 300 \times 300$ 程度で荷重負担のできる四角支柱を選定し、構造計算による検証を行いました。四角支柱とNOP車輪は、固定用の専用金物(写真-2、図-8)を製作し、ボルトナットで固定して使用しました(図-9)。レールの設置位置は出来形実測後に決定し、精度確認を行いながら設置しました。

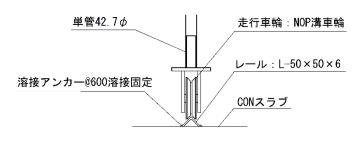
梁架構は、上部つなぎ材として四角支柱を、 下部つなぎ材として梁枠を採用しました。

足場上での作業時は、移動足場下段側(2階)の枠組足場にジャッキベースを取付け、躯体スラブに固定しました(図-10)。



NOP溝車輪によや支まな システムはまでは場で、刻まれた人にの移動工では、ででは、対しているででは、対しているでは、対しているでは、対しているでは、対しているでは、対しているでは、移動ででは、移動の重量に、は、まないのでは、手がでは、手がでは、手がでは、手がでは、手がでは、手がでは、手がの重量にによっては、手がの重量には、まないのでは、手がのでは、手がのでは、手がのでは、手がのでは、手がのでは、手がのでは、手がのでは、手がのでは、手がのでは、手がのでは、手がのでは、手がのでは、手がのでは、手がのでは、手がのでは、手がのでは、手がのでは、手がのでは、手がいる。

図-6 NOP車輪概要説明



図一7 建枠取付部車輪詳細

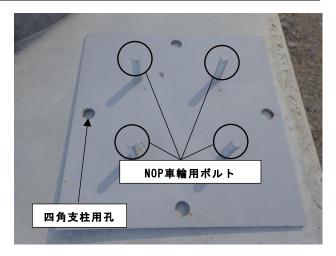


写真-2 車輪接続用金物

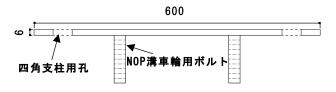


図-8 溝車輪接続金物断面

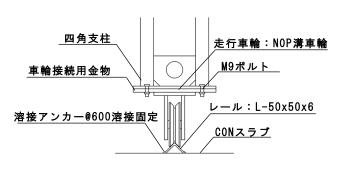


図-9 四角支柱取付部車輪詳細

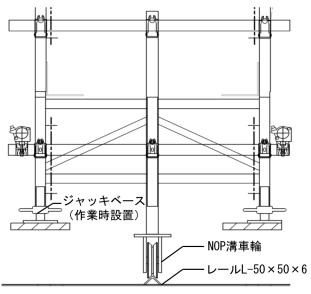


図-10 移動足場脚部

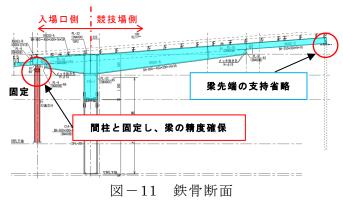
2.3 移動足場の構造計算

移動足場計画の構造計算結果を示します。転倒の検討は、転倒モーメント(Mt)に対する抵抗モーメント(Ma)がMa/Mt=1.88>1.0となり問題ありませんでした。移動足場の躯体に対する耐荷重計算について、2階片持ちスラブは無補強で問題ありませんでしたが、3階片持ちスラブは、補強が必要な結果であったため、移動足場設置期間中は3階片持ちスラブを強力サポートで補強しました。サポートは、適宜盛替えを行うことで、内部工事との干渉もなく円滑に工事を進めることができました。

3. 移動足場の運用

3.1 鉄骨建方時

移動足場は鉄骨建方時から採用しました。移動足場の幅は、鉄骨柱間最大スパン6,500mmより長い9,500mmで計画しました。移動足場の配置を考慮した鉄骨建方計画とし、足場の範囲ごとに仕上げたため、作業性に問題はありませんでした。スタンド側の大梁は片持ち梁であるため、梁先端を仮設で支持する方法もあります。今回は、スタンド後方の大梁を間柱と固定し、スタンド側の大梁先端の精度を確保することにより、大梁先端への仮設による支持なしで移動足場を使用することができました(図-11)。



3.2 屋根工事から外装工事時

鉄骨建方時は鉄骨建方業者1社であったため、 4基の移動足場を他業者と調整無く使用できま した。屋根工事からは、図-12のように屋根先 端部に幕板や水切、さらには取合いシールなど 作業順序が決まっているため、スムーズに仕上 げ工事を進める上で4基の移動足場配置計画が 重要になりました。

高所での危険作業が伴う屋根伏せの工程をベースとし、屋根葺き (A社) →水切下地取付 (Bt) →幕板取付 (Ct) →幕板間シール打ち (Dt) →水切取付 (Bt) →軒裏スパンドレル張り (Et) としました。各工程の所要日数が違うこと、特に天候に左右される屋根・シール工事があることを踏まえ工程調整を綿密に行いました (図-13,14)。

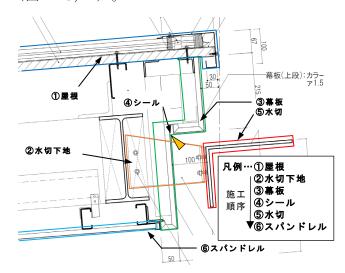
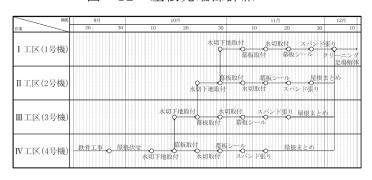


図-12 屋根先端部詳細



13 屋根工事から外装工事施工順序

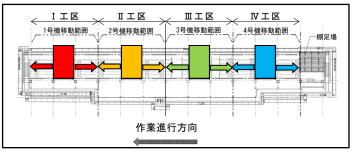


図-14 屋根から外装工事工区割り

4. 移動足場の安全対策

移動足場は、屋根先端よりはね出した大きさ で、屋根先端墜落防止を兼ねて計画しましたが、 移動足場が無い部分は、進捗に合わせた墜落防 止対策が必要となりました。鉄骨建方完了時(図 -15) は先行親綱等で安全設備が整備されてい ますが、屋根工事の野地板施工段階で撤去する ため、野地板を敷く直前に、単管ベースを母屋 鉄骨に固定し、単管支柱(図-16)と親綱に盛 替えて作業を行いました。続いて、屋根伏せの 段階では、本設で単管パイプと同径のメンテナ ンス用パイプを設置する金物を利用し単管支柱 に親綱を張りました (図-16(1))。パイプの取 付方法は、屋根の上桟に固定することができる 本設の専用金物での桟の挟みこみです。まず、 先述の単管支柱設置箇所(図-16(2))を除いた 部分の屋根伏せを完了させます。この段階でメ ンテナンスパイプを取付け単管支柱をクランプ 固定し、親綱を張ることで、安全設備を欠かす ことなく屋根上の作業を完了することができま した。

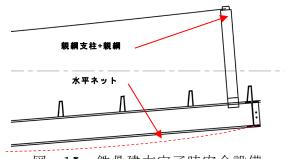


図-15 鉄骨建方完了時安全設備

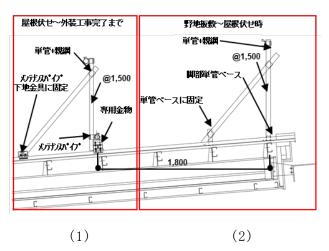


図-16 屋根~外装工事時安全設備

5. 改善点及び反省点

実際に移動足場を運用し気づいた重要な点がレール(Lアングル)の取付精度です。コンクリートスラブ上に直接Lアングルを設置したため、レールの精度は、躯体の精度に左右されました。コンクリート打設時は、重点的にレベル管理を行いましたが、許容値内ではあるものの不陸がありました。取付けたLアングルもその影響を受け、数か所でたわみが発生したため、たわみ発生箇所では、平坦部に比べ、足場移動時に必要以上の人員を割かなければなりませんでした。移動足場を採用する工事では、コンクリート打設時のレベル管理の徹底と、Lアングル設置前のスラブレベル実測後の不陸調整が重要だと考えます。

また、足場を移動させる際に水平ネットのたるんだ部分が移動足場部材に引っかかるため、水平ネット敷設時のたるみ管理と、移動時のたるみの確認及び、復旧が必要でした。

6. まとめ

全面足場から移動足場とした際のメリットと デメリットを表-1に示します。

工程については、足場の掛払しで9日の短縮、 足場下部作業の早期着手(足場解体後に実施予 定であったPCa床版のシールとPCa階段の設置 を移動足場稼働中に実施)により12日間の短縮、 全体では21日分の短縮となりました(表-2)。 工事終盤での足場解体の所要日数短縮は非常に 有効でした。

必要な仮設資材量は約4分の1となり、足場の 掛払しによる災害発生リスクが低減しました。 さらに、運搬車両や揚重機の使用回数も減とな り、 CO_2 排出量の削減にも繋がりました。

コストについては、仮設資材量減による資材 費、損料、搬出入費用の削減、労務費の削減、 さらに工程短縮により諸費用削減となり、全体 で57%の削減となりました。 一方で、検討項目の増加や安全設備の見直し 等、検討項目の増加も考えられます。

表-1 移動足場設置のメリットとデメリット

メリット	デメリット
・足場掛払しの省力化	・足場移動時の人員確保
(足場掛払しの期間短縮)	・検討項目の増加
(仮設資材費の削減)	• 細部安全設備検討
(労務費の削減)	
・下部作業の早期着手	

表-2 工程比較



足場掛払しで9日 全体で21日短縮

7. 最後に

大空間での屋根工事を行う上で、必ず作業足場は必要となります。移動足場の計画は、単純に全面足場を計画するよりも必要な検討事項が多くはなりますが、今回移動足場を採用した結果、コスト・労務・資材の削減や工程短縮などの省力化となりました。また、工程短縮と工程厳守により週休二日の実現ができました。

近年、建設業従事者が減少傾向にあるため、このような省コスト、省人化で最大限効率の良い計画を考えていかなければなりません。今回計画した移動足場の良い点、悪い点含めて次回以降の計画に反映していく所存です。

本報告が、移動足場を計画する際の一つの方 法として参考になれば幸いです。

7. 鉄骨ロボット溶接工法による生産性向上

社名: 大成建設株式会社 梅津 匡一

氏名:

事 例 概 要

項目	内容
1. 工事概要	
(1)工事名称	名港ビルディング建替プロジェクト
(2)規模(延床面積、階数)	延床面積:15,988㎡、地上18階、塔屋1階
(3)用途	事務所
(4)主要構造	S造
(5)建設地	愛知県名古屋市
(6)施工期間	2019年1月 ~ 2022年6月
(7)工事費	6, 080(百万円)
(8)設計者	大成建設株式会社名古屋支店一級建築士事務所
2. 改善概要	
(1)問題点·背景	・溶接技能者の労務不足が深刻化しつつあるため、鉄骨積層サイクル工程にお
(施工上あるいは従来工法の	ける溶接労務の平準化と省力化が重要な課題であった。
問題・課題など改善前の状況)	・高層建物におけるロボット溶接工法の施工実績がなかったため、反復施工に
	よる習熟効果と生産性向上効果を正確に把握する必要があった。
(2)改善の目的	・鉄骨現場溶接作業における省力化、作業効率向上、及び軽労化
(3)改善実施内容	・地上鉄骨工事において、ほぼ同仕様の柱に溶接ロボットを用いて施工し、反
	復・習熟により準備作業等を含む総所要時間の短縮を図った。
	・溶接技能者が自らの半自動溶接とロボット操作を併用した。
(4)改善による効果	
•Q(品質)	・溶接ビード外観の向上
	・熟練溶接技能者とほぼ同等の検査不良率(約1.3%)
•C(コスト)	・溶接労務の低減(初期3人⇒2人)
	・半自動溶接と自動溶接の併用により歩掛が1.8倍に向上
·D(工期)	・建方サイクルにおける溶接所要日数の短縮(6日⇒4~5日)
·S(安全)	・作業姿勢維持に伴う身体的負担の軽減、軽労化及び労働環境改善
	・夏期における熱中症リスクの低減
•E(環境)	
・その他の効果	

鉄骨ロボット溶接工法による生産性向上

大成建設株式会社 建築総本部 梅津匡一

1. はじめに

現在、熟練溶接技能者不足の解消、苦渋作業の軽労化、及び溶接作業の生産性向上に資するため、汎用 可搬型溶接ロボットを用いた工事現場溶接作業の自動化工法(以下、「本工法」)の導入を推進している。 これまで、スポーツ施設や大型物流倉庫など大規模で比較的施工条件が良い施設にて本工法の適用を進 めてきたが、本工法の広範な普及展開を図るためには中小規模の一般建築物においても生産性向上などの 明確な導入効果を実証していく必要がある。

そこで、高層事務所ビルの鉄骨積層工事において本工法を適用し、i)反復作業による習熟効果の検証、ii)準備等の非溶接作業も含めた総所要時間の短縮、iii)生産性向上効果をより高めるための最適な活用方法の抽出を図った。本報では本工法適用による上記の実施結果について報告する。

2. 工事概要

【工事概要】

工事名称: 名港ビルディング建替プロジェクト

工事場所:愛知県名古屋市

主要用途:事務所

設 計 者:大成建設株式会社名古屋支店一級建築士事務所

施 工 者:大成建設株式会社

工 期:2019年1月~2022年6月

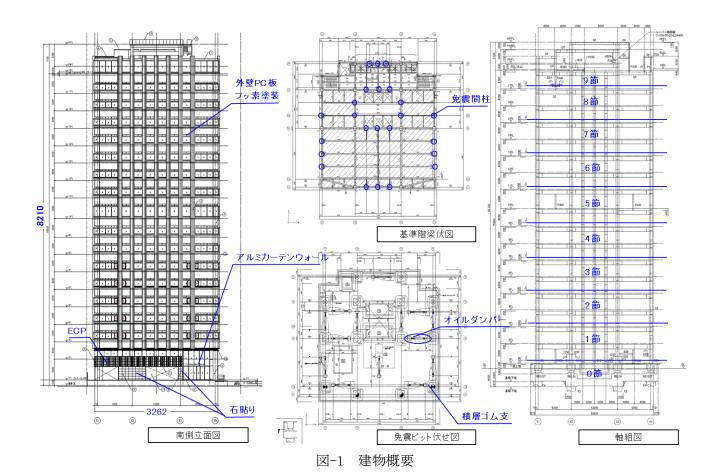
延床面積:15,988㎡

構造規模:鉄骨造、地上18階、塔屋1階

本工法の適用建物は地上 18 階、塔屋 1 階、高さ約 80mの事務所ビルである。平面的には約 32m角の矩形であり、上部架構は耐震間柱で補強された鉄骨ラーメン構造、10 階までは一部 CFT を採用している。鉄骨数量は 275kg/m^2 である(写真-1、図-1)。



写真-1 適用建物外観



3. 適用概要

地上鉄骨工事のうち 1 節から 8 節までの柱継手において本工法を適用した。適用箇所は 1 節あたり 14 か所の柱継手の中から各節 1~2 か所を選定した (図-2)。

反復作業による習熟効果を確認するためにほぼ同仕様の柱を選定した。柱径及び板厚は \square 900×900×32 (1節)、 \square 900×900×28 (2節)、 \square 900×900×25 (3~8節) である。

その他の柱は溶接技能者により施工した。各節において本工法と従来工法(半自動溶接)との歩掛比較を行うと共に、安定した品質・工程管理を行うための課題抽出と改善方法の検討を行った。

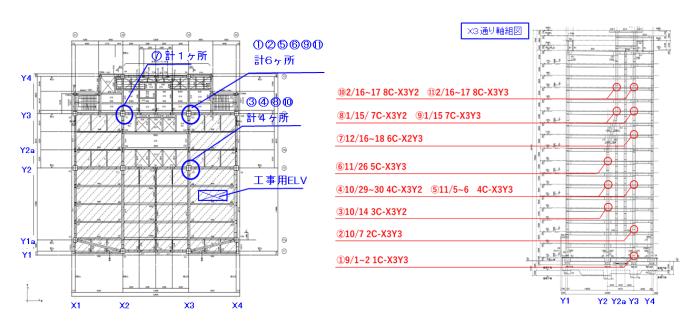


図-2 本工法の適用箇所

4. 本工法適用上の課題

(労務の安定確保)

本計画では AW 資格保有の熟練溶接技能者 2 名が自ら溶接作業を行うと共に、溶接ロボット操作者(以下、「オペレータ」)を兼任した。

すなわち溶接労務を最小限に抑えることで労務を安定的に確保しつつ、積層サイクル工程を遅延無く遂行することが本工法適用上の課題であった。

(半自動溶接とロボット溶接の併行作業)

コラムの外径や板厚が小さく継手1か所あたりの溶接数量が少ない場合、施工条件によっては本工法による施工歩掛が半自動溶接に劣る場合がある。

そのため、溶接技能者が自ら施工を行う作業日とは別にオペレータ作業に専従する作業日を設ける場合、 施工歩掛の低下が懸念された。

そこでオペレータが自らの半自動溶接作業とロボット操作を同一作業日に併行して行い、施工歩掛を向上させることが課題となった。

(非溶接作業の合理化)

高層建物においては積層サイクルに合わせ溶接ロボット関連機材や配線の移設が定期的に必要となる。 こうした非溶接作業も積層サイクルの中に組み込むと共に、当該作業を可能な限り合理化・効率化する ことで、高層建物における本工法の標準的な施工要領の確立を図った。

(エレクションピースが各面に複数か所ある場合の施工方法)

本工法はエレクションピースや仮固定治具等の障害物を回避し初層からロボットで溶接を行うことを 特徴としており、エレクションピース各面1か所の柱では図-3-1に示すような施工方法が可能である。

一方、本適用コラムはいずれもエレクションピースが各面2か所であり、上記施工方法と同様にエレクションピースで区切られた範囲ごとに施工する場合、8区間(ロボット1台あたり4区間)に分ける必要があり所要時間の大幅な増加が懸念された。

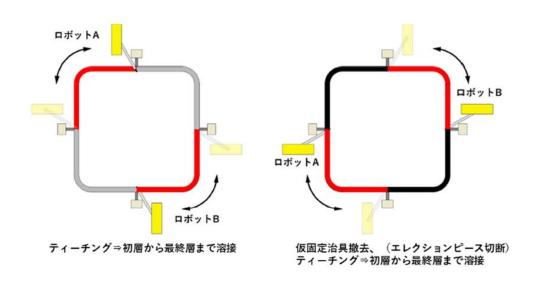


図-3-1 本工法による施工手順例(エレクションピース各面2枚の場合)

そこで図-3-2 に示すように、対向する 2 面のエレクションピース間を先行施工し、仮固定治具とエレクションピースを撤去した後に残りの区間を施工することで所要時間の短縮を図った。

なお、この施工方法を採用するにあたり、対象柱への作用応力から仮固定治具の撤去に必要な溶接量を 算出し、地震荷重および風荷重に対する安全性を検証した。

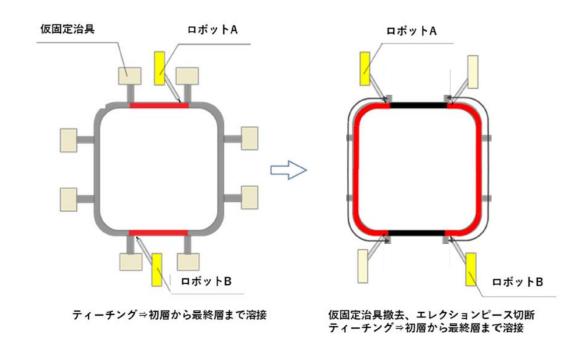


図-3-2 本工法による施工手順例(エレクションピース各面1枚の場合)

5. オペレータの訓練

本工法による安定品質確保や生産性向上を実現するためには、オペレータが施工要領やロボットの特徴を熟知し、ロボット操作や自主管理を的確に行う技能を習得するする必要がある。

そこでオペレータ作業への従事予定者に対し、i)溶接ロボットを用いた本工法の施工訓練、及びii)訓練内容の習得度を確認し本施工への適格性を判定するための確認試験を実施した。

延べ4日間で下記内容の現地実技訓練を行い(写真-2)、5日目に確認試験を実施した。

【施工訓練内容】

- ① 本工法の特徴に関する概要説明
- ② システム構成/機器配線接続/始業前点検
- ③ リモコンによるロボット基本操作/開先ティーチング
- ④ 溶接開始前確認 (開先寸法/機器設置精度/使用材料/ティーチング設定/気候条件)
- ⑤ 溶接中作業(ビード整形/トラブル対処法/溶接中の微調整)
- ⑥ 溶接完了後の自主検査

試験完了後に現場施工時と同一判定基準による非破壊検査(外観検査及び超音波探傷検査)を実施し、 これに合格した4名のオペレータが本施工に従事することとなった。



写真-2 オペレータ訓練実施状況

6. 現場施工結果

以下に現場施工結果の概要を示す。

【適用期間】

ロボット操作訓練/確認試験:2020年7月27日~2020年8月1日

本施工: 2020年9月1日~2021年2月17日(実働15日)

【施工数量】

延べ溶接長 (隅肉 6 mm換算): 1,108m

【検査不良率】

外観検査:0%

超音波探傷検査:1.3%

【施工歩掛】

溶接技能者1名による溶接:90~120m/日

溶接ロボット (2 台) での溶接:70~100m/日

溶接技能者1名による溶接と溶接ロボット(2台)の併用:140~170m/日

(溶接品質について)

ビード外観については全数合格であり、良好なビード外観が得られた。

超音波探傷検査は全期間を通し概ね良好であった。ただし高層階施工時にブローホールと思われる不合格欠陥が検出された。施工場所は沿岸部で強風日が多く、特に高層階では風速 10m/s 超の日も頻繁にあったため、強風時にも施工可能な強固な養生仮設の設置が必要と考えられる。

また、現状では風速 2m/s を超える場合には本工法を実施しないこととしているが、耐風仕様のトーチをロボットトーチに実装するなど、ガスシールド性能の見直しにより本工法の適用可能条件を拡充するといった技術的改善も必要と言える。

(習熟効果について)

図-4 に適用柱ごとの所要時間集計結果を示す。1 節施工時から7 節までに徐々に所要時間が短縮する傾向が見られた。ただし8 節については強風対策として強固な防風養生を設置したため、準備作業に下層階よりも多くの時間を要した。

溶接時間(アークタイム)はほぼ変わらず、準備作業(機材設置/溶接前確認/防風養生設置/エレクションピース切断)や非溶接作業(パス間停止/スラグ除去/ノズル清掃/ビード整形/垂れ防止材取付)の所要時間短縮が顕著であることから、反復作業による明確な習熟効果があったと判断できる。

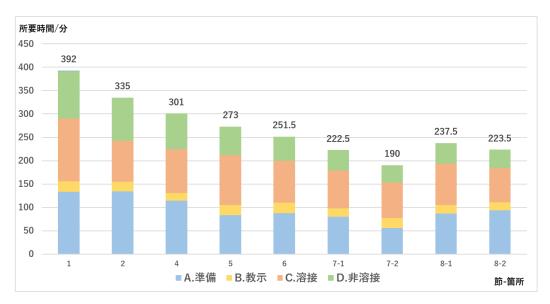


図-4 柱ごとの所要時間集計

(溶接技能者による溶接とロボット操作の併行)

1 節から 4 節まではオペレータ 1 名が溶接ロボット 1 台を操作して施工を行ったが、5 節以降では施工への十分な習熟が見られたことからオペレータ 1 名で 2 台のロボットを操作した。

