

# IT 施工の将来と課題

上 石 修 二

情報化施工の取り組みとして、土木施工の効率化、施工品質の確保、施工管理や監督検査における業務改善等を目的として情報技術（IT）の利用が盛んに行われている。このような取り組みについて、「IT 施工セミナー」における基調講演、国土交通省のIT技術の活用方策についての報告、民間工事におけるIT技術の活用事例等の報告、について紹介すると共に、情報化施工の将来や課題などについて述べる。

キーワード：情報化施工、IT 施工技術、活用事例、要素技術

## 1. はじめに

近年、情報技術（IT）の高度利用により、土木施工の効率化、施工品質の確保、施工管理や監督検査における業務改善への取り組みが盛んに行われている。

国土交通省は、盛土工・舗装工を中心にIT技術の活用方策検討を進めており、この成果の一環として、「TS・GPSを用いた盛土の締固め情報化施工管理要領（案）」（国土交通省）がまとめられるなどしている。また、九州電力㈱の小丸川発電所では、上部調整池（全面アスファルト表面遮水壁型調整池）の施工において、施工および工事管理の省力化、品質向上を目的として、「ITを用いた施工及び工事管理システム」を導入するなど、民間工事におけるIT技術の活用事例も報告されている。

このような施工現場での情報技術利用の拡大にもかかわらず、情報化技術の適用対象作業が部分的であったり、大規模土木工事に限られていることなど、一般に普及したとは言いがたく、開発した技術を有効活用し“施工現場の情報化”を普及していくことが必要である。

このようななかで開催された、「IT 建設施工セミナー」（CONET2006, H18.7月）では、「今、施工現場の情報化に求められるべきものは何か？」と題し、産学官のそれぞれ違った立場から、現在の施工現場における情報利用事例や建設機械や測量機器における研究開発事例の報告とともに様々な問題提起をさせていただいた。参加者数は、予定数を超えて延べ250名（会議室：定員150名）に達し、業界からの注目度の高さが再確認された。以下に、各セミナー講演者の発表内容を

を紹介しつつ、情報化施工の将来像や課題などについて整理する。

## 2. 情報化施工の将来を分かつもの（基調講演より）

建山和由教授（立命館大学・理工学部）の基調講演「岐路に立った情報化施工？」は、今後、情報化施工は発展するのか、それとも尻すぼみになってしまうのか、という問いかけから始まった。情報化施工の今後について、情報化施工の2大要素は「ITを利用した情報収集の高度化」と「得られた情報の有効利用」であり、この2つが満たされなければ発展しない。これに対し、ある建設系の学会の会員数減少をとりあげ、インフラ整備に関わる設計方法や施工マニュアルが整備され、技術が固定化している状況に陥っていると指摘した。

しかし、近年、構造物のメンテナンス・建設投資の減少・環境負荷対策の重視・激化する自然災害・性能規定の導入のように、マニュアル外の対応を求められるようになってきている。このためには、技術者の判断の高度化が不可欠で、情報の有効利用により技術者の意志決定を適切に支援することが情報化施工の発展に寄与すると論じた。

その一例として、大規模土工へのコンカレントエンジニアリングの導入が紹介された。現場は、発破による土砂採取場での施工現場で、利用した火薬量、ダンプの台数、取得される土量、処理能力などの情報の鮮度を失うことなく（迅速に）、多様な情報を共有することによって、最適火薬量・配車を行うことができた

という点で、意志決定型情報化施工として報告された。このように、現場の変化に柔軟に迅速に対応でき、導入前に比べ、16倍もの情報を取得し、意志決定時間を約半分に削減できたことが報告された。

最後に、今後の方向性として、情報取得技術の高度化と情報の判断プロセスの記録の保存、さらにそれを共有して意志決定を支援することが重要であり、意志決定に必要な情報とは何かといったことについて、今後さらなる研究が必要であるとまとめられた。

