

# 建設生産システム改善に向けた ICT導入の取り組み

中村 英利<sup>1</sup>・小川 光生<sup>2</sup>・赤坂 正人<sup>3</sup>

<sup>1</sup>三重河川国道事務所 宮川出張所 (〒516-0008三重県伊勢市船江1-11-25)

<sup>2</sup>企画部 技術管理課 (〒460-8514名古屋市中区三の丸2-5-1)

<sup>3</sup>企画部 施工企画課 (〒460-8514名古屋市中区三の丸2-5-1)

建設生産性の向上を目指し、近年急速な発展を遂げる情報通信技術 (ICT) を活用し、効率的且つ効果的な業務執行を図る取組について報告する。

キーワード：建設ICT導入研究会、普及、建設ICTモデル事業、効果検証、三次元設計、監督検査効率化

## 1. はじめに

2008年7月「情報化施工推進戦略」が策定され、各種の要素技術や導入課題をはじめ、普及に向けたロードマップ等がまとめられた。

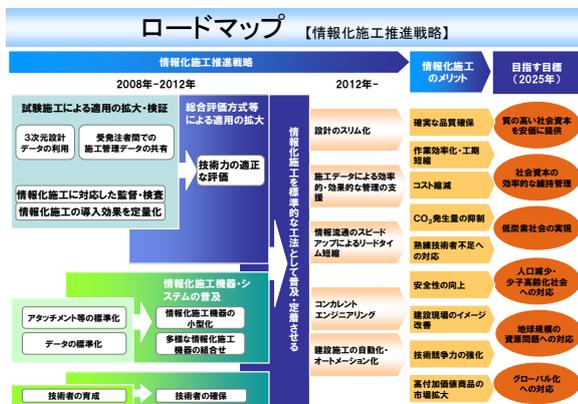


図-1 情報化施工推進戦略ロードマップ<sup>1)</sup>

当該戦略の現場への適用に向け、中部地方整備局では、これまでにない実施体制を構築し「建設ICT」の普及・促進に向け取り組みを実施している。

今回の報告では中部地方整備局において、ICT導入に向けた取り組みについて報告する。

## 2. 建設ICTが目指すもの

ICTとは、Information and Communications Technologyの頭文字を組合せたもので、直訳すると情報通信技術と

いう。

「建設ICT」とは、調査・設計・施工・維持管理・修繕の一連の建設生産システムにおいて、コンピュータや通信技術などを導入し、効率化・高度化など生産性向上に寄与する情報通信技術 (ICT) をいう。また、建設生産システムの内、施工に着目しICTを導入し効率化・高品質な施工を目指していくことを「情報化施工」という。

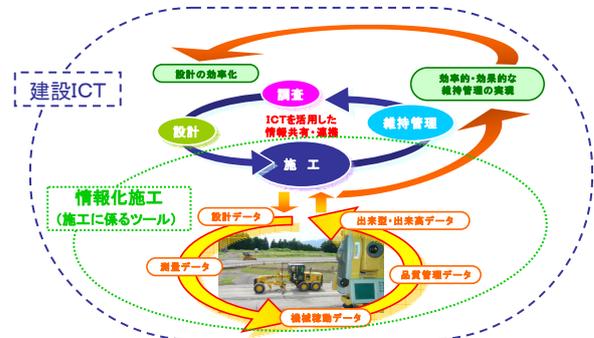


図-2 建設生産システム

## 3. 取り組み概要 (内容)

### (1) 建設ICT導入研究会の設立

建設ICT普及促進のため産学官 (産：建設業、開発メーカー、学：大学、官：国・県) の連携により「建設ICT導入研究会」(会長 中部地方整備局長) を2008年11月に設立した。一般公募による会員は当初178者であったが、327者 (2010年8月16日現在) と増加しており、現在も応募が続いている。

