

# 3次元モデルを活用した維持管理の高度化 に向けた取り組み

谷野 知伸<sup>1</sup>・宮澤 啓之<sup>1</sup>・前田 憲治<sup>2</sup>・西岡 幹雄<sup>2</sup>・井上 裕司<sup>3</sup>

<sup>1</sup>正会員 中日本ハイウェイ・エンジニアリング東京㈱ (〒160-0023 東京都新宿区西新宿1-23-7)

E-mail: t.tanino.aa@c-nexco-het.jp, h.miyazawa@c-nexco-het.jp

<sup>2</sup>正会員 中日本高速道路㈱ (〒460-0003 名古屋市中区錦2-18-19 三井住友銀行名古屋ビル)

E-mail: k.maeda.aa@c-nexco.co.jp, m.nishioka.aa@c-nexco.co.jp

<sup>3</sup>正会員 中央復建コンサルタンツ㈱ (〒533-0033 大阪市東淀川区東中島4-11-10)

E-mail: inoue\_y@cfk.co.jp

道路維持管理段階における3次元モデルの活用については、調査・測量・設計、建設施工時と比較するとまだまだ改善の余地がある。例えば道路構造物の維持管理は、数十年単位の時間軸で対応する必要があり、建設にかかる期間よりも非常に長いことから、3次元モデルを実際の業務に適用することで、より長期間にわたり、その効果の発現が期待できる一方、維持管理の場面で必要となる3次元モデルの生成に関する標準化、さまざまな生成パターンや具体的な活用の効果検証などについては十分な検討が行われているとは言えない。したがって、本稿では、高速道路の道路構造物に着目し、維持管理のための3次元モデル生成の最適化に向けた検討を行うとともに、3次元モデル活用事例の紹介や、3次元モデルを基軸とした将来に向けて高度化された維持管理のあり方に関する提案について報告する。

**Key Words :** 3-D model, road maintenance, visualization, optimization, advanced maintenance system

## 1. はじめに

一般的に、これまで道路管理者は、各道路構造物の維持管理において、現地での近接もしくは遠望目視、ドローン等のロボットやオンサイトに備え付けられたカメラ等を介した遠隔での状況確認のほか、図面や写真等といった二次元平面上での現場状況の把握が主であると思われる。このような維持管理の手法は、テクノロジーの進化に伴い、ロボットやICT等の活用により変化している部分と、旧態依然として会議室等で図面を拡げ、現場に精通した社員の意見等をもとに、喧々諤々と議論しながら行う部分が混在しているように見受けられる。後者の部分においても、Googleのストリートビューや、各道路管理者で保有しているデータ管理システム等を適宜活用するなど、一昔前と比較すると、現場状況の把握が容易になり、維持管理の効率化が図られていると言えるが、基本的には二次元ベースでのアプローチが主流であり、少なくともすべての道路構造物が3次元ベースで管理されている状態にはなっていない。また、個別に3次元モデルが作成されているケースはあるかもしれないが、標準化および他データとの互換性に関するルール等も整備

されていないと思われる。

道路管理者が道路構造物を適切に維持管理するためには、現場に赴き、現場の状態を自分の目で確認したうえで、技術的な判断を行うことは基本中の基本であるが、すべての道路管理者が、必ずしも適切なタイミングでそのような対応ができる環境にあるとは言えない。特に対象となる道路構造物が、道路管理者の管理拠点から非常に離れていたり、災害等により物理的に近づけない場合などはもちろんのこと、書類作成等机上業務が多忙であることや、建設業における少子高齢化に起因する人財不足のほか、働き方改革に伴う業務省力化のような側面もあるかもしれない。後者の部分は、道路維持管理に携わる技術者としては、事の本質から外れた課題として認識せざるを得ないところであるが、今後、生産年齢人口が減少していく中、業務の生産性向上はマストであり、限られた人的リソースおよび時間的な制約の下で、最大限のアウトプットを生み出していかなければならない。そのためのさまざまな方法として、最新技術の活用を積極的に取り入れるとともに、従来までの維持管理における手法の大きな見直しが必要であり、3次元モデルの活用は、その選択肢の一つであると考えられる。

