

第二阪和国道の切土工事におけるICT (i-Construction)の取り組みについて

橋本 清秀¹・加藤 修²

¹浪速国道事務所 建設監督官 (〒573-0094大阪府枚方市南中振3丁目2番3号)

²中林建設株式会社 土木部 工事課 (〒556-0014大阪府大阪市浪速区大国2-1-19)

「第二阪和国道」切土工事において、ドローンを用いた三次元測量を行い、三次元データを用いてマシンガイダンスを搭載したバックホーにより、切土の施工管理と出来形管理を行った。建設業の生産性向上を図るICT(i-Construction)における切土工事のモデル的な工事となるため、施工者にとっての生産性向上部分の課題や改善点、今後の展望及び監督者にとっての施工性や品質、出来形確保向上部分の改善点、今後の展望を述べるものである。

キーワード ICT, UAV, ドローン

1. 第二阪和国道の概要とICTの概要

1) 第二阪和国道

第二阪和国道は、大阪府阪南市自然田から和歌山県和歌山市元寺町を結ぶ延長約20.6kmの地域高規格道路で国道26号に於ける慢性的な交通渋滞の解消、急カーブ、急勾配等の解消を主な目的として計画された道路です。

平成15年4月19日に阪南市自然田～箱作ランプ間を、平成16年6月19日に箱作ランプ～箱の浦ランプ間を、平成23年3月26日に箱の浦ランプ～淡輪ランプ間を、平成27年9月12日に平井ランプ～大谷ランプ間を、平成29年4月1日に淡輪ランプ～平井ランプ間をそれぞれ、暫定2車線で供用開始したものである。

今回、ICT技術を活用したモデル的な切土工事(第二阪和国道大谷地区道路整備工事)は、平成29年4月1日に淡輪ランプ～平井ランプ間を暫定2車線で供用開始した区間内で淡輪ランプに隣接した大谷地区で実施したものである。

今回実施した切土工事の概要

- ・掘削工 43,650m³
(土砂2,500m³、軟岩34,840m³、中硬岩6,310m³)
- ・法面整形工 6,440m²
- ・植生工 6,880m²
- ・排水構造物工 1式



図-1 位置図

2) ICTの概要

近年、建設業界に取り巻く問題として労働力不足が最重要課題となっている。時代の流れとして、過去の労働力過剰時代から昨今の労働力不足時代へと移り変わっている。その根源には建設業界の世間からの評価が回復及び安定的な経営環境が実現し始めている今、根本的な生産性の向上に取り組む必要がある。

そこで、ICT(i-Construction)を活用することにより、以下の4項目を目指すものである。

- ① 一人一人の生産性を向上させ、企業の経営環境を改善。

- ② 設現場に携わる人の賃金の水準の向上を図るなど魅力ある建設現場。
- ③ 死亡災害ゼロを目指し、安全性が飛躍的に向上。
- ④ きつい、危険。きたない」から「給与、休憩、希望」。

実施内容は、測量・設計から施工・検査、さらには維持管理・更新までのすべてのプロセスにおいてICT技術を導入する。

その具体的な内容として、以下の4項目があるが、そのうち、3項目(①～③)を今回工事にて実施したものである。

- ① ドローン等による3次元測量
- ② 3次元測量データによる設計・施工計画
- ③ ICT建設機械による施工
- ④ 検査の省力化

2. UAVによる切土工事

1) ドローンを用いた3次元測量

3次元測量にはUAV (Unmanned Aerial Vehicle) という無人航空機(ドローン)による写真測量や、レーザーキャナーを利用した測量方法があります。

今回の工事施工箇所においてはドローンを活用して3次元測量を行っており、ドローンを用いる一番の利点として、法丁張りを掛ける必要がないことで工程短縮及び人員削減が行われ、また、重機が動いている状況での測量作業が不要となることで安全性が向上すると考える。

