

2018, Jan.
No. 358

CONTENTS

- レーザー技術総合研究所所員一同
- 【謹賀新年】新年のご挨拶
- レーザーを用いたコンクリート構造物の高速検査システムの開発

LASER CROSS

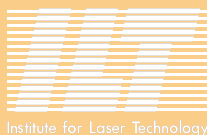
ISSN 0914-9805



レーザー技術総合研究所所員一同

【表紙写真】

前列左より 藤本勲、藤田雅之、松村宏治、中塚正大、井澤靖和、中島信昭、島田義則、本越伸二
後列左より 片岡紀子、幸脇朱美、小野田理恵、谷口誠治、李大治、古河裕之、染川智弘、コスロービアン ハイク、
コチャエフ オレグ、倉橋慎理



公益財団法人レーザー技術総合研究所
レーザー・クロス

Institute for Laser Technology

謹賀新年

新年のご挨拶

所長 井澤靖和

2018年の新年を迎え、ご挨拶を申し上げます。

レーザー技術総合研究所は、大学等における基礎研究の成果を産業界に結びつけることを目的として1987年に創立され、昨年創立30周年を迎えることができました。記念講演会、記念式典を開催するとともに、例年と同様に大阪と東京で成果報告会を開催いたしました。成果報告会では、どちらも100名を超える皆様方のご参加を得て、貴重なご意見を数多く頂くことができました。長年にわたり当研究所の活動・運営をご指導・ご支援下さいました皆様方に、深く感謝申し上げます。

当研究所では、全所横断型の2つのプロジェクト研究、「産業用レーザー開発」と「レーザー探傷技術開発」を推進するとともに、レーザーエネルギー、レーザープロセス、レーザー計測、レーザーバイオ化学、理論・シミュレーションの5研究チームとレーザー技術開発室の体制で研究を進めています。産業用レーザー開発では、新たに開発を始めた室温水冷方式Yb:YAGレーザーで高効率化、高出力化の見通しが得られ、低温冷却方式と併せて、高ビーム品質の10kW固体レーザーの実現をめざして努力を続けてまいります。レーザー探傷技術開発では、小型で高速探傷が可能な装置開発を進め、トンネルの欠陥検査システムとしての実用化に向けて大きな進展が得られました。チーム研究では、レーザー微細加工、テラヘルツ波による非破壊検査、レーザー分光による微量成分分析、液中レーザーアブレーションと光化学、生体関連物質の機能研究、レーザープラズマシミュレーション研究、光学素子の損傷評価や高耐力化研究などを継続して進め、成果の積み上げを図ってきました。

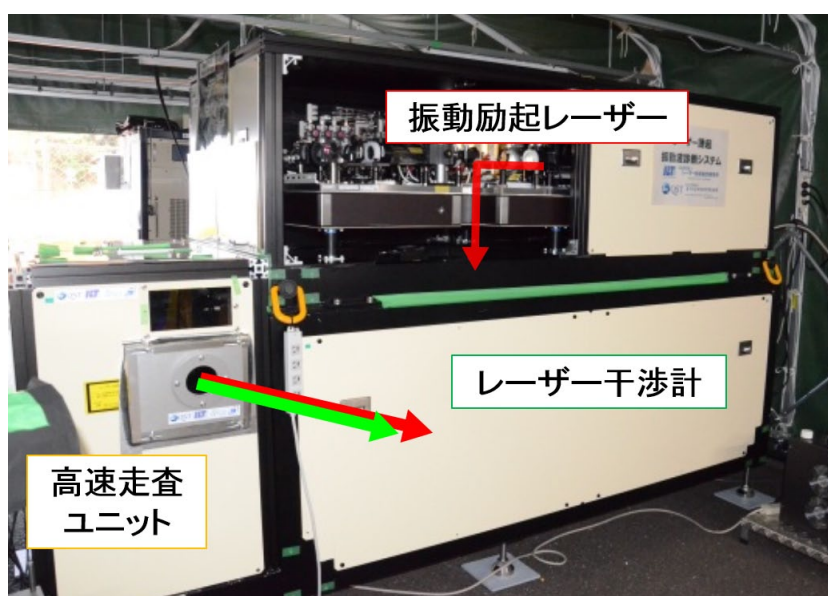
昨年、また、当研究所の成果の一つである「光学素子のレーザー損傷しきい値データベース」がレーザー学会より産業賞(貢献賞)を受賞しました。この賞は、「レーザーに関する製品や技術、実用化、普及などで国内の関連産業の発展に貢献しうる優秀なものに贈呈する」となっています。データベース構築に向けての地道な努力とこれに賛同して頂いた産業界の皆様の積極的なご協力がこの受賞につながったのでありますが、創立30周年という記念すべきときにあたり、当研究所が産業界への貢献で評価されたことを大変喜んでいます。

