

レーザー波干渉を利用した遠隔計測による岩塊安定性評価

岐阜大学	正会員	○馬 貴臣
岐阜大学	正会員	沢田 和秀
岐阜大学	正会員	八嶋 厚
応用地質株式会社		斎藤 秀樹

1. はじめに

岩盤斜面の安定性は一般的に岩塊を構成している不連続面の分布状況やその強度に大きく左右され、不連続面の分布や強度は不確定的なものであるため、岩盤斜面の安定性を正確に評価するのは困難である¹⁾。そのため、近年では岩盤の振動計測、電気探査、写真測量など多くの簡易的な測定方法が提案され、実斜面への有効性が示されている。しかし、これまでの岩盤斜面内の不安定岩塊の抽出や計測方法は、岩塊の安定性を定性的な検討に止まっていることが殆どである。抽出された不安定岩塊は力学的観点で本当に不安定であるか否かは殆ど検討されていない。その問題点の1つとしては、計測項目としての振動特性と岩盤の不安定性とはどのような関係にあるかはまだ不明確である。したがって、より正確に岩塊の安定性を評価するには、上記のような振動特性などと岩塊の安定性との関係を把握することが重要である。本研究では、レーザー波の干渉を用いた非接触計測手法を岩盤斜面の安定性評価に適用することを提案する。先述した従来方法に比べ、遠隔から非接触で安全に調査できる手法である。不安定化するブロックを用いた模型実験により、提案手法の実務への適用性を検証するとともに、振動計測による岩塊安定性評価への適用性を検討した。

2. 模型実験

図1に模型実験の模式図、図2に実験に用いた斜面とコンクリートブロックを示す。モデル斜面上に不安定岩塊を設置し、レーザードップラー計測器により、ブロックの微動を計測した。同時に、ブロックに設置した地震計を用いた既存の計測手法により安定性を調査し、両手法を比較した。モデル斜面は最大粒径が0.5cm以下の河砂、コンクリートブロックは大 60×50×40cm、小 40×30×20cmの2種類、レーザードップラー計測器はグラフテック社のUドップラー²⁾を用いた。実験は岐阜大学のキャンパスで実施した。

図3は実験装置の配置写真である。レーザードップラーによる遠隔計測は、実験模型から18.4～150m離れたところにUドップラーを設置し、計測器から発射したレーザー光を模型に設置したブロックに照射し、計測器のセンサー部は反射光を測定する。転石・浮石の大きさと状態、斜面の硬さと勾配等は、転石・浮石の安定度に影響を与えることから、以下に示す条件を考慮し、それぞれの条件を組み合わせると計26ケースの実験を実施した。

- ・ ブロックの設置状態：自然に置く、埋め込む
- ・ 斜面種類：モデル斜面と平坦地盤2種類
- ・ 人工斜面の勾配：0°、20°、30°の3種類
- ・ 測定距離：18.4m、29m、150m

キーワード 斜面安定、遠隔計測、常時微動、岩盤、レーザードップラー

連絡先 〒501-1193 岐阜市柳戸1-1 岐阜大学 工学部 社会基盤工学科 TEL 058-293-2451

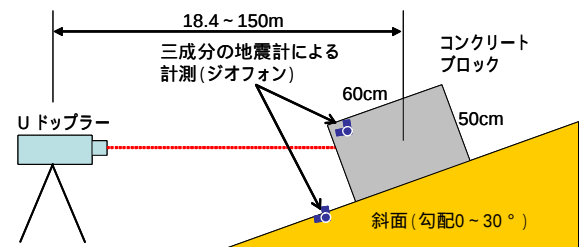


図1 模型実験の模式図



図2 実験に用いた斜面とコンクリートブロック



図3 実験装置の配置写真

3. 岩盤の安定性評価への適用性

提案手法の岩盤安定性評価への適用性を検討するため、ブロックの工学的安定性が異なる実験ケースを抽出し、ブロックの卓越周波数及び応答振幅を用いて検討を行った。

図4にブロックの安定性が異なる4ケースの実験結果を示す。4ケースの共通条件は、大ブロック、斜面勾配 20°、U ドップラーと模型の距離は 18.4m である。図4では、(a)はU ドップラーの補正後速度（三脚と地盤の揺れで補正）であり、(b)はジオフォンで得られたブロックと地盤の水平方向（U ドップラーと同方向）の計測結果から求めた周波数毎のスペクトル比である。4ケースにおける地盤に設置した地震計の計測結果では、U ドップラーの設置地点と模型地点とは同様な振動特性を持っている、また、斜面勾配が共通であることから、図4に示すU ドップラーのスペクトル及び既存方法のスペクトル比はブロックの振動特性を表したものと考えられる。

