

PC 単純下路桁鉄道橋の架替え工事

— 京王井の頭線 下北沢駅改良工事 —

篠田 貴宏*1・岩元 篤史*2・山口 卓*3

本橋は、橋長約 37 m の PC 単純下路桁鉄道橋の架設工事である。営業線の線形はそのまま、旧橋を工事桁化した仮桁に架け替えたのち、営業線の真横で製作した総重量約 700 t の新設 PC 桁を、軌条設備を利用して一晩で架け替える工事である。架橋地点は、京王井の頭線と小田急小田原線が交差する下北沢駅付近であり、施工ヤード周辺は店舗や住宅が密集する地域である。さらに、同時期に構築される小田急小田原線の地下駅舎躯体の直上に位置するため、クレーンや仮設物などの重量物の載荷においてはさまざまな制約が生じた。

本稿は、前述の軌条設備および各種油圧装置を用いて行った PC 単純下路桁鉄道橋の架替えについての工事報告を行うものである。

キーワード：鉄道橋、下路桁、架替え、横取り架設

1. はじめに

京王井の頭線（以下、井の頭線という）の下北沢駅付近では、小田急小田原線（以下、小田急線という）の連続立体交差化と複々線化事業に伴う駅および周辺設備の改良工事が行われている（写真 - 1）。本工事は、そのような状況下で小田急線との交差部において、井の頭線の既設橋梁を撤去し、新しい鉄道橋への架替えを行う工事であった。

図 - 1 に示すよう、改良後の橋梁区間は上下線でそれぞれ橋梁 1・2・3 からなる 3 連の単純桁の橋梁となる。

端部の橋梁 1・3 については、プレキャスト桁を用いてクレーン架設により段階的に架替えを行った。

一方、中央の橋梁 2 は、軌道の外側で構築スペースが確保できたため、桁を現場打ち製作したのちに横取りしての架替えで計画した。いずれも営業線の運行に支障をきたさないよう所定の時間内で滞りなく架替えを完了させる必要があり、作業時間も含めた慎重な計画が求められた。

本稿は、横取り架設にて架替えを行った橋梁 2 を対象として報告する。

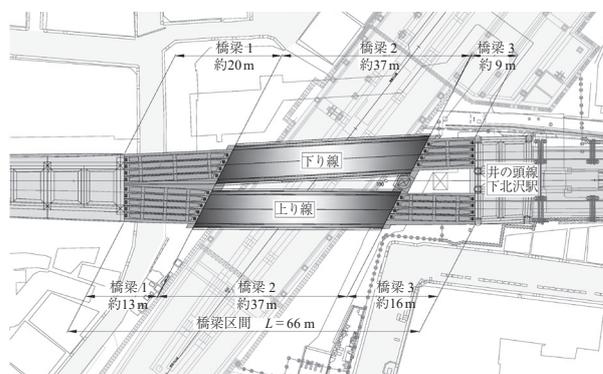


図 - 1 位置図

2. 橋梁概要

本橋の橋梁概要を表 - 1 に示す。また、PC 桁の構造図（上り線）を図 - 2、3 にそれぞれ示す。

表 - 1 橋梁概要

構造形式	ポストテンション方式 PC 単純下路桁橋
線路本数	単線（上下線 おのおの 1 橋）
桁長	36.258 m (37.384 m)
支間長	34.860 m (35.944 m)
桁高	端部；3.05 m 中央部；2.65 m
斜角	63°23'44" (60°07'45")
軌道線形	R = 650 m
設計速度	V = 90 km/h
軌道構造	ラダー軌道
列車荷重	軸重 160 kN (列車標準荷重)

() は下り線



写真 - 1 交差部 架橋地点

*1 Takahiro SHINODA：京王電鉄(株) 鉄道事業本部 工務部 下北沢工事事務所 所長

*2 Atsushi IWAMOTO：大成建設(株) 東京支店 京王下北沢作業所 作業所 所長

*3 Takashi YAMAGUCHI：大成建設(株) 東京支店 京王下北沢作業所 課長

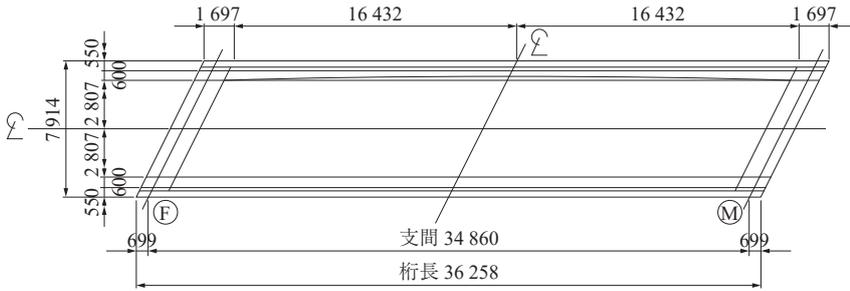


図 - 2 PC 桁平面図 (上り線)