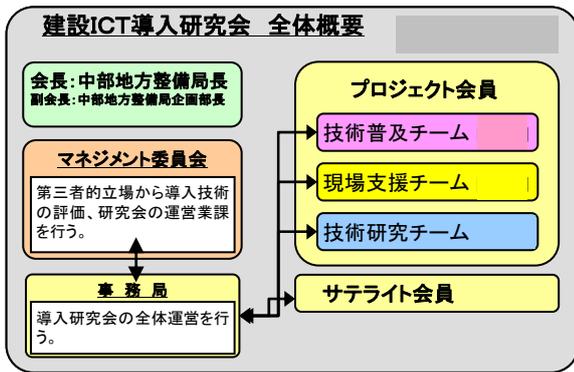


図-3 建設ICT導入研究会構成図

### (2) 技術普及

技術普及活動として、モデル工事の現場において体験型現場見学会を開催した。内容としては、①ICTを搭載した建設機械のシステムの説明や施工デモ体験、②トータルステーションの操作方法説明、計測体験、③出来形管理用データ作成の手順説明を行った。2009年度は10回開催し、のべ930人が参加している。



### (3) 建設ICTモデル事業

2009年度のモデル工事数は36件（中部地方整備局管内のほぼ全事務所）実施している。現場に導入したICTは、以下に示す技術を含め12技術（のべ95技術）をモデル工事において試行した。

- a) マシンガイダンス (MG)
  - バックホウ・ブルドーザ
- b) マシンコントロール (MC)
  - ブルドーザ・アスファルトフィニッシャー
  - ローラー締め固め管理
- c) トータルステーション (TS) による出来形管理

### (4) 2009年度モデル工事におけるICTの検証

2009年度のモデル工事の内、6現場において施工効率、施工精度、施工品質、コスト、安全性、環境負荷の項目について現場調査を行った。結果については表-1のとおりとなった。

表-1 ICT施工と従来施工の比較

ICT技術の調査結果(従来技術との比較) H21モデル工事6工事を選定  
現場調査及びヒアリング結果より

↗ 従来より向上    → 従来と変わらない    ↘ 従来より劣る

対象技術	施工効率	施工精度	施工品質	コスト※1	安全性	環境負荷
MCブルドーザ (土工:敷き均し)	↗ 1.1	↑ 精度のほらつき約3割向上	↔ 均一な施工が可能	↘	↔ 検測回数減	↔ Co2約1割減
ローラー締め固め管理 (土工:締め固め)	↗ 1.2	↔ 従来より締め固めが均一	↔ 均一な施工が可能	↘	↔ 検測回数減	↔ Co2約2割減
MGバックホウ (土工:掘削・法面整形)	↗ 3.8 (従来) 3.8 (最新)	→	↔ 従来と同等	↘	↔ 検測回数減	↔ Co2約5割減
MCグレーダ (路盤工:敷き均し)	→	↑ 精度のほらつき約3割向上	↔ 均一な施工が可能	↘	↔ 検測回数減	→
MCアスファルトフィニッシャ (As舗設)	↘ 0.8	↑ 精度のほらつき約5割向上	↔ 均一な施工が可能	↘	→	↔ Co2約3割増

※1 リース費用

#### a) 評価

評価としては①従来施工に比べ施工効率、施工精度、安全性、環境負荷は向上。ただし、AsFsの施工効率、環境負荷については低下、②全技術の導入コストは従来施工より劣る（増加）。

#### b) 課題

主な課題としては①検証データの蓄積が必要。特にAsFsの施工データが必要、②費用対効果の評価手法の確立、③コスト・ICT対象施工規模・要求精度等から適切な導入技術の選定手法の整備が必要、④ICT導入出来形管理基準（地整運用版）等の整備が必要、⑤情報化施工、TS出来形管理に必要なデータは設計段階から作成する必要があるなど課題が抽出された。

### (5) 2010年度の方針

2010年度では前年度に引き続きモデル事業を実施し、前記課題解消に向け次の取り組みを行う。課題①の対策として2009年度に引き続き、ICTモデル工事43件（中部地方整備局管内のほぼ全事務所）（新規・継続含む）予定）を推進し、更なる検証を行う。課題②③④の対策としてICT普及方策検討（費用対効果、監督検査、動機付け等）、検証結果を踏まえ検討やコスト、ICT対象施工規模、要求される施工精度等から適切なICT技術の選定手法について検討。課題⑤の対策として建設生産システム（計画-設計-施工-維持管理・修繕）における情報一元化（一気通貫の取組）のICT導入技術や導入時期の検討を実施する。

