



情報化施工

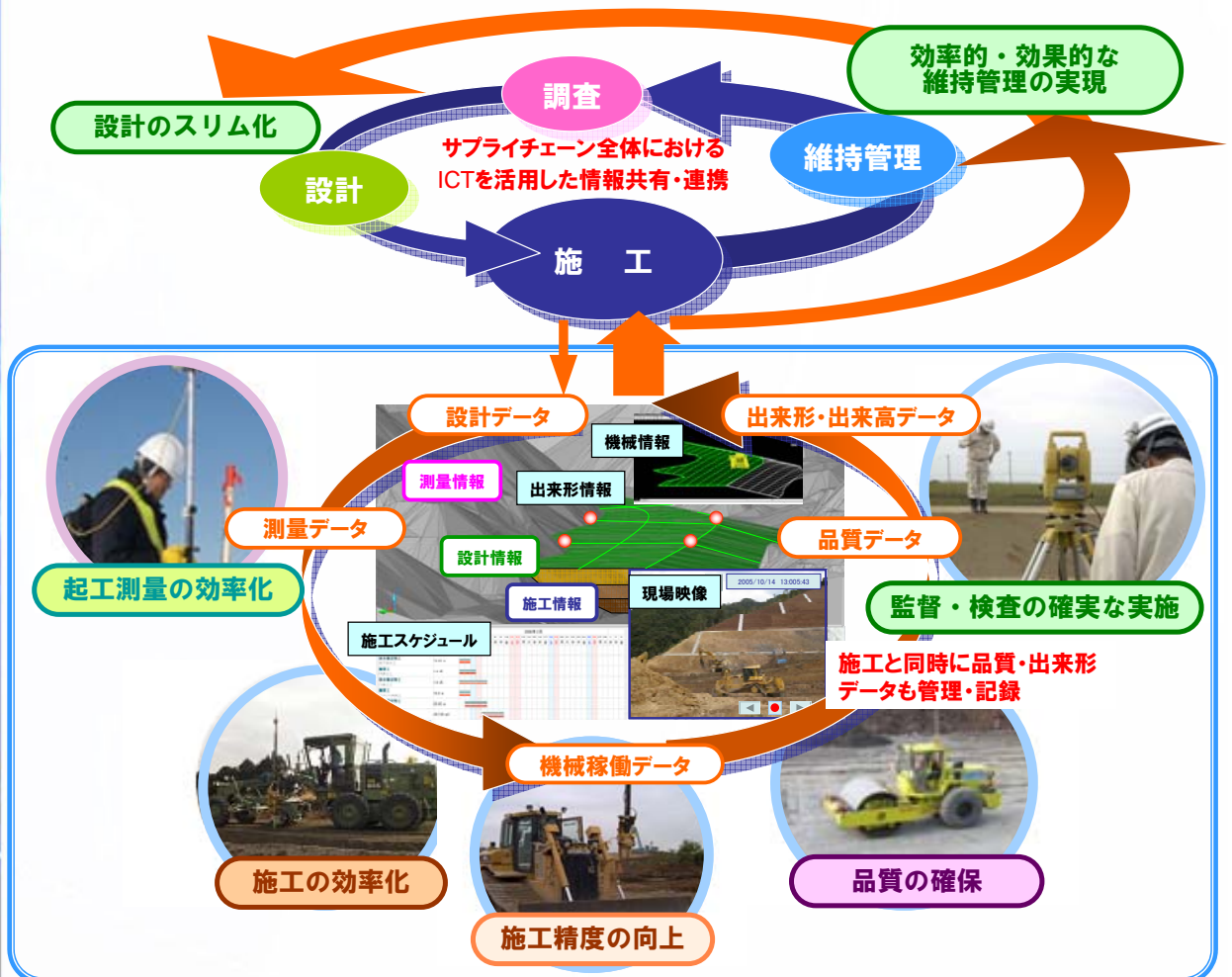
～ICTや制御技術、測量技術を融合した建設施工革命を目指します～

北陸地方整備局
企画部 施工企画課

情報化施工とは

情報化施工は、建設事業の調査、設計、施工、監督・検査、維持管理という建設生産プロセスのうち「施工」に注目して、ICT※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するものです。さらに、施工で得られる電子情報を他のプロセスに活用することによって、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ものです。

※ICT:Information and Communication Technology(情報通信技術)



