

ストラット構造を有する波形鋼板ウェブ エクストラードーズド橋の 施工

— ジャイン・コーカレー — ミャンマー連邦共和国 : Gyaing・Kawkareik Bridge —

海外事業室	村上直義	
海外事業室	宮本貴宏	
技術本部	技術部	伊藤賢

概要 : ジャインコーカレー橋は、ミャンマー連邦共和国内に位置する橋長 580.0m の橋梁であり、主橋部には最大支間長 180.0m の 3 径間連続 PRC 波形鋼板ウェブエクストラードーズド橋が採用されており、耐候性鋼板を用いた波形鋼板ウェブ、並列 1 面吊りエクストラードーズド橋、内・外ストラットを併用した新しい構造形式の採用などの技術的特徴を有している。本稿では、主橋部におけるマスコンクリート部を有する柱頭部施工、超大型作業車を用いた張出し施工、現場組立てした斜材の緊張に関する報告を行う。

Key Words : 耐候性波形鋼板ウェブ、エクストラードーズド橋、ストラット構造

1. はじめに

ジャインコーカレー橋は、ミャンマー連邦共和国の最大都市であるヤンゴンから東南東に 250km、タイ国境から 60km 程度の位置 (図-1) に計画された橋長 580.0m の橋梁であり、橋長 380.0m の 3 径間連続エクストラードーズド橋と起点・終点にそれぞれ配置された橋長 100.0m の 2 径間連続鋼少数鈹桁橋により構成されている。主橋である 3 径間連続エクストラードーズド橋においては、波形鋼板ウェブ、並列 1 面吊りエクストラードーズド橋、内・外ストラット構造と 3 つの技術を併用した世界でも類を見ない構造形式を採用しており、施工時においても種々の課題検討が求められた。本稿ではジャインコーカレー橋のうち、主橋部である 3 径間連続 PRC 波形鋼板ウェブエクストラードーズド橋の施工について報告する。

2. エクストラードーズド橋の概要

本橋の橋梁諸元、橋梁一般図、主桁・主塔断面図および主塔側面図をそれぞれ表-1、図-2、図-3 に示す。本橋は、波形鋼板ウェブ 2 室箱桁エクストラードーズド橋である。斜材は 37S15.7 が並列 1 面吊りで計 10 段配置される構造となっており、主塔側の定着部には鋼殻セルによるセパレート定着が採用されている。また、外ウェブの波形鋼板には耐候性鋼板 (中ウェブには構造用圧延鋼板) が採用されており、斜材定着部の補剛材として配置された内ストラット (PC 構造)、広幅員床版を実現するために配置された外ストラット (RC 構造) の 2 種類のストラット構造も併用されている。



村上直義



宮本貴宏



伊藤賢



図-1 橋梁位置図 (独立行政法人 国際協力機構 (JICA) より引用) 1)

表-1 橋梁諸元

構造形式	3径間連続 PRC 波形鋼板ウェブエクストラードロード橋 (内・外ストラット付)		
橋長	380.0m (本橋部), 580.0m (全体橋梁部)	使用PC鋼材	主方向
支間割	99.2m+180.0m+99.2m		
有効幅員	22.190m	横方向	SBPR930/1180 φ36mm
平面線形	R=∞		SWPR7BL 5F15.2
縦断勾配	i=4.0% (拌み勾配) VCL=210m	内ストラットケーブル	
横断勾配	i=2.5% (拌み勾配)	SWPR7AL 19S12.4A (F型 F310)	
施工方法	張出し架設工法	SWPR7AL 19S10.8A (F型 F230)	
斜材形式	並列1面吊り (ファン形) 37S15.7mm		

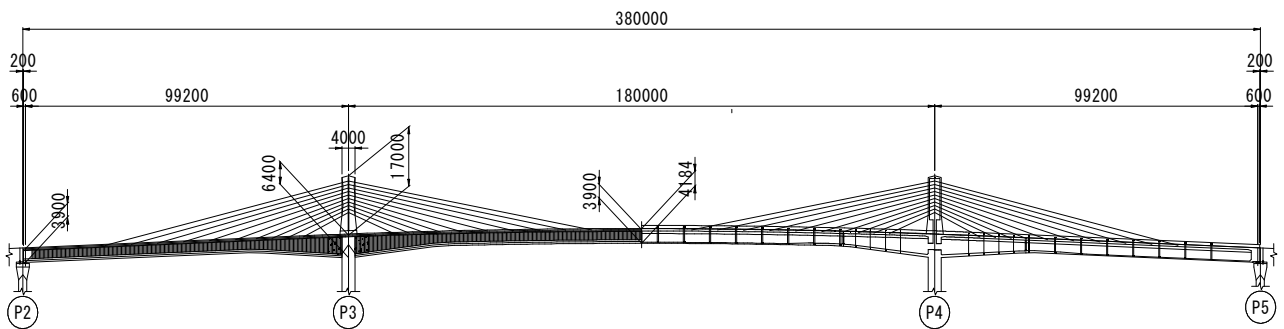


図-2 橋梁一般図

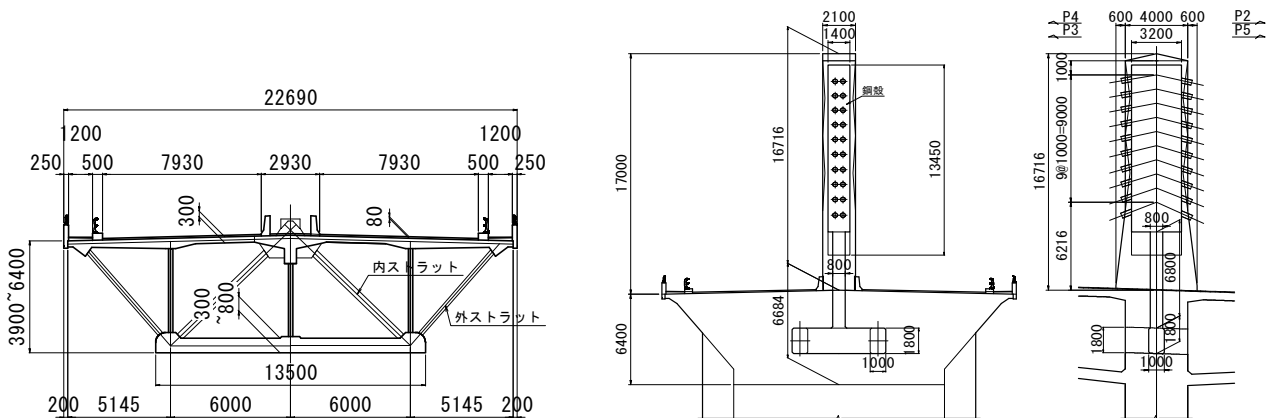


図-3 主桁・主塔断面図および主塔側面図

3. 施工概要

3.1 柱頭部の施工

3.1.1 大型ブラケット支保工を用いた柱頭部施工

張出し施工の起点となる本橋の P3, P4 橋脚の柱頭部では、**図-4** に示すとおり、9.5m の張出し長を有する全長 23.0m の施工が求められた。一方で、橋脚位置が河川の滞筋近くにあり、雨季の河川増水による浸水や浸食への懸念から、支柱式支保工を用いた柱頭部施工が困難であった。そのため、**図-5** に示すとおり、9.5m の張出し長に対応した大型ブラケット支保工を用いて柱頭部施工を行った。

