Global Journal of Researches in Engineering: E
Civil And Structural Engineering
Volume 20 Issue 2 Version 1.0 Year 2020
Type: Double Blind Peer Reviewed International Research Journal
Publisher: Global Journals
Online ISSN: 2249-4596 & Print ISSN: 0975-5861

Utilization of the Three-Dimensional Model to a Construction Production System

By Keizo Kanzaki

Abstract- 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, Infrastructure, Transport and Tourism 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 survey three examples of the tool which I can utilize three-dimensional model for plan, measuring, construction, and maintenance based on a policy of CIM and i-Construction, explain an effective making method of the three-dimensional model suitable for a construction scale and contents and examine the effective utilization method and introduction effect in the construction production system.

Keywords: *CIM, information-oriented construction, laser scanner device, UAV.*

GJRE-E Classification: *FOR Code: 290804*

UTILIZATIONOFTHETHREEDIMENSIONALMODELTOACONSTRUCTIONPRODUCTIONSYSTEM

Strictly as per the compliance and regulations of:

© 2020. Keizo Kanzaki. This is a research/review paper, distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-Noncommercial 3.0 Unported License http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/), permitting all non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Utilization of the Three-Dimensional Model to a Construction Production System

建設生産システムへの３次元モデルの活用 計画・施工・維持管理への活用事例

Keizo Kanzaki

Abstract- 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, Infrastructure, Transport and Tourism 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 survey three examples of the tool which I can utilize three-dimensional model for plan, measuring, construction, and maintenance based on a policy of CIM and i-Construction, explain an effective making method of the three-dimensional model suitable for a construction scale and contents and examine the effective utilization method and introduction effect in the construction production system.

Keywords: CIM, information-oriented construction, laser scanner device, UAV.

I. 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 的としており，近年では，単なるモデル化だけでなく， トータルマネジメントや社会資本整備の全体最適化とし て捉えられてきている１).

CIM は，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が，CIM 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．

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２).

II. ３次元モデルの作成や活用に関する既往の研究

近年の測量技術は，３次元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や構造物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行してきている．

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．

現況地形や既存構造物の ３ 次元点群データ計測手法を， 表-1 に列挙する．事業規模や目的に見合う精度を求めて， 最適な作成手法を選択する．専用の ３ 次元モデルで作成する構築する構造物の ３ 次元モデルと，表-1 の手法で作成する現況地形や既存構造物の ３ 次元モデルを合成する．

３次元モデルの作成手法である３次元レーザスキャナや 空撮測量（UAV）の研究としては，櫻井 3) らは，地上設置型レーザスキャナを用いて，傾斜面や整地されていな い地表面，欠損した地表面に対し，土工事の出来高管理

Author: Project Technology Department, Kumagaigumi Co, Ltd.
e-mail: kkanzaki@ku.kumagaigumi.co.jp

© 2020 Global Journals

表 1: 3 次元点群データ計測手法の比較

手法	3 次元レーザスキャナ	空撮測量
内容	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

出典：「CIM 入門―建設生産システムの変革―」矢吹信喜著

のための地表面の生成が可能であることを実証実験で示した．また，田中 4)らは，レーザスキャナ搭載 UAV による点群データの解析・処理技術の調査を行い，今後の利活用へ向けた検証を行っている．櫻井 5)らは，UAV による空中写真測量時に作業者が考慮すべき項目を明らかにするために，空中写真測量における誤差要因の影響度や発生条件を調査し，各手法による点群データから 3 次元モデルを作成するにあたっての課題の抽出や実証結果を示している．今村 6)らは，MMS（Mobile Mapping System） を用いて道路施設（信号機灯具や白線）を対象に 3 次元点群データを用いた抽出方法について検証を行っている．

次に，3 次元モデルの公共工事への適用に関する研究としては，城古 7)らは，3 次元情報技術に関する活用事例をもとに，どのようなフェーズで，どのような効果，課題，変革があるかを抽出し，公共工事への適用を考察し， 公共土木工事が目指すべき方向性について述べている． また，宮武 8) 9) 10)らは，築堤事業の施工段階に CIM を適用した試行工事に関し，協議資料から設計照査，施工計画， 測量，施工･設計変更，検査までの各段階において，3 次元モデルを活用した結果について記述し，導入する場合の第三者の位置づけや役割，運用上の課題について述べている．藤田 11) らは，河川事業において CIM を導入し， 河川の 3 次元モデルによる不可視部分の可視化や経年変化の可視化，縦横断変化の可視化や過去の遍歴の投影が可能でありことを示し，これらが維持管理を行う上で有用であると述べている．

構造物に関しては，藤澤 12) らは，鉄道高架橋を対象として 3 次元モデルを作成して数量算出を行い，2 次元図面 から作成した数量の比較や，積算への適用を検証してい る．小林 13) らは，鋼上部工を対象に，作成する部材が非常に多い構造物の 3 次元モデルを効率的に構築する手法 を提案し，2 次元設計に対して業務効率化へ寄与する効 果を検証している．田中 14)，清水 15)，山岡 16) らは橋梁の維持管理段階で効率的かつ利用しやすい 3 次元モデルの 作成方法を提案している．

