

# VE等施工改善事例発表会 資料

2022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

一昨年度からのコロナ禍に加え、ウクライナ情勢の悪化や円安など益々社会やビジネスにおいて先行きが不透明で将来の予測が困難になり、建設業にも大きな影を落としています。

しかし、その状況にただ黙って何も対策を講じない訳にはいきません。

明確なビジョンを持ち、情報収集・学習し、新しいことに挑戦し続けていく必要があると思います。

「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、そのためには創造による変更を実行し、従来からの脱却を行なって変革していく努力が不可欠となります。そしてそのことが労働基準法改正により施行される、2024年4月からの残業上限規制の遵守にもつながります。

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12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。

2022年11月

技術提案制度専門部会主査

松嶋 茂

## 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12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。

## V E等施工改善事例発表会資料

### 目 次

はじめに

V E等施工改善事例発表会について

発表事例

1. 地下大規模現場改修工事におけるコストダウン・・・・・・・・・・・・・・・・	1
東急建設(株) 黒田 浩司	
2. I C T建機活用による掘削工事の改善・・・・・・・・・・・・・・・・	7
清水建設(株) 邨上 康記	
3. 全面フラット構台による地下工事の施工・・・・・・・・・・・・・・・・	15
(株)フジタ 菅原 哲治	
4. フルP C aによるプラネタリウム球体の合理化・・・・・・・・・・・・・・・・	23
鹿島建設(株) 杉本 健太郎	
5. 物流施設における安全性・生産性の向上・・・・・・・・・・・・・・・・	35
戸田建設(株) 小杉 寿幸	
6. 開閉式屋根付観覧場建設における工期短縮・・・・・・・・・・・・・・・・	43
(株)大林組 黒田 陽史	
7. デッキの地組による労務削減と工期短縮・・・・・・・・・・・・・・・・	55
五洋建設(株) 中村 賢司	
8. 体育館大屋根の施工における解析と3 Dモデルを活用した品質の確保・・・・・・・・	63
(株)鴻池組 井上 宣良	
9. 奥行8. 5 m片持ち梁構造の施工改善・・・・・・・・・・・・・・・・	73
佐藤工業(株) 坂本 光志	
10. 山形平面トラスの無支保工建方によるコストダウンと工程短縮・・・・・・・・	83
大成建設(株) 新井 恒太	
11. 大規模空間建物の施工における取組・・・・・・・・・・・・・・・・	93
(株)熊谷組 半澤 隆行	
12. ドローンによる赤外線A I判定技術を用いた外壁タイル調査の合理化・・・・・・・・	101
(株)竹中工務店 菊池 亮人	

専門部会の活動の経緯



# 1. 地下大規模現場改修工事におけるコストダウン

社名： 東急建設株式会社

氏名： 黒田 浩司

## 事例概要

項目	内容
1. 工事概要	
(1) 工事名称	渋谷地下街改修計画(Ⅱ期)工事
(2) 規模(延床面積、階数)	延床面積:4,455㎡、地下1階、地上1階
(3) 用途	店舗
(4) 主要構造	RC造
(5) 建設地	東京都渋谷区
(6) 施工期間	2020年7月～2021年6月
(7) 工事費	5,281(百万円)
(8) 設計者	株式会社東急設計コンサルタント
2. 改善概要	
(1) 問題点・背景 (施工上あるいは従来工法の問題・課題など改善前の状況)	<ul style="list-style-type: none"> <li>① 搬出入は夜間(終電～始発)のみで、かつ階段による人力運搬のため、費用が掛かり、工程的にも問題があった。</li> <li>② 鉄道利用客の通路床の全面改修のため、夜間(終電～始発)作業で、始発後は第三者の安全に留意した施工が必要。費用も掛かり、工程、安全面にも問題があった。</li> </ul>
(2) 改善の目的	<ul style="list-style-type: none"> <li>① 揚重機の配置計画により、費用削減、作業効率化を図る。</li> <li>② 既存床タイルを撤去しない工法により、費用削減、工期短縮、安全を図る。</li> </ul>
(3) 改善実施内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>① 階段にスロープを造り、揚重能力1,000kgの仮設機械を製作して、設置した。</li> <li>② 既存床仕上げの上にゴムタイルを施工した。</li> </ul>
(4) 改善による効果	<ul style="list-style-type: none"> <li>・Q(品質) <ul style="list-style-type: none"> <li>① ー</li> <li>② 高耐久性のレベル精度の高い床仕上げ。</li> </ul> </li> <li>・C(コスト) <ul style="list-style-type: none"> <li>① 当初計画より66%コストダウン。</li> <li>② 当初計画より55%コストダウン。</li> </ul> </li> <li>・D(工期) <ul style="list-style-type: none"> <li>① 全体工期11か月 ⇒ 10か月(10%工期短縮)</li> <li>② 床工事工期3か月 ⇒ 1か月(66%工期短縮)</li> </ul> </li> <li>・S(安全) <ul style="list-style-type: none"> <li>① 階段の作業の人力作業 ⇒ 機械化による専門業者配置揚重作業:安全性向上。</li> <li>② 第三者への危険性のゼロ化。</li> </ul> </li> <li>・E(環境) <ul style="list-style-type: none"> <li>① 使用階段の限定による照明の削減、車両の削減。</li> <li>② 既存床タイル撤去中止により、車両、工事電気、産廃(解体材)削減。</li> </ul> </li> <li>・その他の効果 <ul style="list-style-type: none"> <li>・改修工事に対する第三者からのイメージが良くなった。</li> </ul> </li> </ul>

# 地下大規模現場改修工事におけるコストダウン

東急建設株式会社  
黒田 浩司

## 1. はじめに

日本屈指の繁華街、渋谷スクランブル交差点直下の地下街は築後 62 年を経過し、基幹設備の老齢化が著しい。

今回の工事はこれら施設を時代に沿った施設とするための地下街大規模改修である。施工範囲に直結している昇降設備は無く、また鉄道施設の地下連絡道も兼ねているため、全面を封鎖しての工事はできない。

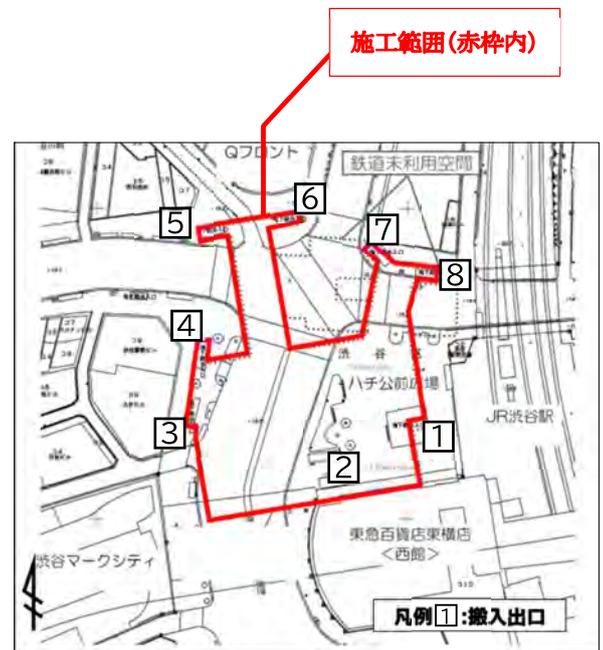
当工事を完遂する上で、搬入出計画と床施工計画をいかに効率良く進めるかが最大のポイントとなり、これを関係者が一丸となってアイデア・工夫を凝らした計画を行った結果、当初の目標を上回る成果を上げることができた。その計画と実施について報告する。

## 2. 工事概要

当工事の概要を表 1 に、施工場所を図 1 に示す。

表 1. 工事概要

工事名称	渋谷地下街改修計画(Ⅱ期)工事
工事場所	東京都渋谷区道玄坂 2-2-1
発注者	渋谷地下街株式会社
設計・監理	株式会社東急設計コンサルタント
施工	東急建設株式会社 都市開発支店
工期	2020 年 7 月 31 日～2021 年 6 月 30 日
建物規模	地下 1 階 地上 1 階
建物構造	RC 造
延床面積	4,455.28 m <sup>2</sup> (1,350.08 坪)
築年数	62 年(1957 年竣工)
施工内容	しづちか(個別店舗)、 東急フードショーの大規模改修 駅接続部(緩衝帯)の防災設備大規模改修



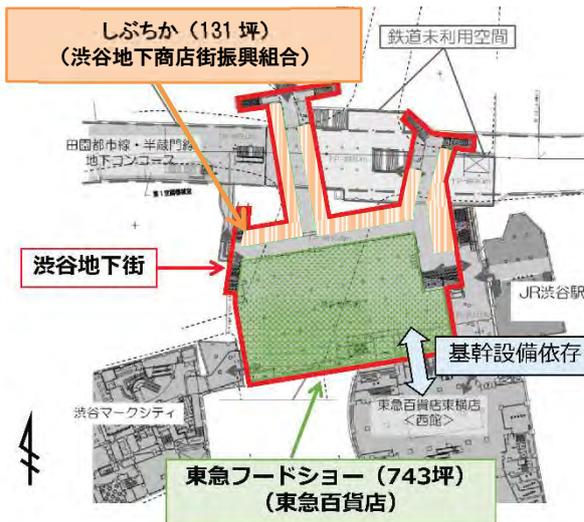


図 2. 周辺施設との位置関係(地下1階)



※振興組合区画



※東急フードショー

写真 1. 工事前状況

### 3. 施工条件

- ①日本屈指の人通りで賑わう渋谷スクランブル交差点の直下、搬出入口が全て交差点に近接している(図 2、写真 1)。
- ②位置関係より昼間の搬入出は不可能に近く、基本は夜間のみとなる。
- ③8カ所の出入口は階段のみ。機械式の昇降機設備は無く、人力での運搬が基本。
- ④地下の通路は大きく分けて3つのエリア(東、西、中央)に分かれている。各通路とも鉄道施設の連絡通路を兼ねているため、全面封鎖しての工事はできない(図 3)。
- ⑤通路の床仕上げは今回全面改修の対象工事。施工の区画等には工夫を凝らした計画が必要となる。

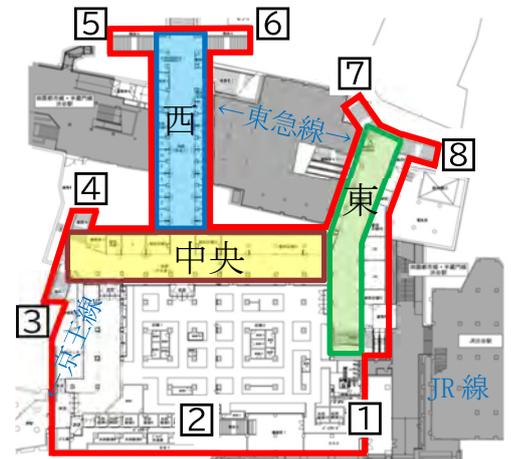


図 3. 地下通路と搬出入口

※四角数字は地上への出入口を示す。

### 4. 搬出入の改善対策

#### 4-1. 当初の搬出入計画

当初の計画では、地上に作業帯を設置し出入口③④、⑤⑥、⑦⑧の片方を閉鎖し、人力により各階段を使用して搬出入を行う計画であった。人力で揚重できる量は限られており、搬出の効率を上げるためには仮設機械を導入しなくてはならない。そのため、現場では表 2 の揚重方法を考え、比較検討した。

表 2. 階段機械揚重方法の比較

階段機械 揚重方法	①モノレール台車 	②バッテリー運搬台車 
積載荷重	200 kg	800 kg
速度	15 m/min	15 m/min
コスト	1,000,000 円/月	1,600,000 円/月
懸念事項	・1本レールのため不安定 ・最大積載量が少ない	・階段連続使用だと約30分で充電切れ ・ゴムキャタのため滑落の恐れが大きい

#### 4-2. 実施した搬出入計画

①モノレール台車 (200 kg)、②バッテリー運搬台車 (800 kg)

上記の二案が候補として残ったが、いずれも「揚重能力が低い」、「充電電池の持続時間が短い」、「滑落の恐れがある」などの懸念事項が有るため、地下から大量に出るコンガラや解体材を速やかに搬出することが困難となると予想された。既存の機械では対応に限界が有ると考え、揚重装置を製作することにした。

#### 4-3. 今回採用した簡易な独自昇降装置の概要

積載荷重 1.0 tを揚重するためのウインチ (12 m/min)を選定、台車についても産廃のキャリアを直接載せ、フォークリフトで直接揚重・運搬できるものを製作した。

今回の揚重作業時に懸念される安全対策も下記項目の対策を検討し安全装置を施した。

##### ① 地上走行路逸走防止装置 (傾斜調整装置)

地上荷取りスペースに逆勾配を付けることにより階段下側への逸走を防止。

巻上げ時の乱巻防止対策として、傾斜を調整する油圧シリンダーを設置。

##### ②ウインチ巻き上げ過荷重検出装置

過荷重検出装置が作動した場合は下げ操作のみ可能とする装置。

##### ③地上部停止リミット (過巻リミット)

##### ④非常停止ボタン (地上・中間・地下)

##### ⑤作業時警報装置 (パトライト・ブザー)

以上の項目を盛り込み、揚重装置 (写真2、写真3) の開発開始から2ヶ月で設置を完了した。5ヶ月間稼働し、当初予算からの大幅なコスト削減を達成した。



写真 2. 開発した揚重装置の台車部分  
(スロープ上)



写真 3. 開発した揚重装置のウインチ部分  
(地上階)

#### 4-4. 今回採用した簡易な独自昇降装置の効果

- ・一度に運ぶ重量が人力より多く確保できる(産廃キャリー3台を一度に揚重可能)。
- ・動力源が人力ではなく機械のため、天候の影響を受けることが無く、常に一定数量を搬出入でき、資機材の搬入が計画的に行えるようになった(実績:5ヶ月累計2,500回、19回/日)。
- ・人力揚重費 52,000,000 円(10,400,000 円/月)に対し、ウィンチ・台車・スロープ製作費+揚重に係る人員 17,540,000 円(3,508,000 円/月)となり当初計画していた予算に対し66%のコストダウンとなった。

### 5. 床改修工事の改善対策

#### 5-1. VE案の検討

設計原案では既存の仕上げを撤去し、新たに下地より張り替える設計で有ったが、前述の通り全面通行止めにはできない。そのほか問題点として撤去時の騒音、振動、粉塵および養生期間の長さ(1~2日)等の懸念事項が予測されたため、施工条件を念頭にVE案を2案提案した。

##### 【VE①】既存タイル on タイル工法

既存タイルの上に新しいタイルを被せる工法(図4)。

【メリット】既存タイルの撤去自体を無くし工事の振動、騒音の発生を抑え工期短縮とコスト低減。

【デメリット】貼付け材施工~新規タイルを施工後は、1~2日間は施工面を歩行することができない。養生期間中は仮設の養生区画が発生する。

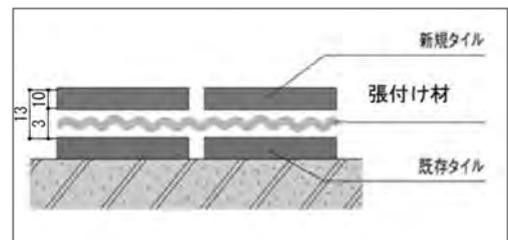


図 4. 既存仕上げの上タイル(VE①)

##### 【VE②】既存タイル on ケミクリート+ゴムタイル工法(ノラメント)

既存タイルの上に下地調整材ケミクリートMS・Lにて下地処理した後、ゴムタイル(ノラメント)で仕上げる工法(図5)。

【メリット】VE①のメリットの他、下地材・ゴムタイル共に施工後30分~1時間で施工面を歩行ができるため、床施工後の仮設作業が発生しない。1回あたりの施工面積(15㎡)を確保すれば、万が一施工エリアの変更が発生しても基準墨さえあれば柔軟に対応することができる。

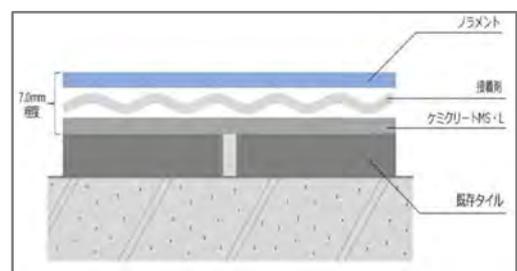


図 5. 既存仕上げの上ケミクリート(VE②)

【デメリット】安っぽい、耐久性に懸念が有ったが、発売より30年

以上の間に製品改良され多様なデザイン、性能の向上により解消された。海外の空港施設で30年の耐久性能の実績もある。

・仕上げ材のゴムタイル(ノラメント)については、床の防滑性能(C.S.R.値)について0.58(紳士硬底靴)以上であり、鉄道施設の床の基準値もクリアしている。

表 3. 床改修工事のVE工法比較

	施工面積 (m <sup>2</sup> /日)	期間 (月)	騒音振動 粉塵	第三者への 影響	鉄道への 影響	耐久性	原案に対しての金額
原案	3	3	大	大	大	良	
VE①	5	2	無	小	無	良	▲30,200千円
VE②	15	1	無	無	無	良	▲53,600千円

以上のことから、今回提案した VE②の既存タイル on ケミクリート+ゴムタイル工法（ノラメント）の採用が決まった。

## 5-2. 床改修工事の効果検証

採用した床工事工法を図6に示す。

【工期】床工事で計画していた3ヶ月の工期を約1ヶ月に短縮することができた。余裕のできた日程は当初より厳しい工程を予測していた設備工事に充当した。

【コスト】原案で計上されていた撤去処分費用が無くなり、大幅なコスト削減ができた。また、下地調整材のケミクリートを採用することにより、施工後の仮設区画費用の必要性が無くなりコスト削減の一助となった。

【安全】施工後の仮設区画が不要となったので、一般歩行者のエリアを広げることができ、安全性が大幅に向上した。

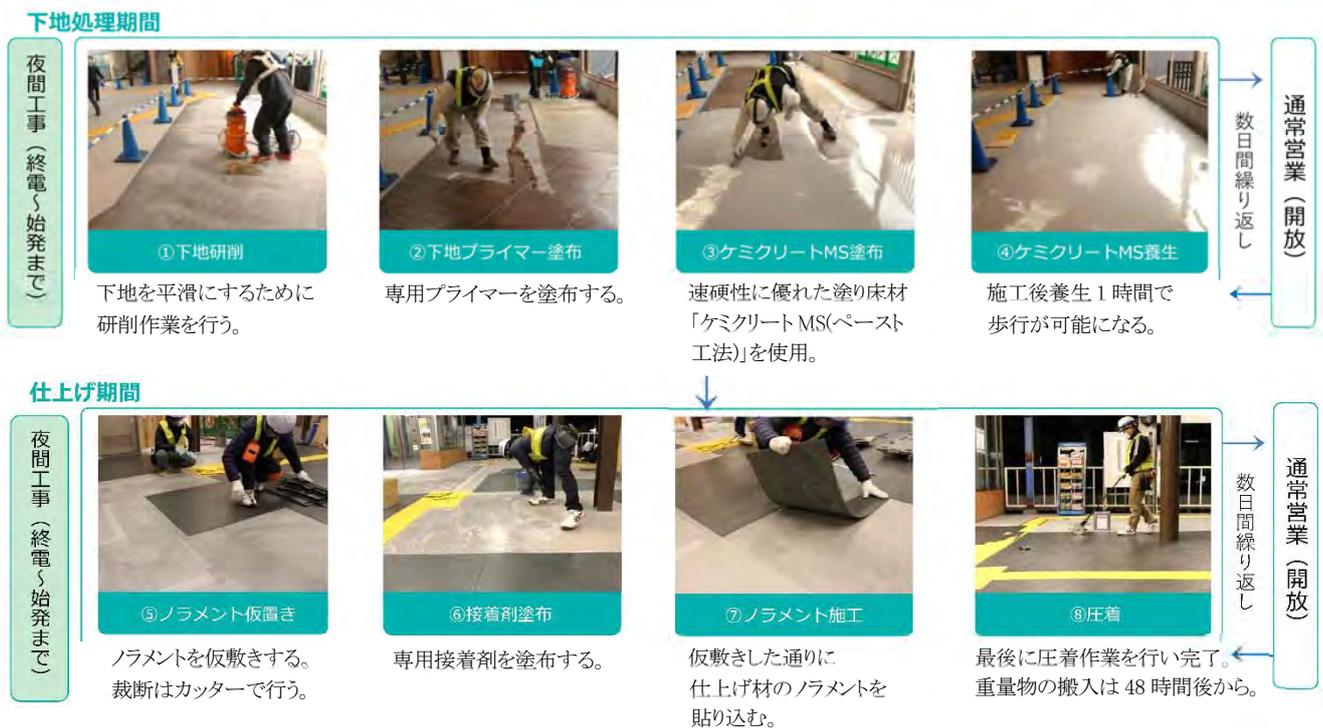


図 6. 採用した床改修工法の施工工程

## 6. まとめ

当初より懸案事項であった人力が主となる搬入出作業、多方面に影響を及ぼす可能性を含んだ床仕上げ工事を上記の内容により解消することで、計画的に搬出入、床工事を計画することができ、工程短縮・発生費用の抑制に多大な成果を上げることができた。

また、労務を抑えることができたため、輻輳作業の発生を減らし第三者と作業員への安全性が向上したことにより、安全管理面でも大きな影響を及ぼすこととなった。

## 2. ICT建機活用による掘削工事の改善

社名： 清水建設㈱

氏名： 邨上 康記

### 事例概要

項目	内容
1. 工事概要	
(1) 工事名称	プロロジスパーク猪名川1プロジェクト
(2) 規模(延床面積、階数)	延床面積:218,152㎡、地上6階、塔屋1階
(3) 用途	物流倉庫
(4) 主要構造	RCSS造
(5) 建設地	兵庫県川辺郡
(6) 施工期間	2020年5月 ~ 2021年11月
(7) 工事費	—
(8) 設計者	清水建設株式会社 関西支店 一級建築士事務所
2. 改善概要	
(1) 問題点・背景 (施工上あるいは従来工法の問題・課題など改善前の状況)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・従来施工では、事前の位置出しや掘削時の合番など工程数が多く、人工がかかる。</li> <li>・合番作業員が重機周辺で作業するため接触災害の危険性が高い。</li> <li>・掘削位置や精度は作業員の技量によるところが大きい。</li> </ul>
(2) 改善の目的	<ul style="list-style-type: none"> <li>・生産性と安全性の向上、掘削精度の向上を図る。</li> </ul>
(3) 改善実施内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>・バックホー3台のICT建機による掘削作業を行い、掘削時の合番土工の削減を実施。</li> <li>・GPS 制御により掘削を行った。</li> </ul>
(4) 改善による効果	
・Q(品質)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・床付けレベル、掘削法面の過掘りと間違いを無くした。</li> </ul>
・C(コスト)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・位置出し、丁張りの作業工程を除外し、合番土工を100人工削減できた。</li> </ul>
・D(工期)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・同様に2工程の作業時間の削減により、掘削工事の工事期間を短縮することができた。</li> </ul>
・S(安全)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・合番者が不要なため、重機接触リスクを低減できた。</li> </ul>
・E(環境)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・—</li> </ul>
・その他の効果	<ul style="list-style-type: none"> <li>・—</li> </ul>

# ICT建機活用による掘削工事の改善

清水建設株式会社

邨上 康記

## 1. はじめに

本工事は大手物流不動産企業が手掛ける関西最大級の物流施設で、お客様にとりましては100棟目となる、メモリアルな位置づけのプロジェクトです。立地、性能、規模、構造、BCP及び快適な就業環境への配慮などの要件をクリアした「先進的物流施設」で、関西圏での新たな拠点として位置づけられております。特に災害時の事業継続性と保管物の損傷の回避が大きな課題となります。さらにお客様からは設計施工者への課題として、施工中及び完成後のICT技術の積極的な導入と環境への配慮が命題とされました。

これらの命題から、建物計画としては基礎免震を備えた、1グレード上の構造となっています（写真-1～4）。

本施工においては様々なICT技術を導入しました。今回はその中で、ICT建機を導入した地盤掘削について報告します。



写真-1 完成後全景（北側）



写真-2 完成後全景（南側）



写真-3 完成後内部（1Fカフェ）



写真-4 完成後内部（6F事務室）

## 2. 工事概要

工 事 名	プロロジスパーク猪名川1プロジェクト
工 期	2020年5月～2021年11月末
工事場所	兵庫県川辺郡猪名川町差組字小谷101-1
建物用途	物流倉庫
敷地面積	107,173m <sup>2</sup>
建築面積	38,534m <sup>2</sup>
延床面積	218,152m <sup>2</sup>
構 造	RCSS造、S造
階 数	地上6階、塔屋1階
建物軒高	44m

## 3. 施工概要

今回の工事は、2020年5月から2021年11月までの19か月となっており、総合工程を表-1に示します。その内当該工事期間は表中の赤色に着色した期間で3.5か月に及びます。

掘削土量は39,000m<sup>3</sup>、床付面積は36,000m<sup>2</sup>となります。

表-1 総合工程

工事期間 工事種類	2020年								2021年											
	5月 1か月	6月 2か月	7月 3か月	8月 4か月	9月 5か月	10月 6か月	11月 7か月	12月 8か月	1月 9か月	2月 10か月	3月 11か月	4月 12か月	5月 13か月	6月 14か月	7月 15か月	8月 16か月	9月 17か月	10月 18か月	11月 19か月	12月 20か月
外壁・外装工事																				
内装工事																				
地上躯体工事																				
先震工事																				
基礎躯体工事																				
土工事																				
杭工事																				
岩盤除去																				

## 4. 従来施工の問題点

通常の土工事においては、下記の項目が課題となります。

- ・掘削部の位置出しや安全施工のための重機合番などにより労務費が嵩む。
- ・合番作業等の重機近接作業での接触災害発生の危険性
- ・重機オペレーターの技量にとまなう掘削土量の計画と実績の相違

これらの課題克服を目指し、ICT建機の採用を行いました。

## 5. 採用技術の概要

ここで今回採用したICT技術を搭載した重機の特徴について触れておきます。

### 【GPS機能】

この重機には、GPS機器が搭載されており、モニター上の平面図に自機位置とバケットの刃先が正確に表示にされ、掘削箇所を明確に知ることができます(図-1)。



図-1 重機モニター表示画面

### 【施工面設定機能】

任意の高さを基準とした「無限平面」を作成することで現場のレベルを統一し、深さ制限をかけることができます。それにより床付面や法面の過掘りを防ぐことができます(図-2)。

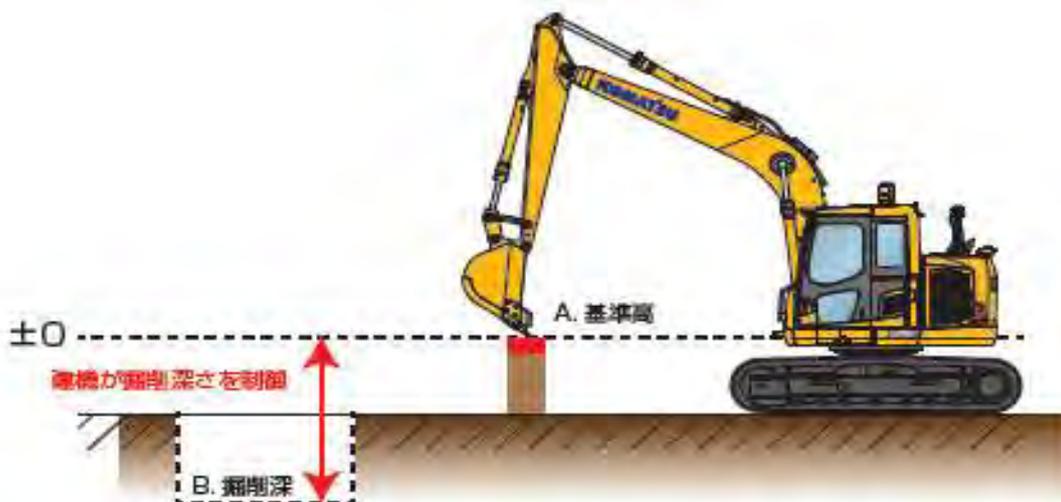
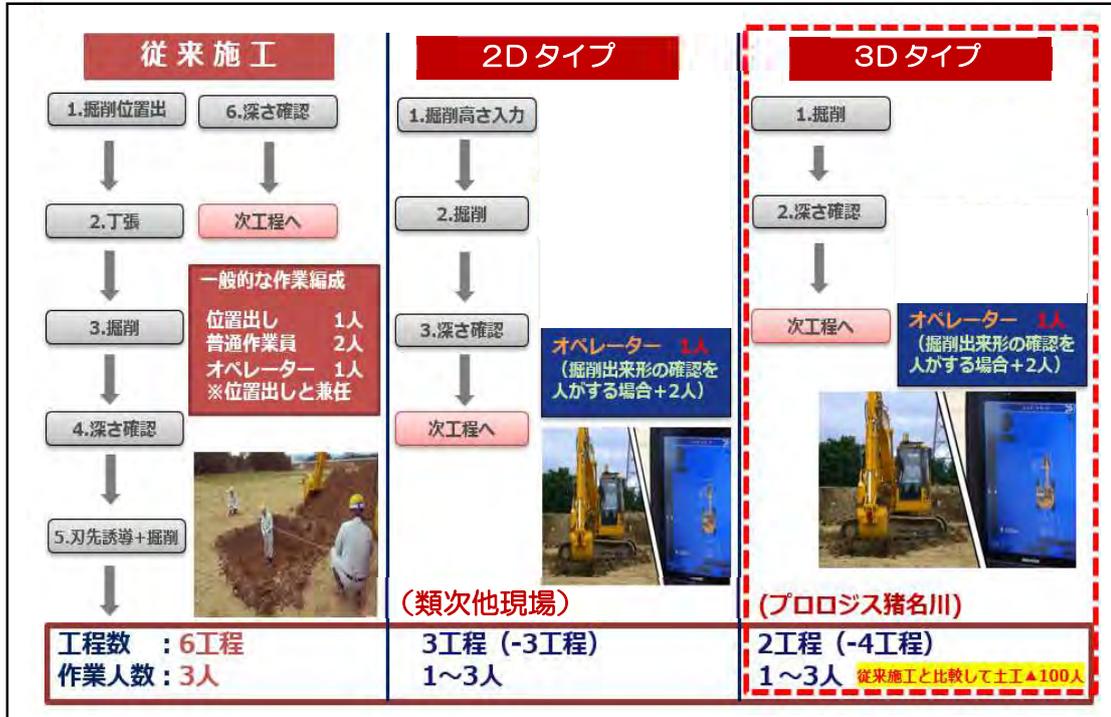


図-2 施工面設定概要

この工法には掘削位置を設定できる2D技術と、掘削位置、深さ両方を設定できる3D技術があります。今回はオペレーターの負担が少ない3D技術を採用しています。

表-2にそれぞれの技術を採用した場合の比較を示します。

表-2 施工フロー・人工削減効果比較



## 6. 実施内容

### 6-1 入力モデル作成・掘削計画図作図

入力用のモデルは、3DCADを使ってモデリングしました(図-3)。それを重機取り込み用のデータ(図-4)に変換し、取り込んでいます。

他現場での実績から法面の制御が難しかった経緯があり、今回の現場では床付け面のみをモデル入力することにし、法面については重機の制御を外しています。

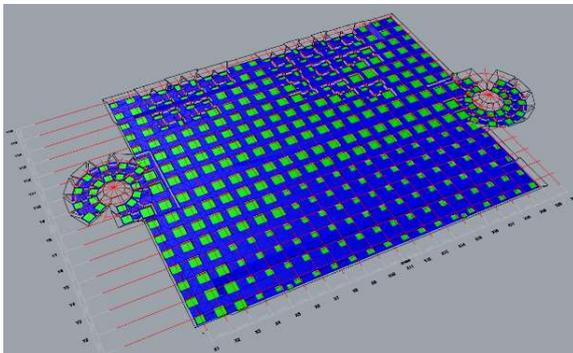


図-3 入力用3Dモデル

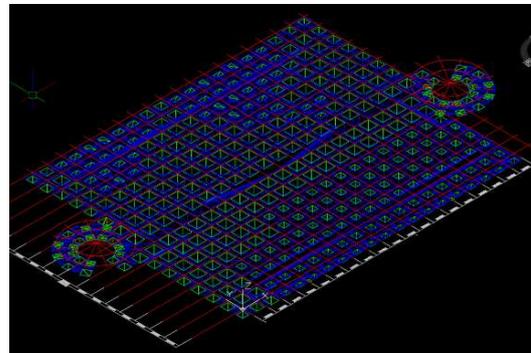


図-4 重機取り込み用データ

また、3Dモデルでは現場での確認ができないため、3Dモデルを2Dに変換し寸法等追記して確認用として根切図を作成しました。

## 6-2 掘削作業

### 【キャリブレーション】

毎日作業前にGPSのキャリブレーションを行う必要があり、適宜基準点を設置、管理する必要があります。設定した基準点にバックホー刃先の決まった位置を合わせます（写真-5）。当現場では、基準点を10か所程度設置しました。

### 【掘削】

掘削時は運転席のモニターに取り込んだデータが表示されるため、合番が不要なく重機のみで作業が行えました（写真-6）。杭等の目印になるものがない箇所の掘削や、悪天候で従来の方法での墨出しが難しいような状況でも問題なく掘削ができました。掘削時の制御は機能説明にあった通りで、3次元で制御がかかるので、左右の幅や深さを掘削しすぎることはありませんでした。また、掘削不足といった不具合の発生もありませんでした。



写真-5 キャリブレーション状況



写真-6 運転席モニター

## 7. 改善による効果

- ・オペレーターの技能にかかわらず均一な精度での掘削が可能となり、ヒューマンエラーにより発生する床付レベル及び掘削法面の過掘り、間違いをなくすことができた。
- ・位置出し、丁張り作業が不要となったことで、想定に対して概ね30%の労務削減を達成し、約100人工の省人化効果を得ることができた。また、同時に土工事の工事期間を短縮することができ、全体工事遵守を達成した。
- ・安全上では合番作業等の重機近接作業を最小限にすることで、重機接触災害という重大災害の発生の防止をすることができた。

## 8. 今後の課題

今回の施工にあたり、掘削作業自体においてはICT重機代が高価なため、従来施工と比較し、コストアップとなっています。現場の敷地形状・周辺建物・根切形状等の諸条件などを事前に確認し、現場としてどのような効果を見出すことができるかが重要になります。また、3Dデータを取り扱うのでデータの速やかな変更対応を行うための人材も必要になります。類次他現場と今回の現場におけるコスト比較を表-3に示します。

表-3 コスト比較

		従来施工	2Dタイプ	3Dタイプ
事前作業と必要人工		掘削計画図 2人工	掘削計画図 2人工	3D掘削モデル入力 4人工
掘削墨出		必要	不要	不要
丁張り		必要	不要	不要
合番者		必要	不要	不要
レベル入力		—	必要	不要
掘削数量/日		400~450 m <sup>3</sup> /日	440~500 m <sup>3</sup> /日	440~500 m <sup>3</sup> /日
人工		1	0.7	0.7
コスト比率 (従来施工:1)	事前作業	1	1	2
	人件費	1	0.7	0.7
	機械+燃料費	1	1.9	1.9
	合計	1	1.12	1.14

施工時においては写真-7、8のように合番者がいない状況となるため重機接触災害のリスクは減りますが、オペレーターが運転席のモニターに集中してしまい、周囲への注意が散漫になるので、この部分の改善は必要です。

今回はありませんでしたが、システムの故障時は重機自体が動かなくなるので、その準備をしておくことが必要です。



写真-7 掘削状況（近景）



写真-8 掘削状況（全景）

また、今回は実施していませんが、以下の項目を実施することで、より生産性の向上を図れると思います。

- ・基礎躯体のB I Mモデルを利用し、半自動で掘削面をモデリング出来れば、作図人工を削減できる。
- ・サンプリングでレベル確認を行ったが、ドローンなどで簡易に計測すればさらに作業員の削減が可能となる。
- ・今回、採用システムに実装されている掘削実績・進捗管理ツールを使いこなすことで、工事の進捗管理や掘削土量管理など施工管理の生産性向上にもつながる。

## 9. おわりに

今回、I C T建機を活用することで掘削工事期間を短縮し、無事故、無災害で全工期の遵守をすることができました。

実施に多大な協力を頂いた関係者の方々に、末筆ながら紙面をお借りして御礼申し上げます。

### 3. 全面フラット構台による地下工事の施工

社名： ㈱フジタ

氏名： 菅原 哲治

#### 事例概要

項目	内容
1. 工事概要	
(1) 工事名称	(仮称)銀座6丁目計画
(2) 規模(延床面積、階数)	延床面積:7,799㎡、地下1階、地上13階
(3) 用途	ホテル、飲食店、自動車倉庫
(4) 主要構造	S造、一部SRC造
(5) 建設地	東京都中央区
(6) 施工期間	2020年4月～2022年9月
(7) 工事費	—
(8) 設計者	株式会社三菱地所設計
2. 改善概要	
(1) 問題点・背景 (施工上あるいは従来工法の問題・課題など改善前の状況)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・新築地下躯体は既存地下外壁と耐圧版の中に納まるように計画されていた。</li> <li>・従来は既存地下躯体内を搬入土で埋め戻し、CD削孔機などで障害を撤去した後に杭工事を行い、切梁を架設しながら再掘削する工法であるが、工期とコストがかかる。</li> </ul>
(2) 改善の目的	<ul style="list-style-type: none"> <li>・埋戻し、再掘削の無駄をなくし、工期とコストの削減を図る。</li> </ul>
(3) 改善実施内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>・既存地下外壁を山留壁として利用。</li> <li>・既存外壁に切梁を架設しながら内部躯体の解体を行い、GLが天端の全面フラット構台上から杭工事を施工。</li> <li>・工区割りにより、構台を盛り替えずに1FLまで躯体を施工。</li> </ul>
(4) 改善による効果	
・Q(品質)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・杭頭近くで杭芯が管理できるため、水平施工誤差を小さくできた。</li> </ul>
・C(コスト)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・—</li> </ul>
・D(工期)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・従来の工法に比べ、約2か月工期が短縮できた。</li> </ul>
・S(安全)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・フラット構台のため、スロープ部での危険要因がなくなった。</li> <li>・掘削ダンプの削減により、市街地での車、歩行者への事故リスクが低減した。</li> </ul>
・E(環境)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・解体工法の改善により、騒音振動の拡散が減少した。</li> <li>・掘削重機およびダンプの削減により、CO<sub>2</sub>の発生を抑制できた。</li> </ul>
・その他の効果	<ul style="list-style-type: none"> <li>・—</li> </ul>

# 全面フラット構台による地下工事の施工

株式会社フジタ 菅原 哲治

## 1. 工事概要

本工事の計画敷地は、JR 有楽町駅から南に 500m 程度の場所にあり、北・西側 2 面は幅 7m の一方通行道路に面し、南側は幅 4m の生活道路、東面は隣地に接している。北側には道路を挟んで JR の高架軌道と首都高速道路があり、既存建物が地下を含め敷地いっぱい配置されていた。既存建物は地下 2 階・地上 8 階の事務所ビルで、これを解体してホテルに建て替える工事である。

新築の地下躯体は、1 階梁の一部を除き既存躯体の外壁と耐圧版に囲まれた中に納まるように計画されている。既存躯体は直接基礎で新築躯体は杭基礎である。

### 【建物概要】

- (1) 工事名称 (仮称) 銀座 6 丁目計画
- (2) 規模 延床面積 7799.81 m<sup>2</sup>、地下 1 階、地上 13 階
- (3) 主要用途 ホテル、飲食店、自動車車庫
- (4) 主要構造 S 造、一部 SRC 造
- (5) 建設地 東京都中央区
- (6) 施工期間 2020 年 4 月～2022 年 9 月 新築 2021 年 2 月 5 日～2022 年 9 月 30 日
- (7) 設計監理 株式会社 三菱地所設計

## 2. 従来工法の問題点と改善の目的

当初の計画では、以下に示す一般的な計画としていた (図-1)。

- ① 地上部の解体完了後に既存地下部を搬入土で埋め戻し
- ② 全周回転削孔機 (CD 機) で新設杭周りの障害撤去を行った後に新設杭を施工
- ③ 既存地下躯体に切梁を設置しながら掘削および既存躯体の解体
- ④ 既存耐圧版の上まで解体完了後に新築地下躯体を構築

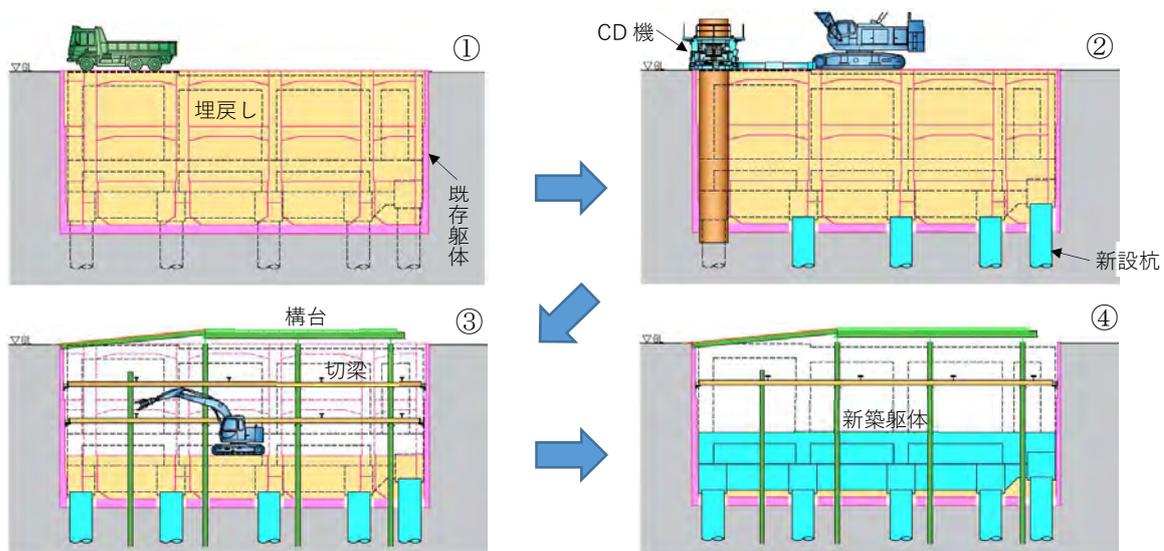


図-1 従来工法

この計画では埋め戻した搬入土を再掘削するため、無駄が多く工期とコストがかかる。埋め戻しを行わず、既存外壁を利用した全面構台を計画し、構台上から杭工事を行う工法にチャレンジした。

### 3. 新旧重ね図の作成と全面構台実現にむけて

最初に取り組んだのが詳細な新旧重ね図の作成である。図-2に重ね図を示す。既存地下躯体はほぼ敷地いっばいに建てられているが、新築躯体納めるには一部の柱および地中梁ハンチのハツリこみが必要であった。

