

ほ場整備工事におけるBIM/CIM活用工事及びICT施工技術の取組みと効果・課題について —農業農村整備におけるデジタル技術の活用に向けて—

旭川開発建設部 旭川農業事務所

○前川 英樹
小澤 菜穂子
佐藤 貴彦

労働人口減少下における農業農村整備の確実な推進の為には、様々な場面での労働生産性向上が必要であり、近年発展が著しいデジタル技術の活用はその手段として有効である。本報告では、「大雪東川第二地区」等のほ場整備工事における情報化施工技術活用工事の取組み及び効果について報告する。また令和5年度に施工した3次元設計の試行の成果を用いたBIM/CIM活用工事の取組概要及びその効果、今後の課題についても報告する。

キーワード：ほ場整備、BIM/CIM、情報化施工、ICT

1. はじめに

(1) 建設業の状況について

我が国における人口減少下で持続可能な社会を構築するためには、様々な産業分野における労働力不足への対応が重要な課題となる。特に、農業農村整備の現場を支える建設業界においては、建設業就業者の高齢化や労働力不足の急速な進行が課題であるほか、働き方改革関連法（2019年4月施行）に基づき、5年間の猶予期間の終える2024年度から、建設業でも時間外労働の上限規制が適用される予定であり、生産性向上の取り組みが急務となっている。

このような状況の中、建設業界では、デジタル技術を活用した生産性向上の取組みとして、ICTを活用した情報化施工技術や3次元データの活用が進んでおり、農業農村整備事業分野においても、農林水産省が国営土地改良事業等を対象に「情報化施工技術の活用ガイドライン」（以下、「情報化施工ガイドライン」という。）、「BIM/CIM活用ガイドライン（案）」（以下、「BIM/CIMガイドライン」という。）を定め、当該技術を活用する場合の考え方を整理している。

本報では、令和5年度の国営緊急農地再編整備事業「大雪東川第一地区」「大雪東川第二地区」（以下、「大雪東川第一地区・第二地区」という。）のほ場整備工事における情報化施工活用工事の取組み及び効果と、「令和3年度大雪東川第二地区78農区外区画整理設計等業務」（ほ場整備の3次元設計の試行業務）の成果品を用いて発注したBIM/CIM活用工事「令和5年度大雪東川第二地区78工区外区画整理工事」（以下、「78工区外工事」という。）におけるBIM/CIMへの取組みの内容とその効果、今後の課題について報告する。

(2) BIM/CIM (Building/Construction Information Modeling, Management) について

BIM/CIMとは、計画、調査、設計段階から3次元モデルを導入することで、その後の施工、維持管理の各段階においても3次元モデルを連携・発展させて事業全体にわたる関係者間の情報共有を容易にし、一連の建設生産・管理システムの効率化・高度化を図る取組みである。

農林水産省の定める「BIM/CIMガイドライン」は、国営土地改良事業等におけるほ場整備工（ほ場整地工、農道、畦畔、進入路、水路工、暗渠排水工）のBIM/CIM活用業務及びBIM/CIM活用工事を対象とし、作成されたBIM/CIM3次元モデル（以下、BIM/CIMモデルという。）は、建設生産・管理の各段階で得られた各種情報を属性情報として付与することができるため、将来のスマート農業への展開や施設等の維持管理の活用にも期待できる。

