

30. 情報化重機土工事の課題の整理

(社)日本機械土工協会 ○ 技術委員会

1. はじめに

情報化施工は、新たな技術を建設施工に導入するものであり、設計から施工、維持管理に至るまでの一連の流れとなる電子化情報活用構想に位置付けられた施工技術である。

国土交通省は、積極的な導入方針により 2008 年に情報化施工推進会議から「情報化施工推進戦略」を公表し、情報化施工技術を用いた試験施工を行っている。

導入の対象となる工事は、舗装工事と重機土工事であり、丁張りをを用いるような測量との連携施工である。舗装工事は、導入効果が確認され積極的に進められていることを聞き及ぶが、重機土工事でその事例は決して多くない状況である。

ここでは、主たる背景と本論の目的を明らかにする。

1-1 背景 1：「情報化施工推進戦略」

情報化施工は国土交通省が積極的に国内への導入を進めているものであり、その誘導的組織は本省内に置かれた情報化施工推進会議である。同会議より、2008 年 7 月に「情報化施工推進戦略」としてその方向性が明らかにされている。

その序文で特に、「丁張りを大幅に削減して施工」「夜間作業も可能」「効率的に作業を進める」「稼働時間が短くなり、結果として工事に伴う CO₂ 排出量の抑制効果も期待」「熟練オペレータの不足への対応」「技術者の判断支援の役割」「建設施工のイメージを画期的に変え得る可能性」などが示されている。

「建設施工を取り巻く課題」として下記の要点が整理されている。

- ① 産効率の向上:ICT の活用により投入する資源を少なくする効率的な施工の実現
- ② 熟練技術者・技能者の不足：少子高齢化による熟練技術者・技能労働者の確保が困難
- ③ 発注環境の変化と品質確認の重要性の高まり：発注者責任の明確化と適切な監督・検査の実施
- ④ 施工現場の安全確保：人と建設機械の混在を極力少なくする
- ⑤ 地球温暖化問題：建設機械の効率的な稼働

による燃料消費量削減や資材使用量縮減

- ⑥ 国内外における競争：品質確保などの施工能力に関わる技術の国内外での共通利用
- ⑦ 社会資本整備の補修・維持管理費の増大：施工時のデータをカルテとして活用する補修・維持管理

「施工企業等のメリット」として、「情報化施工技術は、施工会社、機建設機械メーカー、測量機器メーカーなどの技術を組み合わせた複合技術であり、関連業界全般においても様々なメリットが考えられる」とあり、下記のように整理されている。

- ア 現場作業の効率化(工期短縮・省人化)を実現します
- イ 熟練者不足にも対応できます
- ウ 工事現場の安全性が向上します
- エ 建設現場のイメージが変わります
- オ 技術競争力が強化できます
- カ 高付加価値市場が拡大します

「情報化施工の普及に向けた課題と対応方針」として、発注者および施工企業等としての課題が整理されている。

「工事発注者の課題」として整理されているものは、下記のことが示されている。

- ① 施工管理手法および監督・検査の情報化施工への対応
- ② 施工データの受発注者間の共有
- ③ 総合評価方式における技術提案に対する適正な評価
- ④ 情報化施工を前提とした設計基準の見直し
- ⑤ 情報化施工に必要な 3 次元データ作成における設計業務との連携
- ⑥ 施工データの有効活用

「施工企業等の課題」として示されることは、

- ① 分かりやすい技術情報の提供
- ② ハード・ソフトの普及促進

であり、「共通課題」としても次のように整理されている。

- ① 技術者の育成
- ② 標準化の促進
- ③ 普及のための情報発信

1-2 背景2：通達「情報化施工技術の一般化・実用化の推進について」

平成22年8月2日の上述題目の通達目的は、「情報化施工技術はICTを工事の施工等に活用し、従来施工技術と比べ高い生産性と施工品質を実現する施工システムであり、建設業者等が海外において事業を展開していく上でも非常に重要であることから、公共事業において積極的に一般化・実用化を推進する。」としており、その内容を要約する。

