

行政情報

i-Construction ICT 土工の全面展開に向けた技術基準の紹介

近 藤 弘 嗣

生産年齢人口減少があらゆる業種において問題となっている中で、国土交通省は建設現場の生産性向上と魅力ある建設現場創出による入職促進等をターゲットとして i-Construction という施策を打ち出した。その理念については以前 5 月号において紹介させていただいたところであるが、本稿では、トップランナー施策として進めている「ICT の全面的な活用 (ICT 土工)」を直轄工事で実現するために、本年 3 月末に発出した主な技術基準類と発注方針について紹介する。

キーワード：i-Construction, 情報化施工, UAV, レーザースキャナ, 出来形管理

1. はじめに

国土交通省が打ち出した i-Construction では、「土工等の建設現場の生産性向上」、「限られた人材の有効活用」を解決するトップランナー施策として、「ICT の全面的な活用 (ICT 土工)」、「全体最適の導入 (コンクリート工の規格の標準化等)」、及び「施工時期の平準化」を位置づけている。このうち土工への ICT 全面的な活用を実現するために直ちに取り組む措置として、国土交通省が定めていた基準類の改訂や新基準の策定を 28 年 3 月末に実施し、4 月以降の工事で適用できるように措置した。

本稿では、「ICT 土工」を直轄工事で実現するための「ICT 活用工事」の発注方針と主な技術基準について紹介する。

2. ICT 活用工事の流れ

(1) 「ICT の全面的な活用 (ICT 土工)」の概要

「ICT の全面的な活用 (ICT 土工)」のトップランナー施策としての対応として、4 月から直轄の土工工事において「ICT 活用工事」の公告が始まった。その核となる考え方は、3 次元起工測量、3 次元設計データ作成、ICT 施工、3 次元出来形管理及び 3 次元データでの納品を行うというものである (図-1)。

(2) 15 基準について

ICT 活用工事の実施にあたり、表-1 の 15 の基準類を昨年度末に発出したところである。

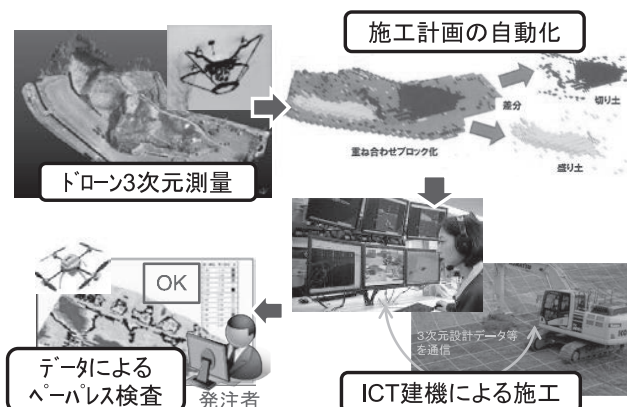
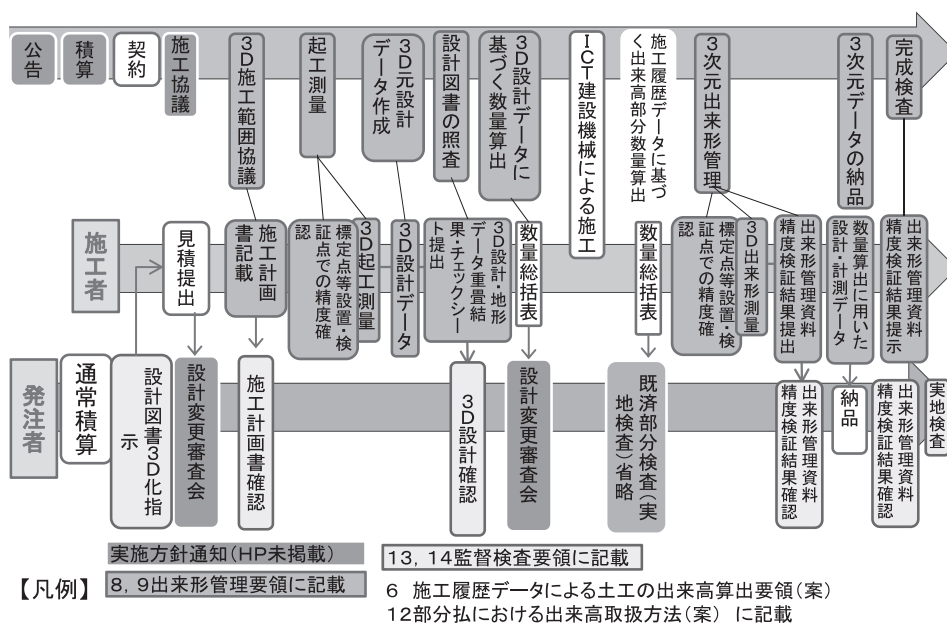


