

14. 3D-CAD を用いた簡易な土工事施工支援システム

西松建設株式会社 技術研究所 ○ 原 久純
西松建設株式会社 技術研究所 佐藤 靖彦
西松建設株式会社 技術研究所 田中 勉

1. はじめに

土木工事において設計や施工支援に 3D-CAD を活用した事例¹⁾が近年増えてきている。従来の 2D-CAD データの場合は、平面図、縦断図、横断図を組み合わせて、これらを現場と照らし合わせ施工していた。図面のある決められた断面（側線）での管理は容易であるが、測線から離れた任意の位置に対して丁張り（位置出し）や施工管理は容易でない。これに対して、3D-CAD は形状データを一元的に管理でき、任意位置の断面図をすぐ作成できるなどの利点がある。しかし、3D-CAD の場合、2D-CAD に比べ操作が複雑であり、習熟にかなりの時間と経験を要する。

そこで筆者らは、簡単な操作で対応できるような 3D-CAD を利用した土工事施工支援・管理用システム「3D 土工事施工支援システム」を開発した。本システムは、既往 3D-CAD ソフト（Civil 3D）に、現場作業で必要となる測量支援、出来形管理、出来高（土量）管理の機能を集約、アドオンしたソフトである。設計・測量の 3 次元データを容易に取り込み、盛土・切土形状の 3 次元化が簡単にできるとともに、土量計算から帳票出力までの操作が簡易化できるため、現場管理作業の効率化につながるものと考えられる。

本稿では、開発したシステムの概要と機能、特徴を概説するとともに、現場での適用例について報告する。

2. 3D 土工事施工支援システムの概要

本開発システムは、Autodesk 社の Civil 3D²⁾を根幹とするアドオンソフトであり、土工事における施工計画、設計、施工を管理・支援するシステムである。

2.1 本システムの構成

開発したシステム構成を図-1 に示す。本システムは次の 3 つで構成されている。

- ① 測量支援機能
- ② 出来高管理（土量計算）機能
- ③ 出来形管理機能

本システムでは、3D 設計データから丁張りした点の座標を算出・出力するとともに、測量データから 3 次元モデルを作成し、日々の測量データを 3D-CAD で一元管理する。3 次元測量モデルから土量を算出して帳票出力する作業を簡易化し、効率的に出来高管理ができるようにした。また TS による出来形管理の機能も付加した。

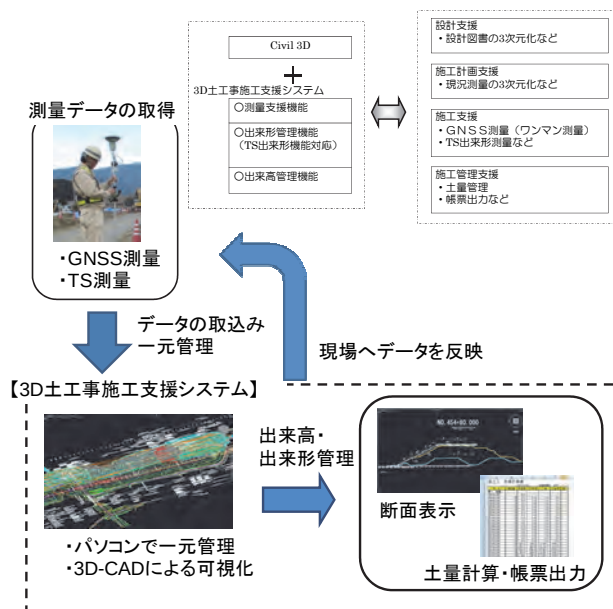


図-1 3D 土工事施工支援システムの構成

本システムの特徴は次の通りである。

- ・盛土工事の管理に必要な機能を一つの画面に集約し、3D-CAD で簡単に操作できる。
- ・施工の進捗状況を 3 次元的に把握できるため、視覚的に状況が分かりやすく、次ステップの施工計画に反映できる。
- ・平均断面法により土量計算し、帳票出力までの一連の作業が簡易に行える。
- ・国交省のデータ交換基準に対応しているため、市販の TS 出来形管理システムとのデータ交換が容易である。

2.2 本システムの開発目的

まず既往の 3D-CAD を用いて測量，土量管理業務等を行う場合の問題点について述べる。既往 3D-CAD ソフトでは，以下の機能を使用して，測量・土量計算業務に活用することも可能である。

- ・現況測量等の測量データの取り込み，表示
- ・丁張り点の座標計算
- ・断面図の作成，表示
- ・点データ，線データの編集
- ・数量計算機能
- ・座標データの出力（LandXML 形式）

しかし，Civil 3D においてこれらの機能は各タブ内に散在しているため，測量座標の登録，編集や土量計算を行う際に 3D-CAD の操作方法を十分把握する必要がある，その操作・作業が困難であることが課題であった。

