

VE等施工改善事例発表会 資料

2020 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

現代は「VUCA（ブーカ）」時代であると言われていています。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っていることを示しています。

このような時代を生き抜くには、変化に対応できる力が求められます。

本年度は世界的な新型コロナウイルスの感染拡大により働き方や企業の在り方等、社会が大きな変化を余儀なくされました。それにより社会の様々な価値観も大きく変わりました。

日建連が目標に掲げる「4週8閉所」はその変化に対応し、我々が幸福な生活を送り続けるために不可欠な施策の一つであると考えています。

「4週8閉所」を実現するためには、適正な工期の確保に加えて、施工性の向上や効率化が求められます。また、そのための改善方法を創造し変革していく努力が不可欠となります。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「VUCA」時代を生き抜き、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、その中から8事例を初の試みであるオンライン開催にて発表いたします。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。

2020年12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. 屋根鉄骨架設工事における仮設計画の改善	1
大成建設(株) 矢島 清志	
2. 農業用調整池の中に建つ図書館の施工上の工夫	11
(株)鴻池組 正垣 綱之	
3. 物流施設での作業効率化による工期短縮	17
日本国土開発(株) 寺田 真才	
4. ロールマット工法によるスラブ配筋歩掛り向上	25
清水建設(株) 門脇 洋平	
5. 競技場大屋根鉄骨における建方の合理化	33
鹿島建設(株) 藤森 啓祐	
6. 物流センターのランプウェイ施工における工期短縮	45
五洋建設(株) 上田 有紀	
7. B I Mによる 3次元曲面を有する建物の施工管理報告	53
佐藤工業(株) 村橋 賢司	
8. 歴史的建造物の外壁復元における合理化	(概要書のみ) 71
(株)大林組 古城 雄一	
9. 県産木材を使用した大型木造屋根トラスの施工	81
(株)フジタ 矢野 五郎	
10. 外壁アルミルーバー製作における改善	91
(株)熊谷組 西本 立雄	
11. 集合住宅における竣工前設備通水検査の効率化	101
前田建設工業(株) 塩山 貴士	
12. 次世代技術導入による現場管理の効率化	111
戸田建設(株) 藤本 正洋	

専門部会の活動の経緯

V E 等 施 工 改 善 事 例

1. 屋根鉄骨架設工事における仮設計画の改善

社名： 大成建設(株)

氏名： 矢島 清志

事例概要

項目	内容
1. 工事概要	
(1) 工事名称	新国立競技場整備事業
(2) 規模(延床面積、階数)	延床面積:約192,000㎡、地下2階、地上5階
(3) 用途	観覧場等
(4) 主要構造	S造、一部SRC造、RC造
(5) 建設地	東京都新宿区
(6) 施工期間	2016年12月 ~ 2019年11月
(7) 工事費	約150,556(百万円)
(8) 設計者	大成建設・梓設計・隈研吾建築都市設計事務所共同企業体
2. 改善概要	
(1) 問題点・背景 (施工上あるいは従来工法の問題・課題など改善前の状況)	<ul style="list-style-type: none"> ・張り出し約60mの屋根を支持する仮設支柱(ベント)は、従来の仮設計画では多数の小部材を使用するため、組立・解体、部材搬出がクリティカルパスとなり、後続工事を計画通りに開始できない可能性があった。
(2) 改善の目的	<ul style="list-style-type: none"> ・ベントの計画的転用、早期の解体・搬出により、後続工事を計画通りに着手、的確な工程管理・施工品質の確保。 ・ベントへの付帯安全施設・昇降設備等の削減、クレーンによる解体により、高所での危険作業の低減。
(3) 改善実施内容	<ul style="list-style-type: none"> ・建築工事で汎用的に使用されているタワークレーン支柱(マスト)を利用した大型仮設支柱システム(T-CAPS)を開発し適用した。 ・支柱頂部の昇降式作業足場を降下させ、上部に空間を確保することで、クレーンによる直接解体を可能とした。 ・T-CAPS に安全施設・昇降設備を予め装備し、付帯仮設設備をなくした。
(4) 改善による効果	
・Q(品質)	・-
・C(コスト)	<ul style="list-style-type: none"> ・主要部材の多くをリース部材としたことで、新規製作部材を60%削減。 ・従来組立・解体7日の予定を2日とし、労務を大幅に削減。
・D(工期)	・ベントの転用・解体効率の向上により、後続工事の時間的余裕度を確保。
・S(安全)	・クレーンによる直接解体により、高所作業における危険性の低減。
・E(環境)	・-
・その他の効果	・-

屋根鉄骨架設工事における仮設計画の改善

大成建設株式会社 建築本部
矢島 清志

1. はじめに

国立競技場は、明治神宮外苑の歴史と伝統ある環境の中で、東京2020オリンピック・パラリンピック競技大会のメインスタジアムとしても使用される施設である。すべてのアスリートが最高の力を発揮し、世界中に感動を与え、よい遺産として後世の人々に長く愛され活用される施設となることが望まれている（図-1）。

スタジアムのような建築物では、物量の多いスタンドの躯体工事を効率良く進めることができるかどうか、全体工期に大きく影響する。また、近年は作業員の高齢化により躯体工事の労務不足も生じており、可能な限り現場での作業を省力化する必要がある。本スタジアムではスタンドの基礎から屋根を支持する柱までを可能な限りプレキャスト化することで工期の遵守を図った。

その中で、約60mにおよぶ張り出し形式の屋根架構の施工・仮設計画は工程を遵守するために、精緻に立案する必要があった。屋根架構の架設計画にあたり、従来の仮設支柱の採用では、大量の部材を扱う必要があり、その組立・解体、部材搬出がクリティカルパスとなり、後続工事に影響を及ぼす可能性が懸念された。

本報では、周辺環境及び工程に配慮のうえ、施工性を考慮された屋根等の構造計画と、屋根架設を効率的に行うために新規考案のうえ採用となった新仮設支柱システム（T-CAPS）について報告する。



図-1 南東面からの鳥瞰パース

◎大成建設・梓設計・隈研吾建築都市設計事務所共同企業体
パース等は完成予想イメージであり、実際のものとは異なる場合があります。
植栽は完成後、約10年の姿を想定しております。

2. 工事概要

工事概要を下記に示す。本スタジアムは、地上5階、地下2階、延床面積約192,000㎡、最高高さ約47m、平面の規模は、南北方向長さが約350m、東西方向長さが約260mの楕円形の形状をしたスタジアムであり、完成時の座席数は約60,000席である（写真-1、2）。



写真-1 建物外観



写真-2 建物内観

【工事概要】

建物名称：国立競技場

所在地：東京都新宿区霞ヶ丘町10-1

用途：観覧場等（座席数完成時約60,000席）

建築主：独立行政法人日本スポーツ振興センター

設計：大成建設・梓設計・隈研吾建築都市設計事務所共同企業体

監理：梓設計・大成建設・隈研吾建築都市設計事務所共同企業体

施工：大成建設株式会社 東京支店

敷地面積：約109,800㎡

建築面積：約69,600㎡

延床面積：約192,000㎡

階数：地上5階、地下2階

最高高さ：約47m

構造種別：鉄骨造一部鉄骨鉄筋コンクリート造、鉄筋コンクリート造 制振構造

（屋根トラス：木材と鉄骨を組み合わせた部材で構成）

基礎構造：直接基礎、一部浅層混合地盤改良、深層混合地盤改良

工期：2016年12月1日～2019年11月30日

3. 屋根の構造概要

屋根は、約60mの片持ち形式のトラス構造による低勾配とし、建物高さを50m以下に抑えている。さらに外周柱を4階以上において斜めに傾け、壁面を後退させることで、周辺環境への圧迫感を軽減している。屋根を支持する外周柱は、直接風雨にさらされること、十分な剛性が必要なこと、屋根からの引張力を受けることを考慮し、プレストレスを導入した鉄骨鉄筋コンクリート造を採用した（図-2）。

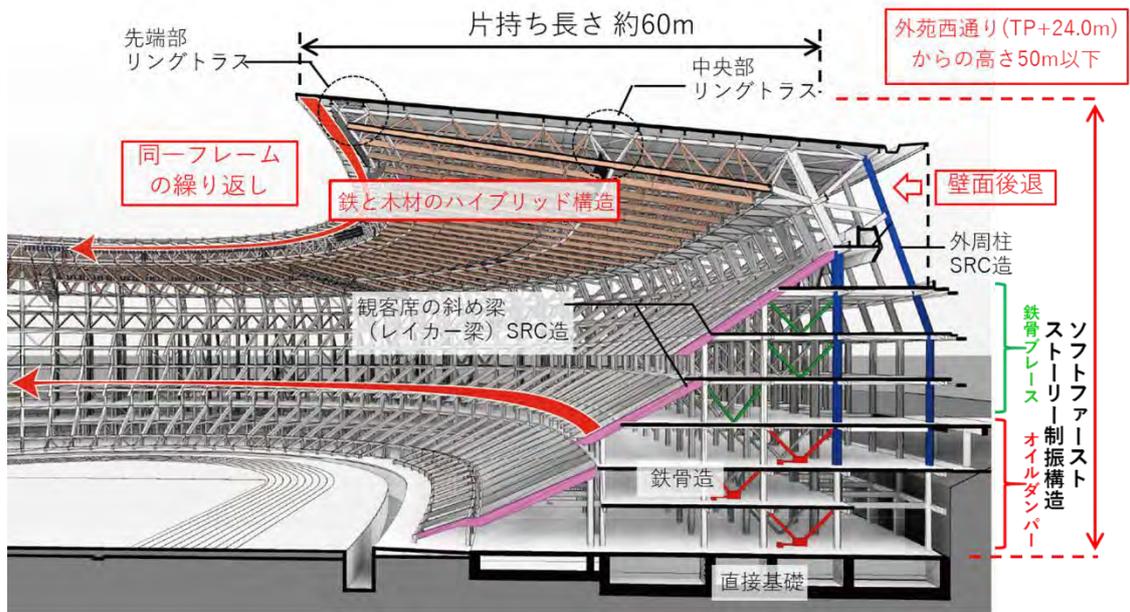


図-2 構造概要

① 架構のシンプル化

周方向に108スパンの同じ型式のフレーム構成を繰り返すシンプルな架構システムを採用することで、部材の製作・運搬、図面の作成効率の向上、更には、繰返し作業による施工性・品質の向上などを実現した(図-3)。

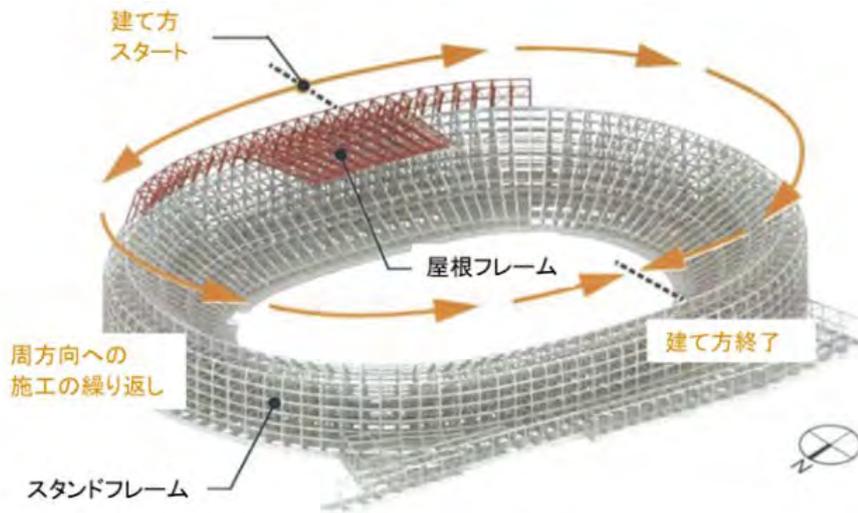


図-3 シンプルな架構システム

また、屋根フレームは、片持ちトラスとして単独で自立できる構造とし、屋根フレームを順次自立させることで、早期に仮設支柱の撤去が可能となることから、下部工事の早期着手が可能となるよう計画した(図-4)。

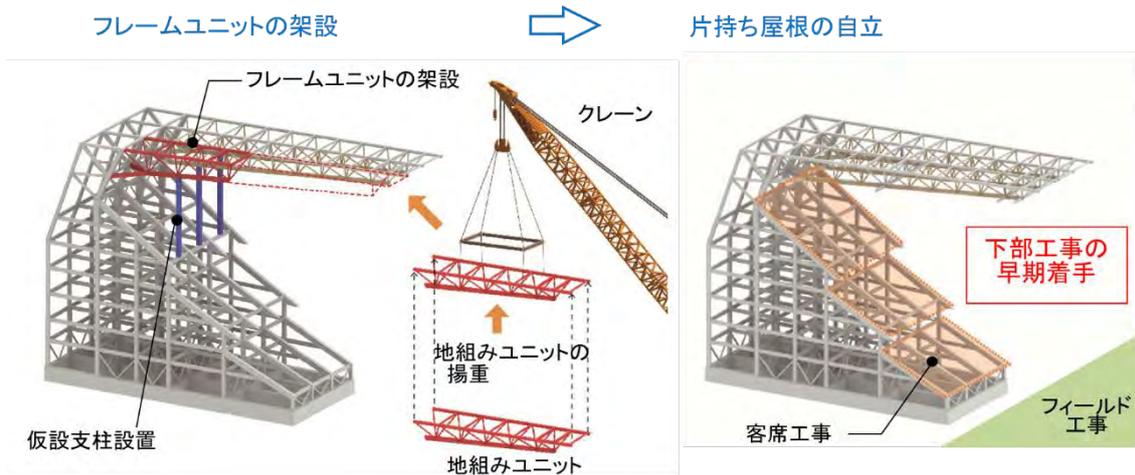


図-4 片持ち屋根架構

② 施工性を考慮した屋根トラス

架構形状は、溝形状の2本の上弦材とH型形状の下弦材をラチス材で三角形状につなぎ合わせたトラス構造(図-5)としている。また、下弦材とラチス材には、鉄骨を挟み込むように木材を取り付ける「ハイブリッドな部材」を採用し全ての観客席から木の温もりを感じられる空間としている。この木材の使用により、建築基準法が規定する長期、短期荷重で生ずる応力はすべて鉄骨部材で負担するが、約60m張り出す屋根トラスの地震や強風による変形の抑制と、基準法を上回る外力による応力を鉄骨とともに負担することが期待できる。下弦材には剛性の高いカラマツを、ラチス材にはスギを使用した。

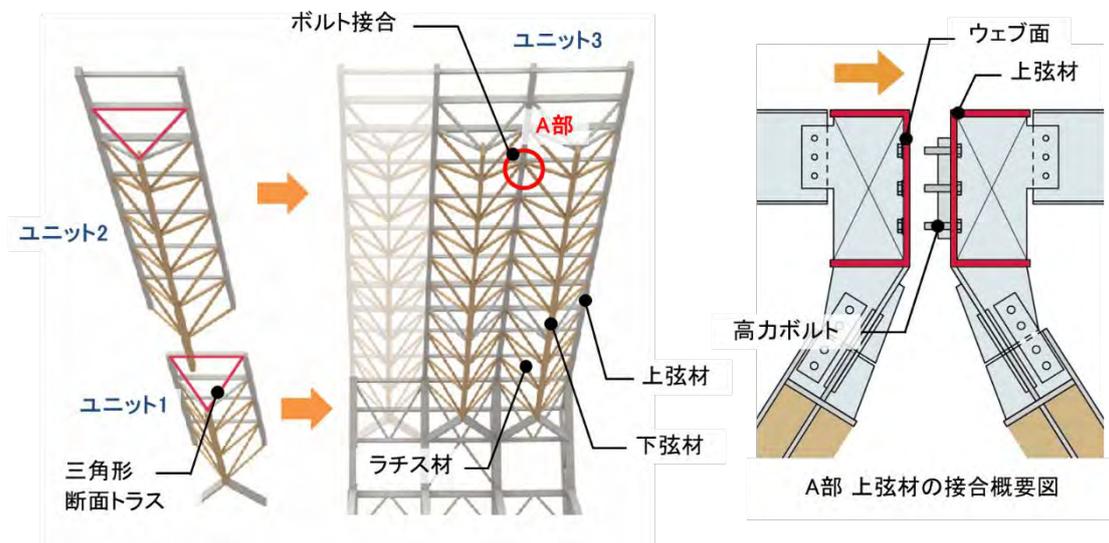


図-5 屋根の架構形状

屋根片持ちトラス先端部と中間部には周方向に繋ぐリングトラスを配置し、屋根架構全体を一体化することで完成後の大きな強風等による外乱に抵抗できる剛性の高い屋根架構を構築している。さらにリング効果が期待できないメイン・バック側の屋根には、微小なむくりを付加することでアーチ効果を創出し、屋根先端の変形状の均一化を図っている(図-6)。

屋根トラスを安全かつ効率的に施工するため、仕上げ・設備、仮設部材を可能な限り地上で地組み・ユニット化したうえ取り付ける計画とした。ユニットの大きさ（約40~60t）はクレーンで揚重可能な3分割とした。

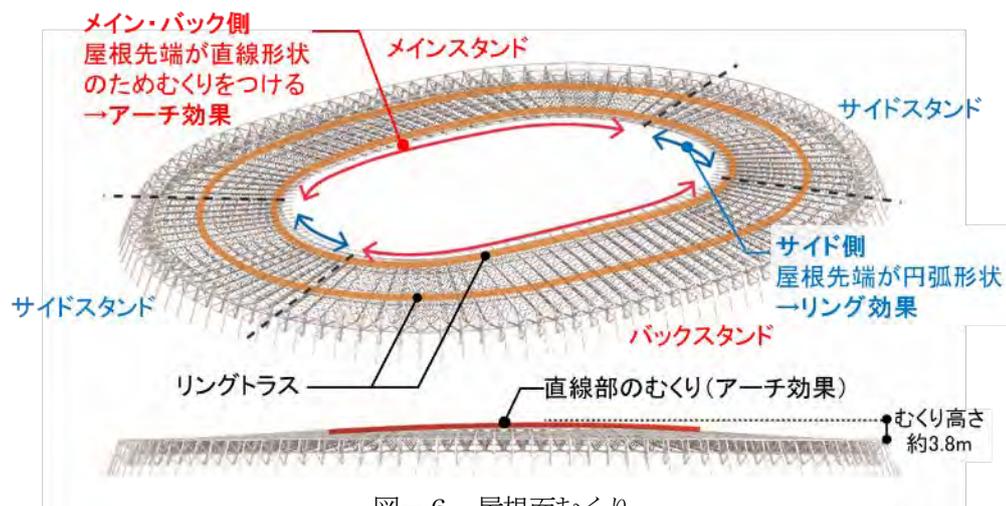


図-6 屋根面むくり

4. 屋根架設工事の課題

(1) ユニット建て方及び仮設支柱計画

ユニットの建て方を行う際に、左右の隣り合うトラスの変形に不均衡が生じていると、根元鉄骨が左右に傾き、ユニットを所定の位置に正確に取り付けることが困難となる。仮設支柱は、複数にまたがる支持点で反力調整・解放・ジャッキダウンを行うことで、ユニットの建て方精度を確保する必要があった。

施工中の屋根を一時的に支持する仮設支柱は、根元側ユニット①の下部のみに設置し、ユニット②並びにユニット③は空中で接合する方式とした。ユニット①下部の仮設支柱はジャッキダウンが完了した時点で順次解体し、別の屋根フレームに転用することで仮設支柱の総数を抑える計画とした（図-7）。

当初は、仮設支柱に既存のリース部材を採用する計画としていたが、屋根架構の地組・架設工事よりも、仮設支柱の組立・解体工事がクリティカルパスとなり、後続工事を計画通り開始できないことが懸念された。

(2) 既存・従来技術の課題

仮設支柱として使用される支柱部材は、施工条件（支柱の高さ、軸力等）に合わせて、小型の既存リース部材を組み合わせることにより計画されている。本屋根架設工事では、支柱の負担する軸力が約100tと大きくなるため、施工中の地震・強風等により生じる水平力を考慮すると、複数本の柱部材等を組み合わせた組柱形式の仮設支柱となる（図-8）。

施工条件に合わせて使用部材等は個別に新規製作するため、仮設支柱の計画、計算、製作、組立・解体には多くの時間と労力を要することとなり、仮設工事費が高騰する要因ともなる。

また、複数の施工箇所で使用される支柱の組立・解体では、その都度、安全施設・昇降設備等を設置・撤去する必要があり、その労務や部材数量も付帯的に増大する傾向となる。

さらに、解体時には支柱上部に架設済みの屋根架構が存在するため、解体作業の初期にはクレーン等を使用できず、高所での人力作業を余儀なくされ、特に支柱を繰り返し使用する本屋根架設計画では、組立・解体作業の輻輳が続くことから、仮設支柱の効率化技術を新たに考案する必要にせまられた。

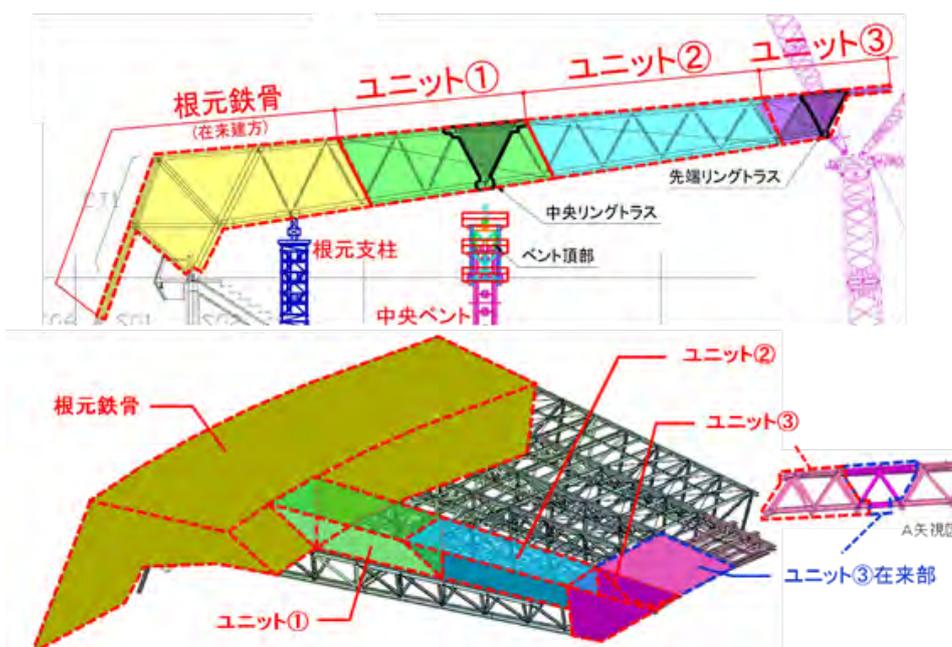


図-7 屋根のユニット構成

・当初計画の課題まとめ

- 1) 作業時、組立・解体のため、付帯的に昇降設備・仮設安全施設の組立・解体がその都度必要となる。
- 2) 油圧ジャッキ等、仮設支柱頂部付近の部材は、クレーンによる直接解体が不可能であり、高所での人力等による解体が必要となる。
- 3) 仮設支柱の負担軸力が約100tに達することから、複数の主柱部材で構成する組柱(5m×5m)形式となる。
- 4) 支柱の主部材以外の繋ぎ材・プレス材等の新規部材を多数製作する必要がある。
- 5) 仮設支柱の計画、製作には多大な労力を要するうえ、実施工では、1基当たり、組立4日、解体3日の日数が必要となる。

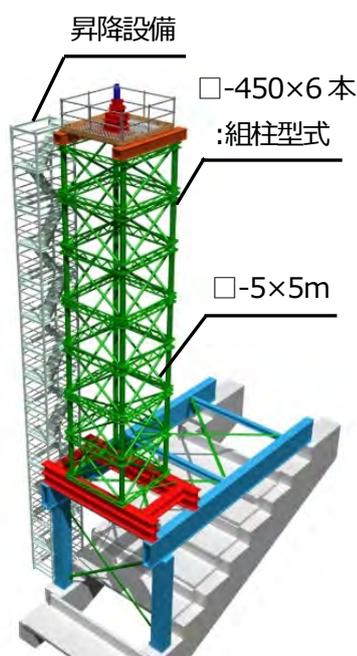


図-8 従来の仮設支柱

5. 仮設支柱改善計画

組立・解体日数の短縮、労務・資機材の縮減、さらには組立・解体時の安全性の向上を実現するため、実用的かつ効率的な仮設支柱を考案・計画し実施に採用した（図9、10）。

○改善内容：新規考案仮設支柱（T-CAPS）

① 汎用的なタワークレーン支柱を仮設支柱の軸部に採用

- ・タワークレーン支柱（※1）は、直径1,900mm・板厚22mmの円形鋼管で構成されており、4.5m毎に分割できるようになっている。本来の使用目的とは異なるが、約100tの軸力と施工中の水平力に対する剛性は充分であり、その自立性、組立時の建て入れ精度、柱脚の納まりなど大型仮設支柱に要求される性能を予め備えている。
- ・仮設支柱軸部を単部材で構成できることから、支柱全体の部材点数を大幅に削減することが可能となる。
- ・タワークレーン支柱内部には、昇降設備が予め装着されていることから、付帯的な昇降設備・安全設備の設置を省略することができる。

- ・むくりのついた屋根高さの違いに対応するため、ベース部（製作材：高さ500mm）を積み重ねる構造とし、頂部の油圧ジャッキと併せて微妙な高さの違いに対応する計画とした。

② 支承構造を兼ねた昇降式作業足場を新規製作

- ・上部に架設済みの屋根フレームが存在するため、仮設支柱の解体・転用時には昇降式作業足場を基礎部分まで降下させることにより、支柱上部に揚重可能な空間を確保し、クレーンによる効率的な解体を可能とした。
- ・昇降式作業足場に、2段の作業足場と昇降設備を予め装着し、その形状のまま、転用可能な構造とした。

③ 可能な限りリース部材の採用

- ・仮設支柱軸部のほか、ベース受け梁・大引材も大型単部材のリース品とし、新規部材の製作数量を削減している。

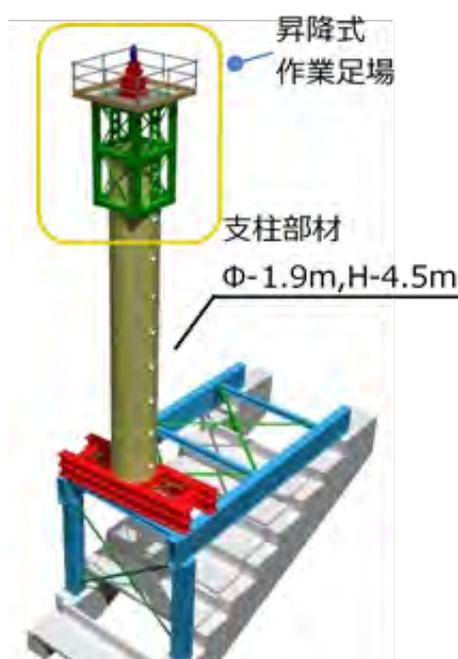


図9 新規考案の仮設支柱

※1：建築工事で1980年代から現在まで一般的に使用されているタワークレーン（JCC-400H：IHI運搬機械製）の丸型断面支柱を採用。

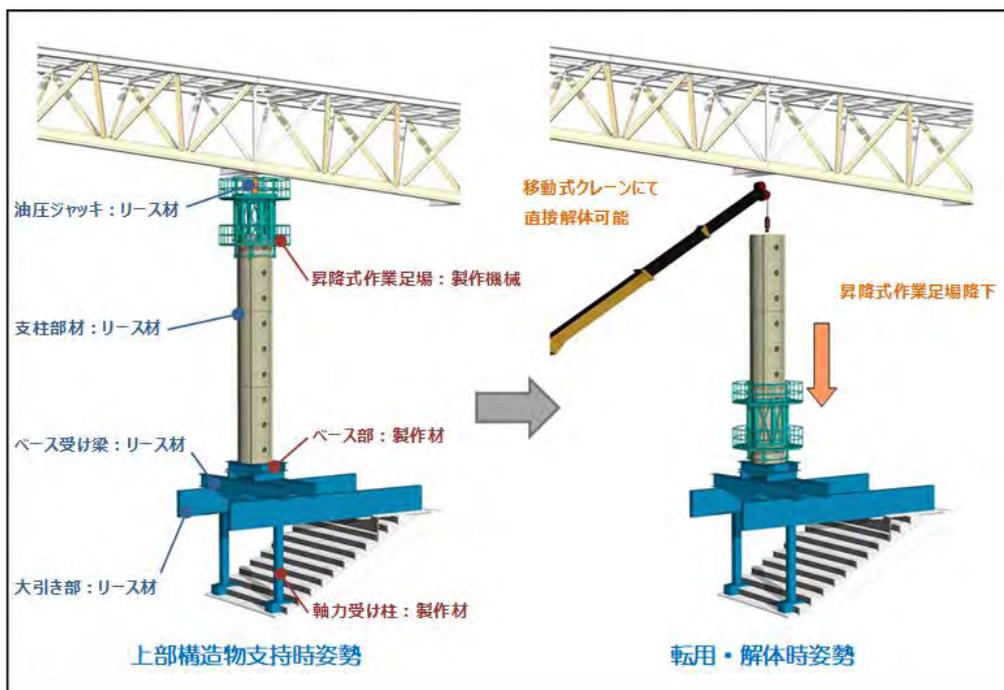


図-10 T-CAPSの構成部材及び屋根架構支持、転用・解体状況

6. 実大施工検証

大規模な仮設設備を用いるため途中での工法変更はできないことと、同じ手順の繰り返しであることから、実施工前の施工計画が特に重要と考え、場内地上部にて屋根の建て方及びT-CAPSの実大施工検証を実施した。一連の架設工事を実施することで、当初計画の課題や実施工時の屋根架設工程・サイクルタイム・場内地組架台の数量・配置等を詳細に把握することができた。

7. 屋根架設工事実施工

実大施工検証の結果及び、T-CAPS使用によるメリットを考慮し、施工計画を詳細に立案した。フィールド内部に配置した地組みヤードにて組立てられたユニットは、先行でフィールド外部から建て方が開始された在来部の根元鉄骨を追いかける形で、メインスタンド側中央部分より、2018年5月に最初の屋根ユニット架設を開始した。ユニットの建て方は、フィールド内に設置された2台の1,000tクローラクレーンにより、円周方向に沿って進められた。根元鉄骨建て方及び、総数252の屋根ユニットの取付けは、当初計画通り1年で架設を完了した。実際の施工状況を写真3～6に示す。



写真-3 T-CAPS架設・フィールド状況



写真-4 ユニット1架設状況



写真-5 昇降式作業足場降下状況



写真-6 T-CAPSクレーンによる解体

8. 改善による効果

- ・従来計画に比較して、仮設支柱の場内持込み機材・資材数量を約60%削減（重量換算）。
- ・従来計画で7日を要する組立・解体日数を2日とし、労務を大幅に低減。
- ・仮設支柱の製作数を32基（当初計画46基）に削減、転用を当初2.4回から3.3回に向上。
- ・クレーンによる直接解体を実施することにより、高所作業における危険性の低減。

以上の改善により、座席取付け等の後続工事を早期に着手することができ、さらにフィールド工事の施工も時間的な余裕を確保し、的確な工程管理・施工品質の確保も実現している。

9. 応用施工の可能性

今後国内外問わず、ドーム・スタジアム等の大空間工事や大型橋桁等土木分野での架設工事でもその効果が発揮できるものと考えられる。また、技能労働者の減少・高齢化等の問題が顕在化している建設業界において、本工法の人力高所危険作業の低減・使用部材数の圧倒的な削減効果は、極めて有効な解決策であり、将来の大規模架設工事の展開に貢献できるものとする。

10. おわりに

日本を代表する大規模なスタンドの躯体工事をスムーズにかつ高品質に進めるため、設計段階から工夫が重ねられた屋根構造概要・施工性を考慮した屋根フレーム、屋根トラスの架設を効率的に行うために新規で考案した仮設支柱について紹介した。

その他にも、躯体の可能な限りのプレキャスト化等、様々な技術を集結させることにより、全体工期36ヵ月で工事を完了することができた。

新しい仮設支柱の考案・実施は、事業主をはじめ、構造設計者、作業所担当者、製作及び屋根架設工事を担当した専門工事業者他の連携の成果であり、関係者の方々に厚くお礼申し上げます。

※参考文献：コンクリート工学会：コンクリート工学2020年No.5・Vol58

特集／国立競技場の構造計画概要とプレキャスト化技術の概要

2. 農業用調整池の中に建つ図書館の施工上の工夫

社名： 株式会社鴻池組

氏名： 正垣 綱之

事例概要

項目	内容
1. 工事概要	
(1) 工事名称	松原市新図書館建設工事
(2) 規模(延床面積、階数)	延床面積: 2,987㎡、地下1階、地上3階、塔屋1階
(3) 用途	図書館
(4) 主要構造	RC造
(5) 建設地	大阪府松原市
(6) 施工期間	2018年11月 ~ 2019年11月
(7) 工事費	1,350(百万円)
(8) 設計者	鴻池組、MARU。architecture
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"> ・当初、既存のため池を埋立て、図書館用の敷地にすることが求められていた。 ・残土処理の不合理的な工期での施工が非常に難しい状況の上、農業的な灌水期(11月~3月)にしか造成工事ができないという制約があった。
(2) 改善の目的	<ul style="list-style-type: none"> ・農業的な灌水期にしか造成工事が出ない制約の解消。 ・池底から施工時の合理的な仮設計画の提案。
(3) 改善実施内容	<ul style="list-style-type: none"> ・池と敷地の間を鋼矢板で遮水して埋め立てるのではなく、直接池底から図書館を建てることにより灌水期に関係なく工事を行い、工期を短縮する。 ・池底から建物を施工する際、当初はスロープ構台を使って池底へ車両を降ろす計画だったが、設置場所や池底での作業エリア確保の問題から、栈橋構台を設置し構台上から全ての作業を行う計画に変更した。
(4) 改善による効果	<ul style="list-style-type: none"> ・Q(品質) <ul style="list-style-type: none"> ・- ・C(コスト) <ul style="list-style-type: none"> ・工期短縮による経費削減。 ・D(工期) <ul style="list-style-type: none"> ・施工期間を15か月から13か月へ 2か月短縮。 ・S(安全) <ul style="list-style-type: none"> ・- ・E(環境) <ul style="list-style-type: none"> ・農業用調整池を埋め戻すのではなく建物の周囲に堀状に調整池の水を循環させることにより死に水域をなくして水質維持し、周辺の環境保全に繋がった。 ・その他の効果 <ul style="list-style-type: none"> ・水の中に建つという建物景観の向上。

農業用調整池の中に建つ図書館の施工上の工夫 —松原市新図書館—

株式会社鴻池組 大阪本店 正垣 綱之

1. はじめに

松原市新図書館建設工事は、鴻池組および MARU。architecture が設計・施工共同体を組み提案を行った案件である。ため池の中に建つ図書館という独創的な提案に至るまでには、設計当初から意匠・構造・設備設計者、社内建築部門および土木部門の各担当者が参加して各方面から提案・議論・検証を重ねてきた。

その結果、見た目とは裏腹に決して奇をてらうことなく合理的な意味づけをプランに与えることができ、実現に至った。本報告では技術とアイデアの結晶である本案件の施工上の特徴について紹介する。写真1に西面外観を、表1に建築概要をそれぞれ示す。



写真1 西面外観

表1 建築概要

工事名称	松原市新図書館建設工事
建設場所	大阪府松原市
発注者	松原市市長 澤井宏文
設計・監理	鴻池組・MARU。architecture
施工	鴻池組
工期	2018年11月～2019年11月
敷地面積	1,643 m ²
建築面積	1,043 m ²
延べ面積	2,987 m ²

2. みずの中に建物をつくること

2.1 制約があるなかでの工期短縮

入札要綱では既存のため池を埋立て、図書館用の敷地にすることが求められていた。しかし、埋め立てを行い造成してからの建築工事では、残土処理の不合理や求められている工期内での施工が非常に難しい状況であった。また、ため池は農業用調整池であることから、農業的な灌水期（11月～3月）にしか造成工事が出来ないという制約もあった。

その中で、直接池底から図書館を建て、埋め戻すのではなく堀状にため池の水を循環させれば水質維持、すなわち“環境保全”へも繋がるのではないかと、また、池と敷地の間を鋼矢板で遮水すれば灌水期に関係なく工事が出来るのではないかと、というアイデアが生まれた。図1に施工方法の比較を示す。

	ため池内に施工 (今回提案)	埋め立てて施工 (当初案)
概念図		
概要	ため池と敷地の間を鋼矢板で一時的に遮水して建物を建設後、周囲に水を戻す	ため池と敷地の間に擁壁を新設して、敷地内を埋め立て、建物を建設する
工期	約13ヶ月	約15ヶ月

図1 施工方法の比較

2.2 防水性確保と浸水対策

ここで最も懸念されたのが図書館という水を嫌う建物に池の水が接水していることに対する防水性の確保、浸水対策である。この点について、当社土木部が水位の高い条件での地下街施工の仕様としている下記の二段構えの対策を採用した(図2)。

- ①外壁側に防水層を設置する。
- ②必ず水は浸入してくるものとして、排水する経路を計画する。

さらに本建物では地下躯体に防水コンクリートを採用し、ひび割れ自癒作用を付加している。これらの浸水対策を施すことにより、池の中に直接図書館を建設することを実現し、水質維持(環境保全)効果、埋立て工事省略による2か月の工期短縮効果およびコスト削減効果が得られた。

