

(3) TS出来形管理のための 基本設計データの生成に関する研究

田中 成典¹・中村 健二²・今井 龍一³・窪田 諭⁴・近藤 弘嗣⁵・櫻井 淳⁶

¹正会員 関西大学教授 総合情報学部 (〒569-1095 大阪府高槻市霊仙寺町2丁目1番1号)

E-mail: tanaka@res.kutc.kansai-u.ac.jp

²正会員 大阪経済大学准教授 情報社会学部 (〒533-8533 大阪市東淀川区大隈2丁目2番8号)

E-mail: k-nakamu@osaka-ue.ac.jp

³正会員 東京都市大学准教授 工学部 (〒158-8557 東京都世田谷区玉堤1丁目28番1号)

E-mail: imair@tcu.ac.jp

⁴正会員 関西大学准教授 環境都市工学部 (〒564-8680 大阪府吹田市山手町3丁目3番35号)

E-mail: skubota@kansai-u.ac.jp

⁵非会員 国土交通省国土技術政策総合研究所防災・メンテナンス基盤研究センターメンテナンス情報基盤研究室 (〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地)

E-mail: kondou-k87rj@nilim.go.jp

⁶学生会員 関西大学大学院 総合情報学研究科 (〒569-1095 大阪府高槻市霊仙寺町2丁目1番1号)

E-mail: k400448@kansai-u.ac.jp

国土交通省では、情報化施工を鋭意推進している。その代表的な取り組みとして、TS出来形管理やMC/MGがある。TS出来形管理では、仕様に基づいて出来形管理項目を含む基本設計データが作成されている。また、MC/MGは、機械の自動制御に面を含む3次元データを利用しており、そのデータを3次元ポリライン化して施工状況を管理するシステムも提案されている。

施工現場では、複数の情報化施工技術が一つの工事に適用される場合があり、それぞれの技術にあわせて個々に3次元データが作成されるが、これらを一元化できれば省力化につながる。そこで、本研究では、3次元ポリラインからTS出来形管理のための基本設計データを生成する技術を開発し、本技術の実現可能性を検証する。

Key Words : *intelligent construction, as-built management, three-dimensional data, 3D polyline*

1. はじめに

国土交通省では、公共事業の生産性向上、品質確保やコスト削減などを目的として情報化施工推進戦略¹⁾を策定し、情報化施工を鋭意推進している。その代表的な取り組みとして、トータルステーション (TS: Total Station) を用いた出来形管理²⁾ (以下、TS出来形管理) やマシンコントロール・マシンガイダンス (以下、MCMG) がある。TS出来形管理は、巻尺・レベルに代わってTSを用いて工事目的物が発注図に示す形状に対して適合することを確認する手法であり、「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)³⁾」に基づいて出来形管理項目などを含む3次元データ (以下、基本設計データ) が作成されている。この技術は、平成25年度より10,000m³以上の土工を含む直轄工事において使用することが原則⁴⁾とされている。一方、MCMG

は、3次元データを用いて機械の自動制御やオペレータの操作を支援する技術であり、面 (TIN) を含む3次元データを利用している。また、そのデータを3次元ポリライン化して施工状況を管理するシステム⁵⁾も提案されている。

施工現場では、複数の情報化施工技術が一つの工事に適用される場合があるが、それぞれの技術に必要となる3次元データが個々に作成されており、作業が重複している。そのため、TS出来形管理に必要となる3次元データをMCMGの3次元データから自動生成できれば、作業の省力化につながる。そこで、本研究では、MCMGで利用される3次元ポリラインからTS出来形管理のための基本設計データを生成する技術を開発し、実務で利用されるデータを用いて本技術の実現可能性を検証する。

2. 研究の概要

本研究では、基本設計データ作成コストの削減を目的として、3次元ポリラインからの基本設計データ生成手法を提案する。図-1に示すように、著者らが開発した3次元CADデータを用いた出来形管理支援システム⁹⁾に、3次元ポリラインから基本設計データ出力までの流れを追加する。提案手法（図-2）の詳細を次に示す。