### 3. 情報化施工の方向性

#### (1) レベル・メジャー検測からの脱却を目指す IT 型の出来形管理

国土技術政策総合研究所の田中研究官より「TS 出来形管理コンセプトについて」と題する発表があった。ここでは、TS を用いた出来形管理システム概念について、設計情報（道路線形情報と横断形状情報）を利用して現場での計測と同時に設計値との相違を確認できることがポイントで、人間のデータ転記作業による記述ミス低減と、現場での計測準備・事務所での帳票整理・作成作業の時間短縮が可能であると説明した。さらに、平成 17 年度に実施した試行工事でのアンケート結果が報告され、データ作成時の入力ミスが怖い、操作がしにくいといった課題も挙げられたが、作業の効率化などの点で施工業者も有益性を感じており、監督職員からも不正防止にもつながるとの意見が紹介された。

H18 年度も試行が継続され、H19 年度からは本格運用される予定で、これに伴い、基本設計情報の標準化と設計段階からの流通も合わせて検討を進めていると報告された。

続いて、TS を用いた出来形管理システムのサポートソフトを、国際航業㈱の森氏が紹介した。

出来形管理システムは、基本設計入出力プログラム・現場作業用システム（測量機器）・出来形帳票作成プログラムの 3 つからなり、基本設計入出力プログラムは出来形観測を行うにあたって必要な基本設計情報を作成するプログラムで、現場作業用システム（測量機器）は、トータルステーション接続された採取したデータと作成した基本設計情報を比較し蓄積するためのプログラムである。また、出来形帳票作成プログラムは、現地にて採取された観測データを用いて出来形帳票を作成するプログラムである。

今後の課題としては、TS 用出来形管理ソフト開発の促進があげられ、そのためには各プログラム間でやり

取りされるデータの標準化が必要であるとしている。

#### (2) 施工情報利用可能な建設機械ロボットの構想

国土交通省の技術開発「IT を利用した建設ロボット等の開発」（平成 15～19 年度）に関して、プロジェクト全体構想について、独立行政法人、土木研究所の山元首席研究員より、計測システムの実証実験について山口研究官より発表された。

プロジェクトは、IT 技術と RT 技術を土木施工・施工管理に活用することで、危険・苦渋作業を解消するとともに、品質向上・コスト削減を目指すもので、土工を対象として、①圧縮された 3 次元設計情報の構築、② 3 次元情報を利用した効率的な施工管理手法の実現、③ 3 次元情報を利用した IT 施工システムの基盤技術の開発の 3 つの開発目標を設定している。

目標①、②に関しては、（上記の）3 次元設計情報を用いた TS 出来形管理手法を構築し、機器の開発目標を定義した。目標③に関しては、IT 施工システム構築に必要な 3 次元計測機器の試作、3 次元情報を用いたマンマシンインタフェースの画面表示案の提案、熟練オペレータの技能（暗黙知）を形式知化して、自律制御に利用する仕組みの検討をしてきた。引き続き、IT 施工システムに必要な各要素技術を開発し、プロトタイプの実験を実施、上記要素技術を利用した無人化施工のオペレータ支援システムを早期に実現、IT 施工システムの開発課題を明確化し、プロトタイプを今後の実機実験に活用すること。

計測システムの開発は、GPS などを使った建機位置計測コンポーネント、およびステレオビジョン、レーザスキャナによる 3 次元計測コンポーネントの 2 つのコンポーネントに分割して開発してきており、今後、さらに機能向上を目指していく考えを示した。

#### (3) 情報化施工の新しい取り組み（国土交通省の取り組み）

国土交通省総合政策局の石塚課長補佐は「国土交通省の取組について」ということで、現在、施工現場においては少子高齢化などにより建設業従事者や熟練オペレータが減少したり、労働災害がほかの産業に比べ多く、状況改善が困難ななかで、数多くの課題を抱えている、と指摘。対応策のひとつとして情報化施工が挙げられ、昨年度取りまとめた今後の方針となるマスタープランを紹介した。

