

渡良瀬第一高架橋の設計と施工

～異例の二主版桁の押出し架設による 19 径間連続化～

Design and construction of the Watarase Daiichi Viaduct

石田 大

Masaru ISHIDA

川田建設(株)東日本統括支店
事業推進部

今井 平佳

Hirayoshi IMAI

川田建設(株)東日本統括支店
事業推進部技術課課長

村上 賢二

Kenji MURAKAMI

川田建設(株)東日本統括支店
事業推進部技術課係長

阿久津 豊

Yutaka AKUTSU

川田建設(株)東日本統括支店
事業企画部課長

千電 康士郎

Koshiro CHIKAMA

川田建設(株)東日本統括支店
事業推進部課長

本稿は北関東自動車道の渡良瀬川左岸に位置する橋長 520.300m の PRC19 径間連続二主版桁の設計ならびに施工について報告するものである。

本橋の施工は固定式支保工による 2 径間毎の分割施工であり、端径間部は JR 両毛線と交差するため、押出し施工とした。また、PC 鋼材はプレグラウトタイプとし、PC 鋼材の接続は中間支点横桁上でのたすき掛け構造によるウェブ突起定着とした。

キーワード：二主版桁の押出し、外ケーブル、架設中の緊張・解放、応力振幅、19 径間連続化

1. はじめに

北関東自動車道は群馬、栃木、茨城の北関東 3 県を横断し、関越自動車道、東北自動車道、常磐自動車道を結節し、各県の主要都市間の利便性向上として早期完成が期待されている道路である。本橋は、関越自動車道 - 高崎 JCT と東北自動車道 - 岩舟 JCT の中ほど、栃木県足利市に位置する橋長 520.300m の 19 径間連続 PRC 二主版桁橋である。写真 1 に橋梁全景を示す。



写真 1 渡良瀬第一高架橋全景

2. 工事概要

工 事 名	北関東自動車道 渡良瀬第一高架橋 (PC 上部工) 工事
発 注 者	東日本高速道路株式会社
工 期	自) 平成 17 年 6 月 7 日 至) 平成 20 年 9 月 18 日
形 式	19 径間連続 PRC 二主版桁
道 路 規 格	第一種 2 級
活 荷 重	B 活荷重
橋 長	520.300m (橋梁中心) 521.215m (下り線構造中心) 518.585m (上り線構造中心)
桁 高	1.700m
幅 員	10.650m
平 面 線 形	R = ∞ ~ A = 1 000 ~ R = 2 500
縦 断 勾 配	1.536% ~ 1.360%
横 断 勾 配	2.5%
斜 角	P6 : 73° 00' 00" A2 : 90° 00' 00"

