

レーザー誘起ブレイクダウン分光法による塩分計測法の開発

江藤, 修三

<https://doi.org/10.15017/1785432>

出版情報：九州大学, 2016, 博士（理学）, 課程博士
バージョン：
権利関係：全文ファイル公表済

氏 名 : 江藤 修三

Name

論 文 名 : レーザ誘起ブレイクダウン分光法による塩分計測法の開発

Title

区 分 : 甲

Category

論 文 内 容 の 要 旨

Thesis Summary

鉄筋コンクリート構造物や鋼構造物が海岸などの塩害環境に立地している場合、海塩粒子が付着することにより金属部分が腐食し、構造物の耐荷性能が低下することが懸念される。塩分中の塩化物イオン濃度は塩害の状況を把握するために重要な指標の一つであり、現状では塩分量を求める場合に化学的もしくは電気化学的手法を用いる場合が一般的である。これらの方法は、試料を粉砕したり溶液を作成したりする前処理工程が必須であり、分析とは別に前処理工程でも時間を要する。また、構造物が立地する現場より試料を採取して、実験室などで分析を行うことが必要である。そのため、現地にて迅速に「その場」計測することができれば、点検期間の短縮や点検コストの削減が期待できる。

レーザー誘起ブレイクダウン分光法 (LIBS) は発光分光による元素分析法の一つであり、前処理を原則必要とせず、計測対象物をそのままの状態ですぐに計測することが可能であるため現場での塩分計測法として適している。しかしながら、鉄筋コンクリートに含まれる塩素などの元素を LIBS により計測した例はあるが、鉄筋コンクリートの劣化状態を示す指標を得る方法が開発されていない。金属に付着した塩分を計測する場合、大型の鋼構造物を計測するのに適した計測システムが開発されていない。また、構造物付近に計測装置を設置して計測することを想定した場合には、塩分の検出感度の向上が必要である。さらに、レーザー光照射による入熱および残留応力の発生による金属の応力腐食割れが懸念されるが、LIBS を行うことが応力腐食割れの発生に及ぼす影響は明らかになっていない。そこで、本研究ではコンクリートに含まれる塩分および金属に付着した塩分を LIBS で高感度に計測する方法および計測システムの開発とレーザー光照射による応力腐食発生への影響評価を目的とした。

コンクリートに含まれる塩分を計測対象物とした LIBS では、塩素を含む多元素の同時計測を行い、元素の相対濃度の二次元分布を迅速に求める方法を開発した。そして、得られた結果を用いて塩分浸透の指標である見かけの拡散係数および中性化の指標である炭酸化深さを定量的に求める手法を開発した。

金属に付着した塩分を計測対象物とした LIBS では、ステンレス鋼に付着した海塩粒子中の塩

素の発光強度に関する受光遅延時間依存性やレーザーエネルギー依存性などの特徴を明らかにした。また、構造物側面を垂直に走査可能な機器及び LIBS を行う小型光学系を設計し、離隔距離 5 m の条件で付着塩分を計測できることを実証した。LIBS により得られた塩化物イオン濃度は、イオンクロマトグラフィによる結果と概ね一致し、実環境で観測される塩化物イオン濃度範囲を遠隔で定量できることを示した。

構造物付近に装置を設置して計測することを想定して、LIBS の装置構成を大きく変更せずに感度向上が見込まれるダブルパルスを用いて塩素等の発光強度を計測し、発光強度が最大となる計測条件を明らかにした。特に付着塩分の場合、シングルパルスよりもダブルパルスを用いることで 3~4 倍程度塩素の発光強度が増加した。

レーザー光照射が応力腐食割れの発生に及ぼす影響を明らかにするために、ステンレス鋼表面の残留応力分布の測定を測定することにより、応力腐食割れの発生要因の一つである引張残留応力分布を測定した。また、レーザー光が照射された試験片を用いて大気腐食試験を行うことにより、応力腐食割れの発生状況とき裂の深さの特徴を調べた。その結果、レーザー光照射により引張残留応力が生じることが応力腐食割れの発生に影響することが明らかになり、その影響が及ぶ深さは LIBS を行うレーザー光照射条件では最大 60 μm 程度と非常に浅いことを示した。

本論文の構成を述べる。1 章では LIBS の特徴と類似技術との比較について述べ、鉄筋コンクリートや鋼構造物の塩害評価に LIBS を適用するために必要な課題について言及し、本論文の目的を述べた。2 章では、LIBS による塩分計測実験および大気腐食試験と残留応力測定について述べた。3 章では、コンクリートに含まれる塩素や炭素等の元素濃度分布を計測し、炭酸化と塩分浸透を定量的に評価した結果とダブルパルスによる計測条件最適化の結果について述べた。4 章では、ステンレス鋼に付着した人工海塩粒子中の塩素をシングルパルスおよびダブルパルスで計測した結果および遠隔計測を行うための LIBS システムの開発について述べた。6 章では、本研究の結果を踏まえて、LIBS による塩素の検出感度向上とレーザー光照射が応力腐食割れの発生に及ぼす影響の緩和についての今後の展望について述べた。7 章では、本論文の結論を述べた。