

情報化施工の普及促進に関する研究

荒井 猛¹・遠藤 和重²・藤野 健一³

¹総合政策局 建設施工企画課 (〒100-8918 東京都千代田区霞が関2-1-3)

²国土技術政策総合研究所 情報基盤研究室 (〒305-0804 茨城県つくば市旭1)

³独立行政法人土木研究所 先端技術チーム (〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6)

北海道開発局 事業振興部 機械課 (〒060-8511 北海道札幌市北区北8条西2)

東北地方整備局 企画部 施工企画課 (〒980-8602 宮城県仙台市青葉区二日町9-15)

関東地方整備局 企画部 施工企画課 (〒330-9724 埼玉県さいたま市中央区新都心2-1)

北陸地方整備局 企画部 施工企画課 (〒950-8801 新潟県新潟市中央区美咲町1-1-1)

中部地方整備局 企画部 施工企画課 (〒460-8514 愛知県名古屋市中区三の丸2-5-1)

近畿地方整備局 企画部 施工企画課 (〒540-8586 大阪府大阪市中央区大手前1-5-44)

中国地方整備局 企画部 施工企画課 (〒730-8530 広島県広島市中区上八丁堀6-30)

四国地方整備局 企画部 施工企画課 (〒760-8554 香川県高松市ポポト3-33)

九州地方整備局 企画部 施工企画課 (〒812-0013 福岡県福岡市博多区博多駅東2-10-7)

情報化施工は、これまで実証試験工事を通じた施工管理や品質確保での有効性などが確認されている。しかし、情報化施工の導入は一部の比較的規模の大きな工事などに限られているのが現状であり、これらの本格的な普及を図る必要がある。

本研究は、情報化施工の普及を目指して策定された「情報化施工推進戦略」や戦略に基づく各種の取り組み、さらに情報化施工を直轄工事に導入し、効果検証等を行う試験施工の結果について報告するものである。

キーワード 情報化施工, ICT(情報通信技術), GNSS, トータルステーション(TS), 3次元CAD

1. はじめに

情報化施工とは、建設生産プロセスのうち「施工」に注目し、ICT¹(情報通信技術)の活用により各プロセスから得られる電子情報を活用して高効率・高精度な施工を実現、さらに電子情報を他プロセスに活用することで、建設生産プロセス全体における生産性の向上や品質の確保を図ることを目的とした建設施工システムである。

当初は、トンネル工事、シールド工事、基礎工事などの特殊な工事において、施工の信頼性を確保するために地山状況を計測しながら施工する観測施工に始まった。近年、測量・制御・通信・センサ技術の進歩により、建設機械の自動化技術や情報の統合利用技術を用いた情報化施工が、汎用の建設機械を用いる土工事や舗装工事など一般的な土木工事の一部大規模工事を中心に導入されつつある。しかし、我が国の公共土木工事では様々な課

題により、本格的な普及に至っていないのが現状である。

本研究は、情報化施工技術の現状と課題、試験施工などでの取り組みなどを報告するものである。

2. 研究概要

(1) 研究目的

本研究の目的は、建設施工の効率化を目的として「情報技術を活用した建設施工の効率化に関する研究」¹⁾²⁾にて実施した国土交通省の直轄事業でのICT(情報通信技術)導入の試みを受け、公共土木事業における情報化施工の本格普及と建設生産システムの高度化を図るために、産官あげて取り組むべき幅広い課題を抽出・整理すると共に、積極的に現場試行工事を行う中での効果把握や課題対応について2カ年で検討するものである。

(2) 研究内容

情報化施工を公共土木工事において普及させるための幅広い取り組みとして、産学官の有識者からなる委員会と、より詳細な議論を行う「基準・制度的な検討を行うWG（官主体）」と「情報化施工機器類の技術的な検討を行うWG（産主体）」を立ち上げ、情報化施工の導入効果や普及の課題を幅広く抽出・整理し、その対応方針を策定した。この方針に沿って、情報化施工に対応した施工管理要領や基準類の検討、データ共有や標準化の検討、技術者育成や普及のための情報発信などの取り組みを進めている。また、地方整備局等における直轄工事現場で試験施工を行っていく中で様々な取り組みを実践・検証すると共に、効果の把握や改良すべき点の抽出を行うものである。

3. 普及のための「情報化施工推進戦略」の策定

近年の建設施工においては、将来の人口減少・少子高齢化、施工品質確保への要求、技術競争力確保、安全・環境への配慮などを背景とした各種の課題があり、その対応が求められている。情報化施工の導入により期待される高効率化・高品質化は、これらの課題に対応するものであり、発注者・施工者双方にとって強力なツールとなる可能性を有している。

情報化施工の本格的な普及を目指し、産学官による『情報化施工推進会議（委員長：建山和由 立命館大学教授）』が2008年2月に設置され、普及に向けて解決すべき課題の抽出、対応方針や役割分担、スケジュール等について議論されてきた。その議論の成果として、情報化施工の戦略的推進のための指針となる「情報化施工推進戦略」（以下、「推進戦略」という）が2008年7月に策定・公表された。

推進戦略では、一部の情報化施工が技術的には既に実用段階にあることから、普及に向けた環境の整備が大きな課題であるとの認識の上で、情報化施工の普及を戦略的に推進することを目的としている。

(1) 建設施工を取り巻く課題

近年の建設生産システムにおいては、将来の人口減少・少子高齢化、施工品質確保への要求、技術競争力確保、安全・環境への配慮などを背景とした各種の課題があり、その対応が求められている。推進戦略では、建設施工を取り巻く課題として、以下の課題を示している。

a) 生産効率の向上

建設施工はこれまで、かつての人力施工から建設機械の導入、さらには建設機械の性能の向上という「建設施工の機械化」により、その生産効率を高めてきた。

しかしながら、今後予想されている人口減少・少子高齢化の急速な進展や、グローバル化の爆発的進展、地球

規模での資源・環境問題という状況下においても、建設施工がその役割を果たすためには、これまでの機械化をさらに推し進めるだけでなく、ICTを活用することにより、製造業における自動化技術やコンクリートエンジニアリングによる最適化技術などを建設施工にも適用し、投入する資源（エネルギーや資材等）を少なくする効率的な施工を実現していくことが、将来の重要な課題となることが予想される。

