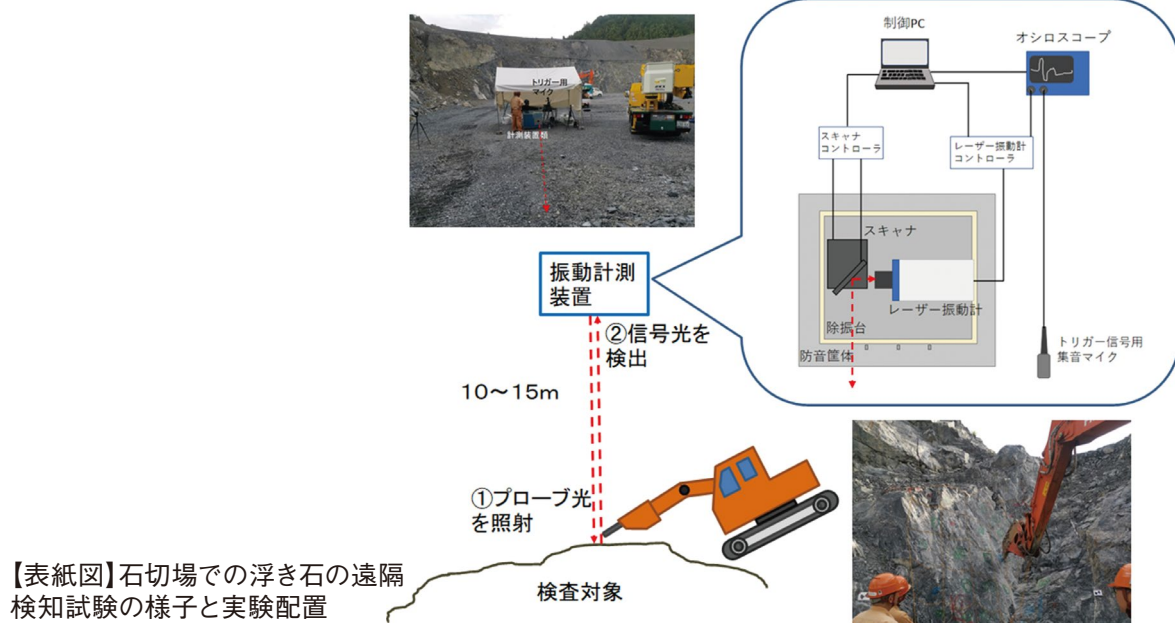


CONTENTS

- レーザー計測を用いた
浮き石の遠隔検知技術の開発
- オンライン学会 参加報告
(レーザーセンシングシンポジウム、
応用物理学会秋季学術講演会)
- ILTオープンセミナー(ILT2020)を東京にて開催

LASER
CROSS

ISSN 0914-9805



レーザー計測を用いた 浮き石の遠隔検知技術の開発

レーザー計測研究チーム 倉橋慎理、島田義則、コチャエフオレグ

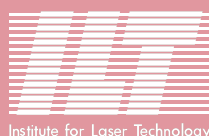
◆はじめに

切羽(きりば)と呼ばれる山岳トンネル工事の掘削現場の最先部は、地山が露出しており、地山から剥離した岩石(浮き石)の落下現象(「肌落ち」と呼ばれる)による労働災害がたびたび発生している。特に、装薬や支保工建込など作業員が切羽に近づいて実施する作業での災害発生が多い。肌落ち防止対策の一つに、ブレイカーなどの建設機械を用いて比較的小さな浮石を予め落としておく「浮石落とし」(「こそく」とも呼ばれる)という手法がある。しかしながら、こそくに多くの時間がかかると掘削面を長時間大気開放することとなり、地山の状態に変化が生じさらなる肌落ちを引き起こす恐れがある。このため作業は迅速に行われる必要があるが、浮き石の確認などで作業員がやむを得ず切羽に近づかなければならない場合も多く、作業の迅速化や安全性に課題があるのが現状である。この対策として作業の機械化、遠隔化技術の開発が望まれている。

当研究所ではこれまで、レーザーを用いたトンネルコンクリートの内部検査技術の開発を進め、実際の鉄道トンネルや道路トンネルにおいて、経年劣化により生じるコンクリートの浮きを検出する実証試験を行ってきた。切羽における浮き石もコンクリートの浮きと同様、原理的には浮き石の形状や周囲との接触の状態によって決まる固有のモードで振動することが予測される。振動の様子をレーザーで計測することができれば、浮き石の状態を遠隔で検知することが可能となる。本稿では、レーザー遠隔計測技術を用い、山岳トンネルの切羽に比較的近い実験条件を模擬できる碎石場の切羽において実施した浮き石検知実験の結果について報告する。