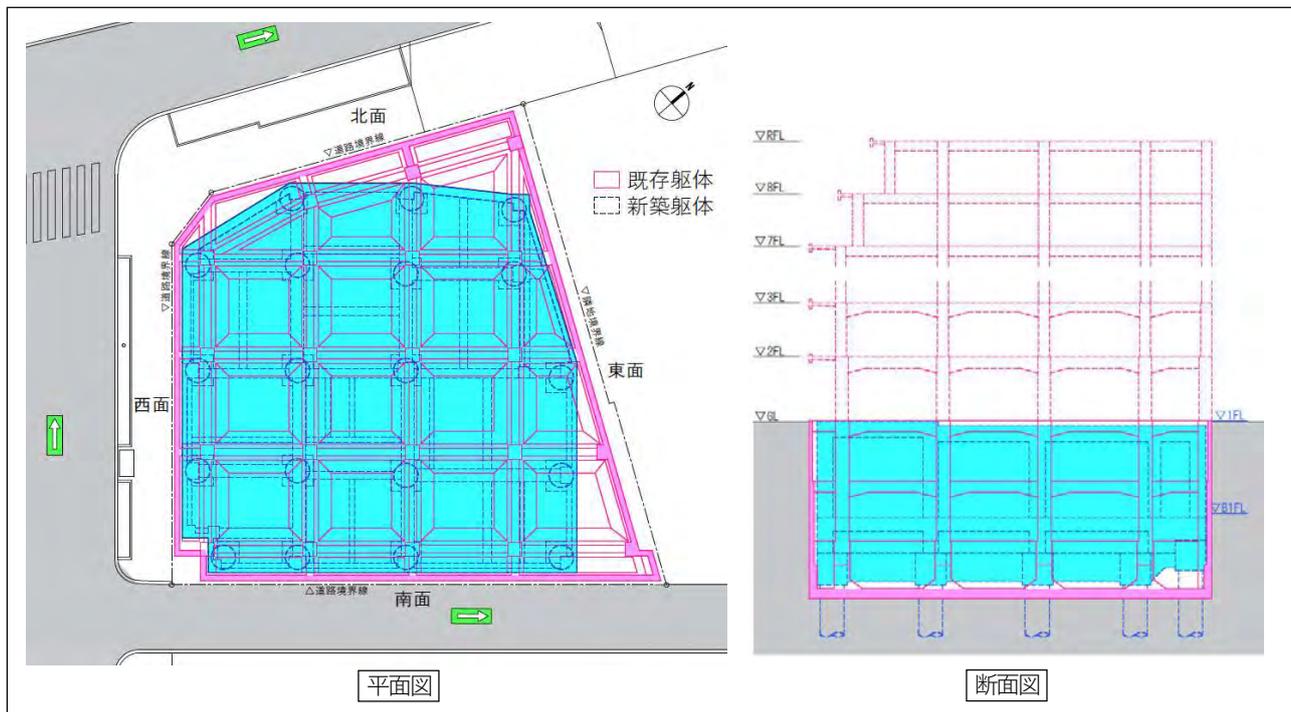


図-2 新旧地下躯体重ね図

杭工事の施工盤として全面構台を計画するにあたり、以下を基本的な計画条件とした。

- ・施工機械および生コン車などが容易に搬入できるように構台天端高さをGLとする
- ・構台支柱は既存耐圧版にアンカー止めとし、大引・根太端部は既存外壁で支える
- ・新設杭上部の覆工板は長さ3mを使用し、必要枚数を取り除いて杭を施工する
- ・構台は杭打機および相番機の他に、2段重ねの安定液水槽の荷重に耐えられるものとする

### 4. 構台計画

#### (1) 構台支柱と大引の配置計画

構台支柱は既存地中梁およびハンチをかわし、かつ新築梁に干渉しない位置に計画した。構台支柱は耐圧版の穴あけを伴う地中埋め込みの構台杭ではなく、図-3に示すベースプレート方式で、既存耐圧版にケミカルアンカー止めとした。大引は後述する施工手順を考慮し、図-4に示す方向とした。

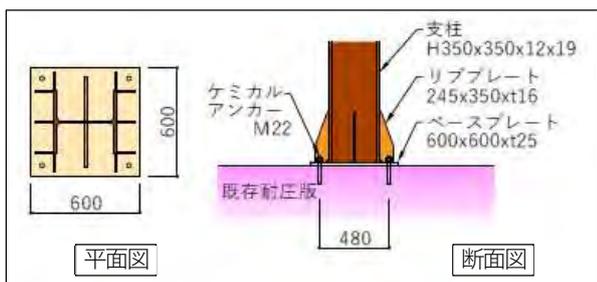


図-3 構台支柱脚部詳細

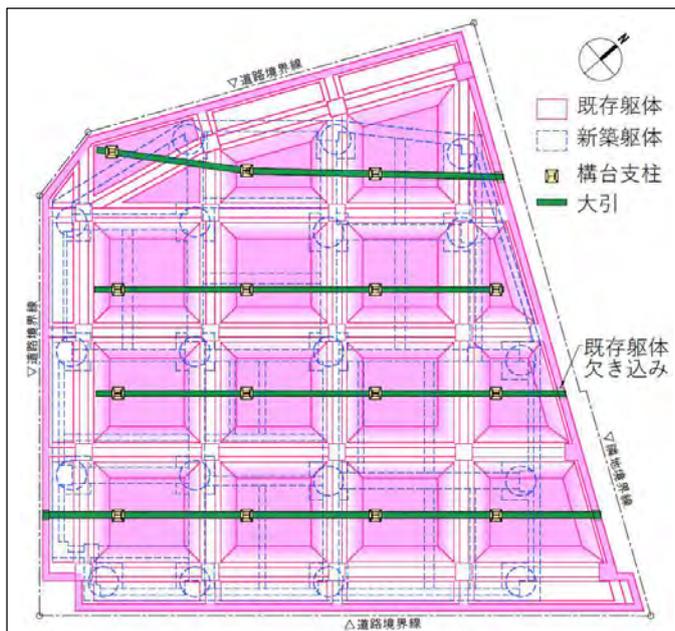


図-4 支柱・大引配置計画

(2) 根太および覆工板配置計画

新設杭は軸部φ1500でケーシングは外径1800を使用するため、根太間隔は、新設杭をまたぐ部分は@3000とし、覆工板を外してケーシングが設置できるようにした。その他の根太は基本@2000とし、ケーシング外周から最低50mmのクリアランスを確保した。

杭の位置により根太間隔が1mとなる部分が生じたが、1mに切断した200Hを敷き詰める方法を取った。

出入口部は既存外壁が構台に対して斜めであるため、200Hを@400で設置し、5×20の鉄板を敷くことで乗り入れを可能にした(図-5)。

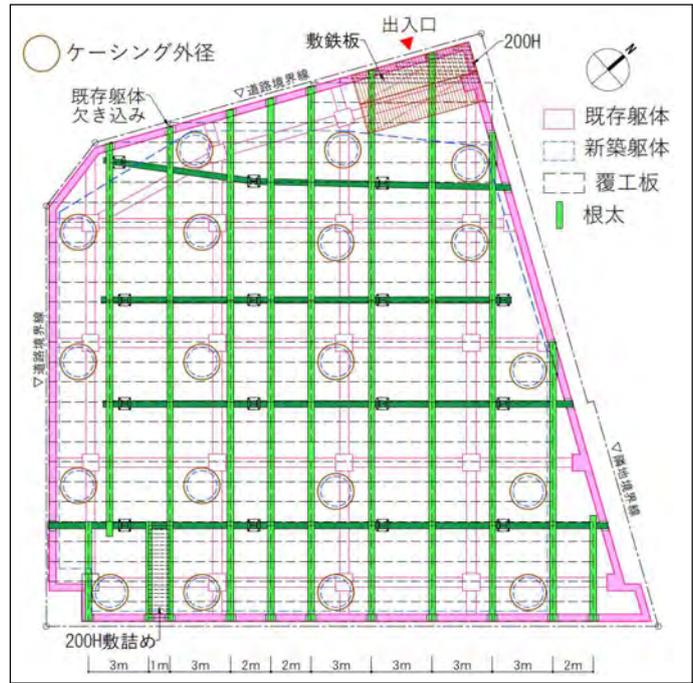


図-5 根太・覆工板配置計画

(3) 既存地下外壁で支える部分の処理

大引の一部と根太の端部、西面道路側の覆工板は既存地下外壁に寄せかけて荷重を支える計画とした。大引・根太の寄せかけ部は既存外壁に欠き込みを行い、天端はモルタルで成形した。また、大引・根太の下端に合わせて長さ2mのアンクル材を既存壁にアンカー止めし、ブルマンまたは既存壁鉄筋の溶接で大引・根太を固定してズレ止めおよび落下防止とした(図-6)。

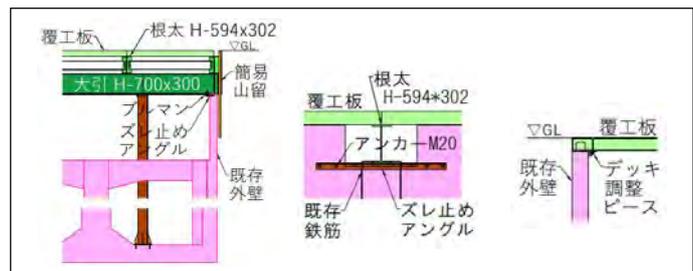


図-6 寄せかけ部詳細

5. 構台架設および地下躯体解体の手順

全面構台の下での切梁架設・地下躯体解体のため、詳細に手順を検討した。その内容を以下のステップに示す。

(1) ステップ1 (図-7)

既存1階躯体の北側1スパンを残して1階梁床および地下1階柱を解体し、B1F床を一部先行解体して圧砕機は下階に移動。

地下階床に構台支柱用の開口をあけ、北側既存1F床にラフターを乗り入れて構台支柱(棚杭兼用)を設置し、1段切梁を先行架設(写真-1)。

その後、中央部の先行構台を架設(写真-2)。



写真-1 1段切梁架設完了



写真-2 中央部構台完成

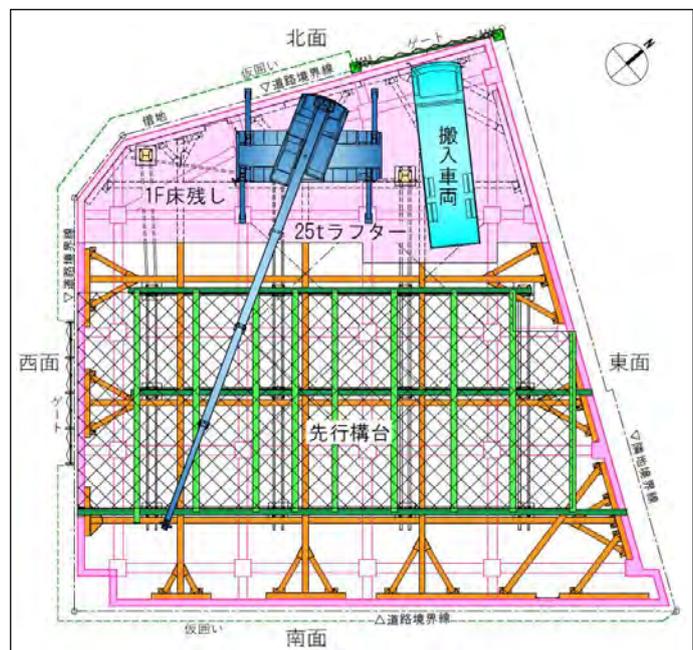


図-7 ステップ1

## (2) ステップ2 (図-8)

北側既存躯体を含め地中梁天端まで解体。梁は両端部を圧砕し、鉄部を切断して揚重、柱はウォールソーで両サイドから切断するブロック解体を採用。中央部構台上のラフタークレーンで解体ブロックを吊り上げて搬出 (写真-3)。



写真-3 柱ブロック解体

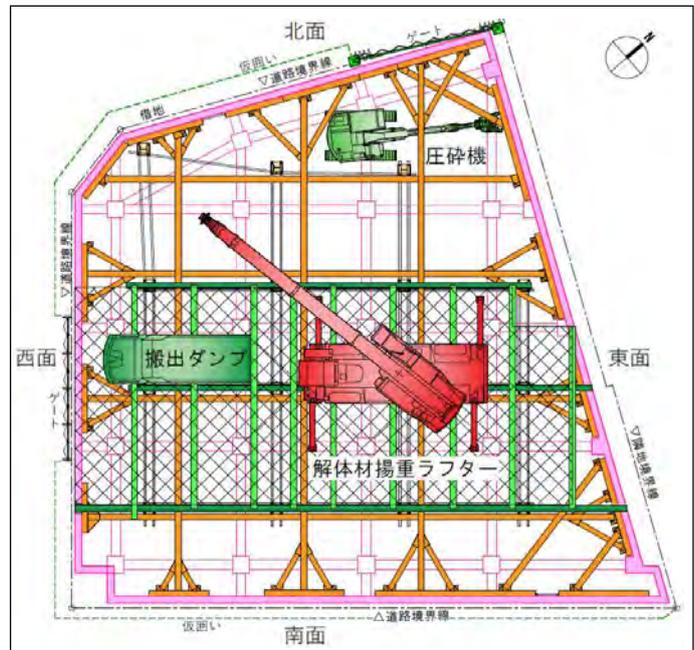


図-8 ステップ2

## (3) ステップ3 (図-9)

中央部構台から2段切梁架設。次に地中梁を解体し、新設杭位置の耐圧版穴あけ。

耐圧版は600・800mm厚で、杭工事に支障をきたす恐れのある既存鉄筋除去を確実にを行うため、連続コア抜きで解体して揚重機で吊り上げ搬出 (写真-4)。解体後の穴は良質砂で埋め戻し。

解体重機と解体材を揚重・搬出後、中央部構台上のラフタークレーンで構台を拡幅し全面構台完成。



写真-4 耐圧版連続コア抜き解体



図-9 ステップ3

## 6. 場所打ち杭の施工

全面構台上から地下の中空層を経て、既存耐圧版下に場所打ち杭を築造する計画のため、作業所、建築技術部、杭専門業者で綿密な打ち合わせを行った。地表面からの一般的な施工方法と異なるため、問題点を洗い出し検討を行った。主な検討項目を以下に示す。

- ・狭い全面構台上での施工となるため、施工機械の選定と配置計画が重要
  - ・地下水の回り込みを防止するため、表層ケーシングは既存耐圧版から2m下の不透水層に埋め込む必要がある。そのためケーシング長は15mとなり、長尺ケーシングの建て込み計画が必要
  - ・杭の余盛部分は耐圧版上の中空部分となるため、余盛コンクリート確保の検討
  - ・構台から9.4m下での杭芯の位置出しと、ケーシング挿入時の杭芯計測管理の方法
- これらの検討項目に対し以下のように計画し実践した結果、問題なく杭工事を完了することができた。

(1) 施工機械の選定と配置

図-10 に配置計画、図-11 に施工断面を示す。

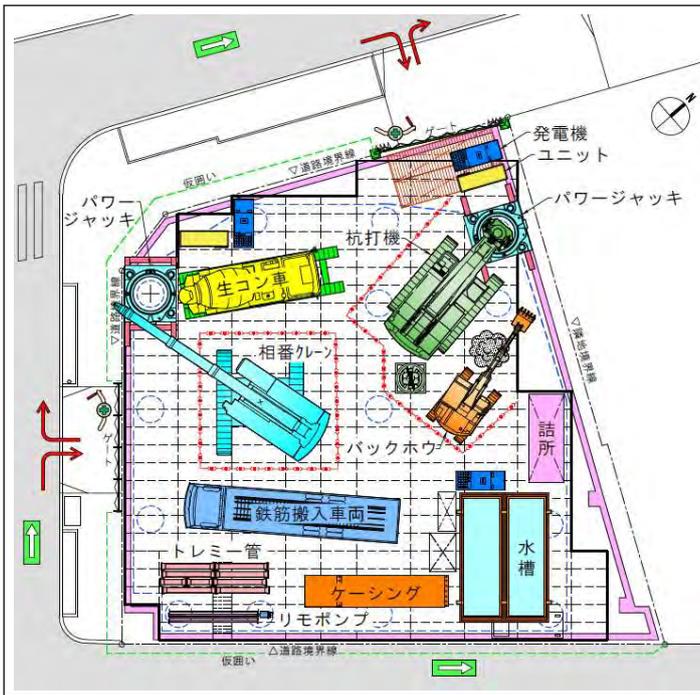


図-10 杭施工機械配置図

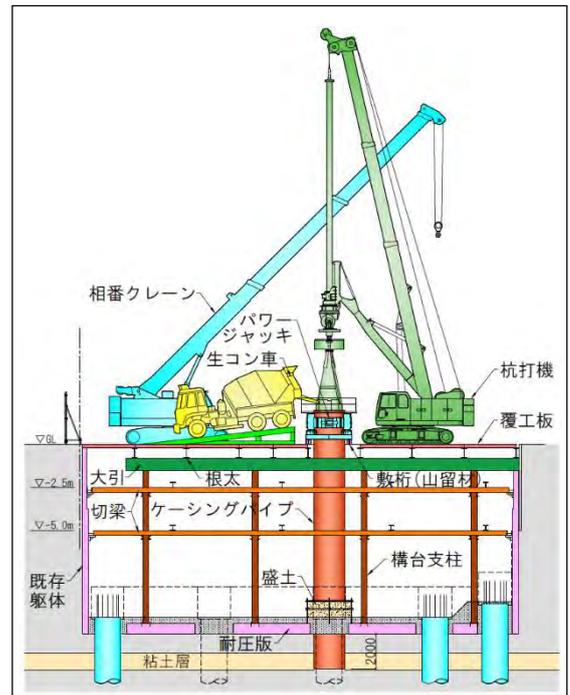


図-11 杭施工断面図

今回の場所打ち杭はアースドリル杭で、軸径φ1500、拡底径φ2200~2500、杭長9mの中型杭である。そのため、杭打機は小型のブーム懸架式を使用し、相番機には75tテレスコピッククローラクレーンを採用した。両機とも組立に大きな範囲を必要としないため、今回の敷地には最適であった。

ケーシングを耐圧版より2m下まで埋め込む必要があるため、パワージャッキを使用した。パワージャッキは工期を確保するため2基使用し、前杭の掘削が完了した後すぐに次杭の掘削にかかれるようにした。

写真-5に杭施工の全景を示す。鉄筋かごは外部組立のため、その搬入車両と生コン車の動線を確保するため、1日毎の各重機・機器の配置および動線計画を綿密に行った。



写真-5 杭施工状況全景

(2) 表層ケーシングの建て込み

ケーシングパイプは下から順に1m+6m+6m+2mの組合せとし、ボルト接合のジョイント部はグリスとビニールラップを施して安定液の漏れを防止した。

パワージャッキは写真-6に示すように、杭上部の覆工板開口の上に300Hの山留材を渡しかけ、その上にセットした。ケーシングの天端は構台上2m程度となるため、パワージャッキのステージを鉄筋ジョイントなどの作業足場として使用し、生コン車は鋼製スロープを使用して直接打設した。



写真-6 パワージャッキ据付

(3) 余盛の確保

余盛の確保・孔壁崩壊防止および地下水位より上に土が必要のため、計画時は耐圧版+2.5mまで全面を埋め戻す計画であったが、写真-7に示すように単管パイプと廃棄万能板で止め枠を設置し、余盛が確保できる高さまで杭の周辺のみ盛土することとした。また、ディープウエルで水位を下げる計画であったが、杭打設中に安定液を下げる可能性があるためディープウエルは取りやめ、耐圧版上部の表層の水のみ排水する計画とした。



写真-7 余盛確保の盛土

#### (4) 杭芯計測管理

構台上の杭芯出しは、覆工板に直接墨出しを行ってケーシングの逃げ墨をマークした。耐圧版上での杭芯計測は、盛土枠にXY軸を4点マーキングし、ケーシング外周までの距離で管理した。また、建て込み時にトランシットによるケーシングの鉛直管理も併用した。写真-8にケーシング建て込み状況を示す。



写真-8 ケーシング建て込み

### 7. 地下躯体の構築

杭工事完了後、地下躯体工事を開始するにあたり、1Gに干渉するフラット構台をどうするかが課題であった。当初計画ではGL天端のフラット構台から、通常のスロープ付構台（GL+1200）に盛替える計画であったが、支柱継足しなど工期とコストがかかる。

対応策として、南・北の2工区分割とし、1工区のフラット構台は、0節鉄骨柱建方に支障のないように、また、作業スペースを確保するため、図-12の緑色部分以外は解体し、範囲・期間とも可能な限り最大限残す方針とした。

1工区の躯体を1F床までを先行で築造した後、1工区スラブ上を作業エリアとして2工区を築造する計画とした。

図-13に地下躯体工事のステップ断面を示す。

#### (1) ステップ①

1工区を先行して躯体を築造するためには、1・2工区にまたがる切梁を解体する必要がある。既存躯体の耐力計算により、2段切梁の解体は、1工区は耐圧版、2工区は地中梁コンクリートを打設完了後に可能であるため、この高さまでの工事は1・2工区を並行して進め、躯体完了後、外周を埋め戻し、2段切梁を解体した。

#### (2) ステップ②

1段切梁解体のためにはB1SLまで躯体を打設する必要がある。2工区の0節鉄骨は機械式駐車場の地中梁上から立ち上がるため、事前に仕口鉄骨と構台が干渉しないように計画した。B1SLまで1工区と並行して躯体を築造して1段切梁を解体した。

#### (3) ステップ③

1工区の0節柱は重量が約5tあり、2工区の構台上からでは揚重機が大きくなる。あらかじめステップ①で残す計画とした1工区の構台を使用することにより、25tラフターでの柱鉄骨建方が可能となった。その後、1工区の構台を解体してから1G梁鉄骨建方を行い、1SLまでの躯体コンクリートを打設した。

#### (4) ステップ④

1工区躯体上にラフタークレーンを設置して2工区の構台を解体し、2工区の残りの0節鉄骨の建方を行った後、1SLまでの躯体コンクリートを打設し、地下工事を完了させた。



図-12 構台一部解体状況

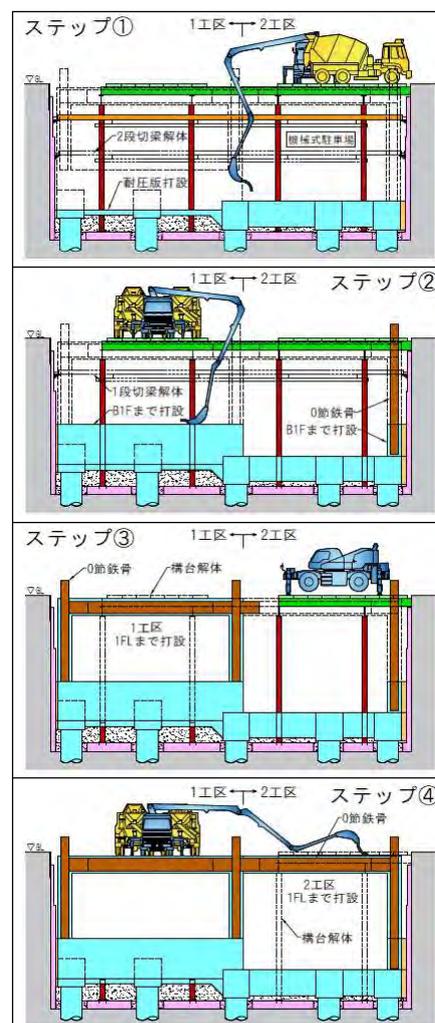


図-13 地下躯体工事ステップ

## 8. 改善による効果

今回の工法改善による効果を表-1に示す。

表-1 効果のまとめ

品質	<ul style="list-style-type: none"><li>・新設杭頭部の高さでの杭芯管理ができるため、杭の水平施工誤差を小さくできた</li></ul>
工期	<ul style="list-style-type: none"><li>・当初計画の全面埋め戻し、切梁を架けながらの掘削に比較して、土工事の削減により約1か月</li><li>・地下解体を可能な限り先行し、かつ耐圧版穴あけを連続コア抜き工法としたことで約1か月計2か月の短縮</li><li>・確認済取得の期限が6か月以上遅くなるため、設計者に余裕ができた</li></ul>
安全	<ul style="list-style-type: none"><li>・フラットな構台での施工により、スロープ部での搬入車両の危険要因がなくなった</li><li>・掘削ダンプを削減できたことで、市街地での車・歩行者への事故リスクが低減できた</li></ul>
環境	<ul style="list-style-type: none"><li>・地下躯体解体にブロック解体を採用したことで、騒音・振動の拡散リスクが減少した</li><li>・耐圧版穴あけを連続コア抜きにしたことで、ブレーカーによる騒音・振動の拡散リスクが減少した</li><li>・掘削重機およびダンプを削減できたことで、CO<sub>2</sub>の発生を抑制できた</li></ul>

## 4. フルPCaによるプラネタリウム球体の合理化

社名： 鹿島建設(株)

氏名： 杉本 健太郎

### 事例概要

項目	内容
1. 工事概要	
(1) 工事名称	横濱ゲートタワープロジェクト建設工事
(2) 規模(延床面積、階数)	延床面積: 83, 815㎡、地下1階、地上22階、塔屋2階
(3) 用途	事務所、店舗、プラネタリウム
(4) 主要構造	地下RC造、一部SRC造、地上S造(球体RC造)
(5) 建設地	神奈川県横浜市
(6) 施工期間	2019年4月 ~ 2021年10月
(7) 工事費	—
(8) 設計者	鹿島建設(株)建築設計本部
2. 改善概要	
(1) 問題点・背景 (施工上あるいは従来工法の 問題・課題など改善前の状況)	・本球体はプロジェクトのシンボリック的存在であり、内部には最新LED球面モニターが設置される。これにより球体精度・止水性等を高いレベルで満足させることが要求された。RC在来工法では精度のばらつき、工程、安全環境面で多くの改善の必要があった。
(2) 改善の目的	・RC在来工法における懸念点に対し、SEQDCを高レベルで納めること。
(3) 改善実施内容	・球体躯体にフルPCa工法を採用し全てプレファブ化した。
(4) 改善による効果	
・Q(品質)	・躯体精度±5mm 以内、漏水ゼロを達成した。
・C(コスト)	・—
・D(工期)	・—
・S(安全)	・RC在来工法に対する現場作業量を10%以下にして災害発生確率を低減した。
・E(環境)	・産廃発生量を在来工法の10%以下にした。
・その他の効果	・施主・設計・施工者のチームワークにより、シンボリック存在を高次元で構築させた。

# フルPCaによるプラネタリウム球体の合理化

－得意先ニーズを具現化した計画・設計・施工の記録－



写真-1 球体完成状況

鹿島建設株式会社 横浜支店  
横濱ゲートタワープロジェクト建設工事  
杉本 健太郎

## 要 約

みなとみらいに立地する本プロジェクトに相応しい施設として低層部に、直径19mの球形RC躯体プラネタリウムが採用された。本球体には、プロジェクトのシンボルたる美しさ、精度、耐震性、止水性等を高い次元で実現することが要求された。本報では、課題に対し技術的検証を行いながら解決したプロセスと今後の課題について報告するものである。写真-1に球体完成状況を示す。

## 目 次

- I はじめに
- II 工事概要
- III 施主要求事項
- IV 設計・施工コンセプト
- V 工法選択
- VI 球体PCaモックアップ
- VII 実施工に向けた詳細検討
- VIII まとめ
- IX おわりに

### I はじめに

本プロジェクトは横浜みなとみらい地区の中で、横浜駅に近い至便な場所に位置している。事業者は当社開発事業本部が中心となった開発案件であり、その事業コンセプトは、当該立地に相応しい「横浜の新たな名所づくり」、「最先端技術とアートが融合する癒し・遊び・学びの空間」、みなとみらい21地区のにぎわい施設として類を見ない施設の設置であった。検討の結果、当該コンセプトの目玉として、最先端のプラネタリウム施設を設置する

方針を掲げ、横浜市土地公募に当選するに至ったものである。

### II 工事概要

工 事 名：横濱ゲートタワープロジェクト建設工事  
所 在 地：神奈川県横浜市西区高島1丁目2-50他  
建 築 主：鹿島建設株式会社、住友生命保険相互会社、  
三井住友海上火災保険株式会社  
設 計 者：鹿島建設株式会社 建築設計本部  
施 工：鹿島・鉄建・小俣建設共同企業体  
工 期：2019年 4月～2021年10月（30.5ヵ月）  
用 途：事務所、店舗、プラネタリウム  
敷地面積：9,309㎡  
建築面積：6,153㎡  
延床面積：83,815㎡  
最高高さ：110m  
階 数：地下1階、地上22階 塔屋2階  
構 造：地下RC造一部SRC造、地上S造（球体RC造）

図-1に敷地周辺図を、図-2に配置図を、表-1に全体工程表を示す。



図-1 敷地周辺図



図-2 配置図

表-1 全体工程表

年	2017年 (平成29年)		2018年 (平成30年)				2019年 (平成31年/令和元年)				2020年 (令和2年)				2021年 (令和3年)				2022年 (令和4年)	
	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6
マイルストーン	事業予定者決定		予約契約締結		土地売買契約締結		着工						竣工				グランドオープン			
施工スケジュール			準備工事①				準備工事②				新築工事期間 (30.0ヵ月)									
設計スケジュール	基本設計 (14ヵ月)		実施設計 (7ヵ月)				基礎躯体工事期間 (7.0ヵ月)				外装工事期間 (7.5ヵ月)				テナント工事					
官庁スケジュール			基本計画協議 (6ヵ月)				山留・土工工事 杭地業工事期間 (9.5ヵ月)				内装工事期間 (10.5ヵ月)				検査					
			アクセス審査・開発許可 構造評定・大臣認定・確認申請																	

### Ⅲ 施主要求事項

- プラネタリウムの建築的要望は、以下の3つである。
- ・シンボリックな存在、精度、美しさ、機能(止水性、耐震性、遮音性、断熱性)があること。
  - ・地下鉄軌道の直上に立地する為、重量制限があり、地盤面で8t/m<sup>2</sup>以下の制約があった。
  - ・プラネタリウムの電子機器が納められるため建物漏水は絶対に許されない。

### Ⅳ 設計・施工コンセプト

#### 【意匠】

- ・建物形状は、立地上、みなとみらい21中央地区の玄関口となる場所に来場者の目を引くランドマーク的なシンボルとなり、プラネタリウムという施設を直観的に連想させる球体とする。
- ・法規制や構造上の制約が厳しい低層部の建物ボリュームの中に納まる限界寸法とし、球の外径は最小で、内径は最大を目標とする。
- ・内外の音がそれぞれに漏れないよう遮音性能確保が必要。
- ・断熱によるプラネタリウム空間の居住性が必要。
- ・人と機材に損害が及ばない止水性能の確保。

#### 【構造】

- ・仕上げ下地の精度、止水性、室内有効寸法を最大限確保する構造体。
- ・確認申請上、従来の設計手法で対応可能な柱・梁を壁に内蔵した耐震壁付きラーメンRC構造を基本とする。

#### 【施工】

- ・安定した施工環境を確保。
- ・止水性が高く、美しい球体躯体を築造。
- ・全体工程のクリティカルのため工程の厳守。

### Ⅴ 工法の検討

原設計時の想定工法は、在来RC造壁構造現場打ちであったが、SEQDCを高次元で確保するためのリスクヘッジの観点から、工法の見直しを図った。工法は次頁に示す5工法を検討し、最終的にRC造Pc工法を採用した。

### 1. S造+PCCW (写真-2)

- ・メリット : 従来技術としての実績があり、既往の技術を採用できる。
- ・デメリット: 鉄骨分だけ内部空間にロスが生じる。下地鉄骨とPCCW双方のための重量増。



写真-2 S造+PCCW 他建物事例

### 2. 在来壁構造現場打ち (設計時採用工法)

- ・メリット : 既往の技術を採用できる。
- ・デメリット: 球面の為、仮設の考え方が複雑で、安全な作業環境の実現が困難。型枠材転用が困難。産業廃棄物が大量に発生する。曲面の型枠を、曲面面積分製作するコスト大。鉄筋組立精度、型枠建込み精度、コンクリート打設精度など、各フェーズで誤差が積み重なり、球体全体精度の確保が困難。工程が他工法より長く必要。写真-3に曲面型枠を示す。



写真-3 在来壁現場打ち曲面型枠

### 3. ニュートラスウォール工法 (当初採用工法)

工場でトラス鉄筋とメッシュ型枠で立体成形し、現場で組立、コンクリートを打設。内外表層にモルタルを吹き付けて曲面躯体を形成する (写真-4)。

- ・メリット : 実績が多く既往の技術として採用可。仮設関連の組立・解体を含め90日間程度を要し目標工程内に納まる。
- ・デメリット: コンクリート打設時ラス型枠からノロが大量に垂れ落ち施工性が悪い。3次元曲面は得意だが単純な球体としての表面精度はモルタル鍍塗り仕上げの為、確保し難い。实例を視察した結果、各所にクラック・浮きが発生しており、止水性能に懸念がある場合も考えられる。



写真-4 ニュートラスウォール工法事例

### 4. ハーフPCa工法

外部側をPCa化、内側を在来型枠とし、現場でコンクリート打設する方法。

- ・メリット : 採用事例も多く曲面も可能。
- ・デメリット: 捨て型枠工法となるため、PC版厚部分がふかし扱いとなり、躯体全体重量が増加する。分割が多くなる。内側は総型枠となる為、コスト増。

### 5. フル PCa工法

耐震壁による壁式構造ではなく、柱梁が壁厚に組み込まれたラーメン式構造のフルPCa。部材間の接合部のみ現場打ちコンクリートとなる工法。

- ・メリット : 鉄骨下地が不要で自立した球体を構築できる。球外径は最小で、内径は最大確保が可能。安全性の高い作業環境で施工出来る。産業廃棄物の抑制。工場製作による精度の良い球面の実現、球面仕上げの美観確保、現場労務の省力化、工期短縮。
- ・デメリット: 自立型は前例が無いこと。接合方法や分割位置の検討を要する点、分割位置に目地が出来ること。1ピースを大きくすると大型重機が必要。

上記5つの工法が、選択肢としてあったが、以下の2点の理由より、フルPCa工法を採用した。

- ・高精度な躯体で球面形成が可能・工程短縮。
- ・施工性・安全性向上的に有利。

各工法をSEQDCの観点から比較したものを表-2に示す。

表-2 工法選択SEQDC比較表

工法	安全	環境	品質	工程	コスト	総合	備考
1. S造+PCCW	5	5	5	3	3	21	下地鉄骨の分が、内部空間を犠牲にする。PCCW部の肉厚が厚く、部材重量が重い。
2. 在来壁構造現場打ち	2	2	2	1	1	8	型枠建込み精度、コンクリート打設精度など、各フェーズで誤差が積重なり、建物全体精度の確保が困難。
3. ニュートラスウォール工法	1	1	1	3	3	9	内側は、ラス型枠からノロが大量に垂れ落ち極めて施工性が悪い。品質(見た目)精度が悪い(±50mm)。
4. ハーフPCa工法	3	3	3	3	3	15	捨て型枠工法となるため、PCa版厚部分が増加する。分割が多くなる。
5. フルPCa工法	5	5	5	5	4	24	ジョイント部の構造検討が必要。

凡例 5：最適、4：良好、3：普通、2：あまり良くない、1：不適



写真-5 自立型フルPCa設置状況

PCa組立検証・鉄筋取合い・施工性・球体と本体屋根鉄骨の取合いなどBIMを活用して検証を重ね、最終的に実現性の高い工法であることを確認した。

特殊形状の建物の検討にはBIMでの検討は必須である。図-3にBIMによる施工性検証状況を、図-4に球体PCa吊り込み検証状況を示す。

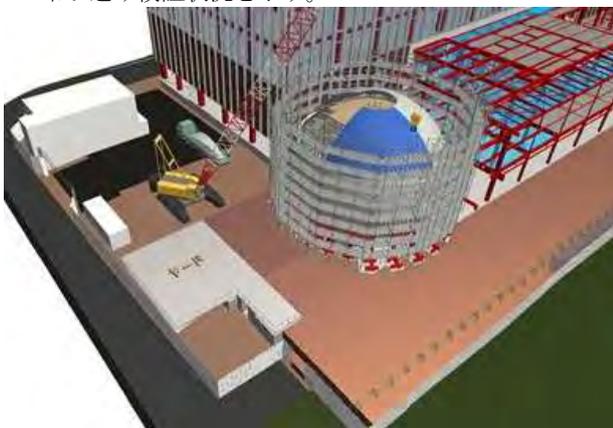


図-3 球体PCa施工検証

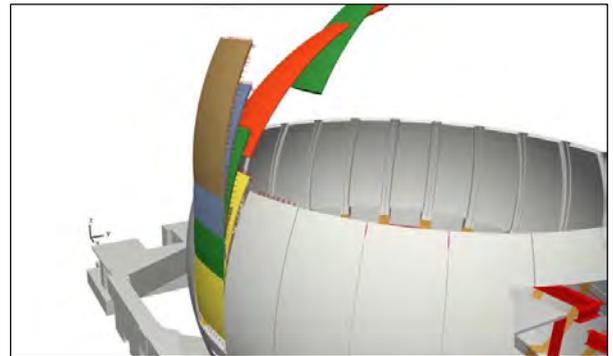


図-4 球体PCa吊り込み検証

#### VI 球体PCaモックアップ

球体フルPCa工法を採用に伴い製作・施工面から各種検討を行った。検討の妥当性を確認する為、モックアップによる試験施工を実施した。試験による各種知見を得る事が出来、本製作・製作にフィードバックした。その結果及びフィードバック事項を表-3に示す。写真-6にモックアップ状況を、表-3にモックアップ検証事項及びフィードバック一覧を示す。

表-3 モックアップ検証事項及びフィードバック事項一覧

	フィードバック事項	事象・改良内容
1	垂直ジョイント間の型枠	脚部蓋型枠箇所が側圧に耐えられずに、破壊した。 アングル・固定用インサートピッチを見直した。
2	垂直ジョイントの鉄筋突付け部	鉄筋突合せ部は、機械式継手(NEWボルトトップス)の為、誤差5mm以下の管理が必要となることが分かった。
3	水平ジョイント部グラウト圧	PCa柱脚部一体注入時⇒層間のグラウト注入時、全排出口からグラウトが排出されたのを確認後、内圧を掛ける際にPCaが浮上った。よって、最後の一押しする時は、手押しポンプでゆっくりと圧を掛けることにした。1・2層目間、2・3層目間の浮上り防止の為、外側アングル取付けを行うことになった。水平目地部は、グラウト注入に先立ち1層目シール打設を行う計画になっていた。グラウト圧に負け、膨れる現象が確認出来た。シール打設をやめ、無収縮モルタルの先詰めに変更した。
4	2・3層目間水平ジョイント部グラウト注入	2・3層目間水平ジョイント部グラウト注入⇒注排出口が下方向に向いている為、適切にグラウトが注入出来ない可能性が高い。よって、モックアップによる施工性を鑑みて当該部位は外側から注入を行うことにした。



写真-6 球体モックアップ

### Ⅶ 実施工へ向けた詳細検討

2019年7月から球体分科会を開始した。球体施工完了までのスケジュールは、以下の通りである。

- ・2019年11月 球体基礎梁完了
- ・2020年4月 モックアップ施工開始
- ・2020年5月 型枠製作開始
- ・2020年8月 球体PCa製作開始
- ・2021年1月 球体PCa躯体施工開始
- ・2021年3月 球体PCa躯体施工完了
- ・2021年3月中旬 球体廻り鉄骨建て方

上記スケジュールを鑑み、以下の項目について検討し、決定へと導いた。球体総合仮設計画、壁つなぎの取り方・残し方、精度管理方法の詳細を詰めた。ジョイントの用途に応じて、数種類の機械式継手を使い分けたのが工夫点

である。以下に検討項目に関する決定事項を示す。

#### 1. 基礎梁とPCaとのジョイント納まり

基礎梁と第1層PC版の構造ジョイントは、重ね継手、溶接継ぎ手など検討したが、機械式継手(トップスジョイント)にて構造的に一体化させる案で決定した。図-5に基礎と第1層目PCa版の取合い概念図を示す。

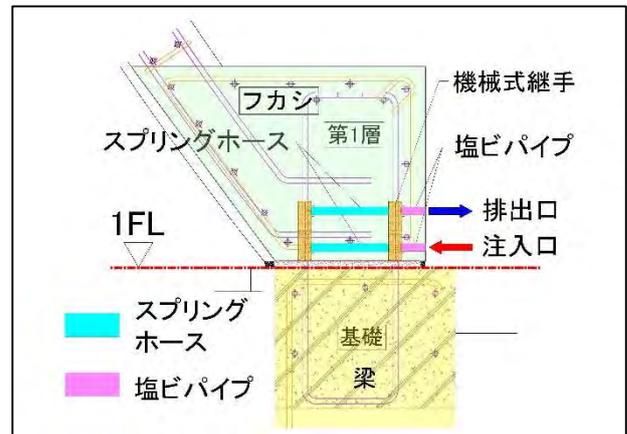


図-5 基礎と第1層目PCa版の取合い概念図

基礎梁とPCa版を接続する定着鉄筋は、高精度で打込む必要があった。この配筋を行う為のテンプレートを製作した。24分割全てのPCa版専用のテンプレートを製作し、固定方法も確立した。1年後の2021年12月のPCa施工前の実測において、合計600本近い鉄筋が全て許容値内であった。写真-7に当該鉄筋打込み状況を示す。



写真-7 基礎と第1層PCa版接続筋打込み状況



写真-8 基礎と第1層PCa版の取合い接続状況

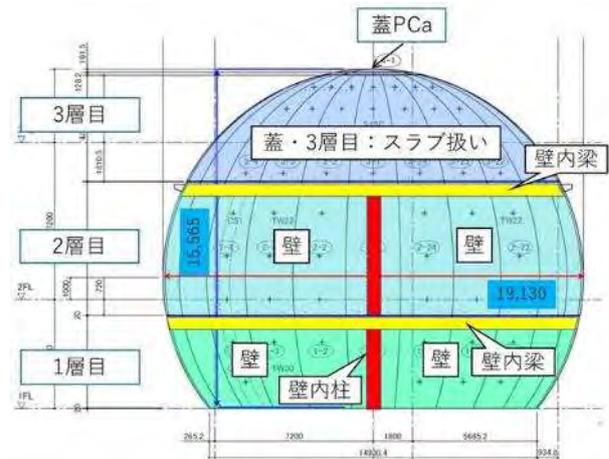


図-6 球体の構成



写真-9 最大寸法PCa版（2段目運送状況）

## 2. 球体PCaの割付

図-6に球体の構成を示す。

### (1) 垂直割

360度を何分割にするか関係者の中で、目標とする姿が異なった。建築意匠・構造設計・施工者の各立場で様々な意見や要望が挙がったが、運搬できる最大サイズを優先することに決定した。

柱の位置を優先的に検討し、90度の公約数で且つ、道交法上の制約幅2,500mmを超えない分割：15度分割  
 $2 \times 9,550(\text{半径}) \times \pi \times 15 / 360 = 2,499\text{mm} < 2,500\text{mm}$

### (2) 水平割

当該球体の構造は、柱と梁が壁に内蔵され、最上段梁より上部はスラブ扱いとなっている。梁レベルを基準として水平3分割+頂部蓋の構成としたが、球体縦方向センターラインに梁が無く、構造上、均等に梁が配置出来ない為、水平目地が意匠上、不均等に配置することに、施主・設計の確認を得た。

## 3. 各段縦筋ジョイントの検討

1層目に準じて2層目・3層目の検討を行った。

### (1) 第1層PCa版と第2層PCa版の取合い

- 第1層PCa版下部で採用された同じ納まりをこの層でも採用した。PCa施工は地盤に対し垂直に落とし込む事ができるため、鉄筋精度確保も容易にできる一方、構造上不要な躯体断面が出来、構造重量が増加方向に移行するため最小限の納まりをBIMで検証した。
- それぞれの柱筋や壁縦筋はPCa版パネル内定着であり、ジョイント筋は双方で形成された梁形状内部筋での接続としている。詳細ディテールを図-7に示す。

### (2) 第2層と第3層の取合い

- 2層目PCa版（耐震壁付RCラーメン構造）の上端部には3階梁が存在し、第3層目PCa版はスラブであることから、その下端部には、ジョイント筋を納める為のフカシ部分を設けた。
- 3層目PCa版の施工は1・2層目PCa版の施工とは異なり地盤面に、対して垂直ではなく、2層目PCa断面に対して垂直となる。詳細ディテールを図-8に示す。