図 1 に全体一般図を示す。

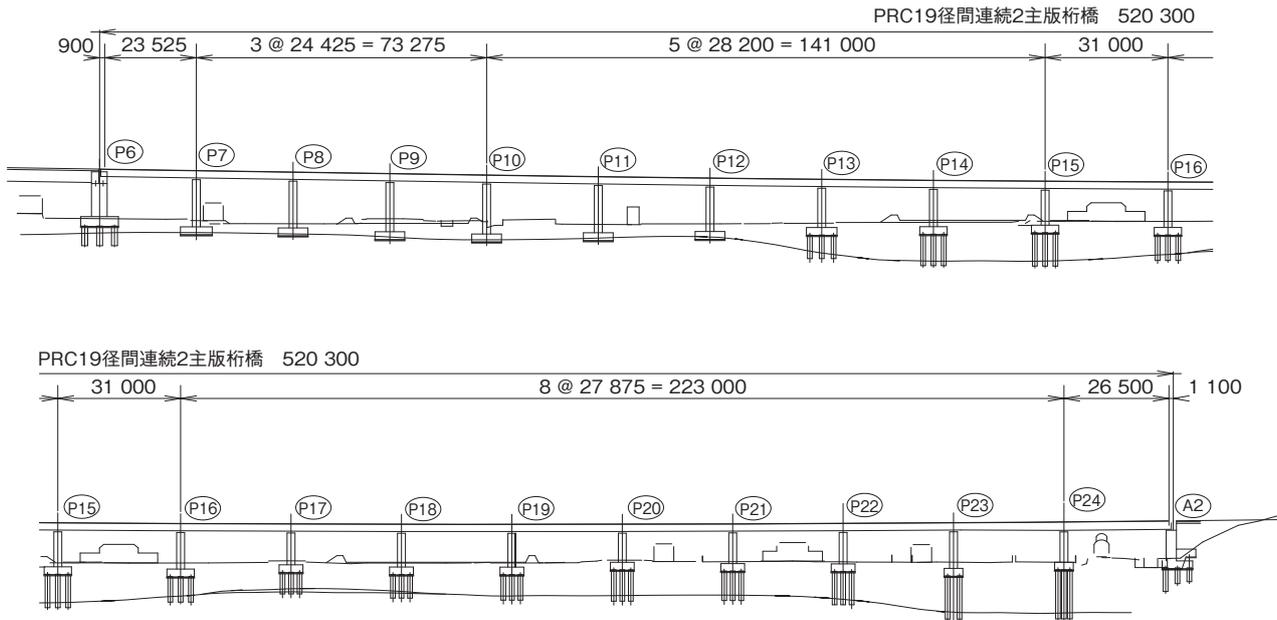


図1 全体一般図

3. 基本設計からの変更点

本橋は基本設計においてPRC18径間連続二主版桁+プレキャスト単純U型コンボ桁（以下PCUコンボ桁）として設計されていた。これは、端径間部（P24～A2径間）がJR両毛線と交差しているため、支保工による施工が困難であり、A2背面で製作したPCUコンボ桁をクレーンにて架設し、架設後に床版および橋面工を施工するという思想で設計されていた。当工法は支保工施工に比べJR上での作業を軽減できるとされており、上下線で各30日の施工日数を見込んでいた（主桁製作期間は含まず）。しかし、詳細設計において、JRおよびJR利用者の安全性を第一に考え、JR営業線上での作業をさらに軽減すべく、A2背面ヤードにて、橋面工（壁高欄+落下物防止柵）まで施工した二主版桁を押し出し工法にて架設することとした。図2に端径間構造変更図を示す。

また、基本設計では移動支保工を使用した1径間毎の施工であったが、経済性および工程短縮の観点から、固定式支保工による2径間毎の施工へと変更した。この変更に伴い、主ケーブルの緊張方法をカプラー接続による片引き緊張から、プレストレスが有効に作用するよう中間支点横桁上でのたすき掛け構造による両引き緊張へと変更した。表1に詳細設計における基本設計からの主な変更点を示す。

4. 押し出し部の設計概要

(1) 押し出し部設計フロー

本来、二主版桁は図心位置が高く、架設ケーブルの配置が困難であるなどの理由から、押し出し工法での採用はない。しかし、本設計においては、押し出し部主桁断面を一般部と同じ二主版桁とし、19径間連続化を図るといった基本コンセプトのもと設計を進めた。図3に押し出し架

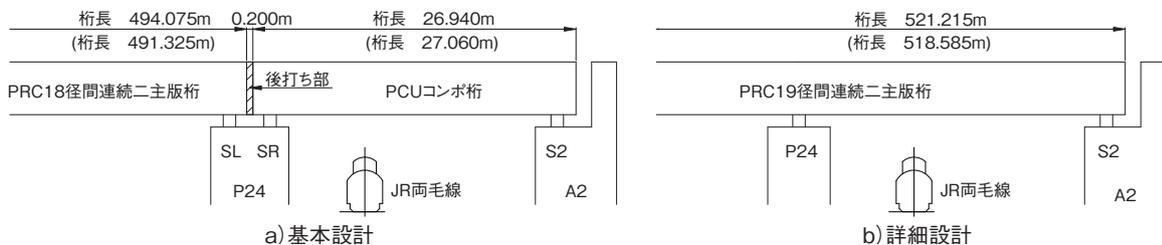


図2 端径間構造変更図

表1 詳細設計における基本設計からの変更点

	基本設計	詳細設計
構造形式	PRC18径間連続二主版桁+PCU単純コンボ桁	PRC19径間連続二主版桁
施工方法	移動支保工による1径間毎の施工	固定式支保工による2径間毎の施工
緊張方法	カプラー接続による片引き緊張	中間支点横桁上たすき掛け構造による両引き緊張
中間横桁	あり	なし（支点横桁のみ）

