

川内川河川事務所における ICT 施工 遠隔臨場の取り組み等について

竹本 雄一¹・平岡 博志²

¹ 川内川河川事務所 工務課（〒895-0075 鹿児島県薩摩川内市東大小路町 20 番 2 号）

² 川内川河川事務所 工務課（〒895-0075 鹿児島県薩摩川内市東大小路町 20 番 2 号）

川内川河川事務所では、魅力ある現場づくりや生産性向上を目指し、「ICTの全面的な活用」を河道掘削工事等で実施している。今回、①ICT活用工事施工状況、②3次元データ作成・設計から施工まで一連作業における課題と解決方法、③遠隔臨場の課題や取り組み等について、報告するものである。

キーワード 生産性向上, ICT施工, 3次元データ, 遠隔臨場

1. はじめに

建設産業においては、現場での技術者の高齢化と若者の経験不足、技能労働者不足によりこれまで経済を支えてきた労働者の減少を上回る生産性の向上が求められている。国土交通省においては、平成 28 年度より建設現場において ICT（情報通信技術）の活用や i-Construction の政策を掲げ、2025 年までに生産性 2 割向上を目標として示している取組みの中で、BIM/CIM の導入など 3 次元データの利活用は中核をなす技術として注目されている。

本論文では、川内川河川事務所管内の工事における ICT 活用工事施工状況・3 次元データ作成・設計から施工まで一連作業における課題と解決方法、遠隔臨場の課題や取り組み等について、報告するものである。

2. ICT 活用工事について

ICT 活用工事とは、工事の全ての手順（測量、設計、検査）に 3 次元データを活用し生産性を向上する手法である。ICT 土工においても 3 次元起工測量→3 次元設計データ作成→ICT 建設機械による施工→3 次元出来形管理等の施工管理→3 次元データの納品と検査で示すような流れにおいて、3 次元データを活用する工事である。

3. ICT（土工）活用工事施工状況

川内川河川事務所発注者の 2018 年、2019 年、2020 年に契約した ICT（土工）活用工事の施工実績数を表-1 に示す。2018 年は、河川土工工事 8 件のうち、4 件（50%）が

ICT 技術を活用しており、2019 年度においては 51 件のうち 32 件（63%）が活用、2020 年度においては 47 件のうち 41 件（87%）が活用している。2018 年度～2020 年度の未活用工事は、維持修繕工事等であり、主な工種が掘削である工事については、全工事が活用している状況にあり、受注者は ICT 技術が定着しつつある。

契約年度	河川土工	ICT 活用工事		
		施工者希望型 I 型	施工者希望型 II 型	計
2018	8	0	4	4
2019	51	10	22	32
2020	47	21	20	41

表-1 ICT 活用工事施工実績（2021 年 5 月時点）

4. 今後の BIM/CIM に向けた取り組み

(1) 試行工事の目的

国土交通省では、「防災・減災、国土強靱化のための 5 年加速化対策」として、河道掘削工事を多く発注している。その中で土工工事においては、ICT 建機を活用した i-Con 施工が多数実施されているところであるが、意見交換会において施工業者からは、現状「設計時点で作成された 3 次元データは、ICT 建機用に読み込むデータとして直接的には使用できない」との意見があり、実態としては、施工業者が改めて 2 次元の発注図面をもとに ICT 建機用の 3 次元データを作成し、施工に展開していることが分かった。ただし「設計時に設計思想（線形法線

の設定等)が入った3次元設計を作成済みであれば、2次元図面を1から作成するより手間が省ける」との意見もあった。そのため、設計から施工の3次元データの円滑な受け渡しが課題となっていることを踏まえ、川内川河川事務所では「川内川 CIM/i-Con 取組についての意見交換会」を開催し、設計時の3次元データが i-Con 施工にそのまま活用できない原因を確認し、その後の試行工事を通じて「業務における3次元データ作成」から「実施工での ICT 建機による自動化施工」までの一連を通じて、現時点での最適な解決方法を導き、今後の河道土砂掘削事業に水平展開を図ることとした。

