

振動特性を利用した落石調査手法の模擬実験と現地計測について

日本道路公団試験研究所 ○正会員 竹本 将 正会員 松山 裕幸 正会員 緒方 健治

1. はじめに

道路上方の斜面に転石や浮石が存在する場合、道路管理者としてその石が安定か不安定かの判断は重要な問題である。このような現場では、落石対策便覧¹⁾などに基つた加點方式の危険度判定や、主に地質専門家による現地踏査および地形図や空中写真による地形判読、補助的にボーリング調査や物理探査が行われている。このため落石危険度判定は、専ら地質専門家の判断に依存することが多く、落石原因の複雑さと相まって、定量的な判断基準による危険度判定法が確立されていないのが現状である。このため、落石調査について客観的かつ定量的な判断のできる落石調査手法の開発に取り組んできた²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾。本調査手法は同時刻における地盤と転石の振動を計測し、転石の振動と地盤の振動の比率から転石の振動特性を抽出するものである。この度抽出したのは転石と地盤の速度振幅を平均化し比率にしたRMS(Root Mean Square：自乗値を平均し、平方根を取ったもの)速度振幅比および転石の卓越して振動する周波数、転石の振動を止めようとする減衰定数である。本報ではこの落石調査手法について模擬実験における落石危険度の検討結果および模擬実験と現地計測の比較について報告する。

2. 模擬実験

2.1 実験方法

実験は模擬地盤上にコンクリート製の模擬転石を設置し、模擬地盤と模擬転石の振動を同時刻で測定する。この測定結果からスペクトル分析等を行い、RMS速度振幅比および卓越周波数、減衰定数の振動特性を求めた。また、振動測定後、模擬転石の上部をジャッキで静的に引張り、荷重計でその最大抵抗力（以下、「抵抗力」という。）を求めた。図1に抵抗力測定の様式図を示す。この工程を模擬転石のサイズや根入れ深さ、地盤の傾斜角度を変えて繰り返し、それぞれ振動特性と抵抗力を求めた。実験ケースを表1に示す。なお、地盤材料には砂を用いた。

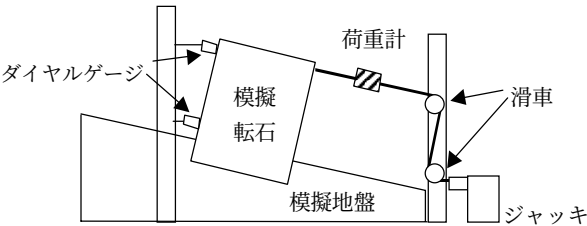


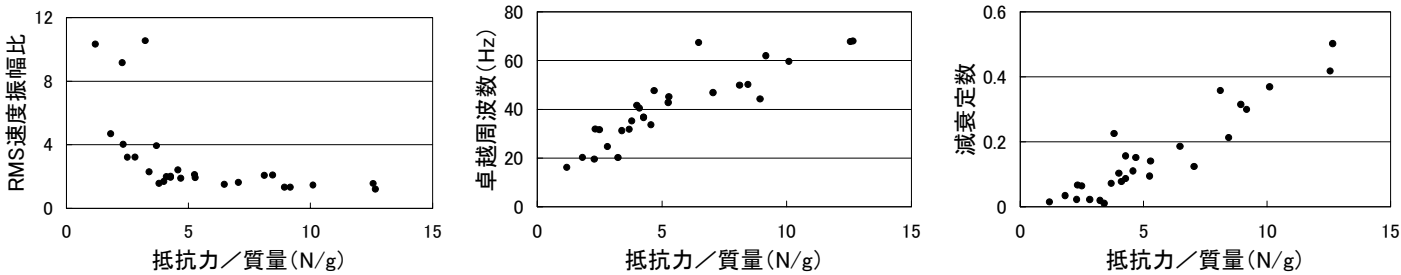
図1 抵抗力測定様式図

表1 実験ケース

模擬転石サイズ(m) 幅×奥行き×高さ	根入れ深さ (m)	地盤傾斜角度 (deg)
0.6×0.4×0.8	0, 0.1, 0.3, 0.5	0, 10, 20, 30
0.6×0.4×0.7	0.2, 0.4	20
0.6×0.4×0.6	0.1, 0.3	20
0.45×0.3×0.6	0.225, 0.375	20
0.3×0.2×0.4	0.15, 0.25	20

2.2 測定結果

図2に単位質量当たりの抵抗力とRMS速度振幅比および卓越周波数、減衰定数の関係を示す。RMS速度振幅比は、模擬転石が危険な状態であるものほど高い値を示し、特に単位質量当たりの抵抗力が3(N/g)以下で、RMS速度振幅比は急に大きくなっている。また、卓越周波数および減衰定数は模擬転石が危険な状態であるほど低い値を示す傾向にあるが、単位重量当たりの抵抗力が3(N/g)以下の危険度が高い状態では、減衰定数より卓越周波数の方が良い直線性を示す。



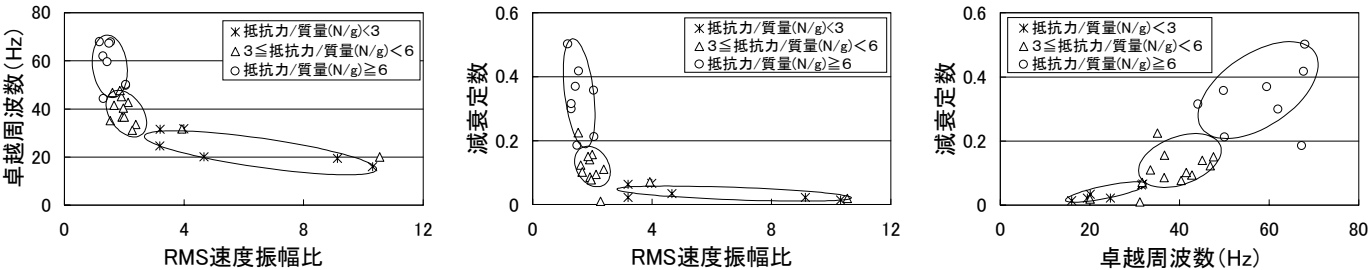
(a) 単位質量当たりの抵抗力とRMS速度振幅比の関係 (b) 単位質量当たりの抵抗力と卓越周波数の関係 (c) 単位質量当たりの抵抗力と減衰定数の関係