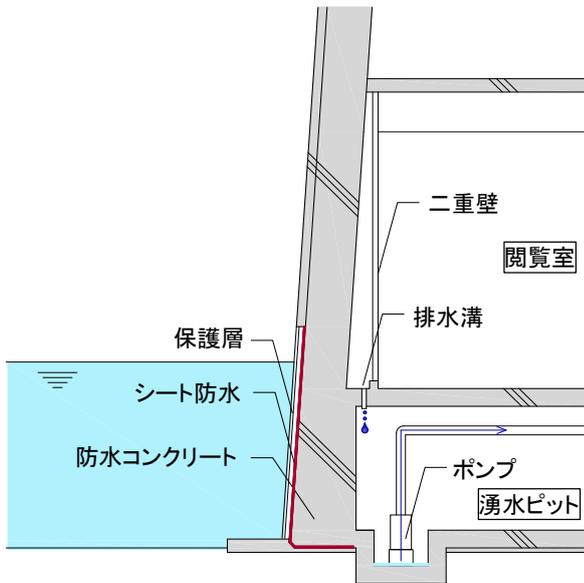


図2 浸水対策



写真2 支持杭打設状況



写真3 超高周波型バイブロハンマによる打設



写真4 構台設置完了

3. 独創的なアイデアを実現する施工

3.1 作業エリアを確保する仮設計画

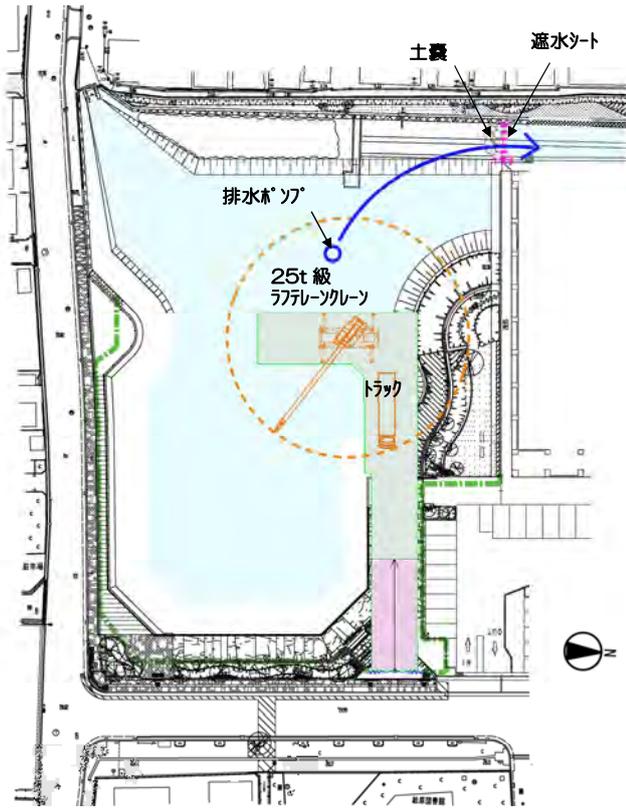
池底から建物を施工する際、最も問題となるのが揚重機や搬入車両のエリア確保であった。当初はスロープ構台を使って池底へ車両を降ろす計画だったが、スロープ構台の設置場所や池底での作業エリア確保の問題から、栈橋構台を設置し構台上から全ての作業を行う計画に変更した。

なお、栈橋構台は架設エリアの条件から、片側より支持杭を打設しながら覆工し構台を延伸させる計画としたが、支持杭を水中で打設することから、通常のプレボーリング工法が使えず、バイブロハンマを用いた圧入工法を採用した。また圧入機械は、池底の地盤が硬質であることと圧入時の騒音・振動による周辺環境への影響を考慮して、地盤振動や機械騒音を最小限に抑えることのできる超高周波型バイブロハンマを用いた(写真2~4)。

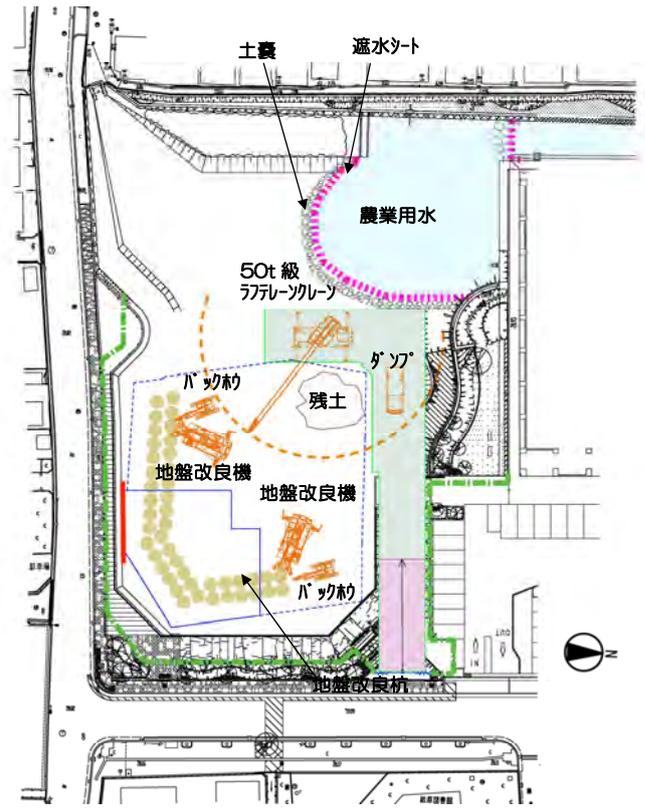
3.2 工事ステップ

今回採用した「遮水」による工事ステップ図の一部を図3に示す。栈橋構台の設置と並行して、排水ポンプによりため池内の水を水路部に排水する。その後、浚渫や地盤改良を行い、山留め工事、掘削工事、柱状地盤改良工事へと進んでいく。これらの地業工事が終了すると構台上のクローラークレーンを用いて鉄骨建方等の建築工事を行う。建築本体の工事が終了すると建屋外周への土の埋め戻しや栈橋等の仮設物を解体撤去を行い、ため池全域に注水して工事を完了した。

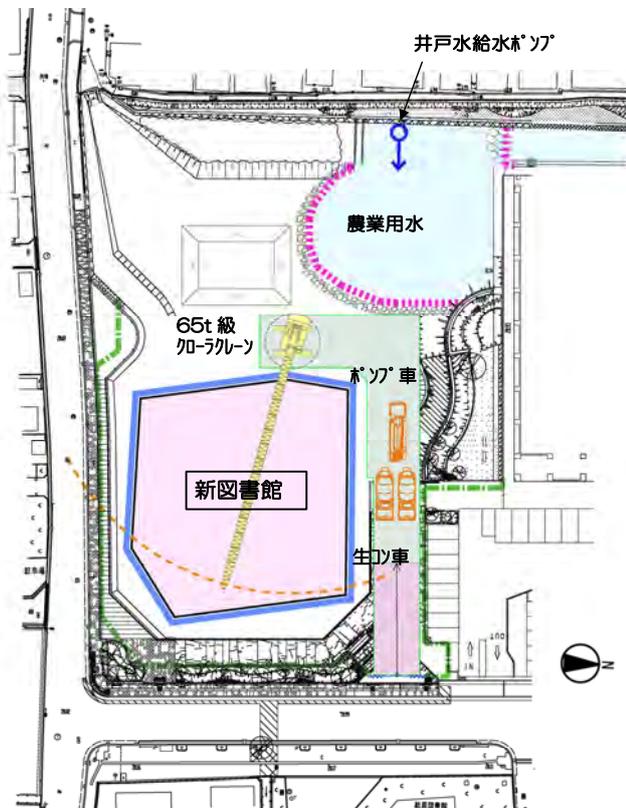
① 栈橋構台の設置・遮水



② 柱状地盤改良工事



③ 建築工事



④ 工事完了

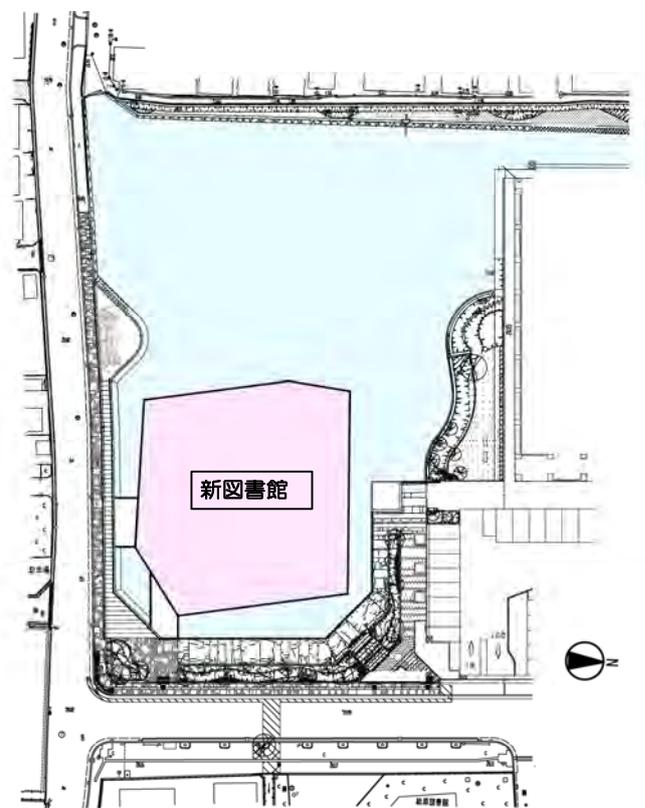


図3 工事ステップ

3. 3 遮水工法変更による合理化

当初は『構台の設置→シートパイル打設（バイプロ工法）→ため池の排水→浚渫工事→掘削工事』の施工手順で計画していたが、シートパイル打設時の騒音・振動による周辺環境への影響や端部止水性の問題から大型土嚢と遮水シートによる堰提工法へ計画変更した（写真5）。

この工法変更により、掘削工事から地盤改良工事着手までの工期が約2週間短縮でき、原価においても計画時より約50%の良化が図れた。



写真5 大型土嚢と遮水シートによる堰堤

3. 4 基礎梁せいの縮小工法

RC 造建物の基礎梁には、設備配管の保守・点検を行うために人通孔が設けられる。一般に、人通孔の孔径は600 mm～750 mmとされており、人や機材が通れるような大きさにする必要がある。一方、「鉄筋コンクリート構造設計規準・同解説」では、梁に貫通孔を設ける場合の孔径は、梁せいの3分の1以下とすることが望ましいとしている。このため、人通孔を有する基礎梁の梁せいは、構造計算から定まる断面寸法ではなく、人通孔の孔径から決まる場合があり、土工事や躯体工事のコストアップに繋がっている。そこで今回、開孔径を基礎梁せいの2.5分の1まで小さくするため構造計算を行い基礎梁せいを縮小する工法を採用した。写真6に本工法の施工状況を示す。

この工法の採用により、基礎梁せいを抑制し、基礎部の掘削土量や基礎梁コンクリート量を削減することができた。

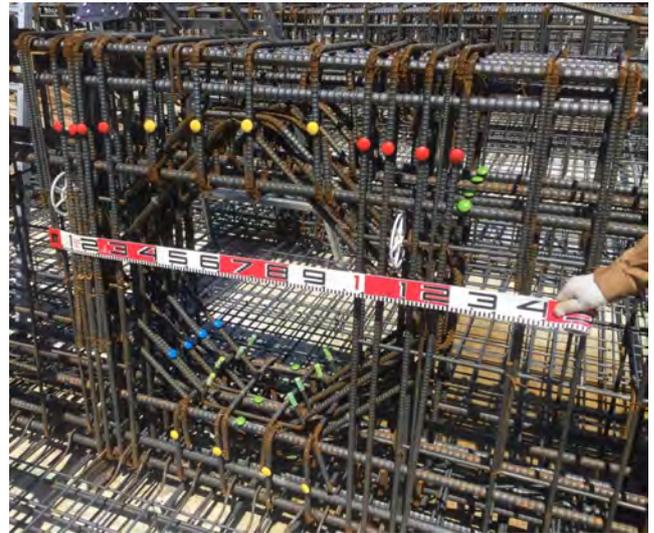


写真6 大開孔基礎梁(補強筋)施工状況

4. 周辺環境と景観への配慮

4. 1 敷地の水環境を最大限活用

直接池の中に図書館を建設することおよび周囲を堀状として水を循環させることにより、水環境を最大限活用した計画とした。既存のため池には水流機が2台設置されていたが、それぞれが相対していたため、水流がぶつかり合い有効な循環が生じず、夏場はアオコの発生が問題となっていた。また、埋立て敷地とした場合、死水域となる部分も生じる恐れがあった（図4、図5）。

そこで、2台の水流機をそれぞれ堀部分の入口に設置することにより、堀のみならず池全体の水循環を促し、水質の向上を図った（図6）。なお、竣工後実際に水流機を稼働させた結果、池の水が循環していることを確認している。

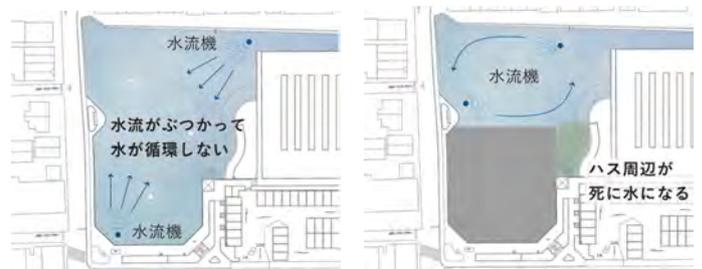


図4 当初の水の流れ

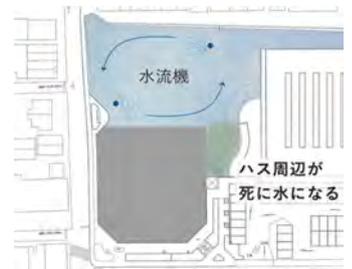


図5 埋立て時の水の流れ

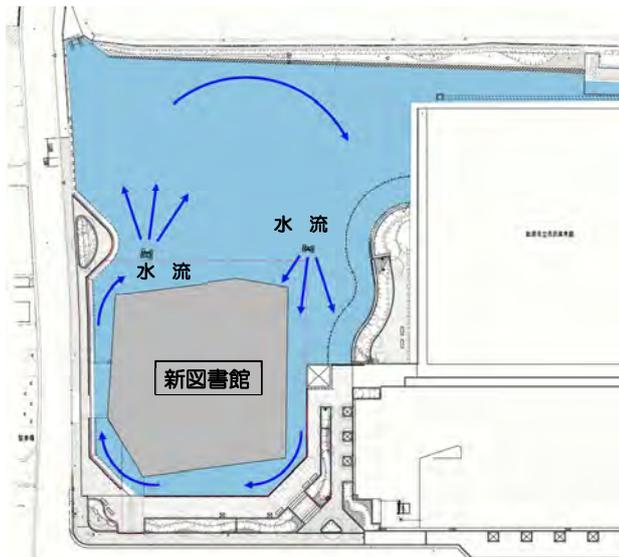


図6 水流機による循環イメージ

4.2 今までにない親水空間の創出

これまで、ため池周辺はボードウォークや東屋、植栽などが設置され、ため池と一体となった都市公園として整備されていた（写真7）。そこで、新図書館では1階の床レベルをより水面に近づけることで窓から池の風景がより身近に感じられるようにし、さらに外壁から張り出したテラスを設けるなど、様々な親水空間も計画した（写真8、写真9）。

直接池の中に建てることにより、ため池や周辺の都市公園に違和感なく溶け込むとともに図書館内外から新たな親水空間を生み出すことができ、大阪府河川環境課から都市公園と融和するふさわしい計画だと評価されている。



写真7 ため池と一体となった都市公園の状況



写真8 ため池を望む開口

写真9 テラス

5. おわりに

当プロジェクトは設計期間および工期とも短く、施工ヤードについても制限がある難しい条件での設計施工一体型の公募型プロポーザルであった。独創的な提案力と共にコスト的、技術的にも高度な施工実現力が問われ、まさに総合力が求められた好事例といえる。

建物が水の中に建っていることや外観形状の特異性も相まって、「ポエティック」な建物だと評されることもあった。しかし現実には設計者のデザインへの想いと施工者の技術的な想いが日々ぶつかり合い、火花を散らした結果、出来上がった建物は生々しくも極めて「リアリスティック」である（写真10）。



写真10 北西外観

3. 物流施設での作業効率化による工期短縮

社名： 日本国土開発(株)

氏名： 寺田 真才

事例概要

項目	内容
1. 工事概要	
(1) 工事名称	厚木愛川町物流新築工事
(2) 規模(延床面積、階数)	延床面積:95,572㎡、地上6階
(3) 用途	倉庫業を営む倉庫
(4) 主要構造	RC-S造、一部S造
(5) 建設地	神奈川県愛甲郡
(6) 施工期間	2018年9月 ~ 2020年3月
(7) 工事費	12,607(百万円)
(8) 設計者	日本国土開発(株)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)	・大規模物流施設の施工を短工期で求められ、先行工事(開発工事)の変更や基礎躯体工事での作業効率化が必要であった。
(2) 改善の目的	・作業効率化による工期短縮。
(3) 改善実施内容	・柱状改良施工地盤レベルまでの開発工事による先行掘削。 ・免震上部基礎のPCa化および梁配筋のユニット化。 ・屋根成型機架台用移動式ステージの採用。
(4) 改善による効果	
・Q(品質)	・-
・C(コスト)	・柱状改良掘削量削減により施工費を1.9%削減した。 ・屋根施工用移動式ステージの採用により仮設費を37%削減した。
・D(工期)	・先行掘削によって工期を25日短縮した。 ・PCa化及び梁配筋ユニット化により工期を32日短縮した。 ・移動式ステージの採用により工期を10日短縮した。
・S(安全)	・-
・E(環境)	・-
・その他の効果	・-

物流施設での作業効率化による工期短縮

日本国土開発株式会社 建築事業本部
寺田 真才

1. はじめに

本物件は、2014年に完成した神奈川県愛甲郡愛川町と相模原市にまたがる地域に位置する圏央道の相模原愛川ICに近接しており、神奈川県内陸工業団地のほぼ中央に位置している。この場所は、当社が長年技術センターや国土開発工業の機械工場として利用してきた土地であり、有効活用すべく、不動産会社と共同で運営事業を行うための東西にランプウェイを有したマルチテナント型大規模物流施設を新築する事業である。地下階には免震装置を設け、地上階はRC-S工法（柱：RC、梁：S造）を採用した免震建物となっている（図-1、2）。



図-1 全体パース

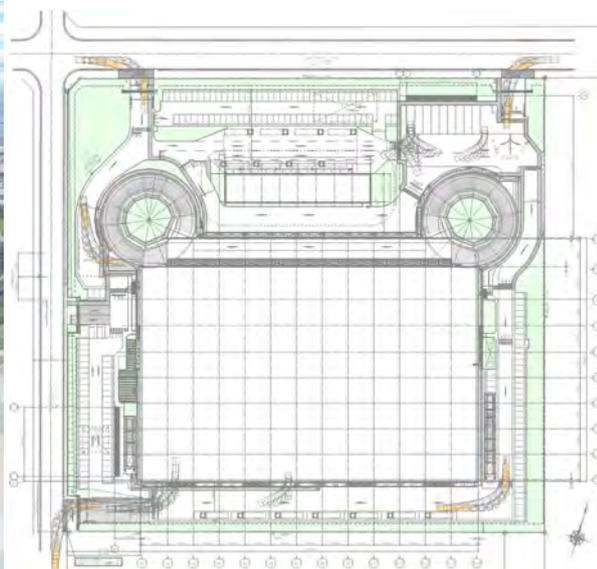


図-2 1階平面

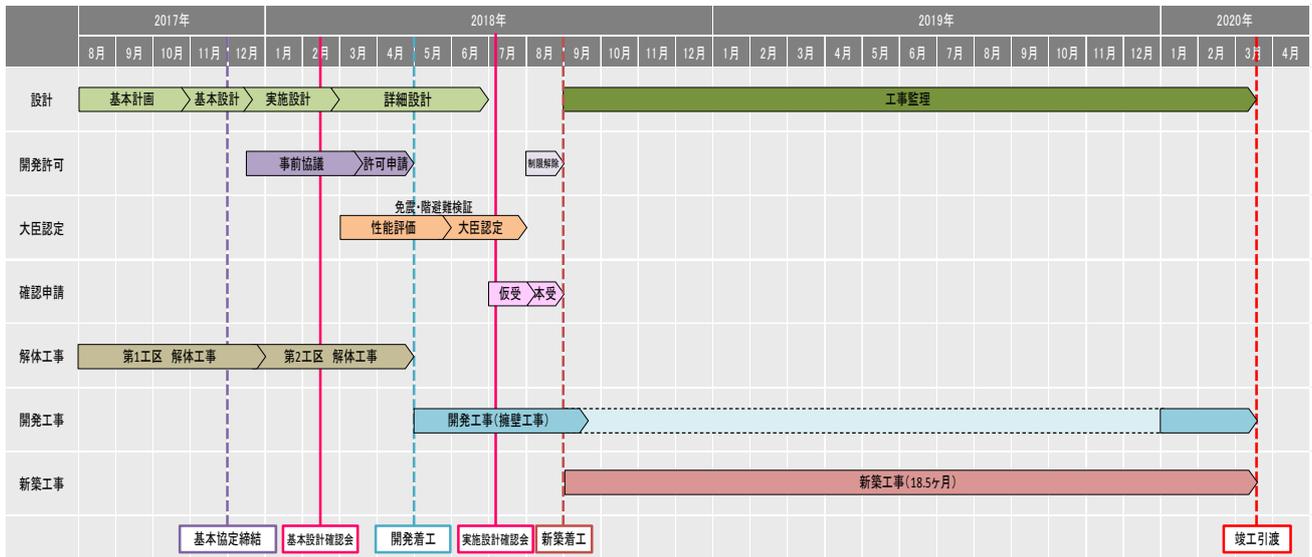
2. 工事概要

- ・設計監理 日本国土開発株式会社一級建築士事務所
- ・工期 2018年9月3日～2020年3月13日
(先行開発工事 2018年5月3日～2020年8月31日)
- ・請負金額 ¥12,556,732,000-
- ・工事場所 神奈川県愛甲郡愛川町
- ・建物用途 倉庫業を営む倉庫
- ・建築面積 17,596.38 m²
- ・延床面積 95,572.24 m²
- ・構造 1F～5F 柱RC、梁S造、6F柱・梁S造 基礎RC造、ランプ棟S造
フル免震【高減衰積層ゴム122基、すべり支承52基】

3. 工事の問題点

本物件は、既存建物を解体後に開発行為先行工事（敷地境界部分の擁壁構築）を行い、都市計画法 37 条申請による建築制限の解除を受けてから新築工事の着工となる計画である。竣工時期が決定しているため、確認申請上の問題から着工日を早めることは不可能であり（表-1）、決められた工期内で工事を完了させるために各種省力化を行う必要があった。

表-1 全体工程



4. 工期短縮への改善

工期短縮のために、各種様々な施工改善を検討し実施した。RC 柱のサイト PCa 化や基礎小梁の PCa 化による作業の効率化、及びランプウェイの手摺 PCa 化による無足場工法などのうち、効果のあった施工改善として、開発工事による先行掘削、免震上部基礎の PCa 化および屋根成型機架台用移動ステージの三事例について、報告する。

4-1. 開発工事による先行掘削

設計施工案件であり、建築工事着工に先立つ開発工事も当社の請負工事であった為、約 16,000 m³ある土工事掘削を開発工事の一部として申請し、土地外周部の擁壁造成工事と一緒に掘削を行った（写真-1, 2）。



写真-1 造成状況



写真-2 掘削状況

土工事においては、掘削図面を3D化して取込み、GPSを使用して位置情報を得るICT建機を使用した。機械制御により図面データ通りとなるようマシンコントロールされるため、床付け面や法面の仕上げをオペレーターの技量に左右されることなく実施することができ、精度の高い施工が実現した。重機に搭載されたモニタより施工位置が明確となり、丁張やレベルなどの相番作業員が不要となるため、安全な作業が可能となった（写真-3、図-3）。



写真-3 掘削状況



図-3 ICT 概要

土工事を先行する事により、柱状改良施工地盤レベル（写真-4）とすることで、建築工事着工時には柱状改良から施工することが可能となった。その結果として、約16,000 m³の土工事期間を省略することができ、工期を25日短縮することに成功した（写真-5）。



写真-4 柱状改良状況



写真-5 掘削完了状況

4-2. 免震上部基礎のPCa化および梁配筋のユニット化

免震構造の基礎工事においては、免震上部の基礎をPCa化する事により工期短縮を図った。免震上部基礎ベース部分の下部に免震プレートを打込んだPCaを納品（写真-6、写真-7）し、現場にて上部基礎、柱および大梁の配筋によるユニット化を実施した（写真-8）。

また、大梁の中央部分を建物外で地組を行うことにより、免震上部の基礎配筋をスムーズに組み立てることが可能となった。その結果として基礎毎の作業用足場の設置が不要となり、安全かつ効率的な施工が可能となった。



写真-6 ベース PCa 搬入状況



写真-7 ベース PCa 納品

鳶工、鉄筋工および型枠大工の作業箇所を分散化する事により、作業効率を向上させる事に成功した。鉄筋工が免震上部基礎ユニットを地組中に型枠大工が梁底型枠を設置、鳶工の免震上部基礎ユニット設置作業中は鉄筋工が地組エリアにて大梁の地組を行うなど、効果的なラップ作業が可能となった。この改善により、在来工法に比べて 32 日の基礎工事期間短縮を実現した（写真-9～13）。



写真-8 柱状改良状況



写真-9 掘削完了状況



写真-10 上部基礎ユニット



写真-11 免振上部基礎ユニット設置



写真-12 大梁ユニット設置

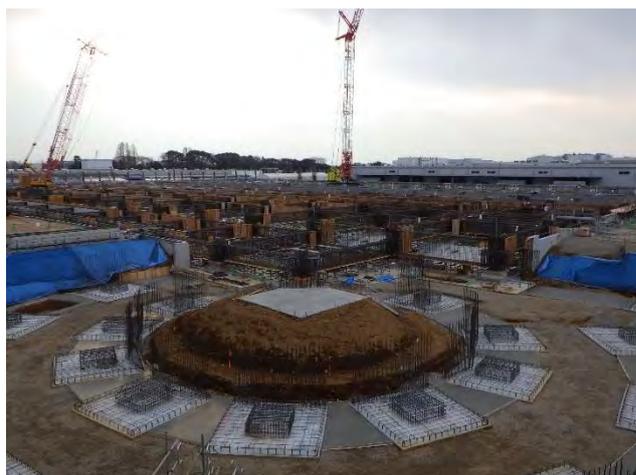


写真-13 免震上部基礎工事全景

4-3. 屋根成型架台用移動式ステージの採用

屋根工事の作業効率化を図るため、ステージ等の仮設についても改善を実施した。通常、本物件規模であれば屋根折板成型用のステージを2基組立て、それぞれ盛替えを行い計4箇所程度より押し出しを行うが、車路最上階が後施工可能な大庇形状の屋根である事に目を付け、6階車路上に移動式の屋根成型用ステージを架けることにより仮設費用37%の削減に成功した。

屋根成型架台用移動式ステージは、トラスの組み合わせたものとし、ステージ上の発電機を利用してレール上を移動する自走式とした。また、その発電機は屋根成型機の動力としても利用した(写真-14、15)。



写真-14 移動式ステージ設置



写真-15 ステージ移動用レール

屋根葺きの施工において、成型機を1日毎に移動することにより屋根工による成型された材料の横移動距離を大幅に削減し、作業効率を向上させ10日間の工期短縮に成功した(写真-16、17)。



写真-16 屋根成型状況



写真-17 屋根設置状況

5. まとめ

厳しい工期の中、施工部門、設計部門、技術部門および協力会社が連携し、様々な改善案への取組みを実施した。開発工事による先行掘削で25日、免震上部基礎のPCa化および梁配筋のユニット化で32日、移動式ステージの採用により10日、計67日の工期短縮を実現し、工期内で無事完成することができた(写真-18, 19)。

これらの改善例を水平展開し、今後の案件にも役立て、ブラッシュアップを図って今後も省力化の確立に貢献していきたいと思う。



写真-18 完成後全景

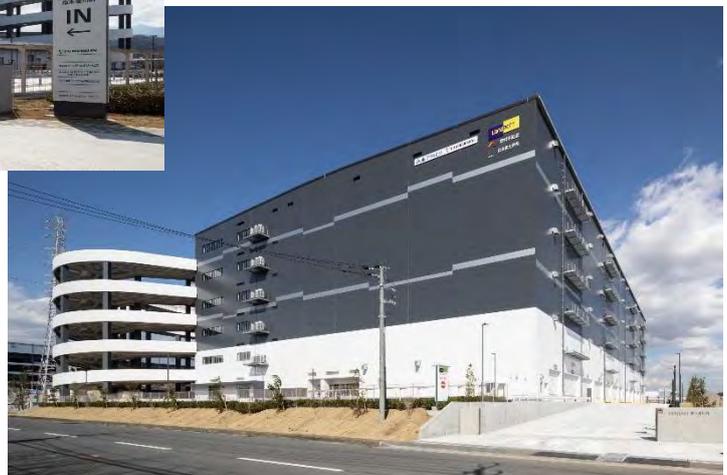


写真-19 完成後全景

4. ロールマット工法によるスラブ配筋歩掛り向上

社名： 清水建設(株)

氏名： 門脇 洋平

事例概要

項目	内容
1. 工事概要	
(1) 工事名称	エスロジ新座E1棟新築工事
(2) 規模(延床面積、階数)	延床面積: 39, 172㎡、地上4階
(3) 用途	倉庫
(4) 主要構造	RCSS造、S造
(5) 建設地	埼玉県新座市
(6) 施工期間	2018年11月 ~ 2020年1月
(7) 工事費	5, 645(百万円)
(8) 設計者	清水建設(株) 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)	・従来の床版配筋作業では、鉄筋間隔の位置出し、間配り、結束及び間隔調整作業において一定の経験と技術が必要とされ、生産性が向上しない作業の一つである。
(2) 改善の目的	・床版配筋作業の省力化、歩掛り向上及び品質向上を目指す。
(3) 改善実施内容	・ロールマット工法の採用により、工場で等間隔に製作されたロール状のスラブ筋を配筋箇所へ直接揚重し、手押しで転がして配置した。
(4) 改善による効果	
・Q(品質)	・あらかじめ鉄筋どうしの間隔が番線で確保されていることで、鉄筋間隔の位置出しや間隔調整の手間を省力化するとともに、品質の平準化が可能。
・C(コスト)	・歩掛りが約1.5倍向上。
・D(工期)	・-
・S(安全)	・-
・E(環境)	・-
・その他の効果	・-

ロールマット工法によるスラブ配筋歩掛り向上

清水建設株式会社

門脇 洋平

1. はじめに

本件は、都心から 25km 圏内の埼玉県新座市において 3 棟約 19 万 m²に及ぶ大規模物流施設の建設である。所沢 IC 等の交通結節点至近にあり、首都圏への輸配送に便利な立地環境にある。

従来のスラブ配筋作業は、鉄筋間隔の位置出し、間配り、間隔調整及び結束作業において一定の経験と技術が必要とされ、生産性が向上しないという問題があった。

そこでスラブ配筋作業の省力化、歩掛り向上及び品質向上に有効と考えられるロールマット工法と在来工法について同条件での施工を行いその有効性を検証した。ロールマット工法とは、工場で等間隔に結束されたロール状のスラブ筋を配筋箇所へ直接揚重し、**写真-1、写真-2**のように手押しで転がして配筋する工法である。あらかじめ鉄筋どうしの間隔が番線で確保されていることで、鉄筋間隔の位置出し、間配り及び間隔調整の手間を省力化するとともに、品質の平準化を行うものである。

ロールマット工法を採用した背景として以下の 3 点があげられる。1 つ目は当現場が水平積み上げ方式により、柱のコンクリート打設まで上階の鉄骨を立てないため、デッキスラブ上部がオープンな状態となりロールマットの揚重・荷降ろしが容易な点、2 つ目はデッキスラブにはトラス筋付デッキを採用したことにより、トラス筋上にロールマットを容易に転がすことができる構造であった点、3 つ目は 1 スパンが X、Y 方向ともに 11m の大スパンであり、広範囲にわたりロールマット工法を使用することができるスパン割りであった点である。



写真-1 ロールマット工法(幅 12m)



写真-2 ロールマット工法(幅 1.75m)

2. 工事概要

工事名称：エスロジ新座E 1棟新築工事

工事場所：埼玉県新座市大和田地区

発注者：清水建設(株)投資開発本部

設計者：清水建設(株)一級建築士事務所

施工者：清水建設(株)

建物用途：倉庫

工期：2018年11月～2020年1月

建築面積：11,961 m²

延床面積：39,172 m²

構造規模：RCSS造(1階～2階)、S造(2～4階)、地上4階



写真-3 全景

3. 施工計画

今回の検証においてロールマット工法と在来工法によるそれぞれの施工箇所を図-3に示す。X、Y方向ともに11mスパンであり、それぞれ18スパン施工を行った。条件は全く同じである。

配筋要領は表-1に示すように、主筋方向のトラス筋は上端筋、下端筋ともにD13を150mm間隔で、配力筋方向の上端筋はD10を100mm間隔で配筋するものとする。

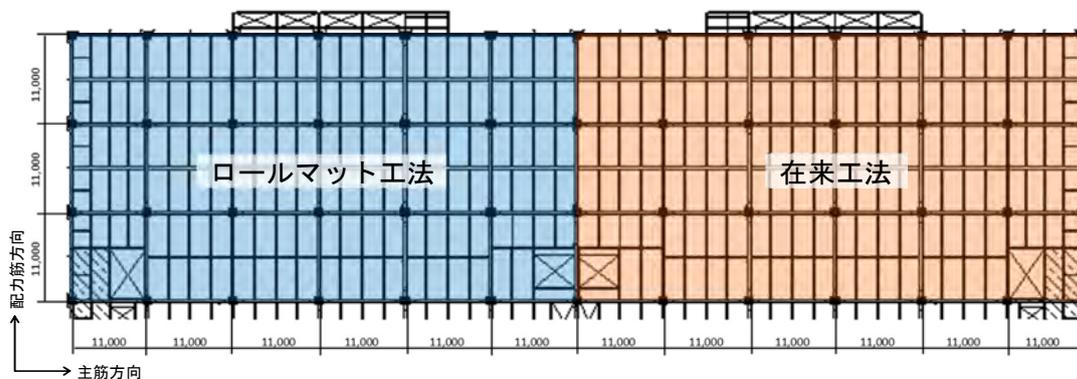


図-3 検証部分平面

表-1 配筋要領

符号	版厚	位置	デッキ主筋	現場配筋	
				連結筋・定着筋	配力筋(長辺方向)
DS1	180	上端筋	D13@150	D13@150	D10@100
		下端筋	D13@150	-	-

ロールマットによる配筋の手順は、下記のように大きく2つの手順に分けられる。

最初に上端筋の主筋方向において、連結補強筋配筋をロールマットで施工する。連結補強筋は図-4の平面図、図-5の断面図のように、大梁または小梁の上に配筋してデッキどうしを連結するものである。ロールマットの幅は大梁部分が1.75m、小梁部分が1.5mのため、写真-4のように1人で転がす計画とする。

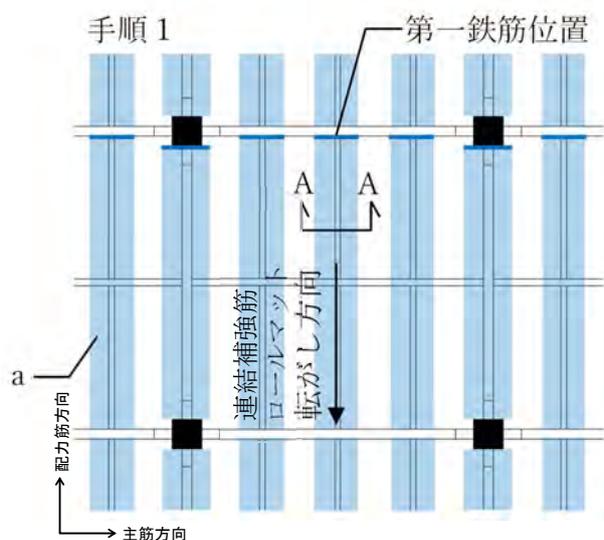


図-4 上端筋主筋方向

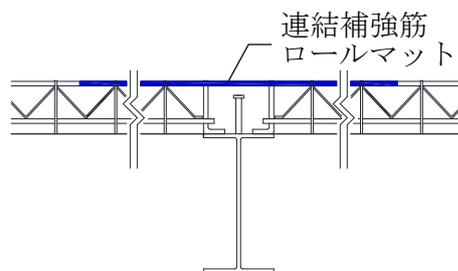


図-5 A-A断面(図-4内)



写真-4 転がし状況

次に上端筋の配力筋方向の配筋をロールマットで施工する。1スパンにおける上端筋の配力筋方向の配筋を図-6に示す。また、図-6内のA-A部の断面を図-7に示す。図-6内b部のメインのロールマット幅は12m、長さが10mであり、重量は660kgであるため、写真-5のように3人で転がして配筋した。1人当たりが負担する重量は200~300kg程度である。また、図-6内のc部(主筋方向の大梁上)でロールマットどうしを重ねることにより1.1mの重ね継手を行う。図-6のd部(配力筋方向の大梁上)については、その部分だけ鉄筋の長さを変えてロールマットを製作するよりも在来工法で配筋した方が効率が良いと判断し、在来工法により配筋する。

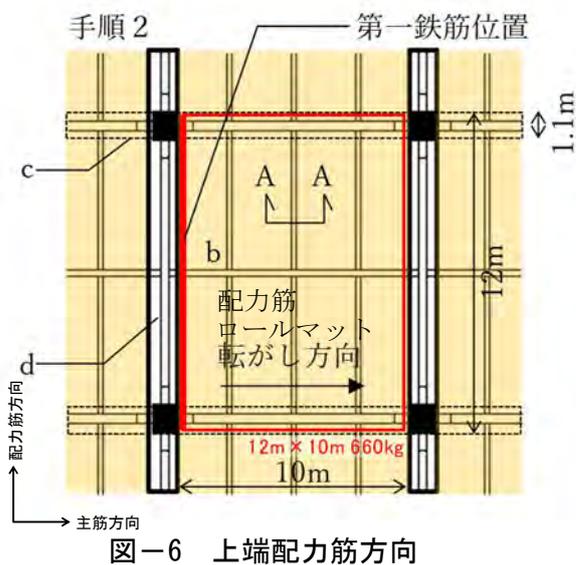


図-6 上端配筋方向

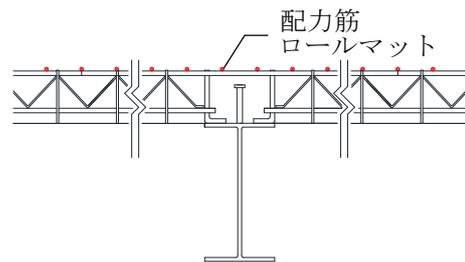


図-7 A-A断面(図-6内)



