

大支間鋼単弦ローゼ桁の送り出し架設 —送り出し支間 147m の鋼・PC 混合 3 径間連続アーチ橋の架設—

技術委員会 架設小委員会
村岡 和郎 内田 裕也

1. はじめに

新名神高速道路は、四日市JCT～亀山西JCT（仮称）間を結ぶ路線で、平行する東名阪自動車道の災害時や交通規制時におけるリダンダンシーの確保、および今後見込まれる交通量増大に対する渋滞緩和を目的としている。

本橋は本路線に建設される橋長325mの鋼・PC混合3径間連続アーチ補剛箱桁である（図-2）。現地は、二級河川朝明川上を横断する国道365号バイパスの上に位置する条件で、中央径間225m範囲には大型トラブリブを用いた合理化鋼床版を有する鋼単弦ローゼのアーチ補剛箱桁形式を、側径間には負反力を抑制するためにPC箱桁形式を採用した。ここでは、中央径間の鋼アーチ補剛箱桁部の送り出し・降下施工について報告する。

2. 工事概要

工 事 名：新名神高速道路 朝明川橋他1橋（鋼・PC複合上部工）工事

工事場所：三重県四日市市小牧町

契約工期：平成23年9月23日～平成28年7月5日

発 注 者：中日本高速道路株式会社 名古屋支社

請 負 者：株式会社IHIインフラシステム・

川田工業株式会社・川田建設株式会社

特定建設工事共同企業体

橋 長：325.000m

支 間 長：58.800m+225.000m+38.600m

全 幅：23.910m

有効幅員：9.760m+9.760m

鋼 重：4,766tf

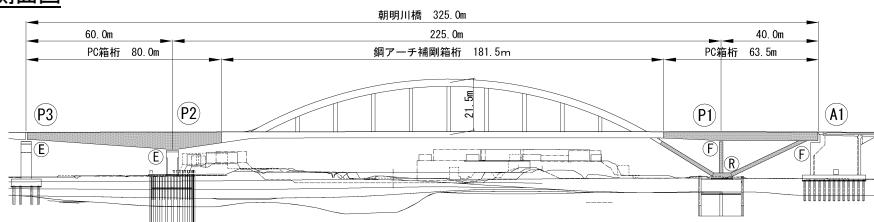


図-1 施工箇所

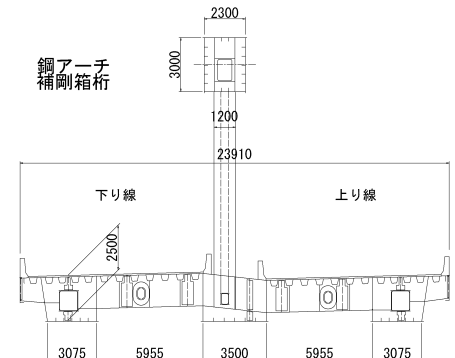


写真-1 施工完了

側面図



断面図



平面図

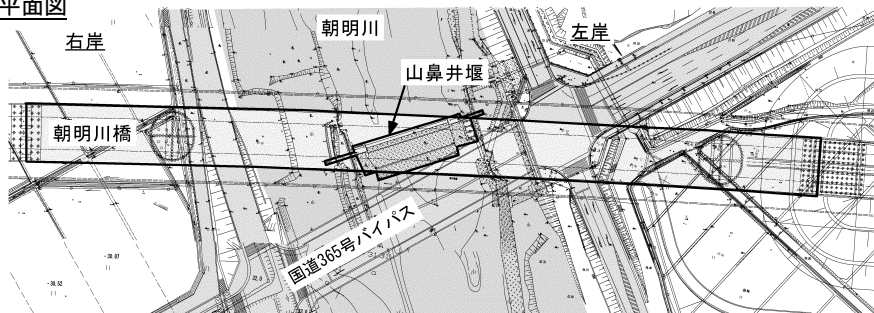


図-2 橋梁一般図

3. 送り出し架設

3.1 送り出し計画

