

高架工事におけるトラベラークレーンによるハーフプレキャスト床版架設

清水建設(株) 正会員 ○中島 健輔
清水建設(株) 正会員 船岡 基
清水建設(株) 正会員 清野 浩二

1. はじめに

浦上駅高架化工事は、長崎駅付近における鉄道周辺地域の交通渋滞および踏切事故の防止、市街地の一体化を図ることを目的としたJR長崎本線（在来線）の高架化工事の一環であり、浦上駅を含む延長330mの区間において、鉄道高架橋および駅舎を構築する工事である。高架化の流れは、①既存の線路（JR長崎本線）横に確保した用地に仮設の線路（仮線）をつくり、仮線での運行に切り替える。②仮線で運行しながら、元の用地に鉄道高架橋を新設する。③仮線から新設高架橋上の線路に運行を切替後、仮線を撤去する。である。

本稿では、仮線運行しているJR長崎本線と医療関連施設等に挟まれた狭隘な施工ヤード内にて、先行構築した現場打ち上層梁の上に走行式トラベラークレーンを設置し、ハーフプレキャスト床版を連続架設することで施工の効率化・工期短縮を実現した事例について報告する。

2. 工事課題

本工事は、施工区間内に高架橋基礎の場所打ち杭、地中梁、柱、上層梁、床版、地覆の鉄道高架橋および駅舎を構築する工事であり、工期は2016年6月20日～2020年12月5日、発注者は九州旅客鉄道株式会社である。施工範囲周辺の平面図を図-1に示す。施工区間はR8からR13の6つの高架橋に分かれており、R11およびR12区間は、新設する浦上駅部分となっているため、R8からR12に向けて、高架橋の幅員が広がる形状（幅員9.6m～17.4m）となっている。本工事における課題を以下に示す。

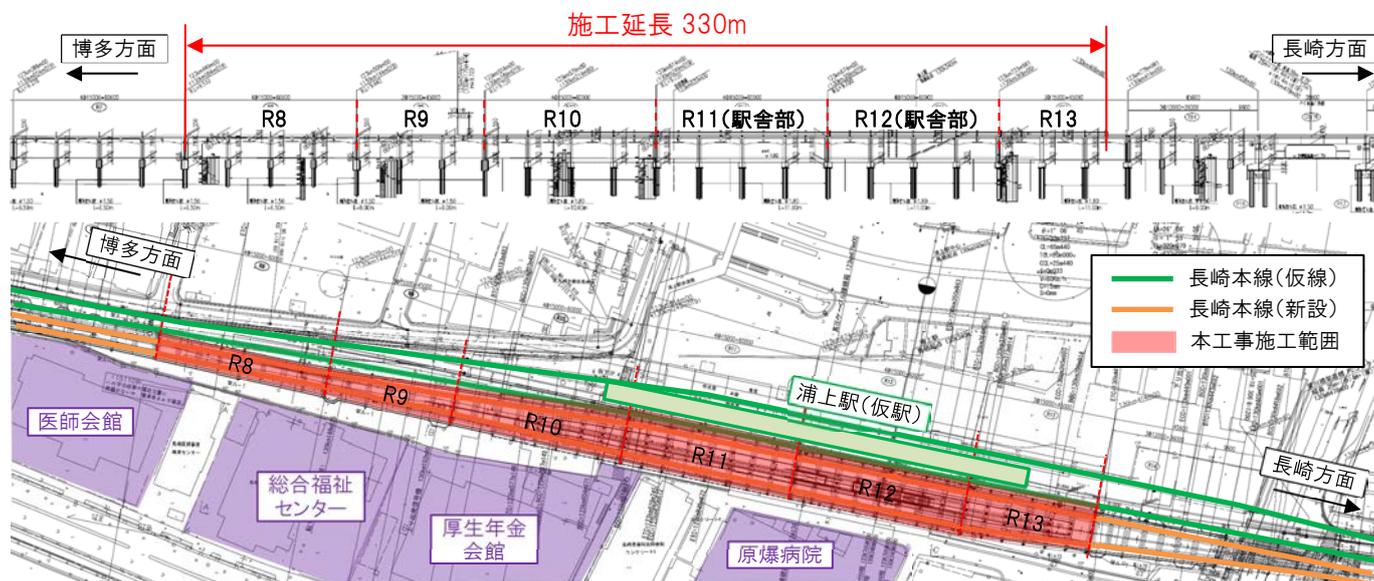


図-1 浦上駅高架 施工範囲図

(1) 狭隘な施工ヤード

本工事は、図-1に示すように仮線と原爆病院や総合福祉センターなどの医療関連施設に挟まれた施工ヤード内での新設の高架橋構築工事となる。そのため、施工ヤード幅は約17～20mしかなく、高架橋構築箇所の側部にクレーン等の大型重機を配置することが困難であった。

