

LightGBM を用いた老朽化したトンネルのひび割れ検出

愛媛大学 学生会員 ○堀 太成 愛媛大学 正会員 全 邦釘
愛媛大学大学院 学生会員 瀬々 大樹 愛媛大学大学院 学生会員 山根 達郎

1. 背景・目的

近年、1960 年代に集中的に建設されたコンクリート構造物の劣化・損傷が顕著となっており、適切な点検およびその後の評価・記録が重要となっている。点検項目の中でも、ひび割れはコンクリート内部の鉄筋腐食の促進やコンクリートの剥離・剥落に繋がるため、コンクリート構造物の点検において重要な指標である。しかし、一般的にひび割れ調査は近接目視によるものが主流となっているため、作業員への負担や作業員ごとのひび割れ評価のばらつき生じることが問題として挙げられる。よって、従来の近接目視などの点検手法の問題点を解決できる効率的かつ定量的な点検手法の確立が求められている。

このような背景から近年、画像処理と機械学習を用いることで定量的な検出を可能にする研究が行われてきた。この手法は現場での作業時間が短縮可能となり、またデータの利用・管理が容易となるため効率的に点検・評価・記録ができるという利点がある。ここで、既往の機械学習を用いたひび割れ検出手法では、一般的にひび割れの存在する画素は周囲と比べて暗いもしくは同程度であるという前提として検出を行っていた¹⁾。しかし、老朽化したトンネルでは表面の汚れが強すぎる場合や、ひび割れの方が周囲に比べて画素値の高い場合もあり、既往の方法をそのまま用いると検出できない場合もある。さらに、鉄道特有の設備である下束や架線が誤検出の原因になりやすいといった問題も挙げられる。また、Deep Learning などの手法は、精度は高いものの大きなマシンパワーを必要とし、高い設備投資費用が必要になるため、現場に導入しづらいなどの課題もある。

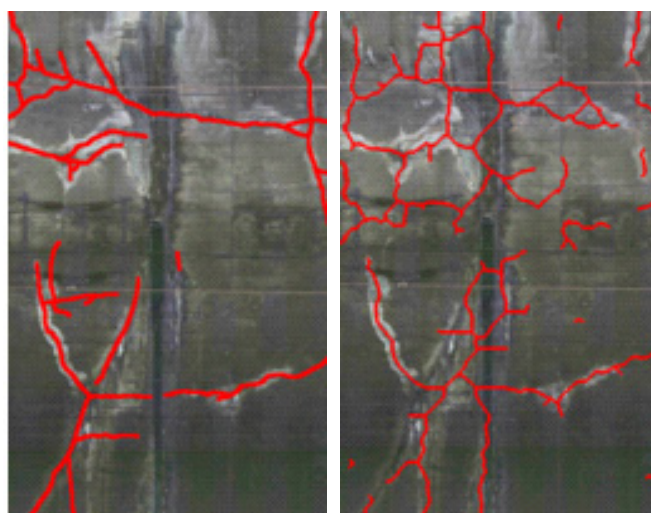
そこで、本研究では機械学習手法のひとつである LightGBM を用いた老朽化したトンネル表面におけるひび割れ検出手法を提案する。

2. LightGBM

LightGBM は、ランダムに作成した決定木を多数用意して結果を予測するアンサンブル学習の一種である。LightGBM では、決定木を作成する際、各分類木を作成するための学習データの選択および決定木学習中の各ノードにおいて、選択候補となる属性番号の集合のランダム化を行っており、そのために GBDT(Gradient Boosting Decision Tree)を用いる。GBDT とは、決定木ベースの機械学習手法の一つであり、各ステップのパラメータを最適化する際に勾配降下法を用いる方法である。GBDT では、並列処理を行う Random Forest とは対照的に、一つ前の決定木の誤りを次の決定木が修正するようにして、連続的に弱学習機を構築するブースティングという手法を用いている。そのため、Random Forest よりも精度が上がりやすい一方で、並列計算に向いておらず、計算時間をより必要とすること、過学習しやすいこと等の特徴を持つ。そこで LightGBM は、GOSS(Gradient-based One-side Sampling)及び EFB(Exclusive Feature Bundling)という手法を用いることで、データ及び特徴を減らすことにより、計算時間の短縮と過学習の抑制を行っている。