◆野外実験で浮き石の遠隔検知に成功

表紙図に実験配置を示す。ブレイカーとよばれる先端に「のみ」のついた建設機械により検査対象である岩盤を打撃し、生じた振動を10~15 m離れた位置に設



公益財団法人レーザー技術総合研究所
レーザー・クロス

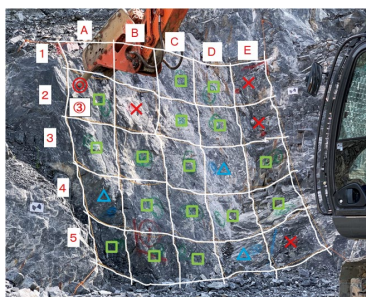
Institute for Laser Technology

次ページへつづく▶

置したレーザー振動計測装置により検出する。配置図における赤の破線がレーザー光である。レーザー光をプローブとして検査面に照射して散乱光を発生させ、計測装置に戻ってきた散乱光を信号光として検出する。除振台上にはレーザー振動計と計測位置を走査するための二軸スキャナが設置されており、防音防塵筐体に格納されている。レーザー振動計、スキャナはPCにより制御される。レーザー振動計により計測された振動波形はオシロスコープにより記録される。検査面を打撃したタイミングを決定するため、集音マイクを利用した。ブレーカーが岩盤を打撃した際に発生した音をマイクで検知してトリガー信号に用いた。

図1に示すように、実験では切羽部の5 m×5 mの範囲を検査対象とした。さらに検査領域を1 m間隔で25のメッシュに区切り、各メッシュ内の浮き石の有無を検査した。浮き石の有無は、事前に高所作業車と岩検ハンマー（ピックハンマー）を用いて確認した。図中赤（×印）がハンマーで強くたたくと落下しそうなレベルの欠陥、緑（□印）が健全部、青（△印）はハンマーでは落下しそうな欠陥を示している。レーザー計測実験では、まずブレーカーを用いて検査領域近傍の健全と判断された岩盤を打撃し、各メッシュ内に設定した点検箇所における振動の様子を、レーザー振動計を用いて計測した。次にブレーカーによる打撃位置を固定した状態で、スキャナを用いてそれぞれの点検箇所にレーザー光を照射し、振動の様子を計測した。一つの検査対象につき打撃位置は二カ所とし、同一の点検箇所において、打撃位置が与える影響を確認した。

