

東北地方整備局における ICT活用築堤工事の一事例

国土交通省 東北地方整備局 北上川下流河川事務所 大崎出張所 所長
株式会社武山興業 鳴瀬川多田川米袋地区築堤工事 現場代理人

かわぐち たかお
川口 高雄
はりま かつや
播磨 勝也

1. はじめに

(川口記)

平成27年9月9日から降り始めた雨と台風18号から変わった低気圧による「線状降水帯」は東北南部に長時間停滞し、後に「関東・東北豪雨災害」と呼ばれる水害をもたらした。特に宮城県では全域にわたり記録的な大雨となり、気象庁での特別警報制度創設以降、東北地方で初めて特別警報が発表された。

9月11日未明、宮城県大崎市の渋井川（県管理河川）で計3箇所の堤防が決壊し、床上浸水442戸、床下浸水223戸、3,808haに及ぶ浸水（県速報値）が発生。国道4号が31時間にわたり通行止めとなるなど、甚大な被害が発生した。

今回の「鳴瀬川多田川米袋地区築堤工事（以下、本工事）」は、渋井川破堤箇所の下流に位置する多田川において実施した、一連の河川改修工事の1つである。次年度の出水期を目的に下流域堤防の嵩上げを行い一定の安全度を確保するため、当該区間では同規模の5つの築堤工事が、ほぼ同時期に契約・着手となったが、本工事が上記5工事のうち最も早く完成することができた。

また、本工事はICT活用施工^(*)で完成した、東北地方整備局管内では初めての工事となった。

工事着手の当時、東北地方整備局管内のICT活



写真-1 H27.9.11渋井川堤防決壊状況
(宮城県大崎市内)

用施工は黎明期であったため、発注者、受注者ともにほとんど手探りで工事を進めていく状況であった。

しかし、受注者側からの積極的な技術投入と情報交換により、1つ1つの課題をクリアし、工事完成に導くことができた。この場をお借りして、受注者及び関係者のご協力とご尽力に感謝したい。

次頁より、受注者現場代理人の播磨氏から、工事施工担当者の視点でICT活用施工に対する感想を率直に述べていただいた。今後、ICT活用工事の展開に関係する皆様の実務の参考となれば幸いである。

2. 工事概要

(川口記)

平成27年9月の関東・東北豪雨の被害を受け、国と宮城県では、渋井川と多田川の堤防を嵩上げし、再度災害防止及び洪水被害軽減のために、一連で築堤等の河川整備を鋭意進めているところである。

今回の工事箇所の堤防は、計画する堤防断面に対し高さも幅も不足していたため、堤防の完成断面化を目指したものであり、受注者からの提案・協議によりICT活用施工で実施した工事である。

工事名：鳴瀬川多田川米袋地区築堤工事

工事場所：宮城県大崎市古川米袋地内

工期：H28.4.11～H28.10.11

施工箇所：鳴瀬川水系多田川（R2.4kp～2.8kp）

主な工事内容：

施工延長L=250.0m，築堤盛土V=21,000m³

法面整形A=9,000m²，土質改良V=9,500m³

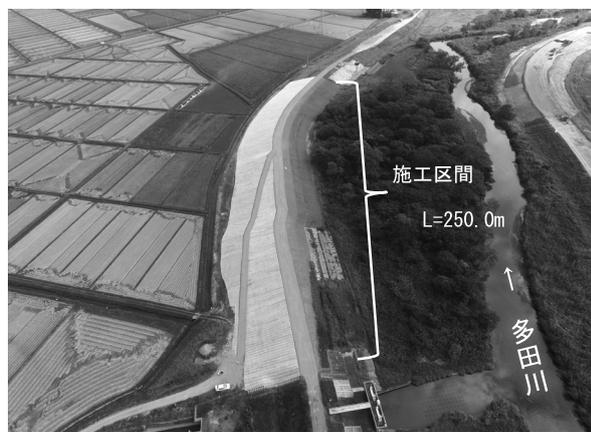


写真-2 築堤完成後の写真
上空から下流側を望む

(*) ICT活用施工…以下に示す施工プロセスの各段階において、ICTを全面的に活用する工事。

- ① 3次元起工測量
- ② 3次元設計データ作成
- ③ ICT建設機械による施工
- 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

3. ICT活用施工の実施に至る経緯

(播磨記)

弊社が情報化施工やICT活用施工に取り組むのは、今回で2例目である。

1例目は、私が以前担当した平成27年度北上川下流長面河口地区築堤（その2）工事〔東北地方整備局北上川下流河川事務所発注〕（以下、長面工事）である。弊社は若手技術者の育成と職場環境の改善を目的にICTの現場導入に力を入れており、この長面工事に実証施工の白羽の矢が立った。これに呼応するように、ICT建機のKm社からも、情報化施工を契約工事上で実証したいとの要請があった。私自身も新技術に大いに興味があったため、情報化施工活用工事による施工に踏み切り、「試験施工」としての一定の成果を得たところである。

