

振動特性による斜面上転石の危険性評価に関する実験的研究

～その1：RMS 速度振幅比について～

長崎大学大学院 学生会員 ○川島 康誠 長崎大学大学院工学研究科 フェロー会員 蔣 宇静
長崎大学工学部 学生会員 片渕 麻尋 長崎大学工学部 木村 晃彦
中央開発株式会社 正会員 王 林

1. 研究背景と目的

近年、日本では集中豪雨や地震といった自然災害が多発し、それに伴う斜面崩壊も頻繁に発生している。図-1 のように崩壊した斜面内には不安定な岩塊が残存することがあり、落石が不安定で落ちてくる際に大きな被害が発生するため常時監視を行う必要がある。このような危険な転石の状態を迅速に把握するため、振動特性を用いた危険度判定基準値が定められている。しかし、これらの基準値が設定されてから約 20 年が経過していることや、既往の研究における実験では大がかりな実験装置が必要となるため、本研究においては小型実験装置を試作して、これらの基準値の有用性を検証するとともに、斜面上の転石に対する危険度の評価を行うことを目的とする。



図-1 斜面崩壊による不安定岩塊の残存状況
(長崎県内崩壊現場 2020 年 7 月 24 日)

2. 振動特性を用いた危険度判定方法

危険度判定基準値には、RMS 速度振幅比、卓越周波数および減衰定数の 3 つの振動特性値が用いられる。卓越周波数は岩塊が揺れる速度を、減衰係数は岩塊の揺れの収まりやすさを示す指標である。RMS 速度振幅比は、転石部が基盤部に対してどの程度大きく揺れているのかを示す指標であり、下式(2.1)で算出する。

$$R = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n A^2/n}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n B^2/n}} \quad (2.1)$$

ここで、 R : RMS 速度振幅比、 A : 転石部における速度振幅の振動記録の時系列、 B : 基盤部における速度振幅の振動記録の時系列、 n : サンプル個数である。RMS 速度振幅比 2 以上、卓越周波数 30Hz 以下、減衰定数 0.2 以下となると転石の危険があると定められている²⁾。

3. 実験方法

実験装置は、図-2 と図-3 のように制作した。実験装置① (図-2) では、転石をコンクリートの直方体、スプリングと粘性減衰をマット、傾斜基盤を鉄板として簡易的に模型を作成し、約 0.2°/s で鉄板を傾斜させていくことで供試体を転倒させた。マットは、ゴム、ウレタン、発泡スチロールの 3 種類で行い、マットの剛性を変化させた。なお、マットは転石と斜面との間の支持状態を表すのに用いている。実験装置② (図-3) では、5.3ml/s で霧状の水を供試体付近の真砂土にかけ、含水比を上げていくことで供試体を転倒させた。実験装置① (図-2) の振動計測では、供試体が転倒する付近の傾斜角度において、RMS 速度振幅比と卓越周波数、減衰定数を算出して既往の基準値との比較を行った。実験装置② (図-3) の振動計測では、0.001 秒ごと