図-1 ICT 全面的活用のイメージ

表-1 15 の新基準とその適用場面について

	名称	適用場面・概要
測量設計	1 UAVを用いた公共測量マニュアル(案)	・路線測量等、詳細設計の横断図に供する公共測量(発注仕様として) ・工事測量(参考文献として)
	2 電子納品要領(工事及び設計)	・フォルダ構成変更、大容量メディア追加
	3-1 LandXML1.2に準拠した3次元設計データ交換標準V1.0	・CADソフトベンダー向け
施工管理	3-2 3次元設計データ交換標準運用ガイドライン	・詳細設計での3次元設計(発注仕様として) ・工事での3次元設計データ作成(参考文献)
	5 土工工事施工管理基準(案)(出来形管理基準及び規格値)	・3次元出来形データによる面管理を自主管理、発注者の監督・検査に適用する場合
	6-1 土工工事数量算出要領(案)	・3次元CADの面データの差分による数量算出 ・ICT活用工事や3次元設計で適用する場合
	6-2 施工履歴データによる土工の出来高算出要領(案)	・部分私における出来高取扱方法(案)に基づく、重機の稼働履歴を用いた具体的な対応
	7 出来形合否判定総括表	・3次元出来形データによる面管理を適用する場合に発注者に提出する「出来形管理資料」
検査	8 空中写真測量(無人航空機)を用いた出来形管理要領	・起工測量～納品までのICT活用工事の受注者の対応の一切を記載した内容(UAV、レーザースキャナの技術別に記載)
	9 レーザースキャナを用いた出来形管理要領	
	10 地方整備局土工工事検査技術基準(案)	・下位通知である「出来形管理の監督・検査要領」改正を受けた技術的修正
	11 既設部分検査技術基準(案)及び同解説	・出来高部分払い方式において、既設部分検査のみの場合の実地検査を省略し、簡便な方法で数量の確認を受ける場合に適用
	12 部分私における出来高取扱方法(案)	
	13 空中写真測量(無人航空機)を用いた出来形管理の監督・検査要領	・監督職員の確認行為、検査職員の検査内容等ICT活用工事の対応を記載した内容
	14 レーザースキャナを用いた出来形管理の監督・検査要領	・出来形管理図表の変更に伴う、出来高の算出方法の変更
	15 工事成績評定要領の運用について	

このうち ICT 活用工事の起工測量から完成検査までの流れ (図-2) において特に重要な基準類は、出来形管理要領及び監督・検査要領である。次章以降に詳説する。



図一 2 起工測量から完成検査までの流れと基準類の関係性

3. UAV 空中写真測量による出来形管理のルール

「空中写真測量（無人航空機）を用いた出来形管理要領（土工編）」で規定される出来形管理の手順について紹介したい。（正確な情報は <http://www.mlit.go.jp/common/001124402.pdf> を参照されたい。）

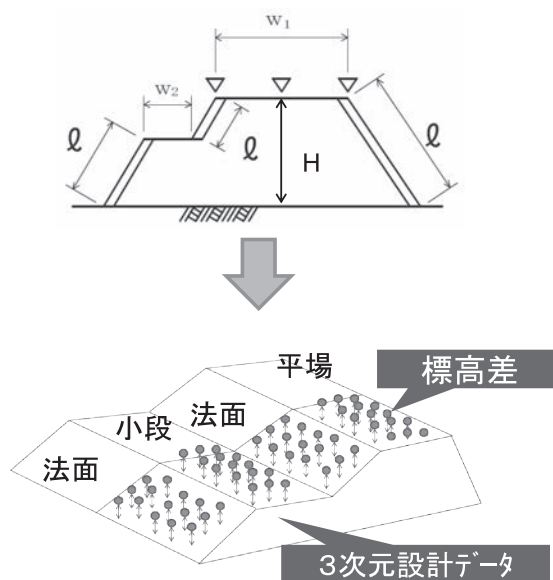
(1) 出来形管理基準について

起工測量から検査までの受発注者間のやりとりを3次元データで行うにあたり、最も画期的な概念は、出来形管理における「面管理」の導入である。これは、ドローン等で計測される点群データにより施工の良否を評価する考え方として、計測点と3次元データの標高較差について規格値を定めるものである（図一3）。これは、多量に点を取得する計測方法であるレーザースキャナや写真測量では、個々の点の計測位置を指定することはほぼ不可能であることから、こうした機材を導入するためには必要不可欠な管理概念である。

