

レーザースキャニング振動計を用いた浮石検知の高速化

(株)大林組 正会員 ○川北 章悟, 新村 亮, 谷口 信博, 渡辺 淳
入江 貴博, 奥澤 康一, 鈴木 健一郎
(公)レーザ技術総合研究所 非会員 倉橋 慎理, 染川 智弘

1. はじめに

トンネル工事における切羽での肌落ちによる災害防止を目的に、筆者らはこれまでコソク時の岩盤の振動測定による浮石判定手法の開発を行ってきた。レーザ振動計を用いた切羽模型、実岩盤斜面での実験結果から遠隔での岩盤の浮石判定が可能であることを示した¹⁾²⁾。これまでの計測で使用していたレーザ振動計では計測箇所の移動に時間を要していたが、レーザースキャニング振動計を用いることで連続的に位置を変えて計測することが可能になった。本研究では、実際のトンネル切羽においてブレーカーの打撃により振動する岩盤をレーザースキャニング振動計で連続的に計測することで、浮石判定の高速化を試みた。

2. 試験概要および計測方法

試験を行ったトンネルの地山は中生代白亜紀～新生代古第三紀に貫入した花崗岩が主体である。切羽は発破完了後、安全のため切羽の天端と上半部および側壁側のコソクと一次吹付を行い、計測を行う切羽中央部は発破後そのまま浮石を残置した。図1に試験の概要、図2に試験状況を示す。計測範囲は3m×3mの領域とし、計測点は7点×7点(50cm間隔)の49点とした。計測にはPolytec社製PSV QTec スキャニング振動計(以下、レーザースキャニング振動計)を用いた。通常レーザ振動計を用いる場合、限られた一点の計測のみを行うため、手動での計測点の切り替えに時間を要していた。しかし今回使用したレーザースキャニング振動計は、一点のみの計測だけでなく複数の計測点を連続で計測することが可能である。ブレーカーが岩盤を打撃すると、集音マイクがブレーカーの打撃音を拾い、音を検知した前後の岩盤の振動波形を収録する。その後自動的に次の計測点にレーザを照射できるため、短時間での連続した計測が可能になった。先行研究では1点の計測に1分程度の時間を要していたのに対し、今回使用したレーザースキャニング振動計では一点の計測に要した時間は1秒以下と大幅に効率を上げることができた。

試験では1,300 kg級のブレーカーで計測領域の付近を連続的に打撃することで岩盤に振動を与え、計測を行った。計測の後、振動計測結果と実際の浮石/健全の整合性を調べるために、全計測点をブレーカーで打撃した。打撃によりブレーカーの先端やその周囲の岩が大きく崩れる場合を「浮石」と判定し、ブレーカーの打撃により岩盤にノミ跡が付く、もしくはブレーカーの先端の岩が細かく砕ける場合を「健全」と判定した。ブレーカー打撃によって岩盤が砕け、周囲の岩とともに小さく崩れる場合は「判定不明」とした。

3. 計測結果および考察

試験結果の代表例として、図3と図4に「健全」と「浮石」の計測結果をそれぞれ示す。計測した振動波形を比較すると「浮石」は「健全」と比べ減衰が遅く継続時間が0.05秒以上、「健全」では打撃による振動の収束が早く、継続時間が0.02秒程度であることがわかる。なお、「健全」の図3-aにおいて減衰率 γ はおおよそ0.5、「浮石」の図4-a

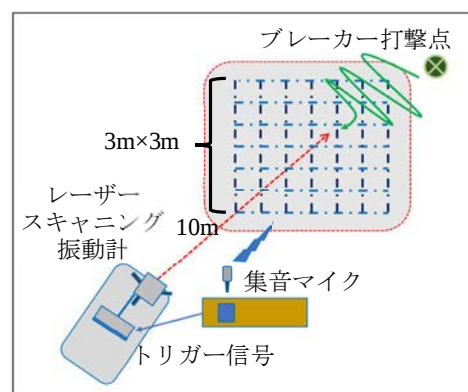


図1 試験の概要



図2 試験状況

キーワード 浮石, レーザ振動計, 現場試験

連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640 (株)大林組技術研究所地盤技術研究部 TEL: 042-495-1111

においておよそ 0.2 であった。振幅スペクトル (図 3—b, 図 4—b) を比較すると, 「健全」の岩においてはいくつかのピークがあるが卓越周波数はおよそ 700~1000 Hz (ピーク値: 883 Hz), 「浮石」においては 30~60 Hz (ピーク値: 50 Hz) であり, 「浮石」の周波数が「健全」に比べ 1~2 オーダーほど低い。

