

# レーザーリモートセンシング装置を用いたコンクリート欠陥探傷

## — (2) 欠陥検出アルゴリズム —

鉄道総合技術研究所	正会員○江原季映	正会員 篠田昌弘	正会員 中島 進
		正会員 阿部慶太	正会員 真井哲生
レーザー技術総合研究所	正会員 島田義則	非会員 ルグ コチャエフ	正会員 渡邊英世
西日本旅客鉄道	正会員 御崎哲一	正会員 坂本保彦	正会員 高橋康将

### 1. はじめに

従来から、トンネル覆工コンクリート表面の検査では、主に打音検査が実施されてきた。打音検査は簡易であり、その場で処置ができる等の利点を有するが、検査者によって評価が異なることと、多大な人工と時間が必要になることなどの課題があった。そこで、遠隔・非破壊の検査法としてレーザー加振による非破壊検査法（レーザーリモートセンシングシステム）<sup>1)</sup>を開発している。本システムにおける健全度診断では、打音検査と整合のある、コンクリート表面加振試験による欠陥検出アルゴリズム<sup>2)</sup>を基にした評価法を検討しているが、これまでに対象としてきた構造物はトンネル以外のものが多い。今回、新幹線トンネルにおいて新たに189点のコンクリート表面加振試験を実施し、前述のアルゴリズム構築に用いたデータベースにおけるトンネル覆工の比率を高めることで、欠陥検出アルゴリズムの高精度化を図ったので、その結果を報告する。

### 2. 欠陥検出アルゴリズム

コンクリート表面の健全性は、コンクリート表面の応答加速度のフーリエ振幅スペクトルで評価できる。これまで実施してきたコンクリート表面加振試験より、振動波形から得られるスペクトルにおいて卓越振動数、振幅値、減衰性に注目すればよいことが分かっている。これらの項目に基づき、現在までに以下の4つの欠陥検出アルゴリズムが提案されている。卓越振動数を用いた評価法は、フーリエ振幅スペクトルにおける卓越振動数に健全な箇所が高く、不健全な箇所で低くなる傾向があるため、その大小で評価する手法である(図1(a)(b)参照)。振幅値を用いた評価法は、フーリエ振幅スペクトルにおいて、振幅がある閾値を超えた場合に不健全と判定する手法である。これも振幅値の大小で評価するシンプルな方法ではあるが、複数のピークがある場合やパルス波の混入、衝撃力の大小による影響が大きいなどの短所がある。一方、正規化した振幅値を用いた評価法は、振幅のピーク値を平均値で除した値が、ある閾値を超えた場合に不健全と判定する手法である。正規化することで、上記誤差の影響を小さくしている(図1(c)(d)参照)。スペクトル面積を用いた評価法は、フーリエ振幅スペクトルの縦軸(加速度)と横軸(周波数)との間に挟まれる全周波数域の面積 $A_1+A_2$ における、ある周波数閾値より低周波数域の面積 $A_1$ の割合をスペ

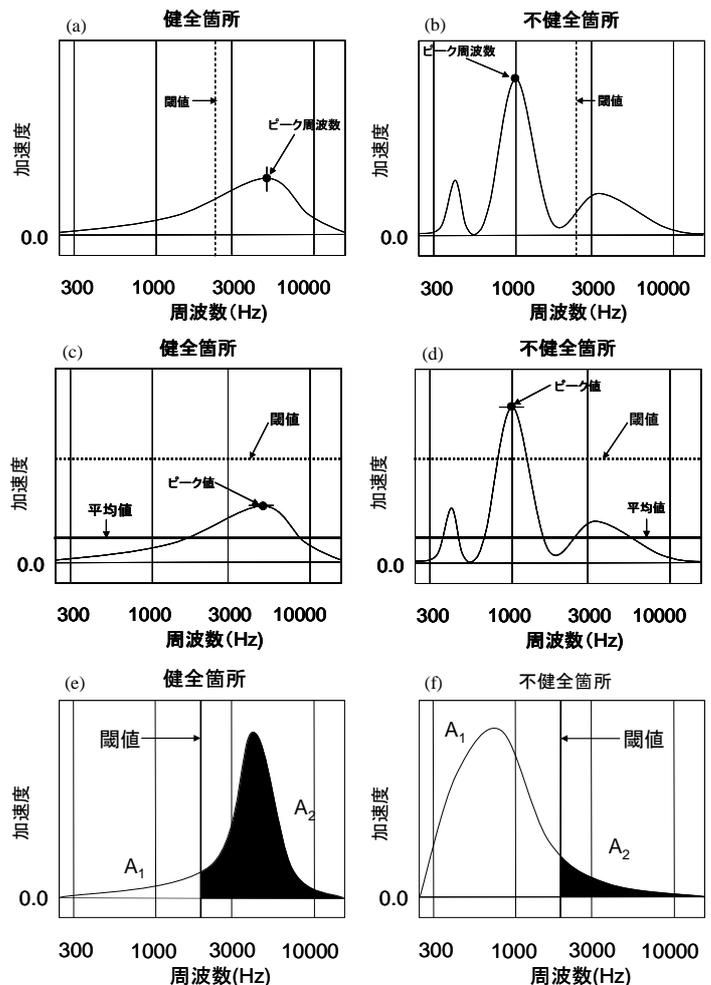


図1 フーリエ振幅スペクトルを用いた欠陥検出アルゴリズム

キーワード コンクリート欠陥, 打音検査, 健全度, 診断, レーザー, リモートセンシング

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 鉄道総合技術研究所(基礎・土構造) TEL042-573-7261

