

- 16 出来形管理トータルシステムで利用する

サポートソフトウェアの開発

Development of support software for total system of as-built management.

田中洋一¹・阿部寛之²・青山憲明³・今井龍一³・金澤文彦⁴

Tanaka Yoichi, Abe Hiroyuki, Aoyama Noriaki, Imai Ryuichi and Kanazawa Fumihiko

抄録: 情報技術を利用した施工管理方法として、道路土工の出来形管理に取り組んでいる。現在一般的に利用されている巻尺・レベルに代わって、使用する計測器に「トータルステーション」利用した出来形管理トータルシステムを構築した。本論文では、出来形管理トータルシステムのために構築したデータ交換モデルと、利用するためのサポートソフトウェアを開発した。そして、構築したデータ交換モデルを利用するためのサポートソフトウェアの開発と試行現場での利用について報告するものである。

Abstract: Developed a total system of as-built management of road earthwork as construction management process using information technology. A total system of as-built management is consisted of the total station with construction management data and support software. This system is replaced level and measure. In this paper, support software was improved as a total system of as-built management. A total system is exchanged as-built work management data. The as-built work management data was made as document. A total system of as-built management was used at six construction fields this year.

キーワード: 道路土工, 出来形管理, トータルステーション, データ交換標準。

Keywords : road earth work, as-built management, total station, data exchange standard.

1. はじめに

情報技術を利用した施工管理方法は、品質の確保・建設コスト削減・事業執行の迅速化等が期待されている。国土技術政策総合研究所では、施工管理の情報活用として、現在一般的に利用されている巻尺・レベルに代わって、使用する計測器に「トータルステーション（以下 TS という）」を採用した施工管理方法の研究に取り組んでいる。

平成 17 年度は、全国 6 箇所の現場試行において基本設計データの作成、現地での基本設計データと出来形計測結果の比較、出来形管理帳票の自動作成という、TS を活用した道路土工における出来形管理トータルシステムの有効性や測定精度の検証を行った¹⁾。平成 18 年度は、多くの測量機器に出来形管理機能を実装するために開発を測量機器メーカーに依頼した。そして、平成 19 年度からの TS による出来形管理要領の本格運用に向けて、開発された測量機器を使った出来形管理トータルシステムの現場試行を行った。

本論文では、出来形管理トータルシステムとして必

要となる 3 次元の設計情報を容易に作成し、TS から得られた計測点データから出来形帳票を自動作成できる、サポートソフトウェアの開発について報告する。

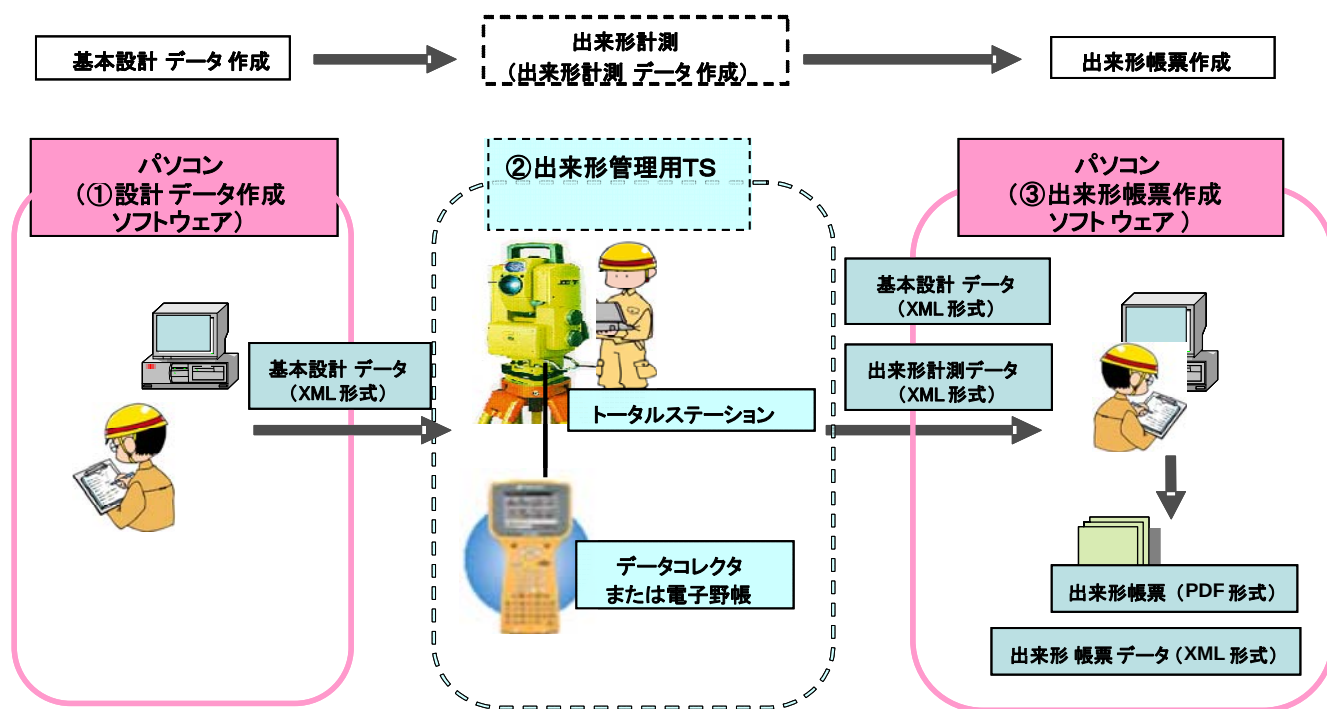
2. 出来形管理トータルシステムの構築

TS を用いた道路土工の出来形管理トータルシステムについて説明する。道路土工の出来形管理トータルシステムは、基本設計データ作成、出来形計測、出来形管理帳票作成という 3 段階の手順からなる。図-1 に TS による出来形管理の流れを示す。

(1) 基本設計データの作成

施工者は、契約図書等として提示される詳細設計の線形計算書、平面図、縦断図、横断図という各々 2 次元の情報をもとに、道路土工の 3 次元の基本設計データを作成する。通常、施工者は施工準備の丁張り設置のために、発注書類をもとに 3 次元座標を求める作業を行っているため、施工者は、基本設計データの作成を無理なく行えると考えている。

-
- 1 : 正会員 国土交通省国土技術政策総合研究所 高度情報化研究センター情報基盤研究室
(〒305-0804 茨城県つくば市大字旭1番地, Tel :029-864-4916, E-mail :tanaka-y8317@nilim.go.jp)
- 2 : 非会員 朝日航洋株式会社 空間情報事業本部 防災・環境グループ
(元国土交通省国土技術政策総合研究所 高度情報化研究センター情報基盤研究室)
- 3 : 正会員 国土交通省国土技術政策総合研究所 高度情報化研究センター情報基盤研究室
- 4 : 正会員 国土交通省国土技術政策総合研究所 高度情報化研究センター情報基盤研究室 室長