情報化施工の背景

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、多くのロボット技術として1980年代に研究・開発が進められました。

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作業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ました。これに加え、屋外・単品・受注生産という現場の特性により、定型化した自動化システムが利用できないという課題もありました。

その後、通信に関する規制緩和や通信技術の発展、TS※やGNSS※などの位置特定技術の開発・普及などに伴い、2000年代に入ってようやく建設施工に利用できる環境が整い、前述の技術的な課題解決に向けた研究・開発が進められました。

近年になると、設計データを搭載した建設機械が作業装置を自動制御するマシンコントロールシステムが市販化されるなど、建設施工への自動化技術が実用化の段階を迎えました。

一方、制度面においても、性能規定発注方式や総合評価方式などの入札契約方式の導入や「公共工事の品質確保の促進に関する法律(品確法)」の施行など、公共工事の品質の確保や技術力による評価の重要性が高まるとともに、公共投資の減少にも対応できる効率的な生産システムが求められるようになってきました。

このような背景のもと、最近では一部の大規模現場や高精度施工が必要な舗装工事などにおいて、情報化施工を適用した事例が増加しつつあります。

※TS: Total Station(トータルステーション)。1台の機械で角度(鉛直角・水平角)と距離を同時に測定することができる電子式測距測角儀のこと。計測した角度と距離から未知点の座標を瞬時に計算でき、計測データの記録及び外部機器への出力も可能。

※GNSS: Global Navigation Satellite System(汎地球測位航法衛星システム)。人工衛星からの信号を用いて位置を決定する衛星測位システムの総称。米国が運営するGPS 以外にも、ロシアで開発運用しているGLONASS、ヨーロッパ連合で計画しているGalileo などがあり、日本で計画されている準天頂衛星にもGNSS としての機能を持たせることが計画されている。

情報化施工の特徴

情報化施工技術は、施工会社、建設機械メーカ、測量機器メーカ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ます。

● 現場作業の効率化（工期短縮・省人化）を実現します

現場の詳細地形データや3次元設計データを用いて、機材配置の確認や施工手順のシミュレーションを実施することによって、初期設計ミスの事前修正や施工手順の確認が可能となり、現場作業を効率的に行うことができます。また、マシンコントロールおよびマシンガイダンスシステムでは、設計データが建設機械に入力されているため、現場への丁張りの設置作業が大幅に削減されます。

● 熟練者不足にも対応できます

マシンコントロールシステムやマシンガイダンスシステムを導入することによって、オペレータの熟練度に大きく依存しない施工速度や出来形・品質、施工の安全性が確保できます。また、施工の出来形・品質をリアルタイムに確認しながら作業を行うため、施工ミスが低減できる。さらに、従来のサンプリング箇所のみでの確認ではなく、面的に確認することも可能となります。

● 工事現場の安全性が向上します

検測の省力化は、施工機械との接触事故の危険性が高い区域内への検測作業員の立入りを極力少なくすることができます。また、排土板等の作業装置が自動制御されるため、オペレータは建設機械本体の運転に集中できることから、作業の負担が軽減し、操作ミスによる事故の低減にも寄与すると考えられます。

● 建設現場のイメージが変わります

いわゆる3K（きつい、汚い、危険）のイメージでとらえられがちな工事現場が、ICTを駆使した先進的な生産現場へと転換し、高効率、高品質かつ安全な生産活動を実現することで、他産業と比べて良好とは言えない建設現場の作業環境が改善され、建設産業が若年就業者にとって魅力のある産業へと転換していくことも期待できます。