キーワード トラベラークレーン、ハーフプレキャスト、駅高架化工事、施工効率化

連絡先 〒104-8370 東京都中央区京橋2丁目16-1 清水建設(株) 土木技術本部 プロジェクト技術部 TEL:03-3561-3912

(2) 仮線直上での高架橋床版の構築

高架橋構築工事は運行している仮線に近接した状態での施工となる。駅舎・ホーム部となる R12 に向けて高架橋幅が広がるため、R10～R13 区間では高架橋の張出し床版部は供用中の仮線直上に位置する。そのため、従来工法である支保工の組立てを行う現場打ち施工では、仮線（長崎本線）の建築限界に支障するため、実現が不可能であった（図-2）。

(3) 長崎駅高架開業時期までの工事完了

本工事は 2020 年 3 月の高架開業工程を厳守する必要があった。受注段階の 2016 年 6 月時点では、高架橋の設計は行われていたが、先に述べた支保工による現場打ち施工ができないという問題のため、張出し床版部の施工方法が確立されていなかった。また、支保工形状を工夫して現場打ち施工が可能となった場合でも、開業工程に間に合わせる事が非常に厳しい状況であった。そのため、仮線での列車運行を阻害せずに高架開業工程を厳守できる施工方法の提案が求められた。

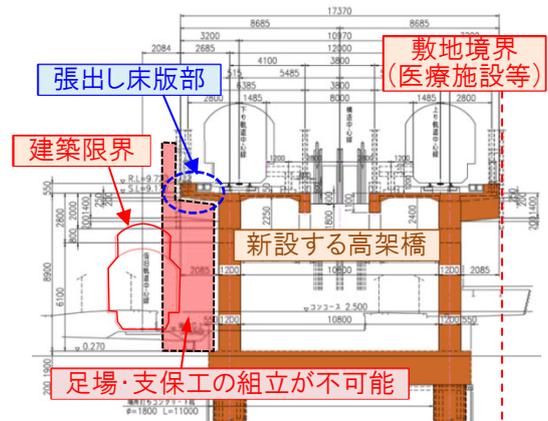


図-2 施工上の課題（一般断面図）

3. 課題解決のための工法検討

(1) HPC a 床版の採用

そこで、仮線直上の張出し床版部は現場打ちによる構築ではなく、ハーフプレキャスト構造による張出し床版の構築を検討した。当初設計が現場打ち施工による構造となっていたため、プレキャスト構造に変更するには再設計を行う必要があった。一般的なハーフプレキャスト工法の場合、高架橋の基礎構築後に柱部プレキャスト架設、梁部プレキャスト架設、床版部ハーフプレキャスト設置、配筋後に床版コンクリート打設の順で施工するが、高架橋全体の再設計を行ってから基礎部の施工を開始するのでは開業に間に合わないため、柱部と梁部は当初設計の現場打ち施工による構築を行いながら、床版部のみをハーフプレキャスト構造へと変更する再設計を並行して実施した。

また、張出し床版部は架設時に片持ち状態で自立する必要があったため、中間床版と張出し床版をトラス鉄筋にて連結・一体化した、無支保工張出しハーフプレキャスト床版による一括架設方法を採用した¹⁾（図-3）。

