

デジタル打音検査を用いたトンネル診断技術開発 (3) 路面への適用

国土交通省中部地方整備局 高山国道事務所
中央復建コンサルタンツ株式会社
株式会社テイコク
原子燃料工業株式会社

非会員 尾崎俊彦, 竹内由紀, 木村元
非会員 栗山廣志, 宮城大助, 江口泰教
非会員 天野俊一, 西園裕一, 白井健純
正会員 藤吉宏彰, 松永嵩, ○匂坂充行, 非会員 磯部仁博

1. はじめに

日本国内の高速道路や幹線道路、生活道路の総延長距離は約 120 万 km にも及ぶ。路面の舗装には主にアスファルト系とセメント系があり、その内訳は 2020 年時点でアスファルト系が約 85% であるのに対し、セメント系は約 15% にとどまる¹⁾。

コンクリート舗装はアスファルト舗装と比較して高い耐久性を有し、維持管理コストが経済的というメリットを有する一方、アスファルト舗装に比べて長期間の養生が必要であり、維持修繕が困難という課題が有る²⁾。

上記背景のもと、国土交通省はコンクリート舗装の耐久性能の長期間発現を目的として、管理者に対して「舗装点検要領 (H29.3)」を定め、目地部や舗装版のひび割れ等の重点的な点検のポイントを示すとともに、多方面で進む点検関係の開発技術の積極的な採用による点検の合理化を促進している。

本報では、国道トンネルの路面 (コンクリート舗装) を対象に、「点検支援技術性能カタログ (案)」に掲載された「デジタル打音検査とデジタル目視点検の統合システム」技術を用いて路面の「うき」の検出、舗装厚を推定した結果を報告する。

2. デジタル打音検査技術の概要

本装置は測定対象を打撃し、励起された振動を広帯域 AE センサで捉える (図 1 (左))。振動特性は測定対象の形状、拘束状態により変化するため、その変化から経年劣化等の構造物の状態の評価が可能である。

AE 打音検査により得られた振動波形において、振幅が最大値の 10% に減衰するまでの時間 (以降、「振動持続時間」という) (図 1 右上)、および振動波形を高速フーリエ変換して得られる周波数分布におい

て、有意な強度のピーク (以降、「評価ピーク周波数」という) (図 1 右下) を評価指標とする³⁾。評価ピーク周波数については式 (1)、式 (2) により板厚方向の縦振動、並びにたわみ振動を評価することが可能である。また、著者らの既往の研究結果⁴⁾から、内部に「うき」を有する試験体の「うき」部では振動持続時間が増加する傾向を確認している。

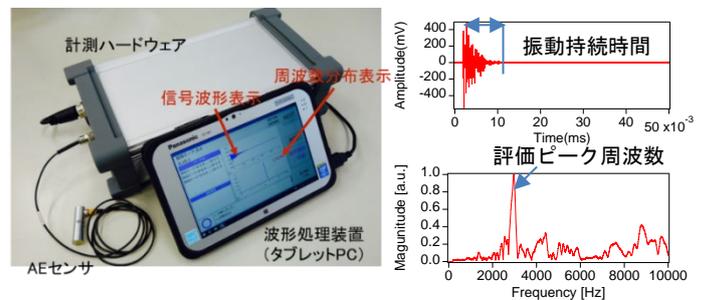


図 1 現場検査装置および評価指標

$$f = \frac{V}{2D} \quad (1)$$

f : 固有周波数 [Hz], V : 弾性波速度 [m/s], D : 厚み [m]

$$f = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{Eh^2}{12\rho(1-\nu^2)}} \left[\left(\frac{m}{a}\right)^2 + \left(\frac{n}{b}\right)^2 \right] \quad (2)$$

f : 固有周波数 [Hz], E : ヤング率 [Pa], ρ : 密度 [kg/m³], a, b : 欠陥の平面寸法 [m], h : 剥離部の厚み [m], ν : ポアソン比, m, n : 振動モードの次数

3. デジタル打音検査の現場適用結果

3.1. 目地部近傍

目地部近傍の路面を詳細に 10cm の格子状にデジタル打音検査結果を図 2 に示す。評価ピーク周波数はコンクリート舗装部において概ね 8,000Hz 程度に分布しているが、わだち掘れ部をアスファルト補修した箇所 (赤破線) は 2,000Hz 程度と低く、(2) 式で表される「うき」が生じている可能性が有る。