その基本方針は、建設施工の情報化推進に寄与すること、公共工事の品質確保やコスト削減に寄与すること、CALS/EC と連携した施策であること、の 3 つである。

今年度の予定として、アスファルト舗装における出

来形管理試行工事を10現場程度実施し、「舗装の情報化施工管理要領(案)」を策定する。道路土工における出来形管理試行工事を10現場程度行い「施工管理情報を搭載したTSを用いた出来形管理要領(道路土工編)(案)」を策定する。「データ交換標準(案)」を舗装用機材へ適応を拡大し、国際化標準の検討をする。そのほか、情報化施工適応工種の拡大を図る、としている。

今後の取り組みとしては、①道路土工・舗装中心から河川土工等の他工種への展開を図る。②施工管理要領、マニュアル等を作成し建設事業への普及拡大を図る。③施工情報の標準化に取り組み、情報化施工の基盤を整備する。以上のことにより、情報化施工を推進していく方針であることを示した。

関東地方整備局の情報化施工の取り組みについて、企画部施工企画課の金澤係長から、公共工事に占める割合の高い舗装工を対象として、情報化施工を組み合わせた施工と施工管理手法を構築し、平成17年度に実現場における実証実験結果を中心に、国土交通省における舗装工の情報化施工の取り組みについて紹介された。

その中で、舗装の層厚管理手法を、路盤・As舗装の掘り起こし・コア抜きから、TS測量に代えることにより、容易に層厚計測点数を増やすことができるため、多点管理による層厚のチェックが可能になること、本システムは実現場においても適用性が高いことが報告された。今後は、監督検査および施工管理のさらなる効率化を目指し、本システムを現場実務にどのように組み込んでいくかを具体的に検討していくため、引き続き直轄工事において実証実験を実施すると同時に、最終的には、舗装の情報化施工管理要領案のとりまとめを行っていく予定であることが示された。

中部地方整備局中部技術事務所の桜田専門職から、今後、バックホウの熟練オペレータの減少は必至であり、オペレータの技量の不足を補う技術の整備が求められることを背景とし、現在のバックホウの位置に対する設計データを重ね合わせて車載モニタに示す情報提供機能、バックホウ掘削中に得られた刃先位置の軌跡データを、施工実績として記録し、出来形管理帳票として出力する機能等を有するバックホウ支援システムについて、平成13年度からの基礎的な検討の上で、今後、普及に向けて取り組むべき課題が見えてきたところである、との報告があった。

今後は、バックホウの情報化施工支援システムから出力される出来形データを監督検査に利用できるよう、本システムに即した監督検査方法を策定すること、

実現場における本システムの導入効果を評価すること、本システムに即した施工管理基準の策定に向けた基礎的なデータの収集を行うことを考えている。

#### (4) 遅れている日本のIT建機導入

(株)トプコンの棚橋氏は「海外のIT建機の動向」について発表し、土木工事のIT施工の特徴として、工場の生産ラインと同じようにオートメーション化するためには、複数の工種、機械間で情報を一元化し、作業工程を短縮することで、生産性を高めるべきである、とした。3次元マシンコントロールは、現行作業である①測量、②設計、③測設、④施工、⑤検測のうち、③～⑤を1ステップで行える技術である。具体的には、杭打ち等の現場指標なしで施工が行えるものであることを説明。以下、海外でのIT建機導入の事例と、日本における今後の課題について述べた。

##### (a) 海外での事例

- ・米国は土木IT施工の最大市場である。日本に比べて工事規模が大きく、専用の大型機械が複数台稼働しており、3DMCが適合しやすい背景がある。
- ・欧州は、米国に次ぐIT施工の先進国であり、北欧諸国に浸透しつつある。特に、舗装機械のIT施工対応が目覚ましく、米国よりも進んでいる。
- ・欧州では、小規模工事でのIT施工対応が進んでおり、汎用機(ショベル)のIT施工化が急成長している特徴がある。
- ・北欧における貯水池造成工事、高速道路建設工事、宅地造成工事、空港建設工事の導入事例がある。