また、ブラケット支保工上で、大きな張出し長を有する張出し床版の支保工施工や柱頭部 BL 施工後に作業台車用の作業台・型枠設備の組立てを行うためスペース確保が困難であった。そこで、**図-6** に示すように、事前にブラケット支保工上に作業台車用の型枠設備等を事前に組立て、柱頭部施工時にも型枠として使用した後に、移動作業台車の組立・吊上げを行うことで作業場所の有効活用を図る計画とした。実施工時の状況を**写真-1**、**写真-2**に示す。

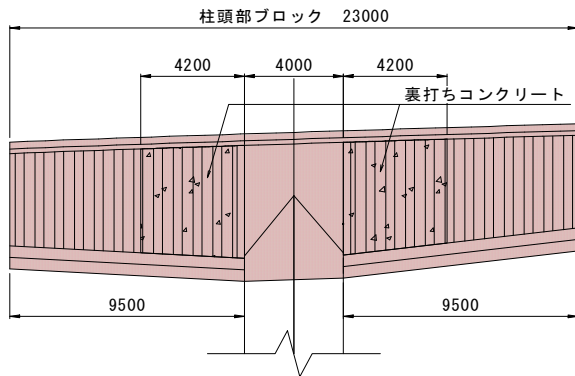


図-4 柱頭部施工ブロックの概略図

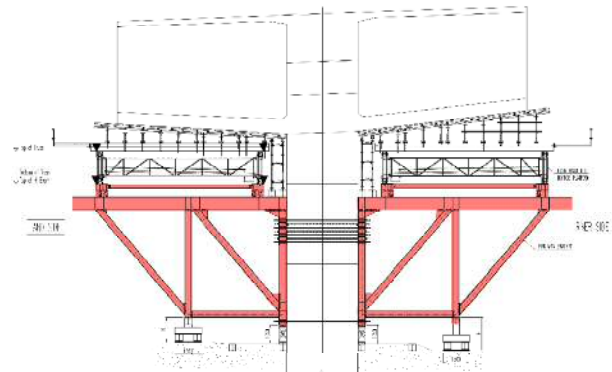


図-5 柱頭部ブラケット図

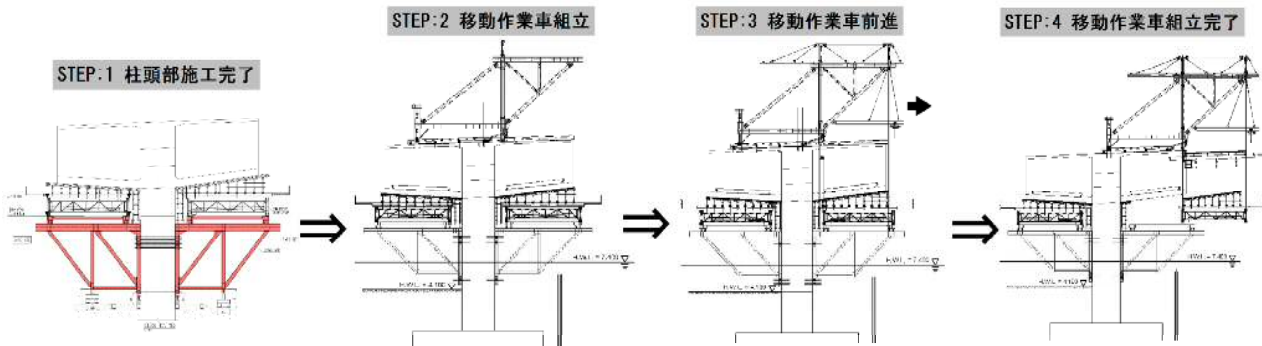


図-6 作業台・型枠設備 吊り上げ引き出しステップ図



写真-1 柱頭部ブラケット



写真-2 作業台・型枠設備の吊り上げ

3.1.2 柱頭部横桁のマスコンクリート対策

本橋の柱頭部横桁は、図-7に示すとおり、張出し床版側まで密実部とした、幅22.29m、桁高6.4m、厚さ4.0mのマスコンクリートとなっている。そこで、実配合の強度発現特性を踏まえた、温度応力解析を実施し、ひび割れリスクの把握および必要な対策検討を行った。なお、柱頭部は図-8に示すとおり、3リフトに分割して打設した。

温度応力解析の結果を図-9に示す。クーリングを実施しない当初の打設計画では、横桁内部で最高98.9℃まで温度上昇し、広い範囲でひび割れ指数が1.0を下回る結果となった。そこで、横桁部を対象としたクーリングによる対策検討を行った。クーリングに際しては、本橋が河川横に位置することから、河川水を利用した水冷式クーリングを採用することとした。クーリングを行った際の解析結果を図-10に示す。クーリングにより、横桁内部の温度を20~30℃近く低下させることが可能となった。一方で、ひび割れ指数については、改善がみられるものの、クーリング実施後も広い範囲でひび割れ指数が1.0を下回る結果となった。そこで、ひび割れ幅制御を目的とした補強筋の追加検討を行った。

