

中部横断自動車道工事における ICT 土工の活用事例について

小木 学¹

¹関東地方整備局 甲府河川国道事務所 工務第二課 (〒400-8578 山梨県甲府市緑が丘1-10-1)

甲府河川国道事務所は、中部横断自動車道の新直轄区間として、山梨県南巨摩郡南部町の富沢 IC から西八代郡市川三郷町の六郷 IC に至る約 28.3 km の施行を担当している。

この区間の多くは、山谷を通るためトンネルや橋梁に加え、大規模な切土・盛土などが多く行われているが、甲府河川国道事務所では、このような箇所において、より安全で効率的な施工を図るために ICT を積極的に活用している。

本発表では、中部横断自動車道工事での ICT 土工の活用事例について紹介し、今後の普及のための課題等を考察する。

キーワード ICT 土工, マシンガイダンス, マシンコントロール 3次元データ

1. はじめに

(1) 甲府河川国道事務所での i-Construction の取組

国土交通省では、「ICT の全面的な活用 (ICT 土工)」等の施策を建設現場に導入することによって、建設生産システム全体の生産性向上を図り、魅力ある建設現場を目指す取組である i-Construction (アイ・コンストラクション) を進めている。

甲府河川国道事務所は、2019年3月に全国10事務所の「i-Construction モデル事務所」として選定され、i-Construction をより一層推進し、3次元データ等を活用した取組を進め、建設生産・管理システム全体の効率化に向けた取組を進めているところである。

現在、当事務所では設計、施工、管理の各段階においてこの取組を進めているところであるが、本論文では、このうち施工段階での取り組み事例として中部横断自動車道工事での ICT 土工について紹介する。

(2) 中部横断自動車道の概要

中部横断自動車道は、静岡県静岡市を起点とし、山梨県甲斐市を経由し長野県小諸市に至る延長約 132 km の高速自動車国道である。

中部横断自動車道が整備されることにより、東名・新東名高速道路をはじめ、中央自動車道、上信越自動車道

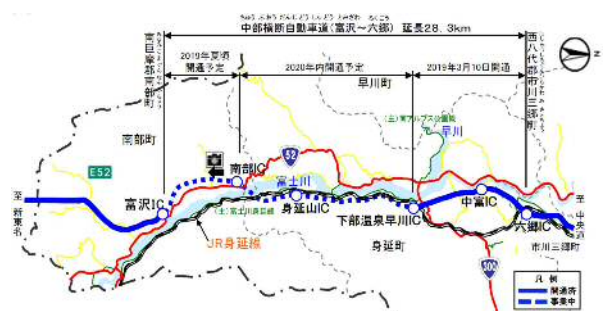


図-1 中部横断自動車道路線図

が接続され、日本海及び太平洋の臨海地域と長野・山梨県との連携・交流を促進するとともに、沿線の方々が安心して暮らせるネットワークの構築、物流体系の確立や広域的観光ゾーンの開発・支援等に寄与するものと期待されている。

甲府河川国道事務所では、山梨県区間の富沢 IC ～ 六郷 IC の 28.3 km について、平成 17 年度より直轄高速事業として着手し、事業を進めている。そのうち、下部温泉早川 IC ～ 六郷 IC 間の 8.4 km は 2019 年 3 月 10 日に開通したところである。

急峻な山々を通過する道路で、トンネル 19 本と橋梁 41 橋が計画されており、延長比としては、約 53% がトンネル部で約 22% が橋梁部と、構造物の占める割合の高い道路となっている。また、残りの約 25% の土工部においても大規模な切土や盛土となっている区間もある。

2. 中部横断自動車道でのICT土工の現状

2018年度発注の中部横断自動車道工事では、ICT土工の発注者指定型として3件の工事を発注している。これ以外の工事においても、土量10,000m³を超える大規模な盛土・切土工事を中心に活用している。

また、現在施工中の中部横断自動車道（富沢～六郷）においては、従来の2次元での測量及び設計となっているため、工事発注段階では、従来どおりの発注方法となっており、工事着手段階で受注者が3次元起工測量及び3次元設計データ作成を行っている。

