

# 大規模河道掘削における3次元データを活用した効率的施工手法の適用性と発展性について

高知河川国道事務所 工務課 穴山 光太  
高知河川国道事務所 工務課係長 長町 剛志  
高知河川国道事務所 工務課長 大谷 正彦

仁淀川下流域に位置し、流下能力の確保のため大規模な河道掘削が必要な新居箇所は、河口に面していることから気象変化（高潮・波浪など）の影響を強く受ける箇所であり、短期間での河道掘削を余儀なくされる。また、多様な生物の生息環境が広がっており、貴重種も確認されているため、環境に配慮した精度の高い掘削が求められる。それらの課題を解決するため、近年、取り組みが始まっている情報化施工（ICT施工）を活用し、短期間かつ高精度な施工手法について効果を把握し、現地での適用性と今後の発展性について整理を行ったものである。

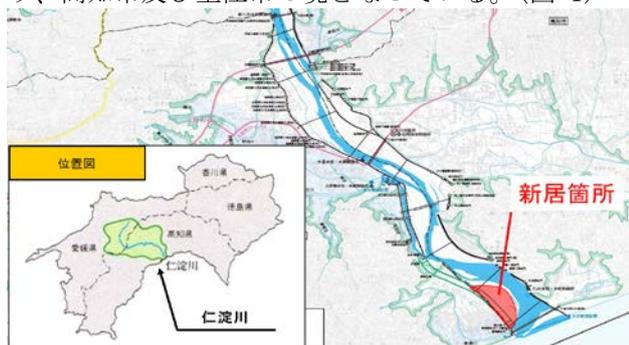
キーワード 河道掘削, ICT施工, 3次元データ活用

## 1. 新居箇所の概要

### (1) 新居箇所の現状

仁淀川は愛媛県の石鎚山から流れる延長 124km、流域面積 1560km<sup>2</sup> の一級河川である。また、全国屈指の清流としても有名で、水辺空間も多数の利用者で賑わっている。その一方で、洪水時に仁淀川が高知県内にもたらす災害被害は莫大で過去にも家屋の全壊や床上浸水等の被害が発生している。そのため、仁淀川水系河川整備計画においては、洪水を安全に流下させるため、無堤防箇所の堤防整備や河道掘削を実施し、被害を最小限に抑える事業を進めている。

新居箇所は、仁淀川右岸河口部付近に位置しており、高知市及び土佐市の境となっている。（図-1）



【図-1】 仁淀川流域における新居箇所の位置図

### (2) 新居箇所の特徴と施工中の課題

新居箇所のような河口部は、海に面していることから悪天候時には、洪水のみならず高潮や波浪の影響を強く受け、施工期間が天候に左右される。河川工事は原則、非出水期（11月～5月）での施工となり、期間が限られていること。加えて、地球温暖化に伴う近年の気候変動により冬期でも洪水となる可

能性が高いため、短期間での施工を行うことが課題となる。（写真-1）

また、新居箇所には自然環境として多様な生物環境が育むシオクグ入り江があり、仁淀川において世界で初めて確認されたウミホソチビゴミムシや高知県内でも新居箇所にしか確認されていないシヤクといった植物が存在しており、河口域の生態系について保全のみならず創出する必要がある。（写真-2）

そのような状況の中、流下断面不足の解消として大規模な河道掘削が必要であり、平成 25 年より河道掘削に着手し、約 29 万 m<sup>3</sup> の膨大な大規模河道掘削を実施することとされている。また、大幅な河道改変を行うことから、環境への配慮として干潟の創出を実施することとしており、干潟の創出にあたっては、干満の水位と地盤高が重要であり、精度の高い施工高の管理が必要となる。

これらの厳しい施工条件と環境に配慮した精度の高い掘削を実施するため、平成 28 年度の工事から ICT を用いた施工を実施しており、本論文ではその効果と今後の発展性を整理する。



【写真-1】 新居地区の掘削概要



【写真-2】 ウミホソチビゴミムシとシャク

## 2. 新居箇所における ICT 施工導入の経緯と適用性

一般的な河道掘削の施工手順には、丁張を設置し、施工の高さ等についての測量を実施しながら施工を進める手法がある。(写真-3) こういった施工となることで掘削の施工着手前に行う起工測量に時間を要し、現場の地形や地盤の把握に時間を要する。また、施工と並行した測量が必要になる場合においては施工ヤードの縮小、測量時の施工中断等のため工事自体の工程が伸びる懸念事項も残る。このような長期間施工となると、新居箇所の特徴である大規模な河道掘削における効率的な手法には及ばず、事業全体の遅延の恐れも生じることとなる。また、従来の測量方法では等間隔の測点管理しか行えず、生物等の環境へ配慮した測点間の面管理は不可能であった。そこで平成 28 年から適用された ICT 施工に着目し、3次元化データを活用することで効率的な施工が可能となり工期短縮の期待が高まるほか、面管理が可能となることで測点間の地形データの精度も向上し、ICT 施工を活用する適用性は非常に高いと考えた。



