

建設生産性向上に向けたi-Constructionの取組み

喜安和秀・森川博邦・関谷浩孝・古本一司

1. はじめに

人口減少社会においても、社会のあらゆる生産性を向上させることで経済成長を実現するため、国土交通省では、「国土交通省生産性革命本部」を設置し、その一環として建設現場の生産性を向上させる『i-Construction』を推進している。また成長戦略の新たな司令塔である「未来投資会議」（議長・安倍総理）第1回会議（9月12日）では、「建設業の未来投資と課題」が採り上げられている。同会議では第4次産業革命による『建設現場の生産性革命』に向け、建設現場の生産性を、2025年までに20%向上するとの表明がなされ、今後さらに取組を加速化させていく必要がある。

国総研は、i-Constructionのトップランナー施策のうち「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）」の推進に必要な技術的検討を行っている。平成28年度から開始しているICT土工については、施策の実施に必要なUAV(無人航空機)等を用いた施工管理や監督検査のための新たな基準・要領類の素案作成における技術的検討を行った。またコンクリート工の生産性に関しては、本省や国総研、土研、学識経験者、業団体等が連携して検討を進めており、国総研では全体最適の導入のための設計に関する検討等を行っている。さらに今後、「ICTの活用」を土工以外の分野も含めてさらに進めていく上で国総研が実施しているCIMの研究が大きく関わってくる。本報文では、国総研における『i-Construction』に関係する研究の取り組み状況を紹介する。

2. ICTの全面的活用（ICT土工）

ICT土工では、調査・測量、設計、施工、検査のプロセスにおいて3次元データを一貫して活用する。これまで土工では情報化施工によりICTを活用した建設機械等の導入により施工段階の効率

化が図られていたが、ICT土工では前後段階一連で一層の生産性向上を目指すものである。

2.1 3次元データを活用した「面管理」出来形管理基準の導入

i-Constructionの取り組みで特筆すべきことは、レーザースキャナー(LS)やUAVなどの新しい機材を出来形管理に活用するため、出来形管理基準に「面管理」の概念を導入したことである。面管理とは、施工の良否を評価する方法として3次元計測で取得した座標と3次元設計データの差分に着目し規格値を定めるものである（図-1）。LSや写真測量では、短時間に多量の点の座標を取得できる一方で、個々の計測位置を指定することはほぼ不可能であるため、測点を特定することなく評価する「面管理」の概念が必要不可欠である。

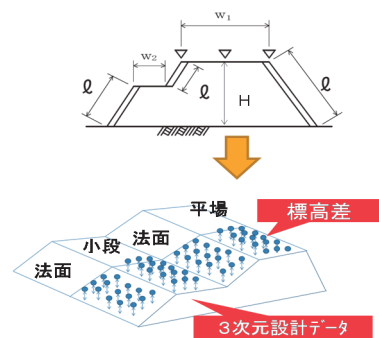


図-1 面管理の概念図

2.2 「長さ」規格値の「設計面との較差」規格値への換算

従来の土工の出来形管理基準（掘削工，盛土工）では、代表断面の基準高、幅員、法長を測定し評価している。一方、面管理では、取得した点群座標のそれぞれについて、3次元設計データとの差分(標高較差等)で管理することを想定している。従って、従来の手法で管理していた「各測点の『高さ』」や「測点間の距離から算出される『長さ』」の管理を、すべて3次元モデルでの形状の管理に置き換える必要がある。例えば、天端幅については、面管理では天端の両端の法面形状（標高）と設計法面との標高較差を制限すれば管理ができる。このように、従来同等の出来形品質を確

保できる出来形管理基準を、面管理においても規格値として設定することが可能である(図-2)。

2.3 全数管理の場合の規格値の考え方

従前の施工管理基準では管理断面計測による代表点に対する規格値が設定されている。同じ構造物を計測しても、面管理では断面管理より計測点数(サンプル数)が大きくなるため、統計的に計測値の幅は広がる。すなわち、従前の規格値を換算した上下限値を面的計測に適用すると過度な施工精度を求めることになるため、要求精度を従前同等とするように面管理における全数管理規格値を設定する必要がある(図-3)。

