

8. 大空間屋内スポーツ施設の屋根鉄骨・仕上 —品質・安全の向上と工期短縮の実現—

社名:前田建設工業株
氏名:松本 通孝

事例概要

項目	内容
1. 工事概要	
(1)工事名称	Jヴィレッジ全天候型サッカー練習場新営工事
(2)規模(延床面積、階数)	延床面積: 10,158m ² 、地上2階
(3)用途	スポーツ練習場
(4)主要構造	S造
(5)建設地	福島県双葉郡
(6)施工期間	2017年3月～2018年5月 ※プロポーザル時、工期短縮を提案
(7)工事費	2,278 (百万円)
(8)設計者	前田建設・佐藤総合特定建設工事共同企業体
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"> 68m × 105mの公式サイズサッカーピッチ1面が入る大空間 トラス鉄骨屋根構造の施工の安全と品質確保・工程確保が課題
(2)改善の目的	<ul style="list-style-type: none"> 大空間トラス鉄骨屋根の安全確保・建方精度確保・後工程の屋根膜や塗装など仕上工事品質確保のために、合理的な架設構法を確立し、作業効率を高め、1.5か月の工期短縮を図る。
(3)改善概要	<ul style="list-style-type: none"> 大架構屋根トラス鉄骨の施工に際し、鉄骨パイプフレームを用いた鉄骨支保工兼作業用移動式ステージ足場により、施工することとした。 鉄骨建て方、レベル調整、本締め及びジョイント部仕上をサイクル工程化し、安全かつ安定した品質のトラスを構築して工期短縮を図った。
(4)改善による効果	
・Q(品質)	<ul style="list-style-type: none"> 同一架台を使用することで、施工手順均質化・品質安定。
・C(コスト)	<ul style="list-style-type: none"> ベント架台の架払いを減らし、兼用することによるコスト低減。
・D(工期)	<ul style="list-style-type: none"> サイクル工程の確立により作業効率向上と工程短縮が実現。
・S(安全)	<ul style="list-style-type: none"> ベント架台ステージ上の作業により、墜落災害リスク低減を実現。
・E(環境)	<ul style="list-style-type: none"> 搬出入車両の低減による環境負荷低減。
・その他の効果	<ul style="list-style-type: none"> 屋根膜と並行作業が可能。移動足場により建屋内全作業の視認性向上

大空間屋内スポーツ施設の屋根鉄骨・仕上

—品質・安全の向上と工期短縮の実現—

前田建設工業株式会社 東北支店

松本 通孝



写真一 外 観

1. はじめに

Jヴィレッジはサッカー界初のナショナルトレーニングセンターとして、1997年福島県浜通り南部、双葉郡双葉町と広野町に跨がるエリアに開設されました。

震災前はサッカー日本代表の合宿地として使用されるなど県のシンボル的な存在で同時に地元にとっても施設を活用した町づくりを行っており、住民からも親しまれた施設でした。

震災を機に施設は機能停止し、廃炉作業に向けた前線基地へと様変わりしました。廃炉作業が進む一方で、再び輝きを取り戻す為に復興のシンボルとして『新生Jヴィレッジ』復興・再整備計画がたてられました。計画立案時に、施設の原状復旧はもとより新たな付加価値が必要ではないかという議論が交わされ、日本で初めてフルピッチが収まる全天候型サッカー練習場を新設することになったのです(写真一、写真二、写真三、図一)。

今回、工期短縮のため屋根トラス鉄骨組立時に採用した、移動式支保工足場と膜屋根施工を報告します。



図一 Jヴィレッジ全体配置



写真－2 ピッチ 内 観



写真－3 ピッチ 内 観:2階見学スペースより

2. 工事概要

工 事 名 称	: Jヴィレッジ全天候型サッカー練習場新宮工事
工 事 場 所	: 福島県双葉郡楢葉町大字山田岡字美シ森 8 番 他
発 注 者	: 福島県
実施設計・施工	: 前田建設・佐藤総合特定建設共同企業体
工期(実施設計)	: 2016年7月11日~
(施 工)	: 2017年3月 1日~2018年5月30日
建 物 用 途	: スポーツ練習場
構 造	: SC杭基礎 S造 地上2階 鉄骨骨組膜構造
建 築 面 積	: 11,168.22 m ²
延 床 面 積	: 10,158.18 m ²
最 高 高 さ	: 24.81 m
アーチ鉄骨スパン	: 92.80 m
鉄骨支点間距離	: 81.00 m
桁 行 方 向	: 117.00 m (125.00m 大庇含む)

サッカーピッチのオフィシャル寸法 巾68m×長さ105m、ピッチの外側に余幅を設け、高さガードアーチ
中央部鉄骨下端で22mを有するアスリートファーストにふさわしい大空間です(図-2～図-4)。

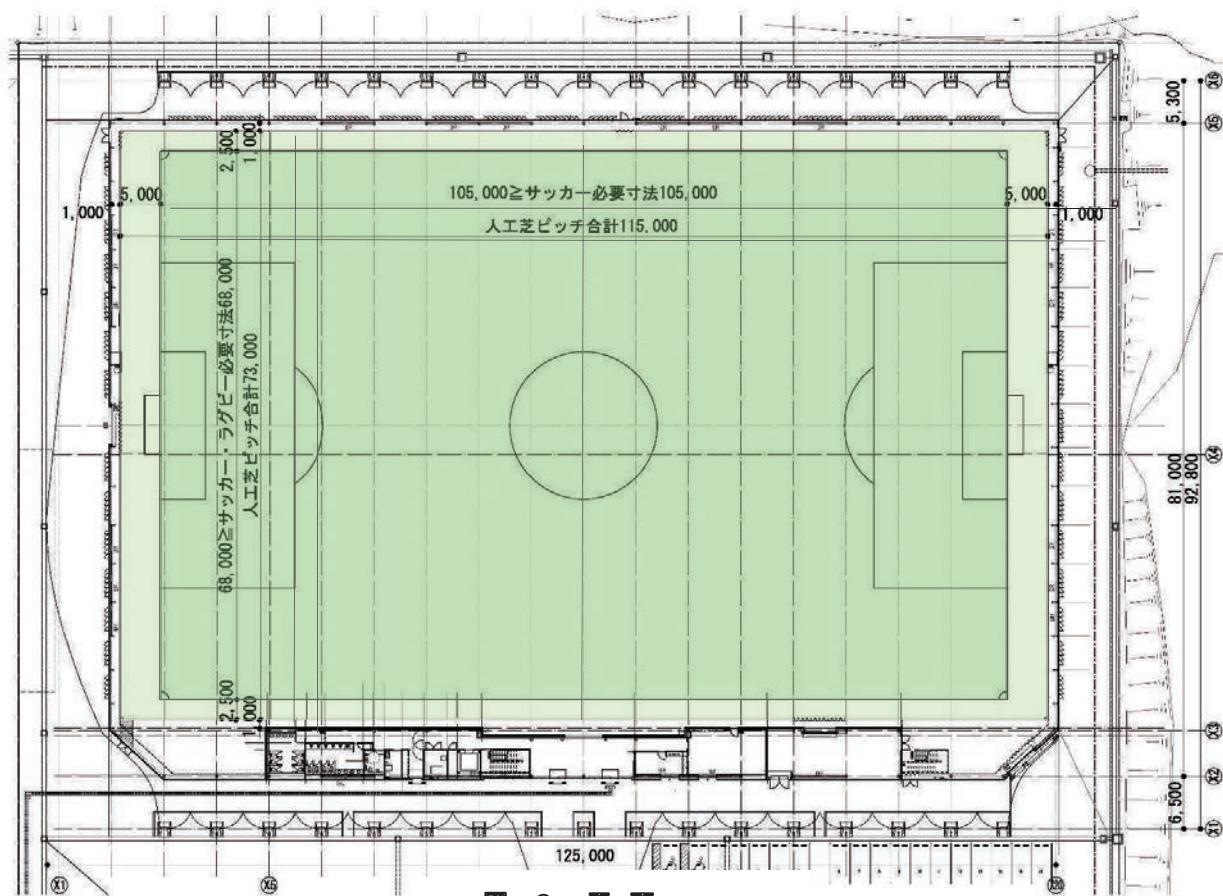


図-2 平面

凡例	名 称	内 容
(A)	屋根	鋼屋根材(A種鋼)
(B)	外壁	ALC t=100 の上 防水形外装幕基材E
(C)	外壁	RC柱躯柱上段の上 ASC基材 (透光白石 W20XH20ソリッド @3000mm)
(D)	鋼骨柱	君臨堂丸みの上2-FUE 基材
(E)	窓戸	アルミサッシ フルマイト処理B-1 (A1)

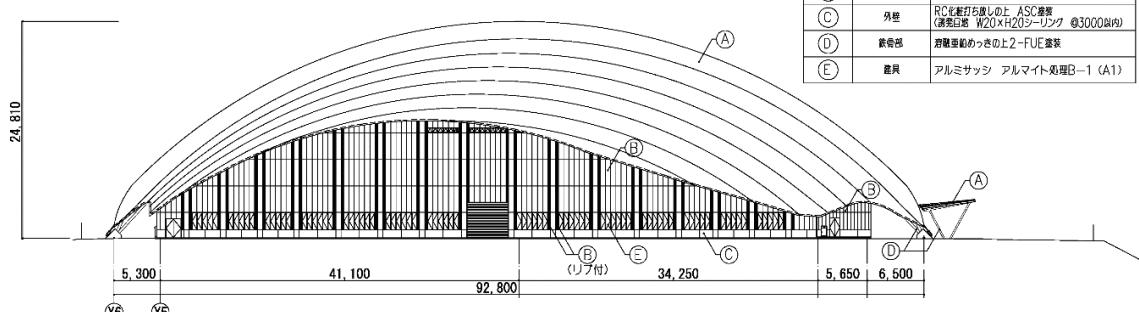


図-3 西側(妻側)立面上

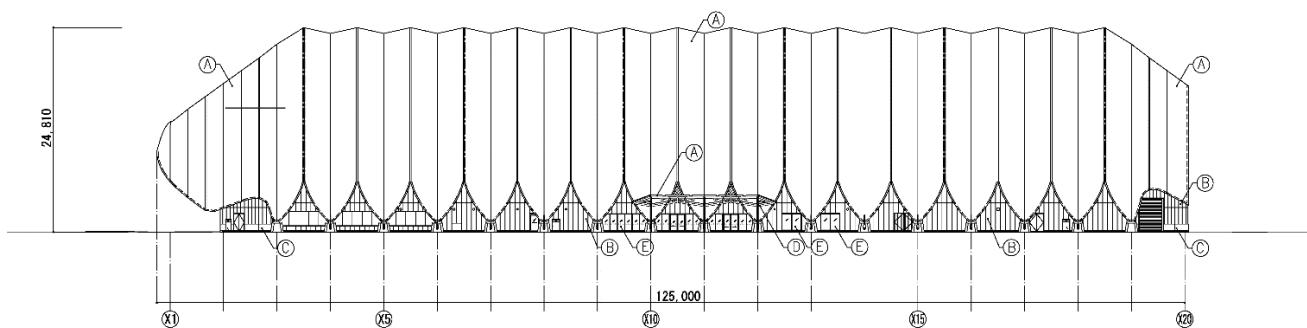
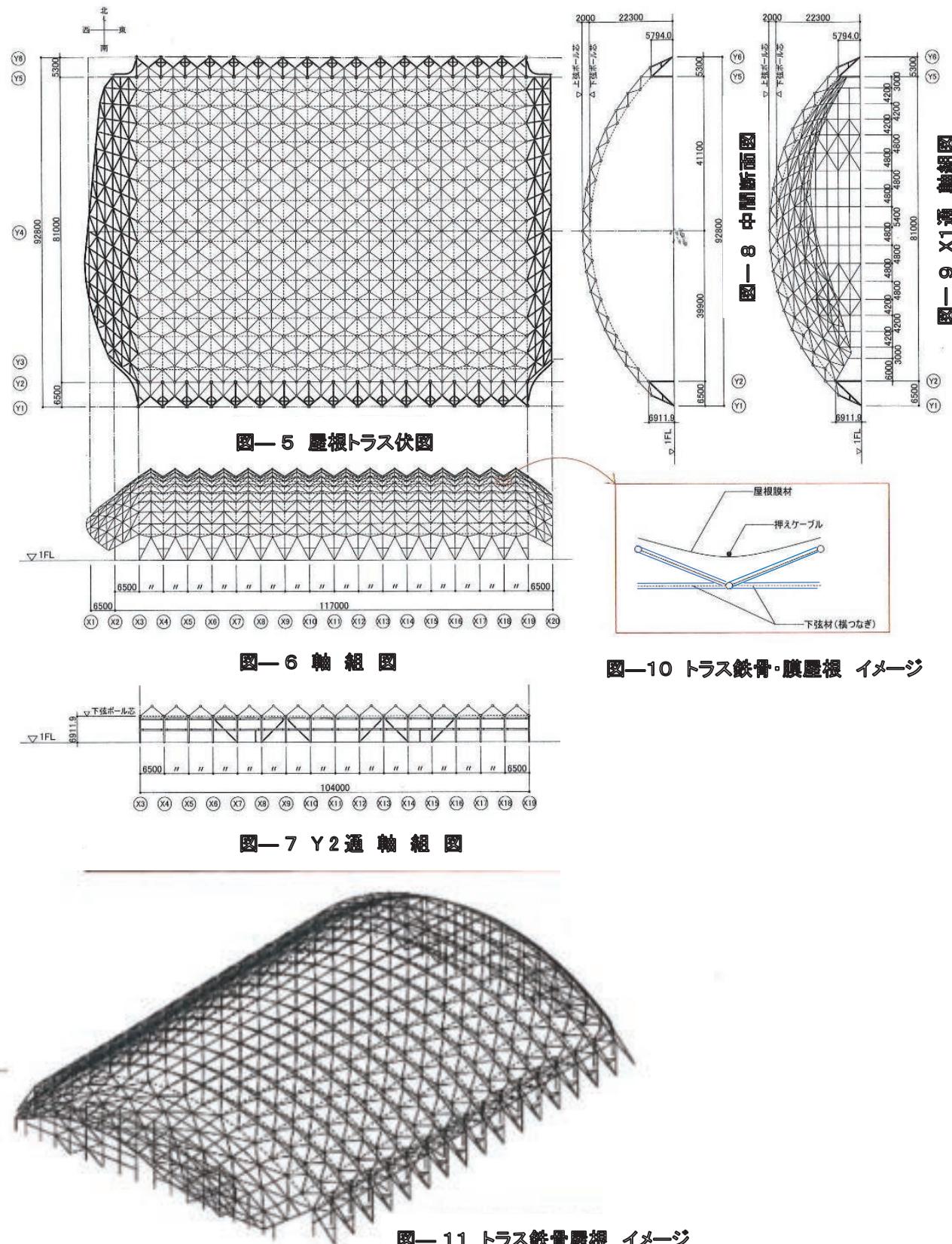


図-4 南側立面

3. 構造概要

骨組膜屋根を構築するトラスは、鋼球ノードに鋼管をねじ込んでいく機械式接合トラスを採用しました。現場での溶接を大幅に減らすことで工期短縮と品質の安定を実現しています。

トラス高2.0mの立体トラスは、四角錐体を基本形状とした連続体により構成されています。上下弦材φ165mm～φ217mm、アーチサイズ脚部の鋼管柱はφ267mm、総重量は790tです。



