

立体トラス鉄骨屋根を用いた大空間を有する体育館の施工報告 —野村公園体育館建設他工事—

山田宗治* 手鹿則康* 芝田克彦* 長谷川信幸* 安井雄治* 水口瑛絵**

本物件は滋賀県草津市の地区公園内にある市民体育館の老朽化に伴う建替えである。鉄筋コンクリートを主要構造とした体育館で、外装仕上げとして特徴的なのは1階の階高が6m以上ある円形柱に本実型枠を使用したコンクリート打放し仕上げである。2箇所あるアリーナ上部の屋根は立体トラスの鉄骨構造である。

本稿では、円柱柱のコンクリート打放し仕上げと立体トラスの2つの工事施工時の取り組みについて記述する。

キーワード：体育館，立体トラス，鉄骨屋根，本実打放しコンクリート

1. はじめに

滋賀県草津市は、琵琶湖をはじめとした豊かな自然環境がありながら、利便性もよく、今も人口が増加し、活気にあふれた都市である。

本物件は、地区公園である野村運動公園内の旧市民体育館の老朽化と、中心市街地における賑わい拠点等の整備を行うために建設した体育館であり、地域の安全・安心環境を高めるための防災拠点としても活用される。

体育館は、3,500名を収容できる約2,000m²(バスケットボール2面)のメインアリーナと、約880m²(バスケットボール1面)のサブアリーナで構成されており、体育館のオープニングイベントとして、滋賀県大津市を拠点とする女子バレーボールチーム「東レアローズ」VS「トヨタ車体」の試合が行われた。2024年には滋賀県で開催される国民スポーツ大会の会場としても予定している。

本物件は、内外部の柱と外壁の一部にコンクリート打放し仕上げに加え、杉本実型枠を使用した円形柱や、はつり柄仕上げ、リブ付きといった特殊型枠を使用した仕上げとなっている。構造は鉄筋コンクリート造で、メインアリーナ・サブアリーナの屋根構造には立体トラスを用いており、メインアリーナは最大でスパン約68.8m、立体トラス高さ2.8m、ライズ高さ5.2mを有した大空間を構成している。なお、トラス材を白色、その他の屋根部材を黒色とすることで、施設利用者に屋根構造を見せる配色としていることが特徴である。

本稿では、階高6mを超えるコンクリート打放し仕上げ部におけるコンクリート施工品質向上についての取り組みと、立体トラスの施工について述べる。

* 関西支店 野村公園体育館 JV 作業所

** 関西支店 建築部 技術グループ

2. 工事概要

工事名称：野村公園体育館建設他工事（建築）

建物名称：YMIT アリーナ（くさつシティアリーナ）

発注者：草津市建築部公園緑地課

設計者：株式会社 綜企画設計

監理者：株式会社 内藤建築事務所

受注形態：特定建設工事共同企業体

(株式会社熊谷組・ゆうあい建設株式会社)

