

新幹線工事に伴う河川の瀬替えにおける工期短縮事例

－北陸新幹線、八日市川橋りょう他－

Report to Shorten River Relocation Schedule for Shinkansen Construction

松橋立樹*1 下道輝希*2 安井 満*3 中山雅雄*4 土江徹志*5

概 要

北陸新幹線（金沢・敦賀間）は令和5年開業予定であり、本工事は、北陸新幹線、高崎起点 383 km 981m～386 km 438m (L=2, 457m) 間における新幹線高架橋工事である。当工事では、旧河川である八日市川を隣接して新幹線本線が交差するルート計画となっているため、旧河川を瀬替えして新河川を築造する必要があった。八日市川の瀬替えは石川県との調整で、下流側を平成29年11月、上流側を平成30年3月に部分使用することが決まり、工期短縮が求められた。工期短縮策として、河川土工事において ICT 建機を使用し、マシンコントロール施工により、作業効率・安全性を向上させ、工期短縮に寄与した。

key words : 河川瀬替え、IoT 活用、ICT 建機、生産性向上、業務効率化、創意工夫

1. はじめに

北陸新幹線は、長野市・富山市・小浜市付近を經由して東京と大阪を結ぶ約 700 km の路線である。本工事は令和4年度末の完成を目指して工事が進められている金沢・敦賀間（約 125 km）のうち3径間連続 PC 箱桁橋、RC 橋脚 52 基、ラーメン高架橋 27 連、川道付替工を含む新幹線高架橋工事（延長 2, 457m）である（図-1）。

2. 工事概要

2.1 工事概要

工事名：北陸新幹線、八日市川橋りょう他

発注者：独立行政法人 鉄道建設・運輸施設整備支援機構
大阪支社

施工者：銭高・昭和コンクリート・西村・北川 JV

工期：平成28年9月15日～令和2年4月14日

2.2 工事数量

【主要工種】工事延長：2, 457m

PPCT 桁橋 7 連、3 径間連続 PC 箱桁橋 1 連

RC 場所打 T 桁橋 70 連、RC 橋脚 52 連、

ラーメン高架橋 27 連、場所打ち杭 647 本

橋面工・防音壁工・用地侵害防除柵工 1 式

工事用道路工・川道付替工 1 式



図-1 工事箇所位置図

3. 河川の瀬替え工事における留意点

本工事では、旧河川である八日市川を隣接して新幹線本線が交差するルート計画となっているため、旧河川を瀬替えして新河川を築造する必要があった。

八日市川の瀬替えは、石川県との調整で尾俣川から下流側 (L=250m) を平成29年11月、尾俣川から上流側を平成30年3月 (L=290m) に部分使用することが決まり、工期の短縮が求められた（図-2）。

*1 Tatsuki MATSUHASHI	大阪支社土木部	
*2 Teruki SHITAMICHI	大阪支社土木部	
*3 Mitsuru YASUI	大阪支社土木部	作業所長
*4 Masao NAKAYAMA	大阪支社土木部	専門部長
*5 Tetsushi TSUCHIE	大阪支社土木部	土木部長

