

ICT施工について

会社名：加和太建設株式会社
氏名：石水 健一

- 工事名 平成28年度 138号BP柴怒田仁杉地区道路建設工事
- 発注者 国土交通省 中部地方整備局 沼津河川国道事務所
- 工事箇所 静岡県御殿場市柴怒田地先
- 工期 平成29年3月31日 ～ 平成30年 6月28日
- 工事概要 本工事は、国道138号バイパスを富士五湖道路に經由し、中央自動車道と新東名高速道路をつなぐことで広域ネットワークを形成すると共に地域活性及び交通混雑の緩和を図る道路建設であり、その国道138号バイパスと新東名高速道路を結ぶ仁杉JCT付近の一部における道路建設工事である。

位置図



1. はじめに

本工事は、発注者指定Ⅱ型のICT活用工事であった。

当初設計では、掘削工(ICT)7,400m³、路体盛土工(ICT)36,300m³、路床盛土工(ICT)12,700m³であったが、現地照査の結果、様々な制約があることで結果としては、路体盛土工(ICT)7,000m³となった。本来である発注者指定Ⅱ型の施工量に対しては少なくなりましたが、ICTでの施工を実施した。

今回は、私自身が初めてICT施工を経験したことについての工事の流れを述べたいと思う。

2. ICT施工の流れ

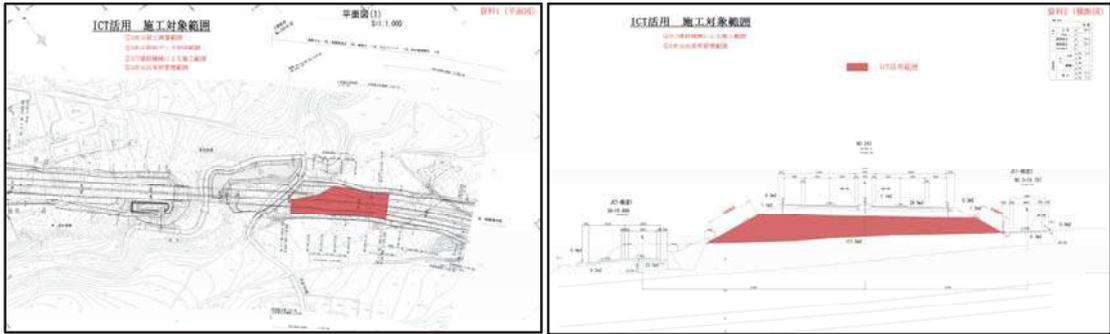
1) 事前準備

○UAV飛行条件の確認

- ・無人航空機の飛行許可が必要となる空域か・・・OK
- ・衛星状況は良好か・・・OK

○現地照査に基づいた施工範囲の検討

- ・具体的な内容と施工範囲を協議した。



○基準点等の設置

- ・従来の起工測量に含まれているもの

コメント

上記事前準備の中で検討した結果、飛行空域に問題が無いことや衛星受信数等も良好であるため、UAVによる起工測量と出来形測量を実施する事とした。

2) 施工プロセス 5段階

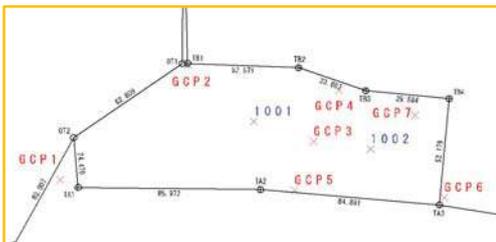
①3次元起工測量



写真撮影抜粋



○標定点と検証点の設置



施工範囲の外周に工事基準点を設置して、その工事基準点を標定点とした。

また、施工範囲内にも標定点と検証点を設置した。

標定点及び検証点は4級基準・3級水準と同等以上と規定されている。

○精度確認

