

3次元モデル活用による高速道路維持管理段階 のアセットマネジメント高度化に向けた検討

谷野 知伸¹・宮澤 啓之²・武内 雄司²・井上 裕司³

¹非会員 中日本ハイウェイ・エンジニアリング東京株式会社 経営企画部経営企画課
(〒160-0023 東京都新宿区西新宿 1-23-7)
E-mail: t.tanino.aa@c-nexco-het.jp

²非会員 中日本ハイウェイ・エンジニアリング東京株式会社 情報技術部情報管理課
(〒160-0023 東京都新宿区西新宿 1-23-7)
E-mail: h.miyazawa.aa@c-nexco-het.jp, y.takeuchi.aa@c-nexco-het.jp

³法人正会員 中央復建コンサルタンツ株式会社 総合技術本部社会インフラマネジメントセンター
(〒533-0033 大阪市東淀川区東中島 4-11-10)
E-mail: inoue_y@cfk.co.jp

道路構造物における3次元モデルの活用は、主に調査・測量・設計、建設施工時の段階が主であったが、今後維持管理においても、その時間軸の長さを考えれば、その効果の発現が大いに期待される。また、属性情報等を組み合わせたBIM/CIMモデルを適用することで、道路管理者としてのアセットマネジメントの高度化、ひいては業務の生産性向上につなげることが可能となる。

3次元モデルの生成に関しては、航空レーザ、MMS、3D-CADなどさまざまな手法が考えられ、対象とする道路構造物やその用途などによって異なる。本稿では具体的な生成パターンとともにその整理を行い、災害発生時などの緊急的な対応が求められる状況下および構造物の健全性評価のための点検業務におけるSfM技術の活用事例について紹介し、今後の高速道路の維持管理において3次元モデルを基軸とした実用的なシステムのあり方について報告する。

キーワード：3次元モデル、BIM/CIM、道路維持管理、SfM

1. はじめに

3次元モデルの導入に関しては、国土交通省の「i-Construction」推進の一環として、BIM/CIMの積極的な活用が進められており、取り組み自体が当たり前になっているが、道路の維持管理の分野においては、まだまだその事例が少ないように思われる。これまで主に3次元モデルが適用されてきた、調査・測量・設計、建設施工時の各段階では、フロントローディング、コンクリートエンジニアリングなどに代表される効用が期待され、工期短縮や品質管理などの面で一定の効果が発現している一方、その成果が維持管理に引き継がれず、十分に活かされていない側面もある。BIM/CIMに関して「発注者におけるBIM/CIM実施要領(案)令和2年3月、国土交通省」によれば、「建設生産・管理システムの各段階における部分最適化を図るだけでなく、全体最適化を推進することが重要である」とされており、時間軸の長い維持管理

段階で効果的に活用されてはじめて、その目的を果たすことにつながると言える。したがって、3次元モデルの効用を維持管理においても十分に発揮できるようにすることが重要であり、その具体的事例の積み重ねや、3次元モデル導入のための環境整備が必要となる。

道路管理者として、3次元モデルを全面的に導入し、有効に活用するためには、本稿では仔細に触れないが、基本的なルール作りがまずは重要であり、維持管理段階のみならず、建設施工時等のその他の段階でも共通の考え方を整理する必要があるとともに、使いやすい形での整備のあり方を考えるべきである。言い換えれば、3次元モデルの導入により、道路の点検結果の可視化による状況把握の簡素化や合意形成の迅速化、道路維持管理の高度化といった効果が発現するといっても、そのための労力が莫大なものであれば、なかなか短期間で転換することは難しい。また短期間でないにしても、一定の時間軸かつコストの範囲内で、現実的に導入できるようなシ

ナリオでなければ、実務担当者からすると非常にハードルが高い。もっとも、3次元モデルの導入効果が、かかる費用を上回るのであれば良いが、必ずしも定量的に示せる効果ばかりではない。将来的な高度化によるメリットを測ることは難しいところがある。よって、3次元モデルの導入を維持管理の場面で比較的簡便に行うことができる一方、実務レベルで実現可能と考えられるような仕組みへのアプローチが必要となる。

2. 3次元モデル (SfM技術による) の維持管理への適用事例

(1) 高速道路における3次元モデルの生成

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 (LP) 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。

(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。

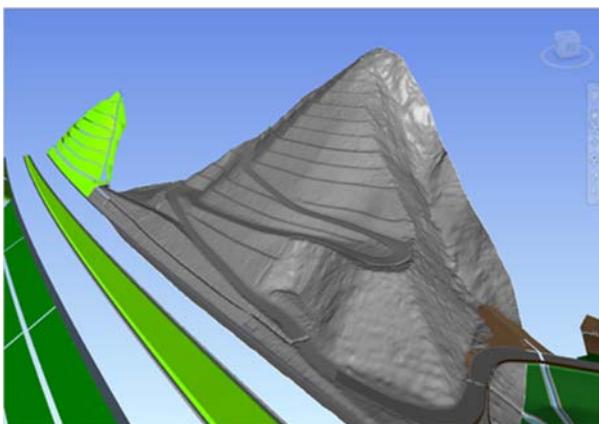


図-1 3次元モデル生成パターン (航空レーザ)



図-2 3次元モデル生成パターン (MMS)



図-3 3次元モデル生成パターン (3-D CAD)

