

# 一般国道 44 号オビラシケ川橋上部工事の施工報告

神 明義\*1・山内 良輔\*2・阿部 達郎\*3・高木 陽一\*4

オビラシケ川橋上部工事は、北海道の道東地域に位置する釧路郡釧路町において、釧路西インターチェンジから釧路別保インターチェンジに至る延長 16.8 km の一般国道自動車専用道路である釧路外環状道路の一部として建設された工事である。

本橋は、橋長 394.6 m の 5 径間連続 PC ラーメン箱桁橋であり、高さ約 46 m の 2 橋脚が山岳斜面に位置するとともに、道道遠野別保線および一級河川オビラシケ川と連続交差するため、中央支間長は 136 m におよぶ長大橋梁である。架設工法は、橋梁中央部の 2 箇所の高橋脚を中型ワーゲンによる張出し施工にて、両側径間部については支柱式固定支保工にて施工した。

架橋位置は凍害が大きいと予想される地域であり、2 カ年の工期中、寒中コンクリート施工を 2 期にわたり行うことから、コンクリート施工時における初期凍害を防止する必要がある。さらに供用のちの冬季における凍結防止剤散布の影響から、寒冷地特有の凍害と塩害の複合劣化も懸念されたため、コンクリートおよび PC 鋼材の長期耐久性を確保することが重要であった。

また、交差道路が橋脚にきわめて近接しており、交差道路に対する交通の安全確保や高所作業の安全対策が必要とされた。

以上の条件のなか、本稿では、所定の品質を確保したうえで、かつ、橋梁の長期耐久性を向上させるとともに、安全対策を含めた施工管理上の工夫に取り組んだ施工について報告する。

キーワード：PC ラーメン箱桁橋、長期耐久性、寒中コンクリート、凍害・塩害、交差道路

## 1. はじめに

釧路外環状道路は、一般国道 38 号と接続する釧路西インターチェンジから釧路別保インターチェンジに至る延長 16.8 km の一般国道自動車専用道路である。

本道路は、一般国道 38 号ならびに一般国道 44 号の交通混雑および交通事故の低減による道路交通の定時性、安全性の向上ならびに地震多発地域である釧路地方の災害時における緊急ルートの強化などを目的とした釧路市を迂回する広域環状道路である（図 - 1）。

また、本道路は、将来的には道南および道央地区と道東地区を結ぶ北海道横断自動車道と接続する予定である。

釧路別保インターチェンジの西方約 2.0 キロに位置する

オビラシケ川橋は、橋長 394.6 m の 5 径間連続 PC ラーメン箱桁橋であり、平成 26 年 1 月に工事を着工し、平成 27 年 12 月に竣工した工事である。

## 2. 橋梁概要

### 2.1 橋梁工事概要

工事名：一般国道 44 号釧路町オビラシケ川橋上部工事

発注者：国土交通省北海道開発局 釧路開発建設部

施工者：オリエンタル白石(株)

工事場所：北海道釧路郡釧路町別保

工期：平成 25 年 10 月 1 日～平成 27 年 12 月 3 日

### 2.2 構造概要

本橋の橋梁諸元を以下に示す。また、主桁断面図を図 - 2 に、橋梁全体一般図を図 - 3 に示す。

構造形式：5 径間連続 PC ラーメン箱桁橋

橋長： $L = 394.6 \text{ m}$

支間長： $40.0 \text{ m} + 88.0 \text{ m} + 136.0 \text{ m} + 88.0 \text{ m} + 40.0 \text{ m}$