本稿執筆時点で柱頭部施工については完了しているが、クーリングや補強筋による対策を講じた結果、橋脚部を含めた柱頭部に有害なひび割れは確認されていない。

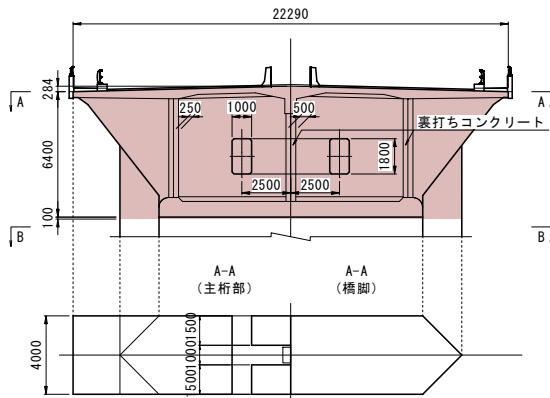


図-7 柱頭部横桁の概略図

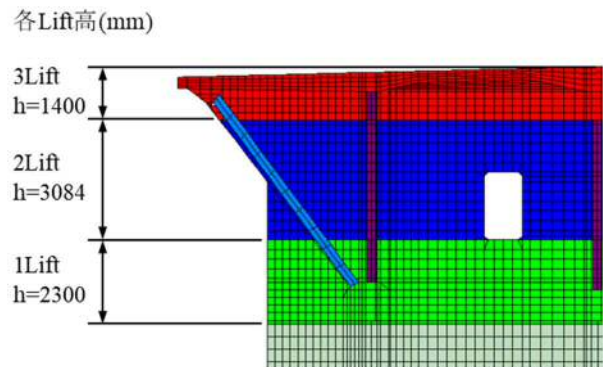


図-8 打設リフト割

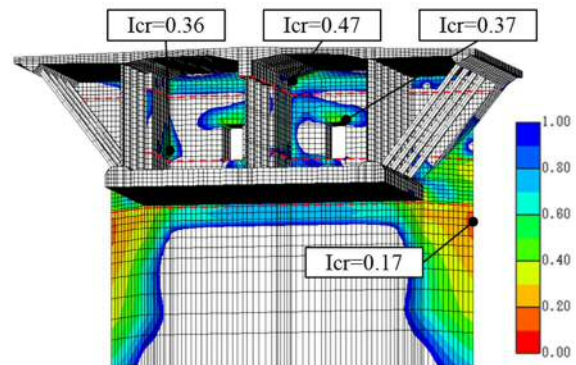
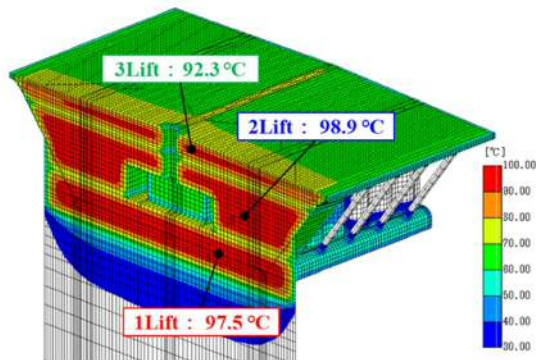


図-9 温度応力解析結果（クーリングなし / 左：温度分布，右：ひび割れ指数分布（経験最小））

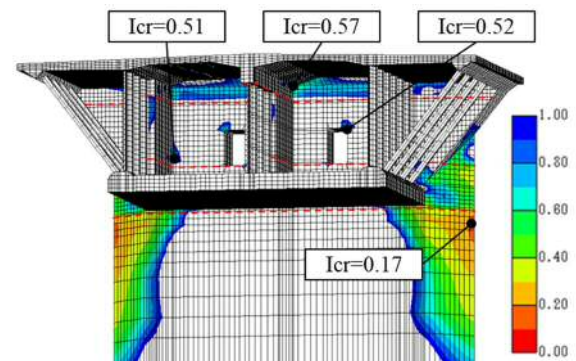
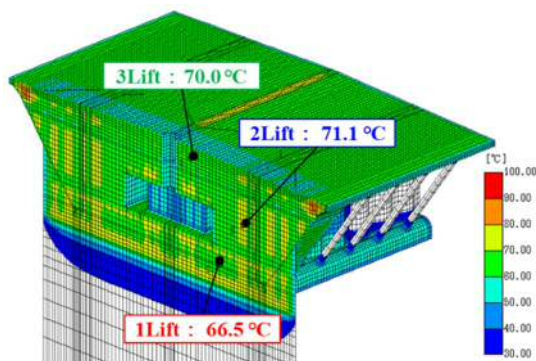


図-10 温度応力解析結果（クーリングあり / 左：温度分布，右：ひび割れ指数分布（経験最小））

3.2 張出し部の施工

3.2.1 張出しブロック

本橋の主桁部は図-11に示す。ブロック割りは4.8mおよび8.0mの施工ブロックで構成されており、片側計12ブロック(4@4.8m+6@8.0m+2@4.8m)を張出し架設工法により施工した。本節では張出し施工に関する報告を行う。

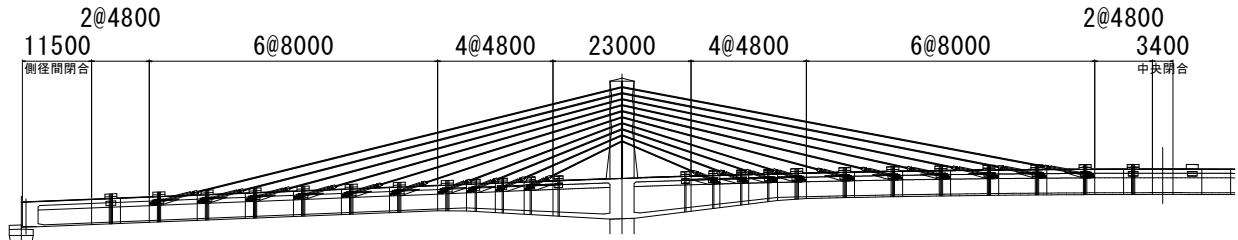


図-11 主桁の張出しブロック割

3.2.2 超大型移動作業車（フォームトラベラー）による施工

本橋の主桁施工では、最大施工ブロック長8.0mおよび有効幅員22.190mの施工ブロックに対応した張出し架設が求められたことから、最大容量22,500kN・mの超大型移動作業台車(写真-3)を採用した。なお、型枠・足場設備や後述する揚重設備も含めた、移動作業車の全装備重量は270t/基となった。

また、本橋では、張出し施工中に波形鋼板および現場ヤードで製作した内・外ストラットの張出し施工ブロックにおける設置など、張出し先端において多くの揚重作業が必要となった。一方、橋脚付近に設置したタワークレーン(最大能力:R=70.0m×3.0t)では、作業半径などの制約により張出し6ブロック以降での対応が困難であった。そこで、図-12、写真-4に示すように、移動作業車に電動ホイストを計8基(能力:10t×6基,能力:3t×2基)設置することで、張出し先端における揚重機材の確保を図った。

また、ミャンマー国において、張出し架設工法により建設された橋梁はまだほとんど無く、多くの工事関係者が初めて移動作業車を扱う状況であった。そこで、移動作業車の組立手順や移動機構・手順の分かる動画(図-13)を作成し、現地作業員の技能向上も図った。



