

効率的なICT施工の取り組みに関する一考察

吉村 隆仁¹・糸山 国彦¹・瀧川 有希子¹・植西 清²

¹九州地方整備局 九州技術事務所 品質調査課 (〒830-8570 福岡県久留米市高野1-3-1)

²九州地方整備局 筑後川河川事務所 九州北豪雨復興出張所 (〒838-1511 福岡県朝倉市杷木池田438-1)

土木建設分野では、担い手不足解消の対策として生産性向上は避けられない課題になっている。このため、CIM や i-Construction が近年推進されている。更にデジタルデータを活用した仕事のプロセスや働き方を変革する DX (デジタルトランスフォーメーション) が推進されている。

しかし、各検討段階間でのデータの連携はデータ形式上不可能であったり、互換に煩雑な処理を要して手戻りの原因となることもあり、効率的でシームレスなデータの連携が求められている。

そこで今回試行工事を通じて、測量～施工に至るデジタルデータの連携について検討・整理し報告するものである。

VR, ICT施工, DX, 3次元デジタルデータ

1. はじめに

インフラ整備分野においては、担い手不足解消の対策として生産性向上は避けられない課題になっている。このため、近年においては CIM や i-Construction が推進されている。更にデジタルデータを活用した仕事のプロセスや働き方を変革する DX (デジタル・トランスフォーメーション) が推進されてきている。

測量・解析・設計等の各段階では3次元デジタルデータ技術の導入がそれぞれ進展している。しかし、各段階間でのデータのやり取りはデータ形式上不可能であったり、互換に煩雑な処理を要して手戻りの原因となることもある。このため効率的でシームレスなデータの連携が求められている。

また土木設計とは異なるが、3次元CGや3次元ゲームなどのクリエイティブ分野のソフトウェアの発展が近年目覚ましく、VR (仮想現実) を用いて3次元空間で作図するなど、VR を作図ツールとして使用される例が増えている。特に、クリエイティブ分野で用いられてきたゲームエンジンは設計や土木、維持管理などにも適用されてきている。

今回は実際に現場のフィールドを活用した試行工事を通じて、測量 (地形データ) ～施工に至るデジタルデータの受渡しについて VR 技術 (仮想現実) を活用したうえで効率的な ICT (情報通信技術) 施工を実施したのでここに報告する。

2. インフラ整備分野でのDXの効果について

図-1 は従来の進め方 (上段) と、3D データを活用した川づくりの検討で目指している姿 (下段) の概念図である。

現在、BIM/CIM や i-construction の取り組みは設計や施工の段階で見られるが、データ受渡しの連携はうまくいっていないことが多い。

デジタルデータがつながってくると、設計・施工などの製造段階に移行する前の、計画・解析段階 (反復検討段階) で効率化・高度化が進むことになり、全体の生産性向上に寄与することができる。

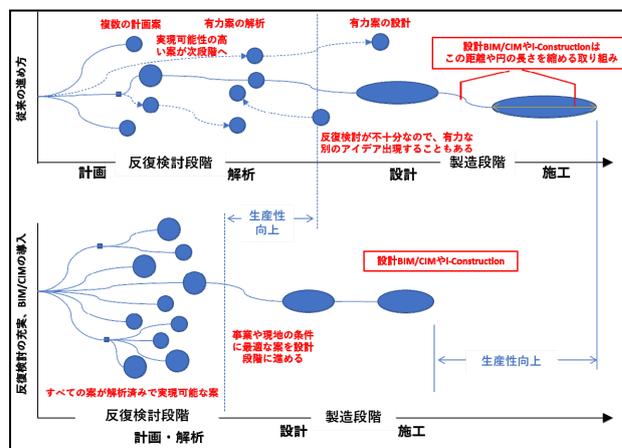


図-1 生産性向上に向けた概念図

例えば、3D データ（デジタルデータ）を用いた VR（仮想現実）で設計を行うことで従前のイメージパースや模型等を用いていた合意形成が、効率的かつ効果的に実施することが可能となる。

すなわち従来では協議結果を元にその都度図面、パース等を修正していたものが、VR 協議ではその場で細部まで修正することが可能となり、修正データをそのまま設計に反映する事が可能となる。