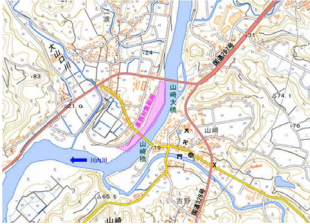


図-2 概略位置図



図-3 着工前写真

(2) 山崎地区（試行工事）における取組み概要

川内川山崎地区河道掘削工事をモデルケースにおいて、流下河道内の土砂掘削・樹木伐開を行う施工各段階で発注者・施工者・設計者で意見交換を行いながら進め、3次元設計が i-Con 施工にそのまま活用できない原因などの情報を明確にし、設計時点での基本的な考え方や3次元モデル作成のポイントなどを共有した。施工段階の工事現場で ICT 建機の稼働状況や終了区間の状況確認を行うとともに、施工業者及び i-Con 外注先である協力業者へヒアリングを行い、得られた効果および課題共有した。意見交換会は、20年11月から21年2月にかけて3回開催し、課題の抽出や3次元設計の実情、施工上の課題などを協議し、今後の展望を確認した。

(3) 川内川 CIM/i-Con 取組についての意見交換会で出された課題と解決方針について

設計時の3次元設計が i-Con 施工にそのまま活用できない理由を施工段階で出された意見をもとに課題を整理した。

【課題1について】

端部の取付や施工手順等の現場合わせが必要であり、そのままは使えないとの意見を抽出し現場状況や工区割の見直し、端部処理や施工手順に応じて、施工段階のモデルの組み換えは、必ず発生することを前提として、設計から施工へデータを引継ぐ際にモデル修正の手間が少なく、扱いやすいデータ構成、形式を整理する必要がある。

【対応方針】

①施工段階でゼロベースでモデルを再構築することがな

いよう、設計時のマニュアルを策定し、基本的な考え、データ構成内容（オリジナルデータ含み）の統一を図るため「川内川河川事務所管内 河川土砂掘削 ICT 施工モデルの作成」2021年3月運用マニュアル（案）を作成した。

② 運用開始後は、研修会等を開催するなどして、試行工事で利用機会を拡大する。



図-4 出張所での第1回意見交換会の様子

【課題2について】

TIN のピッチが広すぎると出来上がりの状態が直線に近い状態になる。一方、TINモデルが細かすぎると（ピッチが2mを下回ってくると）ICT 建機にデータを取り込んでも機械が作動しないことがある。

【対応方針】

3次元モデルを LandXML で出力する際には、概ね、2mピッチを目安に TIN を構築して運用する。設計に TIN を作成するときに 3D マシンコントロールの性能・基準書等を確認しながら作成する必要がある。

【課題3について】

樹木が多い箇所では、樹木伐採前（設計前）と樹木伐採後（起工測量時）の状態では地盤面に誤差が発生する。設計時点ですべての伐採をすることはできないが、極力、樹木伐採後（起工測量時）の地盤面に近づけるための地形モデルの取得方法を検討する必要がある。

【対応方針】

現時点で、河川土砂掘削における3次元設計を行う場合において、基礎地形データの作成にあたっては、以下の3ケースの方法が考えられる。現状の実用性と精度を勘案すると当面は、地形データの取得が比較的容易であり、伐採後の地形との影響差も比較的小さいことが検証できる「ケース1」を採用した。