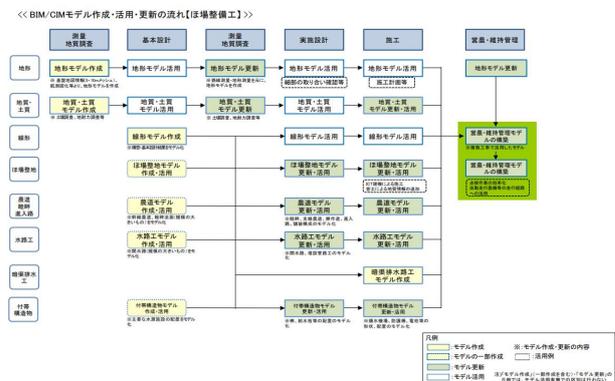


図-1 BIM/CIMモデルの作成・活用更新の流れ【ほ場整備工】¹⁾

2. 大雪東川第一・第二地区の概要

大雪東川第一・第二地区は、北海道中央部、大雪山国

立公園の麓にある東川町に位置し、1級河川石狩川水系忠別川及び倉沼川とその支流沿いの水田地帯である（図-2）。



図-2 地区位置図

本地区の農地は、小区画であり、土壌条件により排水不良などが生じ、効率的な農作業を行うための妨げとなっていること等から、今後、耕作放棄地が増加するおそれがある。

このため、本事業では、耕作放棄地を含めた農地の土地利用を計画的に再編し、さらに、担い手への農地の利用集積を進めることにより、緊急的に生産性の向上と耕作放棄地の解消・発生防止による優良農地の確保を図り、農業の振興と地域の活性化に資することを目的とし、ほ場整備事業を実施している。

3. 情報化施工技術活用工事としての取組

(1) 3次元起工測量・3次元設計データ作成の実施

令和5年度施工において大雪東川第一・第二地区での3次元起工測量は、無人航空機（UAV）や地上移動体搭載型レーザースキャナーで起工測量を行っている。

従来は広大なほ場内で測量をしながら丁張りを設置するため、多大な労力と時間を要していたが、3次元測量技術を利用することで高精度かつ詳細な点群データを短時間で取得することができ、得られた点群データで速やかに3次元設計データを作成することができる。作成した3次元設計データにおいて施工計画段階でのほ場ごとの切土量・盛土量を的確に把握することができるほか、工事の進捗に合わせて再度点群データを取得し3次元設計データに反映することで、手戻りのない効率的な運土計画を立てることができる。

従来の手法で起工測量及び当初設計の照合時の数量算出を行った場合と3次元起工測量・3次元設計データ作成に要した作業日数を比較するために施工業者に聞き取りを行った。聞き取った結果を図-3に示す。集計した結果は、地区の標準的な1農区（縦横約540mの植民区画で区分けされた約25haの農地）に換算したものである。作

業日数は従来手法の場合では約27.7日、3次元起工測量・3次元設計データを実施した場合は約13.1日と約5割の作業日数の短縮につながることが明らかになった。

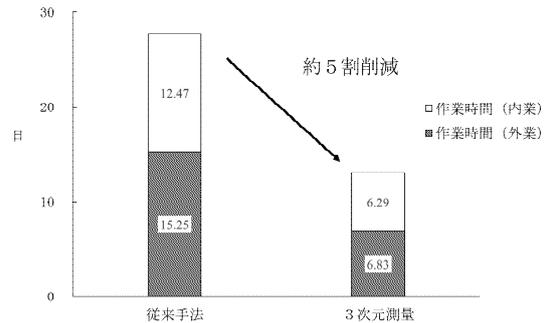


図-3 従来手法と3次元手法との作業時間の比較

(2) ICT建設機械による施工

(1)で作成された3次元設計データをICT建設機械に取り込み、ガイドデータとして使用することでバケットやブレードの位置が正確にリアルタイムで把握できるため、施工のための丁張り設置が不要となり施工効率が向上する。またガイドデータに従った施工を行えるため合図者を減員できるほか、現場での錯綜回避による安全性の向上にもつながっている。

大雪東川第一・第二地区の工事においては、「表土整地」「基盤切盛」「畦畔築立」「法面整形」「暗渠排水工」「床掘」の6工種でICT建設機械による施工を行っている。また「4. BIM/CIM活用工事のとしての取組み」で報告する78工区外工事は、BIM/CIMモデルを活用しICT建設機械による暗渠排水工の施工を行い、施工履歴より点群データを取得し出来形測量を行った。

従来の施工方法で工事を行った場合と実際にICT建設機械による施工に要する作業日数の比較を行った。結果として、従来の施工方法とICT建設機械による施工を比較すると、約2～4割の施工期間の短縮につながることが確認できた。工種毎で比較すると、暗渠排水工・床掘では従来に比べ2割の削減に留まる結果となっているが、合図者が不要となり、機械との接触がなくなることで安全性に大きく寄与していることが施工業者への聞き取りで判明した。一方で基盤切盛についてはデータ数が2工事分しかなく信頼性に欠ける結果であるため詳細な検討は今後の課題とする。