【写真-3】 一般的な施工状況

従来の施工手法を踏まえ、試行した ICT 施工手法では、起工測量段階にてドローンを飛ばし、地形把握のため、上空から撮影を行い点群データを作成する。撮影後はデータを読み取り、施工高や範囲の情報についても事前にインプットし、3D 可視化することで、丁張杭や、測量の作業が不要となり、効率的な施工を可能とした。

## 3. 新居箇所でも適用した ICT 施工の内容

### (1) 新居箇所での掘削手法

新居箇所において取り入れた ICT 施工では、ドローンを用いた地形情報の取得を行い、施工機械 (BH) に搭載したコントロールボックスに施工高や施工範囲などの条件を入力することで、GNSS 受信機と連動し、施工箇所と機械の位置関係を把握することができる。掘削においては、ガイダンス機能により、範囲を超過することが無いよう数値化された画面を見ながら施工を進めていくようになる。(図-2)



【図-2】 ICT 施工に使用する BH イメージ

以後に準備から施工までにおけるそれぞれの流れを記載する。

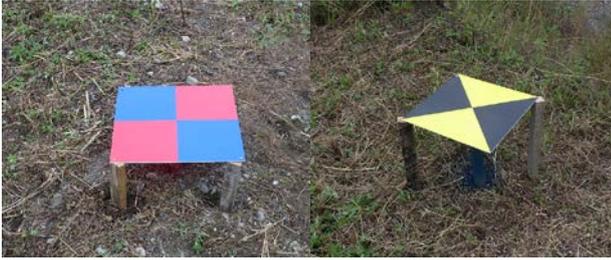
### (2) 3次元地形データの作成

施工前の情報取得として、ドローンを用いた地形の把握を行った。今回使用したドローンは、50cmメッシュで測量することができる PHANTOM 4 Pro という機器であり、ドローンの撮影時には気象状況に大きく影響されることから事前に天候等の確認を行い、風速 5m/s 以下となる条件で撮影した。(写真-4) また、自動航行アプリ (Map Pilot) を用いて上空からの地形を確認し、撮影範囲を把握した上でデータの収集を行った。



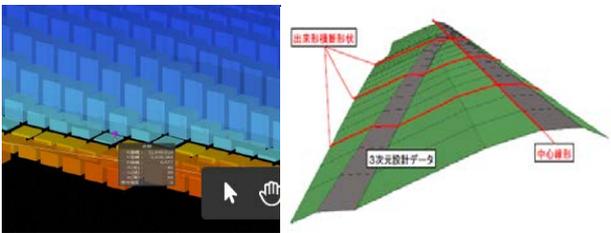
【写真-4】 使用したドローン (PHANTOM 4 Pro)

撮影後は、ドローンで得られた点群データを基に3D可視化を行い、詳細な地形図を作成する。作成時には、現地との精度管理として、3Dの点群処理システムを用いて現地座標との誤差が±10cm以下であることを査定し、適用性を確認している。(写真-5)



【写真-5】現地座標との誤差管理

得られたデータは1点以上/0.25m<sup>2</sup>となっており、細かな点群の間引きを行い3次元地形データの作成を行った。得られた点群データに、施工図(平面、横断、縦断)を同様に3D可視化させ、掘削範囲や施工量等の施工モデルを作成する。(図-3)



【図-3】3D可視化された施工モデル例

### (3) 現地施工状況

準備段階により構成した施工モデルを使用するBHに搭載し、現地での施工を実施した。



【写真-6】BHにおけるガイダンス機能

ガイダンス機能により作業を行う上で、施工高を超えて施工しようとした場合に機械を停止させる機能が備え付けられており、それ以上の掘削ができない状態となる。最終的な細かな仕上げにおいても数値化されたデータを見て正確な施工高及び施工範囲の施工を実現させた。(写真-6) 従来の施工と比べ、丁張等を確認しながらの施工が不要となることから施工量が上がり、工事工程の短縮にも繋がった。

今回の施工においては、実際の測量とICT施工による高さの違いは5cm程度であり、十分な精度が確保できたとと言える。

### (4) 3次元出来形管理及び検査について

ICT活用工事の位置づけとして、3次元起工測量から始まりデータの作成及び施工についても3次元化データを基としたICT建設機械を用いた施工を行うようになっている。加えて、施工完了時の出来形管理や検査においても3次元化となっており、この一連の作業を行う工事のこととされています。

今回の出来形管理では、3次元起工測量と同様に3次元点群データの解析を行った。出来形評価を行うにあたり起工測量時のデータ、設計データ、出来形観測データを用いて出来形管理帳票の作成を行った。(図-4)

検査時においては、掘削天端を基準に平均値及び最大、最小の値を測定し、値ごとに色づけされて表示されるようになっていることから、一目でわかる合否判定表を作成することが可能となり、ICT技術検査も容易となった。

