

橋梁包括管理における近接目視と補修設計を支援する 3D 復元手法

八千代エンジニアリング株式会社 正会員 中島 道浩, 正会員 伊藤 均, 正会員 ○関口 斉治
 正会員 野田 一弘, 非会員 安野 貴人
 株式会社ジャパン・インフラ・ウェイマーク 非会員 樋口 茂人, 正会員 春田 健作

1. 本手法の目的と特徴

橋梁の維持管理における近接目視支援, 補修設計支援を目的として, 近接目視で作業車等の重機が必要となる主桁, 床版, 支承部等に, 小型ドローンを用いて近接し, 搭載したカメラにより目視点検における対象部材の損傷画像を取得し, 撮影した画像から橋梁の 3D モデルを構築する手法である. 3D モデルの構築により, 補修・補強の事前調査の代替, 現況の復元 (デジタルツイン), クラウドを利用した遠隔での協議に活用が可能と考える. 将来的には, 近接目視の代替になり, 野帳, 点検調書も不要となり, 点検の効率化に資すると期待される. また, 3D モデルは補修・補強設計の際に図面作成にも利用できるため, 維持管理サイクル全体における活用場面が見込まれる.

小型ドローンの機体本体の技術革新が進み, 撮影対象物に対して自律飛行しデータを取得することが, 現実味を帯びている. 橋梁のような供用中の構造物への適用には, 運用面の整備も必要であるものの, 対象構造物面からの離隔, 画像のラップ率を一定に, 人が操縦することなく, 自動で飛行し画像データを取得, 離発着場所に戻ることができる水準に至っている. レベル 4 の目視外飛行下では, 遠隔操作による情報取得も可能と考える.

本稿では, 橋梁の点検から補修まで一貫性のある管理 (以降, 包括管理) を視野に入れて, 近接目視と補修設計まで支援し, 一連の作業を効率化・迅速化する 3D 復元手法を提案する.

2. 近接小型ドローンによる画像取得方法

対象物へのアプローチは, 全方向衝突回避センサーを有する小型ドローン技術 (BR010009-V0020) (株式会社ジャパン・インフラ・ウェイマーク) を利用する. 2021 年 11 月現在, 技術的に到達可能な飛行高度は, 国内で最大約 200m である. また, 最大約 23 分間の飛行が可能である. 飛行操作は, 操縦者による手動制御, 事前に設定した飛行ルートを飛行するプログラ

ム制御, 設定した対象物に対して自動で飛行ルートを選定する制御の 3 種類がある. 撮影対象に応じて飛行操作を切り替える. 全景及び部材に最小 10cm まで近接した撮影が可能である.

画像分解性能に関して, 情報取得用カメラは, 4K, 1,200 万画素の分解能である. 撮影した画像は, カメラ内の SD カードに保存される. 取得する画像は, 点検支援技術性能カタログ (令和 3 年 10 月) に掲載される検出可能な最小ひび割れ幅 0.05mm を取得可能な形で画像を取得する.

撮影角度は, チルト機能 (機体に対して垂直方向の首振り) のみを有しており, その角度は, ± 90 度である. パン機能 (水平方向の首振り) は有しておらず, 水平方向への首振りは, 機体の平行移動または回転によって対応する. ラップ率の制御に関する機能は有していないが, 高精細な 3D モデルを構築するため, オーバーラップ率 60%以上, サイドラップ率 80%以上を目標とし対応する. 取得画像は, JPEG 形式 (4,056×3,040 ピクセル), 4K フレームレート 60fps で保存する.

3. 3D モデルの作成

3D モデル化は, 取得した画像から SfM 処理により Las, Mesh 化し, 表面テクスチャが貼り付いた高精細 3D モデルを構築する. 画像取得は前項に記載した方法で, 国交省の 3 次元成果品納品マニュアル (案) より詳細な撮影を行い, 高精度, 高精細な 3D モデルを構築する. 点検写真と簡易 3D モデルを紐づけるソフトウェアではなく, モデリング時に高精細なテクスチャが作成可能なソフトウェアを利用し, 3D モデル化する (図 1).

4. 3D モデルによる補修・補強設計への活用

3D モデルを活用することにより, 点検情報 (損傷情報), 補修・補強設計情報, 維持管理情報を保管する橋梁データの基盤となることが考えられ, 点検調査や補修設計図を 1 から作成することが不要となり, 診断と措置の検討作業が効率化される.