工事場所：滋賀県草津市野村3丁目3番27号

敷地面積：50,890.6m²

建築面積：7,620.6m²

延床面積：10,837.1m²

主要構造：鉄筋コンクリート造

屋根構造：鉄骨造（立体トラス）

基礎工法：既製杭埋込み工法（最大杭長：13m 計256本）

規模：地上2階

建築高さ：21.5m 軒高さ：12.7m

建物用途：体育館（アリーナ2箇所・収容人数：3,500名）

実施工期：2017年6月26日～2019年3月29日



Photo. 1 野村公園体育館全景

3. 建物概要

本物件は、メインアリーナとサブアリーナの2つの大空間で構成された体育館である。

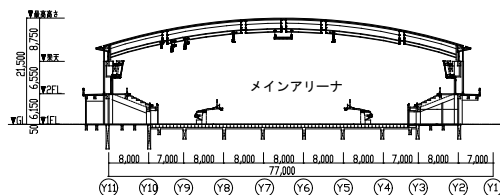
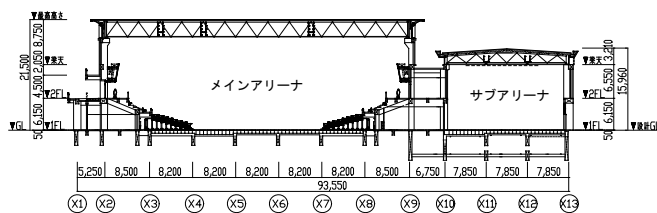
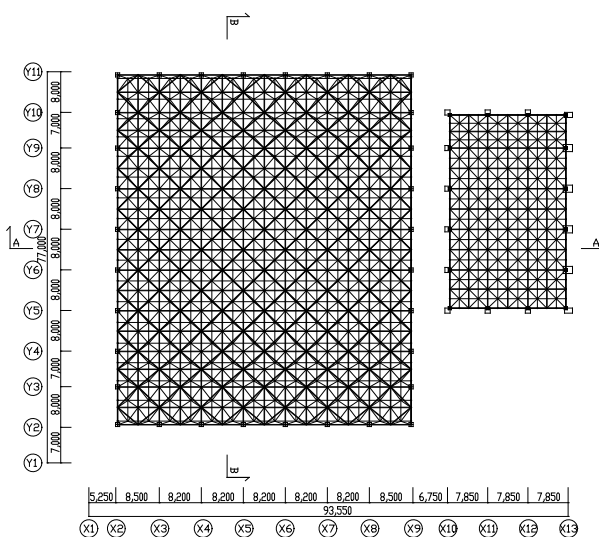
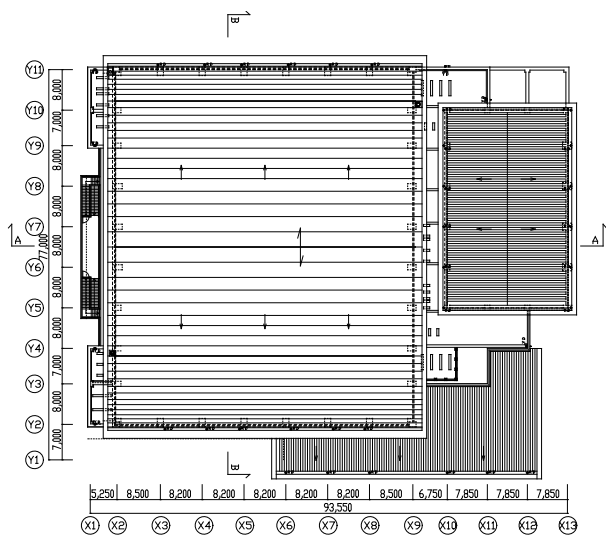
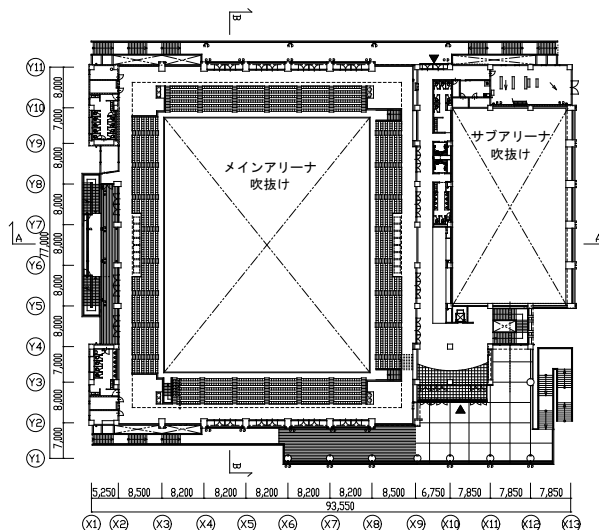
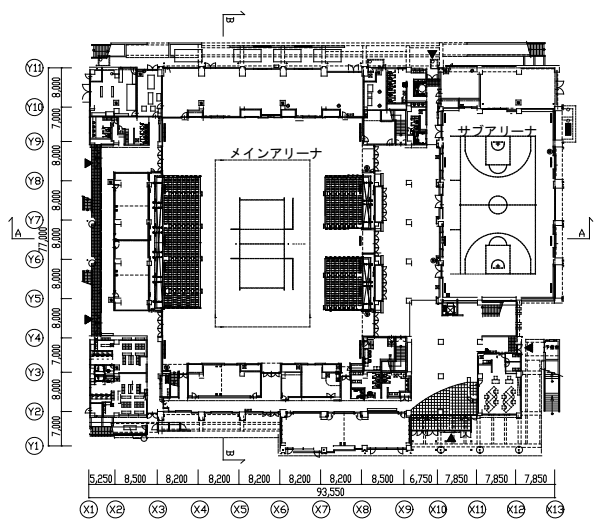
平面形状は、X方向93.55m、Y方向77.0mの建物であり、鉄筋コンクリート造の主要躯体の上に、鉄骨造の屋根がかかった構造となっており、躯体と屋根の取り合いには水平移動可能距離±100mmを見込んだ支承が設けられ

ている。

また、主要構造自体は一体であるが、トラス屋根はそれぞれのアリーナごとの架構となっている。

階高は、1階で6.15m、2階で6.55m、建築物の高さは、メインアリーナで21.5m、サブアリーナで15.96mである。

以下に、建物概要図を示す。(Fig.1~6)

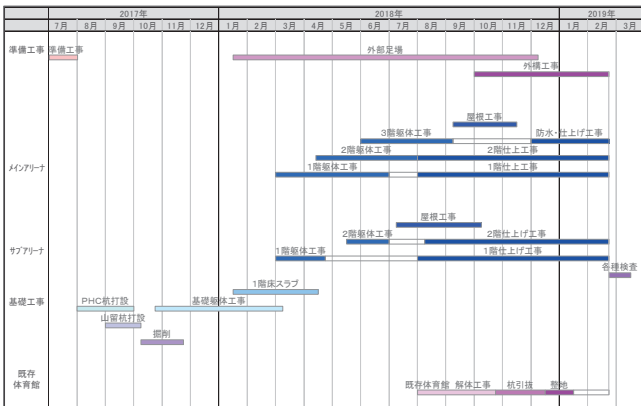


4. 工程と総合仮設計画

4.1 工程

本物件は、公園の敷地内での体育館の新築、及び旧体育館の解体を行うものであったが、公園東側にあるグラウンドと旧体育館については、一般市民が施設利用を行っている状態で2017年7月に着工し、8月より杭工事を開始した。2018年8月からは旧体育館の解体工事に伴い仮囲いの切替えを行い、グラウンドの利用範囲を制限する形で工事を行った。