- ケース1：UAV 写真測量+簡易地形測量
- ケース2：航空レーザ測量+単点補足測量
- ケース3：UAV レーザ計測

ケース	ケース1 地形データ (UAV写真測量 +簡易地形測量)	ケース2 地形データ (航空レーザ測量 +単点補足測量)	ケース3 地形データ (UAVレーザ計測)
概要	<p>■ 植生が多い現場では、UAV写真測量だけでは、正確な地形データの取得がむずかしいため、簡易地形測量を組み合わせることで地形モデルを作成</p> <p>■ 簡易地形測量の意味</p> <p>① 植生区域の地形データの取得 ② 既設構造物や水際の位置確認</p>	<p>■ 川内川河川事務所が保有する航空レーザ測量の地形データをベースにモデルを作成</p> <p>■ 航空レーザ測量の誤差が30cm～50cm内外であることを想定し、単点補足測量にて誤差の程度を確認する。</p> <p>■ 単点補足測量の意味</p> <p>① 現況地形と航空レーザ測量の誤差確認 ② 既設構造物や水際の位置確認</p>	<p>■ 測量・設計時点で、UAVレーザ計測を行い、植生下の地形データを取得し、モデルを作成(地形取得の要求精度:10cm以内)。</p>
課題	<p>△ 施工時には、特に端部の取合いで影響が出る可能性があるため、施工時点で計画モデルの見直しを必要とする。</p> <p>△ 設計段階での現場作業がケース2に比べ多い(植生範囲内の単点標高がある程度、万漏なく取得する。それ以外に構造物、水際部も取得)</p> <p>○ 堤防法肩や構造物など植生の影響を直接受けない部分は、5cm以下の精度で地形データが取得できる。</p>	<p>△ 施工時には、特に端部の取合いで影響が出る可能性があるため、施工時点で計画モデルの見直しを必要とする。</p> <p>○ 設計段階での現場作業はケース1に比べ、少ない(レーザ計測データとの比較がしやすいため、堤防法肩などが中心。それ以外に構造物、水際部も取得)</p>	<p>○ 施工時の仕様とほぼ同じ精度で地形モデルを取得することが可能なため、施工時点での手直しは少ない。</p> <p>△ UAVレーザ機器を保有している会社が、それほど多くない。</p>
精度	○	△	◎
導入しやすさ	○	○	△
検証	山崎地区で実施	他業務で実施	検証なし

図-5 地形データの取得方法

ケース1 地形データ(UAV写真測量+簡易地形測量)

土砂掘削の範囲は、植生が多く繁茂しているため UAV 写真測量単独では、植生表面のデータしか取得できず、土砂掘削面の地形の判断ができなかった。よって、簡易地形測量にて地盤標高単点、乗入道路、水際等のデータを取得して、地形データを補足した。堤防法肩や構造物など植生の影響を直接受けない部分は、UAV 写真測量で5cm以下の精度で地形データが取得できた。



図-6 掘削箇所の写真現況

ケース2 (航空レーザ測量+単点補足測量)

対象範囲の航空レーザ測量成果の入手が可能であった

ため、航空レーザ測量の点群をベースとした。単点補足測量を実施し、構造物、水際の測量を実施。あわせて、掘削エリアにおいても航空レーザ測量の誤差が30cm～50cm内外であることを想定し、単点補足測量にて誤差の程度を確認した結果、概ね近傍の点群データとの差は5cm内外であった。

ケース3 (UAV レーザ測量)

UAV レーザ機器を保有している会社がそれほど多くないため今回の試行工事では、検討外とした。

将来的には、UAV レーザ計測による運用が増えれば、より精度高い地形データの取得が行えるが、施工の際にモデルの組み換えが発生することを想定すると、業務段階での精度向上による費用面の増加には課題も残る。

【課題4について】

設計時の3次元設計モデルが現地の使用に適さない場合には、平面線形からみなおす現場が多いため設計思想(線形法線の設定等)を確実に施工に引き継げる仕組みづくりが必要である。

【対応方針】

線形法線の設定は、多自然川づくりを意識しつつ、できるだけ完成時の自然な川の状態をイメージすることが重要になるため、設計思想(線形法線の設定等)を確実に施工に引き継ぐためには、A4一枚紙で簡潔にまとめられる内容(景観カルテのようなものを想定)も、モデルデータとセットで運用する。

項目	内容
整備箇所	さつま町山崎地区
目的	河道掘削
設計思想	<p>■ 現況の敷設路の線形を活かしながら、自然な法面形状を構築し、河道全体の流線にも配慮した。</p> <p>■ 掘削断面は、水際より1.0%勾配にて掘削を行い、管理用通路法部から切土勾配1:4.0で掘削する計画とする。</p> <p>多自然川づくり整備の方向性などを記載</p>
施工段階における留意事項を記載	■ 橋梁周辺には、既設構造物として条件課岸が整備されているため、最終的な掘削面区間の設定方法に留意する。
添付資料	平面図、縦断面、横断面