b) 熟練技術者・技能者の不足

我が国は、人口減少社会を迎え、若年労働者不足が大きな課題となっている。その中でも建設産業は、厳しい経営環境の下で賃金が低下傾向にあるなど労働条件等の悪化が進み、若年労働者の入職者減少、熟練技術者の高齢化が急速に進展しており、団塊世代のリタイアに伴い、今後、急速に熟練労働者が不足することが予想される。

c) 発注環境の変化と品質確保の重要性の高まり

品確法の施行や技術を評価指標とする入札契約方式（総合評価方式、プロポーザル方式）の普及、発注者責任の明確化と公共工事の調達システム全体の見直し・検討など発注環境が大きく変化している。さらにダンピング入札の増加などを背景に手抜き工事などの不良工事の危険性増大が指摘される中、良質な社会資本を国民に提供するために、より適切かつ効果的な監督・検査を実施することが発注者に求められている。

d) 施工現場の安全確保

過去5カ年間（H14～18）での建設業（土木工事）における死亡者数のうち、約1/4は建設機械との接触・下敷き・挟まれなどによるものであり最大の要因となっている。この死亡事故を回避するには、人と建設機械を混在させない対策が効果的であり、建設機械との接触事故の危険性が高い区域への検測作業員・作業指示者・作業補助員の侵入回避が求められている。

e) 地球温暖化問題

建設産業は、我が国全体の約1割のCO₂排出量を占めており、建設機械の効率的な稼働による燃料消費量の削減が求められている。

f) 国内外における技術競争力

産業のグローバル化が進む中、我が国の建設業の海外受注額も近年増加している。今後、国内はもちろん広がる海外市場を獲得するためには、所定の施工品質を工期内に実現できる高い技術力と高い生産性が必要である。

g) 社会資本の補修・維持管理費増大

高度成長期に建設された社会資本が老朽化を迎えることから、補修・維持管理費が今後、急速に増大することが予想され、経済的で効率的な補修・維持管理手法を確立することは喫緊の課題である。

高効率・高品質な施工を実現し、さらに電子情報データを他の建設施工プロセスに活用できる情報化施工は、これらの課題に対応するものであり、発注者・施工者双方にとって、強力なツールとなる可能性を有している。

(2) 情報化施工技術の現状

建設施工における自動化技術は、製造業における産業ロボット導入による生産性向上に触発され、1980年代に研究・開発が進められた。しかし、当時の技術は、建設施工向けの位置特定技術、移動体制御技術、情報通信技術が未発達で、常時施工場所を移動しながら施工する建設施工に利用するレベルになかったため、現場の期待する作業速度、精度が実現できないという課題を抱えていた。

その後、通信に関する規制緩和や通信技術の発展、TS²（トータルステーション）やGNSS³（汎地球測位航法衛星システム）などの位置特定技術の開発・普及などに伴い、2000年代に入って建設施工に利用できる環境が整い、実用化に向けた研究・開発が進められた。

近年では、設計データに基づいて建設機械の作業装置を数値制御するマシンコントロール技術（写真-3-2-1）、設計データに基づき掘削線をモニタ画面上で示し丁張り不要とするものや盛土の締固めた回数をモニタ画面上で示すことで無駄・不足の無い施工が行えるマシンガイダンス技術（写真-3-2-2、写真-3-2-3）、設計データに基づき効率的に出来形管理が行える技術などが開発されており、これらは既に実用段階にある。



写真-3-2-1 マシンコントロールの建設機械



写真-3-2-2 マシンガイダンスの建設機械



写真-3-2-3 TS・GPSによるローラの締固め管理技術

さらに、振動ローラの加速度応答を用いて締固め品質を管理するような新たな品質管理技術についても、実用化に向けて各種の研究・開発が進められている。その他、3次元CADやGIS（地理情報システム）を用いて施工プロセス全体で情報を共有化するような情報の統合管理技術が導入されている事例もある。

(3) 情報化施工の普及によるメリット

a) 国民のメリット

情報化施工の導入により、施工時の品質データが記録されることで、土木構造物本体の品質のトレーサビリティが確保されることとなる。これにより、国民が土木構造物をより安心して使用できる環境が得られ、完成後も必要に応じて施工品質を追跡でき、手抜き工事の防止や、瑕疵に対する責任の所在が明確化できる。

また、建設機械の数値制御や施工情報の統合管理技術の導入によって、建設機械の作業効率が向上するほか、目視が困難な夜間作業でも効率的な施工が可能となり、結果的に工事期間が短縮される。さらに、建設機械の作業効率が向上することで、建設機械の稼働時間が短縮され、燃料消費量（CO₂発生量）の削減効果も期待される。

b) 工事発注者のメリット

工事発注者のメリットでは、出来形・品質に大きな影響を与える施工データ、材料データ、建設機械の稼働情報などが人手を介さずに連続的に把握でき、施工者と共有することが可能となる。これらのデータは、工事発注者の監督・検査時の判断材料の1つになり、監督・検査業務を効率化できるとともに、施工管理が確実に実施されていることが確認できるようになる。

また、3次元設計データが、施工段階で“川下”へと流れていくデータ連携の仕組みが構築でき、それを受発注者間で共有できれば情報の切れ目がなくなり、情報連携不足によるトラブルやミスの防止が図られるとともに、双務性が高まる事が期待される。さらに、施工データが電子化されることで書類作成を極力省略することが可能となる。これらにより、一層の合理化が受発注者ともに期待できる。

設計面では、従来の施工方法よりも精度の高い施工が実現することで、これまで設計で考慮されてきた施工のばらつきに対する安全率の見直し等による設計のスリム化につながる可能性がある。これにより、土木構造物の建設コスト削減が期待できる。また、施工に関する情報量が増えることで、技術者がデータに基づく合理的な判断を行うことができるようになる。

さらに、施工中に得られる施工データを土木構造物のカルテとして活用し、メンテナンス履歴に統合していくことで、例えば点検における管理基準値データとして活用して補修箇所を特定・予測するなど、合理的・効果的に補修・維持管理を行い、メンテナンスコストを削減で

きる可能性がある。

c) 施工企業等のメリット

建設機械のマシンコントロールは設計データが建設機械に入力されているために現場への丁張りの設置作業が大幅に削減するほか、数値制御の導入により建設機械の作業効率も大幅に向上するため、工期短縮や省人化が図られる。これらの作業効率の向上が建設施工コストの縮減につながるものと考えられる。