有効幅員： $W = 10.26 \text{ m}$

桁高： $H = 3.5 \text{ m} \sim 7.5 \text{ m}$

縦断勾配： $0.311765 \% (A1 \leftarrow A2)$

平面線形： $A = 700 \sim R = 1800$

設計荷重：B 活荷重

架設工法：張出し架設工法、支柱式固定支保工

定着工法：フレシネー工法による全内ケーブル工法



図 - 1 橋梁位置図

\*1 Akiyoshi JIN：北海道開発局 釧路開発建設部 釧路道路事務所

\*2 Ryosuke YAMAUCHI：北海道開発局 釧路開発建設部 釧路道路事務所

\*3 Tatsuro ABE：オリエンタル白石(株) 東京支店 施工・技術部

\*4 Yoichi Takagi：オリエンタル白石(株) 東京支店 施工・技術部

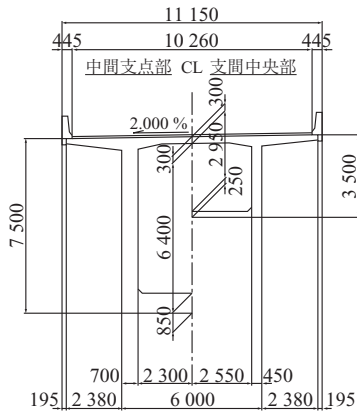


図 - 2 主桁断面図

本工事の施工ステップを図 - 4 に示す。

橋体完成までの流れは下記のとおりである。

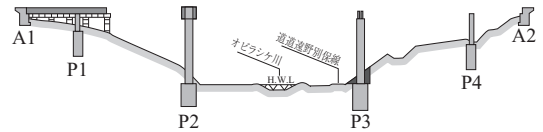
- ① A1 側径間部および P2 脚頭部および柱頭部の施工
- ② P2 張出し架設部, P3 脚頭部および柱頭部の施工, A2 側径間部の施工
- ③ P3 張出し架設部の施工
- ④ 中央閉合部の施工
- ⑤ 橋面工の施工

### 3. 長期耐久性向上への取組み

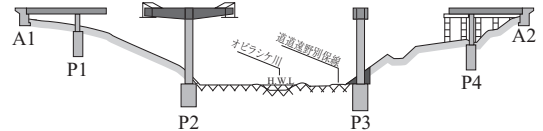
本橋は高さ 46.3 m の橋脚が山岳斜面に位置し、道道遠野別保線およびオビラシケ川と交差することから、供用の補修が困難である箇所位置する。また、架橋位置は凍害危険度<sup>1)</sup>が 5 段階中 4 段階と「凍害が大きいと予想される地域」に属しており、2 年間の工期中、寒中コンクリート施工を 2 期にわたり行うことから、コンクリートの

施工時における初期凍害を防止する必要があった。さらに、供用の冬の冬季における凍結防止剤散布の影響から、寒冷地特有の凍害と塩害の複合劣化も懸念された。

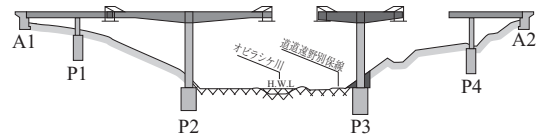
STEP 1 : A1 - P1 側径間施工・P2 柱頭部施工



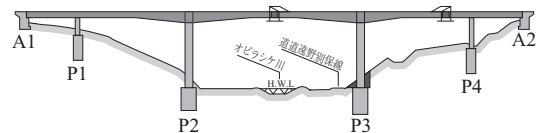
STEP 2 : P2 張出し施工・P3 柱頭部施工・P4 - A2 側径間施工