建設ICT

検索

<http://www.cbr.mlit.go.jp/kensetsu-ict/>

#### 4. 宮川辻九留3号排水樋管工事における三次元データの利活用

##### (1) 工事の概要

辻九留3号排水樋管は、2004年9月の21号台風により、159戸の浸水被害を受けた宮川右岸中流部の無堤区間（伊勢市中島～大倉町地先）において、再度災害防止対策として計画された堤防整備に伴い、改築が必要となった許可施設（伊勢市）である。

本工事は、建設ICTの三次元データの活用についてのモデル工事として実施したものであり、全国でも中部地整が先行して実施したものである。



図-4 辻九留3号排水樋管工事位置図

##### (2) 実施項目と対象工種の選定

三次元設計データの工事の中での利活用として表-2の項目について実施した。今回は試験的な実施であるため、いきなり難しい内容は盛り込まず、視覚化による現場確認を主な目的とした。また、対象工種は表-3のとおり樋門・樋管本体工における工種とした。

##### (3) 三次元データの作成

###### a) 構造物の三次元データの作成

設計図面の二次元CADデータから、三次元データを作

表-2 工事概要

工事名称	平成21年度 宮川辻九留3号排水樋管工事
発注者	三重河川国道事務所
施工者	(株)山野建設
三次元設計	中央復建コンサルタンツ(株)
工事内容	工事延長 L=40m
	排水量 9.0m <sup>3</sup> /s
	樋管本体工(本体延長27m 1.6m×2.8m 1門)
工事場所	三重県伊勢市辻九留町地先

表-3 実施項目

①三次元データの作成
②視覚化による技術検討、景観検討、関係機関協議等
③部材の干渉チェック
④施工計画の検討
⑤視覚化による施工進捗状況の管理
⑥視覚化による現場確認

表-4 対象工種

大項目	中項目	小項目
樋門・樋管本体工	作業土工	床掘り、埋戻し
	矢板工	広幅鋼矢板
	函渠工	コンクリート、コンクリート型枠、均しコンクリート、鉄筋、差し筋、目地板、止水板、型枠、足場、支保
	翼壁工	コンクリート、均しコンクリート、鉄筋、目地板、型枠、足場

成した。樋門・樋管本体工については、施工業者と施工手順を調整しながら、ある程度まとまった施工ステップで三次元モデルを作成することとし、18ブロックの三次元モデルを作成した。工程表と構造物を関連付けることにより、X軸、Y軸、Z軸と時間軸を考慮した四次元モデルとなった。樋門・樋管本体工以外については築造する構造物の最終形のみを対象にして三次元モデルを作成した。

##### b) 周辺地形、建物の三次元データの作成

周辺地形の三次元モデルを作成するにあたり、設計図面における平面図の地形データを用いた。周辺建物については今回新たにデジタルカメラで撮影した三次元写真測量データ等を用いて三次元モデルを作成した。三次元写真測量とは、撮影対象からの距離に対して、1/10～2/10程度ずつ離れた距離から1箇所を狙って撮影することにより、三角測量の原理を応用してそれぞれの写真を解析し、三次元データを作成するものである。また、1回の撮影で2方向から撮影できる複眼カメラも活用した。

##### (4) 視覚化による技術検討

###### a) 図面の不整合

対象となる構造物をパソコン上であらかじめ構築することにより、図面の間違いが浮き彫りになる。平面図と断面図を関連づけることによって、図面の不整合のようなミスを排除することができる。本工事では均しコンクリートの各接合部の矛盾、鉄筋規格の不整合などが明

らかになった。

**b) 部材の干渉チェック**

ゲートについては、別途製作していたが、ゲートの構造図を三次元データ化し、樋門・樋管本体工の三次元データと組み合わせることにより、ゲートと本体の干渉、ゲート開閉時の不具合をパソコン上で事前に確認できた。また、仮設について、翼壁部の足場が矢板に遮られてしまい、横方向へ移動できないなどの問題が明らかになった。