図－１ TS による出来形管理の流れ

(２) 出来形の計測

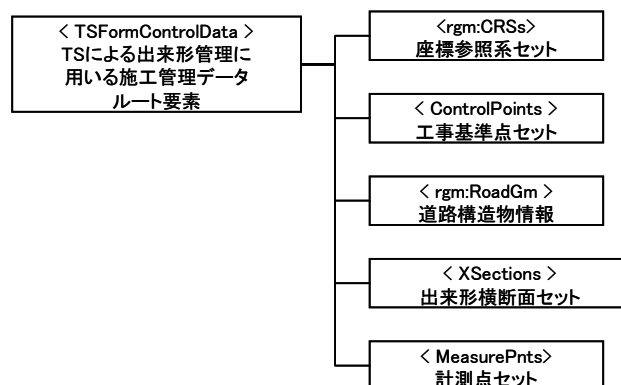
TS による出来形計測を行うとともに、現地において設計値と計測値の比較を行い、計測値が出来形規格値を満たしているか否かを確認する。従来の巻尺とレベルを使う場合の土木施工管理基準（出来形管理基準及び規格値）は、出来形計測を行う測定項目（基準高、法長、幅）と、測定箇所、規格値、測定基準が示されている。TS による出来形管理も従来の巻尺・レベルと同様の出来形計測を行う測定項目（基準高、法長、幅）と、測定箇所、規格値、測定基準を利用することとしている。一般的には、測定基準（40m に一箇所）に則った間隔で規格値を満たすように管理し、出来形管理帳票作成の対象となる横断面（20m に 1 箇所）を「管理断面」という。

(３) 出来形管理帳票の作成

基本設計データと TS による出来形計測結果を用いて、完了検査に用いる測定結果一覧表や出来形管理図表を自動的に作成する。そして、電子納品データとしての出来形管理帳票 PDF ファイルを作成する。

３. データ交換標準の作成

出来形管理トータルシステムは、３つのソフトウェア機能から構成される。それぞれのソフトウェア間でデータを連携させるためには、データ交換に必要な情報モデルを構築しなければならない。平成 17 年度の現場試行では、LandXML²⁾を基本設計データおよび出来形計測したデータを交換する情報モデルとして利用して



図－２ データ交換標準の全体構成

いた。しかし、LandXML にある情報項目だけでは出来形の施工管理で利用するには十分ではなかったため、LandXML を基に「TS による出来形管理に用いる施工管理データ交換標準（案）」（以下「データ交換標準」という）を作成した。データ交換標準は、TS による出来形管理における施工管理情報（基本設計データおよび出来形計測データ）について整理し、データ仕様を定めたものである。図－２にデータ交換標準の全体構成を示す。データ内容は、座標参照系セット、工事基準点セット、道路構造物情報、出来形横断面セット、計測点セットから構成される。データ交換標準は、将来の３次元情報標準化を念頭に作成している。現在出来形横断面セットの定義は、測量機器に受渡すために道路土工の出来形管理に必要な最低限の情報項目だけとしている。

(1) 座標参照系セット

座標参照系セットは、「道路中心線形データ交換標準(案)基本道路中心線形編 Ver1.0」³⁾で規定されている要素を使っている。座標参照系セットは、測地原子、鉛直原子、水平座標系、鉛直座標系、座標系注意点から構成される。図-3に座標参照系セットの構成を示す。

測地原子は、日本測地系 2000 (新測地系) か日本測地系 (旧測地系) を定義している。鉛直原子は、基準面名と T.P. (東京湾中等潮位) との差を定義している。水平座標系は、平面直角座標系の系列を定義している。鉛直座標系は、鉛直原子となる平均海面からの高さを定義している。座標系注意点は、座標参照系のコメントを定義している。

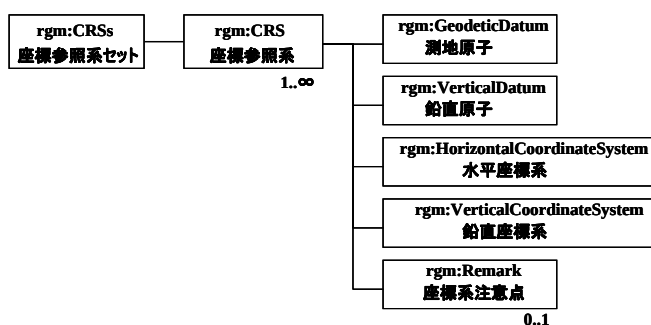


図-3 座標参照系セットの構成

(2) 工事基準点セット

工事基準点セットは、基準点、水準点の座標が参照する座標系の内容を属性として持ち、基準点、水準点から構成される。図-4に工事基準点セットの構成を示す。

基準点は、基準点測量により施工現場に設置された狭義の基準点に関する情報を定義している。水準点は、水準点測量により設置された水準点の情報を定義している。

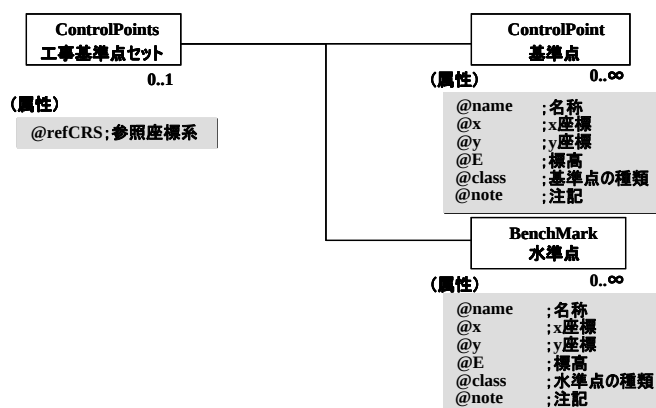


図-4 工事基準点セットの構成

(3) 道路構造物情報(道路中心線セット)

道路構造物情報(道路中心線セット)は、座標参照

系セットと同様に「道路中心線形データ交換標準(案)基本道路中心線形編 Ver1.0」で規定されている要素を使っている。道路中心線形セットは、平面線形、縦断線形から構成される。平面線形は、さらに測点定義、主要点リスト、IP 点リスト、中間点リスト、線形要素から構成される。図-5に道路構造物情報(道路中心線セット)の構成を示す。

測点定義は、管理断面を定義する測点間隔を定義している。主要点リストは、線形要素が代わる点の座標値を定義している。IP 点リストは、IP 点の設定をしている。ただし、TS 出来形管理では、IP 点データは交換するが、平面線形は主要点の座標と線形要素から算出することを基本としている。中間点リストは、中間点の座標値を定義している。線形要素は、平面線形の幾何要素(直線、円弧、クロソイド)を定義している。

縦断線形は、縦断の勾配変位点などを定義している。

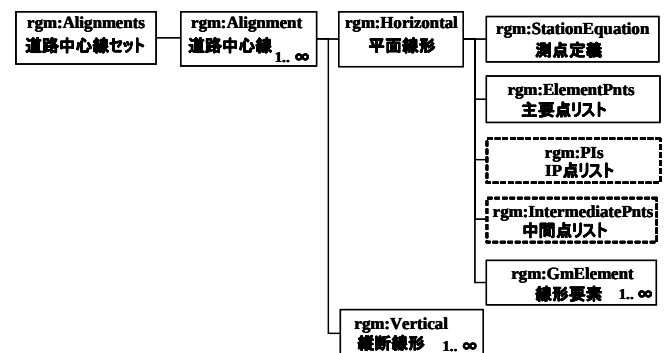


図-5 道路構造物情報(道路中心線セット)

(4) 出来形横断面セット

出来形横断面セットは、出来形管理を行う横断面と構築形状の属性を持ち、構成点、出来形管理対象から構成される。図-6に出来形横断面セットの構成を示す。

構成点は、横断面の構築形状を構成する構成点を定義している。出来形管理対象は、出来形管理対象についての情報(管理工種、管理項目、対象範囲、対象部位)について定義している。

