

CONTENTS

- 新幹線トンネルのコンクリート欠陥検出実験を開始
- レーザーを用いたコンクリート欠陥検出装置の開発
- 【光と蔭】IFEフォーラムシンポジウム
- 第36回定量的非破壊検査技術国際会議に出席
(36th Annual Review of Progress in Quantitative Nondestructive Evaluation)
- 主な学会等報告予定

【表紙写真】新幹線トンネル内でのコンクリート欠陥探傷実験



新幹線トンネルの コンクリート欠陥検出実験を開始

レーザー加工計測研究チーム 島田義則

■トンネル実験に向けて

平成20年の秋に新幹線橋梁でコンクリート欠陥検出実験を行い、レーザーを2次元に走査することにより欠陥形状を表示させることに成功した(レーザークロス No.249)。この成果を受けて西日本旅客鉄道(株)(以下、JR西日本)及び(財)鉄道技術総合研究所と共同で装置を新幹線トンネルに持ち込み、実用化に向けた実験を開始した。

■レーザー装置をトロに積み移動

新幹線トンネルでの実験は、平成20年11月から平成21年2月まで行った。レーザー装置は図1に示す15トンのトロに設置し、ディーゼル機関車で牽引して新幹線トンネルまで移動させた。冬のトンネル内温度は外気温と比べて10度以上高くまた、湿度も高いため、光学系が曇ってしまう。そのため、空調設備等を準備して実験を行った。



【図1】トロに積載したレーザー装置をディーゼル機関車で牽引してトンネルまで運搬

■コンクリート欠陥検出

新幹線トンネル内のコンクリートはすでに打音検査で詳細に調べ尽くされており、危険な箇所はすでに修繕されている。しかし、僅かに内部に空洞が生じている箇所が存在するので(表面クラック部分が小さく落下する危険性はない)、そこをターゲットとして欠陥検出実験を行った。巻頭写真でも分かるように架線や下束(さげづか、架線柱の一種)があり、それを避けてレーザーを照射する必要がある。このためにJR西日本ではレーザーを照射するトンネル形状をリアルタイムで計測する技術によって架線等を照射することを避ける工夫を開発中である(第2記事参照)。

図2に計測箇所の写真と図3にレーザーで計測した欠陥箇所の振動スペクトルを示す。健全部を探傷した場合には現れない0.8kHzに卓越振動数が計測された。同じ箇所を接触式加速度センサーで計測を行った。得られたスペクトルを図4に示す。卓越振動数は0.8 kHzでレーザーにより計測した周波数と一致し、欠陥の振動を捉えていることを確認した。

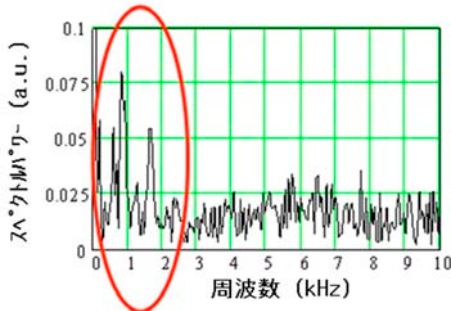


【図2】新幹線トンネル内のコンクリート欠陥箇所(表面クラック部分が小さく落下する危険性はない)

次ページへつづく▶

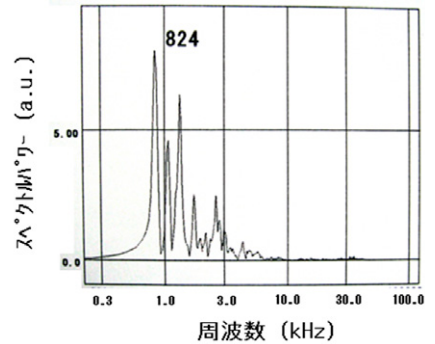
■今後の課題

レーザーによる振動計測を新幹線トンネル内で行うためには解決すべき課題がいくつかある。例えば、ディーゼル機関車の振動が大きく、レーザー計測に支障が出ることや、コンクリート表面がスス等により