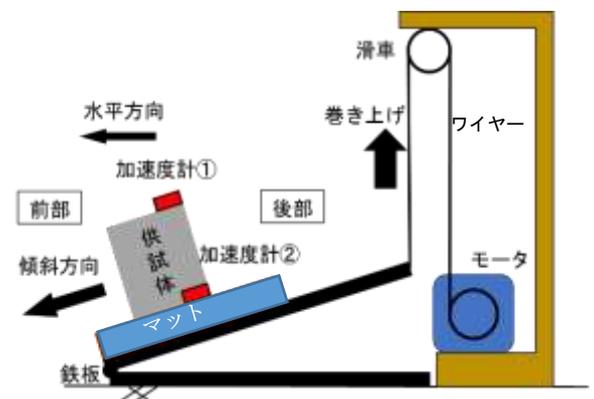


図-2 実験装置①の概略

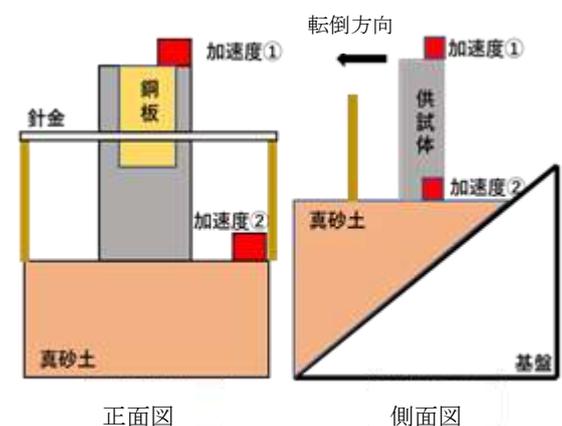


図-3 実験装置②の概略

に RMS 速度振幅比を算出し、既往の基準値との比較を行った。

4. 実験結果と考察

表-1 はマットがゴムの場合の供試体の転倒角度である。表-1 中の理論値とは、供試体の大きさから転倒角度を算出した。マットの厚さに関係なく転倒角度は同じであった。マットの素材が発泡スチロールの時も同様の結果が得られた。しかし、マットの素材がウレタンの場合、ウレタンの厚さが増えることで転倒角度が変わった。このことから、マットの素材（転石と斜面の間の支持状態）がある一定の剛性を持つ場合、供試体の転倒角度はマットの厚さに依存しないことが分かった。図-4～図-6 は、実験装置①で振動計測を行った結果であり、供試体転倒直前の角度における RMS 速度振幅比との関係である。図-4 と図-5 は全ての供試体の転倒直前の角度における値であるため、赤枠内の不安定領域内にあるはずであるが、今回の実験では青枠内の安定領域内に存在するものもあった。これは、既往の研究で用いられていた供試体の大きさと今回の実験で用いた供試体の大きさが違うためと考える。図-6 では、供試体の大きさに着目し、供試体の高さ (H) を斜面に平行な辺の長さ (L) で割った値別に RMS 速度振幅比をまとめた。その結果、H/L の値が大きくなるにつれて RMS 速度振幅比が小さくなることが分かった。そのため、RMS 速度振幅比は、一定の値が存在するのではなく岩塊の大きさによって変化するのではないかと考える。図-7 は、実験装置②で振動計測を行った結果である。供試体の H/L の値は 2.67 であり、転倒直前の RMS 速度振幅比の値は 7.24 と少し高い値となった。これは、真砂土の締固めを行わなかったため供試体が大きく揺れたと考える。RMS 速度振幅比に着目すると、時間が経つにつれて大きくなっていくことが分かる。

5. おわりに

実験装置①の結果では、転倒直前のそれぞれの値が安定領域内に存在することから既往の基準値の有用性を証明するには至らなかった。しかし、図-2 と図-3 のどちらの実験においても転倒が近づくにつれ RMS 速度振幅比が増加傾向を示したことから、今後は RMS 速度振幅比に着目して分析を進めていきたい。また、現在は有線で行っているが、実現場では有線では計測が難しい状況も考えられるため、無線計測システムの構築を目指していきたい。

参考文献

- 1) 緒方健治, 松山裕幸, 天野浮行: 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, pp.123~135, 2013
- 2) 日本道路公団試験研究所: 落石危険度振動調査法調査マニュアル(案), 2002

表-1 供試体ごとの転倒角度

ゴム	厚さ5mm	厚さ10mm	厚さ20mm	理論値
供試体高さ 20cm	33°	33°	32°	37°
30cm	24°	24°	24°	27°
40cm	19°	19°	19°	21°
50cm	14°	14°	14°	17°
60cm	12°	12°	12°	14°

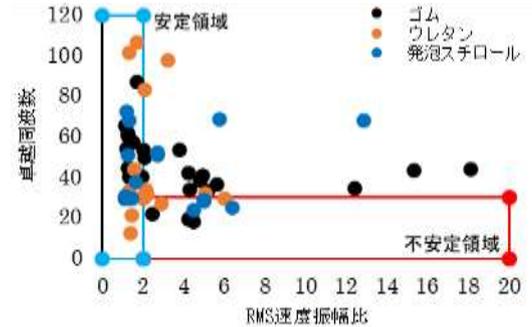


図-4 RMS 速度振幅比と卓越周波数の関係

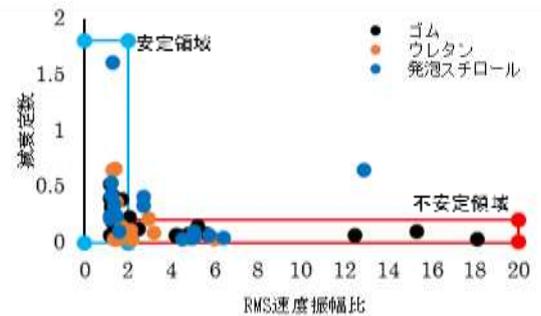


図-5 RMS 速度振幅比と減衰定数の関係

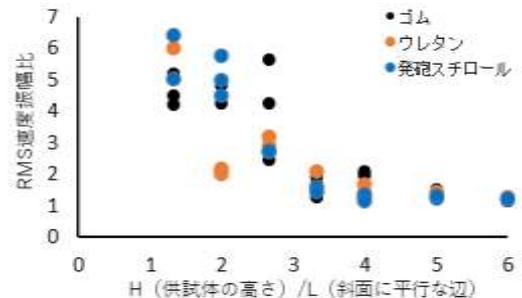


図-6 H/L と RMS 速度振幅比の関係

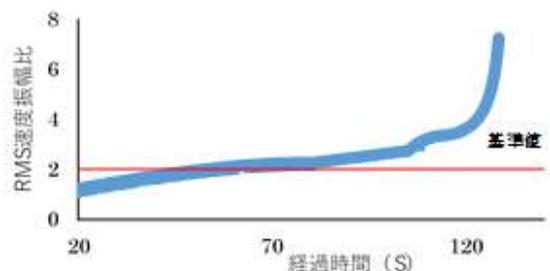


図-7 経過時間と RMS 速度振幅比の関係