この面管理について、道路土工、河川土工の掘削工、盛土工（路床・路体盛土工）の出来形管理基準に追加した。詳細は（表一2）のとおりである。

(2) 3D 施工範囲の協議

出来形管理要領によれば、ICT 活用工事において必ずしも工事契約上の施工範囲全てにおいて面管理を求めるわけではない。例えば、そもそも ICT 施工がなじまない硬岩掘削（おそらくダイナマイトが利用される）や、光学的機器での測定が物理的に困難な水中部においては、適用範囲から除き、従前の管理方法を



図一 3 面管理の概念図

表一 2 出来形管理基準

工種	測定箇所	測定項目	規格値(mm)		測定箇所
			平均値	個々の計測値	
河川盛土	天端	標高較差	-50	-150	天端
	4割<法面勾配	標高較差	-50	-170	小段
	4割≧法面勾配	標高較差	-60	-170	小段
掘削工	平場	標高較差	±50	±150	平場
	法面(小段含む)	水平or標高較差	±70	±160	小段
路体盛土工 路盛土 路床土工	天端	標高較差	±50	±150	天端
	法面(小段含む)	標高較差	±80	±190	小段

取るべきであろう。こういった現場条件に応じて ICT 活用を実施するのに適切な範囲を、あらかじめ協議することが規定されている。

(3) 施工計画書記載事項

起工測量等の計測に入る前に、機材等の性能等の確認、精度確認結果の確認を発注者から受ける必要がある。そのため施工計画書に確認を受けるべき事項を記載するが、主要な内容は以下のとおりである。

① 3D 施工範囲の記載

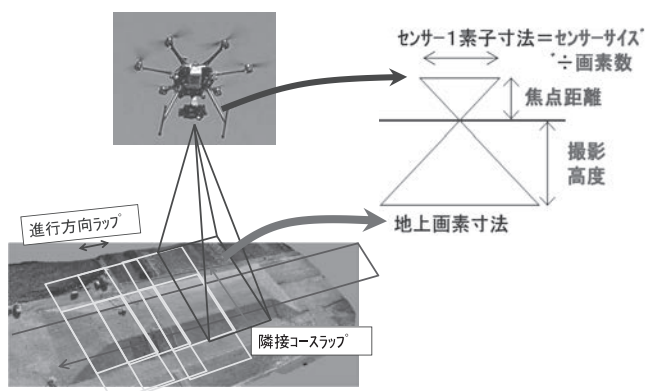
② 使用機材のカタログ・ソフトウェア仕様書等の提出

③ (UAV の場合) 飛行計画の提出

特に以下の点について言及を必要とする。

- ・所定のラップ率 (図—4)、地上画素寸法が確保できる飛行経路及び飛行高度の算出結果

地上画素寸法 (1 cm/ 画素以下) を確保出来る対地高度であることを、使用するカメラの素子寸法及び画面距離から求めて、整理する (図—4)。



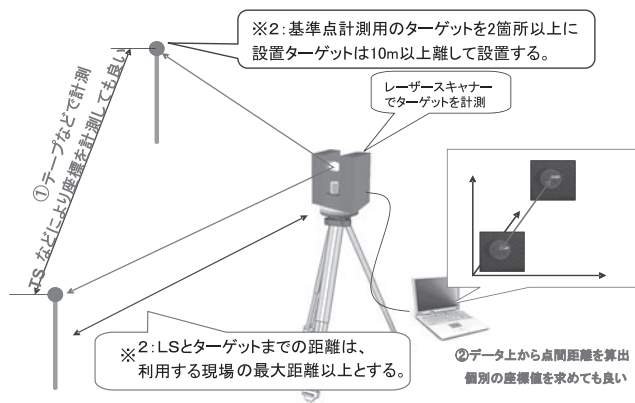
図—4 ラップ率・地上画素寸法について

- ・標定点、検証点の外観及び設置位置、標定点位置の測定方法を示した設置計画

標定点等の設置間隔についての規定があり、それを満たしていることを図面等により示す。標定点等の設置方法としては、TS等の4級基準点測量・3級水準点測量として利用される計測手法で計測の上設置する。