##### (b) 日本での技術開発と今後の課題

- ・高い施工精度(mmオーダー)が要求されることについて、GPSとレーザを組み合わせたmmGPS技術を開発し、生産性を向上させ、高さ精度がmmオーダーを実現することが可能となった。
- ・粗造成であっても同じデータを用いるが、粗造成では、迅速で正確性を求められ、高低差といった変化量の大きい作業となるため、オペレータが施工中に検測できる利用しやすいインターフェイスを開発し、自動油圧制御を排除することでコストダウンを目指した。
- ・現状、ブルドーザとモータグレーダでのIT施工の普及は進みつつある。
- ・TS、GPS、mmGPSと3DMCを適切に組み合わせることで、全工程、異なる建設機械、複数台に導入することが可能となり、シームレスな工事進行が可能となる。その結果、より大きな生産性の向上が期待できる。

## 4. 新たな情報化施工の取り組み（民間の取り組みから）

### (1) 新しい施工管理

#### (a) IT 土工管理システム

鹿島建設株植木氏からは、「IT 土工管理システムによる大規模土工の管理について」と題した発表が以下の内容で行われた。

これまで情報化施工は、重機土工分野においては縦横無尽に動き回る機械の状況管理が非常に困難であるため情報化施工の普及が進まなかった。そこで今回は、大規模工事における重機土工の合理化のための取り組みについて報告する。

宮崎県小丸川揚水発電所上部調整池を切盛土工で造成し土工事終了後全面アスファルト表面遮水壁を施工する工事に、工程管理及び品質管理をそれぞれ合理化するため IT 土工管理システムを導入した。

本システムの中心は 3 次元 CAD であり、施工プロセスに応じて①ダンプトラックのナビシステム、② 3 次元施工システム、③ 3 次元位置誘導システム、④ 締め固め管理システムを複合的に結合してシステムを構築し、測位技術として、GPS 測位と自動追尾式トータルステーションを用いたものである。

本システムの導入による合理化は次のとおりである。

#### ①土工量管理

掘削・盛立量管理のリアルタイム化、掘削・盛立量集計作業の省力化、出来形測定の省力化。

#### ②締め固め管理

転圧管理の合理化（全数管理）、密度管理（RI 法）の省力化、重機オペレータの支援向上・負担軽減。

#### ③ 3 次元施工システム

丁張り作業の省力化、現場の安全性向上、出来形の高品質化。舗設レーンの計画・作図作業の省力化、設計作業の高品質化、重機オペレータの支援向上・負担軽減。

これは、設計情報から施工の各プロセスの品質に至るまで管理して、発注者と協議しながら将来の維持管理までつなげていこうとする初めての取り組みであった。

#### (b) Web とデータベースを用いた新しい施工管理

株大林組の古屋氏から、「Web とデータベースを用いた新しい施工管理手法の紹介」について、以下の発表が行われた。

秋田県中規模ロックフィルダムにて導入した、3D

プロダクトモデルを用いた情報化による施工管理の試みについての紹介。

システムの導入目的は、データの共有と有効活用にある。従来方法では、設計・施工から品質管理まで指示や報告が多い。しかし、情報化施工を導入すると、情報はデータベースとしてスマートに交換でき、指示や報告のやり取りが少ないという利点がある。

問題点として、システム導入のイニシャルコストが高い、維持管理へのデータの引継ぎ方法、施工者と発注者の利害が一致しないと普及が進まない、などが挙げられる。

運用方法は次のとおりである。まず、施工計画を 3DCAD で作成しデータベースに登録する。登録されたデータをエリア内の重機に無線 LAN で配信し、重機は受信した施工指示に従って施工する。施工中に重機で情報を取得しデータベースに送信する。データベースは重機で取得される情報を管理し、その情報は Web で配信したり、出来形品質管理に利用できる。

#### (c) 海工事での情報化施工取り組み

東亜建設工業株の増田氏から「海工事情報化事例」の発表が以下の内容でなされた。

海工事は、潮位により高さに変化する。波浪により影響される。海底面が目視確認できない。大規模工事が多い。大型作業船を使用するなどの特徴があり、情報化を推進しやすい環境にあるといえる。

情報化施工への取り組みは、約 10 年前にナローマルチビーム測深ソナーで海底探査を行ったのがきっかけで、GPS を活用してより多くの情報が得られたことから、このシステムを海工事に活用できるように開発を進めたことである。

