

新東名高速道路 的場高架橋

— プレキャスト工法による生物多様性保全 —

萩原 直樹*1・横塚 裕和*2・西村 一博*3・紙永 祐紀*4

的場高架橋は新東名高速道路の浜松いなさジャンクション内に位置する PC 連続箱桁橋である。近年、建設工事においては、環境に配慮した施工が望まれている。本橋の架橋位置には、ホタルの生息箇所として有名な的場川があり、その生物多様性保全対策としての的場川を横断するの場高架橋上下線、D ランプ第三橋を、河川環境への影響を最小限とし、かつ工期を短縮するために、架橋位置で固定支保工による施工を行わないプレキャストセグメントによる張出し架設工法で施工した。また、本工事では、現場内にホタルの産卵場としてビオトープを整備し、地域住民らとの協働により積極的に生物多様性保全活動に取り組んだ。

本稿ではその設計とセグメントの製作・架設および生物多様性保全活動について報告する。

キーワード：プレキャストセグメント工法、生物多様性保全、環境保全、張出し施工

1. はじめに

新東名高速道路は、静岡県内の御殿場 JCT - 三ヶ日 JCT までの区間（延長 162 km）を 2012 年初夏に開通予定とされており、東名高速道路とのダブルネットワークによる信頼性の向上が期待されている。的場高架橋は、浜松いなさジャンクション内に位置する PC 連続箱桁橋である。

本橋の施工においては、架橋位置を流れる的場川の環境保全と D ランプ第三橋および本線橋の施工ヤードを早期に舗装工事へ引き渡すために工程短縮が求められた。

本工事は、的場高架橋上下線（以下、本線橋）、C ランプ第三橋、D ランプ第三橋（以下、D ランプ橋）の計 4 橋からなるが、的場川に隣接しない C ランプ第三橋以外を、河川環境への影響を最小限とし、さらに工程短縮ができるプレキャストセグメントによる張出し架設工法にて施工を行った。また、架橋位置における生物多様性の保全のため、現場内にホタルの産卵場としてビオトープを整備し、地域との協働によるさまざまな取組みを行った。

本線橋は、リブを有するコア断面のセグメントで張出し架設を行い、架設後に場所打ち床版を施工する PC 合成床

版構造とし、施工の合理化を図っている。また、D ランプ橋については、ランプ橋特有の複雑な線形に対して、高度なセグメント形状管理を行い橋面出来形を確保した。本稿ではその設計およびセグメントの製作・架設について報告する。

2. 工事概要

本橋の全景を写真 - 1 に示す。また、工事概要を以下に、



写真 - 1 的場高架橋全景



*1 Naoki HAGIWARA

中日本高速道路(株)
東京支社 建設事業部



*2 Hirokazu YOKOTSUKA

中日本高速道路(株)
東京支社 浜松工事事務所



*3 Kazuhiro NISHIMURA

三井住友建設(株)
土木本部 土木設計部



*4 Yuki KAMINAGA

三井住友建設(株)
土木本部 土木設計部

位置図を図 - 1 に、全体一般図を図 - 2 に示す。

工 事 名：第二東名高速道路
 的場高架橋他 2 橋（PC 上部工）工事
 発 注 者：中日本高速道路株式会社
 東京支社 浜松工事事務所
 工事場所：静岡県浜松市北区引佐町の場
 工 期：平成 21 年 4 月 21 日～平成 23 年 8 月 16 日
 構造形式：上り線：PC 9 径間連続箱桁橋
 下り線：PC 7 径間連続箱桁橋
 C ランプ：PC 4 径間連続箱桁橋
 D ランプ：PC 5 径間連続箱桁橋
 橋 長：上り線 403.5 m, 下り線 364.0 m,
 C ランプ 178.0 m, D ランプ 234.0 m

