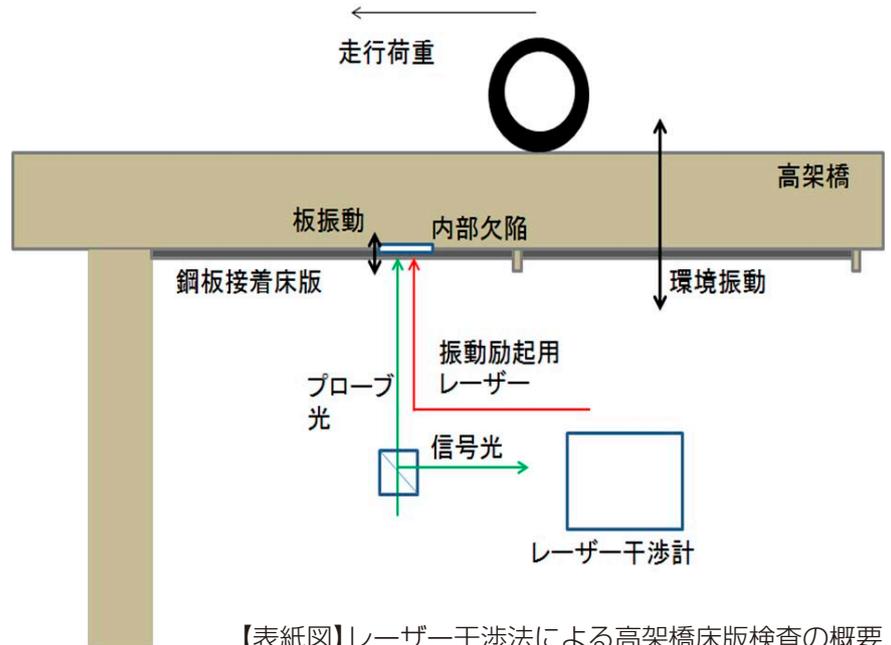


CONTENTS

- レーザー差動干渉法を用いた高架橋床版の内部欠陥検出手法の開発
- 高平均出力レーザーの熱問題を自己補償する手法の開発
- 【光と霧】戦後レジームからの脱却
- 主な学会等報告予定



【表紙図】レーザー干渉法による高架橋床版検査の概要

レーザー差動干渉法を用いた 高架橋床版の内部欠陥検出手法の開発

レーザー計測研究チーム 倉橋慎理、オレグ・コチャエフ、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はがれると、想定していた強度が保持できず構造物自体の劣化につながるため、定期的な検査が必要である。現状では、床版をハンマーで直接叩き、発生した振動を耳やマイクロフォンで集音して剥離により生じた空洞の有無を判断する手法(打音検査)が主流であるが、検査対象部への接触が必要のため、危険を伴う高所での作業が要求される。当研究所ではこれまで、コンクリート構造物表面にパルスレーザーを照射して振動を誘起し、発生した振動をレーザー干渉計で観測することにより構造物の内部欠陥を検出する遠隔検査技術の開発を継続して行い、この技術が打音検査に代替可能であることを実証してきた(Laser Cross No. 315, 2014. June 他を参照)。し

かしながら高架橋の場合、車両の通過等による走行荷重が要因の環境振動が常時発生していることが想定されるため、検査時にはこれらの振動(雑音成分)を除去する必要がある。そこで本研究では、雑音成分を低減する新たな手段としてレーザー差動干渉法を提案し、コンクリート供試体を用いた計測実験によりその有用性について検証した。その結果、本手法が内部欠陥の検出に十分な能力を持つことが実証されたため本稿にて報告する。

■レーザー差動干渉法

表紙図にレーザー差動干渉法を用いた高架橋床版検査の概要を示す。レーザー干渉計は信号光の位相の変化により振動を検出するため、環境振動など本来検出したい振動以外の揺れは雑音成分として検出されてしまう。この雑音成分を低減する有力な手法の一つにレーザー差動干渉法がある。この手法は二本のプロー