所員一同、30周年を機にさらなる努力を重ね我が国の産業創生の一端を担うべく光技術振興の発展に貢献する所存でございます。本年も引き続き、なお一層のご支援、ご鞭撻を賜りますようお願い申し上げて、新年のご挨拶といたします。

レーザーを用いたコンクリート構造物の 高速検査システムの開発

レーザー計測研究チーム 倉橋慎理、島田義則

レーザープロセス研究チーム 北村俊幸



【図1】高速レーザー検査システムの外観

■はじめに

社会インフラと呼ばれるトンネルや橋梁などのコンクリート構造物の多くは1950～60年代の高度経済成長期に建造されており、高経年による老朽化が懸念される。耐用年数を超過した社会インフラは、本来ならば全面的な建て替えや改修などにより計画的に更新されることが望ましい。しかし現状ではコスト面などの問題から、点検や補修など適切な維持管理を施すことで延命化を図るものが多くなっている。この現状を受け当研究所では、鉄道トンネルや高架橋などのコンクリート構造物内部の健全性をレーザーで遠隔検査する技術の開発を進めてきた^{1,2)}。パルスレーザー照射によりコンクリートに振動を励起し、生じた表面振動をレーザー干渉計で検出、周波数分析などを行い内部の健全性を評価する技術である。現在実用化に向け、検査装置の小型化と信頼性向上、検査の高速化などの開発を加速している。

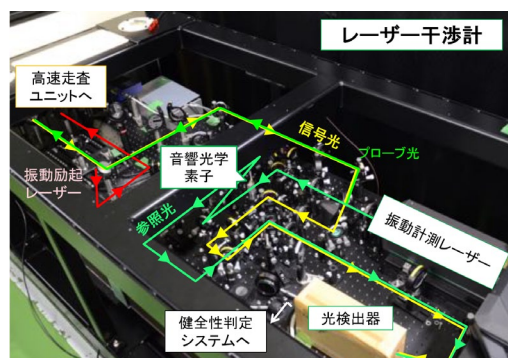
これと関連し当研究所では、平成26年度(2014年度)より内閣府主導の戦略的イノベーション創造プログラ

ム(SIP)に参画し、レーザーを用いた高性能・非破壊インフラ診断技術を開発するため理化学研究所(理研)、量子科学技術研究開発機構(量研機構)、日本原子力研究開発機構(原研)との共同研究を行ってきた。平成27年度には、量研機構が開発した高出力高繰り返しレーザーと当研究所の遠隔検査技術を組み合わせ、従来の50倍の速度(秒間25点)で検査を行うことに成功した³⁾が、その後システムを改良し、現在ではさらにその2倍の速度(秒間50点)での検査が可能となっている。加えて、実用化に向け屋外運用が可能な高速レーザー検査システムを新たに構築し、フィールド試験を実施した。本稿では、システムの概要およびフィールド試験の結果に

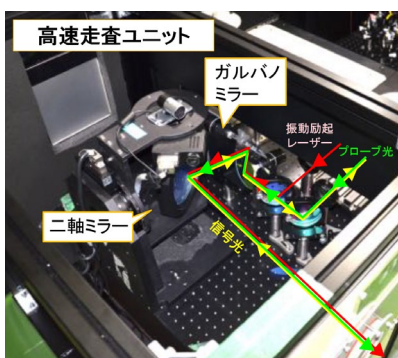
ついて報告する。

■高速レーザー検査システム

図1に、高速レーザー検査システムの外観を示す。上下二段構造となっており、下段にはレーザー干渉計と高速走査ユニットが、上段には振動励起レーザーが収納されている。外部環境からの影響を極力低減できるよう、下段の筐体には除振、防音機構が備えられている。下段部と上段部は分離することができ、それぞれ別個に運用することも可能である。図2にレーザー干渉計の写真を示す。振動計測レーザーは偏光ビームスプリッターによりプローブ光と参照光に分割される。参照光は音響光学素子によって変調される。プローブ光は高速走査ユニットによって検査面に照射され、散乱して戻ってきた光が信号光となる。重畳された信号光と参照光は、光検出器で干渉信号として検出される。光検出器からの信号は復調器で復調された後、データ処理装置に入力され、取得信号の高速フーリエ変換、得られた振幅スペクトルへの健全性判定アルゴリズムの適用、結果の二次元表示など、一連のデータ