架設要領図を図-3に、送り出し架設鳥瞰図を図-4示す。送り出し桁の地組立は、P7橋脚からP3橋脚までに設けたステージング上で行い、P3橋脚～P2橋脚のPC桁上に手延べ機を配置した。送り出し桁の架設重量が大きいので、手延べ機の作用断面力が大きく、従来の手延べ機材では耐力が不足する。そのため、本工事の他1橋にて製作した鋼細幅箱桁（以下、川北橋）のうち、12ブロックを手延べ機として使用した。送り出し支間を縮小するために河川内高水敷にBT2ペント（以下、BT2）を設置し、到達側であるV型橋脚上のBT1ペント（以下、BT1）までの送り出し支間を147.6mとした。河川内は1濁水期（11月～4月末）で設備の設置から撤去までを完了する必要があるため、送り出し時期は3月初旬に設定した。送り出し時の手延べ機到達先端たわみ量は5.5mとなり、たわみ処理にかかる時間が膨大となるため、夜間通行止め時は国道の交差点上に一夜ペントを設置し、たわみ量を低減させた。送り出しは各支点（P6～P2）およびペント設備（BT2、一夜ペント、BT1）上にエンドレス滑り装置を設置して、推進力にはワイヤー式連続推進力導入設備を採用して実施した。

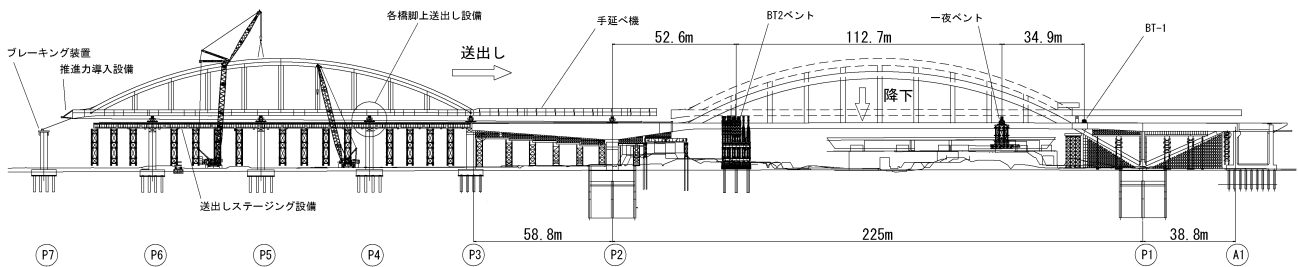


図-3 架設要領図

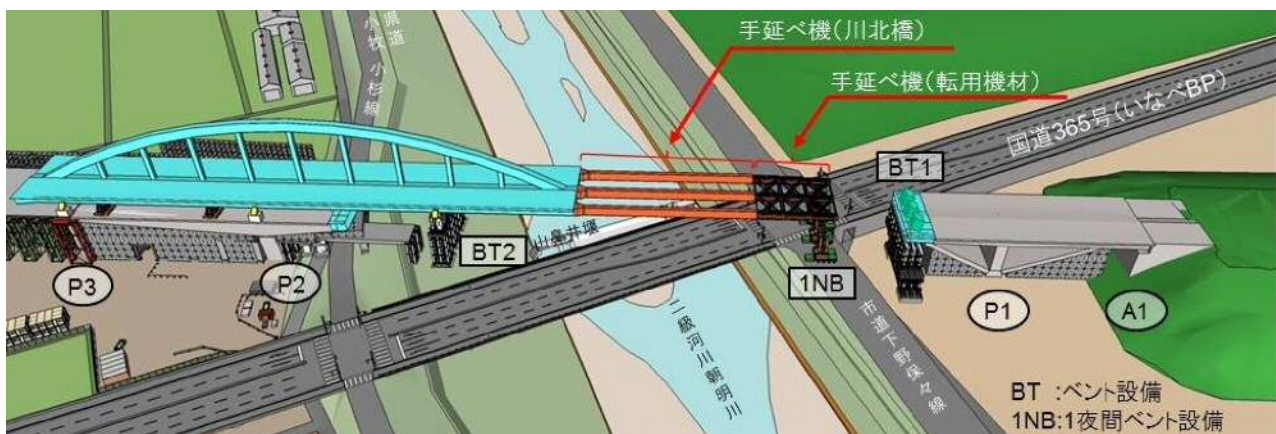


図-4 送り出し鳥瞰図

3.2 仮設備（BT2）

河川内に設置するBT2設備全体の計画最大反力は、手延べ機先端がBT1へ到達し1NBを解放した際の約48,000kNとなるが、地盤耐力が低いため、鋼管杭（φ1000mm×7.5m）36本と鉄筋コンクリートを併用した基礎構造を採用した。また、基礎設備は施工完了後に杭撤去の必要があった。本設備は送り出し作業終了後、サンドル材（高さ150mm）を用いた鉛直ジャッキによる降下作業を実施するため、設備の盛り替え作業軽減のため降下用サンドル材を事前に組み込んだ設備とした。