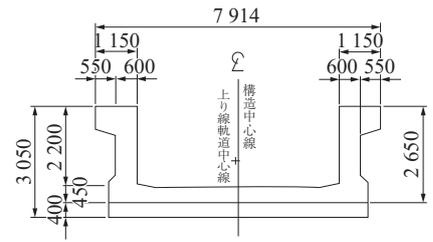


図 - 3 PC 桁断面図 (上り線)

3. 施工概要

3.1 架設概要

架設の概要を図 - 4, 5 に示す。PC 桁の横取り架設は、PC 桁をスライドジャッキ (4000 kN × 4 支点) により支持した状態で、エンドスローラ送出し装置用駆動装置 (以下、牽引用ジャッキという) を用いて牽引し、横取り軌条桁上を滑らせる方法とした。また、PC 桁を牽引し過ぎた場合や位置の微調整作業に備え、引戻し用のジャッキを PC 桁の後方に配置した。

横取りは沓への据付け高さより 50 mm 高い位置で行い、所定の位置まで横取りしたのちにスライドジャッキで降下させた。なお、本工事におけるスライドジャッキは、スライドシップに降下用の鉛直ジャッキを搭載したものであり、PC 桁の横取りと据付けの機能をもたせたものである (写真 - 2)。

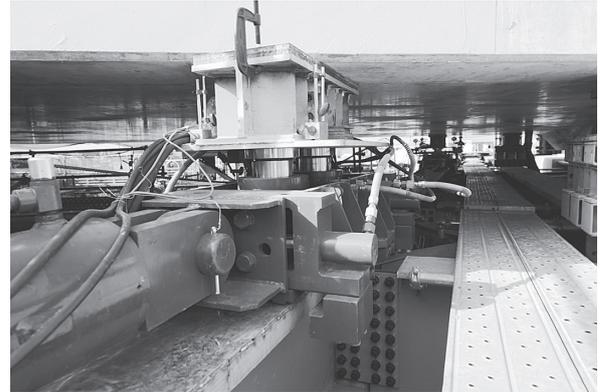


写真 - 2 スライドジャッキ

3.2 架設設備

(1) 軌条設備

PC 桁の横取り用軌条設備として、バントおよび軌条桁を P1, P2 橋脚の前面にそれぞれ設置した (図 - 6)。軌条桁は、分割して製作したブロック桁をバント柱の直上でボルト連結し、約 47 m (= 上下線の製作地点間) を一体として連続化させた。また、上載荷重によるたわみ低減のため、バント柱間の支間は最大で 4 m 程度とした。

軌条桁の上面は横取り時の摩擦係数の低減を目的としてステンレス板 ($t=6\text{ mm}$) を全長にわたり溶接した。また、ステンレス板の接合部は段差が生じないようにグラインダーなどで平滑に研磨した。

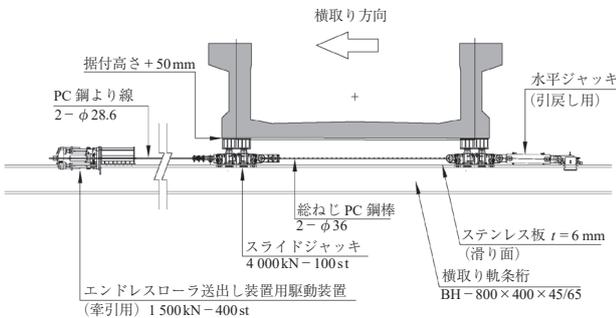


図 - 4 横取り概要図 (断面)