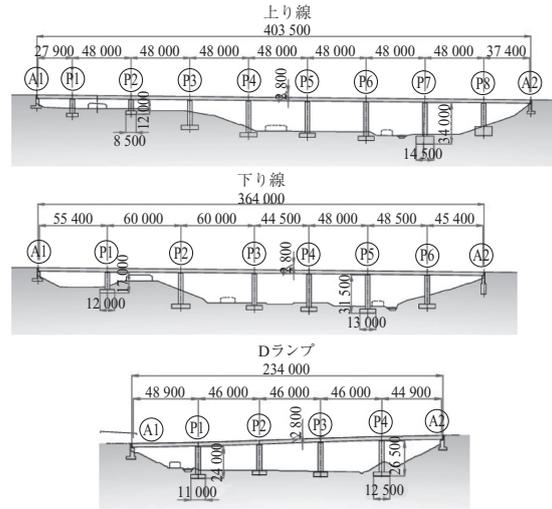


図 - 2 全体一般図

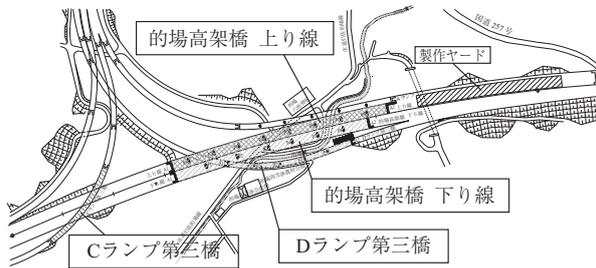


図 - 1 位置図

3. 生物多様性保全に配慮した施工

3.1 プレキャストセグメントによる張出し架設の採用

セグメントは A2 橋台背面の本線土工部で製作した。本線橋は橋面上を運搬したセグメントを架設桁にて架設し、D ランプ橋はホテルの生息環境に影響しないように既存の道路からクローラークレーンにて架設した。これにより、型枠・鉄筋組立てやコンクリート打設などの本来、工事箇所が必要となる作業の大半をべつの場所で行なうことができ、工事箇所での作業が大幅に削減され、河川環境への影響を最小限とすることができた。以下に、本線橋および D ランプ橋の施工概要とプレキャストセグメント張出し架設における工夫について述べる。

(1) 本線橋の施工概要

本線橋の施工要領を図 - 3 に示す。まず、柱頭部を先行して場所打ち施工する。セグメントは A2 橋台背面の土

工部に設けた製作ヤードで製作し、橋面上を台車にて運搬し架設桁を用いて架設する。架設桁の重量は約 420 t である。これにより、河川周辺の棧台、大規模な支保工を無くすことで河川環境への影響を最小限としている。また、張出し架設工法とすることで、架設桁にはセグメント 2 個分の重量しか作用しないことから、スパンバイスパン架設と比べて架設桁の規模を縮小することができる。さらに、張出し架設はコアセグメントで行い、架設後にリブ上に PC 板を敷設し場所打ち床版を施工する PC 合成床版構造とした。セグメント重量の軽量化を図るための PC 合成床版構造の採用により、製作・架設設備の規模の縮小を図ることで、河川環境への影響を最小限としながらも、経済性でも固定支保工と遜色ない工費での施工を可能とした¹⁾。

本線橋の主桁断面図を図 - 4 に示す。主桁構造には PC 合成床版構造を採用した。セグメントをリブ付きのコア断面とすることで軽量化でき、張出し架設時に必要な PC 鋼材量を低減することができる。張出し架設後にセグメントのリブ上に PC 板を敷設し、その上に場所打ち床版を施工し PC 合成床版構造となる。主方向の設計は合成桁橋として設計を行い、床版の設計は施工ステップを考慮した FEM 解析にて設計を行った。

(2) D ランプ橋の施工概要

D ランプ橋は的場川と並行しており、河川環境への影響

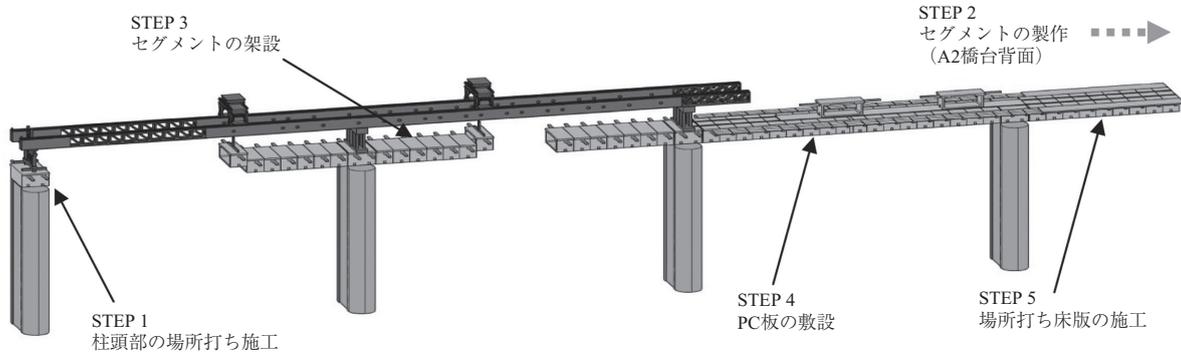


図 - 3 本線橋施工要領図

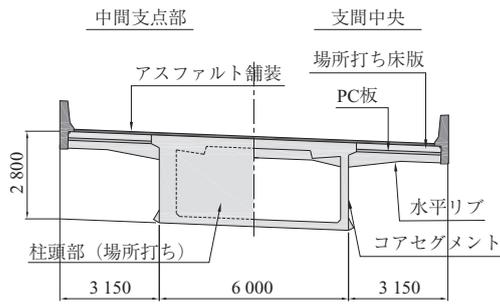


図 - 4 主桁断面図

を最小限とするため、本線橋と同様にプレキャストセグメント工法を採用した。的場川に隣接する範囲では、ホテル生息域への影響がないようにホテルの陸上での活動期の3月～6月の間は、生息範囲での作業は休止としながら施工を行った。