STEP 3 : P1 - P2 閉合・P3 張出し施工



STEP 4 : P2 - P3 閉合・P3 - P4 閉合



STEP 5 : 橋面工施工

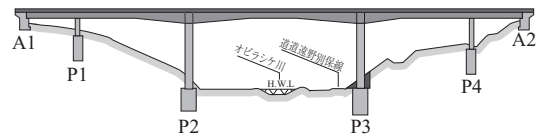


図 - 4 施工ステップ図

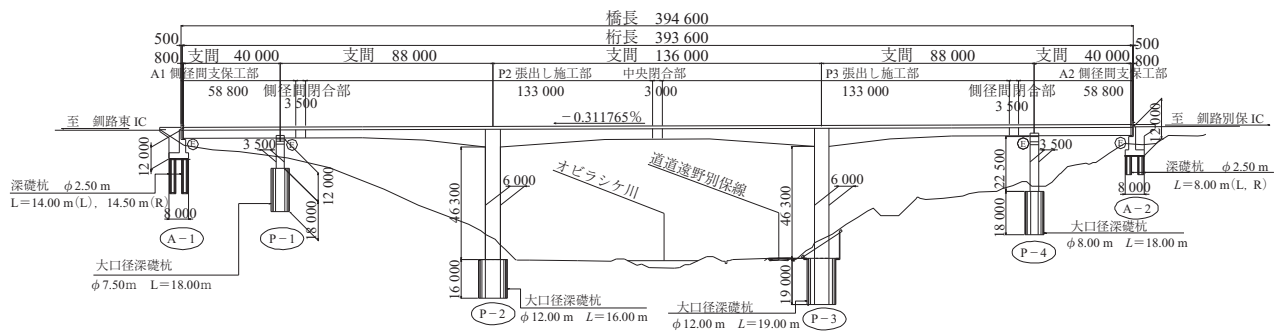


図 - 3 橋梁全体一般図

したがって、コンクリートおよびPC鋼材の長期耐久性を確保することが重要であった。

以下に、本橋で実施した取組みを示す。

### 3.1 コンクリートの品質確保

本橋の全4橋脚のうち、ラーメン構造であるP2、P3橋脚は高橋脚（46.3 m）であり、張出し施工部の規模は最大で20ブロック（張出し施工延長60.5 m）となることから、水平圧送換算距離は最大約280 mとなった。これらの条件下でのコンクリート打設では、ポンプ圧送時において1～2 cm程度のスランプロスが予想された。とくに過密配筋部となる柱頭部は桁高が最大7.5 mと高く、コンクリートの充填性を確保することが必要であった。

したがって、密実なコンクリートの確保のためには、1) 施工前の配筋確認、2) ポンプ圧送性を考慮した配合の選定、3) コンクリートひび割れ防止対策、4) コンクリート打設、5) 寒中養生に関する品質管理が重要であった。

#### 3.1.1 過密配筋部での3Dモデルの活用

P2、P3橋脚の柱頭部は、鋼管複合構造である下部工と上部工の鉄筋およびPC鋼材が混在した過密配筋となることから、コンクリート打設時の充填不足が懸念された。

したがって、施工前の設計照査段階において、鉄筋、シース、PC定着具を3次元でモデル化（図-5）し、骨材通過の事前確認を行い、コンクリートの充填不良の発生が懸念される箇所や鋼材同士の干渉する箇所については、鉄筋加工寸法や鉄筋間隔の変更を適宜行った。その結果、現場での鉄筋PC組立て作業を手戻りなく行うことができた。とともに、コンクリートの充填性を確保することができた。

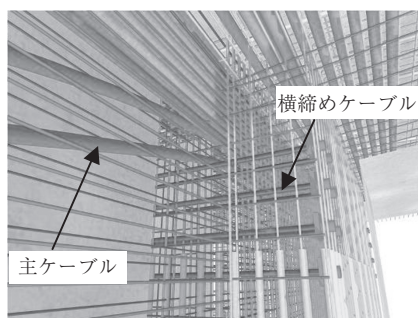


図-5 柱頭部の配筋モデル化

#### 3.1.2 コンクリートの材料・配合について

ポンプ圧送距離が長く、ポンプ圧送時のスランプロスが1～2 cmと想定されたため、ポンプ圧送性を考慮したコンクリートの配合を用いることが必要であるとともに、厳寒地であることから凍害を防止する必要があった。

したがって、筒先にて想定されるスランプやコンクリートの耐凍害性を考慮した結果、本橋の全箇所において、当初配合のAE減水剤を用いたスランプ8 cmのコンクリートから、修正配合の高性能AE減水剤を用いたスランプ12 cmのコンクリートに変更した（表-1）。

これにより、適切なワーカビリティ、エントレインドエアおよび想定どおりの筒先スランプを確保することがで

表-1 コンクリート配合表

	配合名	W/C	s/a	単用量 (kg/m <sup>3</sup> )				混和剤
				W	C	S	G	
当初配合	40-8-25H	35.1	38.4	152	433	668	1 071	4.330
修正配合	40-12-25H	39.6	39.4	143	361	720	1 106	2.888