しかし、長面工事は法覆護岸工が主体であった。盛土土量が少なく、情報化施工活用の効果や威力を「実証」する目的からは、いささか物足りないものであった。

そこに本工事のお話を頂いた。盛土工主体の工事、施工規模的にも工期も実証施工に良い程度の工事内容であったため、この好機を活かすべく会社からも了承を受け、本格的にICT活用施工を実施する方針となった。実は、今回の鳴瀬川多田川米袋地区築堤工事は、当初の契約上、ICTによる総括的な管理が求められている工事ではなかったため、すぐに、発注者の担当先である北上川下流河川事務所大崎出張所の監督職員に提案・協議し、施工する運びとなったものである。

4. 活用の効果、今後検討すべき改善点

(播磨記)

今回施工した鳴瀬川多田川米袋地区築堤工事の工期は、春期から秋期までの期間であった。工事を開始し最初に問題となったのは、現地の除草であった。

ICT活用施工を実施する上で基本となる3次元起工測量では、ドローン（以下、UAV）または3Dレーザースキャナー（以下、LS）にて現地を測定する。このとき精度を高めるため、測定する範囲の樹木はもちろん、背丈の高い草は撤去し、なるべく素の地盤に近づけなくてはならない。これは、測量精度を高める上で欠くことのできない作業である。

本工事は、既設堤防に腹付け盛土を含む被せ盛土を施工しなくてはならなかったため、施工延長の250.0m区間は、全面的に除草を実施した。通常の工事では、着手段階では各測点の横断上を刈取れば測量と横断図作成ができるが、全面刈取りとなるとある程度の時間と労力は必要となる。

また、今回は降雪がない期間での施工であったが、着手時・完成時において積雪がある時期・箇所での施工においては、注意と配慮が必要である。

ただ、一度設計データを含む3次元データを作成すれば、測点はもちろん測点外の任意の点でも断面を作成することが容易にできる。この点は、3次元の素晴らしさを実感できる。

次は施工に関してである。マシンコントロールブルドーザ（以下、MCBD）に関しては、特に施工精度は問題なく施工できていた。

一方、マシンコントロールバックホウ（以下、MCBH）の施工では、操作するオペレーターのシステムへの慣れもあると思われるが、現段階においてはMCBHのみの施工では難しい場面も多くあり、細部箇所や現況との擦り付け部等におい



写真-3 起工測量

全面的な除草が必須、積雪の影響にも注意と配慮を



写真-4 MCBH施工状況
最低限の丁張り併用は必要

ては丁張りとの併用を行う必要があると思う。

今回のICT活用施工において良好であった点と、検討が必要と思われる点を、以下のとおり項目毎にまとめてみた。

(1) 測量〔着手前・出来形〕

◎良好な点

① 自由性が高い断面作成

- ・一度、3次元起工測量を実施しデータ処理まで完了すれば、3次元データ上で測点外の断面も縦断面も任意の切断面を作成することが可能。追加断面が必要になった場合にも、現地を再測量することなく断面提示が可能。

△検討が必要と思われる点

① 着手前測量における現地除草・伐採処理

- ・UAV及びLSを用いた起工測量では、事前に、施工対象範囲の支障物除去（除草・伐採）について全て実施しなければならず、それにかかる期間と作業について費用増となる。

② 天候に左右されやすい測定作業

- ・UAVによる測量は空中を浮遊停止しながら撮影を行うため、用いるUAVの大きさや性能にもよるが、風の影響を受けやすい。
- ・UAV、LS、いずれも小雨程度の降雨で、計測不能となる。雨はノイズとして拾ってしまい、かつ広範囲にわたるため、除去処理ができないのである。

③ 出来形測量時において、部分完了確認が困難

- ・従来の施工では、例えば施工延長L=100.0m

の土工事において、全区間の30%の断面が完了し、次段階の法覆工等が施工可能になった場合は、完了30%部分について、テープ検測やTSにより出来形を計測の上、立会確認等により、次段階の施工に移行可能であった。しかし、UAVやLSの測定では、事前にこの部分完了予定の計画を決めておかないと、出来形データの取得と再処理に、手戻りの時間と費用を要することとなる。

- ・②項で示したような気象条件により測定できない場合、土工は完了しているのに、出来形測定のための天候回復まで待機し、次段階の施工に着手できないケースも考えられる。