写真-2 BT2設備

3. 3 送り出し設備

本工事の桁受け部で用いたエンドレス滑り装置の総設置台数は、2,500kNエンドレスが60台、5,000kNエンドレスが18台であった。BT2ベントには計画最大反力として約48,000kNが作用することから、500tエンドレスを12台設置し、主桁1ウェブにつき縦列配置した2台のエンドレス滑り装置で支持を行った。他の橋脚においてもエンドレス滑り装置の縦断配置を行った。また、送り出し桁は曲線の平面線形となっているため、送り出し中は水平ジャッキとH鋼クランプを用いてエンドレス滑り装置をシフトさせることにより、常にウェブ直下を受けることが可能な設備とした。



写真-3 エンドレス滑り装置

送り出し推進装置は、ワイヤー式連続推進力導入設備（以下、ダブルツインジャッキ）を採用し、能力1,500kN×4台（PC鋼より線2本/台使用）、700kN×2台（PC鋼より線1本/台使用）を送り出し桁の後方に配置した（写真-4）。P2桁先端にPC鋼より線を定着させ、送り出し桁の下面に展張し、後方に設置したダブルツインジャッキがPC鋼より線をクランプし、ジャッキが伸縮することにより推進力となり桁を送り出す。ダブルツインジャッキは1本のPC鋼より線を2台のジャッキで交互にクランプ+伸縮を繰り返すことにより、連続稼働を可能としている。

ダブルツインジャッキによる送り出しは、エンドレス滑り装置の摩擦抵抗、勾配による抵抗およびブレーキング装置の抵抗に対し安全率1.5以上の推進能力を確保することで、送り出し速度が1m/minで実施できた。



写真-4 ダブルツインジャッキ設置

3. 4 手延べ機

最大送り出し支間147m（BT2～BT1間）に対して全長170mの鋼桁を送り出すため、鋼桁前方に連結構を含めた72mの手延べ機を取付けた。なお、手延べ機として使用した川北橋は送り出し完了後、製作工場へ輸送し、再塗装した後、本来の工事箇所に架設した。

3. 5 ウェブ間隔変化の対処

朝明川橋、川北橋、手延べ機材の各ウェブ間隔は、朝明川橋G1・G3は2700mm、朝明川橋G2は3500mm、川北橋は1200mm、手延べ機材は2400mmと異なっている。ウェブ間隔が変化するため、連結構がエンドレス滑り装置に到達する際、エンドレス滑り装置の位置変更が必要となる。この作業は送り出しを停止して行う必要があるため、夜間スケジュールに多大な影響を及ぼす。ただし、位置変更時のエンドレス滑り装置の作用反力が許容反力に対して小さく、設置したエンドレス滑り装置のうち、半数で反力を受けることができる場合、**図-5**に示すように、半数のエンドレス滑り装置をあらかじめ、後のステップでのウェブ位置に移動・設置させておく対処を行った。これにより、夜間作業スケジュールを大幅に削減することができた。

