

駅ホームを覆う大屋根鉄骨トラスの施工

Construction of Large-sized Steel Truss Roof Covering Platform

立野 哲也*1 井上 宣良*1 松本 久斉*2
Tetsuya Tateno Noriyoshi Inoue Hisanao Matsumoto
安野 郷*2 西川 史洋*3
Satoshi Yasuno Fumihiro Nishikawa

要旨

阪神甲子園駅では、より快適で使い易い駅への改良工事が行われている。本報告は、この工事の一環として行われたホーム中央部の上空を覆う大屋根の施工に関するものである。営業中の線路上空での夜間作業には様々な制約や問題があるため、監理者を交えて、①鉄骨トラス組立用構台の検討、②架設用大型クレーンの選定、③鉄骨トラスブロック割付・架設順序の検討、④鉄骨トラスの精度管理手法の検討、⑤安全対策等について綿密な計画を行った。その結果、予想された施工上の問題に対処でき、所期の工期かつ要求された品質と精度をもつ大屋根を完成させることができた。

キーワード：駅ホーム上屋 鉄骨トラス 膜屋根 構台 地組 大型クレーン 夜間作業

1. はじめに

阪神甲子園駅は大正14年に高架駅として建設された。駅中央部の下を県道が南北に交差し、その東西に改札口が設置されている。当駅は、阪神タイガースの本拠地で高校球児の憧れの舞台でもある阪神甲子園球場の最寄り駅であるとともに、地域の主要ターミナル駅ともなっている。現在、より快適で使いやすい駅への改良工事を行っており、ホームの拡幅やエレベーターの設置、駅舎の改築やコンコースの拡張を進めている。改良工事では、ホーム「白球」や高校球児のユニフォームの「白色」をイメージしたシンボリックな大屋根を設置した(写真1、2)。この大屋根には自然光を通す膜素材が採用され、「甲子園」の象徴である「浜風」が吹き抜けるデザインが取り入れられている。本報告では、この大屋根工事の施工計画および施工の実施結果について述べる。

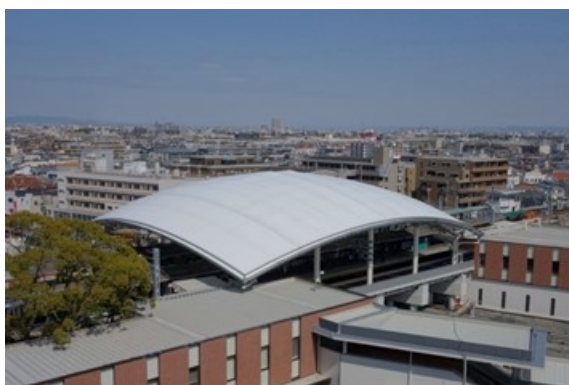


写真1 大屋根外観① (駅南西方向より)

2. 工事概要

当工事の概要を表1に示す。

表1 工事概要

工事名称	阪神甲子園駅改良工事
工事場所	兵庫県西宮市
事業主体	神戸高速鉄道(株)
設計	阪急設計コンサルタント(株)
監理	阪神電気鉄道(株)
施工	鴻池組・ハンシン建設 特定建設工事共同企業体
工期	平成23年9月～平成29年3月(予定)
規模構造	大屋根 柱・梁…鉄骨造 屋根架構部…鉄骨トラス造 水平投影面積…2,300㎡
建築面積	西駅舎… 864.52㎡ 東駅舎… 509.28㎡
延床面積	西駅舎…1,950.28㎡ 東駅舎…1,168.77㎡
工事内容	ホーム拡幅、大屋根設置、東西駅舎改築、 バリアフリー化(EV設置、多機能トイレ設置他)

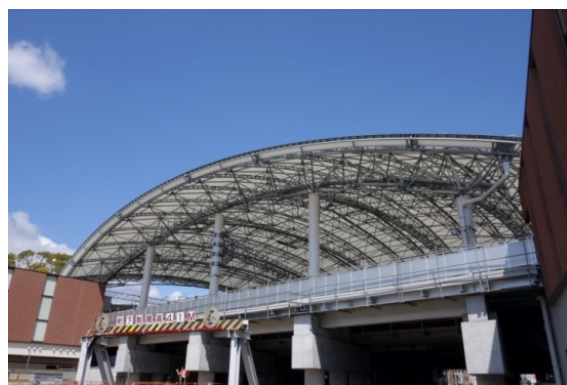


写真2 大屋根外観② (駅南東方向より)

*1 大阪本店 建築部 *2 設計本部 建築設計第1部 *3 (株)巴コーポレーション

既存高架駅の改修であり柱位置が制約されるため、南北 37.65m×東西 10.10m の大スパン構造が採用され、約 2,300 m² の大屋根を 10本の柱を新設する土木橋脚、橋台に載せて支持している。屋根骨組は高い強度を有するとともに極めて軽量という長所を持つ鉄骨トラス（大臣認定部材のシステムトラス）で構成している。