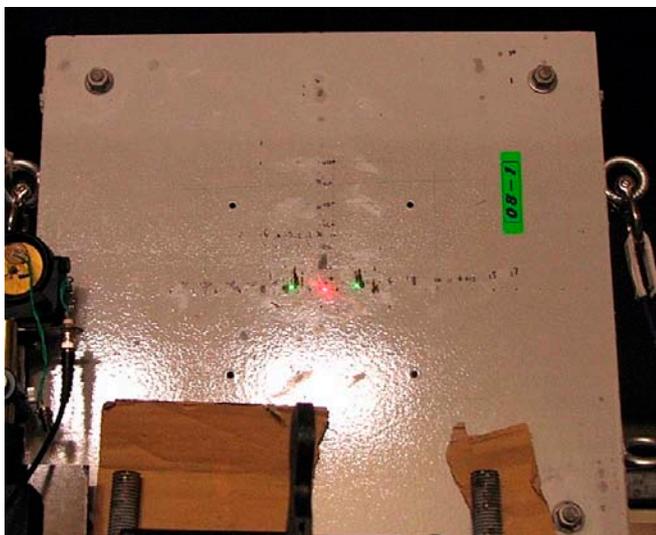
次ページへつづく▶

レーザー差動干渉法を用いた高架橋床版の内部欠陥検出手法の開発

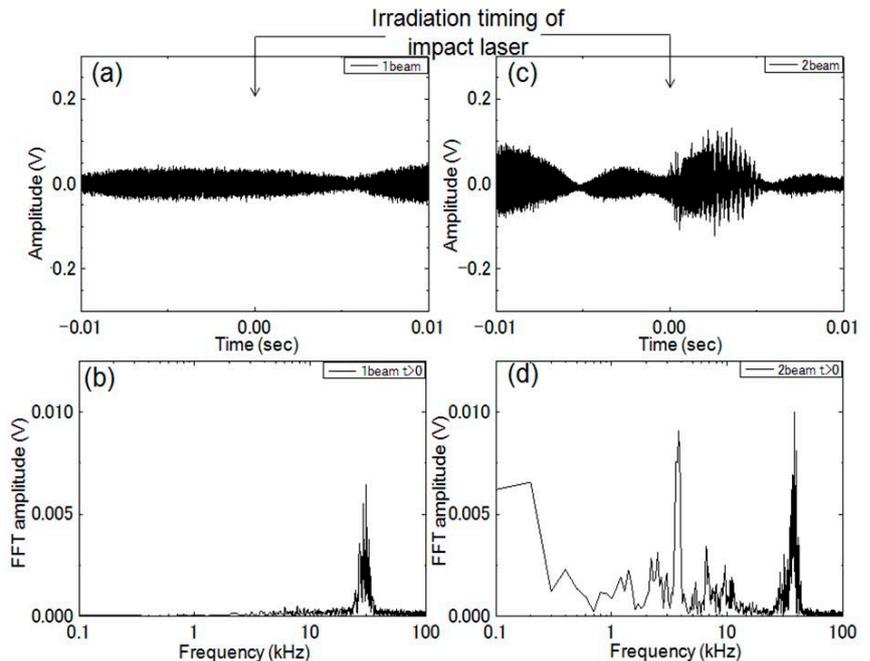
プローブ光を検査対象に照射し、反射した光を干渉させて計測する。信号光と参照光はともに検査対象面の不規則な振動の影響を受けるため、従来法を用いた場合と比べ信号光と参照光間の位相のずれを小さくすることができ、これにより雑音成分の低減が可能となる。以下に検証実験の結果を示す。

■環境振動下での内部欠陥検出実験

環境振動として振幅約2.5mm、振動数約2Hzの正弦波様の振動を与えたコンクリート供試体内部に配された空洞のかぶり部中央に炭酸ガスレーザーパルスを照射し、励起された振動を差動型レーザー干渉計で計測した(図1)。従来型のレーザー干渉計と差動型レーザー干渉計から得られた信号波形、および振動励起用レーザー照射後の信号波形を高速フーリエ変換した結果を図2に示す。なお、あらかじめ環境振動を与えない静止状態での実験を行い、供試体に配された空洞により生じる振動が4~3kHzあたりにピークを持つことは確認しておいた。環境振動を与えた場合、従来型レーザー干渉計から得られた信号の周波数成分は30kHzあたりに集中している。環境振動の振幅がプローブ光の波長より十分大きいため、得られた干渉信号は本来の振動数より大きな値を示し、また空洞の有無を示す信号はそれによって変調されている。一方、



【図1】コンクリート供試体の検出実験時の様子



【図2】環境振動下における供試体の信号波形および周波数変換図 (a) 従来手法による信号波形、(b) (a)の周波数領域表示、(c)レーザー差動干渉法による信号波形、(d)(c)の周波数領域表示

レーザー差動干渉計から得られた信号は、差動干渉法の原理に基づき環境振動により生じた信号・参照光間の位相差が補償され、周波数成分が500Hz以下まで低減されている。この効果を受けて、従来型では確認できなかった4~3kHzあたりにピークを持つ空洞の有無を示す信号が確認できた。依然高周波領域に雑音成分が存在するが、これは検査対象面が粗面であることに起因する成分であり、信号光の位相には影響を与えることはないものと考えられる。

