

新富良野大橋 A 橋の施工 — 厳冬期の張出し施工と生産性向上 —

(株)大林組 正会員 ○丸田 雅晴  
 国土交通省 菊地 和彦  
 国土交通省 山崎 勲  
 (株)大林組 正会員 坪倉 辰雄

キーワード：張出し施工，寒中コンクリート，自動計測技術，生産性向上

1. はじめに

新富良野大橋は，北海道富良野市に位置し，空知川に架かる全長 619m の橋梁である。橋梁形式は PC8 径間連続箱桁橋で，幅員 12.0m，最大桁高 4.8m の橋梁を移動作業車による張出し架設工法で架設する。上部工は A 橋・B 橋に工区が分割されており，起点側 4.5 径間（施工範囲 348m）を A 橋工区として施工している。なお，B 橋工区についても同時期に施工が進んでいる。

本工事の特徴として，①2018 年度の冬期最低気温が $-28^{\circ}\text{C}$ まで低下した極寒の環境下での張出し施工，②工事範囲の大部分が河川敷地内であるという環境要因に加え，③生産性向上のために橋面・型枠の自動計測を実施した点を挙げる。本稿では，これらの特徴に起因する課題と解決策および実施した生産性向上の取組みについて報告する。

2. 工事概要

本橋の橋梁諸元を表-1に，断面図・側面図・平面図を図-1，2に示す。

表-1 新富良野大橋の諸元

工事名	旭川十勝道路 富良野市 新富良野大橋A橋上部工事
発注者	北海道開発局 旭川開発建設部
工事場所	北海道富良野市清水山地内
工期	2017.10.19~2020.2.25
橋梁形式	PC8径間連続箱桁橋（施工範囲:4.5径間）
橋長	619m（内，A橋工区:348m）
有効幅員	12.0m
桁高	4.8m~2.6m
平面線形	曲率半径 $R=1600\text{m}$ ，斜角 $A1: \theta=90^{\circ}$ $A2: \theta=70^{\circ}$
支間長	66.8m+6@80.5m+66.5m（内，A橋工区66.8m+3@80.5m+38.5m）
横断勾配	2.0%
架設工法	移動作業車による張出し架設工法