Dランプ橋の線形形状を図-5に示す。特徴として、縦断勾配が全区間で変化すること、平面線形が最小半径 $R = 330\text{ m}$ の区間と緩和曲線区間を有すること、横断勾配が $-8.5 \sim 3.0\%$ で変化することがあげられる。ランプ橋特有の複雑な線形形状を有していることから、プレキャストセグメントを用いた張出し架設の適用においては、橋面の出来形を確保するために、セグメントの製作・架設において高度な施工管理が必要とされた。

Dランプ橋の施工要領を図-6に示す。柱頭部は支柱式

支保工を用いて先行して場所打ちで施工する。セグメントはA2橋台背面の土工部に設けた製作ヤードで製作し、公道上を低床トレーラにて運搬し、クローラークレーンを用いて架設した。P1～P4橋脚は張出し架設とし、河川から離れたA1、A2側径間部は固定支保工を用いてセグメントの架設を行った。これにより、当初計画である固定支保工による施工に対して、河川周辺における支保工の設置を大幅に低減した。

3.2 外ケーブルへの高強度PC鋼より線の採用

外ケーブルにはエポキシ被覆の高強度PC鋼より線19S15.7を採用した。高強度PC鋼より線は、破断荷重および降伏点荷重が従来の19S15.2と比較すると約28%高くなっており、強度の増加により従来よりも少ないPC鋼材本数で建造物の設計を行うことができる。これにより、当初計画のPRC構造をセグメント工法によるPC構造としたことで必要なプレストレス量は多くなるが、外ケーブル本数は増加していない。また、外ケーブル配置本数の増加を抑えることで、偏向部形状を大きくする必要がなく、セグメント重量の軽減が図れるとともに、維持管理時に必要となる桁内空間を確保することが可能となった(写真-2)。また、強度の増加により使用するPC鋼材の重量を少なくできることから、製造時のCO₂の排出量の削減にも寄与した。