**(5) 視覚化による景観検討、関係機関協議等**

**a) 完成状況をイメージした資料の作成**

構造物の三次元データと周辺地形、建物の三次元データを合成することにより、完成後の構造物がどのように見えるのリアリティに表現することが可能である。

一般の方にとって二次元の図面では完成状況をイメージすることは難しいが、構造物と周辺状況がリアルに表現されており、あらゆる角度から見る事が可能であるため、地元住民への説明会や小学生を対象とした授業などでは、樋門・樋管の構造が非常に理解しやすかったようだ。また、作成した資料については完成予想図として現地の工事看板で掲示した。デジタルカメラで撮影した

周辺建物のデータは細部まで表現することが可能であるが、近隣の住居についてはプライバシーの問題から、あまりリアルになり過ぎないように配慮した。

**b) 視覚的な操作説明資料の作成**

作成した三次元データを活用して、ゲートの操作要領に基づいた視覚的な操作説明資料を作成した。実際のゲート操作については、地元自治体が委託した近隣の住人が操作を行うことになるため、外水位と内水位の変化及びゲートの動きを関連づけて動画処理することにより、ゲート操作に関わる水位条件をわかりやすく表現した。また、操作盤の画像と関連付け、ゲートを操作する時に押すべきボタンが点滅するなどの表示ができれば、さらに操作を補助する上で有効的なものとなると思われる。

**(6) 施工計画の検討**

**a) 施工方法の検討、建設機械の配置計画**

施工計画において、構造物の三次元データと周辺地形、建物の三次元データを合成したデータを用いて、近隣住居など周辺状況の確認を行い、施工時における問題点を施工前の段階で明らかにすることができた。当初の掘削方法は素掘りであったが、近隣住居と近接することから、土留めによる掘削に変更した。