Table 1 総合工程表



4.2 総合仮設計画

総合仮設計画として、搬出入計画は工事車両を東側県道のみとし、住宅のある北側道路からは搬出入を行わない計画とした。揚重計画は移動式クレーン及び120tクローラークレーンを採用し、躯体工事期間は、建物外周部を120tクローラークレーン、建物内部はメインアリーナ部のスラブ補強を行い、移動式クレーンを建物内に乗り入れた。そのため、後施工部分を設け、資材搬入口として活用した。屋根工事には120tクローラークレーンを選定し、鉄骨トラス建方及び屋根工事を行った。

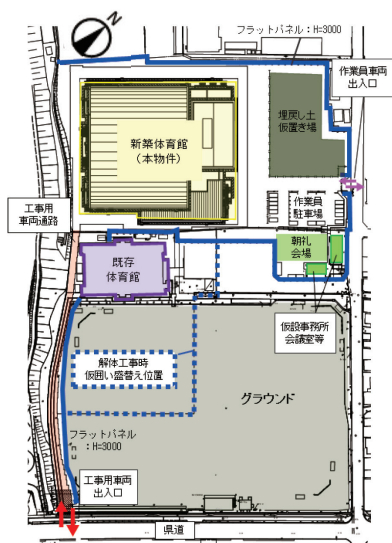


Fig. 7 総合仮設計画図

掘削～基礎躯体工事は、4工区分けとし、4工区を作業通路として後施工範囲とすることで作業構台を設けない計画とした。掘削深さがGL-1.5～6.0mで、山留は親杭横矢板と鋼矢板を併用し、一部に1段切梁の架設を行った。地下水位は約GL-2.6mと高いため、掘削深さの深い箇所限定してウェルポイントを設置し、効率よく排水処理を行った。最終の外構工事では地盤レベルを現状GLより0.5m程度高くする必要があったため、掘削土を場内へ仮置きし、埋戻しに利用した。4工区の施工は、1～3工区の基礎躯体施工後とした。(Fig.8)

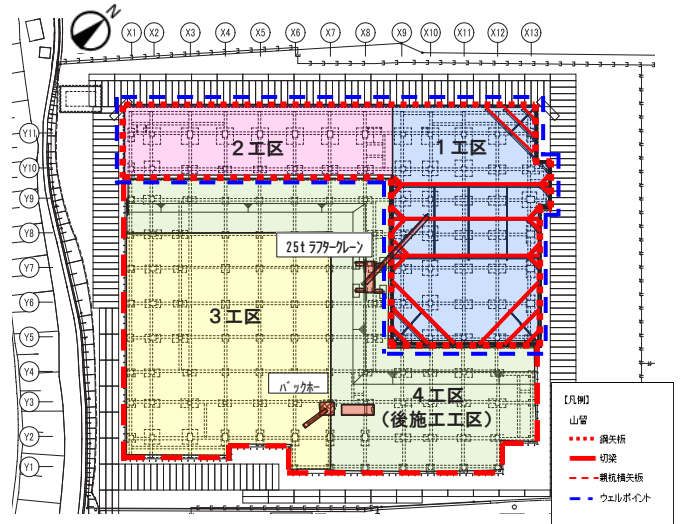


Fig. 8 掘削及び基礎躯体工事施工計画図

地上躯体工事では、階高が6m以上と高いため、高所作業車を使用し施工を行った。作業足場は建物外周及びコンクリート打設用とし資材の削減を図った。外壁はコンクリート打放し仕上げが多く、杉本実やリブ等様々なモックアップを製作し、仕上り具合の確認を行った。

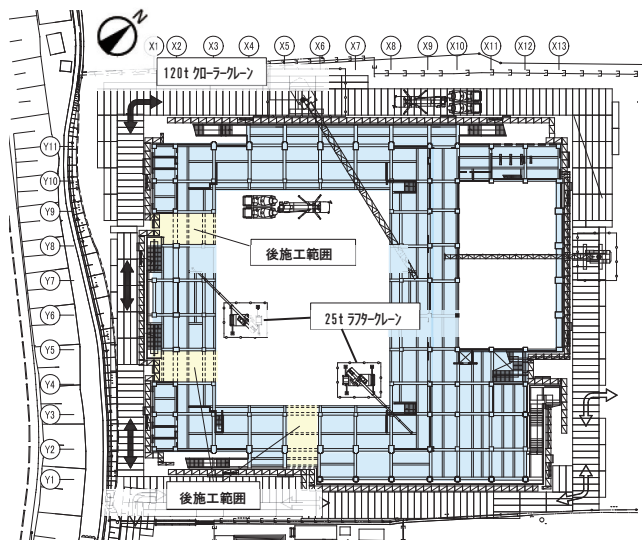


Fig. 9 地上躯体工事施工計画図



Photo. 2 メインアリーナ内作業状況

屋根工事では、屋根下地となる立体トラスを地組し、ユニット化することで作業の効率化を図った。また、テント付き塗装ヤードを整備し、母屋を仕上げ塗装まで完了させて組立てることで高所作業を削減し、安全性と作業効率を向上させた。屋根葺きは、西面に成型機用の足場架台を組立て、現地成型を行うことで勾配方向にジョイントのない屋根葺きを行った。

