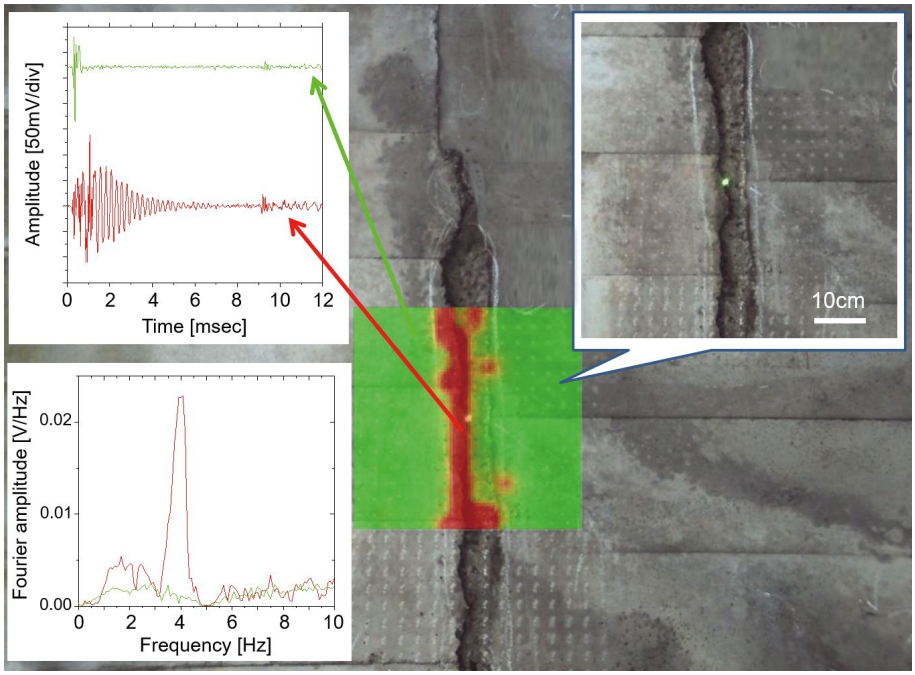
2019, Feb.
No. 371

CONTENTS

レーザーを用いたトンネル覆工コンクリートの高速検査システムの開発
ICALEO2018国際会議報告
ILTの最新技術を紹介！光とレーザーの科学技術フェア2018

LASER CROSS
ISSN 0914-9805



【表紙図】道路トンネルの覆工コンクリート検査結果（（緑）健全部、（赤）空洞部）（左図）健全部、空洞部それぞれの（上）レーザー誘起振動の時系列波形、（下）フーリエ振幅スペクトル

レーザーを用いたトンネル覆工コンクリートの高速検査システムの開発

レーザー計測研究チーム　島田義則、倉橋慎理

■はじめに

道路トンネルなど日本のコンクリート構造物は高度経済成長期に建設されたものが多く、現在その老朽化問題への関心が高まっている。コンクリートが老朽化すると、表面の劣化だけでなく内部に欠陥（空洞）が生じる恐れがあり、この現象が進行すると構造劣化や崩落事故につながる可能性がある。このため老朽化したインフラには、内部構造を含めた適切な検査・補修・修繕が施され、機能維持が図られることが望ましい。

トンネル覆工コンクリートの内部構造を検査する手法には従来、打音法（検査員がコンクリート壁面をハンマーで直接打撃し、その反響音により判断する手法）が用いられてきた。しかしながらこの手法を実施するには、危険を伴う高所での作業が必要となり、また検査員の判断がばらつくことや、定量的な検査結果を残すことが難しい、といった課題がある。これらを解決するためには、検査手法の効率化、自動化が重要な鍵となる。