システムの応用例として、重機の姿勢把握と遠隔操作技術が代表的である。姿勢把握ではバックホウ台船システムを開発して、バックホウの刃先データと海底探査システムで得た情報を比較しながら海底を確実に掘削することができた。また、遠隔操作技術は、水中バックホウに多くのセンサを取り付けて、人が入ることができない発電所の取水口などで安全に作業を行うことができた。

システムを導入することによって得られる利点は、①安全性の確保、②人員の削減、③作業効率の向上が主に挙げられ、その成果は、函館港島防波堤災害復旧ケーソン撤去工事で、測量船、浚渫船等の現場の作業船どうしが無線 LAN でネットワークを行い、現場事務所とは携帯電話を通じて施工情報を共有することによって、施工効率を向上することができたことにある。

以上のようなシステムを今後活かすためには、業界

の枠を超えた協力や、産学官の連携と活用と継続が大事であるが、コスト的に規模の小さい現場への適用が可能であるか等の課題が残される。

#### (d) 立体制御管理工事事例報告

鹿島道路(株)の和田氏からは、「小規模工事事例報告」と題して以下の発表が行われた。

情報化施工と言われているものの中で、建設機械支援情報化システムについてみると、機械運用管理支援システムと、機械操作管理支援システムとに分かれ、後者の中でも平面制御(2DC)と、立体制御(3DC)に分かれる。平面制御管理は、単一の平面を設定して、その中心に回転式レーザを設置してその周囲の建設機械の平面位置を制御するシステムであり、立体制御管理はGPSまたはLPSを用いて平面および高さ座標を管理するシステムである。

LPSは基地局に設置する自動追尾TSから重機に設計データを送信する方式であり、高さ精度が±10mm程度とされているのに対し、GPSでは高さ精度が±30mm程度である。ここで、GPSの精度を向上させるために、ゾーンレーザ発光器を現場に設置して重機に高さ補正情報を送ることによって、高さ精度を±10mm程度まで向上させることができる。

立体制御の施工事例として、モータグレーダによる道路舗装は多くあり、その他では阪神競馬場内走路の砂による仕上げ舗装、空港誘導路および滑走路があり、なかでも、花巻空港では、グレーダの他にアスファルトフィニッシャーにもシステムを搭載して、夜間作業という悪条件下でも精度の高い舗装作業が進められた。また、ブルドーザにもシステムを搭載した例があり、小丸川上部ダムのトランジション整形作業では急勾配のもとでの作業が効率よく進められた。

#### (2) 3次元データ利用の要素技術

「国内情報化施工の貢献を目指して」と題して(株)ニココン・トリンプルの永井氏は、GCSシリーズ(GCS900)は作業機装置(ブレード)にGPSを設置する特徴があり、海外では2000セット以上実績があるが、日本ではこれから普及させたい、と述べている。

GCS900ブルドーザバージョンマシンガイダンスにより、施工精度は丁張りがなくても、それと同じかそれ以上の精度が得られることを確認した。また、施工の効率化効果も期待できることが確認された。上記効果は、無人化施工において顕著であり、「コンクリートの敷均し」、「施工盛土(土砂型枠)」において適用した場合、施工時間(所要時間)は60%アップ、施工精度は標準偏差で約4倍の精度が得られた。施工精度の向上については、特に丁張り等の設置されること

が少ない中央部での施工において、その効果が歴然であった。マシンコントロールを利用することで、なめらかできれいな施工も可能となる。

ライカジオシステムズ(株)の小林氏から「3次元MCの取り組み」として、現在、ライカのみ対応している3DMCの機械としては、主に型枠がなくてもコンクリートの舗装ができる特殊な機械であるコンクリートフェイバや、縁石や側溝の施工用であるカーブ&カッター、また下層路盤を仕上げるトリミングの機械といった3機種が挙げられる、と述べた。

また、国の方をお願いしたい事として、情報化施工は電子データ(3Dデータ)を作成しなければならないことから、従来通りの手作業ではなく、工事の電子データ作成についていち早く改善して頂きたい、そうしないと他の国にどんどん遅れていく、とも述べた。