- ① 一般化・実用化推進の情報化施工技術
 - ア 平成25年に一般化する情報化施工技術
 - ・トータルステーションによる出来形管理技術
 - ・モーターグレーダのマシンコントロール技術
 - イ 早期実用化に向けて検討を進める情報化施工技術
 - ・自動測位による締固め管理技術
 - ・ブルドーザのマシンコントロール/ガイダンス技術
 - ・バックホウのマシンガイダンス技術
- ② 実施体制

技術管理課・施工企画課・河川工事課、道路工事課等を中心とした体制を組織し、実用化が円滑に進むように対応する。
- ③ 一般化・実用化の推進を図るための措置
 - ア 発注者指定の場合は経費を計上するが、施工者希望型の提案では施工者負担とする。
 - イ 総合評価落札方式では積極的に評価を行う。
 - ウ 工事成績評定における評価では、創意工夫として評価する。
- ④ 情報化施工技術の普及推進のための環境整備
 - ア 監督・検査要領等の周知と対応
 - イ 情報化施工を実施するための設計データの流通環境整備
 - ウ 機械・機器調達に関する支援制度の周知
- ⑤ 状況の報告：情報化施工技術の実施状況の本省への報告

1-3 目的

情報化施工は、背景に示すとおり発注者主導で推進がなされている現状で、機械系施工に対して電子データ活用の施工実務の実現化・一般化にむけて積極的な導入を目指している。

これを受け入れる施工体制として、背景の中では「施工会社」として表現されているが、元請となる受注業者を単独で指しているのかは不明である。重機土工系での施工体制の実態は元請業者・専

門工事業者等による重層構造であり、施工実務関係は専門工事業者の分担となっていることが一般的である。

本論旨は、発注者から見れば間接的ではあるが、施工に直接関わる重機土工の専門工事の立場から情報化施工およびその体制について考察し、施工実務にかかる課題の整理を行うことを目的としている。

2. 情報化施工の仕組み

情報化施工の実施の仕組みを概略的に整理すると、設計から得られるデータの3Dデータ化されたものが供給され、情報化施工用重機にインプットされる。場合によっては施工順により段階的な到達目標が示されたデータが必要となることもある。例えば、層厚管理をする盛土工事では遙か上空にある施工目標線(設計表面)は、日々の撒き出し厚に対して参考になることはほとんど無いことから、施工段階毎の目標線の3Dデータを設定しなければ、要求された施工とはならない。

施工を行うときには、設計3Dデータだけではなく、工程や施工順を考慮した施工用3Dデータが必要となる。これが無ければ安全性や品質の不安定化にもつながる可能性も考えられる。

情報化施工は、図-1に示すように、設計3Dデータから作られる施工用3Dデータと、重機の位置・方向を測位と情報伝達無線システムによる測位データ、重機の傾き計測や作業装置の位置等を測定した姿勢計測データ、これらの情報による表示を的確に判断するオペレータによって施工作業が進められる。測位は、TS自動追尾測位か、衛星を用いたGNSS測位のいずれかである。施工にはこれらの付加機材が必要となる。

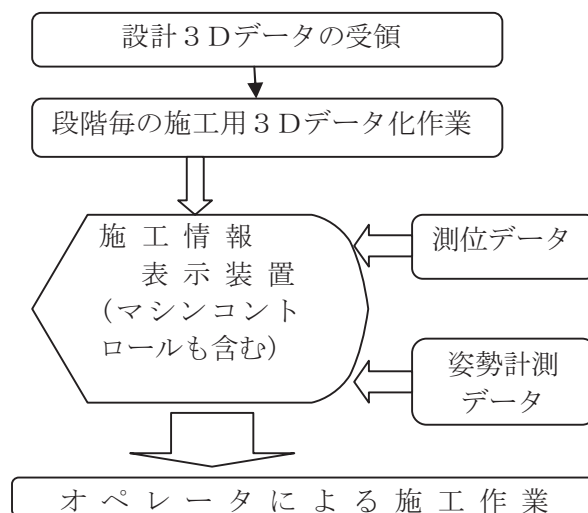


図-1 情報化施工のデータ関連性

3. 測量関係における情報化施工の特性

土工事における測量業務は、基準点、用地境、現地形計測、中心線などに始まり、施工段階毎の施工形状測量及び丁張り、構造物・小構造物等の基盤測量、検査対応測量・丁張りなど、施工の最初から最後まで必要な作業である。