また5節までは溶接技能者が自ら半自動溶接作業を行う日とは別にロボット溶接のみを行う日を設けた。 しかし6節以降では荒天による作業不能日が多く、ロボット溶接に専従する作業日を設けることが難しく なったことから、写真-3に示すように溶接技能者が自ら施工しつつロボット溶接を併行して行った。

その結果、積層サイクルのうち溶接作業の所要日数を 6 日から 4 日に短縮可能であることを確認した。またロボット溶接(2 台)の施工歩掛は $70\sim100$ m/日と、溶接技能者 1 名の $90\sim120$ m/日を下回っていたが、溶接技能者とロボット 2 台の併用により施工歩掛が $140\sim170$ m/日に向上した。



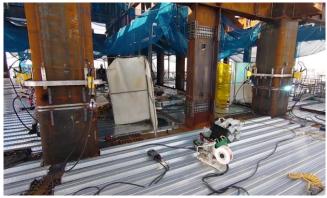


写真-3 溶接技能者による溶接とロボット溶接の併行作業

(非溶接作業の合理化)

高層 S 積層では節ごとに機材移設や配線作業が発生する。そこで写真-4 に示すような機材運搬・格納用の専用架台を採用し、準備作業の省力化を行った。これにより従来 4 人×1 日を要した機材の運搬・設置作業を 2 人×0.5 日に省力化した。



写真-4 機材運搬·格納架台

(身体的負担の軽減)

オペレータ (溶接技能者) へのヒアリングにより、自ら溶接作業を行う場合に比べて明らかに身体的負担が軽減されていることを確認した。また柱継手位置が施工しにくい位置にある場合に、溶接姿勢を気にすることなく施工できる点に優位性があると言える。

7. おわりに

本工法の高層事務所ビルへの適用により、中小規模の一般建築物においても安定した品質で効率的に現場溶接作業を行うことができることを確認した。

また本適用により、溶接ロボットはあくまでも溶接技能者の「道具」の一つであるという位置付けを明確にすることができた。溶接ロボットは溶接技能者に取って代わるものではなく、施工環境や施工条件に応じて適切に選択使用することで、溶接技能者の生産性向上に寄与するものである。

そのためにはロボット溶接オペレータの育成が重要であり、ロボット施工訓練内容の充実化及び標準的なロボット施工スキル評価手法確立が急務であると考える。

一方、溶接速度の向上やリアルタイムセンシング等、生産性の更なる向上を実現可能な溶接ロボットの 性能向上と技術革新にも期待したい。

8. 複雑な仕口部形状における溶接品質確保

社名: (株)鴻池組

氏名: 小平 幸司

事 例 概 要

項目	内 容
1. 工事概要	
(1)工事名称	東名高速道路 東京トールバリアPCトールゲート改修工事
(2)規模(延床面積、階数)	建築面積:1,056㎡、地上1階
(3)用途	料金所
(4)主要構造	S造
(5)建設地	神奈川県川崎市
(6)施工期間	2019年1月 ~ 2020年9月
(7)工事費	1, 257(百万円)
(8)設計者	衛江尻建築構造設計事務所
2. 改善概要	
(1)問題点•背景	・屋根鉄骨全体が複雑な形状のため、さまざまな角度から取り付く複雑な柱梁
(施工上あるいは従来工法の	仕口部形状を把握することが難しく、鉄骨製作的にも問題があった。
問題・課題など改善前の状況)	・要求レーン数の確保要求があり工程を含め問題があった。
(2)改善の目的	・鉄骨3次元形状の理解度向上と納まり検討による仕口部製作方法の協議。
	・要求レーン数を確保するための架設計画の検討。
(3)改善実施内容	・3Dモデルデータを活用した製作図による鉄骨3次元形状の把握。
	・斜め柱の柱上部を鋳造の円柱部材に変更。
(4)改善による効果	
·Q(品質)	・斜め柱の上部を鋳造円柱部材とすることで外ダイヤフラムが不要となり、仕口 部納まりを簡素化させることによる溶接品質の確保。
・C(コスト)	•-
•D(工期)	・くさび緊結式足場を使う支保工足場の設置と大スパンでの解体を実施することで厳しい工期を厳守。
·S(安全)	・鉄骨地組と支保工足場をユニット移動したことによる高所作業の低減。
·E(環境)	
・その他の効果	

複雑な仕口部形状における溶接品質確保

(株)鴻池組 小平 幸司

要旨

東名高速道路の玄関口である東京料金所は、設置後 50 年以上が経過し、プレストレストコンクリート(以下 PC)造トールゲートの老朽化等への問題解決策としてリフレッシュ事業が行われた。当工事は PC 造のトールゲート上屋を解体し、鉄骨造のトールゲート上屋を新築するとともに、ETC 普及状況を勘案したレーンの削減等を含む工事である。

本報告では、既存の PC 造上屋の解体における施工上の問題点と対策、羽根付き鋼管杭の施工および鉄骨の製作・建 方における施工上の問題点と対策について紹介する。

キーワード:プレストレストコンクリート 既存解体 吊り切り 夜間作業 杭・柱一体化工法

1. はじめに

東名高速道路の玄関口である東京料金所は、設置後 50 年以上が経過し、プレストレストコンクリート(以下 PC)造トールゲートの老朽化による潜在的リスクのほか、ETC の普及によるレーン数の見直しの必要性、料金所前後のウィービング(織り込み)による交通事故対策などが課題となっている。中日本高速道路株式会社ではこれらの課題を解決すべく、2020年オリンピック・パラリンピック東京大会の開催を見据え、東京料金所のリフレッシュ事業を実施した(写真 1)。

この事業は利用者の安全を最優先に考え、重量構造物の 潜在的リスクを完全に排除するため、トールゲート上屋を リフレッシュし長期の耐久性や維持管理性を向上させるも のである。また、デザインは東京 2020 オリンピック・パラ リンピックに向けた東京の玄関口らしく、折り紙や陣幕的 な和の雰囲気を膜の構成によって表現した案が採用された。

当工事は既存の PC 造のトールゲート上屋(写真 2) を解体し、鉄骨造のトールゲート上屋を新築するとともに、ETC 普及状況を勘案したレーンの削減等を含む工事である。

ここでは、既存 PC 上屋解体における施工上の問題点と対策、羽根付き鋼管杭の施工および鉄骨の製作・建方における施工上の問題点と対策について紹介する。



写真1 完成した新東京トールゲート



写真2 解体前の東京トールゲート

2. 工事概要

当工事の概要を表1に示す。

表1 工事概要

工事名称 東名高速道路 東京トールバリア

PCトールゲート改修工事

工事場所 神奈川県川崎市宮前区南平台 1-1

事業主体 中日本高速道路㈱

施 工 ㈱鴻池組

工 期 2019/01/28~2020/9/10

規模構造 上屋:[既存]PC造一部S造

[新築]S造+膜屋根

レーン数:[既存]上り16、下り8

[新築]上り 9、下り7

建築面積 [既存]約1,270㎡ [新築]1,056.04㎡

既存の上屋は、プレキャストコンクリート板を PC 鋼棒で緊結するポストテンション方式による PC 工法が採用されており、柱間隔が広いロングスパン構造の細長い屋根となっている(図 1)。この屋根は、工場製作された T 型断面形状を持つ屋根スラブ・ブロック(W:1,710 × D:10,000 × H:1,100mm)をゲートのスパンに応じて長軸方向にストレスを与えながら、独立柱に PC 鋼棒で緊結する方法が採られている。

3. PC 造上屋躯体の解体

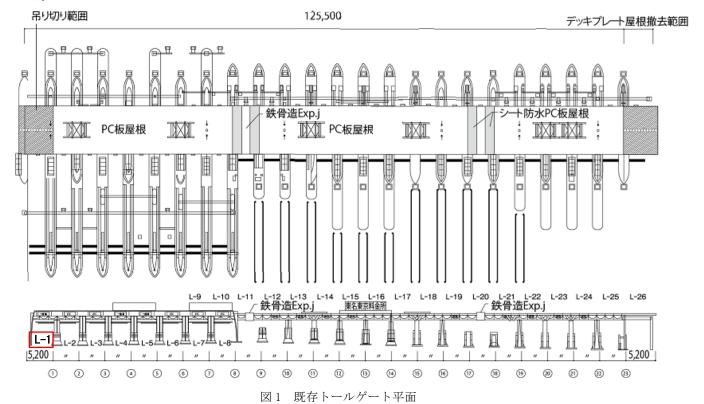
3.1 工事ステップ

稼働中のトールゲートの改修工事に当たっては、必要レーン数 (一般および ETC ごと)を確保する必要がある。そのためにはレーンの閉鎖範囲を替えながらの作業となる。また、解体時には PC 屋上のポストテンション割付などを考慮した計画が必要となり、解体から新築工事まで合計 30 ステップの工事となる。

3.2 解体計画上の問題点

解体計画を立案するに当たり、主な課題として下記の事項が挙げられた。

- ① 工場製作 PC を用いたポストテンション方式の構造のため、連結された上屋の大梁を切断すると大梁の PC 鋼棒緊張力がリリースされることで、自重が支えられなくなり、架構全体が崩落する可能性がある(図 2)。
- ② 工事ステップごとに、上り線・下り線の要求レーン数を確保する必要がある。
- ③ 代替えがなく、レーンを閉鎖することができない大型 車両用レーンにおける上屋解体工法の検討が必要であ る。



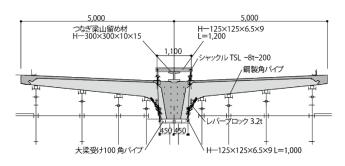


図2 既存トールゲート上屋の PC 断面

3.3 ポストテンション方式 PC 造の解体方法と要求レーン 数の確保問題の解決と施工

3.2 に示す課題①および②への対策として、解体する上屋直下のレーンを閉鎖し、支保工により PC 自重を支持することで、PC 鋼線切断による架構の崩落を防止する計画とした(図 3、写真 3)。

当初設計図では支保工がベント柱による屋根補強となっており、ベント柱がアイランド幅に納まらないため、隣レーンの閉鎖が必要となる。そのためくさび緊結式足場部材と大引受けジャッキ、鋼製角パイプによる支保工計画に変



写真 3 PC 上屋支持用支保工設置状況

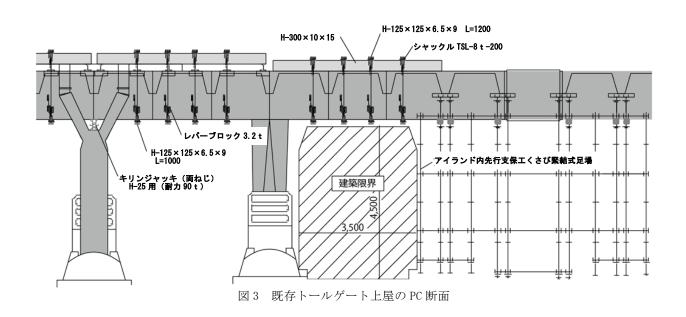
更した。くさび緊結式足場部材を使用した支保工は、さまざまなサイズの比較的軽量な足場部材を組み合わせることでアイランド上のシングルブース(料金収受ブース)や各種計器類を避けた支保工配置計画ができた。また作業床兼用支保工とすることで、組立・解体の作業性が向上し工期を短縮することができた。さらに、揚重機を使用せずに手作業のみで組立・解体ができるので交通規制するレーンを細分化することができた。

しかし、それでも要求レーン数を確保するためには、支保工を設置出来ない箇所が生じる。そのため上屋上部に自重支持用のH形鋼を設置することで、部分的に支保工を設置しないでも解体ができる計画としている(図3、写真4)。自重支持用H形鋼と連結用金具を設置する際、車両走行レーンには通行車輌との接触防止のため建築限界範囲が設定されており、連結用金具がその範囲を超えないように注意した。

PC 解体にはワイヤーソーと道路カッターを併用した解体工法を採用した。屋根部分は搬出車両に積載できる重量・サイズに切断し揚重機により地上へ降ろした(写真-5,6)。



写真 4 PC 上屋支持用 H 型鋼設置状況



柱 PC は上屋 PC 撤去後に足元をワイヤーソーにて切断する解体工法とした。

解体した PC 部材は産業廃棄物として搬出するが、運搬車両は高速道路を通行し一般道へと出る経路となるため、高速道路の制限に適合した重量・サイズである必要がある。この制限値から上屋および柱の切断寸法を設定した。



写真 5 道路カッターによる上屋切断状況



写真 6 PC 上屋切断ピースの揚重状況

3.4 閉鎖することができないレーンの上屋解体工法問題 の解決と施工

3.2 に示す課題③への対策として、下り線 L-1 の大型車用レーン上屋(図 1)の解体は、大型クレーンを使用し 1 レーン分の PC を吊った状態でポストテンション方式により連結されている L-2 上屋および柱からワイヤーソーを使用して切り離して揚重し、高速道路上に仮置きする計画とした。

実施工に当たっては、発注者と綿密な協議を行い、短期間のレーン閉鎖による吊り治具設置ほかの準備期間を設定し、レーン閉鎖の影響を最小限とするため夜間作業とした。

揚重機は、L-1 レーン 1 スパン分の上屋 PC 重量 (約 42 t)、およびクレーンの配置計画等の条件から、550t オールテレーンクレーンを選定した。このクレーンは工事現場で本体とブームほかを組み立てる必要があり、搬入・搬出経路および組み立てヤード、設置時期について事前に検討・

協議を十分に行った。

準備工事として、発注者から大型車両用レーンの閉鎖時間帯に関する周知をしていただき、計画に沿って L-1 レーンを閉鎖、揚重機の設置および PC 吊り治具の取り付け等の工事を行った。

当日の作業は午後 10 時に連結されている上屋をワイヤーソーによって切り離す作業から開始した。続いて柱 PC 接続部を柱頭部でワイヤーソーを使用して切り離しを行い、各連結部との縁を切った。縁切り状況を確認した上で揚重作業を行ない(写真 7)、高速道路上に組み立てた架台に仮置きした(写真 8)。引き続き柱 PC の足元をワイヤーソーで切断し基礎部との縁切りを行った後、揚重・仮置きを行い、午前 3 時 30 分に当日の作業を終了した。

仮置きした PC は、周囲の安全に配慮した上で、高速道路下り車線上で運搬可能な重量・サイズに切断し、搬出した。



写真7 クレーンによる上屋の吊り切り揚重施工状況



写真 8 解体した PC 部材の仮置き状況

3.5 第三者に対する安全対策

本工事は稼働している料金所において、レーンの閉鎖範囲を替えながら上屋を解体・新築する作業である。通常の建築現場のように仮囲い等で明確な工事区画を行って工事を進めることが難しいため、第三者となる高速道路走行車両が常に工事エリア近くにいる状態での作業となる。したがって、適切な工事エリアを確保し安全対策を行わなければ、飛散物等による事故により加害者になる可能性がある。また、適切な誘導帯や誘導標識が設置できていなければ、交通事故の被害者にもなり得る。そのため、工事エリアの確保に加えて適切な誘導帯エリアや誘導標識の設置・誘導員の配置に常に気を配り、作業エリアの設定を行っている。

3.6 工事に対する安全対策

解体作業において上屋の切断・揚重作業を進めていくたび新しい開口部ができてしまうため、先行して墜落防止柵の設置を進め、常に安全帯が使用できる状況を作り、作業員の墜落事故防止に努めた。また、解体工事は作業の性質上夜間工事となることが多いため、作業エリアだけでなく作業員の詰所から作業エリアまでの通路についても、必要な照度の確保や注意喚起看板の設置を行い、災害防止に努めた。

3.7 高速バスの誘導対策

東京料金所の名古屋側には高速バスの東名向ケ丘バス停がある。料金所上り車線端部側レーン工事に伴いレーンを 閉鎖すると、高速バスはバス停から出発し、中央に近いレーンまで移動し本線に合流する動線となる(図 4)。そのため、高速バスが無理なく本線へと合流ができるように、適切な誘導帯や誘導標識を設置し、誘導員を配置して安全誘導を行った。

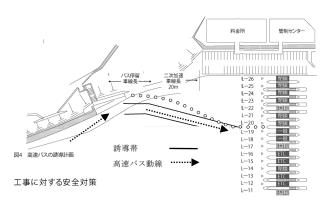


図4 高速バスの誘導計画

4. 杭•柱一体化工法

4.1 杭・柱一体化工法の概要

東京料金所の新設トールゲート上屋は、屋根自体が、三角形平面を分割し、折り紙のように折り曲げることで構成された鉄骨構造となっており、道路幅内で施工可能な羽根付き鋼管杭に直接鉄骨柱が接合される形式の杭・柱一体化工法が採用されている(写真9,10)。ここでは、羽根付き鋼管杭の施工および鉄骨の製作・建方における施工上の問題点と対策、また年末年始期間の安全対策について紹介する



写真9 新設トールゲート鉄骨①



写真10 新設トールゲート鉄骨②

4.2 杭・柱一体化工法の施工に対する問題点

羽根付き鋼管杭の施工および鉄骨製作・建方計画を立案するにあたり、主な課題として下記事項が挙げられた。

① 当工法では羽根付き鋼管杭と鉄骨柱は鉄筋コンクリート造の 基礎を介さずに、直接鞘管形式による隅肉溶接によって接合 される構造となっているため、杭芯および天端レベルには高 い施工精度が求められる。

② 屋根鉄骨全体が3次元的な形状で、1本の斜め柱に対して最大4本の梁が様々な角度から取り付く複雑な仕口部形状となっていることから、鉄骨製作時および施工時の精度確認が不可欠となる。

4.3 羽根付き鋼管杭の施工

4.2 に示す課題①への対策として、羽根付き鋼管杭の偏芯量の管理目標値は、羽根付き鋼管杭と鉄骨接合部との納まり(鉄骨柱の鞘管とのクリアは10mm)を考慮し±10mmに設定した。また、杭天端レベルの管理目標値は、杭と柱との接合方法が鞘管形式による隅肉溶接形式であり、高さ調整が可能な納まりとなっていることを考慮し±50mmとした。

羽根付き鋼管杭と鉄骨柱は、地上部で直接接合される形式となっている。そのため杭芯セットは通常の既製鋼管杭と同様であるが(写真 11)、施工時の杭天端は GL 面よりも上部に突き出た形状となる。そのため目視による杭偏芯および天端レベルの測定が可能であり(写真 12, 13)、杭施工精度を管理目標値内に納めることができた。



写真 11 杭芯セット状況

4.4 鉄骨工場製作および工場での仮組み

4.2 に示す課題②への対策として、3Dモデルのデータを活用した仕口部納まりの検討・協議を行った。

屋根鉄骨は鉛直な柱がなく、多くの梁が水平ではないため、通常の製作図における平面図や立面図では正確な形状や長さの表現が難しく、実際の形状をイメージすることができなかった。

そこで、構造設計において3Dモデルを活用した鉄骨の立体解析を行っていることから、その解析用3Dモデルデータを活用し、鉄骨用CADで扱えるデータ形式に変換し製

作図を作成した。

また、3Dモデルデータを活用して設計者他との検討・協議を進めた結果、斜め柱と複数の梁が様々な角度から取り合う柱頭仕口部(図5)は、ダイヤフラム等の材料加工および各部材の溶接納まりが厳しいことから、発注者、設計事務所との協議を行い、柱頭仕口部を鋳造による円柱部材に変更することになった。



写真12 杭頭レベル確認状況



写真13 羽根付き鋼管杭の杭頭状況

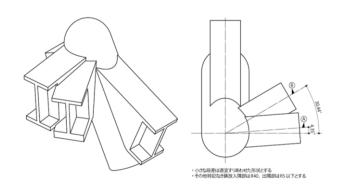


図5 鉄骨柱頭仕口部

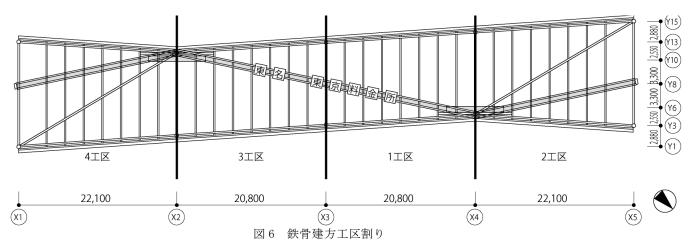




写真 14 鋳造部検査状況



柱頭仕口部(長さ1,250mm~820mm)を鋳造円柱部材で製作し、寸法および浸透探傷試験による製品検査を行った後、 鉄骨工場にて加工を行った(写真14)。

鉄骨建方1工区(X3-X4間)の作業開始に先立ち、鉄骨製作工場内のヤードにて鉄骨フレームの仮組みを行い、鉄骨柱および梁の長さや角度が適正に製作されていることを確認した(写真15)。



写真 16 工場ヤード内鉄骨仮組み状況

また、2 工区 (X4-X5 間)、3 工区 (X2-X3 間)、4 工区 (X1-X2 間)においても同様に仮組みを実施した(図 6、写真 16)。

4.5 工場からの鉄骨運搬および鉄骨建方

通常、鉄骨は製作工場から一般道を通行して現場に搬入されるが、本工事は高速道路上に建つ上屋のため、下り線は東京インターチェンジ、上り線は東名川崎インターチェンジから高速道路を通行して搬入が行われる。そのため、高速道路の重量制限が適用されるため、発注者への許可申請を行い鉄骨の運搬を行った。

上り線の鉄骨建方作業は昼間の作業時間帯に行った(写真 17)。しかし、下り線では元々のレーン数が少なく、閉鎖可能な時間帯が限られるため、通行量の多い昼間を避け、 夜間工事で鉄骨建方作業を行った。

鉄骨柱建方用の控えワイヤは、斜め柱による転倒の危険性を考慮した上で、隣接するレーン内に納まるよう配慮し設置本数を決定した。



長大な大梁は一旦高速道路上に仮置きを行い、中間ジョイント部を連結・高力ボルト本締めまで完了した後に揚重する計画とし、ジョイント部の仮受け支保工を無くすことによる作業性の向上と高所作業の低減による安全性の向上を図った(写真 18)。



4.6 杭・柱一体化工法における接合

既製鋼管杭と鉄骨柱の直接接合形式による施工は、当社では横浜町田インターチェンジ PC トールゲート改修工事で実績がある。同工事では、通常の鉄筋コンクリート造基礎+アンカーボルトによる柱脚形式から、ボルト接合形式による杭・柱一体化工法へと変更を行った。当工事では、さらに「鞘管+リブプレート」による隅肉溶接接合形式の杭・柱一体化工法へと改良した工法となっている。

杭・柱接合部のレベル管理は、羽根付き鋼管杭に鉄骨と の接合用リブプレートを現場溶接にて取り付けする際、リ ブプレート取り付け高さの調整により行っている。

4.7 第三者に対する安全対策

鉄骨建方工事は、2019年12月に始まり2020年1月まで行われた。年末年始期間を挟むため、発注者と期間中の安全対策について綿密な協議を行った。協議では帰省ラッシュ時に工事に起因する渋滞を起こさせないこと、また、突風などによる風散物に起因する災害を起こさないことが求められた。

そのため、年末年始期間中は作業を中止し、規制帯を設けずに上下線共に全レーン開放とした。また、鉄骨工事においては、2工区(X4-X5間)のボルト本締めおよび羽根付き鋼管杭と鉄骨柱との溶接作業まで完了し、控えワイヤ等の仮設物は全て撤去、かつ風散物が発生しないよう細心の注意を払い、片付け状況の確認をした上で休工とした。

