

LiDAR による 3D データを活用した橋梁メンテナンスサイクルの効率化

長崎大学 学生会員 松木涼太郎 正会員 山口浩平
長崎大学大学院 学生会員 志岐豊
日本電気株式会社 小倉一峰

1. 背景および目的

我が国では、建設後 50 年以上を超過する橋梁の割合が急激に増加しており、今後 20 年間でさらにこの割合が増加していくことが見込まれる。さらに、我が国において橋梁の管理者別ごとの施設割合については全体で約 73 万橋ある中で約 68% を市町村区が管理しており、その市町村区では土木部門の知識を有した職員数・財源不足などが問題として挙げられている。そのため老朽化するインフラをいかに効率的に維持管理・更新していくかが求められている。

平成 26 年の道路法施行規則において、道路橋の点検を近接目視により 5 年に 1 回の頻度で行うことが義務付けられた。しかし、現在の近接目視では、損傷や腐食等の材料劣化や外観変状がわかるのみである。また、足場の設置や重機が必要になる場合が多々あり、安全面や財政不足などの問題を抱えている。そこで本研究では、これらの課題に対処するために、安全で効果的・効率的な維持管理方法の構築を目的とする。

2. 復元設計の概要

まず、維持管理を行う上で設計図が必要であるが、設計図が存在しないインフラは多いのが現状である。橋梁の復元設計を行う際に設計図が存在しない場合は、人手によって各部位の寸法を計測(手計測)して一般図を復元している。手計測による主な問題点として以下が挙げられる。

- (1) 桁下や床版下面の計測の際に、橋梁点検車や高所作業車が必要になる場合がある。
- (2) 床版厚は直接計れないので、各部位の寸法から逆算して寸法を決定することがあるため、信頼性に欠ける場合がある。
- (3) 寸法評価を行う際に記録漏れが明らかになることがあり、業務を一時中断することになる。

一方で、3D 計測を用いて復元設計を行う際の主な利点として以下が挙げられる。

- (1) 手計測では計測が困難な箇所も橋梁点検車や高所作業車などが必要ない。
- (2) 計測してその場ですぐモデル化することが可能である。寸法値、損傷箇所等を確認することができるため、記録漏れ等がない。
- (3) 作業員による技量に影響しない。

3. LiDAR スキャナによる 3D 計測の概要

LiDAR スキャナとは、パルス状に発せられるレーザー光を照射し、対象物に当たり跳ね返ってくるまでの時間を計測し対象物の形状や対象物までの距離を測定

する方法である。本研究では LiDAR スキャナとして、iPad Pro に搭載されているもの(以下 LiDAR(A))と FARO(以下 LiDAR(B))、この 2 種類の LiDAR を用いて計測する。

4. 実橋梁を対象とした LiDAR スキャナの有用性の検証

LiDAR スキャナを用いて橋梁を計測後、3D モデルを構築して 2 つの用途に活用することを検討する。一つは、橋梁の図面化や視覚的な損傷の確認への活用である。もう一つは、載荷試験のシミュレーションといった 3 次元数値解析への活用である。計測については、LiDAR スキャナを対象物に向けて画面上に広がるメッシュを確認しながら撮影し、モデル化する。モデルにズレやゆがみがある場合は、その部分だけを再撮影し、Cloud Compare²⁾を用いて元のモデルと再撮影したモデルを合成して、一つのモデルにする。撮影からモデル化までの流れを図 1 に示す。

4.1 対象橋梁の概要

本研究では、長崎県に位置する橋梁 A(写真 1)を対象とした。

橋梁 A

- ・橋 長：3,600 mm
- ・全 幅：1,620 mm
- ・桁 高：1,554 mm
- ・架設年：1975 年
- ・交差物：川
- ・桁下高：1,690 mm

現場での近接目視による損傷の確認の結果、床版にはく離・鉄筋露出(写真 2(a))やひび割れやうき、主桁に欠損や腐食(写真 2(b))が確認された。



写真 1 対象橋梁 A



(a) はく離・鉄筋露出(床版)

(b) 欠損(主桁)

写真 2 損傷状況

4.2 診断用 3D モデルの精度の検討

まず、LiDAR スキャナによる 3D モデルから確認で

きた損傷は、床版のはく離・鉄筋露出(図 2(a))、主桁の欠損(図 2(b))であった。上記以外のコンクリートや鋼桁の表面の詳細な質感も表現されていた。計測結果から、点検や診断、調査結果の整理、補修設計に活用するのには十分な制度であると考えられる。

次に、断面寸法について、手計測による寸法と LiDAR で得られた 3D モデルによる寸法を表 1 に比較する。これらの結果から、手計測と LiDAR スキャナとの差は、実務上許容されている 30mm 程度以下を下回っており、LiDAR スキャナでの計測から作成した 3D モデルは復元設計の作成に対して有効な手段であると判断できる。

また、LiDAR(A)は LiDAR(B)に比べて短時間で簡単に計測できるが、主桁のウェブやフランジの寸法など細かい形状のモデル化は LiDAR(B)のほうがより正確にモデル化ができることがわかった。

