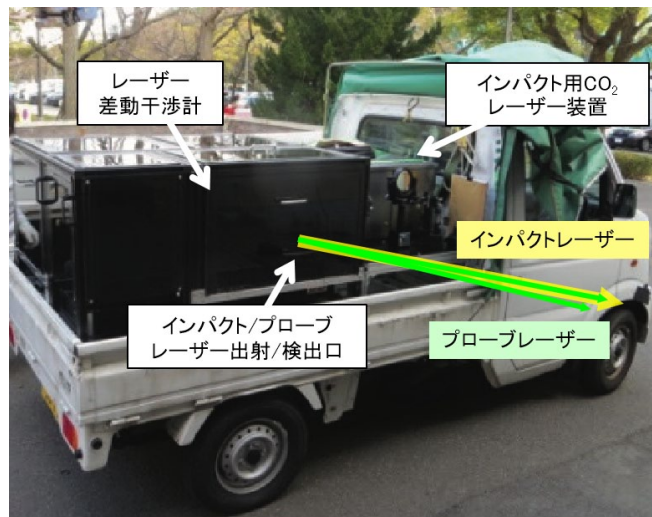


- レーザーによる
高架橋床版の遠隔検査技術の開発
- LIM2017国際会議報告
- ILT2017 平成28年度研究成果報告会
(東京会場)のご案内
- 主な学会等報告予定



【表紙図】高架橋床版レーザー検査システム(試作機)

レーザーによる 高架橋床版の遠隔検査技術の開発

レーザー計測研究チーム オレグコチャエフ、倉橋慎理、島田義則

■はじめに

高速道路などの高架橋には、強度を持たせるため鋼板を接着したコンクリート床版が用いられている。この接着が経年劣化などにより剥離すると、強度を保持できず構造物自体の劣化につながる可能性がある。床版の健全性評価には主に打音法(検査部分を直接ハンマーでたたき、その反響音で劣化を判別する手法)が用いられるが、危険性をともなう高所作業が必要となるため、より安全な遠隔検査法の開発が求められている。当研究所ではこれまで、トンネルなどコンクリート構造物表面にパルスレーザーを照射してインパクトを与え、発生した振動をレーザー干渉計により計測し、内部の健全性を高速・高精度で遠隔検査する技術を開発してきた(Laser Cross No. 351, 2017. June 他)。この技術はコンクリート構造物だけでなく、高架橋などの健全性評価にも適用可能であるが、高架橋の場合、車両の通過などによる環境振動が常時発生しており、この振動が構造物自体の健全性評価におよぼす影響を

極力抑える必要がある。この課題の解決のため、当研究所では新たにレーザー差動干渉法を提案した。差動干渉法では2本のプローブビームを用いる。一方を信号光、もう一方を参照光として検査面に照射し、反射して戻ってきた光同士を干渉させて計測を行う。検査面上での二つのプローブ点間の距離が数10cm程度であれば、その位相差は2点間でほぼ一定とみなせるため、2ビームの差動干渉により環境振動の影響を補償できる。差動干渉法の効果については、内部に模擬空洞を設けたコンクリート供試体を用いて試験し、環境振動下においても内部空洞の検出が十分に可能であることを明らかにした(Laser Cross No. 324, 2015. Mar.)。本報告では、株式会社駒井ハルテックと共同で進めている、実用化を目指したコンパクトな可搬型レーザー検査システムの開発、および実際の床版サンプルを用いた計測試験結果について述べる。

■レーザー検査システムの小型化

実用化をめざす検査システム構築における重要な課

題の一つはシステムの小型化である。高架橋床版検査システムではインパクト用にCO₂レーザーを用いている。開発の初期段階では、CO₂レーザー光のビーム径縮小用送出光学系を用いたため、計測部とCO₂レーザー装置を別々の車両に搭載する必要があったが、これを省略して検査システム全体の小型化を図った。送出光学系の省略により、システムから10m程度離れた床板上でのインパクトレーザー照射サイズは約2倍に拡大したが、発生する振動の振幅には大きな影響がないことを確認した。これにより検査システムのサイズは大幅に縮小でき、1台の車両にシステム全体を搭載することが可能となった。