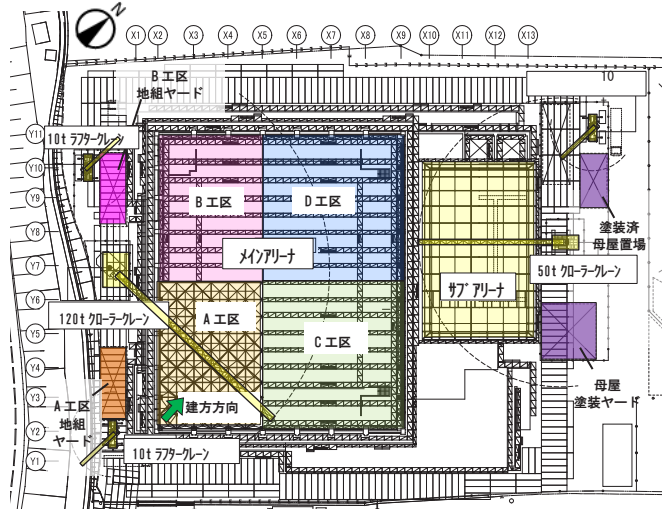


Fig. 10 立体トラス鉄骨建方計画図

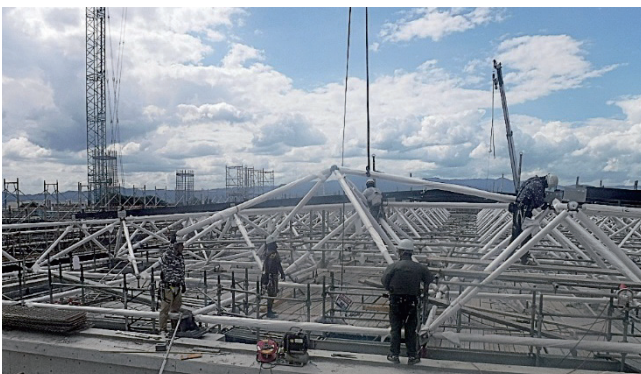


Photo. 3 立体トラス鉄骨取付け状況

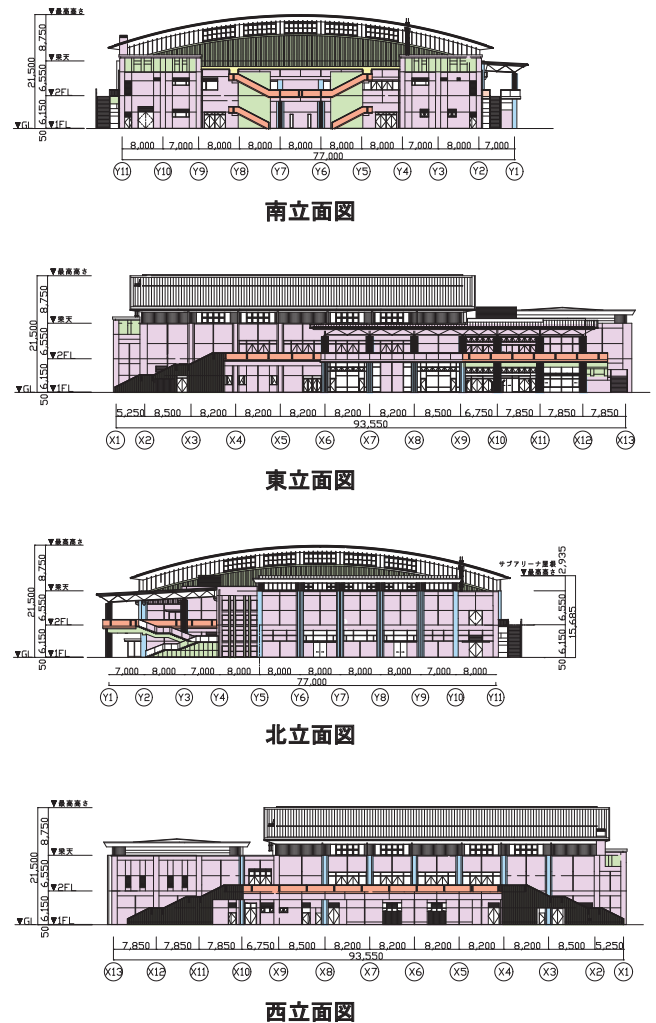
5. コンクリート打放し仕上げ

5.1 概要

外装の柱及び壁の大半をコンクリート打放し仕上げとし、エントランス部の円形柱及び南東部は杉本実型枠を使用したコンクリート打放し仕上げとしている。屋外階段の外壁及びメインアリーナの妻壁は、それぞれ幅の異なるリップ付きコンクリート打放し仕上げとなっており、手すり壁は発泡ポリスチレン化粧型枠を使用したはつり柄仕上げとした。

コンクリート打放し仕上げ部の表層には、フッ素クリア塗装を採用しており、その他のコンクリート外壁面についてはジョリパット吹き付け仕上げとしている。

内部の仕上げについては、両アリーナの内部柱に杉本実型枠を使用したコンクリート打放し仕上げを使用している。以下に、外装仕上げ色分け図を示す。(Fig. 11)



【凡例】	
...	...
...	...
...	...
...	...

