

営業線直上における「鉄道ラーメン高架橋のプレキャスト構築工法 (HPCa 工法)」の適用および施工

服部尚道¹・黒岩俊之²・早川正³・吉住陽行⁴・内田康一⁴・矢野栄二郎⁴

¹正会員 工修 東急建設株式会社 土木総本部 土木設計部 (〒150-8340 東京都渋谷区渋谷1-16-14)

²正会員 工修 東急建設株式会社 土木総本部 土木技術部 (〒150-8340 東京都渋谷区渋谷1-16-14)

³東急建設・奥村組・森本組建設共同企業体 (〒143-0015 東京都大田区大森西6-5-6-101)

⁴京浜急行電鉄株式会社 鉄道本部 蒲田連立・空港線担当 (〒144-0031 東京都大田区東蒲田2-30-17)

京急蒲田駅付近連続立体交差事業における高架橋築造工事では、営業線直上に直接高架橋を築造する「移動式直接高架施工機」と「鉄道ラーメン高架橋のプレキャスト構築工法（以下、HPCa 工法）」を組み合わせた「直接高架工法」を採用した。「移動式直接高架施工機」は、プレキャスト部材架設が行える施工機であり、「HPCa 工法」は工場製作のプレキャスト部材を現地で組み立ててラーメン高架橋を構築する工法である。「HPCa 工法」は、これまで国内 2 件の工事で実績があるが、いずれも梁、スラブに適用したものである。本工事では柱の現場打ち施工が困難なことから、施工実験や耐震性能実験結果に基づき、柱にも「HPCa 工法」を適用した。本報告では、工事概要と施工状況について報告する。

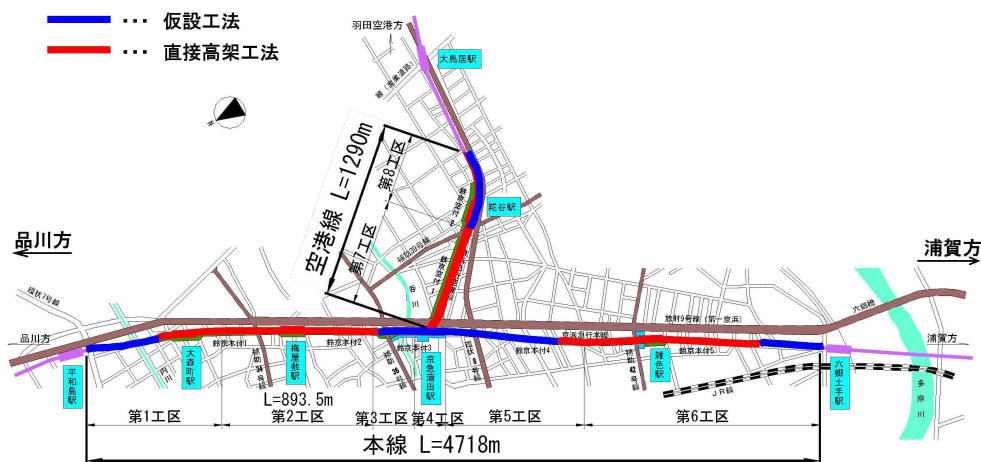
キーワード: プレキャスト, 鉄道, 営業線, 連続立体交差事業, ラーメン高架橋

1. はじめに

京急蒲田駅付近連続立体交差事業は、京浜急行電鉄本線の平和島駅～六郷土手駅間の延長約4.7kmおよび同空港線の京急蒲田駅～大鳥居駅間の延長約1.3kmの区間を連続的に立体交差化するものである（図-1参照）。本事業により、環状8号線や第一京浜などと交差する計28箇所の踏切を除去することで、慢性的な交通渋滞の解消を図ると共に、鉄道によ

て隔てられている地域の一体化を実現させる。また、京急蒲田駅は上り線と下り線のホームを上下2層へ分離することにより、浦賀方から羽田空港へのアクセスを改善し、品川方からのアクセスを向上させる。

