

情報化施工を活用した次世代建設システム

小島 宏一

近年我が国の建設業界においては、建設 CALS/EC の普及に伴い、その一環である公共建設工事の設計・施工情報に関する電子納品の義務づけによって、設計・施工・管理等、事業執行プロセスにおいて発生する情報は、電子情報として交換されつつある。

しかし現実には、各プロセスで発生するそれらの情報は、高度情報技術（IT）に合った有効な利活用がされていないこと多く見受けられるため、フィールドでの実証実験をとおして、情報の利活用やスタイルなど次世代工事施工・管理のあるべき姿についての検証を行う。

キーワード：実証実験、出来形管理、情報の受渡し、情報の欠落、プロダクトデータ、丁張り設置、出来形確認

1. はじめに

公共事業における建設 CALS/EC 導入が行われる中、「入札情報」、「委託成果・工事管理物の電子納品」など、「入札・契約」～「工事施工・維持管理」のプロセスに至る建設ライフサイクルの中で、情報技術の活用によって、各プロセスで発生する情報をデジタル化し（例えば工事の施工情報を CAD データとして受発注者間で相互交換されるように）、設計プロセスから施工プロセスに受渡すといった、効率的なデータ交換・伝達可能な環境が整いつつあるのは周知のとおりである。

しかし、現在行われつつある「測量・設計成果や工事管理資料成果物の電子納品」に代表されるような情報化だけでは、情報の持つ目的・役割を一部無視した情報の交換・伝達スタイルとしてのデジタル化にしかすぎず、また調査・測量・設計・施工の各プロセス間での情報伝達をシームレスに行うことに焦点が絞られていないため、プロセス毎の作業に無駄が生じたままであるというのが現状である。

本来公共事業を始めとする各種プロジェクトの管理は、設計図面や工事管理資料といった結果のみを重視したものではなく、計画～完成に至るあらゆる情報を時系列で随時整理したプロジェクトデータとしてなされるべきで、そのデータから各プロセスで必要とされる情報を取出して利用し、必要に応じて変更したものを元の位置に戻す、そして完備された情報をデータベ

ス化してインフラストラクチャ情報の保管管理を行う、といった形態が最も効率の良い、あるべき姿と考えられる。

本実証実験は、プロジェクトデータ管理というコンセプトを踏まえたうえで、公共建設工事における現場施工・出来形管理において、シームレスな情報交換・共有による、従来行われている業務の改善と、より効率的な「情報」のあり方を、実際の現場に適用可能かどうか確認することを目的とするものである。

2. 施工情報の交換・伝達に関する問題点

従来の公共建設工事は、発注者側から受注者側への工事情報（構築物の設計情報）の提供から始まり、受注者による工事の施工、出来形管理のプロセスを経て構築物の発注者への引渡しにより完了する。

工事施工フェーズ第一番目の情報伝達項目である設計情報は道路工事の場合、

- ・設計図面（平面・縦横断・構造図等）
- ・線形計算書（中心線）
- ・構造物等設計計算書、数量計算書
- ・基準点計算書

等といったものがあり、これらの情報が伝達される形式として、設計図面は紙面印刷物もしくは CAD データ（2次元）、線形計算書・基準点計算書等についても同様に紙面印刷物、もしくはデジタルデータ（xls, doc, pdf, txt 等）で受渡されることが多い。

しかし、このような従来型の受渡しスタイルでは、

工事の受注者が設計データを受取った後で、設計図や計算書などから施工情報を読みとり（目で見て図面に含まれている情報を技術者の観点から取得するなど）、作図や計算を行い、計算結果や既存の基準点情報を基に施工データを作成しなければならない事態が発生してくる。

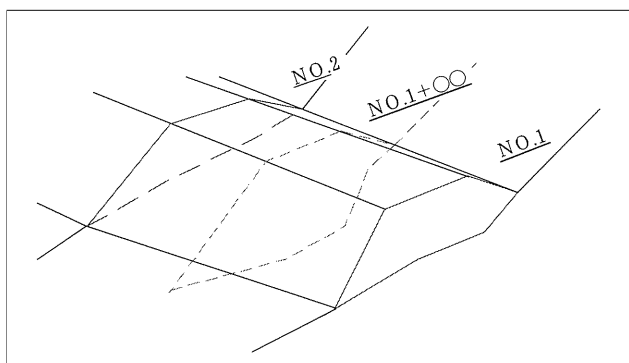
また、設計から施工プロセスへの情報の受渡しの際には、その間で欠落する情報は多く、その欠落した情報を補うことが施工フェーズでは必要不可欠であるため、それが受注者側にとっては大きな負担となっており、施工データ作成に費やされる時間は無視できないのが現状である。

