

## 地上型レーザスキャナによる三次元点群の幾何学特徴を用いた 鉄筋コンクリート頭首工の損傷部検出

### Damage Detection in Reinforced Concrete Headworks by Geometric Features of 3D point clouds Generated from Laser Scanning Measurement

○千代田淳\*・柴野一真\*\*・末松格太郎\*・伊藤久也\*・鈴木哲也\*\*\*

Atsushi CHIYODA, Shibano KAZUMA, Suematsu KAKUTARO, Hisaya ITO and Tetsuya SUZUKI

#### 1. はじめに

コンクリート構造物の点検では、構造物の状態を可能な限り具体的かつ定量的に把握することが重要である。近年では、レーザスキャナによる高精度な三次元点群の取得が可能となり、構造物の損傷評価への活用が期待されている<sup>1)</sup>。レーザ計測点群によるコンクリートのひび割れ検出に関する既往研究は少なく、主に画像による検出結果を点群に結合する手法の開発が試みられている。レーザ計測点群によるひび割れ検出における技術的な課題はひび割れ検出に有効な幾何学特徴量の選択および検出可能なひび割れ幅の同定が挙げられる。

本研究では、レーザ計測点群の座標情報に対して固有値分解を行い、幾何学特徴量を用いた局所外れ値度アルゴリズムによるひび割れ検出を試みる。検出結果より、幾何学特徴量算出に用いる近傍点群および検出可能なひび割れ幅について検討する。

#### 2. 方法

レーザ計測を行った構造物は鉄筋コンクリート頭首工である。計測構造物は1976年から供用されており、多数のひび割れが確認された。レーザ計測は構造物の表面から約5~20m程度の距離で計測を行った。計測に用

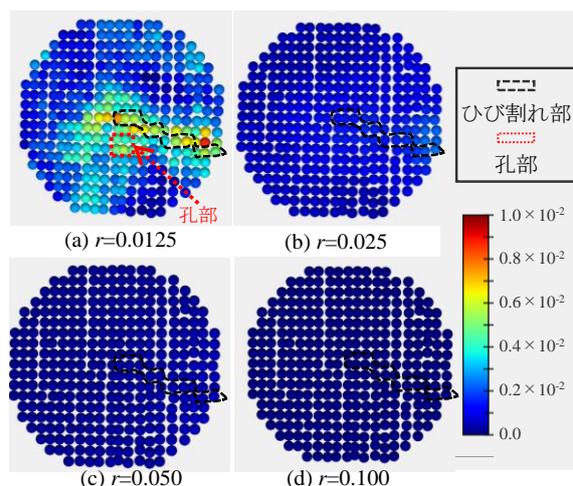


図1 異なる近傍半径における $\gamma_n$ 分布

いたレーザスキャナはFaro® Focus S150 laser scannerである。近傍点間距離は取得した三次元点群の最小値が1.0mmであり、レーザ計測の条件では3.0mmであったことから、ひび割れ幅1.0, 1.6, 2.5, 3.0および3.5mmのひび割れ部を対象とした。

解析に用いた点群はひび割れ幅計測点から半径0.05m球内に入る点群と定義した。得られた近傍点群をひび割れ部と非ひび割れ部に分類した。近傍点群に対し、固有値分解を行い、固有値を大きい順に $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ および $\lambda_3$ とした。ひび割れ検出には、平面検出に用いられるSurface variation  $\gamma_n$ <sup>2)</sup>を採用した。

\* (株)日本水工コンサルタント Nihon Suiko Consultant Co., Ltd

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

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

キーワード: 鉄筋コンクリート, 固有値分解, Surface variation, 非接触検査

$$\gamma_n = \frac{\lambda_3}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3} \quad (1)$$

$\gamma_n$ の算出に用いる点群を決めるために近傍半径を定義する必要がある。近傍半径 0.0125, 0.025, 0.05 および 0.1 m における $\gamma_n$ を図1に示す。近傍半径 0.0125 および 0.025 m の $\gamma_n$ においてひび割れに対応する差が確認されたことから以上の2種類の検出結果を比較した。ひび割れ幅に対して局所外れ値度による検出モデルを作成し、精度の比較を行った。精度評価には AUC を用いた。