写真-5 転がし状況

4. 工場製作

ロールマットの出荷に先立ち、写真-6の加工機械を用いて工場にて製作を行う。加工可能サイズを表-2に示す。ロールマット製作のために行うことは2点であり、1つ目はオペレーターにより鉄筋を一本ずつ手でセットすること、2つ目は結束間隔を入力することである。異なる鉄筋を交互に入れて製作することも可能である。また最大加工重量は5tであるが、人力で転がすことに配慮すると大体1t程度が適当と思われる。

表-2 加工可能サイズ



写真-6 ロールマット製作機械

鉄筋径	D10~D32 (異なる鉄筋径を交互に配筋することも可能)
鉄筋長さ	1,100~12,000mm
最小間隔	D10~D19 : 75mm D22~D25 : 100mm D29~D32 : 150mm
最大間隔	400mm
最大加工重量	5t

5. 搬入・揚重

ロールマットの幅方向の長さが12mと長いため、搬入は写真-7のような積載28tクラスの大型トレーラーによる搬入とした。ロール材の中心部は中空部分となり、大きな体積の割に少ない重量しか運搬することができないため、運搬効率は在来工法と比較して劣る。

揚重は吊り治具を使用し3グリッド分を提灯吊りで写真-8のように行い、転がし開始位置に配置した。



写真-7 大型トレーラー（後部）



写真-8 ロールマット揚重状況

6. ロールマット施工

図-8のようにロールマットの第一鉄筋を転がす方向側に設置しトラス筋と結束してから転がすことにより、トラス筋と連結筋が離れずに配筋ができるようにする。そして、転がしが完了した後に写真-9のように引っ張ることで、適切な鉄筋間隔が確保できるものとする。施工完了状況を写真-10, 11に示す。

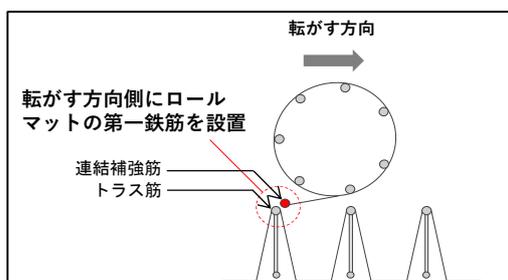


図-8 ロールマット転がし方法



写真-9 引っ張り状況



写真-10 施工完了状況 1



写真-11 施工完了状況 2

7. まとめ

表-3 にロールマット工法と在来工法による鉄筋量、歩掛り、金額を比較した結果を示す。

(1) 鉄筋量

在来工法による鉄筋量 21.4t と比較してロールマット工法では 19.7t となり、約 8% の鉄筋量が削減された。これは、鉄筋を転がすだけで配筋ができるロールマット工法により、在来工法よりも長尺の 12m の鉄筋が使用可能で、その分重ね継手部分の箇所数が減ったためである。

(2) 歩掛り

ロールマット工法の採用により歩掛りが 1.2(t/人・日)となり、在来工法の 0.8(t/人・日)と比較して約 1.5 倍歩掛りが向上した。これは、あらかじめ鉄筋どうしの間隔が番線確保されていることで、鉄筋間隔の位置出し、間配り及び間隔調整の手間を省力化したためである。

(3) 金額

歩掛りの向上と鉄筋量の削減に対して、運搬費は増えてしまったため、全体的な金額はどちらの工法もほぼ同じ結果となった。これは大きなロール材(12m×10m:660kg)を搬入するために大型トレーラーが必要となるからである。

(4) その他

品質面については、きれいに配筋できることで品質の平準化を図ることができた。

安全面については、鉄筋を担ぐ作業等による作業員の転倒災害や体への負担を軽減できることから、労務災害や熱中症などの防止も期待できる。

搬入や揚重計画について、工事の進捗や工区割りによってロールマットを搬入するときは、搬入量を調整しなければならず満載で搬入することができない場合があるため、仮置き場所の確保などが必要となる。また、ロールマットは重量物となるため、施工場所に配置するための事前の適切な揚重計画が必要となる。さらには、高層 S 造の建て逃げ方式では材料搬入からの横移動手段の検討も必要となる。

表-3 鉄筋量、歩掛り、金額比較

項目	ロールマット工法	在来工法	比較
鉄筋量	一般部分 11.1t 連結補強筋部分 7.5t 在来配筋部分 1.1t <hr/> 計 19.7t	21.4t	8%削減
歩掛り	鉄筋量(ロールマット):18.6t 鉄筋量(在来配筋):1.1t 人工(ロールマット):10人 人工(在来):6人 <hr/> 1.2 t/人・日	鉄筋量:21.4t 人工:27人 <hr/> 0.8 t/人・日	1.5倍
金額(材料費+運搬費)指数	100	100	—

8. 今後の課題

ロールマット工法を導入するにあたり有効と思われる条件は、トラス筋付デッキであること、連結補強筋があること、1スパン当たりの長さが大きいこと、各スパンのスラブ配筋要領が同じであること、梁の配筋がスラブ配筋に干渉していないこと、ロールマットを仮置きするための十分なストックヤードが確保できることなどがあげられる。

今後は耐圧盤の配筋や、施工場所のスラブの上部が上階のスラブで塞がってしまい揚重が困難な場合の検討をする必要がある。

5. 競技場大屋根鉄骨における建方の合理化

社名： 鹿島建設(株)

氏名： 藤森 啓祐

事例概要

項目	内容
1. 工事概要	
(1) 工事名称	栃木県総合スポーツゾーン新スタジアム新築工事
(2) 規模(延床面積、階数)	延床面積: 42, 037㎡、地上4階
(3) 用途	観覧場 (陸上競技場兼サッカー場)
(4) 主要構造	RC造、一部SRC造、屋根S造
(5) 建設地	栃木県宇都宮市
(6) 施工期間	2017年4月～2019年10月
(7) 工事費	13, 370(百万円)
(8) 設計者	久米・AIS・本澤特定建築業務共同企業体
2. 改善概要	
(1) 問題点・背景 (施工上あるいは従来工法の 問題・課題など改善前の状況)	<ul style="list-style-type: none"> ・面積16, 000㎡、外周長700mの大屋根鉄骨であり、単品建方の場合、高所で不安定な吊足場上で足場の組立解体、建方及び溶接作業を行うため、危険作業は多く、鉄骨精度管理は難しく、歩掛りも上がらない。全国的な溶接工不足のため、溶接工確保が工程を左右する。
(2) 改善の目的	<ul style="list-style-type: none"> ・高所での作業を減らし、合理的な工事を行う。
(3) 改善実施内容	<ul style="list-style-type: none"> ・建方揚重機で揚重可能な大きさに大屋根鉄骨をユニット化した(91ユニット)。 ・スタンドPC工事最盛期に屋根鉄骨の先行地組を着手し、工程短縮を図った。 ・大空間3次元曲面鉄骨の精度管理を、下げ振り、差し金及びスケール等を使った簡単な方法で管理した。 ・設計打合せや3次元測量管理はBIMモデルを用いた。
(4) 改善による効果	<ul style="list-style-type: none"> ・Q(品質) <ul style="list-style-type: none"> ・安定した地上で精度良く立体組立。 ・C(コスト) <ul style="list-style-type: none"> ・単品建方と比較したベント支保工費用30%コストダウン。 ・3次元測量工50%コストダウン(測量方法の改善効果)。 ・D(工期) <ul style="list-style-type: none"> ・地組ユニット化と早期地組着手による溶接工山崩し効果で2ヵ月工期短縮。 ・吊足場の高所作業ステージ解体により2ヵ月工期短縮(50%短縮)。 ・S(安全) <ul style="list-style-type: none"> ・上空の不安定な場所での足場・防風養生の組立解体、溶接作業を76%削減により無事故・無災害で完工。 ・E(環境) <ul style="list-style-type: none"> ・上空での溶接箇所削減により溶接火花、切削粉などの飛散を大幅軽減。 ・その他の効果 <ul style="list-style-type: none"> ・上空での金属音大幅低減による近隣への騒音低減。

競技場大屋根鉄骨における建方の合理化

鹿島建設株式会社
藤森 啓祐

要 約

当スタジアムの大屋根は、鉄骨造で外周長約700m、表面積約16,000m²、テフロン膜（四フッ化エチレン樹脂コーティング膜）仕上げのドーナツ形状である。鉄骨部材は、細径・薄肉の丸鋼管が多く、溶接接合が大半を占める。高所での単品建方及び溶接作業は、危険が伴う上に歩掛りも低い。また、鋼管溶接が可能な溶接工を確保することが難しいため、大部分を地組ユニット化し、高所での作業はユニット間の接合のみにすることで、溶接接合部の76%は地上で作業を行うなど山崩しを図った。また、地方都市での工事による作業員不足や、能力不足に対する工程遅延防止も行い、工期内で無事故・無災害で完工できた（写真-1、2）。

I はじめに

当工事は、栃木県発注の公共工事で、2005年に閉鎖された宇都宮競馬場跡地に、2022年開催予定の第77回国民体育大会「いちご一会とちぎ国体」及び、第22回全国障害者スポーツ大会「いちご一会とちぎ大会」における開・閉会式会場であり、陸上競技も行われる施設で、陸上第1種公認とサッカーJリーグのJ1施設基準に準拠した約2万5,000席のスタジアムを建設するものである（図-1）。スタンド部分は丸みを帯びた「おわん型形状」で、大屋根はうねりのあるS造膜屋根である（図-2）。

本報文では、高所で不安定な吊足場上で、足場の組立解体、鉄骨建方・溶接作業が行われる大屋根鉄骨工事について、危険作業の低減、鉄骨精度の確保、歩掛り向上などを目的として、地組ユニット建方を行った結果を報告する。

II 工事概要

工 事 名：栃木県総合スポーツゾーン新スタジアム新築工事

所 在 地：栃木県宇都宮市西川田二丁目1572-1他

建 築 主：栃木県知事 福田 富一

設計監理：久米・AIS・本澤特定建築業務共同企業体

施 工：鹿島・増渕・渡辺・那須土木・磯部・浜屋
特定建設工事共同企業体（6社JV）

約定工期：2017年3月27日～2019年10月30日

実質工期：2017年4月1日～2019年10月30日（31ヵ月）

建物用途：陸上競技場兼サッカー場

敷地面積：545,803.74m²

建築面積：19,910.82m² 延床面積：42,037.52m²

最高高さ：33.73m

階 数：地上4階

構 造：建物 RC造 一部 SRC造

屋根 S造（膜屋根）



写真-1 竣工後の状況（2020年9月撮影）



写真-2 工事中の状況（2019年6月撮影）

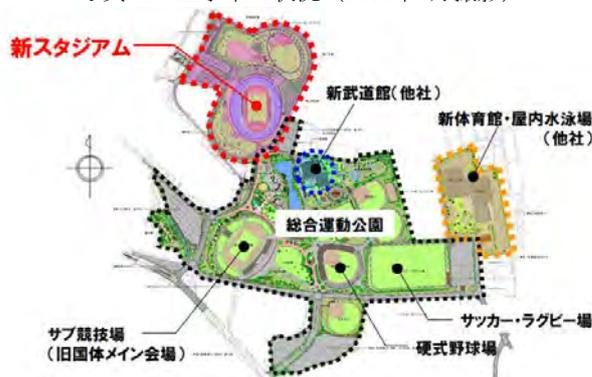


図-1 総合スポーツゾーン整備計画

Ⅲ 大屋根鉄骨工事概要

大屋根鉄骨数量は次の通りである。

- 屋根鉄骨：1,151t
- アーチトラス：418t
- 膜受鉄骨：124t
- 付帯鉄骨：23t
- (全体)：1,716t

大屋根は、6枚の柵の葉を重ねたイメージの「リーフトラス構造」と呼ばれる鉄骨造で、緩やかなうねりのある曲面形状である。大屋根鉄骨は、外周をぐるりと囲む「外周リングトラス」、建物西側のメインスタンドと東側のバックスタンドの屋根荷重を支える「アーチトラス」、うねりのある屋根面を形作る「屋根面鉄骨」から構成されている(図-3)。メイン・バックスタンドは、柵の葉が重なり合うように配置された3本のアーチトラスが屋根面鉄骨の荷重を支え、南北サイドスタンドは、方杖つきの片持ち構造となっている(図-4)。屋根架構全体としては、外周リングトラス(テンションリング)とフィールド側のコンプレッションリングにより釣り合いを保つ構造となっている。屋根を構成する鉄骨部材の多くは丸鋼管で、接合部はほとんどが溶接継手である。

大屋根鉄骨の建方手順は、次の通りである(図-5)。

- STEP1：地組した外周リングトラスをスタンド最上部に載せる。
- STEP2：ペント支保工を組み立て、その上に地組したアーチトラスを載せる。
- STEP3：アーチトラスの上に地組した屋根面鉄骨を載せる(サイドスタンドは、片持ち構造なので、外周リングトラスに接続するのみ)。
- STEP4：本締め・溶接が完了したら一斉ジャッキダウンを行う。ジャッキダウン後、ペント解体及び吊足場の解体を行う。

Ⅳ 課題と解決方法

大屋根鉄骨工事の主な課題は次の通りである。

- ① 3次元曲面架構の製作図チェック、設計者との合意形成
- ② 5ヵ月遅れで着工する鉄骨工事の工程管理
- ③ 技量の問われる丸鋼管溶接と溶接工不足
- ④ 高所でうねりのある3次元曲面形状の精度管理

課題解決するために、さまざまな対策を行ったが、ここでは、次の5つを紹介する。

1. BIMモデル打合せ(①対策)

鉄骨製作図は、通り芯など基準となる面の鉄骨架構や接合部を正対して見た図であるため、当工事のような三次元立体架構の場合、複数の部材が集中する部位の納まりや施工性の確認をすることは難しい(図-6)。また、



図-2 建物南面外観イメージ

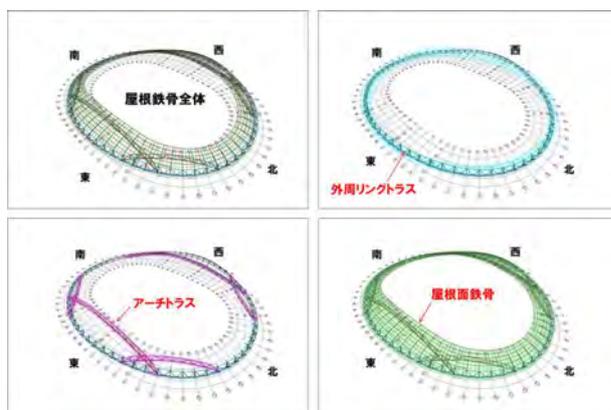


図-3 大屋根鉄骨の構成

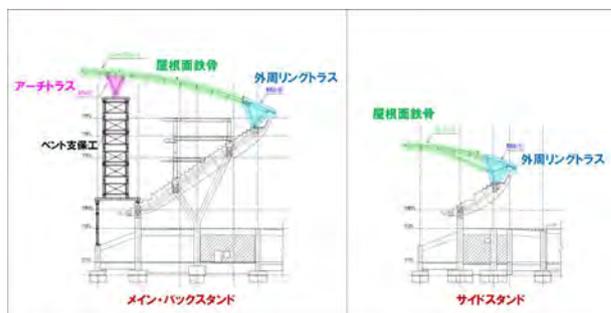


図-4 屋根鉄骨断面イメージ

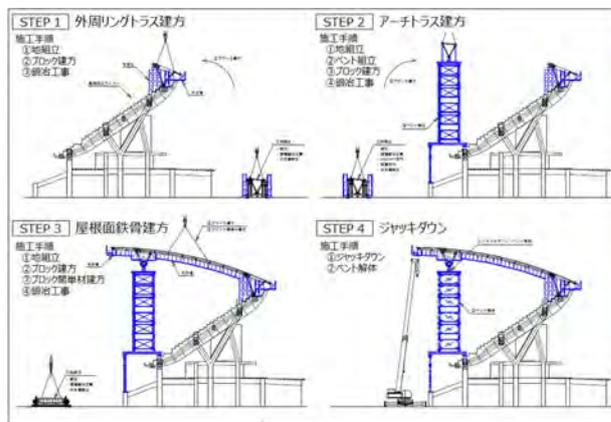


図-5 屋根鉄骨建方ステップ

三次元曲面形状を二次元図面から想像することも難しいため、二次元図面による製作図チェックや設計者との打合せには限界がある。

そこで、当工事では鉄骨ファブが構造BIMソフト「テクラ」を用いて、設計から製作まで一貫通BIMを採用することで、課題解決を図った。すなわち、仮設ピースも含めて、実物詳細モデルをBIMで描き、製作図として二次元出力する前に、三次元モデルを使って工場での組立・加工性や、現場での組立手順を考慮した作業性まで検討するのである。構造設計者による鉄骨納まりや溶接施工性の確認、意匠設計者による付帯鉄骨、二次部材や仮設ピースの見え掛かり確認は、このBIMモデルを会議室のモニタに映し出し（図-7、8）、関係者全員で合意した修正モデルを製作図として二次元出力した。

BIMモデル打合せは、6ヵ月間に合計4回開催し（最終回は鉄骨工事着手3.5ヵ月前）、その後すべての製作図承諾は4ヵ月を要したが、鉄骨搬入に合わせた承諾申請により、鉄骨工事着工に製作を間に合わせる事ができた。

ちなみに、意匠設計者は、観客席からよく見える屋根鉄骨の見栄えを大変気にしており、キャットウォークや照明・音響設備下地などの付帯鉄骨、膜受け鉄骨などの二次部材の形状、大きさなど、すべて三次元モデルで確認した。吊足場用などの仮設ピースも、当初すべて切断するよう指示されていたが、実際の見え方をモデルで確認頂いた結果、すべて残すことで合意を得ることができた。

2. ほとんど地組ユニット化（②③④対策）

当スタジアムの屋根鉄骨は、屋根を構成する鉄骨部材の多くは細径薄厚の丸鋼管で、溶接継手が多い（約2,600箇所）。丸鋼管溶接は、すべての溶接姿勢（下向きF、立向きV、横向きH、上向き0）があるため、技量が必要であるが、現場で鋼管溶接を行う建物が少ないため、全国的に鋼管溶接ができる溶接工は少ない。また、高所で三次元曲面架構の溶接作業を行うのに当たっては、SEQDCの観点から、次のような懸念があった。

- S：高所で不安定な吊足場上での作業となる。
- E：溶接火花や切断加工時の鉄粉が飛散する。
- Q：作業姿勢が悪く溶接欠陥が起りやすい。
- D：盛替えが多く溶接歩掛りが上がらない。
- C：SEQD要因から損益が悪化する。

これらを解決するためには、安定した地上に、作業姿勢よく溶接作業ができるような自立足場を組み立てて工事を進めることが必要と考え、地組ユニット化を検討した。そして、地組ユニット割りは、「できるだけ溶接作業は地上で終わらせること」を念頭に検討した。実施内容は次の通りである。

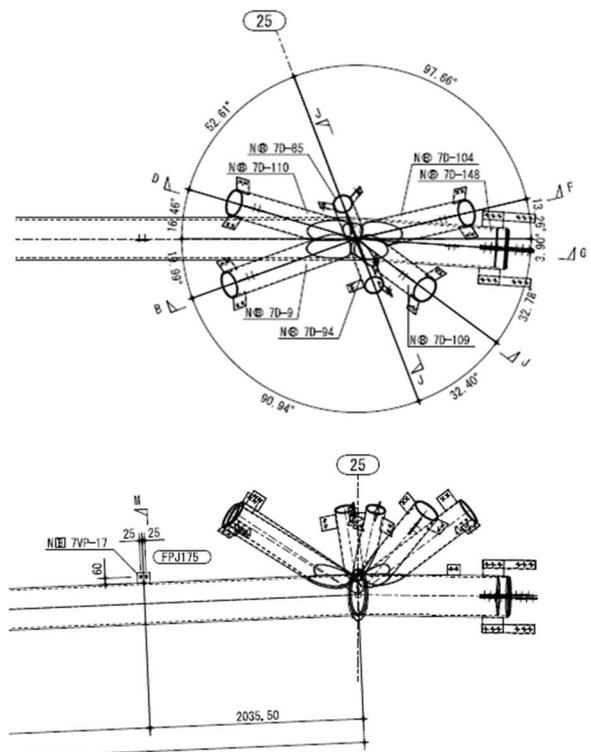


図-6 複数の部材が集中する部位の例（鉄骨詳細図）

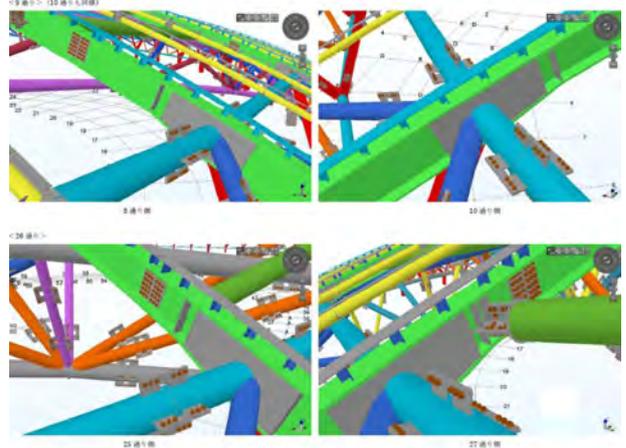


図-7 鉄骨取合い部の確認（BIM）

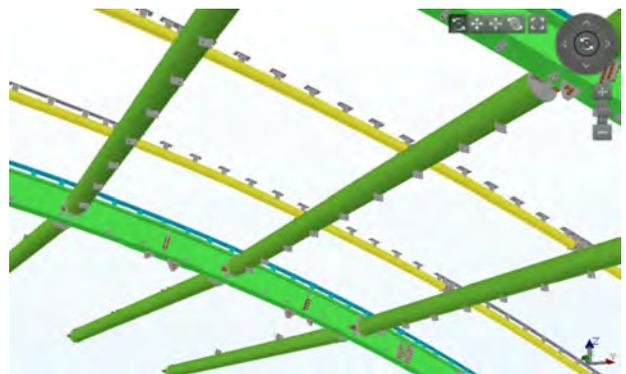


図-8 仮設ピース見え掛かり確認（BIM）

(1) 外周リングトラス

66スパンを2スパンずつに分けた33ユニットを建物外周部で地組し、外周から200tクローラークレーン（以下、CC）（64m斜ブーム）で建方を行い、上空でユニット同士を連結する計画とした（図-9、10）。各ユニットは、放射方向の梁から突き出したブラケット部がジョイントになるため、溶接が完了して立体的に完成した「閉合スパン」と、次のユニットに向けて突き出した「跳ね出しスパン」から構成される（写真-3）。ユニット重量は約20t～25t程度である。

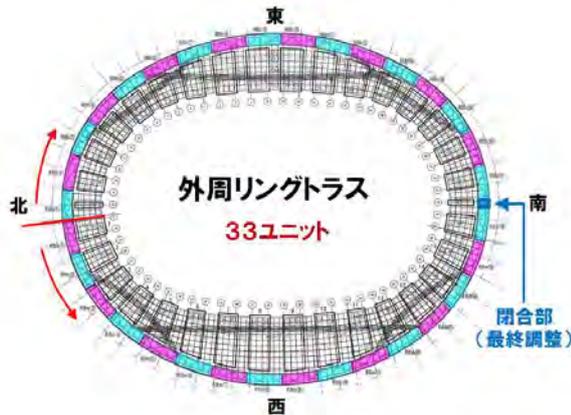


図-9 外周リングトラス ブロック割

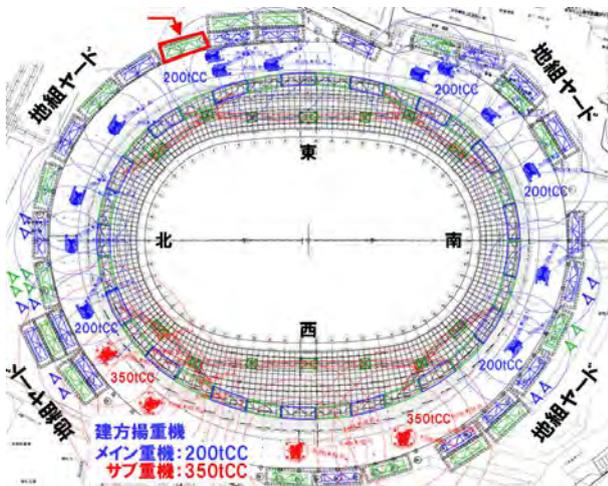


図-10 外周リングトラス 地組ヤード計画



写真-3 外周リングトラス 建方状況

建方精度や溶接ひずみなどからくる建方精度の調整は、各ユニット間で行ったため、北側からメイン・バックスタンド方向に建方を進め、南側で閉合スパン（調整スパン）を計画したが、大きな調整は必要なく建方することができた。

(2) アーチトラス

建方重機で揚重できる大きさに分割し、7基のベント支保工で12ユニットを支える計画とした（図-11）。ベント支柱は、スタンド躯体の柱上に配置し、梁に曲げ荷重が掛からないように配置している（図-12）。ユニット重量は、20t～40t程度で、ベント支保工上で接続する計画である。外周リングトラスと同様に、建方精度の調整は、各ユニット間で行い、6本のアーチトラス中央部にそれぞれ調整スパンを設けた（写真-4）。

地組ヤード計画は、鉄骨工事序盤と中盤以降に分けて計画している（図-13）。工事序盤は、フィールド内でスタンドPC工事が最盛期を迎えており、地組ヤードを確保することができないため、建物北側外周部で地組を行い、建物外周部から350tCCタワー仕様（42mブーム+30mジブ）で建方を行った。スタンドPC工事の工事エリアが北側から南側に移ったところで、フィールド

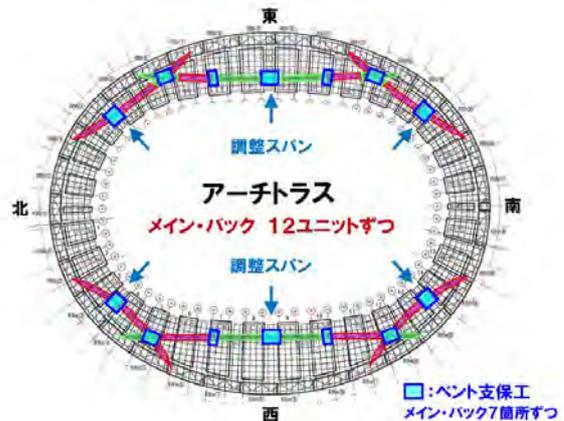


図-11 アーチトラス ブロック割

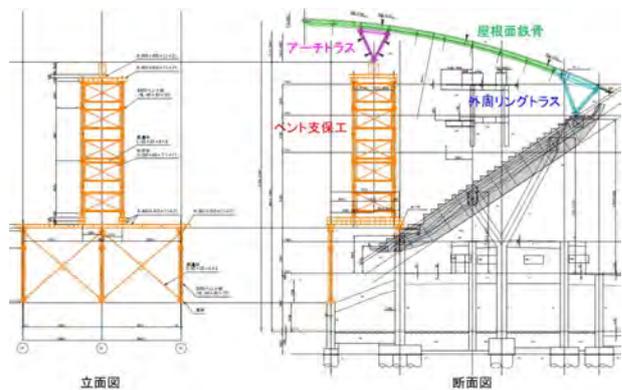


図-12 ベント支保工の例（29通り）

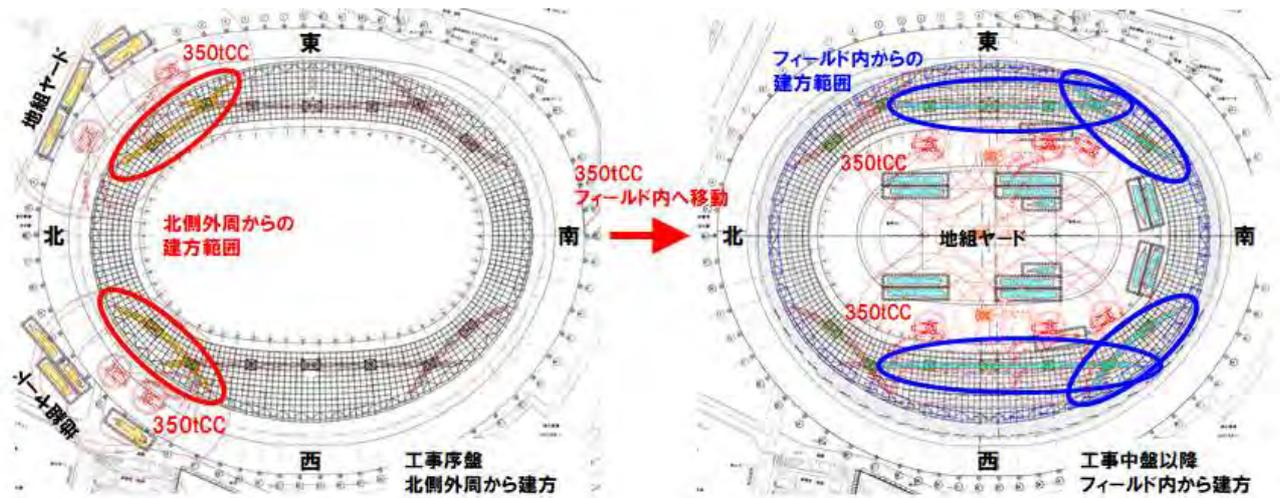


図-13 アーチトラス地組ヤード計画（左：鉄骨工事序盤／右：鉄骨工事中盤以降）

内北側からアーチトラスの地組を行い、350tCCをフィールド内へ移動させ、タワー仕様（42mブーム+30mジブ）、ラフニング仕様（42mブーム+42mジブ）でフィールド内から建方を行った（図-13）。

(3) 屋根面鉄骨

各通り芯の放射方向の大梁2本とつなぎ梁で構成する四角形のユニットを地組し、ボルト本締め・溶接及び塗装まで完了したのちに建方を行った。ユニット重量は、20t～40tである。各ユニットは、正寸を目標に建方を行い、ユニット間のつなぎ梁で精度調整を行った（図-14、写真-5）。つなぎ梁は、溶接接合の場合はルート間隔で、高力ボルト接合のものはスプライスPLで調整を行う計画である。

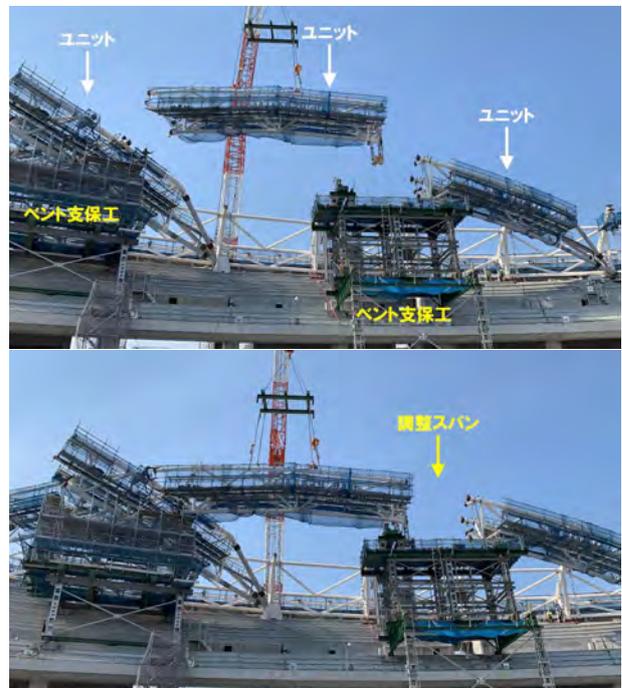


写真-4 アーチトラス 建方状況

屋根面鉄骨の地組は、基本的にはアーチトラスの建方が完了した後に、その地組ヤードを再整備して行うため、大まかにはアーチトラスと同様に、鉄骨工事序盤と中盤以降に分けて計画している（図-15）。ただし、これまでの外周リングトラスやアーチトラスと大きく異なる点は、南北サイドスタンドの屋根は小さく、メイン・バックスタンドの屋根は大きいので（最大・最小ユニットの重量差2倍以上）、工事序盤～中盤は、建物北側と南側外周部で地組を行い、外周から200tCC（64m斜ブーム）で建方を行った。工事中盤～終盤は、フィールド内全域において、建方が完了したアーチトラスの地組ヤードを再整備して、追っかけて地組を行い、350tCCラフニング仕様（42mブーム+42mジブ）でフィールド内から建方を行った。

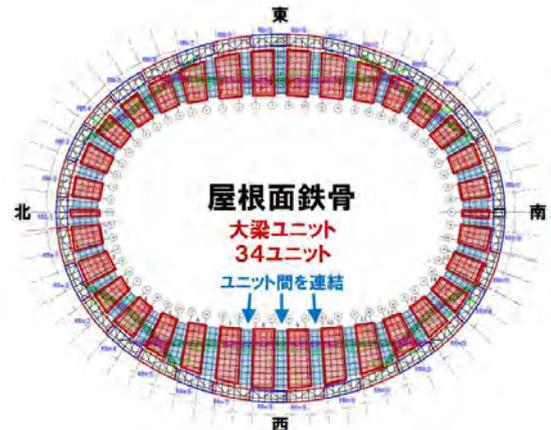


図-14 屋根面鉄骨 ブロック割



写真-5 屋根面鉄骨 建方状況

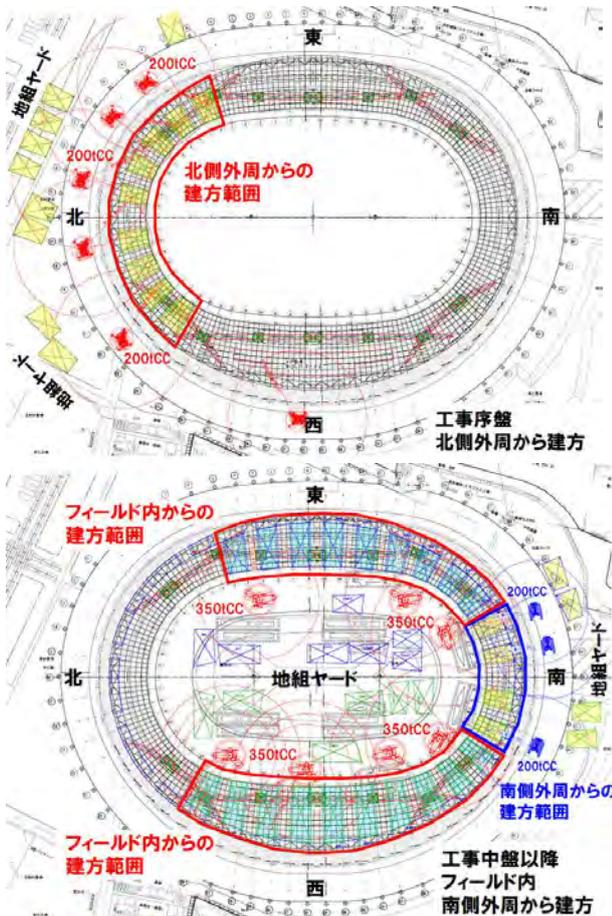


図-15 屋根面鉄骨地組ヤード計画
(上：鉄骨工事序盤／下：鉄骨工事中盤以降)

以上のようにユニット化して地組・建方を行った結果、上空での溶接箇所は約76%削減できた（外周リングトラス：79%削減、アーチトラス：76%削減、屋根面鉄骨：71%削減）。安定した地上の自立足場で、姿勢よく溶接作業ができ、溶接作業時の防風対策や鉄粉飛散対策、塗装養生などの養生設備が大幅に削減できた上に、精度よく立体組みができたので、SEQDCすべてについて効果があったといえる。

3. 先行地組着手（②③対策）

着工時、大屋根鉄骨工事は、2018年9月中旬地組開始、10月初め建方開始予定であったが（図-16）、首都圏のオリンピック関連施設工事によるPC工場の繁忙・納期遅れにより、当スタジアムの上部スタンド躯体工事がおよそ5ヵ月程度遅れていた。上部スタンド円周方向の梁は圧着工法であるため、一周ぐるとPC鋼線緊張が完了し、スタンド構造が安定したのちに屋根鉄骨の荷重をスタンドに載せる（建方を開始する）予定であったが、工程遅延回復のため、構造的な再検討を行い、北側半分の緊張が完了した時点で、北側から鉄骨建方を4ヵ月遅れで開始した（図-17）。一方、スタンド工程遅延に合わせて屋根鉄骨製作工程を遅らせると、屋根鉄骨納期や地組・建方作業の遅れが生じた際に、屋根鉄骨工事工程自体も延伸し、全体工程がさらに遅れることになる。全国的に鋼管溶接ができる溶接工が少ない中で、短期間に多くの溶接工を集めることは困難であることから、確保できる溶接工の数で、全体工期を遅らせない工程管理を検討することも必要である。

そこで、スタンド工事の遅れに関わらず、当初工程1ヵ月遅れで地組開始した。すなわち、3ヵ月前倒しで地組着手したことになる。屋根鉄骨建方を開始した2019年1月時点は、スタンド内部はPC工事最盛期であるが、建物外周の北側半分でリングトラス及びアーチトラス20ユニットを先行地組している（写真-6）。