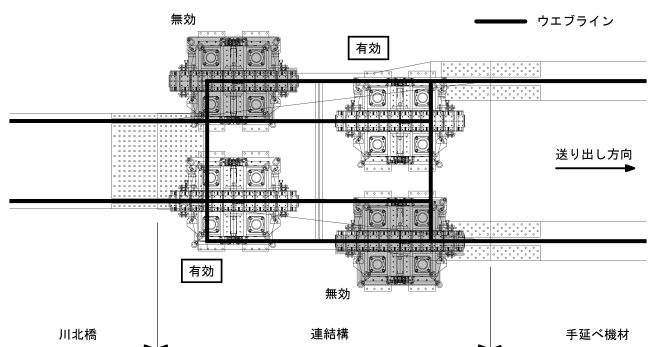


図-5 エンドレス滑り装置のウェブ間変化対応

3. 6 一夜ベント

一夜ベントは多軸式特殊台車（G1、G3桁＝積載能力2,200kN×各2台使用、G2桁＝積載能力1,760kN×2台使用）上にベントを設置し、その上にテーブルリフト（昇降能力2,500kN、ストローク2.2m）およびエンドレス滑り装置（能力2,500kN×1台/web）にて構成された設備とした（写真－5）。



写真－5 一夜ベント設備

送り出し前は付近のヤードにて待機し、国道の通行止め規制後、所定の位置へ自走し据付を行い、一夜ベント同士を横繋ぎ材で連結し、安定を保った状態で手延べ機が上空到達後、リフトアップを行いたわみ処理を実施した。据付位置の直下には埋設管が配置されているため、関係機関と協議の上、最大載荷可能反力を設定し、反力管理を実施しながら送り出しを行った。一夜ベントの走行については、事前に路面を乾燥と湿潤にした状態での走行試験を実施し、本番の実効性を確認した（写真－6、7）。



写真－6 道路上への一夜ベント設置



写真－7 一夜ベントリフトアップによるたわみ取り

3. 7 送り出し作業

単弦ローゼ桁形式の性質上、アーチ部鉛直吊材がエンドレス滑り装置を通過する際はG2桁に荷重が集中する。その割合はG1：G2：G3＝1：5：1となるため、反力調整の作業時間と反力集中による設備の破損等が懸念された。そのため、架設系を再現した立体骨組解析によりステップ毎に反力・変位を算出し管理値を設定した。各支点のエンドレス滑り装置の反力および変位を自動制御システムによりリアルタイムで一元管理し、自動的に支点高さを調整して反力の不均等を解消する設備とした。

夜間通行止め規制を伴う送り出し架設に先駆けて、手延べ機先端が国道365号員弁バイパスに差し掛かる直前までの送り出し（約98m）を昼間作業にて実施し、自動制御システムの有効性および問題点の抽出等の確認を行った（写真－8、9）。



写真－8 送り出し架設全景（P1側到達部）



写真－9 送り出し架設全景（P2側）

国道365号員弁バイパス上の夜間送り出しについては残り158mを平成27年3月5日より実施し、一夜ベント設備等を用いて無事完了した。夜間送り出し状況を写真-10、送り出し完了状態を写真-11に示す。



写真-10 夜間送り出し状況



写真-11 送り出し完了

4. 2 設備と降下作業

BT1 部はセッティングビームに設置した能力10,000kNの鉛直ジャッキを4点支持にて降下を行った。降下反力合計は18,482kNとなっており、1点あたりの降下反力は不均等を考慮して5,672kNであった(写真-12)。



写真-12 BT1降下設備

BT2 部はベント上に能力6,000kNの鉛直ジャッキを1webあたり1台の計6点支持にて降下を行った。1点あたりの降下反力は不均等を考慮して5,219kNであった(写真-13)。



写真-13 BT2降下設備

4. 桁降下工

4. 1 降下概要

桁降下作業は、BT1 および BT2 設備上にて、鉛直ジャッキを用いた通常のサンドル降下工法を採用した。降下量はBT1 部が5.0m、BT2 部が4.7m とほぼ同じ降下量のため、基本的に300mm(サンドル材2段分)ずつ交互に降下を実施した(図-6)。