キーワード 橋梁包括管理, 点検補修の効率化, 橋梁の復元, デジタルツイン, 3D 劣化診断
 連絡先 〒111-8648 東京都台東区浅草橋 5-20-8 CS タワー TEL 03-5822-6219

基本的に寸法情報も同時に取得するため、補修・補強設計における基礎データともなることから、設計時に再度情報取得するという2度手間を省け、コスト削減、省力化につながる。耐震補強の計画にあたって、高精細3Dモデルによる現況の復元、事前調査による支承周辺の確認に活用可能であることは確認した。



図1 テクスチャ貼り付けによる橋梁復元

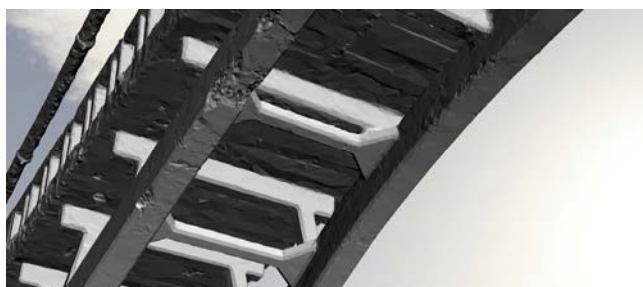


図2 サーフেসモデルによる橋梁復元

サーフェスモデルでデータを取得しているため(図2)、将来的には、ソリッド化し解析への利用も可能となり(現時点ではメッシュが多く、そのまま利用することは困難)、橋梁の復元設計の効率化や耐荷性能の照査を行うことで適切な補修・補強量の算定など、取得データが現場のミラーリングを可能とし、デジタルツインの情報として活用可能になると考えている。

5. 本手法の活用による期待される効果

本手法の導入活用のメリットとして、主桁、床版、支承部等を近接目視するための設備・作業車等の重機の削減が期待される。高精細に作成された3Dモデルは、補修・補強設計の際に図面作成に利活用できる。

劣化診断においては、損傷のみだけではなく、部材の寸法情報、周辺環境の情報も重要となる。損傷情報は、3Dモデル上で直接確認できる(図3,4)ため、点検した箇所の記録だけでなく、周辺の情報も併せて確認可能となり、診断における判断のしやすさ、位置関係の把握のしやすさの観点から、劣化診断が高度化される。

一方、SfM処理による3Dモデル構築のために取得する大量の画像は、現時点では点検データとしては過剰なデータとなり、取り扱いがしにくい。しかし、画

像解析技術(AI)の進歩により、大量の画像から損傷がある画像を抽出し、過去に撮影した画像と同じ画角の画像を抽出できるようになる。ドローン自体の技術革新も進んでおり、定期点検時のプロセス(近接目視による診断に必要な情報取得)を削減し、点検の効率化や、遠隔監視の活用も可能となると考える。



図3 画像取得後の橋梁復元(橋脚のひび割れ)



図4 画像取得後の橋梁復元(床版の剥離・鉄筋露出)

6. おわりに

本稿では、橋梁の包括管理における近接目視と補修設計を支援する3D復元手法を提案した。本手法の導入には、追加の作業と費用が必要となるが、点検の時点から補修設計を見込んだ現場のミラーリングとして活用することで、現地調査の省力化が可能となり補修設計の迅速化に貢献すると考える。

3Dモデル作成時に得られる損傷画像を利用し、ひび割れ、剥離・鉄筋露出、遊離石灰、腐食等はAIで自動検出が可能となる。3Dモデルを用いて経年変化を捉える4D活用も、劣化進行を診断するうえで重要な指標であるが、5年後の経年比較を行うには、橋梁一径間一部材一損傷というデジタルデータの体系整理と損傷のID管理に取り組む必要があると考えている。

参考文献

- 1) 国土交通省：点検支援技術(画像計測技術)を用いた3次元成果品納品マニュアル【橋梁編】(案)第4版 令和03年3月
- 2) 高山美雪, 石丸健次, 水津紀陽, 伊藤均: RCアーチ橋の維持管理を目的としたUAVによるデータ取得と模型作成, 日本構造物診断技術協会「第33回技術・研究発表会」2021.10