図2 単位質量当たりの抵抗力とRMS速度振幅比および卓越周波数、減衰定数の関係

キーワード: 振動特性、落石調査手法、落石危険度判定、RMS速度振幅比、卓越周波数、減衰定数

連絡先: 日本道路公団試験研究所 東京都町田市忠生1-4-1 TEL:042-791-1621 FAX:042-791-2380

次に現地における計測結果を考慮した場合、抵抗力を測定することは不可能であることから、模擬実験におけるRMS速度振幅比および卓越周波数、減衰定数の関係を図3に示す。凡例は抵抗力/質量が3(N/g)未満で比較的危険度の高いもの、3(N/g)以上6(N/g)未満で危険度が中間的なもの、6(N/g)以上で比較的危険度の低いものに分類した。各々の図から危険度の高いものはRMS速度振幅比が大きく、卓越周波数および減衰定数が低い値を示している。危険度の高いものと中間的なものとは分布範囲が多少ラップするものが見られるが、大半は危険度により分布範囲が分かれている。

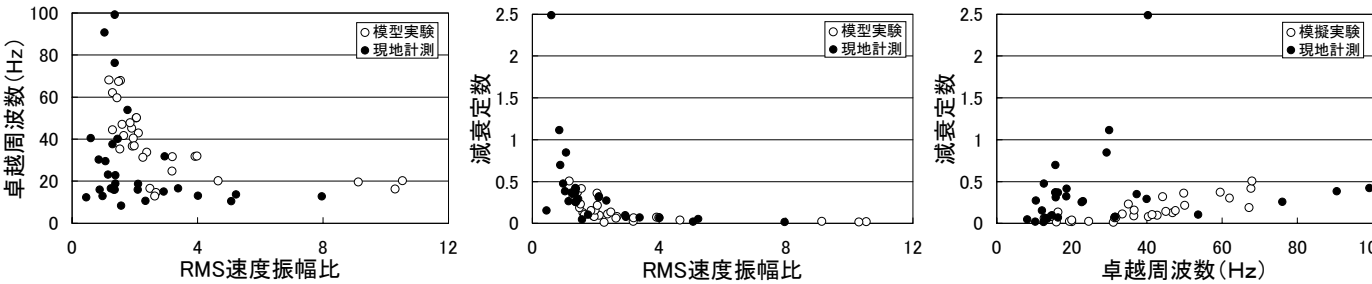


(a) RMS速度振幅比と卓越周波数の関係 (b) RMS速度振幅比と減衰定数の関係 (c) 卓越周波数と減衰定数の関係
図3 RMS速度振幅比および卓越周波数、減衰定数の関係

3. 模擬実験と現地計測の比較

図4に模擬実験の結果と現地7箇所計測した結果を示す。現地で計測したものは、岩盤剥離タイプと転石タイプで、転石タイプの地盤は崖錐性の礫から粘性土まで入り混じった状態である。また、計測した転石等のサイズは1m程度から数m程度まで存在し、形状も様々である。

RMS速度振幅比と卓越周波数の関係は多少のずれがあるものの、ほぼ同じ範囲にプロットされている。RMS速度振幅比と減衰定数の関係は減衰定数の低い値で模擬実験と現地計測の相関が非常に良いが、模型実験の減衰定数が小さい値に集中しており、分布範囲に違いが生じている。これは実験に用いた模擬転石のサイズが1m足らずであったのに対し、現地に点在する転石等のサイズが数mのものもあることが影響していると考えられる。また、卓越周波数と減衰定数の関係では現地の結果から2つの直線に卓越する傾向が見られる。模擬実験の結果はその1直線に近似しているが、危険度を判断するには不適切と考えられる。



(a) RMS速度振幅比と卓越周波数の関係 (b) RMS速度振幅比と減衰定数の関係 (c) 卓越周波数と減衰定数の関係
図4 模擬実験と現地計測の結果比較

4. まとめ

- 振動特性を利用した模擬実験と現地計測の結果、以下のことが明らかとなった。
- ・ 模擬実験からRMS速度振幅比および卓越周波数、減衰定数は模擬転石の単位質量当たりの抵抗力（地盤に留まろうとする力）との関係に良い相関を示すことが明らかとなり、危険度を判定する指標になり得ると考えられる。
- ・ 現地の転石の危険度判定を行う場合、RMS速度振幅比と卓越周波数の関係が最も有効と考えられる。

参考文献: 1) 落石対策便覧(2000): 日本道路協会, 2) 竹内孝光・原田初男・三塚隆(1997): 落石危険度判定のための振動測定; 物理探査学会平成9年度秋期学術講演会, 3) 永吉哲哉・田山聡・緒方健治(1999): 振動特性による落石危険度調査法の試み; 第34回地盤工学研究発表会, 4) 永吉哲哉・田山聡・緒方健治(1999): 振動特性を用いた落石危険度判定調査法の検討; 土木学会第55回年次学術講演会, 5) 竹本将・田山聡・緒方健治(2000): 振動特性を利用した落石危険度調査法に関する模型実験; 第35回地盤工学研究発表会