・標定点及び検証点の精度確認により、UAVによる起工測量の位置精度を確保した。



○カメラキャリブレーション及び精度確認試験結果報告書の提出

・カメラキャリブレーションを実施し、上記精度確認の結果を報告書として提出した。



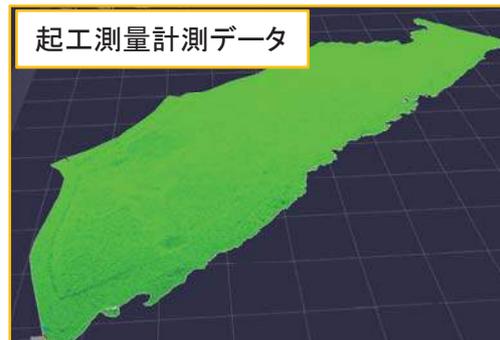
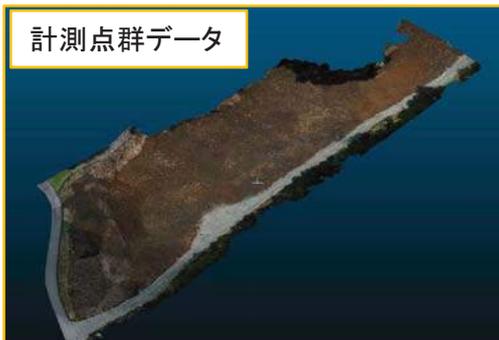
○起工測量の実施

・設定された飛行ルートにより撮影



○計測点群データ、起工測量計測データの作成

・撮影した空中写真、標定点座標、カメラキャリブレーション結果を元に計測点群データを作成後、起工測量計測データを作成した。

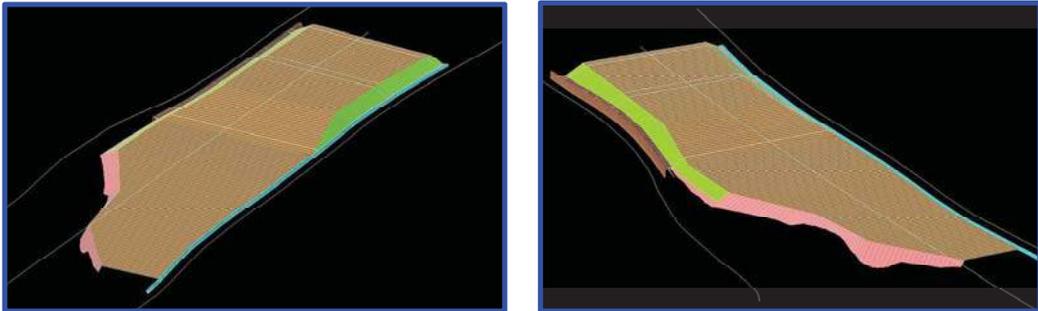


コメント

起工測量により計測データの取得までには、工事基準点を元に標定点、検証点の設置から始まり、その座標値の確認作業、UAVやカメラのキャリブレーション、飛行ルートの設定を行う。また、UAV、カメラ、写真測量ソフト、点群処理ソフトが必要となってくる。

実際の飛行による測量時には、気象条件にも影響されるため雨風の予報を事前に予測して打ち合わせすることが大切である。

②3次元設計データの作成

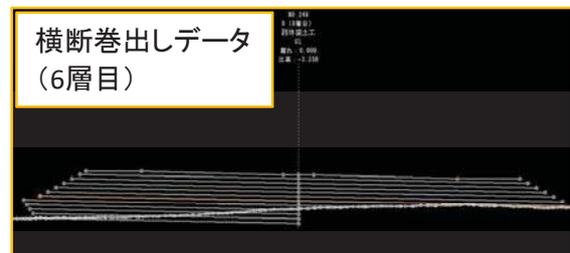
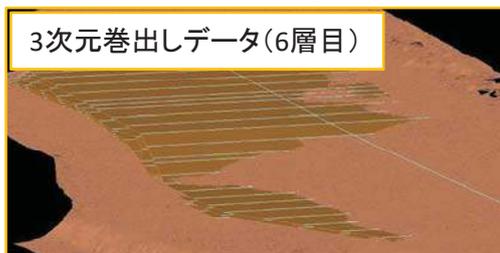


○準備資料

- ・3次元設計データを作成するに当たり、設計図書の平面図、縦断図、横断図、線形図(座標リスト入り)を用意した。

○3次元設計データ作成

- ・3次元設計データ作成ソフトに上記準備資料を読み込ませ、データを作成していく。
- ・作成範囲は、協議により決定した範囲で作成した。
- ・作成時は、道路線形の変化点等に注意しながら、必要に応じて任意測点を追加しながら作成した。
- ・施工範囲との境に構造物があったため、重力式擁壁と水路を3次元にて作成してイメージが出来るように工夫した。
- ・最終的な出来形計測範囲が分かるようにソフト内で色分けができるため、天端や法面の色分けをし、さらに今回は法面の途中までが管理範囲である場所があったため、横断作成時に範囲分けと色分けを行った。
- ・作成データには、最終形の3次元設計データと路体盛土の各層ごとの巻出しデータを作成する必要がある。