施工段階においても、これまで ICT 施工を実施する施工業者が 3D データ取得の測量を行った後に、設計及びマシンガイダンス用のデータを作成し、建設機械への入力を行っていたものが、設計データから ICT 施工データに一括変換が可能となる。

これらの対応により、合意形成の円滑化、工事工期の短縮、工事費用の削減の効果が期待できる。

3. デジタルデータの連携について

今回、試行工事を通じて以下のデジタルデータ連携について検証を行った。

図-2 に各段階でのデジタルデータの様式について示す。

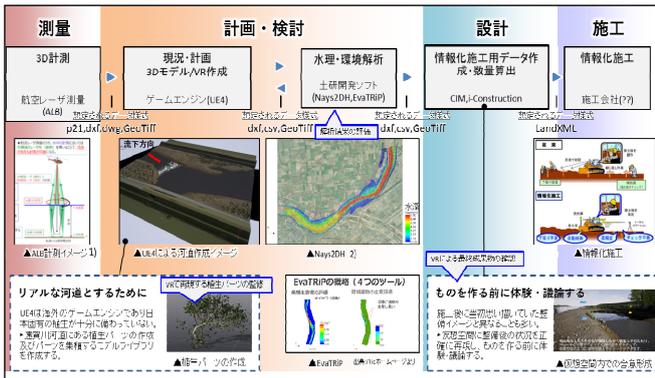


図-2 各段階でのデジタルデータ様式

(1) VR 空間の作成

九州技術事務所では、BIM/CIM を用いたフロントローディングの具体例として、合意形成に着目して、実物に近いイメージで見られる「VR」の効果的な活用について検討を進めている。

過年度の検討成果からゲームエンジンを用いた VR 空間に着目し、地形（測量）データと設計データから効率的に VR 空間の作成ができるよう検討を行った。

(2) 施工データへの変換

工事施工現場において手戻りが発生するなど課題になっている、設計から施工（ICT 建設機械）へのデジタルデータの連携について、現場施工において支障なく建設

重機が稼働できる施工データへの変換について、試行工事で検討を行った。

4. 試行工事について

(1) 工事概要

今回実施する試行工事は、遠賀川河川事務所の協力を得て、遠賀川小竹地区の流下能力向上を目的とした高水敷掘削工事を試行対象として選定した。試行対象区間を図-3、高水敷掘削のイメージ横断面図を図-4、ICT建機による掘削状況を図-5に示す。

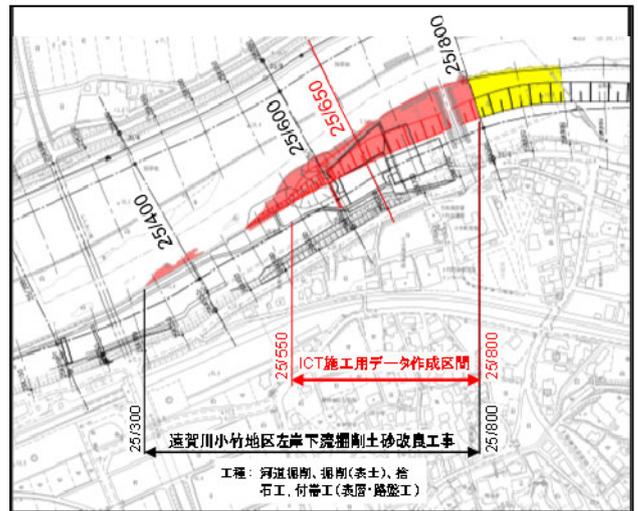


図-3 試行対象区間

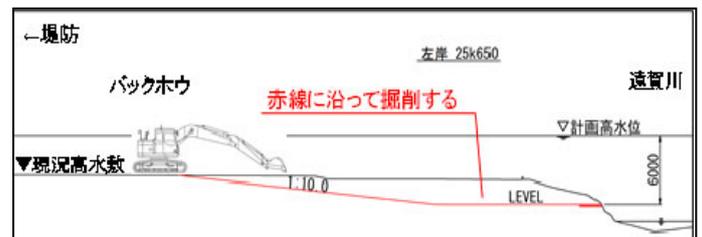


図-4 高水敷掘削イメージ横断面図



図-5 ICT施工状況

(2) 試行に向けての事前協議

施工前に、ICT施工データの作成や、発注時に使用した2次元設計で不明であった点について事前に協議し(図-6)、2次元設計では見過ごされがちな測線間の処理方法について、3次元図面(図-7)を用いて受発注間で確認しながら対応方法について検討を行った。