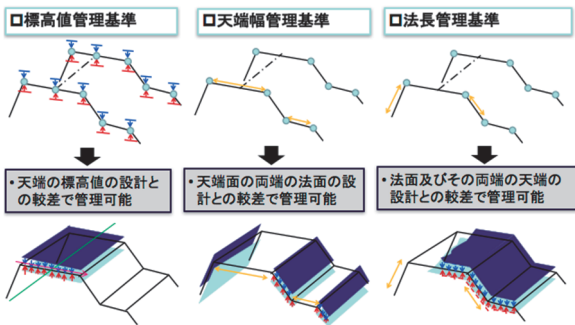


図-2 従来管理基準の面管理への置き換え

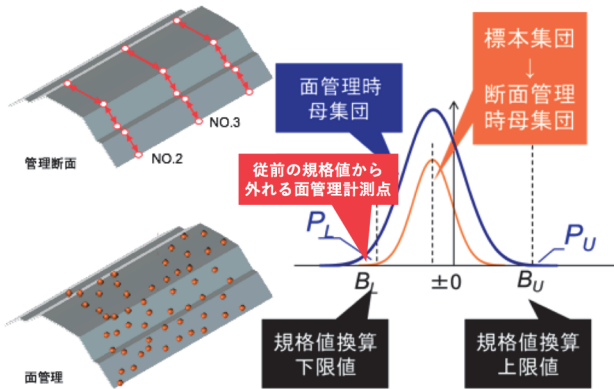


図-3 面管理計測点と従前の規格値換算値の関係

2.4 施工実態調査

全数管理規格値の設定には、従来手法で得られる管理断面での出来形座標だけでなく、管理断面以外の箇所(掘削部・盛土工)の出来形座標の実態を把握する必要がある。このため従前の出来形管理基準に基づく施工管理により検査に合格した土工現場において、天端部や法面部の横断方向に約2m間隔、測線の縦断方向に約2m間隔の格子状に、TSを用いた出来形管理技術により座標の取得を行い、出来形計測標高と設計標高の差の実態を把握した(図-4)。調査は直轄工事の現場で行い、工種(河川土工・

道路土工)・作業区分(掘削工・盛土工)・施工箇所(天端部・法面部)毎に実態を整理した。

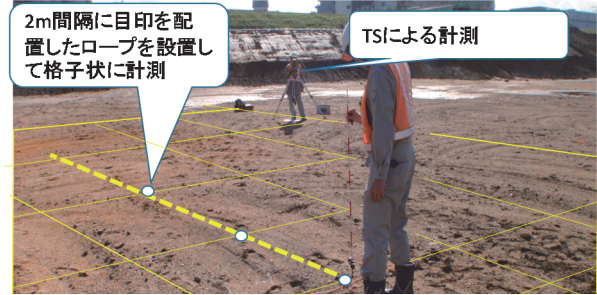


図-4 施工実態調査状況

2.5 規格値の設定

出来形のばらつきが正規分布に従うものとして、以下の手順で全数管理規格値を設定した。

- ① 施工実態調査結果から、従前の規格値換算値の上下限を外れた点数の占める割合として、上限域外率 P_U 、下限域外率 P_L を算出。
- ② P_U 、 P_L のうち大きい方を域外率 P と定義。
- ③ P を許容する平均値 ± 0 の正規分布を施工管理目標とし、当該分布の標準偏差を σ_P とする。
- ④ $\pm 3\sigma_P$ の範囲には99.7%のデータが含まれるため、これを全数管理規格値とする。

以上を踏まえ、面管理においては、計測点の平均値に対する規格値と個々の計測値に対する規格値を設定した(表-1)。

表-1 出来形管理基準及び規格値

工種	測定箇所	測定項目	規格値(mm)		測定基準	測定箇所
			平均値	個々の計測値		
掘削工	平場	標高較差	± 50	± 150	注1, 注2, 注3, 注4	
	法面(小段含む)	水平または標高較差	± 70	± 160		
盛土工	天端	標高較差	-50	-150	注1, 注2, 注3, 注4	
	法面(小段含む)	標高較差	-50	-170		
			-60	-170		

工種	測定箇所	測定項目	規格値(mm)		測定基準	測定箇所
			平均値	個々の計測値		
掘削工	平場	標高較差	± 50	± 150	注1, 注2, 注3, 注4	
	法面(小段含む)	水平または標高較差	± 70	± 160		
盛土工	天端	標高較差	± 50	± 150	注1, 注2, 注3, 注4	
	法面(小段含む)	標高較差	± 80	± 190		