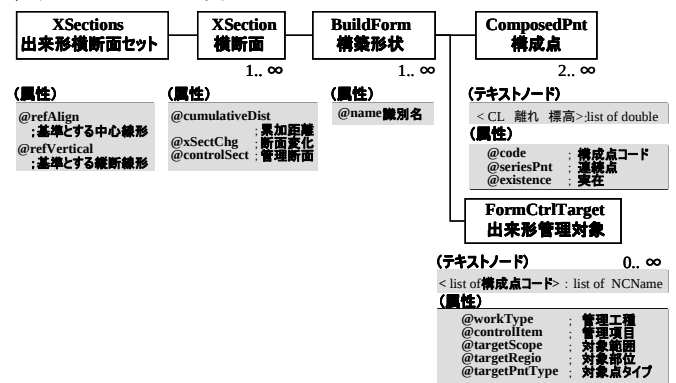


図-6 出来形横断面セットの構成

(5) 計測点セット

計測点セットは、計測対象が参照する道路中心線ごとに作成され、計測点を属性としている。計測点は、出来形計測をした点についての座標値や取得した時間などの情報を定義している。

4. TS 出来形管理のサポートソフトウェア

平成 17・18 年度の現場試行では、国総研がサポートソフトウェアとして、基本設計データ作成ソフトウェアと出来形管理帳票作成ソフトウェアを提供した。基本設計データ作成ソフトウェアにより、情報モデルとしてデータ交換標準に則った基本設計データを作成する。出来形管理帳票作成ソフトウェアは、TS で計測した出来形計測データを受取り、帳票を自動作成する。平成 18 年度試行では、基本設計データ作成と出来形管理帳票作成の機能を一つのソフトウェアで実行できるようにサポートソフトウェアの改良を行った。図-7 にサポートソフトウェアの機能概略を示す。

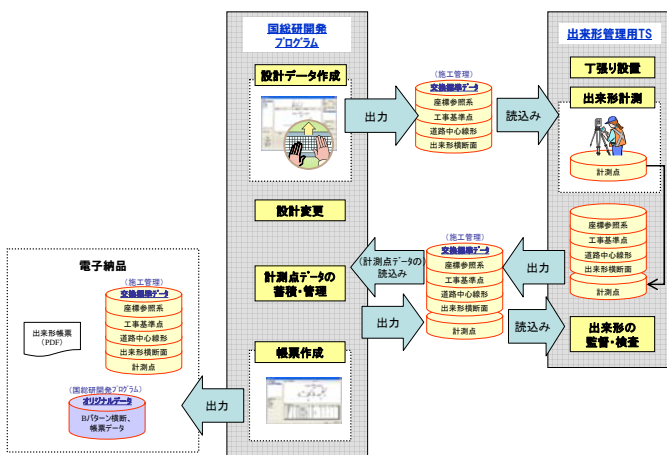


図-7 サポートソフトウェアの機能概略

(1) 基本設計データ作成ソフトウェア

設計データの作成作業は、a) 座標系の設定、b) 工事基準点の設定、c) 道路線形の設定、d) 管理断面の設定、e) 横断形状の設定、f) 出来形管理設定、g) 交換データの出力の手順で行う。図-8 に基本設計データ作成ソフトウェアの基本画面を示す。右にあるボタンを上から順番に押すことによって、a)～g) の手順を実施できるようにしている。

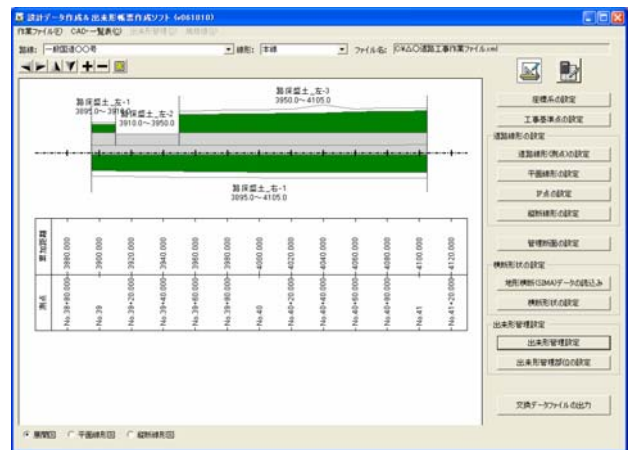


図-8 基本設計データ作成の基本画面

a) 座標系の設定

座標系の設定は、基本画面の「座標系の設定」を選択して、工事で基準とする座標系に関する設定を行う。

図-9 に座標系の設定画面を示す。

基準とする座標系の名称は、初期値として CRS-1 に設定されが、座標系の名称は自由に変更できる。座標系に利用する測地系は、日本測地系 2000（新測地系）と日本測地系（旧測地系）のどちらかを選択する。基準とする水平座標系（平面直角座標系の第 I 系～第 XIX 系）についても選択する。標高の基準となる基準面（標高基準面）について、名称と東京湾平均海面（T.P）との高低差を記入する。

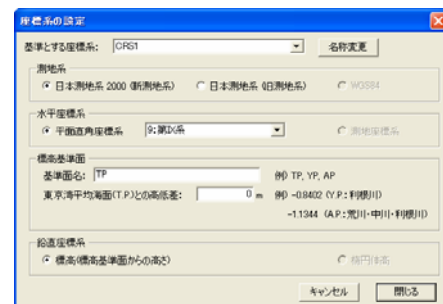


図-9 座標系の設定画面

b) 工事基準点の設定

工事で使用する基準点および水準点を設定する。工事基準点は、名称、種類、座標値、標高値を登録する。

図-10 に工事基準点の設定画面を示す。

基準点を登録するには、設定する基準点の名称を入力し、登録した基準点に対し、基準点の種類を設定する。基準点の種類は、電子基準点、一等～四等三角点、1 級～4 級基準点の中から選択する。登録した基準点座標値は、X 座標値、Y 座標値を入力する。登録した基準点が水準点を兼ねている場合には、標高値もあわせて入力する。

水準点を登録するには、名称、種類、標高値、座標値を登録する。登録した水準点に対し、水準点の種類

を設定する。水準点の種類は、一等～三等水準点、1級～4級水準点、簡易水準点の中から選択する。登録した水準点の標高値と、X座標値、Y座標値を入力する。

登録した基準点・水準点は、「位置の確認」機能により、図上で位置を確認することができる。

図-10 工事基準点の設定画面

c) 道路線形の設定

道路線形を登録し、測点間隔等の設定をする。道路線形を設定するには、まず「路線」の登録を行い、次に道路線形を登録する必要がある。図-11に道路線形の設定画面を示す。

図-11 道路線形の設定画面

路線名等を入力する画面が表示されるので、設定する道路の路線名、道路規格、設計速度、設計交通量を設定する。道路線形が複数ある場合は、その数だけ道路線形の登録を行う。登録した道路線形に対し、測点および a) で設定した基準となる座標系の割当を行う。道路線形リストで、選択された道路線形の No 杭名、測点ピッチ、No 杭ピッチ、および基準とする座標系を設定する。No 杭ピッチは、No 杭（測点）を表示する間隔を意味し、管理断面が 20m おきであれば、「20」と入力する。