【図3】レーザー装置で計測したコンクリート欠陥の振動スペクトル

汚れているなどである。解決するためにレーザー装置の改良を行っている。現在は、ディーゼル機関車の振動問題もクリアされつつあり、トンネル内でレーザーリモートセンシング装置が動き出す日も近い。



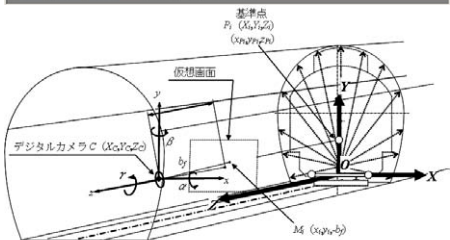
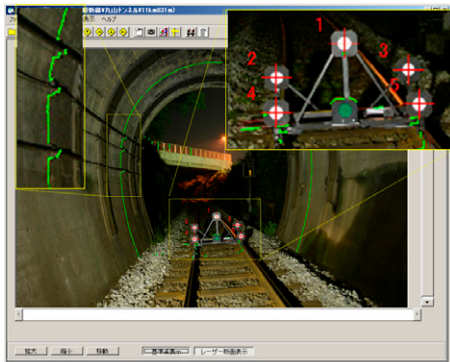
【図4】加速度センサーで計測したコンクリート欠陥の振動スペクトル

TOPICS

レーザーを用いたコンクリート欠陥検出装置の開発

西日本旅客鉄道(株) 御崎哲一

■打音検査に代わる新しい検査法



【図1】トンネル断面計測²⁾

当社はトンネル覆工表面からの剥落事故を未然に防ぐため、定期的な検査を実施している。代表的な検査手法には打音法があり、検査と処置の両方を同時に行えることで広く一般に適用されている。しかしながら、打音法は検査技術者の主観や技量などに左右され定量的な検査を行うことが難しい。さらに、延長距離の長いトンネルに対して全般検査を実施する場合、多大な検査労力と検査時間が必要となる。そこで、(財)レーザー技術総合研究所、(財)鉄道技術総合研究所、及び東京工業大学と共同で、レーザー技術を活用したリモートセンシングによるコンクリート欠陥の非破壊検査法を開発中である。レーザーを用いたコンクリート欠陥の詳細については文献などを参照されたい¹⁾。ここでは、トンネル内欠陥探傷する上で必要な付帯技術とその進捗状況、及び最終的な装置イメージについて述べる。

■トンネル断面計測による架線の防御とレーザー照射位置の決定

トンネル内にはちょう架線やトロリー線、側壁には通信電線や電源線などがあり、探傷時にレーザーが照射されると照射痕などのダメージを受けるために、予め電線などの位置を計測する必要がある。この解決法として、JR西日本コンサルタンツが開発したレーザー測距法²⁾を用いてトンネル断面形状と架線の位置を判定する装置を付加する計画である(図1)。原理はシリンドリカルレンズでライン状に集光したレーザーをトンネル断面に照射し、その画像を数m離れたCCDカメラで計測することによって位置を評価する。さらにこのデータからコンクリート表面までの距離が正確に測定できるので、レーザーで振動を計測する際のフォーカス位置を事前に決定できる利点を持つ。レーザー測距装置は在来線用に作られているため、新幹線用に改良することを行っている。

■ひび割れ情報をベースとしたレーザー照射位置の決定

次に、トンネル全断面をメッシュ状にレーザー探傷装置で計測すると明らかに健全な部分を計測するなど非効率で計測時間が長くなることが懸念される。そこで、当社はトンネル表面撮影装置「SATUZO」(図2)を稼働させており、トンネル表面のクラック状態等のデータは存在する。「SATUZO」



【図2】トンネル断面計測装置等のデータは存在する。「SATUZO」



IFEフォーラムシンポジウム

輝く星のエネルギーを地上へーレーザー核融合が拓く低炭素社会ーと題して標記のシンポジウムが去る11月25日新霞ヶ関ビル灘尾ホールで開催され約150人の参会者が熱心に新エネルギーの開発現状を討議した。

