

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 8 月 28 日現在

機関番号：74417

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26420473

研究課題名(和文) マルチビーム・レーザーによる高速コンクリート欠陥探傷に関する研究

研究課題名(英文) Laser-based remote sensing for concrete defect using Multi beam inspection

研究代表者

島田 義則 (Shimada, Yoshinori)

公益財団法人レーザー技術総合研究所・レーザー計測研究チーム・主任研究員

研究者番号：80250091

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：コンクリート面から反射して戻ってきた散乱光をダイナミックホログラム結晶を用いることによりリアルタイムで2次元の振動が計測できる。この装置を用いてコンクリートひび割れ深さを健全部分と欠陥部分を同時に計測してひび割れ深さを計測する実験を行った。検出レーザーは2本照射して健全部分とひび割れ部分との計測を行った。信号強度比はひび割れが深くなるにつれて小さくなった。この結果から健全箇所とひび割れ箇所では信号強度比を同時に計測することによりひび割れ深さを推定できることが分かった。

研究成果の概要(英文)：We can measure the two-dimensional vibration of concrete surface using the scattering ray which has reflected from a concrete surface and has returned as using a dynamic hologram crystal by real time. Using this equipment, we can measure the concrete crack depth. This method use the surface wave propagating time by which a sound part and a defect part measured at the same time. I applied two detection lasers and measured with a soundness part and a crack part. As a crack became deep, it was one compared with the signal strength small. The surface wave which occurred by a laser for shock wave excitation reaches a measurement point of a detection side laser along concrete surface and the crack surface. The signal strong ratio seems for the transmission distance to become so long that a crack was long, to have fallen. As a result a soundness point and a crack point showed that the crack depth can be presumed by measuring one compared with the signal strength at the same time.

研究分野：レーザー計測

キーワード：レーザー コンクリート マルチチャンネル

1. 研究開始当初の背景

近年、高度成長期に建設された構造物が老朽化し、維持管理技術の確立が課題となっている。鉄道では1999年に新幹線トンネルの覆工コンクリートが剥落し、列車のパンタグラフや屋根を損傷した例があり、最近では高速道路で天井崩落事故が起こった。これらの事故を未然に防止するために定期検査が行われている。現在の定期検査では主に打音検査法が用いられている。この手法には、人的および時間的な面でコストがかかること、客観的データに乏しいこと、更に前の検査と比較した劣化進行状況（経年劣化）が把握困難である等の課題がある。このため、低コスト、高速、高精度で検査できる新しい検査手法の開発が強く求められている。

打音検査法に代わる検査方法として、接触式超音波探傷法や電磁波検出法、赤外線検出法、レーザー打音法（レーザーを用いたトンネル覆工コンクリート検査）などが開発されてきた。接触式超音波探傷法と電磁波検出法ではコンクリート表面の近くで検査を行う必要がある。また、赤外線検出法は、初期にコンクリートを熱する作業が必要で、且つ、コンクリートに接近して計測する必要がある。一方、レーザー打音法は、遠隔かつ非接触で検査が行え、他の方式に比べて探傷箇所的高速移動が可能であることや、コンクリート曲面の計測が容易に行える利点がある。このような観点から、当研究グループではレーザー法の実用化を目指して、探傷技術に関する基礎実験を行い、装置の開発を進めてきた。図1にレーザー打音法概念を示す。レーザー装置と検出光学系を車両に積載し、自走しながらレーザー照射位置を走査してコンクリート表面を検査する。しかしこの方式ではレーザーが一本である。複数本のレーザーを用いることで高速に検査が行えることや健全部分と欠陥部を同時に比較計測することで判定が行えるメリットがある。

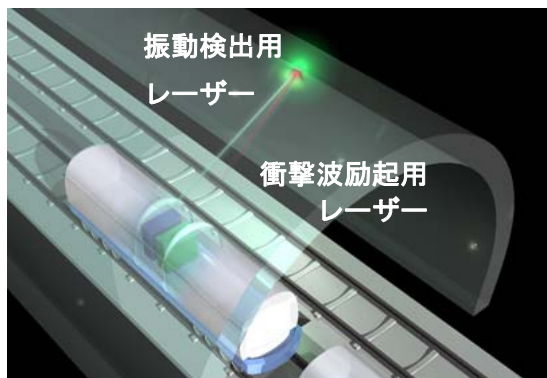


図1 レーザー打音法概念

2. 研究の目的

レーザー本数を増やして計測を行う研究を行った。前回の科研成果では複数本のレーザー照射を同時に計測することでシグナル/ノイズ比を低減できることを示した。本稿ではダイナミックホログラム結晶を用いて計測を行った。また、コンクリートひび割れ深さを健全部分と欠陥部分を同時に計測してひび割れ深さを計測する実験を行った。これらの結果について述べる。

3. 研究の方法

コンクリート面から反射して戻ってきた散乱光は第1像転送レンズによりダイナミックホログラム結晶内で結像され位相共役効果により振動成分のみが出力される。この散乱光を第2像転送レンズで結像してマルチチャンネル光検出器に入射させる。これにより、リアルタイムで2次元の振動が計測できる。図2に光学位置を示す。また、図3にマルチチャンネル光検出器の外観を示す。

上述の装置を用いてコンクリートひび割れ深さを健全部分と欠陥部分を同時に計測してひび割れ深さを計測する実験を行った。図4にコンクリート供試体計測配置を示す。検出レーザーは2本照射して健全部分とひび割れ部分との計測を行った。ひび割れから各レーザー照射点までの距離は25, 50, 75, 100 mmを用いた。図5に実験結果を示す。各ひび割れ深さで数点の実験結果が存在するのはひ