現場ではドローンを飛行させ、UAV搭載のカメラ+GPSと解析ソフトにより3次元立体形状データを作成しました。



写真-1 ドローン飛行状況

ドローンでの空撮にあたり多数の画像を撮影し専用ソフトで解析を行った。それを、1つのデータとする為には等高度・等速度・直進する連続した画像の取得が必要

となります。また、前後左右を必ずラップさせる必要があるので離発着以外はソフトにより自動航行管理を行いました。

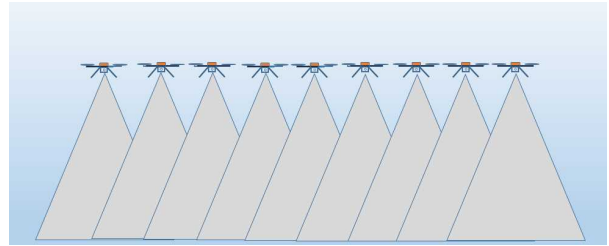


図-2 ドローン空撮ラップイメージ

ここで最も注意が必要なのは、ドローン飛行禁止区域等に関してです。これは、航空法により事前の調査が必要であり、空港及び空港周辺・人口密集地区上空、学校・病院の上空等の様々なケースでの禁止区域が設定されているためです。

今回は、近接して岬高校があり、学校に赴き許可を得ました。又、関西国際空港にも近く航空航路区域に指定されている為、関空へ問い合わせをし確認をおこなったところ、地盤から270m以上の高さまで飛行させなければ良いとの回答を頂きました。UAV飛行上限高さも地盤から150mまでとなっているので条件をクリアしてる事を確認しました。



