

# ICT土工へのMCブルドーザー掘削押土活用について ～現場から提案する生産性向上の取り組み～

濱田 耕一<sup>1</sup>・村橋 由利子<sup>2</sup>

<sup>1</sup>三重河川国道事務所 鈴鹿出張所 (〒510-0874 三重県四日市市河原田町1962-2)

<sup>2</sup>三重河川国道事務所 鈴鹿出張所 (〒510-0874 三重県四日市市河原田町1962-2)

従来、流水の影響を受けるため、河道掘削工事においてi-Constructionを活用することは難しいとされてきた。

今回、鈴鹿川の流下能力を確保するため実施した河道掘削において、建設現場の生産性を向上させるi-Constructionの促進に向けた取り組みとして、試験的に建設ICTを用いたマシンコントロールブルドーザー（以下MCブルドーザーとする。）掘削を実施したことから、一連の施工方法等を通じて明らかになった具体的な効果や課題について報告する。

キーワード：建設ICT、河道掘削、ブルドーザー掘削

## 1. はじめに

現在の日本では少子高齢化が進んでおり、建設業就業者においても高齢化が進行し、次世代への技術継承が課題となっている。また、若年者の入職が少なく、年々建設業就業者の総数が減少しており、建設現場の生産性向上は避けることができない課題となっている。

建設現場における一人一人の生産性を向上させるため、平成28年よりi-Constructionの取り組みを重点的に行っているところである。

従来、出来高管理を行う上で流水の影響を受ける河道掘削工事については建設ICTの活用に向かないとされてきたが、建設ICT活用の促進に向けた取り組みとして、平成29年度に実施した建設ICTを用いた河道掘削工事について報告する。

## 2. 鈴鹿川河道掘削の工事概要

### (1) 鈴鹿川水系河川整備計画の概要

鈴鹿川は三重県亀山市の高畑山に源を発し、鈴鹿山脈からの幾つもの溪流を合わせながら、山間部を東流し、伊勢平野を東北に流下して伊勢湾に注ぐ、幹線流路延長38km、流域面積323km<sup>2</sup>の一級河川である。

昭和13年8月に記録的豪雨により未曾有の災害を受けたことから、昭和17年より直轄河川改修に着手し、昭和42年に一級河川に指定された後、昭和43年に工事実施基本計画を策定、その後、平成28年に河川整備計画を策定している。

鈴鹿川では、特に中下流部で流下能力が不足し

ている状態であり、河道掘削、樹木伐採及び頭首工・取水堰の統合等を実施することにより、流下能力を向上させる計画である。

現在では、下流部より順次、河道掘削等により河積を拡大させているところである。

河道掘削では、鈴鹿川水系全体で約217万m<sup>3</sup>の掘削を行う計画であり、特に鈴鹿川中下流部において、河床土の異常堆積による流下能力不足が著しいため、河道掘削を行い流下能力の向上を目指している。

また、鈴鹿川水系の感潮区間は河口から約3kmまでであるため、鈴鹿川で実施する河道掘削の大部分が陸上掘削となる。

### (2) 平成28年度工事の概要

鈴鹿川高岡地点において整備計画目標の流下能力3,100m<sup>3</sup>/sを確保するため、平成28年度 鈴鹿川弓削地区上流部河道掘削工事及び平成28年度 鈴鹿川弓削地区下流部河道掘削工事において合計56,900m<sup>3</sup>の河道掘削を実施した。また、工期確保のため、出水期施工を行った。

河道掘削に建設ICTを導入することについて、従来は出来高管理を行う上で流水の影響を受けるため、建設ICTを河道掘削に活用することは難しいとされてきた。

今回の河道掘削は、施工範囲約114,800m<sup>2</sup>という広い範囲を上流にむけ1/500の勾配で約1m掘削を行う工事であり、工事規模も大きく、通常の施工方法では丁張作業に膨大な時間及び労力がかかり、

