

電磁波による鉄筋腐食膨張に伴う内部ひび割れの推定に関する研究

法政大学 学生会員 ○藤原茜

法政大学 正会員 新保弘

(株)開発設計コンサルタント 正会員 野嶋潤一郎

法政大学 正会員 溝渕利明

1.はじめに

本研究では、電磁波レーダ法によりコンクリート内部のひび割れを検査者の熟練度に関係なく、正確に検査できる推定手法を提案することを目的とした。本研究は、データの取得、画像処理による簡易推定法の検討及び機械学習による詳細評価の検討を行った。

2.検討概要

室内試験においては、供試体①、供試体②よりデータを取得した。現地調査は、塩害劣化が進行して補修が予定されている RC 栈橋で現地調査を行い、学習にはこの構造物の現場データを用いた。

学習に使用したデータは、供試体データでひび割れありのデータが 144 データ、ひび割れなしのデータが 64 データであり、現場データは各 134 データである。

表 1 室内供試体の概要

	供試体①												供試体②	
かぶり(mm)	50						70						50	70
ひび割れ(mm)	—	1	1.5	2	3	—	0.5	1	1.5	2	3	—	—	—



図 1 室内供試体外観

3.画像処理による簡易推定法の検討

現場試験により取得した電磁波レーダ法のデータには、ひび割れ幅が大きく、機械学習を用いなくても劣化していることが推定可能なものがある。本検討では、それらのデータから、画像処理による劣化の推定について検討を行った。電磁波レーダの出力画像において、鉄筋のエコーは、図 2 の A のような凸型の形状となる。これに対して画像処理を行い、反射の強い部分のみを検出すると (B) となる。その後、面積で区分して大きさの大きいもののみを検出すると C のようになり、C の異常部のように左上の数値が 0 でなければ劣化しており、右側の健全部の画像のように 0 であれば健全であるということになる。したがって、この処理を行った場合、繋がったデータが出てくれば、劣化しているということが推定可能である。ただし、ひび割れ幅が小さい場合はこのような画像とならないことから、推定することができなくなる可能性がある。そこで、ひび割れ幅の小さな場合の判定は機械学習による判定を行うこととした。

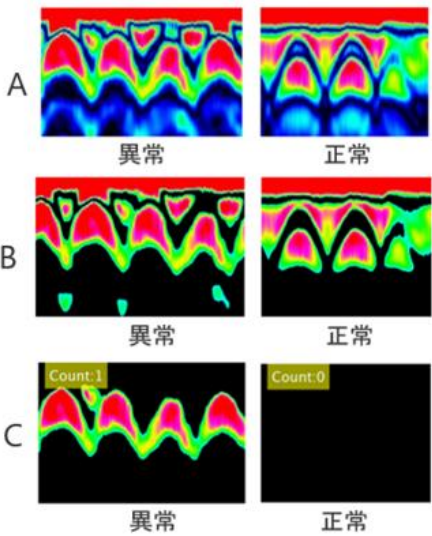


図 2 画像処理の流れ

キーワード 非破壊検査, 劣化評価, 電磁波レーダ法, 機械学習, 画像処理, 転移学習, HOG 特徴量

連絡先 〒184-8584 東京都小金井市梶野町 3-7-2 法政大学コンクリート材料研究室 TEL 042-387-6286

4.機械学習による詳細評価の検討

(1) ひび割れの有無による出力画像の違いに関する検討

本検討では、ひび割れの有無による断面画像の鉄筋の存在により生じるエコー（図 3）の形状の違いについて検討した。ひび割れなしの場合とひび割れありの場合の鉄筋のエコーの形状を図 4 に示す。これを重ね合わせると図 5 になり、ひび割れありの場合とひび割れなしの場合で、鉄筋の存在により生じる影の形状が異なる結果となる。図 5 において、①に示した部分ではひび割れありの画像が凹となり、②に示した部分ではひび割れありの画像が凸となる結果を示した。これは、図 6 に示すようにひび割れ部分の空気層とコンクリート層において電磁波が屈折することにより、ひび割れがある場合は電磁波を受信するまでの時間が長くなるためではないかと思われる。

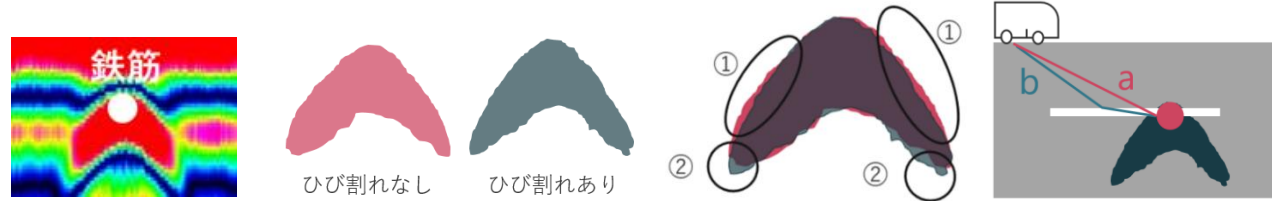


図 5 鉄筋のエコー

図 3 鉄筋のエコーの違い

図 4 エコーの比較

図 6 電磁波の屈折

(2) 機械学習を用いた詳細評価に関する検討

本研究では、機械学習の手法のうち、転移学習による学習と HOG 特徴量による学習を行った。最初に供試体データを用いて、図 7 の画像処理のパターンによる精度を比較したところ、精度は、パターンⅠが 92%、パターンⅡが 79%、パターンⅢが 71%となり、パターンⅠが最も精度が高い結果となった。次に、転移学習と HOG 特徴量による学習を行ったところ、表 2 のような結果となった。転移学習の結果は、現場データの方が精度よく判定されたが、HOG 特徴量による学習では、供試体データの方が精度よく判定された。これは、転移学習と HOG 特徴量では、学習の特徴が異なるためと考えられる。転移学習では、一枚の画像全体を学習することから、現場データの画像のような多くの不確定要因がある画像においても学習することができるため、HOG 特徴量による学習よりも適用範囲が広いと考えられる。一方、HOG 特徴量による学習では、画像をセルで分割し、セルごとに輝度の勾配ベクトルを求めるため、供試体データのような理想に近いデータの学習が適している。このことから、HOG 特徴量による学習は転移学習による学習よりも、よりひび割れ幅の小さな、潜伏期のひび割れを発見することができる可能性がある。



図 7 画像処理のパターン

表 2 転移学習と HOG 特徴量による学習の比較

	転移学習		HOG特徴量による学習	
	供試体データ	現場データ	供試体データ	現場データ
精度	88%	92%	95%	87%

5. 結論

本研究では、画像処理による簡易推定法について検討し、色の閾値を用いた画像処理によって劣化が推定できる可能性のあることを示した。また、電磁波レーダの出力画像はひび割れの有無による鉄筋のエコーの形状が異なることに着目し、機械学習によって劣化を推定する方法について検討した。その結果、機械学習による詳細評価によって鉄筋のエコーの形状から劣化を判定することができる可能性を見出した。

6. 参考文献

園田潤，木本智幸：畳み込みニューラルネットワークと敵対的生成ネットワークによる地中レーダ画像の物体識別，信学技報，vol. 118，no. 441SANE2018-123，p71-76，2019 年 2 月