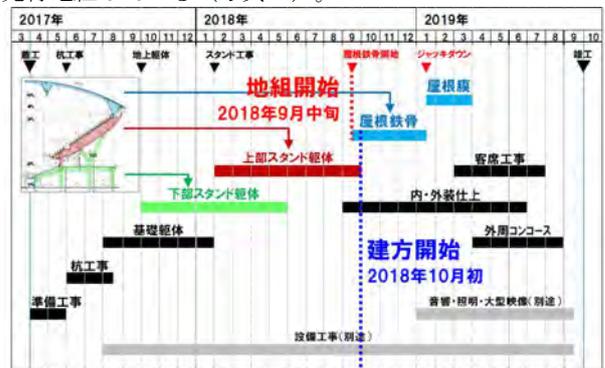


図-16 着工時の全体工程

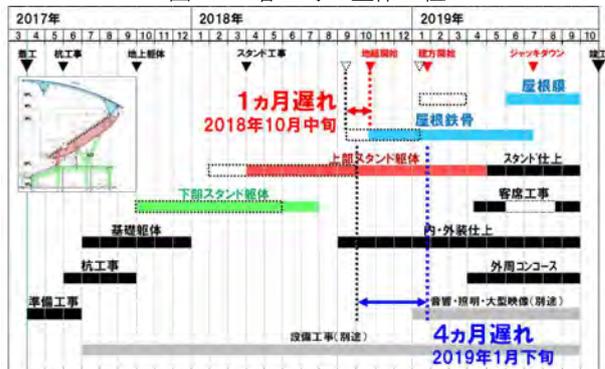


図-17 実際の全体工程



写真-6 屋根鉄骨建方開始時の状況 (2019年1月)

この結果、2019年4月～6月の屋根鉄骨工事最盛期を含め溶接工は10名程度で、鍛冶工及び塗装工も5名及び4名で地組・建方後溶接を完了させることができた(表-1)。労務山崩しが功を奏した結果である。

表-1 鉄骨ファブ合番作業員の平均労務

	2018年			2019年							
	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月
鍛冶工	3	2	3	4	5	5	5	5	5	3	1
溶接工		2	3	6	6	11	10	10	10	13	
塗装工			1	2	2	4	4	4	4	4	8
合計	3	4	7	12	13	20	19	19	19	20	9

4. 鳶工でもできる三次元測量 (④対策)

曲面大空間屋根架構は、基準とする位置にターゲット(レフシートやプリズム)を取り付け、墨出工が光波を使って三次元座標(X・Y・Z座標)の測量を行う「三次元測量」が一般的であるが、三次元測量の経験がない地元の墨出工には高いハードルであった。東京近郊の墨出工は、オリンピック関連施設に加え、工事の繁忙のため、採用できなかった。さらに、当スタジアム内でも、下部スタンドの内装仕上げ工事や、上部スタンドPC工事、VIP棟工事などの最盛期と重なり、大屋根鉄骨工事で使える地元墨出工は4名しかいない状況であった。そこで考えたのが、墨出工を使わずに地組・建方を行う方法である。

外周リングトラスを例に説明する。外周リングトラスは、写真-7のようにうねりのあるトラスを、2スパンずつに切り取り、そのまま地上に降ろした恰好で地組する。図-18は地組計画図であるが、地組の際に精度確認するのは次の①～⑤である。

- ① 脚部の位置 (2箇所)
- ② 通り芯の三角形鉄骨の通り (2列)
- ③ 上・中・下弦材の通り (3本×2スパン)
- ④ 三角形鉄骨から飛び出る上・中・下弦材のブラケット位置 (3本×2)
- ⑤ 屋根面鉄骨を繋げる接合部 (2列)



写真-7 外周リングトラス建方完了状況

すなわち、部材の通りと、接合部の平面位置、高さがわかれば、立体組立ができるので、捨てコン上に投影線を地墨として出し(図-19)、下げ振り、さしがね、スチールテープやスケールなどを使って地組を行うことにした。写真-8及び写真-9は、外周リングトラス及びアーチトラスの地組状況である。相番の墨出し工はおらず、鳶工が位置確認をしている。

建方時も、基本的には部材の通りと接合部の平面位置、高さで組み立てをしていくが、光波でしか測量できない部位は、墨出工の出番である。アーチトラスでは、次のユニットと繋がっていく上・中・下弦材の中心に、ターゲット(レフシート)を貼付け、建方時は離れた位置から2名の墨出工がその中心位置を確認し(1名は上・中弦材、もう1名は下弦材)、無線で建方中の鳶工と合図を行いながら位置調整を行った(写真-10)。屋根面鉄骨は、通り芯上のフィールド側先端部にターゲットを張り付け、建方時は相番墨出し工1名が位置を確認した(写真-11)。

以上のように、下げ振りやスチールテープで測量する方法で地組・建方を進めた結果、常時4名の墨出工のみで鉄骨工事を進めることができた。ただし、地墨図の作図や基準点の三次元座標出しは、鉄骨ファブが作図した鉄骨BIMモデルをArchiCADに取り込み、施工図担当者1名を専任して対応した。

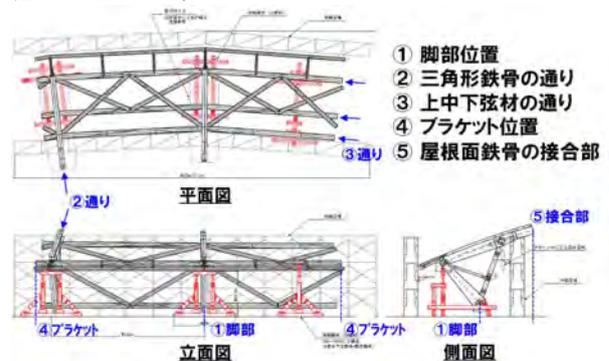


図-18 地組計画 (外周リングトラス)



図-20 高所作業ステージの比較



写真-12 吊足場解体状況 (Sステーション)

以上の結果、工事終盤に、当工事で最も危険だと思われる作業を行ったが、実働工期2ヵ月、無事故で完了させることができた。

V その他事例紹介

1. アーチトラス脚部溶接

アーチトラス脚部（アーチトラスの根元に位置する外周リングトラスの脚部）は鋳鋼で、最大厚さ120mmである。スタンド最上部に埋め込まれた鉄骨と溶接接合する納まりであり、寒冷期の予熱温度管理、多パス溶接に伴うパス間温度管理、寝そべっての溶接作業など、溶接管理には気

を使ったが、100パス以上のビードは、現場視察に訪れた多くの方が感心して写真を撮って帰った程、きれいなミルフィーユ状で芸術的なものであった（写真-13）。

2. 屋根膜工事

当工事の屋根膜「四フッ化エチレン樹脂コーティングガラス繊維布」いわゆる「テフロン膜」であり、表面積は15,652㎡である。2002年FIFAワールドカップに関連した全国的なサッカー場建設工事以来、筆者らにとって久しぶりの大型膜屋根工事である。

通り芯間の1スパンが1つの膜パネルであり、工場で製作した膜パネルは、トイレットペーパーのように巻き取った状態で現場に持ち込み、専用治具と人力で屋根面に展張する（写真-14）。

屋根膜は、屋根鉄骨ジャッキダウンによる鉄骨の変形に追従できないため、ジャッキダウン後に膜工事着手するのが通例である。当工事の場合、スタンド工事の遅れから大屋根鉄骨のジャッキダウンが7月中旬となり、そこから膜工事（約3ヵ月）に着手した場合、後工程となる屋根鉄骨吊足場解体や、直下のスタンド客席工事が10月末の竣工に間に合わないことが予想された。

そこで、南北サイドスタンドは片持ち構造で、建方と同時に形状が安定することに着目した。構造解析で鉄骨フレームの変形が微小であることを確認し、鉄骨ジャッキダウン前先行膜工事を行う計画とした（図-21）。これにより、およそ1ヵ月工期短縮することができ、鉄骨ジャッキダウン後およそ2ヵ月で膜工事を完了させた（写真-15）。



写真-13 アーチトラス脚部溶接

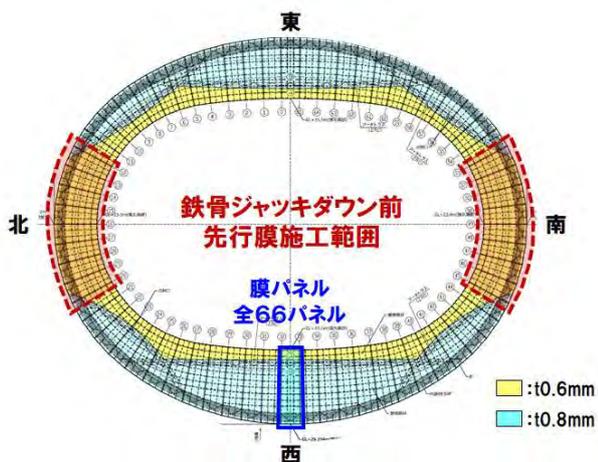


図-21 屋根ジャッキダウン前先行膜施工範囲

場であった。そんな中で、少ない鍛冶工、溶接工、塗装工、墨出工で山崩して工事を進めることができたことは、工程遅延防止だけでなく、損益回復にも効果があった。

また、屋根鉄骨ジャッキダウン前の6月から屋根膜工事に着手することによる工期短縮に加え、鉄骨鷹工や鉄骨鍛冶工による膜工事応援などにより、膜工事最終月だけで出来高50%、怒涛の追い上げができた。

PC工場の繁忙により、大屋根鉄骨開始は4ヵ月遅れたが、工期延伸を回避できたのは、多くの方のご協力をいただいたおかげである。この場を借りて御礼申し上げたい。

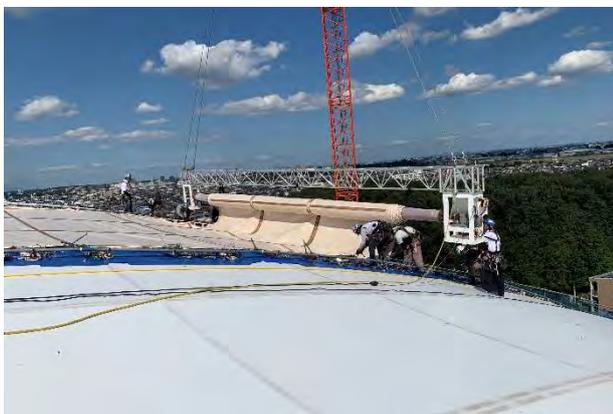


写真-14 膜展張作業状況



写真-15 屋根膜工事完了状況

VI おわりに

大屋根鉄骨工事は、2018年10月に地組着手し、2019年1月に外周リングトラス建方開始した。その後、3月にアーチトラス建方開始、4月に屋根面鉄骨建方開始し、この時点までの鉄骨工事出来高はおよそ59%であった。翌月5月末に外周リングトラス建方が完了し出来高94%、この1ヵ月の鉄骨工事出来高はおよそ35%で、屋根鉄骨工事の山

6. 物流センターのランプウェイ施工における工期短縮

社名： 五洋建設(株)

氏名： 上田 有紀

事例概要

項目	内容
1. 工事概要	
(1) 工事名称	(仮称)ネストロジスティクス西風新都物流センター新築工事
(2) 規模(延床面積、階数)	延床面積:40,560㎡、地上5階
(3) 用途	物流倉庫
(4) 主要構造	S造
(5) 建設地	広島県広島市
(6) 施工期間	2018年11月 ~ 2020年4月
(7) 工事費	4,710(百万円)
(8) 設計者	五洋建設(株)中国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)	・建物配置と接道条件から、倉庫部分より後施工となる直径約55mのランプウェイ部分の工程を短縮する必要があった。
(2) 改善の目的	・ランプウェイ工事の工期短縮と品質確保。
(3) 改善実施内容	① BIMを活用したランプウェイ鉄骨の決定。 ② 多角円形状鉄骨の建入れ直しにおける3次元計測鉄骨建方管理システムの使用。 ③ BIMを活用したコンクリートレベル出し。 ④ 型枠支保工とALC下地の兼用。 ⑤ 傾斜地対応型高所作業車と外部足場からのブラケット足場の利用。
(4) 改善による効果	
・Q(品質)	・車両の通過を考慮した高精度の躯体レベルを確保(①) ・多角円形状の鉄骨建て入れ精度の向上(②) ・コンクリート床レベル及び立上り在来手摺壁の精度向上(③)
・C(コスト)	・墨出し工によるレベル出しに比べ約30%のコストダウン(③) ・棚足場組に比べ約25%のコストダウン(⑤)
・D(工期)	・鉄骨建入れ直し時の時間を約30%短縮(②) ・床コンクリートレベル出し時間を約50%短縮(③) ・現場作業省力化により現場での労務を約70%削減(④)
・S(安全)	・スロープ部で使用する材料の削減により、危険性の減少(④, ⑤)
・E(環境)	・型枠材(支保工)および足場材の搬入・搬出車両削減によりCO ₂ 削減(④, ⑤)
・その他の効果	・現場内の材料削減により、現場内美化に貢献。

物流センターのランプウェイ施工における工期短縮

五洋建設株式会社 上田 有紀

1. はじめに（要約）

本工事は、広島市安佐南区の西風新都に鉄骨造、地上5階建て、延べ床面積約40,000m²のマルチテナント型倉庫の新築工事であった。建物は、倉庫棟・事務所棟と、4フロアある倉庫部分にトラックが自走で乗り入れできる直径約55mのランプウェイ（ランプ棟）を付属する構成である(写真-1)。



写真-1 全景

敷地は丘陵地を切り開いた造成地で、敷地西面の一部に搬入に使用できる前面道路があり、そのほかの敷地境界は造成による法面でアクセスが1か所に制限される形状である。

建物配置は、前面道路正面にランプ棟が配置されており、その奥に倉庫棟・事務所棟が配置されている(図-1)。そのため、施工手順は倉庫・事務所棟の躯体構築後に、複雑なランプ棟の躯体を構築する工程となり、ランプ棟の鉄骨建方開始より4カ月で完了検査を受ける必要がある。

ランプ棟の工事をいかに効率よく進めるかを工事の課題として施工検討を行い、BIMの活用や外壁となるALCの下地の施工方法などの工夫をして工期内に完成させた。ここに、本工事で実施した省力化による工期短縮の取り組みを報告する。

2. 工事概要

工事名称：(仮称) ネストロジスティクス西風新都物流センター新築工事

工事場所：広島県広島市安佐南区伴南2丁目8005-4他

主要用途：倉庫業を営む倉庫

発注者：ウエストプラム特定目的会社

設計者：五洋建設(株)中国支店一級建築士事務所

工事期間：2018年11月1日から

2020年4月30日(延べ18カ月)

敷地面積：23,325.51m²

建築面積：10,408.12m²

延床面積：40,560.44m²

構造規模：鉄骨造、地上5階建(倉庫4階)

最高高さ：31.9m

ランプウェイ：幅員11m、外周直径55m

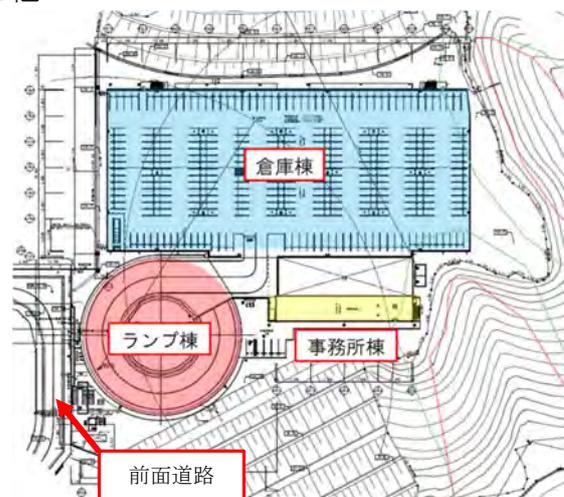


図-1 建物配置

3. 施工上の問題点と検討事項

建物は、屋上駐車場を併設した4階建の倉庫棟・5階建の事務所棟・屋上駐車場まで車両がアクセスできる外周約55mのランプ棟からなり、敷地いっぱいに配置されている(図-1)。工事に使用できる搬入路は、ランプ棟西側の前面道路のみであり、複雑なランプ棟の躯体構築が倉庫棟・事務所棟の後施工となる工程となることから、ランプ棟の鉄骨建方開始後4カ月で完了検査を受検する必要がある。また、ランプ棟の鉄骨建方は、その敷地条件の制限から建て逃げする必要があり(図-2)、複雑なランプ棟の建方精度の向上が求められた。そこで、精度を確保した上で手戻りなく工事を進めるために、以下の点について省力化による工期短縮を検討した。

- 1) 複雑なランプ棟のBIMモデル作成とその有効利用
 - ・設計図のBIMモデルを作成
 - ・BIMモデルの鉄骨製作図、施工図への活用
 - ・施工段階でのBIMモデルの活用(鉄骨建方、コンクリートレベル管理)
- 2) ランプウェイ床端部の型枠支保工と下がり壁ALC下地鉄骨の兼用
- 3) 傾斜地対応型高所作業車を用いた内部足場の削減

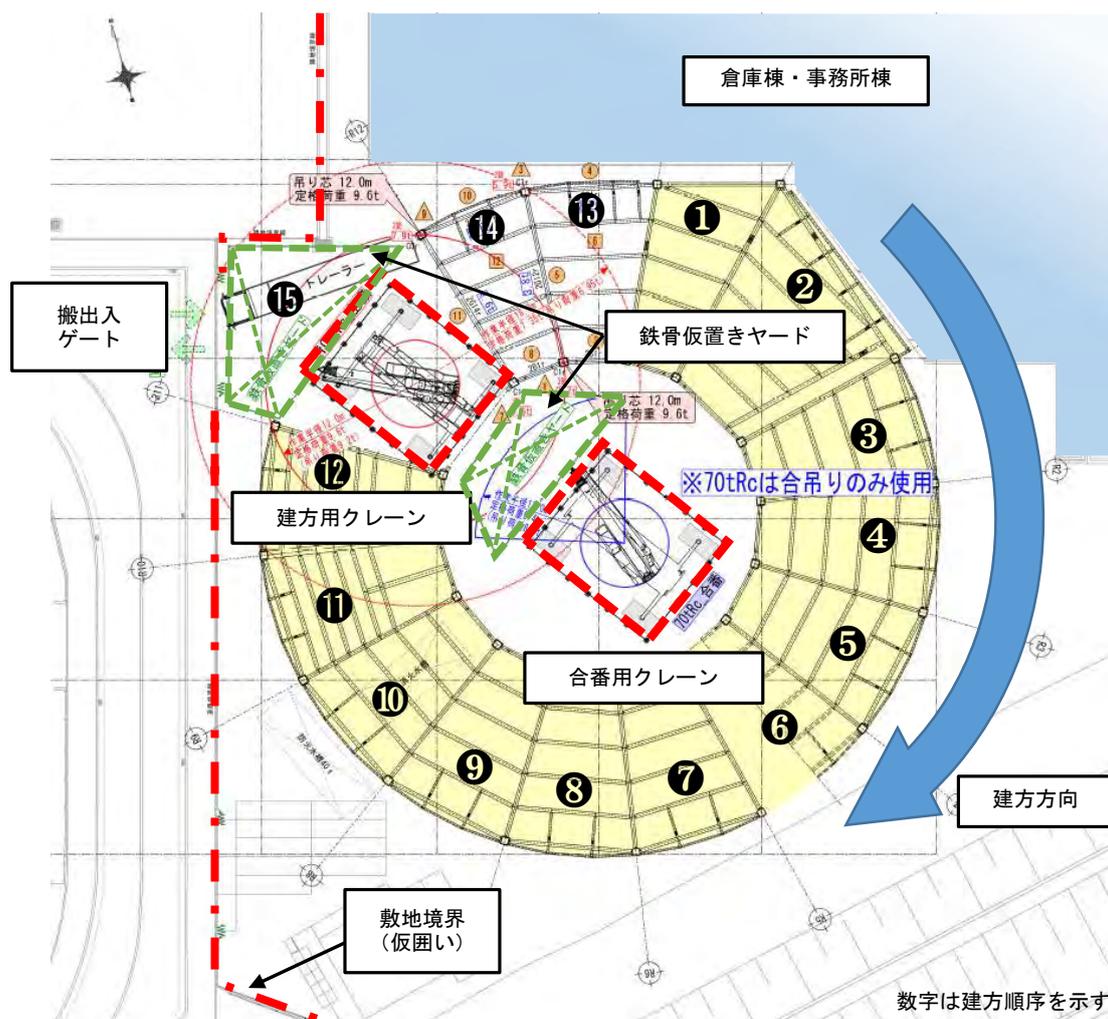


図-2 ランプ棟鉄骨建方計画

4. 省力化の施工

「3. 施工上の問題点と検討事項」における項目ごとの施工方法とその工夫について述べる。

1) 複雑なランプ棟の BIM モデル作成とその有効活用

図-3 にランプ棟躯体の施工フローを示す。

- ① 設計データを BIM モデル化した。曲面スラブのレベルと梁位置の関係を洗い出し、スラブの断面欠損・スロープ部分各所の有効高さ・倉庫棟及び進入路の水勾配の取り合いなどを検討の上、スラブレベルおよび鉄骨部材の正確な位置を確定し BIM モデルに反映した。
- ② これらの BIM モデルを基に鉄骨製作図と施工図の作成、鉄骨製作工場は、BIM モデル対応の CAD を使用した。また、床勾配について施工図レベルの BIM モデルを作成し、スラブ面へレベルポイントの計測点を生成した(図-4)。

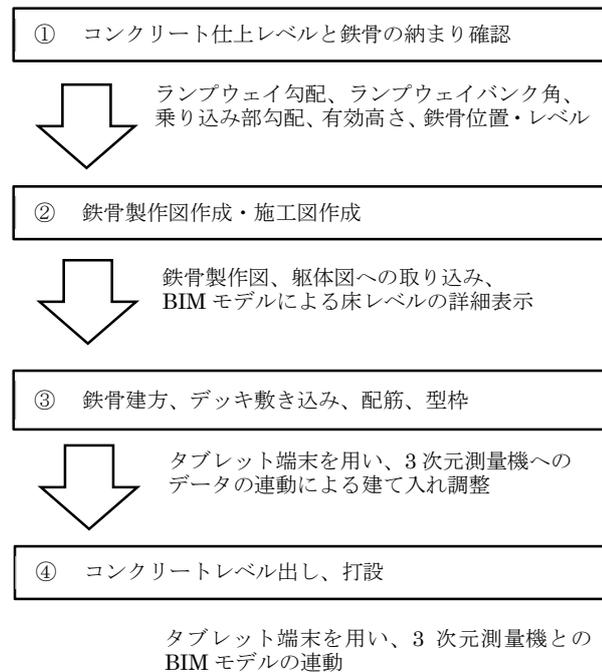


図-3 ランプ棟躯体施工フロー

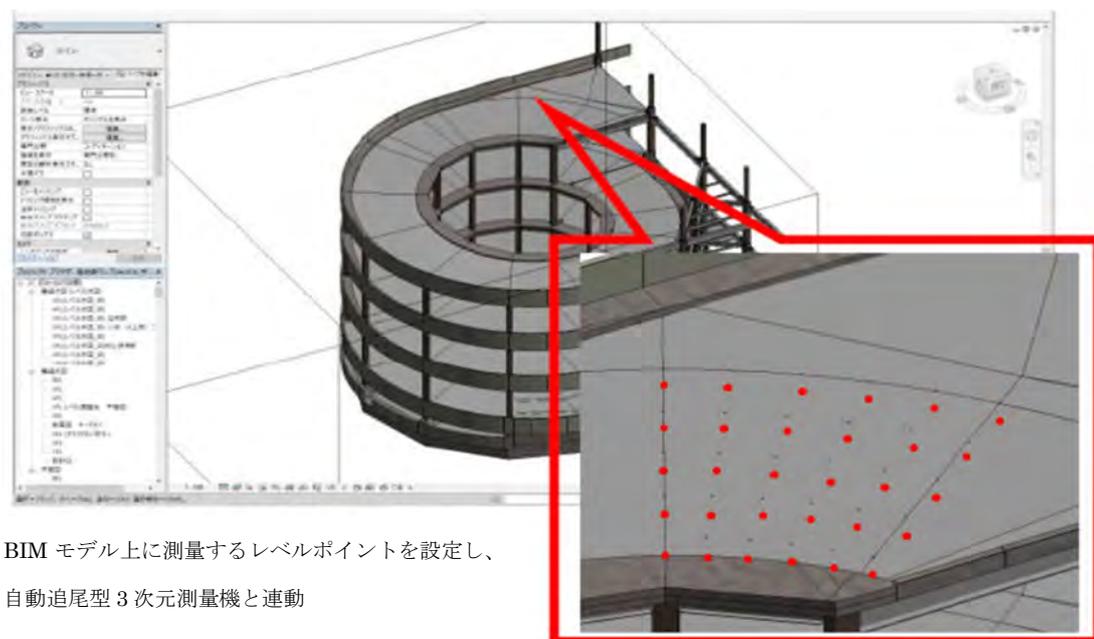


図-4 BIM モデルにレベルポイントの設定

- ③ 鉄骨建方時の建て入れ調整に自動追尾型 3 次元測量機を用いた鉄骨建方管理システムを使用した。鉄骨図データを取り込んだタブレット端末に自動追尾型 3 次元測量機のデータをリアルタイムに表示して建て入れ調整を実施したことにより測量員を削減した。
- ④ コンクリート打設前のレベル出し作業には、クラウドにより BIM モデルをタブレット端末と連動し常に最新データを現場で保持した。自動追尾型 3 次元測量機によるプリズムの計測データをタブレット端末で確認しながら、3 次元のコンクリート天端高さの設置を作業員 1 人にて実施した(図-5,写真-2,3)。



図-5 コンクリート打設前のレベル設置作業



写真-2 コンクリート打設中(1)



写真-3 コンクリート打設中(2)

2) ランプウェイ床端部の型枠支保工と下がり壁 ALC 下地の兼用

設計では、ランプウェイ床端部は、外周部鉄骨より跳ね出しており、各層毎のコンクリート打設時に支保工が必要な形状である。当初は、縦方向に連続する跳ね出しスラブとコンクリート手摺壁の打設について外部足場を支保工化する計画であった(図-6)。

また、外周部鉄骨の目隠しとして、コンクリート手摺の下に ALC の下がり壁が配置されており、跳ね出しスラブの支保工を解体後、外周鉄骨に ALC 定規アングル下地を取り付け、ALC 取り付けの工程となる。

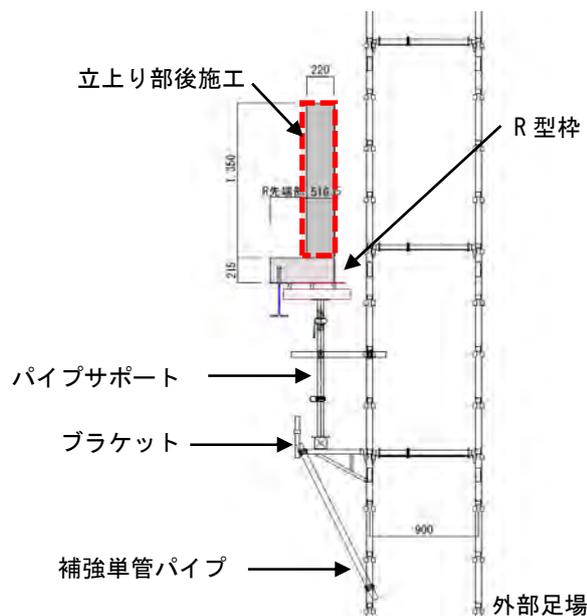


図-6 コンクリート支保工計画（当初案）

これらの工程を短縮するため、外周小梁の上フランジ下にスラブ支保工用の鉄骨を取り付けた。ALC の定規アングル取り付け用の下地とできる位置に、ボルトジョイントを設け鉄骨施工と同時に取り付けた。スラブ支保工兼 ALC 定規アングル下地は、 $[-100 \times 50 \times 5 \times 7.5 (@600 \text{ or } 450)]$ とし、ジョイントは 2-M16 とすることでコンクリート打設時の荷重による部材の回転を防止した。なお、小梁の下フランジには ALC の定規アングル取り付け下地の一部となる $L-75 \times 75 \times 6 (@600 \text{ or } 450)$ も先行取り付けしている(図-7,8)。

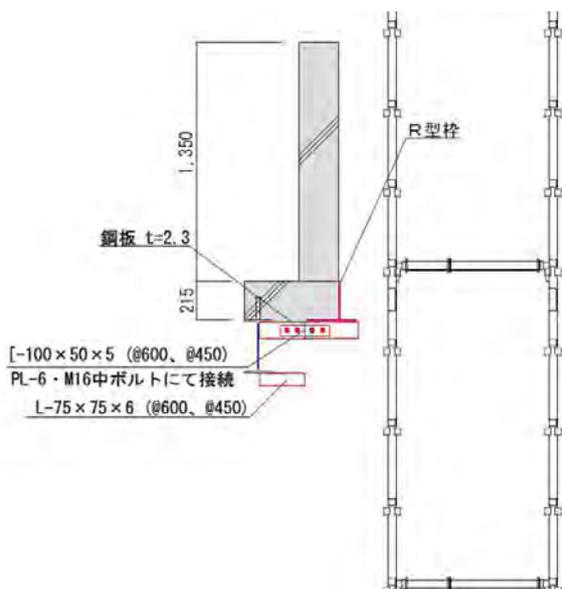


図-7 鉄骨先付けピース（スラブ打設時）

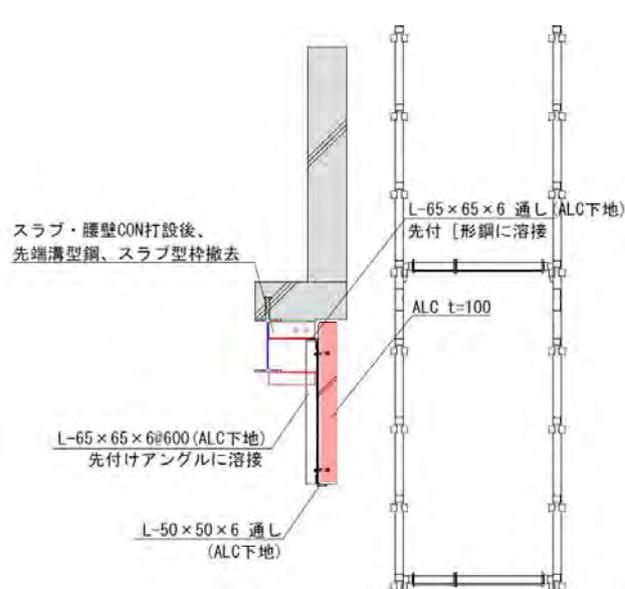


図-8 鉄骨先付けピース（ALC 取付時）

3) 傾斜地対応型高所作業車を用いた内部足場の削減

ランプウェイ鉄骨の耐火被覆及び電気工事の施工について、当初、内部足場を組み立てて作業床を設置し施工する計画を検討したが、工期及びコストがかさむため、傾斜地対応型の高所作業車を利用して施工した(写真-4)。ただし、傾斜地対応型の高所作業車はテーブル式で、跳ね出しステージも取り付いていないことから、外周部などの作業は不可能のため、外部足場を利用した作業足場を設けることで対応した(写真-5)。



写真-4 傾斜地対応型の高所作業車



写真-5 外部足場を利用した天井作業用足場

5. 省力化の施工による効果

以下に各施工項目による現場での効果を示す。

1) 複雑なランプウェイ棟の BIM モデル作成とその有効利用

- ・設計図の BIM モデルを作成

BIM モデルを利用することで、部材の干渉や断面欠損などの問題点がわかりやすく迅速な意思決定ができた。

また、正確な位置決定が可能のため施工精度の向上につながった。

- ・BIM モデルの鉄骨製作図、施工図への活用

BIM モデルを鉄骨製作図、施工図へ活用することにより作図スピードアップにつながった。

- ・施工段階での BIM モデルの活用

多角円形の鉄骨建て入れ直しに 3 次元計測を行う鉄骨建方システムを使用することで、複雑なランプウェイ鉄骨の建て逃げ施工において、建て入れ直しの精度が向上し、時間を約 30%短縮できた。

BIM モデルと自動追尾型 3 次元測量機を連動させ、3 次元の勾配スラブのコンクリート床レベル出しについて、在来の墨だし工による方法に比べ約 30%のコストダウンと、約 50%の作業時間の短縮ができた。

2) ランプ手すりの型枠支保工と下がり壁 ALC 下地鉄骨の兼用

仮設（支保工）・型枠・ALC 下地工事により現場での労務を約 70%削減できた。

支保工材としての足場材や型枠支保工材の搬出入車両削減ができ、現場内の仮設資材が削減された。

3) 傾斜地対応型移動式高所作業車を用いた内部足場の削減

勾配スラブ上に棚足場を設ける工法に比べ、仮設費が約 25%削減されるとともに、足場材が削減されることにより現場内の安全性が向上した。

6. おわりに

本工事における施工時期は、全国的に労務・資機材の調達が厳しい時期と重なり、1 つの工程のずれが引渡し納期の遅れにつながるとの危機感を持ち、精度の向上と省力化に関する検討を綿密に行った。検討を反映した施工計画と施工により、ランプウェイを短工期で遅らせることなく竣工できたと考える。

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。

7. BIMによる3次元曲面を有する建物の施工管理報告

社名： 佐藤工業(株)

氏名： 村橋 賢司

事例概要

項目	内容
1. 工事概要	
(1) 工事名称	新砺波図書館整備事業(建築主体工事)
(2) 規模(延床面積、階数)	延床面積: 3,342㎡、地上2階
(3) 用途	図書館
(4) 主要構造	RC造、屋根S造
(5) 建設地	富山県砺波市
(6) 施工期間	2018年7月～2020年7月
(7) 工事費	1,325(百万円)
(8) 設計者	三上建築事務所、押田建築設計事務所建築関連業務共同企業体
2. 改善概要	
(1) 問題点・背景 (施工上あるいは従来工法の問題・課題など改善前の状況)	・屋根の形状が特殊(捻じれた屋根と3次元曲面の内部天井)であり、形状の把握や品質管理が困難。
(2) 改善の目的	・可視化によって、形状の把握や品質管理の向上を図る。
(3) 改善実施内容	・複雑な納まりに対して、BIMを使用することにより、施工図のチェックと現場の数値管理を行った。
(4) 改善による効果	
・Q(品質)	・3次元管理により、品質を確保できた。
・C(コスト)	・複雑な納まりの木天井の歩掛が3割削減。
・D(工期)	・-
・S(安全)	・-
・E(環境)	・-
・その他の効果	・地域の人々に見栄えが良く高評価。 ・若手職員の現場管理の積極的参加等、時短に貢献し、職員の年齢層のバランス崩壊の問題を解消。

BIMによる3次元曲面を有する建物の施工管理報告

佐藤工業株式会社

村橋 賢司

要 旨

本工事は、砺波市が行う大型整備事業の中で最後になる、老朽化した図書館の建替え計画です。蔵書数30万冊を計画しており、富山県内の図書館でも上位の所蔵数を誇ることになります。新図書館のコンセプトで、「ランドマークになる大きな屋根」は捻じれた屋根でカラーステンレスの縦ハゼ葺き、また、「ワンルームの内部空間」は天井が3次元曲面で構成された杉板貼りとなっています。

この2つの特徴を満たすために屋根の構造は鉄骨造となり、施工するにあたり、捻じれた屋根の母屋施工、3次元曲面の天井仕上げ及び天井とAW建具の取り合いチェックをBIM活用により施工管理した報告です。

工事概要

工事名称：新砺波図書館整備事業

(建築主体工事)

発注者：砺波市

設計・監理：三上建築事務所・押田建築設計事務所

建築関連業務共同企業体

施工者：佐藤工業(株)北陸支店

工期：平成30年7月2日～令和2年7月30日

敷地面積：7,446.84 m²

建築面積：2,819.48 m²

延床面積：3,342.62 m²

構造規模：RC造（屋根S造） 地上2階

責任者：村橋 賢司

所在地：富山県砺波市幸町地内

1. はじめに

設計コンセプトは下記の3項目です。

1 「ランドマークになる大きな屋根」 (図-1)

国道沿いに表情を見せる一枚の屋根がワンルームの空間を覆います。西風と西日を遮りながら、国道沿いのランドマークにします。

2 「ワンルームの内部空間」 (図-2)

動から静へと緩やかに連続する大きなワンルームが、多彩な活用ができるフレキシブルな空間を実現します。

3 「イニシャルコストとランニングコストの低減」

次に建物の内観パースを図-3、4、外観パースを図-5に示します。

大空間部分の天井は、杉板(48×12)目透かし貼り仕上げで3次元曲面を描いています。また、外観からは、一枚の大きな屋根が見て取れます。

図-1の屋根伏からわかるように形状が不等辺四角形となっており、これが屋根を捻じらせる要因です。これらの捻じれた大屋根、3次元曲面の天井の実現とその形状に影響されるAW建具、軒先金物の納めを、BIMを活用した図面チェックから施工管理・施工完了までのプロセスを報告します。

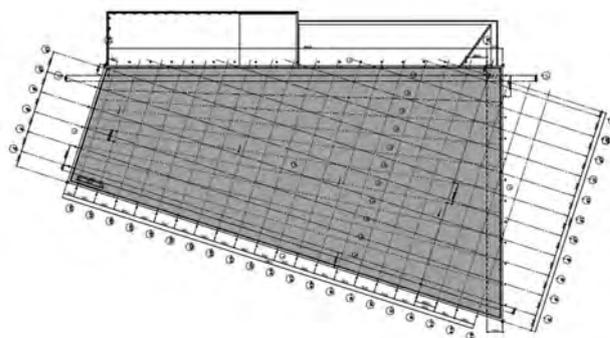


図-1 屋根伏(捻じれた一枚の大屋根)