次に、道路線形の平面線形形状、測点との対応などを設定する。図-12に平面線形の設定画面を示す。

図-12 平面線形の設定画面

設定する平面線形の開始点の測点（測点番号+距離）と累加距離（追加距離）、X座標値、Y座標値、点名（主要点名）を入力する。平面線形の線形要素（直線、円弧、クロソイド）を、平面線形の開始点から順番に設定し、線形要素終端のX座標値、Y座標値と、線形要素の種別を「直線」、「円弧」、「クロソイド」のいずれかを入力する。線形要素が円弧の場合、円弧のタイプとして交角が 180° 以下もしくは 180° より大（ヘアピンカーブなど）や、回転方向（時計回り・反時計回り）、および半径を設定する。線形要素がクロソイドの場合、回転方向（時計回り・反時計回り）、要素始端・終端における半径、およびクロソイドパラメータを設定する。

道路線形にブレーキが設定されている場合や IP 点がある場合は、ブレーキや IP 点を設定する。「平面線形図の確認」機能によって、設定した平面線形の形状を図上で確認することができる。図-13に平面線形の確認画面を示す。

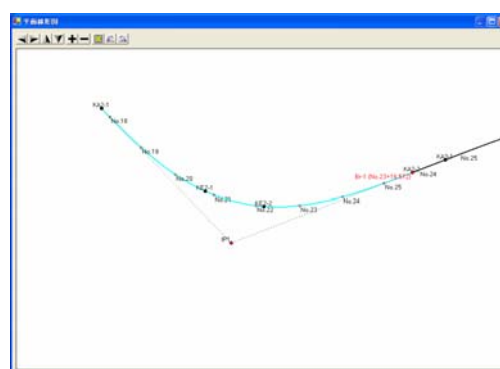


図-13 平面線形の確認画面

最後に、道路線形の縦断線形形状を設定する。基本画面の「縦断線形の設定」機能により、縦断線形の設定画面が表示される。図-14に縦断線形の設定画面を示す。



図-14 縦断線形の設定画面

複数の道路線形が登録されている場合は、縦断線形の設定を行う道路線形を、基本画面の上側にある「路線」、「線形」で選択する。縦断線形の設定は、縦断線形の形状を定義する勾配変化点を設定することにより行う。設定する勾配変化点が、縦断線形の起点であるか中間点、もしくは縦断線形終点であるか選択する。次に勾配変化点の位置、および標高を設定する。位置の設定は、測点で入力するか累加距離で入力するかを選択する。設定する勾配変化点が中間点の場合は、縦断曲線を設定する。

縦断曲線の設定は、縦断曲線長 (VCL) で入力するか、縦断曲線半径 (VCR) で入力するかを選択する。設定した縦断線形は、「縦断線形図の確認」機能により、縦断図として確認することができる。設定した縦断線形により定義される計画高をリストもあわせて画面上で確認することができる。図-15 に縦断線形の確認画面を示す。

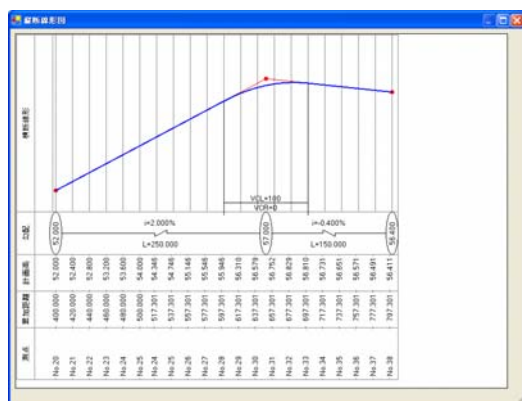


図-15 縦断線形の確認画面

d) 管理断面の設定

出来形管理を行うための管理断面位置を設定する。図-16 に管理断面の設定画面を示す。複数の道路線形が登録されている場合は、管理断面の設定を行う道路線形を、基本画面にある「路線」、「線形」で選択してから行う。

施工区間の設定を行い、区間内の No 杭位置を管理断面に設定することができる。管理断面に設定する範囲

における開始・終了の測点、管理断面ピッチを入力する。また、「主要点位置を管理断面にする」にチェックをつけると、指定範囲にある主要点位置も管理断面として設定することができる。管理断面の設定では、断面の「追加」・「変更」・「削除」の編集作業を行うことができる。



図-16 管理断面の設定画面

e) 横断形状の設定

横断形状の設定は、管理断面の設定後に盛土断面か切土断面かの横断形状要素種別を選択し、構築形状の名称の入力と基準とする縦断線形を選択する。構築形状の名称は、設定する横断形状に応じて適当な名称 (例えば、盛土形状・切土形状・側道盛土 など) を設定する。基準とする縦断線形の選択は、縦断線形の設定で入力した縦断線形名を選択することができる。工事対象として、盛土と切土が両方あり、複数の構築形状を設定する場合は、横断形状の設定画面から追加する。横断形状が設定されていない状態では、工事起点側の横断面が選択された状態となり、横断形状の設定は、起点側から順番に管理断面の横断形状を設定することとなる。

横断形状の設定は、「幅員中心」の位置を定め、「幅員中心」位置から左右に横断形状を定義する。幅員中心の位置は、センターラインからの離れ (CL 離れ)、標高、計画高からの高低差 (FH+) で表示され、数値を変更することで幅員中心の位置を変更することができる。横断構成を設定するには、左横断構成、右横断構成ごとに、幅員中心の左右に横断構成を作成する。

「新規要素の作成」機能により、横断構成要素を作成し、横断形状を定義していく。図-17 に横断形状の設定画面を示す。

要素種別は、設定する要素について、道路面、法面、小段、その他のうち、いずれかを選択する。勾配タイプは、要素の形状を定義する勾配を%で表すか、1:X (1:1.2 の勾配など) で表すかを選択する。水平な要素は%、垂直な要素は 1:X でしか作成することができ

ない。作成した横断構成要素の形状値は、画面下部の表中表示される。横断構成要素の形状は、要素幅、勾配、内外端点の標高差、要素長、外側端点のCL離れ・標高・計画高からの高低差（FH+）で表示される。

事前に管理断面の現況地形横断を計測した SIMA⁴⁾データがある場合は、地形横断の読み込みを行うことができる。管理断面の読み込み設定を行い、地形横断データが管理断面に読み込まれる。そして、「地形横断の表示」チェックボックスにチェックを入れると、地形横断データを重ね合わせて見ることができる。横断形状を土工定規のように設定し、地形との交点を設定することで、横断形状を設定することができる。「地形交点を設定」機能で、左の地形交点か右の地形交点かを選択することで、地形交点より外側は点線で表示されるようになる。

このようにして、一つの横断面において、横断形状の設定が完了したら、次の横断面を設定する。このとき、手前の断面と横断構成が同一（横断構成要素の並びが同一）であれば、「前断面と同一」機能により、手前の横断面設定を利用することができる。次に作成する横断面での横断形状に合わせて形状値を調整する。手前の横断面と横断構成要素の並びが異なる場合は、新規に横断構成を作成し、新たに横断構成要素の設定を行う。構築形状が複数ある場合は、構築形状を切り替えて、同様に横断形状を設定する。一度作成した横断構成要素を変更したい場合などは、対象となる構築形状・横断構成を選択し、「追加」・「挿入」・「削除」機能によって横断構成要素の編集を行う。