図4(a)から、U ドップラーで得られたブロックの振動特性は、実験番号 LDE16、LDE17、LDE15 及び LDE18 の順序で、卓越周波数は大きくなり、卓越周波数における振幅は小さくなることが明らかである。これについて、各実験ケースにおけるブロックの工学的安定性を考察すると、図4(a)に示す「縦置き」とは、ブロックの長辺（60cm の辺）が斜面に垂直、「横置き」とは、ブロックの中間辺が斜面に垂直に設置したため、工学的な安定性は横置きが縦置きより高い。また、20cm 埋め込み場合の安定性は埋め込みない場合より高い。したがって、実験で得られたブロックの卓越周波数及び振幅の傾向は工学的安定性と良好な整合性を示す。すなわち、工学的安定性が高いほど、卓越周波数が高くなり、振幅が小さくなる。これにより、遠隔計測で得られたブロックの卓越周波数及び振幅を用いて、ブロックの安定性を評価することができると明らかである。

図(a)と(b)を比較すると、図中の↓で示したピーク値では、U ドップラーとジオフォンとは良好な一致を示す。なお、ジオフォンの振幅はU ドップラーと同じような傾向が認められない。これについて、今回の実験で用いたジオフォンは固有振動数 28Hz のものであることから、28Hz 以下の周波数領域では振幅の感度が急激に低下することが原因である。

4. まとめ

模型実験から、遠隔から正確な振動計測ができることを実証した。また、工学的安定性の異なる実験ケースの整理により、提案手法で得られたブロックの卓越周波数及び振幅はブロックの工学的な安定性と良好な整合性を示したことから、提案手法は岩盤の安定性評価に適用できることが明らかにした。なお、後者については、計測器の設置地盤が計測対象の地盤と異なる場合ではまだ不明である。今後、実際の現場での実証実験により、提案手法の適用方法を検討していく。

謝辞

実験にあたっては、国土交通省「道路政策の質の向上に資する技術研究開発」の援助をいただいた。また(財)鉄道総合技術研究所上半文昭氏から、U ドップラーの計測方法について適切なご助言を賜った。ここに記して深甚なる謝意を表する。

参考文献

- 1) 岩盤崩壊メカニズムを評価するための不連続変形法の適用に関する研究，門間敬一ら，土木学会論文集 No. 757/ -66, pp.45, 2004.
- 2) 構造物診断作業の効率化を目的とした微動の非接触測定技術，上半文昭，コンクリート工学，Vol.44, No.5, 2006.5.

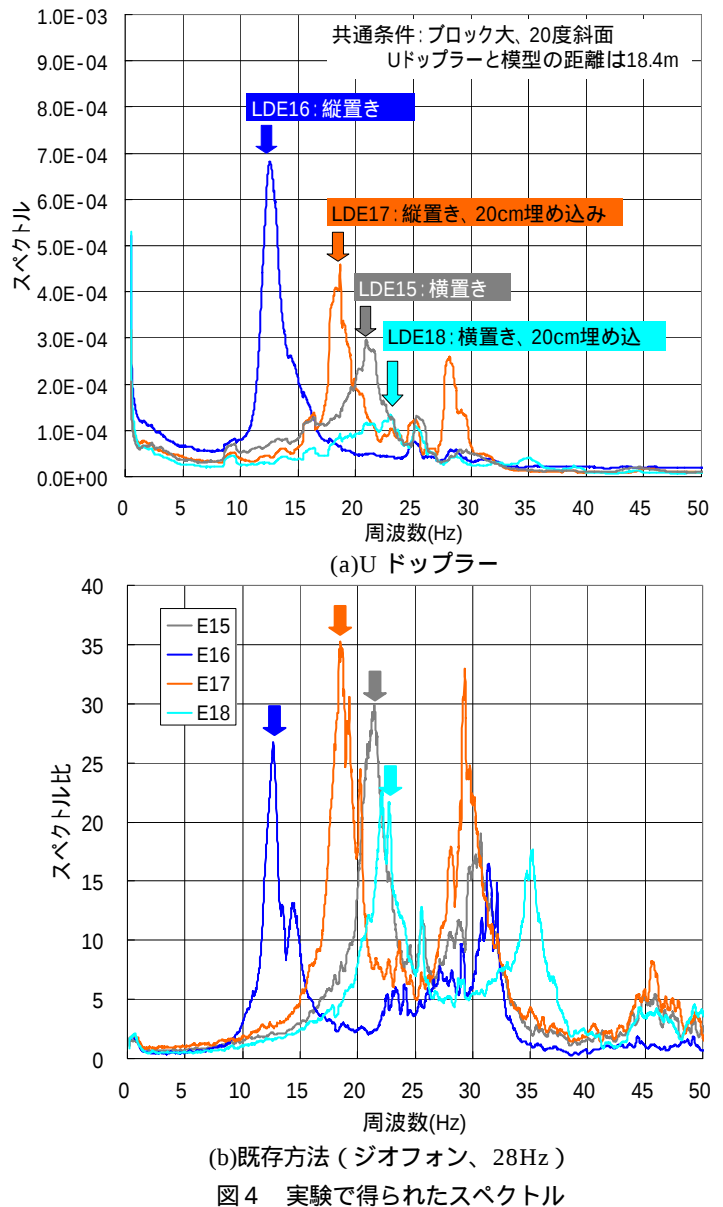


図4 実験で得られたスペクトル