施工品質でのメリットとして、情報化施工では、現場の詳細地形データや3次元設計データを用いて、施工手順のシミュレーションやマシンコントロールを行うため、オペレータの熟練度に大きく依存しない施工速度や施工品質の確保を実現することが可能となる。

また、施工現場の安全性向上についても、情報化施工における建設機械の自動制御は、施工機械との接触事故の危険性が高い区域内に検測作業員が侵入するリスクの低減や土工板が自動制御されることで、オペレータは車両の運転に集中でき、操作ミスによる事故の低減が図られるといったメリットが考えられる。

(4) 情報化施工の普及に向けた課題と対応方針

建設施工を取り巻く課題や状況の変化への対応などを背景としつつ、技術的には既に実用段階にあることから、普及に向けた環境の整備が大きな課題である。

推進戦略においては、普及に向けた課題について、以下に示す工事発注者の課題、施工企業等の課題、共通課題という3つに大きく分類し、各々の対応方針などを示している。

a) 工事発注者の課題

情報化施工の普及に向けた工事発注者の課題としては、施工管理手法および監督・検査の情報化施工への対応が考えられる。

情報化施工で得られる連続的な施工データを監督・検査に適用することにより、工事発注者として求める出来形・品質が実現していることを、より確実に確認できる。しかし、施工データに対する工事発注者、施工者の共通理解と、情報化施工に対応した施工管理手法が整備されなければ、施工者に二重の施工管理を求めることとなり、本来の導入目的が達成できない。

このため、情報化施工を用いた施工管理を的確にかつ効率的に実施できる施工管理要領やマニュアルの整備を行う。

また、現状の基準類の多くは、従来手法によるノウハウの蓄積を前提に構築されている。情報化施工による施工精度の向上や、新たな品質管理手法に適応した設計基準の見直しを行う。

このように工事発注者は、情報化施工という“ツール”を普及・活用させるために情報化施工に対応した施工管理・監督検査手法などの“ルール”の見直しが必要である。さらに、情報化施工技術を導入するには、建設

機械に3次元設計データを入力する必要があるが、この入力用データは、発注者から提供される設計図書（平面図、縦断図、横断図等）から読み取り、手作業で作成している非効率な状況にある。このため、施工での利用に必要な情報を整理し、CALS/ECの活動とも密接に連携することで、数値データとして施工者に提供するための環境整備を図る必要がある。

b) 施工企業等の課題

情報技術の革新は非常に速く、情報技術の名称や機能名が不統一、公表資料が分散しているなど、利用可能な技術やその効果についての情報収集が容易でない。このため、各社が販売・導入している情報化施工の技術内容やその導入効果、発注者の評価、海外での導入事例や効果、導入の理由などを収集し、導入を検討している施工企業や発注者が容易に参照、情報共有できる仕組みを構築することとしている。

一方、情報化施工に対応するために建設機械の改造（制御機器の搭載等）にコストがかかるだけでなく、情報化施工に対応した建設機械の数が少ないため、現場への輸送コストがかかることも普及の阻害要因となっている。今後、大規模工事だけでなく、中小規模の現場へ情報化施工を普及させるには、アタッチメント方式による情報化機器の搭載が可能な建設機械のオプションを拡大するとともに、情報化施工機器・ソフトウェアのリース・レンタルの拡大等により、ユーザが容易に調達できる環境整備を図る。

c) 共通課題

情報化施工を構成する主要技術は、機械制御技術、油圧制御技術、TS・GNSSによる測量・測位技術、3次元設計データを扱う情報利用技術など多岐にわたる。現在は、情報化施工を導入している施工企業の企業内教育や測量機器メーカーの製品講習会などを通じて、現場の技術者やオペレータを育成している状況にある。情報化施工を導入していない施工企業においては、これらの技術を習得する方法がない。この点では、工事発注側の技術者についても同様である。情報化施工の普及を促進するために、工事発注機関、施工企業、建設機械メーカー、測量機器メーカー、レンタルメーカー等の協力の下、共通の研修体制を構築し、情報化施工に対応できる技術者を育成することとしている。

(5) 課題解決のための試験施工とロードマップ

情報化施工の普及にむけた課題解決に向けて、必要な検討体制を整備するとともに、現場での試験施工や各種の制度等を活用するなどにより、具体的な検討を実施することとしている。

各課題については、試験施工を通じて従来施工と比較検証しながら解決すべき内容が多い。このため、今年度は、実用段階にある技術を中心に一部の直轄工事において、河川土工・道路土工・舗装工（路盤）などの工種に

ついて、以下の観点から試験施工を実施する。

a) 試験施工の目的の明確化

試験施工の実施にあたっては、それぞれ以下のような視点から目的を明確化し、各課題を一体的に取り組むこととしている。

- ①技術の検証（研究開発段階にある技術）
- ②新たな品質管理手法の検証（研究開発～実用化段階にある技術）
- ③生産性（施工効率）の検証（普及段階にある技術）
- ④情報化施工に対応した監督・検査の実施（普及段階にある技術）
- ⑤試験施工を通じた情報発信（研究開発～実用化～普及段階にある技術）

b) 試験施工の実施方法

試験施工は、総合評価方式や設計・施工一体型など多様な入札契約方法を活用しつつ、実施することが考えられる。このため、関係する工事の発注機関への協力要請を行い、連携して進めることとしている。また、試験施工では、工事発注者・施工者などを対象に情報化施工の周知を目的とした見学会を行うこととしている。

c) ロードマップ

推進戦略では取り組むべき課題とその目標及び関係を示したロードマップ（図-3-5-1）が示されている。これらの目標達成に向けて各関係機関が協力して対応方針を示した項目の検討・実施を推進することとしている。

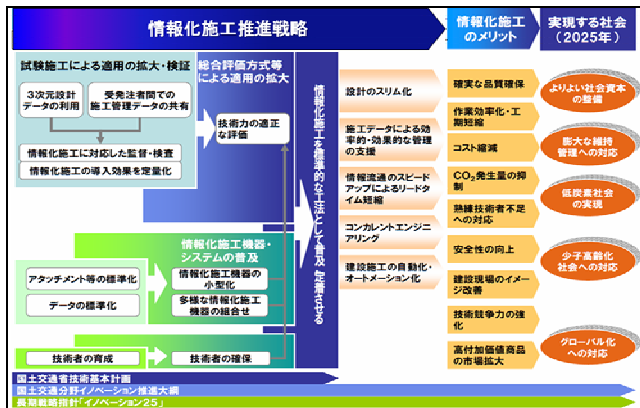


図-3-5-1 ロードマップ

4. 普及に向けた工事発注者の課題への取り組み

3. (4)a)で述べた課題への取り組み項目として、「施工管理手法及び監督検査の情報化施工への対応」、「情報化施工を前提とした基準の見直し」、「標準化の推進（受発注者間のデータ共有）」があげられる。