そこで本システムは，3D-CAD に含まれている現場管理作業に必要な各機能を図-2 のように「ベースユニット」と称する一つのタブに機能を集約・ユニット化することで，操作を簡易化し，3次元表示や出来高管理などの作業が効率的に行えるようにした。図 2 のように，本アドオン部分の操作のみで，必要なデータ処理や計算が可能になるため，3D-CAD 機能の熟知や作業時間・手間が少なくなることが本システムの特徴である。



図-2 3D 施工支援システムの表示画面

2.3 本システムの保有機能

本開発システムは以下の機能を有する。

(1) 基準点の設置，割当て支援機能

基準点を定義・登録し，基準点の x,y,z 座標を入力・出力（点データインポート，エクスポート）および編集ができる。

(2) 測量支援機能

現況測量で計測した各点の座標データを取り込む。測量データは，SIMA，CSV，LandXML の各形式に対応する。

また，3次元設計データから丁張りなど現場で設置したい測量杭地点の座標（ x,y,z 座標）を算出し外部端末へデータの変換・出力が可能である。ポケット端末に表示することで，丁張りの位置出しが容易に行える。

(3) 出来高管理機能

計測した測量データから，サーフェスデータを作成することで，現施工面（切土・盛土面）の土量を計算し帳票出力する。また，施工時の管理断面（横断面）図を図-3 のように表示することで，施工の進捗が把握できる。

なお，土量計算方法として，既往 Civil 3D にも土量計算機能はあるが，トータル土量のみが計算されるだけで計算帳票の作成機能はない。本システムでは，平均断面法による土量計算をして出来高帳票を出力できる。

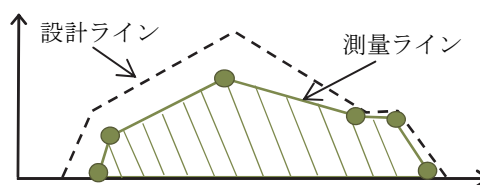


図-3 管理断面図の表示例

(4) 出来形管理機能

市販の TS 出来形管理ソフトとデータ交換が容易にできる。現場では，ポケット端末を利用し，設計データの修正や帳票出力が可能である。

2.4 本システムによる出来高管理（土量計算）

従来の出来高管理の手順を図-4 に示す。従来の管理では，測量データの取込み，図面への反映，帳票出力までの手順をステップごとで 2D-CAD や excel など別々のソフトで編集・管理する必要がある，データの取込みや反映などに時間が掛かる。

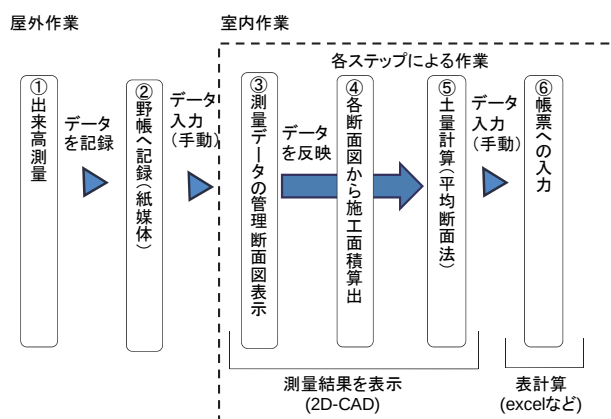
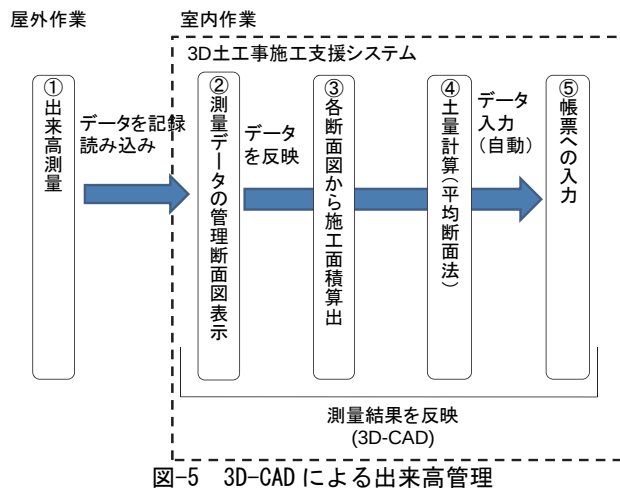


