

AI 打音検査システムの開発

首都高技術株式会社	正会員	○窪田 裕一
首都高技術株式会社	正会員	野添 裕輔
独立行政法人産業技術総合研究所	非会員	岩田 昌也
独立行政法人産業技術総合研究所	非会員	村川 正宏

1. はじめに

コンクリート構造物の点検や調査等は、目視点検や叩き点検に加えて測定機器を用いた非破壊試験による調査を多く行われている。一般的に打音法（以下、打音検査）においては既に実務でも広く用いられているが、その判断等は、点検員の経験や感覚による部分が多い。また、首都高速道路においても膨大なコンクリート構造物の点検・調査を行っていく上で、定量的かつ効率的に損傷を抽出し、判断・評価することは重要である。

今回開発した AI 打音検査システムは、点検ハンマーによる打音の違いを機械学習し、構造物の異常箇所と異常の度合いを自動検知する。検知結果を点検員にリアルタイムで提示するとともに、点検ハンマーの位置情報と統合して異常度マップを自動的に作成する。これにより、図面化を含めた作業工数が削減できるメリットがある。

2. 音響解析手法

従来の手法では、主に打音エコー信号のピーク周波数のみに焦点を当て空洞等の欠陥を判断している。これは、周波数帯にわたる多くの特徴を持った分布パターン情報を欠落させることになる。そこで本研究では、これらの問題を解決するため、従来のピーク周波数だけではなく、各周波数の振幅成分抽出に加え、時間・周波数面での動的遷移情報等の特徴を用いた。さらに、それらの特徴の時間・周波数面での動的遷移空間の各複素数ペアに対して複素相関を算出することで、特徴量を抽出する。このように信号の詳細な特性を特徴量として抽出することができ、打音の微妙な差異の判別を行うことができる。また、その特徴量は次元数が多いため、多変量解析（主成分分析）を行った（図-1）。