4. 工法の選定

屋根架構の建方は移動式支保工足場を採用し、2スパン分用意し、スパン毎に建て逃げする工法を選定しました。

その理由として、1スパン(アーチ鉄骨スパン92.8m)の鉄骨フレームが繋がると自立することが事前解析で立証できたためです。

なお、移動式支保工足場を採用した理由は下記の通りです。

- a) 移動方向の断面形状が同じで平行移動が可能
- b) 施工手順の均質化、作業効率の向上が図られ、同一の作業床で盛替えも無く、安全性を維持し、かつ精度の高い高品質な鉄骨を納めることができ(写真—4、写真—5)
- c) 全面足場やベント支柱等と比較し、仮設資材の削減、組立・解体に要する揚重機や人員の省人化など大幅な省力が可能



写真－4 鉄骨組立状況1



写真－5 鉄骨組立状況2



写真－6 鉄骨組立状況3



写真－7 柱脚部鉄骨組立状況

5. 施工手順

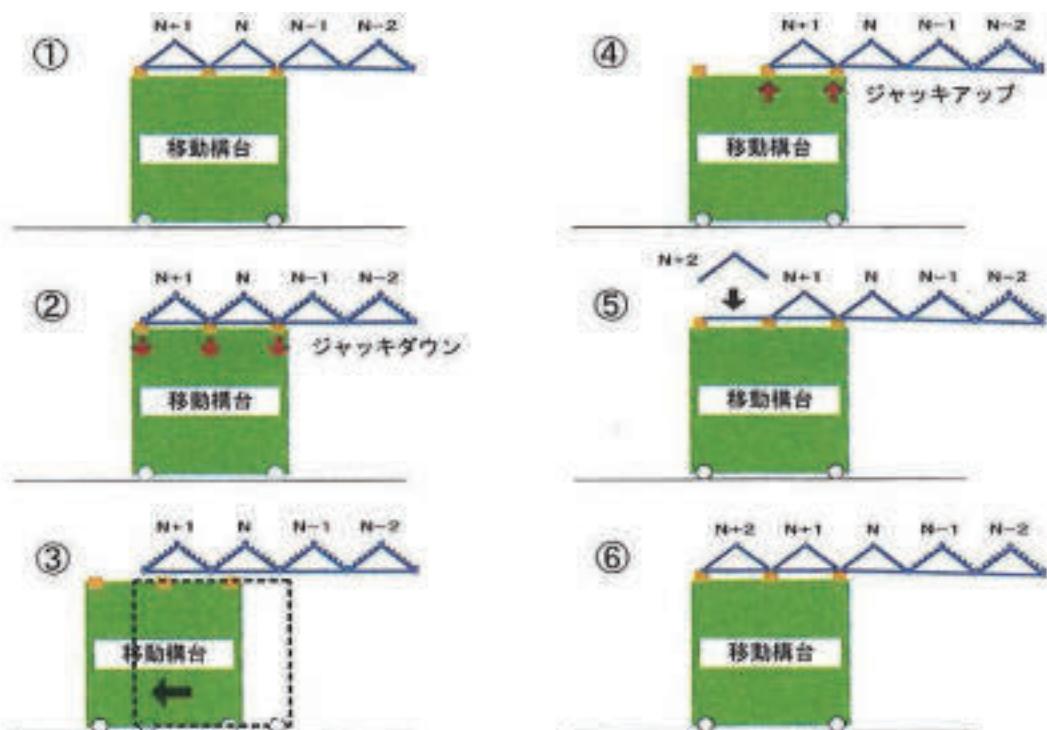
柱・柱脚部を先行して組立を行い、垂直精度・柱間スパン長を確認の上、屋根トラス建方に移行します（写真—6、写真—7）。

建方は桁行方向2スパンを網羅する移動式支保工足場を用いて鉄骨1スパンを2日で建方を完了、次の1スパンへ足場を移動し、トラス鉄骨建方を1スパン行うサイクルで進んでいます（図—12）。

トラスは梁間方向が92.8mあるため、建方途中のトラスの支持と精度管理が特に重要です。

トラス構成部材のボールジョイントとパイプは、ねじ込み式の特殊な接合であり、建方時にジョイントを精度良く支持できるかが課題でした。精度確保は設計段階より検討しました。その結果、下記のようにしました。

移動式支保工足場を用い、建方後、ボールジョイント部分をジャッキ支持、鉛直レベルを調整します（①）。その後、一旦、ジャッキダウンし（②）、移動式足場を1スパン移動後（③）、次のスパンのトラス建方（⑤）を行いますが、前スパンのトラスに関しても、解放されていた接合部に荷重がかかる為、レベルを再調整（④）するようにしました（⑥）（写真—8、写真—9）。



図—12 移動構台によるシステムトラス施工手順



写真—8 鉄骨ジョイント レベル測定



写真—9 パイプ鉄骨接合 ボールジョイント部組立

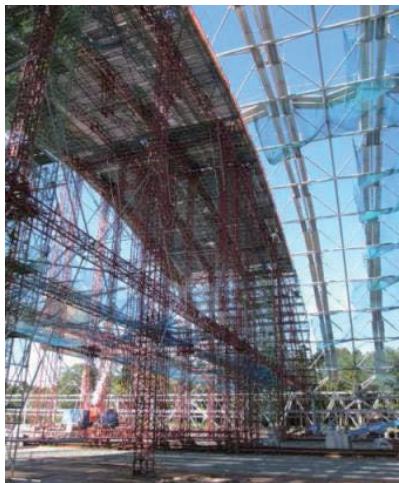
6. 移動式支保工足場

大空間トラスの保持も兼ねる移動式支保工足場は、鉄骨パイプフレームを使用しています。

移動式支保工足場は短辺方向に2分割してユニットを構成しています。柱脚部の可動部分が重要で、敷鉄板アングルによるズレ止めとライナーPLによるレベル調整を行い、移動用レールの精度を確保しています。

移動式支保工足場の総重量は85t、移動はモーターで行い、1スパン6.5mを5分程度で移動完了します（写真－10、写真－11）。

トラス鉄骨建方完了後に再度、建方の最初の工区に戻り、鉄骨仕上塗装工事として使用します。



写真－10 移動式支保工足場



写真－11 移動式支保工足場ジャッキポスト&レール

7. 屋根膜工事

屋根膜工事はトラス中段に作業床を設置し、クローラークレーンをタワー mode として使用して展張します。

屋根膜の大きさは長辺方向 1 スパン、短辺方向の長さ全て(≈100m)を 1 ユニットとして工場でロール状に巻いて搬入します。

膜の展張は、スプレッダーをクレーン側に移動しながら展張を行います（写真－12）。

膜は A 種膜（不燃材である4フッ化エチレンコーティングのガラス繊維膜）という仕様で東京ドーム等恒久的な建物に採用されている耐久性に優れた素材で、光触媒による防汚染性も有しています。

膜は 1 ユニットずつ浮き上がりを防止するように膜の長辺に φ44mm、46mm のポリエチレン被覆された押さえケーブルを設置してテンションを掛けて完成となり、供用開始後は、施設を使用しながらのメンテナンスを可能としています（図－10）。

屋根膜工事の際に必要なトラス中段の作業床の組立・解体時にも そのスパン直下に移動式支保工足場を移動・設置を繰り返し、安全に作業を進めることができました（写真－13）。



写真－12 屋根膜 展張



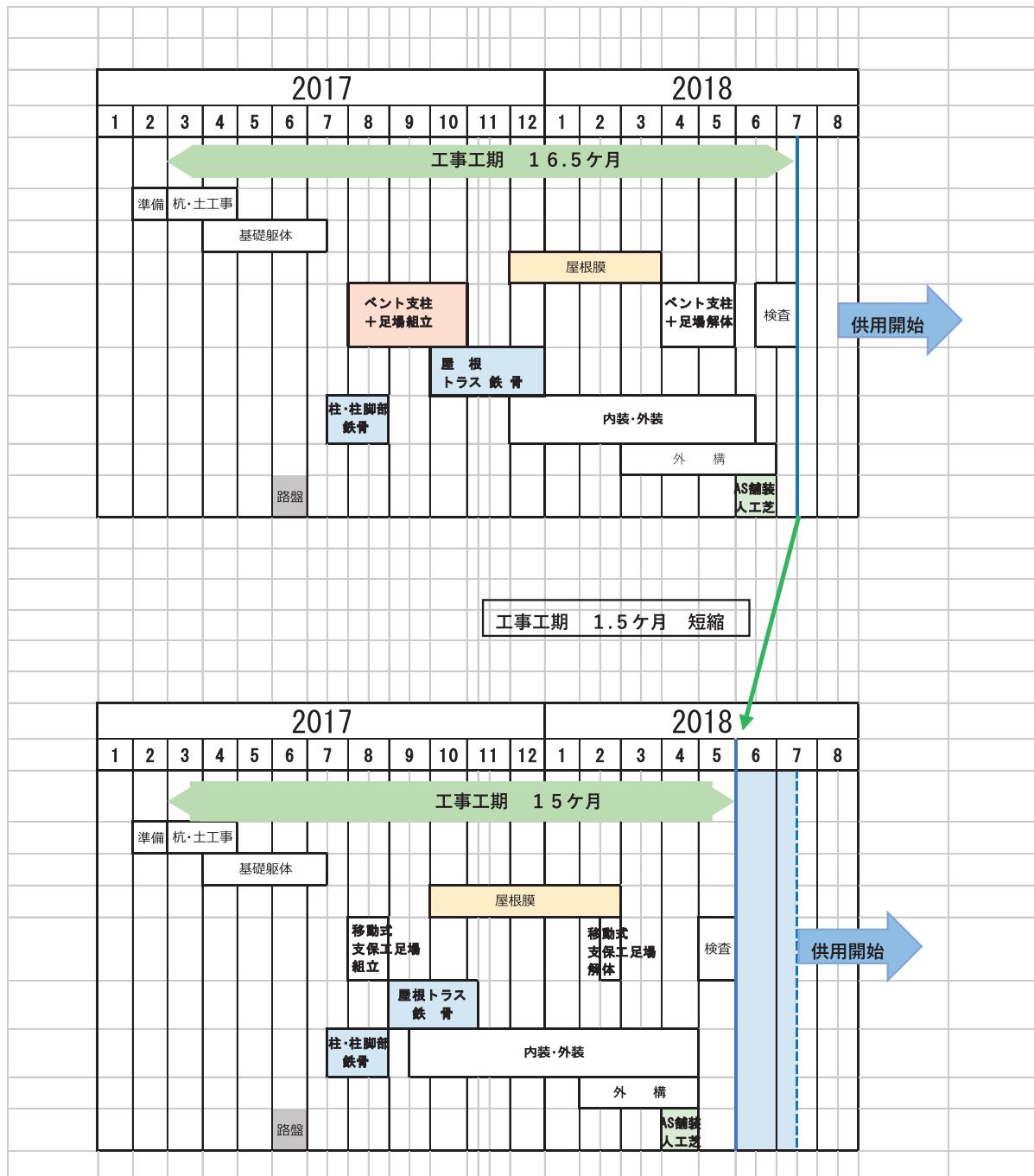
写真－13 鉄骨建方完了 & 屋根膜 展張

8. 工程

移動式支保工足場を採用することで施工性向上と仮設資材の削減、省人化を図るとともに、足場や支柱の組立・解体に要する資機材・労力・時間を大幅に省力することができました。

足場が定型化されることで作業が均質化し、災害のリスクも低減でき、杭打工事着工から竣工まで15か月、不休災害も無く、無事故・無災害でお引渡しすることができました。

当初の計画ではピッチ内的人工芝張を2018年6月から開始予定でしたが、2018年4月から開始することができ、工事期間を1.5ヶ月短縮、供用開始を早めることが可能となりました(図—13)。



図—13 工 程 表

9. まとめ

本工事において確認された効果を整理します。

【 品 質 】

同一架台を使用することで、施工手順が均質となり、安定した品質が実現できました。

【 コスト 】

移動式支保工足場を用いることにより、ベント架台の掛けを減らし、兼用する事によりコスト低減ができました。

【 工 期 】

鉄骨建方工事において サイクル工程を確立することにより、作業効率が向上するとともに、足場の掛けの省力化も含め 1.5ヶ月の工期短縮が実現できました。

【 安 全 】

ベント支柱や足場の掛けにおける高所作業やクレーン作業量を大幅に減らし、かつベント架台ステー上の作業により、墜落災害や飛来落下災害のリスクを低減し、無事故・無災害を達成することができました。

【 環 境 】

移動式足場の採用により現場搬入仮設資材が削減でき、結果、搬出入車両を低減しました。これにより、環境負荷の低減ができました。

10. おわりに

工期を短縮し、供用開始までの期間にゆとりをもってお渡しできました。

設計段階から様々な検討やモックアップ検証を行い、仕上がり精度・品質も完成度高く、なにより無事故・無災害で竣工を迎えることができました。

Jヴィレッジそして全天候で子供達、学生やアスリートの歓声が聞くことができましたし、『新生 J ヴィレッジ』にナショナルトレーニングセンターとして代表選手の合宿や様々なイベントなど、今後ますます多くの方が集まり、賑わいが創出されることを楽しみにしています。

福島県・J ヴィレッジはじめ関係者の方々に心より感謝申し上げます。

9. 次世代現場管理への挑戦による生産性向上

社名: 戸田建設株

氏名: 今和泉 孝幸

事例概要

項目	内容
1. 工事概要	
(1)工事名称	久留米大学 基礎3号館・病院北館(総合複合棟・放射線腫瘍センター) 他新築工事
(2)規模(延床面積、階数)	(基礎3号館)延床面積:8,273m ² 、地上7階 (病院北館)延床面積:5,938m ² 、地上5階、塔屋1階
(3)用途	(基礎3号館)学校、(病院北館)大学・病院
(4)主要構造	(基礎3号館)S造、一部柱CFT造、(病院北館)S造、一部RC造
(5)建設地	福岡県久留米市
(6)施工期間	2016年11月～2020年1月
(7)工事費	—
(8)設計者	株式会社 山下設計
2. 改善概要	
(1)問題点・背景 (施工上あるいは従来工法の問題・課題など改善前の状況)	建設業界における慢性的な労務不足や昨今の働き方改革により、建設現場での生産性の向上や業務効率化が急務の課題となっている。
(2)改善の目的	ICT技術を活用した現場管理や鉄骨工事における省力化工法の採用を通して、新しい現場管理像の構築を図り、生産性の向上を目指す。
(3)改善概要	<ul style="list-style-type: none">・WEBカメラやウェアラブルカメラを用いて情報を一元化した現場管理と若手社員教育を行った。・BIMにて作成した3次元工事ステップ図を活用した現場管理を行った。・鉄骨自動建て入れ技術を用いて鉄骨工事の省力化を図った。・仮ボルト不要接合工法を用いて鉄骨工事の省力化・工期短縮を図った。・吊荷旋回制御装置を用いて鉄骨工事の省力化と安全性の向上を図った。
(4)改善による効果	
・Q(品質)	<ul style="list-style-type: none">・情報の一元化により、所長から新入社員まで同レベルで品質チェックが可能となり、要求品質を確保できた。
・C(コスト)	<ul style="list-style-type: none">・鉄骨自動建て入れ技術と仮ボルト不要接合工法の導入により、鉄骨鳶の労務費を20%低減できた。
・D(工期)	<ul style="list-style-type: none">・従来の鉄骨工事の方法と比べて大梁の接合時間を1/3に低減できた。・3次元の工事ステップ図により、工程指示の効率化が図れた。
・S(安全)	<ul style="list-style-type: none">・情報の一元化により作業所長から新入社員まで同レベルでの安全チェックが可能となった。
・E(環境)	<ul style="list-style-type: none">・吊荷旋回制御装置の使用により災害発生のリスクを低減できた。
・その他の効果	<ul style="list-style-type: none">・BIMの活用による変更提案で施主の好評を得た。