3.3 施工中のホテル生息環境の保全

環境を保全するために、現場内にホテルの産卵場として

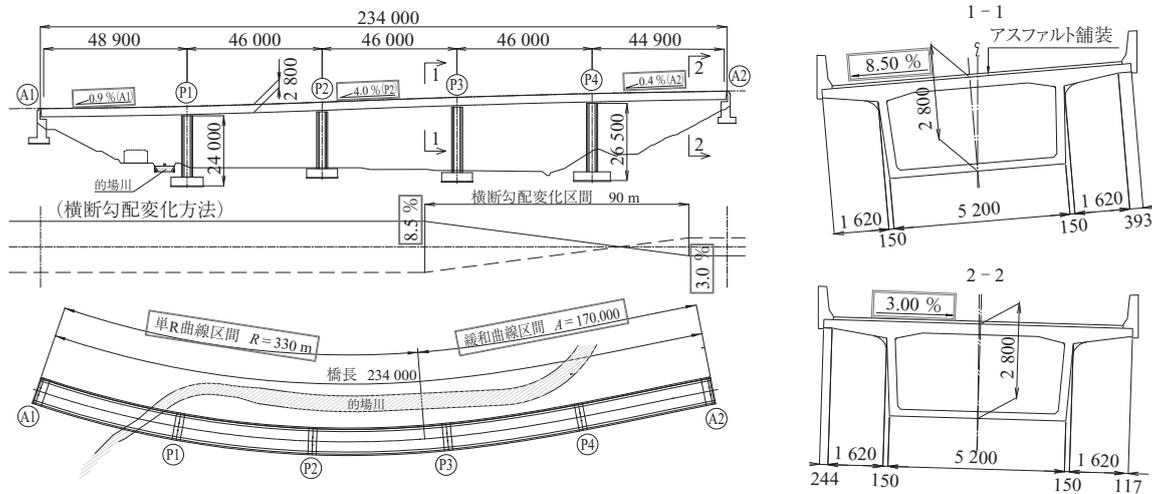


図 - 5 Dランプ橋線形形状

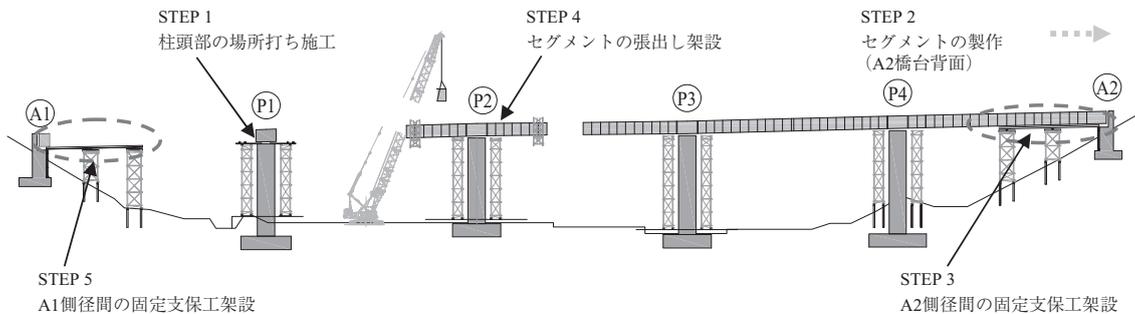


図 - 6 Dランプ橋施工要領図

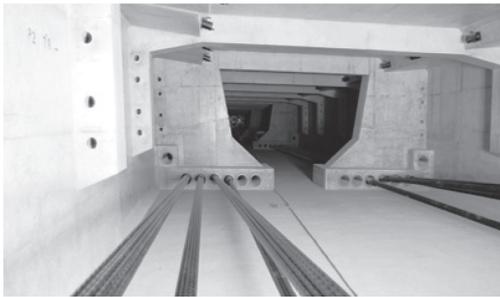


写真 - 2 桁内外ケーブル配置

ピオトープを整備した(写真 - 3)。ピオトープへの流水は自然流下による導水とすることで恒久的な設備としている。施工中においては、富士常葉大学、地元自治会、NPO法人らとの協働により、ホタルの生育状況の調査、河川の清掃、ホタル観賞会や自然体験学習などを実施し、河川環境の維持活動を通して地域との交流活動に積極的に取り組んだ。



写真 - 3 ピオトープ整備状況(上・左下)およびホタル観賞会(右下)

工事がホタルの生息環境へ与える影響を確認するために生息環境調査を実施した。幼虫調査は3回実施し、平成23年2月の調査においてホタルの幼虫がピオトープ内にも生息していることが確認されたほか、成虫の飛翔調査も3回実施し、個体数の維持が確認された。また、的場川に隣接する橋脚には、ホタルの生息環境の保全に配慮して、橋脚下部に植生による緑化を行った。

このような取組みの成果もあり、工事完了時には地域の自治会から感謝状をいただいた。

4. セグメントの製作

セグメントはA2橋台背面の土工部に設けた製作ヤードにてショートラインマッチキャスト方式で製作した。図 - 7に製作ヤードの平面図を示す。製作ヤードは製作設備と鉄筋組立てヤード、ストックヤードからなり、製作設備にはテント設備を設けることで、製作工程が天候に影響を受けない全天候型の設備とした(写真 - 4)。また、鉄筋組立てヤードにもテント設備を設けることで雨天時の作業に起因する鉄筋の発錆を防止し、品質の向上を図った。鉄筋はプレファブ鉄筋とし、組立てには鉄筋編成台を使用し、下床版・ウェブ部分と上床版を別途で組み立てた後に一体化させた。これにより、作業の分散化と高所作業を最小限とすることで、作業の効率化および安全性の向上を図っている。また、セグメント製作ヤードにて発生する養生水などの工事用排水は、ヤード内に濁水処理機を設け、中和処理・濁質調整などの濁水処理を行い放流した。

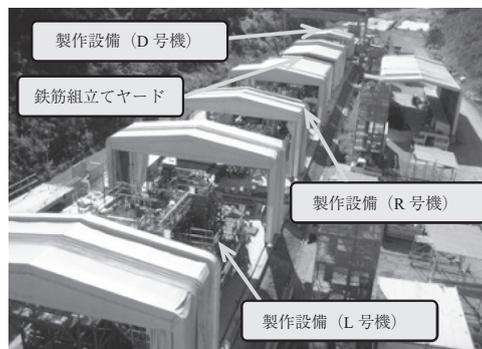


写真 - 4 製作ヤード全景

4.1 本線橋のセグメント製作

製作設備の概要図を図 - 8に示す。セグメントはL号機とR号機の2基の製作設備で、左右の張出し部分をそれぞれで製作した。セグメントの最大重量は43tで、上り線148個、下り線138個を製作した。主桁断面が直ウェブ

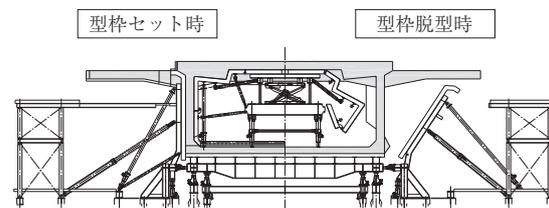


図 - 8 本線橋の製作設備概要図

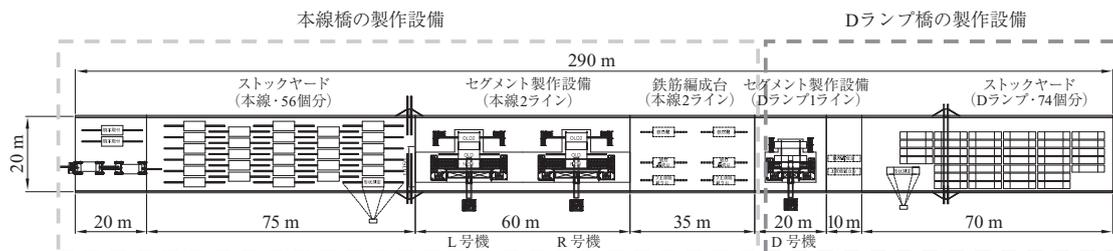


図 - 7 製作ヤード平面図

となっていることから、外枠を支持する支柱を2本配置とし、回転させながら水平に移動できる構造とした。また、リブ部分の型枠は部分的に取り外せる構造とすることで対応した。

