

建設生産システムへの3次元モデルの活用 3工種への導入事例の紹介

神崎 恵三¹

¹正会員 株式会社熊谷組 土木事業本部 ICT推進室 (〒162-8557 東京都新宿区津久戸町2-1)

E-mail: kkanzaki@ku.kumagaigumi.co.jp

少子高齢化にともなう熟練作業員の離職や若年層への技術伝達不足、及び今後急速に増加するインフラ施設の老朽化は、建設業界において早急に対策を立てなければならない課題である。国土交通省により提唱されたCIMやi-Constructionは、このような問題を解決すべく、3次元モデルをツールとして、建設現場の生産性の向上や構造物のライフサイクルにわたる維持管理・点検を実施するものであり、建設生産システムの大きな変化といえる。

本稿では、CIMやi-Constructionに基づき、3次元モデルを活用しながら稼働している工種の異なる3事例を示し、3次元モデルの作成方法や施工においてどのように活用しているかを説明するとともに、導入効果について検証を行う。

Key Words : CIM, information-oriented construction, laser scanner device

1. はじめに

CIMやi-Constructionの導入により、現場において3次元モデルを活用する事例が増えつつある。CIMは、限られた公共投資の中で効率的な社会資本整備を行うことや、ストック型社会への転換に向けた社会資本のアセットマネジメントの導入、地球環境に配慮した社会資本整備（アセスメント、LCA、リサイクル等）の実現などを目的として、建設構造物に各種の情報を付加したモデルを作成し、社会資本の整備や維持管理の効率化を目指す取り組みである¹⁾。近年では、単なるモデル化だけでなく、こうした技術を用いたトータルマネジメント、社会資本整備の全体最適化として捉えられてきている²⁾。

CIMの実現のためには、業務フロー、執行体制の見直しと、これを実現するためのデータ作成、可視化、データ蓄積技術の確立が不可欠となっている。特に構造物のモデル化については、「形状の見える化」だけでなく、地形・地質のモデル化も重要である。また、構造物のライフサイクルにわたる維持管理・点検については、「履歴の見える化」も重要な要素である。

本稿では、工種の異なる3現場（山岳トンネル、橋脚下部工、大規模土工事）において、3次元モデルを活用して工事を進めている事例を紹介し、現在施工中であるが、その導入効果について検証する。

2. 3次元モデル作成方法

近年の測量技術は、レーザスキャナ計測に代表される面的な点群データ計測技術の普及により、従来使用されてきた点と線で地形を表現していた時代から、面で取得する方向へ、また、2次元から3次元でデータを取得する方向に移って来ている。

面で取得する手法は、広域な範囲を均一な成果で、安価に取得できるという利点がある一方、点と線で取得する方法は、電子基準点のみを使用したGNSS測量も進められており、基本的にはごく限られた範囲を密に高精度で取得するという特質がある。

CIMの中で用いる地形モデルの構築（面計測）に際しては、様々な測量手法の中から事業目的に見合う精度を求めて、最適な手法の選択、また、これらの組み合わせ手法を採用することが重要となる。3次元モデルの主な作成方法を、表-1に列挙する。

現状でのCIMの導入については、建設から維持管理・構造物の廃棄まで一貫して活用する将来の理想系をイメージしつつ、現時点の導入にあたっては「できることから実施していく」考えで段階的に進めていくことが現実的な対応である¹⁾。

表-1 3次元モデルの作成方法

手 法	3次元専用ソフト	3次元レーザスキャナ	空撮測量
内 容	2次元図面から3次元専用ソフト(3D-CIVIL等)を使用して3次元モデルを作成	レーザ光線を発して、物体に少しづつ角度をずらして面的に照射しながら反射光を計測することにより、その範囲にある物体表面の点群データを作成	UAV(Unmanned Aerial Vehicle:無人航空機)を用いて、デジタルカメラと写真測量技術のソフトウェアで3次元点群データを作成
性 能		①固定式地上レーザ計測 (精度:数mm程度) ②MMS (精度:10cm程度) ③航空レーザ測量 (精度:数10cm程度)	UAVの普及により、比較的容易に広範囲を短時間で測量することが可能。精度はレーザスキャナに比べて低い