表紙図に、開発したレーザー検査システム(試作機)の写真を示す。システムは主にインパクト用CO₂レーザー装置と干渉光学系から構成され、軽トラック車両1台での運搬が可能である。またこのシステムは自動走査、およびリアルタイムデータ処理のアルゴリズムを備えており、検査の自動化・高速化が可能である。

■フィールド試験(高架橋床版サンプルの計測)

実際の高架橋床版を用いてフィールド試験を行った。床版サンプルは老朽化のために解体された橋梁の一部で、実際に使用されていたものである(図1、サンプル提供: 駒井ハルテック)。床版サンプルでの誘起振動振幅は、これまで計測実験に使用していた模擬サンプルの1/4程度であったが、ほとんどのサンプルで内

部状況の検査が可能であった。図2に、空隙部で検出された振動の時間波形とフーリエ変換スペクトルの例を示す。1.1kHz付近に誘起振動に起因する明確なピークが検出されている。



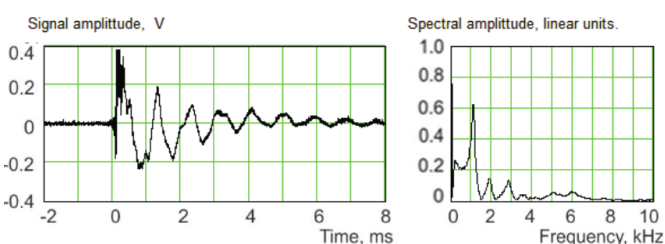
【図1】高架橋床版サンプル

図3は、自動スキャンとリアルタイムデータ処理を用いて空隙部の2-Dマップを作成し、サンプルの写真と重ね合わせたものである。試験により得られた空隙部の分布は、事前に調査した空隙の位置とよく対応することがわかった。

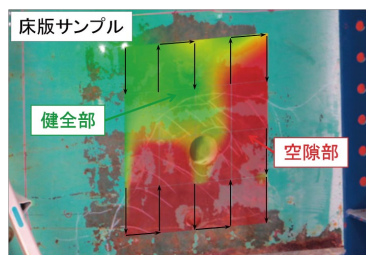
■まとめと今後

高架橋床版内部の健全性を高速・高精度で遠隔検査する技術を開発するため、レーザー差動干渉法を用いたコンパクトな可搬型レーザー検査システムを構築し、実際の床版サンプルを用いてフィールド試験を行った。その結果、本手法が実際の床版検査に非常に有用であることが明らかとなった。また試験に用いたサンプルは解体後のもので、サビや塗料のはげ落ちなど鋼板表面の状況はよいとはいえない。現在設置されている高架橋床版の表面状況はより良好に保持されているため、実際にはさらに高精度の検査が可能になる

ものと期待できる。今後、高感度の計測条件を維持するための干渉パターン安定化技術の開発などを行い、さらに信頼性の高い検査システムの構築を目指していく。



【図2】検出された振動の(左)時間波形、(右)フーリエ変換スペクトル



【図3】レーザー検査による床版サンプル空隙部の2次元マップ(矢印はスキャン方向を示す)

LiM2017 国際会議報告

◆国際会議LiM2017開催される

去る6月26~29日にドイツ・ミュンヘンの国際会議場でLiM2017 (Lasers in Manufacturing 2017)が開催された。LiMは“World of Photonics Congress”(WoP)と呼ばれる巨大なイベントの一部となっており、2年お

主席研究員 藤田雅之

きに開催されている。WoPは、レーザー/電気光学(CLEO®/Europe-EQEC Conference)、バイオメディカル光学(ECBO)、光計測学(Optical Metrology)など6つの国際会議と、レーザー・オプトエレクトロニクスに関する巨大展示会の集合体であり、いずれかの会議に

参加登録するとすべての会議および展示会に入場できる仕組みとなっている。主催者発表では、WoPへの参加者はこれまで最高の延べ3万2千人以上、参加者の約60%がドイツ国外からであったとのことである。