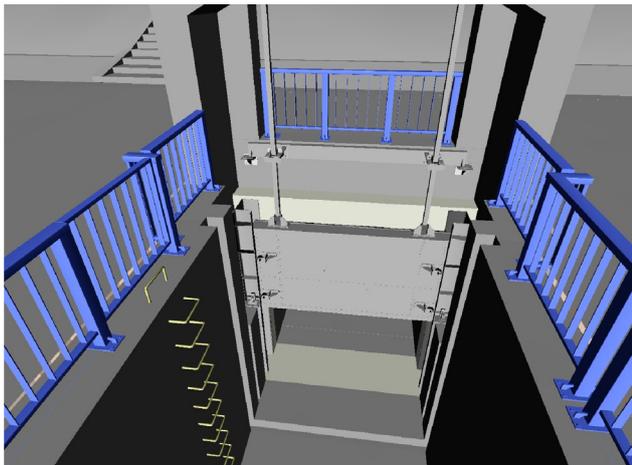


図-5 ゲートの干渉チェック

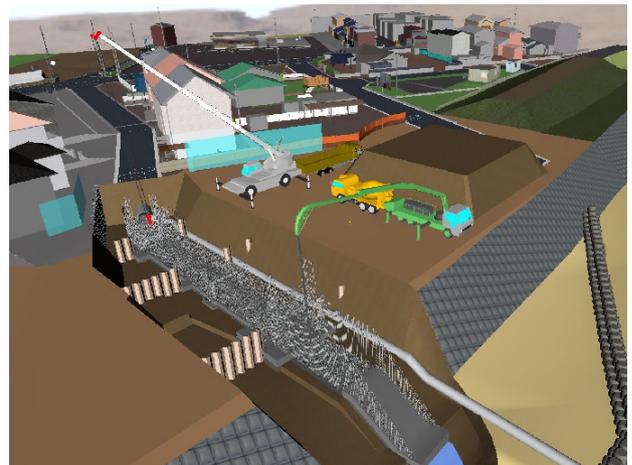


図-6 建設機械配置シミュレーション

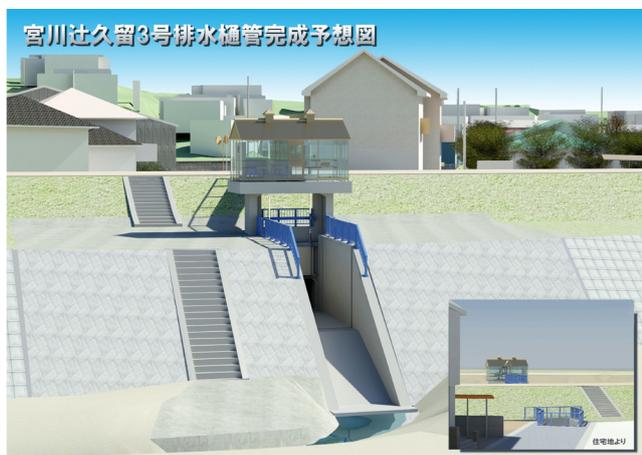


図-7 完成予想図（現地掲示用）

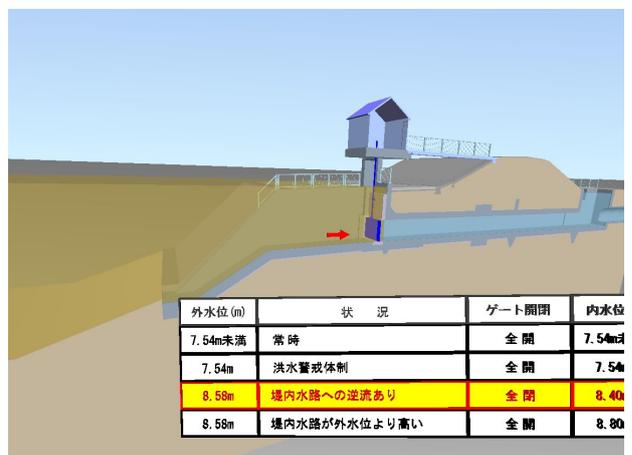


図-8 ゲートの開閉操作

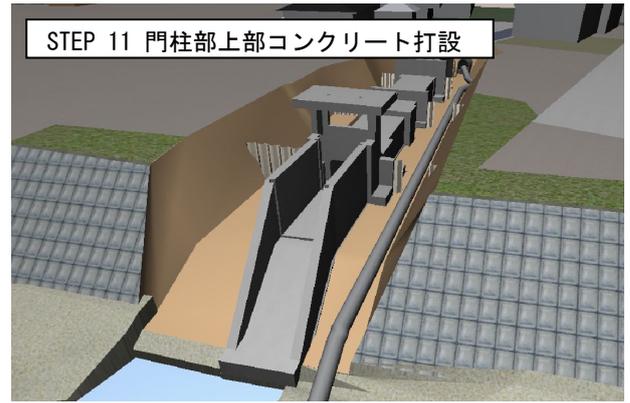
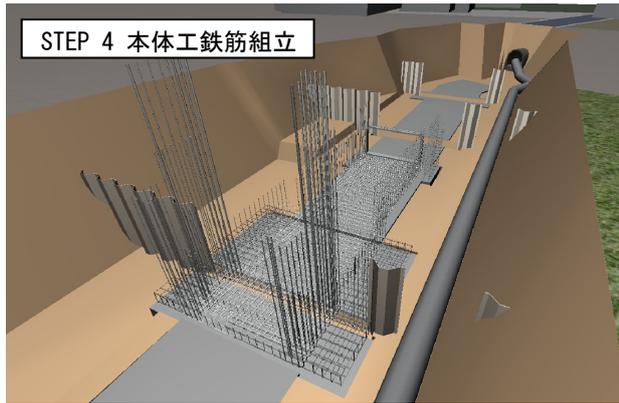
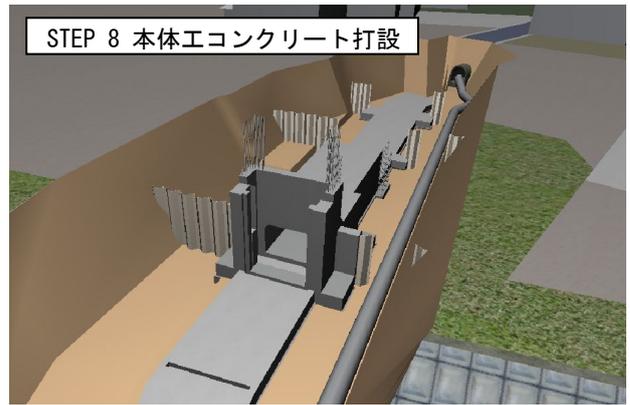
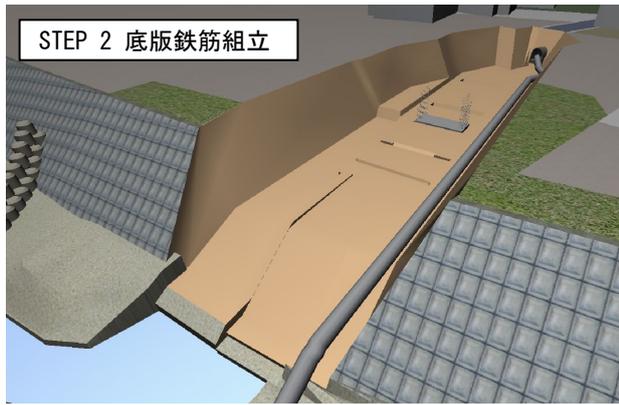