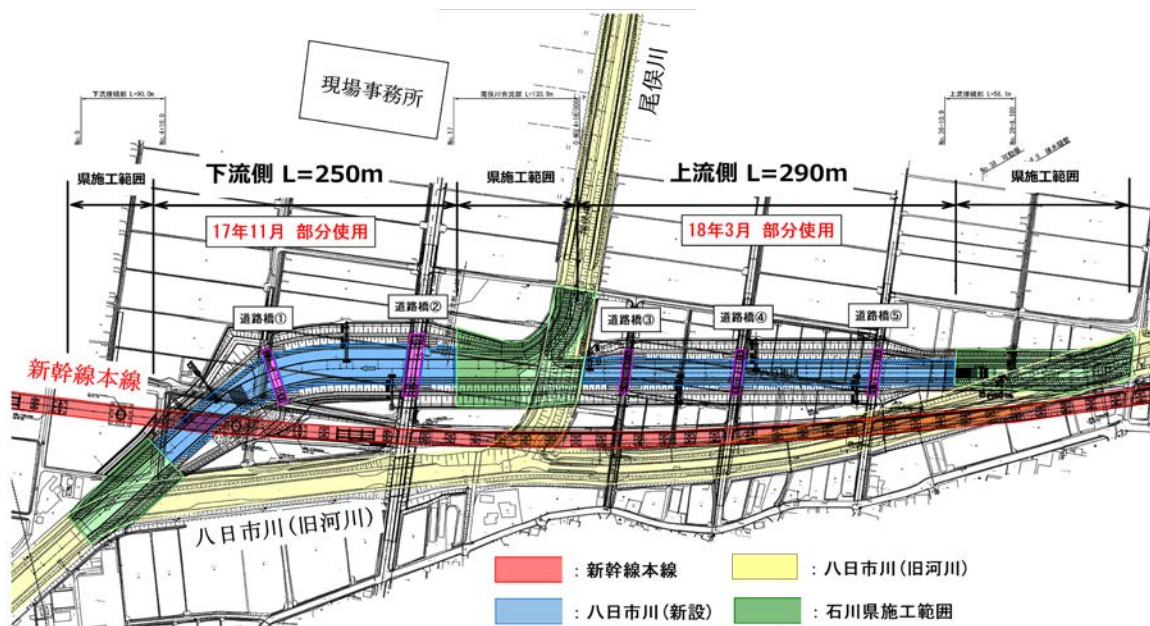


図-2 八日市川全体平面図

4. ICT 建機による土工事施工

4.1 概要

本工事では、工期短縮策として河川の土工事施工に ICT 建機を使用し、マシンコントロール施工により作業効率・安全性を向上させて、工期短縮を図った。

4.2 ICT 建機の概要

下記に ICT 建機の概要を示す (図-3)。

- ・機種：KOMATSU PC200i (0.7m³級バックホウ)
- ・仕様：セミオート制御機能
- ・搭載モニタ：12.1 インチ
- ・衛生：GNSS (全球測位衛星システム)



図-3 ICT 建機の概要図

ICT 建機は、セミオート制御機能を搭載したマシンコントロール油圧シャベルで、12.1 インチのモニタにバケットの刃先位置を表示し、自動停止制御・自動整地アシストをセミオート化したバックホウである。GNSS (全球測位衛星システム) を使用し、位置の精度を確保することで、施工精度は±30 mmとなっている。セミオート化により、経験の浅いオペレータでも簡易に操作することができ、作業効率・安全性を向上させることができる。

4.3 ICT 建機の特徴

今回の ICT 建機での土工事施工では、掘削土量 (約 1,100m³) があり、複雑な土工基面で段階的に丁張が必要となるため、3次元施工を採用した。

3次元施工では、3次元の設計図データを基に X、Y、Z 方向を制御することができるため、設計面以上に掘削しすぎることがなく施工を行うことができる。また、丁張と手元作業員を省略することで原価の低減ができ、掘削面に作業員を入れないことで安全にも考慮した作業を行うことができる。従来建機とのリース比較は約 3 倍が市場価格となっているため、施工数量から従来施工との比較を行い、採用を精査する必要がある (表-1)。

表-1 ICT 建機の特徴

項目	3次元施工
設計データ	3次元データ (ドローン+設計図) ※建機のサポートセンターが作成
丁張	不要
手元作業員	不要
難易度	低
施工条件	掘削土量があり、複雑な形状に有効 (段階的に丁張が必要、床付面に勾配がついているような設計面に有効)
従来建機とのリース比較	約 3 倍

4.4 ICT 建機の施工までの流れ

ICT 建機の施工までの流れを説明する。まず、データの作成は、3次元設計データ（ドローンによる空撮）と設計図書を組み合わせることで完成図の3次元データの作成を行う。そのデータをバックホウのモニタに転送して、モニタを確認しながら設計面に沿って施工を行っていく（図-4）。それまでに現場での準備工として、バックホウのキャリブレーションを実施し、座標確認用の仮基準点での刃先の座標チェックを行っていく。