き、密実なコンクリートとすることができた。

#### 3.1.3 コンクリートのひび割れ防止対策

本橋の柱頭部はマスコンクリートとなり、コンクリート温度変化に伴う温度ひび割れの発生が懸念された。また、柱頭部のコンクリートは下床版部、ウェブ部と上床版部の3ロットに、側径間部は下床版・ウェブ部と上床版部の2ロットに、それぞれ分割してコンクリートを打設するため、上床版のコンクリート打設時に、既設ウェブによって収縮が拘束されることにより、上床版コンクリートに外部拘束ひび割れの発生が懸念された（図-6）。

よって、これらのひび割れの発生を抑制するため、以下の対策を行った。

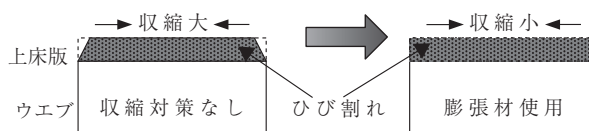


図-6 上床版のひび割れ抑制のイメージ

#### (1) 高性能 AE 減水剤の使用

高性能 AE 減水剤を使用する目的は、前述のワーカビリティの確保に加え、単位セメント量を低減し、コンクリート温度を低減することによる温度ひび割れ抑制効果である。

前項の表-1に示すとおり、単位セメント量を、72 kg/m<sup>3</sup>低減し、水和反応に伴う温度上昇を低減した。

#### (2) 膨張材の使用

柱頭部および側径間部におけるコンクリートの分割打設による外部拘束ひび割れの発生を防止するため、上床版コンクリートには高性能 AE 減水剤に膨張材を添加したコンクリートを使用した。

#### (3) 3次元温度応力解析の実施

上記(1)、(2)の効果を定量的に把握し、ひび割れ発生確率を低減させる対策の必要性を判断するため、柱頭部を対象とした1/4モデルによる3次元温度応力解析を実施した。コンクリートの配合は、高性能 AE 減水剤と膨張材を使用する条件とした。

図-7に示すとおり、当初配合では、ひび割れ指数が1.04でひび割れ発生確率が50%であったが、高性能 AE 減水剤と膨張材を使用した配合では、ひび割れ指数が2.11となりひび割れ発生確率が5%以下に改善された（ひび割れ指数判定は、2012年制定 コンクリート標準示方書設計編による）。したがって、本橋においては、ひび割れ防止用の補強筋の追加配置は不要であり、配合の変更のみをひび割れ防止対策とした。

その結果、懸念されていたひび割れが実際に発生してい

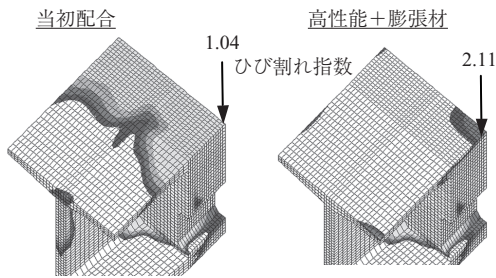


図 - 7 温度応力解析結果

ないことから、上記の配合への変更による実施効果を確認することができた。

### 3.1.4 コンクリートの打設について

#### (1) 柱頭部および張出し施工部

コンクリート打設中の自由落下による材料分離を防止するため、打設高さは1.5m以内に収める必要がある。

本橋の桁高が3.5m～7.5mと高いため、下床版およびウェブコンクリート打設時には、下床版ではサニーホースと鋼製の滑り板を用い（写真 - 1）、ウェブでは小口型枠の中間に打設窓を設けた。また、もっとも桁高の高い柱頭部では、下床版、ウェブ、上床版の3ロットに分割してコンクリート打設を行い、一回の打設高さ自体を低くすることにより、コンクリートの材料分離を防止した。

