

(3) 研究第三部の活動紹介 情報化施工

伊藤 文夫

1. はじめに

研究第三部の業務は、主にダムの合理化施工に関する検討およびその施工に関する材料、施工機械・機器の試験、研究、開発や施工計画および積算等の官公庁を発注者とする支援業務を実施してきたが、ここ10年では情報化施工に関する業務が主体となっている。

ここでは、「21世紀の建設現場を支える情報化施工」として施工総研が情報化施工にこれまでどのような関わりを持ち、何をしてきたか、また、今後何をなすべきかの視点に立ち、

①情報化施工の背景と経緯として、情報化施工技術の変遷を概観し、情報化施工に関する施策と施工総研の情報化施工関連業務の実績について示すとともに、

②情報化施工の現状と到達点として、第一期情報化施工推進戦略のレビューより2013年3月の第二期情報化施工推進戦略の策定までの情報化施工の普及・促進状況と施工総研に課せられた情報化施工による効果の検証および情報化施工に対応する人材育成の現状について述べる。次に

③情報化施工のこれからとして、近未来での情報化施工の姿を想像し、それに向かって施工総研のなすべき4点の新たな挑戦を示す。

2. 情報化施工の背景と経緯

(1) 情報化施工技術の変遷

建設施工における自動化技術は、1970年代の製造業の産業ロボット導入による生産性向上に触発されロボット技術として1980年代から研究・開発が進められた。一方、製造業では既に1980年代には、計測技術の高精度化、制御技術の高度化と相まって機械にCADデータを入力して作業装置を制御するNC旋盤が既に実用化されていた。

製造業と比べ建設施工の自動化技術は約20年の開きがあるが、これは建設施工の当時の技術は位置特定技術、重機等の制御技術、情報通信技術が未発達なために現場が期待する作業速度、精度が実現できないことに加え、屋外、単品、受注生産という現場特有の特性により定型化した自動化システムが利用できないと

いう課題があったことによる。

1990年代に入り無線技術の高速化、測量技術、情報処理技術の高精度化、汎用化やPCの普及が進み、2000年代に入り重機をコントロールするマシンコントロール技術、マシンガイダンス技術による情報化施工が普及し始めてきた。

これからの土木建設業は、製造業でのファクトリーオートメーション化やコンカレントエンジニアリング、コンピュータ統合生産により、工場、経営、市場を結びつけたように建設業においても情報化施工技術とネットワークによる各施工のプロセス間のリアルタイムの情報の共有により、更なる生産性の向上が期待される。

(2) 情報化施工の定義と施策

情報化施工の定義、解釈と二つの機能について示す。1985年、アメリカ国防省で兵器の生産性や品質の向上といった兵站目的で提唱された「コンピュータによる軍事の後方支援」の意味であったCALSが時と社会状況の変化により何度かの変遷を経て、約10年後にはCommerce At Light Speed（高速の商取引）となったように、情報化施工の定義（解釈）もCALSと同様、時と社会状況の変化と共に変わってきた。

1970年代では軟弱地盤上の盛土の沈下、トンネル切羽や長大のり面での変状を計測しながら施工する観測施工、現場計測施工を情報化施工と称していたが、1990年代前半、1990年代後半以降と何度かの変遷を経て、現状の解釈としては、「情報化施工とは、“ICTを活用した新たな施工であり、(中略)施工に関わる多種多様な情報を他のプロセスの情報と相互に連携させることにより、建設生産プロセス全体の生産性、施工の品質、さらには建設事業に対する信頼性の向上を図る技術の総称である。(情報化施工推進戦略(2013)より)」と定義されている。

この情報化施工はその機能面から2つの役割を担っている。1つは情報通信技術を用いて建設機械の自動化を図る機能、役割。もう一つは、施工で得られる精緻で質のよい情報を技術者に提供し的確な判断を引き出すという技術者判断の支援の役割を担っている。

次に建設業の生産性向上を目指し情報化施工の普及

促進に対する主な施策を示す。

I. 情報化施工ビジョン (2001.3)

「情報化施工促進検討委員会」(委員長:大林成行 東京理科大学教授(当時))が情報化施工を構築する技術(センシング技術,情報の処理,保存,通信技術,機械制御技術)を分類・整理し,これらを適用,活用した6工種(土工,舗装工,ダム堤体工,トンネル工,基礎工,橋梁上部工)の情報化施工による将来像と効果を示し,技術開発への期待や方向性を提言したものである。