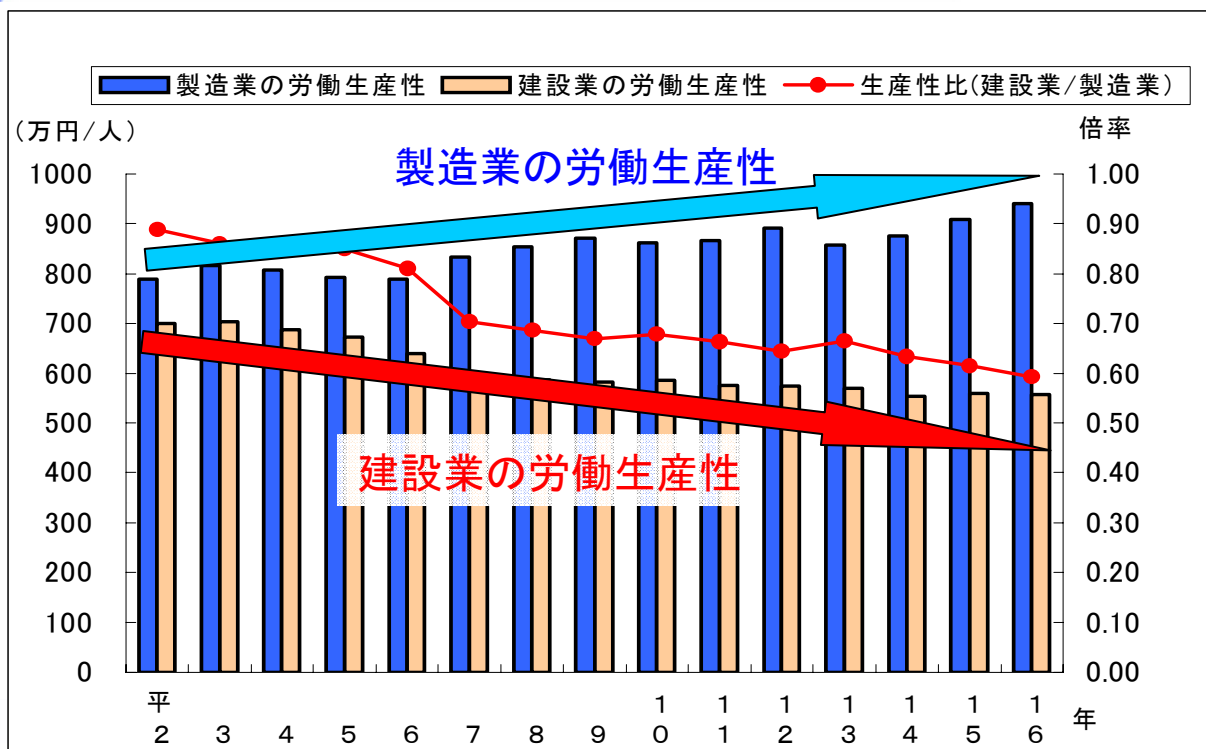
● 技術競争力が強化できます

情報化施工は、時間的制約が厳しい工事においても所定の出来形・品質を実現可能なことから、技術競争力を強化するための手段として有効です。例えば、舗装工事や鋼橋上部工事などで、交通規制日数等の短縮が期待できることから、総合評価方式の技術評価において高い評価を受けている事例も報告されています。

● 高付加価値の商品市場が拡大します

情報化施工の普及に伴い、建設機械メーカや測量機器メーカにおいては、付加価値の高い情報化施工機器の市場の拡大が期待できます。また、データ交換標準など、情報化施工技術を国内外で共通利用できる環境の整備が進むことによって、容易に海外市場への参入が可能となります。