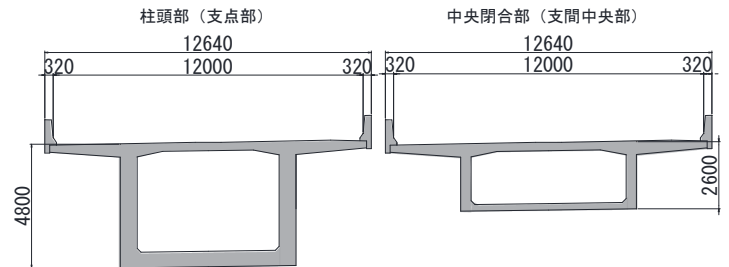


図-1 断面図

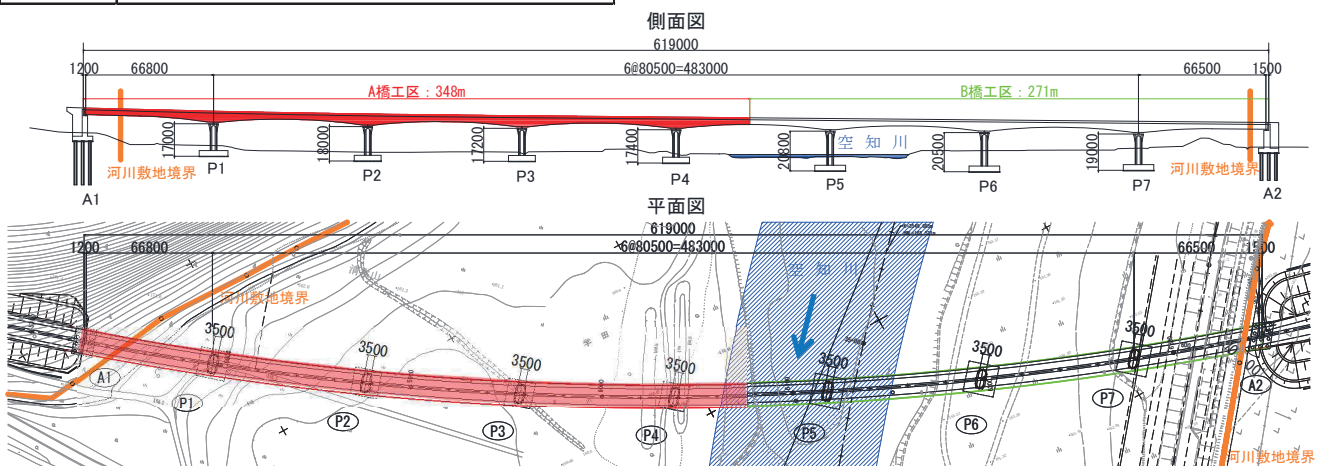


図-2 側面図・平面図

### 3. 施工上の課題と解決策

#### 3.1 コンクリート施工の課題と解決策

##### (1) 課題

本橋の施工場所である富良野市は北海道の中央部に位置しており、十勝岳をはじめとした山岳地帯に周囲を囲まれた盆地である。冬期の気温は、過去30年の1月の平均気温で-9℃まで低下し、最低気温では-30℃を下回る年もあった。このような極寒の環境下で通年の張出し施工を行うため、寒中コンクリートへの対応が当初から課題であった。また、工事場所の大半は空知川の河川敷地内であり、レイタンス処理水など工事で発生する排水や給熱養生で使用する灯油の河川への流出を避ける必要があった。

##### (2) 解決策

まず、工事初期段階で全体工程の見直しを行い、柱頭部・側径間・中央閉合については、寒中コンクリートを避けて施工する工程に変更した。夏期期間中の工程が密になり工事の繁忙度合いに差が生じたものの、技術者・技能者の人員計画を再考することで調整を行った。また、品質・安全・経済性でリスクの高い冬期の施工を低減でき、不具合の抑制に繋げることができた。

次に、通年施工となる張出し施工に関して、移動作業車などに以下の4点の工夫を行った。

①透明樹脂パネル・断熱シート・屋根を用いて外周足場全面を養生し、移動作業車1基あたり8台のジェットヒーターで給熱養生した。その際、仮囲い端部まで確実に閉塞し気密性を高める(写真-1, 2)とともに、酸欠防止対策として酸素濃度測定を日々行った。コンクリート養生温度管理記録を図-3に示す。その後12日間0℃以上を確保し(急激にコンクリート温度を低下させるとひび割れが発生しやすいため)急激にコンクリート温度を低下させるとひび割れが発生しやすいため、養生温度をタブレット端末で確認できるようにするとともに、温度異常時はタブレット端末に警報メールが届くようにして、即座に現場点検を実施した。

②脱枠したコンクリート全周(上下面および鉛直面)に気泡緩衝シートを設置して、移動作業車による仮囲いが次ブロック以降に移動してからも引き続き保温養生を行った(写真-1)。

③コンクリート積算温度から初期強度を推定し、リアルタイムで脱枠可能強度と緊張可能強度を確認した(写真-3)。本工事では、コンクリート打込み後2日目の午前8時からの緊張作業が強度不足で延期となることが多かったが、リアルタイムで強度推定を行うことで通常の圧縮強度試験をタイミング良く実施でき、所定の強度を確認したあと、10時・13時・15時などからの緊張作業が可能となり、強度未確認によるロス時間を大幅に低減できた。

④河川への流出防止対策として、コンクリートの鉛直打継ぎに「鉛直打ち継ぎ処理シート工法」を用いて、レイタンス処理水の発生を防止した。また、移動作業車の床面をシート養生することで、冬期に使用する灯油の河川内への流出を抑制した。

