

打音による機械学習を用いた覆エコンクリートひび割れ 樹脂充填判定手法に関する研究

株式会社 九検 正会員 西 敏臣
株式会社 九検 正会員 古賀美智恵
ALL ONE 株式会社 正会員 廣 重幸

1. はじめに

既存構造物ひび割れ補修方法の一つに樹脂注入がある。この補修工法では注入された樹脂が空隙の隅々まで行き渡って充填されることが重要である。補修の現場における充填の成否は何らかの非破壊的な検査手法で判定されることが望まれる。本研究では非破壊的な検査手法の一つとして打音を入力とした機械学習に基づく手法の適用を試み結果を報告したものである。樹脂注入工法は IPH を採用した。

2. 機械学習に用いた局所外れ値因子法 (LOF) について

本研究では機械学習の一種である局所外れ値因子法を用い検討を行った。老朽化しておらず空隙がない状態や樹脂注入によって空隙が正常に樹脂に満たされた状態を陰性とし、空隙があつて樹脂が満たされていない状態を陽性と定義した。打音は時刻歴として取得したデータを Fourier 変換することで打音スペクトルに置き換える。この打音スペクトルは、特徴空間上においてベクトル値であるスペクトルを座標値とする一つの点として表現可能でありもう一つ別の打音のスペクトルを同じ特徴空間上にプロットした場合、両者のスペクトルが類似しているかを判断して近似していれば同類、また遠くになれば相違と見なした考え方をを用いた。図 - 2 に局所外れ値因子法の概念を示し図 - 3 に時刻歴波形、図 - 4 にフーリエ変換した音圧波形を示す。



図-1 打音データ取得状況

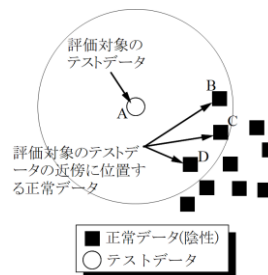
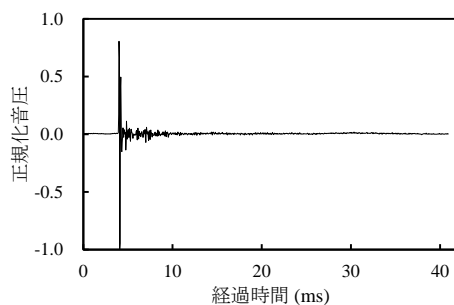


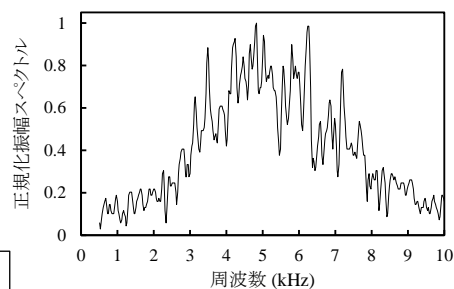
図 - 2 局所外れ値因子法 (LOF 概念図)



図一 3 時刻歴波形



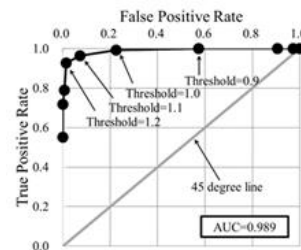
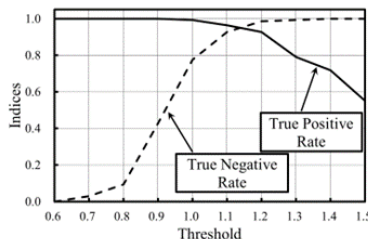
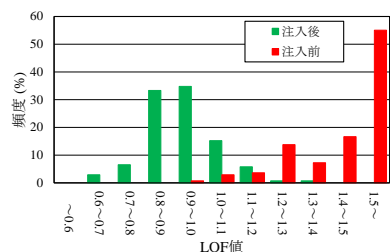
フーリエ変換



図一 4 音圧スペクトル

3 LOF 値評価結果 (スコア値)

注入前と注入後の評価を図—5 に注入前と注入後の LOF 値を示す。注入前を赤で示すが LOF 値は 0.9 ~ 1.5 以上を示すが注入後は 0.6 ~ 1.2 に低下しており陽性から陰性に移行した、すなわち注入により空隙等が減少したことが推測される結果を示した。



図—5 注入前と後の LOF 値比較

図—6 真陽性率真陰性率

図—7 ROC 曲線

図—5 は充填の前後での LOF 値の変化をとらえたものであった。この手法を充填後の充填不良個所を検査するのに利用することを考えれば、充填不良個所は充填前と類似した打音であると仮定するならば充填に成功した箇所 (陰性) と不良個所 (陽性) の判定が可能となる。しかし、そのような目的で LOF 値を使用する場合には、陰性と陽性を区別する LOF 値の閾値が必要となるが、これは一種のハイパーパラメータであるので判定前に決めとく必要がある。そこで閾値を 0.6 ~ 1.5 まで変化させた場合の真陽性率 TPR と真陰性率を図—6 に示す。真陽性率を 1.0 に保つためには閾値は 1.0 以下、真陰性率を 1.0 に保つためには 1.2 以上である必要があり、両者を同時に 1.0 とすることはできないが 1.1 ~ 1.2 の間に設定すれば両者とも概ね 0.9 以上とすることが可能である。次に真陽性率 TPR と偽陽性率 FPR を用いた受信者操作特性曲線 (ROC 曲線) を図—7 に示す。この ROC 曲線の AUC 値は 0.989 とほぼ 1.0 に近い数値であり、本手法の分類器としての優れた特性を表している。

4. 結論

今回行った注入前、注入後の AI 打音検査において各補修箇所毎にて LOF 値の低下が見られ注入による改質効果があったと推察される。ジャンカ上にて行った注入前注入後の LOF 値の結果を図 3-2-3 に示すが注入前と比べ注入後における LOF 値の低下偏移 (改質効果あり) が確認できる。今回 LOF により注入前後の LOF 値の変化を基に補修補強の傾向分析が可能であることが判明したことで、同類事象の研究を重ね評価手法の信頼性向上を目指したい。

謝辞

本研究は防衛大学校黒田一郎教授による研究指導をいただいたことにここで感謝の意を申し上げます。

参考文献

- (1) 佐相聡実, 勝木太, 日比野克彦: 機械学習を利用した打音法のコンクリート浮き部検出への適用性に関する基礎的研究, コンクリート構造物の非破壊検査シンポジウム論文集, Vol.6, pp.201-206, 2018.
- (2) 歌川紀之, 安永守利, 杉本恒美: 叩き点検を代替する技術の開発, コンクリート工学, Vol.55, No.6, pp.502-509, 2017.