建設産業における課題



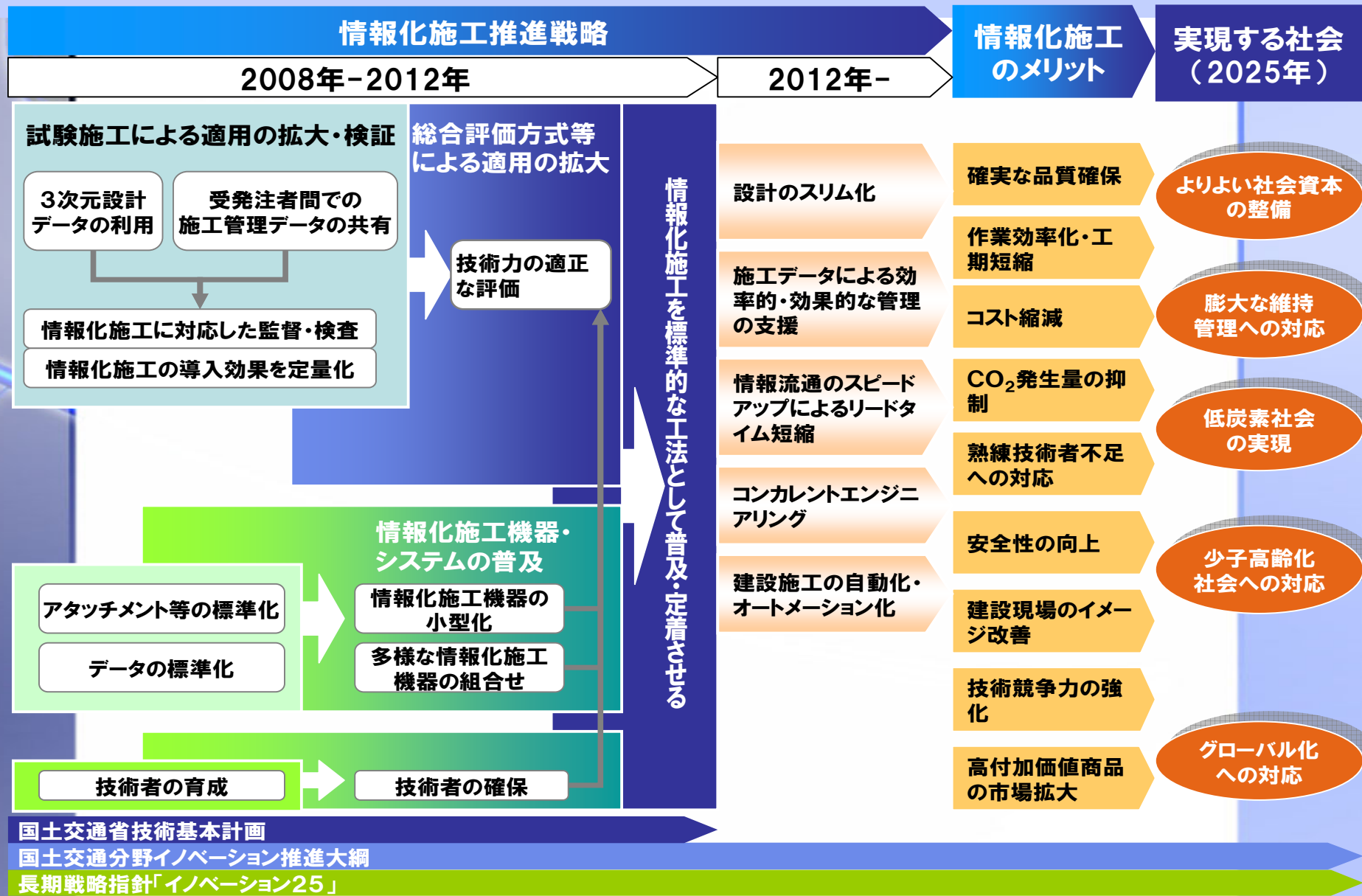
(注) 国民経済計算年報による。

名目労働生産性は、経済活動別国内総生産(名目)／経済活動別就業者数で算出。

○建設産業としての主要課題

- ・他の業種に比べて低い建設業の労働生産性
- ・就業者の高齢化、熟練労働者不足
- ・危険・苦渋作業が多く存在する労働環境

情報化施工の将来構想



情報化施工事例①

ブルドーザや油圧ショベル等のマシンガイダンス技術

オペレータに対して、施工対象物の設計形状を、施工中リアルタイムで画面表示・提供するマシンガイダンス技術がブルドーザや油圧ショベル等による掘削・整形作業に用いられている。

ブルドーザでは大規模土工事における掘削作業などで導入実績があるほか、油圧ショベルではダム工事における掘削作業や法面整形などでの導入事例がある。

技術概要	GNSSとセンサ等の組み合わせで建機・作業装置の位置・標高を取得後、設計データとの差分を算出してオペレータに提供する技術
導入効果	施工の効率化(丁張りレス等)、品質確認
対象機種	ブルドーザ、油圧ショベル等
対象工種	土工(掘削工、法面整形工:切土部・盛土部)、ダム基礎掘削工
技術レベル	大規模造成(ダム)で実用化 無線装置との組合せにより無人化施工においても実用化
要領・マニュアル	なし
図・写真等	<p>油圧ショベルのマシンガイダンスシステム技術(例)</p>

情報化施工事例②

・ グレーダやブルドーザ等のマシンコントロール技術（敷均し）

舗装工事やダム工事において、グレーダやブルドーザを用いた敷均し作業やフィニッシャによる舗装作業に、マシンコントロール技術が積極的に導入されている。大規模造成工事(ダム、空港)に多数の導入事例がある。また最近では、中小規模工事の路盤工への導入実績が増加しつつある。

