

新技術開発探訪

釧路外環状道路別保地区における大規模切土について —ICT 活用工事の施工事例—

国土交通省 北海道開発局 釧路開発建設部 釧路道路事務所

かわあい としゆき くまがい よしのぶ ますかわ さとみ
河合 俊幸, 熊谷 吉伸, 増川 里実

1. はじめに

釧路外環状道路は、釧路市鶴野の釧路西 IC から釧路町字別保の釧路別保 IC までの 16.8 km の自動車専用道路（一般国道 38・44 号）であり、一般国道 38 号釧路新道と一体となり釧路都市圏を迂回するバイパスとして機能するとともに、将来的には北海道横断自動車道との接続により、広域交通ネットワークを形成する事業である。このうち平成 28 年 3 月 12 日に釧路西 IC ～釧路東 IC 間が開通し、残る釧路東 IC ～釧路別保 IC 間は平成 30 年度中の開通を目指し鋭意工事を進めているところである。

釧路別保 IC 近傍の別保工区（図－1）は、山間部を縦断することから地山の掘削が主となる大規模切土法面であり、地山は、土砂、軟岩、中硬

岩、硬岩の複数の土質から構成されている。

国土交通省は、平成 28 年度を「生産性革命元年」と位置づけ、調査・測量、設計、施工、検査及び維持管理・更新のあらゆるプロセスに ICT^{*1} 技術を取り入れることで建設現場の生産性を向上する i-Construction を推進している。

これは、建設業で従来実施されていた情報化施工をさらに推進し、測量、設計、施工、検査までのプロセスに ICT 技術を導入し一元化することで、生産性の向上、労働者収入の安定及び建設現場で発生する事故の減少が期待される取組みであり、ICT 技術を活用した掘削、法面整形（以下：ICT 土工）も i-Construction の取組みの 1 つである。