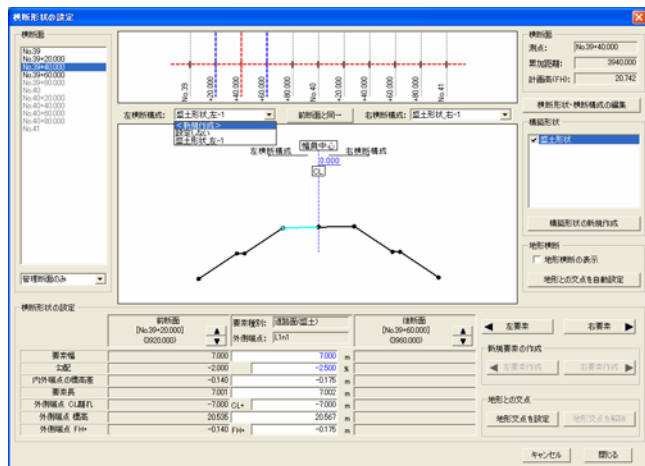


図-17 横断形状の設定画面

f) 出来形管理設定

出来形管理設定は、管理断面上の出来形管理の対象となる部位を設定する。図-18に出来形管理の設定画面を示す。

出来形管理設定は、横断形状の設定に基づき自動で設定される。自動で設定された出来形管理部位を確認

し、異なる場合は管理部位の変更を行う。出来形管理部位の設定画面では、画面下側に管理部位の一覧が表示され、管理部位に対応した位置が画面上側の横断面図に表示さる。画面左側の横断面リストで、各横断面を選択できるので、すべての管理断面について、自動設定された出来形管理部位が正しく設定されているか確認する。自動設定された出来形管理部位を管理対象から外したい場合、「有無」チェックボックスのチェックを外すことで、管理対象とはならない。管理部位の位置を変更したい場合は、「対象点」選択リストで変更したい対象点に変更する。

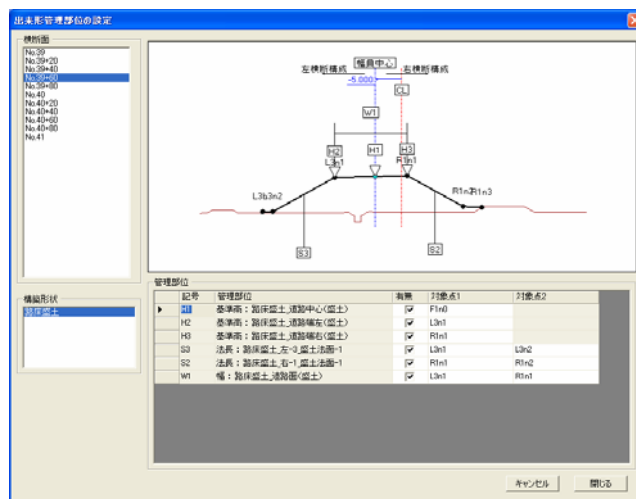


図-18 出来形管理の設定画面

g) 交換データファイルの出力

交換データファイル出力は、出来形管理用TSに搭載するための基本設計データを、交換データファイルとして保存する。基本画面の「交換データファイルの出力」機能により、交換データの出力画面が表示される。交換データファイルを初めて出力する場合は、設計データのバージョンが Ver. 1 として登録される。出来形計測データを読み込んでいる場合は、計測点データを含めた交換データファイルを出力することができる。交換データファイルの出力を行うと、その時点の基本設計データに対し、バージョンが設定され、履歴情報として登録される。交換データファイルを出力した後、設計変更等により設計形状の変更を行った場合に、基本設計データのバージョンを新規バージョンとして登録することで、基本設計データの履歴を管理することができる。

(2) 出来形管理帳票作成ソフトウェア

出来形帳票の作成作業は、a) 出来形計測データの読み込み、b) 計測点データの確認、c) 出来形帳票の作成の手順で行う。図-19に出来形管理帳票作成ソフトウェア基本設定画面を示す。

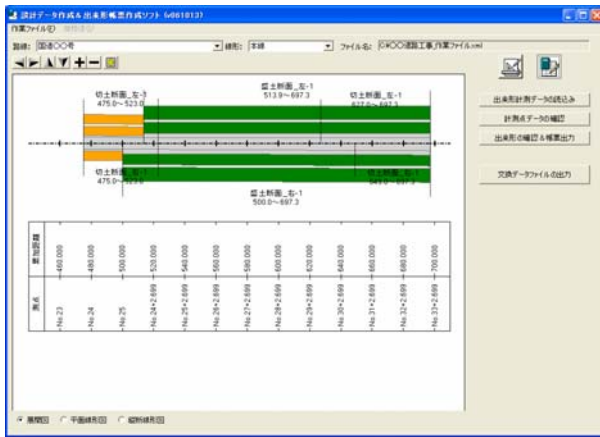


図-19 出来形管理帳票作成基本設定画面

a) 出来形計測データの読み込み

出来形計測データの読み込みは、出来形管理用 TS を用いて計測・記録した、出来形計測データを出来形管理帳票作成ソフトウェアに取込むことである。帳票作成作業基本画面で、ファイルの選択画面が表示され、読み込むファイルを選択し読み込みを行う。図-20 に計測データ読み込み画面を示す。

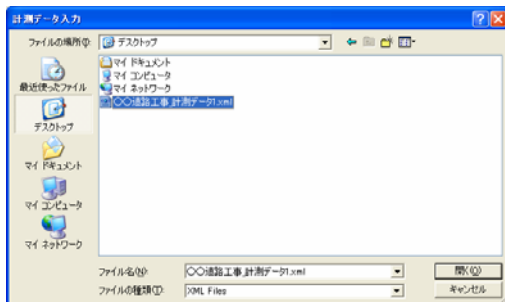


図-20 計測データ読み込み画面

b) 計測点データの確認

読み込んだ計測点データの確認を行う。出来形管理対象点について、総点数および計測点データを取得済みの点数が画面に表示される。図-21 に管理対象点の確認画面を示す。

1つの管理対象点を計測した計測点データが複数あれば、全ての計測点データが表示される。このうち、出来形帳票の作成で使用した計測点データは、点名の前に「<選択>」と表示される。1つの管理対象点を計測した計測点データが複数ある場合に、出来形位置として用いる計測点データを変更することができる。

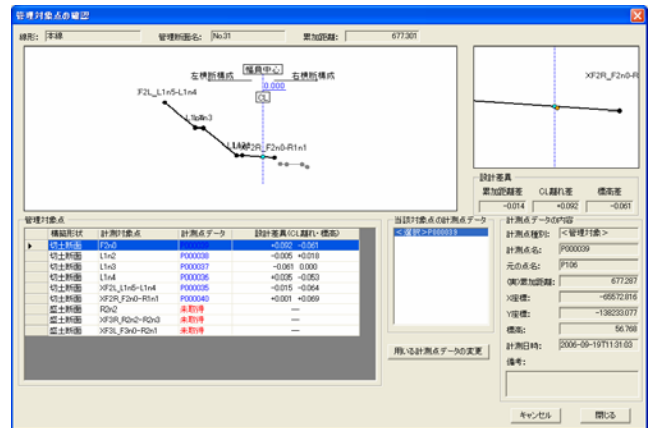


図-21 管理対象点の確認画面

c) 出来形帳票の作成

出来形管理部位の出来形値を確認し、出来形帳票の作成を行う。帳票作成作業基本画面の「出来形の確認・帳票出力」機能により、出来形管理画面を表示させる。

図-22 に出来形管理画面を示す。出来形帳票に記述する「工事名」、「工種」、「種別」、「測定者画面右側」を、画面右側のテキストボックスに入力し、「帳票作成」機能により、出来形帳票の作成を行うことができる。