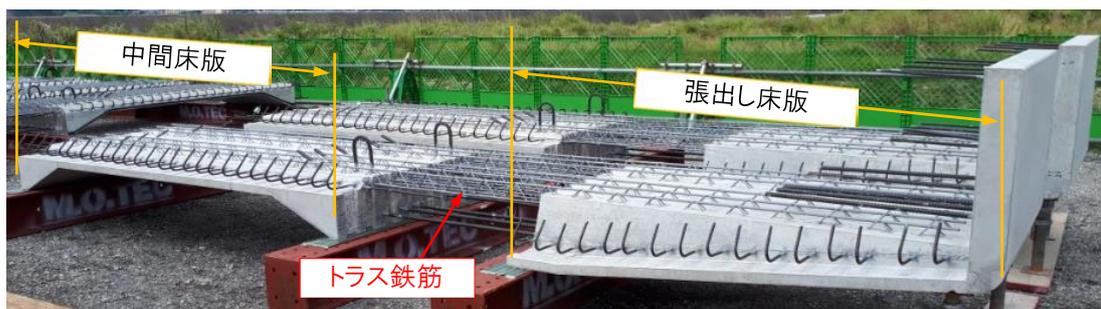


図-3 トラス鉄筋にて連結したハーフプレキャスト床版

(2) トラベラーレーンの採用

中間床版と張出し床版を一体化した構造とすることで、仮線部に足場・支保工が不要となるが、ハーフプレキャスト床版の 1 パーツあたりの重量が大きくなり、架設するには大型のクレーンが必要となった。しかし、先に示した通り施工ヤードが限られているため、狭隘な施工ヤード内における最適な揚重設備の検討が必要となった。当初はタワークレーンによるハーフプレキャスト床版の架設を検討したが、施工ヤードがハーフプレキャスト床版架設区間の延長 225m に対して幅 17～20m の細長い形状のため、作業範囲を網羅するためにはタワークレーンが複数台必要となり、大幅なコスト増が予想された。そこで、現場打ちの上層梁上に軌条桁（レール走行路）を設置し、トラベラーレーンを走行させてハーフプレキャスト床版を架設する計画とした。

4. 構造変更に伴う具体的検討

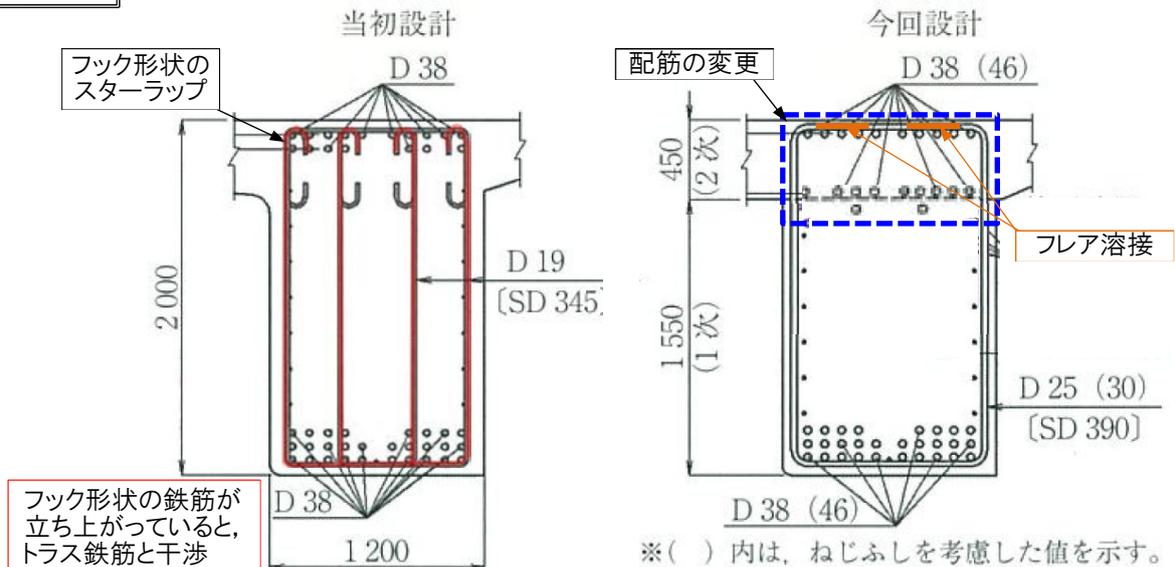
(1) ハーフプレキャスト工法の検討

ハーフプレキャスト床版を採用するにあたり、構造的な課題や施工上の課題などの様々な課題を解決する必要があった。以下に、生じた課題と対策を示す。

a) 梁部とハーフプレキャスト部の接続部構造について

梁部と床版の接続部は当初設計では、フック形状のスターラップ内に梁主筋を配置してコンクリートにより一体化される構造となっていた。しかし、床版部を無支保工張出しのハーフプレキャストに変更することで、トラス鉄筋が干渉し、梁主筋の配筋が不可能となった。そこでフック形状のスターラップを廃止し、ハーフプレキャスト床版架設後に、梁主筋を配筋し、スターラップと上かぶせ鉄筋を床版面にてフレア溶接する構造へと変更した。また、スターラップ内に配筋する鉄筋の径や配置も合わせて変更を行った（図-4）。