写真-3 超大型移動作業車（フォームトラベラー）

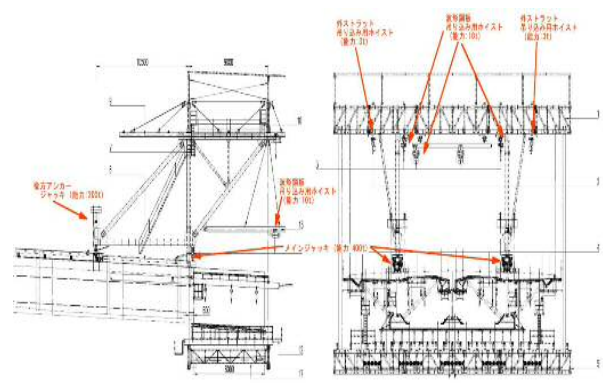


図-12 超大型移動作業車に設置した各種揚重設備



写真-4 電動ホイスト（10t吊り）

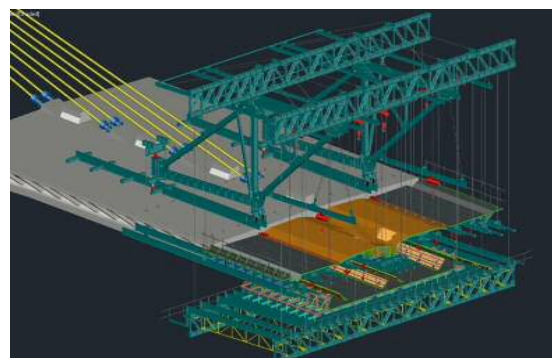


図-13 張出し施工動画イメージ

3.2.3 張出し施工サイクル

エクストラード橋の張出し施工においては、主桁自重や移動作業車による作業荷重に対し、架設ケーブルや斜材を張出し施工の進捗に合わせて順次緊張していく必要がある。

本橋の張出し施工サイクルでは、斜材緊張を架設時の応力照査を踏まえ、**図-14**に示すとおり、張出しブロックと2ブロック差で施工することとした。この施工サイクルにより、主桁施工と斜材施工の作業空間を分離し、無理なく同時に進捗させることができ、かつ、斜材架設作業が工程上のクリティカルとならないような施工サイクルとすることが可能となった。

なお、本橋での張出し施工サイクルは、**図-15**に示すとおり、実働日数24日間である。

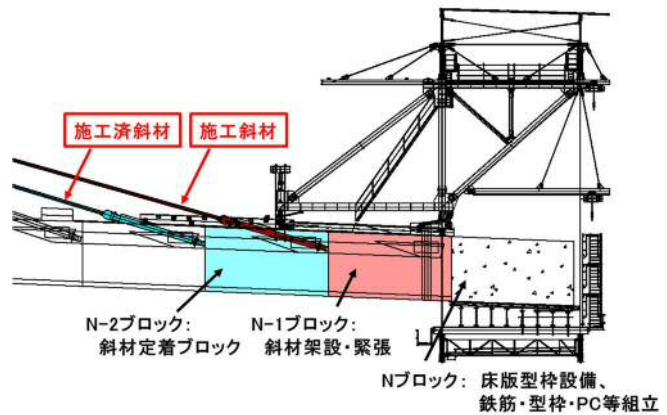


図-14 2ブロック差での張出し施工・斜材緊張サイクル



図-15 張出しサイクルの詳細工程

3.2.4 波形鋼板の製作・設置

本橋の波形鋼板ウェブは外ウェブに耐候性鋼板 (SMA490BW)、内ウェブには構造用圧延鋼板 (SM490Y) を用いた。波形鋼板は、曲げ加工機を日本よりミャンマー国内に持ち込み、加工を行った (写真-5, 写真-6)。

波形鋼板と床版との接合部には、フランジプレートに上床版側がツインパーフォボンドリブ、下床版側がシングルパーフォボンドリブおよびスタッド併用の方式が採用されており、曲げ加工後に製作工場にて溶接作業を行った。また、前述したとおり本橋の張出し施工においては超大型作業台車を使用したことから、架設時における溶接部の安全性照査として、移動作業車のメインジャッキ (最大反力 3,241kN) およびリアアンカー (最大アップリフト荷重 1,301kN) に対する溶接部の照査を行った。その結果、8.0m ブロックの一部について、溶接部に作用するせん断応力度が許容値を超過したため、溶接サイズを大きくすることで対応することとした。

本橋では、設置したタワークレーンにより波形鋼板を張出し先端まで揚重することが困難であった。そこで、波形鋼板の橋面輸送を目的として、写真-7に示す電動モーター式の自走式運搬機 (耐荷重:7t) を作製した。この自走式運搬機は、波形鋼板だけにとどまらず、ストラットや鉄筋などの材料運搬にも使用可能であり、重量物の橋面輸送において広く活用が図れた。また、張出し先端まで橋面輸送した波形鋼板は、写真-8に示すように移動作業車に設置された電動ホイストを用いて、所定の位置に設置した。



写真-5 曲げ加工機による波形鋼板の加工状況



写真-6 波形鋼板 搬入



写真-7 自走式運搬車による橋面運搬



写真-8 電動ホイスを用いた波形鋼板の設置状況

3.2.5 内・外ストラットの製作・設置

本橋では、**図-16** および**写真-9** に示すように、斜材定着に対する補剛部材としての内ストラットおよび張出し床版を保持する外ストラットの2種類のストラット構造が採用されている。

内ストラットは、斜材緊張時の作用力に抵抗できるよう、内部にPCケーブルを配置したPC構造となっている。**図-17** にPC鋼材の配置状況を示す。内ストラットに配置されたPCケーブルは、桁高が高い柱頭部付近の比較的長いケーブルにおいても9.0m程度の長さしかなく、直線配置となっていることから緊張時にセット量の影響を大きく受けることが懸念された。そこで、比較的短い鋼材長でもセット量の影響を抑えることが可能なネジ式定着マンション構造を採用した。内ストラットPCケーブルの緊張作業は、上床版打設完了後、移動作業車の前進作業に先だって、橋面上に設置した定着突起にて片引き緊張（固定側端部緊張力：1,750～1,300kN/本）することで緊張力を導入した（**写真-13**）。

また、内・外ストラットのいずれも桁高変化に合わせるとともに、上下床版との接合部において適切な埋込長を確保する必要があるなど、製作時の長さ管理が重要であった。そこで、現場ヤード内にストラットを製作するプレキャスト製作ヤードを設け、部材製作を行った（**写真-10**、**写真-11**）。

製作した内・外ストラットは、前述した**写真-7** に示した自走式運搬車により橋面運搬し、移動作業車に取り付けたホイスにより所定の位置に設置した。また、内・外ストラットはいずれも上下床版に埋め込む形で設置し、床版コンクリートの打設により一体化を図る構造となっており、設置後から上床版打設が完了するまで固定しておく必要があった。そのため、移動作業車に専用の固定具を設置し、ストラットを固定できるような構造とした（**写真-12**）。