II. 情報化施工推進戦略 (2008.7)

「情報化施工推進会議」(委員長:建山和由立命館大学教授)より3つの重点目標と工事発注者,施工企業,その双方別に28課題を示したものである。

- ①情報化施工の普及:直轄の道路土工,河川土工,舗装工について2012年度までに情報化施工を標準的な施工・施工管理として位置づける
- ②機器・システムの普及:目標①に必要な情報化施工機器,建設機械を調達可能な環境を整備する
- ③人材育成:目標①の実現のために必要となる情報化施工機器・システムに対応できる人材を育成,2012年度までに1,000人以上を目標とする

III. 第二期情報化施工推進戦略 (2013.3)

情報化施工推進会議(委員長:建山和由立命館大学教授)により第二期情報化施工推進戦略(2013.3)が策定された。第一期推進戦略期間の5年間では,建設機械のマシンコントロール(以下,MC)技術やマシンガイダンス(以下,MG)技術を用いた施工,土工におけるTS出来形管理技術など,情報化施工技術に対する認知度は高まったが,情報化施工の導入効果が強く認識されたわけではなかった。

そこで第二期情報化施工推進戦略では情報化施工の更なる普及と展開を図るために,情報化施工を「使う」から「活かす」取り組みに移行することとし,そのための情報化施工の目指す姿を明らかにし,5つの目標と10の取り組みを示した。

- ①現状の情報化施工技術の高度化と適用範囲の拡大
- ②情報化施工の効果が一層得られるよう情報化施工の特性をふまえた施工管理,監督検査の実現と設計や維持管理に関する技術基準の見直しとともに施工中に取得できる精緻な質の良い情報の維持管理での活用
- ③既に技術的に確立している一般化推進技術は,3

年を目途に一般化

- ④公共事業全体の7割を占める地方公共団体等へ情報化施工を普及促進
- ⑤情報化施工の特性を活かし,工期短縮や品質向上等の成果につなげられる人材を確保するための教育・教習の充実

また,国土交通省では建設生産システム全体にわたる効率化を目指し,2つの検討会を立ち上げCIM(Construction Information Modeling)の取り組みがはじまった。

CIMとは,計画,調査,設計段階から3次元モデルを導入し,その後の施工,維持管理の各段階においても3次元モデルに連携・発展させ建設事業全体にわたる関係者間で情報を共有することにより一連の建設生産システムの効率化・高度化を図るものであり,この3次元モデルとは,コンピュータ上に作成した3次元形状情報に加え,材料,部材の仕様,性能,数量,コスト情報等,構造物の属性情報を併せ持つ構造物情報モデルである。

3. 施工総研における情報化施工に関する検討のあゆみ

(1) 情報化施工ビジョン策定前

施工総研は,これまで大型プロジェクト,大規模工事での施工法の検討や維持管理局面,さらには災害復旧に対処する情報化施工機械の研究・開発,実証に関わってきた。情報化施工ビジョン(2001.3)策定前での情報化施工に関する事例を以下に示す。

- ①ダム堤体コンクリートの製造・運搬・打設の自動化検討(図-1)

水資源開発公団滝沢ダム(重力式コンクリートダム,



図-1 ケーブルクレーン外自動化システム検討業務(水資源公団 滝沢ダム建設所 平成8年度)(水資源機構荒川ダム総合管理所 HP より)

堤高 140 m, 堤体積 180 万 m^3) 建設において, ダム堤体コンクリートの製造・運搬・打設の自動化を図ったもので, 堤体コンクリートは, バッチャープラント→循環式バケット→ホッパースーション→ケーブルクレーン→堤体上ホッパー への自動運搬システムについて開発検討した。また, 固定式ケーブルクレーン (13.5 ton) 2 基による同時横行, 巻き上げ制御, ふれ止め防止機能による自動運転など, これら自動化については, 1/60 模型実験によりシステム開発した。

②吊橋ケーブルの補修用作業車 (けれん作業車, ラッピング作業車) の開発 (図—2)