かつ、オペレーターの高い技術力が必要となるため、生産性の向上を目指し、河道掘削に建設ICTを試験的に導入し施工を行った。

### (3) ブルドーザー掘削の活用

鈴鹿川の河床はおおむね砂質土により形成されており、掘削箇所はダンプトラックを使用するために必要なコーン指数 $q_c=1,200\text{kN/m}^2$ 以上が確保できず、ダンプトラックによる搬出ができなかったため、ブルドーザーによる掘削を実施した。

一般的に軟弱地盤でバックホウ掘削を行う場合には、ダンプトラックが通行するルートに敷鉄板を設置し掘削を行う。通常、出水期施工を行う場合には、施工中に出水が発生する恐れがある場合に、流出しないよう敷鉄板の撤去を行うか、強固に河床へ固定を行う必要がある。

本工事では工期確保のために出水期施工を行っており、今回のように広範囲でバックホウ掘削を行った場合には大量の敷鉄板を設置する必要があるため、出水があった場合には撤去・再設置に多くの日数がかかる。

ブルドーザー掘削を行うことにより、敷鉄板が不必要となるため（ただし、舗装の保護に必要な部分を除く）、出水時の撤去・再設置にかかる期間を短縮することができる。

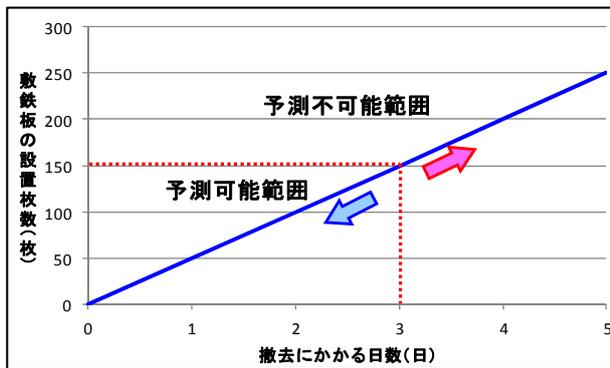


図-1 出水時に敷鉄板も撤去に必要な日数

また、今回のように広範囲で緩やかな勾配を付けて掘削する場合は、バックホウ掘削では施工が難しく、最終的にはブルドーザーによる不陸整正が必要となる。

### (4) 建設ICTの実施内容

ICT活用工事とは受注者が起工測量から設計、施工、施工管理、納品までの一連のプロセスを、3次元データを活用することにより、生産性向上につなげているものである。具体的な手順は以下のとおりである。

- ① 3次元起工測量
- ② 3次元設計データ作成

- ③ ICT建機による施工
- ④ 3次元出来形管理等の施工管理
- ⑤ 3次元データの納品

#### (a) 3次元起工測量

UAVにより空中写真測量を行い、その後、測量結果についてソフトウェアを用い処理を行い、3次元データを作成した。



図-2 空中写真測量状況イメージ



図-3 空中写真測量実施状況

#### (b) 3次元設計データ作成

2次元データである設計図書を3次元設計データに変換を行った。その後、作成した3次元設計データと空中写真測量後のデータを組み合わせ、現地状況の差異がないかを確認し、3次元設計データをICT建機に登録を行った。