(2) 計画策定時〔3次元データ作成〕

△検討が必要と思われる点

① 3次元設計データ作成とデータ精度

- ・今回の工事においては、現行計画を監督職員と協議した上、3次元化を実施した。3次元設計データは、元となる諸要素のデータ数に比例して精度が高まる。今回の工事は、元となる要素の測点が50m割の測点で、且つ2次元データからの変換移行では限界があるとともに、3次元設計データ作成にかかる時間に2週間を要した。しかるに、当初から3次元データに沿った基本データを発注者からいただければ、精度やデータ作成期間が短縮可能、且つ合理的である。

(3) 1 施工中〔ICT建機の事前確認〕

△検討が必要と思われる点

① ICT建機の精度確認

- ・情報化施工で用いる管理要領には、「ICT建機は使用前にブレード・バケット位置の精度確認を行うべき」という記述があり、施工開始前の必須事項となっている。要領によると、精度確認方法はブルドーザで6象限左右計測、バックホウで8象限32計測と、点検計測が細分化されている。このため今回の工事では、タイヤローラも併せて、現場で丸2日

間を要した。

この精度確認を工場等出荷前に行い、現場では、結果を証明書形式で確認できるようにすることで現場での点検項目を減少できるのではないかと考える。

(3) 2 施工中〔測量及び管理〕

◎良好な点

- ① 巻出し厚管理のための定規や丁張りが不要
- ・後述の丁張りとは対照的に、施工前及び施工中における巻出し管理のための定規やトンボ丁張りは、全く不要である。巻出し厚は、MCBDにより設定された敷き均し厚を、セミコントロールで制御され、均一に管理されているため、不安なく施工可能である。

△検討が必要と思われる点

① 施工位置確認のための丁張り

- ・現状のICT土工の最大の利点は、丁張りが設置不要であるということではあるが、最低限の丁張りは必要である。
- ・ICT建機のコントロールディスプレイには、3次元データ登録後、設計の位置・高さに従いブルドーザのブレード位置・バックホウのバケット位置が表示され、セミコントロールにより設計の形状を構築し施工していく。現場においては、施工開始の位置、盛土であれば法尻位置、掘削であれば切始めの位置は、現地に何も無い状態では、ICT建機のオペレーターしか確認できない。現場の全員が、施工範囲を確認でき、且つ、完成形状を予想(確認)するためには、数は減じても丁張りを設置する必要がある。
- ・上記と同様に盛土天端における丁張りは、施工目標を定め、現場従事者が大まかな盛土量を把握するためにも必要である。今回は、法尻・天端の丁張りは、測点毎(50m/点)に目安として設置した。

(3) 3 施工中〔システムによる管理〕

◎良好な点

- ① クラウドプラットフォームによる施工状態把握
- ・土工施工の状態は、クラウドプラットフォームにより、一元化され管理される。日々の土工量、計画形状と施工形状の把握、土工進捗率等が一目で分かるようにシステム化され、非常に有効活用できる。月毎の土工量も算出できるため、本工事においては、下請け業者への月毎の出来高の確認や、施工断面の確認等非常に有効的に利用した。

△検討が必要と思われる点

- ① クラウドプラットフォーム固定による重機選定
- ・通常の土工事であれば、各工事業者の重機持ち込み、またはレンタルにより施工する。そこでブルドーザであればC社やKm社、バックホウであればH社やKm社やKb社など、各建機メーカーの特性や利点を考慮し、それぞれの現場毎に反映させている。
 - ・今回の施工については、Km社のICT建機及びKm社のクラウドプラットフォームを利用し、盛土工全ての施工と管理を行った。
 - ・このようにクラウドプラットフォームが各メーカーにて開発され、そのメーカーのICT建機をメインにシステムが構築されると、重機選定が限られてしまうのではないかと懸念される。どのメーカーにも対応可能な統括的なプラットフォームを開発することにより、重機選定を現状と同様にする必要がある。

(4) 出来形

△検討が必要と思われる点

- ① 出来形適否判断の除外
- ・本工事では、最終出来形測定をLSにて測定し、測定結果表を作成した。その結果、現況堤防断面箇所への起終点擦り付け部や取り付け坂路の擦り付け盛土部では、正規の規格に収まらない結果であった。擦り付け部においては、計画断面に施工し結果を得ることには限界がある。よって、立体的なラウンドを行