今回は、このうち2018年度に施工した比較的大規模な盛土及び切土工事の2件の事例を取り上げ、その効果と課題について考察する。

次元の設計図を元に作成した3次元の設計データを重ね、施工に必要となる3次元施工用データを作成する。

作成にあたっては、約44,000m²の測量に約2日、測量結果の整理、3次元設計データ及び3次元施工用データ作成には約3週間を要した。

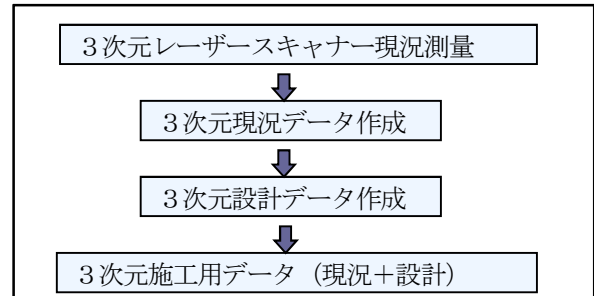


図-2 設計3次元データ作成手順

3. 中部横断自動車道でのICT土工の活用事例

今回は、盛土工事での「マシンガイダンス（MG）」、切土工事での「マシンコントロール（MC）」による事例を取り上げる。

マシンガイダンスとは施工機械の作業装置の位置を計測・表示し誘導するシステムで、マシンコントロールは施工機械の作業装置を自動制御し計測位置の設計位置にコントロールするシステムである。

位置情報取得するための方法には、GNSS（Global Navigation Satellite System）システムがある。

GNSSとは、人工衛星を用いて位置情報を取得するシステムで特徴として、ひとつの基地局で複数の観測が可能で上空視界があれば視通の必要がなく、精度は数cm程度である。

中部横断自動車道の道路土工では、バックホウによる掘削・法面整形、ブルドーザーによる盛土敷均しおよび振動ローラーでの盛土締固め管理等にGNSSを用いたICT土工を活用している。

これらICT土工を活用するには、3次元現況データと3次元設計データをあわせた施工用データを作成する必要があるが、中部横断自動車道（富沢～六郷）では、前述したとおり設計段階での3次元化は行っていない。

このため、施工者が各施工機械に搭載する3次元施工用データを作成することが必要である。図-2～6及び写真-1に今回対象とする切土工事（写真-2）を例として、3次元施工用データの作成手順を示す。

今回活用した地上型3次元レーザースキャナー（LS）による現況測量では、高密度な点群データを取得し現況を再現することが可能となる。

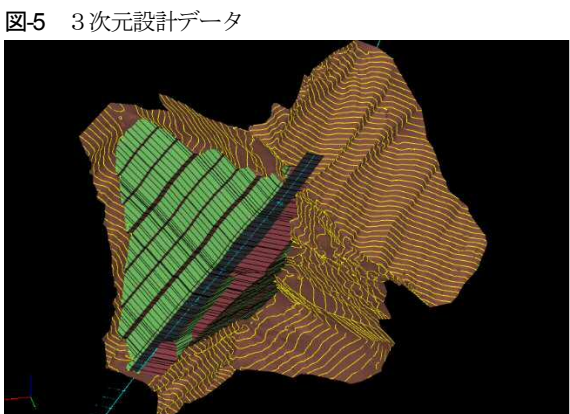
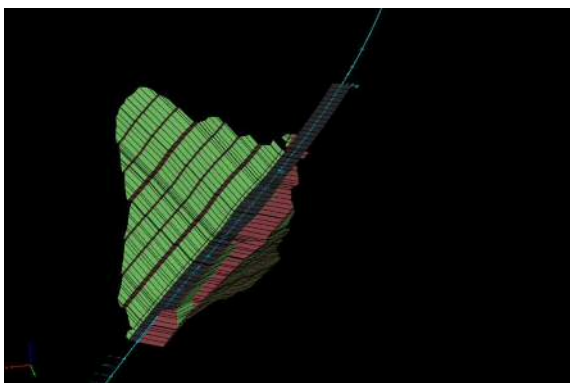
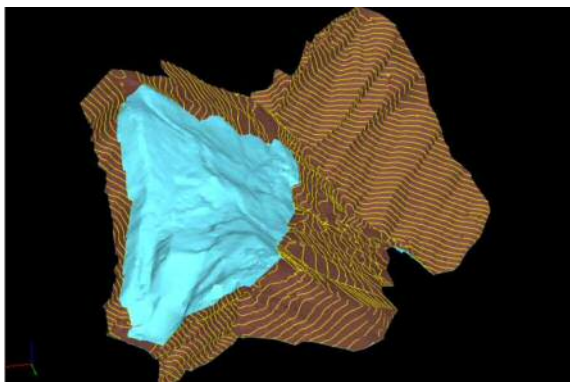
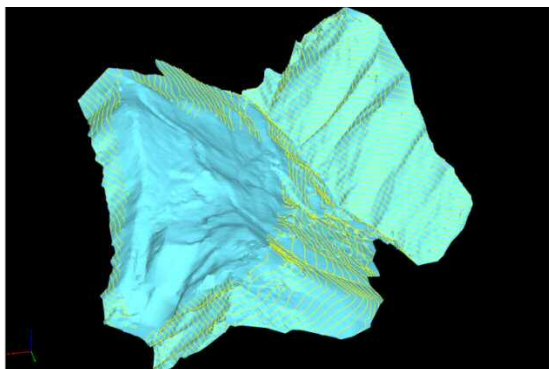
この測量データを元に作成した3次元現況データに2