ダムやトンネル工事にあたっては，施工箇所の地質状 況を詳細に把握し，その状況に応じて最適な設計および 施工を実施することが重要であり，宇津木 17)らは，地質 の情報を 3 次元化する CIM 対応ソフトを開発し，施工に 活用し，維持管理に必要な属性情報を選定している．ま た，杉浦 18)らは，施工 CIM として切羽情報や覆工情報を 3 次元モデルに取込み，一元管理を行い，維持管理 CIM へ の展開について検証している．畑 19)らは，山岳トンネル において，切羽前方地質情報を CIM に連携して，予測型 CIM を開発し，トンネル周辺の地質情報を明確化し，地 質構造モデルを作成することで施工後の維持管理情報と して活用している．

これらの先行研究は，3 次元モデルの作成手法を精度や効率化の面から検証し，3 次元モデルを公共工事の各施工段階で運用した結果や，維持管理情報としての利活用の現状把握や今後の可能性について記述されており， 非常に有益なものである．ただ，3 次元モデルの作成手法を選択した経緯について言及したものは少ない．CIM や i-Construction の概念は，計画・調査から検査，維持管 理まで 3 次元モデルを主体として実施することであるが， 事業内容，規模，工種により最適な 3 次元モデルの作成手法があり，かつどの建設生産プロセスにおいて 3 次元モデルが有効に活用できるかは事業内容，工種によって異なることが考えられる．

本稿は，工種の異なる 3 事例を紹介し，計画段階から 測量，施工管理，維持管理に至る建設生産プロセスに着 目し，3 次元モデルの作成手法を選択した

© 2020 Global Journals

経緯，および 建設生産プロセスにおける有効な活用方法，その導入効 果について検証する．

III. 建設生産システムへの適用事例

本章では，建設生産システムを①計画，②測量･施工，③維持管理への利用に分類した上で，3 次元モデルを活 用している 3 事業（橋梁下部工工事，大規模土工事，山 岳トンネル工事）について報告する．

a) 計画段階への適用事例 ～橋脚下部工工事～

i. 事業内容及び 3 次元モデル作成手法

筆者らは，中部地方整備局発注の高速道路で橋脚下部 工を 3 基（1 基はフーチングのみ）施工する工事を，CIM 試行工事として取組んでいる．写真-1 に示す工事箇所の中央分離帯付近に橋脚を構築する．計画段階で構築する 構造物と既存の防音壁や地下構造物との離隔を把握する ことが施工前に要求されたため，3 次元にモデル化する ことが視覚的に効果的であると考えた．3 次元モデル作 成手法として，現況測量するにあたり，施工箇所が幹線 道路であるため，UAV 測量を行うには許可を申請する 必要がある．また，道路周囲の防音壁や中央分離帯の突 起部などを高い精度でモデル化する必要があったため， 固定式 3 次元レーザスキャナ（GLS-2000：TOPCON 製） で測量を実施することとした．測量期間は，測量範囲（縦断 150m，横断 40m）において，3 日間（機器据付け 回数約 30 回）の日数を要した．3 次元点群データ（図- 1）取得後，3 次元モデルを作成し，さらに 2 次元図面か ら専用の 3 次元ソフトで作成した 3 次元の構造物モデルや 地層データを合成した（図-2.

次に，鉄筋の組立工に関しては，鉄筋梁部は過密鉄筋 で，PC 鋼材も配置することから鉄筋と PC 鋼材が輻輳す 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 次元モデル化を行い，組立てる上で支障となる 箇所を把握することとした（図-3，図-4）．