図-7 モデル作成方法一覧表

(4)ICT 試行工事を終えて

(a) 施工業者へのヒアリング

・ ICT 建機を用いることで、測量時の丁張設置の手間が必要なく、施工時間は、従来施工に比べ1.3 倍ほど早くなったことが検証できた。

・ 提供された3次元データ (LandXML, dwg) でも使用に大きな問題はなかった。伐採後の地形データと整端部などは一部修正処理を行ったが、今回は dwg 形式のデータの提供を受けていたのでゼロベースからの修正ではなく、一部のみでの修正で対応できた。

端部擦り付けは、どうしても工事の際の調整が必要であるため施工段階でゼロベースでモデルを再構築することがないように、設計時のマニュアルを策定し、基本的な考え、データ構成内容 (オリジナルデータ含み) の統一を図り随時更新を行っていく必要がある。



図-8 現場でのヒアリング

5. 遠隔臨場工事の取り組み

(1) 概要

工事における監督業務の効率化・新型コロナウイルスの感染防止対策として、映像データを活用した監督検査等、対面主義にとらわれない建設現場の新たな働き方を推進するため、令和2年度土木・電通・機械計7件の工事で遠隔臨場の試行を実施して、施工中から完成までの課題や取り組み等について報告するものである。なお、遠隔臨場の対象工事1) 施工現場が遠隔地であり、立会等の実施にあたり発注者が施工現場との往復に時間を要する工事、2) 構造物等の立会頻度が多い工事を選定した。



図-9 説明会 遠隔臨場ツール

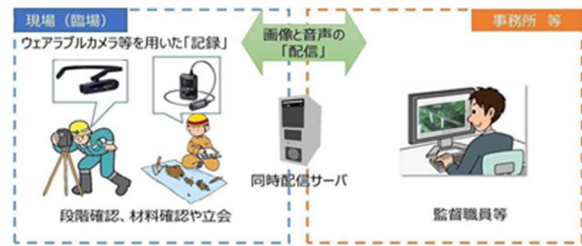


図-10 ウェアラブルカメラによる遠隔臨場イメージ (国土交通省HPより)

(2) 受発注者への説明会

遠隔臨場の本格実施に繋がっていきたいと考え、受発注者双方において、現場条件に対応できる知識・経験が不足していることから、遠隔臨場の必要性や施策の浸透を図るとともに、人材育成を図る必要があるため遠隔臨場の試行対象業者 (受注者) 及び監督員 (発注者)、機器メーカーの3者 (総勢35名) で遠隔臨場を試行した。実際の機器を使用して現場での遠隔臨場を体験し操作方法を習した。手順を習った後、実際に発注者側 (室内) と受注者側 (現場) の2班に分かれて実践した。

段階確認等を行う箇所については、受注者がウェアラブルカメラ等により現場で撮影した映像と音声を監督職員等へ同時配信を行い、(図-12 参照「鉄筋組立完了時の段階検査状況」) 双方向の通信により会話しながら監督職員が机上のモニターで出来形検査箇所を指定して確認する。(図-13 参照「承諾・確認等の監督業務状況」) 受注者は、記録にあたり必要な情報を冒頭で読み上げ、監督職員等による実施項目の確認を受け、終了時には、確認箇所の内容を読み上げ、監督職員等による実施結果を得ることとしている。記録と保存については、受注者は、遠隔臨場の画像と音声を配信するのみであり、記録と保存を行う必要がないとしており、提出書類の省略化を図っている。ただし、確認実施者が現場技術員の場合は、映像と音声の録画を必要としている。



図-11 受発注者への説明会開催状況



図-12 受注者がウェアラブルカメラにより鉄筋組立完了時の段階検査状況



図-13 監督職員が机上のモニターで鉄筋配筋出来形箇所を指定して確認状況

(3) 試行工事での検証結果

現地に移動することなく事務所内にて立会を行うことにより、施工現場をリアルタイムで確認でき、監督職員の移動時間や現場での準備にかかわる待ち時間を削減することが出来た。発注者職員からは現場条件により通信が不安定になる場合があったが現地の立会（基準高・構造物寸法確認）はウェアラブルカメラ等で適用可能との見解を得た。2020年度の実例として、樋渡川堤防強化工事その3・その4工事の段階確認・現地立会確認・材料確認の回数を（表-14）に示す。全体の立会回数は56回であり、このうち遠隔臨場で実施できた立会回数は40回で71%活用した。現場への往復に約1時間を要することから、労働時間で5日以上時間を解消した省力効果が得られた。今回、遠隔臨場を活用しなかった立会項目は、法線確認・プルフローリング試験・浸透探傷検査（継手溶接）等の目視確認で判断する検査については、現場での臨場確認を実施した。