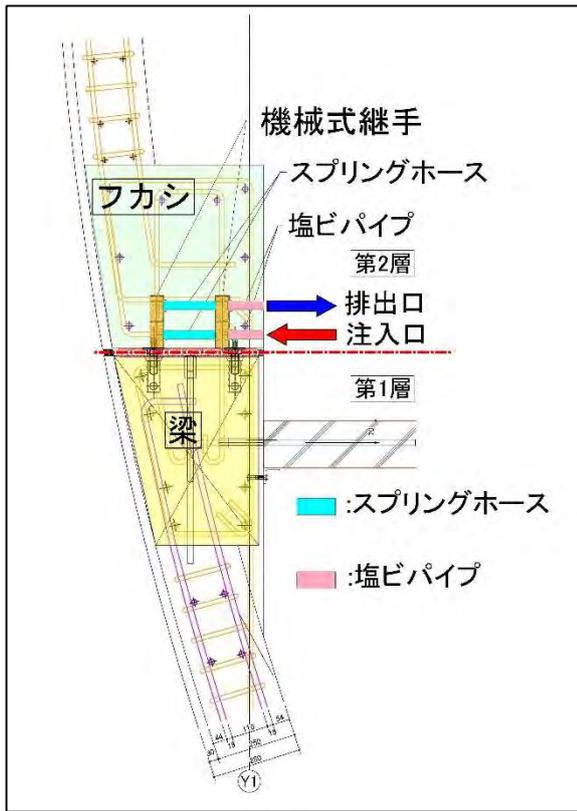


図-7 第1層PCa版と第2層PCa版の取合い配筋図

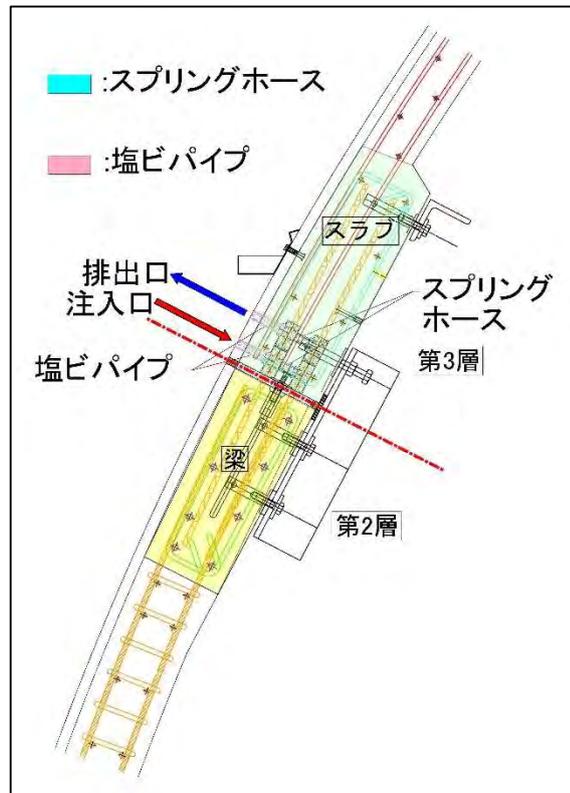


図-8 第2層PCa版と第3層PCa版の取合い配筋図

c. これは、下2段がそのパネルの最下端が最大幅ではなく、最上部や中間部が最大幅であり、かつPCa重量

も大きいため地盤面に垂直に施工する納まりとした。しかし、3層目は最下端が一番広がっているため、斜め施工が可能と判断し、かつBIMでも検証を行い、確信を得た上で、納まりを変え最小パネル厚さで実施することが可能となった。軽量化のディテールを図8に示す。

(3) 3層目PCaと第4層目PCaとの取合い

- a. 蓋PCaの接合面（小口面）は、斜めに立掛けた荷姿で運搬する為、ジョイント鉄筋を突出させる事が不可能であったため、PCa内にリレージョイントを施工し、現場搬入後定着筋を挿入し、第3層PC版小口面から突出する縦筋と空き重ね継手により構造的に一体化させる。
- b. 鋼製型枠により上面に蓋をしてコンクリートを内部空間に充填することで、天端の左官仕上げを無くすることができ、高精度の仕上品質を確保できる。鋼製型枠の設置状況を写真-10に、頭頂部仕上げ施工状況を写真-11に示す。



写真-10 第3層と蓋取合い型枠取付け状況



写真-11 頭頂部防水施工状況

4. 垂直ジョイントと現場打ち継ぎ部の検討

- a. 壁PCa内部の横筋同士を機械式継手（ボルトトップス）で接合する。
- b. 外部側は、止水シールのための目地幅だけ残して薄肉PCaとし、内部側は横筋の配筋やコンクリート充填のため開口部を大きく残し、在来型枠を設置できるようにした。

c. 薄肉部の急激な断面変更はクラック発生の要因となることから、ハンチを設けクラック抑制に寄与させた。垂直ジョイント部の継手状況を写真-12に示す。



写真-12 同一層における隣り合う版同士の接合状況

## 5. 止水方法・納まり

建屋内に施工されるプラネタリウム関連の機器類は、高価な為、漏水は阻止しなければならなかった。内外部共に4重の漏水対策を施した。

### (1) 外部防水材

球体外壁には、全面防水を施した。防水材は、高度な防水性能と外壁の美観性の観点から超高機能保護被覆工法であるアクリルゴム・外壁化粧防水を採用した。

### (2) PCa版間シール

PCa版の水平・垂直ジョイント部は、全て2重シールを施した。垂直ジョイント部には、1層目シールと2層目シールの間に、透水バッカーを仕込み、万一、1層目シールが破損し、水が浸入した場合も1層目PCa下端水平ジョイント部に設けた水抜き孔より水が排水される機構とした（図-9）。

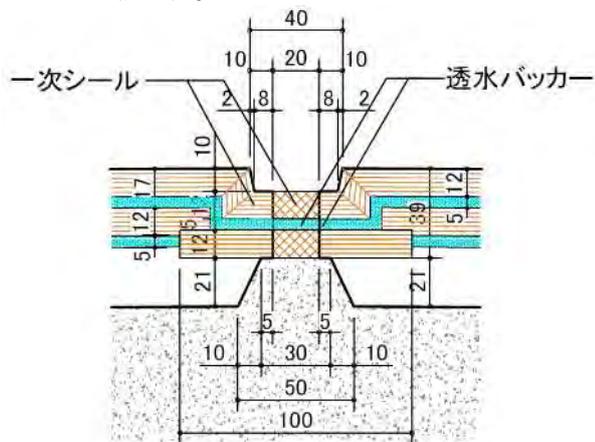


図-9 目地詳細

### (3) 内部シート防水

フェールセーフとして現場所長のこだわりにより、

版間ジョイントより内部漏水を想定し、水平ジョイント部はジョイント芯より上下150mmで、垂直ジョイント部は現場打設部とPCaとの界面より150mm幅でゴムシート防水の施工を行い導水機能を付加した（写真-13）。



写真-13 内部シート防水施工状況

### (4) 内部防水立上り

内部シート防水を伝った水を受ける機構として、2階床スラブ周辺に50mmのアンクルを設置し、ポリマーセメント系塗膜防水を巻き上げた。側溝内に入った水は、設備配管を介し、地下ピットへ放流する納まりとした。

## 6. 壁つなぎ・金属取合い

### (1) 壁つなぎ

球体躯体を構築・外部防水を行う為に、外部面には、総足場を設置する必要があった。外部足場用の壁つなぎは、竣工後のメンテナンスの為に、再利用可能な仕様とした。外部足場は、次世代式足場（くさび式連結足場）を採用し、壁つなぎは、垂直方向5m以下、水平方向5.5m以下に設けた。平面15度角度振り・断面12度角度振り合計168個を各PCa版に打込んだ（図-10、写真-14）。

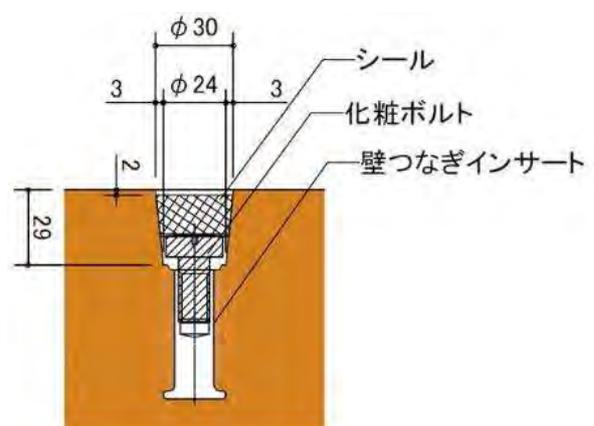


図-10 壁つなぎインサート概念図

外部足場解体時の壁繋ぎ部の防水材によるタッチアップは、防水材により膜形成されたフリー膜をシーリ

ング材により張付ける仕様とし、壁つなぎの位置が目視で確認できかつ、規則正しく配置されている為、外観を損ねないものとした（写真-15）。



写真-14 壁つなぎ設置状況



写真-15 壁つなぎ・タッチアップ要領

#### (2) 最頂部メンテナンス金物

外壁清掃など建物メンテナンス時に使用されるパイプがついたステージを蓋PCa部に打込んだ。PCa内鉄筋に確実に絡む仕様とし、万一、人が墜落した際の荷重が掛かったとしても、破壊せず安全を守る仕様とした。

### 7. 球体総合仮設計画

球体建築物を構築する為、以下の仮設を設けた。

#### (1) 1層目PCa受け架台及び基礎（写真-16）

PCaの水平荷重を受け倒れ・傾きの調整する為、架台頂部の梁部両端でPCa上端部を水平支持する機構であった。隣り合うPCa版を据える際に天秤現象が生じ、精度調整がしづらかった。転倒防止の為、併設した強力サポートで位置調整を行った。

#### (2) 外部足場（写真-17）

足場は先行架設し、自立3段とした。3層目PCa上の足場は、PCa据付け後、架設した。建地をPCaに突き、取合

いには自在ジャッキを用い、球面勾配に適応出来る様にした。球体の為、建地センターを境に、下段はブラケットで、上段は、直にPCa版の上に設置した。



写真-16 1層目PCa受け架台施工状況



写真-17 外部足場組立て状況

#### (3) 内部支保工

3層目PCa支持サポートを精度良く取付ける必要がある。施工上、片押しでのPCa設置に耐えられる仕様・地震時に、崩壊しない構造とした。1・2層目PCa据付けに使用した精度管理用の墨を上空に移し替える必要があった。仮設の布材と基準が干渉しない様に足場の割付を調整した。

### 8. 精度管理方法

1層目PCa・2層目PCa・3層目PCa共に球芯を基準として、トータルステーションを用いてPCa建入の精度管理を行った。その結果、全てのPCaは、限界許容値 $\pm 5\text{mm}$ 以内に納めることが出来た。隣接する、屋根鉄骨が球体躯体に取合う部分も位置・レベルの精度確保出来た為、問題無く鉄骨梁と取合わせることが出来た。

## 9. PCa製作用鋼製型枠

PCa型枠の転用効率を上げるため、全てのピースを、1つの定盤型枠で製作する計画とした。3Dプリンターで定盤型枠の模型を造り検証した(写真-18)。

型枠は耐久性・面精度を確保するため、9mmの鋼板をプレス成型した。型枠定盤サイズは長さ9m・幅3m、高さ1.5mとし全てのPCa版が包含できるサイズとした(写真-19)。



写真-18 鋼製型枠3Dプリンター模型



写真-19 鋼製型枠底盤

## Ⅷ まとめ

以上、自立型球体フルPCa工法について、事業上の位置づけ・要求事項、施工方針などについて報告した。今回の活動により、工期内に高品質でシンボリックな建築物を安全に効率よく建設することが出来た。施主・設計・施工共、所期の目標を満足させる良好な事例となった。

実施後の評価をSEQDC別に以下に示す。

S: 先行足場での施工手順の構築により、作業員は常に安定した作業姿勢で作業を行うことが出来た。BIMで球形建物と仮設の取合いを検証し、作業床と施工対象物の離れを最大でも410mm程度とした。PC受け架台・内部支保工は、地震時の倒壊防止も考慮した。フ

ルPCa工法としたことでRC在来工法に対する現場作業量を10%以下にすることで災害発生確率を低減させ、無事故無災害を達成した。

E: 当初計画工法に比べ、仮設材のコンクリートノロによる汚損、洗い水などの建設汚水の削減につながった。また、産廃発生量を在来工法の10%以下にした。  
Q: 3次元での躯体精度管理方法の実践。PCa据付け精度は、全て限界許容値±5mm以内に納めた。また、頭頂部実測レベルは、設計基準レベル-5mm以内の誤差で施工した。鉄筋を機械式継手としたことで、溶接継手に比べ品質のばらつきを抑制できた。

D: 鉄筋を機械式継手にしたことで、溶接継手に比べ作業効率を上げることが出来た。現場打ちコンクリート量を最小限にすることで、雨天等の気象に工程が左右されるリスクを軽減出来た。

C: PCa運搬効率の適正化。鋼製型枠による躯体出来形が良好であったので、下地補修手間の軽減。現場打設コンクリート量の削減と合わせてトータル予算の中で実施が完了した。

## Ⅸ おわりに

本報文は、自立型球体フルPCaの施工事例を紹介した。前例が無く、PCa版の形状・取合いの形状及び接続方法・製造・構築に必要な各種仮設・躯体精度管理方法・揚重方法及び支持方法など全てのシーンで、多くの課題検討が必要であった。これに対し、施主・設計・施工者のチームワークにより一つひとつ課題解決を図り、シンボルたる存在を高次元で構築させることが出来た。

今回は、建物用途がプラネタリウムであったが、球形建造物は、球形タンクや空間構築の利用も期待される。写真-20に、南西鳥瞰の航空写真を示す。



写真-20 航空写真 南西鳥瞰



## 5. 物流施設における安全性・生産性の向上

社名： 戸田建設(株)

氏名： 小杉 寿幸

### 事例概要

項目	内容	
1. 工事概要		
(1) 工事名称	(仮称) DPL三郷Ⅱ新築工事	(仮称) DPL久喜宮代新築工事
(2) 規模(延床面積、階数)	延床面積: 66, 266㎡、地上5階	延床面積: 161, 568㎡、地上4階
(3) 用途	倉庫(倉庫業を営む倉庫)	同左
(4) 主要構造	S造	RC-S造 基礎免震
(5) 建設地	埼玉県三郷市	埼玉県久喜市
(6) 施工期間	2020年6月 ~ 2021年10月	2021年7月 ~ 2022年11月
(7) 工事費	—	—
(8) 設計者	戸田建設(株)一級建築士事務所	同左
2. 改善概要		
(1) 問題点・背景 (施工上あるいは従来工法の問題・課題など改善前の状況)	<ul style="list-style-type: none"> <li>外装材の取り付けを無足場で行う計画としていたが、高所作業車やパネル揚重用のラフタークレーンなどを配置すると、外装工事期間中の工事用車両動線の確保が困難。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>従来工法の場合、個包装されたデッキを揚重するため、揚重回数が多い。</li> <li>安全施設(水平ネット、親綱)設置に、時間、労務、コストが発生。</li> </ul>
(2) 改善の目的	<ul style="list-style-type: none"> <li>工事用車両動線の確保。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>揚重回数の削減、安全仮設の削減および高所作業の削減。</li> </ul>
(3) 改善実施内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>デッキ型ゴンドラと電動ウィンチを組み合わせた「パネル揚重機システム」を採用。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>地盤レベルで先組した鉄筋付デッキを専用の吊り治具で揚重。</li> </ul>
(4) 改善による効果		
・Q(品質)	・—	・—
・C(コスト)	・—	<ul style="list-style-type: none"> <li>安全施設のリース代、架組み手間削減(約▲28%)。</li> </ul>
・D(工期)	・—	<ul style="list-style-type: none"> <li>デッキ揚重回数の減(約▲40%)。</li> <li>鉄骨上での施工日数の低減。</li> </ul>
・S(安全)	<ul style="list-style-type: none"> <li>工事用動線の確保、高所作業車・揚重機など重機災害のリスクの低減。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>高所作業量の低減。</li> </ul>
・E(環境)	<ul style="list-style-type: none"> <li>高所作業車、揚重機(ラフタークレーン)を使用しないため、CO<sub>2</sub>排出量の削減(約▲0.6t)。</li> </ul>	・—
・その他の効果	<ul style="list-style-type: none"> <li>新しい施工方法の確立。</li> </ul>	・—

# 物流施設における安全性・生産性の向上

戸田建設株式会社関東支店 小杉 寿幸

## 1. はじめに

本工事（2件）は、東北自動車道久喜白岡JCTおよび東京外環自動車道三郷JCT近くの敷地に、首都圏向け配送拠点としての「マルチテナント型物流施設」を建設するものである。40ftトレーラーが通行可能なランプウェイとプラットホーム・ドックレベラーのあるトラックバースを備えており、倉庫利用者のBCP（事業継続計画）や環境負荷低減にも配慮した高機能大型物流施設である。

工事概要1および工事概要2に記載の2物件の、大型物流倉庫を効率よく施工するために実施した、省力化および生産性向上の取組みについて発表する。



写真-2 西面立面

## 2. 工事概要1

工事名称：(仮称) DPL 三郷Ⅱ新築工事

(写真-1、写真-2、図-1)

工事場所：埼玉県三郷市

設計監理：戸田建設株式会社一級建築士事務所

工期：2020年6月1日～2021年10月1日

敷地面積：26,549.02㎡（8,031.08坪）

用途地域：工業地域

構造種別：S造耐震（1F柱CFT）

階数：地上5階

建物用途：倉庫（倉庫業を営む倉庫）

建築面積：14,903.45㎡（4,516.19坪）

延床面積：66,266.29㎡（20,080.69坪）

最高高さ：35.17m

外装仕様：耐火断熱サンドイッチ金属パネル t=50mm

屋根仕様：折板二重葺き断熱工法・他



図-1 基準階平面



写真-1 東面立面

## 3. 改善概要（外壁工事の生産性向上）

### 3-1 問題点と改善の目的

当初、建物東面と西面の外壁耐火断熱サンドイッチパネル（以下「パネル」という）の施工は、外部足場を設置する計画としていたが、外部足場設置に伴う仮設コストや高所の労務削減を目的とし、高所作業車を使用した無足場で施工する計画に変更した。しかし、高所作業車やパネル揚重用のラフタークレーンなどを配置すると、外壁施工期間中の工事車両動線の確保が困難だった。また、建物高さが31mを超えるため、対応可能な高所作業車の必要台数の確保や、仮設コストの増大や工程への影響が懸念された。それらの問題点を改善する施工計画の検討を行うこととした。

### 3-2 改善の内容

デッキ型ゴンドラと電動ウインチを組み合わせた「パネル揚重機システム」を採用することとした。アーム固定型移動台車とカウンターウェイト、電動ウインチとゴンドラで

構成されるこの工法は、地上に用意したパネルを屋根面に設置した移動台車に取付けた電動ウインチでゴンドラまで吊り上げ、ゴンドラに乗った技能者がパネルを胴縁に固定する計画とした（図-2、写真-3、写真-4）。

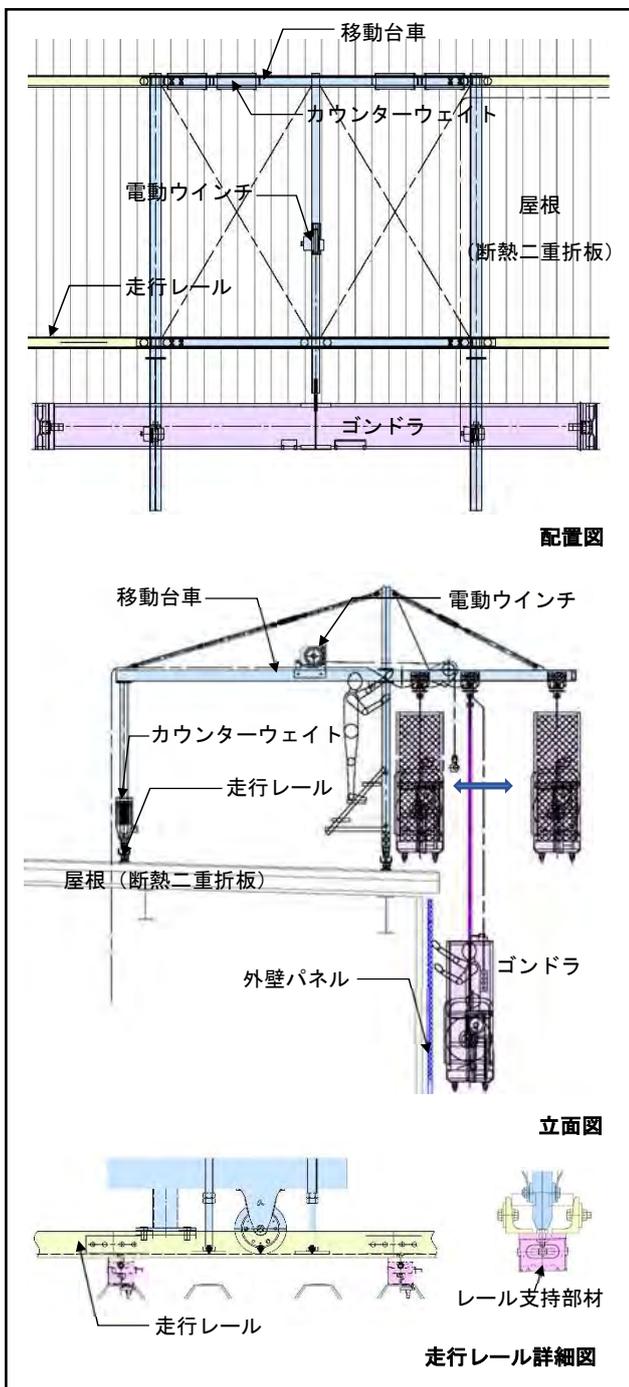


図-2 パネル揚重機システム

ゴンドラの設置にあたっては、断熱二重折板屋根上に移動式ゴンドラを設置する方法とその強度確認が課題であった。丸馳折板専用の断熱金物を介して架台となる角パイプを折板屋根に緊結し、その上に移動台車走行用のガイドレールとなる溝形鋼を設置することで、ゴンドラの荷重が折板屋根に分散して伝わるようにした。屋根材メーカーに、緊結金物・屋根折板・タイトフレームの強度検討を依頼し、移

動台車の走行レール及びレール支持部材がゴンドラの動作反力や地震時の水平力に対して安全に荷重を伝達・支持できるかを確認した。強度検討の評価にあたっては、移動台車走行時及びゴンドラ昇降時の衝撃も考慮し、十分な安全率を見込んだ（図-2、写真-5、写真-6）。



写真-3 外壁パネル施工状況

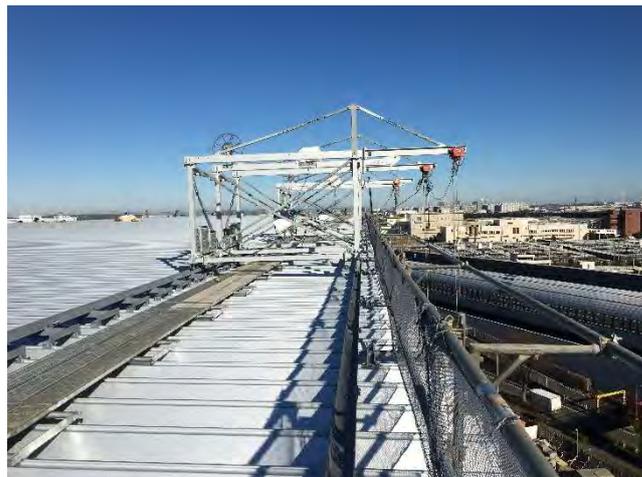


写真-4 パネル揚重機システム設置状況  
(東面 断熱二重折板屋根上に設置)



写真-5 移動台車走行レール取付け状況



写真-6 パネル揚重機システム設置状況  
(西面 5階車路スラブコンクリート上に設置)

### 3-3 改善の効果

この「パネル揚重機システム」を採用することで、全面的に外部足場を架設する場合や、高所作業車を使用した無足場による施工計画の場合と比較して、改善の効果が得られた。

- ・外壁施工期間中、高所作業車やパネル揚重用のラフタークレーンが不要になることで、敷地内工事車両動線の確保が容易になり、資機材のスムーズな搬出入が可能となった。
- ・台数確保が困難な高さ 31mを超える高所作業車の確保が不要となった。
- ・外部足場の組立・解体作業が発生しないため、災害発生のリスクが低減できた。
- ・高所作業車、パネル揚重用のラフタークレーン、外部足場材の運搬車両による CO<sub>2</sub> 排出量の削減に寄与した (約▲0.6t)。
- ・外構工事の早期着手が可能となり、全体工事スケジュールの遅延防止に寄与した。
- ・仮設コストは外部足場で施工した場合とほぼ変わらない結果となった。
- ・施工歩掛りは下記の通りで、外部足場から施工した場合とほぼ変わらない結果となった (図-3)。

施工方法	外部足場	パネル揚重機システム
	北面	東面
施工箇所・数量	1,438㎡ (W43.6m×H33.0m)	2,912㎡ (W104.0m×H28.0m)
施工歩掛り	計70人工 1,438㎡/70人工 <b>20.5㎡/人</b>	計138人工 2,912㎡/138人工 <b>21.1㎡/人</b>

図-3 歩掛り

## 4. 工事概要 2

工事名称：(仮称) DPL 久喜宮代新築工事

(図-4、図-5、写真-7)

工事場所：埼玉県南埼玉郡

設計監理：戸田建設(株)関東支店一級建築士事務所

工期：2021年7月15日～2022年11月15日

敷地面積：71,738.84㎡ (21,701.00坪)

用途地域：工業地域

構造種別：倉庫…RC-S工法(柱RC造/梁S造)

中央車路・ランプ…S造

構造種別：杭頭免震(BSL+積層ゴム支承)

階数：地上4階

建物用途：倉庫(倉庫業を営む倉庫)

建築面積：41,239.85㎡ (12,475.05坪)

延床面積：161,955.96㎡ (58,991.68坪)

外装仕様：耐火断熱サンドイッチ金属パネル t=50mm

屋根仕様：折板二重葺き断熱工法・他



図-4 建物完成パース (南西側)



図-5 1階平面



写真-7 建物全景 (2022年4月)

## 5. 改善概要（鉄筋トラス付きデッキの生産性向上）

### 5-1 問題点と改善の目的

当初は、鉄筋トラス付きデッキ（1枚当たり150kg）を鉄骨梁上に揚重し、鉄骨梁上で2～3人の技能者が所定の位置に敷込む計画としていた。床から6.4mの鉄骨梁上での高所作業であるため、梁上の親綱と梁下の水平ネットを安全施設として設置する必要がある（写真-8、図-6）。

施工歩掛りの向上、高所での危険作業の削減、鉄骨梁上の親綱および梁下の水平ネットの設置・撤去手間の削減を目的として改善の検討を行なった。



写真-8 施工状況（改善前）

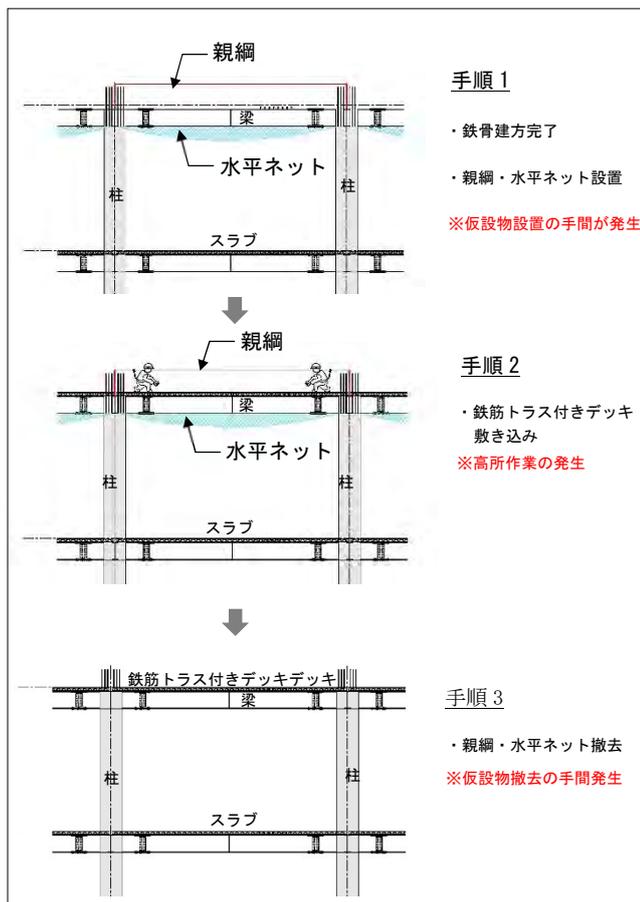


図-6 施工手順（改善前）

### 5-2 改善の内容

本工事では、最大12mまでのスパンにも1枚のデッキプレートで対応できる鉄筋トラス付きデッキを採用し、地上で大判に組み立ててから揚重する計画とした（写真-9）。

また、揚重用に専用の吊り治具を製作し、ワンアクションですべての主筋に吊り治具をセットできるよう工夫することで、デッキプレートのズレ止めとして必要だったつなぎ鉄筋を溶接固定する材料・手間を削減した（図-7）。

尚、トラス付きデッキ設置状況を写真-10に示す。

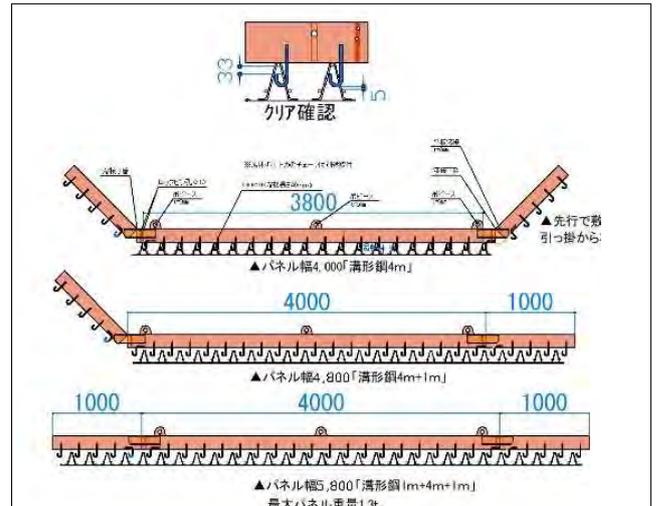


図-7 専用吊り治具

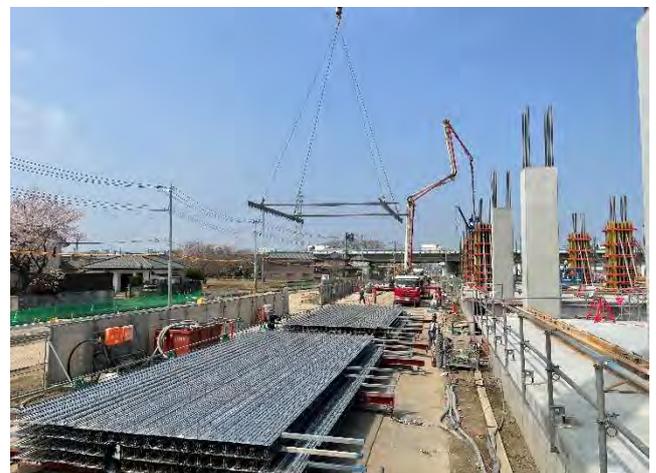


写真-9 鉄筋トラス付きデッキ地上組立状況



写真-10 鉄筋トラス付きデッキ設置状況

### 5-3 改善の効果

鉄筋トラス付きデッキの地上組み立てを採用することにより下記の通りの効果が得られた。

- ・鉄骨梁上で、親綱に墜落制止器具を使用しての作業が削減され、施工時の安全性が向上した。
- ・鉄筋トラス付きデッキの地上組み立てをしない場合と比較して、揚重回数が削減（約▲40%）され、地上躯体サイクルが1工区あたり2時間短縮できた。
- ・仮設材（親綱や水平ネット）の設置・撤去の手間の削減（約▲28%）ができた。
- ・施工歩掛かりは下記の通り

地上組み立ての場合 400 m<sup>2</sup>/日・人

梁上敷き込みの場合 92 m<sup>2</sup>/日・人

上記の通り、施工性・安全において効果が確認できた。

## 6. その他改善事例の紹介

### 6-1 BIMの活用

BIMモデルを作成し、納まりが不明確な部分を優先的に可視化することで、干渉チェックや納まり確認、施工計画の検討を行い、早期の合意形成を図り、手戻りなく製作図の決定や施工計画を確定することができた（図-8、図-9）。

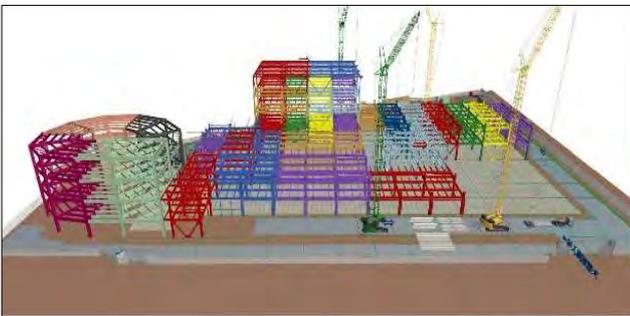


図-8 BIMモデル（施工計画）

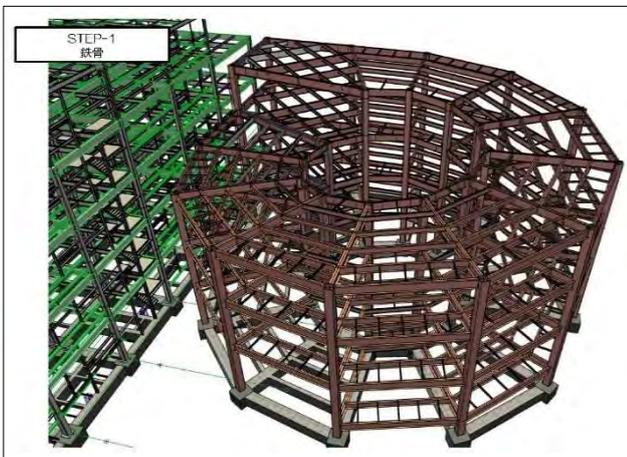


図-9 BIMモデル（ランプ部分鉄骨）

### 6-2 トラックバース跳ね出しスラブのハーフPCa化

2～5階倉庫のトラックバースには、トラックの荷台高さに合わせてプラットホームや、高低差を解消するためのドッグレベラーが設けられている。トラックバースとプラットホームの床段差は1.0mあり、スラブ厚180mm、跳ね出し長さ1.8mの片持ちスラブ形状となっている（図-10）。

この片持ちスラブは、支保工や型枠解体の施工性が悪く、スラブ先端の打込み金物の取付け精度を確保するため、跳ね出しスラブのPCa化を検討した。跳ね出しスラブをハーフPCa化することで、施工性が向上し、省力化につながった（写真-11）。

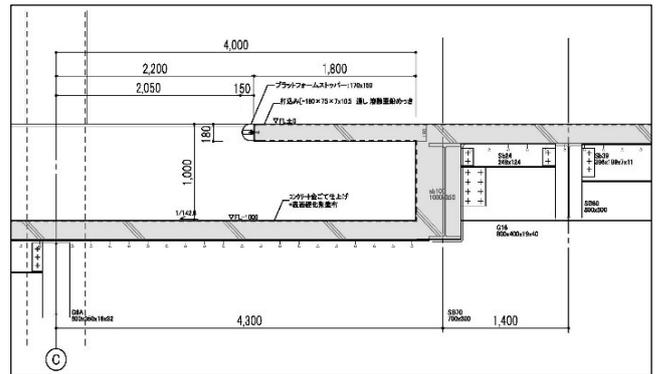


図-10 トラックバース跳ね出しスラブ断面図



写真-11 トラックバース跳ね出しスラブPCa設置状況

### 6-3 胴縁の納まり改善とユニット化施工

外壁胴縁の納まりを、縦胴縁を支持する受け鉄骨をスラブ厚と同寸法の溝形鋼とし、CON止めを兼用する納まりとすることでCON止め取付けにかけていた手間とを削減した。溝形鋼は頭付きスタッドでスラブと一体化させる納まりとした（写真-12）。

さらに、上階の受け鉄骨と下階の縦胴縁を地上であらかじめ地組みしてユニット化することで、鉄骨建方と並行して胴縁ユニットを揚重機で取り付けられるように工夫し、胴縁取付けの省力化を図った（写真-13）。



写真-12 胴縁取付け完了

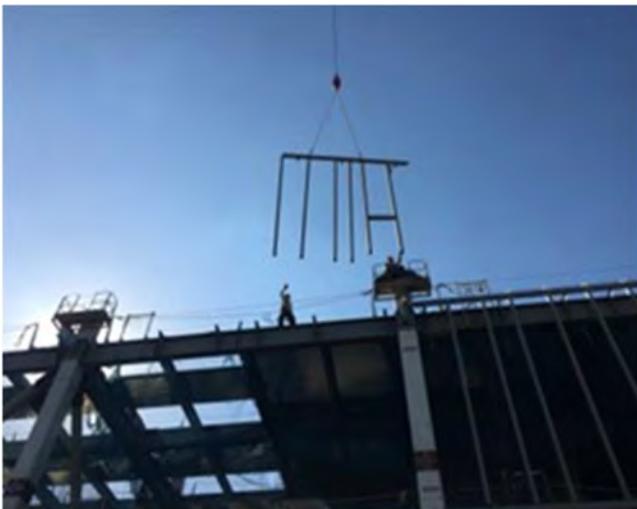


写真-13 胴縁取付け状況（ユニット化）

#### 6-4 柱根巻き躯体の省力化

原設計では、フォークリフトなどの接触による柱や壁の損傷を防ぐため、柱周囲を高さ 1.2m まで根巻きし、乾式間仕切壁の足元に高さ 250mm の立ち上りを設ける計画だった。しかし、少量ずつの作業となり手間がかかるだけでなく、ポンプ車や一輪車を使ったコンクリート打設は技能者の体力的な負担が大きいなどの問題があった。そこで電動で荷台が傾く生コン用運搬台車をフォークリフトに載せられるように改良し採用をした。これにより、コンクリート打設による技能者の体力的負担を減らし、より少人数で施工することができた。半日で 15～20 か所の柱根巻きを施工することができた（写真-14、写真-15）。

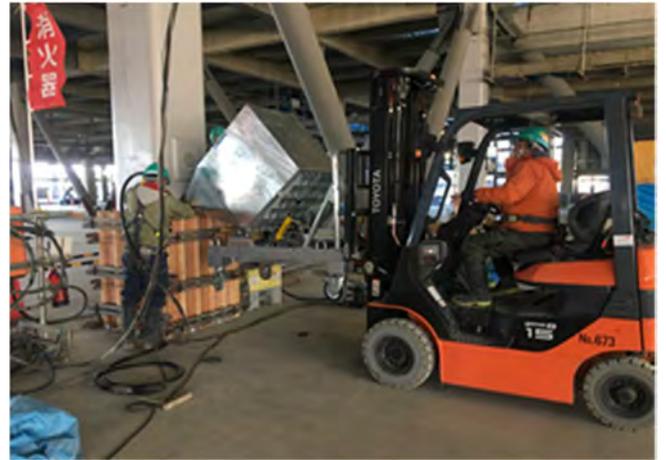


写真-14 柱根巻コンクリート打設状況



写真-15 柱根巻コンクリート

#### 7. おわりに

大型物流倉庫を効率よく施工するために、面積や数量の多い工種や施工性の良くない工種に着目し、省力化および生産性向上、さらには安全性の向上に向けた取り組みを行なった。先に述べたように工程・コスト・安全面で効果があった。

現在、全国各地で物流施設の計画・施工が進められており、今後もしばらく需要が続くと思われる。今回紹介した事例に満足することなく、さらなる改善や、新技術・工法の導入に積極的に挑戦していき、生産性の向上に努めていきたい。



## 6. 開閉式屋根付観覧場建設における工期短縮

社名： (株)大林組

氏名： 黒田 陽史

### 事例概要

項目	内容
1. 工事概要	
(1) 工事名称	エスコフィールド HOKKAIDO 新築工事
(2) 規模(延床面積、階数)	延床面積:約120,000㎡、地下2階、地上6階
(3) 用途	観覧場(副:ホテル・公衆浴場)
(4) 主要構造	S造、一部RC造
(5) 建設地	北海道北広島市
(6) 施工期間	2020年5月 ~ 2022年12月
(7) 工事費	—
(8) 設計者	(株)大林組一級建築士事務所 + HKS
2. 改善概要	
(1) 問題点・背景 (施工上あるいは従来工法の 問題・課題など改善前の状況)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・全体工期内に厳冬期が2度(計6ヵ月分)あり、この期間は歩掛が低下する。</li> <li>・天然芝を含むフィールド工事は竣工6ヵ月前の着手が必須で、フィールドを使用する建設工事はそれまでにすべて完了させる必要があった。</li> <li>・地方都市特有の労務事情を考慮した施工計画が必要であった。</li> </ul>
(2) 改善の目的	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ガーダー・スタンド架構の急速施工。</li> <li>・大屋根工事と下部のスタンド架構の同時施工。</li> <li>・大屋根仕上げの生産性向上。</li> </ul>
(3) 改善実施内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>・大断面かつ複雑な構造のガーダー架構に外殻PCaと梁底PCaを採用。</li> <li>・固定と可動、2枚の大スパン切妻屋根の構築にスライド工法を採用。</li> <li>・大スパン切妻屋根の仕上げに屋根ユニットを採用。</li> </ul>
(4) 改善による効果	<ul style="list-style-type: none"> <li>・Q(品質)</li> <li>・C(コスト)</li> <li>・D(工期)</li> <li>・S(安全)</li> <li>・E(環境)</li> <li>・その他の効果</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・PCa化・省力化の積極的な採用により限られた労務事情で高い品質を確保。</li> <li>・屋根ユニット10%削減(対在来工法比)。</li> <li>・外殻PCa、梁底PCaによる急速施工を実現し、大屋根工事着手を厳守。半年短縮(対在来工法比)。</li> <li>・スライド工法により、大屋根工事と下部のスタンド工事、双方に必要な工程を確保。半年以上短縮(対総ベント工法比)。</li> <li>・屋根ユニットにより1ヶ月短縮。</li> <li>・スライド工法、屋根ユニットにより高所作業を大幅に軽減。</li> <li>—</li> <li>—</li> </ul>

# 開閉式屋根付観覧場建設における工期短縮

株式会社 大林組  
黒田 陽史

## 1 はじめに

当プロジェクトは、「世界がまだ見ぬボールパークをつくろう」を合言葉に、北海道日本ハムファイターズの新球場「エスコンフィールド HOKKAIDO」で、日本初の開閉式屋根付き天然芝球場を積雪寒冷環境にある北海道北広島市において 32 カ月で施工するものである（図-1）。

建設業界で顕在化している技能労働者の減少や高齢化に加えて、北海道という地方都市特有の労務事情がある中、2023 年春開業に向け 2 回の厳冬期を乗り越え工期を厳守する必要がある。

屋根を支えるガーダー架構を含む屋根工事が全体工程最大のポイントで、着工約 1 年前からフロントローディングを行い、積極的に施工計画を設計に反映させた。

本報告文では工期短縮に着眼し、数多くの計画案件の中から 3 つの事例、①限られた技能労働者で生産性を抜本的に向上し、急速施工したガーダー架構、②大屋根と下部スタンド架構の同時施工を実現すべく 2 枚の大屋根に採用したスライド工法、③切妻屋根上での高所作業を大幅に縮減し、安全かつ生産性を格段に向上した屋根仕上げのユニット化、以上について報告する。