写真-1 工事箇所施工前状況

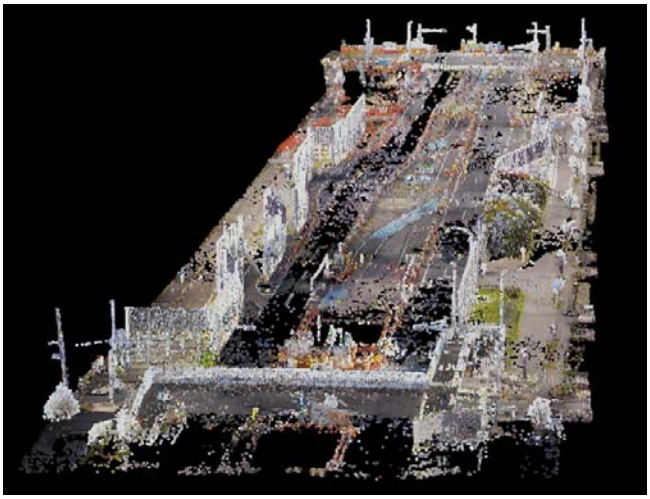

図-1 3 次元点群データ

ii. 導入による効果

計画段階で 3 次元レーザスキャナによる測量を実施し， 現況地形と既存構造物の 3 次元モデルの作成と，構築する橋脚の 3 次元モデルを合成すること，既存構造物と橋脚の位置関係が正確に把握でき，防音壁との離隔が施 工に支障とならないか 3 次元的に確認することが可能となった．鉄筋についても，3 次元化することにより，パーツ毎の 2 次元図面では把握できなかった鉄筋の干渉部を簡単に抽出することが可能となった．また，事前に鉄筋輻輳部の組立て完了後の 3 次元モデルを見ることで， 鉄筋組立て手順のイメージをたて易くなり，組立て前に， 組立て手順を職員と鉄筋工で確認でき，施工時に組立て不可能になるなどの手戻りを防止することができた．

以上より，本工事では計画段階におけるレーザスキャ ナによる 3 次元モデル化が「形状の見える化」に効果を 発揮し､施工にあたって非常に役立ったといえる．

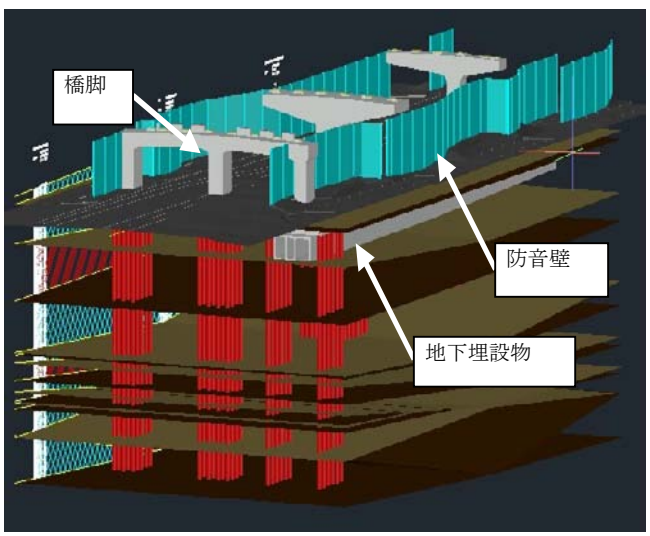

図-2 3 次元モデル

© 2020 Global Journals

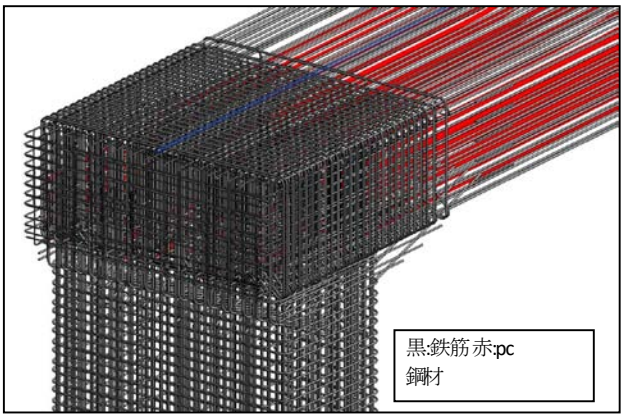

図-3 鉄筋・pc 鋼材の 3 次元化

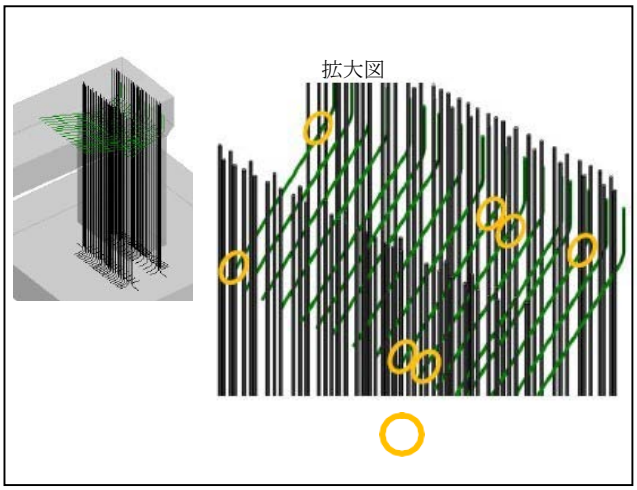

図-4　干渉鉄筋部

b)　測量・施工段階への適用事例 ～大規模土工事～

i.　事業内容及び 3 次元モデル作成手法

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 m3，盛土量約 63 万 m3 の大規模土工事である．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，測量や施工段階で情報化施工の運用や 進捗管理を実施している（図-5）．