図2に、検査対象の③の位置を打撃したときの検査領域（1-D、1-E）で計測された振動の波形と、それをウェーブレット変換することで得られたスカログラム、高速フーリ



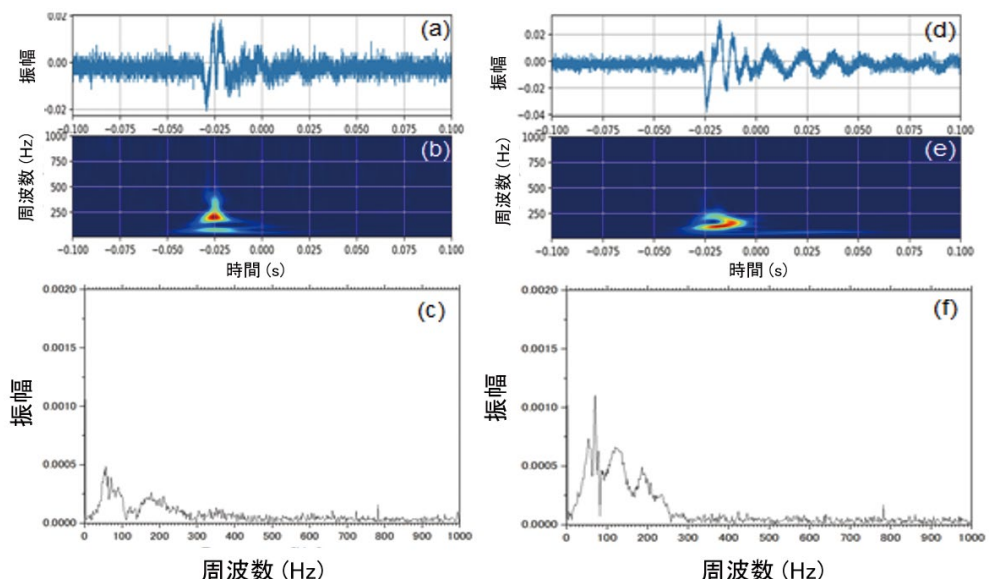
【図1】検査対象（石切場の切羽）の写真。検査領域（5×5=25）を白線で示した

エ変換することで得られた振幅スペクトルをそれぞれ示す。領域1-Eは欠陥部と判定され、振動励起から100ミリ秒程度続くようなゆっくりとした振動が計測された。このような挙動を示す浮き石は落下の危険が高いと考えられる。すぐ横の領域1-Dは健全部であり、1-Eと同様の長周期の振動は励起されていないことが確認できる。このことから打撃位置と計測位置が離れていても、浮き石の状況や岩盤の質によっては検知が可能であることが明らかとなった。計測された長周期の振動は、岩質が硬く、浮き石の固有振動数が低い場合に起こりやすい現象と考えられる。

◆まとめと課題

本研究では、レーザー振動計測技術を応用し、山岳トンネル掘削時に災害の要因となる切羽の浮き石を遠隔検知することを目的とした野外試験を実施した。事前に浮き石と判定された箇所と健全な箇所の計測結果を比較し、浮き石であるため生じたであろう挙動をいくつか確認することができた。また、打撃位置との距離によっては振動が励起されにくい帯域も存在することがわかった。浮き石の周波数応答は、打撃位置と計測箇所間の距離、ひび割れなど不連続面の存在、硬さなどの岩質など、さまざまな要因に依存すると考えられるため、統一的な指標を示す手法の開発が求められる。今後の課題として、ブレーカーにより入力された振動を計測して計測箇所のより正確な応答を知ることなどが挙げられる。

謝辞：本研究の一部は株式会社大林組からの受託研究として実施されたものである。関係者各位に感謝の意を表します。



【図2】検査領域1-Dにおいて計測された(a)振動波形、(b)スカログラム、(c)振幅スペクトル、(d)1-Eにおいて計測された振動波形、(e)スカログラム、(f)振幅スペクトル

オンライン学会 参加報告 (レーザセンシングシンポジウム、応用物理学会秋季学術講演会)

レーザプロセス研究チーム 染川智弘

◆コロナの影響で秋の学会がオンライン開催に

例年9月は筆者にとって学会の多い時期である。初旬にライダー関連分野の研究者が主催するレーザセンシングシンポジウム(LSS: Laser Sensing Symposium)があり、それが終わるころには応用物理学会の秋季学術講演会がある。さらにその後はリモートセンシングの国際会議に出席することが多く、ほとんど家に帰らないために、実験も進まず、さらに家族から反感をかう時期なのだが、今年はコロナの影響で一変した。国際会議については、投稿締め切りが当初の3月から何度も延長され5月になったのだが、5月の時点ではまだ今後の動向が不明確で参加を見合わせざるを得なかった。国内学会については、LSSは6月、応用物理学会は7月に現地開催を諦め、オンラインでの開催に変更された。情勢が不明確な中での決断であり、実行委員の方はかなり苦労されたことと察する。

本稿では、LSS、応用物理学会での口頭発表や座長も務めた経験も含め、オンライン学会の開催状況について報告する。コロナ禍で生じたオンライン学会ではあるが、前向きに貴重な経験と捉え紹介させていただきたい。オンライン開催ということで学会参加を見送られた方もおられると思うが、本稿をお読みいただき今後の学会活動のご参考にしていただければ幸いである。

◆第38回レーザセンシングシンポジウム(LSS)

LSSは、大気ライダーの研究者達が主体となり立ち上げたシンポジウムであったが、最近はレーザセンシングと名前を変え、大気ライダーだけでなくリモートセンシング研究全般について広く議論される学会となった。LSSは首都圏、地方と隔年で2日間開催されている。初日の午前には、初めて参加される方や学生向けのセミナーがあり、また学会終了後は、非公式ではあるが展示業者の方も含めて参加者が集まりフットサルをするなど、参加者同士の交流も盛んである。ライダー分野について深く学ぶことのできるよい学会であるので、来年以降是非参加を検討していただきたい。

今年は地方開催の年であり、東北工業大学の主催で9月3、4日に仙台近辺での開催を検討していたが、Zoomでの開催に変更された。著者の口頭発表の順番は学会の一番最初で、Zoom開催が初めてのこともあり何か不具合が生じた時に対応を、と主催側にお願いされていたのだが、画面共有の設定が最初でできなかったのみでその後はトラブルもなく発表ができ