5. まとめ

本報告では、主に既存 PC 上屋の解体工事、および杭・柱 一体化工法の施工について紹介した。2020 年 4 月に無事ト ールゲート上屋工事を終えることができた(写真 19, 20)。



写真19 完成した新設トールゲート①

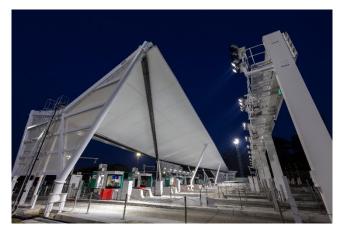


写真20 完成した新設トールゲート②

9. スポーツ棟における工期短縮とコストダウン

. 社名: 東急建設㈱ 氏名: 犬塚 芳雄

事 例 概 要

項目	内 容
1. 工事概要	
(1)工事名称	(仮称)昭和女子大学西キャンパス整備計画新築工事
(2)規模(延床面積、階数)	延床面積:14,055㎡、地下2階、地上2階
(3)用途	体育館
(4)主要構造	地下RC造、地上S造
(5)建設地	東京都世田谷区
(6)施工期間	2018年3月 ~ 2019年7月
(7)工事費	4, 942(百万円)
(8)設計者	株式会社一級建築士古橋建築事務所
2. 改善概要	
(1)問題点·背景	・教室棟・スポーツ棟とも、7月末引渡しが絶対条件とされていた。
(施工上あるいは従来工法の	・SRC造は作業工程が多く、工期短縮の点で不向きな構造形式であった。
問題・課題など改善前の状況)	・作業工程が多いスポーツ棟の工期が厳しく、躯体工事の工期短縮が必要であ
	った。地下のプールは無柱の大空間で、梁の仕上げがコンクリート打放しとな
	ることから、工期短縮と品質確保の両面からの対策が必要となった。
(2)改善の目的	・仕上工事での大幅な工程短縮が困難であったため、躯体工事で短縮を図る。
(3)改善実施内容	・SRC梁からPCaPC梁へ変更した。
(4)改善による効果	
•Q(品質)	・打放し仕上げにおいて、現場補修作業は一切必要がなく、仕上げ品質が向上した。
・C(コスト)	・SRC造をRC造に変更する事の減額とPC化による工程短縮の減額ができた。
·D(工期)	・SRC造に比べ躯体工事で約1.5カ月工程短縮ができた。
•S(安全)	・PCa梁にすることで、現場内での施工手順減による、リスク低減につながり、
	搬出入車輛の削減で交通事故要因の低減につながった。
•E(環境)	・PCa梁にすることで、揚重機減、搬入車輛減により CO2削減と廃棄物削減
	につながった。
・その他の効果	

スポーツ棟における工期短縮とコストダウン

東急建設株式会社 犬塚 芳雄

1. はじめに

本工事は、学校法人昭和女子大学の教室棟とスポーツ棟の新築工事である。

ここで紹介するスポーツ棟は、地下2階にプール、1階に体育館を配置した計画で、共に吹き抜けの大空間施設である。 プールの天井には、SRC梁が採用されていた。工期短縮・品質向上・コスト削減の面から、PCa床版付きのPCaPC緊張梁(以下PCaPC梁と称す)へ設計変更を行った。ここではPCaPC梁の施工を報告する。

2. 工事概要

写真2. 1に全景、写真2. 2にスポーツ棟の外観写真を、表2. 1に工事概要を示す。本建物は、昭和女子大学が誘致したアメリカのテンプル大学が入る校舎である。日本初となるこの試みは、留学することなくアメリカの修士課程を受けられるものである。アメリカの大学は9月入学であるため、教室棟・スポーツ棟とも7月末の引渡しが絶対条件とされていた。特に作業工程が多いスポーツ棟の工期が厳しく、躯体工事の工期短縮が必須であった。なかでも、地下のプールは無柱の大空間(21.6m×32.4m)で、梁の仕上げがコンクリート打放しとなることから、工程短縮と品質維持の両面からの対策が必要であった。



写真2.1 全景

写真2.2 スポーツ棟外観

表2.1工事概要

工事件名	(仮称)昭和女子大学西キャンパス整備計画新築工事
発注者	学校法人 昭和女子大学
設計監理	株式会社 一級建築士古橋建築事務所
工期	2018年3月16日~2019年7月31日(延べ16.5か月)
建築規模	教室棟 地上6階 塔屋1階 S造
	スポーツ棟 地下2階 RC造 地上2階 S造
建築面積	3,709. 05 m²
延床面積	14,055. 79㎡ (教室棟11116.89㎡、スポーツ棟2938.90㎡)
掘削深さ	GL-12.1m (スポーツ棟)

3. 全体工事計画

図3.1に地下工事総合仮設計画、図3.2にマスター工程(抜粋)を示す。地下工事時は、教室棟の南側にクレーンの車路を配置した。また作業構台は、スポーツ棟と教室棟の間とし、スポーツ棟を跨ぐ形で架設した。

各工事の所要期間は、「準備工事・搬入路埋戻し・地盤改良・鉄板敷」を0.5か月、「山留工事(SMW)、構台杭打設」を1.5か月、「土工事(1~3次根切)・既存杭解体・鋼製切梁(2段)・構台架設・地業工事」を4か月、「基礎躯体工事」を1.5か月、「地下躯体工事(RC)」を3か月、「地上躯体工事(S造)」を1か月、「内装仕上げ工事」を3.5か月として計画を行った。

なかでも、プールと体育館の仕上工事は作業工程が多く、工期が非常に厳しくなることが想定された。しかしながら、仕上工事での大幅な工程短縮が困難であったため、躯体工事で短縮を図った。その一環で、基礎梁の2線メッシュ筋採用や、山留工事の盛替切梁を合成壁へ変更等にも取組んだ。

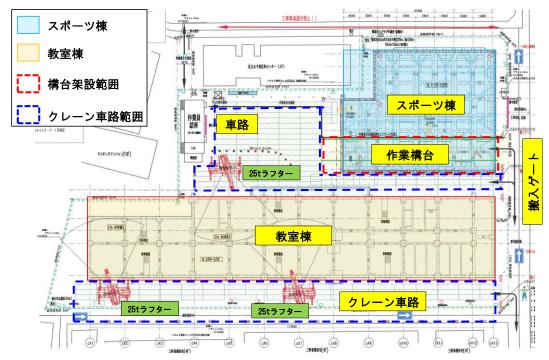


図3.1 地下工事総合仮設計画

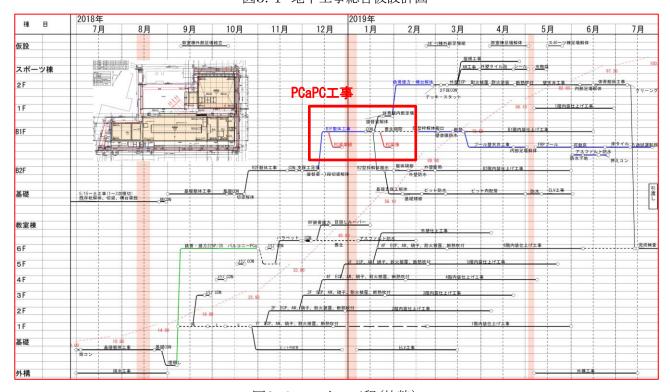


図3.2 マスター工程(抜粋)

4. 床版付きPCaPC梁について

4.1 採用の経緯

図4.1に設計変更前のプール天井の梁断面を示す。本工事の受注当初、スポーツ棟のプール(地下階)は、SRC造でプール天井の梁もSRC造の細長い形状であった。そのため、当初からコンクリートの充填不足や施工性が悪い等の懸念があった。また、SRC造は作業工程が多いため、工期短縮の観点からも不向きな構造形式であると考えた。そこで、施工性の改善と工期短縮を図るため、SRC梁からプレキャスト・プレストレス梁への設計変更を提案した。設計変更を行うにあたり施主および設計者に、設計変更によるプール天井の梁の品質向上、地下躯体をRC造へ変更することによる工期短縮およびコスト削減に繋がることを説明し、PCaPC梁を採用することとなった。

4.2 PCaPC梁の概要

図4. 2に設計変更後のPCaPC梁の断面、図4. 3にシース管等の配線軸組を示す。設計変更を行うにあたり、設計変更後も梁の外形が大きく変わらないように配慮した。なお、PCaPC梁には図4. 2に示すように 6箇所シース管を通している。

本工事では、PCaPC梁を分割しているため、床コンクリート打設前に梁を一体化させなくてはならず、緊張作業を2回に分けて行う必要があった。そのため、下部の2箇所に1次緊張用のシース管を、上部の4か所に二次緊張用のシース管を配置して断面の形状を計画した。また、床版はハーフPCaとし、PCa版としての厚みは基端で100mm、先端で70mmとした。現場打ちのコンクリート厚は120mmで梁上端の主筋およびスラブ上筋は現場配筋となる。

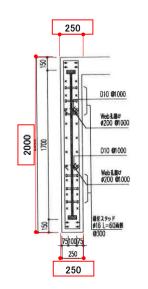


図4.1 設計変更前の 梁断面(SRC造)

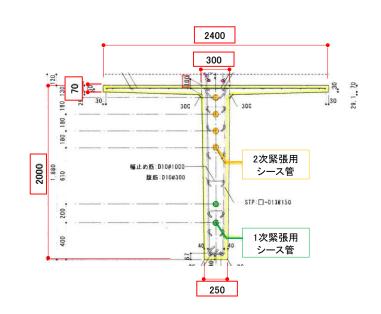


図4.2 設計変更後のPCaPC梁断面

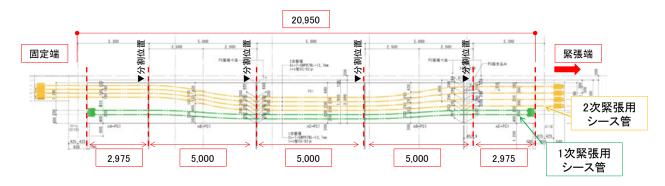


図4.3 PCaPCシース管の配線軸組

5. プール天井面の施工計画

5.1 PCaPC梁断面形状および割付け

図5.1にPCaPC梁割付を示す。PCaの建方は、構台上の揚重機により建方を行う計画としていた。そのため、揚重能力と作業半径の制約から、スパン21.6mの梁を5分割した。また、梁同士の隣接間隔が2.7mであるのに対し、運搬可能な部材幅は2.4mであるため、PCaPC梁の部材幅を制限する必要が生じた。そのため、スラブのPCa化が困難な範囲が一部生じた。

以上の条件から、部材幅W=2.4m、部材長L=2.7~5.0m(重量3.8t ~ 8.8t)として、バランス良く割付けを行った。また、 PCa化が難しい床の範囲については、床版に打ち込んだ型枠インサートを用いて在来型枠を支持する計画とした。

5.2 製作図作成および納まり検討

図5. 2、図5. 3に納まり検討を示す。本建物のプールは地下2階(プールの天井は1階床・梁レベル)で、その上階には体育館が配置されている。構造形式は、地下にRC造、地上階はS造を採用している。1階レベルで構造形式が変わることから、その周辺の納まりを検討した。なかでも1階の仕口部分は柱筋・梁筋と、柱頭の拘束筋、PC梁のシース管、上部鉄骨の定着具付きA-BOLTに加え、一部鉄骨水平ブレスのGPL、頭付きスタッドなどが必要となるため、その部分の配筋図を作成し、鉄筋とその他部材の干渉状況を精査した。

配筋図による検討の結果、部材同士で干渉する箇所が各所で確認されたため、柱および梁寸法と固定端形状の変更が発生した。また、在来RC梁とPCaPC梁の取り合う箇所では、機械式接手を採用し、PCaPC梁架設後に在来部分の梁筋を落とし込めるような納まりとした。本設・仮設のインサートなども製作図作成と並行して検討した(図5.2、図5.3)。

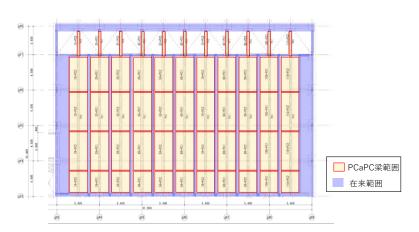


図5.1 PCaPC梁の割付

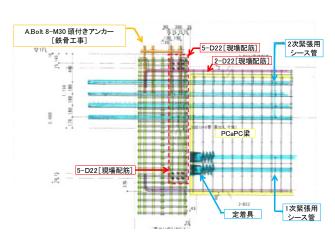


図5.2 納まり検討(Y3诵り側)

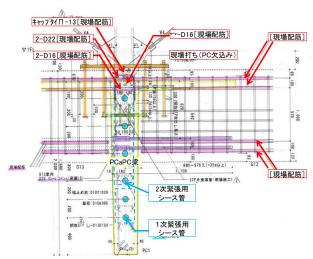


図5.3 納まり検討

5.3 発注から製作までの流れ

表5. 1に製造概要を、写真5. 1に鉄筋配筋状況を、写真5. 2に鋼製型枠設置状況を示す。製作工程作成にあたり、まず建方開始日から逆算して製造時期を決定し、製作図作成のスケジュールを計画した。近年、鋼製型枠の発注から納品までの日数が増大傾向にあることから、製作図の承認を割付・出来形を記した一般図と、製品ごとに作成する詳細図・製品図の2段階に分けることとした。これにより、鋼製型枠の発注時期を早めることができ、施工へも影響が出ないような製造工程となった。

表5.1 製造概要

工場所在地	栃木県大田原市
製作図作成時期	2018年6月10日~9月25日(約3.5か月)
製造時期	2018年10月5日~11月20日(約1.5か月)
出荷時期(PCa 建方時期)	2018年12月19日~12月28日(8日)



写真5.1 PCa工場鉄筋配筋状況



写真5.2 鋼製型枠設置状況

5.4 運搬計画

写真5. 3にPCaPC梁の製品外観を、写真5. 4に運搬架台外観を示す。本工事のPCaPC梁は床版付きでT型の形状となるため、運搬時の振動等により破損・ひび割れが発生してしまう恐れがあった。そこで、荷姿が不安定にならないよう、架台の検討を行った。架台は製作費の都合上、全部で5台とした。また、現場搬入計画では朝一に荷下ろしする運搬車2台を、2往復させることで1日の最大運搬量を7ピースとした。



写真5.3 PCaPC梁 製品外観



写真5.4 運搬架台外観

5.5 架設工程計画

PCaPC梁の建方は1日最大7ピースとし、「梁を架設した後、PCa部材同士の隙間に版間型枠を設置し、翌日に版間の無収縮モルタルの充填」この作業を繰り返し、8日間で計55ピースを取付け分割したPCaPCするための一次緊張は建方が完了した後に実施した。

5.6 支保工および仮設計画

図5.4にPCaPC梁の支保工足場計画を、図5.5にPCaPC梁受けイメージを示した。PCa梁を受ける支保工は仕上げ足場と兼用するため枠組み足場を使用することにした。梁底と床版部分については大引き受けジャッキを配置して支持する計画とした。

5.7 揚重計画

図5.6に揚重機配置計画を示す。揚重作業は構台上からとなるため、最も離れた位置の部材重量(作業半径26m、PCa部材重量3.8t)と最も重い部材重量(作業半径22m、PCa部材8.8t)の揚重条件から揚重機の選定を行った。その結果、オールテレーン120t(作業半径26m→定格荷重8.0t、作業半径22m→9.7t)を選定し、重機の配置位置やストックヤード、車両位置等を決定した。また、PCa梁架設以外の揚重は25tラフタークレーンとした。

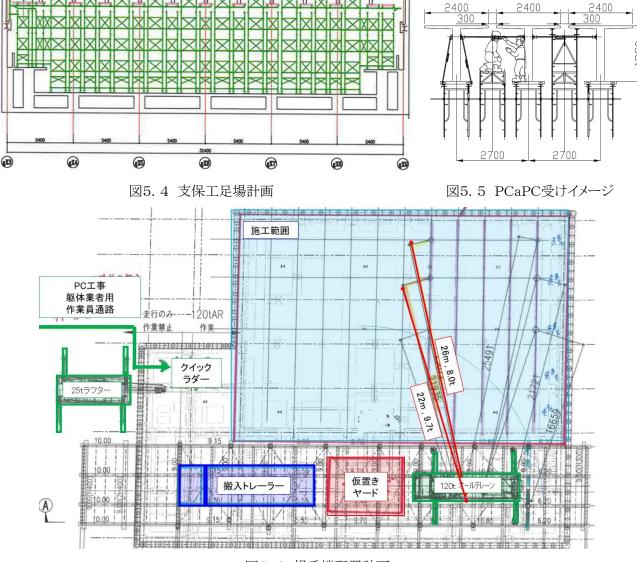


図5.6 揚重機配置計画

6. 施工手順および状況

本工事プール階の施工手順および工事状況を以下に示す。

- ① 地下1階床コンクリート打設
- ② 地下切梁解体
- ③ PCa支保工組立て

プール階は階高があるため、PCa支保工と天井仕上用の足場を兼用する計画とした(写真6.1)。

④ 地下1階 柱壁型枠先行建込

PCaPC梁架設時の設置位置の基準とするために、両端部の柱壁型枠(片側のみ)を先行建込みした。

⑤ PCaPC梁架設

レベル管理は、支保工足場の大引受けジャッキを梁下端レベル +5mmで設置し、T型スラブ部分の大引受けジャッキは正規レベル -10mmとした。建込後、梁下端の大引受けジャッキのレベルが部材の自 重により3~5mm程度下がっていることを確認した。PCaPC梁の通りは 外周部からトランシットで測定し、建て入れ直しはPC梁側からPCサポートの押し引きで調整を行った。架設後の精度検査結果は良好であった (写真6.2、6.3)。

⑥ 版間目地型枠

⑦ 無収縮モルタル充填

梁間方向のPCaPCの版間に無収縮モルタルを充填し、PCaPC同士の一体化を図った。

⑧ 一次緊張用定着具・ワイヤー挿入

一次緊張用のワイヤー(PC鋼線)挿入は無収縮モルタル充填後に実施した。

⑨ 一次緊張

一次緊張は、版間目地に充填した無収縮モルタルの圧縮強度 発現を確認して実施した。一次緊張でのPC鋼線への導入緊張力は、 874kNとし緊張機により緊張力の管理を行った(写真6.4)。

⑩ 二次緊張用シース管延長

二次緊張用のシース管は、一次緊張の作業時に作業の妨げになる ため、一次緊張完了後に二次緊張用のシース管を、緊張端まで延長し た。

- ⑪ 地下1階柱、壁配筋、型枠建込
- ② 1階梁底型枠、梁配筋、梁側返し型枠
- ③ 二次緊張用定着具・ワイヤー挿入

梁底型枠および梁配筋が完了した箇所から順次、二次緊張用の定着具およびワイヤーの挿入を行った。なお、梁側枠の返しはワイヤーの挿入が完了した箇所から随時実施した。

⑭ スラブ上げ、スラブ配筋

スラブは上筋のみ現場で配筋を行った(写真6.5)。



写真6.1 支保工足場設置状況



写真6.2 PCaPC梁架設状況



写真6.3 建入れ調整状況



写真6.4 一次緊張作業状況



写真6.5 スラブ配筋完了状況

⑤ 地下階鉄骨アンカーボルト据付

スラブ配筋後、地上階鉄骨柱用のアンカーボルトを据付けた。 懸念されていた仕口部分の工事も事前に配筋図で干渉状況等を確認 していたことで、スムーズに施工を行うことができた(写真6.6)。

16 スラブコンクリート打設

スラブ天端の一部にシース管内へ注入するグラウトホース(写真6.7)を出しておく必要があるため、打設前にホースの仕込みを行った。また、コンクリート打設の際にはグラウトホースにコンクリートが入らないように注意して打設を行った。

① <u>二次緊張</u>

スラブコンクリートの圧縮強度発現を確認した後(材齢9日)、二次緊張を行った。導入緊張力は設計条件とされている1123kNとし、緊張機により緊張力の管理を行った。なお、一カ所の緊張には段取り替えを含めて約30分程度要した(写真6.8、写真6.9)。

18 支保工解体

支保工の解体(PCaPC梁支持部分のみ)は、二次緊張およびシース管へのグラウト注入完了後に行った。なお、枠組足場の部分については、仕上げ工事用の足場として整備したうえで、天井、壁の工事完了まで存置した。

19 プール天井、壁仕上工事

支保工と枠組み足場を併用したことにより、プール吹抜けの壁、天井仕上工事に早期着手できた。天井はアルミ吸音板となるが、ふところが215mmの為、打放しの梁のほとんどが見え掛かりとなる。しかしながら、本工事では、大梁(PCaPC梁)が工場製作であるため現場での左官補修は皆無であった。また、天井仕上工事と並行し、地下外壁面防水工事およびウレタン吹付を行い、プールの内装工事を進めた(写真6.10、写真6.11)。



写真6.6 アンカーボルト設置状況



写真6.7 コンクリート打設完了状況



写真6.8 二次緊張状況



写真6.9 固定端仕口状況



写真6.10 プール仕上げ完了状況①

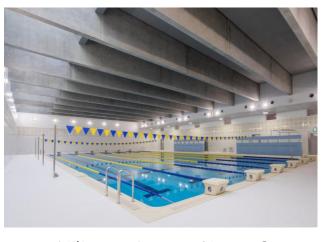


写真6.11 プール仕上げ完了状況②

7. PCaPC梁採用によるメリット

7.1 品質に関して

PCa化したことにより、当初から懸念があったコンクリートの充填性の問題が解消され、工場で製造を行うことで 高い品質が確保された。打ち放し仕上げ面に関しても、工場でのピンホール補修程度で、現場補修作業は一切必要がなかった。その結果、設計事務所や施主から高い評価を獲得することができた。

7.2 工程に関して

図7.1に示す通り、躯体工事で約1.5か月短縮した。仮設工事では鉄骨梁受け支柱の架払しが不要となった。またSRC梁と比べてPCa化した事により型枠が無くなり、コンクリート養生期間の減少に伴う早期仕上工事の着手、打ち放し仕上げによる左官補修不要等、様々な工種で工程の短縮が図れ、当初の目的通り大きなメリットとなった。

	2018年			2019年			
	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
設計変更前 SRC造採用			B2F階	立上り躯体工事 (SRC造部分)	切梁盛替 支保工 切梁解体 足場組立	B1F立上り躯体コ (プール部分SRC	事 造)
(実働日数147日)	基礎躯体工事	切梁 準備 解体 工事	鉄骨建方 本締め	(Managara)	97末肝体 足物組立		
設計変更後 PCaPC造採用 (実働日数102日) 実 働45日短縮	基礎躯体工事	B2Fi 躯 (プール 切染 解体	皆立上り 支保工体工事 足場切り部分RC造) 組立切り	BIF立上り駅 (プール部分 架盛替 楽解体	体工事 ARC造)		

図7.1 設計変更前および変更後の工程比較

7.3 コストダウンに関して

表7.2に原設計とPCaPC梁のコスト比較をすると、約2,400万円の工事費用を削減することができた。また、PC 梁をPCa化したことで、SRC梁受けの仮支柱の費用、仕上工事での左官工事やそれに伴う仮設費等、見込まれる費用の削減にもつながった。