次世代現場管理への挑戦による生産性向上

戸田建設株式会社 九州支店
今和泉孝幸

1. はじめに

建設業界における慢性的な労務不足や昨今の働き方改革により、建設現場での生産性向上や業務効率化が急務の課題となっている。その解決策を見つけるべく、当作業所で行った『次世代現場管理—Next Generation Site Management』をテーマとした、現場運営と鉄骨工事に関する新技術を用いた施工による生産性向上についての報告を行う。

2. 工事概要

工事名称：(仮称) 基礎3号館、病院北館（総合研究棟、放射線腫瘍センター）他新築工事

工事場所：福岡県久留米市旭町67番地 構造：基礎3号館 S造（一部柱CFT造）7階

発注者：学校法人 久留米大学 病院北館 S造（一部RC造）5階

設計監理：株式会社 山下設計 敷地面積：128,701.³⁰ m²

施工者：戸田建設株式会社 九州支店 建築面積：基礎3号館：1,418.⁹⁶ m²、病院北館：1,918.³⁰ m²

工期：2016年11月1日～2020年1月31日 延床面積：基礎3号館：8,273.⁹⁶ m²、病院北館：5,938.²³ m²

※1期工事：2016年11月1日～2018年2月28日 (写真-1、写真-2)



写真-1 病院北館 全景 (1期工事)



写真-2 基礎3号館 全景 (1期工事)

3. 目的

今回、次世代現場管理に挑戦するにあたって、ICT技術を活用した現場管理や鉄骨工事における省力化工法の採用を通して、新しい現場管理像の構築を図り生産性を向上させることを目的とした。

4. 次世代現場管理の概要

1期工事においては次世代現場管理について23項目を実施した。次世代現場管理の全体像を図-1に示す。ここでは、その中で特に効果が高かった代表的な項目について述べる。

4-1. 中央管理室の設置とWebカメラおよびウェアラブルカメラの活用

最初に現場事務所内に今回の次世代現場管理の核となる『中央管理室』(写真-3)を設置した。次に中央管理室の目となるWebカメラについて、構内の隣接建物屋上にそれぞれの建物が見えるように設置した(写真-4)。

Webカメラの利点を下記に挙げる。

- ・360° の撮影方向と最大36倍ズームで映像拡大が可能。また、写真を撮影する機能も備わっている。
- ・現場事務所および支店の双方で操作と閲覧が可能。
- ・専用アプリにより、携帯しているタブレット端末での閲覧が可能。

また、当作業所は新入社員をはじめ若い社員が多く、彼らにはヘルメットにウェアラブルカメラを装着させた（写真-5）。Web カメラで不明確となる部分も、このウェアラブルカメラを装着した若手社員が現地を確認することにより、その画像が中央管理室に入り、リアルタイムで同じ視点での現地確認ができた。この両方のカメラを使い、現地でトラブルが発生した場合など現場事務所から若手社員への的確なアドバイスを実施することができた（写真-6）。

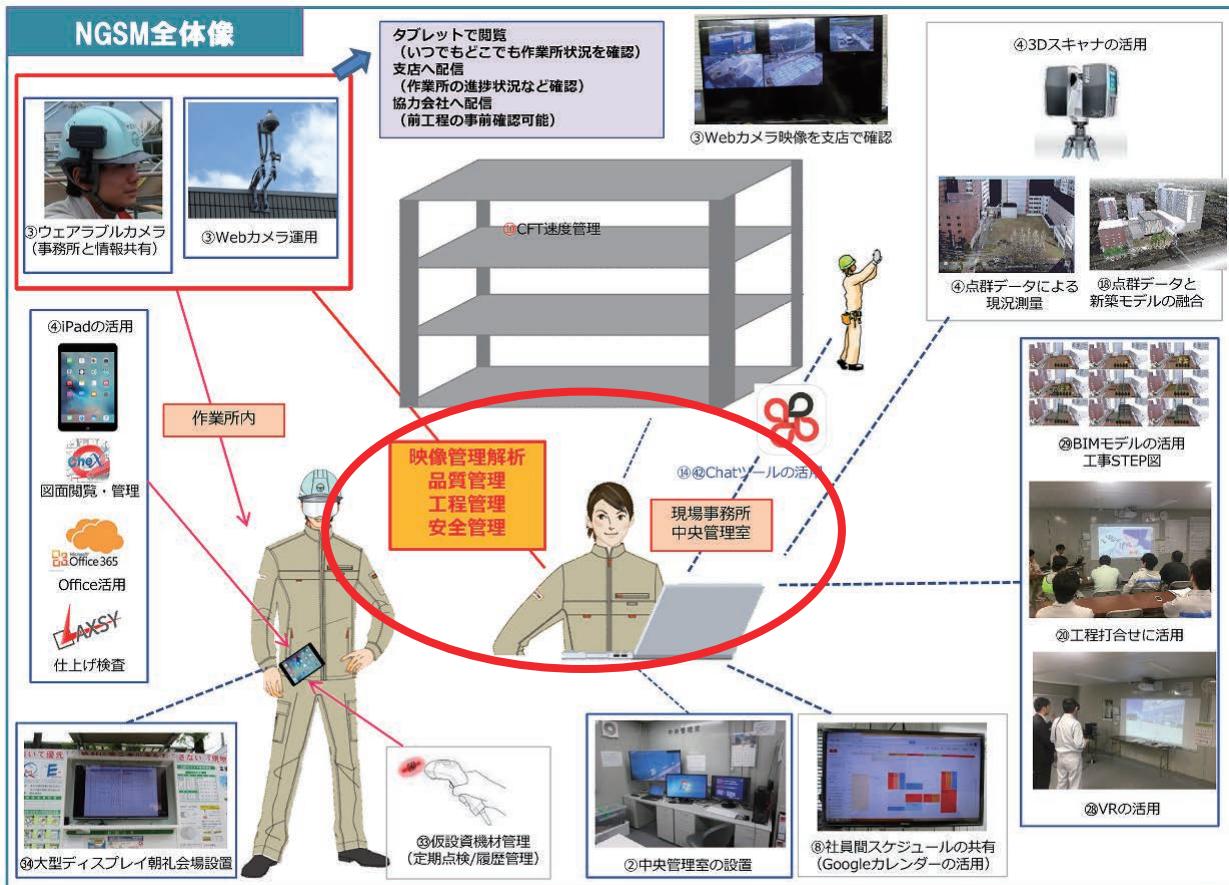


図-1 次世代現場管理（N G S M）全体像（中央部赤丸：中央管理室）



写真-3 中央管理室の状況



写真-4 Web カメラ設置状況



写真-5 ウェアラブルカメラのヘルメット装着状況



写真-6 中央管理室からのアドバイス状況

4-2. BIM の活用

当作業所では、着工当時からBIMモデルを活用する事を念頭にスタートした。特に病院北館は、新築建物が渡り廊下で既存建物と接続されるため、設計図と現地状況の整合性の確認が、施工図の作成に必要不可欠であった。その前段階として、図-2 のように既存建物と敷地を3Dスキャンして点群データをBIMモデル化し、設計図をベースとした新築建物モデルと統合した。また、統合したモデルに、既存建物と取合う渡り廊下のモデルを入れ込むことにより、設計図との整合性の確認を行った（図-3）。

また、各施工ステップをBIMモデルで作成して施工計画の検討を行った。この画像データを毎日の朝礼や工程打合せで使用することにより、視覚的に分かりやすく正確な情報を作業員全員に伝達することができた（図-4）。特に外部工事や鉄骨工事での上下作業になる恐れがある場合、作業員の配置が明確に指示でき、作業員の理解も早かった。



図-2 3D レーザースキャンデータ (既存実測)



図-3 新築建物 BIM データと既存建家との詳細検証

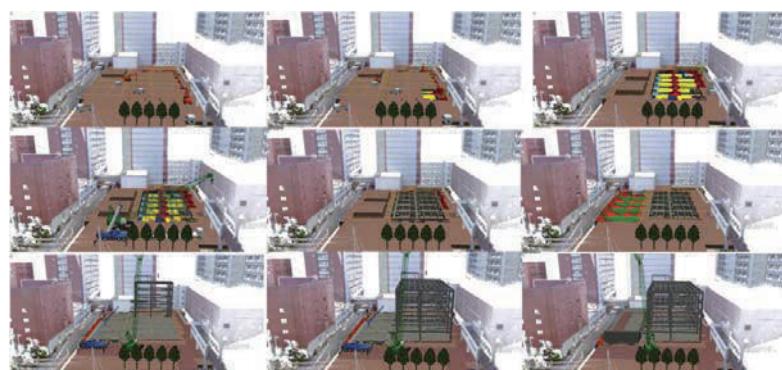


図-4 施工計画 BIM モデルステップ図

次に、設計変更が生じた場合の VE 提案などに BIM を活用した事例を紹介する。

まず、BIM モデルによる変更提案モデルの作成を行い、その後、定例会議でモニターに映し出してプレゼンテーションを行った。そこで指摘された事項についても、即座にその場でモデルを修正し提案していく事で、施主のスピーディーな意思決定に結びつけた（写真-7）。

変更提案が承認された内容については、即座にモデル上で数量及び単価算出を行い、タイムラグを最小限にして全体コストを出せるようにしており、施主からも変更内容がコストと共に把握がしやすいと、好評であった（図-5）。

また、今回、BIM モデルを活用し、VR 空間を利用したプレゼンテーションを試みた。施主に BIM モデルで作成した病院北館を VR 空間内で疑似体験してもらった（写真-8）。建物内を立体的に確認することができ、自分の目線に対して家具の高さ等を確認することで、施主も「わかりやすい」ときわめて高評価であった。



写真-7 定例会議での変更提案状況

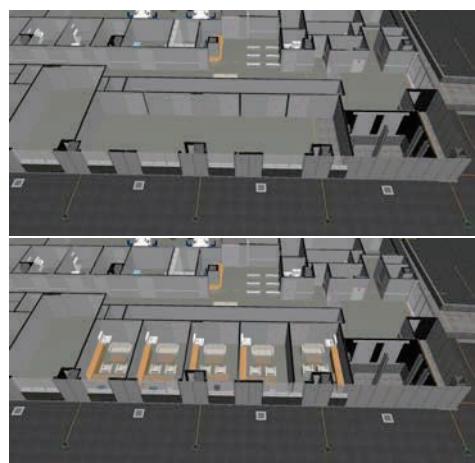


図-5 設計変更 BIM モデル（上：変更前、下：変更後）



写真-8 施主に対する VR 空間プレゼンテーション状況

4-3. 鉄骨建方における新技術の採用

今回、基礎 3 号館においては以下の 3 つの新技術を活用した鉄骨建方を行った。ここでは、その施工事例を紹介する。

- ・鉄骨自動建入れ調整システム
- ・仮ボルト不要接合工法
- ・吊荷旋回制御装置

4-3-1. 鉄骨自動建入れ調整システム

鉄骨自動建入れ調整システムは主に以下の4つの機器で成り立っている。

- ① トータルステーション（自動位置追尾装置、以下 TS）
- ② 反射プリズム
- ③ モバイルパソコン
- ④ 自動建入れ調整装置

鉄骨柱頭部に取付けた反射プリズムを TS が認識し、モバイルパソコンに登録された正規の柱位置（座標）と現状の位置（座標）の誤差を、自動建入れ調整装置が正規位置（座標）までの調整を自動で行う。施工前の検討項目（表-1）に掲げる8つの項目に関して、特に位置情報の基本となる TS 及びプリズムの設置については、各柱の位置や高さをミリ単位で計算した上で最終決定した。TS の設置に関しては、隣接する既存建物屋上を利用させてもらった。また、プリズムの設置方法については鉄骨ファブと打ち合わせを重ね、柱頭の納まりを決定した。実際の施工に関しては、2 節以降の柱の建直し時の時間が柱を建ててから 2~5 分程度に短縮できた。またそれにかかる作業員も鳶工や測量工など通常、最低 4~5 人程度必要であるが、2 人で対応可能であった（写真-9）。鉄骨鳶工の労務費も全体で 20% 削減し、施工効率および省力化に対して、非常に高い効果を得ることができた。

表-1 施工前検討項目

自動建入れ調整システム

項目	内容
①TS設置位置の検討	場所・角度（俯角40°以内）・電源
②同上固定架台の検討	製作架台・場内仮設架台
③基準点（2点）の設置位置検討	場内定位置および場外ポイントの決定
④柱頭プリズムの設置検討	S造・CFT造での柱頭の仕込み方法
⑤エレクション（建方エース）の検討	構造計算の実施とリース費用（遠方運搬費）
⑥プリズム取付時のタイミング・役割分担	荷卸し・社員or番頭or鳶
⑦1節柱での調整方法	1節柱は自動建て入れはできないので調整方法を検討要
⑧測量での確認方法の検討	自動建て入れと食い違いが発生した場合



写真-9 柱自動建入装置取付状況

仮ボルト不要接合

項目	内容
①スプライスの検討	小梁・デッキまで含めた重量が可能か
②ボルト穴の検討	治具適用範囲かどうか
③フランジおよびスプライスの厚み検討	治具適用範囲かどうか
④ウェブのスプライスの回転検討	回転可能かどうか
⑤本締め前の歪み直し方法の確認	ウェブ・下フランジに各2本→設計確認必要

自動旋回装置

項目	内容
①梁重量の確認	自動旋回を含めた揚重可能範囲
②吊治具・ワイヤーの確認	梁長さに沿った専用のワイヤー長さ
③電源の確認	充電用100Vおよび起動用200Vの設置

その他

項目	内容
①地域特有の建方方法の相違	関東：タテはめ（タテ-クリ-ソ）、九州：ヨコはめ（ラフタ-クリ-ソ）
②各階への施工方法の周知	検討会+1週間程度レクチャー必要

4-3-2. 仮ボルト不要接合工法

仮ボルト不要接合工法については、所定の治具と鉄骨接合部のスライスプレートにより大梁鉄骨を取り付けることができる。所定の仮ボルト本数を取付ける必要がなくなる。施工前の検討項目（表-1）に掲げる5つの項目に関して、荷重計算とボルト孔及びスライスプレートの検討が特に重要となる。使用方法としては大梁鉄骨を上からめ込む納まりとなるため、上フランジだけでなく、下フランジ及びウェブのスライスプレートの回転可否なども検討対象となる（写真-10）。

在来工法（仮ボルトを利用する工法）での施工に要する時間と比較した結果についても、大梁を段取り・荷揚げして所定場所に取付け、クレーンのフックが外れるまでの時間が、在来工法では約18分程度であったのに対して、仮ボルト不要接合工法では約5分程度と、所要時間を1/3程度に短縮できた。また、従来の仮ボルトを取付ける手間も省けるため、鉄骨鳶工から非常に高い評価を得る結果となった。