技術概要	TS(トータルステーション)やGNSS、もしくは回転レーザを用いて、建設機械の作業装置の位置・標高をリアルタイムに取得し、設計データとの差分に基づき制御データを生成し、作業装置を制御
導入効果	施工効率の向上(丁張りレス等)、出来形・品質の確保
対象機種	グレーダ、ブルドーザ、フィニッシャ
対象工種	土工(掘削工)、路盤工(盛土工:敷均し)、ダム基礎工(掘削工)、舗装工
技術レベル	測量機器メーカーにより既に商品化
要領・マニュアル	なし
図・写真等	<p>グレーダのマシンコントロール技術(例)</p>

情報化施工事例③

・ TS・GNSSを用いた出来形管理技術（道路土工／河川土工）

TSやGNSSを用いた測量機器を用いて施工対象物の出来形形状を3次元座標で計測し、出来形管理に用いる手法が、大規模造成（空港等）、ダム骨材採取工等で用いられている。国土交通省では、中小規模への普及促進に向けて、これらの3次元測量技術を用いた試行工事を通じて適用性の検証を行い、直轄工事の道路土工、河川土工、海岸土工、砂防工を対象とした、TSを用いた出来形管理要領（案）としてとりまとめている。

技術概要	TSやGNSSで取得された位置および位置群を、出来形値（基準高、長さ、幅）等に抽出・変換するとともに、設計データとの差分を算出・提供
導入効果	現場作業の効率化（目串レス、測量効率の向上）、人為的ミス防止（データ記録・保管による野帳記録不要、転記なし）、任意点管理の効率化（誘導）、技術者判断の早期化（その場で設計との差分提供）
対象機種	TS・GNSS
対象工種	土工、舗装工、ダム基礎工（掘削工）など
技術レベル	TS、GNSSともに既存技術であり、すでに普及段階にある。
要領・マニュアル	施工管理データを搭載したTSを用いた出来形管理要領（案）
図・写真等	<p>施工管理データを搭載したTSを用いた出来形管理技術（例）</p>

情報化施工事例④

ローラの軌跡管理による面的な品質管理技術（締固め）

締固め作業中のローラの走行軌跡を記録し、締固め回数管理を行うシステムは、測器メーカー、総合建設業者等が開発・実用化が進んでおり、ダム堤体盛立工（ロックフィルダム、RCDダム）、大規模造成現場（空港、ダム）、道路土工を中心に多数の導入実績がみられる。国土交通省では、本技術を用いた締固め情報化施工管理要領（案）をとりまとめており、砂置換法、RI計法と併せて第3の管理方法と位置づけている。

技術概要	GNSSやTSで建機の位置を取得し、平面上に設けたメッシュ毎に締固め回数をカウントし、試験施工で確認した規定回数との差を、オペレータに提供する技術
導入効果	品質(回数)確認、品質確保
対象機種	ローラ
対象工種	土工(盛土工:締固め)、ダム堤体工(締固め工)
技術レベル	GNSS、自動追尾TSを用いた、重機への後付けが可能なシステムが実用化されている。レンタルでの調達も可能
要領・マニュアル	TS・GPSを用いた盛土の情報化施工締固め管理要領(案)
図・写真等	 <p>ローラの軌跡管理による面的な品質管理技術(例)</p>

情報化施工事例⑤

ブルドーザ等による面的な品質管理技術（厚さ）

大規模造成工事や災害復旧工事において、ブルドーザやローラの面的な位置を記録し、オペレータに対して施工中の品質（前層との差分による厚さ）などをリアルタイム提供する技術も商品化されている。大規模土工やダム工事などで自主管理値として利用されている。

技術概要	GNSSを用いて、建設機械の作業装置の位置・標高をリアルタイムに取得し、前層との差分に基づく面的な厚さや数量を提供する技術。
導入効果	施工効率の向上(丁張りレス等)、出来形・品質の確保
対象機種	ブルドーザ、ローラ
対象工種	土工(盛土工:敷均し、締固め)
技術レベル	測量機器メーカー等により既に商品化。
要領・マニュアル	なし
図・写真等	<p>ブルドーザによる面的な品質管理技術(例)</p>

情報化施工事例⑥

・ 振動ローラの加速度応答による面的な品質管理技術（強度）

施工中に計測される、振動ローラの加速度応答から、地盤の剛性や密度を判定するシステムにより、施工中リアルタイムに、面的な締固め品質を評価できる。海外では実用化されており、本技術を用いた品質管理手法も確立されているが、国内ではダムや大規模土工で試行的に用いられている段階である。

