

コンクリート構造物の塩害評価に向けた

リモートダブルパルス LIBS の開発

倉橋 慎理¹, 染川 智弘^{1,2},

¹ (公財) レーザー技術総合研究所 (〒565-0871 吹田市山田丘 2-6)

² 大阪大学レーザー科学研究所 (〒565-0871 吹田市山田丘 2-6)

Development of Remote Double-pulse LIBS Technique for Salt Damage Assessment in Concrete Structures

Shinri KURAHASHI¹, Toshihiro SOMEKAWA^{1,2}

¹Institute for Laser Technology, 2-6 Yamadaoka, Suita, Osaka 565-0871

²Institute of Laser Engineering, Osaka Univ., 2-6 Yamadaoka, Suita, Osaka 565-0871

We demonstrated the salt damage assessment in concrete structures using the remote double-pulse laser induced breakdown spectroscopy (LIBS). The LIBS signal of Na at 589.6 nm allows us to evaluate the surface concentration of the concrete block at a remote distance of more than 3.6 m. The results showed that the remote double-pulse LIBS system would be useful to the salt damage assessment in areas that are difficult to access.

Key Words: LIBS, remote sensing, salt damage, double-pulse

1. はじめに

高架橋やトンネルなどのコンクリート構造物では、海からの飛来塩分や、凍結防止剤の散布による塩化物の供給によって、コンクリート片の剥落などの塩害劣化が深刻化している。コンクリート構造物の塩分量の調査は、コンクリートコアを採取し、スライスして粉碎した試料を電位差滴定法によって測定するのが一般的であるが、コア採取および室内試験に時間を要するため現場で瞬時に塩害を判断できない。また、試料の採取位置によっては、足場を組む必要もあり、時間と費用も要する。そこで、遠隔からリアルタイムに塩分を評価可能な手法として、レーザー誘起ブレイクダウン分光 (LIBS: Laser Induced breakdown Spectroscopy) 法を用いた手法を開発している¹⁾。

LIBS は被測定対象に短パルスレーザーを照射し、発生したプラズマ発光を分光測定することで、その場でリアルタイムに物質の元素分析を行う手法である。気体・液体・固体といった物質の状態に依らず分析が可能であり、検出下限も ppm オーダーであるため、コンクリート構造物の微量な塩分評価が期待できる。

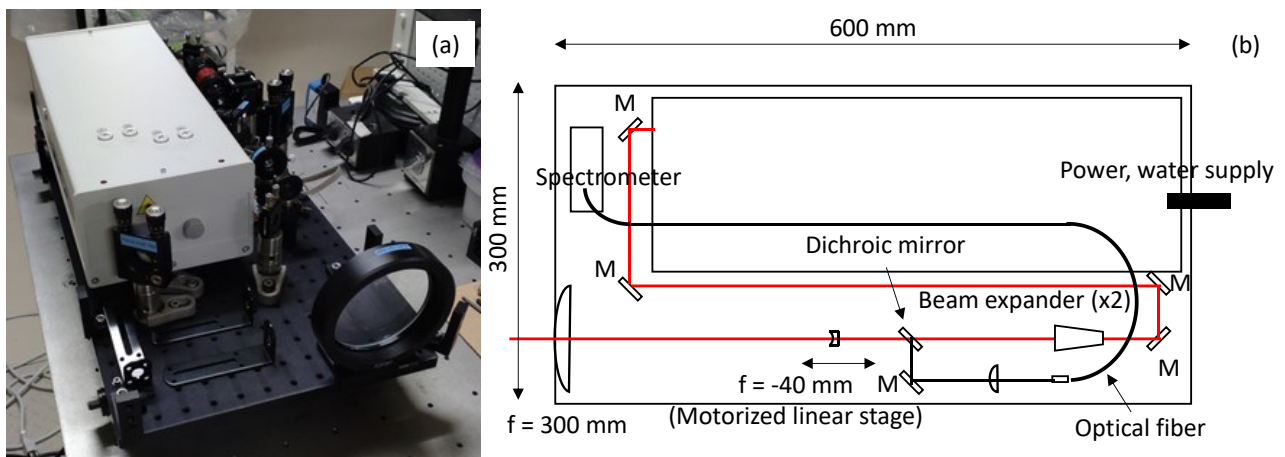


Fig. 1 (a) Portable remote LIBS system and (b) optical layout of the LIBS system.