図 5 に切羽の各計測位置における振動特性と「浮石/健全」の判定結果のヒストグラムを示す。横軸に振幅スペクトルのピーク周波数を取り, 計測後のブレーカー打撃での判定結果の度数を縦軸に取った。ただし, 伝播された振動が小さくノイズとの区別がつかないデータは検討の対象外とした。健全と判断された点の多くは 200~650 Hz で振動し, 浮石と判定された点では 200 Hz 以下の振動をしている。これまでに示された「浮石」と「健全」のピーク周波数の違いを基に分類を考えると, 今回の計測切羽の岩盤においては 200 Hz を境に「健全」と「浮石」を分類することが可能である。ただし, 「健全」を「浮石」と分類している場合や他ケースでは「浮石」を「健全」と分類している場合もある。切羽での浮石除去を目的とした計測からは, 「浮石」を「健全」と判定することは許されない。一方, 逆に「健全」を「浮石」と判定する場合には, その処理に時間を要することになる。これら誤判定をより少なくすることが今後の課題となる。

4. まとめ

高速かつ連続で計測可能なレーザースキャニング振動計を用いて, 遠隔での浮石判定を試みた結果, 得られた知見を以下に示す。

- ・レーザースキャニング振動計を使用した場合, 周波数特性に着目することで「浮石」の判定が可能であることが確認できた。また, 試験時間が大幅に短縮でき, トンネル切羽での実用化が示されたものと考ええる。
- ・今回の計測岩盤では, 「健全」と「浮石」判定するためのピーク周波数の境界は 200 Hz であった。他の岩盤でデータを蓄積する必要がある。
- ・「健全」と「浮石」の誤判定をより少なく方法を検討する必要がある。

今後は, 判定の精度を上げていくとともに, AI 等を用いて試験結果を自動で解析し, データの可視化を行うシステムの構築を行っていく所存である。

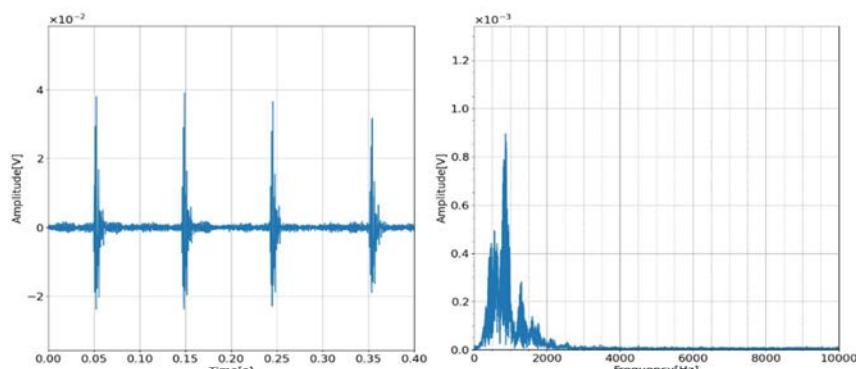


図 3 試験結果 (健全部)

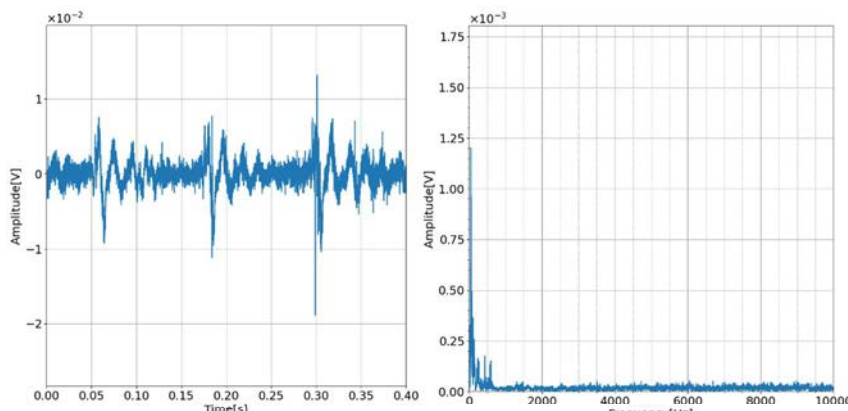


図 4 試験結果 (浮石部)

参考文献

- 1) K. Suzuki et al. : Experimental study on contactless method of measuring vibration of rock face using Laser, YSRM 2019 Specialized Conference, Program & Abstracts, p.194, 2019.
- 2) 鈴木健一郎ら: レーザーを用いた浮石の遠隔検知手法に関する原位置実験, 第 15 回岩の力学国内シンポジウム講演集, 62, 6p, 2021.

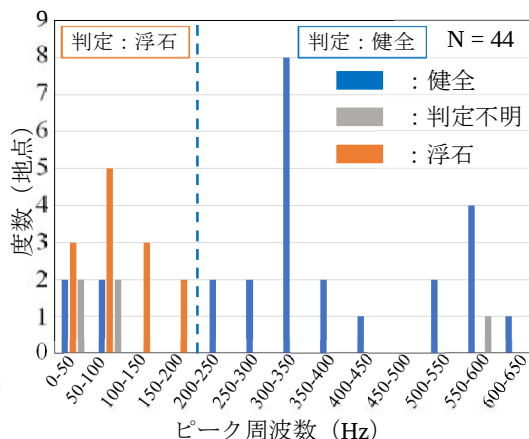


図 5 試験結果 (ヒストグラム)