項目	コスト検証結果(増減額:千円)				
以 口	原設計(SRC造)	PCaPC梁	差額		
コンクリート工事	19,200	22,300	3,100		
型枠工事	45,200	37,000	-8,200		
鉄筋工事	30,200	37,800	7,600		
鉄骨工事	208,200	95,800	-112,400		
PCa工事		86,600	86,600		
仮設費(受け架台等)	20,700	18,500	-2,200		
仮設費(構台)	17,500	20,500	3,000		
左官工事	2,600	1,100	-1,500		
合計	343,600	319,600	-24,000		

表7.2 原設計と設計変更案のコスト比較

※原設計の金額を基に増減額を算定

8. まとめ

本工事においてPCaPC化による最大のメリットは、決まった約定工期の中での安定した工程確保と、梁幅250mm ×梁せい2,000mm、梁長21.6mの品質確保であると考える。

当時、鉄筋工、型枠大工の労務不足が深刻だったがPCaPC化したことにより歩掛りが伸びない複雑な部分の作業が省略でき、SRC造と比べ工程数も削減し、天候に左右される事もなく工事を進めることが出来、仕上工事の工期を適正に確保することができた。

梁をPCaすることで躯体の高品質を確保することができ、仕上工事も適正工期で施工できた事は非常に大きな事だった。結果、工程の最も厳しいプール階の工事をスムーズに終える事ができた。

また昨今の働き方改革の観点で考えると、地下階の大スパンSRC梁をPCaPC梁としRC造としたことで、現場社員の施工計画、現場での施工管理項目等も減り、少ない人数で品質管理、安全管理ができ生産性も向上した。

今後、BIMが一般化される中、計画段階での効率化も図れると感じる。一昔前に「まずはPCa化を考える。」とあったが、今後ますます熟練工や労働力の確保が難しくなる中で生産性の向上、品質、安全の確保を考えた時に、PCa 化が一層採用されるように感じる。

10. サイト PCa と施工管理効率化による工程短縮

社名: 五洋建設㈱ 氏名: 高橋 一治

事 例 概 要

項目	内容
1. 工事概要	
(1)工事名称	武蔵小山駅前通り地区第一種市街地再開発事業施設建築物新築工事
(2)規模(延床面積、階数)	延床面積:53,456㎡、地下2階、地上41階
(3)用途	集合住宅、店舗、事務所、公益施設等
(4)主要構造	RC造、一部S造
(5)建設地	東京都品川区
(6)施工期間	2018年3月 ~ 2021年6月
(7)工事費	18, 264(百万円)
(8)設計者	株式会社アール・アイ・エー
2. 改善概要	
(1)問題点•背景	・再開発事業の解体工事が諸条件により延伸したことで、新築工事において工
(施工上あるいは従来工法の	程を約1.5カ月短縮する必要があった。そこで、クリティカルパスとなる高層棟
問題・課題など改善前の状況)	の躯体工程を短縮するとともに、工事を遅延させないシステム化された施工管
	理が重要となった。
(2)改善の目的	①主要構造部以外の部材をサイトPCa化することにより、躯体形状が複雑な部
	分の鉄筋・型枠工を削減し、工程短縮、安全性及び施工性を向上させる。
	②PCa工場、運搬及び現場の関係者間での部材製作状況、搬入予定及び取
	付け状況等をリアルタイムで把握し、システマチックに管理することで工期を遵
	守する。
(3)改善実施内容	① 高層棟の以下の部材をサイトPCa化した。
	・3階外周部下がり壁
	・PHR階外周部パラペット
	·R階各種基礎
	② 情報化施工管理システムにて PCa 部材の工場製作、施工管理を行った。
(4)改善による効果	
•Q(品質)	・複雑な躯体形状の精度とコンクリート品質の向上(①)
・C(コスト)	・複雑な型枠工に係る資材運搬、労務費を20~40%削減(①)
•D(工期)	・複雑な鉄筋・型枠工に係る工程を、サイトPCa化により約1. 5カ月短縮(①)
·S(安全)	・高所作業の削減と作業姿勢の改善(①)
•E(環境)	・木型枠使用量と運搬車両の削減(①)
・その他の効果	・工事管理業務の効率化(②)
	・ペーパレス化(②)

サイトPCaと施工管理効率化による工期短縮

五洋建設株式会社 高橋 一治

1. はじめに(要約)

本工事は、東京都品川区、東急目黒線武蔵小山駅前の第 一種市街地再開発事業に伴う新築工事(写真-1)であ る。駅前の敷地に高層棟、中層棟及び低層棟の3棟が配置 され、高層棟は、地上41階地下2階建の鉄筋コンクリー ト造、一部鉄骨造(コア部)であり、プレキャスト(以下 PCa) を採用した中間免震構造の超高層建築物である(図 $-1, 2)_{0}$

再開発を進めるにあたり、既存建物等の解体工事が諸 条件により約 1.5 カ月遅延したことで、事業を予定通り に完了させるためには、新築工事の全体工程を再検討す る必要があった。そこで、躯体工事の工期短縮や施工管理 の効率化を図り、無事工期内に竣工することができた。

ここでは、時間と手間のかかる複雑な在来躯体部分の サイト PCa 工法の採用と、BIM モデルを用いた情報化施工 管理システムにより、工場製作 PCa 部材を「見える化」し た施工管理手法について報告する。

2. 工事概要

工事名称:武蔵小山駅前通り地区第一種市街地再開発

事業施設建築物新築工事

工事場所:東京都品川区小山 3-13-3 主要用途:集合住宅、店舗、事務所等

発注者 : 武蔵小山駅前通り地区市街地再開発組合

設計者:株式会社アール・アイ・エー 工事期間:2018年3月から2021年6月

敷地面積:5,416.38m² 建築面積: 3,257.06m2 延床面積:53,456.13m²

構造規模: RC 造、一部 S 造、中間層免震、地下 2 階

高層棟:地上41階、塔屋2階

中層棟:地上9階 低層棟:地上2階

最高高さ:144.504m



写真-1 全景(武蔵小山駅側より)



平面計画 図-1

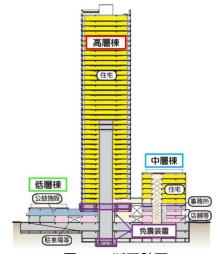
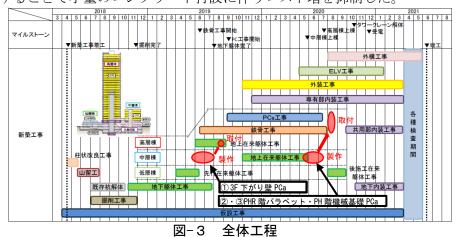


図-2 断面計画

本建物は、高層棟、中層棟、低層棟の3棟からなり、地下構造は一体化されている。高層棟は、 免震装置上部の4階から、主要構造部である柱、梁、スラブ及びR階パラペットを、工場で製作 したPCa工法であり、高層棟4階以下、中層棟及び低層棟は在来工法による計画である。

3. 高層棟在来部へのサイト PCa の適用

本工事のクリティカルパスは高層棟であり、その在来部分で躯体形状が複雑な部分について、施工位置での作業を削減し、工程を短縮するためにサイトPCa工法を採用した。実施した部位は、①3階外周部下がり壁、②PHR階外周部パラペット、③R階機械基礎である。各部位の製作・取付け時期と敷地内での製作場所をそれぞれ図一3、4に示す。PCa部材の製作場所は、3階外周部下がり壁は中層棟の1階地上躯体上を利用し、PHR階外周部パラペットとR階機械基礎は中層棟南側の外構部分を利用した。PCa部材のコンクリート打設は、本体建物のコンクリート打設と同日に打設することで小量のコンクリート打設に伴うコスト増を抑制した。



1) 3F 下がり壁 PCa 製作ヤード 高層棟 低層棟 マード No3ゲート PCa 製作ヤード No3ゲート No3ゲート

- 85 -

① 3階外周部下がり壁

下がり壁は、4FL-2,500mmが下端で、表面に凹凸のある複雑な仕上げ形状かつ、背面の免 震基礎からの離れが約500mmであり、在来工法で型枠を組立てるには非常に手間のかかる 形状であった(図-5)。

PCaのベッドは、鋼製枠組み足場上に型枠材で水平面を設けることにより、壁面仕上形状に対応し、工程の短縮だけでなく型枠費の縮減を図った。この下がり壁の PCa 化により、付加的に免震基礎と下がり壁間の狭小部分の型枠脱型作業が削減される効果もあった。製作ヤードとストック状況を写真一2,3に示す。

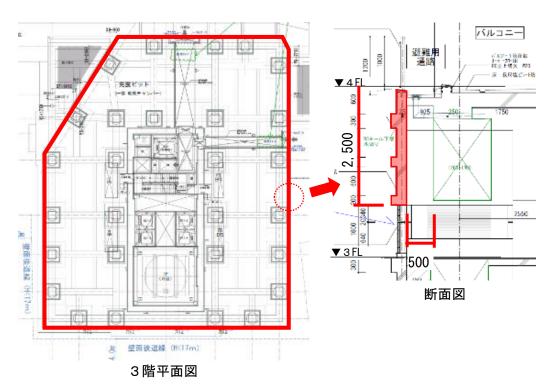


図-5 3階外周部下がり壁 PCa 範囲



写真-2 3階下がりPCa 壁製作ヤード



写真-3 3階下がりPCaストック状況

② PHR階外周部パラペット

PH階は鉄骨造であり、在来工法でのパラペットが計画されていたが、狭い場所での作業を削減して工程を短縮し、足場を早期に解体してR階の後工程を早期に着手するためにPCa 化した(図-6)。PCa 部材を鉄骨梁に載せかけず、鉄骨のフランジ下から支持することで、鉄骨ジョイントなどの干渉による複雑な形状となることを避けた。PCa パラペットの取付けは、鉄骨から設けたブラケット上にコンクリートのノロ止めを兼用したコンパネに支持させた(図-7)。また、ブラケットは中間部でボルト接合として解体時の撤去を容易にしている。製作状況を写真-4に示す。

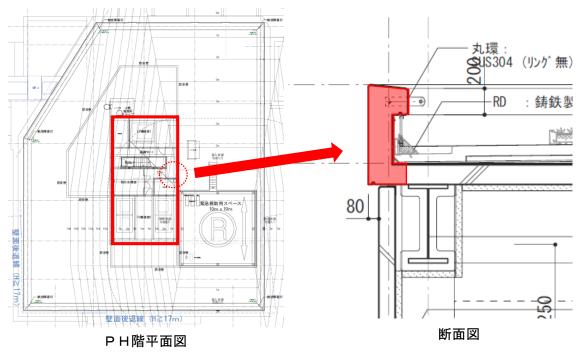


図-6 PHR階パラペット PCa 範囲

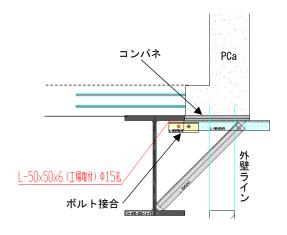


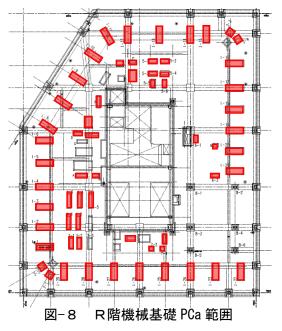
図-7 パラペット PCa 支持詳細



写真-4 PHR階パラペットPCa製作状況

③ R階機械基礎

R階には、外壁メンテナンス用のゴンドラの他、緊急救助用スペースや消火ポンプなどの設備機器のための基礎が配置されている。スラブ打設後に構築する基礎を PCa 化し、スラブハーフ PCa 上部に設置して、スラブ打設時に一体化し、工期の短縮を図った。PCa 化した機械基礎の範囲を図―8に示す。機械基礎配筋の定着は、通常、スラブ上下筋の間に定着されるが、設計との協議により、スラブふかしを利用して押さえ筋(ハット型加工)を配置することで、スラブ上筋に乗せかける構造とした(図―9)。そのため、PCa 基礎の下面はスラブコンクリートに 50mm 程度埋まることになる。PCa 部材下面の充填対策として、PCa 中央部にスリーブ開口を設け、スラブ打設時にスリーブ開口部分からのコンクリートの盛り上がりを確認しながらコンクリートを打設し、PCa 下面に空気層が残ることを防止した。また、一体化用の鉄筋を開口内に設置した。スラブの後打ちコンクリート打設前にスラブハーフ PCa 上に重量のある PCa 基礎を設置するため、下階から機械基礎位置に支保工を増設している。写真―5に型枠組立状況、写真―6に機械基礎 PCa 設置状況を示す。



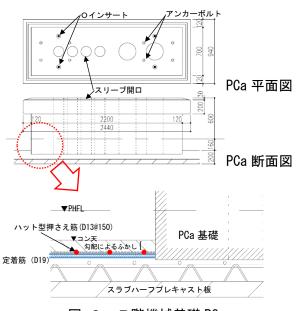


図-9 R階機械基礎PCa



写真-5 R階機械基礎型枠状況



写真-6 R階機械基礎設置状況

4. PCa 工事の工事施工管理システムの利用

高層棟4階からR階までの柱、梁、スラブ及びR階パラペットを、PCa 工場にて製作した。工場は2か所で、部材数は2,626ピースであり、取付けには約10カ月を要するため、現場と工場との綿密な連絡調整が必要とされた。そこで、工事にかかわる関係者が図面から取付けまでの手順や進捗状況を共有「見える化」できる情報化施工管理システム(以下、PCa管理システム)を活用することで、手戻りの無い計画通りの工程の進捗管理を実施した。

PCa 管理システムは、各担当者がパソコンやスマートフォン、タブレット端末からアクセスし、進捗状況の確認の他、直感的に取付け順序の入力・確認ができる(図-10)。

計画時、取付け手順を元請け工事担当者と PCa 取付け業者にて 3 Dアニメーションにより不備 がないか確認しながら入力、工場での製作状況 を工場担当者が入力した。各部材のステータス 管理は、工場では打設完了時と外周部仕上塗装 完了時に入力することで完了報告とした。一 方、現場の PCa 部材取付け状況は、タワークレーンオペレータが、柱のグラウト注入状況はグラウト施工業者が、それぞれの作業完了時に入力した(図一 1 1、写真 - 7)。

天候などによる工程調整は、関連する担当者で打ち合わせし、同時に PCa 管理システムに入力した情報を、自動配信によりリアルタイムで関係者全員に周知した。

進捗状況の確認は、設計事務所を含めた各担 当者だけでなく、各作業員やPCa 部材を運搬す る待機中の運転手もリアルタイムで確認ができ る。また、現場内に設置したデジタルサイネー ジに進捗状況を常時表示した(写真一8、9)。

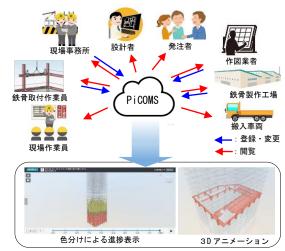


図-10 PCa 管理システム概要

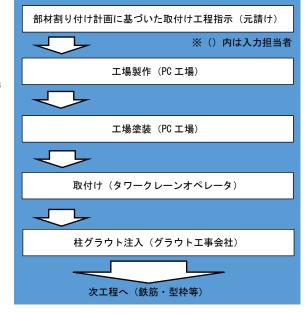


図-11 進捗管理用の PCa 管理システム への入力作業



写真-7 取付け状況入力



写真-8 運転手の進捗確認状況



写真-9 進捗表示

5. 省力化の施工による効果

以下に各施工項目による現場での効果を示す。

- (1)高層棟在来部へのサイト PCa の適用
 - ・複雑な躯体形状を PCa 化して打設することによりコンクリートの打設不良を防止し、躯体の補修作業を低減することができた。
 - ・当初想定の工程より高層棟3階の躯体工程を15日、R階の躯体工程を20日短縮することができた。
 - ・該当部分の型枠数量を約 40%削減し、資材の運搬費を約 20%削減するとともに施工位置への 資材の揚重や小運搬等の手間を約 30%削減することができた。
 - ・在来工法で発生するスラブ端部や足場上での作業を削減し、地上部分での平坦な場所での作業として作業姿勢が改善できた。
- (2)PCa 管理システムによる施工管理
 - ・PCa 取付け手順の3Dアニメーションによる確認で、手順の不備等による手戻りの発生を削減できた。
 - ・部材のステータスの「見える化」により、関係者がリアルタイムでの進捗状況の把握ができ、 また、変更事項の連絡調整が容易にできた。
 - ・日々変わる取付け状況を記録や打ち合わせ時の資料作成の一部について、ペーパレス化を実施することができた。

6. おわりに

当初計画からの既存建屋の解体工事開始の遅れに対して、事前に様々な省力化に関する検討内容をピックアップして具体的な施工計画を行い実施した。それら対策の実施の積み重ねにより、遅延なく新築工事を完成することができた。

本工事に関わりご指導・ご協力頂いたすべての関係者の方々に感謝の意を表します。

11. 木造音楽ホールの遮音性と施工方法の検討

社名: 前田建設工業(株) 諸石 裕紀

氏名:

事 例 概 要

項 目	内 容
<u></u> 1. 工事概要	ri 🛱
(1)工事名称	桐朋学園大学仙川キャンパス第二期工事
(2)規模(延床面積、階数)	延床面積: 2, 392㎡、地下1階、地上3階
(3)用途	大学
(4)主要構造	地下RC造、地上木造
(5)建設地	東京都調布市
(6)施工期間	2020年2月 ~ 2021年3月
(7)工事費	1, 866(百万円)
(8)設計者	基本設計: 隈研吾建築都市設計事務所
	実施設計: 前田建設・住友林業共同企業体
2. 改善概要	
(1)問題点•背景	
(施工上あるいは従来工法の	CLT(直交集成板)材を用いての世界初の音楽ホール施工となり、遮音性能の
問題・課題など改善前の状況)	確保が課題。
	天井、壁 折板形状の構造体かつ仕上げ材の為、傷汚れへの配慮と、安全・品
	質管理が必要。
(2)改善の目的	・建物内外(近隣および使用者)からの騒音クレームが無いような遮音を実現。
	・屋根壁、折板形状な為、建方中の安全計画、傷汚れを防止。
(3)改善実施内容	・社内研究施設にて各所の壁の遮音実験実施、改善効果を検証。
	・屋根CLT折板形状体を安定させる為に施工BIMにより、地組、順次仮固定 する建方を計画。
	・屋根CLTジヨイント部分のシール打ち、仕上面への雨水浸水防止。
	・壁CLTはシート養生を行い雨汚れ・日焼け防止。
(4)改善による効果	
•Q(品質)	・施工BIMにて木造建方検討したことによる建て入れ精度の向上。
	・不明確であった遮音性能を明確にすることにより要求性能を満たした。
・C(コスト)	・CLTを地組採用したことにより支保工足場費用削減。
	・施工BIM採用により、施工効率のアップ。
•D(工期)	・施工BIM採用により、建て方工程など、工短14日間。
•S(安全)	・地組採用により安全性が向上。
•E(環境)	・支保工足場削減により、搬入車両削減を削減、 CO ₂ 排出量を削減。
・その他の効果	・計画施工により、場内不要材が減少、整理整頓に効果あり。

木造音楽ホールの遮音性と施工方法の検討

前田建設工業(株)東京建築支店 諸石 裕紀

1. 工事概要

1) 工事名 :桐朋学園大学

仙川キャンパス第二期工事

2) 発注者 : 学校法人桐朋学園

3) 工事場所:東京都調布市

4) 工 期:2020年2月~2021年3月

5)施 工:前田建設·住友林業共同企業体

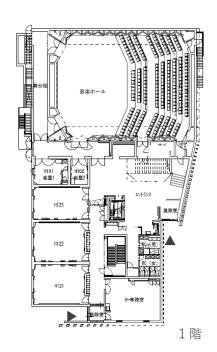
6)建物用途:大学

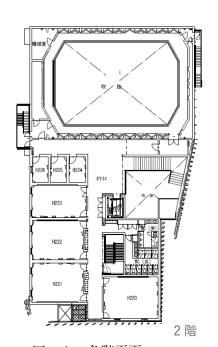
7) 主要構造:地下 RC 造 地上木造



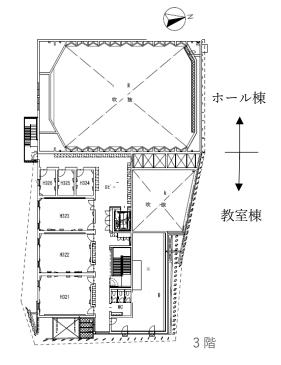
写真-1 建物全景

PLAN









本建物は、音楽ホール(ホール棟)と講義室・レッスン室(教室棟)からなる木造校舎である(写真 -1、図 -1)。

講義室・レッスン室には、音響拡散性能を考慮した CLT(直交集成板)反射板を設け、建物の随所に木を 感じることができるよう計画をされた(写真-2)。



写真-2 講義室

INTERIOR DESIGN



写真-3 エントランスホール

音楽ホールは約17mの大スパンを 木造 CLT 折板構造のあらわしとし、 十分な燃えしろを CLT で確保、火災 に対する安全性を配慮するとともに、 音響反射性能を兼ねることで、構造・ 防火・音響を一体的なデザイン形状で 成立させた (写真-4)。



写真-4 音楽ホール

また、エントランスホールの壁にも音楽ホールで使用し ているヒノキとスギのハイブリッド CLT 小端材をランダ ムに配置した。更に、エントランス階段も壁の CLT と調和 するよう積層木材のパターンが展開され、建物全体が調和の とれたデザインとした(写真-3)。

STRUCTURE / REGULATION

準防火地域に位置し、延床面積が 1,500 ㎡を超える建物 であることから別棟扱いの通達を適用し、Y7通りを境に東 側(教室棟)を耐火構造、西側(ホール棟)を準耐火構造 とすることでホール棟の木造 CLT 折板構造あらわしを実現 している。尚、CLT は燃えしろ層を有する被覆材としての 機能のほか、柱の座屈拘束や梁のたわみ抑制の役割も 担っている(図-2)。



2. 問題点

1) 遮音性能の確保

仙川桐朋学園音楽ホールは音楽の授業、演奏を行う施設の特性上、当然ながら遮音や音響について十分に 配慮すべき事項であるが、特筆すべきは木造建築での高遮音性能という、その材料特性とは相いれない課題 の達成である。木造 CLT の建築も、昨今は、実例ベースで壁や床の遮音測定結果など、紙面上でも出始めて はいるものの、今回のような音楽ホールとなると、実施事例が存在しない。遮音性能を確保する必要がある。

2) 木造建方用作業足場と屋根受け支保工

木造建方時の吊治具外し、ボルト締め等の木造工事作業足場について安全かつ施工性のよい仮設計画 の検討が必要である。

3) 木造建方計画

天井、壁が CLT の折板構造となっている。スパンは 1 7 m程度で天井の CLT 材はジョイントがあり木造建方中には斜め屋根を受ける支保工が必要となる。安全かつ施工性のよい仮設計画の検討が必要になる。