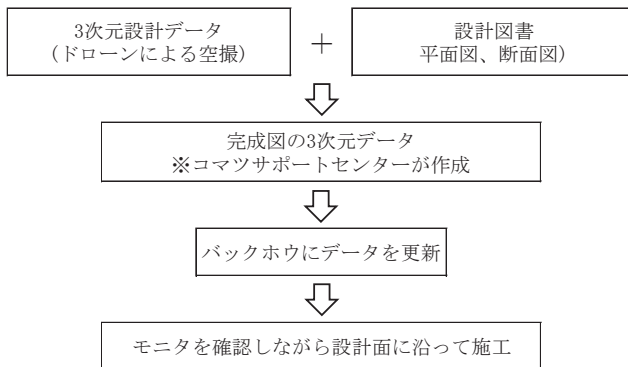


図-4 ICT 建機の施工までの流れ

4.4.1 3次元設計データの作成

3次元施工では、現況地盤の高さを正確に出すことで、掘削数量等を正確に出すことができるため、現況地盤の測量は重要な項目である。今回はドローンにて空撮を行い、写真合成処理から3次元点群処理を行い、3次元の設計データの作成を行った。図-5にその施工手順を示す。事前準備期間として、飛行計画から3次元設計データ作成まで今回の施工範囲約20,000m²当り約8日間必要である。

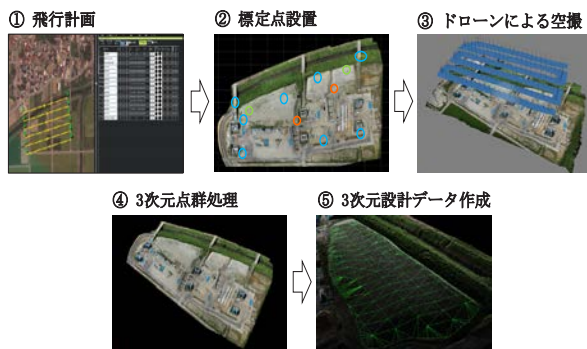
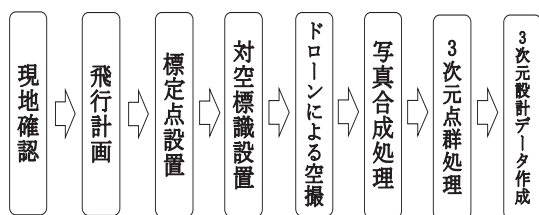


図-5 3次元設計データまでの施工手順

4.4.2 ICT 建機のキャリブレーション

施工前のICT建機のキャリブレーションとして、バックホウの稼働範囲のキャリブレーションを行う（写真-1）。また、衛星から受信した位置情報と現地の座標系の誤差確認をICT建機用の基準点にて行う（写真-2）。ICT建機の座標はバケットの刃先で確認することができ、3軸方向の許容誤差は±10mm以内とした。誤差が大きい場合は、再度キャリブレーションを行い、確認を行う。この作業は毎日、作業前と午後に1回ずつ行った。



写真-1 ICT 建機のキャリブレーション



写真-2 刃先座標の確認

4.5 ICT 建機による3次元施工

今回の河川の瀬替え工事では、下流側（L=250m）は従来の機械施工、上流側（L=290m）ではICT建機施工で行い、施工比較を行って効果の確認を行った（図-2）。

次に今回の3次元施工で行った河川の施工断面について説明する（図-6）。まず断面として、下から河床、低水護岸のブロック積みがあり、ステップを設けて法留基礎ブロック、高水護岸の張ブロックと堤防盛土がある構造となっている。従来の施工では図-6にあるように、段階的に河床の床付け、低水護岸の背面掘削、高水護岸の背面掘削にて丁張が必要になるが、3次元施工では土工基面に沿って掘削ができるため、丁張を省略して施工をすることができる。

