

各務原大橋上部工の施工ー移動架設桁を用いた張出し架設ー

清水建設(株)	正会員	○栃木	謙一
清水建設(株)	正会員	小野	秀平
清水建設(株)	正会員	高島	英一



はじめに

平成 16 年 11 月 1 日、旧各務原市と旧川島町とが合併し、現在の各務原市が誕生したのを契機に、両地域の市民交流の拡大や周辺道路の慢性的な渋滞緩和を目的として、各務原大橋を含む那加小網線（各務原市上戸町と川島小網町を結ぶ総延長約 2.6km）が各務原市を事業主体とし計画された。

橋梁形式を選定するにあたり、外部委員を含めた検討委員会が設置された。この委員会により提言された「木曽川という雄大なランドスケープを引き立て、それと調和し、融合するシンプルで素朴な橋。また、渡りゆく人々が水と緑を感じながら楽しくわたることができるような、歩いてみたくなる橋」のキーワードに基づき、公開プロポーザルが実施された結果、「対話する橋」をコンセプトとした PC10 径間連続フィンバック橋が選定された。

本橋は、曲線を多用したフィンバックを有する 2 室箱桁断面やプレキャスト部材で構成された歩道部など、特徴的な構造となっている。また、早期の開通を実現するため、出水期も施工可能な移動架設桁を用いた張出し架設工法を採用するなど、工期の短縮を図っている。

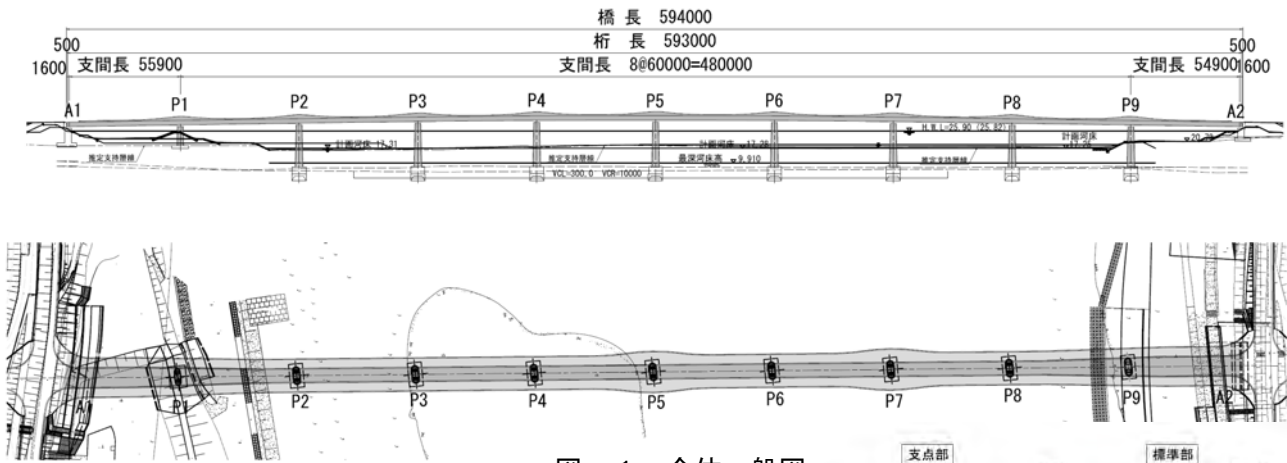
本稿では、移動架設桁を用いた張出し架設に改良を加え、特徴的な主桁断面と短工期施工に適応させた、各務原大橋の施工について報告する。