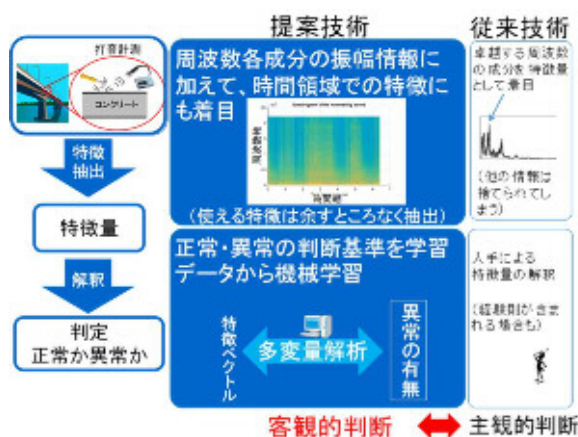


図-1 音響解析手法フロー

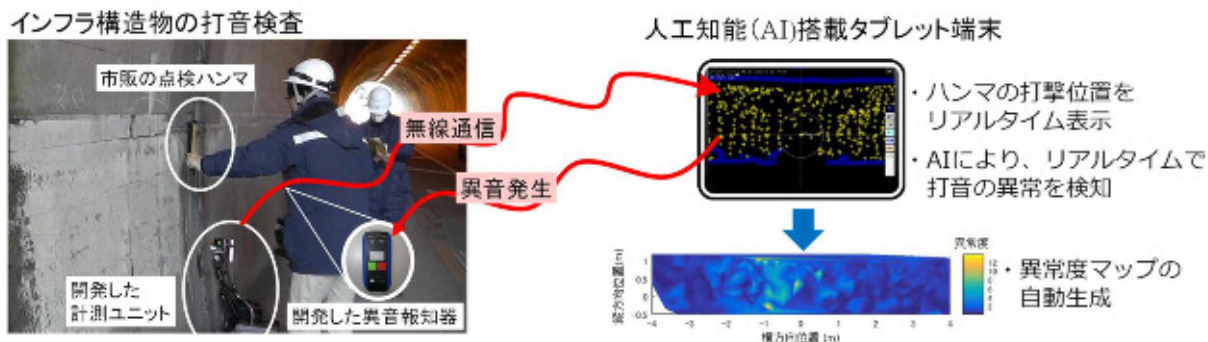


図-2 人工知能による打音検査をアシストする「AI 打音検査システム」

キーワード AI, コンクリート, 打音検査

連絡先 〒105-0001 東京都港区虎ノ門 3-10-11 首都高技術株式会社 技術部 TEL 03-3578-5765

3. 開発の概要

今回開発した AI 打音検査システムは、計測ユニット、AI を搭載する制御・記録・解析用のタブレット端末、異常を通知する携帯デバイスから構成される(図-2)。計測ユニットを構造物の壁面など平らな面(平面構造)に立てかける形で使用する(図-3)。この AI 打音検査システムは、一般的な点検ハンマーを用いた打音検査に対して、主に二つの機能を提供する。一つは、ハンマーで叩いた箇所(打撃点)の異常の有無を異音解析技術により自動的に判定し、異常箇所を検出すると点検員にリアルタイムで提示する機能でありもう一つは一連の打音検査の作業終了後すぐに、異常度マップを自動的に生成して点検員に提示する機能である。まず一つ目の、異常箇所のリアルタイム提示については、計測ユニットに搭載された接触式の音響センサーと、打撃位置取得のための測域センサーにより、点検ハンマーの打音の波形と、平面上のどこを打撃したかの位置情報を合わせて取得できる。センサーの測定範囲は、構造物の状況にも依存するが、計測ユニット設置位置から半径 4 m 程度以内の打撃を検知できる(図-4)。点検ハンマーが打撃した箇所(打撃点列)は、無線で接続しているタブレットに随時表示される(図-5)。タブレットは機械学習によりセンサーデータを解析し、異音が検知されると、即時に点検員が持つ携帯デバイス(図-3)に通信し、LED の点灯と、ブザー音によって通知する。二つ目の異常箇所マップの自動生成機能については、打音検査を終えて検査モードを終了すると、これまで取得した打音位置とそれら打音の異常度を統合した異常度マップが自動生成される。異常度マップの自動生成には、異常度判定に用いた打音と、その打撃位置を正確に対応づける必要がある。音響センサー情報だけを用いた異常度判定と、測域センサー情報だけを用いた打撃位置の計測を個々に行って対応付けすると、それぞれの手法の誤差がそのまま異常度マップに反映されてしまい、誤差が大きくなるという問題があった。今回、計測ユニット内に両センサーを搭載し、音響センサー情報と測域センサー情報を統合的に解析することでこの問題を解決した。図-6 に示すようにトンネル A の壁面で打音検査を行った。図-7 に示すように壁面で取得した異常度マップでは、壁面にあった異常箇所が示されるとともに、従来は点検員の感覚に依存していた異常度を、学習した正常な打音からどの程度異なる音かを定量的に解析し、色付けして可視化してある。



図-3 開発した計測ユニット



図-4 計測ユニットの計測範囲

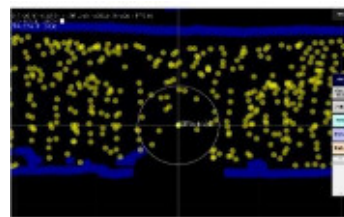


図-5 取得した打撃点列の表示

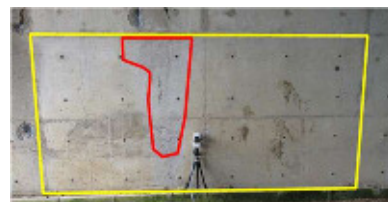


図-6 トンネル A 点検箇所(黄) 損傷(赤)

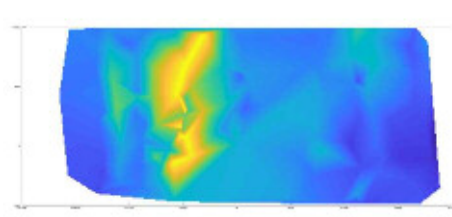


図-7 損傷コンター図

4. おわりに

開発した AI 打音検査システムは、点検ハンマーによる打音の違いを機械学習し、構造物の異常箇所と異常の度合いを自動検知することができた。また、実構造物での実証試験を重ね、本システムの完成度を高めていく。今後は、打音をその位置情報とともに記録できるため、計測ユニット自体の絶対位置情報を取得できれば、点検データと構造物の三次元点群データや測量データとの統合管理することが可能となるため、絶対位置情報の取得法などの検討を進め、活用範囲を広めていく予定である。本研究は、SIP(内閣府戦略的イノベーション創造プログラム)の採択を受け、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合研究機構(NEDO)の委託業務の結果得られたものである。