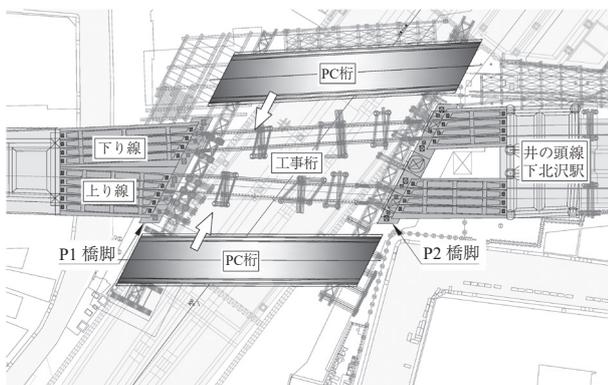


図 - 5 横取り概要図 (平面)

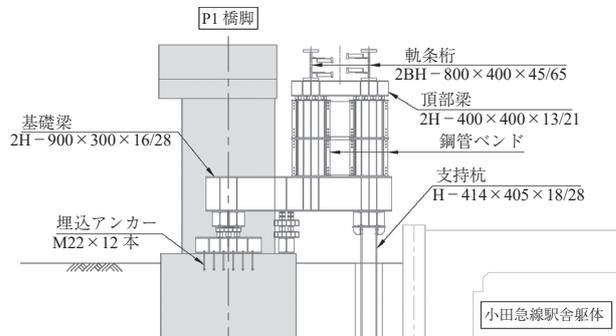


図 - 6 横取り軌条設備

(2) 牽引設備

使用する機材の仕様を表 - 2 に示す。横取りは、PC 桁をスライドジャッキで支持し、横取り軌条桁を滑らせることにより行った。牽引は、牽引用ジャッキ (写真 - 3) を使用し、引き戻し用に水平ジャッキ・H 鋼クランプジャッキ (写真 - 4) を配備した。

表 - 2 横取り設備

設備	仕様	
牽引用設備	エンドレスローラ送出し装置用駆動装置 (牽引用ジャッキ)	Cap. 1 500 kN × 2 台
	PC 鋼より線	2- φ28.6
引き戻し設備	水平ジャッキ	Cap. 1 000 kN, 1 000 st × 2 台
	H 鋼クランプジャッキ	Cap. 800 kN × 2 台
主桁支持点	スライドジャッキ	Cap. 4 000 kN, 100 st × 4 台

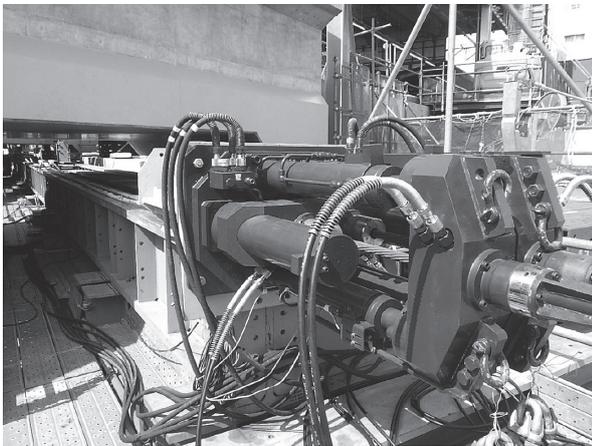


写真 - 3 牽引用ジャッキ

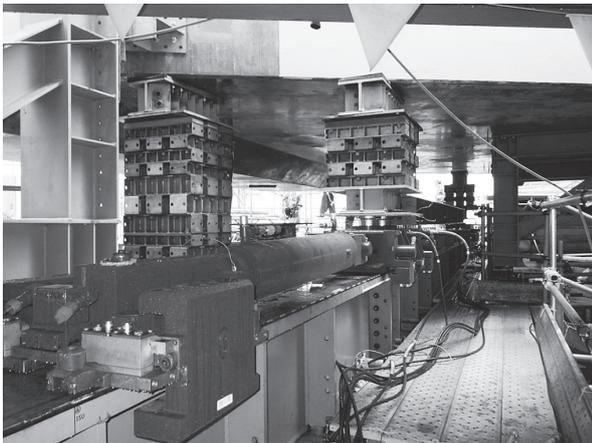


写真 - 4 引き戻し用ジャッキ

3.3 施工上の留意点

(1) 横取り時の支点位置での主桁縁応力

本橋は、軌条桁が橋脚の前面に配置されているため、横取り中と架設後で支点位置が異なる。そのため、横取り中の荷重モデルで PC 桁の縁応力度を検査し、 -2.1 N/mm^2 の制限値内であることを確認した (図 - 7)。