Fig. 11 外装仕上げ色分け図

5. 2 モックアップの製作

コンクリート打放し部は、事前に実寸大のモックアップを製作し検討を行った。モックアップは杉本実型枠部、階段外壁リブ部、メインアリーナ妻側リブ部、手すり壁はつり柄仕上げ部について製作した。

手すり壁は、当初設計でははつり仕上げだったが、施工性等を考慮し提案を行った結果、化粧型枠を使用したはつり柄仕上げに変更とした。フッ素クリア塗装についても、濃度を変えて塗り分けたモックアップの製作を行い、使用材料の選定を行った。



Photo. 4 各種モックアップ



Photo. 5 手すり壁（発泡ポリスチレン製化粧型枠はつり柄）

5. 3 打設計画

コンクリート打放し部は、仕上がりの色違いが懸念されるため生コン工場を1社に限定した。配合は、設計基準強度 $27\text{N}/\text{mm}^2$ 、スランプ 15cm 、単位水量 $185\text{kg}/\text{m}^3$ 以下であった。打設計画としては、1日の範囲（平均 320m^3 ）をポンプ車2台で打設することで打ち継ぎを極力少なくする計画とし、1班あたり担当職員1名、土工職長1名、パイプレーター係3名、たたき係3名、水洗い係2名、圧送工2名、左官（土間）工2名、その他相番者3名の計17名で打設を行った。

1階立ち上がりは1回で打設し、2階及びR階立ち上がりについては2回に分けて打設を行ったことで、水平打ち継ぎが生じた。

1階ではコンクリート打設高さが6mを超え、落下によるコンクリートの材料分離が懸念されたため、ポリエス

テル製ホースの内部にゴムが加工されている「ライトウェイトコンクリートホース（以下、ライトウェイトホース）」を使用した。「ライトウェイトホース」は、内部のゴムによる抵抗を利用し、生コンの落下時にブレーキをかけ、材料分離を低減させる製品である。ホース長は5.5mとし、杉本実型枠を使用した円形柱部は柱フープ筋内より「ライトウェイトホース」を投入し打設を行った。コンクリート打放し仕上げ以外の部分に対しては、壁1スパンに2~3箇所、 $H=3.0\text{m}$ の高さにホース投入口（ $\square 250\text{mm}$ ）を設け、コンクリート打設を行う計画とした。

2階及びR階のコンクリート打設は、立体トラス支承のアンカーボルトの定着等を考慮し、2回に分けた打設計画とした。2階は1回目を $H=4.45\text{m}$ 、2回目を $H=2.05\text{m}$ までとし打設を行う計画とした。R階は、立体トラスに沿ったアーチ状を考慮した高さに水平打ち継ぎを設けた。

「ライトウェイトホース」については基礎梁のコンクリート打設時に試験を行い、速度や施工性について確認し、品質向上のために上階躯体の全ての打設に使用した。

打放し部のせき板は、3~4日間の養生期間を設け、欠け等が発生しないよう慎重に解体を行った。また型枠解体後、打ち継ぎ部にポリシートを挟み下部の仕上げ面に対して全面養生を行うことで、上層のコンクリート打設時のノロ汚れ防止対策を実施した。以下にコンクリート打設状況と柱出来型状況を示す。（Photo. 6~7）