本事業では、大半の工区が密集した市街地に隣接しており、仮線用地の取得が困難であった（写真-1参照）。そのため、全8工区の内、第1, 2, 5, 6, 7工区で営業線直上に直接高架橋を築造する「直接高架工法」を採用した。「直接高架工法」とは、「移



(a) 起点方



(b) 終点方

写真-1 隣接状況

動式直接高架施工機」と「SRCラーメン高架橋の構築」または「移動式直接高架施工機」と「鉄道ラーメン高架橋のプレキャスト構築工法（以下、HPCa工法）¹⁾」を組み合わせた工法である。「移動式直接高架施工機」は、隣接側道がクレーン等を配置できる十分な幅がなく営業線の路面覆工を行えない等の制約条件を解決するため、京浜急行電鉄・タダノ・東急建設で共同開発した基礎杭打設専用機と部材架設専用機である。「SRCラーメン高架橋の構築」は周知の技術であり、柱・梁はS造、スラブは後述する「HPCa工法」を適用したRCスラブである。一方、東急建設と川田建設が共同開発した「HPCa工法」は、工場製作のプレキャスト部材を現地で組み立ててラーメン高架橋を構築する工法で、夜間作業の騒音抑制にも配慮していることから第1, 2, 5, 6工区で採用している。「HPCa工法」は、これまで新設線の臨海鉄道金城ふ頭線（汐止～空見）高架橋築造工事、営業線直上に高架橋を構築した東横線複々線化工事に伴う武蔵小杉～日吉間線増工事で採用¹⁾されているが、いずれも梁とスラブにプレキャスト部材を適用した実績である。本工事では、営業線の縮小建築限界に対する柱の最小離隔が200mmであり、柱の現場打ち施工が困難なことから、ラーメン高架橋の梁、スラブに加えて、柱にもプレキャスト部材を適用する「HPCa工法」のフルスペック採用となった。なお、採用に先立ち柱の耐震実験²⁾や柱の施工実験³⁾を実施し、耐震性能や仮固定時の施工・安全性等を確認した。また、高架橋築造にあたっては、運搬・架設の効率化を図るため、東急建設が開発した「軌陸式重

量物運搬台車」や「柱建起し装置」を活用している。

本報告では、東急建設・奥村組・森本組JVが担当する第2工区の工事概要を紹介した上で、HPCa工法を適用したRCラーメン高架橋の施工状況を報告する。

2. 工事概要

(1) 施工条件と構造条件

工事延長は、梅屋敷駅を含む 893.5m であり、5箇所の踏切が存在する。当工区の主な工事数量を表-1に示す。

当工区の階層構造は、京急蒲田駅で上り線と下り線が上下2層に分かれるため、起点方より梅屋敷駅部までは1層高架橋、終点方は2層高架橋、それらの中間部が1層から2層への異高高架橋となっている。構造形式で区分すると梅屋敷駅部、踏切部、および終点方付近がSRC構造であり、その他区間がRC構造である。

また、鉄道敷脇には作業ヤードとして、①移動式直接高架施工機の組立用ヤード、②部材架設ヤード、③移動式直接高架施工機の解体兼部材架設ヤード、④部材架設ヤード兼部材ストックヤードなどを確保した（図-2参照）。

(2) 施工方法

高架橋の築造は、基礎杭の施工を行う杭施工機（1号機：必要施工幅1.4m）、鉄骨およびハーフプレキャスト（以下、HPCa）部材の架設を行う桁架設施工機（2号機）の2機の移動式直接高架施工機に