キーワード フィンバック橋、移動架設桁を用いた張出し架設、P&Z 工法、短工期施工

連絡先 〒104-8370 東京都中央区京橋二丁目 16-1 清水建設(株)土木技術本部設計第一部 TEL 03-3561-8672

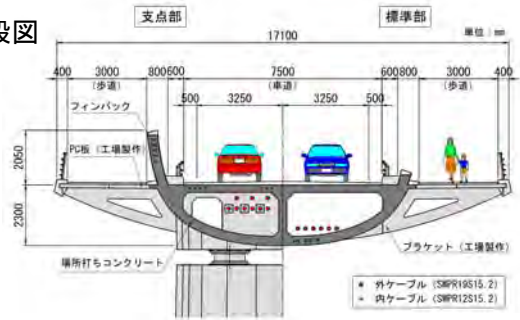
1. 工事概要

各務原大橋は、一級河川の木曽川を渡河する橋長 594m の PC10 径間連続フィンバック橋である。図－1 に全体一般図、図－2 に主桁断面図、写真－1 に主桁断面を示す。また、工事概要を表－1 に示す。



図－1 全体一般図

表－1 工事概要	
工 事 名	(仮称) 各務原大橋上部工工事
工 事 場 所	岐阜県各務原市上中屋町～川島小網町 地内
発 注 者	各務原市
施 工 者	清水・前田特定建設工事共同企業体
工 期	平成22年7月2日～平成25年3月25日
橋 長	594.0m
支 間 長	54.9m＋8@60.0m＋55.9m
幅員構成	車道7.5m～10.5m 歩道3.0m～5.0m
構造形式	P C10径間連続フィンバック橋
架 設 工 法	移動架設桁を用いた張出し架設工法 移動作業車を用いた張出し架設工法 固定支保工式架設工法



図－2 主桁断面図



写真－1 主桁断面

2. 各務原大橋上部工工事の特徴

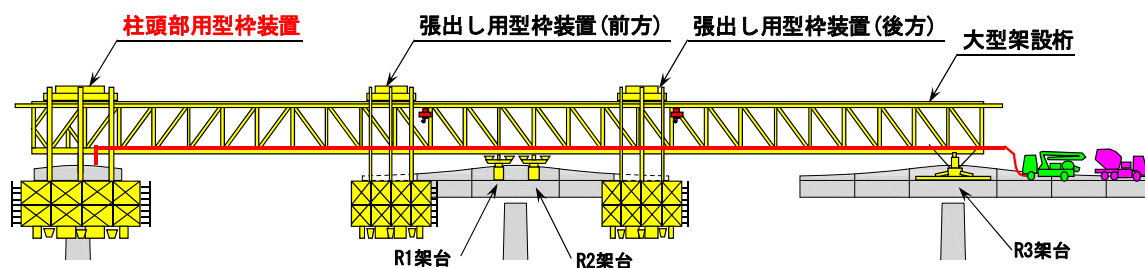
2－1 フィンバックを有する特徴的な主桁断面

本橋は、橋面に突き出したフィンバックの緩やかな曲線が、周囲の山並みに調和したデザインになっている。主桁断面は、曲線を多用したフィンバックを有する特徴的な2室箱桁断面であり、車道部分は現場打ちコンクリート、歩道部分は工場製作のブラケット・PC板により構成されている。

歩道部分は、張出し架設時に主桁と一体化されたブラケット上に、PC板を敷設し、間詰めコンクリートによりPC板とブラケットを一体化させる構造となっている。

2－2 短工期施工

本橋のように河川上に橋梁を架設する場合、非出水期に仮設栈橋を構築し、下部工および柱頭部の完成後、各柱頭部から移動作業車を用いて張出し架設を行うことが一般的であるが、本橋においては工期の短縮を図るため、出水期でも施工可能な移動架設桁を用いた張出し架設工法(図－3)が採用された。本工法は、移動架設桁から懸垂された型枠装置で橋体を構築するものであり、工事に必要な資機材の運搬や工事関係者の移動を、すでに完成した橋体と移動架設桁を経由して行うため、桁下からの作業を必要としないという特徴がある。さらに、所定の工期内に収めるため、P9張出施工部においては、移動作業車を用いた張出し架設工法により、先行して施工を行った。