- ・上記添付のデータをICT建機に読み込ませて、実際に各層ごとに巻出しを行っていった。

③次元設計データの確認

・3次元設計データ作成後、チェックシートを元に確認作業を実施した。

【様式-1】

平成 29年 10月 8日
 平成28年度「38号国道沿道におお地区道路建設工事
 受注会社名: 加和木建設株式会社
 作成者: 石坂 健一

3次元設計データのチェックシート

項目	対象	内容	チェック結果
1) 基準点及び工事基準点	全線長	・監督職員の指示した基準点を使用しているか?	<input type="radio"/>
		・工事基準点の名前は正しいか?	<input type="radio"/>
		・座標は正しいか?	<input type="radio"/>
2) 平面図	全線長	・起終点の座標は正しいか?	<input type="radio"/>
		・変位点(補正基準点)の座標は正しいか?	<input type="radio"/>
		・曲線要素の種類・数値は正しいか?	<input type="radio"/>
		・各測点の座標は正しいか?	<input type="radio"/>
3) 縦断図	全線長	・補正起終点の測点、標高は正しいか?	<input type="radio"/>
		・補正変位点の測点、標高は正しいか?	<input type="radio"/>
4) 出来形横断面形状	全線長	・作成した出来形横断面形状の測点、数は適切か?	<input type="radio"/>
		・基準高、幅、法長は正しいか?	<input type="radio"/>
5) 3次元設計データ	全線長	・入力した①~④の縦断形状と出力する3次元設計データは同一となっているか?	<input type="radio"/>

※1 各セグメントの項目については、セグメント毎に「O」を記入すること。
 ※2 発注者が監督職員に様式-1を提出した際、監督職員から様式-1を確認するための資料の請求があった場合は、発注者は以下の資料等を速やかに提供するものとする。
 ・工事基準点リスト(チェック入り)
 ・横断計算書(チェック入り)
 ・平面図(チェック入り)
 ・縦断図(チェック入り)
 ・横断面(チェック入り)
 ・3次元データ(ソフトウェアによる数値あるいは印刷物)
 なお、河川工事の場合「横断計算書」とは「法線の中心点座標リスト」等を指す。
 ※ 添付資料については、上記以外にわかりやすいものがある場合は、これに替えることができる。

・左記のチェックシートのみを提出し、以下の確認のための資料は請求があった場合に備えて、整備して保管した。

- 工事基準点リスト(チェック入り)
- 座標一覧表等(チェック入り)
- 平面図(チェック入り)
- 本線線形図(チェック入り)
- 本線縦断図(チェック入り)
- 横断図(チェック入り)
- 3次元画像

④設計図書の確認

- ・作成した3次元設計データと設計図書を照らし合わせて不一致等を確認した。
- ・各測点の横断図を重ね合わせて設計断面や現況との誤差が無いか。
- ・周囲構造物との不一致が無いか。
- ・今回は、盛土勾配と小段幅に多少の不一致が発生したため、照査として提出し、盛土勾配を優先して小段幅の調整を実施した。

コメント

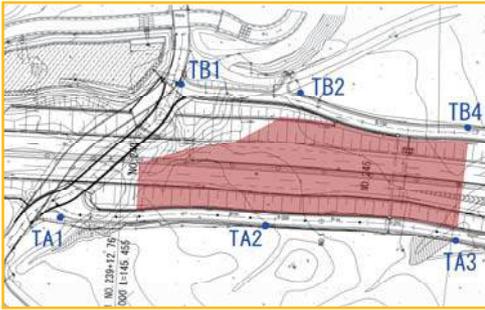
3次元設計データを作成するに当たり、当初は何も分からない状況でした。発注者より提供されている手引きや要領書、ソフトメーカーからの協力を得て、試行錯誤の末に作成していくことが出来た。時間と手間を要することを実感したが、一連の作成手順を終えて初めて3次元化の利便性に気づかされた。3次元化されたことにより、以前に比べて現場のイメージがよりしやすくなった。また、現場との不一致についても従来と比べて早い段階で確認でき、細部に渡り照査できた。

