

山岳道路工事における情報化施工の試みについて

山本 一浩¹

¹近畿地方整備局 豊岡河川国道事務所 (〒668-0025豊岡市幸町10-3)

情報化施工は、建設事業における「施工」において、情報通信技術（Information and Communication Technology：以下ICT）の活用により、各プロセスから得られる電子情報をやりとりして高効率・高精度な施工を実現するものであり¹⁾、近畿地方整備局管内においても多くの工事を実施され、一般化に向けた取組が行われている。

本報告は、急峻な地形における掘削工事及び汎地球測位航法衛星システム（Global Navigation Satellite System：以下GNSS）が利用できないといった条件のもとで、マシンガイダンス技術を活用した情報化施工を行い、マシンガイダンスによる工事实施に向けた、データ変換や現場での施工状況及び課題についてとりまとめたものである。

キーワード：情報化施工，3DバックホウMG，データ変換

1. はじめに

近年、建設施工の分野にも情報通信技術が積極的に導入されるようになり、国土交通省においても情報化施工の実施を推進している。情報化施工とは、電子情報技術の活用によって建設生産プロセス全体における生産性の向上や品質の確保を図るものであり、建設機械のマシンコントロール技術やTS・GNSS等による出来形管理技術、各種センサー等を用いた品質管理技術などが実用化されている。情報化施工には、現場作業の効率化（工期短縮・省人化）や熟練作業員不足の解消、工事現場の安全性向上、建設現場のイメージ改善、技術競争力の強化など多くの効果が期待されており、道路工事においては路床・路盤の敷均しや転圧回数管理、出来形管理などが、大規模工事現場を中心に導入されつつある²⁾。

一方、小規模な現場においては、導入コスト等に対してメリットが小さくなる傾向にあるため、あまり導入は進んでおらず、実績が少ないのが現状である。

このように、情報化施工導入のメリットが小さいと考えられる小規模工事において、情報化施工の目的のひとつである工期短縮やコスト縮減について、足羽川ダム建設事業に伴う工事用道路を対象として、情報化施工を試みた。

2. 情報化施工の対象工事

足羽川ダム計画は、足羽川、日野川、九頭竜川の下流域における洪水被害の軽減を目的として、九頭竜川水系足羽川の支川部子川（福井県今立郡池田町小畑地先）に洪水調節専用のダム（以下：流水型ダム）と併せ

て、他流域の4河川（水海川、足羽川、割谷川、赤谷川）の洪水を導水するための分水施設（堰・導水路）を整備するものである。（図-1、表-1）



図-1 足羽川ダム建設予定地

表-1 足羽川ダムの諸元

目的	洪水調節専用
ダム形式	重力式コンクリートダム
規模	ダム高：約96m、堤頂長：約460m、貯水面積：約94ha 導水施設：1期工事(水海川・径約10m) [全体計画：4川導水]

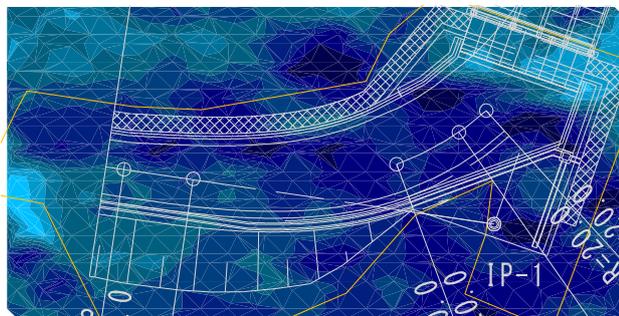
この足羽川ダム事業は2026年度（平成38年度）完成を目指し、2014年度（平成26年度）に工事用道路とともに付替県道に着手した。この工事中で急峻な山岳地形において、補強土壁の床堀と道路本体の切土が存在し複雑な土工が必要となる、足羽川ダム進入部3号工事用道路（以下：3号工事用道路）を情報化施工の対象とし施工を試みた。

3. 対象工事の特徴

3号工事用道路は、部子川左岸に計画されている付替県道を施工するための道路であり、右岸側にある現県道から対岸に渡る仮橋を設置し、付替県道までのアクセス道路の一部を施行するものである。この道路部の箇所が急峻な地形（最大44度、平均34度）であるとともに、渡河橋から半径20mの平面線形での計画となっている。

（図-2）また、地形が急峻であるため盛土構造での施工は不可能であることから、補強土壁による計画となっている。

したがって、この箇所の掘削工事は、道路切土の施工と補強土壁の床堀が混在する複雑な施工となるため、通常施工で丁張りを数回に分けて設置する必要がある。前述しているように当該工事箇所は急峻であるため、丁張り設置及び重機による施工において安全性を確保するため、慎重に進める必要があり、工程に大きく影響することとなる。なお、当該地区は豪雪地帯であるため、12月までには完成させる必要があり、工期を少しでも短縮する必要がある。



凡例 (度) 21 24 28 31 34 38 41 44

図-2 掘削範囲の勾配分布

このような条件の下において、安全かつ工期短縮が可能である工法を考慮し、本工事に於いて小規模工事に一般的に向いていないとされている情報化施工を導入することとした。なお、情報化施工に用いる工法としてはバックホウによるマシンガイダンス（以下：3DバックホウMG）とした。