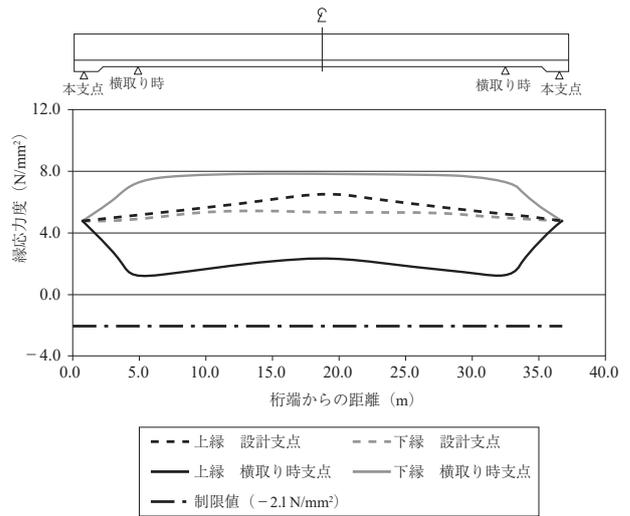


図 - 7 主桁縁応力度

(2) 横取り時の支点反力の制限値

横取り架設中は、軌条桁の不陸、油圧機械の特性によるばらつき、P1 側と P2 側での移動速度の差などによりつねに反力が変動し、設計計算で想定している反力値に対し差異が生じる。本橋は下路桁構造 (開断面) であるため、とくにねじりモーメントによる PC 桁への影響が大きいと懸念された。

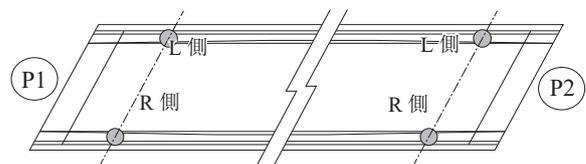
このため、反力のばらつきによる PC 桁への影響検討を事前に実施し、本設構造として PC 桁本体に悪影響を及ぼさないように架設時反力を管理した。

検討では、格子解析により強制的に支点反力を増減させるパラメータ解析を実施し、その際に PC 桁に発生する断面力を算出し安全性の照査を実施した。検討の結果、支点反力は設計計算時の反力に対し $\pm 20\%$ のばらつきが許容されることが確認できた (表 - 3)。実施工においては、スライドジャッキの反力を現場モニターにて集中管理し、その際の一次管理値を $\pm 10\%$ として横取り作業を行った。

表 - 3 横取り時の支点反力

(単位: kN)

支点位置		横取り支点反力			
		設計値	制限値(下限)	制限値(上限)	
上り線	P1	L 側	1 687	1 350	2 024
		R 側	1 605	1 284	1 926
	P2	L 側	1 588	1 270	1 906
		R 側	1 670	1 336	2 004
下り線	P1	L 側	1 731	1 385	2 077
		R 側	1 636	1 309	1 963
	P2	L 側	1 619	1 295	1 943
		R 側	1 714	1 371	2 057



(3) 横取り時の支点不陸量の制限値

横取り軌条桁は、P1側、P2側ともにレベルで計画していたが、横取り中のたわみやベントの沈下による不陸が懸念された。そのため、(2)と同様の手法で支持点の不陸量の制限値を算出した。検討の結果、不陸量の制限値は、どこか1点が沈下した場合は26mm、2点が同時に沈下した場合は13mmまでが許容されることが確認できたため、実施工においては軌条桁の沈下量を常時計測しながら横取りを行った。

3.4 施工ステップ

製作から据付けまでの施工ステップを図-8に示す。当夜の本横取りに先がけ、現軌道の真横で製作したPC桁を製作時点の高さから降下させ、スライドジャッキを設置した(ステップ②)。さらに、ジャッキ類の作動確認と架設当夜のリハーサルを兼ね、一次横取りとして1.8m程度を横取りした(ステップ③)。

架設当夜は、工事桁撤去後に本横取りを行い、あらかじめ設置した沓座へ降下・据付けを行った。当夜の横取り量は、上下線それぞれ8.6m、降下量は50mmである(ステップ④⑤)。