図-22 出来形管理画面

総括表集計単位が画面左上のリストボックスに表示される。総括表集計単位とは、出来形帳票の「測定結果総括表」にとりまとめる単位のことである。出来形管理を行う工種種別（切土工、盛土工）ごとに1つの集計単位となる。出来形帳票の作成においては、リストボックスで総括表集計単位を選択し、選択した総括表集計単位ごとに出来形の確認および帳票の作成を行う。選択した総括表集計単位について、出来形管理項目ごとの出来形値の集計結果が画面下部の測定結果総括表に表示される。規格値を満足しない箇所がある場合は、最大値または最小値が赤字で表示される。管理項目毎の内容を確認したい場合は、「管理部位一覧」機能に

管理項目一覽

一覽表詳細印刷
[1-1 設備設備詳細印刷](#)

圖表：設備○○○表

検索： 詳細

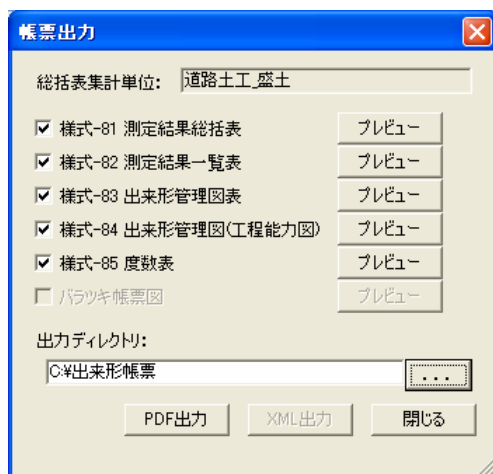
管理項目設備結果

管理項目	記号	管理部位	単位	規格値	最大値	最小値	平均	標準差	実測値
■ 委事部	H1	切土軌道、遠隔端上(切土)	mm	±50	+22	-61	+16	1	7
■ 委事部	H2	切土軌道、遠隔端上(切土)	mm	±50	+66	-92	+10	10	10
■ 委事部	H3	切土軌道、遠隔端上(切土)	mm	±50	+17	-117	+17	1	1
■ 法具	31	切土軌道、左、切土左部上	mm	-200 or -48	+101	-149	-6	10	10
■ 法具	32	切土軌道、左、切土左部上	mm	-200 or -48	+94	-75	+19	4	4
■ 法具	33	切土軌道、右、切土左部上	mm	-200 or -48	+108	-108	+1	1	1
■ 機	W1	切土軌道、遠隔端上(切土)	mm	-100	+136	-119	+19	10	10
■ 機	W2	切土軌道、左、切土左部上	mm	-100	+139	-91	+11	4	4

印刷

実行結果一覽

最後にファイルを出力するディレクトリを[...]ボタンを押して選択し、「PDF 出力」機能により、様式ごとの出来形帳票がPDF ファイルとして出力される。出力する帳票を選択して出力する場合は、出力しない帳票様式の横のチェックボックスを外して、PDF 出力を行う。図-24 に帳票出力画面を示す。また、図-25 に出力された出来形管理図表を示す。



出来形管理図表

出来形管理図表

注 記 標準上士

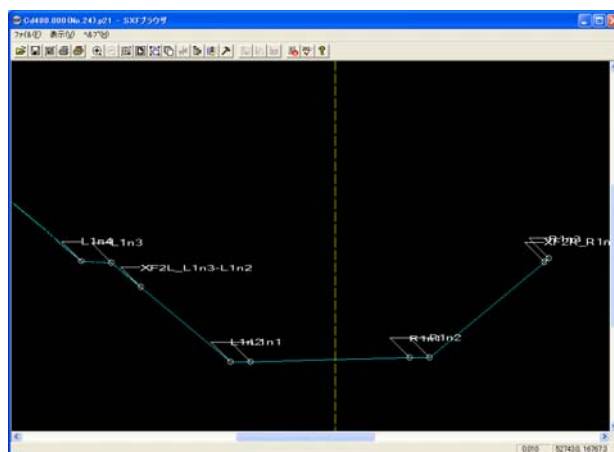
(様式-83)

調査表 00000

測定項目	基準値 (E)	測定値 (E)	基準値 (E)	測定値 (E)	基準値 (E)	測定値 (E)	基準値 (E)	測定値 (E)	基準値 (E)	測定値 (E)
基本V1010	計測値	測定値	計測値	測定値	計測値	測定値	計測値	測定値	計測値	測定値
平均値	22	10.500	10.500	10.500	10.500	10.500	10.500	10.500	10.500	10.500
最大値	54.000	10.453	10.453	10.453	10.453	10.453	10.453	10.453	10.453	10.453
最小値	66.500	8.550	8.550	8.550	8.550	8.550	8.550	8.550	8.550	8.550
標準差		3.023	3.023	3.023	3.023	3.023	3.023	3.023	3.023	3.023
標準偏差		9.639	9.639	9.639	9.639	9.639	9.639	9.639	9.639	9.639
標準偏差		3.023	3.023	3.023	3.023	3.023	3.023	3.023	3.023	3.023
標準偏差		9.639	9.639	9.639	9.639	9.639	9.639	9.639	9.639	9.639
標準偏差		3.023	3.023	3.023	3.023	3.023	3.023	3.023	3.023	3.023
標準偏差		9.639	9.639	9.639	9.639	9.639	9.639	9.639	9.639	9.639
標準偏差		3.023	3.023	3.023	3.023	3.023	3.023	3.023	3.023	3.023
標準偏差		9.639	9.639	9.639	9.639	9.639	9.639	9.639	9.639	9.639
標準偏差		3.023	3.023	3.023	3.023	3.023	3.023	3.023	3.023	3.023
標準偏差		9.639	9.639	9.639	9.639	9.639	9.639	9.639	9.639	9.639
標準偏差		3.023	3.023	3.023	3.023	3.023	3.023	3.023	3.023	3.023
標準偏差		9.639	9.639	9.639	9.639	9.639	9.639	9.639	9.639	9.639
標準偏差		3.023	3.023	3.023	3.023	3.023	3.023	3.023	3.023	3.023
標準偏差		9.639	9.639	9.639	9.639	9.639	9.639	9.639	9.639	9.639
標準偏差		3.023	3.023	3.023	3.023	3.023	3.023	3.023	3.023	3.023
標準偏差		9.639	9.639	9.639	9.639	9.639	9.639	9.639	9.639	9.639
標準偏差		3.023	3.023	3.023	3.023	3.023	3.023	3.023	3.023	3.023
標準偏差		9.639	9.639	9.639	9.639	9.639	9.639	9.639	9.639	9.639
標準偏差		3.023	3.023	3.023	3.023	3.023	3.023	3.023	3.023	3.023
標準偏差		9.639	9.639	9.639	9.639	9.639	9.639	9.639	9.639	9.639
標準偏差		3.023	3.023	3.023	3.023	3.023	3.023	3.023	3.023	3.023
標準偏差		9.639	9.639	9.639	9.639	9.639	9.639	9.639	9.639	9.639
標準偏差		3.023	3.023	3.023	3.023	3.023	3.023	3.023	3.023	3.023
標準偏差		9.639	9.639	9.639	9.639	9.639	9.639	9.639	9.639	9.639
標準偏差		3.023	3.023	3.023	3.023	3.023	3.023	3.023	3.023	3.023
標準偏差		9.639	9.639	9.639	9.639	9.639	9.639	9.639	9.639	9.639
標準偏差		3.023	3.023	3.023	3.023	3.023	3.023	3.023	3.023	3.023
標準偏差		9.639	9.639	9.639	9.639					