当研究所では、非接触で安全にコンクリート内部を検査する手法の実現を目指し、レーザーを用いた遠隔

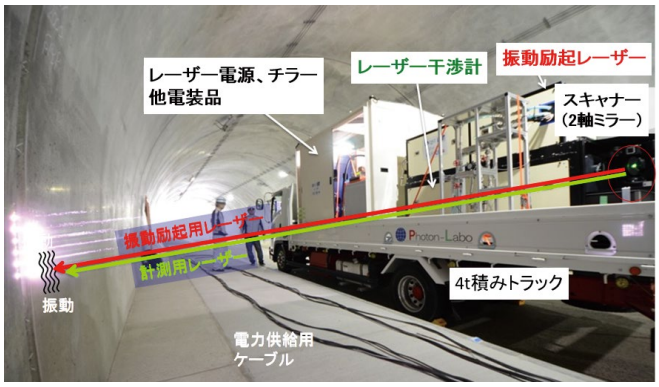
次ページへつづく▶

検査技術の開発を進めてきた。内部空洞を有する領域をパルスレーザーにより照射して壁面にたわみ振動を誘起し、その振動をレーザー干渉計で検出する。これまでに、この技術が打音法に代替可能な検査精度を有することを実証してきた(Laser Cross No.351、2017 Jun. 他)。さらに平成26年度からは、検査の高速化を目指して研究を進め、速度50 Hzの高速検査システムの開発に成功した(装置の詳細はLaser Cross No.358、2018 Jan.を参照)。本稿では、この検査システムを用いて実施した屋外実証試験の結果について述べる。

■屋外実証試験

屋外実証試験は、メンテナンス期間中の大阪府および奈良県下の国道トンネル内で、試験許可を得て実施した。試験時の写真を図1に示す。検査システムはトラックの荷台に搭載されており、トンネル内を自由に移動できる。表紙図に、試験箇所の写真および試験結果を示す。左上のグラフは、健全部(緑)、空洞部(赤)それぞれのある計測点でのレーザー誘起振動の時系列波形であり、空洞部の存在を示す減衰振動波形が検出された。フーリエ変換後の振幅スペクトル(表紙図左下)では、空洞部において約4 kHzの卓越振動が検出され、空洞部と健全部を明確に判別できることがわかった。表紙図の中央には、50 Hzの高速2Dスキャンによる検査結果を写真上に重ね合わせたものを示してある。四角に囲われた領域が検査範囲で、そのうち緑色の領域が健全部、赤色の領域が空洞部である。コンクリート表面と溝の部分の間に、わずかな隙間(浮き)が存在することがわかる。この結果は事前に検査員が行った打音法による検査と良い一致を示したことから、我々の開発したシステムにより実際のトンネル検査が可能であることを実証できた。今後は道路トンネルのみならず、配管やビルの外壁など、さまざまな社会インフラの検査をレーザーで行うことを目指してさらなる開発を進めていく予定である。

本研究は、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」(管理法人:JST)の支援の下、量子科学技術研究開発機構と共同で得られた成果である。



【図1】屋外実証試験時の様子

REPORT

ICALEO2018国際会議報告

主席研究員　藤田雅之

◆レーザー加工の国際会議ICALEO

去る10月14～18日に米国・オーランドのRosen Centre HotelでICALEO2018 (the 37th Int. Congress on Applications of Laser & Electro-Optics)が開催された。参加者は450名を越え、溶接、切断等の熱加工を中心としたLaser Material Processing Conference (LMP)、微細加工を中心としたLaser Microprocessing Conference (LMF)、ナノテクに関連したNanomanufacturing Conference (Nano)から構成されていた。それぞれの講演件数は、89、47、24といった規模であった。

今年は、本会議の主催者であるLIA (Laser Institute of America)が創立50周年を迎えたのであるが、例年と変わったことと言えば昼食時に行われる授賞式が夕方になり、1杯のスパークリングワインが振る舞われたこととLIA 50周年のピンバッチが配られたくらいであった。

