

レーザー波干渉装置を用いた岩盤の微動計測に関する基礎的研究

岐阜大学	非会員	山崎 智久
	正会員	八嶋 厚
	正会員	沢田 和秀
	正会員	馬 貴臣
	学生会員	野々山 栄人

1. 背景

日本には険しい山が数多く存在し、各地で斜面災害が発生している。これらの斜面災害の中で、落石は最も発生頻度が高く、国・県道などでは数多くの落石危険箇所が選定されている。

既存の落石安定度評価法として、専門家による地形地質踏査、地形図や空中写真による地形判読、落石振動調査法などが挙げられる。地形地質踏査や地形判読では、専門家の判断に委ねられるところが大きく、道路管理者にとって定量的な浮石や転石の評価は困難である。落石振動調査法は、斜面上の浮石部と基盤部に地震計を設置し、雑振動または強制振動を計測することにより浮石部の振動特性を分析し、浮石部の安定性を定量的に評価することができる¹⁾。しかし、浮石部と基盤部に直接地震計を設置しなければならないため、計測に手間や費用がかかるだけでなく、計測器の設置および計測時に大きな危険を伴う。このため、落石安定度を定量的かつ客観的に判断でき、浮石部および基盤部の微動を安全で効率的に評価できる手法の開発が必要である。本研究では、写真1に示す非接触型のレーザー波干渉装置(以下、LD)による落石安定度評価法を確立するため、LDを用いた微動計測のための基礎的な研究を行った。



写真1 レーザー波干渉装置

2. 研究目的

LDによる微動計測は、従来の地震計による接触型計測手法と異なり、レーザー波を対象物に照射することで、非接触で微動を計測することができる。本研究では、従来の地震計による接触型計測手法とLDによる非接触型計測手法の比較や、卓越周波数が既

知な対象物をLDを用いて計測することで、LDの計測精度を検討することを目的とする。さらに、得られた計測結果から落石安定度の評価方法や評価基準の確立を目指す。

3. レーザー波干渉装置(LD)

LDとは、レーザードップラー速度計に、風や地盤振動によるセンサの揺れの影響の補正技術などを取り入れた、屋外での構造物診断用の非接触振動測定システムである²⁾。対象物にレーザー光を照射し、その反射光を受信することにより、遠隔から対象物の振動を計測することが可能である。従来の接触型計測手法と比べ、LDによる非接触型計測では、照射した光を反射させるターゲットを対象物に貼るだけで計測でき、効率的かつ安全に計測することができる。しかし、LDによる計測では、1方向のみの対象物の動きを計測するため、3次元的な動きを一度に計測することができない。さらに、LDの計測に与える要因として、気象条件や照射角度などが指摘されている。

4. LDの計測精度の検証

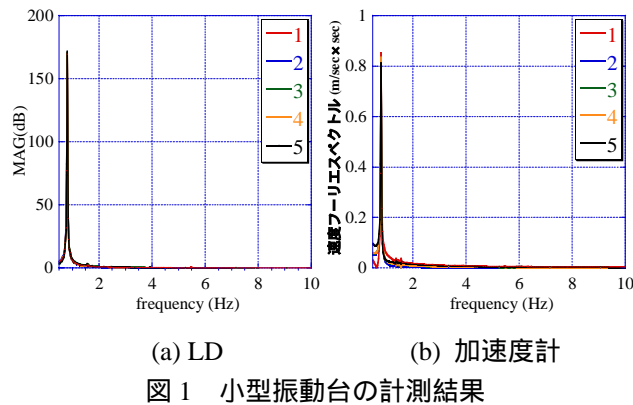
4.1 LDによる常時微動計測

LDの計測精度の検証として、LDを用いてコンクリートブロックの常時微動を計測した。計測の対象は、二段積みのコンクリートブロック(上段:10cm×10cm×23cm,下段:15cm×15cm×29cm)の上段である。65秒間の計測を5回行った。得られた結果から、常時微動のような変位の小さい振動では、雑振動など、他の周波数帯の振動の影響を大きく受けることがわかった。そのため、常時微動からコンクリートブロックの固有周波数を計測することは困難であると判断した。そこで、常時微動ではなく、計測対象物に強制的に振動を与え、計測することにした。

4.2 小型振動台の振動計測

変位の大きな振動の計測精度の検証をするために、小型振動台の振動を計測した。計測に用いた小型振動台の最大変位は約1cmである。計測は、風の影響を受けず、安定した反射光を得るため、屋内で行った。入力地震動の周波数を1~4Hzの4段階に設定し、1.8m離れた場所からLDを用いて、小型振動台の振動を各5回計測した。また、レーザー光を照射