施工に当たっては、大屋根全体を大小 13 のブロックに分割して、①トラス組立用構台でのトラス組立、②大型クレーンによるトラスの架設、を繰り返すことで大屋根骨組を構築した。大屋根、大型クレーンおよび組立用構台の位置関係を図 1 に示す。

3. 仮設計画概要

図 1 に仮設計画図、図 2 に大屋根工事の概略工程を示す。阪神甲子園駅は野球開催の有無によって、乗降客数を含め周辺の状況が大きく変化する。鉄骨トラス組立用構台の組立は、野球開催時には困難なため選抜高校野球までのオフシーズン中に完了する必要がある。大屋根架設用の大型クレーンについては、当初鉄骨トラス組立用構台用地（南広場）を使用して組み立てる計画であったが、機種を変更し構台組立後にクレーン設置位置で組み立てることとした。

種目	2014年												2015年					
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月			
野球シーズン																		
南広場 構台																		
クレーンヤード																		
大屋根部分																		

図 2 大屋根工事概略工程表

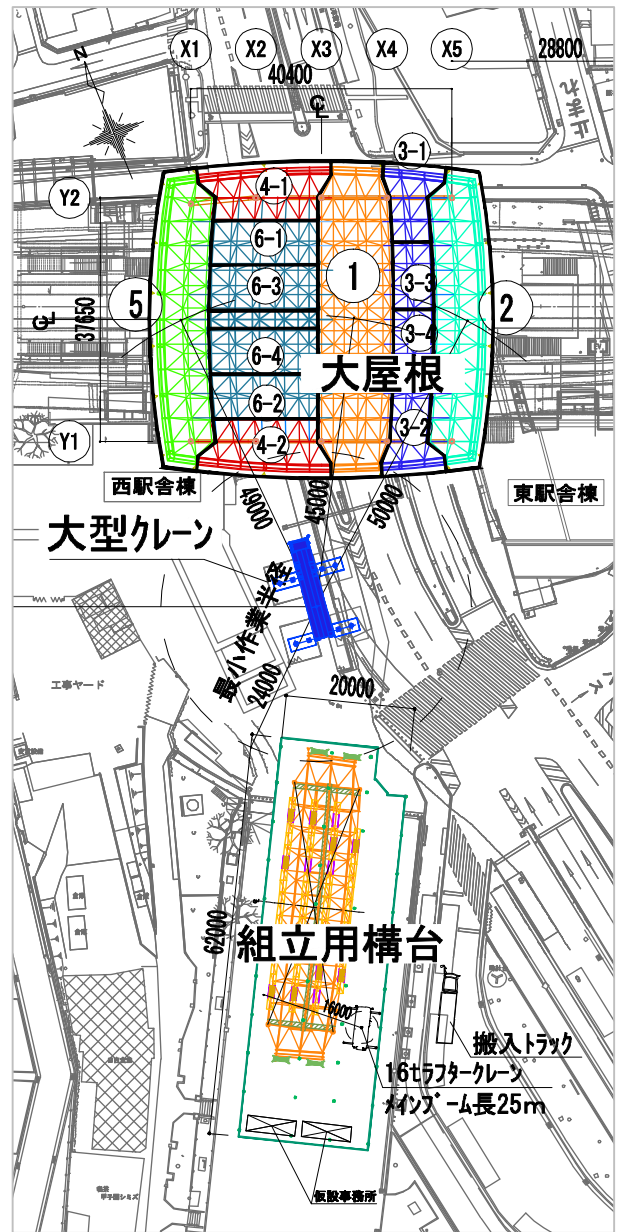


図 1 仮設計画図

3.1 鉄骨トラス組立用構台

写真 3 に鉄骨トラス組立用構台を示す。野球シーズン中の大屋根工事を可能にするため、駅から甲子園球場への観客通行路となる駅南側広場に幅 20m、長さ 62m、梁下高さ 4m の鉄骨トラス組立用構台を設け、下部を野球観戦客通路として開放することで野球開催時の施工を可能にした。

構台支持杭は周辺の環境に配慮した高周波振動による支持杭打設工法を採用した。当初工法（RC 造布基礎）に比べ下部構造をスリム化することができ、通路の幅員拡大にもつながった。また、構台解体時には支持杭を同工法にて引き抜き撤去することができた。

構台下の通行人に配慮するため、構台床面には 1/75 の排水勾配を設けて長尺シートを貼った。これにより作業時の騒音を低減するとともに止水性が確保された。



(構台全景)



(長尺シート貼り)



(野球開催時の構台下)

写真 3 鉄骨トラス組立用構台

3.2 鉄骨トラス架設用大型クレーン

鉄骨トラスブロックを地上の構台から甲子園駅上空まで移動するための揚重機として、図 3 および写真 4 に示す 550t オールテレーンクレーンを設置した。メインブームにフィックスブームを取り付け、その先にラフィングジブを取り付ける仕様で、作業半径 50m で 27.8t の揚重能力がある。選定基準として表 2 に示す比較項目を上げた。組立施工性として、構台組立後にクレーンの設置が出来ること、また吊り能力として、トラスブロックの最大重量部材が揚重出来ることにより決定した。