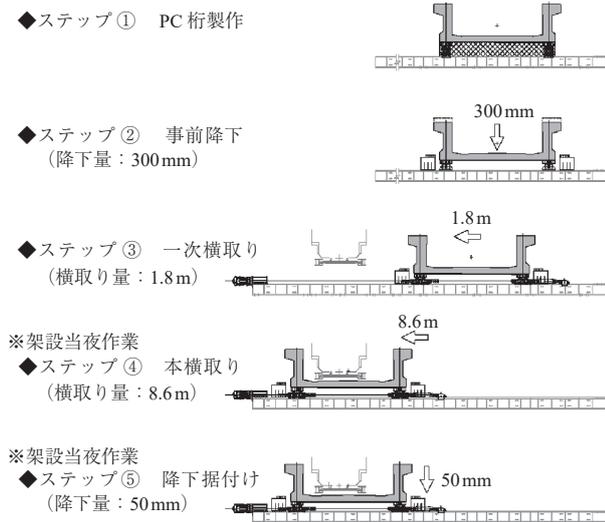


図-8 施工ステップ

4. 架替え作業

4.1 架替え概要

架替えは、上り線と下り線を別々に行った。概要図を図-9に示す。本橋の架替えは、施工延長も長く作業量も多いので通常の線路閉鎖間合いでは作業が終わらないため、当該駅付近の列車を初電から午前10時頃まで運休させる特別な線路閉鎖間合いで行った。

線路閉鎖着手後にレール破線、締結ボルトを先行撤去し、き電停止後に大型クレーンで現軌道の工事桁を撤去した。

PC桁の据付け後、鋼角ストッパーの設置を行った。製作時に上部工側、下部工側にそれぞれ箱抜き開口を設けておき、PC桁の移動後に橋面上から設置した。あと打ちモルタルは後日の施工とし、当夜は仮ストッパーを設置によ

りPC桁の固定を行って架設作業を終えた。

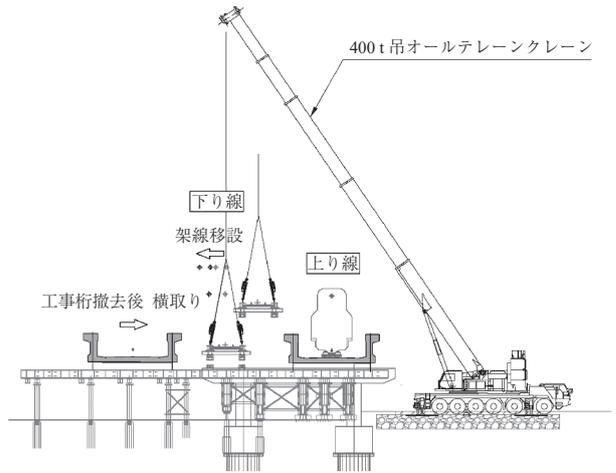


図-9 架替え概要

4.2 工事桁撤去

工事桁の撤去は、400t吊オールテレンクレーンと350t吊クローラクレーンにより行った。当該箇所は図-10に示すように、小田急線との交差部にあたり、クレーンの据付け箇所が小田急線の地下駅舎躯体の直上となる。そのため、ヤード全域を800mm程度嵩上げし、クレーン反力を分散させるとともに、事前に据付け位置を精査し、その直下の上床版の補強を行った。

撤去作業においては、当夜のボルト撤去作業がスムーズに行えるよう、事前に新品のボルトへの入れ替えを行った。また、リハーサルを行い、作業半径、旋回時間、ブームワークなどの確認を行った。さらに、工事桁のジャッキアップによる実重量の測定も併せて行い、計画時の吊重量との差異を確認した。

撤去作業中は、クレーン据付け地盤の変状を確認するとともに、小田急線駅舎躯体の上床版に埋め込んだ計器により異常の有無を確認した。いずれも大きな変状は見られず、撤去作業も順調に行えた。