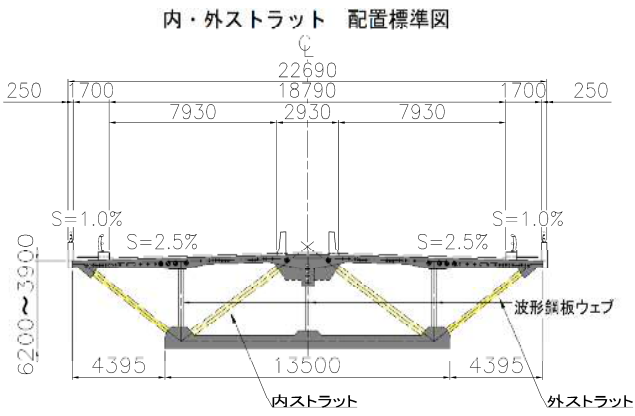


図-16 ストラット配置標準図



写真-9 ストラット配置状況

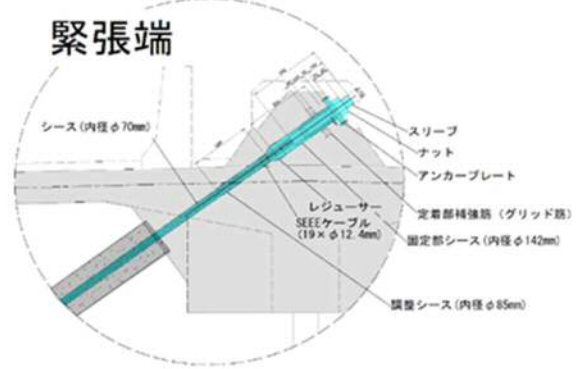
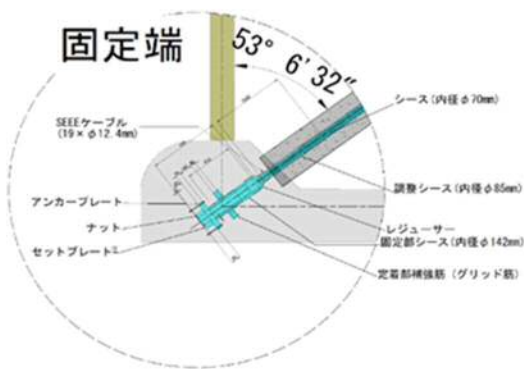


図-17 内ストラットにおけるPC鋼材配置状況



写真-10 現場ヤード内におけるストラット製作状況



写真-11 製作したプレキャストストラット



写真-12 内ストラットの架設状況



写真-13 内ストラットの緊張状況

3.2.6 コンクリート打設

本橋の上部工は、設計基準強度 40N/mm^2 で設計されていたが、張出し施工サイクルを円滑に進めるため、架設ケーブル緊張時の材齢初期における強度確保を目的として、材齢 28 日強度を 50N/mm^2 とした配合を用いた。本工事での使用した上部工用のコンクリート配合を表-2 に示す。

本工事では、施工ヤード内に 2 台のバッチャープラントを設置し、コンクリートの供給を行った。表-3 に示すとおり、設置されたプラントの公称能力は $60\text{m}^3/\text{hr}$ 、 $90\text{m}^3/\text{hr}$ であったものの、実地の能力試験を行ったところ、供給量としては合計 $45\text{m}^3/\text{hr}$ 程度が限界であった。そこで、柱頭部や主桁上・下床版の打設を行う際には、実機の供給速度を前提とした打設計画を立案し、施工を行った。

また、熱帯地方にあたる施工箇所では、日中・夜間を通じて、常に高温・多湿の環境であり、骨材や練り混ぜ水といった材料の温度が高く、コンクリートの練り混ぜ温度が高くなることが懸念された。本工事においては、荷下ろし時点のコンクリート温度を 35°C 以下とすることが求められたことから、写真-14 に示す循環水冷却装置を現場プラントに設置し、練り混ぜ水の連続冷却を実施し、練り混ぜ水の水温を約 $5\sim 8^\circ\text{C}$ に制御した。また、使用したセメントは、現場搬入直後の温度が比較的高い傾向にあったことから、搬入後に 1 日以上自然冷却させてから使用することとした。これらの対策を講じることで、荷下ろし時点のコンクリート温度を基準内となる $28\sim 30^\circ\text{C}$ 程度に抑えることが可能となった。

表-2 上部工用のコンクリート配合

W/C (%)	スランブ (mm)	単位量 (kg/m^3)				
		W	C	S	G	混和剤*
32.9	150	158	480	765	1065	7.01

*混和剤には高性能減水剤 (Sika257) を使用した。

表-3 バッチングプラントの能力表

	能力	仕様	備考	写真
バッチング プラント1	$60\text{m}^3/\text{hr}$ (実質: $20\text{m}^3/\text{hr}$)	バッチ練り 1m^3 ミキサー	既設 サイロ(85トン×2基)	
バッチング プラント2	$90\text{m}^3/\text{hr}$ (実質: $25\text{m}^3/\text{hr}$)	バッチ練り 強制2軸 2m^3 ミキサー	新設 サイロ(100トン×2基)	



写真-14 現場内プラントに設置した循環水冷却装置

3.3 主塔部の施工

本橋の主塔は、高さ13.45mの鋼殻にコンクリートを巻き立てた全高17.0mの鋼コンクリート合成構造となっている。本節では、鋼殻の組み立ておよび巻き立てコンクリート施工に関する報告を行う。

3.3.1 鋼殻の施工

製作工場から現場までの運搬経路や揚重設備の能力を踏まえ、高さ13.45mの鋼殻を5分割し、現場組み立てする構造とした。

組み立ての際には、柱頭部の床版天端に設置した鋼殻架台上に鋼殻を設置し、半自動溶接(CO₂溶接)により一体化した。また、巻き立てコンクリート部は、図-18に示すとおり、斜材緊張による引張応力度を踏まえて、斜材緊張に合わせて順次打ち上げることとした。

