

地震発生時における落石安定性の変化について

株式会社高速道路総合技術研究所	正会員	○和地	敬
株式会社高速道路総合技術研究所	正会員	藤岡	一頼
地質計測株式会社	非会員	三塚	隆

1. はじめに

平成 28 年 4 月に発生した「平成 28 年熊本地震」では道路斜面上部からの落石により一部の国道や県道等が通行止めとなった¹⁾。落石が発生すると人的・物的な被害が生じるなど社会的な影響が大きい。また、高速道路事業では災害時の高速道路機能の早期確保の取組みの 1 つとして道路区域外に起因する災害に対する自衛が必要としている²⁾。このような被害を未然に防ぐため、道路に近接する自然斜面や切土のり面に点在する落石の落石危険度を定量的に把握する手法の 1 つとして落石危険度振動調査法がある³⁾。しかしながら、この調査方法は調査時点での評価を把握するものであるため、落石の誘因となる外的要因による落石安定度の変化の計測は出来ない。筆者らはこれらの変化を把握するために、この調査方法を使用して落石を長期的に常時モニタリングし、降雨、気温、地震等の誘因が落石の安定度にどのように変化するかを分析している。既報では気温が氷点下を継続すると落石は安定し、気温の上昇に伴い不安定化することを示している⁴⁾。本報告は、モニタリング中に発生した落石の誘因の 1 つである地震が落石の安定性にどのような影響を与えたかを報告するものである。なお、本研究は、国土交通省による「社会インフラのモニタリング技術の活用推進に関する技術開発に係る公募 (H26)」選定による実証実験である。

2. 落石危険度振動調査法の概要

本調査は、浮石部の振動特性と基盤部の振動特性を比較し、浮石部の落石危険度を評価するものである。浮石部と基盤部に振動計を設置して主に近傍の道路交通振動等の雑振動を振動源として、振動波形を測定する(図-1)。このときの浮石部の振動測定記録 $X_2(\omega)$ から、基盤部の振動測定記録 $X_1(\omega)$ を除することにより、浮石部の振動特性スペクトル $U(\omega)$ が求まる。この振動特性から RMS 速度振幅比や卓越周波数、減衰定数を求め、振幅の大きさや揺れる速度、あるいは揺れの収まりやすさから浮石部の危険度を判断するものである。危険度の判断基準は、模擬実験と現地計測の結果から、RMS 速度振幅比が 2 以上で不安定としている³⁾。

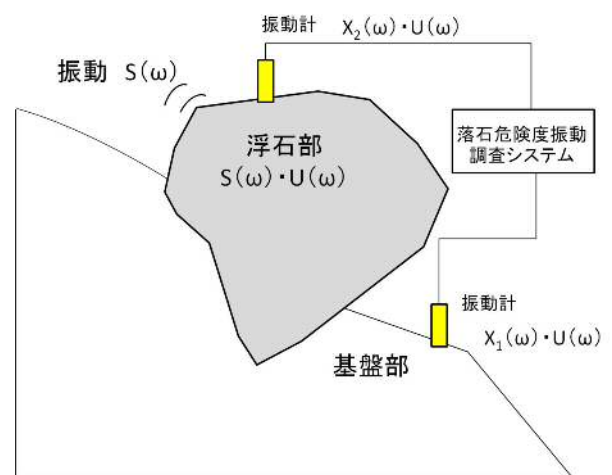


図-1 落石危険度振動調査法の原理

3. 浮石の常時モニタリング

3. 1. 調査概要

調査は国道 153 号(長野県下伊那郡阿智村地内)の道路斜面に道路防災点検の安定度評価で「カルテ対応」と判定された落石に対して行われた(写真-1)。モニタリングは平成 27 年 11 月から行われている。速度振幅を取得する振動計を落石の浮石部と基盤部に設置している。降雨量、気温、地温、地震、風速の外部要因に対する速度振幅の変動を計測し遠隔地にデータ送信している。速度振幅は斜面の等高線方向(X)、斜面方向(Y)、重力方向(Z)の3成分を計測している。



写真-1 振動計の位置

キーワード 落石危険度振動調査法, 道路防災点検, RMS 速度振幅比

連絡先 〒194-8508 東京都町田市忠生 1-4-1 (株) 高速道路総合技術研究所 TEL 042-791-1624

3. 2. 調査結果

調査期間中の平成 29 年 6 月 25 日 7 時 2 分に長野県南部を震央とするマグニチュード 5.6 の実施が発生し、調査箇所の付近では震度Ⅲを計測した。その際の落石の安定性を示す指標である「RMS 速度振幅」, 「RMS 速度振幅比」, の変化を次節以降に示す。

3. 2. 1. RMS 速度振幅の変化

図-2に地震発生前後 10 分の RMS 速度振幅を示す。地震発生時に浮石部、基盤部ともに全ての方向で RMS 速度振幅比が $100 \times 10^{-7} \text{m/s}$ を超えている。特に浮石部の Z 方向が $300 \times 10^{-7} \text{m/s}$ を超えている。しかしながら、地震発生 1 分後には浮石部、基盤部の振幅比は概ね地震発生前の値となっている。これは地震発生 1 分程度で基盤部、浮石部の揺れが収まったことを意味している。