4-3-3. 吊荷旋回制御装置

吊荷旋回制御装置については、装置を介してワイヤーにて吊られた梁材が、慣性モーメントの作用を意図的に与えることで自在に梁材の方向を転換できる装置である。風が強い状況下でも同じ姿勢・方向を維持させることができる。施工前の検討項目（表-1）に掲げる3つの項目に関して、特に揚重計画が重要となる。通常の計画では、部材重量で揚重機を決定するが、吊荷旋回制御装置を使用する場合は、装置の自重が約2.0t程度あるため、注意が必要である。今回の建方計画では、吊荷旋回制御装置の使用範囲を限定して、揚重機を選定する計画とした。

本建物は中高層建物（32.75m）で、ラフタークレーンでの建方計画で揚重範囲に制限がつくため、顕著な結果が出にくい状況であったが、風の影響などにより介錯ロープが取りづらい状況下では吊荷旋回制御装置の効果が確認できた。クローラークレーンやタワークレーンなどで十分な揚重能力がある場合および高層建物においては、本装置の効果が發揮されると推測される（写真-11）。



写真-10 仮ボルト不要接合の治具



写真-11 吊荷旋回制御装置使用状況

5. 各取り組みの効果について

(1) ICT 技術を活用した効果

今回、この Web カメラやウェアラブルカメラで安全管理や品質管理に活用した主な効果を下記の①～⑥に挙げる。

- ① 情報を中央管理室に集約して一元化することにより、所長から新入社員まで同レベルの品質チェックが可能となり、要求水準を確保できた。
- ② 安全に関しても同様に所長と新入社員まで同レベルのチェックが行えた。
- ③ トラブル発生時に、リアルタイムでの確認とタイムリーな是正指示による解決時間の短縮が図れた。
- ④ 現地に帯同せずに若手社員へのアドバイス（教育）が可能であった。
- ⑤ 現地を確認しながらの打合せや指示が可能であった（写真-12、写真-13）。
- ⑥ 作業所以外の支店スタッフによる、多視点での監視および確認が可能であった。



写真-12 中央管理室での現場確認状況



写真-13 工程打合せ状況

(2) BIM を活用した効果

次に BIM を活用した主な効果を下記の①～④に挙げる。

- ① 点群データと BIM により、既存建物と設計図との整合性の確認ができた。
- ② BIM を利用した 3 次元工事ステップ図での説明により、作業員の理解が深まり、朝礼や工程打合せなどの効率化が図れた。
- ③ BIM を活用した変更提案により、施主の好評を得ることができた。
- ④ BIM データを活用した VR 体験により、納まりや配置を施主が事前確認をすることができた。

(3) 鉄骨工事の新技術を活用した効果

鉄骨工事の新技術に関する効果を下記の①～③に挙げる。

- ① 鉄骨自動建て入れ技術と仮ボルト不要接合工法の導入により、鉄骨鳶工の労務費を 20% 削減できた。
- ② 従来の鉄骨工事の方法と比べて大梁の接合時間を 1/3 程度に低減できた。
- ③ 吊荷旋回制御装置の使用により、大梁の取り付け時における災害発生のリスクを低減できた。

6. 最後に

今回、『次世代現場管理』というテーマで 10 年後の現場管理を想像しながら様々な項目に取り組み、現在は AR/MR 技術（現実世界とバーチャル映像との融合技術）を用いた現場管理にもチャレンジしている。今後も ICT 技術の発達と共に建設業は大きく変化し、さらに進歩した現場管理ができるだろうと感じている。

10. 中間層免震における施工手順及び精度管理方法の改善

社名:株竹中工務店

氏名:福田 義広

事例概要

項目	内容
1. 工事概要	
(1)工事名称	(仮称)Tビル新築工事
(2)規模(延床面積、階数)	延床面積: 45, 000m ² 、地下4階、地上24階、塔屋1階
(3)用途	事務所、店舗、集会所、駐車場
(4)主要構造	S造、一部RC造、一部SRC造(中間層免震)
(5)建設地	東京都中央区
(6)施工期間	2015年2月 ~ 2018年3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"> 免震装置がRC取合いであり、免震上下階の膨大な躯体ボリュームが地上階の工程を圧迫する。 中間層免震を跨ぐ低層階外装縦ルーバーがあり、工事中の免震装置の仮固定と外部足場の水平変位対策が必要となる。
(2)改善の目的	<ul style="list-style-type: none"> 免震上下階の躯体構築工程の短縮 免震装置精度の確保、外装精度の確保 工事中の外部足場倒壊防止
(3)改善概要	<ul style="list-style-type: none"> 免震装置取合い部躯体のSRC化(工程短縮)…① 免震装置下部フェーシングPLの採用(免震精度確保)…② ターンバックルを用いた工事中の免震装置仮固定対応(外装精度確保) …③ スライド足場を用いた工事中の地震時外部足場変位対策(足場倒壊防止) …④
(4)改善による効果	
・Q(品質)	<ul style="list-style-type: none"> 免震装置のレベルと傾き精度の確保…② 外装施工精度の確保…③
・C(コスト)	—
・D(工期)	<ul style="list-style-type: none"> 原案に対し、工程約3.0ヶ月短縮…①
・S(安全)	<ul style="list-style-type: none"> 地震時の足場安全性向上…④
・E(環境)	—
・その他の効果	—

中間層免震における施工手順及び精度管理方法の改善

株式会社竹中工務店

福田義広

1. はじめに

近年、大型地震が国内を中心に頻繁に発生し、免震建物の需要は拡大してきている。それに伴い、超高層建物における中間層免震のプロジェクトも増加傾向にある。しかしながら、これまでの中間層免震工事の施工手順はプロジェクトごとに個別に検討、計画される場合が多く、免震装置周辺の構築方法や精度管理方法が確立されているとは言えない。

本報告は、狭小敷地プロジェクトにおける超高層中間層免震建物の構築手順を改善し、工程短縮、安全性向上及び品質確保に寄与した事例の一部について報告する。

2. 工事概要

地上 3 階レベルに中間層免震をもつ地下 4 階、地上 24 階の超高層建物プロジェクトについて、構造概要を図-1 に示す。

<建物の特徴>

- ・ 地下 GL-27m の直接基礎（建物荷重による地盤面の沈下予測：最大約 20mm）
- ・ 3 階レベルに中間層免震
- ・ 免震装置取合い部の軸体形状は、免震下部 SRC 軸体の梁成が 2,200mm、上部 SRC 軸体の梁成が 3,300mm となっており、軸体ボリュームが膨大である。
- ・ 中間層免震レベルを跨いで低層階外装縦ルーバーがある。

<免震装置の特徴>

免震装置平面配置を図-2 に示す。

赤色が鉛プラグ入り積層ゴム（LRB）で 27 か所、青色が直動転がり支承（CLB）で 5 か所、緑色がオイルダンパー（OD）で 8 か所配置されている。

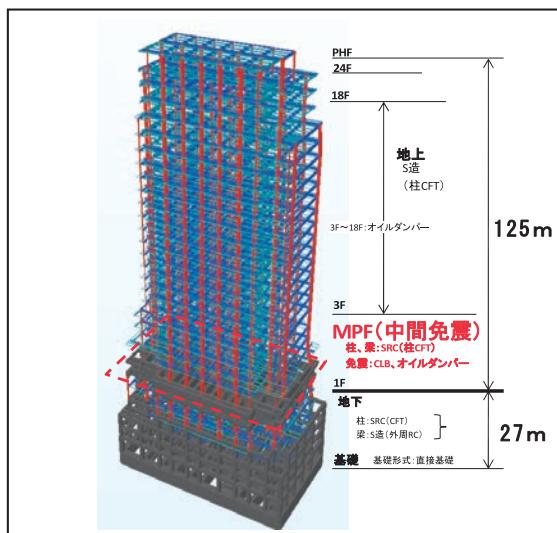


図-1 建物構造概要

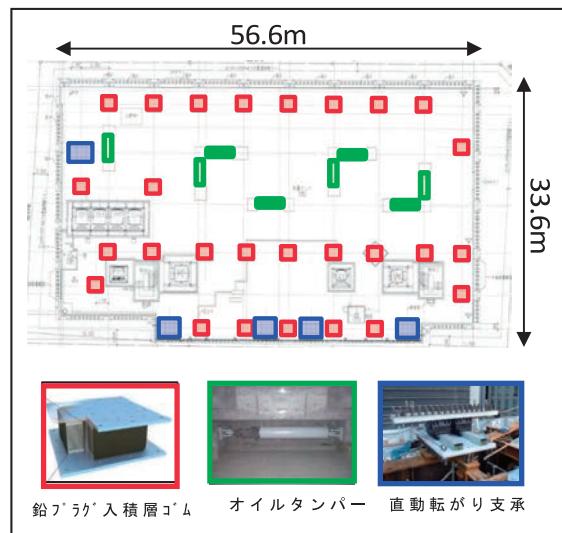


図-2 免震装置平面配置

3. 問題点と背景

免震部計画上の課題を以下に示す。

① 工程に対する課題

免震上下階躯体は図-3に示す通り膨大で、基礎部分より多いボリュームの躯体工事を中間階で行う必要がある。当初、免震装置はRC取合いであったため、免震取合い部躯体構築が工程を圧迫する設計であった。

② 免震装置の精度確保に対する課題

中間階免震の上に超高層躯体を構築するには、

- ・鉄骨建て方精度
- ・地盤の浮き上がり沈下
- ・柱の軸縮み

等の影響を考慮しながら図-4の通り、厳しい免震精度基準を満たす必要がある。

③ 外装工事の精度管理に対する課題

外装工事を行うにあたり、

- ・強風時～中規模地震時には外装精度を確保する上で、免震装置を拘束しておく必要がある。
- ・大地震時には上部構造への影響が生じるため、拘束を解放しなければならない。

④ 工事中の外部足場の安全に対する課題

図-5に示す低層階の外装工事を行う上で免震階レベルを跨ぐ外部足場作業が発生する。

工事中の地震に対し足場倒壊を防ぐため、水平変位対策が必要となる。

4. 改善の目的と方策

上記の課題を把握したうえで、今回行った改善案を以下に示す。

① 免震装置取合い部躯体のSRC化（目的：免震上部鉄骨の早期着手による工程の短縮）

方策：免震装置取合い部躯体のSRC化により、早期に免震上部鉄骨建て方を開始し、工程短縮を実現する。

② 免震装置下部フェーシングPLの採用（目的：免震装置精度の確保）

方策：直接基礎建物において、沈下影響がある中で、免震セット前後のレベルと傾きに対する厳しい精度を確保する手法を構築する。

③ 工事中の免震装置仮固定対応（目的：外装精度の確保）

方策：外装精度確保のための地震時と強風時の免震装置拘束、及び拘束解除手法を確立する。

④ 工事中の地震時外部足場変位対策（目的：工事中の外部足場倒壊防止）

方策：足場倒壊を防ぐため、免震装置上下で発生する水平変位に対するスライド機構を開発する。

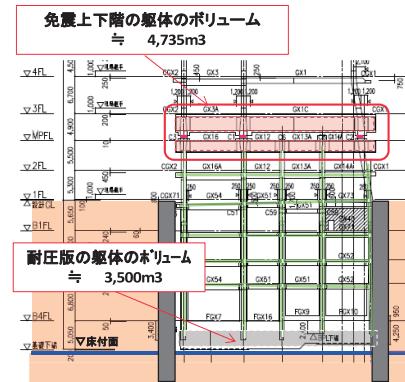


図-3 免震装置断面配置

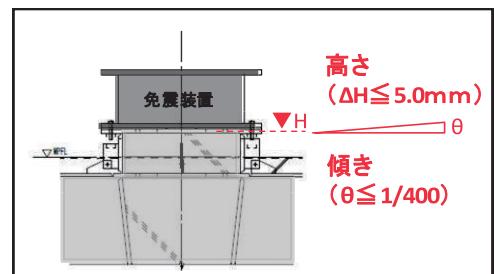


図-4 免震精度基準



図-5 外装と免震レベルの関係配置

5. 改善内容

① 免震装置取合い部躯体の SRC 化（工程短縮）

工程に対する問題点への対策として、免震装置取合い部躯体の SRC 化をおこなった。

中間層免震における工程短縮を図るために、免震上下躯体の膨大なコンクリート工程を全体工程のマイルストーンから引き離す必要があった。受注時の免震装置は取合い部が図-6 上図のように RC 取合いとなっていましたが、中間階で膨大な量のコンクリートを打設しなければ上部鉄骨建て方が開始できない形状であった。そこで図-6 下図の免震装置取合い部を鉄骨が取合う形状の案を提案し、工法改善を行った（図-7）（写-1）。

これにより、免震上下階の膨大な量の躯体工事を、免震装置より上部の鉄骨建て方中に行うことができた。全体工程におけるクリティカルパスである免震上部鉄骨を先行して行えたことで、大幅な工程短縮を実現できた（写-2）（写-3）。

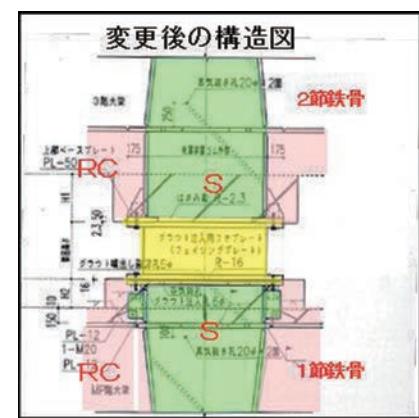
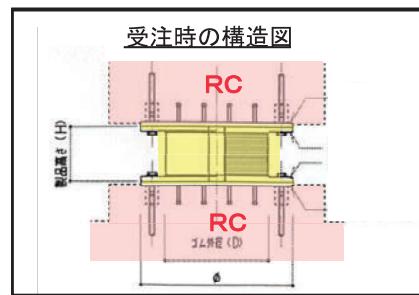


図-6 免震装置取合い部躯体の SRC

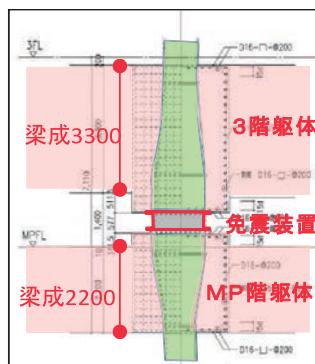


図-7 免震上下躯体詳細



写-1 免震下部躯体構築状況



写-2 免震装置設置状況



写-3 免震上部鉄骨設置状況

②免震装置下部フェーシング PL の採用

(免震精度確保)

厳しい免震精度基準を確保するための手法として、免震装置下部フェーシング PL の採用を実施した(図-8)。

免震装置の施工を行うにあたり、図-9に示す免震精度基準の管理値を守る必要があった。これはJASS6による鉄骨建て方の高さ精度基準:限界許容値±8mmと比較すると非常に厳しい管理値となっている。

