

3D計測を用いた橋梁点検に関する研究

長崎大学大学院 学生会員 ○伊勢田幹太
長崎大学 正会員 出水亨 松田浩 古賀掲維 山口浩平

1. はじめに

国土交通省はインフラ長寿命化計画を策定し、「インフラの維持管理・更新を着実に推進するための中長期的な取組の方向性」を取りまとめた。その背景には、高度経済成長期に集中的に整備された社会インフラが一斉に老朽化する現状がある。特に、全国の約70万の橋梁の4割が10年後に建設後50年以上となる見込みである。橋梁は交通の要であり、劣化や損傷による事故の被害は甚大となる。そのため、これらを効率的に維持管理するための適切な長寿命化修繕計画の策定が急務である。橋梁の定期点検の課題として、技術者によって損傷評価にバラつきがある、点検技術者の減少、損傷の見落とし等が挙げられる。このような課題に求められている維持管理手法は、効率的で信頼性が高く低コストの手法、さらには、特殊な技量に頼らない点検および診断法である。

以上のことから、本研究では光学的計測法により3D形状データ及び外観劣化情報を取得すること、また3Dデータの活用の一つとしてFEM解析を用いることで仮設足場を設置しない点検方法を確立することを目的とする。

2. 橋梁の外観調査

2.1 概要

長崎県内に架かる1径間単純RC桁形式の橋梁(以下:橋梁A)を対象として、近接目視、3D計測(レーザースキャナ, SfM)を行った。架設年次1960年、橋長8.9m、総幅員7.5mである。

SfMとは、写真測量の技術で異なる方向から撮影した複数枚の写真から、撮影位置と3次元構造を復元する方法である。

はしごを用いたひび割れ等の損傷の近接目視により、損傷図の作成を行った。損傷図を図1に示す。

レーザースキャナはFARO®Laser Scanner Focus3D X330(写真1)を用いて行う。この計測は、主にFEMモデル製作のための3Dデータを得ることを目的とする。橋面上8箇所、桁下8箇所の計16箇所からの計測を行った。計測を行う際の3Dレーザースキャナの設定は、品質4倍、分解能1/4とした。

SfMによる3D計測は、主に橋梁の外観劣化情報の取得を目的とする。使用したカメラはSONY-α7IIで、レンズはFE 24-70mm F2.8 GMを用いた(写真2)。SfMに用いた計測写真の枚数は約500枚、画像サイズは7953×5304画素である。また、SfMの計測は、手持ち撮影とポールを用いた撮影の2通りの撮影を行い、それぞれの計測結果の比較を行う。



写真1 レーザースキャナ



写真2 使用したカメラ

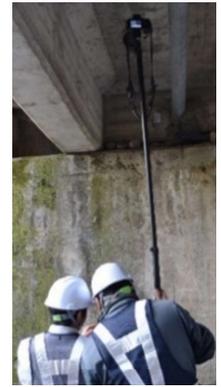


写真3 ポールを用いた撮影

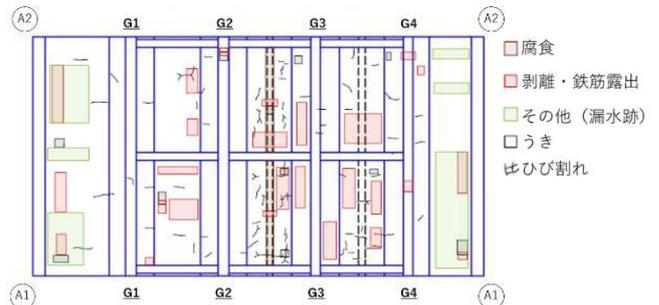


図1 損傷図

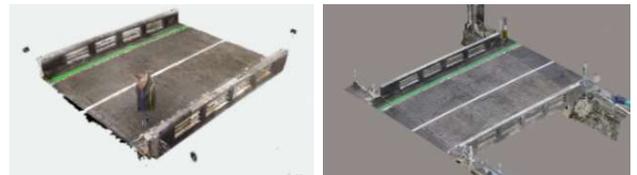


図2 3D計測によるモデル(左:レーザースキャナ, 右:SfM)



図3 近接目視・SfM比較(一例)



図4 撮影条件改善前(左)と改善後(右)の3Dモデル

キーワード 3D計測, レーザースキャナ, SfM, 橋梁点検,

連絡先 〒852-8521 長崎県長崎市文教町1-14 長崎大学大学院工学研究科総合工学専攻構造工学コース TEL095-819-2590

2.2 結果

得られたモデルを図2に示す。損傷評価は、「橋梁定期点検要領」に則り、26 損傷の評価を行い、それぞれを損傷の程度を a~e の 5 段階に分け、近接目視と SfM との比較を行う。近接目視によって確認された損傷は、26 損傷の内、①腐食、②うき、⑥ひび割れ、⑦剥離・鉄筋露出、⑪床版ひび割れ、⑮舗装の異常、⑰その他、⑳変形・欠損の 8 種類であった。また、全ての損傷で比較・評価を行い表にまとめた。評価の一例を図3、表1にそれぞれ示す。今回の近接目視では、損傷程度 b(ひび割れ幅 0.2mm 未満)まで確認でき、手持ち撮影による SfM では確認できない部分もあった。その要因としては、手持ち撮影による手振れの影響や撮影距離による解像度の低下、斜めからの撮影などの影響が考えられる。以上の問題は、ポールを用いて正対して撮影することで改善することができ、手振れや解像度の低下を防ぐことができる。(写真3)ポールを使用した SfM のモデルでは、0.1mm 以下のひび割れ幅も確認できるようになり、手持ち撮影では死角となっていた部分もモデル化することが可能となった。(図4)