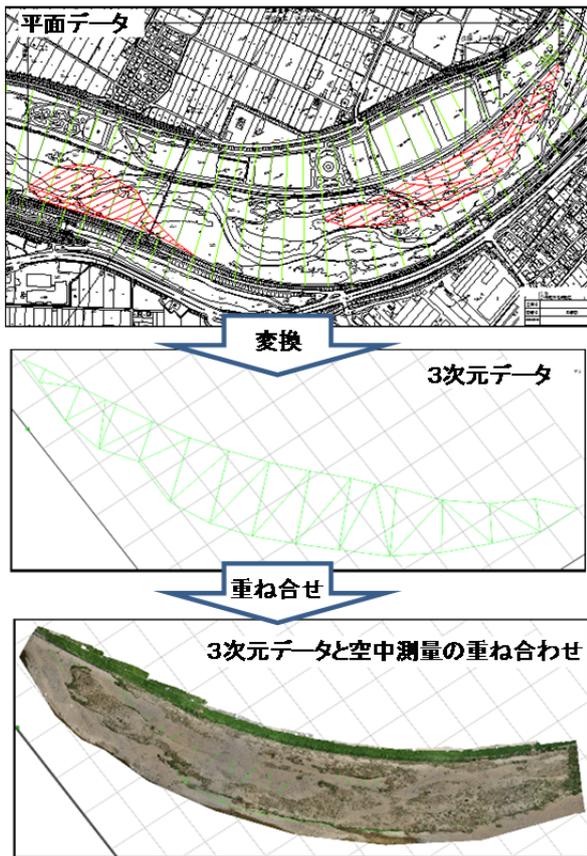


図-4 設計図書より3次元データを作成

(c) ICT建機による施工

施工に先立ち、通常の地上測量で求めた工事基準点と、衛星から取得した工事基準点の位置情報が異なるため、事前に衛星から取得した工事基準点を地上測量で求めた工事基準点に変換をするローカライゼーションを行った。

MCブルドーザーによる施工では、排土板刃先の3次元位置と3次元設計データとの位置差分をリアルタイムで算出し、排土板を自動制御することで施工を行う。そのため、オペレーターは、コントロールボックス上で適当な高さ・層の設計データを選択するのみで設計高まで掘削を行うことができる。

なお、MCブルドーザーを用いた施工精度は現行の出来形管理値（基準高±50mm）を満たしている。

【イメージ】

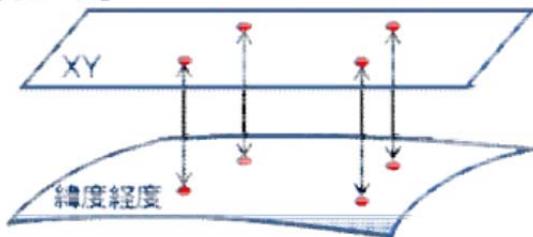


図-5 ローカライゼーションのイメージ



図-6 ローカライゼーション実施状況



図-7 MCブルドーザーによる掘削状況

(d) 3次元出来高管理等の施工管理

施工完了後にUAVにより空中写真測量を実施し、ソフトウェアで処理を行うことにより、3次元の出来高評価用データを作成した。作成した出来高評価用データと3次元設計データの各ポイントとの離れにより出来高の良否判定を行った。

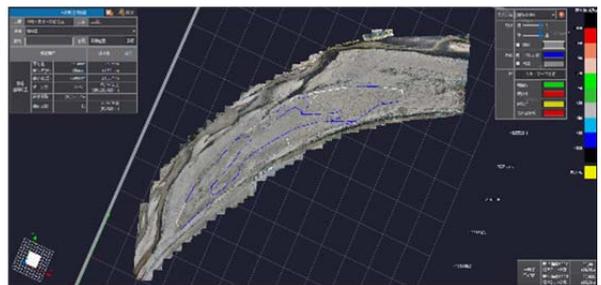


図-8 出来高評価用データ

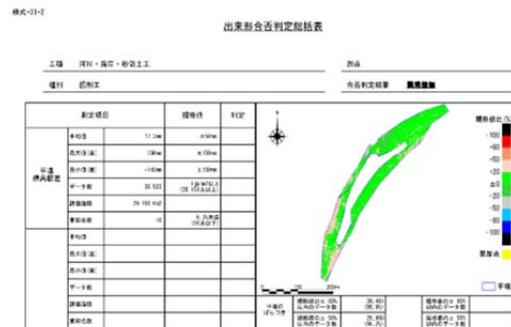


図-9 出来高の良否判定イメージ

### (e) 3次元データの納品

電子納品等運用ガイドラインに基づき、3次元データの納品を行った。

## 3. 建設ICTの活用

### (1) 建設ICTを活用するメリット

#### (a) 工期の短縮

従来の掘削では、まず10m程度に1箇所丁張を設置し、目視によりオペレーターが丁張の高さに合わせ手動で排土板を操作し施工している。丁張の設置にはおおよそ20分/箇所かかるため、広範囲の施工を行う場合には膨大な施工期間・労力がかかる。