設部の設計フローを示す。

(2) 架設ステップのグルーピング

全押し長約 52.0m を 25 ステップに分け、応力検討を行った（押しスタートから手延べ先端が仮支承に到達するまでを STEP1～STEP15、それ以降の手延べ撤去までを STEP16～STEP25 としている）。主桁架設時の転倒に対する安全率から手延べ長さを 20.0m とし、押し開始から完了までの全架設ステップにおいて各設計断面に作用する最大圧縮応力度と最大引張応力度の差（「応力振幅」とする）とが許容圧縮応力度と許容引張応力度との差（「許容応力振幅」とする）内に入るかの検討を行った。

検討結果ならびに設計断面位置図をそれぞれ図 4、5 に示す。

図 4 より、一定のプレストレスを与えて、最初から最後まで一括で押し架設ができないということが判明したため、本架設検討において、架設ステップをグルーピングし、各グループ毎に与えるプレストレスを変更する（押し作業中にプレストレスの導入および解放を行う）こととした。

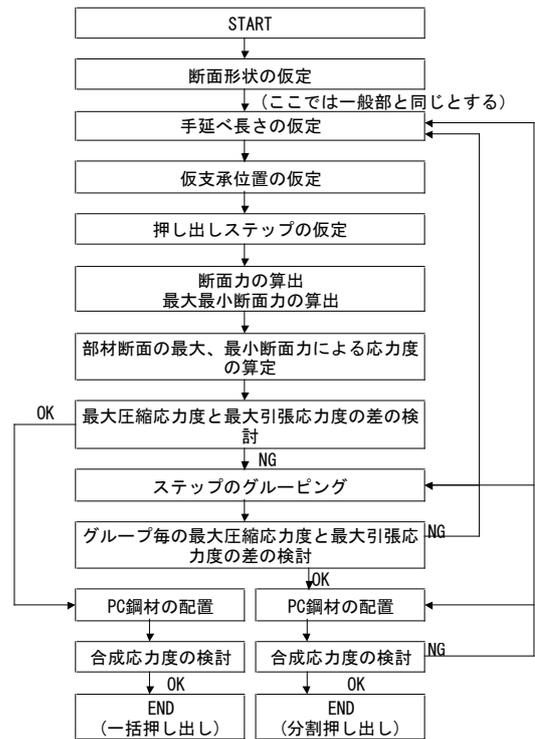


図 3 押し架設部設計フロー

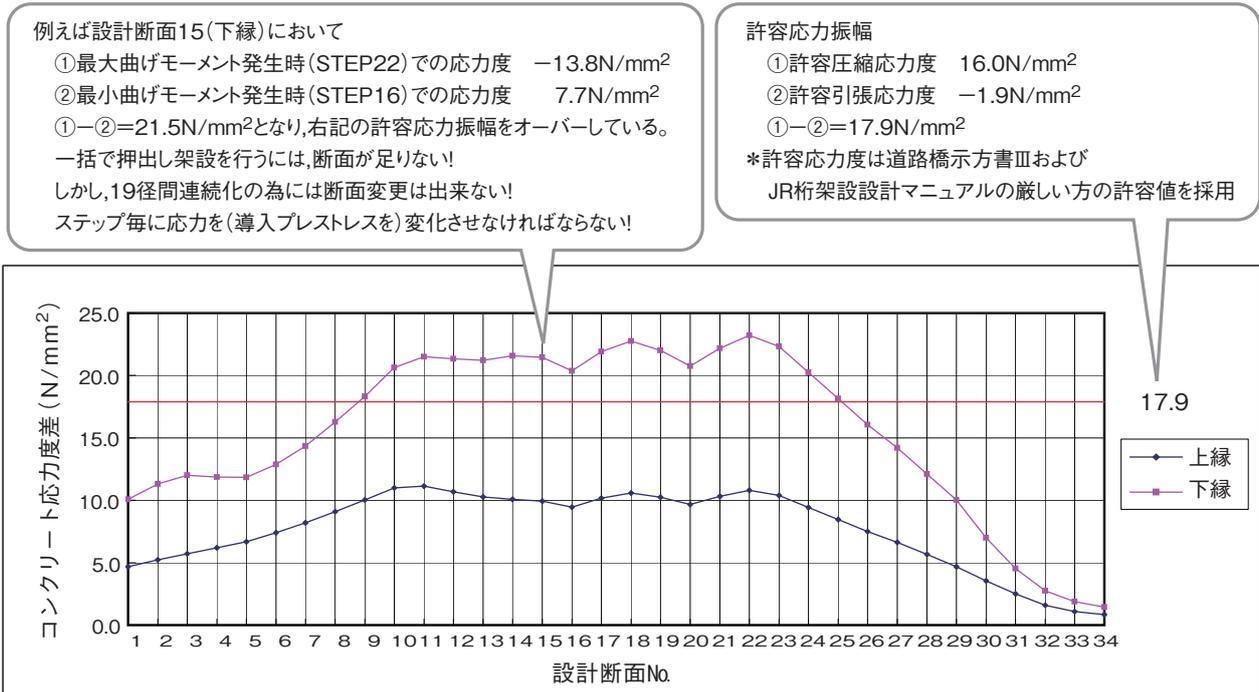


図 4 一括押し時応力振幅図

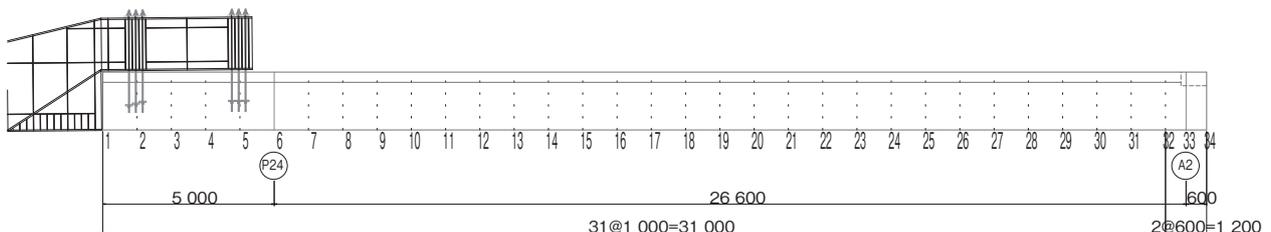
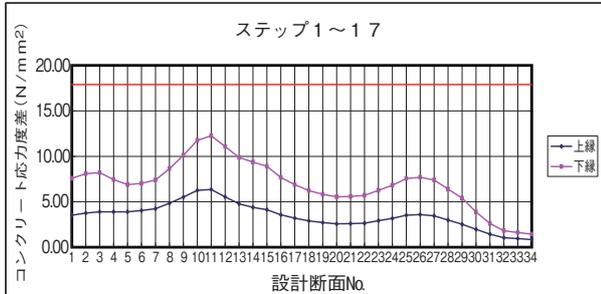


