

3次元点群データを用いた橋梁の損傷のヒートマップ表示

山口 愛加[†] 関 和彦[‡] 窪田 諭[†]

関西大学環境都市工学部[†] 関西大学大学院 理工学研究科[‡]

1. はじめに

我が国に約 72 万ある橋梁のうち、7 割以上の約 51 万が市町村道にある。高度経済成長期以降に建設された橋梁が急速に高齢化し、2029 年には建設後 50 年を経過した橋梁の割合は全体の 52%となる¹⁾。2014 年に橋梁の 5 年に 1 度の定期点検が規定された。定期点検においては、過去の点検結果を活用することや、維持管理の計画を検討することに参考にできるように、外観形状や損傷程度の状態データを取得する。さらに、定期点検は他の点検との役割分担のもとで、互いに情報を共有しながら適切に行われる必要があり、点検結果や補修等の情報を引き継ぐことが重要である。しかし、点検対象となる橋梁や部位が膨大にあるため、点検に手間と時間を要しており、全ての橋梁のうち、より詳細な点検を行う対象の橋梁を効率的に明確にする一次スクリーニングの技術が必要である。また、高所にある橋梁は、点検車を出して点検するが、コスト、交通規制と安全面の課題があり、点検車を使用する計画を立てるために事前に損傷の状況を簡易に把握することが求められる。

そこで、本研究では、橋梁の点検業務の効率化と点検者の安全の確保のために、詳細な目視点検の対象橋梁を把握することを目的として、橋梁の 3 次元データから損傷を見付け出す方法を提案する。ここでは、橋梁の 3 次元点群データからヒートマップを作成し、損傷を可視化する。

2. 研究方法

(1) ヒートマップによる損傷の可視化

ヒートマップを作成するフローを図 1 に示す。ヒートマップの作成には、点群処理ソフト CloudCompare を用いる。まず、CloudCompare の Aligns 機能により、取得した二時期の点群データ

の特徴点を手動で選択し位置合わせを行い重畳する。次に、Compute cloud / cloud distance, Compute cloud / mesh distance 機能により、重ね合わせた 2 つのデータの差分比較を行いヒートマップを作成する。橋梁の対象部位をカメラまたは、地上型レーザスキャナ (Terrestrial Laser Scanner: 以下, TLS) で計測して 3 次元点群データを取得し、二時期のデータの差分を色の变化で表現する。3 次元データに対して閾値を設定して凹んでいれば青く、膨らんでいれば赤く表現する。

3 次元データを構築すれば、データ上の任意の箇所に損傷や点検結果を記録し、3 次元維持管理システムに展開することができる。

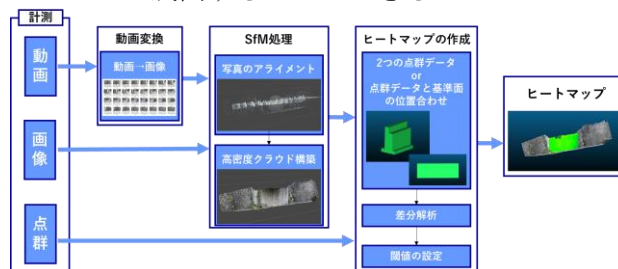


図 1 ヒートマップ作成のフロー

(2) 対象の損傷

ヒートマップを用いて見付け出す対象の損傷は、橋梁定期点検要領²⁾より、コンクリート部材の浮き、剥離・鉄筋露出、および、ひび割れとする。

(3) 使用機器

本研究では、橋梁の 3 次元点群データを取得するために、TLS として FARO 社製の Focus 3D X330 と、カメラ (GoPro Hero9 Black) で撮影した画像から高密度の点群データを生成する SfM 技術を用いる。

(4) ヒートマップの作成方法

橋梁の 3 次元点群データからヒートマップを作成するために、現場状況を 2 つ設定した。一つは対象橋梁の過去の点群データがある場合、もう一つは過去の点群データがない場合である。

過去の点群データがある場合には、過去と現在の点群データの差分を比較する。その方法として、①二時期の TLS による点群データの差分

Heatmap display of bridge damages using 3D point cloud data

[†] Aika Yamaguchi and Satoshi Kubota

Faculty of Environment and Urban Engineering, Kansai University

[‡] Kazuhiko Seki

Graduate School of Kansai University

解析, ②二時期の SfM による点群データの差分解析に加えて, 計測方法が現在と過去で異なる場合を想定して③TLS 点群データと SfM 点群データとを比較する.