図一 3 移動架設桁を用いた張出し架設

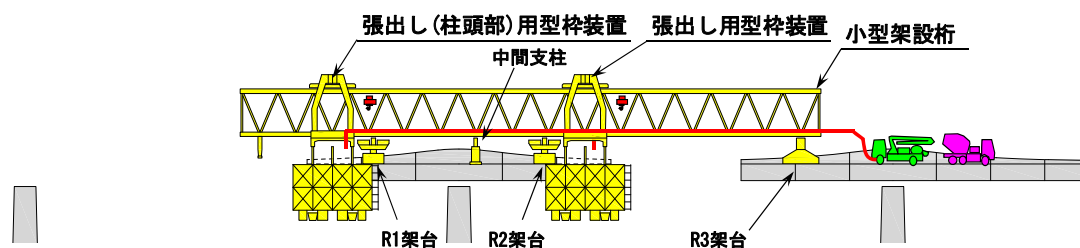


図-4 従来の P&Z 工法

また、歩道部に工場製作のプレキャスト部材（ブラケットと PC 板）を採用し、PC 板を張出架設完了後の施工とすることにより、工期の短縮を図った。

2-3 橋面工

本橋は、自然石による親柱やベンチ、灰色御影石の笠石や縁石、せっ器質陶板のタイルを設置するなど意匠性に富んだデザインが特徴的である。また、LED 照明を設置し、フィンバックや桁下のライトアップも実施されている。橋面工事は、上部工工事とは別工事として施工が行われた。

3. 移動架設桁を用いた張出し架設

移動架設術を用いた張出し架設工法は桁下からの作業を必要としないため、出水期でも施工可能であり、工期の短縮を図れる一方で、以下のような課題があった。

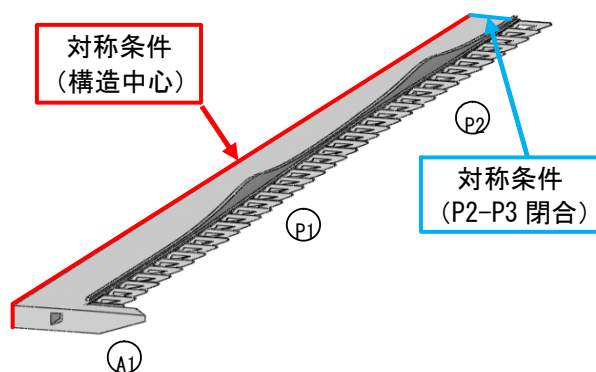
3-1 施工上の課題

架設工法は、設計の段階から移動架設桁を用いた張出し架設工法が採用されていた。設計では、ボックスガーダー式の架設桁が計画されていたが、本工事ではトラス形式の架設桁（P&Z 工法）を採用した。移動架設桁を用いた張出し架設においては、一方の河岸から片押しで施工していくため、繰返し行われる張出し架設の基本サイクルを短縮することが課題であった。

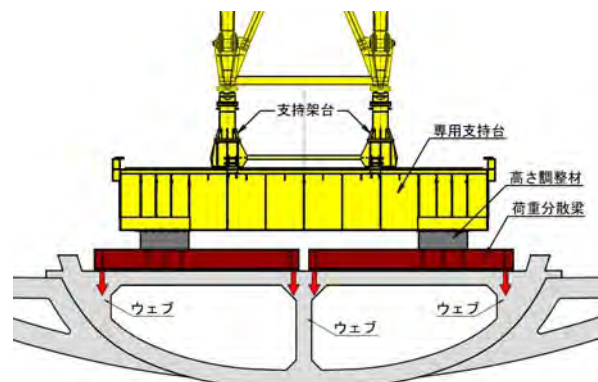
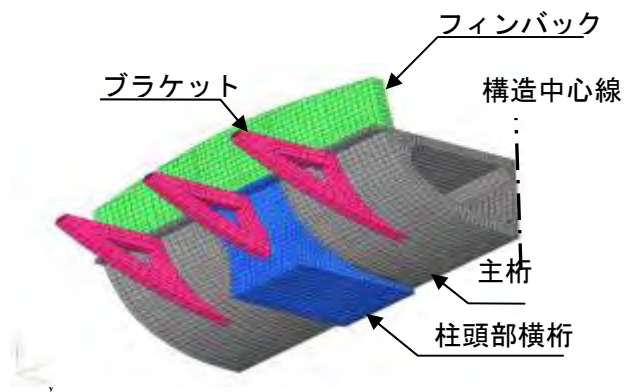
また、架設桁は橋面上に設置された支持架台によって支持される。そのため、総重量約 1,000t の装置荷重が、架台反力として桁高を抑えた 2 室箱桁断面の橋体に作用することになる。そこで、過大な応力度が橋体に発生しない施工手順や装置の支持方法が課題となった。