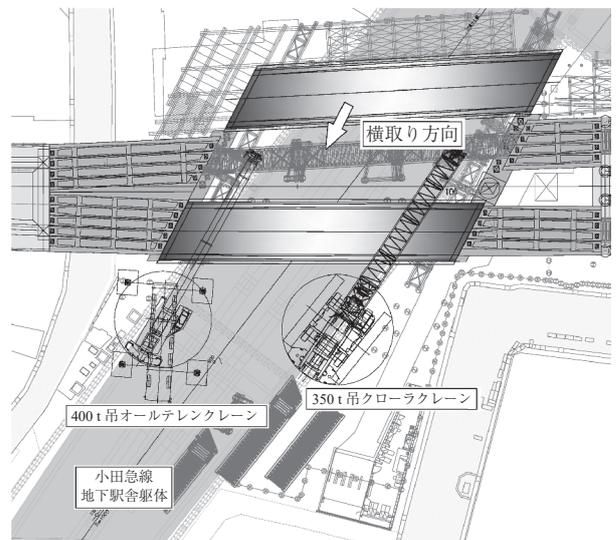


図-10 クレーン配置(下り線架替え時)



写真 - 5 工事桁撤去

4.3 PC 桁架設

工事桁の撤去後に PC 桁の横取りを行った。下り線における PC 桁の横取り中の反力変動の分布を図 - 11 に、摩擦係数の変動分布を図 - 12 に示す。横取り中の PC 桁に生じる支点反力には大きな変動は見られず、終始管理値以内で収まった。また、摩擦係数も 0.05 程度で推移し、牽引設備への過負荷は発生しなかった。

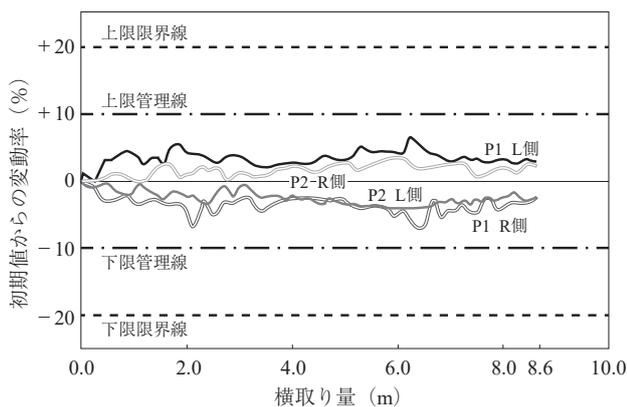


図 - 11 支点反力の変動分布

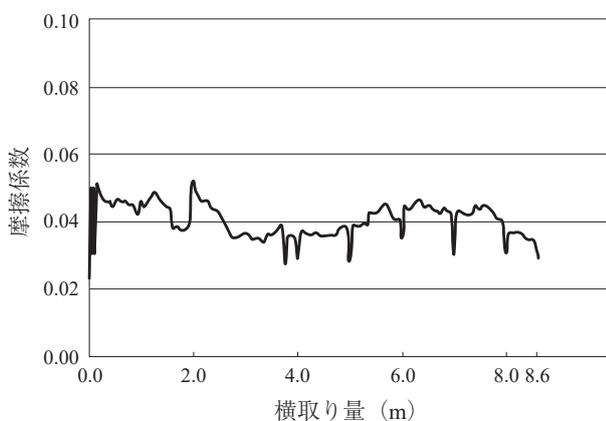


図 - 12 摩擦係数変動分布

移動距離の管理は、軌条に貼り付けたゲージの目視確認に加え、リニアエンコーダーを用いて P1 側、P2 側の相対変位差を設定することにより横取り量を自動制御する方式で行った。結果、変位差はほとんど生じず、精度の良い架設を行うことができた。

横取り方向の最終位置は、牽引ジャッキと引き戻しジャッキを微調整することにより行った。横取り直角方向の最終位置は、スライドジャッキに内蔵したガイド調整ジャッキにて軸方向位置を拘束・調整しながら行った。

所定位置まで横取りしたのちに、スライドジャッキに搭載した鉛直ジャッキのストロークを縮めることにより沓座面まで降下し、PC 桁の据付けを行った。

PC 桁を据付けたのち、鋼角ストッパーの設置を行った。作業時間の低減のため、あらかじめ橋面上に設置しておいた吊り下げる設備を使用して (写真 - 7) PC 桁の据付け後にチェーンブロックで所定の高さに設置した。あと埋めのモルタルは翌日の施工とし、当夜は代替の仮ストッパーを設置し、PC 桁を固定した。

