

都心住宅街に位置する幹線道路と高速出入口の交差部における橋梁架設
～ヤード制約が多い中で既設構造物との干渉に配慮した曲線桁の送出し架設～

架設小委員会 架設部会

永尾 隆平 成田 公大

1. はじめに

東京外かく環状道路(以下、外環自動車道)の大泉ジャンクション(以下、大泉JCT)は、首都圏の渋滞緩和、環境改善、円滑な交通ネットワークの構築を目的とした外環自動車道延伸工事にともない、約10年にわたり大泉JCTにて関越自動車道と外環自動車道延伸部との接続ランプ橋梁・橋脚架設を行った(図-1)。

本工事では、図-2に示すように目白通りや高速入口、高速出口などの供用道路上や住宅街近傍での狭小な施工ヤードに加えて地下埋設物が横断するなど制約が多い中、さらに近接した既設構造物との干渉にも配慮する必要があったため、それぞれの橋梁や橋脚の施工方法を検討し架設した。

本稿では、送出し架設での工夫のほか、ヤード制約がある中での鋼製橋脚の架設、床版コンクリート施工についても工夫した点を報告する。

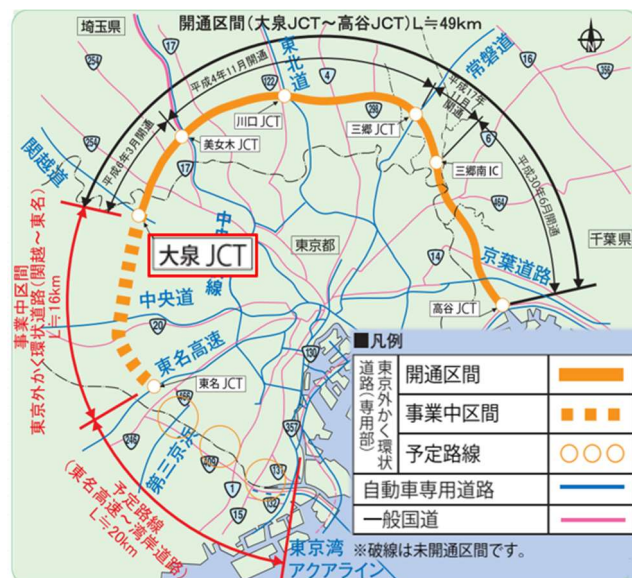


図-1 位置図¹⁾

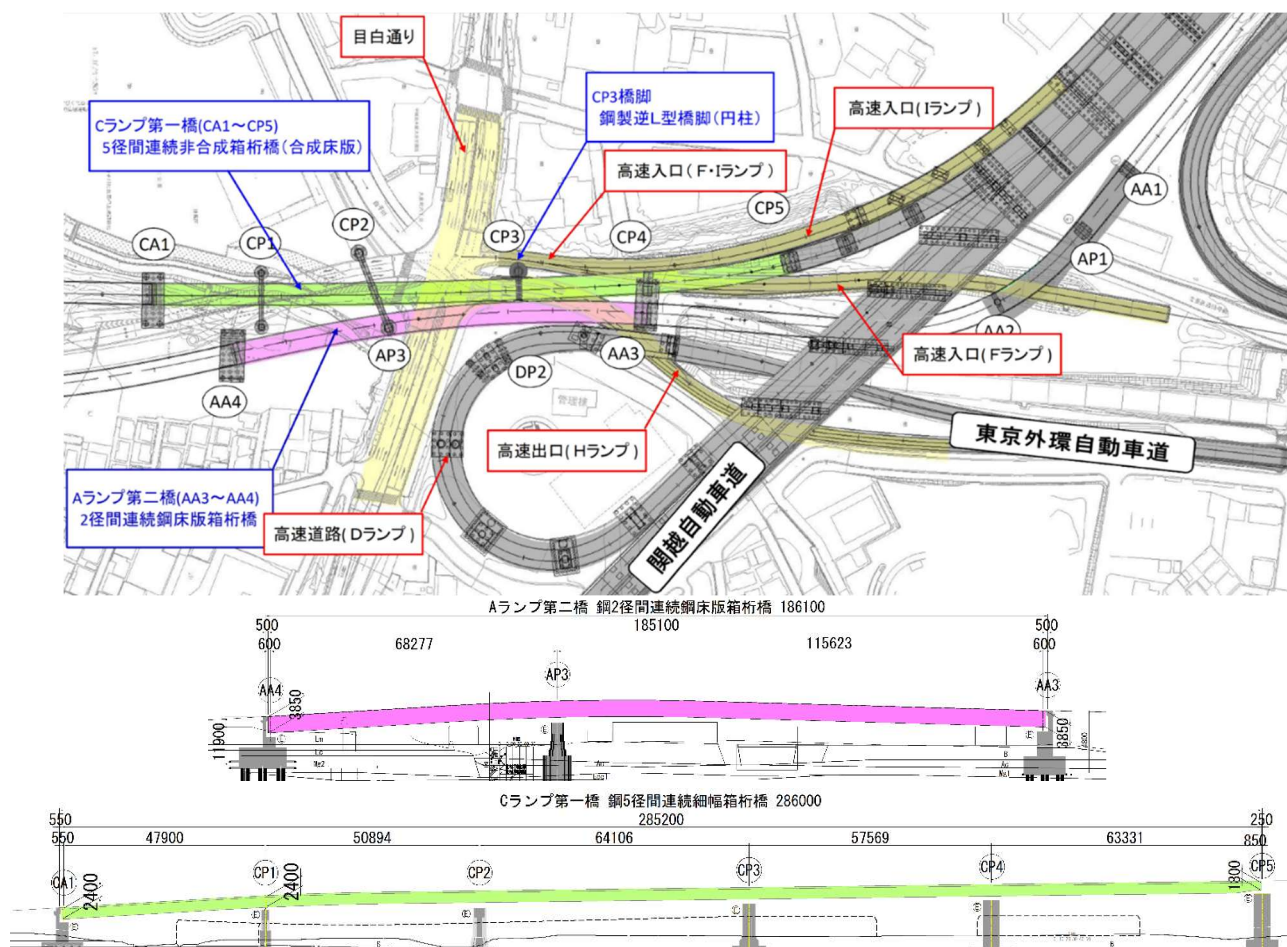


図-2 大泉ジャンクション全体配置図

2. 工事概要・橋梁概要

本工事の工事概要および橋梁諸元を以下に示す。

工 事 名：東京外かく環状道路大泉ジャンクション

Cランプ第一橋（鋼上部工）工事

工事場所：東京都練馬区東大泉～大泉町

