

機械学習を活用した X 線 CT 画像処理によるひび割れ損傷の抽出 Extraction of Cracking Damage in X-ray CT Image based on Machine Learning

島本由麻*・鈴木哲也**・馬場光久*・杉浦俊弘*

Yuma Shimamoto, Tetsuya Suzuki, Mitsuhsisa Baba and Toshihiro Sugiura

1. はじめに

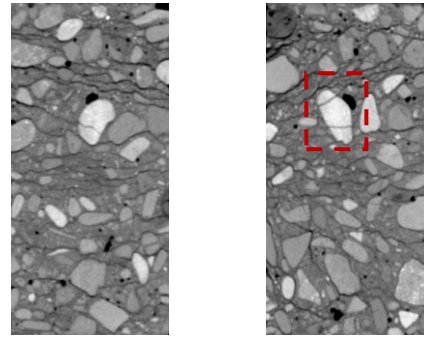
既存施設の適切な維持管理には材料の損傷実態を評価する必要がある。既往研究では、SEM や X 線 CT によるひび割れ損傷の可視化が試みられている（例えば大塚ら¹⁾）。農業水利施設を対象とした研究には、石神ら²⁾による凍害条件下から採取した供試体のひび割れ損傷の可視化・定量化に関する試みや鈴木ら³⁾によるひび割れの幾何学的特徴と圧縮応力場における AE 発生挙動との関連研究を挙げることができる。

コンクリートでは、最弱リンク説により、粗骨材とモルタルの界面である遷移帯において微小ひび割れが発生し、破壊に至ると考えられている。このため、X 線 CT 画像からコンクリートの内部構成情報を正確に抽出する必要がある。本報では、機械学習を活用した画像処理によって、ひび割れおよび空隙の位置情報を抽出した結果を報告する。

2. 実験方法

供試体は寒冷地において長期間供用されたコンクリート製開水路の側壁部より採取した。この施設は全長約 80 km の農業用水路であり、凍害による剥離やひび割れが確認された。本報では、ひび割れが顕在化した供試体を対象とした画像処理結果を示す。

医療用 X 線 CT スキャナを用いて、凍害損傷を有するコンクリートの内部構造を可視化した。撮影条件は、ヘリカルピッチ：15.0，スライス厚 0.5 mm，管電圧：120 kV，管電流：210



(a) 学習用入力画像 (b) テスト画像

図-1 X 線 CT 画像

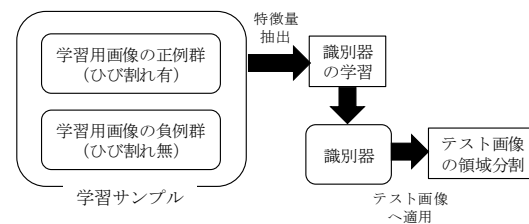


図-2 機械学習を活用した画像処理の流れ

mA とした。図-1 に X 線 CT 画像を示す。

3. 解析方法

図-2 に画像処理の流れを示す。学習用入力画像（図-1(a)）をひび割れの有無によって、2つのクラスに分類した。出力画像が目標画像に最も近づくようにフィルタの最適解を算出した。フィルタには、ガウシアンフィルタ、ソーベルフィルタ、ヘッセ行列、DoG フィルタの4つを用いた。算出された最適解をテスト画像（図-1(b)）に適用し、ひび割れの抽出を試みた。機械学習を活用した画像処理の特徴を明らかにするため、従来手法である明度によるしきい値設定から取得したひび割れ抽出画像と比較

*北里大学獣医学部生物環境科学科 School of Veterinary Medicine, Kitasato University

**新潟大学農学部農学科 Faculty of Agriculture, Niigata University

キーワード：X 線 CT，機械学習，画像処理，凍害，コンクリート

した。なお、明度によるしきい値には 111 および 194 の 2 ケースを設定し、画像処理を行った。

4. 結果および考察

図-3 に機械学習を活用した画像処理によって作成した二値化画像, 図-4 に明度のしきい値による二値化画像を示す。本報では、粗骨材内部(図-1, 図-3, 図-4 中の点線部) および遷移帯に発達したひび割れに着目した。

