

ICT技術によるダンプトラックの運行管理と過積載防止対策について

工 事 名 令和元年度島田河道掘削工事
 工 事 場 所 上越市島田地先
 会 社 名 郷土・大栄 経常建設共同企業体
 発 表 者 藤村 英明

1. はじめに

本工事は、洪水氾濫を防止するため、一級河川関川11.4kp付近左岸において河道を掘削し護岸を設置し、河道を広げる工事です。

今回、ICT技術によるダンプの運行管理と過積載防止対策に取組んだ内容について紹介いたします。

2. 概要

本工事にて発生した掘削土砂の残土運搬を行うにあたり、10tダンプを最大で17台/日使用することから、安全で安心した運行管理を行うために、日々変わる運転手への危険箇所の周知やダンプ全体の運行を管理することと、全台数の過積載防止の徹底が大きな課題であった。

そこで、スマホの位置情報を専用のアプリにて管理できる『TRACKING MANAGEMENT SYSTEM』というNETIS登録のICT技術にてダンプ全台数の運行管理を行うこととした。また、過積載防止対策として『ペイロードメータ装着油圧ショベル』という同じくNETIS登録のICT技術を活用して、従来のようにトラックスケールによる計測にて積込回数を決めるのではなく、ダンプ1台ごとに違う最大積載量に適した積込を行え、更に全台数の積載重量を管理できるシステムを利用した。

更に、残土処理場での搬入土量の管理についても弊社にて独自にTLSによる3次元測量をおこない、実際に搬入した土砂のボリュームを算出し、土の変化率が通常の積算基準と比べてどの程度違うのかについても調査してみることとした。



図-1 運搬経路（現場～上越火力構内往路）



図-2 運搬経路（上越火力構内～現場復路）

3. 方法および結果

①. ダンプ全台数の運行管理システムを開始するまでの準備

本工事における残土運搬先は2箇所あり、そのうちの1箇所目が東北電力上越火力発電所構内で往路復路と運搬経路が異なるが、距離としてはほぼ同等のL=16.0kmであった。（図-1、図-2）

もう1箇所は下箱井地先の関川水辺プラザで、往路復路ともに同じ運搬経路で距離にしてL=2.2kmであった。

このうち、特に東北電力上越火力発電所構内（以下上越火力構内）への運行時の運行管理と安全管理についてどのようにダンプ運転手へ確実に周知徹底をおこなうかが大切であると考えた。

そこで、NETIS登録のICT技術である『TRACKING MANAGEMENT SYSTEM』の導入をおこなうこととした。

このシステムを簡単に説明すると、まず専用のアプリケーションソフトにログインする。そこでまず運行ルートを作成する。残土の積込箇所や搬出箇所を作成した後、往路復路にて特にダンプを運行するにあたり、気を付けて欲しい箇所や速度制限のある箇所等の危険箇所を設定する。

続いて、工事にて使用するダンプの車検証よりナンバーと最大積載量の登録を行う。ナンバーの登録については、業者別に登録しておくことと便利である。また、最大積載量の登録については過積載防止対策として使用するペイロードメータ装着油圧ショベルとの連携をおこなうために、この時点でおこなうと良い。

ペイロードメータ装着油圧ショベルを使用しない場合は、最大積載量の登録は不要である。

次に、ダンプに搭載するスマホに専用のアプリケーションソフトをダウンロードする。このダウンロードが完了したら事前準備は全て完了となる。

②.TRACKING MANAGEMENT SYSTEMの使用(以下 略 TMS)

まず、専用のアプリケーションソフトにログインする。その後、使用する全てのダンプに専用のアプリケーションソフトをダウンロードしたスマホを装着する。スマホ内のアプリにログインし、予め登録した自分のダンプのナンバーをタップするとスマホ内に運行ルートが記載された地図と全ダンプの位置が分かる画面が表示される。PCやタブレットよりログインしたアプリにも同様に全てのダンプの位置がリアルタイムにて表示される。簡単に言えばスマホの位置情報を活用したダンプ全体の『見える化』です。(図-3)

このシステムの利用により良かった点は以下の2点である。(図-4)