工 期：2014 年 11 月 29 日～2025 年 2 月 3 日

発注者：東日本高速道路株式会社 関東支社

東京外環工事事務所

＜橋梁諸元 共通＞

路 線 名：関越自動車道 新潟線

設計速度：40km/h

活荷重: B活荷重

地盤種別：Ⅱ種地盤

＜Aランプ第二橋＞

橋 長：186.100m

支間長：68.277m+115.623m

幅員：9.650m

鋼 重 : 1032.9t

橋梁形式：2 徑間連續鋼床版箱桁橋

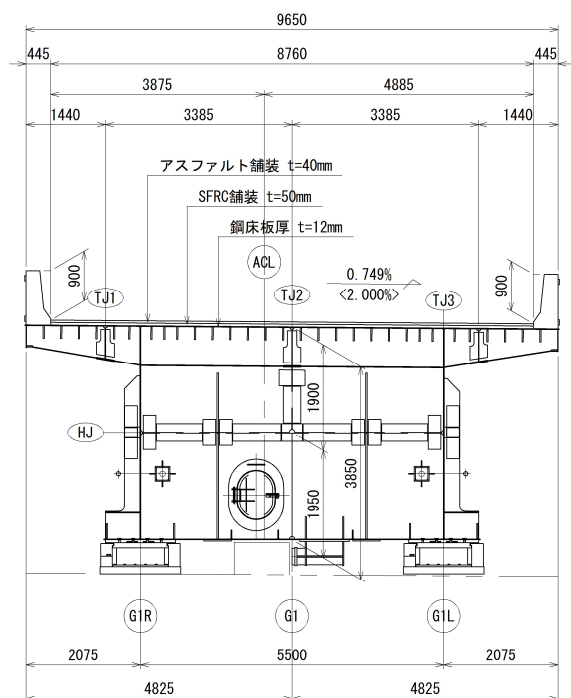


図-3 Aランプ第二橋断面図

＜Cランプ第一橋＞

橋 長 : 286.100m

支間長：47.900m+50.894m+64.106m+57.569m
+63.331m

幅員：9.700m

鋼 重：796.3t

橋梁形式：5 徑間連續非合成箱桁橋（合成床版）

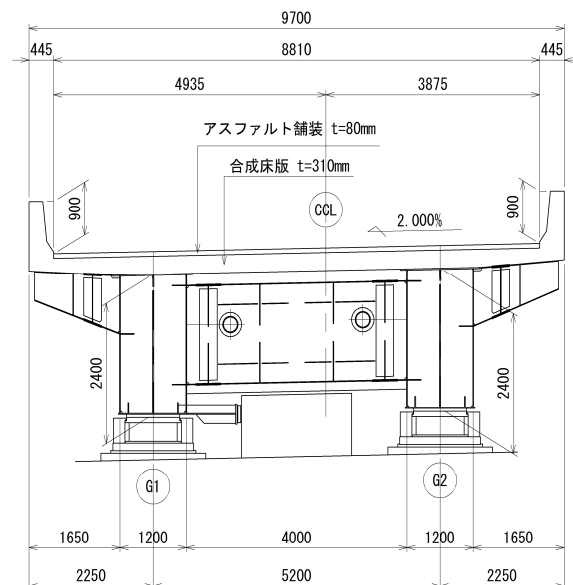


図-4 Cランプ第一橋断面図

<CP3 橋脚>

柱 高：9.900m

鋼 重：133.3t

下部工形式：鋼製逆 L 型橋脚（円柱）

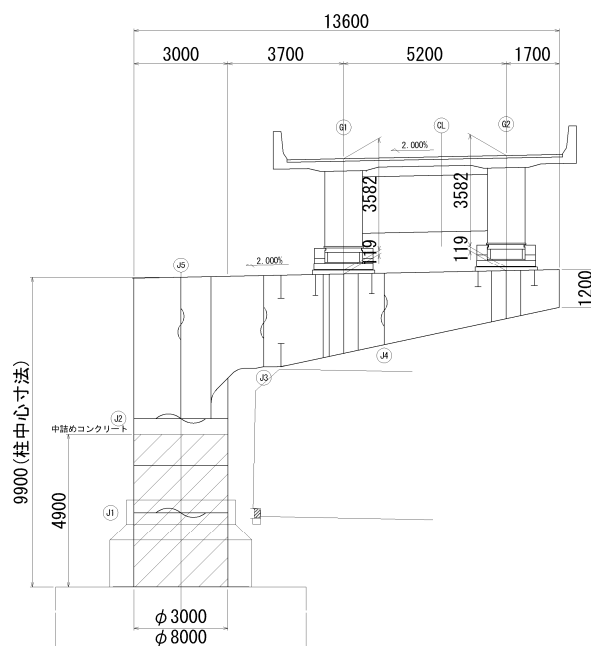


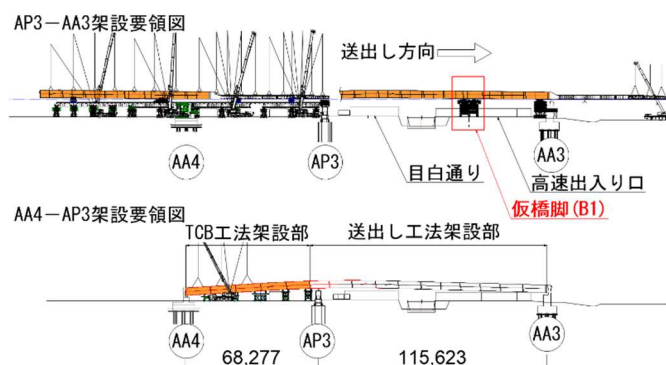
圖-5 CP3橋脚

3. 架設計画の工夫

3.1 Aランプ第二橋

3.1.1 架設工法

Aランプ第二橋は、目白通り、高速道路出入口の一般車の円滑な通行確保に留意して、支間ごとに架設検討を行った（図－6）。