⑤ICT建機による施工

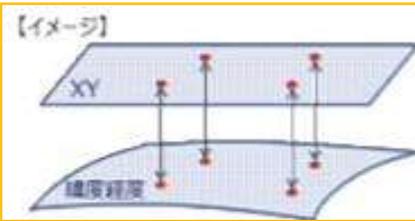


○基準局の設置(RTK-GNSS)

- ・工事基準点をローカライゼーション用の座標とした。



○ローカライゼーションの実施



- ・GNSS系の座標を現地座標系に変換することをローカライゼーションという。
- ・GNSS取得値が現地に整合して精度の良い施工が可能となる。



実施状況



座標残差

○ICT建機のバケット、ブレード位置精度の確認(キャリブレーション)

- ・ICT建機に3次元設計データの取り込み後、キャリブレーションを実施した。



建機の準備運動(D6PXi)



建機の準備運動(PC200i)



データ確認(D6PXi)



データ確認(PC200i)

○バケット、ブレード位置精度の確認

- ・施工着手前、計測精度の確認を実施した。
- ・施工範囲外の建機が近づける場所に3次元座標を持つ現地杭を設置した。



○施工期間中の日常点検

項目	測定項目	測定値	許容値	判定	備考
バックホウ	バックホウ位置	0	0	○	
	バックホウ傾斜	0	0	○	
フルドラー	フルドラー位置	0	0	○	
	フルドラー傾斜	0	0	○	
キャリブレーション	キャリブレーション位置	0	0	○	
	キャリブレーション傾斜	0	0	○	

- ・施工着手前に精度確認した現地杭の3次元座標を使用して日常点検による精度確認を実施した。
- ・日々の建機作動時には、準備運動としてバケットやブレード、アームの作動や建機自体を走行させることを実施した。
- ・精度確認結果は、測定較差が±50mm以内であるかを確認する。
- ・本工事では、日々の測定結果には多少の誤差があったが規定値内であった。

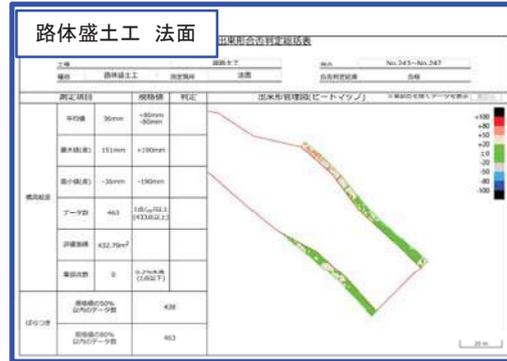
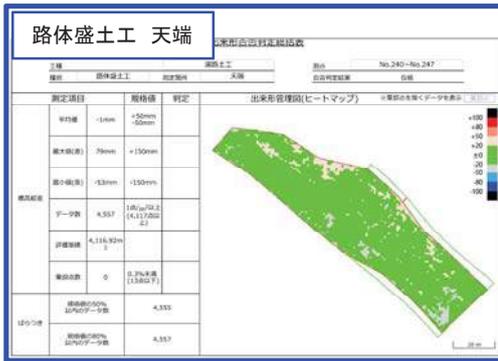
コメント

ローライゼーション、精度確認の手順をおって実際に路体盛土の施工をしてきました。日々の精度確認時は、規定値内には納まっていましたが、日中の衛生状況によっては多少の精度の違いがあった。

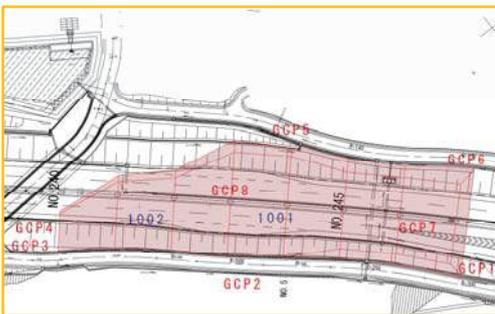
例えば、1時間前に施工した法面が1時間後に多少位置が違っていることもありオペレータと打合せをして再度精度確認を実施する事もあった。しかし、出来形管理の規格値内での誤差であることからそのまま施工を続けることにした。また、各層の巻出しについても試験盛土の巻出し厚を考慮しながら3次元データによって敷均しを実施していった。