3. 実現場への導入事例の紹介

本章では、実現場への適用事例として、山岳トンネル工事、橋梁下部工工事、大規模土工事の3工種への適用事例について報告する。

(1) 山岳トンネル工事への適用事例

近畿地方整備局発注の山岳トンネル(延長1,295m)工事である。CIM試行現場として当初から3次元モデルを作成し、3次元モデルに施工データ(品質・出来形)を入力するという作業を行っている。また、現場の創意工夫として、地質モデルの3次元化と覆工モデルの3次元化について取り組んでいる。

a) 地質モデルの3次元化

全長(No.35+88~No.48+83)のうち終点側No.44以降は、沢部と平行するように掘削するため、所々に断層が想定されていた。このため、掘削に先立ち、前方地山地質を把握するため先進ボーリングを実施した。

このボーリングデータと掘削時の切羽写真を基に、脆弱層のモデル化(No.47+10~No.47+2)(図-1)や、破砕帯の想定(No.45+30~No.45+18)を実施した(図-2)。これより、地質脆弱部を面的に把握できるとともに、将来施工予定のII期線の地質状況を高い精度で推定することができる(図-3)。

b) 覆工モデルの3次元化

覆工モデルを3次元化し、専用ソフト(NavisWorks, Navis+)を使用して各ブロックに施工情報(品質・出来形)をリンク付けした。各ブロックをクリックすると施工情報や図面を導きだすことができる(図-4, 図-5)。

これとは別に、覆工完成段階において3次元レーザスキャナを使用して覆工表面の出来形を計測した。点群データを図-6に示す。無数の点群データは座標(X, Y, Z)を保有しており、本データと覆工の内空データを比較することで、設計内空を侵していないか色分けして確認することが可能となる(図-7)。

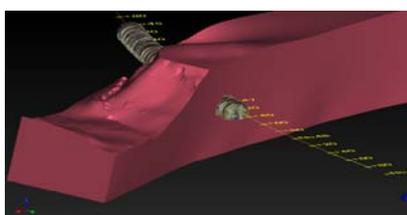


図-1 脆弱部地質モデル



図-2 破砕帯地質モデル

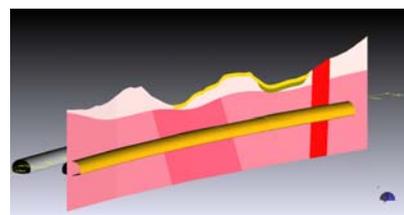


図-3 II期線トンネルへの展開

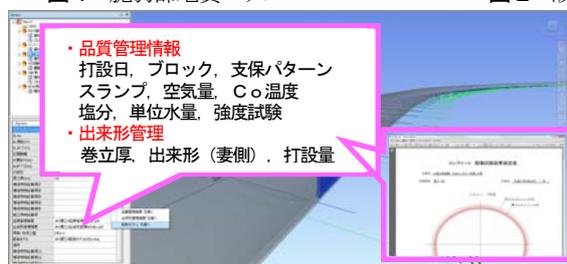


図-4 覆工3次元化モデル(属性情報)

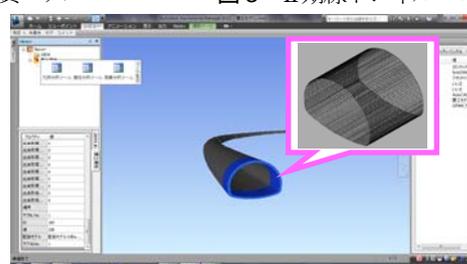


図-5 覆工3次元化モデル(鉄筋区間)



