

復元設計に着目した 3D 計測の利活用に関する一考察

長崎大学 鈴木 航作・井上 知香・伊勢田 幹太 長崎大学大学院 山口 浩平・松田 浩

1 研究目的

我が国では、インフラ構造物の老朽化が社会全体の問題となっており、それらを戦略的に維持管理・更新することが求められている。また、日本国内には設計図書もなく架設年も不明な橋梁が多数存在する¹⁾。

そこで、本研究では、既設橋梁において 3D 計測から得られる点群データを用いて寸法計測を行い、復元設計を行う際の図面化におけるコストや労働力の削減を図ることを目指す。

さらに、3D 計測では鉄筋露出や剥離といった劣化及び損傷を含めて橋梁を計測することが可能であるため、劣化及び損傷を含む解析モデルより数値解析を行うことで、橋梁の劣化及び損傷を含んだ残存耐荷力などを評価することを目的とする。

2 3D 計測の概要

2.1 手計測と 3D 計測の比較

現在、復元設計を行う際に設計図が存在しない場合は、橋梁の写真や人手による各部位の寸法の計測（手計測）により一般図を復元している。今回、実際に復元設計業務を行っている 3 名の方にヒアリングを行った。その結果を踏まえ、手計測による問題点とその問題点に対する 3D 計測の利点を表 1 に示す。ここに、同表の「寸法差を用いる計測」とは、床版厚などの直接計測できない部位の計測のことである。

2.2 3D 計測の計測システムの概要

3D レーザスキャナは地理空間、大型構造物など広範囲をスキャンし、3 次元座標（点群）として記録を行う、非接触型計測システムである。3D レーザスキャナは複数回計測を行い、計測されたデータを結合し、1 つの点群データとして記録する。

橋梁の点群データの計測には、写真 1 に示した 3D

レーザスキャナを用いた。計測機器の性能としては、測定範囲 0.6m-330m、範囲誤差 $\pm 2\text{mm}$ 、解像度最大 70 メガピクセルカラーである。

3D レーザスキャナを用いた測定の際には、計測の品質として、倍率と分解能の設定を行うことができる。分解能（データ間隔）は設定を大きくすることにより、計測される点の数が増加し、点群データの密度を大きくすることができる。

3 計測概要

3.1 橋梁 A

橋梁 A の計測では、福岡県内の写真 2 の RCT 桁橋（以下：橋梁 A）を対象とした。橋梁 A は昭和 41 年に架設され、玉砂利、丸鋼が用いられている。計測は、14 か所に 3D レーザスキャナを設置して計測を行った。1 か所あたりの所要計測時間は 10 分間であり、橋梁全体の計測に要した時間は、2 時間 20 分であった。計測を行う際のレーザスキャナの設定は、対象物の大きさ及び環境に合わせて推奨されている、倍率 4 倍、分解能 4 分の 1 に設定して計測を行った。

橋梁 A の計測では、構造物の復元を行い、点群データから得られる寸法と手計測との寸法の比較を行うことおよび得られたデータを用いて数値解析を行うことを目的とした。

3.2 模擬試験体

模擬試験体の計測では、図 1(a)に示すものを対象とした。模擬試験体の計測では、実構造物と計測寸法の差及び計測時間を考慮した 3D レーザスキャナによる 3D 計測の最適な計測法を検討することを目的とした。模



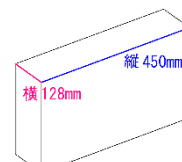
写真 1 3D レーザスキャナ



写真 2 橋梁 A



(a) 写真



(b) 寸法

図 1 模擬試験体

表 1 手計測と 3D 計測の比較

	手計測	3D 計測
高所の計測について	高所作業車等が必要な場合あり	高所作業車は不要
寸法差を用いる計測 w について	あり	隠れていない範囲で計測可能
記録漏れについて	記録漏れが生じる可能性あり	なし

擬試験体の寸法は、縦 450mm、横 128mm、高さ 325mm であり(図 1(b))、これらの値を真値とする。計測は 3 か所に 3D レーザスキャナを設置して計測を行い、測定距離を 5m、10m、分解能を 1/4,1/5,1/8,1/10 とする、8 パターンとした。一か所あたりの計測時間は、分解能の設定が 1/4 では約 12 分間、1/5 では約 9 分間、1/8 では約 6 分間、1/10 では約 4 分間であった。

