

築堤盛土工事におけるICT施工Stage II の 取り組み事例と課題について —データ活用による建設現場の把握、効率化—

札幌開発建設部 千歳川河川事務所 第2工務課

○沼澤 友泉
大塚 康平
橋内 英治

千歳川流域は石狩川本川の水位の影響を大きく受けることから治水対策として堤防整備を早急に行う必要がある。施工効率化のため、管内の築堤盛土工事において、建設機械の位置情報や稼働状況、施工履歴などの情報をリアルタイムに集約し、工事全体の状況を把握するとともに、資機材配置や作業工程を見直すことで作業の最適化を図る「ICT施工Stage II」の取組を実施した。本論文では、取組概要及びその効果、今後の課題について報告する。

キーワード：ICT施工Stage II、施工効率化、施工計画、安全管理

1. はじめに

近年我が国においては人口減少、少子高齢化により、労働力不足が深刻化している。建設業においても同様に就労者数はピークであった1997年より減少傾向にある¹⁾。人手不足に加え少子高齢化により、就業者の3割以上が55歳以上¹⁾であり、担い手の確保と人材育成が大きな課題となっている。一方で2019年4月に働き方改革関連法が施工され、適用猶予期間を経て2024年度より時間外労働の上限規制が設けられた。決められた時間内で業務を終わらせるため、生産性向上、業務効率化が求められている。

このような状況を踏まえ、国土交通省では2016年より「国土交通省生産性革命プロジェクト」をスタートし、その中でICTを建設現場に導入し生産性の向上を図るi-Constructionを推進し始めた。i-Constructionの提唱より8年後の2024年、3次元データやICT建設機械の活用が浸透していく一方で、更なる生産年齢人口の減少が予想される中、これまでの取組からさらに進めた、i-Construction2.0を唱えた。i-Construction2.0では、2040年までに建設現場の省人化を少なくとも3割、つまり生産性を1.5倍向上させることを目標に、施工、データ連携、施工管理のオートメーション化に取り組むことで建設現場のオートメーション化を目指すことを目標としており、それらの取り組みの内、施工のオートメーション化を実現するための取り組みとして「ICT施工Stage II」の試行をスタートした。

先駆けとして、令和6年度にICT施工Stage IIの取り組みの普及促進を目的に、施工データ活用による作業待ちの防止や工程調整、最適な要員配置による効果の検証及び

施工データプラットフォームの構築に向けた必要データの確認のために試行工事を実施している。本論文では図-1に示す千歳川流域における築堤盛土工事において実施した、ICT施工Stage IIの実施内容及び試行結果、実施により明らかになった効果と課題、そして今後の提案を報告する。



図-1 千歳川流域と工事箇所の位置図

2. ICT施工Stage IIについて

ICT施工Stage IIは、従来の取り組みであるドローンやICT建設機械等の活用における作業単位の効率化から、IoTやデジタルツイン等を活用し、建設現場のリアルタイムな工程改善、作業と監督検査の効率化を図り、工事全体の生産性向上を目指すとしている。実際の取組として、施工前にシミュレーション等を用いて隣接する作業の施工速度や必要時間を把握し、適切な機械配置や作業工程で施工計画を策定する。また施工開始後はICT建設機械等から得られるデータを用いて工事全体の状況をリアルタイムに把握し分析を行うことで、作業待ちの把握・改善、最適な資機材配置や作業工程へ見直しを行い、工事全体の効率化、最適化を目指す取組である。

3. 本工事における取組概要

(1) 工事概要

本工事は「石狩川水系千歳川河川整備計画（変更）」に基づき、千歳川の支川である島松川の堤防整備を行う工事である。作業内容は築堤盛土が主である。本工事の特徴としては、図2に示すとおり、盛土に使用する土砂をダムからの発生土を使用するとともに、複数の土取場から採取する砂質土や購入砂と、管内で確保できる粘性土を攪拌して使用する等、様々な場所から盛土材を運搬している点である。また、攪拌場は複数の工事がそれぞれの区画を使用しながら土の確保、土の持ち込み、攪拌、土の運び出しを行っており、各工事のダンプトラックが錯綜している。このような環境で工事を円滑に且つ効率的に実施するためにICT施工Stage IIを実施した。

(2) 取組概要と試行成果

本工事ではNETIS登録技術であるSmart Construction Fleetと Smart Construction Simulation を使用した。 Smart Construction Fleetでは、専用デバイスやモバイルアプリをインストールしたスマートフォンをダンプトラックやバックホウに搭載し、リアルタイムに位置や速度を取得することで、動態を観測するととともに、作業履歴を記録する。ここで記録された情報を Smart Construction Simulationと連携させることで、計画と実態の乖離を分析し、改善できる点を素早く把握し、対応することが可能となる。