図－6 Aランプ第二橋架設要領図

- (1) AP3～AA3 間は、供用道路を跨ぐため送出し工法とした。また、高速道路（D ランプ）との離隔が少ないため、曲線桁の線形に合わせた曲線送出しを採用した。狭小なヤード条件から、地組立てを2回に分け、送出しは計 5 夜間、降下はサンドル降下により計 6 夜間で施工した。
- (2) AA4-AP3 間は、ヤード内の施工でベント設備が構築できるためトラッククレーンベント架設工法を採用した。

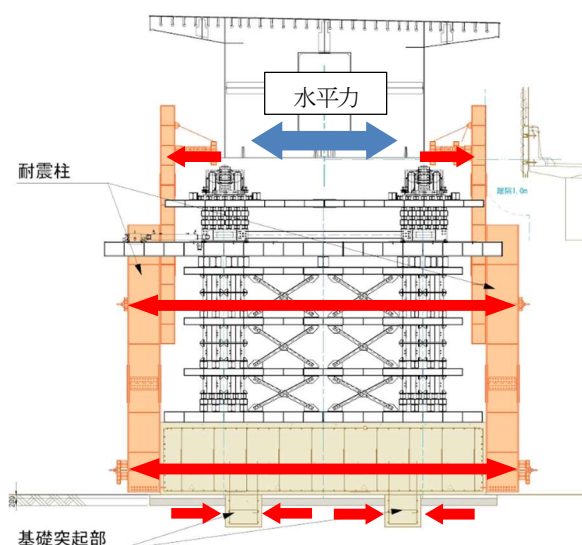
3.1.2 桁架設時の安全確保と架設設備の工夫

Aランプ第二橋については、送出し架設の安全確保と架設設備の工夫について述べる。

(1) 橋桁架設時の安全性確保

Aランプ第二橋の送出し架設は、夜間作業完了後に通行止め規制を解除する必要があった。供用道路上空にかかる架設途中の橋梁は 2017 年当時、国交省通達により本体構造物へ橋梁を支持・固定し、安全性を確保する必要があった。対策として、仮設備の検討ではなく短期供用に即した設計条件を満足する仮橋脚を構築した。架設途中の橋梁軸直角方向に作用する地震による水平力は、H鋼梁を縦に配置した耐震柱を介して基礎突起部へ荷重が伝わる構造とした（図－7）。また、仮橋脚の挙動

を常時計測（使用機械：DAMSYS²⁾）して一次管理値の 40mm に達した場合に携帯ヘアラートを発信する設定とし、沈下の有無を確認して一次管理値以内で施工できた。