しかし、施工のプロセスにおいて必要となる施工データは、設計プロセスで作成もしくは入手されている事は紛れもない事実である。

つまり、発注者側から渡される設計データは、事前に設計者（設計コンサルタント等）側で作成される際には詳細なる設計検討を行うため、詳細測量情報や設計検討情報が蓄積されつつも、設計成果品作成時に省略されてしまうといった由々しい問題が生じているのである。

例えば、道路設計事業における測量・設計のプロセスでは、連続的な構造物（道路）を詳細に設計検討することを目的として、観測者は対象となる地形情報を綿密に入手している。そしてその後、設計者（＝測量調査者）が構造物を連続体として設計を行い、設計情報を地形情報の上に集積してゆくといった形をとっている。

設計完了後、設計者が設計委託成果報告書を作成する際、構造物の設計情報は、平面・縦・横断・詳細図などの“図面”で表現されるのであるが、その中の横断図は図一1に示すNo.1, No.2のような20m毎に設けられる管理測点にて作成されるため、せっかく測量・設計プロセスで連続的に取得された地形・設計情報が部分的に省略され（図一1中の中間点）、全て管



図一1 情報の欠如

理断面位置に代表されてしまい、次の施工フェーズにおいて有効活用される場合が極めて少なくなるといった事態が発生してしまうのである。

これらは、構築目的となる対象物の設計者と施工者が異なることによる、情報に対する価値観の相違に起因するもので、設計フェーズから施工フェーズへの情報の受渡しが、詳細情報を取除いた、平面・縦・横断図など2次元で表現された図面と、道路中心線計算書などで代表される計算資料などを主体とした形態を持っていることに原因があり、そのような文化を伝承している限りでは、如何に電子納品が進化普及したとしても情報の欠落という問題点は解決できないであろう。

したがって、工事内容としての構築物の設計・施工情報を、設計図書（設計図面と設計資料）といった形式で渡すことには限界があり、施工を開始するまでに至る調査・測量・設計のプロセスで発生した情報を図面に集約することなく、全ての情報を網羅したプロダクトデータとして伝達する必要性が生じてくるのである。

この場合のプロダクトデータとは、

- ・地形測量により取得されたポイントデータ (x, y, z)
- ・設計対象となる道路の平面線形・縦断データ
- ・構築物の横断形状のテンプレート
- ・現場施工のための基準点データ

など、設計フェーズで取得、作成された測量・設計情報のデータソースを意味し、全て空間（3次元）情報として存在する。

プロダクトデータの利点は、空間データであるために、構築物の位置を即座に取得できることから施工データの取得に有効であることや、従来の平面・縦・横断図という2次元的に表現された図面だけでなく鳥瞰表示も可能であることも、事業の合意形成を得るうえで見逃すことは出来ない。

また、設計フェーズで作成されたプロダクトデータは、施工フェーズにおいて地形データの追加や構築物の出来形データなど、数々の情報が順次蓄積されて行くため、施工のプロセスにおける進捗管理や出来形管理を可能ならしめるものである。