(3) 3次元出来形管理・3次元データの納品・検査

大雪東川第一・第二地区での、表土整地、法面整形工は3次元起工測量と同様に無人航空機（UAV）や地上移動体搭載型レーザースキャナーによる3次元出来形管理を行い、暗渠排水工については施工履歴データを用いた出来形管理を行った。

施工業者より聞き取りをした従来の手法による出来形管理を行った場合と3次元出来形管理を行った際に要し

た作業日数の比較結果を工種ごとに図-4～6に示す。前述した3次元起工測量と同様に、1農区を従来手法で出来形管理をした場合に比べ、3次元出来形管理を行うことで約6～7割の施工期間の短縮が確認できた。特に施工日数の短縮が図られた表土整地の出来形管理では、従来の手法において、地区の標準区画2.2ha当たり66点の標高をレベルで測定し、出来形管理図表へ集計する必要があったが、UAV等を活用することで短時間で精度の高い出来形管理データを取得することが可能となり、省力化につながったものと考えられる。

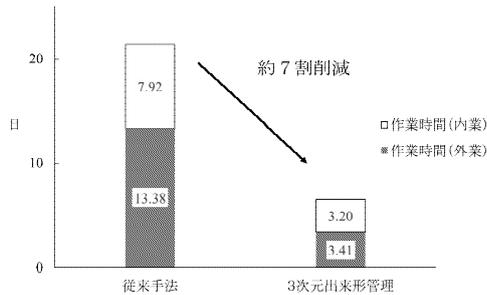


図-4 出来形管理作業時間の比較 (表土整地)

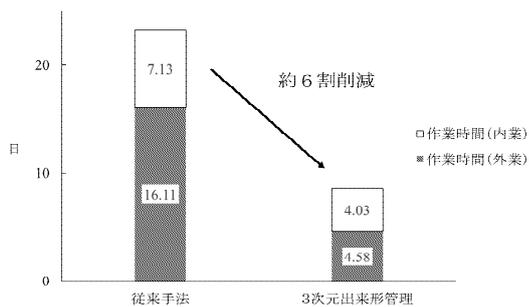


図-5 出来形管理作業時間の比較 (暗渠排水工)

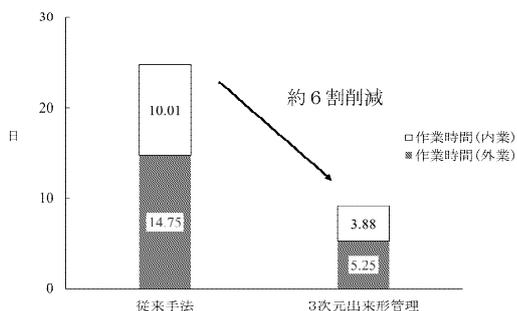


図-6 出来形管理作業時間の比較 (法面整形工)

4. BIM/CIM活用工事としての取り組み

(1) 工事の概要

78工区外区画整理工事は、大雪東川第二地区の北側山麓部と倉沼川に挟まれたほ場約21.5haの区画整理を行う工事にて、情報化施工及びBIM/CIMを活用する工事であ

る。区画整理のうち、約16.5haでは、設計時の作業効率化並びに施工時において起工測量や現地調査等の負担軽減及び情報化施工の効率化を図ることを目的に、3次元設計が試行されており、3次元設計データ等を工事発注前に準備している(図-7)。ほ場整備の3次元設計の有効性については、2021年度の北海道開発技術研究発表会論文「ほ場整備工事の設計における3次元設計及び従来手法との比較検討」で示された。



図-7 3次元点群データ

(2) 設計から工事へのBIM/CIMデータの引き渡し

a) 初回工事打合せ、円滑化会議の実施

78工区外工事はBIM/CIM活用工事の受注者希望型で発注したため、まずは受注者に、3次元設計の成果品を貸与しデータ内容を確認したうえで、BIM/CIMモデルの活用を希望する内容を確認した。受注者からは、工事初回打合せ・工事円滑化会議において、施工で「設計BIM/CIMモデルを活用した図面照査及び施工計画の検討」、「BIM/CIMモデルを活用した検討の実施」、「BIM/CIMモデルの照査」、「BIM/CIMモデルの納品」に取り組む回答があったほか、貸与したデータの確認事項等について報告があり、3次元設計を担当した設計コンサルタント会社、受注者及び発注者と情報共有を行い、確認事項等について整理を行った(写真-1)。工事初回打合せ・工事円滑化会議において確認された修正箇所については、適宜データに反映を行い、地権者への施工前の事前説明会に活用した。設計段階で3次元設計データを活用し、完成形状を3次元で視覚化し表現することで、施工前の地元説明会が効率的に行われ、関係者に対し、合意形成を得ることができた。