当夜の作業実績工程を図 - 13 に示す。すべての作業を遅滞なく終わられ、当初の計画であった初電から午前 10 時頃まで運休するスケジュールに対して作業時間を短縮でき、始発列車も無事に迎え入れることができた。

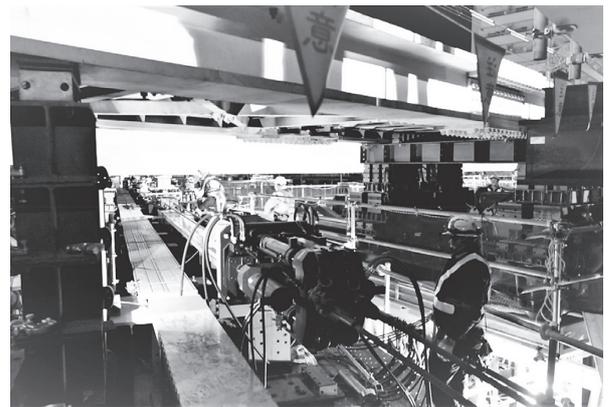


写真 - 6 横取り状況



写真 - 7 鋼角ストッパー設備

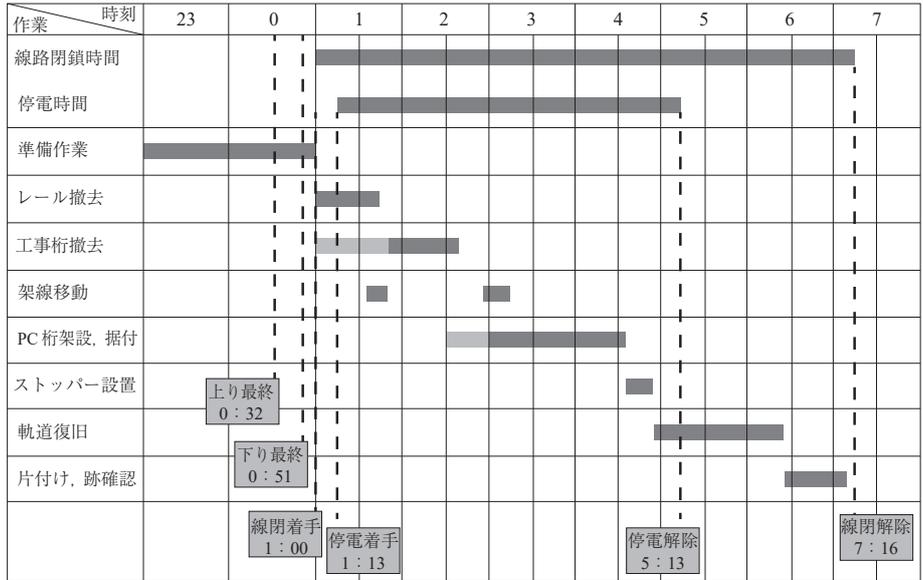


図 - 13 架替え施工サイクル (下り線)

5. おわりに

本橋は、2016年8月から横取りベントの支持杭の施工を開始し、2017年9月からPC桁の製作、2018年2月に上り線、同5月に下り線の架替えを行った。1日に約630本もの列車が通過する主要路線での架替え工事であるため、列車の運行や利用者の方に負担が生じないように、細心の注意を払いながら施工を行い、無事に施工を終えることができた。

架替え当夜にしか行えない作業も多く、きわめて時間制約が多いなかで、入念な計画と予行演習のもと、すべての作業をスムーズに行うことができた。

今回の横取りによる架替えは、仮軌道を設置できない土地条件下において、工事桁の撤去から新桁の架設を一括で行ったものであり、今後増加する老朽化したインフラの更新工事などにも適用できる事例は多いと考える。

最後に、これまでご尽力を賜った関係各位に深く感謝するとともに、本稿が今後の工事の参考になれば幸いである。



写真 - 9 交差部 全景

参考文献

- 1) 篠田貴宏, 網島竜大, 岩元篤史, 山口 卓, 北村 健, 趙 唯堅: UFC 鉄道橋の設計と施工 (京王井の頭線 下北沢駅付近橋梁架け替え工事), 橋梁と基礎, Vol.52, pp.15-20, 2018
- 2) 財) 鉄道総合技術研究所編: 鉄道構造物等設計標準・同解説 コンクリート構造物, 2004.4

【2018年7月2日受付】



写真 - 8 PC 桁全景