表-1 3次元モデル生成パターンと業務適用範囲の整理

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 (LP)	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	災害被災箇所, 橋梁高架下 (主に点検困難箇所),	緊急点検, 維持修繕 (緊急補修), 詳細点検,

(3) 災害発生時における3次元モデル (SfM技術による) の活用事例

3次元モデルの活用については、表-1のとおり、各種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、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。

2019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) (以下、NEXCO中日本) 管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) (以下、エンジ東京) 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、SfM技術による、崩落地形の3次元モデルの再現を試みた。

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。災害対応ドローンや作業詳細については図-4、表-2のとおりである。

作業の結果として図-5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3,600m³の土砂量が流出したことを確認した。



図-4 災害対応ドローン (エンジ東京保有)

表-2 作業詳細

使用ドローン	Sky Ranger™
ドローン飛行時間	約1時間 (準備等含む)
画像解析ソフトウェア	Agisoft Metashape
解析写真枚数	10枚
解析精度	高密度
画像解析使用時間	約3時間※ ※航空LP3次元点群データ化は含まない
3次元点群化データ分析時間	約3時間

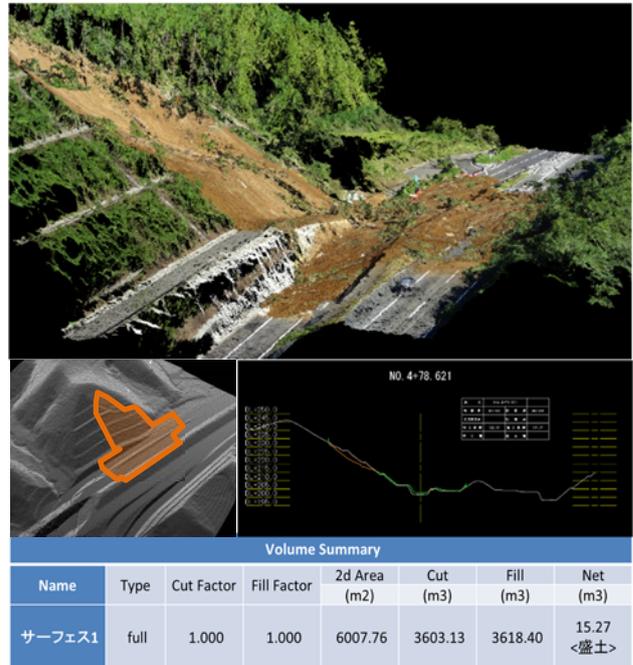


図-5 災害発生時における3次元モデル活用事例

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がった。

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SfM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。

(4) 通常業務における3次元モデル (SfM技術による) の活用事例

(3) で紹介した災害発生時の対応以外でも、通常業務としての点検作業などにおいて、高い位置にある橋梁の高架下や高橋脚といった点検自体が困難な箇所、ドローンやロボットを用いて連続的かつ包括的に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。

このような通常業務における3次元モデルの構築とともに、点検結果などの記録や判定・診断、時系列でのデータ蓄積を可能とするアプリケーションとして、後述する米国のReconstruct社が提供するサービスを活用するべく、実際の高速道路の橋梁を対象に実証実験を行った。そのために、まずは現地の写真撮影が必要であることから、(株)デンソーのドローン (図-6) を活用することとした。実証実験の概要、撮影状況は、それぞれ以下の表-3、

図-7のとおりである。

Reconstruct社のサービスは、道路構造物などの撮影された写真をアップロードすることで、自動的に3次元の点群データを構築するとともに、撮影時期に応じた変化なども記録できる。例えば、建設プロジェクトでは、ある時点ごとに写真を撮影し、再現された3次元モデルから時系列での進捗状況を包括的に把握することが容易となり、施工および工程管理をスムーズに行える。

今回の実証実験によるアウトプットは図-8、9のとおりであり、撮影された画像をもとに当該橋梁の3次元点群データが再現され、拡大画像から読み取れる変状を記録したものとなっている。時間軸は非常に長くなるかもしれないが、上述の建設プロジェクトと同様、点検結果の記録においても、その変遷や、損傷がある場合の進展状況などを容易に把握できるようになる。特に、現状NEXCO中日本をはじめとする多くの道路管理者では、点検結果を記録するシステムは2次元ベースであるうえ、変状レコードは局所的なデータの集合体となっていて、構造物全体の健全度がどうなのか、非常に分かりにくい。記録として撮影する写真をもとに3次元モデル化による「見える化」が可能になるとともに、記録の保存、時系列での把握もできる点で、Reconstruct社のサービスは非常に有効なツールの一つであると思われる。



図-7 撮影状況の様子



図-8 再現された3次元点群データ



図-6 実証実験用ドローン（㈱デンソー製）

表-3 実証実験概要

年月日・天気	2020年3月3日（火）～4日（水） 晴れ
場所	中央自動車道 弓振川橋 P5～8 (諏訪南IC～諏訪IC)
使用機体	XDC-02 (㈱デンソー製可変ピッチ機構付き6翼マルチコプター)
機体搭載カメラ	ソニーα6400+50mmレンズ



図-9 画面上における変状記録の例

3. 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。本稿では詳しく触れていないが、3次元モデル化に関するルール作り・標準化を確実に進める一方で、3次元モデルを基盤とした維持管理の早期実現に向けて、今後も取り組み事例を増やしつつ、さまざまな検討を重ねていきたい。