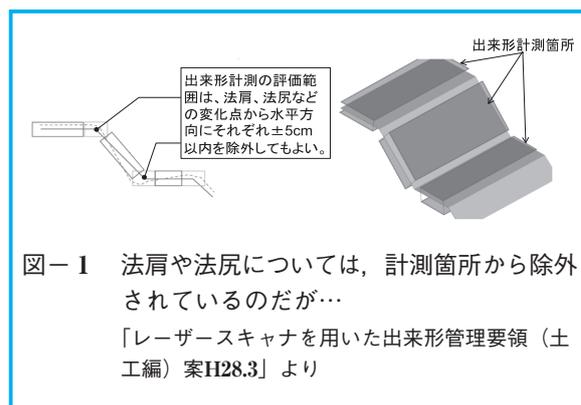


図-1 法肩や法尻については、計測箇所から除外されているのだが…

「レーザースキャナを用いた出来形管理要領（土工編）案H28.3」より

う擦り付け箇所等も、現行の法肩・法尻の考え方同様に、測定範囲から除外することが必要である。

② 合否判定の厳しさ

- ・測定結果表による棄却点数（不合格点数）が、全測定点数中の0.3%までしか認められておらず、99.7%が規格内に入っていないと、不合格になる。裏を返すと99.7%は、ほぼ3次元計画データどおりに施工されていなければならない。よって、合否の判断は出来形より出来映え重視となっており、合格をいただくためには、非常に困難と思われる。
- ・施工側の希望としては、完成を補完するために出来形管理として、従来のテープ検測やTS出来形も選定または参考値とされることを希望する。実作業は増えることになるが、不合格にならない処置としては必要と考える。

(5) その他

△検討が必要と思われる点

① 各施工要領の一本化

- ・現時点の要領は、多岐に分かれ過ぎており、記載内容も同じ内容が記載されているなど、少し分かりづらく、探しづらい内容である。ICT活用施工の要領として一本化されていれば、使用時に理解しやすいのではないかと。また、施工計画書の作成例的なものがあれば、記載漏れ・添付資料等の添付漏れ等がなく理解しやすいと思われる。

5. ICT活用による施工体験及び担当者としての感想・意見

(播磨記)

ICTの活用は、非常に有効で実現性が高い施工システムであると思う。着手前の測量及び得られた結果を基に3次元化を行い、データ上にて断面を作成でき、且つ算出された数量は、極めて精度が高い。

難を言えば、準備段階での作業量が多く、データ取得後も、3次元設計データ作成まで約1カ月を要する結果になった。この先一般化が進むにつれ、システムや環境も整備されてくると考えられるため、この期間も短縮されると考えられる。

盛土施工中は、何も問題なく施工でき、ICT建機の素晴らしさを実感できる結果となった。ただし、細部箇所や目安となる丁張りは最低限必要であり、現場に従事する者にとっては、最終形状が確認できないと不安になるようである。重機オペレーターや我々現場管理職員は、重機の情報画面やシステムのプラットフォームで確認できるが、作業員やダンプトラック運転手は、丁張りによる目標を示すことにより、確認でき、また安心感も得られるようである。

また、今後の技術的進歩が解決すると思われるため、検討点には盛込まなかったが、現段階では、土工区分を算出できるソフトウェアが存在していないため、今回の土工区分毎数量算出は、当該監督職員と綿密に協議し、3次元データより2次元データの横断図を作成し、CADによる幅区分を算定し、平均断面法により区分毎の体積算出を行い、3次元で算出した数量から、減算により数量を算出するという方法をとった。この点は早期に土工区分毎数量算出が可能なソフトウェアの開発が待たれる。

さらに、最終の出来形判定は、測定結果表による判断が厳し過ぎるため、TS出来形の併用、またはTS出来形とICTの出来形測定結果のどちらかを選択できる現在の措置を、今後も継続してい

ただければと思う。

最後に、現時点では、微細な問題もあり発注者と協議の上、施工を推し量っていかねばならない現状であるが、技術的には十分に施工は可能であり、建設業の担い手不足解消の手段となりうる技術であると確信できる。

6. おわりに

(川口記)

今回のICT活用施工の実績を踏まえ、受注者からは、UAV使用により起工測量が約1カ月半から3週間に短縮、施工管理に最低3名必要であったが2名で対応可能、日々の盛土の出来形管理が容易、他の作業と重機との競合がなく重機周囲の安全が確保される、などの導入効果が聞かれた。

一方、これまで建設工事に利用されることのなかった3次元計測技術による出来形管理などの技術や手法が導入されたため、現場では多少の不具合・課題もあり、受注者・発注者双方の工夫により対応したのもあった。

いずれにしろICT活用工事の推進を図る上で、今後顕在化してくる種々の課題等に対し、官民ともに臨機応変に対処していくことが必要であろう。

今後もさらにICTを積極的に活用し、建設現場での生産性向上を図るとともに、安全で魅力ある建設現場づくりにより、建設業の魅力向上と担い手確保につながる取り組みを進めていきたい。



写真-5 高校生インターンシップ現場実習での活用
生徒たちも非常に高い関心を持って参加していた