Photo. 6 ライトウェイトホースを用いたコンクリート打設



Photo. 7 柱（杉本実型枠）出来型

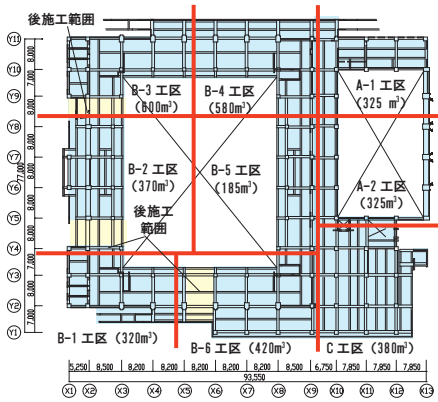


Fig. 12 1階工区割図

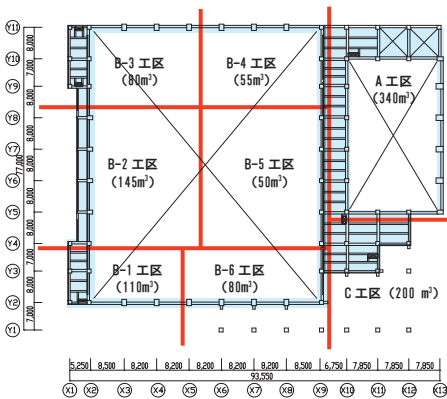


Fig. 13 2階(1回目)工区割図

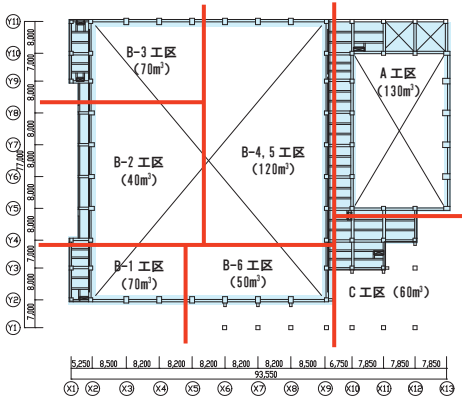


Fig. 14 2階(2回目)工区割図

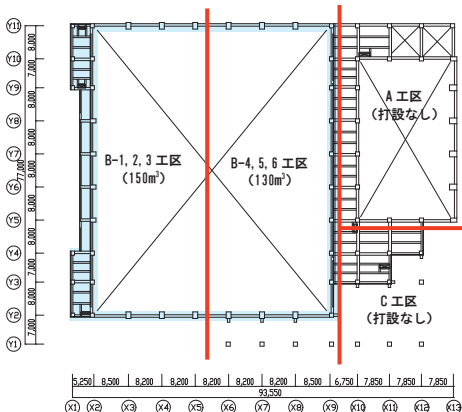
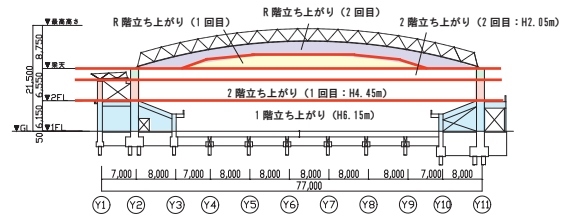


Fig. 15 R階工区割図



断面工区割図

Fig. 16 コンクリート打設工区割図

6. 立体トラス鉄骨屋根

6. 1 概要

メインアリーナ及びサブアリーナの屋根下地として、太陽工業株式会社の「TMトラス」を使用した。「TMトラス」は、鋼管のパイプ(メインアリーナ:最大直径267.4mm)をグローブと呼ばれる鋼球(メインアリーナ:最大直径300mm)のネジ孔に接続して組上げる軽量構造システムであり、一般鉄骨の約半分の重量で屋根を構成できるため、柱への負担を軽減し、耐震上安全性の高い構造である。トラス材には軸応力のみが作用し、原則部材の節点であるグローブに応力が伝達する設計であり、曲げモーメントが発生しないため、各部材断面が小さくなる。主要構造体と立体トラスの支点は、支承ベースで接合されており、水平方向に±100mmの変位を見込んだ設計となっている。

各アリーナのトラス形状は、メインアリーナでスパン約68.8m、立体トラス高さ約2.8m、ライズ高さ5.2mのアーチ状であり、サブアリーナでスパン約23.5m、立体トラス高さ約1.3m~2.0mで上弦材に屋根勾配がついた形状である。以下に支承の種類・配置・鉄骨部材数量を示す。(Fig. 17, Table 2)

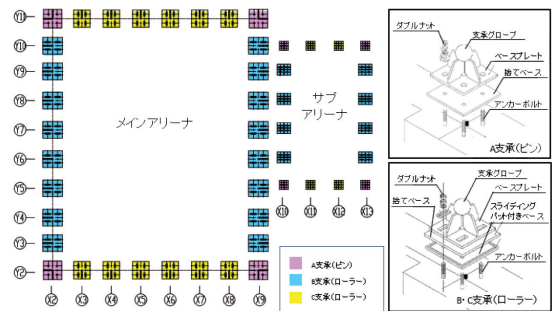


Fig. 17 支承配置図

Table 2 鉄骨鋼材数量

メインアリーナ				グローブ		支承ベース		
記号	パイプ	ボルト	本数	記号	グローブ	数量	記号	数量
JN2	P-76.3*3.2	M20	44	④	φ-130/120	195	A 支承 (ピン)	4
KP4	P-89.1*4.2	M24	868	⑤	φ-150/136	48	B 支承 (ローラー)	16
MN4	P-101.6*4.2	M27	698	⑥	φ-180/160	50	C 支承 (ローラー)	12
QNG	P-114.3*4.5	M30	142	⑦	φ-200/182	2		
RN8	P-139.8*4.5	M36	144	⑧	φ-220/192	158		
SN6	P-165.2*4.5	M42	142	⑨	φ-260/240	56		
TN6	P-190.7*5.3	M48	150	⑩	φ-300/270	32		
WN2	P-216.3*5.8	M48	134					
WP4	P-216.3*8.2	M56	44					
XN6	P-267.4*6.6	M60	4					
サブアリーナ				グローブ		支承ベース		
記号	パイプ	ボルト	本数	記号	グローブ	数量	記号	数量
JN2	P-76.3*3.2	M20	214	④	φ-130/120	50	A 支承 (ピン)	4
KP4	P-89.1*4.2	M24	210	⑤	φ-150/136	56	B 支承 (ローラー)	4
MN4	P-101.6*4.2	M27	114	⑥	φ-180/160	38	C 支承 (ローラー)	8
QNG	P-114.3*4.5	M30	34	⑦	φ-200/182	13		
RN8	P-139.8*4.5	M36	24					
SN6	P-165.2*4.5	M42	20					

