

19. 3次元ブロックモデルを利用した盛土の施工管理システム

西松建設株式会社 技術研究所 ○ 岩谷 隆文
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 土木設計部 杉本 幸信

1. はじめに

近年、土木工事においても GPS/GNSS などの衛星通信技術を利用した情報化施工システム（ICT）を利用し施工が普及している。ICT の普及は、土木工事の生産システムの合理化を図る上で重要な役割を担うことが期待されており¹⁾、その利活用のための研究・開発が盛んに行われている。

盛土工事でも、GPS/GNSS を利用したマシンガイダンスやブレードを自動制御するマシンコントロールなどの ICT が利用されている。ICT の導入は、これまでの点管理から面的かつ連続的な管理が可能となり、盛土施工の効率化および高速施工が可能となった。これに比例するように取り扱う情報量は、以前よりも膨大な量となり、それらの情報を効率的かつ効果的に管理することが今後盛土管理には重要となる。特に、施工管理では、情報を「時間情報」と「空間情報」として関連付けて管理し、情報の「可視化」を行うことができれば、施工に携わった誰もが簡単に情報閲覧でき、工事の意思決定のスピード化、さらには維持管理段階への利活用にも期待できる。

「空間情報」として盛土を管理する場合、面的管理のような平面的な管理ではなく、実際の盛土が立体的な構築物であることから、施工情報を立体的に管理することにより、従来の管理手法よりも盛土全体を正確かつ容易に管理することができる。

筆者らは、これらの考え方から盛土の施工管理に必要な情報を 3 次元化し、転圧管理システムと動態観測と連動し、効率的に管理することができる「3 次元モデル盛土管理システム」を開発した。本稿では、開発したシステムの概要および機能と特徴について報告する。

2. システムの概要

2.1 システム構成

開発したシステム構成を図-1 に示す。本システムでは、第一に、盛土を管理する上で重要となる盛土管理情報を取得する。管理情報は、施工日や

盛土材料、転圧回数、沈下量などである。第二に、取得した管理情報を外部データベースにより管理する。データベースは、3 次元モデル用データへの割付け・変換機能を有している。最後に、管理情報を 3 次元表示することにより、管理用データを「可視化」することができ、より盛土施工をスピーディーかつ容易に把握することができる。

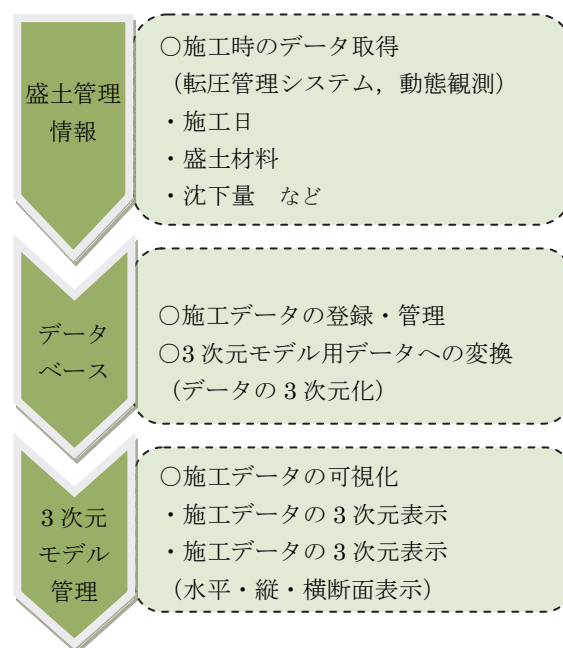


図-1 3次元モデル盛土管理システム構成

本システムの特徴を以下に挙げる。

- ・盛土材料の使用箇所、施工状況（転圧回数、地盤剛性値）を 3 次元上で一元管理でき、施工のトレーサビリティが確保できる。
- ・盛土施工の進捗状況を 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。
- ・転圧システムデータを取り込むだけで、簡単かつ効率的に一連の管理ができる。
- ・動態観測と一元管理できる。計測データの傾向と盛土材料・施工状況との対比が直接確認・把握

できる。

次に、本システム構成の内容について説明する。

2.2 盛土管理情報の取得

盛土施工では ICT を利用した転圧管理システムが利用されている。転圧管理システムでは、転圧時の施工位置、施工日、盛土材料、転圧回数などが瞬時にデータとして蓄積することができる。本システムは、この転圧システムを活用し、盛土の膨大な管理情報を容易にデータベースに格納することができるシステムである。これにより、これまで盛土管理に要していた時間を短縮するなどの効果が期待できる。