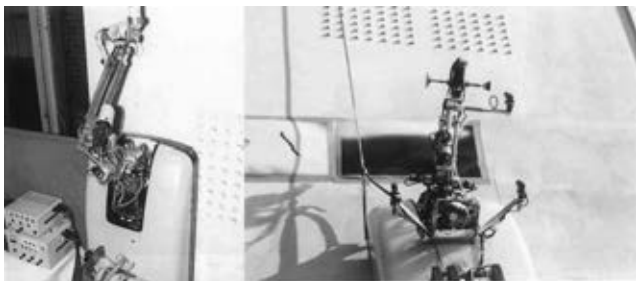
補修用作業車について使用性, 安全性について本施工前に確認したものである。製作工場内での鋼管製擬似ケーブルによる試験と大鳴門橋での 2 スパンでの施工性および 15 スパン分の連続試験を実施し, 今後の建設, 維持管理の基礎資料としたものである。



図—2 吊橋ケーブル補修用作業車 (ケレン作業車, ラッピング作業車) 施工性能調査 (本州四国連絡橋公団 平成 5 年度)

③主塔点検補修用マニピュレータ装置, ロボット塗装装置の実橋実験 (図—3)

主塔塗装の点検と補修作業を永久磁石内蔵車輪を持つ走行装置に 5 軸多関節マニピュレータと遠隔操作により塗装の健全度判定 (複数 CCD カメラ) および不良箇所のタッチアップ (けれんとエアレス塗装ガン) を行う塗装ロボットを開発検討したものである。

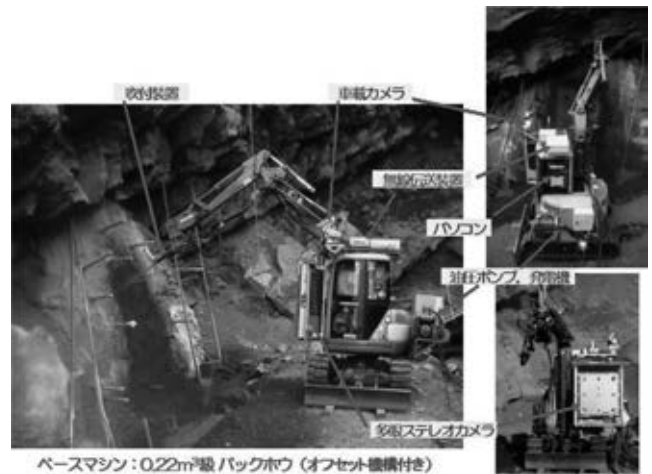


図—3 主塔点検補修用ロボット塗装装置の検討及び実橋実験 (本州四国連絡橋公団 平成 7, 8 年度)

④無人化施工建設機械の開発 (図—4)

富士山西側斜面にある大沢崩れは, 毎年, 平均約 10 ~ 20 万 m^3 の土砂が崩壊・流出しているが, この拡大防止のため標高 2100 m 付近の源頭部工事での無

人化施工技術を検討したものである。土砂の流出は, 堅固な岩盤層とスコリア層の互層となっている岩盤層のひび割れ部に雨水が進入し, その凍結融解により岩の破碎と共にスコリア層が流出, 土石流の発生となるため, スコリア浸食防止工 (掘削, 中詰め, 吹きつけ工, グラウト工) にカメラ車と吹きつけロボットによる無人化施工を検討したものである。



図—4 富士山建設機械無人化施工技術検討業務 (中部地方建設局 富士砂防工事事務所 平成 10, 12 年度)

(2) 情報化施工のビジョン策定後

情報化施工のビジョン策定以降では, トンネルの打音点検システムの開発, 災害復旧工事無人化施工実態調査, 埋設物探査システムの開発検討等の個別案件の研究開発のほかに,

- ① TS を用いた出来形管理
- ② 施工情報の標準化・利活用に関する検討
- ③ 情報化施工に対応した施工管理要領, 監督検査等に関する検討業務

など, 情報化施工の普及・促進に向けた検討業務や情報化施工のメリットを活かす環境整備に対する発注者支援業務が主業務となっている。

(3) 情報化施工の普及を支援する環境整備

情報化施工の普及を支援する環境整備における施工総研の役割・成果として, 工事現場における情報化施工技術の効果検証結果を反映した監督・検査要領, 施工管理要領等の作成支援がある。現在,

- ① TS・GNSS (GPS) 締固め回数管理技術 (監督・検査要領, 施工管理要領)
- ② (土工, 舗装工) TS 出来形管理技術 (監督・検査要領, 施工管理要領)