釧路外環状道路の別保工区は、平成 30 年度の開通に向けて約 40 万 m³ の地山を 1 年半の間に掘削しなければならず、工程に余裕がない状況で



図－1 施工箇所図

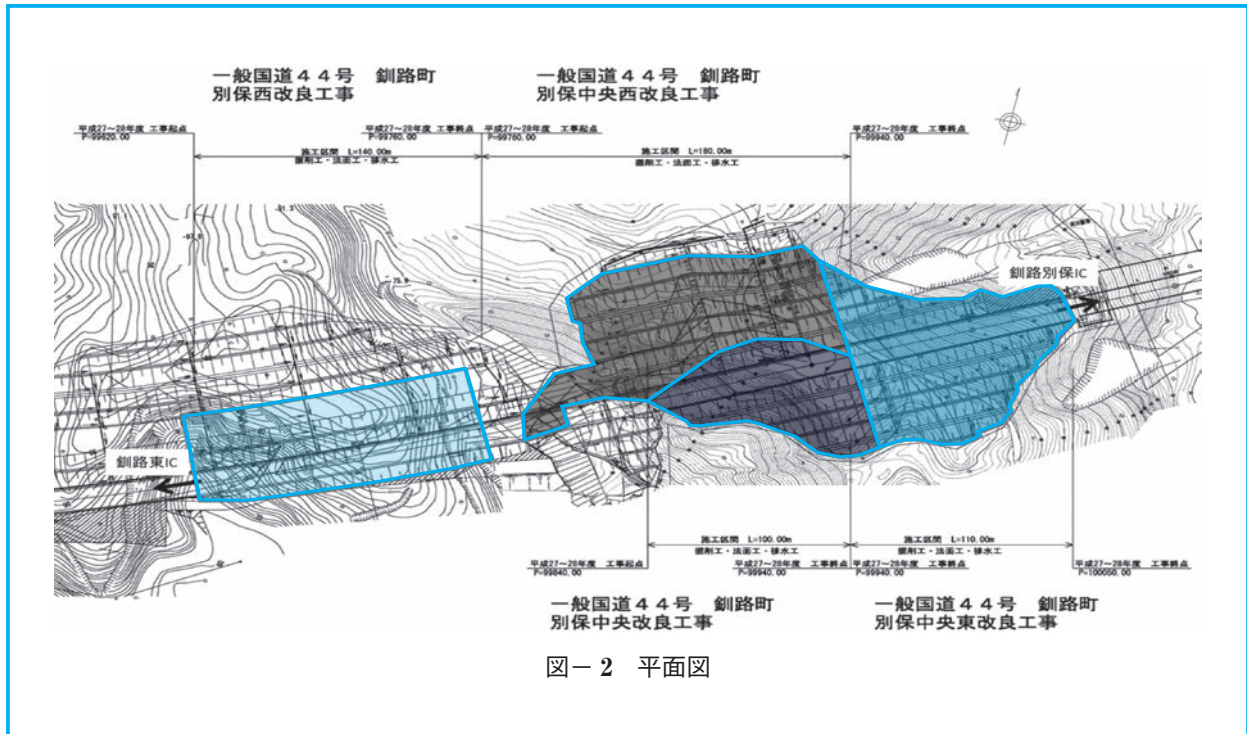


図-2 平面図

ある。さらに、現地の地山は硬い中硬岩、硬岩が約半分を占めており、掘削に時間を要することが予想される。このような状況を踏まえて、施工の効率化を図るべく受注者と協議し、別保工区で発注された4つの工事全てにおいてICT土工を導入することとなった。

本件は、複数の土質から構成されている大規模切土法面において、ICT土工と従来施工の比較についての検証結果を報告するものである。

2. 工事概要

当該工事は掘削断面が最大8段の長大法面であることから、掘削量に比べて法面整形の面積が小

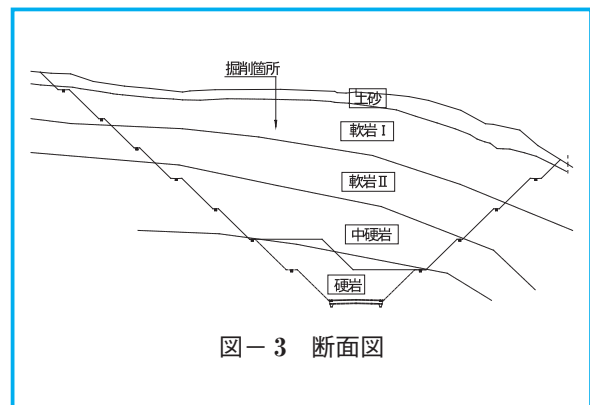


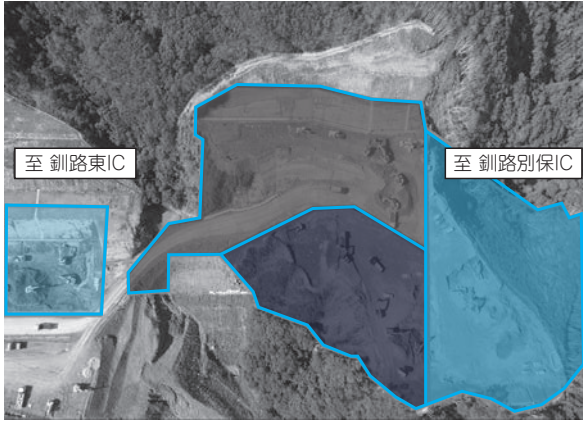
図-3 断面図

さいのが特徴である。

平面図を図-2、断面図を図-3に示す。掘削量及び法面整形面積を表-1に示す。また、施工箇所全景と施工状況を写真-1、2に示す。

表-1 各工事別掘削量及び法面整形面積

| 工事名 | 掘削量 (m ³) | | | 法面整形 (m ²) | | |
|----------|-----------------------|---------|---------|------------------------|--------|--------|
| | 土砂 | 軟岩 | 中硬岩・硬岩 | 土砂 | 軟岩 | 中硬岩・硬岩 |
| ①別保中央西改良 | 5,500 | 22,960 | 34,950 | 280 | 2,100 | 2,570 |
| ②別保中央改良 | 4,100 | 28,890 | 42,780 | 60 | 520 | 1,040 |
| ③別保中央東改良 | 10,500 | 44,080 | 27,190 | 310 | 1,620 | 560 |
| ④別保西改良 | 0 | 0 | 32,700 | 0 | 0 | 4,200 |
| 小計 | 20,100 | 95,930 | 137,620 | 650 | 4,240 | 8,370 |
| 合計 | | 253,650 | | | 13,260 | |