今回の場合は「現況の高水敷高や河岸形状が一様でないため、一定勾配で掘削すると平面的には不揃いな法肩線、水際線ができる」、「河川敷にある既設構造物(駐車場)との干渉」について施工前に確認し整理することが出来た。



図-6 事前協議状況

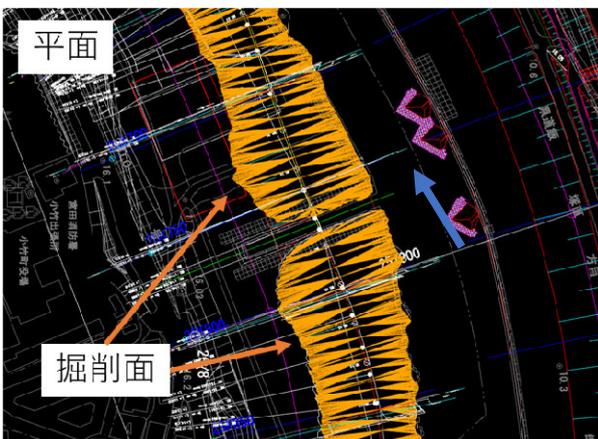
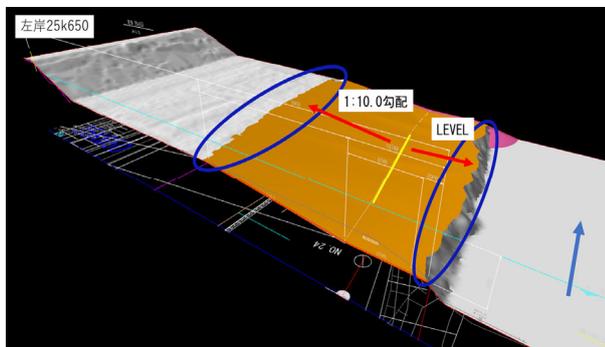


図-7 3次元図面より把握した掘削状況

5. VR空間の作成

地形データ(測量データ)をゲームエンジンに取り込むためには煩雑な作業(図-8 上段)を必要としていたが、オープンソースGISソフトであるQGISでの地形入出力プラグインを開発し、作業を簡略化(図-8 下段)することが出来た。

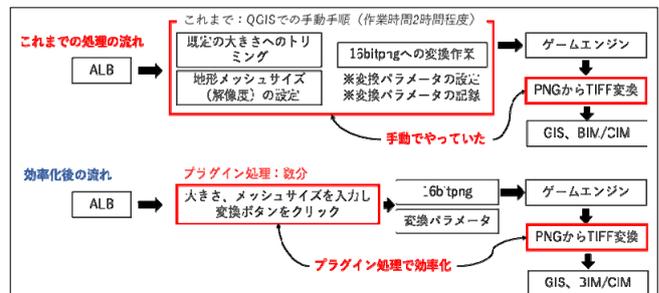


図-8 地形(測量)データからゲームエンジンへの取り込みおよび出力フロー

試行工事においてもゲームエンジンのプレートフォームをもとにVR空間を作成した(図-9)。

VR内では簡単に感覚的に修正作業が可能となる。

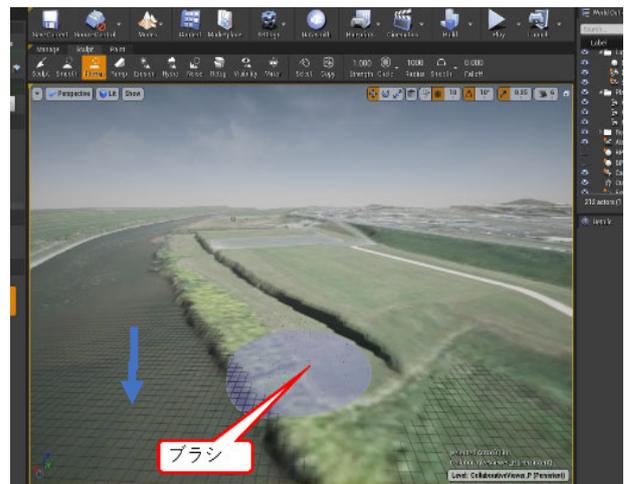


図-9 遠賀川小竹地区のVR

6. 設計データからICT施工データへの変換について

ICT施工用データは、着工前測量として空中写真測量（UAV）にて計測した現況地形のデータと掘削面の3Dデータを組み合わせて作成した。作成したモデルの一部を図-10に示す。