## 2 工事概要

工事名称：エスコンフィールド HOKKAIDO 新築工事

所在地：北海道北広島市共栄 228 番 1

発注者：(株)ファイターズ スポーツ&エンターテイメント

C M r：(株)山下 PMC

設計者：(株)大林組一級建築士事務所 + HKS

監理者：(株)大林組工事監理一級建築士事務所  
(株)大林組一級建築士事務所

施工者：大林・岩田地崎特定建設工事共同企業体

工事期間：2020 年 5 月 1 日～2022 年 12 月 31 日

建築用途：観覧場（副：ホテル・公衆浴場）

敷地面積：130,348.50 m<sup>2</sup>

建築面積：47,085.41 m<sup>2</sup>（スタジアムのみ）

延床面積：121,563.36 m<sup>2</sup>（スタジアムのみ）

規模：地上 6 階、地下 2 階

最高高さ：GL+71.300m（GL=TP+48.100m）

掘削深さ：GL-11.315m

構造：鉄骨造、一部鉄筋コンクリート造

基礎形式：直接基礎（一部地盤改良）



図-1 外観パース

### 3 建物概要

スタジアムは敷地内高低差の特性を活かした掘り込み式で、平面形状は1塁側（ホーム側）と3塁側（ビジター側）で観客席数に違いがあるため左右非対称で、繰り返しのない複雑形状である。

天然芝に必要な日光を取り入れるため屋根は開閉式、南側には巨大なガラス壁を設けている。

屋根は切妻型で開閉する可動屋根と北側の固定屋根の2枚で構成される。固定屋根は山形トラスで、脚部に球面滑り支承とU型ダンパーを有する免震構造、可動屋根はアーチ効果を利用した平行弦トラスで、頂部にピンを用いた3ヒンジトラスであり、北海道の大きな寒暖差による温度応力を吸収できる架構である。

屋根を支え、走行台車が走行するガーダー架構はRC造で、屋根の脚部に作用するスラスト力に耐える強度が必要なため、柱 4m×2.5m、梁 4m×3mと大断面である。トラス脚部の台車を斜めに傾けて設置、またガーダー架構の外側の柱を斜めに広げるなど、スラスト力をスムーズに基礎まで伝達している。スタンド架構は適材適所の構造形式で3層構成である（図-2）。

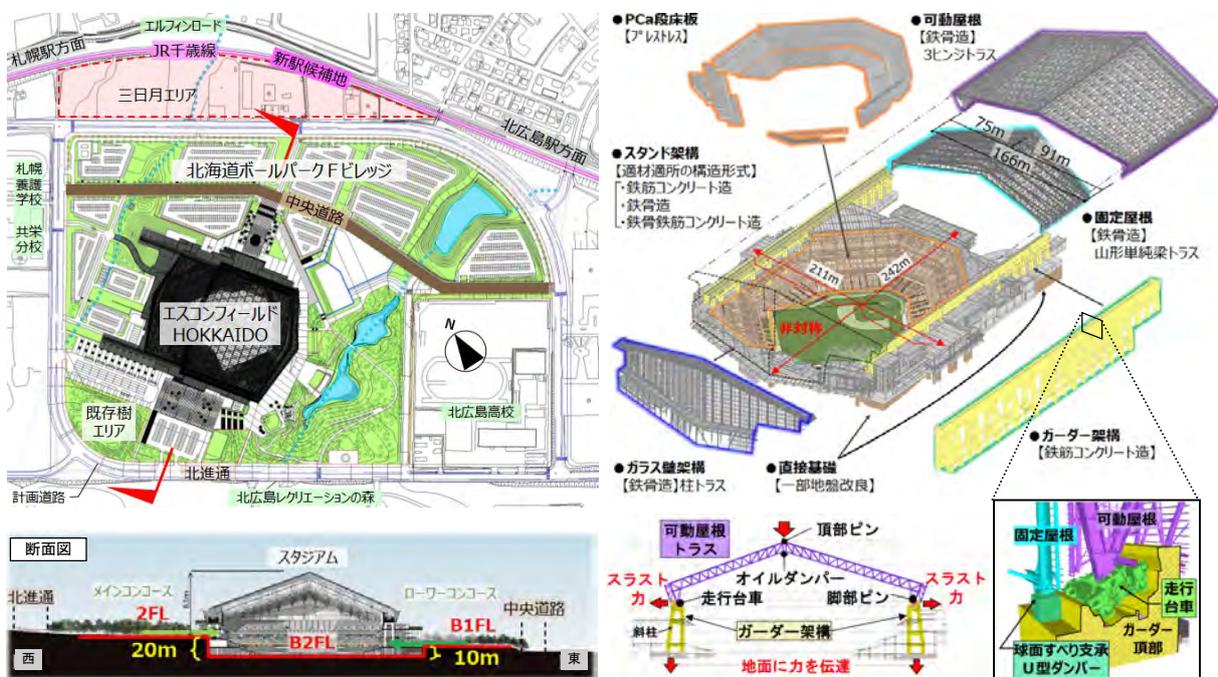


図-2 建物概要

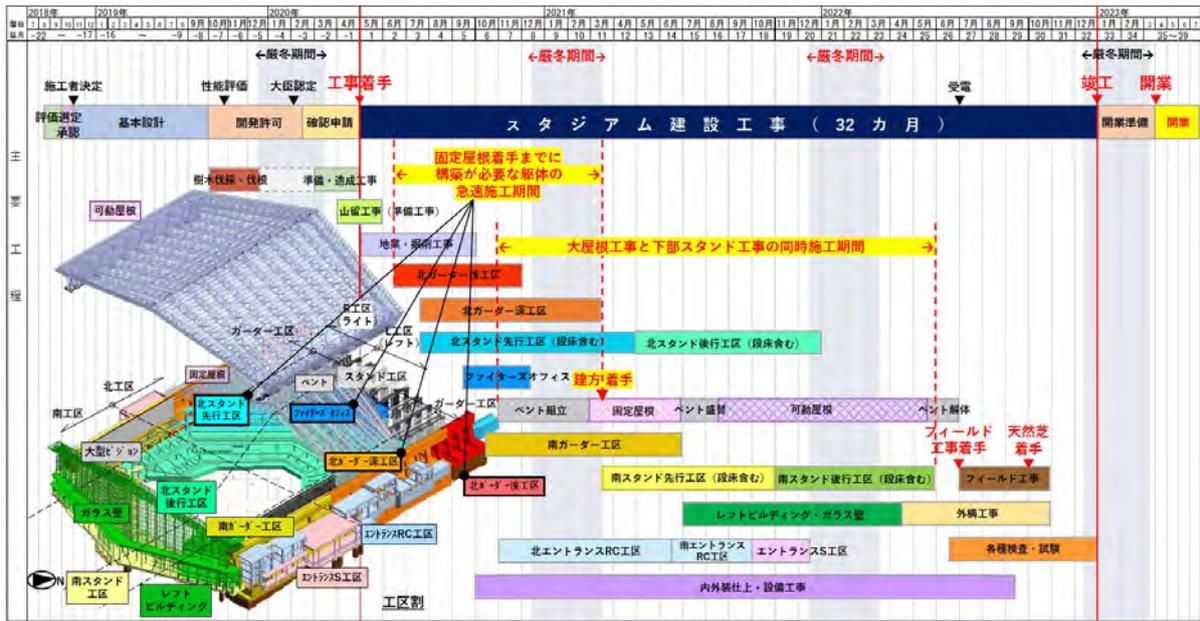
### 4 工程条件と課題

- (1) 全体工期内に厳冬期（12月中旬～翌3月中旬）が2回（計6ヵ月）ある。
- (2) 2023年開業から芝の養生期間を逆算すると、フィールド工事を2022年7月着手、天然芝は10月末完了が必要である。  
そのためフィールド内での揚重機や車両の出入りを伴うすべての工事は、2022年6月末（竣工6ヵ月前）までに完了しなければならない。
- (3) 固定屋根着手までに構築が必要なガーダーおよびスタンド架構の急速施工が必須である。  
ガーダー架構とスタンド架構を合わせた全体躯体数量は、型枠 150,000 m<sup>2</sup>、鉄筋 30,000t、コンクリート 160,000m<sup>3</sup>と膨大である。
- (4) 北海道内で安定的に調達可能な労務で消化できる工事計画が必要である。

## 5 課題解決の方策（表-1）

- (1) ガーダーおよびスタンド架構のプレキャストコンクリート（以下、PCa）化・省力化を追求し、生産性を抜本的に向上させる。
- (2) 建屋外にベントを配置するスライド工法を採用し、大屋根工事と下部のスタンド工事の同時施工を実現し、双方に必要な工程を確保する。

表-1 基本工程表と工区割



## 6 ガーダー架構の構築

ガーダー架構において、PCa化した範囲を図-3に示す。

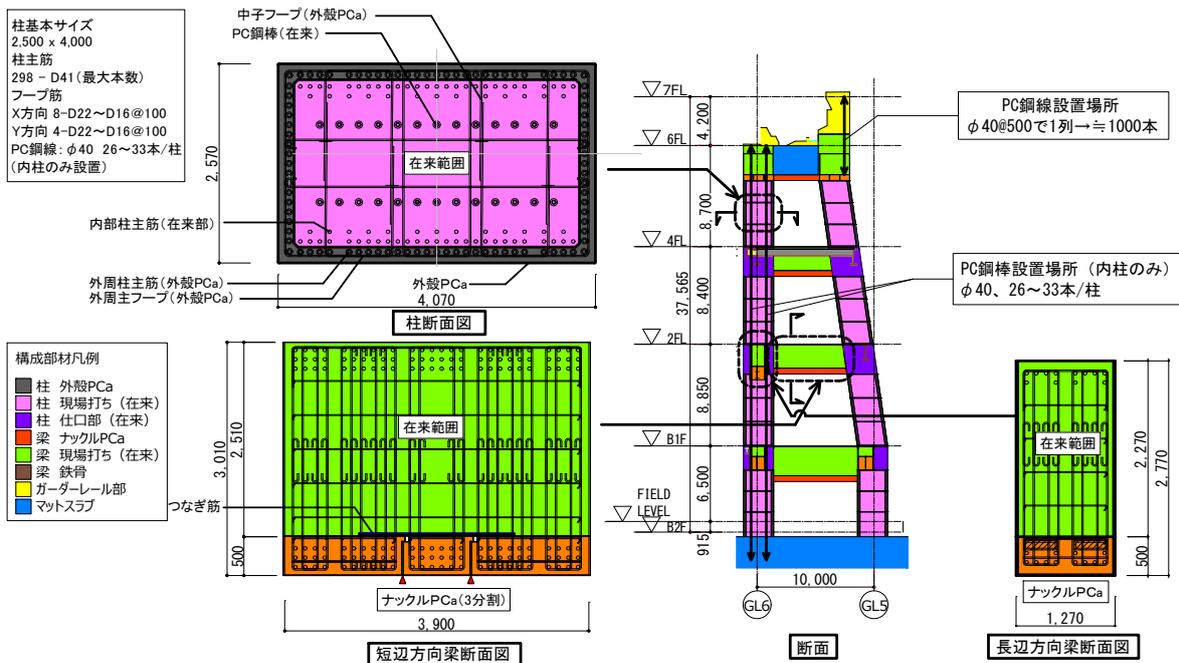


図-3 ガーダー架構概要図

ガーダー架構の躯体は大断面であるだけでなく、複雑かつ膨大な配筋量を有する。このため PCa 化は大いに有効と考えたが、単純な分割を行った場合には 1 ピースの重量が 200 t 超にもなる。工場内のハンドリング、公道上の車両運搬、現場での揚重性を考慮すると、1 ピースの重量は 15t 以下にする必要があった。

そこで、柱については外周柱主筋、外周フープ筋および中子フープ筋をコンクリートに打ち込んだ外殻 PCa とし、柱内部に位置する主筋は現場において配筋し、コンクリートを打ち込み一体化した（写真-1）。

中間梁の梁は、底部分を PCa 化したものを複数本並べ（以下、ナックル PCa）上部を配筋補強のうえ、現場施工して一体化する工法を採用した（写真-2）。これにより、現場における型枠、配筋、コンクリート打ち込み作業の大幅な縮減を図った。

また大断面部材となる梁の支保工は、重量支保工を採用し、部材数・工数の低減を図った。

柱の外殻 PCa は 724 ピース、コンクリート数量 3,095m<sup>3</sup>、ナックル PCa は 684 ピース、2,645m<sup>3</sup> となった。本工事ではその他のスタンド架構、段床部などに 5,344 ピース、8,910m<sup>3</sup> の PCa を適用した。



写真-1 外殻 PCa 設置状況



写真-2 ナックル PCa 設置状況

揚重機及び他作業との輻輳を回避するため、足場組立は昼夜作業、重量支保工組立は夜間作業で行い、実働 28 日/フロアで工事を進めた。厳冬期は外殻 PCa 鉄筋継手部のグラウト注入に採暖が必要となるため、実働 31 日/フロアとなった。スラブコンクリート打ち込み時の採暖養生上屋の架設工事は、タクト工程への影響を考慮し、夜間作業とした。通常期のタクト工程表を表-2、施工ステップ図を図-4 に示す。

表-2 ガーダー架構タクト工程表

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
通常期 基本サイクル 28日/フロア																											
⑮コンクリート打設																											
⑬柱筋テンプレート取付調整																											
厳冬期は採暖養生を行い+1日																											
③PC鋼棒ジョイント				⑤柱筋フーププレート撤去				⑦③～⑥の繰返し				⑨ナックルPCaセット				⑪仕口部・梁型枠				⑫鉄骨小梁、デッキ、スラブ配筋							
①柱筋フーププレート撤去・墨出		④外殻PCaセット、フーププレートセット		⑥柱筋フーププレート撤去		⑦③～⑥の繰返し		⑧重量支保工（夜間工事）		⑩仕口部PC鋼棒、柱梁配筋		⑪仕口部・梁型枠		⑫鉄骨小梁、デッキ、スラブ配筋		⑬柱筋テンプレート取付調整		⑭鉄骨小梁、デッキ、スラブ配筋		⑮コンクリート打設		⑯コンクリート打設		⑰コンクリート打設		⑱コンクリート打設	
②外部足場（昼夜作業）				⑤目地型枠・コンクリート打設				⑧重量支保工（夜間工事）				⑨ナックルPCaセット				⑪仕口部・梁型枠				⑫鉄骨小梁、デッキ、スラブ配筋							
③PC鋼棒ジョイント				⑤柱筋フーププレート撤去				⑦③～⑥の繰返し				⑨ナックルPCaセット				⑪仕口部・梁型枠				⑫鉄骨小梁、デッキ、スラブ配筋							
①柱筋フーププレート撤去・墨出		④外殻PCaセット、フーププレートセット		⑥柱筋フーププレート撤去		⑦③～⑥の繰返し		⑧重量支保工（夜間工事）		⑩仕口部PC鋼棒、柱梁配筋		⑪仕口部・梁型枠		⑫鉄骨小梁、デッキ、スラブ配筋		⑬柱筋テンプレート取付調整		⑭鉄骨小梁、デッキ、スラブ配筋		⑮コンクリート打設		⑯コンクリート打設		⑰コンクリート打設		⑱コンクリート打設	

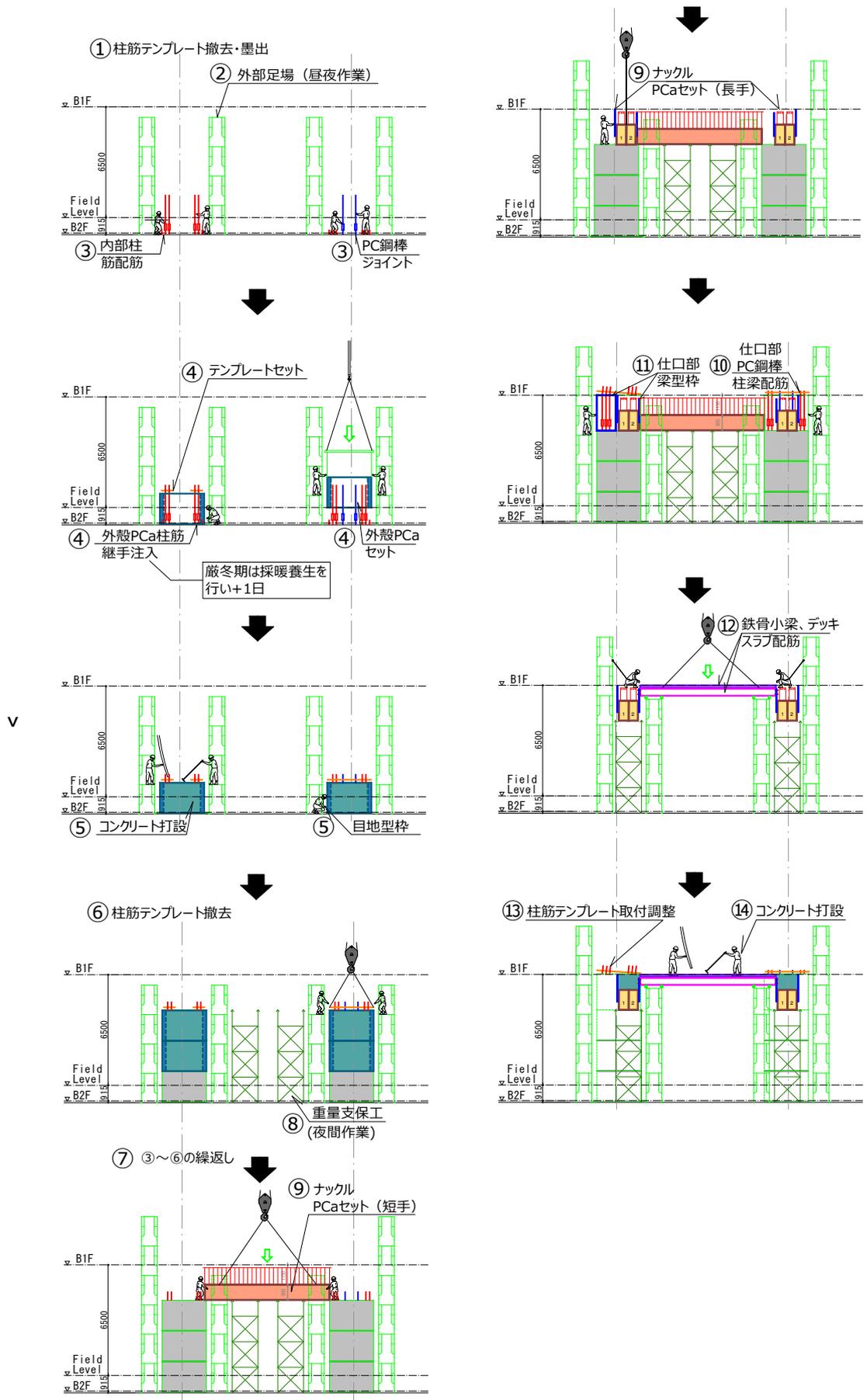


図-4 ガーダー架構施工ステップ図

## 7 屋根のスライド工法

屋根形状の特徴を図-5 に示す。

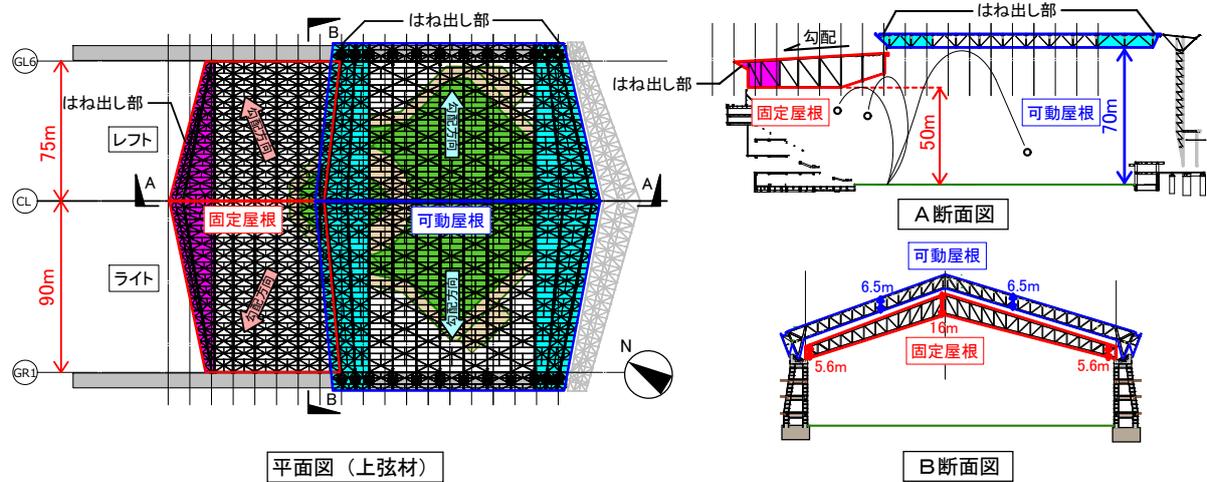


図-5 屋根鉄骨架構図

固定屋根はスパン直交方向に勾配があり、南側はホームベース上部の解放感を確保するためえぐられた形である一方、北側ははね出しがある。メイントラスせいは 5.6m~16mの台形であり、打球の軌跡から先端2本のメイントラスせいが異なる（＝剛性が異なる）。

可動屋根は、メイントラスせいは 6.5mで一定で、両端にはね出しがある。

スライド工法は「鉛直方向」と「スパン方向」にほぼ同一に変形したブロック同士を接続していくのが一般的であるが、屋根形状の特徴から、「鉛直方向」「スパン方向」だけでなく、「スパン直交方向」にも変形することが大きな課題であった。

大屋根工事と下部のスタンド工事の同時施工を行うためには、「スパン直交方向」に変形する大屋根のスライド工法を実現することが、全体工程厳守の必要絶対条件であった。

以降、固定屋根スライドにおいて課題解決を図った実施記録を示す（可動屋根は省略する）。

スライド工区割を決定するにあたり、スパン直交方向の変形の抑制、地震時の各ブロックの安定性の確保が重要であり、そのためには先行ブロックをできる限り大きくする（＝自重を増す）ことが必要であった。ベント数量は増えるが、スライド回数の低減および工程短縮に繋がった（図-6）。

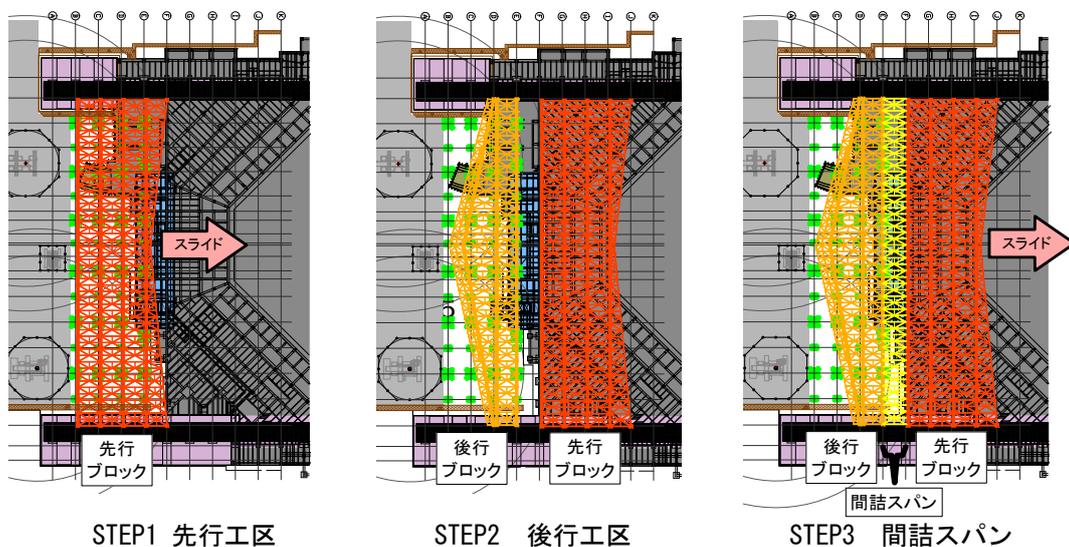


図-6 固定屋根鉄骨工区割とスライドステップ

先行ブロックは、4 トラスのうち先端 2 トラス分の梁せいが異なり剛性が低いため、ベント上で鉄骨の組立をした後ジャッキダウンをすると、スパン直交方向（フィールド側）に変形が生じる。スライドは変形した状態のまま行った（図-7-STEP1, 2）。この状態で地震時に先行ブロックが転倒しないことを事前に確認した。

次に後行ブロックをベント上で組立てる（図-7-STEP3）。

このままジャッキダウンをすると、後行ブロックははね出しかつ勾配があるため、先行ブロックと反対側に倒れ、間詰めスパンはさらに広がり、部材を納めることが困難になる。そこで後行ブロックのベント上のジャッキの伸長量を調整して、調整降下させることで強制的に変形させて先行ブロックとの接続を可能にした。具体的には後行ブロックのジャッキ 3 列分のうち先行ブロック側 2 列分をジャッキダウン、最後方 1 列のジャッキはそのままにした（図-7-STEP4）。

この手法によりブロック間のレベルとスパンがほぼ同一になり、水下から順次間詰め部材を納めた。しかし棟部に近づくにつれ、変位差が解消されず間詰め部材の取付が困難なため、別途ジャッキ機能を持つ引き寄せ設備（写真-3）で先行ブロックと後行ブロックを強制的に引き寄せて、間詰め部材すべての取付を完了した（図-7-STEP5）。

間詰め部材取付完了後、残る最後方 1 列のジャッキダウンをした（図-7-STEP6）。

フィールド側に変形していた屋根は、はね出しかつ勾配がある後行ブロックに引張られるような形で、最終の完成形まで戻ることになった（図-7-STEP7）。

その後、固定屋根の定着位置まで最終スライドを行った（図-7-STEP8）。

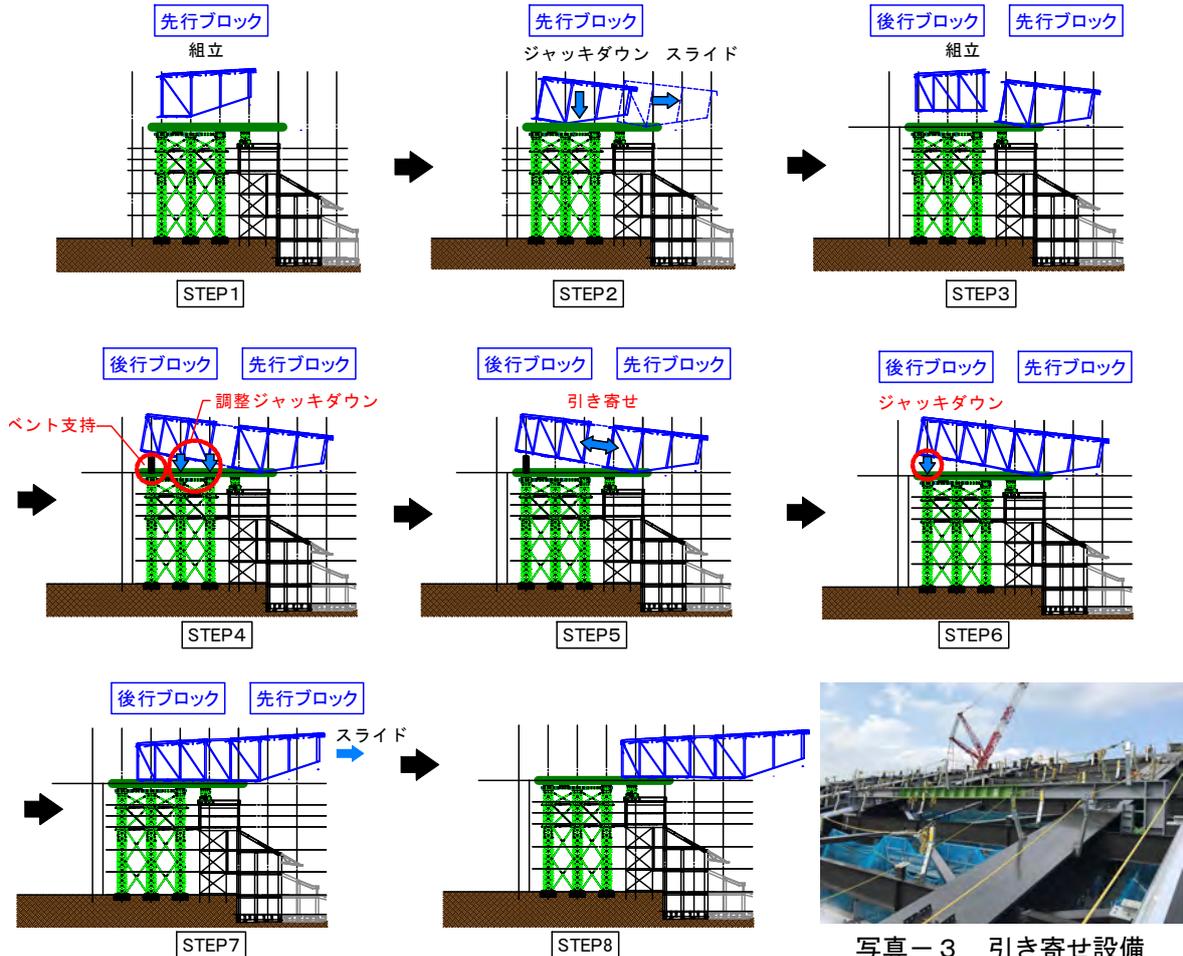


図-7 スパン直交方向に変形が生じるスライドの課題解決

## 8 屋根仕上げのユニット化

屋根に積もる雪は、安全面から「落とさない、載せたままにする」設計で、そのため防水の仕様は、「アスファルト系シート防水」で摩擦係数の高い材料が選定され、下地材、デッキプレート、断熱材、2層の防水シートで構成される。また、天井面（デッキプレートの下面）には吸音板が必要である（図-8）。

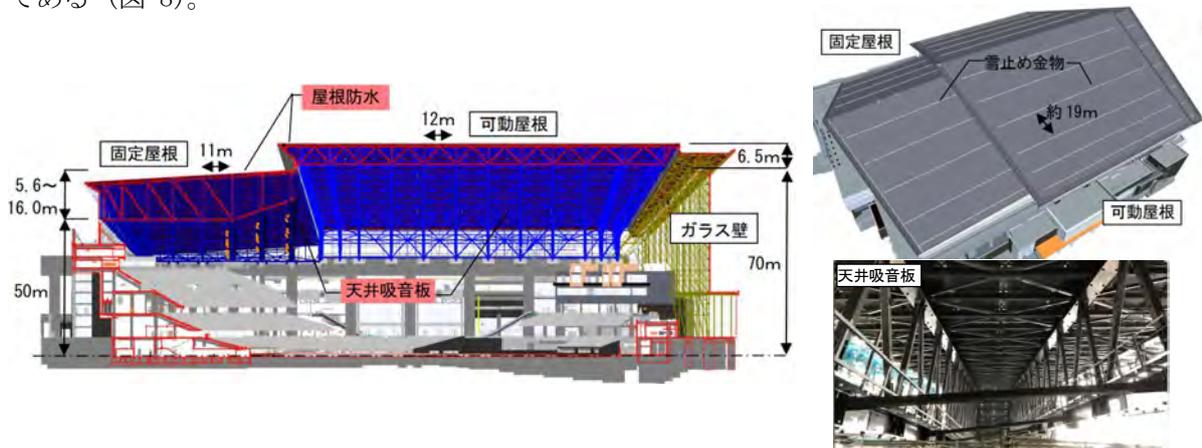


図-8 屋根仕上げ概要

スライド工法では、建屋外に配置されたベントステージ上で、鉄骨建て方、接合、塗装工事だけでなく、屋根仕上げも行った上でスライドすることが重要である。

仮に屋根仕上げを在来工法で行う場合、防水の施工は勾配のある（ライト側 17 度、レフト側 20 度）屋根上での高所作業になり安全上問題がある。

また天井吸音板の施工は、ベントステージ上から上弦面のデッキプレート下まで作業足場が必要で、スライドの都度、架掛が必要になる。

工程上屋根仕上げは、各建て方ブロックのジャッキダウン後からスライドまでの間に行う必要があり、この限られた工程の中で屋根仕上げを在来工法で消化することは極めて困難で、全体工程に支障をきたすことが予想された（図-9）。

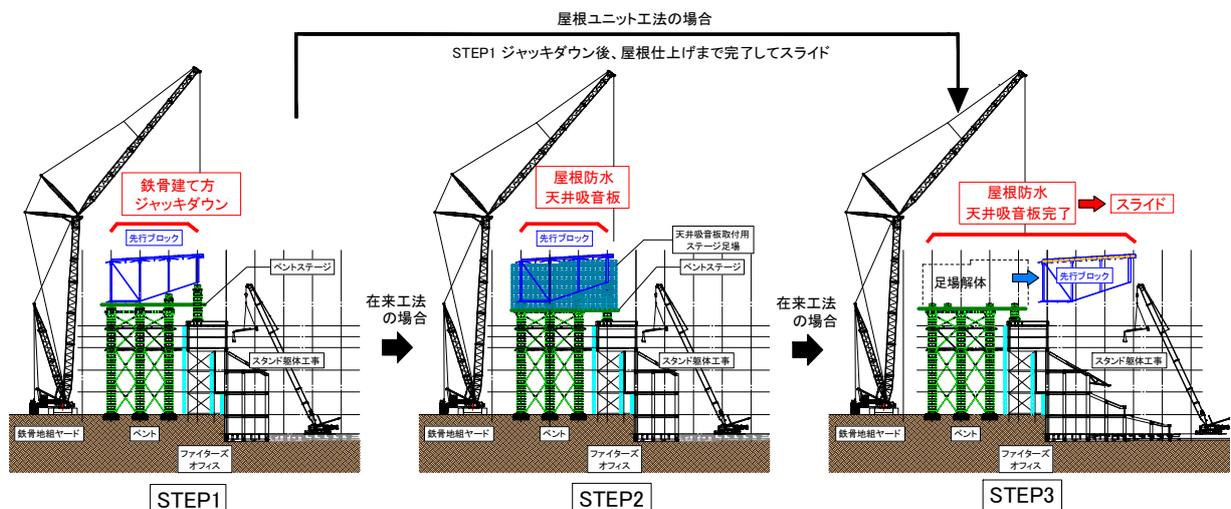


図-9 在来工法と屋根ユニットを採用した場合の施工計画の違い

そこで屋根防水と天井吸音板をユニット化（以下、屋根ユニット）し、課題を解決した（図-10）。主な特長は以下の通りである。

- ・屋根ユニットをあらかじめ地組することで、屋根上での高所作業を大幅に軽減する（写真-4）。
- ・屋根ユニットは各建て方ブロックをジャッキダウンした後に取付ける。
- ・屋根上での作業は屋根ユニット間の防水のみ行い、その後スライドを行う（写真-5、6）。
- ・天井吸音板はすべて屋根ユニット内で完結させ、屋根ユニット取付後の作業はなしとする。

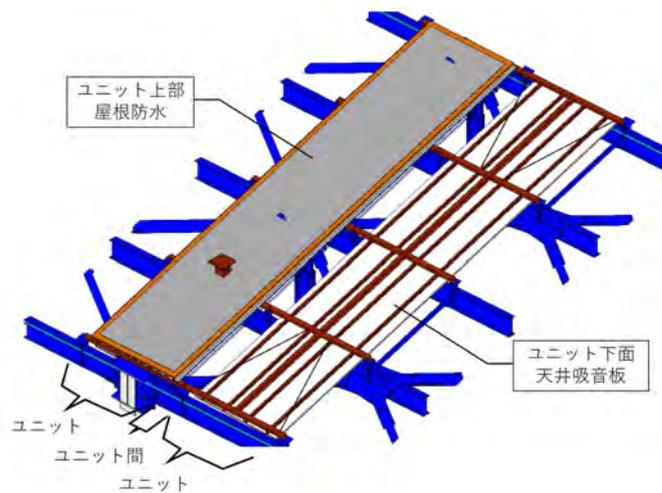


図-10 屋根ユニットのイメージ



写真-4 屋根ユニットの取付状況



写真-5 屋根ユニット間の防水状況

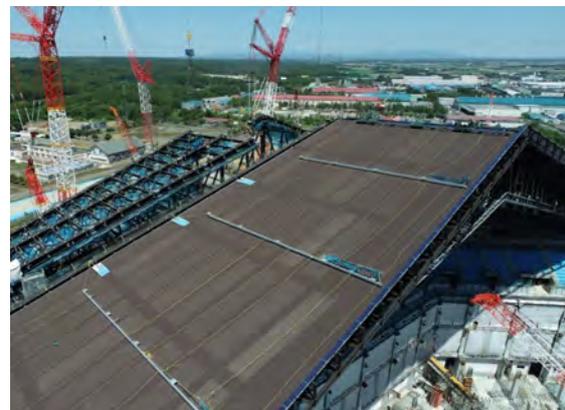


写真-6 屋根防水完了

## 9 改善による効果

- ・ガーダーおよびスタンド架構のPCa化・省力化により、北海道内で安定的に調達可能な労務で、2021年厳冬期明けからの固定屋根工事前までに必要な躯体の急速施工を実現し、在来工法に比べて半年程度の工期短縮効果が得られた。
- ・スパン直交方向に変形する大屋根のスライド工法を実現したことで、大屋根工事と下部のスタンド工事の同時施工が可能となり、固定屋根を総ベント工法で行った場合（大屋根工事と下部のスタンド工事の同時施工ができない）に比べて半年以上の工期短縮効果が得られた。
- ・屋根ユニット工法は、大部分を地組段階で完了し、切妻屋根上での高所作業を最小限にしたことで安全性と生産性を格段に向上しただけでなく、コストは従来工法に比べて10%削減、固定屋根実績で1ヵ月の工期短縮効果が得られた。

## 10 おわりに

「世界がまだ見ぬボールパーク」を積雪寒冷環境にある北海道において短工期で施工し、2023年春開業を実現するため、フロントローディングから始まり幾多の課題を早期に抽出し、全体最適を追求したうえで、課題解決に向け一致団結して最適解を導くことに尽力した。

北海道の期待を一身に背負ったこのプロジェクトの完遂は、発注者、設計者、工事事務所、社内関連部門、専門工事業者の熱意・情熱・技術の賜物であり、ご支援いただいた関係者の方々に厚くお礼申し上げます。



## 7. デッキの地組による労務削減と工期短縮

社名： 五洋建設(株)

氏名： 中村 賢司

### 事例概要

項目	内容
1. 工事概要	
(1) 工事名称	東京豊海冷蔵株式会社 新船橋物流センター新築工事
(2) 規模(延床面積、階数)	延床面積: 16, 304㎡、地上6階、塔屋1階
(3) 用途	倉庫業を営む倉庫
(4) 主要構造	RC造、一部S造(免震構造)
(5) 建設地	千葉県船橋市
(6) 施工期間	2020年10月 ~ 2022年3月
(7) 工事費	—
(8) 設計者	五洋建設(株) 本社一級建築士事務所
2. 改善概要	
(1) 問題点・背景 (施工上あるいは従来工法の問題・課題など改善前の状況)	<ul style="list-style-type: none"> <li>PCa梁へのデッキの設置作業は、スターラップ等による凹凸が多いため、躓き、転倒、墜落等の問題が懸念される。また、間配り及び設置作業に時間を要する。</li> </ul>
(2) 改善の目的	<ul style="list-style-type: none"> <li>デッキの設置に伴う労務削減による躯体工事の工期短縮と、設置作業における安全性の向上。</li> </ul>
(3) 改善実施内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>地上の地組ヤードにて、デッキ1ユニット分を地組し、ユニット部材をクレーンにて揚重、設置した。</li> <li>地組はデッキ工、地組したユニット部材の設置は、鳶工が実施した。</li> </ul>
(4) 改善による効果	<ul style="list-style-type: none"> <li>Q(品質) <ul style="list-style-type: none"> <li>デッキのユニット化により、設置位置の精度が、在来工法と比較して向上。</li> <li>コンクリート打設時に伴う、デッキ接合部からのノロ漏れ低減による品質向上。</li> </ul> </li> <li>C(コスト) <ul style="list-style-type: none"> <li>デッキのユニット化により、1節当たり27人工から24人工に削減(約11%)。</li> </ul> </li> <li>D(工期) <ul style="list-style-type: none"> <li>従来のデッキ間配り施工と比較して、1フロア当たり3日の工期短縮、5フロアで合計15日の工期短縮。</li> </ul> </li> <li>S(安全) <ul style="list-style-type: none"> <li>デッキの揚重や設置時における高所作業の低減。</li> <li>施工階での溶接作業低減による、下階火気養生の縮小。</li> </ul> </li> <li>E(環境) <ul style="list-style-type: none"> <li>—</li> </ul> </li> <li>その他の効果 <ul style="list-style-type: none"> <li>ユニット化による、クレーン稼働の効率化。</li> </ul> </li> </ul>

# デッキの地組による労務削減と工期短縮

五洋建設株式会社 中村 賢司

## 1. はじめに

本工事は、千葉県船橋市の谷津船橋インターチェンジを最寄りとし、収容能力 21,568 t (F 級)、-25℃で冷凍食品を扱う、冷蔵倉庫の新築工事である (図-1)。建物は、鉄筋コンクリート造、一部鉄骨造の免震構造で、プレキャスト・プレストレストコンクリート (以下、PCa) を採用した。

建物正面となる北面に、地上 4 階建て (1 階はトラックバース) の鉄骨造の事務所棟、その後方に、地上 6 階建て、鉄筋コンクリート造の低温倉庫と冷蔵倉庫から成る倉庫棟で構成されている (図-2,図-3,図-4)。

倉庫棟の地上 1 階～R 階の屋外機械置場、塔屋の床スラブには、解体撤去の必要が無く、品質精度の高い床配筋が得られるフェローデッキ (以下、デッキ) を採用した。

施工にあたり、PCa 梁は、スターラップによる凹凸が多いため、躓き、転倒、墜落等の危険性が増し、さらに、デッキの間配り及び設置作業に時間を要することが懸念された。

そこで、デッキの施工に伴う労務の削減と、躯体工事の工期短縮、高所作業における危険性の低減を目的として、デッキを地組し、クレーンにて揚重・設置する地組工法を採用した。また、その他に、工期短縮や労務削減に向けたいくつかの施工改善を実施したので、合わせて報告する。



図-1 全景パース (北側より)