3 次元モデル作成手法として，広大な施工面積の測量 を短期間で行う必要があること，数十万 m3 の土量算出 のため，精度は数 cm 単位で良いこと，などの理由から UAV を使用した（写真-2，表-2）．UAV に搭載したデジ タルカメラで航空写真を撮影し，専用のソフトで点群デ ータを作成した（写真-3，図-6）．UAV による測量方法 は，現況測量として，施工範囲を伐採が完了した箇所か ら 3 回に分けて順次実施した．さらに，設計図面より最 終仕上がり形状をを 3 次元モデル化し（図-7），UAV 測 量による 3 次元地形データと比較して施工段階での土量 等高線分布図を作成した（図-8）．切土･盛土量を算出 できるとともに，運土計画を立てることができた．

さらに，施工時の進捗管理を目的として，土工事の竣 工（平成 29 年 12 月）に合わせて 2 回(進捗 40%時点と進捗 70%時点)，UAV 測量を実施し，土工量を把握した．

施工は，UAV 測量で得られた現況地形の 3 次元データ と 2 次元設計図書から作成した最終仕上がり形状の 3 次元 設計データを利用する．

盛土材の敷均し作業は，ブルドーザに高精度の GNSS 受信機を設置し，これらの 3 次元データをブルドーザに取込むことで，機体位置の標高と設計高さをリアルタイムに照合できる．予め取込んだ 3 次元データをリアルタイムに照合して，機体位置の標高と設計高さを把握する．　自動制御機能により排土板を施工箇所位置の設計撒き出し高さに自動で上下させ，撒き出し，および敷均しを行う．オペレータは，運転席のモニターで設計値と排土板の高さを確認しながら前後進を繰り返す．排土板は指定通りの高さまで自動で可動する（写真-4，写真-5）．

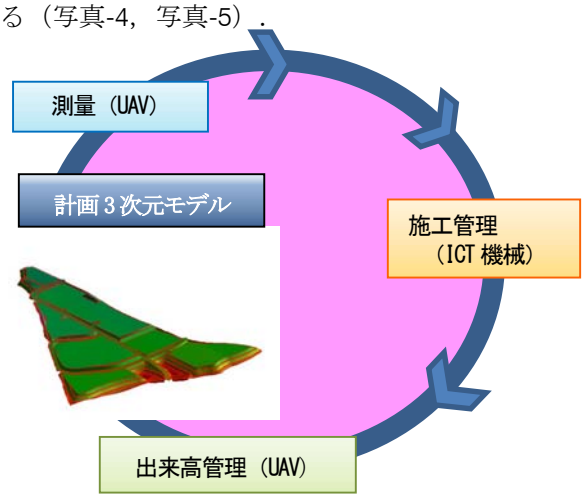

図-5 取組み概念図

写真-2 UAV（SPIDER CS6）

表-2 UAV 仕様（SPIDER CS6）

項　　目	仕　　様
機体重量	3,800 g
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

© 2020 Global Journals

写真-3 航空写真

図-6 点群データ

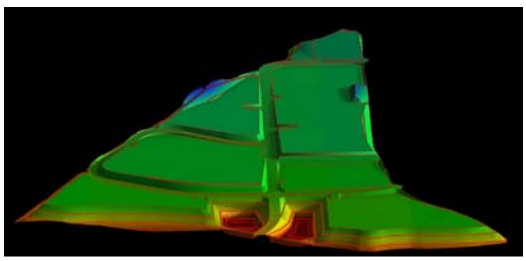

図-7 最終仕上がり形状（3次元モデル）

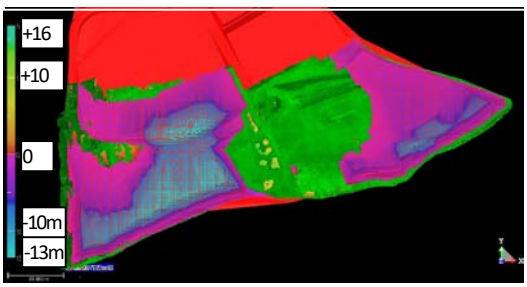

図-8 土工等高線分布図

さらに，ブルドーザに無線機（携帯データ通信：Wi- Fi）を搭載し，サーバーとのネットワークを構築するこ とで情報の送受信を可能にして重機の位置情報を把握で きるシステム（システム名:VisionLink）を導入した．本 システムにより，パソコン上で日々の重機や出来形の情 報をリアルタイムに確認でき，施工管理の「見える化」 に役立っている．

モニター画面の一例を示す．ブルドーザが作業してい る位置の標高を色分けで表示する．画面上で任意の断面を設定して表示でき，計画に対して現在どのあたりで作業を行っているか進捗状況を把握できる（図-9）．また， ブルドーザが作業した範囲における概算の土量を計算し， 切土量・盛土量の算出を行う（図-10）．