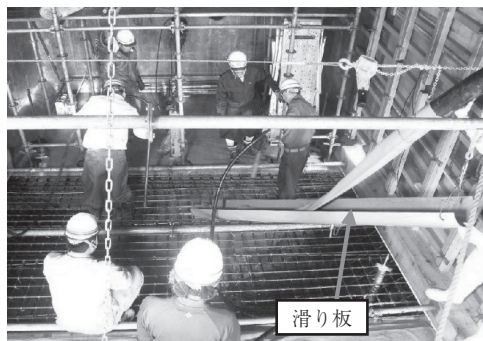


写真 - 1 下床版打設状況

#### (2) 側径間施工部

本橋の側径間部は、施工区間が長く（A1、A2ともに58.8m）、また固定式支保工の設置箇所は急峻な法面上にあるとともに、橋梁下の工事用道路の確保が必要であったため、支柱と梁を使用した支柱式固定支保工を採用した（写真 - 2）。コンクリート打設は、ウェブ・下床版と上床版を2ロットに分割して行い、コンクリート打設時には支保工梁のたわみによるひび割れの発生が懸念されたため、たわみの大きい箇所を先行してコンクリート打設し、実際のたわみの数値を確認しながら、他の箇所のコンクリート打設を順次行った（図 - 8）。

### 3.1.5 コンクリートの養生について

工事箇所では、10月後半から5月初旬までの約6ヵ月半が寒中コンクリート施工期間となり、最低外気温は-10℃を下回る日も多い地域であった。そのため、この時期における施工では、コンクリート打設中の初期凍害を防止す

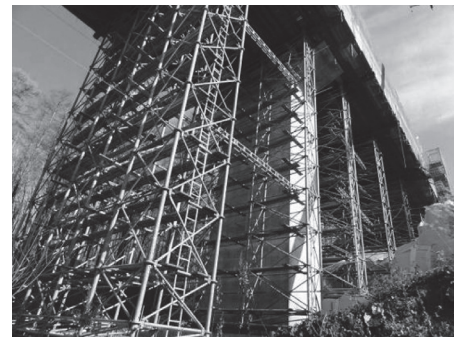


写真 - 2 支柱式固定支保工

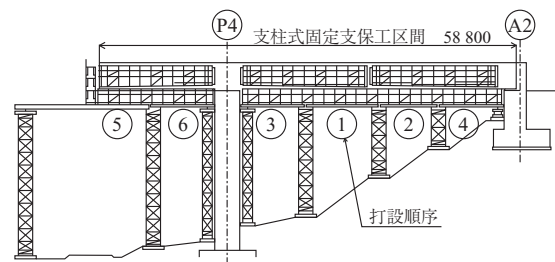


図 - 8 打設順序図

るためにコンクリート温度および養生温度の管理を適切に行うことが重要であった。本橋では、高さ約50mの高橋脚に沿って鉛直にコンクリートを配管により圧送する際、コンクリート温度が外気温により冷やされることで急激に低下し、コンクリートが凍結することが懸念された。そこで、コンクリート圧送管に断熱材を巻き、配管養生を行うことにより、コンクリートの温度低下による初期凍害を防止した。

また、防災シートなどで上屋を覆うのみでは、初期凍害の発生の懸念があったため、本工事では移動作業車全体をポリカーボネート製の採光性パネルで覆った防寒養生を行い（写真 - 3）、かつ、養生期間中は給熱を行い移動作業車内の温度5℃以上を目標に温度管理を行った。



写真 - 3 防寒養生状況

### 3.1.6 鉛直打継ぎ目地の施工

本橋は、長さ2.5m～4mの施工ブロックを段階的に張り出しながら施工するため、各施工ブロックには鉛直の打継ぎ目地が合計約80か所生じた。橋梁の長寿命化を図る

ためには、この打継目地を構成する打継面と外周である打継目について、前者に対しては新旧コンクリートの一体性を向上させること、後者については外来塩分などの腐食因子の浸入を防止することが長期耐久性の確保を図る上で重要となった。

#### (1) 鉛直打継面の確実な一体化

打継面のコンクリート打設前の状態は、骨材が見える程度の粗さに打継ぎ処理されていることと、新設側コンクリートから水分を吸水し、強度低下を起こさない状態しておくことが必要であった。

したがって、前者のために打継面の処理方法として、凹凸状のシート(図-9)を使用した。また後者のためには、旧コンクリートの打継面に吸水防止剤を塗布したあと、コンクリートを打設した。