構造変更



施工順序

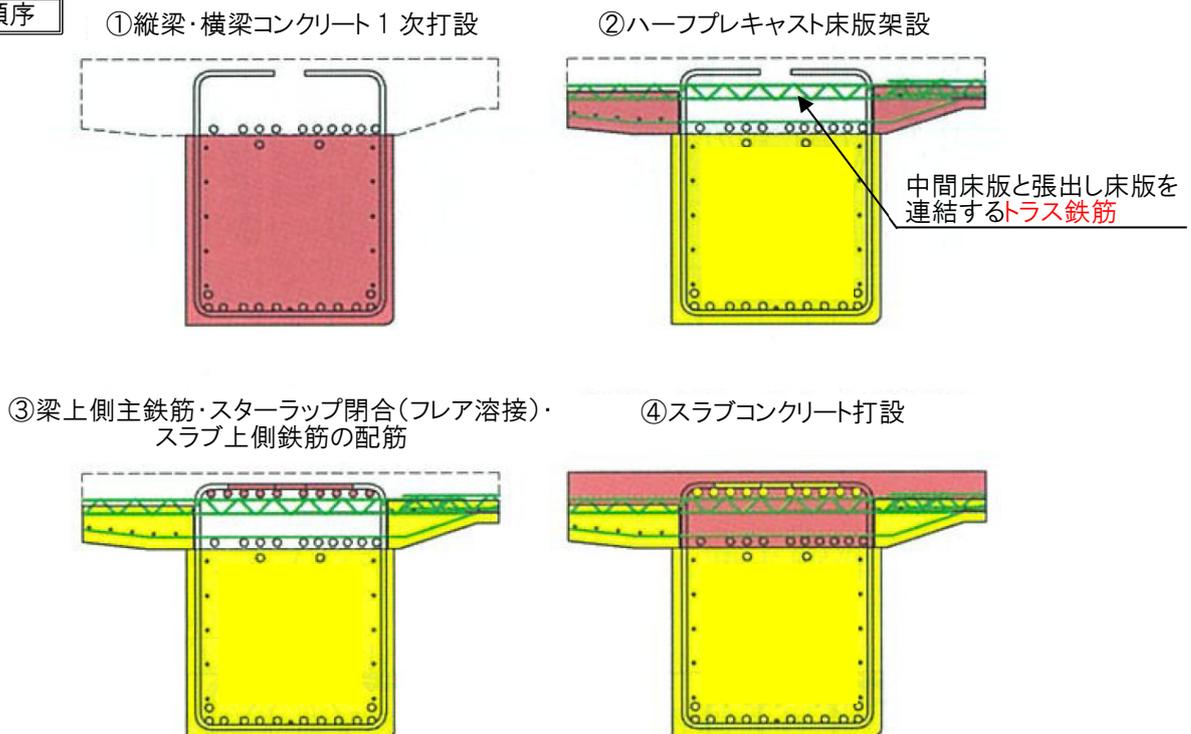


図-4 梁部と床版の接続部における構造変更及び施工順序

b) ハーフプレキャスト床版の施工性・品質について

接続部の構造変更に際し、現場施工において品質を確保できる施工性を有しているかが課題であった。そこで、実物大の施工試験を実施し、スターラップ以外に干渉する鉄筋の有無やフレア溶接の施工性および施工後の品質の確認、機械式継手を採用した際の施工性・組立精度を確保できる継手位置の確認等を行った(図-5)。