図-4 従来の出来高管理

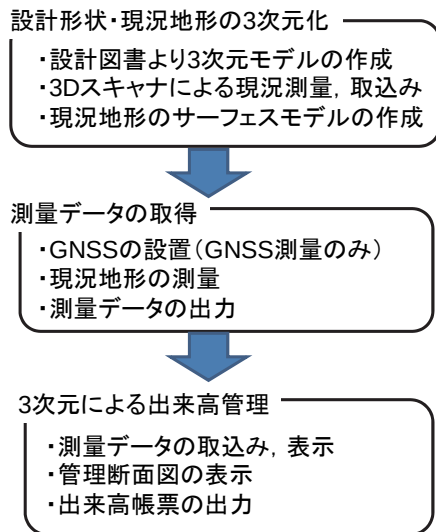
本システムを利用した出来高管理では、図-5 のように1つのソフト・タグで編集・管理ができるため、次の利点が挙げられる。

- ・1つのソフトで管理するため、取扱うデータファイル数が少なくなる。
- ・土量計算、帳票出力を一連で行うことができ、帳票作成までが効率的になる。



3. 現場での適用例

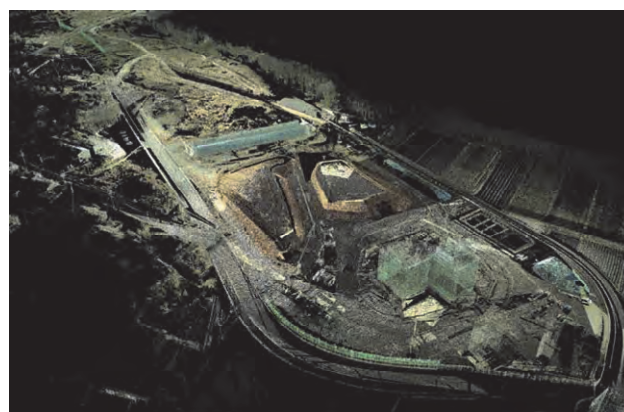
次に、大規模盛土工事に適用したシステムの運用手順と運用における効果について紹介する。施工現場におけるシステム運用フローを図-6 に示す。



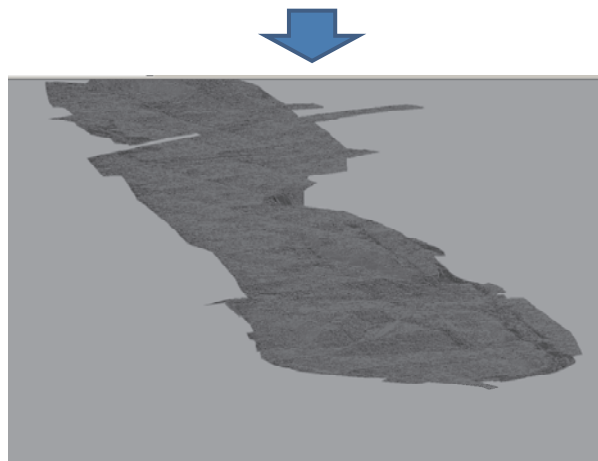
3.1 現場におけるシステム適用

(1) 設計形状・現況地形の3次元化

3次元設計データは、設計図書の2次元データから作成する。現況地形のモデル化は、図-7のように、3Dスキャナによる測量点群データを本システムに取り込み3D-CAD上で現況地形モデル（サーフェスモデル）を作成する。



3D スキャナによる測量点群データ



現況地形のサーフェスモデル

図-7 測量点群データによる現況地形の3次元モデル

(2) 測量データの取得

施工現場では、図-8 に示す GNSS や TS により出来高測量を行い、日々の測量データを 3D-CAD に取り込むことで、施工状況を 3D-CAD で管理できる。なお GNSS によるワンマン測量を導入することで、測量人員や負担が軽減でき、3次元による管理をより効率的に行える。



図-8 施工現場における GNSS 測量

(3) 3次元による出来高管理

現況測量したデータから、3D-CAD で表示した平成 24 年 5 月の現況地形を図-9、平成 26 年 7 月の測量データを図-10、設計データと測量データを比較表示したものを図-11 に示す。これらの図のように測量データ、設計形状を 3 次元俯瞰表示すると、盛土全体の施工状況を容易に把握でき、進捗確認や次施工の施工計画に参考となる。

出来高管理に関して、3 次元表示の図-11 における測線(A-A)の断面図を図-12 に示すことで、施工状況を平面的に把握し、断面毎で進捗状況をより明確に管理できる。表-1 には、現況地形と測量データから算出した盛土量の出来高帳票を示す。表-1 のように、帳票を出力することで、測線区間毎の出来高が容易に確認できる。また、月別で帳票化すれば出来高、工程管理にも反映できる。

3.2 運用における効果

本システムを盛土工事現場へ運用することで、次の効果が得られた。

- ①測量データの取込みから帳票出力までの手順を一括化することで、作業時間を短縮できた。
- ②ワンマン測量を導入することで、測量人員や手間を省力化した。従来と比較して、作業時間を短縮できた。
- ③3次元モデルで表示することで、全体の施工状況の把握が容易になった。