6.2 鉄骨建方計画

鉄骨建方計画として、サブアリーナの建方後、メインアリーナの建方に着手した。工区は、サブアリーナを1工区、メインアリーナを4工区に分けて施工した。

トラス部材は工場では仕上げ塗装まで完了させて搬入し、母屋鉄骨は現場に屋根付きの塗装ヤードを設け、仕上げ塗装した上で取付けを行うことで、高所作業を極力削減し、安全性及び作業効率の向上を図った。

鉄骨組立用足場は、アリーナ全面に枠組足場で棚足場を設置し、作業床と落下養生を兼ねた。各グループは1箇所あたり250kgの荷重が作用するものとして仮受けを設置した。仮受け方法として、サブアリーナでは100角の端太角を枠組み足場へ掛け渡し、その上に油圧ジャッキを設置し、レベル調整を行った。面積の広いメインアリーナでは、サブアリーナと同様の仮受け方法と16箇所の四角支柱を併用する計画とした。レベル調整用の仮受けは、グループの本締め後、適宜盛替えを行い転用した。

トラス鉄骨はジャッキダウン後の自重及び仕上げ材荷重による変位を想定し、設計レベルより30mm上げ施工した。メインアリーナの四角支柱は、支承部の溶接後にジャッキダウンを行った。その後、メインアリーナは母屋鉄骨取付けを行い、2019年11月上旬より屋根工事をを行った。



Photo.8 母屋鉄骨塗装ヤード

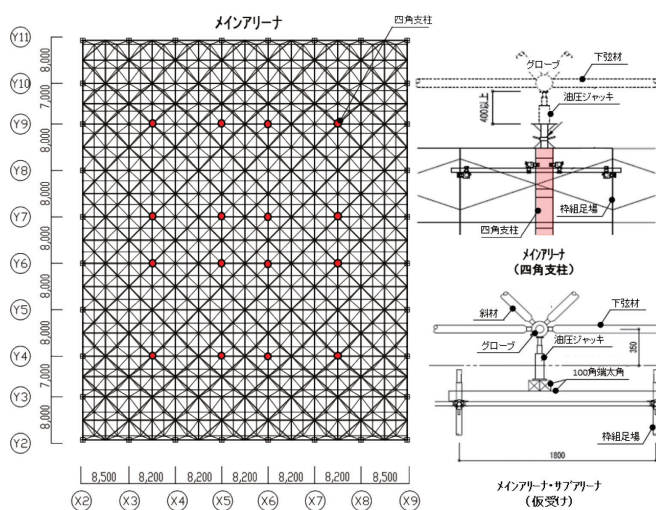


Fig.18 四角支柱配置及び仮受け詳細図

6.3 施工手順

施工は、アリーナ上部で下弦材を組み立てた後、地上で組み立てた地組ユニットを接続し、本締めを行う計画とした。その後、母屋鉄骨等の部材組立を行った。

各グループ支承には番号を振り、本締めトルク等の管理を行った。以下に施工フローを示す。(Table 3)

Table 3 鉄骨施工フロー

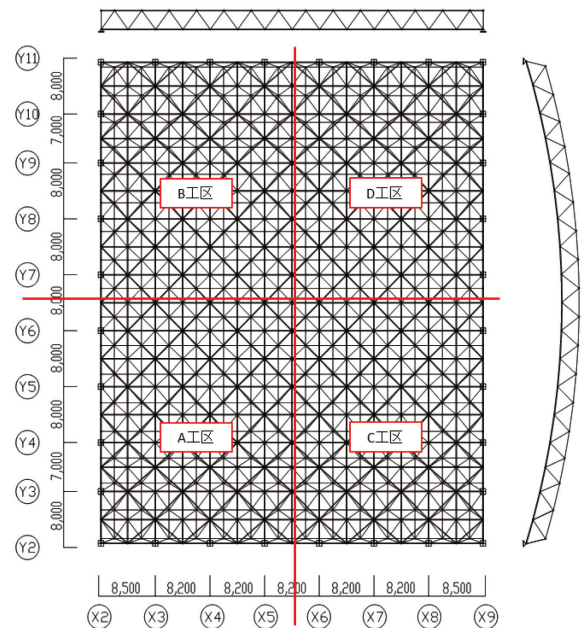
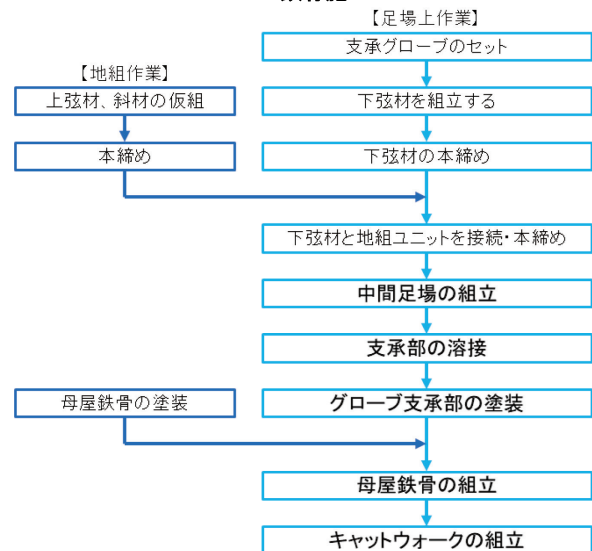