(1) 施工管理手法及び監督検査の情報化施工への対応

a) 概要

公共事業では、設計（発注図書）に沿った工事目的物

が所要の品質を満足したものとなるよう、施工中の受注者による管理や完成時の発注者による検査を行っているが、それらは土木工事施工管理基準などに拠って厳格に行われている。しかしながら、この施工管理基準（出来形管理、品質管理）などは、従来の施工方法を前提に構築されたものであり、情報化施工の特徴を活かし効率的に行えるものではない。そのため、施工者は、情報化施工機器で得られる情報でリアルタイムに施工管理し施工へ反映させているが、監督・検査のために、施工後に従来の施工管理手法で再度行うという二重の手間を強いられ効率化の阻害となっている。

そこで、現行の情報化施工機器で得られる情報を用いることが出来る環境整備として、施工管理要領やマニュアルの整備を進めるものである。

b) 施工管理データを搭載したトータルステーションによる出来形管理要領(案)の策定

「情報技術を活用した建設施工の効率化に関する研究」²⁾の成果を受け、道路土工を対象に、従来のレベルや巻尺による出来形計測に代わり、3次元設計データを搭載したトータルステーション(以下、「出来形管理用TS」と言う)を用いる手法(図-4-1-1)についての出来形管理要領(案)の策定を行った。

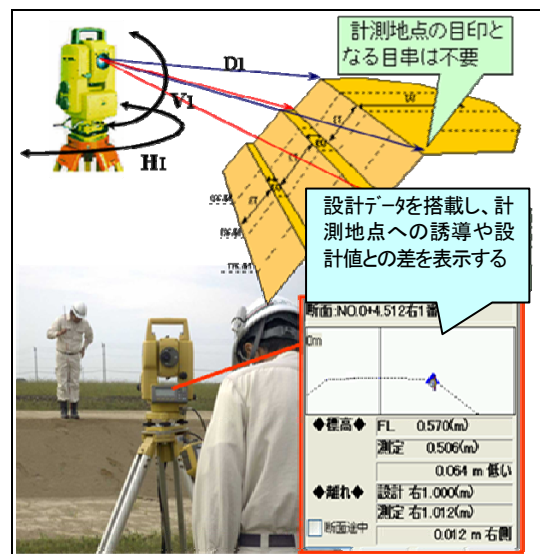


図-4-1-1 出来形管理用TSによる計測手法

出来形管理用TSで、基本設計データ作成ソフト、TS搭載ソフト、出来形帳票作成ソフトより構成され、従来とは作業の流れが変わってくる。(図-4-1-2)

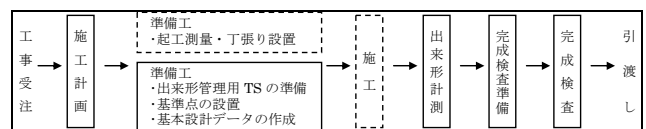


図-4-1-2 出来形管理用TSによる作業の流れ

情報化施工では機器に搭載された3次元座標の設計デ

ータに基づき作業を行うが、それを準備工で作成する必要があり、そのデータの信頼性確保は重要である。そのため、施工者は基本設計データのチェックを行い、結果をチェックシートで監督職員に提出することとした。

また、施工管理の1つに不可視部分をリボンテープやピンポール等と「工事名、工種、測点、設計寸法、実測寸法、略図」を記載した小黒板を写し込み出来形寸法の確認が行える等を規定した「写真管理基準(案)」があげられるが、出来形管理用TSではテープ等を用いて計測する必要が無く、計測データから転記ミスなく帳票類が作成される。

道路土工の盛土の出来形管理において、従来のレベルや巻尺では、決まった断面で「幅、長さ、高さ」を計測(表4-1-3)し出来形管理を行うものである。一方、出来形管理用TSでは、出来形管理基準や帳票類は現行に従うものの、「道路中心線形又は法線、法肩、法尻などの3次元座標値」を計測(図4-1-4)し、その座標データから「幅、法長、高さ」をソフトで自動算出させる。

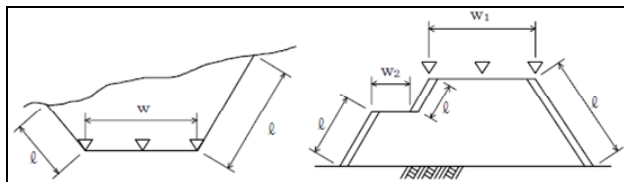


図4-1-3 出来形計測対象(従来)

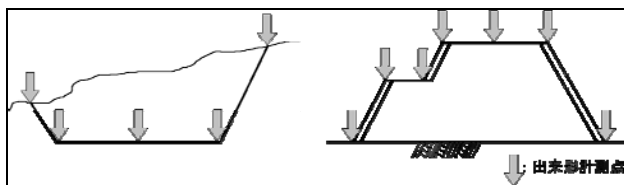


図4-1-4 出来形計測対象(出来形管理用TS)

上記のような従来手法との変更点を含め、出来形管理用TSの取り扱い方法、計測方法、及び具体的手順などを明確化した出来形管理要領(案)を策定した。

当初、道路土工を対象に策定したが、河川土工、舗装工、道路地下埋設物、道路付随工などへ工種拡大を図ると共に、工事完成図や沈下管理など新たな分野への利用場面拡大を図るための検討を行っている。

また、TS以外にも3次元座標の計測が行える効率的な技術が開発されていることから、それらの導入の検討も行っているところである。

(2) 情報化施工を前提とした基準の見直し

これまでの施工管理において、構造物の品質確認はそのための検査に係わる手間等も考慮し、現実的に実施可能な検査点数や管理地点などが設定され、「点」としての代表値によって確認が行われていた。情報化施工では、施工と同時に様々な指標を計測できることから、全体的