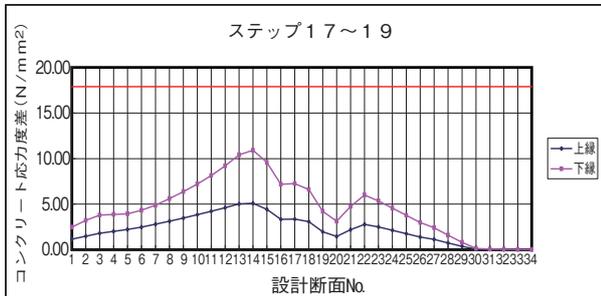
図 5 設計断面位置

本検討において全 25 ステップを

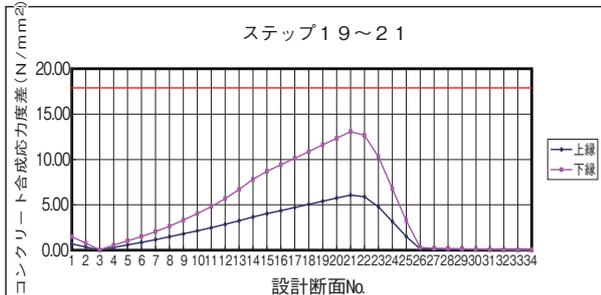
Group1 : STEP1 ~ STEP17, Group2 : STEP17 ~ STEP19,
Group3 : STEP19 ~ STEP21, Group4 : STEP21 ~ STEP25
の 4 グループに分け、それぞれ与えるプレストレスを変更することとした。図 6 にグルーピング後の応力振幅図を示す。



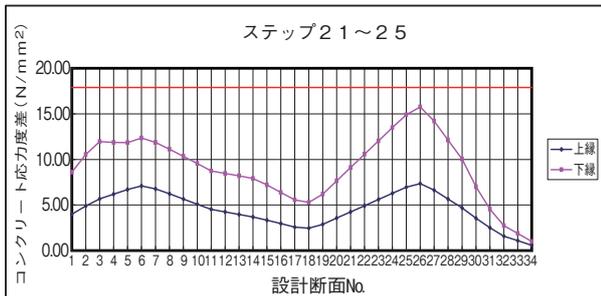
a) Group1



b) Group2



c) Group3



d) Group4

図 6 グループ毎の応力振幅図

(3) PC 鋼材配置

前記した通り、二主桁は図心位置が高く、架設ケーブルの配置作業が困難を要した。内ケーブルのみでは配置困難と判断し、主桁上面に突起を設け(写真 2)、外ケーブルを配置することとした。

P24 支点上は P22 ~ P24 径間の連続ケーブルと押し出し部の連続ケーブル、架設ケーブルが錯綜するため、架設ケーブルには大容量の 19S15.2 を使用し、ケーブル本数を最小限にした。図 7 に PC 鋼材配置図を示す。



写真 2 外ケーブル突起写真

5. 押し出し架設施工計画

押し出し施工の概要を図 8 に示す。連続ケーブル 10/13 本、架設ケーブル(内ケーブル) 2/2 本を緊張し、押し出しをスタートする。JR 上での架設作業はき電停止中に行う事を原則とするが、営業線までの区間(押し出し距離 10.0m)は試験押し出しとして、き電停止前に施工可能であり、試験押し出し終了後、架設ケーブル(外ケーブル)を 2/3 本緊張する。JR き電停止後、押し出しを再開し、18.5m 前進(累計押し出し距離 28.5m)したところで、手延べ桁先端が P24 仮支承に到達する。到達することにより、部材に作用する曲げモーメントが大きく変化するため、到達から 3.5m 前進した位置(累計押し出し距離 32.0m)で、緊張済み外ケーブル 1/2 本を開放する。さらに、8.0m 前進した地点(累計押し出し距離 40.0m)で、外ケーブルを 1 本解放し、未緊張の 1 本を別途緊張後 4.0m 前進する(累計押し出し距離 44.0m)。この地点で押

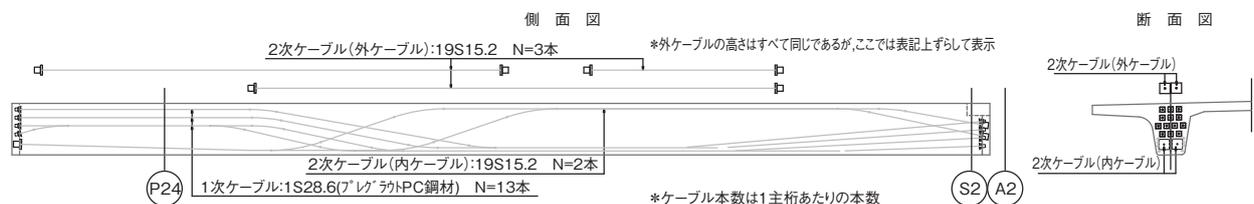


図 7 PC 鋼材配置図

出し残距離 7.9m であり、部材に作用するモーメントは架設完了時のモーメントに近くなる。この時点で未緊張の連続ケーブル 3 本を緊張し、外ケーブルの解放を行い、残りの押し出しを行い、架設完了となる（総押し出し距離 51.9m）。