写真-4 排土板制御システム搭載ブルドーザ

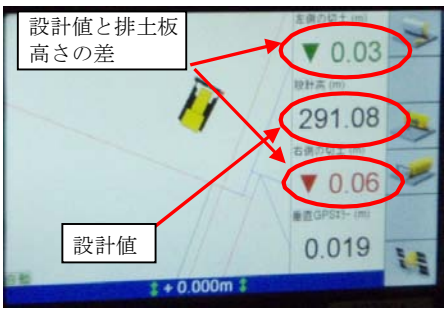

写真-5 モニター画面

図-9 ブルドーザが作業している標高表示

図-10 概算切盛土量表示

敷均し後の締固め作業は，振動ローラを使用する．機 体の屋根に設置した GNSS 受信機で位置を把握し，締固め面の施工情報（締固め範囲，高さ）に加え，締固め位 置，締固め回数を運転席のモニター画面にリアルタイム に表示する．

© 2020 Global Journals

オペレータは機体を操作しながらモニター上のメッシュ（50m×50m）の色が転圧する毎に変わっていくのを確認し，所定の回数（試験施工で決定した必要な回数） の色になるのを確認して終了とする（写真-6，写真-7）．

法面掘削作業は，バックホウを使用する．機体には高 精度の GNSS 受信機を設置し，アーム部に取付けたチルトセンサーより，バックホウとバケットの位置を測定す るガイダンス機能により作業を行う．オペレータのモニ ター画面には，最終形状の 3 次元設計データから得られ る施工箇所の設計切土ラインとバケットの位置が表示さ れる．オペレータはバケットの位置と設計ラインまでの 距離をモニターで確認しながら作業することができる（写真-8，写真-9）．

さらに，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．バケット角度保持モード機能を搭載しているため，バケットの角度が固定され， オペレータは上下に操作するだけで，設計切土ラインに整形できるという仕組みになっている（図-11.

写真-6 転圧管理システム搭載振動ローラ

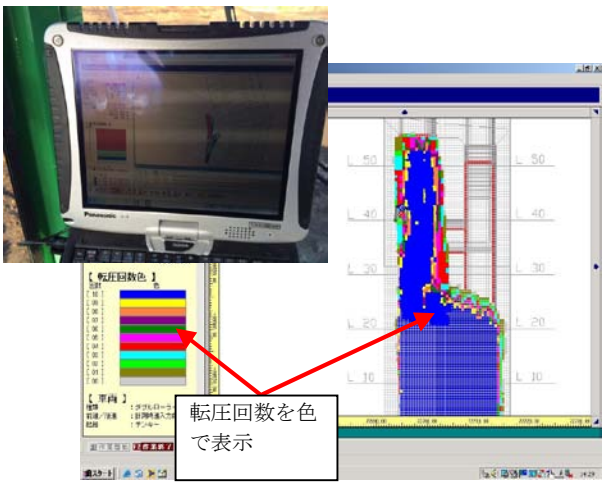

写真-7 モニター画面

写真-8 マシンガイダンスバックホウ

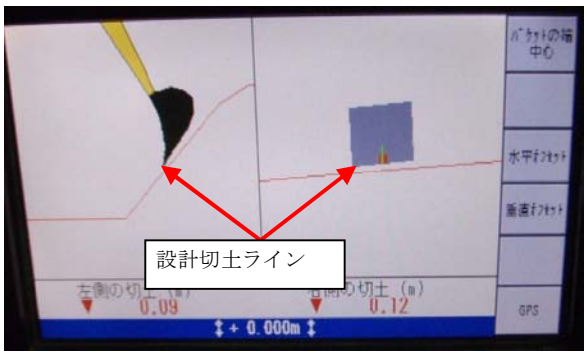

写真-9 モニター画面

出典：HITACHI カタログ
「ICT 油圧ショベル ZAXIS200」

図-11 マシンコントロール機能概念図

c) 導入による効果

測量に関しては，UAV を使用することにより，航空写真から点群データ，3 次元モデル作成に費やす時間は 約 1～2 週間である．本工事のような大規模な施工面積の 場合，従来は測量だけで 2 週間以上かかるため，測量か ら 3 次元モデル作成に費やす時間を大幅に削減すること が可能となった．また，施工段階においては，切土量， 盛土量が自動算出できるため，設計数量との対比や運土 計画，出来高管理を効率的に行うことができた．

© 2020 Global Journals

GNSS を用いた ICT 機械の導入により，基本的に測 量杭は不用となるため，丁張り設置や検測作業がなくな り測量作業の省力化を図ることができた．また，施工時 も丁張りを目安にした点や線の管理に代わり，モニタ画 面で施工範囲全面の面的な管理を行え，仕上がり精度の 向上や締固め回数の正確な管理を行うことが可能となっ た．熟練でない経験の浅いオペレータが作業しても，熟 練労働者と同等の仕上がりを行うことが可能となる．

締固め作業における施工情報は，自動で保存され，盛 土の品質データとして自動保存できる．

以上より，このような施工面積の広い造成工事では，測量で UAV を，施工管理で ICT 機械を使用することで， 施工の効率化，省人化，品質の向上に非常に役立つとい える．