3. 実証実験の実施

(1) 実証実験現場の紹介

実証実験フィールドは、高知県の中央北部に位置し吾川郡吾北村内を通過する、国道439号の道路改良工事（写真一1）を対象とする。

- ・工事名：国道439号道路改築工事

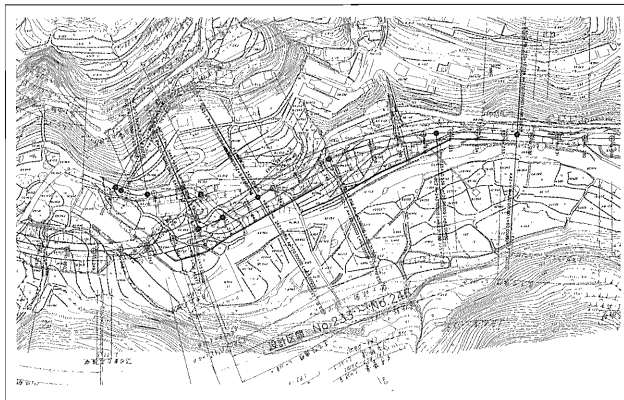


写真一 実証実験現場の全景

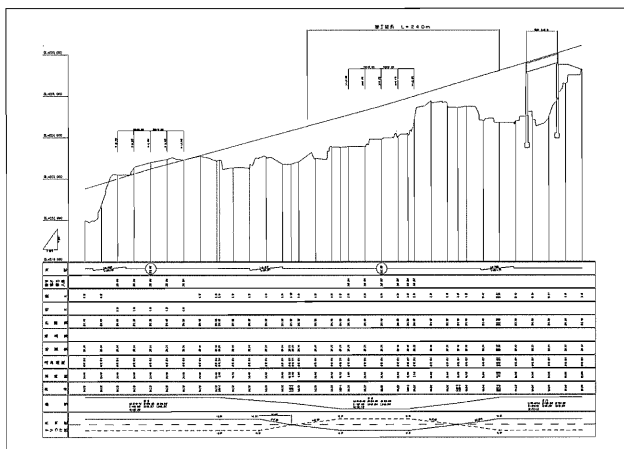
- ・ 工事場所：高知県吾川郡吾北村小川柳野
- ・ 発注者：高知県
- ・ 工事概要：道路改築延長 $L=240$ m
 - 土 工（切土） 1,576 m³
 - （盛土） 31,616 m³
 - 擁壁工 逆 T 式擁壁 658 m³
 - （実証実験対象工種） 盛土工

(2) 実験内容

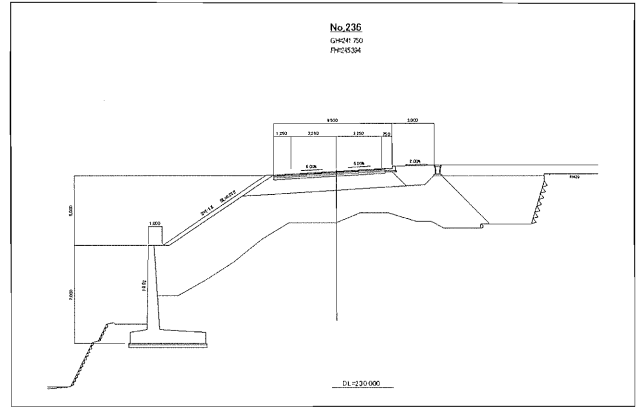
実証実験の内容は、



図一 平面図



図一 縦断面図



図一 横断面図

- ① 設計情報のシームレスな伝達による丁張りの設置
 - ② 出来形管理
- の 2 項目とした。

(a) 丁張り設置

設計情報のシームレスな伝達による丁張りの設置は、2章で取上げた、設計～施工フェーズへの効率的なプロダクトデータの伝達と工事の施工に関する実験である。

丁張りとは、施工情報を基にして現場に設置する、構築物の施工形状を示した指標であり、仮設的に木製板や杭により施工される（写真一2）。



写真一 丁張

工事の施工にあたり盛土を施工する建設機械オペレータは、写真一2のように設置された丁張りの形状を見て、全体的な計画盛土形状を把握したうえで丁張りに合わせて盛土を行ってゆくといった作業手順を踏むために、丁張りは「工事施工の誘導」という位置づけにあり、施工プロセスにおけるそのウエイトは大きい。