## 2. 工事概要

工事名称：東京豊海冷蔵株式会社 新船橋物流センター新築工事

工事場所：千葉県船橋市浜町三丁目2番2

主要用途：倉庫業を営む倉庫（収容能力 21,568 t）

発注者：東京豊海冷蔵株式会社

設計者：五洋建設株式会社 本社一級建築士事務所

工事期間：2020年10月～2022年3月

敷地面積：5,983.61 m<sup>2</sup>

建築面積：3,578.42 m<sup>2</sup>

延床面積：16,304.79 m<sup>2</sup>

構造規模：免震建築物（鉄筋コンクリート造）一部 鉄骨造  
地上6階、塔屋1階

最高高さ：36.635m

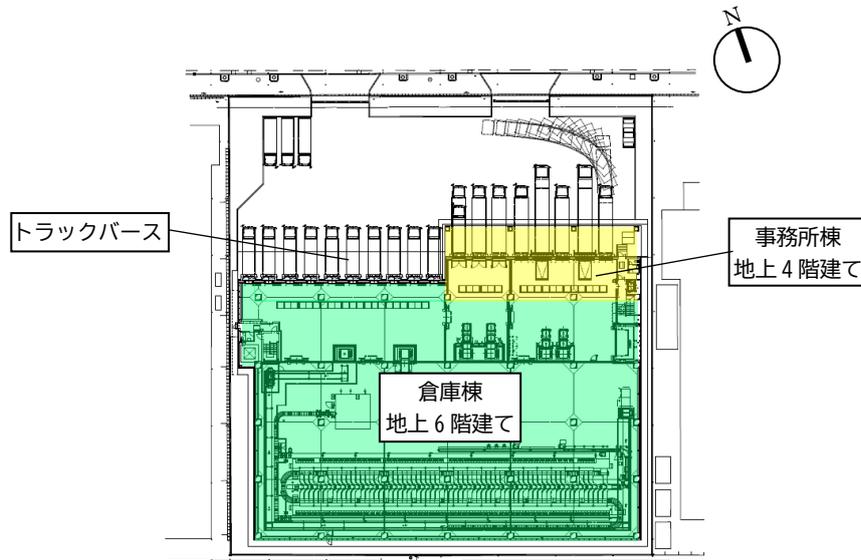


図-2 配置図

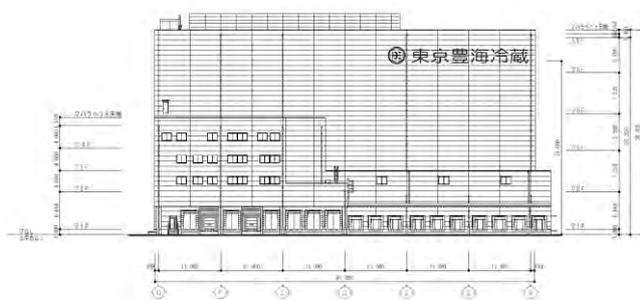


図-3 立面図

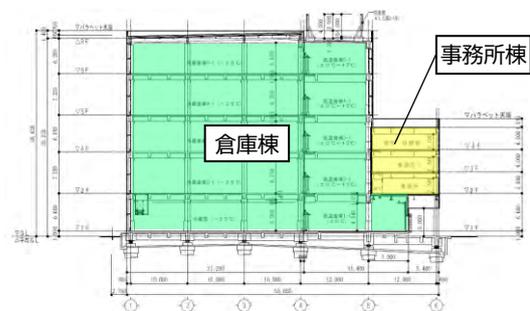


図-4 断面図

### 3. 施工計画の概要

倉庫棟躯体は、360t と 90t のクローラークレーンを用いて、柱、梁、床を1フロアごとの積層工法で構築した。S 造の事務所棟は、クレーンの作業半径確保のために、後施工とした。

地上の地組ヤードにて、1 スパン最大 11m のデッキ 18 ピースを 1 ユニットとして、1 グリッドを 3 ユニットで施工する計画とした。1 フロアを 3 工区に分けて、1 日に最大で 12 グリッドの施工を行った (図-5,図-6)。

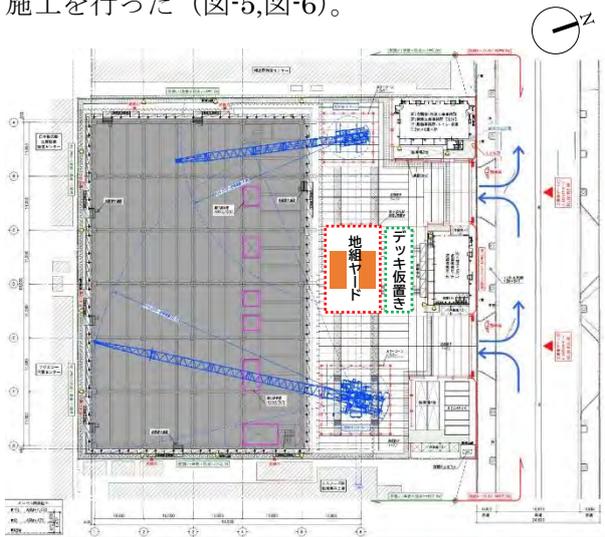


図-5 総合仮設計画

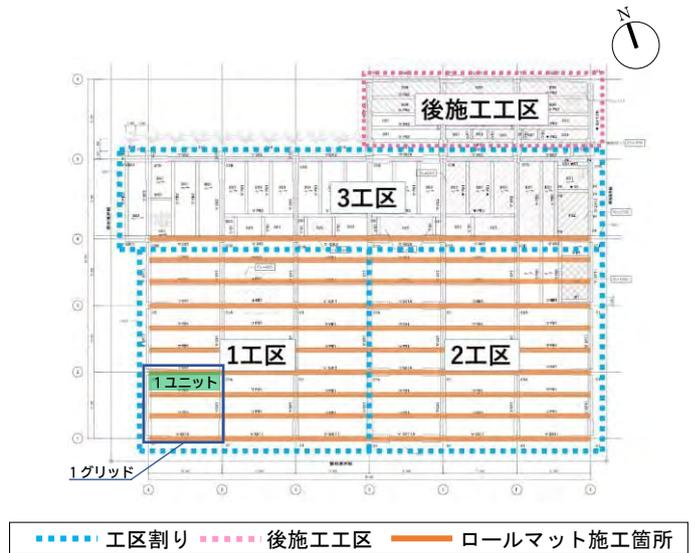
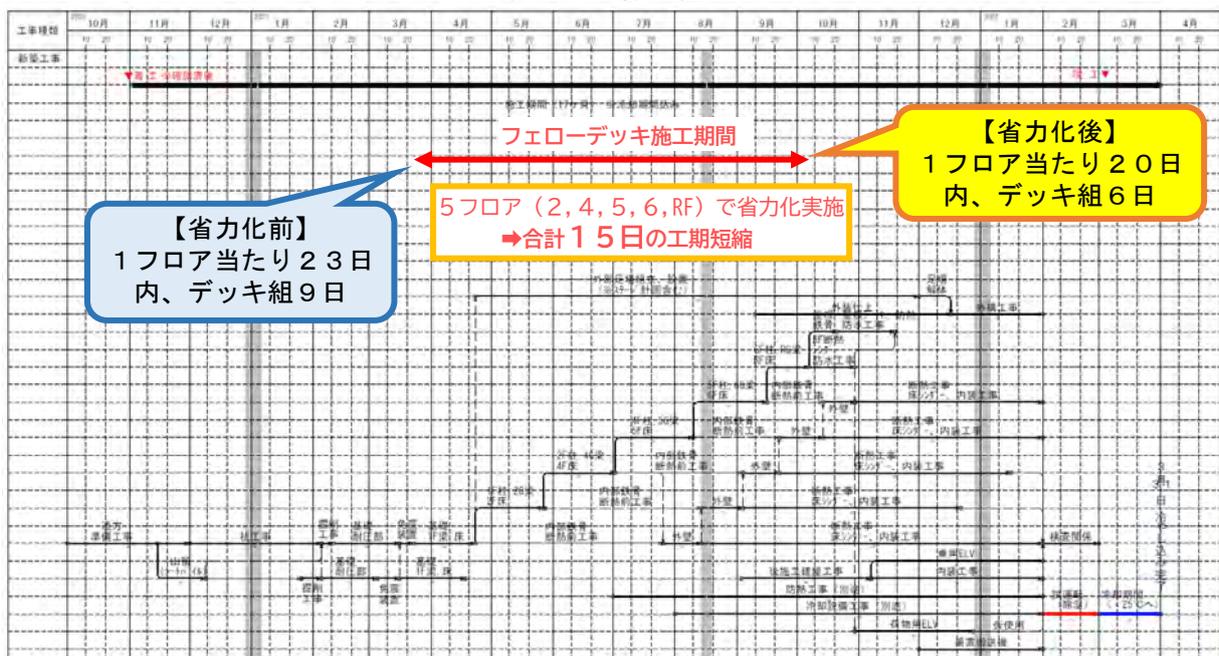


図-6 工区割り

当初の施工計画では、1フロア当たり 23 日のうち、デッキ組 9 日 (6 グリッド/日=18 枚) であったが、省力化後は、1フロア当たり 20 日のうち、デッキ組 6 日 (12 グリッド/日=36 枚) とし、5フロアの合計で 15 日の工期短縮となった (表-1)。

表-1 全体工程



後工程のスラブ配筋では、連結筋にロールマット工法を採用し、予め工場で作成したロール状に巻かれた連結筋を該当箇所に揚重設置し、転がして配筋した（写真-1）。これにより、間配りの手間を削減し、品質の確保と工期短縮を図った。さらに、関連する省力化工法として、大梁上部とスラブコンクリートの一体打設工法を採用した（図-7）。



写真-1 ロールマット施工状況

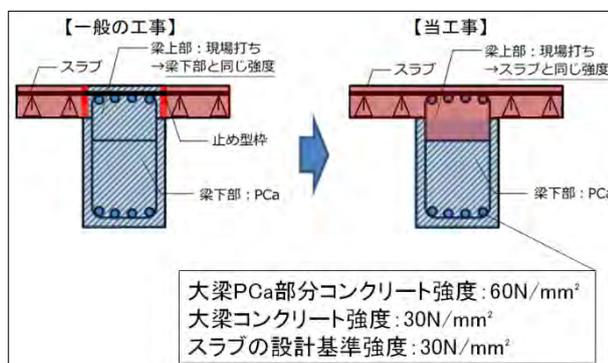


図-7 従来工法と本工法の比較

#### 4. デッキの地組と揚重・設置

デッキの配筋要領は、主筋方向上端筋は D13@150mm～200mm、下端筋は D13@150mm～200mm であり、配力筋方向の上端筋は D10@150mm～200mm である。

地組ヤードには、デッキ 1 ユニット分の長辺方向の両端に山留材を平行に 2 列並べて、地組用の架台を 2 組設置し、ユニット化と揚重を交互に行った（写真-2）。ユニット化は、架台上へデッキの梱包材をクレーンで揚重・仮置きし、架台上に出した墨に従ってデッキ工が敷き並べ、デッキ同士を溶接して接続した。また、ユニット部材長辺の両端部の下端筋には、D16 の鉄筋を溶接し、揚重用の補助鉄筋とした。揚重作業は、鳶工が行い、PCa 梁の側面に取り付けたアングル上に設置後、デッキ工が溶接して固定した。揚重のための吊具は、安全性を考慮し、長辺方向両端に 7 箇所を吊ることのできる吊り天秤を使用した（写真-3）。

デッキ設置階では、ユニット部材を迎えに行く鳶工の移動状況無線で確認した後に揚重を開始するなど、梁上を歩きながら上空の吊荷を確認するような状況にならないように、クレーンの運転手と連携をとりながら揚重作業を行った。さらに、デッキの設置完了前に後工程の作業員が危険エリアに立ち入らないように、立入禁止措置の実施や、規定面積のデッキを敷いた後に、デッキ工が溶接止めし、その後、他の業者の作業を開始するといったルールを徹底した。



写真-2 デッキ地組状況（地組ヤード）



写真-3 フェローデッキ揚重状況

## 5. その他の施工改善

### (1)基礎フーチングの鋼製型枠の採用

鋼製型枠を基礎フーチングの捨て型枠として設置、先行埋戻しを行い、均しコンを打設することで、工期短縮、品質の均一化を図った（写真-4）。



写真-4 鋼製型枠設置状況

### (2)免震基礎上部のハーフ PCa 化

免震基礎上部をハーフ PCa 化することで、品質と施工性が向上した（写真-5）。



写真-5 免震基礎上部ハーフ PCa 設置状況

### (3)犬走りハーフ PCa 化

犬走りスラブをハーフ PCa 化して施工した（写真-6）。



写真-6 犬走りハーフ PCa 設置状況

### (4)パラペットの押出成形セメント板の採用

屋上パラペットの複雑な型枠に、既製品の押出成形セメント板を採用した（写真-7）。



写真-7 押出成形セメント板設置状況

### (5)BIM の活用

建物の BIM モデルを足場材リース会社と本社技術部 BIM グループと共有・協働し、現場にて、統合モデルでの足場検討を実施した。また、外部足場の数量集計や、搬入計画に活用した（図-8）。

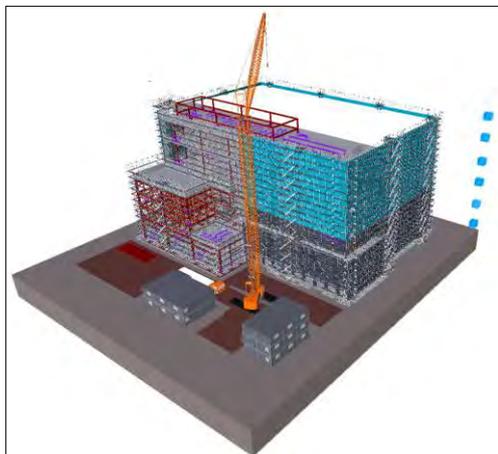


図-8 BIM 活用イメージ

## (6) アプリ・タブレット端末の利用

### ① 配筋検査システム

タブレットで撮影した配筋写真を、配筋検査システムの自動仕分け機能を利用して振り分け、配筋検査シートの作成や詳細項目の自動計算の手間を低減した（図-9）。

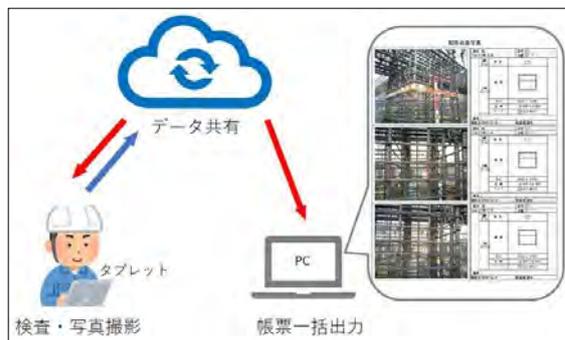


図-9 配筋検査システム活用イメージ

### ② 作業間連絡調整システム

作業間連絡調整システムに搬出入・重機予定を入力して打合せで確認し、日誌を出力した。情報共有には、職長全員に配布したタブレットや作業員のスマートフォンを利用した（図-10）。



図-10 職長タブレット活用イメージ

### ③ 工事配置図作成アプリ

工事配置図作成アプリを採用し、タブレットを使用して配置図を作成・編集した。配置図のデジタル化により、朝礼看板などのサイネージへの表示や、書類関係への添付を効率化した。

### ④ 職長へのタブレット配布

工事の連絡調整に関わる職員や各工種の職長へタブレットを配布して、連絡調整システム等を使用し、日誌作成や揚重機予定、図面等の円滑な情報共有に取り組んだ。

### ⑤ 統合施工管理システム

BIM モデルを活用して、PCa 部材の製作進捗状況から現場での取付け完了までを、工事関係者タブレットに立体的かつ、リアルタイムに表示できるシステムを採用した。製作から、搬入、取付けまで連携した工程管理を実施し、進捗情報を電子掲示板にも表示し、『見える化』を実施した（図-11）。

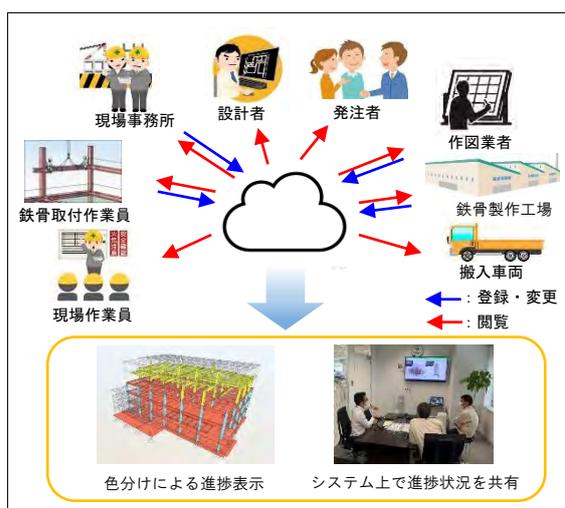


図-11 統合施工管理システム活用イメージ

## 6. 施工改善による効果

### 【Q (品質)】

- ・フェローデッキのユニット化により、設置位置の精度が、在来工法と比較して向上。
- ・コンクリート打設時に伴う、デッキ接合部からのノロ漏れ低減による品質向上。

### 【C (コスト)】

- ・フェローデッキのユニット化により、1節当たり 27 人工から 24 人工に削減 (約 11%)。

### 【D (工期)】

- ・従来のデッキ間配り施工と比較して、1フロア当たり 3 日の工期短縮、5フロアで合計 15 日の工期短縮。

### 【S (安全)】

- ・フェローデッキの揚重や設置時における高所作業の低減。
- ・施工階での溶接作業低減による、下階火気養生の縮小。

### 【その他の効果】

- ・ユニット化による、クレーン稼働の効率化。

## 7. おわりに

PCa 梁へのフェローデッキの設置作業は、スターラップ等による凹凸が多いため、危険作業となることが当初より懸念されていました。また、梁上で一枚ずつ設置する従来の工法では、工期が厳しいという課題があったため、当工事においては、デッキを地組してユニット化することにより、改善を図りました。さらに、事前にいくつかの省力化工法を検討して、具体的な施工計画を練り、実施したことで、品質の向上と工期短縮を実現し、遅延なく新築工事を完成することができました。

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。

## 8. 体育館大屋根の施工における解析と 3Dモデルを活用した品質の確保

社名： (株)鴻池組

氏名： 井上 宣良

### 事例概要

項目	内容
1. 工事概要	
(1) 工事名称	(仮称)彦根市新市民体育センター建設工事
(2) 規模(延床面積、階数)	延床面積: 13, 850㎡、地上3階
(3) 用途	複合施設(体育館、弓道場、集会場)
(4) 主要構造	RC造、一部S造
(5) 建設地	滋賀県彦根市
(6) 施工期間	2020年4月 ~ 2022年6月
(7) 工事費	5, 112(百万円)
(8) 設計者	株式会社石本建築事務所
2. 改善概要	
(1) 問題点・背景 (施工上あるいは従来工法の 問題・課題など改善前の状況)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・本建物はメインアリーナの内部から見える大屋根の鉄骨架構を美しくみせるために、意匠的、構造的に様々な工夫がなされており、従来の施工検討だけでは十分な対応が難しい、複雑な設計プランであった。</li> </ul>
(2) 改善の目的	<ul style="list-style-type: none"> <li>・屋根鉄骨ジャッキダウン時の鉄骨施工精度を確保する。</li> <li>・複雑な形状を把握し、納まりや施工計画の正確性を高める。</li> </ul>
(3) 改善実施内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>・施工ステップ解析を行い、屋根架構施工精度確保や仮設計画に展開、反映した。</li> <li>・3Dモデルを全面的に活用し、情報共有や多岐にわたる事前検討を実施した。</li> </ul>
(4) 改善による効果	
・Q(品質)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・施工精度向上により高い品質を確保。</li> </ul>
・C(コスト)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・-</li> </ul>
・D(工期)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・屋根トラス架構の地組により、鉄骨建て方の工期短縮。</li> </ul>
・S(安全)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・屋根トラス架構の地組による高所作業の低減。</li> <li>・3Dモデルを活用した作業内容の事前把握により、KY充実。</li> </ul>
・E(環境)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・-</li> </ul>
・その他の効果	<ul style="list-style-type: none"> <li>・スマートな施工管理が可能となった。</li> </ul>

# 体育館大屋根の施工における解析と3Dモデルを活用した品質の確保

株式会社 鴻池組 井上宣良

## 1. はじめに

彦根市新市民体育センター（以下本施設）は、江戸時代に彦根藩 35 万石の城下町として歩みを始め、現在に至るまで歴史的、文化的な風情を色濃くとどめるとともに、国宝「彦根城」をはじめ、中世から近世にかけての貴重な歴史文化遺産が数多く残る、琵琶湖と鈴鹿山系の豊かな自然に囲まれた滋賀県彦根市に位置する。

また、近年では、「鳥人間コンテスト選手権大会」やマスコット「ひこにゃん」を通じて、彦根市の名は全国に広く知られている。

本施設は、メインアリーナ、サブアリーナ、弓道場などの「スポーツ棟」と、交流・防災拠点機能を兼ね備えた「まちなか交流棟」からなる複合市民交流施設である。

無柱大空間となるメインアリーナは周辺環境に配慮して高さを抑えつつ、滋賀県の伝統産業である織物から着想を得たテキスタイルデザインを取り入れ、織物の縦糸と横糸を意識した2方向のトラスによるアーチで構成される。さらにトラスの下弦材（H形鋼）を弱軸使いとしてフランジラインを強調し、かつ偏芯接合とすることで、短辺・長辺の勝ち負けをより鮮明に際立たせる架構となっている。

本報告では、メインアリーナの屋根鉄骨建方に伴い、水平力（以下スラスト）を解放する目的でV字BOX柱脚部にすべり支承によるスライド工法を採用するなど、数々の創意工夫やBIM（Building Information Modeling）による事前の施工・納まり検討、並びに実施結果を中心に紹介する。

表1に工事概要、写真1～写真3に全景と内観を示す。

表1 工事概要

工事名称	： (仮称)彦根市新市民体育センター建設工事
所在地	： 滋賀県彦根市小泉町
工期	： 2020年4月1日～2022年6月22日
建築主	： 滋賀県彦根市
設計・監理	： 株式会社石本建築事務所
施工	： 株式会社鴻池組
用途	： 複合施設(体育館、弓道場、集会場)
敷地面積	： 32,533㎡
建築面積	： 9,980㎡
延床面積	： 13,850㎡
構造	： RC造+S造 地上3階



写真1 施設全景



写真2 メインアリーナ



写真3 メインアリーナ内観

## 2. 大屋根の構造概要

大屋根は長辺約 66m、短辺約 54m の矩形平面をしており、2 方向に曲率を有する屋根形状となっている。構造形式は 2 方向トラス構造であり、V 字形の BOX 柱（以下 V 字柱）により下部構造と接合され、立体トラスは上弦材 1 本 + 下弦材 2 本の三角形で、幅 1.8m、高さ 1.8m~0.6m、中央部から端部に向かってトラスの高さが低くなる形状をしている。下弦材、上弦材は H 形鋼、斜材は鋼管により構成される（図 1、図 2）。

本屋根の特徴を以下に示す。

- ① 下弦材（H-200x200）は弱軸使い、短辺方向の弦材は曲げ加工を施している。織物をイメージし、短辺方向と長辺方向で高さ方向に約 125mm のレベル差をつけての接合となる（図 3）。
- ② 下弦材から V 字柱の連続性を強調するために、V 字柱の側面 PL を下端 PL 面から約 50mm 程度持ち出し、下弦 H 形鋼のフランジが柱脚まで連続しているように見せている（図 4）。
- ③ 屋根のジャッキダウン時には V 字柱の柱脚部をスライドさせ、下部構造にかかるスラストを低減させている。

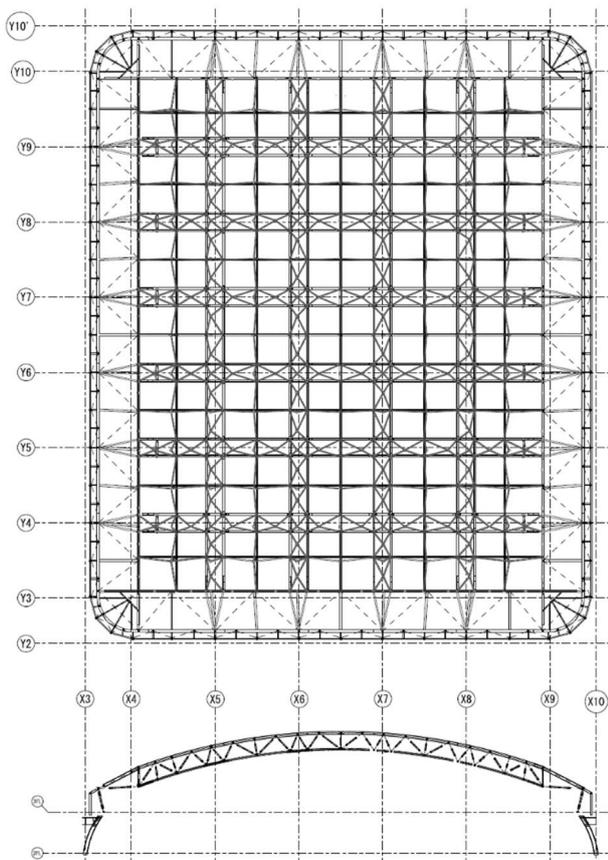


図 1 屋根伏図(上)および Y6 軸面図(下)

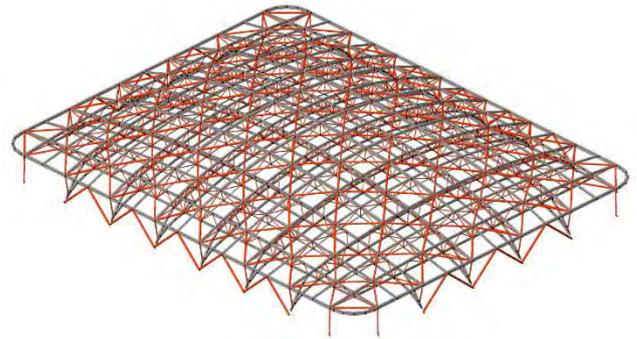


図 2 鉄骨 3D モデル

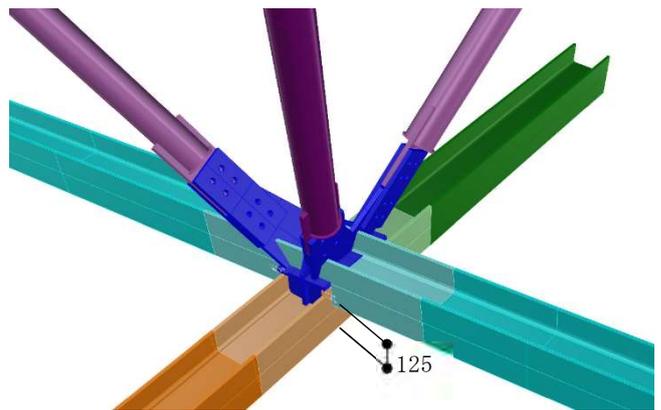


図 3 下弦材接合部

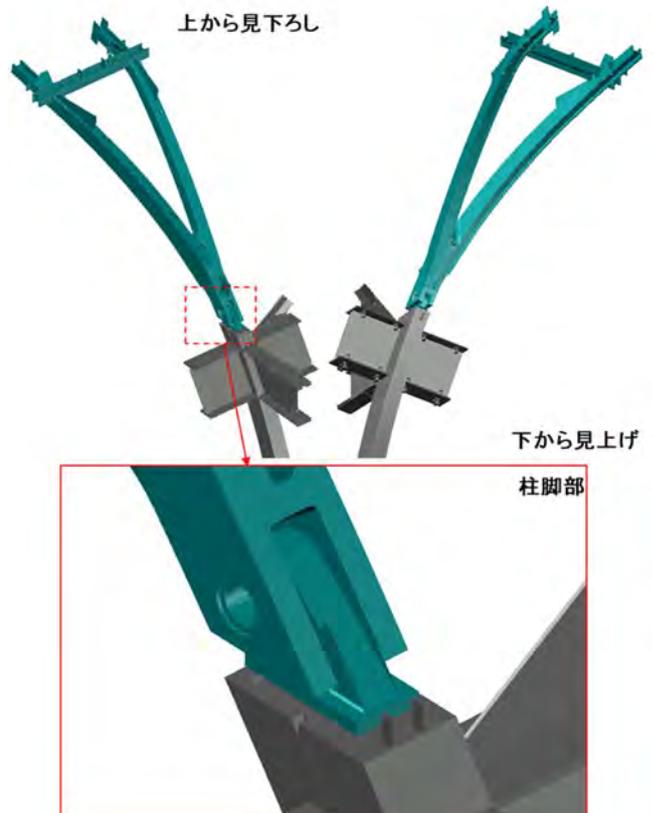


図 4 V 字柱

### 3. 施工時解析

大屋根の構造架構に注目し、建方時に発生する鉄骨自重分のスラストを開放するため、ジャッキダウン時にV字柱の脚部をスライドして接合する計画とした。ジャッキダウンに伴って屋根は鉛直下向きに下がり、柱脚部は外側にスライドする。屋根には下がった後に設計時の形状となるよう施工キャンパー（むくり）を設けてあり、柱脚部はスライド後にV字柱と下部構造の柱面をそろえるため、あらかじめ内側に建方しておく必要がある。そのため、ジャッキダウンに伴う変位量を事前に正確に把握する目的で、施工ステップ解析による確認を行った。

本解析結果より、ジャッキダウン手順に応じた特殊支保工（以下ベント）反力やジャッキダウン量を確認し、施工キャンパー、ジャッキダウン、仮設・建方の計画を行った（図5）。

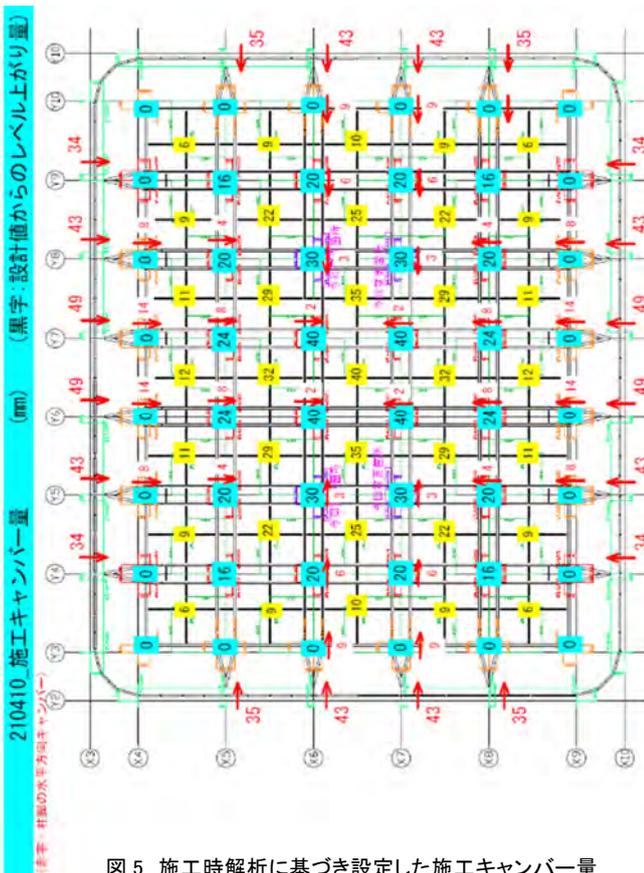


図5 施工時解析に基づき設定した施工キャンパー量

### 4. 大屋根の鉄骨工事

#### 4.1 工事工程

大屋根の鉄骨工事工程を図6に示す。支保工足場組立からジャッキダウンまで、2021年6月中旬から延べ6ヶ月の工程であった。支保工足場はメインアリーナの天井内装工事に兼用したため、2022年2月まで残置・解体した。

工程	2021年					
	6月	7月	8月	9月	10月	11月
支保工足場	組立		※内装完了後解体			
地組	[Bar chart showing duration from July to September]					
建方	[Bar chart showing duration from July to November]					
本締	[Bar chart showing duration from August to October]					
溶接	[Bar chart showing duration from August to November]					
グラインダー仕上	[Bar chart showing duration from August to November]					
ジャッキダウン	[Bar chart showing duration in November]					

図6 大屋根鉄骨工事工程

#### 4.2 建方の流れ

大屋根の建方に伴う仮設計画図を図7に示す。建方エリア後方に地組ヤードを設け、建方揚重機に200t級クローラークレーン、地組揚重機に25t級ラフテレーンクレーンを採用した。

まず、メインアリーナの奥から手前（図面下部）に向かって建て逃げ（図9の③工区まで）、次に仮設通路から建方揚重機を一旦建屋外へ移動させ、仮設通路との兼ね合いからあと施工とした躯体を構築、最後に大屋根を受ける下部鉄骨および残り（図9の④工区部分）の大屋根の建方を行った。

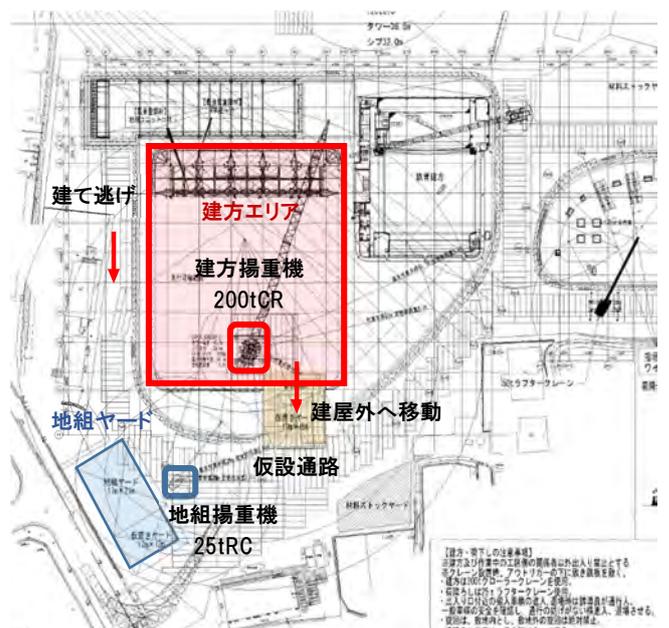


図7 仮設計画

### 4.3 施工の流れ

一連の施工フローを図8に示す。

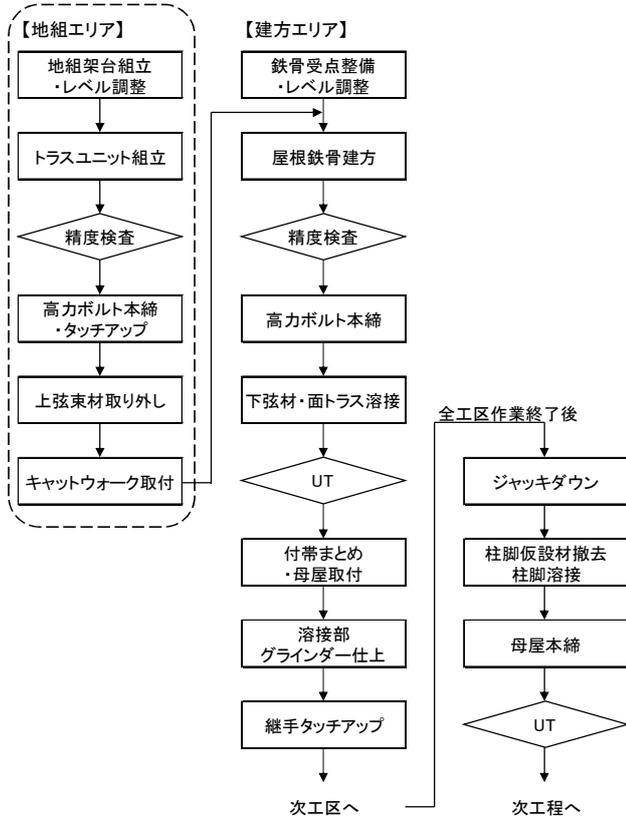


図8 大屋根鉄骨施工フロー

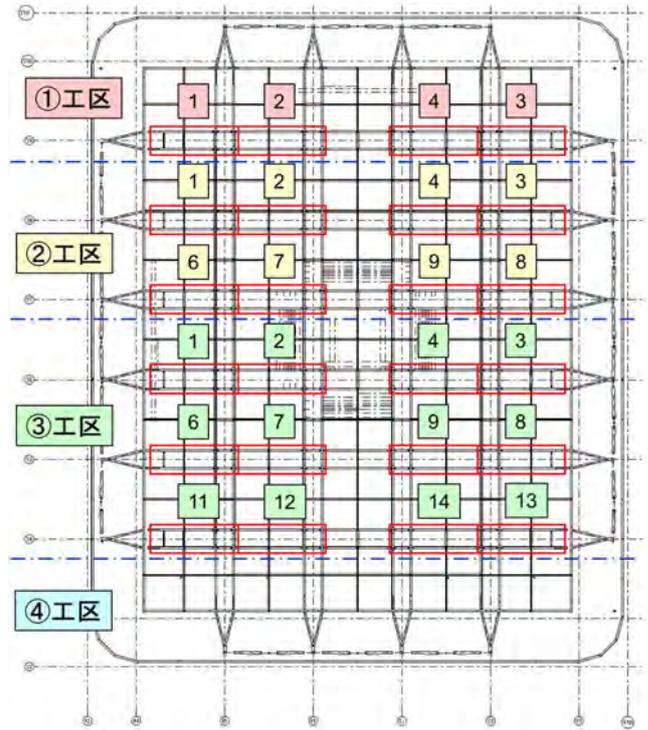
### 4.4 立体トラスの地組

施工性と建入精度を確保するため、立体トラスの一部を地組する計画とした(写真4)。地組したトラスは図9の赤枠部分である。アリーナ内部から見上げた際に直線性が際立つ短辺方向トラスを中心に地組を行った。なお、中央部は調整代を確保するため、単材で取り付けた。長辺方向のトラスにおいても短辺方向トラスの直線性確保に支障がないよう、単材で取り付ける計画とした。

地組架台を図10に示す。1本の上弦材と2本の下弦材それぞれを2点支持できるように山留め材(H-200×200)で構成し、支持点にはレベル調整用のキリンジャッキがついている。損傷防止と調整の容易性を目的に、上弦材受けには傾斜受台、下弦材受けには固定用プレートを設けた。

地組トラス架構の仕口を対象とした精度管理は、建方後の最終的なトラスの直線性担保のため、建方管理許容値±10mmより厳しい地組管理許容値±5mm以内とした。

キャットウォークについては、主構造の地組完了後に上弦材受けを取り外して入れ込める仕様とした(図11)。



記号説明 工区施工順序:①→②→③→④工区  
工区内建方順序:1→2...14(数字順)

図9 地組トラス配置

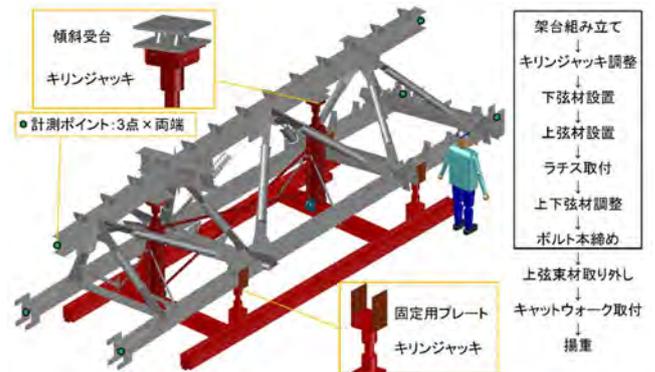


図10 地組計画(主部材)

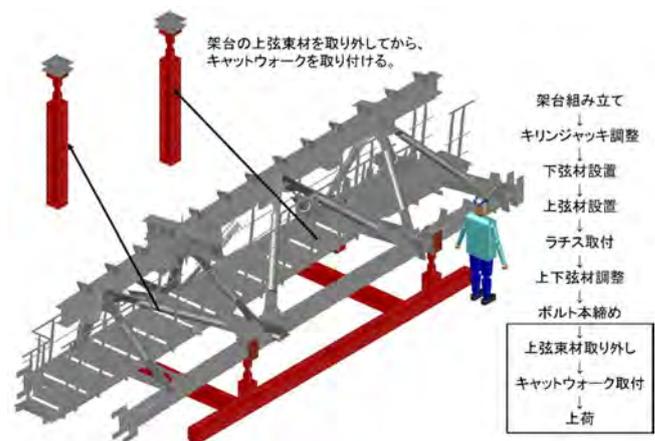


図11 地組計画(キャットウォーク)



写真4 地組状況

#### 4.5 立体トラスの建方

立体トラスの揚重は、底面が広い三角形の部材形状を考慮し、下弦材を4点吊りする計画とした(写真5)。

揚重した立体トラスをベントの上に据え、3次元測量機によって精度計測を行う際、3次元測量機の設置場所は鉄骨や足場で視野が妨げられない高所にする必要があるが、周辺に適する場所がなかったため、本締めが完了し固定度が高い鉄骨の上に架台を設け、測量機を設置した。

下弦材については、3次元測量機での測量に加え、スチールテープと水系を用いてスパンと折れの管理を行い、下弦材のフランジラインが全長に渡って直線になる(接合部で折れない・目違いとならない)ように複数の計測方法と目視で注意深く管理を行った。

支保工のジャッキダウンによって屋根が沈むことが施工時解析により予測されたため、最大40mmの施工キャンバー(設計高さ+40mm)を設けて建方を行った。



写真5 建方状況

#### 4.6 ジャッキダウン計画

ジャッキダウン時に各支保工に作用する支持反力を施工時解析により予測し、反力にあわせた3種類のベント構成とした(図12、写真6)。

支持反力	5t未満	5t以上 15t未満	15t以上
ベント構成材	くさび式支保工		四角支柱4本組
ダウン機構	ジャッキベース	油圧ジャッキ +解体ジャッキ	油圧ジャッキ +ライナープレート
備考	人力でダウン可能と判断		ダウン量がジャッキストロークより大きいためライナープレート併用

図12 ベント構成

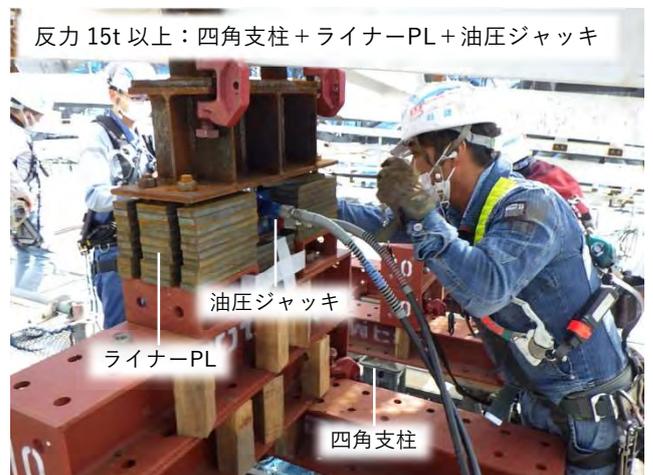


写真6 反力にあわせたベント構成

反力15t以上の箇所には四角支柱4本組で強固に組んだベントを架設し、予想最大ダウン量109mm分の下がり代を確保するため、ライナープレートと油圧ジャッキからなる機構とした。

ジャッキダウンの順番は、屋根鉄骨全体を偏りなく均等に降下させるため、4班同時進行で屋根外側から中央に向けて順に行う計画とした。

#### 4.7 スラスト解放計画

大屋根の鉄骨建方時に生じるスラストをできるだけ下部鉄骨に伝えないよう、V字柱脚部を簡易的なすべり支承とし、ジャッキダウン時に下部鉄骨のトッププレート上を柱脚部がスライドすることでスラストを解放する計画とした(図13)。

すべり支承部はジャッキダウン前の建方期間中に地震等外力により倒壊しないよう、エレクトロンピースにて固定した(写真7)。このエレクトロンピースはスライドが予測より大きかった場合、支承部脱落防止のためのエンドストッパーを兼ねている。

すべり支承部である鋳鋼には開先を設けており、スライド後に部分溶け込み溶接を行うことで下部鉄骨とV字柱を接合させた。

なお、すべり面には潤滑剤としてモリブデングリースを塗布し、スライドの妨げとなる摩擦力を極力排除した。

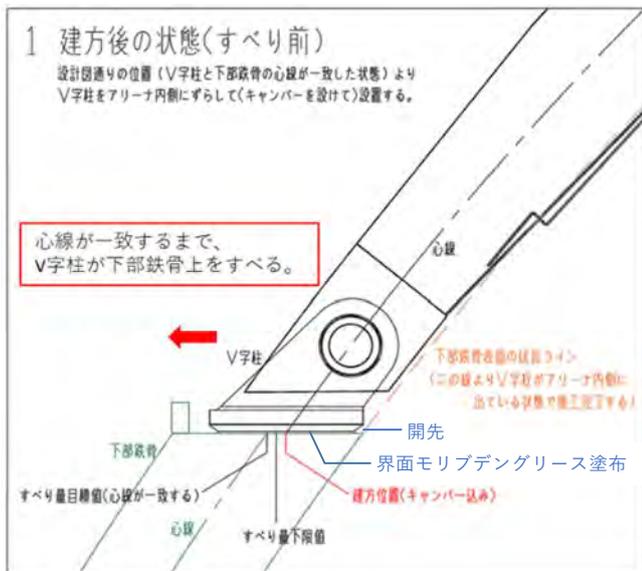


図13 スラスト解放計画



写真7 エレクトロンピースによる柱脚部仮固定

#### 4.8 ジャッキダウン・スラスト解放工事の結果

ジャッキダウンによる屋根鉄骨各部下がり量の施工時解析と実測との比較を表2に、屋根鉄骨柱脚部すべり量の施工時解析と実測の比較を表3に示す。屋根鉄骨の下がり量は施工時解析の51~68%に留まった。