図-9 施工進捗状況の管理

また、施工段階ごとに施工機械を配置し、実現不可能な施工計画となっていないか確認した。

#### b) 工事シミュレーション

各施工段階における、実際の工事手順に沿って建設機械の移動をシミュレーションすることで、施工ヤードの確保や、他の建設機械の移動を妨げていないかなどを確認し、作業の円滑化を図った。

#### (7) 視覚化による施工進捗状況の管理

工程表と構造物を関連付けた四次元モデルを活用することにより、その日にどのような工事が行われ、日にちが経つにつれて構造物が築造され、施工数量がどれだけとなるのか把握することができ、施工の進捗状況を管理した。

#### (8) 視覚化による現場確認

現場でのミーティングでその日に実施される作業内容を事前にシミュレーションすることで、作業の手戻りを未然に防ぎ、またオペレータが作業の安全上どのような点に注意しなければならないかを確認するなど安全の確保に活用した。

#### (9) 三次元データ活用の今後の課題

今回は試行的に実施したこともあるが、当初の発注図面が二次元であり、工事の進捗と並行して三次元データの作成を行うには、時間的に困難な場面があった。詳細

設計の段階から三次元データが作成されていれば、工事実施時に円滑な利用ができたと思われる。

また、三次元設計では座標が明確であることから、施工数量が算出可能であるため、今後は設計変更において自動で数量計算をするなどの発展的な活用が期待される。

### 5. 検査監督の効率化

#### (1) 情報共有システム

情報共有システム（ASP方式）は、請負者、発注者、監督者がインターネットを介して工事関係書類の共有を行い、書類の簡素化やスケジュール調整等の業務の効率化を図るものである。（図-10）

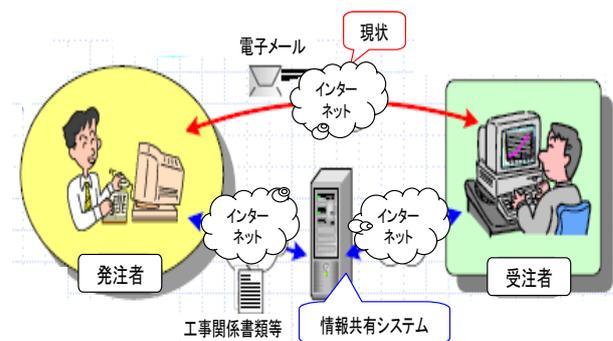


図-10 情報共有システムのイメージ

情報共有システムの主な機能は下記のとおりである。

**a) スケジュール管理**

電話、メール等により、個別に連絡調整することが不要となり、請負者、監督者がスケジュールを参照することによりお互いの予定が把握でき、確認・立会などの調整を効率的に行う機能。