セグメント橋の完成後の品質はセグメントの製作時にその多くが決定する。そのため、セグメントの製作においては、各施工プロセスのなかでの品質管理が重要となる。とくに張出し架設を行うセグメント橋では、架設後の橋面の出来形を確保するために、製作時の形状管理が重要であることから、製作形状は縦断線形、平面線形を考慮した形状シミュレーションにより管理した。また、出来形寸法の計測には、効率化と精度の向上のために、デジタル写真計測による寸法計測システムを使用した。これらの詳細については、後述のDランプ橋の製作で述べる。

4.2 Dランプ橋のセグメント製作

セグメントの最大重量は30tで110個のセグメントを製作した。Dランプ橋はランプ橋特有の複雑な線形を有しており、セグメント製作時には精度の高い形状管理が必要となる。そのため、セグメントの形状管理においては、3次元の形状管理が可能な形状シミュレーションによる管理を行った。また、出来形寸法の計測においては、計測精度の向上と効率化を図るために、デジタル写真解析による寸法計測システムを使用した。

(1) 形状シミュレーション

図-9に製作時の縦断線形、平面線形への対応方法を示す。縦断線形に対しては、NEWセグメントはつねに水平に製作し、OLDセグメントを傾けることで対応した。平面線形に対しては、NEWセグメントを測量軸線と一致させてOLDセグメントをシフトさせることで対応した。横断勾配の変化に対しては、端板はレベルとし、OLDセグメントを回転させることで対応した。NEW、OLDセグメントに測量プレート（バルクヘッド）を埋設しておき、電子レベルにて各6点の高低差を、スケールにて張出し先端部の延長Lを計測し、パソコンを用いたシミュレーションにより主桁全体の形状予測を行った。測量結果から得られたシミュレーション形状と縦断線形、平面線形、横断勾配、上げ越しを考慮した設計上の形状との誤差を確認し、次のセグメントの

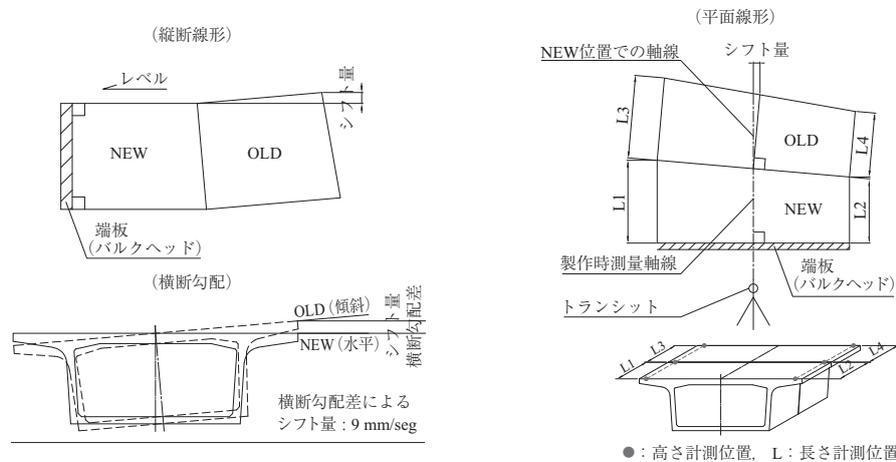


図-9 セグメント製作時の線形対応方法図

製作形状を決定し、OLDセグメント設置に反映させる。この一連の作業を高い精度で人為的なミス無くし、確実に実施することが重要であった。

(2) 型枠設備

図-10に型枠設備図を示す。横断勾配変化部では、1つのセグメント前後で、張出し先端部で9mmの高低差が生じる。製作時にはOLDセグメントを端板に対して回転させて型枠をセットするが、この際、高低差に対して底版型枠がねじられることになる。そのため、梁部材を極力少なくし柔らかい構造とすることで対応した。