IV. 維持管理への利用事例 ～山岳トンネル工事～

a) 実施内容及び 3 次元モデル作成手法

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．工事完了後の維持管理段階への利用を主目 的とするため，表-1 による作成手法は選択せず，専用ソ フトで CIM 用 3 次元モデルを作成した．作業は，3 次元モ デルに施工データ（品質・出来形）を入力することに重 点をおき，かつ地質脆弱部の地質モデルも 3 次元化し， これらを維持管理データとして竣工時に発注者へ引渡し を行った．

掘削時は，切羽写真を 3 次元モデルに連続的に並べ切 羽観察情報を入力した（図-12）．覆工も 3 次元モデル化し，コンクリート品質データや出来形情報を入力し，覆 工ブロックをクリックするとクリックしたブロックの属 性情報が全て見れるようになっている（図-13）．

3 次元地質モデル作成手法として，①地質縦断図，② 地質平面図，③トンネル線形図，④標準断面図，⑤先進 調査ボーリング（2 箇所），⑥切羽写真を参考資料として，専用の 3 次元地質モデルソフトを用いて，大局的な地質モデルを作成した．本トンネルは，古第三紀の凝灰 角礫岩(Ytb)が全域にわたり分布し，その上に古第三紀の砂岩(Yss)，段丘堆積物(tr)，崖錐堆積物(dt)が累重する．これらの地層のモデリングを実施した（図-14,図- 15）．

先進調査ボーリング結果では，地質脆弱部，破砕帯部 ともボーリング間のほぼ全体に角礫状・砂礫混じり粘土 状が分布しており，切羽写真データでも亀裂が発達して いることが確認できた．これらと，地質縦断図や地表面 形状から，地質脆弱部，破砕帯部の境界面を想定したの ち地質モデルを推定した．走向方向は，地形データから 低土被りとなっている沢筋を通るように分布させた（図-16,図-17）．

さらに，脆弱部（Ytb 層風化部）と破砕帯部を全体の 3 次元モデルにはめ込んだものを図-18 に示す．このモデルから縦断切断面を作成することにより，将来，計画 されているⅡ期線トンネル部の地質状況を推定すること ができ，Ⅱ期線施工の掘削時に役立てることができる（図-19）．