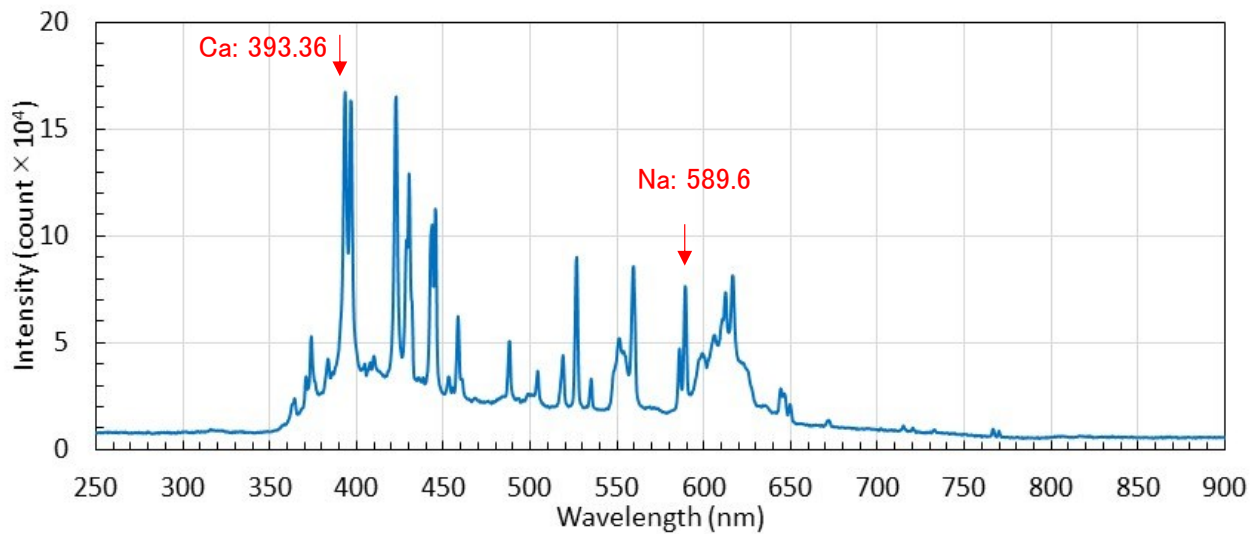


Fig. 2 Remote double-pulse LIBS spectrum of the concrete block.

筆者のグループでは、Na を測定対象とした扱い易い可搬型のリモート LIBS システムを開発し、実際に高架橋での実証試験を実施してきたが¹⁾、より高感度、Cl などへも測定対象を拡張するためにダブルパルス LIBS 法への改良を進めている。本発表では、新しく開発しているリモートダブルパルス LIBS 装置を紹介し、測定例として 3.6 m 先に設置したコンクリートブロックの LIBS スペクトルを報告する。

2. リモートダブルパルス LIBS システムによるコンクリートブロックの遠隔元素分析

Fig. 1 にリモートダブルパルス LIBS システムの計測ヘッド部の写真と光学配置を示す。計測ヘッド内の凹凸レンズ対間距離を調整することで 10 m 程度までのリモート LIBS 測定が可能である。

使用したダブルパルスレーザーは、波長 1064 nm、繰り返し 10 Hz、パルス幅 5 ns であり、パルスエネルギー 100 mJ の 2 つのパルスを時間間隔 1 ~ 100 μ s で照射可能である。レーザー（赤線）は、凹凸レンズ対からなるレーザー照射・プラズマ発光受光系に導かれる。遠隔で生成したプラズマ発光はレーザー照射と同軸で戻って来るが、ダイクロイックミラーで波長 1064 nm 付近のみを透過させ、250 ~ 900 nm のプラズマ発光の波長成分（黒線）は 90 度方向に反射する。ミラーを介して最終的にレンズでミニ分光器の光ファイバーに導かれ、ミニ分光器（観測可能波長範囲：200 ~ 900 nm、波長分解能：1.4 nm）で LIBS スペクトルを測定した。Fig. 2 が 3.6 m 先に設置したコンクリートブロックのリモートダブルパルス LIBS スペクトルである。Na は波長 589.6 nm に鋭い輝線を持ち、Ca の波長 393.36 nm などの信号も見られる。観測距離の調整が容易な同軸光学系で、250 ~ 900 nm の LIBS 信号の取得が可能である。

3. まとめ

コンクリート構造物の塩害劣化を遠隔から評価する手法として、可搬型のリモートダブルパルス LIBS システムを開発し、3.6 m 離れた位置に設置したコンクリートブロックの LIBS 測定によって性能を評価した。観測距離の調整が容易な同軸光学系で 250 ~ 900 nm の広帯域を同時に測定することが可能であるため、塩害の Na, Cl だけでなく、Ca, Al, Si などの多元素分析から化学的な劣化を診断することも可能になる。今後は、ダブルパルスの間隔や、受光システムなどをさらに最適化し、実際の塩害が進行している橋梁で実証試験を実施する予定である。

謝辞：本研究は、内閣府総合科学技術・イノベーション会議の戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）「先進的なインフラメンテナンスサイクルの構築」（管理法人：JST）によって実施されました。関係各位に深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 染川智弘, 名古屋道義, 藤田雅之: レーザー研究, 50 (2022) 318.