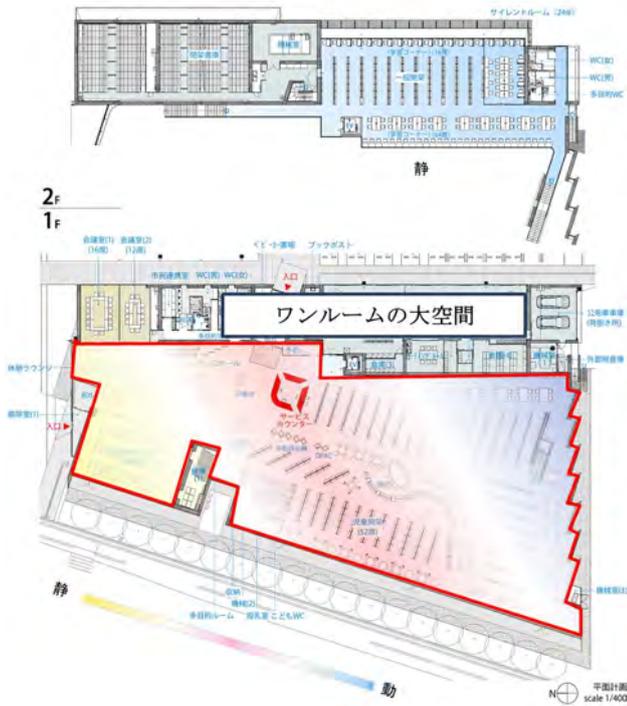


図-2 内部コンセプト解釈



図-3 内観パース 休憩ラウンジ(動エリア)
(3次元曲面の天井)



図-4 内観パース 一般開架(静エリア)



図-5 外観パース 国道から望む

2. 工事概要

建物の延床面積は3,342.62m²あり、ほとんどが1階の一般開架(休憩ラウンジ・エントランスホール・多目的会議室を含む)に該当し、その全てを覆うのが一枚の大屋根であり、3次元曲面を有する天井となります。

2.1 屋根形状概要

水下の詳細を図-6、水上の詳細を図-7に示します。各々の軒先基準レベルは水下で1FL+2,850mm、水上では1FL+11,550mmです。

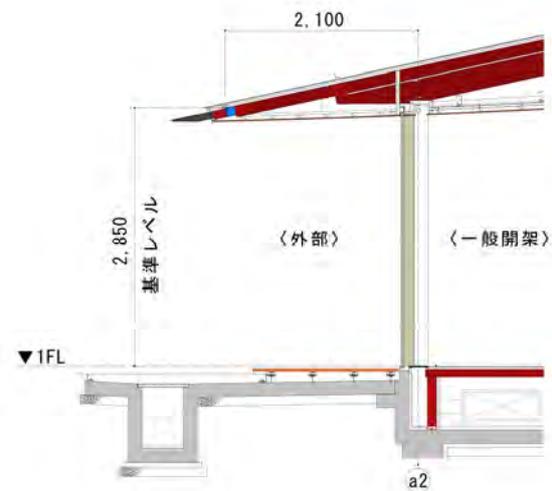


図-6 屋根水下詳細

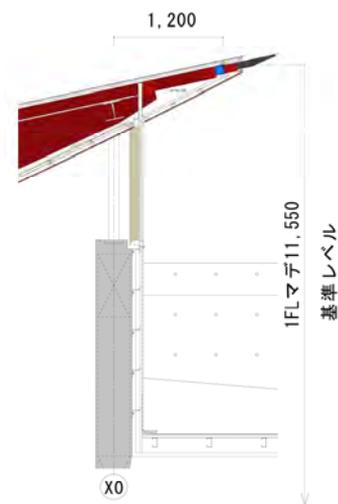


図-7 屋根水上詳細

立面で示すと図-8となり、青い部分が捻じれた屋根となります。屋根仕上げは、厚さ0.4mmのカラーステンレス縦ハゼ葺きとなっています。

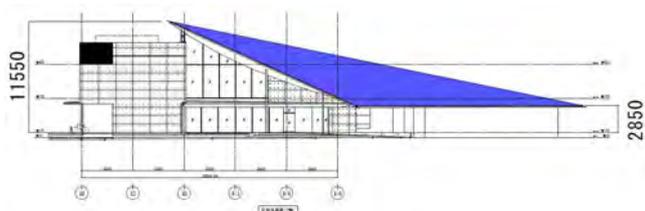


図-8 北側立面

2.2 天井形状概要

天井の形状は図-9の通り、b-6からb34にかけて緩やかに変化しているのがわかります。

図-10は内部立面を示します。水色部分が3次元曲面となり、天井の仕上げは、杉板(48×12)目透かし貼りとなっています。



図-9 長辺方向断面



図-10 内部立面

3. 工事計画

これらの捻じれた大屋根と3次元曲面天井の骨格が、鉄骨トラス梁です。図-6、7に表した通り、水上・水下の軒先の基準レベルが一定で、妻側のトラス梁が、北の方が短く、南の方が長い構造になります。

この特殊な条件を満たすため、平面図・立面図からでは、施工にあたり情報が少ないため、BIMを活用した表現を試みました。その初期のモデルを図-11、12に示します。これらのモデルから屋根も天井も捻じれていることがわかり、イメージしやすくなりました。さらに屋根に着色し、小口を付けたものが図-13、14です。



図-11 初期のモデル1

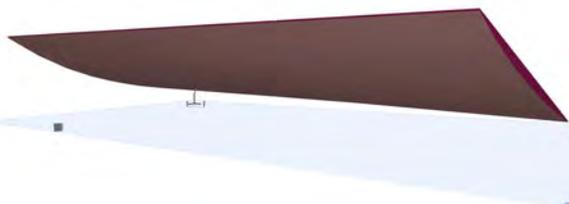


図-12 初期のモデル2



図-13 屋根に小口を取り付けたモデル1



図-14 屋根に小口を取り付けたモデル2

図-15、16に示すように、屋根・天井以外にも3Dモデル化し活用しました。このモデルには鉄骨の3Dモデルも合成しています。



図-15 外観モデル

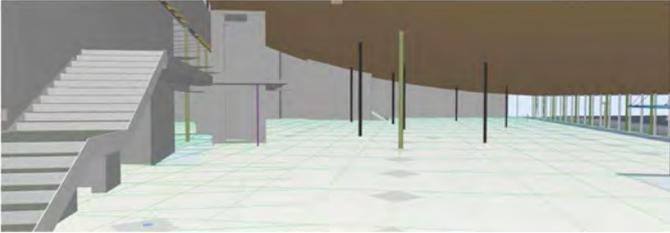


図-16 内観モデル

3.1 鉄骨工事計画

鉄骨は内部の曲面天井の下地を兼ねているため、トラス梁の下弦材は弧を描いています。設計図書によると、弧の半径は2種類存在します。構造図の軸組みでは、そこまでの情報はなく、意匠図のみに記載されているため、天井仕上げ面より逆算して鉄骨の下弦材の弧の半径と梁せいの設定をしました。

図-17は各通りの天井の曲面を設定するためのモデル、図-18は各通り上弦材・下弦材の芯々間距離を記した断面です。鉄骨製作図のチェックはこのルールを基に行いました。

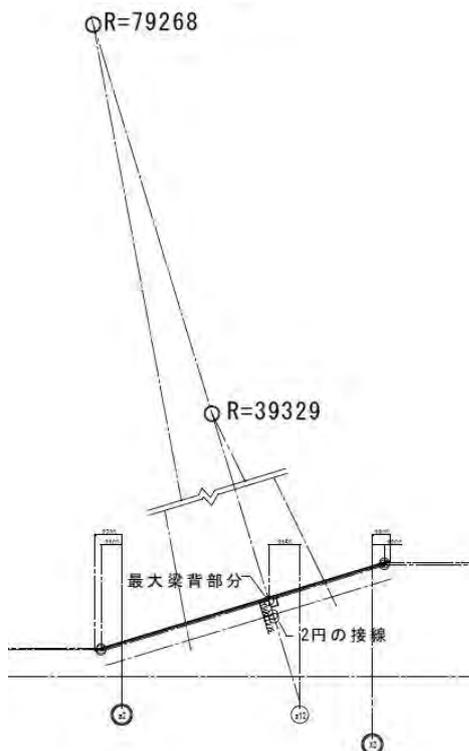


図-17 天井仕上げラインのモデル

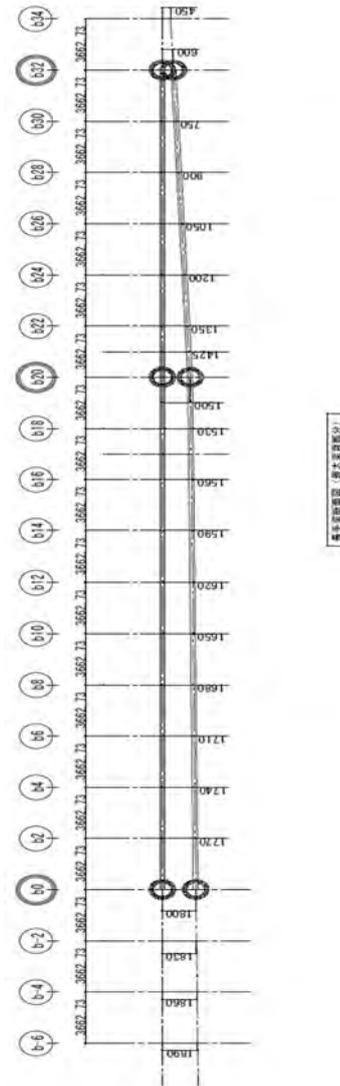


図-18 長手梁断面(最大梁せい部分)

3.1.1 鉄骨部材と仕上げ材の干渉確認

大きな骨組みの寸法確認の次は、各部材の仕上げとの干渉確認です。屋根面については、上弦材のレベルの確認が终れば、母屋材は本体部材とのクリアを設定して完了です。しかし、天井は柱を受けるためのプレートの干渉やトラス材と軒天の干渉の有無等の確認が必要でした。

図-19は、柱のガセットプレートが天井仕上げからはみ出しているのが確認でき、BIMを使用することで容易に干渉部分が視覚化され、鉄骨製作図チェックも省力化が可能となりました。この干渉部分については、構造設計と協議を行い、ガセットを天井内に納めても構造計算上問題ないことが確認できました。

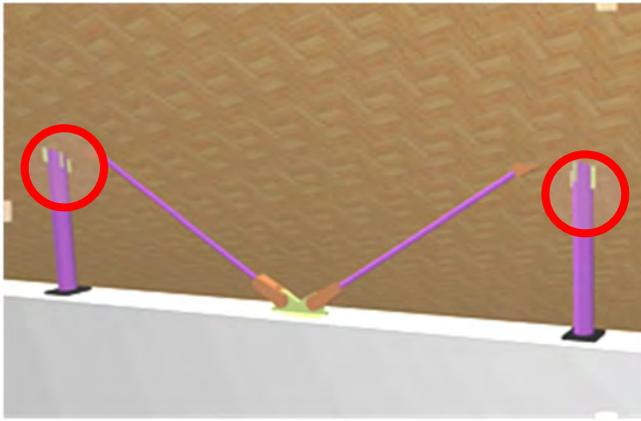


図-19 柱と天井の納まり確認

鉄骨製作過程を実際に確認することが重要だったため、鉄骨ファブも3DCADを使用し、また図面承諾後の鉄骨製品検査も5回行いました。鉄骨製作日数は、約5か月掛かっています。鉄骨ファブでの製作状況を写真-1、2に示します。

写真-1は、トラス梁を原寸場で仮組している状況です。実際に仮組みをして、トラス梁の長さ、ガセットプレート取り付け位置の確認を行います。

写真-2は、梁に取り付くガセットプレートです。すべての寸法が異なり、写真からわかるように相当の数量がありました。



写真-1 鉄骨製作状況1



写真-2 鉄骨製作状況2

3.1.2 鉄骨建方計画

鉄骨建方計画をするにあたり、問題点の抽出を行いました。

3.1.2.1 鉄骨トラス梁と柱の取り合い

鉄骨接合部で梁と柱の取り合いが特殊な納まりになっています。

柱リストを表-1に、柱キープランを図-20に示します。ボルト接合で計画すると接合部が大きくなり、天井仕上げ面からはみ出してしまうため、柱とトラス梁は、全て現場溶接（隅肉溶接）での接合となっています（図-21）。

また意匠上、柱のサイズは大きくはなく、建方時柱を建てて、その柱にトラス梁の重量を乗せ、直ぐに溶接というわけにはいかず、建方を進めていくためにはトラス梁を設計位置に保持する必要があります、それらのことも含めて建方フロー（初期）の作成に入りました。

鉄骨建方の主な手順は以下となります。

- ① 柱建方
- ② トラス梁地組（分割搬入のトラスを地組し1本にする）
- ③ 梁架け
- ④ ボルト締め
- ⑤ 柱位置確認
- ⑥ 柱溶接

通常のラーメン構造であれば、柱を先行で建て、梁で繋いで安定グリットを形成し建て方を進めていきますが、本件は、特殊なトラス構造となり、基本フローに肉付けをする必要があります。

表-1 柱リスト

柱記号	サイズ	個所数
SC1	○-216.3×12.7	4
SC2	○-216.3×8.2	1
SC3	○-165.2×11.0	4
SC4	○-114.3×6.0	18
SC5	○-139.8×9.5	4
SC6	FB-55×150	15
合計		46

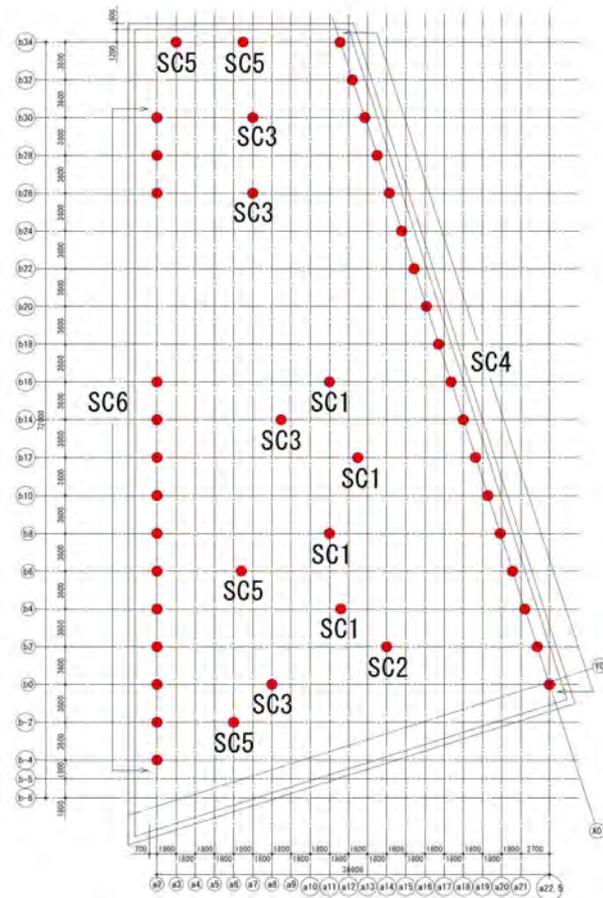


図-20 柱キープラン(1・2階合成)

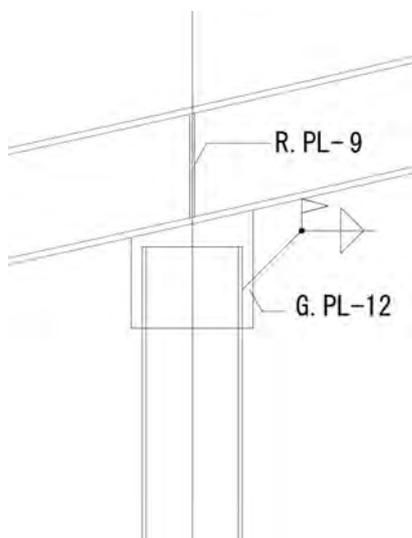


図-21 トラス梁詳細(例SC2)

3.1.2.2 トラス梁の固定方法(ベント工法)

3.1.2.2.1. 仮ベント

施工フロー(初期)③梁架けをするにあたり、仮に梁を設計位置に保持することは前述しましたが、今回は、ベント工法を採用しました。図-22にベント配置を示します。基本的に梁は、3か所の仮ベントで受ける計画とし、配置は鉄骨ジョイントの位置、鉄骨柱の位置及び天井下地用のガセットの位置も考慮しました。

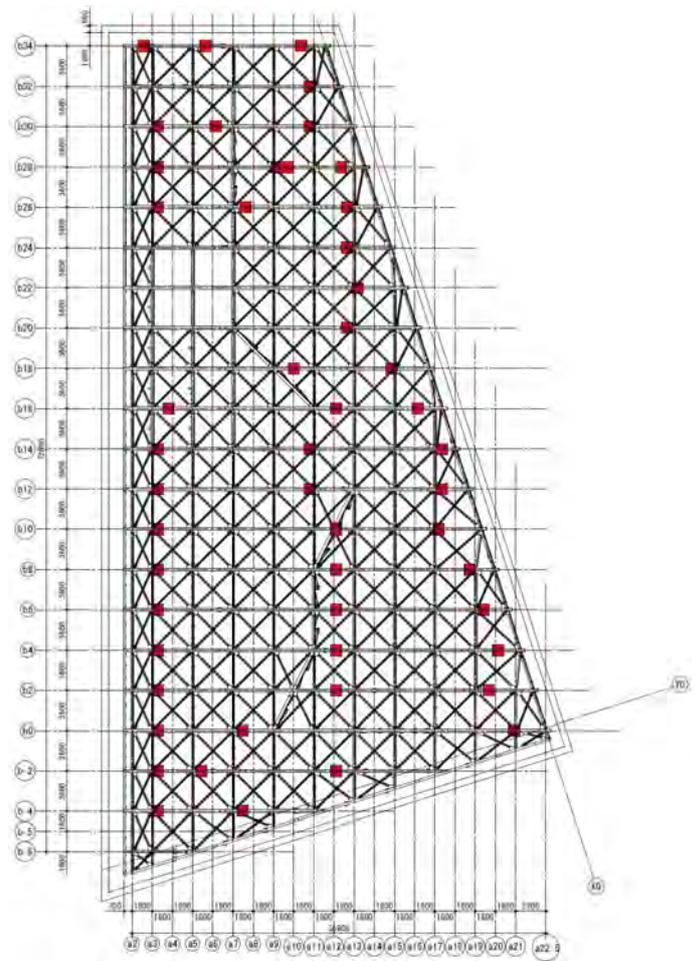


図-22 仮ベント配置

また、仮ベントの構造は鳥居枠を選定しました。仮ベントの断面詳細を図-23に示します。

仮ベントの大きさは、下弦材の梁巾が250mmから、鳥居枠は幅・長さとも914mmで計画しました。鳥居枠を使用することにより、一箇所の仮ベントで2点受けすることができます。トラス梁下弦材は曲面を描いているため、一箇所の仮ベントで高さが2種類存在します。

実際に仮ベントを設置するときは、墨出しを行い組立てましたが、梁受けポイントの精度を出すために建方予定前日に、仮ベントの高さの確認をオートレベルで、キャンバーの位置を光波距離計で測量し微調整しました。



写真-3 実際のキャンバー

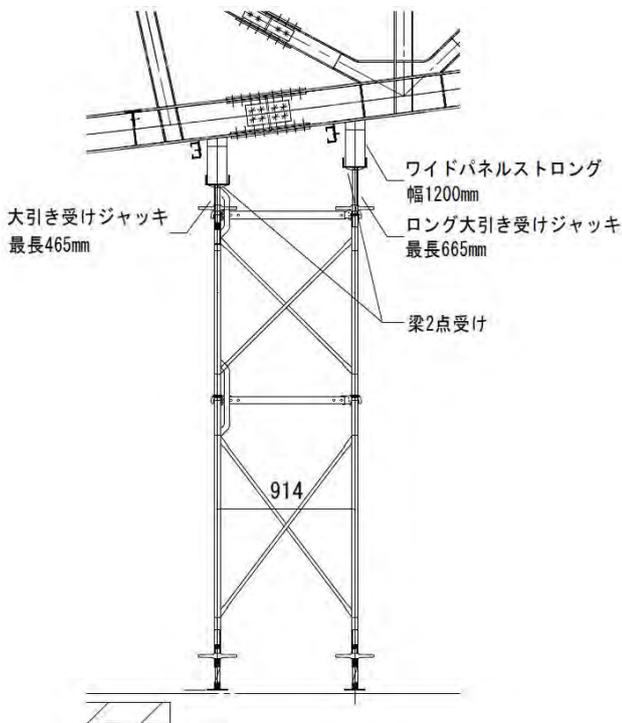


図-23 仮ベントの断面詳細

3.1.2.2.2. 木製キャンバー

受材は、梁が滑動しないように木製のキャンバーを選定しました。設置状況を写真-3に示します。

トラス梁下弦材の曲面半径が各通りで異なるため、100か所あるキャンバーが全て異なる寸法となりました。また、キャンバー製作者と事前打合わせを行い、製作精度を3mm以内とし納入時には全数検査を実施しました。

3.1.2.3 フローチャート(最終)

最終的なフローは下記になります。

- ① 準備工事
 - 仮ベント組立て
 - 地組エリアの架台組立て
- ② 柱建方
- ③ 仮ベント位置調整
- ④ 梁架け (水平ブレス・梁繋ぎ材等取付)
- ⑤ 梁位置測量
- ⑥ ボルト締め
- ⑦ 柱建入れ確認
- ⑧ 柱溶接
- ⑨ 母屋取付
- ⑩ 仮ベント除荷
- ⑪ 梁下レベル測定

3.1.2.4 施工精度・管理値

次に管理値の設定を行います。一本のトラス梁の位置決めに必要な5項目を挙げます。

- ① 水下のレベル
- ② 水上のレベル
- ③ 東方向のずれ
- ④ 西方向のずれ
- ⑤ 南北の方向 (上、下共)

これらの項目の管理値等は、該当するものが「建築工事監理指針」に無く、設計監理と協議し「同指針」の中から代用できる項目を決定しました。

表-2に各々の項目と管理値、限界許容値を示します。これらの数値を管理することで建て方を進めていきます。

表-2 鉄骨工事管理値一覧

管理項目	指針内項目	管理地	限界許容値
水上水下レベル	梁の水平度	$e \leq L/1000+3\text{mm}$ かつ $e \leq 10\text{mm}$	$e \leq L/700+5\text{mm}$ かつ $e \leq 15\text{mm}$
東西方向ずれ	建物の倒れ	$e \leq H/4000+7\text{mm}$ かつ $e \leq 30\text{mm}$	$e \leq H/2500+10\text{mm}$ かつ $e \leq 50\text{mm}$
南北方向ずれ	建物のわん曲	$e \leq L/4000$ かつ $e \leq 20\text{mm}$	$e \leq L/2500$ かつ $e \leq 25\text{mm}$

3.1.3 鉄骨建方

建方平面計画を図-24に示します。建方揚重機は、120tonクローラクレーン（HSC SCX1200-2、タワー仕様40.35m+34.5m、最大作業半径：56.7m、定格総荷重：3.2t）、合番機は、50tonラフタークレーン（荷降ろし・地組用 最大作業半径：22m、定格総荷重：3.0t）を計画しました。

図-25は、BIMモデルでの建方イメージです。

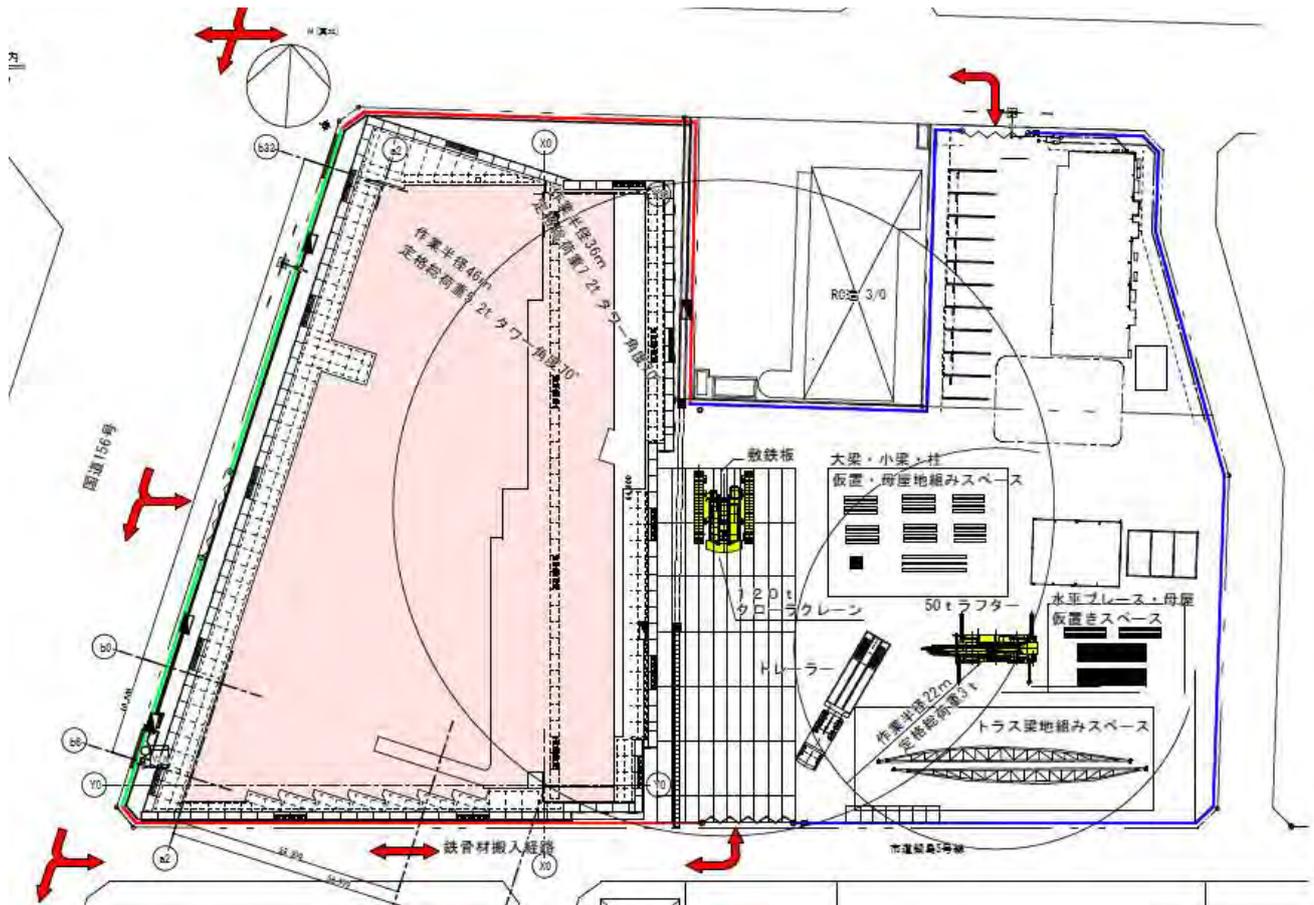


図-24 建方平面計画

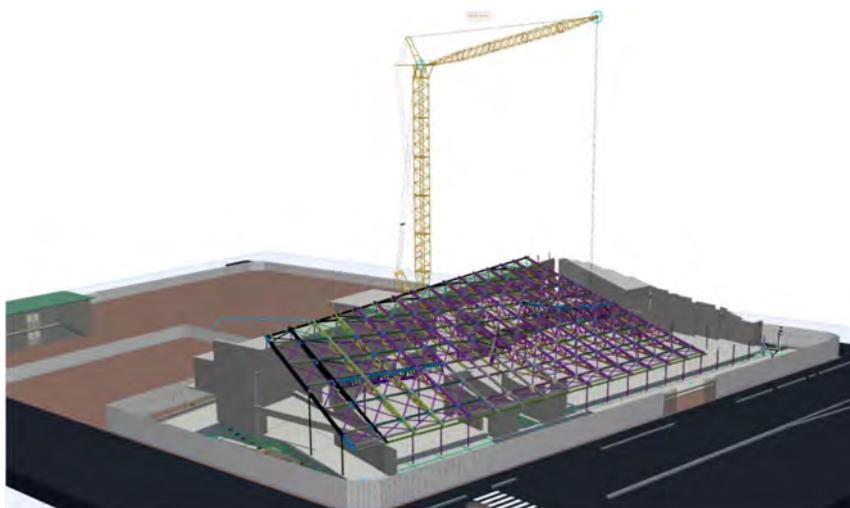


図-25 BIMによる建方イメージ

3.1.4 施工管理

3.1.4.1 トラス梁地組スペースでの管理

以下の項目を管理しました。

- ① 地組架台の水平管理（写真－4）
1本のトラス梁毎にレベル確認
- ② トラス梁組立
製品の累積誤差管理（図－26）を基に組立
- ③ 梁の曲がりの確認
オートレベルを使用して確認
- ④ ボルト本締め
マーキングのずれ、ピンテール破断、とも回り及び軸回りの有無、ナット回転量、並びに、ナット面から出たボルトの余長を確認



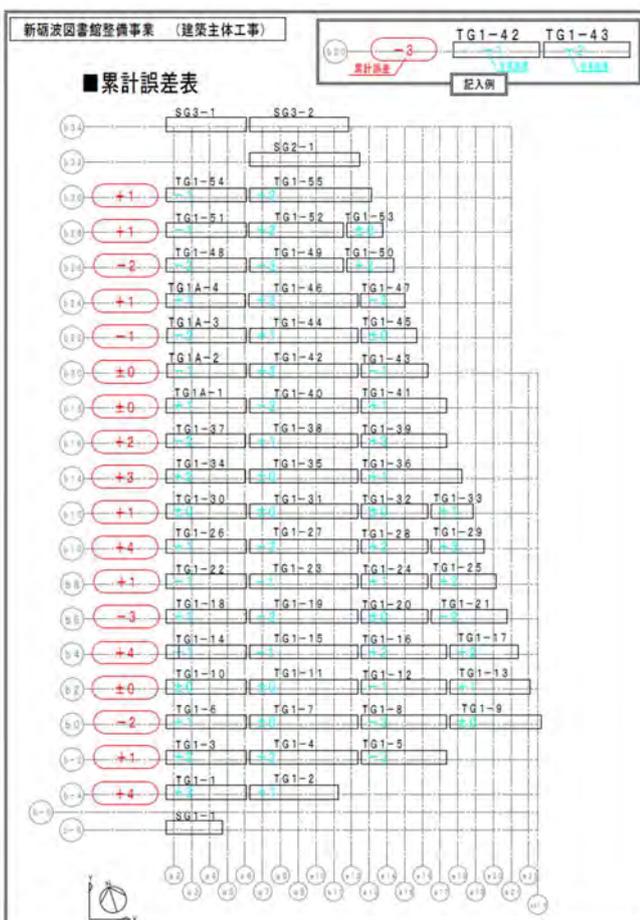
写真－4 地組状況

3.1.4.2 建方エリアの管理方法（測量方法）

測量機器は光波距離計（1台）、デジタルセオドライド（1台）、オートレベル（3台Max）を想定しました。測量機器配置計画を図－27に示します。

実際のトラス梁を架けてからの測定の流れは、まず、東西の位置、水下、水上のレベル測定を行います。その後、南北方向の倒れの確認を行い、ここで梁の位置が決まればクレーンのワイヤーを取り外し次の梁の揚重に進みます。同様の測量を次の梁で行い、梁をつないだ時点で、再度全ての測点を計測し、調整します。全ての測点が管理値内になれば、ボルト締め工程に移行します。

これら全ての作業は、当初の計画通り、1日1スパンの建方でありましたが、特殊な形状につき、歩掛りが悪く、約10t/日の結果でした。



図－26 累計誤差管理

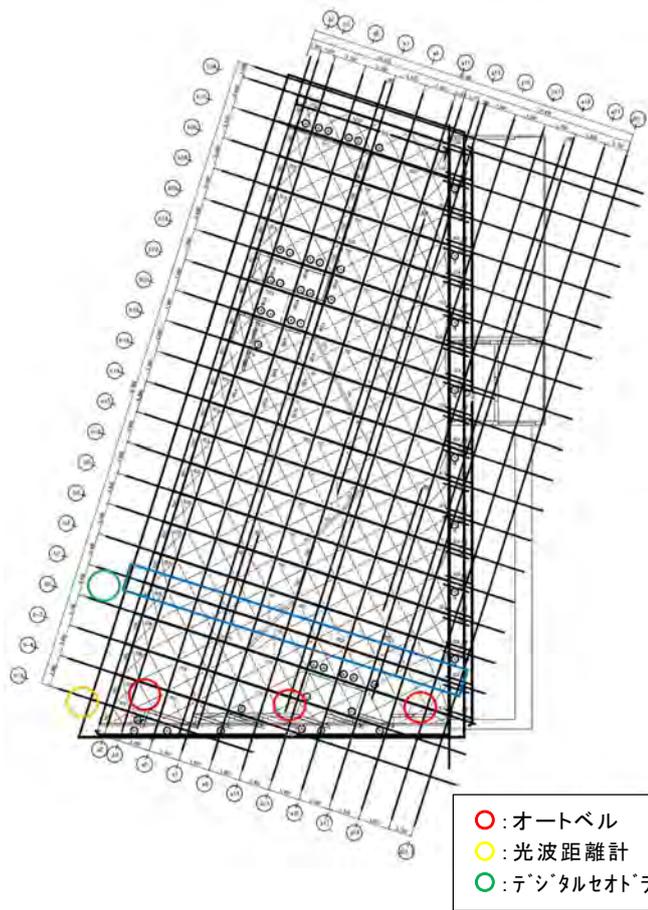


図-27 測量機器配置計画



写真-6 建方状況2



写真-7 建方状況3

建方状況、測量状況をそれぞれ写真-5～8に示します。

写真-5の建方状況1から順に、地組スペースにおいて梁の勾配を合わせ、吊り上げ、設置場所へ移動、設置の流れで建て方を行っていきます。



写真-5 建方状況1



写真-8 測量状況

また、鉄骨建方記録例を図-28に示します。結果は管理値内に納まりましたが、限界許容値で納めなければいけないところが数ヶ所ありました。

b16通り

合・否

部位	方向高さ	側点					
		1	2	3	4	5	6
上弦材	東西	-2				-1	
	南北		+2	-2	-1	0	
	高さ	0				0	
下弦材	南北		-2	0	+7		

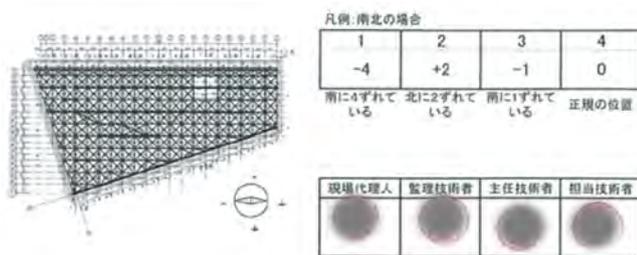
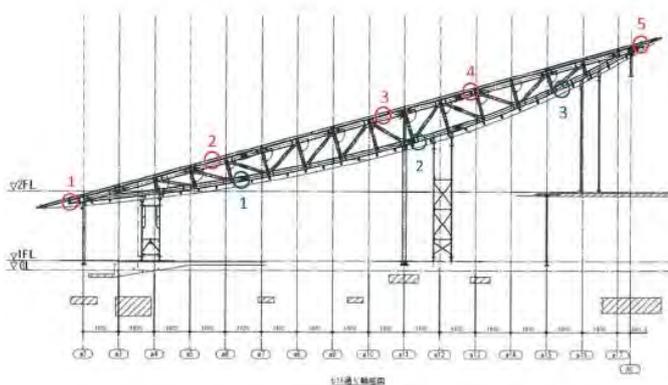


図-28 鉄骨建方記録

b-6からb34通りの通り芯間距離は68,400mmあります。その間に勾配が変化することで軒先の金物は126.3mmレベル差が生じます。また、角パイプはb-6からb34通りまでの間に38本取り付けます。計算上、角パイプ1本につき3.3mm分捻じれることになり、当然、角パイプは捻じれないため、鉄骨ガセットと軒先金物の方で互いにルーズ孔を設け、誤差を吸収することで捻じれを解消しました。

母屋の施工完了状況を写真-9、10に示します。

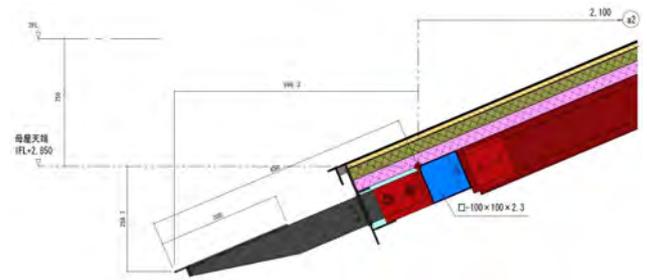


図-29 軒先詳細

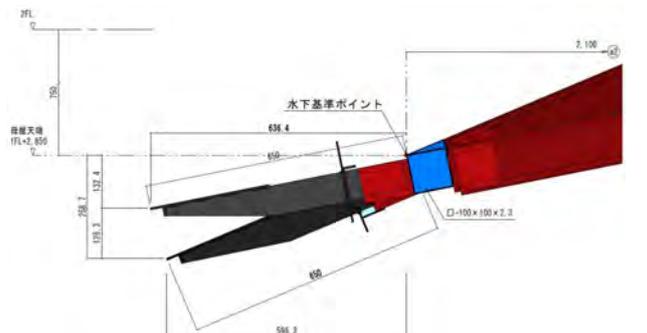


図-30 b-6、b34軒先重ね合わせ

3.2 母屋納め

3.2.1.1 水下・水上母屋先納め

母屋納めでの管理ポイントは、軒先に取り付く角パイプ（□-100×100×2.3：1本あたりの部材長さ1,800mm）の高さです。前述で各々の軒先の基準レベルを、水下1FL+2,850mm、水上1FL+11,550mmと述べました。図-29は軒先詳細です。また、図-30はb-6とb34の水下先端を重ね合わせたものです。水下基準ポイントは角パイプの先端となっていますが、屋根の勾配が北から南に向けて徐々に緩やかになっていくことに対して、角パイプをどの角度で納めるかが重要になってきます。これは水上も同様です。



写真-9 施工完了

このことから、弧を考慮したレベル管理となり、軒先の角パイプ（ $\square-100\times100\times2.3$ ）のジョイント（24か所）における高さの管理を実施しました。南面屋根工事完了状況を写真-11に示します。

