

回転式打音診断支援システム（S-SJ）の実運用に向けた取組みについて

(株)ネクスコ東日本エンジニアリング 正会員 ○清水 俊吾
 (株)ネクスコ東日本エンジニアリング 正会員 高櫻 裕一
 公立諏訪東京理科大学 田邊 造
 (株)クワキ・シビル 桑野 代介
 (有)ケイ・ピー・ディ 加藤木一明

1. 概要

回転式打音診断支援システム（S-SJ : Smart Soundness Judgment）は、回転式打音点検器を用いたコンクリート構造物の打音点検において、点検作業の効率化および点検精度向上を目的としたシステムであり、交通反響音等のある環境下でも確実に打音を聴き取れるよう、交通反響音のリアルタイムな抑制機能および打音の判定支援機能を搭載したシステムとして開発を行った。

2. 交通反響音抑制および判定支援

開発したシステムを図－1に、現地検証状況を図－2にそれぞれ示す。コンクリート構造物の打音を回転式打音点検器により行い、その音をステレオマイクロホンで集音し、交通反響音抑制処理用プログラムにてリアルタイムに処理を行う。点検員は処理されたクリアな音をイヤホンから聴いて打音判定を行う。また、同時に処理された打音が健全か変状かに応じてヘルメットに設置したLEDランプが青または赤に点灯し点検員に知らせる。健全か変状か疑わしい範囲では変状疑いとしてLEDランプが黄に点灯する仕組みとした。このように、S-SJは点検員の聴く音とLEDランプの色により点検を支援する。なお、交通反響音抑制処理は公立諏訪東京理科大学の雑音抑圧技術を応用したものである。

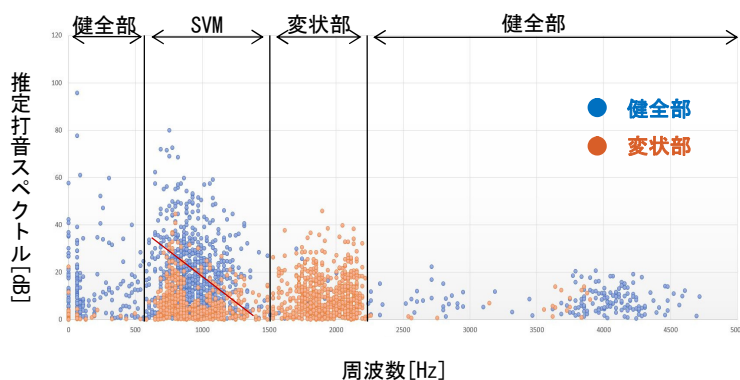
判定支援の概念図を図－3に示す。高速フーリエ変換後の推定打音スペクトルのピークを取る周波数に特徴があるため、これらを特徴量とした。図は健全部および変状部の教師データを重ね合わせたものであり、ある周波数を閾値として健全部、変状部および両者が混在した範囲の3領域に大きく分類した。健全・変状の混在した範囲について、さらにAI（機械学習）の一種であるサポートベクターマシン（以下SVMとする。）を用いた正誤判定手法を取り入れ、健全部か変状部かを識別できるシステムとした。図－3のSVM領域における直線が分離線（超平面）を示しており、分離線近傍の範囲については健全とも変状ともいえない範囲のため、不明（黄色ランプ）とした。このようにSVM領域を絞り込むことでリアルタイム性向上を実現した。