## 2. 3次元モデルの維持管理への適用に向けて

### (1) 3次元モデルの生成パターン

3次元モデルの生成に関してはさまざまなアプローチがあり、主なデータ取得手法は以下の図-1~3のとおり、航空レーザーによるもの、MMS（Mobile Mapping System）によるもの、3-D CADデータによるものが挙げられる。また、後述するが、ドローン等により取得した画像（写真）から、対象の3次元形状を再現する技術（SfM: Structure from Motion）を用いる方法についても、効果的な活用が期待できる。

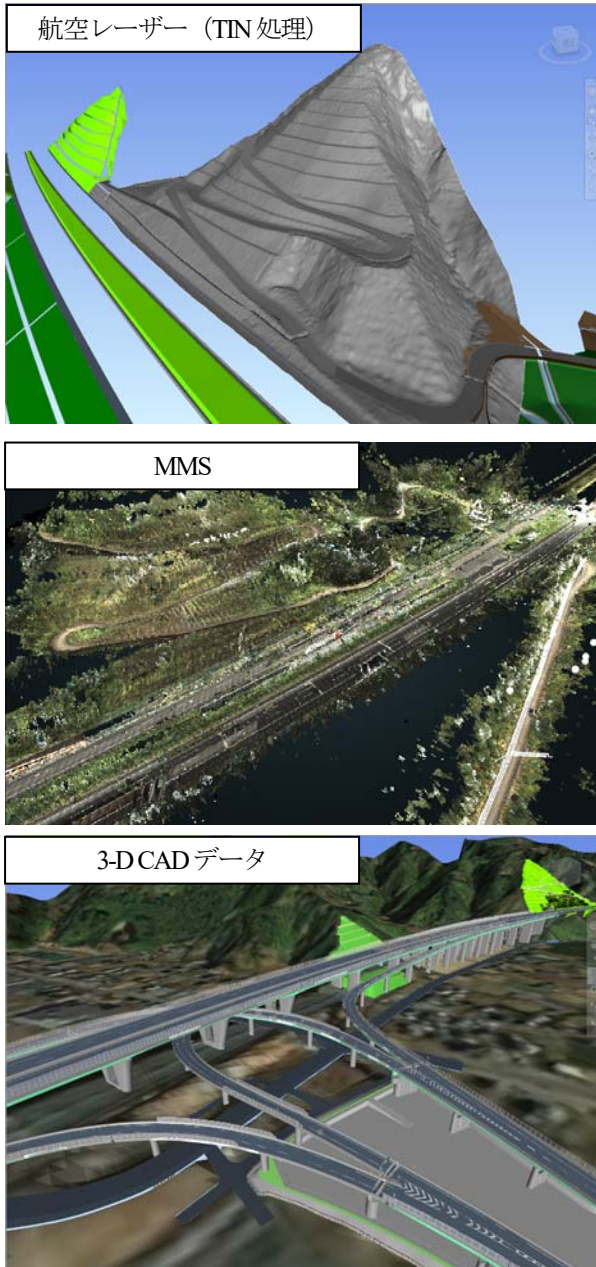


図-1~3 3次元モデル生成パターン

### (2) 3次元モデル生成パターンごとの特長

(1) で紹介した各パターンについては、データの取得、モデルの作成、モデルの再現性等の面でそれぞれ特

長があり、維持管理において、実際の業務の中で活用できるように整備するためには、それぞれの業務におけるニーズや、モデル作成にかかる労力等の費用対効果を考慮して進めていく必要がある。これまで検討を進めてきた結果、高速道路の維持管理（保全・サービス事業）において、各モデルの適用範囲を表-1のとおり整理できると考えている。