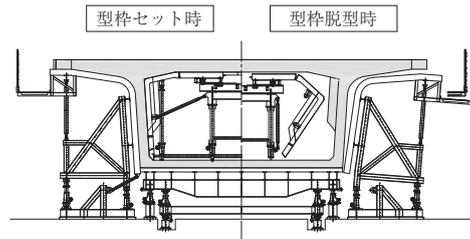


図-10 Dランプ橋の製作設備図概要

(3) デジタルカメラによる出来形計測

セグメントの出来形寸法の計測には、デジタル写真解析による寸法計測システム²⁾を採用した。これはデジタルカメラにより撮影した1枚の写真からコンクリートの躯体の特定位置の寸法を計測できるシステムで、計測誤差は2mm程度である。ほぼ同一形状のセグメントの寸法を繰り返し測定する作業に適しており、撮影は一般的な1眼レフデジタルカメラを用いるため安価である。撮影した写真をパソコンに取り込み処理することで、指定した様式での出来形調書が自動で作成される。これにより、セグメントの出来形寸法の計測作業の効率化と人為的な誤差を無くすことで精度の向上を図った。計測状況を写真-5に示す。

5. セグメントの架設

5.1 本線橋における架設桁によるセグメント架設

本線橋のセグメントは運搬台車にて橋面上を運搬し架設桁にて架設する。これにより、セグメントの架設作業はす



写真 - 5 デジタルカメラによる出来形計測状況



写真 - 6 セグメント架設状況

べて橋面上から行うことになり、架橋位置での地上での作業が不要となる。

(1) 基準セグメントの架設

セグメントの張出し架設工法では、基準セグメントのセット位置が完成後の橋面出来形を決定する。基準セグメントと場所打ちした柱頭部には調整目地が設けてあり、製作時の誤差を吸収させる唯一の機会である。基準セグメントのセット位置の決定は、製作時の形状シミュレーション結果を参考に高さ、勾配、平面位置を決定した。さらに、基準セグメントのずれは、張出し先端において10倍程度の誤差を生じさせることから、セグメントセットでは高い設置精度が要求され入念な施工を行う必要があった。基準セグメントのセット後に、調整目地部にコンクリートを打設した。調整目地のコンクリートは、ひび割れ防止のため繊維補強コンクリートとした。

(2) 標準セグメントの架設

標準セグメントの架設状況を写真 - 6 に示す。架設桁により架設位置まで運搬した後、セグメントを降下させ接着剤を塗布しセグメントを引き寄せて接着させる。セグメントの引寄せは、ウェブ部に設けた引寄せリブを用いてPC鋼棒φ32を1断面あたり4本緊張し、セグメントに軸圧縮力を与えた。張出し架設部においては、内ケーブル12S15.2を2ブロックごとに配置、緊張しており、引寄せ鋼棒の本数、緊張力は、架設時の各施工ステップにおいて継目に引張応力が生じないように決定している。施工サイクルとしては、1橋脚の張出しのセグメントを約1週間で

架設し、その後の中央閉合、外ケーブルの緊張を含めて、1径間を約2週間で施工した。

なお、セグメントの製作サイクルとしては、標準セグメントを1日/個、偏向部と基準セグメントは2日/個をL、R号機の2基の製作設備で製作し、1径間あたり18セグメントを約2週間で製作するため、製作と架設のサイクルがほぼ一致している。これにより、広大なストックヤードを設けることなく橋台背面上の土工部スペースのみでの、セグメント製作、ストックを可能とした。

(3) 仮支柱を用いた張出し架設

仮支柱を用いた張出し架設の施工要領図を図 - 11 に示す。下り線が市道部およびDランプ橋を跨ぐP1-P3間には、最大支間の60m支間部がある。支間割りからP3張出しが張出し左右のセグメント数が違うアンバランスな状態となることから仮支柱を併用した架設を行った。また、架設桁の能力は標準支間の48mで計画していることから、架設桁の支持間隔が48mとなるように仮支柱を設置した。仮支柱には最大で、P3張出し時で4000kN、P2張出し時で3700kNの荷重が作用する。このとき、支保工のなじみ、弾性変形により主桁に変位が生じ、引張応力が生じることになる。セグメント橋では、施工時において継目部はフルプレストレスとする必要があることから、荷重が作用する仮支柱位置での許容変位を設定し、仮支柱と主桁の間にはジャッキをセットしておき、施工中はつねに変位の計測を行い支保工の沈下に対してはジャッキにて変位を調整

