

4Dモデルを活用した建設工事の安全管理手法に関する研究



大林道路(株)
技術部担当部長 佐藤 正憲

大林道路(株) 代表取締役社長
東京大学大学院工学系研究科 教授
Intelligent Acorn 代表

福本 勝司
小澤 一雅
一岡 義宏

当社は、2018年10月に東京大学大学院工学系研究科に設置された「i-Construction システム学寄付講座」において、「4Dモデルを活用した建設工事の安全管理手法」と題し、3次元データの活用により最適な作業手順が作成可能となるシステム構築について、東京大学と共同研究に取り組んでいる。本稿では、その研究概要について紹介する。

1. はじめに

i-Constructionの推進、生産性向上ツールの一つとして3Dモデルの利活用が挙げられるが、設計、施工および維持管理プロセスだけでなく、建設生産プロセス全体における様々な場面で有効に利活用していくことが、今後、建設業界全体で取り組むべき課題である。

安全管理を共同研究テーマとした背景として、作業手順を作成する際に同種作業実施時に発生した過去の事故事例を確認し対策を行っていれば、発生を回避できた事故もあったと考え、視覚的に確認が可能な3Dモデルに工程を追加した4Dモデルを活用し、仮想空間上でシミュレーションを実施することが効果的であると判断した。

3Dモデルを活用し、仮想空間上で作業シミュ

レーションを行い、工種・検索キーワードにより分類し、データベース化された安全衛生規則および過去の事故事例より、当該作業に合致した内容について抽出・表示し、ユーザーが視覚的に確認を行いながら事前に施工上の問題点について対策を検討することで、事故の発生を抑制することが可能となる。

2. 従来の作業手順作成方法

工事着手前に作成する作業手順書は、技術者が現地確認を行った上で設計図書を確認し、実際に施工するイメージをしながら作成している。そのため、作成された作業手順書は技術者のスキルと経験に左右されたものとなっており、経験が不足した技術者が作成したものは実作業に全く利用できないことも想定される。

近年、建設業従事者は減少の一途をたどっており、熟練技術者および技能者も同様に減少することが予想されており、過去の知見や経験をどのように形式知化し、後世に残し引き継いでいくか重要な課題である。

3. 研究開発概要

(1) 研究開発目標

下記事項を開発目標として、研究に取り組んでいる。

- ・過去の事故事例、ヒヤリハットおよび関係法令のデータベースより施工上のポテンシャルリスクを抽出し、事前に施工上の問題点について対策を検討できるシステム。
- ・ユーザーインタラクティブなシステムで、技術者がシステム上でシミュレーションをしながら安全な施工計画、重機、作業員の配置計画および仮設計画を検討することができるシステム。

(2) 開発するシステムの特徴・構成・機能

① ユーザーインタラクティブで技術者を育成

本システムのユーザーは、土木技術者の利用を前提とし、判断を行いながら進めていくものとする。

② システム検証手順の視認性

システムを利用して作業シミュレートを行い導き出した施工方法が、現場に最適であることを視覚的に確認し、別の第三者が理解、納得できるものとする。

③ 法令規則および過去の事故事例の有効活用

作業シミュレート時に法令違反および過去の事故事例と同種作業が発生した場合について、アラート表示を行う。ここでユーザーはアラート内容を確認し、作業手順、仮設などの見直しを行うものとする。

④ システムの拡張性

システムは、外部ソフトやデータベースとデータを相互に受け渡すことが可能であるものとする。

(3) システムの開発プロセス

① 入力基盤の構築

シミュレートに必要な作業手順書、工程表、安全衛生規則および労働災害データベースを作成し、抽出するための検索キーワードを設定する。

② API の構築

入力基盤に記入したデータより必要となるデータについて、他のソフトとの相互利用を目的とし、必要となる API を構築する。

③ 安全衛生規則の整理

安全衛生規則は 678 の条項数があり、一つの作業に限られたものではないため、この中から当該作業に合致した条項を抽出するために、適切な分類とキーワードの設定を行う。また、記載されている条文に付保した内容の一部について、以下に示す。

- ・「してはならない」 → 禁止事項
- ・「しなければならない」 → 遵守事項
- ・「周知させなければならない」 → 周知事項
- ・「必要な措置を講じなければならない」 → 必要措置
- ・「免許」、「技能講習」、「特別教育」、「作業主任者」、「資格」 → 必要資格

前述のとおり、分類結果と法令を遵守する時期（施工前 or 施工中 or 施工後）を確認し、作成する作業手順書に表示する位置とタイミングを特定することとした。

④ 過去の事故事例の整理

「国土交通省積算体系ツリー」に基づき、工種・種別・細別に分類し、当該作業に合致した事例を抽出できる仕組みとした。また、事故に起因

した行動や本来、作業手順書に記載すべきであった内容について整理を行い、どのようなアラート表示が必要か再発防止策を参考に整理を行った。以上の整理において、同種事故が複数抽出されたものについては、事故による損失日数と発生確率を乗じた評価値を計算し、評価値が高いものを抽出・表示することとした。