そのため、鉄骨精度のみで免震精度を確保することは困難であり、免震装置下部に厚さ16mmのフェーシング PL を挟むことで、精度管理方法を改善した。

免震下部鉄骨取付や溶接後の実測で基準値を超えた場合、図-10に示した手順でPLを工場製作することで、短期間でレベル調整と水平精度の確保ができる機構とした。

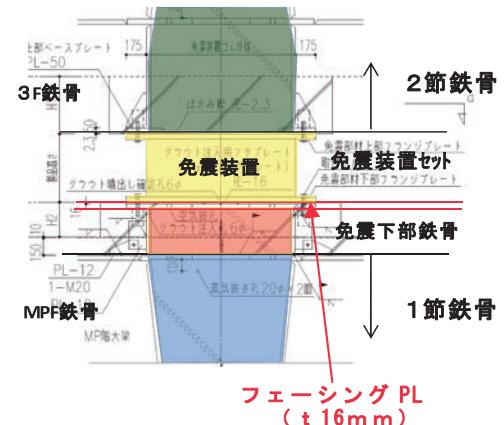


図-8 フェーシング PL 取付位置



図-9 免震精度基準

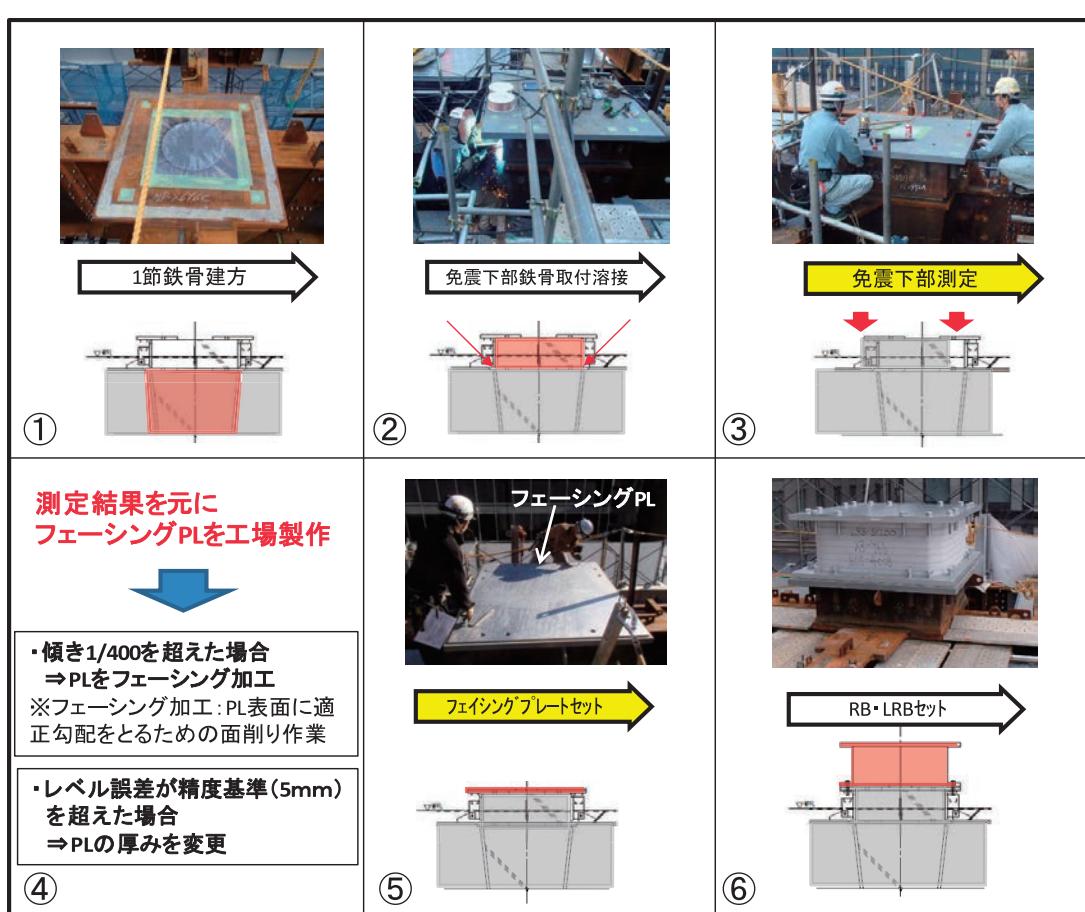


図-10 フェーシング PL 取り付け手順

③工事中の免震装置仮固定対応（外装精度確保）

施工時に強風や中規模地震により免震装置に発生する水平変位は、今回の建物では最大で約 4.0mm（図-11）と想定され、頻繁に水平変位が発生する状況での外装縦ルーバー施工精度確保は困難であることがわかつっていた。このことから縦基調のルーバー施工精度を確保するための、免震装置水平拘束は必須条件であった。

今回の建物性能における免震装置の拘束については、「稀に発生する地震」に対しては拘束してよいが、「極稀に発生する地震」に対しては拘束してはならない、という条件の元で施工する必要があった。この条件に対応するための具体的な拘束手法については確立されたもののがなく、明確な基準作りが課題であった。

今回、新たに拘束方針について、関係者と協議を行い、「風荷重で動かない」、「震度5弱程度まで持ちこたえる強度」の2点を基準として定めた。

これらの条件の元、検討を行い、図-12のように免震装置10か所をX方向、Y方向それぞれのターンバックル（写-4）で拘束する計画とした。震度5弱を超える水平力がかかった場合には、ターンバックルは母材破断することで免震装置が可動し、建物性能を維持する設計とした。

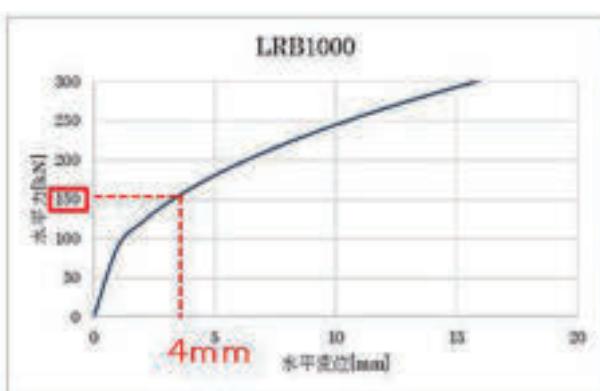


図-11 強風時の想定免震水平変位（LRB1000）

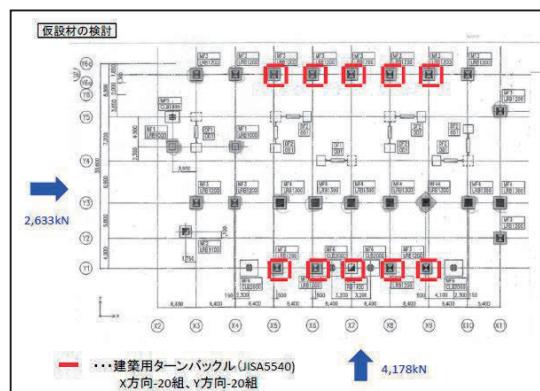
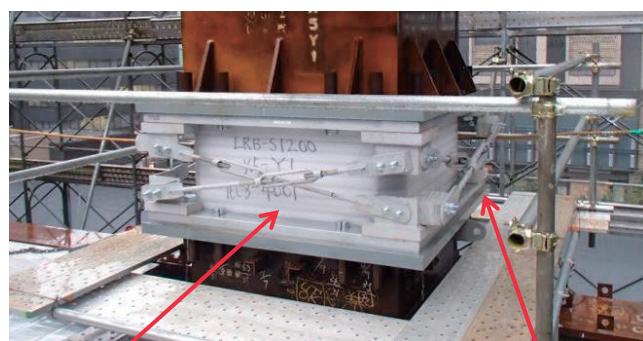


図-12 ターンバックル配置



写-4 ターンバックル設置状況

④工事中の地震時外部足場変位対策

(足場倒壊防止)

免震固定用仮設プレースは震度5弱を超える地震により破断する計画であり、このとき免震部に水平変位が発生する。足場倒壊を防ぐためには免震レベルを跨ぐ外部足場建地に水平変位対応が必要となる。

そこで図-13に示すように、免震装置レベルで上部外部足場が水平にスライドできるよう、外部足場用免震プレート（写-5）を開発した。

新築建物は応力解析による水平方向の地震動が最大214mmのため、免震プレートは、この数字を元に図-14に示す可動域を設定した。

免震上部の外部足場足元ベースプレートが円形の免震プレートの可動域内をスライドし、大地震時の水平変位に追従できる機構とすることで、安全面での大幅な改善を実現した。

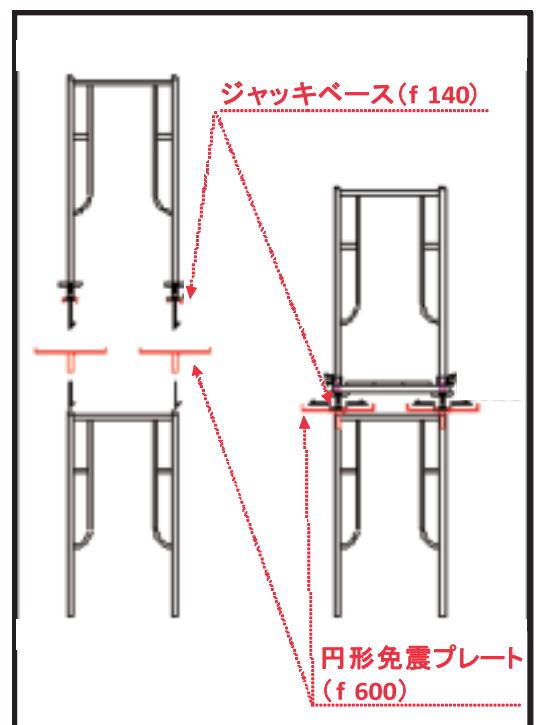


図-13 スライド足場断面



写-5 外部足場用免震プレート

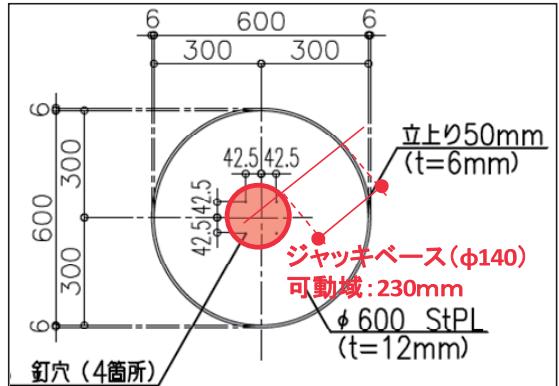


図-14 プレート上の可動域

6. 改善による効果

①免震装置取合い部躯体のSRC化（D：工期短縮）

合理的な免震装置取合い方法を確立することで、約3.0ヶ月短縮した。

②免震装置下部フェーシングPL（Q：免震精度向上）

厳しい条件下での免震精度確保方法を確立した。

③工事中の免震装置仮固定対応（Q：外装精度向上）

施工時の免震水平変位拘束基準を明確にし、安全に外装精度を確保する手法を確立した。

④工事中の地震時外部足場変位対策（S：足場倒壊防止）

地震時の足場安全性向上し、大地震時の外部足場倒壊を防ぐ方法を確立した。

11. 急勾配屋根における鉄骨建て方と屋根施工の工夫

社名:西松建設(株)

氏名:尾形 和広

事例概要

項目	内容
1. 工事概要	
(1)工事名称	石炭屋内置場並びに石炭灰サイロ増設工事
(2)規模(延床面積、階数)	延床面積: 5, 584m ² 、地上1階
(3)用途	セメント工場内の屋内石炭置場
(4)主要構造	S造
(5)建設地	新潟県糸魚川市
(6)施工期間	2015年11月～2016年10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">急勾配掌形状を持つトラス鉄骨建て方に、トラス鉄骨の荷重を受ける仮設支保工をすべて設置すると、大幅にコストがかかる。急勾配掌形状の屋根であるため、鉄骨梁上での屋根施工が難しく、安全性に欠ける。
(2)改善の目的	<ul style="list-style-type: none">鉄骨建て方用仮設支保工の仮設費の削減。鉄骨工事作業足場の安全確保。屋根施工の安全性確保と仮設費の削減。
(3)改善概要	<ul style="list-style-type: none">仮設支保工を移動式ステージとし、トラス鉄骨建て方の仮設材料削減を図る。移動式ステージ上に高所作業車を搭載し、効率的かつ安全な作業を行う。折板タイトフレーム受け梁の上をスライド移動できる屋根用仮設足場を設置し屋根施工の仮設材を削減し、安全に作業を行う。
(4)改善による効果	
・Q(品質)	—
・C(コスト)	<ul style="list-style-type: none">鉄骨建て方の仮設材料は総足場組みに対し、1/5に削減できた。屋根施工の仮設コストは、約1/6に削減できた。
・D(工期)	<ul style="list-style-type: none">鉄骨工事は予定より10日早く完了できた。屋根工事は予定より7日早く完了できた。
・S(安全)	<ul style="list-style-type: none">斜め梁上での不安全な作業に比べて、安全に作業ができた。
・E(環境)	<ul style="list-style-type: none">仮設材削減により運搬車両が減り、CO₂を削減できた。
・その他の効果	<ul style="list-style-type: none">工事の進捗がわかりやすく、工程の先読みが可能であった。

急勾配屋根における鉄骨建て方と屋根施工の工夫

西松建設株式会社 北日本支社
尾形 和広

1. はじめに

本工事は、稼働中の発電施設に燃料である石炭を供給する「屋内石炭置場」と、燃焼後の石炭灰をセメント原料としてストックする「石炭灰サイロ」を増設する工事である。

41.9 度の急勾配屋根を有する鉄骨建築物の鉄骨建て方計画と、屋根工事における仮設計画について、施工性と安全性を確保した取組を報告する（写真－1）。



写真－1 石炭屋内置場 施工状況

2. 工事概要

- 1) 工事件名：石炭屋内置場並びに石炭灰サイロ増設工事
- 2) 発注者：明星セメント株式会社糸魚川工場
- 3) 工事場所：新潟県糸魚川市上刈 7 丁目 1-1
- 4) 工期：平成 27 年 11 月 13 日～平成 28 年 10 月 21 日
- 5) 施工形態：西松建設・加賀田組特定建設工事共同企業体
- 6) 工事範囲：建築工事 消防設備工事 避雷針設置工事
- 7) 建物規模：石炭屋内置場 鉄骨造、延床面積 5,584.30m²、最高の高さ 27.31m（図－1）
石炭灰サイロ 直径 20m、床面積 312.59 m²、最高の高さ 36.78m、容量 5,000 t
- 8) 建物用途：セメント工場石炭置場、セメント工場石炭灰サイロ