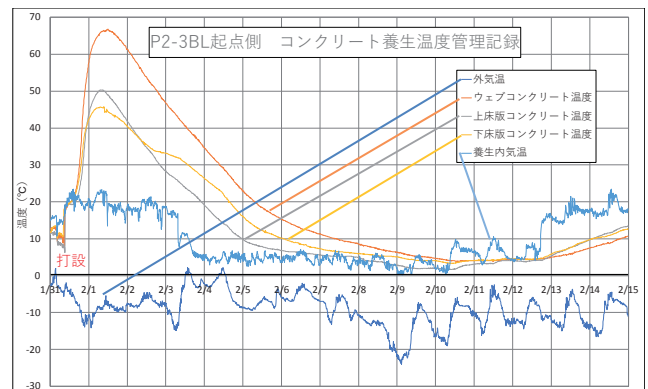


図-3 コンクリート養生温度管理記録



写真-1 仮囲いと気泡緩衝シート

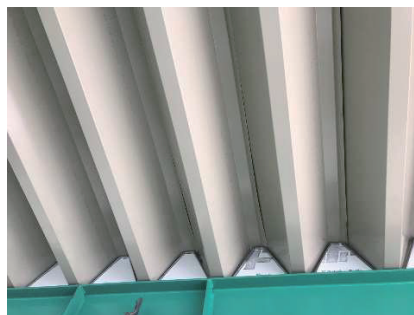


写真-2 仮囲いの端部養生

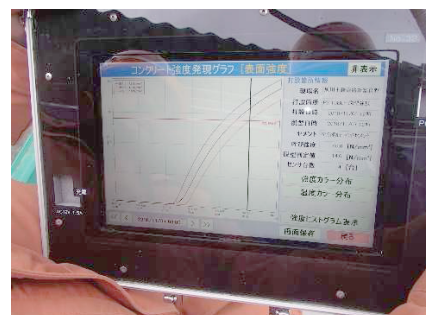


写真-3 強度確認

### 3.2 橋面・型枠計測の課題と解決策

#### (1) 課題

建設現場の生産性向上が求められる昨今、品質を確保するための測量にオートレベルや光波測距儀を手動で操作するのではなく、トータルステーションやGPSなどで自動計測する技術開発は急務である。これまでも橋面に設置したトータルステーションで各ブロックの反射プリズムを計測する自動計測技術は存在した。しかし、張出し架設工法では橋面上両端に移動作業車が設置されており、また各種資材を橋面に仮置きする必要もあり、直接視準できないため計測と各作業に支障が出ていた。

#### (2) 解決策

IoTによる橋面高さや型枠高さの自動計測技術を開発した。また、開発した計測技術とたわみ管理システムを連動させ、タブレット端末に瞬時に施工状況を表示するシステムを構築した。これらにより、測量作業の省力化が図られ、現場での迅速な指示が可能となった。

まず、橋面上約20mおきに設置した反射プリズムをトータルステーションで自動計測し、さらに3~4mおきにある測定点(カットライン)の高さ補間には傾斜計を用いた。また、移動作業車内の型枠にも傾斜計を設置することで、型枠高さをリアルタイムで自動計測可能とした。これらの計測データは無線通信で制御パソコンに集約し、タブレット端末で操作できるようにして、現場の施工位置の作業や事務所の技術者が常時閲覧可能とした。計測の概略図を図-4に、型枠高さ計測状況を図-5に、橋面・型枠に設置した傾斜計を写真-4~5に示す。