している付近に、加速度計を設置し、非接触型計測手法の LD と接触型計測手法の加速度計の計測結果を比較した。本稿では、小型振動台の入力地震動の周波数を 1 Hz に設定した結果を示す(図 1)。なお、LD のグラフの縦軸は、速度振幅をフーリエ変換したものである。加速度計のグラフの縦軸は、速度フーリエスペクトルである。図 1 から LD を用いた計測と加速度計を用いた計測の両方で 1 Hz が卓越していることが確認できた。また、他の 3 ケースでも、同様の結果が得られた。このことから、対象物の変位が大きければ、LD による非接触計測手法を用いても接触型計測手法と同様に、計測対象物の卓越周波数を計測することが可能であることがわかった。また、LD から計測対象物に照射した光が安定して受光できれば、より正確な計測が可能であることがわかった。



(a) LD (b) 加速度計
図 1 小型振動台の計測結果

4.3 計測対象物に対する LD の設置角度の検証

実際の不安定岩盤の振動を計測する場合、LD と計測対象物の間に樹木などの障害物があり、計測対象物の正面からの計測が困難な場合がある。そこで本研究では、計測対象物の正面から設置位置を変化させて計測を行い、精度の検証を行った。図 2 に計測対象物に対する LD の設置角度の検証の概略図を示す。小型振動台の入力地震動の周波数は 1 Hz に設定し、小型振動台と LD 間の距離は 2m である。小型振動台と LD 間の距離を変化させずに、LD の設置位置のみを変化させて、3 ケースの計測を各 5 回行った。結果を図 3 に示す。図 3 より、一方向のみの変位が大きき振動の場合、計測対象物に対して LD の設置角度が正面からずれても、正面で計測したものと同様の卓越周波数が得られることがわかった。しかし、角度が大きくなると、スペクトルの値が小さくなるため、計測対象物に対して正面からの計測が困難な場合は計測データの補正が必要であると考えられる。また、各グラフで見られる、1Hz 以外の卓越周波数は、すべての計測で観測されたことから、振動台のモーターなどの機械的な振動であると考えられる。

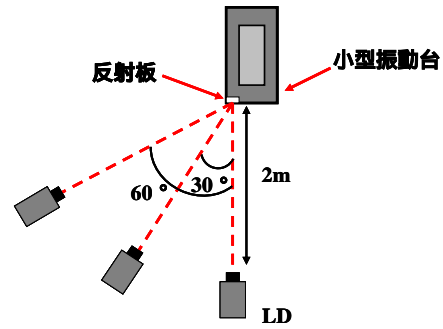
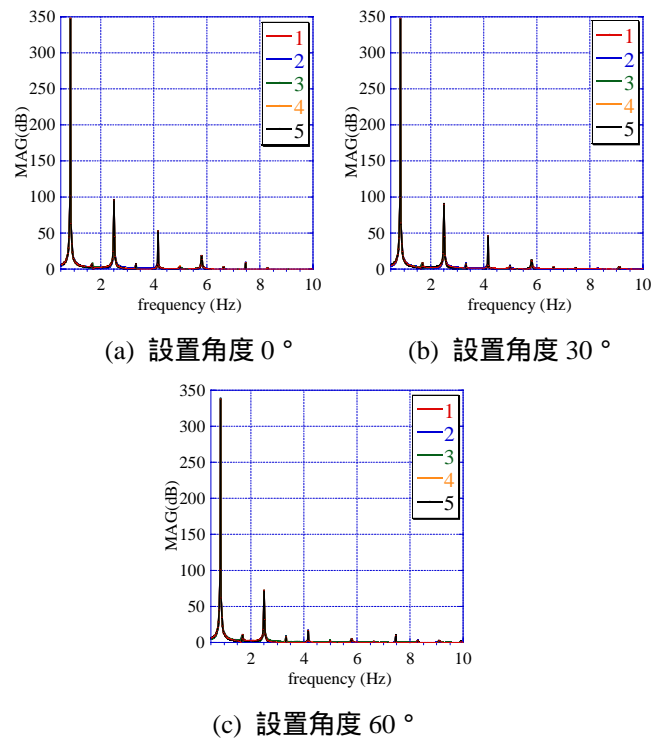


図 2 設置角度の検証の概略図



(a) 設置角度 0° (b) 設置角度 30° (c) 設置角度 60°
図 3 設置角度の検証結果

5. まとめ

- 対象物の変位が大きければ、LD を用いて対象物の卓越周波数を計測することができる。
- 一方向の変位のみが大きい場合は、計測対象物に対する LD の設置位置が変化しても同じ卓越周波数を得ることができる。
- 反射光が多く、安定していれば、正確な計測結果を得ることができる。
- 各計測において、屋外による計測で気象条件の影響を考慮する必要がある。
- 各計測において、計測距離を延長し同様の計測を行い、計測距離の影響を考慮する必要がある。

謝辞

本研究は、国土交通省の道路政策の質の向上に資する技術研究開発により遂行しました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 日本道路公団試験研究所 土工研究室：落石危険度振動調査法，調査マニュアル，2002.
- 2) 上半文昭：構造物診断用非接触振動測定システム「Uドップラー」の開発，RTRI REPORT Vol.21, No.12, pp.17-22, Dec. 2007.