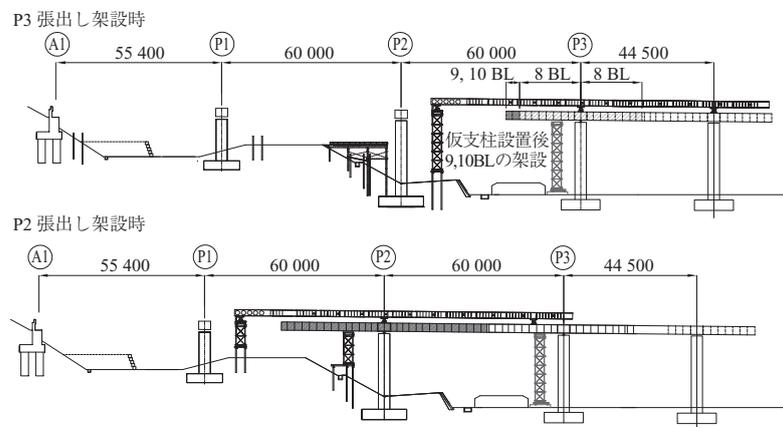


図 - 11 仮支柱を用いた張出し施工

しながら施工を行った。

5.2 Dランプ橋におけるクレーンによるセグメント架設

(1) 基準セグメントの架設

Dランプ橋の基準セグメントは、クレーンにて設置することから仮支柱を用いた架設とした(図-12)。レバールックを用いて目地間隔および平面方向の調整を、支柱上に配置したジャッキにて高さの調整をそれぞれ行った。基準セグメントの設置位置は、セグメント製作時の形状シミュレーションの結果より決定する。製作時の上げ越しを考慮した架設後の計画高さに対して橋面高さが規格値以内となるように、基準セグメントにより高さおよび平面の方向を決定する。基準セグメントのセットはとくに入念に行い、セットの計画値に対して±1mm以内での設置を行うことができた。また、架設前には、形状シミュレーションの結果が実際の形状と一致していることを確認するために、接着剤を用いずに仮引寄せを行うドライマッチ(写真-7)により形状シミュレーション精度の確認を行った。図-13に形状シミュレーションと仮引寄せによる形状確認の結果を示す。形状シミュレーションとドライマッチの誤差は3mm程度で、橋面出来形の規格値である-45mm～+5mmに対して必要な精度が確保できていることが確認できた。

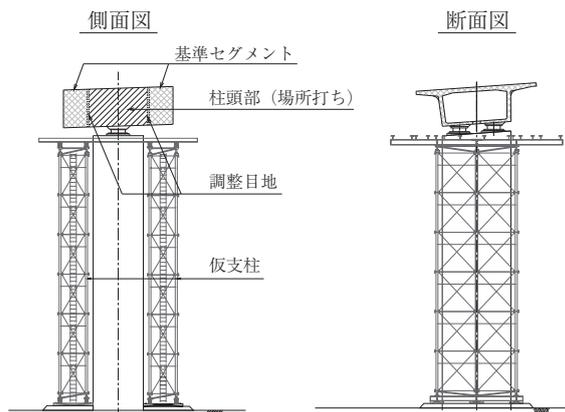


図-12 基準セグメント架設要領図



写真-7 ドライマッチによる形状確認

(2) 標準セグメントの架設

セグメントの架設は、本橋の線形が複雑であり、直下に河川があることを考慮し、並行する工事用道路からクレーンにて行った。セグメントは、製作ヤードから架設地点ま

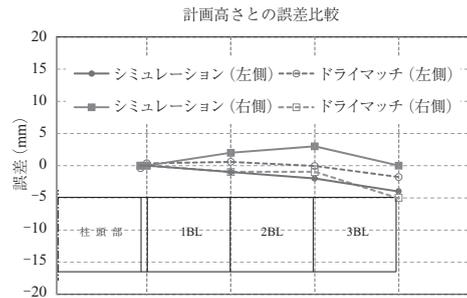


図-13 シミュレーションとドライマッチの比較

で、低床トレーラで運搬した。架設前に陸上でセグメント小口面にアクリル樹脂系の接着剤を塗布し、200tクローラークレーンにて左右のバランスをとりながら1ブロックずつ架設した。架設したセグメントは、引寄せ用リブにPC鋼棒を配置・緊張することで一体化し、さらに、上床版に配置したPC鋼材 12S15.2を2ブロックごとに緊張した。これらの作業を安全に行うため、作業足場・緊張足場を設けた。架設状況を写真-8に示す。張出し架設完了後、閉合目地を施工し、外ケーブルを緊張した。



写真-8 標準セグメント架設

セグメントの架設は、ホテルが陸上活動を行う時期を避け行った。その間、製作したセグメントはストックしておき、ホテルの陸上活動時期が終えてからセグメントの架設を行った。施工サイクルとしては、1橋脚の張出しのセグメントを約1週間で架設し、その後の中央閉合、外ケーブルの緊張を含めて、1径間を約2週間で施工した。

(3) P4張出しエレクションノーズ架設

P4張出しのA2側は、クレーンの作業半径の制約から所定のセグメント位置に直接セグメントを架設できないことから、橋面に設置しセグメントを吊り上げる架設機のエレクションノーズとクレーンを併用した架設を行った。施工要領を図-14に示す。A2側張出しのセグメントは、A2橋台背面に設置したクレーンによりP4-A2径間に設けた固定支保工部上にセグメントを仮置きしておき、固定支保工上を所定の位置まで移動させてエレクションノーズとクレーンの併用により架設を行った。