この主な要因は、施工時解析ではボルト接合部を完全ピンとみなし、主部材に付帯するピースの補剛効果も考慮していなかったため、実際より剛性が低めになったと考えられる。これはジャッキダウン後の天井高さ確保が求められる体育館アリーナにおいて安全側となり、施工時解析より下がり量がやや少なかった実施工は適正であったと言える。また、表2の通り、屋根全体は概ね均等に降下した。

屋根鉄骨柱脚部は、強制的に力がかかることなくジャッキダウンに伴い自然にスライドした。屋根鉄骨のすべり量は施工時解析の43~72%であり、下がり量に準じたすべり量といえる。すべり量に関しても、概ね均等となった。

表2 屋根各部ダウン量と施工時解析との比

測点	解析	実測	比	測点	解析	実測	比
X4Y9	47mm	25mm	53%	X4Y4	47mm	26mm	55%
X5Y8	79mm	41mm	52%	X5Y5	79mm	46mm	58%
X6Y7	109mm	64mm	59%	X6Y6	109mm	64mm	59%
X7Y7	109mm	65mm	60%	X7Y6	109mm	66mm	61%
X8Y8	79mm	44mm	56%	X8Y5	79mm	49mm	62%
X9Y9	47mm	24mm	51%	X9Y4	47mm	32mm	68%

表3 柱脚各部のすべり量と施工時解析との比

測点	解析	実測	比	測点	解析	実測	比
X4Y9	34mm	17mm	50%	X9Y4	34mm	23mm	68%
X4Y8	43mm	23mm	53%	X9Y5	43mm	31mm	72%
X4Y7	49mm	26mm	53%	X9Y6	49mm	30mm	61%
X4Y6	49mm	26mm	53%	X9Y7	49mm	25mm	51%
X4Y5	43mm	23mm	53%	X9Y8	43mm	24mm	56%
X4Y4	34mm	17mm	50%	X9Y9	34mm	18mm	53%
X5Y3	35mm	22mm	63%	X5Y1	35mm	19mm	54%
X6Y3	43mm	24mm	56%	X6Y1	43mm	22mm	51%
X7Y3	43mm	23mm	53%	X7Y1	43mm	23mm	53%
X8Y3	35mm	19mm	54%	X8Y1	35mm	15mm	43%

### 5. BIM を活用した事前検討

#### 5.1 総合図による検証

メインアリーナの大屋根には、立体トラスほか鉄骨架構以外の取付け製品も数多く配置されており、諸条件をクリアした位置決定を行う必要があった。屋根形状が不規則な球体形状であり、単純な平面・立面・断面図だけでは空間や干渉の把握が困難であるため、鉄骨建方の事前シミュレーションと同様に、大屋根部分の総合図としてBIMを用いた検証を行うこととした。

主な取付け製品は、以下の通り。

- ① メンテナンス用キャットウォーク
- ② バトン・防球ネット吊込用のウインチおよび制御盤
- ③ 照明器具・スピーカー

製品メーカー、各施工業者から製品の BIM データを受領し、当社の生産支援チームにて鉄骨 BIM データとの統合作業（総合図作成）を行った。

写真 8 に BIM による検証と施工後の実物を比較して示す。総合図での検証内容は、以下の通りであった。

- ① キャットウォークは人の通行が可能か（特に斜材の鋼管と交差する狭小な場所）、また、各製品（器具）のメンテナンスが可能か。
- ② ウインチは下弦材よりも上部に取り付けて目立たないようにし、吊元から垂直に干渉物がないこと。また、制御盤は上弦材と下弦材の間の位置とし、架台の部材が下弦材の上部となるようにする。
- ③ 照明器具は下弦材の上部とし、照明器具の取付け・メンテナンス作業時にキャットウォークから手が届くこと。また、スピーカーは重量が大きいことから、吊元架台が必要であり、その架台部材を通す位置や支持母材をどれにするか。



・キャットウォーク(左:BIM、右:実物)



・キャットウォーク入口(左:BIM、右:実物)



・スピーカー(左:BIM、右:実物)

写真 8 BIM と実物の比較

## 5.2 屋根鉄骨分科会による検討

鉄骨の部材形状と前述製品の位置決定のため、「屋根鉄骨分科会」を設置し、当社、設計・監理、協力業者が参加し、延べ9ヶ月（1～2回/月）に渡って議論を交わした上で鉄骨製作工程に入った（写真9）。



写真 9 屋根鉄骨分科会開催状況

メインアリーナの鉄骨については、塗り分け位置や色彩も検討対象とした。臨場感のある BIM モデルにて可視化・検討した結果、当初案から白色と黒色の使い方を反転させた実施案となった（図14）。

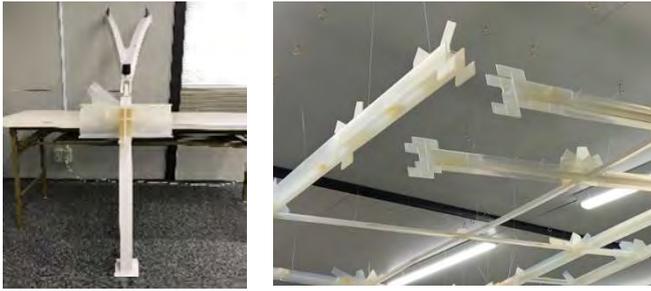


図 14 左:当初案、右:実施案

## 5.3 3D プリンターおよび 3D 動画の活用

BIM データを活用して 3D プリンターで模型を作成し、梁・柱の部材形状確認を行った（写真10）。なお BIM データは施工計画においても活用し、施工手順説明用の 3D 動画を作成した（図15）。

BIM によって施工を担当する職員や作業員が形状に対するイメージを掴むことができ、理解度が大幅に向上した。その結果、完成形状を予測した仮設計画、搬入計画を無駄なく行うことができ、出来栄えに関しても関係者全員が完成のイメージを理解していることから、特に力を入れた白色の下弦材の精度確保や塗装のライン出しについては予想を上回る結果となった。



左:柱脚部分、右:梁部分

写真 10 3D プリンターで作成した模型

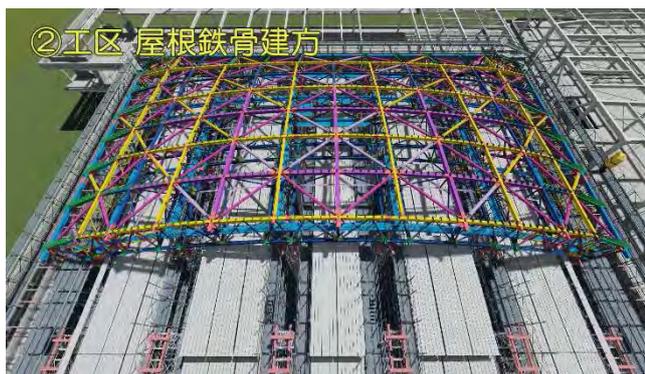
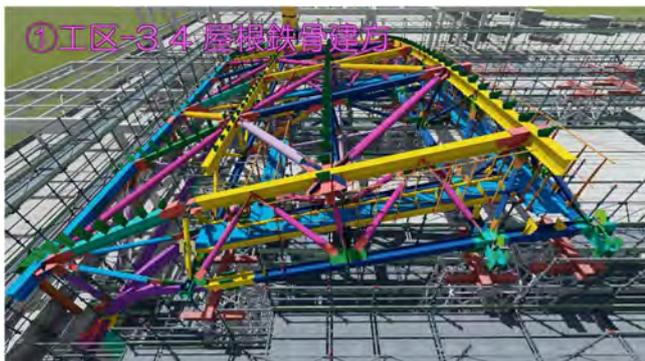


図 15 大屋根施工手順説明用動画カット



写真 11 施工中写真

完成時の建物を事前に確認しながら、正確な検証が行えるという BIM 最大の利点を実施計画に反映できたと実感している。

## 6. まとめ

本工事の大屋根施工は、ジャッキダウンを行いながら屋根を支える V 字柱脚部をすべらせるという難易度の高いものであったが、施工時解析による屋根架構全体の挙動の事前把握や解析結果に基づく綿密な施工計画により施工精度を向上、高い品質を確保することができた。

また屋根トラス架構の地組により施工精度の向上だけでなく、鉄骨建て方の工期を短縮し、高所作業を低減することができた。

BIM の活用により、複雑な形状であったが作業内容の理解を深めることで KY を充実させ、安全を確保しながら美観に優れた「テキスタイルアーチ屋根」を実現することができた (写真 11, 写真 12, 写真 13)。



写真 12 完成内観(メインアリーナ)



写真 13 完成外観



## 9. 奥行8. 5m片持ち梁構造の施工改善

社名： 佐藤工業(株)

氏名： 坂本 光志

### 事例概要

項目	内容
1. 工事概要	
(1) 工事名称	富山市斎場再整備事業
(2) 規模(延床面積、階数)	延床面積: 3, 488㎡、地上2階
(3) 用途	火葬場
(4) 主要構造	RC造、S造、一部SRC造
(5) 建設地	富山県富山市
(6) 施工期間	2020年4月 ~ 2022年3月
(7) 工事費	3, 040(百万円)
(8) 設計者	株式会社山下設計
2. 改善概要	
(1) 問題点・背景 (施工上あるいは従来工法の 問題・課題など改善前の状況)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・敷地内既存稼働建物や埋設インフラ等により、工事エリアが制限されるため、大掛かりな仮設支柱では、解体が難しくなること。</li> <li>・建屋の張出し8. 5mの構造部(S造)のたわみ調整が必要なこと。</li> </ul>
(2) 改善の目的	<ul style="list-style-type: none"> <li>・仮設支柱は解体時に敷地内を縦断している埋設インフラに影響を及ぼさないで解体可能な計画とし、簡易な形状とする。</li> <li>・建屋の張出し8. 5mの構造部の精度を確保する。</li> </ul>
(3) 改善実施内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>・仮設支柱の建方を鉄骨躯体の建方と同時に行うことにより、仮設支柱をシンプルにした。</li> <li>・工場であらかじめ想定のとわみと逆方向の反り(製作キャンバー)を設けた。</li> </ul>
(4) 改善による効果	
・Q(品質)	・仮設支柱解体後のたわみ量を想定より小さく留めることができ、仕上げへの影響はなかった。
・C(コスト)	・仮設支柱をシンプルにしたことにより、50%のコストダウン。
・D(工期)	・仮設支柱をシンプルにしたことにより、40%の工程短縮。
・S(安全)	・施工時の墜落・転落災害の危険性大幅低減。
・E(環境)	・-
・その他の効果	・埋設インフラや既存施設利用者への影響なし。

## 奥行 8. 5 m片持ち梁構造の施工改善

佐藤工業株式会社

坂本 光志

### 要 旨

本工事は富山市斎場のPFI再整備事業です。建物の特徴として、1階エントランス車寄せを形成する跳ね出し長さ8.5mの片持ち梁構造が挙げられます。建物の構造種別は、こうした特殊形状を成立させるために、RC造を主体としながら跳ね出し部をS造、跳ね出し元の柱をSRC造とする混合構造が採用されています。

工事を着手するにあたり、跳ね出し部の施工方法（仮設支柱、キャンバー）、および揚重機の計画を立てましたが、敷地条件、コスト・工期、作業効率等を精査した結果、計画の見直しが必要と判断されたため変更・修正を行いました。

本報では、計画を行った経緯と仮設支柱を用いた鉄骨建方からジャッキダウンまでの施工方法、並びにその結果についてご報告します。

### 工事概要

工事名称：富山市斎場再整備事業

発注者：株式会社あおぎの（PFI事業者）

設計者：株式会社山下設計

監理者：株式会社山下設計

施工者：佐藤工業株式会社 北陸支店

工期：2020年4月～2022年3月

敷地面積：14,545.36 m<sup>2</sup>

建築面積：2,749.36 m<sup>2</sup>

延床面積：3,488.15 m<sup>2</sup>

構造規模：RC+S造、一部SRC造 地上2階

責任者：矢野 寛人

所在地：富山県富山市西番135番地外33筆

### 1. はじめに

南面からの建物全景を写真-1、総合仮設計画を図-1にそれぞれ示します。本工事は富山市内にある4つの斎場の中で、一番火葬件数の多い富山市斎場を対象としています。同斎場は築50年以上を経過したことで老朽化の問題を抱えている他、将来の火葬需要に対応する必要があるため、建替整備と維持管理運営を含むPFI事業を立ち上げました。

本工事が該当するのは、このうち建屋新築（火葬炉を除く）および既存斎場の解体工事です。新しく建設する建物の特徴は、斎場のイメージを和らげ、前面道路側（西側）から会葬者の視線を遮ることができるように入口や待合室を河川側（東側）に配置されたプランになっています。また、跳ね出し長さ8.5mの片持ち梁構造の軒下空間を利用して広大な車寄せが計画されており、会葬者、

および棺が安全に室内へ移動できるよう配慮されています。車寄せの階高は4.5mあり、大型バスの出入りも可能としています。この直上となる2階には待合室が配置され、火葬待ちの利用者が立山連峰をゆっくり眺望できる空間としています。



写真-1 建物全景（南面）

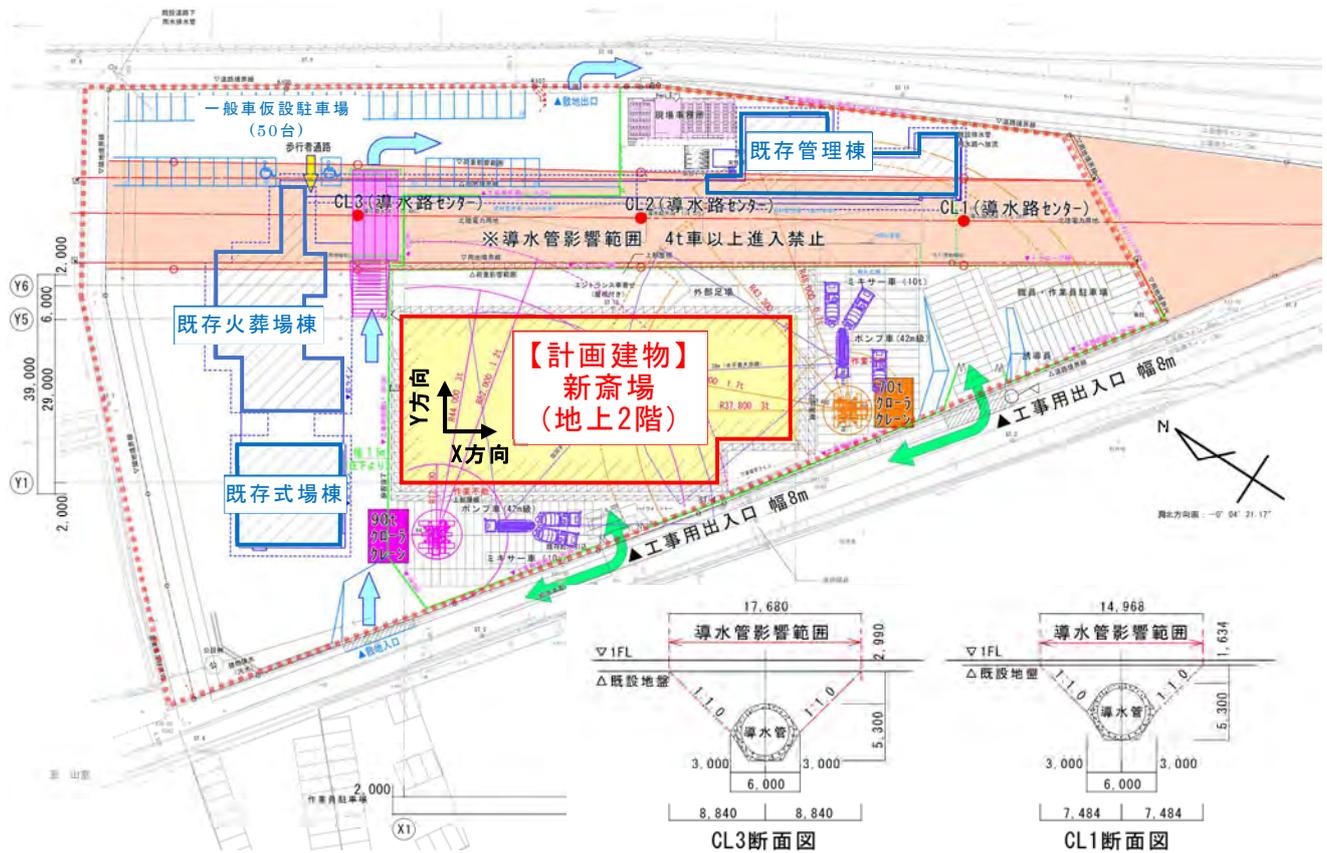


図-1 総合仮設計画

## 2. 計画における条件

### 2.1 工事制約条件

図-1に示すように、本工事は既存斎場敷地内の工事となります。このため、工事対象である新斎場の建設、その後の既存斎場解体、および外構を、既存斎場を稼働させながら施工する必要があります。また、敷地内には直径約6mの北陸電力の水力発電用導水管が深さ2m付近に埋設されており、敷地の東側を縦断しています。この導水管には、荷重影響範囲（導水管中心部の端部から45°の角度で地表面と接する部分）が定められており、導水管の中心から両側約8mずつ計16mの範囲内（図-1中、淡赤色範囲）は4t以上の車両は進入禁止と定められていました。

### 2.2 鉄骨工事に関する条件

Y方向の断面を図-2に示します。Y5通りから外部仕上面までの鉄骨跳ね出し部が、奥行8.5mの車寄せに相当します。この片持ち形状となるY5-Y6間の施工において、予め設計図で仮設支柱

（図-2①）を使用することが定められていました。また、仮設支柱解体後、仕上げを除く自重等により発生するY6通り位置のたわみ量として構造設計監理者より指示された数値は15mmでした。そのたわみ量を0mmにするため、鉄骨建方時に部材レベルが正規の位置から15mm高くなるよう、カンバーを計画して施工する必要性がありました。

## 3. 主な工事計画

### 3.1 総合仮設計画

図-1に示すように敷地内には3棟の既存建物が稼働している他、会葬者の仮設駐車場を確保する必要もあり、新築工事に利用できる敷地は全体の約30%と限られた範囲となりました。

搬入は敷地東側に埋設されている導水管の影響範囲に荷重を与えないように考慮し、前面道路側より行う計画としました。また、揚重作業に関しても導水管への影響を避けるとともに、計画建物

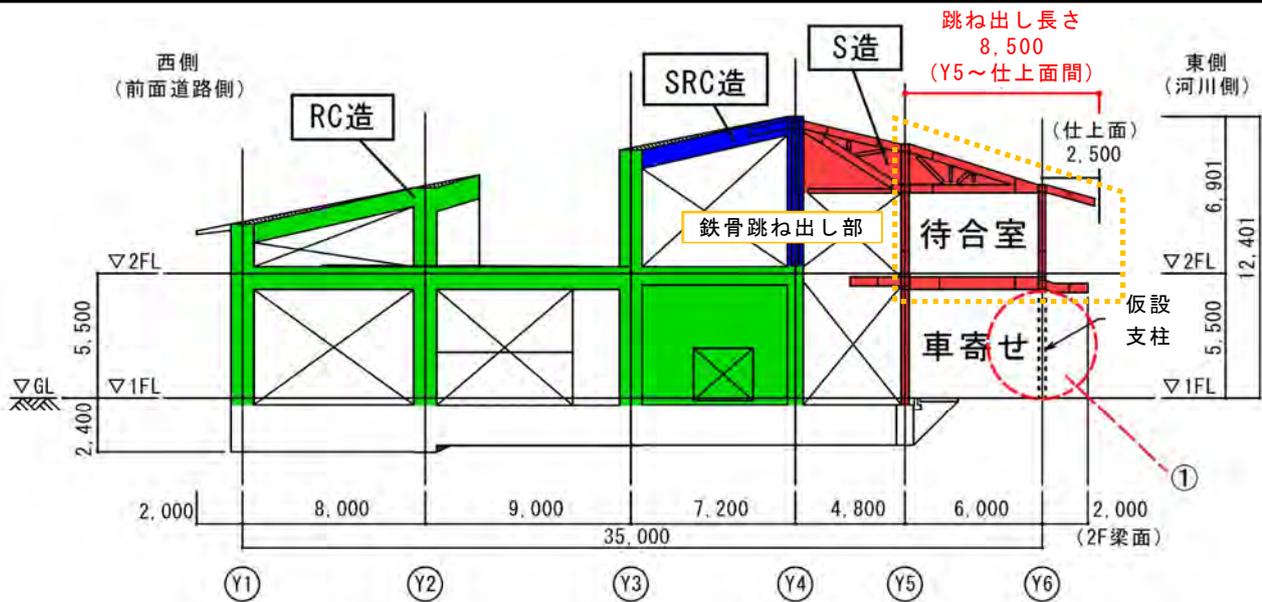


図-2 建屋構造断面

の西側に90tクローラクレーン、前面道路で西側と分断される南側に70tクローラクレーンを配置する2台体制とし、それぞれの作業スペースで揚重作業を完結させることで、限られた作業スペースを最大限効率的に利用する計画としました。

### 3.2 キャンバー計画

車寄せの片持ち部について、ジャッキダウン後に予想されるたわみ量：15mmのキャンバー（荷重を受けても正規の位置に収まるように前もって付ける上向きの「反り」）を確保する方法として、当初は高力ボルトの孔のあそびを利用した接合部の収まりによる角度調整を、図-3に示す赤丸のジョイント位置で行う計画としていました。しかし、実際に調整可能なキャンバーを検討した結果、可能な調整量は6.4mmが限界で15mmを確保できませんでした。さらに、当初計画による方法では、トラス材に曲げ応力が加わり設計上望ましい形にならないことが確認されたため、異なる方法を用いる必要がありました。

そこで、当現場では「製作キャンバー」という工法を取り入れる計画に変更しました。この工法は工場製作段階において、あらかじめ部材自体に「反り」を設けることによってたわみ量を調整するものです。また、当初計画の方法と比較して現場施工時における調整が容易になるため、採用のメリットとして管理精度の向上が期待されます。

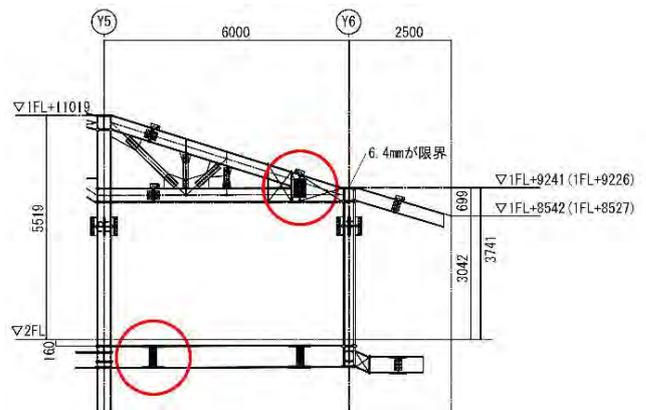


図-3 当初のキャンバー計画

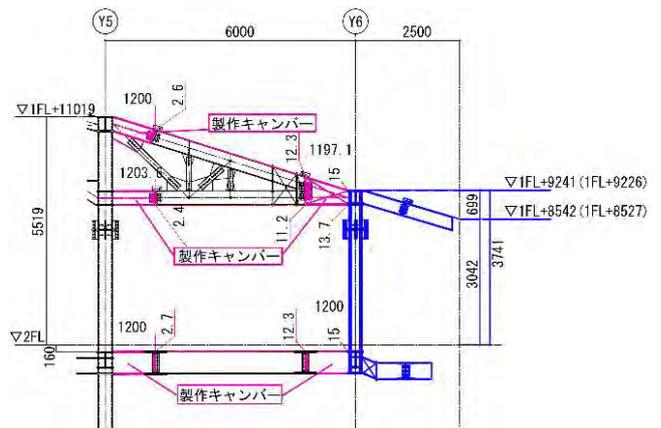


図-4 変更後のキャンバー計画

図-4に変更後の計画を示します。構造設計と協議を重ねた結果、トラス梁の元端・先端それぞれに製作キャンバーを設けることで、先端であるY6通りの柱でレベルの合計が15mm上がりで確保、および管理が可能となりました。

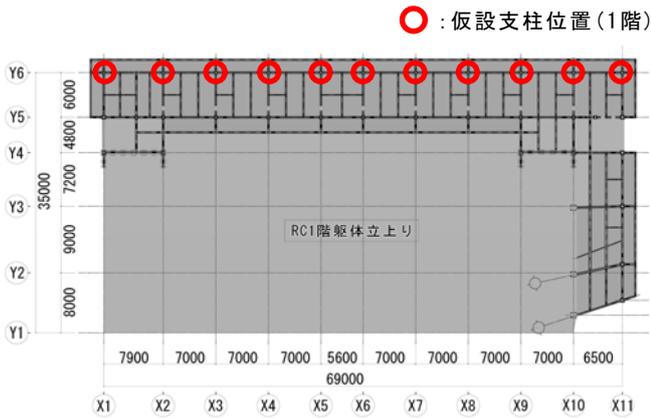


図-5 仮設支柱設置位置 (2階鉄骨伏図)

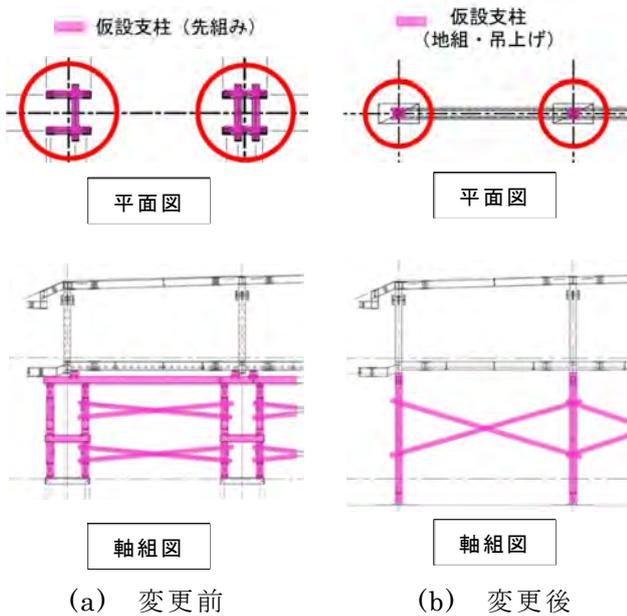


図-6 変更前後の仮設支柱計画の比較 (X1-X2間抜粋)

### 3.3 仮設支柱計画

設計図にて指示のあった仮設支柱の位置を図-5、変更前後の仮設支柱計画の比較を図-6、変更後の仮設支柱の詳細を図-7、仮設材数量の比較を表-1にそれぞれ示します。当初の計画は、柱1本に対して4本の建地を水平材で繋いだ架台を仮設支柱とし、地上に先組みして上部に鉄骨を据え、架台建地の芯々間をブレースで繋いで位置を固定する方法でした。しかし、表-1に示す通りこの計画では部材数が多いことによる組立の工期が掛かり、人工・資材運搬量の増加等、工費の増額が懸念されました。

また、解体時においても揚重機が必要となりますが、クローラクレーン・ラフタークレーンなど

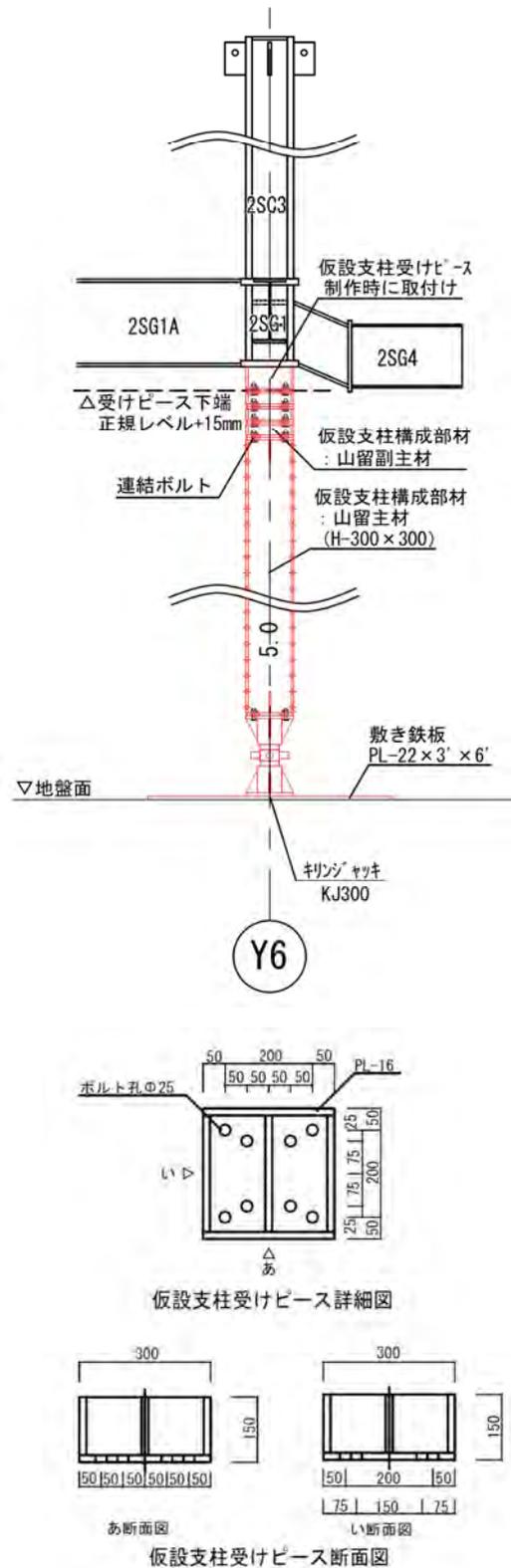


図-7 変更後の仮設支柱詳細

表-1 変更前後の仮設材数量の比較 (1構面あたり)

	仮設支柱	ブレース	キリンジ'ャッキ	水平材
変更前	8	8	16	18
変更後	2	2	2	-

の揚重機類は導水管影響範囲では使えないため、使用不可であること、組立と同様に工期が長くなってしまふなどの懸念事項がありました。

変更後の仮設支柱の計画は300角の仮設山留材を各通り芯に設け、それぞれの支柱をブレースで繋ぐことにより、当初よりも簡易で低コストとなりました。表-1から変更前と比較して仮設材数量が大幅に削減されていることが分かります。組立は仮設支柱と本体を仮設の受けピースで接合・地組し、同時に建方する方針に転換しました。鉄骨本体と仮設支柱を繋ぐ受けピースは鉄骨製作時に取付け、連結ボルトにより接合する計画としました。鉄骨上に登る必要がないため、仮設支柱建方による墜落・転落災害の危険性も減少します。

また、仮設支柱の構成部材がユニック、およびチェーンブロックの揚重機能（定格荷重：0.8t）で対応可能な重量（500kg/本）となるよう、解体時の作業効率に配慮しました。

#### 4. 躯体工事全体の計画、および鉄骨部施工状況

##### 4.1 混交構造の工区分けと施工手順

鉄骨工事の工区分けを図-8に示します。鉄骨工事の工区はA、B、Cの3工区分けとしました。A工区は1階床から立ち上がるSRC部材（青色部）、B工区は2階から立ち上がるSRC部材、およびY5通りのS造部材（緑色部）、C工区はY5-Y6間の跳ね出し部分、およびX10-X11間のS造（赤色部）としました。

RC造・SRC造の部位を含む躯体工事全体の施工手順を図-9に示します。手順は、基礎工事の時にアンカーフレームを設置⇒基礎躯体工事⇒①A工区鉄骨建方⇒②1階躯体立上り⇒③B工区鉄骨建方⇒④2階躯体立上り⇒⑤C工区鉄骨建方⇒⑥2階床CON打設⇒鉄骨柱の溶接⇒⑦ジャッキダウンとなります。鉄骨工事のみを先行することは計画上可能でしたが、導水管影響範囲の存在により東側のスペースを使用することができないため、

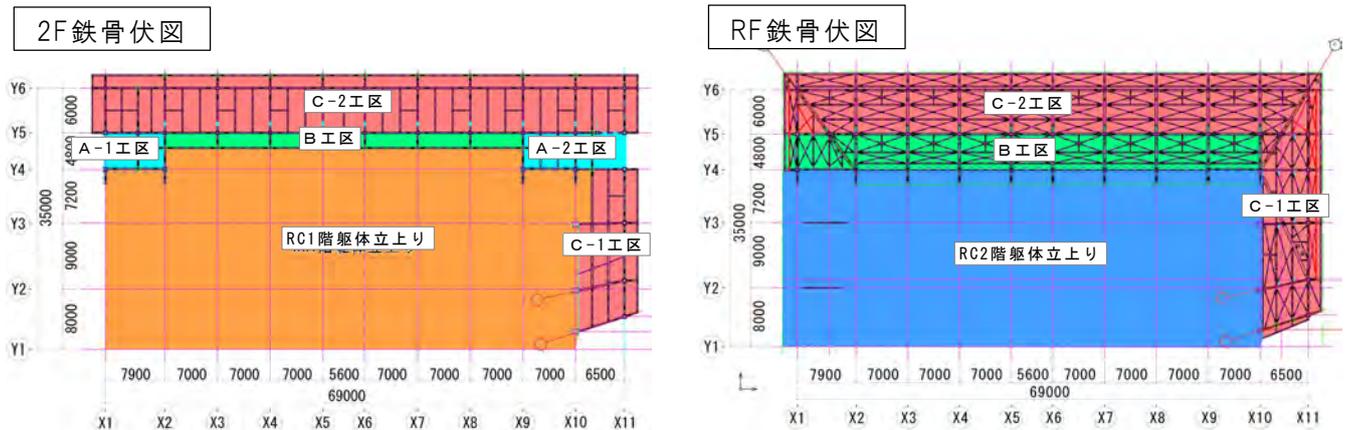


図-8 S造工区分け平面

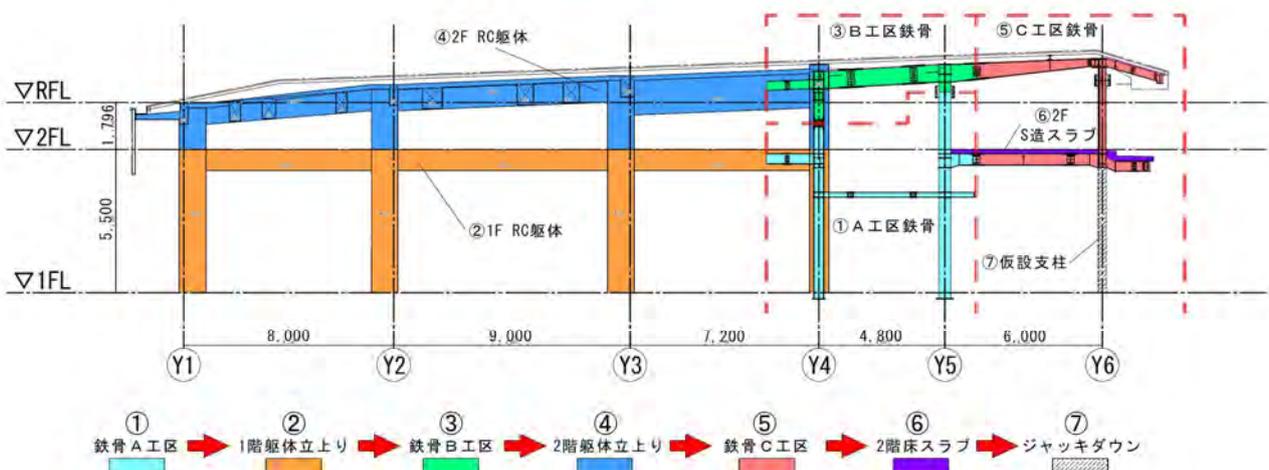


図-9 施工手順

搬入路および資材スペースが西側と南側に限定され、工事の長期化と作業効率の低下が避けられませんでした。そこで、コンクリートと鉄骨を交互に行う順序とすることにより、コンクリート躯体工事の期間にC工区の範囲を搬入路、および作業スペースとして活用し、工期と作業効率を確保しました。

#### 4.2 鉄骨工事の工程

全体工程を表-2に示します。鉄骨工事に着目すると、工事着手から1階Y6通りの仮設支柱をジャッキダウンするまでおおよそ10か月ほどかかる工程となります。なお、ジャッキダウンに移行するための条件については構造設計から指示があり、仕上げを除く全ての荷重が鉄骨架構に加わった状態にすることでした。

#### 4.3 鉄骨部の施工状況

本報では前述の仮設支柱と製作キャンバーの関わりが一番深いC工区の施工状況を取り上げます。

C工区の建方計画を図-10に示します。資材の搬入は導水管影響範囲を考慮し、前面道路側に設けたゲート2か所の工事用出入口から行いました。揚重機は新築建物西側に据えた90tクローラークレーン、南側に据えた70tクローラークレーンおよび25tラフタークレーンを使用しました。主に90tクローラークレーンおよび70tクローラークレーンで建方作業を行い、25tラフタークレーンは合番機として使用しました。

鉄骨建方から2階床のコンクリート打設までの施工状況を写真-2に示します。

① 仮設支柱付きの2階柱を地組し、敷鉄板上に固定したキリンジャッキに建て込み、ジャッキダウン後の下がり量(前述したたわみ量)を考慮し、図-7に示すように正規の位置より15mm上げてレベル管理を行う(写真-2a)。

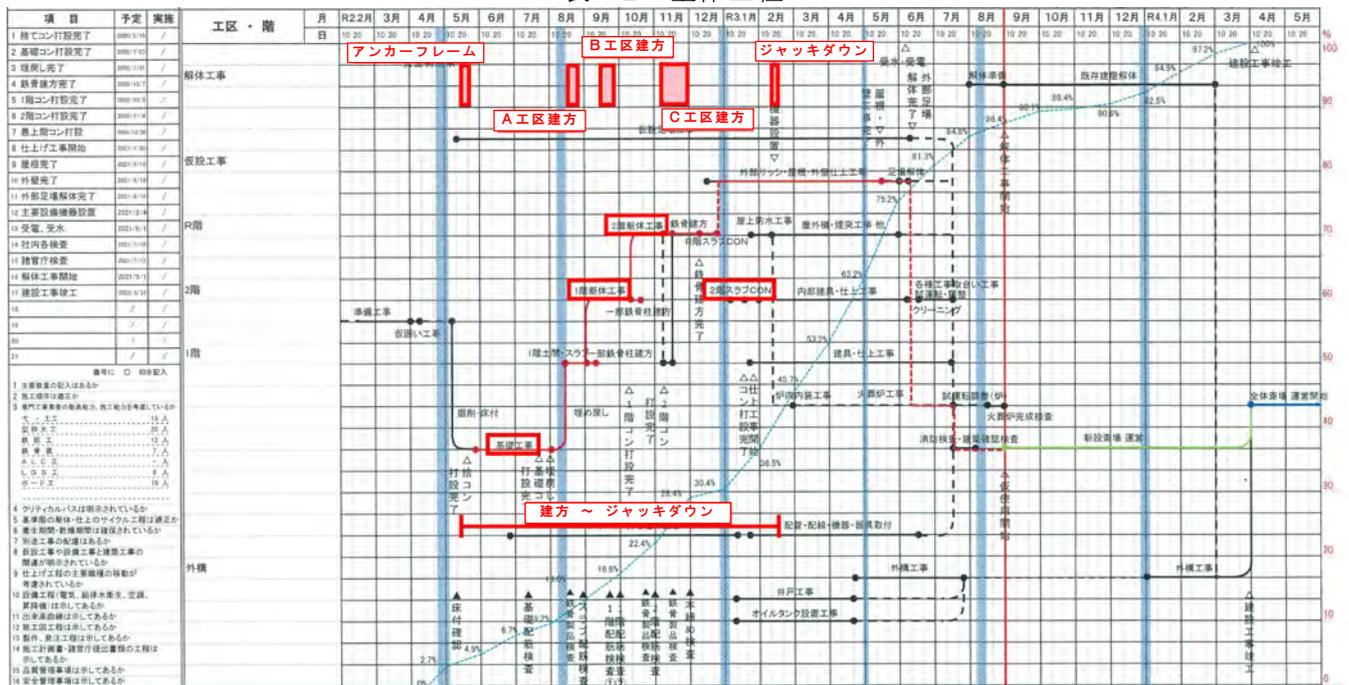
② 仮設支柱を接合した柱は建屋反対側(西側)にある90tクローラークレーンで吊り込み、梁およびその他の部材に関してはサイドから25tラフタークレーンまたは70tクローラークレーンを使い、X1通りからX11通りへと建て逃げる手順で作業を行う(写真-2b)。

③ 仮設支柱に仮設ブレースを取付(写真-2c)。

④ ボルト本締め、R階トラス梁溶接後に2階床コンクリートを打設(写真-2d)。

仮設支柱の解体手順を図-11、仮設支柱の解体から搬出までの施工状況を写真-3に示します。コンクリート打設終了後に2階鉄骨柱ジョイント部の溶接を行い、コンクリート材齢23日よりX1通りからX11通りに向けて順に仮設支柱の解体に着手しました。具体的な手順は以下の通りです。