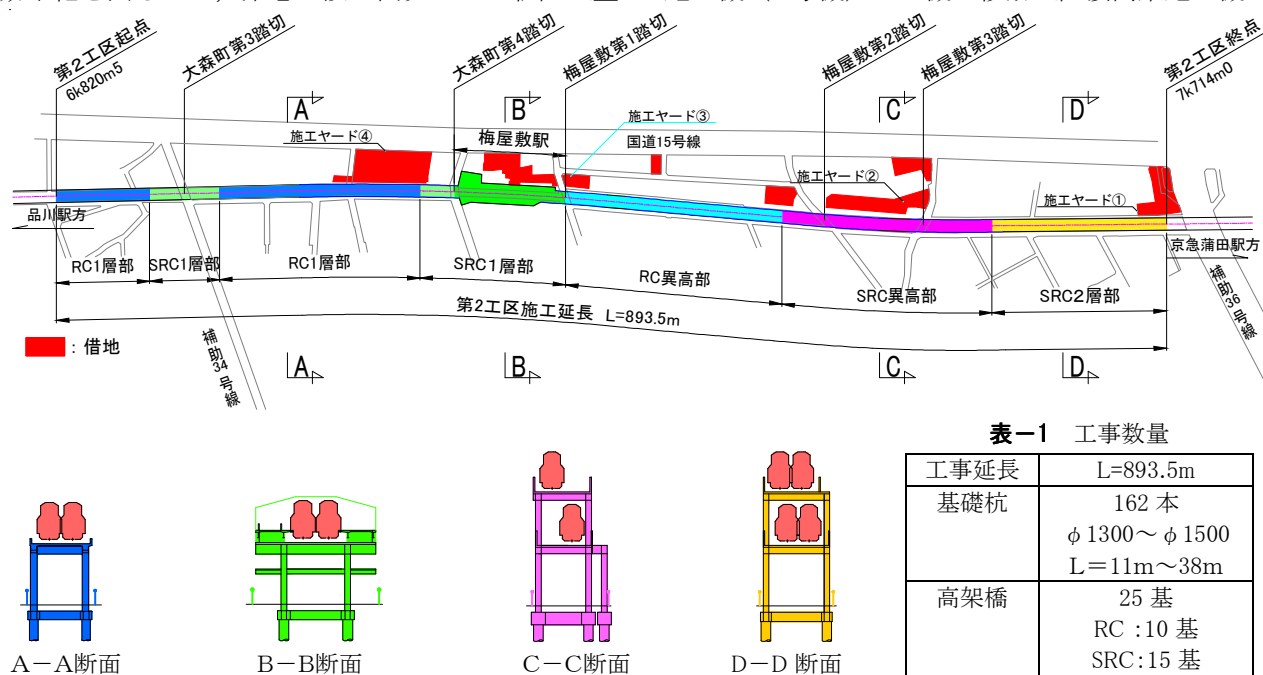


図-2 工事概要図

より行うことを基本とし、終点方より起点方へ順次、施工を行った。ただし、1号機は、梅屋敷駅の起点側で架設施工機への改造を行い、起点方の部材架設に使用した。また、施工ヤードが確保できる区間においては、架設ヤードにクレーンを配置して揚重・架設を行った。さらに、梅屋敷駅から起点方の基礎杭打設については、工期短縮を図るため、東急建設と北斗工業の共同開発である改良型杭打機（必要施工幅 1.6m）による施工を行った（写真-2 参照）。図-3 に、各高架橋の部材架設と基礎杭打設に用いる施工機械の適用区間を示す。

3. HPCa 工法の施工状況

(1) 施工順序

高架橋 RC33 を例として図-4 に構造一般図を示す。1 層目は HPCa 工法で施工し、2 層目は現場打ちコンクリートで構築した。写真-3～5 に高架橋構築をサポートする移動式直接高架施工機、軌陸式重量物運搬台車、柱建起し装置を示す。なお、架設に先立ち、現況線の仮線への移設・移動式直接高架施工機用の軌条設備の設置を行った。代表的な各 HPCa 部材の形状と重量を写真-6 に示す。HPCa 部材の特長は以下の通りである。