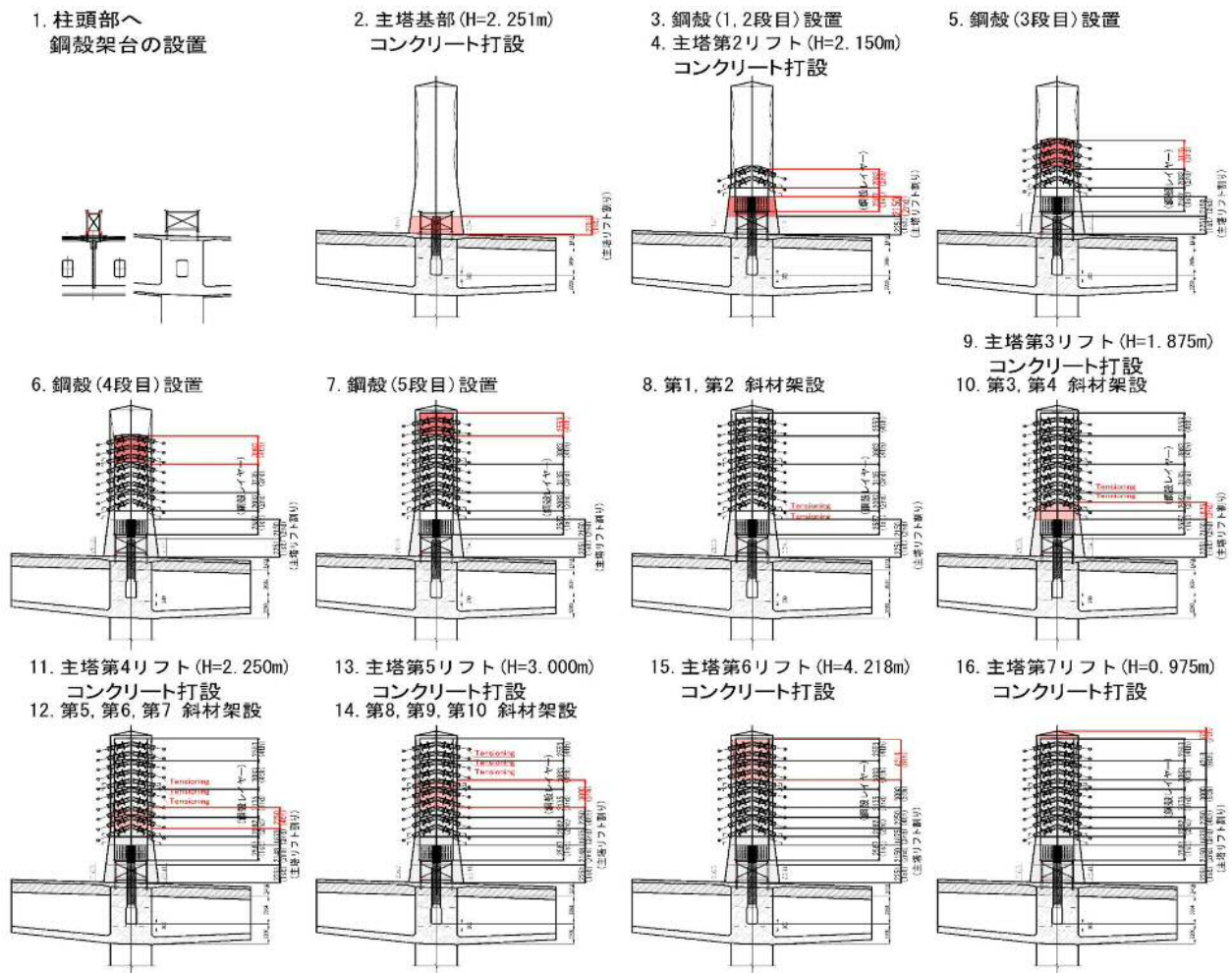


図-18 主塔の施工フロー



写真-15 鋼殻架台の設置



写真-16 分割した鋼殻の組み立て



写真-17 半自動溶接による一体化



写真-18 鋼殻組立て後の状況

3.3.2 巻き立てコンクリートのひび割れ対策

本橋の主塔部は、前述した鋼殻にコンクリートを巻き立てる構造となっていた。一方で、コンクリートを巻き立てた後に斜材緊張を行うと、緊張力の水平分力による橋軸方向の引張が生じ、巻き立てコンクリート部にひび割れが生じることが懸念された。そこで、FEM解析を用いた検討を行い、図-18に示すとおり、各斜材緊張に合わせて、巻き立てコンクリートを順次打ち上げていく計画とした。

また、本橋の主塔では、鋼殻と巻き立てコンクリートをスタッドジベルにより合成構造とすることになっていた。そのため、各施工段階における斜材緊張力に対するスタッドジベル配置についても検討を行い、各打設リフトにおいて必要本数を満足するようスタッドジベルの再配置を実施した。

巻き立てコンクリート部は、部材厚が300~350mm程度の薄肉部材となっており、図-18に示したとおり斜材緊張に合わせて順次打ち上げる計画としたことから、施工継ぎ目付近での既設コンクリートの拘束による拘束ひび割れの発生が懸念された。そこで、乾燥収縮を考慮した温度応力解析を実施した。解析結果を図-19に示す。図-19に示すとおり、薄肉部となる3リフト目以降の打ち継ぎ部において、ひび割れ指数が1.0を下回る結果となった。ひび割れ指数の経時変化を確認したところ、本箇所については乾燥収縮の進行にともないひび割れ指数が1.0を下回る結果となっていることから、3リフト目以降の薄肉部の打設に膨張材を用いることとした。膨張材を使用した際の解析結果を図-20に示す。図-20からも分かるとおり、膨張材を使用することにより、ひび割れ指数が改善し、1.0を下回る範囲が縮小する結果となった。また、膨張材を使用した場合においても一部箇所においては、ひび割れリスクがあることから、柱頭部施工と同様にひび割れ幅制御とした補強筋量検討を行った。

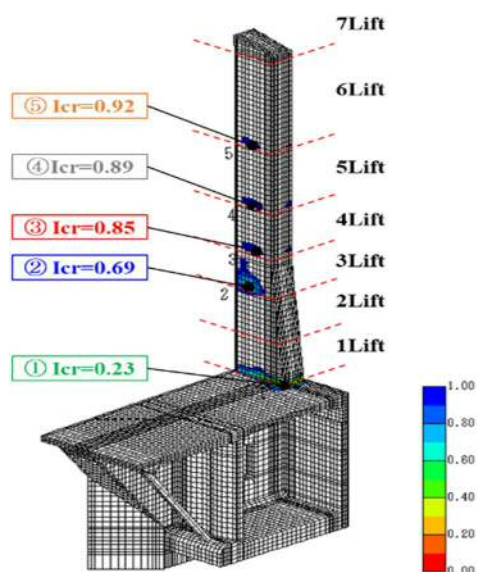
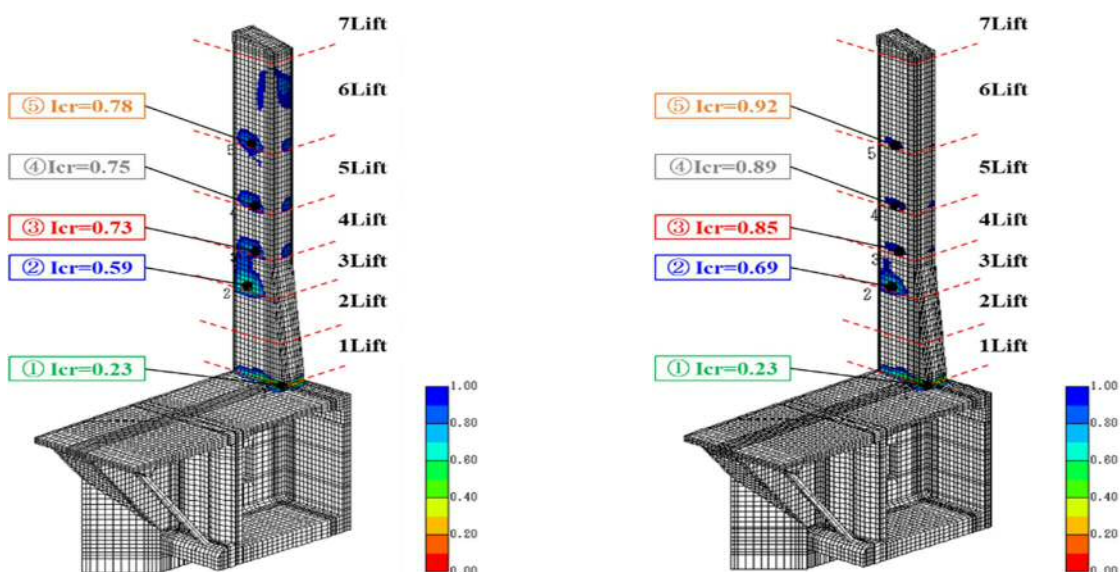