た。ただ、これはオンライン学会独特の事情だと思うが、研究発表はPCに向かって行うだけなので、聴講者に内容が伝わっているかどうかの手ごたえがない。それでも発表後には、口頭での質問を複数件してもらい、またチャットでも2件の質問があり、盛況な講演だったと思う。2日目の午前には座長も務めたが、Zoomでは画面やマイクをオンにすると手を上げるかのように画面に表示が出てくるので、参加者への指示も出しやすかった。学会期間中には音声聞き取りにくい発表や、画面共有にすると音声聞こえなくなるなどのトラブルもあったが、総じてオンライン学会も実際の学会と遜色ない形で開催できると感じた。

◆第81回応用物理学会秋季学術講演会

応用物理学会はコロナの影響で3月の春季大会は中止となった。一方秋季大会は予定されていた同志社大学での開催は見送られたが、Zoomのウェビナー機能を使って9月8日～11日にオンライン開催された。ウェビナーとはWeb とSeminar を組み合わせた造語で、1万人クラスの参加(視聴)が可能な大規模なウェブ会議システムである。

ウェビナーではホスト・パネリストと出席者に分けられるため、聴講用には出席者のURL、発表や座長の際はパネリストのURLから入りなおすように指示された。聴講は学会のHPからスケジュール表で該当セッションをクリックするだけで入れるので非常にわかりやすかった。聴講の際の質問は、ウェビナー上のQ&A欄に書き込み、それを座長が読み上げるか、ホストの事務局が質問者を出席者からパネリストに上げ、口頭で質問する形式であった。Q&Aで質問し、座長が読み上げ、発表者が答える。その回答で納得したかは、さらにQ&Aに書き込んでもらわないとならないために、質問した際も、座長をした際も非常にやりにくかった。議論が紛糾した際は、出席者からパネリストに昇格するのを待つため時間がかかったが、アクセス権限の管理が難しい大きな学会では仕方がないのかもしれない。

学会をオンラインにすることで、移動の制限がなく海外の研究者の発表を聞くのが容易になるのは良いことかもしれないが、これまでは当たり前で気づかなかった実際に顔を突き合わせての議論の重要性も増してくると思う。また学会の無断聴講や、講演資料のコピーの問題など、学会や研究者側の不利益も問題になってくるのではと感じた。

ILTオープンセミナー(ILT2020)を 東京にて開催

■ILTオープンセミナー「レーザー技術の最先端」

去る2020年11月11日、東京都立産業貿易センター浜松町館(東京都港区)にて、ILTオープンセミナー「レーザー技術の最先端 ～レーザー加工からインフラ診断まで～」(ILT2020)を開催いたしました。このセミナーは、当研究所の設立以来、毎年継続して開催してきた東京での成果報告会を発展させたものです。前年度の主な研究成果の報告だけでなく、関連したレーザー応用分野の現状と展望をも紹介するという形式に変え、毎年秋に開催される「光とレーザーの科学技術フェア」の併催イベントとして4年目を迎えました。今年は新型コロナウイルスの影響により定員を縮小させていただきましたが、オンラインでの聴講もご利用可能な形といたしました。セミナーでは、当研究所の最新の研究成果として惑星探査基地建築材料のレーザー加工、繰り返しパルス照射による光学素子のレーザー損傷評価、遠距離レーザー伝送のための高速・高光耐性可変形鏡の開発、ラマン散乱を利用した海中油の遠隔計測技術、インフラ構造物の遠隔検査技術について報告いたしました。当日は、新型コロナウイルスの影響が続く中にも関わらずオンライン聴講を含め約70名様にご参加いただき、多くのご質問や貴重なご意見をいただきました。



■光とレーザーの科学技術フェアに出展

光技術に関する展示会「光とレーザーの科学技術フェア2020」(主催：オプトロニクス社)、が11月11～13日にわたって開催されました。今年は新型コロナウイルスの影響下であり、会場ではマスク着用、アルコール消毒、体温計測などの感染防止対策が実施されました。

「レーザー科学技術フェア」に加えて「光学薄膜フェア」、「オプティクスフェア」、「分光フェア」など6つの展示会が併設され、それぞれが主催するセミナーなどのイベントでは、現地開催のほかオンライン開催のものも多く見られました。当研究所はレーザー科学技術フェアへ出展し、当研究所の技術紹介パネルや本誌レーザークロスのバックナンバーの展示を行いました。

次回の「光とレーザーの科学技術フェア2021」は11月12日～14日、同会場にて開催される予定です。



【写真2】科学技術フェア会場入口

【写真1】オープンセミナー講演時の様子