写真－1 施工箇所全景



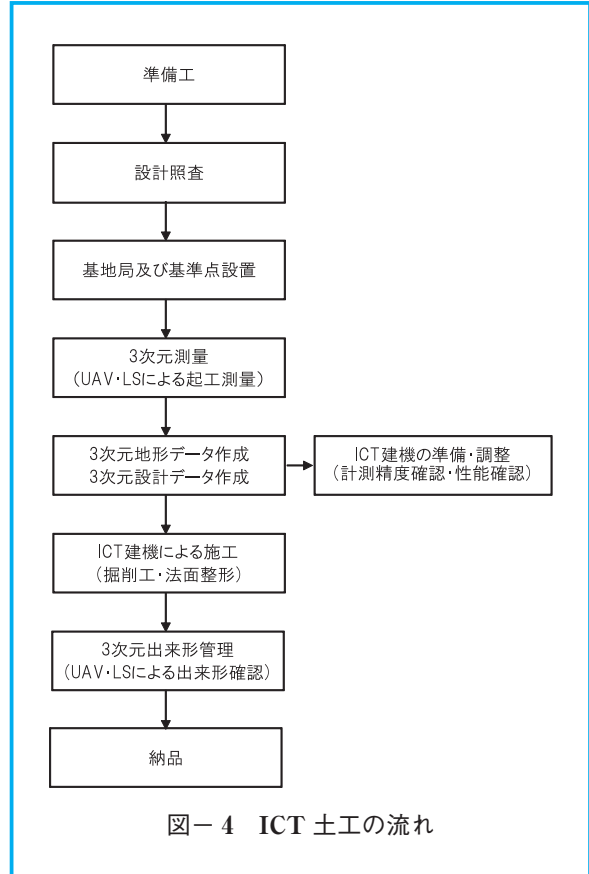
写真－2 施工状況

3. ICT土工の概要

ICT を活用した土工工事の流れは図－4 に示すとおり、① UAV※2（ドローン）・LS（レーザーキャナー）による3次元測量、② 3次元地形データ作成、3次元設計データの作成、③ ICT建機の準備、調整、④ ICT建機による施工、⑤ 3次元出来形管理の順で行う。

(1) UAV・LSによる3次元測量

3次元測量は立木を伐採している箇所はUAVによる航空写真測量を基本とするが、先行して伐採できない箇所は地上からLSによる測量を行った（写真－3、4）。



図－4 ICT土工の流れ



写真－3 UAVによる測量実施状況



写真－4 LSによる測量実施状況

(2) 3次元地形データ、設計データ作成

3次元測量により得られたデータを専用ソフトにより解析し、鮮明な地形データに図化する。発注図面である2次元設計データを3D CADを用いることで3D化する。それを地形データと重ね合わせるにより3Dモデルが完成し、土質別の掘削土量を算出する(図-5)。

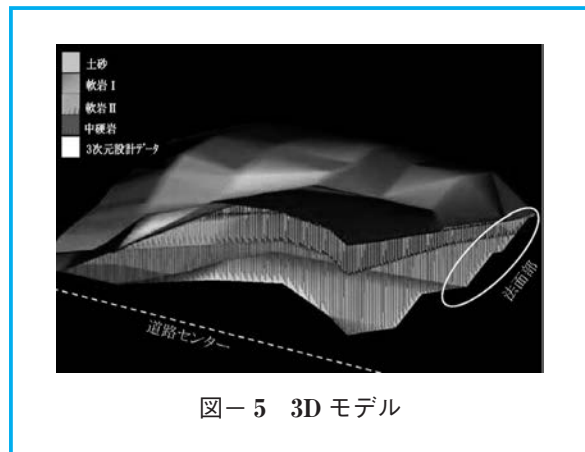


図-5 3Dモデル

(3) ICT 建機の準備・調整

作成された3次元設計データをICT建機に登録することで建機内のモニターに設計面が表示されるため、法面整形等における丁張りの設置が不要となる。また、本工事で使用しているICT建機は、設計面に対して建機の動きを制御するシステムを搭載している。

