

地上型レーザスキャナによる3次元点群を用いたコンクリート構造物の表面損傷検出

新潟大学大学院 学生会員 ○柴野 一真 非会員 Morozova Nadezhda
 東京農工大学 正会員 島本 由麻 新潟大学 正会員 鈴木 哲也
 株式会社日本水工コンサルタント 非会員 橘 勇貴 非会員 末松 格太郎
 非会員 千代田 淳 正会員 伊藤 久也

1. はじめに

近年、コンクリート構造物の維持管理に3次元データの適用が進められている。コンクリート構造物を対象とした効率的かつ高度な点検・診断手法が求められている。高精度な3次元点群の生成には地上型レーザスキャナが用いられている。既往研究では、画像処理による効率的な損傷検出手法の開発が行われてきた。画像とは異なる3次元点群の特徴として、座標データと反射強度データが挙げられる。

本報では、ひび割れ損傷が顕在化したコンクリート構造物を対象にレーザスキャニング計測を行い、3次元点群データによる表面損傷検出を行う。

2. 実験および解析方法

2. 1. 対象構造物

対象構造物は供用年数46年のコンクリート頭首工である (Fig. 1)。目視観察では、ひび割れと遊離石灰の析出が確認された。本解析では、顕著な損傷が確認された左岸側の堰柱部を対象とした (Fig. 2)。白点線で囲まれた範囲において反射強度による損傷評価を行った。

2. 2. レーザスキャニング計測と点群処理

3次元点生成のためのレーザスキャニング計測は FARO® Focus S150 laser scanner を用いて行った。測距手法は位相差検出方式である。完全な点群の取得のため、基準球の設置と20回のスキャンを行った。

取得された3次元点群は、座標データおよび反射強度の指標を有している。本解析では、主に点群の幾何学特性と反射強度の指標によりひび割れと遊離石灰の検出を試みた。点群処理に用いたソフトウェアは Open-source CloudCompare software である。幾何学特性による損傷検出では、頑健なパラメータ推定法である RANSAC (RANdom Sample Consensus)による



Fig.1 対象構造物



Fig.2 解析範囲 (左岸側堰柱部)

Fig. 4
解析範囲

平面検出と点群の粗さを示す局所特徴量を用いた。これらの手法は、点群から推定される平面を健全部と仮定し、平面とひび割れや遊離石灰部の点群の距離を算出することで定量的な評価を行った。