出来形合否判定表

工程	掘削土工	測点	70P-00P																
種別	掘削土	合否判定結果																	
天端 標高観測	測定項目	規格値	判定																
	平均値	1.76m ±30mm																	
	最大値(%)	200mm ±100mm																	
	最小値(%)	<-200mm 設計値以上																	
	データ数	230 1.5m以上1.7m以下																	
法面 標高観測	測定項目	規格値	判定																
	平均値	1.56m ±100mm																	
	最大値(%)	100mm ±100mm																	
	最小値(%)	0mm 設計値以上																	
	データ数	280 1.5m以上1.7m以下																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>規格値</th> <th>測定値</th> <th>判定</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>平均値</td> <td>1.76m</td> <td>1.76m</td> <td>合格</td> </tr> <tr> <td>最大値</td> <td>±30mm</td> <td>200mm</td> <td>合格</td> </tr> <tr> <td>最小値</td> <td>&lt;-200mm</td> <td>-200mm</td> <td>合格</td> </tr> </tbody> </table>				項目	規格値	測定値	判定	平均値	1.76m	1.76m	合格	最大値	±30mm	200mm	合格	最小値	<-200mm	-200mm	合格
項目	規格値	測定値	判定																
平均値	1.76m	1.76m	合格																
最大値	±30mm	200mm	合格																
最小値	<-200mm	-200mm	合格																

【図-4】3D可視化された施工モデル

### (5) ICT施工による効果

ICT施工を用いることで、従来施工と比べ施工面として工期短縮が可能であることが判明した。

【工期短縮日数】 2万m<sup>3</sup>当たり <従来> <ICT施工>

起工測量	・・・ 14日	10日
丁張杭施工	・・・ 15日	0日
掘削工	・・・ 130日	90日
出来形確認	・・・ 7日	5日

今回の施工で2万m<sup>3</sup>当たりで計61日の短縮が可能となり、効率的手法が行われたと認識している。

## 4. ICT 施工の活用による課題と発展性

### (1) ICT 施工の活用による課題

今回の活用において前述したとおり、高い精度管理での施工や施工期間の短縮という効果が発現した一方で、準備や施工において以下のような課題が見受けられた。

#### a) 今後改善すべき課題

- ①機械及びシステムに頼りすぎること、図面を読み解く力・発想力が乏しくなり、技術者としての臨機応変な発想力・技術力の低下が懸念される。
- ②海外製品のアプリもあるため、使用方法や機械の応用等は非常に難しい。

#### b) 課題に対する解決策

- ①に対する課題については、技術者の育成及び、ICTを過信しないオペレータの経験により、他の施工箇所での事例を收拾、整理することで、一定程度のカバーが可能であると考えている。
- ②の海外製品システムの外来的な観点としては今後、多くの箇所で ICT 施工が行われ、施工の効率化がなされるとともに、システム自体の簡略化が求められる。海外のシステムに倣う国内の模倣的なシステム開発が行われることによってシステムの汎用性に繋がると考えている。

### (2) ICT 施工活用による今後の発展性

新居箇所における ICT 施工の活用により、大規模施工で効率的な施工手法が必要不可欠となる箇所においては、一定程度の効果が発現し、適用性が高いと言える。

今後の発展性として、より精度の高い機器を用いることで、更なる詳細な地形図の作成及び効率的な施工が実現すると考えている。そして、施工段階においてはBHに搭載したコントロール画面を他の端末でも見ることが可能になると運転手以外の作業員との連携もより確実に図れることになり、効率化及び品質の向上に繋がると推測している。

また、今回の ICT 活用については受注者内でも勉強会を年に2回実施しており、発注者も積極的に参加することで ICT の知識を受発注業者全体で共有し技術力向上に努めた。(写真-7) 同日の勉強会後半では、現場施工前の新規入場者教育を目的に VR (バーチャルリアリティ) の体験やドローンの操作説明を行った。(写真-8) 勉強会では施工の効率化や利便性等の活用意義があるといった意見が飛び交うと共に、システム自体の操作方法の簡略化やシステムの応用策、故障時の復旧といった改善点も出されるなど、職員の技術力向上に加え、施工における配慮事項も新たに発見され、今後の発注者、受注者共に施工性の向上に寄与するものであった。



【写真-7】受発注者が参加した勉強会の様子



【写真-8】ドローン操作説明の状況

発注者と受注者の ICT 施工に関する情報の共有は、今後の ICT 施工の普及につながり、拡大することで技術革新の一步となる。技術の進歩により、操作性の改善や、コスト縮減がなされ、工事において標準的に盛り込まれることで、建設業界の生産性向上に寄与できるのではないかとと思われる。さらに複雑化した構造物の施工において、効率的な施工手法の開発がされることは明白であり、時代の流れに沿った、改善、進化を遂げる必要がある。ICT を活用した工事は今後、拡大される傾向にあり、従来の施工に取って代わる時代が目の前に迫っている。

## 5. おわりに

現在、新居地区において河道確保のため、掘削作業を進めている。今後については、仁淀川全体の流下能力の増に繋がる堤防の漏水対策や他箇所における河道掘削を行い、地域の方々への安心できる町づくりを進めていく予定である。河川整備にあたっては、工事における質の高さや一日でも早い整備進捗を考え、安心性及び効率性を追求していきたい。

また、今回の施工にあたり新居地区の掘削工事の施工者をはじめ、ご協力して頂いた関係機関の方々に感謝いたします。

## 6. 参考文献

・仁淀川水系河川整備計画(変更)平成28年12月