

情報化施工を活用した 3D 盛土情報管理システム

岩 谷 隆 文・佐 藤 靖 彦・田 中 勉

盛土工事において ICT を利用することにより, 施工時に必要な情報を簡易かつスピーディーに取得することが可能となった。また, 盛土は立体的な構築物であるため, 施工中の情報を三次元的に管理し, 盛土全体として状況把握することが望ましいと考えられる。

そこで, 盛土を三次元ブロックによりモデル化し, ICT より得られる転圧回数, 盛土材料, 沈下量といった施工情報を一元的に管理するシステムを開発した。本システムにより, 盛土の施工管理を施工情報の三次元「可視化」と情報の検索機能によって効果的に管理することが可能となった。本稿では, システムの概要および機能と特徴, 現場での運用例について報告する。

キーワード: 盛土, ICT 施工, 3 次元モデル, 施工データ管理, CIM

1. はじめに

近年, 土木工事においても GNSS などの情報通信技術 (ICT) を利用した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いる¹⁾。

盛土工事でも, 転圧回数管理を行う「転圧管理システム」やブレードを自動制御する「マシンコントロールシステム」などに利用されている。ICT の導入により, 盛土施工は従来よりも高速かつ効率的な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・効果的に利用することが現在の課題となっている。

盛土を管理する上で, 「いつ, どこで, どのような施工を行ったか」という情報を適切に管理することが非常に重要である。これらの情報を「時間情報」と「空間情報」「施工情報」として図-1のように取り扱い, 一元的に管理することで, 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, さらに維持管理段階への利活用にも期待できる。

「時間情報」「施工情報」は, ICT により得られる膨大な情報量の中から必要な情報を取り出し, 利用することで, 情報の取得から管理までの手間を大幅に短縮することができる。

「空間情報」では, 盛土を管理する場合, 面的管理のような平面的なものではなく, 実際の盛土が立体的な構築物であることから, 立体的なものにすることに

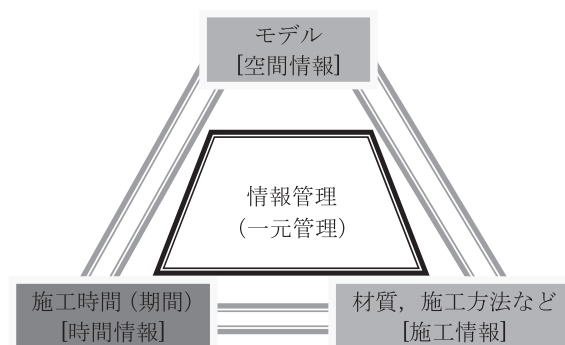


図-1 施工に係る情報管理

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。

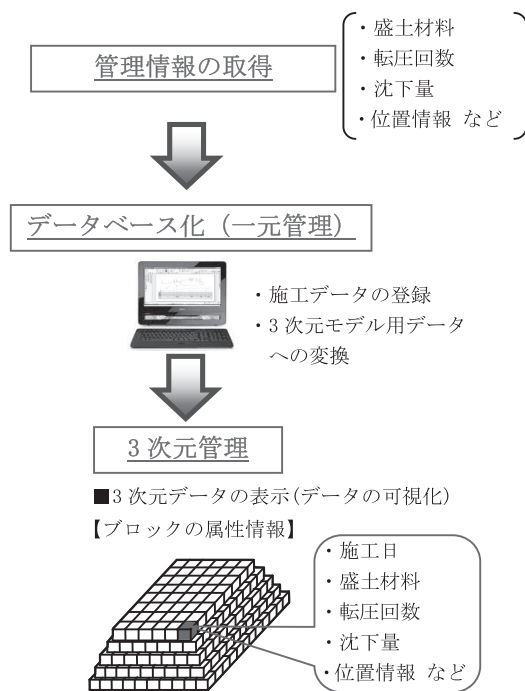
筆者らは, これらの考え方から盛土の施工管理に必要な情報を「転圧管理システム」と動態観測から取得し, 3次元モデルと連動させることで, 盛土を効率的に管理することができる「3D 盛土情報管理システム」を開発した。次に, 開発したシステムの概要および機能と特徴について説明する。