損傷種類の評価には反射強度を用いた。送信信号強度と受信信号強度の関係を次式に示す。

$$P_R = \frac{\pi P_T \rho}{4R^2} \eta_{Atm} \eta_{Sys} \cos \alpha \quad (1)$$

ここで、 P_R は受信信号強度、 P_T は送信信号強度、

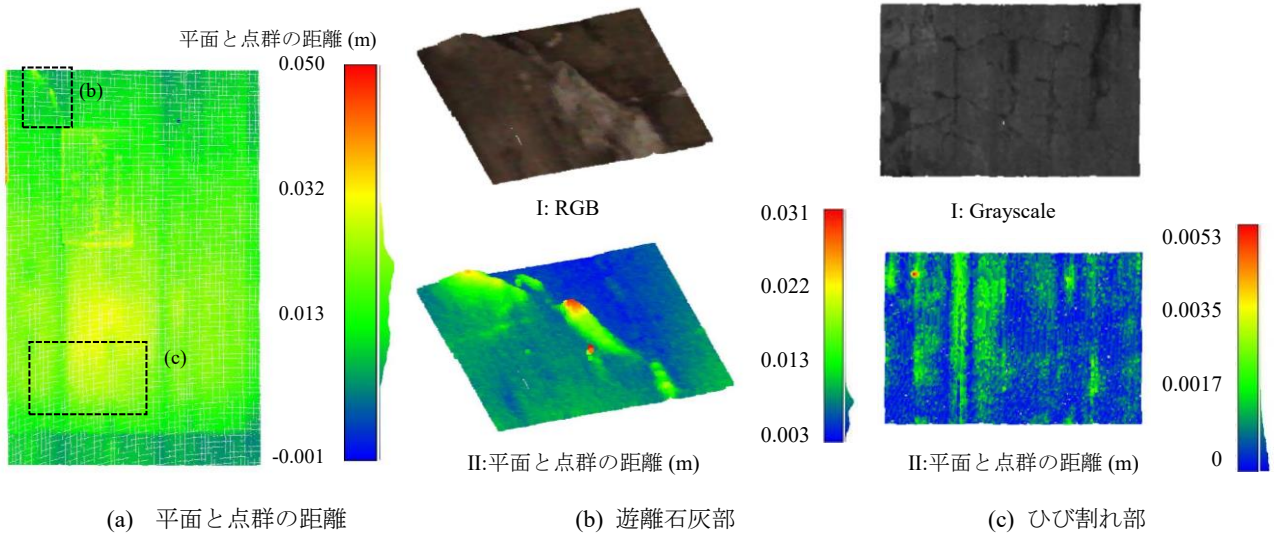


Fig.3 平面と点群の距離による損傷検出

α は入射角, ρ は材料の反射率, η_{Atm} および η_{Sys} は大気透過率とシステム送信係数, R は距離である. 材料の反射率 (ρ)は対象の表面の色, 粗さおよび水分の特性に依存し, 反射強度と密接に関係している¹⁾.

3. 結果および考察

3. 1. 幾何学指標による定量的損傷検出

RANSACにより得られた平面と点群の距離を Fig.3 (a)に示す. 銘板は他の部分より大きな値をとり, 下部は目地を境に値が小さい. これは, RANSACにより構造化されていない点群から構造化された平面を高精度に検出できることを示す. 解析面左上の遊離石灰部における平面と点群の距離を Fig. 3 (b)に示す. RGB点群で白く示される遊離石灰部が平面と点群の距離で大きな値をとることが確認された. 最大距離は 0.031 m であった. 解析面左下のひび割れ部における局所的にフィッティングした平面と点群の距離を Fig.3 (c) に示す. グレースケール点群で示されたひび割れの輪郭が平面と点群の距離で確認された.

3. 2. 反射強度による損傷評価

反射強度と幾何学指標による損傷評価を Fig. 4 に示す. 最上部に示す RGB 画像の範囲における反射強度を下に示す. 下の散布図は画像範囲における点群の反射強度と平面と点群の距離の関係を示す. 遊離石灰部では, 平面と点群の距離は 0.003 m 近傍を示し, 反射強度は 230 であった. 変色部は平面と点群の距離に大きな変化は見られないが, 反射強度はばらつきをもち, 最低で 140 近傍を得た. 目地およびひび割れでは, 平面と点群の距離は 0.002 m を上回ったが, 反射強度では近傍部と比較して小さな値を

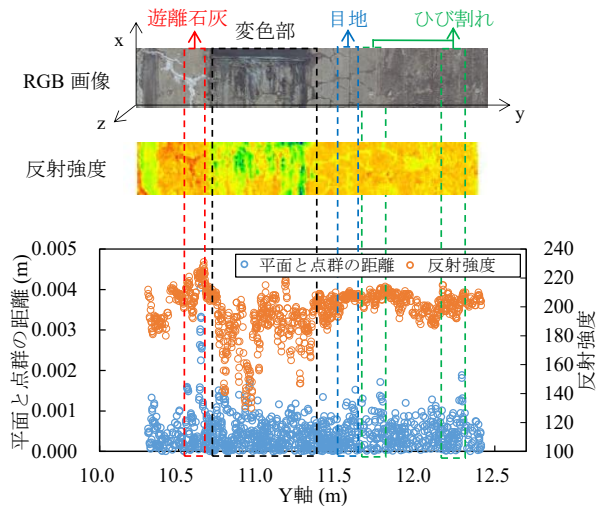


Fig.4 反射強度と幾何学指標による損傷評価

得た. これらの結果から, 地上型レーザスキャナにより得られた点群データの幾何学特性および反射強度の指標を用いて損傷を定量的に評価できることが確認された.

4. おわりに

本報では, 地上型レーザスキャナにより得られた 3 次元点群によりコンクリート構造物の表面損傷検出を行った. 検討の結果, 幾何学指標を用いて遊離石灰とひび割れが定量的に検出された. 反射強度と幾何学指標を組み合わせることで表面状態の特徴づけが可能になることが示唆された.

参考文献

1) Höfle, B. and Pfeifer, N., Correction of laser scanning intensity data: Data and model-driven approaches, ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing, 62(6), 2007, 415-433.