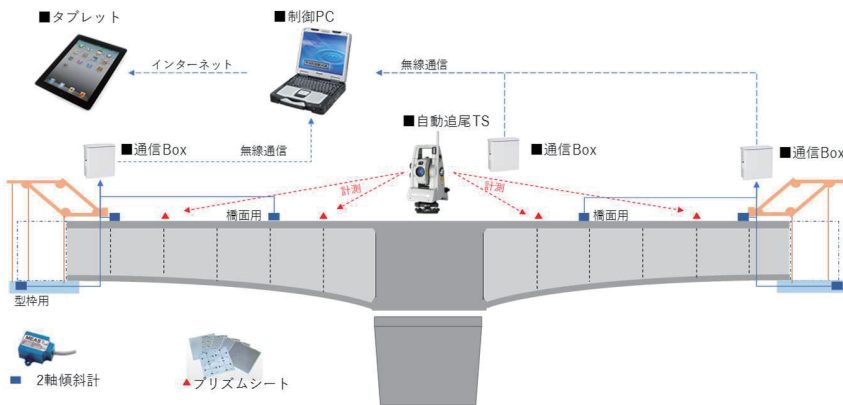


図-4 システム概略図

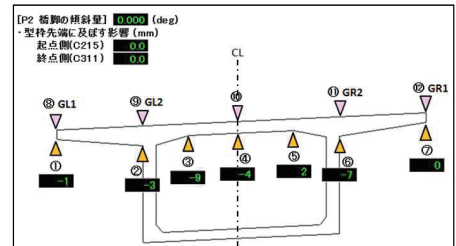


図-5 型枠高さ計測状況



写真-4 橋面傾斜計

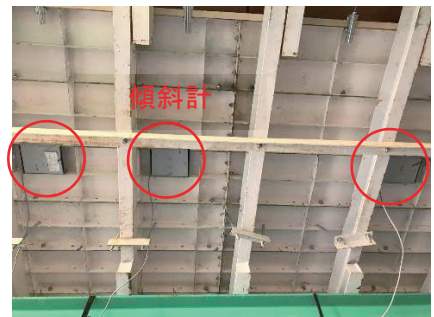


写真-5 型枠傾斜計

トータルステーションと傾斜計を併用することで、これまでは自動計測が困難であった張出し先端ブロックのリアルタイム橋面高さ計測が容易となり、橋面上の各種資材の影響も低減することができた。さらに、型枠に傾斜計を追加することで型枠の設置高さを同時に確認できるようになった。本技術の導入により計測作業の省力化が図られ、生産性が向上した(表-2)。

#### (3) 今後の活用方針

本技術の今後の活用方針として、以下の2点を挙げる。

- ① 反射プリズム・傾斜計の設置位置および設置数は、密に配置するほど計測結果の信頼性が向上する一方で高コストになるため、現場条件によって適切な配置計画を立案する。
- ② トータルステーションの代替として、作業の制約をさらに受けにくいGPSや写真測量の併用を検討する。精度確保が課題

表-2 従来と開発技術の比較

項目	測量に要した時間 (張出し1BLあたり)	比率
従来の手法 (手動による計測)	10	1.00
開発した手法	6	0.60

となるため、要求される精度を現場ごとに確認する必要がある。

4. 生産性向上の取組み

表-3 ICT技術の一覧

4.1 ICT技術の活用

本工事では、表-3に示すICT技術を積極的に活用し、全項目で生産性向上を図ることができた。一方、現時点ではそれぞれ独立したシステムでありデータ収集方法が異なるため、データ収集・選択・取纏め・表示に一定の手間を要した。今後の改善点として、これらシステムの一元化を実施し、1台の制御パソコンへのデータの集約を図るとともに、収集したデータを簡易に表示・提出できるソフトを開発する必要があると考える。