当該現場は複数の土質から構成されている切土現場で、それぞれの土質に適したアタッチメントを装備する必要があるため、通常のICT土工と異なり、それぞれのアタッチメント毎に建機への登録が必要になる(写真-5)。各土質に対して適用するアタッチメントを表-2に示す。また、施工状況を写真-6, 7に示す。

本工事はICT土工(掘削, 法面整形)を岩に適用しており、道内で初めての取組みである。

(4) ICT 建機による施工

現場での施工は、基地局から送信されるGNSS^{※3}補正情報をバックホウに装着している受信機が受信し、3次元位置情報を取得してオペレーターは



写真-5 アタッチメントの座標点検実施状況

表-2 各土質に適用するアタッチメント

| | 掘削 | 法面整形 |
|----|-----------|----------------------|
| 土砂 | バケット | バケット |
| 軟岩 | ブレイカー | バケット, ブレイカー, ツインヘッダー |
| 硬岩 | 発破併用ブレイカー | バケット, ブレイカー, ツインヘッダー |



写真-6 法面整形状況1 (丁張り無し)



写真-7 法面整形状況2 (丁張り無し)

設計断面との差をモニターで確認して、掘削・整形作業を実施する(写真-8)。



写真-8 モニターとブレーカーによる施工

(5) 出来高・出来形管理

ICT 建機を使用した施工では、作業量そのまま出来高数量として現場事務所のパソコンやタブレットにリアルタイムに送信される。

現場の出来形管理についても UAV 及び LS により 3 次元現地地形を取得し、ヒートマップにより出来形を色分けで図化する (図-6)。

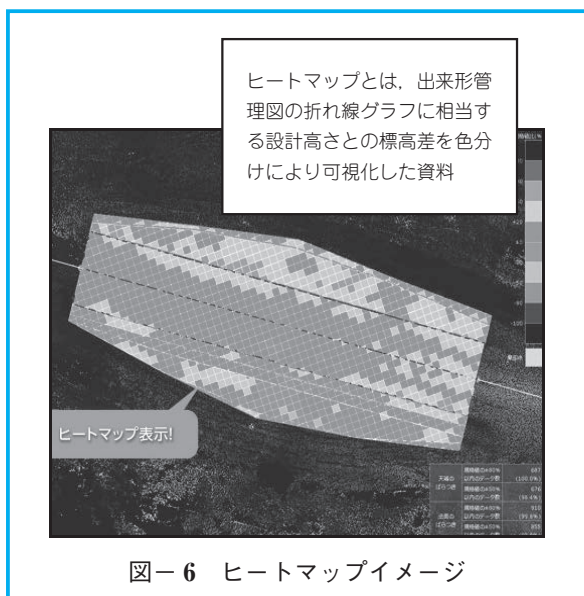


図-6 ヒートマップイメージ

4. ICT 土工と従来施工の比較

ICT 土工と従来施工について比較検証する。

(1) 起工測量・調査

ICT 土工では、従来の人の手による測量と異なり、UAV・LSを用いることで現地起伏の詳細

や撮影を容易に行うことができる。このため、従来の測量と比べ現地作業時間も大幅に短縮できた。ICT 土工と従来施工における起工測量日数を表-3 に示す。

| | 準備 | 現地測量 | 解析・計算 | 数量算出 | 計(日) |
|--------|----|------|-------|------|------|
| 従来施工 | 6 | 18 | 6 | 3 | 33 |
| ICT 土工 | 6 | 6 | 3 | 1 | 16 |

注 1) 別保中央東改良工事の横断箇所 6 断面で算出

(2) 施工 (法面整形)

岩の法面整形に関しては、従来施工では過掘りしないように完成断面までこまめに計測を繰り返しながら整形することになるため、施工ロスが大きくなる作業であったが、ICT 土工では 1 回の整形で完成断面までを正確に施工できるため、作業効率は大幅に向上した。