表-1 3次元モデル生成パターンと適用範囲の整理

主な生成パターン	想定対象構造物	保全・サービス事業適用可能業務例
航空レーザー	土工部 (盛土、切土)	詳細点検、日常点検、植栽管理、維持修繕
MMS	トンネル部、舗装面	詳細点検、日常点検、維持修繕、交通管理
3-D CAD データ	特殊橋梁、IC 部・料金所、道路付属物	詳細点検、建物点検、維持修繕、料金収受
ドローン等撮影写真→SfM	橋梁高架下（主に点検困難箇所）、災害被災箇所	詳細点検、緊急点検、維持修繕（緊急補修）

今後は表-1で整理した内容をもとに、維持管理における、さまざまな場面を想定し、適用可能な業務をさらに深掘りして洗い出すとともに、そのうえで3次元モデルを順次生成していくための標準的なルールを整備していくことを考えている。

### (3) 3-D CADデータによる3次元モデル活用事例と標準化に向けた検討

3-D CADデータによる3次元モデルの生成については、これまで高速道路の維持管理の中で、主に点検データとの紐づけおよび点検結果の見える化に着目し、その結果として業務の効率化を実現すべく、さまざまな検討を重ねてきたところである。

3-D CADデータによる3次元モデルは、Autodesk社のAutoCAD Civil3D 2018を採用し、図-4に示すように、橋梁を例にとり、橋梁本体、附帯工、周辺の現況地形のそれぞれのモデルを統合することで作成した。また、3-D CADデータを用いてモデルを作成する場合、再現性を高くすることで、それにかかる労力、時間、費用がかさむことになり、逆に、あまりにも簡易な、再現性の低いモデルとしてしまうと、実際の業務で活用できないこと

になってしまう。したがって、部材ごとにディテールにこだわる部分とそうでない部分を整理したうえで、あくまでも業務全体の最適化の視点から、3次元モデルを作成することとした（図-5参照）。作成にあたっては、国土交通省のCIM導入ガイドライン（案）で定義されているモデルの詳細度の考え方に準拠することとしている。

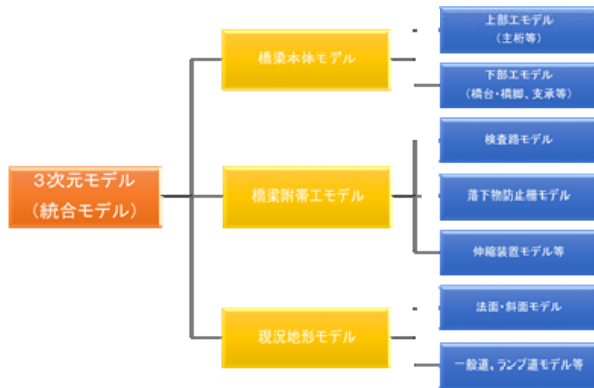


図-4 3-D CADデータベースでの3次元モデル作成 (橋梁の例)

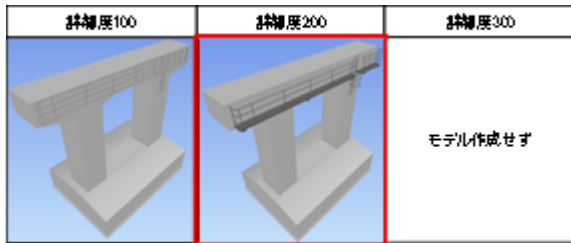
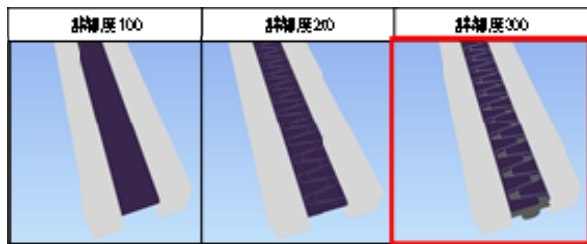


図-5 部材ごとの詳細度の比較 (上:伸縮装置、下:橋脚)

このような考え方にに基づき、図-6のように作成した3次元モデルは、高速道路の維持管理、特に点検での着目部分のほか、周辺の状況も含めて、非常に分かりやすいものとなっている。また、このモデルの中に、図-7に示すような、変状箇所およびその区分（損傷の程度を色で分類）が分かるマーカーを設け、クリックすると、既存の整理された点検結果の概要が現れるよう、点検データとの紐づけを図った。3次元モデルの中に、点検結果を詳細に反映する方法も考えられるが、モデル作成の際と同様、作業の費用対効果や業務上の必要性等を考慮して、ここでは既存データを活かす形とした。また、モデルの

