回転式点検打音診断支援システムの開発

㈱ネクスコ東日本エンジニアリング　正会員　○阿部　浩樹　　三研マイクロホン㈱　上市　市蔵
フォステクス　カンパニー　川名　康夫　　㈱システムファイブ　楠本　慎太郎

１．はじめに

現在点検に導入している回転式打音点検器具（以後「器具」という）を用い，点検精度向上を目的としてヘルメットに狭指向性のマイクロホンと専用のアンプによる聴覚診断手法及びその補完機能として打音波形を数値化した定量的診断結果を現地でリアルタイムに表示させる打音診断支援システムの開発を行った．

２．現状と問題点

使用する器具の特徴としては，六角の軸球体がコンクリート表面を連続的に回転打撃し，その打撃音（圧）の状態によって変状の有無を判断するものである．（図－１）健全な箇所と変状を有する箇所との聞き取り音は，点検ハンマーに比べ打音レベルが低く，交通走行音及びトンネル内の反響音等を有する環境下では，確実に診断音を聞き分けることが困難な場合がある．

（図－１　回転式打音点検器具）

３．システム構成

（１）．システム概要

本システムの特徴，システムイメージは以下のとおりである．（図－２）

①打音の聞取機能

的確に器具による打音を離れた状態から音を捉えるために，狭指向性のショットガンマイクロホンを採用し，振動防止用にマウントフォルダーを備え，振動等のノイズに配慮した．

また，周波数調整機能等として打音聴取専用アンプで不要な周波数帯のフィルター処理を行い，聴覚判断を向上させた．

（図－２　システム全体イメージ）

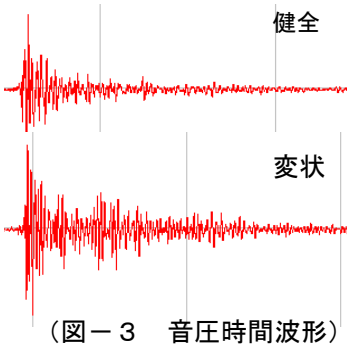
②変状箇所の定量的診断

アンプには聴覚判断の補完機能としてマイクで収音した音圧波形を分析し，打音波形を数値化，定量的診断結果を現地でリアルタイムに表示させた診断の補助機能を付加した．分析結果を表示するインジケータとして，ヘルメットのつばに LED を取り付け，点検目線で確認が取れるものとした．アンプは点検時安全帯等に設置するため作業の負担に無いように小型軽量化を図っている．ヘッドホンは，点検時に警笛や声が確認出来るよう安全確保のためにオープン型（市販品）とし，ヘルメットに設置した．

（２）．波形特性の着眼

打音の音圧波形として，一般的に健全部の波形は，音圧ピーク値が小さく定常的な打撃波形が得られ，減衰時間は，変状部に比べて短く 5～15msec 前後である．変状部の波形は，変状規模（深さ，面積）によって異なるが，音圧ピークが大きく，変状内部の反響音によって増幅されるため減衰時間が健全部よりも長い傾向にあり，10～20msec 程度となる．（図－３）よって，振幅波形の形状の相違に着目し，数値化による打音評価を行った．

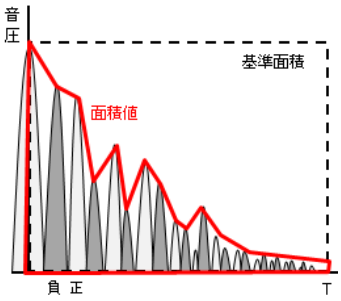
健全部と変状部の比較からピーク時から減衰までの振幅量の差が明らかに異なり，変状部の振幅量・時間の大きいことが，視覚的にも判断できる．



（図－３　音圧時間波形）

キーワード　維持管理，打音点検，定量的診断，音圧波形分析，狭指向性マイクロホン
連絡先　〒116-0014　東京都荒川区東日暮里５丁目７番地１８号　土木技術部　構造技術課　ＴＥＬ03-3805-7926