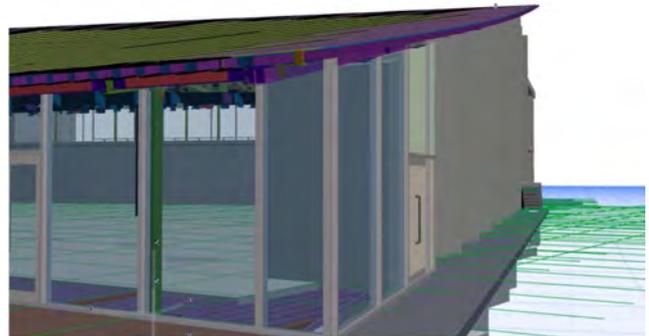


図-31 南面モデル



写真-10 水下部分母屋



写真-11 南面屋根工事完了

3.2.1.2 南面屋根母屋端部納め

水下・水上（桁側）とは異なり、南面（妻側）の母屋の納まりは弧を描いています。BIMモデルで確認すると、図-31で表現されます。非常に緩やかな弧を描いているため、解りにくいですが、図-32の断面図で確認すると、a13通りで矢高が約210mmあります。

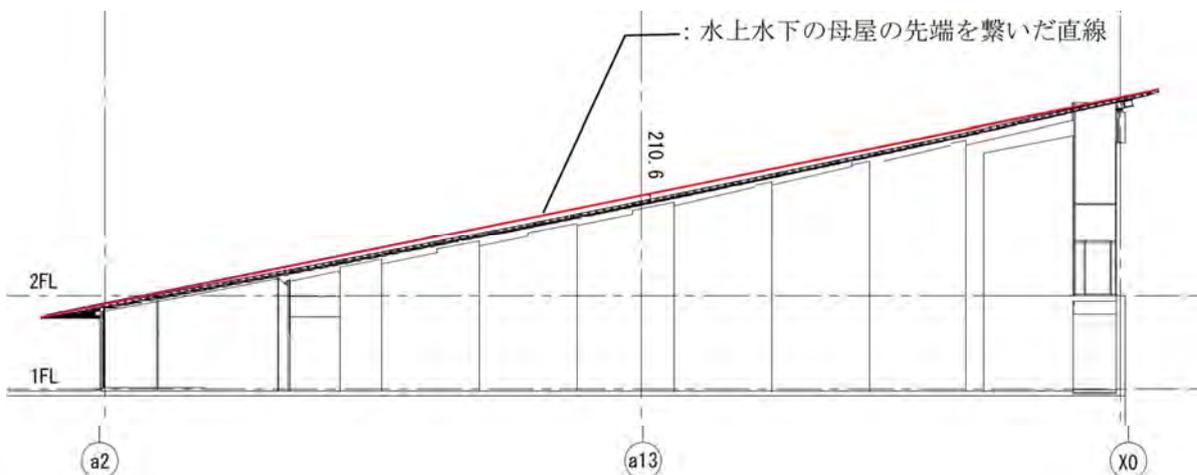


図-32 南側軒先軸組

3.2.2 仮ベントジャッキダウン

柱溶接、母屋の取り付け完了後、仮ベントのジャッキダウンを行います。予め、構造計算により鉄骨自重による変位が想定されていました。変位測定ポイントは図-33に記されている赤丸の5箇所、変位予想数値と実際の変位値を表-3に示します。

表-3 変位予想数値と実際の変位数値

	1箇所目	2箇所目	3箇所目	4箇所目	5箇所目
予想数値	4mm	2mm	18mm	6mm	10mm
変位数値	4mm	6mm	14mm	12mm	2mm

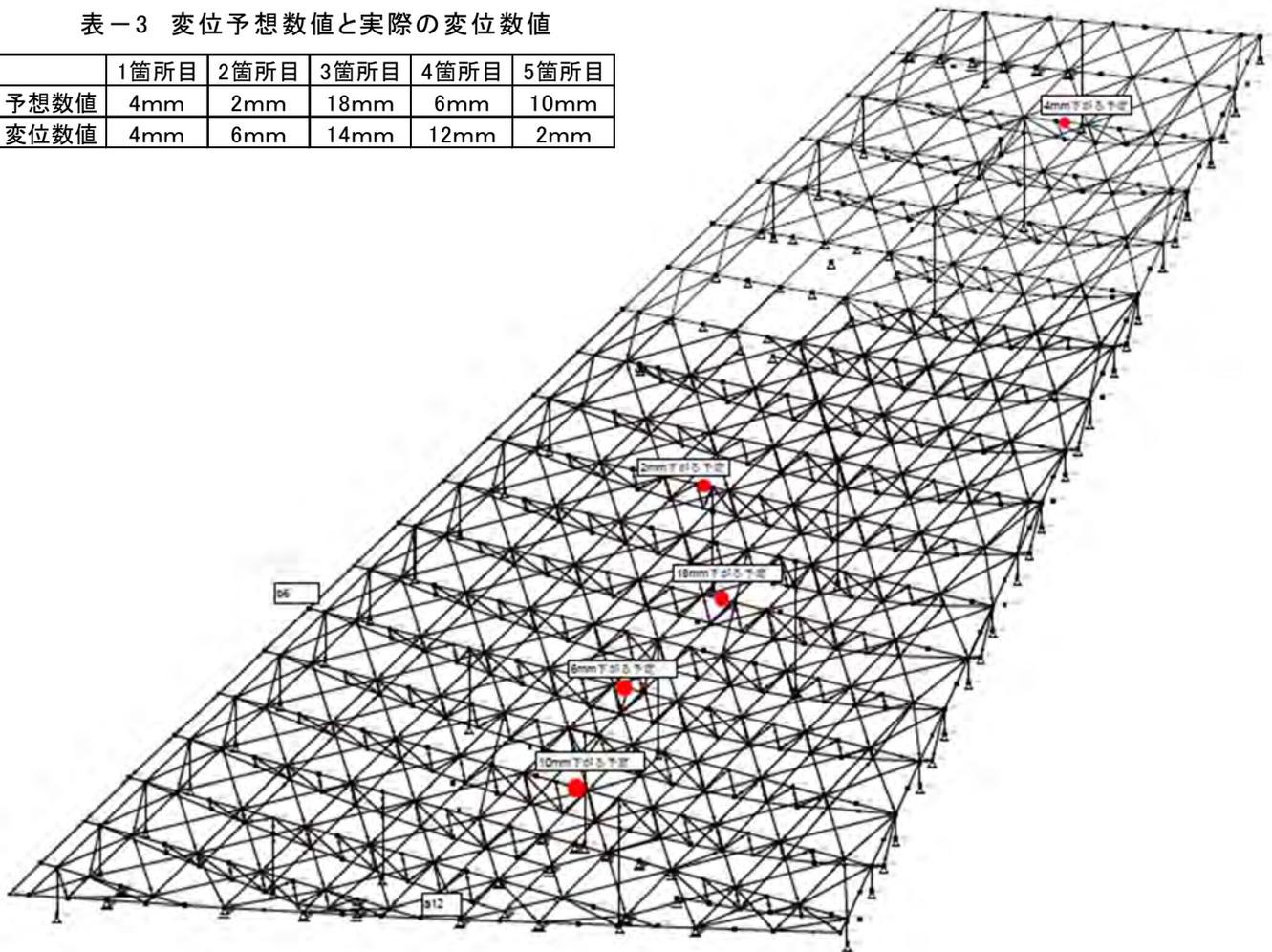


図-33 変位測定ポイント

3.3 BIM活用によるAW建具チェック

一般開架に架かるAWは全て3次元曲面の天井と取り合っています。そのため、建具の形状は矩形でなく台形となります。設計図書建具表に記載されている高さH寸法との整合性を確認するため、BIMのモデルを活用しました。

3.3.1 建具芯における断面作成

BIMモデルの断面を図-34に示します。建具芯で切った断面モデルです。建具取り合いの鉄骨等が視覚化されるため、部材同士の干渉の有無がわかります。また、モデル情報では寸法の表示ができないため、図-35の断面で確認します。

b12からb14通りまでの間の天井高さを方立部分で確認し、チリを確保し建具高さH寸法を決定します(図-36)。

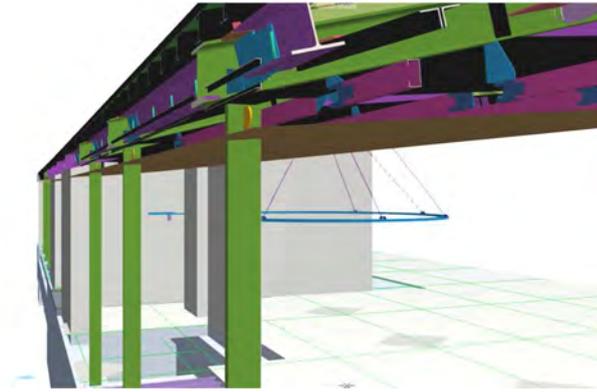


図-34 建具芯モデル断面

材芯と天井仕上げまでの寸法は375mmと設計で記されていますが、天井構成を図-37に示します。

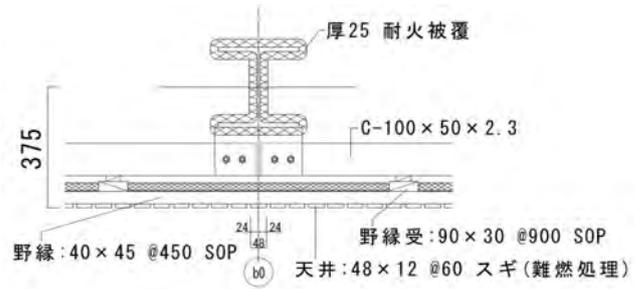


図-37 天井構成



図-35 建具取り合い天井高さ

天井を受けるための受材 (C-100×50×2.3) は、トラス梁下弦材と取り合っており部材長さは3,600mmあります。天井が3次元曲面から受材も曲面となり、鋼材をR加工することは現実的ではありません。設計と曲面を表現するために協議した結果、受材にレベル調整材 (30×60mm、アカマツ、L=3,600) を取り付ける施工方法を採用しました (図-38)。

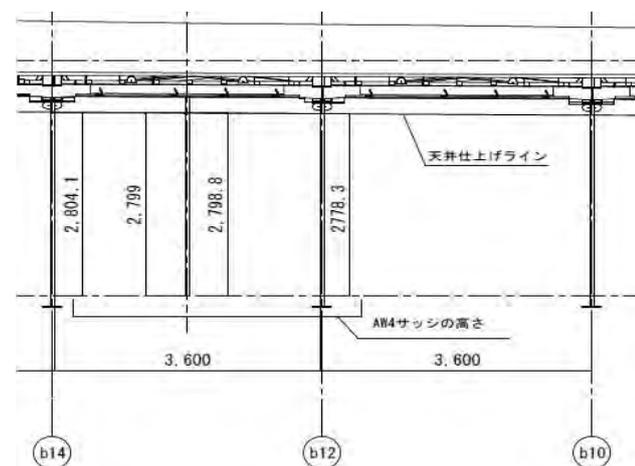


図-36 建具方立高さ

受材はa通り方向に900mmピッチにありますので、調整材もb通りに対して900mmピッチで設置し、レベルを設定することで滑らかな曲面を表現できると考えました。実施するにはb通りに対して900mmピッチの断面図を作成する必要がありました (図-39)。枚数にして80枚でしたがBIMモデルの「何処でも断面図を作成できる機能」を活かし緩やかに変わる天井レベルに対応しました。レベルポイントは、図-40に示します。測定は2,100箇所を超えましたが、実際施工が完了し、棚足場を解体した後の天井は設計の意図をしっかりと表現できたと思います。

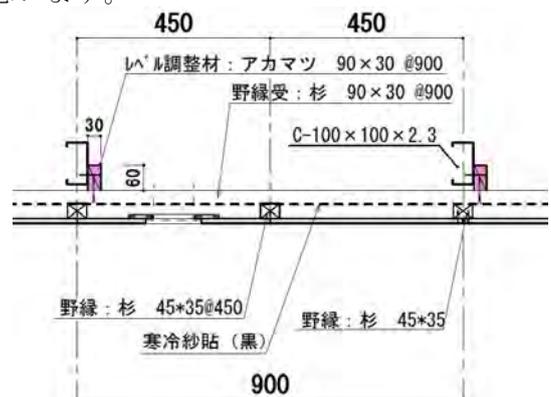


図-38 天井施工

3.4 一般開架3次元曲面天井工事計画

天井の曲面については2.2で述べました。トラス梁の最大梁せいが各スパンで異なり、天井もそれに沿うように3次元曲面を描きます。トラス梁下弦

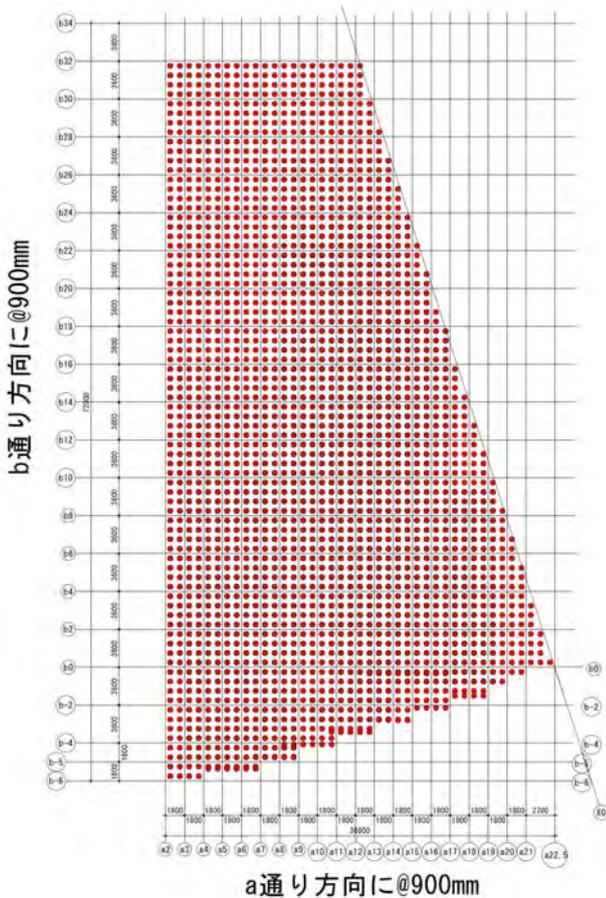


図-39 木天井レベル測定位地

3.5 一般開架木天井の歩掛り

B I Mの機能から天井の表面積を算出すると、 $1,890\text{m}^2$ でした。また、施工に要した人員は、下地で86人、仕上げで182人でしたので、歩掛りは、下地で $22\text{m}^2/\text{人}\cdot\text{日}$ 、仕上げで $10\text{m}^2/\text{人}\cdot\text{日}$ となりました。

歩掛りは、当初の計画よりも3割減という結果になり、これは、B I Mを使用しての情報と現場での施工計画がしっかりと噛み合ったことによる省力化の効果だと言えます。

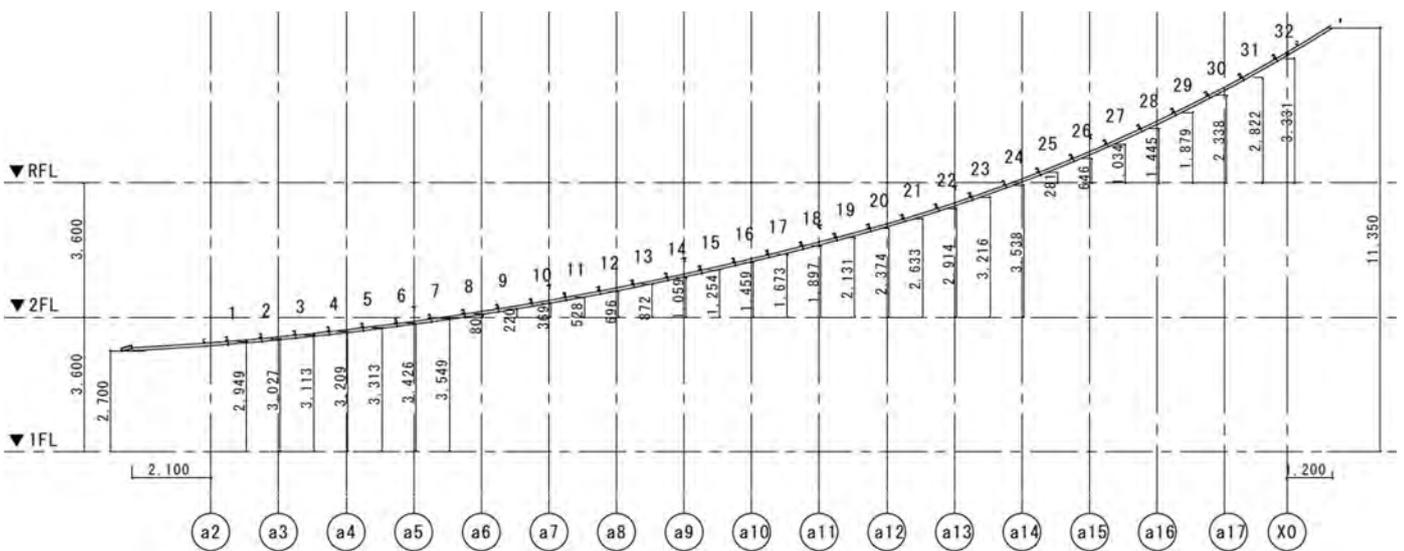


図-40 天井木下地レベルポイント(b14+450)

3.6 天井仕上げ施工状況

天井の施工状況を写真12～15に示します。

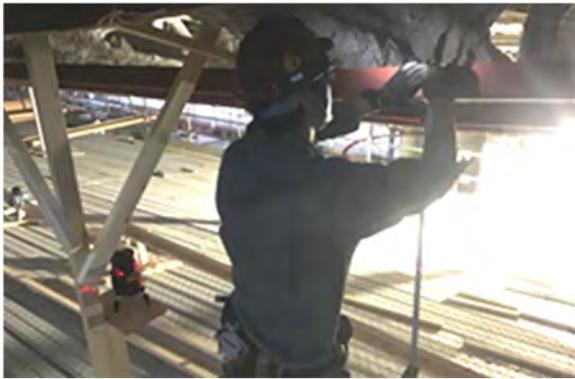


写真-12 各ポイントでのレベル確認状況

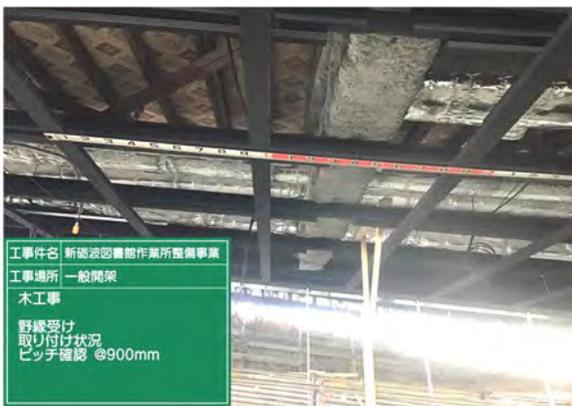


写真-13 野縁受ピッチ確認状況

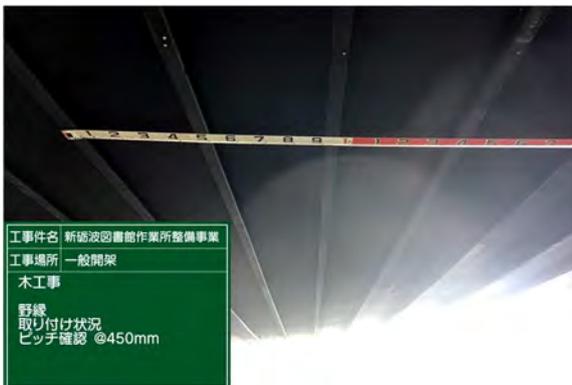


写真-14 野縁ピッチ確認状況

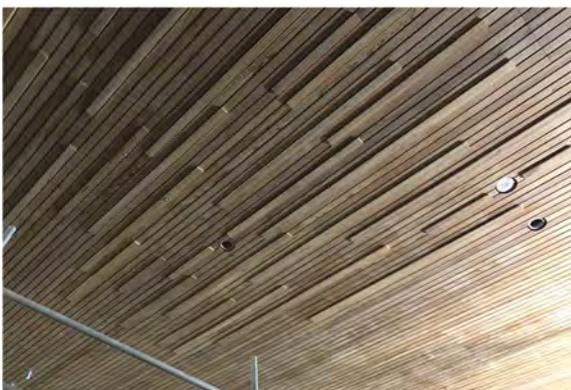


写真-15 天井増し貼り状況

4. 外観・内観完了状況

施工完了した屋根と天井の状況を写真16～20に示します。



写真-16 屋根施工完了



写真-17 天井施工完了1



写真-18 天井施工完了2

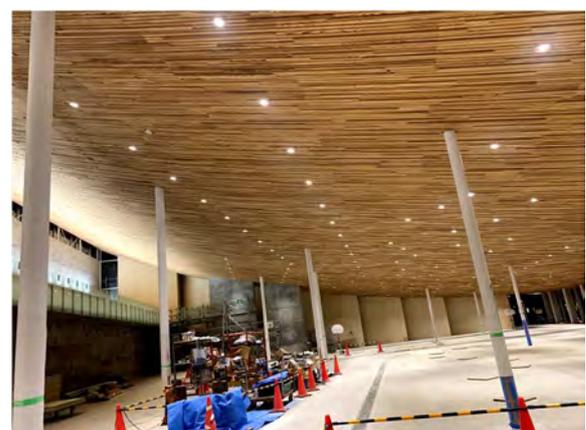
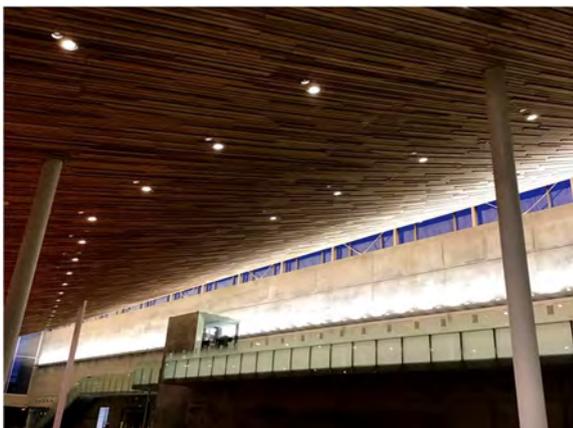


写真-19 天井施工完了3



写真－20 天井施工完了4

5. おわりに

本工事は、国道156号線沿いで行いました。発注者の砺波市長の視察も数回あり、その時の話で「新しい図書館の屋根が曲がってはいませんか？」という声をよく聞かれるそうです。捻じれている屋根は一般の人の常識を覆すようなことなのでしょう。我々、作り手からすると、施工者冥利に尽きる言葉です。内部の天井も図書館がオープンするときには、利用される方々の感嘆する姿が目に浮かび、とても楽しみです。

今回、B I Mを活用しなければ絶対に実現できなかったと実感しています。仮にB I Mを活用せずできたとしても途方もない時間を費やしていたと想像できます。B I Mで可視化できたことは、この特殊な形状の施工精度管理においても、若年職員の理解度においても十分な効果を発揮しました。

また、本報告では述べることができなかった活用方法は多々あり、今後、B I M対応の3次元C A Dがより普及と進化し続けていることで、難易度の高い意匠物件を手掛ける上では、B I Mは必要不可欠と感じざるを得ませんでした。まだまだ、B I Mの入り口に立ったばかりですが、省力化の面からも今回以上にB I Mを活用すべきと改めて認識しました。

8. 歴史的建造物の外壁復元における合理化

社名： (株)大林組

氏名： 古城 雄一

事例概要

項目	内容
1. 工事概要	
(1) 工事名称	神戸市中央区相生町1丁目計画新築工事
(2) 規模(延床面積、階数)	延床面積:39,521㎡、地下1階、地上33階、塔屋2階
(3) 用途	集合住宅
(4) 主要構造	RC造、一部S造
(5) 建設地	兵庫県神戸市
(6) 施工期間	2017年5月～2020年2月
(7) 工事費	—
(8) 設計者	(株)大林組大阪本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"> ・戦災や震災を経て劣化や損傷があり、耐震性に不安のある建物外壁を保存復元する必要があるがあった。 ・築100年を超える建物のため、設計図書等の既存資料が皆無であった。 ・狭隘な敷地で、高層部分の工事と並行して復元工事を行う必要があるがあった。
(2) 改善の目的	<ul style="list-style-type: none"> ・住宅資産としての安全性を確保した復元の実現。 ・景観形成重要建築物としての忠実な復元。 ・高層階の施工に影響しない施工の実現。
(3) 改善実施内容	<ul style="list-style-type: none"> ・3Dスキャナー、超音波測定、部分撤去による既存建物調査の実施。 ・生け捕り復元工法の採用。 ・テルハクレーン使用による狭所での作業効率の向上。
(4) 改善による効果	<ul style="list-style-type: none"> ・Q(品質) <ul style="list-style-type: none"> ・3Dスキャナーによる建物形状測量によって、再現精度の向上を実現。 ・一つ一つ生け捕り、検品することで破損石材の除去を実現。 ・C(コスト) <ul style="list-style-type: none"> ・既存建物調査により、最適な仕上(石)から躯体間隔を設定することで、石材の加工費を低減。 ・D(工期) <ul style="list-style-type: none"> ・テルハクレーン採用により、高層階の施工と並行して作業を実現することで、外壁復元作業をクリティカルパスから除外することができた。 ・S(安全) <ul style="list-style-type: none"> ・テルハクレーン採用により、1ピース200kg以上の石材を安全に揚重することができた。 ・E(環境) <ul style="list-style-type: none"> ・— ・その他の効果 <ul style="list-style-type: none"> ・—

9. 県産木材を使用した大型木造屋根トラスの施工

社名： (株)フジタ

氏名： 矢野 五郎

事例概要

項目	内容
1. 工事概要	
(1) 工事名称	平成28年度 施301-1号 屋内スポーツ施設新築工事
(2) 規模(延床面積、階数)	延床面積16,033㎡ 地下1階 地上3階
(3) 用途	体育館
(4) 主要構造	RC造、一部S造・木造
(5) 建設地	大分県大分市
(6) 施工期間	2017年3月 ~ 2019年4月
(7) 工事費	4,799(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"> ・県産木材を使用した大型木造屋根トラスの施工、資材調達の難しさ ・未経験の木造トラス接合方法、架設方法の検討 ・屋根構造体となる構造用合板の取付計画(合板切断、釘打設間隔、等)及び 実施工について検討
(2) 改善の目的	<ul style="list-style-type: none"> ・木材に関する認識や注意点の確認と施工計画・スケジュール管理
(3) 改善実施内容	<ul style="list-style-type: none"> ・木造トラス屋根の施工段階でのフレーム解析、実物大モックアップの作成 ・3D 図面を活用した屋根割付図の作成
(4) 改善による効果	
・Q(品質)	<ul style="list-style-type: none"> ・事前シミュレーション、各種検討によりトラスのたわみを計画値以内とした
・C(コスト)	<ul style="list-style-type: none"> ・-
・D(工期)	<ul style="list-style-type: none"> ・-
・S(安全)	<ul style="list-style-type: none"> ・木造トラス地組による高所作業の低減
・E(環境)	<ul style="list-style-type: none"> ・3D 図面活用により、プレカット材を行い廃資源を削減
・その他の効果	<ul style="list-style-type: none"> ・-

県産木材を使用した大型木造屋根トラスの施工

株式会社フジタ 九州支店 建築技術部
矢野 五郎

はじめに

日本では戦後の乱伐により木材が供給不足となり、多くの天然林が人工林へと置き換わったが、その後の貿易自由化により日本の林業は安い外材に押されて衰退した。後継者不足となった森林は放置され、日光不足で根張りが十分でないため保水力が低下し、土砂災害の危険性も高まっている。そのため近年では日本の林業を守り、地産地消への取組みを強化するために公共的な建物に地域材を使用する自治体が増えてきている。

大分県においては人工林の面積比率は全国平均で41%に対し53%を占め、その内収穫適齢期を迎えた面積は全体の約65%にも上る。その為県では公共建築物などにおける木材の利用の促進に関する法律に基づき、平成23年2月に低層(2又は3階以下)の公共建築物については原則木造化とすることなどを盛り込んだ基本方針が策定され、翌年より5年間で約15,000㎡の地域材が使用された。本工事は屋根トラス材として製材品を使用した大空間を持つ屋内スポーツ施設であるが、当社の実績は2004年竣工の所沢市民体育館のみであり、管理値や許容値の基準が手探りの状態での施工に際し発注者及び設計事務所との協議及び応力解析により基準値を決め、施工管理を行った。

本稿では、製材品を使用した国内最大級の大型木造屋根トラスの、木トラス委員会の立上げから実施工までを中心とした活動報告を行う(図1、写真1～3)。

1. 工事概要

工事名称	平成28年度 施301-1号 屋内スポーツ施設新築工事
工事場所	大分県大分市大字横尾 大分スポーツ公園内 西駐車場
発注者	大分県知事 広瀬 勝貞
設計・監理	株式会社 石本建築事務所 (屋根トラスの構造設計：山田憲明構造設計事務所)
施工	フジタ・末宗組特定建設工事共同企業体 (70 : 30)
建物用途	体育館(多目的競技場) + 武道場
構造	RC造+一部S造+一部木造 地上3階 地下1階
敷地面積	20,254㎡ (公園全体：1,243,400㎡)
延床面積	16,033㎡
工期	2017年3月8日～2019年4月17日



図1 工事場所



写真1 全景

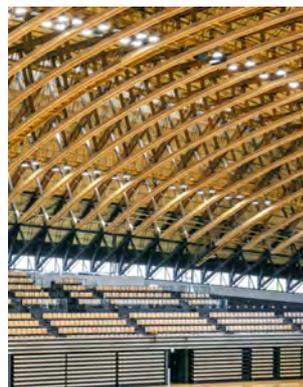


写真2 多目的競技場内観



写真3 武道場内観

2. 受注経緯

2.1. 屋内スポーツ施設建設の目的

本計画は、2013年に大分県武道協議会が中心となり、県立武道館建設を求める26万を超える県民の署名を県教育庁に提出したことから、Jリーグクラブの大分トリニータがホーム



写真4 建設前敷地状況

スタジアムとして使用している大分県大分市の大分スポーツ公園内の昭和電工ドーム（大分スポーツ公園総合競技場）に隣接した、多目的競技場と武道場を備えた屋内スポーツ施設の建設が実現した。屋内スポーツの大規模大会の開催やラグビーのワールドカップ開催時のプレスセンターや大規模災害に備えた広域防災拠点の中核施設としての役割を果たすと共に、県民の誰もが気軽に利用できることを目的としている（写真4）。

計画建物は隣接する昭和電工ドームとの景観の調和を図り、シャープな屋根の形が採用されている。屋根トラスには「大分県産の日田杉製材」、内装材には「県産品の竹細工」、その他大分で有名なダンボールクラフトを応用した「ダンボール家具」や安心院町で有名な左官職人が漆喰を使って描く「饅絵」が取り入れられるなど、県民の愛着を深め県外は元より海外の方々にも県の魅力や技術力を伝える想いの詰まったデザインとなっている。

2.2. 入札形式

総合評価方式の入札で、課題は以下の4項目であった。

1. 屋根架構の建方精度確保のための対策
2. コンクリートの品質確保のための対策
3. 公園利用者に対する安全対策
4. 建設業における担い手確保のための取組み

本社建築技術部に協力を仰ぎ、製材品を使用した大規模屋根構造である2004年竣工の所沢市民体育館（写真5）の施工実績を基に提案書を作成し、課題1の得点が他社JVより高かったことが受注に繋がる1つの要因となった。



写真5 所沢市民体育館メインアリーナ

3. 設計方針

3.1. 屋根木造化の背景

設計者によると、多目的競技場について地域産製材を使った木質空間とする設計方針はプロポーザル時よりあったが、70m×100mという大スパンの類似規模の木造事例が殆ど無く、コストと工期の予測が難しかったことからプロポーザル時点では鉄骨造とし、選定された場合に木造の可能性を検討することとしていた。また、武道場については構造用集成材を使用する計画であった。

その後、木材調達・構造計画などの検討を経て、多目的競技場についても木トラスを採用する提案に至った。大分県の木材生産者による製材供給の目途が付き、構造設計者の製材使用経験が豊富だったことにより製材品を用いることに決定した。

3.2. 集成材と製材品の違い

ここで表1に集成材と製材品の相違点を整理してみる。

表1 集成材と製材品の相違点

	製造方法	利点（メリット）	欠点（デメリット）
集成材	断面寸法の小さいラミナ（板材）を接着剤で接合して作られる木質材料	・強度・含水率などの品質が安定している ・反り（変形）や割れが少ない	・製材に手間がかかるのでコストが高い ・接着剤を使用するのでシックハウスの原因となるVOCを含む
製材品	天然の木材を伐採し、鋸挽き、乾燥させたもの	・集成材と比較してコストが安い ・調湿作用がある ・接着剤不使用の為VOCを含まない	・強度・含水率などにばらつきがある ・反り（変形）や割れが生じることがある ・剛性・強度は集成材より小さい

3.3. 本計画の木造屋根トラスの特徴

本計画の木造屋根トラスの特徴を下記に示す。

① 集成材ではなく、大分県産杉の製材品を使用

規格サイズの木材である「120mm×240mm材」を3本組合せて使用することで強度を確保している（図2）。近年では流通している中断面材を用いた中大規模木造の設計例が多くなっている。

② 木材製造（乾燥含む）は別途工事（支給）

金額よりWTO（政府調達に関する協定）対象工事であったが、その場合の資材調達は地域指定が禁止されているため、木材の調達は大分県が大分県木材組合連合会（以下「県木連」と称する）から購入して支給されることになった。加工からは当社の請負範囲であったため、割れなどによる補足（予備）材率は工事期間中にプレカット業者の実績を確認した上で、5mと6mが10%、一般部は5%、その他は3%とした。

③ アーチとトラスのハイブリッド

木造屋根トラスは長期荷重に対してはアーチとして、地震荷重に対してはトラスとして働くハイブリッド構造として設計されていた（図3）。

④ 木材接合部の応力伝達

引張力は鋼板挿入ボルト接合、圧縮力が面タッチで応力を伝達する。組立時には部材間に僅かな隙間があるが、ジャッキダウン時には自重により隙間が埋まり、面タッチ（隙間“ゼロ”）が可能となる。

⑤ 屋根面の地震荷重伝達方法

多目的競技場の屋根面地震荷重伝達は水平ブレースではなく、厚さ24mmの合板野地板を二重構造とすることで大きな地震荷重負担をできるようにしている。

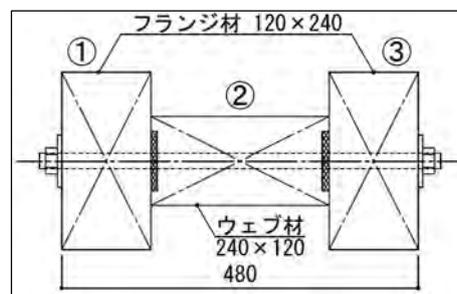


図2 木トラス構造断面（下弦材）

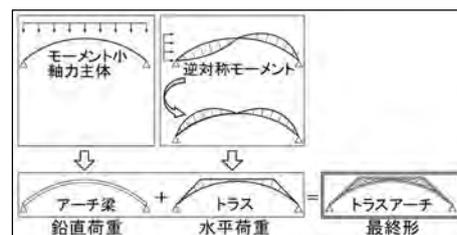


図3 アーチとトラスのハイブリッド

4. 施工に向けた準備

4.1. 木トラス委員会の設立

本建物は大スパンでは前例のない「製材品を使用した建物」であり、大分県は勿論、木材加工会社や協力会社など関係者にとっても大きな挑戦となる取組みであった。確固たる基準が無い中で高度な施工技術が求められる木造屋根トラスに関し、約1,000㎡の支給木材の受け入れから加工業者への搬入までのスケジュール管理、木材の加工・保管方法、ひび割れや節などの品質基準・建方精度の決定など、事細かな打合せが必要であった。関係各社のノウハウを結集し、工期の厳守に加え、要求品質の達成及び今後継承できる木トラス技術の確立を目的として木トラス委員会を立ち上げ、分科会も含め全14回の委員会を実施した（写真6、表2）。

木トラス委員会の概要を下記に示す。

■メンバー

- ・ 大分県 : 施設整備課、県木連（オブザーバー）
- ・ 設計事務所 : 石本建築事務所、山田憲明構造設計事務所
- ・ 建築JV : 作業所、本社・支店技術部、技術センター、所沢市民体育館 所長（オブザーバー）
- ・ 設備JV（別途） : 電気JV・衛生JV・空調JV
- ・ 協力会社 : 木材加工会社
鉄骨製作・トラス組立・ジャッキダウン管理会社
ベント構台架設会社、屋根施工会社 他 全10社
- ・ アドバイザー : 元秋田県立大学 飯島先生、大分大学 田中先生、元森林総研 神谷氏・谷川氏



写真6 木トラス委員会

■スケジュール

表2 ホトラス委員会スケジュール

年月	2017												2018												2019							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4				
工事期間	[Gantt chart showing construction period from 2017.4 to 2019.4]																															
ホトラス委員会の開催	▼第1回 ホトラス委員会												▼第10回 (分科会)												▼ホトラス				▼ジョイント期間			
モックアップ作成・展示計画.....																															
木材生産 (別途支給)	[Gantt chart]												[Gantt chart]												[Gantt chart]				[Gantt chart]			
木材供給、運搬	[Gantt chart]												[Gantt chart]												[Gantt chart]				[Gantt chart]			
木材加工	[Gantt chart]												[Gantt chart]												[Gantt chart]				[Gantt chart]			
トラス組立、建方	[Gantt chart]												[Gantt chart]												[Gantt chart]				[Gantt chart]			

■主な検討事項

- ・ 木材に関する認識や注意点の確認
- ・ モックアップの計画 (検証順序: 接合部 → 施工 → 意匠)
 - 製作範囲の検討、検討・検証項目の抽出 (設計・監理の要望項目)
 - 加工精度 (寸法、角度、孔径など) を接合部の実寸カットモデルによる検証
 - 地組 (手順、納まり、ブロック、鉄骨、金物、組立精度など)
- ・ 地組、組立 (建方) の工程計画
- ・ 組立 (建方) 精度の管理 (ベント構台、足場などの仮設を含む)
- ・ ジャッキダウン計画と管理