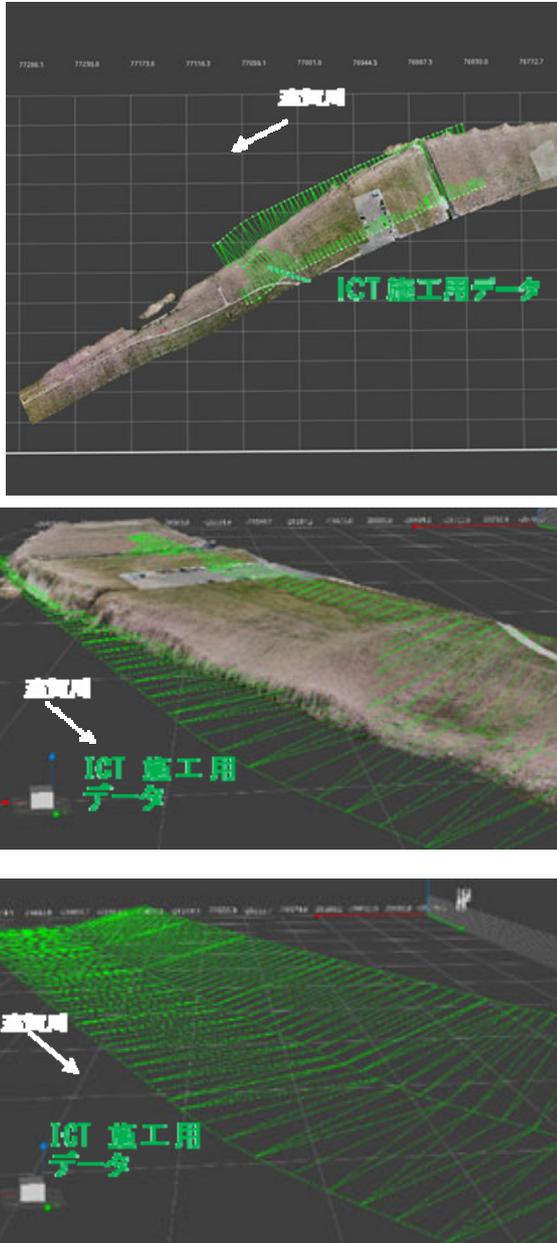


図-10 ICT 施工用データ

6. 試行工事でのICT施工

ICT 施工の様子は現地にて撮影し、動画として整理した。（図-11） ICT 施工では、事前に建機に読み込ませた掘削面の3Dデータをガイドとして施工する。

オペレーターは図-12 に示すようなモニターを見なが

ら施工するため、従来行っていた丁張り設置や目視確認、補助員の配置が不要となり施工効率の向上や安全性向上が見込まれる。この試行工事で作成した ICT 施工用デジタルデータについて、建設重機で不具合が生じることなく施工が完了した。