表-2 全体工程



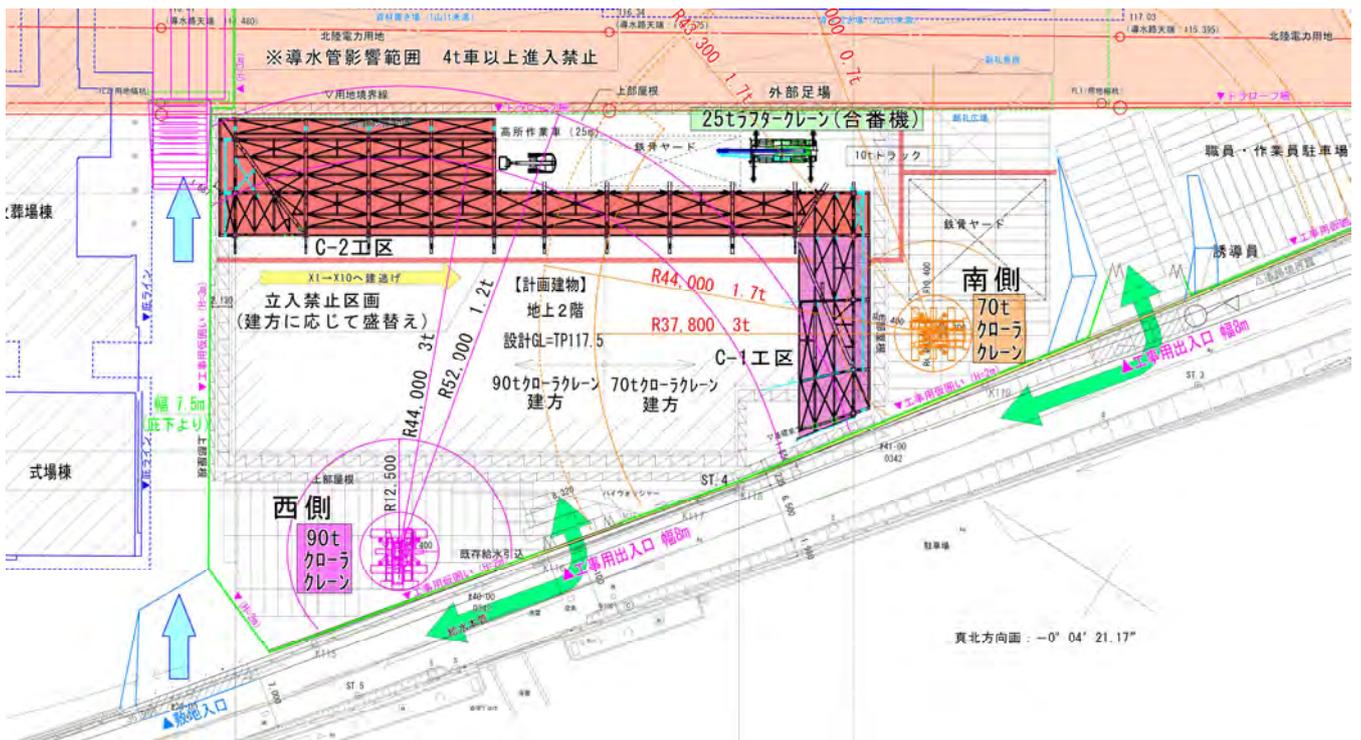


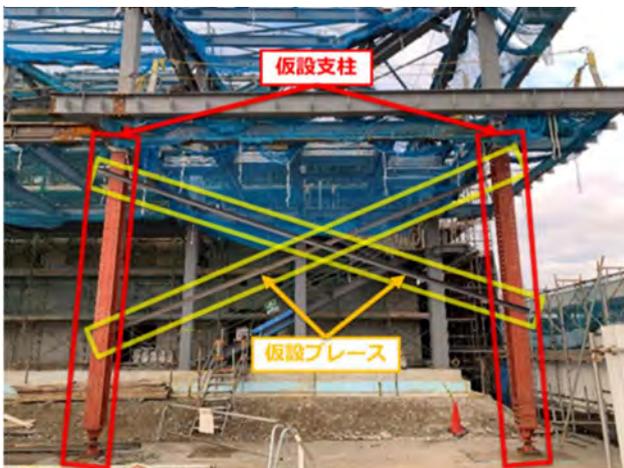
図-10 C工区建方計画



a) C工区柱建方



b) C工区梁取付け



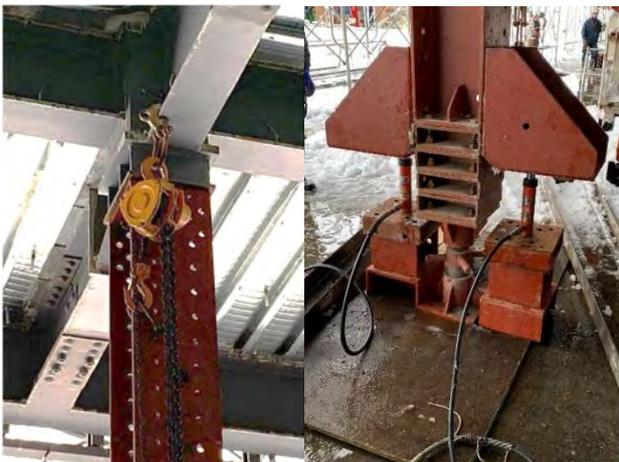
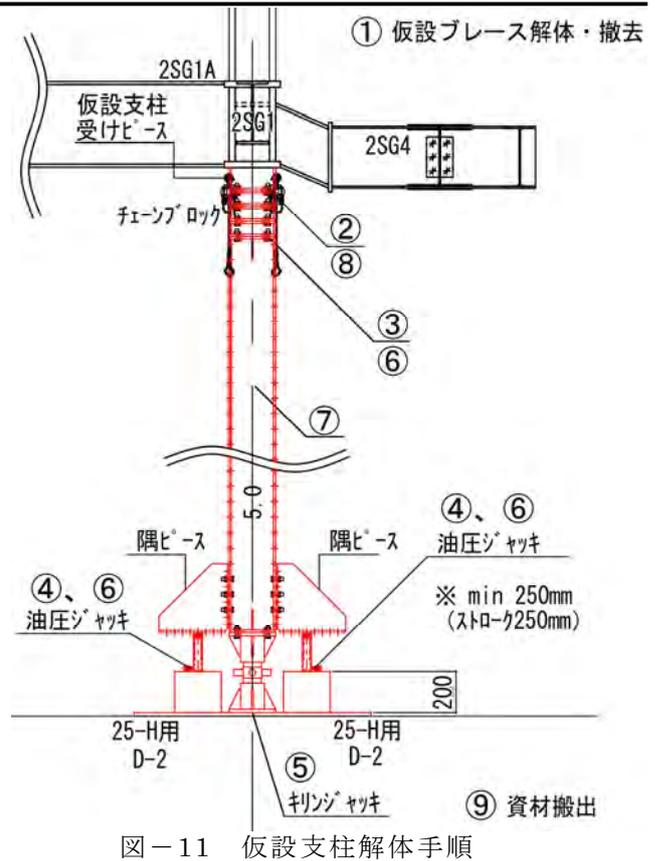
c) 仮設ブレース取付け



d) 2階床コンクリート打設

写真-2 工事状況 (鉄骨建方～床コンクリート打設)

- ① 仮設ブレースの解体・撤去。
- ② 柱頭部にチェンブロック取付け  
(写真-3 a)。
- ③ 鉄骨受けピースおよび仮設支柱との連結  
ボルトを緩める。
- ④ 敷鉄板上に油圧ジャッキを設置後、加圧  
し仮設支柱をリフトアップ(写真-3 a)。
- ⑤ キリンジャッキのジャッキハンドを取縮  
方向に回す。
- ⑥ 油圧ジャッキを開放し、受けピースと仮  
設支柱との間の隙間を確認後ジャッキダ  
ウン完了。
- ⑦ 全ての支柱でジャッキダウン完了後、仮  
設支柱を撤去(写真-3 b)。
- ⑧ ユニックとチェンブロックを使い仮設  
支柱を倒す(写真-3 c)。
- ⑨ 仮設支柱、キリンジャッキなどの資材を  
ユニックに積み込み搬出(写真-3 d)。



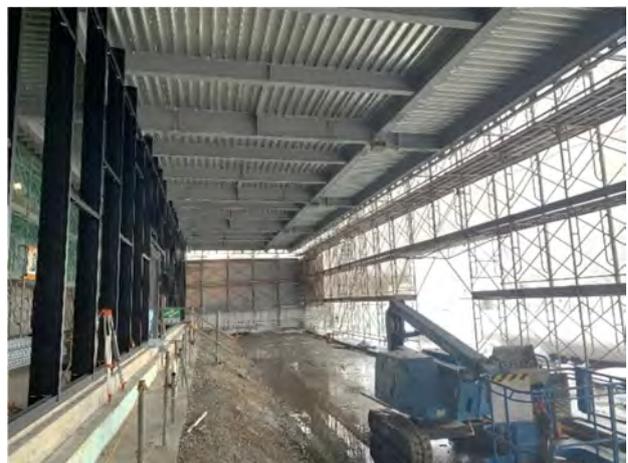
a) 仮設支柱解体前柱頭・柱脚



b) 仮設支柱解体



c) 仮設支柱倒し



d) 仮設支柱解体完了後

写真-3 工事状況(仮設支柱解体～搬出)

## 5. 跳ね出し部の施工結果

Y6 通りの 2 階床レベルの管理表を表－3 に示します。仮設支柱建方後およびジャッキダウン前後でレベルの測定を行い、下がり量と正規レベルとの差異を算出しました。下がり量の平均値は 9.5mm となり、想定量の 15mm より小さい結果に留めることができました。施工精度は多少ばらつきがあったものの、仕上げに影響を及ぼさない範囲に納まりました。

コンクリート打設後にジャッキダウンを行うことにより、たわみの基点となる Y5 通りにてクラックの発生が懸念されましたが、クラックは確認されず計画には問題がなかったと思われます。なお、ジャッキダウン時のコンクリート材齢については、コンクリート打設とジャッキダウンの間に Y6 通り・2 階柱の溶接工事を挟んだため、ジャッキダウン時の 2 階床コンクリート材齢は 23 日で、設計基準強度をクリアした後としました。

## 6. 計画の見直しによる費用効果の検証

仮設支柱に関する工事について、仮設支柱の内容をシンプルに変更したことによって、当初計画時の予算オーバーを回避しました。

また、変更後の計画は工場での仮設支柱受けベース取付けの加工がひと手間加わりますが、材料・運搬費および工費共に低コストとなり、当初の計画と比べて費用を約 50%削減することに繋がりました。

工程は計 7 日から実質 4 日間（40%）に減らすことができ、工期の短縮、人工の削減に成功しました。

## 7. 計画変更による安全面の検証

仮設支柱をシンプルにし、仮設支柱を地組する計画にしたことにより、仮設支柱上に登る必要がなくなったため、墜落・転落災害の危険性が大幅に減少し、無事故で建方作業を終えることができました（写真－4、写真－5）。

## 8. さいごに

本工事は第三者への被害を第一に考えなければならぬ状況下であり、工法においても計画を十分に検討する必要があるなかで事故を起こすことなく無事竣工を迎えることができました。今回は製作キャンバー、および簡易な仮設支柱を用いたことによって施工精度の向上、仮設コストの低減、および工期の短縮、安全面・環境面への配慮が最大限にできたと思っています。本報告が片持ち梁構造における施工計画の参考になれば幸いです。

表－3 レベル管理表（Y6通り・2階床）

	1FL+4637										
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11
①: 仮設支柱建方後	4652	4652	4652	4649	4652	4650	4652	4651	4649	4650	4652
②: JD(ジャッキダウン)直前 (CON打設後)	4649	4649	4650	4642	4648	4644	4650	4647	4646	4646	4645
③: JD直後	4647	4645	4644	4636	4646	4638	4644	4640	4638	4638	4640
④: JD下がり量 (①-③)	-5	-7	-8	-13	-6	-12	-8	-11	-11	-12	-12
⑤: 正規レベルとの差異	10	8	7	-1	9	1	7	3	1	1	3



写真－4 完成状況（入口）



写真－5 完成状況（跳ね出し部）

## 10. 山形平面トラスの無支保工建方による コストダウンと工程短縮

社名： 大成建設(株)

氏名： 新井 恒太

### 事例概要

項目	内容
1. 工事概要	
(1) 工事名称	十日町市次期一般廃棄物最終処分場整備工事
(2) 規模(延床面積、階数)	延床面積: 4, 226㎡、 地下1階、地上1階(被覆施設)、地上2階(水処理管理施設)
(3) 用途	一般廃棄物最終処分場
(4) 主要構造	地下RC造、地上S造
(5) 建設地	新潟県十日町市
(6) 施工期間	2021年7月 ~ 2022年9月
(7) 工事費	1, 458(百万円)
(8) 設計者	大成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 (施工上あるいは従来工法の 問題・課題など改善前の状況)	<ul style="list-style-type: none"> <li>幅40m、長さ100m程のRC造の貯留構造物の上に、山形平面トラスの鉄骨屋根を架ける工事である。当初はトラス中央にベント(支保工)を設置し建方を行う計画であったが、ベントの組立・盛替え・解体に多くの資材搬出入と労務、工程が掛かることが問題であった。</li> </ul>
(2) 改善の目的	<ul style="list-style-type: none"> <li>ベント設置手間・資材リース費の削減および工程短縮が目的である。</li> </ul>
(3) 改善実施内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>架構の両端の柱を先建てし、スパン36. 44m、トラス成1. 5~2. 5mの山形平面トラスの地組を行い、支保工を設置しないまま、クレーンで揚重しながら空中接合する工法とした。</li> <li>高所作業車(高さ30m)を2台使用し接合を行った。</li> </ul>
(4) 改善による効果	<ul style="list-style-type: none"> <li>Q(品質) <ul style="list-style-type: none"> <li>・-</li> </ul> </li> <li>C(コスト) <ul style="list-style-type: none"> <li>・ベント3, 615㎡の組立・盛替え・解体手間と資材を削減できた。</li> </ul> </li> <li>D(工期) <ul style="list-style-type: none"> <li>・ベント組立12日、盛替え・解体10日、工程を削減できた。</li> </ul> </li> <li>S(安全) <ul style="list-style-type: none"> <li>・ベント組立・盛替え・解体時の災害リスクを削減できた。</li> <li>・建方作業手順の単純化を図ることで災害リスクを軽減できた。</li> </ul> </li> <li>E(環境) <ul style="list-style-type: none"> <li>・仮設資材搬入、搬出車両削減によりCO<sub>2</sub>排出量を約1. 5t削減できた。</li> </ul> </li> <li>その他の効果 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ベントが不要になったことにより建方エリアが拡充でき、効率よく施工できた。</li> </ul> </li> </ul>

# 山形平面トラスの無支保工建方による

## コストダウンと工程短縮

大成建設株式会社

新井 恒太

### 1. はじめに

十日町市次期一般廃棄物最終処分場は、「燃やすごみ」「可燃性粗大ごみ」の焼却残さや「埋立てごみ」の破碎・選別残さの処分場として新設されるものである（図-1）。令和4年10月から埋立容量 34,000 m<sup>3</sup>を満たす15年間（予定）を使用期間として、その後10年間の安定化期間を経て施設の役割を終える予定である。

処分場の構造は、環境に配慮した屋根付きの被覆型（クローズド型）で、地下コンクリートピットを建屋（被覆施設）で覆い廃棄物を埋立てる。埋立構造は準好気性埋立構造、埋立方式は廃棄物と土を交互に積み重ねるサンドイッチ方式である。

建設地は、十日町市のまつだい駅から車で15分ほどの山間部（標高約220m）に位置する日本で有数の豪雪地帯にある。本報告では、夏場から降雪時期までの短期間に屋根鉄骨から外装までを完了させるべく採用した、屋根トラスの架設工法に関する紹介を行う。



図-1 完成予想パース

## 2. 工事概要

工事名称：十日町市次期一般廃棄物最終処分場整備工事

工事場所：新潟県十日町市海老字北田 1944 番地、他

発注者：新潟県十日町市

受注者：大成・丸山・クボタ環境特定共同企業体

用途：一般廃棄物最終処理場

設計者：大成建設株式会社一級建築士事務所

監理者：パシフィックコンサルタンツ株式会社、大成建設株式会社一級建築士事務所、  
大成建設株式会社北信越支店一級建築士事務所

構造：地下 RC 造、地上 S 造

階数：地下 1 階、地上 1 階（被覆施設）、地上 2 階（水処理管理施設）

敷地面積：27,345.86 m<sup>2</sup>

建築面積：4,079.28 m<sup>2</sup>

延床面積：4,226.06 m<sup>2</sup>

最高高さ：18.8m

軒高：8.5m

工期：2021年7月1日～2022年9月30日（建築工事）

## 3. 施工計画の問題と課題

今回の工事は建築と土木との共同施工であり、建築工事である被覆施設は約 40m×100m、地上高さ約 19m の範囲である。土木工事による地下深さ 15m の貯留ピット構造物の完成後、30m 以上の高低差がある中での鉄骨建方となる（図-2、3）。

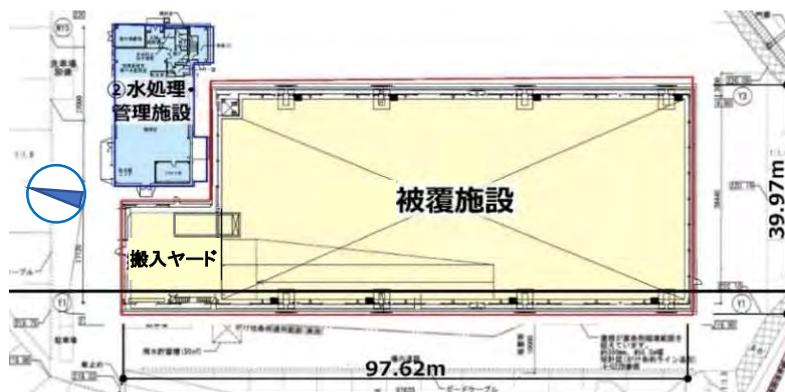


図-2 全体配置図

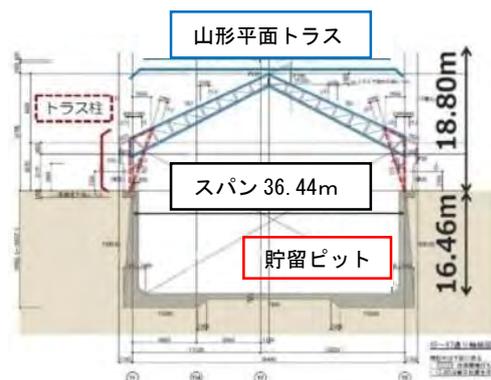


図-3 断面図

屋根鉄骨の構造は、山形平面トラス形状である（図-4、5）。当初の計画では山形トラスの中央部にベント（支保工）を設置し、2分割したトラス架構を支えながら建方を進める（図-6）予定であったが、高さ 30m を超える支保工を架設することは安全上、コスト上、工程上の問題があった。特に工程において、外装工事・外部足場解体完了が 12 月中旬以降の降雪期間に間に合わせる事が困難で、鉄骨工事工程の短縮が重要な課題であった。

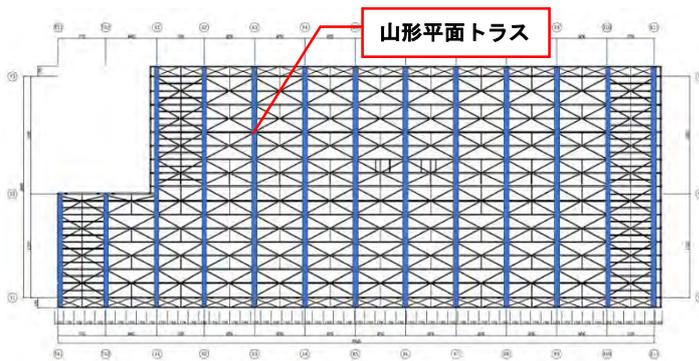


図-4 屋根伏図

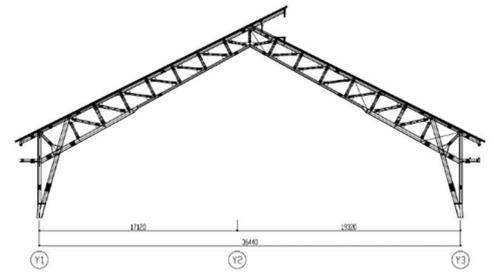


図-5 山形平面トラス断面図

#### 4. 施工計画概要

ベント（支保工）を用いた計画では、冬期降雪前までに外装工事を完了することが困難なため、ベントを設置しない建方方法を検討することとした。トラス架構の両端の柱部分を先建てし、貯留ピット内にてスパン 36.44 m、成 1.5～2.5mの山形平面トラスの地組を行い、一体化したトラスを揚重し、先建てした柱と空中で接合する工法を検討することとした。これが実施出来ればベントの架払しが不要となり、工程短縮と、鳶工の労務低減や仮設資材の削減によるコスト縮減が可能となる。

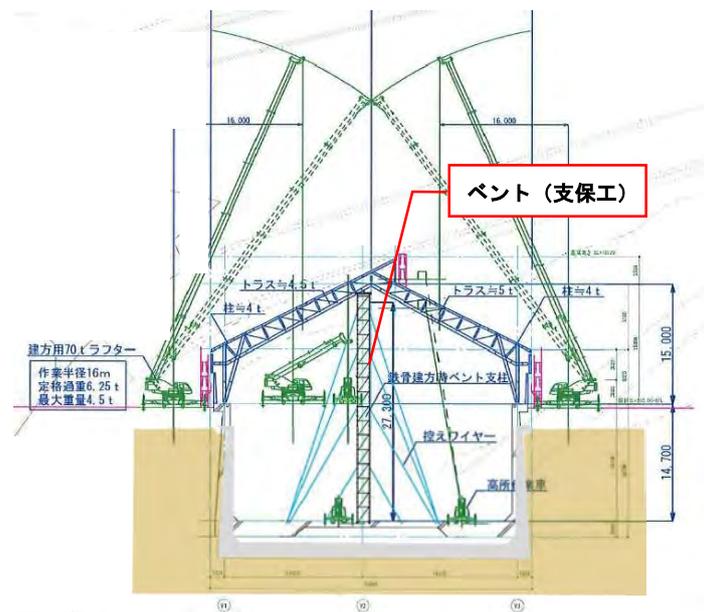


図-6 当初の建方計画

この計画における課題は、地組した山形平面トラスをどのような方法で安全かつ安定した状態で建方するかであった。トラス地組は縦組みが一般的だが、山形形状により組立架台が高さ 10mほどになるため、寝かせての地組を選択した。そのため、吊り位置と建て起こし方法、クレーンで揚重しながらの建方完了までの一連の綿密な計画が必要であった。建て起こし時にトラス部材に有害な変形や局部座屈が起こらないか、トラスの構造解析を行い部材の安全性を確認することとした。

建方用クレーンには 120 t クローラークレーンと 70 t ラフタークレーン、合番機として各々 25 t ラフタークレーンの計 4 台を配置し、投入ヤード側から南側に向かって建方する計画とした（図-7）。狭隘な山道を使つての搬出入が条件であったため、120t クローラークレーンが選定できる限界であった。

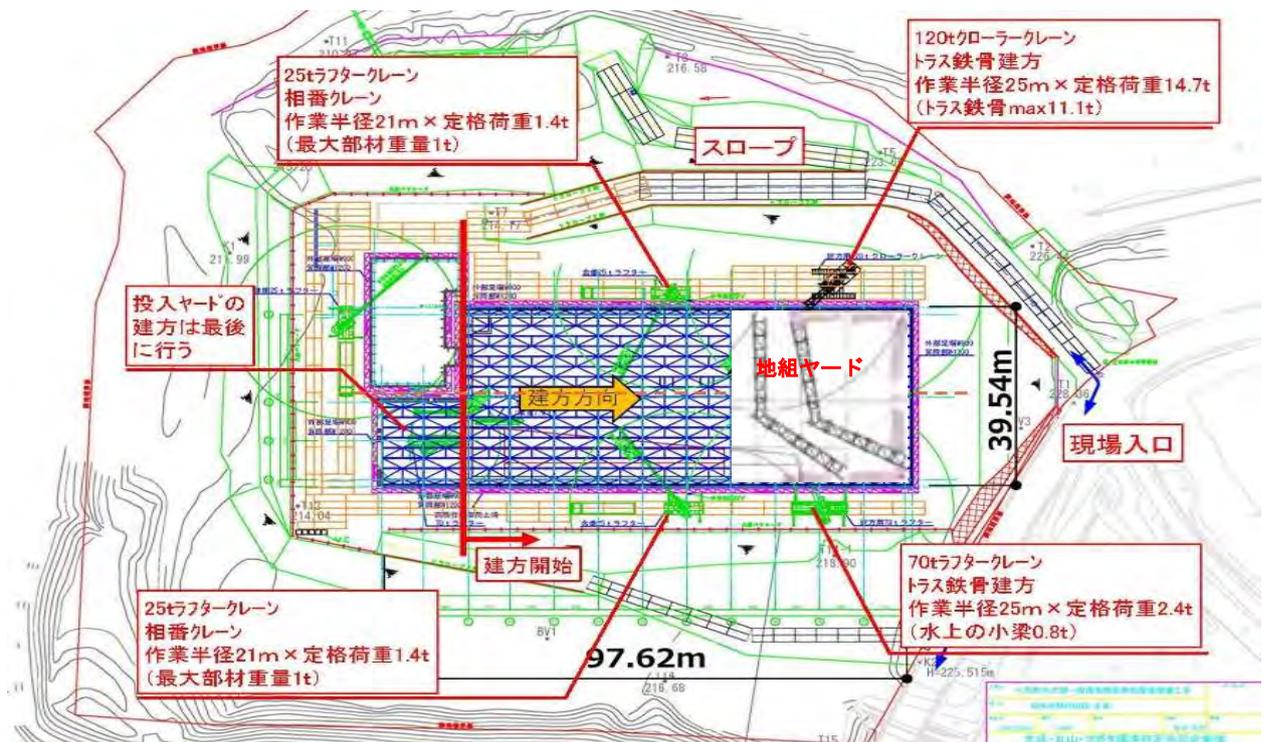


図-7 総合仮設計画

## 5. 詳細計画

トラス両端の柱部分を先行して地組を行い建方した。柱ユニットは重心が建屋内側にあるため、そのまま建方すると内側に倒れることになり、地震時に抵抗出来ない。そのため、地震時の抵抗力を確保しつつ、転倒防止を図るためにコンクリートウェイト（大きさ  $0.7\text{m} \times 0.7\text{m} \times 3.0\text{m}$  3.5 t）で反力を取り対策を行った（図-8）。

山形平面トラスは、計画した玉掛け位置でトラスに大きな変形や局部座屈が発生しないか、事前に解析を行った（図-9）。その結果、建方中のトラスの変形防止のために形状保持用仮設材（鋼管  $\phi 190$ ）を追加することにした（図-10）。山形平面トラスを架台上にて形状保持材も含め地組し、本締めまで行った状態で、120t クローラークレーンで吊り上げ、山形平面トラスの変形状況を現地で確認しながら、地組ヤード上方でチェーンブロックの上げ下げにより、水平から垂直へと建て起こしを行った。

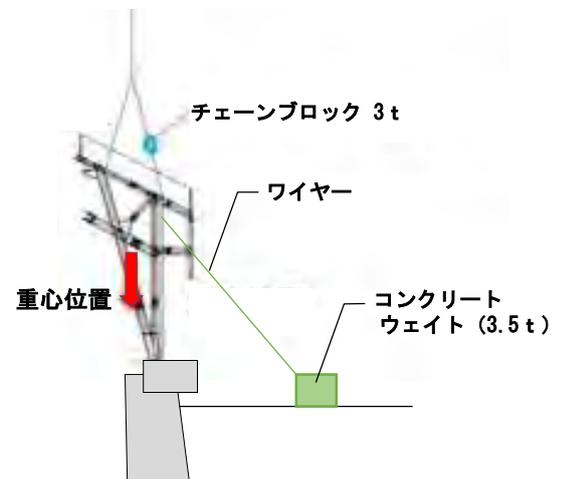


図-8 柱建方計画



図-9 トラス建て起こし時のモーメント検討

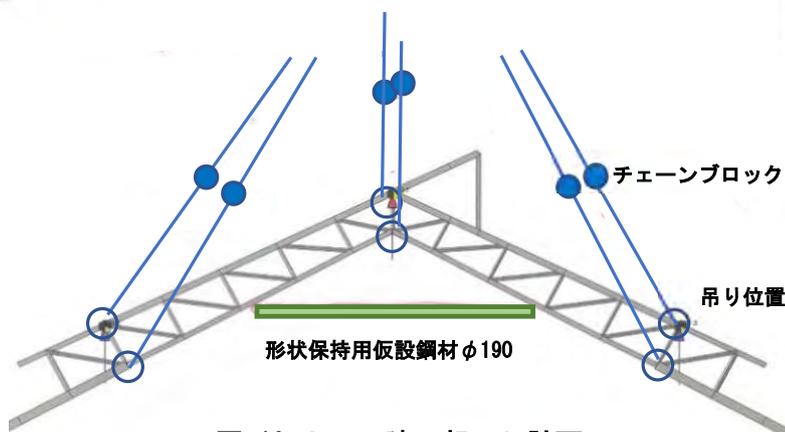


図-10 トラス建て起こし計画

トラスを水平から垂直に建て起こす際は、トラスの6か所（3か所×上下2か所）に玉掛けを行い、チェーンブロックにてバランスを取りながら建て起こした（図-11）。形状保持材は、建て起こし時、吊りワイヤー張力のばらつきに伴うトラス梁の変形を抑制すると

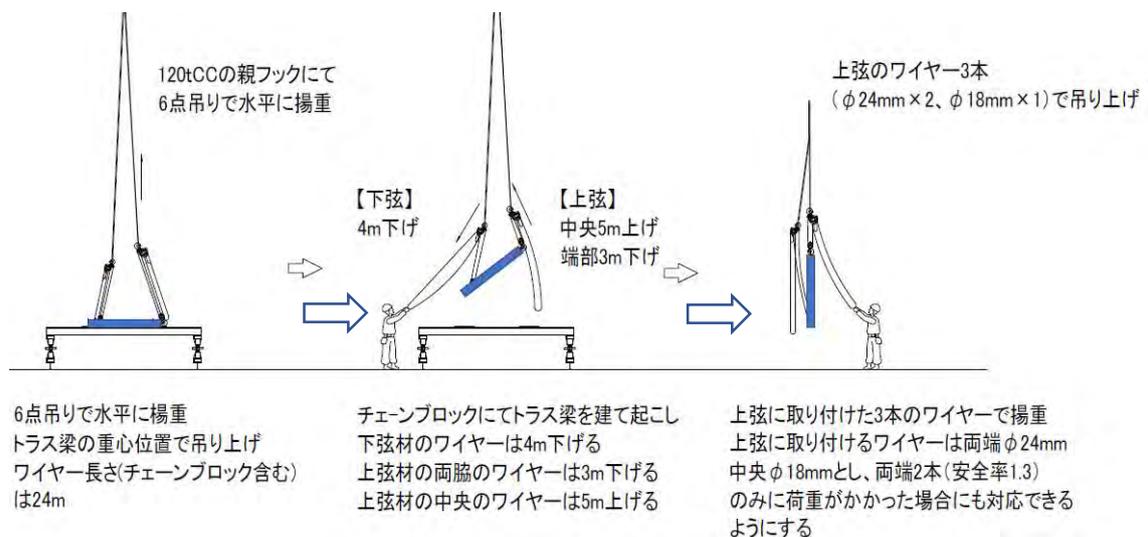


図-11 トラス建て起こし手順

ともに、トラス梁の出来形精度管理のためにも有効な部材となった。

柱ユニットと山形平面トラスとの空中接合は、27mの高所作業車2台を使用し、揚重した状態で仮ボルトを挿入した。またトラスの転倒・横座屈防止のために、合番機で直交する小梁を取付た後、トラスの玉外しを行った(図-12)。

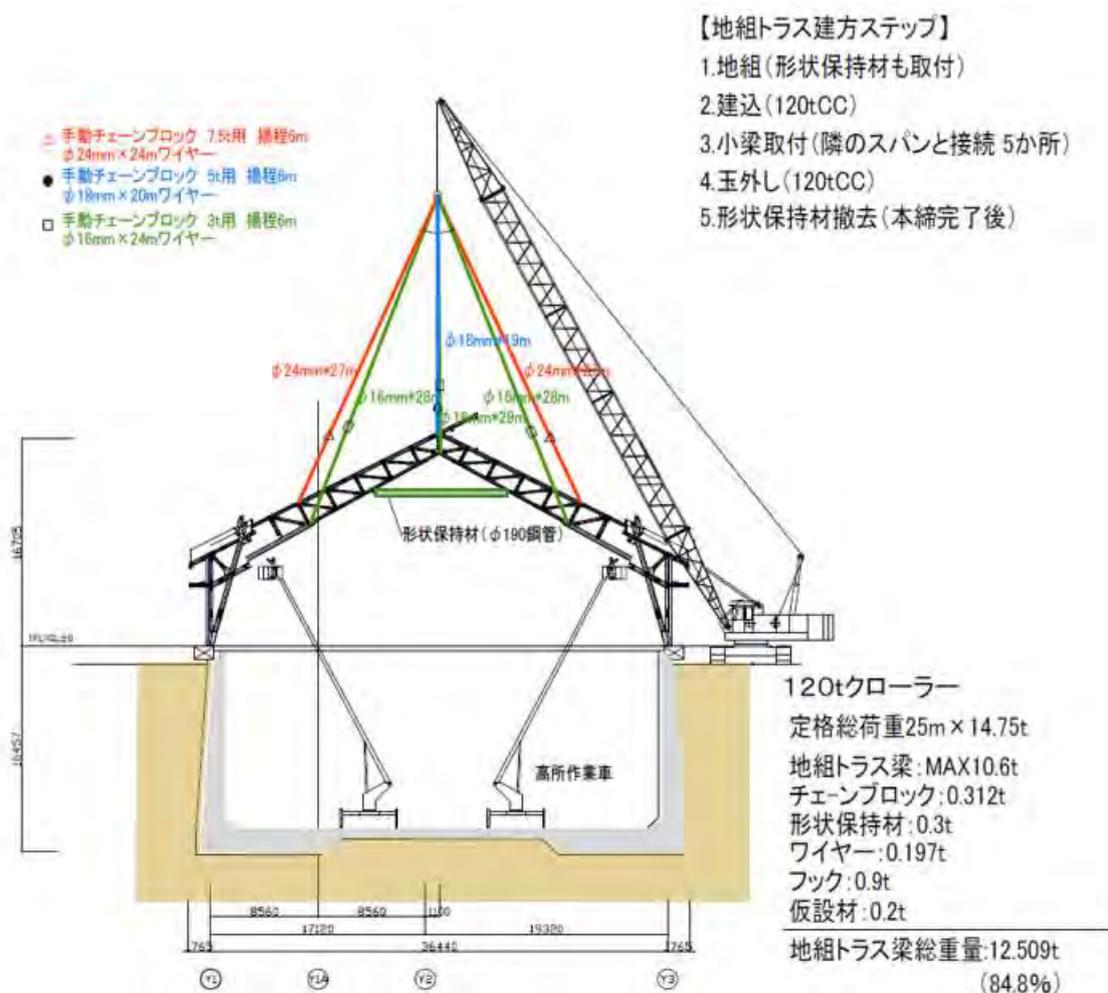


図-12 山形平面トラス建方

## 6. 精度管理計画

柱ユニットと山形平面トラスについて地組時に部材長を、建方時に部材レベルについて計測管理を行う計画とした。地組時においては、柱ユニット、山形平面トラス共にスチールテープを使用し、地組後の部材端部の距離を確認した。建方時については、地組柱の高さは管理値±5mm、限界値±8mmで管理を行った。山形平面トラスは建方後、頂点の高さを測定し確認を行った(図-13)。山形平面トラスの建方後の寸法変動については、設計値で-2mmの変形(沈み込み)と小さいため、地組時のむくりはゼロとした。

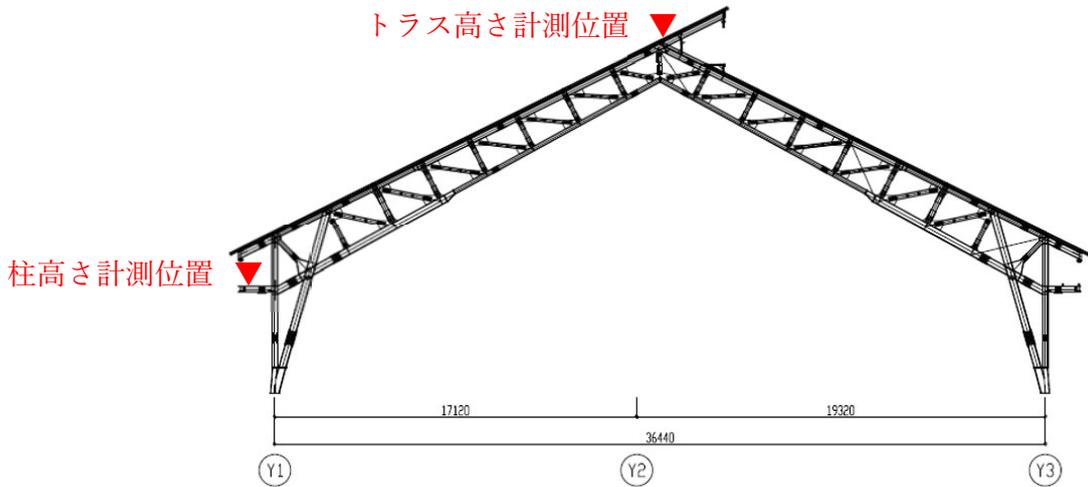


図-13 レベル計測位置

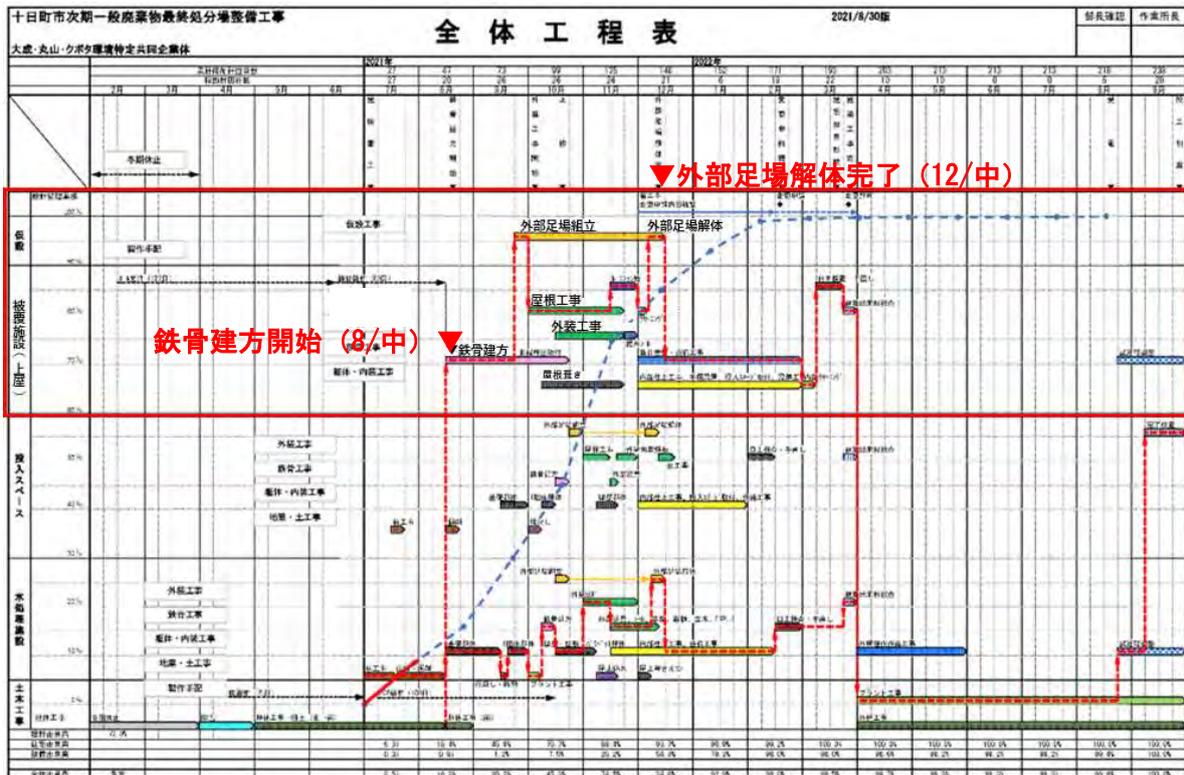
7. 実施結果

【実施工程】

建方に伴うペントの組立・盛替え・解体手間を省略することができた。これにより組立12日、盛替え・解体10日の工程短縮ができた。

建方期間そのものは工法の違いによる変化はないものの、前後の仮設工事期間が短縮できたことにより、全体としての工程も短縮され外装工事完了、外部足場解体を前倒しで行うことができた（表-1）。

表-1 全体工程（実施）



**【施工精度】**

建方後のトラスの変形について、実測値と解析値とを比較した。解析ではトラス梁頂部で下方に最大2mm、柱頂部で外側に最大1mm変形するはずであった（図-14）が、実測ではトラス梁頂部で上方に6mm、柱頂部で内側に5mmの変形となった。これはトラス梁の建て起こしの際、3点吊りの状態における頂部のワイヤーロープ張力が多少大きくなったためと考えられる。なお、実測は各スパンで行い、鉄骨精度基準（建築工事監理指針）における柱の倒れ（±10mm以内）・階高（±8mm以内）の許容値以内であることを確認した。

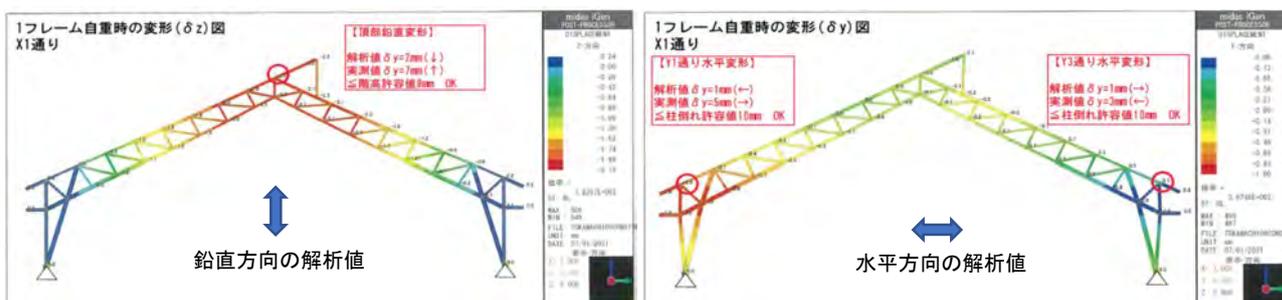


図-14 トラス変形量の解析値

**【実施状況】**

以下に実施状況を示す（写真-1～7）。



写真-1 鉄骨工事着工（8月中旬）



写真-2 トラス地組



写真-3 トラス建て起こし



写真-4 トラス建方



写真-5 建方状況



写真-6 建方完了



写真-7 外装完了（12月中旬）

## 8. まとめ

大スパンの山形平面トラスの建方において、当初計画していたベントを設置せず、地組により一体化し、空中接合を行った結果、下記の効果が得られた。。

- ・ トラス部材に仮設の形状保持材を追加することで、施工中の有害な変形を防止し、所定の精度を確保することができた。
- ・ ベント 3,615 m<sup>2</sup>分の組立・盛替え・解体に掛かる手間と資材を削減することができた。
- ・ ベント組立 12 日、盛替え・解体 10 日、工程を短縮でき、降雪時期の前に外装工事、足場解体を完了することができた。
- ・ 資材搬入、搬出車両の削減により CO<sub>2</sub> 排出量を約 1.5 t 削減できた。
- ・ ベントが不要になったことにより、建方エリアが拡充でき、効率よく施工できた。

# 11. 大規模空間建物の施工における取組

社名： (株)熊谷組

氏名： 半澤 隆行

## 事例概要

項目	内容
1. 工事概要	
(1) 工事名称	大浜体育館立替整備運営事業 建設業務
(2) 規模(延床面積、階数)	延床面積: 12,968㎡、地上2階
(3) 用途	体育館
(4) 主要構造	地下RC造、地上SRC造、屋根S造
(5) 建設地	大阪府堺市
(6) 施工期間	2019年6月 ~ 2021年1月
(7) 工事費	2,913(百万円)
(8) 設計者	—
2. 改善概要	
(1) 問題点・背景 (施工上あるいは従来工法の 問題・課題など改善前の状況)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・外壁は、傾斜したアルミカーテンウォールに取り合うリブ付きコンクリート化粧打放しや、コンクリート打放しにウォータージェットピーリングを施す仕様であり、在来の躯体工法では精度や品質の確保が困難であった。</li> <li>・スパン長63mの鉄骨トラスによる大空間を施工するため、総組み足場の計画では、工程、コストに問題があった。</li> </ul>
(2) 改善の目的	<ul style="list-style-type: none"> <li>・外壁工事における品質の向上を図る。</li> <li>・大規模空間における足場設置費用の削減及び組立解体工期の短縮を図る。</li> </ul>
(3) 改善実施内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>・サイトPCaを採用した。</li> <li>・超高压水による作業を地上で実施した。</li> <li>・鉄骨トラスは3分割に地組し、高所作業を削減した。</li> <li>・高所作業は、高所作業車と移動式の吊り足場を使用した。</li> </ul>
(4) 改善による効果	<ul style="list-style-type: none"> <li>・Q(品質) <ul style="list-style-type: none"> <li>・PCaを採用し、より均質で精度の高い外壁仕上げができた。</li> </ul> </li> <li>・C(コスト) <ul style="list-style-type: none"> <li>・大規模空間における従来の総組み足場に比べ、40%のコストダウン。</li> </ul> </li> <li>・D(工期) <ul style="list-style-type: none"> <li>・大規模空間における従来の総組み足場に比べ、50%短縮。</li> </ul> </li> <li>・S(安全) <ul style="list-style-type: none"> <li>・躯体PCa化や鉄骨地組の採用により、高所作業を削減。</li> </ul> </li> <li>・E(環境) <ul style="list-style-type: none"> <li>・在来躯体のPCa化に伴う資材運搬車両台数低減によるCO<sub>2</sub>の削減と、廃棄物の低減。</li> </ul> </li> <li>・その他の効果 <ul style="list-style-type: none"> <li>・—</li> </ul> </li> </ul>