4.2. 支給品となる木材の品質

図4に設計図の木工事特記仕様書を一部抜粋する。

(1) 針葉樹の構造用製材、広葉樹の製材							
1. 樹種と曲げ性能 下記の部位については、大分県産材とし、「製材の日本農林規格」の第6条「機械等級区分構造用製材の規格」に準じ、設計図に記載される等級区分に対し、下表の性能を満たすものとする。							
呼び名	樹種	曲げヤング係数	乾燥処理	適用部材			
区分Ⅰ	スギ	4.9 (10 ³ kN/mm ²) 以上	D20	※1			
区分Ⅱ	スギ	6.4 (10 ³ kN/mm ²) 以上	D15	※2			
区分Ⅲ	スギ	6.4 (10 ³ kN/mm ²) 以上	D20	※3			
区分Ⅳ	スギ	E50 以上	D20	※4			
※1 アリーナ 上弦材フランジ、上弦材ウェブ、面戸、東 (該当箇所は軸組参照)、トップライト東、トップライト垂木、トップライトつなぎ梁 武道場 上弦材、東、端部東、トップライト桁							
※2 アリーナ 下弦材フランジ、下弦材ウェブ 武道場 下弦材							
※3 アリーナ 東 (該当箇所は軸組参照)							
※4 アリーナ 母屋 武道場 母屋、トップライト東、トップライトつなぎ梁、樫受け、転び止め							
2. 節 (材面における欠け、きず及び穴を含み、集中節を除く。以下この章において同じ) 径比が70%以下であること。							
3. 集中節 (材面における欠け、きず及び穴を含む) 径比が90%以下であること。							
4. 丸身 30%以下であること。							
5. 貫通割れ 木口に長辺の寸法の2.0倍以上の貫通割れがないこと。材面には材長の1/3以上の貫通割れがないこと。							
6. 割れ 木口面に、幅2mm以上の割れがみられないこと。また、木口面に割れがみられる場合、接合具等に割れが近接しないよう、使用箇所の調整を行うこと。							
7. 目回り 利用上支障のないこと。							
8. 腐朽 程度の軽い腐れの面積が腐れの存する材面の面積の30%以下であって、かつ、程度の重い腐れの面積が腐れの存する材面の面積の10%以下であること。							
9. 曲り 0.2%以下であること。ただし加工場で不具合が生じた場合はこの限りではない。							
10. 狂いおよびその他の欠点 利用上支障のないこと。							
11. 含水率 設計図に記載される区分ごとに、それぞれ下表の右欄に掲げる数値以下であること。							
		区分	基準				
仕上げ材		SD15	15 %				
		SD20	20 %				
未仕上げ材については、出荷時に上記表の仕上げ材の基準を満たすこと。							
12. 寸法の許容差 出荷時における表示された寸法と測定した寸法との差は、表3.3の左欄に掲げる区分ごとに、それぞれ 下表の右欄に掲げる数値以下であること。							
		区分	表示された寸法と測定した寸法との差				
木口の短辺 及び木口の長辺		SD15	+2.0mm以下	-0.5mm以下			
		SD20	+2.0mm以下	-0mm以下			
		材長	制限なし -0				
13. 定尺材の中央部分の使用 木材は定尺材の片端部をカットするのではなく、両端部をカットし中央部分を使用すること。							
(2) 構造用合板、構造用パネル 本項の内容は特記無きかぎり構造用合板及び構造用パネルの日本農林規格に準ずること。							
部 位	品 名	強度等級	曲げ性能基準合板1枚	板面品質	接着耐久性	寸法 (mm) 厚 (巾×長)	ホルムアルデヒド放 散 量
屋根	構造用合板	2級	—	C-D	特類	24mm	F☆☆☆☆

図4 構造用製材の品質 (木工事特記仕様書抜粋)

製材品は強度にばらつきがあるため、許容応力度はJAS基準に基づき材料強度に安全係数をかける必要がある。構造用製材は基本的に受注生産で、乾燥後に製材強度が判明するため製材強度の高いもののみを使用した場合は強度の低い木材を無駄にしてしまう可能性が高い。強度にばらつきのある森林の実情を考慮し、本物件内で複数の強度をバランスよく活用することが求められたため、区分Ⅰ～Ⅳに分けて設計されている。また、含水率についても製材製作会社の知見を参考にして構造上重要な部位は15%とし、一般部位は20%として乾燥工程の合理化を図る計画としていた。

4.3. 施工基準

鉄骨造では施工基準の中に誤差や遊びと呼ばれる余裕を含んでいるが、今回の木トラスでは弦材同士の接合は面タッチであり面接触の実現が要求事項であった。建築の施工基準の中で余裕を含まない基準はなく、近いと思われる標準仕様書「建築工事標準仕様書JASS 6 鉄骨工事」「大断面木造建築物設計施工マニュアル」「木造軸組工法住宅の許容応力度設計」及び応力解析により木トラス委員会の協議の中で施工基準を決定した。

5. 試験施工

5.1. 接合部のモデル（カットモデル）作成

発泡スチロール製の簡易模型を経て、部分的な実大模型を用いて接合部の金物の納まりや、ボルト径の許容寸法などを検証した（写真7,8）。組立施工性や納まりを検討し、接合部鋼材形状の変更を協議し、確認申請の軽微変更を行った。また、面タッチ部の面接触実現のため、面タッチ部の引き寄せ方法を検討した。いくつかの方法を試作した結果、仮設の羽子板ボルトによって引き寄せる方法を採用した（写真9）。



写真7 発泡スチロールによる簡易模型

5.2. 技術センターでの試験

木材含水率の低下による木痩せが生じ、ボルト接合部は材幅480mmと幅広であるためボルトナットが緩む懸念があった。そこで技術センターの恒温恒湿機を使用して1%の木痩せ（4.8mm）を再現し、スプリングワッシャーを採用して木痩せに追従させたところ、ボルトのゆるみを確認した（写真10）。この状態ではナットの脱落が懸念されるため、ナット上部に緩み止め部品を追加で取付けてナットの脱落防止とした（写真11）。また、アムスラー試験機によりボルト接合部のせん断強度を確認した。



写真8 接合部のモデル作成



写真9 仮設羽子板ボルト



写真10 木痩せ時のボルトのゆるみ状況



写真11 緩み止め部品

5.3. モックアップ

技術提案書作成時に地組は立てて行うべきか横に寝かせて行うべきかを検討した。寝かせて行った場合は建て起し時に捻じれが発生する可能性や広いスペースが必要になることなどから「立てて地組を行ない、モックアップにより事前検証を行う」提案をした。地組は枠組足場を2列平行に並べて組立て、その足場の間で屋根トラスを組立てることにした。それぞれ形状の異なるトラスの組立位置に合わせ、仮受け支保工の高さ調整を可能とするためキリンジャッキを使用し、屋根トラスの荷重は足場間に渡した単管で受けることにした（図5, 写真12, 13）。

モックアップ組立時には組立施工性の確認を重点的に行った。面タッチ部のすき間をなくすことに注力すると、ボルト孔にボルト挿入が困難になるケースもあった。

実施工ではモックアップ組立時の反省を生かし、施工性を考慮して木部材の両端を0.5mmずつ短く作成することとした。また、面タッチ部のすき間精度を優先させるために1列での地組とすると共にジャッキを少し上げることで円弧長さを長くし、隙間を大きくして部材を入れやすいように工夫した。

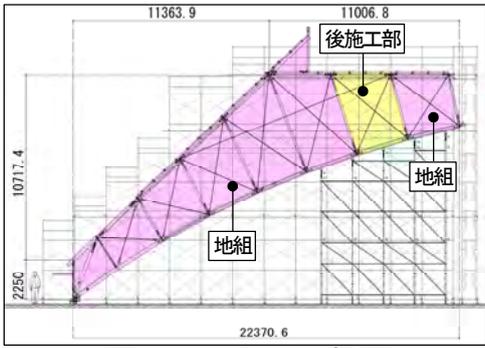


図5 モックアップ計画



写真12 モックアップ



写真13 モックアップ

5.4. その他の試験施工

合板野地板を地震荷重伝達方法として採用されている屋根面の実物大モックアップによる試験施工を行った。複雑な納まりとなっており、野地板の割付や釘打ちの位置や間隔、施工スピードの確保の方策など想定された様々な問題を共有し、課題を一つひとつクリアしていった（図6、7、写真14）。

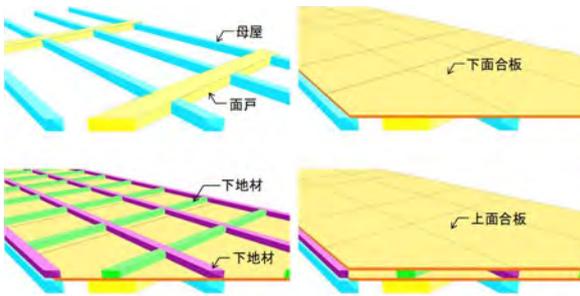


図6 屋根面の納まり (イメージ)

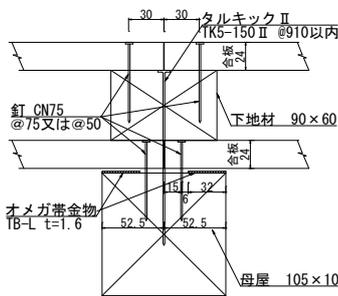


図7 母屋部納まり



写真14 屋根面の試験施工状況

6. 実施工

6.1. 木造屋根トラスの施工図整備及び木材のプレカット

これ以降、多目的競技場に的を絞って説明する。

アーチ状の形状であることから部材形状は多種多様であり、約5,300本という膨大な数の部材により形成されるトラスの接合部はそれぞれ異なる角度で接合される複雑な構造であるため、構造設計に用いられる構造BIMソフトウェアを全面使用した。意匠設計の立体モデルと構造設計のフレーム解析モデルをBIMソフトウェアにより統合し、鉄骨部・木材部およびキャットウォークなども含め、モデル化→製作までの一貫体制を構築した。木材プレカットはBIMモデルデータからの変換を共通化し、全自動加工機を持つ6つの木材加工工場を選定し、依頼した。同一図面を使用した分散製作が可能となったことで、トラスの建方に遅滞なく製作が可能となった（図8）。

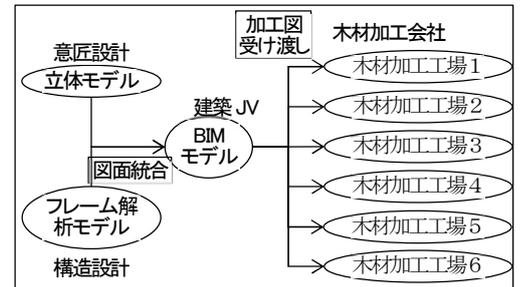


図8 加工図作成フロー



写真15 地組状況

6.2. 地組

地組は同時に6セット作成可能なヤードを準備し、建方位置に応じてヤードを移動させながら地組作業を行った（写真15）。地組は図9の様にスパン長によって3分割又は4分割して行った。一つひとつが異なる形状であるため地組もBIMモデルの3次元座標を基準として、3次元測定システムにて計測し、仮設材を毎回調整して形状を決定した。

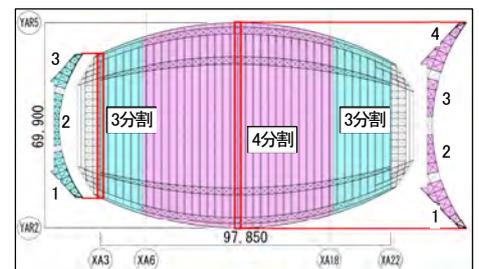


図9 トラス分割

6.3. 管理基準値

地組及び建方精度管理はJASS6の12節に準拠することとした。地組時は各節点、建方時は支保工支持部近傍節点を計測した（表3）。

表3 地組及び建方精度管理基準値

	地組時精度	建方時精度
管理許容差	L/1000+3mmかつ10mm以下	L/700+5mmかつ15mm以下
限界許容差	-10mm～+10mm	-15mm～+15mm

6.4. 建方

最大重量3tの地組した木トラス142ブロックを350t及び120tクローラクレーンの2台の揚重機で建方を行った（写真16）。

山留H鋼を井桁状に組んだ上に、高架橋のコンクリート型枠支保工や鋼桁架設時の仮受けベントなどの重量物の支えとして使用されているパイプ支柱システム支保工（写真17）を設置し、更にもその上に足場板を敷き詰めて作業足場を作った。木トラスを受ける支保工として主競技場の上部はパイプ支柱システム支保工上の作業足場から手摺先行足場を架設した。また、木トラス間の作業用に手摺先行工法に対応した緊結くさび型を架設した（図10）。ブロック毎に地組した木トラスを順番に上架し、それぞれ3又は4ブロック全ての建方後に、後施工部のトラス間を連結するブレース材をトラス間足場（くさび型足場）から取付けた。

6.5. ジャッキダウン

ジャッキダウン（支保工の解体）は支保工材の大引受ジャッキのスクリューを回転させてジャッキダウンを行う計画とした。ジャッキダウン時には屋根の変形が生じるため、施工時解析により安定性を確認して工区割りを決定し必要に応じて仮設補強を行うと共に、部材に過大な応力が生じないようにスクリューの2回転（12mm）を1セットとして1構面ずつジャッキダウンすることとした（写真18）。同一木トラスに支保工の大引受ジャッキ本数と同じ人員を配置し、担当職員の合図を基に一斉にジャッキダウンを行い、全体が均一に下がったことを確認した。これを木トラス部材が支保工ジャッキから離れるまで繰り返した。

ジャッキダウンを行うスパンや人員の配置が変更になることもあり、箇所及び順番を間違えないように作業開始前には必ず全員で周知会を行い、注意しながら作業を行った。

計測管理の概要及び使用機器を下記に示す（表4）。

- ・測定は遠隔操作による集中管理システムとする
- ・トラス受け支柱頂部にひずみゲージ式荷重計を設置し、トラス受け支柱に掛かっている荷重の変化（ジャッキダウン完了）を監視する
- ・トラスの変位（鉛直）は1階床を不動点としてトラス材～伸縮計間をインバー線で継ぎ、伸縮計の変位量をジャッキダウン量とする
- ・トラスの変位（鉛直）についてはジャッキダウン終了後も4週間、伸縮計にて計測管理を続ける

たわみは解析で最大66mmの想定に対し、4週間後の伸縮計により計測した最大変位はトラス中央部で、たわみ量は約50mmであった。基準値の限界許容値は66mm+15mmであるため構造的な問題がないと判断した。



写真16 クレーン配置



写真17 パイプ支柱システム支保工

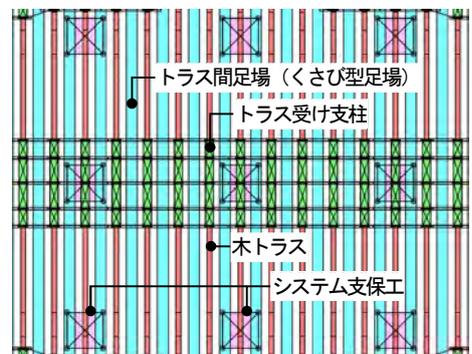


図10 仮設構台及び作業足場



写真18 支保工受け状況

表4 使用計測機器一覧

区分	機材名称	仕様	数量
荷重測定	荷重計	一般用ひずみゲージFシリーズ	12台
	荷重測定器	データロガ TDS-530型	1台
	PC	測定値指示、記録	1台
変位測定	伸縮計	ひずみゲージ式 KLG-100B 容量：100mm	3台
	変位測定器	データロガ TDS-530型 (荷重測定と併用)	1台
	PC	測定値指示、記録 (荷重測定と併用)	1台

6.6. 屋根構造合板取付

金属板葺きの屋根下地は合板野地板で、曲面に割付けるため真物の合板では適当な割付とならない。そこでBIMモデルデータを意匠設計の3Dデータで読み込み、切断する合板を極力少なくし、コストミニマムとなるよう合板野地板割付のシミュレーションを行った。その結果、真物合板と切断合板を1枚おきとし、上下は階段状にずらしていく配置を採用した(図11、写真19)。また、3Dデータから出力した合板形状データをNC合板加工機と連携して切断加工を行うことでより正確な加工ができ、十寸勾配の急斜面での施工において現場合わせを排除し、現場施工時の安全性が向上した。

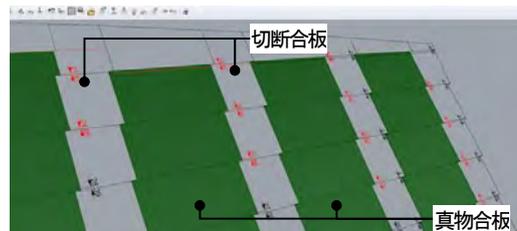


図11 屋根野地板割付 BIM シミュレーション



写真19 屋根野地板施工

7. 竣工後の計測

長期荷重による木材のクリープ変形や乾燥収縮のため、屋根トラスのたわみが落ち着くまでには一定の期間を要することが予測された。加えて、弦材木口の面タッチ部が徐々になじむことにより、屋根たわみが進むことも想定された。そこで、トラス下弦材にターゲットを貼付け、継続的にトータルステーションで計測することとした。変形解析により算出した屋根トラスたわみ予測値(赤破線)と実測たわみ値が近似する結果が得られている(図12)。

ジャッキダウンから1年間は一定の屋根たわみ進展がみられたが、1年を超えた時点でたわみ進展の鈍化がみられた。季節による変動も考慮して今後も継続的に計測を実施する予定である。

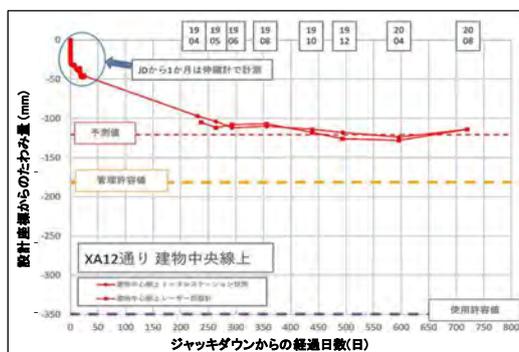


図12 屋根トラス長期たわみ計測値と予測値

8. まとめ

今回の計画は製材品を使用した国内最大級の木造屋根トラスの施工という新たな工法への挑戦であった。受注活動時の技術提案書作成から事前協議、実施工を行うまでの期間において所沢市民体育館での面タッチで施工した木トラスの施工実績が我々の助けとなり、強みとなった。新たな挑戦には多くの困難を伴うが、施工会社の力を結集して困難を乗り越え、次の挑戦への可能性を広げることができた。

本稿が今後の技術の進歩により開発される新工法や新しい機能を有する建物施工の挑戦に対しての一助となれば幸いである。

10. 外壁アルミルーバー製作における改善

社名： (株)熊谷組

氏名： 西本 立雄

事例概要

項目	内容
1. 工事概要	
(1) 工事名称	(仮称) 福井銀行本店立替プロジェクト新築工事
(2) 規模(延床面積、階数)	延床面積: 13, 297㎡、地上7階、塔屋1階
(3) 用途	事務所・集会所・駐車場
(4) 主要構造	S造
(5) 建設地	福井県福井市
(6) 施工期間	2018年5月 ~ 2020年9月
(7) 工事費	7, 560(百万円)
(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"> ・建物外周にアルミルーバーが採用されており、予算と全体工程に大きな影響を与えていた。 ・国内工場では型材製作サイズの制限があり、アルミルーバーを複数部材に分けて組立てる必要があり、精度管理が危惧された。
(2) 改善の目的	・アルミルーバー製作におけるコストダウン、工期短縮および品質向上。
(3) 改善実施内容	<ul style="list-style-type: none"> ・海外資材、型材採用。 ・大型工場設備を使用。 ・大型金型の採用。 ・風切り音対策のためルーバー形状の変更。
(4) 改善による効果	<ul style="list-style-type: none"> ・Q(品質) <ul style="list-style-type: none"> ・大型金型採用によりルーバー材組立作業を削減し、品質向上を図った。 ・C(コスト) <ul style="list-style-type: none"> ・国内工場に比べ、20%のコストダウン。 ・D(工期) <ul style="list-style-type: none"> ・大型工場設備の採用により国内工場に比べ、30%の工程短縮。 ・S(安全) <ul style="list-style-type: none"> ・現場組立作業削減に伴う、危険性の低減。 ・E(環境) <ul style="list-style-type: none"> ・- ・その他の効果 <ul style="list-style-type: none"> ・強風時におけるアルミルーバーによる風切り音の低減。

外壁アルミルーバー製作における改善

株式会社熊谷組 北陸支店
西本 立雄

1. はじめに

本工事は福井県 JR 福井駅から東西にのびる目抜き通りに面し 1899 年設立以来、地域の人々に親しまれてきた施主建物 8 棟の解体から建替新築までを施工した。

新築工事の中で建物外周に配置されている外壁アルミルーバーは地場産業である織物をイメージした曲線的な断面でルーバー先端が波形をした特徴的な外観であり、意匠や工程に大きな影響を与える要素である。

外壁アルミルーバー施工における改善事例をここに報告する（写真－1、2）。

2. 工事概要

工事名称：（仮称）福井銀行本店立替プロジェクト新築工事

規 模：延床面積：13,174 m²、地上 7 階、塔屋 1 階

用 途：事務所・集会所・駐車場

主要構造：S 造

建 設 地：福井県福井市

施工期間：2018 年 05 月～2020 年 09 月

設計監理：株式会社三菱地所設計



写真－1 完成(南西面)



写真－2 完成(東面)

3. ルーバー概要

建物外壁の仕様を写真-3 に示す。

1、2階はカーテンウォールとアルミカットパネル、3～5階にウェーブ縦型アルミルーバーが採用されており、そのピッチは1440mm、6、7階は縦形アルミルーバーで、そのピッチは720mmとなっている。



写真-3 外壁仕上げ仕様

4. 解決すべき課題と取組

上記アルミルーバーを施工するにあたり、市街地建物のルーバーによる風切り音の抑制・品質確保・調達コストを考慮する必要があり、下記の検証ステップを行った。

検証ステップ1：設計者立会いのもと風洞実験をおこない風切り音が抑制できる形状、配列を決定した。

検証ステップ2：実物大モックアップを近隣別敷地に製作し、形状や塗装色等を施主・設計者と確認した。

検証ステップ3：設計図面段階から海外工場を厳選して打合せを実施し、試作品を作り、各種検査確認後工場製作をおこなった。

検証ステップ1 風洞実験による風切り音を低減したアルミルーバー形状の決定

風洞実験の形態を図-1、2に、試験体を図-3～6に示す。

風速、風向の条件として、日常レベルでの風速(3~21m/Sの範囲)とし、風向はアルミルーバーの断面が左右対称であるため、アルミルーバーに対し、0~180°で行った。

風洞実験の状況を写真-4、5に示す。

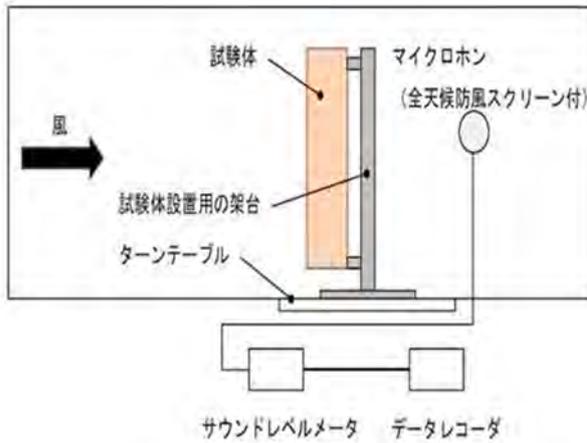


図-1 風洞実験立面

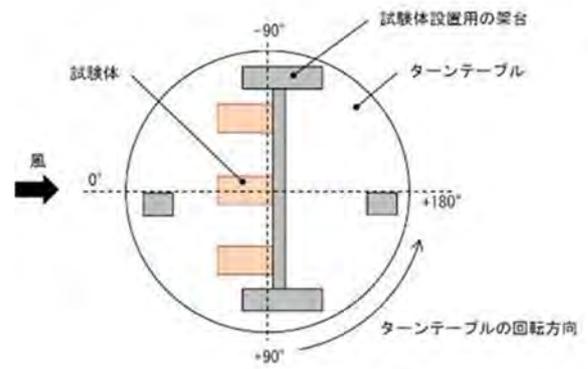


図-2 風洞実験平面

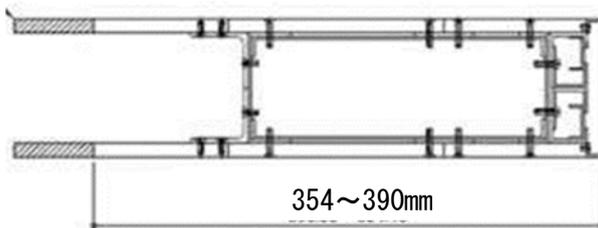


図-3 試験体①(断面)

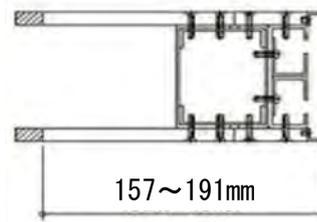


図-4 試験体②(断面)

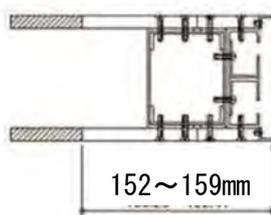


図-5 試験体③(断面)

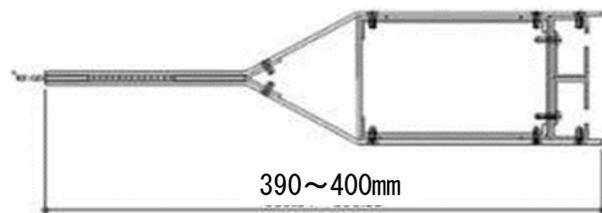


図-6 追加試験体 I (断面)



写真－４ 実験状況



写真－５ 実験状況

実験の結果、風切り音が発生した風速、風向を表－１に示す。

表－１ 実験結果(風切り音が発生した風速、風向)

試験体 風速 (m/s)	試験体① 2本フィン フィン長さ: 104.46~140.55mm	試験体② 2本フィン フィン長さ: 57.07~91.45mm	試験体③ 2本フィン フィン長さ: 52.41~59.29mm	試験体④ 試験体②-②~③で配列	追加試験体 I 1本フィン フィン長さ: 104.46~59.29mm
3	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-
9	-	-	-	14~26°	-
10	-	-	-	9~25°	22~26°
11	24° 天端小口の隙間	-	-	6~26°	22~27°
12	-	-	-	11~26°	23~27°
13	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-
15	-	-	-	-	-
16	-	-	-	-	-
17	-	-	-	-	-
18	45~49°	45~49°	45~49°	161~170°	-
19	46~52°	46~52°	46~52°	162~172°	-
20	42~51°	42~51°	42~51°	163~170°	-
21	43~52°	43~52°	43~52°	166~173°	-

風切り音が発生したのは試験体①、②、③、配列した試験体④とも風速 18~21m/s であった。追加試験体のフィン1本の場合の性能が良好なので、フィン1本の形状で追加実験を行うこととした。

追加実験

前回の実験結果を踏まえ、新たな試験体を提案し、追加実験を行った。その試験体の断面を図-7、8に示す。

新規試験体①、②をベースに、試験場で改良を加え(新規試験体①-2、②-2、③)実験を行った。その試験状況を写真-6～11に示す。



図-7 新規試験体①

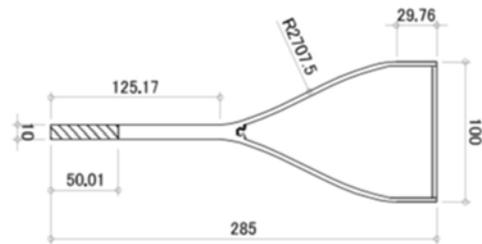


図-8 新規試験体②

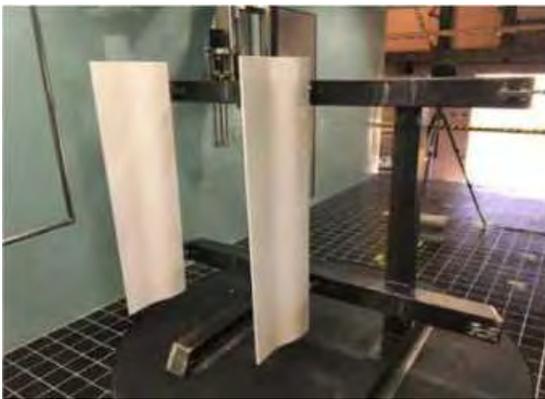


写真-6 新規試験体①
並列配置



写真-7 新規試験体①-2
フィンに合板貼付け



写真-8 新規試験体②
並列配置



写真-9 新規試験体②-2
側面の平滑化

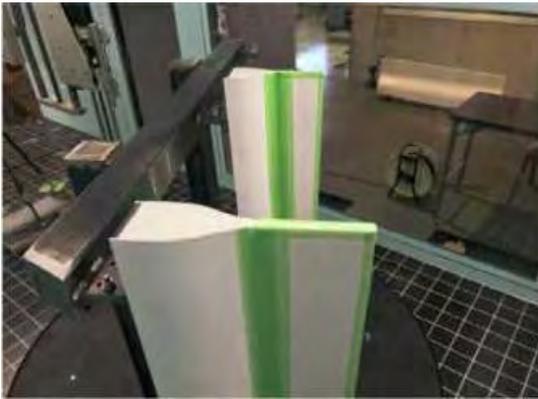


写真-10 新規試験体③

フィンの厚さ変更



写真-11 新規試験体③

フィンの厚さ20mm

試験体の概要

新規試験体① : 1本フィンW=10mm 大サイズ2本並列配置

新規試験体①-2 : 新規供試体①+合板貼付け

新規試験体② : 1本フィンW=10mm 小サイズ2本並列配置

新規試験体②-2 : 新規供試体②の側面を平滑に改良

新規試験体③ : 1本フィンW=10mmの両面に5mmの板を取り付け、
W=20mmに改良

表-2 追加実験結果(風切り音が発生した風速、風

試験体 風速 (m/s)	新規試験体① 1本フィン(大×2)	新規試験体①-2 1本フィン(大×2)	新規試験体② 1本フィン(小×2)	新規試験体②-2 1本フィン(小×2)	新規試験体③ 1本フィン(大、小)
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9	27~29°	30~42°	31~35°	-	-
10		32~33°			
11					-
12					
13					-
14					
15					-
16					
17					
18					
19					
20					
21					

試験結果より、アルミルーバーの断面形状は新規試験体②-2、新規試験体③に決定した。

検証ステップ2：外装モックアップの製作

風洞実験で決定した形状に基づき、実物大モックアップをつくり確認した。建物モックアップ製作エリア（5階～6階部分）を図-9の赤色部分に、BIMモデルを図-10に示す。

モックアップ製作については、外装材の日光の反射具合や夜間ライトアップでの状況を確認するため、仮設敷地内で新築建物と同じ方角に配置した。

製作計画において、BIMを活用し、モックアップの仮設鉄骨の建方手順、仮設足場の計画及びアルミルーバー等取り付け手順の検討を行った。



図-9 モックアップ箇所



図-10 BIMによるモックアップ

BIMを採用することにより、各工種の打合せイメージが湧きやすくなり、打合せ時間及び製作コストを削減することができた。

また本工事においても、積極的にBIMを使い、視覚的に取合部分を確認する事で、より良い納まりを検討できた。

施主、設計者立会でモックアップ確認状況を写真-12、13に示す。



写真-12 モックアップ確認状況



写真-13 ライトアップ状況

検証ステップ3

製作工場の生産能力、製品納入実績及び施工・監理調達チェック項目に基づき、価格、品質確保、資材調達及び工程管理状況を確認して製作工場を決定した。

各検証により、図-11、12に示す断面形状に決定した。側面の波形形状は図-13に示す3パターンで承認された。

完成時の波形形状の状況を写真-14に示す。

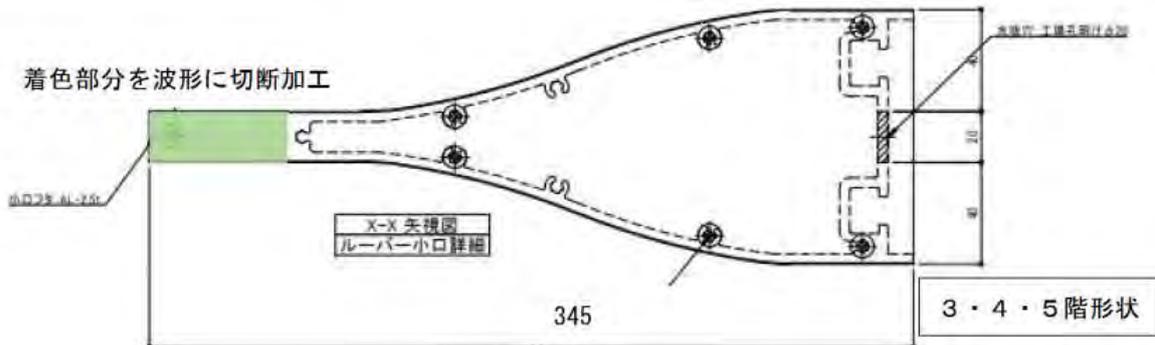


図-11 ルーバー断面Ⅰ

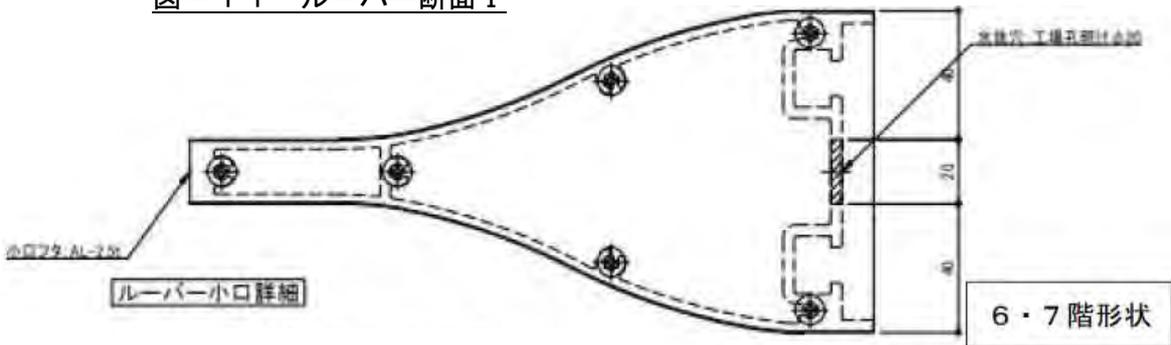


図-12 ルーバー断面Ⅱ

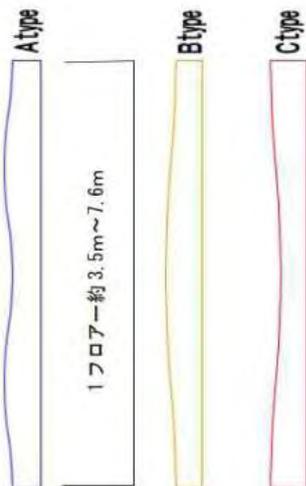


図-13 ルーバー側面
波形のパターン



写真-14 波形のパターン

5. 製作コストダウンへの取り組み

取組むべきルーバー形状を決定する過程で、コストダウンへの取り組みも同時に進めた。

今回採用しているルーバーをひとつの金型で製作するには、型材内接径 350mm以上を押し出せる設備が必要となり、国内製作工場から検討範囲を海外製作工場まで広げる必要があった。

ひとつの型材で製作できない場合は、複数の型材で部品化して製作し、部品の組み立てが必要となり、コストアップにつながる。

組立部品数を少なくすることは、製作のコストダウンになると共に、現場施工時にかかる作業工程の低減、外部足場での作業危険要因も少なくすることができる。

海外製作工場は、大型押出しに対応できる設備、曲線カットに対応できる複数の切断設備を必要数保有している工場が多数あることは、材料調達コスト低減の面で優位と考え、コスト面以外にも、日本向け製品納入実績、日本人技術者の有無、品質管理状況及び政情・治安等のリスクも考慮した。

中国、台湾、韓国及びベトナムの製作工場を数社候補に挙げ、現場の要求条件に見合う製作工場として中国上海近郊の工場を採用したが、製作工場決定前には、直接工場関係者と面談、現地材料・型材・組立・塗装等取引工場の状況をチェックし、品質・納期に影響がないことを確認した。

特にルーバー断面形状が曲線でかつ先端がゆるやかな波形をしているため、アルミ押出精度や先端切断精度（ウォータージェット波型加工）、研磨加工の技術と現場工程進捗に合わせた要求数量を大量製造できる能力があることは必須項目であった。

6. まとめ

品質、コスト、工期、安全、環境及び立地と厳しい条件に対して施主、設計事務所と三位一体となって課題解決に挑んだ結果、施主予算に合わせたコストダウンを達成でき意匠品質要求も満たすことができた。

海外工場での製作となったため、品質確保を目的として現地工場との連絡は IT 環境を十分に活用しながらリアルタイムで行い、必要時には工事担当者が現地へ向かい製作状況を確認した。

国内工場と比較をして約 20%のコストダウン、製作・現場取り付け工程として約 30%の工期短縮を達成することができた。

2020年3月から現場納期の予定であったが、新型コロナウイルスの影響で一時製作工場操業停止という事態もあり、1か月遅れでの現場納品になったが工程調整をおこない全体工期を守ることができた。

今回の結果をふまえ、国内工場で製作不可能なサイズの製品に関して、海外工場の採用も視野に入れてコストダウンを検討する事で、施主予算・工期要望に貢献できる。

11. 集合住宅における竣工前設備通水検査の効率化

社名： 前田建設工業(株)