4. おわりに

本稿では、3D 土工事施工支援システムを紹介した。3D-CAD の機能を拡張し、設計データや測量データを 3 次元化することで、出来高・出来形や作業時間の効率的な管理を可能とした。ただし、本システムにおいて次のような課題がある。

例えば、測量データだけでは形状の十分な再現が難しく、境界線や小段ラインの設定を追加して入力する必要がある。今後は、より操作性が高いシステムを構築するようにしたい。

また、今回開発したシステムは、盛土工事だけでなく、工種に応じて機能を追加することができるため、基礎工事や地盤改良工事などへの活用にも有効と考えられる。

最後に、本システムの開発にあたり、御協力頂いたアイサンテクノロジー株式会社をはじめ、関係各位に感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 緒方正剛, 飯塚元輔, 村井重雄, 吉田貴 : 土工統合管理システムの開発と実証実験, 第28回土木情報利用技術講演集, pp.51～54,2003
- 2) Autodesk 株式会社 HP : <http://www.autodesk.co.jp>

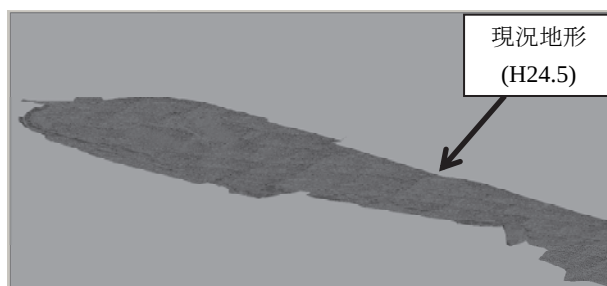


図-9 現況地形の 3 次元表示例 (平成 24 年 5 月)

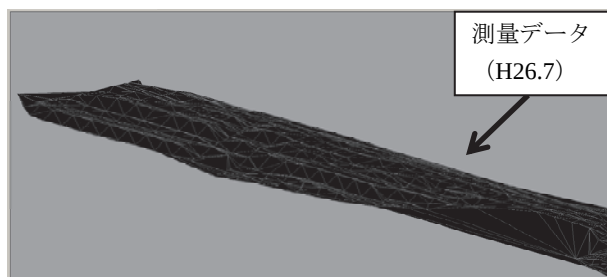


図-10 測量データの 3 次元表示例 (平成 26 年 7 月)

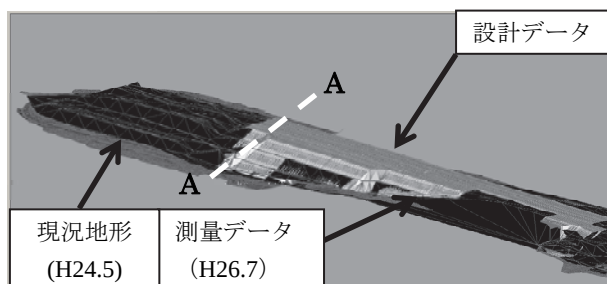


図-11 3次元による出来形管理の表示例

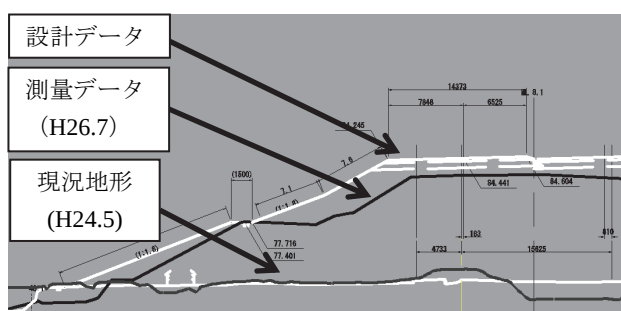


図-12 断面図による出来高管理の表示例 (A-A 断面)

表-1 出来高帳票の表示例

測 点	単距離	断面積	平均断面	土量	出来高	備考
単一 本線						
452+00.320	0	636.6	637.29	203.8	203.8	
452+20.000	20	719.6	678.10	13,345.2	13345.1	
452+40.000	20	854.7	787.12	15,742.3	15742.3	
452+60.000	20	863.4	859.05	17,181.1	17181.1	
452+80.000	20	907.9	885.65	17,713.1	17713.0	
453+00.000	20	1038.6	973.22	19,464.4	19464.4	
453+20.000	20	1184.4	1111.49	22,229.8	22229.8	
453+40.000	20	1271.7	1228.07	24,561.4	24561.4	
453+60.000	20	1307.9	1289.79	25,795.7	25795.7	
453+80.000	20	1224.2	1266.01	25,320.2	25320.2	
454+00.000	20	1258.9	1241.53	24,830.6	24830.5	
454+20.000	20	1195.5	1227.20	24,543.9	24543.9	