3-2 工期短縮に対する検討

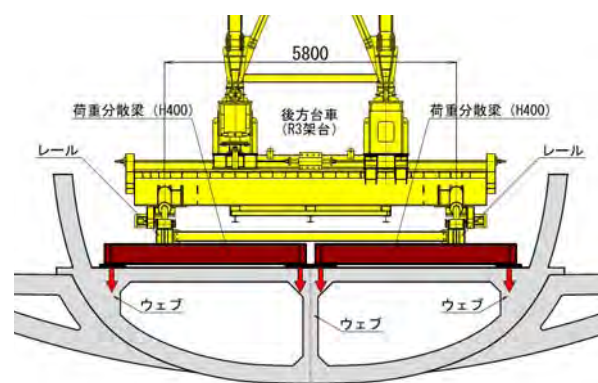
本橋は、最大支間が 60m の 10 径間連続フィンバック橋である。従来の P&Z 工法では、小型装置（架設桁長 80m 程度）を用いて、張出し施工と柱頭部施工を交互に実施する方法が一般的であった（図－4）。しかしながら、この一般的な方法では所定の工期内に収まらないため、本工事では工期短縮を目的として、大型装置（架設桁長 133m）を用いて、張出し施工と次径間の柱頭部施工を同時に行った。そのため、通常の P&Z 工法で用いる張出し用型枠装置に加え、柱頭部専用の型枠装置 1 基を製作・使用した（図－3）。また、架設桁の能力（抵抗曲げモーメント）に余裕のある大型装置を採用することにより、架設桁の支持架台を橋脚（柱頭部）上に定置した状態で張出し架設を行うことを可能にした。これらの工夫により、従来の P&Z 工法と比較して、約 11 カ月の工期短縮を実現した。



図－５ 解析モデル



図－６ 支持架台 断面図



図－７ R3 架台 断面図

３－３ 装置荷重に対する検討

架設桁は橋面上に設置された支持架台によって支持される。そのため、総重量約 1,000t の装置荷重が、架台反力として桁高を抑えた 2 室箱桁断面の橋体に作用することになる。P&Z 工法では、装置自体の重量に加え、張出しブロックのコンクリート重量が架台反力として橋体に作用する。３－２で述べた支持架台を柱頭部に上定置した状態のほかに、装置全体を次径間の施工位置まで移動する際（以下、径間移動時）には、柱頭部以外の主桁に架設置からの反力が作用する状態が生じる。この状態においても部材厚の薄いスレンダーな主桁に有害なひび割れを生じさせない検討が必要であった。

また、本橋の主桁断面は、半楕円形の 2 室箱桁（一部拡幅部は 3 室箱桁）でありフィンバックを有している。一般的な箱桁断面は、曲げモーメントに対しては床版が、せん断力に対してはウェブが主に抵抗し、耐荷機構が明確である。それに対し、本橋の断面は部材ごとの力の伝達や分担が複雑なことに加え、ねじれを含む 3 次元的な変形が予想された。