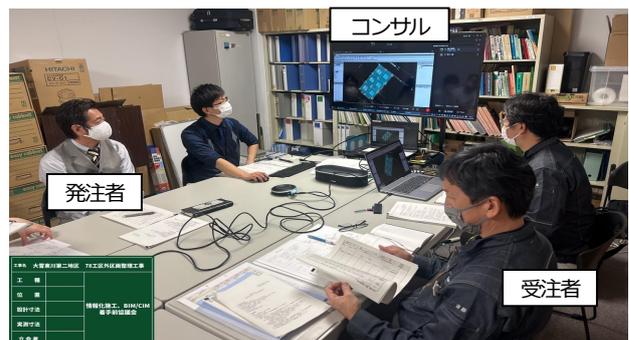


写真-1 工事円滑化会議の状況

b) 3次元点群データ（測量データ）及び3次元設計データの精度確認

設計業務で得られた3次元点群データの測量成果を活用することで起工測量の作業時間が大幅に低減された。

点群データ（測量データ）の精度確認のため、主に以下の検証を行った。

- ・基本測量において、基準点の確認
- ・業務成果品の評定点・検証点を任意に5点還元し、地盤高が整合するか検証
- ・業務成果の点群データを任意に抽出し、同じ座標値の点を現地で測量し地盤高の差を検証

以上の検証を実施した結果、空中写真測量（UAV）の精度確認基準である±50mm以内であることが確認できたため採用した。また当工事では点群を再測定し3D設計データによる土量計算を行い、業務成果とほぼ同土量が算出された。

3次元設計データの確認内容は以下の通りで実施した。

- ・2次元図面と3次元データを重ね合わせ、線形のズレを確認
- ・農道、畦畔、耕地進入路の位置を確認
- ・ほ場計画高が2次元図面と整合しているか確認

c) BIM/CIMモデルを活用した有用性

設計業務で作成されたBIM/CIMモデルに基づき、従来の2次元計画平面図と比較照査を行った。比較照査を行った結果、従来の2次元平面図では確認することが難しい付帯構造物の高さの表現をBIM/CIMモデルでは立体的な視覚情報及び属性情報が付与されていることから、効率的かつ確実な照査が実施できた。2次元図面では水閘高が深い位置に設置される設計であったが、施工後の営農において操作性の難しさを鑑みて水閘高の浅い位置に移行する修正を行った（図-8）。