図－7 仮橋脚設備図

(2) 軌条設備・台車設備の工夫

Aランプ第二橋は曲線送出しのため、軌条設備を曲線形状とした（写真－1）。表－1に示すように軌条半径が最大となる RR ラインに合わせて自走台車の基準速度 2.5m/min で設定した。その他の軌条は、インバーターによる周波数制御を行い、軌条半径が最小となる LL ラインを速度 2.466m/min とすることで、スムーズな走行を実現できた。

表－1 各軌条ごとの速度設定

送り出しライン	半径(m)	軌条半径(m)	速度(m/min)
RCL	565.3	RR 566.3	2.500
		RL 564.4	2.491
LCL	559.8	LR 560.8	2.475
		LL 558.9	2.466

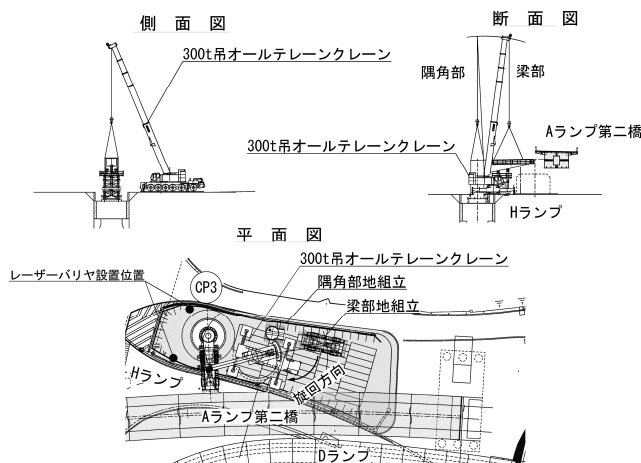


写真－1 曲線軌条上自走台車設備

3.2 CP3橋脚

3.2.1 架設工法

CP3 橋脚は、目白通り、高速道路出入口、施工済みのAランプ第二橋に挟まれた狭隘ヤード内で、トラックレーンベント架設工法で施工した（図－8）。



図－8 CP3橋脚架設要領図

3.2.2 橋脚架設時の工夫点

CP3 橋脚は、狭小ヤードにおけるクレーン組立や安全対策の工夫について述べる。

(1) 狭小ヤードでの施工

CP3 橋脚の施工ヤードは供用中道路に挟まれた狭小ヤードであった。供用中道路への吊荷のはみ出し防止と大型クレーンの組立が課題であった。対策として、はみ出し防止に対しては、レーザー光を面状に放射して常時スキャンニングするバリアを張り巡らし、バリアに侵入する物体を検知して警報する装置を備えたレーザーバリアをヤード境界部へ設置した。大型クレーンの組立に対しては、狭小なスペースで組立可能なリフターを用いて組立・解体した（写真－2）。

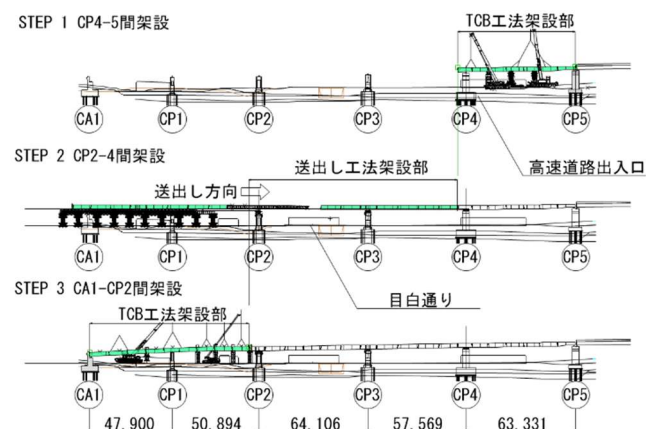


写真－2 リフターを用いたクレーン組立状況

3.3 Cランプ第一橋

3.3.1 架設工法

Cランプ第一橋は、目白通り、高速道路出入口の一般車の円滑な通行確保に留意して、支間ごとに(1)～(3)の架設検討を行った（図－9）。



図－9 Cランプ第一橋架設要領図

- (1) CP4-CP5 間は、供用中の高速道路入り口を跨ぐため、通行止め規制を伴う大ブロックでのトラックレーンベント架設工法を採用した。
- (2) CP2-CP4 間は、供用中の目白通りを跨ぐため送出し工法とした。ヤード条件から、Aランプと条件が異なり軌条設備を曲線桁の線形に合わせた配置とできなかったため、軌条設備の直線配置が可能な曲線桁の直線送出しを採用した。狭小なヤード条件から、地組立てを2回に分け、送出しは計4夜間、降下はサンドル降下にて計4夜間で施工した。
- (3) CA1-CP2 間は、ヤード内の施工でベント設備が構築できるためトラックレーンベント架設工法を採用した。