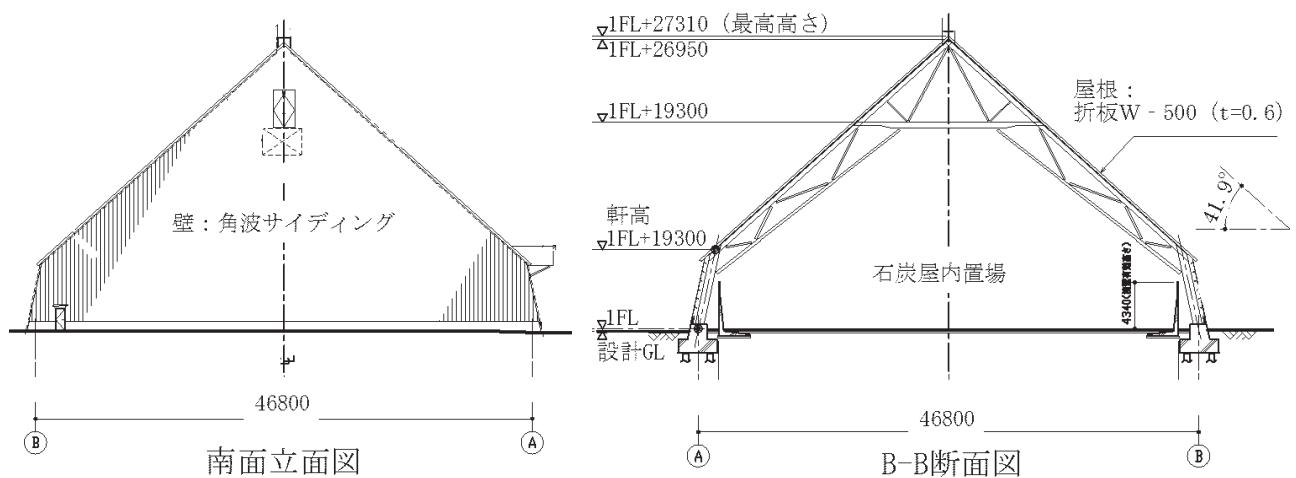
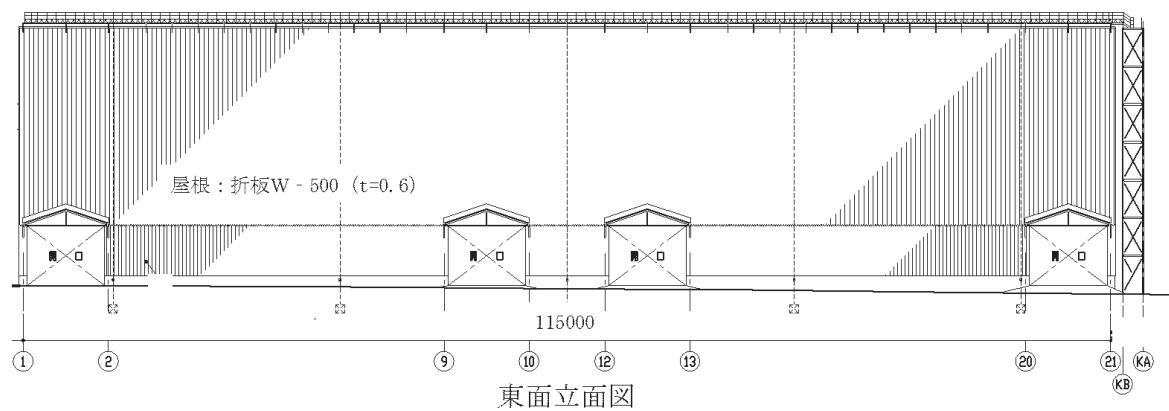
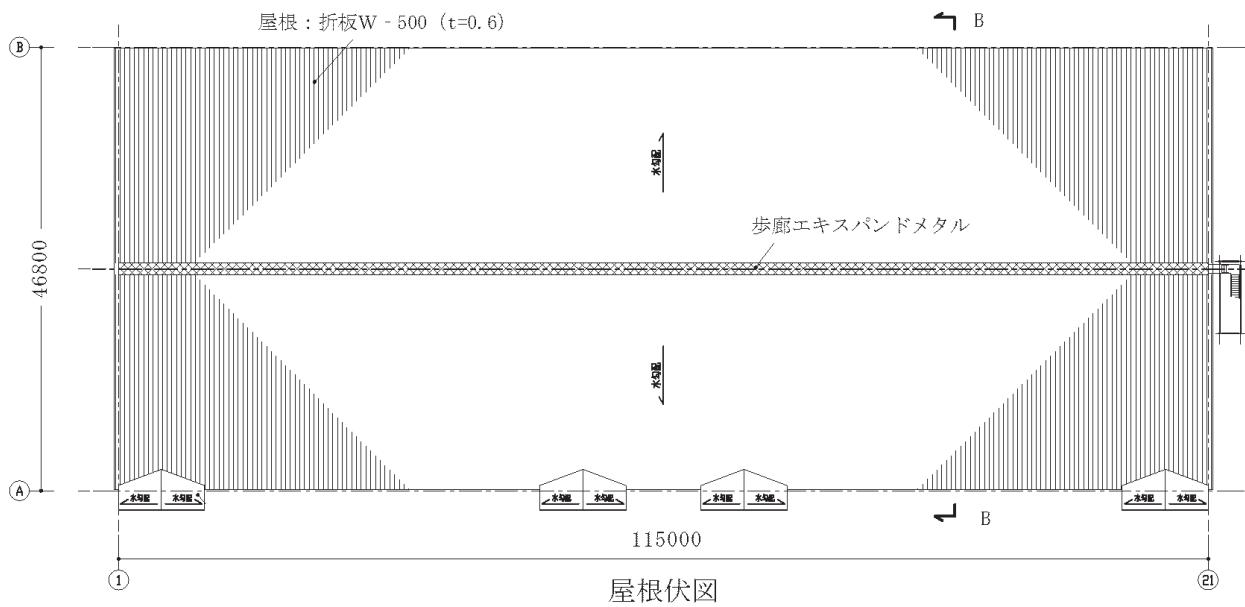


図-1 石灰屋内置場 平面・立面・断面

3. 問題点

A 「鉄骨建て方と荷受け支保工」

石炭屋内置場は $46.8m \times 115.0m$ の梁間が 20 スパンある建物である（図－2）。梁の形状が変形タイプの門型面トラス形状（以下、面トラス）となっており、鉄骨建て方時には荷重受け支保工が必要となる。鉄骨建て方と荷受け支保工について、安全かつ施工性の良い仮設計画の検討が必要である。

B 「鉄骨工事作業用足場」

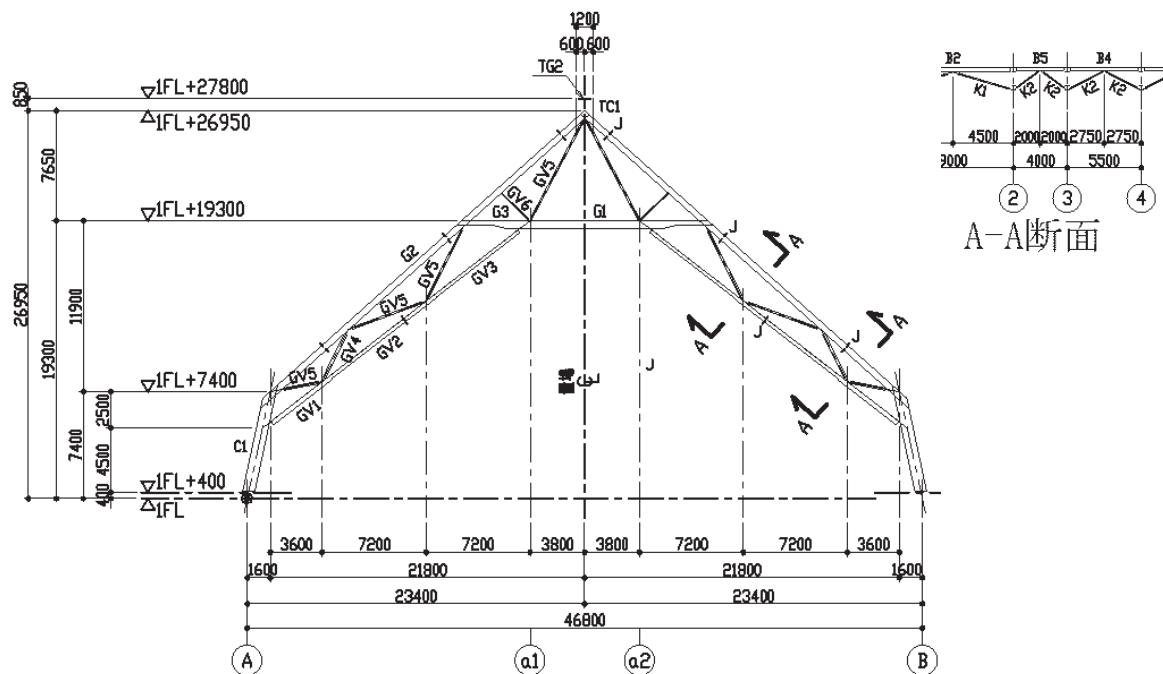
鉄骨建て方時の吊り治具の玉外し、ボルト締め、及びさび止めタッチアップ等の鉄骨工事作業用足場について、安全かつ施工性の良い仮設計画の検討が必要である。

C 「屋根施工」

屋根施工では、合掌形状の屋根材長さ約 31m、勾配 41.9 度の折板屋根を葺かなければならない。

一般的な梁や、折板の上を歩いての施工は難しく、棟部分には鉄骨製の点検歩廊が有り、棟仕舞いの納めが複雑である。屋根葺き施工時の安全性、施工性、及び工期に適合した仮設計画の検討が必要である。

以上の 3 つの課題を石炭屋内置場の大きな問題点と捉え、施工計画を検討した。



図－2 石炭屋内置場構造軸組

4. 対策

A 「鉄骨建て方と荷受け支保工」の対策

本工事では、鉄骨建て方時の荷重受けを、移動式ステージ方式で行う。当初計画では、面トラスを5つの鉄骨ユニットに分け、柱は単独で建てる計画としていた。しかし、柱が垂直でないため、転倒防止の仮設が必要になる事や、分割ユニットが多く、移動式ステージ上での組立に精度確保が困難である事。また、移動式ステージ上での本締めに時間が長くなると予想された為、3つのユニットに分けて地組し、移動式ステージにあずけて組立てる計画にした（図-3、図-4、写真-2、写真-3）。

面トラス3スパンを1ブロックとし、鉄骨建て方終了後に、次のブロックにステージを移動する計画とした。1つのブロックを7日間サイクルで繰返し、合計8ブロックの建て方を行った。鉄骨建て方の工程は、移動式ステージの組立から解体・搬出までの3ヶ月間を目標とした（図-4）。

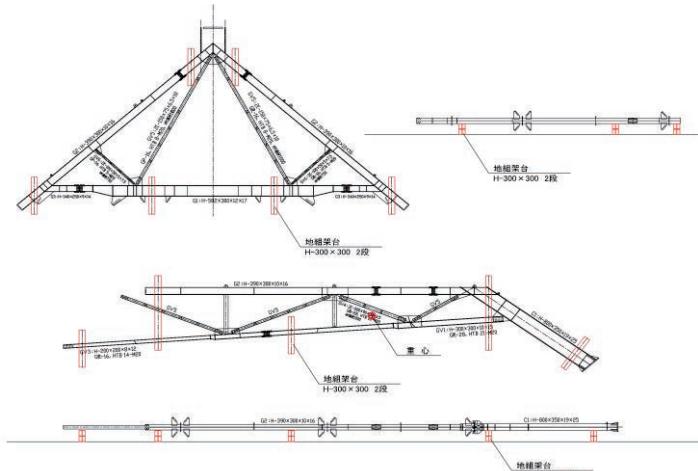


図-3 面トラスユニット地組計画

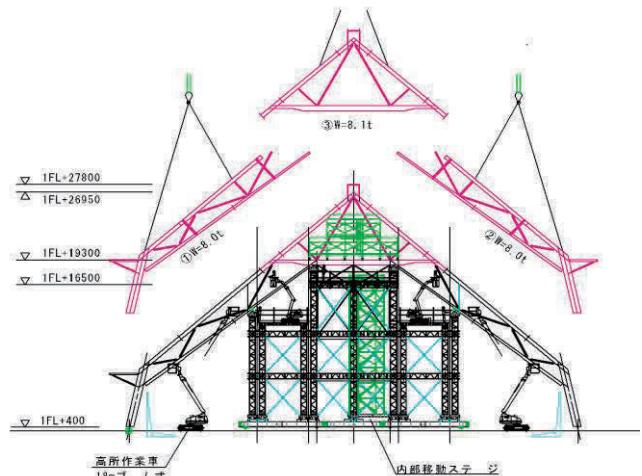


図-4 移動式ステージと面トラスユニット組立



写真-2 トラス地組状況



写真-3 トラス地組本締め前 寸法調整

建て方クレーンは、220 t 油圧クレーン1台をメインとし、地組用50 t ラフタークレーン2台の、合計3台を鉄骨建て方クレーンとして計画した（図-5、図-6）。

