

レーザーを用いたコンクリート構造物の非接触計測技術の開発

(1) 装置概要と試験状況

西日本旅客鉄道(株) 正会員 ○御崎 哲一, 正会員 曾我 寿孝, 正会員 高山 宜久, 正会員 中澤 明寛
 京都大学 正会員 朝倉 俊弘, 正会員 保田 尚俊
 (公財) レーザー技術総合研究所 正会員 島田 義則, レグ コチャエフ
 防衛大学校 正会員 篠田 昌弘
 (株) ユニロック 江本 茂夫

1. はじめに

現在,コンクリート構造物における検査は,コンクリートをハンマーで打撃する打音検査が一般的である.打音検査は非常に労力がかかり,高所作業や停電作業を伴う.そこで,コンクリートが剥落する前に変状箇所を把握することを目的として,数m以上離れた箇所から検査

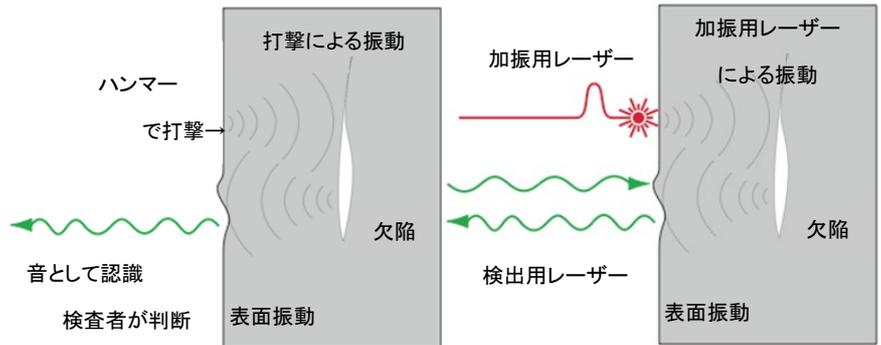


図1 打音法(左図)とレーザーによる非接触計測技術(右図)の比較

できる,レーザーによる非接触計測技術(以下,本技術という)を用いたコンクリート剥離検査装置(以下,本装置という)を開発¹⁾(図1)している.

この方法は,レーザーにより「叩く」ことと,「その表面の音(振動)を捉える」ことが可能で,コンクリートから離隔をとって計測するため,打音法に代替し安全かつ効果的に検査できる可能性がある.

2. レーザーによる非接触計測技術の概要

本手法の構成を図2に示す.コンクリート表面加振のための加振用レーザーには,高出力のパルスレーザーを用いる.そのレーザーを検査する

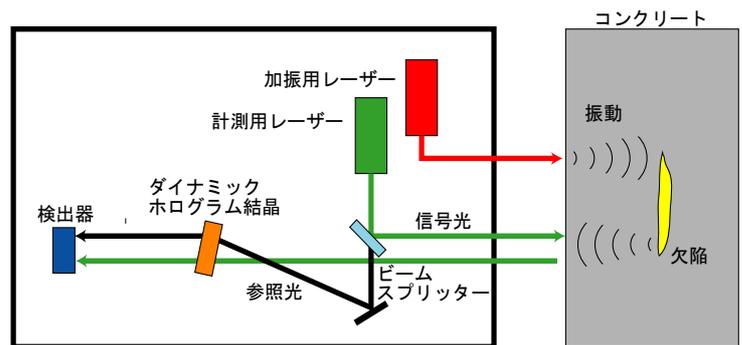


図2 レーザーによる非接触計測技術の構成

コンクリート表面に高い光強度で集光することにより,コンクリート表面個体物(セメント等)がガス化して大気中に放出される.この反動により衝撃波がコンクリート内部に伝搬することにより表面振動が励起される.その表面振動を連続発振の計測用レーザーを用いてレーザー干渉計測を行う.また,計測用レーザーは,ビームスプリッターにより,信号光と参照光に分けられ,信号光はコンクリート表面で反射されてコンクリート表面形状の情報を持って回折格子に入射し,参照光と干渉することにより,検出感度の良い計測が可能となる.

3. コンクリート剥離の欠陥判定アルゴリズム構築

図3,4に打音検査を行った場合に得られる健全箇所と欠陥箇所の振動スペクトル(コンクリート表面の振動)の概念を示す.健全箇所では相対的に高い振動数成分が卓越するが,欠陥箇所では低い振動数成分が卓越する.この特性を利用して,2,000Hzを閾値として,低振動数側をA₁,高振動数側をA₂として,その面積比を用いた欠陥判定アルゴリズムを構築した.式(1)に計算式を示す.

$$R_s = A_1 / (A_1 + A_2) \quad (1)$$

ここでR_sをスペクトルスコアと呼ぶこととする.このアルゴリズムのスペクトルスコアと検査員の判断のキーワード レーザー,非接触,計測,コンクリート,欠陥,剥離,打音検査,スペクトル,トンネル