④ (LS の場合) 精度確認結果報告書

発注者として計測精度を確認する方法として、UAVの場合は、撮影の都度確認することになるが、LS (レーザースキャナ) の場合は、現地で利用する最も厳しい条件下 (最も遠い距離) での事前確認が認められているため、その精度確認結果を提出する。なお、やり方としては、TS等の4級基準点測量・3級



図—5 LSにおける事前精度確認のイメージ

水準点測量として利用される計測手法で計測された2既知点間の距離が、真値と比べて±20 mm以内に収まっていることの確認を行う (図—5)。

(4) 起工測量等活用場面別の要求精度

起工測量をはじめとして、本要領ではいくつかの計測場面について、それぞれ規定が設けられており、計測結果に対する要求精度について、表—3のとおり差を設けている。起工測量の場合は、数量算出に用いるので、中央の「数量計測」にあたる。なお、ハッチングをかけているところは、UAV地形測量マニュアルから借用したので正確なところはそちらを参照されたい。

表—3 フェーズごとの要求精度

	出来形計測	数量計測	部分払い数量計測
要求精度	± 50 mm	± 100 mm	± 200 mm
地上画素寸法	1 cm	2 cm	2 cm
点密度	10 cm メッシュ以下	50 cm メッシュ以下	50 cm メッシュ以下
標定点密度	外縁 100 m 以内 天端上 200 m 以内	外縁 100 m 以内 天端上 400 m 以内	外縁 200 m 以内 天端上 400 m 以内
検証点密度	天端上 200 m 以内	天端上 400 m 以内	天端上 600 m 以内

(5) 計測

計測については、起工測量も出来形計測資料も要求精度に応じた規定の他は、やることに大差ない。ここでは、UAVによる出来形管理の場合の手順を紹介する。

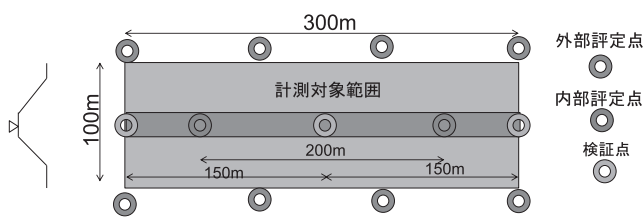
(a) 標定点及び検証点の設置

標定点とは、写真測量から得られた点群データ (相対座標値) に絶対座標を与えるとともに、誤差配分によりゆがみを修正するための座標既知点である。UAVマニュアルにおける外部標定点として、計測対象範囲を包括するように撮影区域外縁に100 m以内の間隔となるように設置する。内部標定点として天端

上に 200 m 以内の間隔となるようにする。

検証点は、写真測量から得られた点群データの点検用として、モデル生成には利用しないものである。UAV マニュアルにおける外部検証点及び内部検証点として、天端上に 200 m 以内の間隔とするものとし、さらに設置した標定点と交互になるようにすることが望ましい。

以上のことから、標準的なサイトにおいて（図—6）のようなイメージでの設置となるだろう。



図—6 標定点と検証点の設置イメージ

(b) 精度確認

標定点により補正が終わった計測データに写りこんでいる検証点の座標をデータから抽出し、あらかじめ分かっている検証点の座標と各成分（x, y, z）で比較する。これが ± 50 mm 以内であることを確認したら、精度確認結果報告書として取りまとめ、納品物として整理する。50 mm から外れていたなら、ひとつ前のステップに戻っていくものとする。