本工事では「データ活用による現場マネジメントに関する実施要領（案）」に倣い、下記の項目について実施した。

- a. 施工計画の精緻化
 - b. ボトルネックの把握・改善
 - c. 予実管理
 - d. ダンプトラック運行の安全管理

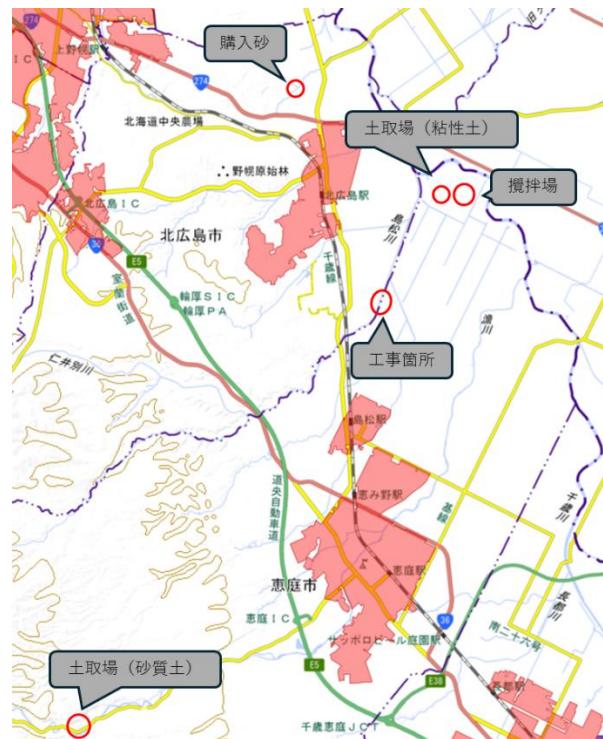


図-2 工事箇所と関係する箇所の位置図

各項目における取組内容とその効果について、下記に具体に記載する。

a) 施工計画の精緻化

施工計画の段階で、当初設計の運搬ルート内で運搬が滞る可能性のある箇所をピックアップし、ダンプトラックの走行を再現した。シミュレーション上でダンプトラックの滞留が起こることが確認されたため、解消できるルートを検討した。本工事では運搬ルート内で計2カ所の課題を事前に解消することができた。

1カ所目は盛土材の攪拌場において、図-3のとおり1車線の箇所があり、且つその箇所が他工事の運搬ルートと重複していた。この箇所はダンプトラックの滞留が予測できたことから、攪拌場周辺の走行方法を再現し、実際にダンプトラックの滞留が発生するかを確認した。再現をした結果、シミュレーション上で滞留が発生したため、図-3のとおり走行方向を変更するという解決策をとった。その結果、シミュレーション上で滞留が発生しないことを確認することができ、また実施工においても滞留は発生しなかった。

2カ所目は攪拌場から工事箇所へ向かう際に、図-4に示すような大型車両同士の離合が困難な箇所があり、ダンプトラックの滞留が起こり、通行に支障をきたす可能性があった。攪拌場の時と同様に運搬ルートをシミュレーションで再現し滞留が起こることを確認するとともに、他のルートにおいてダンプの走行を再現し、課題を解消できるルートを検討し、運搬ルートを変更した。これら2カ所の作業により、図-5のとおり10tダンプ20台の周回

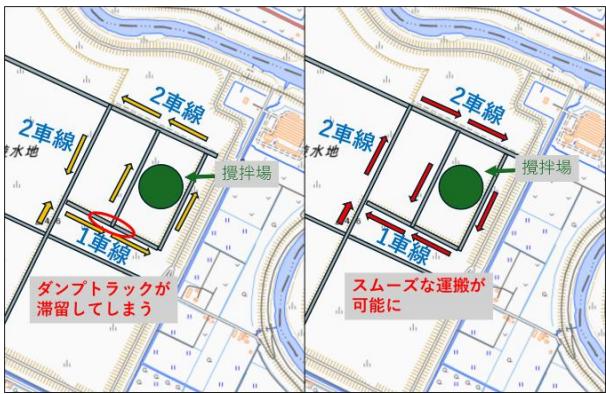


図-3 施工計画の精緻化による変更（攪拌場内）



図-5 施工計画の精緻化による効果



図-4 施工計画の精緻化による変更（運搬経路）

回数が各ダンプトラック4周の80回から5周の100回へ上昇し、作業効率を上げることができた。

b) ボトルネックの把握・改善

施工開始後、ダンプトラック、バックホウの作業データを確認し、ボトルネックとなっている部分を洗い出した。日々の実績データを確認すると、図-6のように盛土材の積み込みにおいて、ダンプトラックの積み込み待ちが発生していることがわかった。そこでアプリ上で記録されているダンプトラックとバックホウの稼働状況を基にシミュレーションを行い、必要台数の検討を行った。その結果、バックホウの台数を増やすことでダンプトラックの積み込み待ち時間が減少することが確認された。また改善前にはバックホウの稼働率に余裕のない状況であったが、作業が分散されることによりバックホウの稼働率に余裕を持たせることができた。