図-5 ハーフプレキャスト床版架設の実物大試験

c) 据え付け精度確保について

ハーフプレキャスト床版は施工済みの梁上に架設するため、梁の出来形精度がハーフプレキャスト床版の据え付け精度に直結する。そこで、ハーフプレキャスト床版の割り付け計画からトラス鉄筋の位置を梁の型枠に測量・マーキングし、立ち上がる鉄筋の位置調整後にコンクリート打設を行うことで、鉄筋の干渉による据え付け時の不具合を防止した。また、ハーフプレキャスト床版の出来形寸法を事前に測定し、据付け位置を梁コンクリート上に墨出しておくことで、架設時の外観上の微細なズレを防止した。さらに、ハーフプレキャスト床版を梁に据えるためには、最低 30mm の乗せ掛けが必要となる。現場打ち施工による梁の施工誤差および架設時の据付け誤差を合わせて最大 20mm 考慮して、 $30\text{mm}+20\text{mm}=50\text{mm}$ の乗せ掛け幅を確保した。

(2) トラベラークレーン設備の検討

次にトラベラークレーンを採用するにあたっての課題を述べる。トラベラークレーンを用いたハーフプレキャスト床版架設の具体的な施工順序は以下の通りである。

- ①対象箇所の端部にて地上に配置したクレーンにより、梁上に軌条設備を設置する。
- ②地上のクレーンにより、軌条設備上にトラベラークレーンを組み立てる。
- ③トラベラークレーンにより、前方に軌条設備を組立て、前進する。
- ④軌条設備の組立てと前進を繰り返して、ハーフプレキャスト架設位置まで移動する。
- ⑤ハーフプレキャストを架設しながら、後退・軌条設備の解体を行う。
- ⑥初期位置まで戻ると地上のクレーンにてトラベラークレーンの解体と軌条設備の撤去を行う。

以上の架設方法を実現するための課題について検討を行った。

a) トラベラークレーン載荷による下部構造への影響検討

トラベラークレーンは施工済みの柱および上層梁上に軌条桁を設置して走行するため、7.5m 間隔で上層梁上に束材(H-300)を設置し、その上に軌条桁鋼材(横断桁+主桁+レール)を載せる構造とした(図-6)。

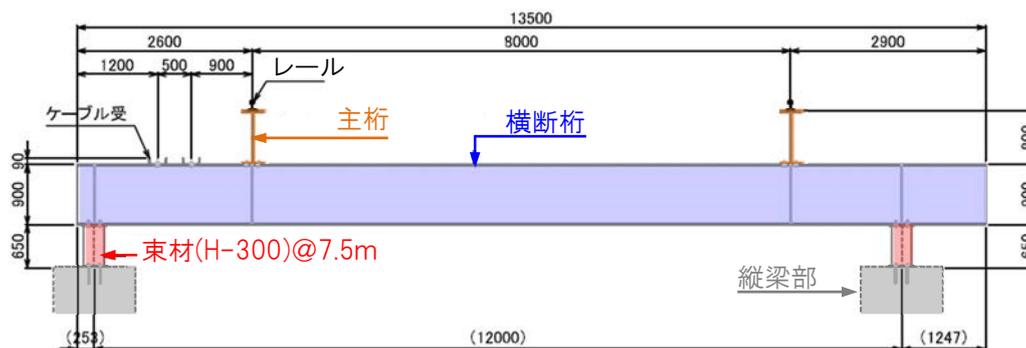


図-6 トラベラークレーンの軌条桁構造

梁と床版はコンクリートで一体化するため、トラベラークレーン走行段階では先行打設部のみの状態である。そのため、先行打設部の梁断面だけでトラベラークレーンの荷重を支持する必要があった。そこで、先行打設する梁部に上側主鉄筋を追加配置することで、トラベラークレーンの荷重に耐え得る構造とした(図-7)。なお、後行打設の梁部には本設構造物として必要な上側主鉄筋を配置している。