情報化施工の実施で施工用丁張り関係の測量業務が無くなるとしても、GNSS 基地局の設置・管理、TS の設置・データ管理などの測量業務は発生する。また、情報化重機土工事に含まれない人力作業関係や小構造物施工に関する測量・丁張りなどの測量業務は残っている。

情報化施工の基礎となる設計3Dデータや施工段階毎の施工用3Dデータなどの生成や検証、施工状況データの段階毎取得及び保存に関わる作業は、従来と異なる技術レベルが必要となる。

また、設計3Dデータは、発注者・元請・専門工事業が共有し、変更や検査などに活用することこそが施工の短時間化となる。

4. 施工実務費(直接作業費)構造

表-1 重機土工事のコスト構造

(単位体積作業費用)

単価構造項目	従来	ガイダンス	コントロール
重機損料・消耗費 ・修理費等	○	○	○
燃料・油脂類	○	○	○
運転員人件費	○	○ 微減	○ 減?
重機修理等休止に よる損失経費	○ 小	○ 小	○ 小

(作業支援費用)

測量・丁張り費用	○	×	×
3Dデータの作成・管理	×	○	○
車載情報機器損料 ・修理費	×	○ 大	○ 大
マシンコントロール 装置損料・修理費	×	×	○
基地局・TS等外部機器 損料・修理費	×	○ 大	○ 大
情報化機器関係修理費 等休止の損失経費	×	○ 大	○ 大

情報化施工は効率が上がるとの示唆があり、それによりコストダウンが図られるとの見解であるが、実務レベルから見るコスト構造を表-1に現し、どの要素がコストダウンとなるかを検証する。

表中に「従来」「ガイダンス」「コントロール」と在るのは、情報化を用いない従来作業とマシンガイダンス型情報化施工とマシンコントロール型情報化施工をそれぞれ指しており、単価構造項目との関連を現している。

施工実務上では、情報化施工の方が使用機材も多くなるので機材コストの上昇は自明である。

情報化機器搭載重機では、総部品点数が多くなる事から、部品当たり故障確率が同じとしても発生頻度は高くなり、故障休止による稼働率の低下による人件費などの固定経費や修理費の増加は予定しなければならない。重機では、整備や障害予兆を経験的にある程度把握でき、修理による損失を軽減も可能であるが、情報化機器において同様の対応は現段階では困難である。

情報化施工を用いたときに施工速度の向上があれば、単位作業量当たりの運転員人件費は減になる可能性もあるとされるが、大規模土工の例では、「好条件下で1.5~2倍の作業能力の向上が見込まれる」とある。これは労働時間生産性の効率化であり単純に施工コストが1/1.5や1/2等になるものではない。人件費に関するコストのみが減となるがそれ以外は変えられない事が表-1のコスト構造から容易に判断できる事である。

6. 土工事工種と情報化施工

重機土工事の工種は、掘削・集土・積込・運搬・敷均し・転圧・法面等の整形・整地が一般的である。その内、情報化施工の関わり方は、集土・積込・運搬では特殊な場合を除けば情報化施工の対象とはならない。掘削では時々その範囲の確認を行う程度であると、敷均しの層厚管理と転圧確認、並びに整形・整地作業には、情報化施工手法が活用できる。

このような情報化施工の為に事前作業として、設計3Dデータから施工用3Dデータを作成する必要がある。この施工用3Dデータを基本に、全ての作業が進み、確認できることになる。

また、この施工時のデータを施工状況情報として蓄積をし、途中検査や竣工時の品質管理データとして用いられれば、発注者・元請共に管理負担の軽減となり間接的コストダウンになると考える。

7. 情報化施工とオペレータの技量

情報化施工を用いるメリットとして、施工技量を機械的に補完するとされており、将来的なオペレータ不足もしくは未熟達者への対応策との位置

付けがなされている。

重機土工事に情報化機器装備重機と施工用3Dデータがあれば未熟達者でも充分であり、従来より効率良く、精度良く作業ができ、ベテランでなくともよいという事が強調されているように思われる。しかし、情報化施工（ガイダンス型ブルドーザ）の試用経験から、未熟達者の状況を判断すると、情報化を用いないよりは有効と確認できるが、作業上に必要な力量とは安易に判断できない。ベテランは道具としての使いこなしが出来ることも判り、情報化施工手法の活用ができています。