また、岩掘削で過大に削り取ってしまった場合はコンクリートで充填しなければならず、大きな施工ロスが生じてしまう可能性があったが、ICT 建機の過掘防止機能を活用することで、施工ロスの発生を防止できた。これにより、工程の短縮、さらには出来映えの向上も図ることができた。中硬岩・硬岩の法面整形完了後の状況を写真-9 に示す。



写真-9 中硬岩・硬岩の法面整形完了後

中硬岩・硬岩の法面整形作業における ICT 土工と従来施工の日当り施工量を比較すると、1.2 倍以上となった。

ICT 土工と従来施工における中硬岩・硬岩の日当り施工量を表-4に示す。

| | 法面整形工（中硬岩・硬岩） 日当り施工量 |
|--------|-------------------------|
| 従来施工 | 41.5 m ² /日 |
| ICT 土工 | 51.3 m ² /日 |

注1) 別保西改良工事での日当り施工量を算出

さらに、ICT 土工では従来施工で必要な丁張り及び合図を行う作業員が不要となるため、機械単体での作業が可能となる。

法面整形作業の場合、作業員は高所で合図・指示することになるため、転落及び重機接触災害の発生も想定されるが、ICT 土工では作業員自体が不要になるため事故発生リスクも解消される。

(3) 出来高・出来形管理

ICT 土工ではリアルタイムに掘削土量の正確な把握が行え、進捗及び出来高把握に大きく貢献した。これにより、精度の高い工程管理が可能となった。また、3次元測量により作成したヒートマップによる出来形管理により、竣工書類の作成が軽減され、工期を縮減することができた。

ICT 土工と従来施工における竣工書類作成日数を表-5に示す。

| | 竣工書類作成日数 |
|--------|----------|
| 従来施工 | 14日 |
| ICT 土工 | 10日 |

注1) 別保西改良工事での出来形管理・書類作成で算出

5. まとめ

ICT 土工を導入することにより、各施工プロセスにおいて従来施工と比べ工程を短縮させることができた。しかしながら、課題についても次に示す通り明らかになった。

(1) コスト面

3次元測量機器、ソフトが高価であり、現時点で受注者自らの実施が困難であるため、外部委託となる。ICT 建機及び周辺機器のリース料も高価である。

また、出来形管理において法面整形後、風化や降雨による浸食を防ぐために、1～2段毎に植生基材を吹付ける。吹付前に3次元出来形計測を行う必要があることから、UAVやLSによる計測回数が必然的に増えてしまい、経費が高んでしまう。

(2) 地域性

北海道は冬期に雪が積もり完成断面を覆ってしまうため、降雪前までに完成した箇所までUAV及びLSによる出来形管理を行うこととなる。以後、完成した箇所はトータルステーション等による通常の出来形管理となってしまう。

(3) 岩の施工

硬岩の法面整形時において振動及び衝撃で受信機等周辺機器の故障が数回発生しており、衝撃対策の検討についても今後使用する上で課題となる。

※1 ICT: Information and Communication Technology

※2 UAV: Unmanned Aerial Vehicle

※3 GNSS: Global Navigation Satellite System

【採用した新技術】

- ・インテリジェントマシンコントロール油圧ショベル (KT-140091)
- ・KomConnectによる出来高・出来形管理システム (KT-150096)
- ・グレードコントロールシステム (HK-100045)
- ・3次元計測データを用いた計測及び誘導システム (旧KT-060150)
- ・後方監視カメラ搭載油圧ショベル (CG-110011)
- ・省エネ油圧システム TRIAS 搭載油圧ショベル (CG-130004)
- ・超低騒音型油圧ブレーカ・SSシリーズ (KK-100071)
- ・超低騒音仕様油圧ブレーカ NEW Sシリーズ (CG-100029)
- ・超低騒音仕様油圧ブレーカを用いた解体・掘削工法 (TH-090016)

【参考文献】

河合俊幸, 熊谷吉伸, 増川里実 (2016): 釧路外環状道路別保地区における大規模切土について, 第60回北海道開発技術研究発表会