

レーザ計測点群の三次元特徴量によるコンクリート農業水利施設の表面損傷検出

Surface Damage Detection in Concrete Irrigation Infrastructures by 3D Features of Laser Point Clouds

○柴野一真*・Morozova Nadezhda*・向井萌華*・田中熙**・梅澤輝**・鈴木哲也***

川邊翔平****・金森拓也****・木村優世****・森充広****

Shibano KAZUMA, Morozova NADEZHDA, Mukai MOEKA, Hiromu TANAKA, Hikaru UMEZAWA,

Tetsuya SUZUKI, Shohei KAWABE, Takuya KANAMORI, Yusei KIMURA and Mitsuhiro MORI

1. はじめに

近年、高精度な三次元測距が可能である地上型レーザスキャナの普及により、農業水利施設の効率的な維持管理が期待されている。筆者らは、地上型レーザ計測により得られた三次元点群からひび割れや遊離石灰の変状を定量的に検出することを試みている¹⁾。技術的な課題として、点群の幾何学特徴量を算出する際に、算出に用いる近傍の点群を決定する必要がある。近傍の点群は半径 r の球内に入る点群とされているが、半径の決定は検出対象のサイズと周囲のノイズに影響を受ける。そこで本報では、コンクリートの粗さ計測に用いられるレーザ粗さ計測装置により詳細な形状を計測し、地上型レーザスキャナ（以下、TLS と記す）から得られた幾何学特徴量によるひび割れ部の再現精度を検証した結果を報告する。

2. 方法

対象構造物は鉄筋コンクリート頭首工である。頭首工は 1976 年から供用開始されており、左岸側の堰柱および門柱部において多数のひび割れが確認された。堰柱の下部は水流による摩耗のため、粗骨材の露出が確認された。TLS は FARO® Focus S150 Laser Scanner

表 1 TLS とレーザ粗さ計測装置の技術仕様

パラメータ	TLS	粗さ計測装置
測定範囲	0.6~150 m @反射率 90 %	65~105 mm
レーザ波長	1,550 nm	650 nm
ビーム発散角	0.3 mrad (全角, 1/e)	-
ビーム基本径	2.12 mm (全角, 1/e)	0.9×1.5 mm
範囲誤差	±1 mm	10 μm
角度精度 (水平・垂直)	19 秒角	±0.1 % @40mm

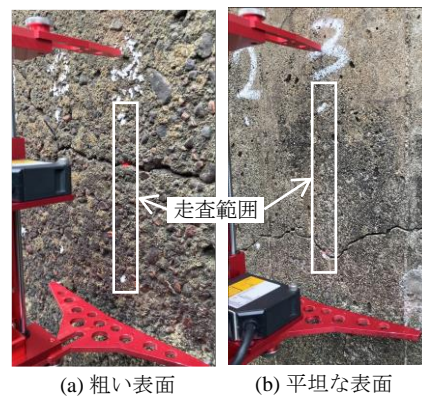


図 1 粗さ計測装置による走査範囲

であり、技術仕様を表 1 に示す。ビーム基本径とビーム発散角からスキャナから対象表面が 10 m のとき、ビームスポット径は約 5.11 mm となる。取得した点群において最近傍点間距離は 1.0~3.0 mm 程度であった。

* 新潟大学大学院自然科学研究科 Graduate School of Science and Technology, Niigata University

** 新潟大学農学部 Institute of Agriculture, Niigata University

*** 新潟大学自然科学系（農学部） Institute of Agriculture, Niigata University

**** 農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究部門 Institute for Rural Engineering, NARO

キーワード：レーザ変位計，点群処理，鉄筋コンクリート頭首工，ひび割れ，非接触検査，平面検出

コンクリートの詳細な表面形状は、レーザ粗さ計測装置によって計測された(表1)。測定長さは150 mm, 測定間隔は0.1 mmである。測定箇所は左岸側堰柱部の表面が粗い箇所と平坦な箇所に顕在化しているひび割れ部である(図1)。ひび割れ幅は2.5 mmである。