◆WoPプレナリーセッションのトピックス

“Industrial Perspective on Quantum Technologies”と題したセッションで、ウルム(Ulm)大学のCalarco氏より、“The European Quantum Technologies Flagship Program”の講演があった。フォトンクス市場を飛躍的に発展させる次なる技術は、Quantum Technology(量子技術)であるという。量子技術がインパクトを与える4分野としてCommunication, Imaging, Computation & Simulation, Sensing & Measurementが紹介され、量子時計や量子センサー、量子コンピューターなどの2035年までのロードマップが示された。詳細は、2016年5月に欧州委員会に提出された「Quantum Manifesto-A New Era of Technology」にまとめられており、ダウンロードが可能(https://time.tno.nl/media/7638/quantum_manifesto.pdf)。また、2017年2月に中間報告(Quantum Flagship Intermediate Report)が出されている(<https://era.gv.at/object/document/3051>)。

次いで、TOPTICA Photonics社のKaenders社長、Bosch社のStrohm氏から講演があり、想定している産業応用の事例が紹介された。そのひとつが、NV(窒素空孔)中心と呼ばれる不純物をもつダイヤモンド量子センサーであった。室温で磁気検出器として利用でき、2020年には現状の約1/100の小型化を実現しチップ化することであった。

◆CFRPのレーザー加工

LiM2017では、CFRP(炭素繊維強化樹脂)のレーザー加工に関する講演が7件あった(独6件、スペイン1件)。前回のLiM2015からは半減している。独からは、シュツットガルト大学とレーザーセンターハノーバー各2件、Braunschweig工科大学、Aalen応用科学大学それぞれ1件の講演があった。研究に用いられるレーザーは1.5kWナノ秒ディスクレーザー、3.5kWのCWレーザー、3kW半導体レーザーや波長3 μ mのOPA変換光(100W)、紫外ナノ秒レーザー(5W)などであった。7件中5件が波長1 μ mのレーザーであり、超短パルスレーザーや短波長レーザーを用いた研究発表が減ってきている。

◆CFRP加工は切断から表面処理へ

7件の講演中、4件がCFRPの表面処理に関するものであった。CFRP同士あるいはCFRPと金属を接合する表面の処理(不純物除去や平滑化あるいは粗面化)や、CFRP補修の際にパッチを当てる表面を削るといった作業をレーザーで行う研究である。主に、樹脂

に吸収がある波長(紫外光や中赤外光)を用いて行われていた。今回、レーザーセンターハノーバーは従来の紫外レーザーに替わり、kWクラスの1 μ mレーザーを用いた実験を行っていた。コストや処理速度(レーザー出力)を考えると、YAGレーザーの基本波でどこまでできるのかを確認す

ることが目的のようである。パルス幅30ns、出力1.5kWのディスクレーザーを用いて、これまでよりも高い除去率15mm³/sが得られていた。

◆材料表面の機能化

最近、マイクロ加工の分野ではSurface Functionalizationが盛り上がってきている。材料表面に細かな凹凸パターンを施して機能性を付与しようとするレーザー加工技術である。今回は3セッション、17件の講演があった。フェムト秒レーザーを使ったナノ周期構造は元より、ナノ秒やCWレーザーを使った事例も報告されてきている。論文が提出された14件のうち、表面の撥水性に関するものが5件、低摩擦・低摩耗に関するものが4件であった。また、9件が超短パルスレーザー(フェムト秒、ピコ秒)を用いた実験結果の報告であった。

Stuttgart大学のIFSWからは、掃引速度を上げる(同じ場所に当たるショット数を増やす)と、形状が平面上のナノ周期構造(LIPSS)から μ mサイズの粗い(Bump)構造へと変化して撥水性が低くなるものの、80日後に再度接触角を測定すると両者共に撥水性が向上しLIPSSとBumpで顕著な違いが見られなくなる、といった報告があった。

BIAS(ブレイメンビーム応用技術研究所)からは、3kWのCWレーザーを用いてアルミ青銅面上にタングステンカーバイド(WC)の粒子(~100 μ m)を融着させた結果が報告されていた。青銅とWCは同程度の融点を持つため、硬いWCが埋め込まれて一体化し耐摩耗性が向上することであった。