2. システムの概要

(1) システム構成

開発したシステム構成を図-2に示す。本システムの柱は以下に示す三つである。

- ①管理情報の取得
- ②管理情報のデータベース化



図一 2D 盛土情報管理システムの構成

③管理情報の3次元管理 (情報の可視化)

①では、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、「時間情報」である施工日、「施工情報」である盛土材料、転圧回数、沈下量などである。②では、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。③では、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。

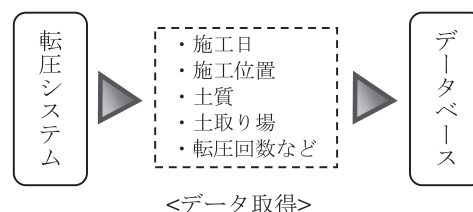
次に、本システムの特徴を以下に挙げる。

- ・必要情報の取得からデータベース化までの半自動化を可能にし、情報整理の手間を大幅に軽減できる。
 - ・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、視覚的に状況が判断でき、次ステップの施工計画を立てやすい。
 - ・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) 盛土管理情報の取得、データベース化

本システムでは、転圧管理システムを利用した情報の取得を行う。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、転圧回数などがデータとし

て蓄積することができる。この転圧システムを利用し、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（図一3）。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。



図一 3 情報のデータベース化までのフロー

データベースでは、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。

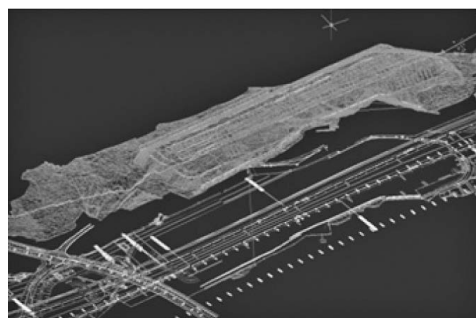
(3) 3次元ブロックモデルの適用

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-CADなどを用いた3次元管理が行われている。3D-CADでは、図一4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属性情報として付加することができない。さらに、盛土工事の進捗により3次元情報量が膨大になると操作性が落ちるといった問題が生じる。

②3次元ブロックモデルによる管理

これまでに、地形モデルを3次元ブロック化し、そ



図一 4 サーフェスモデル

こへ地質などの情報を属性情報として付加する³⁾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質構造を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はできなかった。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(図-5)。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。

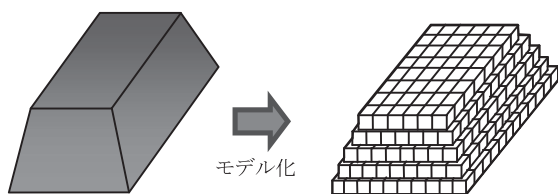


図-5 3次元ブロックによるモデル化

(4) 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

3次元ブロックへ付加された盛土管理の属性情報は、3次元ブロックをクリックすることで図-6に示すように表示することができる。

②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-7)。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。