3. ひび割れ検出方法

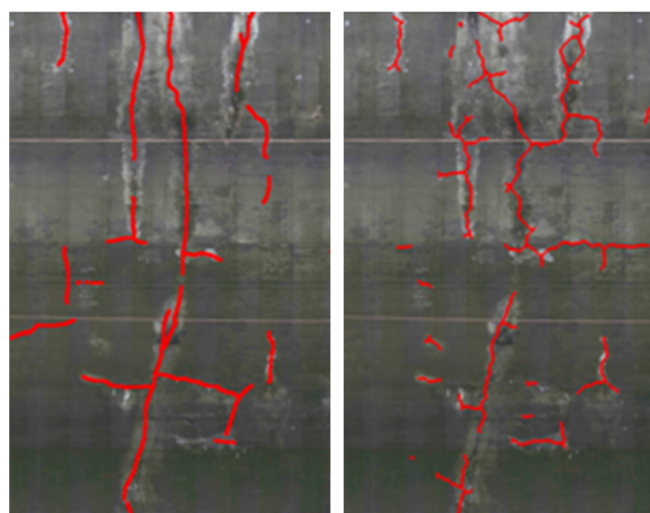
本研究では機械学習手法の LightGBM を用いた。また、モデルは数種類のフィルタ処理後の画素値を特徴量として用い、画素単位で判定を行った。学習の際のクラスラベルは、‘ひび割れである’・‘ひび割れでない’の 2 クラスである。また、検出・評価においては K-分割交差検証法を特殊な形式にして行った。その方法として、本研究ではデータを 6 個に分割し、そのうち 1 つをテストデータ、残りの 5 つをそれぞれ学習に用いてモデルを 5 つ作成した。その 5 つのモデルを用いてテストデータのテストを行い、得られた 5 つの結果を多数決することで最終的な推定結果を得た。そして、6 つのデータそれぞれに推定を行うために、これを 6 回繰り返した。



(a)実際のひび割れ位置

(b)検出結果

図-1 ひび割れ検出結果 1



(a)実際のひび割れ位置

(b)検出結果

図-2 ひび割れ検出結果 2

4. 結果・考察

図-1 および図-2 に、本研究手法によるひび割れの検出結果の一例を示す。図から、遊離石灰などの汚れの厳しい箇所においてもひび割れの位置を概ね検出できていることがわかる。一方、図-1 の下部などにおいて、トンネル壁面の継ぎ目などを誤検出している部分も見受けられる。これについては、モデル構築において検出結果の再現率を高めること、すなわちひび割れの未検出を少なくする方を重要視したためである。これは、ひび割れの検出を行ったときに継ぎ目などの箇所をモデルがひび割れと誤って判断したとしても、実際に作業者が見た段階ではそれが本当にひび割れかどうか判断できるが、仮にひび割れが検出されなかったとすると、補修すべきひび割れが見過ごされるリスクが高くなり、安全上問題があるためである。

また、今回の研究では 412 枚の画像を用意し、モデルの定量的な評価を行った。その結果、検出結果における再現率が 0.868、適合率が 0.138 となった。再現率については、図-1 および図-2 を見ても分かる通り、実際にひび割れがある位置にはほぼ同じ位置で赤線が引かれており、高い値となっている。適合率については、継ぎ目や型枠跡などで誤検出が生じているため、高い数値ではないが上述したとおり実際に作業者が確認する段階でひび割れかどうかは判断できるため、取り立てて問題となることはないといえる。

5. 結論および今後の課題

本研究では、LightGBM を用いて、多くの計算コストを必要としない簡易的なひび割れ検出モデルを作成した。撮影画像と比較すると、継ぎ目や型枠跡を誤検出するなどといった課題はあるものの、実用面で有用な程度にひび割れの大まかな位置・形状を検出することができた。

今後の課題として、より作業者の負担を低減できるようにするためにも、誤検出を少なくする必要がある。そのために、検出対象をひび割れ・遊離石灰・コンクリート打設型枠跡をそれぞれ別々に検出することで、検出精度の向上を目指す。現状では、コンクリートのひび割れだけを正確に検出することを中心にモデルを構築しているため、適合率の向上しにくくなっていると考えられるが、誤検出している遊離石灰などを正確に検出することで、適合率の上昇を見込むことが出来ると考えられる。また、ひび割れ以外の要素を正確に検出することができれば、ひび割れ以外の損傷の判定にも繋がるため有益であると考えられる。

参考文献

- 1) 全邦釘, 嶋本ゆり, 大窪和明, 三輪知寛, 大賀水田生: ディープラーニングおよび Random Forest によるコンクリートのひび割れ自動検出手法, 土木学会論文集 F3, Vol.73, No.2, pp.I_297-I_307, 2017.