4) 養生方法

天井、壁の CLT は構造体かつ仕上げ材の為、建方中のキズ、汚れ、日焼けが発生する恐れがあり養生方法を検討する必要がある(図-3)。

以上の4つを解決すべき課題とし、施工計画を検討した。

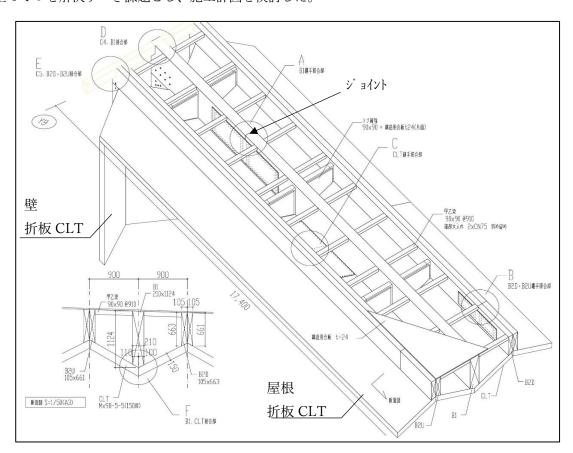


図-3 折板屋根 アイソメ図

3. 改善

1) 遮音性能の確保の検討

教室をはじめホール外壁、廊下との界壁など複数 個所の遮音壁に関し隈研吾建築都市設計事務所、唐 澤誠建築音響設計事務所、前田建設・住友林業 JV に て十分な協議を行ったうえで、前田建設 ICI ラボにて 試験体を作成し遮音実験を重ねた(写真 – 5 ~ 8)。

実験の際には発注者様にも立会い頂き、実験室に 楽器を持ち込んで演奏頂くことで、単なる数値目標 到達の確認という側面だけでなく、音の透過具合を 感覚的に体験頂くことで、関係者間で認識を共有 しながら施工に入ることができた。

実施工においては当然のことながら、実験室での結果とは別に、施工精度や床・天井との取り合いなど、 遮音性能の低下につながる様々な要素が潜んでいる。

施工段階では特に遮音性能上重点的に管理すべきポイントをピックアップし、施工図上で各部取り合いの個所を重点的に納まり検討するとともに、施工進捗の過程で自主検査・監理者検査を重ねることで、施工後では隠れてしまって箇所の特定が極めて難しい、想定外のサウンドブリッジ箇所を事前に拾い上げ、随時検討修正を行うことで性能確保につとめた。

音響についても、ホールのみならず音楽の授業を行う教室もあわせて、音響設計事務所に検討・助言を頂きながら進め、数回にわたる音響シミュレーションの過程において施された各部材のチューニングによって、熟成された響きの空間が実現した(図-4)。

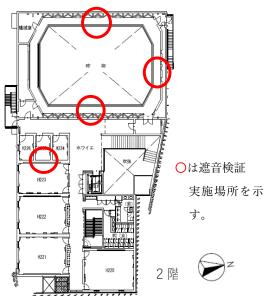


図-4 測定検証点



写真-5 前田建設 ICI ラボ



写真-6 ICI ラボでの遮音実験様子(音源室)



写真-7 ICI ラボでの遮音実験様子(無音室)



写真-8 ICIラボでの遮音実験での音源(楽器)

2) 木造建方用作業足場と屋根受け支保工の検討(音楽ホール内部足場の検討を実施)

建物外周には木ルーバーが斜めに設置されている。仮設図の作図時に平面図、立面図だけでは表現が難しい。また内部足場においても音楽ホール内の天井は CLT の折板形状(勾配有り)、壁が CLT の折板形状の為、平面図、断面図の 2 次元では表現検討が不十分な為、施工 BIM にて検討を行った(図-5、6)。

上段足場(図-7)天井塗装用、音響反射板、照明設置用足場として施工を行い、完了後は上段足場を解体し、下段足場(図-8)にて舞台装置、舞台照明を設置する足場として計画した。また、上段足場屋根 CLT、梁との接合作業床としてしても兼用できるように計画した。

屋根受け支保工は上段足場での 26 ヶ所のジョイント作業や目違いの微調整を考えた場合に効率が悪く 安全面も危険個所が多くなる為、地上での地組で検討する。地組については次項で説明する。

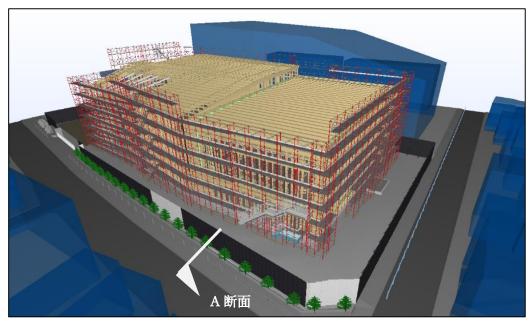


図-5 外部足場施工 BIM 図

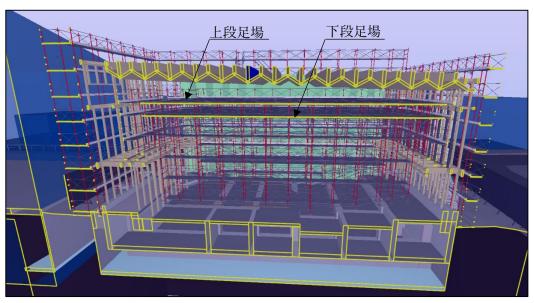


図-6 音楽ホール A断面図

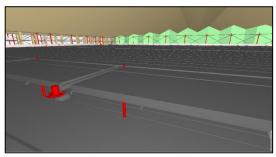


図-7 音楽ホール 上段足場

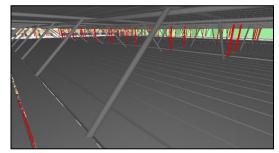


図-8 音楽ホール 下段足場

3) 木造建方計画

① 足場(支保工)施工期間の検討

- ・音楽ホールに支保工受けありで足場組した場合→施工期間6日(予算超過)
- ・音楽ホールに支保工受け無しで足場組した場合→施工期間3日(予算内)

② 支保工足場 使用の可否検討

支保工上にて屋根 CLT の建方を実施した場合、施工日数屋根部分だけで 20 日は必要となる。

地上部分にて屋根ユニットを地組した場合は壁 CLT 建方中に屋根ユニットの組み立てが可能になり、ジョイントの目違いの微調整も地組ヤードで作業可能となる。但し、屋根ユニットを受ける荷受け鋼材が必要となる。建方用ラフタークレーンで壁の CLT を建込中に合番クレーンにて屋根ユニットの組立を行う計画とした(図-9)。

施工日数は 13 日になり、最初の計画より建方工程を 7 日間短縮することができる。また、地上での作業になるので安全かつ施工性のよい建方計画となる。よって支保工は中止し地上での地組計画とした。 支保工足場削減により、搬入出車両削減したことにより CO_2 排出量を削減ができた。

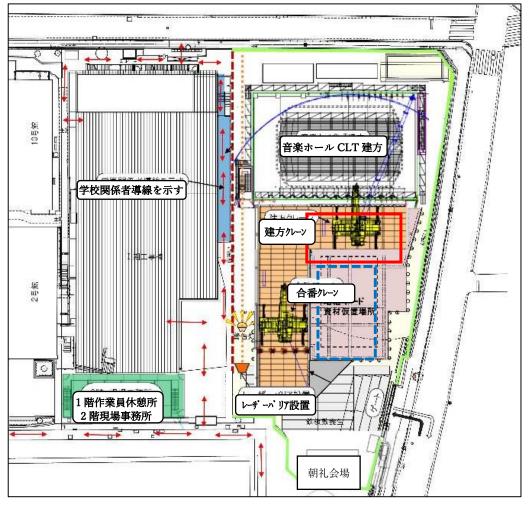


図-9 木造建方 仮設計画

③ 構台計画

構台はL型構台で地下躯体工事を行う予定だったが、I型の構台で地下躯体工事を行い、地上木造建方前に、図一9に示す□部分に置き構台を設置、構台をL型形状とする計画として、架設費を削減した。

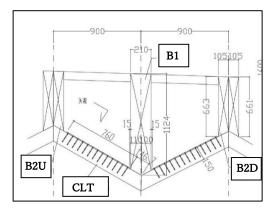


図-10 屋根ユニット 断面



写真-9 移動式地組架台

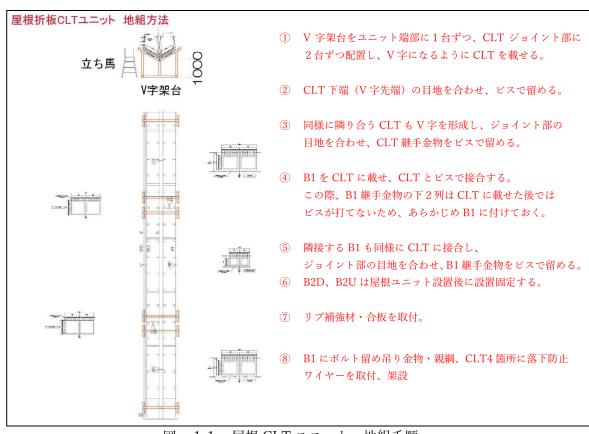


図-11 屋根 CLT ユニット 地組手順

④ 屋根地組・建て方状況

屋根 C L T ユニットは総重量 6.8t あり 70t ラフタークレーンにて揚重する。玉掛ワイヤー、チェーンブロック(バランス調整)介錯ロープを使い揚重を行った(写真 $-9 \sim 12$ 、図 -11)。



写真-10 屋根ユニット 揚重状況



写真-11 屋根ユニット 設置状況



写真 – 1 2 屋根 CLT ユニット と壁 CLT の接合状況

⑤ 木造建方順序について

- (1) 木造建方は西側の音楽ホールから東側の教室棟側へ建て逃げ方式で作業を進める。
- (2) 教室棟エリアに地組ヤードを設け音楽ホールの建方を進める。
- (3) 音楽ホールの建方が完了した時点で置き構台を解体し教室棟の北側の建方を行なう。
- (4) 残りの構台を解体し教室棟南側の建方を行なう。
- (5) 以上の手順で建方を進めるが作業員への周知徹底をはかる為に施工 BIM による日割り 図を作成して理解を深め安全かつ施工性のよい計画とする。
- (6) 施工 BIM 赤色部分が 1日の施工範囲を示す (図-12~19)。日割り計画にて 4日短縮する。
- (7) 日割り検討により場内の不要材が減少し整理整頓に効果をえられた。

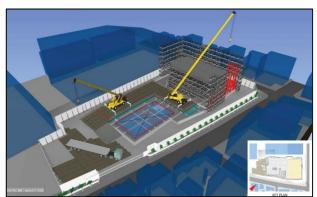


図-12 建方ステップ 1日目



図-13 建方ステップ 25日目



図-14 建方ステップ 31日目



図-15 建方ステップ 38日目



図-16 42日目



図-17 48日目



図-18 55日目



図-19 建方完了

(8)協力会社、作業員への周知の為の説明を実施

周知したことにより安全かつ施工性があがり無事故にて建方を終了することができた(写真-13、14)。



写真-13 職員、協力会社周知会状況



写真一14 作業員周知会状況

- 4) 天井、壁の CLT の養生 (キズ、汚れ、日焼け) 図-20 に屋根 CLT ユニット断面を示す。
 - 屋根 CLT と梁材ジョイント部(▲部分)は、シール打ち実施し、雨垂れが下層に落ちないようにした。
 - ② 屋根合板施工後の 合板上に仮設防水 シート (一 部分) を敷設した。
 - ③ 屋根のシート防水 完了まで、壁 CLT 部分等は防炎シート 防護を実施した (部分)。

以上により、仕上げ材 CLT の養生を実施した。

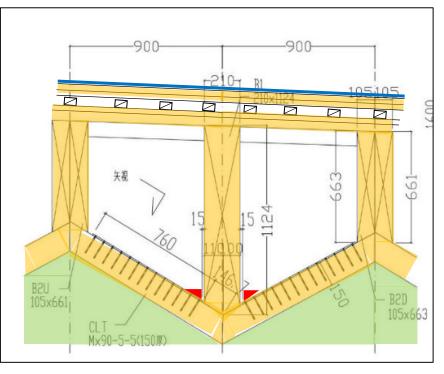


図-20 屋根 CLT ユニット断面

4. まとめ

桐朋学園大学音楽ホール及び教室を木造にて施工するにあたり、音楽ホール及び音楽教室としての性能である遮音性と、木造建物特有の木造を"見せる"設計のための仕上部材としての課題及び施工計画に関し、課題を抽出、個々関係者の了解を得るプロセスを経て、性能確認、施工計画立案、実施工を行った。

結果、関係各位の合意の下、要求性能をともなった建物を建設することができ、大学・音楽関係者の皆様に、ご活用していただいております。

桐朋大学教職員、学生の皆様をはじめ、関係者の皆様に心より感謝申し上げます。

12. 外装工事の効率化と品質改善

社名: 清水建設㈱ 氏名: 二階堂 洋平

事 例 概 要

項目	内容
1. 工事概要	
(1)工事名称	清水建設株式会社東北支店新社屋新築工事
(2)規模(延床面積、階数)	延床面積:5,588㎡、地下1階、地上6階
(3)用途	事務所
(4)主要構造	地下RC造、地上SRC造、S造
(5)建設地	宮城県仙台市
(6)施工期間	2019年11月 ~ 2021年2月
(7)工事費	
(8)設計者	清水建設株式会社一級建築士事務所
2. 改善概要	
(1)問題点•背景	・ECP版の取付けエ不足及び短工期であった。
(施工上あるいは従来工法の	・出来栄えにこだわり目地が少ないコンクリート化粧打放仕上げ壁の施工。
問題・課題など改善前の状況)	
(2)改善の目的	・ECP版の取付け効率の改善。
	・コンクリート化粧打放仕上げ壁の品質改善。
(3)改善実施内容	・ECP版のユニット化により取付け効率を改善するとともに無足場工法での施
	工を実施した。
	・コンクリート構成材料の厳選と配合の最適化により、コンクリートの乾燥収縮を
	最小限に抑え、コンクリート化粧打放仕上げ壁の品質及び見栄えを確保した。
(4)改善による効果	
•Q(品質)	・コンクリート打放化粧壁の良好な見栄え・品質の確保。
•C(コスト)	・足場組立解体費用の削減。
	・ECP版取付けの省人化の向上。
•D(工期)	•工期短縮。
·S(安全)	・足場組立解体に伴う、危険性:ゼロ化。
•E(環境)	
・その他の効果	

外装工事の効率化と品質改善

清水建設株式会社 東北支店 二階堂 洋平

1. はじめに

本件は、宮城県仙台市の中心である仙台駅から北西 2km に位置し、中層集合住宅やオフィスが建ち並ぶ地域で、1946年に竣工した社屋の老朽化に伴い計画された、自社ビルの建替工事です。

「自社固有の技術を採用し、ショールーム建屋として社内外にアピールできる施設」というコンセプトのもと、設計施工で計画されました。



図-1 全体パース 1階 正面玄関、両サイドが化粧打放壁



図-2 断面パース 2階-6階 北面外壁 外装 ECP

2階から6階の北面全面に配置された外装ECP(図-2)は、着工当初から取付け工不足による工程遅延が懸念されており、短工期の中、取付精度や品質を確保しつつ、いかに効率よく進め、次工程にスムーズに引き渡せるか、また、新社屋の顔となる正面玄関に採用されたコンクリート化粧打放壁(図-1)は「杜の都仙台」の定禅寺通りケヤキ並木をイメージした超難度の化粧打放壁であり、いかに美しく見せるか、という課題を抱えスタートしました。

ECP取付け効率の改善を図り、「ECPのユニット化」の計画を行いました。取付け精度・品質を確保するための工夫はもちろん、取付け効率を改善するための工夫で、次工程への早期引き渡し、また、無足場工法での取付けも実現することで、コスト改善、足場組立解体に伴う危険性を排除する効果にも期待しました。

「ケヤキ並木」をイメージした正面入口の化粧打放壁の施工にあたっては、誘発目地を極力少なくするための工夫として、コンクリートの乾燥収縮を押さえてひび割れを抑制する「超低収縮コンクリート」を採用、さらにコンクリート打設時の表面の気泡の混入や欠けを防止する「特殊撥水剤」を型枠塗布することで、「美しく見せる」ための出来栄えにこだわりました。

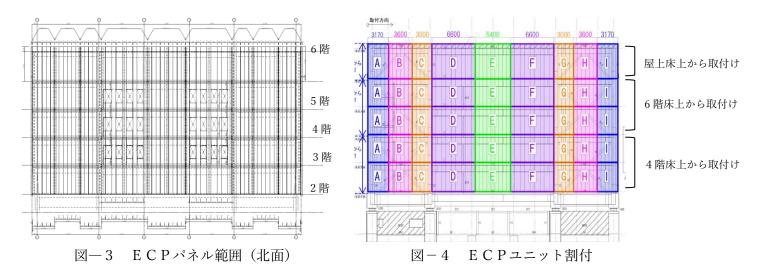
2. 工事概要

- · 設計監理 清水建設株式会社一級建築士事務所
- ・施 工 清水建設株式会社東北支店
- ·工 期 2019年11月27日~2021年2月12日
- ・工事場所 宮城県仙台市青葉区木町通1-4-7
- · 建物用途 事務所
- ·建築面積 894m2
- ·延床面積 5,588m2
- ・構造規模 B1F~1F: RC 造、2F 梁: SRC 造、2F~6F: S 造 (1F 柱頭免震構造)

3. 施工計画(ECPユニット化)

ECPは、北面 2 階から 6 階の範囲で、1 フロア当たり 59P、5 フロアで 295P あります(図-3)。図-4 がユニットの割付です。5P から 9P を 1 ユニットとし、A \sim I まで 1 フロア当たり 9 ユニットでの計画としました。

2階、3階のユニットは4階床上で、4階、5階のユニットは6階床上で、6階のユニットは屋上で地組し、2フロア分をまとめて施工することで ECP 取付け労務の効率化、タワークレーン稼働の効率化を図りました。



ユニット化の下地となる鉄骨フレーム(図-5、写真-1)は、部材の軽量化を図り、W150×H150の H 鋼に □125×75 の角パイプを取付ける構成とし、極力、人力で組立できるサイズや長さを選択しています。鉄骨フレーム上への ECP パネルの設置には、ALC を施工する際に用いられる「電動リフト型クレーン」を利用しました(写真-2)。この 2 つの工夫により、他工種とのタワークレーン使用が重複しないよう計画しています。

地組する際、H350 の山留材を 2 段重ねとすることで、施工面の高さを確保し、ECP 裏側の Z クリップ 締付作業をしやすくする工夫も施しています。

ECP 設置を含むユニットの組立は 4 人の鳶工を中心に行い、ECP 取付工 2 人を補助的に参画させることで少ない ECP 取付工でも労務に影響されることなく工事を進めることができました(写真-3)。

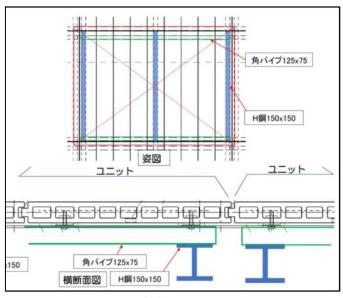


図-5 鉄骨フレーム



写真-1 鉄骨フレーム



写真-2電動リフト型クレーンを使った ECP 設置作業

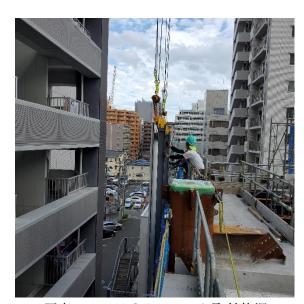
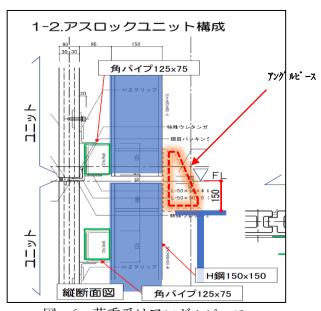


写真-3 ECPユニット取付状況

4. 品質確保(ECPユニット化)

ECPユニット化を計画する上で品質確保上、考慮したポイントが2つあります。

1つ目はユニットの取付け精度です。 $ECPユニットの出入り調整や、建て入れ調整が重要でした。新社屋の構造は、<math>2F\sim 6F$ はS造で、鉄骨フレームを受ける「荷重受けアングルピース(図-6)」は鉄骨建方のあと鉄骨梁上に墨出しを行い、アングルピース取付け用のボルトを溶接します。このピースの取付け位置でユニットの出入りを調整し、アングルピースとユニット下地H鋼に設けたルーズホール(写真-4)で上下左右方向の調整を行いました。



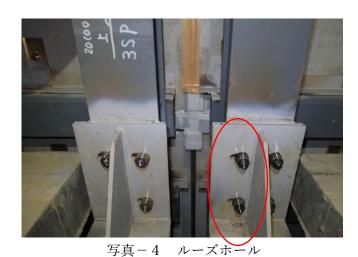


図-6 荷重受けアングルピース

2つ目は、止水についてです。4つのユニット交差部は、縦横のガスケットの縁が切れ、穴が開き、漏水の可能性が大きくなります。ユニットを取付、固定し、通常のシール施工のあと、ユニットの室内側でバックアップ材を使ってブリッジシール(写真-5)を行うことで、縦横のガスケットを一体化させ漏水対策としています。

また開口廻りについて、ECP 縦目地とサッシ左右の排水経路をつなげ、ECP 荷重受けと ECP 間の止水を目的に、上下 4 隅はサッシを取付ける前に先行シールを行い、サッシ取付後、2 次シール(写真-6)、外部からの注水試験(写真-7)で漏水のないことを確認してから次工程に引渡しを行いました。



写真-5 ブリッジシール施工状況



写真-6 開口廻りシール詳細



写真-7 注水試験

結果として、ECP ユニット化は、アングルピースやルーズホールにより、在来工法同様の取付精度を確保し、ユニット化することで新たに生まれる漏水懸念もブリッジシールで対応、労務手配を分散させないために、2フロアを1度に取付け、また鳶工を活用することで、当初から懸念されていた労務不足に対応することができました。

無足場での取付も実現し、足場組立解体コストの改善、組立解体における墜落災害の防止を無くし、近隣への影響も排除、という効果も上げることができました。

5. 施工計画(コンクリート化粧打放仕上げ壁)

「コンクリート化粧打放仕上げ壁の品質改善」について、冒頭でも話しましたが、「超低収縮コンクリート」と「超撥水剤」を採用しました。

取組んだ理由としては、東北支店の顔である正面玄関の出来栄えを内外的にもアピールする為、外壁の誘発目地を極力少なくする化粧打放壁を目指しました。超低収縮コンクリートは、乾燥収縮を最小限に抑えてひび割れを抑制するコンクリートです。誘発目地は柱と外壁の境界部のみとし、外壁中間部には誘発目地のない化粧打放壁を実現しました。誘発目地のない正面の外壁部には、定禅寺通りケヤキ並木をイメージした樹木の模様が描かれています。

型枠には、樹木の模様をあしらった浮造り加工されたパネルに特殊撥水剤を塗布した型枠を用いています。打放しコンクリート施工計画書に沿って、Pコン割、ノロドメテープを使用して、建て込みました(写真-8、9)。



写真-8 化粧打放型枠(樹木の模様)



写真-9 化粧打放型枠(竪本実模様)

特殊撥水処理を浮造りされた部分に施すことで、コンクリート打設時に、型枠の表面にコンクリートがくっつかず、弾くようになり、浮造り部分の細かい凹凸形状でも気泡の混入や欠けを防止し、細部まで表現できるのが特徴です(写真-10)。

この化粧打放コンクリート壁打設時は、作業所長含めて所員全員で打設しました(写真-11)。



写真-10 特殊撥水剤塗布状況



写真-11 コンクリート打設前周知会

6. 品質計画(コンクリート化粧打放仕上げ壁)

打設後の打ち上がり状況は、とてもきれいな状態で浮造りされた部分にコンクリートが充填され、密実なコンクリートを打設することができました(写真-12)。打放し化粧仕上げとする為に、水性高耐候性 4フッ化フッ素樹脂クリヤー塗料を塗布して(写真-13)、表面の仕上げを施しました。