また、重機施工は、そのオペレータに操作テクニックや機材特性の熟知、施工土質の見極め、施工段取り、リスクの想定と対応策など、情報化施工のみではない多くの要素がある。

例えば、マシンコントロール装着ブルドーザがあれば容易に整地作業が進むと思われており、施工指示データに対して排土板が追従する動作だけを見ればベテラン並みであるとも言える。指示高さより現地盤が高ければ容易に掘削しその高さになり、指示高さよりも地盤が低ければ排土板の前に在る土砂がその高さで調整される事になる。しかし、排土板の前にどの程度の土量を持っているのか、そこに必要な土砂は何所を掘削し対応するのかなどは、情報化機器の範疇外である。ベテランのオペレータは、地形や設計、現地条件などから作業の段取りを考え、何所を削り何所に盛り、土質の良否を見極め、場合によっては異なる場所の材料との混合、悪い土質の排除、降雨時を想定した雨水の流し方、作業場所の安定のためにブルドーザによる転圧を行うなど、全体の効率化も考えに入れた多くの気づかいをしている。このような作業であっても、他からは、設計通りの単純な整地作業にしか見えないのかもしれないが、施工実務には欠かせない力量であり、安定した施工品質の基本となっている。

情報化施工技術はオペレータ育成時間の短縮に寄与する可能性もある。

8. 直接施工と重層施工

舗装工事のように、受注から施工までを直接施工する場合は、情報化施工に関わる機材の購入・活用と人材の育成が投資戦略・企業戦略として組み立てることが出来る。

重機土工事の大半は重層化施工であり、受注者と専門工事業者の組合せとなり、情報化施工機材の導入・活用と人材の育成は、専門工事業者が行うことになると思われる。その場合には、専門工事業者が資機材への資金投入と関連技術者の育成に関わるリスクを負うことになる。従来施工に比べ、施工の為の実費用が多く発生する。受注者と

専門工事業者との間に、この対価が確実に支払われる仕組みについて、発注者の明確な示唆・行動が見受けられない。専門工事業者が情報化施工に踏み出すことへの躊躇の原因はここに在る。

発注者は、受注者に対しては施工評価としてインセンティブを与えることを表明している。しかし、実務を行う専門工事業者にはなんらのインセンティブの表明も無いまま現在に至っている。

建設業が重層構造であり、専門分化していることは周知の通りであり、対応する施工実務はその専門工事業者が行っている。その実務の実施者である専門工事業者に対しても、施工評価を導入するなど手法と評価点の上乗せというインセンティブが与えられ、それらの評価点が受注者の応札時加点となれば、重層構造の結束性が強くなり、より良い施工に繋がると思われる。

9. 測器メーカーごとの機器の操作および表示

測器メーカーも、国内では数社がしのぎを削る状態であり、その操作や表示・特徴も異なり、情報表示・操作などの共通化は進められる様子はないようで、施工現場での混乱が危惧される。特に、普及することで新機種や新機能が操作や表示に変更が行われることも予想される中で、多くの面での共通化が希望される。

受注者が専門工事業者へ機材の支給を行うことも想定されるが、専門工事業者としては、使い慣れた機材が施工上のリスクを減らすことに繋がるとの思いがあり、その機材選定は施工実務側で行われることが望ましい。

10. 変更および検査

情報化施工は、施工速度が上がり工期の短縮化が期待されている手法である。

発注者の工事への対応は、施行中や施工後の検査や設計変更など施工の進捗に直接影響を与えるものも多くあり、情報化施工の特徴そのものにも関係することになる。

発注者が情報化施工として得られるデータを活用し、検査の簡略化や設計変更の優先的かつ短期的な決定など従来通りでは無い対応を行っていただければ、工期短縮のメリットを発注者・受注者双方共にいかなることができると思われる。

11. まとめ

情報化技術は今後とも発展すると思われるが、現段階であっても実施工に適應できることは判っている。専門工事業者のリスク回避と本論に示す課題の対策がとられれば、国内の急速に普及し、海外レベル程度には容易に達すると思われる。