■おわりに

我々が提案したレーザー差動干渉法は、従来のレーザー干渉法が持つ、高所や狭隘部などの直接接して計測を行うことが困難であるような空間的な制約を持った箇所への適用、足場の設置や検査対象面に対し予め処理をしておく必要もないためそれにかかる時間分の高速化、また波形計測装置を用いることで得られたデータの保存や定量的な評価が可能であるといったなどの利点を有するのに加え、走行荷重のような環境振動下においても適用することが可能なコンクリート構造物内部欠陥検出手法である。本研究によりこの手法が十分な能力を有することが実証された。

高平均出力レーザーの熱問題を自己補償する手法の開発

副所長 中塚正大

■開発の背景

高出力レーザー(ここでは固体レーザーを扱う)の開発はレーザー核融合エネルギー開発研究やレーザーの高集中エネルギーを扱う産業応用、医用応用などとともに進められた。平均高出力を扱う場合に最も問題となるのはレーザー媒質からの除熱技術である。媒質が破壊するほどの高熱状態は勿論のこと、温度上昇がもたらすレーザー波面の歪みが、増幅光の品質を低下させる。

多くのレーザー媒質は屈折率の温度係数が正であ

り、温度上昇は伝達波面の遅れを引き起こす。光線の進行方向と温度勾配の方向が直交する場合に最も影響が大きい。平行する成分は温度勾配(屈折率の分布)の影響を同一に感じるために影響は少ない。ジグザグスラブレーザーやアクティブミラー増幅器はこの原理で発明されたが、実際には媒質の温度影響をゼロにすることはできない。局所的に光線と直交する温度勾配を生じるためである。

■自己補償の原理

レーザー媒質の屈折率の温度係数と逆の符号を持つ

山中千代衛



戦後レジームからの脱却

先の大戦をどう評価するか。直接戦争に参加した年輩者と戦後の民主主義教育を受けた新人達とではその意見は多いに分かれる。

最も短く見れば1941年12月8日の米国に対する宣戦布告から始まる太平洋戦争だが、わが国はいわゆる支那事変として1937年から中国と戦争状態にあった。さらにこれに先立ち1931年に満州事変がおきている。天皇陛下は年頭に当たり「本年は終戦から70年の節目の年に当たり、この機会に戦争の歴史を十分に学び、今後の日本のあり方を考えることは極めて大切だと思う」と感想を発表された。

日本は4年間の戦争の末ぼろぼろの状態です1945年8月15日ポツダム宣言を受諾した。それから1952年4月28日のサンフランシスコ平和条約の発動で連合国の占領が終了するまで7年間にわたって主権がなく、占領体制の下で憲法、教育基本法、戦後の諸制度が形成された。

戦争は放棄し、諸国の信義に信頼して平和、独立を唱えたのだが、朝鮮戦争がおきるや対日占領政策は変更になり、日本の再軍備が要請され、あまつさえ愛国心教育が必要とされる始末である。この期に及んで戦後教育を受けた人々の心は混迷の中にある。

教育の重要性はまことに恐るべきものだ。わが国では戦後60年たっても教育基本法の見直しどころか憲法についても全く再検討の気配さえ無かった。ドイツは戦後、幾度も憲法を修正し、時代に適合を計っている。

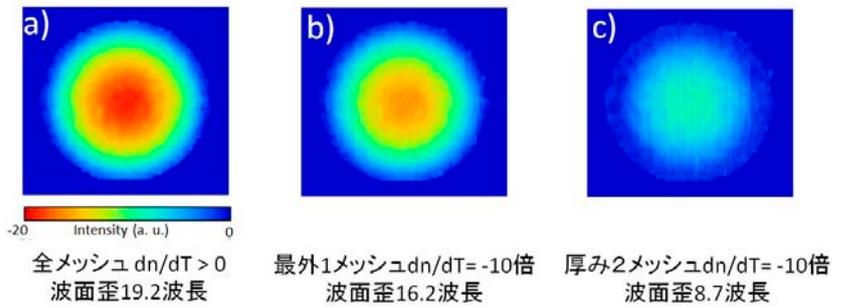
日本民族に何か変化を拒否する本能のようなものが存在するかに見える。米国の世界支配の時代は過ぎ去り、欧州、ロシア、アラブ、アフリカ、アジアそれぞれの国が平和を希求し、共存をはかる新世紀の幕開けにしたいものだ。