写真-1 3次元レーザースキャナー現況測量状況



写真-2 切り土工事現場写真



(1) 盛土工事での活用事例（マシンガイダンス）

まず、山梨県南巨摩郡身延町栗倉地先で約 40,000m³の建設発生土処分地の基盤盛土工事(写真-3)での事例として、マシンガイダンスによる敷均、締固及び検査での活用について取り上げる。

本工事では、盛土工事の敷均し及び締固めにマシンガイダンス付きのブルドーザー、転圧機を活用した。これらは、上記の手順で作成した3次元施工データ（図-7）を活用し、専用のアプリとGNSSデータを連動させることで、写真-4～6のように、敷均し高さや締固め回数を視覚的に表示することができる。これにより、建設機械の操縦者がリアルタイムで施工状況の管理が出来、従来の目視による出来高確認と比較して、精度の向上並びに現場管理の省力化が図れた。今回の現場では、施工したすべての盛土において規格値内に治めることが出来た。

さらに、従来のように丁張りを設置する手間を省くことが出来るため、施工時間の短縮が図れるとともに、運転席から下りて現場確認をすることが不要となるため、安全性も向上させることが出来た。

また、打合せや検査においても測量結果や締固め回数等の出来高をモニター上で確認する等活用した。

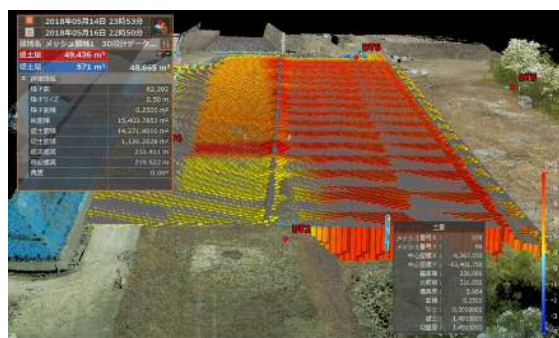




写真-4 マシンガイダンス施工状況 (敷均)

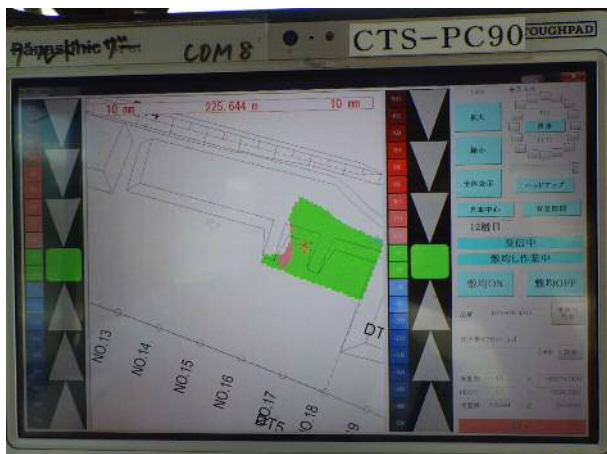


写真-5 敷均高さ表示イメージ



写真-6 転圧回数表示イメージ

(2) 切土工事での活用事例 (マシンコントロール)

次に、山梨県南巨摩郡身延町下八木沢地先での約23万m³の大規模な切土工事(写真-2)での活用事例として、マシンコントロールによる切土、法面整形について取り上げる。

今回の現場では、設計面を過掘しないようにバケットを自動制御できる「掘過防止機能」や写真-7のように、設計面にあわせてバケットの角度を自動に保持することができる「バケット角度保持機能」といったマシンコントロール機能を備えたバックホウを活用した。

マシンコントロールでは、マシンガイダンスと同様に3次元施工データ(図-6)を施工機械に入力し、操縦者は写真-8, 9のような運転席に設置されたモニターを見ながら施工することとなるが、3次元の設計データにあわせてバケット操作を自動で行うため、マシンガイダンスと比べると、より操縦者の経験に左右されずに高い精度の施工を行うことが出来ると考えられる。



写真-7 ICT土工バックホウによる法面整形作業



写真-8 施工状況表示 (断面データ, 差分データ表示)