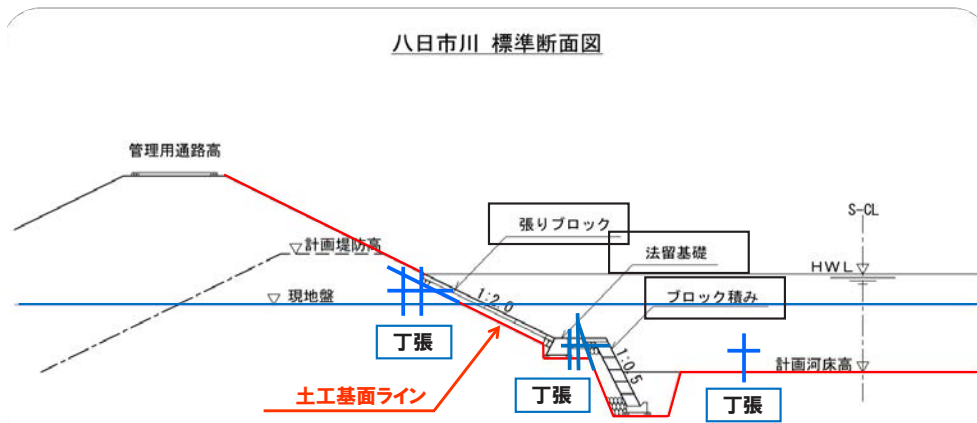


図-6 八日市川 標準断面図

4.6 河川工事の施工手順

今回の河川の土工事施工では、次のような手順で施工を行った。まず①高水護岸の背面掘削を行う。次に②低水護岸の背面掘削・床付け、河床の床付けを行い、③低水護岸のブロック積みの施工へ移行していく。3次元施工では①から②の作業までを一連で行えることが特徴であり、各段階での測量作業の省略、また低水護岸の床付けや河床の床付け時に手元作業員を省略して行うことができる（図-7）。

くが、その作業を3次元施工では省略することができる。

写真-5は河床床を整形している状況写真である。従来の施工では手元作業にて高さの確認を行いながら、床付の整形を行っていくが、3次元施工では作業員の省略を行うことができる。また、写真-6は低水護岸の床付け整形状況である。従来施工では写真のように法丁張が必要になるが、3次元施工では一連の流れで掘削を行っていくことができる。

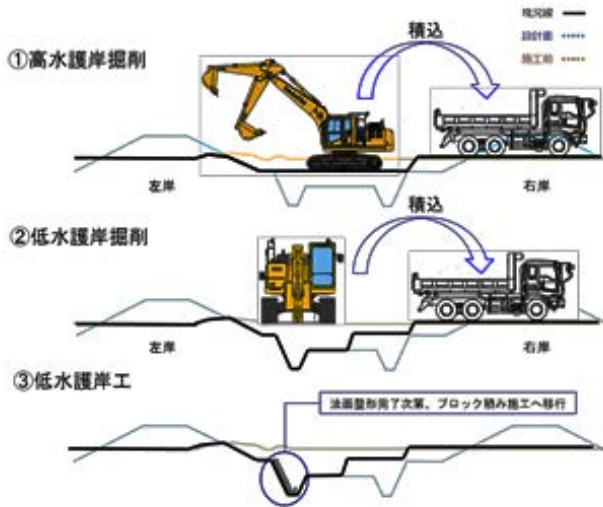


図-7 河川工事の施工手順

4.7 施工状況

次に ICT 建機による施工状況を説明する。写真-3は施工開始状況で、モニタには切り出しラインが表示され、それに沿って、高水護岸の背面掘削を行っている状況である。掘削した土砂は従来建機にて集積を行っている。

写真-4は掘削を少し進めた状況写真である。従来の施工では写真のように切り出し法丁張を基に切り下げてい



写真-3 施工状況①



写真-4 施工状況②



写真-5 施工状況③



写真-6 施工状況④

写真-7 は、運転席に搭載されているモニタである。モニタは 12.1 インチで、上段に平面図、下段に断面図が表示され、現在のバックホウの位置が表示される。また、設定でバックホウのバケットのみの表示も行うことができる。さらに、断面図の左下のほうには床付けまでの深さが表示され、床付け高さを確認しながら掘削を進めていくことができる。モニタはタッチパネルとなっており、簡易的に操作することができる。