この波形振幅で表現される領域を数値化し，打音の評価に繋げた．なお，判定用の周波数帯として，変状部は 1～5KHz，健全部は 5～10 KHz で出現頻度が高い傾向を把握しており，アンプでフィルター処理を行い分析対象周波数帯域を絞り込んだ．



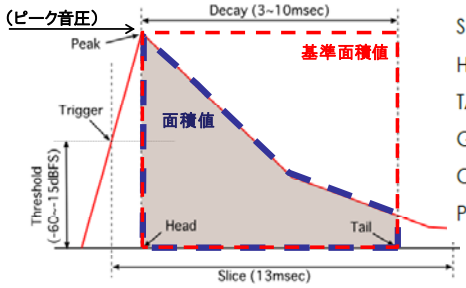
（図－４　波形分析イメージ）

（３）．波形分析方法

波形分析については，所定の音圧値を超えた位置を，波形抽出のスイッチ（トリガー）とし，対象となる波形の音圧ピーク値とそこから所定時間における基準面積と音圧波形による面積値を求め，下記の式によって無次元化の算定値Ｓを得て，評価値とした．

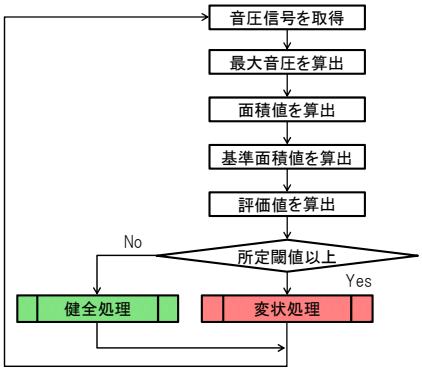
なお，面積算出にあたって，積分，積算等の手法があるが，本手法は入力信号をアンプ内のソフトにより全波整流※で算定している．（図－４，図－５）算定値Ｓは，打撃パワー値となるピーク音圧値と所定時間音圧値との比を乗じることにより，１波形の重み付けを行い，状態差をより明確に表現させた．

※交流電流の正負両波を整流し，流れの向きを同じにすること



SLICE	Slice の開始時刻	[sec]
HEAD	判定対象期間の開始時刻	[sec]
TAIL	判定対象期間の終了時刻	[sec]
Gross	判定対象区間における総面積	
Crite	判定対象区間の基準面積	
Peak	判定対象区間における最大レベル	[dBFS]

（図－５　波形分析方法）



（図－６　分析フロー）

算定値Ｓ＝（面積値／基準面積）×ピーク音圧／Ｔmsec の音圧
面積値：ピーク音圧からＴmsec の時間までの積分値（波形のエネルギー）
基準面積：ピーク音圧×Ｔmsec（波形の基準エネルギー範囲）

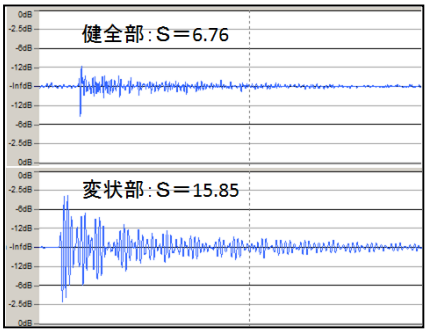
（４）．判定

音圧は距離に反比例して減少することから，算定値の判定用閾値は，ゲイン（増幅）毎で閾値の設定が必要となる．室内の供試体から，４段階のゲイン設定（－６ｄＢ）に対する値を設けた．

４．試行検証

室内供試体による検証を行った結果，算定値において，健全部と変状部がやや共存する値があるものの判別可能なレベルであり，LED ランプによるインジケータもほぼタイムラグなく変状識別を確認した．

（図－６，図－７）



（図－７　供試体検証結果）

５．まとめ

このシステムは，従来のコンクリート構造物点検の精度向上に寄与するものであり，確実に細部にわたっての点検が可能となるため，確実な第三者被害防止に繋がる．また，目視点検の補完に聴覚点検を充実させた手法で，点検の効率化にも効果が期待できる．

また，課題として閾値が変状の大きさや深さにより変動があること，点検環境により流動的であることから，今後は，多くのサンプリングを行い適正な評価値の確立を行う必要がある．