そのため、骨組解析などの簡便な手法では発生応力および変形の把握が困難であると判断し、施工段階を考慮した 3 次元 FEM 解析を実施した。解析結果から各種作用荷重に対する変形および応力発生メカニズムを明らかにし、架設手順や荷重の載荷位置の変更、補強鉄筋の追加などの対策を実施した。3 次元 FEM 解析に用いたモデルを図－５に示す。

架設桁の径間移動時には、支持架台である R1・R2 架台や中間支柱（径間移動時に一時的に架設桁を支持）の反力により、作用位置付近の断面において過大な応力の発生が予測された。一方、径間移動時に推進装置となる R3 架台においても、床板支間の中央付近に、設計荷重（T 荷重）を上回る荷重が作用することが予測された。そのため、ウェブに荷重を直接伝達させるための荷重分散梁を設置して対応した（図－６，７）。また、R3 架台の荷重分散梁の設置間隔（500～1250mm）は、施工ステップごとに架台反力を算出し、決定した。

柱頭部横桁には外ウェブと並んでマンホールが配置されているため、上記の対策だけではマンホール付近に過大な引張応力度が発生した（図－８）。そこで、最も応力状態が厳しくなる架設ステップに対して、補強鉄筋量を算定し、配置することにより、ひび割れ幅の制御を行った。

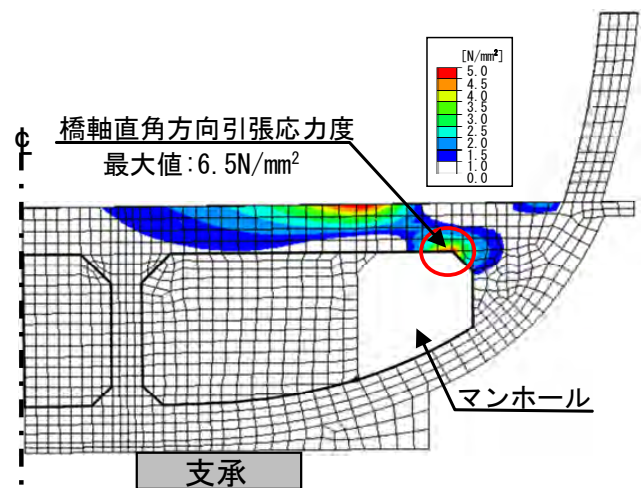
３－４ 実施工

１） 施工手順

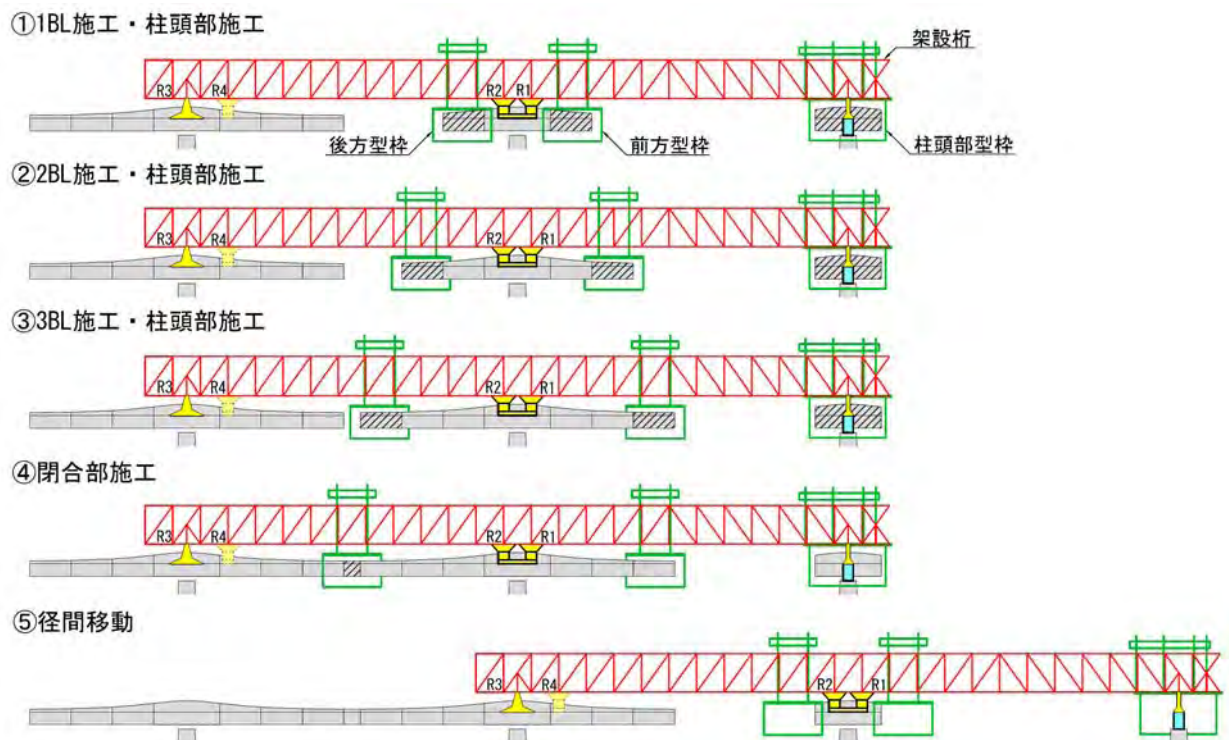
図－９に移動架設桁を用いた張出し架設工法における径間ごとの標準的な施工手順を示す。柱頭部の施工と並行して張出し施工（１～３ＢＬ）を行い、完了後、後方型枠装置を使用して閉合部の施工を行った。その後、径間移動を実施した。