な、いわゆる「面」的管理を行うことが出来るため、従前に比べて品質欠陥箇所が明確化されるなど、高度な品質管理を行うことが出来る。

その一方で、情報化施工により自動的・連続的にデータを収集するためには、対象とする指標を自動的に計測できるパラメータに設定する必要がある。現在の盛土締固め管理要領では、砂置換法やRI密度計により「密度」が測定されているが、これらの方法では施工と同時に連続的な計測が出来ないことから、情報化施工では別の測定方法や代替指標を設定する必要がある。なお、既に情報化施工の一環として、土の締固め管理においては事前の締固めテストによって目標とする密度に対応する締固め回数を設定し、締固め回数を密度の代替指数に設定する手法が実用化されている。

土木研究所では平成21~23年度を研究期間として、従来の施工管理方法をベースとした現行管理基準にとらわ

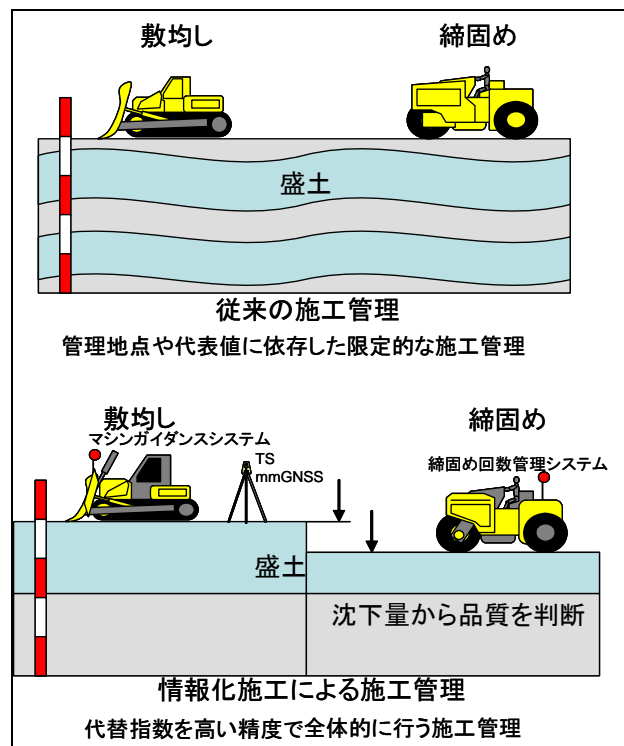


図4-2-1 情報化施工に適した施工管理指標による施工のイメージ

れずに、品質を向上させるための新たな管理基準とその確認方法(統計的処理含む)の検討を行っている。

ここでは、基礎実験、各整備局等の試験施工データ等の分析を通じて、

- ・ 管理指標の代替として、例えば密度を締固め時の沈下量によって測定する可能性
- ・ 従前の密度管理に加えて加速度応答による土の「強度」そのものを測定する概念の導入の可能性
- ・ 多点観測データを活用した合理的な管理基準値の設定

等、盛土の性能に応じた施工管理基準の検討や目的・性能に応じた施工・品質管理技術の体系化を図ることを目的とした研究を進めている。(図-4-2-1、図-4-2-2)

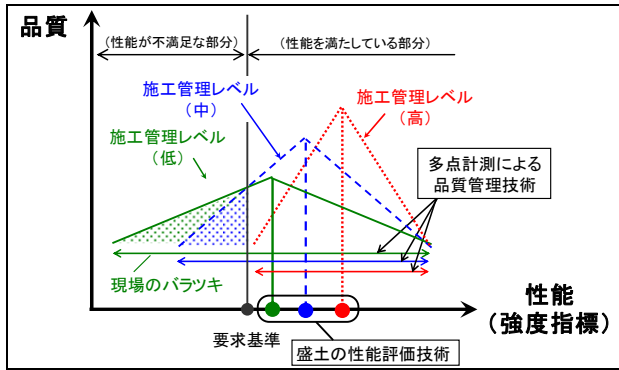


図-4-2-2 施工管理技術の検証のイメージ

(3) 標準化の推進

a) 標準化の目的

建設施工において、ICT（情報通信技術）の導入が進み、施工情報を電子化及びネットワークによって流通させることにより、組織間、事業段階における情報の交換、共有、連携が図られ、コスト縮減・品質の確保・向上、事業執行の効率化等が可能となる。

しかし、これまでは一定以上の規模や現場内でのコスト償却が可能であることを前提として開発されたシステムが多かったため、データ互換が考慮されず、使用するデータ定義も非公開で転用ができなかった。

そこで、施工時に流通される情報の流れ（情報モデル）とデータ活用に際して取扱うデータの標準化について研究を進め、データの転用を可能とすることで、情報化施工を現場で普及促進させることとした。

b) 標準化の内容

データ交換標準に関する研究は、発注者・受注者ニーズを踏まえた建設機械のデータ交換を対象にしており、必要となる交換情報（データ項目）の抽出、各データ間の関係性（主従や継承など）を明確にしたうえで、データ構造を定義した。(図-4-3-1)

具体的には、各データの関係性を表現した情報モデル（UMLクラス図）、コンピュータへの入出力データの規定となる実装スキーマ（XML Schemaで定義したスキーマなど）およびデータ辞書を作成した。(図-4-3-2、図-4-3-3)