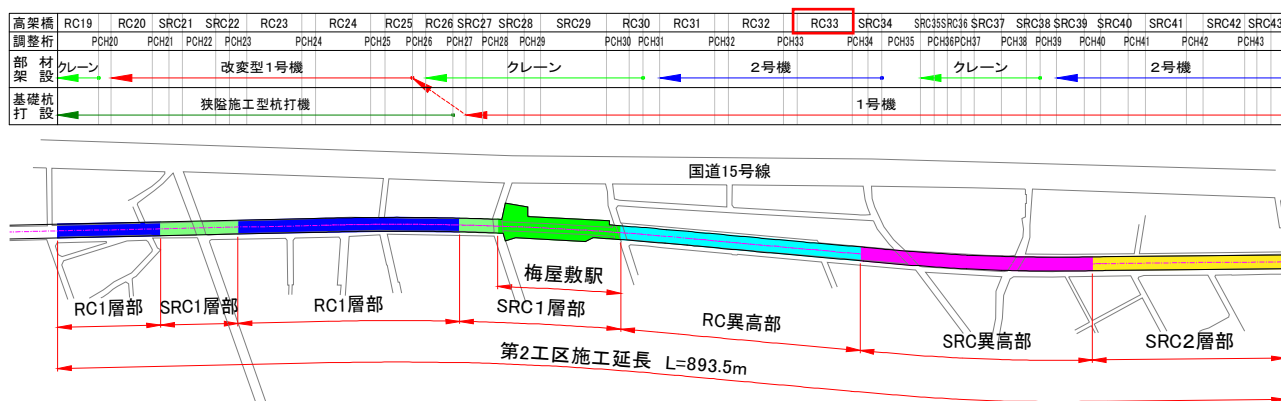


図-3 部材架設と基礎杭打設に用いる施工機械の適用区間

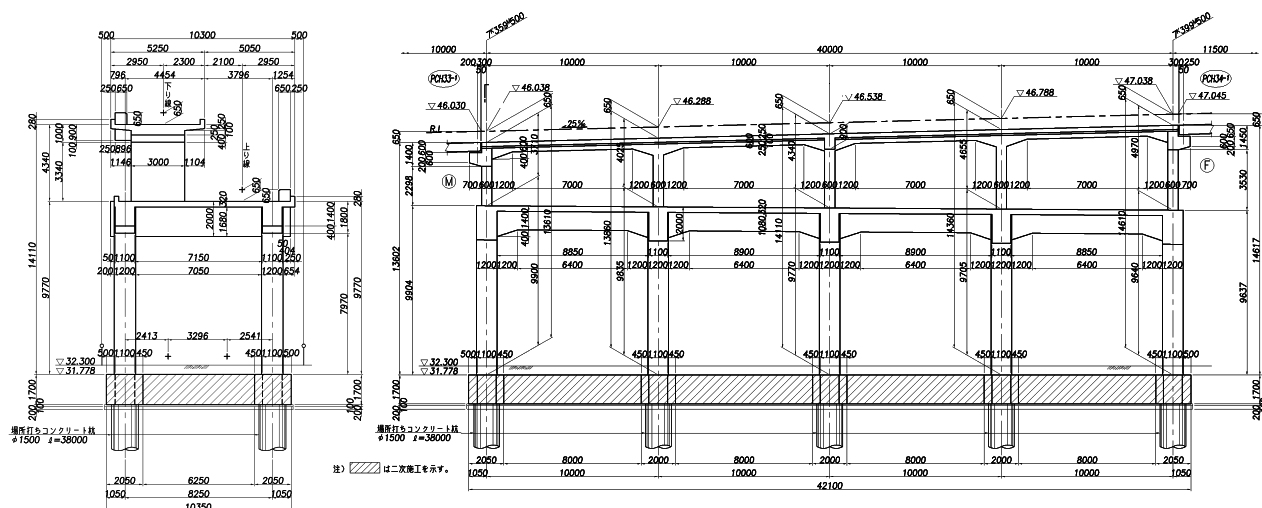


図-4 高架橋 RC33 の構造一般図



写真-2 狭隘施工型杭打機



写真-3 移動式直接高架施工機



写真-4 軌陸式重量物運搬台車



写真-5 柱建起し装置



(a) 柱: 約 25t

(b) 端横梁: 約 30t

(c) 中間横梁: 約 25t

(d) 縦梁: 約 19t

(e) スラブ: 約 8t

写真-6 HPCa 部材の形状と重量 (異高高架部)