技術概要	GNSSで建機の位置を、加速度計で入力振動に対する加速度応答を取得し、加速度応答の特性変化を算出・オペへの提供。特性変化は、地盤係数との相関性が高いとされる。
導入効果	品質確認、施工の効率化(不要な締固め作業の排除)、面的な品質管理による締固め品質の確保・均一化
対象機種	振動ローラ
対象工種	土工(盛土工:締固め)、ダム提体工(締固め)
技術レベル	研究段階
要領・マニュアル	なし

図・写真等



振動ローラの加速度応答による面的な品質管理技術(強度) (例)

情報化施工事例⑦

・ TSを用いた出来形管理技術（厚さ）

従来、部分的な掘起しやコア採取により確認してきた路盤やアスファルト舗装の施工層厚について、TSを用いて各層の仕上がり高さを測定し、各層の標高の差から把握する技術について、直轄工事現場における試行工事が実施されている。さらに、TSを用いて任意の測定箇所から得られた測定値を統計処理する新たな管理手法について研究が進められている。

技術概要	TSによる舗装各層の仕上がり高さを測定し、面的な出来形形状を記録する技術
導入効果	TSによる舗装厚確認頻度の向上
対象機種	TS
対象工種	舗装工(路盤工、基層・表層工)
技術レベル	TSは既存技術であり普及段階にある
要領・マニュアル	なし
図・写真等	<p>目盛間隔1m 設計値5.0cm 最大値5.3cm 最小値4.9cm 平均値4.15cm</p> <p>厚い</p> <p>薄い</p> <p>各層の高さの差から厚さを算出して、分布を確認</p> <p>各層の出来形を面的に取得</p> <p>TS</p> <p>表層 基層 路盤</p> <p>TSを用いた出来形確認技術(厚さ)(例)</p>

情報化施工事例⑧

・ 非接触赤外線温度計を用いた面的な品質管理技術（温度）

非接触式温度計を用いた舗設温度計測は、舗装工事会社の自主管理手法として、通常の舗装現場で用いられている。本システムのレンタルでの調達も可能である。

技術概要	舗装建機に搭載した非接触赤外線温度計により連続的に品質（舗設温度）を確認する技術。近年、GNSS付きローラ等の建機位置との組合せにより、面的な舗設温度の履歴管理が可能
導入効果	品質確保
対象機種	ローラ
対象工種	舗装工（基層・表層工）
技術レベル	一部で商品化。管理基準が未検討
要領・マニュアル	なし
図・写真等	 <p>非接触赤外線温度計を用いた面的な品質管理技術（温度）（例）</p>

情報化施工事例⑨

各種強度試験による盛土の品質管理技術（強度）

面的な品質(強度)管理の実現を目的として、砂置換法やRI法による密度試験など従来の品質管理手法より簡易的で、設計上考慮した強度を直接的に取得可能な計測手法について、空港の舗装現場(路盤工)などで試行的に用いられている。

技術概要	品質(強度)を容易に取得出来る原位置試験器により品質(強度)を確認する技術。試験位置が取得可能な走行装置等との組合せにより、面的な強度管理が可能
導入効果	品質確保。管理の効率化
対象機種	振動ローラ
対象工種	土工、舗装工(路盤工)
技術レベル	研究段階
要領・マニュアル	なし
図・写真等	<p>各種強度試験による盛土の品質管理(強度)(例)</p>

情報化施工事例⑩

無線付き温度計を用いたコンクリートの品質管理技術（積算温度）

ダム堤体の外部コンクリートの強度発現を、非破壊にて推定する手法の一つとして、一部ダム堤体工の外部コンクリート打設に試行的に用いられている。

技術概要	品質(コンクリート内部温度)の経時変化を取得・記録し、データを受信したパソコン上で品質(積算温度)を確認する。ダム堤体の外部コンクリートの型枠をスライドする時期の判断(強度発現の確認)での利用を目指している。
導入効果	品質確保(原位置での強度確認、型枠スライド時期の明確化)、工程調整の最適化(型枠スライド時期の明確化)
対象機種	—
対象工種	ダム(コンクリートダム、RCDダム)
技術レベル	実用レベル
要領・マニュアル	なし
図・写真等	<p>無線付き温度計を用いたコンクリートの品質管理(積算温度)(例)</p>