(6) 3次元設計データ作成

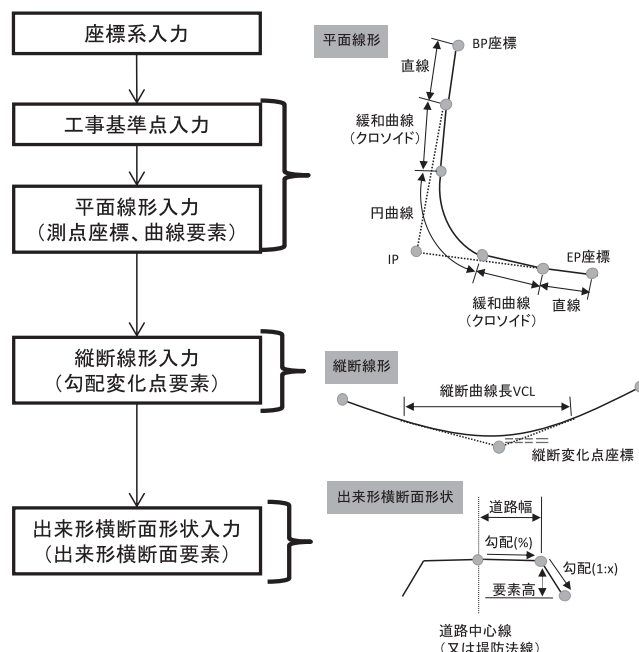
(a) 要素データ作成

平面線形を一意に定める構成要素である測点座標や曲線要素（クロソイド開始測点、クロソイド長、曲線半径等）、縦断線形を一意に定める勾配変化点要素である、勾配変化点測点や縦断曲線長を順次入力する。これにより、道路中心線等の線形構造物の中心線形が定義できる。

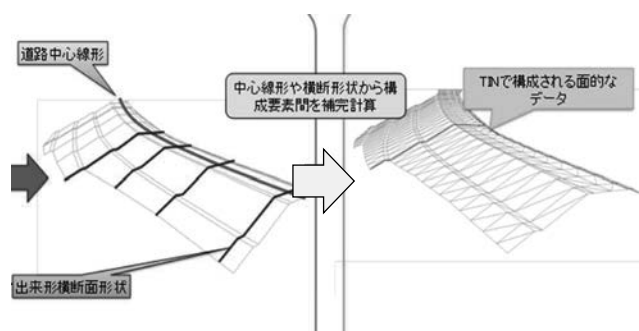
次に、管理断面となる測点上の横断面形状を一意に定める格子要素として、道路幅、横断勾配、法面勾配値（1:x の x）、比高（法肩と法尻の標高差）を順次入力する。これにより、管理断面の横断面形状が定義出来るので、各管理断面に同様の処理を行う（図—7）。

(b) 面データ作成

面管理を行うには、設計図も面データである必要がある。面データは、表面形状を多くの3次元座標の変化点標高データで補完する代表的なデータ構造である、TIN（Triangular Irregular Network）データとして生成する。TIN は表面形状の多くの変化点を3次元上の直線でつないで三角形を構築したものであ



図—7 要素データ作成のイメージ



図—8 要素データから面データの作成

る。

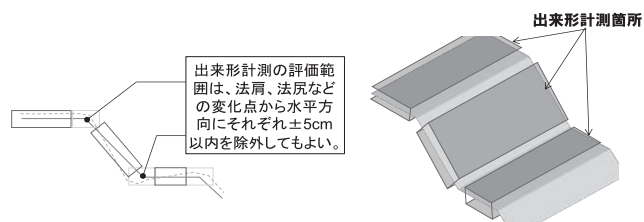
通常、面データについては、要素データを基に、ソフトウェア上で横断面形状を中心線形に沿って補完計算させることで構築することが出来る（図—8）。

要素データと面データを合わせたものを3次元設計データと本要領では呼んでいる。このデータは出来形の面管理の他、面的な数量算出にも利用される。

(7) 出来形評価

(a) 出来形計測データから出来形評価データの生成

出来形計測データが 10 cm メッシュより細かい点群である一方で、出来形評価は 1 点 / 1 m² 以上担保されていればよいので、これを間引く作業を行う。また、法肩、法尻から水平方向に ± 5 cm 以内に存在する計測点は、標高較差の評価から除く。同様に、標高方向に ± 5 cm 以内にある計測点は水平較差の評価から除く（図—9）。



図一9 出来形評価の範囲

(b) 出来形評価と出来形管理資料の生成

共通仕様書上提出を求められる「出来形管理資料」として、従来の「出来形管理図表」に変わるものとして、「法面」等の部位毎に一枚で机上検査に供することができる「出来形合否判定総括表」を新たに設定した（図一10）。