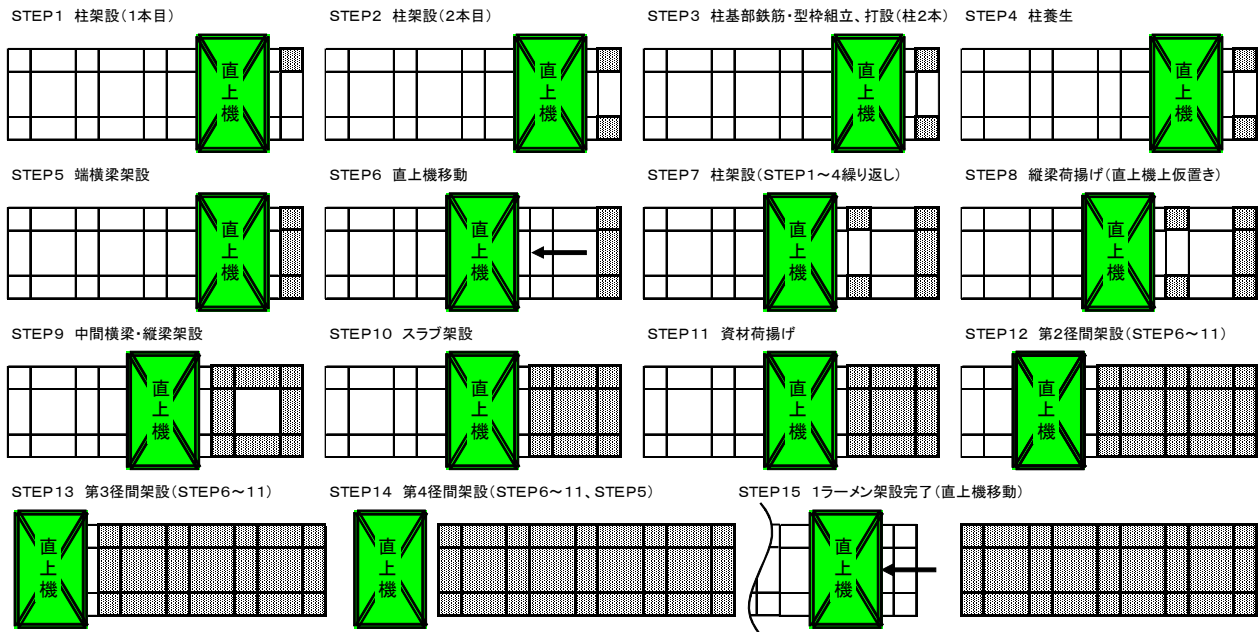


図-5 高架橋 RC33 の HPCa 部材の架設順序平面図 (4 径間ラーメン高架橋の場合)

- HPCa 柱は中空断面形状で、軸方向鉄筋と帯鉄筋を内蔵した。軸方向鉄筋は基礎定着鉄筋と機械的に接合させ、接合部には帯鉄筋を配置した。中空部の打継面は遅延剤を用いた目荒し処理を施し、中詰めコンクリート打設後は HPCa 部材（早強、 $\sigma_{ck}=27\text{N/mm}^2$ ）と一体となって構造断面として機能する。
- HPCa 縦・横梁は U 形断面形状で、下縁側軸方向鉄筋・側方鉄筋・スターラップを内蔵し、支保工機能程度のプレストレスを導入した。U 形部の側面の打継面には凹凸を設け、底部上面は遅延剤を用いた目荒し処理を施し、中詰めコンクリート打設後は HPCa 部材（早強、 $\sigma_{ck}=50\text{N/mm}^2$ ）と一体となって構造断面として機能する。
- HPCa スラブは凸断面形状で、支間方向および支間直角方向の下縁側鉄筋を内蔵し、支保工機能程度のプレストレスを導入した。なお、支間直角方向の下縁側鉄筋の連続化にはループ式の重ね継手を用いた。凸部の側面と底部上面の打継面には凹凸を設け、凸部の上面は遅延剤を用いた目荒し処