図-6 ダンプ トラックの積込待ち状況

改善後の実績データ

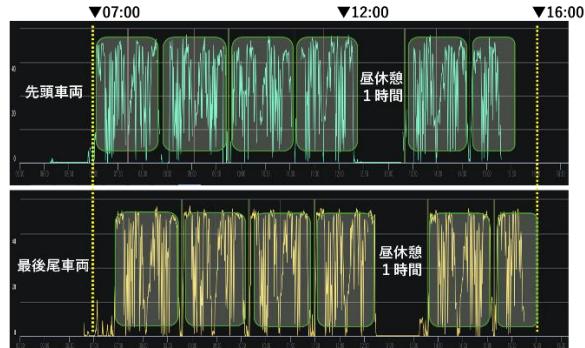


図-7 ボトルネックの把握・改善による効果

また上記と同様に日々の実績データを確認すると、昼休み前に積み込み場でダンプが滞留していることがわかった。この原因は、当初は昼休みを全車12時から13時に限定し、且つ公道での休憩を禁止としていたため、昼休みの前でも積み込み場への到着時間によっては、積み込み場で待機していたことである。この課題を解決するために、昼休みの時間帯付近において、積み込み場への到着から1時間を休憩時間にし、それぞれのダンプトラックにおいて昼休みの時間を変更するなど各ダンプトラック毎に臨機な休憩時間の取得を図った。この対応により待機時間を削減した。

上記2つの対応より、1日1台当たり1時間ほどあった待ち時間を25分に短縮することができた。また図-7のとおり、1日1台当たりの周回回数が5回から6回に増加した。

c) 予実管理

ダンプトラックとバックホウから得られる各種データを集め、稼働率を確認しながら、課題を解決していくことで、全体の作業効率を最大化した。本工事では前記のとおりボトルネックの改善により課題を解消することができ、また工程の遅れ等もなかったため、予実管理における課題はなかった。

d) ダンプトラック運行の安全管理

Smart Construction Fleetを使用することで、ダンプトラックの位置情報をリアルタイムに把握することができ、リアルタイムに注意や指示を運転手に伝えることが可能となった。またダンプトラックの走行箇所ごとに、経路確認や注意事項を運転中でも音声で伝えることができるようになった。このようなことから、ダンプトラックの安全運行に寄与するものであった。

5. ヒアリング結果と課題の抽出、今後の展望

本工事において、ICT施工Stage IIを実施し、感じた効果と課題について受発注者に聞き取りを行った。その結果を以下にまとめると。

(1) 受注者からのヒアリング結果

【ICT施工Stage IIの試行効果を感じた点】

・ダンプトラック管理の省力化

常にダンプの位置を把握することで、事故などにより道路の通行に支障が出ていている場合に、待機等の指示を一斉に出すことができるようになった。また、ルートから逸脱している等の緊急時にも、位置を速やかに把握し、対応することができるので、安心感がある。

・建設機械管理の省力化

従来は現地に行き、その時における建設機械の状況を確認していたが、本試行においては、事務所等から常に建設機械の状況を把握できるようになった。これにより業務効率化につながり、また問題の発見が容易となり、負担が減った。

・効果の数値化

今まで現場代理人の経験を元に変更、修正していたダンプトラックの台数や運搬路を、明確な数字に表して示すことができるようになった。ボトルネックとなる箇所も現場代理人が事前に考えていたとおりの場所が多く、事前調査や経験で考えられるものであった。しかし、数字で示されることで、人に対する説明がわかりやすくなり、経験則の裏付けとなつた。

【ICT施工Stage IIの課題点】

・事前準備に必要な作業負担

3次元地形データのない箇所でシミュレーションを行いたい場合、例えば本工事においては攪拌場内、一般の道路でシミュレーションを行う際に、事前にルート、走行速度、道幅等を手入力する必要があり、1路線をつくるのに、事前調査と入力に2日ほどかかる。

・建設機械等の情報が得られてしまうまでの弊害

常にダンプトラック等の位置情報を知ることができるために、トラブルがないか気になって頻繁に確認してしまう。

(2) 発注者からのヒアリング結果

ダンプトラックの位置情報をリアルタイムに把握することで、ダンプトラックの速度超過への抑止力となる。また、事前にダンプトラックの滞留が懸念される箇所を避けることができたことで、地域住民に影響を与えることなく、工事を進めることができた。

(3) 課題の抽出

ICT施工Stage IIの導入については、今まで述べたように様々な効果を感じた一方で、課題も多く見つかった。本工事での取り組みで見つかった今後改善すべき課題を以下に述べる。