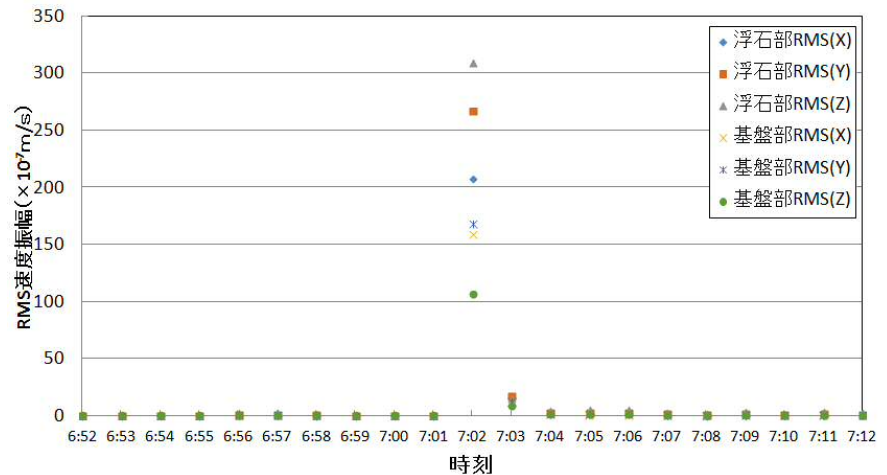


図-2 RMS 速度振幅の変化

3. 2. 2. RMS 速度振幅比の変化

図-3に基盤部と浮石部の地震発生前後 10 分の RMS 速度振幅比の変化を示す。RMS 速度振幅比は 2 以上が不安定とされている指標である。X 方向, Y 方向はほぼ 2 未満であり地震の前後でも大きな変化がないと言える。Z 方向は RMS 速度振幅比が地震前から概ね 2 以上であったが地震後も同様に 2 以上であり不安定化傾向が続いている。また、

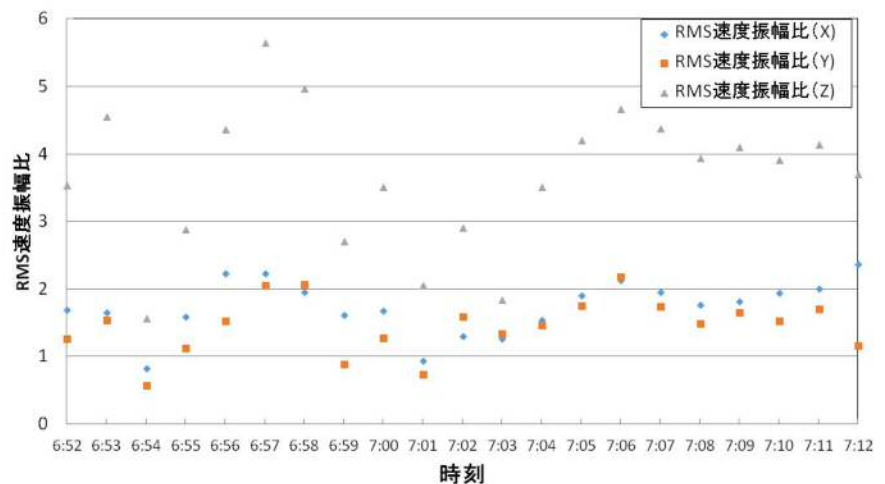


図-3 RMS 速度振幅比の変化

地震前後において X 方向, Y 方向, Z 方向ともに正弦波に近い周期的な変化を示している。このことから、地震前後で RMS 速度振幅比に変化が生じたと言えず、地震動が RMS 速度振幅比に与えた影響はないと言える。

4. まとめ

本報告は落石の安定性に対する地震の影響を RMS 速度振幅及び RMS 速度振幅比を用いて示したものである。落石を常時モニタリングすることにより次の結果を得ることができた。①RMS 速度振幅は地震発生時には基盤部、浮石部ともに増大するが 1 分後には概ね地震前の値になる。②RMS 速度振幅比は地震前後や地震時の変化から推察すると震度Ⅲ程度の地震による影響は本落石に限ってはないと言える。

地震時の落石の安定性の変化が計測できることが明らかになったため、今後は他の地震に対する影響を計測してどの程度の地震や落石の条件で落石の不安定化が生じるかを明らかにしていきたいと考える。

参考文献

- 1) 国土交通省：社会資本整備審議会 第 5 回道路技術小委員会，資料 4-2，2016. 6
- 2) 国土交通省：社会資本整備審議会 道路分科会 第 27 回国土幹線道路部会，資料 5，p11
- 3) 緒方健治・松山裕幸・天野淨行 (2003)；落石振動特性を利用した落石危険度の判定，土木学会論文集，No. 749/VI-61，123-135
- 4) 永田政司，藤岡一頼，三塚隆；落石安定性の常時モニタリングの試み土木学会第 71 回年次学術講演会（平成 28 年 9 月）