理を施し、中詰めコンクリート打設後は HPCa 部材（早強、 $\sigma_{ck}=50\text{N/mm}^2$ ）と一体となって構造断面として機能する。

図-5 に示す高架橋 RC33 の HPCa 部材の架設順序を例に、高架橋築造の施工手順を以下に示す。

【事前作業】

基礎杭打設後、移動式直接高架施工機用の軌条設備を撤去した。続いて、位置固定治具にセットした柱軸方向鉄筋を、軌陸式重量物運搬台車で現地へ搬入した。軌陸式重量物運搬台車の横取り装置によりダブルセンターまで水平移動して架空線を避け、施工機上のクレーンで揚重し、柱軸方向鉄筋を建込み、設置した（写真-7 参照）。その後、基礎天端まで

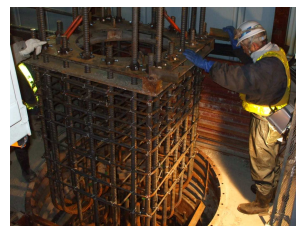


写真-7 柱軸方向鉄筋の建込

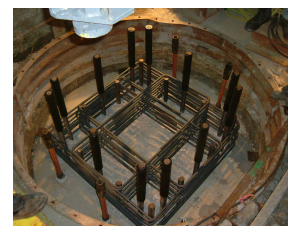


写真-8 柱基部の段取り

場所打ちコンクリートを打設し、柱軸方向鉄筋を自立させた。HPCa 柱架設前に、柱軸方向鉄筋継手と所定の本数の帯鉄筋を設置した（写真-8 参照）。

【1日目】

HPCa 柱を軌陸式重量物運搬台車で搬入した（写真-9 参照）。HPCa 柱を移動式直接高架施工機上に仮置きし、柱頭部の足場と吊り金具、柱基部の転倒防止装置を設置し、翌日に備えた。

【2日目】：図-5 の STEP1

移動式直接高架施工機上で柱建起し装置を用いて HPCa 柱を建起し、揚重した（写真-10 参照）。HPCa 柱が所定の高さに降下したところで、柱基部の軸方向鉄筋を機械式継手（東京鉄鋼土木(株)：フリージョイント）で接続した（写真-11 参照）。ここで、柱軸方向鉄筋継手は、設計・施工指針⁴⁾に準拠して、鉛直方向の中心間隔を相互に継手以上離して施工した。柱の鉛直度は、柱頭部に下向きに取り付けたレーザー照射による柱躯体からの離隔計測と転倒防止装置の足元に内蔵された高さ微調整ボルトにより行った。柱の鉛直度を調整後、基礎に定着した PC 鋼棒から反力を取り、センターホールジャッキで転倒防止装置に鉛直力を導入し、HPCa 柱を固定した（写真-12 参照）。その後、柱軸方向鉄筋継手に樹脂グラウトを注入した。最後に、翌日架設する HPCa 柱を軌陸式重量物運搬台車で搬入し、移動式直接高架施工機上に仮置きし、翌日の架設に備えた。

【3日目】：図-5 の STEP2

移動式直接高架施工機上で柱建起し装置を用いて 2 本目の HPCa 柱を建起し、揚重した。前述同様、柱基部の軸方向鉄筋を接続して、柱の鉛直度を調整後、HPCa 柱を固定し、柱軸方向鉄筋継手に樹脂グラウトを注入した。

