

総合講演・報告 4 「東京大学弥生研究会」—原子・分子の分光分析技術とその応用—

レーザーの特長を利用した研究開発 V

Research developments using excellent properties of Lasers V

レーザー誘起超音波によるコンクリート構造物の健全性評価

Diagnostics and characterization of concrete structures using laser driven ultrasonic techniques

*山田 知典¹, 大道 博行², 柴田 卓弥¹¹JAEA, ²レーザー総研

1. はじめに

福島第一原子力発電所の廃炉作業では、作業中の機器の設置や放射性物質の閉じ込め等の観点から、原子炉圧力容器、原子炉格納容器等の構造物の長期健全性が重要視されており、事故の影響や経年劣化を踏まえた耐震性及び損傷発生時の影響、腐食等の劣化現象等の把握が望まれている[1]。これらの調査では、高い放射線の線量率により人が近づいて作業を行うのが困難な箇所があるため、ロボット等の遠隔操作機器と組み合わせた遠隔診断技術が不可欠である。レーザー技術は、加工や診断をはじめ様々な分野で着目されている。レーザー診断技術としては、トンネル等の公共インフラを対象とした保守保全技術[2]が開発されており、作業者が安全に作業を行えるとともに、効率的に検査を可能とする遠隔技術である。本研究では、コンクリート構造物を対象として、特に熱劣化の影響を遠隔から評価するために、高温曝露した模擬試験体を用いて、レーザー診断技術の開発を行っている。

2. レーザーによる遠隔診断技術

レーザー診断では、対象とするコンクリートの表面近傍にパルスレーザー照射により超音波を発生させ、その中を伝搬した超音波を計測することで内部の状態を把握する。まず、コンクリートに超音波を発生させるために、加振用レーザーを用いてレーザー照射を行った。コンクリートにレーザーを照射すると、表面でプラズマが発生するとともにアブレーションが起こり、その反作用で高い圧力が発生し超音波が励起される。本研究では対象物内部を伝搬する超音波(縦波)に着目した。超音波の計測には、加振用レーザーと干渉しないように、波長の異なる計測用連続発振動作レーザーを用いて測定点にレーザー照射を行い、超音波の伝搬に伴う測定点の速度をドップラー効果により検出する。変位の大きさは速度を時間積分することにより求める。レーザー診断の妥当性を検証するため、超音波探傷で用いる探触子と比較を行った。対象物は直径 100 mm、高さ 200 mm の円柱状のコンクリートであり、加振用レーザーを照射して発生させた超音波を計測用レーザー、探触子でそれぞれ計測した。円周方向の 3 点でそれぞれ計測したところ、計測用レーザーでは平均 24.7 μs 、探触子は平均 24.4 μs であった。同様に複数の箇所で計測したところ、各位置で相関が得られ、遠隔から精度良く測定できることが確認できた。さらに、熱劣化の評価に向けて、高温曝露したコンクリートを用いてレーザー診断を行い、曝露温度に応じて超音波の伝搬時間が長くなることを確認した。これは、水分の蒸発に伴う密度変化や圧縮強度、静弾性係数等の変化を反映しており、遠隔でその差異を計測可能である。

3. おわりに

レーザーを利用した診断技術により、遠距離からコンクリート中の超音波の伝播時間を計測し、その健全性を評価できる見通しを得た。現在は熱劣化に着目して研究開発を進めており、模擬体試験体を用いてデータベースを構築することで、現場等での評価に貢献できるよう開発を進める。

参考文献

- [1] 基礎・基盤研究の全体マップ(2019 年版), https://fukushima.jaea.go.jp/hairo/platform/map_2019.html
- [2] 島田 義則、オレグ コチャエフ、倉橋 慎理、保田 尚俊、御崎 哲一、高山 宜久、曾我 寿孝、“レーザによるコンクリート剥離検査技術開発”、電気学会論文誌 C、Vol.139、No.2、2019、P.131-136

*Tomonori Yamada¹, Hiroyuki Daido² and Takuya Shibata¹

¹JAEA, ²Institute for Laser Technology