様式 31-2		出来形合否判定総括表		ソフトウエア基本仕様書Ver. 1.00	
工 種	道路土工	測 点	No. 1 ~ No. 3	測 点	No. 1 ~ No. 3
機 別	盛土	合 否 判 定 結 果	数量	合 否 判 定 結 果	数量
測定項目	規格値	判定	測 点	出来形合否判定総括表	
天端	天端	天端	天端		
平均値	110mm	110mm	天端	出来形合否判定総括表	
最大値(%)	42mm	110mm	天端		
最小値(%)	42mm	110mm	天端	出来形合否判定総括表	
データ数	1000	1.0/400以上 (1000/400以上)	天端		
評価範囲	1000mm	1000mm	天端	出来形合否判定総括表	
測定回数	0	0.75%未満 (0.00075以下)	天端		
平均値	110mm	110mm	天端	出来形合否判定総括表	
最大値(%)	42mm	110mm	天端		
最小値(%)	42mm	110mm	天端	出来形合否判定総括表	
データ数	1000	1.0/400以上 (1000/400以上)	天端		
評価範囲	1000mm	1000mm	天端	出来形合否判定総括表	
測定回数	0	0.75%未満 (0.00075以下)	天端		
平均値	110mm	110mm	天端	出来形合否判定総括表	
最大値(%)	42mm	110mm	天端		
最小値(%)	42mm	110mm	天端	出来形合否判定総括表	
データ数	1000	1.0/400以上 (1000/400以上)	天端		
評価範囲	1000mm	1000mm	天端	出来形合否判定総括表	
測定回数	0	0.75%未満 (0.00075以下)	天端		

図一10 出来形合否判定総括表（様式 31-2）

ここに纏められる項目は以下のとおりである。

- ・設計との離れの平均値（集計結果と規格値）
- ・設計との離れの最大値（集計結果のうち正に最も悪い値と規格値）
- ・設計との離れの最小値（集計結果のうち負に最も悪い値と規格値）

・評価面積

・計測点数（集計結果と規格値。規格値は評価面積 × 1 点）

・棄却点数（設計との離れの規格値を超えた点数。規格値は計測点数の 0.3%）

また、発注者の工事成績評定に供する資料としては、設計との離れの計算結果の規格値に対する割合を示すヒートマップとして、データのポイントごとに評価結果をプロットした分布図を付することとする。分布図表記の規定としては、

- ・ -100% ~ +100% の範囲で結果を色分け。
- ・ ± 50% の前後、± 80% の前後が区別できるように別の色で明示。

として、これまでの出来形管理図表のグラフに相当する評価が出来るようにした。

これら出来形評価から出来形管理資料の作成に至る作業については、TS の出来形管理同様に自動化されることが生産性向上のためには必要不可欠であり、現在ソフトウェアベンダー各社で鋭意開発が進められているところである。