図-11 ガイドに沿って掘削している様子



図-12 オペレーター室のモニター

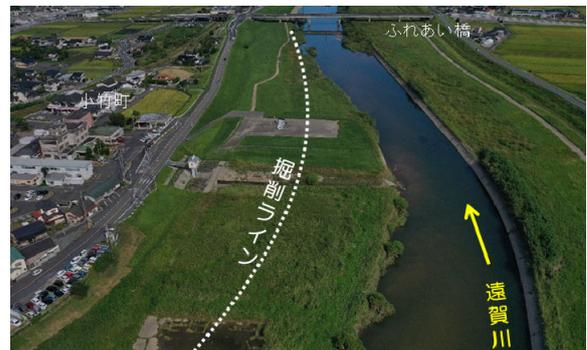


図-13 小竹地区工事着工前（2020年9月）



図-14 小竹地区工事完成（2021年3月）

7. 設計→ICT施工データの連携について

試行工事から得られた、既存の基準、ガイドラインでは網羅しきれず設計から施工へのデータ連携を阻害していた要因について以下に示す。

(1) 要因① モデル作成時の現地盤との接点について

現況断面の測量（事前測量）結果と施工時の現況断面の不整合が生じている。

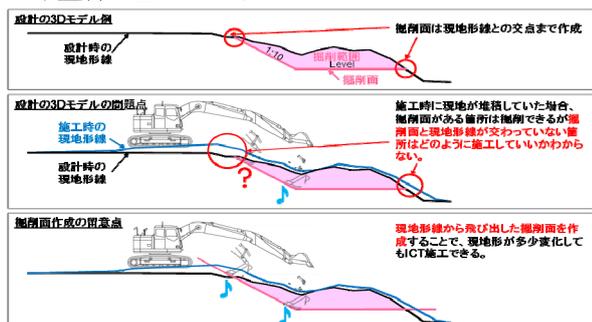


図-15 掘削面作成の留意点

(2) 要因② TINデータの設定幅の違いによる施工上の課題

TINデータ（不整三角網）の設定について図-16にて概念的に示す。

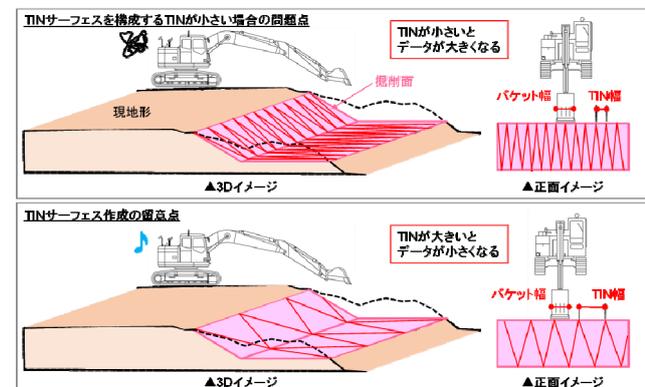


図-16 現場におけるTINデータ設定について

TIN幅が細かい程精緻な設計データとなるが、その分データ容量が大きくなる。容量が大きくなるとICT建設機械への取り込み時間が掛かるとともに、バケットについているセンサーがどの点を基準にしてよいか分からなくなり建設機械が止まるなど機動に不具合を引き起こす原因となることがある。

8. まとめ

今回の検討の結果、以下の知見を得た。

(1) 合意形成への活用

オープンソース GIS ソフト用の地形入出力プラグインの開発を行った。

このプラグインによる VR 空間作成の効率化効果は、作業経験者が作業時間 2 時間程度要していた取り込みの手順が数分に短縮可能となった。

VR 作成が効率的に出来るため、VR を活用し関係機関との協議・合意形成の効率化・高度化が期待できる。

(2) 設計とICT施工データの連携

以下の点を留意すれば設計側が作成したデータで ICT 建機が順調に作動することを確認できた。

a) 掘削面について

計画時点の現況地形は、施工時に変動（洗掘や堆積）している可能性が高いため、それを考慮して現況地形よりある程度大きめの掘削面を作成する必要がある。

b) TIN データの設定

TIN 幅が細かい程精緻なデータとなり、細か過ぎるデータを入力していると、機械に指示を示すことが出来なくなることを確認することが出来た。これまで設計側ではこの TIN 幅を特に留意していなかったが、実際の施工ではバケットの幅があるため、ある程度、施工を留意した TIN 幅とする必要がある。目安としてバケット幅より TIN 幅を大きくするなどがある。

以上の検討において、今後はゲームエンジンを用いた VR 技術の取り組みに関するマニュアル（案）、デジタルデータの受渡しに関するマニュアル（案）を整備し、広く周知を行い、DX（デジタル・トランスフォーメーション）の流れを加速させていきたい。

謝辞：本論文作成にあたり、遠賀川河川事務所、株式会社堀組土建及び日本工営株式会社のご尽力に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 山本, グリーンレーザ(ALB)を用いた河川測量の試み, 河川技術シンポジウム2017
- 2) iRIC ホームページ