クトルスコア  $R_{LF}$  とする。このとき、式(1)より求めた  $R_{LF}$  の大小で健全度を評価する手法である (図 1(e)(f)参照)。

$$R_{LF} = A_1 / (A_1 + A_2) \quad (1)$$

既往の研究<sup>2)</sup>ではスペクトル面積を用いた評価法が最も精度が高いことを示している。

**3. コンクリート表面加振試験方法** 欠陥検出アルゴリズムの高精度化を目的として、コンクリート表面加振試験を行った。本試験は、点検用ハンマでコンクリート表面を打撃し変状の有無を調べる試験法で、図 2 にシステムの基本構成を示す。試験手順は、加速度計を熱可塑性の接着剤を用いてトンネル覆工に接着し、加速度計の近辺を点検ハンマにより打撃した。図 3 に実施状況を、図 4 に計測結果の一例を示す。計測は再現性の確認のため、同じ箇所につき 3 回実施した。

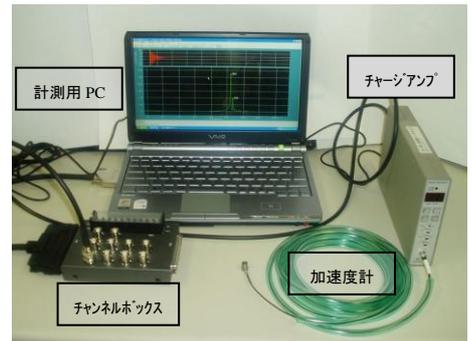


図 2 コンクリート表面加振試験のシステム構成

**4. 閾値の検討** 維持管理標準<sup>3)</sup>では、トンネルの安全性の確保のため、覆工コンクリートの剥落の危険に対して  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  の 3 段階で健全度診断を行うと規定されている。

レーザーリモートセンシングシステムにおいては、レーザーで測定したコンクリート表面の振動特性から、 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  の健全度判定ができることを目指している。図 5 は、今回新たに計測したデータを含め、これまでに蓄積した全計測データについて、スペクトルスコア  $R_{LF}$  をコンクリート表面加振試験による健全度毎に識別し



図 3 コンクリート表面加振試験実施状況

プロットしたものである。今回は  $\alpha$  と  $\beta$  を不健全、 $\gamma$  を健全とし 2 段階で評価した。表 1 に示す通り、合致率はスペクトル面積を用いた評価法が 85.2% で最大で、4 つの欠陥検出アルゴリズムの中で、最も高い値を示した。

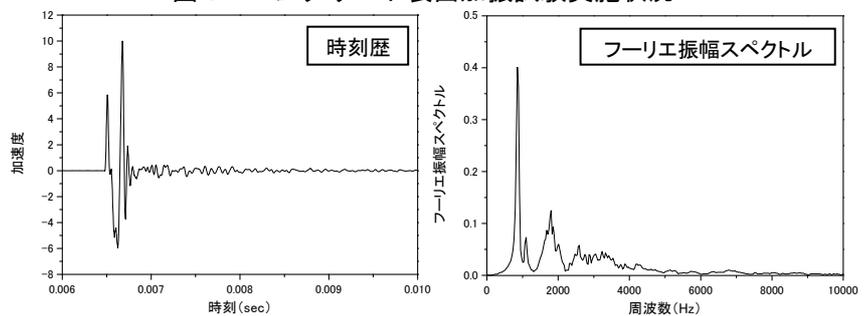


図 4 計測結果一例

**5. まとめ** 打音検査に代わるトンネル覆工コンクリートの検査法として、レーザーリモートセンシングシステムを開発している。

その中で、健全度診断にはコンクリート表面加振試験による欠陥検出アルゴリズムを基にした評価法を検討している。本研究では、これまで少なかった新幹線トンネルでのコンクリート表面加振試験時のデータを蓄積することで、アルゴリズムの高精度化を図った。その結果、従来の検討結果と同様に、スペクトル面積を用いた評価法の合致率が、最も高い結果となった。

**参考文献** 1)島田義則ら：レーザーリモートセンシング装置を用いたコンクリート欠陥探傷－(1)レーザーリモートセンシング装置の概要－，土木学会全国大会，2012。 2)大村寛和ら：レーザーリモートセンシングを用いた欠陥探傷技術の検討・開発－(2)コンクリート欠陥検知・健全度判定アルゴリズムの構築－，土木学会全国大会，2011。 3)国土交通省鉄道局監修，鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等維持管理標準・同解説（構造物編），トンネル，丸善，2007。

表 1 各評価法による結果

評価法に用いた指標	合致率
卓越振動数	25.9%
振幅値	64.2%
正規化した振幅値	78.4%
スペクトル面積	85.2%

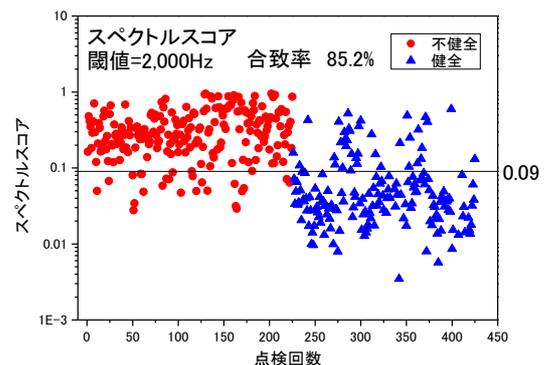


図 5 スペクトルスコアによる判定結果