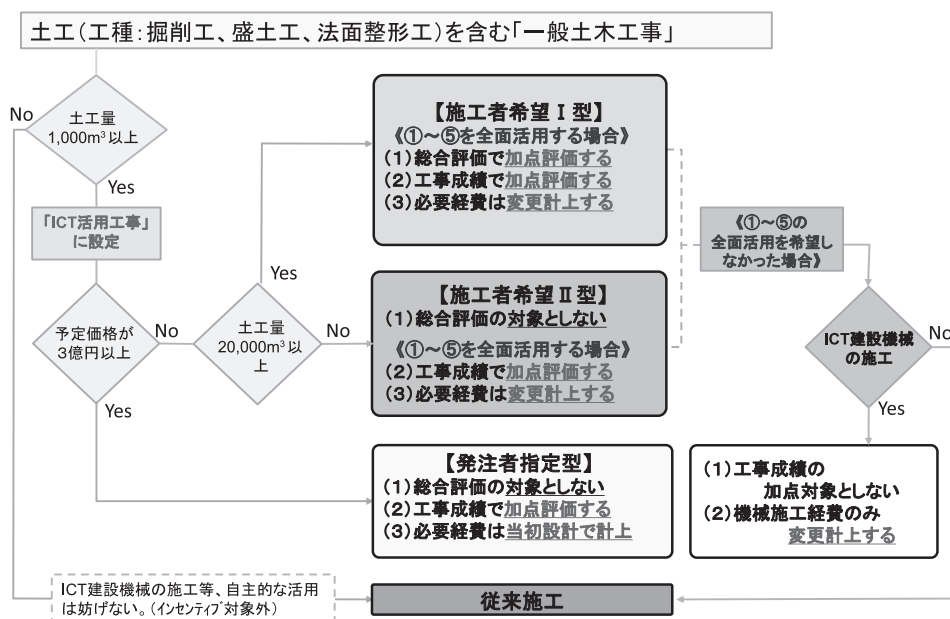
(8) 電子納品

ICT 活用工事を対象とした電子成果品の納品ルールとしては、

- ① 3次元設計データ
- ② 出来形管理資料
- ③ 出来形評価用データ（1点 / 1m² 程度に間引いたデータ）
- ④ 出来形計測データ（10 cm メッシュ以下のグラウンドデータ）
- ⑤ 計測点群データ（生データ）
- ⑥ 工事基準点および標定点データ
- ⑦ 空中写真測量（UAV）で撮影したデジタル写真

表一4 電子納品の命名規則（空中写真測量（無人航空機）の場合）

計測機器	整理番号	図面種類	番号	改訂履歴	内容	記入例
UAV	0	DR	001~	0~Z	・ 3次元設計データ（LandXML等のオリジナルデータ（TIN））	UAV0DR001Z. 拡張子
UAV	0	CH	001~	—	・ 出来形管理資料（出来形管理図表（PDF）または、ビュー付き3次元データ）	UAV0CH001. 拡張子
UAV	0	IN	001~	—	・ 空中写真測量（UAV）による出来形評価用データ（CSV、LandXML等のポイントファイル）	UAV0IN001. 拡張子
UAV	0	EG	001~	—	・ 空中写真測量（UAV）による起工測量計測データ（LandXML等のオリジナルデータ（TIN））	UAV0EG001. 拡張子
UAV	0	SO	001~	—	・ 空中写真測量（UAV）による岩線計測データ（LandXML等のオリジナルデータ（TIN））	UAV0SO001. 拡張子
UAV	0	AS	001~	—	・ 空中写真測量（UAV）による出来形計測データ（LandXML等のオリジナルデータ（TIN））	UAV0AS001. 拡張子
UAV	0	GR	001~	—	・ 空中写真測量（UAV）による計測点群データ（CSV、LandXML等のポイントファイル）	UAV0GR001. 拡張子
UAV	0	PO	001~	—	・ 工事基準点および標定点データ（CSV、LandXML等のポイントファイル）	UAV0PO001. 拡張子



図— 11 ICT 活用工事発注フロー (関東地整例)

を「工事完成図書の電子納品等要領」で定める「ICON」フォルダに格納することとされている。この時の命名規則は(表— 4)のとおりである。

4. ICT 活用工事の実施方針について

直轄事業での ICT 活用工事については、各地方整備局により若干の違いがあるが、一般土木工事で土工量 1000 m³ 以上の発注案件で、公告文等に ICT 活用工事である旨記載することとなる。積算の仕方及びインセンティブの措置の仕方により、

- ・発注者指定型

ICT 活用した場合には工事成績での加点
当初発注より ICT 積算基準適用

- ・施工者希望Ⅰ型

ICT 活用について入札時に評価
ICT 活用した場合には工事成績での加点
変更により ICT 積算基準適用

- ・施工者希望Ⅱ型

ICT 活用した場合には工事成績での加点
変更により ICT 積算基準適用

の 3 パターンでの発注となる (図— 11)

ICT 活用の定義としては、

- ① 3 次元起工測量
- ② 3 次元設計データ作成

③ ICT 建機による施工 (3DMG / MC)

④ 3 次元出来形管理等の施工管理

⑤ 3 次元データの納品

のすべてを行うことが原則であるが、図— 11 の通り、③のみであっても工事成績加点のインセンティブはないものの、ICT 活用工事として扱われる。

5. おわりに

ICT 活用工事に備えた 15 基準については、これまで建設工事に利用されることのなかった技術や手法を示したものであるため、今後活用が進むにつれて様々な不具合も想定される。より良いものとするために毎年見直しを図る所存であるが、そのためにも出来るだけ多くの工事件数を重ね、課題を明らかにする必要がある。この意味においても、多くの施工業者の方々に ICT 活用工事にチャレンジしていただきたいと考える。

J C M A

[筆者紹介]

近藤 弘嗣 (こんどう こうじ)
国土交通省 総合政策局
公共事業企画調整課
課長補佐