# 大規模空間建物の施工における取組

株式会社熊谷組 半澤隆行

## 1. はじめに

当建物は、公園敷地内にある武道場を備えた体育館の老朽化に伴う建替工事である。旧体育館の隣に位置するグラウンド部分に新体育館の建設を行った。公園内は運営中の施設が多数あり、新体育館の完成までは旧体育館を使用するため、公園利用者との事故防止対策として事業用地を一部借用し、公園利用者との動線を分離して施工を行った(図1)。

本稿は、施工条件や問題点を考慮して計画した「大規模空間の鉄骨建方」「外壁・観覧席等のサイト PCa 化」を中心に、QCDS の向上を目指すために実施した施工計画について報告する。

## 2. 工事概要

工 事 名 称：大浜体育館建替整備運営事業建設業務

発 注 者：つながリーナ大浜 PFI 株式会社

工 事 場 所：大阪府堺市

建 築 面 積：9,187 m<sup>2</sup>

延 床 面 積：12,968 m<sup>2</sup>

規 模：地上2階

建 築 高 さ：19.2m

構 造：主要構造 RC造＋一部SRC造  
屋根構造 S造（平面トラス）

建 物 用 途：体育館（アリーナ・武道場）

実 施 工 期：2019年5月29日～2021年1月31日

写真1に竣工時の完成写真を示す。



図1 建物周辺状況



写真1 竣工写真

### 3. 施工条件

#### (1) 複雑な外壁形状

外壁のモチーフとして、アリーナ棟東面及び武道館棟北面には、堺市のシンボルであり現存する日本最古の木造燈台「旧堺燈台」に見立てた外壁「リライトウォール（写真2）」、武道館棟東面は、日々の鍛錬や積み重ね、道着の重なりを表現した外壁「重ねウォール（写真3）」と呼ばれるデザイン性の高い外壁が採用されていた。

「リライトウォール」は、屋上パラペットやトップライト、リブ付き化粧打放しコンクリートの外壁が、傾斜したアルミカーテンウォールに取合う複雑な形状であった。「重ねウォール」は、コンクリート化粧打放しの上、耐震壁の増打ち部分にウォータージェットピーリングを施す仕様であった。したがって、両外壁ともに、均質なコンクリートと型枠精度が求められた。

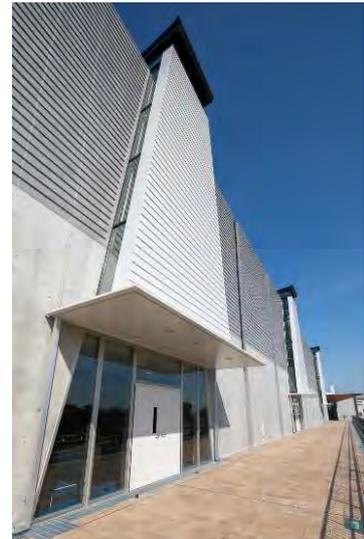


写真2 リライトウォール

#### (2) 大規模空間の鉄骨建て方

アリーナ大空間は、鉄骨トラスの高さが下端で約13m、上端で約17mとなり、高所作業が多く、作業時の安全確保と大スパン鉄骨の建方精度の管理が必須であった。さらに、建方に伴う足場や支保工の組立解体計画も、コストや工程を検討する上で重要な管理項目であった。



写真3 重ねウォール

### 4. 施工

#### (1) 揚重機の選定

揚重機選定の必須条件は、アリーナ棟と武道館棟を同時に施工することから、各棟に揚重機は最低1台ずつ必要であり、また広い敷地で重量物を取り扱えることが求められた。特に、アリーナ棟では、最大重量となる屋根鉄骨トラスが1ユニットで最大約18tあり、作業半径を考慮すると建物外部から揚重を行うことは困難であることから、建物内部にクローラクレーンを乗り入れる計画とした。建物内部にクローラクレーンを乗入れるために、下記の条件を満たす必要があった。

- ・ユニット化した鉄骨トラスを揚重できること
- ・躯体工事における揚重作業ができること
- ・内部足場を組んだ状態のアリーナ内でクローラクレーンのジブを倒して解体できること
- ・解体したクローラクレーンを1階に設けた仮設開口から搬出できること

そのため、クローラクレーンによる鉄骨トラスの建方は、その解体搬出に支障がない範囲に限定し、残りの鉄骨トラスは、別途移動式クレーンで建方を行う計画とした。

## (2) プレキャストコンクリート工事

設計仕様では、躯体は全て在来工法であったが、設計者や元請、協力業者がQCDSの向上という共通認識をもち、プレキャスト化を採用した。各部位ごとの採用に至った経緯と、それに対する施工計画を述べる。

### ① 観客席

観客席は蹴上寸法450mmの階段形状で26°の傾斜がついているため、足元が不安定で作業性が悪い。また、スラブ底までの階高が高く、複雑な型枠支保工が必要であることや、在来工法では施工手間がかかると共に精度確保が困難なため、PCa部材の採用に至った。

配筋が変更にならないよう斜梁部やPCa部材同士の取合い部分は在来工法とし、PCa部材据付後、配筋を行った。図2にPCa部材と在来躯体の範囲を示す。またその施工状況を写真4、5に示す。

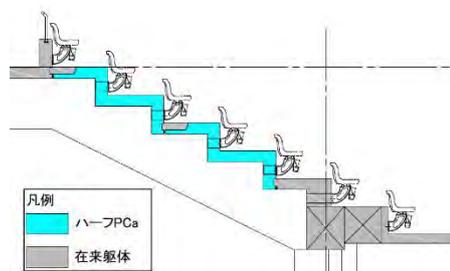


図2 観客席 PCa 部材断面



写真4 PCa 部材据付状況



写真5 PCa 部材据付後

### ② 外壁

品質及び安全性の向上を図るため、武道館棟の外壁「重ねウォール」のプレキャスト化を行った。

「重ねウォール」の仕上げとなるウォータージェットピーリングは、200～220MPaの超高压水で表面を削る工法である。在来工法の場合、外部足場からの作業となるため、超高压水による連続したラインを均一に施工することが困難と予想された。

また、狭い足場内での超高压水による作業は、作業姿勢と安全性に問題があった。

プレキャスト化したことで、1枚のPCa部材に対し、超高压水を下向きに一定のスピードで噴出させることが可能となり、ピーリング仕上げのばらつきが解消されたことで品質、安全面ともに向上することができた(写真6)。



写真6 ウォータージェットピーリング

「重ねウォール」のPCa部材は幅2.9×高さ3.2mのサイズで製作した。のこぎり形状の壁は、耐力壁外側の非構造体である増打ち部分を段形状とした納まりであったことから、増打ちの小さい部分については、耐力壁の外側型枠と兼用するためハーフPCa部材とし、増打ちの大きい部分については構造体と独立した外壁となるようフルPCa部材を計画した。この使い分けで、QCDSを向上させることができた(図3)。

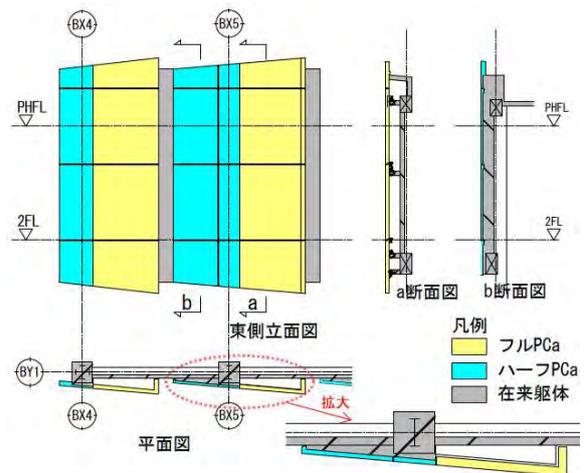


図3 武道館棟東側PCa 図面

### ③ 屋上パラペット

屋上パラペットは、アリーナ棟鉄骨トラスとのクリアランスが小さく、鉄骨建方における作業スペースが確保できなくなるため、鉄骨建方完了後にパラペットの施工を行う計画とした。しかし、パラペット躯体を構築しなければ屋根防水工事の仕舞ができず、アリーナ内部の仕上げ工事に着手できないため、パラペットの躯体工程がクリティカルパスとなった。パラペット部となるR階梁より上部の範囲は、構造的な変更を伴わないこともあり、プレキャスト化を採用した。なお、パラペット部分は「リライトウォール」のアルミカーテンウォールと取り合う傾斜形状の壁があり、精度管理も重要であった(写真7)。

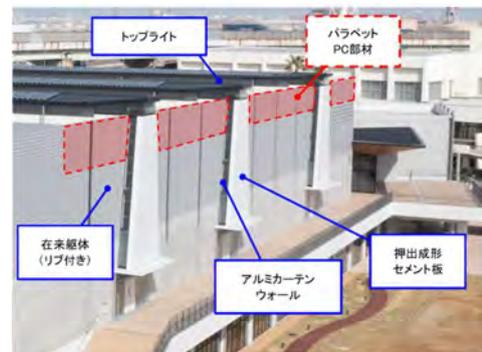


写真7 パラペットPCa 部材

PCa部材の取付けにおいて、アリーナ西側から北側の一部は、外周からのクローラクレーンによる取付けができないため、観客席のPCa部材製作ヤードを利用してパラペットPCa部材を先行して製作し、鉄骨建方前に取付けを行った。残りのPCa部材については、武道館棟北側に設けた外壁PCa部材の製作ベッドを利用して製作し、トレーラーで場内運搬を行ってアリーナ外周からPCa部材の取付けを行った。プレキャスト化を採用した結果、仕上げ工事の着手を1か月程度前倒しすることができた。

### ④ アリーナ内の垂れ壁

観客席上部にある垂れ壁は、高さ2mで全長200mほどで、仕上げは打放しコンクリートであり、精度管理、型枠の転用計画等が難しいためプレキャスト化を図った。他に採用したPCa部材よりも、さらに高い品質を求められるため工場製作とした。

そのため、1ユニットをスパン長である幅7.1×高さ2.0mで製作し、部材ピース数を削減することで取付け工程の短縮を図った(写真8)。



写真8 垂れ壁PCa 部材据付状況

### (3) 鉄骨工事

鉄骨トラスの建方は、高所作業を極力削減するため、1スパン（スパン長63m）の鉄骨トラスを両端部および中央部の3ユニットに分割し、地組して建方を行う計画とした（図4）。

地組時にジョイント部分及び下弦材以外の鉄骨の仕上げ塗装を完了させた。地組はPCa部材の製作ヤードとしていた構台中央部分で行い、雨天でもサイクル工程が崩れないよう移動式の仮設屋根を設置した。

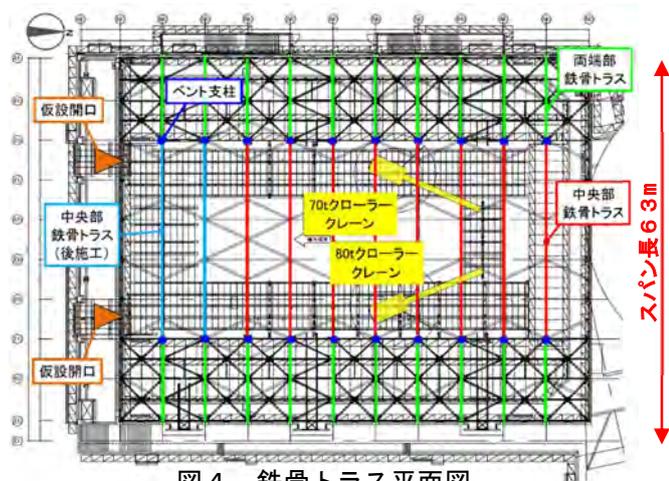


図4 鉄骨トラス平面図

建方は、最初に両端部の鉄骨トラスを地組し、2機のクローラークレーンで取り付けた（図5、写真9）。両端部トラスの固定は、外側を鉄筋コンクリート造の躯体に、内側を四角支柱によるベント支柱に預け、転倒防止を兼ねてトラスに直交する上弦部小梁を取り付けた上で、次の鉄骨トラス建方を行った。

なお、上部での鉄骨建方や本締め作業は高所作業車を使用することで、仮設足場を削減し、広い作業スペースが確保できた。

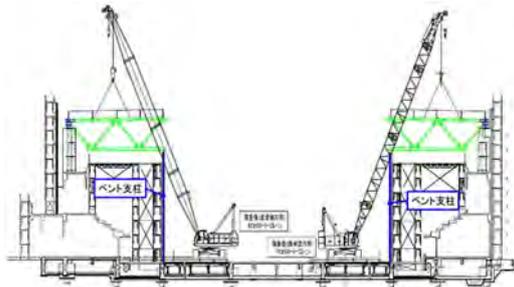


図5 両端部鉄骨トラス取付け



写真9 両端部鉄骨トラス地組、取付

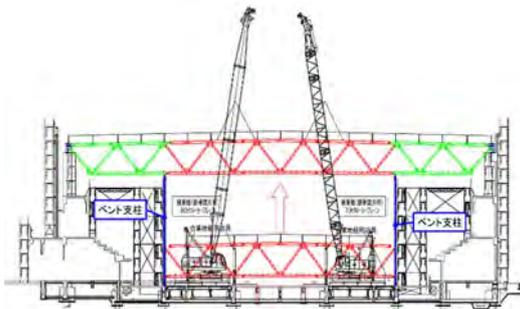


図6 中央部鉄骨トラス取付け



写真10 中央部鉄骨トラス取付け

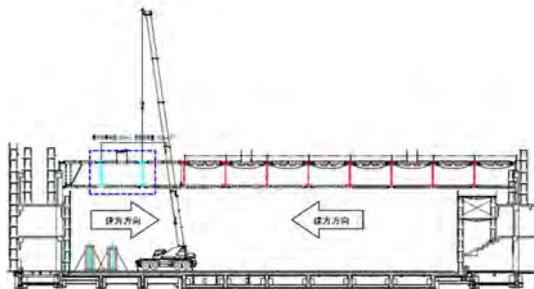


図7 AX2~4 通り鉄骨トラス取付け



写真11 鉄骨トラス本締め

両端の鉄骨トラス取付け完了後、中央部分の鉄骨トラスの建方となる。中央部分の鉄骨トラスは地組を行うと1ユニットが約16tあり、2機のクローラークレーンで相吊りする必要があった(図6、写真10、写真11)。

クローラークレーンは南側外壁に設けた仮設開口から搬出する計画としたため、アリーナ北側から鉄骨建方を行った。

クローラークレーン解体時は、ジブをアリーナ内で倒す必要があったため、南側AX2~4通りの2スパンの鉄骨トラス取付けを残した状態でクローラークレーンを解体し搬出した(写真12)。搬出後、70tラフタークレーン2台をアリーナ内に乗入れ、残り2本の鉄骨トラスを取り付けた(図7)。最後の鉄骨トラス取付けは、作業範囲が狭い中での揚重作業となるため、ラフタークレーンの揚程能力や角度、旋回方向などの綿密な事前検討を行った。



写真12 仮設開口からの揚重機搬出

## 5. アリーナの大きな空間における仕上げ工事

両端部鉄骨トラス建方完了後に、パラペットPCa部材を中央部鉄骨トラス建方と同時に(一部、外周からPCa部材がクローラークレーンで揚重できない範囲については屋根鉄骨建方前にパラペット施工)に取り付けることで、デッキプレート敷込み後、直ちに防水工事に着手することができた。デッキプレート敷込み後、鉄骨トラス中段に作業用兼落下防護棚用の吊り足場を設け、上下作業とならないよう調整した上で、屋上デッキプレート上部では防水工事、内部では吊り足場上で吸音材取付け、吊り足場下部では高所作業車を使用した設備器具取付け等、3層に分かれて作業し、吊り足場を転用して使用することで、工期短縮及び仮設工事の資材と施工手間の削減が図れた(図8)。

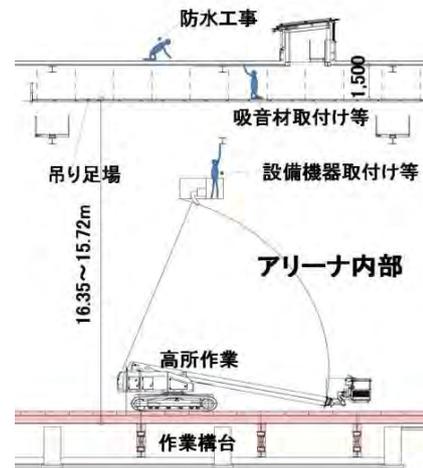


図8 内部天井仕上げ断面

## 6. まとめ

躯体工事をプレキャスト化し、足元の安定した場所で作業を標準化することで、安全性の向上と高品質な躯体と仕上げ精度の向上を実現することができた。また型枠資材や仮設資材の削減により、CO<sub>2</sub>や、産業廃棄物の低減に効果があった。

プレキャスト化の採用にあたっては、設計者・協力業者の協力のもと、成し遂げることができた。

鉄骨建方は、計画当初に検討した揚重機の選定及び施工手順通りに進めることができた。鉄骨建て方及び仕上げ工事時における大空間の仮設足場の削減は、広い作業スペースを確保したことで、作業効率を高め、仮設足場組立に伴う工程の50%程度短縮が図れるとともに、仮設資材数量の40%程度削減が図れることができた。

当工事は施工に対する課題だけでなく、コロナ禍での現場の運営という今までにない課題もありましたが、関係各位の協力を得て、無事故無災害で竣工を迎えることができました。この建物の完成にご協力いただいた方々に、改めて厚く御礼申し上げます。



## 12. ドローンによる赤外線AI判定技術を用いた

社名： (株)竹中工務店

### 外壁タイル調査の合理化

氏名： 菊池 亮人

#### 事例概要

項目	内容
1. 工事概要	
(1) 工事名称	マンション外壁改修作業所
(2) 規模(延床面積、階数)	延床面積: 28, 870㎡、地下1階、地上25階、塔屋2階
(3) 用途	共同住宅
(4) 主要構造	SRC造 一部RC造
(5) 建設地	福岡県福岡市
(6) 施工期間	2021年3月 ~ 2021年12月
(7) 工事費	—
(8) 設計者	(株)竹中工務店
2. 改善概要	
(1) 問題点・背景 (施工上あるいは従来工法の問題・課題など改善前の状況)	<ul style="list-style-type: none"> <li>定期調査(建築基準法第12条)の建築物外壁調査について、竣工から10年を経過した段階でタイルの健全性調査が求められており、建築主にとって費用負担が多くなっている。</li> </ul>
(2) 改善の目的	<ul style="list-style-type: none"> <li>手軽かつ安価に外壁調査を行う。</li> <li>AI・IoT技術を活用し、人の感覚に頼らず、浮き判定を行う。</li> </ul>
(3) 改善実施内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>AIによる、人の感覚に頼らないタイル浮きの判定を行った。</li> <li>タイル割りを写真から自動検出し、タイル1枚毎の浮き判定を行った。</li> </ul>
(4) 改善による効果	<ul style="list-style-type: none"> <li>Q(品質) <ul style="list-style-type: none"> <li>従来の赤外線写真による判定技術と比較し、8割程度一致した。</li> </ul> </li> <li>C(コスト) <ul style="list-style-type: none"> <li>従来の赤外線写真による判定技術と比較し2割、全面足場打診検査より9割程度、安価に調査可能となった。</li> </ul> </li> <li>D(工期) <ul style="list-style-type: none"> <li>足場掛け払い期間(1~2か月)を削減できた。</li> <li>報告書作成手間について、従来工法と比較し、6割以上削減した。</li> </ul> </li> <li>S(安全) <ul style="list-style-type: none"> <li>赤外線撮影が不可となる高所においてドローンを活用することにより、危険なゴンドラ・ブランコ足場作業がなくなった。</li> </ul> </li> <li>E(環境) <ul style="list-style-type: none"> <li>全面足場設置手間がないため、資材の材料費、運搬費等を削減できた。</li> </ul> </li> <li>その他の効果 <ul style="list-style-type: none"> <li>—</li> </ul> </li> </ul>

# ドローンによる赤外線 A I 判定技術を用いた 外壁タイル調査の合理化

株式会社 竹中工務店  
菊池 亮人

## 1. 外壁調査の背景

定期調査（建築基準法第 12 条）の建築物の外壁調査は、半年～3 年に 1 度の頻度で手に届く範囲での打診等による調査、竣工から 10 年を経過した建築物については全面打診等による調査が求められている（写真-1）。

外壁タイルの浮き調査においては、A:赤外線撮影による浮き判定（1次調査）、B:タイル打診による浮き判定（2次調査）の 2つの方法がある。特に、AについてはBを実施する事前作業として扱われることが多く、タイルの浮いている数量を調査し、概算コスト・報告書を早期に算出し、建築主に提示することが求められる。また、Aの技術的な問題点として、タイルの浮きについて、赤外線画像のみで技術者が判定するため、属人的であり定量的な判定ができていない問題がある。また、ゴンドラ作業やブランコ足場を使用するため、高所での危険作業であり、事故・災害につながるケースも見受けられる。

最近では、ドローンに赤外線カメラを搭載し、無足場で外壁調査するケースが増えてきている。今回はその最先端技術を活用した、外壁診断合理化事例を報告する。



写真-1 打診によるタイル調査状況

## 2. 対象物件

適用プロジェクトについて、建物概要・全景を下記に示す（写真-2）。

### 【建物概要】

工事名称：マンション外壁改修工事

建築主：マンション管理組合

設計施工：(株)竹中工務店

建築地：福岡県福岡市

建築用途：共同住宅

建物規模：地下1階、地上25階、棟屋2階  
(178戸)

建物高さ：88.1m

延床面積：28,870㎡



写真-2 建物全景

## 3. 解決すべき問題・達成すべき目標

### 3.1. 解決すべき問題

- ・ 赤外線調査のために全面足場を設置する必要があり、建物所有者の費用負担が大きくなってしまふ。また、居住者の景観を損ない、セキュリティ上の問題もある。
- ・ 赤外線調査を高層部で実施する場合、ゴンドラ作業やブランコ足場を設置する必要があるが、それらの高所作業は危険を伴い、時間がかかる。
- ・ 古い建物のため既存図面がなく、手作業でタイル割の図面のデータを起こすと、報告書作成に時間がかかる。
- ・ 打診や赤外線調査技術者の判断により浮き判定を行っているが、属人的であり、技術者によっては結果が違ってしまふケースが散見される。

### 3.2. 達成すべき目標

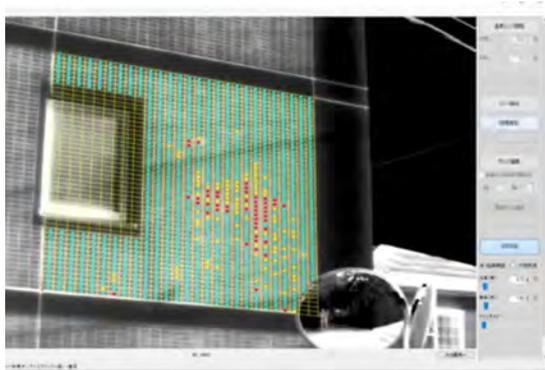
- ・ 低所は、地上からの一眼レフカメラによる撮影を行うことで、全面足場を無くし、建築主要望を実現する（写真-3）。
- ・ 高所は、赤外線カメラ搭載ドローンを使用することで、危険作業を無くす（写真-4）。
- ・ 輝度値の閾値の変化を軸としたタイル浮きのアルゴリズム判定技術を採用することにより、撮影した赤外線画像からAIを用いて、その浮きを自動判定する（図-1）。
- ・ 撮影した赤外線画像からタイル目地をAIで読み取り、その割付を自動作成する技術を採用することにより、報告書作成時間の短縮を図る（図-2）。



写真-3 地上撮影状況



写真-4 ドローン撮影状況



黄色：浮きの疑いがあるタイル

赤色：浮いているタイル

図-1 タイル浮き判定状況

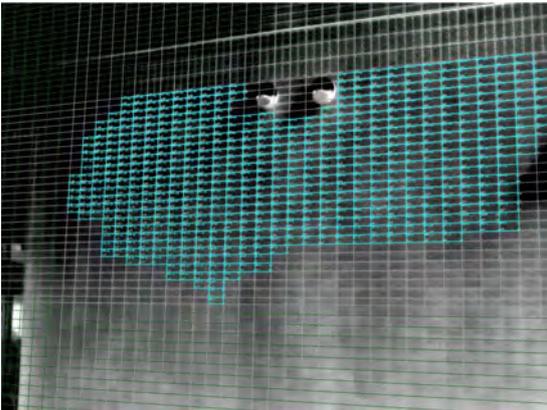


図-2 タイル割り認識状況

#### 4. 改善合理化施工の実施内容

ドローンを利用した外壁調査について、検査フローを下記の通りとする（図-3）。

- ① 撮影対象建物の事前確認、撮影する場所の確認を行う。距離により使用するカメラの仕様や撮影角度・画角が適切であるか、事前確認することが重要である。
- ② 外壁接触面の温度を計測する。赤外線での浮き判定については、タイルの温度差をパラメータとし、判定しているため、浮き判定時に東西南北面それぞれの表面温度、外気温度情報を入手しておく必要がある。

- ③ 外壁面温度の変化情報について調査を実施する。太陽からの日射により、タイル表面温度が変化するため、各面の温度変化情報を入手する。午前中に太陽が当たる東面、午後に太陽が当たる西面があり、撮影時間においても各面毎に温度変化が大きくなる時間帯で撮影を実施すると、より精度が高まる傾向がある。
- ④ 赤外線カメラを搭載するドローン周辺の安全確認を実施する。敷地内であれば、所有者の許可のみで飛行可能であるが、歩道や道路上を飛ばす場合においては、道路使用許可を申請して飛行する必要がある。
- ⑤ 赤外線カメラにより、タイル表面の熱画像を撮影する。タイルとのカメラの離隔距離は20m以内になるよう、飛行を実施し、変温部の熱画像を記録する。壁面のひび割れについては、画像認識により判定を行う。
- ⑥⑦ 建物規模により、撮影位置を移動し、盛替えを実施する。撮影終了後は、清掃・片付を実施して撤去を行う。

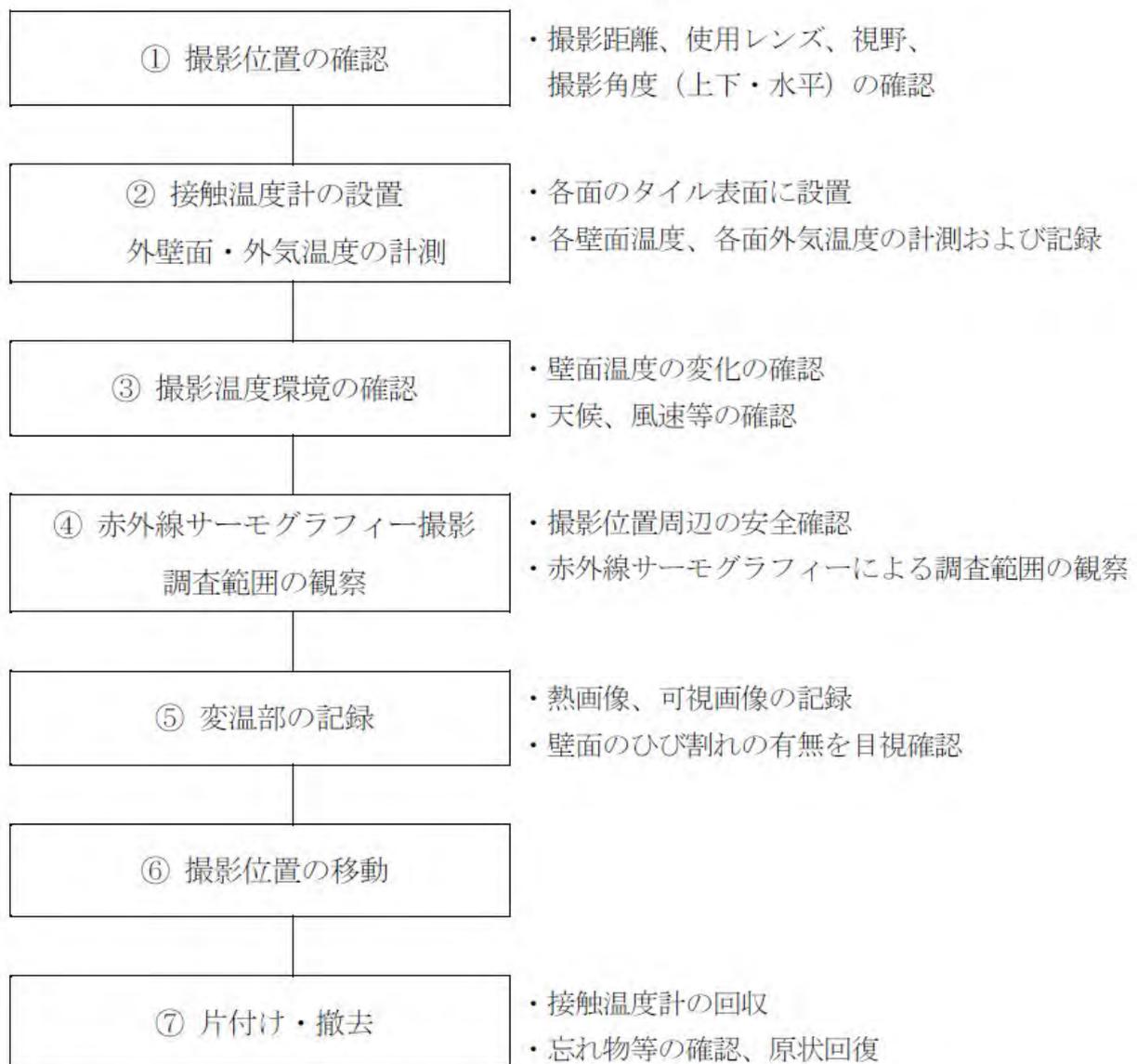


図-3 検査フロー

## 5. 合理化および効果の確認・検証

Q：従来の固定式赤外線カメラによる解析との比較では、8割程度一致した。

作業員の経験や勘に頼っていた今までの従来工法ではなく、AIがタイル浮きを自動判定するため、人の感覚に頼ることなく判定することが可能になった。また、タイル目地割が作成可能なため、今までのような範囲指定でなく、タイル1枚1枚の浮き判定が可能になった。さらに、タイル総数がわかるのでタイルの浮き率を明確にすることができるようになり、タイルのひび割れなどにおいても可視画像から判定することは可能である（図-4、写真-5・6）。

C：従来の赤外線写真による判定技術より2割、全面足場打診検査より9割程度、安価に調査可能になった。

従来の打診工法でタイル浮きの事前調査を実施する際、ゴンドラ作業やブランコ足場、または全面足場を設置する必要があったが、高さ88mの高層建物においてドローンを使用し、赤外線カメラで撮影することが可能になった。その結果、無足場工法で1次調査を完了し、コストを大幅に削減することができた。今回は補修に必要なタイルについては、ゴンドラを設置し、補修作業を実施している。

D：報告書作成手間について、従来工法と比較し、6割以上削減した。

従来工法の場合、全面足場を設置すれば足場掛け払いで1~2ヵ月要するが、ドローンでの撮影は準備作業を含めて3日程度で完了することができた。また、写真データからタイル割りを自動作成し、CADデータとして出力を可能にした。さらに調査結果についてエクセルデータで出力が可能となり、タイル総数、浮いているタイル数、浮き率を瞬時に作成可能で、報告書作成時間を削減することができた（図-5）。

S：赤外線撮影が不可となる高所において、ドローンを活用することにより、危険なゴンドラ・ブランコ足場作業がなくなった。

その結果、作業員の墜落や工具などの落下災害の絶無につながる。

黄色枠：浮きの疑いがあるタイル

赤色枠：浮いているタイル

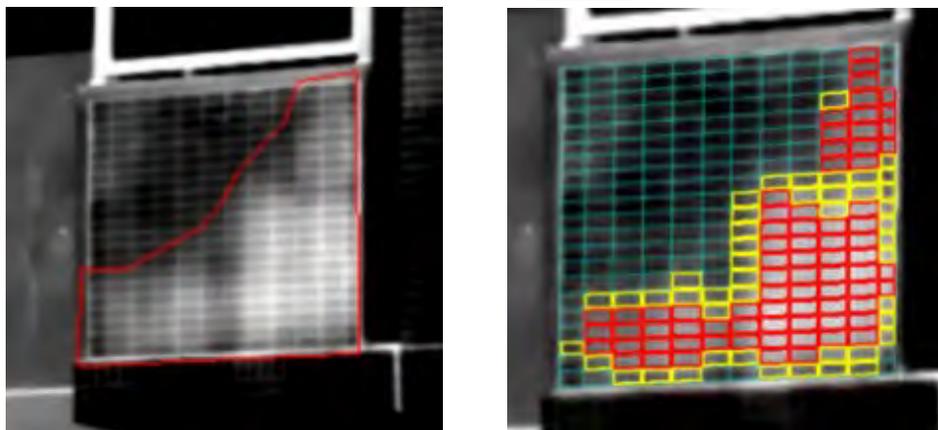


図-4 従来赤外線撮影浮き判定（左） 今回実施した浮き判定（右）



写真-5 可視画像からのひび割れ状況

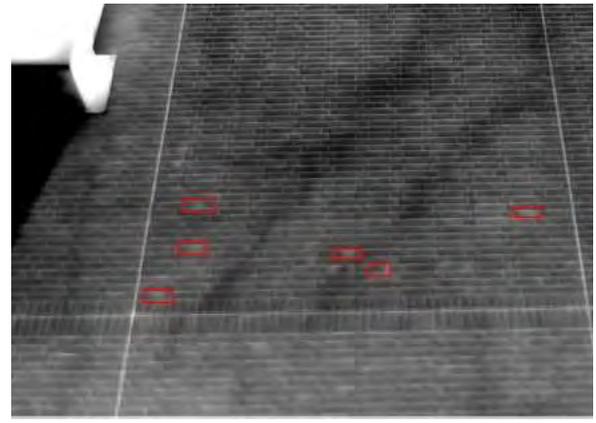


写真-6 赤外線画像からの浮き状況

面名	総数量 (解析タイル総数)	浮き判定(警告)			浮き判定(注意)			合計	
		閾値(警告)	数量(警告)	含有率(警告)	閾値(注意)	数量(注意)	含有率(注意)	数量	含有率
東面	702,438	各種	972	0.13838%	各種	1,737	0.24728%	2,709	0.38566%
西面	693,365	各種	438	0.06317%	各種	381	0.05495%	819	0.11812%
南面	793,915	各種	368	0.04635%	各種	426	0.05366%	794	0.10001%
北面	646,440	各種	34	0.00526%	各種	69	0.01067%	103	0.01593%
合計	2,836,158		1,812	0.06389%		2,613	0.09213%	4,425	0.15602%

図-5 タイル浮き判定結果

## 6. さいごに

熟練工の不足、労働基準法改正による残業上限規制は2024年から施行されるので、省人化、省力化を図るツールを生かし、施工手法を抜本的に見直す必要がある。そのために、最先端のAI・IoT技術を用いた赤外線AI判定技術とドローンを組み合わせることで、外壁診断の合理化を図ることができた。また、建築主の費用負担、足場等を架設することなく、墜落事故・災害リスクを限りなく減らし、施工方法の改善を達成することができた。

外壁タイルの1次調査手法においても、赤外線カメラ画像により人が判定する基準だと、検査者の技量により、結果に違いが生じてしまうことが問題であった。今回実施した新技術のソフトを活用することにより、誰が調査しても同じ結果となり、さらにタイル1枚毎に浮き判定ができ、エビデンスを残して報告書を提出することが可能となった。

建築主であるマンションの管理組合修繕計画の負担軽減・SDGs達成にもつながり、社会貢献を果たした事例である。

# 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)

2.活動目的 :【**現在**】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

1984年	VE提案制度の公共工事への適用について
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
1992年	VE提案制度に関するアンケート報告書
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)
2000年	公共工事VE提案制度の発注工事別要点集 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「 <u>日建連-総合評価方式関連情報</u> 」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)
2011年	<u>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)</u>
1997年	BCS-VE発表会の実施(会場:東京・大阪・仙台、2回/年実施) *2010年より「 <u>VE等施工改善事例発表会</u> 」と改称
2000年	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
2021年	<u>VE等施工改善事例発表会の実施(WEB配信) ※2022年度もWEB配信予定</u>

(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)  |
| 2)中央官庁   | 国土交通省                             | (大臣官房技術調査課・大臣官房官庁営繕部営繕計画課・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)  |
|          | 防衛省                               | (整備計画局・東北防衛局調達部・北関東防衛局調達部・中国四国防衛局調達部・九州防衛局調達部)   |
| 3)地方自治体  | 都・府・県                             | (東京都財務局・東京都住宅局・京都府土木建築部・大阪府住宅まちづくり部・和歌山県国土整備部)   |
|          | 市                                 | (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)  |
| 5)関連団体   | 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 |  |
| 6)その他    | 京都大学工学部建築学教室・赤坂VE研究所              |  |

(3)参画・協力・受賞

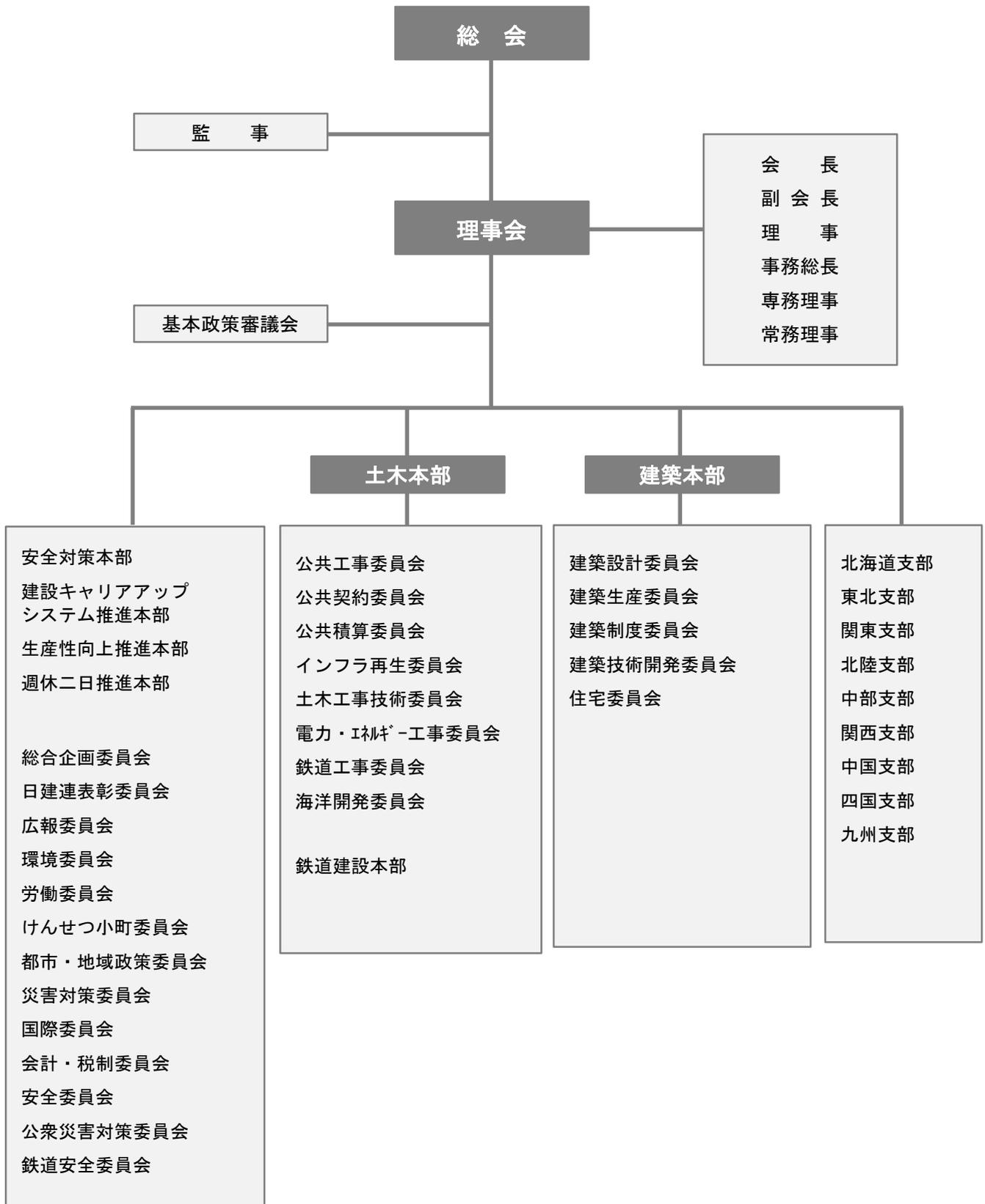
- 1)神戸市建築コスト低減方策懇談会に参画(1990年~1993年)
- 2)神戸市のVE試行への協力(1990年)
- 3)欧州における公共建築生産方式に関する実態調査(旧建設省)に参加(1993年)
- 4)(財)日本建築センター「バリューエンジニアリングに関する検討委員会」に参加(1993年)
- 5)(財)建築コスト管理システム研究所「公共建築事業実施手法研究会」に参画(1993年)
- 6)(社)日本バリューエンジニアリング協会「VE全国大会フォーラム」への参画(1995年・1996年)
- 7)(財)建築コスト管理システム研究所「公共建築VEの手引き編集委員会」に参画(1998年)
- 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

2022年11月現在  
一般社団法人日本建設業連合会



技術提案制度専門部会委員一覧（敬称略・順不同）

[2022年11月現在]

主査 松嶋 茂 戸田建設(株)  
副主査 山田 辰雄 鹿島建設(株)

[第1分科会]

（総合評価制度 適用状況調査担当）

リーダー 本間 康高 (株)浅沼組  
サブリーダー 荒 粂 稔 (株)熊谷組  
委員 篠塚 眞樹 (株)安藤・間  
寺田 嘉樹 (株)大林組  
田中 智行 (株)鴻池組  
服部 覚志 五洋建設(株)  
伊藤 友博 佐藤工業(株)  
下田 啓二郎 (株)竹中工務店  
曾我 行雄 (株)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 松本 敏弘 松井建設(株)  
サブリーダー 三浦 信一 前田建設工業(株)  
委員 米川 隆志 共立建設(株)  
沼尾 憲司 清水建設(株)  
猫本 泰彦 大成建設(株)  
豊田 將文 東急建設(株)  
辻口 昇 西松建設(株)  
米田 清文 日本国土開発(株)  
相川 威文 三井住友建設(株)

©一般社団法人 日本建設業連合会（2022年）

本誌掲載内容の無断転載を禁じます