のほか, TS 出来形管理用の機能要求仕様書案, データ交換標準案の作成支援や TS 出来形管理については

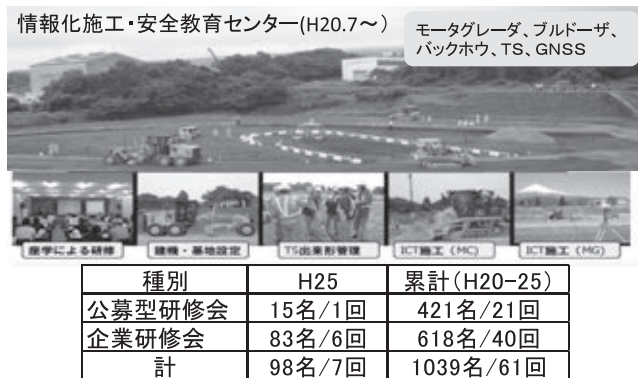
適用工種の更なる拡大を図るため、河川護岸工、擁壁工、土留め工、情報 Box や管路工などの地下埋設物工への適用効果を実証中である。

また、施工総研の情報化施工の普及促進に関しての大きな使命として人材育成がある。

第一期の情報化施工推進戦略が発表されると同時に施工総研構内に情報化施工・安全教育センターを設立し、情報化施工の普及促進に必要な情報化施工機器・システムに対応できる人材を2012年度までに1,000人以上を育成することを目標に情報化施工に関する研修を開始した。

図一5に情報化施工研修会の開催数と受講者数を示す。情報化施工研修には、公募型研修会と企業研修会があり、施工総研が主催する公募型研修会の研修内容は、研修者自らが重機による情報化施工が出来るよう①設計データの作成、②設計データの重機への設定、③施工、④施工管理を学ぶ。

最近の傾向として、企業研修が多く公募型研修会の



図一5 情報化施工研修会の開催数・受講者数

回数が増加傾向にあるが、これは情報化施工が中小の企業にも普及しはじめ、また、各地で研修、見学会等が企画・開催され研修機会が広まってきているためと想定される。新たな情報化機器が開発され、情報化施工の適用工種も拡大していることを受け、研修内容を施工者のニーズに対応した実践的内容に改善する取り組みを今年度よりはじめています。

4. 情報化施工のこれから (新たな挑戦)

国土交通省の積極的な取り組みの背景もあり、情報化施工という言葉とMC/MGやTS出来形等のいくつかの情報化施工技術の普及と認知度が向上してきた。しかし、情報化施工の導入目的は単なる技術の普及や導入ではなく、現場の正確な情報を技術者に提供することで現場の生産性向上やリスクの低減のマネジメントを実現させることである。現状を踏まえつつ、情報化施工の目指す姿として近未来での情報化施工の姿を想像し、それに向かって施工総研のなすべき新たな4点の挑戦を示す。

(1) 現場マネジメントの支援技術としての定着 (図一6)

現場での確かなマネジメントを行うためには、多くの情報を必要とするが、現場のデータを安く効率的に取得し技術者判断が可能な情報へと変換する技術が必要となる。さらに、情報化施工技術を多くの工事現場で利用可能とするためには、複雑な操作ではなく直感的な操作で多くの情報を扱えるインターフェースが不可欠



図一6 情報化施工の目指す姿の実現に向けて

となる。例えば、iPhone などのアプリケーションの多くは操作説明書やマニュアルがなくても多くの人が利用できる。土木工事においても同様にシンプルな機能で直感的な操作で扱える技術となることが期待されており、この実現に向けた研究・開発と現場での適用性検証を行う。

(2) 新規技術の発掘と活用方法の検証 (図一6)

情報化施工技術は MC/MG 等に限った技術ではない。今後も技術者判断を支援する情報化施工技術が持続的に研究・開発されることが理想である。この実現のためには、生産性向上に寄与するためのニーズ(技術と情報)を常に発信して技術開発を促すことと、第三者の視点での効果検証・情報公開を継続的に実施することが重要となる。さらに、新規技術を公共事業で効果的に活用できる環境の整備が必要となる。施工総研には、新規技術の開発支援、評価、生産性向上を実現するための環境整備(要領や基準類)といった役割が求められていると認識している。

(3) 防災・減災としての活用 (図一7)