写真-7 搭載モニタ (12.1 インチ)

4.8 効果の確認

今回の ICT 建機での施工は、下流側 (L=250m) では従来の機械施工、上流側 (L=290m) では ICT 建機にて施工を行い、施工比較を行った。図-8 では 40m 当り (2 測点) での河川工事の測量工から河川土工、護岸工までの施工サイクルを示している。下流側は、切り出し丁張の設置から張ブロックの施工まで 16.5 日かかっており、今回の ICT 建機を使用した場合の上流側では、施工前に行っている切り出し丁張の省略で 1.0 日の短縮、護岸掘削で 1.0 日の短縮、法留基礎掘削で 0.5 日の短縮を行うことができ、上流側では 14 日のサイクルで施工を行うことができた。

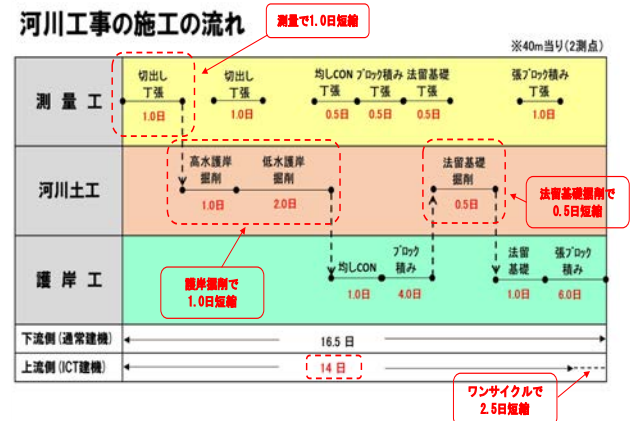


図-8 河川工事の施工サイクル

4.8.1 工程短縮

下流側では同等の工事量で4ヶ月半かかったが、上流側では記録の大雪災害に見舞われながら3ヶ月で施工することができ、18年3月の部分使用に間に合うことができた。

下記に上流側全体の短縮内訳を示す。

- ・測量 1.0 日 + 掘削工事 1.5 日 = 2.5 日短縮 (40m 当り)
- 上流側 290m × 両岸 2 = 580m 580m ÷ 40m = 14.5 スパン
- 14.5 スパン × 2.5 日 = 36.3 日短縮 (上流側全体)

4.8.2 測量業務の原価低減

外注測量は下流側では 40 回行った。それに対して ICT 建機を用いた上流側では基準点の設置のみの 2 回であった。測量業務の比較をすると、ICT 建機を用いた上流側では外注測量が下流側の 5% となっており、原価としては 95% の低減を図ることができた。

4.8.3 河川土工の掘削作業

今回 ICT 建機を使うことで手元作業員による高さの確認を省略できることで、作業効率が上がり、通常の 1.5 倍から 2.0 倍の速さで掘削を行うことができた。細かく丁張の設置が必要な曲線部はより効果的であると思われる。

5. おわりに

今回の河川の瀬替え工事は、非常に厳しい工程の中、下流側、上流側共に部分使用に間に合わすことができ、工期短縮と積極的な IoT 技術の活用を目的に ICT 建機による土工事施工を行い、成果を上げることができた。また、ICT 建機では、本線構造物掘削においても使用し、成果を上げることができ、今後の土木分野の土工事施工において、良い実績を作ることができた。河川全景を写真-8、9に示す。

まとめとして、ICT 建機による施工では、①複雑な形状の土工基面施工に有効、②施工効率が良く、通常施工の1.5倍から2.0倍の施工スピードが見込める、③丁張省略による原価の低減、④手元作業員の省略による安全性の向上、の4項目の効果を見込めることがわかった。

今回の ICT 建機での土工事施工においては、さまざまな場面において発表をさせていただく機会をいただき、非常に勉強させていただくことができた。最後に、これまでご指導、ご協力をいただいた関係者各位にこの場を借りて感謝を申し上げます。



写真-8 河川全景（下流側）



写真-9 河川全景（上流側）