1点目は、今話したように全てのダンプの位置情報が瞬時に確認できる点であり、ダンプ待避所でのすれ違い時の効率化を図ることができたことである。

2点目は、運転手への運行経路の周知、危険箇所の注意喚起の徹底が行える点である。毎回、現場に来るダンプを固定できれば良いのですが、そうはいかないのが現状である。そのため危険箇所の伝え忘れ等が生じることが従来手法ではありましたが、この技術を使用することで、アプリに登録した危険箇所へ近づくと、スマホより音声にて注意喚起をおこなってくれることと全てのダンプの運行履歴、車両ごとの走行履歴や速度についても専用のアプリより確認でき、CAV形式データとして出力もできることから、運搬路の遵守と安全運転の意識向上を図ることができた点である。



図-3 『TRACKING MANAGEMENT SYSTEM』概要



図-4 TMS技術活用による効果

③. 過積載防止対策について

本工事にて使用した全てのダンプの台数は、5,865台であった。従来手法では全ての台数の重量管理をおこなうことはありませんでしたし、トラックスケールにて一番最大積載量の小さいダンプにて1日、1~2回程度計測し、積込回数を決定する方法や積荷姿より判断する方法等が一般的であると思われる。しかしながら天候や土質等により土の重量が変化することから、実際には不透明な点もありますし、1台当たりの積載量についても過小積載となっていて、生産性が低下していないかとの疑問もあった。そのため、本工事ではNETIS登録のICT技術である『ペイロードメータ装着油圧ショベル』にて積込をおこなうことで積込土量の『見える化』と全台数管理による過積載防止の向上を図った。

内容について簡単に説明すると、先ほど説明した『TMS』のアプリと『ペイロードメータ装着油圧ショベル』のアプリが連動するため、ペイロードメータのアプリをダウンロードしたタブレット端末をICT建機に取付ければ準備完了となります。

次に、積込むダンプをアプリより選びます。ダンプについては、先ほどの説明にて既に1台ごとに車検証を確認し、ナンバーと最大積載量を登録してありますので、積込むダンプのナンバーを選ぶだけでアプリ上に最大積載量が表

示されるため、この表示に合わせて積込むのみとなる。また、最大積載量を超えてしまった場合には、赤く警告表示されるため非常に分かりやすくなっている。1台ごとにタブレットより登録しているダンプを選ぶ手間はありますが、タブレット内の近接モードを使用することで、ダンプに携帯させているスマホの位置情報より、積込BHの近くにいるダンプを選べるようにできることから、それほど手間はかからなかった。(図-5、図-6)

このシステムの利用により良かった点は、下記の2点である。(図-7)

1点目は、積込バケット1杯ごとの積載量や満積までの残量が可視化されることで、積載量を最大近くまで高めることが可能となったことで生産性の向上が図られた点である。

2点目は、従来手法のようにトラックスケールによる重量管理に掛かっていた作業の手間を省くことができ、更に全数管理を簡単におこなうことができた点である。

ただし、ペイロードメータが本当に正確なのかとの疑問ももちろんあることから、予め100%の積載率にて台貫により測定し、確認する必要があるなど感じ、実際に確認してみた。その結果、ペイロードメータによる重量の方が約6%程度軽い結果であった。(図-8)この結果をふまえて本工事では、100%の積載率を目標として積込をおこなうこととしたが、逆に100%にする方が難しいため、なるべく100%に近い値で積載することにした。

その結果、本工事での平均積載率は94.2%であった。

活用したICT技術(令和2年施工)
OICT技術(NETIS KT-180136-A) ペイロードメータ装着油圧ショベルの利用
【積込土量の『見える化』】と【全数管理による過積載防止の向上】
積込土量の最大化・最適化による生産性向上

- 油圧ショベルのバケットで積込む土の重量を計測することができる。
- 積載重量・積込可能重量は、建機内のタブレットモニターにてリアルタイムに確認できる。
- TRACKING MANAGEMENT SYSTEMと連携で、タブレットモニターの積込結果をダンプごとに閲覧、ファイルへの出力ができる。

図-5 『ペイロードメータ装着油圧ショベル』の概要

活用したICT技術(令和2年施工)
OICT技術(NETIS KT-180136-A) ペイロードメータ装着油圧ショベルの利用
【積込土量の『見える化』】と【全数管理による過積載防止の向上】