図-6 覆工3次元化モデル

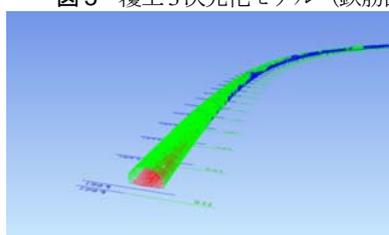


図-7 覆工内空管理



写真-1 施工前現況

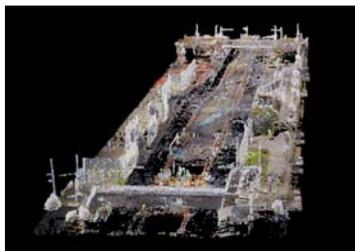


図-8 3次元レーザースキャナによる点群データ

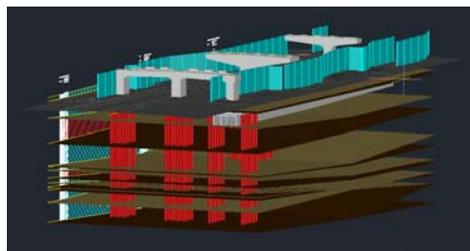


図-9 3次元モデル

(2) 橋脚下部工への適用事例

中部地方整備局発注の高速道路の橋脚下部工を3基（1基はフーチングのみ）施工する工事で、CIM試行現場として取り組んでいる。作業手順として、施工前に施工範囲の現況を3次元レーザースキャナ（GLS-2000：TOPCON製）で測量した（写真-1、図-8）。

点群データから3次元モデルを作成し、さらに2次元図面から作成した3次元の構造物モデルや既存施設を合成した（図-9）。効果として、交通量の多い施工範囲に対しても、数日間で測量から3次元モデルまでを構築できること、また、構築する橋脚下部工と既存の防音壁や地下函渠構造物との離隔を3次的に把握することができること、等が挙げられる。

また、梁部は過密鉄筋で、PC鋼材も挿入することから鉄筋組立てが輻輳することが想定された。このため、事前に2次元図面から鉄筋の3次元化を行い、組立てる上で支障となる箇所を把握することとした（図-10、図-11）。

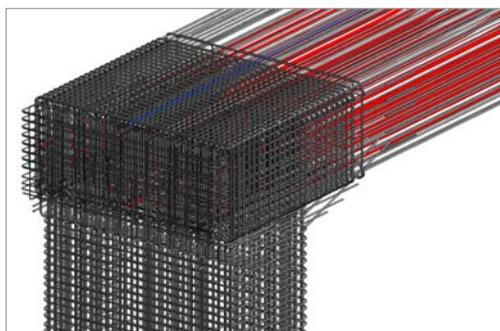


図-10 鉄筋 3次元モデル(過密鉄筋部)

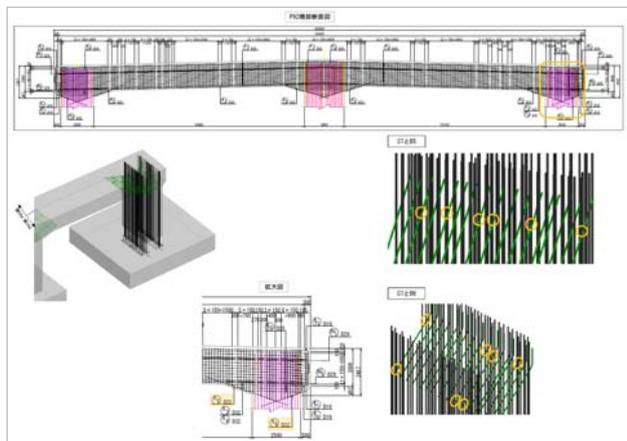


図-11 干渉鉄筋調書

(3) 大規模土工の事例

a) UAVによる土工管理

静岡県発注の工業団地の造成工事で、施工面積約31ha、切土量約76万 m^3 、盛土量約63万 m^3 の大規模土工である。本工事では、i-Constructionを見据えて施工当初から3次元モデルを作成し、情報化施工の運用や出来形管理を行っている。3次元モデル作成には、UAVを使用し（写真-2、表-2）、航空写真から点群データを作成した（写真-3、図-12）。UAVによる測量方法は、施工範囲を伐採が完了した箇所から6回に分けて順次行い、現況測量を実施する。伐採完了後、土工の進捗に合わせて40%、80%の段階で進捗管理を行う予定である。

設計図面より最終形状を3次元化し（図-13）、UAV測量による3次元データと比較することにより切土・盛土量を算出できるとともに、進捗管理を比較することでその期間の出来高管理を行うことができる（図-14）。



写真-2 UAV (SPIDERCS6)

表-2 UAV仕様

項目	仕様
機体重量	3,800g
外形寸法	1,000 × 1,000 × 400mm
駆動	モータ駆動
耐風	15m/s以下
飛行時間	10分～25分
撮影範囲	約1,000m
到達高度	250m



