

## 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

長崎大学大学院 学生会員 ○志岐 豊 正会員 山口 浩平  
日本電気株式会社 正会員 小倉 一峰 正会員 安倍 次朗

### 1. 研究背景および目的

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 年間でさらに増加することが見込まれる。さらに、橋梁の管理者別ごとの施設割合は、全体の約 73 万橋の約 68%を市町村区が管理しており<sup>1)</sup>、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。そこで本研究では、これらの課題に対処するために、安全で効率的な橋梁メンテナンスサイクルの構築を目的とする。

### 2. 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 搭載 LiDAR (以下 LiDAR (A)) と FARO 社製 LiDAR (以下 LiDAR (B))、この 2 種類の LiDAR を用いた。LiDAR (A) は、対象物に対して水平になるように向け、動画撮影をする要領で対象物を網羅的に計測する。LiDAR (B) は、レーザー照射による死角ができないように複数地点から計測する。

### 3. 実橋梁を対象とした LiDAR スキャナの有用性の検証

LiDAR スキャナによる計測後、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、復元設計のための図面化や点検・診断のための視覚的な損傷の確認への活用である。もう一つは、耐荷性能の照査といった 3 次元数値解析への活用である。ここでは前者で用いる 3D モデルを点群モデル、後者を FEM モデルと呼称する。計測した点群は Cloud Compare<sup>3)</sup> を用いて確認する。

#### 3. 1. 対象橋梁の概要

長崎市に位置する 6 橋梁を対象とした。6 橋梁の詳細  
キーワード LiDAR スキャナ, 点群, 維持管理, 既設橋梁, FEM,

連絡先 〒852-8135 長崎市文教町 1-14 長崎大学大学院工学研究科構造工学コース TEL 095-819-2591

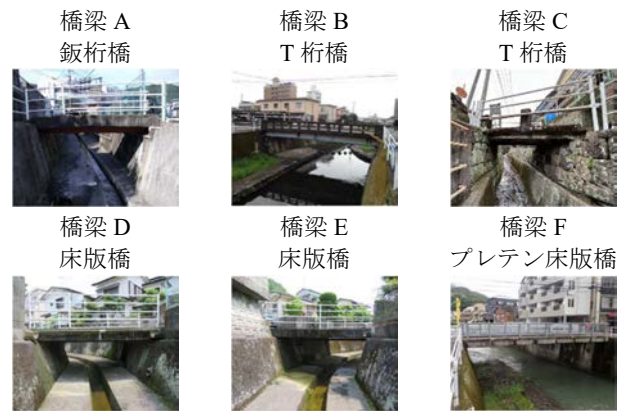


写真1 対象橋梁



(a) 写真 (b) LiDAR (A) (c) LiDAR (B)

図1 橋梁 A の損傷状況 (欠損)

を写真1に示す。橋梁 A は、LiDAR (A) と LiDAR (B) の 2 種類を用いて計測した。橋梁 B, C, D, E, F の 5 橋は LiDAR (B) のみで計測した。橋梁 A では近接目視による損傷確認の結果、床版に剥離・鉄筋露出やひび割れやうき、主桁に欠損(図1(a))や腐食が確認された。

#### 3. 2. 点群モデルによる外観的特徴の検討

橋梁 A で、LiDAR (A) による点群モデルから確認できた損傷は、床版の剥離・鉄筋露出、主桁の欠損(図1(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。また、LiDAR (B) でも図1(c)から同様に損傷を確認することができた。これらより、LiDAR (A)、LiDAR (B) ともに点検や診断、調査結果の整理、補修設計に活用するには十分な精度であると考えられる。

#### 3. 3. 復元設計における寸法値の検討

橋梁 A について、LiDAR (A)、LiDAR (B) から得られた 2 種類の点群モデルについて検討する。橋軸方向に 10 断面に切り分け、各断面で部材の寸法値を得る。各々