注1: 個々の計測値の規格値には計測精度として ± 50 mmが含まれている。
 注2: 計測は天端面(掘削の場合は平場面)と法面(小段を含む)の全面とし、全ての点で設計面との標高較差または、水平較差を算出する。計測密度は1点/m²(平面投影面積当たり)以上とする。
 注3: 法層、法尻から水平方向に ± 5 cm以内には存在する計測点は、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。
 注4: 評価する範囲は、連続する一つの面とすることを基本とする。規格値が変わる場合は、評価区間を分割するか、あるいは規格値の条件の最も厳しい値を採用する。
 ※ここでいう勾配は、鉛直方向の長さ1に対する水平方向の長さXを表したものを示す。

2.6 成果の活用

面管理による出来形管理基準及び規格値の設定により、工事着手前の地形測量や工事の出来形計測において3次元計測で得られる3次元点群デー

タの活用が可能となった。国総研ではこの成果をLSや空中写真測量(UAV)を用いた出来形管理要領の素案としてとりまとめた。

この要領を含む15の基準類は平成28年3月末に国土交通省本省より発出された。

3. コンクリート工の生産性向上

コンクリート工に関しても、これまでは技術的、社会的、経済的な側面から複数の工法や工種を比較設計し、建設現場毎に最適化を図る、いわゆる部分最適の考え方に基づく設計が基本となっている。このため1つ1つの建設現場での生産性向上が図られても、各工程における待ち時間などのロスの発生について改善を図るなど、生産工程全体に対する改善へのインセンティブが働きにくい面もあり、これまで生産性の飛躍的な向上は進んでこなかった。また、コンクリート工に関わる型枠工などの技能労働者が他の技能労働者に比べても高齢化の傾向がある²⁾こと等から、今後の生産性向上が急務となっている。

こうしたなか、国土交通省ではコンクリート工の生産性向上を進めるための課題及び取組方針や全体最適のための規格の標準化や設計手法のあり方を検討することを目的に、有識者委員及び関係団体、研究機関、発注機関が参画する「コンクリート生産性向上検討協議会」を平成28年3月に設置した。同協議会においては、コンクリート工全体の生産性向上を図るために、これまでの部分最適設計から全体最適設計への転換、現場打ちコンクリート、プレキャスト(PCa)技術それぞれの特性に応じた生産性向上につながる要素技術の一般化に向けた検討、さらには、スランプなど品質規定の見直しや構造物の設計、発注、材料の調達、加工、組立等の一連の生産工程の最適化を図るようサプライチェーンの効率化等について検討が進められているところである²⁾。

このうちPCa技術の採用も含めコンクリート工の全体最適を図るためには、計画・設計段階から直接工事費だけではなく、工期短縮、省力化、安全性向上、維持管理の容易性といった要素も考慮できることが必要である。国総研においては、それら直接工事費以外の効果を定量的に評価する手法について検討するとともに、それらを概略・予備・詳細設計段階でそれぞれどの程度考慮すべき

か、といったことについても検討を行っている。図-5は、H25年度の直轄工事におけるボックスカルバートの施工実績を規模別に整理したもので、直接工事費以外の効果も考慮することで、PCa技術の適用範囲が拡大するイメージを示している。また、PCa技術を含め部材の標準化による効果を検討するため、型枠転用の効果試算や将来の構造物需要や技能労働者の動向など総合的な観点から従来技術に比べPCa技術の適用が効果的となるような範囲について検討を行っている。これにより当該範囲での標準化の推進による生産性向上や、PCa技術のコストの縮減なども期待される。

検討成果に基づき、国土交通省が策定する土木構造物設計ガイドラインや積算基準の改定案等を作成し、PCaや新技術の導入促進を図ることを想定している。その上で、土木工事共通仕様書への反映等により省力化技術の普及を進めて現場の生産性向上を進め、ひいては良質な社会資本の持続的供給に寄与できると考えている。

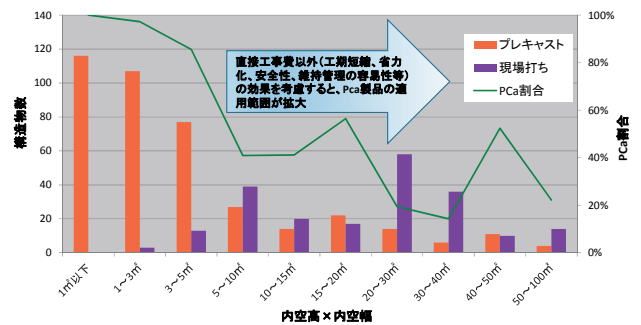


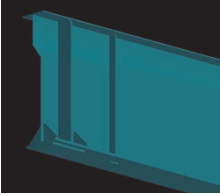
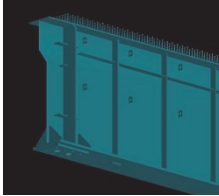