橋面工（壁高欄 + 落下物防止柵）まで施工済みであるため、JR 上での作業はすべて完了したこととなり、手延べ桁の撤去や内ケーブルの解放作業は列車見張り員を配置しての昼間作業として行う事ができる。

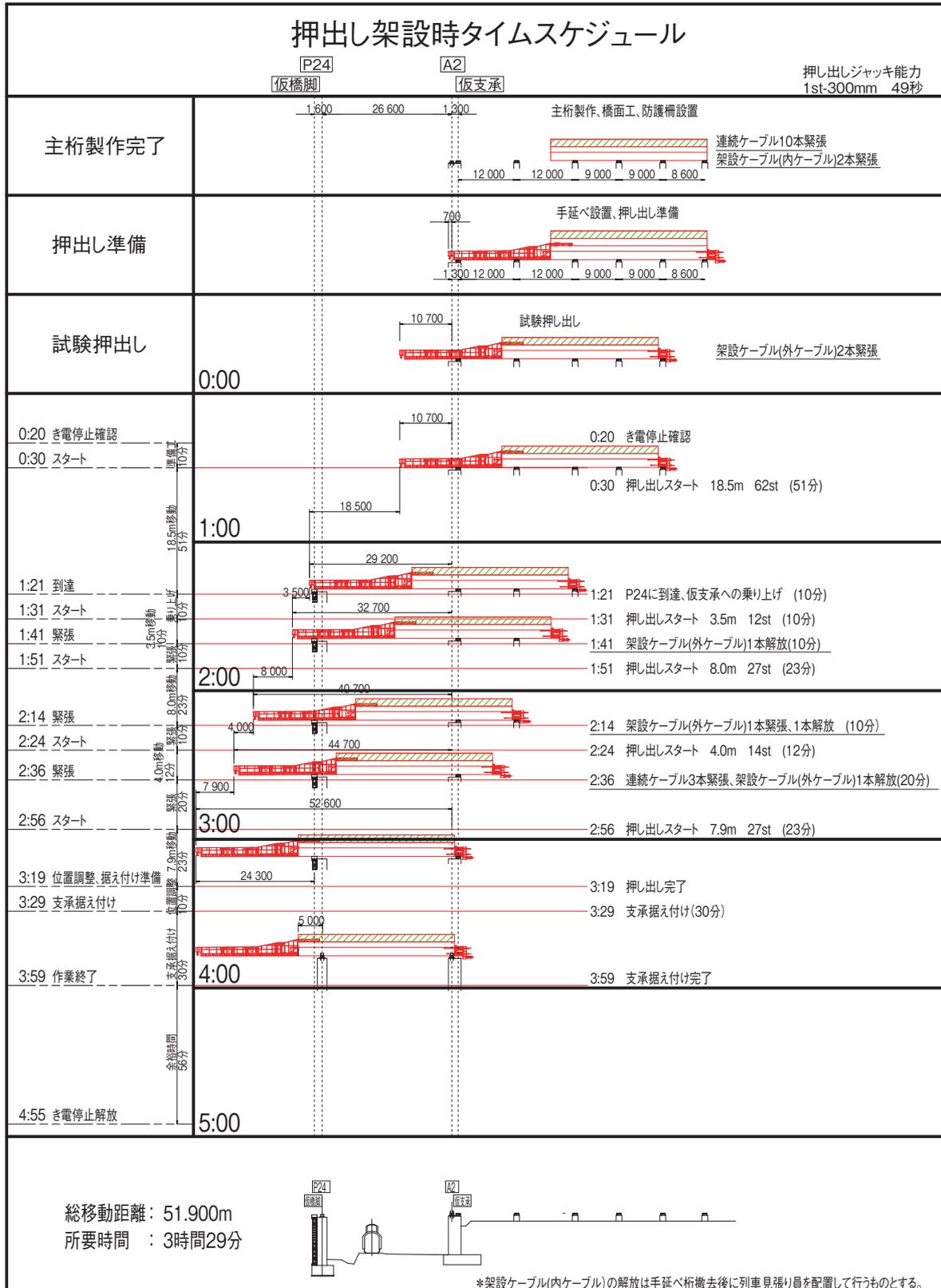


図 8 押し出し架設施工ステップ図

6. 押し出し架設によるメリット, デメリット

押し出し架設採用によるメリットとしては、端径間部の主桁断面を二主版桁とすることで、19径間連続化が図れ、P24橋脚上に2箇所あった支承数を1箇所にする事ができ、さらにP24橋脚の橋軸方向の幅を小さくすることができ、初期建設費用だけでなく、維持管理も含めたライフサイクルコスト（LCC）を低減できたことが挙げられる。そして、なにより当初30日見込まれていたJR営業線上での作業を一夜間で終わらせることができ、安全性を大幅に向上させることができたといえる。

一方、デメリットとしては、外ケーブル突起に作用する大きなせん断力に抵抗するには、突起を主桁と一体化させる必要があり、押し出し完了後の撤去作業や橋面補修が生じた事が挙げられる。

7. 押し出し架設施工概要

図9に押し出架設設備図を示す。P24側主桁断面にはPC鋼材が多く配置されているため、手延べ桁は上面取り付けタイプとした。また、二主版桁の押し出し架設であり、支承位置と仮支承位置が同列となるため主桁後方にも取り付け桁を設置し、押し出し中のプレストレス導入作業を考慮した構造とした。