**b) 工事書類の提出・管理**

システムにより工事書類を送付するため、現場を離れることなく処理ができ移動・打合せ時間の削減を図ることができる。また、ルールに基づいたフォルダに保管することにより、書類を確認したい場合いつでも閲覧が可能であるため、コピーを行う必要はない。検査時にも電子検査を行うことにより大幅な書類の削減を図ることができる。

**c) 書類の決裁（電子決裁）**

システム上で決裁を行うため、決裁状況の確認、状況把握が可能である。総括監督員まで一括して決裁申請ができる機能であり、紙ベースの決裁に比べると、決裁時間の短縮、意志決定の透明化等のメリットがある。

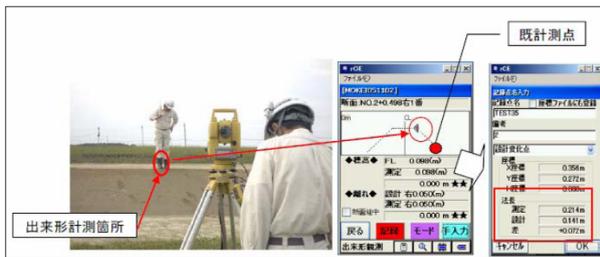
**d) 掲示板機能**

連絡事項を一括して通知することができ、発注者からの注意喚起、作業指示や合同会議等の連絡を迅速・確実に伝える機能。

**(2) 情報化施工（トータルステーション）の活用**

トータルステーション（TS）を用いた出来形管理技術の実用化に向け「TSを用いた出来形管理の監督・検査要領（案）」が策定された。

本要領（案）は、TSを用いた出来形管理に係わる監督・検査に必要な事項を定め、監督・検査業務の適切な実施や効率化を図るものであり、効率化される主な内容は下記のとおりである。



**a) 検査頻度の削減**

TSによる出来形計測データは、基準点座標を基に、一連の三次元座標管理にて出来形計測を行うため、データが連続的の関連を持ったものであることから最小限の確認を行うことで精度検証が可能となる。そのため、河川土工・道路土工とも検査頻度は1工事につき1管理断面としている。通常工事においては200mにつき1箇所検査が必要であり大幅に検査頻度が削減される。

表-5 出来形管理基準（河川土工編）<sup>2)</sup>

工種	計測箇所	確認内容	検査頻度
河川土工	出来形管理基準による計測箇所	出来形管理図表の実測値との比較	1工事につき1管理断面 (検査職員が指定する管理断面)

**b) 写真管理基準の効率化**

TSを用いた出来形管理ではメジャー（テープ）等を用いた長さ等を計測する作業が必要ないため、計測データの基となる基準点の設置及び出来形管理状況の代表写真一枚が出来形管理写真として設定され、従来と比べ撮影頻度が大幅に削減される。

表-6 写真管理基準（河川土工編）<sup>2)</sup>

編章節条	工種	写真管理項目			
		撮影項目	撮影頻度〔時期〕	提出頻度	
1 共通編	2 河川・海岸・砂防土工	掘削工	土質等の判別	地質が変わる毎に1回	代表箇所 各1枚
			法長	1工事につき1回	
		盛土工	巻出し厚	200mにつき1回〔巻出し時〕	
	3	盛土工	締固め状況	転圧機械又は地質が変わる毎に1回〔締固め時〕	
			法長幅	1工事につき1回	

**(3) 電子検査**

電子検査とは、工事関係書類をパソコン等の画面上で閲覧し検査するものである。検査官は情報共有システムにて事前に書類を確認することも可能であり、検査の効率化、検査書類の簡素化、省力化が可能となる。



**6. おわりに**

建設ICTを導入することは、生産性の効率化や品質向上につながるものと確信している。間違えていけないのは、ICTは万能薬ではなく、あくまでも道具であること。建設産業に関わる技術者が、導入するICTを使い、要求に対して的確に判断できることが重要であることをあえて申し上げたい。

謝辞: 本論文執筆にあたっては、山野建設(株)、中央復建コンサルタンツ(株)から貴重なご指導いただいた。この場を借りて感謝の意を表したい。

**参考文献**

- 1) 情報化施工推進戦略 (2008.7)
- 2) TSを用いた出来形管理の監督・検査要領（案） (2010.3)