【4～5日目】：図-5 の STEP3



写真-9 柱搬入



写真-10 柱建起し状況

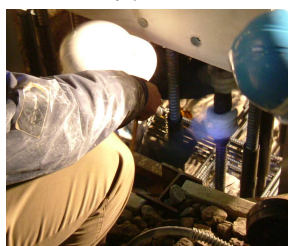


写真-11 鉄筋の接続



写真-12 転倒防止装置の設置

転倒防止装置を撤去し、柱基部の帯鉄筋を所定の位置に配置した。柱基部に専用支保工を配置した後、埋設型枠（川田建設(株)：KK フォーム）を設置した（写真-13 参照）。

【6～7日目】：図-5 の STEP4

中詰めコンクリート（早強、 $\sigma_{ck}=27\text{N/mm}^2$ ）⁴⁾を打設・養生し、柱を完成させた（写真-14 参照）。

【8日目】：図-5 の STEP5

柱上端の HPCa 端横梁支点部に止水ゴムを設置後、端横梁上端の HPCa スラブ支点部に止水ゴムを設置した HPCa 端横梁 1 本をモーターカーで現地へ搬入した。モーターカーの横取り装置によりダブルセンターまで水平移動させ、施工機上のクレーンで柱頭部に架設・固定した（写真-15 参照）。固定は HPCa 柱から突出した軸方向鉄筋に対し HPCa 梁から突出したねじ節の下縁側軸方向鉄筋に被せた鉄板をロックナットで締め込む方法とした（写真-16 参照）。

【9～14日目】：図-5 の STEP6～7

移動式直接高架施工機を移動する。1～7 日目までと同様の施工を行い、柱を構築した。

【15日目】：図-5 の STEP8

縦梁上端の HPCa スラブ支点部に止水ゴムを設置した。HPCa 縦梁 2 本を軌陸式重量物運搬台車で現地へ搬入し、移動式直接高架施工機に仮置きして、翌日の架設に備えた（端横梁の場合は翌々日）。

【16日目】：図-5 の STEP9

柱上端の HPCa 中間横梁と HPCa 縦梁の支点部に止水ゴムを設置後、中間横梁上端の HPCa スラブ支点部に止水ゴムを設置した HPCa 中間横梁 1 本をモーターカーで現地へ搬入し、施工機上のクレーンで柱頭部に架設・固定した。続いて、移動式直接高架施工機に仮置きした HPCa 縦梁 2 本を施工機上のクレーンで柱頭部に架設・固定した。

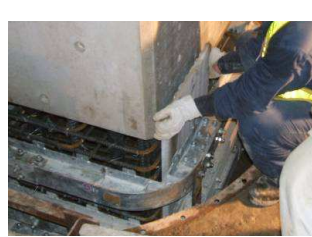


写真-13 埋設型枠設置



写真-14 柱構築完了



写真-15 梁架設状況



写真-16 梁固定状況

【17日目】：図-5のSTEP10

HPCa スラブ間に配置する止水ゴムを予め設置した4枚のHPCa スラブを軌陸式重量物運搬台車で現地へ搬入した。軌陸式重量物運搬台車の横取り装置によりダブルセンターまで水平移動させ、施工機上のクレーンで架設し、固定した（写真-17 参照）。HPCa スラブ間の固定は、ループ継手同士をワイヤークリップで締結する方法とした（写真-18 参照）。また、HPCa スラブ端部の固定は、HPCa スラブから突出している下縁側鉄筋と HPCa 縦梁から突出しているスターラップを押さえ込む固定用鉄筋とをゼスロックで固定する方法とした（写真-19 参照）。