施工開始直後は、下床版・ウェブ鉄筋の組立て後に上床版型枠の組立てを行い、その後、上床版鉄筋の組立てと並行して内枠の組立てを行っていた。しかしながら、本橋においては、内枠（下床版の押さえ型枠）が曲線形状であること、さらに桁高が低く、狭隘な箇所での施工となるため（写真－２）、下床版・ウェブ鉄筋の組立て後に内枠の組立てを行い、その後、上床版型枠の組立てを行う施工手順に変更した。これにより、上床版鉄筋の組立てが遅れることになったが、内枠組立ての施工性が大きく向上し、結果として工程（サイクルタイム）を短縮できた。写真－３に施工状況を示す。移動作業車を用いた張出し架設においても、同様の手順で施工を行った。

また、前述のように、橋体への影響が小さくなる施工手順や支持架台の設置方法を事前に計画したが、径間移動時には、架設桁の支持状態の変化に伴い、架設桁のたわみや橋体に作用する装置荷重が大きく変化する。そのため、架設桁のたわみや各架台の反力を逐次計測し、計画値との比較をしながら、慎重に作業を進めた。その結果、主桁に有害なひび割れは発生しなかった。



図－８ 柱頭部横桁における応力度分布（径間移動時）



図－９ 施工手順図



写真－２ 桁内状況



写真－３ 内枠組立て状況

２） 曲線形状・フィンバックへの対応

本橋は、曲線を多用したフィンバックを有する特徴的な2室箱桁断面であり、側径間支間の付近で車道部が拡幅し、一部3室箱桁断面となる。

曲線部分の外型枠(ステンレス製)は工場製作とし、全ての型枠について工場検査を実施し、断面形状の再現性を確認した。フィンバック部を除く外型枠は、張出し施工部で4分割、柱頭部で6分割の構造とし、拡幅部やブラケット周辺部、橋脚周辺部などは木製型枠で対応した。フィンバック部の内型枠(ステンレス製)は、高さ方向に分割できる構造とし、フィンバックの高さ変化に対応して、取り外しができる構造とした。曲線部分の内型枠は曲げ合板を使用し、下床版突起や隔壁などの複雑な形状に対応するため、詳細な製作図を作成した上で、工場で製作し、現場で最終的な調整を行った。