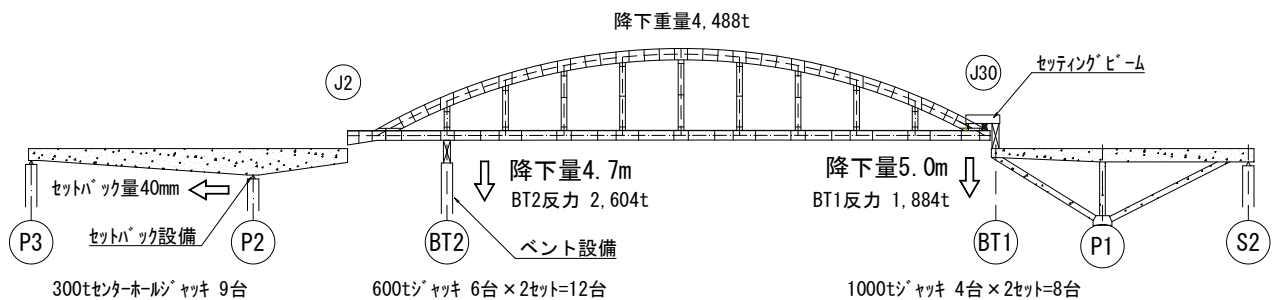


図-6 降下概要図

降下反力についても送り出し架設と同様に、G2 桁側に反力が集中することから、集中制御によりジャッキの反力を均等に保ちながら降下作業を実施した。また降下作業中に降下桁が平面的にずれた場合は、鉛直ジャッキの下に水平調整装置を設置し、平面位置のずれを修正した。

降下作業時は、国道 365 号員弁バイパスを夜間通行止め規制にて実施した。

降下完了状態を写真-14 に示す。



写真-14 降下完了

5. 桁落としし込み・閉合工

5. 1 桁落としし込み・閉合計画

鋼桁の降下は長スパンかつ大断面の落としし込み作業となるため、落としし込み間隔の確保とその後の閉合作業が困難になることが予想された。

落としし込み間隔確保については、P2 橋脚部にセンターホールジャッキを設置して、PC 桁をセットバックすることにより、落としし込み間隔を確保した。また、閉合時はセットフォワード作業も可能となる設備とした。

5. 2 設備と閉合作業

P2 および P3 支承をせん断変形させるために必要な水平力は 25,939kN であるため、PC 桁のセットバック作業は、3,000kN センターホールジャッキ計 9 台を使用して実施した (図-7、8、写真-15)。

センターホールジャッキは P2 橋脚上と PC 上部工下面に取り付けた鋼製ブラケットに設置した。

桁降下前に上記要領で PC 桁を 40mm セットバックし、落としし込み間隔を確保することにより確実な作業が実施できた。また、閉合はジャッキの解放途中の支承変位復元時に可能となったため、セットフォワードは不要であり、スムーズな閉合が実施できた。

正面図

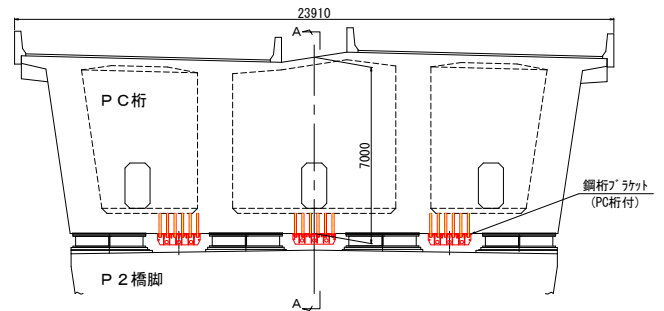


図-7 セットバックブラケット設置図

側面図 (A-A)

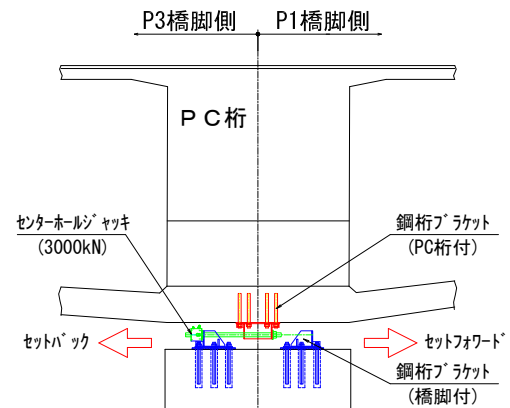


図-8 セットバックブラケット設置図



写真-15 セットバック作業状況

6. おわりに

本工事は現場施工だけで3年間の長期間で、かつ難易度の高い工事であったが、PC 施工も含めて無事故でしゅん功を迎えることができたことは、すべての関係者の努力の賜物だと思っております。

最後に、本工事に対しご指導、ご協力いただいた関係者の皆様に深く感謝の意を表します。