まずIFEフォーラム座長の橋本徳昭関電常務が開会の挨拶を行い、ついで奥村直樹総合科学技術会議議員と森口泰孝文科省審議官が来賓挨拶を述べ早速基調講演が始まった。会場には文科省坂田東一事務次官や熊谷貞俊衆議院議員の顔も見えた。

最初に疇地 宏君から大阪大学エネルギー学研究センターの高速点火実証実験FIREXからレーザー核融合実験炉への構想が紹介され、ついで招待した米国ローレンスリバモア研究所のEdward Moses NIF所長からNational Ignition Facilityの完成現状と例の古くて新しいFusion-fissionハイブリッド発電炉計画が述べられた。ついで英国ラザフォード研究所のMike Dunneレーザー施設長が欧州におけるレーザー核融合発電実証HiPER計画を報告した。

周知のようにリバモアのNIFは目下出力1.1MJ 3ω の超大型装置で38億ドルの巨費をかけ10年に渡って営々と建設をすすめ遂に本年5月に完成に漕ぎつけた。新エネルギー実現の大計画としてアポロ計画以上の成功と成果が期待されている。ここ数年のうちに念願のICFの点火実験が達成される。欧州のHiPER計画はその実証を踏まえて実験炉への展開を企図したものである。2030年には実証炉を実現しようと計画している。

IFEシンポジウムの後半は立花 隆氏の司会の下、本島 修、Edward Moses、Mike Duune、疇地 宏4氏をパネリストにして充実したパネル討論が行われた。立花氏のNIFの実現にショックをうけたという感想から始まり、レーザー核融合が点火に近づいた現状をもっと一般に周知することが大切で、今となっては点火達成後に備えたわが国の対応こそが大切だとの提言があった。磁場核融合と慣性核融合の長年の葛藤を背景に比較論も展開されITERとNIFの行方が討論された。

これからの核融合炉のテーマは技術的なことに勿論十二分の対応が求められるが、実用上経済性が中心の論点になる。電力中研の岡野氏が電力供給の立場から炉のコストと工学的対応が大切である旨を述べ、炉設計上技術的に致命的な欠陥が一つでもあると実用化が困難になると指摘した。ICF炉の実現に向けて今後国際協力がきわめて大切である旨日米英の意見は一致した。

最後に立花コーディネーターからレーザー核融合研究のパイオニアとして意見を求められた。

思えば1972年モントリオールのIQEC会議でEdward Tellerが新式内燃機関と称してレーザー核融合炉構想をぶち上げ、水素・重水素燃料を爆縮により1000倍圧縮すれば成功だと宣言し、そのため必要なレーザー出力は10kJでよろしいと述べたが、実は爆縮時の不安定性を考慮していなかった。

NIFはその100倍のレーザー出力MJを必要としている。70~80年代大阪大学ILEの苦労の種は、国内では水爆の研究だという誤解と米国の秘匿政策であった。そのためILEは爆縮物理に力を集中して間接照射型ターゲットキャノンボールを提案し、1988年のマドリッドマニフェストで米国に秘密解除と国際協力を呼びかけた。1989年東西冷戦が終了し少しずつ国際協力が始まった。爆縮密度1000倍はわがレーザー核融合研究センターが1989年に見事に達成し、NIF計画の根拠となった。この時中性子検出で核融合反応は確認したが点火燃焼は実現しなかった。要するに加熱不十分でレーザー能力が足らなかったのである。NIFの完成によりレーザー核融合点火が目前に迫っている。この10年リバモアはもくもくとレーザー建設に従事し、核融合実験は全く進まなかった。これが研究資金の乏しい我々の太平楽の源だった。爆縮核融合の物理に集中し高速点火のスキームを実現しようと努力は重ねたつもりであったが、After ignitionへの対応が不足であった。

これからの対応としてはNIFを中心とした実験炉開発への国際協力が不可欠となるだろう。それでもわが国の特徴である高速点火というレーザー負荷が少なくてすむ方式を追求する努力も怠ってはならない。中心点火に比べレーザー能力は一桁小ですむのだ。これからの研究展開において今一層の若い研究者のあくなき執着心を求めたいと付言した。