また、アスファルト補修部付近 (赤破線) でも 3ms を超える振動持続時間の長い箇所が確認され、「うき」

キーワード 路面, コンクリート舗装, 非破壊検査, AE センサ, 打音

連絡先 〒590-0481 大阪府泉南郡熊取町朝代西一丁目 950 番地 原子燃料工業株式会社 TEL 072-452-7221

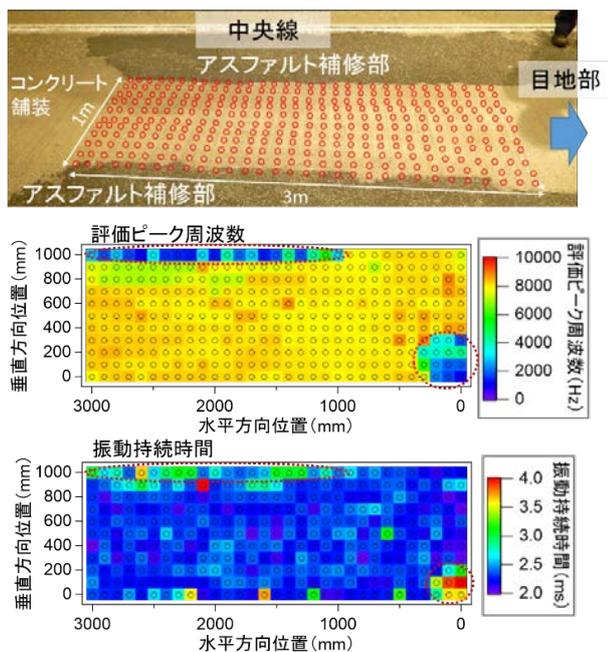


図 2 路面のデジタル打音検査結果

が生じている可能性がある。

次に、コンクリートの弾性波速度を 3,500m/s と仮定し、評価ピーク周波数から舗装厚を推定すると、(1)式より、コンクリート舗装部 (8,000Hz) の舗装厚は設計値 25cm に対し 22cm 程度であった。

3.2. 路面 20m 長さ

路面を進行方向に 20m 長さにわたり 20cm 間隔でデジタル打音検査した結果を図 3 に示す。

ピーク周波数は 8,000Hz~9,000Hz 程度に分布しているが、従来打音検査で「うき」と判断された箇所 (図中の黒線囲み) は 2,000Hz 程度と低い。当該箇所以外にも図中赤丸箇所は 3,000~4,000Hz と低く、これらの箇所は、「うき」が生じていると判断される。

また、振動持続時間は中央線側のライン 3 は「うき」による振動持続時間の増加が考えられる。

次に、コンクリートの弾性波速度を 3,500m/s と仮定し、評価ピーク周波数から舗装厚を算出すると、(1)式より、わだち掘れ部のないライン 2 (8,000Hz 程度) の厚みは 22cm 程度である一方、ライン 1、ライン 3 のわだち掘れ部 (9,000Hz 程度) の厚みは 19cm 程度となる。実際に直尺を用いてわだち掘れ部のくぼみ量を計測したところ、1.5~2.0cm 程度であり、評価ピーク周波数と(1)式から算出した車線中央部と轍部の舗装厚の差 (3cm 程度) と概ね一致した。

次に、適切な検査間隔の検証を目的として 20cm 間隔の計測データを間引くことで、測定間隔を 40cm、

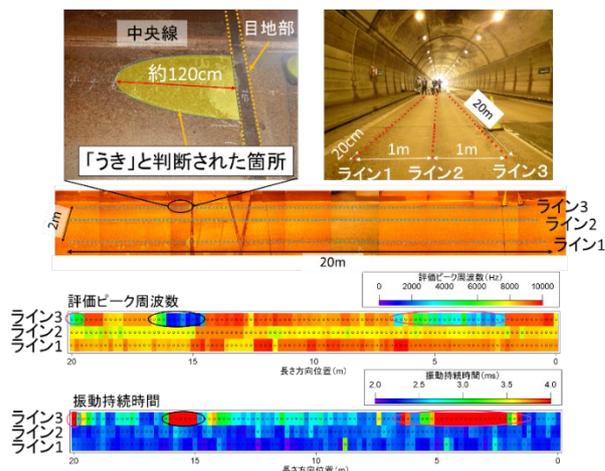


図 3 路面のデジタル打音検査結果 (20m 長さ)

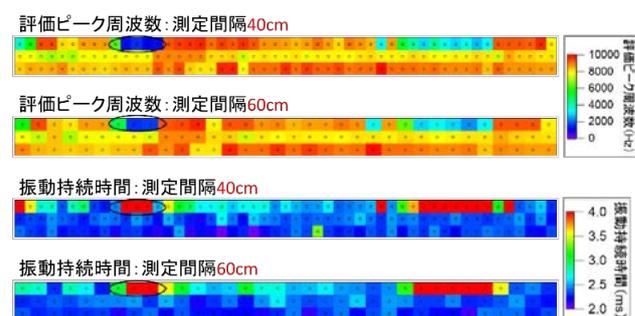


図 4 デジタル打音検査における測定間隔の検証

60cm とした場合の結果を図 4 に示す。測定間隔 60cm であっても長さ 120cm の「うき」を十分検出可能であることを確認した。実際は検出すべき変状の平面寸法に応じて適切に測定間隔を設定することが望ましい。

4. まとめ

国道トンネルの路面 (コンクリート舗装) において、従来打音検査で「うき」と判断された箇所はデジタル打音検査で検出可能であることを確認した。合わせて、適切な検査間隔を評価した。

参考文献

- 1) 国土交通省 “道路統計年報 2020 道路の現況”
- 2) 日本道路協会, “超寿命化のための適材適所の舗装技術「コンクリート舗装の普及に向けて」”
- 3) 戸田一郎他 “コンクリート構造物のデジタル打音検査の判断指標に関する検討” コンクリート工学年次論文集, Vol.42, No.1, 2020
- 4) 国土交通省 “点検支援技術性能カタログ (案) 令和 2 年 6 月 「TN020001-V0020 デジタル打音検査とデジタル目視点検の統合システム」 技術の性能確認シート”
- 5) 木村芳幹 “超音波トモグラフィー法によるコンクリート構造体品質の推定” GBRC Vol.33 No.2 2008.4