

レーザーを用いた高速コンクリート欠陥検査技術の開発

公益財団法人レーザー技術総合研究所

正会員 ○島田 義則

非会員 倉橋 慎理

非会員 北村 俊幸

非会員 オレグ コチャエフ

1. はじめに

トンネルや橋梁などのコンクリートからなる国内既存の社会インフラの多くは高度経済成長期に建設され、現在では長期使用による老朽化が懸念されている。これらの構造物をさらに長く使用するためには適切な保守メンテナンス管理技術が必要である。トンネルのようなコンクリート構造物の場合、コンクリートにひび割れや浮きなどの欠陥が生じると、コンクリート剥離につながる恐れがあるため、これらの点検には打音検査法が主に用いられている。打音検査法は作業員がコンクリートを打音した音で欠陥の判定を行う。しかし、この検査方法は検査対象物に近接するので高所作業などによる危険が伴うことや、作業員の欠陥判定のばらつき、労力が大きい、さらに定量的な診断結果を残せない等の問題点がある。

筆者らは、図1に示すレーザーを用いた遠隔・非接触で測定可能な方式の実現をめざしてコンクリート構造物の欠陥検査技術の開発を継続して行っており、これまでにコンクリート構造物の欠陥検出を遠隔・非接触で行える技術を開発した¹⁾²⁾。コンクリート表面に発生したひび割れや浮き部分にパルスレーザーを照射することにより、浮いた部分のコンクリートにたわみ振動を励起させて、その振動をレーザー干渉計で検出する技術の開発して、この手法が打音検査に代替可能であることを実証した。しかし、この技術はレーザーを照射するミラーの駆動時間やレーザーの繰り返し周波数、および欠陥検出処理時間等で制限され0.5~1Hz程度であった。本研究では、検査面を高速に走査させるためのガルバノミラーの導入、レーザー干渉技術の高速化、繰り返しパルスレーザーによる高速振動励起による遠隔振動計測装置の高速化、信号波形の取得、解析、欠陥判定アルゴリズムの適用、結果の二次元表示を高速で行う高速欠陥判定システムを開発して、それらを組み合わせることによりさらに高速で計測が行えるレーザー計測システムを構築した。そして、構築したシステムを用いてコンクリート供試体欠陥を検出することが出来た。これらの結果について述べる。

2. 実験結果

衝撃波励起用レーザーに Nd:YAG レーザー(λ:1064nm, パルス幅:10ns, エネルギー:1.5J, 繰り返し数:10Hz)を、振動検出用レーザーに Nd:YVO レーザー(λ:532nm, 出力:2W, CW)を用いて実験を行った。それぞれのレーザーをガルバノミラー群装置によって検査面上を走査させ照射した。ガルバノミラーはコンクリートから反射して戻ってくるレーザー光をより多く集めるため大口径を選択した。しかし、大口径にすると重くなり高速で動作させることが困難となるため SiC 基盤を用いることによりこの問題を解決した。

ガルバノミラー群装置を用いて 7m 先に設置

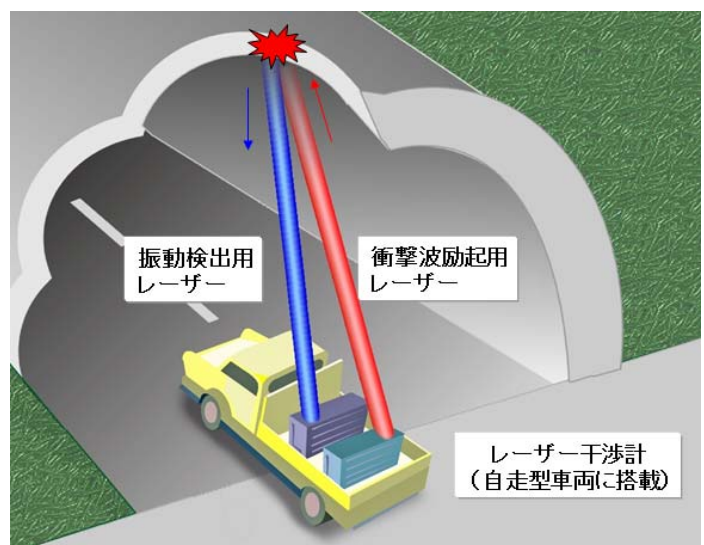


図1 レーザーを用いた遠隔・非接触コンクリート構造物欠陥検査技術の概念

したコンクリート供試体目がけてレーザーを照射した。ガルバノミラーを駆動させてコンクリート表面上 $200 \times 200 \text{ mm}$ の面積を 33 mm ピッチでスキャンさせコンクリートの浮きを検出する実験を行った。実験結果を図 3 に示す。健全部では時系列波形に信号が無く、そのスペクトルには卓越振動数が現れない。一方、欠陥部では、時系列波形に信号が観測され、そのスペクトルには卓越振動数が確認された。レーザーをスキャンさせることによりコンクリート欠陥の画像化が出来た。ここでレーザー照射ピッチは 33 mm なので、中間部は内挿した。図中真ん中部分の黒く示された領域が欠陥部である。緑に近づくにつれ振動スペクトル強度は低下する。