４．移動作業車を用いた張出し架設

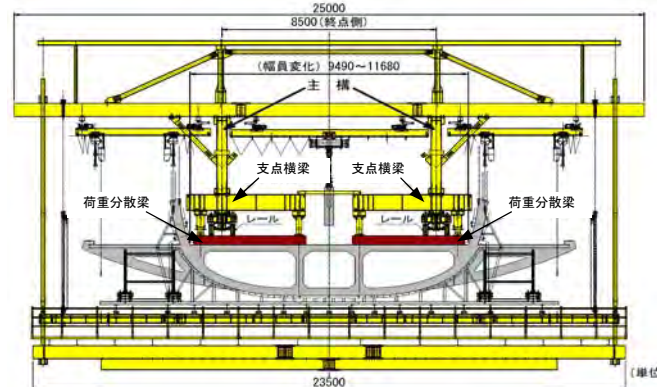
P9 張出施工部は工期を短縮するため、移動作業車を用いた張出し架設工法により施工を行った。写真－４に張出し架設状況を示す。

この区間には拡幅があるため、一部3室箱桁が採用されており、拡幅量に応じて中央の内空幅が変化する構造であった。一般的に、3室箱桁（4ウェブ）の張出し架設では、4主構の移動作業車を用いる。しかしながら、本橋では以下の2つの理由から、2主構の移動作業車を採用した。①外ウェブの直上にフィンバックがあるため、物理的に主構が設置できない。②主桁は半楕円形状をしており、外ウェブは曲面かつ斜めであるため、大きな荷重を支持することができない。

そこで、内ウェブと外ウェブの間に支点横梁を設置し、バランスのとれる範囲でできる限り内ウェブに荷重が作用するように主構を配置した。また、作業車移動時に使用するレールの位置が床版支間部となるため、荷重分散梁を設置し、作業車荷重をウェブに分散させ



写真－４ 移動作業車を用いた張出し架設状況 (P9 橋脚)



図－１０ 移動作業車断面図

た(図 - 10)。荷重分散梁は床版支間ごとに分割し、静定構造である単純梁とすることで、主桁の変形や梁の設置面の不陸などの影響を受けることなく、計画どおりの反力が橋体に作用するように配慮した。

曲線部分の鉄筋加工は2台のR曲げ加工機を使用して行った。曲線部分の曲げ半径が一定でないことから、所定のかぶりを確保するためには、高い加工精度が必要となった。そのため原寸大の加工図を作成し、それに合わせて加工機の調整を実施し、加工を行った。

5. 歩道部の施工（プレキャスト材料への対応）

歩道部分は、張出施工時に主桁と一体化されたブラケット上に、PC板を敷設し、間詰めコンクリートによりPC板とブラケットを一体化させる構造となっている。

5-1 ブラケットの施工

ブラケットは工場で製作後、現場に搬入し、所定の位置に据え付けた後にブラケットから主桁内に差し込まれた鉄筋により主桁コンクリートと一体化される。

ブラケットには、工場での製作時に吊り込み・運搬用インサートを事前に設置した。ブラケットは、トラックに平積み状態で搬入し、テレスコクレーンで吊り込み、4.9t ホイストクレーン2台を使用して、相吊りにより建て起こしを行った上で、そのまま所定の位置まで運搬し、据付を行った。また、ブラケット周辺部の型枠に切欠きを設け、ブラケット据付完了後、木製枠にて隙間部分の組立を行った。

歩道部は、PC板をブラケットで直接支持する構造であるため、ブラケットの据付精度（高さ・位置）が歩道部の出来形に大きな影響を与える。さらに、ブラケットは曲線形状を有した重量物（標準タイプで約3t、最大で約4.5t）であることから、その据付・調整方法が課題となった。そこで、写真-5に示す専用の据付架台を製作・使用することにより、ブラケットの据付を行った。最初に、高さおよび位置を調整した架台に、吊り込み用インサートを使用してブラケットを固定し、次に架台に設けたジャッキベースとスラストベアリングにより据付位置の微調整を行った。これにより、ブラケットを短時間かつ高精度で据え付けることが可能となった。