クレーンの組立は周辺道路を占用しての作業であったが、写真 5 に示すリフターという組立補助機器を使用することにより、狭い場所での組立が可能になった。また、クレーン設置場所にはガス管と上下水管が埋設されており、これらの配管を防護するため、シートパイルを用いた山留め支保工による防護およびH型鋼等の鋼材によりアウトリガの荷重を分散した(図 4、写真 6)。



写真 5 リフターを用いたクレーン組立状況

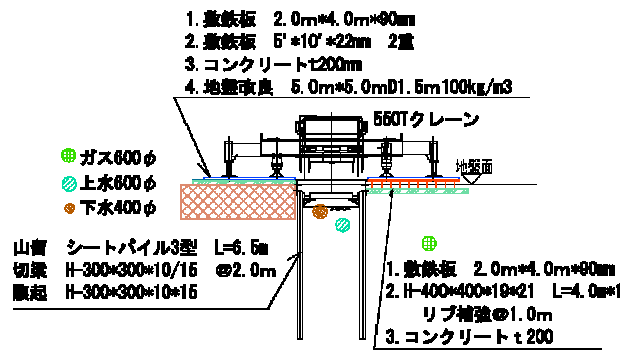


図 4 クレーン下の埋設管防護断面図

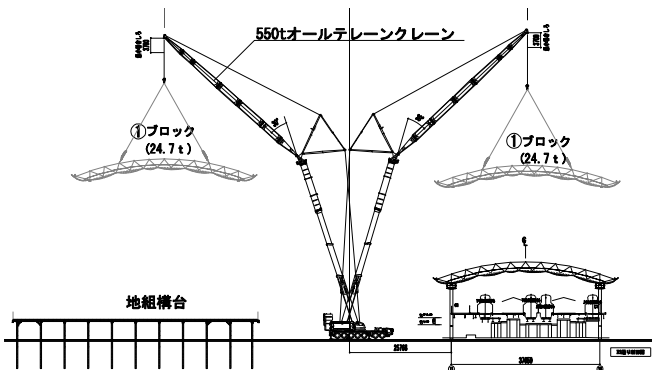


図 3 大型クレーン設置断面図



写真 6 クレーン下の埋設管防護状況



写真 4 大型クレーン設置状況

表 2 大型クレーン選定比較

クレーン種別	オールテレーン クレーン (550t)	クローラー クレーン (450t)	クローラー クレーン (500t)	クローラー クレーン (650t)
吊り能力	○	×	○	◎
組立施工性	◎	○	○	×
コスト	○	○	×	×
選定結果	今回選定	計画時選定	—	—

4. 鉄骨トラスの組立

4.1 鉄骨トラスの概要

鉄骨トラスの断面および平面を図 5 および図 6 に示す。トラスを支える柱は土木橋梁躯体の上に載る構造となっている。トラスは鋼管、鋼球（ボール）、接合用ボルト（コネクター）から構成され（以下、この部分をシステムトラスと呼ぶ）、三角錘体および四角錘体を組み合わせることにより、大きさが南北 48.5m、東西 44.8m、成 2.2m（ボール端部）で、R=59.4m（上弦ボール）の球体を切り出した形状の屋根となっている。

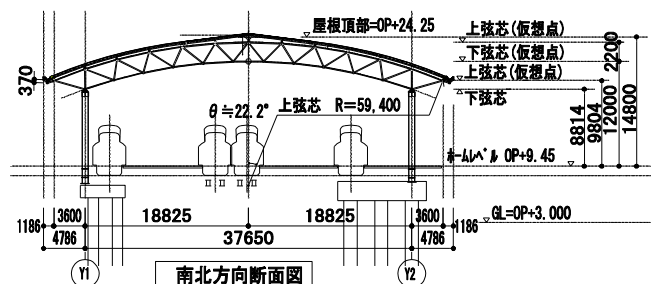


図 5 鉄骨トラス断面図

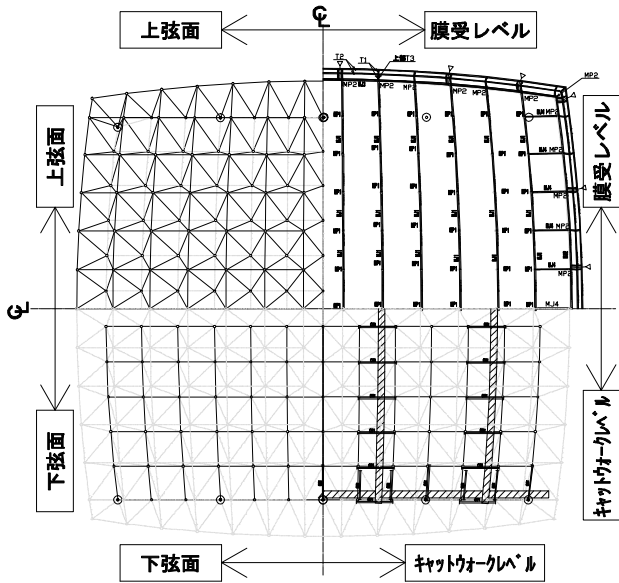


図6 鉄骨トラス平面図

4.2 システムトラスの組立手順と精度管理

4.2.1 部材名称および接合部の仕様

図7および写真7にシステムトラスを構成する部材の名称を示す。本工事に使用する鉄骨トラスの接合部は、「トラス用機械式継手」として国土交通大臣による認定（認定番号:MMJT-9001）を受けたものとした。