写真-12 打設後型枠脱型状況



写真-13 表面仕上げ状況

これが、完成した化粧打放壁です(写真-14、15)。大面積の外壁でありながら誘発目地は最小限とし、 きれいな化粧打放壁が完成しました。

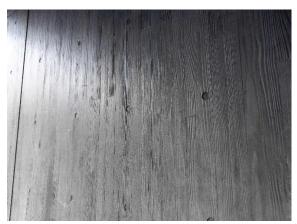


写真-14 浮造り部出来栄え



写真-15 樹木部出来栄え

7. まとめ

ECP のユニット化の取り組みに関しては、試験施工も行い、本施工に臨んだ事もあり、取付精度や品質を確保しつつ、無足場でありながら、効率よくかつ安全に施工することができました。今後の展開としては、いくつか改善点もありますが、全社的にフィードバックできる内容となりました。

また、東北支店の顔となる正面玄関には、「超低収縮コンクリート」と「特殊撥水剤」を使用したきれいなケヤキ並木をイメージした化粧打放壁が完成しましたので、近くにいらっしゃることがありましたら、 是非お立ち寄りいただければと思います。

13. BIMの活用による生産性向上

 社名:
 西松建設㈱

 氏名:
 山本 政雄

事 例 概 要

項目	内容
1. 工事概要	
(1)工事名称	(仮称)麹町五丁目計画新築工事
(2)規模(延床面積、階数)	延床面積:47,676㎡、地上22階
(3)用途	事務所
(4)主要構造	地上S造
(5)建設地	東京都千代田区
(6)施工期間	2017年9月 ~ 2020年5月
(7)工事費	_
(8)設計者	株式会社日建設計
2. 改善概要	
(1)問題点·背景	・地下のない直接基礎構造であった為、外装工事の製作納期がタイトであり、
(施工上あるいは従来工法の	物決めを早急に行う必要があった。
問題・課題など改善前の状況)	・狭小エリアに配置された設備機器置き場や中間免震など、立体的に確認を行
	う必要があった。
(2)改善の目的	・BIMによる生産設計の業務効率化および VE 活用を図る。
	・電気設備、機械設備業者との総合図調整にBIMを活用して効率化を図った。
	・施主、設計事務所との意匠的な合意形成をBIMを活用して効率化を図った。
 (4)改善による効果	
(4) 政告による効果 ・Q(品質)	・立体的な納まりの確認により、2D上で発見しにくい干渉を事前に確認すること
- (111)	- ・立体的な網よりの確認により、2Dエで光見しに、い下沙を事前に確認すること - ができ、施工後の手直し低減が図れた。
·C(¬7L)	・設備機器置き場の目隠しルーバーなど、BIMを活用し見映えを確認しながら
・C(コスト)	
D(T#0)	VEを実施することができた。
·D(工期)	・BIMを活用することで、もの決めが早期にでき、製作物の納期を確保すること
0/#4\	ができた。
·S(安全)	·-
•E(環境)	· -
・その他の効果	・施主、設計事務所に対して、納まりや空間の雰囲気を事前に確認し、合意形
	成を実施することで、顧客満足度の向上につなげられた。

BIMの活用による生産性向上

西松建設株式会社 生産設計プロジェクト室 山本 政雄

1. はじめに

本工事は、皇居や国会議事堂にほど近い東京都千代田区に位置し、敷地内に 15m の高低差がある場所での地上 22 階建て鉄骨造のオフィスビル建設工事である。

本工事の特徴は、1 階床~3 階床レベルにかけての敷地高低差約 15m の不整形な敷地形状、平面計画及び構造に中間免震を採用していることである。そのため、立体的な検討を要する箇所が多数あり、納まり検討・物決めに時間を要することが着工当初より懸念されていた。

本報告では、意匠のもの決め及び施工納まりの検討を効率化する為に、BIMを活用してフロントローディングを行った事例、VEへのBIM活用及び3Dプリンター、VR等でBIMデータを有効に活用した生産性向上についての事例を報告する。

完成時外観を写真-1に示す。



写真-1 完成時外観(北面)

2. 工事概要

本工事は既存建物の外壁を仮設の山留壁として利用し、高低差が 15mある二つの敷地をまたぐように建つオフィスビルの建設工事である。

建物の概要を図-1、敷地周辺の配置を図-2、敷地及び既存残置物モデルを図-3に示す

【工事概要】

1) 建物名称:住友不動産麹町ガーデンタワー

2) 建築主:住友不動産株式会社3) 設計:株式会社日建設計

4) 監 理:株式会社日建設計

5) 施工: 西松建設株式会社 関東建築支社 6) 工事場所: 東京都千代田区麹町五丁目 1-1 外

7) 工 期:2017年9月6日~2020年5月22日

8) 建物規模:延床面積:47,676.9m²

軒高 : 126.92m

構造種別:鉄骨造、中間免震

地上階数:22 階

9) 建物用途:事務所・駐車場

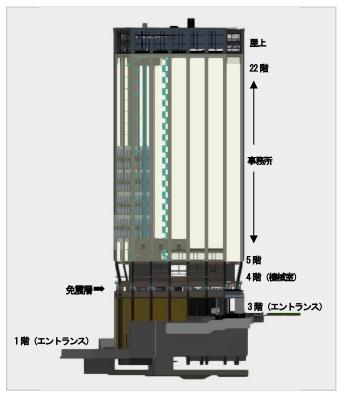


図-1 建物の概要 (BIM モデル)

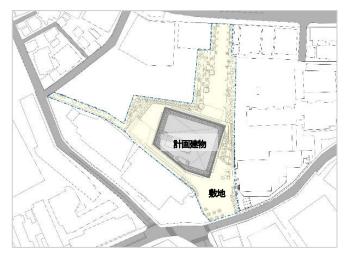


図-2 敷地周辺配置

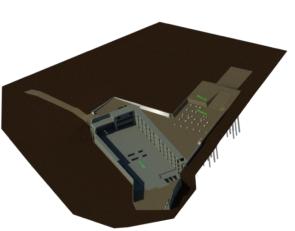


図-3 敷地及び既存残置物モデル

3. 課題と対策の検討

3-1 工事の課題及びその背景

- (1) 地下のない直接基礎構造であった為、外装工事の製作納期が非常にタイトであり、もの決めを早急に決定する 必要があった。外装もの決め工程表を表-1に示す。
- (2) 設備機器置き場は、低層階は西側の台形スペースへ、4 階は外部の上部空間(4FL+2850~+4200)へ、基準階は三角形状スペースへ、屋上は5つの異なる床レベルに分かれて配置など、それぞれが不整形で、狭小な空間に計画されており、 鉄骨部材、設備配管、設備機器納まりが錯綜しており、立体的な検討が必要であった。 一例に4階の設備機器置き場の配置状況を図-4に示す。
- (3) 中間免震構造を採用しており、最大変位が 650mm(設計値)と大きく、また積層ゴムアイソレータ、オイルダンパー、鋼材 U 型ダンパーとそれぞれがぎりぎりの免震クリアランスで納まる計画となっていた。
- (4) 外装モックアップの施工やエントランスなどの意匠変更があり工程もタイトであった為、施主・設計事務所との合意形成を急ぐ必要があった。変更後のエントランスパースを図-5に示す。
- (5) 他社設計案件であった為、ゼロから BIM モデルを作成する必要があった。
- (6) BIM の取り組みが初めてであった為、どういった活用が出来るのか分からない中での支社の支援を受けなが らの活用となった。

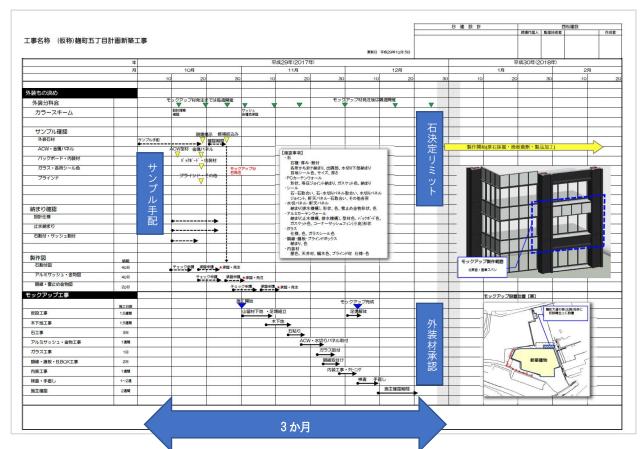


表-1 外装もの決め・モックアップ工程

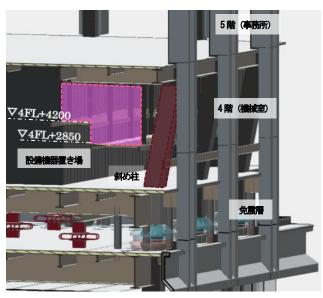






図-5 エントランス決定パース

3-2 対策の検討と BIM 活用計画

上記課題を踏まえ、当現場のBIM活用としてはすべてをモデル化するのではなく、低層階、基準階、屋上階とポイントとなるフロア、意匠確認が必要なエントランス廻り、低層階外装、基準階共用部及び総合図調整が困難な設備機器置き場にポイントを絞ってBIMモデル作成・検討を行うこととした。モデル作成範囲を図ー6に示す。



図-6 モデル作成範囲

4. 生産設計の業務効率化事例

1) 施工のフロントローディング事例

① 外装モックアップ施工への活用と業務効率化について

外装の柱・梁仕上げが石打込み PCa となっていた為、着工後、早期に石を 発注する必要があり、もの決めを迅速化する為に BIM を活用し、意匠性と 納まりを並行して検討を行った。図-7に外装モックアップ施工範囲を示す。

・外装 PCa の顧客との意匠合意形成の効率化

施主要望について見た目への影響、仕上げ数量の変更が把握しやすく、迅速にもの決めが進められた。図-8に変更前・変更後の比較状況を示す。



図-7 外装モックアップ施工範囲

図-8 外装柱 PCa 形状の変更前・変更後

・現場施工部と工場製作物取合いの確認

現場打ちコンクリートと製作物の取合いが止水ラインとして重要なポイントとなるが BIM モデルにより 事前に納まりの良否が判断でき、手直しを未然に防ぐことにつなげることが出来た(図一9)。

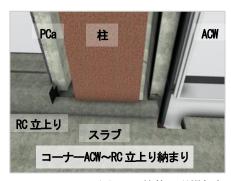




図-9 外装 現場打ちコンクリートと製作物取合い

・外壁の止水納まりの確認

平面図や断面図では理解がしにくい箇所の止水納まりを BIM 上で検討することにより、工事関係者への共有及び施工数量の把握につなげることが出来た(図-10)。



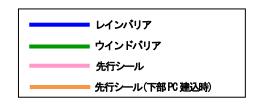


図-10 外装柱・梁PCa、現場打ちコンクリートとの止水納まり

外装工事の工程検討

構造躯体、仕上材の各部材をモデル化したことにより、施工手順及び施工性の確認をステップごとに 行うことが出来た。外装工事の工程検討状況を図-11 に示す。

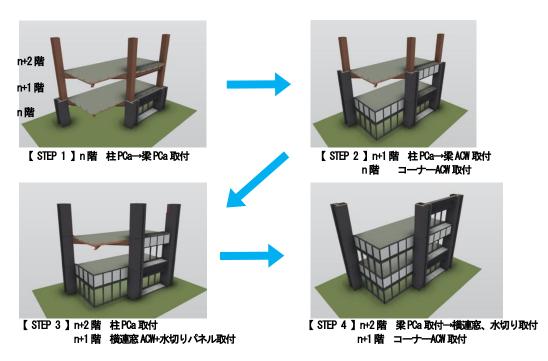


図-11 外装工事の工程検討状況

・外装 PCa 工事施工の手順検討

外装工程のポイントとなるゴンドラを使用してのシーリング作業について、先行施工、後施工の範囲を確認する為、仕口部の柱、スラブ、柱 PCa、梁 PCa を 3D プリンターにより 1/20 のモックアップを作成した。外装工事の作業量を把握するとともに、外装施工業者との打合せに使用し、止水納まり、現場打ち躯体形状、外装材施工性等の確認を実施し、手戻り防止に繋げられた。

3D プリンターによる PCa 納まり模型を写真-2、外装施工業者との打合せ状況を写真-3 に示す。



写真-2 3D プリンターによる PCa 柱、梁納まり



写真-3 外装施工業者との打合せ状況 (2017年)

以上より、生産設計における業務効率化の結果を試算すると下記となった。

通常の案件でモックアップ施工にかかる期間6ヶ月

本工事では、検討開始から外装モックアップの完成までにかかった期間3ヶ月

と、▲3ヶ月分の生産性向上に繋げられたと考えられる。(110 時間/月・人×3ヶ月=▲330 時間減)

② 設備機器置き場の総合図統合 BIM モデルによる干渉チェックについて

建築モデルの作成ソフトは Revit、機械設備は Tfas、電気設備は CADEWA であった為、機械設備・電気設備のデータを IFC 形式で出力し、建築モデルへ統合した。

建築で作成したBIM モデルを図-12 に、設備業者作成モデルを図-13 に示す。

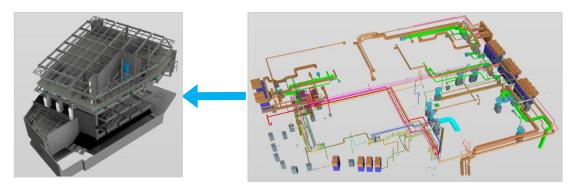


図-12 建築作成 躯体+鉄骨モデル

図-13 設備業者作成 配管・ダクトモデル(IFC形式)

・メンテナンスルートを考慮したメンテナンスデッキ範囲の検討

4階、基準階、屋上と各階の設備機器置き場は、狭いエリアに密集して配置されている。メンテナンスが問題なくできるルート及び作業床を確保する為に、各社のモデルを統合し、想定したメンテナンスルート上での配管横断、足元貫通の有無及び必要な作業床範囲の検証を行った。

施主・設計者との総合図調整会議では、図面上での説明に加え、詳細や混み合ってわかりにくい箇所については BIM 上で拡大、また断面を切り、ヘッドクリアランス等を含め確認を実施した。

屋上の設備機器置き場を図-14、施主・設計との総合図調整会議の様子を写真-4に示す。

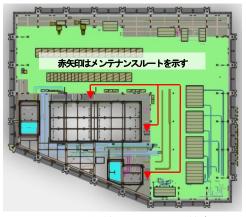


図-14 屋上設備機器置き場 BIM 統合平面



写真-4 施主·設計事務所 総合図調整会議(2018年11月)

施主・設計者との打合せについて、従来であれば作成していなかった断面があった場合は後日確認と積み残しになっていたが、今回はその場で必要箇所の断面や詳細を提示し、BIM上で確認が出来た為、打合せ回数・時間の削減及び追加断面図の作図の削減により生産性向上に繋がったと考える。

以上より、生産設計における業務効率化の結果を試算すると下記となった。

総合図調整にかかる業務時間の効率化及び会議時間の短縮、会議回数の削減により

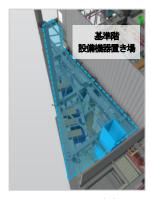
従前 : 1 フロア当たり 調整会 4 時間/回 \times 3 回+検討 3 時間/回 \times 3 回=21 時間 BIM 活用: 調整会 3 時間/回 \times 2 回+検討 2 時間/回 \times 2 回=10 時間

合計 ▲11 時間/(人・フロア) ×7 フロア実施=▲77 時間

鉄骨部材(柱・梁・ブレース)との干渉チェック

設備機器置き場の鉄骨と機械設備・電気設備配管納まりについて、設備・電気設備間の調整をするのと並行して、構造設計者と鉄骨納まりについて協議し、梁・ブレース配置の変更等を実施した。

BIM モデルで見える化することにより、設計者に説明しやすく、変更協議がスムーズに進められた。図-15に設備機器置き場の機械設備・電気設備配管納まりを示す。





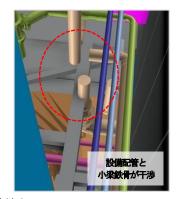


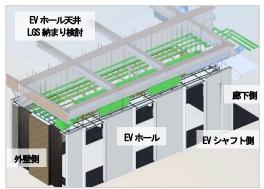
図-15 設備機器置き場 機械設備・電気設備配管納まり

・基準階 EV ホールの折上げ天井 軽量鉄骨天井下地組の検討

基準階の EV ホールの天井は、天井高さが 5 つ (ロの字天井部、折上げ部、EV 乗り場前、突き当たりの壁面、廊下側梁型面)のレベル設定となっており、天井内に鉄骨大梁、小梁、設備配管・ダクト等が入り乱れ、フトコロ高さに余裕がなく、品質と強度を確保した軽量鉄骨天井下地の施工が求められる状況であった。

こういった狭小部および混み入った箇所での納まりこそ BIM でモデル化することで、それぞれの取合い、クリアランスの有無、施工性の検討ができ、作業員と施工前に共有、施工検討ができると考え、検証を実施した。

今までの2次元図面では、断面をXY方向で2、3 面ずつ作図して初めて全体が見える状況であったが、BIM モデル上であれば、自由に切断が可能な為、よくわからない箇所の納め方が明瞭となり、設備との配置調整も事前に確認ができた。以上より、工事監理者、施工者双方が納得した上で施工に取り掛かることになり、良い品質の施工ができた。図-16にEVホール 折上げ天井の軽量鉄骨天井下地の検討状況を示す。



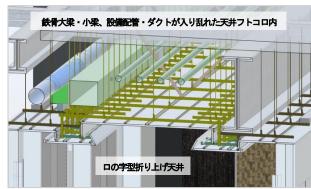


図-16 基準階 EV ホール折上げ天井 軽量鉄骨天井下地組納まり

以上、干渉チェックにおける生産性の効率化の結果については、前項の総合図調整における効果に含む。

③ 中間免震層の納まり検討における業務効率化について

・免震層の地震時変位に対する干渉チェック

積層ゴムアイソレータ及び鋼材 U 型ダンパーの地震時可動範囲を半透明のモデルで再現し、この範囲に仕上げ材、設備・電気配線、配管が干渉しないかを確認することにより、免震クリアランスが確保されていることを見える化して検証した。可動範囲モデルを付与した免震層モデルを図-17に示す。

また、作成したモデルより免震クリアランス詳細図を作成して、工事管理者への承認図とした。 BIM モデルから図面化したものを図-18 に示す。

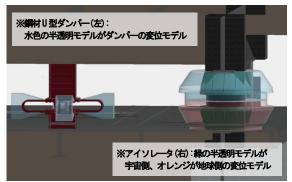
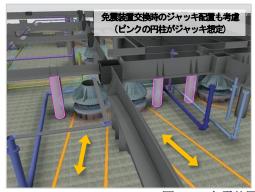


図-17 免震部材可動範囲モデル

図-18 BIM モデルからの図面化

・免震装置の交換及び日常点検ルートの検討

免震装置交換(将来対応)について、搬出入ルートを検証する為、モデルにルートを落とし込み、ルート上の 設備・電気配管配線ルートの配置・高さ調整を行った。その中でオイルダンパー下部を通る必要が出てきた為、 高さの変更を構造設計者と協議して変更した。交換ルートの検証状況を図—19 に示す。



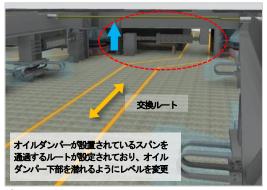


図-19 免震装置交換ルート検証状況

以上より、生産性の効率化結果を試算すると下記となった。

総合図調整にかかる業務時間の効率化及び会議時間の短縮、会議回数の削減により

従前 : 断面図 1 枚当たり チェック 1 時間×10 面=10 時間+再チェック 2 時間=12 時間

BIM 活用: 閲覧ビュー上での変位モデルとの干渉箇所をチェック 2 時間

合計 ▲10 時間のチェック時間の削減

施工図作成 従来の施工図作成(外注):キープラン、断面図、断面詳細図 計10枚×29,000=29万 今回は総合図調整でモデル作成済み、断面切出し、寸法の追記のみ CAD オペ作業2日 程度=5万

合計 ▲24 万程度、図面費用の削減

5. VE に関する活用事例

① 外装アルミルーバーの見映えシミュレーションによる VE 事例

基準階 南西面室外機置き場の外装目隠しルーバーについて、ルーバー段数が 10 段と細かいピッチで計画されていたが、ダクトが接続されている箇所や、背面をパネルでふさぐ箇所が多くあり、中が透けて見える懸念が少なく、また方角的にも周辺から目立たない面である為、VE 交渉を行った。

従来の提案方法では、立面図及び断面図を用意して協議を行っていたが、見栄えにどの程度影響するかが伝わりにくく、VE 交渉が成立しないことが多かった。そこで今回は BIM を活用して VE 提案を行った。

原設計、VE 提案の見え方をレンダンリングした画像で比較した外観を図-20、竣工後の外観を写真-5に示す。





図-20 外装アルミルーバー 変更前後 外観



写真-5 室外機置場外観

アルミルーバーは10段から8段になり、材料費が2割コストダウン、ユニット化しての施工で、ユニット 重量も2割程度軽量化が図れた為、施工の効率もあがったと考える。

② エントランスの日射シミュレーションによる VE 事例

エントランスの日射状況を再現することにより、ロールスクリーンの過不足を確認して、VE 出来ないかと考え、日射シミュレーションを実施した。

BIM モデル上で、季節毎、時間帯毎の日射状況を再現し、ロールスクリーンの有無による効果を確認した。 これらの結果より原設計ではエントランスの南、東、北面とすべての面で配置されていたが、北面と東面一部についてはロールスクリーンの効果が低いと考えられた為、VEが成立した。

日射シミュレーション時のモデルを図-21に示す。

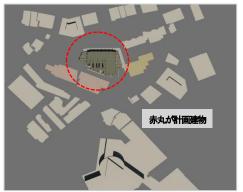




図-21 日射シミュレーション検証モデル

建物周辺の環境を再現し季節毎、時間帯別でロールスクリーン有り、無しの条件にて日射状況を再現した日射シミュレーションを図-22に示す。

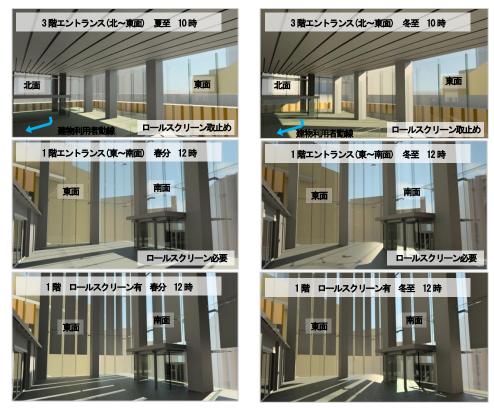


図-22 日射シミュレーション

原設計のロールスクリーンの範囲及びVE後の範囲を図-23に示す。

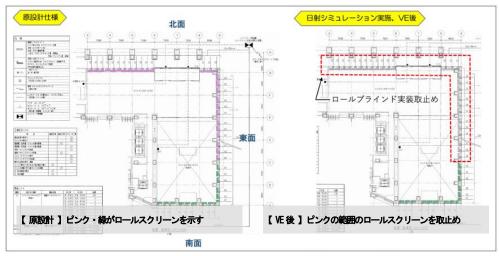


図-23 原設計のロールスクリーン範囲(左)と VE 後(右)