【図2】レーザー干渉計



【図3】高速走査ユニット

処理が高速(50Hz)で行われる。高速走査ユニット(図3)では、レーザー距離計により検査面までの距離が取得され、組み合わせレンズ間の距離や計測点間の距離を決定するために用いられる。プローブ光と振動励起レーザーはダイクロイックミラーで結合され、ガルバノミラーを用いて検査面上を高速走査する。振動励起レーザー、ガルバノミラー、高速データ処理装置の各動作タイミングは同期制御されている。

■フィールド試験

構築した検査システムを用い、コンクリート供試体内部に人工的に配置された空隙を50Hzで検出するフィールド試験(於量研機構関西光科学研究所屋外試験場)を行った。供試体は施工技術総合研究所より貸借したもので、空隙は表面から10mmの深さに横200mm、縦100mmの大きさで配置されている(図4(左)、白破線で囲まれた部分)。この供試体の横240mm、縦150mmの領域を検査した。検査間隔は30mm、検査点数は $9 \times 6 = 54$ 点(図中黒点)で、検査に要する時間は2秒未満である。供試体と検査システム間の距離は、実用時の検査条件を考慮し7mとした。図4(左)に、レーザー検査で得られた結果の一例を示す。計測で得られた振幅スペクトルから卓越周波数を検出し、卓越周波数の振幅値と計測周波数領域における振幅の平均値の比を求め、その値の大小に応じて赤から緑の色を割り当てている。試験で得られた空隙領域(赤色領域)は実際の空隙の位置をよく再現しており、高い精度で内部検

査が可能であることがわかる。図4(右)に、赤と緑それぞれの領域における振幅スペクトルの例を示す。空隙部において卓越周波数が顕著に検出されることが確認できる。

本研究では、レーザーを用いたコンクリート構造物内部検査法の実用化を目指し、50Hzの高速レーザー検査システムを新たに構築してフィールド試験を行った。その結果、屋外

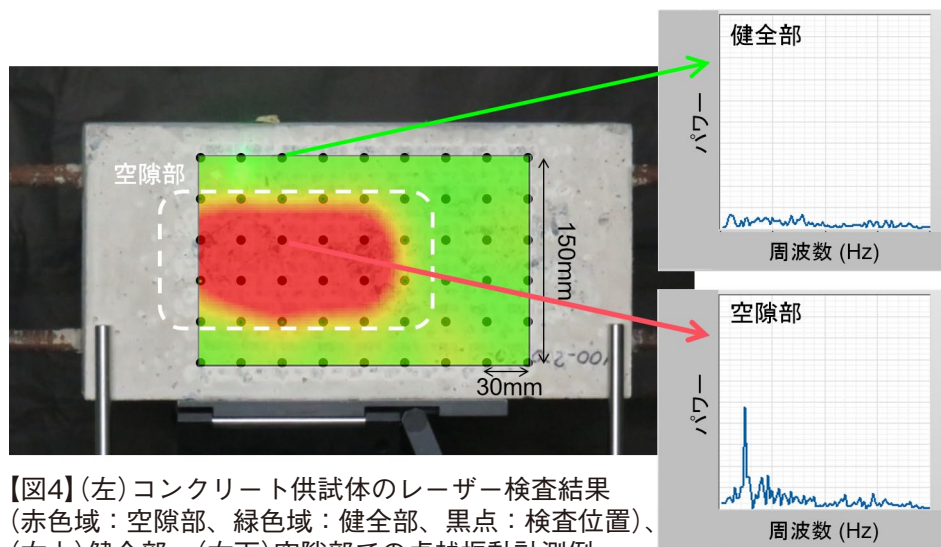
においても高速検査が可能であることを実証した。今回得られた成果は、輸送トンネルなど検査範囲が広大な構造物に対しても、本技術を用いることで検査に必要な時間的コストを大幅に短縮できることを意味しており、実用化に向け大きく前進したといえる。

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」(管理法人JST)の支援を受け行われた。またフィールド試験の実施に際し、量研機構関西研の錦野将元氏、長谷川登氏、近藤修司氏、岡田大氏、三上勝大氏、河内哲哉氏らに尽力いただいた。深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 島田義則 他：非破壊検査, 61, 519, (2012).
- 2) 倉橋慎理 他：レーザー研究 42, 849, (2014).
- 3) 北村俊幸 他：平成27年度ILT年報



【図4】(左) コンクリート供試体のレーザー検査結果(赤色域：空隙部、緑色域：健全部、黒点：検査位置)、(右上)健全部、(右下)空隙部での卓越振動計測例