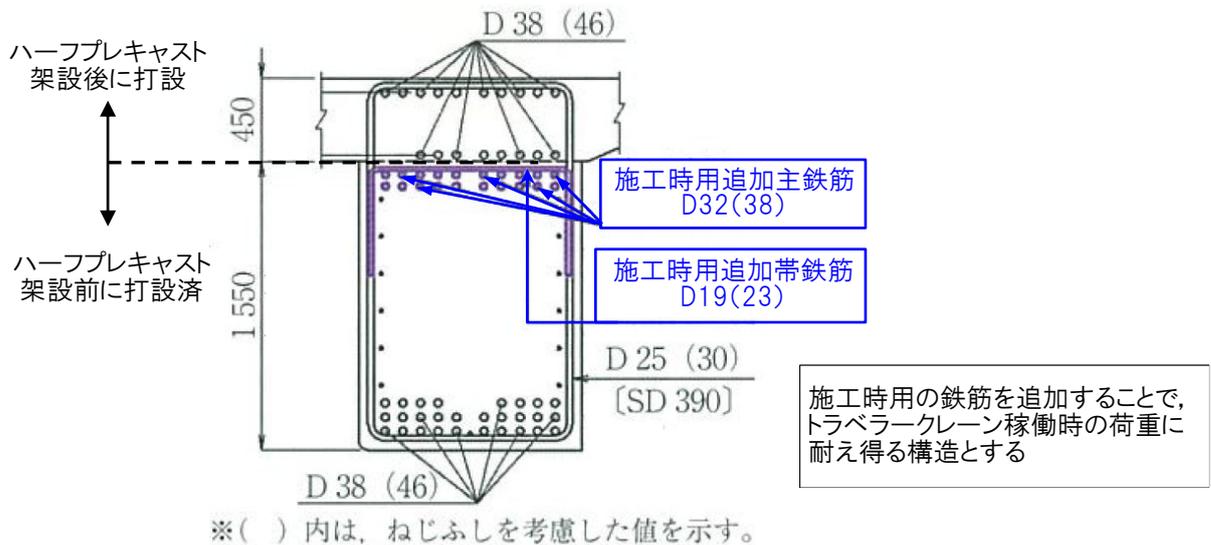


図-7 施工時(トラベラークレーン稼働時)を考慮した追加鉄筋

また、基礎部・柱部は構築済みのため、上載する軌条桁鋼材+トラベラークレーン+ハーフプレキャスト床版の荷重の合計が、基礎部で支持できる荷重の範囲内であるかの構造照査を実施した。

b) 駅舎構築部(R12 高架橋)の早期引き渡し検討

トラベラークレーンによるハーフプレキャスト床版架設は、後退・軌条設備の解体を行いながら施工する片押し施工のため、施工区間の端部である R10 もしくは R13 から反対の端部に向かって順番に架設することが望ましい。しかし、発注者から高架橋構築後に駅舎構築を予定している R12 高架橋の早期引き渡しを求められた。そこで、施工範囲を2分割し、R12 と R13 高架橋のハーフプレキャスト架設を終点側にて配置した1号機で先行施工し、R10,R11 高架橋は起点側にて配置した2号機で後行施工を行う架設計画とした(図-8)。



図-8 トラベラークレーンの配置台数・施工順序

c) 各種設備の仕様検討

トラベラークレーンは、下部構造に影響を与えない重量でハーフプレキャスト床版を架設できる能力を有することが求められた。また、工期厳守の観点から、架設→後退→軌条桁解体→架設…の架設サイクルを効率化することも必要である。そのため、複数の組み合わせ・パターンを歩掛りを想定して、架設するハーフプレキャストの最大重量、軌条桁の仕様、トラベラークレーンの仕様を以下の表-1の通り決定した。

表-1 各種設備の仕様

ハーフプレキャストスラブの 最大重量	機械仕様	軌条桁の 鋼材の仕様
4t未満 (最大作業半径:25m)	トラベラークレーン 100t・m	横断桁:H-900 主桁:H-800

また、トラベラークレーンの後方には、軌条桁やハーフプレキャスト等の資機材を仮置くために自走式の運搬台車を配置することとした。

(3) 3次元シミュレーションによる事前検討

トラベラークレーンによるハーフプレキャスト架設に関して、課題とその対策を検討した計画を行ったが、過去の施工実績が少ないため、作業従事者に対して紙面や口頭のみでの説明では、施工方法・手順に関して十分な理解を得られるか不明で、実施工時にトラブルが生じる可能性が懸念された。そこで、架設計画の3次元シミュレーション動画を作成した。シミュレーション動画を用いることで、視覚的に施工手順を理解することができ、手戻りやトラブルの防止を図ることができた。3次元シミュレーションの抜粋を以下に示す(図-9)。