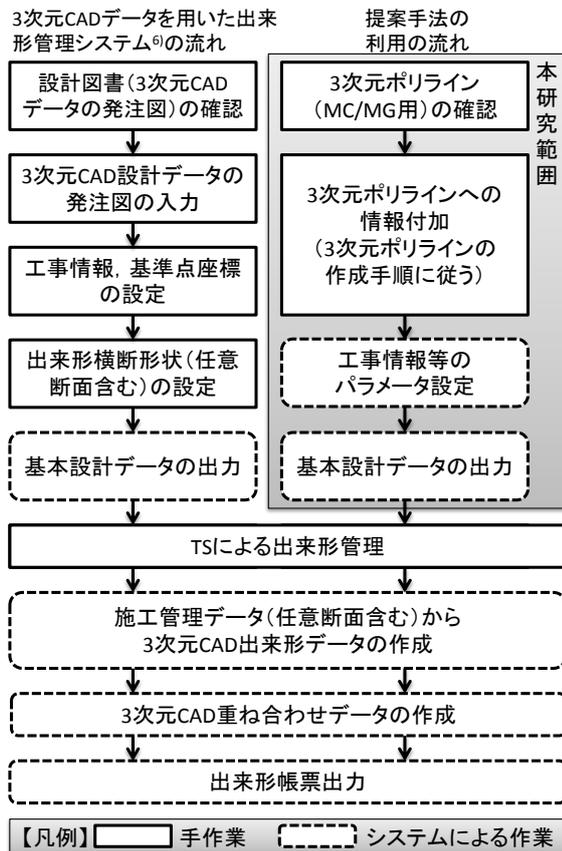


図-1 TS 出来形管理の作業工程



図-2 3次元ポリラインから基本設計データの生成手順

(1) 3次元ポリラインの作成手順

3次元ポリラインの作成では、AutoCAD Civil 3Dを用いて図-2に示す i) から iv) の手順により、提案システムで読み込み可能なLandXML形式の3次元ポリラインを作成する。LandXMLは、公共事業の実務でも定着しているため採用した。図-2 i) では、2次元ポリラインに標高を割り当て3次元ポリラインの入力を行い、DXFまたはDWG形式で保存する。この作業は、MCMG用の3次元ポリラインがある場合は省略できる。ii) では、i) の3次元ポリラインをLandXML形式に変換するため、各3次元ポリラインを指定してサーフェスを設定する。iii) では、線形作成ツールを用いて基本設計データの生成に必要な道路中心線形を設定する。iv) では、TS出来形管理の管理断面の地点を指定するため、道路中心線形上に構成点を設定する。i) から iv) の作業を行った後、LandXML形式の3次元ポリラインとして出力する。

(2) 基本設計データ生成機能

本機能は、横断面構成点の生成処理と基本設計データの生成処理により構成される。各処理の詳細を次に示す。

a) 横断面構成点の生成処理

本処理では、LandXML形式の3次元ポリラインを用いて、基本設計データに必要な横断面構成点を生成する。処理の流れを図-3に示す。図-3 i) では、図-2 iv) で指定した道路中心線上の構成点毎に、道路中心線と直交する直線を作成する。3次元ポリライン作成時に任意角度を設定している場合、その角度で線を作成する。図-3 ii) では、図-3 i) で作成した直線と各ポリラインとの交点を取得し、横断面構成点を生成する。