図-5 ボックスカルバートの施工実績 (H25)

4. CIMモデルの活用

i-Constructionでは、3次元で設計したデータを「施工」に留まらず「維持管理」段階にも流通させることにより、建設生産プロセス全体を高度化・効率化することとしている(建設生産プロセス全体に流通させる場合の3次元データを「CIMモデル」という。)³⁾「どの範囲を対象に」「どこまで詳細に」CIMモデルを作成すべきかといった事項は、CIMモデルの活用目的によって異なる。もし受発注者間でこういった事項を事前に決定しておかないと無駄な作業あるいは手戻りが生じることとなる。このため国総研では、特に維持管理の場面を想定した「モデルの詳細度」の考え方を整理した。これを表-2に示す。

表-2 詳細度別のモデル例（主桁の例）

<p>詳細度100</p> <p>・主桁の概略形状を表現した直方体モデル</p> 	<p>詳細度200</p> <p>・対象の構造形式が分かる程度のモデル</p> 
<p>詳細度300</p> <p>・対象の外形形状を正確に表現したモデル</p> 	<p>詳細度400</p> <p>・詳細度300に加え、接続構造などの細部も含めて正確にモデル化</p> 

また、CIMモデル上で属性情報を必要以上に多く取り扱っても費用対効果は得られない。付与すべき属性情報について冗長性を排除し、体系的に整理するためにクラスという概念を導入した。クラス分けは構造全体・構造体・構成要素の3段階とした。名称や種類、形式、材料、部材番号などの基本的な性質を表す情報は、様々な利用場面において共通に利用される属性情報である。また、点検結果や修繕記録、品質管理資料や図面、写真などの外部参照ファイルのアドレス等は、利用場

面に応じて必要となる属性である。このためその性質によって基本属性情報と利用目的別属性情報に分類した。表-3に属性情報のクラスと属性情報の項目例を示す。

成果は国土交通省が策定するCIM導入ガイドラインへ盛り込まれることで現場業務の一層の効率化を目指している。

5. おわりに

i-Constructionの目標は、生産性を向上させることで、企業の経営環境を改善し、建設現場で働く方々の賃金水準の向上を図るとともに、安定した休暇の取得や安全な建設現場を実現することであり、メリット便益は関係者全体で共有されることが大切である。どこかにしわ寄せが起これば、社会資本プロセスの持続的な展開に支障が生じることが危惧される。またICT技術の発展はめざましいものがあるが、実際に現場で有効に活用されることが重要である。現場の実情をよく把握して、現場のニーズに応えるよう研究・開発を進めて参りたい。

参考文献

- 1) 総務省：国勢調査、2010
- 2) i-Construction第3回コンクリート生産性向上検討協議会資料、2016年9月

表-3 属性情報のクラスと項目例

クラス		構造全体	構造体	構成要素
付与する単位		橋梁全体	上部工、橋脚、支承等	梁、柱、支承本体等
属性項目	基本属性情報 (橋梁点検要領に基づく情報)	橋梁名称、管理者、位置情報、橋梁管理番号、管理事務所、出張所	工種、管理番号、構造形式区分、構造体名称、径間番号 or 下部工部材番号	要素名、規格、部材種別、材料 or 材料等の呼び名、径間番号 or 下部工部材番号
	利用目的別属性情報	設計情報、施工情報（外部参照ファイルの格納先アドレス）	設計図面、点検調書、補修記録（外部参照ファイルアドレス）	橋梁定期点検の記録情報（点検日、損傷の種類・程度、判定区分）

喜安和秀



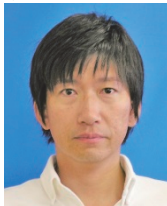
国土交通省国土技術政策総合研究所社会資本マネジメント研究センター建設マネジメント研究官
Kazuhide KIYASU

森川博邦



国土交通省国土技術政策総合研究所社会資本マネジメント研究センター社会資本施工高度化研究室長
Hirokuni MORIKAWA

関谷浩孝



国土交通省国土技術政策総合研究所社会資本マネジメント研究センター社会資本情報基盤研究室長、博(工)
Dr. Hiroataka SEKIYA

古本一司



国土交通省国土技術政策総合研究所社会資本マネジメント研究センター社会資本システム研究室長
Kazushi FURUMOTO