従来の丁張り設置は、工事発注時に発注者から渡された横断面図や線形計算書などの設計図書を基に、工事施工者の手により次のプロセスに従って行われている。

- ① 施工データ作成（盛土の肩や法尻など、丁張り設置予定点の位置データ (x, y, z) を計算）

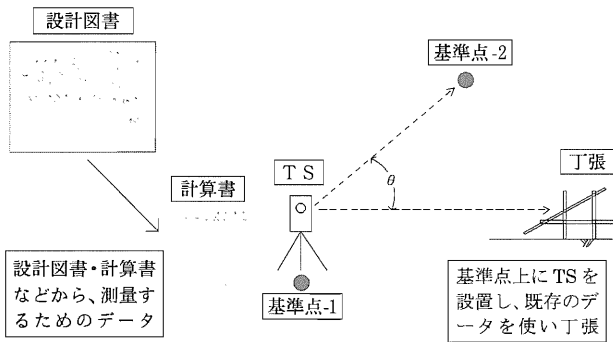


図-5 従来の丁張り設置概念図

- ② 丁張り施工位置の測量データ作成（トータルステーション（TS）など測量機器により現場で観測すべき角度や距離を逆トラバース計算により測量データを作成する（逆トラバース計算とは現地目標点を確定するために、TS設置基準点を固定して、後視基準点から目標点までの角度・距離を算出する計算のことである）。

まず従来の施工法に基づいて、本実証実験現場で受注者が、ある一定の試験区間で作成した盛土工丁張りの施工データの内訳とその作業手間は次に示すものである。

- ・対象区間：No. 235～No. 245；延長 $L=200$ m
- ・施工データの計算点数：196
- ・データ作成時間：4時間
- ・データ作成必要人員：1人
- ・丁張り設置時間：10.5分（1基当たり）
- ・丁張り設置必要人員：2人

一方、プロダクトデータを使用した次世代型での丁張り設置作業においては、設計フェーズで作成された設計データを使用するため、受注者の手で施工データを作成するといった従来のプロセスを踏む必要は無くなる。

今回の実証実験では、プロダクトデータ（設計データ）の中から丁張り設置に必要な

- ・中心線形データ
- ・縦断データ
- ・基準点データ

の3つを施工フェーズに伝達した。

データ形式はLandXMLとし、設計ツールから現場で使用する電子野帳（データコレクタ）に転送したのであるが、実験の際、受取り側のプログラムの問題から、電子野帳側において、上記3つのデータの他に横断形状テンプレートを、ツールを使い作成しなければならなかった。

従来型と比べると次世代型施工法（図-6）では、

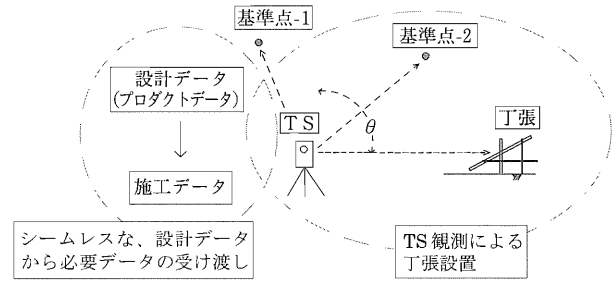


図-6 次世代型丁張り設置概念

設計データがプロダクトデータとしてTS側（付属データコレクタ等）に受渡される事により、その中から必要なポイントデータ（位置データ）を測量基準点と関連づけて取出すことが可能であるため、施工者側ではあらかじめ丁張り設置に必要なとされる測量データの作成を余儀なくされることが無い（従来型では4時間のデータ作成時間が必要であった）。

次世代型での盛土工データ作成～丁張り設置までの内容を次に示す。

- ・対象区間：延長 $L=240$ m（プロダクトデータ対象区間）
- ・計算点数：不要
- ・データ作成時間：-
- ・データ作成必要人員：1人
- ・丁張り設置時間：12分（1基当たり）
- ・丁張り設置必要人員：2人

丁張り設置のプロセスにおいて、次世代型施工法では、施工データを作成しなければならない従来型施工に比べ、プロダクトデータによる施工フェーズでのデータ作成が不要であるため大きなコスト削減効果があるといえよう。

実験では、丁張り設置時間においては時間短縮が見られなかった。この原因として、次世代型での丁張り設置がツールによる施工であったため、従来行われているような現場即地性というフレキシビリティのないことが挙げられる。しかしこれは、ツールのプログラミングにより解決できるものであり、今後の改善が望まれる次第である。