◆基調講演のトピックス

今年のオープニングプレナリーセッションのテーマは「Emerging Laser Technologies: a Path to Dis-

ruptive Business」で、Information and Computing Technologies (ICT)、自動運転、アメリカレーザー協会 (LIA) の今後の50年、がトピックスとして取り上げられ、各分野におけるレーザーの活躍が紹介された。ICTの分野では、人工知能(AI)やビッグデータなどの発展により半導体の三次元高集積化が求められており、EUV(極端紫外光)露光による微細化が期待されている。今後は、銅配線から光配線へとインターコネクト技術がシフトしてSiフォトニクスが重要になっていくとのことであった。自動運転の開発においては遠隔計測が必須となり、LiDAR技術の発展が近年著しいことが報告されていた。アイセーフレベルのレーザー光を用いて周囲の環境をセンシングするために、近距離(～数m)、中距離、長距離(～200 m)に応じたシステムがそれぞれ開発されている。これらのシステムでは周囲の三次元形状計測や人の検知などを目的として人工知能(AI)を組み合わせたデータ処理を行っている。

◆アブレーション・クーリング

2016年にNatureで報告されて以来、何かと話題にのぼる"Ablation Cooling"であるが、今回、実験とシミュレーション解析の連続講演を聞くことができた。Rochester工科大学のJ. Qiao女史から繰り返しGHz領域でのフェムト秒レーザー加工現象が電子とイオンの2温度分布モデルに基づいて解析されていた。アブレーションしきい値以下でフェムト秒パルスをGHzの高繰り返しでSi基板に照射し続けると、基板の温度が徐々に上昇して融点に至る直前に電子が飛び出してきて、それに続いて物質が吹き出しているとのことであったが、何がその"飛び出し"をそそのかしているのか明確な説明はなかったように感じた。少なくとも、クーロン爆発ではないとのことであった。

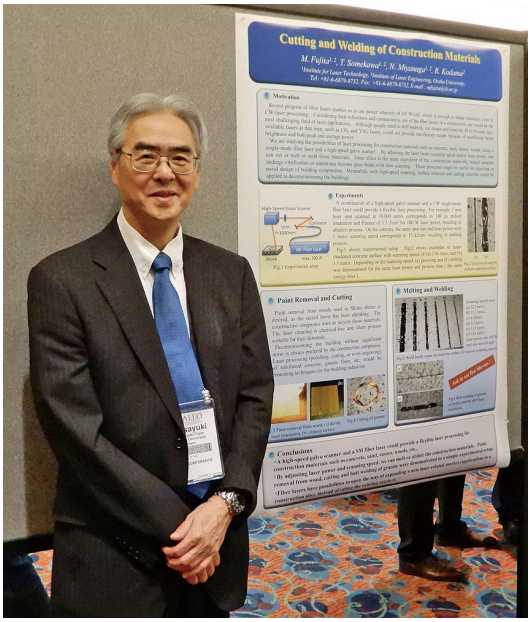
続いて、Amplitude社のE. Mottay氏から実験結果の報告があった。ナノ秒パルスと繰り返しGHzのフェムト秒パルスで加工の効率を評価していたが、加工品質ではフェムト秒が優るものの、mm^3/Jではナノ秒パルスの効率が高いという結果であった。2講演とも質疑応答が活発に行われたが、どうもフェムト秒パルスが100-150 shot照射される間(これを、Incubation periodと呼んでいた)に試料表面がコンディショニングされるとのことであった。プラズマは発生しているものの、電子密度は臨界密度以下であるため高繰り返しパルスであってもレーザーは直接固体に吸収されていると主張していた。今後、さらなる実験とシミュレーション解析が進み、物理的描像が明らかとなってくることを期待したい。

◆CFRPのレーザー加工

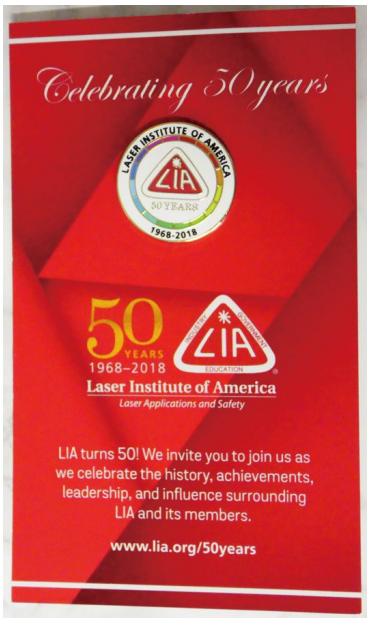
Light Weight Material (CFRP)と題したセッションがあり、5件中4件がCFRPのレーザー加工に関する発表であった。うち3件はLZH(Laser Zentrum Hannover)から、1件は韓国のUlsan National Institute of Science and Technologyからであった。LZHは、ファイバーの向きをOCT (Optical Coherent Tomography)で確認しながら、1 mJ /100 kHzのパルスファイバーレーザーを用いてCFRPのRepairに関する実験を行っていた。また、Airbus 350では1機当たり34,000個の穴開け加工が必要とされており、それに対応するために100 mJ /15 kHzのディスクレーザーで照射条件の最適化が進められていた。この他、300 W-LDを用いた溶着(LZH)や2 kW ファイバーレーザーを用いた加工(UNIST)の発表があった。