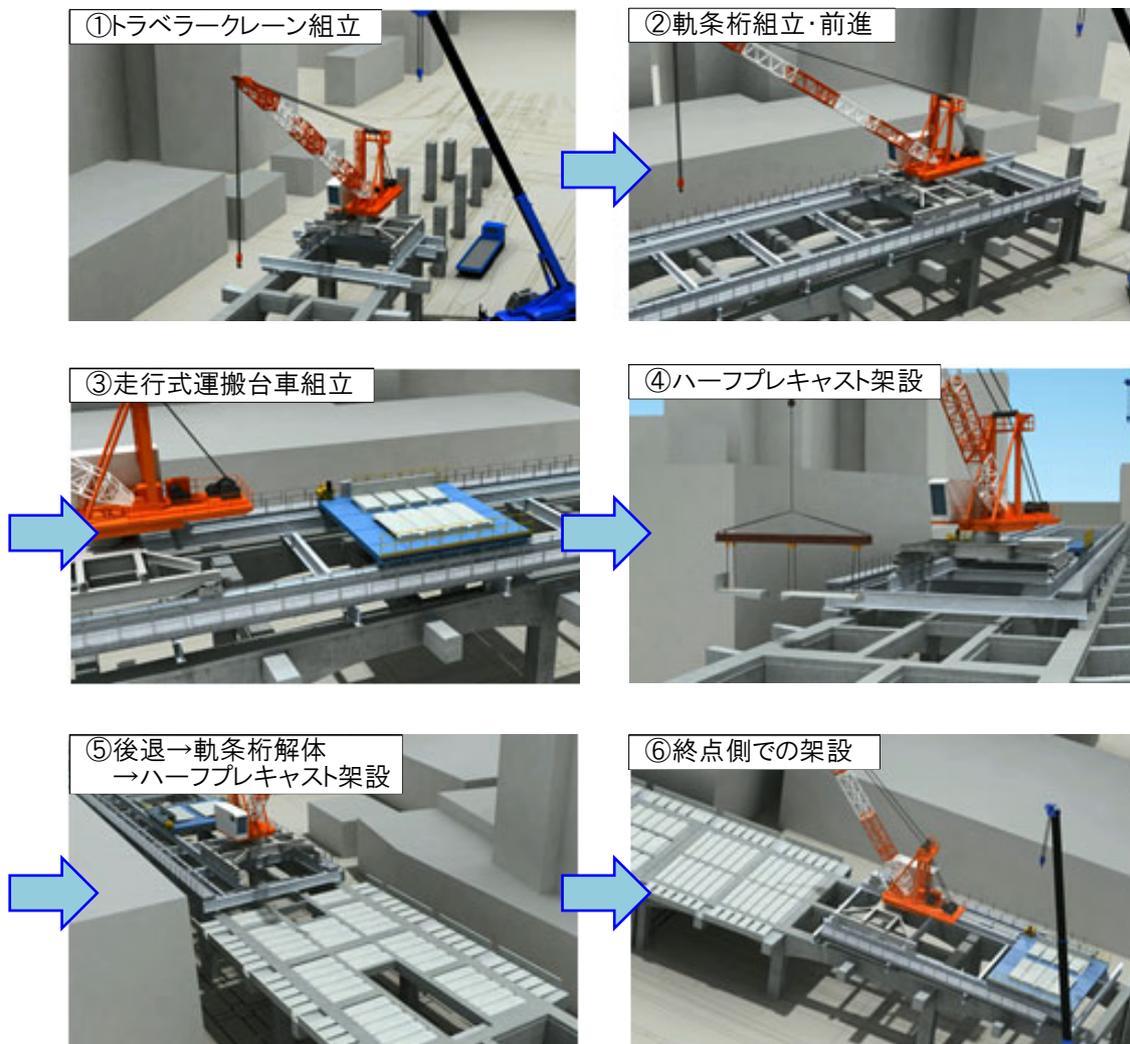


図-9 トラベラークレーンによるハーフプレキャスト床版架設3次元シミュレーション

5. トラベラークレーンによるハーフプレキャスト床版架設

以上の検討結果をもとに実施したハーフプレキャスト床版架設について報告する。

(1) トラベラークレーンの組立

R12・R13 高架橋の先行梁部打設完了後、高さ調整を行いながら梁部に軌条桁の束材(H-300)を設置した。事前に隣工区と工程調整を行うことで、梁部構築前の R14 区画に 70t ラフタークレーンを設置して地上部から軌条桁の設置およびトラベラークレーン 1 号機の組み立てを行った。トラベラークレーン組立後は自走により前進し、後続する運搬台車を軌条に設置した(図-10)。なお、トラベラークレーン 2 号機は同様にして R10 の起点側にて組み立てを行った。