開発したサポートソフトウェアは、基本設計情報の確認を容易にするため、CAD データ・形状一覧データの出力機能を持たせている。

基本設計データとして設定した管理断面の横断形状について、CAD データとして出力することができる。設計データ作成基本画面の「CAD・一覧表」メニューから、「CAD データ出力」を選択すると、「CAD データの出力（横断面の選択）」画面が表示される。出力したい横断面を選択し、出力する CAD データの形式について、DXF 形式か SXF (P21) 形式から選択する。図-26 に CAD データの出力画面を示す。



設計情報として設定した横断形状について、形状値を CSV 形式のデータとして出力することができる。設計データ作成基本画面の[CAD・一覧表]メニューから、[形状一覧表出力]を選択すると、「形状一覧表データ出力」画面が表示される。CSV データとして出力できる形状値は下記のとおりである

- また、地形との交点が設定されている場合に、地形交点を考慮した値（地形交点までの要素形状）とするか否かを選択することができる。図-27 に形状一覧表データの出力結果を示す。

図-27 形状一覧表データの出力結果

5. TS 出来形管理の現場試行

平成 18 年度に開発された測量機器と改良したサポートソフトウェアを使った出来形管理トータルシステムの現場試行を実施した。試行の目的は、TS による出来形管理要領により、従来の巻尺・レベルに代わり TS のみで道路土工の出来形管理を行い、有用性について確認を行った。試行現場は、原則として平成 18 年度までに工事が完了し、11 月以降に請負業者による丁張り・出来形管理、監督職員による段階確認、検査職員による完了検査が実施できることとした。

試行現場における役割分担として、工事請負者は出来形管理要領に基づき、基本設計データの作成を行い、測量機器により丁張りや出来形管理を実施し、計測点データから帳票を作成し、工事終了時には電子納品データを作成した。監督職員・検査職員は、監督・検査マニュアルに基づき監督検査を行い、現地にて任意に

選んだ管理断面について出来形形状が規格値内に収まっていることと、出来形形状が出来形帳票に記載された出来形値と同一であることを確認した。国総研は、現場試行に必要な出来形管理要領やデータ交換標準の作成およびサポートソフトウェアを開発・提供した。出来形管理用 TS の開発者は、出来形管理用 TS ソフトの開発と試行現場におけるソフトウェアサポートを行った。表-1 に試行工事の現場一覧を示す。

(1) 試行現場におけるサポート

平成 18 年度に実施した試行現場に対して、電話やメールなどの対応とともに、現場技術支援を行うこととした。現場試行においては、出来形管理要領や監督・検査マニュアルについて整備していることから、要領・マニュアルに記載されている手順で作業を実施するが、基本設計データ作成のためのソフトウェア操作、出来形計測・登録手法の操作確認時の現場支援を行うこととした。

平成 19 年度からの本運用に備えて、基本的なことは工事請負者が主体的に実施するものとし、現場支援においても各ソフトウェアの説明を主とした。

a) 設計データ作成ソフトウェア操作支援

TS による出来形管理では、図面の設計データから出来形管理用 TS で利用できる電子設計データを作成する必要がある。現場試行では、国総研がソフトウェアのインストール方法、ソフトウェアにおける設計データの考え方説明、サンプルデータによる入力方法を指導した。

b) 丁張り設置機能操作支援

作成した基本設計データを利用して丁張り設置を行う際の技術指導である。現場試行では、出来形管理用 TS の開発者の協力を得て実施した。開発された出来形

表-1 試行工事の現場一覧

試行現場		出来形管理用 TS開発メーカ	現場概要
東北地整	秋田河川国道事務所 (大堤道路改良工事)	トプコン	大規模掘削工事 試行工事区間は全線No.395+5～410の約300m区間 最大切土段数は4段
関東地整	宇都宮国道事務所 (4号乙畑地区改良工事)	ニコン・トリニプル	バイパスの盛土工事 試行工事区間はNo.663～673の200m 平地部・交差点有り
近畿地整	福知山河川国道事務所(綾部丹波道路才原Aランプ改良工事)	ライカ・ジオシステムズ	小規模掘削工事 試行工事区間は全線No.0+40～ No.1+10の70m程度 部分的に切土2段
中国地整	倉吉河川国道事務所 (東伯中山道路田越第2改良工事)	福井コンピュータ	大規模掘削工事 試行工事区間はNo.41+60～No.42+40の約80m区間 工用道路の掘削工事で本線法面構築部のみ
四国地整	大洲河川国道事務所 (祝森改良工事)	ソキア	大規模切・盛土工事 試行工事区間はNo.180～No.217の盛土部のみ 部分的に2段
九州地整	大隅河川国道事務所 (花岡北地区改良工事)	アイサンテクノロジー	バイパスの掘削工事 試行工事区間はNo.254～No.261の140m 切土2段、2重管理。

管理用 TS ソフトウェアは、丁張り設置機能の利用手順や表示方法が各社で異なる。また、ソフトウェアは試作段階であることから操作マニュアルなどが完全に完成していないため、丁張り設置機能の操作手順と現場での利用方法を出来形管理用 TS の開発者により支援を行った。

c) 出来形管理機能操作支援

現場試行に参加している出来形管理用 TS ごとに表示形式やキーボード操作、画面操作が異なる。そこで、出来形計測時に現場毎に操作方法の指導を行った。

d) 監督立会確認時の補助

現場試行において、監督職員は適宜臨場にて出来形を確認しなければならない。現場での立会確認を滞らなく行われるように、立会確認時の補助を行った。また、現行の巻尺・レベルでは管理断面しか確認できないが、TS による出来形管理では、任意の横断面においても出来形管理が可能となり、出来形計測と同時に設計と差違を把握することができる。付加機能となる任意断面での確認を監督立会時に説明を行った。

6. 現場試行の結果

試行現場での問題点や対応方法から、サポートソフトウェア問題点・課題を抽出した。

(1) 基本設計データ作成ソフトウェア

a) 道路中心線入力

- ・ 施工現場では、現状でも丁張り設置に必要な中心線形データを専用ソフトウェアで入力している。そのため、線形データ作成の操作は、作業負担としてはわからない。
- ・ 基本設計作成ソフトウェアは、専用ソフトウェアと比較しても操作性についても差がない。

b) 横断面データ入力

- ・ 横断面図についても、線形データ同様に測量 CAD や丁張りソフトウェアで扱っている。
- ・ 作業の手間は、現状と同程度との意見があった。ただし、基本設計データ作成ソフトウェアの操作について、習熟度が低かったため不満が多かった。
- ・ 基本設計データ作成のデータ項目抽出には、横断面図の電子データ (CAD 図面) が必須となっている。これは、設計図書の図面上にかかっている寸法や勾配からだけでは算出できない入力データ項目が含まれているためである。
- ・ 現状で利用している測量 CAD や丁張りソフトウェアで基本設計データの作成を可能となるようにしてもらいたいとの意見もあった。
- ・ 横断面形状の作成マニュアルが不足しており、断面形状のパターン毎に補足マニュアル等があると良い。

c) 設計データのチェック

- ・ 電子納品の CAD 図面などと連携してデータ入力項目が省力化できる仕組みの構築が必要である。ただし、発注図面と最終出来形形状・出来形計測箇所が一致していないことも多く、単純に形状データが受け渡される仕組みだけでは問題は解決しない。
- ・ 一度基本設計データを作成してチェックしてしまえば、後は部分的な変更のチェック作業となるため負担は軽減される。