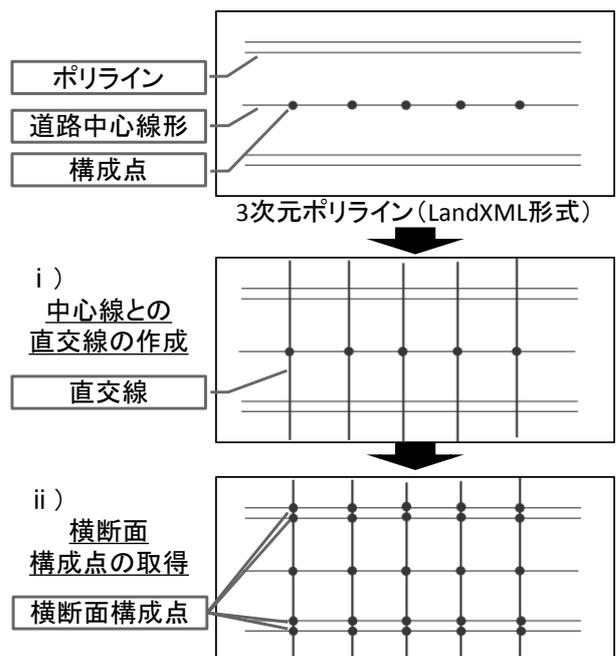


図-3 横断面構成点の生成処理手順

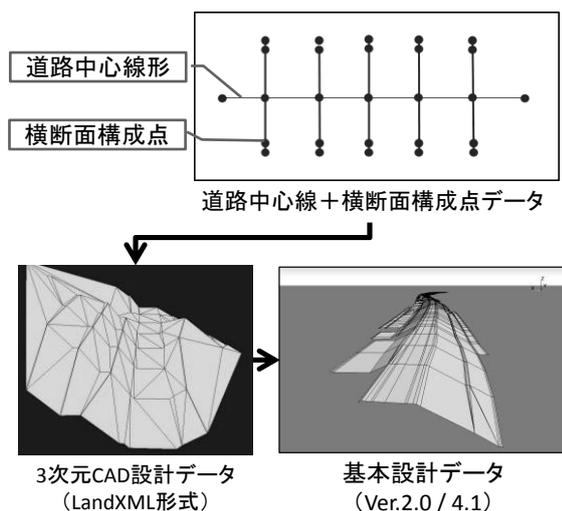


図-4 基本設計データの生成処理手順

b) 基本設計データの生成処理

処理の流れを図-4に示す。基本設計データの生成では、道路中心線形と横断面構成点の生成処理の結果とを用いて、既存手法⁹⁾で定義するLandXML形式の3次元CAD設計データを生成する。そして、その3次元CAD設計データから、既存手法⁹⁾の3次元CADデータを用いた出来形管理支援技術を用いて基本設計データを生成する。

3. 実証実験

実証実験では、提案技術の実現可能性と有効性を評価するために、基本設計データの生成精度の評価と基本設計データ生成時間を調査する。

(1) 基本設計データ生成精度の評価

a) 実験対象の工事概要

本実験では、平成25年度に発注された山梨県南巨摩郡身延町大島地先の「中部横断長戸地区改良(その2) 工事」を対象とする。この工事では、中部横断自動車道建設工事のうち、長戸地区の工事延長248mを対象に道路土工(切土約3,500m³、盛土約20,000m³)を行っている。

b) 実験内容

本実験では、提案手法の基本設計データが正確に生成できているかどうかを評価する。評価方法は、現場で使用する3次元ポリラインから生成した基本設計データ(以下、作成データ)の設計値と、実工事で使用した基本設計データ(以下、設計データ)の設計値とを構成点毎に比較して誤差を算出する。そして、その誤差値が20mm未満であれば適合する構成点として評価する。20mm未満を適合とした基準は、TSを用いた出来形管理²⁾で測定機器に求められる測距精度が±5mm、最小角度が

表-1 基本設計データ生成精度の評価結果(集計)

測点 No.	適合点 (20mm未満)		不適合点 (20mm以上)		誤差の 原因
	幅員差	比高差	幅員差	比高差	
100+80	7点	2点	2点	7点	I II III
101	9点	7点	2点	4点	I II III
101+20	10点	8点	0点	2点	II III
101+40	13点	11点	2点	4点	I II III
101+60	9点	7点	2点	4点	I II III
101+80	2点	2点	5点	5点	I III
102	6点	6点	5点	5点	I III
102+20	13点	13点	3点	3点	I III
集計	69点	56点	21点	34点	—

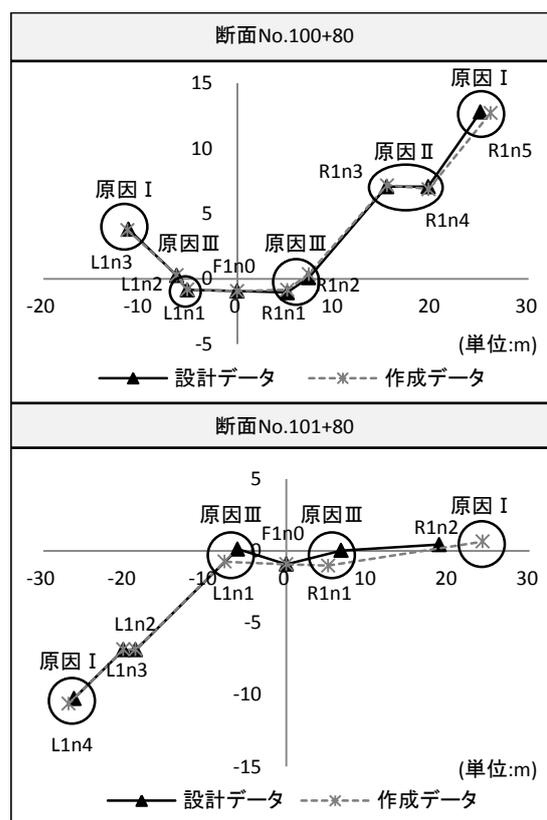


図-5 基本設計データ生成精度の評価結果(断面抜粋)

20"以下であることより、二点間の測定距離で20mm程度は測定誤差が生じると考えたためである。比較対象の断面は、設計データに記載される8断面(No.100+80～No.102+20)とする。

c) 実験結果と考察

全8断面の構成点についての評価結果を表-1に示す。表-1の集計結果から幅員差では69点、比高差では56点が適合する構成点で、それに対して、幅員差では21点、比高差では34点が不適合の構成点であることがわかった。また、個々の断面の結果として、2断面を抜粋して設計データと作成データとの比較結果を図-5に示す。図-5の丸印で示す箇所において、値のずれが発生している。各値のずれの原因を確認するため、3次元ポリラインを分