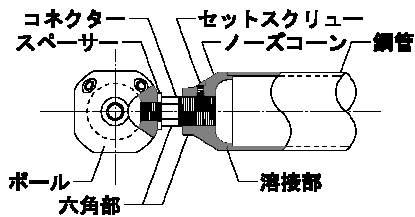


図7 システムトラスの部材名称

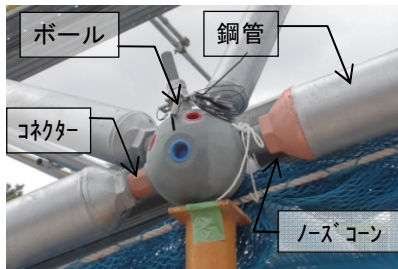


写真7 システムトラスの部材構成

4.2.2 組立手順と精度管理

システムトラスの組立および精度管理は、以下に示す①～④の手順で行う。

- ①コネクター六角部をノーズコーン端部から長さ(a)5 mm (P-165φ以下)または10 mm (P-190φ以上)出す。(図8-①、Pは鋼管を示す。)
- ②コネクターをボールにネジ込む。ボール間の寸法が正しければ、左右コネクターの太径ネジ端部は、ノーズコーン

ン端部と一致する。(図8-②)

- ③上記においてボール間の寸法に組立誤差がある場合、ミリスケールを当てて左右コネクターの出寸法を読む。(図8-③)
- ④左右の面の「読み」が、合わせて20mmになるまで鋼管を回転させる。(図8-④)

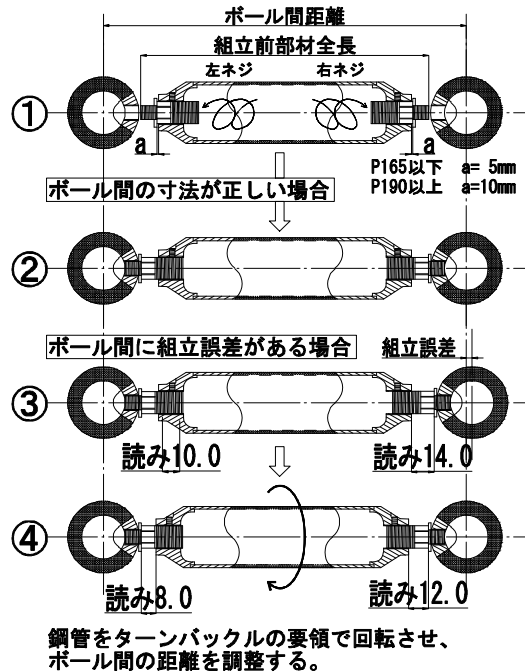


図8 システムトラスの組立手順

4.3 鉄骨トラスの割付

図9に鉄骨トラスの割付を示す。トラスブロックの大きさおよび地組時に取り付ける二次部材の範囲等については、建方クレーンの揚重能力および作業半径、また、限られた夜間作業時間内でのブロック間接合作業（接合箇所数）等を考慮した上で決定した。