写真-2 学校及び関空写真

まずは、計測精度を確保するためにGCP (GROUND CONTROL) の設置を行いました。

今回の施工箇所においては、測量延長が100mであるが、GCPを40箇所設置しました。

GCPとは測量成果として精度を向上させる為に上空から認識撮影できる座標(X・Y・Z)を持った対空標識の事です。

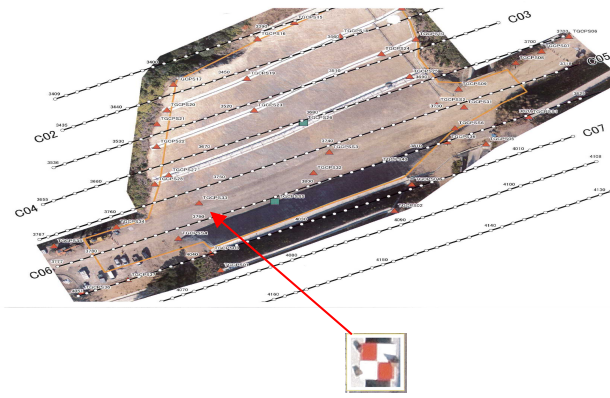


写真-3 GCP設置

次にドローンを飛行及び空撮を行い、そのデータを基に点群データを取得します。

今回は6,991m²に付き点群データの数は7,146個となりました。点群データとは位置情報としてのX座標・Y座標・高さの数値化されたデータとなります。

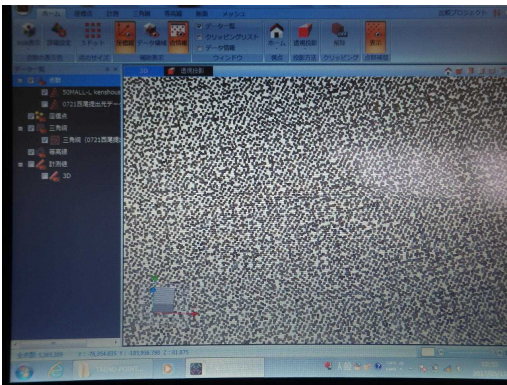


図-3 点群データ一部抜粋

上記の点群データを基に3次元化を行いました。



図-4 3次元測量結果

2) マシンガイダンスを搭載したバックホーによる掘削

3次元データを活用しマシンガイダンスを搭載したバックホーによる施工を行った

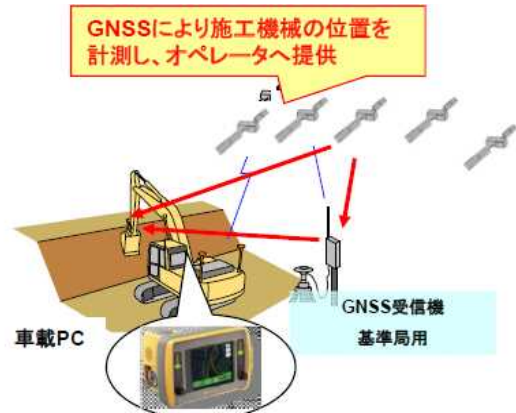


図-5 GNSSによるバックホウガイダンスイメージ

今回は施工規模により0.45m³級バックホウ1台により施工を行った。

まず最初にバックホウにバックホウガイダンス器具の取付を行った。



写真-4 バックホウガイダンス器具取付

バックホウガイダンス器具を取付後、切土を行った。



写真-5 切土作業状況写真



写真-6 切土作業状況写真

切土完成後、ドローン空撮により施工完了による結果のデータを取得したのが以下の結果である。

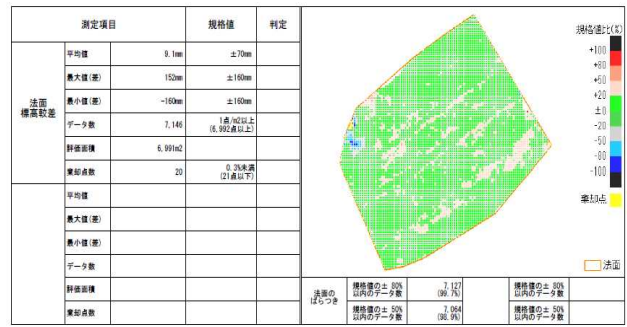


図-8 UAVによる出来形結果

検証結果としてはUAVによる測定では平均値+9.1mmになり平均規格値±70mmをクリアしています。

バックホウガイダンスによる誘導とオペレーターの丁寧な切土作業により良好な値が出たと思われる



図-6 起工測量3次元測量結果



図-7 施工完了3次元測量結果

3. ICT活用による効果及び課題

1)活用による効果

①UAV測量

- ・従来の測量では人的に行っているため、当該現場では法面上での作業となり法面からすべり落ち危険が伴っていたが、UAV測量をする事により安全性が向上した。
- ・測量の作業時間も従来であれば起工測量、出来形測量共に各々3日(3日×8時間=24時間)で合計48時間かかっていたところが、UAV測量をすることにより、起工測量及び出来形測量共に各々1時間の合計2時間の飛行でデータを取得する事ができ生産性が向上した。

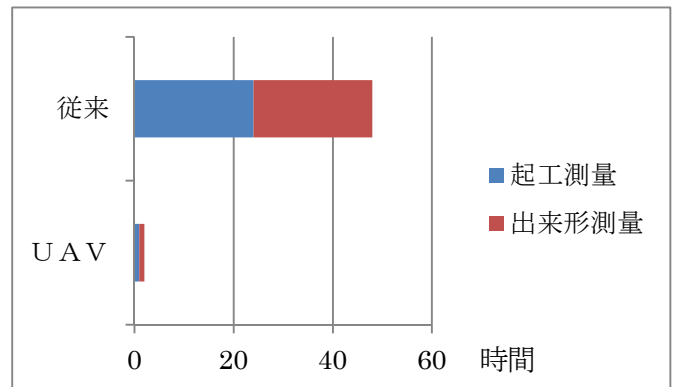


図-9 工程比較表

②バックホウガイダンス搭載のバックホウ掘削

- ・従来の掘削では、オペレーターが重機から降りて法勾配があっているか丁張を確認しながら作業を行っており、安全面からも法面を昇降するので危険であったが昇降する事がなくなったので安全性が向上した。