MCブルドーザーを活用することにより、3次元設計データを基に施工を行うため、丁張が不要となり、丁張の設置・撤去期間の短縮及び丁張の設置・撤去にかかる労力を削減することができる。

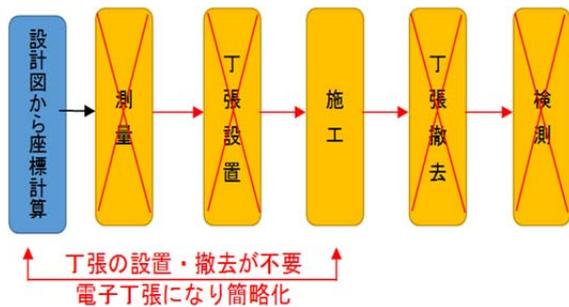


図-10 MCブルドーザーを使用した場合の工程

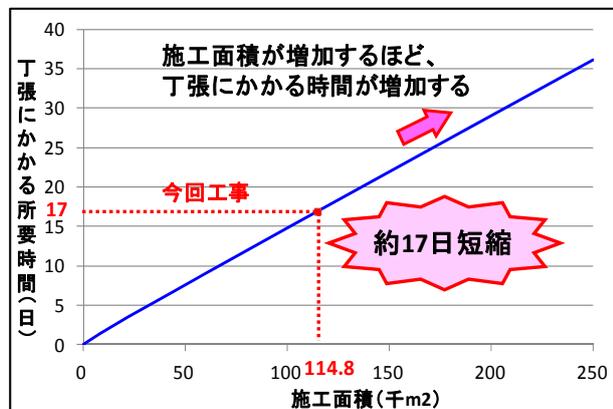


図-11 丁張にかかる所要日数

- ※ 施工面積は正方形と仮定。
- ※ 丁張は技術者2名にて作業すると仮定。

#### (b) 業務の効率化

前述のとおり技術者が2人1組で行う丁張作業が不要となったため、技術者に時間の余裕が生まれ、ダンプトラックの安全管理や書類作成等、別の業務に時間を使用できるようになった。

#### (c) 安全性の向上

従来、丁張の設置・撤去時には重機作業エリアに技術者が立ち入り作業を行う必要がある。

建設ICTを使用することにより、丁張が不要となるため、技術者が重機作業エリアに立ち入る必要がなくなり、安全性が向上する。

#### (d) 出水時における丁張の撤去・再設置の短縮

河川内で施工を行う場合には、台風や前線による豪雨等の出水が起こる恐れがある場合には、河道内の支障物を事前に撤去する必要がある。

従来の掘削では丁張が必要であり、丁張は河道内の支障物となり、また、丁張が流出する恐れもあることから、出水毎に撤去・再設置が必要となり、出水が起こる可能性がある場合には、丁張の撤去・再設置の労力を有する。

MCブルドーザーを使用することにより、丁張が不要となるため、出水時に丁張の撤去・再設置の手間を省くことができる。そのため、出水期施工を行う際には、建設ICTを導入することにより、施工性が向上する。