本実験条件下において、従来約 1 Hz であった検査繰返し回数を 10 Hz に上げることで、 10 倍の高速化に成功した。振動励起レーザーの繰返し数を上げることでさらなる高速化が可能であると考えられる。また、検査繰返し回数を 25 Hz の計測も行い、欠陥検出が可能である結果を得た。

謝辞

本研究は、総合科学技術・イノベーション会議の SIP (戦略的イノベーション創造プログラム)「レーザーを活用した高性能・非破壊劣化インフラ診断技術の研究開発」: JST によって実施された。

参考文献

- 1) 島田義則, オレグ コチャエフ, 篠田昌弘, 御崎哲一, 高橋康将, 瀧浪秀元, “レーザーを用いたコンクリート欠陥検出の進展”, 非破壊検査, 61(10), pp. 519-524, (2012).
- 2) 倉橋慎理, 島田義則, オレグコチャエフ, 乗松孝好, ”レーザー差動干渉法を用いた振動計測” レーザー研究, 42(11), pp. 849-853, (2014).

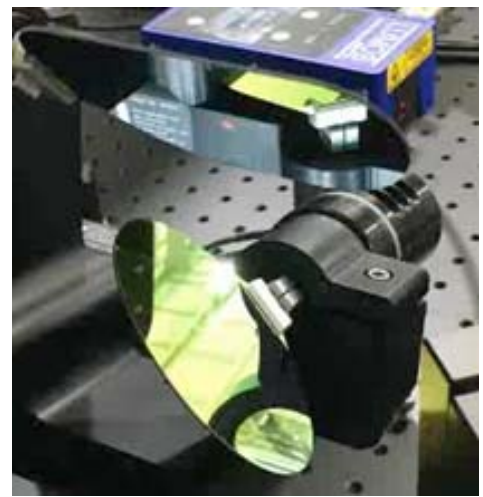


図 2 大口径高速ガルバノミラー群装置

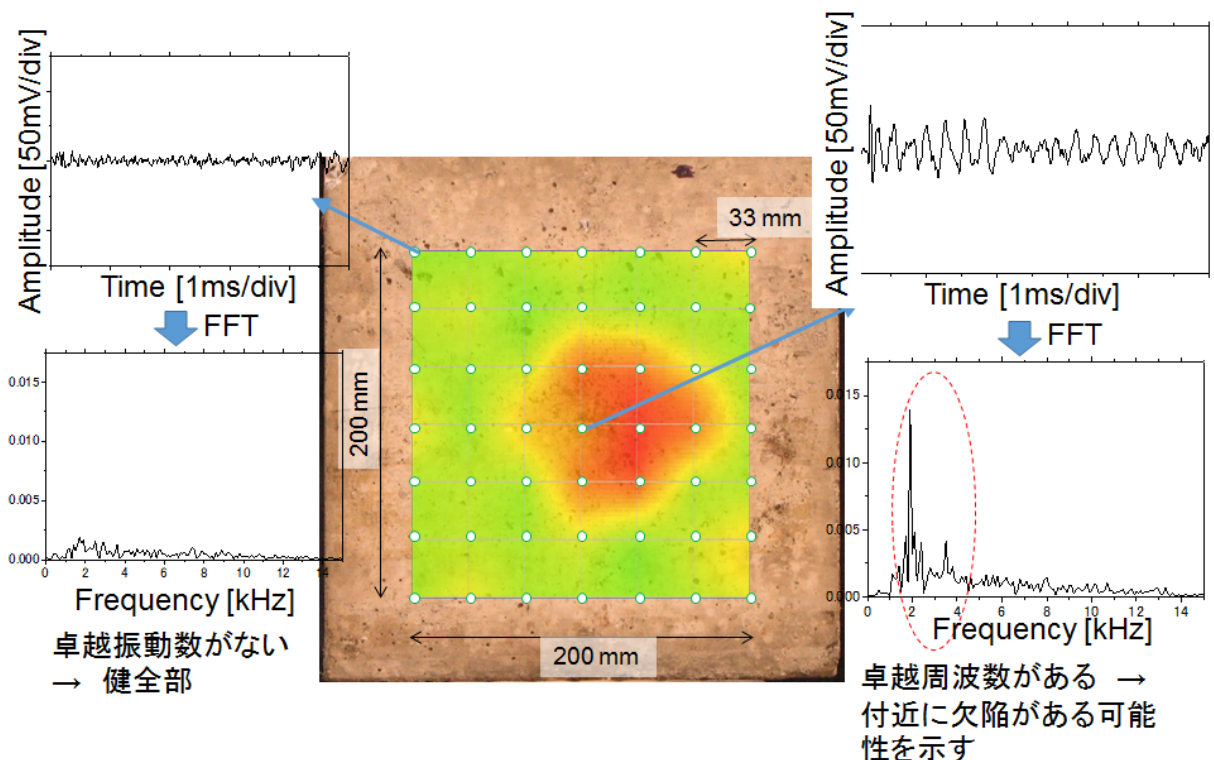


図 3 欠陥判定システムより得られた結果