3DバックホウMGは、3次元の設計データを用意することで、高さガイダンスを行うことができ、丁張りなしで切り出し位置を決定できる。また、従来施工のような「丁張り間」は存在しなくなり、どこにでも架空の丁張りが存在するのと同様の状態が生成され、高精度な仕上げが可能となる。丁張りの設置は形状が複雑な現場では大変な負担となるほか、本工事箇所のような急斜面での設置は安全面においても注意を払う必要があるが、3DバックホウMGを使用することにより、測量作業から解放されるとともに、安全性も確保できることとなる。また、丁張り作業で測量及び設置作業を待たずに次の工程に進むことが可能であるため、工期短縮が期待できる。3DバックホウMGの概要を図-3に、従来施工との工程比較を図-4に示す。なお、重機の位置情報については、工事箇所が山間部でGNSSが利用できないため、今回はTS追尾型とした。

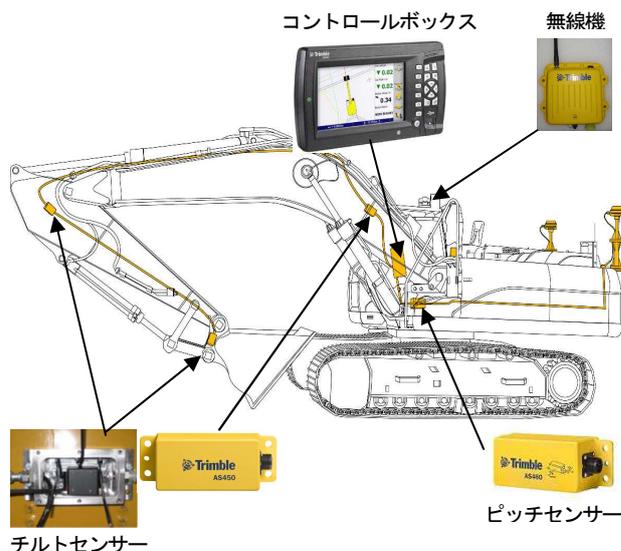


図-3 3DバックホウMGの概要

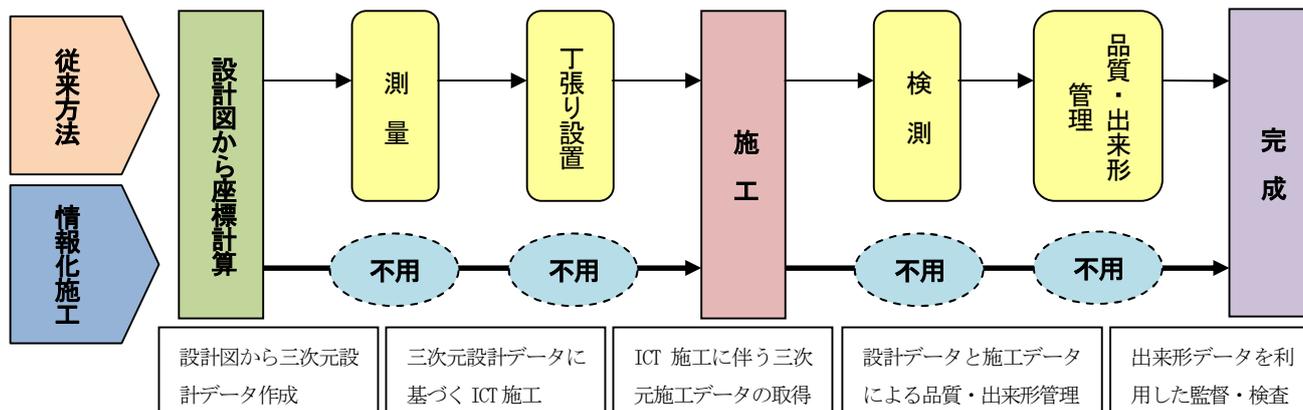


図-4 従来方法との比較

4. 3次元データの生成

(1) データの生成

前章でも述べたとおり、道路部の土工では、道路法面の切土(1:1.0)と補強強度壁の床堀(土砂部1:0.6, 軟岩部1:0.3)と同じ断面において3つの掘削勾配が存在する。情報化施工を行うためには、それぞれの工程に合わせた、切土及び床堀の3次元のアウトラインデータが必要となる。

今回は、地形データにLPデータを使用しサーフェスから計画掘削勾配を元にそれぞれの3次元アウトラインを生成した。これにより生成された3次元データを図-5に示す。

(2) システム入力用データ変換

前項で生成された3次元データのフォーマットはCADソフト固有のものであり、マシンガイダンス用のフォーマットに変換する必要がある。今回は、LandXMLを中間フォーマットとし機械の制御データ交換を行った。データの流れを図-6に示す。