(b) 出来形管理

次に出来形管理について述べる。

工事を施工管理してゆくプロセスにおいて、建設目的となる構築物が規定の形状に出来上がっているかどうかを確認する出来形管理を行わなければならないのが一般である。

盛土工における出来形管理項目は、

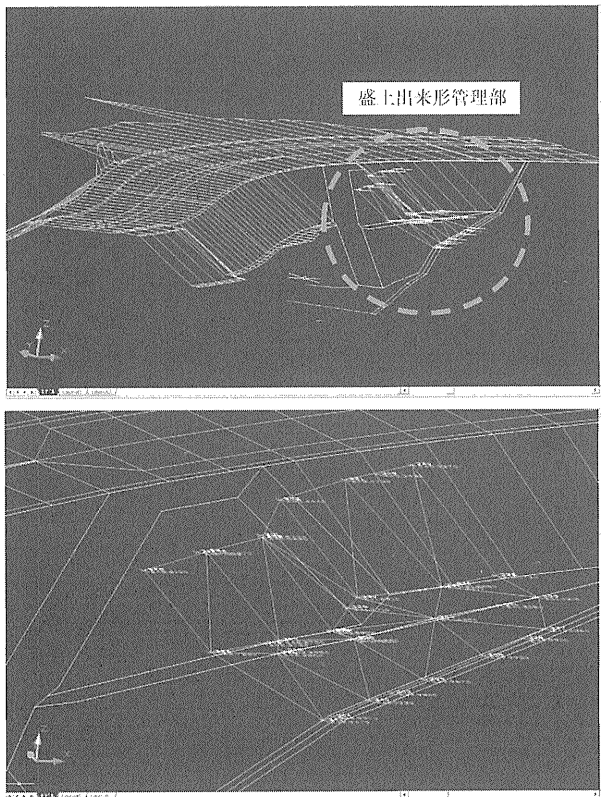
- ① 盛土基準高
- ② 法長

- ③ 法勾配
- ④ 幅員

といったものがあり、これらは20m毎に設けられた「管理測点」にて出来形値と設計値とが比較管理される。

従来法においては一般的に、上述の①の盛土基準高はレベルによる高さ測定、②の法長については巻尺による長さの測定により、設計値が確保されているかどうかの管理が行われ、管理結果は出来形管理図面や管理帳票として発注者側に提出されるような運びとなっている。このような従来型管理法では、構築物を大きさ（スカラー）により管理するだけで、位置（ x, y, z ）で管理することが少ないために、構築物の維持管理には不十分といえよう。

今回の実証実験では次世代型出来形管理として、プロダクトデータ上に現場で観測した出来形データをポイントデータ（CSV形式： x, y, z ）として追加し、



位置	設計値			出来形値(実験B)			概要
	x	y	z	x	y	z	
NO.237 2	68741.543	-23137.998	241.22	68741.521	-23137.987	241.297	
NO.237 3	68738.491	-23138.285	241.22	68738.499	-23138.285	241.24	
NO.237 4	68736.921	-23135.404	240.02	68736.826	-23135.351	240.021	
				-0.022	0.011	0.077	出来形値-設計値
				-0.002	0.000	0.020	
				-0.095	0.093	0.001	
NO.237+14.0 2	68731.766	-23147.487	242.01	68731.775	-23147.493	242.003	
NO.237+14.0 3	68730.503	-23146.678	242.01	68730.506	-23146.679	242.028	
NO.237+14.0 4	68727.927	-23145.027	239.97	68727.985	-23145.071	240.007	
				0.009	-0.066	-0.007	出来形値-設計値
				0.003	-0.001	0.018	
				0.088	-0.044	0.037	
NO.238 2	68728.649	-23152.139	242.34	68728.626	-23152.124	242.381	
NO.238 3	68727.497	-23151.298	242.34	68727.381	-23151.281	242.349	
NO.238 4	68724.433	-23149.286	239.95	68724.315	-23149.206	239.968	
				-0.021	0.015	0.041	出来形値-設計値
				-0.026	0.017	0.008	
				-0.118	0.080	0.018	