◆次回の開催予定

次回のICALEOは、2019年10月7日～10日に同じくオーランドで開催される予定である。



【写真1】ポスター発表



【写真2】LIA創立50周年ピン

ILTの最新技術を紹介！ 光とレーザーの科学技術フェア 2018

昨年11月13日から15日にかけて、科学技術館(東京・北の丸公園)にて「光とレーザーの科学技術フェア2018」(主催：オプトロニクス社)が開催されました。本会は、毎年秋に開催されるレーザーや光学技術に関する大展示会です。今年は「オプティクスフェア」「レーザー科学技術フェア」「光学薄膜フェア」など7展と、可視光・次世代レーザー応用に関する特設ゾーンが併設され、第10回光科学フォーラムサミット「パワーレーザーが拓くロボットフォトニクス」などのイベントも多数開催されました。当研究所では、オープンセミナーの開催、ならびにレーザー科学技術フェアへ出展し、当研究所の最新技術を紹介いたしました。

■オープンセミナー「社会を変えるパワーレーザー」

11月13日には同会場にて、オープンセミナー「社会を変えるパワーレーザー ～レーザー加工からインフラ診断まで～」を開催いたしました。特別講演として、株式会社東芝生産技術センター技監 岡田直忠氏より、パワーレーザーを用いたメタルデポジション方式による国産3Dプリンターの開発についてご講演いただきました。また、パワーレーザー加工技術の基礎、レーザーのハイパワー化に伴い今後ますます重要視される光学素子の開発、空中や海中のさまざまな物質を高感度で検知するリモートセンシング技術、鉄道トンネルなどのコンクリートインフラの健全性を高速で診断できるレーザー遠隔計測技術など、ハイパワーレーザー応用技術の基礎と現状について解説するとともに、当研究所の最新の研究成果を報告いたしました。当日は100名以上のご参加があり、貴重なご意見を多くいただきました(写真1)。

【写真1】オープンセミナーの様子

■レーザー科学技術フェアへ出展

展示ブース(写真2)では、コンクリート健全性評価の技術紹介ビデオの上映、当研究所の技術紹介パネルや本誌レーザークロスのバックナンバーの展示を行いました。期間中は多くの方にお立ち寄りいただきました。コンクリート健全性評価やレーザー加工への問い合わせが多く、光学素子のレーザー損傷評価試験に参画いただいている企業の方にも多くお立ち寄りいただきました。また昨年台風の塩害による停電被害が多く報道された影響からか、レーザーを用いた碍子付着塩分計測技術(Laser Corss No.313 他を参照)に対する問い合わせもいただきました。

【写真2】展示ブース

【お詫びと訂正】

Laser Corss No.367 (2018 Oct.)、「オープンセミナー」の告知記事におきまして、記載内容に誤りがございました。以下に訂正させていただくとともに、謹んでお詫びさせていただきます。

4ページ左段14行目　誤)技監　岡田忠直氏 → 正)技監　岡田直忠氏

発行／公益財団法人レーザー技術総合研究所　編集者代表／谷口誠治 〒550-0004 大阪市西区靱本町1-8-4 大阪科学技術センタービル4F TEL(06)6443-6311 FAX(06)6443-6313
掲載記事の内容に関するお問い合わせは、編集者代表・谷口誠治(E-mail:taniguchi@ilt.or.jp)までお願いいたします。