◆次回の開催予定

次回のWoPは、2年後の2019年6月23日~27日に開催される予定である。



【写真】会議場にて

ILT2017 平成28年度研究成果報告会(東京会場)ご案内

本年のILT2017成果報告会(東京会場)は「光とレーザーの科学技術フェア2017」のオープンセミナーとして開催させて頂くことになりました。

日時：平成29年11月14日(火)13:00～

場所：科学技術館(東京都千代田区北の丸公園2-1)
<http://www.jsf.or.jp/access/map/>

【プログラム】

13:00～13:05 開会挨拶

13:05～13:25 当研究所の研究概要 所長 井澤靖和

当研究所は今年で創立30周年を迎え、さまざまなレーザーとその応用技術開発を進めてきた。これまで取り組んできた研究概要を紹介すると共に、昨年度の研究成果の中で、以下の講演では紹介されないテラヘルツ計測、水中ナノ粒子生成等について報告する。

◆パルスレーザー加工の素顔に迫る

13:25～13:50 レーザーアブレーションの基礎とシミュレーション
 主席研究員 藤田雅之

さまざまなレーザー加工の中でも、特にパルスレーザーを用いた加工現象を理解するために、光の立場から見たレーザーと物質の相互作用について解説する。波長やパルス幅が変わると、プラズマが発生すると、レーザー光の吸収がどう変わり、どのようなレーザー加工が実現できるのかをアブレーションプラズマのシミュレーション結果を交えて紹介する。

◆パワーレーザー開発への取り組み

13:50～14:10 水冷kW級Yb:YAGレーザー開発
 主席研究員 藤田雅之

我々は、液体窒素冷却型Yb:YAGレーザーにおいてkW級の出力を達成したが、現在さらに実用的なシステムの構築を目指し、水冷kW級レーザーの開発を進めている。発熱の抑制が期待されるゼロフォノンライン励起に着目した実験を進め、発振特性の温度依存性のモデル化を行った。レーザー媒質の動作温度を測定し、冷却手法等、高出力化に向け検討した結果を報告する。

14:10～14:40 素子開発と失敗しない光学素子の選び方
 主任研究員 本越伸二

多くの国内外のメーカーから光学素子が製造・販売されているが、同仕様のレンズ、ミラーでも、価格や性能が異なる。このような状況で、何を基準に光学素子を選んだ

らよいか、特に、高出力レーザー装置を取り扱う上で光学素子の注意点も含め、用途に応じた光学素子選びの考え方を紹介する。また、光学素子のレーザー損傷について、広く理解してもらうために、損傷しきい値のデータベースの構築を進めている。平成28年度に実施した355nm用ミラーおよび反射防止膜の試験結果を報告する。

14:40～14:55 休憩

◆レーザー計測の最前線

14:55～15:20 陸海空でのリモートセンシング技術

副主任研究員 染川智弘

レーザー計測は基礎科学から産業応用まで幅広い領域で利用されている。手元でのその場分析から数kmに及ぶ物質の分布計測まで陸海空で利用可能なリモートセンシング技術を中心に解説する。具体例として、我々が取り組んできた陸上(机上)での油成分分析、水中でのCO₂濃度計測、大気中での黄砂や水蒸気分布計測等について紹介する。また、竹富島沖で湧出する火山性ガスに含まれるメタンの水中分布を測定する取り組みを報告する。

15:40～16:10 鉄道トンネル検査における12年の歩みと
 インフラ検査最新技術

主任研究員 島田義則

パルスレーザーを物質に照射して発生する衝撃波を用いて物質内部の情報を得ることができる。当研究所はこれまで鉄道トンネルを対象としてレーザーによる欠陥検出手法の実用化を進めてきた。12年間の研究の歩みを紹介すると共に、一昨年来取り組んできた検査の高速化の現状について報告する。また、本手法をインフラの健全性評価に幅広く展開するために橋梁床版の欠陥検出にも取り組んでおり、その最新成果を報告する。

【開催概要】

<参加料> 無料

<資料代> 当日の資料等をご希望の方は、資料代3000円を頂戴いたします。(賛助会員、理事会社等無料)

<参加申込> 「光とレーザー科学技術フェア2017」

↓こちらのサイトからお願いいたします。

https://www.optronics.co.jp/ex-seminar/projects/semi/51/66#seminar_id_206

主な学会報告

11月19日(日)～23日(木) MTSA2017&TeraNano8(岡山コンベンションセンター)

李 大治 「Coherent radiation in terahertz regime from a composite grating」

Laser Cross No.355 2017, Oct.

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

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 大阪市西区靉本町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。