

機械学習の手法を用いた打音診断

—実構造物での欠陥の推定—

佐藤工業 正会員 ○黒田 千歳, 歌川 紀之
筑波大学 安永 守利

1. はじめに

コンクリート構造物の点検では目視と打音調査が基本とされている。このうち、打音調査については熟練者が音を耳で聞き分けて欠陥を検出することが多いが、これからは点検者の技量に左右されずに判断できる技術の開発が必要と考えられている。著者らは、打音で記録した波形をもとに複数の機械学習の手法を用いて、それが健全であるのか欠陥であるのか、あるいは、欠陥ならばどのような広さ、深さであるのか判定する技術の開発を進めている。これまでは学習された規模の欠陥に対し、誰が検査をしても、同様な結果(有無, 規模)が得られることを目標に開発を進めてきた。

現地での検査では、学習していない規模の欠陥についても判定が必要となる。著者らは、20種類の大きさ、深さの組合せの欠陥を持つ試験体について、一部の欠陥を学習した自己組織化マップ¹⁾を用い、学習に使用していない未知の欠陥がどのように判定されるか報告済みである²⁾。本稿ではこれを用いて実構造物での判定を行った結果について報告する。

2. 学習対象

学習と検証に使用したコンクリート円形空洞試験体は、図-1に示したような全体の幅2m、高さ1.5m、厚さ0.3mのコンクリート躯体に、20種類の発泡スチロールの円形板(厚さ25mm、直径50～300mm、深さ(かぶり)10～100mm)が埋め込まれているものである。実構造物に適用するため、20種類全ての欠陥部、および欠陥以外の健全部についてランダムに各々約100回打撃して採取した打音データを学習と検証のため用いた。

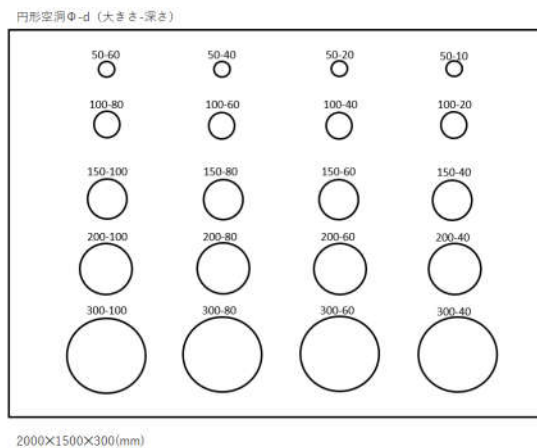


図-1 円形空洞試験体

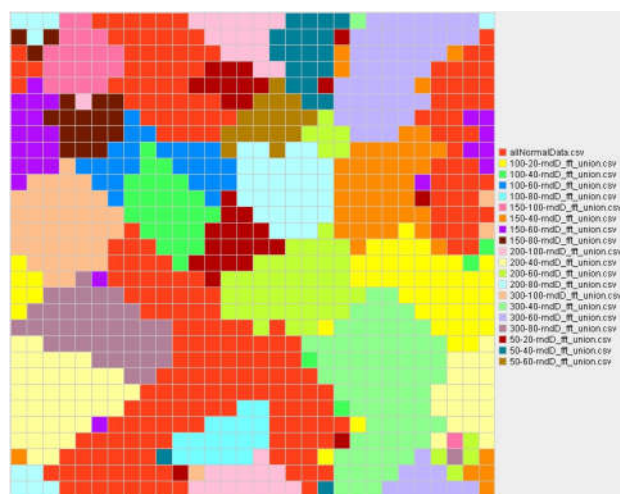


図-2 円形空洞試験体の学習により作成された自己組織化マップ

キーワード 打音検査, 機械学習

連絡先 〒300-2658 茨城県つくば市諏訪 C30 街区 1 佐藤工業(株) 技術センター土木研究部 TEL. 070-3306-7397

3. 学習

マイクで収録された打撃データより、FFT 解析により得られる周波数分布を 512 次元の入力ベクトルとし自己組織化マップを作成すると図-2 のようになった。

4. 実構造物での欠陥の推定

図-3 は昭和 48 年竣工の道路橋梁の床版で、塩害および疲労を受け、鉄筋位置での剥離や土砂化が進行しており、2020 年に床版の取替えが実施されたものである。表面のアスファルトは剥がされている。表面は土砂化しておらず、鉄筋部分の腐食による剥離欠陥があるものと考えられる。