従来施工には丁張りが必要であったが、丁張りが何もない現場でICTによる盛土の施工が完了したこと、3次元設計データがそのまま現場に反映されたことには感動した。

④3次元出来形管理等の施工管理



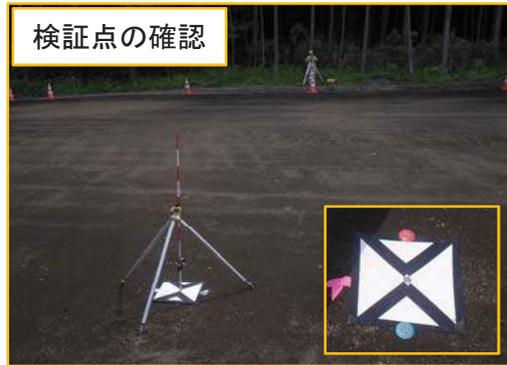
○標定点と検証点の設置



起工測量時と同様に、施工範囲の外周付近と施工範囲内に新たに標定点と検証点を設置した。

○精度確認

・標定点及び検証点の精度確認により、UAVによる出来形測量の位置精度を確保する。



○カメラキャリブレーション及び精度確認試験結果報告書の提出

・カメラキャリブレーションを実施し、上記精度確認の結果を報告書として提出した。

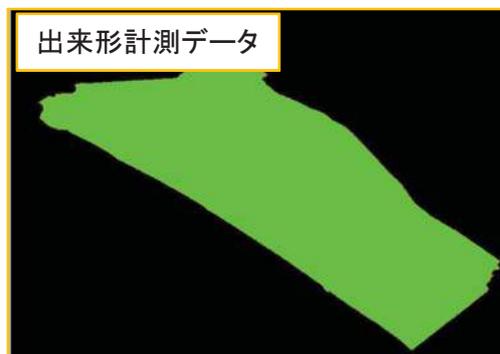
○出来形計測の実施

・起工測量時と同様の設定された飛行ルートにより撮影



○計測点群データ、出来形計測データの作成

- ・撮影した空中写真、標定点座標、カメラキャリブレーション結果を元に計測点群データを作成後、出来形計測データを作成する。
- ・点群密度は、出来形計測時に1点以上/0.01㎡であり、評価に必要な点群密度は1点以上/1㎡の規定がある。



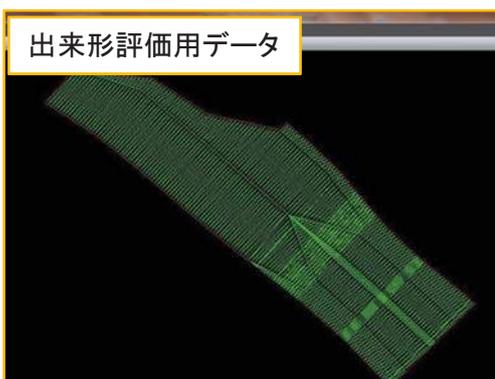
○出来形管理帳票の作成

- ・上記で作成した出来形計測データから出来形評価用データを作成し、3次元設計データを用いて出来形管理図表を作成した。

出来形合否判定結果(路体盛土工)

天端(合格)

法面(合格)



天端(合格)				法面(合格)			
測定項目	規格値	判定	測定項目	規格値	判定		
平均値	-1mm +50mm -50mm		平均値	36mm +80mm -80mm			
最大値(高)	79mm +150mm		最大値(高)	151mm +190mm			
最小値(高)	-53mm -150mm		最小値(高)	-36mm -190mm			
データ数	4,557 1点/㎡以上 (4,117点以上)		データ数	463 1点/㎡以上 (433点以上)			
評価面積	4,116.92㎡		評価面積	432.79㎡			
棄却点数	0 0.3%未満 (1.36以下)		棄却点数	0 0.3%未満 (1.0以下)			
ばらつき	規格値の50% 以内のデータ数	4,555	ばらつき	規格値の50% 以内のデータ数	438		
	規格値の80% 以内のデータ数	4,557		規格値の80% 以内のデータ数	463		

- ・出来形合否判定結果として、天端・法面ともに規格値内であった。
また、天端・法面ともにすべてのデータ数が規格値の80%以内であり、棄却点数もない結果となった。