・事前準備の作業負担

3次元地形データのない、一般道路上でシミュレーションを実施したい場合、受注者からのヒアリング結果に記載のとおり、事前の準備として運搬経路上を実際に走行し状況を確認すること、また、確認された情報と走行速度や道幅をそれぞれ入力していく必要があり、時間がかかる。既存の地図アプリ等と連携し、道幅や走行速度等を自動で入力できれば、作業負担は減ると考えられる。

・使用するアプリ機能の選定

本工事で使用したアプリ「Smart Construction Simulation」はダム建設場所等の大規模工事においては、現場の3次元地形データを使用して現場内の効率的な施工をサポートする機能があるが、本工事のように施工現場が中小規模で、また3次元地形データのない箇所で使用するには、活用できる機能が限られた。大規模な施工現場を有しない工事においても、よりアプリの効果を發揮できる使い方を検討する、または、施工規模に応じ必要な機能を選定する必要があると考えられる。

・最適化によるしわ寄せ

今まで述べたとおり、ICT施工Stage IIを使用することで1工事単位では効率化を図ることができるが、今後複数工事で使用した場合、ある工事の作業最適化を考えるときに、他の複数工事に影響を与えることがある。例えば本工事においては、施工計画の精緻化をするにあたり、走行方法を変更した。この変更により、別工事においても、走行方法を同様に変更した。今回の場合は、攪拌場内の同じ路線を通行する全ての工事において、ダンプトラックの滞留が減る予測ができ、実際も滞留は解消し全ての工事において効率的となった。しかし、常にすべての工事でプラスになる方向の変更を検討ができない可能性もあり、どこかの工事で施工効率が下がる等、しわ寄せがいく場合が発生する。その際にどのような判断をす

るのか、管内工事一体として考える必要があり、判断の方法や材料、基準を事前に検討しておく必要があると考える。

(4) 今後の展望

本工事での取り組みを通して感じられた、ICT施工Stage IIがより施工最適化へ寄与する利用方法について提案する。

・経験の浅い技術者の補助としての利用

今回の試行においてダンプトラックの滞留やボトルネックとしてあげられた箇所は、現場代理人の予想と一致しており、シミュレーションによって数字で明確に示された。このように経験のある現場代理人の知見の一部をシミュレーション上で示すことができ、経験の浅い技術者が施工計画を検討する際の一助になると考える。

・各箇所における土量の把握

本工事においては、盛土材をダムの発生土、複数箇所から運搬される砂質土と粘性土を攪拌した土を使用した。ドローン等の機器により日々の攪拌の施工量を把握することで最適な土の運搬元、使用スピードを検討することができるようになり、土量配分の計画見直しを行うことで、土砂の過不足を防ぐことができる。

・発注者のICT施工Stage IIの利用

千歳川河川事務所管内には、複数の置土場、土取場、攪拌場が存在しており、例年それぞれにある土量と実施工事数、工事箇所、希少生物の営巣状況等複数の要素によって、どこの場所を使用するかを決定している。このような状況において、土量の管理、最適な土取場等の検討をICT施工Stage IIの取り組みの一つとして実施できれば、検討に必要な時間を削減でき、業務の効率化につながるのではないかと考えた。

また、運搬ルートについて、過去の地域の状況や事故の状況等を入力したシミュレーションを実施することで最適な運搬ルートの決定をすることができるのではない

かと考える。事前に地域トラブルや事故等の危険性を回避でき、円滑な工事を進めることができる。さらに担当職員の異動時にも、シミュレーション内に情報が残っていることで、引継ぎ忘れを防ぐこともできるようになると考える。

6. まとめ

本論文では千歳川の支川である島松川における築堤盛土工事でのICT施工Stage IIの取り組み内容及びその効果、また今後の課題について示した。

施工計画の事前検討では、運搬路の検討と最適な運搬路の策定に使用した。これにより、運搬をする前に予想されるダンプトラックの滞留箇所や危険箇所を回避することができ、円滑な運搬に寄与した。

工事の施工中には、日々の収集データから、作業効率が落ちる原因となっている箇所を数値で把握することができ、その解消を直ちに行うことで、より最適な施工を行うことができた。

一方で、3次元地形データのない箇所でのアプリの使用の事前準備にかかる手間等の課題も残されている。これらの課題を解決するためには引き続き取り組みを進めていく必要がある。今後ICT施工Stage IIの取り組みが一般化してくるとより効率的に安全に施工を行うことができるようになることが期待される。

謝辞：本論文の執筆にあたり、草野作工株式会社の皆様をはじめ多くの皆様にご意見とご協力を賜りました。この場を借りて深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 国土交通省：第 25 回基本問題小委員会_資料 1_建設業を巡る現状と課題（2023 年 5 月）