2.3 盛土管理情報のデータベース化

盛土管理情報は、転圧システムより得られる施工データおよび動態観測によって得られる盛土の沈下量データである。これらの盛土管理する上で重要となる情報を外部データベースにおいて一元管理することで、データ検索などが容易となる。

2.4 3次元ブロックモデルの適用

(1) 従来の3次元モデルによる管理

盛土工事を含めた土木分野では、その対象工事地形をより鮮明に把握し、工事を円滑に進めるために、設計段階から3D-CAD²⁾などを用いた3次元管理が行われている。3D-CADでは、図-2に示すように設計地形などをサーフェスモデル（境界で閉じられた面の集合体によって表現されたモデル）で表現する。サーフェスモデルによって表現されたモデルは、任意の鉛直断面の表示や土量を計算することができるという利点がある。一方で、盛土の施工管理上重要となる盛土材料や転圧回数、沈下量といった施工段階の情報を施工面サーフェスの情報として与えることができない。さらに、盛土工事の進捗により3次元情報が膨大になると操作性が落ちるといった問題が生じる。

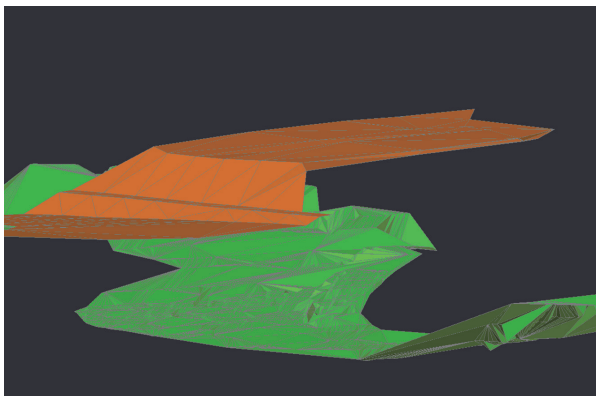


図-2 サーフェスモデル

(2) 3次元ブロックモデルによる管理

これまでに、地形情報を3次元ブロック化し、そこへ土質などの情報を属性情報として付加する^{3,4)}といったシステムは実際に開発・運用されてい

る。しかし、これらの既存システムは現存する地形を3次元ブロックで表現しているものであり、盛土のように、これから構築する対象物を3次元ブロックとして表現し管理することができなかった。そこで、筆者らは、これら既存のシステムを応用し、盛土施工への活用を試みた。これにより、これまで3D-CADではできなかった盛土管理情報を3次元モデルの属性情報として付加することが可能となった。さらに、3次元ブロックモデルには、膨大な施工データが蓄積することから、3次元データのような重いデータを容易に操作できる Autodesk 社の Navisworks²⁾を利用することにより、操作性を確保した。また、3次元ブロックの辺長はモデル作成時に任意の大きさを指定することができ、工事規模や使用目的に合わせて変更できる。

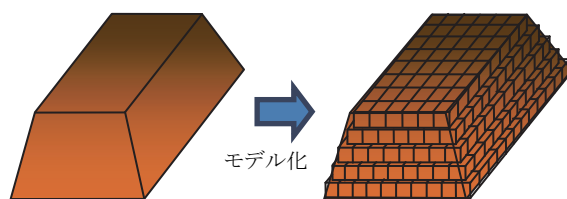


図-3 3次元ブロックによるモデル化

2.5 3次元モデル管理システムの保有機能

(1) 属性情報の表示機能

属性情報として3次元ブロックへ付加された盛土管理情報は、3次元ブロックをクリックすることで図-4に示すように表示することができる。

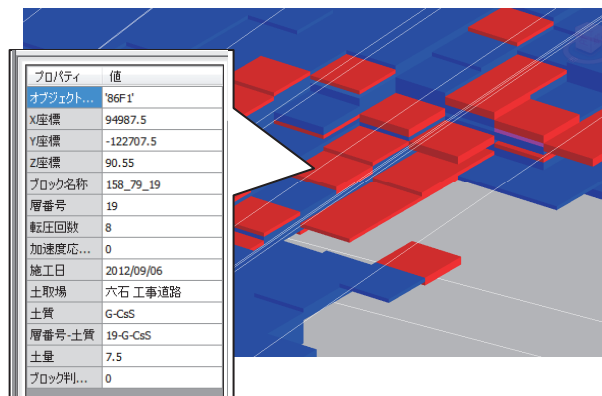


図-4 3次元ブロック内の属性表示

(2) 土工量管理機能

盛土形状を3次元ブロック表示しているため、施工した3次元ブロック数から容易に概略の施工土量を計算することができる。また、土量計算時に、土質、施工日等の条件を付け加えることができるため、任意の土質材料の土量や任意施工期間の土量を瞬時に計算することができる。