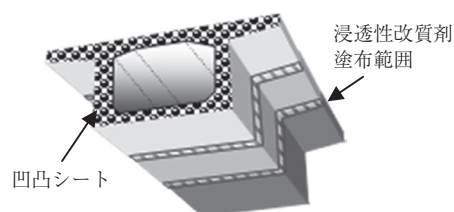


図-9 打継ぎ目地部の実施対策

#### (2) 打継目からの腐食因子の浸入防止

コンクリート表面の打継目からの腐食因子の浸入を防止するため、コンクリート打設あとの移動作業車の足場がある期間に浸透性改質剤を塗布した。塗布範囲は打継目の外周(図-9)であり、目地を中心に100mm程度の幅で刷毛塗した。この材料の使用によって、毛細管作用により目地深くまで浸透し、高密度の吸水防止層を形成し、腐食因子の浸入を防止した。

### 3.2 PC鋼材の耐久性確保

#### 3.2.1 グラウトの施工

本橋の張出し架設部の主ケーブルは、合計本数約200本配置されており、ケーブル長さは最大約133mと非常に長かった。このため、従来使用している高粘性タイプのグラウト材の使用では、グラウト注入時間や注入圧力の増加に伴うグラウトの流動性の低下や早期硬化によるグラウト充填不良の懸念があった。また、曲げ下げ部はグラウトの先流れによる有害な空隙の発生の懸念があり、これらの発生を防止するための対策が重要であった。

よって、本橋では、超低粘性タイプのグラウト材を使用することにより、従来の高粘性タイプよりも、1) グラウトの注入圧力を低減、2) グラウトの充填率を向上、3) W/Cを低減することができ、グラウトを確実に充填し、有害な空隙の発生を防止するとともに、PC鋼材の防食性を確保することができた。なお、超低粘性タイプ特有の下り勾配におけるグラウトの先流れ対策として、適切な位置に中間排気口を設けることとし、空隙の残りやすい隙間にも確実にグラウトを充填することができた。

また、グラウトの施工頻度は、PC鋼材の確実な防錆の観点から、緊張作業終了から4週以内とし(PCグラウト

マニュアル<sup>2)</sup>では穏やかな環境の場合8週間以内)、3~4ブロック施工するごとにグラウト注入を行うこととした。

#### 3.2.2 冬季施工期間中のPC鋼材防錆対策

本橋の張出し架設部の合計40ブロック中24ブロックが、約6ヵ月半の冬季施工期間中の施工となった。この期間中はPC鋼材緊張あとのグラウト注入作業を行うことができないため、PC鋼材がシース内で長期間空気に触れることにより、発錆する懸念があった。

したがって、PC鋼材の防錆対策を確実にを行うため、本橋では、通常は完成系ケーブルとして使用するポリエチレン系樹脂充填被覆・防食PC鋼材を使用し、冬季施工期間終了あと、速やかにグラウト注入を行った。

## 4. 施工管理上の工夫

### 4.1 高精度な緊張管理手法

本橋の張出し架設部の主ケーブルの長さは最大約133mと長いこと、シースとの摩擦、角度変化による誤差要因の影響を受けることにより、導入緊張力のばらつきを生じる懸念があった。また、緊張管理に関して、一般的には現場で緊張管理図に緊張力と伸びをプロットし、最終導入緊張力を作図により予測して決定しているが、この作図作業による人的な読み取り誤差を生じる懸念があった。

よって、本橋では、導入緊張力の精度を向上させるため、携帯端末を用いたIT管理により緊張管理図を自動作図するシステムを使用した。

このシステムは、1) 元となるプログラムの入ったパソコンを事務所内に置き、現場で緊張力と伸びを携帯端末に入力する(写真-4)。2) そのデータが事務所内のパソコンに転送される。3) そのデータから自動計算により作成された管理図が携帯端末に転送されて画面表示するものである。管理図は、最小2乗法により計算された近似直線を自動作図(写真-5)により行った。以上により、人的誤差を含まない高精度な緊張管理を行うことができた。