図-19 ひび割れ指数分布（経験最小）（膨張材なし） 図-20 ひび割れ指数分布（経験最小）（膨張材あり）

3.4 斜材の施工

3.4.1 斜材システムとケーブル仕様

斜材配置本数は、1 主塔あたり両側の径間に 10 段ずつ、計 40 本配置されている。斜材システムには DYWIDAG 工法の Dyna-Grip®斜材システムを採用した。本システムは海外では主流である現場組立型完全ノングラウトタイプであり、ストランド 1 本毎の架設・緊張が可能であり、将来のメンテナンス時にはストランド 1 本毎の交換も可能である。

斜材に用いる PC 鋼材は、図-21 に示す亜鉛メッキ処理された PC 鋼より線 (7 本より $\phi 15.7\text{mm}$) にグリースが充填され、最外縁部にポリエチレン樹脂でコーティング加工された 3 重防錆構造のストランドを用いている。

また、斜材ケーブルの振動抑制対策として、PC 鋼材を格納する保護管には、幅 4mm、高さ 3mm のヘリカルリブを配置した高密度ポリエチレン管 (HDPE : High Density Poly Ethylene) を採用し、さらに高減衰ゴムダンパーを全ケーブルに用いることで、雨や風による異常振動を抑制し、斜材システムの高耐久化を目指した。斜材振動抑制システムの振動抑制対策図を図-22 に示す。

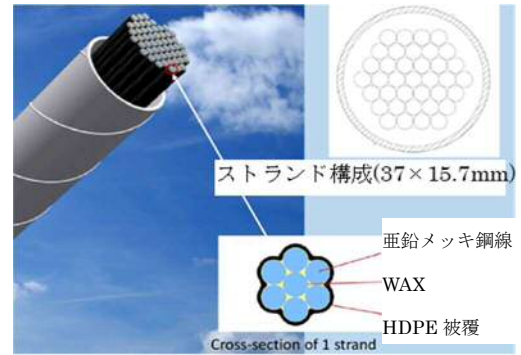


図-21 3 重防錆仕様 PC 鋼材

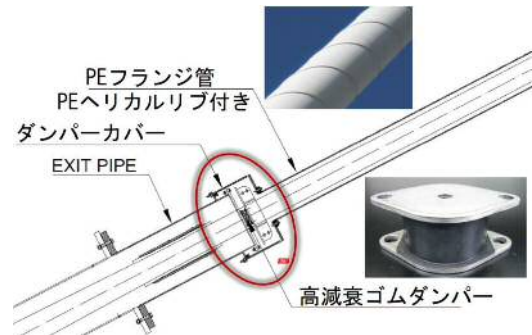


図-22 斜材の振動抑制対策図

3.4.2 実物大試験体を用いた軸引張および水密疲労試験

本工事では斜材システムの採用に当たり、実物大試験体を用いた軸引張および水密疲労試験を実施し、結果を確認した。これは、本工事の技術仕様書 (Technical Specification) にて、実物大疲労試験の実施が求められており、また発注者より、疲労試験に使用する試験体はすべて実施工に使用する材料を用いて試験を実施することが求められたため、新たに試験を実施したものである。

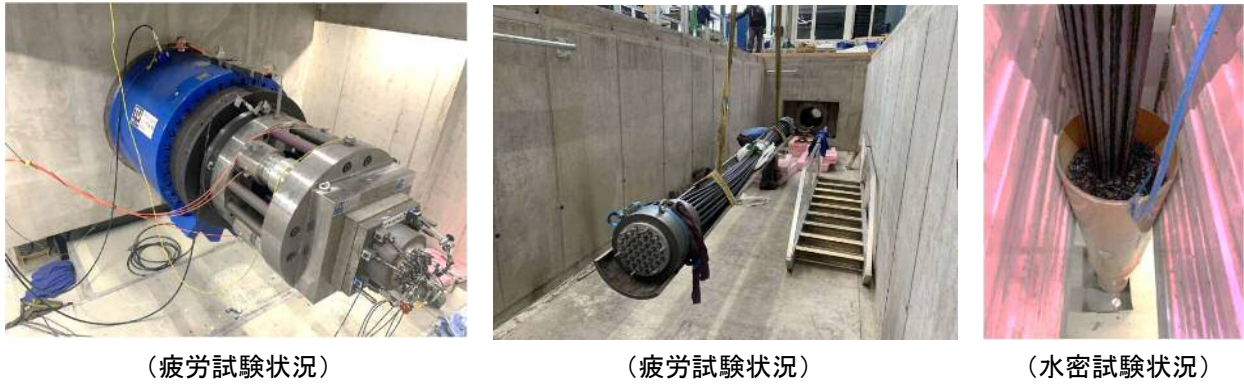
各疲労試験については、表-4 に示す試験概要のとおり、PTI 基準²⁾に準じて実施した。試験状況を写真-19 に示す。試験の結果、軸引張疲労試験では、ストランドの破断は確認されず、定着体やウェッジに大きな変状は確認されなかった。また、水密疲労試験では試験体外部から定着体内部やストランド素線への水等の浸入は確認されず、良好な結果を得ることができた。

表-4 軸引張および水密疲労試験の概要

ケーブル定着部におけるストランドの軸引張疲労試験 概要 (PTI DC45.1-18 準拠)		水密疲労試験概要 (PTI DC45.1-18 準拠)	
Testing Cable Length	8,240 mm	Testing Cable Length	4,500 mm
Upper Load Level (55% Minimum Ultimate Tensile Strength) (0.65 × 10,323 kN) (載荷上限 荷重)	5,678 kN	Upper Load Level (45% Minimum Ultimate Tensile Strength) (0.45 × 10,323 kN) (載荷上限 荷重)	4,645 kN
Fatigue Stress Range (121MPa) (121 N/mm ² × 37 × 150 mm ²) (載荷荷重範囲)	672 kN	Fatigue Stress Range (159MPa) (159 N/mm ² × 37 × 150 mm ²) (載荷荷重範囲)	882 kN
Lower Load Level (48.5 Minimum Ultimate Tensile Strength) (5,678 kN - 672 kN) (載荷下限 荷重)	5,006 kN	Lower Load Level (36.5 Minimum Ultimate Tensile Strength) (4,645 kN - 882 kN) (載荷下限 荷重)	3,763 kN
Deviation of the shim plates (定着具出口での偏角)	0.01 rad (0.6°)	Deviation of the shim plates (定着具出口での偏角)	0.01 rad (0.6°)
Load Cycle (繰返し回数)	2,000,000	Load Cycle (繰返し回数)	2,000,000
Test Frequency (繰返し載荷周波数)	19.3 Hz	Test Frequency (繰返し載荷周波数)	19.3 Hz
Maximum permissible number of wire breaks during fatigue test (許容ストランド破断本数)	5	Maximum permissible number of wire breaks during fatigue test (許容ストランド破断本数)	5