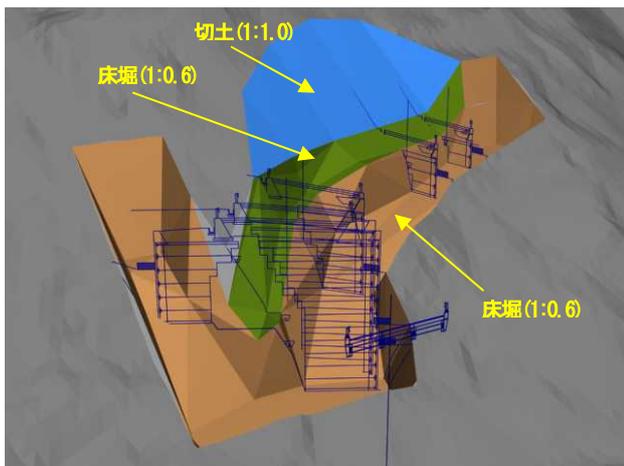


図-5 3次元モデル生成

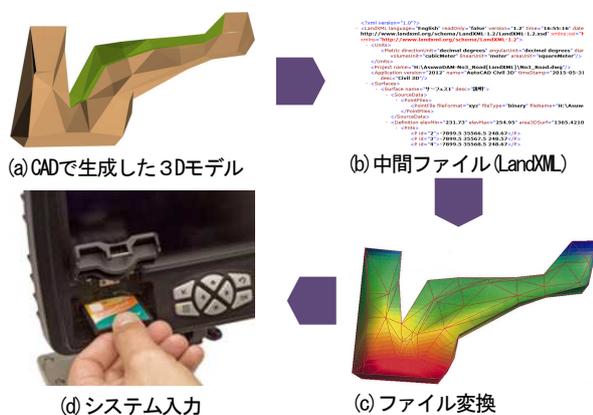


図-6 システム入力用データ変換

5. 工事の実施

3DバックホウMGによる工事は道路の切土法面の切り出しからとなる。通常なら丁張りの目視操作での施工となるが、3DバックホウMGの場合はコントロールボックスからの誘導を画面上で確認しながらの操作となる。(図-7)

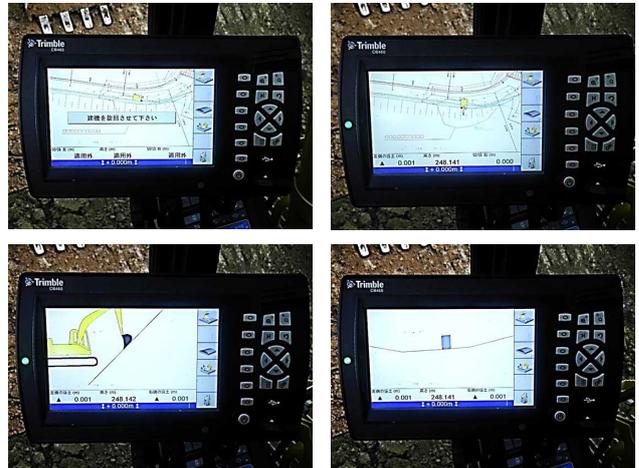


図-7 コントロールボックスによるガイダンス

オペレータは運転席で入力されている3次元データに基づいた仕上がりラインの表示画面と、仕上がり高さとの差分が表示され、これらの情報に基づき機械操作を行う。(図-8)この繰り返しにより、土工部の完成形へと近づいていく。情報化施工による施工中及び完成後の土工部の画像を図-9に示す。



図-8 ガイダンスによるバケットの操作状況

6. おわりに

掘削や法面整形作業においては、熟練度が必要なオペレーターや、個人の技量により仕上精度と施工速度に大きなばらつきが発生するが、3DバックホウMGによる施工では、非常に良好な施工が出来ることが確認できた。なお、今回のオペレーターは3DバックホウMGでの操作は、初めての操作であったが、工程の初期の段階から



図-9 施工中及び完成後の状況

最終までスムーズに施工が実施できた上に、作業範囲内ではバックホウのみで作業が可能であるため、安全に作業を進めることができた。また、丁張りの設置作業が省かれたことで、工期短縮も図ることができた。

一方デメリットとしては、①慣れるまではモニタに注意を取られ周囲確認が不十分になりがちとなる、②システムに異常があった場合、作業が停止するといった2点が上げられるが、今回の工事においては、前述のデメリットについては、支障なく工事を進めることができた。

本工事は大規模ではなく、山間部の急峻な狭い範囲での施工であったが、3DバックホウMGによる効果が確認できたことで、他の同じような場所での工事にも活用できるものと思われる。

今後、情報化施工の普及により、早く、高品質で、かつ、安全な工事ができることを期待したい。

なお、本論文は前所属である近畿地方整備局足羽川ダム工事事務所の所掌内容について述べたものである。

謝辞：本工事の受注者である(株)道端組及び工事担当者の各位におかれましては情報化施工実施に向けて多大なご協力を頂いたとともに、本報告を作成するにあたり各種データの提供を頂いたことに対し、この場を借りて謝意を表します。

参考文献

- 1) 国土交通省情報化施工推進会議：情報化施工推進戦略，pp1, 2013
- 2) 小川裕樹：情報化施工の普及に発注者は何ができるかー現場を中心に考えるー，国土交通省国土技術研究会，2009.