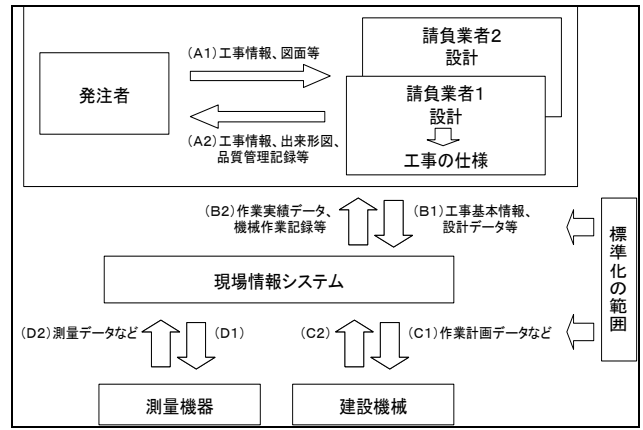


図4-3-1 施工におけるデータの流れ

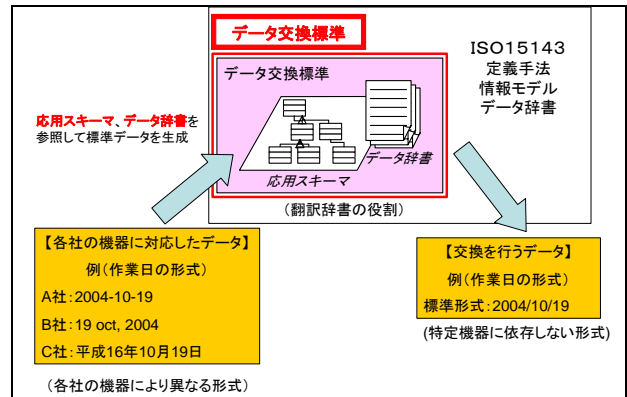


図 4-3-2 データ交換標準（例）

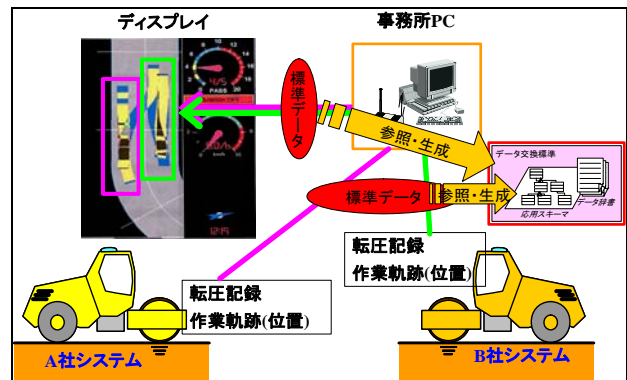


図 4-3-3 機械施工における情報の標準化

情報化施工においてデータ交換標準を利用することは、施工において複数の施工情報を効率よく管理することができるとともに、建設機械の目標を示す丁張に代わり機械オペレータに目標位置を示すマシンガイダンス等の支援システムやマシンコントロールによるブレード制御による敷ならし等の情報通信技術の利用を拡大させ、生産性の向上や品質の確保に寄与するものと考えられる。

成果の一部は、2008年12月にISO（国際標準化機構）事務局より承認を受けた ISO15143 Worksite data exchange 「Part1: System architecture」 「Part2: Data dictionary」に反映された。

5. 地方整備局等での取り組み

普及に向けた各課題の解決に向け、3. (5) で述べた通り、実際の工事において、従来施工との比較検証を通じ、技術の確認、導入効果の把握、要領や基準類策定に向けたデータ収集、要領類の検証などを行うと共に、直轄事業に携わる受発注者の情報化施工に対する認識度向上を図る必要がある。このため、以下に示す試験施工を実施した。

(1) 平成 20 年度試験施工の実施

平成 20 年度より実用段階にある技術（表-5-1-1）を中心に一部の直轄工事において、河川土工・道路土工・舗装工（路盤）などの工種について、試験施工を実施している。

表-5-1-1 主に試行に利用した情報化施工技術

| 情報化施工技術 | 使用する建設機械 | 作業内容 |
|-------------------|---------------|--------------------|
| マシンコントロール技術 | ブルドーザ グレーダ | 掘削 巻き出し 敷き均し |
| マシンガイダンス技術 | バックホウ | 掘削 |
| TS・GNSSによる締固め管理技術 | ローラ | 締固め |
| TSによる出来形管理技術 | TS | 出来形計測 |

a) 試験施工対象工事と技術内容

平成 20 年度に全国で試験施工を実施した工事は 39 件（河川土工 13 件、道路土工 12 件、舗装工 10 件、ダム他 4 件）であった。1 工事で複数技術を試行する現場もあり、52 技術を実施しており、その工種と技術内容を図-5-1-1 に示す。舗装工ではマシンコントロール技術が多いのに対し、土工ではその他の技術がほぼ同数利用されている。

この件数には国債工事などの工事発注形態により、導入効果検証などの調査がこれから実施される工事も含まれており、平成 21 年 6 月末時点では、23 件（河川土工 8 件、道路土工 5 件、舗装工 7 件、ダム他 3 件）の試験施工の導入効果等を記録した調査票が提出されている。

23 件の試験施工において実施した情報化施工技術の内訳は図-5-1-2 に示すが、TS による出来形管理が多い。

23 件の試験施工に携わった請負業者の業者ランクと対象工種を図-5-1-3 に示す。舗装工（路盤工）では A ランクの割合が高い。

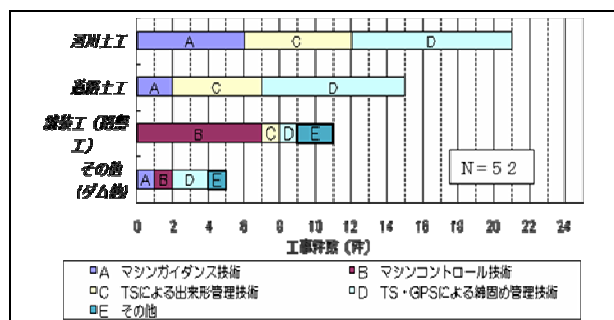


図-5-1-1 平成 20 年度の試験施工の工種と技術

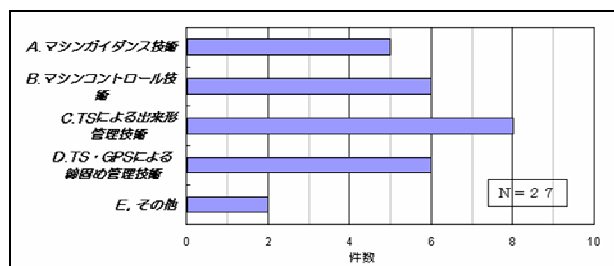


図-5-1-2 試行結果の情報化施工技術の内訳

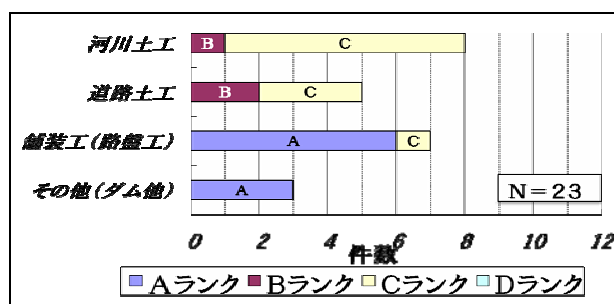


図-5-1-3 試行結果の情報化施工技術の内訳

b) 試験施工の調査項目

試験施工を実施する工事では、作業効率の検証・施工品質の改善や既存の施工管理要領（案）の改善点抽出などを目的とした調査を行った。調査は試験施工を実施する請負者・発注者双方に対して行われた。