3.3.2 大ブロック架設と送出し架設時の工夫

Cランプ第一橋は、大ブロック架設時のたわみ処理、送出し地組ヤード内の地中埋設物への対応、送出し架設設備の工夫について述べる。

(1) 多軸式特殊台車によるたわみ処理の工夫

CP4-CP5 間の架設は、供用中道路を跨ぐ大ブロックの主桁架設時に支持間隔 51m と広く、たわみが 30mm と大きくなるため横桁添接の可否が課題であった。その対策として、地組ヤード内にベント支保工とジャッキを

搭載した多軸式特殊台車を組み立てておき、当夜に規制した道路上へ配置し台車上のジャッキを用いて主桁のたわみ処理を行った。

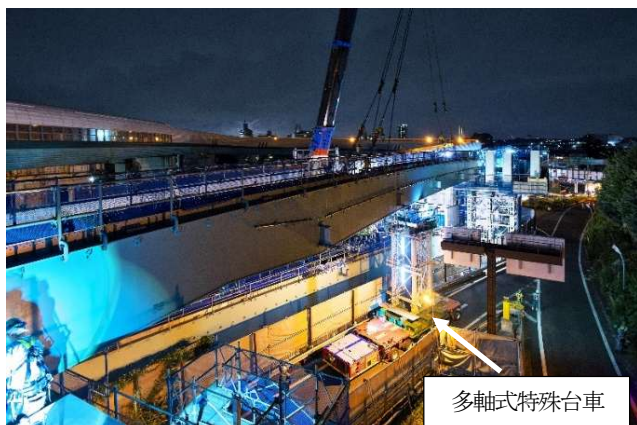
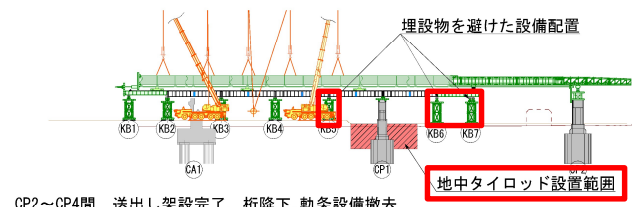


写真-3 多軸式特殊台車使用状況

(2) 送しヤード内の地中埋設物への対応

CP2-CP4間の送し架設は、図-10の赤色着色部に示すように地組ヤード内のCP1橋脚付近に地盤補強用の地中タイロッドが埋設されており、送り出しで作用する反力を載荷させないことが課題であった。その対策として、軌条設備のベント配置は、埋設物を避けた位置で構築（図-10）することとした。また、クレーン作業によるアウトリガー反力も載荷させないように配置検討を行って作業した。

CA1～CP2間 軌条設備組立、送し柵地組立



CP2～CP4間 送し架設完了、折降下、軌条設備撤去

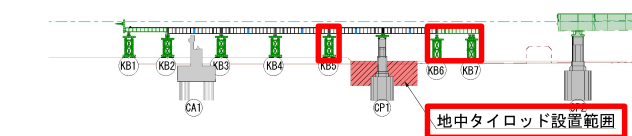


図-10 埋設物回避施工計画図

(3) 曲線桁送し架設の設備の工夫

Cランプ第一橋の送し架設は、曲率を有した主桁を直線状に送り出す計画とすることで直線の送しラインに対して曲線部が $\pm 300\text{mm}$ の偏心が生じるため、送し設備を主桁受点に合わせて移動させる必要があった。この課題に対して、エンドレス滑り装置（以下、エンドレス）本体を横移動させるスライド架台をエンドレスの下に配置し、クレビスジャッキを動力として偏心寸

法を吸収する横移動が可能な設備とした（写真-4）。また、エンドレスにはスライド式のキャタピラ（図-11）を採用し、荷重を支持した状態でエンドレスの横移動が可能とした。しかし、エンドレス本体の横位置調整によって、主桁自体が所定位置から大きく外れる懸念があったため、ジャッキにより横移動が可能なキャタピラ式のガイド装置（写真-5）を主桁外側へ設置することで、主桁を横から押さえて送出し距離に応じた横位置に保持できるよう工夫した。これにより、送出し時の方向修正を低減し、規定時間内での送出し作業を可能にした。