(4) システムのユーザー利用フロー

ユーザーが以下①～④に記載の手順を実行することにより、当該作業に最適な手順が作成できるシステムの開発に取り組んでいる。

① 3D データ作成

設計図書(平面図、縦横断図、構造図等)により作成された3D設計モデル(図-1)は、位置情報を保有する基盤地図(国土地理院より無償公開されている基盤地図情報等)に重畳する(図-2)。

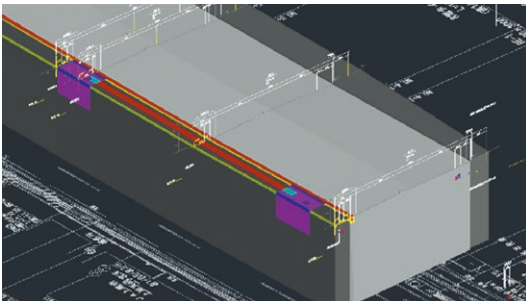


図-1 3D設計モデル(参考)

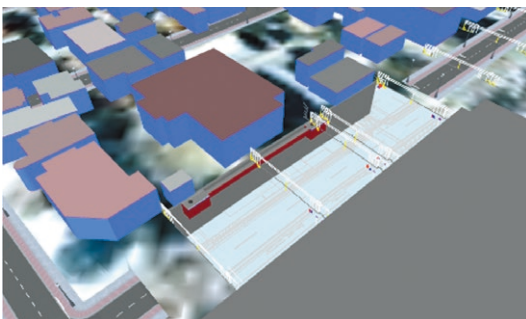


図-2 3D設計+現況モデル(参考)

作業箇所周辺の地上物などの詳細情報が必要となる場合については、UAVまたは地上型レーザースキャナーなどを使用して3次元点群

データを別途取得する。地下埋設物については、3Dモデルの提供がない場合、必要に応じて管理図面により新たに作成する。

② 作業手順・工程の作成と安全衛生規則の確認

①で作成した3Dモデル上において、3Dモデル部材(重機、作業員、仮設材等)をユーザーが配置しながら作業検討を行い、作業手順の検討を行う(図-3)。入力フォーマット上には、デフォルトの作業手順および関係する安全衛生規則を表示し、3Dモデル上における作業検討結果より作業手順の加筆、修正を行う。



図-3 作業手順の検討(参考)

検討した手順をもとに工程表(タイムスケジュール)を作成し、使用資機材を決定する。

③ 過去の事故事例確認と作業手順の修正

データベースより抽出された過去の事故事例をもとに、作業手順の修正を行わなければ次工程の手順が作成できない仕組みとする(図-4)。

作業手順書		過去の事故事例表示	
作業名	縦横断測量・管理工(管線部)作業	作業内容	過去の事故事例表示
作業種別	測量	作業内容	過去の事故事例表示
① 縦横断測量工	8:00~10:00	作業内容	過去の事故事例表示
② 測量	10:00~12:00	作業内容	過去の事故事例表示
③ 測量	12:00~14:00	作業内容	過去の事故事例表示
④ 測量	14:00~16:00	作業内容	過去の事故事例表示
⑤ 測量	16:00~18:00	作業内容	過去の事故事例表示
⑥ 測量	18:00~20:00	作業内容	過去の事故事例表示
⑦ 測量	20:00~22:00	作業内容	過去の事故事例表示

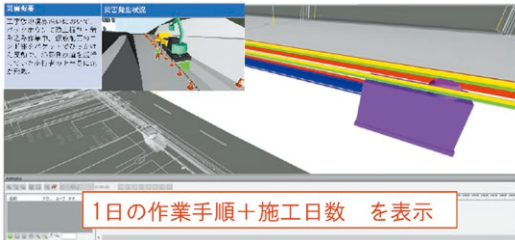
作業名	作業内容	作業フロー
① 縦横断測量工	測量機設置	測量機設置(25kg)により測量機を移動する (測量機50kg以下または記録機の場合は、バックアップにより測量機を移動する。)
	測量	バックアップ(25kg)によりダンボール(4)へ積み込む

図-4 作業手順の修正イメージ(参考)

④ 作業打ち合せ段階におけるシステムの活用

関係者で日々実施される作業打ち合せにおいて、作成した4Dモデル上で過去の事故事例を

表示したものを利用し、視覚的に合意形成することを目的に活用する。



図ー5 作業打ち合せ時における活用イメージ (参考)

4. まとめ

研究開発を進めているシステムを利用することで、工事着手前に現場条件および施工条件を踏まえた4Dモデルを活用し、視覚的に現場状況および過去の事故事例を確認することで、作業手順作成時に当該工事に潜むポテンシャルリスクに対して、事前に対策を検討することが可

能となる。

経験の浅い技術者であっても、過去にどのような状態でどのような事故が発生したかについて視覚的に学ぶことが可能となり、経験を補うための一つのツールとして活用できるのではないかと考えている。

本研究は現在、試行錯誤しながら進めている段階であり、今後の研究進捗によりブラッシュアップを行いながら、技術者が利用しやすいものを提供できるよう進めていく所存である。

なお、本研究成果はオープンソースとして無償公開される予定である。

【参考文献】

- 1) 佐藤正憲、福本勝司、小澤一雅、一岡義宏：4Dモデルを活用した建設工事の安全管理手法、第1回 i-Construction の推進に関するシンポジウム、土木学会建設マネジメント委員会、2019.7