音響探査法を用いたコンクリート表層欠陥探査技術の開発

--健全部評価に関する検討(II)---

桐蔭横浜大学	正会員	○杉本	和子
桐蔭横浜大学	正会員	杉本	恒美
佐藤工業㈱	正会員	歌川	紀之
佐藤工業㈱	正会員	黒田	千歳

1. はじめに

インフラ整備における成熟期を迎えたといわれる日本では,高度成長期のコンクリート構造物の維持管理の 社会ニーズが高まっている。我々の研究室では,非接触音響探査法という遠隔からコンクリートの内部欠陥を 検査する手法を研究してきた。2つの音響学的特徴量,振動エネルギー比とスペクトルエントロピーを使って, 欠陥検知アルゴリズム¹⁾を提案してきたが,コンクリートの内部欠陥・健全部・計測不良点を識別するために, コンクリート健全部の定量的な統計評価が重要であることがわかってきた。コンクリート健全部についても, コンクリートの特性上,経年劣化・水分量・配合骨材などの要因で差異があり,我々の計測から得られる音響 学的特徴量を用いて統計的評価が可能ではないかと考え,本研究では,コンクリート実構造物(トンネル壁面) に対して,実験と解析を行い,健全部の評価を定量的に行った。また,同時に弾性波速度や反発度を測定し, 本手法の妥当性について検討した。

2. コンクリート健全部の抽出(外れ値の検出)アルゴリズム

コンクリートの健全部と見られる領域を非接触音響探査法で測定 する時、経年劣化やコンクリートの表面状態(凹凸や反射率など) により特異点(または計測不良点)が計測される場合があるが、健 全部から逸脱した特異点などを自動で検出して除去することで、コ ンクリート健全部を抽出することを考える。コンクリート健全部は, 音響学的に均一かつ等方的であるものと考えており、経年劣化や骨 材などの組成にも依存するが、今までの経験より、音響学的特徴量 が正規分布に従うものを標準としている。健全部の抽出アルゴリズ ムを Fig.1 に示す。各測定点の振動速度データから得られた2つの音 響学的特徴量の分布が得られる。まず、振動エネルギー比に対して Q-Q plot により正規分布への適合性を視覚的に判断し, Box plot に より統計的に外れ値を検出する。外れ値を除くことで、より健全部 の抽出が可能になる。次に、スペクトルエントロピーについても、 同様に外れ値の検出を行い、外れ値を除去する。その結果、健全部 とみなされる測定点が抽出され,正規分布の確認を行い,2つの音 響学的特徴量の統計量(平均・標準偏差)が求められる。

3. 測定方法

長距離音響放射装置 (LRAD: Long Range Acoustic Device) の音源
から平面波音波を放射し、コンクリート計測面を励振させる。
レーザドップラ振動計 (Polytec, PSV-500 Xtra Scanning Vibrometer)
を用いて自動スキャンで2次元格子点上の振動速度分布を測定する。
得られたデータに時間-周波数ゲート処理を行い、FFT 処理後、







キーワード;コンクリート内部欠陥,健全部評価,非接触音響探査法,長距離音響発生装置(LRAD),スキャニング振動計 **連絡先**:〒225-8503 神奈川県横浜市青葉区鉄町 1614 杉本研究室 TEL 045-974-5059 健全部の抽出アルゴリズムを適用した。

3. 測定結果

トンネル側壁の健全部に対して,非接触音響探査法で測 定したデータから得られた振動エネルギー比とスペクト ルエントロピーの相関図(散布図)をFig.2に示す。図の 点線の健全部の対象領域に提案したアルゴリズムを適用 し,実線の健全部が抽出された。外れ値の検出過程の内, 側壁の健全部の振動エネルギー分布から外れ値が検出さ れた例をFig.3に示す。緑色楕円枠に囲まれた点が検出さ れた外れ値である。



ig.3 外が値の使出例(側壁の健全部 (a) Normal Q-Q plot, (b) Box plot

Fig.4 は、トンネル天井部の健全部を含む領域を測定した結果、得られた振動エネルギー比とスペクトルエントロピーの分布の相関図(散布図)で、振動エネルギー比≦4dBの測定点群に対して、健全部の抽出アルゴリズムを適用した。Fig.5 は、振動エネルギー比による映像化の例で、図の中央を左右に走る打ち継ぎ目の周辺を除く青色の領域は健全部となっている。



比による映像化

Fig.4 天井部(健全部)の振動エネルギー比 vs スペクトルエントロピーの相関図

シュミットハンマーによる反発度と弾性波速度を計測した結果 を Fig.6 に示す。天井部の健全部は,側壁の健全部に比べて反発度 も弾性波速度も大きくなっている。また,コンクリートは硬いほ ど振動しにくいため,我々の計測で振動エネルギーが低くなる傾 向がある。Fig.7 では,天井部の方が側壁より振動エネルギーが低 く,Fig.6 と同じ傾向を示している。反発度のばらつきは側壁の方 が天井部よりやや大きく,同じ傾向が振動エネルギーでも見られ, 側壁の方が天井部よりも振動エネルギーのばらつき幅が大きくな っている。Fig.6,7 の測定点+の中心は各軸の測定値の平均値を, 腕の長さは各軸の測定値のばらつきを±標準偏差×0.5 で表示した。

4. まとめ

非接触音響探査法によるコンクリート健全部の定量的評価を行い、シュミットハンマーによる反発度の結果と同じ傾向が得られた。 今後、実験データを積み重ねて安定した定量的評価が可能であるか 検討していきたい。

参考文献

1) K.Sugimoto, R.Akamatsu, T.Sugimoto, N.Utagawa, C.Kuroda and K.Katakura, Jpn. J. Appl. Phys., Vol.54, 07HC15, (2015)



(天井部及び側壁の健全部)