(2) 出来形管理帳票作成ソフトウェア

- ・ 出来形管理の略図は、単純な形状ではなく現場の形状に合った形で略図を表現したい。出来形管理の略図を作成する機能追加と作成マニュアルの整備が必要である。
- ・ 出来形管理箇所は、現場の自主管理として色々な箇所で複数設定したい。また、暫定線形による施工では、暫定中心線形と管理中心線形おのおの中心線毎に 4 箇所以上の管理も必要となる。そのため、出来形管理箇所を追加する機能とマニュアルの整備が必要である。
- ・ 社内管理基準は、規格値をより厳しく管理していることが検査官に評価されるため、帳票に社内管理基準を記述できないと高い評価が得られない。そのため、管理基準以外に社内管理基準や品質証明員・監督職員などが測定した項目を設定・表示できる機能追加が必要である。

(3) 試行現場からの意見

現場試行の技術支援で、現場での状況確認や工事請負者・監督職員との意見交換などから、今後の課題について整理した。

- ・ 工事途中の設計変更が多く、初期段階の設計図面で基本設計データを作成しても出来形管理で利用できない。最終的に、出来形管理前に出来形管理用の基本設計データを作り直すことになる。
- ・ 舗装工に引き渡す直前の現場以外では、最終形状まで正確に施工形状を仕上げる現場が少ない。このような工事現場では、作業中の排水性確保などが必要となることから、掘削基面の高さが図面と合わないことも多い。また、施工数量が重要視されている現場で、形状管理となる出来形管理は導入しにくい。
- ・ 過年度からの引継ぎ工事などで、既に発注図書の設計形状と出来形形状が一致していない場合もある。このような場合に基本設計データとして何を用いるかなど、細かな対応事例集などがあると使いやすくなるのではないかと。

(4) 現場試行のまとめ

従来、個別で存在しているソフトウェア (測量 CAD ・

丁張りソフトウェア・出来形帳票作成)での作業と大差なく行えることが分かった。

基本設計データ作成ソフトウェアは、データ入力方法に不満はあったが、現在使用している測量CAD等で慣れたインターフェイスが利用できれば問題にならないと考える。今後は、現在利用されているソフトウェア追加機能としてTSによる出来形管理トータルシステムに対応した開発を依頼していくことで解決できると考える。

基本設計データ入力の効率化は、発注図書等の電子データ貸与が必要である。現在、道路中心線形データ交換標準は、「国土交通省CALS/ECアクションプログラム2005」における目標-5「3次元情報の利用を促進する要領整備による設計・施工管理の高度化」に位置づけられている。今後、道路中心線形データは、電子納品データとして納められることになる。これにより、データ交換も容易に行われることとなり、再入力することなく、すぐに施工時の情報として利用することが可能となる。また、出来形横断面は、CAD図面から設計データとして利用する数値を拾い出すため、最低限の形状データを受け渡すことが必要である。ただし、必ずしも発注図書にある横断面図の設計形状が、出来形管理を行う最終の出来形管理横断面図の形状とはかぎらないので、一概には効率化とはならない。さらに、同じ施工場所を年度ごとで分割発注された施工現場の場合は、発注図面と出来形形状が違うことがあり、出来形管理で作成した基本設計データを施工図(工事竣工図)として情報流通させる方法を構築することが必要である。

基本設計データの流通を考えたときに、利活用を見据えた基本設計データ作成マニュアルの構築が必要となる。今回現場試行で実施した内容については、基本設計データ作成ノウハウ集としてとりまとめを行った。これが全ての現場における設計方法を網羅できるわけではないので、さらなるノウハウ蓄積方法とノウハウの提供方法を考える必要がある。また、今回の現場試行では、全ての管理断面上で出来形管理を実施できていない。そのために、できるだけ多くの管理断面上で出来形管理を実施できる手法を確立することも必要である。

出来形管理帳票作成は、出来形管理略図の表現機能や出来形管理箇所追加や社内管理基準などの設定・表示が現場から求められていた。現在、市販されている出来形帳票作成ソフトでは、これらの機能は実装されている。今後は、市販ソフトをデータ交換標準に対応させ、出来形管理用TSと連携させることで、要求に応えることが可能となると考える。

7. さいごに

TSによる道路土工出来形管理プロジェクトは、平成19年度から本格運用へ移行した。構築したTSによる出来形管理システムは、同じ土工の工種である河川土工や他工種である舗装・道路構造物等のへの展開を考えている。

国総研としては、工種展開とあわせてサポートソフト開発を民間に依頼をしていくことを考えている。あわせて、データ交換標準にデータ項目を追加することで、社内管理基準値や品質証明員・監督職員などが測定した項目設定などにも対応する。また、基本設計データを流通させるために、標準化の作業を行っていくことが必要であり、データ辞書の作成を行うことで実現を図っていく予定である。さらに作成したデータ辞書は、土工機械のデータ辞書⁵⁾として建設機械に搭載して操作制御に利用する設計データとして役立てたいと考えている。

今後は、基本設計データ作成や出来形帳票作成のノウハウをさらに蓄積して、マニュアルを作成・内容提示を行い、TSによる出来形管理トータルシステムの活用を促進したいと思っている。

謝辞：本研究の実施にあたり、「ITを用いた出来形管理に関する研究会」委員長 建山和由教授(立命館大学理工学部建築都市デザイン学科)から出来形管理トータルシステムに対して、数々の貴重なご教授を頂きました。また、上坂克巳広島国道事務所長(元情報基盤研室室長)からは、研究の進め方について有益なご助言を頂きました。さらに、現場試行の実施にあつたて、国土交通省建設施工企画課および各地方整備局の関係者皆様には、施工現場の提供にご協力頂きました。最後に、ソフトウェア開発において国際航業(株)、日本機械化協会施工技術総合研究所の関係者に貴重なご意見を頂きました。ここに深い感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 有富孝一・他:TSを活用した道路土工における出来形管理のトータルシステムの構築, 土木情報利用技術論文集, 土木学会, pp.259-270, Vol.15,2006年10月。
- 2) LandXML:LandXML-1.0Schema<<http://www.landxml.org/>> (入手 2006.6.21)
- 3) 国土交通省国土技術政策総合研究所:道路中心線形データ交換標準(案)基本道路中心線形編 Ver.1.0, 国土技術政策総合研究所資料, No.371, 2007年1月。
- 4) 日本測量機器工業会:SIMAフォーマット測量データ共通フォーマット, 2001年6月。
- 5) 大山敦郎・他:機械施工に関わるデータ交換標準構築手段に関する研究開発, 土木情報利用技術論文集, 土木学会, pp.49-58, Vol.15,2006年10月。

(2007.5.18受付)