写真-3 航空写真



図-12 点群データ

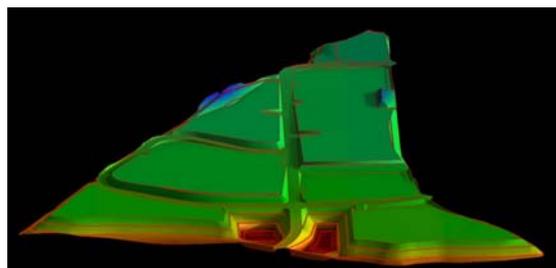


図-13 最終形状 (3次元化モデル)

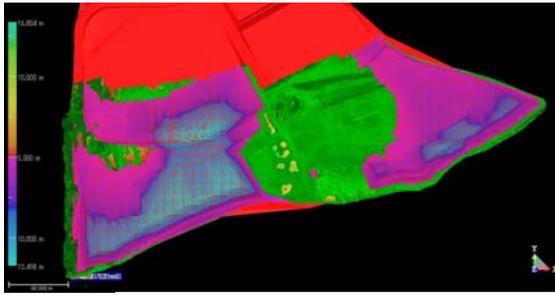


図-14 土工量等高線分布

b) ICT建設機械による出来形・品質管理

本現場では3次元データを用いてブルドーザ，振動ローラのマシンコントロールを実施している。ブルドーザに設置したGPS受信機により排土板の高さを自動調整できるため，敷均しにおける丁張り杭設置が不要になり，測量作業を大幅に削減できるとともに，敷均し高さ管理を施工箇所全面で行えるため出来形精度の品質向上となる（写真-4左）

振動ローラも同様にGPS受信機を取り付けることで位置を把握でき，50cmメッシュに分けられた範囲の転圧回数を自動で計測することができる。施工箇所全面の転圧回数不足を防止でき，品質を確保できる（写真-4右）。

法面掘削作業時はバックホウのマシンガイダンス機能により作業を実施し，最終仕上げ時はマシンコントロール機能を使用して法面整形を実施している。法面の丁張り杭設置の削減により，測量作業を大幅に低減できると



写真-4左 ブルドーザによる敷均し管理

写真-4右 振動ローラによる転圧管理



写真-5 マシンコントロールバックホウ

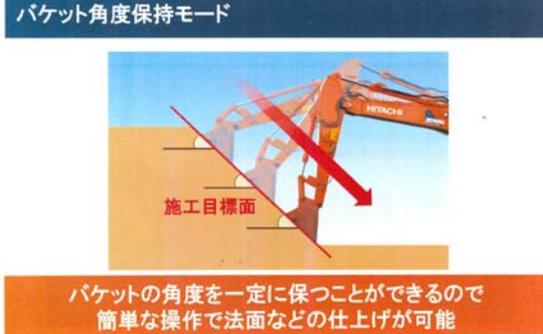


図-15 マシンコントロール機能概念図

とともに，バケット角度保持モード機能により過掘削を防止できるため法面の品質が向上する（写真-5，図-15）。

4. おわりに

3次元レーザースキャナやUAVの性能は今後増々進化していくと考えられる。3次元モデルを施工ツールとして活用し，生産性の向上や省力化，競合他社との差別化を図るために更なる適用事例を積み重ねるとともに，人材育成を含めて水平展開を図っていく必要がある。

参考文献

- 1) (一財) 日本建設情報総合センター：CIM 技術検討会平成 25 年度報告書，pp.12-65，2013.
- 2) 佐藤直良，矢吹信喜：CIM の歴史と可能性，土木学会誌 Vol.100 No.6，pp.10-13，2015

(2016.10. 受付)

UTILIZATION OF THE THREE-DIMENSIONAL MODEL TO A CONSTRUCTION PRODUCTION SYSTEM

Keizo KANZAKI

The quitting a job of the expert worker and the lack of the technical transmission to the young worker with low birthrate, and the deterioration of the infrastructure institution which will increase rapidly in future will be the problem that must put up measures immediately in the construction business. CIM and i-Construction proposed by Ministry of Land enforce the improvement of the productivity of the construction site and the maintenance and check for the life cycle of the structure using three-dimensional model in order to solve such a problem, and they may be said that it is the big change of the construction production system.

In this report, I show three different examples of constructions which operate while utilizing three-dimensional model based on CIM and i-Construction, and explain making method and utilization method of the three-dimensional model, and inspect it about the introduction effect