図-7 プロダクトデータ上での出来形管理画面と管理帳票

設計値と出来形値の比較をPC画面上にて行い、更に擬似的に管理帳票を作成した。

図-7は実験区間の盛土設計データの全体と管理部分の拡大図、そして設計値と出来形管理値の比較帳票である。

実験では、出来形観測として完成した盛土の法肩や法尻ライン上をランダムに計測した測定値を基に、管理断面上における出来形値を、管理断面ラインと近傍の出来形観測点を結んだ出来形観測ラインとの交点を導き出すことにより計算上の出来形点を求めた（図-8）。

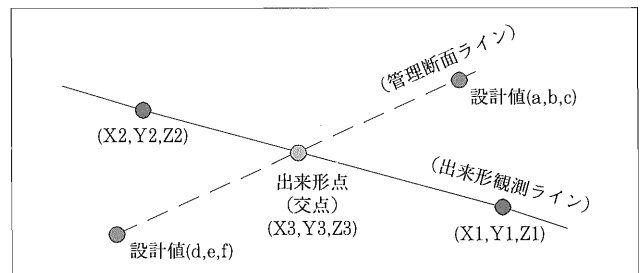


図-8 次世代型出来形管理

これは従来の出来形管理が、管理断面上のみで行われることに対する比較実験で、管理測点上にある構築物の肩などの管理ポイントを確定測量する従来の観測法に比べ、任意点をランダム観測する方法は1/3~1/2の時間で十分であった。

また、このプロダクトデータによる施工管理は、構築物の施工プロセスにおいて、施工者が必要とするポイント（測点、位置）で日々進捗してゆく出来形を管理出来るだけでなく、発注者側でも監督管理として任意ポイントによる出来形・完成確認が可能となるという両面性を持つということを物語っている。

今回の実験では、従来の出来形確認および監督検査が管理測点というあらかじめ決められた固定点で行われている事に合わせて管理測点上での出来形管理を行ったのである。ところが上述の計算による出来形管理法では直接観測法（従来法）に比べ、最大で約30mmの平面差異が生じた。しかし、出来形管理すべき位置を事前に規定してしまうのは、構築物を連続的に扱える情報化施工ではあまり意味の無いことであるので、設計値と出来形値の差を標準偏差で表すような次世代型施工管理に合致するような管理方法の到来を心待ちにする次第である。

4. 考 察

設計フェーズから施工フェーズに情報が受渡される

際に多くの情報が省略され、施工の際に消えた情報を再構築しなければならない従来型の建設事業執行スタイルに比べ、プロダクトデータを使った次世代型施工が如何に設計情報を施工フェーズで有効利用出来るかを本実証実験から、窺い知るに至った。

それ故、設計のプロセスで生じた全ての情報を整理し、施工、維持管理そして計画といった建設ライフサイクルを一環して流せる共通フォーマットによりプロダクトデータとして交換し、各プロセスで発生する情報を蓄積して行く方式こそ有効な情報の利活用を可能とせしめるものと思われる。

しかし現時点では、共通フォーマットとしてのXMLスキーマや、異なるフェーズを流れる情報のチェック機構など、数々の解決すべき問題は山積している。今後データフォーマットが確立されて、建設ライフサイクルで発生するあらゆる情報がデータベース化され、建設業界のみならず、サービス、流通など多くの分野で利活用されることが、高度情報化社会における建設

業の担う役割の一つではないであろうか。

今回の実証実験は、国土交通省国土技術総合研究センター情報基盤研究室発注の業務に基づく研究であり、このような機会を提供して頂いた同研究室担当の皆様、実証実験のデータ作成や実験ツール、そして多様な情報知識を提供して頂いた共同研究の皆様をはじめ、多くの方々にこの場を借りてお礼を申し上げる次第である。

JCMA

《参考文献》

- 1) 高知県建設技術公社報告書：「ITによる監督検査技術の実証実験検討業務」, 2004年3月

【筆者紹介】

小島 宏一（おじま こういち）
高知県建設技術公社
技術支援課
第3班
班長



建設機械用語集

- ・建設機械関係業務者一人一冊必携の辞典。
- ・建設機械関係基本用語約2000語（和・英）を収録。
- ・建設機械の設計・製造・運転・整備・工事・営業等業務担当者用辞書として好適。

B5判 200頁 定価2,100円（消費税込）：送料600円
会員1,890円（消費税込）：送料600円

社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8（機械振興会館） Tel. 03(3433)1501 Fax. 03(3432)0289