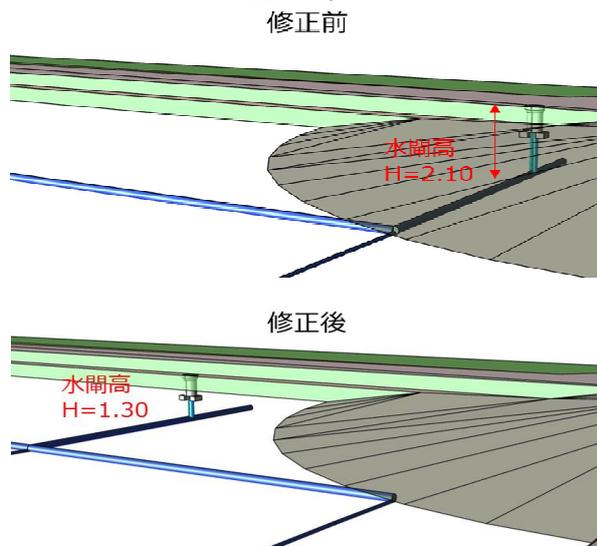


図-8 照査結果による水閘位置の変更

d) BIM/CIM活用工事における施工計画

BIM/CIM活用工事として、設計業務の成果品である

BIM/CIMデータを用いて、下記の施工計画内容で工事に活用した（表-1）。

表-1 BIM/CIM活用工事の施工計画

3次元モデルの活用内容（実施内容、期待する効果等）		
活用内容	実施内容	期待する効果
施工計画の検討補助 2次元図面の理解補助	貸与された3次元モデルを閲覧し、施工計画を検討する際の参考及び2次元図面を理解する際の参考にする。	3次元モデルで視覚化されることで、イメージが掴みやすくなる。
地元説明会に使用	貸与された3次元モデルを用いて、地元説明会の資料として工事の完成イメージを説明する。	3次元モデルで視覚化されることで、イメージが掴みやすくなる。
丁張検査・支障物件の確認に使用	3次元モデルをARに投影しiPadにより視覚的に現実を拡張しイメージの共有を図る。	3次元モデルで視覚化されることで、水道管や電柱など造成する施設との干渉チェックが掴みやすくなる。
現場作業員等への説明	貸与された3次元モデルを用いて、現場作業員等に工事の完成イメージを説明する。	若年者や外国人等の作業内容の理解促進が期待できる。新規入場時に農業土木に精通していない入場者でも現場の説明がわかりやすい。
現場条件の確認	貸与された3次元モデルに建機等を配置し、作業スペース等の確認を行う。	手戻りのない施工及び安全性の向上が期待できる。
作業手順の確認	作業手順の確認に使用する。	従来は設計図面を紙ベースで作業手順の打ち合わせしていたが、BIM/CIMデータにより視覚化されることにより理解しやすく円滑に施工を進められる。
安全教育訓練の資料として	貸与された3次元モデルを用いて、安全教育訓練時に作業時の注意点を説明する。	3次元モデルで視覚化されることで、特に注意喚起につながり安全意識の向上が期待できる。

(3) BIM/CIM活用工事の実施

a) 試行されたBIM/CIMデータの有用性

設計図書の照査をする際、3次元データがあることで可視化され、2次元設計図面では確認が難しい農道の勾配確認・隅切り形状・配管の干渉・構造物形状の確認等に早期に把握することができた。それにより施工方法及び施工手順などの工程管理を滞りなく組むことが可能となった。

b) 施工中における従来施工とBIM/CIMデータ活用を活用した場合との比較

施工段階でBIM/CIMモデルがすでに設計業務段階で作成されていることで、従来の起工測量や現地調査、丁張りの設置に要する作業時間が約3週間程度短縮できたと受注者の聞き取りより判明した。下記で本工事の施工中におけるBIM/CIMモデルの活用事例を報告する。

・AR（Augmented Reality）を活用した現地立会
当BIM/CIMモデルをタブレット端末に取り入れることでARとして活用することができる。ARとは、拡張実現の意味でタブレットや専用ゴーグルといったデバイスの画面上に現実の風景や建物を再現し、仮想や別情報を重ね、視覚的に現実を拡張し、実際には見えない映像がデバイスに表示される技術である。当技術を施工前の地権者との丁張り立会及び電力会社との電柱立会で活用した。従来の手法は丁張りにより地権者と立会を行っていたため、施工中や施工後に受益者から変更要望が出されるなど手戻りになる事もあったが、視覚的に分かり易いBIM/CIMモデルを活用して打合わせを行ったことにより、施工前に

受益者の営農方法の再確認がとれ農道の位置、耕地進入路や取付道路の変更など図面の修正が図れたことで、施工中の変更要望もなくなり、スムーズに施工できた。また造成する付帯構造物と電柱との干渉確認でもBIM/CIMモデルを活用して双方が画面上で共有しながら同意を得ることができた（図-9）。



図-9 AR技術の活用

・施工手順の確認並びに安全教育への活用

施工計画の検討・施工方法（仮設計画等）の立案にもBIM/CIMモデルが用いられた。施工手順の確認として、用水路、排水路、暗渠排水工の配管が交錯する箇所の施工では、従来の2次元平面図では掘削深や配管の設置位置等、作業員への指示が難しいケースもあったが、視覚的に確認できるため効率的な作業工程を組むことができた。クレーン作業の確認においては、BIM/CIMモデルでは構造物の体積を測定することができ、また属性情報を付与することが可能であるため、管理柵等の付帯構造物の重量を算出することでトラッククレーン等の規格を確定することができた。また、既設水道管位置をモバイル端末により視覚的に現実を拡張し、施工前に作業員に対して教育ツールとして活用したことで、事故を未然に防止することができた。（図-10）。