積載量の見え方(建機タブレット画面)

■積込土量の『見える化』と【全数管理による過積載防止の向上】

- 積込土量の『見える化』と【全数管理による過積載防止の向上】
- 積込土量の『見える化』と【全数管理による過積載防止の向上】
- 積込土量の『見える化』と【全数管理による過積載防止の向上】

図-6 『ペイロードメータ装着油圧ショベル』の詳細

① 積載量を見る化し、積載量を最大にまで高めることによる生産性の向上

従来手法 積荷姿による積載量の推測や積込回数で管理といった方法しかなかった

ペイロードメータ活用 1杯ごとの積載量や満積までの残量が可視化される

② 過積載防止による重量管理の手間を省き、全数管理による正確性の向上

従来手法 毎回積載量を計測し、記録として残す作業が手間であった

ペイロードメータ活用 積込時に過積載の把握が可能 積載量の履歴が残ります

図-7 ペイロードメータ技術活用による効果

ペイロードメータによる積載率100%の場合での確認

積載率100%時のダンプ積荷変動
 ※積荷変動で、若干少ないようにも見える。

台貫による測定状況

台貫	重量
1	3579
2	3774
3	3230
4	3130

ペイロードによる重量測定では、100%で7,590kgであった。
 ※ただし、100%の場合、写真からも分かるように10kg程度少なくとも100%と表示される

■台貫による結果は右の伝票のとおりである。
 従って、ペイロードによる重量の算出結果と台貫による重量の算出結果では、およそ480kgペイロードメータによる重量の方が軽い結果となった。そのため、ペイロードメータによる100%の積載率を目標として積込をおこなっても過積載とならないことを確認することができた。

図-8 台貫による測定結果

④. 残土土量の確認と土の変化率について

本工事における、残土捨場での搬入土量の管理については、任意にてTLSによる計測をおこない算出することとし、更に土の変化率Cについての実態調査をおこなってみた。

ご承知のように地山土量はほぐすと体積が増えて、締固めると体積が小さくなる。そのため、掘削しダンプに積込んだ土量は地山土量よりも多くなり、残土捨場にて盛土し、重機にて締固められると地山土量よりも少なくなる。だが、実際のところ残土捨場における盛土については特に締固めの管理をしていないことから土量の変化率がどのくらいなのか不透明であった。また、締固め管理こそしてはいるが、20t級のブルドーザや20t級のバックホウにて敷均し作業をおこなうことから、道路路体とほぼ同等の締固めとなっているのではとも思われた。そのため、残土処理箇所の着手前の3次元点群データと整形完了後の3次元点群データとの差を計測し、盛土量(締固め土量)を算出し、地山土量で割り返して土の変化率Cを求めてみた。ただし、本工事では残土搬出箇所が2箇所あったが、工事全体での変化率として算出した。

その結果、本工事における地山土量がV=28,213.2m³に対して搬出先での盛土量がV=22,968.1m³であった。(図-9、図-10)そのため、土の変化率(締固め率)Cは0.81であった。この値については、残土搬出箇所での盛土

高が3.5mと高いこと(下箱井)、すでに2.0m盛土している箇所に更に2.0mの盛土をおこなったこと(上越火力)から、基礎地盤自体の圧密沈下も考えられるため、参考値程度と言えるがかなり実状にあった数字ではないかと思われる。また、土の変化率(ほぐし率)Lについては、ほぐし土量の状態により差が生じることからあまり参考とならないですが下記の方法にて算出してみた。

現場にて採取した土にて、現場密度試験をおこない土の単位体積重量を算出した。その結果が1.43t/m³であった。次にダンプ1台ごとの最大積載量を土の単位体積重量で割り返し、そのダンプの最大積載土量を算出する。その値に『ペイロードメータ装着油圧ショベル』にて計測した積載率を掛けて、1台ごとの運搬土量を算出した。

例えば、最大積載量が8,000kgのダンプの場合は、 $8.0t \div 1.43t/m^3 = 5.6m^3$ が最大積載土量となる。この最大積載土量5.6m³に対して積載率が95%であったとしたら、 $5.6 \times 95\% = 5.3m^3$ となる。そのため毎回1台ごとに運搬土量は異なるが、従来手法のように1台一律5.0m³よりもより現状に近い値となると思われる。