項目	臨場確認回数	遠隔臨場回数
段階確認	8回	15回
現地立会確認	6回	16回
材料確認	2回	9回
臨場・遠隔臨場	16回	40回
全体確認 合計回数	56回	

表-14 臨場確認及び遠隔臨場回数【その3・4工事】



図-15 受注者による遠隔立会状況

(4) アンケートの実施・結果

遠隔臨場での課題の把握のため、アンケートを土木・電通・機械計7件全ての試行工事を対象に実施した。

(a) 遠隔臨場から得られた成果

【受注者】

- ・立会時の確認作業の映像を撮影した動画はクラウド上に保管されるためチェック機能、映像による他現場の作業工程の振り返りが出来る。
- ・特殊な現場では、その場で特有の検討事項が発生する場合があります。情報共有し活用することで、若手人材の育成ができ技術の向上が期待できる。
- ・現場での業務効率があがることで、建設業界の人材不足の解消につながる。
- ・働き方改革が推進され、職場の魅力があがれば、新たな人材の確保が望める。

【発注者】

- ・現場への移動時間を減らし、職場の自席でも立会いが実施可能となったため、受発注間の立会予定の調整がしやすく効率的に立会いを出来るようになった。
- ・現場への移動が無いため、不特定多数の人との接触が軽減され、新型コロナ感染予防や交通事故のリスクが軽減が出来た。

(b) 課題

- ・現場条件により通信が不安定となり、通信が途切れたり、映像が不鮮明になる場合があった。
- ・遠隔臨場を実施するには、ウェアラブルカメラなどのカメラ機器や録画機器が必要となる。発注者が費用の全額を技術管理費として負担する発注者指定型なら比較的影響は少ないが、受注者が費用負担する受注者希望型の案件では、導入に必要なコストと効果を比較して検討す

る必要がある。

・遠隔臨場に必要な機器は比較的簡単に使用できる機器だが、IT 機器に不慣れな技術者が負担になる。

(5) 遠隔臨場の普及促進への取り組み

遠隔臨場工事の普及促進にあたっては、受発注者双方において、使用機器と仕様に対応できる知識、経験が不足していることから、遠隔臨場の必要性や施策の浸透を図るとともに、人材育成を図る必要がある。また地域建設業の育成の観点から積極的に活用し業界や市町村に対し、遠隔臨場の見学会や研修会を開き工事における遠隔臨場だけでなく、災害時の活用など多様な用途があることを PR して遠隔臨場工事の普及促進に繋げていきたい。

6. まとめ

本論文では、今回の試行工事を基に『川内川河川事務所管内河川土砂掘削 ICT 施工用モデルの作成～山崎地区河川土砂掘削試行工事を踏まえて～』と題して、運用マニュアル（案）の作成を行い、設計時点で3次元設計を作成する際の基本的な考え方や作成手順、モデル作成時のポイントを整理した。今後も引き続き試行等を重ねながら、継続的に改善・拡充を図っていき、国土交通省が目指す2023年までBIM/CIM施策の直轄事業原則化に向けて、取り組んでいきたい。

今回の遠隔臨場試行は、ウェアラブルカメラを活用して遠隔臨場から得られた成果や課題について検証したものである。従来の臨場方法と比較して、活用当初は伝達が上手くいかないことも多くあったが、受発注者ともに日常的に活用するほど、抵抗感が少なくなった。すぐに現場を確認できる便利さが遠隔臨場での現地立会の活用に繋がったと考える。

今後、現場の声をフォローアップ調査で聞き取って、遠隔臨場の本格実施に繋げていき、情報通信技術の活用によって移動時間の削減や立会の調整時間の削減が図られ、建設現場の働き方改革、生産性の向上に繋がられるよう引き続き取り組んでいきたい。

- 1) 国土交通省：CIM 導入ガイドライン(案)
- 2) 国土交通省水管理・国土保全局河川環境課河川保全企画室：河川管理用三次元データ活用マニュアル(案)