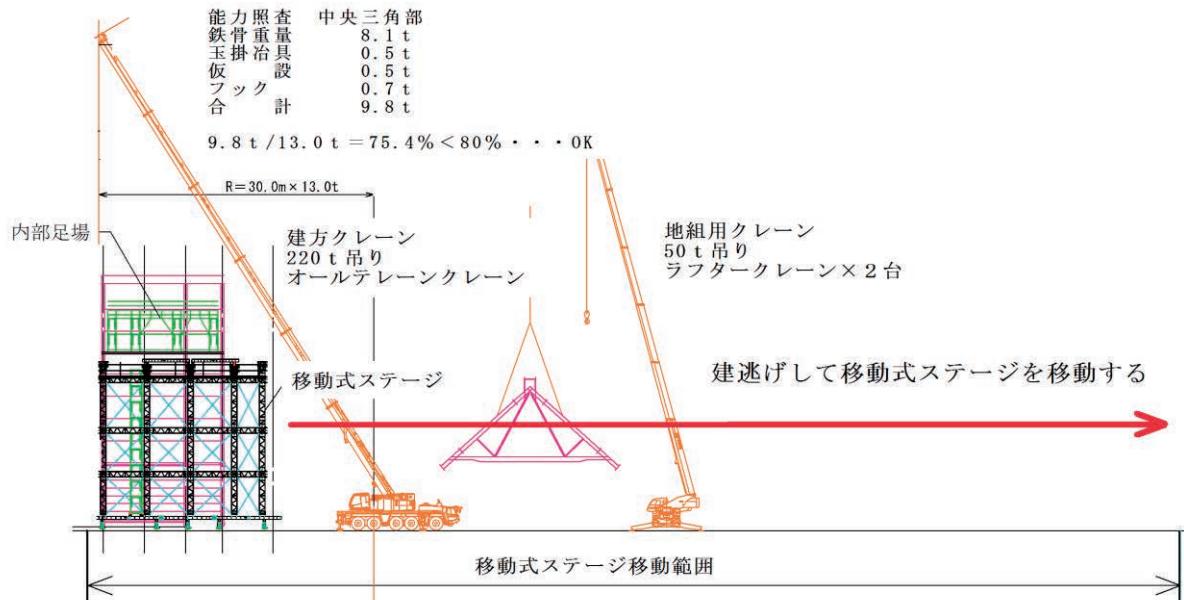


図-5 移動式ステージ建方ステップ立面（1ブロック部分建方）

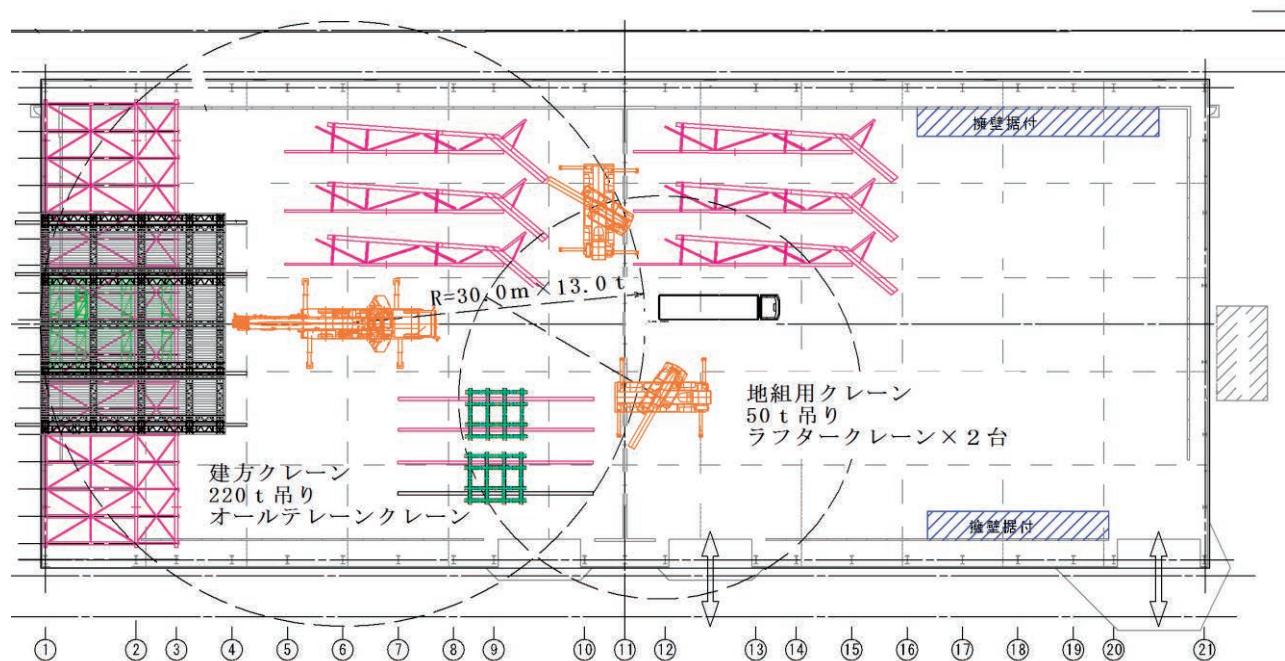


図-6 鉄骨建て方計画（左側がブロック1の鉄骨と移動式ステージ）

面トラス斜材部では、玉掛け時に弱軸方向への入力を受けて曲がる恐れがあった為、トラスの上弦材と下弦材を仮設の形状保持材で繋いだ。建て起こす際はサブクレーンとの2台吊りとし、過度の入力が無い様に慎重に建て起こした。

建て起こした後は、建てこみ角度にワイヤー長を合わせるため、チェーンブロックで長さと重心位置を調整してから、アンカーボルトへ建て込んだ。調整と玉外しは高所作業車で行った（図-7、図-8、写真-4～9）。

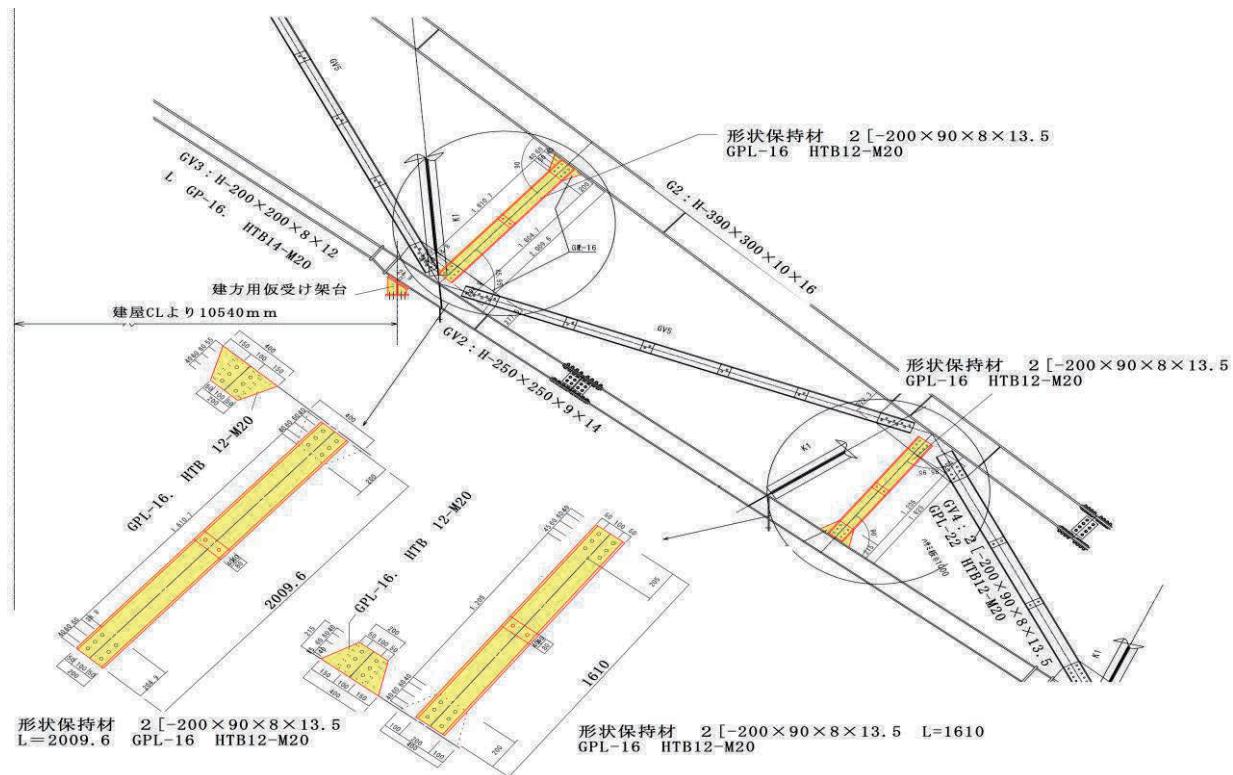


図-7 面トラス斜材部詳細

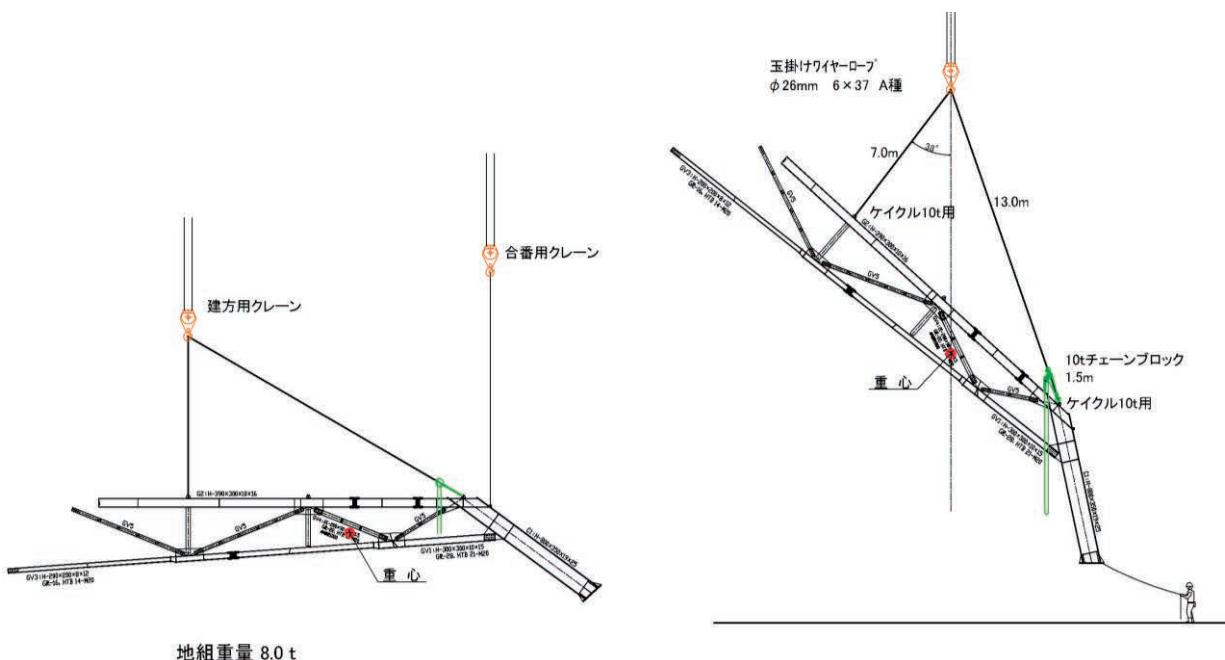


図-8 面トラス斜材部 玉掛け計画



写真－4 地組ヤード状況



写真－5 地組 頂部ユニット



写真－6 斜めトラスユニット玉掛け状況



写真－7 柱脚据付状況

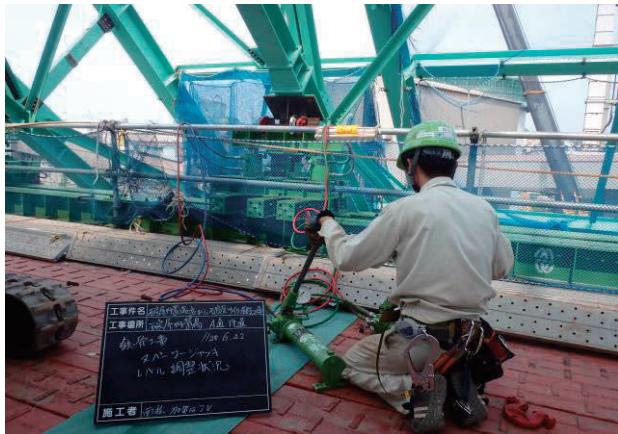


写真－8 斜めトラスユニット据付完了



写真－9 頂部ユニット据付状況

移動式ステージ上の面トラス梁荷重受け部は、架台に油圧ジャッキを設置し、トラス本締と柱脚グラウト固化後まで荷重を支え、反力を抜いてからステージの移動を行った（写真－10、写真－11）。



写真－10 ジャッキレベル調整状況



写真－11 油圧ジャッキ

ステージ移動は軌条（山留材 H300）の上を、台車と油圧ジャッキ（90 t）2組で牽引した。移動後は荷重受けの補強として、ステージの台車桁梁下部へ仮受ジャッキを設置した（図－9、図－10、写真－12～15）。

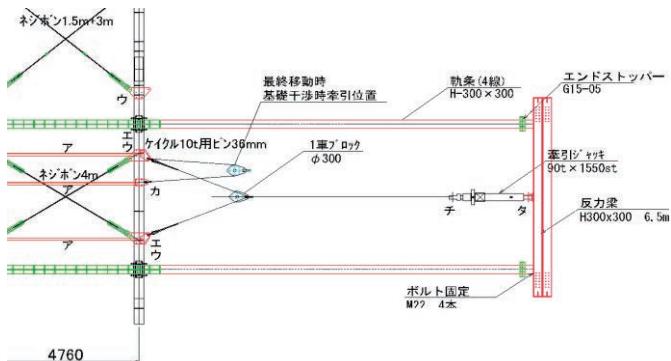


図-9 牽引部詳細



写真－12 油圧アンションジャッキ (s.t 1550・90 t)

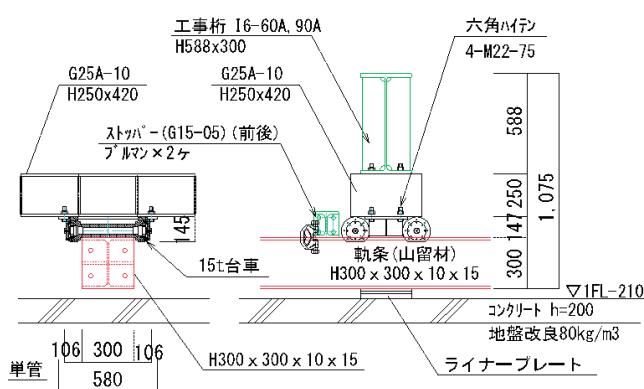


図-10 ステージ脚部詳細



写真－13 牽引治具取付け状況



写真-14 逸走防止と仮受ジャッキ



写真-15 軌条山留300H固定状況

B 「鉄骨工事作業用足場」の対策

計画当初では移動式ステージ上に足場を組み、ブロック建て方ごとに盛替え、ボルト締めタッチアップまで行う計画とした。しかし、ステージの移動サイクルと合わない為、ステージ上に高所作業車を搭載して作業を行う計画に変更した。鉄骨建て方時の足場は、①各部材の組込みとワイヤーのシャックルはずし、②ボルト入れ、③ジョイント部サビ止めタッチアップ、④屋根用安全ネット張りの4つの作業を、梁上を歩かないで作業を完結させる事を基本方針とした。足場の高さは大きく3つに分け、7mブーム作業車を左右に3台ずつ、合計6台を搭載する計画に決定した（図-11、写真-16、写真-17）。

- 低層ゾーン（0m～12m）

地上より高所作業車18mと21mのブーム式作業車で作業を行う。
- 中層ゾーン（12m～20m）

移動式ステージ上に7mの高所作業車を設置して作業を行う。
- 高層ゾーン（20m～27m）

昇降用ハシゴを取り付け、上記①と②の作業まで行う。③と④の作業は内部足場を使用して行う。
なお、この内部足場は屋根貼りの一部と火災報知設備の空気管敷設工事にも使用する（図-12、図-13）。