画面の中に、構造図面集や変状リスト等の必要情報に遷移できる機能も作成しており、3次元モデルと点検等に関するさまざまな詳細データをリンクさせて、橋梁の統合的な管理を実現している。このような形での3次元モデルの導入および活用は、業務の効率化・生産性向上につながると考えられるが、その評価については、今後定量的もしくは定性的に検証していきたいと考えている。

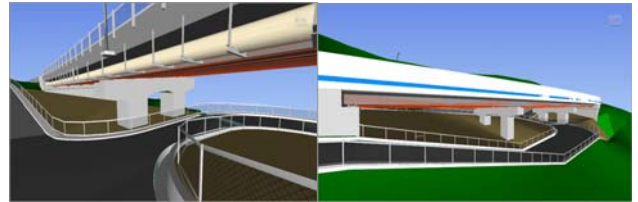


図-6 橋梁の3次元モデルの例

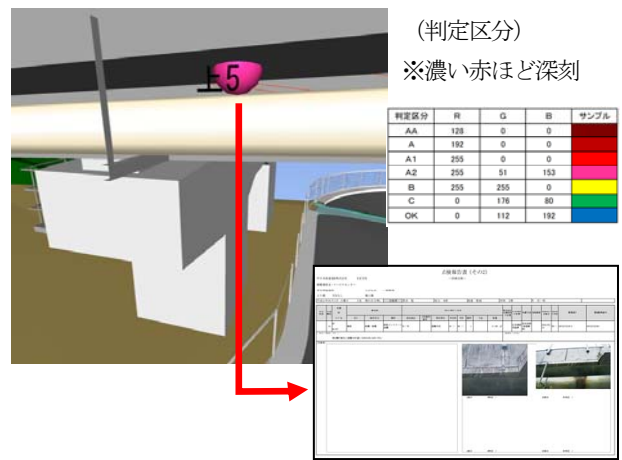


図-7 3次元モデルと点検結果の重ね合わせ

このような橋梁における作成事例をもとに、他の道路構造物についても同様の考え方にしたがって作成することとした（図-8～10）。なお、作成にあたっては、作成方針等を定めた独自のBIM/CIM作成要領（案）を策定しているが、今後維持管理段階で3次元モデルを生成する際の標準的なルールとすることを企図したものである。



図-8 3次元モデル作成例 (料金所)





図-9 3次元モデル作成例（インターチェンジ）

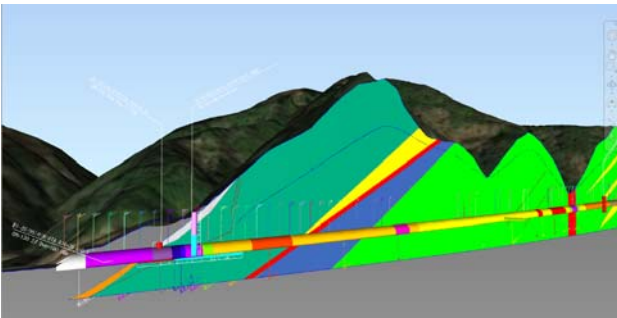


図-10 3次元モデル作成例（トンネル半断面）

なお、モデルの標準化のための、前述のBIM/CIM作成要領（案）の中では、国土交通省の「CIM導入ガイドライン（案）」を参考に、表-2のとおり整理している。これまでサンプル的に作成したモデルに加え、さらにさまざまな形式の道路構造物も含めて、より高精度な、標準化モデルの作成に関するルール化を、今後も順次図っていく予定である。