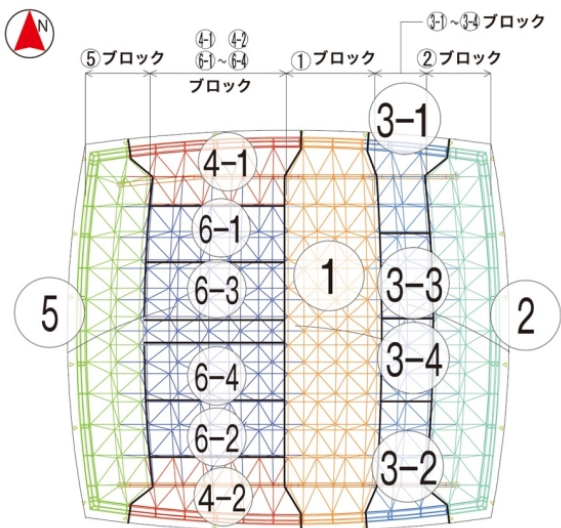


図9 鉄骨トラスの割付

4.4 鉄骨トラスの地組

鉄骨トラスは前述の割付ブロック毎に地上の構台上で組み立てられる。地組のフローを図10に、地組状況を写真8に示す。

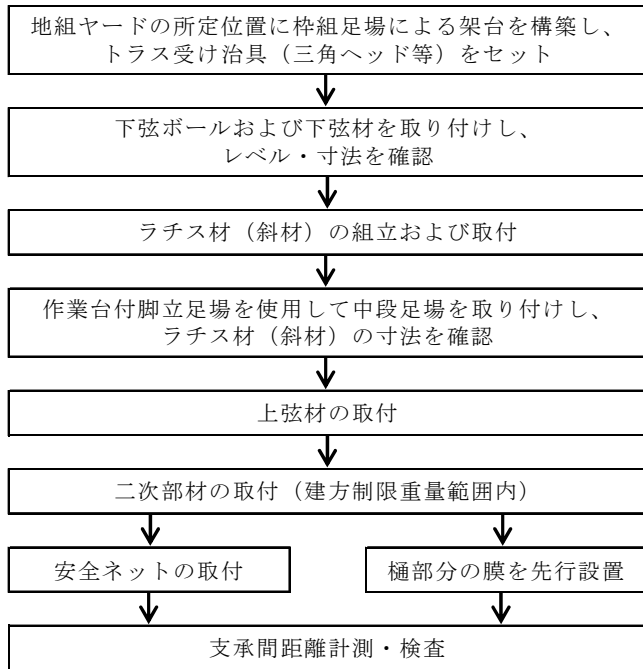


図10 鉄骨トラスの地組フロー

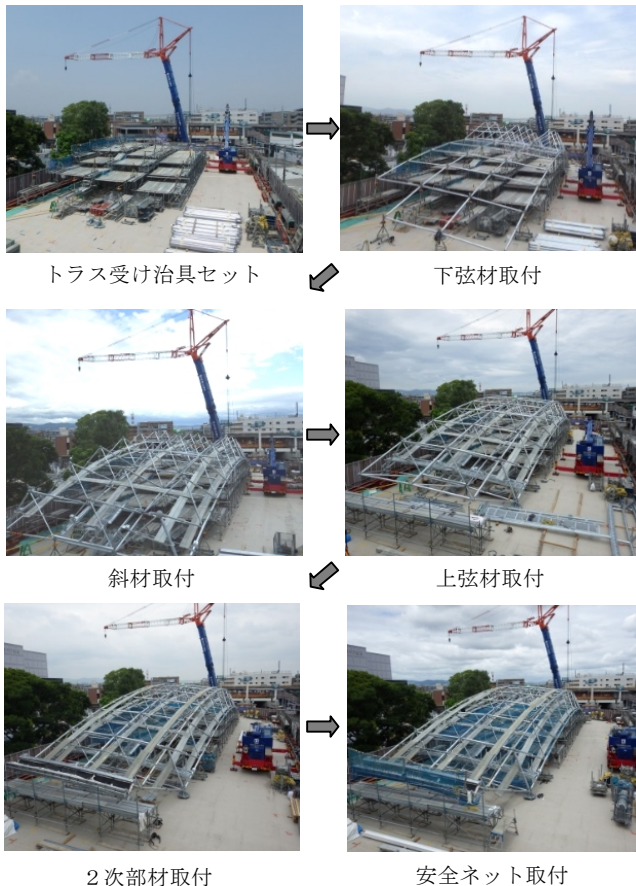


写真8 鉄骨トラスの地組状況

5. 鉄骨トラスの架設

5.1 架設作業の制約条件

軌道上での作業可能日は、原則として1週間に4日までとされ、作業時間等に以下の制約があった。

5.1.1 作業時間

- ①停電作業（軌道上空に吊荷およびブームが滞在する作業、または軌道上空での資材を持った人の作業）は、1:00～3:40とする。
- ②線閉作業（ホーム上空で軌道より2m以上離れた場所で吊荷およびブームが滞在する作業、またはホーム上での作業で軌道上での作業を伴わないものは、0:50～4:00とする。
- ③夜間作業（道路上に吊荷およびブームが滞在する作業、または道路上で火気を使用する作業）は、22:00～翌6:00とする。

5.1.2 気象条件による作業の可否

- ①作業当夜20:00時点で、強風に関する注意報以上が発令されている場合、または翌朝4:00までの予想降雨量が20mm以上を予想されている場合は、当該夜間作業を行わない。
- ②作業当夜23:00時点で、地組構台上で10分間の平均風速が10m/s以上と確認された場合は、当該夜間作業を中止とする。

5.2 架設順序

トラスブロックの架設順序を図11に示す。4本の柱に支持されるトラスブロック①を最初に取り付け、その後②から⑥まで順次架設することとした。トラスブロック②および⑤は、南北各1本、計2本の柱で支持するため、補助支持としてトラスブロック①よりワイヤーロープで牽引し、仮受け支柱を設ける等の対策を講じた。また、小型ブロックの④-1、④-2を⑤の設置に先行することで、トラスの拘束性を高める工夫をした。写真9にトラスブロック②の架設状況を示す。



