

### 落石安定性の常時モニタリングの試み

(株)高速道路総合技術研究所	正会員	永田 政司
(株)高速道路総合技術研究所	正会員	藤岡 一頼
地質計測(株)	非会員	三塚 隆

#### 1. はじめに

過去に豊浜トンネルや第二白浜トンネルの岩盤崩落事故や新東名高速道路の落石が発生した。これに対し、NEXCO では「落石危険度振動調査法」<sup>1)</sup>を開発し、建設や管理時の落石危険度調査に活用してきた。この調査法は、浮石部と直近の安定した岩盤または地盤(以下、「基盤部」という)の振動特性の違いから落石の危険度を定量的に判定するものであり、現地で即座に落石の安定性を評価することができる。しかし、落石の誘因となる降雨や地震等の外的要因に対して、落石の安定性がどのように変化するのは未だ不明な点が多い。そこで、筆者らは当該調査法を活用して岩塊の振動特性を常時モニタリングし、その変化を確認した。本報では、常時モニタリングにおいて判明した浮石の振動特性について報告する。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研究開発に係る公募(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

当該調査法は、図-1に示すように浮石部と基盤部の振動において振幅、振動数などの振動特性が異なることに着目し、その振動特性から落石の危険度を評価するものである。調査では、浮石部と基盤部に3成分振動計を設置して周囲の雑多な振動波形を同時測定する。このとき、浮石部と基盤部の振動測定記録から2点間の周波数応答関数が求まる。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、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、模擬実験の結果から、RMS速度振幅比(揺れの大きさ)が2以上で不安定、卓越周波数(揺れの速さ)が30Hz以下で不安定、減衰定数(揺れの収まりやすさ)が0.2以下で不安定としている<sup>2)</sup>。

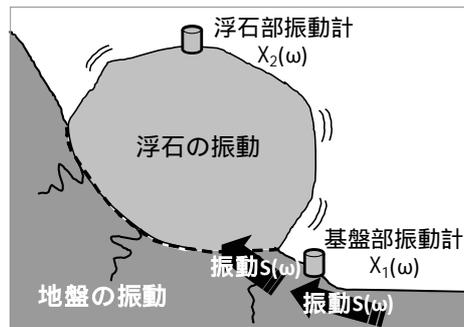


図-1 落石振動の原理

#### 3. 浮石の常時モニタリング

##### 3-1 調査概要

調査は、一般国道153号(長野県下伊那郡阿智村浪合地内)の道路斜面で行った。対象は、道路防災点検からカルテ対応となっている岩塊を選定した(写真-1)。モニタリングは、この岩塊と基盤部に振動計を設置し、道路交通や降雨、気温、地震等の外的要因に対する振動を平成27年11月から連続で常時計測している。また、振動は、斜面の等高線方向(X)、斜面方向(Y)、重力方向(Z)の3方向の成分を計測している。



写真-1 調査対象の岩塊

##### 3-2 調査結果

図-2に1時間毎に平均した振動計測結果を示す。データは、基盤部のRMS速度振幅が $10 \times 10^{-5} \text{m/s}$ より大きい記録だけを算出した。図は上から、RMS速度振幅比、卓越周波数、減衰定数、気温、降水量である。気象データは、アメダス観測点のデータを用いた。なお、これまでの計測期間中には有感地震は観測されていない。同図より、当該岩塊の振動特性は時間とともに変動している。(a)2015年11月のデータより、まとまった降雨がある場合は、3方向ともRMS速度振幅比は低下し、減衰定数はやや大きくなり、安定側に推移した。これに対して、卓越周波数はやや小さ

キーワード 落石, 危険度, 振動, モニタリング  
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 TEL042-791-1624