写真-4 IT端末を用いた緊張管理状況

### 4.2 移動作業車の組立て・解体作業時の安全対策

P3橋脚については、竹割り土留め工法を用いた橋脚の起点側が道道1003号ときわめて近接しており(写真-6)、起点側の移動作業車組立て時および解体時における通行車両に対する安全確保対策が必要であった。

また、交差道路上における作業員の高所作業時の安全を

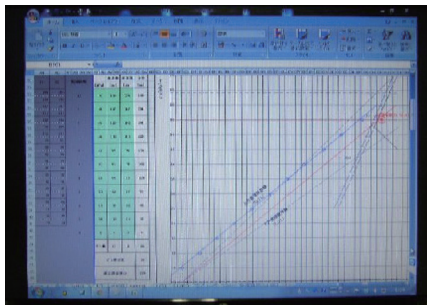


写真 - 5 緊張管理図の画面



写真 - 7 移動作業車による中央閉合



写真 - 6 道道上の施工状況

確保することも重要であった。

検討の結果、柱頭部の終点側において移動作業車を組み立てたあと、柱頭部上を起点側に移動させ、所定の位置への据付けを行った。

一方、解体についても、道道上での作業を回避するため、P3橋脚まで移動作業車を後退させず、移動作業車により引き続き中央閉合を施工し、P2橋脚まで前進させたあと、解体作業を行った。

以上の対策により、通行車両の安全性および高所作業自体の大幅な削減による作業員の安全性を確保することができた。

#### 4.3 中央閉合部の施工

従来工法の吊支保工を用いた施工では、一旦移動作業車を解体したあと、吊支保工を新たに組立てる必要がある。とくに本橋のP3橋脚の起点側では、4.2のとおり、移動作業車の解体は道道上での作業となるため、通行車両の安全確保が非常に困難な状況にあった。また、吊支保工は、組立解体作業が必要となり、高所作業が長引く状況となる。

このため、3か所あるすべての中央閉合部の施工には、張出し施工完了あと、移動作業車をそのまま前進させて、移動作業車を用いる方法とした(写真 - 7)。

これにより、道道上での移動作業車の解体および吊支保工の組立解体が不要となり、交通の安全性を確保できるとともに、高所作業自体を削減でき、安全に作業を行うことができた。

#### 4.4 側径間閉合部の施工

側径間閉合前の設計と実測たわみとの差が20mm程度であり、この差を解消するため、閉合時には中央径間(P2-P3径間)側の移動作業車をカウンターウェイトと

して用いた。移動作業車自体の移動が容易で、据付位置も1m単位で調整することが可能であり、実測たわみ結果を反映させた移動作業車の据付位置を決定した。

以上より、所定の計画高さを確保することができ、また、張出し架設先端部と側径間部の接続部で段差や折れの発生を防止することができたとともに、施工時のひび割れの発生を防止することができた。

## 5. おわりに

オビラシケ川橋の完成写真を写真 - 8 に示す。



写真 - 8 オビラシケ川橋完成

オビラシケ川橋上部工事は平成27年12月に無事竣工を迎えることができた。また、釧路外環状道路の一部は平成28年3月12日に開通したことから、道内移動の時間短縮がはかられ、物流の効率化や交流人口の増加による観光振興の発展など地域経済に対する効果が期待されている。

最後になりましたが、設計および施工にご指導・ご協力をいただいた方々をはじめ、工事に携わった関係者の皆様に深く御礼を申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 長谷川寿夫, 洪 悦郎: コンクリートの凍害に及ぼす外的要因の影響とわが国の凍害危険度, 北海道大学工学部研究報告第92号, 1979
- 2) (一社)プレストレスト・コンクリート建設業協会: PCグラウト&プレグラウトPC鋼材施工マニュアル2013 改訂版, p76, 2013
- 3) 高橋幸継, 駒 勝彦, 阿部達郎: 長寿命化を踏まえたPCラーメン箱桁橋の施工 - オビラシケ川橋の事例より -, 平成26年度北海道開発技術研究発表会, 2015

[2016年3月9日受付]