写真9 トラスブロックの架設状況

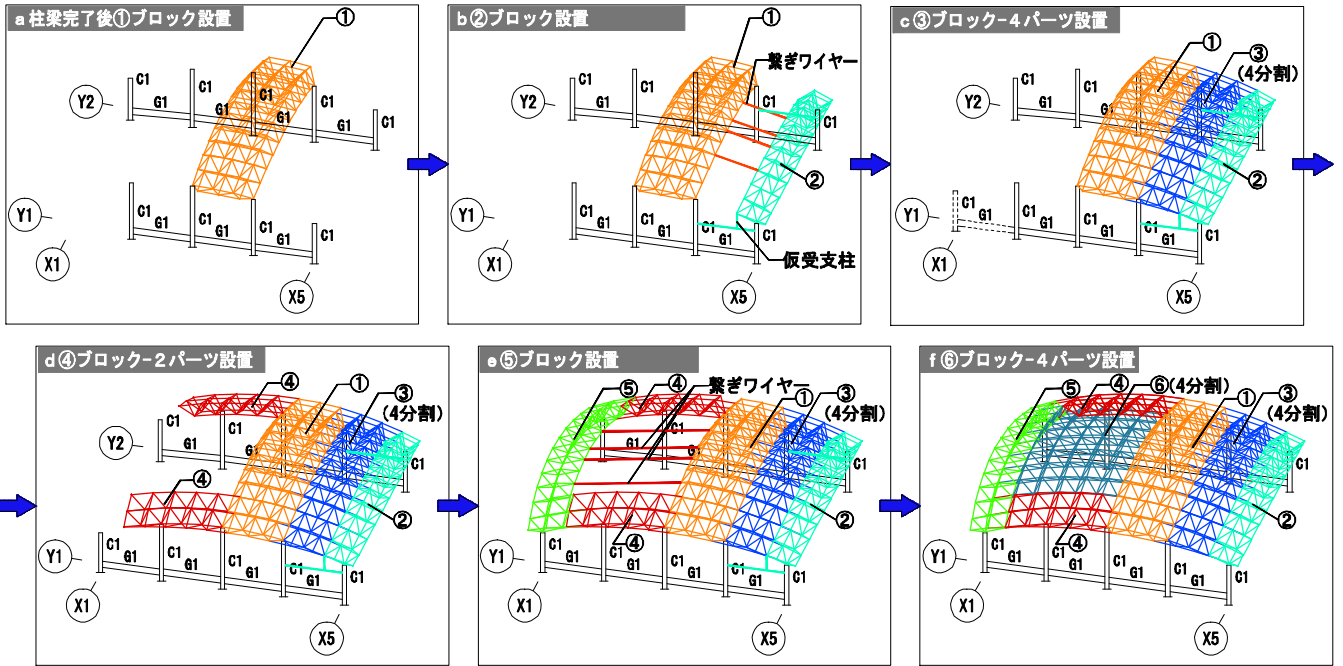


図 11 トラスブロックの架設順序

5.3 トラスブロックの接合

5.3.1 支承部との接合

トラスブロック①の支承位置の変位に関する解析値および実測値を図 12 に示す。解析上、ブロックを吊った状態では X 方向の支承間隔は変化せず、Y 方向の支承間隔は 9.6 mm 近づくことがわかる。また、置いた状態では、X 方向の支承間隔は 3.0 mm 広がり、Y 方向の支承間隔は最大

41.0mm 広がることになる。施工時の実測値は、X 方向では広がり等の変化はみられず、Y 方向についても解析値と大きな差はみられなかった。また、柱頭部ボルト(φ27 mm)に図 13 および写真 10 に示す挿入ガイド(着脱式)をあらかじめ取り付けておくことで、事前の解析結果を踏まえて、水平変位 73 mm まで吸収できるようにした。トラスブロック取付後は挿入ガイドを取り外し、140 mm 角の座金を取り付けてナット締めを行う。なお、柱頭部ボルトは建方用であり、最終は支承部周囲を隅肉溶接して固定する。

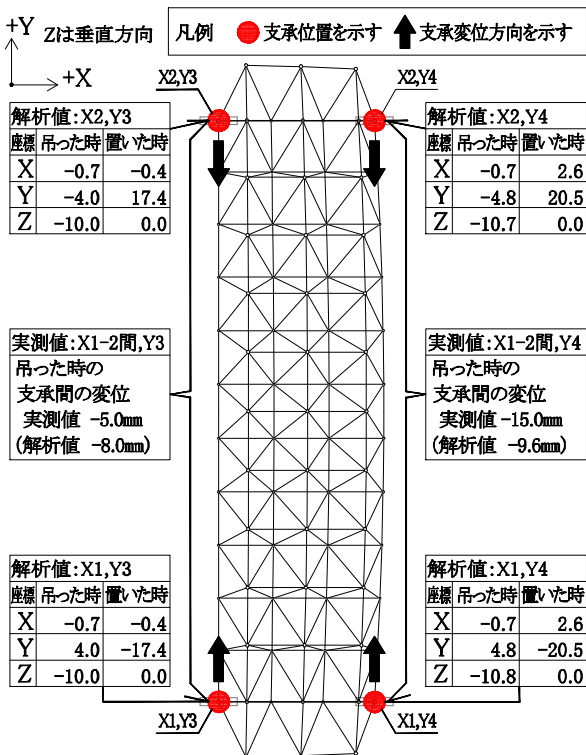


図 12 支承位置の変位 (トラスブロック①)