TLSにより取得した点群から幾何学特徴量を算出し、粗さ計測装置による基準面からの距離と比較した。幾何学特徴量は①近傍点群の抽出、②近傍点群から平面の検出、③各点の基準面からの距離により算出される。近傍点群は、半径 r の球により定義される。コンクリート表面の粗さにより最適な半径が異なると推察されるため、半径0.008 mと0.1 mを検討ケースとして用いた。半径0.008 mは粗い表面および平坦な表面の点群においても特徴量の算出が可能であった最小の半径である。近傍点群を対象に最小二乗法による平面の検出を行い、基準面からの距離をひび割れ検出に用いる特徴量とした。

3. 結果および考察

図2に粗さ計測装置とTLSによる点群の基準面からの距離の関係を示す。近傍半径0.008 mの特徴量を用いた場合、ひび割れ以外の点で粗さ計測装置で得た詳細な形状とTLSの点群は良好な一致を示した(図2(a),(c))。近傍半径0.1 mの特徴量を用いた場合、ひび割れ以外の点で方向性を持った点群が確認され、粗さ計測装置の結果と大きく離れる箇所が確認された(図2(b),(d))。ひび割れの深さ方向では、近傍半径の大きい方が粗さ計測装置による形状と一致していたが、全体の平均絶対値誤差は、(a)0.6 mm, (b)0.7 mm, (c)0.5 mm, (d)0.7 mmであった。近傍半径の小さい方がコンクリート表面およびひび割れ部を高精度に再現できることが明らかになった。

4. おわりに

本研究では、TLSから得られた幾何学特徴

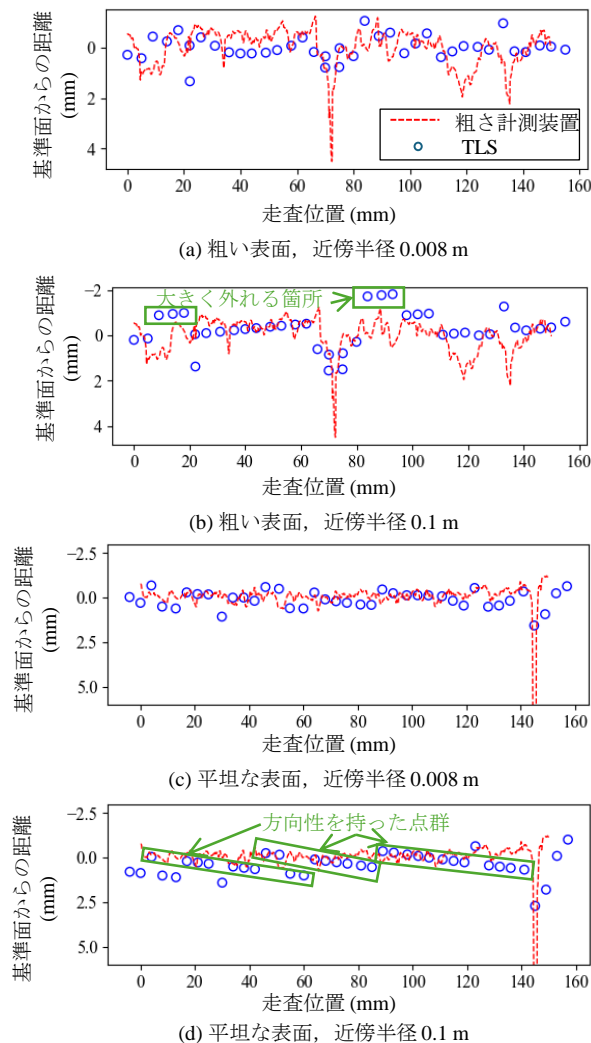


図2 粗さ計測装置と TLS による点群の基準面からの距離の関係

量と粗さ計測装置による詳細な形状を比較した。検討の結果、近傍半径が小さい特徴量を用いると、コンクリートの表面およびひび割れを高精度に再現可能であることが確認された。

引用文献

- 1) Shibano, K., Morozova, N., Ito, Y., Shimamoto, Y., Tachibana, Y., Suematsu, K., Chiyoda, A., Ito, H. and Suzuki, T. (2024): Evaluation of surface damage for in-service deteriorated agricultural concrete headworks using 3D point clouds by laser scanning method, Paddy and Water Environment, 1-13.
- 2) 浅野勇, 渡嘉敷勝, 森充広, 西原正彦 (2014): レーザ距離計による摩耗測定手法の開発, 農業農村工学会論文集, 82(5), 285-296.