写真-9 施工状況表示（座標データ表示）

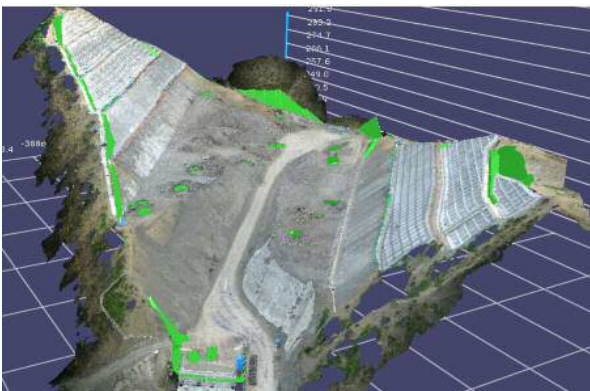


図-8 施工中3次元空中測量結果

4. ICT土工の活用効果

(1) 施工効率の向上

切土法面整形を例に施工効率を従来施工と比較してみると、従来施工1日当りの施工量は表-1のとおり300m²であるが、オペレータは作業開始前におおよそ10m間隔で設置してある丁張間に糸を張ったりして法面の完成イメージをもって作業にはいる。

また、ある程度作業が進んだ段階で一旦作業を中断して、重機から降りて、勾配定規で勾配およびスケールにて法長を確認し、設計どおりに仕上げるという作業を繰り返し行う。しかし、バックホウマシンコントロールでは重機から降りての確認を行うことなく、リアルタイムに設計情報を確認しながら作業を続けることができるため、表-1の赤枠箇所該当する1日あたり約1.7時間の短縮ができ作業効率は、1.3倍向上した。

また、丁張の設置が不要となり測量作業による手待ちが発生しないため、一工事全体を通してみるとそれ以上の施工効率向上を得ることができた。

表-1 従来施工1日当りの施工量

切土法面整形 従来施工1日当り		
	施工量(m ²)	施工時間(h)
作業開始前確認		0.5
整形作業	100.0	2.1
勾配・法長確認		0.5
整形作業	100.0	2.1
勾配・法長確認		0.5
整形作業	100.0	2.1
作業終了時確認		0.2
施工量	300.0	8.0

(2) 施工精度の向上

従来施工での法面整形作業は、先に記述したとおり、おおむね10m、急曲線部でも5m間隔に設置してある丁張りを目安に行うため丁張間の仕上げは、オペレータの技量に左右されることが多かった。

しかし、バックホウマシンコントロールでは、3次元データを基に自動制御で施工するため、オペレータの技量に関係なく精度の良い施工ができた。

施工中の施工精度確認を、ドローンをを用いた3次元空中測量（図-8）で行った結果は全て規格値を満足するものであった。

(3) 安全性の向上

安全性については、マシンガイダンス、マシンコントロールともにオペレータが重機を乗り降りする回数が減ったため、乗り降り時の転倒等の危険リスクが軽減したことと、通常掘削作業時に必要な掘削深さ等を確認する手元作業員を配置しなくてもよくなった為、重機接触災害のリスクも低減することができた。

(4) 検査の省力化

盛土工事での検査を例にとると、通常検査では、締固め回数等を書面で確認することとなるが、今回活用したようなICT土工では、写真-5、6のように敷均高や締固め回数等を視覚的に表現できるため、検査でも書面で数字等を確認することなく、モニターを確認することで出来高の確認を行うことが出来、書類の削減や検査の省力化につなげることができた。

5. ICT土工の課題等

(1) 現場としての課題

ICT土工は、先述したようなメリットがある一方、現場へのヒアリング結果からは、3次元モデルの作成や現場状況等について以下のような課題があることがわかった。

- ・3次元モデルの作成には専門のスキルが必要となり、作成者の人材不足がある
- ・途中で設計が変更となった場合などには、3次元モデルの作り直し等に時間を要する
- ・土工数量の少ない現場では、3次元モデル作成の手間等で割高となる
- ・形状が複雑な場合、データ作成に時間を要する
- ・山間部など衛星の受信状況のよくない現場では施工が困難である

(2) 発注者としての課題

次に、発注者としての立場で考えると、パソコン等の環境整備やモデルの活用等について以下のような課題がある。

- ・3次元モデルを閲覧できるパソコンが限られるなど環境が整っていない
- ・3次元モデルを利用して数量の算出を行うなど成果活

用のためのノウハウが確立できていない

- ・3次元モデルの作成方法など統一した基準がないため、工事単位での活用にとどまっており、管理段階での活用につなげにくい

6. まとめ

中部横断自動車道でICT土工を活用した結果、現場での丁張設置等の測量作業の省力化を含め、施工効率・施工精度・安全性等の向上にメリットがあることが判ったが、一方で衛星受信状態が悪い地域では施工が困難であることなどの問題点も把握することができた。

また、調査設計段階で3次元データを取り入れていない工事も多く、工事着手前に3次元測量や3次元モデルデータを作成する必要がある、受注者への負担となっていることも考えられる。発注者としては、今後、これら課題の解決とともに調査設計段階から積極的に3次元データを活用して施工段階に引き継ぎ、将来的な管理にも活用できるよう発注方法を工夫していくことが、ICTの活用を推進するために必要と考える。