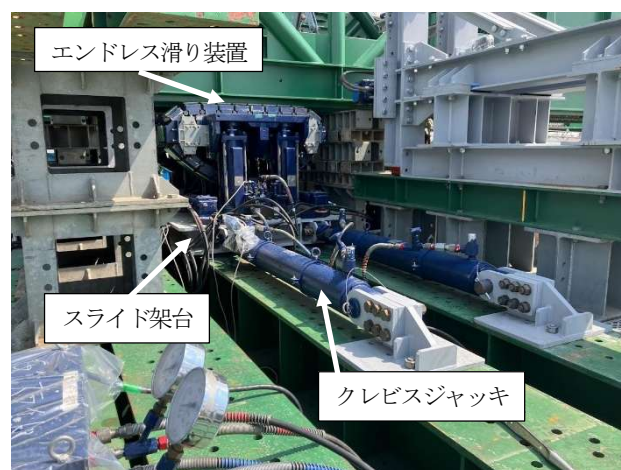


写真-4 スライド架台

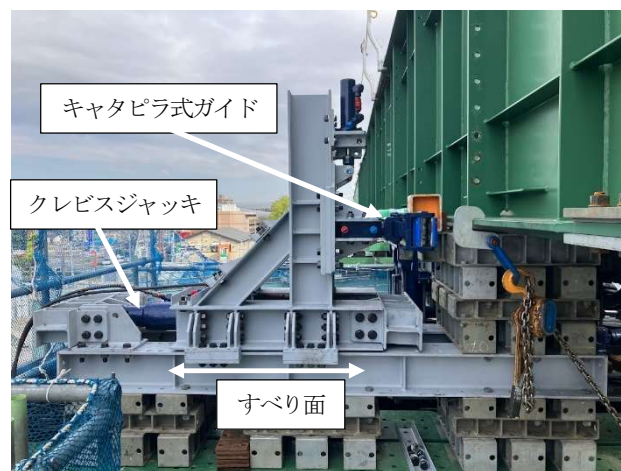


写真-5 ガイド装置

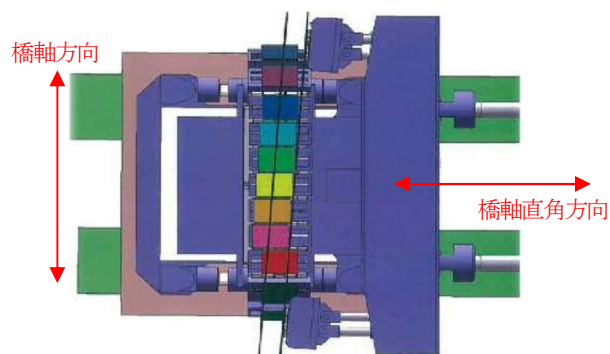


図-11 エンドレス滑り装置スライドキャタピラ

(4) 既設構造物との干渉確認

Cランプ第一橋送出し架設は、先行架設されたAランプ第二橋との離隔が少なく合成床版の側足場の干渉が懸念された。計画段階で3Dモデルに時間軸の要素を与えて送出しステップを再現し、各段階において構造物との干渉確認を実施した。その結果、合成床版の側足場を設置するとAランプ第二橋の落下物防護柵と干渉することが判明したため(図-12)、干渉範囲は降下完了後に足場を設置することとした。この事前検討の成果によって、Aランプ第二橋と接触することなく送出し架設を施工することができた。

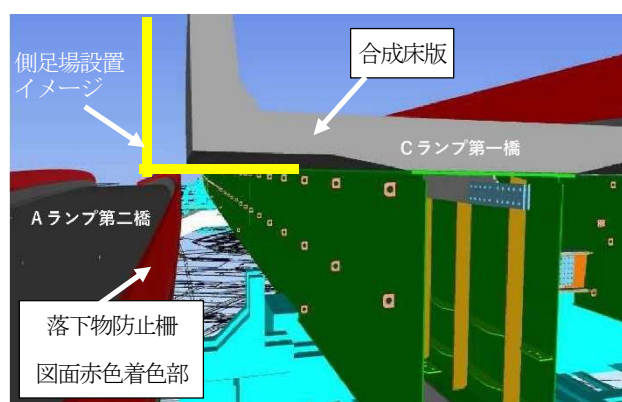


図-12 干渉確認モデル図

(5) 手延機のたわみ処理

Cランプ第一橋の初回送出しの手延機到達時において、CP3 橋脚位置は周囲を供用中道路に囲まれており橋脚前面にたわみ処理を行うベント設備を設置できない条件であった。また、多軸式特殊台車による一夜ベントも検討したが道路改築が必要となり、設置ヤードが狭隘で十分でないことから不採用となった。上記を解決するために、橋脚背面へ大型クレーンを配置し、手延機先端をクレーンで吊り上げる計画を採用した。橋桁を移動させながらのクレーン操作となるため、クレーン協会の指針³⁾にある共づりの考えに準拠し定格総荷重をクレーン能力の75%以下となるように360t吊オールテレーンクレーンを選定(写真-6)し、施工時は解析にて算出した作用反力を設計値として吊荷重を管理し、支点位置まで到達させた。



写真-6 手延機先端部吊り上げ状況

(6) 橋脚たわみに追従した送出し管理

Cランプ第一橋の送出し架設は、送出し支点となるCP3 橋脚へ作用する荷重変化によりたわみが生じ作用反力へ影響し主桁耐力を超過する可能性があったため荷重管理が課題であった。その対策として、送出し時にCP4 橋脚へレーザーレベルを設置し、CP3 橋脚の変動量をリアルタイムで常時計測(毎秒)し、橋脚上にいる責任者がジャッキオペレーターへ変位量を即時伝達しエンドレスのストローク調整を行い管理した(写真-7)。