表-2 3次元モデルの分類

モデル	対象	方針	詳細度
①線形モデル	中心線	・管理用平面図の道路中心線を用いて、道路中心をモデル化する。	100
	道路境界	・管理用平面図の道路境界線をモデル化する。	100
	管理境界	・管理協定等の資料に基づいて管理境界をモデル化する。	100
②土工形状モデル	土工	・造成面の外形を図面通りにモデル化する。 ・積載はモデル化しない。	300
	擁壁	・設置位置と種類が分かる程度にモデル化する。 ・挿入工は深さが分かる程度にモデル化する。	200
	排水施設	・設置位置と種類が分かる程度にモデル化する。	200
	舗装	・種類と厚さが分かる程度にモデル化する。	200
③地形モデル	地形	・国土地理院メッシュデータにてモデル化する。 ・レーザー計測の点群データにてモデル化する。	100 200
	④構造物モデル	本体	・外形を図面通りにモデル化する。 ・ディテールはモデル化しない。
④構造物モデル	付属物	・外形を図面通りにモデル化する。 ・ディテールはモデル化しない。	300
	添架物	・設置位置と種類が分かる程度にモデル化する。	200
	⑤地質・土質モデル	ボーリング柱状図	・ボーリングの調査結果が分かる程度にモデル化する。
⑤地質・土質モデル	地質縦断面図	・地質縦断面図を準3次元でモデル化する。	200
	⑥管理外施設モデル	管理外施設	・設置位置と種類が分かる程度にモデル化する。

### 3. 3次元モデルを活用した維持管理の高度化

#### (1) 災害発生時における3次元モデルの活用事例

3次元モデルの活用については前述のような点検に関する維持管理の場面等、通常業務に関するもの以外でも、災害発生時等、緊急的な業務においても有効であると考えられる。

昨年10月に台風19号が関東地方を縦断した際、中日本高速道路株式会社内の高速道路において、複数個所で大規模な土砂崩れ等が発生した。特に首都圏中央連絡自動車道（圏央道）の八王子西ICののり面では切土のり面が崩落し、高速道路本線まで土砂が流出する事態となった。この際、中日本ハイウェイ・エンジニアリング東京(株)の保有する災害対応ドローンを、被災後速やかに飛行させ、現地の状況確認を行ったが、合わせて、飛行の際に撮影した画像から、崩落土砂量が算出できないか、SiM技術による再現を試みた。なお、崩落前の地形データについては、航空レーザーによるデータを保管しており、崩落後の状況との差分から、土砂量を算出することとした。

図-11のとおり、崩落後の3次元モデルを即座に生成することができ、崩落前と比較することで、約3,600m<sup>3</sup>の土砂量が流出したことを確認した。この算出結果をもとに、実際の復旧作業の作業計画に活用することができ、効率的な復旧作業の実施につなげた。

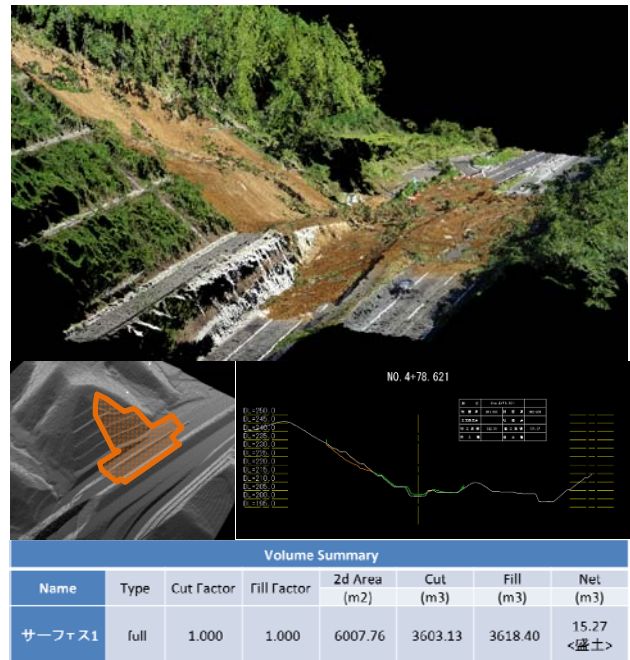


図-11 災害発生時における3次元モデル活用事例

通常3次元モデルの作成は、一定の時間を要するが、このケースはSiM技術を用いることにより、数時間で再現することができた。災害発生時は迅速な対応が求められることから、今回の事例は今後の緊急事象発生時にお