### 3. 結果および考察

図2にひび割れ幅、 $\gamma_n$ の近傍半径と局所外れ値度によるひび割れ検出精度の関係を示す。評価指標 AUC が 0.8 を上回ったのはひび割れ幅が 3.5 mm の場合であった。ひび割れ幅が 3.0 および 3.5 mm の場合、近傍半径 0.0125 m の $\gamma_n$ による AUC は近傍半径 0.025 m の場合よりも高かった。図3に近傍半径 0.0125 m の点群を用いた $\gamma_n$ の局所外れ値度に

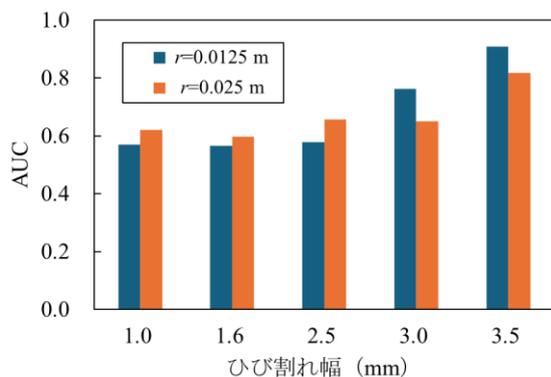


図2 ひび割れ幅、 $\gamma_n$ の近傍半径と局所外れ値度によるひび割れ検出精度の関係

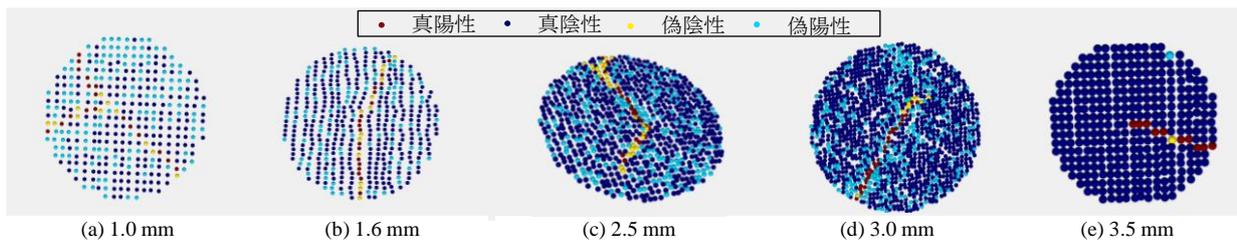


図3 近傍半径 0.0125 m の点群を用いた $\gamma_n$ の局所外れ値度によるひび割れ検出結果

よるひび割れ検出結果を示す。実際のひび割れ部は陽性とし、非ひび割れ部は陰性とした。ひび割れ幅 1.0~3.0 mm の場合、偽陽性および偽陰性がまばらに確認された。偽陽性となる要因としては、コンクリート表面の粗さや孔部があることにより非ひび割れ部において高い $\gamma_n$ をとっていたことが挙げられる。偽陰性になる要因としては、ひび割れ部の幅が小さかったことにより非ひび割れ部と同等の $\gamma_n$ をとっていたことが挙げられる。ひび割れ幅が 3.5 mm の場合、偽陰性および偽陽性は各 1 点が確認され、良好な検出を示した。

### 4. おわりに

レーザ計測点群の座標情報に対して固有値分解を行い、 $\gamma_n$ を用いた局所外れ値度によるひび割れ検出を試みた。検出の結果、ひび割れ幅が 3.5 mm で検出が可能であり、近傍半径 0.025 m よりも 0.0125 m の $\gamma_n$ を用いた場合、良好な検出が可能であった。

#### 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) Hackel, T., Wegner, J. D. and Schindler, K. (2016): Contour detection in unstructured 3D point clouds, In Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition, pp. 1610-1618.