連絡先 〒530-8341 大阪市北区芝田2-4-24 西日本旅客鉄道(株) 鉄道本部 技術開発部 TEL 06-6376-8136

合致率を図5に示す。400カ所以上を検査して各スペクトルスコア値とその箇所の健全性 (α , β , γ) を検査員に判定させた。 α , β は欠陥部, γ は健全部とした。その結果, 閾値を 2,000Hz, スペクトルスコアを 0.09 とした場合, 合致率が 85.2%となり健全部と欠陥部を分離することが出来た。

4. 実用的試作機を用いた新幹線トンネル内現地試験

本技術の検証を新幹線トンネルで実施した。しかしながら, 研究室の機材をただ持ち込んだだけでは, 保守用車や発電機の振動や騒音により, コンクリート表面の振動計測が困難であった。このため, 振動を低減させるために除振台を, また騒音を低減させるために防音対策を実施することで計測が可能となった。また, 実用機の仕様として, 保守用車回送ロスを減らし, 夜間における限られた作業時間を延伸し, 有効に活用するため, 新幹線トンネル中央に設けられた検査用通路を走行できる実用的試作機 (図6, 7) として小型・車両化した。図6に示した照射窓を開き, そこからコンクリートに向けてレーザーを照射する (図7)。装置からコンクリート表面までの距離をレーザーで測定し, レーザーの焦点位置が常にコンクリート表面に来るように制御した。この距離測定はコンクリート以外の架線等付帯物にレーザーが照射されていないことを確認する役目も持つ。試作した車両にはレーザーや計測装置類を駆動させるためのバッテ



図6 小型化したトンネル中央通路走行型の実用的試作機

5. まとめ

本論では打音法に代わる検査法として, レーザーによる非接触計測技術を用いたコンクリート剥離検査装置および欠陥判定アルゴリズムを構築し, システムとして開発した。レーザー計測から得られる情報は, コンクリート劣化判断を行う有効な情報となると考える。

6. おわりに

今後, 個々の技術を連携させ, 本装置を実用化することで, コンクリート検査の品質を向上させることにより, 今まで以上に安全・安心な鉄道を築く礎となりたいと考えている。

参考文献

1) レーザーリモートセンシングを用いたコンクリート内部欠陥探傷

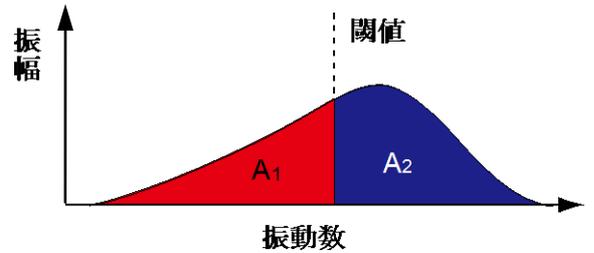


図3 健全部の振動スペクトル

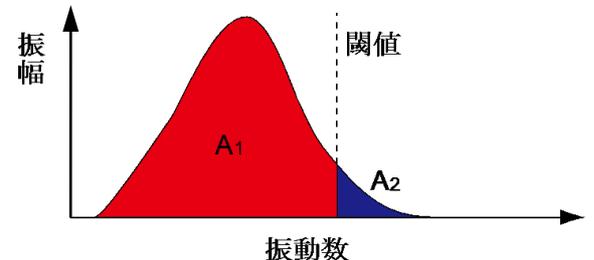


図4 欠陥部の振動スペクトル

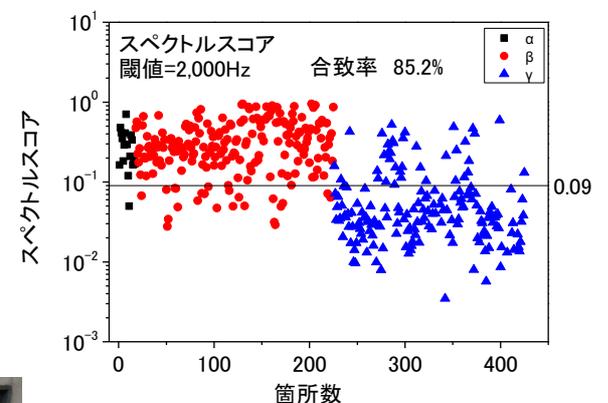


図5 スペクトルスコアと検査員の判断の合致率

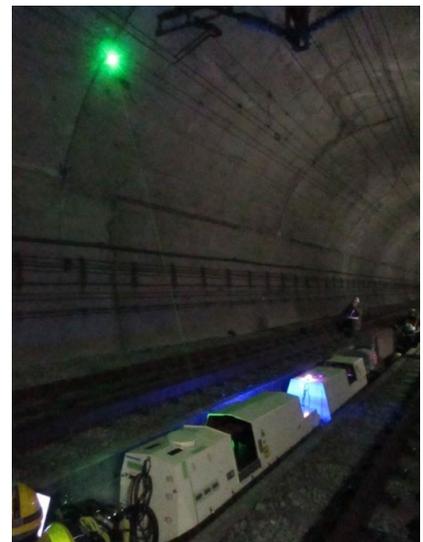


図7 レーザー計測状況