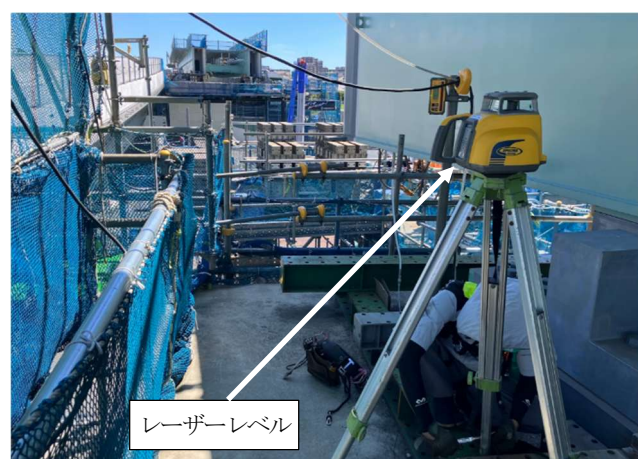


写真-7 レーザーレベル設置

4. その他の施工、製作に関する工夫点

ここでは、工事全体の施工や製作における設備や安全対策の工夫について述べる。

4.1 設備の沈下・傾斜自動計測

送出し時は、ベント設備の沈下が送出し作業へ大きな影響を及ぼすことが課題であった。その対策として、異常がないか判断するためにベント設備の沈下・傾斜の自動計測（使用機器：DAMSYS）を行い、管理値として設定した沈下量・傾斜角度を超えた際に警報メールが発信されるようにして管理した。

4.2 連通管による設備沈下・傾斜計測

4.1 節にて示した自動計測器を取り付けるタイミングは送出し時の大きい反力が作用する段階としていたため、ベント設備組立後から大きい反力が作用する間の期間は、透明なホースに着色した水を入れて（連通管）ベント設備の沈下・傾斜の有無を目視確認できるように管理した（図-13、14）。

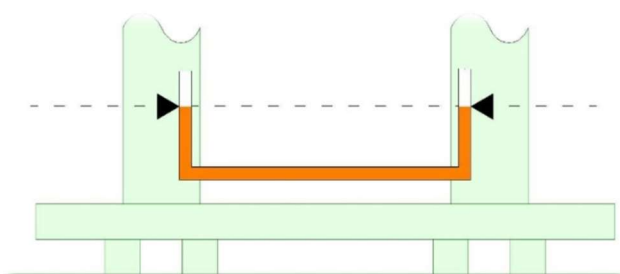


図-13 連通管設置：沈下なし状態時

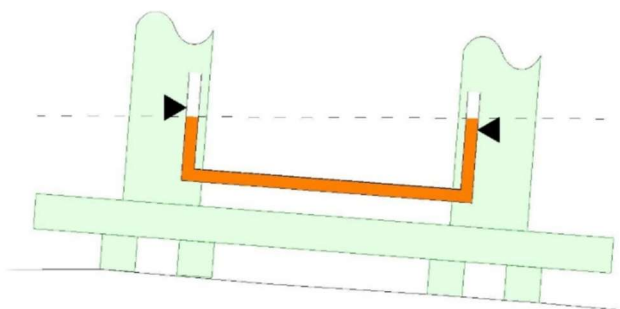


図-14 連通管設置：沈下あり状態時

4.3 溶接ビードゼロ仕上げ（エンドレス接触部）

エンドレスの受点は数ミリの段差によって受点のバット材が破損するため、段差がある場合は段差量に応じた樹脂製のプレートを入れて対応することが一般的である。本工事では下フランジの継手に現場溶接部があっ

たため、エンドレス受点と接触する下フランジ下側の溶接ビードをゼロ仕上げにして段差が生じないようにした。それにより送出し作業時の段差処理時間を削減した。

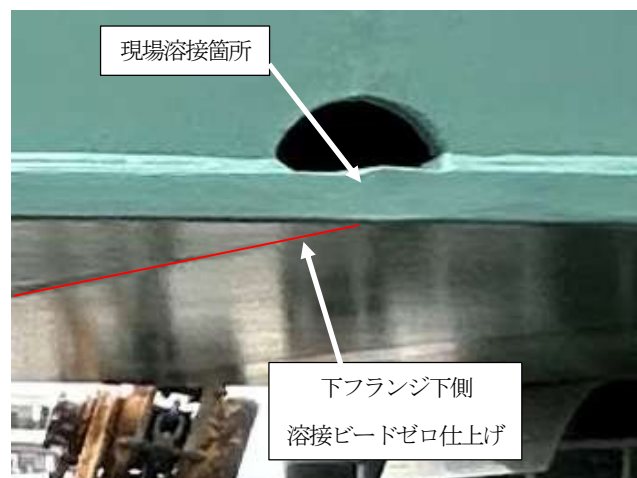


写真-8 溶接ビード仕上げ状況

4.4 供用中道路への飛散防止対策

Aランプ第二橋の壁高欄コンクリートとCランプ第一橋の床版・壁高欄コンクリート施工において、供用中道路上でのコンクリート打設における飛散防止対策が課題であった。対策として、側足場の朝顔部を通常より1.5m高く組み立て、さらにメッシュシートを設置した。足場底面部は、板張り防護の他に養生シートと吸水シートを設置（写真-9）した。