数値解析モデルの作成については Cloud Compare にて上部工のみにトリミングし、Fusion360 にてモデルのメッシュ化を行った。

4.3 実橋現場载荷試験

橋梁 A を対象とした载荷試験を実施した。床版中央に载荷(最大荷重 10kN)し、床版と主桁のひずみ・変位を計測する。試験体を 3 次元数値解析と比較し、解析結果の妥当性を検討する。図 3 に解析モデルを示す。現状としては、青線で示す手計測での解析結果とオレンジ線で示す LiDAR スキャンでの解析結果に差があり、今後はこの差の原因を検討する。また LiDAR(B)での 3D 計測も行い、表 1 に示している LiDAR(A)から得られた寸法値と LiDAR(B)での計測データから作成する 3D モデルとの寸法値や解析結果、载荷試験での変位やひずみの比較を行う。

5. まとめ

今回は LiDAR スキャナを用いて点検や診断、調査結果の整理、補修設計、復元設計の作成に活用する橋梁のモデル化を検討した。結果を以下に示す。

- (1) 表 1 と図 2 に示すように、外観的特徴と寸法値について十分な精度が得られたといえ、目的に対して有効な手段であると判断できる。
- (2) 解析結果については解析モデルの作成は成功している。今後は解析結果の比較を検討していく。

参考文献

- 1) 国土交通省：道路メンテナンス年報，2021.8.
- 2) Cloud Compare <http://cloudcompare.org/>

表 1 手計測と LiDAR スキャナでの計測値の比較 (mm)

計測部位	手計測	LiDAR(A)	LiDAR(B)
全幅	1620	1634	1624
幅員	1400	1380	1418
床版厚	280	292	276
フランジ幅	180	168	169
ウェブ高	136	148	131
地覆の幅	110	136	107

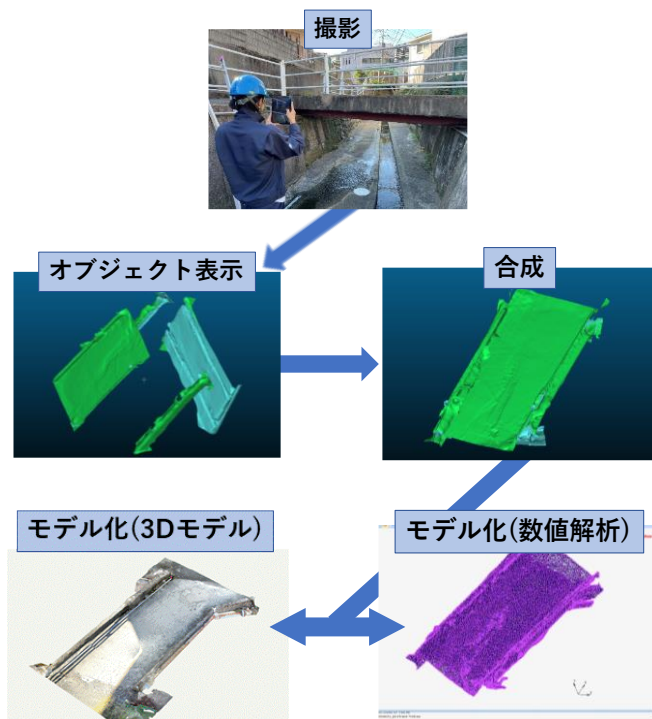
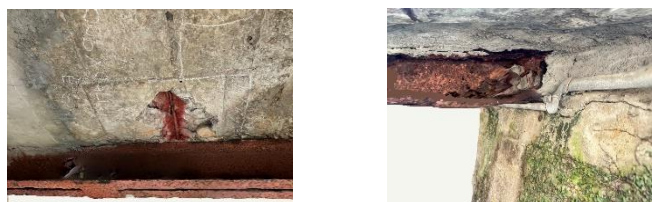


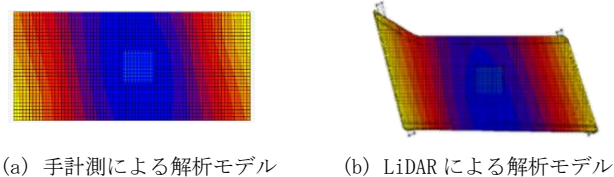
図 1 撮影からモデル化までの流れ



(a) はく離・鉄筋露出(床版)

(b) 欠損(主桁)

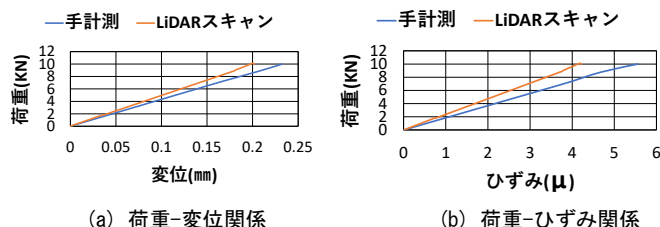
図 2 3Dモデルの外観



(a) 手計測による解析モデル

(b) LiDARによる解析モデル

図 3 解析モデル



(a) 荷重-変位関係

(b) 荷重-ひずみ関係

図 4 解析モデル及び解析結果