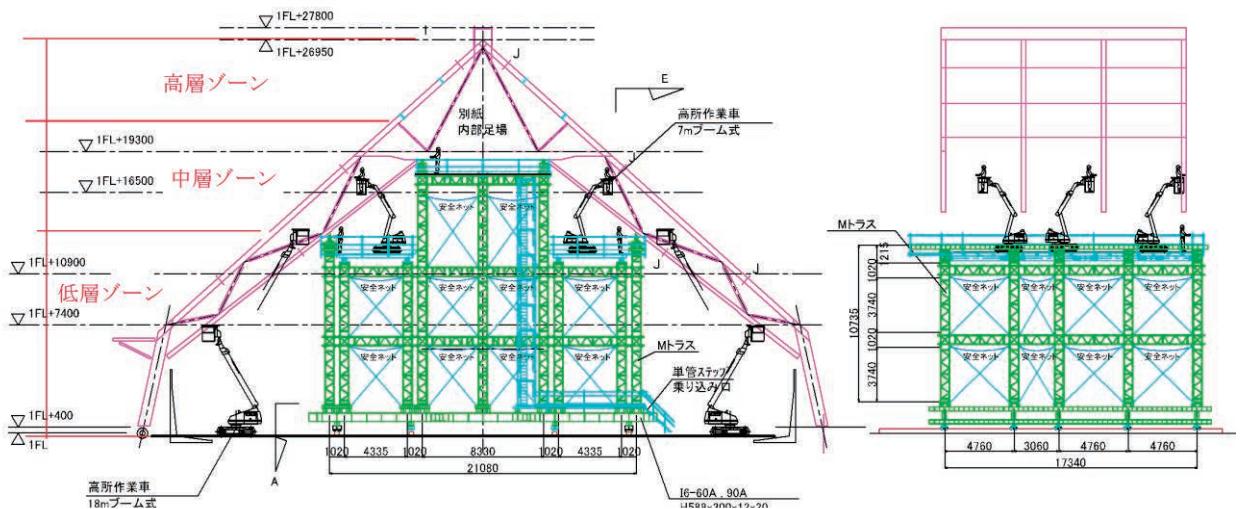


図-11 鉄骨建て方用足場計画

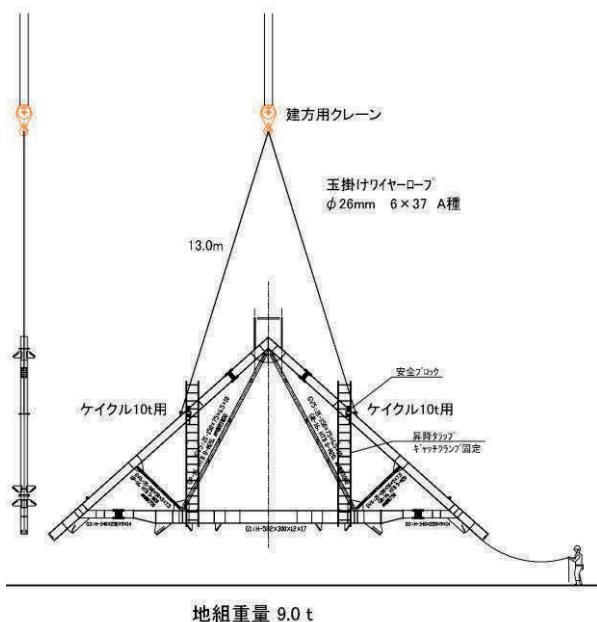


図-12 高層ゾーン昇降ハシゴ地組

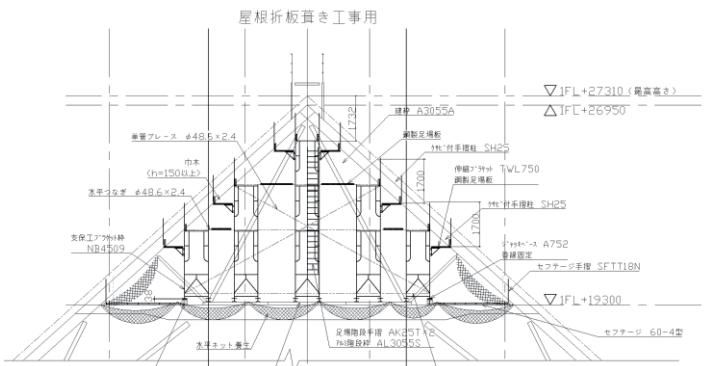


図-13 高層ゾーン内部足場断面



写真-16 移動式ステージ正面



写真-17 移動式ステージ側面

C 「屋根施工」の対策

屋根材は巾 500 mm、山高 150 mm、厚み 0.6 mm のシングル折板で、片流れ 31m を 4 分割し、ジョイント部は重ねて繋ぐ仕様である。

当初計画では、建物外部の両側 GL 面に軌条装置を備えた合掌形状の移動式屋根足場を設け、東西の屋根を同時施工していく計画で検討していた。しかし、施工後に解体スペースの確保が難しい事や、仮設コストが大きく、屋根葺きのみに限られる為、小梁の上を移動させる屋根移動足場を採用し、葺き逃げ工法で行う事とした。

計画通りに施工できるか検証するため、現場敷地内に屋根施工用モックアップを組立て、試験施工で施工可能と判断した。

1) 屋根移動足場を使った葺き逃げ工法

屋根移動足場は、タイトフレーム受け小梁を軌条レール代わりとし、特注の台車で鉄骨フランジ上を横移動出来る方式とした。鉄骨上を屋根の働き巾である 500mm 平行移動させ、タイトフレームの取り付け、タッチアップ、屋根葺き、ボルト締めを 1 回の移動サイクルで完結させる計画とした。昇降階段、作業床、及び落下防止設備を一体とした作りとし、移動足場を 3 分割する事により、移動を人力で行える様にした（写真－18、写真－19）。



写真－18 屋根移動足場



写真－19 屋根施工状況

車輪部分は、足場荷重のベクトルが 41.9 度の小梁フランジ面に伝わるように、フランジのつば部分に鉛直方向と水平方向の直交 2 面接地となる工夫をした。また、小梁が仕口部で分断されるので、移動時に脱輪せずスムーズに移動できるよう、車輪をそろばん状に 3 輪または 4 輮連続して配置した。この車輪を屋根移動足場本体に据え付ける事により、人力での移動が可能な足場を実現した。車輪の乗っている小梁はフランジ面が 41.9 度である為、脱輪防止として、鉄筋でフランジ裏側に返しをつけ、さらにU字型のフックを脱落防止にし、施工時はチェーンブロックで梁に固定した（図－14、図－15、写真－20～22）。

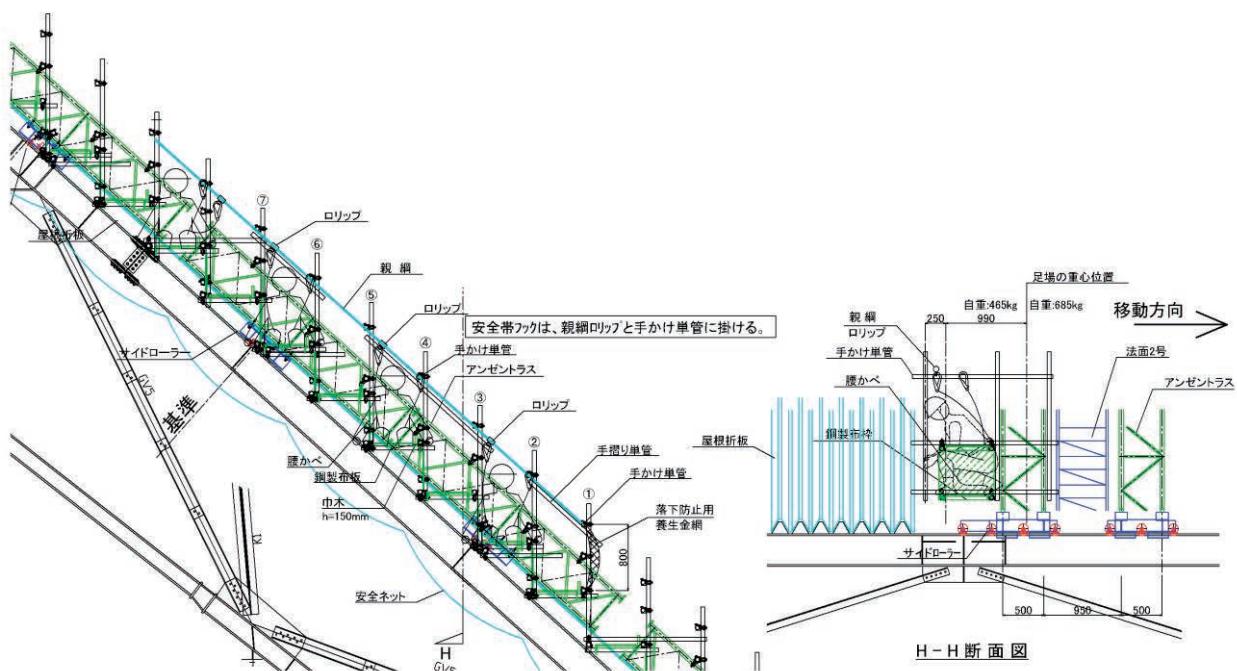
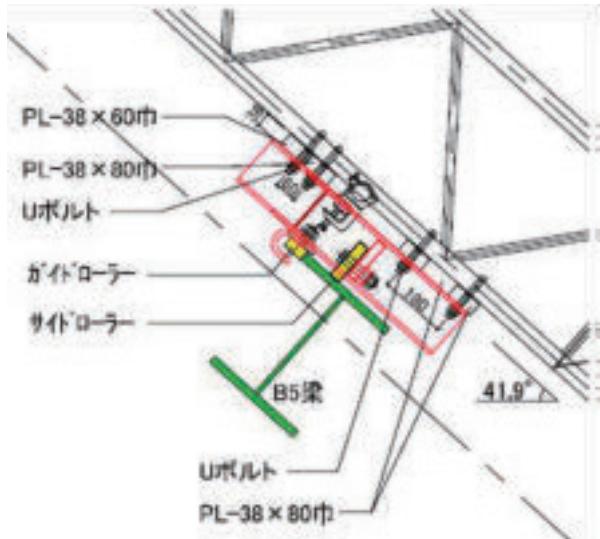


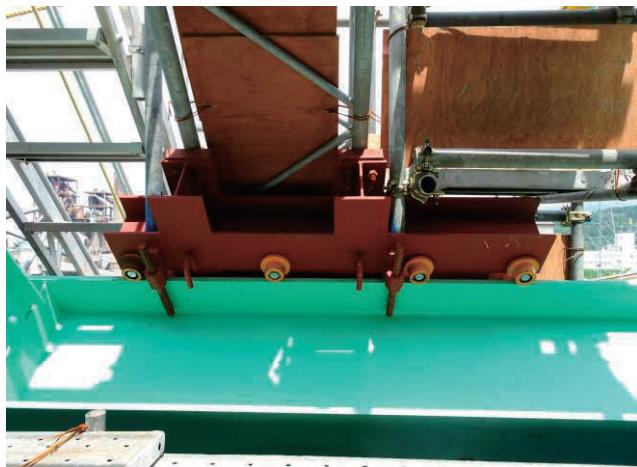
図-14 屋根移動足場概要



図－15 屋根移動足場 車輪部



写真－20 屋根移動足場ユニット単体



写真－21 屋根移動足場 車輪部



写真－22 屋根移動足場 車輪部

2) 棟納めの施工

棟納めは屋上歩廊の柱貫通がある為、屋根葺きと同時に施工はできない。そこで、屋根を葺いた後に屋上の鉄骨歩廊上を移動できる足場を計画した。歩廊を挟む形で左右に作業床を有し、歩廊上に設置した2列の溝型鋼の上を、台車で移動する形とした。作業床は軽量化のため、既製品のジョイント足場に2次部材を付け、移動は人力で行った。

この足場は、避雷導線の接続、貫通部の板金取付け、及び雨返し取付けで、棟部分を3往復して活用した（写真－23、写真－24）。



写真-23 棟納め移動足場



写真-24 棟納め足場 脚部

5. 工程計画

1) 移動式ステージによる鉄骨建て方の工程

1ブロックの鉄骨建て方サイクルを7日間とし、下記の手順で施工を行った(図-16)。

- ① 1枚目の面トラスを建て、前のブロックと梁を繋ぎ自立させる。
- ② 2枚目の面トラスを建て、1枚目のトラスと梁を繋ぎ自立させる。
- ③ 3枚目の面トラスを建て、2枚目のトラスと梁を繋ぎ自立させる。
- ④ 柱脚グラウトを施工し、固化後ジャッキダウンする。
- ⑤ 移動式ステージを、次のブロックへ移動する。

追加工事で土間下地盤改良工事が発生し、移動式ステージの組立開始が10日遅れたが、鉄骨工事の施工期間はほぼ予定通りの3ヶ月で終わることが出来た(図-17)。

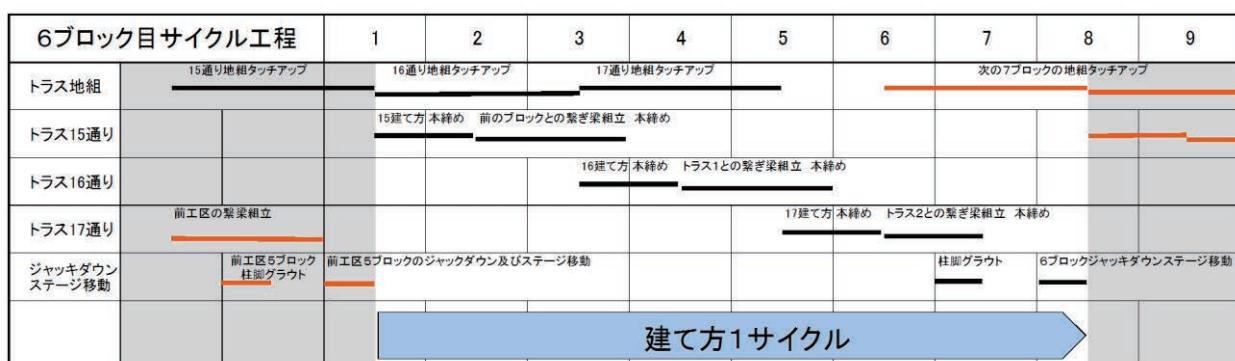


図-16 鉄骨工事工程 ブロックの建て方サイクル

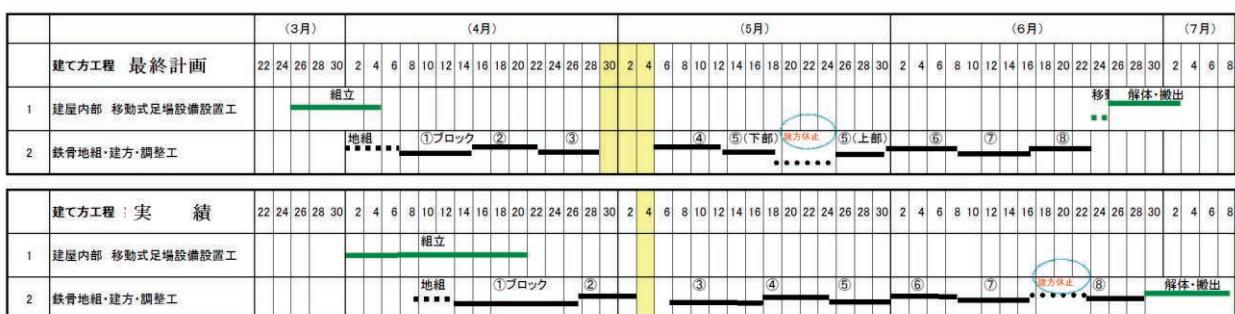


図-17 鉄骨工事工程 計画と実績

2) 屋根移動足場による屋根施工の工程

土間コンクリート打設前に屋根施工を終わらせる事が第一条件であり、8月10日までの完了をクリティカルパスと設定した。当初予定では、5月15日より屋根施工開始としていたが、施工方法の検討や試験施工など行った為、9日遅れでの施工開始となった。屋根施工期間3か月のうち、1班（7人）体制で一日平均5列を2か月間、2班体制を1か月間施工した結果、予定していた工程より7日間早く完了することができた。

6. まとめ

今回の移動式ステージは、既製のフレーム構造物を使用し組立てたが、微調整のできる既製材料が無く、専職への指示にも時間がかかり、組立工程は予定より遅くなった。しかし、移動式ステージの施工性は非常に良く、最終的には予定した工程通りに工事を完了する事ができた。また、ステージ上に設置した6台の高所作業車も使い勝手が良く、足場のせり上げやステージの動力による昇降などの大きな手間を取らずに鉄骨建て方ができ、スピードと簡易性を併せ持った良い工法だと実感した。

急勾配での屋根施工では、施工時の体勢や工事の段取り等、いろいろな不確定要素が多かったが、屋根移動足場が効率よく稼働し、施工のしやすさを確保する事ができた。また、足場上での屋根施工では、フルハーネス2丁掛けを徹底させ、より安全に作業する事もできた。今後は、作業床や手摺の形状検討や、アルミ製品等の材料を使用すれば、より簡素化と軽量化が可能である。また、屋根との離隔距離を吟味し、より屋根面に近く下げてやれば、もっと施工しやすい足場になると考察する。

課題として捉えた3つの施工検討の結果として、工程、原価、安全とも確保することができ、今後は、他の工事にも応用することができる期待する。