図の枠で囲んだ範囲を約 20cm 間隔で縦 6 行、横 8 列を打撃して図-2 の自己組織化マップを用いて判定すると、図-4 のような結果が得られた。図では欠陥と判定された打撃点の位置に実寸に合わせて円が描かれている。50-20 と表示されているものは大きさ 50mm 深さ 20mm と判定されたものであるが、マップ上では全て健全との境界付近にあり健全と判定してよいものであった。

例として、大きさ 300mm、深さ 80mm と判定された打撃点での自己組織化マップでの対応したニューロンを示すと図-5 のようになり、円形空洞試験体で学習された周波数を持つ欠陥とよく対応していることがわかる。学習されたものとは異なる周波数を持つ欠陥の場合は、このようにニューロンとの比較により結果を確認することができる。

5. おわりに

円形空洞試験体の欠陥を学習した自己組織化マップを用いて、実構造物の打音検査を行い、欠陥の大きさ、深さがどのように判定されるか示した。本方法を用いて欠陥の大きさ、深さが客観的に推定され、打音検査の効率も向上することが期待される。今後は、学習する欠陥の種類を増やして推定性能を高め、他の判定方法とも合わせて、より多くの実構造物での欠陥推定の可能性を検証する予定である。

謝辞

本研究では、土木研究所構造物メンテナンス研究センターが保有している切り出し試験体を使わせていただいた。関係者には謝意を表する。

参考文献

- 1) T.コホネン：自己組織化マップ 改訂版，丸善出版，2012
- 2) 黒田千歳，歌川紀之，安永守利：機械学習の手法を用いた打音診断，土木学会第76回年次学術講演集，VI-329，2021年9月



図-3 床版の切り出し試験体

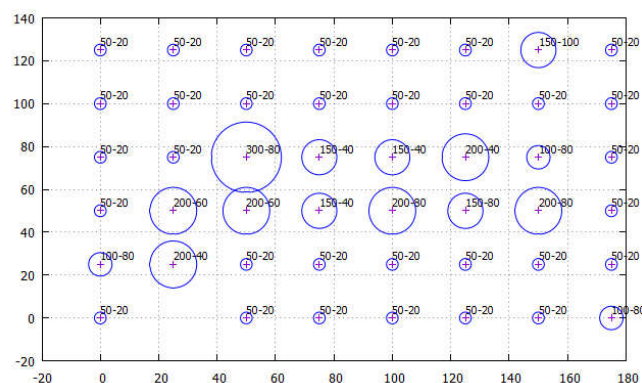


図-4 自己組織化マップによる判定

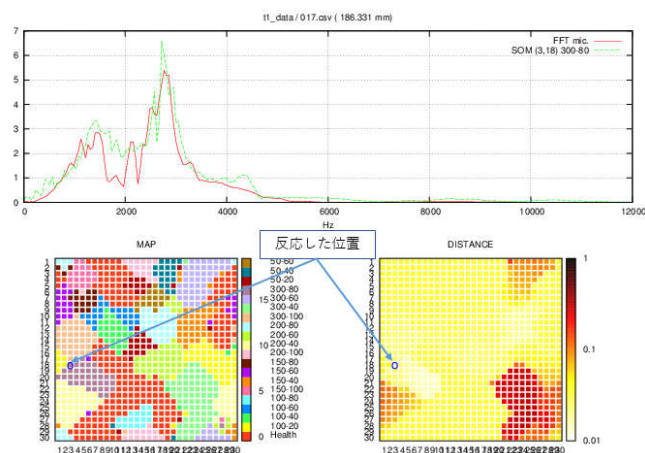


図-5 広さ 300mm、深さ 80mm と判定された箇所の自己組織化マップでの対応したニューロン、マップでの位置と各ニューロンとの距離(白いほど近い)