請負者が行う調査は、工事規模・使用機器・作業時間などの実態調査、施工管理データの収集、路盤完成後の仕上り高さなどを目的とした詳細調査及び情報化施工の導入メリットや課題などをアンケート調査した。また発注者側の調査は、当該工事を担当する監督職員・検査職員に対し、情報化施工導入にあたってのメリットや課題などをアンケート調査した。

c) 試験施工の調査結果

試験施工のうち平成 21 年 6 月末時点で収集できたデータによる暫定的なものであるが、各地方整備局等において取り組まれている試験施工の調査結果について、その一部を以下に示す。

① 作業効率について

マシンコントロール技術を搭載したモータグレーダによる舗装工の路盤工（敷均し・不陸整正作業）での作業

量を標準施工（土木工事積算基準書記載の施工量）と比較したものが図-5-1-4である。さらに油圧ショベルのマシガイダンスによる床堀・河道掘削作業の作業量を比較したものが、図-5-1-5である。

いずれも工事件数が限られたデータであるが、単位時間の作業量が増え、作業効率が4～5割向上している。この作業効率は、現場の施工量や施工者の情報化施工に関する習熟度などにより増減するものと考えられるが、直轄工事においても一定の効果が期待できる。

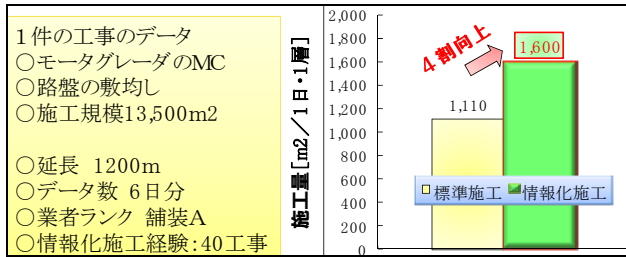


図-5-1-4 MC グレーダの試行結果 (1 事例)

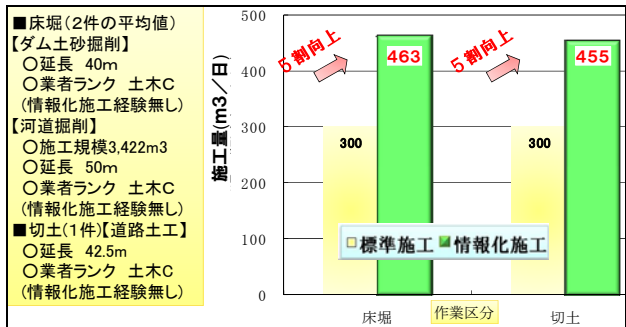


図-5-1-5 MG 油圧ショベルの試行結果 (3 事例)

② 施工品質について

施工品質の事例として、図 5-1-6 にマシンコントロール技術を搭載したモータグレーダによる路盤工の仕上がり高さの平坦性（バラツキ）を示す。

1 件でのデータであるが、左端・中心・右端いずれも平均値は目標値とほぼ同じであり、誤差についても最大で±10 mm程度の範囲内で仕上がられており、施工管理基準の規格値の±40mm の 1 / 3 程度に収まっており、非常に高い精度で均一な施工が行えている。

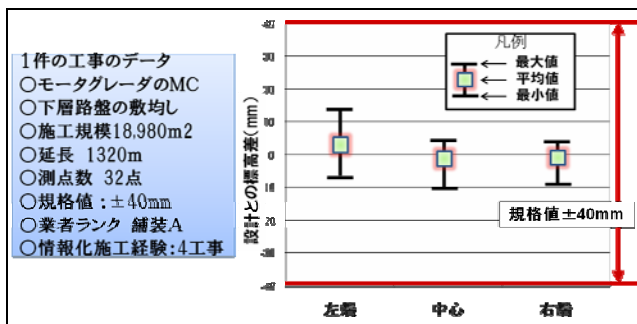


図-5-1-6 MC グレーダの施工精度

③ 請負者・発注者へのアンケート調査について

請負者（現場代理人等）と発注者（監督職員、検査職員）から、情報化施工の試験施工で感じた導入効果と課題があげられた。（表 5-1-2）

想定された導入効果以外の回答と共に課題も収集することが出来た。これら収集した課題については、その対応策を検討を行っていくこととなる。

なお、本稿で紹介した試験施工調査票集計結果は平成 21 年 6 月末時点で各地方整備局等より回収された調査票をまとめたものであり、試験施工全体の結果を示すものではない。今後、調査票の充足や更なる分析を行い、導入効果の検証、課題の抽出を図る予定である。

表-5-1-2 受・発注者のアンケート結果

| | 発注者側 (監督・検査職員) | 請負者側 (現場代理人など) |
|-------|---|--|
| 主な効果 | ①工期短縮、品質の向上 ②リアルタイムなデータ確認 ③安全性の向上(検測作業など) | ①施工効率、品質の向上 ②施工ミスの低減 ③転圧回数の視覚的な判断 ④熟練オペ不足への対応 |
| (回答例) | TS・GPS締固め回数管理は、従来の砂置換法に対して密度管理結果がリアルタイムに得られている | 水系などのセンサー類設置の必要性とその作業が無くなり、作業スペースが確保でき、かつ、時間とコストの削減につながる |
| 主な課題 | ①情報化施工に対応した施工管理基準の周知 ②GIS、施設台帳等への反映 ③技術者育成 | ①GPS、無線などの通信エラー ②機器類の耐久性 ③購入、調達費用が高価 ④技術者の不慣れ(機器、データ作成) |
| (回答例) | ①自動で作成されるデータ類のシステムの整合チェックが必要 ②原本性が確認できないものは成果として疑問 | 施工箇所の不具合(掘削部)やGPS衛星の状況により、無線およびGPS通信のトラブルが発生 |

d) 試験施工に関する課題

試験施工での詳細調査から、一部の導入効果は推定できるが試験施工の件数が少なく限定的な結果に限られているため、全般的な評価についてはこれからの試験施工の成果によらなければならない。このため、平成 21 年度は試験施工の件数拡充に向けた更なる協力を地方整備局等をお願いする次第である。