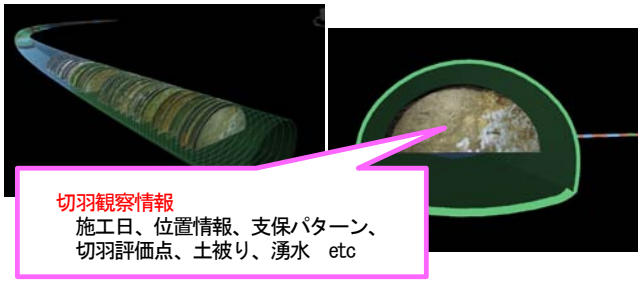

図-12 切羽モデル図

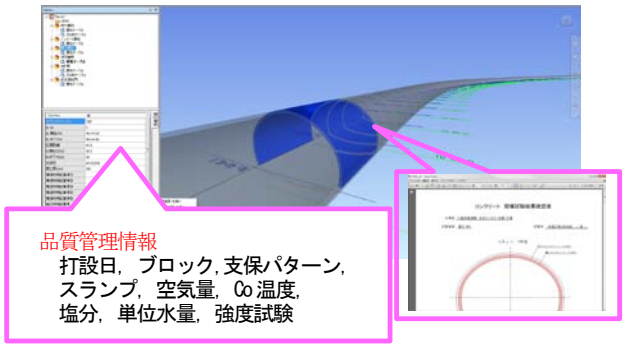

図-13 覆工モデル図

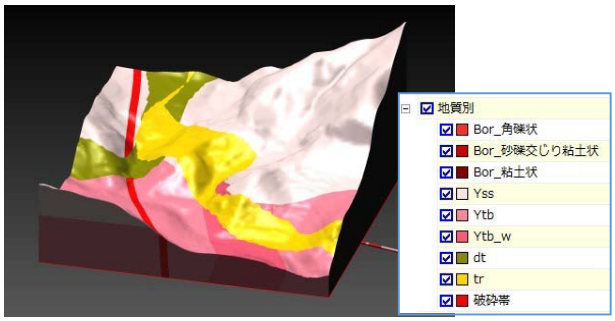

図-14 地質モデル全体図

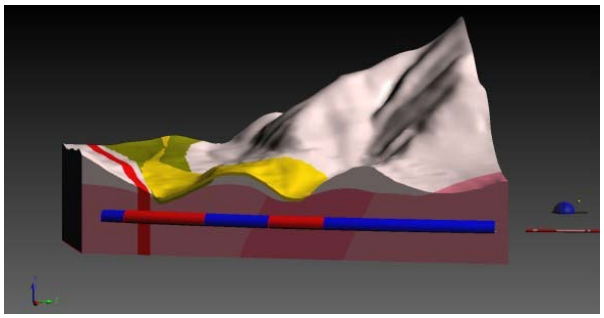

図-15 地質モデル切断図

© 2020 Global Journals

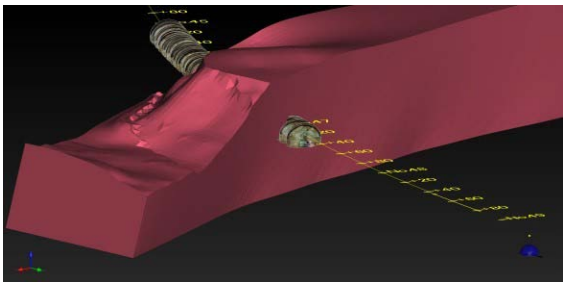

図-16 脆弱部 3 次元モデル化

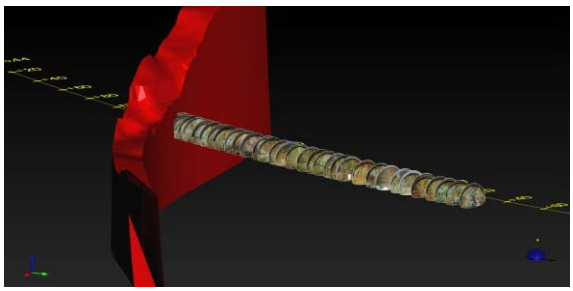

図-17 破砕帯 3 次元モデル化

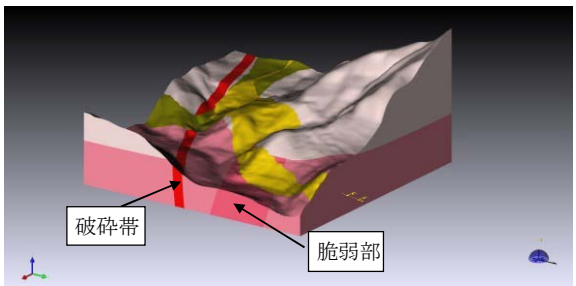

図-18 全体地質モデル化（脆弱部･破砕帯）

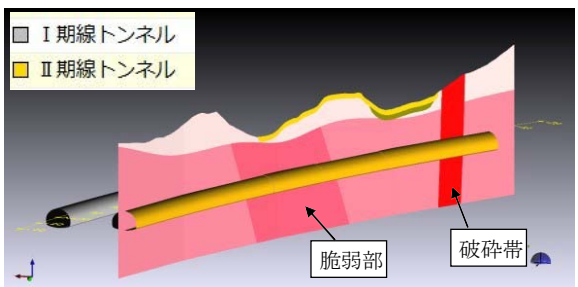

図-19 Ⅱ期線トンネル CL での縦断切断図

b) 導入による効果

今回，維持管理業務への利活用ということで，トンネ ル施工時のデータを 3 次元モデルに取り込むことを主業 務とし，さらに，各種地質データを基に地質モデルを 3 次元化し，地質脆弱部や破砕帯区間の可視化を可能とし た．これらのデータをしゅん工時に発注者に引き渡し， 将来，維持管理・点検時にこの 3 次元モデルに点検結果を順次保存していくことで，「履歴の見える化」を行う ことが可能となった．

また，3 次元トンネル CIM データ（掘削時の情報，計測データなど）に地質モデルを重ね合わせたことで，ト ンネル施工情報と地質情報（地質脆弱部や破砕帯区間） が関連付くとともに，Ⅱ期線施工時の非常に有効なデー タとして利用することが可能となる．

V. おわりに

工種の異なる 3 事業に対し，施工規模や施工内容に適 した 3 次元モデルの作成手法，建設生産プロセスにおけ る活用方法や導入効果について検討を行った．

3 次元点群データの作成手法は，主に 2 つの手法がある が，施工範囲が大きくなく，既存の道路施設構造物など 高い精度を要求される 3 次元モデルの作成には，3 次元レ ーザスキャナを使用することで，施工前に既存構造物と 構築構造物の位置関係を詳細に把握でき，計画段階での 形状の見える化」に効果を発揮した．

一方，施工面積が広い造成工事において，施工前の土 工量把握や施工段階での進捗管理を行うには，UAV を 使用することで，従来の方法より短時間で土工量を算出 できた．さらに，3 次元データを基にした ICT 機械の稼働 により，施工の効率化と品質向上に効果を発揮した．

山岳トンネル工事においては，トンネル線形の 3 次元 モデルに切羽情報や覆工データを属性情報として入力す ることで，「履歴の見える化」が可能となり，今後の維 持管理業務に活用できる．さらに脆弱化した地質部の 3 次元データを重ね合わせることで，次期工事の施工情報 として有益なものになると考えられる．