図－1 S-SJ システム一式



図－2 S-SJ 現地検証状況

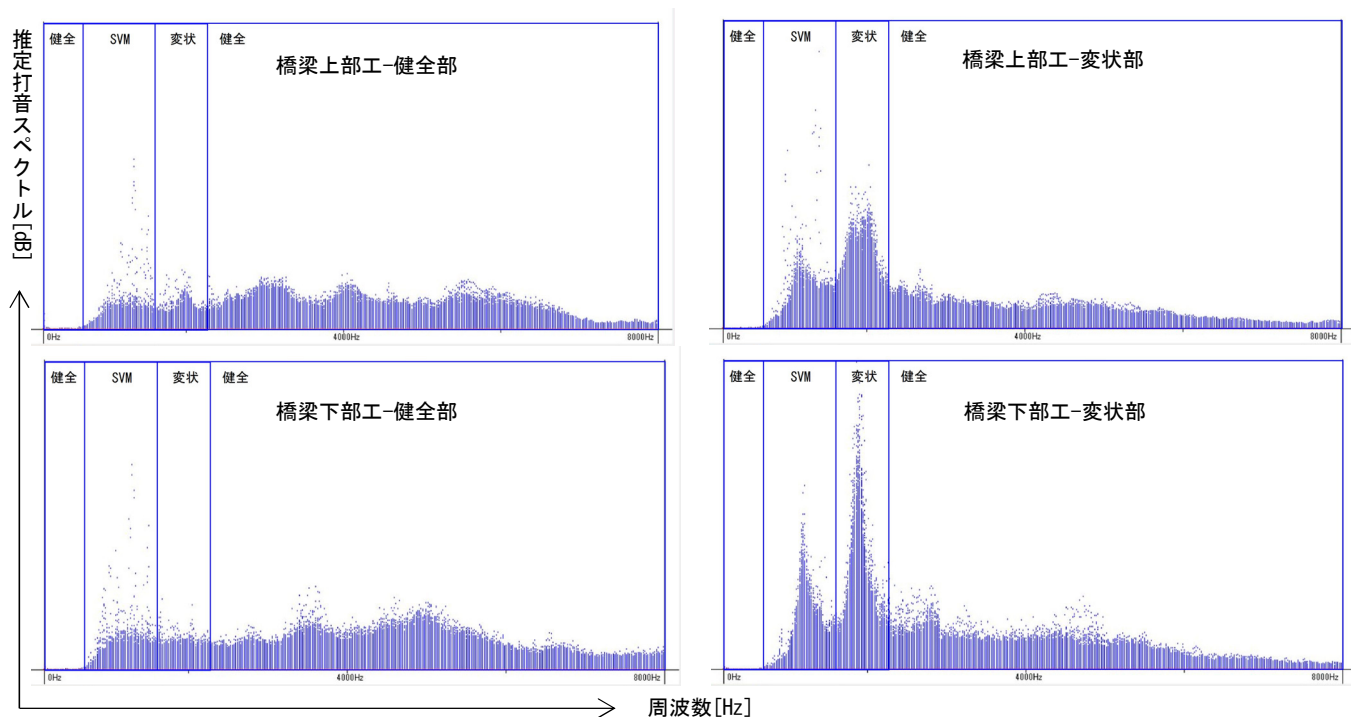


図－3 判定支援の概念図

キーワード 維持管理、コンクリート構造物、打音点検、回転式打音点検器、交通反響音抑制、判定支援

連絡先 〒116-0014 東京都荒川区東日暮里 5-7-18 コスモパークビル 7 階 (株)ネクスコ東日本エンジニアリング

土木保全計画部 保全技術課 TEL : 03-3805-7940 FAX : 03-3805-7902



図－4 構造物種別毎の特徴量

3. 実運用に向けた取組み

① 構造物種別毎の検証・分析

本システムによる現地検証を橋梁上部工、下部工およびトンネルにて行った。代表的な橋梁の特徴量を示す打音プロットの散布図を図－4に示す。図に示すように、橋梁上部工、下部工いずれにおいても健全部と変状部の特徴量に違いがあることを確認した。健全部、変状部およびSVM範囲を分類する閾値についても概ね同様な数値とできることを確認した。

② 変状の大きさおよび程度毎の検証・分析

図－4の変状部はいずれも長さ1.0m程度の「浮き」である。変状の大きさや程度により、散布図の形状も異なる傾向があることを確認した。また、外観上は同様な変状においても浮きの深さ等により推定打音スペクトルのピークを取る周波数帯が異なる結果であった。様々な変状の程度に対応できるよう、複数の変状打音データから閾値を設定しSVMを使用する範囲および教師データの適正化をさらに進める必要がある。

③ 音の大きさと判定支援精度の関係確認

本検証においては回転式打音点検器「標準タイプ」を用い、マイクロホンとコンクリート面との距離を50cm程度に統一させ比較を行った。推定打音スペクトルの大きさはマイクロホンとコンクリート面との距離にも依存し、判定支援精度にも影響を及ぼすため注意が必要である。近寄れない箇所の打音時は別途アンプによる音量調整をできるようにする予定である。

4. 今後の展開

今回行った検証・分析を今後も積み重ね、様々な打音データを蓄積し、閾値や教師データを適正化することで判定支援精度を向上させることが可能である。一方で、点検の判定は最終的に点検員が行うことから、健全音と変状音を聴き取りやすくすることも極めて重要であり、雑音除去プログラムの改良を進めている。このように点検員にとって使いやすく、負担を軽減できる点検支援機器へと改良を進め、点検の効率化や点検精度向上を実現させたい。

参考文献

- 1) 清水俊吾，高櫻裕一，門平篤志，田邊造，桑野代介，加藤木一明：回転式打音診断支援システム（S-SJ）の現地検証について，土木学会第74回年次学術講演会（令和元年9月），VI-782，2019