【18日目】：図-5のSTEP11

梁・スラブ筋、型枠等を軌陸式重量物運搬台車で搬入し、施工機上のクレーンで HPCa スラブ上に仮置きした。

【19～50日目】：図-5のSTEP12～14

前述の同様な手順で第2～4径間を構築した。

【50日目】：図-5のSTEP15

移動式直接高架施工機を移動する。

以上、4径間ラーメン高架橋の部材架設を50日のサイクルで施工後（写真-20参照）、柱梁接合部の梁下縁側軸方向鉄筋の接合、帯鉄筋、側方鉄筋、接合部型枠を組み立てた。次に、ラーメン高架橋の柱梁の骨組みを完成させるため、接合部を含むHPCa梁の中詰めコンクリート（普通、 $\sigma_{ck}=36\text{N/mm}^2$ ）⁴⁾を打設した。続いて、HPCaスラブの上側鉄筋を組み立て、場所打ちコンクリート（普通、 $\sigma_{ck}=36\text{N/mm}^2$ ）⁴⁾を打設した。この後、橋面部の直結軌道の施工、壁高欄の設置、軌道等附帯設備の設置を行い、線路を切り替える。線路切り替え後は、地中梁の築造を行い、高架橋が完成する。

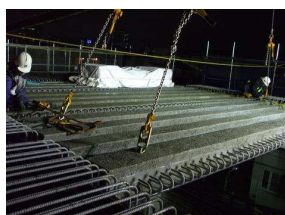


写真-17 スラブ架設



写真-18 スラブ間固定状況

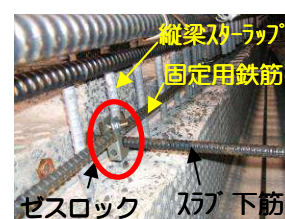


写真-19 スラブ固定状況



写真-20 部材架設完了

(2) 夜間施工工程

「HPCa 工法」を適用した RC ラーメン高架橋築造における基本的な夜間作業の時間工程を図-6 に示す。作業時間は、午前1時10分の停電から午前3時40分の停電解除までの2時間30分で、当夜分の部材架設後、翌日分の部材の荷揚げを行った。1日当りの架設数量は、柱1本、端横梁1本、中間横梁1本と縦梁2本または縦梁2本、スラブ4枚であった。

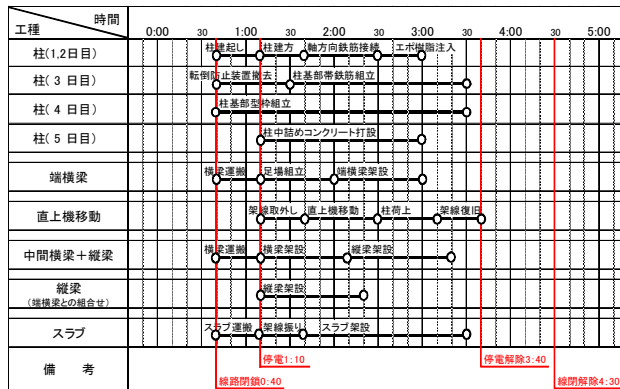


図-6 当夜作業時間工程

4. まとめ

平成21年8月末をもって、移動式直接高架施工機を用いた線路直上での「HPCa工法」の施工が無事完了した。今回紹介した「移動式直接高架施工機」と「HPCa工法」または「SRCラーメン高架橋の構築」の組み合わせとした「直接高架工法」は、新たな仮線用地の取得を極力少なくして営業線直上に高架橋を構築でき、工事の進捗が着実に図れることから特に狭隘な箇所で有効な施工方法である。「直接高架工法」および「HPCa工法」が、今後取り組まれる全国の連続立体交差事業の一助となれば幸いである。

【参考文献】

- 1) 鉄道ACT研究会：No.19鉄道ラーメン高架橋のプレキャスト構築工法，PR対象工法一覧，2008.12
- 2) 黒岩，大滝，谷村，服部：ハーフプレキャスト柱の復元力特性に関する実験的検討，コンクリート工学年次論文集，Vol.27，No.2，pp.619-624，2005
- 3) 荻原，吉田，小島，小倉，吉住，谷高：鉄道ラーメン高架橋構築に適用するハーフプレキャスト柱の組立施工試験，土木学会第61回年次学術講演会，pp.373-374，平成18.9
- 4) (財)鉄道総合技術研究所：ハーフプレキャスト工法を適用した鉄道ラーメン高架橋の設計・施工指針，平成11年3月