過去の点群データがない場合は, 損傷がない面を疑似的に再現する基準となる平面を作成し点群データを比較する. 基準平面は橋梁が建設された当時の状態が望ましいが, 当時のデータや図面がない場合は現在の計測データから作成する必要がある. 基準平面は, (a) Cloud Compare の Primitive factory 機能を使う方法,

(b) 対象橋梁に対応して構築された 3 次元パラメトリックモデルを用いる方法, (c) RANSAC 機能を用いて点群から面を生成する方法によって作成する.

3. 実験

大阪府泉南市の童子畑橋と埼玉県鴻巣市の無名橋を対象に提案方法を検証した. 童子畑橋では, 損傷を疑似的に表現するために, コンクリートの浮きに見立てた厚さ約 1cm~2cm の紙粘土とウォールステッカーを橋台に貼り付けた. 貼り付け前を過去のデータ, 貼り付け後を現在のデータとした.

カメラでの撮影は, 橋台の正面にカメラを向け真横を移動しながら行った. 動画から 0.5 秒間隔で画像を取り出し, Agisoft 社製の Metashape を用いて SfM 処理を行った. TLS は貼り付けた損傷の正面に設置し計測を行い, データ処理ソフトウェア FARO SCENE を用いて 3 次元データを構築した.

童子畑橋で作成したヒートマップを図 2 に示す. 図 3 では, 損傷箇所を拡大した. 図より, 損傷を色の変化によって可視化することができた. 同様に②SfM 点群データ, ③TLS と SfM 点群データを利用した場合も損傷をヒートマップから確認できた.

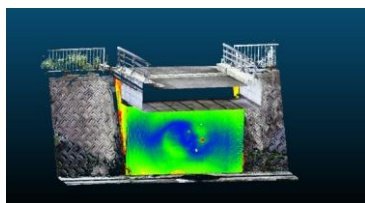


図 2 童子畑橋①のヒートマップ

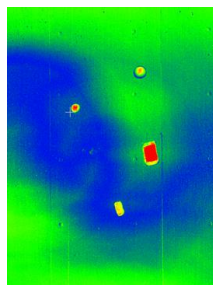


図 3 童子畑橋①のヒートマップ拡大図

鴻巣市無名橋では, 床版の下面にコンクリートの剥落が広く見られた. ここでは, 過去の

データがない場合として, 現在の SfM による点群データを用いて検証した. 図 4 はその SfM 点群データに (a) Primitive factory 機能で作成した基準平面を位置合わせし, 損傷を可視化した結果である. ヒートマップに周囲と比べて青くなっている箇所を確認でき, コンクリートが剥離しているため凹んでいると考えられる.

(b) 3 次元パラメトリックモデルを用いる方法も同様の手順で比較を行った. 複数の面を同時に解析することができ, 3 次元のパラメトリックモデルがあれば対象部位が平面でなくても比較できる. (c) RANSAC による方法では, 点群データから対象面にあった基準平面を自動的に生成できるため, 点群と基準平面との位置合わせが不要である. 方法 (a), (b), (c) のいずれも損傷をヒートマップで確認することができた.

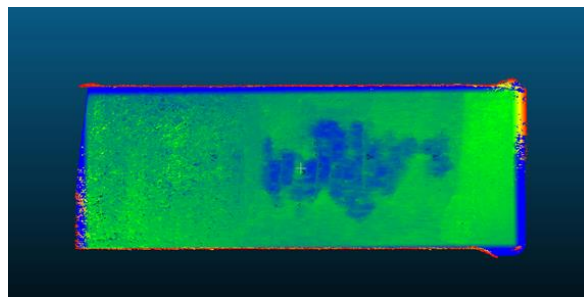


図 4 鴻巣市無名橋 (a) のヒートマップ

3 次元点群データは, TLS, SfM の順で精度が高いため, カメラを用いた計測は, TLS を設置できない場所や危険が伴う場所で利用する. 点群データにより位置合わせの特徴点が見つけられない場合や, 対象部位から平面が生成されない場合があるため, 対象の部位や計測データの特性に応じて基準平面の作成方法を変更する.

4. おわりに

本研究では, 橋梁の点検業務の効率化と点検者の安全の確保を目的として, TLS とカメラを用いて計測した 3 次元点群データを基にヒートマップを作成し, そこから損傷を見付け出す方法を考案し, 実験によって検証した. 今後は, 凹凸の少ないひび割れをヒートマップから発見することや, 損傷を定量的に評価し点検の事前調査の際に活用する方法を検討する.

参考文献

- 1) 国土交通省: 老朽化対策の取り組み, 2020/09/07 入手.
- 2) 国土交通省道路局国道・技術課: 橋梁定期点検要領, 2019.