謝辞：CIM や i-Construction の導入にあたり，ご指導を賜った各発注者の皆様にこの場を借りてお礼を申し上げます．

参考文献

1. 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
2. （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.
3. 櫻井淳，田中成典，中村健二，窪田諭，中原匡哉，平謙二：レーザスキャナを用いた施工現場の常時観測における地表面生成技術の開発，土木学会論文集 F3（土木情報学）,Vol.72,No.2, Ⅰ_219- Ⅰ_230,2016
4. 田中成典，窪田諭，今井龍一，中村健二，山本雄平， 寺口敏生，櫻井淳：レーザスキャナ搭載 UAV 開発のための点群データ計測の利用場面と解析・処理技術 に関する調査研究，土木学会論文集 F3（土木情報学）,Vol.72,No.2,Ⅱ_82-Ⅱ_89,2016
5. 櫻井淳，田中成典，中村健二，窪田諭，今井龍一， 重高浩一：UAV の空中写真測量による施工管理のための計測手法の提案，土木学会論文集 F3（土木情報学）,Vol.72,No.2,Ⅱ_73-Ⅱ_81,2016

© 2020 Global Journals

6. 今村一紀，佐田達典，江守央：MMS による 3 次元点群データを用いた道路構造物抽出に関する研究，土木学会論文集 F3（土木情報学）,Vol.71,No.2, Ⅰ_106- Ⅰ_113,2015
7. 城古雅典，森脇明夫，有賀貴志，石川和弘，福士直子：公共土木工事への 3 次元情報技術の適用に対する提案， 土木学会論文集 F4 （ 建設マネジメント）， Vol.72, No.4, Ⅰ_135-Ⅰ_144,2016.
8. 宮武一郎，田村利晶，盛伸行，岡井春樹，高岸智紘： CIM を適用した築堤事業の施工段階における 3 次元モデルの作成・修正の支援に関する一考察，土木学会論文集 F4（建設マネジメント）,Vol.72,No.4, Ⅰ_145- Ⅰ_154,2016
9. 宮武一郎，岡崎仁司，塚原大輔，栗山卓也，松田寛志：3 次元モデルを利活用する堤防設計に関する一考察，土 木学会論文集 F3（土木情報学）,Vol.72,No.2, Ⅰ_42- Ⅰ_51,2016
10. 宮武一郎，田村利晶，盛伸行，岡井春樹，高岸智紘：築堤事業の施工における CIM の適用についての一考察，土木学会論文集 F3（土木情報学）,Vol.71,No.2, Ⅱ_18-Ⅱ_27,2015
11. 藤田陽一，星野裕司，小林一郎，水野純生：複数の 既存データを併用した河川管理 CIM モデルの一考察， 土木学会論文集 F3（ 土木情報学）,Vol.71,No.2, Ⅰ_79-Ⅰ_86,2015
12. 藤澤泰雄，矢吹信喜，五十嵐善一，吉野博之：鉄道高架橋を対象とした三次元設計モデルの積算・施工への利用，土木学会論文集 F3（土木情報学）,Vol.67, No.2, Ⅰ_8-Ⅰ_17,2011
13. 小林優一，吉野博之，谷口和昭，金光都，徳武広太郎：CIM の概念を用いた鋼上部工の 3 次元モデルの構築に関する効率化の一提案，土木学会論文集 F3（土木情報学）,Vol.72,No.2, Ⅱ_90- Ⅱ_95,2016
14. 田中成典，北川悦司，姜文渊，安彦智史，川野浩平：道路橋上部工の維持管理のための 3 次元現況図の自動生成に関する研究，土木学会論文集 F3（土木情報学）,Vol.68,No.2, Ⅰ_181-Ⅰ_189,2012
15. 清水智弘，吉川眞，瀧浪秀元，御崎哲一，髙橋康将， 中山忠雅，内田修，近藤健一：3D モデルを用いた橋梁維持管理システムの開発， 土木学会論文集 F3（土木情報学）,Vol.69,No.2, Ⅰ_45- Ⅰ_53,2013
16. 山岡大亮，青山憲明，谷口寿俊，藤田玲，重高浩一：維持管理での利用を想定した橋梁の 3 次元データモデル標準の策定，土木学会論文集 F3（土木情報学）,Vol.71,No.2, Ⅰ_204-Ⅰ_211,2015
17. 宇津木慎司，中谷匡志，佐々木照夫：地質情報 CIM 管理システムの構築および施工現場への適用，土木学会論文集 F3（土木情報学）,Vol.72,No.1,24-31,2016.
18. 杉浦伸哉，後藤直美：紀勢線見草トンネル工事における施工 CIM から維持管理 CIM への取組み，土木学会論文集 F4（建設マネジメント）,Vol.71,No.4, Ⅰ_227-Ⅰ_233,2015
19. 畑浩二，杉浦伸哉，後藤直美，藤岡大輔：山岳トンネルにおける ICT を活用した予測型 CIM の開発，土木学会論文集 F3（土木情報学）, Vol.71, No.2, Ⅱ_78- Ⅱ_85,2015.

© 2020 Global Journals