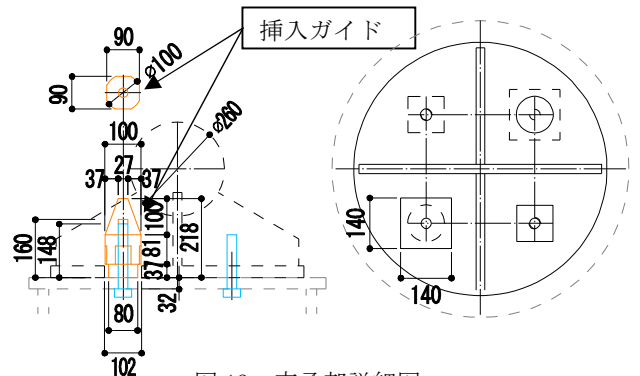


図 13 支承部詳細図



写真 10 地組時の支承部

5.3.2 トラスブロック間の接合

地組時の鉄骨トラス組立方法と同様に、ボールに対してパイプ両端に溶接されたノーズコーンにねじ込まれたコネクターを回転し、ボールに挿入することにより接合する。大型ブロックの間を埋めていく小型ブロックは、支承部分ではなく隣接するブロックとの接合により取り付けることになる。電車運行時間外の限られた時間での作業となるため、不測の事態への準備として、架設するブロックの玉掛けワイヤー外しの条件を個々のブロックについてあらかじめ解析し定めた。図14にその一例を示す。緑と赤で着色したブロックが新たに架設するブロックで、赤の部材が既設のブロックと接合されていることが玉掛けワイヤー外しの条件となる。

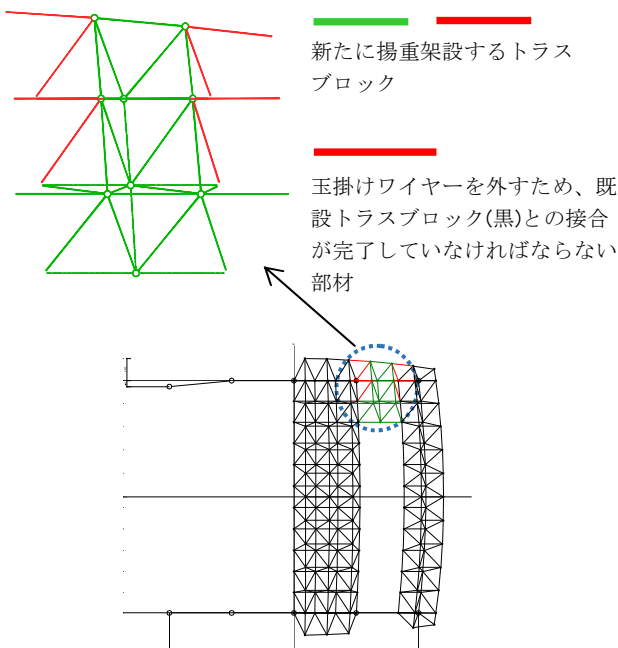


図14 トラスブロック間の接合ルール

5.4 安全管理

5.4.1 施工可否の安全管理

施工開始までの天候等の状況による施工可否基準を明確に定め、最終判断時間を決めた。

5.4.2 施工中の安全管理

架設作業のフローチャートと追跡チェック表を作成し、作業終了の期限を明確化した。また、遅れに伴う作業中止判断の時刻を定め、列車運行を阻害しないようにした。

5.4.3 ヒューマンエラーに対する安全管理

作業場所直下に軌道および県道等があるため、墜落落下に対するヒューマンエラー対策を以下の通り定めた。

1) 作業開始前

- ①作業中止リミットの時間および工種を確認する。
- ②人員配置、配置位置、指示者、合図者および合図方法を

確認する。

- ③軌道上空で作業する者については、持込み物を確認し持込み物リストに記入の上、下記内容を遵守する。

- ・持込み工具は、安全帯および専用ベストに全て安全ロープで連結した状態で作業にかかる。
- ・携帯電話、無線機およびメガネについては、個別に安全ロープおよび落下防止バンド等を使用する。

2) 作業終了後

- ①飛散、落下養生を確認する。
- ②軌道上空で作業した者については、持込み物を確認し持込み物リストと照合すること。

6. 膜屋根の設置

6.1 膜屋根の概要

大屋根鉄骨トラスの屋根材として使用する膜材には、ガラス繊維に四フッ化エチレン樹脂コーティング(テフロン®膜)した素材を採用している。この素材は軽量で耐久性が高く、かつ透光性に優れるため駅ホームを明るく快適な空間にでき、省エネ効果も期待できる。

6.2 膜屋根の展張

膜材の大屋根鉄骨トラスへの張り付け(以下、展張)イメージを図15に示す。長さ約9mの紙管を芯材にしてメガネ巻きにした膜材を大屋根の東西方向中心線にクレーンにて荷揚げし、それを南北方向へ転がしながら仮留めを行い、展張していく。展張は駅上空での作業となるため、作業足場の確保、転落防止のための安全設備の設置、また、膜の汚れ防止等に充分留意して作業を進めた。また、列車運行時間外での限られた時間で作業を完了するため、2~3班の人員配置と施工区分を検討し施工した。