図-10 施工中のBIM/CIMモデル活用の事例

・スマートフォンを用いた3次元計測技術の取組

本地区の工事においてスマートフォンを用いて3次元計測技術の取組を行った。手持ちのスマートフォン（本工事ではiPhoneを採用）に専用の後付けGNSSレシーバーの装着及び専用アプリをダウンロードすることで、スマートフォン片手に測量したい箇所にカメラを向けることで速やかに3次元測量を行い点群データを取得することができる機材である。本工事のは場内用排水路工の出来形管理で使用した結果、従来の出来形測定人員と比較し約40%の人員削減につながる結果となった。また得られた3次元データはCIM化することが可能であるため、当BIM/CIMモデルに追加し、竣工後の埋設管の維持・管理に利用することができる。また点群データを取得するための作業時間はILSやUAVに比べ速く、スマートフォンでの作業であるため管周りなどの細かい箇所まで情報取得が可能であるほか、1回あたりの測量経費が比較的安価である（図-11）。

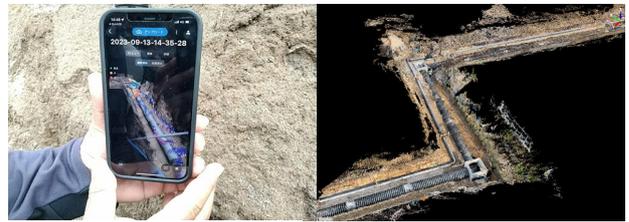


図-11 スマートフォンで作成した3次元点群データ

c) BIM/CIMデータの納品

「BIM/CIMガイドライン」に従いBIM/CIMモデルの詳細度（案）（表-2）をもとにBIM/CIMモデルの納品を行った。当初のBIM/CIMモデルには暗渠排水管の属性情報は含まれていなかったが、竣工後の営農におけるは場内維持管理を目的にモデル情報の追加を行った（図-12）。

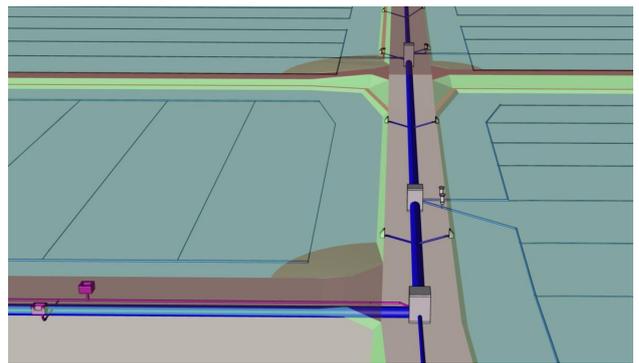


図-12 BIM/CIMモデル成果品

表-2 ほ場整備工のBIM/CIMモデル詳細度 (案) ¹⁾

詳細度	共通定義	工種別の定義	
		ほ場整備工のモデル化	サンプル
100	対象を記号や線、単純な形状でその位置を示したモデル。	対象位置や範囲を表現するモデル 【ほ場整備工】 ・設計資料を定める概略設計レベルを想定 ・概略の中心線および区画線、ほ場整備工を法線照で示す。また、道路幅員は含まない。	
200	対象の構造形式が分かる程度のモデル。 標準断面で切土・盛土を表現、又は各構造物一般図に示される標準断面を簡略断面でスライスさせて作成する程度の表現。	対象による概略的影響範囲が確認できる程度のモデル 【ほ場整備工】 ・基本断面を定める基本設計レベルを想定 ・標準の規模や高さ、注目の規模等が概ね確認できるモデル ・関係者間協議における説明資料として活用すること、土工量の概算に用いること等を目的とする。 ・幹線農道、排水水路（開水路のうち規模の大きいもの）、畦畔法面（規模の大きいもの）のモデル化 ・地区内の主要な水田施設（調整池、フォームポンプ等）の配置をモデル化 ・一般の工区の影響範囲が確認できる程度のモデル	
300	詳細な断面構造、組立型構造を除き、対象の外観形状を正確に表現したモデル。	【ほ場整備工】 ・主要仕様を定める実施設計・発注図書レベルを想定 ・進入路等の変化部を含む土工断面を設定し、地形情報に応じて盛土・切土をモデル化 ・排水水路（開水路、埋設管路工）、畦畔、支線農道、耕作道、進入路のモデル化 ・排水水路の付帯施設（柵、給水栓、落水口等）の配置をモデル化 ・農道の舗装構成をモデル化	
400	詳細度300に加えて、併用工、接続構造などの細部構造及び配筋も含めて、正確にモデル化する。	詳細度300に加えて小構造物も含む全てをモデル化 【ほ場整備工】 ・施工レベルを想定 ・交差構造物による影響を考慮し、排水水路（埋設管路工）を正確にモデル化 ・埋設管路工を正確にモデル化 ・暗渠排水工の配筋、形状を正確にモデル化 ・現場打ち構造物の配筋、プレキャスト製品の配筋（スリット等）、管列を正確にモデル化 ・その他の付帯施設（柵、防護柵、電柱等）の形状、配筋を正確にモデル化 ・地区内の水利施設（集水機場、分水工等）の形状、配筋を正確にモデル化	
500	対象の現実の形状を表現したモデル。	施工段階で活用したモデルに完成形状を反映したモデル	—