写真-9 側足場養生状況

4.5 空撮写真の平面化によるヤード検討

施工ヤードは、隣接工事や架設段階ごとで複雑に変化したため、当初想定したヤード範囲より狭あいで厳しい条件となり、条件に合わせた計画立案が課題であった。その対策として、ドローンによって定期的に空撮を実施し、撮影した写真を専用ソフトウェアにより解析・加工し、図面データ（AutoCAD）に地形図の写真データを貼り付けて、最新の地形形状を反映（写真-10）するこ

とで重機配置や資材置き場など計画立案の検討を実施することができた。

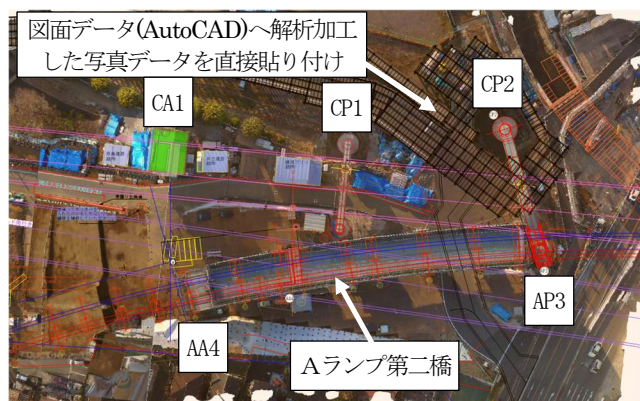


写真-10 空撮写真図面貼り付け状況

4.6 点群データを利用した施工検討

施工ヤード付近へ架空線や信号柱などが存在しており、重機作業計画時に立体的な位置関係の把握が課題であった。その対応として、4.5 節の空撮写真を平面化する過程の点群データを用いることで既設構造物を立体的に表現することができ、構造物との離隔距離を把握することで、足場解体用の高所作業車の重機配置や離隔確認などの安全な施工検討を実施できた（写真-11）。

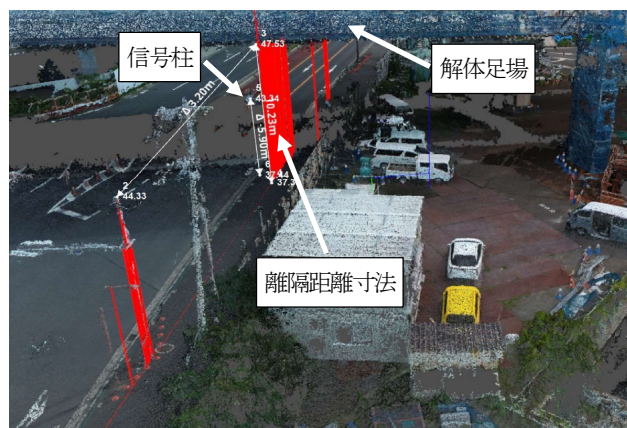


写真-11 点群データからの立体表示

4.7 騒音・粉塵対策

施工ヤードが住宅街に隣接しているため、金属溶射作業時および溶接・塗装作業時に発生する騒音や粉塵の対策が課題であった。その対策として、防音機能を有するパネルを用いて風防設備を組み立てて、風防内部には防炎シートを設置した（写真-12）。

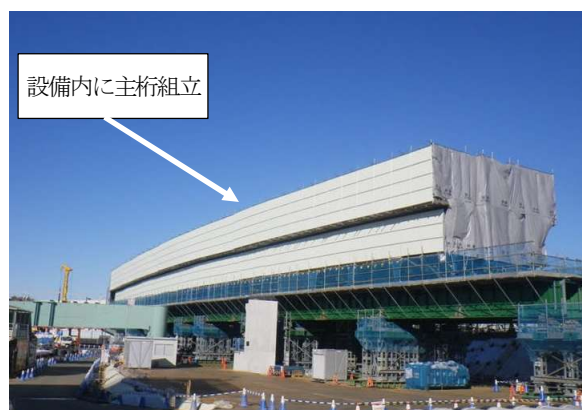


写真-12 風防設備設置状況

5. おわりに

本橋は、報告した内容について入念な検討を行い施工することで、無事故・無災害で工事を終えることができた。本稿が今後の橋梁架設の幅を広げる一助となれば幸甚である。

最後に、厳しい施工条件の中において無事工事を完了することができたことは、すべての関係者の努力の賜物であり、東日本高速道路株式会社 関東支社 東京外環工事事務所の皆様をはじめとすご協力いただいた関係者の皆様に深く敬意と感謝の意を表します。



写真-13 完成写真

【参考文献】

- 1) 『東京外環プロジェクト：事業概要パンフレット』
(https://www.ktr.mlit.go.jp/gaikan/pi_kouhou/jigyou_gaiyou/jigyoun_punfu_index.html)
- 2) 計測ネットサービス株式会社：製品名 DAMSYS
(<https://www.keisokunet.com/product/damsys/>)
- 3) 日本クレーン協会：移動式クレーンの共振り作業を行う場合の指針,2002