5-2 PC板の施工

本工事では、張出し架設が完了すると、その後方で歩道部のPC板敷設や地覆の施工、支承部で仮固定撤去工やポストスライド工を行うことになる。そのため、PC板敷設や支承部での作業床を確保するため、専用の橋面移動作業台車を製作・使用した。移動架設桁を用いた張出し架設においては、完成した橋体上が資機材の運搬経路となるため、通行に支障が生じた場合、全体工程に大きな影響を与える。そのため、橋面移動作業台車は資機材搬入車両の通行を妨げないように門形の構造とした(写真-6)。また、作業台車には、2.8t ホイストクレーンを設置し、橋脚部を通過する際には、下部作業床を横にスライドさせることにより対応した。

PC板の敷設は、ブラケットに設置される水道管（別工事）および排水管の施工後に、橋面移動作業台車を使用して行った。工場で製作したPC板を、門型フレームの下部まで運搬し、専用の吊治具を使用して、ホイストクレーンにより敷設を行った。PC板の敷設・位置調整を行うためには、ブラケット上での作業が必要となるため、作業台車およびクレーンで設置可能な専用足場を製作し、ブラケット上に設置することにより、安全に作業を行った。

6. 橋面工の施工

本橋は、自然石による親柱やベンチ(写真-7)、灰色御影石の笠石(写真-7)や縁石、せつ器質陶板のタイルを設置するなど意匠性に富んだデザインが特徴的である。タイルには、各務原市民や工事関係者の名前が刻印されており、転落防止柵には、鋳物が使用されている。また、LED照明を設置し、フィンバックや桁下のライトアップも実施されている(写真-8, 9)。

また、歩道部舗装には、脱色アスファルト舗装が採用された。歩道部分は、積載荷重に制限があるため、専用フィニッシャを製作・使用し、平坦性を向上させた(写真-10)。



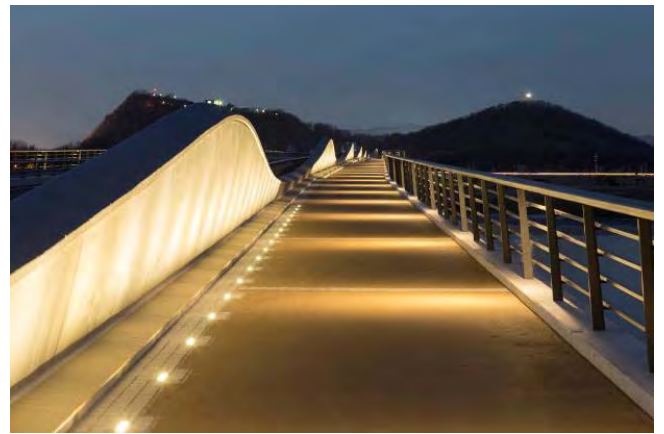
写真－５ ブラケット据付状況



写真－６ 橋面移動作業台車



写真－７ 自然石ベンチ・笠石



写真－８ ライトアップ状況（橋面）



写真－９ ライトアップ状況（桁下）



写真－１０ 歩道部 舗装状況

おわりに

本橋は、平成 25 年 3 月に無事竣工し、3 月 24 日に供用を開始した。供用後は、周辺道路の渋滞緩和に寄与するとともに、歩道部を散歩やジョギングを楽しむ人々で賑わうなど、地元住民に親しまれている。今後、木曽川の原風景に溶け込んだ各務原大橋が、各務原市の新たなシンボルとなることを願う次第である。

本工事では、移動架設桁を用いた張出し架設に改良を加え、特徴的な主桁断面と短工期施工に適応させた。今後増えることが予想される大河川の長大橋の更新工事において、河川の使用制約条件を克服し、短工期で施工する架設工法として、本工法が幅広く採用されることを強く望む。