情報化施工事例⑪

建設機械や生産設備の稼働記録を用いた精密施工管理技術

多数の工程間で情報を統合的に管理して、多数の技術者間でこれを共有し、議論に用いることにより、柔軟で迅速な判断、対応を実現する手法全般をコンクリートエンジニアリングと呼び、この基本思想を実現するデータベースシステム等を大規模土工、大規模盛土工に導入した事例がある。個々の現場毎に管理・共有すべき情報が異なるため導入の際には工種・現場条件導入に応じたシステムの仕様検討が必要である。

技術概要	現場設備の稼働状況や、掘削機械・ダンプトラック状況(位置など)を監視し、最適な機械配置の判断支援を行う技術
導入効果	施工効率の向上、技術者による判断・作業指示の迅速化・最適化
対象機種	—
対象工種	ダム工(本体工と原石山工)、大規模造成工:空港(本体工と土取り工)など
技術レベル	大規模土工現場で実装済み。
要領・マニュアル	なし
図・写真等	<p>大規模土工におけるコンクリートエンジニアリング</p> <p>Precision Construction</p> <p>現場施工にフィードバック</p> <p>海上保安庁ビーコン局</p> <p>GPS受信アンテナ</p> <p>DGPS (Differential GPS=相対測位)</p> <p>GPS衛星</p> <p>監視局</p> <p>無線制御機</p> <p>ビーコンレシーバ</p> <p>DGPS位置補正機能</p> <p>従来の施工法 工数:69 意思決定までの所要時間:105分</p> <p>施工CALC 工数:19分 意思決定までの所要時間:35分</p> <p>現場事務所</p> <p>意思決定支援システム</p> <p>地質情報・地形情報、計画図、出来形、地質、気象観測情報・雨量、気象・気圧・風速など</p> <p>重要稼働情報・サイクルタイム、生産量など</p> <p>CCDカメラ映像モニタ</p> <p>掘削位置情報・ホッパ投入情報</p> <p>LAN(光ケーブル)</p> <p>LAN(光ケーブル)</p> <p>共同研究 立命館大学・(株)間組・ジオスケープ</p>
	建設機械や生産設備の稼働記録を用いた精密施工管理技術(例)

情報化施工事例⑫

3次元CADによる統合管理技術

大規模土工現場における品質・土量等の情報を、その他の施工管理情報と共に3次元CADを基盤とするシステムにて一元的に集約・把握・管理できる技術であり、大規模土工現場(ダム堤体工、ダム上部調節池工事、空港造成、高速道路インターチェンジ造成等)において活用されている。

技術概要	測量や締固め機械の履歴を3次元CAD上で一元的に管理。また、3次元CAD上で、重機制御のための設計データ作成・確認を行う
導入効果	最適工程の確保(作業指示の最適化・早期化) 土量管理の合理化、搬入土のゾーニング管理の合理化
対象機種	大規模土工に使用する重機(ローラ、ブルドーザ、ダンプトラック)
対象工種	対象工種:ダム工(本体工)、造成工事
技術レベル	実用レベル
要領・マニュアル	なし
図・写真等	<p>The diagram illustrates the 'IT Construction Management System' centered around '3D-CAD'. It shows the flow of data between several key components:</p> <ul style="list-style-type: none"> GNSS (GPS/GLONASS): Provides location data to the Dumper Navigation and 3D-NAVI systems. ダンプトラックナビシステム (Dumper Navigation System): Manages 2D location data (S-GPS) and earthwork management data (material distribution). 締固め管理システム (Compaction Management System): Manages 3D location data (GPS, TSI) and compaction earthwork data. 3次元施工システム (ブルドーザ、ショベル、グレーダ) (3D Construction System for Bulldozers, Shovelers, Graders): Manages 3D location data (GPS, TSI) and design/earthwork data. 3次元位置誘導システム (3D-NAVI): Manages current ground elevation measurement data (GPS) and output design data. 3次元施工システム (アスファルトフェーシングの舗設) (3D Construction System for Asphalt Facing Paving): Manages paving design data and lane division data. <p>The 3D-CAD core handles design and construction simulation, exchanging data with all these systems. The diagram also includes photos of construction sites and a KAJIMA CORPORATION logo.</p>
	3次元CADとの融合による統合管理技術(例)