この方法により、算出した運搬土量がV=32,824.8m³であった。そのため、土の変化率(ほぐし率)Lは、1.16であった。ただし、土の単位体積重量は毎回異なると予測されることから、あくまでも参考値程度である。

本工事にて搬出した土砂の土質はほぼ、砂・砂質土であったことから、通常の積算基準で考えるとほぐし率Lが1.20、締固め率Cが0.9であるため、ほぐし率で-3.0%、締固め率で-10.0%程度の違いはあったが、残土捨場での基礎地盤の圧密沈下等を考慮すると、あくまで参考値程度ではあるが積算基準に近い値であったと考えられた。

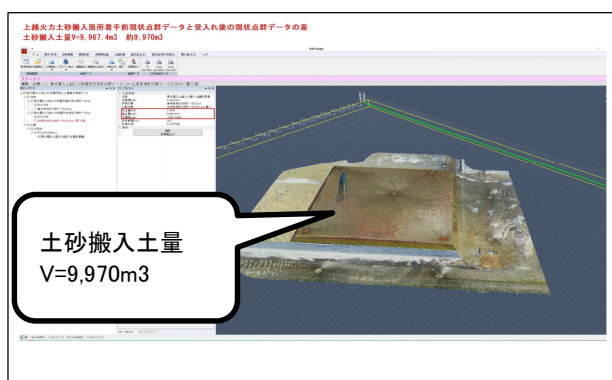


図-9 上越火力搬入土量

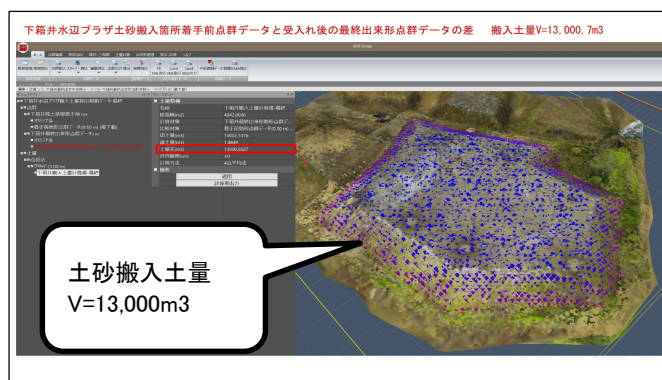


図-10 下箱井水辺プラザ搬入土量

4. 考察及びまとめ

本工事は、今回取組んだ技術を行うのに大変適した現場であり、最先端の技術を学ぶ貴重な経験となった。建設業で言うICTとは、端的に言えば3次元起工測量を行い、3次元設計データを作成し、重機に送信し、施工して生産性を向上させるといったものとイメージする方々が多いと思われるが、ICTを直訳すると『情報通信技術』でございますので、今回取組んだ技術もICT技術となりますし、こういう技術こそが生産性の向上を最も実感できるのではないかとも思われる。

今後、ますますICT技術が進化していくと思われまますし、この背景にはやはり担い手不足という現実があるためだと感じております。

そのため、今回取組んだ技術のように与えられた現場に適したICT技術を選定し、活用することが我々技術者にとっての新しい仕事かなとも思いますし、上手く活用することでやはり生産性の向上が期待できると思われまますので、是非機会があれば今後も積極的に活用していきたいと思います。

5. あとがき

今回、新しいICT技術を経験させて頂いて、本当に勉強になりました。

先ほど述べたように、ICT技術とは『情報通信技術』でございます。どうしてもICT活用工事をイメージしてしましますが、今回採用した技術であっても十分に生産性の向上を実感できることから、現場に適した新しいICT技術を選定し、積極的に活用することも重要なのではないかと感じました。

また、ICT技術が思っていたよりも早い速度で進化しているため、我々建設業界もいよいよ進化すべき時を迎えているのかなとも感じました。

最後に、本工事を通じてご指導頂いた監督職員をはじめ、関係各位の皆様深く感謝致します。大変ありがとうございました。