Fig.19 トラス組立工区割図

建方は、A工区より開始し、B→C→D工区の順に行った。当初計画は、A～D工区全てのトラス架構を組み立てた後に母屋鉄骨及びキャットウォークの組立を行い、屋根工事へ着手する計画であった。しかし、仕上げ工程に余裕を持たせるため、また降水量の多い冬期の工事を避けるため、鉄骨建方工事における工期短縮計画を検討した。検討の結果、A・B工区とC・D工区でそれぞれのトラス架構が

成り立つよう計画を見直し、A・B工区のグローブ支承部溶接後、引き続き母屋鉄骨及びキャットウォーク組立作業に着手し、C・D工区の鉄骨建方とラップして作業を行うことで工期短縮を図った。このため屋根工事は2週間早く着手することができた。

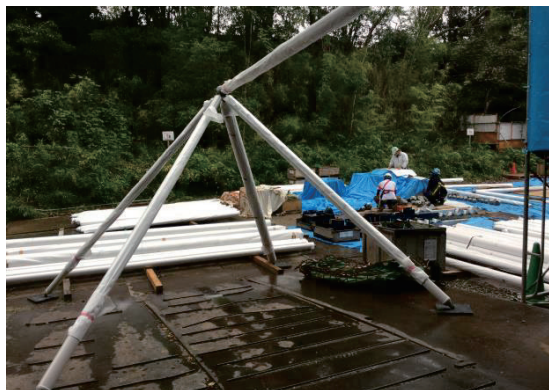


Photo. 9 トラス組立状況

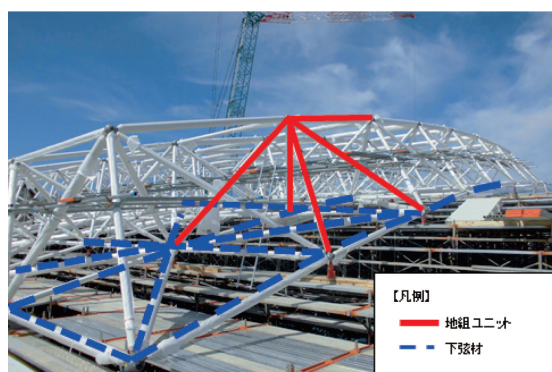


Photo. 10 立体トラス地組ユニット



Photo. 11 トルク値確認状況

7. まとめ

本物件では階高の高いコンクリート打放し仕上げについて、本社及び関西支店と連携し事前検討を行い、モックアップを製作し打設方法や仕上り具合の確認を行ったことと、コンクリート打設時の綿密な作業員配置計画により、高品質の躯体を実現できた。さらに、本物件の意匠上の要となる外観の杉本実仕上げをはじめとするコンクリート打放し仕上げについて要求された品質をつくり上げることができた。

立体トラス鉄骨屋根工事は、地組ユニットや先行塗装等、高所作業を極力削減したことで、安全性を高めるとともに、品質及び作業効率が向上した。

謝辞

本物件に於いては、本社建築事業本部、技術研究所の皆様、支店建築事業部、その他の本工事に携わった全ての皆様に多大なるご支援・ご尽力をいただきました。此処に深く感謝の意を表します。

Construction Report of a Gymnasium with a Large Space Using a Three-dimensional Truss Steel Roof -Nomura Park Gymnasium Construction Work-

Muneharu YAMADA, Noriyasu TEGA, Katsuhiko SHIBATA, Nobuyuki HASEGAWA,
Yuji YASUI and Akie MIZUGUCHI

Abstract

The construction discussed in this study involved the rebuilding of an aging civic gymnasium in a community park in Kusatsu, Shiga Prefecture. The rebuilt gymnasium features a main structure of reinforced concrete. The exterior has a fair-faced concrete finish with wood textures on circular columns, with a floor height of 6 m or more on the first floor. The roofs above the two arenas feature space truss steel structures. This section describes the two construction work initiatives. This paper describes efforts related to two types of construction work: the fair-faced concrete finish of the columns and the space truss.

Key words: Gymnasium, Space Truss Frame, Steel Frame Roof, Exposed Concrete Used Cedar Formwork