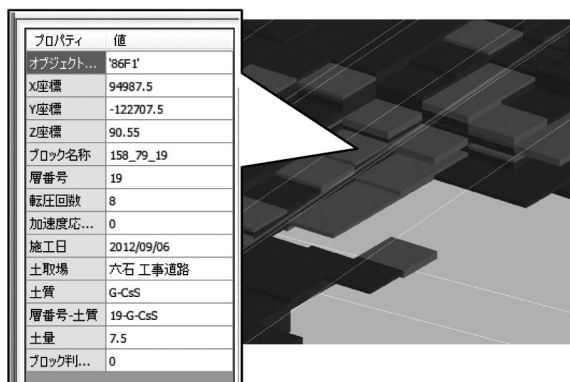


図-6 3次元ブロック内の属性表示

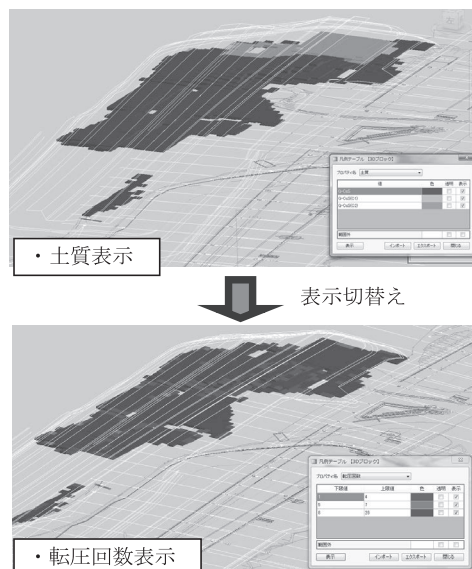


図-7 属性情報の色別表示

これらの機能により、どのエリア・部位にどの土質材料で施工されたかの確認が容易にできる。

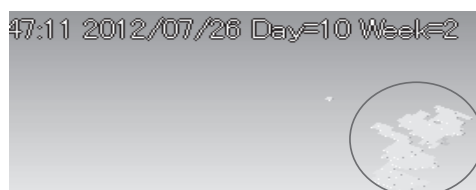
③土量管理機能

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、施工日等の検索条件の設定ができる。そのため、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、施工の歩掛かりの算出などが可能である。

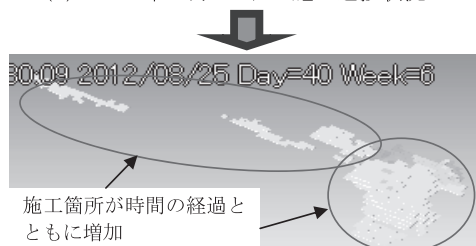
④時系列表示機能

属性情報の時系列表示機能(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-8)。

以上のように、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



(a) 2012年7月26日の施工進捗状況



施工箇所が時間の経過とともに増加

(b) 2012年8月26日の施工進捗状況

図-8 属性情報の時系列表示

管理を可能とした。

3. 現場におけるシステムの運用

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。

盛土施工現場におけるシステム運用フローを図—9に示す。

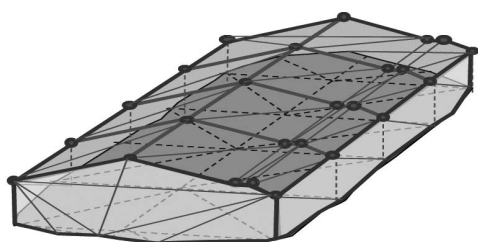


図—9 システム運用フロー

(1) 3次元モデル作成

実際の運用では、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。まず図—10のように現況地形と盛土形状サーフェスでモデル作成範囲を設定する。次にこの範囲内で3Dブロックの分割・割付けを行う。現況地形サーフェスは、3Dスキャナによる測量を行い、点群データを3D-CAD上で読み込み作成する。図—11には、実際の3Dスキャナによる現況測量点群データを示す。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—12）。

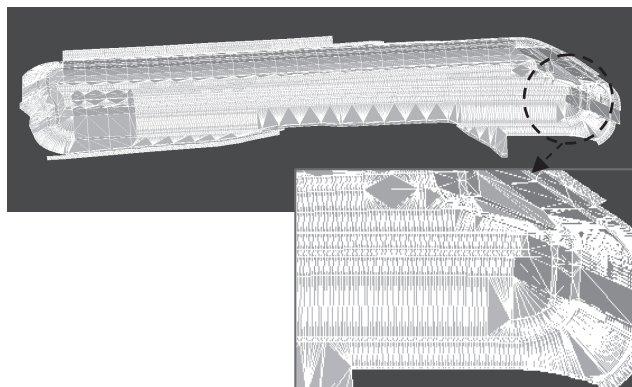
盛土の3次元ブロックモデルは、ブロックデータの効率性のため、1ブロックの辺長を、縦5.0 m、横5.0 m、高さ0.3 mとした。