コマツエンジニアリング(株)山口氏は「3Dカメラ地形計測事例」として、デジタルカメラの画像解析による計測技術の紹介を行った。ステレオ処理というこの方式は、2枚(もしくはそれ以上)のデジタル写真により、両者の対応点を自動に探索し、三角測量の原理で対象点の位置を求めるもので、建機搭載、自動車への搭載、地上に固定した方法などバリエーションが多彩で、比較的短時間に処理が可能で、様々な応用が可能としている。今後のIT活用の一手段としての利用が期待される。

## 5. おわりに

以上様々な立場からの報告があり、IT施工技術が機械施工に寄与することとして、①機械作業装置が自動制御となることから、丁張り、管理ワイヤ等の基準点設置の減少、簡略化に効果があり、施工コストの低減ができること、②施工品質の向上として、複雑な横断勾配を持つ断面でもムラのない均一な仕上がりが実現でき、熟練オペレータの不足にも対応できる。また、③その他の効果として、管理または手元作業などのために重機の周囲で作業する人員を削減できることから、安全性の向上に大きな効果があり、設計、測量、制御、結果データ管理の合理化につながる、等があげられた。これらの機械施工を支援するために、マシンガイダンス(操作支援)とマシンコントロール(自動制御)の2つの機能向上が必要である。

また、IT施工技術は、現場での利用にとどまらず、品質管理の適正化のための発注者の監督・検査の支援にとって不可欠であると同時に、受発注者間での情報共有による業務改善にも寄与し、計画や施工管理に関

わる技術者の高度な意志決定を適切に支援するため、情報の有効利用が重要なことも強調された。

これらの技術にとって、3次元設計データを利用することは必須であり、メーカー側から国に対して、設計データの3D情報利用について“早く改善を”との要望が出されている点を、再認識すべきであろう。その意味で、国土交通省が取り組み始めた舗装や土工の出来形管理へのIT技術応用をきっかけとして、海外の

IT施工先進国に遅れることなく、情報化施工が発展していくことを期待したい。

JCMA

【筆者紹介】

上石 修二（あげいし しゅうじ）  
社団法人日本建設機械化協会  
施工技術総合研究所  
研究第三部 次長



## 「建設機械施工ハンドブック」改訂3版

近年、環境問題や構造物の品質確保をはじめとする様々な社会的問題、並びにIT技術の進展等を受けて、建設機械と施工法も研究開発・改良改善が重ねられています。また、騒音振動・排出ガス規制、地球温暖化対策など、建設機械施工に関連する政策も大きく変化しています。

今回の改訂では、このような最新の技術情報や関連施策情報を加え、建設機械及び施工技術に係わる幅広い内容をとりまとめました。

「基礎知識編」

1. 概要
2. 土木工学一般
3. 建設機械一般
4. 安全対策・環境保全
5. 関係法令

「掘削・運搬・基礎工事機械編」

1. トラクタ系機械
2. ショベル系機械
3. 運搬機械
4. 基礎工事機械

「整地・締固め・舗装機械編」

1. モータグレーダ
  2. 締固め機械
  3. 舗装機械
- A4版/約900ページ

● 定 価

非 会 員：6,300円（本体6,000円）

会 員：5,300円（本体5,048円）

特別価格：4,800円（本体4,572円）

【但し特別価格は下記○の場合】

○会員予約販売

〔当協会の本部・支部会員で、平成18年1月末日迄に購入申込みされる場合〕

○学校教材販売

〔学校等教育機関で20冊以上を一括購入申込みされる場合〕

※学校及び官公庁関係者は会員扱いとさせていただきます。

※送料は会員・非会員とも沖縄県以外700円、沖縄県1,050円

※なお送料について、複数又は他の発刊本と同時申込みの場合は別途とさせていただきます。

●発刊予定 平成18年2月上旬

### 社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8（機械振興会館）

Tel. 03 (3433) 1501 Fax. 03 (3432) 0289 <http://www.jcmanet.or.jp>