(3) 属性情報の色表示・検索・抽出機能

属性情報ごとに3次元ブロックに色を割り振ることができる。属性情報表示は、鳥瞰図、水平断面、縦・横断面表示機能を有し、属性情報を視覚的に把握することができる（図-5）。さらに、属性情報を検索・抽出する機能を有しており、特定の属性情報（土質材料、転圧回数等）を検索し、表示することもできる。

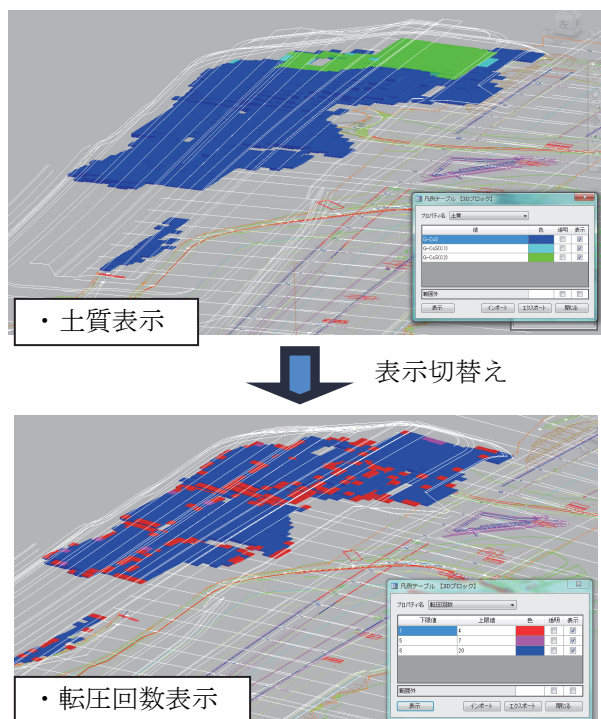


図-5 属性情報の色別表示

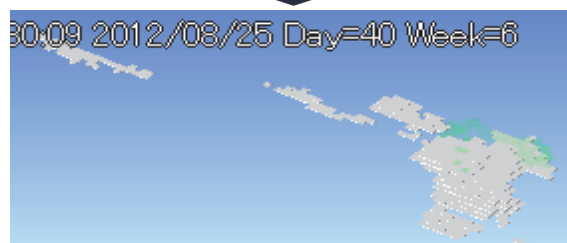
(4) 時系列表示機能

属性情報を時系列表示機能、アニメーション機能により、属性情報の進捗過程を再現表示することができる（図-6）。

このように、本システムは盛土施工を管理するための複数の機能を有しており、これらの機能を活用することにより、従来の盛土管理よりもより高度な盛土管理を可能とした。次に、本システムを実際の盛土現場で活用したシステム運用例を紹介する。



(a) 2012年7月26日の施工進捗状況



(b) 2012年8月26日の施工進捗状況

図-6 属性情報の時系列表示

3. 現場におけるシステムの運用

盛土施工現場におけるシステム運用フローを図-7に示す。

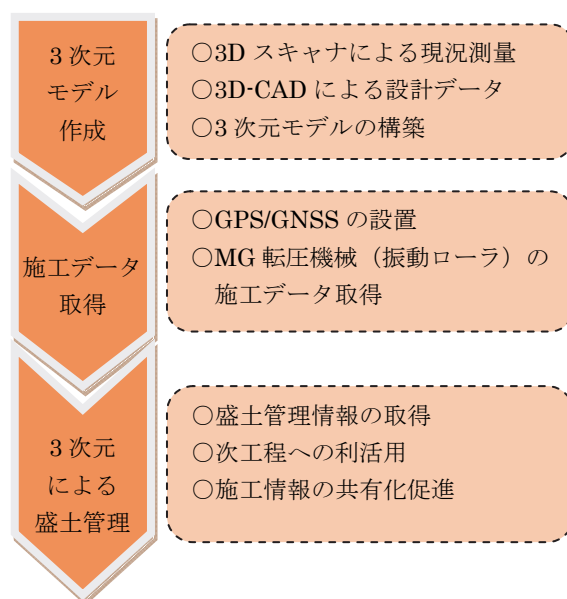


図-7 システム運用フロー

(1) 3次元モデル作成

盛土の3次元モデルは、現況地形サーフェスと盛土設計形状データから作成、構築する。現況地形サーフェスは、3D スキャナによる測量点群データを3D-CAD上で読み込み作成する。図-8には、実際の3D スキャナによる現況点群データを示す。また、盛土設計形状データは、2Dデータを3D-CADで3次元データにする（図-9）。