5. 今後の課題と対応策

これまで述べたとおり、設計業務段階からほ場整備の3次元設計データを作成し、工事発注後に受注業者に受け渡し、情報化施工技術活用工事を実施することについて、一定程度の効果があることが判明した一方、3次元点群データ、3次元設計データの精度確認、3次元設計データの当初設計の照合において下記の課題に対応する必要があると考える。

(1) BIM/CIM活用工事の普及・促進に向けた課題

a) 課題

農林水産省では「情報化施工技術の活用ガイドライン」及び「BIM/CIM活用ガイドライン(案)」を定め、今後は、農業農村整備事業において、さらなる施工時における省力化及び安全性の向上を目的に、情報化施工技術及びBIM/CIMモデルを活用した工事を進めていくことが予想される。本工事で取り入れたBIM/CIMモデルにおいて、大幅な省力化が図られた一方で、課題及び懸念があったので紹介する。

- ・設計コンサルで作成されたBIM/CIMモデルの変更をデータ修正するにあたり、作成ソフトの違い等により、作り直しが必要となる場合もあり修正に時間を要す可

能性がある。

- ・BIM/CIMモデルを設計から施工へ大幅な修正や手戻りが少なくなるよう今後、設計コンサルと施工業者が協力できるような体制が必要。
- ・設計段階で土質に合わせた変化率を考慮しBIM/CIMモデルへ反映させることで施工計画高により近い施工を行うことができる。

b) 対応策。

本工事でも施工前の技術調整会議において、発注者も含め、設計コンサルと受注者との確認会議を開催したように、今後双方の意識・認識がすり合わせられるような場を設けることで、より円滑な設計及び施工に繋がると考える。また今後情報化施工技術を押し進めていくために、各事務所等に情報施工班を新たに設置することを提案する。

6. おわりに

本報において、情報化施工活用工事の取組みと全国初となるほ場整備工事におけるBIM/CIM活用工事への取組み及び効果、課題について紹介を行った。一方で、今後の課題にも挙げた通り、今後の情報化施工技術及びBIM/CIM活用等のデジタル技術を円滑に進めていくためには、発注者・受注者・設計コンサルの三者が意思疎通が行える場を増やしていく必要がある。

農業農村整備事業におけるデジタル技術の活用の可能性としては、ほ場整備の施工完了時に得られる出来形管理データを用いることで、スマート農業への活用も期待できる点であると考え。本報が今後のほ場整備工事を実施するに当たっての発注者・受注者双方の情報化施工技術への関心を高める一因になれば幸いである。

参考文献

- 1) 農林水産省：国営土地改良事業等における BIM/CIM 活用ガイドライン(案) 令和5年3月
- 2) 農林水産省：農業農村整備における情報化施工及び3次元データの活用 令和4年5月
- 3) 農林水産省：情報化施工技術の活用ガイドライン 令和5年4月
- 4) 北海道開発局 旭川開発建設部 旭川農業事務所：ほ場整備工事の設計における3次元設計の試行及び従来手法との比較検証 - 農業農村整備におけるデジタル技術の活用に向けて- 令和3年度