ける、3次元モデルの有効な活用のあり方の一つと位置付けることができる。もちろん、緊急事象以外でも、SfM技術を実行できるような、現地形状を捉えた画像があれば、通常業務での活用も期待できる。例えば、橋梁の高架下等の点検困難箇所において、ドローンやロボットを用いて撮影した画像があれば、比較的容易に3次元モデルを再現することができる。また、撮影画像が高解像度であれば、点検結果として記録に残すことができ、変状の判定や、補修のための診断にも適用可能である。今年3月現在、ドローンを用いて取得した画像による3次元モデル生成の実証実験を行っているところであり、今後、その結果について検証し、3次元モデルの生成パターンとしての確立につなげていくとともに、3次元モデルの有効な活用事例として、一連の点検作業の高度化、業務の生産性の向上を目指していきたいと考えている。

なお、SfM技術を適用し3次元モデルの生成につなげるためには、適切な方法で、一定のボリュームの画像取得が肝要である。今回の事例では、結果として3次元モデルを再現することができたが、必ずしも十分な手法かつ画像枚数を確保できたわけではない。画像取得に際しては、国土交通省が定める「UAVを用いた公共測量マニュアル（案）（平成29年3月改正）」に忠実にしたがることが重要であるが、今回の経験をもとに、独自で「SfMに用いるための災害時UAV撮影要領（案）」を作成し、より実務的な内容で整備することとした。今後、同様な災害が発生した際に、確実な3次元モデルの生成に向けて、上記要領を活用した画像取得が可能になると考えている。

## (2) 将来的な高速道路維持管理の高度化に向けた活用について

実際に3次元モデルを業務の中で活用するためには、データとモデルの間のインターフェースの整備と、業務の効率化および生産性向上を実現できるようにするためのシステム構築が必要であり、現在その検討についても進めている。また、理想的には、図-12のような活用イメージを想定しており、デジタルツインなどとも融合し

つつ、3次元モデルを基軸とした、高度化された維持管理を目指していきたいと考えている。



図-12 将来的な3次元モデルをベースとした高速道路の維持管理のイメージ

## 4. さいごに

3次元モデルは、その生成が目的ではなく、あくまでも業務効率化・生産性向上につなげるためのツールとして活用できることで、その必要性および価値が確認される。その一方で、作成されたモデルの詳細度がバラバラであったり、実際に業務で活用できるレベルに達していなければ、モデルの作成自体意味をなさない。また、本稿では特に維持管理に着目した3次元モデルについて検討した内容であるが、すでに供用している道路構造物の3次元モデル化には相当の労力・時間が必要であると思われ、実際に作成していくにあたっては、その最適化を考慮すべきである。したがって、本稿で紹介した取り組みを継続的に改善し、3次元モデルの円滑な展開のため、その作成の標準化・ルール化といった環境整備を進めていくとともに、3次元モデルをベースとした維持管理の早期実現に向けて、今後も検討を重ねていきたい。

### 参考文献

- 1) 前田憲治, 谷野知伸ほか: 3次元モデルを活用した維持管理への取り組み, 第74回土木学会全国大会年次学術講演会, 2019.
- 2) 国土交通省 CIM 導入推進委員会: CIM 導入ガイドライン (案), 平成30年3月

## 3-D model application to a methodology of advanced motorway maintenance by better stereo-visualization of engineering structures with data archive

Tomonobu TANINO, Hiroyuki Miyazawa, Kenji MAEDA, Mikio NISHIOKA and Yuji INOUE

This paper focuses on 3-D model development by use of several approaches and standardization of 3-model application to a methodology of motorway maintenance. Three dimensional modelling of civil engineering structures enables road administrations to clearly and identify the issues related to road maintenance/operation by their visualization with data archive, and it becomes possible to aim at an advanced stage of road maintenance with our work of improved productivity in the future.