図—10 サーフェスデータによるモデルの構築



図—11 3Dスキャナによる測量点群データ



図—12 3D盛土設計形状データ（サーフェスモデル）

(2) 施工データ取得

GNSSによる転圧管理システムのデータを取得し、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50 cm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にデータを平均、代表値化処理を行う（図—13）。



GNSSの設置



MG振動ローラ

図—13 施工現場のICT化

(3) 開発システムによる盛土管理

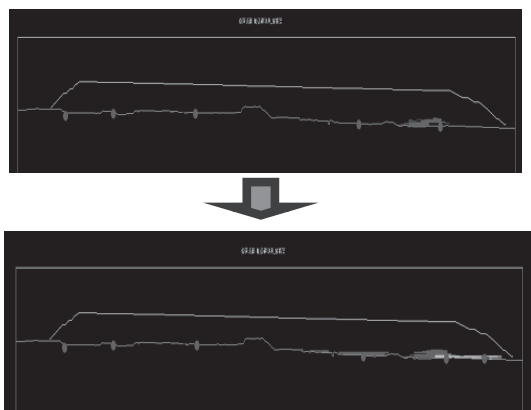
種々の盛土管理情報を一元的に管理、可視化することで多くの効果が得られる。以下に、その事例を示す。

(a) 盛土の監視

図—14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っている。これと盛土材料の分布断面と対比させることで、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。

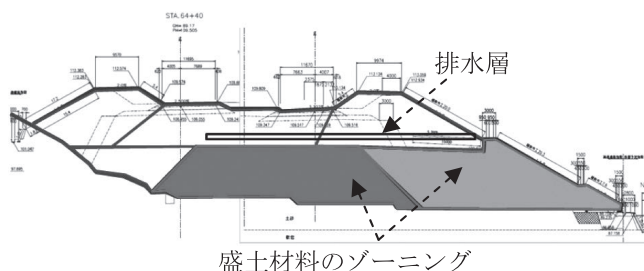
(b) 次工程への利活用

大規模盛土の場合には、材料の使用箇所を規定した



図一 14 属性情報の断面図表示例 (沈下量と盛土材料)

ゾーニングや排水層設置などの施工が行われる場合がある (図一 15)。本システムでは、日常の盛土の工事進捗を転圧システムから得ることができるため、規定された材料で盛土施工が行われているか、排水層の設置をいつ行うかなどの検討を簡単にできる。このように、データを 3 次元データとして管理しておけば、2 次元としても必要時に簡単に変換、表示することができる。



図一 15 次工程利用のための施工進捗確認図

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。一方、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。

- ①モデルに関する課題
- ②管理データに関する課題
- ③現場への活用に関する課題

①では、本システムで使用する 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。②として、本システムに利用した管理情報以外にも盛土施工では、まだ様々なデータが管理されている。それらの情報を取得から本システムへの連携へと、できるだけ現場の負担にならないようなシステム構築を行う必要がある。③では、運用例でも示したように、現場での情報活用は、3 次元データを 2 次元表示で利用している。3 次元にこだわらず、どのように現場で活用できるか、視野を広く持ち今後も検討していく必要がある。

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 (Construction Information Modeling) へ繋がるものと考えられる。

J C M A

【参考文献】

- 1) 国土交通省：情報化施工推進戦略 (案), 2013.03
- 2) 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>
- 3) 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
- 4) 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

【筆者紹介】



岩谷 隆文 (いわたに たかふみ)
西松建設㈱
技術研究所 土木技術グループ
主任



佐藤 靖彦 (さとう やすひこ)
西松建設㈱
技術研究所
副所長



田中 勉 (たなか つとむ)
西松建設㈱
技術研究所 土木技術グループ
副課長