析したところ、3種類の要因に大別できた。これらの原因とその対応方針を表-2に示す。表-2のNo. I～IIIは、表-1および図-5のI～IIIと対応する。

TS出来形管理に使用する設計データの値は、現地の状況や法面の方向に合わせて編集されることがあり、設計段階の3次元ポリラインから作成したデータの値とは異なる場合がある。表-2の3点の課題については、これらの編集作業が原因であるため、運用にて対応することが考えられる。これらの結果から、提案手法により3次元ポリラインから生成した基本設計データは、実務に適用できる可能性があることが明らかになった。

(2) 基本設計データ生成時間の調査

a) 実験対象の工事概要

本実験の対象工事は、平成26年度に発注された茨城県常総市大生郷町地先の「圏央道大生郷地区改良工事」とする。この工事では、工事延長約1,943mを対象に道路土工（路体盛土工約471,000m³）を実施している。

b) 実験内容

本実験では、提案手法による3次元ポリラインから基本設計データ生成までにかかる時間を調査する。対象の管理断面は、横断面図に記載されている123断面とする。

c) 実験結果と考察

3次元ポリラインからの基本設計データ生成時間の調査結果を表-3に示す。提案手法では、123横断面の基本設計データを約3時間で行えることがわかった。既研究⁷⁾では、発注図から手作業で基本設計データを作成する場合、工事延長783mを対象に約16時間を要した。これを本実験の工事延長に換算した場合、作成に約40時間が必要となる。このことから、手作業の場合と比較して10分

の1以下に作成コストが削減できていると考えられ、大幅な省力化が実現できた。

4. おわりに

本研究では、3次元ポリラインからの基本設計データの生成手法を提案し、それに従って作成された基本設計データの精度検証を行い、提案手法の実現可能性を示した。また、提案手法の有効性を評価するために、基本設計データの作成時間を調査した。調査結果より、提案手法では、123横断面の基本設計データを約3時間で行えることが明らかになり、基本設計データの作成コストの削減が可能であることを示した。ただし、本調査は1件の工事でのみ施行した結果であるため、多くの工事に適用して作成作業コストを検証する必要があると考えられる。本研究を通して、次に示す課題が得られた。

- 3次元ポリラインに過不足がある場合、設計図の形状を再現できない。
- 工種、種別や管理項目を個々に設定する場合に対応できない。
- 平面線形手法のIP（Intersection Point）法の設定に対応できない。

今後は、これらの課題に対する対応方策を検討し、実際の現場での利用可能な技術へと発展させる予定である。

謝辞：本研究の一部は、国土交通省国土技術政策総合研究所委託研究「平成26年度レーザプロファイラ等の既存資産を用いた3次元CADデータの生成・活用技術に関する研究」により実施した。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 国土交通省：情報化施工推進戦略，2013.
- 2) 国土交通省：TSを用いた出来形管理要領（土工編），2012.
- 3) 国土交通省国土技術政策総合研究所：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）Ver4.1，2013.
- 4) 大臣官房技術調査課，総合政策局公共事業企画調整課：情報化施工技術の使用原則化について，国官技第291号，国総公第133号，2013.
- 5) 山陽測器：面的施工管理システム ロードランナー，<http://www.sanyou-sokki.co.jp/NETIS/products/product_01.html>，（入手2015.6.11）.
- 6) 田中成典，今井龍一，中村健二，川野浩平：3次元CADデータを用いた出来形管理支援システムの開発，電子情報通信学会論文誌D，電子情報通信学会，Vol.J96-D，No.10，pp.2425-2439，2013.
- 7) 北川順，梶田洋規，重高浩一，藤島崇，椎葉裕士，篠原雅人：情報化施工に用いる3次元設計データ作成の課題分析，土木情報学シンポジウム講演集，土木学会，No.37，pp.69-72，2012.

表-2 値ずれの要因

No.	原因	対応方針
I	外側の境界線でずれが発生	発注図の地形と現況地形とが異なり、図面が修正されたことが原因であるため問題なし
II	水平な箇所で傾きが発生	法面方向に横断面を合わせる編集作業が原因であるため運用にて対応する
III	道路縁の箇所ですれが発生	出来形対象の箇所が発注図の段階から変更されたことが原因であるため運用にて対応する

表-3 提案手法の手順ごとの作成時間

作成手順		作成時間
3次元ポリラインの作成	3次元ポリラインの入力	無し（提供データのまま活用）
	サーフェス形状の設定	約120分
	道路中心線形の設定	数分
	道路中心線形構成点の設定	約60分
基本設計データの生成（プログラム）		数秒