氏名： 塩山 貴士

事例概要

項目	内容
1. 工事概要	
(1) 工事名称	N地区市街地再開発事業
(2) 規模(延床面積、階数)	延床面積:38,323㎡、地下2階、地上22階
(3) 用途	集合住宅
(4) 主要構造	RC造
(5) 建設地	東京都品川区
(6) 施工期間	2016年1月 ~ 2018年8月
(7) 工事費	—
(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"> ・時刻記録(試験体投入・回収)が人頼りであり、人為的ミス発生の恐れがある。 ・検査結果の集計及び転記作業に時間がかかる。 ・配管内で滞留した試験体探索に時間がかかる。
(2) 改善の目的	<ul style="list-style-type: none"> ・集合住宅における竣工前設備通水検査の効率化。
(3) 改善実施内容	<ul style="list-style-type: none"> ・Beaconを利用した排水管通水検査システムの開発。 ・試験体投入・回収時刻の自動記録。 ・試験体回収所用時間の自動計算。 ・検査記録の自動作成。 ・配管内に滞留した試験体の探査等。
(4) 改善による効果	<ul style="list-style-type: none"> ・Q(品質) <ul style="list-style-type: none"> ・検査結果の信頼性向上。 ・C(コスト) <ul style="list-style-type: none"> ・検査作業工数が約50%削減。 ・D(工期) <ul style="list-style-type: none"> ・検査作業時間で約30%短縮。 ・検査記録時間で約75%短縮。 ・配管内に滞留した試験体の探索時間で約75%短縮。 ・S(安全) <ul style="list-style-type: none"> ・— ・E(環境) <ul style="list-style-type: none"> ・タブレット端末活用による書類の削減。 ・その他の効果 <ul style="list-style-type: none"> ・—

集合住宅における竣工前設備通水検査の効率化

前田建設工業株式会社 建築事業本部
設備部 塩山 貴士

1. 工事概要

工事名称：N地区市街地再開発事業
規模：延床面積：38,323m²、地下2階、地上22階
用途：集合住宅
主要構造：RC造
建設地：東京都品川区
施工期間：2016年1月～2018年8月

2. 改善概要

(1) 背景

排水管通水検査は、集合住宅の重要な竣工検査の一つであり排水配管の接続系統間違い、異物の混入及び施工状態を確認するための検査です。検査方法は、住戸排水箇所（キッチン流し、洗濯パン、トイレ等）から試験体を流し、最終桝等にながれ着くまでの時間を確認する方法がとられており、試験体としてタオル等の布片が利用されています。当該検査は、近年大手デベロッパーにおける竣工時の標準検査項目となっており、多くの集合住宅にて実施されています。この検査では、排水経路の全系統について実際に試験体の排水を行い、検査箇所から投入した試験体が所定の排水経路終端に到達することを確認するとともに投入から決められた終端桝に至る経路の時間計測を行います。集合住宅の検査箇所は3～4（カ所／戸）×戸数と多く、竣工直前の限られた期間の中で検査を行う必要があり、また配管内に滞留した一部の試験体探索に時間が掛かるため、ICT技術を活用した検査ツールの開発要請が強くありました。

そこで、排水管通水検査の作業効率化と試験の信頼性向上を目的とし非接触で固有識別でき、小型で比較的長距離通信が可能な Beacon の特性を利用し、タブレット端末活用した排水管通水検査システムを開発するに至りました。

1) 従来の検査手順

配管の上流（以下、投入側）および下流側（以下、回収側）にそれぞれ検査員を配置（写真－1）、投入側で投入時刻を記録表に記録し試験体を配管に流し、回収側で試験体を回収した時刻を記録用紙に記録、排水時間の測定と結果の判定を行います。

① 事前準備

試験体を投入する試験箇所の系統名・布番号・試験箇所及び、投入時間・回収時間・到着時間が記録できる検査記録用紙を作成します。連絡手段である投入・回収検査員用のトランシーバー・時計（ストップウォッチ等、秒合わせしたもの）（写真－2）を用意し、同時刻であることを確認します。



写真-1 投入記録員



写真-2 時間計測

② 現場での作業 問題点：時刻記録が人頼りであり、人為的ミス発生の恐れがある。

投入側・回収側に計測係と記録及び、無線による連絡係を兼務した検査員を配置し検査を開始、投入・回収記録員は各々担当住戸の投入若しくは、回収時刻を記録します。

③ 検査結果の集計・記録表の出力 問題点：検査結果の集計及び転記作業に時間がかかる。

投入・回収検査員は、検査終了後に検査記録用集計用紙へ記録時刻を転記します。記録を集計し転記した時刻をもとに所要時間を計算し検査記録表を完成の上印刷します。

④ 試験体の探索 問題点：配管内で滞留した試験体探索に時間がかかる。

投入した試験体の一部は配管内に滞留するため、当系統の追加通水（以下、「追い水」）を行い、試験体を回収します。複数回の追い水を実施しても回収できない場合は、内視鏡等で配管内を探索の上回収します。

(2) 改善の目的

近年職員・作業員が不足する中、ICT 技術等を活用し作業所の生産性向上は重要課題となっています。特に集合住宅では多数の品質・性能検査があり、より効率的で信頼性の高い検査方法が望まれています。設備工事の場合、ゼネコンは専門業者の品質管理状況を確認する必要があるため、ゼネコン・専門業者が品質管理状況をお互いに共有できるシステムが望まれていました。そこで集合住宅設備工事で重要な竣工検査である排水管通水検査に、Beacon を活用した「排水管通水検査システム」を開発致しました。

(3) 改善内容

本システムは、タブレット端末を用いてアプリを利用する方式としました。

本システムの特徴は以下の通りです。

- ・ Beacon の固有識別機能を利用して、試験体の投入・回収時刻を記録できる。
- ・ 非接触にて瞬時に回収情報が読み取れることで、一度に複数個所から試験体が投入できる。
- ・ 記録した投入・回収時刻をもとに所要時間を自動計算できる。
- ・ 検査記録が指定書式に自動作成できる。
- ・ 検査経過は、Web 環境下であればタブレット端末を介していつでも閲覧できる。
- ・ Beacon から発する電波を受信し、滞留した試験体の探索ができる。
- ・ クラウドサーバーを利用し、複数の物件に対応できる。

1) 開発システムの検査手順

システム概念を図-1に示します。配管の投入側及び回収側にそれぞれ検査員を配置し、投入側で投入時刻をタブレット端末に記録、Beacon（写真-3）をセットした試験体（写真-4）を水と一緒に配管に流し、回収側でデータを読み取り、排水時間の測定と試験結果の判定を行います。

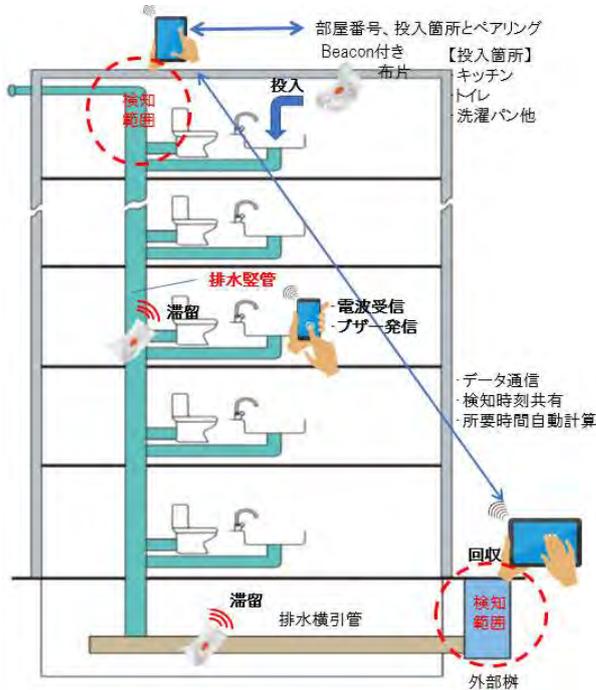


図-1 システム概念



写真-3 Beacon 外観



写真-4 試験体（布片）
（ポケット付き）

2) 現場での作業

投入検査員は住戸詳細画面に Beacon をタブレット端末上に載せることで投入する試験体を認識し、投入準備が整います。布番号、投入箇所名を確認し投入します。投入は誤投入防止のため、手動にてアイコンをタップすることで投入時刻を自動記録させます（写真-5）。回収側の検査員はあらかじめ決められた系統終端の排水桝等で待機します。到着した試験体を回収し、タブレット端末に近づけると自動回収ダイアログが表示され、同時に到着時間が記録されます。万が一、到着時間が自動記録されない場合は、手動回収ボタンにて手動回収確認画面に遷移し、回収した布番号を入力することで回収時間が記録されます（写真-6）。



写真-5 投入作業状況・操作画

写真-6 回収作業状況・操作画

3) 検査結果の確認

「表-1 検査結果一覧」および「図-2 検査進捗状況」を示します。回収画面から検査結果表ボタンを選択することにより検査結果（投入時間・回収時間・所要時間・判定）および、進捗状況が確認できます。

4) 記録表の出力

現場での排水通水検査終了後、パソコン画面より検査結果をPDFデータにて出力することができます（図-3）。

表-1 検査結果一覧

	施工者	監理者	
確認日			
立合者			

最終樹系統記号	布) No	色	住戸番号	投入器具名称	投入時間	回収時間	所要時間	判定,備考
汚水中継槽系統	1	青	901	キッチン	17:39:42	17:43:29	03:47	○
汚水中継槽系統	2	桃	901	洗濯パン	17:42:27	17:43:35	01:08	○
汚水中継槽系統	3	白	901	トイレ	17:39:44	17:43:41	03:57	○



図-2 検査進捗状況



図-3 記録表の出力

5) 試験体の探索

終端の排水桝等に到達していない試験体は、検波モードにて探索することができます。検波タブを選択することにより、未回収の検査箇所一覧を表示できます。その状態で試験体の滞留が予想される系統の探索を行い、試験体の近くになると、探査画面の表示が変化し通知音が鳴ります。さらに距離が近接すると画面表示アイコンが黄色から赤色表示に変化します（図-4）。表示される数字は電波強度の強さを表し、数値が大きいほど近くに Beacon があることを示します（写真-7）。



図-4 試験体探査画面



写真-7 アプリを活用した探査状況

(4) 改善による効果

1) 試行概要

試行現場概要を表-2に、今回のシステム構成を表-3に示します。各住戸検査対象は、便器・洗濯パン・キッチン流しとしました。なお、ファミリータイプキッチン流しはディスポーザー水槽にて回収することにした。

表-2 試行現場概要

建物規模	22 階建	
検査系統	汚水系統 雑排水系統 (ディスポーザー)	
住戸数	423 戸	
回収箇所	2 箇所	
検査員	4 名	投入側 2名
		回収側 2名

表-3 試行システム概要

機器名称	数量	
Beacon	300 個	
タブレット 端末	4 台	投入側 2台
		回収側 2台

2) 試行での効果

① Q (品質) : 検査結果の信頼性向上

試験箇所の投入・回収時刻は適宜タブレット端末を介しサーバーへ記録・所要時間は瞬時自動計算されるため転記ミスや、計算間違いなど人為的なミスは発生しません。また、記録されたデータは修正できないため改ざんもできません。

② C (コスト) : 検査作業工数が約 50% 削減

検査作業に要する工数 (事前準備と報告書作成業務を除く) を従来方法とシステム適用時で比較した作業工数 (検査補助員含む) 比較を表-4に示します。90 戸を比較条件とし、従来方法は協力会社ヒアリングによる過去実績値を採用しました。なお、従来方法の場合、1 日で 90 戸の検査は困難であり (実績より)、2 日分の検査員・検査員補助とし計上しました。また、住戸当りの検査作業工数を従来工法と比較したものを図-5に示します。

表-4 作業工数の比較

		システム利用	従来方法
		90戸/1日	90戸/2日
検査員	投入側	2	2 (1)
	回収側	2	4 (2)
記録員	投入側	-	2 (1)
	回収側	-	4 (2)
検査補助員	投入側	4	4 (2)
	回収側	2	4 (2)
合計		10	20 (10)

※従来工法 () 内は一日当たりの人数

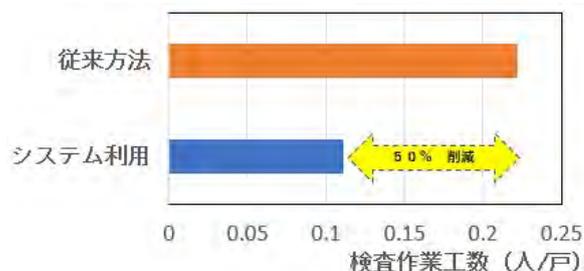


図-5 住戸当り検査作業工数の比較

③ D（工期）：検査作業時間の短縮

a. 検査作業時間で約30%短縮

システムを適用した場合の検査作業工程を平均作業時間とともに従来方法と比較したものを図-6に示します。従来方法の平均作業時間は協力会社の情報提供による過去実績を参考に算出しました。

従来の排水管通水検査では、ストップウォッチ等で排水時間を計測するため、投入側と回収側の検査員が無線等で相互に連絡を取り合いながら検査箇所ごとに試験体の投入を合図連絡し、投入後検査員が記録用紙に投入時間を記録します。回収側は試験体到着後、無線等で検査箇所の試験体が到着したことを投入側へ連絡し、記録用紙に到着時間を記録します。検査期間を短縮するために、投入側の人数、班数を増やすと、必然的に回収側の到着試験体も増え作業が煩雑となり、回収時刻の記録に支障が生じる恐れがあります。

一方、システムを利用した場合、Beaconを通して投入側と回収側の作業状況と時間情報をタイムリーに共有できるため、無線等で連絡することなく投入・回収側ともに試験結果が確認できます。投入状況を回収側タブレット端末で適宜確認できるため、投入時の合図連絡も必要なくなりました。また投入側はタブレット端末の台数を増やすだけで同時進行ができ、回収側も自動記録のため混乱することなく、検査期間の大幅な削減が可能となります。

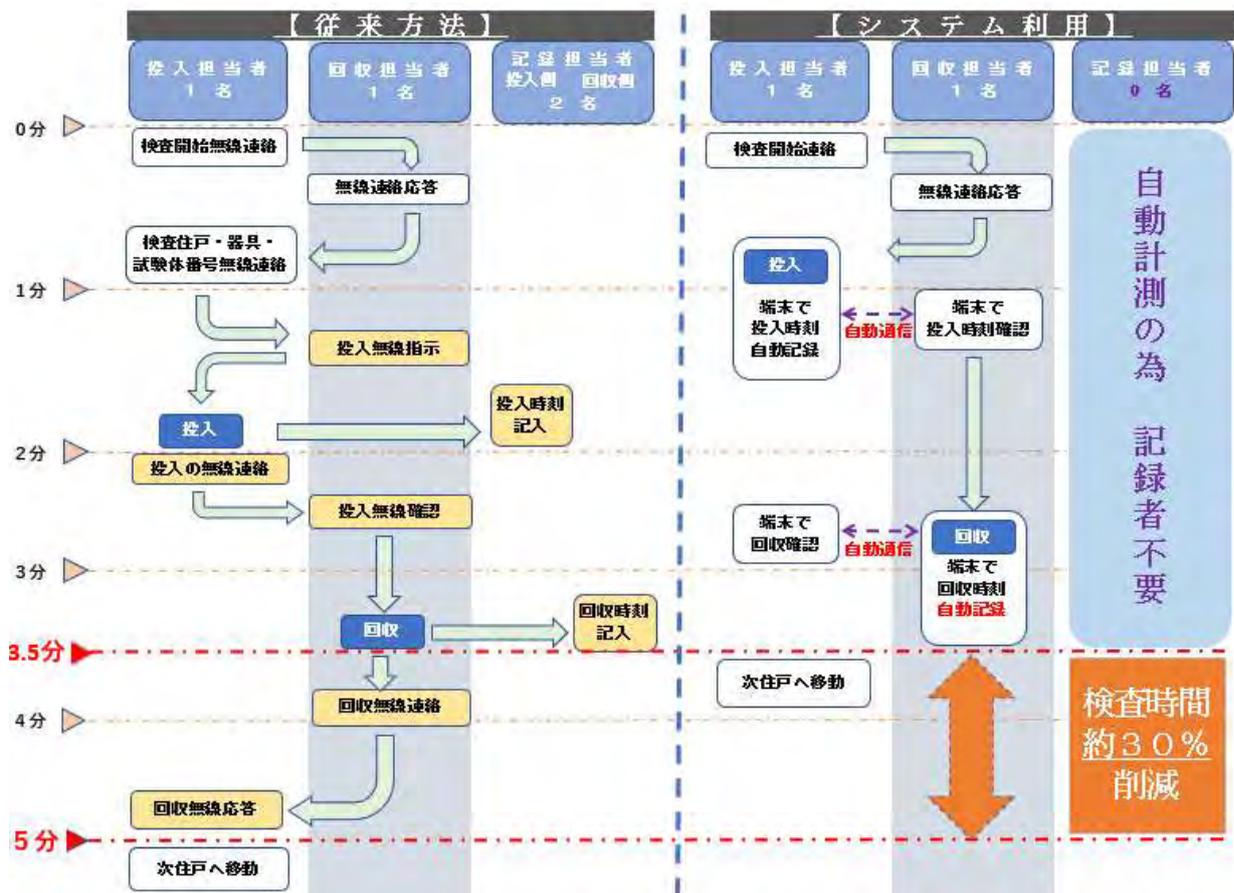


図-6 検査作業工程の比較

b. 検査記録表作成時間で約75%短縮

従来方法は、投入側・回収側ともに手書きで時刻を記録し、検査終了後集計・所要時間を計算の上清書し検査記録としていましたが、システムでは自動記録されます。投入時刻・回収時刻は検査毎にタブレット端末へ記録され一定間隔でサーバーと通信することにより所要時間を自動計算し投入・回収時刻と共にサーバーに自動記録され、タブレット端末で適宜結果閲覧できます。また、記録されたデータは、CSVとしてPCから出力されると共に、指定書式で印刷可能となりました(図-7)。

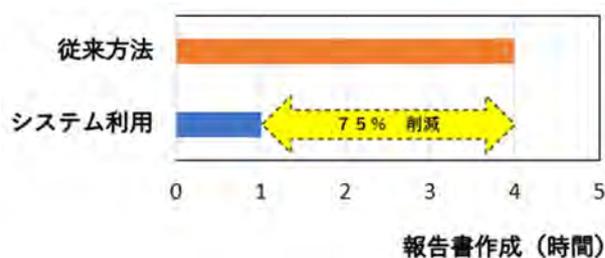


図-7 報告書作成時間の比較



図-8 未回収試験体探索時間

c. 配管内に滞留した試験体の探索時間で約75%短縮

検査時の大きな課題として、滞留した試験体の探索がありました。過去のデータによると、全試験体のおおよそ2~3%はなんらかの理由で配管内に滞留し、検査終了後にさらなる追い水・ファイバースコープ探索などを行いながら探索していました。しかし、どこにどのような状態で滞留しているかわからない状況下での過剰な追い水は多大な労力と時間を要し、本来の検査主旨の阻害要因になっていました。また、どこで滞留しているかわからない試験体を内視鏡カメラ等により探索するのは多額の費用を要していました。本システムの探索アプリでは、滞留箇所の特定が容易にできるため、トータル探索時間は大幅に短くなりました。システムを適用した場合の探索作業工程を従来方法と比較したものを図-9に示します。システム探索アプリ利用による平均作業時間は、従来方法(協力会社ヒアリング)に対し約75%短縮されました(図-8)。

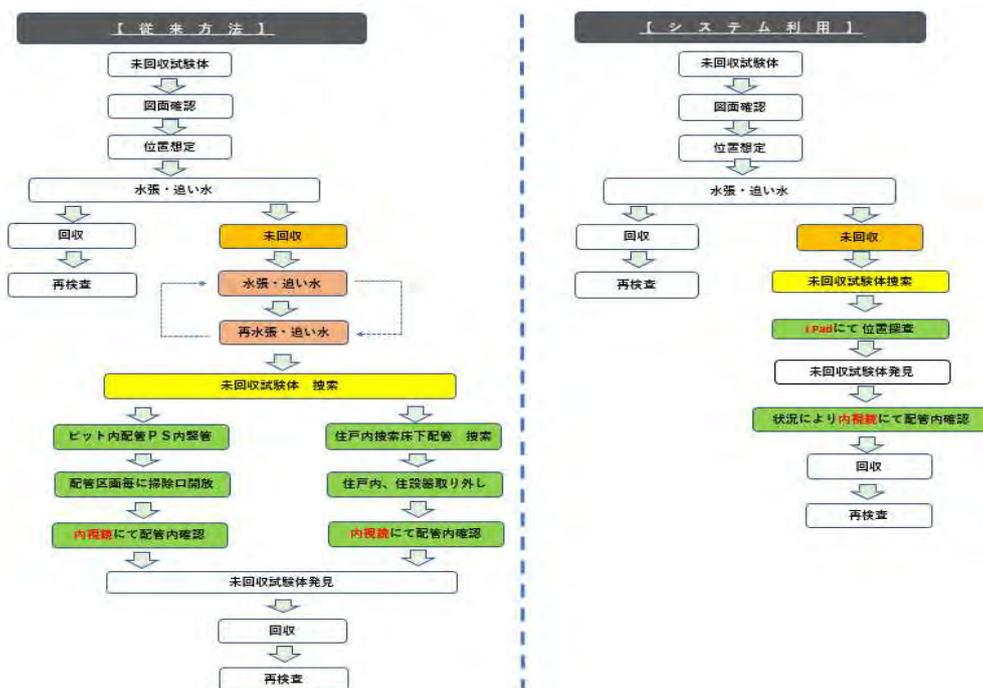


図-9 未回収試験体探索時間

最後に

本システムは、現場担当者の日頃の業務生産性向上改善意識から出た発想です。実現には様々な課題がありましたが、その都度関係者で知恵を出し合い解決しシステム完成にこぎつけました。

この場をお借りし関係された皆様へ改めて感謝いたします。

12. 次世代技術導入による現場管理の効率化

社名： 戸田建設(株)

氏名： 藤本 正洋

事例概要

項目	内容
1. 工事概要	
(1) 工事名称	某病院新築工事
(2) 規模(延床面積、階数)	延床面積: 94, 814㎡、地下2階、地上8階
(3) 用途	病院
(4) 主要構造	RC造、S造
(5) 建設地	千葉県
(6) 施工期間	2017年10月 ~ 2020年2月
(7) 工事費	—
(8) 設計者	戸田建設(株)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"> ・昨今の労務不足解消のため、工業化工法や情報化施工などの取り組みを行い、生産性を向上させる必要があった。そのための各種取り組みを行う上で担当社員の計画に費やす時間が長時間労働につながる要因となっていた。
(2) 改善の目的	<ul style="list-style-type: none"> ・現場作業の効率化と労務平準化、及び社員の人員の平準化を図る。
(3) 改善実施内容	<ul style="list-style-type: none"> ・入場ゲート整備、デジタルサイネージの採用 ・ロボットの活用 ・資機材管理センターの設置 ・現場事務所の座席フリーアドレス化
(4) 改善による効果	<ul style="list-style-type: none"> ・Q(品質) <ul style="list-style-type: none"> ・— ・C(コスト) <ul style="list-style-type: none"> ・— ・D(工期) <ul style="list-style-type: none"> ・— ・S(安全) <ul style="list-style-type: none"> ・実物大の安全教育施設とロボットによる新規入場教育により、説明の平準化、外国人労働者などへの理解度向上による災害の削減。 ・E(環境) <ul style="list-style-type: none"> ・— ・その他の効果 <ul style="list-style-type: none"> ・朝礼看板に、静脈認証入退場ゲートなどの情報を含めた、高輝度大型モニター採用により、準備作業など29分／日の時間短縮。 ・資機材管理センター設置による60分／日・人の時間短縮。 ・現場事務所座席フリーアドレス化による社員間コミュニケーションの活性化。

次世代技術導入による現場管理の効率化

戸田建設株式会社 藤本正洋

【はじめに】

バブル崩壊後、建設投資が労働者の減少を更に下回ったことにより労働力過剰となり、省力化・生産性向上が見送られてきたが、近年では労働力の過剰時代から不足時代へ変化が起きている。

また、昨今では ICT 技術の活用による建設作業所の生産性向上を図ることを目的とした“i-Construction”が提唱されている。

当社の建設作業所でも生産性向上を掲げ、工業化工法や情報化施工などの様々な取組を行っている。しかし、それらを採用するにあたり、現場作業の歩掛りが向上している反面、担当社員の計画に対する負担が大きく、長時間労働に繋がる要因となっている。

そこで、当作業所では、これまでの HIT 活動（図 1）をもとに、改革ポイント目標値を 30%と設定した。

工業化・省力化工法などを採用した場合の効果と、担当社員が計画に費やす時間、及び計画時期の偏りなどに着目した。それらのバランスを考慮し、フロントローディングにて、採用する項目の選別と、人員の平準化を図る試みを行った。



図 1 HIT 活動分析グラフ(現状)

HIT 活動(Human resource Intelligence Technology): 業務プロセス可視化法で把握・分析・改善の容易化

本工事を今後の弊社を象徴する、魅力ある作業所にしたいという想いを込めたスローガン（図 2）のもと、フロントローディングのテーマを、“安全性No.1” “生産工程の省力化” “働き方改革” の 3 つを軸とした。現場管理の効率化として、規模・構造などによらず、どの作業所でも対象となる、効果の得られた項目に関して報告を行う。



図 2 作業所スローガン

【工事概要】

工事名称：某病院新築工事

工事場所：千葉県

工期：2017年10月～2020年2月
(延 29 か月)

構造種別：鉄筋コンクリート造、鉄骨造他

階数：地上 8 階地下 2 階

建物用途：病院（病床数…642 床）

建築面積：19,546.51 m² (5,923.18 坪)

延床面積：94,814.52 m² (28,731.67 坪)

最高高さ：GL+42.79m

【改善実施内容】

フロントローディングにて、工業化、情報化などの“各種取り組み”については、既存技術の採用可否の検討を行い、全体で80項目を抽出した。そして、本社・支店スタッフが参画し計画・検証を行い、80項目中45項目を採用することに決定した。

本稿で報告する、改善実施内容についてはこの45項目のうち、“安全性No.1”と“働き方改革”の取り組みの一例である。

◎入退場ゲートの整備、デジタルサイネージの採用

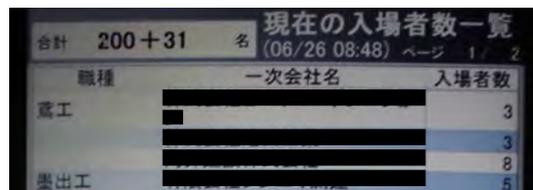
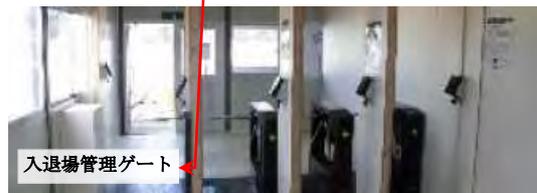
安全性No.1を目標に掲げた安全管理の手法にも、ICTなどの先進技術も積極的に導入している。当社開発の静脈認証入退場システム(入退場ゲートの整備)もその1つである。

静脈認証入退場システムとは、あらかじめ登録された、腕時計型バイタルセンサーを装着し、作業所入退場時に静脈認証を行うシステムである。当作業所では、作業員休憩所の1階に、入退場管理ゲートを設けた。入退場ゲートを通過することで、作業所就労人数・作業員情報をリアルタイムに集約し、確認することができる(写真1)。また、デジタルサイネージを利用した高輝度情報集約モニターを、朝礼看板と事務所内に設置し、事務所内のモニターには、作業所就労人数や、作業員情報など各種情報を、一元管理できる常時監視システムを構築した。朝礼広場には、大型モニターを活用し、本日の作業内容・危険箇所・火気作業・立入り禁止区画・今日の一言・搬出入予定・リアルタイムの気象情報などを表示している(写真2)。

一か所に情報を集約することで、さまざまな書類を参照する手間や、搬出入予定や火気作業場所など、スポット協力会社技能者からの問い合わせが減った。

静脈認証入退場システムと、高輝度大型モニター(デジタルサイネージ)を採用することで、準備工事などを含め、概ね30分/日の

作業時間を短縮できた。毎日の作業項目であるため、些細な時間ではあるが、工期全体で考えると改善効果は大きかったと感じる。



デジタル出面表によりタイムリーな入退場者数把握

写真1 静脈認証入退場システム



写真2 情報集約大型高輝度モニター

◎ロボットの活用

大規模作業所において、各協力会社の技能者全員に作業所ルールを徹底させることが難しく、更に外国人労働者の多くなった昨今では、口頭の説明だけでは作業所ルールの周知は困難であると想定された。

そこで、当作業所に携わる技能者の認識を統一するため、実物大の安全教育施設を設置した。

マネキン人形を使用した安全教育カリキュラムを利用し、新規入場教育や、定期的な確認会を行うことで、経験年数が短い技能者や、建築作業所、仮設に触れる事がなかった当社新入社員の理解度も高めることができた。

また、同エリア内に設置したロボットに、新規入場教育を行わせ、説明中に、新規入場者の書類のチェックを実施した。平行作業とすることで、7分/日・人×担当社員分の作業時間を削減することができ、さらに説明内容の標準化を図ることができた（写真3）。



写真3 安全教育概要

◎資機材管理システム

当社社員の定常業務の中には、判断の少ない事務的な作業も存在する。HIT 活動調査結果によると、それらの業務に費やしている時間も多く、長時間労働の要因となっていると判断できた。そのような、定常業務のアウトソーシングを行い、働き方改革に取り組んだ。

1つ目は一般的になりつつあるが、建設作業所に必要不可欠な、施工記録写真についてである。担当者の負担軽減、業務効率化のため、写真整理を外部委託し、当社社員がチェックすることとした。

次に、リース材・資材手配・宅配便・測量機器を一括管理する“資機材管理センター”を設立した。

各技能者へ貸し出す資機材に QR コードを貼り付け、個体識別管理することで貸出・返却を効率化した。更に、リース機材の稼働状況を可視化し、余剰リース機材を早期に返却し、仮設経費の削減を図った。宅急便の受け取りもすべて、資機材管理センターで行った。

当社社員を介さず、直接センターへの問い合わせ、リース、返却を行うため、当社社員の資機材管理に費やしていた時間を 60 分/人・日削減できた。まだまだ、改善の余地はあり、作業所独自の試みではあったが、効果的と考える（写真4）。



写真4 資機材管理センター

◎快適な職場環境の形成

仮設事務所などの施設面でも、働き方の改善に向けての方策を盛り込んだ。

円型テーブルを採用し、固定席を持たないフリーアドレスを導入した。コミュニケーションの活性化と、打合せ効率の向上による働きやすさの改善を試みた。

当作業所は、棟ごとの管理体制としていたため、棟ごとの情報を作業所全体にスムーズに伝達する必要があった。フレキシブルな着席環境により、担当棟以外の情報共有・連携など、コミュニケーションの活性化につながり、情報伝達を円滑に行うことができた。

また、若手社員にとっては、自席の周辺でさまざまな情報共有がなされているため知識向上の一助にもなった（写真5）。



写真5 フリーアドレス実施状況

フリーアドレスと並行して整備したのが現場事務所内・会議室の壁一面のホワイトボード化である。

壁際立って、ちょっとした打ち合わせを行ったり、思い立ったアイデアを残したり、情報発信・情報共有に活用した。

更に、立って打ち合わせを行うため、スペースの有効活用と、事務所内で所長クラスをはじめ、多数の耳がある中での打ち合わせは、方向性に間違いがあれば、修正を促す矢が飛んでくるため、計画の手戻りがなく、業務時間の削減にもつながった。

◎おわりに

プロジェクト開始時にフロントローディングに着手し、取組効果と計画時間のバランスにより採用項目を選択し、当初計画より取組項目は減少した。

しかし、実施段階では、採用した取組による効果と、工事期間中に取り入れた、取組に

よる効果との、相乗効果により、計画値とほぼ同等とする事が出来た（図3）。

それぞれの取組により、全体で4か月の工期短縮を達成できた。

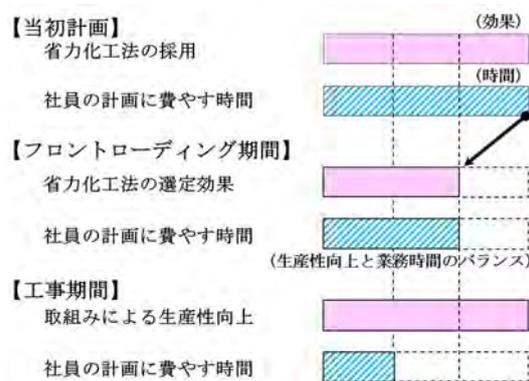


図3 取組項目効果と社員業務削減時間イメージ

最後に、今後も継続してこれからのフロントローディングの在り方と、デジタルとアナログとの共存の組立において、更なる試みに挑戦し、将来の予測が困難な VUCA 時代を乗り切る。

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和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「日建連-総合評価方式関連情報」と改称 建築技術(2009.07)「特集:建築物の価値を高める改善技術 VI事例 改善技術」に寄稿 ・BCS・VE等専門部会の活動 ・施工段階におけるVE・改善事例の活用と留意点(21事例シート)
2011年	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)
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「VE等施工改善事例発表会」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
2019年	VE等施工改善事例発表会の実施(会場:東京・大阪・福岡、3回/年実施 ... 2020年はWEB配信予定)

(2)意見交換した主な機関

- 1)米政府機関 米国防総省 (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 ・ 和歌山県県土整備部)
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

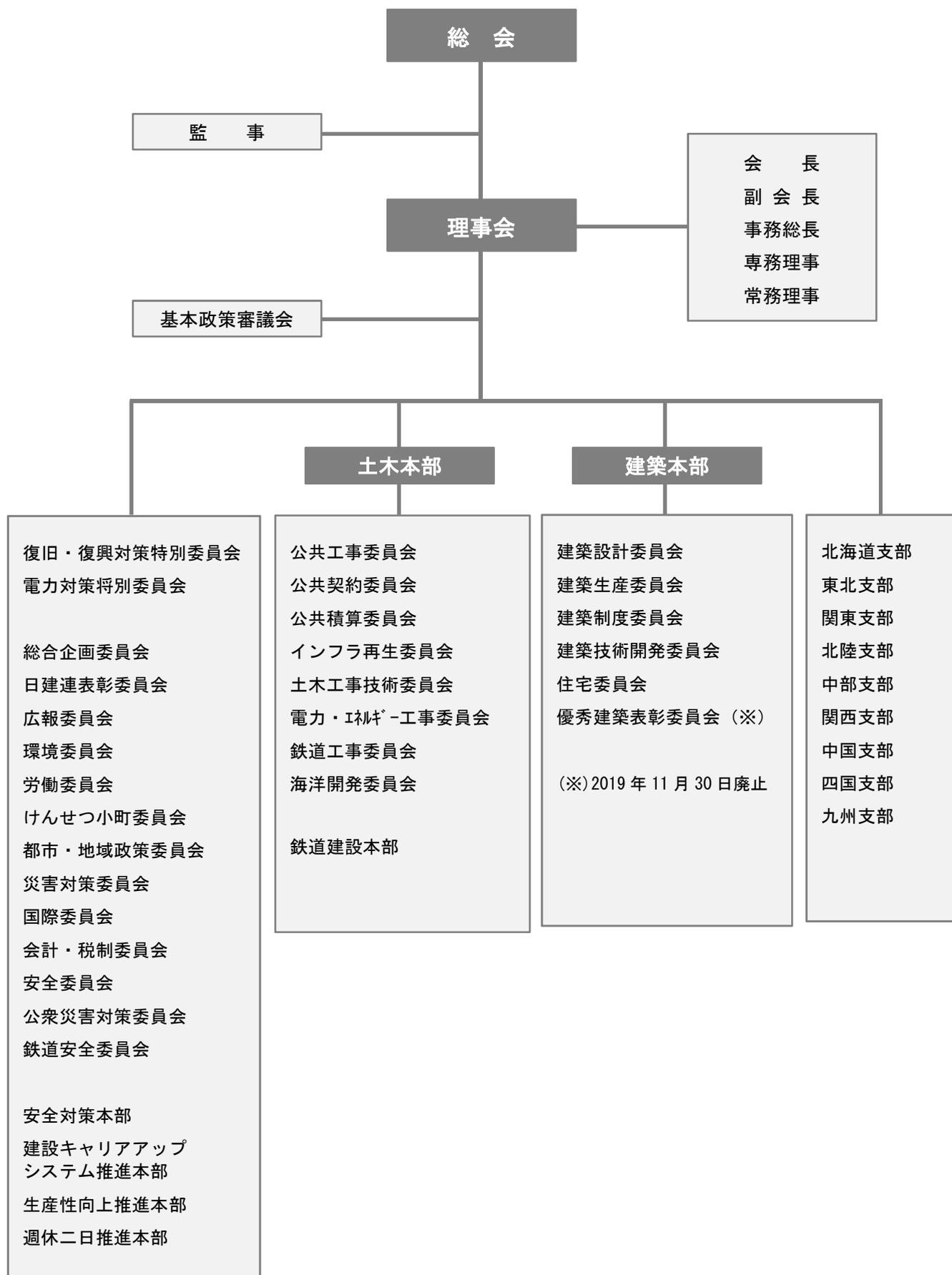
(3)参画・協力・受賞

- 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

一般社団法人 日本建設業連合会 組織図



技術提案制度専門部会委員一覧（敬称略・順不同）

[2020年12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 中村 篤 (株)竹中工務店
サブリーダー 篠塚 眞樹 (株)安藤・間
委員 本間 康高 (株)浅沼組
寺田 嘉樹 (株)大林組
荒 粃 稔 (株)熊谷組
田中 智行 (株)鴻池組
服部 覚志 五洋建設(株)
津間 博信 佐藤工業(株)
上中 憲治 大成建設(株)
豊田 將文 東急建設(株)
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 米田 清文 日本国土開発(株)
サブリーダー 松本 敏弘 松井建設(株)
委員 米川 隆志 共立建設(株)
沼尾 憲司 清水建設(株)
伊藤 広昭 西松建設(株)
三浦 信一 前田建設工業(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（2020年）

本誌掲載内容の無断転載を禁じます