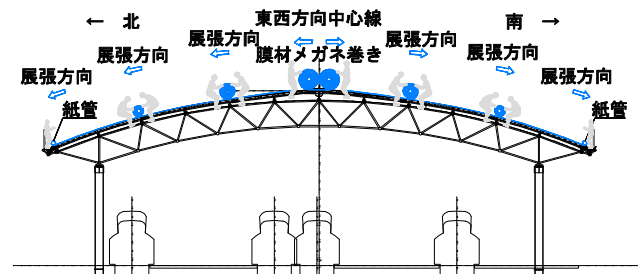


図15 展張作業のイメージ

展張作業は、図16に示す通り全体を7分割した膜素材を3回に分けて行った。施工中に大屋根に降った雨水が電車線に掛かり難いように配慮し、東西側の水下より水上への順序で進めた。1回目の展張作業状況を写真11に示す。

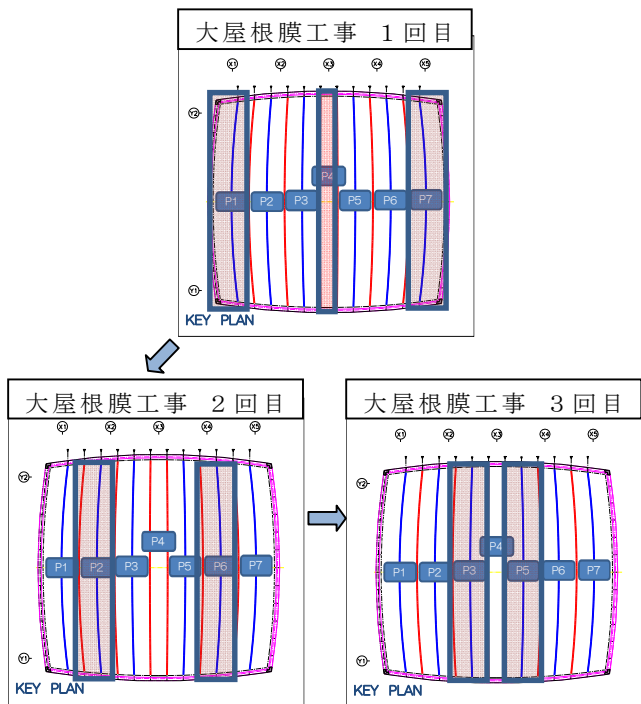


図 16 展張作業の順序



写真 11 1回目の展張作業状況

6.3 軒樋ディティールの工夫

図 17 に軒樋の断面図、写真 12 に軒樋の施工状況を示す。軒樋は屋根と同じ膜素材へ設計変更されたことにより、止水性能の向上に加え、「すっきりなじむデザイン」と「軽量化」が実現できた。これにより軒樋も先行して地組することが可能となり、工期の短縮および軌道上での作業が減り、作業安全性も向上した。また、展張作業時にはゴムシートで養生し作業通路として活用した。

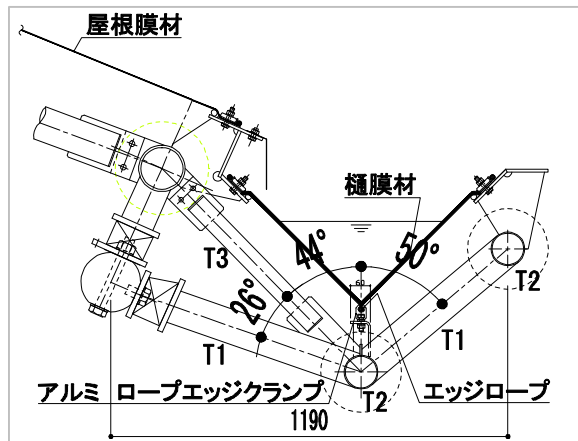


図 17 軒樋断面図



写真 12 軒樋の施工状況

7. おわりに

多くの野球ファンに愛されている阪神甲子園球場、その玄関口であり地域の主要ターミナルでもある阪神甲子園駅では、より便利で快適な駅への改良工事が進められている。今回、その一つである大屋根工事を紹介した。当初計画より大屋根の規模が拡大されたこともあり、鉄骨トラスの架設手順など様々な改善を進めた結果、施工条件が厳しい中安全かつ工期内に大屋根の施工を終えることが出来た。

計画当初より、阪神電気鉄道(株)、阪急設計コンサルタント(株)、(株)巴コーポレーション、太陽工業(株)の方々をはじめとする多くの工事関係者にご協力を頂き、厚く御礼申し上げます。駅改良工事は今後も続きますが、安全第一に、竣工に向けて施工関係者が一球^{いちがん}となり取り組んでまいります。



写真 13 野球ボールにデザインされたトラスのボール部