4 結果および考察

4.1 橋梁 A

手計測により復元した断面図(図 2(a))の寸法と取得された点群データをもとに作成した橋梁の断面図(図 2(b))の寸法の比較を行った(表 2)。この結果より、手計測寸法と 3D 計測寸法の差が、実務上許容されている施工誤差である 10mm~30mm 程度を下回っていることから、点群モデルを用いた図面作成の有用性が示された。

点群データから草や木等を削除し、点群モデルを作成した。さらに、作成した点群モデルをもとに FEM モデルの作成を行った。作成した点群モデル及び FEM モデルを図 3、図 4 に示す。

4.2 模擬試験体

3D 計測により、取得された寸法と真値との差を求め、その差と分解能とスキャナと試験体との測定距離の関係を検証した(図 5)。データから取得した試験体寸法は、縦、横においてそれぞれ 5 か所の寸法を計測し、その平均値を用いた。

この結果より、測定距離については、5m のときは、分解能の違いによる寸法差が小さいことがわかった。10m のときは、分解能の違いによる寸法差が大きいことがわかった。次に分解能については、測定距離 10m では、分解能が高くなるにつれて寸法差が小さくなるという両者の相関が見られるが、測定距離 5m では、寸法差は小さいもののその相関は確認されなかった。

以上より、本計測における計測時間を考慮した適切な分解能は、測定距離が 5m では、1/10 程度でも十分であるが、測定距離が 10m では、1/5 程度であることがわかった。

5 結論と今後の展望

以上の結果から、復元設計を行う際の図面化において、3D スキャナを用いることの有用性が示された。また、橋梁を 3D スキャナにおいて計測する際の適切な設定を検証し、計測誤差及び計測時間を考慮した適切な設定に関する一つの指針を示すことができた。

今後の展望は、最適な 3D スキャナによる計測法のさらに詳しい検証を行うとともに、点群データから図面化を行う際の手法の確立、FEM モデルを用いた数値解析を行う予定である。

謝辞

本研究では、株式会社 コスモエンジニアリング 山根誠一氏、株式会社 大進 濱田貴光氏に多大なる協力を得ました。ここに感謝の意を表します。

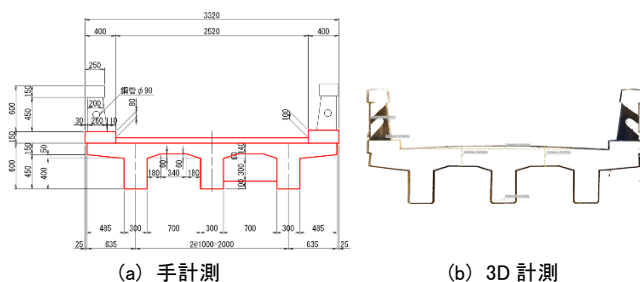


図 2 断面寸法の比較

表 2 手計測と 3D 計測の寸法の比較

計測部位	手計測 (mm)	3D 計測 (mm)	両者の差 (mm)
床版厚(舗装含む)	210	233	23
幅員	2520	2516	4
地覆の幅	400	400	8
高欄の高さ	450	448	3
主桁(ウェブ幅)	300	299	2



図 3 点群モデル



図 4 FEM モデル

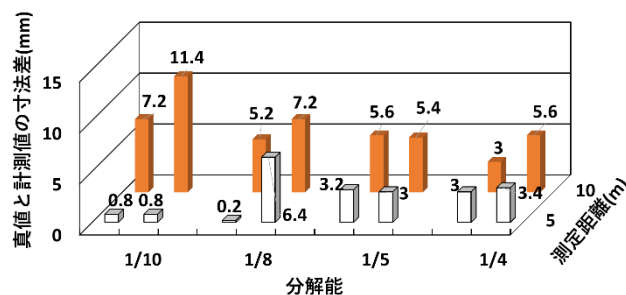


図 5 分解能と測定距離が寸法差に及ぼす影響

参考文献

- 1) 道路構造物の現状
http://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/yobo1_1.pdf