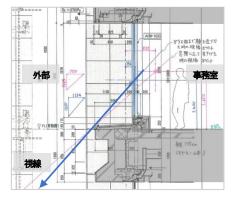
今回の VE 提案にあたり行った作業としては、本体建物周辺の近隣建物の簡易モデル作成(エントランスモデルは別の目的で作成済みだった)、日射のスケジュール設定を行いレンダリングするといった作業を繰り返した程度であり、少ない作業で効率良く VE が達成できたと考える。

③ 設備機器置き場の視認性シミュレーションによる VE 事例

西側 2、3 階の設備機器置き場について、上階の事務室から設備機器が見えないよう、屋根面に目隠しルーバーが配置されていたが、事務室の窓は外壁面よりオフセットした配置となる為、視認性シミュレーションを実施した。

下図の様に見えないことが確認できた為、施主・設計事務所へ提案し、VE を実施した。(屋根面の目隠しルーバーと目隠しルーバー受け鉄骨一式を取止め)

視認性シミュレーションに用いた資料と死角範囲モデルを図-24に示す。



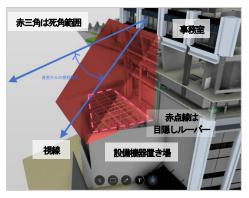
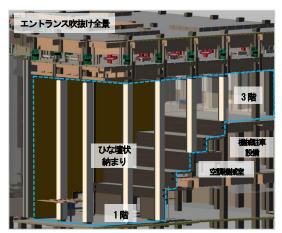


図-24 視認性シミュレーション状況

今回の提案も②の日射シミュレーションと同様に、死角となる視線ラインの検討及び死角範囲モデルを追加したのみでシミュレーションができ、こちらも少ない作業で効率よく VE を達成できたと考える。

④ エントランスひな壇状床面の視認性シミュレーションによる VE 事例

1~3 階エントランス吹抜けのひな壇状床仕上げについて、石貼りの計画であったが、見えない範囲はVE が可能ということで、ウォークスルー機能を利用し、BIM モデル内で視認性を検証した。その結果、3 階から見下げた場合、1 段目の跳ね出しの影響で視線が遮られる範囲について仕上材のVE を実施した。 視認性シミュレーションを実施したモデルを図-25 に示す。



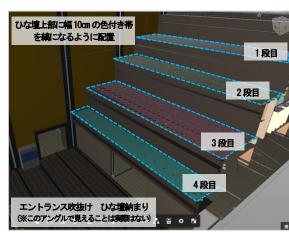


図-25 エントランスひな壇状床面の視認性シミュレーション

具体的には、ひな壇の床面に1本10cm幅の帯を各段ごとに色を分けて配置することによって、見えている段と、見えている幅が確認出来るよう考慮した。

見える範囲のみ石貼りとして、その奥の見えない範囲はタイルカーペットに変更し、VE を実施した。 1、3 階からの視認性シミュレーション状況を図—26 に示す。



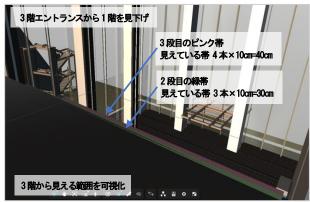


図-26 エントランスひな壇状床面の視認性シミュレーション

このように、BIM のメリットである見える化を最大限に活用することで、様々なVE に活用ができたと考える。

6. 3D プリンターを利用した活用事例

- ① 外装PCa工事 モックアップによる柱梁仕口部の施工及び納まり検討事例
- 4. 1)-① にて PCa 工事の施工計画に 3D プリンターを活用し、縮小モックアップによる検討を実施した。 (詳細は 4.1) -①を参照)
- ② 外装工事 モックアップによる工程及び施工の検討事例

外装モックアップ施工時に作成した BIM モデルを使い、工程及び施工検討用として、3D プリンターで縮小 モックアップを作成した。モックアップの部品構成は工程のタイミングを再現できる様な構成とした。

BIM モデルをビュワー等で閲覧した際に感覚的にわかりにくい場合でも、こういったモックアップでの検証は、確認がしやすく、打合せでも活用しやすいアイテムになる。

作成内容としては部品数が 15 点程度、作成期間 $1\sim2$ 週間程度、かかった材料費 1 万円以下であった。 作成した縮小モックアップを写真-6 に示す。



写真-6 外装仕上げ縮小モックアップ

③ 鉄骨柱梁仕口部のモックアップによる現場溶接の作業性検討事例

外周の柱梁接合部がノンブラケット・現場溶接納まりとなっていたが、柱 PCa の自重受けピースが近接している為、現場溶接の作業性に懸案があり、3D プリンターにて 1/10 モックアップを作成して検証した。

モックアップを鉄骨 FAB 担当者に提示することで、鉄骨 FAB 側も本気で検討し始め、原寸モックアップを作成して作業性を確認したところ NG との回答となった。その後、構造設計者へブラケット形式への変更を協議した際にもこういったモックアップを見せることにより、説得力のある協議になったと考える。

また、ブラケット形式の現場継手になり、工程及びコスト的にも有利側の変更となった。 モックアップ作成用のモデルを図-27、鉄骨 FAB、設計者との協議状況を写真-7に示す。

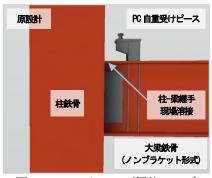


図-27 モックアップ用仕口モデル



写真-7 構造設計者との変更協議状況(2018年6月)

④ アルミスパンドレルのモックアップによる意匠合意形成への活用事例

エントランス天井仕上げについて、アルミカットパネルで設計されていた。全体工事金額の調整でアルミスパンドレルへ変更になったが、施主及び意匠設計者からは凹凸感を大きく見せたいとの要望があり、既製品では要望に添える該当製品がなかったことから、新型での提案を検討した。

モックアップを提案するにあたり、新型の場合、型をおこしてからのサンプル製作となる為、納期がかかること、更に手直しが発生した場合、追加のコストと納期がかかる懸念があり、3D プリンターを活用することとした。

通常 1 ヶ月程度かかるモックアップ作成期間は 1 週間程度と短納期で作成ができ、このモックアップで見栄え、型同士の納まりの検証を行い、無駄なサンプルを作成することなく、効率良くもの決めを行うことが出来た。写真—8 にモックアップ及び意匠設計者との打合せ状況を示す。

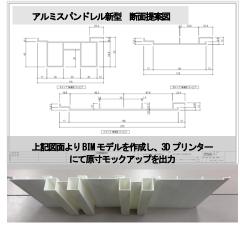




写真-8 アルミスパンドレル 3Dプリンターによるモックアップ及び設計者打合せ状況 (2019年4月)

7. 地図アプリを利用した活用事例

ビル名サイン位置(方角を含め)を決定するにあたり、サイン業者にモンタージュ写真を作成させ提案をしたところ、設計時に NG とされていた西側への設置を提示してきた。設計者より本当にこの見え方なのかとの指摘があり(設計時に視認性シミュレーションを行っていた)、BIM を活用して視認性シミュレーションを実施した。シミュレーションの手法として、建物自体は簡易モデルとし、メインで確認するビル名サインのみ詳細まで作成し、そのデータを地図アプリに読込み、道路を走行しながら視認性を確認した。

施主・設計事務所と協議し、どの面につけると一番視認性が良いか検討し、決定に至ることが出来た。 サイン業者からの西側の見え方についての提案資料を写真—9 に、地図アプリ上での見え方を図—28 に示す。







図-28 地図アプリ上での見え方

確認した結果、南面及び東面が良いことがわかり、最終的には東面に外壁ビル名サインを設置することに決定した。施主提案したシミュレーション状況を図-29、完成時外観を写真-10に示す。





図-29 南面、東面の視認性シミュレーション状況





写真-10 南面、東面の完成時外観

8. VR を利用した活用事例

施主・設計間で大枠で合意している意匠計画を BIM モデルで詳細な施工図レベルまで再現して、施工時の変更や手戻りを防ぐことを目的として施主・設計事務所担当者に、VR 空間で出来型を体験をして頂いた。

また現場職員、施工図担当者、CAD オペレータ、サブコン各社にも体験してもらい、これから施工する箇所、納まりが難しい箇所及び仕上げのイメージを持ってもらう一助になったと考える。

施主、設計事務所、施工者のVRによる出来型の確認状況を写真-11に示す。







写真-11 VR による出来型の確認状況 (2019年1月)

【VRによる確認箇所】

- ① 基準階事務所 共用部 EV ホール、廊下、給湯室、トイレのレイアウト及び意匠性
- ② 1、3 階エントランス吹抜け空間、EV ホール、防災センターの意匠性、見え方
- ③ 免震層のメンテナンスルート、将来対応免震部材交換ルート
- ④ 外壁ビル名サインのディテール確認
- ⑤ ゲートのビル名サインの意匠性、見え方

免震層のルート確認、外壁ビル名サインの VR 確認状況を図-30 に示す。

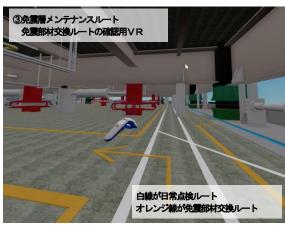




図-30 VR による確認状況

9. おわりに

今回、BIMを試行錯誤しながらの活用であったが、施工検討のフロントローディングによる生産設計の業務の効率 化に繋げることができ、またBIMと様々なツールを連携し多岐に渡り活用でき、生産性向上がはかれたと考える。 最後に、BIM活用を進めるにあたり、多大なるご支援を頂いた関係各位に厚く御礼を申し上げます。

14. 捻じれた屋根躯体の BIM による施工合理化

社名: 鹿島建設㈱

山田 和臣

氏名:

事 例 概 要

項目	内 容
1. 工事概要	
(1)工事名称	東京工業大学(大岡山)Hisao&Hiroko Taki Plaza 新営その他工事(再公告)
(2)規模(延床面積、階数)	延床面積:4,879㎡、地下2階、地上3階
(3)用途	学校
(4)主要構造	RC造
(5)建設地	東京都目黒区
(6)施工期間	2019年3月 ~ 2020年11月
(7)工事費	1, 994(百万円)
(8)設計者	設計・意図伝達:隈研吾建築都市設計事務所 総括・監理:東京工業大学
	施設運営部 構造:金箱構造設計事務所 設備:㈱森村設計
2. 改善概要	
(1)問題点·背景	・RC造の勾配大屋根が、地下1階から3階を覆い、かつ、3次元に捻じれた形
(施工上あるいは従来工法の	状だったため、施工図・加工図作成と工事に、大幅な費用と日数を要する懸念
問題・課題など改善前の状況)	があった。
(2)改善の目的	・施工図BIMデータを既存のICT機器と連動させ、施工図作成と施工管理の業務効率化を図る。
(3)改善実施内容	・クラッシュレポート、配筋検討、雨水シミュレーションへのBIM活用。
	・BIMから2D展開図への変換プログラミングを使用した、型枠展開図の作成。
	・ターゲットを自動追尾する測量機を使った、型枠出来形管理。
	・3 Dプリンターによる模型作成。
	・AR、VRの活用。BIMモデルを使った施工ステップ動画作成。
(4)改善による効果	
·Q(品質)	・柱型梁型の出来形が、打放しに塗装仕上の下地として、高い精度を確保することができた。
•C(コスト)	・施工図費を25%削減。
	・型枠加工図の拾い手間を67%削減。
•D(工期)	・躯体工事の遅延をゼロに納めることができた。
·S(安全)	・足場計画を事前に決定することができ、危険性を排除するのに役立った。
·E(環境)	・型枠の現地加工を、想定よりも50%以下に削減することができた。
・その他の効果	・作業員も含めた現場関係者と、完成イメージの共有に貢献した。

捻じれた屋根躯体のBIMによる施工合理化

鹿島建設株式会社 東京建築支店 山田 和臣

I はじめに

本工事は、東京工業大学大岡山キャンパスの正門前に位置し、本館時計台までの視線を妨げない配置と建物形状とし、大学環境に溶け込み緑の丘を想起させる、階段状の特徴的な屋根があった(**写真-1**)。

この階段状の屋根は、西側を頂点とし扇形にウッドデッキを重ねずらしながら設置する仕上げである。それを支える躯体構造はRC造で、打放し仕上げの小梁が扇の骨のように放射状に配置され、隣り合う梁は角度も長さも全て形状が異なり、しかも東側が緩勾配、西側が急勾配と角度が違い、屋根スラブは捻じれた曲面形状である。

そのため、意図する躯体形状に造り上げるには、施工 関係者に構造フレームを分かりやすく伝えること、構造 設計形状を施工しやすい形状に簡素化し、型枠加工図の 完成度を上げることと、出来形の精度管理することが成 否のカギとなった。



写真-1 現場全景

Ⅱ 工事概要 (図-1、2)

工 事 名:東京工業大学(大岡山)Hisao & Hiroko Taki

Plaza 新営その他工事 (再公告)

所 在 地:東京都目黒区大岡山2丁目12(大学構内)

建 築 主:国立大学法人 東京工業大学

設計・意図伝達: 隈研吾建築都市設計事務所

総括·監理:東京工業大学施設運営部

構造設計:金箱構造設計事務所

設備設計:森村設計

施 工: (建築・EV) 鹿島建設株式会社 東京建築支店

(電気設備、空調衛生) 別途

工 期: 2019年3月~2020年11月 (19.5ヵ月 図-3)

用 途: 学校

敷地面積: 137,088.40 m² 建築面積: 1,293.37 m² 延床面積: 4,879.39 m² 最高高さ: 13.96 m

階数: 地上3階、地下2階

構造: RC造

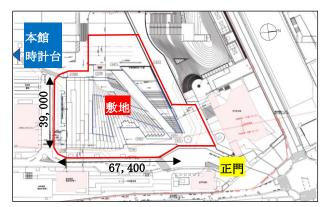


図-1 建物配置

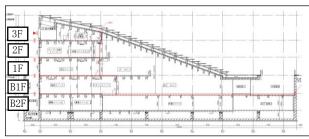


図-2 建物断面

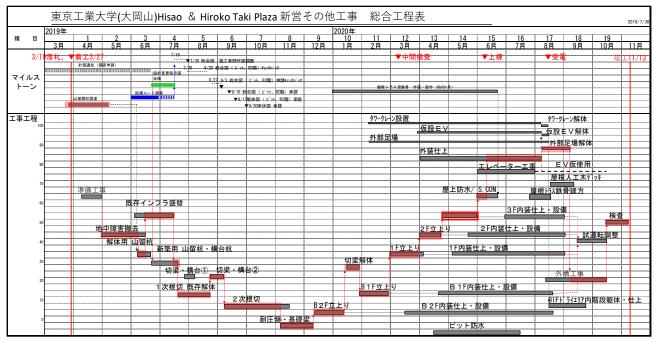


図-3 マスター工程

【屋根の意匠構成】(図-4、5)

- ① 勾配屋根躯体上に扇状に下地鉄骨梁を配置。
- ② 下地鉄骨梁は、鉄骨柱にて捻じれた勾配屋根躯体 から支持。
- ③ ウッドデッキは、扇状に配置した鉄骨梁に根太・大 引を組み、その上に重ねずらしながら張る。
- ④ 屋根梁の内装仕上げはコンクリート打放しに塗装 仕上げ。
- ⑤ 屋根スラブ下(上裏)の内装仕上げはロックウー ル化粧吸音板張り仕上げ。
- ⑥ 原設計の屋根防水は、アスファルト防水の上、断 熱スタイロフォーム敷き、押さえコンクリート金 鏝仕上げ。

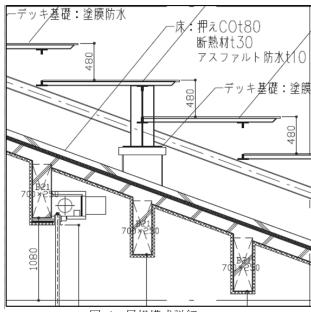


図-4 屋根構成詳細



図-5 外観イメージパース

【屋根の構造構成】 (図-6~8)

- ① 屋根スラブ、梁、柱など全て RC 造である。
- ② 南北方向の通芯は、等間隔で平行である。
- ③ 東西方向の通芯は、途中から放射状になる。
- ④ 勾配屋根の大梁は、南北方向に配置されている。
- ⑤ 屋根小梁は、放射状の通芯方向に配置されている。
- ⑥ 屋根の小梁レベルは、構造図に明記されている。
- ⑦ スラブ配筋は 120mm 厚のシングル配筋である。

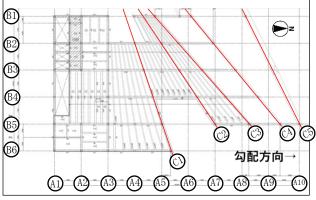


図-6 屋根伏図

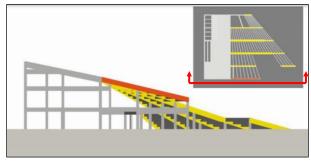


図-7 東面からの大梁と小梁の部材配置断面



図-8 南面からの大梁と小梁の部材配置断面

Ⅲ 課題解決のためのBIM活用4ステップ

BIM活用の目的は、以下の通りである(図-9)。

- 目的
- …特殊な建物形状を構築するにあたり、下記①②③の目的で、既存のICT(情報通信技術)を活用し、BIMと連動させた建物構築体系を試みる。
 - ① 設計者や協力会社との合意形成の迅速化
 - ② 業務効率化 (現場作業の手間減、省人化)
 - ③ 出来形管理(品質向上)、数量算出
- ・BIM (Building Information Modeling) の施工実証 …現在のフロントローディング的なBIM利用を更に進 め、施工・出来形管理への利用を試み、現場作業の簡便 化、省人化を図り、建築業界の今後の担い手不足対策の ひとつとする。



図-9 BIM活用の目的

目的を踏まえ、課題を効率よく解決するため、現場での建築生産ラインを大きく4つのステップ(段階)に分け、段階ごとにBIM活用による効率化の目標を設定した。

また、現在のBIM活用は、設計、積算、プレゼンテーション利用など設計企画段階での活用が多い状況で、施工段階においてもBIMは活用されているが、限定的な活用に留まっていると感じられる。

今回は1つのBIM施工図データをもとに、4つのステップ(段階)で各ツールに適応するデータに変換利用することで、施工段階での更なるBIM活用を試みることとした(図-10、表-1)。

・4つのステップ

STEP1…【躯体形状の簡素化】

3Dモデルによる施工を考えた躯体形状の検討 ⇒ (目標) 検討時間の短縮、見える化。

STEP2…【加工への展開】

3D施工図から2D施工図の出力

⇒ (目標) 2次元図面作成・修正時間の短縮。

STEP3…【伝達方法】

施工に必要な情報の伝達手法の検討

⇒ (目標) 効果的、効率的な情報伝達。

STEP4…【出来形管理】

現場と図面の照合、検査の自動化と遠隔化 ⇒(目標)精度管理業務の労務軽減、時間短縮。 図-10 BIM活用の目的とスケジュール

表-1 BIM活用項目一覧

BIM活用項目	内容	主な対象先
Step1【形状の簡素化】納まりや形	状の検討	
①総合図干渉チェック (クラッシュレポート)	建築、設備の干渉部分の抽出と解決。ス プリンクラー配管等の配置を検討。	設計者 別途業者
②鉄筋納まり	通芯が直行しない捻じれた屋根。	設計者 協力会社
③型枠形状簡素化検討	捻じれた屋根形状を型枠ベニヤの平面で 構成できるようにする。	設計者 協力会社
④雨水排水CG動画	勾配屋根の雨水排水ドレイン位置などの 想定検証を行う。	大学 設計者
⑤VE検討VR	完成形を視覚的に示す。 屋根鉄骨をトラスからH鋼に。 手摺をエキスパンドメタルに。	大学 設計者
⑥仮囲いAR	仮囲に設置された箇所から覗くと、建物 完成形の画像を映し出す仕組み。	大学関係者
Step2【加工への展開】		
⑦BIM施工図	変更履歴管理。2D図面出力の効率化。 断面図作図の効率化。	施工者 協力会社
⑧型枠展開図	展開図作図、自動寸法記入、ガイドプロ グラム。	施工者 協力会社
Step3【伝達方法】		
⑨3Dプリンター模型	建物形状を視覚的に示す。	設計者 協力会社
⑩仮設AR	建物形状と足場形状を視覚的に示す。	協力会社
①施工ステップ動画	施工順番を視覚的に示す。	大学関係者 協力会社
Step4【出来形管理】		
②自動計測器 (型枠精度管理)	3D型枠データを基に自動追尾し、型枠 建込位置のガイドを行う。精度測定する。	協力会社

IV STEP1 【躯体形状の簡素化】

3Dモデルによる施工を考えた躯体形状の検討

1. 大梁と小梁の取り合い

屋根の大梁と小梁を構造図通りに3Dモデル上に配置すると、梁交差部で小梁の下端や上端が、大梁からはみ出す部分があることが分かった(図-11)。これは、勾配が付いた大梁と水平な小梁が、平面的に角度をつけて交差するために生じるもので、3Dモデル上でエレメントを地道にレベル調整して解決した(図-12)。

また、梁配筋の納まりも3Dモデルで検討し、小梁のあばら筋形状を変更してもらうことで、大梁交差部で小梁主筋が通らなくなる問題を解決した(図-13)。

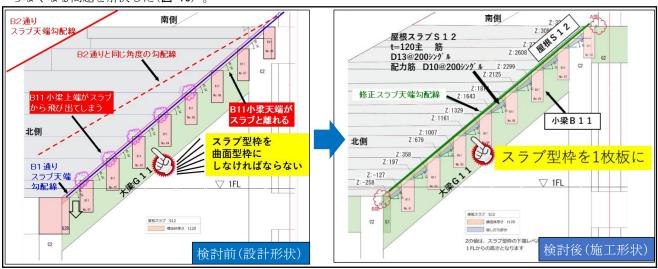


図-11 躯体モデルの調整資料①

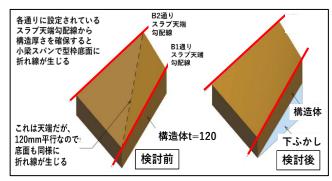


図-12 躯体モデルの調整資料②

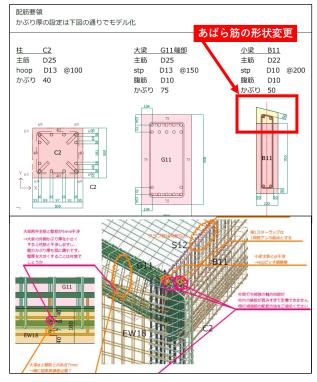


図-13 3Dモデルによる配筋納まり検討

2. スラブ型枠

前項で述べた通り大梁と小梁の取り合いを調整し、スラブ下をふかすことで、スラブ下の躯体形状を平らに変更することができた(図-11,14)。

その結果、型枠加工・建込を簡素化でき、後に外断熱から内断熱に変更となった際に、断熱材打込みを採用することができた。

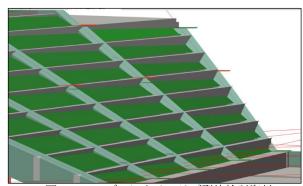


図-14 Dモデルによるスラブ型枠検討資料

3. スラブコン天端レベル

捻じれた曲面形状となるコン天レベルの3Dモデル化は、最も工夫を要し、試行錯誤を重ねた。モデル化にはライノセラスとグラスホッパーというBIMソフトを使用した(図-15)。