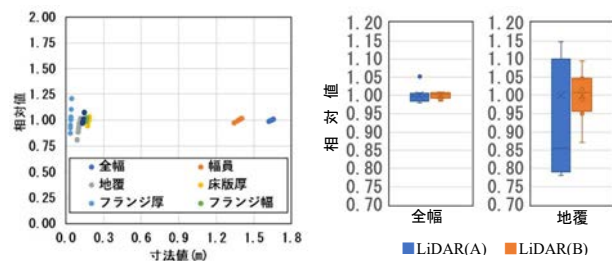
の寸法値と 10 断面の寸法値の平均値との比を相対値（ばらつき）と定義し図 2 に示す. 同図(a)から, 寸法値が大きい部材ほどばらつきは小さいことがわかる. また, LiDAR (A), LiDAR (B) から得られた寸法値のうち全幅と地覆のみを抜き出し, 相対値を箱ひげ図で比較したものを同図 (b) に示す. 同図から, LiDAR (B) の方が, (A) よりばらつきが小さく正確性が高いことがわかる. 次に, 橋梁 B, C, D, E, F について, LiDAR (B) の点群モデルを検討する. 橋梁 A と同様に 10 断面に切り分け寸法値を得る. 各橋梁で形式が異なるため共通で得られた床版厚の平均値とばらつき, それらから求めた平均値との最大差を表 1 に示す. 同表より, ばらつきは 1 割程度以内であった. また, 各橋梁の床版厚における平均値との最大差は最大で 30mm 程度の差があることがわかる. この結果は, 実務上許容されている 30mm 程度であり, 実用上許容範囲内であると言える. LiDAR での計測から作成した点群モデルは, 復元設計に対して有効な手段であると判断できる.

### 3. 4. FEM モデルの検討

数値解析への活用として, 計測データから FEM モデルを作成した. 橋梁 A を対象とした FEM モデルの作成において, 主桁は点群データのノイズによる影響が大きいため, 点群データからの作成は現状できていない. そのため, 主桁のみ手計測で得られた寸法値を入力することで FEM モデルを完成させた.

### 3. 5. 実橋載荷試験

橋梁 A を対象とした載荷試験を実施した. 床版中央に 14kN を載荷し, 床版と主桁の変位・床版中央の床版主鉄筋ひずみを計測する. 試験結果を解析結果と比較し, FEM モデルでの解析結果の妥当性を検討する. 試験結果と数値解析結果について図 3(a) に荷重—変位関係を, 図 3 (b) に荷重—ひずみ関係を示す. 図 3 (a) より荷重-変位関係において, 床版の変位が解析結果と試験結果では 0.4mm 程度の差があり, 試験結果の方が大きな値となった. 主桁の変位も同様に, 試験結果の方が大きな値となった. 橋梁 A は図 1 (a) に示すように主桁の欠損が激しく, 腐食による孔が空いており, FEM モデルの主桁は手計測で得られた寸法値を基に健全モデルとして作成したことが差の原因として考えられる. また, 図 3 (b) より, ひずみは, 数値解析結果と実橋載荷試験結果はおおむね一致していた. FEM モデルを用いた数値解析はさらに検討する必要がある.



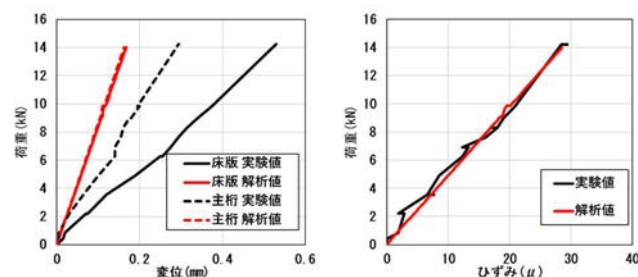
(a) 橋梁 A

(b) 箱ひげ図

図 2 寸法の絶対値と相対値の関係

表 1 各橋梁の床版厚の平均値, ばらつき, 最大差

	平均値(mm)	ばらつき	最大差(mm)
橋梁 A	181.7	0.94~1.03	-10.7
橋梁 B	300.1	0.91~1.11	31.9
橋梁 C	100.7	0.97~1.07	7.3
橋梁 D	438.7	0.96~1.08	33.3
橋梁 E	460.4	0.98~1.01	-9.4
橋梁 F	605.7	0.97~1.04	23.3



(a) 荷重-変位関係

(b) 荷重-ひずみ関係

図 3 FEM モデルの解析結果と実橋載荷試験の比較

## 4. 結論

LiDAR スキャナを用いた効率的な橋梁メンテナンスサイクルへの適用性を検討した. 得た結果を以下に示す.

- 1) 点群モデルの外観的特徴と寸法値は十分な精度が得られたといえ, 橋梁メンテナンスサイクルに対して有効な手段であると判断できる.
- 2) 数値解析は, 床版の FEM モデルの作成は成功したが, 薄肉部材の鋼桁のモデル化が困難であった.

今後は, 主桁などの薄肉部材に対しての計測方法や, 計測後の点群から損傷度を反映した FEM モデルの作成手法について検討する必要がある.

## 参考文献

- 1) 国土交通省：道路メンテナンス年報, 2021. 8.
- 2) 国土交通省：定期点検に関する法令等
- 3) Cloud Compare <http://cloudcompare.org>