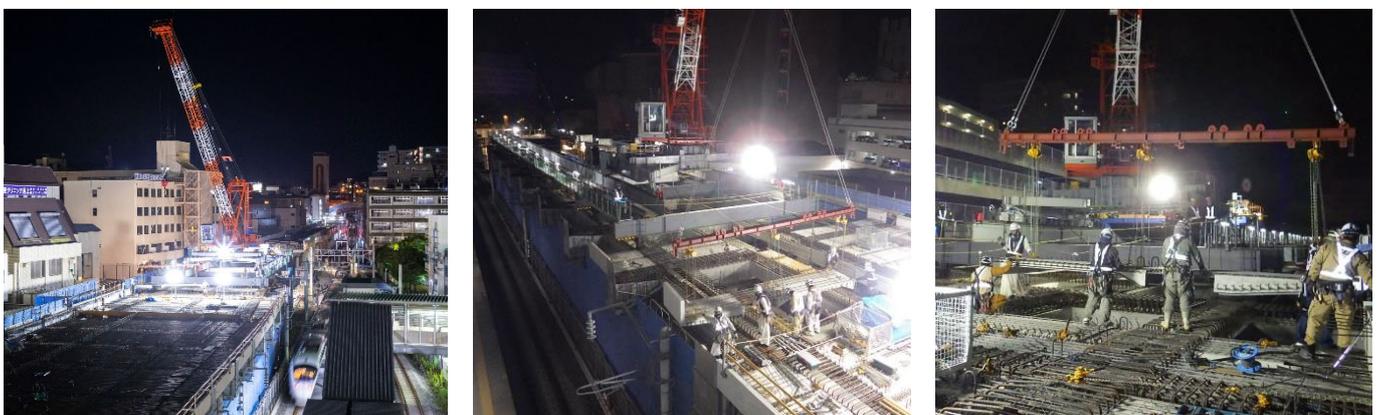


図-10 トラベラークレーン・運搬台車の組立

(2) ハーフプレキャスト床版の架設

軌条桁上に設置したトラベラークレーン自身で前方の軌条設備の組立と前進を繰り返し、R12 起点側まで移動を行った。軌条桁の資機材は、R14 区画に設置したラフタークレーンにて、運搬台車上に揚重し、運搬台車の往復自走により、トラベラークレーンの移動を最小限とし、効率的な床版架設を実現した。

ハーフプレキャスト架設は、1 号機は R12 から R13 へ、2 号機は R11 から R10 高架橋の順で行った。仮線に近接し施工制限がある箇所は夜間作業(き電停止)で行い、仮線から離れた医療関連施設側は、昼間作業で施工することで、効率的に架設を行った。また、夜間はき電停止時間内に片付けまでを完了する必要があったため、1 日 3 時間ほどの作業時間であった。そこで、さらに効率的に架設作業を実施するために、夜間作業開始前に当日架設分のハーフプレキャスト床版を運搬台車に積載し、トラベラークレーンの背後に待機させておくことで、夜間作業開始とともに架設を行えるようにした(図-11)。



(全景)

(ハーフプレキャスト床版架設)

図-11 ハーフプレキャスト床版架設作業(夜間)

6. まとめ

ハーフプレキャスト床版架設は大きなトラブルなく完了し、その後床版配筋および床版コンクリート打設を順次行い、関連他業者との調整をしながら浦上駅ホームおよび駅舎工事を実施した(図-12~15)。その結果、予定通り2020年3月の長崎高架全体開業を厳守することができた(図-16, 17)。

走行式トラベラークレーンによるハーフプレキャスト床版の連続架設工法を採用するにあたり、発注者、設計者、施工者が一体となって課題解決に取り組み、工期短縮を実現した本工事は、施工効率化の好事例であると考えられる。本稿が今後の狭隘箇所における高架工事の施工の一助になれば幸いである。



図-12 梁・HPCa 床版接続部のフレア溶接状況



図-13 床版コンクリート打設状況



図-14 床版コンクリート打設完了



図-15 浦上駅ホーム上家構築状況



図-16 浦上駅開業(駅舎)



図-17 浦上駅開業(高架)

参考文献

- 1) 日本カイザー(株), トラス鉄筋付プレキャスト版を用いた鉄道ラーメン高架橋スラブの設計・施工指針, 平成24年12月