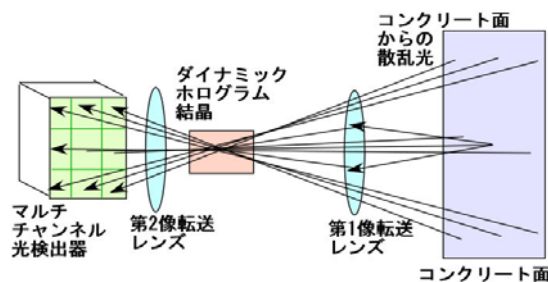


図2 マルチチャンネル光検出器を用いた2次元リアルタイム欠陥検出

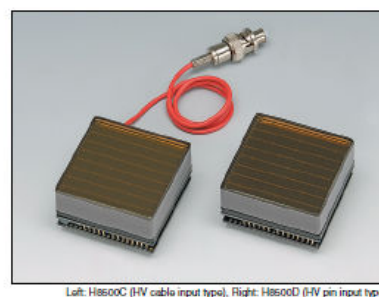


図3 マルチチャンネル PMT

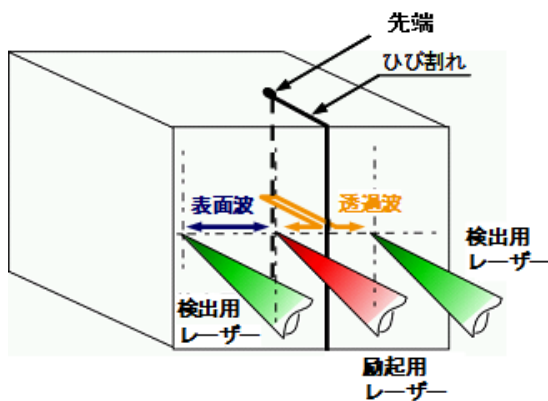


図4 コンクリート供試体計測配置

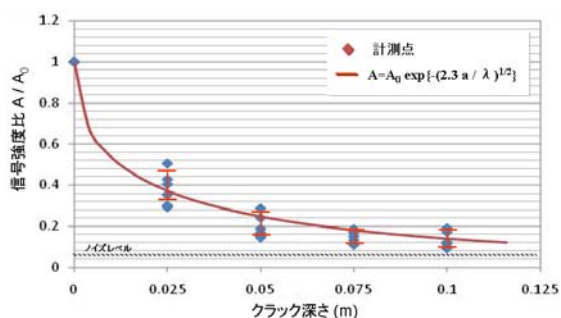


図5 ひび割れの進展方向により Open 側と Close 側に分けた

び割れからレーザー照射点の位置が異なるデータである。健全部分のコンクリート表面を通過した波の振幅を A_0 としてひび割れがある側で検出された波の振幅を A とした。信号強度比 A / A_0 をひび割れ深さと関係づけた。信号強度比はひび割れが深くなるにつれて小さくなった。衝撃波励起用レーザーで発生した表面波はコンクリート表面およびひび割れ表面を伝わって検出側レーザーの計測点まで到達する。ひび割れが長いほど伝搬距離が長くなるため信号強度比は低下したと思われる。信号強度比の減衰は $A=A_0 \cdot \exp\{-2.3 a / \lambda\}^2$ と近似できる。ここで、 a : ひび割れ深さ、 λ : 表面は波長である。この実験では 58.7mm を実験的に求めた。この時の表面波速度 2260 m/s であった。この結果から健全箇所とひび割れ箇所信号強度比を同時に計測することによりひび割れ深さが推定できることが分かった。

4. 研究成果

コンクリート面から反射して戻ってきた散乱光をダイナミックホログラム結晶を用いることによりリアルタイムで 2 次元の振動が計

測できる。この装置を用いてコンクリートひび割れ深さを健全部分と欠陥部分を同時に計測してひび割れ深さを計測する実験を行った。検出レーザーは 2 本照射して健全部分とひび割れ部分との計測を行った。信号強度比はひび割れが深くなるにつれて小さくなった。衝撃波励起用レーザーで発生した表面波はコンクリート表面およびひび割れ表面を伝わって検出側レーザーの計測点まで到達する。ひび割れが長いほど伝搬距離が長くなるため信号強度比は低下したと思われる。この結果から健全箇所とひび割れ箇所信号強度比を同時に計測することによりひび割れ深さが推定できることが分かった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 1 件)

(1) 島田義則、“レーザーを用いたコンクリート欠陥検出技術”、非破壊検査協会 超音波による非接触材料評価研究会、キャンパスプラザ京都、2016 年 9 月 23 日

(2) 島田義則、“レーザーを用いたコンクリートの非破壊評価技術”、平成 28 年度 第 2 回 鉄筋コンクリート構造物の非破壊試験部門講演会、大阪大学レーザーエネルギー学研究センター、2016 年 10 月 7 日

(3) 島田義則、“レーザーでコンクリート診断！ レーザー超音波とその産業応用”、大阪大学 技術懇親会 光エレクトロニクスフォーラム、大阪大学レーザーエネルギー学研究センター、2016 年 10 月 21 日

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.ilt.or.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

島田 義則 (SHIMADA Yoshinori)

公益財団法人 レーザー技術総合研究所

レーザー計測研究チーム・主任研究員

研究者番号：80250091

(2)研究分担者

無し ()

(3)連携研究者

オレグ コチャエフ (Oleg Kotyaev)
公益財団法人 レーザー技術総合研究所
レーザー計測研究チーム・研究員
研究者番号：80399352

(4)研究協力者

無し ()