押し出し作業は、下り線が平成19年6月16日に、上り線が同8月4日に完了した。上り線での施工実績としては、午前0時20分のき電停止より、押し出しをスタートし、同3時20分に押し出し作業を完了し、JRき電停止解除までに余裕を持って終わらせることができた。写真3,4に上り線架設完了写真を示す。

なお、架設業務は東日本高速道路㈱から東日本旅客鉄道へ委託され、当社にて施工を行った。

8. おわりに

本橋の設計業務において、JR営業線上での作業を最小限とすることが最大の目的であり、条件的に厳しい二主版桁の押し出し架設を外ケーブルの採用や、架設中にプレストレスを導入・解放するという手法を取り入れることで、上下線各一夜間で実施できた。今回のケースは特



写真3 上り線架設完了写真（側面）



写真4 上り線架設完了写真（全景）

殊であったものの構造形式及び工法の変更により、JRならびに施工者の安全性を大幅に向上させることができ、LCCを考慮した経済性の向上にも繋がった。また、施工を含めた本業務はNEXCOならびにJRの両顧客に対して当社の技術力の高さを大いにアピールすることが出来た。

本設計業務ならびに本稿執筆にあたり、多大なるアドバイスを戴いた関係各位の皆様に感謝の意を表し、本稿の終わりとする。

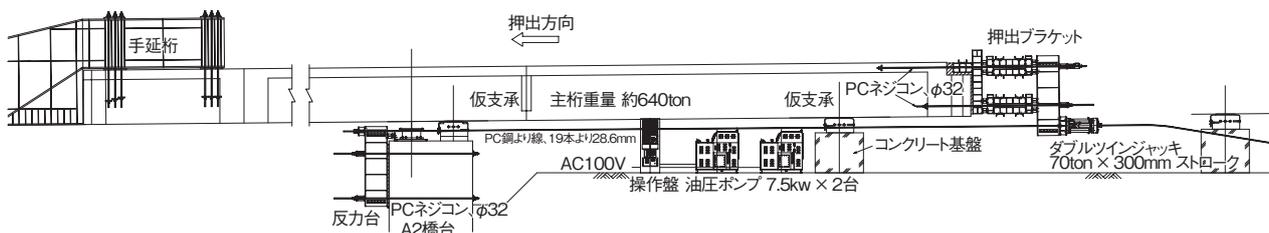


図9 押し出し架設設備図