ICT技術の内容	特徴
写真・出来形・品質管理システム	・タブレット端末で写真撮影・出来形品質管理値入力可能 ・パソコンと連動しており事務作業が大幅に低減
コンクリート養生温度管理システム	・コンクリート養生温度をリアルタイム表示 ・異常発生時はメールで通知 (3.1参照)
コンクリート初期強度管理システム	・コンクリート積算温度から初期強度を推定 ・専用パソコンで推定強度をリアルタイム表示 (3.1参照)
橋面型枠自動測量システム	・トータルステーションと傾斜計を併用して橋面高さの変位測量と型枠設置測量を自動化 (3.2参照)
緊張管理システム	・緊張ポンプの圧力計示度 (0.1MPa) とケーブル伸び量 (0.1mm) の自動計測・グラフ表示
グラウト管理システム	・グラウト注入圧力・注入速度・注入温度の自動計測・グラフ表示
自然災害防災システム	・現場ピンポイントの気象情報をリアルタイムで確認 ・注意報・警報および災害発生時はメールで通知
インターネットを利用したデータ保管	・事務所共有データをクラウドストレージに保管 ・タブレット端末でデータ閲覧・上書き可能
メッセージアプリ	・現場職員・協力会社職員のタブレット端末を用いて複数人数で情報発信・共有可能 (写真対応)

4.2 柱頭部ブラケットでの生産性向上

本橋は下部工が完成した状態で引渡しを受け、支承工・柱頭部工から工事を開始した。そのため、柱頭部ブラケット支保工を支持するアンカー (フォームコネクター) が既設橋脚に埋め込まれていたが、工事受注後、施工計画時の支保工重量の増加によりアンカー本数が不足することが判明した。河川阻害率の制約から支柱式支保工への変更が困難であったため、あと施工アンカーの増し打ちが必要となったが、本工事では柱頭部1ロット天端付近にPC鋼材を追加配置して、1ロット施工後にプレストレスを導入し、そのあとブラケットによる支持を解放するまで柱頭部1ロットで2ロット荷重を支える計画とした (図-6、写真-6)。その結果、ブラケットに作用するコンクリート荷重は1ロット荷重のみとなり当初計画から半減するため、アンカーに作用する引抜力・せん断力を同様に半減させることができ、当初ブラケット支保工のままに必要な耐力を確保して施工を進めることができた。あと施工アンカーの省略により大幅に生産性が向上するとともに、下部工品質に配慮しつつ安全性も高めることができた。なお、補強PC鋼材の導入プレストレス力については、2ロットコンクリート荷重による発生応力度を打ち消す程度とした。

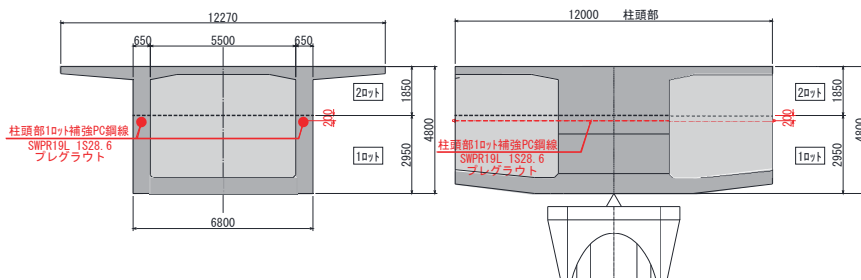


図-6 補強 PC 鋼材配置図

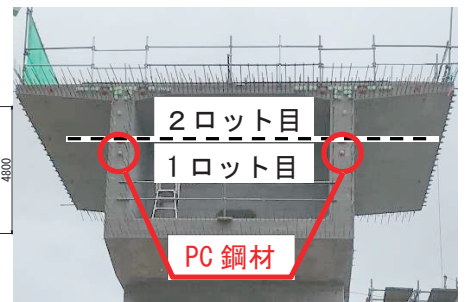


写真-6 補強 PC 鋼材

5. おわりに

2019年5月現在のA橋工区的全景写真を写真-7に示す。4橋脚からの張出し施工が完了し、残る工事はA1側径間閉合と3ヶ所の中央閉合および橋面工の施工である。進捗率は70%を超えて工事終盤に差し掛かっており、2020年2月の工期末に向けて鋭意施工を進めている。本橋の施工にあたり今後も引き続き生産性向上に取り組むとともに、本稿が今後の同種工事の参考になれば幸いである。



写真-7 全景写真

最後に、本橋の施工にあたりご指導・ご支援を賜りました関係各位に深く感謝いたします。