(4) 側径間の固定支保工

側径間部のセグメントの架設は、固定支保工を用いて行

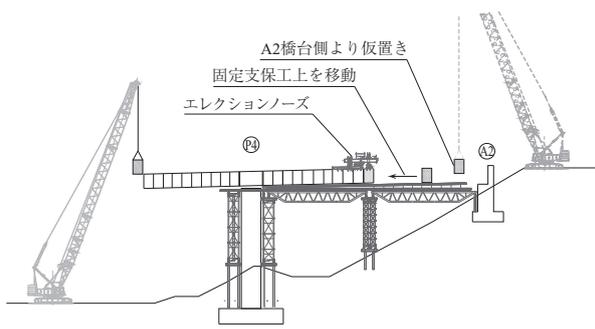


図 - 14 P4 張出し施工要領図

った。P4-A2 側径間部，A1-P1 側径間部は，並行する工事道路からのクレーンの作業半径の制約から，所定のセグメント位置に直接セグメントを架設できない。そのため，図 - 15 に示すように，セグメントをクレーンで支保工上に吊り込み，固定支保工上を簡易な移動台車にて所定の位置まで移動させた。その後，水平・鉛直方向に調整可能なジャッキを使用して高さ・平面方向の調整を行ない，1ブロックずつ引き寄せて側径間セグメント全体を一体化させた後，両端の調整目地を施工した。

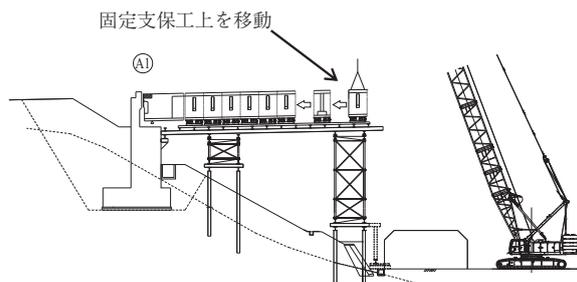


図 - 15 A1-P1 側径間架設要領図

5.3 張出し施工時における仮固定の合理化

セグメントの張出し架設時における仮固定は施工の合理化を図るために，柱頭部をジャッキで支持する構造としている。図 - 16 に仮固定ジャッキの配置図を，写真 - 9 に配置状況を示す。ジャッキの配置は，架設時のアンバランス力，地震時の慣性力，およびねじりの影響を考慮して決定するが，本橋は橋脚天端の寸法が小さくジャッキの配置スペースがさがざられていることから 300t ジャッキを使用し，1 橋脚あたり 8 基を配置した。張出し架設時には，曲線を有する平面形状の影響により生じるジャッキ反力の偏

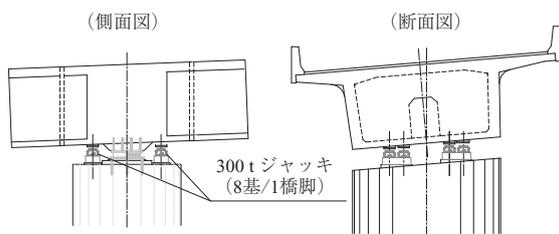


図 - 16 仮固定ジャッキ配置図



写真 - 9 仮固定ジャッキ配置

りを考慮して，必要なジャッキを選定した。また，セグメント架設の各段階では，ジャッキ圧力の確認，調整を行いながら架設を行った。

6. おわりに

本橋の施工においては，的場川の環境保全と工期短縮が求められたなか，架設方法にプレキャストセグメントによる張出し架設を採用し，環境への負荷を最小限としながらも，全体工期を約 8 ヶ月短縮し施工を行うことができた。

プレキャストセグメントの張出し架設においては，製作，架設における各段階の管理が完成後の品質に大きく影響し，施工の各段階で高度な施工管理技術が必要となる。本橋の施工においては，その品質管理方法，施工方法において各方面から多大な支援を得て橋体の品質，出来形において十分な構造物を施工することができた。

また，工事全体を通して環境保全に配慮した数多くの新たな試みを行い，地域の方との協働による環境保全活動を通じた交流により地域の理解を得ながら施工を行うことができた。そして的場川のホタルの生息環境に影響を与えることなく，平成 23 年 8 月に無事に竣工を迎えることができた。

本稿が今後の環境に配慮した橋梁計画において参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) 中積，青木，杉村，春日：プレキャストカンチレバー工法の計画 - 第二東名高速道路 山切高架 1 号橋 -；第 13 回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集，pp.393～396，2004.10
- 2) 掛橋，益子，佐田：デジタル写真解析による PC セグメント寸法計測；土木学会第 62 回年次学術講演会，pp.339～340，2007.9
- 3) 紙永，萩原，西村，大野：新東名高速道路 的場高架橋の設計・施工；第 20 回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集，pp.409～412，2011.10
- 4) 小林，横塚，杉村，平山：新東名高速道路 引佐ジャンクション D ランプ第三橋の施工；第 20 回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集，pp.413～416，2011.10

【2012 年 1 月 16 日受付】