日本も独立国としてこれらの諸国と伍して堂々と繁栄しつつけることができる体制こそ近代の新しいレジームである。

それに向けて意識の改革、新時代の到来を感じ取り、新出発を計らねばならない。

【名誉所長】

誘電体を光線の進行方向に設置することが負の屈折率係数(Negative Temperature Coefficient, NTC)の利用原理である。誘電体としては液体と固体の両方が利用可能である。ほとんどの液体はNTC物質である。固体ではある種のガラスのほか、プラスチック物質はNTC物質である。NTC材料選択の基準は、レーザー波長において吸収係数が極めて小さいこと(透過損失とレーザー損傷に関係するが、少々の温度上昇は許される)、NTCの絶対値がレーザー媒質の何10倍もの大きな値を持つこと(必要な厚さがレーザー媒質の数10分の1になる)、屈折率がレーザー媒質に近いこと(界面反射の関係である)などとなる。NTC絶対値はYAG結晶に比べてPMMAで17倍、COP(Cycro-Olefin Polymer)で30倍、液体では水で40倍、アルコール類で50倍程度、ファイバー屈折率整合液では65倍に達する。



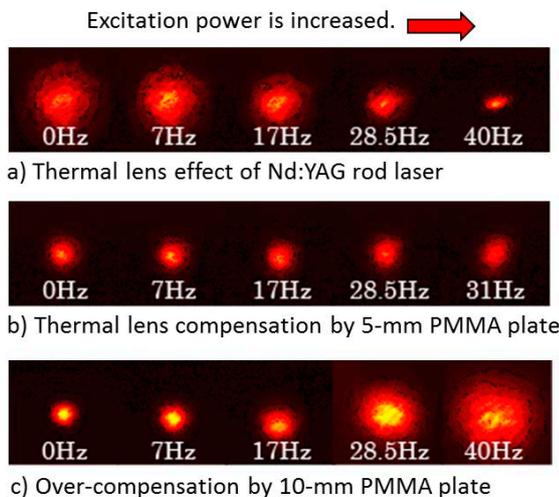
【図2】多段斜入射アクティブミラー増幅器における熱計算例 a)NTC特性なし、b)最外1メッシュ、c)最外部から2メッシュNTC特性($dn/dT=-10$ 倍)を付加した場合の増幅光の波面歪

■ロッドとディスクレーザー

ロッド形状のレーザー媒質への応用として、NTC材料利用により増幅透過波面が改善された様子(実験値)を図1に示す。長さ10cm級のYAGロッドで5mm厚のPMMAで完全に補償され、10mm厚さでは補償過剰により凹レンズ効果が出ている。ディスク形状への応用については多段の斜入射アクティブミラー増幅器における熱計算の例を図2に示す。Non Doped YAGの上下側面にYb:YAG薄板を3枚融着した形状である。

ファイバー増幅器への応用では、コア、クラッド共に温度係数が正の場合とコアが正でクラッドがNTC材料の場合で、顕著な閉じ込め増強効果が出る。これは温度上昇に伴ってコアの屈折率が大きくなり、クラッドの屈折率が小さくなるための効果である。実験例はまだ知られていない。

今後、レーザー媒質へのNTC材料の組み込み技術を光学安定性の視点を中心に向上させる必要がある。本技術は励起強度に関わらず熱問題を自己補償できるところに特徴がある。



【図1】NTC材料(PMMA)による増幅透過波面改善の様子(実験例) a)YAGロッドのみ、b)5mm厚PMMA、c)10mm厚PMMAを設置

主な学会等報告予定

- 3月24日(火)~26日(木) 電気学会全国大会(東京都市大学世田谷キャンパス)
島田 義則「レーザーによるトンネル履工コンクリートの健全性評価技術」
倉橋 慎理「レーザーを用いた環境振動下にある高架橋床版内部欠陥遠隔検出技術の開発」
- 3月26日(木)~29日(日) 日本化学会第95春季年会(日本大学理工学部船橋キャンパス/薬学部)
谷口 誠治「D-アミノ酸酸化酵素の蛍光ダイナミクス：機能阻害効果の検討」
- 4月22日(水)~24日(金) The 4th "Advanced Lasers and Photon Sources Conference"(パシフィコ横浜)
ハイク コスロービアン「Filled-aperture Coherent Combination of Four High-power Beams Using Bernoulli Distribution Based Algorithm」
藤田 雅之「High Power UV Laser Processing of CFRP with Various ns Pulse Waveforms」