- ・従来の測量が不要となった事により重機周辺へ近寄らなくなり安全性が向上した。
- ・掘削作業も画面を見ながらガイダンスに従い行うのでオペレーターの理解度も向上し監督とオペレータとの意思の疎通が無くなり間違い等が減り生産性が向上した。
- ・設計に対してミリ単位で低い高いが判断できるので出来形の精度が向上した。
- ・従来であれば、掘削において丁張りで6日、法面整形で20日かかるところが、不要となり約26日間の工程短縮となった。

2)活用による課題と改善点

①UAVによる現況測量

- ・前工事にて掘削工事の一部が実施済みであり、残りの掘削工事が今回の工事であったため、課題とならなかったが、現況が地山からの掘削であれば、課題となるのが伐採である。
- ・起工測量をするに当たり、従来測量では山などの現況測量をする際は伐採をある程度行いながらNo.測点毎（断面管理）に光波やレベルを用いてデータを取っていくが、UAVに関しては面的管理となる為、伐採をすべて終わらせてからUAVにて写真撮影を行いデータを取得する必要がある。
- ・全面伐採をするのにパイロット道路の設置等を行いながら施工をするので、その時点で現況地山の形状が変更し土量数量への影響が出てくると考えられる。
その為、パイロット道路の設置により現況が変更した部分はそのままデータを取り反映をさせる。また、測量データ取得前にパイロット道路により発生した土量は別途測量等を行い、数量を把握する。

②UAVによる出来形測量

- ・土工事での出来形測量は1段毎の測量となり、小段排水の施工前にも測量データを取得する必要がある為、非常にコスト高となる。
- ・岩盤時の出来形は掘削作業時に大型ブレーカにて表面を研り凸凹になる為、規格値に収まらない場合がある。又、軟岩Ⅱ以上については掘削時、節理に添って割れる為、計画通りにならない場合がある。

③岩線計測

- ・岩線の変化点でデータ取得するが、岩の種類毎に全面掘削を完了してからデータ取得となるの

で、今回の現場では、工程上不可能であったため、従来通りの光波とテープによる計測を行った。そのため、範囲を決めてデータを取得したとしても取得した所としていない所の境目のデータが掘削等の施工中である為、大型重機（バックホウやブルドーザ）等でデータ取得する前に掘削や盛り替えをする必要がある。

今回の現場での、岩判定の測量では軟岩Ⅰで1回、軟岩Ⅱで1回、中硬岩で1回の合計3回の飛行であるが、工程上全面出しでの測量は不可能であるため、区割りして測量データを取得するに当たり、14回の飛行が必要になるので、約5倍のコスト増となる。

④技術力

労働力不足の対策としてICT技術の発展を進めてきているが、機械等の誘導に従い作業を行っていると本来熟年のオペレータの様に技術が身についており何かあった時、現状に合わせて施工を行う事ができ対応ができるがこれからの若年層の様に機械の指示で作業を行っている誘導が無ければ何もできない又は現状に合わせて作業をする事ができない。

技術が身についていないと言った現象が起きる可能性もあり将来が不安である。

4. まとめ

今回、既に切土工事の一部が完成している箇所において、残りの切土工事を施工するにあたり、ICT技術を活用し施工したところ、起工測量をUAVによるGPS自動航行で実施し、通常1～2日かかる作業が短時間で完了するなどの効果があった。また、法面整形ではバックホウガイダンスというICT技術を活用したことで、手戻りのない作業が可能になるとともに、均一な施工となり品質が向上した。また、安全面においても、重機が動いている状況での測量作業が不要になることで、安全性が向上した。

一方で、今回工事のような切土工事であれば、岩種別が変更となる箇所でのUAV測量が効率的に実施できないため、従来の測量を併用しながらの作業となり、作業効率が向上しなかった。

このように課題はあるものの、開通を控えた工事では、隣接する盛土工事や後工事の舗装工事と工程調整を行いつつ、切土工事内に工事用道路を確保する必要のある工事において、ICT技術を活用し、工程短縮、品質向上、安全面について一定の効果を確認出来たことは、今後のICT技術の普及に貢献できたと考えられる。