例えば現状の遠隔操作では、映像という限られた情報をもとに作業を行う必要があるため、MC/MG といった操作支援は有効となる。しかし、MC/MG を有

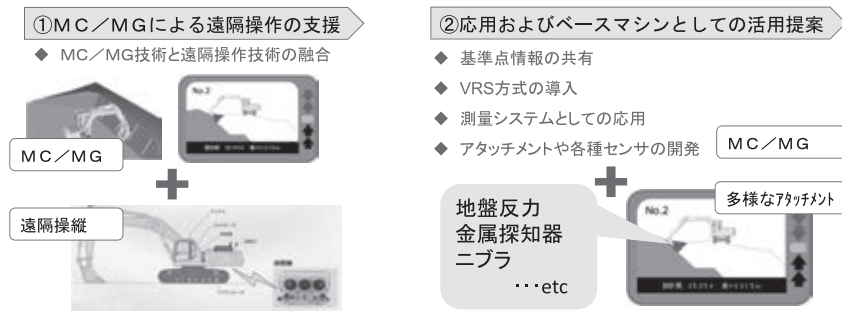
効に利用するためには、作業指示となる設計データを如何に迅速に簡易に準備できるかが重要となる。このためには、現場の状況をセンシングする技術も欠かせない。

MC/MG ではその位置情報を有していることから、レーザスキャナーや写真測量、無人ヘリコプターといった技術との併用や MC/MG のアタッチメントとして組合せることでより確実に簡易に情報を取得する方法の実現も検討していきたい。

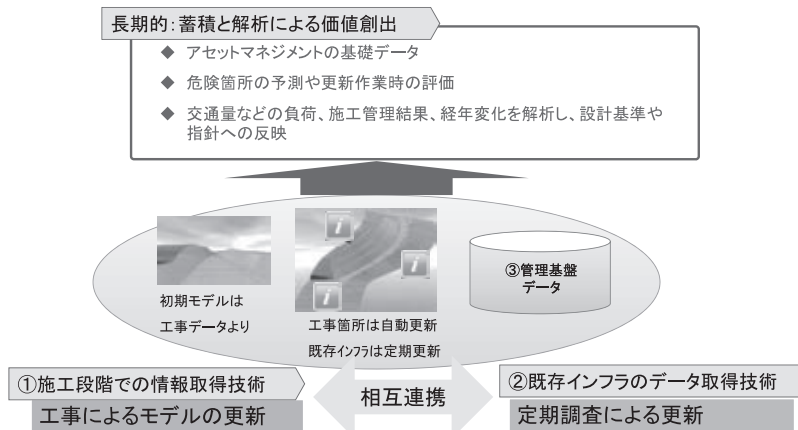
(4) CIM との連携 (図一8)

近い将来には、既存インフラの老朽化と施工者のみならず発注者の人材不足となることが多くの資料で取り挙げられている。この様な状況から管理や点検の見落としリスクの回避や問題の早期発見と省人化は必要不可欠となるが、このために施工段階の情報を戦略的に蓄積していくことが必要となる。

現状では施工段階の情報と設計基準、施工段階の情報と管理時のトラブルや症状を関連づけた情報はほとんど見受けられないが、施工段階の情報を蓄積・解析することで新たな発見や知見への反映が期待できる。これらのプロジェクトは一朝一夕には実現しないが長期的な視点での戦略を以って実行していく必要がある。



図一7 防災・減災としての活用手法検討



図一8 長期的視点での CIM との連携検討

5. おわりに

“使うから活かす”が新戦略のテーマとなっている。施工技術総合研究所の使命は、建設事業の生産性を向上させるために、現場を知り、現場のニーズを知り、施工や社会インフラの維持管理に関わる多くの関係者の皆様と連携し、新機種の研究、開発およびそれらの実証支援、さらに技術基準等を見直して、新工法が活躍出来る環境を整備することにある。施工技術総合研究所には幸いにして効果検証に欠かせないフィールドがある。また、現場ニーズと新規技術のマッチングを行う意見交換（異分野技術者との交流会）などの場もあることから、これらを有効に活用して情報化施工技

術が「人力から機械化に次ぐ第三の技術革命」と呼ばれるにふさわしい技術への実現を目指して今後も一層の努力をする所存である。

関係各位の皆様のこれまでのご支援・ご協力を感謝しますとともに今後ともご支援を宜しくお願い申し上げます。

J C M A

【筆者紹介】

伊藤 文夫（いとう ふみお）
（一社）日本建設機械施工協会
施工技術総合研究所
研究第三部 部長