盛土3次元ブロックモデルは、ブロックデータ管理の効率性のため、1ブロックの辺長は、縦5.0m、横5.0m、高さ0.3mとした。



図-8 3D スキャナによる測量点群データ

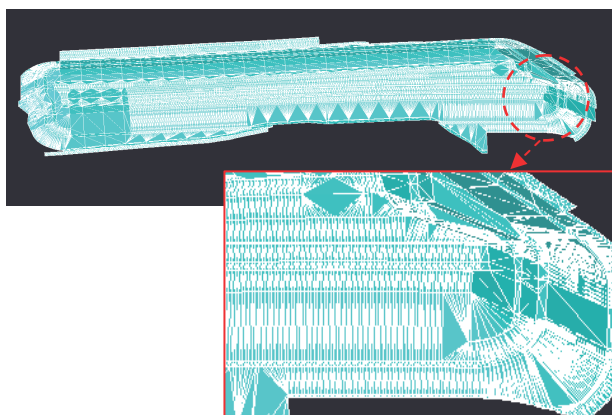


図-9 3D 盛土設計形状データ（サーフェスモデル）

(2) ICT 施工データ取得

GPS/GNSS による転圧管理システムを導入し、3次元モデル盛土管理システムを適用する。転圧システムから取得されたデータは、通常 50cm メッシュであるが、本システムの 3 次元ブロックサイズに対応するようデータを平均、代表値化処理を行う。



GPS/GNSS の設置

MG 振動ローラ

図-10 施工現場の ICT 化

(3) 3次元による盛土管理

種々の盛土管理情報を一元的に管理、可視化することで多くの効果が得られる。図-11 には、盛土材料と沈下量の計測データを同時に断面図に出力している。沈下量は、沈下量の推移とともに色が変わるようになっていく。これにより、どの盛土材料が盛土の沈下に影響を与えているか簡単に把握できる。データの一元管理、可視化は、状況把握、周囲との情報の共有化が簡便になり、次工程の施工計画、手順など、施工の意思決定のスピード化が図れるなどの効果が期待できる。

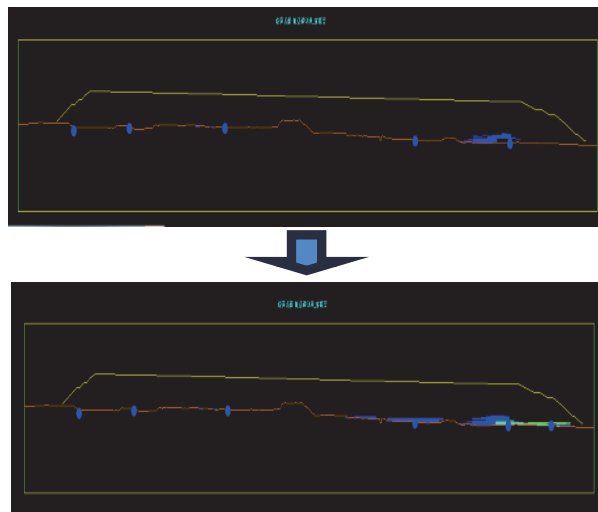


図-11 属性情報の断面図表示例（沈下量と盛土材料）

4. 今後の課題と展望

本稿では、3次元ブロックモデルによる盛土施工管理システムを紹介した。3次元ブロックによる盛土の3次元化、ICTとの連携により、盛土施工管理を従来よりも効率的な施工管理を可能とした。しかし、3次元ブロックモデルにも現時点では課題がいくつか挙げられる。

本システムで使用される3次元ブロック自体は、盛土の沈下量の影響は加味されていない。そのため、現地盤が軟弱地盤で沈下量が非常に大きい場合、3次元ブロックに付加された属性情報と沈下後の実際の3次元ブロックに蓄積された属性情報に違いが生じる。また、運用中の3次元ブロックモデルを途中で変更することは容易ではない。

今回開発したシステムによる施工データのデータベース化（一元管理）、3次元化による「可視化」は、施工管理だけでなく、盛土施工のトレーサビリティを可能にし、盛土の維持管理への活用にも有効となる。このような ICT を利用したシステム開発の取り組みは、CIM（Civil Information models）へ繋がるものと考えられる。

参考文献

- 1) 国土交通省：情報化施工推進戦略（案）、2013.03
- 2) Autodesk 株式会社 HP：<http://www.autodesk.co.jp>
- 3) 伊藤忠テクノソリューションズ株式会社 HP：
<http://www.ctc-g.co.jp>
- 4) 竹本憲充：掘削工事の概略設計への立方体地盤モデルの適用，建設施工と建設機械シンポジウム，pp.210～213，2011
- 5) 黒台昌弘：維持管理を視野に入れた施工データの可視化，基礎工，5月号，pp.77～79，2012