3. FEM 解析

3.1 概要

3D データの活用の一つとして、3D 計測データによる FEM モデルの作成手法や解析についての検討を行う。

点群のトレースによる FEM モデル作成手法(以下：作成手法 A)では、点群データの橋梁断面のトレースを行い、断面を押し出すことにより、ソリッドモデルを作成する。その後、Parasolid 形式で出力し、自動メッシュ機能で分割し、FEM モデルの作成を行う。

点群のメッシュ化を利用した FEM モデル作成手法(以下：作成手法 B)では、点群データからサーフェスの作成を行う。サーフェスの作成後、Parasolid 形式で出力し、自動メッシュ機能で分割し、FEM モデルの作成を行う。

これらのモデルは、単一材料であると仮定する。材料特性は、単位体積重量:2,400kg/m³、静弾性係数:31,000N/mm²、ポアソン比:0.2 と設定した。また境界条件は、一端をピン支点(X,Y,Z 固定)、他端をローラー支点(Z のみ固定)とした。

3.2 結果

これらモデルを Marc/Mentat で読み込み、固有振動解析を行うことが可能である。解析結果の比較対象として、弾性梁要素の解析、レーザードップラー速度計(LDV)による固有振動数の実測を行った。それぞれの結果を表2に示す。結果としては、解析結果が LDV に比べて大きくなった。差が生じている要因としては、対象の橋梁が

仮設後 80 年を経過しているため、劣化により固有振動数の実測値が低くなっていることが考えられる。

4. まとめ

外観劣化情報の取得においては、SfM に有用性があ

ることが確認できた。また SfM は正対して撮るなどの工夫により、より精度が向上する。FEM による 3D データの活用においては、3D 計測データを作成手法 A・B の 2 通りにて FEM モデルを作成し、解析を行うことが可能である。

今後は、近接目視点検の代用となるように、SfM の撮影手法の更なる改善を行い、外観劣化情報の取得においての精度を向上させ、橋梁のデータを蓄積、比較することで経年的な変化を確認することを目的とする。

FEM においては、荷重を作用させることにより、実際の許容応力度などを算出して、橋梁の安全に資する基礎データを蓄積していきたい。

表1 視認性の比較まとめ(一例)

| | 損傷位置 | 損傷区分 | 近接目視 | SfM |
|----------|-----------|------|------|-----|
| ①腐食 | G1,G2 水道管 | c | ○ | ○ |
| ⑥ひび割れ | G1・A1側 | b | ○ | ○ |
| | G1・A2側 | b | ○ | △ |
| | G4・A1側 | c | ○ | ○ |
| ⑦剥離・鉄筋露出 | G1,G2・A2側 | c | ○ | ○ |
| | G4・A1側 | d | ○ | ○ |
| | G4・A2側 | e | ○ | ○ |
| ⑪床版ひび割れ | G1,G2・A2側 | b | ○ | △ |
| | G2,G3・A1側 | c | ○ | △ |
| ⑫うき | G2・A2側 | e | ○ | × |
| ⑮舗装の異常 | 舗装 A1側 | e | ○ | ○ |
| ⑰その他 | G1・A1側 | e | ○ | ○ |
| ⑳変形・欠損 | 高欄 上流側 | c | ○ | ○ |

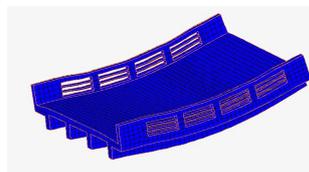


図5 作成手法Aの挙動

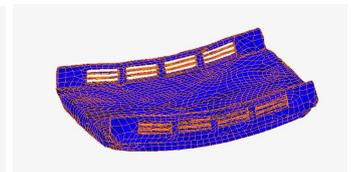


図6 作成手法Bの挙動

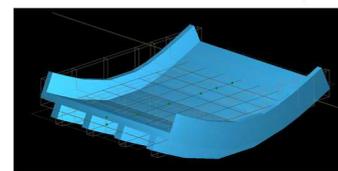


図7 弾性梁要素の挙動

表2 動的解析結果

| 固有振動数(2次)(Hz) | |
|---------------|------|
| 弾性梁要素 | 21.0 |
| 作成手法 A | 23.3 |
| 作成手法 B | 24.0 |
| LDV | 18.6 |

参考文献

- 1) 松田浩, 河村太紀, 西行健, 木本啓介, 西川貴文: 3D 計測と FEM 解析と実振動計測に基づく橋梁振動特性同定, 鋼構造年次論文報告集, 第 24 巻, pp.445-448, 2016.
- 2) 橋梁定期点検要領
- 3) 国土交通省インフラ長寿命化計画(行動計画)概要