今回のシンポジウムは米国、英国から多忙な二人の要人を招待しICFの現状の認識を確かめると共に、立花 隆コーディネーターの優れた司会の下で、まことに充実した討議が適切な時機に公開された。立花隆氏の意見にもあったように、もっともっと多くの人々にレーザー核融合の実情が理解され、宇宙の根源のエネルギーを地上に招来する努力が国を挙げて認められるように願いたいものである。【研究名誉所長】

このデータを基に検査したいクラック部分のみを抽出し、重点的にクラック近傍をレーザーで計測する方法も検討中である。

■まとめ

将来、上述の機能を内包したレーザー探傷装置を最終イメージとしている。現状は上述の技術を平行して開発を進めている。トンネル内で活躍するレーザー探

傷装置の完成を目指して努力する所存である。

- 1) 御崎哲一、島田義則、篠田昌弘、“レーザー超音波リモートセンシングによるコンクリート欠陥の非破壊検査法の開発”、JREA,(社)日本鉄道技術協会、Vol.52(6),pp.34294-34298, (2009).
- 2) 特許出願番号 2005-229707：計測用定規、計測システム、計測方法、トンネル断面の計測方法及びプラットフォームとレールの離隔の計測方法

REPORT

第36回定量的非破壊検査技術国際会議に出席

(36th Annual Review of Progress in Quantitative Nondestructive Evaluation)

レーザー加工計測研究チーム 島田義則

■QNDEが米国、キングストンで開催される



【写真1】ロードアイランド大学キャンパス

第36回定量的非破壊検査技術国際会議が米国、キングストンのロードアイランド大学で7月27日から31日の5日間にわたり開催された。大学へはT.F.Green国

際空港からタクシーで40分ほどかかった。田舎町の大学でキャンパスは非常に大きく、古い建物が多く見られた。真夏であったが、長袖でも寒い日があった。

国際会議の参加人数は303名、日本からは筆者の他、東京工業大学、東北大学、名古屋工業大学らが参加した。プレナリーセッションの後、4セッションに分かれて進められた。

■レーザー超音波リモートセンシングについて発表

筆者は3日目の午後1番にレーザー超音波リモートセンシングの最新研究成果をレーザー超音波のセッションで講演した。質問はレーザーのパルス幅に比べて使用している振動数が低いので信号印加効率ほどの程度なのか、検出できる欠陥の深さや大きさはどの程度かなどであった。発表後も米国、オランダの技術者が質問に来るなど、反響は大きかった。

■各国の非破壊検査技術が披露された

プレナリーセッションではGE ResearchのH.I. Reingermacherから、マイクロ波、テラヘルツ、赤外線、可視光、X線、超音波、等を用いた最新非破壊検査の現状報告があった。ドイツのBAN(Federal Institute for Material Research and Testing)のH. Wiggenhauserはコンクリート構造物の鉄筋箇所を自動的に計測するロボットの開発や、超音波フェーズアレイ開発について発表した。BANのParisa Shokouhiはコンクリートの圧縮加重評価をR波計測により可能であることを発表した。シミュレーションも進んでおり、College of William and MaryのM.K.Hindersはパイプ中を伝わるS波の計算を行い、折れ曲がった一部でS波が伝搬し難い部分があり、検査の際は注意が必要であることを報告した。

最後に、この国際会議で他機関の研究者との親睦を深めることができた。また、第2回のレーザー超音波国際会議は2010年フランスで開催される。



【写真2】発表する筆者

主な学会等報告予定

12月16日(水)～18日(金) 第23回数値流体力学シンポジウム(宮城県・仙台市民会館)

砂原 淳 「レーザープラズマシミュレーションにおけるAdaptive Mesh Refinement法の導入」

1月23日(土)～28日(木) Photonics West (San Francisco, CA USA)

古瀬 裕章「Thermal effect of cryogenic Yb:YAG total-reflection active-mirror laser」

1月31日(日)～2月3日(水) Advanced Solid-State Photonics(San Diego, CA USA)

古瀬 裕章「Zig-Zag Active-Mirror Laser with Cryogenic Yb:YAG」