表-5 軸引張および水密疲労試験結果の判定基準

試験項目	判定基準
軸引張疲労試験	200 万回の繰返し疲労載荷後において、ストランド破断本数が許容本数 (5 本) 以下であること。
水密疲労試験	疲労載荷中に定着具内部への水の浸入が確認されないこと



(疲労試験状況)

(疲労試験状況)

(水密試験状況)

写真-19 実物大疲労試験と水密試験 状況



(疲労試験後 スtrand破断なし)

(水密試験供試体 水の浸入なし)

写真-20 実物大疲労試験と水密試験 結果

3.4.3 主桁側定着点における定着具設置角度の管理

主桁側の定着点においては、張出し施工における上床版の施工に合わせて、最終線形での斜材設置角度を踏まえて、リセスパイプを含めた定着具の角度を調整する必要があった。そこで、張出し施工時における上げ越し管理を踏まえた斜材角度を算出し、リセスパイプの座標とレーザー照準器を併用した管理を行った。レーザー照準器を用いた管理では、図-23 に示すように主桁側のリセスパイプ設置に先立ち施工した主塔側リセスパイプ先端をターゲットとして、主桁側の定着体中心に設置したレーザー照準器を照射することで配置したリセスパイプの方向確認を行った。レーザー照準器を用いた定着具設置角度の確認状況を写真-21、写真-22 に示す。また、本橋の斜材では、水平角度を有する配置となっていることから、写真-23 に示すようなリセスパイプ保持金物を型枠上に設置し、調整を行った。リセスパイプの設置状況を写真-24 に示す。

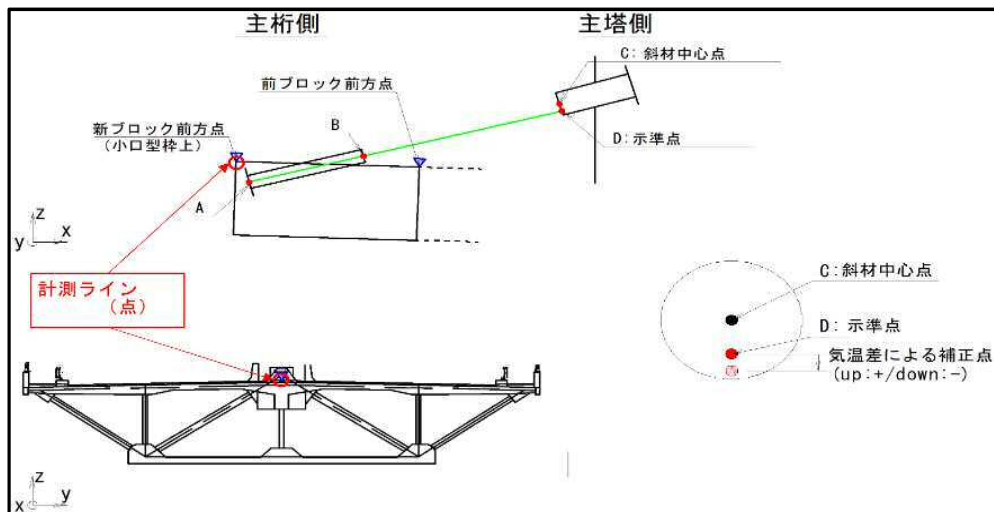


図-23 レーザー照射による主桁側定着具の設置角度管理



写真-21 レーザー照準器

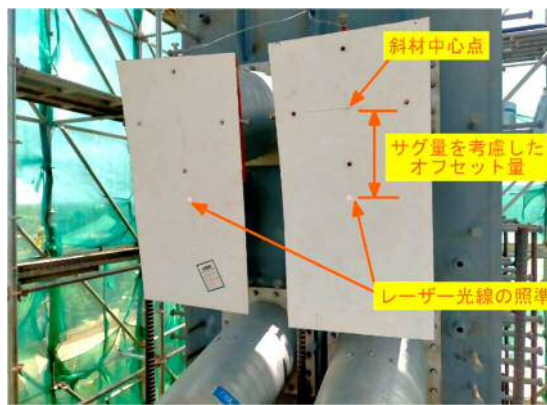


写真-22 主塔側レーザー光線照準点



写真-23 リセスパイプ保持金物



写真-24 リセスパイプ設置・固定状況

3.4.4 斜材ケーブルの緊張方法と緊張管理

本橋における斜材ケーブルの緊張方法は、主桁側の斜材定着部を緊張端とする片引き緊張とした。緊張では、シングルストランド用ジャッキ 2 台を用いた ConTen システムにより実施した。斜材の架設および緊張状況を写真-25、写真-26 に示す。本システムは、1 本目緊張時に導入した張力をリファレンス張力として、残りのストランドを 1 本ずつ同じ張力となるまで順次緊張することで、全てのストランド張力を均一にする手法である。1 本目のリファレンス用ストランドについては、後追いで緊張されるストランド張力により、張力が徐々に減少するため、その減少量を踏まえた張力導入を行っている。また、各斜材の緊張においては、主塔基部のひび割れや主桁のねじれなどの構造上の課題や斜材のサグや定着時のセットロスに対する施工上の課題を踏まえて、目標緊張力に対し、一次緊張で 60%、二次緊張で 100% 導入する二段階緊張とした。

緊張力管理は圧力管理とし、二次緊張完了後の張力確認検査において、1 斜材中の各ストランド間の張力差および 1 斜材当たりの設計張力と実測値の誤差が、いずれも $\pm 2.5\%$ 以内となるように管理を行った。



写真-25 斜材架設状況



写真-26 斜材緊張作業

4. まとめ

近年の海外工事において、有償資金協力が主流となりつつあり、無償資金協力と比較して大規模な支援が行いやすいことから、工事も大型化する傾向がある。また、本邦技術の活用、我が国の優れた技術やノウハウを開発途上国への技術移転促進する目的に、品質管理の要求水準も高く、現在日本国内で標準的に行われる施工が、海外でも一般的に求められる。

本工事で行った諸検討・対策は、下請け各社の理解と協力があつたことによる。彼らの高いモチベーション無しには、達成できなかった。

このような背景のもと、本橋の施工実績が同様の施工条件や品質上の要求があつた場合にも、本稿が何らかの解決の糸口や参考になれば幸いである。

謝辞

本橋施工中に、発注者、工事監理の方々の多大なるご支援を頂きながら、2023年3月末の竣工に向け、鋭意施工中である。これら関係各位に、心よりお礼申し上げます。



写真-27 2022年6月 施工状況



写真-28 完成イメージパース

参考文献

- 1) 独立行政法人 国際協力機構 JICA 広報誌 「道路 未来へ続く道を造る mundi 2018年11月号」
https://www.jica.go.jp/publication/mundi/1811/201811_03.html
- 2) 「Post-Tensioning Institute, "Recommendations for Stay Cable Design, Testing, and Installation, 7th edition (DC45.1-18)", 2018.9」