コメント

UAVによる空撮に関しては、起工測量時とほとんど工程は同じである。計測前は、ICT建機により3次元データを元に施工した路体盛土の出来形精度が非常に心配でした。施工中には随時TSにより確認作業は実施していたので位置や形状については問題ないと認識していましたが、実際にどのくらいの精度で仕上がっているのかが未知数でした。

UAVの出来形計測を終えて、合否判定結果が出たときには規格に対する精度が良く、正直驚きました。

施工中、ICT建機だけに頼らずにTSによって確認作業をすることによって3次元設計データの差異やミス等が施工の段階で早期発見できることも重要だととらえ、TSでの確認作業は重要であると思った。

⑤3次元データの納品

電子納品成果品

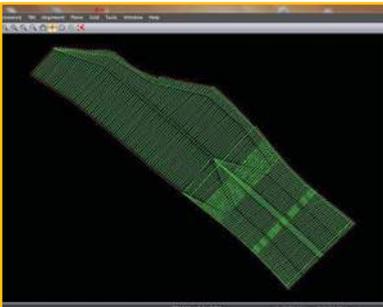
1. 3次元設計データ
2. 出来形管理資料
3. 空中写真測量による出来形評価用データ
4. 空中写真測量による起工測量計測データ
5. 空中写真測量による出来形計測データ
6. 空中写真測量による起工測量計測点群データ
7. 空中写真測量による出来形計測点群データ
8. 起工測量時工事基準点及び標定点データ
9. 出来形測量時工事基準点及び標定点データ
10. 空中写真測量で撮影した起工測量時デジタル写真
11. 空中写真測量で撮影した出来形測量時デジタル写真

ファイル命名規則

計画 種類	情報 属性	拡張 形式	単位 記号	内容	記入例
UAV	0	DR	001m	- 3次元設計データ (LandM, 等のポリゴンデータ (T.I.G))	SAV0DR01Z.拡張子
UAV	0	CH	001m	- 出来形管理資料 (出来形管理図表 (PDF)) 等 (注: 拡張子なし)	SAV0CH001.拡張子
UAV	0	IN	001m	- 空中写真測量 (UAV) による出来形評価用データ (CSV, LandM, 等のポリゴンデータ)	SAV0IN001.拡張子
UAV	0	EG	001m	- 空中写真測量 (UAV) による起工測量計測データ (LandM, 等のポリゴンデータ)	SAV0EG001.拡張子
UAV	0	AS	001m	- 空中写真測量 (UAV) による出来形計測データ (CSV, LandM, 等のポリゴンデータ)	SAV0AS001.拡張子
UAV	0	GR	001m	- 空中写真測量 (UAV) による起工測量計測点群データ (CSV, LandM, 等のポイントデータ)	SAV0GR001.拡張子
UAV	0	PO	001m	- 出来形測量時工事基準点及び標定点データ (CSV, LandM, 等のポイントデータ)	SAV0PO001.拡張子

上記11項目が納品するデータであり、電子納品の「ICON」フォルダに格納して提出。

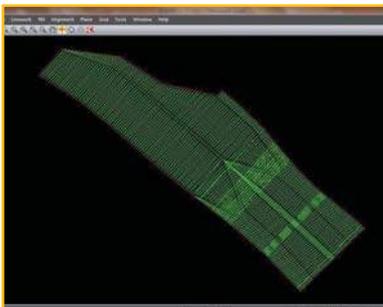
1. 3次元設計データ(UAV0DR001Z)



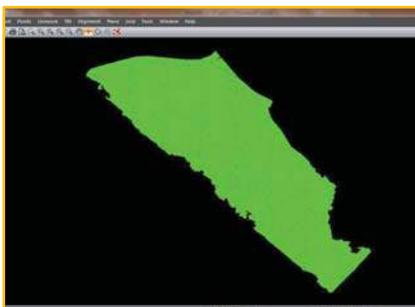
2. 出来形管理資料(UAV0CH001)



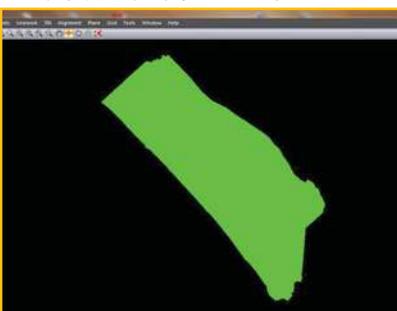
3. 出来形評価用データ(UAV0IN001)