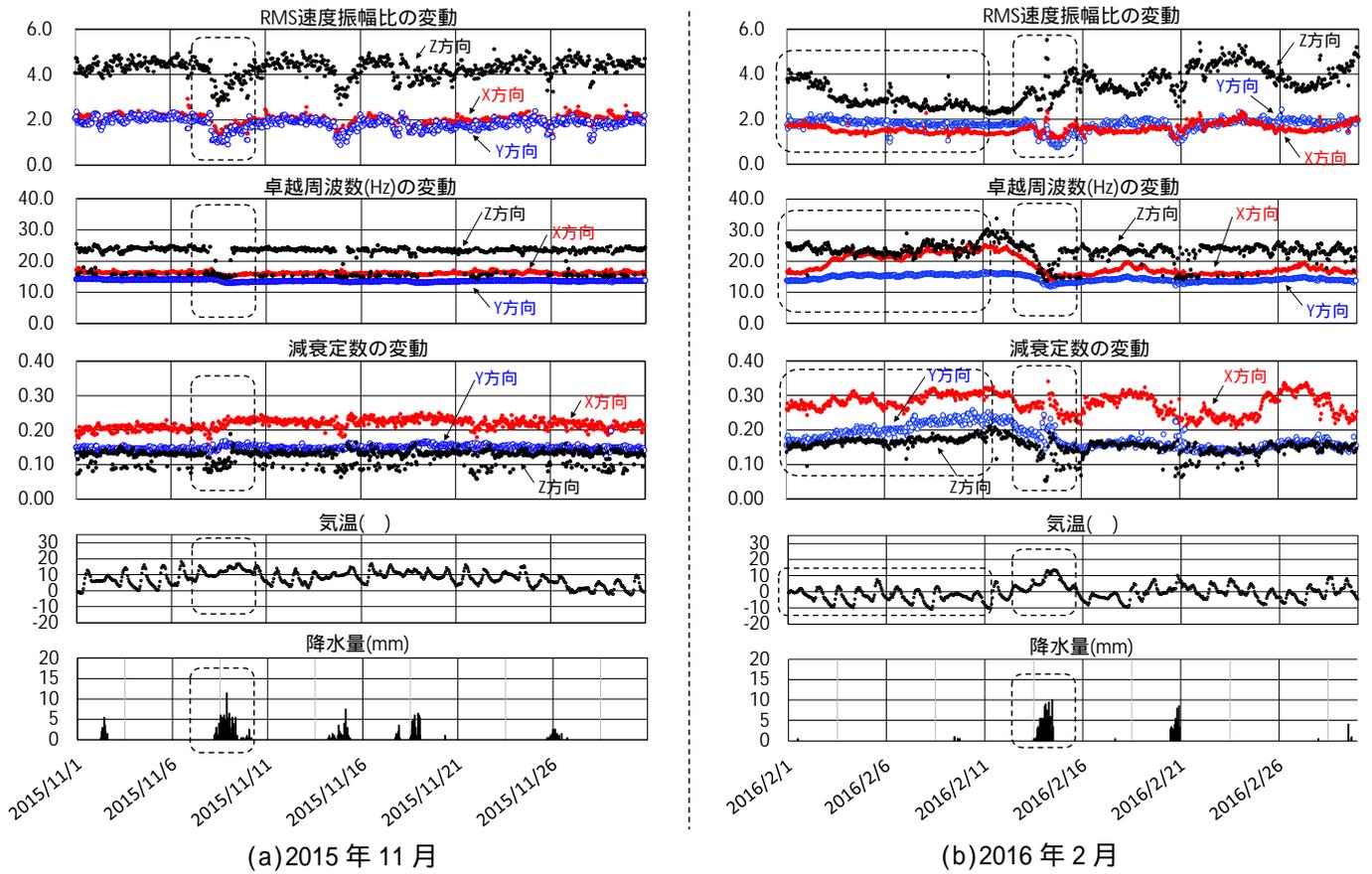


図-2 モニタリング結果 (RMS 速度振幅比, 気温, 降水量)

くなり, 不安定側に推移した。このように, 降雨時の落石安定性の変化は, 判定要素の変動にバラつきがあるため, これまでの計測結果だけでは評価することが難しい。今後, 降雨時の計測データを蓄積し, 傾向を分析する必要がある。

次に, 同図の (b)2016 年 2 月のデータより, 2 月上旬の氷点下の気温が継続した期間は, Z 方向の RMS 速度振幅比が低いまま推移し, 卓越周波数と減衰定数は 3 方向とも大きくなった。これより, 寒冷期には凍結状態になると, 岩塊は安定化すると考えらえる。一方, 2016 年 2 月 13 日から 14 日のあたりは, 特に Z 方向の RMS 速度振幅比が 5.5 を超える大きな値を示し, 3 方向とも減衰定数が低下した。これは, 2 月 13 日から 14 日にかけて気温が上昇したうえ, まとまった雨も降ったことにより, それまでの凍結状態が解消され, 岩塊が不安定になったと考えられる。図-3 にその状況の危険度判定グラフを示す。岩塊の状態は, 降水量や気温等の変化により不安定側に変動した。また, 当該岩塊は, Z 方向が最も不安定な状態であることが分かった。

4. まとめ

岩塊の振動特性をモニタリングした結果, 落石安定性は, 降雨や気温によって変化することが分かった。ただし, 日常の気象変化で落石に至ることは考え難いことから, 今後もモニタリングを継続し, 梅雨や台風, 地震時における落石安定性の変動を把握し, 当該調査手法の高度化とモニタリング手法の確立に向けて検討していきたい。

最後に 本調査にあたり 調査箇所の提供等にご協力いただきました国土交通省の方々には厚く御礼申し上げます。

<参考文献>

- 1) 藤原, 横田ほか: 切土斜面の維持管理技術 ~ 落石調査支援技術の開発 ~, 地盤工学会誌 59 巻 1 号, 30-31, 2011 .
- 2) 緒方, 松山ほか: 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/ -61, 123-135, 2003 .

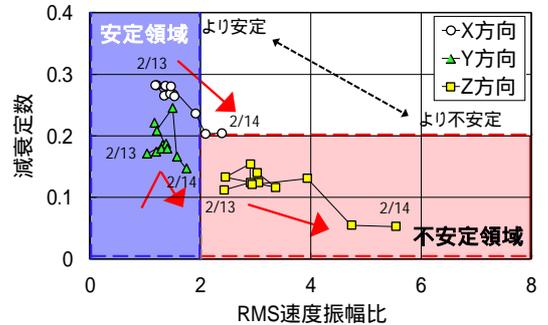


図-3 危険度判定グラフ (2月13日 18:00~2月14日 4:00)