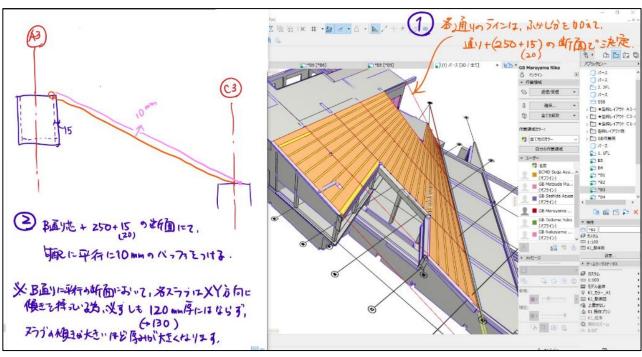


図-15 コン天レベルモデル化

4. パラペット等

パラペットやウッドデッキ下地鉄骨も、建物の外観を 決定づけるため、何度も設計者と打ち合わせを重ねた。

ウッドデッキの下地鉄骨は、施工工数の多いトラスから、トラス同等の強度を確保しつつ、H鋼に変更することで施工性をアップした。その際も、BIMを活用して見栄えが劣らないことを、効果的にプレゼンすることができた(図-16)。

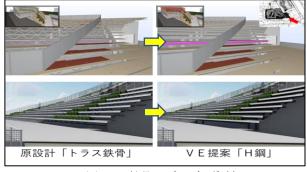


図-16 鉄骨VEプレゼン資料

また、パラペットを決定する前に、雨水のシミュレーションを行った。その動機は、大雨時にウッドデッキ上を雨水が流れることで、一部のドレインに雨水が集中する懸念があったためである(図-17~21)。この結果を基に、勾配屋根の途中に立上躯体を新設する等、ドレインが雨水を拾いやすくする改善を行った。



図-17 雨水シミュレーションの概念



図-18 雨水シミュレーションの評価(屋根)

V STEP2 【加工への展開】3D施工図から2D施工図の出力

1. 2D躯体図の出力

躯体開口部のダキや切欠きなどは、モデル化を省き、 作図時間の効率化を図った(**図-22**)。

モデル決定後に内断熱に変更するなどあったが、3Dモデル上で修正することで、効率よく平面図と断面図を修正することができた。

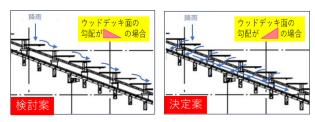


図-19 雨水シミュレーションの評価(ウッドデッキ)

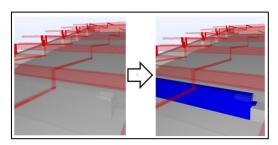


図-20 雨水解析に基づくパラペットの追加検討

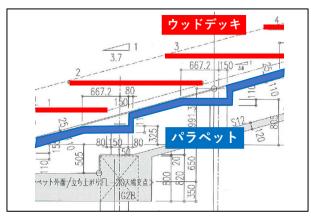


図-21 パラペットとウッドデッキ干渉確認

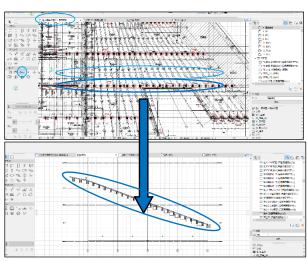


図-22 断面図の出力

2. 型枠展開図

型枠展開図の作図は、BIMから自動的に展開図を作成できるプログラムを用いた。これはライノセラス上で使うことができるプログラムで、今回のために開発した。ライノセラスは他の作業の操作性も良かったため、モデル化や作図の省力化につながった。寸法も同様のプログラムを使い、自動入力した。ミリ単位の切り欠きも表現し、150を超える部材の型枠展開図を短時間で作成することができた(図-23~26)。

型枠展開図は、そのまま型枠大工の加工図に活用され、 拾いの手間が省力化された。型枠製作には大面小面を考 慮しなければならないが、今回はそこまでの情報を組み 込むことはできなかった。

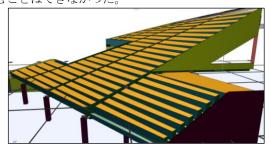


図-23 型枠3Dモデル

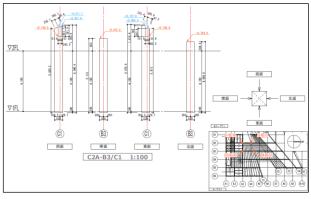


図-24 型枠展開図の例(柱型枠)

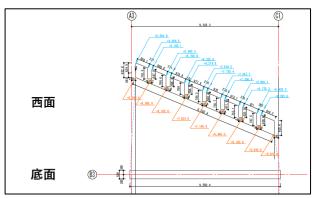


図-25 型枠展開図の例(大梁型枠)

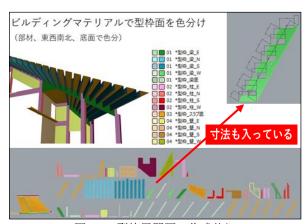


図-26 型枠展開図の作成状況

VI STEP3 【伝達方法】 施工に必要な情報の伝達

1. 3Dプリンター

2次元の図面では伝えきれない躯体形状のイメージを伝えるため、施工図BIMデータをプリンターと互換性のあるstl.データに変換し、3Dモデルからダイレクトに模型を製作した(写真-2)。この模型を活用することで、設計確定も効率的に進み、作業員への説明も容易になった。3Dプリンターは、ハードウェアとの親和性が高く、造形を自動で最適化する機能を有し、コストや製作時間の見積が正確なものを選定した。



写真-2 3Dプリンター模型

2. 仮設AR

足場などの仮設は、模型では伝えきれないボリューム 感を作業員に伝達するために、AR技術を駆使した。活用 の目標は、現地に足場を組み立てる前に仕上げが跳ね出 している部分を避ける等の判別をすることだった。

ARは発展途上中の技術で、技術的な改善が必要であった。具体的には、場所を移動すると基点がずれるといった点である。また、モデルの透過率を操作できるものもあったが、非表示モデルの設定など、現場に合わせて臨機応変に画像をカスタマイズするためには、準備に時間がかかるなどの問題があった(写真-3)。

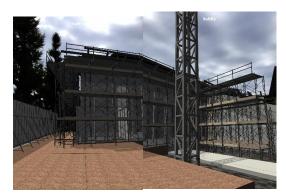


写真-3 仮設AR

3. ステップ動画

施工計画の共有には、ステップ動画を活用した (図-27)。ステップ図を紙芝居だとすると、それを動画 化したことで、イメージの共有が容易になった。



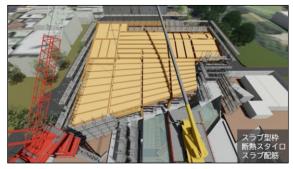


図-27 ステップ動画

™ STEP4 【出来形管理】 現場と図面の照合、検査

建築生産ラインの終盤では、現場と図面の照合が必ず行われる。この作業をBIM活用で効率化するため、最新の自動計測技術を用いた(図-28)。

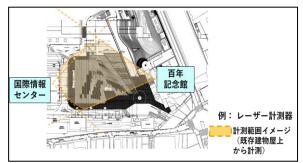


図-28 自動計測の概念

現場では自動計測を使うと、業務効率は大幅に改善した。測量業者からも、実測作業には非常に効果が高いという評価が得られた。遠隔操作により、一人で実測作業ができ、結果を迅速に伝えることもできるため、即時に手直しが可能で、工事の手待ちや手戻りをなくすことができた(図-29)。



図-29 自動計測の状況

表-2 BIM活用への取り組み総括

	BIM活用項目	内容	主な対象先	期間	ソフト	作業効率	伝達効率	コスト	メリット	デメリット	判定
Ste	p1【形状の簡素化】納まり*	や形状の検討									
	①BIM総合図干渉チェッ ク (クラッシュレポート)	建築、設備の干渉部分の抽出と 解決。スプリンクラー配管等の 配置を検討。	設計者 別途業者	2019.6 ~ 2020.6	T-fas Solibri	ストレスなし。建築デー タを.ifcに変換し渡す だけ。	総合図決定に活躍した。	-	短時間で干渉や不成立部を 発見し協議できる。設計分科 会の重要ツール。	システム的には問題なし。	0
	②鉄筋納まり	通芯が直行しない捻じれた屋 根。	設計者 協力会社	2019.7 ~	ArchiCAD	現場とBIMオベが1問1 答を繰り返す方式で進	3次元の取り合いが可 視化され、理解しやす	_	施工図その他と直結。 仕上工事との取り合いにも	なし。	0
		捻じれた屋根形状を型枠ベニヤ の平面で構成できるようにす る。	設計者 協力会社	2020.10	Teams活用	めたので、建設的で後 戻りが少なかった。	い。3次元で部材の移動 や形状変更が早い。	***************************************	影響。		
	④雨水排水CG動画	勾配屋根の雨水排水ドレイン位 置などの想定検証を行う。	大学 設計者	2019.10 ~ 2020.1	ParticleWorks	モデルが完成していれば、データ変換(.stl)のみ。	検証結果の説得力がある。 判断指標として活躍。	高価	プレゼンツールとして効果が高い。	コストパフォーマンスが悪い。 ハイスペックパソコンが必要。	0
	⑤VE検討VR	完成形を視覚的に示す。 屋根鉄骨をトラスからH鋼に。 手摺をエキスパンドメタルに。	大学 設計者	2019.9 ~ 2019.12	LUMION Arch-LOG	現場への負担はなし。資料の準備が軽減。	意匠的な判断が早く なった。 見学会にも対応。ウェア ラブル端末。	安価	プレゼンツールとして効果が 高い。 共通認識を映像で残すこと ができた。	コストに見合うVE提案でな ければならない。	0
	⑥仮囲いAR	仮囲に設置された箇所から覗く と、建物完成形の画像を映し出 す仕組み。	大学関係者	2019.9 ~ 2019.12	のぞいちゃお	3Dモデルに限らず、画像や映像(mp4)を投影することが可能。現場への負担はなし。	伝達効率は良い。	安価	近隣へのPRになる。	情報漏洩のリスクについて、 関係者に周知してから使わな ければならない。スマートフォ ンによるQRコードからの データ読み込みに時間がか かる。	0
Ste	p2【加工への展開】										
	⑦BIM施工図	変更履歴管理。2D図面出力の 効率化。断面図作図の効率化。	施工者協力会社	2019.6 ~ 2020.3	ArchiCAD	検討モデルをそのまま 使ったので、大幅に効 率アップした。	出図のタイミングや表現力は、経験が必要だった。	-	データの信頼性が高いと感じた。 平面図と断面図の整合性を チェックする手間が減った。	施工図員の経験が必要。	0
	⑧型枠展開図	展開図作図、自動寸法記入、ガイドプログラム。	施工者協力会社	2020.3 ~ 2020.6	Rhinoceros及 びGB開発のアド オンプログラム	3Dモデルが一瞬で展開図に代わるので、効率が良い。	型枠だけでなく鉄筋加 工図を拾うためにも有 効だった。予想を超え る伝達効果があった。	安価	多数の異なる形状図を短時間で作図できる。 当現場では型枠製作の基盤 に。 型枠大工の評判が良かった。	なし。	0
Ste	p3【伝達方法】										
	⑨3Dプリンター模型	建物形状を視覚的に示す。	設計者 協力会社	2019.10 ~ 2019.11	モデリングスタジ オ (プリンターメー カー純正)	モデルが完成していれ ば、データ変換(.stl)の み。	複数人が同時に見られる。 様々な角度から見られる。 得られる情報が多い。	高価	設計分科会や施工検討会時 に部位を指し示しながら協議 が可能。	コストが高い。コストに見合 う、模型の必要性がなければ ならない。	0
	⑩仮設AR	建物形状と足場形状を視覚的に示す。	協力会社	2019.6 ~ 2020.3	kubity	①のデータを使用で き、効率が良い。	立体的な構成の足場の イメージを共有できた。	安価	現実には見えないもの、無い ものを、タブレットを通して見 られる。	位置がズレる。その場でモデ ルの非表示ができない。画面 が小さく複数人では見られ ない。	Δ
	⑪施工ステップ動画	施工順番を視覚的に示す。	大学関係者 協力会社	2019.10 ~ 2020.4	LUMION	業務を分担し、短期集 中で組み上げることが できた。	⑨と同様の効果が得られた。	安価	使用頻度が高かった。 計画進捗に合わせ、2パター ン作成。	なし。	0
Ste	Step4 [出来形管理]										
	②自動計測器 (型枠精度管理)	3D型枠データを基に自動追尾 し、型枠建込位置のガイドを行 う。精度測定する。	協力会社	2020.3 ~ 2020.5	Revit及びそのアドオン pointLayout	実測作業に高い能力を 発揮。 ソフトウェア準備に時間 を要した。(.rvtで準備 し.nvsで実行)	実測作業は、誰でもできる手軽さ。	高価	BIMデータが現場と直結し ているので、信頼度が高い。1 人でできる。	データ形式とソフトの扱い方 に慣れるのに時間がかかる。 測定点の準備はRevitで実 施しなければならない等。	0

Ⅷ BIM活用の総括

本工事のBIM活用項目の中で、型枠展開図作成プログラムと自動計測トータルステーションの2項目が、特に効果が高く、現場職員の労務が大幅に軽減された(表-2)。

捻じれた屋根の施工図作成にかかった人工を見ると、 BIM活用が効果的だったことがわかる(図-30)。

型枠大工の評判も良く、型枠の拾い手間についても大幅に縮減できたとのことだった。



図-30 施工図の歩掛検証

本工事の工事数量の実績において、捻じれた屋根が起因となる数量増加はほとんどなかった。労務の増加についても、捻じれた屋根が起因となる労務の増加は見られず、型枠の加工についても、予定内に納まった。結果として、難しい形状の躯体を標準的な歩掛で施工することができた(表-3)。

表-3 躯体工事数量と労務実績比較

衣 6									
基礎									
	計画数量	予定人工	実施数量	実施人工	労務増加率				
鉄筋	380.5t	630	398.3t	770	1.22				
型枠組立	4,452 m²	400	4,432 m²	446	1.12				
コンクリート	2,253.0 m		2,344.5 m						
地下	地下								
	計画数量	予定人工	実施数量	実施人工	労務増加率				
鉄筋	429.1t	710	423.3t	732	1.03				
型枠組立	11,009 m	1100	10,847 m	1181	1.07				
コンクリート	2,142.0㎡		2,208.5 m						
地上									
	計画数量	予定人工	実施数量	実施人工	労務増加率				
鉄筋	210.5t	350	200.4t	365	1.04				
型枠組立	9,329 m	930	9,347 m	979	1.05				
コンクリート	1,313.0㎡		1,351.5㎡						

現場だけでは解決に時間がかかる業務を、BIMを活用して社内外の組織に分散化したことで、短時間でも成果を上げることができた。この結果、現場の屋根工事は順調に進捗し、マスター工程通りに上棟を迎えることができた。

また、型枠支保工兼用棚足場は、様々な点で効果的だったので、大空間建築に広く適用できると考えられる

(図-31、写真-4)。

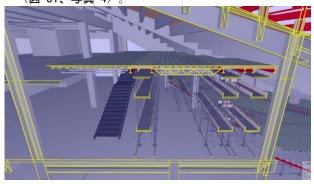


図-31 型枠支保工兼用棚足場のBIM検討



写真-4 型枠支保工兼用棚足場

区 おわりに

今回の取り組みを通して、今後のBIM活用の課題は、難しい形の建物を実現するためだけでなく、規模の大小を問わず、広く様々な現場への適用を継続して行うことが必要と感じた(写真-5)。



写真-5 完成状況

技術提案制度専門部会の活動経緯

1.設置時期:1983年10月(発足時名称:VE専門委員会)

在】①公共工事等における総合評価方式入札等の技術提案を伴う諸制度に対する調査・提言。 2.活動目的 : 【現

②技術提案活動におけるVE等の価値向上手法の有効活用促進。

【発 足 時】①公共工事におけるVE提案制度の導入の必要性と実現に伴う問題点の検討。

②公共工事におけるVE提案制度の調査・提言。

3.活動実績 :(1)情報の発信・報告書の作成

VE提案制度の公共工事への適用について 1984年 1985年 在日米軍VE提案制度に関する調査報告書

在日米軍基地(三沢)のVE提案制度の実態調査結果

1988年 BCS版VEについて

コントラクターの所有する技術活用に関する法的検討(法的検討小委員会)

1989年 VE制度に関する実態調査報告書

1990年 VE特約条項の提案

VE提案活動の建設分野での活用について

1991年 VE提案ケーススタディ報告書

VE提案制度に関するアンケート報告書 1992年

1994年 VE提案制度と活動事例(講習会の実施:東京・大阪・仙台・福岡・札幌)

1995年 同上 改定版 (同上

1997年 VE提案に対する報奨制度について

1998年 専門工事業者のVE提案制度

VE提案制度の仕組みと活用

1999年 同上 改定版

BCS-VE情報(第1号)

公共工事VE提案制度の発注工事別要点集 2000年

BCS-VE情報(第2号·第3号)

VEアウトソーシング業者名簿

VE発表事例集(1997年から1999年分の総集編)

2001年 BCS-VE情報('01:第4号·第5号)('02:第6号·第7号)('03:第8号·第9号)('04:第10号·第11号) ('05: 第12号 · 第13号) ('06: 第14号 · 第15号) ('07: 第16号 · 第17号) ('08: 第18号 · 第19号 · 第20号) *2009年より、専門部会内部情報・資料とする(「BCS-総合評価方式関連情報」と改称)

2010年 BCS-総合評価方式関連情報 ('09:第1号·第2号·第3号·第4号)('10:第1号·第2号·第3号·第4号)

*2011年より「日建連-総合評価方式関連情報」と改称

建築技術(2009.07)「特集:建築物の価値を高める改善技術 VI事例 改善技術」に寄稿

·BCS·VE等専門部会の活動

・施工段階におけるVE・改善事例の活用と留意点(21事例シート)

日建連-総合評価方式関連情報 ('11:第1号・第2号・第3号 ・・・ 2011年11月現在) 2011年

1997年

*2010年より「VE等施工改善事例発表会」と改称 第10回建築工事東北ブロック会議で契約後VE事例を紹介

2000年 VE等施工改善事例発表会の実施(WEB配信) ※2021年度もWEB配信予定 2020年

(2)意見交換した主な機関

1)米国政府機関 米国国防総省 (建設技術局VE課 · 南太平洋区総局座間担当者)

(大臣官房技術調査課・ 大臣官房官庁営繕部営繕計画課・ 2)中央官庁 国土交通省

大臣官房地方厚生課 · 大臣官房研究学園都市施設管理企画室 ·

関東地方整備局 ・ 北陸地方整備局 ・ 近畿地方整備局 ・ 中部地方整備局 ・ 九州地方整備局)

法務省 (大臣官房施設課)

文部科学省 (大臣官房文教施設企画部施設企画課契約情報室)

(整備計画局 ・ 東北防衛局調達部 ・北関東防衛局調達部 ・ 防衛省

中国四国防衛局調達部 •九州防衛局調達部)

都•府•県 (東京都財務局 ・ 東京都住宅局 ・ 京都府土木建築部 ・ 3)地方自治体

大阪府住宅まちづくり部 ・ 和歌山県県土整備部)

(神戸市住宅局・ 福岡市建築局)

4)独立行政法人 都市再生機構 (技術・コスト管理室)

日本バリューエンジニアリング協会 ・ 日本土木工業協会 ・ 日本建築家協会 5)関連団体

京都大学工学部建築学教室 · 赤坂VE研究所 6)その他

(3)参画·協力·受賞

1)神戸市建築コスト低減方策懇談会に参画(1990年~1993年)

2)神戸市のVE試行への協力(1990年)

3)欧州における公共建築生産方式に関する実態調査(旧建設省)に参加(1993年)

4)(財)日本建築センター「バリューエンジニアリングに関する検討委員会」に参加(1993年)

5)(財)建築コスト管理システム研究所「公共建築事業実施手法研究会」に参画(1993年)

6)(社)日本バリューエンジニアリング協会「VE全国大会フォーラム」への参画(1995年・1996年) 7)(財)建築コスト管理システム研究所「公共建築VEの手引き編集委員会」に参画(1998年)

8)(財)建築コスト管理システム研究所「公共建築VEの手引き改訂版編集委員会」に参画(2000年)

9)(社)日本バリューエンジニアリング協会より「VE特別功績賞」を受賞(2001年)

(4)調査・アンケート等

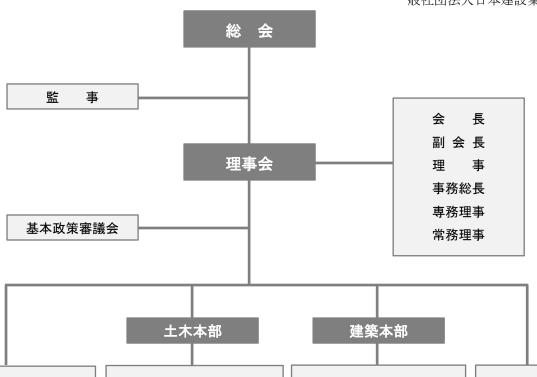
1)外国 在日米空軍三沢基地

2)官公庁 旧建設省 · 防衛施設庁 · 会計検査院

3)民間企業 トヨタ • JR東日本 ほか

組織図

2021年10月1日現在一般社団法人日本建設業連合会



安全対策本部 建設キャリアアップ

システム推進本部 生産性向上推進本部

週休二日推進本部

総合企画委員会 日建連表彰委員会

広報委員会

環境委員会

労働委員会

けんせつ小町委員会

都市・地域政策委員会

災害対策委員会

国際委員会

会計・税制委員会

安全委員会

公衆災害対策委員会

鉄道安全委員会

公共工事委員会 公共契約委員会

.

公共積算委員会

インフラ再生委員会

土木工事技術委員会

電力・エネルギー工事委員会

鉄道工事委員会

海洋開発委員会

鉄道建設本部

建築設計委員会 建築生産委員会 建築制度委員会 建築技術開発委員会

住宅委員会

北海道支部

東北支部 関東支部

北陸支部

中部支部

関西支部

中国支部

四国支部

九州支部

技術提案制度専門部会委員一覧(敬称略・順不同)

[2021年10月現在]

 主 査
 松 嶋
 茂
 戸田建設㈱

 副主査
 山 田 辰 雄
 鹿島建設㈱

 [第1分科会]

(総合評価制度 適用状況調査担当)

リーダー 中村 篤 ㈱竹中工務店 サフ゛リータ゛ー 篠塚眞樹 ㈱安藤・間 委 員 本 間 康 高 ㈱淺沼組 寺 田 嘉 樹 ㈱大林組 籾 稔 ㈱熊谷組 荒 田 中 智 行 ㈱鴻池組 服 部 覚 志 五洋建設㈱ 伊藤友博 佐藤工業㈱ 上 中 憲 治 大成建設㈱ 曽 我 行 雄 ㈱フジタ

[第2分科会]

(VE等改善事例発表会 企画運営担当)

 リーダー
 米
 田
 清
 文
 日本国土開発㈱

 サブリーダー
 松
 本
 敏
 弘
 松井建設㈱

 委員
 米
 川
 隆
 志
 共立建設㈱

 沼尾
 憲
 司
 清水建設㈱

 豊田
 將
 文
 東急建設㈱

 山田
 貴彦
 西松建設㈱

 三浦
 信
 一
 前田建設工業㈱

 相川
 威文
 三井住友建設㈱

©一般社団法人 日本建設業連合会(2021年)

本誌掲載内容の無断転載を禁じます