(2) 発注者側の人材育成・広報活動

推進戦略に示されているように情報化施工の普及にあたっては、情報化施工について知識や経験を有した発注者の人材育成が不可欠である。昨年度より各地方整備局等においては、職員研修や講習会等にて情報化施工に関する技術内容、導入効果、活用事例などが紹介されている。さらに試験施工実施工事を対象に情報化施工の見学



写真-5-2-1 見学会の状況

会が開催されている。(表-5-2-1、写真5-2-1)

今後も、継続的にこのような人材育成や工法活動に取り組む予定である。

表-5-2-1 人材育成の状況

| | これまでの実績(12/17まで) | 今後の予定 |
|----------|--|---|
| 情報化施工見学会 | 延べ14回 延べ422人参加 | 各地方を巡回して計画中 中部はすべて4/21モデル工事で実施予定 |
| 職員研修 | 【東北】 「建設現場技術研修Ⅱ」:出雲野上-豊前官庁舎 1回 【関東】 「情報化施工勉強会」:10回 【中部】 「建設現場 情報化施工」:12回 【北陸】 「建設マネジメント技術研修」:2回 【近畿】 「ふらり河の勉強会:建設系職員」:2回 【中国】 「建設現場 情報化施工」:12回 【九州】 「建設現場研修」:出雲野上-豊前官庁舎:1回 | 【東北】 「建設現場技術研修Ⅱ」 【関東】 「建設現場 情報化施工」 【中部】 「建設現場 情報化施工」 【北陸】 「建設マネジメント技術研修」 【近畿】 「ふらり河の勉強会:建設系職員」 【中国】 「建設現場研修」 |
| 講習会・勉強会 | 【中部】 「建設ICT向上セミナー」:4回:官民全体 「ICTモデルケース」:300名:官民全体 【近畿】 「建設現場 情報化施工」:1回 | 情報化協会との協働による地方での講習会 【中部】ICTer- |
| 外部研修会等 | JCOM情報化施工研究会:150名:官民全体 | |

(3) 地方整備局での推進体制の事例

中部地方整備局において、ICT 導入による効率化・高度化による生産性向上・行政サービス向上・現場技術力強化を図ることを目的として、受発注者及び開発者等の関係者が一体となり、技術普及・現場支援・技術研究を行うため、一般公募で募集した会員を取り組み内容でチーム編成した「建設 ICT 導入研究会」を設立した。

| 名称 | 活動内容 | 構成 |
|-----------|---|---|
| 事務局 | ・研究会の統括・運営全般 ・広報 | ・中部地方整備局 ・各チームの代表者等から構成 |
| マネジメント委員会 | ・技術評価、運営管理 | |
| 技術普及チーム | ・ICT の建設分野への普及方策検討・実施 ・研修会等を開催、情報化施工技術者を育成 | |
| プロジェクト | ・サテライト会員、施工現場等からの相談窓口 | ・公募から選ばれた建設ICTに関する知識及び経験又は意欲がある個人、団体、法人 ・無報酬 |
| 現場支援チーム | ・情報化施工工事の現場に出向き、施工業者への指導、アドバイス等の技術的支援 | |
| 技術研究チーム | ・モデル現場を踏まえ、各種基準・要領等の構築研究(3D-CAD 基準、施工管理基準、監督要領等) ・情報化施工技術にかかわる機材等の要素技術の構築研究 ・海外や他分野を踏まえ、調達全体でのICT 導入の研究 | |
| サテライト会員 | ・研究会が主催する現場見学会、講習会、研修会等のプログラムに参加(実費負担) ・建設ICTに関する意見照会等に参加 | ・本研究会の趣旨に賛同した個人、団体、法人 |

図5-3-1 建設ICT導入研究会

6. まとめ

今回は、「情報化施工推進戦略」の策定と戦略に基づく発注者の情報化施工の普及に向けた環境整備、及び平成 20 年度に行われた試験施工の結果の一部を報告した。

推進戦略では、情報化施工普及の阻害要因を抽出・整理し、今後の対応方針を示している。なかでも施工管理手法及び監督検査の情報化施工への対応や技術者の育成、データ交換・共有等は本省、地方整備局等及び研究機関が連携して喫緊に取り組む必要がある。

また、試験施工の調査結果では従来工法と比較し、作業効率の向上、施工品質の向上が確認できたものの、限られたデータによるもので、今後の試験施工での更なる

データ拡充が必要となる。アンケート調査からもメリットが確認できるといった意見がある一方で、課題も指摘されており、これらを分析・改善することで、普及を加速させたい。

7. おわりに

情報化施工で目指している ICT を利用した機械制御や計測ならびに技術者判断の高度化は、建設イノベーションと呼ぶに値する革新的な技術であり、これまでの建設施工のイメージを変え得る可能性を有している。

今後、積極的に情報化施工を導入する姿勢を示すと共に各種の環境整備を図り、情報化施工を広く普及させていくことが本研究の最も重要な目的である。

このため、今後予定されている試験施工への関係各機関の協力を強くお願いしたい。試験施工を通じて、現場での関係各機関が情報化施工を「使ってみよう」と思える環境作りが重要である。

謝辞: 本研究を実施するにあたり情報化施工推進会議(委員長:立命館大学教授建山和由)、(社)日本建設機械化協会 情報化施工委員会(委員長:鹿島道路(株)常任顧問福川光男)及びそれら傘下の各ワーキンググループをはじめ省内外の多くの方々にご指導・ご協力頂いた。ここに感謝の意を表するものである。

付録(英語語)

¹ICT: Information and Communication Technology

(情報通信技術)

²TS: Total Station (トータルステーション)

³GNSS: Global Navigation Satellite System

(汎地球測位航法衛星システム)

参考文献

- 1)平成 16 年度 情報技術を活用した建設施工の効率化に関する研究 総合政策局建設施工企画課他
- 2)平成 17 年度 情報技術を活用した建設施工の効率化に関する研究 総合政策局建設施工企画課他
- 3)情報化施工推進戦略 情報化施工推進会議
- 4)情報化施工推進会議(第1~6回)資料 情報化施工推進会議
- 5)ISO15143 Worksite data exchange 「Part1:System architecture」 「Part2:Data dictionary」