粗骨材内部のひび割れは、機械学習の活用によって抽出できることが明らかとなった。一方、しきい値を使用した場合にはひび割れが抽出できなかった。これは部分容積効果が一因と考えられる。部分容積効果とは、2つの物体間の境界において、各物質を重みとした平均的なCT値が得られることである。図-5 に粗骨材内部のひび割れとモルタル内部のひび割れにおける明度の分布を示す。ひび割れ位置によって明度が2倍も異なることが確認され、部分容積効果が抽出精度に大きく影響を与えることが示唆された。

遷移帯におけるひび割れの抽出精度は、機械学習によって向上することが明らかになった。しきい値を使用した場合、供試体中心部と外縁部でひび割れの抽出精度に違いが生じた。入射X線エネルギーが分布していること(アーチファクト)に起因すると考えられる。

5. まとめ

本報では、凍害コンクリートのX線CT画像を対象として、ひび割れおよび空隙の位置情報の抽出を試みた。機械学習を活用した画像処理は、しきい値による画像処理と比較して、粗骨材内部および遷移帯におけるひび割れを正確に抽出できることが明らかになった。

引用文献

- 1) 大塚浩司：X線造影撮影による鉄筋コンクリート内部の微細ひびわれ検出に関する研究，土木学会論文集，451，pp.169~178 (1992)
- 2) 石神暁郎，佐藤賢，中村和正，緒方英彦，周藤将司：X線CTによるコンクリート内部変状の評価，第62回農

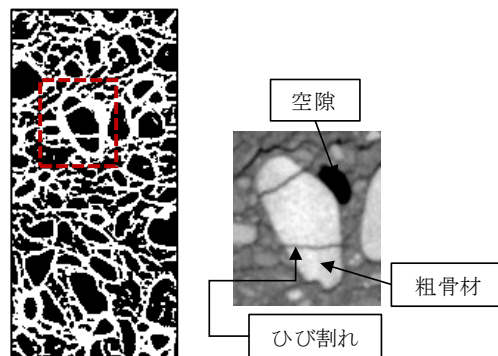
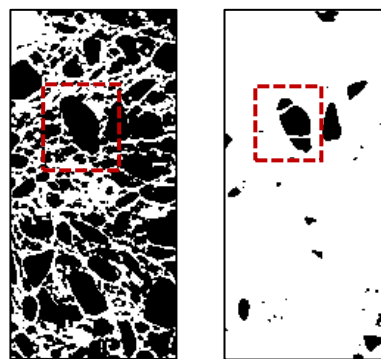


図-3 機械学習を活用した画像処理による二値化画像および粗骨材内部ひび割れの拡大図

*白色がひび割れを示す



(a) しきい値 111 (b) しきい値 194

図-4 明度のしきい値による二値化画像

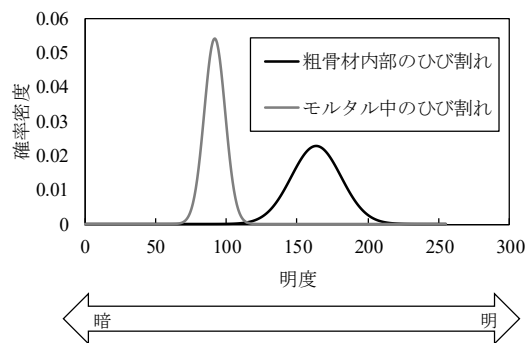


図-5 ひび割れ位置による明度分布の比較

業農村工学会北海道支部研究発表会講演集，pp. 60~63 (2013)

- 3) Suzuki, T., Shiotani, T., and Ohtsu, M.: Evaluation of Cracking Damage in Freeze-Thawed Concrete using Acoustic Emission and X-ray CT Image, *Constructions and Building Materials*, 136, pp. 619~626 (2017)