#### (e) 施工精度の向上

従来の掘削では、測点及び中間点の掘削高さの確認については容易であるが、それ以外の箇所については高さの確認が難しい。

建設ICTを使用することにより、3次元設計データにより施工を行うため、測点及び中間点以外の高さの確認が容易となり、仕上げ作業の軽減・施工精度が向上した。



図-12 従来の施工方法

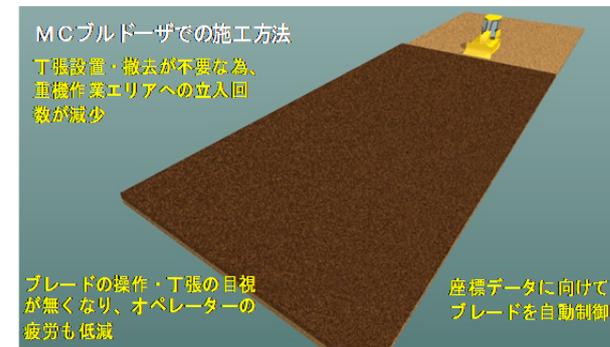


図-13 MCブルドーザーでの施工方法

#### (f) 担い手の確保

従来の掘削では、まず10m程度に1箇所丁張を設置し、目視によりオペレーターが丁張の高さに合わせ手動で排土板を操作し施工しており、丁張に

沿った排土板の操作を行うには高度な技術を有するため、熟練した技術が必要となる。また、排土板の操作・丁張の目視・周囲の安全確認等オペレーターの確認するべきポイントが多く、熟練した作業員による施工が必要となる。

MCブルドーザーでは排土板刃先が3次元設計データに基づき自動制御されるため、熟練の技術を有しない若手作業員による施工が可能となった。

#### (g) 機械の新規開発

建設ICTを活用したブルドーザー掘削には、従来、押土を施工する際に使用しているMCブルドーザーをそのまま活用することが出来るため、新たな技術開発が必要ない。

### (2) 建設ICTを活用するデメリット

#### (a) 除草作業

起工測量時にはUAVによる空中写真測量を行うため、施工箇所には樹木等の植生が繁茂している場合には起工測量を実施することが出来ない。そのため、まず、施工範囲全体の除草作業が必要となり、除草作業がクリティカルパスとなってしまふ。

#### (b) 測量の長期化（起工測量・出来形管理）

本工事受注業者は、UAVによる測量作業は自社では不可能と考え、外注している。

起工測量のUAVの飛行は1～2日程度で実施できるが、撮影した写真の選別、図化作業等に約20日程度かかり、従来の起工測量と比較して時間を有している。

#### (c) 出来高管理

施工途中及び施工実施後に出水が発生した場合、河道掘削断面に土砂堆積や洗掘が発生し、掘削面が変化するため、出来高管理をする必要がある。

本工事期間では、出水による出来高確認を2回行うこととなった。UAVによる空中写真測量の実施については、外注先の出水前後の測量の実施予定を確保することが難しく、従来の手法であるレベルを使用して出来高管理を行った。

また、出来高管理を行うための測量作業は、共通仮設費の率計上の中に含まれる。

#### (d) MCブルドーザー掘削の建設ICTへの位置付

現時点のマニュアル「i-Construction ICT活用工事の手引き（案）（平成28年12月6日版）」ではMCブルドーザーを用いた掘削は位置づけされていなかったため、建設ICTを用いた施工への敷居が高い。

#### (e) その他

天候によりICT建機の精度にムラが発生し、大きい時には4cm程度の差が出る日が発生するため、施工途中の精度確認が必要となる。

また、ICT建機は電子制御部品が多いため、従

来の機器より故障する確立が高くなる。故障した場合には修理等に時間を有するため、従来施工より工期が延長してしまう可能性がある。

### 4. まとめ

河道掘削工事は従来、流水の影響を受けるため建設ICTには不向きとされてきた。本工事のように膨大な面積の陸上掘削を行う場合には、建設ICTを用いたMCブルドーザー掘削を行うことにより、丁張の設置・撤去等の作業の省略、施工時の安全性の向上、施工性の向上等が認められる。

また、MCブルドーザーを使用することにより、熟練の技術を必要としないことから、若手技術者や若手作業員の活躍できる職場となる。本工事では建設ICTを活用することにより、現場の監督・施工が従来よりも経験に頼らなくて良くなったため、監理技術者が37歳、担当技術者が29歳と若手技術者が活躍する現場となった。

現時点のマニュアルでは、MCブルドーザーを使用した掘削は建設ICTに位置づけられていないが、今回の施工により、多少のデメリットはあるが、広範囲で行う河道掘削においてMCブルドーザーを用いた施工を行うことは、i-Constructionの目指す生産性向上に一定の効果が認められることから、本工事と同様の条件である現場においては、積極的な活用を提案する。