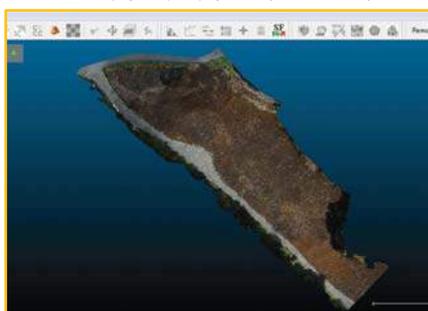
4. 起工測量計測データ(UAV0EG001)



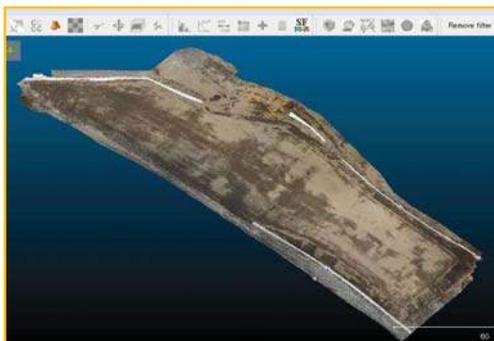
5. 出来形計測データ(UAV0AS001)



6. 起工測量計測点群データ(UAV0GR001)



7. 出来形計測点群データ(UAV0GR002)



8. 起工基準点及び標定点データ(UAV0PO001)

GCP1	標定点	-74247.173	36295.441	594.634
GCP2	標定点	-74240.173	36377.51	585.037
GCP3	標定点	-74306.113	36401.197	589.45
GCP4	標定点	-74293.81	36426.037	588.647
GCP5	標定点	-74319.372	36379.441	590.019
GCP6	標定点	-74365.663	36432.967	587.965
GCP7	標定点	-74325.472	36446.906	587.933
1001	検証点	-74281.026	36385.059	589.982
1002	検証点	-74325.614	36420.12	588.888
101	社内検証点	-74250.658	36380.863	583.178
102	社内検証点	-74295.346	36395.115	589.596
103	社内検証点	-74336.527	36429.112	588.769

9. 出来形基準点及び標定点データ(UAV0PO002)

GCP1		-74365.839	36434.401	587.986
GCP2		-74313.09	36377.476	590.499
GCP3		-74270.783	36327.23	592.548
GCP4		-74261.545	36335.191	592.757
GCP5		-74285.305	36413.427	588.279
GCP6		-74331.618	36455.921	588.525
GCP7		-74333.862	36428.505	591.061
GCP8		-74290.954	36381.055	591.367
1001		-74305.627	36398.468	590.338
1002		-74276.249	36361.056	592.012
101		-74317.057	36411.745	591.076
102		-74297.868	36389.969	590.942
103		-74283.95	36371.831	591.67

10. 起工測量時デジタル写真



11. 出来形測量時デジタル写真



コメント

電子納品のデータは、各拡張子が違い、上記のように閲覧するためにはそれぞれのソフトが必要となってくる。上記は、検査時等において検査官にわかりやすいように納品物をビューアにてみれるように工夫した。

3. おわりに

建設現場をとりまく環境として、労働者不足や依然として多い労働災害が懸念されている。また、土工に関しての生産性が他工種と比べて遅れをとっている。そんな中、国土交通省が総力を上げて取組始めたICT活用工事は、これらの解決策として有効であることを今回の工事を通して実感できた。

工事序盤は、正直何から手を付けて良いか分からない状況でしたがICTに関する様々な要領書や手引きを解説していくことやソフトメーカー、ICT建機メーカーの助言の元、工事完成に至った。

3次元設計データの作成には、多くの時間を費やすこととなったが、データをICT建機に取り込み後、現場での作業は見事に3次元化された設計通りの盛土が構築された。施工時は、手元作業員を必要とせずオペレータのみでの作業を実施できたことで労働者不足による懸念や労働災害のリスクが低減された。また、今回の重機オペレータは熟練者であったが、車両系建設機械の資格がありインテリジェントマシンコントロールの要領を理解すれば若手技術者でも問題なく施工できるという話も聞いた。

今後、ICT活用工事がさらに増えてくる中で、現場条件をしっかりと照査した上で、有効的に活用が出来ればと思う。まだまだ課題は残されているが、今回の経験を今後活かしていき、建設現場の生産性向上に努めたいと思う。